ＩＳＳＮ　0386－5878
土研資料　第1756号

土木研究所資料

野母崎地下ダム実用化調査
――本編――

昭和57年3月

建設省土木研究所
河川部水文研究室

Copyright © 56年度　by P.W.R.I.
All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director of P.W.R.I.
この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

はじめに

地下水は河川とともに重要な水資源であるが，地下水は河川水にくらべ，その存在が不明確でかつその量的把握も容易ではない。このため，良質な水が無駄に流出したり，また逆に過剰な取水により種々の障害を引き起こしている例もみられる。これに対して，この流動状況や量を定量的に把握できれば，河川水と同様，計画的な利用が可能である。このため建設省では総合技術開発プロジェクトの一つとして，地下水と河川水の連結利用や離島などの水不足地域での水資源開発方式について検討してきた。

ここではこのうち，河川からの水資源が困難な地域（離島など）で有効と思われる地下ダム（遮水壁型地下貯水池）について，長崎県野母崎樺島において現地で実際に事前調査・遮水壁改良工事・運用・管理方法についてとりまとめたものである。

一般に地下ダムは地下水無効流出防止を目的として遮水壁や人工涵養施設を設置し，有効に貯留された地下水を効率的に取水するものである。この例として宮古島（沖縄県）で実施されたものがある。しかし野母崎町樺島（長崎県）の場合，海岸に近く無効流出防止以外に内陸部地下水位低下時の塩水浸入防止対策が地下水利用上重要な課題となった。

こうした形式の地下ダムは，離島，海岸砂丘，海岸平野等に有効で，より汎用性の高いものと思われる。

今回の研究結果は，同様な小規模な地下ダムの実施計画をたてる際に十分役立つと考えられる。なお，本資料は3部構成で，本編，参考調査編，水文観測データ集よりなる。（参考調査編及び水文観測データ集は分刷本を参照されたい）現地観測，現地工事，データ整理・解析等で御協力していただいた九州地建長崎工事事務所，(財)国土開発技術研究センター，(株)応用地質調査事務所，(株)日本グラウト工業，の方々に感謝の意を表します。

昭和57年3月

河川部　水文研究室

目　　次

1. 調査の目的と内容 …… 1
2. 調 査 の 経 過 …… 3
3. 調 査 結 果 要 旨 …… 4
4. 遮水壁型地下貯水池（地下ダム） …… 5
5. 対象地域の概要及び地形・地質 …… 7
6. 既応遮水壁の効果に関する調査 …… 20
7. 水 収 支 調 査 …… 28
8. 水 循 環 モ デ ル …… 52
9. 平面二次元地下水位シミュレーション …… 61
10. 地下遮水壁の改良方法の検討 …… 64
11. 遮 水 効 果 の 判 定 …… 77
12. 地下ダムの総合運用施設 …… 92
13. 塩水浸入防止を考慮した水資源開発方式 …… 96
14. 地下ダムの運用方法及び開発可能水量 …… 104
15. 地 下 ダ ム 施 設 費 用 …… 107
16. 環 境 へ の 影 響 …… 110
17. 地下ダムモニタリングシステム …… 112
18. ま　と　め …… 115
19. 付　　表 …… 116
20. 参 考 資 料 …… 127
21. 参 考 文 献 …… 127

ISSN 0386—5878
土研資料第1756号

野母崎地下ダム実用化調査

—水文観測データ集—

昭和57年 3 月

建設省土木研究所
河川部水文研究室

Copyright © 56年度 by P. W. R. I.
All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director of P. W. R. I.

この報告書は，土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって，本報告書の全部又は一部の転載，複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

ま　え　が　き

本資料は，昭和51年度から昭和55年度にかけて建設省総合技術開発プロジェクト＇地下水涵養技術の開発＇の中で地下ダムに関する総合実験のケーススタディでとりあげた，長崎県野母崎地下ダム実用化調査で得られた水文観測データを整理したものである。なお，とりまとめは佐合，難波（水文研究室）がおこない，データ収集にあたり長崎工事々務所調査第一課，野母崎町，国土地理院地理第二課，㈱応用地質調査事務所，（財）国土開発技術研究センター，㈱日本グラウトの協力を得たことを付記する。

昭和５７年３月

土木研究所河川部　水文研究室

目　　次

地下ダム位置図…… －1－
地下ダム水文観測位置図…… －2－
日　雨　量…… －3－
日蒸発量…… －15－
日地下水位…… －17－
地表水流量…… －57－
水　　質…… －75－
地盤沈下量…… －85－
日取水量（地下水）…… －87－

ISSN 0386—5878
土研資料第 1756 号

土木研究所資料

野母崎地下ダム実用化調査

——参考調査編——

昭和57年3月

建設省土木研究所
河川部水文研究室

Copyright © 56年度 by P.W.R.I.
All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director of P.W.R.I.
この報告書は，土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって，本報告書の全部又は一部の転載，複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

ま　え　が　き

本資料は昭和51年度から昭和55年度にかけて建設省総合技術開発プロジェクト“地下水涵養技術の開発”の中で地下ダムに関する総合実験を行った。これに伴い，各種調査を行ったが，このうち，今後同様な調査を行うに際して有用と思われる調査結果5編をとりまとめたものである。なお，とりまとめは主として佐合，難波が行った。

昭和 57 年 3 月

土木研究所　水文研究室

調　査　項　目

Ⅰ　地下遮水壁造成に関する検討 …… 1

Ⅱ　地下ダムにおける効率的な運用方法に関する研究 …… 33

Ⅲ　蒸発散量推定に関する検討 …… 87

Ⅳ　地下水シミュレーションに関する検討 …… 113

Ⅴ　地下ダムの開発水量の算定方法について …… 203

1. 調査の目的と内容

長崎県野母崎町樺島において，遮水壁型タイプ地下貯水池（地下ダム）の実用化調査を行う。またこれに先だち対象地区に関する地下水挙動及び水収支状況と地下ダムの適用性について検討する。

実験の目的を大別すると

Ⅰ　地下ダム流域基礎調査及び水収支調査

Ⅱ　地下遮水壁構築に関する技術検討とその効果の判定

Ⅲ　地下ダムの総合運用施設及び方法の検討

Ⅳ　環境への影響及び観測・管理システムの検討

があげられる。

Ⅰ　地下ダム流域基礎調査及び水収支調査

地下ダム対象地区において，地形・地質調査を行い地下ダムの適用性について検討する。また，ボーリング調査・揚水試験のほか水文観測等により得られた結果に基づいて，以下の調査の基本となる地下ダム容量の推定，水収支解析を行う。

Ⅱ　地下遮水壁構築に関する技術的検討とその効果の判定

地下遮水壁を構築するにあたり，地質条件，機械搬入条件，施工精度，経済性等を総合的に評価し，工法を選定してゆかねばならない。ここでは，樺島を具体的に対象地点とし，各種工法の選択を行う。これを受け，遮水壁の施工工事に入り，工事段階に於けるその遮水効果の判定，完了後に於ける効果判定を行う。

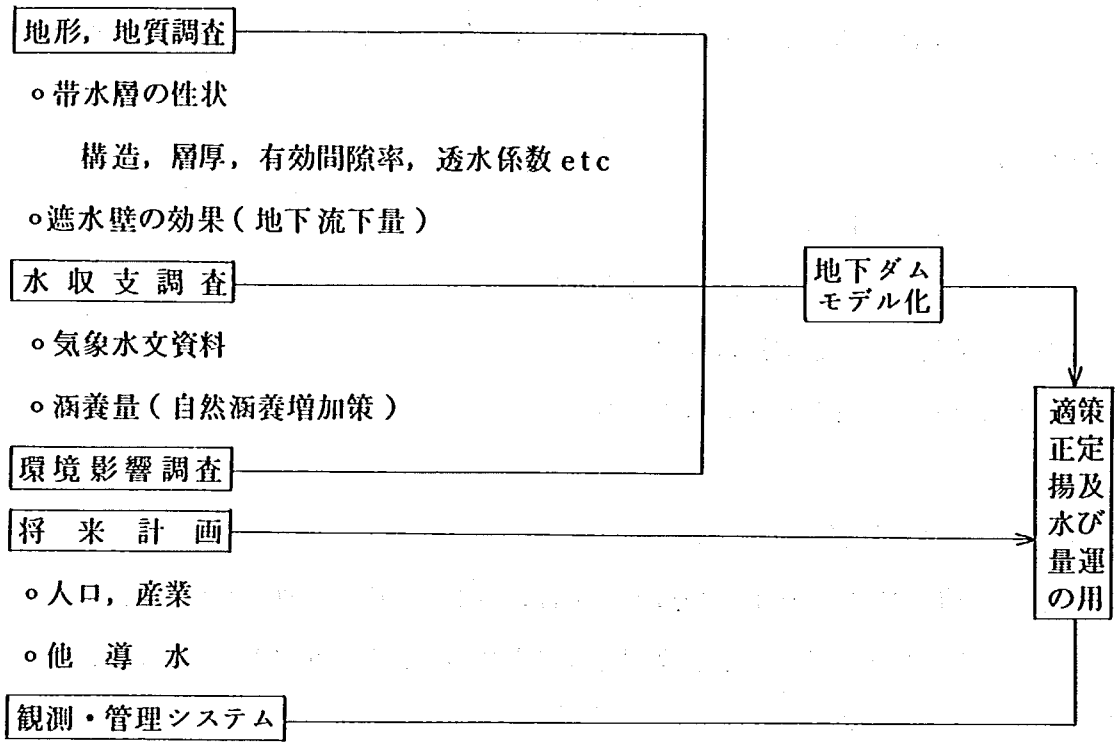
Ⅲ　地下ダムの総合運用施設及び方法の検討

地下水を有効的に利用してゆくために，涵養増加策や取水技術の検討は重要な要素を占める。涵養促進のためにはサンドパイル・遊水池地下埋管などの自然涵養促進があるが，今回は特に塩水浸入防止対策をめざした涵養施設の検討を行う。

取水方法にも井戸，集水埋管，サンドドレーン等多くの方法が考えられるが，永続的な運用を図り環境への影響を考慮するとき，面的に均等に水位変動を起こせるような方法でなければならない。

今回の調査では，でき得る限り取水井や観測井の増設をするとともに取水に伴う周辺地下水現象の解析を行うことによって，効果的な取水井配置計画を検討，取水限界量，適正揚水量について検討を行う。

地下ダムの運用方法は，上記までの評価を受けて計画的な利用を計るための適正取水量の策定・運用という最終的な形になる。フローで示すと，次のようになる。



Ⅳ　環境への影響及び観測・管理システムの検討

地下ダムの運用を行っていく場合，地下ダム周辺の環境へ与える影響としては，植生，水循環等自然的要件，地盤沈下，住民感情等社会的要件に関する影響などがあるが，対象地域付近は，土地利用もあまり進んでおらず，住民もいない。ただ過去の過剰揚水による塩水化，地盤沈下の現象が顕われており，これらに対しては，定期的な水質分析，地盤沈下量の測定が行われているため，これら項目の継続監視を行い特に取水量との関連を検討する。

また適正揚水量を維持するための，観測項目の整理，適切な観測施設の配置等について検討を行う。

2. 調 査 の 経 過

昭和５３年度から昭和５５年度まで長崎県野母崎町樺島において現地実験を実施した。昭和５３年度は，水理地質調査，水収支調査，既往遮水壁の検討などを行い，現地総合実験計画を立案した。５４～５５年度はこれらをもとに，遮水壁改良地点の詳細な地質調査を実施し，遮水壁改良のためのグラウト試験を実施するとともに，遮水壁改良工事を実施し完了後の遮水効果の検討を行った。さらに地下貯水池効果取水のための施設運用及び開発水量の検討を行った。以上の研究フローを図２－１に示す。

昭和５３年度　　地下ダムの適用性の評価（流域基礎調査，既存遮水壁の効果の検討地下ダムの水収支調査など）

昭和５４年度　　遮水壁の造成のための工法選定と二重管ダブルパッカー注入方式による試験グラウト及び下流側１列施工

昭和５５年度　　上流側１列施工と遮水性の評価及び効率取水のための施設運用の検討

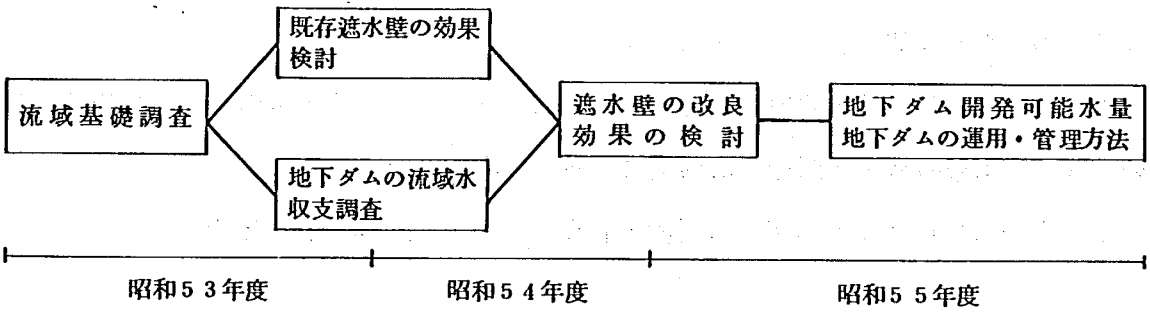


図２－１　調査フロー（野母崎地下ダム）

3. 調査結果要旨

Ⅰ　地下ダム流域基礎調査及び水収支調査

対象地区は，流域面積0.584Km^2，地下ダム貯水容量9340m^{3}と推定され，地質的には腐植土層，礫混り粘性土層，結晶片岩強風化部，同弱風化部，基盤部よりなる。また，水収支解析より7～36×10^4 m^3／年の地下流動量がある結果を得た。

Ⅱ　地下遮水壁構築に関する技術的検討とその効果の判定遮水壁工法は，主として経済性，機材運搬，確実性，安全性等により決定されるが，今回はダブルストレーナ注入工法を選定した。これにより遮水を行い，種々の方法により，遮水効果の判定を行い，透水係数6×10^{-3}cm／s（周辺地層は1×10^{-3} cm／s）の遮水効果が得られたことを確認した。

Ⅲ　地下ダムの総合運用施設及び方法の検討

塩水浸入やあまり多くの貯留容量が期待できない地区では，効率取水，塩水取水井・浸透池による遮水壁の補助操作などの施設の総合運用が重要となる。

対象地区では，4本の淡水取水井，1本の塩水井及び浸透池（地下埋管施設を含む），と遮水壁により，昭和53年の渇水を想定して240m^3／日の取水が常時可能であることを確認した。なお，これらによる今回の開発コストは120円／m^3（山元原水単価）であった。

Ⅳ　環境への影響及び観測管理システムの検討

遮水壁の施工時における水質等の汚染は認められなかった。施工後の水位上昇や地盤沈下については，遮水壁の施工範囲や遮水効果によって対応は可能である。

また，今回対象地区での地下ダム観測・管理システム（案）を作成した。

4. 遮水壁型地下貯水池（地下ダム）

遮水壁型地下貯水池は，地下水の流動方向に交差して帯水層に難透水又は不透水ゾーンを形成し，（地下ダムの堤体に当る）上流部の地下空隙を貯水池容量として利用するものであり，長崎県野母崎町樺島の地下ダムはこのタイプに属する。

この臨海部に設置した遮水壁により無効流出してしまう地下水を貯留し，さらには，内陸部地下水位低位時の塩水浸入防止する。

こうした型式の地下貯水池は，離島，海岸砂丘，海岸平野等に有効であり，また山間部の扇状地に対して汎用性の高いものと思われる。

特に樺島のように，他の水資源が期待できないような場合，また地下ダムにした場合蒸発散ロスが大きい地域，夏期の水利用がレクリエーション客により増大し，季節的に需要量の変動が大きい場合などに高い効果を示す。

図４－１は遮水壁型地下貯水池の一例を描いたものである。

埋没谷地形状をもつ帯水層を臨海部で遮水し，上流部では表流水の無効流出水を用いた涵

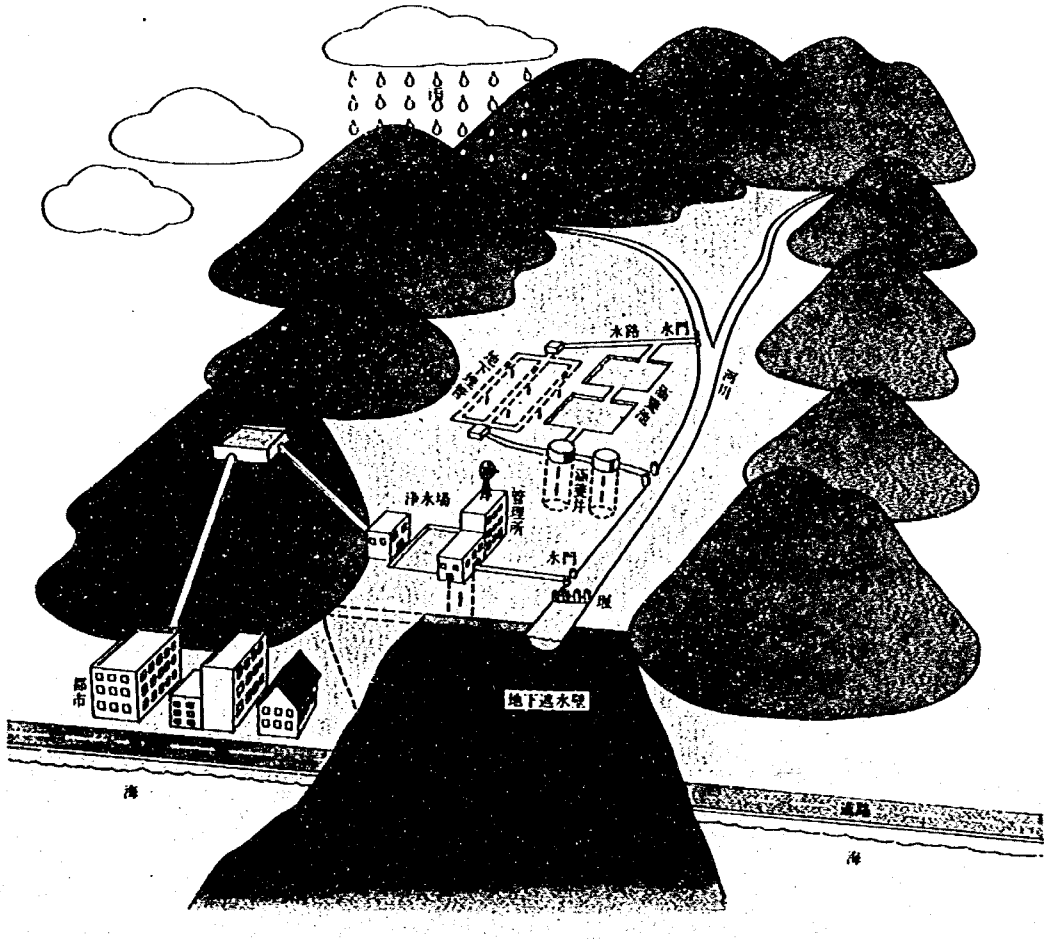


図４－１　地下ダムの一例（海岸遮水壁タイプ）

養池，地下埋管，涵養井による人工涵養を施している。

取水は井戸による取水を行い，（複数である方がより効果的である），貯水池内の地下水位，地下水質等の管理を行いつつ，表流水と連結した開発を図っている。

5. 対象地域の概況及び地形・地質

(1) 立地条件，社会環境

樺島は長崎県の西南部に突出する長崎半島の南端に位置し，脇岬の海上0.35^{km}の海上に浮かぶ面積2.21$^{km^2}$の離島である。

島の周辺は，緑色片岩，泥質片岩からなる急崖が発達し，海に接している。

地下ダムサイトとしては，樺島港の裏側にあたる田原海岸から南北に延びている沢部を選んだ。（図5－1　地下ダム位置図）

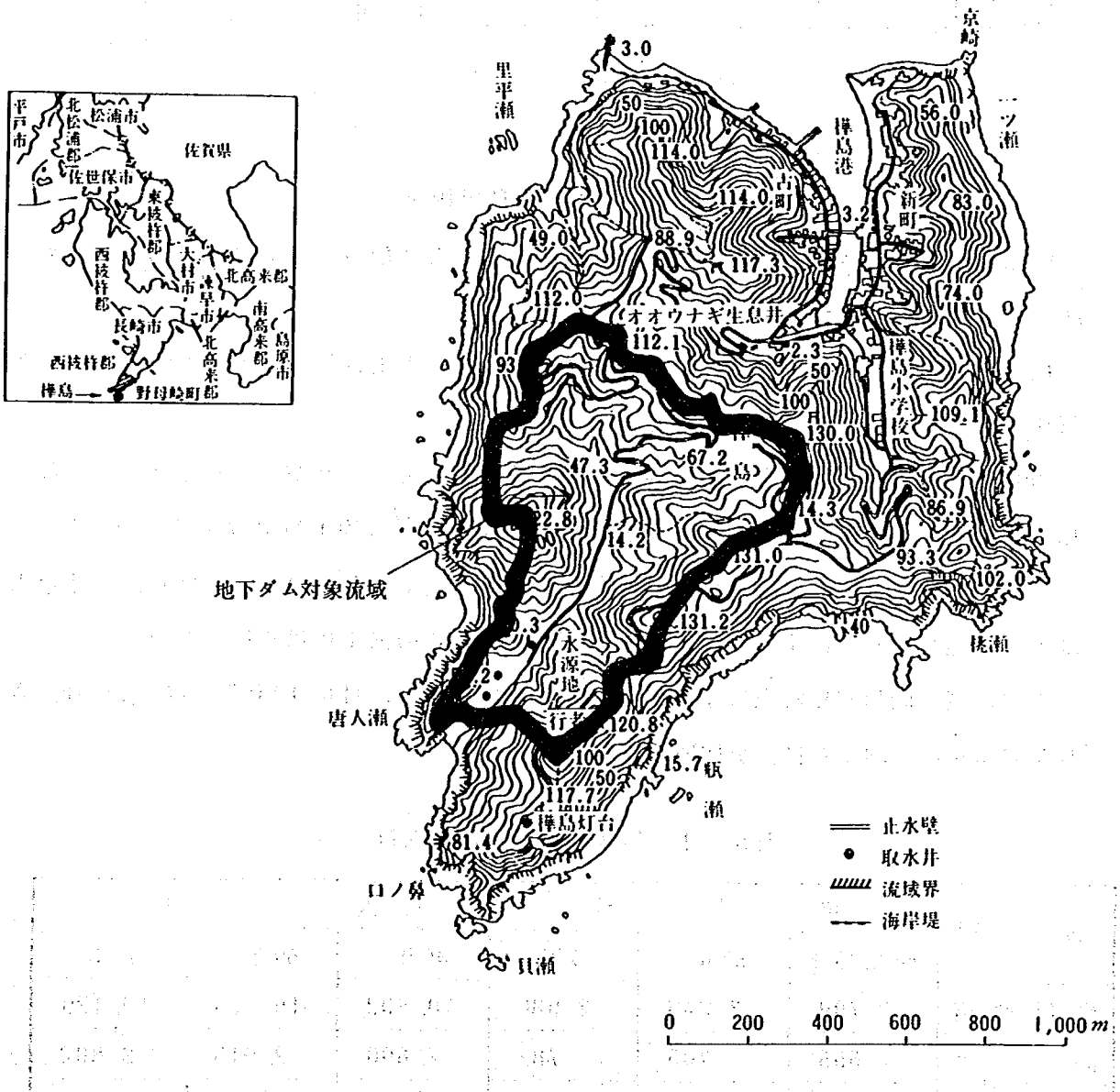


図5－1　地下ダム位置図

樺島は，樺島漁港を中心とした漁業が主体であるが，土地利用としては，森林が多く広葉樹林がほぼ全域を覆っており（約60%），島の中央部には段々畑があり，ビワ畑や普通畑として利用されている。

現在，水田は全くなくなっている。

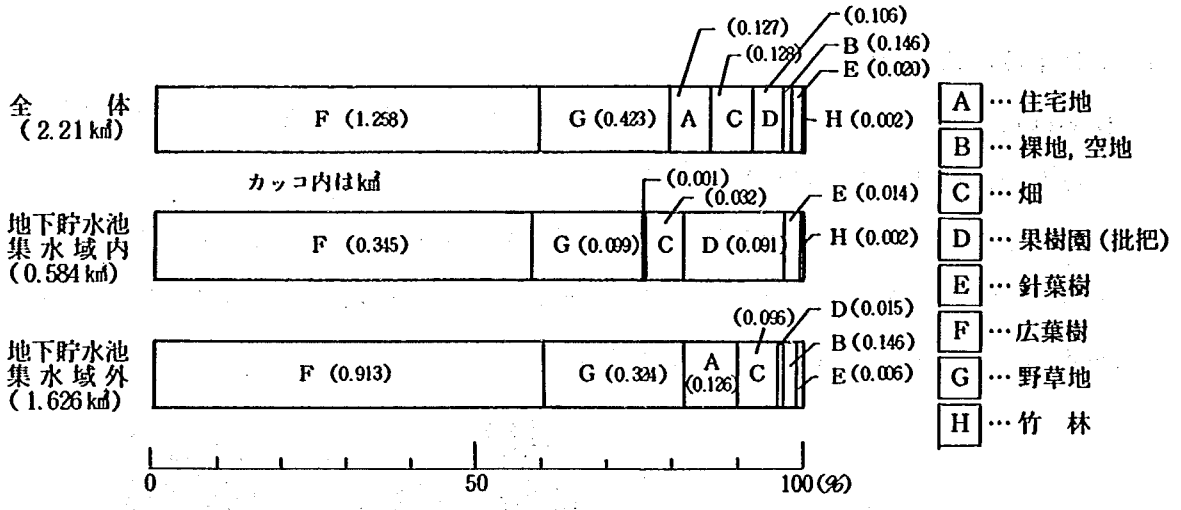


図５－２　樺島の土地利用状況

樺島は，その立地環境から他の水源に期待することはむづかしく古くから生活用水を地下水に依存してきた。

民家は，樺島港のある古町・新町に集中しており，人工は年々減少する傾向にあるが昭和55年８月１日現在では1，２９３人となっている。

当初，水源としては，町周辺の井戸による給水を行っていたが，これでは賄いきれず島の反対側田原海岸に水源用の井戸を設け，日量２００㎥（約１３０ℓ/人・日)の給水を行った。しかし，それでも必要量の2/3を満たすのが限度であり，渇水期にはしばしば給水制限を実施せざるを得ず，飲料水については本土よりの海上輸送を行っている。

この地域，昭和58年時点に本土よりの架橋計画があり，日量１１０㎥の導水が計画されているが，島内での自給が切望されている。

表５－１　地区別世帯数及び人口

地区別	世帯数			人口		
	昭和45年	50年	55年	45年	50年	55年
野母崎町	2,799	2,848	2,986	10,892	10,693	10,129
高浜	655	705	782	2,690	2,918	2,890
野母	1,000	1,010	1,048	3,720	3,597	3,412
脇岬	698	720	746	2,744	2,746	2,534
樺島	446	413	410	1,738	1,432	1,293

(2) 地下水利用と地下ダム計画

現在，樺島においては日量平均250㎥の給水を行っているが，夏場には300～350㎥/dayの給水が必要とされる。しかしながら，今回の調査以前においては渇水期に300㎥/day以上の揚水が数日続くと塩分濃度が1,000ppmを越える状態が生じ，飲料水としては適さず他の雑用水として用いられていた。

昭和49年，野母崎町では，先の田原水源海岸部に常時100㎥/day程度の湧水地点があり，これが上流部で揚水を行うにもかかわらず湧水量の減少が見られないことから，地下遮水壁を用いた地下貯水池計画がクローズアップされ，第一次の地下遮水壁の構築が町の水道事業としてなされた。

地下遮水壁は，地下水の海への流出防止と揚水に伴う塩水化の防止の目的で行われた。その時の諸元を以下に示す。

i) 遮水対象範囲

遮水壁は，海岸線より50ｍの地点に，主として深度16.0ｍ～24.5ｍ の砂礫及び粘土混り礫層を対象に施工された。

ii) 遮水工法

遮水工法は，鋼矢板打込み工法，連続地中壁工法，普通グラウト工法等が比較検討されたが，機械搬入条件，事業予算の制約から普通グラウト工法が選定された。

普通グラウト工法

㋑ 注入方式　　ロッド引抜き工法

㋺ 注入圧力　　2～3 kg/cm²

㋩ 注 入 材　　ベントナント，懸濁液Ｃ：Ｂ＝2：1（重量比）

㋥ 注入間隔

原則として，孔間隔2ｍ，列間隔1ｍの4列千鳥状配列とし，上・下流両側Ａ・Ｄ列より施行を行い，Ａ・Ｄ列は地表から対象層までの全区間を，中2列（Ｂ・Ｃ）は対象層についてのみ，中心から両側アバットに向い施行した。

㋭ 注入量

Ａ列（海側）	121.45 kg/m	（注入孔数95本）
Ｂ列	72.15 kg/m	
Ｃ列	68.86 kg/m	
Ｄ列	127.72 kg/m	

その後，揚水状況の改良はなされたように見え表5－2に示す揚水実績を得た。

表５－２　年間揚水実績

年	年間揚水量 ㎥
昭和 49 年	91, 973
50 年	93, 075
51 年	95, 687
52 年	100, 854
53 年	79, 414
54 年	91, 360
55 年	109, 647

しかし，昭和52年に日平均２８０㎥の揚水を行いその後，貯水池内水位がG.L－６m 以上の低下を示すと塩水化が現われるようになった。

このことについて，先の改良が普通グラウト工法によるものであったこと，改良範囲が礫混り粘性土層だけであったこともその原因として考えられ，今後この地域に対して有効な運用を計るためには，遮水効果の再検討が必要であるとされた。

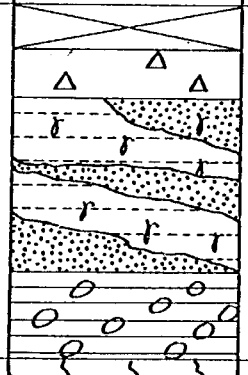
(3)　地形，地質条件

樺島は，西九州地方一円で顕著なリアスタイプの海岸形成と一致した急崖地形が発達し，海に接している。

沖積層はピート層が厚く堆積するおぼれ谷形成が見られる。主山体は，古生代緑色片岩であり島南部で厚く最高点で海抜１３０m に及ぶ。

地下貯水池サイト附近の地質平面図を図５－３に示すが，右岸の尾根は標高 50m

表５－３　おおまかな層序区分

時代	柱状図	地質名	地質構成	地下帯水層
第四紀		表土 崖錐		
		腐植質シルトと粗砂互層	腐植質シルトは，炭化木片等含，粗砂層が主要だが，中砂，細砂もあり。	粗砂層
		礫混り粘性土層	φ３～４㎝亜円礫を含む。 シルト～砂質シルト	礫混り粘性土層
古生代		結晶片岩層	泥質片岩および緑色片岩の互層が主体。 礫岩片岩，変内緑岩等の薄層を挟む。	上部風化部

程のやせ尾根であるが左岸は厚く，いづれも緑色片岩を基盤とする。

図５－４に遮水壁位置の地質横断面図（ａ－ａ'断面）を，図５－５に谷の軸方向（ｂ－ｂ'断面）の地質断面図を示す。

本地域のおおまかな地質層序を示すと表５－３のようになる。

a）基盤片岩層

樺島地下ダム地質縦断面図に示しているように，基盤は，片岩層よりなり，岩相は次のものである。

- 泥質片岩……微褶曲がよく発達しており，剥離性に富み，石英脈を多く含む暗灰色片岩である。
- 緑色片岩……局部的に片理が発達しているが，全体的には，緑灰色あるいは，暗緑色の塊状岩盤になっている。
- 礫岩片岩……礫岩や石英が片理に沿って偏平状になっており，暗緑灰色である。右岸側に認められ，片岩内に薄層として分布している。

さらに，第四紀層と接する片岩風化岩帯は，酸化汚染を受けた亀裂や，割れ目の多い透水性に富む岩質である。

b）礫混り粘性土層

この土層は，旧谷地形の低部に堆積した，礫混り粘性土である。この礫は，結晶片岩の偏平な亜円礫が多く，そのマトリックスは，褐灰色から暗緑灰色のシルトおよび，砂質シルトより構成されている。

この礫の中には，クサレ礫化しているものも認められるが，全体的に固結度の比較的高い土層でもある。

c）腐植質シルト，粗砂互層

この互層部は，礫混り粘性土層を覆う形に，旧谷地形を埋めて堆積している。この分布は，左岸部に腐植質シルトが優勢だが，右岸部は粗砂層が厚く分布している。

この腐植質シルト層は，炭化木片を含む黒褐色の軟弱土層である。また，粗砂は，均質な石英粒子を多量に含む暗黒灰色の土層で，一部に有機物が含まれている。

d）断　層

断層は，谷軸と平行に，数条の断層が推定され，一部には，断層の影響を受けて風化している部分も認められた。特に，左岸取付部付近では，顕著なものが見られ，最大30ｍにも達する深い断層風化帯がある。

S＝1：2,500

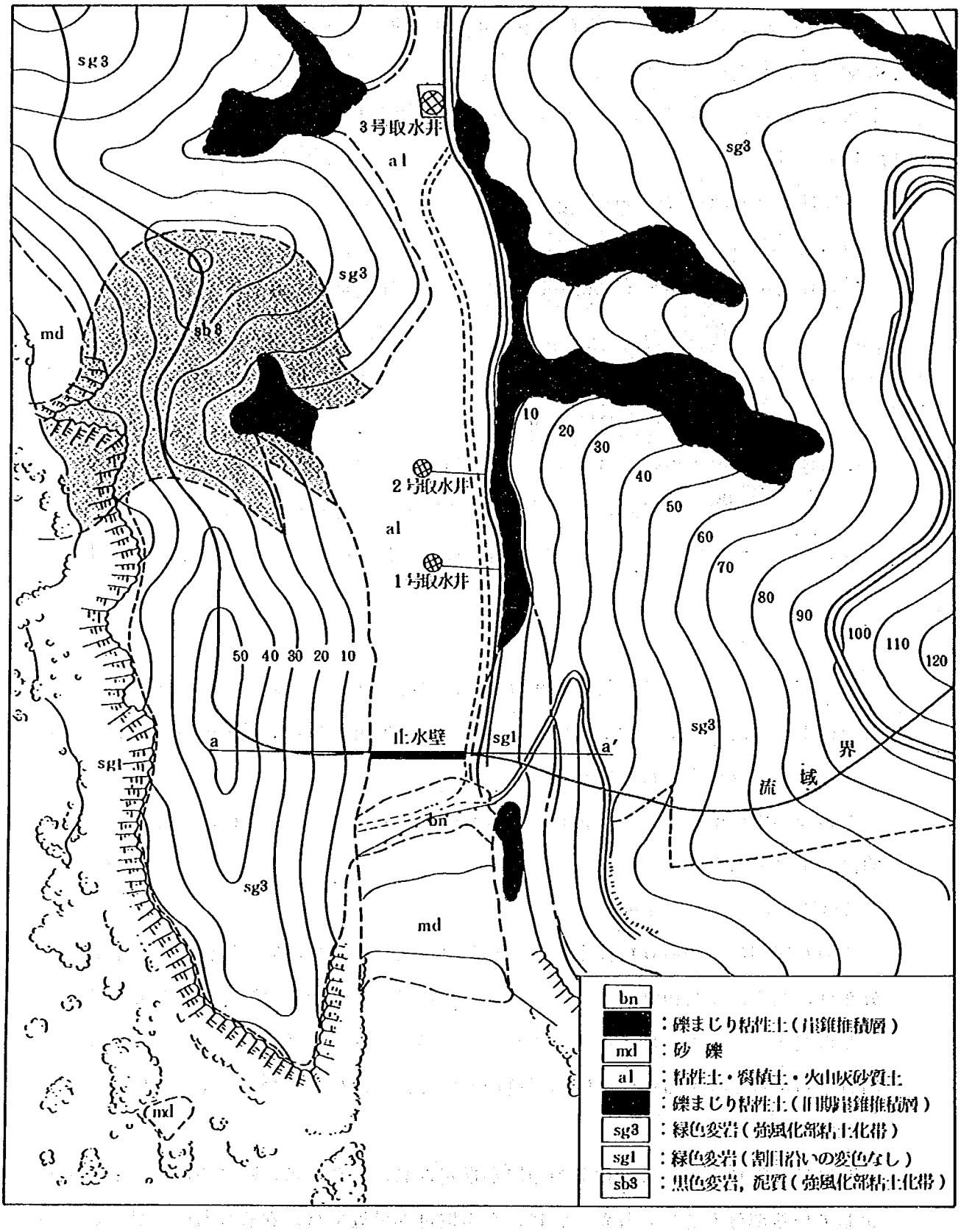
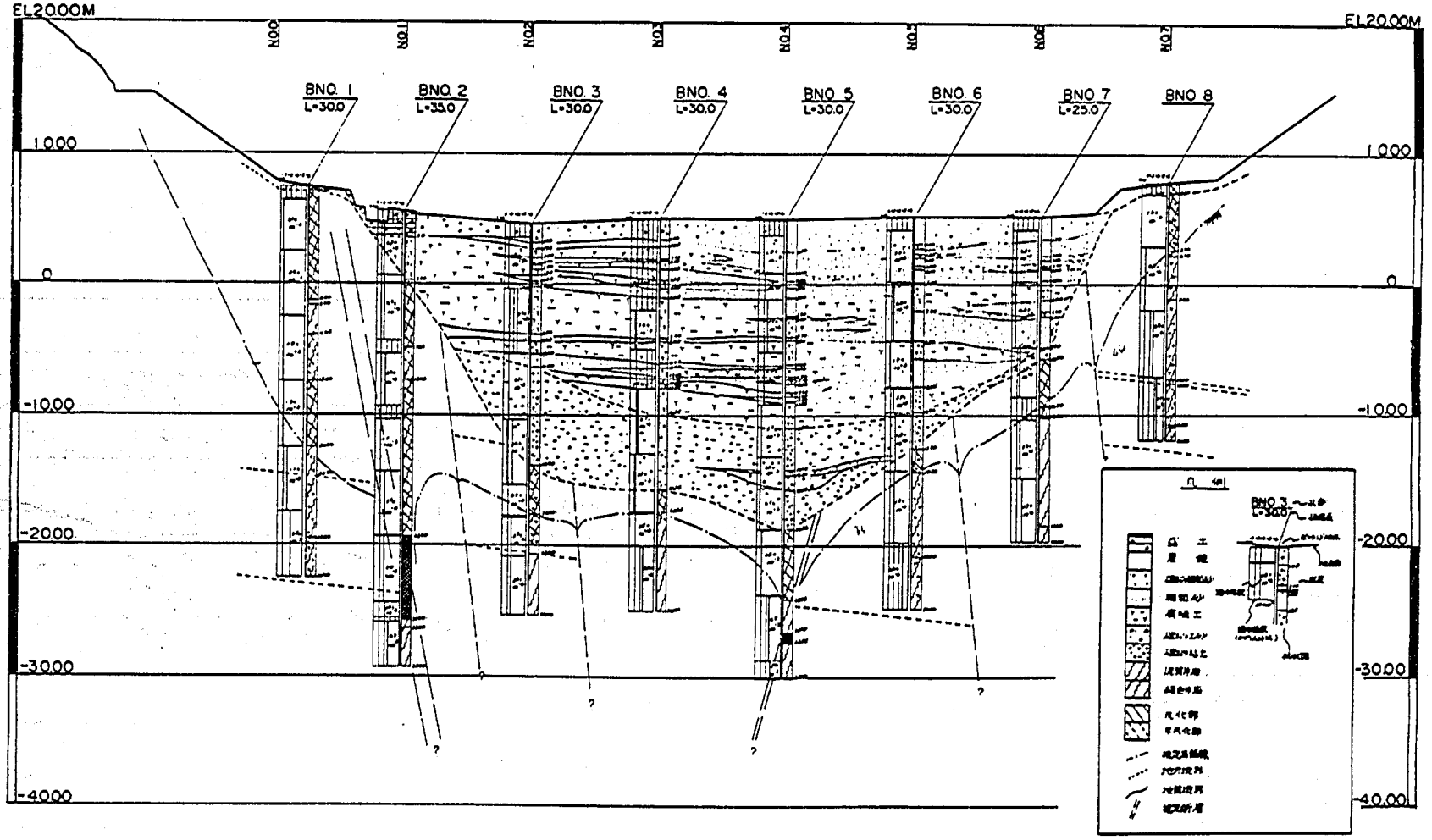


図５－３　地質平面図



地盤高	14.52	7.73	7.04	6.96	5.77	5.77	5.72	5.56	5.17	4.62	4.99	4.86	5.05	5.11	5.29	7.25	7.84	8.13
追加距離	-8.70	0	5.00	5.70	6.20	7.00	8.70	10.00	11.50	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	6.40	6.62	7.00	7.30
単距離	-8.70	0	5.00	0.75	0.50	0.80	1.70	1.30	1.50	8.50	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	2.20	3.80	3.80
測点	NO.0 -8.70	NO.0	+5.00	+5.70	+6.20	+7.00	+8.70	NO.1	+11.50	NO.2	NO.3	NO.4	NO.5	NO.6	+4.00	+6.20	NO.7	+3.80

図５－４　樺島地下ダム地質横断面図

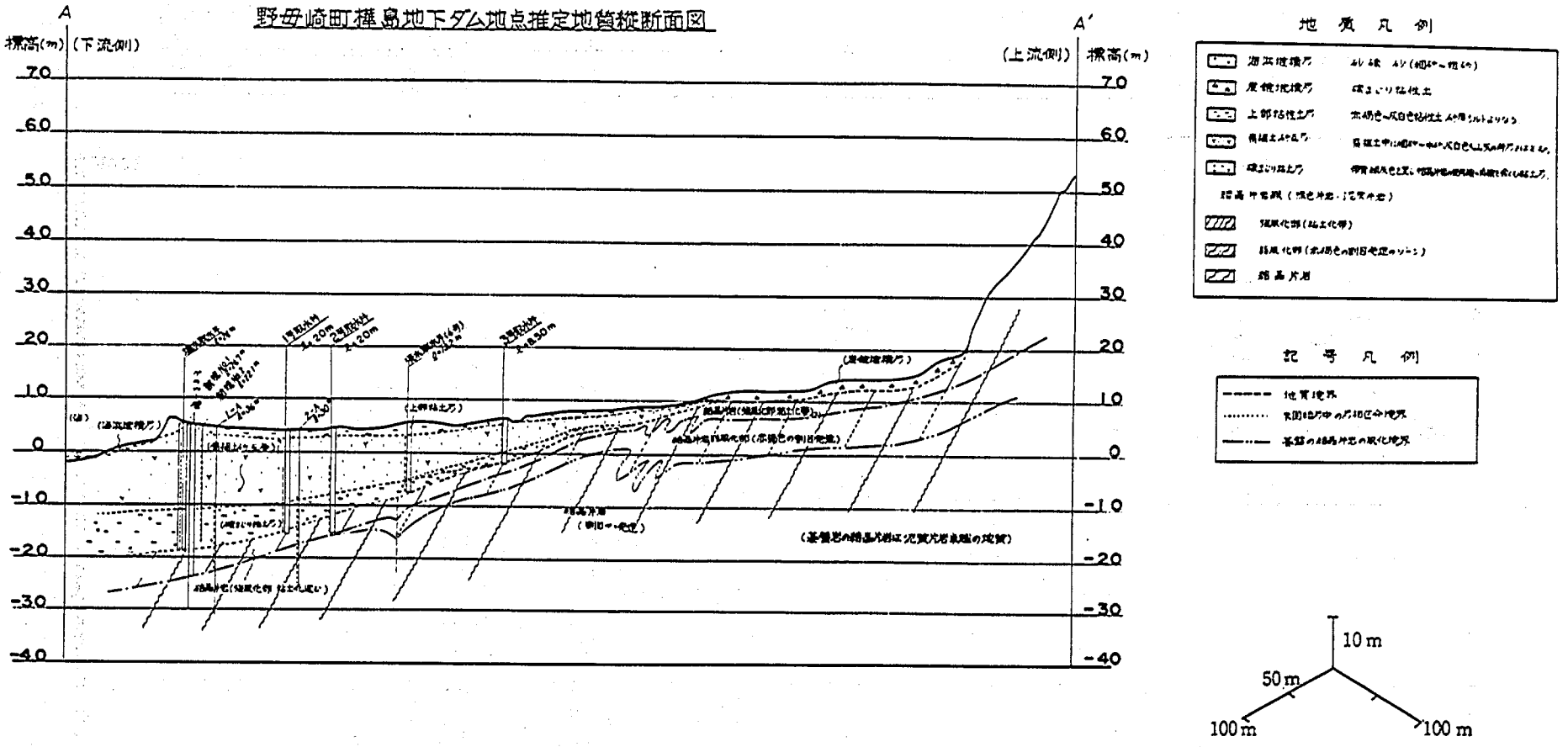


図５－５　野母崎町樺島地下ダム地点推定地質縦断面図

(4) 帯水層と透水係数

本地域の地質層序のうち有効な帯水層になりうるものとして礫混りの粘性土層と腐植土・粗砂互層があげられる。その他透水性の良い地層として結晶片岩の風化部があるが，今，揚水試験結果の得られている礫混り粘性土層と腐植土・粗砂互層の有効間隙率をそれぞれ0.15，0.02とする貯留容量として約10,000m^3の容量が得られることになる。これに結晶片岩風化部の容量を加えても，日計画取水量を250m^3とした場合，約40日分の取水量程度となる。

今回，遮水壁補強工事に先立って行われた地質調査ボーリング孔による透水試験の結果を表5－4，表5－5に示す。（表5－5中の孔番号については，図5－4を参照）試験は，対象区間長，5mを原則に行なうことにしているが，できるだけ，各層毎の透水性を把握する目的から，実情に合わせて，対象区間長を短かくしているものもある。

さらに，透水試験方法は，下記の要領によった。

腐植質シルト，粗砂互層
礫混り粘性土層
強風化片岩層
…… 静水圧注水試験 / オープンエンド加圧注水試験

一般片岩層…… 加圧注水試験（最大5 kg/cm²）

その結果は，事前透水試験結果等に示しているが，その傾向をまとめると下記のようになる。

表5－4　おおまかな各層の透水係数範囲

時代	地質名	透水係数 cm/s	試験方法
第四紀	腐植質シルト	$1.9\times10^{-4}\sim4.5\times10^{-3}$※	静水圧
	粗砂互層	$3.1\times10^{-3}\sim4.5\times10^{-3}$	オープンエンド
	礫混り粘性土層	$1.5\times10^{-4}\sim4.1\times10^{-3}$	静水圧
古生代	強風化片岩層	$2.2\times10^{-4}\sim7.3\times10^{-3}$	オープンエンド，一部加圧
	結晶片岩層	$4.8\times10^{-6}\sim9.7\times10^{-4}$	加圧

※　腐植質シル層優勢部分の試験では，2.2×10^{-5} cm/s であった。

表5－5　事前（パイロット）透水試験結果一覧表

孔番	ステージ	測定区間 m～m	透水係数 cm/s	区間地質	孔番	ステージ	測定区間 m～m	透水係数 cm/s	区間地質
P 1	1	1.0 ～ 5.0	3.1×10^{-3}	弱風化片岩	P 5	1	1.0 ～ 4.0	1.8×10^{-3}	腐植土砂
	2	5.0 ～ 10.0	2.0×10^{-3}	〃		2	4.0 ～ 6.0	7.6×10^{-4}	〃
	3	10.0 ～ 15.0	1.9×10^{-3}	結晶片岩		3	6.0 ～ 10.0	1.9×10^{-4}	〃
	4	15.0 ～ 20.0	1.7×10^{-3}	風化片岩		4	10.0 ～ 14.0	6.8×10^{-4}	〃
	5	20.0 ～ 25.0	1.1×10^{-4}	結晶片岩		5	14.0 ～ 18.0	2.2×10^{-3}	粘混り腐植土
	6	25.0 ～ 30.0	3.5×10^{-5}	〃		6	18.0 ～ 20.4	3.5×10^{-3}	礫混り粘性土
P 2	1	1.0 ～ 5.0	6.7×10^{-4}	腐植土砂		7	20.4 ～ 23.6	4.1×10^{-3}	〃
	2	5.0 ～ 10.0	4.2×10^{-4}	〃		8	23.6 ～ 28.6	1.8×10^{-3}	〃
	3	11.0 ～ 15.0	3.6×10^{-4}			9	28.6 ～ 33.6	6.7×10^{-5}	弱風化片岩断層
	4	16.0 ～ 20.0	1.1×10^{-3}	強風化片岩		10	33.6 ～ 35.0	3.9×10^{-5}	結晶片岩
	5	20.0 ～ 25.0	2.2×10^{-4}	風化片岩	P 6	1	1.0 ～ 5.0	2.2×10^{-3}	表土腐植土砂
	6	25.0 ～ 30.0	2.0×10^{-4}	強風化片岩		2	5.0 ～ 9.5	6.0×10^{-4}	腐植土砂
	7	30.0 ～ 31.20	1.3×10^{-4}	〃		3	9.5 ～ 13.0	1.9×10^{-3}	〃
	8	31.5 ～ 35.0	4.3×10^{-5}	泥質片岩		4	13.0 ～ 15.0	2.7×10^{-4}	〃
P 3	1	1.0 ～ 5.0	1.4×10^{-3}	腐植土砂		5	15.0 ～ 19.5	1.5×10^{-4}	強風化片岩
	2	5.0 ～ 10.0	2.2×10^{-5}	〃		6	19.5 ～ 25.0	1.2×10^{-4}	結晶片岩
	3	10.0 ～ 15.0	2.1×10^{-4}	礫混り腐植土		7	25.0 ～ 30.0	4.8×10^{-6}	〃
	4	15.0 ～ 20.0	1.4×10^{-3}	〃 粘性土	P 7	1	1.0 ～ 5.0	3.5×10^{-3}	表土及び腐植土砂
	5	20.0 ～ 22.40	8.7×10^{-4}	強風化帯		2	5.0 ～ 10.0	4.5×10^{-3}	腐植土砂
	6	22.5 ～ 25.50	2.7×10^{-4}	強風化片岩		2′	10.0 m	3.1×10^{-3}	
	7	25.5 ～ 30.0	2.5×10^{-4}	〃		3	10.0 ～ 13.8	5.9×10^{-4}	強風化帯
P 4	1	5.00 m	4.5×10^{-3}			4	15.5 ～ 20.0	2.3×10^{-4}	結晶片岩弱風化帯部
	2	7.0 ～ 10.0	2.0×10^{-3}	腐植土砂		5	19.5 ～ 25.0	1.7×10^{-4}	結晶片岩
	3	13.0 m	3.5×10^{-3}		P 8	1	1.0 ～ 5.0	7.3×10^{-3}	
	4	13.0 ～ 18.0	6.1×10^{-4}	腐植土砂		2	5.0 ～ 10.0	9.7×10^{-4}	結晶片岩
	5	18.0 ～ 22.5	2.5×10^{-3}	強風化帯		3	10.0 ～ 15.0	4.2×10^{-5}	〃
	6	22.5 ～ 25.0	8.5×10^{-4}	強風化片岩		4	15.0 ～ 20.0	7.7×10^{-6}	〃
	7	25.0 ～ 30.0	4.6×10^{-5}	緑色片岩					

(5) 有効間隙率

実施されたボーリングの土質試験結果などを用いて，地層ごとの有効間隙率の検討をした。

① 腐植土層

土質試験結果より得られた間隙化と飽和度のデータ値を式—(1)，(2)に代入して計算を行い，表５－６の結果を得た。

表５－６　Ｐａ（腐植土層）

ボーリング孔	№－１Ａ	№－２Ｃ
試料数	5	9
深度（m）	2.0～10.8	2.0～10.8
e	5,226	4,664
n　(%)	83.9	82.3
Sr　(%)	96.2	98.9
Pa	0.03	0.01

$$n = \frac{e}{1+e} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

$$Pa = \frac{Va}{V}$$

$$= \frac{Va + Vw}{V} - \frac{Vw}{V}$$

$$= \frac{Vv}{V} - \frac{Vv}{V} \cdot \frac{Vw}{Vv}$$

$$= n - n \cdot Sr$$

$$= n(1 - Sr) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

ここで　n　：　間隙率　　e　：　間隙化

Pa　：　有効間隙率　　V　：　全体積

Va　：　気体の体積　　Vw　：　水の体積

Vv　：　間隙の体積（Vaと Vw の和）

Sr　：　飽和度

表５－６より腐植土層の有効間隙率は平均0.02とみることができる。

一方この値は降雨量と地下水位上昇量の関係よりうらづけられる。図５－６にその関係を示す。ただし，地下水位が高い時は降雨があっても地下水位上昇量が少ないので，地下水位上昇量としては降雨時が地下水位の低い時（ＴＰ－ｍ）で，降雨量は１０㎜以上とした。ここで

$$\text{雨量係数} = \frac{\text{降雨量}}{\text{地下水位上昇量}}$$

この値は図５－６より0.02程度である。この雨量係数は有効間隙率に近いものと考えてよい。

以上のことより，腐植土層はスポンジ状の土層とみなされ，若干の貯留量を有する帯水層と考えられる。

② 礫混り粘土層

腐植土層の下層にある礫混り粘土層については，７試料の粒度試験が行われており，１０％粒径D_{10}が0.006～0.016㎜で平均0.013㎜であった。この結果を，Davis DeWiestによる粒径と有効間隙率との関係図（図５－７）にあてはめてみると，有効間隙率は0.15である。

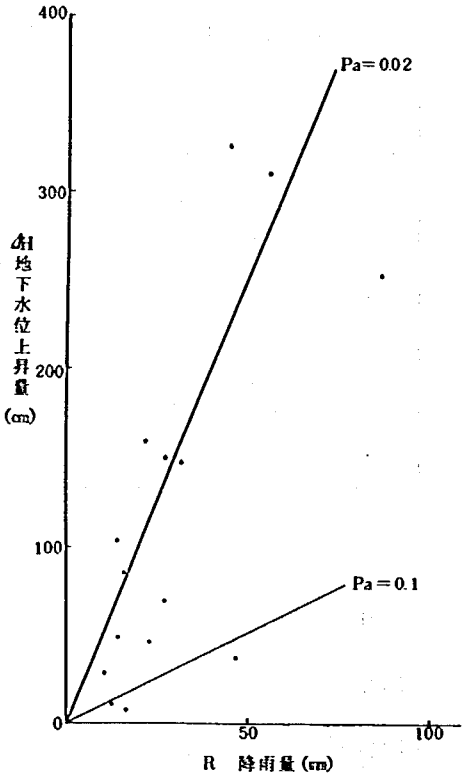


図５－６　雨量係数

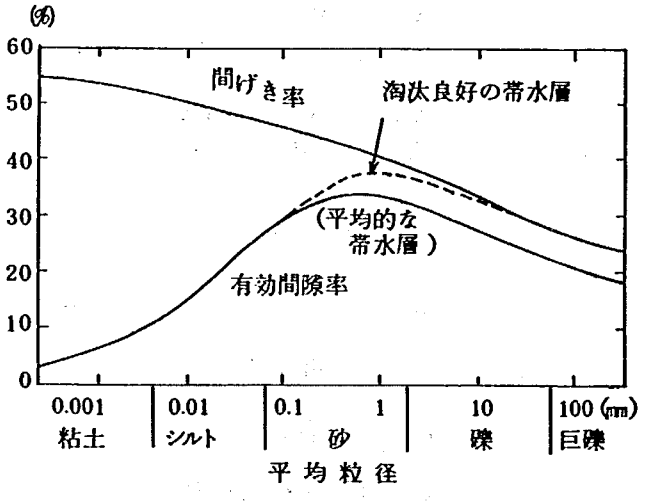


図５－７　粒径と有効間隙率（Davis DeWiestによる）

(6) 貯水容量

ボーリング結果による地質図をもとに，各地層の体積を仮定して求めてみると次のようになる。（図５－８参照）

(i) 腐植土層

体　積　　143,100 ㎥

(ii) 礫混り粘土層

容　積　　43,200 ㎥

貯水容量は前に求められた有効間隙率と体積により

(i) 腐植土層

143,100 × 0.02 ＝ 2,860 ㎥

(ii) 礫混り粘土層

43,200 × 0.15 = 6,480 m³

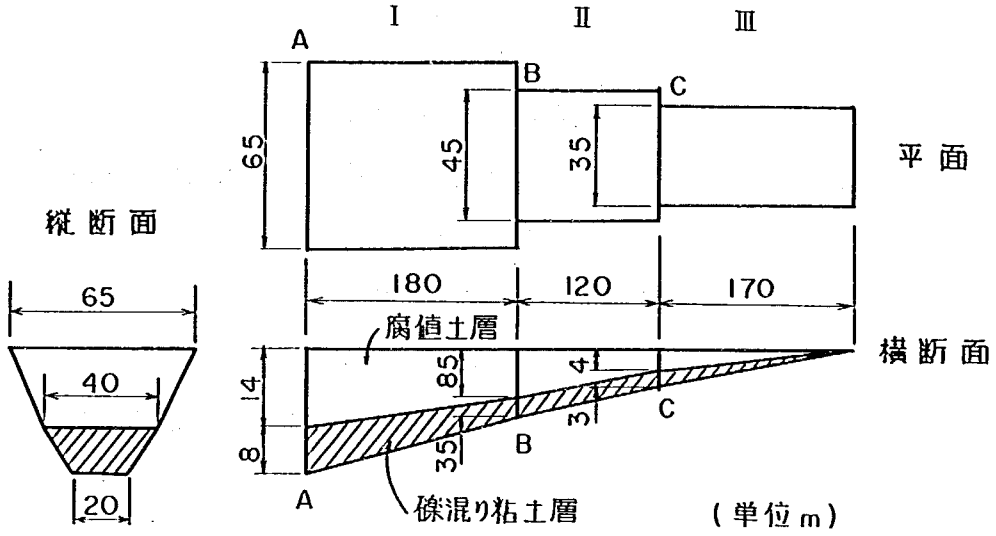


図5－8　地下ダム貯水容量の算定

合計 9,340 m³ となる。ただし，片岩風化帯の容量を考慮していないことや非常に単純な形状を仮定して計算しているため，地上の貯水池ほど精度はよくない。なお，この値は日当り 250 m³ の取水として約40日分に相当する。

表5－7　貯水池容量計算表

		腐植土層	レキ混り粘性土層	合計
断面積 (m²)	A－A	735	240	975
	B－B (I)	446	105	551
	(II)	309	73	382
	(III)	145	62	207
	(IV)	113	48	161
体積 (m³)	I	106,300	31,000	137,300
	II	27,200	8,100	35,300
	III	9,600	4,100	13,700
	計	143,100	43,200	186,300
有効間ゲキ率		0.02	0.15	
容量 (m³)		2,860	6,480	9,340

6. 既応遮水壁の効果に関する調査

既応遮水型遮水効果を，次のような方法で検討した。

① 遮水壁上・下流の揚水試験による水位変化による評価

② 潮位変動が地下水位へ与える影響からの評価

③ 内陸地下水位低下時の塩素イオン濃度変化観測からの評価

ここでは，上述①②の方法を用いて下流側1列施工の段階での遮水効果の検討を試みてみる。なお③については水収支調査の節で述べることにする。

(1) 遮水壁上・下流の揚水試験による水位変化からの評価

既設のグラウト壁の効果をチェックするために，グラウトカーテン内に堀削したボーリング孔を揚水井としグラウトカーテン内，カーテン外（海側・上流側）を観測井とし，簡易揚水試験を行った。

その配置は図6－1の通りである。

試験は，礫混り粘度層と風化岩盤層の2層について段階に分けて揚水試験を行った。

実施の概要図を図6－2に示す。

まず第1段階の深度20m以降の風化岩層を対象とした揚水試験の結果を図6－3に示すが，これを見ると，グラウトカーテン内の段階揚水の影響が上流側No 1－A観測孔に現われており，また，その水位は揚水を停止後同じ水位におちついている。

観測井はすべて堀進長35m以上で結唱岩未風化部まで達し，No 1－A以外（No 1－Aは14mまでケーシング）はオールストレーナである。この結果からNo 1－Aと揚水井は弱風化帯を通じて地下水としては通じているものと考えられるが，しかし同じグラウトカーテン内のB－2号孔，または下流側B－1号孔については，揚水の影響は現われていない。

このことについては谷の縦断方向に発達したレッカ水的つながりがあり横断方向のつながりは薄いものと考えられる。（ここで既存の普通グラウト注入は，腐植工層と礫混りの粘性土層を対象に注入を行ったものであり，弱風化岩層の上部にまでしか注入は行っていない。

次に第2段階の礫混りの粘性土層を対象に行った揚水試験の結果を図6－4に示すがこの場合上・下流の観測井に水位低下の影響は現われていない。ただ残念なことに第1段階で影響が現われたNo 1－A号孔の水位観測が現地事情により出来なかった。従って既存のグラウト効果が現われているのかどうかの判断はむずかしい。しかしグラウトチェックのボーリングを見ると薬液が見い出せないことなどから既存のグラウト注入は，対象層内の，注入されやすい部分を通って薬液が流れ，均一な遮水壁が形成されたとは考えにくい。

また，今回は，グラウト内に２ケ所チェック孔を設けたが，地下水の横方向のつながりがりは不明確であった。

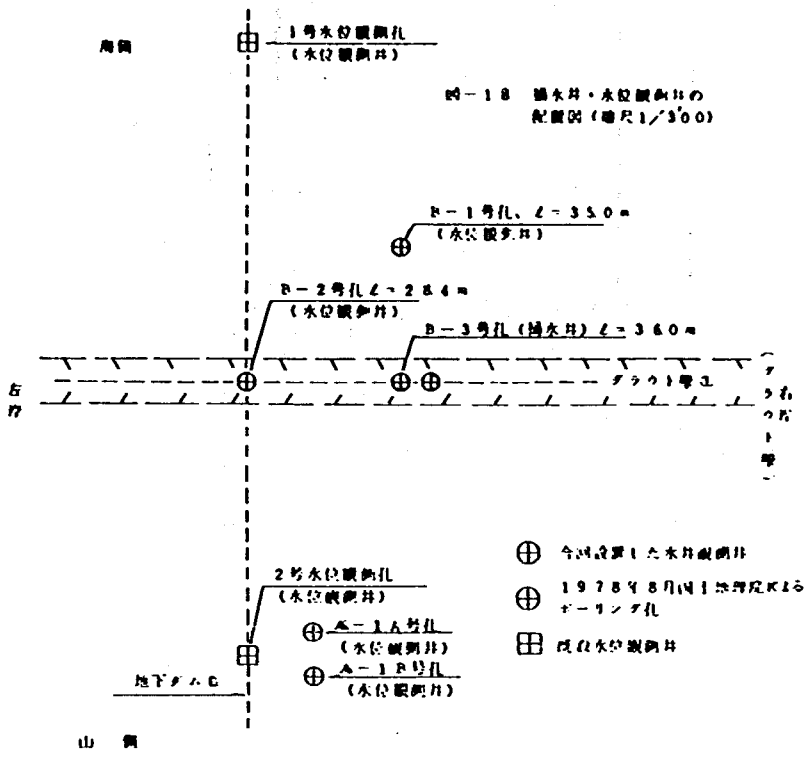


図６－１　揚水井・水位観測井の配置図

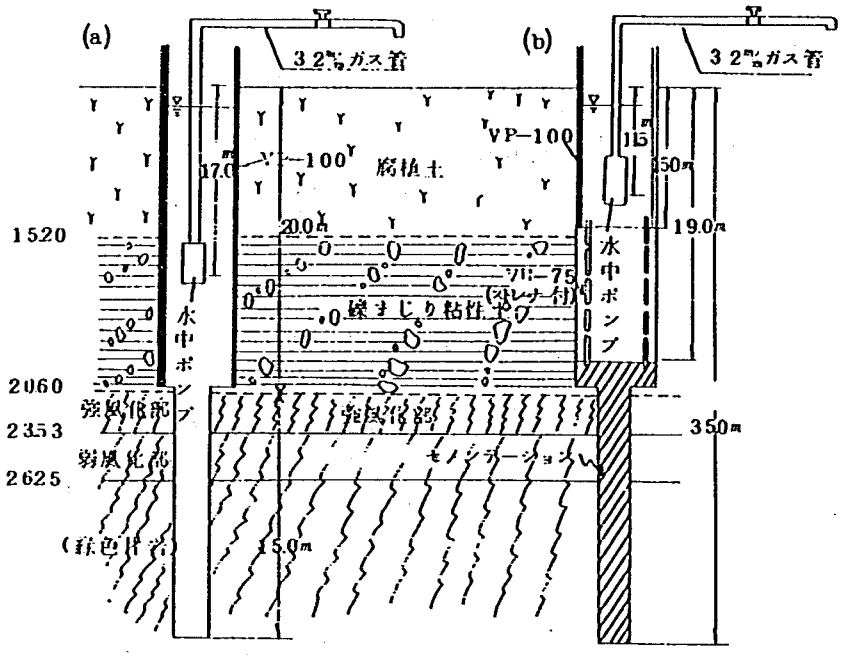


図６－２　揚水試験の実施方法概要図

(2)　潮位変動の地下水位への与える影響からの評価

1）手　　法

潮位はほぼ周期的に変動し，時系列的につぎの cos　曲線で近似される。

$$f(o, t) = D + \Delta f_o \cos \sigma t \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

ただし，D：海水深，　f（o，t）：海岸線での海水面標高（$\chi = 0$）

Δf_o：潮位振幅，　t：時間，　α＝周期

この潮位変動が海岸より χ m（水平方向）はなれた帯水層中での地下水位に次式のような変動を与えることが概略計算できる。（図６－５参照）

$$f(\chi, t) = \Delta f_o \; e^{-\alpha\chi} \cos(\sigma t - \alpha\chi) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

ただし，$\alpha = \sqrt{\sigma\beta / 2KD}$

β：有効間隙率，　K：透水係数

これらの関係から海の潮位変化と海岸からある距離はなれた地下水位の観測データがあれば，この間の透水係数を推定することができる。（図６－６，６－７参照）

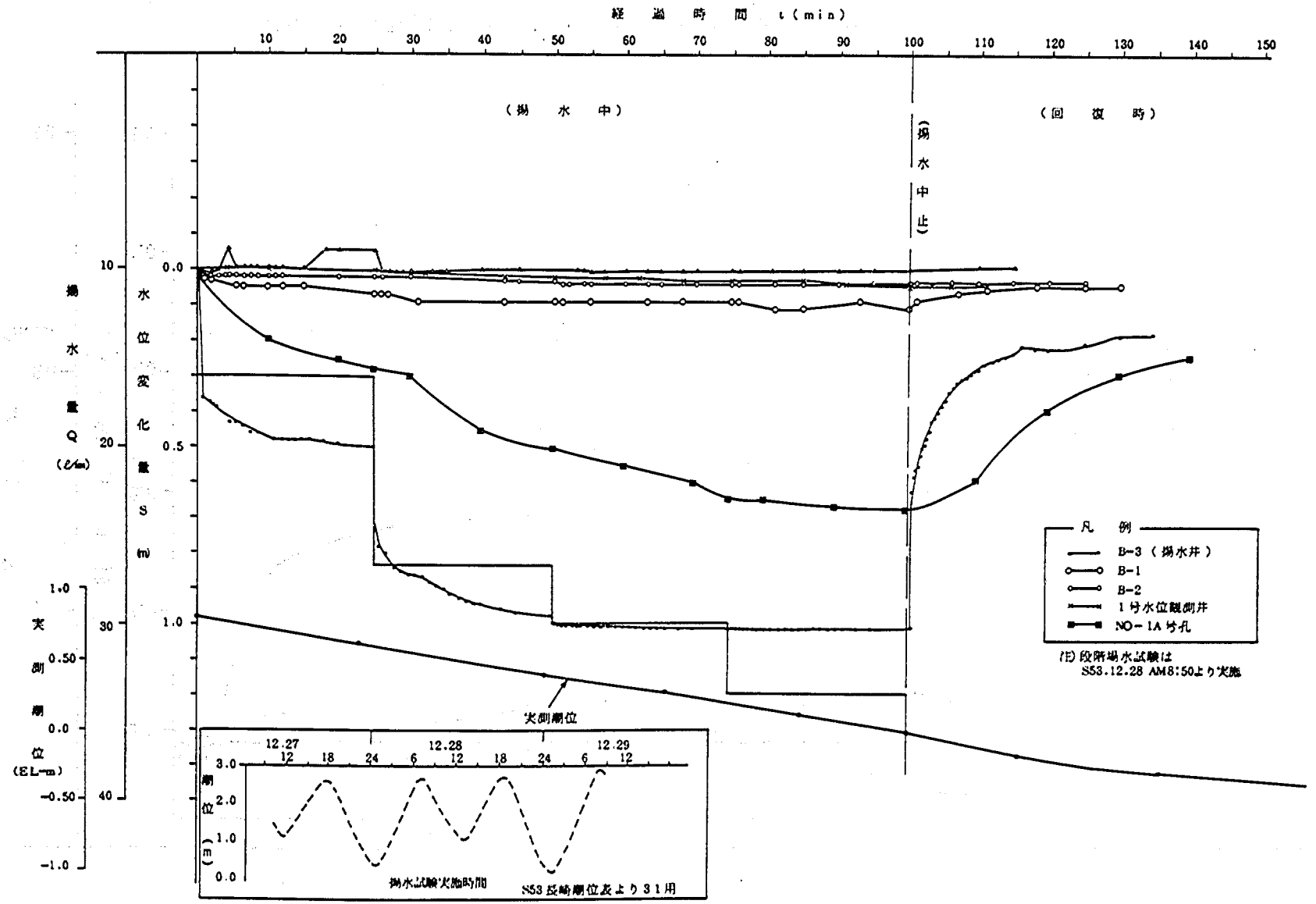


図6－3　深度20.0m以深を試験区間とする段階揚水試験結果

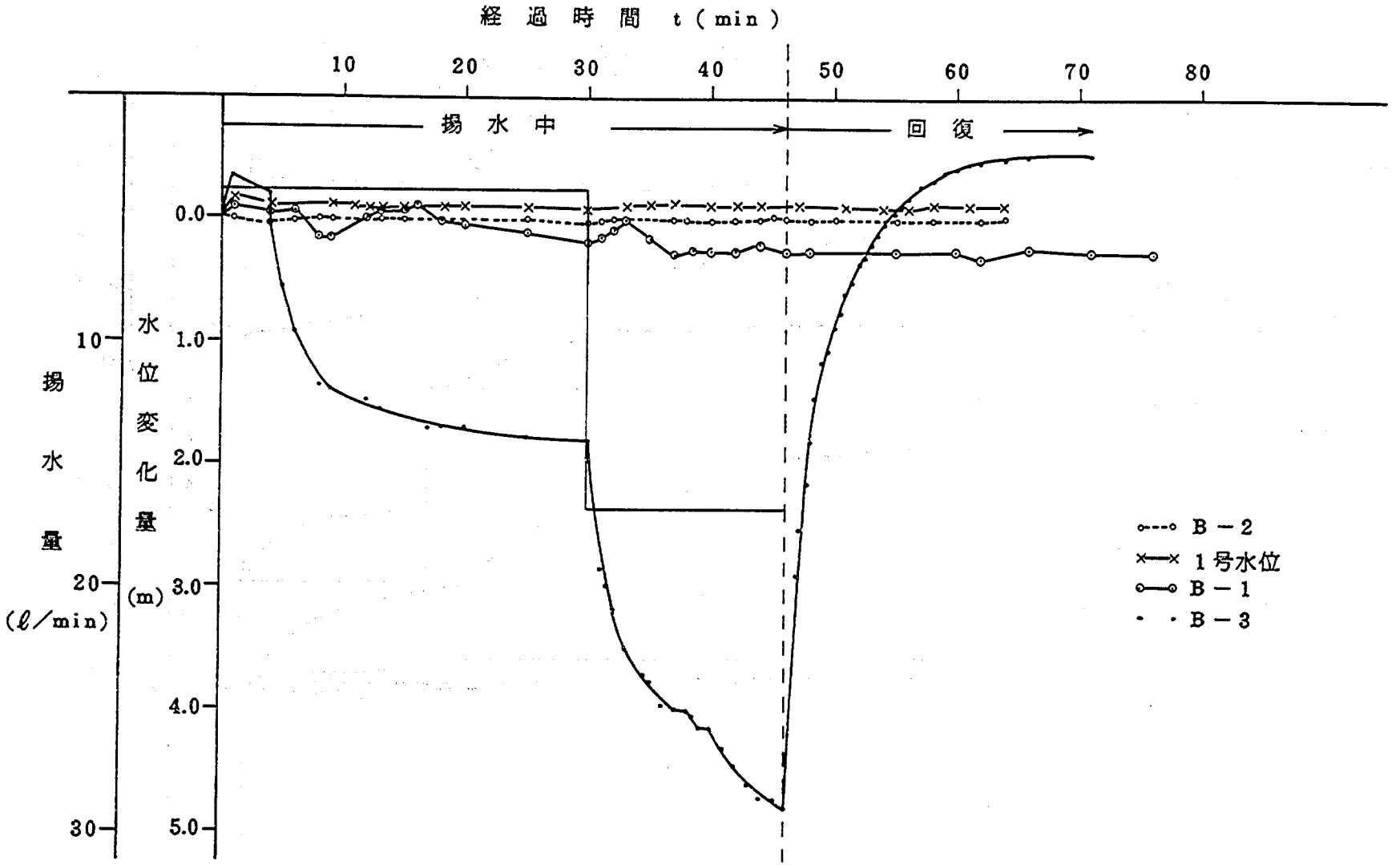


図6－4　深度15.0～19.0mを試験区間とする段階揚水試験結果

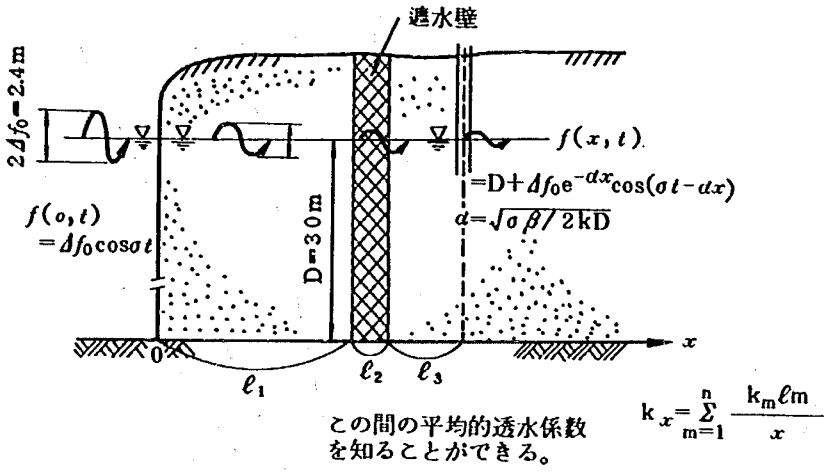


図６－５　地下水位変動の伝播

2）野母崎地下ダムへの適用

野母崎地下ダムにおいて観測データをもとに，遮水壁１列施工完了時の効果の検討を行った。まず，施工前の観測データにより，施工前の平均透水係数を求めるため同地域に上式のパラメータとして以下の値を与えた。

① 帯水層厚　D＝３０m（ここではさきの海水深に等しいとする）

② 観測井の位置　№１A　χ＝　６７m

№２A　χ＝１４３m

③ 有効間隙率　β＝0.０６

④ 潮位データ：　長崎港の観測値をそのまま用いた。

周期＝約１２時間，　振巾＝約1.２m

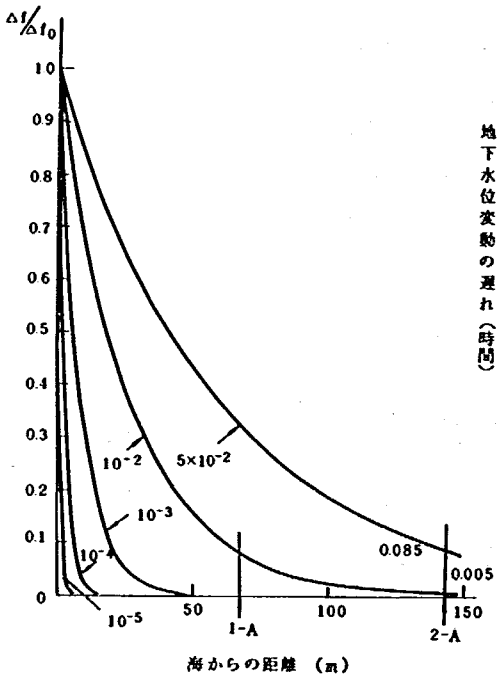
これらから，まず海岸からの水平距離χと減衰特性，水位変動遅れ特性に関する関係が求められる。

そして，これらをもとにまず改良前の平均的な透水係数を求める。

ここでは，施工前の潮位及び地下水位データとして昭和５４年１月１日と４月１７日のデータを用いた。

① 昭和５４年１月１日の例（図６－８参照）

№１A
- B＝△f／△fo＝0.1　→　透水係数（k）≒1×10^{-2}cm／S
- Te＝５（hr）　→　〃　≒1×10^{-2}cm／S
- B＝△f／△fo＝0.03　→　〃　≒2×10^{-2}cm／S
- Te＝５（hr）　→　〃　≒4×10^{-2}cm／S



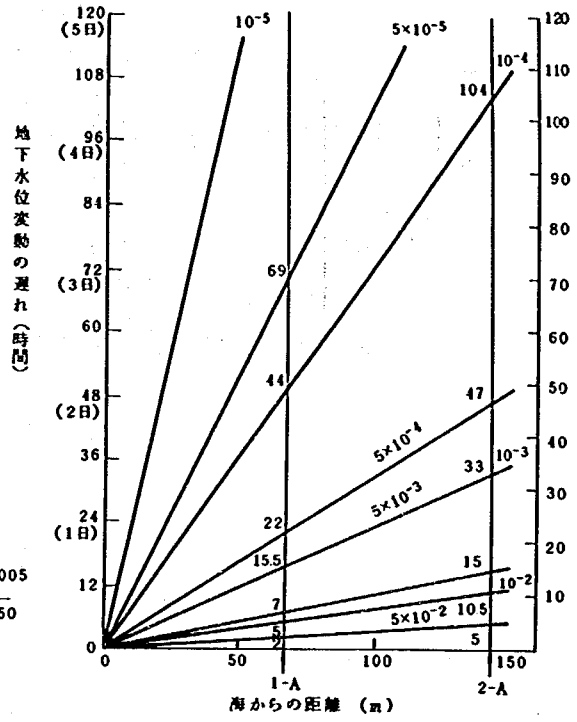


図６－６　海からの距離～減衰特性　図６－７　海からの距離～水位変動おくれ特性

(1)　S.54. 1. 1

(2)　S.54. 4. 17

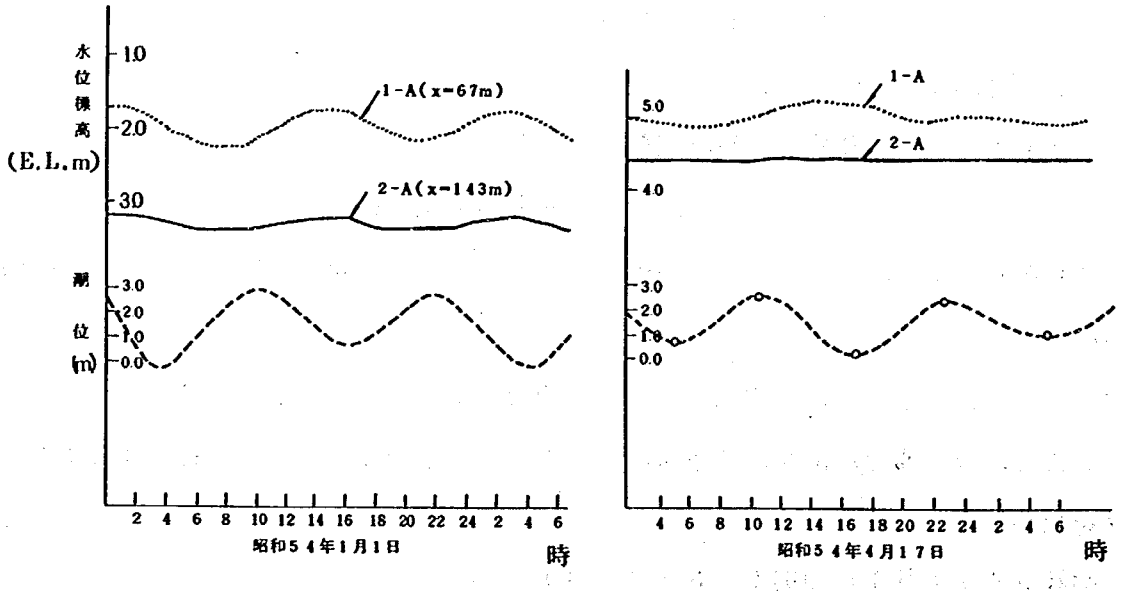


図６－８　潮位・地下水位変動図

② 昭和５４年４月１７日の例（図６－８参照）

	B＝△f／△fo＝0.165	→	透水係数（k）≒	$2\times10^{-2}cm/S$
№1 A				
	Te＝４（hr）	→	〃	$\fallingdotseq 2\times10^{-2}cm/S$
	B＝△f／△fo＝？	→	〃	？
№2 A				
	Te＝？	→	〃	？

これらによると平均的な改良前の地盤の透水係数は，$2\times10^{-2}cm/sec$ 程度であると判断される。

7. 水 収 支 調 査

水収支調査は地上水と地下水を含めて対象地区全体の　の動きの中で地下貯水池に出入りする水量や地上から地下へ移動する水量（自然涵養量）を定量的に推定するものである。

この結果は地下貯水池計画に際して，以下のような検討項目について解答を出すのに役だつと考えられる。

① 地下貯水池の貯水量及び容量の推定（地質調査と併行して調査を行う。）

② 降雨や農業用水から，地下貯水池への自然流入量の推定

③ 地下貯水池から他地域や蒸発散する無効流出量を推定

④ 地下貯水池運用による周辺環境への影響事前評価

⑤ ②～④に関連して地下貯水池の管理・運用方式の決定

以上に関して，地下貯水池に流入・流出する水の動きを模式的に図７－１に示す。

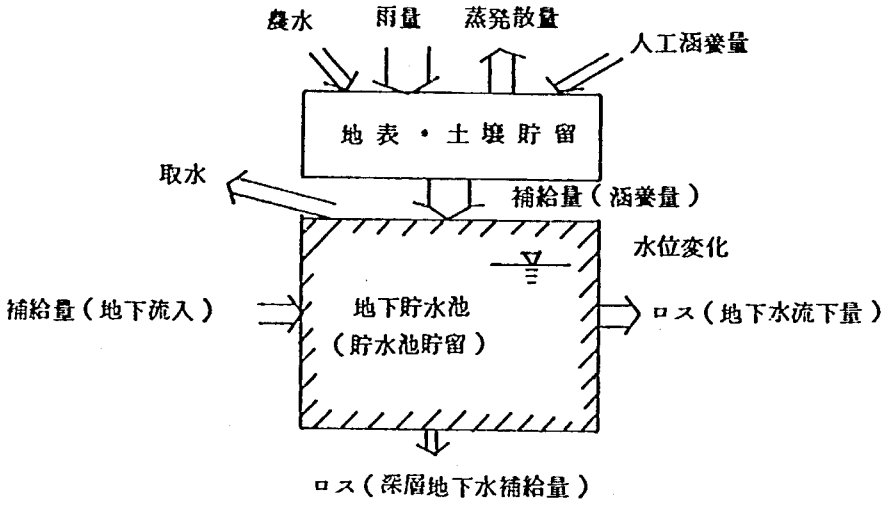


図７－１　地下貯水池における水循環と流入・流出関係

(1) 水文観測地点

当地域において，地下ダムを対象として，表７－２に示す水文項目について観測を行った。また，その観測位置は図７－２に示すとおりである。これらのデータをもとに当地下ダムの水収支を行ったが，その解析結果について述べる前に，各観測項目の状況について簡単に述べる。

表７－２　水文観測項目

項　目	数	名　称	開始年月
降水量	3	1～3号雨量	S. 52. 8
地下水位	3（普通） 2（日記）	1～3号観測孔 5～6号　〃	S. 52. 8 S. 54. 8
地表水流量	2	4号水位（下流） 7号　〃（上流）	S. 52. 8 S. 53.11
蒸発量	1		S. 52. 8
取水量	3	1～3号取水井	S. 53. 1
地盤沈下量	3	1～3号沈下盤	S. 52.10

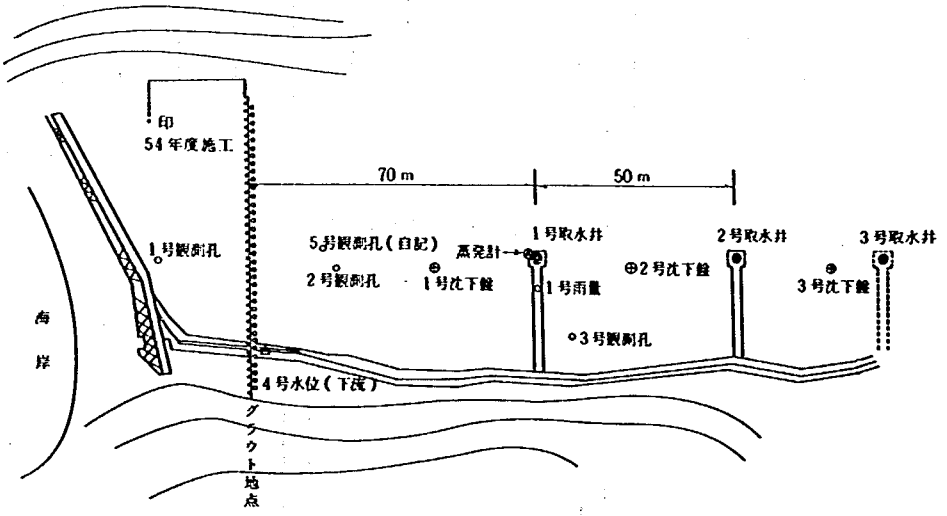


図７－２　水文観測施設平面図

(2) 降　雨　量

流域内の３地点において，雨量観測を行ったが，雨量の分布状況は，流域面積が0.584Km²と小さく，平地部でも山地部でもほとんど変化がない。最近１５年間の当地域での年間雨量分布を図７－３に示す。（ただし，昭和５２年以前については，長崎県気象台のデータより推算したものである。）平均１６９３㎜／年とわが国の年平均降水量に近い。また，最近では，昭和５３年が最少で１１２８㎜／年である。（対平年比0.67）　この年は周知のように全国的にも渇水年であり，全国の傾向と一致している。

月別雨量は図７－４に示すようにほとんどの年で６月が最大であり，これは梅雨によるものと考えられ，九州地方全体の特性と一致している。なお，当地域は，長崎市内の降水量よりは若干少ない。（長崎の平均年間降水量は１９７６㎜／年（１９４１～１９７０平均））

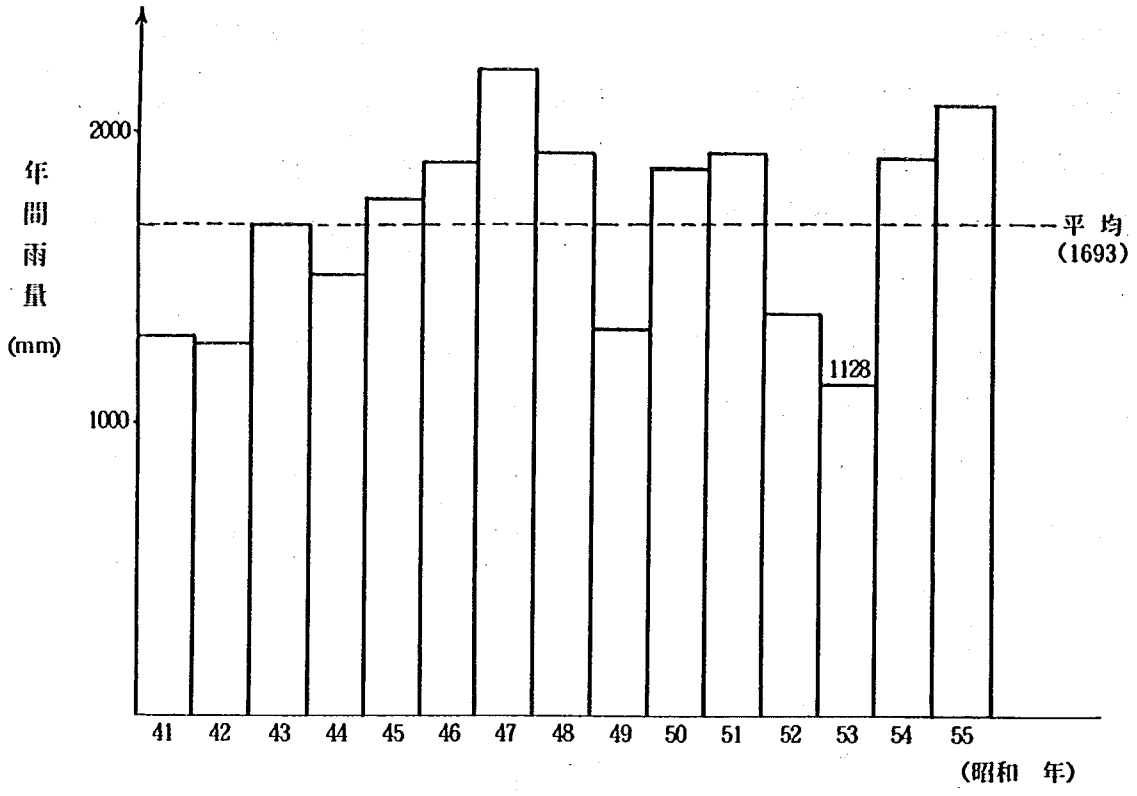


図７－３　野母崎年間雨量

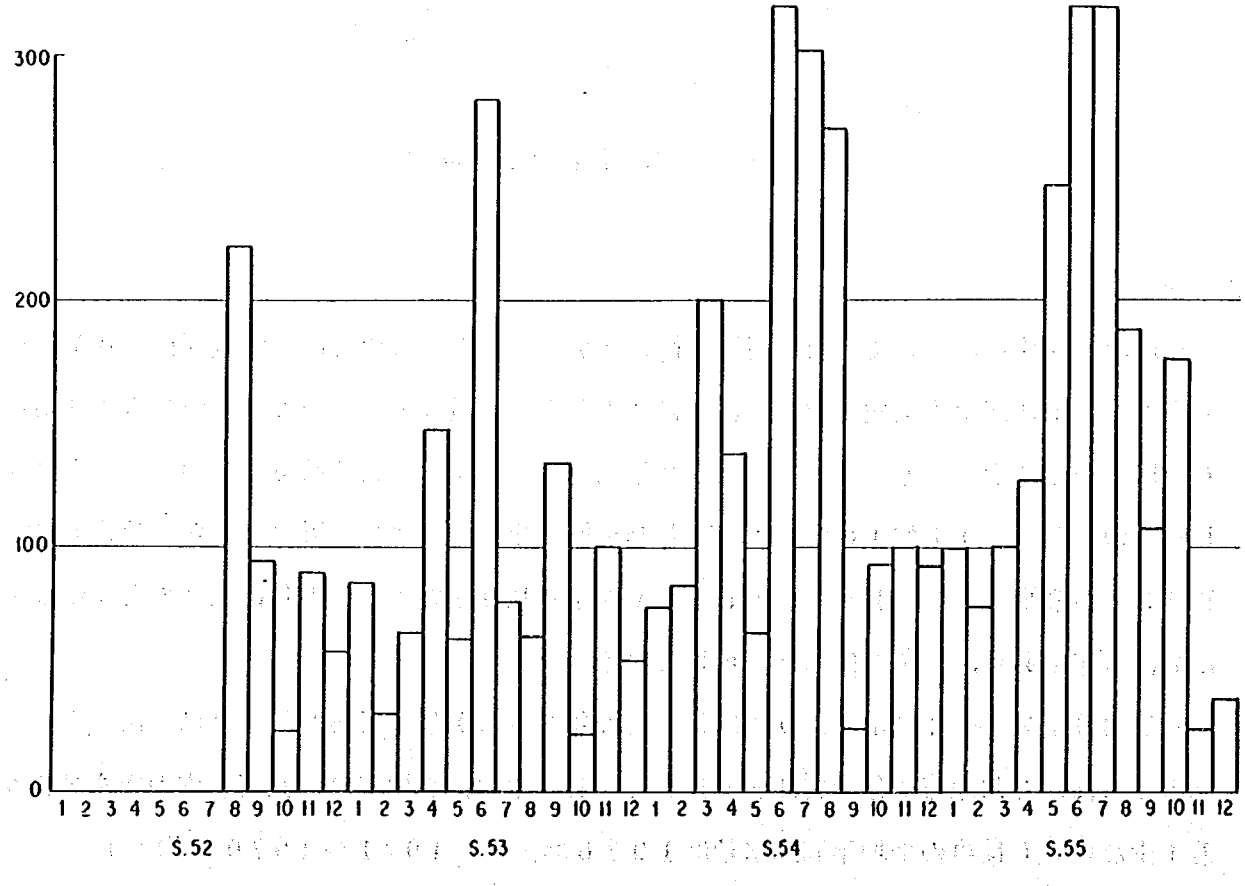


図７－４　月別雨量変動図

(3) 取　水　量

本地域においては，既応遮水壁設置時から下記より１号取水井，２号取水井，３号取水井の３本の井戸により取水がおこなわれていたが，今回，新たに２号井と３号井の間に，４号取水井を設置し，Ｓ５５．７月より取水を開始した。各井戸の諸元を表７－３に示す。

表７－３　取水井・観測井の諸元

設置時期	井　戸　名	孔口標高 TP＋m	掘進長 GL－m	外管挿入長 GL－m	内管挿入長 GL－m	ストレーナー穿孔区間 GL－m	備　考
S35年～S48年	1 号 O W	6.84	26.15		26.15		自記水位計設置
	2 号 O W		22.80		22.80		水位測定不能
	3 号 O W	5.13					池の水流入 自記水位計設置
	4号 水位流量観測						－
	第1号取水井	6.10	20.0		20.0	12 ～ 20	
	第2号取水井	5.59	20.0		20.0	12 ～ 20	
	第3号取水井						
S53年 8月	1 A O W	5.54	36.0	14.0	21.7	14 ～ 21.7	水位トランスジューサー設置
	1 B O W	5.29	29.0	12.0	29.0	12 ～ 29	自記水位計設置 池の水流入
	2 A O W	5.16	30.0	12.0	19.0	12 ～ 19	水位トランスジューサー設置
	2 B O W		30.0				
S 54 年	C H － 4	8.32	15.5	－	15.5	0 ～ 15.5	
	C H － 6	5.29	20.0	－	20.0	0 ～ 20.0	自記水位計設置
S 55 年	塩水取水井	5.45	24.0	4.0	24.0	4 ～ 24.0	
	淡水取水井 (No 4)		13.2			2.2 ～ 13.2	
	新規 No 10 W	5.77	24.7	3.0	24.7	3 ～ 24.7	自記水位計設置
	新規 No 20 W	5.69	22.1	3.0	22.1	0 ～ 24.0	自記水位計設置
	新規 No 30 W	6.39	22.9	－	22.9	20.9 ～ 22.9	
	潮汐観測所	2.17					自記水位計設置

各取水井の取水量は，昭和５３年１月より測定されている。（図７－５参照）　総取水量は平均約２５０㎥／日～２８０㎥／日で上流側３号井からの取水量が多い。これは，上流側の取水のほうが塩水化の恐れが少ないため，井戸口径が大きいなどによるものと考えられる。

しかし，昭和５３年のような，渇水時には，３号井だけでは，取水量が確保されなくなり，海にもっとも近い１号取水井が稼動している。これは既応遮水壁が効果が十分でなかったため，塩水化をまねいたと考えられる。

また，昭和５５年７月より４号井が１５０～２５０㎥／月取水しているため３号井や２号井と組合せて均等取水を行うことにより効果的な取水を行うことが可能となった。

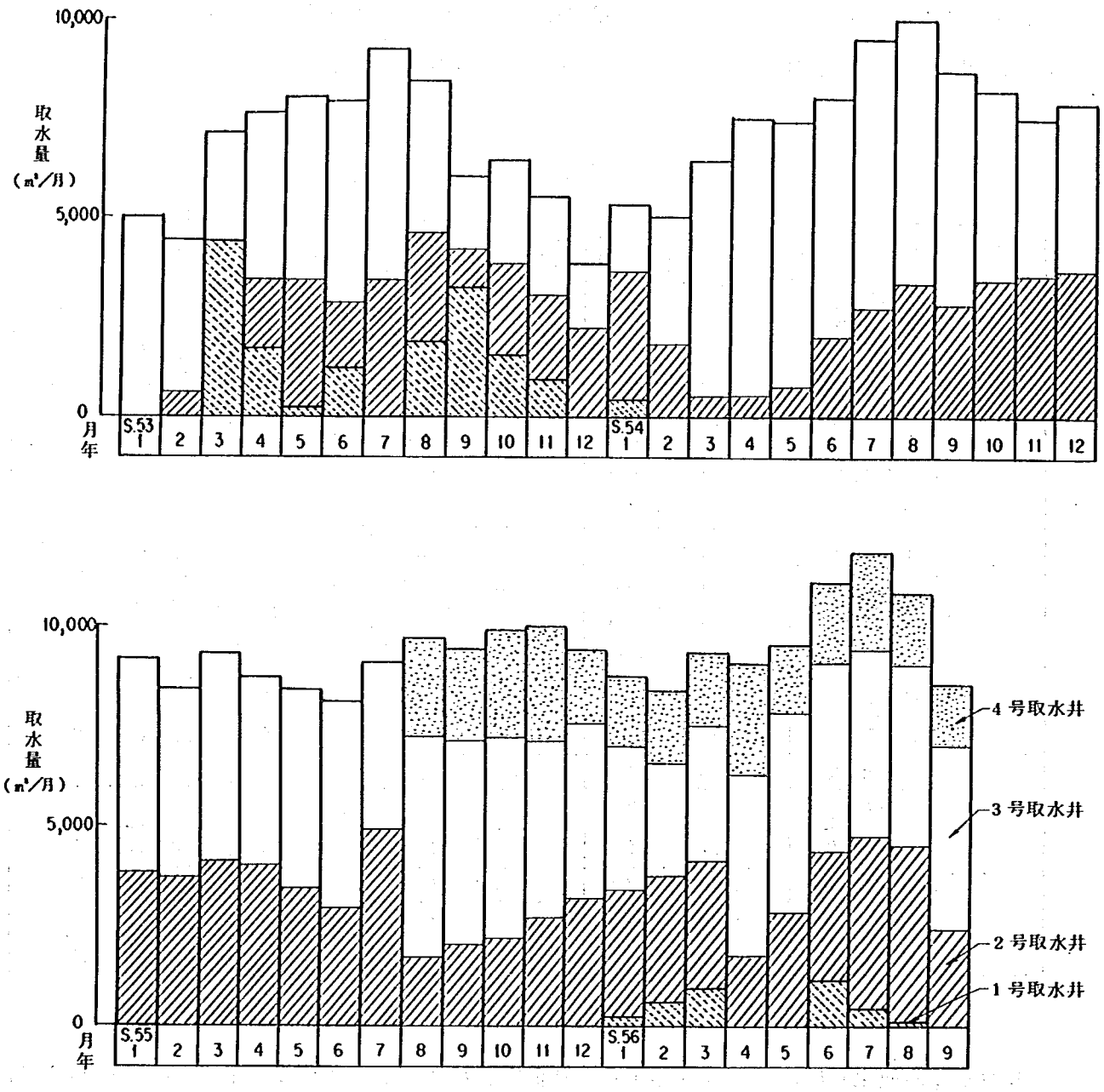


図７－５　月別取水量変動図

(4)　地表流出量

本地域では，地表流出量は，山地部から平地部（地下貯水池部）への流入部No 5と，平地部最下流端No 4で測定されている。No 5では，上流山地から地下貯水池部へ地表から流入する成分を観測することができる。またNo 4では，集水区域に降った雨が地表をとおして，無効に利用されずに，流去してしまう成分である。これらの年間の流況を図７－６に示す。図７－７はNo 5についての月別降雨～流出高内係を示したものであるが，年間をとおして流量はあるが，き

わめて流況は悪い。またNo 4は，洪水時のみしか，流量はない。すなわち，平地部において，平常時には，山地部からの地表流入量は全量，地下水へかん養されるか，平地に貯留される結果，地下水かん養または蒸発に寄与することになる。

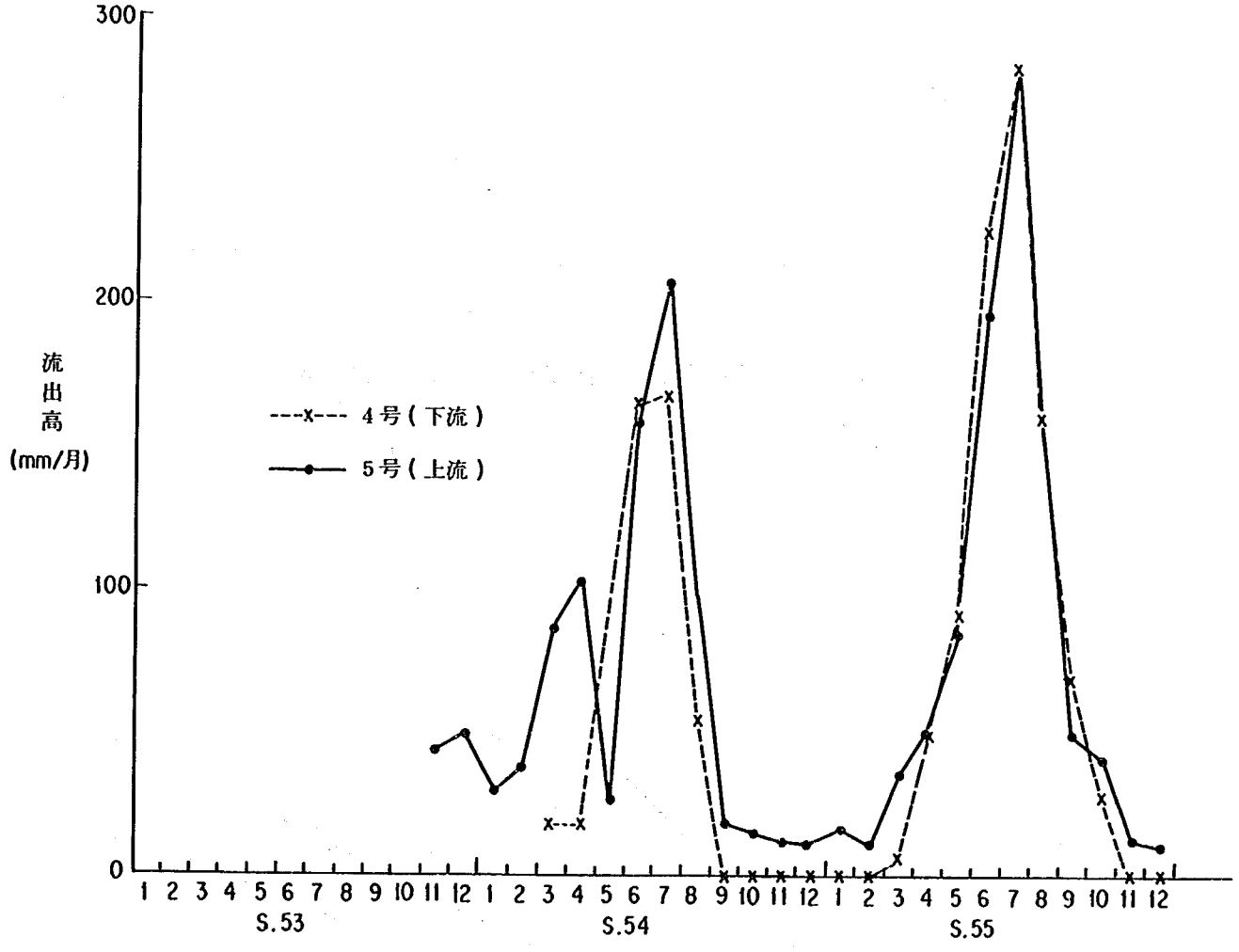


図７－６　月別地表流出高変動

No 5(上流)における洪水流出特性を図７－８に示す。大きくバラツキがみられるが，洪水流出率(直接流出高／降雨量)は0.３前後の値であることがわかる。この値は一般的傾向と大きくかけはなれたものではない。

またNo 4については，前述したよう小降雨では，流出はほとんどおこらず，流出高は０となる。このため，いわゆる　インデックス法により，流出が発生する降雨量下限値を求めたのが図７－９である。この図より，ほぼ３５㎜/日以上の降雨がある場合に流出が発生することがわかる。

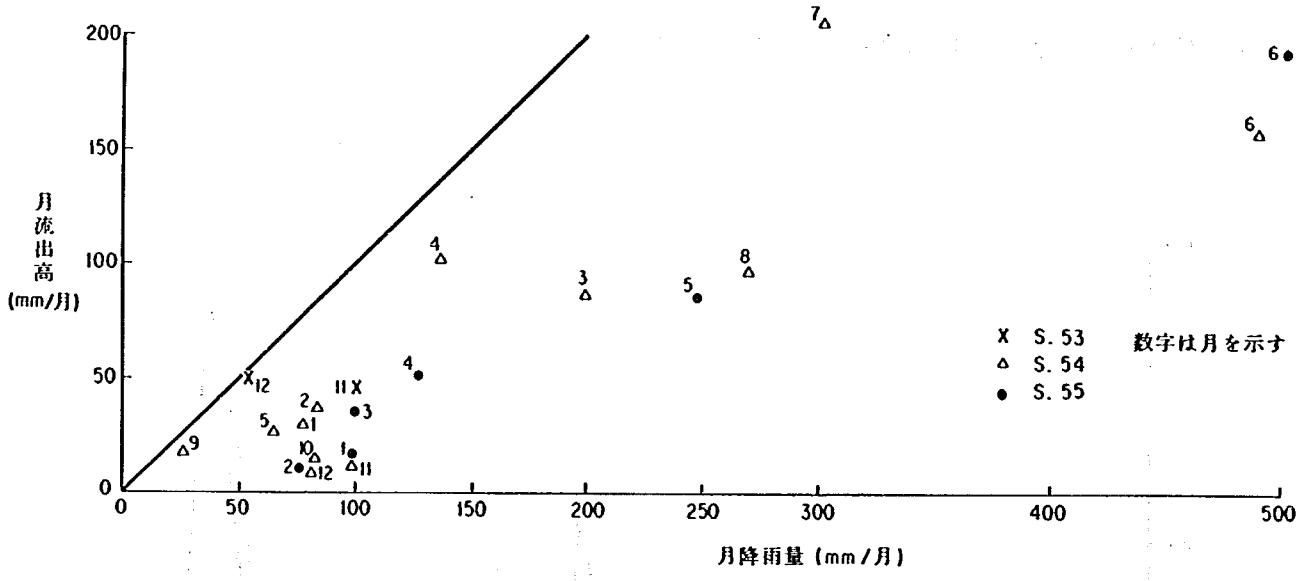


図７－７　月別降雨量～流出高関係図（上流ﾀﾑ５）

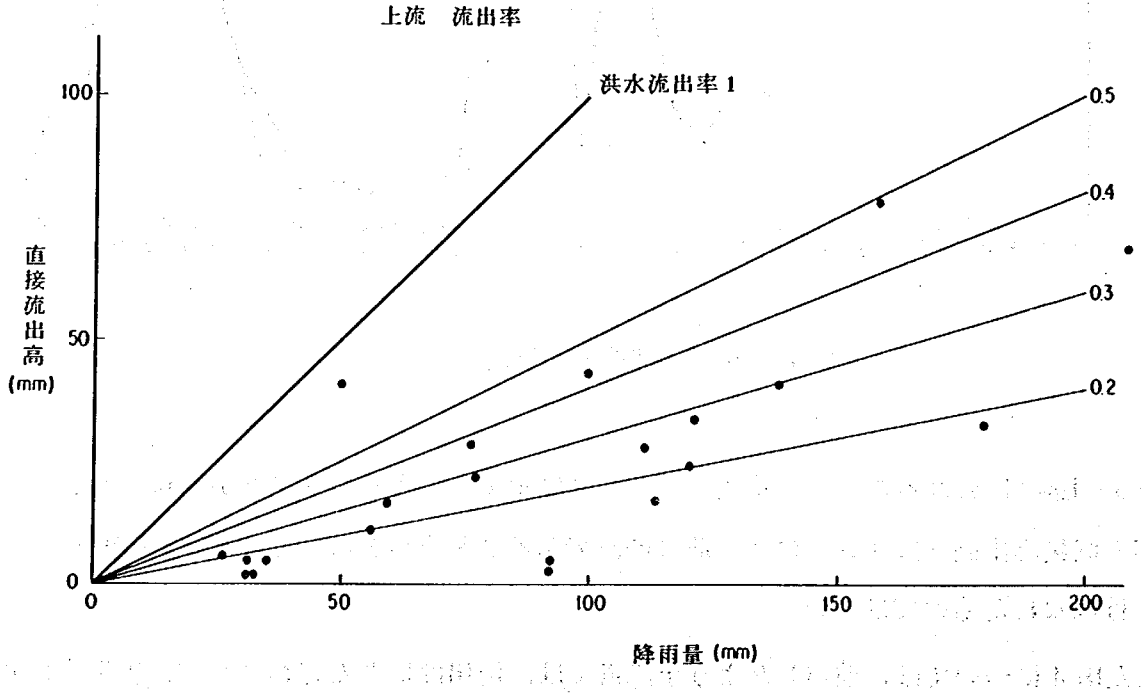


図７－８　洪水流出特性（上流ﾀﾑ５）

また，３５㎜をこえた雨は全量，流出するとしても誤差はあまり大きくない。

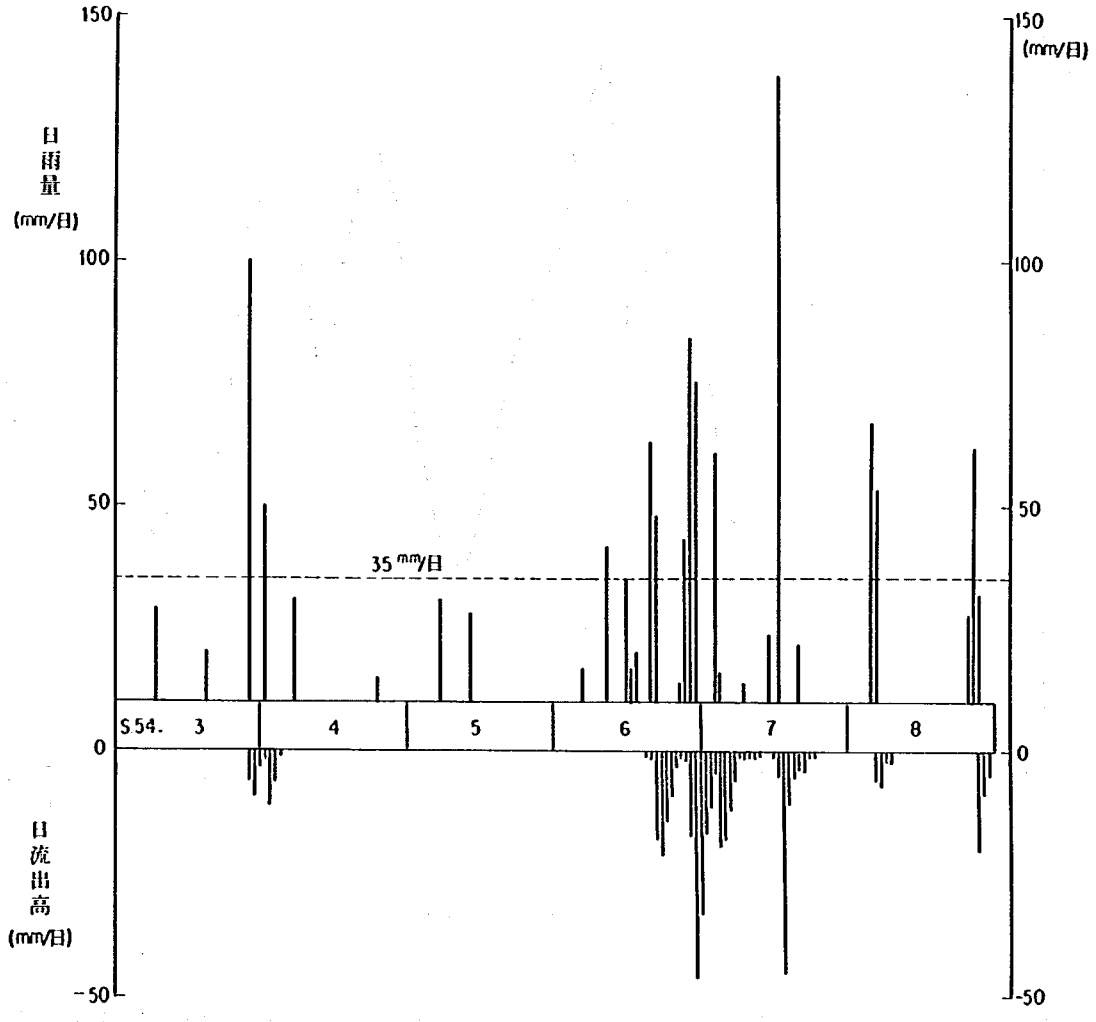


図７－９　日流出高特性（下流№４）

(5)　蒸発散量

本地区においては，φ１２００㎜の蒸発計により）Pan からの蒸発量を測定している。各年における測定結果は図７－１０に示すとおりである。また年間合計値は1,051㎜（Ｓ５３～Ｓ５５平均）である。この値は，あとでのべる水収支解析で利用される流域蒸発散量とは異なることが知られており，この蒸発散量は，別途空気力学的または熱収支式より求めるか，または流域損失量集計値などから別途求めなければならない。流域蒸発散量の推定する際とくに，年間総量の把握には河川流域損失量集計値が参考となる。また月別変動パターンは，Ｐａｎによる蒸発量変動の結果が利用できると考えられる。表７－４に全国直轄河川の損失量概略値の一覧を，また図７－１１に蒸発量また蒸発散量の月別変動状況を示す。とくに表７－４中には九州地方の代表値として６００㎜

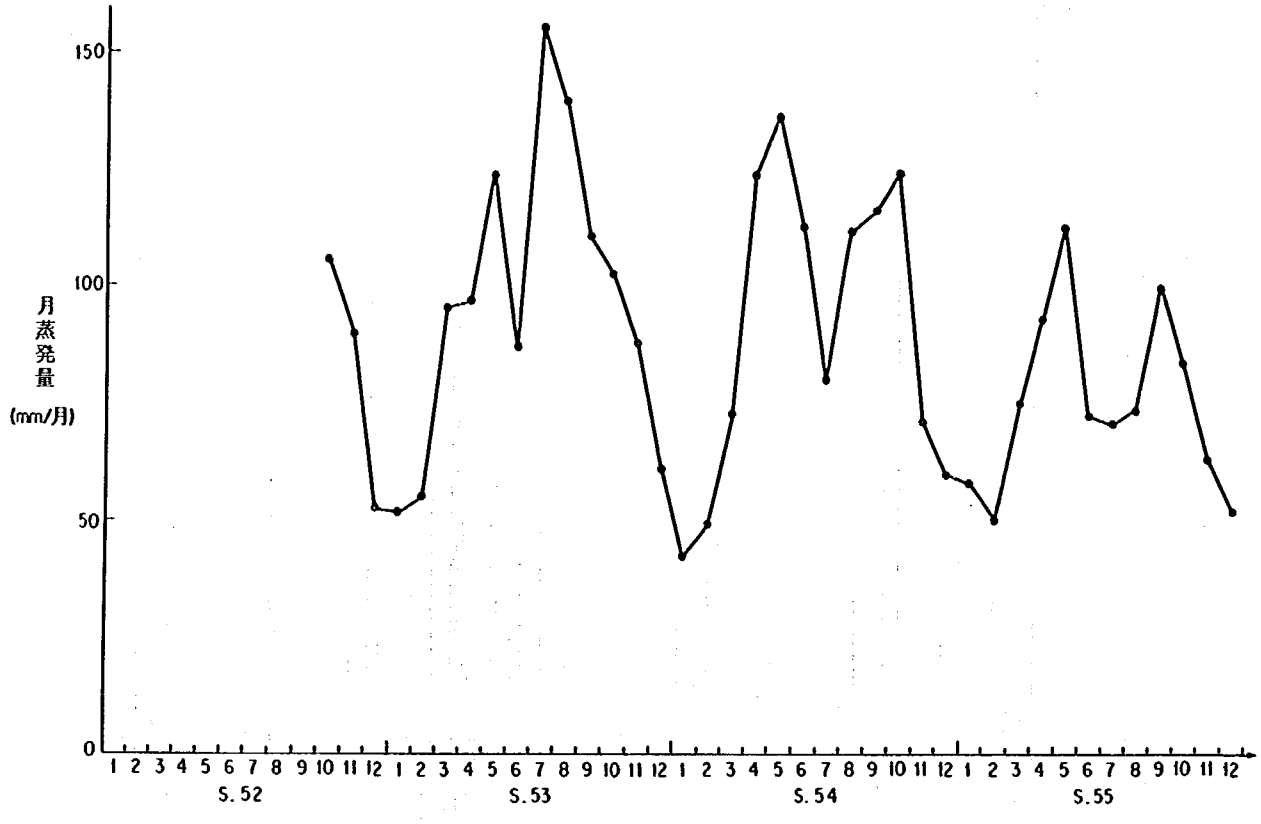


図７－１０　月蒸発量変動図

／年が示されているが，対象地域では周囲が海で，風等の影響を受けやすく，この値より大きくなることも考えられる。

このため，今回は一応，白川及び重信川で得られた７００㎜／年　を本地域での年間蒸発散量と仮定した。

表７－４　全国主要河川流域損失量（直技資料より）

地　　方	年間損失量
北　海　道	400 ㎜
東北・北陸	400～500 ㎜
関東・中部	500 ㎜
中国・四国 九　　州	600 ㎜

(6)　地下水位

地下水位は，昭和５２年８月より，既存遮水壁内に２点，遮水壁外側に１点について観測を開始した。また，Ｓ５４より遮水壁内側にさらに２つの観測点を追加した。

観測結果を図７－１２に示す。これは，半旬ごとの平均値を示したものである。昭和５２年１０月から昭和５４年２月までは降水量が平年に比較して異常に小さい（６５％）ため他の年にくらべて，４～５月及び６～８月を除いて全体に地下水位は異常に低くなっている。

また遮水壁改良後の昭和５５年６月以降は地下水位の動きは比較的安定している。

降雨と地下水位の関係については，どの観測点についても降雨に対して地下水位の動きは鋭敏で，とくに，水位低下時にはその傾向は著しい。

３観測点の変動傾向はよく一致しており，とくにNo２，No３は一致傾向があり貯水池内の地下水位変動の地域差はほとんどないようである。なおNo２の動きが他に比較してにぶいのは，観測井の設置状況（とくに径が小さい）によるものと考えられる。

また昭和５５年６月以前についてはNo１もNo２，No３とほとんど同一パターンで変動していることから，既応遮水壁の効果はほとんどないとみなされる。なお昭和５５年６月以降の地下水位変動のみから遮水壁改良効果を判断することは早計であるが，動きが全体に安定していることから，効果が十分期待される。

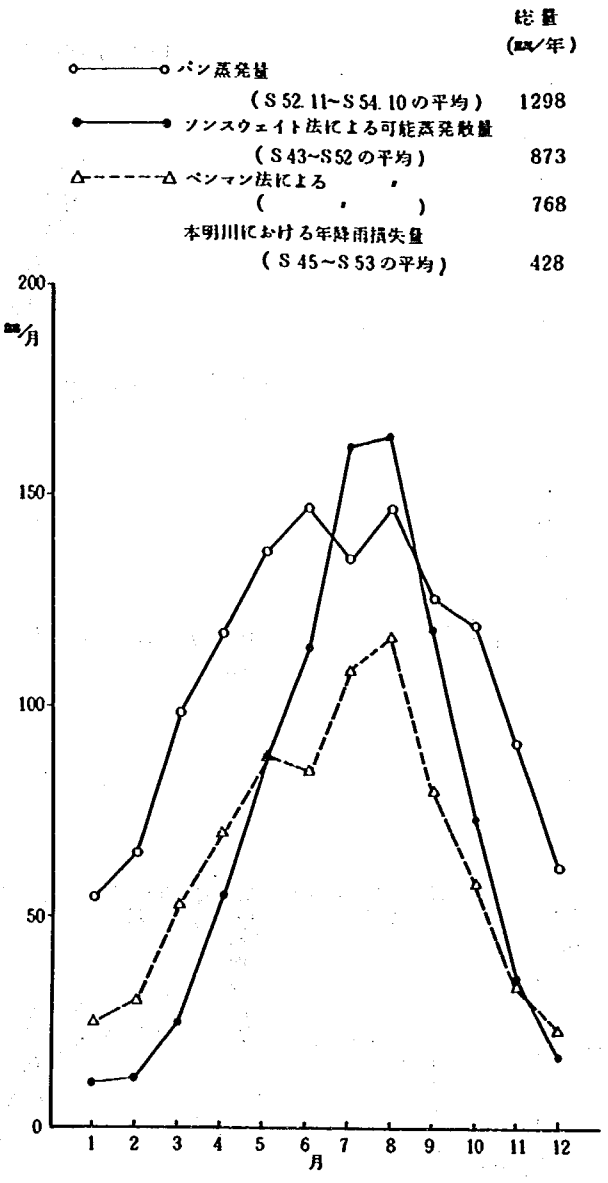


図７－１１　蒸発散量比較図

(7)　地盤沈下量

昭和５２年１０月から地下貯水池内の１０点でレベルによる地盤沈下観測を行った。このうち３点の沈下盤による結果を図７－１３に示す。昭和５３年において，さきに示した地下水位の低下とともに地盤沈下が進行したが，その後昭和５４年，昭和５５年とほとんど沈下は進行してない。測定結果には，誤差も多く含まれるが，逆にリバウントの傾向もみられる。

(8)　水　　質

地下ダムの水質調査は，昭和５３年１月から常時観測を後で述べる項目及び地点で開始した。また，地下水質の地層中の垂直変化をみるために，遮水壁改良前３回にわたって集中観測を行い，ヘキサダイヤグラムによる整理を行った。

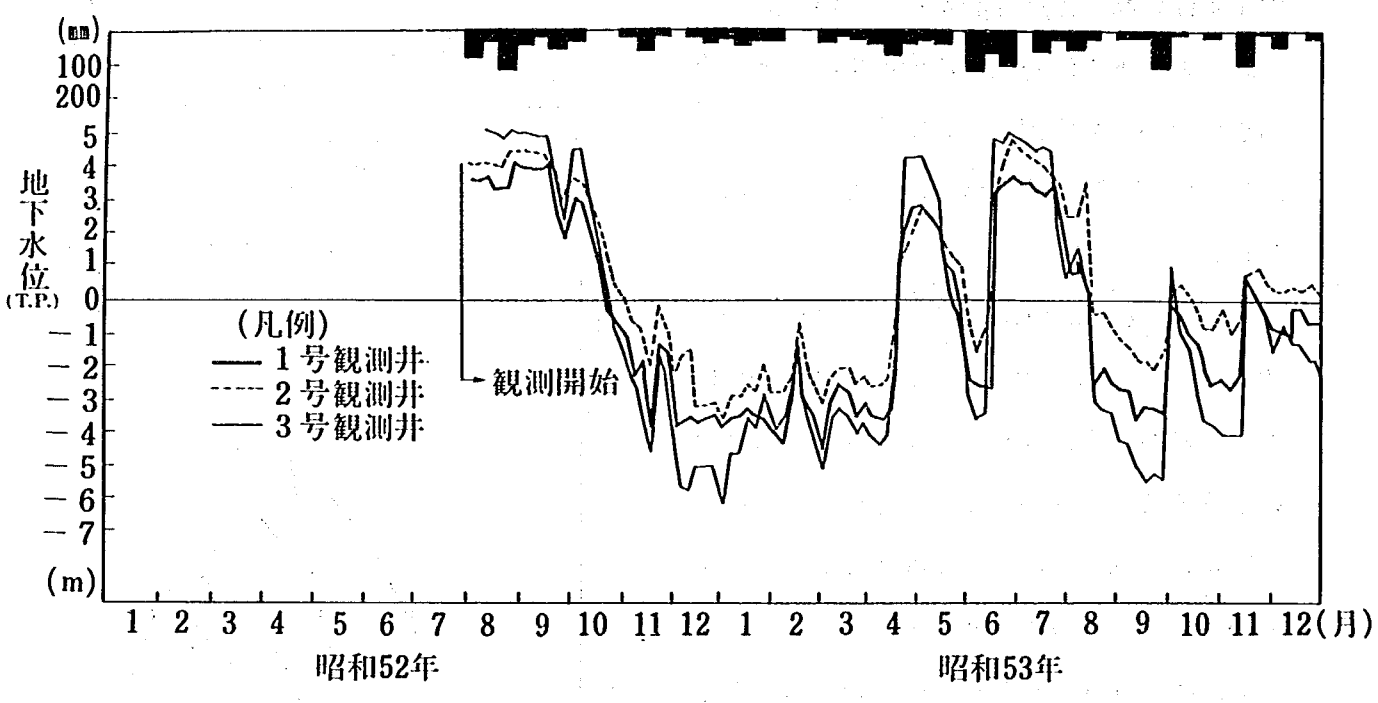


図７－１２(1)　地下水位変動図

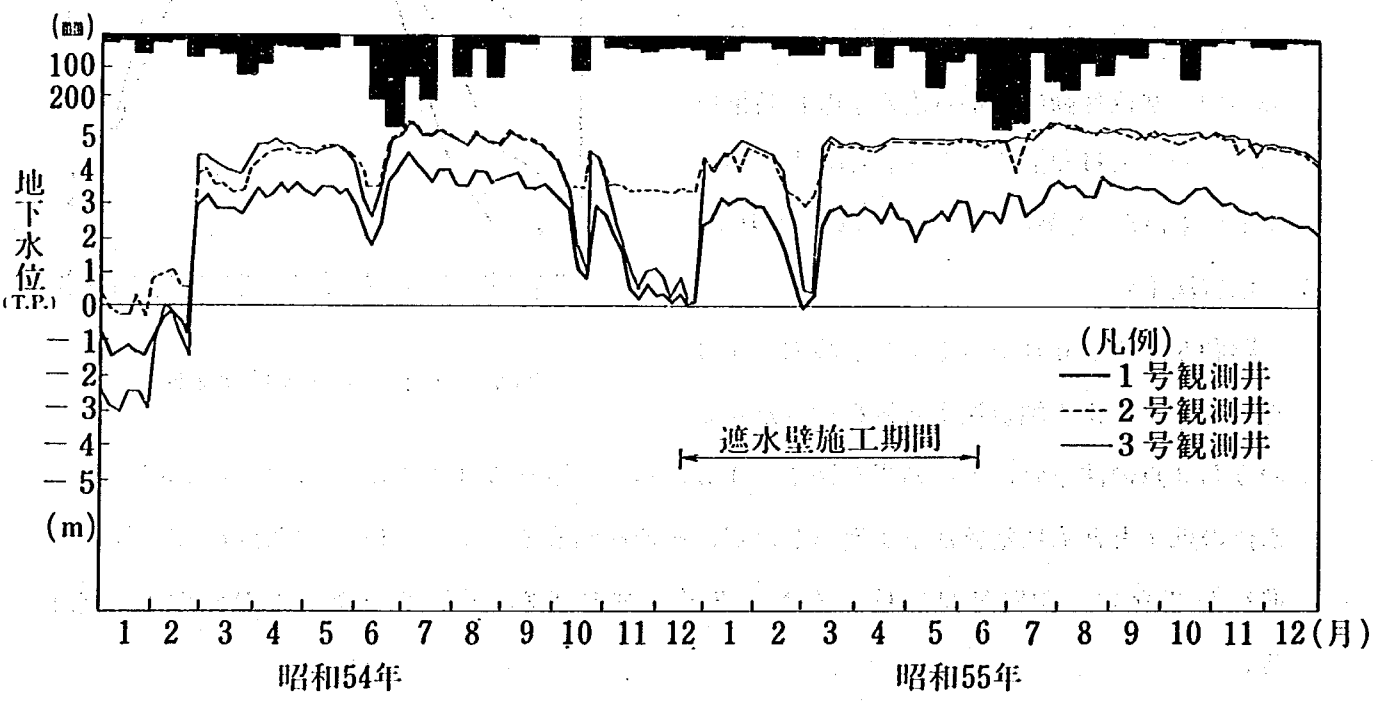


図７－１２(2)　地下水位変動図

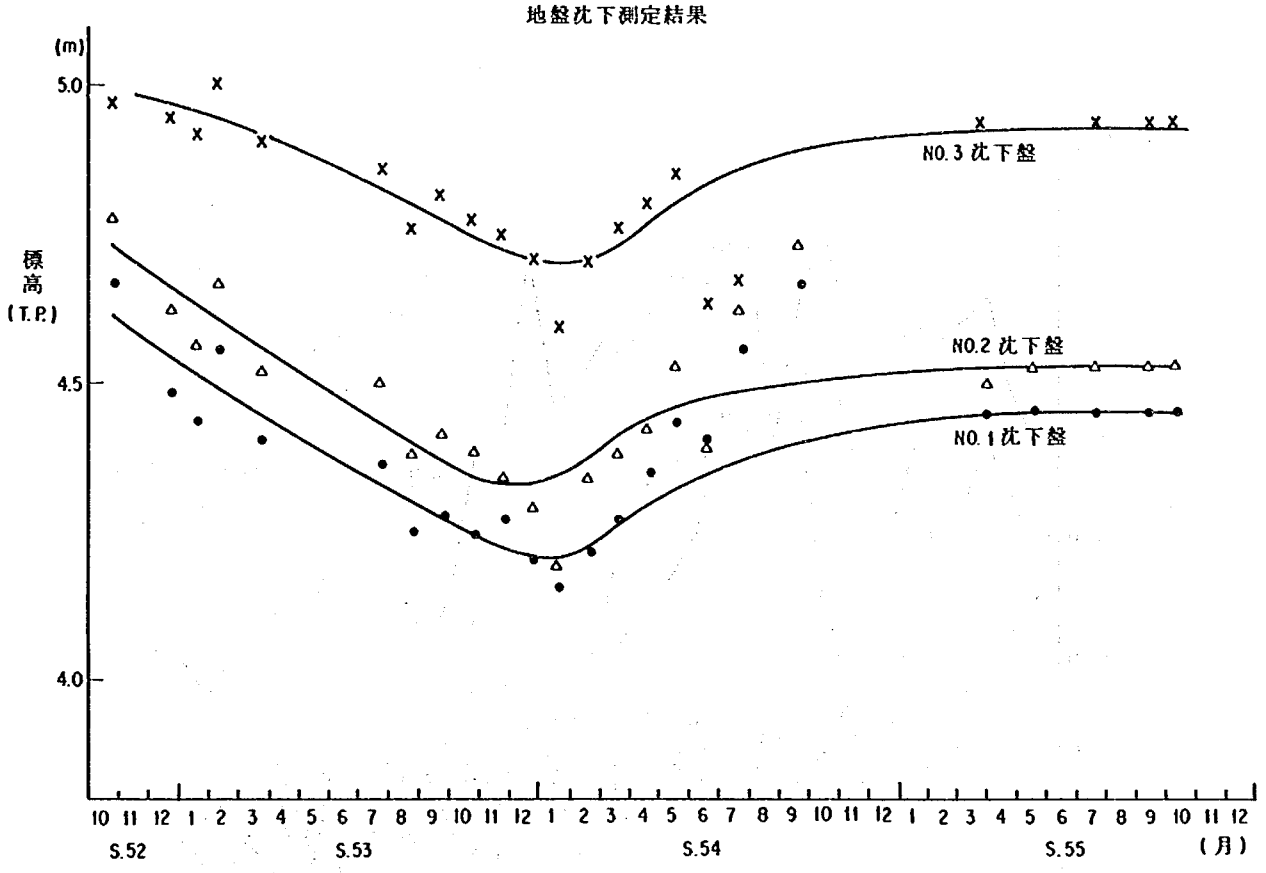


図７－１３　地盤沈下観測結果

1）水質常時観測

水質は各観測井及び各取水井の６地点において，５項目について，ほぼ月に１度の割合で観測を行った。観測項目の一覧表及び水道基準値を表７－５に示す。

①　$C\ell^-$

塩素イオン濃度の各観測点での期間変動分布を図７－１４に示す。１号観測井がつねにもっとも高いのは，海に近いことから当然である。しかし，海より１０m程度しかはなれていないのにもかかわらず海水濃度と比較して $1/10 \sim 1/100$ である。海と１号観測井間で不連続な濃度変化があると考えられる。

また，昭和５３年から昭和５４年にかけて

表７－５　水道法基準値

項　　目	基　準　値
P　　H	5.8～8.6
塩　素　イ　オ　ン	200 PPm
総　　硬　　度 (or カルシウム硬度)	300　〃
鉄	0.3　〃
マ　ン　ガ　ン	0.3　〃

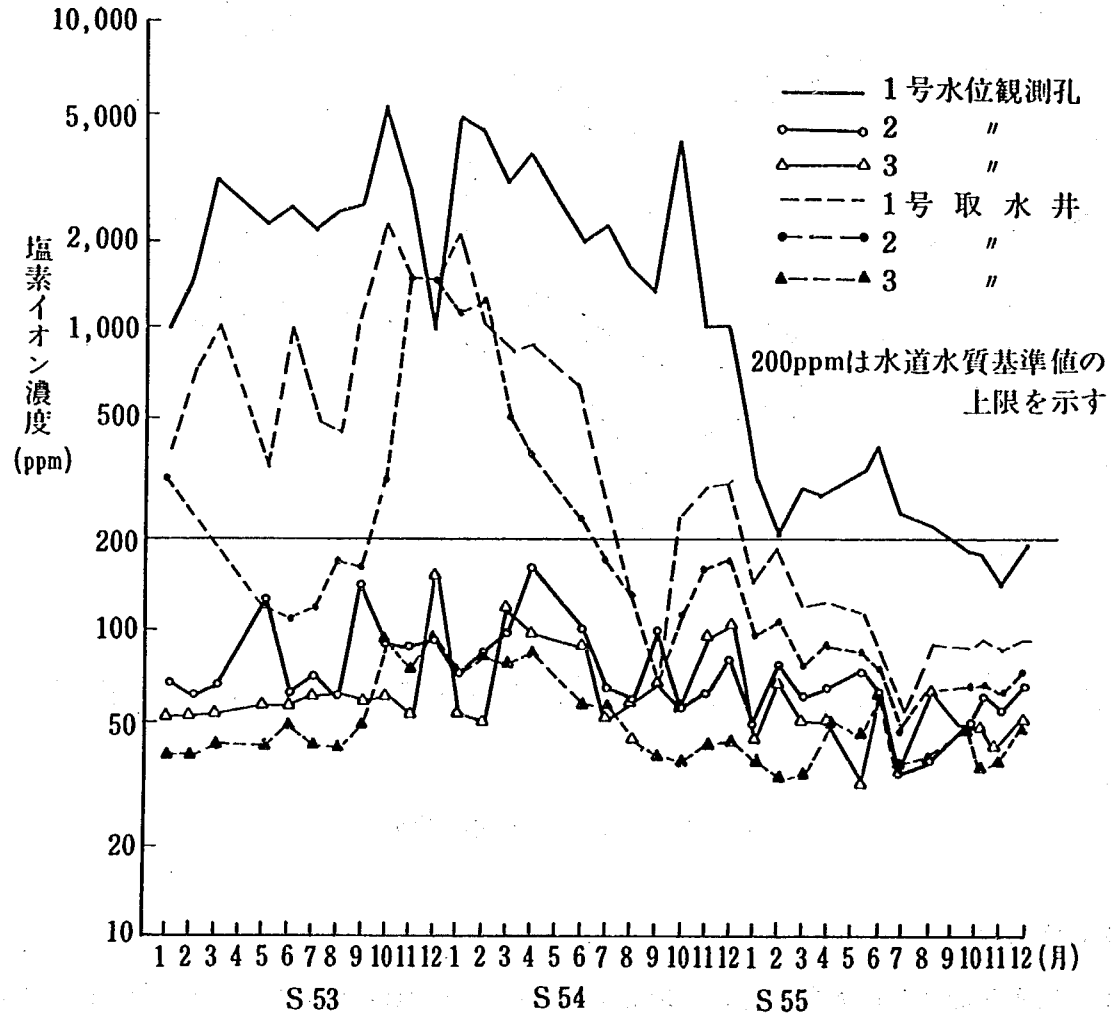


図7－14　塩素イオン変動図

その濃度が高くなっている。これは貯水池内の地下水位の低下によるものである。なお，地下水位変動にくらべ水質変動に遅れがみられる。

各観測点については，やはり，海から遠い位置のものほど，濃度が低く，この傾向は取水井について著しい。遮水壁改良前後（S55.6）で，大きな差はみられないが，昭和55年12月時点では，全ての観測点で水道基準（200PPm）以下におちついている。

② その他

PH，鉄，カルシウム硬度マンガンについて，その期別変動を図7－14～7－19に示す。どの項目についても，S53，S54の渇水時には，濃度が高くなっているが，S55年は比較的安定している。この渇水時の鉄，マンガンの高濃度化は，腐植土層に含まれていた成分が主として溶出したものと考えられ，とくに鉄，マンガンについては水道基準を大巾に越える場合が多くみられる。また，遮水壁改良前後（S55.6）で大巾な濃度傾向の差はみとめられない。PHについては，どの期間もほぼ水道基準をみたしている。

なお，昭和54年12月PH，昭和55年3月のマンガン値については，測定結果に問題がある。

2） 地下水質集中観測

地下水質調査は，昭和53年8月10～11日，昭和53年9月8～9日，昭和53年12月21～22日の3回にわたり，谷の縦断方向に深度別の採水を行い，分析した。その結果を位置図とヘキサダイヤグラムで表わしたものを図7－20に，分析結果一覧表を表7－6(1)(2)に示す。この結果より水質組成型は大きく分けて，4つの分類に分けられる。

Ⅰ型 表流水型

実測電導度は，300μυ/cm 以下で，溶存イオン7 epm 以下を示す。若干風送塩の影響と思われるNaCl 型を示す。ただ深度により，腐植土層としては，Fe＋Mnを溶存し，結晶片岸層としては，（Ca＋Mg）HCO_3型を示すが，全体として同一流動系の水と考えられる。

（例：3号取水井上流池，№3－A，№3－B，3号取水井等）

Ⅱ型 腐植土層水・表流水混合型

実測電導度が450～800μυ/cm，溶存イオン当量9～15epm を示し，今回の分析の中ではその値は中位に位置する。PHは5.5～6.5と弱酸性を示す。

本来腐植土層は，Ⅳ型に示される様な（Ca ＋ Mg）SO_4型で，Feイオン，Mnイオンも多量に含むような型を示すと思われるが，このⅡ型に分類される水はヘキサダイヤグラムとしてはⅣ型と同じような型を示すが，サイドバイル等の効果で表流水型

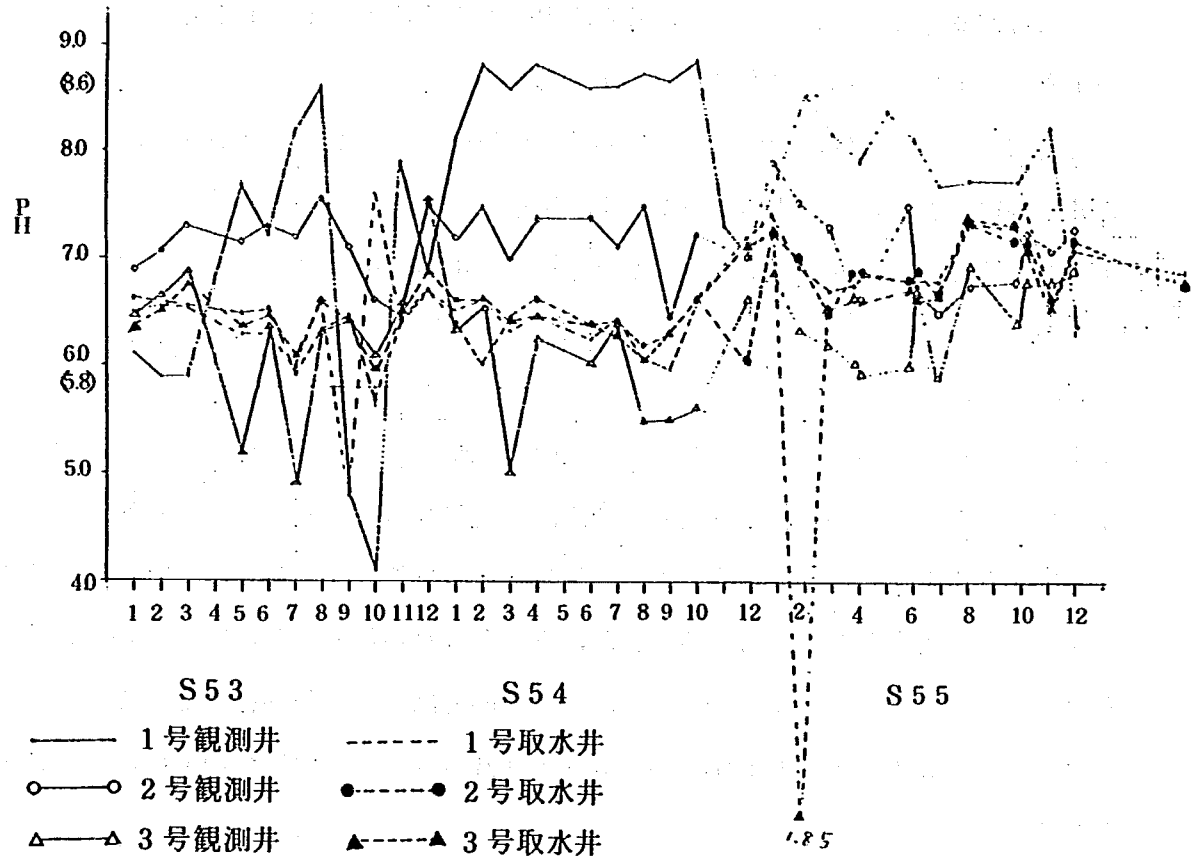


図7－15　P.H.変動図

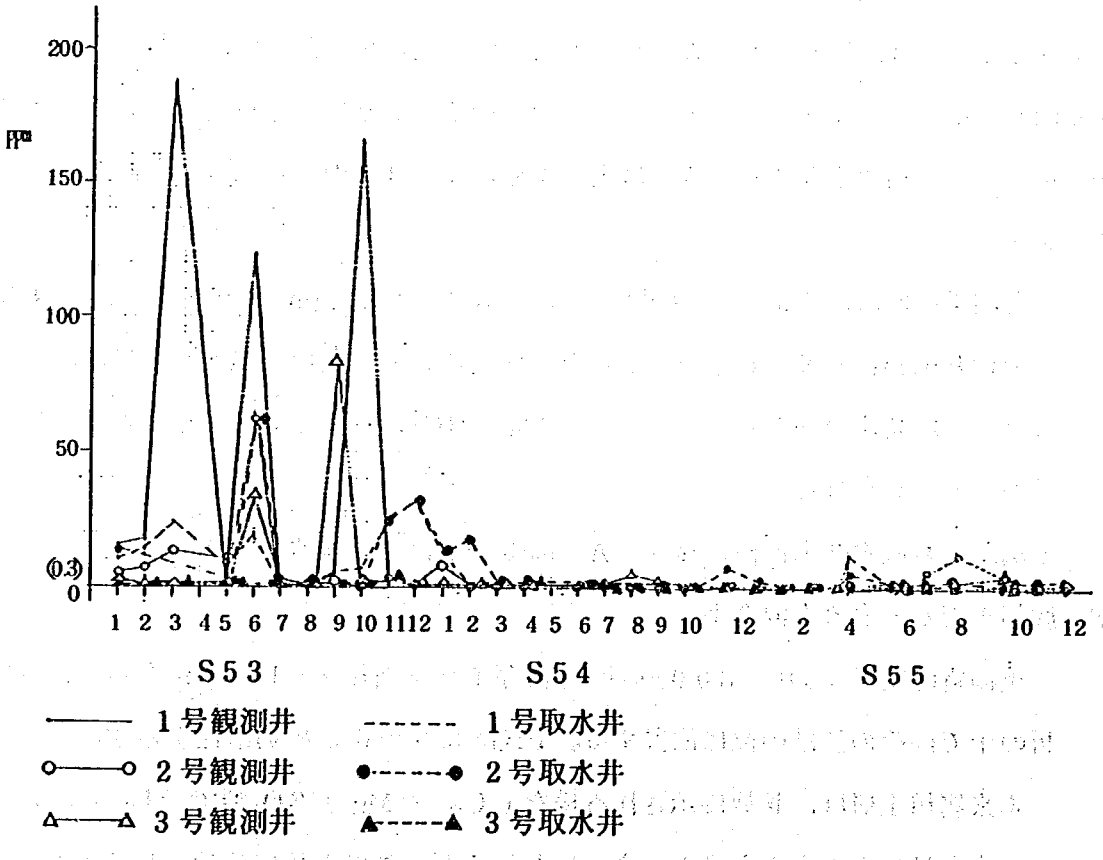


図7－16　鉄分変動図

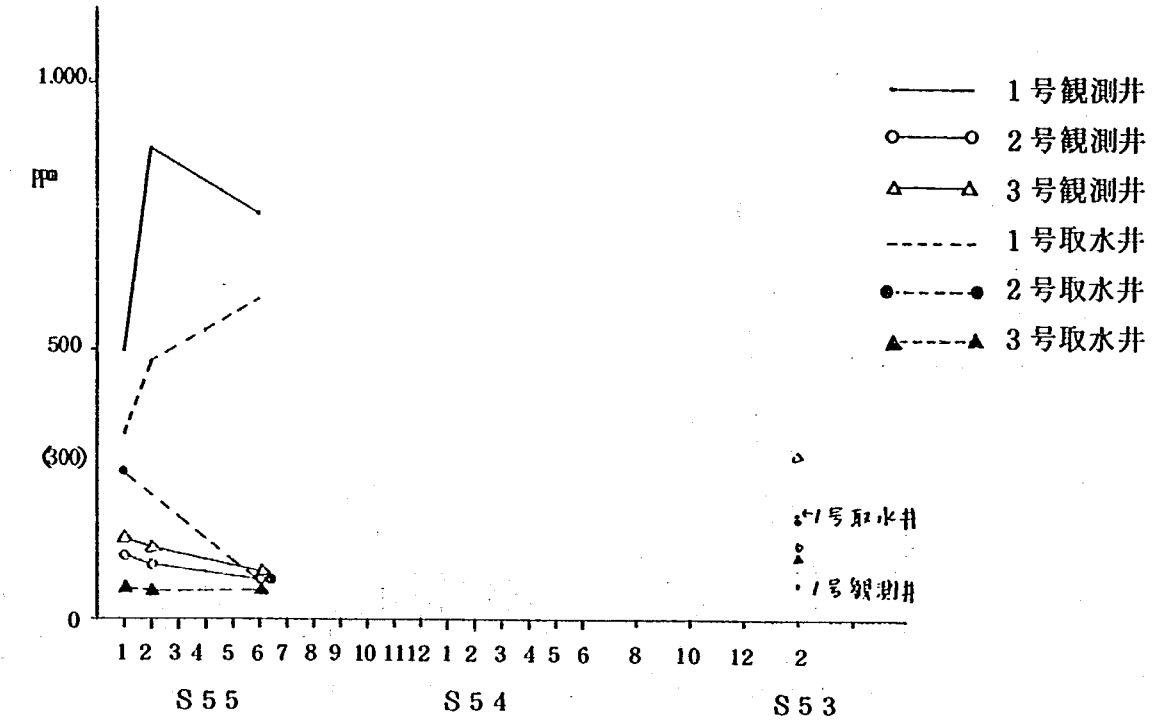


図7－17　総硬度変動図

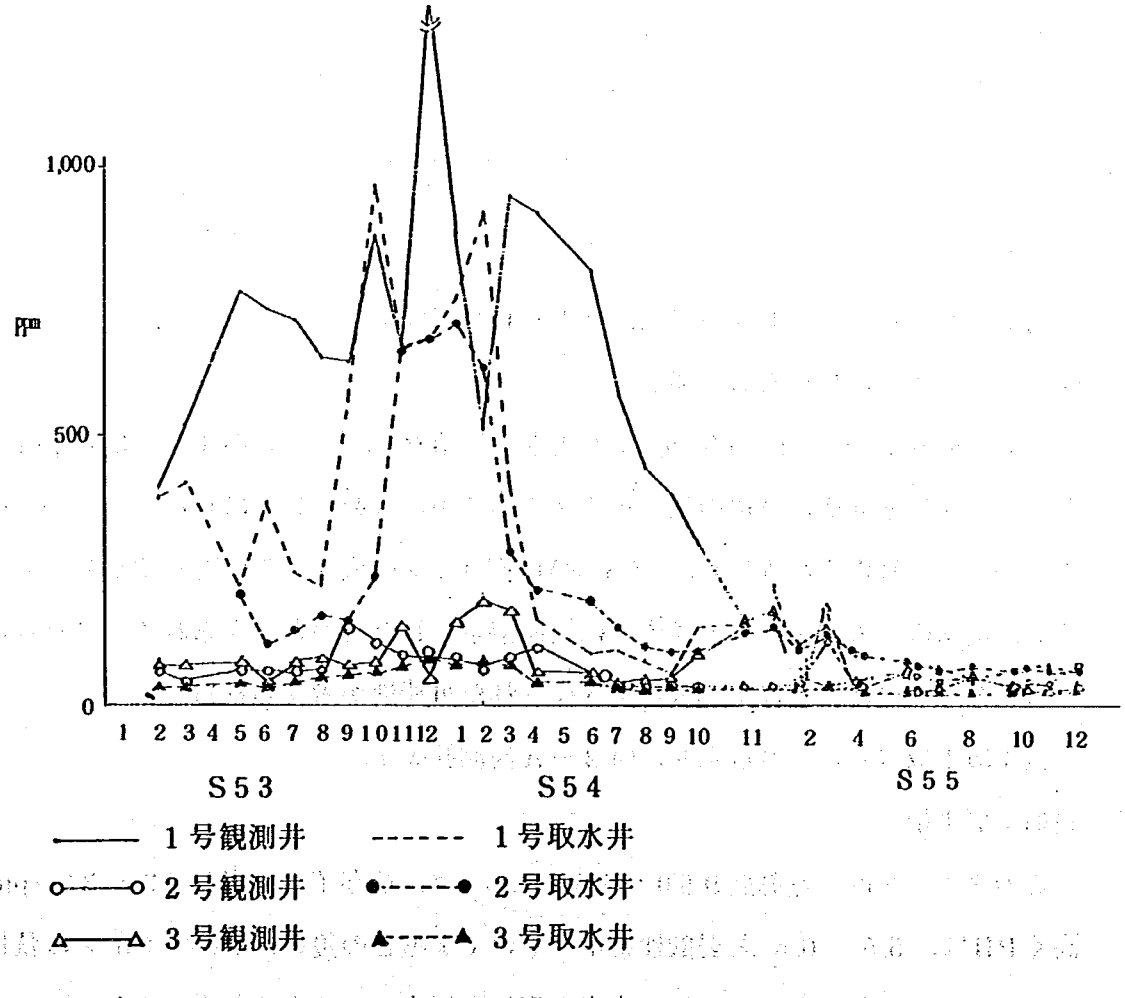


図7－18　カルシウム硬度変動図

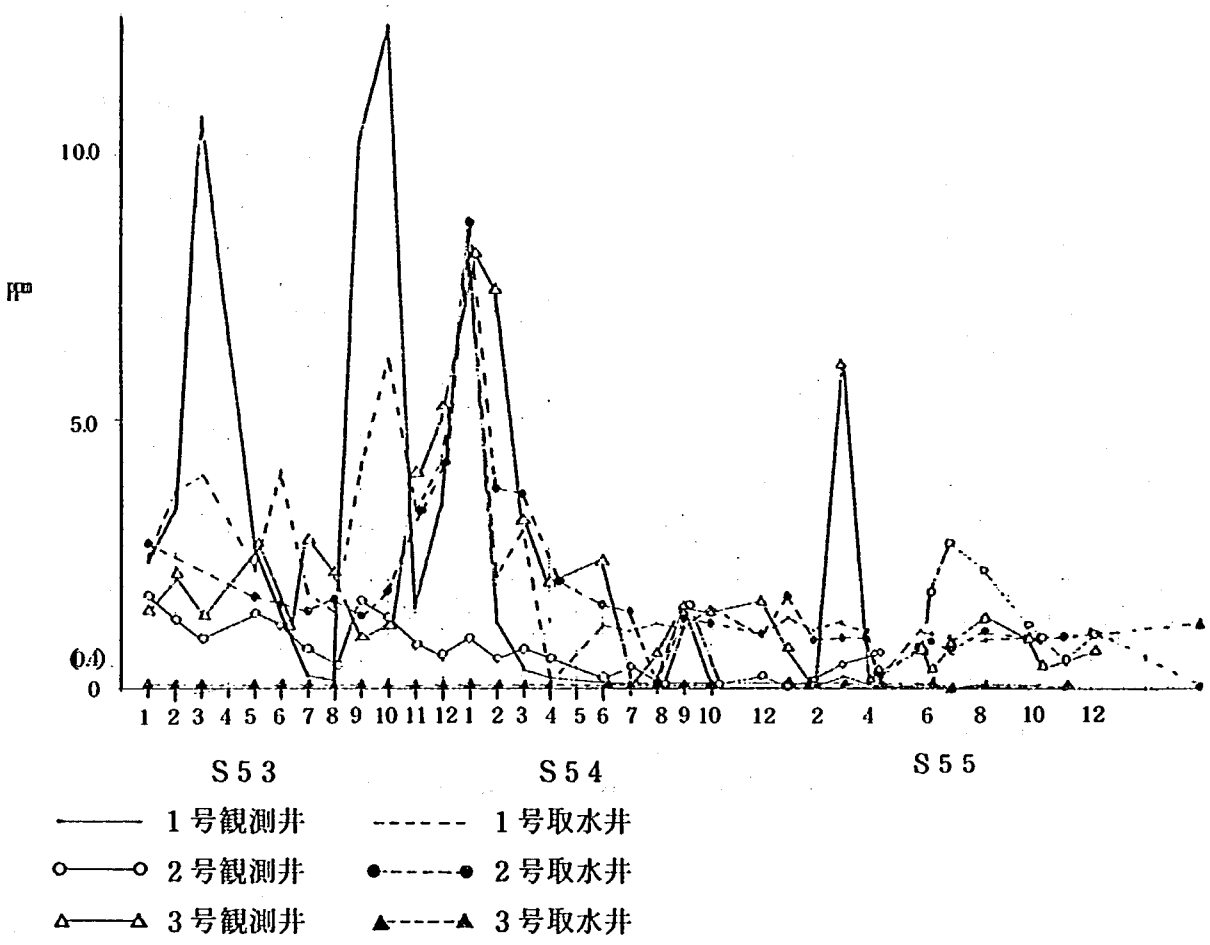


図7－19　マンガン変動図

の水の混合が考えられる水である。

（例：No 2－B，1日No 3観測孔，No 1－B観測等）

Ⅲ型　礫混り粘性度，結晶片岩風化部水型

電気伝導度740～1,550 μυ/cm と大きく，溶存イオン当量が15～30epm で示される。Ⅳ型と同様，高位の値を示す水であるが，特徴としては$C\ell^-$イオンの量比が大きい。この層の水は本来Ca^{2+}イオンMg^{2+}イオンの大きい組成を示すものと思われるが，塩水の侵入によりNa^+イオンに置換溶量されたものと考えられる。これは，1号取水井の揚水に伴う塩水侵入が引き起された可能性が考えられる。

（例：No 1取水井，No 2取水井，No 2－A観測孔等）

Ⅳ型　腐植土層水型

このグループは，電導度950～1,550 μυ/cm，溶存イオン当量22～38epmと高くPHは，5.5～6.5 と弱酸性を示すものでⅢ型との違いはSO_4^{-2}イオンの量比が非常に大きいことである。これが本来の腐植土層中の水であると考えられ，Feイオン，Mn イオンも多量に含む。ちなみに，現在海岸付近に鉄分の非常に多い赤い水が

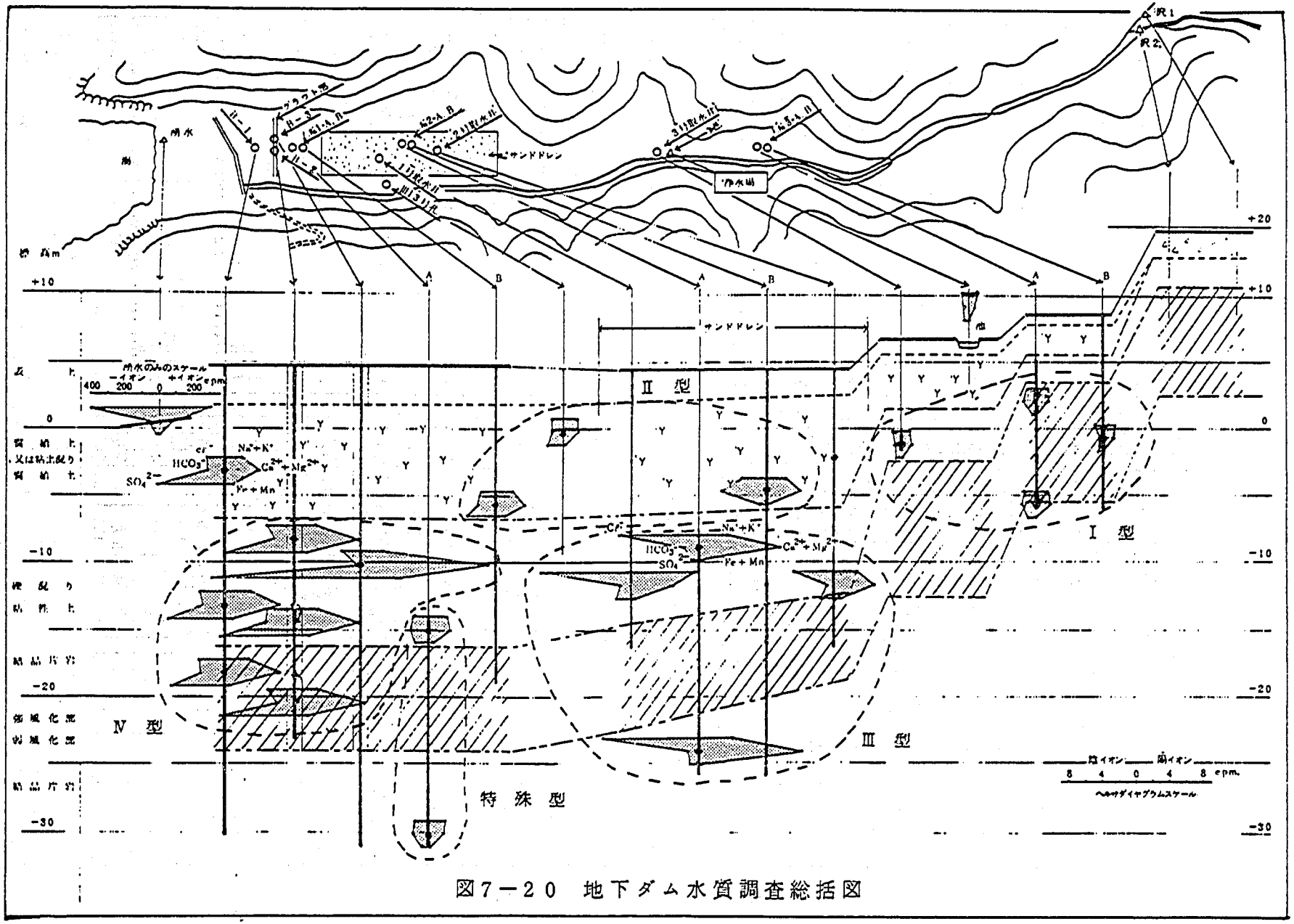


図7－20　地下ダム水質調査総括図

表７－６(1)　地下ダム水質調査結果

海　水	雨赤水	NO1' 観　測　孔			NO3' 観測孔		NO2' 観　測　孔				NO1－A 観　測　孔			NO1－B 観測孔	調　査
9/9　7°	9/9　7°		12/22 9°～12°		12/22	13°		12/21 14°～17°				9/8	13°	9/8 14°	調　査　日　時
			−4.8(+0.5)		−3.7	(+1.3)		−3.7	(+1.3)		−	8.8(−4.2)		−3.8(+0.8)	孔内水位　GL（EL）
		+8.0	−18.0	−23.0	−5.0	−15.0	−4.5	−13.0	−18.0	−23.0	−20.0	−27.5	−35.0	−10.5	採水深度　GL
		砂配腐植土	礫混粘性土	新鮮部強風化		腐植土		腐植土	礫混粘性土	新鮮部強風化	新鮮部強風化			腐植土	採水位置地質
		孔底深度	GL～35 m		孔底深度	GL～36 m		孔底深度	GL－28.4 m		−14.7 ケーシング	−21.7 ストレーナー	−36.0 m 観孔	全層 GL.−23m	ストレーナ位置　GL
分析面は既往文献値	海水時雨水混入		採水揚り	採水揚り 孔底スライム		採水揚り 孔底スライム		採水揚り	採水揚り	採水揚り 孔底スライム				採水揚り	記　　事
26.0	25.2	(9.5)	(9.0)	(9.0)	(9.0)	(9.0)	16.5	16.5	15.2	15.1	18.0	17.9	17.9	(30.8)	水　温　C°
8.5	7.2	6.2	6.8	6.5	6.0	5.5	6.1	6.2	6.1	6.3	6.4	7.2	7.9	6.1	PH
5.70	2.65	−	−	−	−	−	1.3(9.8)	1.4(9.8)	−	−	0.17(9.6)	0.10	0.07(9.6)	1.15	DO　ppm(飽和値)
720.000	720.000	944	952	989	1.281	1.440	385	1.027	1.069	1.098	520	430	370	660	実測電導度　μv/cm(20℃)
		1.241	1.211	1.210		2.131		1.430	1.476	1.486	571		429	759	計算　〃　〃　(〃)
10.500 456.7	7.020 305.3	50 2.175	62 2.697	62 2.697		61 2.653		59 2.566	60 2.610	60 2.610	47.4 2.062		47.7 2.075	44.2 1.922	Na（ナトリウム）ppm epm
380 9.7	278 7.110	6 0.153	5 0.128	5 0.128		3 0.077		2 0.051	2 0.087	3 0.087	1.5 0.038		1.6 0.041	1.2 0.031	K（カリウム）　〃　〃
400 20.0	298 14.87	78 3.892	70 3.443	72 3.593		132 6.587		101 5.040	102 5.090	113 5.639	37.0 1.846		29.2 1.457	41.0 2.046	Ca（カルシウム）　〃　〃
1.300 106.9	840 69.08	36.8 3.026	36.2 2.977	35.6 2.928		48.4 3.930		31.6 2.599	38.0 2.632	34.2 2.812	9.3 0.765		4.8 0.395	16.5 1.357	Mg（マグネシウム）〃　〃
	14.4 0.516	24.1 0.863	18.4 0.659	15.4 0.551		118 4.266		37.1 1.328	38.6 1.382	37.1 1.328	13.3 0.476		0.42 0.015	29.8 1.067	Fe（鉄）　〃　〃
	1.92 0.070	4.2 0.153	3.4 0.124	3.1 0.113		11.2 0.408		7.1 0.268	7.4 0.269	7.6 0.277	2.24 0.082		0.17 0.006	5.4 0.196	Mn（マンガン）　〃　〃
593.3	396.446	10.262	10.078	10.010		17.931		11.852	12.034	12.743	5.269		3.989	6.619	陽イオン合計　〃　〃
19.000 535.6	14.500 408.9	73 2.058	104 2.932	106 2.988		72 2.030		114 3.214	114 3.214	116 3.270	61 1.720		54 1.523	53 1.495	Cℓ（塩素）　ppm epm
2.650 55.2	2.500 52.05	390 8.120	320 6.662	310 6.454		830 17.281		410 4.536	405 8.432	420 8.744	76 1.582		33 0.687	165 3.435	SO_4（硫酸）　〃　〃
140 2.3	86.5 1.417	130 2.138	158 2.599	177 2.902		17.1 0.281		140 2.304	204 3.352	135 8.210	115 1.885		111 1.819	134 2.196	HCO_3（重炭酸）〃　〃
593.1	462.362	12.316	12.193	12.284		19.592		14.054	14.998	14.224	5.187		4.029	7.126	陰イオン合計　〃　〃
1186.4	859.313	22.574	22.271	22.294		37.523		23.906	27.032	26.967	10.456		8.018	13.745	イオン総合計　ppm epm

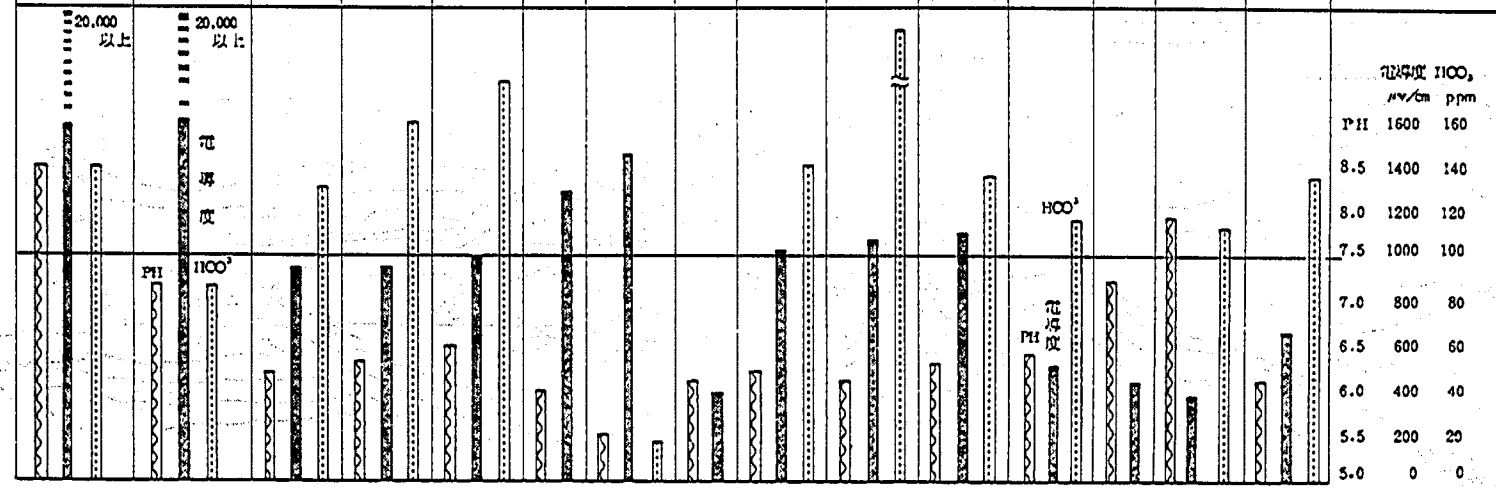
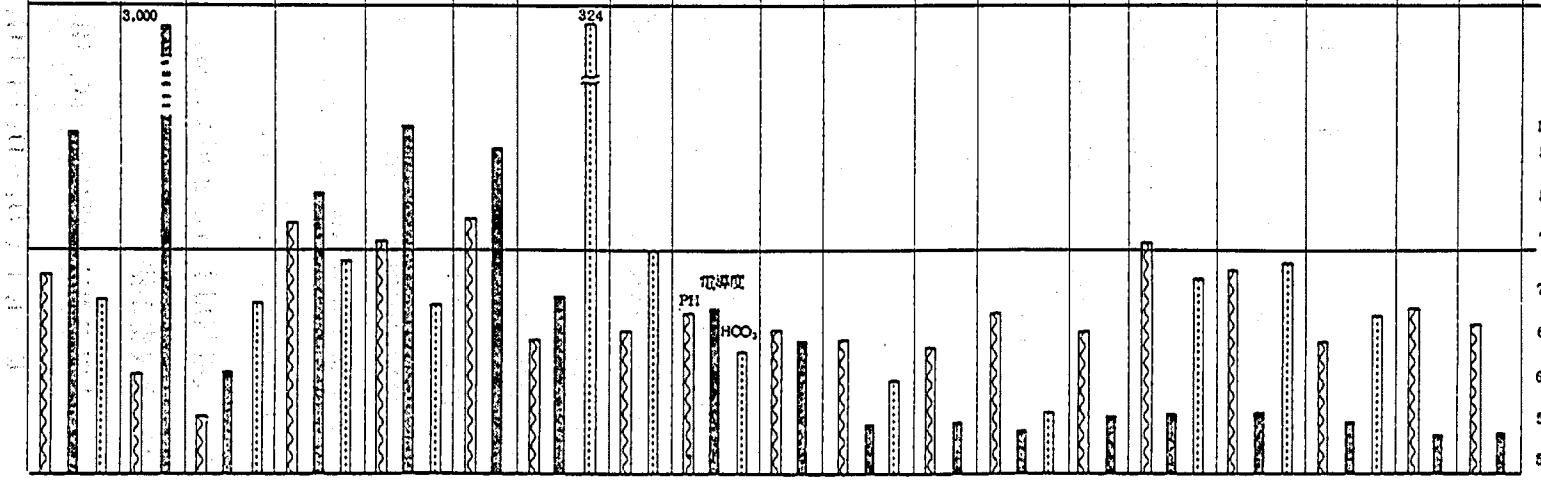


表7－6(2) 地下ダム水質調査結果

NO1取水井		旧NO3観測孔	NO2－A 観測孔			NO2－B 観測孔		NO2取水井		NO3取水井		他		NO3－A 観測孔		NO3－B 観測孔	沢－2	沢－1	調査地点
8/11 11°	9/3 10°	8/10 19°	8/1	0 7°	9/8 16°	8/10 18°	9/8 16°	8/11 11°	9/8 10°	8/11 16°	9/8 17°	8/11 9°	9/9 7°	9/8	8°	9/9 8°	8/10 16°	8/10 15°	調査日時
		−3.6	−5.1		−10.25	−6.8	−9.75							−4.7		−4.6			孔内水位 GL(EL)
20.0		−5.6	−13.5	−28.5	−28.0	−9.1	−10.0	−20.0		−8.0				−6.2	−14.5	−9.5			採水深度 GL
結晶質風化		腐植土	礫混り粘土			腐植土層				礫混粘土層				礫混粘土層	結晶質風化	結晶質風化			採水位置地質
						全層							9/8			全層 GL −15m			ストレーナー位置GL
																	揚量 12 ℓ/m	揚量 12 ℓ/m	記事
18.4	19.0	(24.2)	(27.5)	(23.3)	−	(24.5)	−	18.2	18.5	18.5	19.5	25.0	24.0	16.8	16.0	23.2	24.0	23.2	水温 ℃
7.2	6.1	5.6	7.8	7.6	7.85	6.5	6.6	6.8	6.6	6.5	6.4	6.8	6.6	7.6	7.3	6.5	6.9	6.7	PH
0.6(9.4)	0.35(9.3)	1.2(8.5)	1.3(8.0)	0.8(8.7)	−	2.7(8.5)	−	1.3(9.5)	0.9	1.9(0.4)	4.0(9.2)	7.2(8.4)	7.25(8.5)	1.1(9.7)	0.5(9.9)	2.15(8.7)	7.7(8.5)	7.1(8.7)	DO ppm (飽和値)
1520	3000	450	1250	1550	1450	800	1000	740	590	220	230	184	260	270	270	230	180	185	実測電導度 μv/cm(20C°)
1542		494	1428	1660		810		877		239		177		324	365	300			計算 〃 〃 〃
175 7.612		36.5 1.538	77.5 3.371	90.0 3.914		51.5 8.240		63.8 2.775		23.0 1.000		21.0 0.913		31.3 1.383	30.4 1.322	30.8 1.340			Na(ナトリウム) ppm epm
7.2 0.184		3.8 0.097	5.8 0.148	6.7 0.171		6.8 0.174		3.8 0.097		1.8 0.046		8.5 0.064		1.6 0.041	1.5 0.038	1.1 0.028			K(カリウム) 〃 〃
51.3 2.560		27.5 1.372	158 7.884	198 9.880		42.0 2.096		66.3 3.306		15.0 0.748		7.0 0.349		23.3 1.162	35.2 1.837	16.9 0.843			Ca(カルシウム) 〃 〃
28.8 2.368		14.8 1.217	25.2 2.072	28.6 2.352		23.6 1.941		17.4 1.431		5.35 0.440		4.38 0.360		3.7 0.304	4.1 0.337	4.6 0.379			Mg(マグネシウム)〃 〃
10.5 0.376		3.35 0.120	0.23 0.008	0.26 0.009		1.74 0.062		12.8 0.450		0.51 0.018		0.23 0.008		1.33 0.048	3.45 0.141	10.6 0.380			Fe(鉄) 〃 〃
1.39 0.051		2.80 0.102	0.15 0.005	<0.1		1.09 0.040		1.20 0.080		<0.1		<0.1		<0.1	0.15 0.005	0.51 0.018			Mn(マンガン) 〃 〃
13.151		4.496	13.488	16.326		6.553		8.149		8.252		1.694		2.939	3.100	2.987			陽イオン合計 〃 〃
392 19.056		43.5 1.368	324 9.138	376 10.604		102 2.877		108 4.738		31.5 0.888		27 0.761		41 1.156	46 1.297	34 0.959			Cℓ(塩素) ppm epm
75 1.582		45 1.770	38 0.791	44 0.916		33 0.687		78 1.624		26 0.541		16 0.333		24 0.500	36 0.749	25 0.520			SO_4(硫酸) 〃 〃
78 1.278		76 1.246	94 1.540	76 1.246		324 5.310		53 0.868		41 0.072		27 0.442		88 1.442	95 1.557	72 0.380			HCO_3(重炭酸) 〃 〃
13.916		4.384	11.469	12.766		8.874		7.230		2.101		1.536		3.098	3.603	2.659			陰イオン合計 〃 〃
27.067		8.880	24.957	29.092		15.427		15.379		4.686		3.230		6.037	6.703	5.646			イオン総合計 ppm epm



湧出しているが，これは，水質標高等から考えて，この腐植土層水の水が水みちを通って出ているものと考える。Ca^{2+}，Mg^{2+}イオンの大きいのは，グラウト工事のセメント成分の影響も考えられる。

（例：№1′，№2′，№3′ 観測孔）

特殊型　これは№1－A観測孔に表われる電導度が370～520μυ/cm，溶存イオン当量8～10.5epm で示される表流水型に近い水質を示すものであるが，№1－Aはグラウト直上流にある観測井であり，水質的に特殊であるという意味でなく，位置的に特殊な水が表われたと考えられる。

このことは，水理地質的にこの地域の特徴を示すものであると思われるが，本来この地域の水は谷の縦断方向に発達したレッカ水（水みち）的な挙動を持つものと思われ，場所的には，特殊な水が表われる可能性がある。

これら，水質的な見地から，礫混り粘土層，結晶片岩弱風化帯は，塩化汚染の経歴がみられ，水理地質的には谷の縦断方向に発達したレッカ水的な水みちが，存在すると思われる。そして，その塩水の侵入は必ずしもくさび状ではなく静岡県富士地区の例のように取水に伴う減水圧部分に，現われるものと考えられる。また，海岸に現われた赤い水は赤褐色の割れ目を持つ結晶片岩層の水が湧出したものではなく，腐植土層中の鉄分が酸化されて，水みちを通して湧出したものと思われる。

(9)　水収支解析

水収支解析は遮水壁構築による水収支状況の変化及び地下ダムの構成諸元や降雨からの自然涵養量を推定し地下ダムによる水開発効果や管理・運用計画をたてるのに役だつ。今回の水収支解析は，以下の手順で行った。

① 流域全域についてのマクロな水収支解析により，全域のマクロな水収支状況の把握を行う。（図7－21）

② 全域を山地部と平地部（地下貯水池部）に分けて，水収支を行い，貯水部についての詳細な水収支状況の把握を行う。（図7－22）

以上の結果は次節以下の地下水シミュレーションによる地下ダム運用方式や開発水量の検討にも直接利用することができる。

1）水収支手法

水収支式は一般に式－(3)，(4)が用いられる。

$$R - E + (D_1 - D_2) + (G_1 - G_2) - \Delta S - Q_d = 0 \quad \cdots\cdots(3)$$

$$\Delta S = W_e + M + P_e \Delta H \quad \cdots\cdots(4)$$

ここで，R：降雨量，E：蒸発散量，D_1，D_2：地表水流入出量，G_1，G_2：地下水流入出量，ΔS：貯水量変化，Q_d：取水量，W_s：地表における水量変化，M：不飽和土層内の貯水量変化（土湿変化），P_s：地下水位変化部分の有効間隙率，ΔH：地下水位変化

なお，当地下ダムにおいては式(3)，(4)を次のように取扱った。

① 地下水貯留量変化は水収支期間が長ければ，M及びW_sは他の項目に比較して微小となるため無視でき，$\Delta S = P_s \Delta H$と近似できる。また，有効間隙率は，貯水部平均としてP_s＝0.05 を与えた。

② 地表水流入量（D_1），地下水流入量（G_1）は，流域全体を水収支の対象範囲にとった場合には，ゼロとすることができる。

③ 蒸発散量（E）は九州各地の検討例やペンマン法による可能蒸発散量の推定結果から年間700㎜とした。

④ 地表流出量（D_2）は実測地を用いた。しかし欠測期間については，実測データにもとづいて，φインデックス法により求めた。

すなわち

$D_2 = R - \phi$（$R > 35$㎜／日）……(5)

$D_2 = 0$　　（$R \leqq 35$㎜／日）……(6)

ただし，R：雨量（㎜／日），D_2：流出量（㎜／日），ϕ:=35㎜／日）とする。

⑤ 降雨量（R）は流域内の3観測地点の算術平均値を用いた。

2）流域全体の水収支結果

水収支式を用いて，地下ダム流域全体（A＝0.584㎢）について，昭和53年，昭和54年，昭和55年の年間水収支図を作成し，図7－21に示す。これらによれば，各年ごとに降雨変動が大きく，これにともなって地下水流動量も大きく変動している。しかし，帯水層中の流動可能量は限られているため，この量の中には蒸発散量など水収支各項の推定誤差のほか帯水層内外のたとえば，深部岩層からの不均一な流下量や，流域界と地下水域の不一致などにより雨からの浸透水が別の経路を

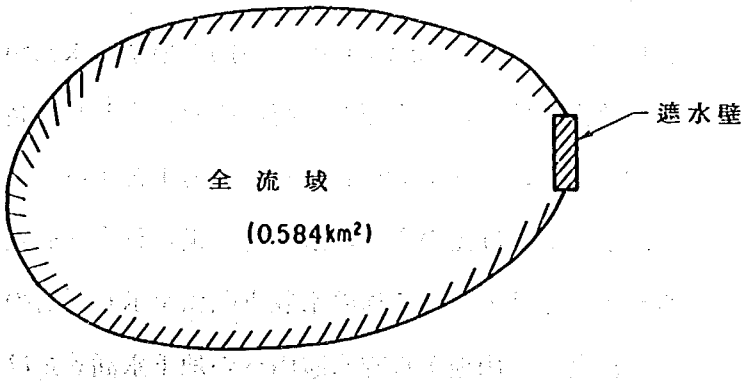


図7－21　流域全体の水収支区

通る地下水流出分も存在すると考えられる。以上の結果は地下ダム集水流域を含めたマクロな状況の把握には有益であるが，地下貯水池部分の水収支状況をより明確にするためには，流域を山地部，平地部に分けて，同様な水収支解析を行う必要がある。

3）地下貯水池内の水収支解析

水収支領域として地下貯水池（平地部）とする（A＝0.026Km²），基本式はさきの全域（A＝0.584Km²）と同じであるが，ただし式(2)の扱いが異なる。すなわち，ΔSは(3)を用いず，式(2)の中のW_r，及Mを省略した$\Delta S = P_r \Delta H$を用いる。

また水収支項目については前節と同様であるが，新たに山地部（0.387Km²）からの流入量が加わる。この量は実測値を用いた。なお，観測点より下流に残流域があるか，とくに大きな支川もなく，表面流出はほとんど起っている形跡がないため，実測流入量に残流域流量を加えることはしなかった。また，この水収支解析での未知量は，山地からの地下貯水部への自然涵養量（G_1）と海への地下流下量（G_2）の2者となる。このため後者の地下流下量は次のような仮定をすることにより，既知量とする。すなわち，遮水壁改良前までについては，帯水層の透水係数をK＝1×10⁻³cm／5，地下水面こう配i＝0.02とし，年間7500m³（600m³／月）の地下貯水部からの地下流下量があるとする。また，遮水壁改良後は，地下水面こう配はそのままとし，透水係数を一オーダー下げてK＝1×10⁻⁴cm／Sとし，年間750m³（60m³／月）とする。

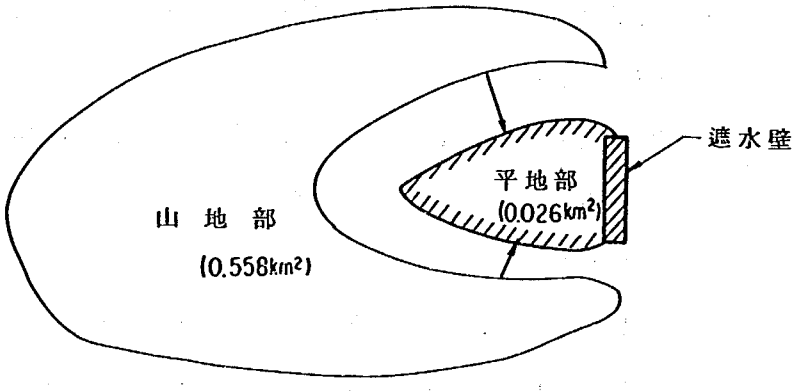


図7－22　地下貯水池内水収支区

図7－24は先の全域の水収支結果と整合させた上で，流域を山地部と平地部（地下貯水池部）に分けてそれぞれの水収支関係を示したものである。

これより，山地から貯水池内への地下水涵養量は，昭和53年は約8×10⁴m³／年，昭和54年は1×10⁴m³，昭和55年は25×10⁴m³の量であることがわかる。特に昭和55年は他の年に比較して山地からの地下水涵養量が大きいが，これは帯水層及び帯水層下部を不均一に流動したものが遮水壁施工後，帯水層内に補足されるようになったことによるものと考えられる。

また山地からの地表水流入量のうち，昭和５３年は２×１０⁴m³，昭和５４年は８×10⁴m³が海へ流出せず地下貯水池部（平地部）で，涵養（伏没）しているが，昭和５５年は，１２×１０⁴m³が逆に地下貯水池内から湧出している。これは，計算誤差はあるにせよ遮水壁改良により，貯水池が満水位となる期間が多くなり，地表への湛水の機会が多くなったものによると考えられる。なお，これは，地下ダムの地下水位変動傾向からも推察できる（図7－参照）。以上のように，遮水壁改良前後の年で水収支状況にも変化が認められ，地下ダム利用計画上有意義な結果が得られた。

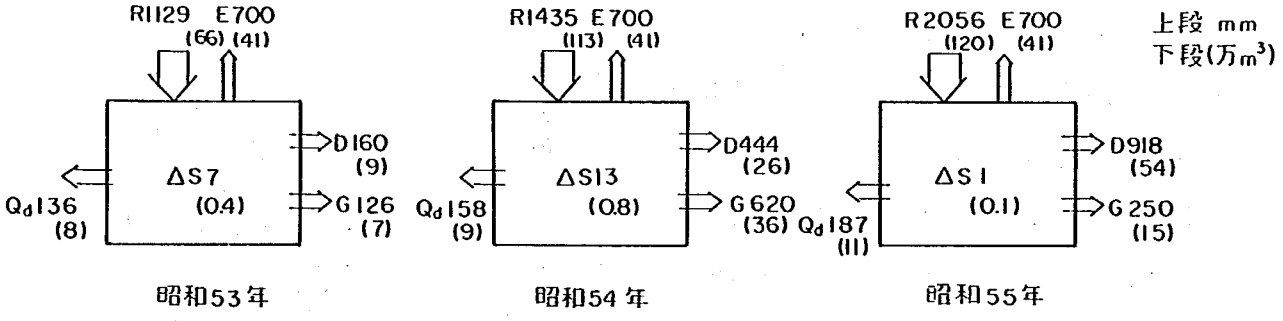


図７－２３　年間水収支図（全流域 0.584 Km²）

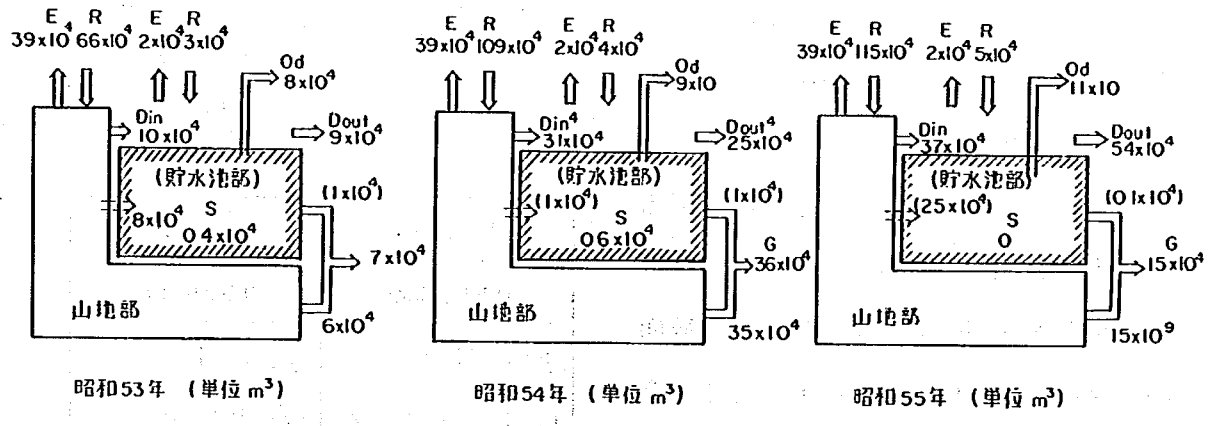


図７－２４　地下ダム年間水収支図

8. 水循環モデル

(1) 目　的

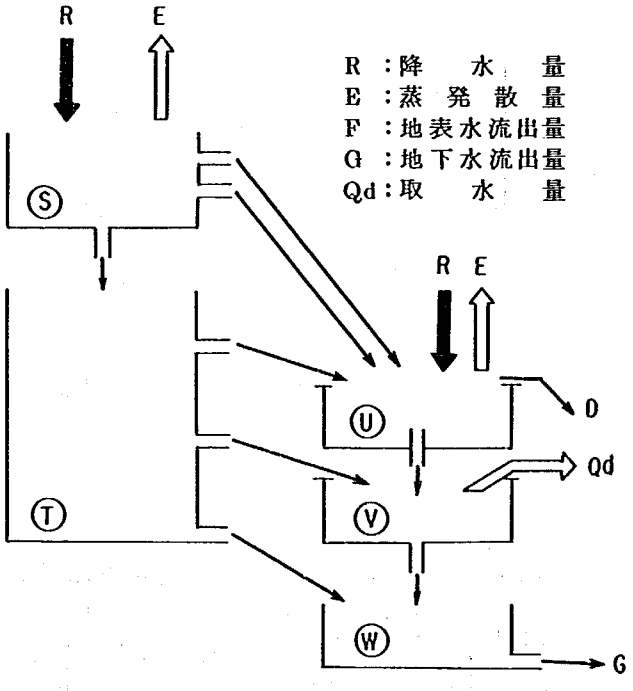
地下貯水池運用・管理のためには，地下ダムの貯留量を定量的に表現でき，かつそれを予測しえるものが必要となる。そのため現地の実情に合わせてモデルを作成し，流入流出量を同定し，かつ地下貯水池の地下水位を表現することにより水循環をふまえた地下ダム貯水量を把握し，将来の地下ダム運用管理に役立てることを目的とする。

(2) モデルの構成

タンクモデルを用い，図８－１のように平地部と山地部とに大別し，平地部帯水層を地下水貯留部とみなした。

水の流れ方は，まず山地部と平地部の最上段に雨を入力し，下のタンクへと水が流れていく。山地部は２つのタンクの直列型とし，平地部へ地表面流出と地下水流出があるものと考えた。平地部は３つのタンクの直列型とし，山地部からの地表面流出は平地部の最上段タンクへ入り，山地部からの地下水流出は平地部の中間タンクへ入るものとした。

なお平地部は0.026Km²，山地部は0.558Km²，全体で0.584Km² の流域面積であり，山地部から平地部へ流入する際には流域面積が異なるため流域換算が必要である。今回は0.558／0.026＝21.5 を用いている。



山地部	平地部
0.558 km²	0.026 km²
Ⓢ 表層タンク	Ⓤ 表層タンク
Ⓣ 地下水タンク	Ⓥ 中間タンク
	Ⓦ 地下水タンク

図８－１　水循環モデル図

(3) 使用データ

使用データは次のものであり，日単位で計算した。

1）降雨量　（日観測値）

2）取水量　（月平均日観測値）

3）蒸発散量（年間７００㎜と仮定し，その月別蒸発散量をペンマン法による可能蒸発散量の

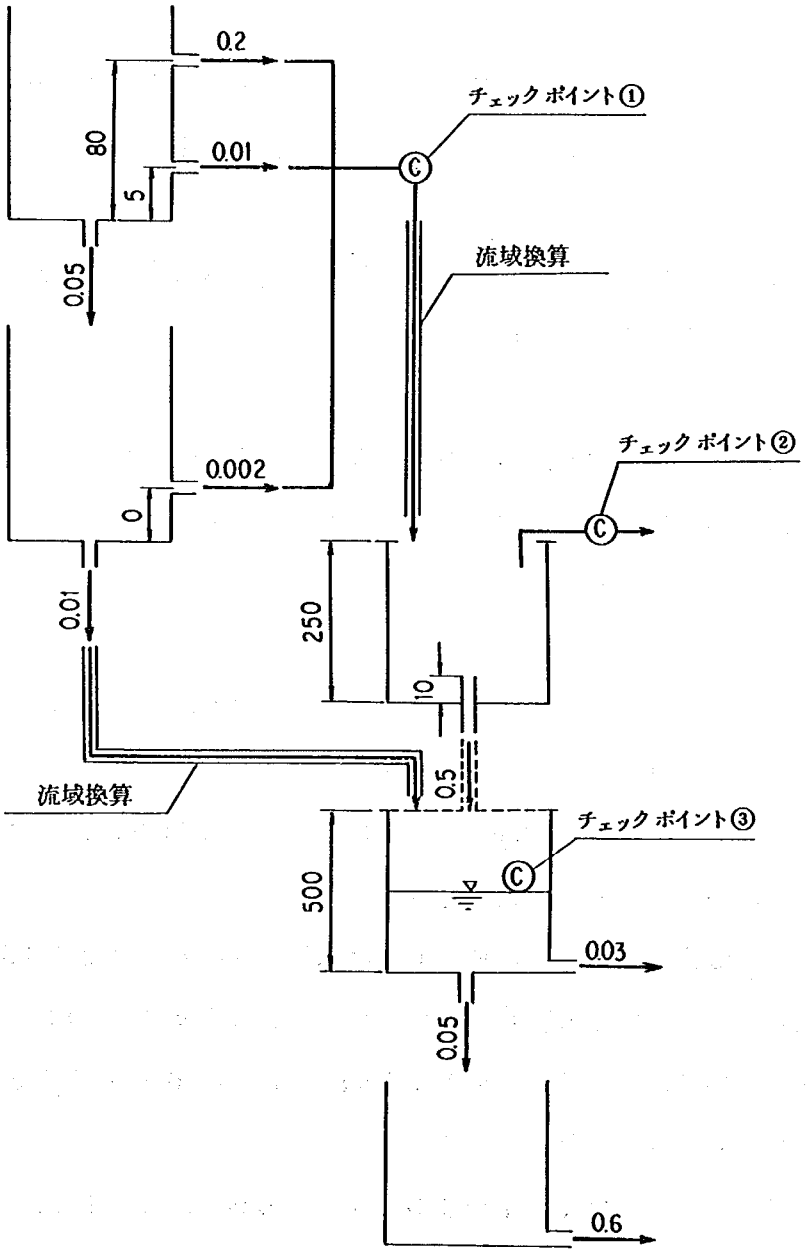


図８－２　水循環モデルのパラメータ

月別変動パターンに合わせ，さらに月平均日蒸発散量を推定して用いた）

(4) チェックポイント及びパラメータ

このモデルを精度のよいものにするために，以下のチェックポイントを設けて実測値との同定を試みた。

チェックポイント①

山地部から平地部への地表面流出量について目安を得るため7号水位（上流地点）における流出実測データに，平地部最上段タンクへ入力される流出量を同定させる。

チェックポイント②

地下ダム地点からの地表流出量を把握するため，4号水位（下流地点）における流出実測データに，平地部最上段タンクからの流出量を同定させる。

チェックポイント③

地下ダム貯水量の指標を得るため，地下貯水池の平均水位（とりあえず3号観測孔の地下水位を換算したもの）に平地部中間タンクの貯留高を対応させる。

チェックポイント①により決められるパラメーターは，山地部タンクのパラメーターである。

チェックポイント②においては，平地部最上段タンクの高さを次のように求めた。

水面積（6560 m²）× 水深（1m）＝6560 m³（ 水ボリューム）

水ボリューム（6560 m³）／平地部面積（26000 m²）＝250 mm

上記の値は流出の面からも似た結果が得られた。

山地からの流出率は約0.3であり，また下流流出量と降雨の関係では35 mm／日 以上の降雨の時流出する場合，下流流出量の総量がおさえられた。つまり 3.5×0.3＝10.5 mm　10.5×21.5 ≒ 225.8 mm（山地から平地へ換算）225.8＋35 ≒ 260 mm （山地流出分＋平地流出分）ということになり，妥当な値といえる。

チェックポイント③において，平地部中間タンクの高さは次のように定めた。

$$\frac{\text{容　量}}{\text{貯水池区域面積}} = \frac{13{,}000}{26{,}000} = 500\ \text{mm}$$

以上のようにして求められた，水循環モデルの各パラメータを図8－2に示す。

(5) 計算結果

以上のデータを用い，次の手順に従って検討した。

① 山地部から平地部への地表流出量について目安を得るため上流地点における流出実測データに平地部表層タンク（①タンク）へ入力される流出量を同定させる。

⑪　地下ダム地点からの地表水流出量を把握するため，下流地点における流出実測データ①タンクからの流出量を同定させる。

⑫　地下ダム貯留量の指標を得るため，地下貯水池の平均地下水位に平地部中間タンク（⑤タンク）の貯留高を対応させる。

⑬　地下水流去量を的確に把握するため，月別の総量について水収支表より得られた地下水流去量と平地部地下水タンク（⑧タンク）からの流出量とを対応させる。

上記の①と⑪については，地表水流出量が上流地点において昭和５３年１１月から，下流地点において昭和５４年３月から観測されており，実測流出量と計算値を比較できる。また⑫については地下水位が昭和５２年８月から観測されている。

図８－３にこのモデルによる地表水流量の計算結果，また図８－４に地下水位変動の計算結果の例を示す。まだ改善の余地があるが，全体的にはほぼ傾向を表現している。

地下ダムの重要な指標となる地下貯水量，自然涵養量や地下水流去量は実測不可能であり，何らかの方法で推定せざるを得ない。一般的には前述の水収支結果をもとに総量的把握を行うことが有効であるが，当地下ダム流域のような平地部より山地部がかなり広い場合には，地下貯水池（平地部）自体の地下水挙動については，誤差が多くなる可能性がある。しかし降雨から自然涵養を求めるためには以上のような全域の水収支をふまえたモデル化は必要であり，次節以降の詳細な検討のためにも，その意義は大きいものと考えられる。

なお水循環モデルプログラムは参考資料（付表１０）を参照されたい。

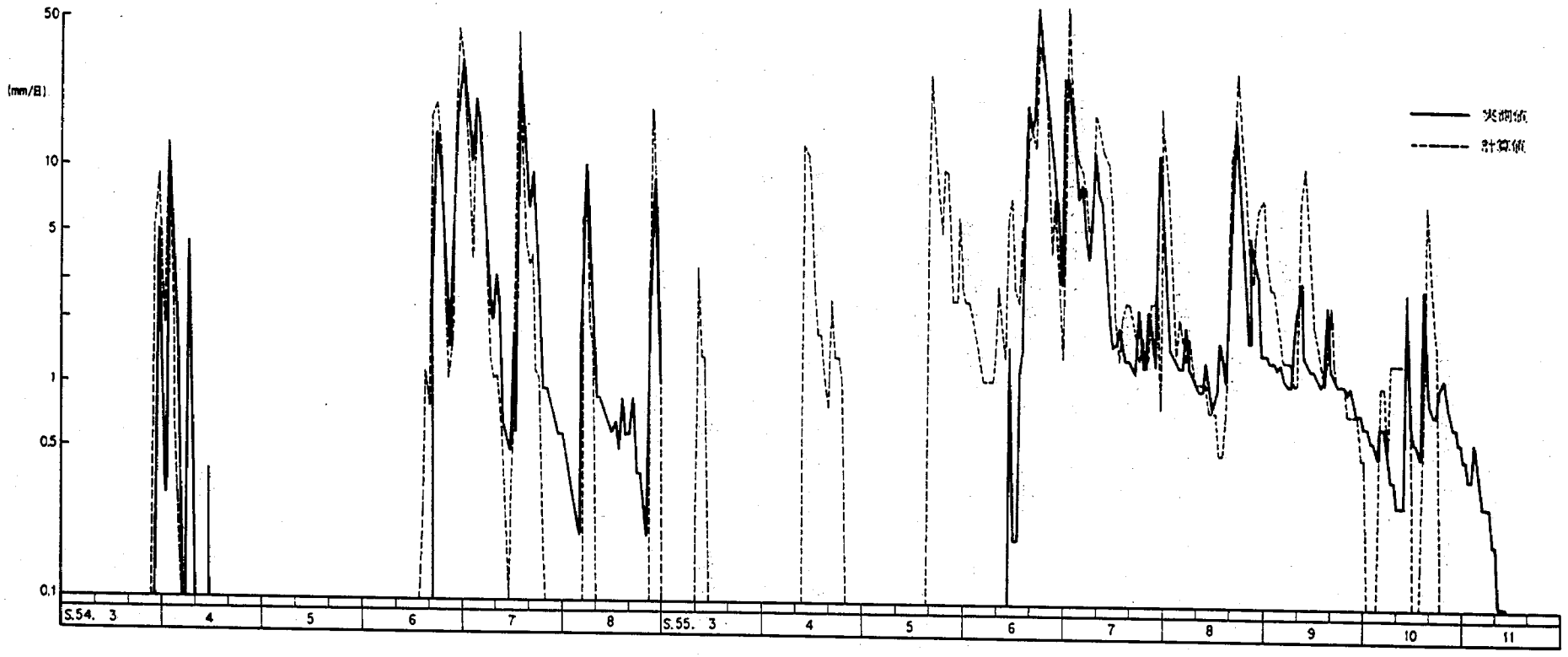


図８－３(1)　水循環モデルによる地表水流出量計算結果（下流№４）

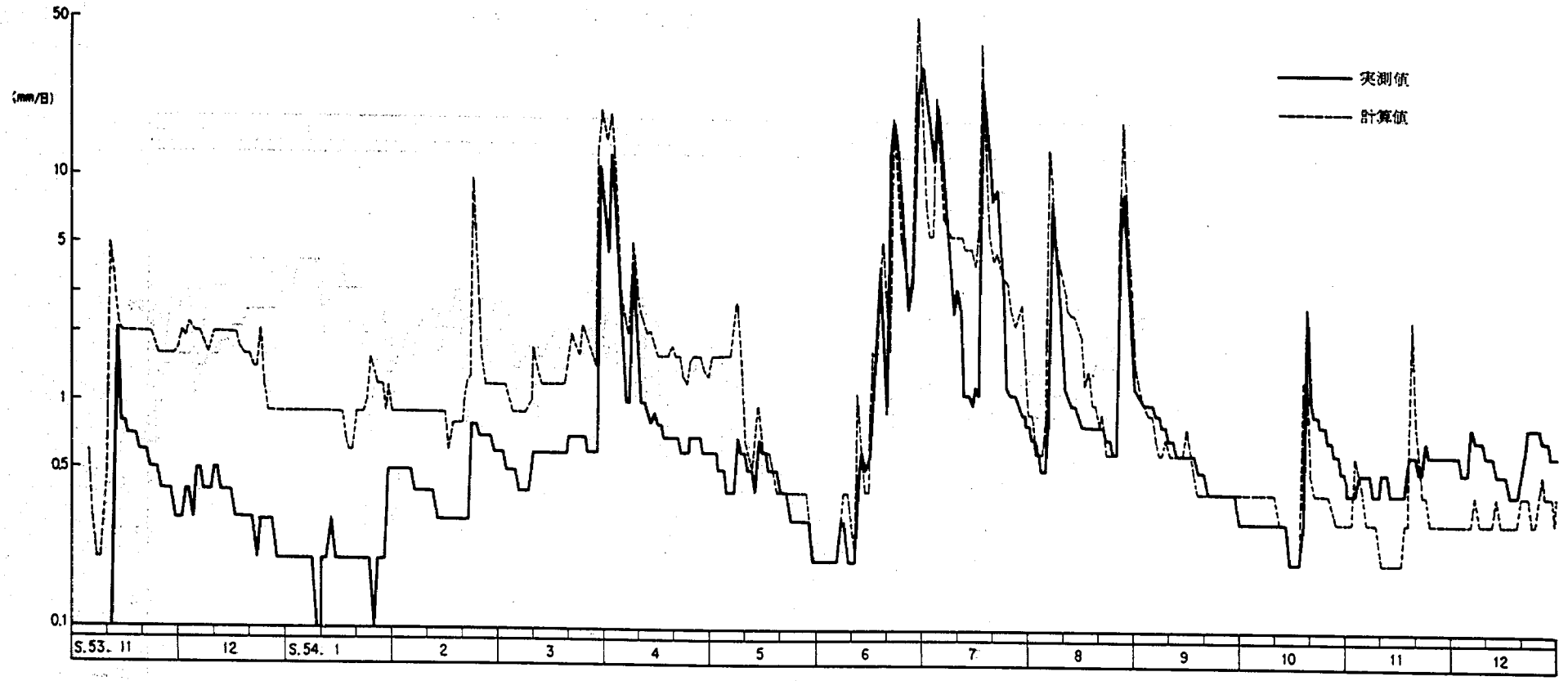


図８－３(2)Ａ　水循環モデルによる地表水流出量計算結果（上流№５）

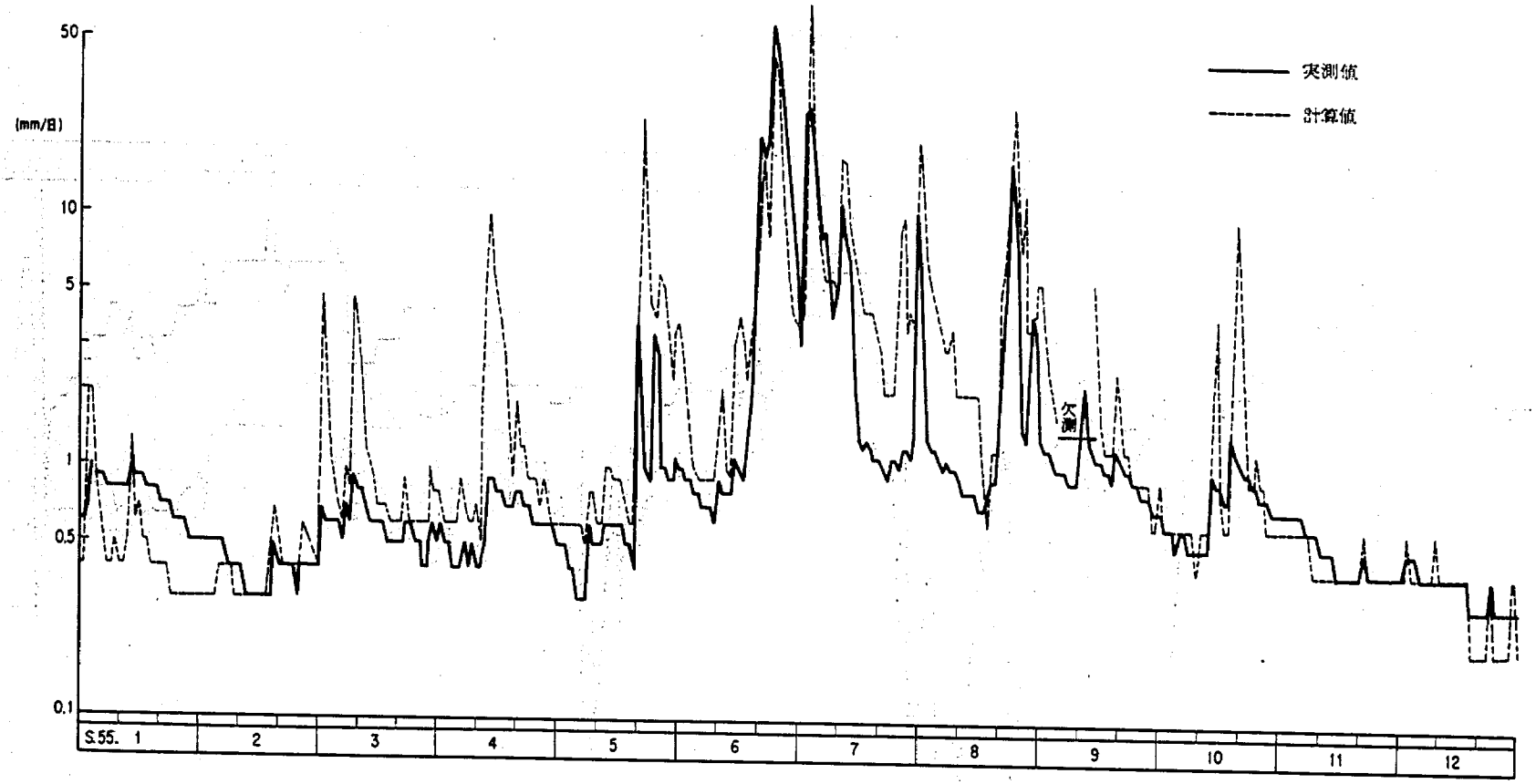


図８－３(2)Ｂ　水循環モデルによる地表水流出量計算結果（上流№５）

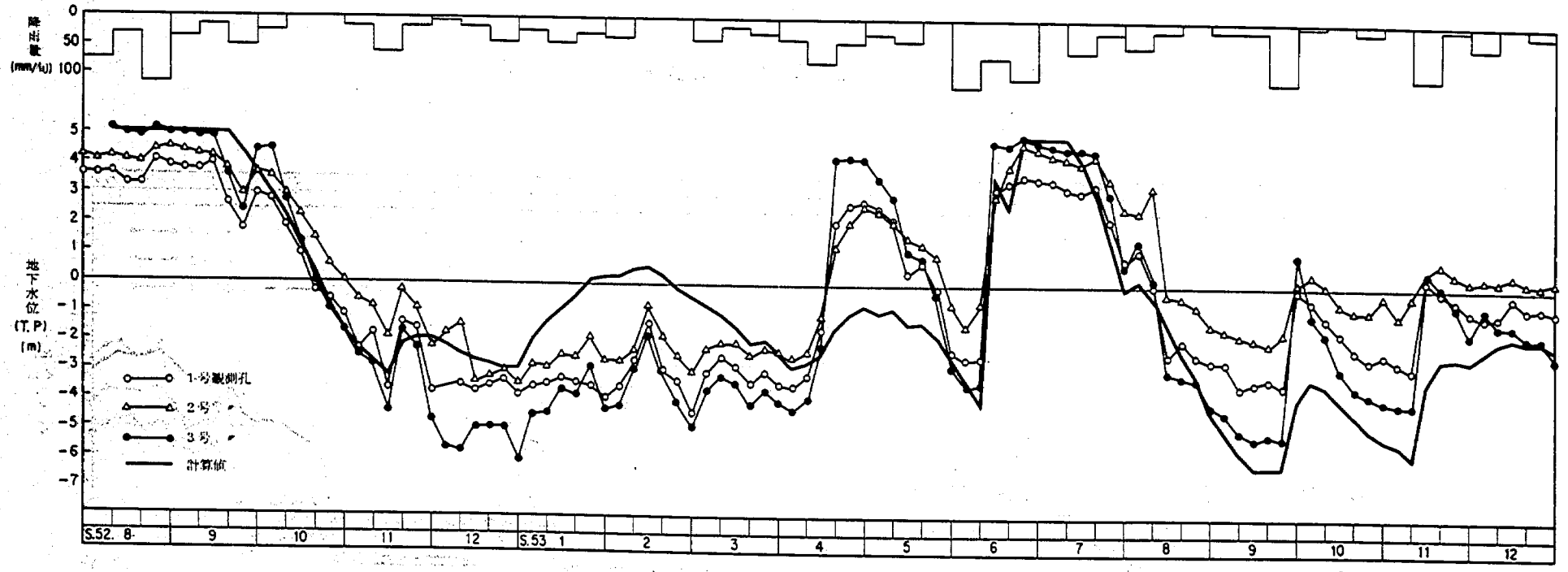


図８－４(1)　水循環モデルによる地下水位計算結果

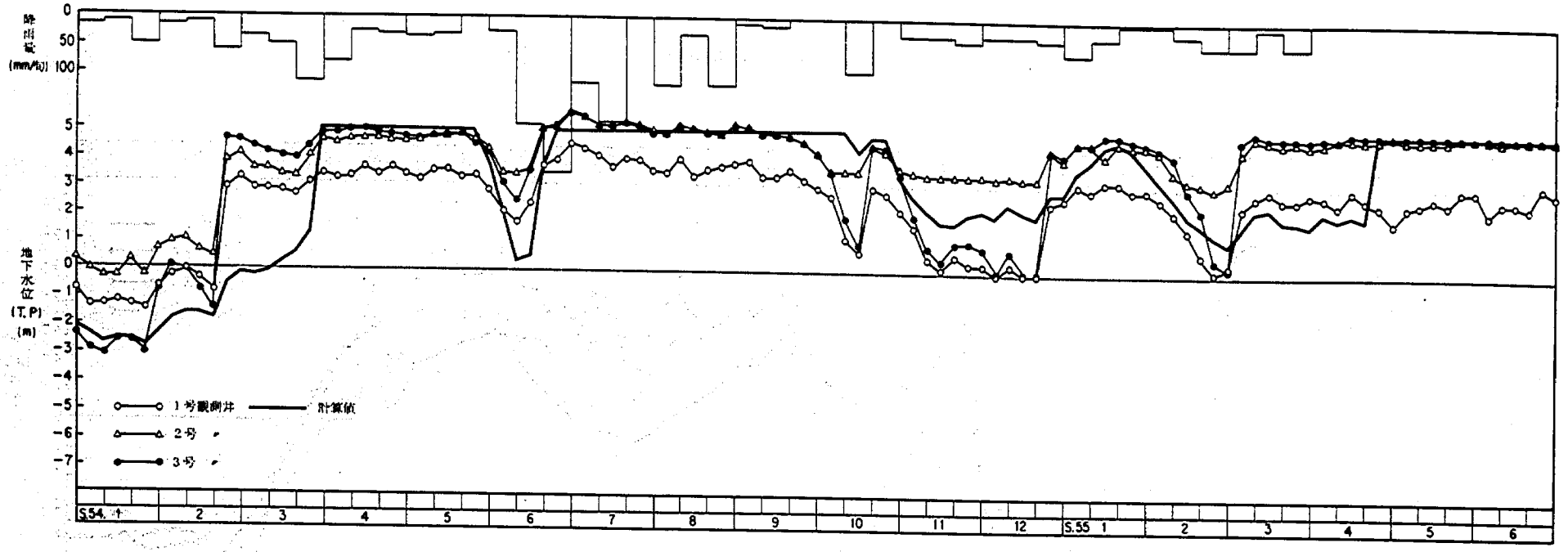


図８－４(2)　水循環モデルによる地下水位計算結果

9. 平面二次元地下水位シミュレーション

水循環モデルによって得られる水収支関係を満足させることを前提に地下貯水層内の実際の地下水位観測データ、揚水試験の結果などを用いて平面二次元モデルを作成する。図9－1にモデル化と境界条件を示す。メッシュは5m×5mで、時間ステップは1日とした。入力条件としてはタンクモデル(水循環モデル)で得られた平地部への涵養量を与え、海との境界はT.P.0mと固定した。また、基本式として下式を用いる。

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(T_x \frac{\partial H}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(T_y \frac{\partial H}{\partial y}\right) = P_a \frac{dH}{dt} + W(x, y, t) - Q_d(x, y, t) \quad \cdots\cdots (7)$$

ただし、H：地下水位、T_x, T_y：透水量係数($T_x = K_x Z$, $T_y = K_y Z$：K_x, K_yはそれぞれx, y方向の透水係数、Zは帯水層厚)、W：涵養量、Q_d：取水量、P_a：有効間隙率(貯留係数)

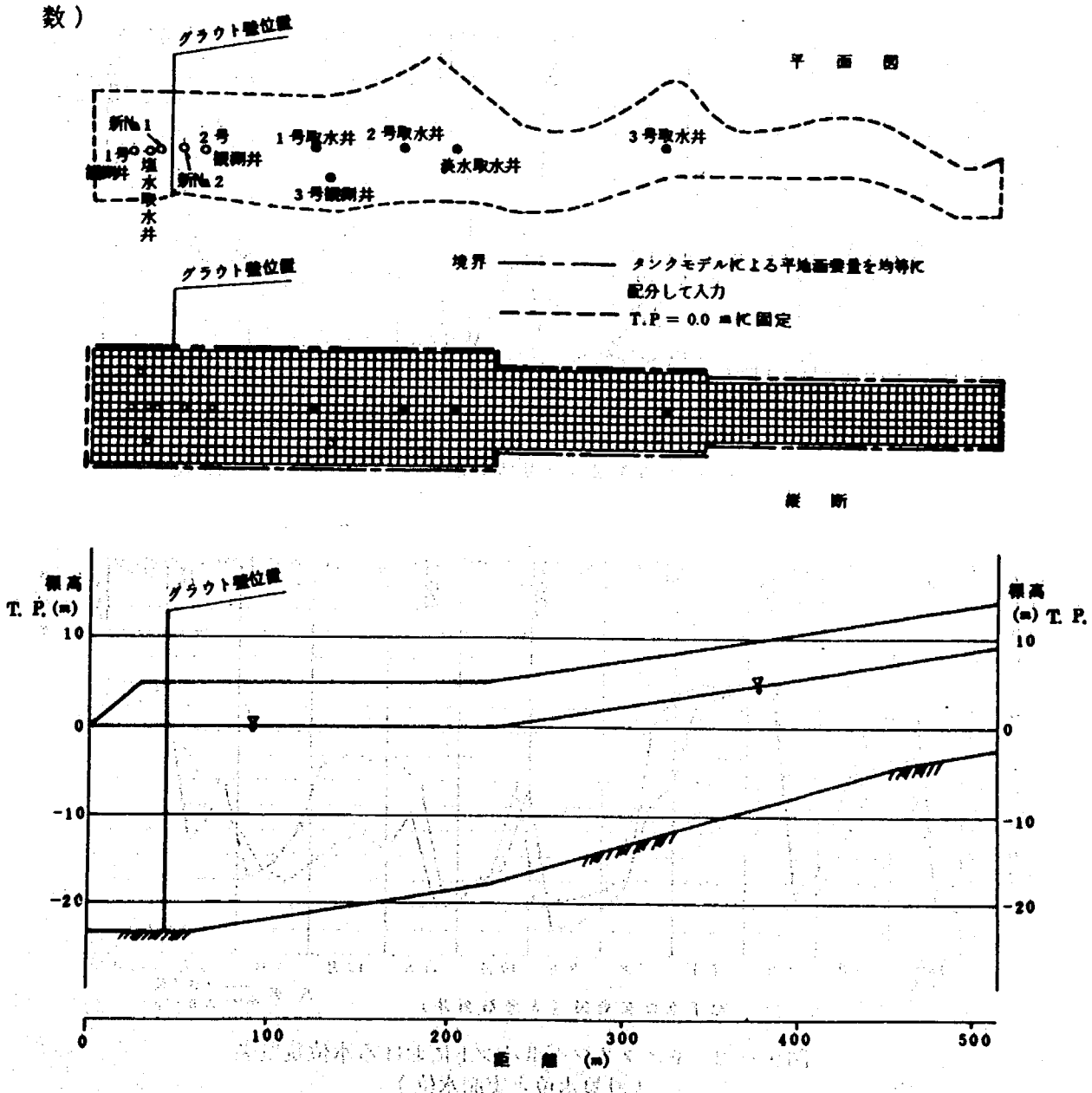
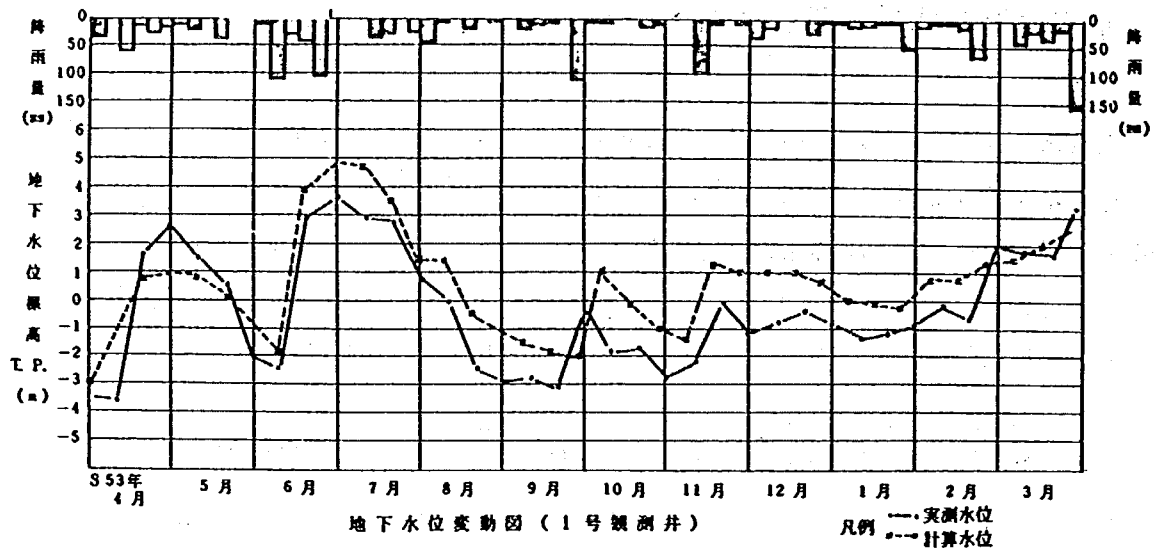
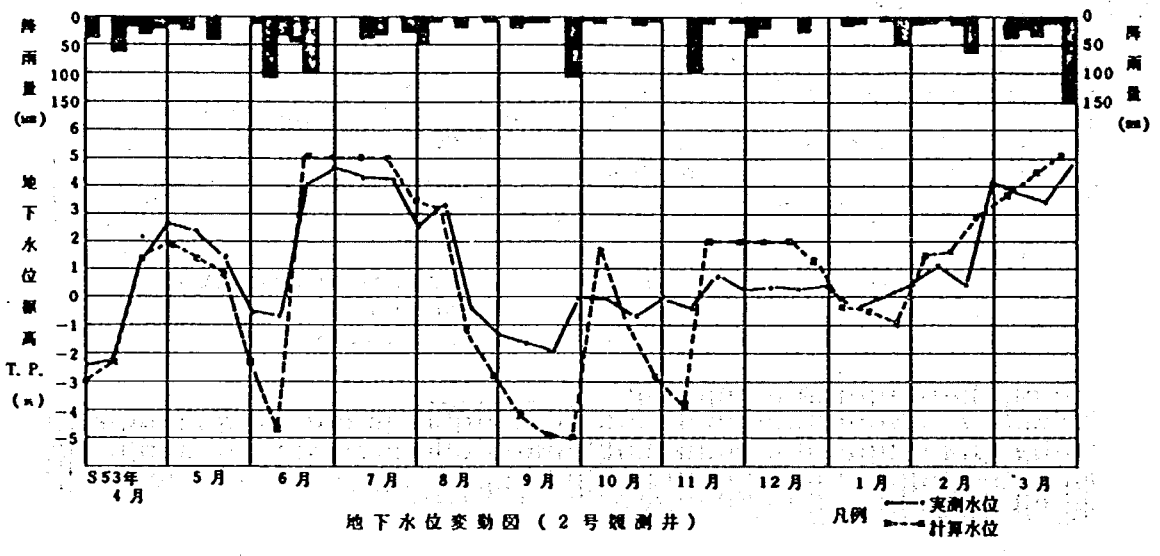


図9－1 シミュレーションモデル





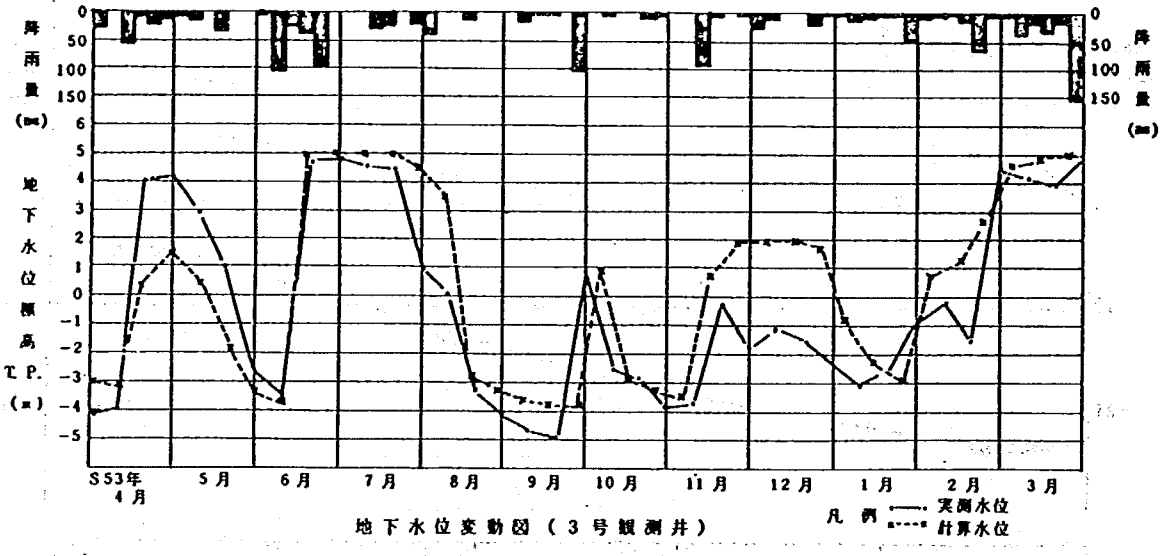


図9 － 2　モニタリングポイントにおける水位変動図
（計算水位と実測水位）

昭和53年4月～昭和54年3月の期間について、計画値と実測値の同定を行った。この際、有効間隙率はさきの5(3)で求めた結果をそのまま用い、地下水位変動が合うように透水係数の値を試行錯誤により決定した。その結果、貯水部全域の透水係数を1×10^{-3} cm/sとした場合、もつとも適合度がよいことがわかった(図6－2)。また遮水壁部分の透水係数は後で述べるように1×10^{-4}cm/sとした。

10. 地下遮水壁改良方法の検討

(1) 既存遮水壁の問題点

地下遮水壁タイプ地下貯水池の総合運用を行うにあたり、昭和53年度に地下貯水池としての適合性の検討ならびに既存グラウトの遮水効果の評価を行っている。

本地域で遮水壁タイプ地下貯水池の総合実験を実施するにあたり、昭和53年度は、実験地としての適合性の検討ならびに既存グラウトの遮水効果の評価を行った。

検討・評価にあたって、基礎調査として1)地質調査ボーリング、2)地下水位・水質調査、3)グラウトチェック揚水実験、4)水収支解析、5)地下水流速試験等の試験が実施され、その結果次の事柄が整理された。

a. 既存グラウト未施工部である基岩上部には強風化部が存在し、地下水流動によるものと思われる酸化が生じており、割れ目面が変色している。

b. 礫混り粘土層、結晶片岩強風化帯はいぜんとして他の部分に比べて大きな通水能力を持つ。また水質的にみても、礫混り粘土層腐植土層及び強風化部は、塩水化の影響を示す。

c. グラウトチェック揚水試験の結果からは、既存グラウト(礫混り粘土層)の揚水の影響が上流井に現われる。

d. 前回のグラウトは礫混り粘土層まで注入を行っていたが、注入されやすい部分をとおって薬液が流れ、均一な遮水壁が形成されたとは考えにくい。

e. 水収支計算を行ったところ、200~600㎥/日の地下水が流出していることになる。

これらのことから、総合実験を行うにあたり新たに確実な遮水壁を作ることが、地下貯水池をさらに有効に、管理運用を行うためには重要であり、このためには腐植土層、礫混り粘土層及び結晶片岩強風化帯まで含めて遮水する必要があると判断された。

(2) 地下遮水壁の造成方法と工法の選定

a. 地形・地質的条件

遮水壁の造成方法にあたって考慮しなければならない条件として次の事が挙げられる。

① 場所が山地であるため、現状では大型の機械(約2t以上)の搬入がむずかしい。

② 地質は図5-4、5-5に示すとおりであるが、厚さや透水性は場所によって異なる。

③ 遮水壁は海水の影響を受ける。

b. 工法の選定

遮水壁の工法を分類するとつぎのようになる(表10-1)

表１０－１(1)　遮水壁工法の分類

Ⅰ　置換工法
Ⅱ　強制攪拌工法
Ⅲ　注入工法
Ⅳ　鋼矢板工法

表１０－１(2)　地下遮水工法一覧表

符号	型式	工法（組織工法）	工法概要	利点	欠点	当地における適応	概略工費 万円/㎡
Ⅰ	注入型式遮水膜工法	OMG工法	注入管をセットした特殊鋼矢板を打設後，引抜き時にできた空隙に注入液を充填する。	・確実に連続遮水膜ができる。 ・地盤を分断しない。 ・工費が安い。	・大型機械が必要となる。	・大型機械が搬入できないのでむづかしい。	1.5～2
Ⅰ	〃	JET CROUT工法	超高圧ジェットを噴射するロッドを引抜きながら，削土した空隙に薬液によるびょうぶ状の遮水膜をつくる。	・粘性土ではうまくできる。 ・大型の機械は必要としない。	・砂層・礫層ではむづかしい。 ・転石による欠陥部の確認ができない。	・砂礫の互層および礫混り風化粘土層には遮水膜の形成はむづかしい。	2～3
Ⅰ	注入型式遮水壁工法	OBW工法	あらかじめボーリングした孔に，羽根に広げうるロータリー攪拌装置を挿入し，注入工法と併用して連続注入壁をつくる。	・確実な連続壁ができる。	・比較的大きな機械が必要である。 ・硬い地盤では施工できない。 ・工費がやや高い。	・機械の搬入方法に問題がある。 ・礫混層の礫混り風化粘土ではむづかしい。	3～5
Ⅰ	地下連続壁工法 （コンクリート壁方式）	OWS－SOLETANCHE工法 イコス工法，BW工法など	泥水中でトレンチや穴を掘り，その中にコンクリートを打設し，これを連続させる。	・現在では最も確実な工法である。 ・岩盤中でも施行可。 ・剛性の高い壁をつくれる。	・大きな機械が必要。	・大型機械が搬入できないのでむづかしい。	3～5
Ⅰ	〃 （セメントベントナイト壁方式）	特殊連壁工法 （自硬性安定液工法，Kソイル工法）	泥水中でトレンチを掘り，泥水自身をセメントなどで固化する。	・最も確実な工法である。 ・工費が比較的安い。	・大きな機械が必要。	・大型機械が搬入できないのでむづかしい。	2～3
Ⅱ	注入型式 列杭工法（高圧ジェット方式）	CCP工法 （J．S．P工法） （コラムジェット工法）	超高圧ジェットを噴射するロッドを回転させ，注入柱をつくり，これを連続させる。	・大型の機械は必要としない。 ・ロッド注入に比してかなり確実性が高い。	・砂層，礫層では連続しにくい。 ・垂直精度が小さい。 ・密な間隔なので工費が高い。	・N値によりできる径が異なるので品質の管理がむづかしい。	5～7
Ⅲ	〃 （瞬結液方式）	LAG工法 （D．D．S工法）	瞬間的に固化する薬液を２重管タイプの注入管により，先端で注入固化する。	・大型機械がいらない。 ・薬液の逸散が少ない。	・工費が高くなる。	・施工可能。	5～7
Ⅲ	〃 （二重管方式）	SOLETANCHE注入工法 （ダブルストレーナー注入工法） （スリーブ注入工法）	ボーリングののちケーシングおよびこの内部にマンシェットチューブを建込み，スリーブグラフトでシールしてケーシングを引抜き，ダブルパッカー付のパイプで注入する。	・不確実箇所は再注入が可能である。	・層に沿った薬液の逸散がある。 ・工費が高い。	・施行可能。	5～7
Ⅲ	〃 （ロッド注入方式）	ロッド注入工法	ボーリングロッドより注入して，注入柱をつくり，これを連続させる。	・どんな所でもできる。 ・最も小さい機械でできる。	・最も不確実な工法である。 ・工費が高い。	・施行可能だが，注入量が相当大きくなる。	5～7
Ⅳ	鋼矢板型式 （ジョイント無処理）	鋼矢板工法	鋼矢板を連続的に打込む。	・特殊な技術が不要。 ・ジョイントを除けば確実な工法といえる。 ・施行が早い。	・腐食が早い。 ・ジョイントより漏水する。 ・大型機械が必要。	・大型機械が搬入できないのでむづかしい。	1.5～2
Ⅳ	〃 （特殊ジェイント処理）	ウォーターカット工法	鋼矢板に薬液逸散防止アングルを付けて，鋼矢板打設後ジョイント部に確実な注入を行ない漏水を防止する。	・確実に止水できる。 ・OH液で注入すれば鋼矢板が変形しても漏水しない。	・鋼矢板が腐食する。 ・大型機械が必要。	・大型機械が搬入できないのでむづかしい。	2～2.5
Ⅳ	〃 （薄型矢板方式）	シートウォール工法	薄い鋼矢板をガイドを用いて打込みジョイント部を注入する。	・ジョイント部以外は確実な壁ができる。 ・合成樹脂のシートも可。	・腐食が早い。 ・大型機械が必要。 ・ジョイント部に注入必要。	・大型機械が搬入できないのでむづかしい。 ・海水による腐食があるので不適。	2～2.5

(3) 二重管ダブルパッカー式注入方式

二重管ダブルパッカー注入方式には、ダブルストレーナ方式、スリーブ注入方式と呼ばれるものがあるが、いずれも次のような特徴を有する。

① ダブルパッカー付きの内管の移動により、地層の変化に応じた注入精度(注入ステップ)を確保することができる。

② ストレーナ注入管の周囲にシールグラウトを行うことにより、注入の際注入ステップ位置(一般に、1mに3ステップ)以外に注入材が逸走しにくく、注入の精度が高い。

③ 同じステップを時を変えて、あるいは注入材の種類を変えて、重複注入することが可能である。その結果、注入データを各ステップごとに検討して不充分な箇所についての補足注入が可能となる。図10−1に一般的な注入システム図を示す。また、一般的な工程を図10−2に示す。

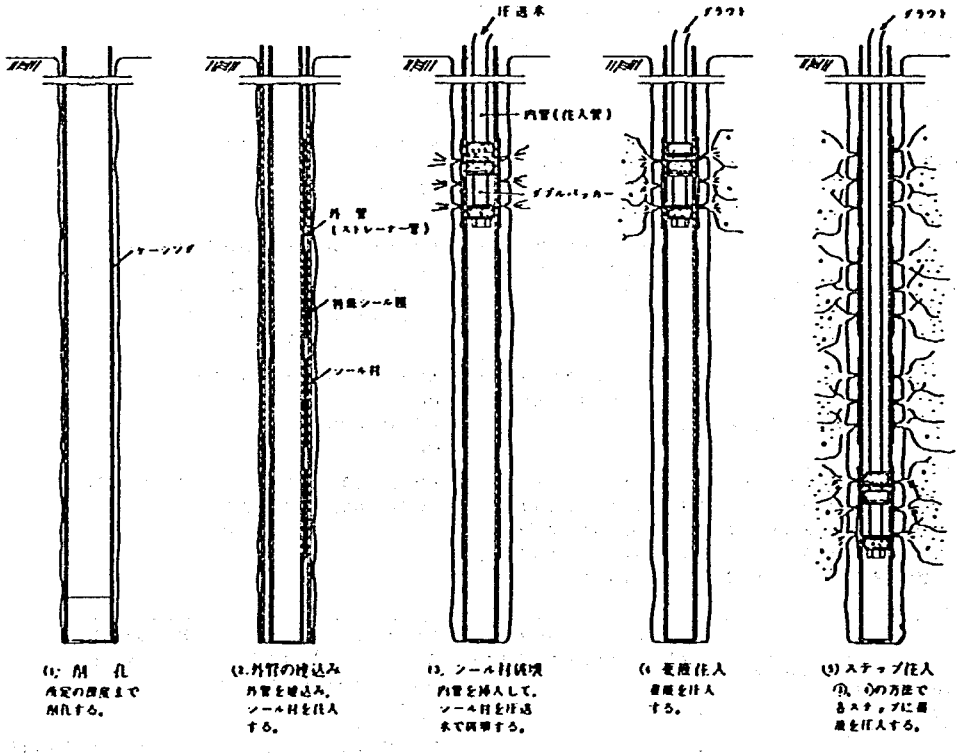


図10−1 注入システム

一般的にこれら工法について具体的に経済性、機材運搬、確実性、安全性等を考慮して、当地での各工法の適応性を考え、各結果を表10－2に示す。

このうちダブルストレーナー注入工法は土層及び岩盤層に適応性が高く、各種工法のうちでは適した工法と考えられるため、この工法を用いて遮水壁改良を行うことに決定した。

表10－2　樺島における各種工法の適応

付号	遮水工法名	当地における当工法の施工法の注意点	要求される条件	適応性	
				土層	岩盤層
Ⅰ	OMG工法	クローラクレーンで鋼矢板を吊り、モルタルを注入しながら引抜く 1枚の矢板（ℓ＝27m）で施工する。	1　4m道路（クローラクレーン搬入）が必要 2　下層は別工法が必要	可	不可
	JET GROUT工法		1　2.5m道路（高圧ユニット搬入）が必要 2　下層は別工法が必要	可	不可
	OBW工法		1　2.5m道路が必要 2　下層は別工法が必要	可	不可
	大口径ボーリングによる特殊連続壁工法	大口径ボーリングマシンにより所定の深さを泥水で安定させながらある間隔で掘削し、泥水中に混入したセメントにより固化したのち、これらの間を同様に掘削して行く。	1　2m道路が必要 2　下層は別工法が必要	優	不可
	ケリー掘削機による特殊連続壁工法	セメントを混合した泥水中でトレンチ掘りし、これを連続させる。	1　5m道路が必要 2　下層はCIS型掘削機が必要	可	不可
Ⅱ	JSP工法	土砂層はØ1000㎜直径の杭ができる施工法とする。	1　2m道路が必要 2　下層は別工法	良	不可
Ⅲ	LAG工法（DDS工法）		1　2m道路が必要	可	可
	ダブルストレーナー注入工法	岩盤層は1列、土砂層は3列程度とする。	1　2m道路が必要	優	優
	ロッド注入工法	岩盤層は1列とする。	1　2m道路が必要	可	良
Ⅳ	鋼矢板工法	イ案：クローラクレーン吊りバイブロで貫入する。鋼矢板は現場溶接する。	1　4m道路が必要	良	不可
		ロ案：足場材でやぐらを組み、高圧ジェットとバイブロで貫入する。	1　2.5m道路が必要		
	ウォーターカット工法	同　上	同　上	良	不可
	シートウォール工法	クローラタイプのベースマシンと、高圧ジェットおよびバイブロで貫入し、ジョイントはモルタルを注入する。	1　4m道路が必要 2　下層は別工法が必要	可	不可

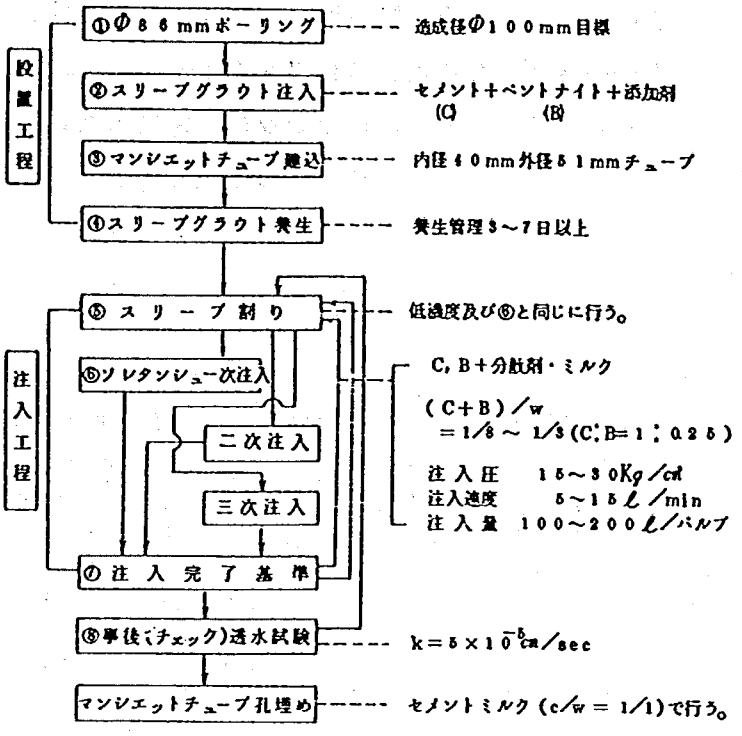


図１０－２

(4) グラウトテスト

この遮水壁改良工事の前に、グラウトテストを工事の一部として行い、本工事は、そのテストの成果をふまえて改良工事を実施した。

このグラウチングテストは、地下ダムのほぼ中央で注入孔６本に対して実施した。(図10－３)

その主な仕様は、次の通り。

濃度 (C＋B)/W = 1/4

C/B = 1/0.25 ℓ/min

注入速度 5～15 ℓ/min 注入圧 7～20kg/cm²

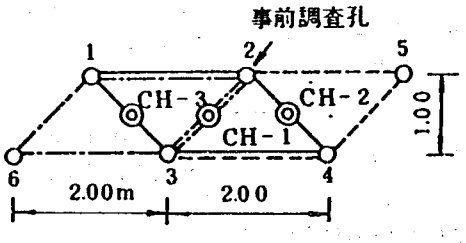


図10 －３ チェック孔配置図

さらに、試験の目的や注入量等については、表１０－３の通りである。

これらの成果を表１０－４さらに図示すると図１０－４のようになる。このグラウトテストから言えることは以下のことである。

①互層部のうち、腐植土層優勢部分の透水係数は、10^{-3}cm/s オーダーのものが、10^{-6}cm/s オーダーになり、高い改良効果率になっている。しかし、一次注入ではバラツキも認められ、二次注入まで実施する必要がある。

②上部GL－２m～６m付近の互層部では、リーク現象も認められ、10^{-5}cm/s オーダーになっているが、バラツキがあった。(本工事に対しては、注入速度を落し、注入

表１０－３

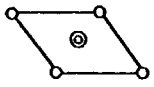
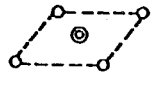
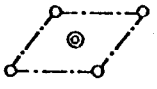
孔配置		試験の目的	試験装置	注入量（1m当り）	
				互層	礫層
パターンⅠ		対象ＧＬ－15～20m 礫混り粘性土層の１次注入に対する効果	区間長 Σ２４.９m バルブ Σ７４個	－	q＝450ℓ/m （C＋B） ＝104kg/m
パターンⅡ		対象ＧＬ－２～20m，腐植土，粗砂互層，礫混り粘性土層の１次注入効果	区間長 Σ８０.０m バルブ Σ242個	q＝560ℓ/m （C＋B） ＝130kg/m	q＝450ℓ/m （C＋B） ＝104kg/m
パターンⅢ		対象同上， １次注入，さらに，２次注入後の効果	区間長 Σ７７.１m バルブ Σ234個	q＝1050ℓ/m (C＋B) ＝240kg/m	q＝750ℓ/m （C＋B） ＝170kg/m

表１０－４

パターン	孔層	試験区間	対象層	注入回数	透水試験数量	透水係数（cm／S）	
						互層	礫層
Ⅰ	CH－1	GL－15.0m ～20.0	礫層	一次	2回	－	$5\sim6\times10^{-5}$
Ⅱ	CH－2	GL－2.0 ～20.0	互層 礫層	一次	5回	3×10^{-6} $\sim3\times10^{-4}$	1×10^{-4}
Ⅲ	CH－3	GL－2.0 ～20.0	互層 礫層	一次 二次	4回	3×10^{-5} $\sim10\times10^{-5}$	5×10^{-5}

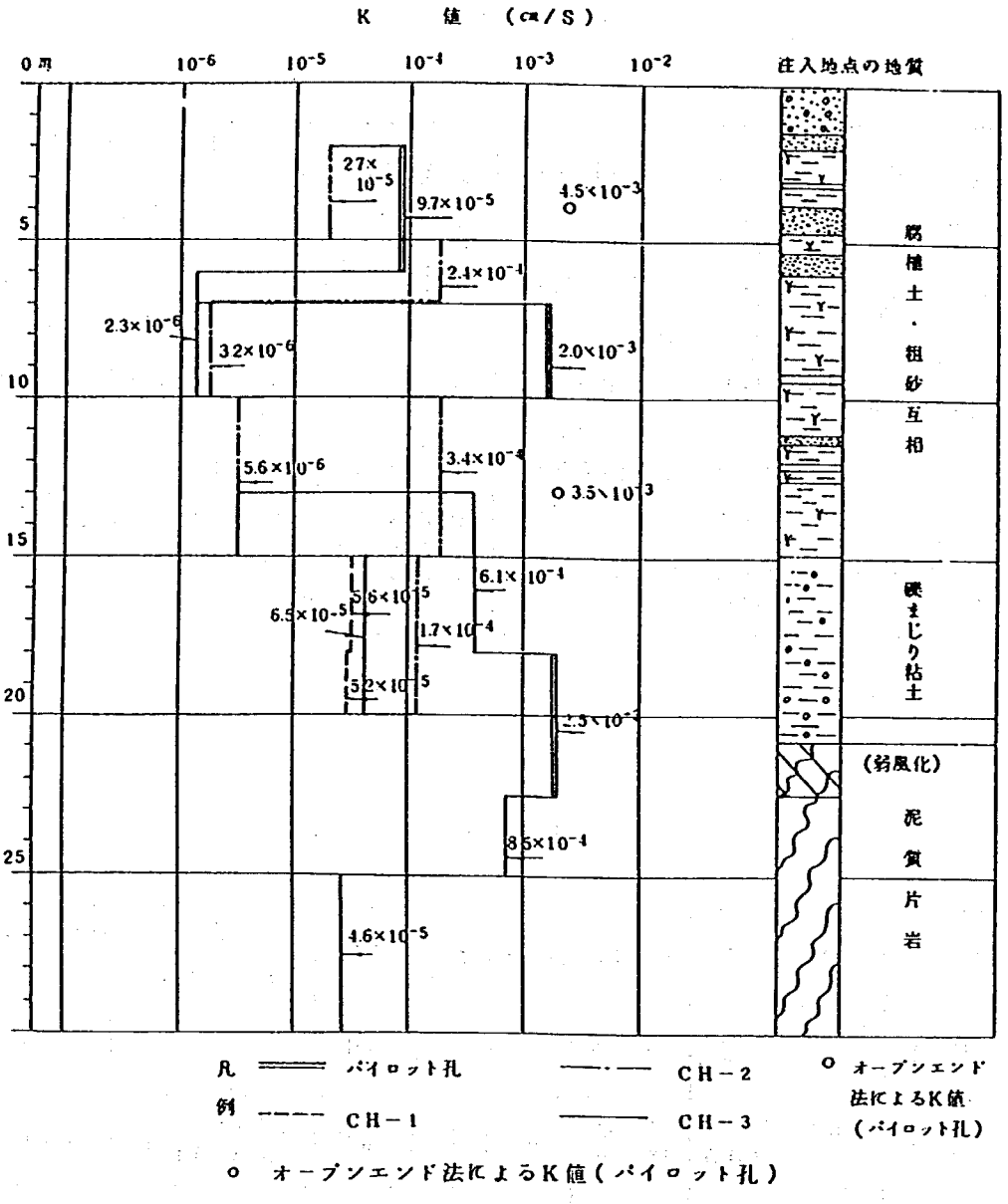


図１０－４　パターン別透水試験比較図

濃度を高めて。）

③礫混り粘性土層では、改良前 6×10^{-4}cm/s のものが、一次注入で、10^{-5}～10^{-4}cm/s と改良効果に広がりが認められた。二次注入では、10^{-5}cm/s オーダーになっておりやはり、二次注入まで実施する必要がある。

(5)　改良範囲と施工条件

グラウトテスト結果、既応施工実績及びボーリング調査結果などに基づいて遮水壁による改良範囲や施工条件を決定した。

図１０－5に遮水壁造成位置における地質断面図と注入施工範囲を示す。(図には最終的に実施した一部岩盤注入を含む追加注入の範囲も示している。)

改良対象とした地層は腐植土と粗砂の互層部、礫混じり粘性土部、結晶片岩の強風化部であり、これらは後述の図１１－1に示される透水係数の分布を示し一般に $k>1\times10^{-3}$

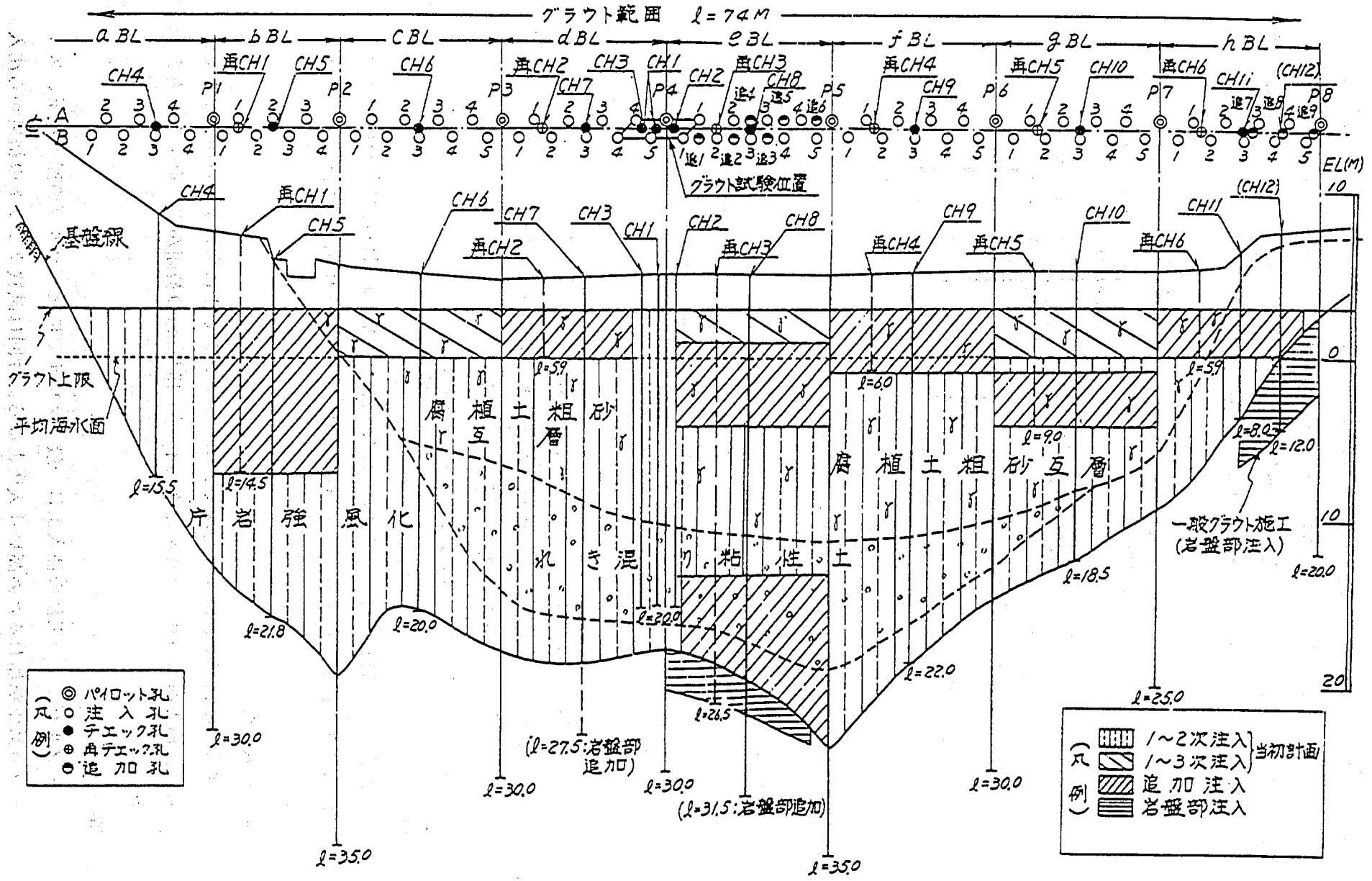


図10－5　孔配置・グラウト施工範囲図

cm/secと高い。また、注入範囲の上限は潮位の影響を考えT.P＋3.0ｍまでとした。そして、これらに対する注入孔配置は、本来改良幅を大きくするため３列以上の施工が望ましかったが、最終的には孔間隔２ｍ列間隔１ｍの２列千鳥配置とし、施工は 下流側を先行し注入する方式とした。(図１０－6参照)

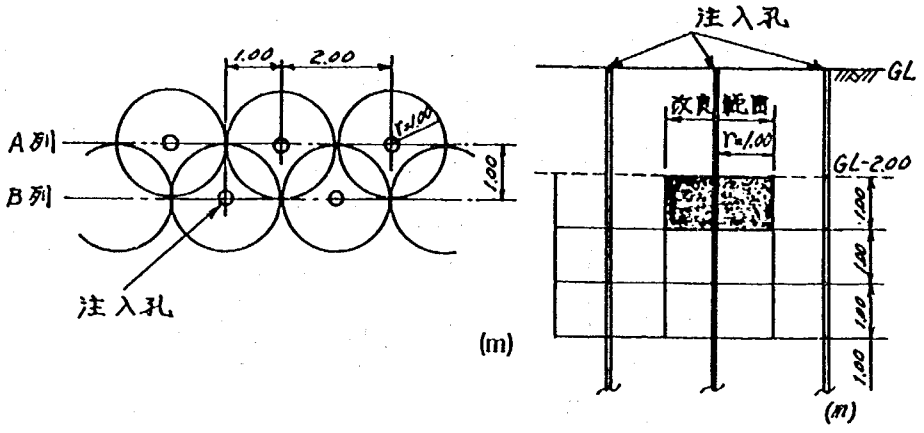


図１０－６　グラウト配列

＜注入仕様＞

(1) 注 入 量

各注入は注入次数を分け (10日間程度の間隔) 所定量の注入を行う。注入量は750 l/1バルブ、C＋B 量で 200kg/mを計画とした。

(2) 注入材料

注入材料は、長期安定性と地下水汚染に対し安全であること、グラウタビリティー比に対し優位な材料であることを考慮し次のものとした。

セメント：C ……普通ポルトランドセメント

粘　　土：B ……ベントナイト (クニーゲルV1)

(3) 配　　合

配合は、試験施工で (C＋B)/w＝1/4、C/B ＝1/0.25を用いたがグラウチング状況から脈状に拡がり過ぎることがわかり濃度をあげ(C＋B)/w＝1/3、C/B＝1/0.1とした。

(4) 注入速度

注入速度は濃度との関係も深く、グラウチング効果に影響する重要な要素であるが、地表面へのリーク等を配慮しq ＝5～15 l/minの範囲から選定することとした。

(5) 注 入 圧

ダブルパッカー工法の注入工は一般グラウチンに比べバルブの押上げ圧、スリーブロス圧が加わるため高い注入圧となる。今回は試験グラウトの結果から注入圧P、最終注入圧P_{max}は下記の値とした。

G. L. − 2.0 ～ − 10.0 m、 P = 8 ～ 12 kg/cm²、P_{max} = 15 kg/cm²

G. L. − 10.0 ～ − 25.0 m、P = 15 ～ 20 kg/cm²、P_{max} = 30 kg/cm²

(6) 注入改良目標

注入改良目標値は $k < 5 \times 10^{-5}$ cm/sec とした。

(7) 中断条件

リーク、地下水質の変化等トラブルの生じた場合。

(8) 完了条件

所定注入圧で注入速度 q が 3 l/min が以下の状態になり 5 分間継続した場合、および注入量が所定計画量に達した場合。

(9) 管理、監視体制

一般施工管理体制のほかに、注入圧、量、時間の自記記録を行い、濃度は比重計による日管理を行った。また地下水質(特に硬度の上昇)には十分な注意を払い、次の監視を行った。

定期的な水質管理 …… KM_nO_4 消費量、Cl、Cu、Fe、Mn イオンの含有量監視。

日常水質管理 …… 水温、pH、電気伝導度の監視。

これらについては施工中を含め、施工後約一年を経過した時点でも異常値は現われていない。

表10−5に各注入次数ごとの本施工注入仕様を示す。

表 1 0 − 5

項目 ＼ 注入時		①群 1 ～ 3 次注入			②群 1 ～ 2 次注入		追加注入
		1 次	2 次	3 次	1 次	2 次	
改良深度 (m)		EL + 3.0 m ～ ± 0 m			EL ± 0.0 m ～ − 20.0 m		
濃度	W／C + B	3／1	3／1	3／1	3／1	3/1 ～ 4/1	4／1
	B／C (%)	10	10	10	10	10	25
容量 (ℓ)		100	100	100	150	100	50～200
注入速度 (ℓ/min)		5	5	5	10	10	5～ 10
		区間：測点No. 0 + 6 m ～ No. 6 + 4 m ※ (b A − 2) + (h A − 2)			左記以外の範囲		$k > 5 \times 10^{-5}$ cm/S

※ 孔番を示す bA − 2 ; b B LA 列 2
C……普通セメント, B……ベントナイト, W……水

注入仕様

注入基準は、すべて54年度のグラウチングテストの成果によったが、主なものは下記のとおり。

・注入速度 q、注入量 Q …… q = 5 ～ 15 l/min、Q = 300 ～ 600 l/m

・注入圧 q、最終注入圧力 P_{max} …… P = 8 ～ 20 kg/cm²、P_{max} = 15 ～ 30 kg/cm²

・中断条件 …… リーク等トラブルのある場合、計画量に達し、所定圧力に達しない場合。

・再注入条件 …… 24時間以上のグラウト硬化時間後、再注入。

・完予条件 …… 注入量 $q < 3\ l/min$ が5分間継続した場合、注入量が所定計画注入量になった場合。

・注入改良目標 …… $k < 5 \times 10^{-5}$ cm/s

(6) 施工実績

まず注入過程における注入圧力の変化について一例として上流側注入実績図を図10－7に示す。（注入位置については図10－5参照）

注入の効果と思われる注入次数に応じた圧力の上昇は礫混じり粘性土質、結晶片岩風化部において一般的な傾向として見られるが、腐植土層砂層部については、その傾向は必ずしも一様ではない。

また追加注入は二週間程度日数をあげ実施したものであるが、その効果は一様に示されていた。

一般に改良効果は、初期地盤のkが高い部分（10^{-3} cm/sec程度）では注入効果は比較的初期の注入次数で得られるが透水係数が低くなるにつれ注入効率は落ちている。

また注入後実施したチェック孔のコアからは、注入材の混入が多く認められるものの、浸透注入を期待するのはむずかしく、脈状注入はやむを得ないものと思われる。そのため注入前後の盤ぶくれを計測し、キャップコンクリートの打設等も考慮し、注入材が無効に逸走しないよう配慮することが望ましい。

最後に注入実績総括表を表10－6に示す。

表10－6 施工実績総括表

注入孔（遮水壁造成）

注入種別	区分	工種	穿孔 (m) 孔径 (m)	粘性土	礫質土・軟岩 標準	礫質土・軟岩 深部	中硬岩	計	注入 非注入長 (m)	注入長 (m)	マンシェットチューブ数 (ケ)	スリーブグラウト注入数 (ℓ)	注入量 容量 (ℓ)	セメント：C (kg)	ベントナイト：B (kg)	ポリス：P (kg)	m当り、C+B (kg/m)	m当り、容量 (ℓ/m)	充填率 (%)※	注入時間 (H.′)
ソレタンシュ	計画	75	86	700.7	639.2	137.9	－	1,477.8	212.8	1,265.0	3,850	23,900	983,586	248,910.9	27,799.7	139.00	218.7	777.5	123.7	1,864H10′
	追加	6 ※55	86	94.3	25.7	40.8	－	160.8	108.0	52.8	161	1,500	113,510	19,266.7	4,816.5	24.08	－	－	－	242H59′
	計	81	－	795.0	664.9	178.7	－	1,638.6	320.8	1,317.8	4,011	25,400	1,097,096	268,177.6	32,616.2	163.08	228.3	832.5	132.5	2,107H09′
一般	追加	3	66	－	18.5	－	16.5	35.0	18.5	16.5	－	－	5,414	951.0	47.6	0.24	60.5	328.1	－	9H50′
合計		84	－	795.0	683.4	178.7	16.5	1,673.6	339.3	1,334.3	4,011	25,400	1,102,509	269,128.6	32,663.8	163.32	226.2	826.3	－	2,116H59′

※既設孔の追加注入施工孔数を示す。

結局今回の注入では最終注入圧（P_{max}）に達するまでの圧力の上昇は見られなかったが、最終注入量はm当たりC＋B量で226kg/m（m当たり容量826 l/min）となり、計画値を10％程度上回る実績となった。またこれを、仮に1孔当たりの注入影響半径を1.0mとしてその空隙（平均空隙率を0.15と仮定）に対する充填率を考えると約175％の充填率となっている。

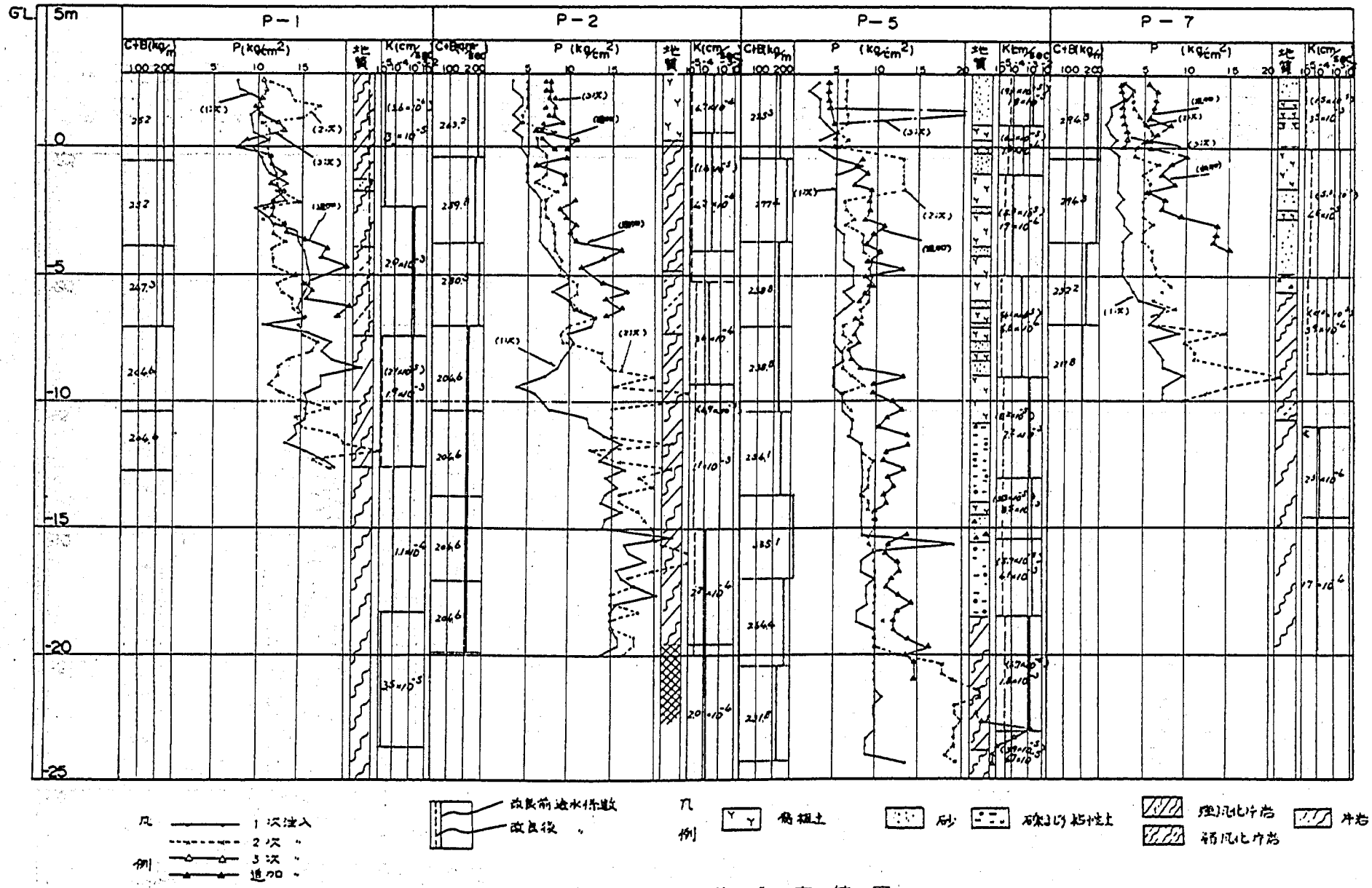

GL
5m
0
-5
-10
-15
-20
-25
P－1
P－2
P－5
P－7
C+B(kg/m)
P(kg/cm²)
地質
K(cm/sec)
凡例
1次注入
2次 〃
3次 〃
追加 〃
改良前透水係数
改良後 〃
凡例
腐植土
砂
礫まじり粘性土
強風化片岩
弱風化片岩
片岩

図10－7(1)　注入実績図

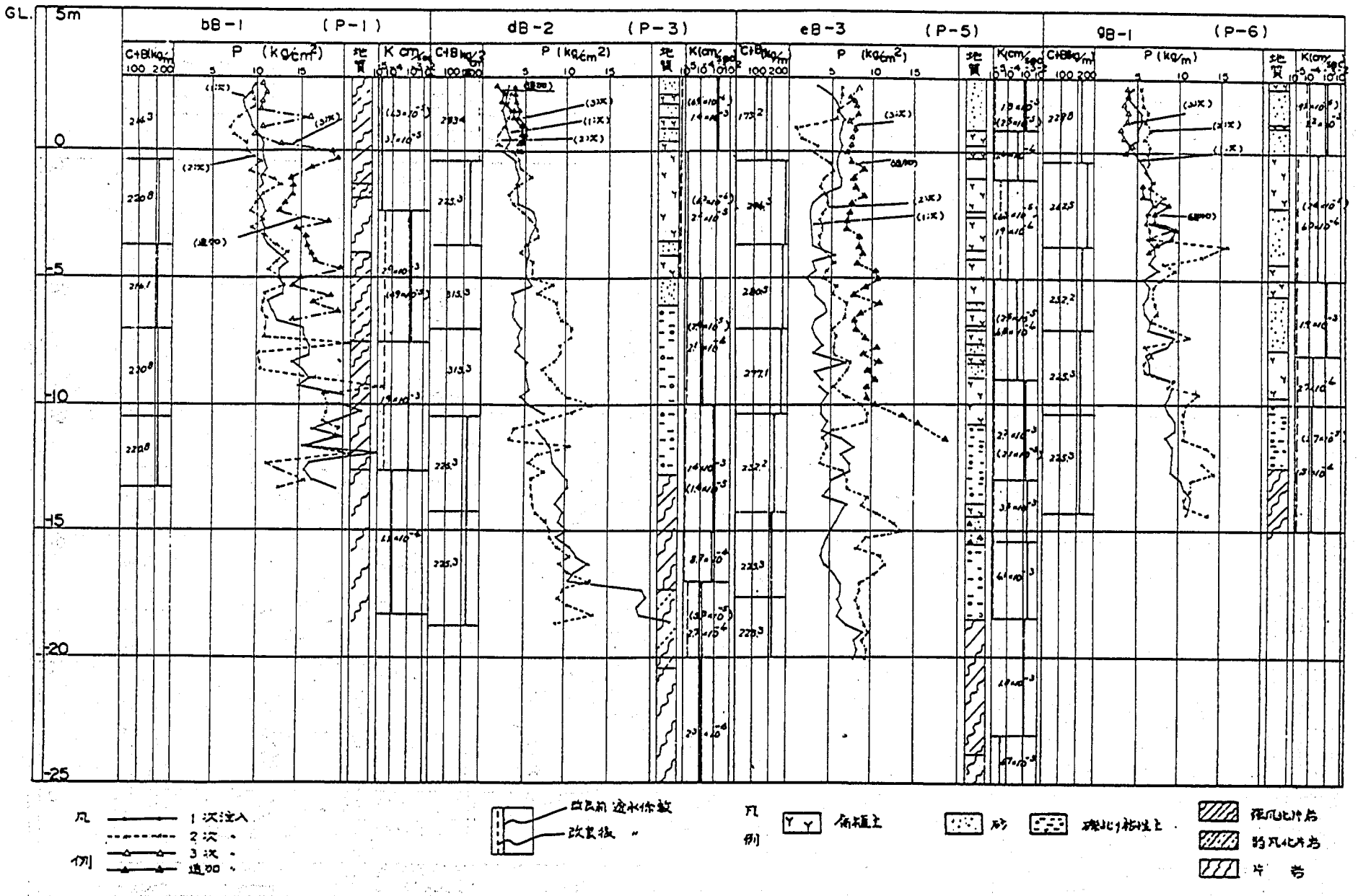

GL.
5m
0
-5
-10
-15
-20
-25
bB-1 (P-1)
dB-2 (P-3)
eB-3 (P-5)
gB-1 (P-6)
P (kg/cm²)
P (kg/m)
凡例
1次注入
2次 〃
3次 〃
追加 〃
凡例
扁植土
砂
片岩

図10－7(2) 注 入 実 績 図

11. 遮水効果の判定

遮水壁造成による全体遮水性の判定を、現地における(1)遮水壁内のルジオンテスト、(2)遮水壁上・下流の揚水試験、及び(3)シミュレーションモデルによる評価、(4)実際の地下水質、揚水量の変化から検討した。

(1) 遮水壁内におけるルジオンテストによる遮水効果の判定

こうして造成された遮水ゾーンについて、最終的に10mに1孔ずつ配置したチェック孔においてルジオンテストを実施し、透水性のチェックを行った。試験ステージは最小5mとし地層区分に合わせ実施している。注入前後の改良効果と比較するために図11-1、11-2に注入前、注入後のルジオンマップを示す。

今回対象とした改良範囲については目標改良値を上回る改良結果が得られている。しかし、計画の1～3次までの注入では腐植土層の粗砂部及び結晶片岩の強風化部の一部に目標値に達しない部分が残ったため追加注入を実施した。また、岩着部への追加注入は二重管注入方式ではスリーブ割りが困難なため一般注入とした。

その結果対象断面については目標改良値に対する施工を完了したわけであるが、注入が脈状であったこと、また対象範囲外の岩盤部との接続部に10^{-4}cm/secオーダーの部分が見られることがあり、これが全体遮水性に与える影響が懸念された。そこで遮水壁をはさんだ上・下流における揚水試験を実施し、全体としての遮水性の再評価をすることにした。

(2) 遮水壁上・下流における揚水試験による全体遮水性の判定

ここで取水施設として遮水ゾーンより海側に塩水取水井（仕様：ケーシング径150㎜、深度24m、オールストレーナ加工、揚水ポンプ出力1.5kw）が設置されている。これは今回、揚水試験を実施するためと合わせ、今後渇水期の内水位低下時に外水位を低下させることによって塩水浸入を抑制し、遮水壁の効果を補強しようとするものである。

これらの施設を利用し、全体遮水性評価のための揚水試験を2回に分け実施した。（表11-1）

第1回揚水試験（図11-3）

（昭和55年7月実施　施工完了3週間後）

〔概要〕　塩水取水井で揚水を行い、その限界揚水量と遮水壁前後の水位差を観測。

〔結果〕　限界取水量は300 l/minと推定され、外水位が内水位より約3.0m低い地下水位状況を観測した。ただこの時期は内水側に地表湛水をしており上部末グラウトの部分からの漏水が考えられ全体遮水性の評価は困難であった。（図11-4）

第2回揚水試験（図11-5）

（昭和56年2月実施　施工完了6カ月後）

〔概要〕　1～4号までの内水取水井を稼働しつつ、塩水取水井の揚水を行い、塩水取水井の併用による淡水取水量の増加に対する効果と全体遮水性の評価を行った。

〔結果〕　塩水取水井揚水前は外水位が内水位より約3.0m高かったものが揚水によ

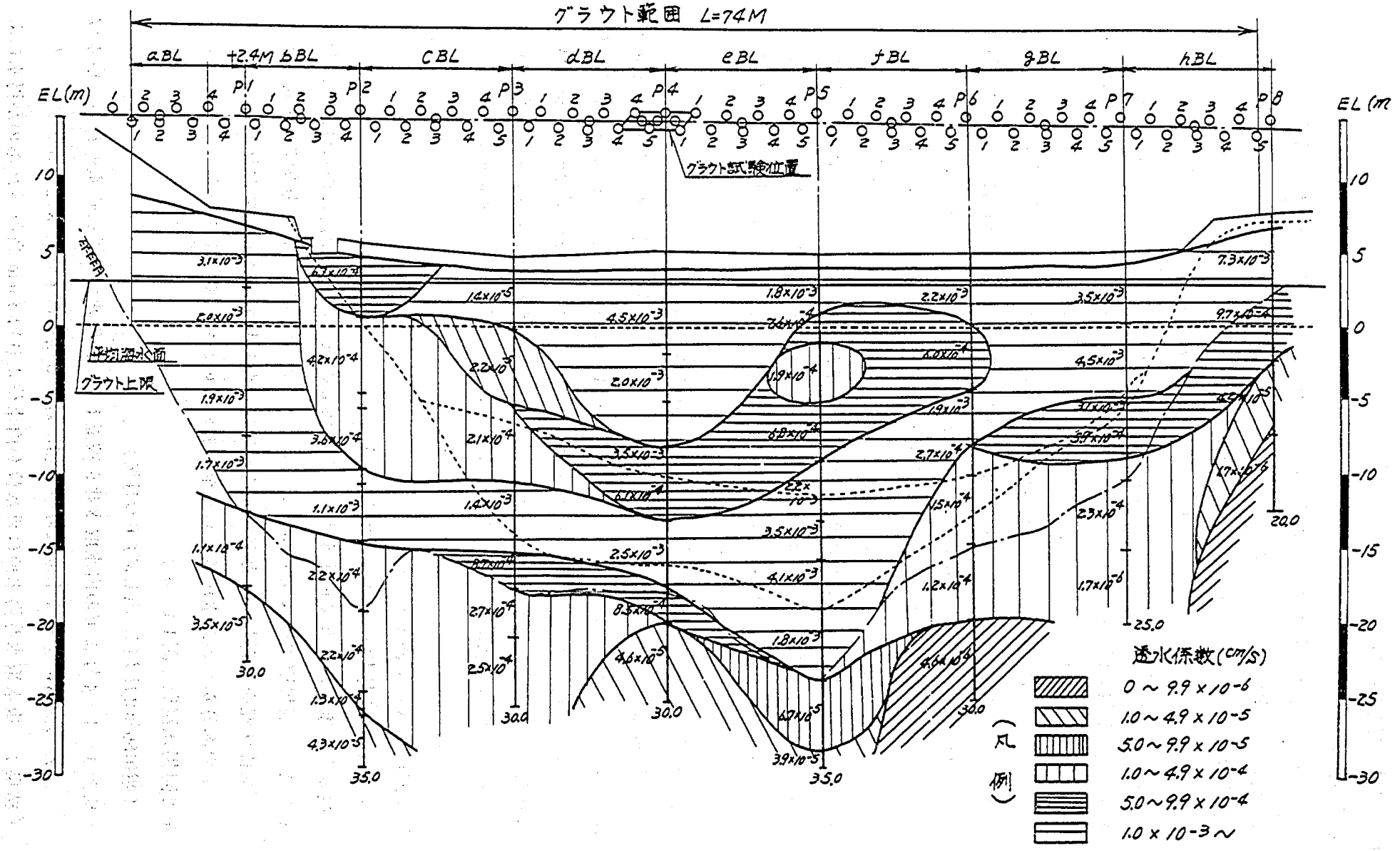


図１１－１　透水試験結果図（注入前）

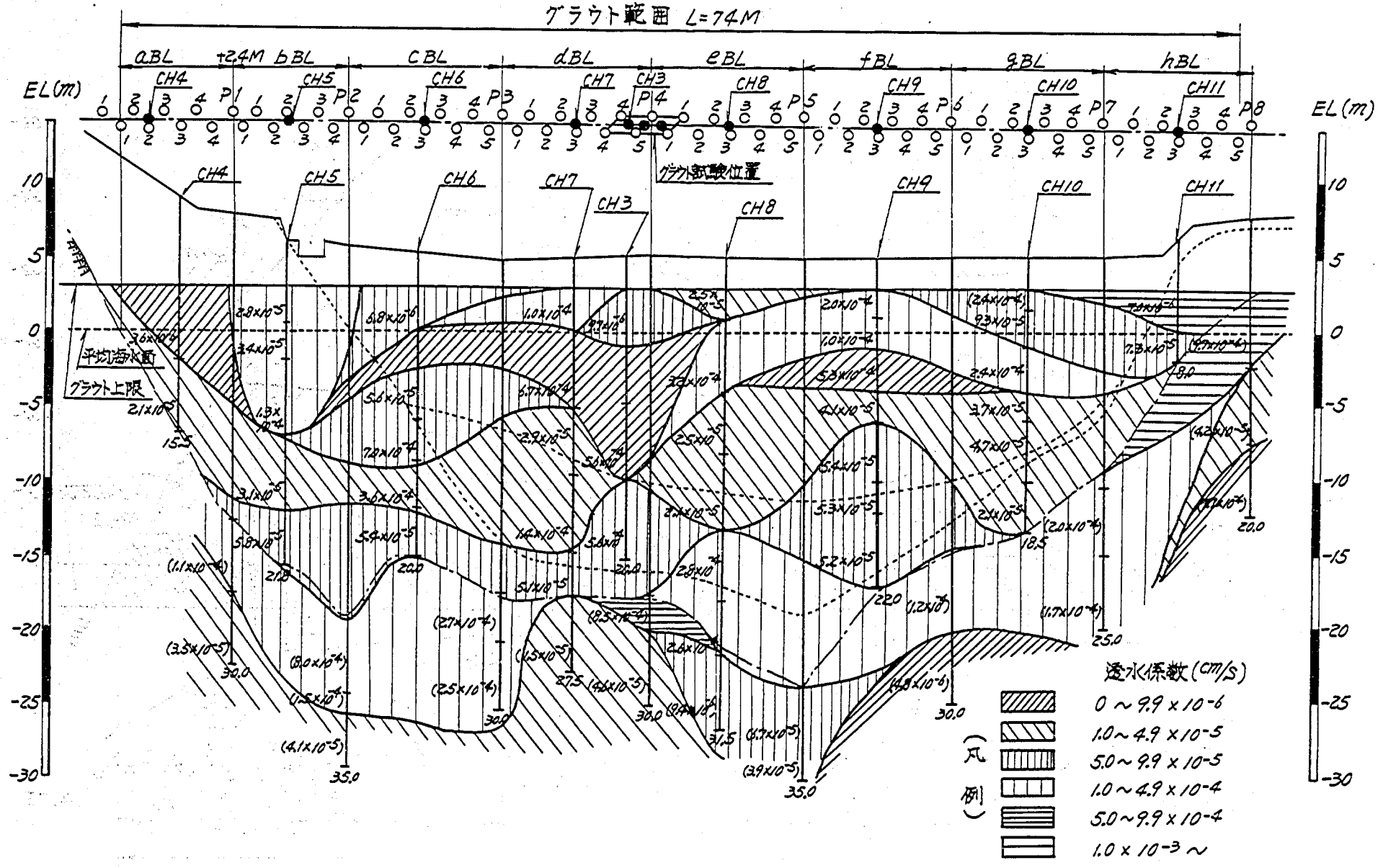


図１１－２(1)　透水試験結果図（１次注入後）

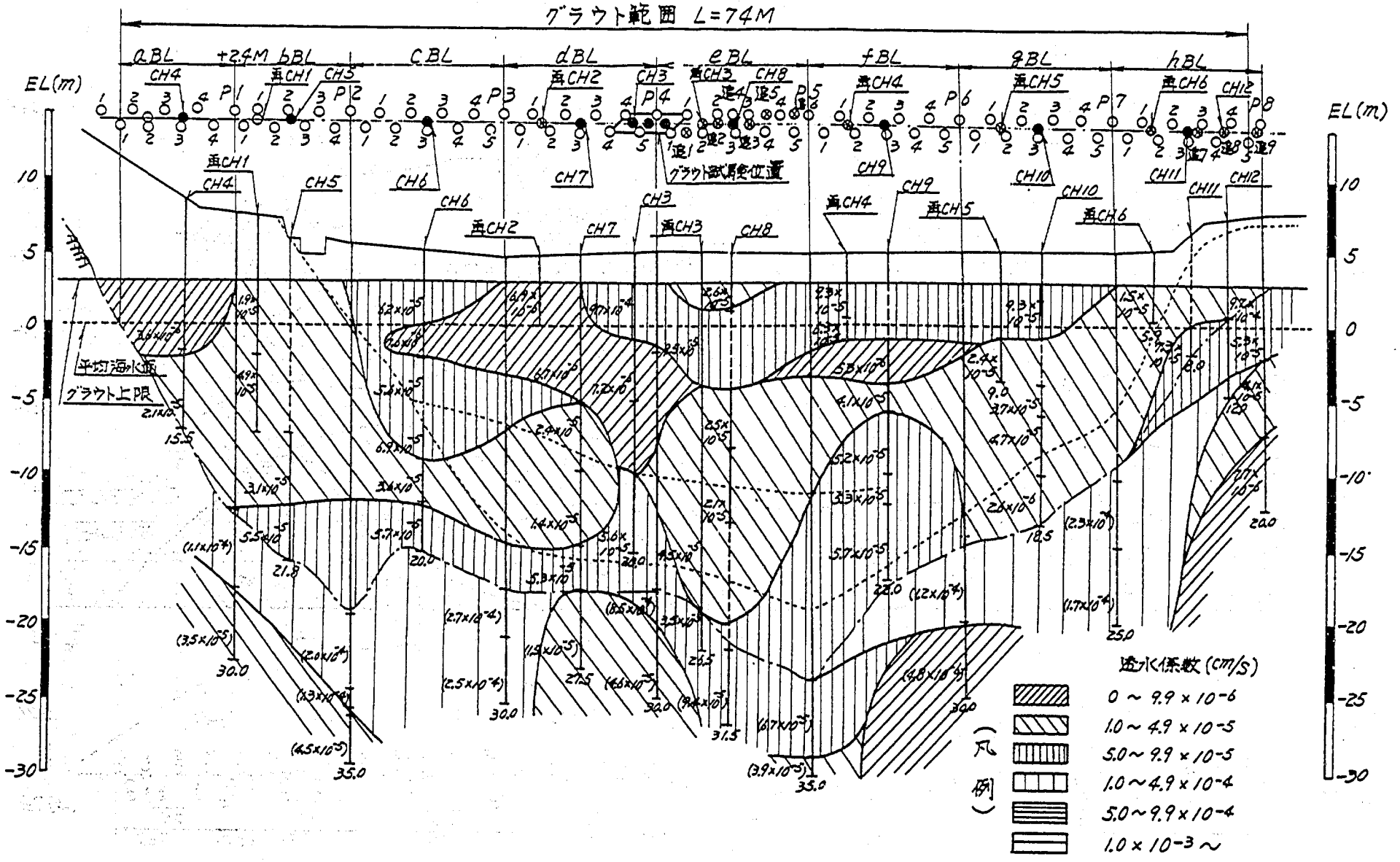
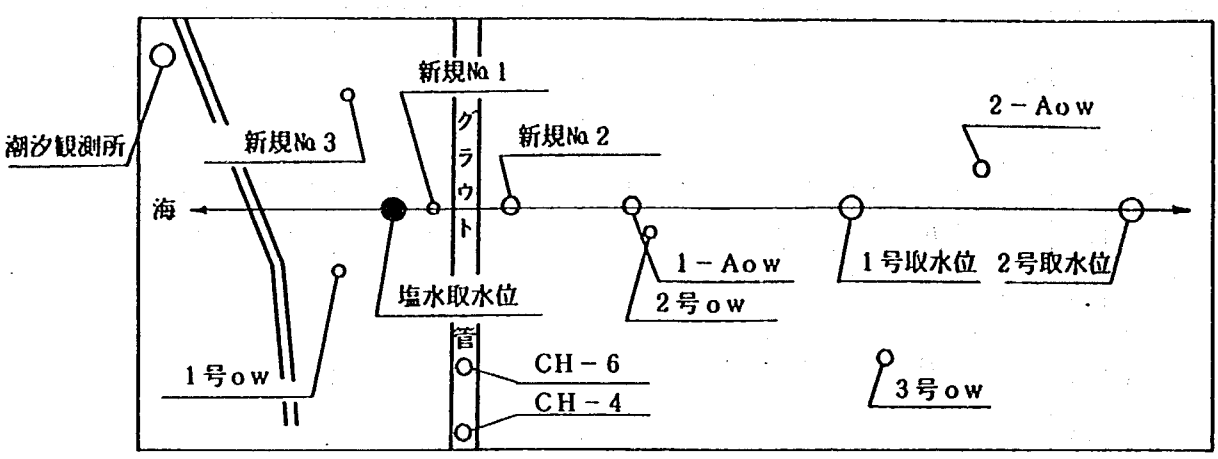


図11－2(2) 透水試験結果図（追加注入後）

表１１－１　揚　水　試　験　概　要

月日	試験名		揚水井	観測井	揚水量 Q ℓ/min		揚水時間 min	試験目的	試験結果
7/8	揚水試験A	段階揚水試験	塩水取水井	・新規 No 1 ・新規 No 2 ・新規 No 3 ・1号 OW ・CH 6 ・CH 4	①	31.5	60	・限界揚水量の把握 ・水位変化量の把握	・限界揚水量は，Q ≒ 300 ℓ/minと推定できる。 ・Q = 350 ℓ/min，t =60分の時の水位変化量は t = 9 m/min。
					②	70.	60		
					③	96.	60		
					④	150	60		
					⑤	350	60		
7/9 ～ 7/10		連続揚水試験			①	150	94	・グラウト壁の遮水効果の判定 ・透水係数の評価 ・塩水浸入の評価	・揚水前でグラウト壁の上流と下流の水位が異なる。 ・揚水に伴う水位変化量は，グラウト壁下流で3.3 m，上流で0.3 mと差が生じている。
					②	262 ～ 227	1330		
					③	262	166		
2/11	揚水試験B	回復試験	1. 2. 3. 4. 号取水井	・1－Aow ・2－Aow ・1号取水井 ・2号取水井 ・3号取水井 ・4号取水井 ・新規 No 2 ・新規 No 1 ・新規 No 3 ・3－Aow ・1号 ow ・CH6	①	1号48 2号73 3号95 4号42	連続	・各取水井の渇水時の取水能力の評価 ・各取水井周辺の透水係数の把握	・透水係数 k cm/sec 1号井　1.18×10⁻³ 2号井　1.27×10⁻³ 3号井　2.25×10⁻³ 4号井　1.20×10⁻³
					②	0	130分間停止		
					③	1号48 2号73 3号95 4号42	連続		
2/13		同時揚水試験	塩水・1号取水井		①	塩水 198 1号 57	180分	・同時揚水による1号取水量の増大 ・グラウト壁の遮水効果の判定	・揚水に伴う水位変化量はグラウト壁下流で7.0 m，上流で1.0 mの水位低下を示し，水位差は1.0 m程度内水位が高い。 ・1号取水井の塩分濃度は，194ppmで実験期間中，増加は見られない。
					②	塩水 168 1号 0	120分間停止		
					③	塩水 168 1号 44	連続		

図　11－3　試験井戸配置及び一覧



試験井戸配置概念図

試　験　井　一　覧　表　（揚水試験Ａ）

位置	試験井名	記号凡例	孔口標高 TP＋m	掘進長 GL－m	外管挿入長 GL－m	内管挿入長 GL－m	ストレーナ穿孔区間GL－m	備考
グラウトより海側	1号ow	◆---◆	6.84	26.15		26.15		自記水位計設置
	新規№3	⊡---⊡	6.39	22.9	－	22.9	20.9～22.9	
	塩水取水井	◇---◇	5.45	24.0	4.0	24.0	4～24.0	
	新規№1	■---■	5.77	24.7	3.0	24.7	3～24.7	自記水位計設置
グラウト内	CH－6	☆---☆	5.29	20.0	－	20.0	0～20.0	自記水位計設置
グラウトより内陸側	新規№2	△——△	5.69	22.1	3.0	22.1	0～22.1	自記水位計設置
	潮位	∿	2.17					自記水位計設置

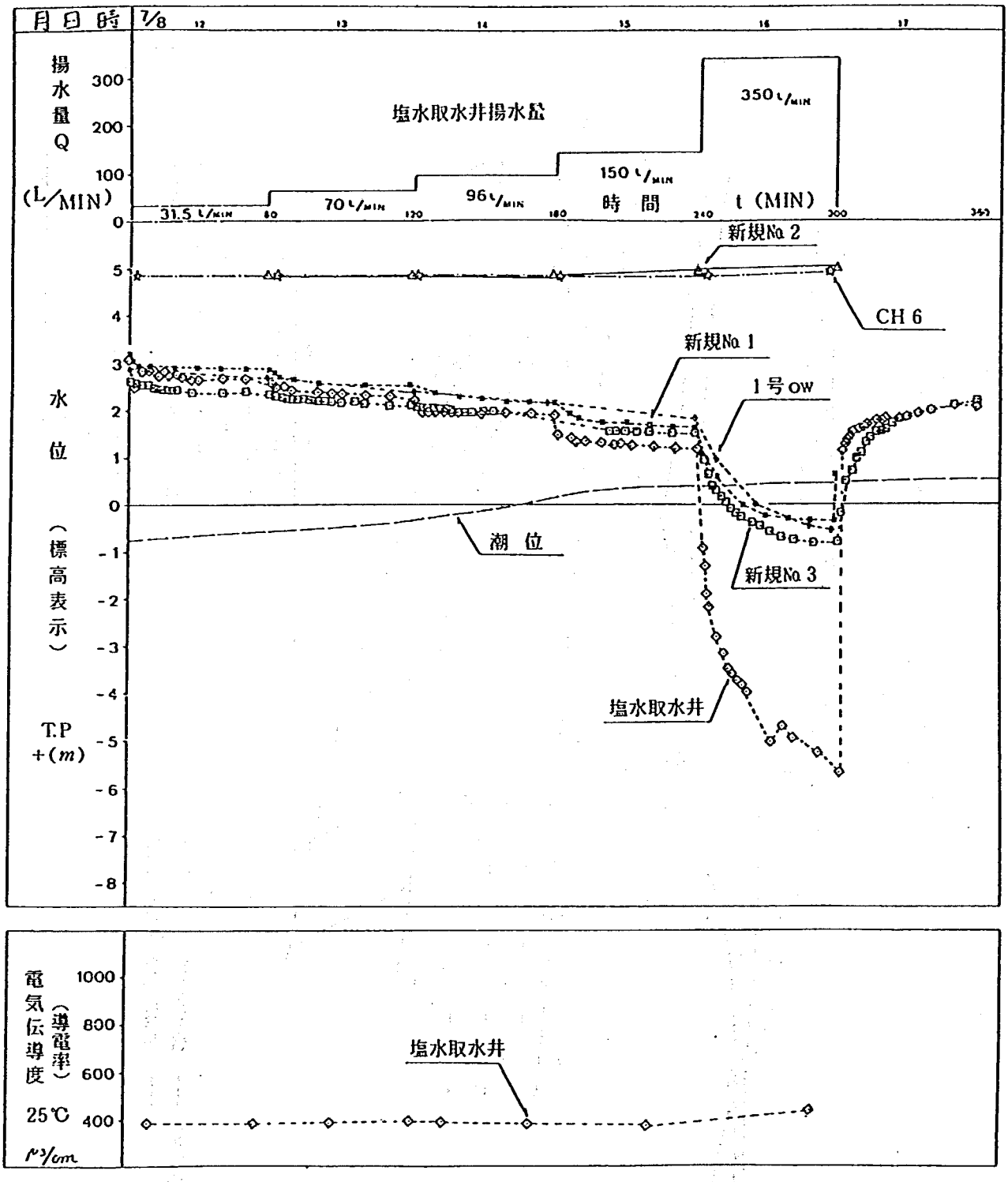


図１１－４(1)　揚水試験Ａ結果一覧表（揚水井戸；塩水取水井）

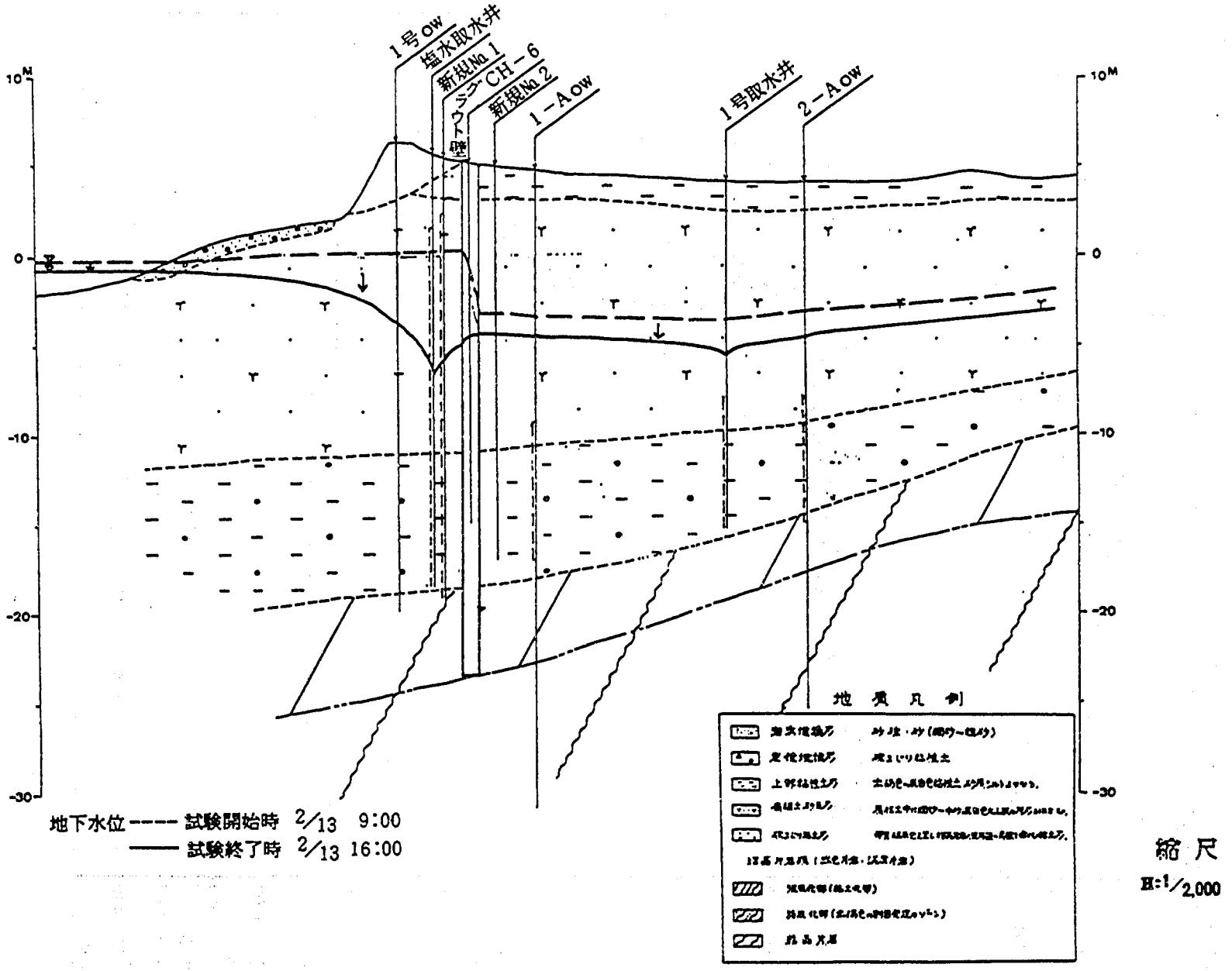
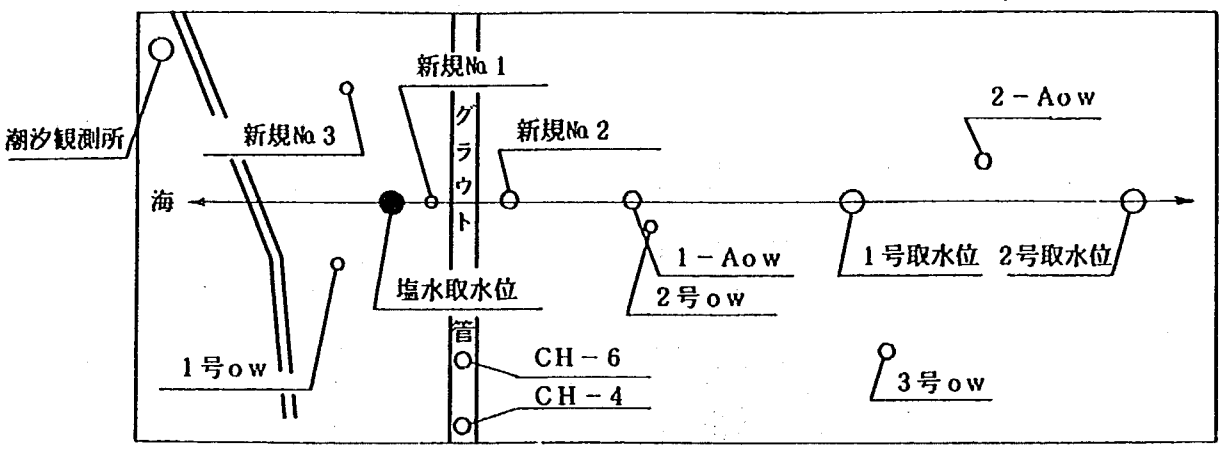


図11－4(2)　揚水試験A地下水位縦断面図



試験井戸配置概念図

試　験　井　一　覧　表　（揚水試験Ｂ）

位置	試験井名	記号凡例	孔口標高 TP＋m	掘進長 GL－m	外管挿入長 GL－m	内管挿入長 GL－m	ストレーナ穿孔区間 GL－m	備考
グラウトより海側	1号ow	◆---◆	6.84	26.15		26.15		自記水位計設置
	新規No 3	⊡---⊡	6.39	22.9	－	22.9	20.9～22.9	
	塩水取水井	◇--◇	5.45	24.0	4.0	24.0	4～24.0	
	新規No 1	■---■	5.77	24.7	3.0	24.7	3～24.7	自記水位計設置
グラウト内	CH－6	☆---☆	5.29	20.0	－	20.0	0～20.0	自記水位計設置
グラウトより内陸側	新規No 2	△——△	5.69	22.1	3.0	22.1	0～22.1	自記水位計設置
	1－Aow	▲——▲	5.54	36.0	14.0	21.7	14～21.7	水位トランスジューサー設置
	2号ow	⊙——⊙		22.80		22.80		水位測定不能
	1号取水井	●——●	6.10	20.0		20.0	12～20.0	
	3号ow	×——×	5.13					池の水流入 自記水位計設置
	2－Aow	▽——▽	5.16	30.0	12.0	19.0	12～19.0	水位トランスジューサー設置
	潮位	∿	2.17					自記水位計設置

図11－5　試験井戸配置及び一覧

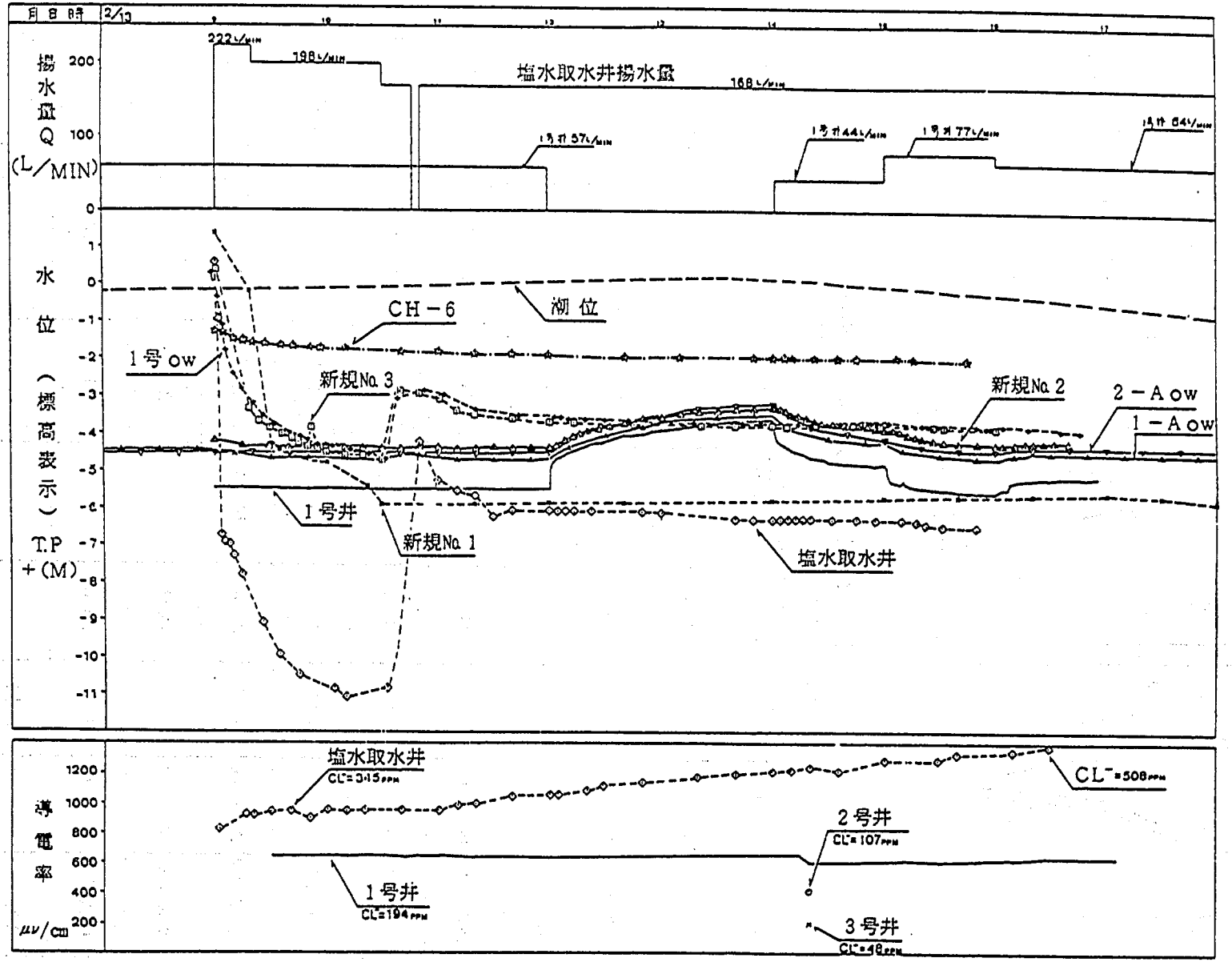


図11—6(1)　揚水試験B結果一覧表（揚水井戸；塩水取水井）

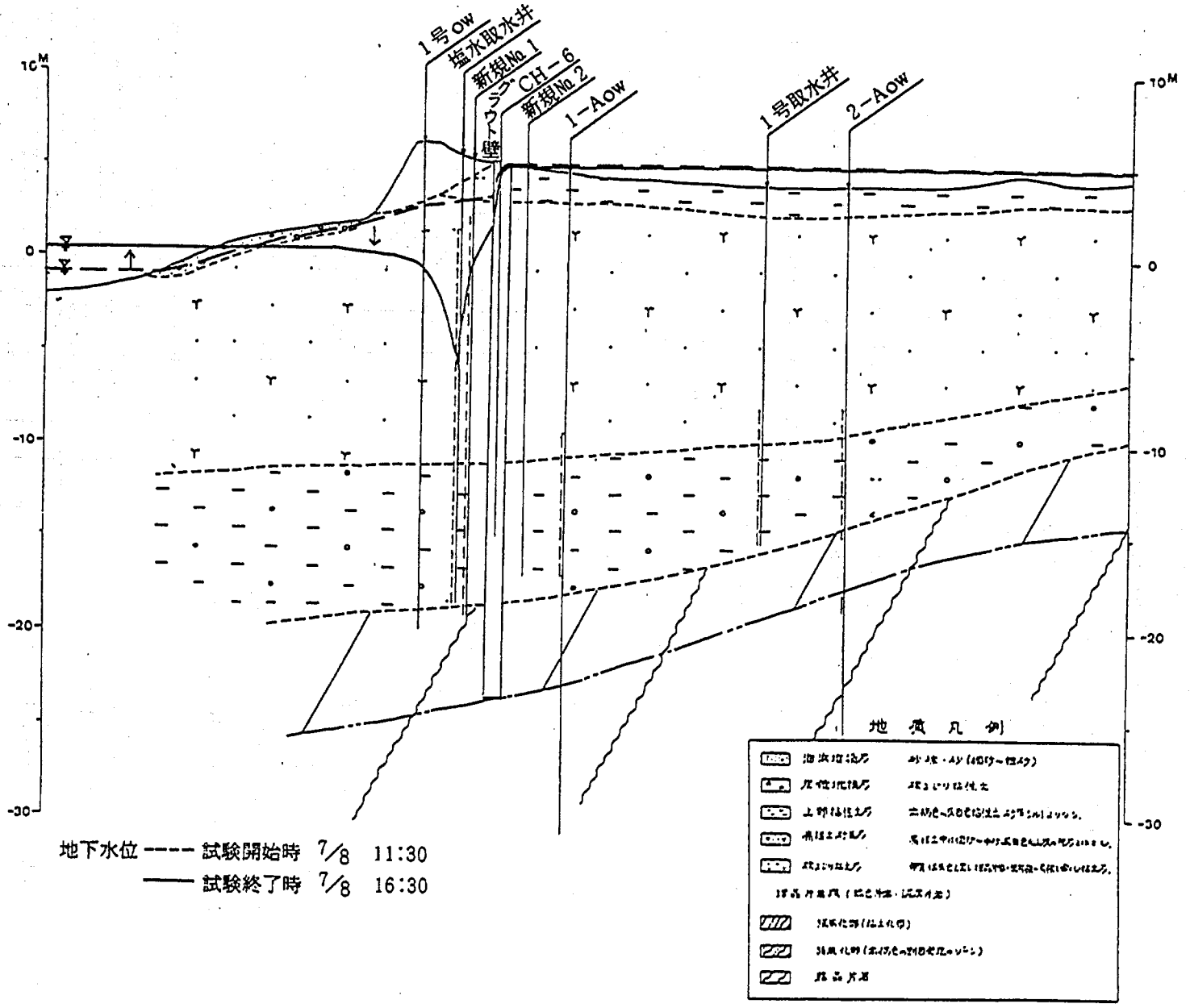


図 11－6(2)　揚水試験 B 地下水位従断面図

り逆に外水位が 1.0 m 以上低くなるまでの水位差を維持することができた。この結果をもとに遮水壁全体の透水性を壁厚 3 m と仮定し評価すると、壁部分の透水性は 6×10^{-5}cm/sec 程度となり改良効果としては予想以上に高い結果が得られた。

また、淡水取水量の増加については各取水井ともこの時期限界の揚水状態であり量的増加は見られなかったが、過去にこの程度の内水位低下時に塩分濃度が 1,000 ppm を越えたことと、今回試験期間中 200 ppm を越えることになったことを考えると、水浸入に対する抑制効果は評価された。(図 8 − 6)

(3) シミュレーションモデルによる遮水効果の判定

次に、実際の雨量、地下水位などの水文観測データをもとに作成した平面二次元モデルを用い、揚水実験より長期間のデータによる遮水性の評価を行った。平面二次元モデルの詳細については 3.6 を参照されたい。ここでは、まず遮水壁造成後の昭和55年12月20日から昭和56年1月29日までの渇水期における約40日間の観測データを用い遮水効果についての再現計算を行い遮水壁部分を透水係数を推定した。

その結果を図11−7に示す。特にグラウト壁がT.P.3.0 m以下であることを考え、それ以下での低減傾向を比較的良く再現しているものを考えると、1×10^{-4}〜10^{-5}cm/sec 程度であると判断されるが、グラウト壁内でのさきのルジオンテストの結果が、5×10^{-5}cm/sec 程度であること、また遮水壁を 1×10^{-5}cm/sec とした時、水位の上昇過程で追随が悪いことを考え計算5 mメッシュで 1×10^{-4}cm/sec 程度であると考えられる。

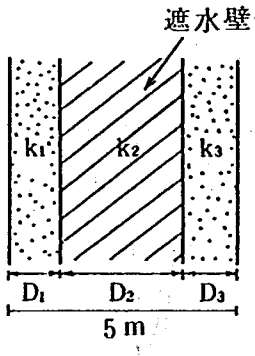


図11−8 平均透水係数

グラウト注入の場合、必ずしも壁体としての評価はあたらないが、今仮に遮水壁としての改良ゾーンが3 mであるとして考えると、

$$\bar{k} = \frac{D}{\sum_{m=1}^{h} Dm/km}$$

から $D_1=D_3=1$ m、$D_2=3$ m、$D=5$ m、$k_1=k_3=1\times10^{-3}$cm/sec $k_2=5\times10^{-5}$cm/sec を代入すると $\bar{k}=8\times10^{-5}$cm/sec となる。(図11−8参照)

これは、先の揚水試験ともほぼ同じ改良効果を示している。そこで次にこの評価された遮水

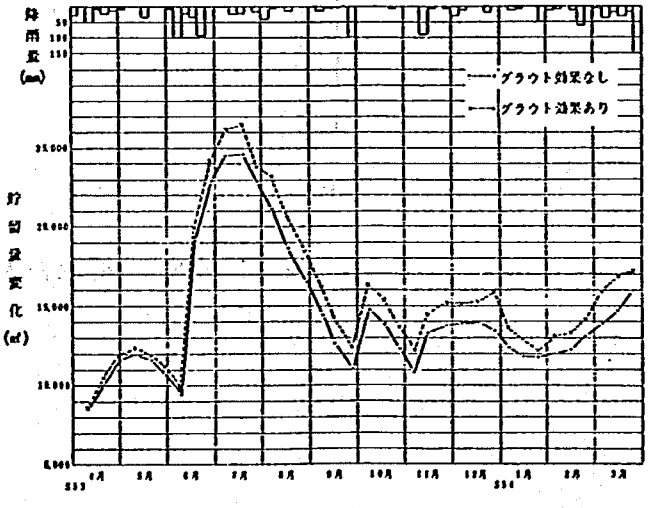


図11−9 グラウト効果のあるなしによる貯留量の変化
(ただし湛水量も含む)(取水量120 m³/day)

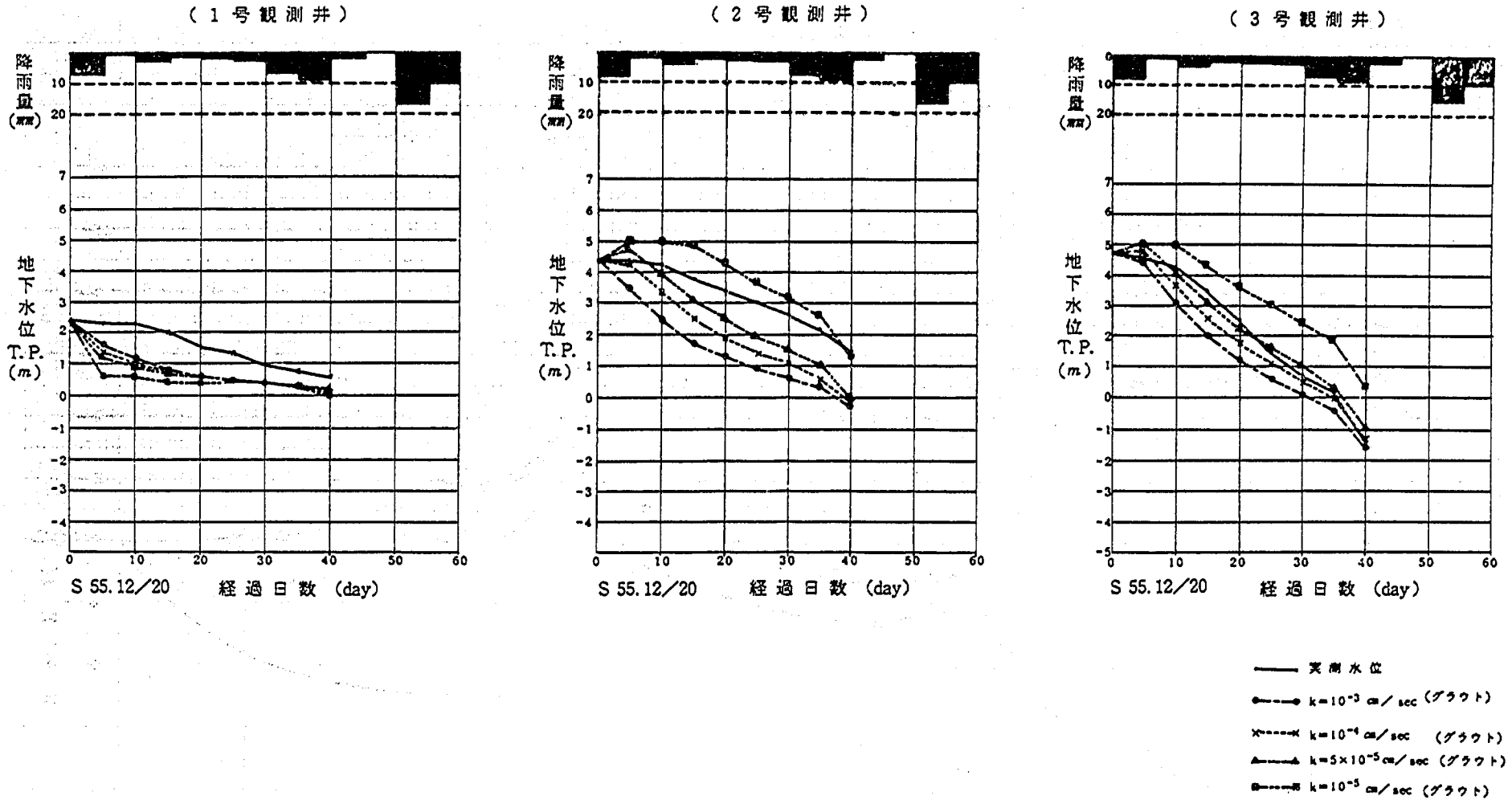


図１１−7(1)　グラウト壁効果による水位変動

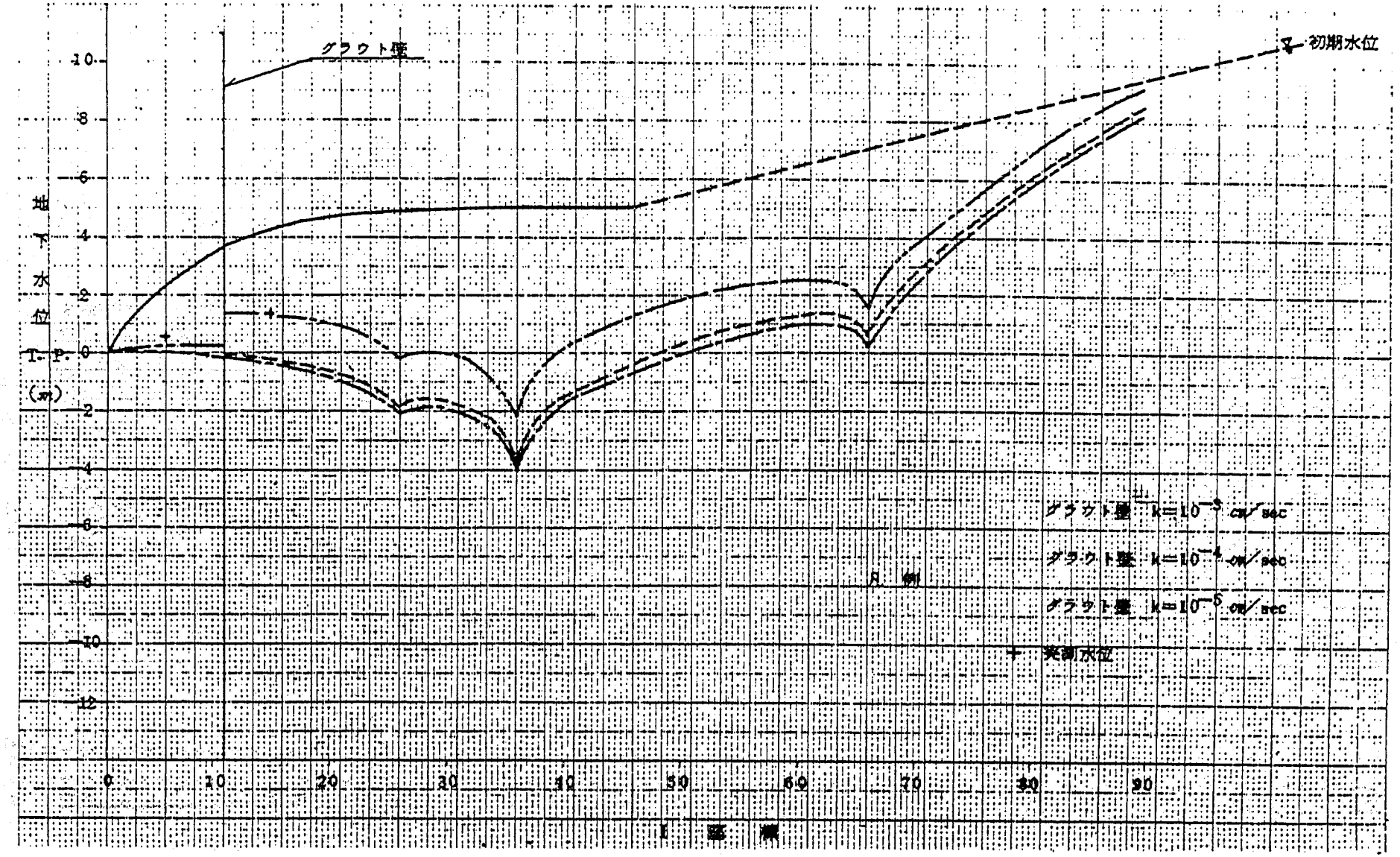


図11−7(2)　グラウト壁効果による水位縦断図
40日後の水位(昭和55年12月20日より40日後)

性ならびに地盤条件をもとに、遮水壁を造成した場合と造成以前の場合の貯留効果の違いを昭和53年度の降雨条件等を与え、貯留量の変化として、計算を行った。図11－9に貯留量の変化図を示す。

破線がグラウト効果ありの場合であるが、年間を通して一様な貯留効果は見られるものの、全体貯留容量が小さいため、期待していたほどの貯留量の平滑化はなされていない。そのため、前1カ月間程度の降雨量に大きく影響を受ける貯留量変動を呈している。

12. 地下ダムの総合運用施設

樺島地下ダムでは図 12-1 に示すような揚水施設、涵養施設、観測施設が設置され稼動している。

ここで涵養施設として浸透池、地下埋管がある。これは無効地表流出を抑えるための一時貯留と涵養促進を兼ねたものである。この地下埋管については右岸部の強風化帯に埋設し、豊水期に日量250㎜の涵養実績を得ている。また樺島には、過去に涵養促進としてサンドパイルが貯水池内に設けられたが、増水期の地表湛水時に表面が流出土砂に覆われ現在はその効果を発揮していない。また本地域のように腐植土層が厚い場合、むしろ水質を悪化させることも考えられる。

現在これらの施設を用い平時においては日量約300㎥の取水実績を得ている。

(1) 涵養施設

1) 涵養池

設置目的：表流水の無効放流分の貯留及び渇水期の遮水壁直上流の地下水位上昇作用（ウォーターカーテン）のために用いる。

仕　　様：幅5m、長さ50m、深さ1m

2) 地下埋管

設置目的：地下水涵養促進のために用いる。

仕　　様：埋管径100㎜、有孔塩ビ管長さ20m、埋設深度1m、揚水ポンプ
揚水ポンプ規格 … 型式ST 250、口径40㎜、出力0.25kw、全揚程6mの時 120 l/min（浸透池に表流水がある場合、常に送水を行う。送水量は積算流量計によって集計。）

3) サンドパイル涵養池

設置目的：地下水涵養促進のために用いる。

仕　　様：幅2m、長さ5m、深さ1mで浸透池より導入する。サンドパイル上部は砕石によって置き換える。

4) サンドパイル

設置目的：自然涵養促進のために昭和49年に設置した。

仕　　様：口径250㎜、穿孔長（1本当り平均）16m（礫混り粘性土層まで）、総本数69本（上部30mは砂列）、孔間隔5m、列間隔10m3列。

(2) 取水施設（表12－1）

1) 1号、2号取水井

設置目的：水道水源取水

仕　　様：口径200㎜、掘進長19.0m、ストレーナ区間11.0～19.0m（礫混り粘性土及び結晶片岩強風化部）

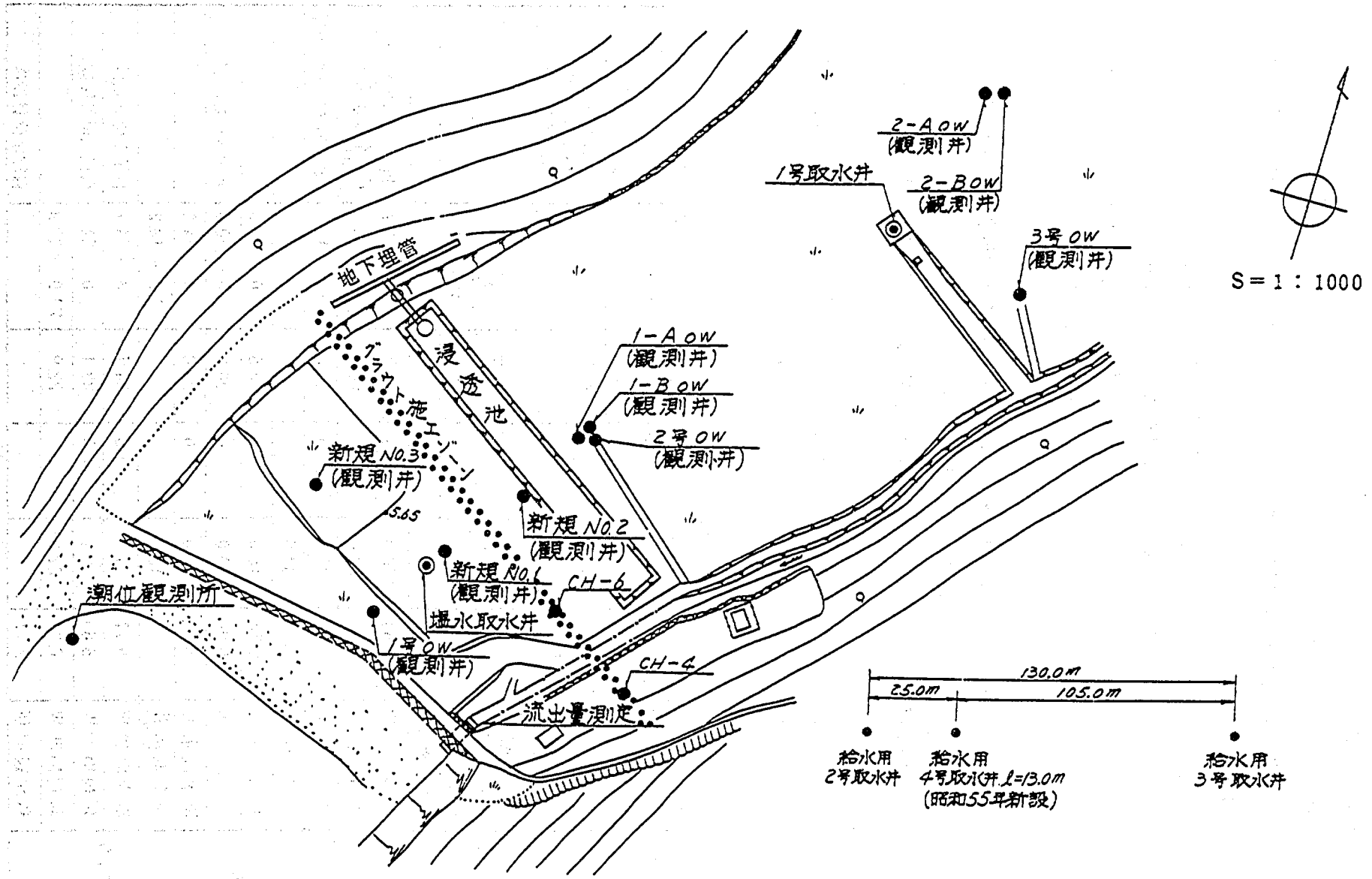


図12－1　樺島地下ダム施工平面図

2) 3号取水井

設置目的：水道水源取水

仕　　様：口径 300㎜、掘進長 8.5m、オールストレーナ（結晶片岩強風化部まで）

3) 4号取水井

設置目的：既存の2号・3号取水井と合わせ、より効果的な面的取水を行うために用いる。なお揚水した水は既存の送水施設に配管。

仕　　様：掘削径 200㎜、ケーシング 150㎜、V.P管、深度 13.1m、オールストレーナ加工、揚水ポンプは、塩水取水井のものと共用。

4) 塩水取水井

設置目的：遮水効果の判定試験及び、渇水期における遮水壁下流塩水境界面を低下させるための揚水井として用いる。

仕　　様：掘削径 200㎜、ケーシング 150㎜、V.P管、深度24m、オールストレーナ加工 4m ～24m

揚水ポンプ規格 … 型式T.U 505－1.5、口径50㎜、出力 1.5 kw、段数切換え4段、全揚程25mの時 18.0 *l*/min。

表12－1　取水井・観測井の諸元

設置時期	井戸名	孔口標高 TP＋m	掘進長 GL－m	外管挿入長 GL－m	内管挿入長 GL－m	ストレーナー穿孔区間 GL－m	備考
S35年～S48年	1号OW	6.84	26.15		26.15		自記水位計設置
	2号OW		22.80		22.80		水位測定不能
	3号OW	5.13					池の水流入 自記水位計設置
	4号 水位流量観測						—
	第1号取水井	6.10	20.0		20.0	12 ～ 20	
	第2号取水井	5.59	20.0		20.0	12 ～ 20	
	第3号取水井						
S53年8月	1AOW	5.54	36.0	14.0	21.7	14 ～ 21.7	水位トランスジューサー設置
	1BOW	5.29	29.0	12.0	29.0	12 ～ 29	自記水位計設置 池の水流入
	2AOW	5.16	30.0	12.0	19.0	12 ～ 19	水位トランスジューサー設置
	2BOW		30.0				
S 54 年	CH－4	8.32	15.5	—	15.5	0 ～ 15.5	
	CH－6	5.29	20.0	—	20.0	0 ～ 20.0	自記水位計設置
S 55 年	塩水取水井	5.45	24.0	4.0	24.0	4 ～ 24.0	
	淡水取水井(No 4)		13.2			2.2 ～ 13.2	
	新規No 10 W	5.77	24.7	3.0	24.7	3 ～ 24.7	自記水位計設置
	新規No 20 W	5.69	22.1	3.0	22.1	0 ～ 24.0	自記水位計設置
	新規No 30 W	6.39	22.9	—	22.9	20.9 ～ 22.9	
	潮汐観測所	2.17					自記水位計設置

(3) 観 測 施 設

1) 地下水位観測井(表１２－１)

2) 雨量蒸発量観測施設

1号、2号、3号　雨量計3台、蒸発計1台

3) 地盤沈下観測施設

1号、2号、3号　沈下盤3台

4) 河川流量観測施設

2個(うち1個は自記水位)

5) 潮位観測所

設置目的：潮位変動の遮水壁上流地下水位変動へ与える影響から遮水効果の判定を行うために用いる。

仕　　様：標高T.P.T　2.17m自記水位計設置

以上の施設を表12-2に一覧表として整理した。

表12－2　地下ダムの諸施設

施　設	内　容
遮 水 壁	表-2 参照
取 水 施 設	4本(遮水壁上流浅水取水用) 1本(遮水壁下流水位低下用)
導 水 施 設	サンドパイル(69本) 導水池(5m×50m×1m) 地下埋管(右岸側20m)
観 測 施 設	地下水位　5点 雨量　3点 流量　2点(上，下流) 取水量，蒸発量，地盤沈下量他

13. 塩水浸入防止を考慮した水資源開発方式

(1) 地下塩水の揚水排除による地下ダム

1) 概　　要

地下遮水壁が海岸に近い場合、遮水壁の下流側（海側）において、図4－10に示すような複数の井戸により、遮水壁下流の地下水位を均等に低下させ、これに伴う地下塩水のポテンシャル低下を利用して、塩水の地下ダム内への浸入を防止する方法である。

2) 検討方法

ここでは地下遮水壁下流側に群井戸を設け、これによって地下の海水を汲み上げこれに伴う地下海水のポテンシャル低下を利用して海水の堤内への侵入を防止することを考える。

さて、簡単のため3個の井戸として検討するが、所要の解析を一般的に行うことにする。

まず、単一井戸を考えるに当り、海水は海側からのみ半円筒状に井戸に向うものと仮定すれば基礎微分方程式は

$$Q = \pi x h \cdot k\frac{dh}{dx} \qquad \cdots\cdots 13-1$$

ただし、Q：排水量、k：透水係数

$$h^2 = \frac{2}{\pi}\cdot\frac{Q}{k}\cdot \log_e \frac{\gamma}{\gamma_o} + C \qquad \cdots\cdots 13-2$$

ただし諸元は図参照。　Cは積分定数

を利用してh^2に関する重合の原理により、次式が得られる。

$$h^2 = H_s^2 - \sum_{i=1}^{n}\frac{2}{\pi}\cdot\frac{Q_i}{k}\cdot\log_e\left(\frac{R}{\sqrt{(x-x_i)^2+(y-y_i)^2}}\right) \qquad \cdots\cdots 13-3$$

$$h^2 = h_j^2 + \sum_{i=1}^{n}\frac{2}{\pi}\cdot\frac{Q_i}{k}\cdot\log_e\left(\frac{\sqrt{(x-x_i)^2+(y-y_i)}}{\gamma_i}\right) - \sum_{i=1}^{n'}\frac{2}{\pi}\cdot\frac{Q_i}{k}\cdot\log_e\left(\frac{\gamma_{ij}}{\gamma_i}\right) \qquad \cdots\cdots 13-4$$

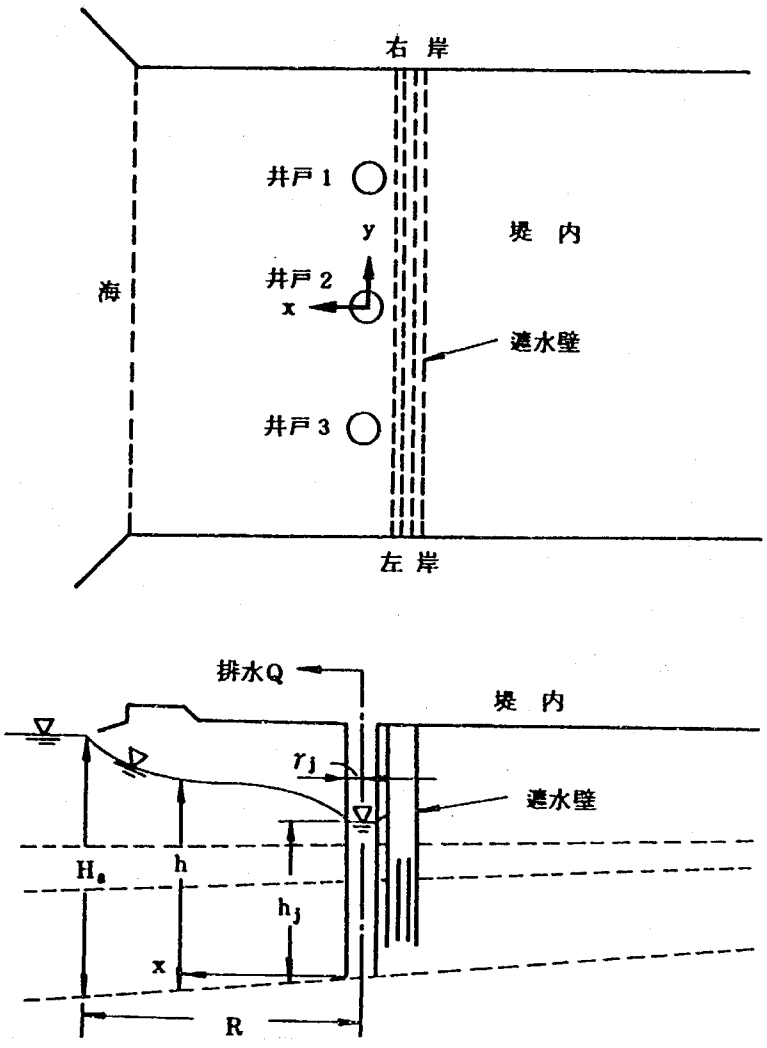


図13－1　群井による海水排除

3)　遮水壁下流の塩水くみ上げによる地下水流の変化

遮水壁下流の塩水を井戸からくみ上げた場合、遮水壁の性質による遮水壁下流例の地下水流の変化は、それぞれの条件を設定し、解析した結果、表13－1に示すとおりとなる。なお図13－2に計算領域及び境界条件を示す。

表13－1　遮水壁下流の塩水汲み上げによる地下浸透量

No	遮水壁の性質	山側から	海側から	合　計（揚水量）
6	難透水性	13. 1	55. 3	68. 4
7	効果無視	19. 9	55. 3	75. 2

（注）①透水層厚：上層 14 m，中，下層 9 m

②透水係数：$k_1 = k_3 = 10^{-4}$, $k_2 = 10^{-3}$, $k_g = 10^{-5}$ cm／sec.

③涵養池水位：TP＋5. 0 m　　（k_g ：遮水壁の透水係数）

④塩水汲み上げ井戸径 0. 2 m

⑤海の水位：TP＋3. 0

⑥遮水壁厚：2 m

この結果によれば、遮水壁の効果を見込んだ場合も見込まない場合も、海から塩水取水井に向う地下水流は変わらないが、遮水壁を通して塩水取水井に向う地下水流は、遮水壁の効果を見込まないほうが 7 ㎥/日程度多くなる。しかしこの結果は、設定透水係数の値によって大きく異なってくるため注意を要する。

(2)　淡水浸透による地下塩水化防止策

1)　概　　要

地下遮水壁の直上流に涵養施設を設け、地下ダム内の貯水位が低下した場合、施設から、淡水を浸透させることにより、いわゆるウォーターカーテンを形成させ、海水の浸入をしゃ断するものである。

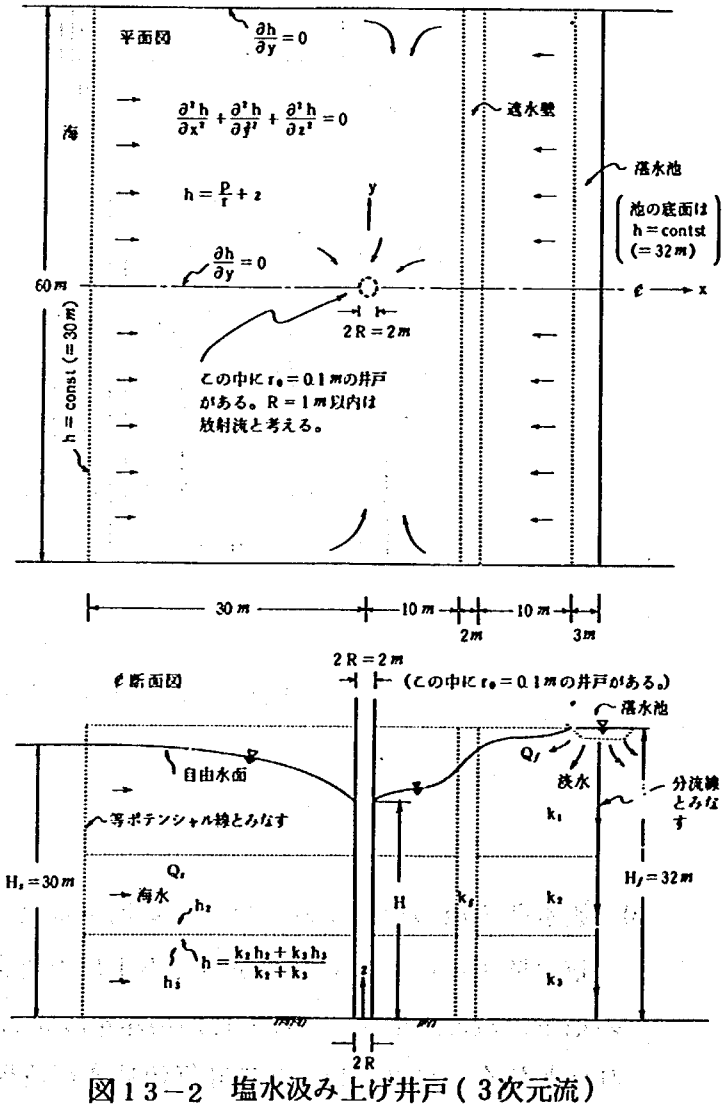


図13－2　塩水汲み上げ井戸（3次元流）

なお、浸透させたのち、その効果におくれがあること、帯水層が均等でなく、難透水層が存在する場合には、この方法の効果が発揮されないこともありうる。

2) 検討方法

海岸付近の地下水は、地下密度流の理論が適用されるが、この際、①拡散型、②二層流によるとり扱いなどがある。①については拡散方程式をもちいて数値的に解く。②はポテンシャル理論を用いてとく場合が多い。ここでは塩水くさ　を有する二層流理論を埼山の方法を利用して上記の問題を検討することにする。

上記の問題については、地下遮水壁をほぼ完全なものとみなした場合と不完全なものとみなした場合の2種について、遮水壁の上流側に浸透池を設けた場合を2次元定常流として解析する。

① 遮水壁をほぼ完全なものとみなした場合

まず、速度ポテンシャルを Φ、流れ関数を ψ とすれば、一般に、

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} = 0 \quad \cdots\cdots (13-5)$$

$$d\psi = -\frac{\partial \Phi}{\partial y} dx + \frac{\partial \Phi}{\partial x} dy \quad \cdots\cdots (13-6)$$

（x；水平座標、y；鉛直座標）

が成立し、また、

$$\Phi = k\left(\frac{p_f}{\gamma_f} + y\right) \quad \cdots\cdots (13-7)$$

（k；透水係数、p_f；圧力、γ_f；淡水の単位重量）

が成立する。そこで上述の基礎方程式を圧力が連続的であると言う前提に立って解析した結果は図13－3に例示する通りである。

以上より遮水壁直上流浸透量Qは

$$Q = \frac{n_f}{n_d} hkB \quad \cdots\cdots (13-8)$$

ただし、n_f、n_d は流線および等ポテンシャル線Bは遮水壁幅である。

② 遮水壁下部を不完全なものとみなした場合

ここで取り扱う淡水注入の機構を図13－4に示している。解析の基礎微分方程式は前節の式（13－5）、（13－6）、（13－7）に加えて、いわゆる逆Laplaceおよび逆Cauchy-Riemannの微分方程式を用いる。

$$\frac{\partial^2 y}{\partial \Phi^2} + \frac{\partial^2 y}{\partial \psi^2} = 0 \quad \cdots\cdots (13-9)$$

$$dx = \frac{\partial y}{\partial \psi} d\Phi - \frac{\partial y}{\partial \Phi} d\psi \quad \cdots\cdots (13-10)$$

が用いられる。

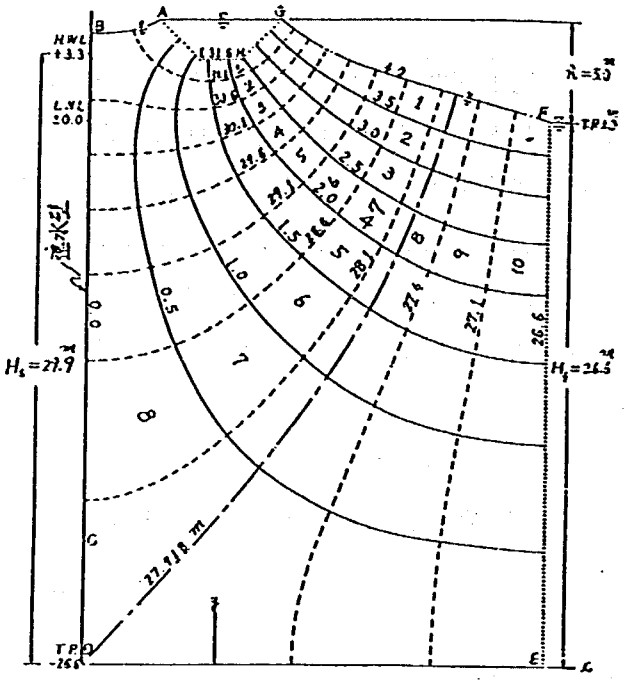


図13－3　遮水壁をほぼ完全なものとみなした場合の解析図

以上の理論によって解析し算定されたxy平面とその水理諸量を図13－5に例示している。これによるとこのときの注入量ΣQは、図10－4に示す仮定に立つとき、

$$Q_R = \frac{n_{fR}}{n_{dR}} kh_1 B \quad \cdots\cdots (13-11)$$

$$Q_L = \frac{n_{fL}}{n_{dL}} kh_2 B \quad \cdots\cdots (13-12)$$

$$\Sigma Q = Q_R + Q_L \quad \cdots\cdots (13-13)$$

①、②ともに帯水層の透水性が不均質な場合は上記理論は適用できないが、平均化することにより概算は可能である。さらに詳細な検討については参考調査編及び別途文献を参照されたい。

3)　遮水壁の性質による地下浸透流の変化

浸透地盤が透水係数の異なる三層から成っている場合、各層の流線は次式により表わされる。

$$\left.\begin{aligned} \frac{\psi_1}{k_3} &= \frac{k_1}{k_3}\int \frac{\partial h}{\partial x}\,dy \quad \text{or} \quad -\frac{k_1}{k_3}\int \frac{\partial h}{\partial y}\,dx \\ \frac{\psi_2}{k_3} &= \frac{k_2}{k_3}\int \frac{\partial h}{\partial x}\,dy \quad \text{or} \quad -\frac{k_2}{k_3}\int \frac{\partial h}{\partial y}\,dx \\ \frac{\psi_3}{k_3} &= \int \frac{\partial h}{\partial x} \quad \text{or} \quad -\int \frac{\partial h}{\partial y}\,dx \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (13-14)$$

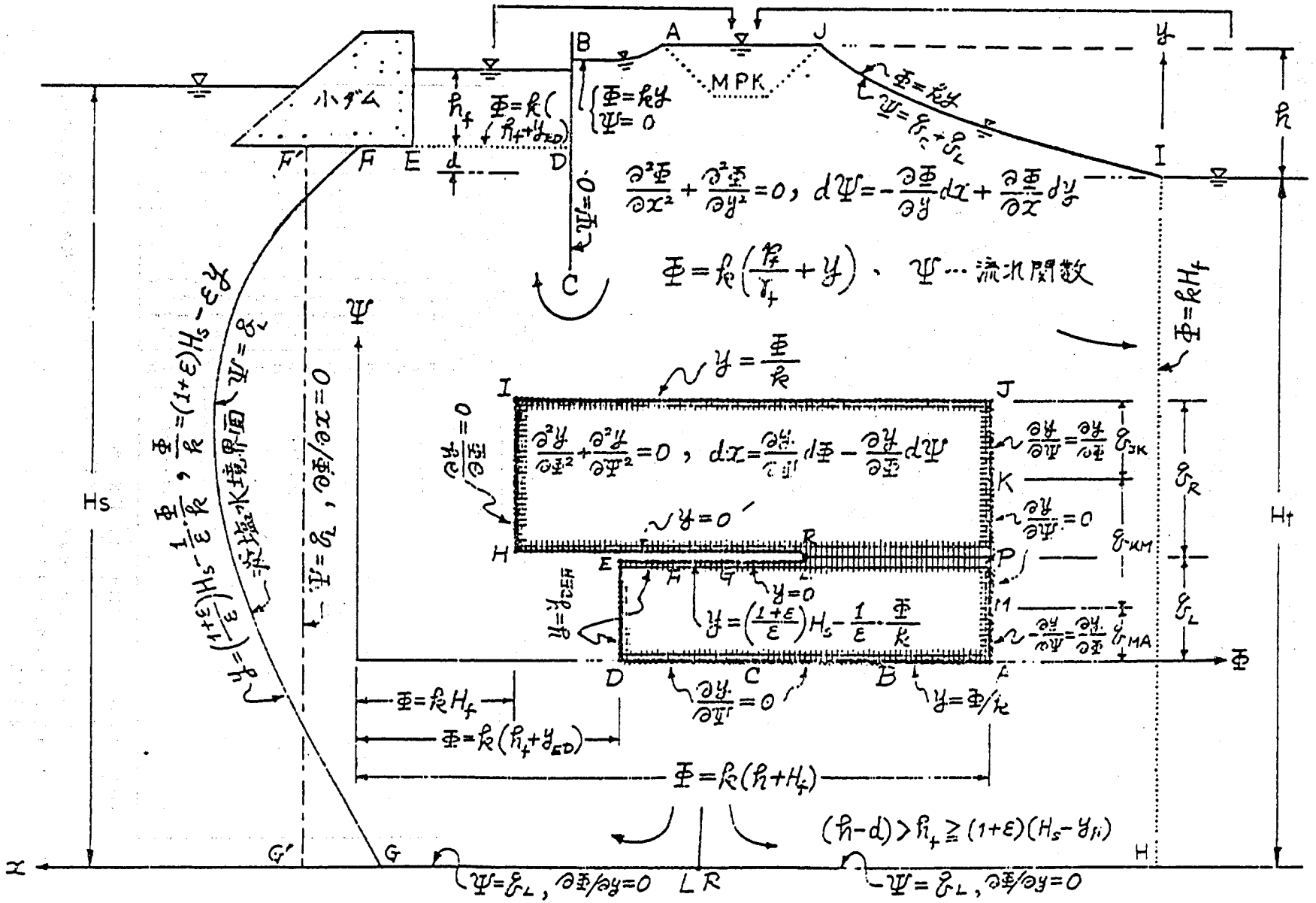


図13 － 4　遮水壁を不完全とみた場合の解析図

ここに、ψ：流れ関数、h：地下水位、k_1、k_2、k_3：上層からの浸透地盤の透水係数。

遮水壁の性質による地下浸透量の変化は、それぞれ境界条件を設定し、解析した結果は表13－2に示すとおりである。なお、図13－6に解析領域及び境界条件を示す。

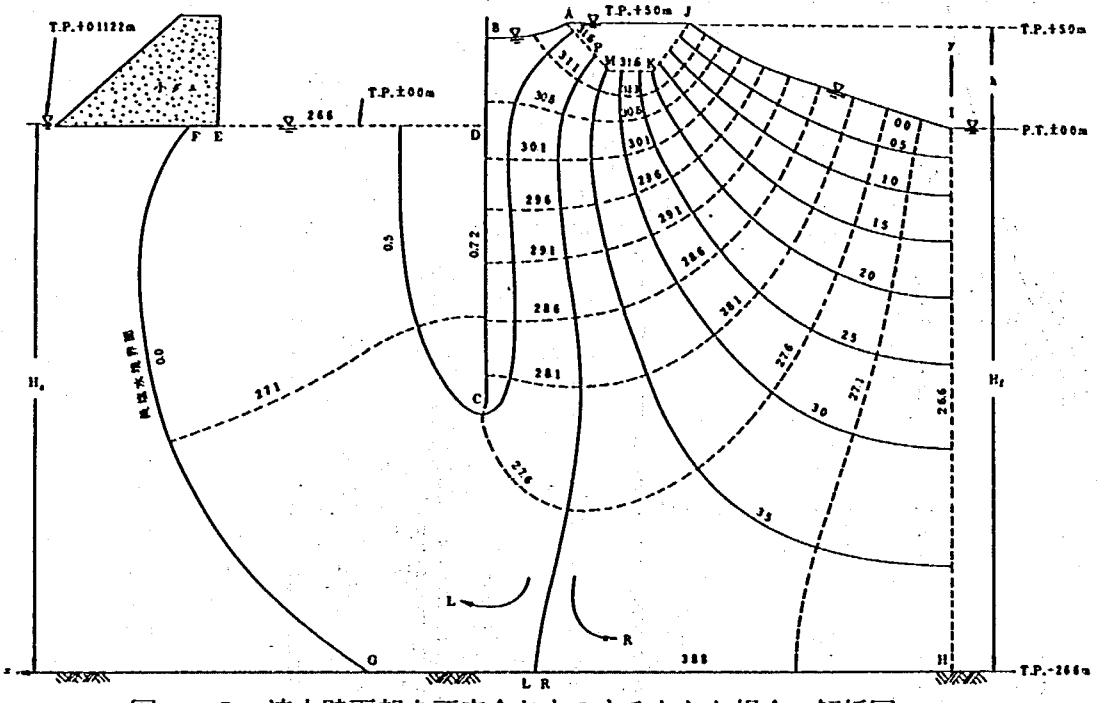


図13－5　遮水壁下部を不完全なものとみなした場合の解析図

表13－2　遮水壁の性質別地下浸透量

NO	前提条件	遮水壁の性質	地下浸透量（m^3/day/m）			
			地層	山側へ	海側へ	合計
1	—	不浸透性	上 中 下 計	0.028 0.285 0.029 0.342	—	0.342
2	注入水のうち海側への浸透水を循環使用する場合	難透水性	上 中 下 計	0.023 0.223 0.022 0.268	0.101	0.369
3	〃	効果無視	上 中 下 計	0.016 0.153 0.015 0.184	0.185	0.369
4	注入水のうち海側への浸透水を捨てる場合	難透水性	上 中 下 計	0.024 0.232 0.021 0.277	0.106	0.383
5	〃	効果無視	上 中 下 計	0.018 0.164 0.014 0.196	0.229	0.425

（注）①透水層厚：上層14m，中，下層9m
②透水係数：$k_1=k_3=10^{-4}$，$k_2=10^{-3}$，$k_g=10^{-5}$cm/sec
③海養池水位：TP＋5.0m　　（k_g：遮水壁の透水係数）
④貯水池地下水位：TP±0m
⑤遮水壁厚：2m

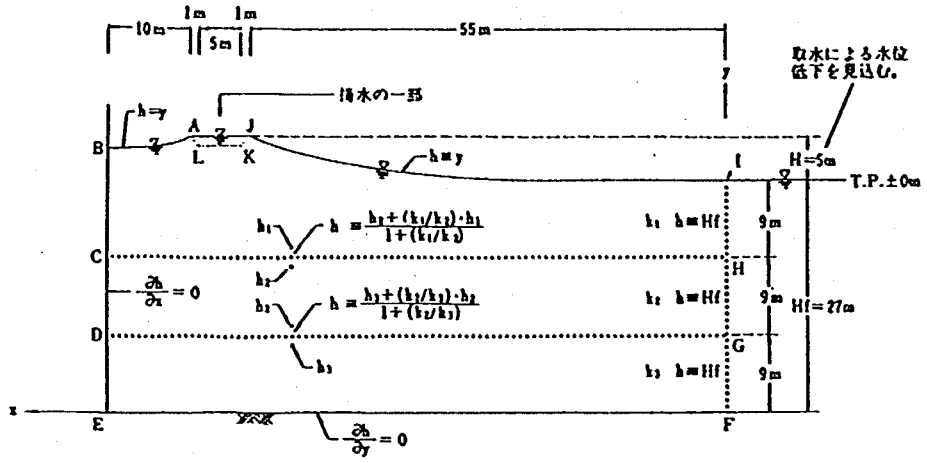


図13－6　遮水壁を不浸透性とみなした場合（境界条件）

4) 解 析 例

遮水壁下部を不完全なものとみなした場合について解析すると、

上流側への浸透流　　$q_R/k = 1.55$ m

下流側への浸透流　　$q_L/k = 0.83$ m

となり、対象地層は10^{-3}cm/sec、10^{-4}cm/sec、10^{-5}cm/secの透水系数が1/3ずつの割合でよく混合されているものと仮定し、浸透巾を60mとすれば、

（上流へ）　$Q_R = q_R \cdot B$

$= 1/3 \times (1.55 + 0.155 + 0.0155) \times 10^{-5} \times 86{,}400 \times 60$

$\fallingdotseq 30$ ㎥/日

$Q_L = q_L \cdot B$

$\fallingdotseq 16$ ㎥/日

$Q_R + Q_L = 46$ ㎥/日　　となる。

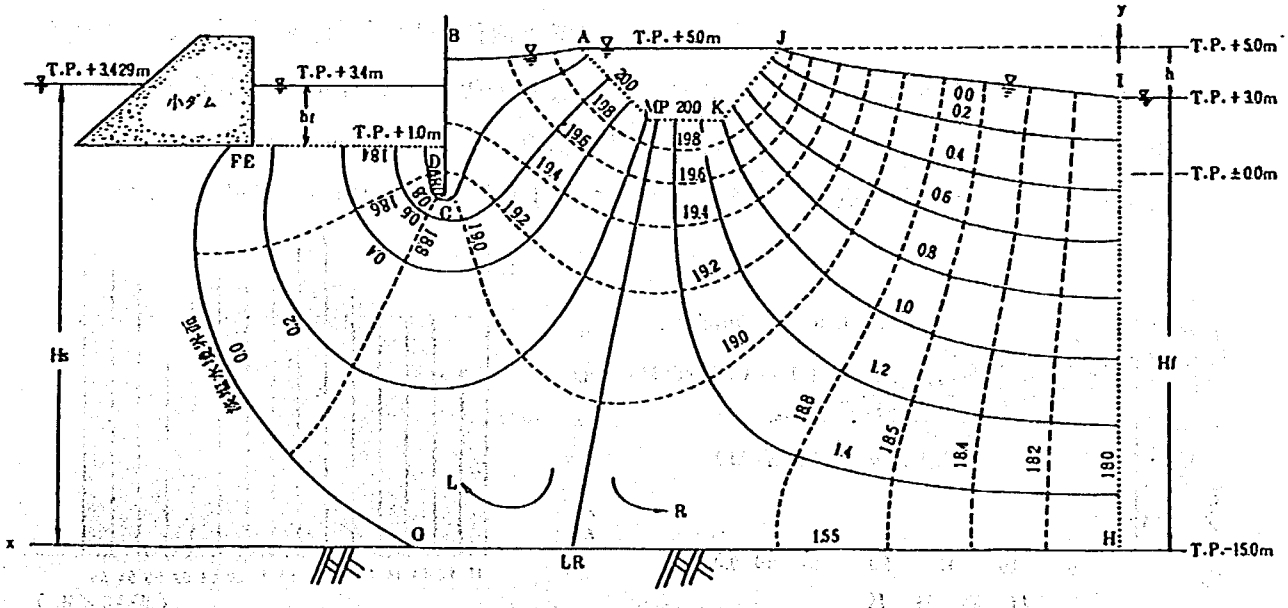


図13－7　地下水密度流解析図（遮水壁下部を不完全なものとみなした場合）

14. 地下ダムの運用方法及び開発可能水量

(1) 遮水壁の意義と開発水量の考え方

遮水壁の構築により、大きく2つの効果が得られる。1つは地下水流の無効放流防止効果、もう1つは許容地下水位変動幅拡大による有効貯水容量の増加効果である。これらより、下流への必要流下量や、湿害等を生じない上限水位、塩水浸入など水質悪化の生じない下限水位などが設定でき、これらに基づいて求められた地下水涵養量や貯水容量等から地下ダムの開発可能水量を算定することができる。

ここでは先に作成した平面二次元地下水位シミュレーションモデルをもとに、効率取水のための施設運用方法と可能取水量について検討する。とくに、対象地域のような塩水浸入が懸念される場合、貯水層の均等取水だけでなく、遮水壁の透水性に応じた地下水位操作基準が必要とされる。まず、上限水位は地表に地下水障害の対象となるものがないため、今回は制約を設けないことにした。また下限水位は、地下水位が海水面以下に下がった期間において、塩水浸入により、地下貯水層中の平均的塩分濃度が200ppmをこえないという条件をもとにT.P.－1mと設定した。

(2) 効率的取水のための取水井数

図14－1は取水井を何本用いた場合が最も取水量が増大するかを検討したものである。この際、計算条件として総量300㎥/日の取水を行い、遮水壁の直上流水位がT.P.−1mを下まわらず、かつ、取水井の地点で水位が基盤高に達しないという条件を与えた。その結果、1号取水井を組み入れ4本で取水する場合は海側の条件に制約を強く受けるため、効率的ではなく、結局2号、3号、4号による3本取水か2号、3号による2本取水のケースが効率が高いことが示された（取水井の位置については図12－1参照）。

(3) 塩水取水井の効果について

塩水取水井（遮水壁下流側の井戸）は遮水壁下流側の地下水位を低下させ、山側から海への動水勾配を上げることにより、塩水浸入を防止し、貯水池内からの取水を増加させるものである。この場合には、上流側水位は、T.P.－1mにとらわれず下流側水位よりさらに－1mまで低下させることができるはずである。図14－2は貯水池内取水井

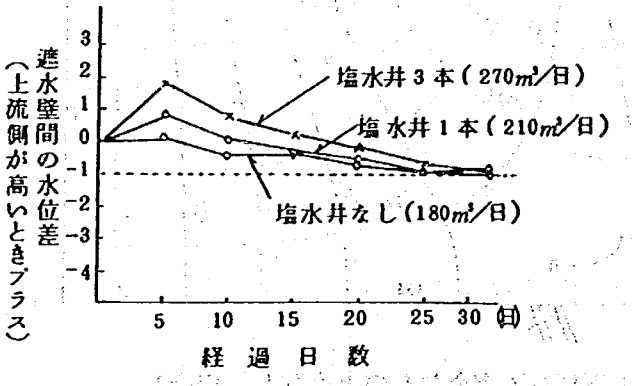


図14－2 塩水取水井の効果

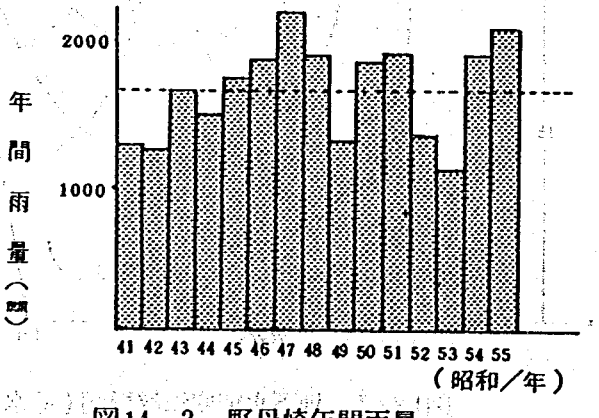


図14－3 野母崎年間雨量

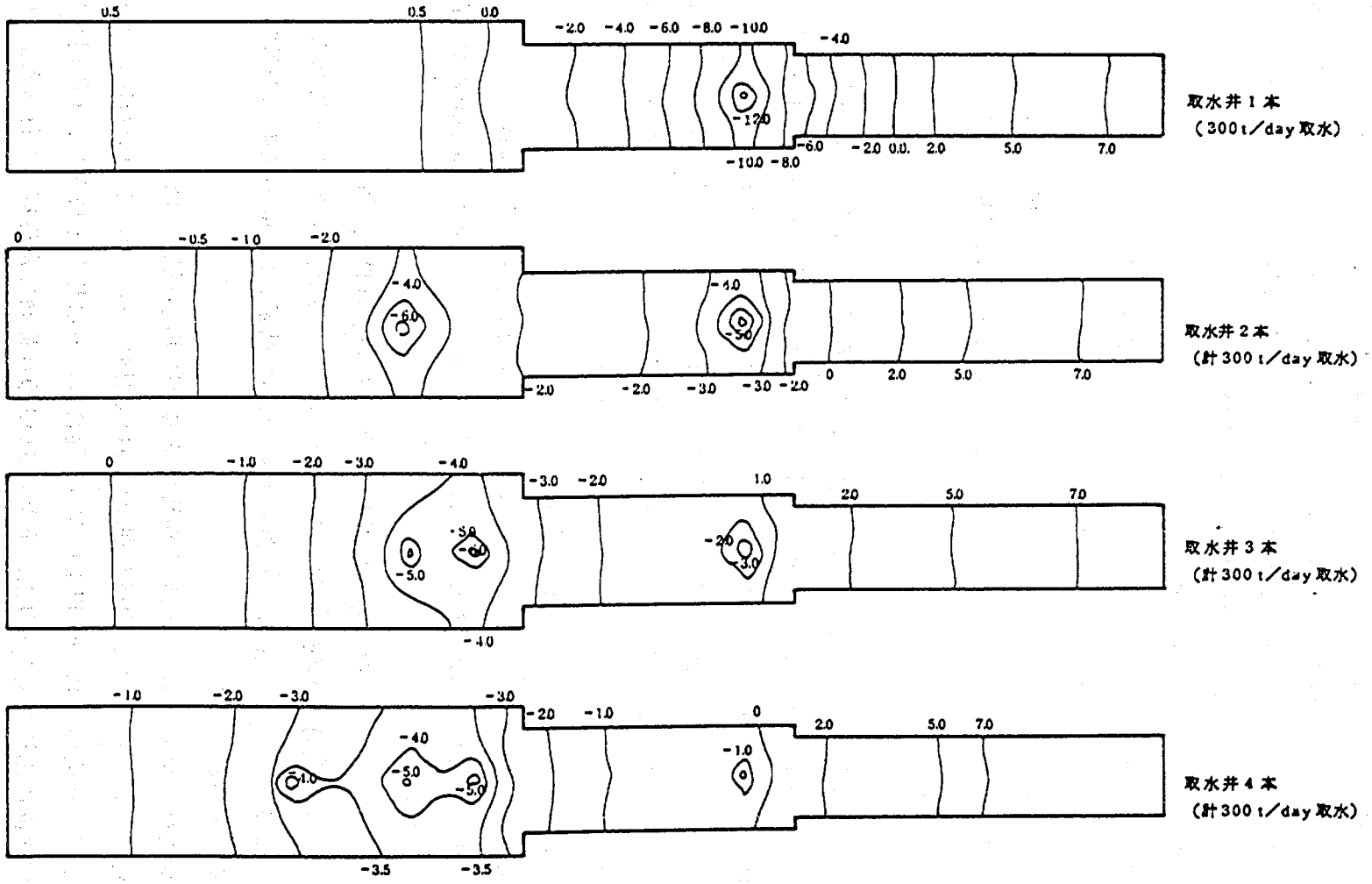


図14－1　効率取水による水位標高等高線図（T.P標高）
（計算5日後水位　S.54.1.1～1.30.）

表14－1　開発可能量一覧

ケース	開発可能量
基本量　無	140m³/日
基本量　有	180m³/日
基本量有＋増水井（1本）	240m³/日

3本と塩水取水井を併用した場合としない場合の遮水壁付近の水位比較を示す。これにより、塩水取水井を併用しない場合に比較して塩水取水井を1本併用した場合取水可能量を約30t/日増加させることができる。また塩水取水井を遮水壁に沿って3本に増や　た場合はさらに90t/日の取水可能量の増加がみこまれる。

(4)　塩水取水井と涵養池の併用効果

この場合の運用方法は、塩水取水井(1本)のほか2号取水井の取水量の半分を遮水壁直上流側にある涵養池の浸透水量にまわしウォーターマウンド帯を作り海水の浸入を防止し、貯水層の効率取水を図るものである。計算の結果、先の(2)とほぼ同量程度の取水可能量が得られることがしられる。しかし、水質的には、(2)の場合に比較して良質なものが得られる。

(5)　開発可能量の検討

地下貯水池は本来、経年貯留的な運用方式による水開発を行うことに意義がある。しかし、当地下ダムのように小規模な貯水量しかもたず、かつ常時水利用型のものについては、地上ダムと同様単年で計画せざるをえない。当地での年間雨量分布を図14－3に示す。昭和53年は極めて少ない年間雨量であり、過去15年間で最低の値を示している。このため、昭和53年をとりあえず計画基準年に設定して、以下のような検討を行った。なお、計算条件は(1)に示したものを用いた。

①　遮水壁がない場合に可能な開発水量

昭和53年4月～昭和54年3月について、遮水壁上流側水位がT. P. 0mを下らない範囲での常時取水(貯水池内3本の取水井で取水)を行った結果140㎥/日取水が常時可能であることがわかった。

②　遮水壁があるが塩水取水井は利用しない場合に可能な開発水量

これも①と同様の期間について計算を行った。この場合は遮水壁上流側水位がT. P.－1mを下がらない範囲での常時取水を行った結果、180㎥/日の取水が常時可能であることがわかった。

③　遮水壁及び塩水取水井の効果を期待する場合に可能な開発水量

これについても①、②と同様な期間について計算を行った。この場合は、②で遮水壁上流側水位がT. P. －1m以下になった場合は、塩水井を稼動させ、上流側水位が下流側水位に比較して1m以上、下がらないような範囲で常時取水を行った。この結果240㎥/日の取水が常時可能になることがわかった。

以上の結果を整理すると表14－1のとおりとなる。これらの結果から、今回の地下ダムにより、樺島での必要な水需要量は渇水時においても、水質基準値を上まわることなく常時供給可能であることが示された。

15. 地下ダム施設費用

ここでは樺島の造成実績にもとづき地下貯水池内から揚水するまでの開発費用（山元原水単価）を算定した結果を表12－1に示す。

(1) 原価単価

地下貯水池の場合、実施例が少なく、その耐用年数等については明らかではない。そのため原水コストを試算する場合に、地上ダムのように償却期間を考慮した方式が必ずしも適当ではないかも知れないが、ここでは一応、複利年金現価方式による資本還元率（現行アロケーション方式に採用されているもの）を用い、水道部門における利子率等を適用することにより山元での原水単価の試算を行った。原水単価は次式で示される。

平均取水量1㎥当りの原水単価

＝｛事業費×（1＋0.4×利子率×工期）×資本還元率

＋年間管理費｝／年間有収給水量

ここで

資本還元率＝$i(1+i)^n/(1+i)^n-1$

i：年利子率……水道の0.07を用いる

n：耐用年数…揚水施設20年、他の施設45年とし工事費の重みづけにより43年とした。

工　　期……1年とした

年間有収給水量…給水ロスを7％見込み日取水量a（㎥/day）×365日×0.93とした。

その結果

原水単価＝28.6×1/a（千円/㎥/day）

となり、図15－1のような開発水量との関係で示される。これは日量240㎥の開発で約120円/㎥となり、海水の淡水化で最も経済的な蒸発法の多段ラッシュ法によるものでも160～230円/㎥程度する（最大度水容量＜100,000㎥/day、予想耐用年数15～20年：工業技術院資料による）ことから比べると、実用性のあるものと考えられる。（表15－2参照）

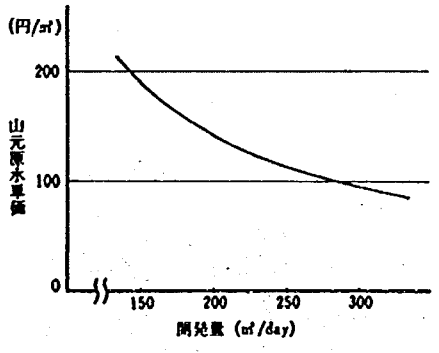


図15－1　山元原水単価

表15 － 1　概算事業費の算定

（単位　千円）

費　　目	山元原水施設 1)	開発施設 2)
建設費		
工事費		
(1) 遮水壁造成工	71,700	103,130
(2) 函養施設工	2,000	15,900
(3) 揚水施設工	12,180	12,180
(4) 浄水施設工		17,000
(5) 送水施設工		14,030
(6) 管理施設工		3,630
用地補償費	2,000	2,000
営繕費（工事費1.0%）	880	1,670
事業費計	88,760	169,540
管理費		
(1) 電気料、薬品、その他	1,370	2,600
(1) 人件費	1,580	3,000
管理費計	2,950	5,600

1) 遮水壁を含み、地下貯水池内より揚水するまでの施設。

2) 山元原水施設に加え、送水、浄水施設等、現在使用されている給水施設全体。また昭和49年に施工された普通グラウトによる遮水壁も含む。費用は昭和55年度単価にトレンドされている。

表15－2　海水の淡水化コスト

淡水化手法 ＼ 比較項目	蒸発法		逆浸透法		電気透析法		冷凍法	イオン交換法（熱水再生型）
	多段フラッシュ	多重効用	海水	かん水	海水	かん水		
造水コスト	160～323	165～323	324～375	124～144	～338	26～97	～326	～99
原料水塩分濃分（TDS，ppm）	35,000		35,000	2,000～6,000	35,000	2,000～3,000	10,000～40,000	～1,500
生産淡水の水質（TDS，ppm）	＜30	＜2～30	＜500	＜500	＜500	＜500	＜500	＜500
最大度水容量（m^3／日）	～100,000	～30,000	5,000～18,000	5,000～24,000	～3,000	～5,000	800×3基	～10,000
予想耐用年数（年）	15～20	15～23	15～18（膜は3年）	15～18（膜は3年）	～25	15～20	～20	15～20
備考	温排水で加熱しないで低温フラッシュさせる方法は除く。		使用するモジュールは中空糸状膜型スパイラル巻き型、管型などがあり、また1段脱塩、2段脱塩などの差があるがすべて一括して記入。					

（注）工業技術院資料による。

16. 環境への影響

(1) 概　　要

地下貯水池の建設及び運用にあたって周辺環境等への影響が懸念されるものとして、一般に次のような項目があげられる。

〔施設の設置によるもの〕

(1) 避水壁の施工に伴う水質汚染

(2) 浸透池、遮水壁等の設置に伴う埋蔵文化財、貴重な動・植物への影響

〔施設の運用によるもの〕

(3) 涵養水注入に伴う地下水・土壌汚染

(4) 地下利用の制限

〔両者に関わるもの〕

(5) 涵養付帯施設（浸透池、導水路、ポンプ機場等）の設置、運用に伴う周辺環境への影響

(6) 遮水壁の設置及び取水に伴う地下水位の低下に関わる影響

(7) 遮水壁の設置及び涵養に伴う地下水位の上昇に関わる影響

野母崎の地下貯水池の場合、対象地域が町の水源用地として買収されたものであり、他の経済活動に影響を与えるようなもの、保存を必要とする動植物、文化財等もない。

従ってこれらの項目の中では、(1)、(3)、(6)、(7)についてその影響を検討した。

(2) 遮水壁の施工に伴う水質汚染

遮水壁の施工に伴う水質汚染としては、二通りのケースが考えられる。一つは、上水道水への汚染であり、もう一つは、周辺海域に対する汚染である。野母崎の場合、地下ダムからの開発水は、凝集沈澱、急速・緩過漏過を経るが直接飲用に供されるため、特に水ガラス系材料は使用を禁止し、セメント、ベントナイトのみによる遮水壁の造成を行った。それでも長時間経過したのち溶出することも考えられるので、取水井においては特にカルシウム硬度の監視を定期的に行っている。現在でも遮水壁に一番近い取水井で 120 ppm（水道法規定200 ppm 以下）を越えることはなく、施工前の状態と全く変らない。

また、海域への流出の痕跡も見られない。

(3) 涵養水注入に伴う地下水質、土壌汚染

この場合、涵養水に起因するものと涵養による浸透過程で生じるものが考えられる。前者の場合、下水の処理水等を涵養水源とする場合、それなりの管理・監視が必要とされるが、一般に河川の余剰水が対象となる場合、問題にならない。

後者の場合は、特にN、Pの溶脱が影響として懸念される。

当地下ダムの場合、降雨が比較的多い時期には、地表湛水があり、地表植生の腐植によ

り水質が悪化し、それが地下浸透し、地下水汚染する可能性があるので、涵養池、排水路等を整備した。

(4) 遮水壁の設置及び取水に伴う地下水位低下に関わる影響

地下水位の低下に起因する一般的な影響としては、(イ)地盤の乾燥・硬化、(ロ)地盤沈下、(ハ)既得揚水量・湧水量の減少、(ニ)地下水の塩水化、(ホ)作物植生への影響、等が考えられる。

当地下ダムの場合、前出のように対象地は水源地として保護され町有地となっており、上記の影響に関する第三者への被害はない。

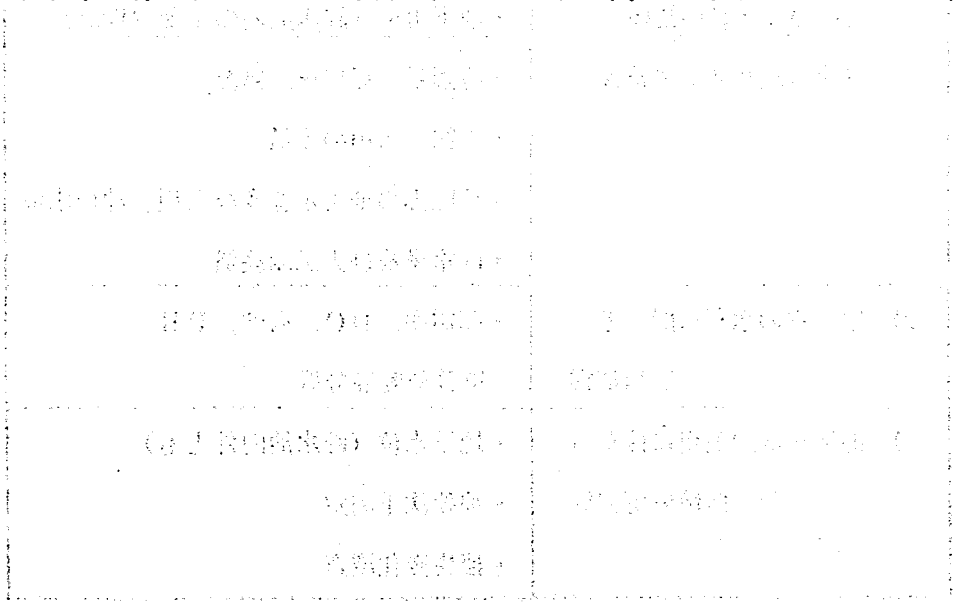
実際には、上部腐植土層の圧密によると思われる(ロ)地盤沈下が生じており、地表に構造物等がある場合には配慮が必要とされる。また、(ニ)については遮水壁又は、施設の有効運用によって対応し、(ホ)については、むしろ畑地・水田への利用を計ることも考えられる。

(5) 遮水壁の設置及び涵養に伴う地下水位の上昇に関わる影響

地下水位の上昇に起因する一般的な影響としては、(イ)地盤の湿潤・軟化（地耐力の低下）、(ロ)地盤の隆起、(ハ)作物・植生への影響、(ニ)地すべりへの影響、等が考えられる。ただ実際には、水位低下量に比べ水位上昇量は小さくなるものと思われる。

また、地下水位が地表面から1.0～2.0m程度離れている場合、土壌水分量に与える影響は小さいとされているし、もし影響を及ぼすことが懸念される場合には、遮水壁の造成深度を変えることが可能であり、涵養施設の配置も考慮する必要がある。

野母崎の場合、遮水壁の造成を施工上からの問題もありGL－2.0m以深とした。



17. 地下ダムモニタリングシステム

(1) モニタリングの目的と項目

地下貯水池のモニタリングは大きく、次の3つの目的のために行われる。

1) 水収支の把握
   - 現状の貯水量の把握
   - 貯水量変化要素の把握

2) 地下水の水質に関する実態把握（塩水化その他水質汚染）

3) 地下貯水池運用に伴う環境の把握

これらの目的を達成するために必要なモニタリング項目は、およそ表17−1のようになる。

ここで、当地下ダムの自然条件、環境条件、運用方式等を考慮し、望しいモニタリング計画を整理すると、表17−2、17−3のようになる。また、モニタリング計画図を図17−1に示す。

表17−1　地下貯水池モニタリングの目的と項目の概要

モニタリングの目的	観測項目
1) 水収支の把握 ◦現状の貯水量の把握 ◦貯水量変化要素の把握	・地下水位（貯水池内の主要な地点） ・降雨量，蒸発量，気温 ・水路，河川の流量 ・地区界の地下水位及び河川，池の水位 ・取水量及び人工涵養量
2) 地下水の水質に関する実態把握	・導電率，DO，温度，PH，塩分濃度等分析
3) 地下貯水池運用に伴なう環境影響把握	・地下水位（貯水池内外とも） ・地盤沈下測定 ・植生変化調査

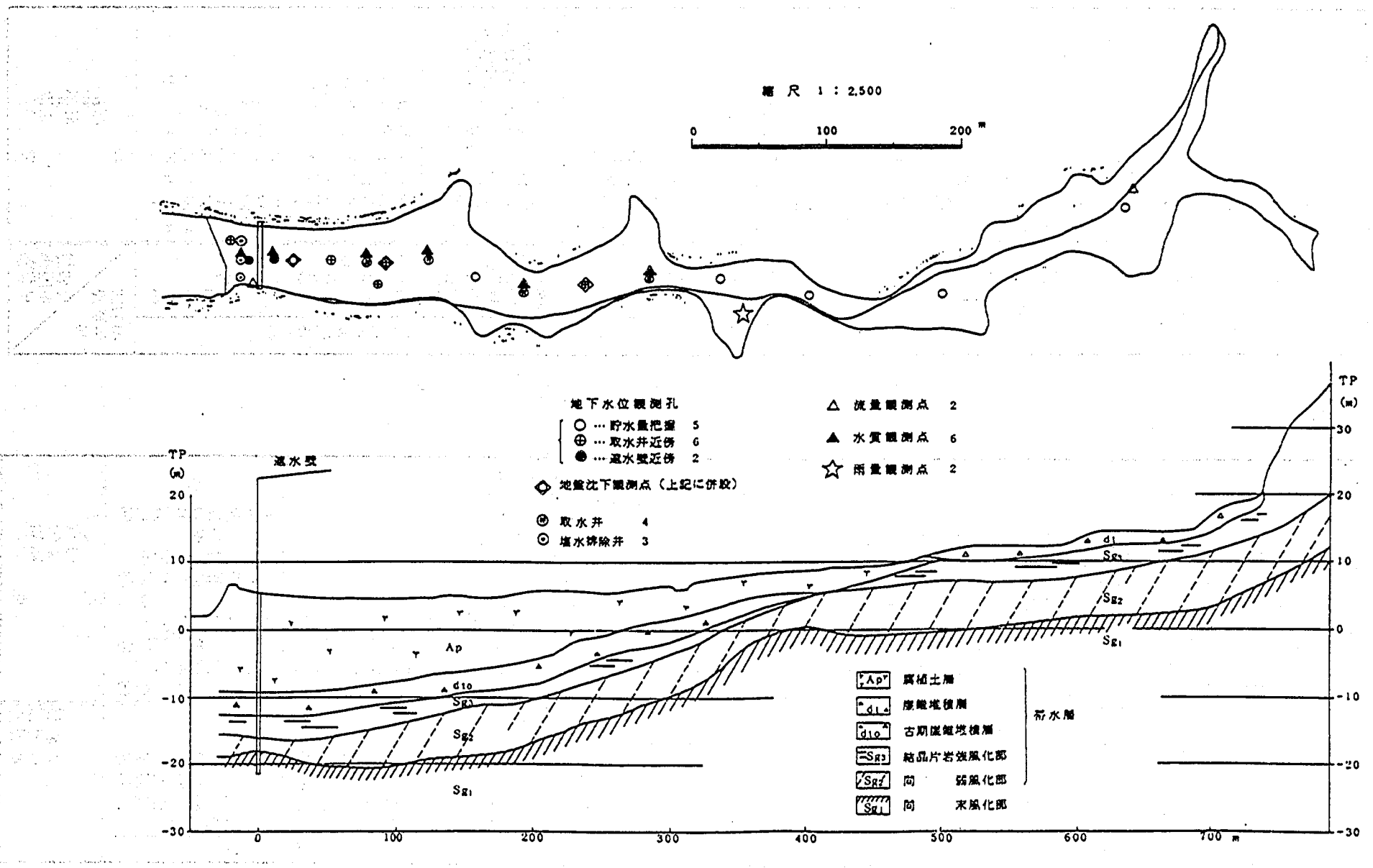


図17－1　樺島地下ダムモニタリング計画図

表17－2　モデル地区に対する地下ダムの分類

モデル地区名(所在地)	自然的条件 (地形) ①面積 ②形状 ③地形区分等 ④海との関係	自然的条件 (地質) ①帯水層の時代 ② 〃 土質 ③堆積環境	自然的条件 (地下水理) ①側方境界 ②層厚 ③構造 ④水位 ⑤水理定数	環境条件 ①周辺水位低下（井戸枯等） ②地下水汚染（塩水化等） ③地盤沈下 ④植生影響	運用方式 ①利水パターン ②涵養パターン	貯水池施設 ①遮水壁 ②人口涵養 ③取水	備考
樺島（長崎県野母崎）	①流域 0.6 km^2 貯水池 0.03 km^2 ②細長方形（下流ほど広くなる） ③上流…扇状地 下流…溺れ谷沖積低地 ④末端は海に接する	①沖積世 ②腐植土層および礫混り粘土層 ③いずれも岸錐性で淘汰が非常に良い	①三方は山，補給あり下流は海に接する ②腐植土層15 m 礫混り粘土層 5 m ③不圧であるが，被圧的特徴も見られる ④GL－1 m ⑤K＝5×10^{-3} cm/sec S＝0.05	①水位低下による直接被害なし ②塩水化の問題が大きい対策・遮水壁（淡水注入溝） ③下流沖積低地はすでに地盤沈下起っている ④買収ずみで，耕作していないので，心配なし	①通年利水 一日の中の利水パターンについては検討の要あり ②自然涵養を原則とする（但し淡水注入溝を用いた涵養を行う可能性あり）	①遮水壁あり（施工済） ②原則として，行なわない（淡水注入溝を検討中） ③井戸による取水（ϕ 200 mm×20 m，4本）	すでに稼動しているが塩水化の問題が大きく適正な取水計画及びモニタリングが急務となっている。 降雨量 1600 mm 貯水可能量 1.0万 m^3

表17－3　野母崎地区におけるモニタリング計画概要

目的と測定項目 / モデル地区名(所在地)	地下水位モニタリング 貯水量把握のため	地下水位モニタリング 河川近傍（コントロールのため）	地下水位モニタリング 人工施設近傍（コントロールのため）	環境モニタリング 水位低下の影響把握	環境モニタリング 地盤沈下観測	環境モニタリング 植生・動物その他	水質モニタリング	水収支(水文)モニタリング 流量観測	水収支(水文)モニタリング 雨量観測
樺島（長崎県野母崎町）	5点 ・巾狭で一列でよい ・面積が0.03 km^2 と小さいので100 m 間隔にほしい	0点 ・流入水がすぐ伏流してしまうので河川と地下水位の関係は論じることができない	8点 ・取水井近傍6（中間点でよい） ・遮水壁近傍2（上，下流） 壁の効果及び浸透池の効果もみる	―― ・他の施設がないので心配ない	3点 ・圧密沈下自体は発生しても他の施設がないので，直接被害はない	・特に予想される被害はないので不要	6点 ・塩水化が心配 ・最上流の取水井を含め，全部で取水井4，塩水井1，遮水壁直上流観測孔1，とする。	2点 ・流入部1 ・末端流出部1	2点 ・平地1 ・山地1

18. ま　と　め

本研究は長崎県野母崎町樺島において遮水壁型地下貯水池（地下ダム）の実用化をめざして、総合的な調査・実験を行ったもので得られた主な結果は以下のとおりである。

① 対象地区における主要な帯水層は腐植土層、礫混り粘土層及び片岩風化帯と考えられ、貯水容量は特性の不明確な片岩風化帯を除いて約9,340㎥と推定された。また帯水層の平均透水係数は 1×10^{-3}cm/s、有効間隙率は0.05であった。

② 当地区での水質・水文観測をおこなった結果、異常な地下水位低下時には、帯水層への塩水浸入が生じやすく、遮水壁の構築、ウォーター・カーテン法、効率取水などによる塩水浸入防止策をたてる必要がある。

③ 上記の結果をもとに適切な遮水壁、浸透池、取水井を設置し、その効果を現地試験及びシミュレーション解析により検討した。その結果、遮水壁により周辺地層より約1オーダ低い壁が得られ、他の塩水浸入防止策を併用することにより240㎥/sの水量が渇水年（15年確率相当）においても取水可能であることがわかった。

19. 付　　表

付表 1　　地下ダム施設一覧

付表 2　　地下諸水壁諸元

付表 3　　地下ダム月雨量表

付表 4　　蒸発量（Pan）月表

付表 5　　上流流出高月表

付表 6　　下流　　〃

付表 7　　地下ダム取水量月表

付表 8　　水収支月表（全流域）

付表 9　　地下ダム貯水池内水収支月表

付表１０　　水循環モデルプログラム

付表1. 地下ダム施設一覧

施　設	内　　容
遮水壁	付表2
取水施設	4本（遮水壁上流淡水取水用） 1本（遮水壁下流水位低下用）
涵養施設	サンド・パイル（69本） かん養池（5m×50m×1m） 地下埋管（右岸側20m）
観測施設	地下水位　5点 雨量　3点 流量　2点（上・下流） 取水量，蒸発量，地盤沈下他

付表2. 地下遮水壁諸元

	S49 施工遮水壁	今回（S55）施工遮水壁
施工位置	海岸より50m上流地点	同　左
工　法	ロット抜き工法（普通グラウト工法）	ダブルストレーナ注入工法
遮水範囲	砂礫混り粘土層，腐植土層（1部） 右岸側に未施工部あり	砂礫混り粘土層，腐植土層，片岩強風化帯
配　列	孔間隔2m　列間隔1m　4列千鳥配列	孔間隔2m，列間隔1m，2列千鳥配列
注入圧力	2～3Kg/cm²	8～30Kg/cm²
注入量	68.86～127.72Kg/m	300～600ℓ/m
注入材	セメント・ベントナイトC:B=2:1(重量比)	セメント・ベントナイト C:B=10.1
注入孔数	95孔	75孔
効　果	透水試験の結果ではほとんど効果なし	周辺地層より約1オーダ低い透水性（6×10^{-5}cm/s）

付表3. 地下ダム月雨量表

単位（mm）

年＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合　計
S45～S49 平均	77	64	80	172	213	305	248	156	236	76	55	56	1,738
S52	—	—	—	—	—	—	—	223	94	25	89	58	(489)
S53	86	32	65	148	163	282	77	64	134	23	101	54	1,129
S54	78	84	199	137	65	490	302	270	26	93	99	92	1,935
S55	99	76	100	127	247	503	371	188	107	176	25	37	2,056
S56													
	81	64	96	159	180	350	249	169	171	77	65	58	1,719

付表4. 蒸発量（Pan）月表

単位（㎜）

年＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合 計
S52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	110.9	89.5	52.6	(253.0)
S53	51.1	54.5	94.8	96.2	123.2	86.0	154.4	138.9	110.2	102.4	87.4	60.1	1159.2
S54	42.6	48.7	72.5	123.0	135.4	112.5	79.3	111.4	115.6	123.4	70.7	59.3	1094.4
S55	57.4	49.8	74.8	(92.2)	(112.6)	(71.5)	(70.0)	(73.0)	(99.5)	(83.1)	(62.7)	(51.8)	898.4
S56													

付表5. 上流流出高月表（A＝0.387㎢）

単位（㎜）

年＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合 計
S53	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(44)	50	94
S54	30	38	87	104	27	159	206	98	18	15	12	11	805
S55	17	11	36	52	86	195	282	155	(50)	41	13	11	(949)
S56													

付表6. 下流流出高月表（A＝0.584㎢）

単位（㎜）

年＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合 計
S52								—	—	—	—	—	—
S53	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S54	—	—	18	19	0	165	168	55	0	0	0	0	425
S55	0	0	7	50	93	225	283	161	70	29	0	0	918
S56													

付表7. 地下ダム取水量月表

単位（㎥）

年＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合 計
S51				7350	7316	8400	8525	11718	8640	8525	6690	8215	(75,379)
S52	6975	6048	7285	7710	8060	8100	9052	10881	8760	9548	8060	8587	99,066
S53	5047 (163)	4450 (159)	7088 (229)	7590 (253)	8027 (259)	7890 (263)	9219 (297)	8396 (271)	5992 (200)	6456 (208)	5475 (182)	3784 (172)	79,414 (218)
S54	5282 (170)	4964 (177)	6415 (207)	7474 (249)	7454 (240)	8054 (268)	9541 (308)	9985 (322)	8650 (288)	8177 (263)	7494 (250)	7919 (255)	91,409 (250)
S55	9219 (297)	8443 (291)	9259 (299)	8730 (291)	8390 (271)	8114 (270)	9123 (294)	9745 (314)	9373 (313)	9920 (320)	9963 (332)	9368 (302)	109,647 (300)
S56	8740 (281)	8240 (294)	9422 (304)	9011 (300)	9538 (308)	11082 (369)	11281 (364)	10859 (350)	8536 (285)				

(注)① S53以前は配水量，S53以降は取水実績量を示す
② （）は平均取水量を示す

付表 8(1)　水収支月表（全流域）（A＝0.584Km²）

S 52.　　単位（mm）

要素＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
R	—	—	—	—	—	—	—	223	94	25	89	58	
Dout	—	—	—	—	—	—	—	(96)	(0)	(0)	(21)	(0)	
Qd	—	—	—	—	—	—	—	19	15	16	14	15	
⊿S	—	—	—	—	—	—	—	0	−1	−12	−6	−1	
Gout+E	—	—	—	—	—	—	—	108	80	21	60	44	
E	—	—	—	—	—	—	—	106	73	52	31	21	
Gout	—	—	—	—	—	—	—	2	−7	−31	29	23	

付表 8(2)　水収支月表（全流域）（A＝0.584Km²）

S 53.　　単位（mm）

要素＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
R	86	32	65	148	63	282	77	64	134	23	101	54	1,129
Dout	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(86)	(0)	0	(52)	(0)	(22)	(0)	160
Qd	9	8	12	13	14	14	16	14	10	11	9	6	136
⊿S	2	−1	2	17	−15	16	−8	−10	9	−9	5	−1	7
Gout+E	75	25	51	118	64	166	69	60	63	21	65	49	826
E	22	27	48	64	80	77	99	106	73	52	31	21	700
Gout	53	−2	3	54	−16	89	−30	−46	−10	−31	34	28	126

付表 8(3)　水収支月表（全流域）（A＝0.584Km²）

S 54.　　単位（mm）

要素＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
R	78	84	199	137	65	490	302	270	26	93	99	92	1,935
Dout	(0)	(19)	18	19	0	165	168	55	0	0	0	0	444
Qd	9	9	11	13	13	14	16	17	15	14	13	14	158
⊿S	5	9	0	0	−1	3	−1	0	−2	−2	−5	7	13
Gout+E	64	47	170	105	53	308	119	198	13	81	91	71	1,320
E	22	27	48	64	80	77	99	106	73	52	31	21	700
Gout	42	20	22	41	−27	231	20	92	−60	29	60	50	620

付表 8(4)　水収支月表（全流域）（A＝0.584Km²）

S 55.　　単位（mm）

要素＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
R	99	76	100	127	247	503	371	188	107	176	25	37	2,056
Dout	0	0	7	50	93	225	283	161	70	29	0	0	918
Qd	16	14	16	15	14	14	15	17	16	17	17	16	187
⊿S	1	−1	2	0	0	0	1	0	0	0	−1	−1	1
Gout+E	82	63	75	62	140	264	72	10	21	130	9	22	950
E	22	27	48	64	80	77	99	106	73	52	31	21	700
Gout	60	36	27	−2	60	187	−27	−96	−52	78	−22	1	250

（注）R　：降雨量
Dout：地表流出高（下流№4）
Qd　：取水量
⊿S　：地下貯水量変化
E　：蒸発散量
Gout：地下流下量

付表9(1)　地下ダム貯水池内水収支月表（0.026Km²）

S 53.　　単位（mm）

要素＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
R	86	32	65	148	63	282	77	64	134	23	101	54	1129
Din	(252)	(168)	(118)	(219)	(151)	(1211)	(219)	(118)	(101)	(135)	740	841	4273
Dout	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(2184)	(0)	(0)	(1320)	0	(559)	(0)	4063
① R+Din−Dout	338	200	183	367	214	−691	219	182	−1085	158	282	895	1339
Qd	219	193	308	330	349	343	401	365	261	281	238	165	3453
⊿S	51	−25	51	432	−381	406	−203	−254	229	−229	126	−25	178
② Qd+⊿S	270	168	359	762	−32	−63	198	111	32	52	112	140	3631
①−②	68	32	−176	−395	246	−754	21	71	−1117	106	170	755	−2292
G_2-G_1 ①−②−E	46	5	−224	−459	166	−831	−78	−35	1190	54	139	734	707

付表9(2)　地下ダム貯水池内水収支月表（0.026Km²）

S 54.　　単位（mm）

要素＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
R	78	84	199	137	65	490	302	270	26	93	99	92	1935
Din	500	643	1466	1742	453	2669	3464	1652	300	249	205	177	13520
Dout	0	0	462	488	0	4187	4273	1394	0	0	0	0	10804
① R+Din−Dout	578	727	1203	1391	518	−1028	−507	528	326	342	304	269	4651
Qd	230	216	279	325	324	350	415	434	420	356	326	344	4019
⊿S	91	160	9	−3	−2	44	−12	9	−39	−32	−95	121	250
② Qd+⊿S	321	376	288	322	322	306	403	443	381	324	330	465	4269
①−②	257	351	915	1069	196	−1334	−910	85	−55	18	−26	−196	382
G_2-G_1 ①−②−E	235	324	867	1005	116	−1411	−1009	−21	−128	−34	−57	−217	−330

（注）　Goutは（①−②−E）が0以下のものについては0とした。

付表9(3)　地下ダム貯水池内水収支月表（0.026Km²）

S 55.　　単位（mm）

要素＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
R	99	76	100	127	247	503	371	188	107	176	25	37	2056
Din	286	185	606	875	1447	3281	4744	2608	841	690	219	185	15968
Dout	0	0	178	1270	2361	5713	7186	4088	1777	736	0	0	23309
① R+Din−Dout	385	261	528	−268	−667	−1929	−2071	−1292	−829	130	244	222	−5285
Qd	401	367	403	380	365	353	397	424	408	431	433	407	4767
⊿S	34	−24	40	3	2	1	19	−2	−10	0	−14	−38	11
Qd+⊿S	435	343	443	383	367	354	416	422	398	431	419	369	4756
①−②	−50	24	85	−651	−1034	−2283	−2487	−1714	−1227	−301	−175	−147	10041
G_2-G_1 ①−②−E	−72	−51	37	−715	−1114	−2360	2586	−1820	−1300	−353	−206	−168	−10708

（注）　R　：降雨量
Din　：地表流出高（上流№5）
Dout　：〃　（下流№4）
Qd　：取水量
⊿S　：地下貯水量変化
G_2　：地下流下量（貯水池から海へ）
G_1　：地下流入量（山地部から貯水池へ）

付表１０　水循環モデルプログラム

```
*EFFECTIVE OPTIONS: NAME(  MAIN),OPTIMIZE(2),SIZE(MAX),LINECOUNT(60),AUTODBL(NONE),FLAG(0),LEVEL(0)
    ,SOURCE,EBCDIK,OBJECT,NOMAP,NOXREF,NODECK,NOLIST,NOGOSTMT,NOALC,NOJISF,ERSTMT,NOMEMBER,NOGENERIC,FIXED
    ,NOIAP,NOTERM,DEBUG,NOTEST

 CARD      ISN          SOURCE STATEMENT

    1                   C     552.8    START
    2                   C     NEW BASE
    3                   C     U=V TANK WA UPPER LIMIT ARI. KEISAN JUNJOY WA KITAGAWA'S LOW
    4                   C     CHECK QOUT(TOTAL Q9=TOTAL G2)
    5                   C     CHECK TYORYURYOHENKA(V)
    6                   C     700MM/YEAR
    7      00001              DIMENSION R(2000) ,QQD(2000),QDH(2000),GG(2000),EE(2000),
                              +          QQ1(2000),QQ2(2000),QQ3(2000),QQ4(2000),QQ5(2000),
                              +          QQ6(2000),QQ7(2000),QQ8(2000),QQ9(2000),
                              +          QQ33(2000),QQ55(2000),QQ56(2000),QQ58(2000),QQ78(2000),
                              -          QM35(2000),QM51(2000),QM52(2000),
                              -          QP35(2000),QP51(2000),QP52(2000),
                              -          QDVV(2000),QDUV(2000),QQ6V(2000),QQ6U(2000),
                              +          SS(2000),TT(2000),UU(2000),VV(2000),WW(2000),
                              -          SSM(2000),UUM(2000),VVM(2000),VVH(2000)
    8      00002              COMMON/STEN/ N,II
    9      00003              N=806
   10      00004              II=1413
   11      00005              READ(5,591) (R(I),I= 1,1291)
   12      00006          591 FORMAT(15F5.0)
   13      00007              C1=0.2
   14      00008              C2=0.01
   15      00009              C4=0.05
   16      00010              C51=0.002
   17      00011              C52=0.91
   18      00012              C6=0.5
   19      00013              C7=0.03
   20      00014              C8=0.05
   21      00015              C9=0.6
   22      00016              H1=80.0
   23      00017              H2=5.0
   24      00018              H51=0.0
   25      00019              H6=10.0
   26      00020              HU=250.0
   27      00021              HV=500.0
   28      00022              S=50.0
   29      00023              T=100.0
   30      00024              U=200.0
   31      00025              V=400.0
   32      00026              W=10.0
   33      00027              A=21.5
   34      00028              B=A+1.0
   35      00029              PA=0.05
   36      00030              VC=1.12
   37      00031              VL=6.19
   38      00032              DO 91 I=2,II
   39      00033              J=I
   40      00034              TIME=52.08
   41      00035              E=3.61
   42      00036              QD=13.5
   43      00037              TIME=52.09
   44      00038              IF(J.GE.  15) E=2.43
   45      00039              IF(I.GE.  15) QD=11.2
   46      00040              IF(I.EQ.  15) WRITE(6,600) TIME
   47      00041              TIME=52.10
   48      00042              IF(J.GE.  45) E=1.69
   49      00043              IF(I.GE.  45) QD=11.8
   50      00044              IF(I.EQ.  45) WRITE(6,600) TIME
   51      00045              TIME=52.11
   52      00046              IF(J.GE.  76) E=1.03
   53      00047              IF(I.GE.  76) QD=10.3
   54      00048              IF(I.EQ.  76) WRITE(6,600) TIME
   55      00049              TIME=52.12
   56      00050              IF(J.GE. 106) E=0.68
   57      00051              IF(I.GE. 106) QD=10.7
   58      00052              IF(I.EQ. 106) WRITE(6,600) TIME
   59      00053              TIME=53.01
   60      00054              IF(J.GE. 137) E=0.72
   61      00055              IF(I.GE. 137) QD=6.3
   62      00056              IF(I.EQ. 137) WRITE(6,600) TIME
   63      00057              TIME=53.02
   64      00058              IF(J.GE. 168) E=0.98
   65      00059              IF(I.GE. 168) QD=6.1
   66      00060              IF(I.EQ. 168) WRITE(6,600) TIME
   67      00061              TIME=53.03
   68      00062              IF(J.GE. 196) E=1.56
   69      00063              IF(I.GE. 196) QD=8.8
   70      00064              IF(I.EQ. 196) WRITE(6,600) TIME
   71      00065              TIME=53.04
   72      00066              IF(J.GE. 227) E=2.12
   73      00067              IF(I.GE. 227) QD=9.7
   74      00068              IF(I.EQ. 227) WRITE(6,600) TIME
   75      00069              TIME=53.05
   76      00070              IF(J.GE. 257) E=2.57
   77      00071              IF(I.GE. 257) QD=10.0
   78      00072              IF(I.EQ. 257) WRITE(6,600) TIME
   79      00073              TIME=53.06
   80      00074              IF(J.GE. 288) E=2.57
   81      00075              IF(I.GE. 288) QD=10.1
   82      00076              IF(I.EQ. 288) WRITE(6,600) TIME
   83      00077              TIME=53.07
   84      00078              IF(J.GE. 318) E=3.18
   85      00079              IF(I.GE. 318) QD=11.4
   86      00080              IF(I.EQ. 318) WRITE(6,600) TIME
   87      00081              TIME=53.08
   88      00082              IF(J.GE. 349) E=3.41
   89      00083              IF(I.GE. 349) QD=10.4
   90      00084              IF(I.EQ. 349) WRITE(6,600) TIME
   91      00085              TIME=53.09
   92      00086              IF(J.GE. 380) E=2.43
   93      00087              IF(I.GE. 380) QD=7.7
   94      00088              IF(I.EQ. 380) WRITE(6,600) TIME
   95      00089              TIME=53.10
   96      00090              IF(J.GE. 410) E=1.69
   97      00091              IF(I.GE. 410) QD=8.0
   98      00092              IF(I.EQ. 410) WRITE(6,600) TIME
   99      00093              TIME=53.11
  100      00094              IF(J.GE. 441) E=1.03
```

```
CARD      ISN         SOURCE STATEMENT

 109      00095            IF(I.GE. 441) QD=7.0
 110      00096            IF(I.EQ. 441) WRITE(6,600) TIME
 111      00097            TIME=53.12
 112      00098            IF(J.GE. 471) E=0.68
 113      00099            IF(I.GE. 471) QD=6.6
 114      00100            IF(I.EQ. 471) WRITE(6,600) TIME
 115      00101            TIME=54.01
 116      00102            IF(J.GE. 502) E=0.72
 117      00103            IF(I.GE. 502) QD=6.5
 118      00104            IF(I.EQ. 502) WRITE(6,600) TIME
 119      00105            TIME=54.02
 120      00106            IF(J.GE. 533) E=0.98
 121      00107            IF(I.GE. 533) QD=6.8
 122      00108            IF(I.EQ. 533) WRITE(6,600) TIME
 123      00109            TIME=54.03
 124      00110            IF(J.GE. 561) E=1.56
 125      00111            IF(I.GE. 561) QD=8.0
 126      00112            IF(I.EQ. 561) WRITE(6,600) TIME
 127      00113            TIME=54.04
 128      00114            IF(J.GE. 592) E=2.12
 129      00115            IF(I.GE. 592) QD=9.6
 130      00116            IF(I.EQ. 592) WRITE(6,600) TIME
 131      00117            TIME=54.05
 132      00118            IF(J.GE. 622) E=2.57
 133      00119            IF(I.GE. 622) QD=9.2
 134      00120            IF(I.EQ. 622) WRITE(6,600) TIME
 135      00121            TIME=54.06
 136      00122            IF(J.GE. 653) E=2.57
 137      00123            IF(I.GE. 653) QD=10.3
 138      00124            IF(I.EQ. 653) WRITE(6,600) TIME
 139      00125            TIME=54.07
 140      00126            IF(J.GE. 683) E=3.18
 141      00127            IF(I.GE. 683) QD=11.8
 142      00128            IF(I.EQ. 683) WRITE(6,600) TIME
 143      00129            TIME=54.08
 144      00130            IF(J.GE. 714) E=3.41
 145      00131            IF(I.GE. 714) QD=12.4
 146      00132            IF(I.EQ. 714) WRITE(6,600) TIME
 147      00133            TIME=54.09
 148      00134            IF(J.GE. 745) E=2.43
 149      00135            IF(I.GE. 745) QD=11.1
 150      00136            IF(I.EQ. 745) WRITE(6,600) TIME
 151      00137            TIME=54.10
 152      00138            IF(J.GE. 775) E=1.69
 153      00139            IF(I.GE. 775) QD=10.1
 154      00140            IF(I.EQ. 775) WRITE(6,600) TIME
 155      00141            TIME=54.11
 156      00142            IF(J.GE. 806) E=1.03
 157      00143            IF(I.GE. 806) QD=9.6
 158      00144            IF(I.EQ. 806) WRITE(6,600) TIME
 159      00145            TIME=54.12
 160      00146            IF(J.GE. 836) E=0.68
 161      00147            IF(I.GE. 836) QD=9.8
 162      00148            IF(I.EQ. 836) WRITE(6,600) TIME
 163      00149            TIME=55.01
 164      00150            IF(J.GE. 867) E=0.72
 165      00151            IF(I.GE. 867) QD=11.4
 166      00152            IF(I.EQ. 867) WRITE(6,600) TIME
 167      00153            TIME=55.02
 168      00154            IF(J.GE. 898) E=0.98
 169      00155            IF(I.GE. 898) QD=11.2
 170      00156            IF(I.EQ. 898) WRITE(6,600) TIME
 171      00157            TIME=55.03
 172      00158            IF(J.GE. 927) E=1.56
 173      00159            IF(I.GE. 927) QD=11.5
 174      00160            IF(I.EQ. 927) WRITE(6,600) TIME
 175      00161            TIME=55.04
 176      00162            IF(J.GE. 958) E=2.12
 177      00163            IF(I.GE. 959) QD=11.2
 178      00164            IF(I.EQ. 958) WRITE(6,600) TIME
 179      00165            TIME=55.05
 180      00166            IF(J.GE. 988) E=2.57
 181      00167            IF(I.GE. 988) QD=10.4
 182      00168            IF(I.EQ. 988) WRITE(6,600) TIME
 183      00169            TIME=55.06
 184      00170            IF(J.GE.1019) E=2.57
 185      00171            IF(I.GE.1019) QD=10.4
 186      00172            IF(I.EQ.1019) WRITE(6,600) TIME
 187      00173            TIME=55.07
 188      00174            IF(J.GE.1049) E=3.18
 189      00175            IF(I.GE.1049) QD=11.3
 190      00176            IF(I.EQ.1049) WRITE(6,600) TIME
 191      00177            TIME=55.08
 192      00178            IF(J.GE.1080) E=3.41
 193      00179            IF(I.GE.1080) QD=12.1
 194      00180            IF(I.EQ.1080) WRITE(6,600) TIME
 195      00181            TIME=55.09
 196      00182            IF(J.GE.1111) E=2.43
 197      00183            IF(I.GE.1111) QD=12.0
 198      00184            IF(I.EQ.1111) WRITE(6,600) TIME
 199      00185            TIME=55.10
 200      00186            IF(J.GE.1141) E=1.69
 201      00187            IF(I.GE.1141) QD=12.3
 202      00188            IF(I.EQ.1141) WRITE(6,600) TIME
 203      00189            TIME=55.11
 204      00190            IF(J.GE.1172) E=1.03
 205      00191            IF(I.GE.1172) QD=13.0
 206      00192            IF(I.EQ.1172) WRITE(6,600) TIME
 207      00193            TIME=55.12
 208      00194            IF(J.GE.1202) E=0.68
 209      00195            IF(I.GE.1202) QD=11.6
 210      00196            IF(I.EQ.1202) WRITE(6,600) TIME
 211      00197            TIME=56.01
 212      00198            IF(J.GE.1233) E=0.72
 213      00199            IF(I.GE.1233) QD=10.8
 214      00200            IF(I.EQ.1233) WRITE(6,600) TIME
 215      00201            TIME=56.02
 216      00202            IF(J.GE.1264) E=0.98
 217      00203            IF(I.GE.1264) QD=10.8
 218      00204            IF(I.EQ.1264) WRITE(6,600) TIME
 219      00205        600 FORMAT(1H ,4X,'I',9X,'Q35',9X,'DH',10X,' G',10X,'VH',3X,F5.2)
 220      00206            EE(I)=EE(J)
```

```
CARD      ISN         SOURCE STATEMENT

 221                  C     MOUNT
 222      00207             S=S+R(J)-E
 223      00208             SM=0.0
 224      00209             IF(S.GE.0.0) GO TO 51
 225      00210             SM=S
 226      00211             S=0.0
 227      00212          51 CONTINUE
 228      00213             SSM(I)=0.0
 229      00214             SSM(I)=SM
 230      00215             Q1=(S-H1)*C1
 231      00216             IF(S.LE.H1) Q1=0.0
 232      00217             Q21(I)=0.0
 233      00218             Q21(I)=Q1
 234      00219             Q2=(S-H2)*C2
 235      00220             IF(S.LE.H2) Q2=0.0
 236      00221             Q22(I)=0.0
 237      00222             Q22(I)=Q2
 238      00223             Q3=Q1+Q2
 239      00224             Q23(I)=0.0
 240      00225             Q23(I)=Q3
 241      00226             Q4=S*C4
 242      00227             Q24(I)=0.0
 243      00228             Q24(I)=Q4
 244      00229             S=S-Q3-Q4
 245      00230             SS(I)=0.0
 246      00231             SS(I)=S
 247      00232             T=T+Q4+SM
 248      00233             Q51=(T-H51)*C51
 249      00234             IF(T.LE.H51) Q51=0.0
 250      00235             QM51(I)=0.0
 251      00236             QM51(I)=Q51
 252      00237             Q52=T*C52
 253      00238             IF(T.LT.0.0) Q52=0.0
 254      00239             QM52(I)=0.0
 255      00240             QM52(I)=Q52
 256      00241             Q5=Q51+Q52
 257      00242             Q25(I)=0.0
 258      00243             Q25(I)=Q5
 259      00244             T=T-Q5
 260      00245             TT(I)=0.0
 261      00246             TT(I)=T
 262      00247             Q35=Q3+Q51
 263      C0248             QM35(I)=0.0
 264      00249             QM35(I)=Q35
 265                  C     PLAIN
 266      00250             Q3=Q3*A
 267      00251             Q233(I)=0.0
 268      00252             Q233(I)=Q3
 269      00253             Q5=Q5*A
 270      00254             Q255(I)=0.0
 271      00255             Q255(I)=Q5
 272      00256             Q51=Q51*A
 273      00257             QP51(I)=0.0
 274      00258             QP51(I)=Q51
 275      00259             Q52=Q52*A
 276      00260             QP52(I)=0.0
 277      00261             QP52(I)=Q52
 278      00262             Q35=Q35*A
 279      00263             QP35(I)=0.0
 280      00264             QP35(I)=Q35
 281      00265             U=U+R(J)-E+Q35
 282      00266             UM=0.0
 283      00267             IF(U.GE.0.0) GO TO 53
 284      00268             UM=U
 285      00269             U=0.0
 286      00270          53 CONTINUE
 287      00271             UUM(I)=0.0
 288      00272             UUM(I)=UM
 289      00273             DU=0.0
 290      00274             IF(U.LT.HU) GO TO 60
 291      00275             DU=U-HU
 292      00276             U=HU
 293      00277          60 CONTINUE
 294      00278             Q6=(U-H6)*C6
 295      00279             IF(U.LE.H6) Q6=0.0
 296      00280             Q26(I)=0.0
 297      00281             Q26(I)=Q6
 298      00282             U=U-Q6
 299      00283             Q56=Q52+Q6
 300      00284             Q256(I)=0.0
 301      00285             Q256(I)=Q56
 302      00286             V=V+Q56-QD+UM
 303      00287             VM=0.0
 304      00288             IF(V.GE.0.0) GO TO 14
 305      00289             VM=V
 306      00290             V=0.0
 307      00291          14 CONTINUE
 308      00292             VVM(I)=0.0
 309      00293             VVM(I)=VM
 310      00294             DV=0.0
 311      00295             IF(V.LT.HV) GO TO 70
 312      00296             DV=V-HV
 313      00297             V=HV
 314      00298          70 CONTINUE
 315      00299             Q7=V*C7
 316      00300             Q27(I)=0.0
 317      00301             Q27(I)=Q7
 318      00302             Q8=V*C8
 319      00303             Q28(I)=0.0
 320      00304             Q28(I)=Q8
 321      00305             Q78=Q7+Q8
 322      00306             Q278(I)=0.0
 323      00307             Q278(I)=Q78
 324      00308             V=V-Q78+DV
 325      00309             DVV=0.0
 326      00310             IF(V.LT.HV) GO TO 71
 327      00311             DVV=V-HV
 328      00312             V=HV
 329      00313          71 CONTINUE
 330      00314             U=U+DVV
 331      00315             DUV=0.0
 332      00316             IF(U.LT.HU) GO TO 61
```

```
CARD     ISN          SOURCE STATEMENT

 333     00317              DUV=U-HU
 334     00318              U=HU
 335     00319           61 CONTINUE
 336     00320              DH=(DU+DUV)/8
 337     00321              VH=V#VC/PA/1000.0-VL
 338     00322              UU(I)=0.0
 339     00323              UU(I)=U
 340     00324              VV(I)=0.0
 341     00325              VV(I)=V
 342     00326              DDVV(I)=DVV
 343     00327              DDUV(I)=DUV
 344     00328              Q6V=Q6-DVV
 345     00329              Q6U=Q6-DUV
 346     00330              Q36V(I)=Q6V
 347     00331              Q36U(I)=Q6U
 348     00332              DDH(I)=0.0
 349     00333              DDH(I)=DH
 350     00334              VVH(I)=0.0
 351     00335              VVH(I)=VH
 352     00336              W=W+Q8*VH
 353     00337              Q9=W#C9
 354     00338              IF(W.LT.0.01) Q9=0.0
 355     00339              W=W-Q9
 356     00340              Q39(I)=0.0
 357     00341              Q39(I)=Q9
 358     00342              WW(I)=0.0
 359     00343              WW(I)=W
 360     00344              G=(Q7+Q9)/8
 361     00345              GG(I)=0.0
 362     00346              GG(I)=G
 363     00347              IF(I.GE.N) GO TO 91
 364     00348              WRITE(6,601) I,QM35(I),DH, G,I,VH
 365     00349           601 FORMAT(1H ,I4,3F12.1,I10,F9.1)
 366     00350            91 CONTINUE
 367     00351              WRITE(6,801)
 368     00352           801 FORMAT(1H1//3X,'R')
 369     00353              CALL PRINT(R)
 370     00354              WRITE(6,701)
 371     00355           701 FORMAT(1H1//3X,'Q1')
 372     00356              CALL PRINT(Q21)
 373     00357              WRITE(6,702)
 374     00358           702 FORMAT(1H1//3X,'Q2')
 375     00359              CALL PRINT(Q22)
 376     00360              WRITE(6,703)
 377     00361           703 FORMAT(1H1//3X,'Q3')
 378     00362              CALL PRINT(Q23)
 379     00363              WRITE(6,135)
 380     00364           135 FORMAT(1H1//3X,'QM35')
 381     00365              CALL PRINT(QM35)
 382     00366              WRITE(6,704)
 383     00367           704 FORMAT(1H1//3X,'Q4')
 384     00368              CALL PRINT(Q24)
 385     00369              WRITE(6,705)
 386     00370           705 FORMAT(1H1//3X,'Q5')
 387     00371              CALL PRINT(Q25)
 388     00372              WRITE(6,852)
 389     00373           852 FORMAT(1H1//3X,'QP52')
 390     00374              CALL PRINT(QP52)
 391     00375              WRITE(6,705)
 392     00376           706 FORMAT(1H1//3X,'Q6')
 393     00377              CALL PRINT(Q26)
 394     00378              WRITE(6,756)
 395     00379           756 FORMAT(1H1//3X,'Q56')
 396     00380              CALL PRINT(Q256)
 397     00381              WRITE(6,776)
 398     00382           776 FORMAT(1H1//3X,'DVV')
 399     00383              CALL PRINT(DDVV)
 400     00384              WRITE(6,777)
 401     00385           777 FORMAT(1H1//3X,'DUV')
 402     00386              CALL PRINT(DDUV)
 403     00387              WRITE(6,788)
 404     00388           788 FORMAT(1H1//3X,'Q6V')
 405     00389              CALL PRINT(Q36V)
 406     00390              WRITE(6,779)
 407     00391           779 FORMAT(1H1//3X,'Q6U')
 408     00392              CALL PRINT(Q36U)
 409     00393              WRITE(6,707)
 410     00394           707 FORMAT(1H1//3X,'Q7')
 411     00395              CALL PRINT(Q27)
 412     00396              WRITE(6,708)
 413     00397           708 FORMAT(1H1//3X,'Q8')
 414     00398              CALL PRINT(Q28)
 415     00399              WRITE(6,778)
 416     00400           778 FORMAT(1H1//3X,'Q78')
 417     00401              CALL PRINT(Q278)
 418     00402              WRITE(6,709)
 419     00403           709 FORMAT(1H1//3X,'Q9')
 420     00404              CALL PRINT(Q29)
 421     00405              WRITE(6,799)
 422     00406           799 FORMAT(1H1//3X,'G')
 423     00407              CALL PRINT(GG)
 424     00408              WRITE(6,775)
 425     00409           775 FORMAT(1H1//3X,'DH')
 426     00410              CALL PRINT(DDH)
 427     00411              WRITE(6,791)
 428     00412           791 FORMAT(1H1//3X,'S')
 429     00413              CALL PRINT(SS)
 430     00414              WRITE(6,761)
 431     00415           761 FORMAT(1H1//3X,'S MINUS')
 432     00416              CALL PRINT(SSM)
 433     00417              WRITE(6,792)
 434     00418           792 FORMAT(1H1//3X,'T')
 435     00419              CALL PRINT(TT)
 436     00420              WRITE(6,793)
 437     00421           793 FORMAT(1H1//3X,'U')
 438     00422              CALL PRINT(UU)
 439     00423              WRITE(6,763)
 440     00424           763 FORMAT(1H1//3X,'U MINUS')
 441     00425              CALL PRINT(UUM)
 442     00426              WRITE(6,794)
 443     00427           794 FORMAT(1H1//3X,'V')
 444     00428              CALL PRINT(VV)
```

```
 CARD      ISN          SOURCE STATEMENT

  445     00429              WRITE(6,764)
  446     00430          764 FORMAT(1H1//3X,'V MINUS')
  447     00431              CALL PRINT(VVM)
  448     00432              WRITE(6,784)
  449     00433          784 FORMAT(1H1//3X,'VH')
  450     00434              CALL PRINT(VVH)
  451     00435              WRITE(6,795)
  452     00436          795 FORMAT(1H1//3X,'W')
  453     00437              CALL PRINT(WW)
  454     00438              STOP
  455     00439              END
```

```
 ERROR NO. CC    ISN    SYMBOL    MESSAGE

  JME552I  00           QQD       VARIABLE IS NOT APPEAR IN ANY EXECUTABLE STATEMENT.
  JME551I  00           QM51      VARIABLE IS DEFINED, BUT NEVER REFERENCED.
  JME551I  00           QM52      VARIABLE IS DEFINED, BUT NEVER REFERENCED.
  JME551I  00           QP35      VARIABLE IS DEFINED, BUT NEVER REFERENCED.
  JME551I  00           QP51      VARIABLE IS DEFINED, BUT NEVER REFERENCED.
  JME551I  00           QQ33      VARIABLE IS DEFINED, BUT NEVER REFERENCED.
  JME551I  00           QQ55      VARIABLE IS DEFINED, BUT NEVER REFERENCED.
  JME552I  00           QQ58      VARIABLE IS NOT APPEAR IN ANY EXECUTABLE STATEMENT.

*PROGRAM SIZE   299216(0490000) BYTES, SOURCE STATEMENTS =   439, PROGRAM NAME =   MAIN, NOT USED CORE =  204K BYTES

*   8 ERRORS IN THIS COMPILATION, HIGHEST SEVERITY CODE IS  0
```

```
*EFFECTIVE OPTIONS: NAME(  MAIN),OPTIMIZE(2),SIZE(MAX),LINECOUNT(60),AUTODBL(NONE),FLAG(0),LEVEL(0)
    ,SOURCE,EBCDIK,OBJECT,NOMAP,NOXREF,NODECK,NOLIST,NOGOSTMT,NOALC,NOJISF,ERSTMT,NOMEMBER,NOGENERIC,FIXED
    ,NOIAP,NOTERM,DEBUG,NOTEST

 CARD      ISN          SOURCE STATEMENT

  456     00001              SUBROUTINE PRINT(A)
  457     00002              COMMON/STEN/ N,II
  458     00003              DIMENSION A(1),C(40,31),D(40),E(40),H(40)
  459     00004              MON=30
  460     00005              J=1
  461     00006              K=0
  462     00007              B=0.0
  463     00008              F=22.5
  464     00009              G=21.5
  465     00010              X=0.0
  466     00011              Y=0.0
  467     00012              Z=0.0
  468     00013              DO 1000 I=N,II
  469     00014              B=B+A(I)
  470     00015              K=K+1
  471     00016              C(J,K)=A(I)
  472     00017              D(J)=0.0
  473     00018              D(J)=B
  474     00019              IF(K.EQ.MON) GO TO 10
  475     00020              GO TO 500
  476     00021           10 GO TO (31,31,29,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31,31,28,31,30,31,30,31
  477                        -      ),J
  478     00022           31 CONTINUE
  479     00023              IF(MON.EQ.31) GO TO 91
  480     00024              IF(MON.EQ.30) GO TO 90
  481     00025              IF(MON.EQ.29) GO TO 89
  482     00026              C(J,29)=-99999.0
  483     00027           89 C(J,30)=-99999.0
  484     00028           90 C(J,31)=-99999.0
  485     00029           91 B=0.0
  486     00030              MON=31
  487     00031              K=0
  488     00032              J=J+1
  489     00033              GO TO 1000
  490     00034           30 CONTINUE
  491     00035              B=0.0
  492     00036              MON=30
  493     00037              K=0
  494     00038              J=J+1
  495     00039              GO TO 1000
  496     00040           29 CONTINUE
  497     00041              B=0.0
  498     00042              MON=29
  499     00043              K=0
  500     00044              J=J+1
  501     00045              GO TO 1000
  502     00046           28 CONTINUE
  503     00047              B=0.0
  504     00048              MON=28
  505     00049              K=0
  506     00050              J=J+1
  507     00051              GO TO 1000
```

```
 CARD      ISN          SOURCE STATEMENT

  508     00052           500 CONTINUE
  509     00053          1000 CONTINUE
  510     00054               WRITE(6,400)
  511     00055           400 FORMAT(1H ,8X,'NOV',3X,'DEC',3X,'JAN',3X,'FEB',3X,'MAR',3X,'APR',
  512                        -          3X,'MAY',3X,'JUN',3X,'JUL',3X,'AUG',3X,'SEP',3X,'OCT',
  513                        -          3X,'NOV',3X,'DEC',3X,'JAN',3X,'FEB',3X,'MAR',3X,'APR',
  514                        -          3X,'MAY',3X,'JUN')
  515     00056               DO 1 K=1,31
  516     00057               WRITE(6,401) K,(C(J,K),J=1,20),K
  517     00058           401 FORMAT(1H ,I2,3X,20F6.1,3X,I2)
  518     00059               IF(K.EQ.30) GO TO 1
  519     00060               L=MOD(K,5)
  520     00061               IF(L.EQ.0) WRITE(6,600)
  521     00062           600 FORMAT(1H )
  522     00063             1 CONTINUE
  523     00064               WRITE(6,402) (D(J),J=1,20)
  524     00065           402 FORMAT(1H0,'TOTAL',20F6.1)
  525     00066               DO 2 J=1,20
  526     00067               E(J)=D(J)/F
  527     00068               H(J)=E(J)*G
  528     00069               X=X+D(J)
  529     00070               Y=Y+E(J)
  530     00071               Z=Z+H(J)
  531     00072             2 CONTINUE
  532     00073               WRITE(6,442) X
  533     00074           442 FORMAT(1H ,F10.2)
  534     00075               WRITE(6,403) (E(J),J=1,20)
  535     00076           403 FORMAT(1H0,'TOT/B',20F6.1)
  536     00077               WRITE(6,442) Y
  537     00078               WRITE(6,404) (H(J),J=1,20)
  538     00079           404 FORMAT(1H0,'TOT*A',20F6.1)
  539     00080               WRITE(6,442) Z
  540     00081               RETURN
  541     00082               END

*PROGRAM SIZE     7560(001D88) BYTES, SOURCE STATEMENTS =    82, PROGRAM NAME =  PRINT, NOT USED CORE =  299K BYTES

*NO ERROR IN THIS COMPILATION

*PROGRAM UNITS =   2,    8 DIAGNOSTICS GENERATED, HIGHEST SEVERITY CODE IS  0
```

20. 参 考 資 料

地下水涵養技術の開発	建設省土木研究所，㈶国土開発技術研究センター	S. 52. 3
地下水涵養技術の開発	建設省土木研究所，㈶国土開発技術研究センター	S. 53. 2
地下水涵養技術の開発	建設省土木研究所，㈶国土開発技術研究センター	S. 54. 2
地下水涵養技術の開発	建設省土木研究所，㈶国土開発技術研究センター	S. 55. 3
地下水涵養技術の開発	建設省土木研究所，㈶国土開発技術研究センター	S. 56. 3
昭和53年度地下水涵養技術の開発成果報告	水文研究室	
地下水涵養技術の開発概要報告書	建 設 省	S. 56.10
地下水涵養技術の開発報告書	建 設 省	S. 57. 3
地下ダムの適用条件に関する研究に伴う水理地質調査	国土地理院	1978. 8
野母崎地下ダム基礎調査		S. 54. 1
地下ダム総合実験のための地下水解析報告書	土木研究所	1980. 3
地下ダムの総合実験に伴う地下水調査	土木研究所	1980. 3
野母崎地下ダム観測資料	九州地建長崎工事々務所	1981. 3
地下水涵養技術の開発概要報告書	建 設 省	昭和53年度
地下水涵養技術の開発概要報告書	建 設 省	昭和54年度
地下水涵養技術の開発概要報告書	建 設 省	昭和55年度
地下ダム総合実験解析業務委託報告書	土木研究所	S. 56. 2

21. 参 考 文 献

遠藤・佐合	地下ダムの水収支的検討	第33回土木学会年講	S 53. 9
難波・佐合・石崎	地下ダムの現地調査	第34回土木学会年講	S 54. 9
難波・佐合・石崎	地下ダムの現地調査 (2)	第35回土木学会年講	S 55. 9
難波・佐合・石崎	〃 (3)	第36回土木学会年講	S 56.10
石崎，佐合	野母崎地下ダムの実用化試験	地下水学会秋季講演会	S 56.10
石崎，佐合	遮水壁型地下ダムの実用化調査	建設省技術研究会	S 56.10
石崎，佐合，難波	地下ダムの実用化の関する調査(1)	土木技術資料Vol.23.10.(1981)	
佐合，鈴木，石崎	地下ダムの実用化の関する調査(2)	土木技術資料Vol.23.10.(1981)	
佐合	野母崎地下ダム （S・56秋季講習会テキスト）		

㈳日本地下水技術協会

（文責 佐合）

野母崎地下ダム実用化調査 －本編－

ISSN 0386－5878
土研資料第１７５６号
昭和５７年３月

建設省土木研究所
河川部水文研究室

キーワード　地下水，水資源

要旨

長崎県野母崎町樺島において地下ダムの実用化に関する調査を行った。

郵便はがき

〒305-□□

40円切手をはって下さい。

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

河川部水文研究室宛

No.

No.

配布先氏名

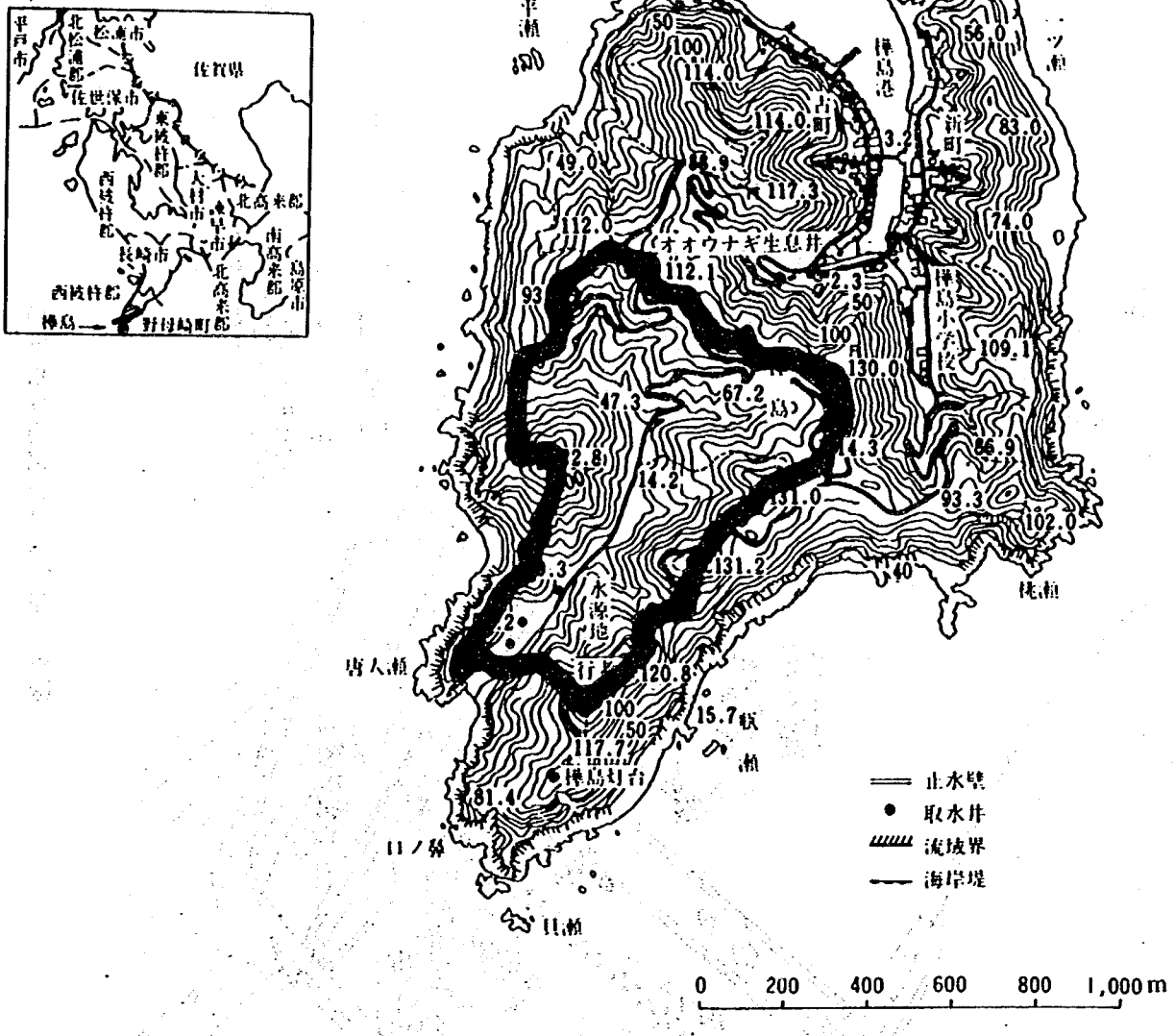
配布先住所

土木研究所資料第1756号（野母崎地下ダムの実用化調査－本編－）　部

上記のとおり受領しました。

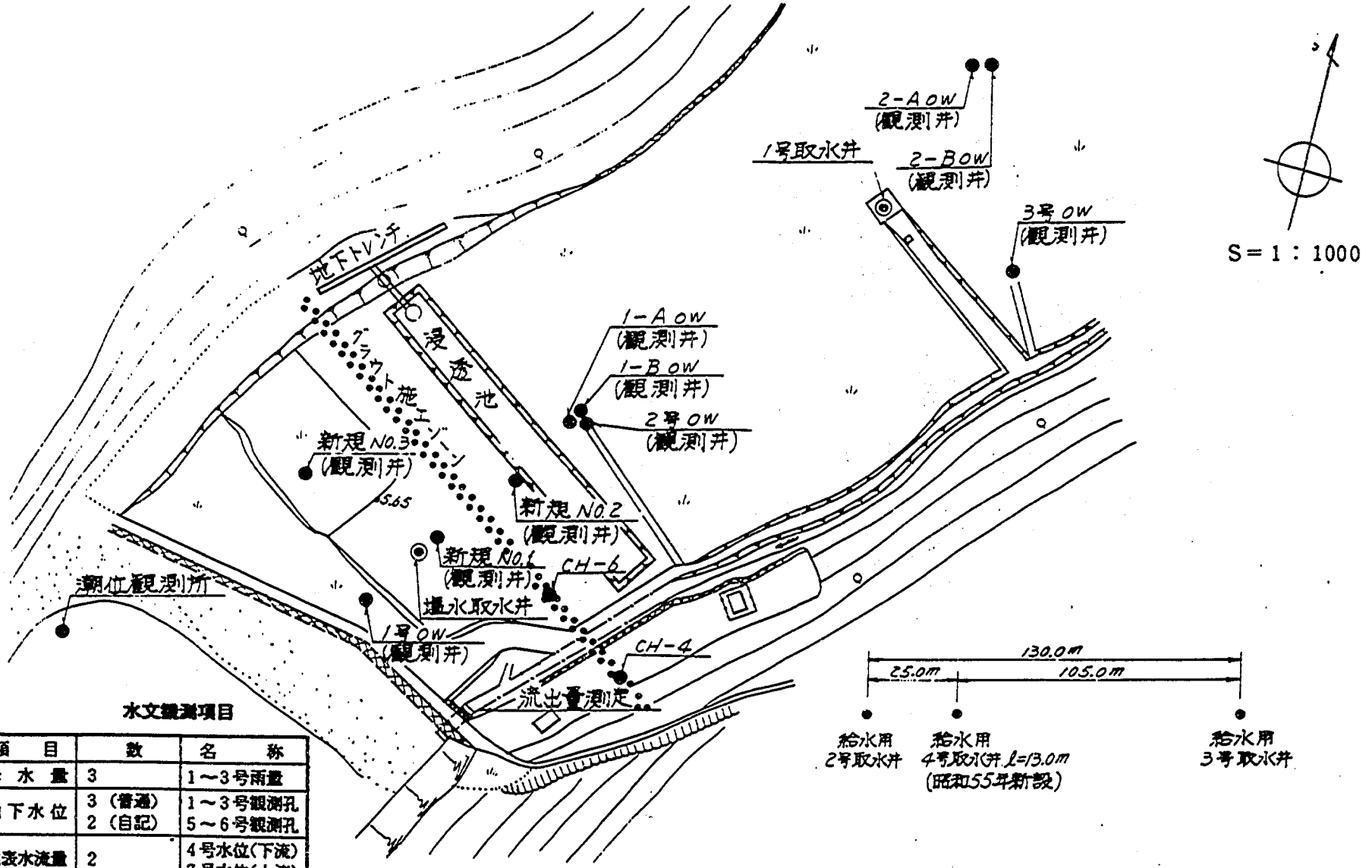
所　属（住所）

氏 名　　㊞



平戸市
北松浦郡
松浦市
佐賀県
佐世保市
東彼杵郡
西彼杵郡
大村市
東早市
北高来郡
南高来郡
長崎市
北高来郡
島原市
西彼杵郡
樺島
野母崎町
3.0
里平瀬
京崎
一ツ瀬
樺島港
古町
新町
オオウナギ生息井
樺島小学校
水源地
行
唐人瀬
樺島灯台
口ノ鼻
貝瀬
桃瀬
止水壁
取水井
流域界
海岸堤
0
200
400
600
800
1,000m

図1　地下ダム位置図



水文観測項目

項　目	数	名　称
降水量	3	1～3号雨量
地下水位	3（普通） 2（自記）	1～3号観測孔 5～6号観測孔
地表水流量	2	4号水位(下流) 7号水位(上流)
蒸発量	1	
取水量	4	1～4号取水井
地盤沈下量	3	1～3号沈下盤

図2　地下ダム水文観測位置図

日　雨　量　(mm/日)

観測点（1号，2号，3号，平均）

期　間（S.52.8 ～ S.56.3）

観測所番号

日雨量年表

昭和 52年（1977）

水系	野母崎町	河川	樺島地下ダム	観測所	1号雨量観測

月/日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1											14.0	2.0	
2									20.0	(25.0)			
3										0.5			
4								21.0					
5													
6													
7													
8								59.5			4.0	1.0	
9									11.0				
10													
11								31.5	(15.0)			0.5	
12													
13													
14												9.0	
15											1.5		
16											57.0	4.5	
17													
18													
19													
20											3.0		
21											6.5		
22													
23								108.5	4.0				
24								3.0	4.5			7.5	
25									31.0			0.5	
26													
27													
28									9.0				
29											7.0	8.0	
30												8.5	
31												14.5	
								223.5	94.5	25.5	93.0	56.0	492.5

観測所番号

日雨量年表

昭和 53年（1978）

水系	野母崎町	河川	樺島地下ダム	観測所	1号雨量観測

月/日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1		0.5		3.0				7.5				10.5	
2	1.0	0.5		1.0				25.5					
3			23.3			7.5		2.5					
4	10.5									0.5		20.5	
5	1.0	3.0		25.5	7.5					0.5			
6					16.5			4.0					
7	6.5												
8		4.0	2.3						15.5	3.5			
9	15	20.5	11.0		2.0				1.0	0.5		10.0	
10				1.5		103.5						2.0	
11				28.0		36.0	6.5				45.5		
12	6.0						17.5				44.5		
13	13.0						5.0						
14									5.0				
15	2.5			31.5		3.5			0.5				
16					3.0		24.0				3.5		
17	0.5	1.0		3.5	2.5						2.0		
18	2.0			8.5	32.0			1.0	1.5				
19	8.0					1.0			4.5				
20	4.5		8.5	1.5		36.5		17.0					
21	1.5		15.7			22.5							
22						23.5						10.0	
23	13.5			22.0		14.5						1.0	
24	0.5			0.5		36.0							
25										7.5			
26			1.0					1.5	2.5	3.5	0.5		
27	0.5	1.0	1.5						5.5	4.0	1.5	0.5	
28				14.0			0.5		86.0	0.5	1.5		
29									6.0		0.5		
30	4.5					4.0	9.0						
31	4.0						12.0						
	81.5	30.5	63.3	140.5	63.5	228.5	92.5	59.0	124.0	20.5	99.5	54.5	1101.8

観測所番号

日雨量年表

昭和 54 年（1979）

水系	野母崎町	河川	樺島地下ダム	観測所	1号雨量観測

日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1				46.5	2.5		11.0						
2							2.0		1.0				
3							10.5		9.0		8.5		
4	3.0	3.0			0.5		16.0		1.0		5.0	0.5	
5		5.5						64.0			3.0	28.0	
6	1.0				1.0	13.5		54.0	1.5				
7			0.5	27.5	28.5	1.0	2.0						
8							3.0						
9		3.5					12.5				11.0		
10	9.5	2.0					7.5				1.5		
11	0.5		2.5			47.0							
12	5.0										0.5		
13				9.0	24.5						2.0		
14			10.5			9.5	27.0		9.0				
15	1.5				1.0	34.5		4.0	4.0				
16		3.5	5.5			15.0	142.5						
17	0.5	1.5				20.5	2.5	11.0		9.0	24.0		
18	1.5			9.0				5.0		95.0	4.5	2.5	
19			19.0	6.0		2.0				1.0		13.0	
20		5.0	9.5			40.0		11.0				5.5	
21		4.5	1.0			66.0	1.0					23.5	
22		19.5				9.5					20.0		
23	0.5	0.5				0.5						2.0	
24				16.0								2.0	
25	3.0			2.5							7.0	0.5	
26				6.0		16.0		47.0					
27						42.5		95.0			1.0		
28	7.0					88.5					8.5		
29	27.5		96.5			78.5							
30			0.5	5.5		4.5					0.5	5.0	
31	11.0												
計	71.5	48.5	145.5	128.0	58.0	487.0	267.5	296.0	25.5	105.0	97.0	82.5	1834

本値様式 雨量・2

観測所番号

日雨量年表

昭和 55 年（1980）

水系	野母崎町	河川	樺島地下ダム	観測所	1号雨量観測所

日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	10.0					6.5	18.5						
2	28.0					0.5	47					14.5	
3	1.5		2.0										
4		1.5	2.0								6.5	1.5	
5				3.5					5	4.0			
6	1.5	0.5	14.5	13.0			21			5.0			
7				0.5	2.5		5.5	11			1.0		
8	6.5		24.5	5.5	30.0	4.5	4.5					6.0	
9	5.5						15		14.5			2.0	
10						35.0	35.5		27			2.5	
11				15.5			9.5		20.5	0.5		1.0	
12	19.0			40.0	21.5	1.0	8.5			7.0		1.5	
13			0.5	3.0		6.0	2.5	9		61.5			
14	2.0	1.0	0.5		9.5	43.5	1	1					
15	0.5						2						
16	1.5			3.0									
17			1.5			25.0	8	17.5					
18		21.5				16.5	4	8	1.5	48.0			
19	2.5			16.0		39.5		2	26.5	4.0			
20			5.5	8.0	115.0	66.5		5.0					
21			11.0			1.0		21.5			14.5		
22			3.5			20.5		6.6				2.5	
23					5.5	226.5	22			6.5		5.0	
24					27.0	6.5			1	7.0	0.5		
25		2.0			8.0				1	1.5			
26		7.0		2.0		1.0		3.5	4.5				
27				12.0			5.5	6.5			4.5	0.5	
28	1.0		13.5					21			1.5		
29	3.5	35.5	9.0	3.5	1.0		21.5	15					
30			0.5		24.0		56.5	15					
31	1.5		5.0										
計	84.5	69.0	93.5	125.5	244.0	500.0	378	247	101.5	145.0	27.5	37.0	2023

注. 日雨量年表は原則として時間雨量日表の各値の日合計を表す。

本値様式 雨量

観測所番号

日雨量年表

昭和 56年 (1981)

水系		河川		観測所	野母崎ノ首

日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	1.5		0.5	21.0									
2	0.5			2.5	37.5								
3			2.0		2.0				40.0				
4				9.0				5.5	7.0				
5				7.5									
6			1.0		4.0								
7					4.0		37.0						
8			8.0				4.0	6.0					
9				36.5				103.5					
10	2.0								9.5				
11	0.5				39.5	7.5		14.0	1.0				
12		7.0	5.5	0.5		33.5	1.5						
13		9.5		0.5		23.5							
14			3.0			3.0							
15	2.5			49.5		0.5							
16	0.5	故障		0.5	21.5								
17	0.5	↓			0.5	4.0							
18	0.3					1.5			4.5				
19			4.5	22.0		9.5			1.0				
20			2.0										
21	0.5		2.6.0										
22		1.6.0				13.5							
23		1.5											
24	7.0		28.5	7.5	4.5				2.0				
25			0.5			0.5	0.5		30.0				
26						69.5	1.5	11.0	7.0				
27					19.5	5.5	7.5	152.0					
28		8.0	1.5		2.0			15.5					
29		/	2.5	31.0		8.0							
30	0.5	/	3.5			91.5							
31	1.5	/	0.5	/		/	33.5		/		/		
計	28.0	42.0	86.5										

注. 日雨量基準時刻については別紙雨量月表の基準時刻の項を記入する。

観測所番号

日雨量年表

昭和52年(1977)

本署	野母崎町	河川	樺島地下ダム	観測所	2号雨量観測

日/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	.	.	5.5	.	18.5	39.0	.	.	.	.	13.5	(2.0)	.
2	.	.	1.0	.	.	.	.	.	22.0	25.0	.	.	.
3	.	.	0.5	.	28.0	.	.	.	0.5	0.5	.	.	.
4	.	.	.	.	37.5	.	0.5	23.0	.	.	.	.	.
5	.	.	.	.	29.0	.	.	0.5	.	.	.	.	.
6	.	.	.	21.5	0.5	8.0	1.5	.	.	.	.	.	.
7	.	.	.	.	.	1.5	.	.	.	0.5	2.5	.	.
8	.	.	9.0	.	.	.	.	53.0	.	.	0.5	0.5	.
9	.	15.0	.	17.5	.	29.0	10.0	.	12.0	.	.	.	.
10	.	.	.	.	.	17.5	20.5	.	.	.	.	.	.
11	.	.	.	.	5.0	12.5	.	32.5	15.0	.	.	1.0	.
12	.	.	.	9.5	.	.	.	.	.	.	.	.	.
13	.	.	1.5	.	1.5	.	.	.	.	.	.	.	.
14	.	.	3	20.5	28.0	9.0	22.5	.	.	.	.	(9.0)	.
15	.	0.5	3.5	16.0	.	33.5	1.0	.	.	.	0.5	.	.
16	.	.	1.0	.	.	53.5	8.0	.	.	.	57.0	(4.5)	.
17	.	0.5	10.0	33.5	.	35.0	0.5	.	.	.	.	.	.
18	.	.	1.0	.	.	.	38.0	.	.	.	.	.	.
19	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
20	.	12.0	.	.	6.0	.	.	.	.	.	3.0	.	.
21	.	.	.	.	8.5	3.0	.	.	.	.	4.5	.	.
22	.	.	9.5	.	.	8.5	.	.	.	.	.	.	.
23	.	.	18.0	.	.	15.5	.	116.0	4.5	.	0.5	.	.
24	.	0.5	.	6.5	.	.	.	3.5	5.5	.	.	8.0	.
25	.	28.5	.	.	47.0	.	.	.	28.5	.	.	.	.
26	.	2.5	.	5.5	3.0	.	.	.	.	.	.	.	.
27	.	.	.	30.5	.	76.0	.	.	.	.	.	.	.
28	.	.	.	.	.	8.0	.	.	10.5	.	0.5	.	.
29	.	/	27.0	.	11.5	.	.	.	.	.	8.5	10.5	.
30	.	/	2.0	.	.	0.5	.	.	.	.	.	11.0	.
31	.	/	/	.	/	/	/	/	/	/	/	13.5	/
計	.	59.5	97.5	161.0	229.0	350.0	102.5	224.5	98.5	26.0	9.2	60.0	1419.5

観測所番号

日雨量年表

昭和53年(1978)

本署	野母崎町	河川	樺島地下ダム	観測所	2号雨量観測

日/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	0.5	0.5	.	5.0	0.5	.	.	7.5	.	.	.	10.5	.
2	0.5	0.5	.	0.5	.	.	.	34.5	.	.	.	.	.
3	.	.	23.5	.	.	7.5	.	4.0	.	.	.	.	.
4	12.0	.	.	.	.	0.5	.	.	.	1.5	.	19.0	.
5	1.0	3.5	.	26.5	9.5	.	.	0.5	.	1.0	.	.	.
6	.	.	.	.	16.0	.	.	5.0	.	.	.	.	.
7	7.0	.	3.5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8	.	4.0	1.5	.	.	.	.	.	15.5	4.0	.	.	.
9	2.0	23.0	9.0	.	2.0	.	.	.	2.5	1.0	.	11.5	.
10	.	0.5	.	3.0	.	122.0	.	.	.	.	.	3.0	.
11	.	.	.	27.5	.	18.0	7.5	.	.	.	47.5	.	.
12	9.0	.	.	.	.	.	17.0	.	0.5	.	44.0	.	.
13	12.5	.	.	.	.	.	6.0	.	.	.	.	.	.
14	.	.	.	.	.	.	.	.	6.5	.	.	.	.
15	2.5	.	.	33.5	.	3.5	.	.	0.5	.	.	.	.
16	.	.	.	.	2.5	.	23.0	.	.	.	4.0	.	.
17	0.5	2.0	.	2.5	2.5	.	.	.	.	.	1.5	.	.
18	2.5	.	.	10.5	30.5	.	0.5	1.0	5.0	.	0.5	.	.
19	7.0	.	.	0.5	.	1.0	.	.	3.0	.	.	.	.
20	6.0	.	9.0	1.0	.	36.5	.	17.5	.	.	.	.	.
21	1.0	.	14.5	.	.	17.5	.	.	.	.	.	1.0	.
22	.	.	.	0.5	.	27.0	.	.	.	.	.	12.5	.
23	14.5	.	.	25.0	.	3.5	.	.	.	.	.	.	.
24	1.0	.	.	.	.	50.0	.	.	.	.	.	.	.
25	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9.5	.	.	.
26	.	.	2.0	.	.	.	.	2.5	4.5	2.0	.	.	.
27	0.5	1.0	1.5	.	.	.	.	.	7.5	4.5	2.0	1.0	.
28	.	.	.	17.0	.	.	1.0	.	86.5	0.5	.	.	.
29	.	/	.	.	.	.	.	.	6.5	.	.	.	.
30	4.5	/	0.5	.	.	.	8.0	.	.	.	.	.	.
31	5.5	/	/	/	/	/	13.0	/	/	/	/	/	/
計	90.0	35.0	65.0	153.0	63.5	287.0	76.0	72.5	138.0	24.0	99.5	58.0	1161.5

観測所番号

日雨量年表

昭和 54 年 (1979)

水系	野母崎町					河川	伴島地下ダム			観測所	2号雨量観測所			
日/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1		1.0	2.0	53.5	3.0		10.5						
2		0.5					3.0		0.5				
3							57.5		9.5		9.0		
4	3.5	4.0			1.5		19.5				4.0	6.5	
5		5.0	3.5					18.5	1.0		2.5	28.5	
6	1.5				1.0	21.0		53.0					
7			3.5	33.5	36.0	1.0	1.0						
8							3.5		0.5				
9		4.5	30.5				13.5				13.0		
10	9.5	1.5					6.5				1.5		
11	1.0		1.5			48.0	0.5						
12	6.5	0.5									0.5	0.5	
13			0.5	7.5	30.0		0.5				2.0		
14	2.0		9.5			10.0	20.5		23.5				
15	2.0				1.0	35.0		4.0	0.5				
16		2.0	6.0			17.5	28.5						
17	1.5	2.0				20.5	0.5	10.5		15.0	25.5		
18	1.0			12.0		0.5				82.5	3.0	2.5	
19			20.5	5.0		1.0		1.0		1.0		12.5	
20	1.0	5.5	12.0			90.0	23.0	9.0				13.5	
21		4.5	0.5			27.5	1.5					20.5	
22		74.0				7.5					20.5		
23		1.0	15.5			0.5						2.5	
24	1.0			15.5				0.5				3.5	
25	3.0	0.5		2.5				42.0			8.5	0.5	
26				6.0		14.0		73.5				0.5	
27						63.5					1.0		
28	11.5	1.0				81.5					10.0		
29	25.5		96.5	8.0		75.5							
30				3.0		5.0					1.0	5.5	
31	1.0		1.5										
計	81.5	101.5	203.5	148.5	72.5	677.5	301.0	267.0	35.5	95.5	102.0	93.0	2007

注. 日雨量不足は降雨として時間雨量観測表の降雨有無の欄に記入する。

本県様式 雨量-2

観測所番号

日雨量年表

昭和 55 年 (1980)

水系	野母崎町					河川	伴島地下ダム			観測所	2号雨量観測所			
日/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	9.0	0.5				8.0	13.5					1.5	
2	34.5						5.5					10.5	
3	1.0		4.5										
4	0.5	10.5	0.5								5.5	2.5	
5		0.5		2.5					3.5	5.5			
6	2.5	1.0	16.5	12.0			17.5			4.0			
7	0.5				3.0		4.	18.			1.0		
8	8.0		27.0	6.5	30.0	4.5	2.					5.0	
9	6.5						18.		12.				
10	0.5					33.5	39.5		31.5			5.5	
11				13.5			7.		24	0.5		1.5	
12	25.0			44.5	22.5	0.5	2.5			8.0		2.0	
13			1.0	3.0		8.0	1.5	7.5		52.0			
14	3.5	1.5		0.5	9.5	20.5	0.5	2.0				0.5	
15	1.0				2.5		0.5						
16	2.0		0.5	2.5			2.	0.5					
17			1.5			17.0	12.	17.5					
18		23.0				11.0		17.	1.5	44.0			
19	6.0			17.5		47.0		3.	32.	4.0			
20	1.5		6.5	7.5	111.0	65.5		5.1	0.5		0.5		
21			13.5			45.0		23.			12.5		
22			1.5					45.5				3.0	
23					6.0	16.0	26.			8.5		6.0	
24				0.5	27.0	6.0			1.5	7.0	1.0		
25		5.0			8.0				2.	2.5		0.5	
26				2.5			19.5		4.5	0.5			
27				19.5			10.	6.	0.5		5.5	1.5	
28	2.0		17.5					23.5			1.0	0.5	
29	3.5	38.0	5.0	3.5	1.0		21.	9.					
30			1.0		26.0		52.						
31	3.0		5.5										
計	110.5	80.0	102.0	130.0	246.5	434.5	217.5	85.5	78.5	198.5	27.0	40.5	2086

注. 日雨量不足は降雨として時間雨量観測表の降雨有無の欄に記入する。

本県様式 雨量

観測所番号

日雨量年表

昭和 56年（19　）

水系		河川		観測所	野母崎2号

日/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	1.5		5.0										
2	2.0												
3			4.0										
4													
5													
6			1.0										
7													
8			7.0										
9													
10	9.5												
11	0.5												
12		8.5	7.5										
13		8.5	4.0										
14													
15	2.5												
16	0.5	1.5											
17	0.5												
18	0.5												
19	0.5		5.5										
20			2.0										
21	1.0		26.0										
22		3.5											
23		1.0											
24	6.5		35.0										
25			0.5										
26													
27													
28		9.0	2.0										
29		/	2.5										
30	0.5	/	4.5										
31	1.5	/	/	/		/			/		/		
計	31.5	52.0	118.5										

注、三時等定時に係例として行う他観測所の降雨量の値を記入する。

日雨量年表

観測所番号 ・

昭和 52年（1977）

水系	野母崎町	河川	樺島地下ダム	観測所	3号雨量観測

日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	12.0	2.5	.
2	.	.	.	.	.	.	.	.	22.0	24.5	.	.	.
3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4	.	.	.	.	.	.	.	(22.0)	.	.	.	.	.
5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.5	.	.	.
8	.	.	.	.	.	.	.	44.0	.	.	1.5	1.0	.
9	.	.	.	.	.	.	.	.	11.5	.	.	.	.
10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
11	.	.	.	.	.	.	.	31.0	11.0	.	.	0.5	.
12	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
13	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
14	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10.5	.
15	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.0	.	.
16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	52.5	3.5	.
17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
18	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
19	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.0	.	.
21	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.5	.	.
22	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
23	.	.	.	.	.	.	.	116.5	4.0	.	.	.	.
24	.	.	.	.	.	.	.	3.0	5.0	.	.	8.0	.
25	.	.	.	.	.	.	.	.	29.0	.	.	.	.
26	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
27	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
28	.	.	.	.	.	.	.	.	9.5	.	0.5	.	.
29	.	/	.	.	.	.	.	.	.	.	7.0	8.5	.
30	.	/	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6.5	.
31	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	15.0	.
計								216.5	92.0	25.0	82.0	56.0	471.5

日雨量年表

観測所番号 ・

昭和 53年（1978）

水系	野母崎町	河川	樺島地下ダム	観測所	3号雨量観測

日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	0.5	0.5	.	3.5	.	.	.	8.5	.	.	.	9.0	.
2	1.0	0.5	.	1.5	.	.	.	30.0	.	.	.	.	.
3	.	.	23.0	.	.	8.5	.	2.0	.	.	.	.	.
4	13.0	.	.	.	.	.	.	.	.	1.0	.	16.0	.
5	0.5	4.0	.	29.0	8.5	.	.	.	.	1.0	.	.	.
6	.	.	.	.	16.0	.	.	5.0	.	.	.	.	.
7	7.0	.	3.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8	.	4.0	1.0	.	.	.	.	.	12.0	3.5	.	.	.
9	1.0	21.0	9.0	.	2.0	.	.	.	1.0	1.0	.	8.0	.
10	.	.	.	1.0	.	93.5	.	.	.	.	.	2.5	.
11	.	.	.	28.0	.	18.5	9.5	.	.	.	46.5	.	.
12	8.0	.	.	.	.	.	16.0	.	.	.	46.5	.	.
13	13.0	.	.	.	.	.	5.5	.	.	.	.	.	.
14	.	.	.	.	.	.	.	.	10.0	.	.	[illegible]	.
15	2.0	.	.	31.0	.	3.5	.	.	.	.	.	.	.
16	0.5	.	.	.	2.0	.	26.5	.	.	.	3.5	.	.
17	1.5	.	.	2.5	2.5	.	.	.	.	.	1.5	.	.
18	2.0	0.5	.	11.0	30.0	.	2.0	1.5	2.5	.	.	.	.
19	6.5	.	.	0.5	.	0.5	.	.	5.0	.	.	[illegible]	.
20	3.5	.	10.5	1.0	.	41.5	.	12.0	.	.	.	.	.
21	1.0	.	16.5	.	.	8.5	.	.	.	.	.	0.5	.
22	.	.	.	.	.	35.0	.	.	.	.	.	12.0	.
23	15.0	.	.	27.5	.	0.5	.	.	.	.	.	.	.
24	0.5	.	.	0.5	.	54.5	.	.	.	.	.	.	.
25	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10.5	.	.	.
26	.	.	1.5	.	.	.	.	2.0	3.0	1.5	1.0	.	.
27	1.0	0.5	2.0	.	.	.	.	.	7.0	4.0	1.5	0.5	.
28	.	0.5	.	15.0	.	.	1.5	.	87.5	0.5	2.0	.	.
29	.	/	.	.	.	4.5	.	.	7.5	.	.	0.5	.
30	3.0	/	.	.	.	.	7.0	.	.	.	.	.	.
31	4.5	/	/	/	/	/	16.0	/	/	/	/	/	/
計	85.0	31.5	66.5	152.0	61.0	269.0	84.0	61.0	135.5	23.0	102.5	48.0	111.9

観測所番号

日雨量年表

昭和 54 年（1979）

水系	野母崎町	河川	樺島地下ダム	観測所	3号雨量観測

日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1			1.5	51.0	3.0		10.0						
2							0.5		1.5				
3							61.5		9.0		9.5		
4	3.0	4.0			1.0		13.5				6.0	6.0	
5		35.0						63.0			0.5	23.5	
6	1.0				1.5	17.5		51.0	1.0				
7			3.5	31.0	27.5	1.0							
8							5.5		0.5				
9		4.5	27.5				14.5				12.0		
10	11.5		4.5			33.0	5.0				1.0		
11	0.5		1.0			31.0							
12	6.0					0.5					1.0		
13			0.5	8.0	38.0		0.5				1.0		
14	1.5		11.0			9.0	5.0		7.5				
15	1.0			0.5	1.5	36.5		4.0					
16		2.0	5.0		1.0	3.5	32.0						
17	1.0	2.0				19.0	1.0	6.0		9.5	2.5		
18	1.0			9.0		1.5				17.0	2.5	0.5	
19			19.0	7.0		0.5		5.5			0.5	16.5	
20	1.0	6.5	9.0			29.5	31.0	10.0				19.0	
21		10.0	5.0			50.0	1.5				0.5	84.5	
22		68.5				6.0					20.5		
23		4.0	12.5			0.5						2.0	
24				13.0								2.0	
25	3.5	0.5		2.5				41.0			7.5		
26				5.5		10.5		15.0				0.5	
27						43.5					1.0		
28	10.5					81.5					8.5		
29	29.0		10.5			72.0							
30				6.0		6.0						5.0	
31	10.5												
計	81.0	96.5	205.0	123.5	63.5	485.5	395.5	246.5	43.5	26.5	97.5	99.0	1891.5

注．日雨量年表は原則として前日8時～当日の8時の雨量を記入する．

水資源次 別冊－2

観測所番号

日雨量年表

昭和 55 年（1980）

水系	野母崎町	河川	樺島地下ダム	観測所	3号雨量観測所

日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	12.5					8.0	12.0					2.0	
2	30.0						4.5				5.5	11.5	
3	1.5		3.0									0.5	
4		7.0	1.0									1.0	
5		0.5		3.0					3.5	4.0			
6	3.0	1.0	16.0	9.0			18.			3.5			
7					3.0		5.5	16.5			1.0		
8	6.5		28.5	6.0	34.5	5.0	4.5					4.5	
9	5.5		0.5				2.		13.5			1.5	
10						26.0	4.5		30.5			3.5	
11				17.5			2.		2.5	0.5		0.5	
12	71.0			44.5	20.5	1.0	14.5			9.0		1.5	
13			1.0	3.0		6.0	0.5	8.5		48.0			
14	2.0	1.5			3.5	30.5	0.5	1.					
15	1.0				1.5		1.						
16	1.0		1.0	2.0			8.	10.5					
17	0.5		0.5			23.0	8.5						
18		24.0				10.5			1.5	52.0			
19	4.5			16.5		53.0			29.5	3.5			
20	1.0		6.0	7.0	1.0	68.0							
21			14.0								12.5		
22	1.0		2.0			101.0						2.5	
23						229.5	28.			7.0		4.0	
24					27.5	10.0			1.	7.5			
25		5.0		0.5	6.5				0.5	2.0		0.5	
26		10.5		2.5		1.0	2.5	2.5	4.	0.5			
27				11.5			9.5	6.					
28	2.0		19.5					3.5				0.5	
29	4.0	31.0	4.5	2.5	1.5		2.5	1.5					
30			1.0		29.5	2.6	5.7	9.					
31	0.5		5.0										
計	101.5	80.5	103.5	126.5	129.0	577	148.5	82.5	84.5	137.5	19.0	34.0	1958

注．日雨量年表は原則として前日8時～当日の8時の雨量を記入する．

水資源次 別冊－3

観測所番号

日雨量年表

昭和 58 年 (19).

水系		河川		観測所	野坂崎3号

日 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12.	計
1	1.0		3.5										
2	1.0												
3			2.5										
4													
5													
6			1.0										
7													
8			10.0										
9													
10	3.0												
11			5.5										
12		6.5											
13		9.5											
14			3.0										
15	1.0												
16	1.0	10.5											
17	1.0												
18													
19	0.5		16.5										
20			23.0										
21	0.5												
22		17.5											
23		2.5											
24			3.5										
25	故												
26													
27	障												
28		8.0	1.5										
29		/	8.0										
30		/	3.0										
31	2.0	/	0.5	/		/			/		/		
計	22.0	57.8	108.5										

注. 日雨量は午前9時における前日9時までの降雨量の値を記入する.

水資源式 雨量-2

観測所番号

日雨量年表

昭和 52年 (1977)

水系	野母崎町	河川	樺島地下ダム	観測所	1.2.3号 平均

日 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	.	.	1.8	.	6.2	13.0	.	.	.	.	13.2	2.2	.
2	.	.	0.3	.	.	.	.	.	21.3	24.8	.	.	.
3	.	.	0.2	.	9.3	.	.	.	0.2	0.3	.	.	.
4	.	.	.	.	12.5	.	0.2	22.0	.	.	.	.	.
5	.	.	.	.	9.6	.	.	0.2	.	.	.	.	.
6	.	.	.	7.2	0.2	2.6	0.5	.	.	.	.	.	.
7	.	.	.	.	.	0.5	.	.	.	0.3	0.8	.	.
8	.	.	3.0	.	.	.	.	52.2	.	.	2.0	0.8	.
9	.	5.0	.	5.8	.	9.7	3.3	.	11.5	.	.	.	.
10	.	.	.	.	.	5.8	1.8	.	.	.	.	.	.
11	.	.	.	.	1.7	4.2	.	31.7	13.7	.	.	0.7	.
12	.	.	.	3.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
13	.	.	3.2	.	0.5	.	.	.	.	.	.	.	.
14	.	.	.	6.8	9.3	3.0	1.5	.	.	.	.	9.5	.
15	.	0.2	1.2	5.3	.	11.2	0.3	.	.	.	1.3	.	.
16	.	.	0.3	.	.	17.8	2.6	.	.	.	55.8	4.2	.
17	.	0.2	3.0	11.2	.	11.7	0.2	.	.	.	.	.	.
18	.	.	0.3	.	.	.	12.7	.	.	.	.	.	.
19	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
20	.	4.0	.	.	2.0	.	.	.	.	.	3.0	.	.
21	.	.	.	.	2.8	1.0	.	.	.	.	4.8	.	.
22	.	.	3.2	.	.	2.8	.	.	.	.	.	.	.
23	.	.	6.0	.	.	5.2	113.7	.	4.2	.	0.2	.	.
24	.	0.2	.	2.2	.	.	3.2	.	5.0	.	.	7.8	.
25	.	9.5	.	.	15.7	.	.	.	29.5	.	.	0.2	.
26	.	0.8	.	1.8	1.0	.	.	.	.	.	.	.	.
27	.	.	.	10.2	.	25.3	.	.	.	.	.	.	.
28	.	.	.	.	.	2.6	.	.	9.7	.	0.3	.	.
29	.	/	9.0	.	3.8	.	.	.	.	.	7.5	9.0	.
30	.	/	0.7	.	.	0.2	.	.	.	.	.	8.7	.
31	.	/	.	/	.	/	.	.	/	.	/	143	.
計	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

観測所番号

日雨量年表

昭和 53年 (1978)

水系	野母崎町	河川	樺島地下ダム	観測所	1.2.3号 平均

日 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	0.3	0.5	.	3.8	0.2	.	.	7.8	.	.	.	10.0	.
2	0.8	0.5	.	1.0	.	.	.	30.0	.	.	.	.	.
3	.	.	23.3	.	.	7.8	.	2.8	.	.	.	.	.
4	11.8	.	.	.	.	0.2	.	.	.	1.0	.	18.5	.
5	0.8	3.5	.	27.0	8.5	.	.	0.2	.	0.8	.	.	.
6	.	.	.	.	16.2	.	.	4.7	.	.	.	.	.
7	6.8	.	2.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8	.	4.0	1.6	.	.	.	.	.	14.3	3.7	.	.	.
9	1.5	21.5	9.7	.	2.0	.	.	.	1.5	0.8	.	9.8	.
10	.	0.2	.	1.8	.	106.3	.	.	.	.	.	2.5	.
11	.	.	.	27.8	.	24.2	7.8	.	.	.	46.5	.	.
12	7.7	.	.	.	.	.	16.8	.	.	.	45.0	.	.
13	12.8	.	.	.	.	.	5.5	.	.	.	.	.	.
14	.	.	.	.	.	.	.	.	7.2	.	.	.	.
15	2.3	.	.	32.0	.	3.5	.	.	0.3	.	.	.	.
16	0.2	.	.	.	2.5	.	24.5	.	.	.	3.7	.	.
17	0.8	1.0	.	2.8	2.5	.	.	.	.	.	1.7	.	.
18	2.2	0.2	.	10.0	30.8	.	0.8	1.2	3.0	.	0.2	.	.
19	7.2	.	.	0.3	.	0.8	.	.	4.2	.	.	.	.
20	4.7	.	9.3	1.2	.	38.2	.	15.5	.	.	.	.	.
21	1.2	.	15.6	.	.	16.2	.	.	.	.	.	0.5	.
22	.	.	.	0.2	.	28.5	.	.	.	.	.	11.5	.
23	14.3	.	.	24.8	.	6.2	.	.	.	.	.	0.3	.
24	0.7	.	.	0.3	.	46.8	.	.	.	.	.	.	.
25	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9.2	.	.	.
26	.	.	1.5	.	.	.	.	2.0	3.3	2.3	0.5	.	.
27	0.7	0.8	1.7	.	.	.	.	.	6.7	4.2	1.7	0.7	.
28	.	0.2	.	.	.	.	1.0	.	8.7	0.5	0.5	.	.
29	.	/	.	15.3	.	1.5	.	.	6.7	.	0.2	0.2	.
30	4.0	/	0.2	.	.	1.3	7.3	.	.	.	.	.	.
31	4.7	.	.	.	.	.	13.7	.	.	.	.	.	.
計	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

観測所番号

日雨量年表

昭和 54年（1979）

水系					河川				観測所	1, 2, 3号平均			
月/日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	.	0.0	1.2	50.0	2.8	.	10.5	.	.	.	.	.	.
2	.	0.2	.	.	.	.	1.5	.	0.7	.	.	.	.
3	.	.	.	.	.	.	60.5	.	9.2	.	9.0	.	.
4	3.2	4.0	.	.	1.0	.	16.3	.	0.3	.	5.0	4.3	.
5	.	4.7	2.2	.	.	.	.	66.8	0.3	.	2.0	25.3	.
6	1.2	.	.	.	1.2	17.3	.	52.7	0.8	.	.	.	.
7	.	.	2.5	30.7	30.7	1.0	1.0	.	.	.	.	.	.
8	.	.	.	.	.	.	4.0	.	0.3	.	.	.	.
9	.	4.2	1.3	.	.	.	13.5	.	.	.	11.0	.	.
10	10.2	1.2	1.8	.	.	7.3	7.3	.	.	.	1.3	.	.
11	0.7	.	1.7	.	.	42.0	0.2	.	.	.	.	.	.
12	5.8	0.2	.	.	.	0.2	.	.	.	.	0.7	0.2	.
13	.	.	0.3	8.8	27.5	.	0.3	.	.	.	1.7	.	.
14	1.2	.	10.3	.	.	6.3	24.2	.	1.3	.	.	.	.
15	1.5	.	.	0.2	1.2	34.7	.	3.0	1.5	.	.	.	.
16	.	2.5	5.5	.	0.3	17.0	138.0	.	.	.	.	.	.
17	1.0	1.8	.	.	.	2.0	1.3	9.2	.	10.2	25.0	.	.
18	1.2	.	.	10.0	.	0.7	.	1.7	.	8.2	3.3	1.8	.
19	.	.	19.5	6.0	.	1.2	.	3.8	.	0.7	0.2	14.0	.
20	0.7	5.7	10.2	.	.	63.2	14.7	10.0	.	.	.	12.7	.
21	:	3.3	0.7	.	.	47.8	1.3	.	.	.	.	22.8	.
22	.	54.0	.	.	.	7.7	.	.	.	.	20.3	.	.
23	0.2	1.8	9.3	.	.	0.5	.	.	.	.	.	2.2	.
24	0.3	.	.	14.8	.	.	.	0.2	.	.	.	2.5	.
25	3.2	0.3	.	2.5	.	.	.	27.7	.	.	7.7	1.3	.
26	.	.	.	5.8	.	12.5	.	61.8	.	.	.	0.3	.
27	.	.	.	.	.	43.2	.	31.7	.	.	1.8	0.3	.
28	9.7	0.3	.	.	.	23.8	.	.	.	.	9.0	2.8	.
29	27.3	/	99.5	2.7	.	25.3	.	.	.	.	.	.	.
30	.	/	0.2	4.8	.	4.5	.	.	.	.	0.5	3.7	.
31	10.8	/	0.5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
計	78.0	82.2	184.7	136.7	44.7	490.3	284.7	269.5	34.8	93.0	98.8	96.3	

観測所番号

日雨量年表

昭和 55年（1980）

水系					河川				観測所	1, 2, 3号平均			
月/日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	10.5	0.2	.	.	.	7.5	117.3	.	.	.	.	1.2	.
2	33.2	.	.	.	.	0.2	47.3	.	.	.	.	12.2	.
3	1.3	.	3.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4	0.2	6.3	1.2	.	.	.	.	.	.	.	3.7	1.7	.
5	.	0.3	.	3.0	.	.	.	.	4.0	4.5	.	.	.
6	2.3	0.8	15.7	11.3	.	.	18.8	.	.	4.2	.	.	.
7	0.2	.	.	0.2	2.8	.	5.0	15.2	.	.	1.0	.	.
8	7.0	.	26.7	6.0	31.5	4.7	3.7	.	.	.	.	5.2	.
9	5.8	.	0.2	.	.	.	18.7	.	13.3	.	.	1.3	.
10	0.2	.	.	.	.	31.5	40.2	.	29.7	.	.	3.8	.
11	.	.	.	15.5	.	.	6.2	.	22.0	0.5	.	1.0	.
12	21.7	.	.	43.0	21.5	2.8	10.2	.	.	8.0	.	1.7	.
13	.	.	0.8	3.0	.	6.7	1.5	9.0	.	53.8	.	.	.
14	2.5	1.3	0.2	0.2	7.5	31.5	0.7	1.3	.	.	.	0.3	.
15	0.8	.	.	.	1.3	.	1.2	.	.	.	.	.	.
16	1.5	.	0.5	2.5	.	.	3.3	3.7	.	.	.	.	.
17	0.2	.	1.2	.	.	21.7	9.5	11.7	.	.	.	.	.
18	.	22.8	.	.	.	12.7	1.3	8.3	1.5	48.7	.	.	.
19	4.3	.	.	16.7	.	46.5	.	1.7	29.3	3.8	.	.	.
20	0.8	.	6.0	7.5	25.7	66.7	.	33.7	0.2	.	.	.	.
21	.	.	12.8	.	.	15.3	.	14.8	.	.	13.2	.	.
22	0.3	.	2.3	.	.	40.5	.	43.8	.	.	.	2.7	.
23	.	.	.	.	3.8	208.0	36.3	.	.	7.3	.	5.0	.
24	.	.	.	0.2	27.2	7.5	.	.	1.5	7.2	0.8	.	.
25	4.0	.	.	0.2	7.5	.	.	.	1.2	2.0	.	0.3	.
26	.	5.8	.	2.3	.	0.7	14.8	2.0	4.3	0.3	.	.	.
27	.	.	.	2.3	.	.	8.3	6.2	0.2	.	5.0	0.7	.
28	1.7	.	16.8	.	.	.	.	2.8	.	.	1.3	0.3	.
29	3.7	34.8	6.2	3.5	1.2	.	22.5	9.8	.	.	.	.	.
30	.	.	0.8	.	26.5	8.7	55.5	11.0	.	.	.	.	.
31	1.7	.	5.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
計	98.8	76.5	99.7	127.3	206.5	511.2	441.3	182.0	106.8	135.8			

観測所番号
.

日雨量年表

昭和 56年 (1981)

木津	. .	河川		観測所	1, 2, 3号平均.

月/日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	1.0	.	4.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3	.	.	2.5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6	.	.	1.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8	.	.	8.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
10	2.8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
11	0.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12	.	7.0	4.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
13	.	9.2	1.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
14	.	.	2.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
15	2.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
16	0.7	11.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
17	0.7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
18	0.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
19	0.3	.	8.8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
20	.	.	14.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
21	0.7	.	16.7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
22	.	15.7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
23	.	1.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
24	6.8	.	31.7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
25	.	.	0.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
26	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
27	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
28	.	8.3	1.7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
29	.	.	2.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
30	0.5	.	3.7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
31	12.0	.	0.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
計	.	.	104.8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

日　蒸　発　量　(mm/日)

期　間（S.52.8 ~ S.55.12）

観測所番号

蒸発量年表

単位 mm/日

欠は欠測、( )は補正なし、一は降雨のため　昭和52年（1977）

水系　　河川　　観測所　野母崎 樺島

日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	.	.	.	.	.	.	.	.	欠	2.7	2.6	2.0	.
2	.	.	.	.	.	.	.	.	欠	3.1	4.0	2.1	.
3	.	.	.	.	.	.	.	.	欠	1.5	3.3	2.1	.
4	.	.	.	.	.	.	.	.	(4.4)	5.6	3.2	1.5	.
5	.	.	.	.	.	.	.	.	(2.7)	3.5	2.3	1.2	.
6	.	.	.	.	.	.	.	.	2.2	3.4	2.1	3.4	.
7	.	.	.	.	.	.	.	.	(4.3)	2.5	0.6	1.5	.
8	.	.	.	.	.	.	.	.	(6.4)	2.1	3.1	1.7	.
9	.	.	.	.	.	.	.	.	—	4.4	3.2	2.1	.
10	.	.	.	.	.	.	.	.	(3.8)	5.1	4.0	1.4	.
11	.	.	.	.	.	.	.	↓	(4.1)	4.3	3.9	0.6	.
12	.	.	.	.	.	.	.	(5.4)	(4.0)	2.9	3.3	1.6	.
13	.	.	.	.	.	.	.	(2.2)	4.2	3.2	3.0	3.4	.
14	.	.	.	.	.	.	.	(6.4)	(4.3)	2.8	3.0	0.8	.
15	.	.	.	.	.	.	.	(5.7)	6.0	4.2	3.0	1.3	.
16	.	.	.	.	.	.	.	欠	(6.7)	3.5	6.8	1.3	.
17	.	.	.	.	.	.	.	欠	(4.6)	3.9	2.0	2.6	.
18	.	.	.	.	.	.	.	(4.5)	(4.7)	5.4	4.3	2.6	.
19	.	.	.	.	.	.	.	(5.0)	(4.8)	6.1	2.7	3.0	.
20	.	.	.	.	.	.	.	(4.1)	5.5	4.8	—	1.8	.
21	.	.	.	.	.	.	.	(3.4)	(2.6)	3.7	9.1	(2.9)	
22	.	.	.	.	.	.	.	(4.7)	(2.1)	3.0	3.2	(1.7)	.
23	.	.	.	.	.	.	.	—	—	3.0	2.4	(1.7)	.
24	.	.	.	.	.	.	.	(7.9)	—	2.6	2.0	—	.
25	.	.	.	.	.	.	.	(4.4)	—	3.2	1.7	(1.7)	.
26	.	.	.	.	.	.	.	欠	(5.9)	4.2	1.6	(1.3)	.
27	.	.	.	.	.	.	.	(3.8)	2.2	3.2	4.3	(1.5)	.
28	.	.	.	.	.	.	.	(4.4)	(0.1)	2.6	0.8	(2.3)	.
29	.	／	.	.	.	.	.	(4.6)	(4.5)	2.7	3.4	—	.
30	.	／	.	.	.	.	.	(4.8)	(4.0)	3.6	0.6	(1.7)	.
31	.	／	.	／	.	／	.	欠	／	4.1	／	—	.
計	.	.	.	.	.	.	.	71.3	97.0	110.9	89.5	52.6	.
								4.8	4.2	3.6	2.9	1.9	

観測所番号

蒸発量年表

単位 mm/日

欠は欠測、( )は補正なし、一は降雨のため　昭和53年（1978）

水系　　河川　　観測所　野母崎 樺島

日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	(2.2)	(0.1)	欠	2.3	8.1	5.2	2.2	4.9	6.9	6.2	4.1	3.9	.
2	(0.9)	(0.7)	2.4	2.7	5.4	2.5	5.5	—	6.1	4.9	4.5	2.9	.
3	(2.8)	(1.6)	2.8	3.6	5.5	0.5	4.8	0.1	4.6	4.5	5.1	1.8	.
4	(0.0)	(1.9)	4.0	3.7	1.6	3.6	4.5	4.5	3.4	4.1	3.8	4.7	.
5	—	(0.1)	2.8	0.0	0.8	5.3	5.2	5.9	6.1	0.0	3.1	3.6	.
6	(6.5)	(1.0)	3.2	6.9	0.9	5.8	4.9	—	6.2	5.6	2.8	1.5	.
7	(3.6)	(1.6)	2.2	3.4	4.4	5.4	4.6	6.0	4.7	4.3	3.4	1.5	.
8	(4.4)	(0.8)	1.0	4.1	3.5	5.1	4.5	3.9	4.1	3.1	2.7	1.0	.
9	(1.6)	(3.0)	4.0	3.8	1.8	6.6	5.0	5.6	2.8	0.1	3.0	1.3	.
10	(1.4)	(0.5)	6.0	2.9	2.9	—	5.4	6.1	5.1	4.8	2.4	1.1	.
11	(2.8)	(1.3)	3.4	—	3.7	—	4.9	5.2	4.6	4.9	6.4	1.4	.
12	—	(2.2)	3.6	2.5	4.4	1.0	(1.7)	4.7	1.7	3.7	—	2.6	.
13	(0.7)	(3.0)	3.1	4.6	3.0	4.7	(4.6)	4.9	2.7	5.5	2.2	1.4	.
14	(1.8)	(3.1)	3.4	2.4	4.0	4.1	(5.4)	5.3	—	2.8	1.6	1.8	.
15	(0.8)	(2.1)	2.8	6.2	3.1	2.6	6.2	5.7	—	3.9	4.1	2.7	.
16	(2.3)	2.8	3.7	2.7	6.2	4.0	4.5	5.0	—	4.1	0.2	0.9	.
17	(1.1)	0.0	3.3	0.8	4.9	5.5	5.4	5.4	5.0	3.6	2.2	1.3	.
18	(0.2)	1.5	4.0	—	—	5.9	3.6	1.2	4.9	3.0	1.8	2.4	.
19	(0.0)	4.4	4.1	1.1	4.6	4.0	4.9	5.8	3.2	0.5	3.8	3.2	.
20	—	3.8	0.8	4.7	3.6	—	6.1	—	2.6	4.5	3.4	2.9	
21	(2.4)	4.5	0.7	4.5	4.6	—	7.0	6.1	6.0	5.8	2.6	0.2	
22	(2.2)	3.9	5.2	3.2	5.6	—	6.9	4.0	5.1	3.4	2.4	—	.
23	(1.1)	3.3	3.4	—	3.5	—	6.9	4.7	5.2	1.4	3.7	3.4	.
24	(0.6)	3.4	4.1	6.1	5.3	—	6.2	6.3	3.2	1.7	4.7	1.9	.
25	(1.6)	3.9	3.9	5.7	5.9	—	7.0	5.3	4.9	2.3	2.5	1.2	.
26	(2.9)	欠	1.1	4.6	5.1	4.7	7.2	3.0	0.7	—	1.5	2.3	.
27	(1.3)	欠	1.0	5.5	5.0	3.6	7.2	5.6	—	1.1	2.5	0.3	.
28	(1.8)	欠	3.7	0.0	1.7	2.0	5.7	4.0	—	2.2	1.4	2.7	.
29	(2.5)	／	3.8	3.2	3.5	3.4	4.7	6.0	5.2	3.9	3.3	2.2	.
30	—	／	7.3	3.8	5.8	0.5	1.7	6.2	5.2	3.0	2.2	2.0	.
31	—	／	欠	／	4.8	／	—	7.5	／	3.5	／	欠	.
計	51.1	54.5	94.8	96.2	123.2	86.0	154.4	138.9	110.2	102.4	87.4	60.1	1159.2
									5.1	5.0	4.4	3.4	3.2

観測所番号

蒸発量年表

単位 mm/日

昭和 54 年（1979）

欠は欠測　（ ）は補正なし、—は降雨のため

水系		河川		観測所	野母崎・樺島

日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	2.0	欠	1.1	—	0.9	5.8	0.2	6.6	4.0	3.4	2.2	2.7	.
2	1.8	0.5	3.3	2.4	4.4	4.2	0.9	5.7	3.5	3.5	2.3	2.3	.
3	1.5	0.7	1.6	4.0	2.8	11.4	欠	5.0	1.1	6.9	7.5	2.1	.
4	0.	1.6	2.6	3.6	1.7	6.7	欠	6.2	4.9	欠	—	0.3	.
5	1.8	—	0.6	4.3	6.1	4.7	欠	5.7	3.9	5.4	3.6	1.0	.
6	1.1	1.7	3.4	4.6	5.2	4.4	欠	—	0.7	6.8	3.4	2.2	.
7	2.3	1.4	2.0	14.4	—	3.5	4.4	2.0	5.3	6.4	1.9	1.1	.
8	1.2	4.1	3.4	5.2	—	5.1	—	4.2	3.9	5.1	3.0	1.8	.
9	1.5	0.8	3.2	5.1	2.0	6.2	1.6	4.1	3.7	4.6	1.1	3.1	.
10	—	1.3	—	3.4	4.2	4.6	3.1	欠	5.5	3.4	0.0	欠	.
11	0.6	3.8	5.0	4.8	5.0	—	5.2	欠	4.9	4.6	3.5	欠	.
12	0.6	2.4	1.4	5.3	3.9	7.0	4.7	5.7	4.2	4.4	3.1	2.1	.
13	1.3	0.9	4.5	3.8	5.2	2.7	2.4	4.2	3.7	5.4	0.7	2.7	.
14	0.5	1.7	—	4.9	4.2	5.5	—	5.0	—	5.2	3.5	2.1	.
15	0.5	2.3	4.8	3.2	2.3	9.6	3.9	1.6	1.9	5.1	2.0	2.3	.
16	1.1	—	2.0	6.5	4.1	17.2	—	8.6	5.3	7.0	2.4	2.1	.
17	欠	—	3.0	5.3	8.9	—	—	0.7	3.6	1.6	3.2	2.4	.
18	3.5	4.1	2.9	4.4	5.1	1.2	3.3	6.2	3.6	1.8	0.9	2.6	.
19	1.1	3.0	—	0.1	4.0	2.4	1.8	0.9	4.6	8.3	2.5	—	.
20	1.5	0.2	—	5.9	3.8	—	2.6	1.1	4.2	5.3	3.4	9.4	
21	1.9	5.5	—	5.4	2.7	—	3.6	5.5	4.4	4.8	2.7	0.0	
22	2.5	—	—	5.3	5.1	—	4.5	5.6	4.1	4.5	0.7	2.6	.
23	1.6	—	3.2	5.7	4.3	—	4.3	5.2	4.2	2.4	2.9	0.6	.
24	1.7	2.4	2.6	0.3	4.9	—	5.0	3.3	5.0	2.9	2.2	—	.
25	—	欠	1.7	1.6	4.9	4.0	5.5	4.7	5.1	1.2	2.6	1.7	.
26	1.7	5.2	4.2	1.3	16.2	6.3	4.0	—	5.1	2.1	2.2	2.7	.
27	2.3	5.1	3.2	6.0	5.3	—	3.7	—	2.5	2.8	欠	2.4	.
28	0.2	欠	3.3	3.6	4.2	—	5.0	—	5.0	3.5	2.6	1.6	.
29	2.8		—	1.2	4.9	—	4.6	4.8	2.1	3.1	1.9	1.5	.
30	2.4		5.2	1.5	4.4	—	5.0	4.2	5.6	1.9	2.7	2.1	.
31	1.5		4.3		4.7		欠	4.6		欠		1.8	.
計	42.6	48.7	72.5	123.0	135.4	112.5	79.3	111.4	115.6	123.4	70.7	59.3	1094.4
平均	1.5	2.4	3.0	4.2	4.7	5.9	3.6	4.5	4.0	4.3	2.5	2.2	3.5

観測所番号

蒸発量年表

単位 mm/日

昭和 55 年（1980）

欠は欠測、—は降雨のため

水系		河川		観測所	野母崎・樺島

日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	1.8	1.6	3.5	2.8	6.0	0.5	欠	欠	3.3	5.5	1.9	1.8	.
2	—	0.7	3.2	3.7	5.7	5.1	〃	〃	4.5	5.1	2.7	欠	.
3	0.5	1.1	2.3	3.8	3.3	4.9	2.7	5.1	5.1	5.5	2.5	〃	.
4	2.9	—	1.4	4.4	1.7	3.8	4.0	3.5	4.0	4.4	1.2	2.5	.
5	3.4	3.3	3.0	1.8	3.8	5.5	3.0	5.5	1.0	3.2	1.7	1.6	.
6	5.4	—	4.3	1.8	7.1	6.3	欠	5.4	4.9	欠	3.6	1.5	.
7	2.4	1.5	3.1	4.0	0.2	5.5	1.7	1.0	2.5	3.2	0.5	2.4	.
8	2.2	1.5	2.4	欠	欠	0.2	欠	4.0	4.9	4.4	4.3	0.2	.
9	—	1.0	1.4	欠	5.2	5.3	〃	3.7	1.1	3.7	1.4	1.8	.
10	2.3	1.1	3.4	6.0	5.1	欠	〃	3.5	1.2	3.0	2.0	4.7	.
11	1.8	2.5	2.3	欠	4.8	〃	1.1	2.8	欠	1.7	1.3	3.5	.
12	2.9	2.7	4.2	〃	3.9	1.2	欠	3.5	6.4	1.0	2.7	1.8	.
13	2.1	3.7	欠	〃	1.6	欠	1.3	4.1	1.8	欠	3.8	1.4	.
14	2.9	1.2	0.3	5.8	2.7	〃	3.7	4.4	3.1	4.6	2.4	3.2	.
15	1.5	2.1	3.1	3.3	1.4	4.8	1.4	3.0	4.7	4.0	2.3	1.3	.
16	4.3	2.8	3.1	欠	6.4	2.7	3.5	3.3	4.5	3.0	1.8	1.6	.
17	0.7	3.4	—	6.3	5.5	2.6	欠	1.8	4.6	0.8	2.5	1.4	.
18	1.9	—	2.1	5.3	7.1	6.3	4.8	1.1	3.0	欠	2.6	2.0	.
19	—	欠	5.9	欠	6.3	欠	5.4	2.4	1.1	〃	2.2	1.9	.
20	1.0	2.9	—	〃	欠	〃	5.5	欠	3.4	2.1	0.8	1.9	
21	0.9	2.6	3.6	6.0	4.8	〃	5.0	1.6	3.2	3.9	0.0	1.6	
22	0.2	2.6	0.3	4.9	4.7	1.9	3.4	欠	4.5	5.0	2.4	1.7	.
23	2.7	2.4	2.8	7.3	2.0	欠	6.3	〃	3.4	2.1	2.2	1.5	.
24	2.3	3.1	3.1	2.6	欠	〃	3.8	〃	1.1	欠	2.6	2.6	.
25	1.3	欠	1.4	3.2	1.1	1.7	4.8	2.9	2.1	〃	3.0	1.9	.
26	2.1	欠	3.4	3.6	欠	0.5	1.8	欠	0.7	〃	1.5	1.2	.
27	2.9	3.1	8.3	5.6	5.9	2.8	3.7	5.0	5.9	3.8	2.8	0.4	.
28	1.9	2.9	0.8	2.9	6.2	4.6	3.1	欠	4.4	2.2	0.9	1.1	.
29	0.3		—	0.8	2.9	5.3	欠	〃	4.6	2.5	1.8	0.5	.
30	1.0		2.1	6.3	3.2	欠	〃	2.5	欠	4.2	1.3	1.8	.
31	1.8		欠		4.0		〃	2.9		4.2		1.0	.
計	57.4	49.8	74.8	92.2	112.6	71.5	70.0	73.0	99.5	83.1	62.7	51.8	898.4
平均				4.2	4.2	3.6	3.5	3.3	3.5	3.5	2.1	1.8	3.0

日地下水位年表（T.P.m）

観測点（1号OW，2号OW，3号OW）
（No.1－A，No.2－A）

期　間（1号OW，2号OW，3号OW ……S.52.8～S.56.9）
（No.1－A，No.2－A ……S.54.9～S.56.3）

観測所番号

地下水 日水位年表

1. G-05-A 2.のみ2-C
2. G-695-B

昭和 52 年 (19)

(T.P. m)

水系			河川			観測所	1号						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	.	.	.	.	.	.	.	3.65	.	3.10	-1.27	-3.67	.
2	.	.	.	.	.	.	.	3.72	.	2.85	-1.39	.	.
3	.	.	.	.	.	.	.	3.30	.	2.93	-1.45	.	.
4	.	.	.	.	.	.	.	3.30	3.41	2.96	-1.54	.	.
5	.	.	.	.	.	.	.	3.58	3.78	3.12	-2.46	.	.
6	.	.	.	.	.	.	.	3.62	3.75	3.18	-1.52	.	.
7	.	.	.	.	.	.	.	3.77	3.80	3.04	-2.20	.	.
8	.	.	.	.	.	.	.	3.45	3.83	2.81	-2.14	.	.
9	.	.	.	.	.	.	.	3.71	3.93	2.23	-1.76	.	.
10	.	.	.	.	.	.	.	3.71	3.90	2.27	-1.95	.	.
11	.	.	.	.	.	.	.	3.66	3.71	1.63	-2.38	.	.
12	.	.	.	.	.	.	.	3.65	3.71	1.54	-2.22	-3.43	.
13	.	.	.	.	.	.	.	3.68	3.78	1.49	-2.65	-3.32	.
14	.	.	.	.	.	.	.	3.39	3.80	1.60	-2.67	-3.57	.
15	.	.	.	.	.	.	.	3.31	3.80	1.10	-3.54	-3.53	.
16	.	.	.	.	.	.	.	3.29	3.73	0.90	-3.61	-3.50	.
17	.	.	.	.	.	.	.	3.27	3.65	0.51	-1.12	.	.
18	.	.	.	.	.	.	.	3.55	3.31	0.15	-1.16	-3.68	.
19	.	.	.	.	.	.	.	3.38	3.07	-0.003	-1.13	-3.82	.
20	.	.	.	.	.	.	.	3.47	2.65	-0.13	-1.26	-3.54	.
21	.	.	.	.	.	.	.	3.38	2.36	-0.26	-1.29	-3.57	.
22	.	.	.	.	.	.	.	3.18	2.62	-0.34	-0.94	3.47	.
23	.	.	.	.	.	.	.	3.15	2.52	-0.50	-1.32	-3.33	.
24	.	.	.	.	.	.	.	4.23	2.06	-0.57	-1.44	-3.26	.
25	.	.	.	.	.	.	.	3.97	2.35	-0.66	-2.20	-3.54	.
26	.	.	.	.	.	.	.	3.98	3.26	-0.79	-3.16	-3.73	.
27	.	.	.	.	.	.	.	3.82	3.00	-0.94	-3.33	.	.
28	.	.	.	.	.	.	.	3.88	3.27	-0.96	-3.57	-3.98	.
29	.	.	.	.	.	.	.	3.99	3.33	-1.02	-3.60	.	.
30	.	/	.	.	.	.	.	4.03	3.10	-1.10	-3.62	.	.
31	.	/	.	/	.	/	.	3.92	/	-1.08	/	-3.81	.
計	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
平均	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

水研様式 水位－2

観測所番号

地下水 日水位年表

昭和 53 年 (19)

(T.P.m)

水系			河川			観測所	1号						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	.	-3.86	-4.13	-3.50	2.78	-2.63	3.60	0.91	-2.88	-0.24	-2.42	-1.68	.
2	-3.84	-3.86	-3.99	-3.54	2.78	-2.63	3.52	0.92	-2.88	-0.24	-2.33	-1.02	.
3	-3.92	-3.87	-2.64	-3.59	2.67	-2.69	3.48	1.75	-2.84	-0.39	-2.55	-0.93	.
4	-3.67	-3.78	-3.10	-3.26	2.57	-2.57	3.39	1.30	-2.84	-0.53	-2.48	-0.78	.
5	-3.50	-3.68	-3.07	-3.66	2.28	-2.52	3.37	1.20	-2.82	-0.67	-2.38	-0.78	.
6	-3.30	-3.70	-2.77	-3.10	2.29	-2.47	3.33	0.97	-2.98	-0.70	-2.39	-0.91	.
7	-3.78	-3.72	-2.85	-3.33	2.27	-2.41	3.39	0.90	-3.19	-0.76	-2.66	-0.96	.
8	-3.53	-3.77	-2.70	-3.14	2.24	-2.38	3.31	0.70	-3.25	-0.90	-2.50	-0.97	.
9	-3.53	-3.83	-2.90	-3.29	2.02	-2.34	3.17	0.31	-3.32	-1.04	-2.52	-0.90	.
10	-3.69	-3.89	-2.64	-3.33	1.86	-2.59	3.11	.003	-3.13	-1.47	-2.50	-0.85	.
11	-3.60	-2.10	-2.68	-3.39	1.65	0.65	3.15	-0.33	-3.18	-2.09	-2.39	-0.87	.
12	-3.67	-1.42	-2.70	-2.18	1.21	3.12	2.99	-0.30	-3.50	-1.80	-2.30	-0.88	.
13	-3.68	-1.25	-2.72	-1.68	0.92	3.12	3.12	-0.66	-3.46	-1.81	-0.65	-0.84	.
14	-3.37	-1.23	-2.78	-1.55	0.68	3.20	3.25	-2.34	-3.35	-1.85	0.23	-0.61	.
15	-3.23	-1.27	-2.90	-1.52	0.52	3.27	3.10	-2.36	-3.36	-1.86	-0.14	-0.41	.
16	-2.79	-1.22	-3.03	-0.46	0.31	3.24	3.19	2.58	-3.31	-1.98	0.22	-0.38	.
17	-3.27	-2.59	-3.13	0.29	0.09	3.35	3.19	-2.38	-3.24	-2.05	-0.05	-0.42	.
18	-3.22	-2.62	-3.25	1.10	0.02	3.14	3.14	-2.02	-3.23	-2.08	0.05	-0.44	.
19	-3.50	-2.69	-3.49	1.50	0.54	3.17	3.17	-2.12	-3.16	-2.18	-0.04	-0.47	.
20	-3.40	-3.12	-3.53	1.90	0.68	3.37	3.15	-2.16	-3.16	-1.93	-0.12	-0.45	.
21	-3.20	-3.26	-3.80	2.04	0.34	3.36	3.07	-2.09	-3.25	-2.19	-0.20	-0.57	.
22	-3.16	-3.35	-3.16	2.15	0.27	3.53	2.96	-2.44	-3.29	-2.11	-0.27	-0.61	.
23	-3.33	-3.40	-3.23	1.92	0.11	3.72	2.77	-2.40	-3.27	-2.27	-0.26	-0.65	.
24	-3.37	-3.52	-3.21	2.15	-0.17	3.69	2.50	-2.09	-2.86	-2.33	-0.37	-0.45	.
25	-3.67	-3.65	-3.03	2.54	-0.38	3.50	2.14	-2.05	-3.10	-2.40	-0.37	-0.61	.
26	-1.81	-3.90	-3.30	2.53	-0.66	3.72	1.72	-2.35	-3.30	-2.35	0.32	-0.65	.
27	-3.65	-4.20	-3.25	2.59	-0.87	3.71	1.36	-2.46	-3.14	-2.20	0.50	-0.76	.
28	-3.52	-4.41	-3.20	2.71	-1.02	3.62	0.84	-2.55	-2.15	-2.15	0.56	-0.89	.
29	-3.68	/	-3.29	2.71	-1.41	3.60	0.70	-2.74	-1.57	-2.34	0.89	-0.69	.
30	-3.87	/	-3.29	2.77	-2.16	3.48	0.87	-2.79	-0.18	-2.46	0.99	-0.77	.
31	-3.89	/	.	/	.	/	0.83	-2.72	/	-2.53	/	-0.81	.
計	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
平均	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

水研様式 水位－2

観測所番号

地下水　日水位年表

昭和 56 年 (19　)　(T.P.m)

水系			河川			観測所	1号						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	-0.88	-0.33	3.15	1.82	3.37	2.76	4.13	3.58	3.87	2.85	2.05	0.13	.
2	-0.94	-0.46	3.13	2.12	2.29	2.65	4.09	3.53	3.84	2.78	1.80	0.29	.
3	-0.96	-0.18	3.07	1.85	3.32	2.53	3.92	3.49	3.75	2.68	1.59	-0.04	.
4	-1.03	-0.15	3.04	1.54	3.31	2.38	4.38	3.51	3.77	2.56	1.45	-0.09	.
5	-1.28	-0.16	3.00	2.41	3.30	2.16	4.35	3.58	3.76	2.25	1.45	0.03	.
6	-1.32	-0.19	2.99	1.39	3.26	1.48	4.08	3.94	3.69	2.16	1.19	0.90	.
7	-1.28	-0.05	2.95	2.16	3.35	2.13	3.95	3.96	3.72	1.99	0.99	0.77	.
8	-1.24	-0.28	2.89	3.51	3.42	2.05	3.94	4.00	3.67	1.55	0.92	0.77	.
9	-1.36	-0.11	2.83	3.51	3.49	1.82	3.91	3.90	3.67	1.26	0.70	0.72	.
10	-1.39	-0.13	2.90	3.37	3.47	1.55	3.86	3.82	3.44	1.10	0.75	0.32	.
11	-1.37	-0.15	2.94	3.41	3.40	1.69	3.80	3.67	3.50	0.98	0.69	0.17	.
12	-1.28	-0.18	2.91	3.51	3.40	2.29	3.76	3.69	3.48	0.88	0.63	0.63	.
13	-1.28	-0.35	2.88	3.50	3.40	2.32	3.66	3.67	3.49	0.78	0.58	-0.02	.
14	-1.18	-0.35	2.84	3.45	.7	2.30	3.67	3.68	3.43	0.72	0.29	0.07	.
15	-1.15	-0.36	2.79	3.48	3.43	2.40	3.73	3.51	3.46	0.73	0.10	-0.003	.
16	-1.21	-0.40	2.78	3.47	3.00	2.72	3.86	3.58	3.49	0.68	-0.03	0.06	.
17	-1.20	欠測	2.76	3.47	3.43	3.10	4.13	3.71	3.53	0.60	0.05	0.15	.
18	-1.18	-0.52	2.70	3.42	3.40	3.53	3.92	3.63	3.49	0.48	0.43	0.18	.
19	-1.19	-0.60	2.67	3.46	3.40	3.76	3.85	3.60	3.51	2.45	0.49	0.19	.
20	-1.20	-0.66	2.74	3.49	3.37	3.82	4.00	3.59	3.49	2.74	0.39	0.02	.
21	-1.22	-0.78	2.87	3.49	3.37	4.20	3.98	3.59	3.44	3.07	0.21	0.31	.
22	-1.24	-0.85	2.92	3.49	3.37	4.08	3.96	3.57	3.41	2.90	0.20	1.91	.
23	-1.27	-0.70	2.99	3.49	3.38	4.00	3.91	3.57	3.37	2.80	0.73	2.27	.
24	-1.26	2.13	3.08	3.53	3.36	3.91	3.89	3.53	3.32	2.75	0.61	2.55	.
25	-1.58	2.86	3.13	3.46	3.31	3.75	3.85	3.60	3.19	2.78	0.54	2.54	.
26	-1.53	3.03	3.17	3.47	3.27	3.68	3.80	3.87	3.21	2.69	0.36	2.59	.
27	-1.46	3.17	3.17	3.41	3.17	3.85	3.76	4.23	3.14	2.77	0.17	2.70	.
28	-1.50	3.18	3.17	3.39	3.13	4.03	3.74	4.06	3.13	2.68	0.19	2.85	.
29	-1.43		3.35	3.38	3.08	4.54	3.67	3.93	3.12	2.60	0.75	2.78	.
30	-0.45		3.10	3.33	3.00	4.46	3.62	3.86	3.00	2.49	0.53	2.71	.
31	-0.66		2.13				3.69	3.86		2.38		2.58	.
計	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
平均	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

水研様式　水位－2

観測所番号

地下水　日水位年表

昭和 55 年 (19)　(T.P.m)

水系			河川			観測所	1号						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	2.52	2.97	0.99	2.89	2.45	2.95	2.95	3.67	3.60	3.20	2.68	2.69	.
2	2.37	2.92	1.88	2.88	2.41	2.92	4.23	3.60	3.58	3.19	3.16	2.72	.
3	.	2.78	2.02	2.83	2.39	2.86	3.35	3.55	3.56	3.17	3.13	2.71	.
4	3.19	2.76	2.11	2.85	2.36	2.36	3.20	3.56	3.55	3.16	3.14	2.74	.
5	3.28	2.75	2.48	2.37	2.37	2.37	3.17	3.56	3.55	3.13	3.15	2.71	.
6	3.30	2.72	2.53	2.83	2.30	2.67	3.01	3.55	3.56	3.14	3.16	2.69	.
7	3.25	2.73	2.64	2.84	2.33	2.36	3.03	3.55	3.53	3.16	3.17	2.66	.
8	3.15	2.46	2.65	2.93	2.44	2.41	2.94	3.60	3.49	3.12	3.12	2.64	.
9	3.06	2.29	3.09	2.63	2.50	2.59	2.80	3.57	3.44	3.12	3.07	2.67	.
10	3.07	2.38	2.97	2.70	2.59	2.60	1.83	3.89	3.46	3.11	3.01	2.65	.
11	3.18	2.12	2.88	2.80	2.50	2.93	2.52	3.47	3.74	3.11	2.96	2.67	.
12	3.04	2.12	2.97	2.71	2.46	2.54	3.16	3.41	3.79	3.09	3.00	2.58	.
13	3.14	1.94	2.97	3.08	2.67	2.39	3.14	3.35	3.68	3.08	2.94	2.60	.
14	3.42	1.80	3.03	2.99	2.67	2.68	3.06	3.32	3.32	3.49	2.91	2.64	.
15	3.01	1.81	2.97	3.05	2.74	2.39	2.90	3.28	3.27	3.56	2.85	2.54	.
16	3.61	1.14	2.85	2.79	2.74	2.45	2.95	3.22	3.42	3.51	2.89	2.49	.
17	3.44	0.87	2.92	2.75	2.70	2.60	2.85	3.17	3.53	3.44	2.85	2.48	.
18	3.37	0.59	2.82	2.62	2.67	2.66	3.19	3.30	3.53	3.60	2.89	2.49	.
19	3.48	0.70	2.77	2.77	2.56	2.68	3.23	3.38	3.53	3.69	2.80	2.48	.
20	3.30	0.72	2.79	2.65	2.55	2.74	3.23	3.47	3.60	3.67	2.86	2.44	.
21	3.32	0.52	2.85	2.69	2.58	3.03	3.43	3.75	3.57	3.63	2.86	2.42	.
22	3.19	0.34	2.85	2.59	3.37	3.01	3.48	3.73	3.56	3.59	2.89	2.40	.
23	3.14	0.20	2.86	2.57	3.11	3.24	3.53	4.56	3.57	3.58	2.86	2.41	.
24	3.15	0.12	2.85	2.57	3.10	3.25	3.53	3.80	3.49	3.58	2.82	2.39	.
25	3.23	.	2.74	2.58	3.13	3.20	3.53	3.73	3.48	3.59	2.77	2.35	.
26	3.16	0.07	2.83	2.76	3.14	2.99	3.38	3.70	3.46	3.46	2.72	2.28	.
27	3.03	0.17	2.86	2.60	.	3.03	3.54	3.65	3.44	3.43	2.69	2.23	.
28	3.14	.	2.80	2.63	3.03	2.68	3.53	3.64	3.38	3.38	2.69	2.23	.
29	3.19	.	2.91	2.38	3.06	2.89	3.52	3.67	3.35	3.36	2.63	2.19	.
30	3.04	/	2.72	2.10	3.01	3.37	4.12	3.67	3.27	3.29	2.68	2.26	.
31	3.19	/	2.78	/	3.03	/	4.28	3.66	/	3.22	/	2.23	.
計	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
平均	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

水研様式　水位－2

観測所番号

地下水　日水位年表

昭和 56 年 (1981.)

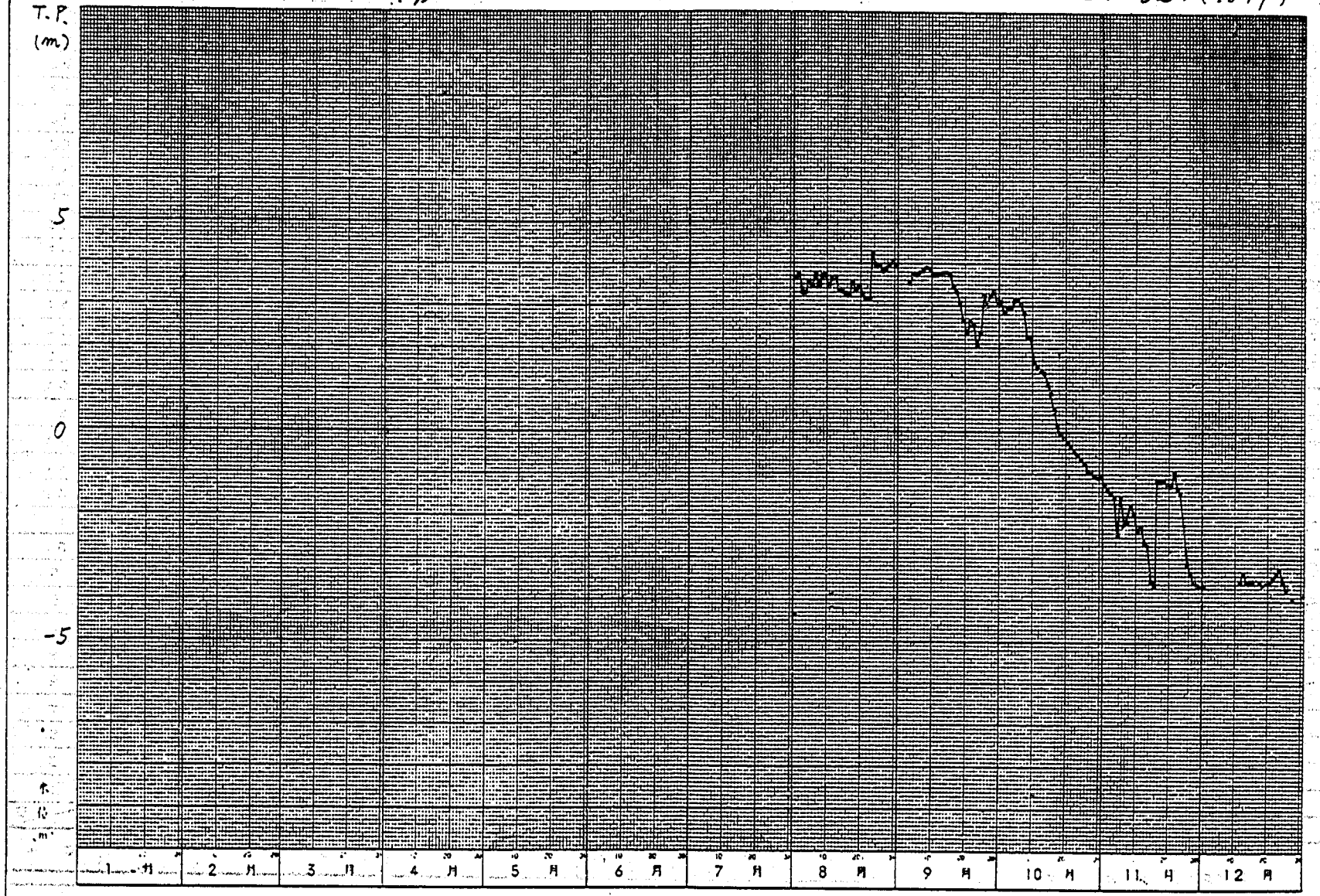
水系			河川			観測所	1号						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	2.34	0.27	-3.46	1.81	2.13	2.28	2.37	2.88	2.40				
2	2.22	0.53	-3.51	1.91	2.19	2.20	2.14	2.86	2.33				
3	2.15	0.55	-3.28	2.05	2.20	2.17	2.11	2.84	2.31				
4	2.17	0.45	-3.15	2.26	2.19	2.16	2.17	2.88	2.26				
5	2.08	0.30	-3.12	2.13	2.06	2.10	2.15	2.82	2.29				
6	2.00	0.37	-2.69	2.15	2.21	2.09	2.12	2.81	2.26				
7	1.88	0.34	-2.91	2.15	2.20	2.05	欠測	2.79	2.22				
8	1.79	0.34	-3.26	2.06	2.22	2.08	2.52	2.79	2.28				
9	1.69	0.26	-3.42	欠測	2.27	2.06	2.51	2.79	2.29				
10	1.57	0.20	-3.71	2.20	2.29	2.03	2.49	2.82	2.26				
11	1.47	0.25	-3.45	2.30	2.01	2.05	2.45	欠測	2.24				
12	1.41	0.20	-3.85	2.28	2.06	2.02	2.39	2.89	2.17				
13	1.34	.	-4.12	2.04	2.07	2.06	2.34	2.91	2.08				
14	1.28	-4.22	-4.02	2.02	2.06	2.04	2.26	2.96	2.04				
15	1.28	-3.90	-4.04	2.06	2.04	2.06	2.24	3.03	2.01				
16	1.24	-3.87	-4.10	2.08	2.04	2.04	2.20	3.07	2.05				
17	1.19	-4.01	-4.11	2.11	2.01	2.03	2.08	3.07	2.05				
18	1.16	-4.14	-4.16	2.13	2.04	2.01	2.05	3.04	2.00				
19	1.10	-4.03	-4.05	2.12	2.09	2.00	2.03	3.08	2.01				
20	1.50	-3.88	-4.06	2.13	2.04	2.00	2.00	3.01	2.02				
21	2.09	-4.20	-3.99	2.10	2.01	2.00	2.04	2.99	2.01				
22	0.86	-4.11	-1.87	2.05	2.00	2.00	2.03	2.96	2.02				
23	0.85	-3.84	-0.60	2.06	2.09	2.01	2.04	2.98	2.02				
24	0.83	-3.77	-1.55	2.06	2.08	2.06	2.01	2.98	2.05				
25	0.77	-3.52	+0.18	2.06	2.09	2.08	2.01	2.98	2.09				
26	0.70	-3.49	+1.16	2.02	2.07	2.05	2.02	2.99	2.01				
27	0.62	-3.48	+1.35	2.00	2.09	2.00	2.01	3.00	2.00				
28	0.56	-3.44	1.49	2.08	2.02	2.01	2.00	3.06	2.08				
29	0.51	.	1.60	2.00	2.09	2.02	2.08	3.02	2.06				
30	0.56		1.69	2.03	2.08	2.03	2.05	3.03	2.09				
31	0.49		1.75		2.08		2.01	3.00					
計	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
平均	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

水研様式　水位－2

観測所番号

日水位年図

水系　　河川　1号　観測所　　昭和 52年 (1977)

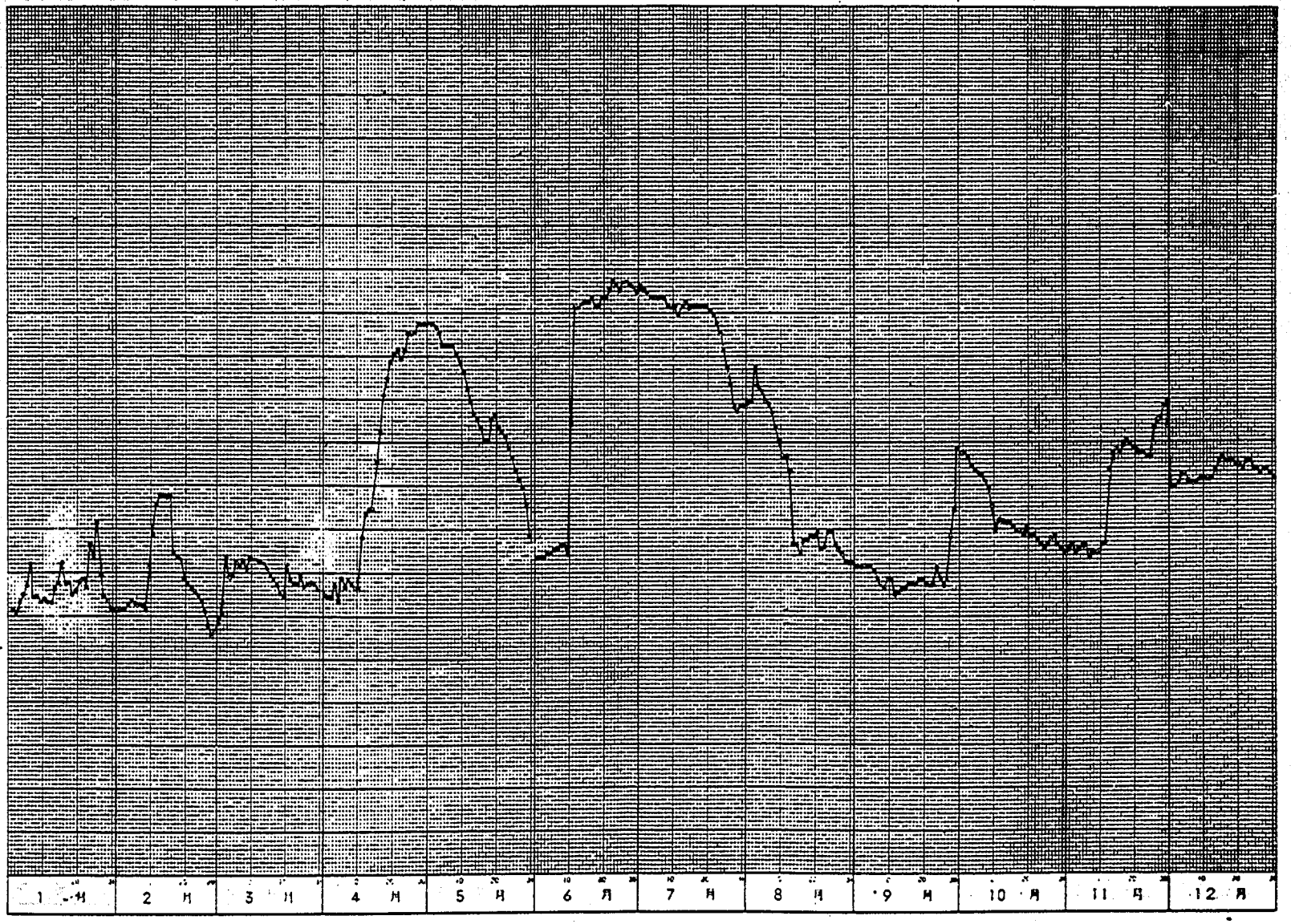


水研 様式 水位－3

観測所番号

日 水 位 年 図

水系　　河川　1号　観測所　　昭和53年(1978)

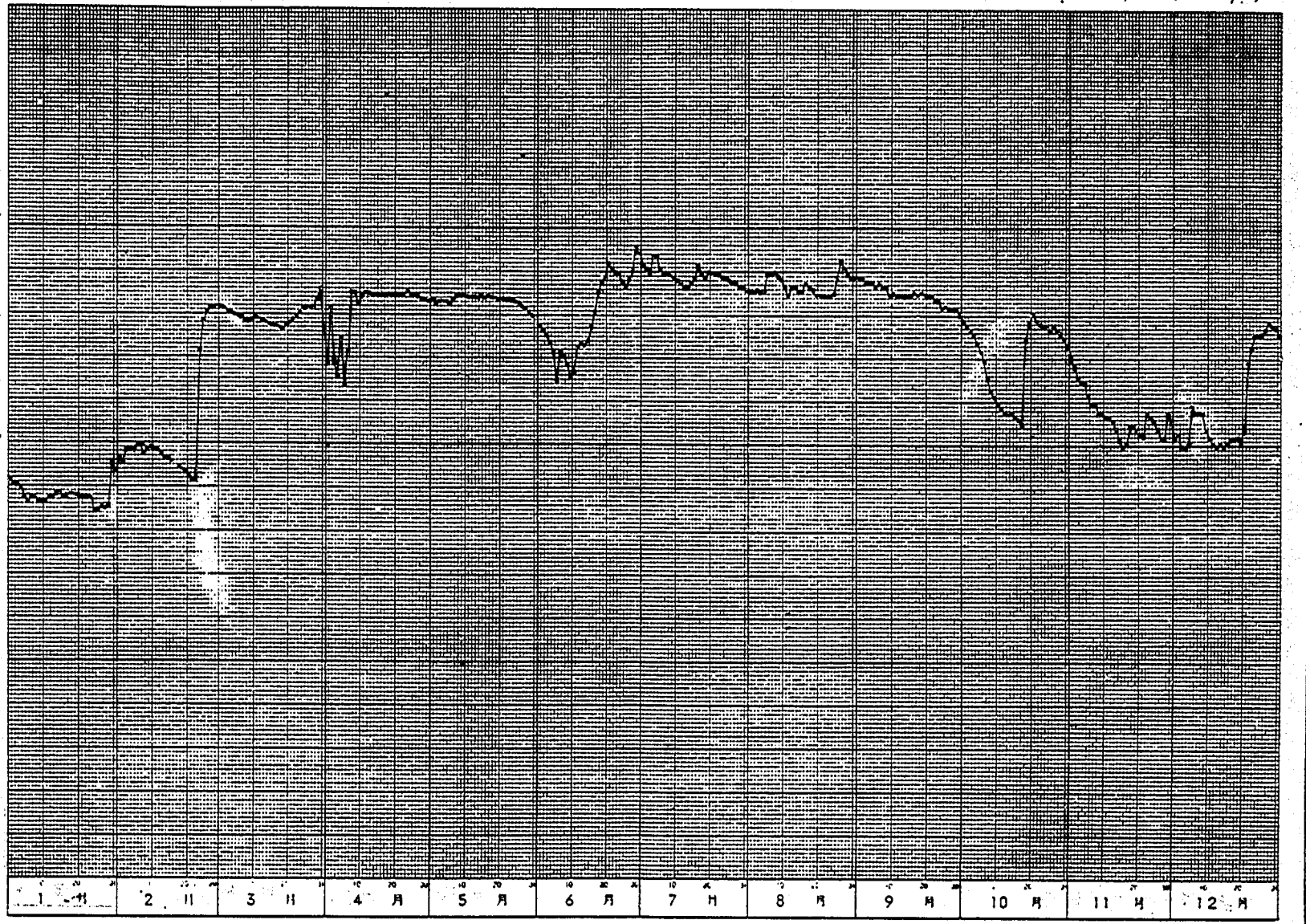


水研様式 水位-3

観測所番号

日水位年図

水系　　河川　1号　観測所　　昭和54年(1979)

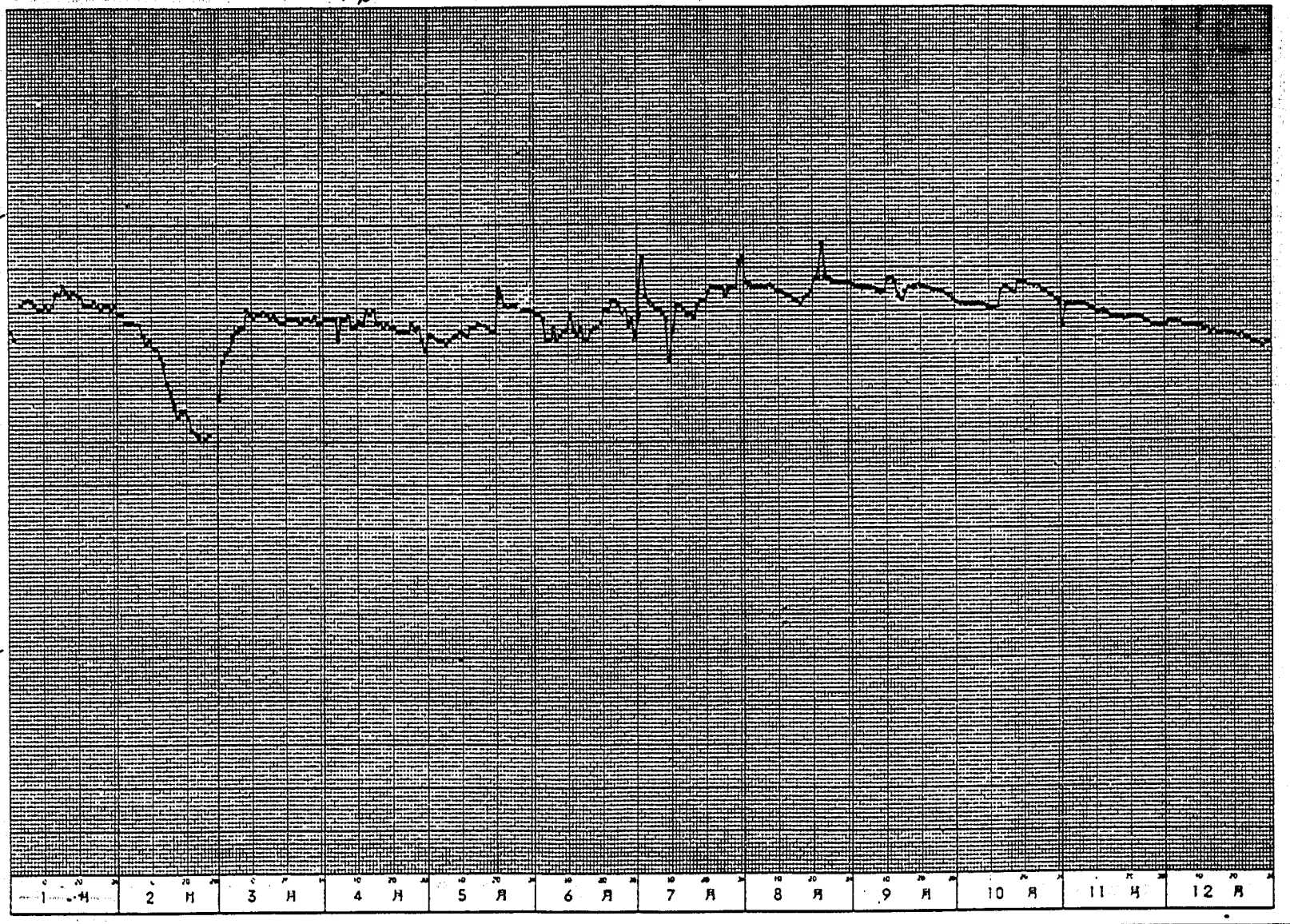


水研様式　水位－3

観測所番号

日 水 位 年 図

水系　　河川　1号　観測所　　昭和55年(1980)

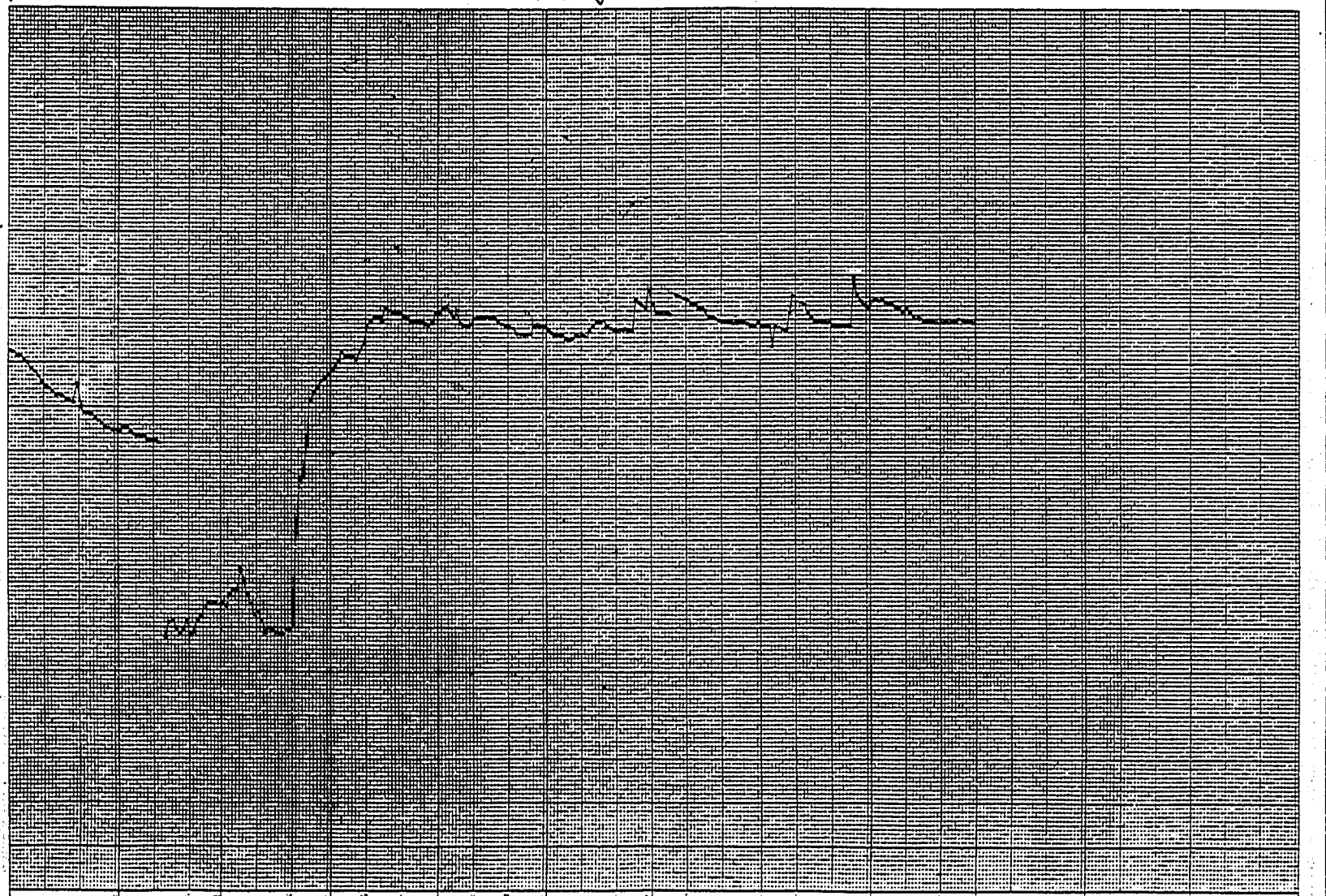


水研様式　水位－3

観測所番号

日 水 位 年 図

水 系　　河 川　　観測所　1号　　昭和 56 年（19 ）



観測所番号

地下水　日水位年表

昭和 52 年（19　）

（T.P.m）

水系			河川			観測所	2号						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.48	-0.03	-2.22	.
2	.	.	.	.	.	.	.	4.16	.	3.48	-0.15	-1.29	.
3	.	.	.	.	.	.	.	4.11	.	3.44	-0.27	-1.61	.
4	.	.	.	.	.	.	.	4.05	4.42	3.57	-0.39	-1.83	.
5	.	.	.	.	.	.	.	4.08	4.38	3.62	-0.71	-1.62	.
6	.	.	.	.	.	.	.	4.11	4.34	3.57	-0.51	-1.60	.
7	.	.	.	.	.	.	.	4.07	4.34	3.53	-0.64	-1.63	.
8	.	.	.	.	.	.	.	4.09	4.35	3.43	-0.89	-2.04	.
9	.	.	.	.	.	.	.	4.27	4.34	3.21	-0.10	-2.23	.
10	.	.	.	.	.	.	.	4.23	4.33	2.96	-0.99	-1.87	.
11	.	.	.	.	.	.	.	4.18	4.23	2.82	-0.95	-1.77	.
12	.	.	.	.	.	.	.	4.20	3.26	2.60	-1.03	-3.52	.
13	.	.	.	.	.	.	.	4.23	4.21	2.56	-1.03	-3.30	.
14	.	.	.	.	.	.	.	4.13	4.17	2.46	-0.60	-3.32	.
15	.	.	.	.	.	.	.	4.10	4.15	2.33	-1.86	-3.40	.
16	.	.	.	.	.	.	.	4.10	4.13	2.34	-1.82	-3.22	.
17	.	.	.	.	.	.	.	4.08	4.07	2.16	-0.58	-3.35	.
18	.	.	.	.	.	.	.	4.08	3.90	1.99	-0.37	-3.32	.
19	.	.	.	.	.	.	.	4.03	3.78	1.83	-0.25	-3.28	.
20	.	.	.	.	.	.	.	3.99	3.65	1.50	-0.21	-3.29	.
21	.	.	.	.	.	.	.	3.96	3.32	1.25	-0.32	-3.29	.
22	.	.	.	.	.	.	.	3.90	3.27	1.09	-0.49	-3.19	.
23	.	.	.	.	.	.	.	3.82	3.06	0.93	-0.50	-3.19	.
24	.	.	.	.	.	.	.	.	2.99	0.65	-0.96	-3.21	.
25	.	.	.	.	.	.	.	4.29	3.06	0.56	-1.15	-3.05	.
26	.	.	.	.	.	.	.	4.30	3.67	0.49	-1.30	-3.21	.
27	.	.	.	.	.	.	.	4.26	3.74	0.38	-1.96	-3.34	.
28	.	.	.	.	.	.	.	4.24	3.72	0.34	-2.16	-3.45	.
29	.	.	.	.	.	.	.	4.37	3.78	0.30	-1.96	-3.43	.
30	.	／	.	.	.	.	.	4.48	3.65	0.17	-2.17	-3.50	.
31	.	／	.	／	.	／	.	4.49	／	0.10	／	3.24	.
計	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
平均	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

水研様式　水位－2

観測所番号

地下水　日水位年表

昭和 53 年（19　）

(T.P.m)

水系			河川			観測所	火						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	-1.57	-2.71	-2.83	-2.49	2.57	-1.11	4.68	2.62	-1.41	0.64	-0.52	0.17	.
2	-3.02	-2.68	-2.83	-2.49	2.70	-1.37	4.64	2.66	-1.53	0.45	-0.76	0.14	.
3	-3.06	-2.50	-2.63	-2.62	2.69	-1.38	4.61	3.00	-1.50	0.48	-0.40	0.15	.
4	-3.00	-2.53	-2.45	-2.61	2.61	-1.35	4.45	2.79	-1.55	0.23	-0.52	0.17	.
5	-2.79	-2.60	-2.17	-2.51	2.56	-1.43	4.43	2.50	-1.55	0.41	-1.05	0.40	.
6	-2.68	-2.61	-2.08	-2.35	2.45	-1.40	4.48	2.46	-1.54	0.42	-0.90	0.40	.
7	-2.32	-2.67	-2.00	-2.20	2.44	-0.56	4.36	2.39	-1.68	0.37	-0.93	0.31	.
8	-2.62	-2.76	-2.06	-2.22	2.42	-0.31	4.29	2.96	-1.68	0.81	-0.83	0.36	.
9	-2.82	-2.76	-2.02	-2.25	2.38	-0.38	4.13	3.45	-1.63	0.20	-0.61	0.26	.
10	-2.91	-2.24	-1.99	-2.39	2.36	-0.83	4.26	3.37	-1.65	0.13	-0.37	0.28	.
11	-2.82	-1.75	-2.27	-2.32	2.19	-0.55	4.26	3.15	-1.64	0.44	-1.28	0.31	.
12	-2.92	-1.17	-1.95	-2.00	2.00	-2.46	4.23	3.02	-1.80	0.44	-1.06	0.29	.
13	-2.90	-0.89	-1.95	-1.42	1.87	3.02	6.35	3.01	-1.64	0.54	-0.06	0.34	.
14	-2.48	-0.74	-1.96	-1.23	1.78	3.08	6.43	1.82	-2.01	0.56	0.60	0.44	.
15	-2.39	-0.66	-1.97	-1.11	1.65	3.23	6.08	-0.23	-1.84	0.61	0.56	0.41	.
16	-2.45	-0.61	-2.37	-0.78	1.55	3.47	6.08	-0.21	-1.82	0.67	0.62	0.38	.
17	-2.49	-1.11	-2.15	0.30	1.42	3.69	6.24	-0.84	-1.67	0.73	0.64	0.26	.
18	-2.52	-1.36	-2.19	0.40	1.29	3.86	6.22	-0.69	-1.54	0.74	0.72	0.25	.
19	-2.83	-1.41	-2.26	0.92	1.41	3.92	6.28	-0.63	-1.97	0.79	0.77	0.22	.
20	-2.44	-1.86	-2.38	1.32	1.42	4.06	6.06	-0.60	-2.00	0.77	0.77	0.23	.
21	-2.25	-2.05	-2.29	1.45	1.38	4.38	4.38	-0.60	-1.98	0.77	0.76	0.21	.
22	-2.08	-2.14	-2.06	1.74	1.31	4.52	4.15	-0.45	-1.86	0.81	0.68	0.19	.
23	-2.12	-2.24	-2.38	1.75	1.22	4.65	3.94	-0.79	-1.75	0.81	0.65	0.18	.
24	-2.00	-2.35	-2.26	1.90	1.12	4.69	3.85	-0.79	-1.64	0.83	0.58	0.16	.
25	-1.77	-2.42	-2.23	2.13	0.97	4.70	3.63	-0.68	-1.74	0.86	0.50	0.18	.
26	-1.70	-2.61	-2.23	2.25	0.77	4.74	3.48	-0.79	-1.78	0.86	0.42	0.19	.
27	-1.83	-2.80	-2.30	2.38	0.60	4.70	3.37	-1.27	-1.56	0.84	0.38	0.27	.
28	-2.13	-3.06	-2.21	2.46	0.44	4.68	3.27	-1.42	-1.39	0.78	0.28	0.27	.
29	-2.13	/	-2.18	2.67	0.10	4.60	2.85	-1.45	-0.71	0.76	0.22	0.26	.
30	-2.50	/	-2.28	2.69	0.68	4.64	2.59	-1.32	.	0.24	/	0.32	.
31	-2.64	/	/	/	0.54	/	2.60	-1.42	/	0.31	/	0.33	.
計	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
平均	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

水研様式　水位－2

観測所番号

地下水 日水位年表

昭和 56年 (19)

T.P.m

水系			河川			観測所	2号						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	0.38	0.82	4.07	4.53	4.69	4.04	5.30	4.97	5.21	4.08	3.58	3.49	.
2	0.33	0.89	3.94	4.62	4.67	3.94	5.25	4.95	5.18	3.94	3.56	3.46	.
3	0.31	0.96	3.89	4.56	4.66	3.75	5.25	4.93	5.15	3.84	3.55	3.42	.
4	0.29	0.99	3.84	4.48	4.67	3.62	5.60	4.91	5.14	3.74	3.59	3.25	.
5	.	0.96	3.69	4.64	4.64	3.56	5.49	4.91	5.09	3.64	3.58	3.67	.
6	0.05	1.10	3.78	4.61	4.61	3.50	5.32	5.19	5.04	3.57	3.56	3.63	.
7	0.10	1.18	3.82	4.46	4.60	3.66	5.26	5.35	5.00	3.53	3.52	3.53	.
8	0.23	1.16	3.70	4.70	4.68	3.54	5.24	5.39	4.96	3.55	3.48	3.48	.
9	0.10	1.04	3.52	4.81	4.73	3.49	5.21	5.31	4.95	3.57	3.46	3.47	.
10	0.36	1.02	3.87	4.76	4.75	3.47	5.23	5.34	4.93	3.57	3.53	3.46	.
11	0.40	0.95	3.66	4.75	4.74	3.70	5.21	5.27	4.91	3.57	3.53	3.46	.
12	0.33	0.88	3.53	4.76	4.73	3.80	5.19	5.20	4.88	3.57	3.50	3.45	.
13	0.27	0.79	3.48	4.74	4.72	3.72	5.16	5.16	4.86	3.57	3.46	3.44	.
14	0.23	0.87	3.48	4.74	4.78	3.67	5.14	5.13	4.83	3.58	3.43	3.42	.
15	0.29	0.67	3.44	4.72	4.80	3.87	5.21	5.06	4.86	3.59	3.49	3.37	.
16	0.20	0.64	3.40	4.70	4.80	4.39	5.26	5.00	4.85	3.58	3.52	3.35	.
17	0.19	欠測	3.19	4.69	4.79	4.60	5.10	4.98	4.83	3.57	3.47	3.30	.
18	0.32	0.50	3.36	4.67	4.78	4.87	5.17	4.97	4.82	3.78	3.60	3.46	.
19	0.21	0.49	3.27	4.66	4.76	5.10	5.17	4.95	4.79	4.50	3.56	3.40	.
20	0.15	0.62	3.38	4.76	4.73	5.09	5.36	4.95	4.76	4.52	3.53	3.45	.
21	0.01	1.25	3.52	4.70	4.71	5.41	5.29	4.96	4.73	4.50	3.50	3.68	.
22	0.18	0.99	3.64	4.68	4.68	5.31	5.30	4.94	4.70	4.48	3.49	4.30	.
23	0.07	2.76	2.84	4.64	4.64	5.25	5.27	4.92	4.66	4.44	3.62	4.39	.
24	0.18	3.83	3.99	4.62	4.62	5.19	5.24	4.89	4.62	4.39	3.53	4.62	.
25	0.31	3.94	4.06	4.58	4.58	5.12	5.24	4.88	4.57	4.34	3.49	4.28	.
26	0.53	4.15	4.09	4.54	4.54	5.11	5.23	-0.09	4.51	4.27	3.48	4.40	.
27	0.53	0.08	4.20	4.69	4.68	5.13	5.22	5.26	4.45	4.14	3.49	4.37	.
28	0.65	4.17	4.21	4.67	4.44	5.27	5.19	5.33	4.39	4.00	3.52	4.33	.
29	0.64	/	4.41	4.65	4.39	5.70	5.11	5.27	4.31	3.87	3.55	4.29	.
30	0.18	/	4.73	4.68	4.32	5.62	5.07	5.24	4.22	3.75	3.53	4.18	.
31	0.66	/	4.62	/	4.47	/	5.02	5.24	/	3.65	/	4.07	.
計	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
平均	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

水研様式 水位－2

観測所番号

地下水　日水位年表

昭和 55 年 (19　)

(T.P.m)

本系			河川			観測所	2号						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	3.90	4.09	4.14	4.83	4.96	4.96	5.02	5.43	5.33	5.04	5.08	4.79	.
2	4.03	4.43	4.38	4.77	4.94	4.99	不能	5.41	5.29	5.02	5.05	4.80	.
3	4.57	4.26	4.42	4.77	4.90	5.00	5.08	5.40	5.27	5.00	5.05	4.79	.
4	4.68	4.19	4.51	4.77	4.92	4.97	5.04	5.39	5.25	4.98	5.09	4.80	.
5	4.71	4.22	4.51	4.74	4.93	4.98	5.02	5.38	5.25	4.97	5.07	4.79	.
6	4.72	4.30	4.53	4.81	4.93	4.96	5.00	5.37	5.25	4.98	5.07	4.77	.
7	4.72	4.10	4.52	4.84	4.90	4.96	5.01	5.36	5.20	4.99	5.07	4.76	.
8	4.72	4.20	4.56	4.77	4.94	4.97	4.87	5.38	5.18	5.00	5.07	4.75	.
9	4.72	3.94	4.77	4.83	4.92	4.95	4.94	5.35	5.16	4.98	5.02	4.74	.
10	4.72	3.85	4.84	4.88	4.90	4.95	5.07	5.33	5.17	4.97	5.00	4.72	.
11	4.71	3.89	4.73	4.80	4.82	5.00	5.19	5.31	5.36	4.97	4.99	4.72	.
12	4.70	3.84	4.74	4.85	4.83	5.00	5.11	5.24	5.31	4.97	5.48	4.71	.
13	4.31	3.62	4.75	4.96	4.89	4.99	5.11	5.24	5.24	4.98	4.99	4.69	.
14	4.22	3.53	4.76	4.97	4.90	5.00	5.09	5.18	5.19	5.16	4.96	4.66	.
15	4.47	3.43	4.75	4.94	4.95	5.04	5.05	5.15	5.17	5.14	4.94	4.66	.
16	4.68	3.38	4.74	4.89	4.94	5.02	5.11	5.12	5.18	5.12	4.93	4.64	.
17	4.69	3.33	4.76	4.86	4.95	5.00	5.22	5.10	5.18	5.08	4.93	4.60	.
18	4.69	3.28	4.76	4.86	4.94	5.02	5.32	5.15	5.15	5.07	4.91	4.61	.
19	4.69	3.55	4.75	4.89	4.92	5.02	5.24	5.18	5.17	5.23	4.85	4.59	.
20	4.70	3.37	4.71	4.94	4.86	5.05	5.34	5.33	5.20	5.21	4.88	4.55	.
21	4.70	3.29	4.77	4.88	5.06	5.09	5.33	5.32	5.16	5.19	4.91	4.53	.
22	4.68	3.23	4.80	4.90	5.02	5.05	5.31	5.35	5.13	5.16	4.95	4.52	.
23	4.65	3.20	4.79	5.02	4.96	5.37	5.29	5.60	5.10	5.14	4.90	4.50	.
24	4.64	3.20	4.79	4.86	4.94	5.20	5.36	5.30	5.10	5.15	4.87	4.47	.
25	4.62	3.08	4.76	4.91	4.99	5.00	5.37	5.27	5.12	5.17	4.89	4.46	.
26	4.60	3.09	4.69	4.88	5.00	4.99	5.36	5.25	5.12	5.18	4.84	4.43	.
27	4.56	3.14	4.69	4.88	4.98	4.98	5.39	5.26	5.12	5.15	4.82	4.40	.
28	4.50	3.37	4.67	4.91	4.96	4.96	5.40	5.26	5.10	5.12	4.84	4.36	.
29	4.48	3.36	4.74	4.92	4.95	4.94	5.40	5.27	5.08	5.10	4.82	4.33	.
30	4.56		4.73	4.97	4.96	4.92	5.56	5.27	5.06	5.08	4.80	4.38	.
31	4.59		4.73		4.98		5.36	5.36		5.07		4.17	.
計	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
平均	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

水研様式　水位－2

観測所番号

地下水 日水位年表

昭和 56 年 (1981)

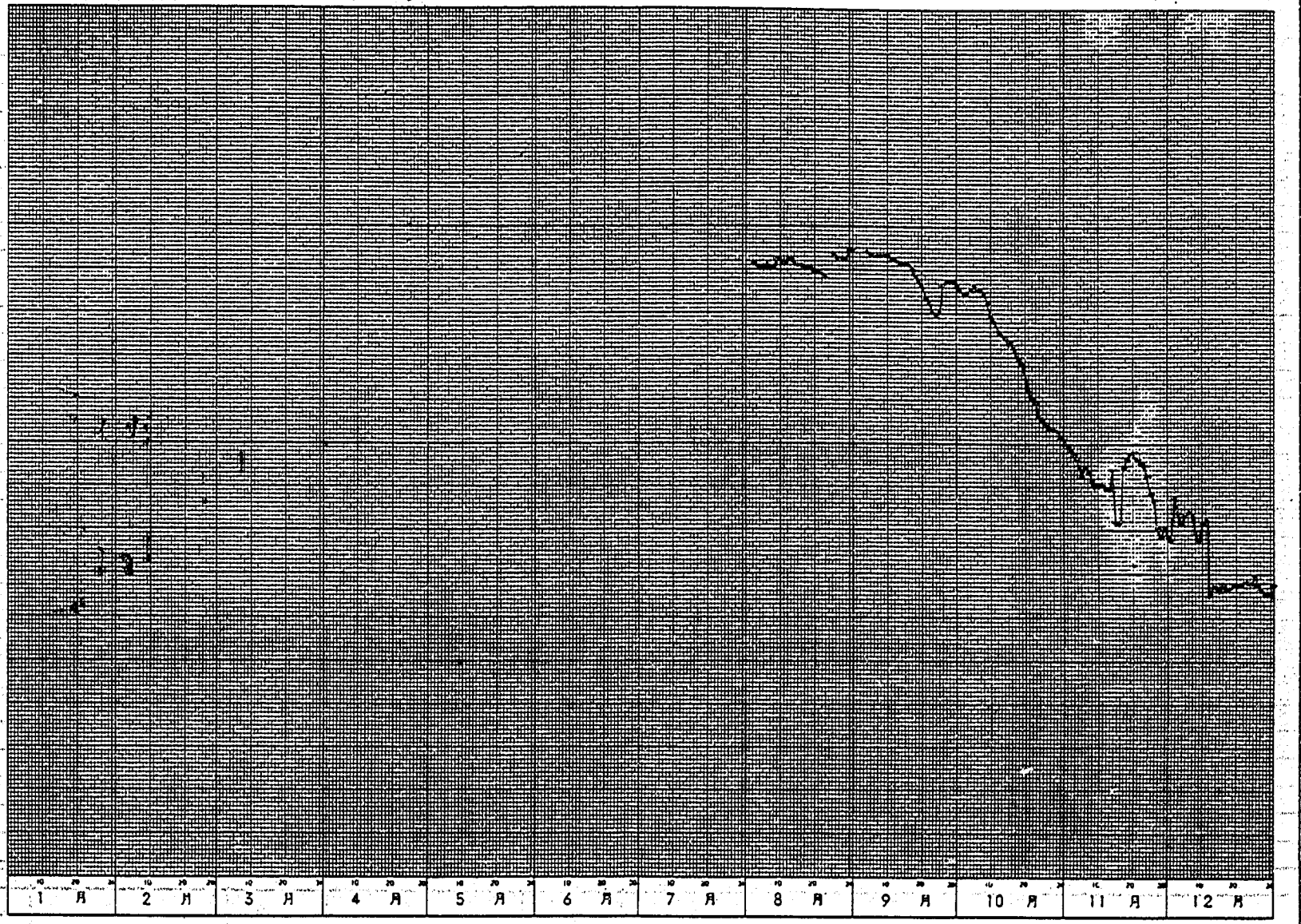
水系			河川			観測所	2号						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	4.09	1.71	0.69	3.42	4.94	5.09	5.21	5.16	5.28	.	.	.	.
2	4.02	2.18	1.02	3.58	5.04	5.08	5.09	5.14	5.27	.	.	.	.
3	3.92 ~~5.96~~	2.02	0.95	5.06	欠測	5.06	5.04	5.13	5.27	.	.	.	.
4	3.81	1.40	1.06	4.20	5.05	5.05	5.07	5.12	5.31	.	.	.	.
5	3.73	1.14	1.04	4.27	4.99	5.03	5.17	5.12	5.29	.	.	.	.
6	3.64	0.96	1.01	4.33	4.96	5.02	5.19	5.09	5.27	.	.	.	.
7	3.59	0.93	0.71	4.36	4.96	5.00	欠測	5.06	5.26	.	.	.	.
8	3.54	0.93	0.44	4.32	4.95	4.99	5.25	5.04	5.26	.	.	.	.
9	3.47	0.73	0.53	欠測	4.93	4.96	5.25	5.20	5.53	.	.	.	.
10	3.41	0.69	0.58	↓	5.01	4.95	5.25	5.29	5.25	.	.	.	.
11	3.35	0.56	0.48	↓	5.06	4.93	5.24	欠測	5.25	.	.	.	.
12	3.25	0.33	0.26	↓	5.19	4.95	5.23	5.27	5.24	.	.	.	.
13	3.19	.	0.43	↓	5.18	5.05	5.22	5.25	5.24	.	.	.	.
14	3.10	0.74	0.52	↓	5.17	5.09	5.24	5.23	5.23	.	.	.	.
15	2.97	1.02	0.54	4.75	5.13	5.05	5.24	5.19	5.21	.	.	.	.
16	2.80	1.48	0.42	欠測	5.12	5.01	5.23	5.16	5.19	.	.	.	.
17	2.66	1.29	~~0.18~~	↓	5.12	4.99	5.22	5.16	5.19	.	.	.	.
18	2.58	1.48	-0.19	↓	5.09	4.97	5.21	5.17	5.18	.	.	.	.
19	2.54	1.39	-0.18	4.75	5.07	4.97	5.20	5.18	5.19	.	.	.	.
20	2.58	1.30	-0.26	欠測	5.06	4.97	5.20	5.16	5.18	.	.	.	.
21	2.50	0.77	0.47	4.72	5.05	4.99	5.18	5.20	5.17	.	.	.	.
22	2.37	0.48	0.88	4.70	5.05	5.00	5.18	5.14	5.16	.	.	.	.
23	2.23	1.08	0.98	4.82	5.06	5.02	5.13	5.13	5.15	.	.	.	.
24	2.16	1.28	0.86	4.86	5.07	5.02	5.15	5.11	5.14	.	.	.	.
25	2.08	1.36	1.25	4.88	5.07	5.01	5.14	5.09	5.16	.	.	.	.
26	1.90	1.44	2.30	4.85	5.07	5.24	5.13	5.07	5.19	.	.	.	.
27	1.70	1.31	2.55	4.80	5.07	5.20	5.14	5.52	5.19	.	.	.	.
28	1.52	0.67	2.76	4.84	5.12	5.14	5.13	5.35	5.18	.	.	.	.
29	1.43	.	2.99	4.88	5.11	5.09	5.12	5.32	5.16	.	.	.	.
30	1.45		3.24	4.94	5.11	5.28	5.10	5.32	5.14	.	.	.	.
31	1.52		3.33		5.10		5.14	5.30		.		.	.
計	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
平均	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

水研様式 水位－2

日水位年図

観測所番号

水系　　河川　　オ2号 観測所　　昭和 52 年（19[illegible]）

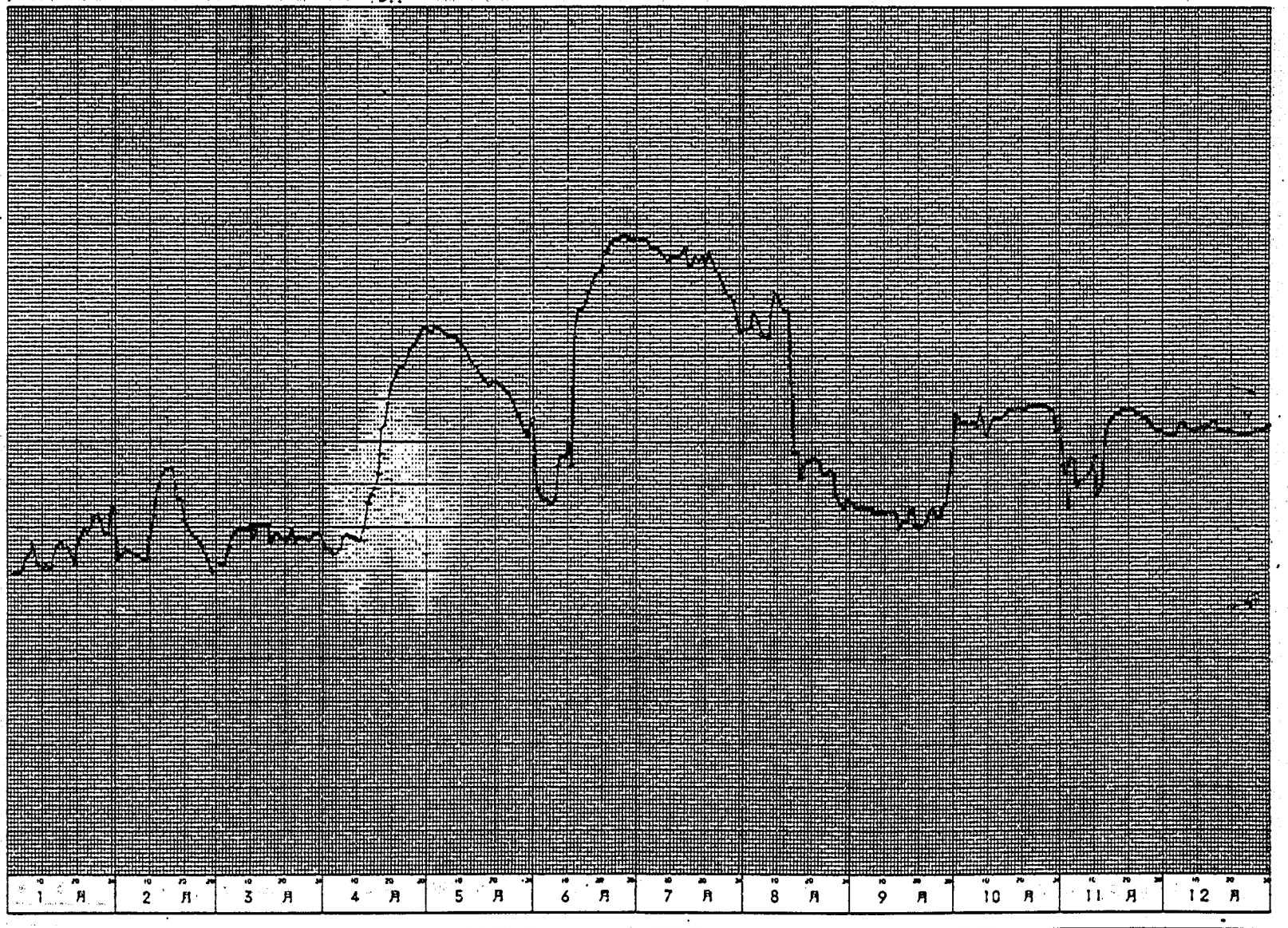


水研様式　水位－3

観測所番号

日水位年図

水系　　河川　2-号　観測所　　昭和 43年（19　）

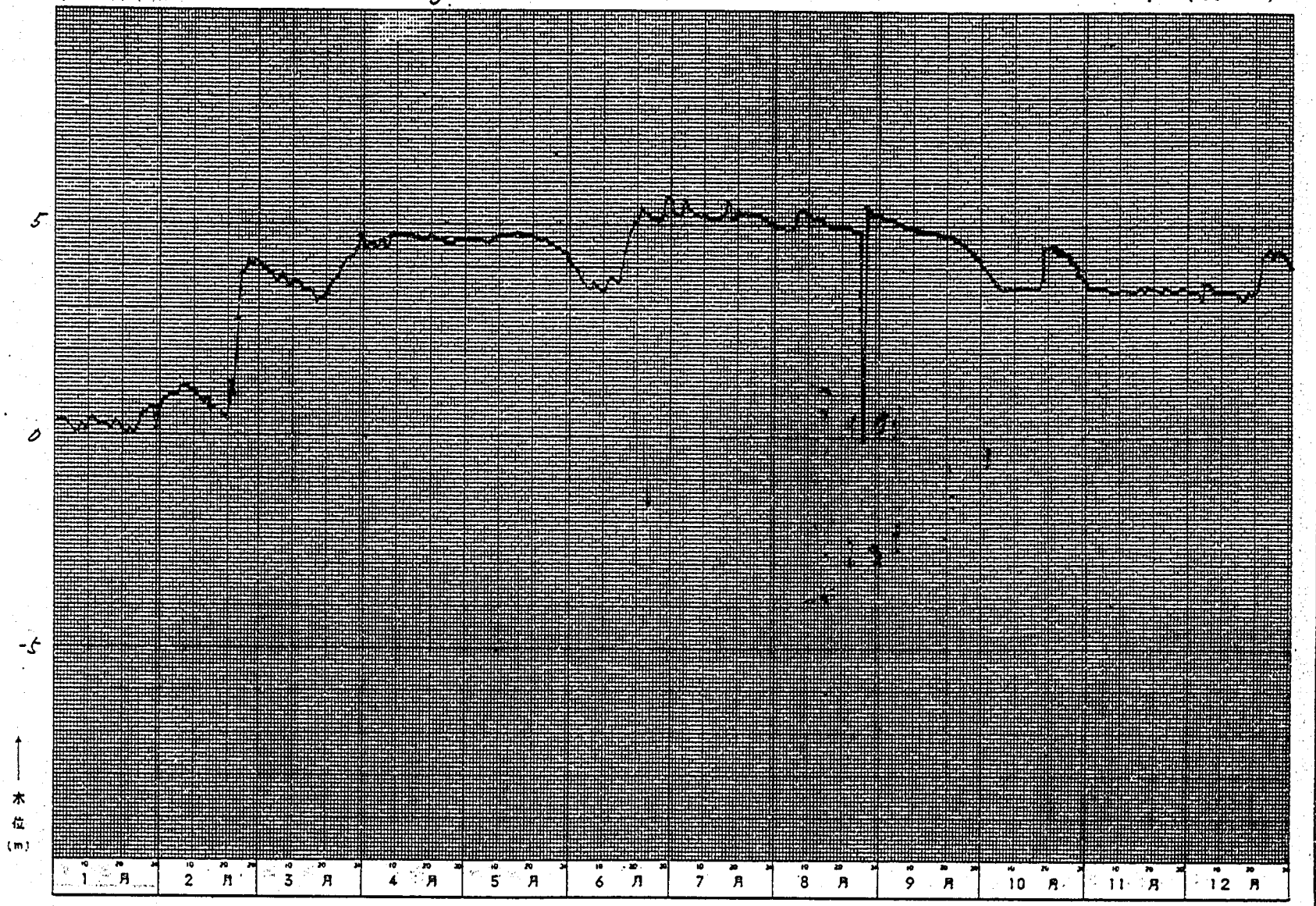


水研様式　水位－3

日水位年図

観測所番号

水系　　河川　2号　観測所　　昭和 56 年（19　）

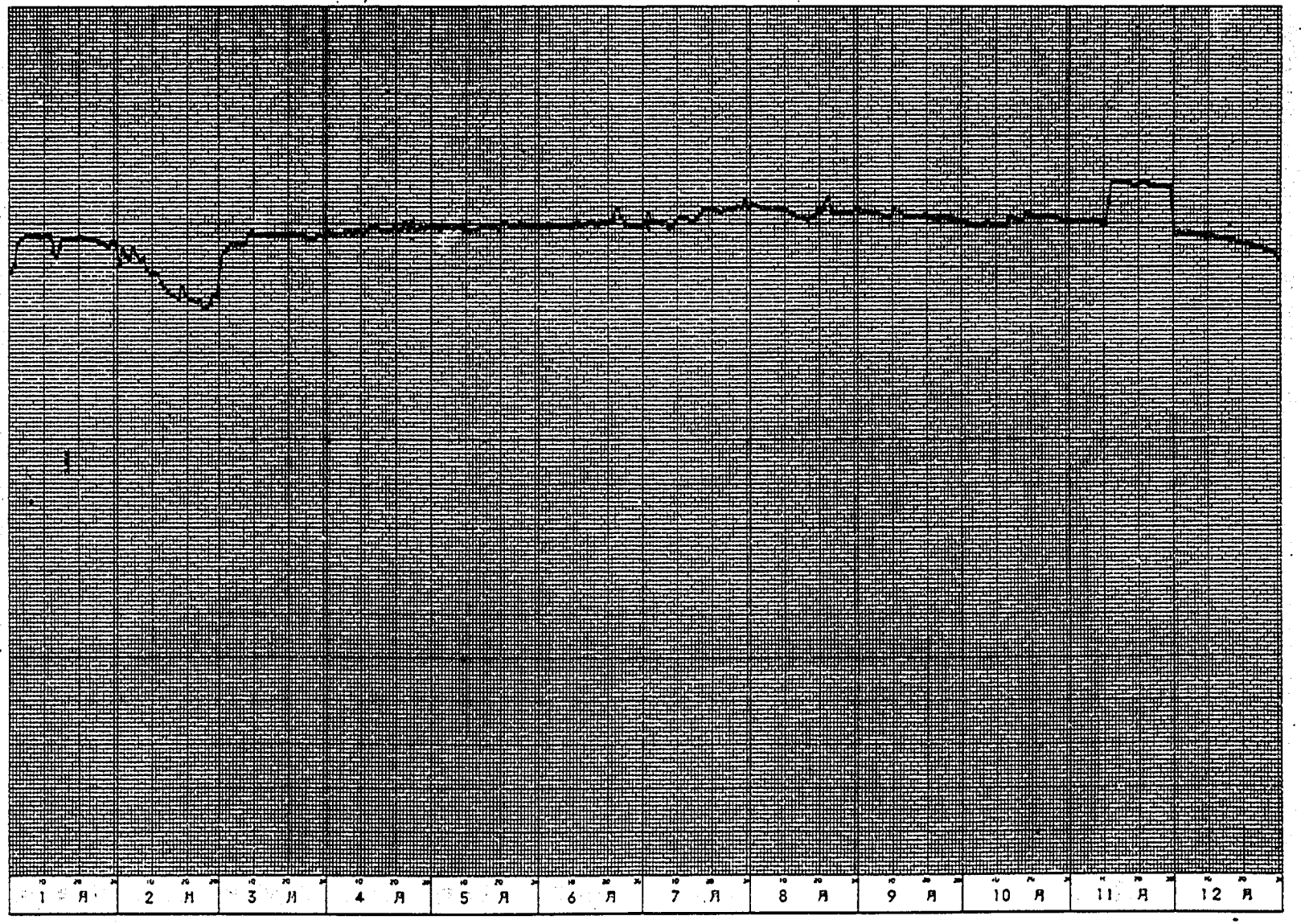


水研様式　水位－3

観測所番号

日水位年図

水系　　河川　2号　観測所　　昭和 55年（1980）

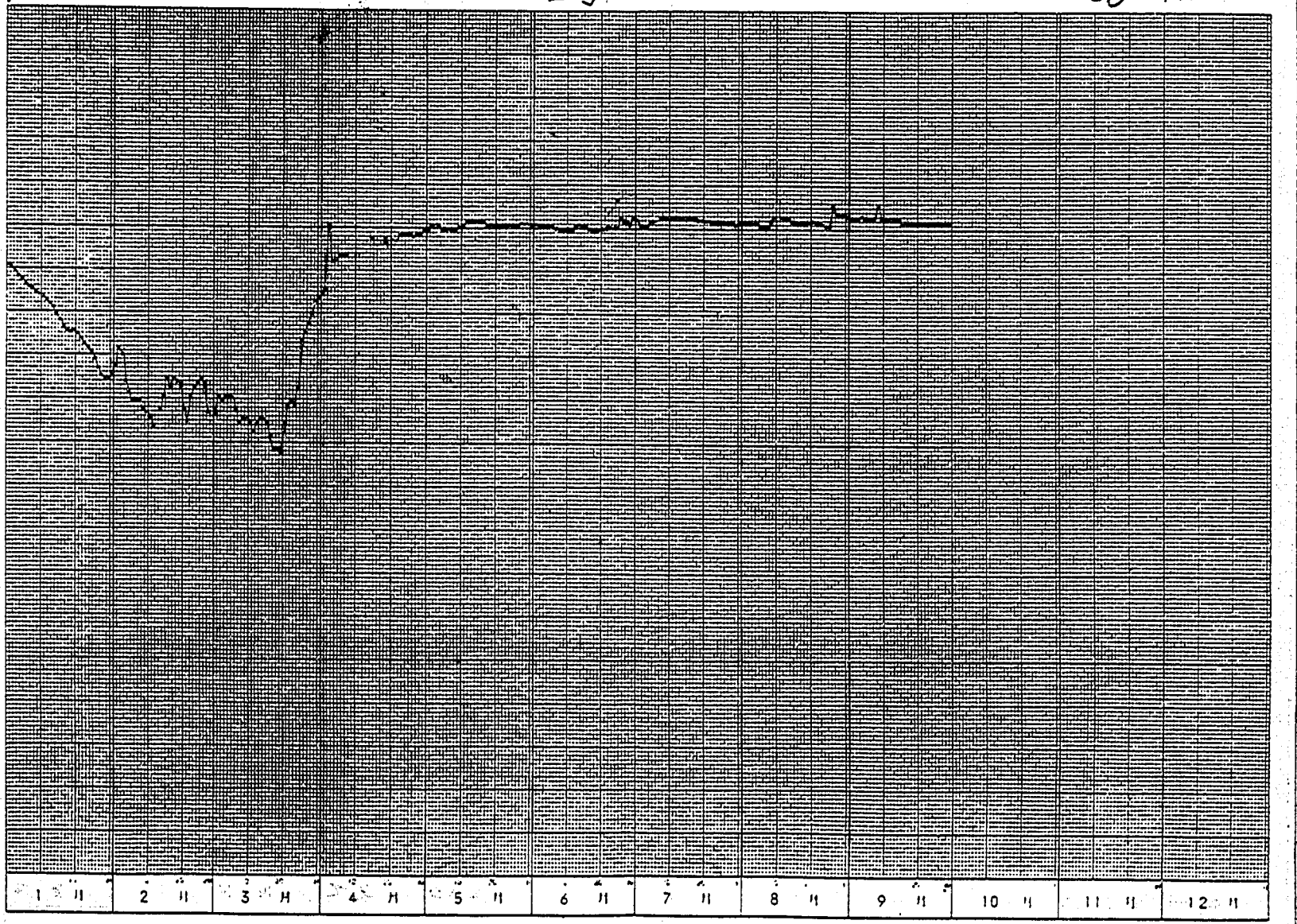


水研様式　水位－3

観測所番号

日水位年図

水系　　河川　　観測所　2号　　昭和56年（19　）



観測所番号

地下水 日水位年表

昭和 52 年 (19)

(T.P.m)

水系			河川			観測所	3号						
日 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4.34	-1.84	-4.79	.
2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4.15	-1.99	-5.02	.
3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4.61	-2.11	-4.99	.
4	.	.	.	.	.	.	.	.	5.02	4.70	-2.20	-5.23	.
5	.	.	.	.	.	.	.	.	5.00	4.54	-2.88	-5.56	.
6	.	.	.	.	.	.	.	.	4.98	4.60	-2.60	-5.48	.
7	.	.	.	.	.	.	.	.	4.94	4.29	-2.96	-5.48	.
8	.	.	.	.	.	.	.	.	4.92	3.86	-3.05	-5.61	.
9	.	.	.	.	.	.	.	5.09	4.90	3.19	-2.90	-5.72	.
10	.	.	.	.	.	.	.	.	4.94	3.19	-3.06	-5.76	.
11	.	.	.	.	.	.	.	.	4.93	2.44	-3.29	-5.83	.
12	.	.	.	.	.	.	.	.	4.97	2.23	-3.31	-5.29	.
13	.	.	.	.	.	.	.	5.07	4.95	2.08	-3.37	-4.89	.
14	.	.	.	.	.	.	.	5.03	4.90	1.97	-3.59	-4.91	.
15	.	.	.	.	.	.	.	5.00	4.88	1.60	-4.68	-5.06	.
16	.	.	.	.	.	.	.	4.99	4.81	1.35	-4.48	-4.81	.
17	.	.	.	.	.	.	.	4.95	4.71	0.95	-1.20	-5.14	.
18	.	.	.	.	.	.	.	4.93	4.78	0.50	-1.28	-4.97	.
19	.	.	.	.	.	.	.	4.89	4.28	0.31	-1.37	-5.06	.
20	.	.	.	.	.	.	.	4.86	3.50	4.07	-1.64	-5.09	.
21	.	.	.	.	.	.	.	4.81	3.24	-0.23	-1.86	-5.05	.
22	.	.	.	.	.	.	.	4.72	3.54	-0.45	-1.93	-4.92	.
23	.	.	.	.	.	.	.	4.67	3.58	-0.69	-2.01	-5.13	.
24	.	.	.	.	.	.	.	4.88	2.81	-0.85	-2.11	-5.04	.
25	.	.	.	.	.	.	.	5.11	3.59	0.77	-2.71	-5.08	.
26	.	.	.	.	.	.	.	5.07	4.75	-1.15	-3.79	-5.30	.
27	.	.	.	.	.	.	.	5.05	4.70	-1.35	-4.08	-5.98	.
28	.	.	.	.	.	.	.	5.04	4.58	-1.41	-4.44	-5.90	.
29	.	.	.	.	.	.	.	5.03	4.66	-1.49	-4.61	-6.17	.
30	.		.	.	.	.	.	5.03	4.47	-1.52	-4.75	-6.17	.
31	.		.		.		.	5.02		-1.65		-5.92	.
計	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
平均	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

水研様式 水位－2

観測所番号

地下水 日水位年表

昭和 43 年 (19)　(T.P.m)

水系			河川			観測所	3号						
日 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	-5.13	-4.41	-4.96	-4.14	4.24	-3.21	4.83	0.85	-4.09	0.42	-3.92	-1.74	.
2	-4.90	-4.44	-4.70	-4.21	4.15	-3.27	4.81	0.94	-4.31	-0.18	-3.84	-1.67	.
3	-4.95	-4.51	-4.03	-4.28	4.03	-3.36	4.79	3.88	-4.29	-0.59	-4.00	-1.60	.
4	-4.81	-4.41	-3.76	-4.31	3.80	-3.45	4.76	1.91	-4.33	-0.81	-3.88	-1.28	.
5	-4.67	-4.41	-3.68	-4.36	3.49	-3.47	4.73	1.65	-4.37	-1.08	-3.83	-0.77	.
6	-4.44	-4.50	-3.63	-3.80	3.56	-3.40	4.71	1.49	-4.50	-1.15	-3.79	-1.00	.
7	-3.50	-4.52	-3.57	-3.91	3.88	3.27	4.70	1.52	-4.74	-1.13	-4.00	-1.17	.
8	-4.28	-4.54	-3.67	-3.90	3.79	-3.79	4.68	1.15	-4.82	-1.35	-3.94	-1.30	.
9	-4.42	-4.60	-3.56	-3.90	3.46	-3.19	4.64	0.62	-4.94	-1.59	-4.00	-1.31	.
10	-4.57	-2.92	-3.25	-3.95	3.01	-3.39	4.60	0.16	-4.83	-2.02	-3.91	-1.12	.
11	-4.45	-2.47	-3.22	-4.01	2.80	4.74	4.58	-0.24	-4.89	-2.90	-3.85	-1.06	.
12	-4.54	-1.93	-3.24	-2.54	2.13	4.91	4.57	-0.24	-5.16	-2.88	-3.38	-1.09	.
13	-4.55	-1.71	-3.33	-2.34	1.75	4.82	4.60	-0.71	-5.24	-2.85	-6.27	-1.17	.
14	-3.89	-1.73	-3.37	-2.17	1.38	4.79	4.59	-2.76	-5.26	-2.97	0.57	-1.26	.
15	-3.75	-1.70	-3.40	-2.14	1.09	4.77	4.55	-3.12	-5.22	-3.03	0.61	1.26	.
16	-3.77	-1.73	-3.58	-2.33	0.75	4.75	4.52	-3.57	-5.11	-3.22	0.20	1.30	.
17	-3.84	-2.48	-3.69	3.99	0.45	4.73	4.56	-3.49	-5.20	-3.34	-0.01	1.33	.
18	-3.91	-2.78	-3.89	4.13	0.20	4.71	4.53	-3.00	-5.10	-3.40	-0.06	-1.60	.
19	-4.16	-2.88	-4.05	4.14	0.89	4.68	4.51	-3.13	-5.10	-3.47	-0.06	-1.56	.
20	-3.97	-3.21	-4.17	4.17	0.94	4.71	4.48	-3.16	-5.00	-3.19	-0.16	-1.57	.
21	-3.83	-3.56	-3.79	4.05	0.62	4.80	4.43	-3.19	-5.06	-3.41	-0.29	-1.59	.
22	-3.56	-3.70	-3.44	4.01	0.65	4.85	4.34	-3.48	-5.12	-3.35	-0.39	-1.66	.
23	-3.70	-3.83	-3.83	3.97	0.22	4.91	4.18	-3.31	-5.03	-3.46	-0.39	-1.65	.
24	-3.03	-3.97	-3.76	4.13	-0.07	4.95	3.95	-3.14	-5.06	-3.61	-0.55	-1.67	.
25	-2.85	-4.10	-3.78	4.38	-0.39	4.98	2.95	-3.69	-4.99	-3.73	-0.60	-1.68	.
26	-2.99	-4.38	-3.82	4.27	-0.75	4.91	2.34	-3.27	-5.11	-3.67	-1.64	1.85	.
27	-3.34	-4.66	-3.88	4.27	-1.06	4.88	1.72	-3.47	-5.09	-3.60	-0.86	2.01	.
28	-3.84	-4.89	-3.68	4.19	-1.36	4.87	0.93	-3.60	-5.07	-3.54	-1.20	-2.04	.
29	-4.05		-3.85	4.36	-1.75	4.86	6.53	-3.84	-2.02	-3.69	-1.41	-2.15	.
30	-4.34		-4.00	4.25	-2.64	4.84	0.86	-4.05	-1.03	-3.79	-1.68	2.31	.
31	-4.38				-2.75		0.66	-4.12		-3.95		2.38	.
計	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
平均	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

水研様式　水位－2

観測所番号

地下水 日水位年表

昭和 56 年 (1.9) (T.P.m)

水系			河川			観測所	3号						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	-2.44	0.46	4.57	4.81	4.74	4.04	5.29	4.97	5.22	4.10	3.17	0.66	.
2	-2.50	0.04	4.54	4.93	4.72	3.86	5.25	4.95	5.18	3.96	2.67	0.24	.
3	-2.50	0.13	4.50	4.88	4.70	3.63	5.24	4.93	5.15	3.81	2.27	0.08	.
4	-2.52	0.04	4.25	4.83	4.67	3.42	5.59	4.92	5.13	3.71	2.05	-0.06	.
5	-2.92	0.09	4.39	4.80	4.64	3.13	5.50	4.90	5.10	3.53	2.06	2.00	.
6	-3.00	0.29	4.34	4.81	4.65	2.91	5.32	5.20	5.05	3.35	1.75	2.50	.
7	-2.95	0.23	4.28	4.81	4.63	3.18	5.27	5.34	5.00	3.03	1.45	1.69	.
8	-2.88	0.14	4.14	4.93	4.69	3.14	5.24	5.39	4.97	2.60	1.31	1.31	.
9	-3.06	0.05	4.05	4.99	4.76	2.80	5.23	5.31	4.95	2.13	1.06	0.96	.
10	-3.03	-0.12	4.22	4.97	4.75	>35	5.22	5.24	4.93	1.91	1.03	0.71	.
11	-2.99	-0.24	4.19	4.94	4.75	3.06	5.22	5.23	4.89	1.56	1.15	0.49	.
12	-2.89	-0.38	4.09	4.93	4.74	3.83	5.19	5.20	4.88	1.24	0.90	0.15	.
13	-2.83	-0.53	4.07	4.92	4.73	3.75	5.16	5.16	4.85	1.11	0.73	-0.01	.
14	-2.58	-0.65	4.00	4.92	4.79	3.67	5.15	5.10	4.83	0.96	0.57	0.07	.
15	-2.58	-0.76	4.00	4.90	4.81	3.87	5.21	5.06	4.85	0.86	0.33	-0.05	.
16	-2.61	-0.84	3.94	4.89	4.81	4.62	5.25	5.01	4.85	0.80	0.14	-0.22	.
17	-2.58	-0.95	3.93	4.87	4.80	4.60	5.59	4.98	4.83	0.67	0.05	-0.33	.
18	-2.56	-1.12	3.89	4.86	4.79	4.92	5.17	4.97	4.80	0.66	1.64	-0.45	.
19	-2.52	-1.52	3.83	4.86	4.77	5.09	5.37	4.95	4.78	4.53	1.46	-0.60	.
20	-2.50	-1.42	4.10	4.84	4.75	5.08	5.29	4.95	4.76	4.55	1.11	-0.08	.
21	-2.53	-1.68	4.15	4.85	4.72	5.60	5.30	4.95	4.73	4.53	0.72	1.97	.
22	-2.56	-1.75	4.19	4.83	4.70	5.29	5.37	4.94	4.70	4.49	0.58	4.37	.
23	-2.56	4.40	4.27	4.81	4.66	5.24	5.35	4.92	4.66	4.44	2.13	4.43	.
24	-2.59	4.67	4.33	4.80	4.62	5.18	5.32	4.90	4.62	4.41	1.42	4.44	.
25	-3.09	4.67	4.40	4.80	4.58	5.12	5.33	4.88	4.57	4.36	1.20	4.43	.
26	-3.10	4.65	4.49	4.80	4.56	5.11	5.32	5.06	4.56	4.29	1.19	4.42	.
27	-3.08	4.63	4.65	4.78	4.50	5.13	5.19	5.46	4.47	4.17	0.88	4.39	.
28	-3.11	4.60	4.45	4.85	4.45	5.28	5.15	5.33	4.41	3.83	0.58	4.36	.
29	-2.97	/	4.66	4.75	4.41	5.70	5.12	5.27	4.44	3.87	1.02	4.54	.
30	-0.99	/	4.93	4.76	4.34	5.61	5.07	5.24	4.24	3.68	0.76	4.20	.
31	-0.73	/	4.85	/	4.20	/	5.02	5.20	/	3.46	/	4.08	.
計	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
平均	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

水研様式 水位－2

観測所番号

地下水 日水位年表

昭和 55 年 (19)

(T.P.m)

水系			河川			観測所	3号						
日 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	3.90	4.61	4.76	4.94	5.00	5.03	5.04	5.42	5.38	5.18	5.19	4.91	.
2	4.00	4.57	4.94	4.94	5.00	5.04	欠測	5.40	5.37	5.17	5.18	4.91	.
3	4.59	4.54	4.78	4.93	4.99	5.03	5.08	5.39	5.35	5.16	5.16	4.90	.
4	4.71	4.77	4.77	4.92	4.99	5.02	5.06	5.38	5.34	5.16	5.16	4.90	.
5	4.73	4.48	4.80	4.92	4.98	5.02	5.05	5.38	5.32	5.13	5.16	4.89	.
6	4.74	4.46	4.81	4.92	4.97	5.00	5.05	5.37	5.32	5.13	5.16	4.88	.
7	4.74	4.41	4.85	4.94	4.96	5.06	5.05	5.35	5.30	5.14	5.15	4.86	.
8	4.73	4.35	4.87	4.94	4.97	5.00	5.04	5.37	5.28	5.13	5.14	4.85	.
9	4.76	4.27	4.93	4.94	5.02	5.00	5.04	5.35	5.26	5.27	5.13	4.81	.
10	4.74	4.14	5.05	4.94	5.06	5.00	5.10	5.33	5.30	5.39	5.12	4.82	.
11	4.72	3.98	4.92	4.92	5.00	5.04	5.08	5.30	5.41	5.11	5.10	4.80	.
12	4.71	3.76	4.93	4.98	4.99	5.02	5.12	5.27	5.38	5.11	5.10	4.79	.
13	4.79	3.56	4.94	5.10	5.02	5.02	5.11	5.23	5.36	5.12	5.09	4.77	.
14	4.86	3.35	4.95	5.04	5.50	5.04	5.09	5.23	5.34	5.30	5.09	4.78	.
15	4.87	2.85	4.95	5.00	5.00	5.05	5.06	5.21	5.34	5.29	5.07	4.74	.
16	4.89	2.37	4.95	5.00	5.00	5.04	5.11	5.20	5.23	5.26	5.05	4.71	.
17	4.89	1.96	4.96	5.00	4.99	5.03	5.22	5.19	5.32	5.23	5.03	4.71	.
18	4.89	1.50	4.94	5.00	4.98	5.05	5.31	5.23	5.31	5.22	5.03	4.70	.
19	4.88	3.06	4.93	5.00	4.97	5.05	5.34	5.26	5.32	5.38	5.01	4.67	.
20	4.88	2.27	4.92	5.05	4.96	5.08	5.34	5.31	5.35	5.36	5.01	4.65	.
21	4.87	1.61	4.92	5.07	5.12	5.12	5.33	5.42	5.33	5.33	5.01	4.62	.
22	4.85	0.81	4.93	5.01	5.06	5.08	5.29	5.29	5.32	5.31	5.03	4.59	.
23	4.84	0.87	4.95	5.01	5.04	5.38	5.29	5.62	5.29	5.29	5.00	4.57	.
24	4.81	0.67	4.95	5.00	5.03	5.34	5.03	5.34	5.28	5.30	4.98	4.55	.
25	4.79	0.36	4.93	5.00	5.04	5.05	5.35	5.41	5.27	5.30	4.98	4.53	.
26	4.77	0.29	4.92	5.00	5.05	5.03	5.35	5.39	5.26	5.29	4.96	4.50	.
27	4.74	0.40	4.90	5.02	5.04	5.01	5.38	5.39	5.26	5.27	4.95	4.46	.
28	4.72	0.22	4.89	5.02	5.03	5.00	5.38	5.37	5.24	5.25	4.95	4.62	.
29	4.68	0.11	4.91	5.50	5.03	4.98	5.40	5.39	5.22	5.21	4.94	4.38	.
30	4.67		4.92	5.00	5.04	4.97	5.55	5.60	5.20	5.21	4.92	4.31	.
31	4.63		4.93		5.04		5.53	5.39		5.20		4.18	.
計	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
平均	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

水研様式 水位－2

観測所番号

地下水 日水位年表

昭和56年(1981)

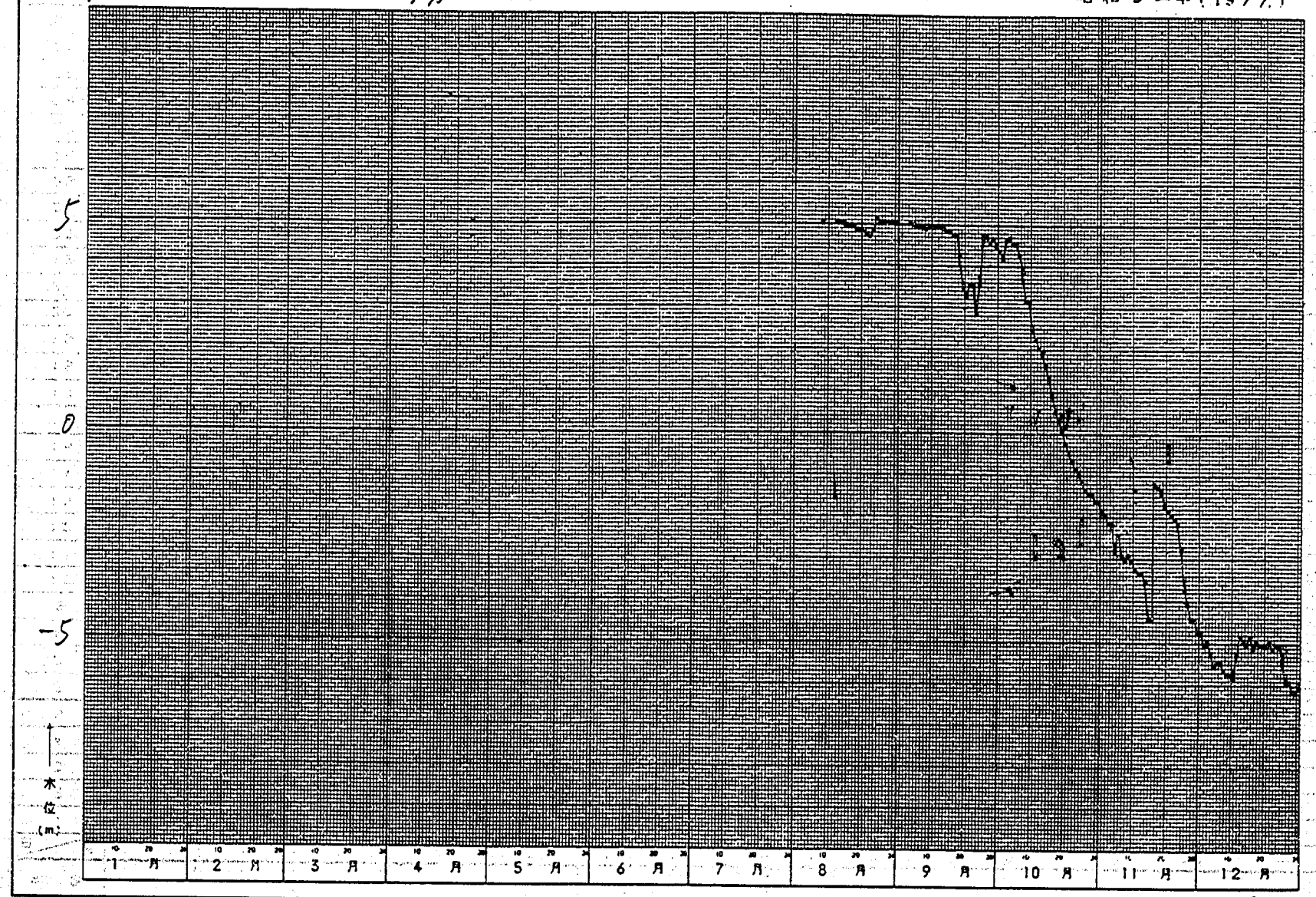
水系			河川			観測所	3号						
日 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	-0.07	-1.55	-2.10	-0.56	-0.10	-0.05	-0.81	-0.92	-0.80	.	.	.	.
2	-0.91	-1.11	-1.03	-0.69	-0.94	-0.06	-0.86	-0.93	-0.81	.	.	.	.
3	-0.82	-1.09	-1.54	-0.69	-0.91	-0.08	-0.89	-0.95	-0.80	.	.	.	.
4	-0.58	-1.04	-1.62	-0.74	-0.94	-0.09	-0.89	-0.96	-0.77	.	.	.	.
5	-0.46	-1.02	-1.67	-0.70	-0.98	-0.10	-0.88	-0.98	-0.78	.	.	.	.
6	-0.28	-2.03	-1.85	-0.84	-0.97	-0.12	-0.82	-0.00	-0.80	.	.	.	.
7	-0.13	-2.06	-2.04	-0.85	-0.00	-0.14	欠測	-0.02	-0.81	.	.	.	.
8	-0.72	-2.11	-2.24	-0.86	-0.08	-0.12	-0.79	-0.04	-0.81	.	.	.	.
9	-0.91	-2.23	-2.23	欠測	-0.05	-0.10	-0.80	-0.87	-0.82	.	.	.	.
10	-0.13	-2.41	-2.27	-0.09	-0.07	-0.08	-0.81	-0.77	-0.81	.	.	.	.
11	-1.93	-2.56	-2.52	-0.01	-0.04	-0.07	-0.82	欠測	-0.82	.	.	.	.
12	-1.37	-2.82	-2.51	-0.01	-0.01	-0.10	-0.80	-0.81	-0.82	.	.	.	.
13	-1.58	∨	-2.56	-0.02	-0.00	-0.09	-0.80	-0.81	-0.83	.	.	.	.
14	-1.41	-2.13	-2.54	-0.05	-0.04	-0.02	-0.82	-0.82	-0.84	.	.	.	.
15	-1.16	-1.82	-2.55	-0.05	-0.07	-0.02	-0.82	-0.80	-0.85	.	.	.	.
16	-1.06	-1.82	-2.69	-0.00	-0.08	-0.04	-0.82	-0.84	-0.86	.	.	.	.
17	-0.94	-1.10	-2.89	-0.06	-0.08	-0.05	-0.80	-0.85	-0.86	.	.	.	.
18	-0.78	-1.14	-3.08	-0.01	-0.01	-0.07	-0.80	-0.86	-0.87	.	.	.	.
19	-0.60	-1.36	-3.42	-0.01	-0.08	-0.06	-0.84	-0.87	-0.87	.	.	.	.
20	-0.41	-1.58	-3.61	-0.01	-0.05	-0.07	-0.85	-0.89	-0.88	.	.	.	.
21	-0.28	-1.79	-2.83	-0.00	-0.07	-0.07	-0.86	-0.90	-0.72	.	.	.	.
22	-0.10	-2.17	-0.01	-0.04	-0.07	-0.08	-0.88	-0.92	-0.70	.	.	.	.
23	-0.03	-1.52	-0.10	-0.06	-0.61	-0.06	-0.89	-0.94	-0.70	.	.	.	.
24	-0.12	-1.17	0.17	-0.07	-0.62	-0.07	-0.91	-0.96	-0.69	.	.	.	.
25	-0.21	-1.28	0.30	-0.06	-0.62	-0.08	-0.92	-0.97	-0.71	.	.	.	.
26	-0.69	-1.42	4.52	-0.08	-0.62	-0.76	-0.90	-0.00	-0.74	.	.	.	.
27	-0.93	-1.63	4.57	-0.09	-0.62	-0.86	-0.94	-0.62	-0.78	.	.	.	.
28	-1.37	-2.13	4.58	-0.10	-0.66	-0.90	-0.99	-0.78	-0.70	.	.	.	.
29	-1.64	.	4.58	-0.08	-0.66	-0.92	-0.96	-0.75	-0.70	.	.	.	.
30	-1.79		4.58	-0.04	-0.69	-0.22	-0.98	-0.76	-0.69	.		.	.
31	-1.80		4.57		-0.65		-0.95	-0.78		.		.	.
計	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
平均	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

水研様式 水位-2

観測所番号

日水位年図

水系　　河川　　観測所　　昭和52年（1977）



水研様式　水位－3

観測所番号 3号

日水位年図

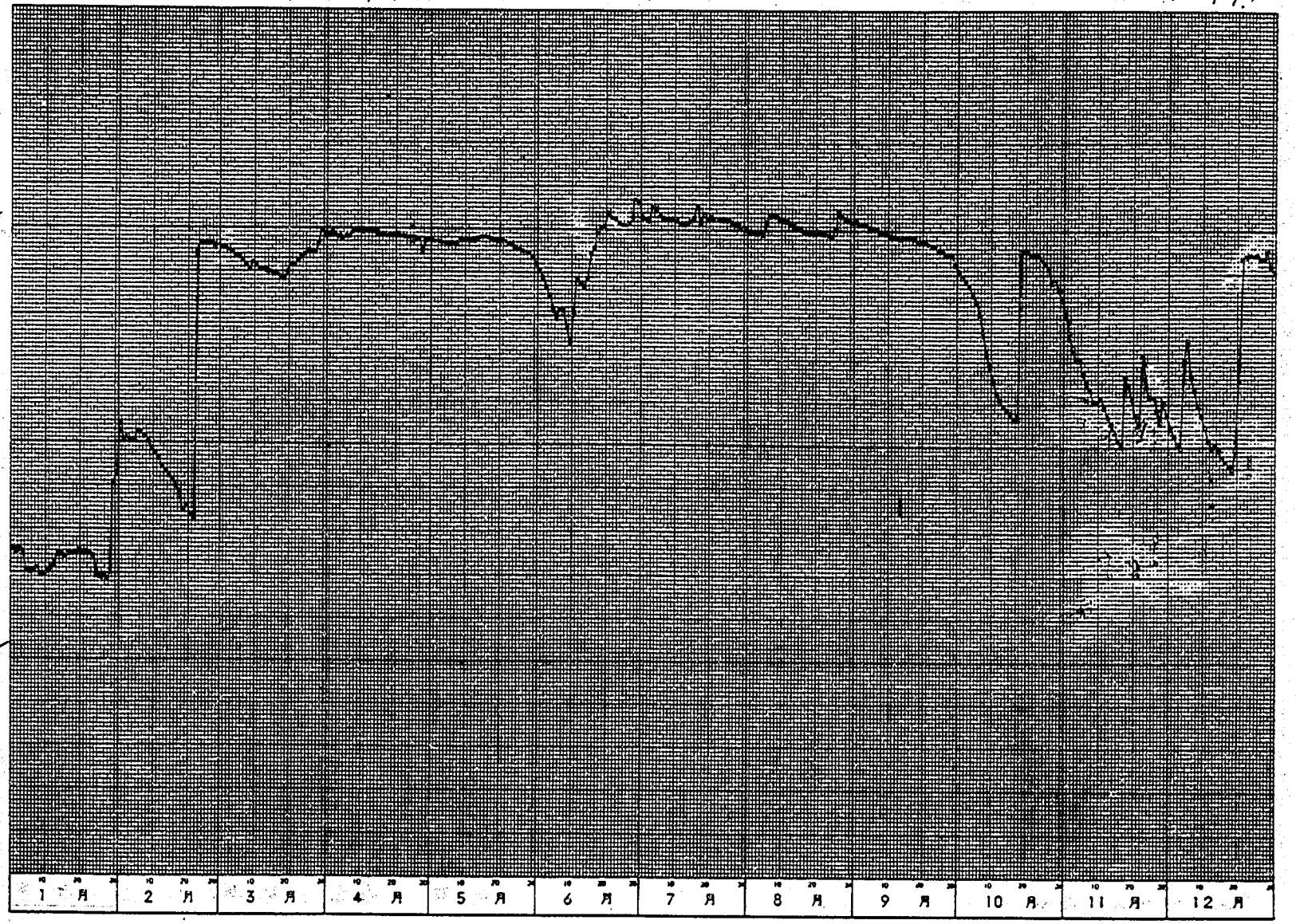
水系　　河川　3号　観測所　　昭和53年（1978）

水研様式　水位－3

観測所番号 33

日水位年図

水系　　河川　　観測所　　昭和 54 年（1979）

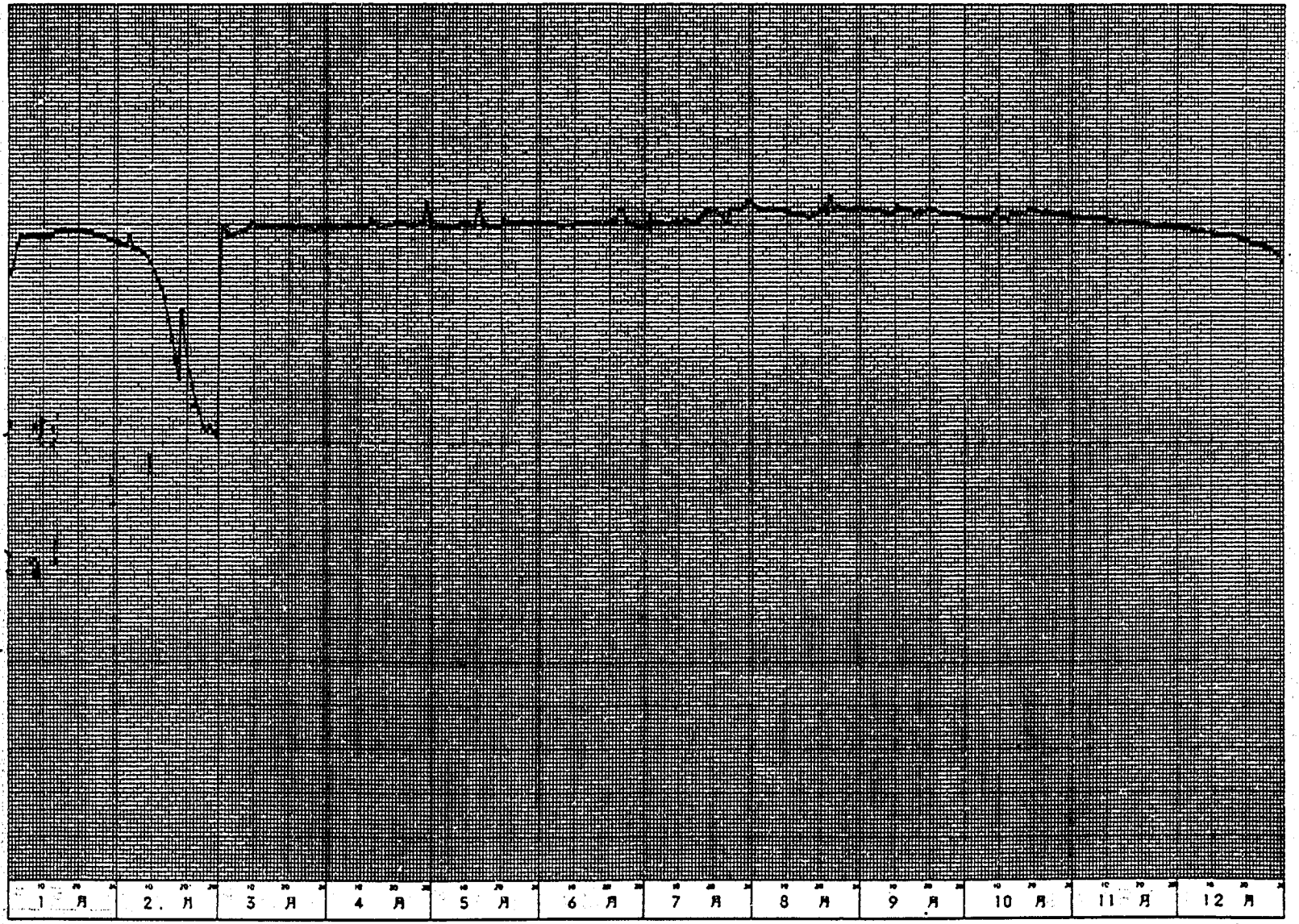


水研様式　水位－3

観測所番号

日水位年図

水系　　河川　3号　観測所　　昭和55年（1978）

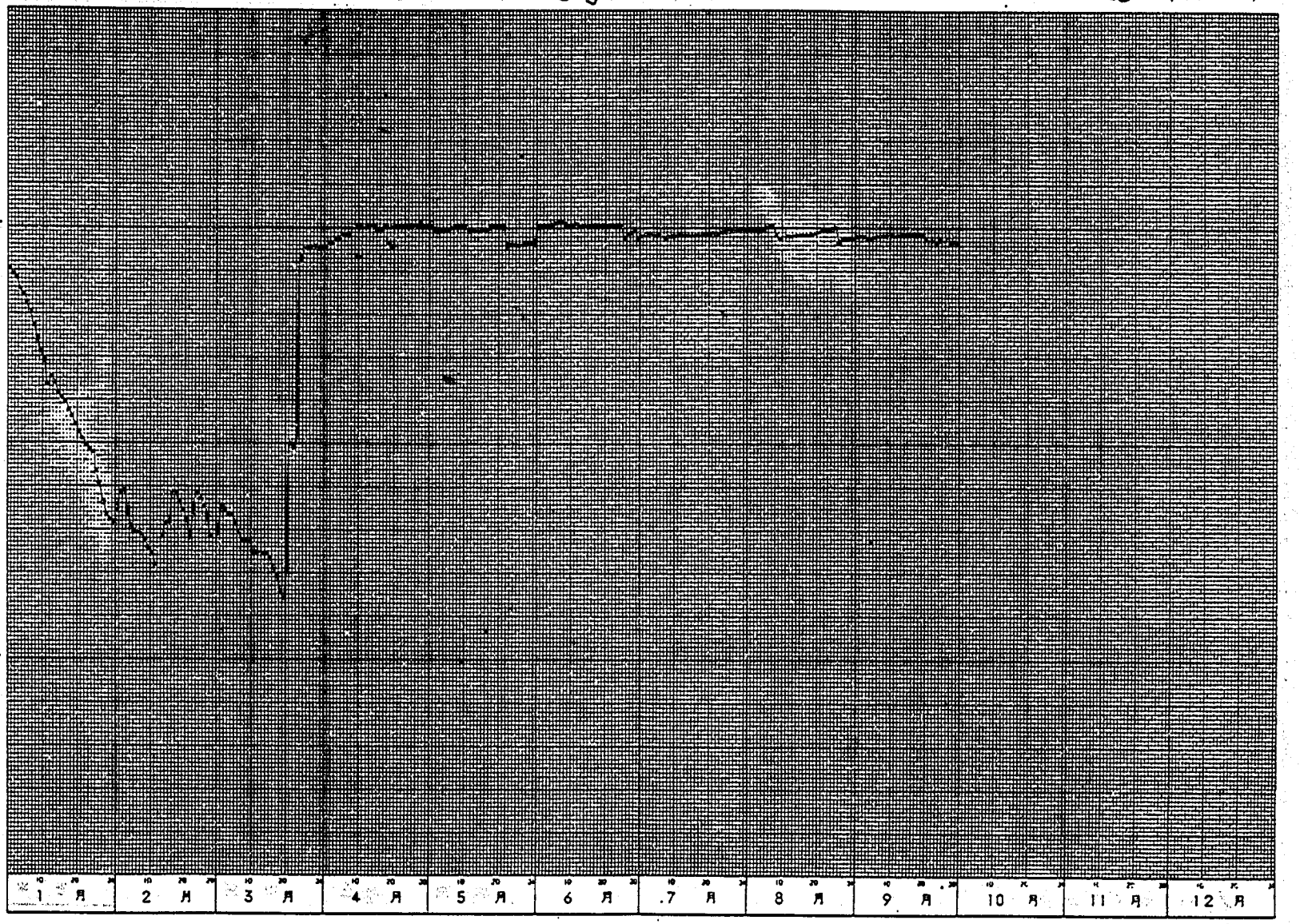


水研様式　水位－3

観測所番号

日水位年図

水系　　河川　　観測所　3号　　昭和 56年（19　）



水研様式　水位　3

観測所番号

地下水　日水位年表

昭和 54 年 (1979)　(T.P.m)

水系			河川	野洲川地下ダム		観測所	N01-A						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.10	2.47	-0.57	.
2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.17	1.90	-0.76	.
3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.12	1.40	-0.72	.
4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.88	1.35	-0.57	.
5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.45	1.31	-0.24	.
6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.06	1.06	1.09	.
7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.71	0.92	0.74	.
8	.	.	.	.	.	.	.	.	(記録なし)	1.33	0.82	0.58	.
9	.	.	.	.	.	.	.	.	4.17	0.99	0.61	0.34	.
10	.	.	.	.	.	.	.	.	4.09	0.72	0.51	0.15	.
11	.	.	.	.	.	.	.	.	4.04	0.50	0.44	0.01	.
12	.	.	.	.	.	.	.	.	3.99	0.58	0.49	-0.19	.
13	.	.	.	.	.	.	.	.	4.00	.	0.43	-0.22	.
14	.	.	.	.	.	.	.	.	3.87	.	0.21	-0.10	.
15	.	.	.	.	.	.	.	.	3.90	.	-0.17	-0.08	.
16	.	.	.	.	.	.	.	.	3.89	.	-0.33	-0.10	.
17	.	.	.	.	.	.	.	.	3.90	.	-0.32	-0.28	.
18	.	.	.	.	.	.	.	.	3.84	1.87	0.20	-0.40	.
19	.	.	.	.	.	.	.	.	3.86	2.79	0.24	-0.35	.
20	.	.	.	.	.	.	.	.	3.84	3.43	0.08	-0.23	.
21	.	.	.	.	.	.	.	.	3.80	3.58	-0.08	0.47	.
22	.	.	.	.	.	.	.	.	3.73	3.56	-0.24	2.39	.
23	.	.	.	.	.	.	.	.	3.72	3.49	0.41	2.53	.
24	.	.	.	.	.	.	.	.	3.71	3.38	0.48	2.78	.
25	.	.	.	.	.	.	.	.	3.67	3.35	0.37	2.69	.
26	.	.	.	.	.	.	.	.	3.73	3.30	0.25	2.62	.
27	.	.	.	.	.	.	.	.	3.66	3.38	-0.22	2.59	.
28	.	.	.	.	.	.	.	.	3.65	3.35	-0.40	2.92	.
29	.	.	.	.	.	.	.	.	3.61	3.30	-0.28	3.00	.
30	.	/	.	.	.	.	.	.	3.44	3.14	-0.31	2.96	.
31	.	/	.	/	.	/	.	.	/	2.86	/	2.86	.
計	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
平均	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

水研様式　水位－2

観測所番号

地下水　日水位年表

昭和 55 年 (1980)　(T.P.m)

本系			河川	野田地下ダム		観測所	NO1-A						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	2.82	4.28	0.36	3.88	6.05	4.43	4.54	5.32	5.32	5.03	—	4.51	
2	2.68	4.30	2.84	4.01	4.19	4.37	4.94	5.27	5.28	4.97	—	4.50	
3	3.46	4.19	2.63	4.06	3.97	4.32	4.95	5.22	5.27	4.96	—	4.48	
4	3.54	4.13	2.66	4.09	4.05	4.65	5.30	5.15	—	4.98	—	4.45	
5	3.92	4.17	3.28	4.02	4.02	4.07	5.09	5.19	—	4.93	—	4.46	
6	3.84	4.14	3.88	4.06	4.04	4.08	5.31	5.15	5.16	4.92	—	4.48	
7	3.92	4.11	3.68	4.07	4.18	4.26	5.25	5.13	—	4.81	—	4.44	
8	3.56	4.06	3.73	4.13	4.08	4.23	4.97	5.15	—	4.78	—	4.46	
9	3.61	3.73	4.01	4.08	4.14	4.25	4.88	5.18	—	4.81	—	4.41	
10	3.58	3.59	4.20	4.44	4.14	4.57	4.74	5.14	—	4.81	—	4.40	
11	3.82	3.73	3.85	4.37	4.10	4.21	4.79	5.08	—	4.78	—	4.41	
12	3.84	3.49	3.85	4.28	4.02	4.33	4.70	5.04	—	4.77	—	4.44	
13	3.81	2.84	3.75	4.45	4.12	4.20	5.16	4.99	5.10	4.73	—	4.47	
14	4.13	2.24	3.69	4.61	4.17	4.32	5.14	5.04	5.15	4.78	—	4.41	
15	4.35	1.09	3.69	4.42	4.13	4.60	5.10	5.06	5.11	5.05	—	4.35	
16	4.46	0.77	3.64	4.44	4.26	4.33	5.13	5.06	5.08	—	—	4.33	
17	4.46	0.35	3.67	4.52	4.43	4.16	5.25	5.05	5.02	—	—	4.30	
18	4.49	−0.31	3.62	4.58	4.43	4.08	5.36	5.03	5.04	—	—	4.29	
19	4.64	−0.31	3.72	4.74	4.42	4.19	5.40	5.12	5.07	—	—	4.31	
20	4.38	0.35	3.87	4.59	4.41	4.29	5.41	5.16	5.11	—	—	4.35	
21	4.55	−0.08	3.94	4.52	4.70	4.32	5.40	5.33	5.07	—	—	4.34	
22	4.71	−0.41	3.88	4.44	4.78	4.23	5.35	5.33	5.07	—	—	4.32	
23	4.47	−0.73	4.08	4.35	4.60	4.67	5.29	5.44	5.11	—	—	4.31	
24	4.70	−1.12	4.04	4.42	4.52	3.69	5.25	5.33	5.10	—	—	—	
25	4.48	−1.11	3.84	4.45	4.61	4.34	5.26	5.29	5.16	—	—	—	
26	4.42	−1.28	3.94	4.10	3.77	4.20	5.29	5.25	5.10	—	—	—	
27	4.37	−1.10	3.93	3.97	4.55	4.43	5.34	5.14	5.07	—	—	—	
28	4.23	−1.92	3.88	4.08	4.53	4.37	5.32	5.26	5.04	—	—	—	
29	4.10	−1.05	3.92	3.99	4.44	4.26	5.27	5.30	5.16	—	—	—	
30	4.25		3.90	3.98	4.52	4.27	5.40	5.30	4.98	—	4.48	—	
31	4.28		3.82		4.52		5.48	5.29		—		—	
計													
平均													

水研様式　水位－2

観測所番号

地下水 日水位年表

昭和 56 年（1981）

水系			河川	野母崎地下ダム		観測所	NO1-A						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	—	-2.28	-3.66	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	—	-1.85	-3.22	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3	—	-2.00	-3.20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4	—	-2.05	-3.29	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	—	-3.02	-3.22	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6	—	-2.90	-3.49	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
7	—	-3.08	-3.57	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8	—	-2.97	-3.92	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
9	—	-3.19	-4.20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
10	—	-3.33	-4.22	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
11	—	-3.71	-4.26	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12	—	-3.86	-4.34	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
13	—	-4.69	-4.40	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
14	—	-3.91	-4.64	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
15	—	-3.28	-4.34	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
16	—	-3.22	-4.62	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
17	—	-2.67	-4.93	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
18	—	-2.86	-5.31	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
19	—	-3.01	-5.66	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
20	—	-3.07	-5.81	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
21	-0.51	-3.47	-4.97	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
22	-0.90	-3.72	-1.86	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
23	-1.02	-3.14	—	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
24	-1.24	-2.71	—	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
25	-1.56	-2.72	—	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
26	-1.67	-2.82	—	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
27	-1.66	-3.31	—	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
28	-2.69	-3.89	—	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
29	-2.73	.	—	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
30	-2.60		—	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
31	-2.50		—		.		.	.		.		.	.
計	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
平均	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

水研様式 水位－2

観測所番号

地下水　日水位年表

昭和 54 年（1979）

水系			河川	野田崎地下ダム		観測所	NO2-A						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	.	.	.	.	.	.	.	.	—	3.42	1.79	−1.50	.
2	.	.	.	.	.	.	.	.	—	3.34	1.00	−1.59	.
3	.	.	.	.	.	.	.	.	—	3.17	1.00	−1.44	.
4	.	.	.	.	.	.	.	.	—	2.92	0.71	−1.52	.
5	.	.	.	.	.	.	.	.	—	2.55	0.72	−0.89	.
6	.	.	.	.	.	.	.	.	—	2.18	0.49	0.82	.
7	.	.	.	.	.	.	.	.	—	1.62	0.05	0.26	.
8	.	.	.	.	.	.	.	.	—	1.06	0.06	0.06	.
9	.	.	.	.	.	.	.	.	4.59	0.71	−0.14	−0.25	.
10	.	.	.	.	.	.	.	.	4.42	0.26	0.02	−0.62	.
11	.	.	.	.	.	.	.	.	4.41	0.05	−0.11	−0.99	.
12	.	.	.	.	.	.	.	.	4.37	−0.02	−0.29	−1.06	.
13	.	.	.	.	.	.	.	.	4.46	—	−0.40	−1.30	.
14	.	.	.	.	.	.	.	.	4.35	—	−0.69	−1.26	.
15	.	.	.	.	.	.	.	.	4.25	—	−1.20	−1.30	.
16	.	.	.	.	.	.	.	.	4.32	—	−1.59	−1.44	.
17	.	.	.	.	.	.	.	.	4.38	—	−1.38	−1.53	.
18	.	.	.	.	.	.	.	.	4.28	1.72	−0.45	−1.81	.
19	.	.	.	.	.	.	.	.	4.34	2.97	−0.37	−1.53	.
20	.	.	.	.	.	.	.	.	4.31	3.57	−0.81	−1.60	.
21	.	.	.	.	.	.	.	.	4.24	3.46	−1.07	−0.40	.
22	.	.	.	.	.	.	.	.	4.17	3.51	−1.16	2.51	.
23	.	.	.	.	.	.	.	.	4.11	3.56	0.11	3.00	.
24	.	.	.	.	.	.	.	.	3.99	3.27	−0.37	3.27	.
25	.	.	.	.	.	.	.	.	3.80	3.33	−0.44	3.09	.
26	.	.	.	.	.	.	.	.	3.96	3.34	−0.75	3.21	.
27	.	.	.	.	.	.	.	.	3.82	3.30	−1.10	3.07	.
28	.	.	.	.	.	.	.	.	3.80	3.31	−1.25	3.41	.
29	.	.	.	.	.	.	.	.	3.80	3.37	−0.89	3.98	.
30	.	／	.	.	.	.	.	.	3.77	3.13	−0.89	3.88	.
31	.	／	.	／	.	／	.	.	／	3.44	／	3.52	.
計	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
平均	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

水研様式　水位－2

観測所番号

地下水 日水位年表

昭和 55 年 (1980)

水系			河川	野田地区地下水		観測所	NO2-A						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	2.40	2.36	-0.07	3.25	3.61	2.90	4.12	—	5.29	5.12	—	4.22	.
2	2.34	2.46	2.26	3.40	3.71	3.84	4.79	—	5.48	5.23	—	4.31	.
3	2.29	2.17	2.42	3.41	3.35	4.13	4.24	—	5.42	5.14	—	4.35	.
4	2.06	2.14	2.22	3.61	3.42	4.08	4.47	—	—	5.22	—	4.19	.
5	2.50	2.26	2.96	3.34	3.45	3.96	4.73	—	—	5.20	—	4.36	.
6	2.48	2.24	3.21	3.41	3.32	3.87	4.89	—	5.29	4.56	—	4.23	.
7	2.52	2.23	2.39	3.42	3.64	4.08	4.75	—	—	5.17	—	4.17	.
8	2.08	2.02	2.60	3.37	3.55	3.97	4.80	—	—	5.19	—	4.18	.
9	2.13	2.66	3.72	3.22	3.74	4.03	4.61	5.40	—	5.20	—	4.15	.
10	2.98	2.41	3.84	3.47	3.65	3.91	4.48	5.41	—	5.18	—	4.17	.
11	3.26	2.14	3.75	3.46	3.47	3.84	4.52	5.45	—	5.03	—	4.08	.
12	3.20	1.92	3.82	3.50	3.36	3.90	4.18	5.40	—	5.21	—	4.22	.
13	3.19	1.53	3.54	3.78	3.50	3.87	—	5.35	5.25	5.25	—	4.14	.
14	3.37	0.79	3.39	3.73	3.67	4.32	—	5.40	5.34	5.42	—	4.21	.
15	3.59	0.02	3.41	3.58	3.54	4.26	—	5.40	5.61	5.75	—	4.02	.
16	3.48	-0.29	3.48	3.48	3.59	4.02	—	5.23	5.37	—	—	4.09	.
17	3.52	-0.68	3.36	3.53	3.77	3.96	—	5.28	5.45	—	—	4.07	.
18	3.70	-1.40	3.33	3.77	3.76	3.87	—	5.49	5.56	—	—	3.99	.
19	3.74	-0.51	3.34	4.06	3.75	4.61	—	5.55	5.43	—	—	4.02	.
20	3.56	-0.64	3.63	3.67	3.81	3.98	—	5.67	5.17	—	—	3.91	.
21	3.62	-1.17	3.40	3.66	4.24	4.35	—	5.80	5.26	—	—	3.99	.
22	3.76	-1.57	3.51	3.72	4.21	3.89	—	5.95	5.30	—	—	3.99	.
23	3.62	-1.60	3.64	3.49	4.01	4.19	—	6.17	5.46	—	—	4.02	.
24	3.62	-2.21	3.24	3.61	3.93	4.43	—	5.53	5.49	—	—	—	.
25	3.53	-2.45	3.29	3.82	4.12	3.74	—	5.45	5.49	—	—	—	.
26	3.54	-2.64	3.61	3.57	3.92	3.86	—	5.47	5.46	—	—	—	.
27	3.53	-2.05	3.48	3.63	3.90	4.01	—	5.28	5.27	—	—	—	.
28	3.33	-2.22	3.53	3.71	3.72	3.92	—	5.04	5.31	—	—	—	.
29	3.05	-2.10	3.57	3.53	3.82	4.17	—	4.98	5.31	—	—	—	.
30	3.26		3.42	3.53	3.84	3.81	—	4.91	5.20	—	4.09	—	.
31	3.33		3.39		3.89		—	4.98		—		—	.
計	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
平均	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

水研 様式 水位－2

観測所番号

地下水　日水位年表

昭和 56 年（1981）

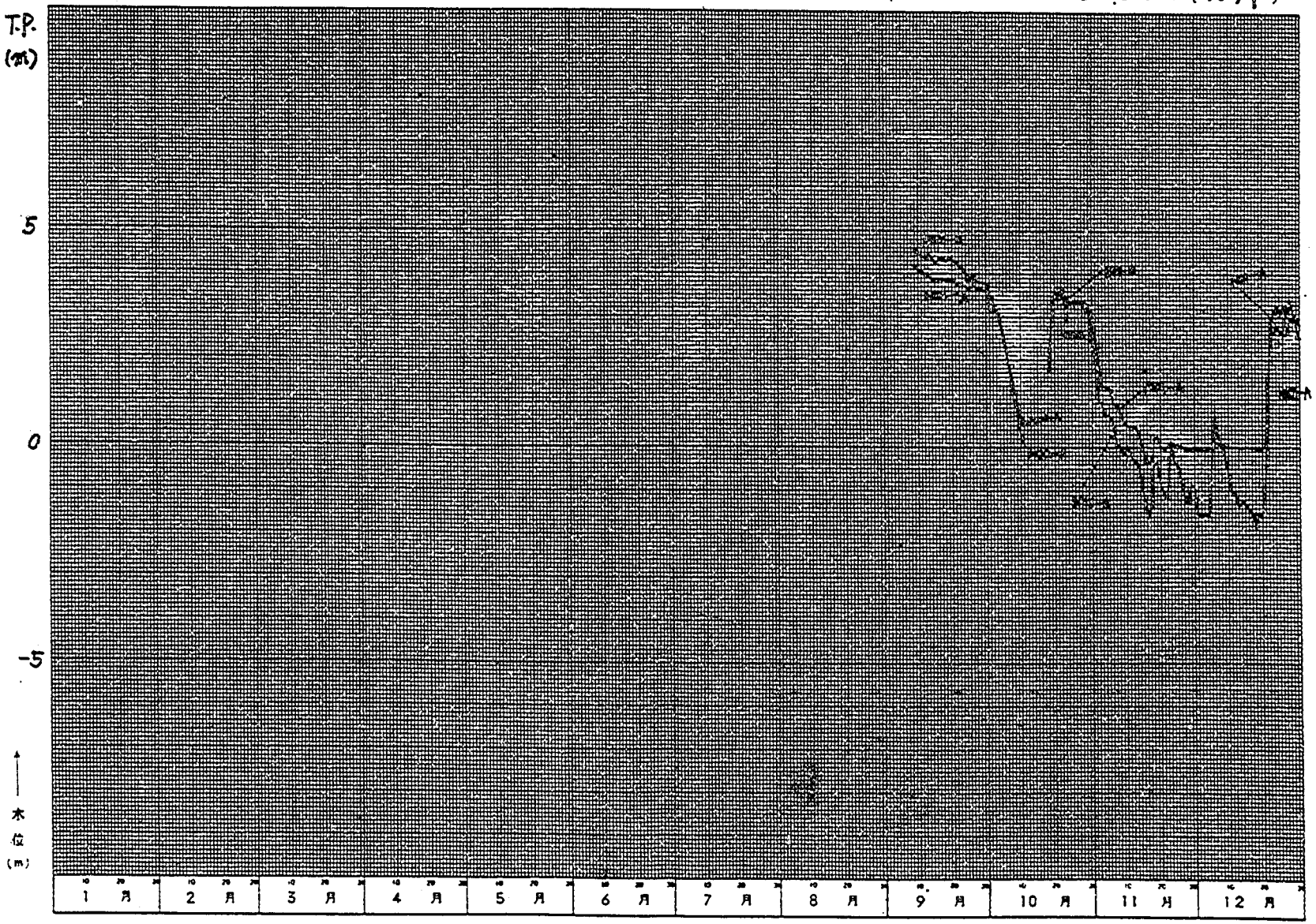
水系			河川	野母崎地下ダム		観測所	NO2-A					
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	—	-1.99	-3.94										
2	—	-2.38	-3.32										
3	—	-2.64	-3.24										
4	—	-3.53	-3.39										
5	—	-3.15	-3.32										
6	—	-3.34	-3.67										
7	—	-3.35	-3.83										
8	—	-3.44	-4.17										
9	—	-3.62	-4.33										
10	—	-3.62	-4.25										
11	—	-2.73	-4.20										
12	—	-4.07	-4.49										
13	—	-4.37	-4.34										
14	—	-3.61	-4.55										
15	—	-3.27	-4.22										
16	—	-3.3	-4.59										
17	—	-2.70	-4.89										
18	—	-2.75	-5.16										
19	—	-3.04	-5.43										
20	—	-3.11	-5.55										
21	-0.92	-3.60	-4.60										
22	-1.72	-3.80	-1.66										
23	-1.69	-3.12	—										
24	-1.97	-2.73	—										
25	-2.07	-2.84	—										
26	-2.23	-3.12	—										
27	-2.28	-3.56	—										
28	-3.23	-4.19	—										
29	-3.42		—										
30	-3.09		—										
31	-2.89		—										
計													
平均													

水研様式　水位－2

観測所番号

日 水 位 年 図

水 系　　河 川 No1,2-A 観測所　　昭和 54 年 (1979)

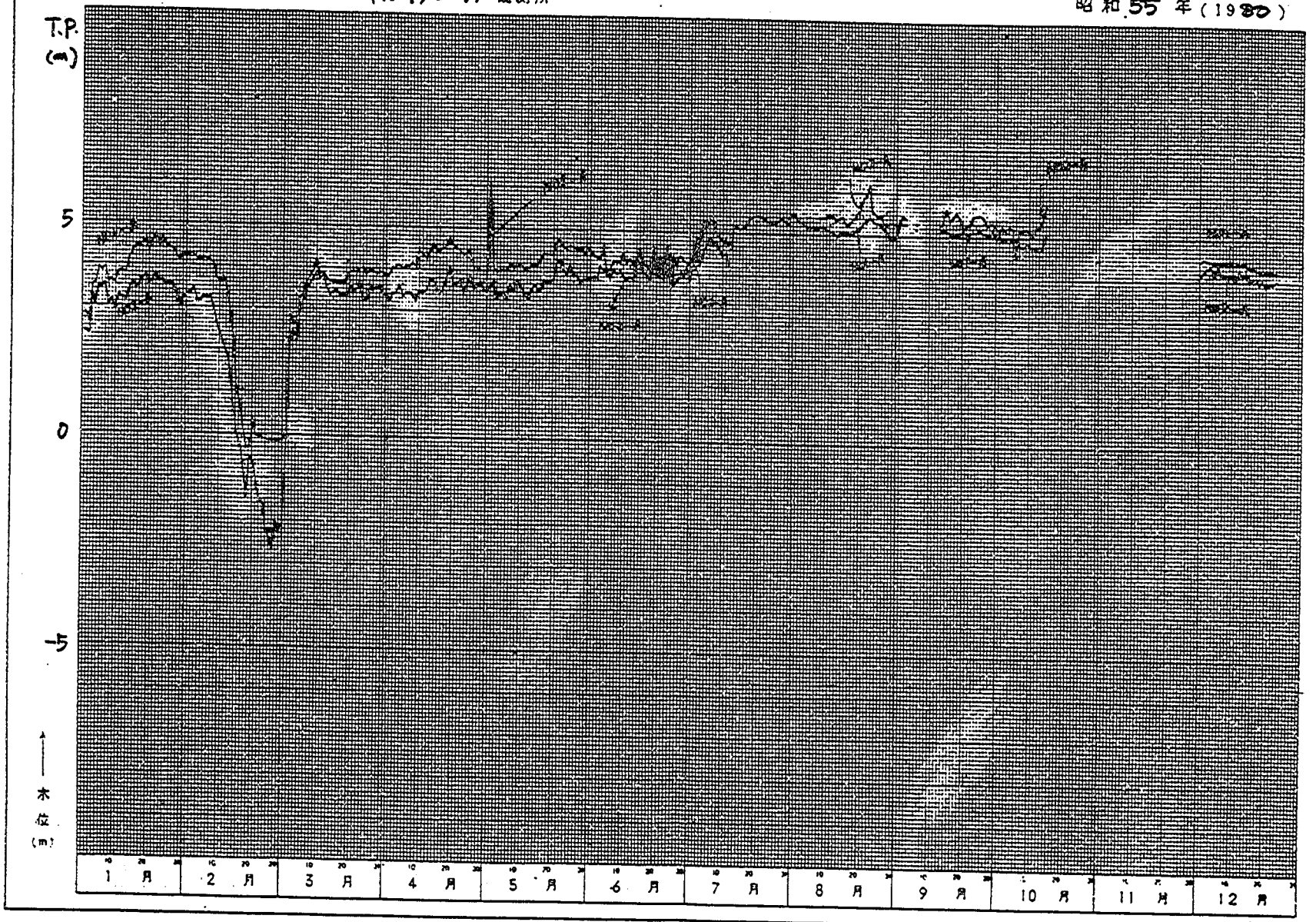


観測所番号

日 水 位 年 図

水 系　　河 川 NO-1, 2-A 観測所

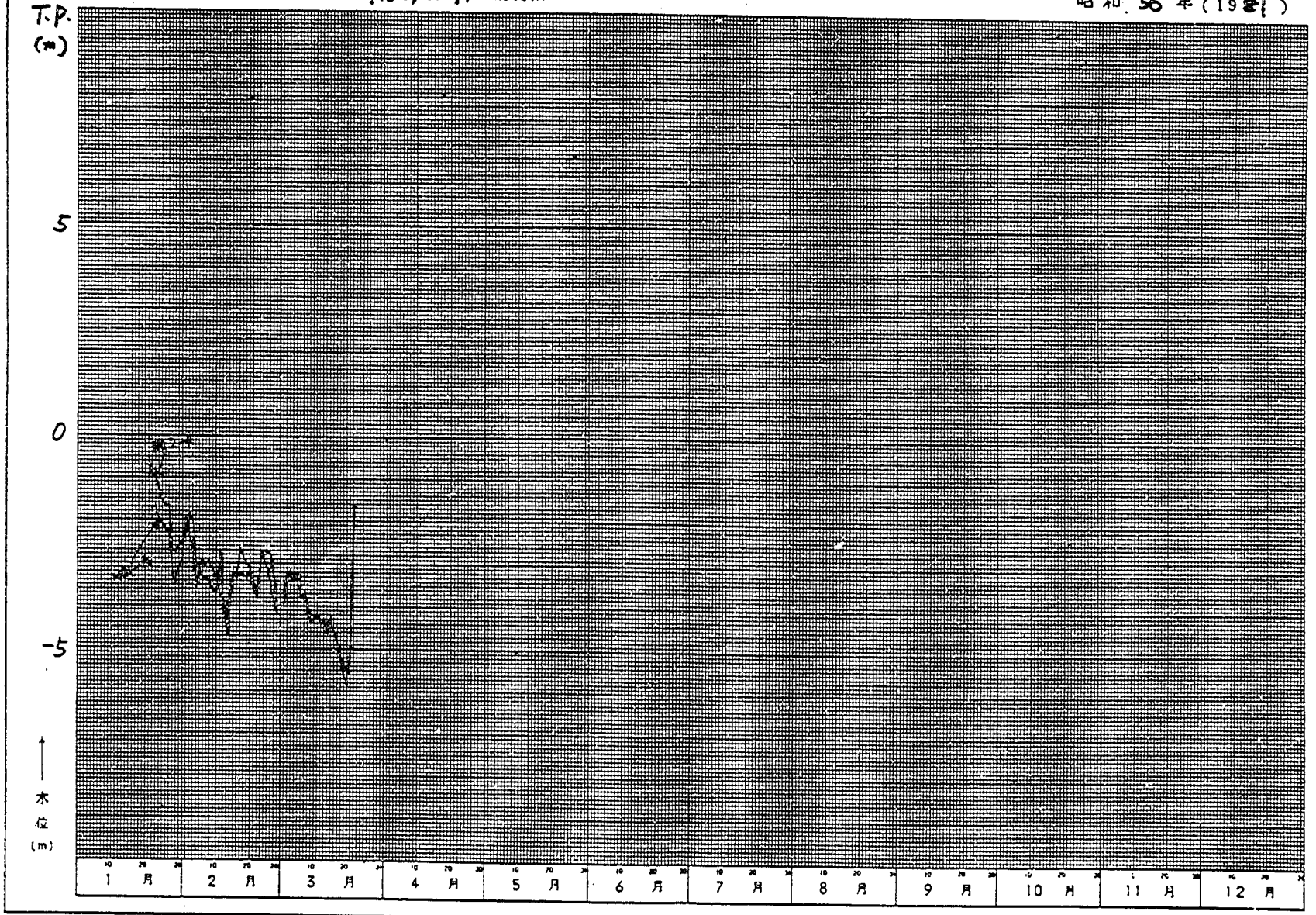
昭和 55 年 (1980)



観測所番号

日 水 位 年 図

水 系　　河 川 NO1, 2-A 観測所　　昭和 56 年（19 81）



地 表 水 流 量

(mm/日)

観測所番号

日流量年表

昭和 53 年（1978）

水系			河川			観測所	上流（7号）		A=0.387K㎡				
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.0	.
2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.9	.
3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.2	.
4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	↓.	2.0	.
5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.6	2.0	.
6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.3	2.0	.
7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.2	1.8	.
8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.2	1.6	.
9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.3	1.8	.
10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.5	2.0	.
11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5.0	2.0	.
12	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.4	2.0	.
13	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.2	2.0	.
14	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.0	2.0	.
15	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.0	2.0	.
16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.0	2.0	.
17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.0	1.7	.
18	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.0	1.6	.
19	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.0	1.6	.
20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.0	1.6	.
21	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.0	1.4	.
22	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.0	1.4	.
23	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.8	2.1	.
24	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.6	1.2	.
25	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.6	0.9	.
26	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.6	0.9	.
27	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.6	0.9	.
28	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.6	0.9	.
29	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.6	0.9	.
30	.	/	.	.	.	.	.	.	.	.	1.7	0.9	.
31	.	/	.	/	.	/	.	.	/	.	/	0.9	.
計	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	(43.8)	50.2	.
平均	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.7	1.6	.

(mm/日)

水研様式　流量－8

観測所番号

日 ~~水~~ 流量 年表

昭和 54 年 (1979)

(mm/日)

水系	野尻崎・放下ダム		河川			観測所	上流 (7号)						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	0.9	0.9	1.2	14.6	1.6	0.2	7.6	0.9	1.3	0.4	0.3	0.3	.
2	0.9	0.9	1.2	18.8	1.6	0.2	5.6	0.7	1.0	0.4	0.3	0.3	.
3	0.9	0.9	1.0	13.2	1.6	0.2	5.5	0.6	1.0	0.4	0.6	0.3	.
4	0.9	0.9	0.9	6.1	1.6	0.2	23.1	0.6	0.9	0.4	0.5	0.3	.
5	0.9	0.9	0.9	2.8	1.6	0.2	11.2	0.9	0.9	0.4	0.4	0.3	.
6	0.9	0.9	0.9	2.2	1.6	0.2	6.5	13.6	0.7	0.4	0.3	0.3	.
7	0.9	0.9	0.9	2.0	2.4	0.3	6.0	7.7	0.6	0.4	0.3	0.4	.
8	0.9	0.9	0.9	5.3	2.8	0.4	5.6	4.5	0.6	0.4	0.3	0.3	.
9	0.9	0.9	1.0	3.2	1.6	0.4	5.6	3.9	0.7	0.4	0.3	0.3	.
10	0.9	0.9	1.8	2.5	0.7	0.3	5.6	3.3	0.6	0.4	0.2	0.3	.
11	0.9	0.9	1.4	2.3	0.6	0.2	5.6	2.6	0.6	0.3	0.2	0.3	.
12	0.9	0.9	1.2	2.0	0.5	1.1	5.0	2.5	0.6	0.3	0.2	0.3	.
13	0.9	0.9	1.2	2.1	0.7	0.6	4.9	2.5	0.6	0.3	0.2	0.4	.
14	0.9	0.9	1.2	1.8	1.0	0.4	4.9	2.2	0.6	0.2	0.2	0.3	.
15	0.9	0.9	1.2	1.6	0.6	0.4	4.0	2.0	0.8	0.2	0.2	0.3	.
16	0.9	0.6	1.2	1.6	0.6	1.7	6.1	1.2	0.6	0.2	0.2	0.3	.
17	0.7	0.8	1.2	1.6	1.6	1.4	40.5	1.4	0.5	0.2	0.3	0.3	.
18	0.6	0.8	1.2	1.6	0.5	2.5	12.2	1.0	0.4	1.3	0.3	0.3	.
19	0.6	0.8	1.2	1.8	0.4	5.3	5.8	1.0	0.4	1.3	2.4	0.3	.
20	0.9	0.8	1.7	1.6	0.4	3.2	4.3	0.8	0.4	0.5	1.0	0.4	.
21	0.9	1.2	2.0	1.6	0.4	1.7	4.7	0.9	0.4	0.4	0.6	0.4	.
22	0.9	1.3	1.8	1.3	0.4	18.5	4.2	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4	.
23	1.0	9.7	1.6	1.2	0.4	9.2	3.6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.3	.
24	1.6	3.5	2.2	1.5	0.4	5.3	3.5	0.6	0.4	0.4	0.3	0.3	.
25	1.3	1.6	2.0	1.6	0.4	3.9	2.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.4	.
26	1.2	1.2	1.8	1.6	0.4	2.9	2.2	8.3	0.4	0.4	0.3	0.5	.
27	1.2	1.2	1.6	1.6	0.4	3.5	2.4	17.8	0.4	0.4	0.3	0.4	.
28	1.2	1.2	1.4	1.4	0.4	20.1	2.8	6.0	0.4	0.4	0.3	0.4	.
29	1.1		14.1	1.3	0.3	51.2	2.2	4.2	0.4	0.4	0.3	0.4	.
30	0.9		19.7	1.7	0.2	22.9	1.2	3.1	0.4	0.4	0.3	0.3	.
31	1.2		15.5		0.2		0.9	1.6		0.4		0.4	.
計	29.7	38.2	87.1	103.5	26.9	158.6	205.9	98.2	17.8	14.8	12.2	10.5	803.4
平均	1.0	1.4	2.8	3.5	0.9	5.3	6.6	3.2	0.6	0.5	0.4	0.3	.

水研様式 水位-2

観測所番号

日流量年表

流量から流出量に変換したもの

昭和 55 年 (1980)

(mm/日)

水系	野母崎、地下ダム		河川			観測所	上流 (7号)						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	0.4	0.4	4.9	0.6	0.6	3.0	4.2	7.2	3.6	0.6	0.6	0.4	26.5
2	2.0	0.4	2.0	0.6	0.6	2.0	68.0	5.6	2.5	0.6	0.6	0.6	85.5
3	2.0	0.4	1.2	0.6	0.6	1.2	16.9	4.9	2.0	0.6	0.6	0.4	31.4
4	0.9	0.4	0.9	0.6	0.6	0.9	10.0	4.2	1.6	0.6	0.6	0.4	21.7
5	0.6	0.4	0.9	0.6	0.6	0.9	7.2	3.6	〃	0.6	0.6	0.4	16.4
6	0.6	0.4	0.6	0.9	0.6	0.9	5.6	3.0	〃	0.6	0.6	0.4	14.2
7	0.4	0.4	0.9	0.6	0.4	0.9	5.6	3.0	〃	0.6	0.6	0.4	13.8
8	0.4	0.4	0.9	0.6	0.9	0.9	5.6	3.6	〃	0.6	0.4	0.4	14.7
9	0.6	0.4	4.2	0.6	0.9	0.9	4.9	2.0	欠測	0.4	0.4	0.6	15.9
10	0.4	0.4	3.6	0.6	0.6	1.2	16.9	2.0	〃	0.6	0.4	0.4	27.1
11	0.4	0.4	1.6	0.6	0.6	2.0	16.3	2.0	〃	0.6	0.4	0.4	25.3
12	0.6	0.4	1.2	4.9	0.9	0.9	9.0	2.0	〃	0.6	0.4	0.4	21.3
13	1.2	0.4	0.9	10.0	0.9	0.9	8.1	2.0	5.6	1.2	0.4	0.4	32.0
14	0.6	0.4	0.9	6.4	0.9	3.0	6.4	2.0	3.0	4.2	0.4	0.4	28.6
15	0.6	0.4	0.6	4.2	0.9	4.2	4.9	1.6	1.6	0.9	0.4	0.4	20.7
16	0.6	0.4	0.6	3.6	0.9	3.6	4.2	0.9	1.2	0.6	0.4	0.4	17.4
17	0.4	0.4	0.6	2.5	0.6	2.0	4.2	0.6	1.2	0.6	0.4	0.4	13.9
18	0.4	0.6	0.6	1.6	0.6	3.6	4.2	1.2	1.2	1.6	0.4	0.2	16.2
19	0.4	0.6	0.6	0.9	0.6	4.2	3.6	1.2	2.5	10.0	0.4	0.2	25.2
20	0.4	0.4	0.6	2.0	0.9	11.0	3.0	4.9	1.6	5.6	0.4	0.2	31.0
21	0.4	0.4	0.6	1.2	24.1	16.9	2.0	6.4	1.2	2.0	0.6	0.2	56.0
22	0.4	0.4	0.9	1.2	7.2	8.1	2.0	12.1	1.2	0.9	0.4	0.2	35.0
23	0.4	0.4	0.6	0.9	4.2	42.2	2.0	27.3	0.9	0.9	0.4	0.4	80.6
24	0.4	0.4	0.6	0.9	3.6	36.2	3.6	10.0	0.9	1.2	0.4	0.2	58.4
25	0.4	0.4	0.6	0.9	5.6	15.7	9.0	7.2	0.9	0.9	0.4	0.2	42.2
26	0.4	0.6	0.6	0.6	4.9	9.0	10.0	12.1	0.9	0.9	0.4	0.2	40.6
27	0.4	0.4	0.6	0.9	4.2	5.6	3.6	3.6	0.9	0.6	0.4	0.2	21.4
28	0.4	0.4	0.6	0.6	3.6	4.2	4.2	3.6	0.6	0.6	0.4	0.2	19.4
29	0.4	.	0.9	0.6	2.0	3.6	3.6	4.2	0.6	0.6	0.4	0.4	17.3
30	0.4		0.9	0.6	3.6	3.6	19.6	5.6	0.9	0.6	0.4	0.4	36.6
31	0.4		0.9		3.6		15.7	5.6		0.6		0.2	27.0
計	18.3	11.8	36.1	51.4	80.8	193.3	284.1	155.2	36.6	41.5	13.6	10.6	933.3
平均	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

水研様式 流量－8

観測所番号

日流出量年表

昭和 54 年 (1979)

水系			河川			観測所	下流(4号)						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	.	.	.	1.9	.	.	16.6	.	.	.	.	.	.
2	.	.	.	10.7	.	.	11.3	.	.	.	.	.	.
3	.	.	.	5.7	.	.	3.9	.	.	.	.	.	.
4	.	.	.	0.7	.	.	19.2	.	.	.	.	.	.
5	.	.	.	0.2	.	.	18.0	.	.	.	.	.	.
6	.	.	.	.	.	.	11.5	6.1	.	.	.	.	.
7	.	.	.	.	.	.	5.7	7.1	.	.	.	.	.
8	.	.	.	.	.	.	1.4	2.1	.	.	.	.	.
9	.	.	.	.	.	.	1.1	1.6	.	.	.	.	.
10	.	.	.	.	.	.	1.1	0.4	.	.	.	.	.
11	.	.	.	.	.	.	0.9	.	.	.	.	.	.
12	.	.	.	.	.	.	0.6	.	.	.	.	.	.
13	.	.	.	.	.	.	0.2	.	.	.	.	.	.
14	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
15	.	.	.	.	.	.	0.5	.	.	.	.	.	.
16	.	.	.	.	.	.	5.2	.	.	.	.	.	.
17	.	.	.	.	.	.	44.8	.	.	.	.	.	.
18	.	.	.	.	.	0.2	10.7	.	.	.	.	.	.
19	.	.	.	.	.	1.2	5.3	.	.	.	.	.	.
20	.	.	.	.	.	0.8	3.7	.	.	.	.	.	.
21	.	.	.	.	.	17.8	4.1	.	.	.	.	.	.
22	.	.	.	.	.	20.8	1.2	.	.	.	.	.	.
23	.	.	.	.	.	13.9	1.1	.	.	.	.	.	.
24	.	.	.	.	.	9.4	0.2	.	.	.	.	.	.
25	.	.	.	.	.	2.5	.	.	.	.	.	.	.
26	.	.	.	.	.	1.1	.	3.0	.	.	.	.	.
27	.	.	.	.	.	1.6	.	20.3	.	.	.	.	.
28	.	.	.	.	.	16.6	.	9.3	.	.	.	.	.
29	.	.	5.7	.	.	46.2	.	4.6	.	.	.	.	.
30	.		9.3	.	.	32.8	.	0.4	.	.	.	.	.
31	.		3.2		.		.			.		.	.
計	.	.	18.2	19.2	.	164.9	168.3	54.9	.	.	.	.	.
平均	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

A = 0.584 km²　(mm/日)

水研様式　流量－8

観測所番号	

日 流 量 年 表

昭和 55年 (1980.)

水系	野母崎地下ダム		河川			観測所	下流 (4号)						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	.	.	.	.	.	2.6	8.7	12.5	4.3	.	.	.	28.1
2	.	.	.	.	.	2.6	63.4	8.7	3.1	.	.	.	77.8
3	.	.	.	.	.	2.2	20.9	3.7	3.1	.	.	.	29.9
4	.	.	.	.	.	1.8	14.7	1.5	2.2	.	.	.	20.2
5	.	.	.	.	.	1.4	11.5	2.2	1.8	1.1	.	.	18.0
6	.	.	.	.	.	1.1	10.5	1.8	1.4	1.1	.	.	15.9
7	.	.	.	.	.	1.1	8.7	1.4	1.4	0.5	.	.	13.1
8	.	.	.	.	.	1.1	5.6	1.8	1.4	1.4	.	.	11.3
9	.	.	.	.	.	1.1	5.6	1.4	1.1	1.4	.	.	10.6
10	.	.	.	.	.	1.4	19.6	1.1	1.1	1.4	.	.	24.6
11	.	.	3.7	.	.	3.1	18.3	1.1	7.9	1.4	.	.	35.5
12	.	.	1.4	.	.	1.8	13.6	1.1	11.5	1.4	.	.	30.8
13	.	.	1.4	13.6	.	1.4	12.5	1.1	6.3	1.4	.	.	37.7
14	.	.	.	12.5	.	6.3	11.5	0.8	3.7	1.1	.	.	35.9
15	.	.	.	8.7	.	7.9	7.0	0.8	2.1	.	.	.	26.5
16	.	.	.	3.1	.	3.1	2.2	0.8	1.8	.	.	.	11.0
17	.	.	.	1.8	.	2.6	1.4	0.5	1.4	.	.	.	7.7
18	.	.	.	1.8	.	5.7	2.2	0.5	1.1	0.5	.	.	11.8
19	.	.	.	1.1	.	6.3	2.6	0.8	1.4	7.9	.	.	20.1
20	.	.	.	0.8	5.6	14.7	2.6	5.6	2.6	4.3	.	.	36.2
21	.	.	.	2.6	20.9	15.9	2.2	12.5	1.4	2.2	.	.	57.7
22	.	.	.	1.4	12.5	13.6	1.8	14.7	1.1	1.4	.	.	46.5
23	.	.	.	1.4	8.7	42.1	1.4	31.4	1.1	.	.	.	86.1
24	.	.	.	1.1	4.3	38.3	1.8	13.6	1.1	.	.	.	60.2
25	.	.	.	.	10.5	17.0	1.4	9.3	0.8	.	.	.	39.0
26	.	.	.	.	10.5	12.5	1.4	4.9	0.8	.	.	.	30.1
27	.	.	.	.	5.6	4.3	2.6	3.7	0.8	.	.	.	17.0
28	.	.	.	.	2.6	7.9	2.6	3.7	0.8	.	.	.	17.6
29	.	.	.	.	2.6	3.1	3.1	4.9	0.5	.	.	.	14.2
30	.		.	.	6.3	1.4	0.8	6.3	0.5	.	.	.	15.3
31	.		.		3.1		20.9	7.0		.		.	31.0
計	.	.	6.5	49.9	93.2	225.4	283.1	161.2	69.6	28.5	.	.	917.4
平均	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

水研様式 流量－8

水位流量曲線計算書

昭和 55 年 19

曲線 (I) 自 月 日至 月 日

$Q = a^2 (H \pm b/a)^2$

$Q = \quad (H \quad)^2$

水系	野母崎地下ダム	河川		観測所	下流(4号)
年間番号	H^2	H^2	Q	$\sqrt{Q}$	$H\sqrt{Q}$
1	0.09	0.0081	0.018	0.13416	0.01207
2	0.28	0.0784	0.126	0.35496	0.09939
3	0.28	0.0784	0.132	0.36332	0.10173
4	0.27	0.0729	0.134	0.36606	0.09884
計	0.92	0.2378		1.21850	0.31203

$n = 4$

水研様式 流量－IV

水位流量曲線計算書 (その II)

野母崎地下ダム 下流(4号) 昭和 55 年 (19

曲線 ( ) 自 月 日至 月 日

$n(H\sqrt{Q}) = 4 \times 0.31203 = 1.24812$

$(H)(\sqrt{Q}) = 0.92 \times 1.21850 = 1.12102$

$n(H^2) = 4 \times 0.2378 = 0.95120$

$(H)^2 = 0.92^2 = 0.84640$

$(H^2)(\sqrt{Q}) = 0.2378 \times 1.21850 = 0.28976$

$(H)(H\sqrt{Q}) = 0.92 \times 0.31203 = 0.28707$

$$a = \frac{n(H\sqrt{Q})-(H)(\sqrt{Q})}{n(H^2)-(H)^2} = \frac{1.24812-1.12102}{0.95120-0.84640} = \frac{0.1271}{0.1048} = \underline{1.21279}$$

$$b = \frac{(H^2)(\sqrt{Q})-(H)(H\sqrt{Q})}{n(H^2)-(H)^2} = \frac{0.28976-0.28707}{0.95120-0.84640} = \frac{0.00269}{0.1048} = \underline{0.02567}$$

$a^2 = 1.21279^2 = 1.47086 \doteqdot 1.47$

$b/a = 0.02567/1.21279 = 0.02117 \doteqdot 0.02$

$Q = a^2(H \pm b/a)^2 = 1.47\,(H + 0.02)^2$

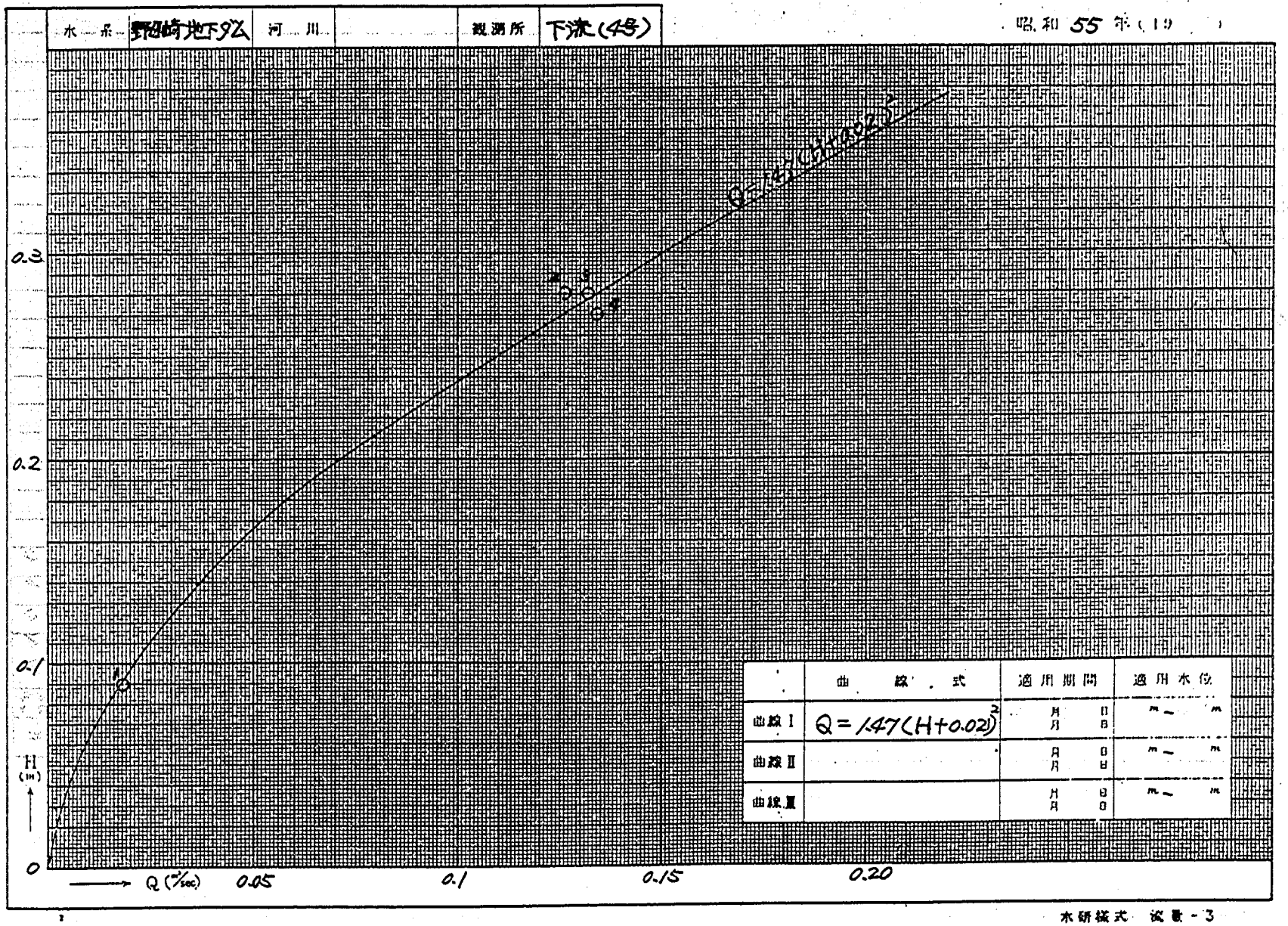
水研様式 流量－V

水位流量曲線図

観測所番号

水系	野田崎地下ダム	河川		観測所	下流(4号)

昭和 55 年(19)



	曲線式	適用期間	適用水位
曲線Ⅰ	$Q=1.47(H+0.02)^2$	月 日 月 日	m ～ m
曲線Ⅱ		月 日 月 日	m ～ m
曲線Ⅲ		月 日 月 日	m ～ m

水研様式 流量-3

水位流量曲線計算書 (その1)

昭和 55 年 (19)

曲線 (I) 自 月 日至 月 日

$Q = a^2(H \pm b/a)^2$

$Q = \quad (H \quad)^2$

水系	野々崎地下ダム	河川		観測所	上流(7号)

番号	期間	H	H^2	Q	$\sqrt{Q}$	$H\sqrt{Q}$
1		0.010	0.00010	0.0008	0.02828	0.00028
2		0.015	0.00022	0.0013	0.03606	0.00054
3		0.029	0.00084	0.0028	0.05292	0.00153
4		0.230	0.05290	0.0670	0.25884	0.05953
5		0.210	0.04410	0.0618	0.24860	0.05221
計		0.494	0.09816		0.62470	0.11409

水研様式 流量－IV

水位流量曲線計算書 (そのII)

野々崎地下ダム 上流(7号) 昭和 55 年 (19)

曲線 ( ) 自 月 日至 月 日

$n\{H\sqrt{Q}\} = 5 \times 0.11409 = 0.57045$

$\{H\}\{\sqrt{Q}\} = 0.494 \times 0.62470 = 0.30860$

$n\{H^2\} = 5 \times 0.09816 = 0.49080$

$\{H\}^2 = 0.494^2 = 0.24404$

$\{H^2\}\{\sqrt{Q}\} = 0.09816 \times 0.62470 = 0.06132$

$\{H\}\{H\sqrt{Q}\} = 0.494 \times 0.11409 = 0.05636$

$$a = \frac{n\{H\sqrt{Q}\} - \{H\}\{\sqrt{Q}\}}{n\{H^2\} - \{H\}^2} = \frac{0.57045 - 0.30860}{0.49080 - 0.24404} = \frac{0.26185}{0.24676} = 1.06115$$

$$b = \frac{\{H^2\}\{\sqrt{Q}\} - \{H\}\{H\sqrt{Q}\}}{n\{H^2\} - \{H\}^2} = \frac{0.06132 - 0.05636}{0.49080 - 0.24404} = \frac{0.00496}{0.24676} = 0.02010$$

$a^2 = 1.06115^2 = 1.12604 \fallingdotseq 1.13$

$b/a = 0.02010/1.06115 = 0.01894 \fallingdotseq 0.019$

$Q = a^2(H \pm b/a)^2 = 1.13 \ (H + 0.019)^2$

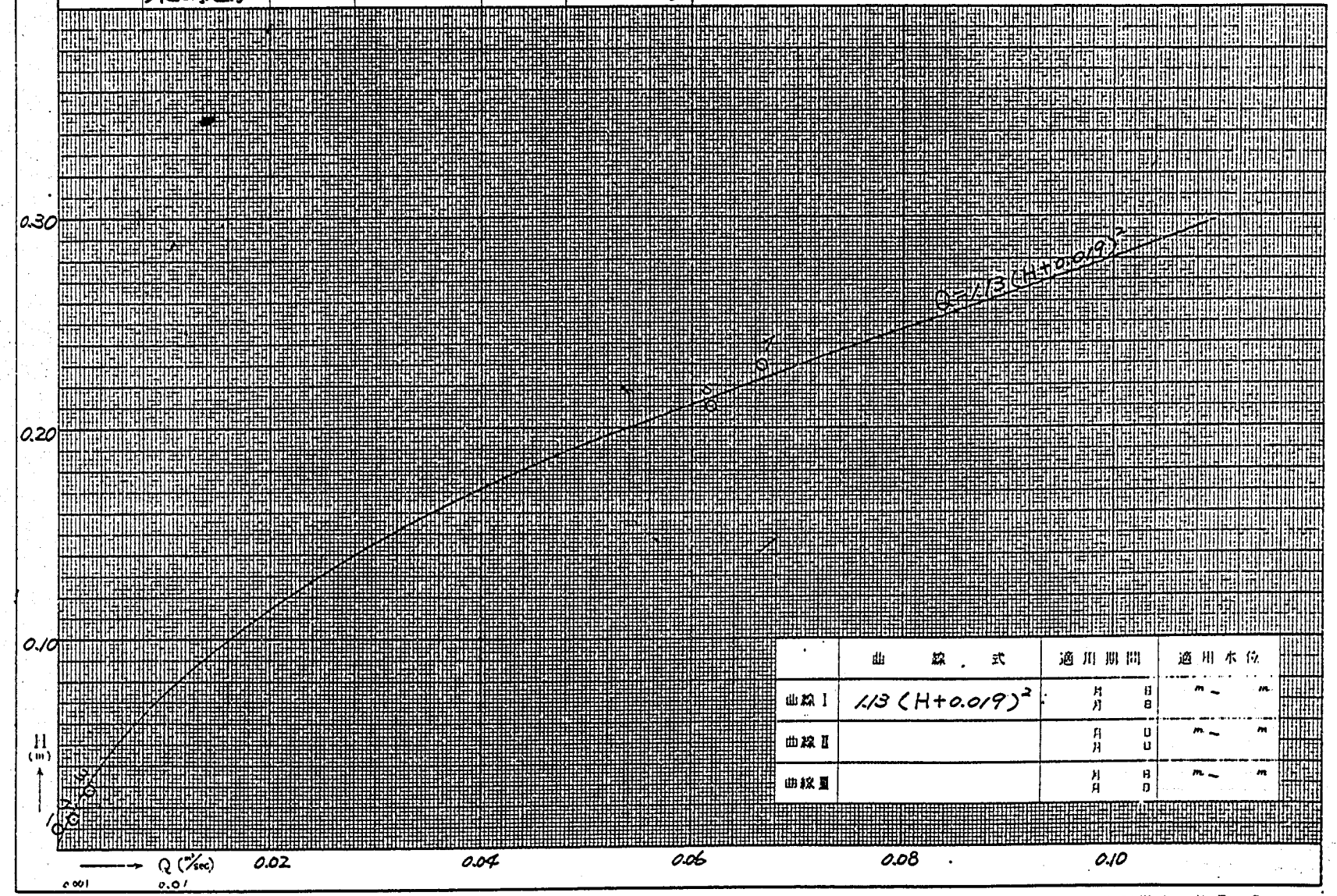
水研様式 流量－V

観測所番号

水 位 流 量 曲 線 図

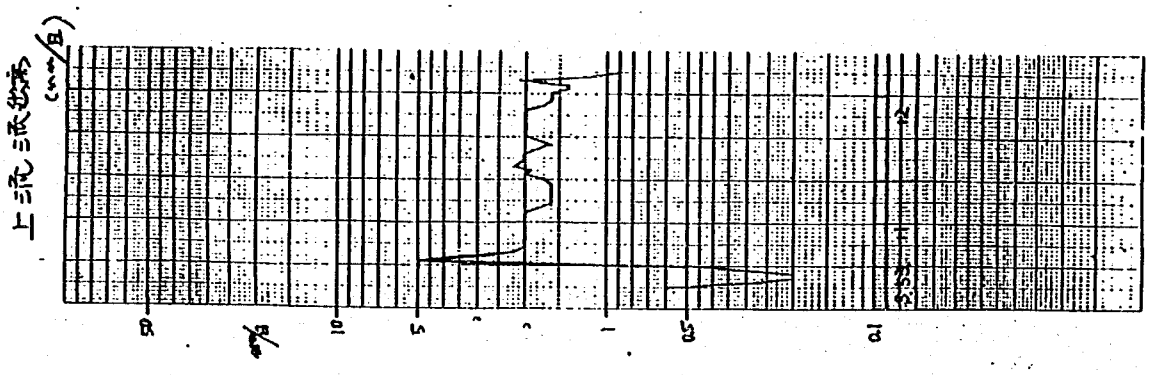
水系	野呂崎地下ダム	河川		観測所	上流(78)

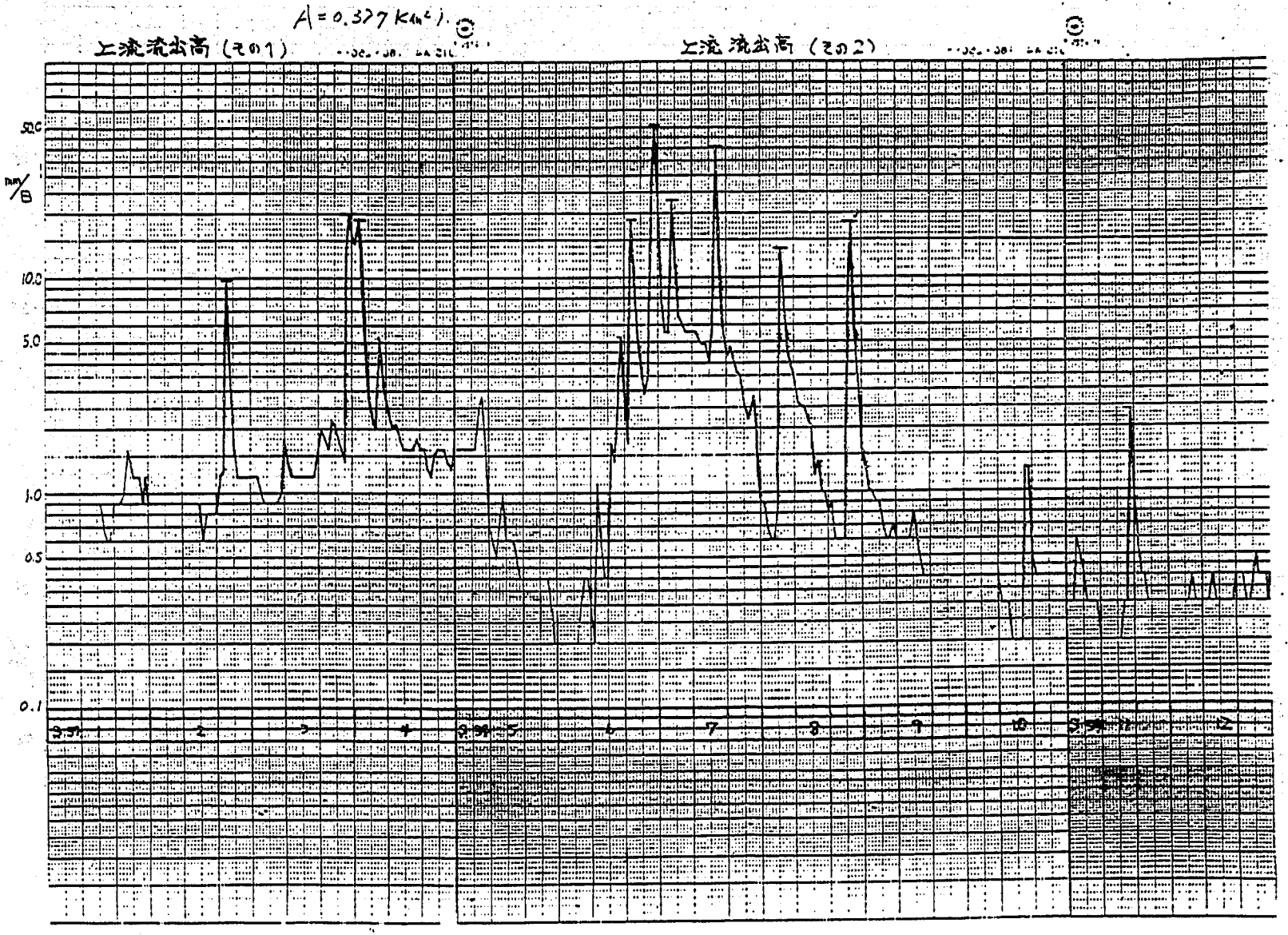
昭和 55 年 (1 9)

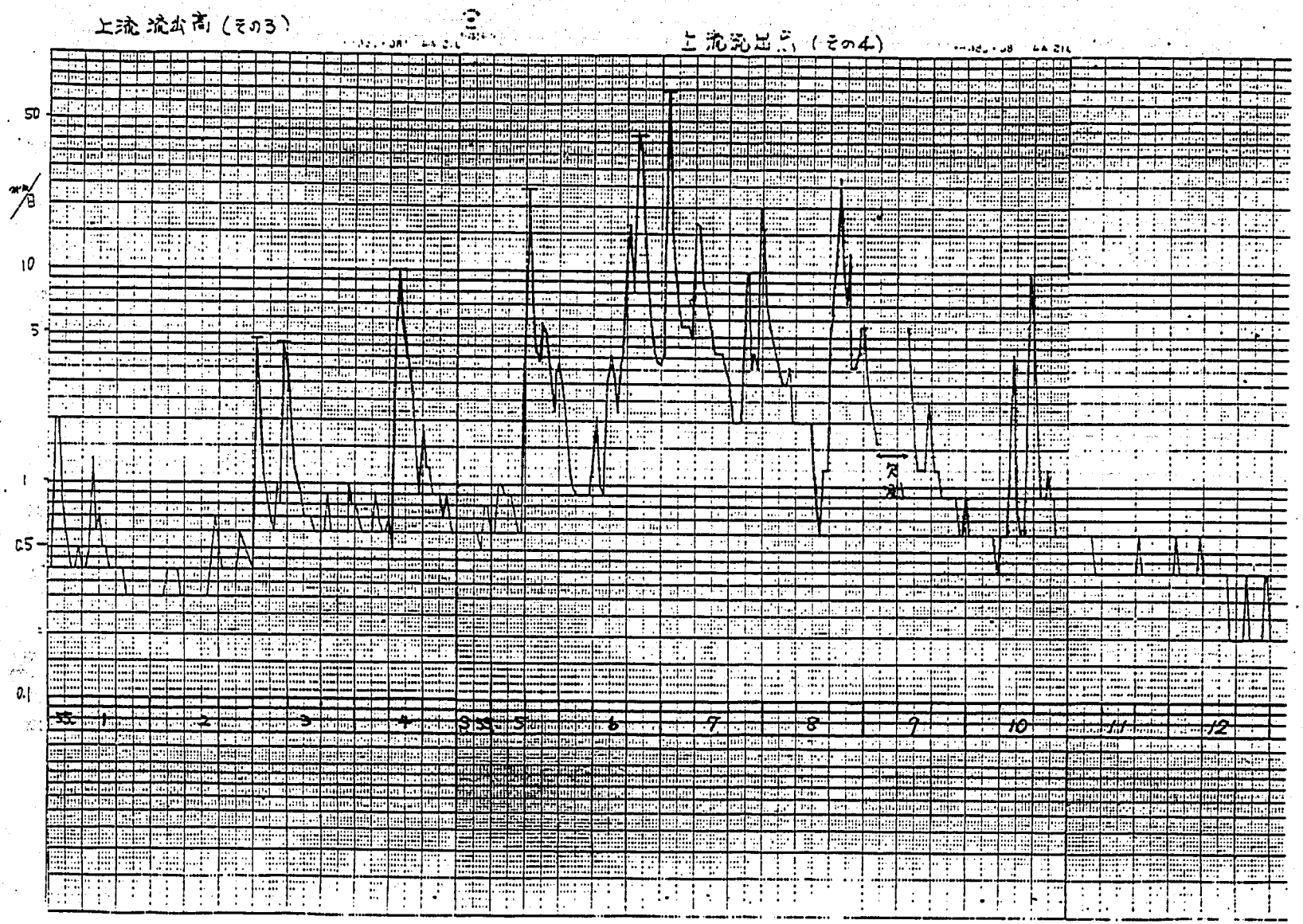


	曲線式	適用期間	適用水位
曲線Ⅰ	$1.13(H+0.019)^2$	月 日 ～ 月 日	m ～ m
曲線Ⅱ		月 日 ～ 月 日	m ～ m
曲線Ⅲ		月 日 ～ 月 日	m ～ m

水研様式 流量 3


上流流出端
(m³/日)
50
10
5
1
0.5
0.1


A = 0.327 km²
上流流出高（その1）
上流流出高（その2）
50.0
mm/B
10.0
5.0
1.0
0.5
0.1
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12

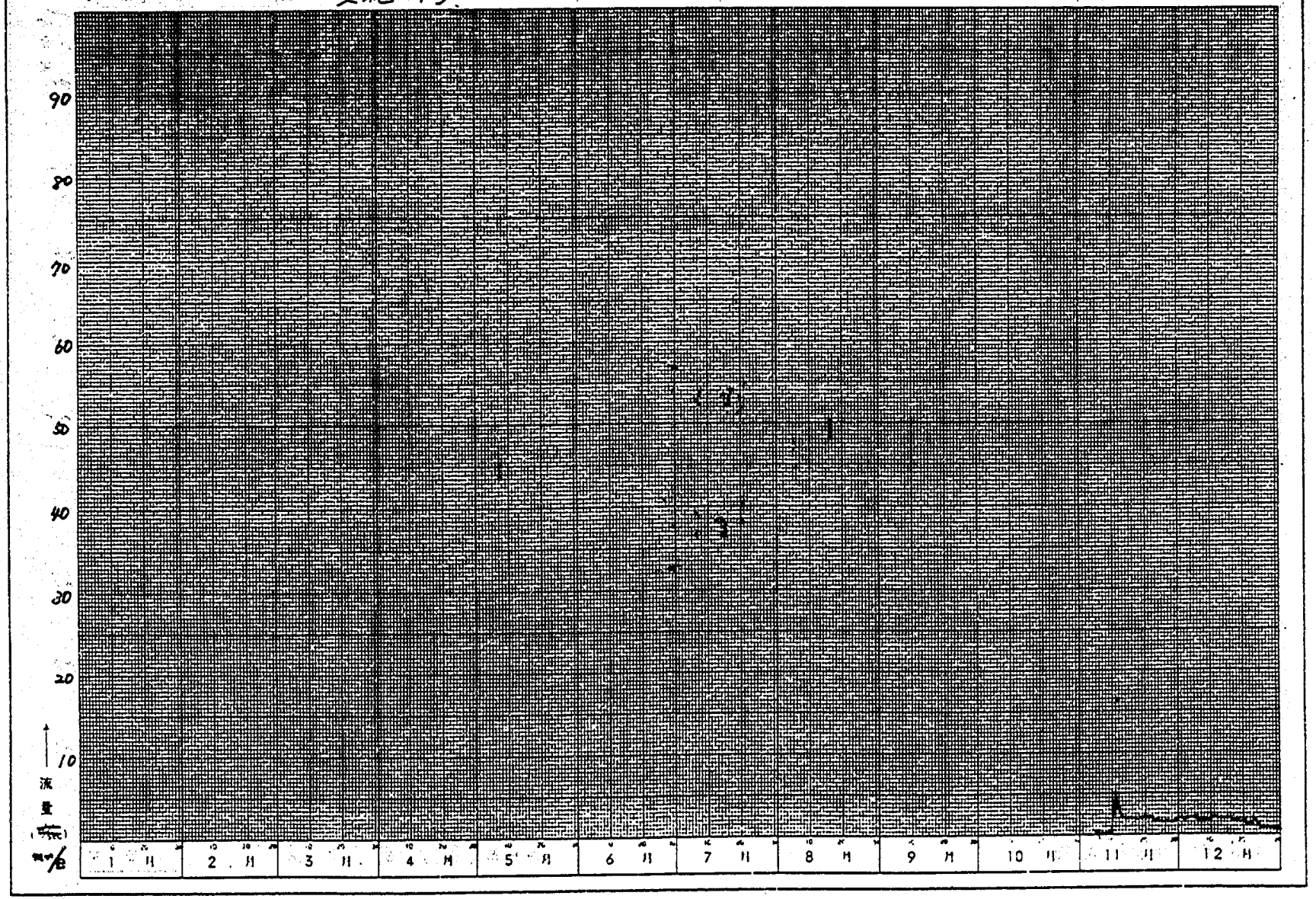

上流流出高（その3）
上流流出点（その4）
50
10
5
1
0.5
0.1
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12

日流量年図

観測所番号

水系　　河川上流 75 観測所

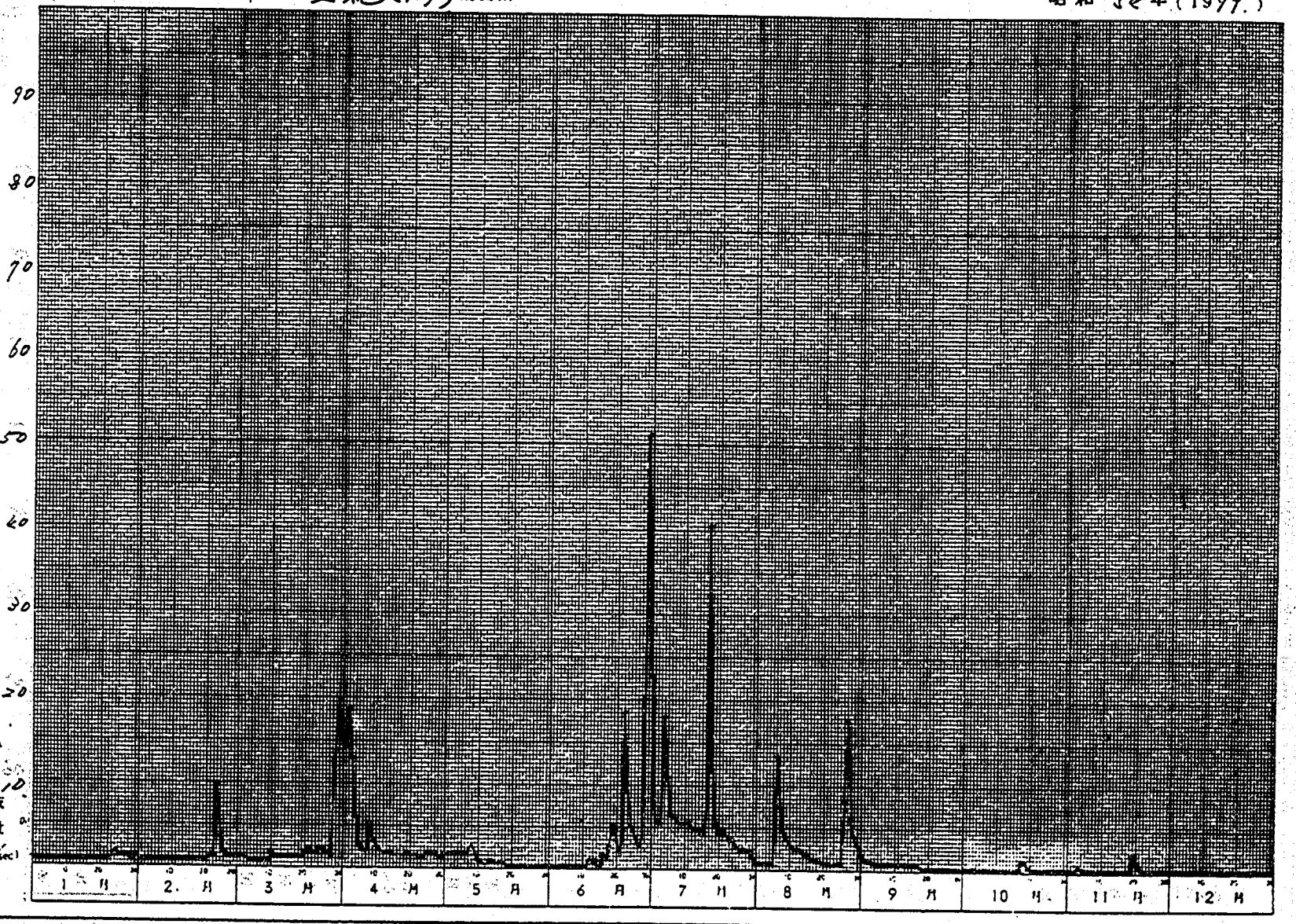
昭和 53 年 (1978.)



観測所番号

日流量年図

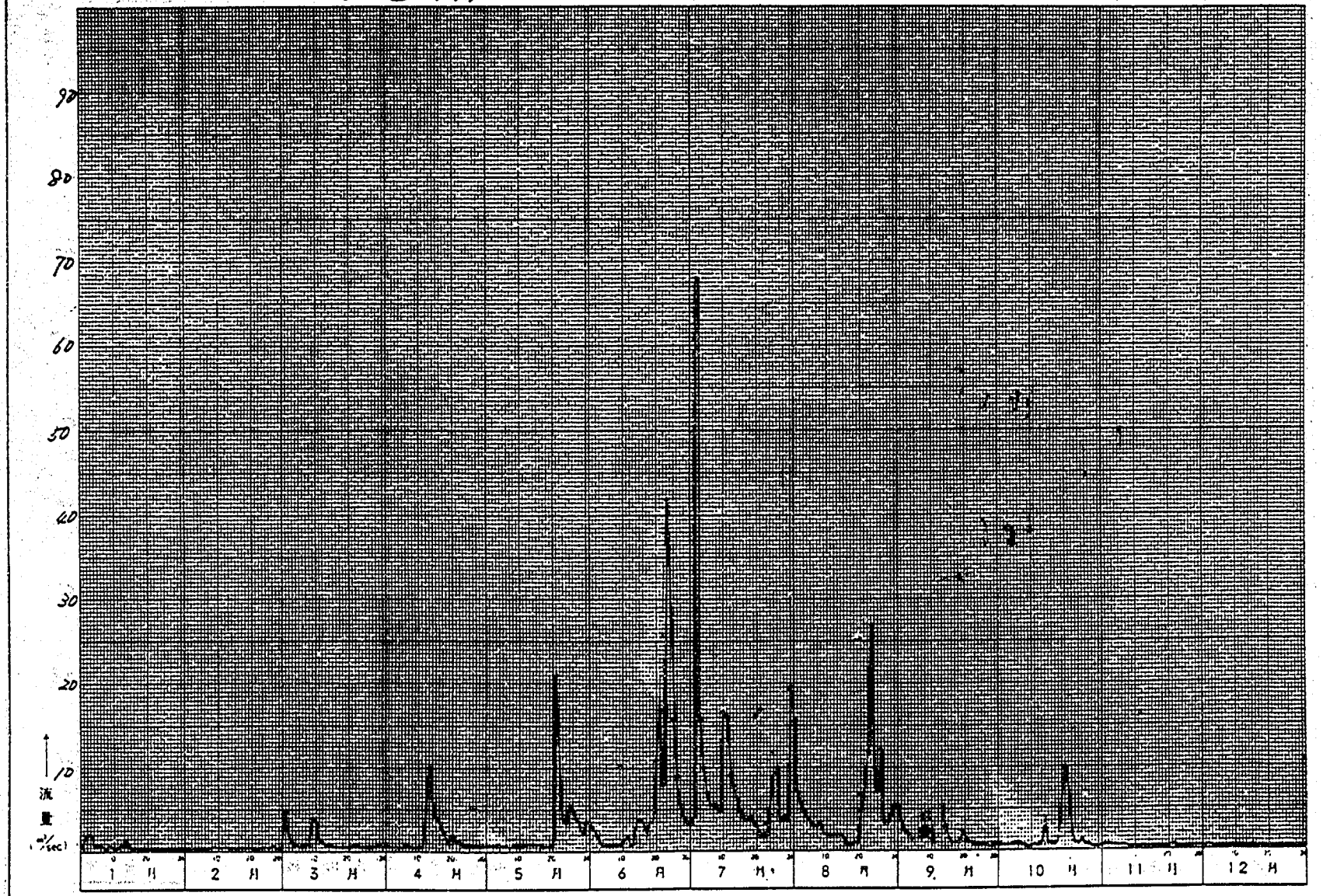
水系　　河川上流(7号)観測所　　昭和 56年(1979.)



観測所番号

日流量年図

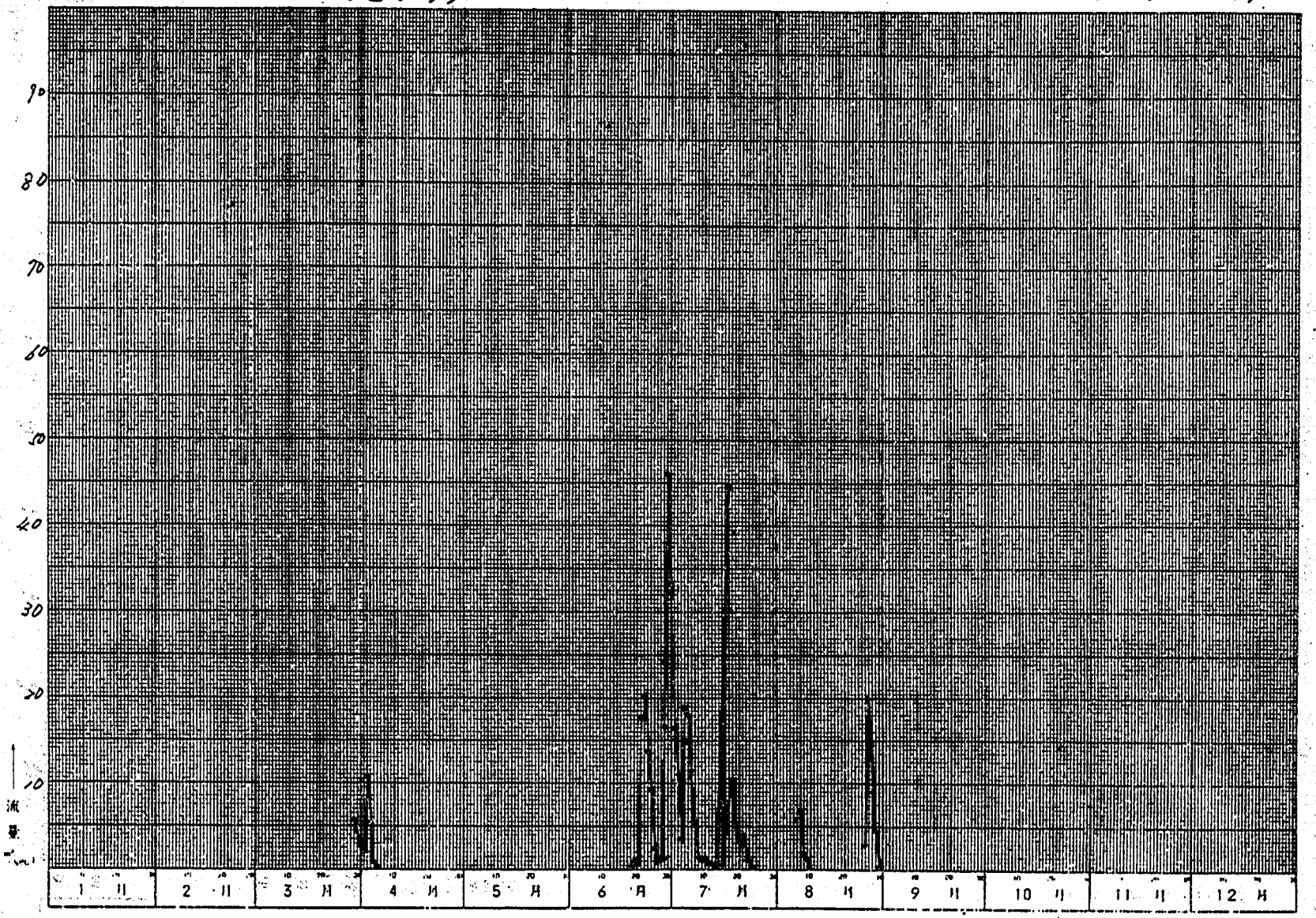
水系　　河川上流（7号）観測所　　昭和55年（1980）



観測所番号

日流量年図

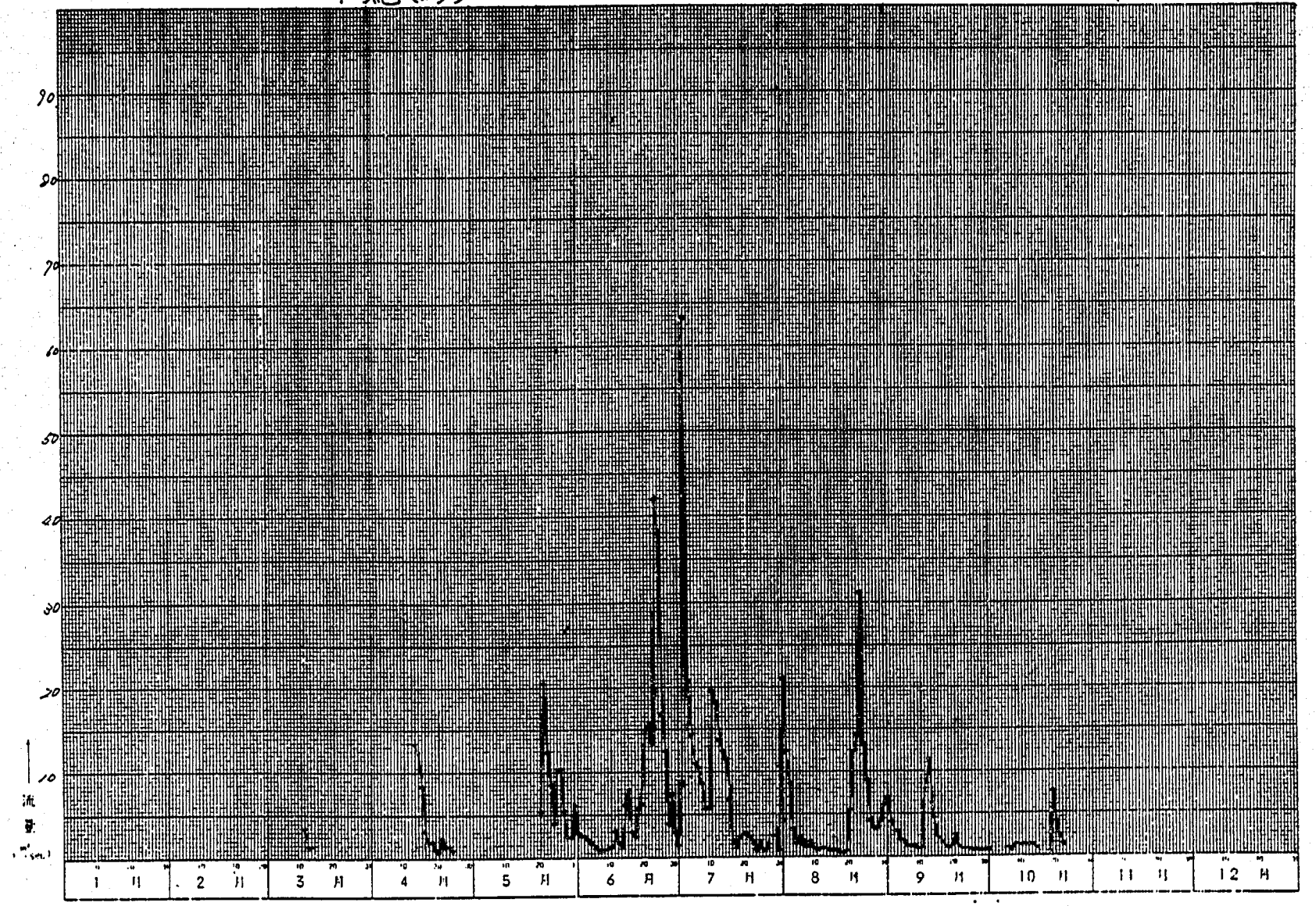
水系　　河川下流（4号）観測所　　昭和46年（1971）



日流量年図

観測所番号

水系　　河川下流(4号)観測所　　昭和55年(1980)



水研様式　流量　9

水　　質

水質分析一覧表 (S.53)

(単位 mg/l)

観測所	項目	533 1.10	1.19	1.29	2.10	2.19	3.1	3.11	3.23	5.9	6.6	6.27	7.25
観測井1号	PH		6.1	6.11	6.32	5.51	6.16	6.52	5.16	7.65	6.92	7.95	8.16
	総硬度		297	698	874						756		
	カルシウム硬度					407	365	558	639	769		736	714
	塩素イオン		555	1.418	1.230	1.750	2.240	3.220	3.810	2.200	2.460	2.490	2.140
	鉄		12.6	18.1	7.4	25	134	199	178	0.25	249	0.12	0.21
	マンガン		1.36	3.4	3.42	3.3	9.0	11.1	12.0	2.6	1.4	1.4	0.23
観測井2号	PH	6.81	6.95	6.72	7.10	7.02	7.20	7.42	7.28	7.15	7.31	7.29	7.20
	総硬度	128	134	110	101						92.5		
	カルシウム硬度					57.6	48.6	45.0	41.0	93.6		62.4	65.8
	塩素イオン	67.4	69.8	65.0	57.2	64.8	63.2	67.8	67.5	124	73.7	69.9	71.3
	鉄	6.5	3.9	6.9	12.6	0.95	15.9	8.33	14.2	11.8	122	3.6	3.29
	マンガン	2.5	1.02	1.6	1.28	1.30	1.15	1.06	0.68	1.4	1.4	0.92	0.71
観測井3号	PH	6.60	6.48	6.35	6.50	6.77	6.63	7.04	6.95	5.19	6.40	6.31	4.91
	総硬度	148	142	162	138						85.9		
	カルシウム硬度					75.1	68.8	82.8	81.1	83.6		60.1	31.4
	塩素イオン	53.8	55.3	51.4	43.7	64.1	57.6	49.6	53.1	58.0	57.2	56.3	62.0
	鉄	0.36	10.0	0.27	0.12	3.8	1.75	0.04	0.09	2.0	55.6	14.0	0.11
	マンガン	N D	2.54	1.80	2.08	2.2	1.15	1.64	1.31	2.7	1.5	0.83	2.77
取水井1号	PH	6.56	6.45	6.48	6.75	6.36	6.70	6.52	6.40	6.29	6.28	6.31	5.98
	総硬度	286	339	423	472						575		
	カルシウム硬度					333	397	406	441	223		374	245
	塩素イオン	312	408	461	584	804	899	999	1.140	344	1.260	704	489
	鉄	10.7	0.40	20.0	2.96	20.0	24.2	26.5	21.2	9.5	25.6	13.4	0.28
	マンガン	2.5	2.37	2.6	3.26	4.1	3.72	4.18	3.92	2.2	4.6	3.4	1.72
取水井2号	PH	6.63								6.49	6.61	6.40	5.93
	総硬度	275									92.5		
	カルシウム硬度									201		112	139
	塩素イオン	319								120	73.7	150	116
	鉄	19.1								2.5	122	0.76	1.01
	マンガン	2.7								1.7	1.4	1.7	1.49
取水井3号	PH	6.56	6.30	6.20	6.52	6.30	6.61	6.95	6.78	6.33	6.60	6.35	6.10
	総硬度	56.7	53.1	66.6	52.6						54.6		
	カルシウム硬度					33.3	35.1	32.9	33.0	41.8		32.3	41.3
	塩素イオン	39.3	32.9	39.0	37.6	39.2	42.0	41.6	44.0	41.6	46.8	49.9	42.0
	鉄	0.07	N D	0.11	0.23	0.05	0.14	N D	N D	0.12	0.24	0.07	0.30
	マンガン	0.10	N D	0.03	0.05	0.03	0.05	0.05	0.05	0.10	0.07	0.04	0.05

水質分析一覧表 (S.53)

(単位 mg/l)

観測所	項目	8.9	9.11	10.30	11.27	12.5			(S.55)	1.19	2.2	3.4
観測井1号	PH	8.65	4.83	4.11	7.90	6.83				7.0	7.2	5.8
	総硬度											
	カルシウム硬度	648	636	870	669	948				41	45	200
	塩素イオン	2.420	2.460	2.450	2.700	5.490				140	110	430
	鉄	0.02	5.64	165	0.07	0.50				ND	ND	62
	マンガン	0.17	10.3	12.4	1.50	3.39				ND	0.08	2.4
観測井2号	PH	7.55	7.10	6.61	6.48	7.50				7.9	8.0	8.1
	総硬度											
	カルシウム硬度	62.4	154	112	93.7	80.0				86.0	830	100
	塩素イオン	61.3	138	89.0	86.5	92.9				66.0	660	62
	鉄	0.02	2.45	0.16	3.20	0.63				32	16	1.9
	マンガン	0.46	1.62	1.3	0.83	0.63				0.17	0.08	0.4
観測井3号	PH	6.31	6.41	6.10	6.58	7.54				6.3	7.8	7.1
	総硬度											
	カルシウム硬度	89.2	78.1	78.0	149.0	50.0				120	120	170
	塩素イオン	62.3	59.5	62.3	54.1	154.0				60	69	64
	鉄	0.09	3.44	1.4	0.17	0.33				0.3	ND	0.2
	マンガン	2.16	0.97	1.2	4.00	5.27				5.2	ND	6.0
取水井1号	PH	6.62	4.80	7.60	6.42	6.70				6.7	7.7	7.4
	総硬度											
	カルシウム硬度	225	583	964	658	680				110	110	170
	塩素イオン	445	1.190	2.320	1.500	1.450				160	150	160
	鉄	0.02	4.84	7.6	24.0	32.7				19	ND	2.5
	マンガン	1.41	4.06	6.1	3.30	4.20				1.0	0.85	0.9
取水井2号	PH	6.38	6.46	5.69	6.42	6.70				5.6	7.8	7.4
	総硬度											
	カルシウム硬度	167	159	240	658	680				94	79	110
	塩素イオン	169	157	312	1.500	1.450				75	87	120
	鉄	N D	0.05	N D	24.0	32.8				5.6	ND	0.1
	マンガン	1.66	1.38	1.8	3.3	4.20				1.2	1.3	1.4
取水井3号	PH	6.60	6.90	5.98	6.50	6.83				6.5	7.4	7.3
	総硬度											
	カルシウム硬度	51.3	54.6	64.6	73.3	32.8				24	34	33
	塩素イオン	40.6	49.2	94.8	76.3	94.8				43	42	41
	鉄	0.04	0.05	N D	2.60	0.60				0.03	ND	0.185
	マンガン	0.02	0.04	0.03	0.05	0.07				0.03	0.02	0.145

水質分析一覧表 (S.54)

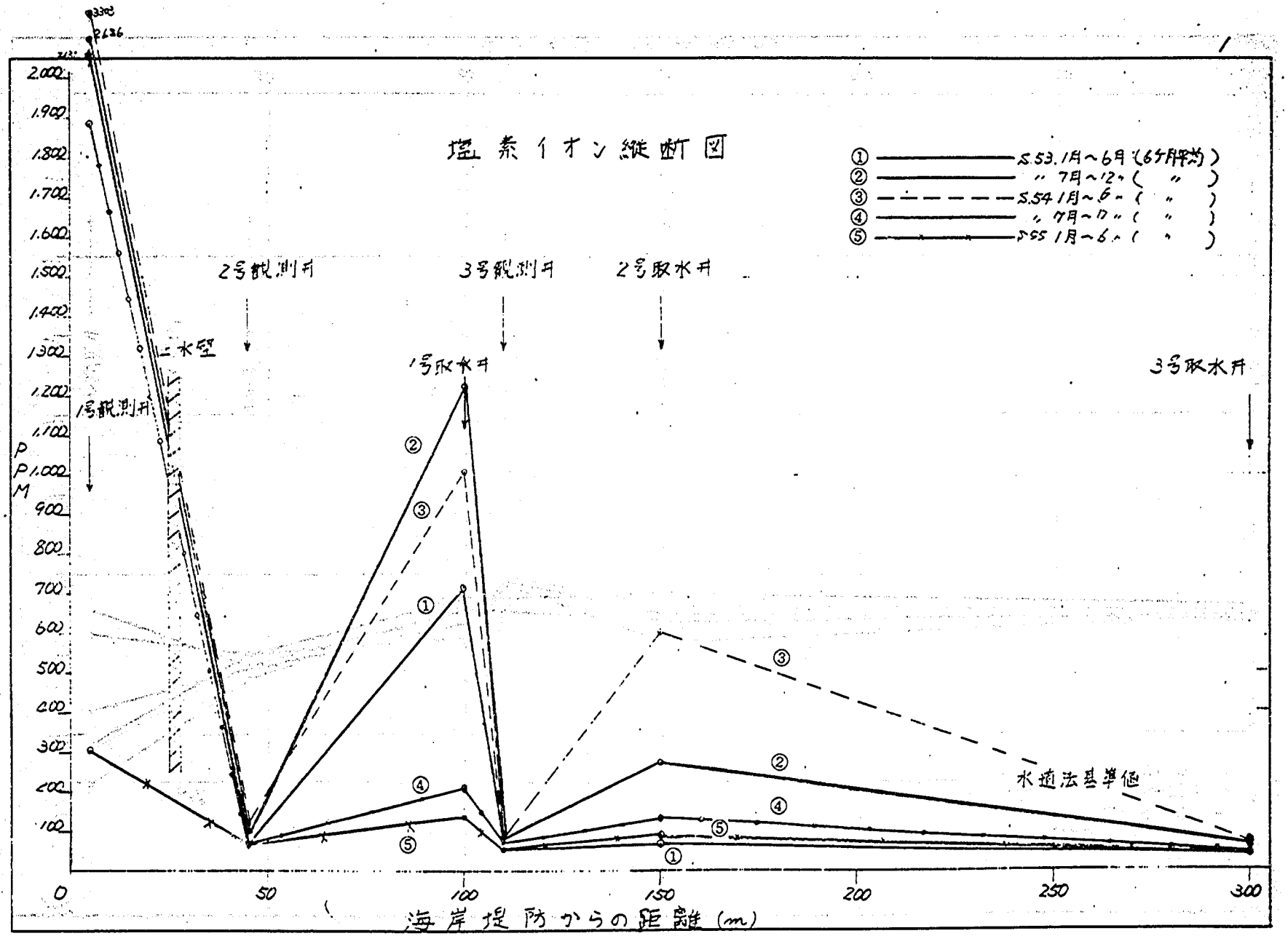
(単位 mg/l)

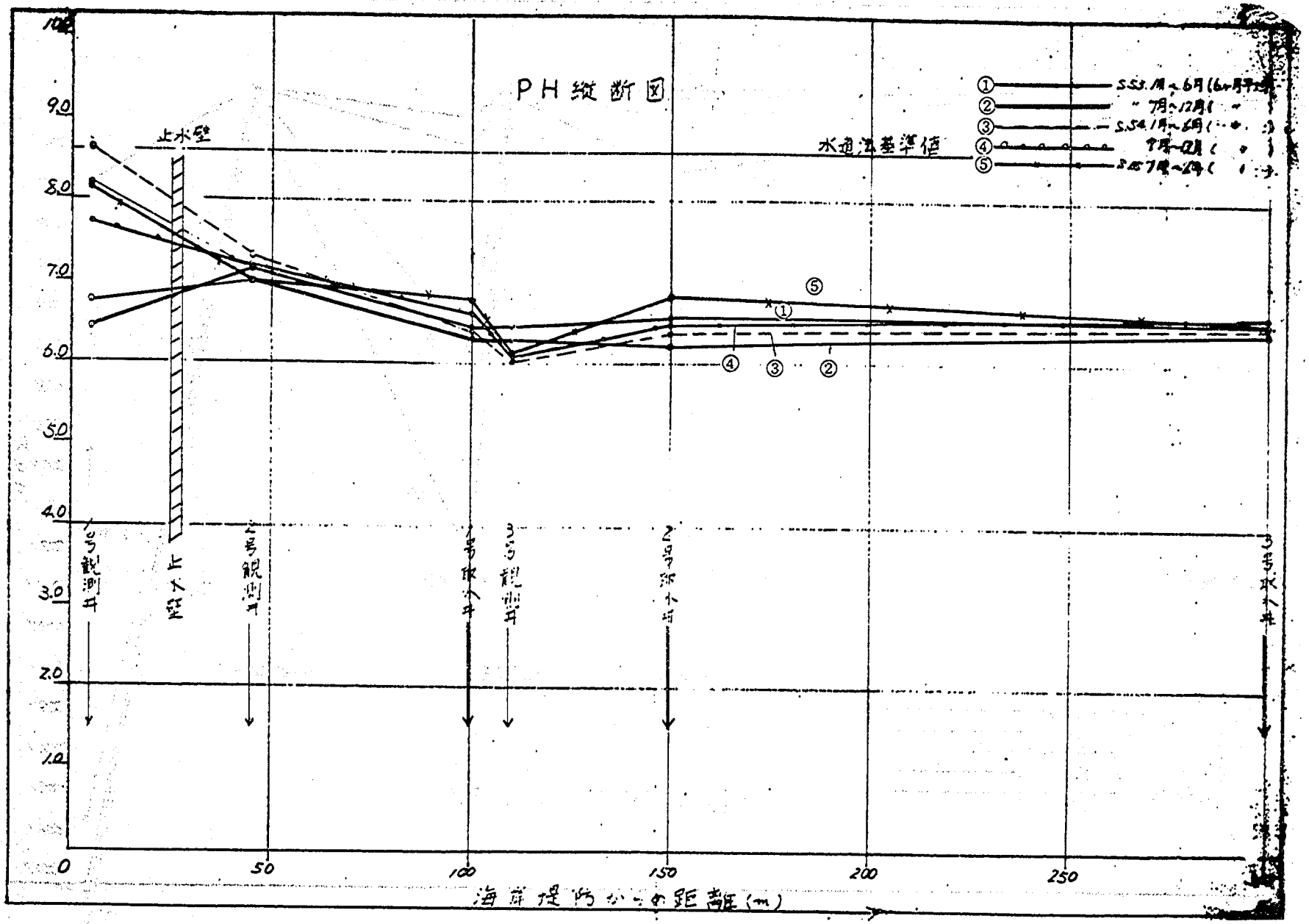
観測所	項目	S54 1.31	2.21	3.22	4.25	6.1	6.28	7.24	8.30	9.26	10.22	11.28	12.24
観測井1号	PH	8.10	8.81	8.64	8.81	8.75	8.55	8.62	8.75	8.67	8.85	7.30	7.00
	総硬度												
	カルシウム硬度	878	513	946	912	931	678	597	446	392	310	152	223
	塩素イオン	4.930	4.430	2.900	3.720	2.560	1.280	2.100	1.470	1.330	4.310	1020	1012
	鉄	0.68	0.14	0.11	0.08	0.05	0.02	ND	0.08	0.02	ND	0.07	0.16
	マンガン	3.50	1.20	0.32	0.20	0.17	0.08	0.04	ND	0.05	0.08	ND	0.13
観測井2号	PH	7.20	7.48	7.00	7.38	7.41	7.35	7.12	7.48	6.47	7.22	7.02	7.90
	総硬度												
	カルシウム硬度	84.4	70.6	86.6	104	70.7	40.0	32.1	36.9	36.1	34.7	38.0	38.5
	塩素イオン	70.7	84.9	97.6	157	122	80.5	64.5	59.7	49.3	55.6	62.3	80.6
	鉄	8.30	0.10	0.10	0.13	0.01	0.02	ND	0.08	ND	ND	0.07	0.06
	マンガン	0.93	0.58	0.73	0.53	0.29	0.16	0.4	ND	1.5	0.09	0.23	0.03
観測井3号	PH	6.34	6.53	5.00	6.25	5.57	6.49	6.39	5.48	5.51	6.62	6.62	6.88
	総硬度												
	カルシウム硬度	154.0	192.0	178.0	66.1	88.3	32.6	31.8	47.8	51.5	94.8	165	176
	塩素イオン	54.1	50.8	118.0	98.0	113	60.4	53.3	58.6	68.1	59.9	95.1	105
	鉄	0.64	0.01	0.03	3.5	1.20	0.12	0.77	5.2	3.0	0.10	0.53	0.04
	マンガン	8.10	7.40	3.10	2.0	2.38	ND	ND	0.64	1.5	1.4	1.6	7.6
取水井1号	PH	6.51	6.62	6.33	6.45	6.30	6.19	6.45	6.08	5.97	6.59	7.20	7.49
	総硬度												
	カルシウム硬度	752	912	353	157	85.1	113	102	81.3	58.9	144	158	175
	塩素イオン	2.010	1.030	816	832	1030	260	216	131	64.9	243	287	305
	鉄	13.8	0.01	0.14	0.22	0.56	0.11	0.07	0.26	2.2	2.0	0.09	2.5
	マンガン	7.90	2.10	2.90	0.05	0.91	1.39	1.06	1.2	1.1	1.5	1.0	1.3
取水井2号	PH	6.40	6.01	6.45	6.62	6.33	6.43	6.41	6.20	6.30	6.62	6.09	7.24
	総硬度												
	カルシウム硬度	707	627	285	211	228	171	146	108	99.9	102	131	148
	塩素イオン	1.120	1160	488	372	265	200	168	128	67.9	109	161	170
	鉄	14.0	18.2	0.13	0.08	0.76	0.05	0.75	0.81	1.6	0.55	6.8	3.5
	マンガン	8.70	3.70	3.60	2.0	2.26	0.82	1.41	0.08	1.3	1.2	1.0	1.7
取水井3号	PH	6.61	6.62	6.41	6.46	6.37	6.42	6.29	6.05	6.31	6.60	7.12	7.25
	総硬度												
	カルシウム硬度	75.7	80.9	77.5	42.0	49.0	44.4	33.2	28.4	32.1	30.0	33.5	35.8
	塩素イオン	73.2	81.0	76.6	84.9	57.6	58.9	58.1	43.8	39.2	38.0	42.8	43.6
	鉄	0.52	0.13	0.06	0.08	0.02	0.01	ND	1.1	ND	ND	0.07	0.08
	マンガン	0.08	0.30	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	ND	ND	0.03	ND	0.02

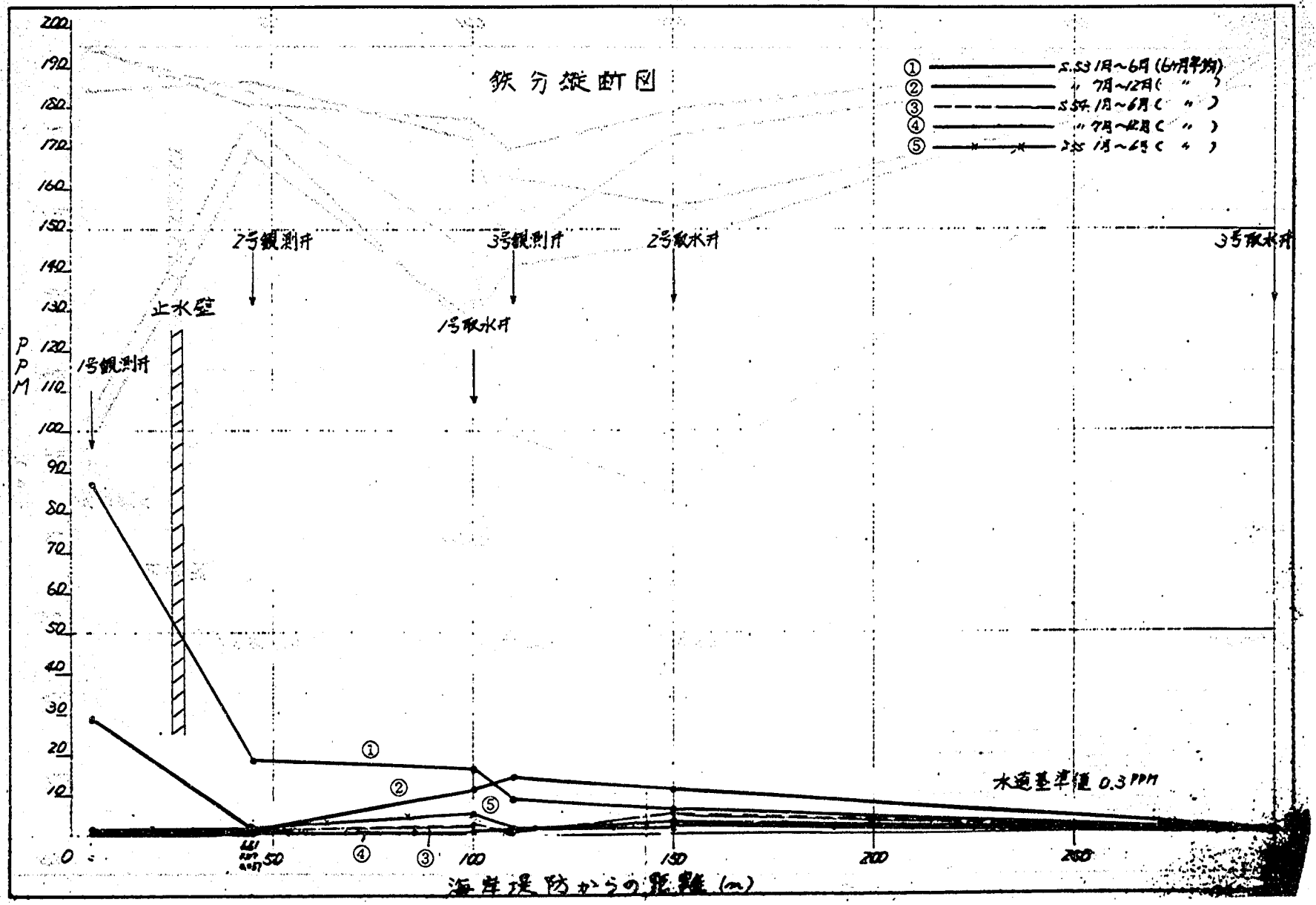
水質分析一覧表 (S.55)

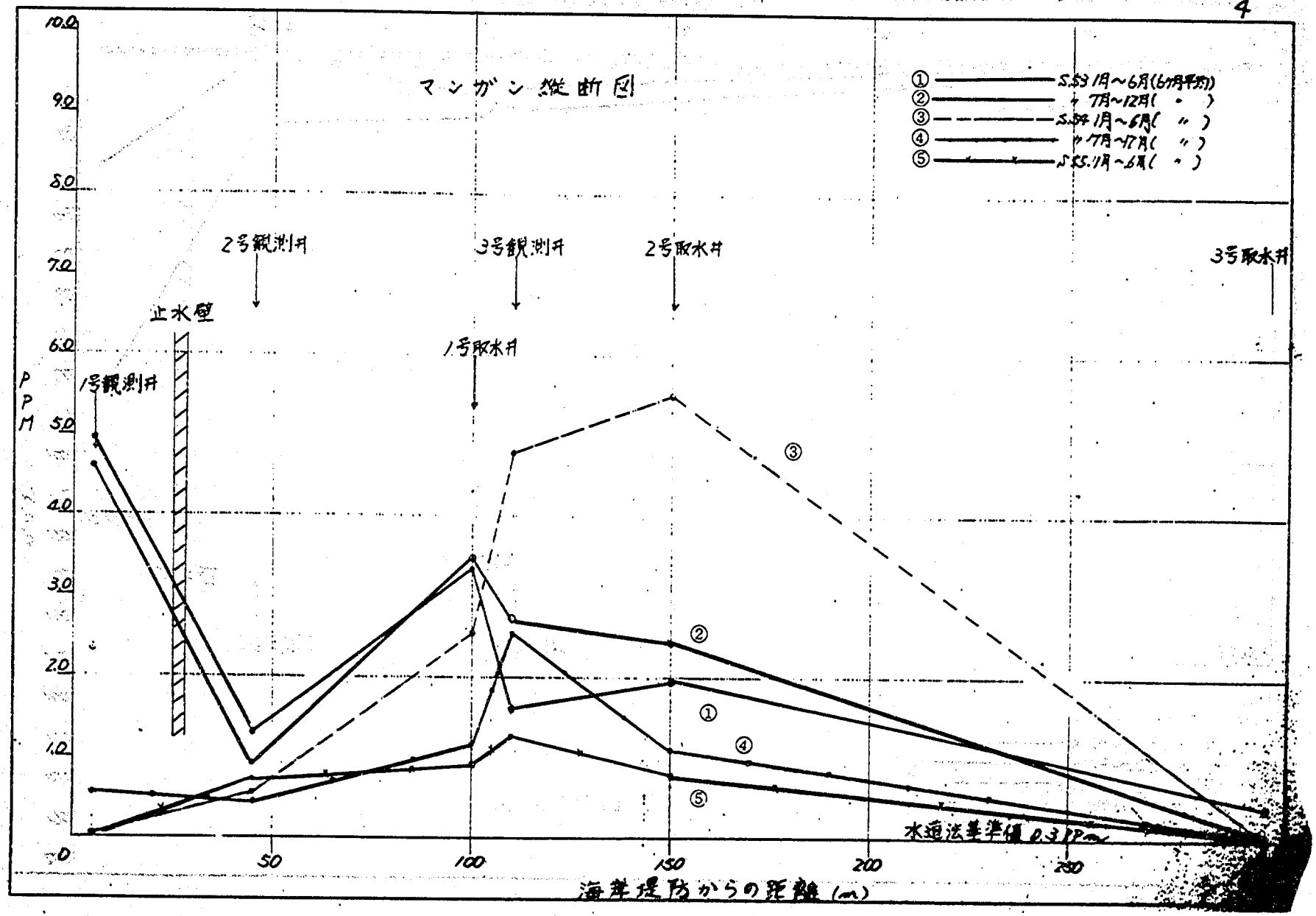
(単位 mg/l)

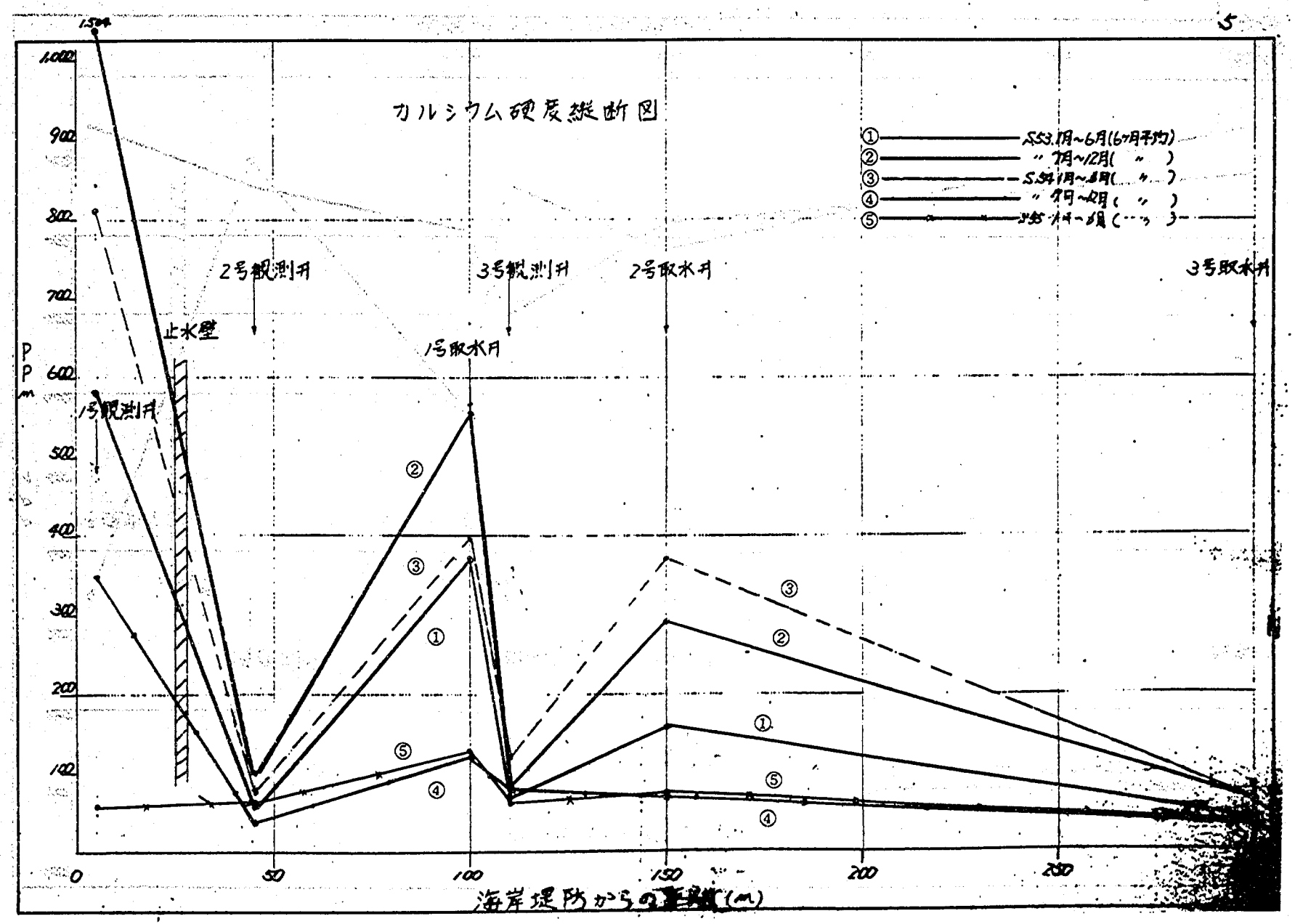
観測所	項目	S55 1.23	2.27	3.25	4.1	5.22	6.3	6.30	8.4	9.24	10.6	11.3	12.3
観測井1号	PH	7.78	8.60	8.19	7.91	8.40	8.12	7.70	7.75	7.55	7.80	8.25	6.40
	総硬度		69.2										
	カルシウム硬度	57.1	39.2	50.3	53.5	69.3	72.3	62.1	43.0	33.4	35.1	35.1	40.0
	塩素イオン	324	211	296	276	334	399	246	229	189	173.7	133.9	180.0
	鉄	0.08	0.08	0.5	1.5	ND	ND	0.07	0.06	ND	ND	ND	0.05
	マンガン	0.04	0.20	ND	0.03	0.02	0.07	0	0.08	ND	ND	0.04	ND
観測井2号	PH	7.53	7.30	6.65	6.61	7.50	6.70	6.50	6.75	6.80	7.25	7.10	7.30
	総硬度		139										
	カルシウム硬度	42.4	120	41.2	48.2	62.1	55.4	47.4	51.5	32.9	43.8	40.0	75.0
	塩素イオン	50.0	77.5	61.2	64.6	63.1	58.6	35.0	37.6	50.9	60.3	53.0	64.0
	鉄	0.42	1.2	0.1	2.0	0.14	0.03	6.45	12.9	4.4	0.10	0.13	0.03
	マンガン	0.18	0.43	0.64	0.63	0.70	1.78	2.64	2.17	1.3	0.9	0.50	1.0
観測井3号	PH	6.29	6.20	6.05	5.82	6.00	6.68	5.90	6.95	6.40	6.80	6.80	6.95
	総硬度		300										
	カルシウム硬度	29.4	187	29.4	38.0	61.0	27.1	31.2	53.2	38.1	29.6	24.9	37.0
	塩素イオン	45.0	69.3	51.0	51.0	31.6	57.8	38.0	66.0	46.2	47.1	41.2	52.0
	鉄	0.23	0.07	0.3	0.6	1.93	1.05	1.54	2.69	4.60	0.90	0.13	2.30
	マンガン	0.07	6.0	0.16	0.39	0.65	0.34	0.81	1.30	0.90	0.40	ND	0.70
取水井1号	PH	6.91	6.70	6.75	6.85	6.80	6.75	6.80	7.35	7.30	7.60	6.60	7.10
	総硬度		193										
	カルシウム硬度	116	150	99.5	92.0	84.7	76.7	73.5	63.0	70.7	71.4	76.8	66.0
	塩素イオン	145	188	119	126	115	87.1	52.0	83.3	86.6	91.4	87.4	99.0
	鉄	0.19	0.10	1.0	12.3	0.38	1.43	0.50	1.21	0.10	2.50	1.62	2.60
	マンガン	1.04	1.2	1.09	0.10	1.03	1.00	0.94	0.89	0.90	0.90	0.96	1.00
取水井2号	PH	7.00	6.50	6.86	6.89	6.82	6.90	6.70	7.35	7.20	7.20	6.65	7.20
	総硬度		182										
	カルシウム硬度	107	131	101	95.8	82.7	79.0	69.6	73.3	67.6	71.2	68.0	66.0
	塩素イオン	94.8	106	78.3	88.5	83.9	74.9	46.0	62.0	64.5	65.1	60.9	71.0
	鉄	0.31	0.06	1.1	5.2	1.19	1.59	2.48	2.10	0.90	3.30	2.94	3.30
	マンガン	0.86	0.94	0.97	0.18	0.75	0.88	0.79	1.01	0.90	0.90	0.91	1.00
取水井3号	PH	1.85	6.55	6.63	6.60	6.72	6.62	6.65	7.40	7.35	7.10	6.55	7.20
	総硬度		118										
	カルシウム硬度	31.0	37.4	47.6	27.3	28.0	26.9	22.7	22.5	23.0	22.5	22.5	24.0
	塩素イオン	37.7	34.1	35.3	57.0	47.2	59.4	39.0	37.0	47.1	36.3	37.9	49.0
	鉄	0.04	0.04	ND	ND	ND	ND	0	0.02	ND	ND	ND	ND
	マンガン	0.02	0.03	ND	0.03	ND	0.04	0	0.04	ND	ND	0.07	ND

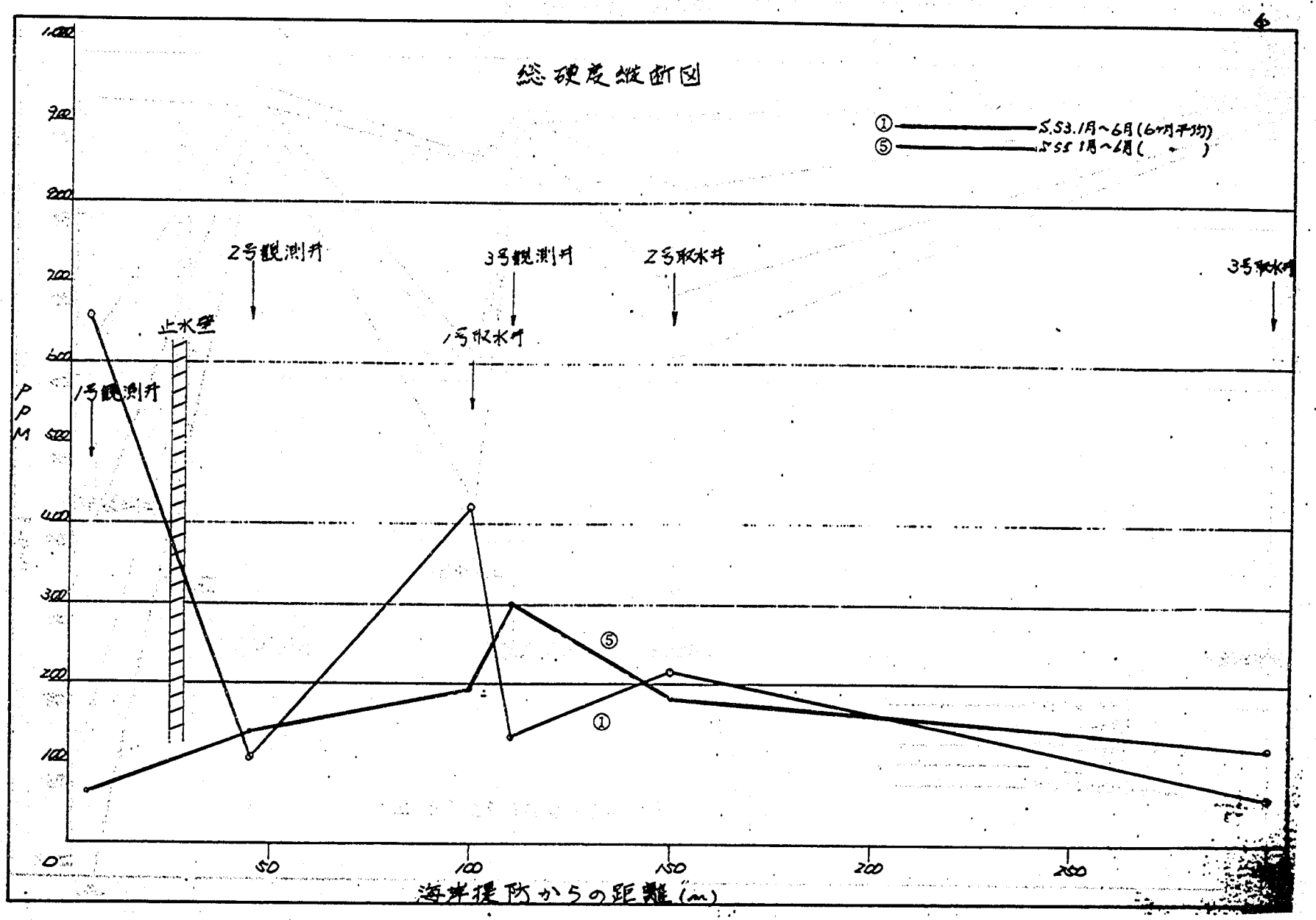

塩素イオン縦断図
① S.53.1月～6月（6ヶ月平均）
② 〃 7月～12月（ 〃 ）
③ S.54 1月～6月（ 〃 ）
④ 〃 7月～12月（ 〃 ）
⑤ S.55 1月～6月（ 〃 ）
2号観測井
3号観測井
2号取水井
1号観測井
1号取水井
3号取水井
水道法基準値
PPM
2,000
1,900
1,800
1,700
1,600
1,500
1,400
1,300
1,200
1,100
1,000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
50
100
150
200
250
300
海岸堤防からの距離（m）

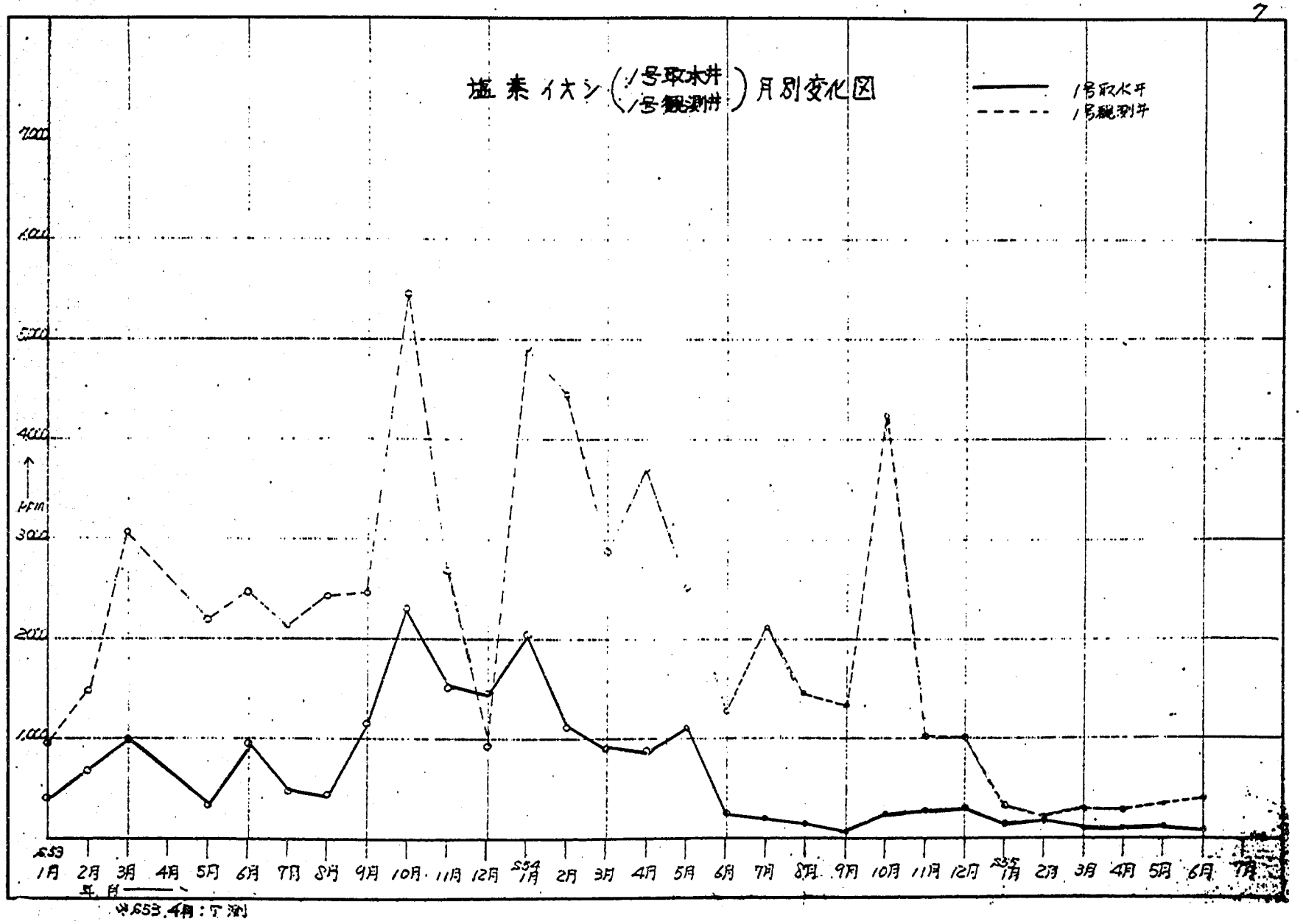

PH縦断図
止水壁
水道法基準値
①
②
③
④
⑤
9.0
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0
50
100
150
200
250
1号観測井
止水壁
2号観測井
1号取水井
3号観測井
2号取水井
3号取水井
海岸堤防からの距離(m)


鉄分縦断図
① S.53 1月～6月 (6ヶ月平均)
② 〃 7月～12月 (〃)
③ S.54 1月～6月 (〃)
④ 〃 7月～12月 (〃)
⑤ S.55 1月～6月 (〃)
2号観測井
3号観測井
2号取水井
3号取水井
止水壁
1号観測井
1号取水井
PPM
200
190
180
170
160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
50
100
150
200
水道基準値 0.3 PPM
海岸堤防からの距離 (m)


マンガン縦断図
① S.53 1月～6月(6ヶ月平均)
② 〃 7月～12月(〃)
③ S.54 1月～6月(〃)
④ 〃 7月～12月(〃)
⑤ S.55.1月～6月(〃)
2号観測井
3号観測井
2号取水井
3号取水井
止水壁
1号取水井
1号観測井
PPM
10.0
9.0
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0
50
100
150
200
250
水道法基準値 0.3PPm
海岸堤防からの距離 (m)


カルシウム硬度縦断図
①——S53.1月~6月(6ヶ月平均)
②—— 〃 7月~12月(〃)
③——S54.1月~6月(〃)
④—— 〃 7月~12月(〃)
⑤——S55.1月~6月(〃)
2号観測井
3号観測井
2号取水井
3号取水井
止水壁
1号取水井
1号観測井
PPm
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
50
100
150
200
250
海岸堤防からの距離(m)


総硬度縦断図
①——— S.53.1月～6月(6ヶ月平均)
⑤——— S55 1月～6月(")
2号観測井
3号観測井
2号取水井
止水壁
1号取水井
1号観測井
PPM
1,000
800
600
400
300
200
100
0
50
100
150
200
250
⑤
①
海岸提防からの距離(m)


塩素イオン（1号取水井 / 1号観測井）月別変化図
1号取水井
1号観測井
7000
6000
5000
4000
ppm
3000
2000
1000
S53
1月 2月 3月 4月 5月 6月 7月 8月 9月 10月 11月 12月
S54
1月 2月 3月 4月 5月 6月 7月 8月 9月 10月 11月 12月
S55
1月 2月 3月 4月 5月 6月 7月
年月
※S53.4月：下測

地 盤 沈 下 量

(T.P.m)

樺島地下ダム地盤高(沈下量)調査表

長崎県　野母崎町

No.	測点	52	52	53	53	53	53	53	53	53	53	53	54	54	54	54	54	54	54	54
	測量	10.28	12.25	1.19	2.9	3.29	7.31	8.31	9.30	10.31	11.30	12.29	1.23	2.25	3.26	4.20	5.24	6.25	7.31	9.29
1	灯台念座 B.M	7.990	7.990	7.990	7.990	7.990	7.990	7.990	7.990	7.990	7.99	7.99	7.99	7.99	7.99	7.99	7.99	7.99	7.99	7.99
2	海岸堤 仮.B.	6.815	6.815	6.815	6.890	6.815	6.807	6.745	6.807	6.809	6.803	6.785	6.7435	6.80	6.804	6.804	6.809	6.803	6.803	6.785
3	海岸堤 中央	6.830	6.835	6.830	7.181	6.825	6.875	6.810	6.872	6.872	6.870	6.845	6.8125	6.84	6.875	6.872	6.885	6.870	6.875	6.81
4	観測井 No. 1	6.845	6.845	6.850	6.899	6.865	6.840	6.775	6.840	6.837	6.825	6.8075	6.7775	6.815	6.84	6.865	6.899	6.845	6.84	6.94
5	観測井 No. 2	5.590	5.589	5.595	5.637	5.645	5.580	5.515	5.581	5.582	5.570	5.555	5.52	5.55	5.58	5.58	5.64	5.55	5.58	5.785
6	観測井 No. 3	5.137	5.153	5.142	5.175	5.150	5.120	5.045	5.119	5.112	5.1075	5.0525	4.9825	5.105	5.129	5.120	5.170	5.125	5.135	5.40
7	沈下盤 No. 1	4.687	4.483	4.430	4.562	4.405	4.365	4.250	4.277	4.246	4.2275	4.2025	4.1575	4.22	4.27	4.355	4.432	4.405	4.562	4.67
8	沈下盤 No. 2	4.780	4.623	4.565	4.677	4.520	4.503	4.382	4.416	4.382	4.340	4.295	4.195	4.345	4.389	4.426	4.532	4.397	4.479	4.755
9	沈下盤 No. 3	4.970	4.948	4.920	5.054	4.910	4.865	4.765	4.817	4.787	4.755	4.7075	4.5975	4.705	4.769	4.805	4.858	4.637	4.974	5.37
10	取水井 No. 1	5.463	5.398	5.355	5.374	5.350	5.279	5.165	5.197	5.174	5.0975	5.0525	5.0125	5.089	5.174	5.199	5.301	5.017	5.200	5.445
11	取水井 No. 2	5.730	5.698	5.755	5.678	5.690	5.580	5.485	5.517	5.497	5.455	5.4075	5.3175	5.405	5.469	5.584	5.743	5.322	5.495	5.94

(五二、十、五九K 高口敏)

樺島地下ダム地盤高(沈下量)調査表

長崎県　野母崎町

No.	測点 ＼ 測量年月日	54	55																摘要
		11.	1.	3.	4. 1.	5. 21	7. 19	9. 16	10. 11										
1.	灯台倉庫 B.M	7.99	7.99	7.99	7.99	7.99	7.99	7.99	7.99										
2	海岸堤 仮B				6.8025	6.803	6.803	6.803	6.803										
3	海岸堤 ゆ史				6.875	6.855	6.865	6.865	6.865										
4	観測井 No. 1				6.846	6.841	6.848	6.845	6.845										
5	観測井 No. 2				5.585	5.581	5.585	5.585	5.585										
6.	観測井 No. 3				5.135	5.128	5.130	5.135	5.135										
7	沈下盤 No. 1				4.450	4.451	4.450	4.450	4.450										
8	沈下盤 No. 2				4.500	4.526	4.530	4.535	4.535										
9	沈下盤 No. 3				4.945	—	4.940	4.940	4.945										
10	取水井 No. 1				5.182	5.183	5.180	5.180	5.180										
11	取水井 No. 2				—	5.473	5.470	5.470	5.470										
	摘要		1/17~ 冠水	冠水	冠水	冠水	冠水	冠水	冠水										

取　水　量　(m³/日)

観測点（1号，2号，3号，4号）

期　間（S.53.1 ～ S.56.9）

観測所番号

日取水量年表

昭和 53 年 (1978)

水系			河川			観測所	頂取水才						
日 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	.	.	174.	155.	.	147.	.	.	105.	.	69.	休止	.
2	.	.	149.	152.	.	126.	.	.	115.	.	73.	〃	.
3	.	.	89.	153.	.	126.	.	.	106.	.	69.	〃	.
4	.	.	179.	152.	.	118.	.	.	125.	.	83.	〃	.
5	.	.	129.	152.	.	114	.	.	126.	.	73.	〃	.
6	.	.	127.	152.	.	112.	.	.	118.	.	76.	〃	.
7	.	.	136	135.	.	89.	.	.	125.	.	71.	〃	.
8	.	.	126.	143.	.	92.	.	.	124.	.	76.	〃	.
9	.	.	134.	143.	.	92.	.	.	126.	.	75.	〃	.
10	.	.	134	143.	.	115.	.	.	108.	40.	74.	〃	.
11	.	.	128.	148.	.	82.	.	.	116.	96.	75.	〃	.
12	.	.	126.	79.	.	.	.	.	112.	75.	68.	〃	.
13	.	.	132.	.	.	.	.	.	102.	74.	35.	〃	.
14	.	.	129.	.	.	.	.	120.	105.	79.	休止	〃	.
15	.	.	130.	.	.	.	.	140.	117.	80.	〃	〃	.
16	.	.	148.	.	.	.	.	150.	95.	78.	〃	〃	.
17	.	.	148.	.	.	.	.	110.	118.	82.	〃	〃	.
18	.	.	155.	.	.	.	.	110.	115.	73.	〃	〃	.
19	.	.	162.	.	.	.	.	95.	117.	77.	〃	〃	.
20	.	.	159.	.	.	.	.	98.	105.	57.	〃	〃	.
21	.	.	151.	.	.	.	.	85.	113.	75.	〃	〃	.
22	.	.	144	.	.	.	.	90.	114	70.	〃	〃	.
23	.	.	159.	.	.	.	.	90.	100.	74.	〃	〃	.
24	.	.	137.	.	.	.	.	85.	110.	72.	〃	〃	.
25	.	.	136.	.	.	.	.	85.	112.	73.	〃	〃	.
26	.	.	145.	.	.	.	.	92.	95.	75.	〃	〃	.
27	.	.	145.	.	.	.	.	105.	110.	55.	〃	〃	.
28	.	.	135.	.	.	.	.	98.	25.	63.	〃	〃	.
29	.	.	139.	.	37.	.	.	115.	.	64.	〃	〃	.
30	.	/	157.	.	95.	.	.	105.	.	66.	〃	〃	.
31	.	/	147.	/	81.	/	.	113.	/	74.	/	〃	.
計	.	.	4389.	1707.	213.	1214	.	1886	3164.	1572.	2480.	1568.	.
平均	.	.	142.	142.	71.	110.	.	105.	109.	71.	83.	71.	.

水研様式 流量－8

観測所番号

日取水量年表

昭和 52年 (1977)

(m³/日)

水系			河川			観測所	1号取水井						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	停止.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
2	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
3	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
4	7.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
5	42.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
6	35.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
7	25.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
8	21.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
9	25.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
10	21.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
11	20.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
12	20.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
13	14.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
14	停止.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
15	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
16	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
17	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
18	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
19	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
20	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
21	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
22	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
23	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
24	3.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
25	36.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
26	26.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
27	19.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
28	27.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
29	24.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
30	19.		〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.
31	停止.		〃.		〃.		〃.	〃.		〃.		〃.	.
計	384.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	.
平均	23.												.

水研様式 流量－8

観測所番号

日取水量年表

昭和 55 年 (1980)

(m³/日)

水系			河川			観測所	1号取水ポ						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	停止	停止	停止	停止	停止	停止	停止	停止	停止	停止	停止	停止	
2	〃	〃											
3	〃	〃											
4	〃	〃											
5	〃	〃											
6	〃	〃											
7	〃	〃											
8	〃	〃											
9	〃	〃											
10	〃	〃											
11	〃	〃											
12	〃	〃											
13	〃	〃											
14	〃	〃											
15	〃	〃											
16	〃	〃											
17	〃	〃											
18	〃	〃											
19	〃	〃											
20	〃	〃											
21	〃	〃											
22	〃	〃											
23	〃	〃											
24	〃	〃											
25	〃	〃											
26	〃	〃											
27	〃	〃											
28	〃	〃											
29	〃												
30	〃												
31	〃												
計	—	—											
平均													

水研様式 流量－8

観測所番号

日取水量年表

昭和 56 年 (1981)

(m³/日)

水系			河川			観測所	1号取水井						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	停止.	21.	33.	停止.	停止.	停止.	(測水120.)	停止.	停止.	.	.	.	.
2	〃.	停止.	33.	〃.	〃.	〃.	(〃 169.)	〃.	〃.	.	.	.	.
3	〃.	〃.	22.	〃.	〃.	〃.	(〃 168.)	〃.	〃.	.	.	.	.
4	〃.	50.	18.	〃.	〃.	〃.	停止.	〃.	〃.	.	.	.	.
5	〃.	46.	17.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.	.	.	.
6	〃.	42.	24.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.	.	.	.
7	〃.	35.	22.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.	.	.	.
8	〃.	28.	27.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.	.	.	.
9	〃.	37.	42.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.	.	.	.
10	〃.	45.	44.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.	.	.	.
11	〃.	51.	44.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.	.	.	.
12	〃.	71.	35.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.	.	.	.
13	〃.	80.	35.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.	.	.	.
14	〃.	47.	42.	〃.	〃.	(測水48.)	〃.	8.	〃.	.	.	.	.
15	〃.	停止.	43.	〃.	〃.	(〃 148.)	〃.	55.	〃.	.	.	.	.
16	〃.	〃.	49.	〃.	〃.	(〃 123.)	〃.	57.	〃.	.	.	.	.
17	〃.	〃.	45.	〃.	〃.	(〃 120.)	〃.	39.	〃.	.	.	.	.
18	〃.	〃.	61.	〃.	〃.	(〃 116.)	〃.	停止.	〃.	.	.	.	.
19	〃.	〃.	86.	〃.	〃.	(〃 123.)	〃.	〃.	〃.	.	.	.	.
20	〃.	〃.	89.	〃.	〃.	(〃 82.)	〃.	〃.	〃.	.	.	.	.
21	〃.	〃.	88.	〃.	〃.	停止.	〃.	〃.	〃.	.	.	.	.
22	〃.	24.	65.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.	.	.	.
23	〃.	21.	停止.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.	.	.	.
24	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.	.	.	.
25	8.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.	.	.	.
26	40.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.	.	.	.
27	36.	6.	〃.	〃.	〃.	(測水117.)	〃.	〃.	〃.	.	.	.	.
28	49.	35.	〃.	〃.	〃.	(〃 113.)	〃.	〃.	〃.	.	.	.	.
29	35.	〃.	〃.	〃.	〃.	(〃 107.)	〃.	〃.	〃.	.	.	.	.
30	32.	〃.	〃.	〃.	〃.	(〃 112.)	〃.	〃.	〃.	.	.	.	.
31	26.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	〃.	.	.	.	.
計	226.	640.	984.	—	—	1179.	457.	159.	—	.	.	.	.
平均	32.29	40.	44.73	.	.	109.	152.33	39.75	.	.	.	.	.

水研様式 流量－8

観測所番号

日取水量年表

昭和 53 年 (1978)

(m³/日)

水系			河川			観測所	2号取水井						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	.	.	.	.	54.	31.	.	124	37.	68.	70.	105.	.
2	.	.	.	.	44.	39.	44.	102.	38.	82.	62.	97.	.
3	.	.	.	.	68.	36.	45.	94.	32.	80.	63.	86.	.
4	.	.	.	.	133.	33.	55.	199.	36	114	57.	不明	.
5	.	.	.	.	105.	31.	136.	146	35.	116.	58.	〃	.
6	.	.	.	.	67.	40.	129.	133.	32.	104	54.	〃	.
7	.	.	.	.	114.	31.	58.	121.	32.	97.	62.	〃	.
8	.	.	.	.	90.	33.	127.	145.	31.	118.	66.	〃	.
9	.	.	.	.	80.	32.	152.	122.	31.	129.	53.	〃	.
10	.	.	.	.	111.	43.	156.	149.	28.	99.	57.	〃	.
11	.	44.	.	.	76.	65.	35.	137.	32.	69.	55.	〃	.
12	.	113.	.	39.	133.	31.	204.	116.	30.	59.	63.	〃	.
13	.	115.	.	121.	110.	59.	68.	154	29.	58.	35.	92.	.
14	.	122.	.	118.	100.	73.	45.	66.	27.	54.	40.	96.	.
15	.	121.	.	123	98.	25.	144.	63.	28.	59.	31.	88.	.
16	.	113.	.	107.	117.	116.	70.	65.	24.	64.	75.	91.	.
17	.	.	.	112.	120	78.	92.	54.	35.	67.	71.	91.	.
18	.	.	.	95.	114.	84.	136.	54.	30.	60.	71.	93.	.
19	.	.	.	100.	101.	102.	89.	48.	32.	63.	64.	98.	.
20	.	.	.	90.	93.	79.	87.	46.	28.	61.	71.	98.	.
21	.	.	.	97.	113.	36.	113.	46.	29.	61.	76.	93.	.
22	.	.	.	95.	103.	95.	126.	45.	31.	55.	80.	101.	.
23	.	.	.	54.	197.	39.	166.	49.	30.	62.	80.	95.	.
24	.	.	.	129.	20.	17.	155.	41.	26.	60.	79.	97.	.
25	.	.	.	60.	124	47.	177.	43.	29.	73.	76.	94.	.
26	.	.	.	116.	133.	106.	164.	41.	30.	71.	76.	110.	.
27	.	.	.	59.	138.	.	146.	38.	28.	59.	99.	115.	.
28	.	.	.	92.	142.	117.	174.	35.	29.	65.	100.	115.	.
29	.	.	.	54.	130.	33.	140.	39.	44.	74.	113.	121.	.
30	.	/	.	98.	97.	56.	108.	33.	47.	72.	121.	124	.
31	.	/	.	/	85.	/	98.	34.	/	74.	/	126.	.
計	.	628.	.	1749.	3200	1605.	3489.	2594	950.	2347.	2078.	2216.	.
平均	.	105.	.	92.	103.	55.	115.	84.	32.	76.	69.	101.	.

水研様式 流量－8

観測所番号

日別水量年表

昭和 54 年 (1979)

(m³/日)

水系			河川			観測所	工事取水分						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	123.	57.	休止.	休止.	休止.	87.	49.	110.	69.	106.	110.	106.	.
2	125.	52.	14.	〃.	〃.	102.	30.	100.	81.	112	114.	121.	.
3	118.	40.	50.	〃.	〃.	97.	01.	101.	87.	109.	125.	117.	.
4	117.	45.	48.	〃.	37.	94.	87.	116.	115.	112.	113.	130.	.
5	113.	42.	56.	〃.	休止.	85.	94.	107.	82.	110.	121.	106.	.
6	105.	54.	44.	〃.	20.	90.	82.	85.	89.	113.	130.	102.	.
7	102.	57.	57.	〃.	34.	64.	89.	112.	78.	121.	122	119.	.
8	96.	53.	59.	〃.	休止.	58.	91.	110.	80.	117.	108.	108.	.
9	112.	60.	59.	〃.	〃.	67.	85.	104.	80.	125.	123.	108.	.
10	105.	58.	13.	257.	27.	93.	98.	120.	97.	143.	118.	107.	.
11	101.	63.	休止.	209.	24	83.	98.	125.	89.	124	124	108.	.
12	98.	68.	〃.	〃.	15.	28.	102.	121.	94	123.	103.	118.	.
13	105.	72.	〃.	〃.	16.	37.	114	120.	75.	103.	118.	114	.
14	105.	79.	〃.	〃.	.	41.	106	135.	82.	102.	107.	107.	.
15	108.	75.	〃.	〃.	.	30.	101.	180.	96.	112.	121.	121.	.
16	107.	80.	〃.	〃.	15.	83.	107.	148.	82.	108.	121.	127.	.
17	106.	87.	〃.	〃.	10.	28.	105.	112.	76.	99.	117.	118.	.
18	106.	91.	〃.	〃.	21.	29.	94.	124	91.	100.	125.	134.	.
19	104.	96.	17.	〃.	22.	34	91.	103.	85.	118.	122.	118.	.
20	105.	102.	休止.	〃.	33.	48.	86.	112.	82.	104.	120.	127.	.
21	106.	111.	〃.	〃.	42.	18.	88.	102.	89.	106.	119.	120.	.
22	104.	107.	〃.	〃.	39.	150.	86.	104.	83.	110.	115.	112.	.
23	109.	90.	〃.	〃.	31.	116.	86.	97.	98.	98.	121.	103.	.
24	103.	34.	〃.	〃.	42.	81.	88.	101.	107.	93.	113.	103.	.
25	98.	17.	〃.	〃.	27.	104.	82.	90.	135.	100.	100.	102.	.
26	97.	26.	〃.	〃.	28.	104.	91.	78.	96.	106.	106.	115.	.
27	99.	9.	〃.	〃.	26.	23.	93.	74.	120.	99.	115.	117.	.
28	97.	休止.	〃.	〃.	34	72.	97.	83.	115.	100.	107.	83.	.
29	96.	.	〃.	〃.	35.	68.	105.	74.	109.	102.	105.	157.	.
30	99.		〃.	〃.	48.	56.	108.	77.	88.	107.	110.	149.	.
31	74.		〃.		93.		98.	93.		107.		150.	.
計	3222.	1762.	447.	466.	734.	2070	2761.	3318.	2760.	3389	3477.	3667.	.
平均	104.	65.	47.	233.	32.	69.	89.	107.	90.	109.	116.	118.	.

観測所番号

日 [illegible] 水量 年 表

昭和 55 年 (1980)

(m³/日)

水系			河川			観測所	2号取水井						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	数
1	144.	125.	120.	141.	117.	110.	143.	192.	55.	72.	80.	90.	.
2	143.	118.	132.	142.	108.	110.	135.	188.	56.	72.	81.	91.	.
3	109.	123.	130.	134.	118.	110.	148.	189.	58.	70.	80.	94.	.
4	157.	120.	154.	141.	128.	110.	100.	185.	57.	68.	92.	106.	.
5	123.	117.	135.	143.	122.	100.	265.	191.	51.	70.	86.	93.	.
6	116.	118.	133.	144.	132.	100.	250.	188.	48.	73.	85.	91.	.
7	122.	126.	127.	139.	121.	100.	230.	188.	52.	71.	90.	92.	.
8	138.	132.	138.	150.	117.	100.	136.	189.	53.	67.	82.	93.	.
9	117.	126.	128.	143.	128.	110.	114.	186.	53.	75.	85.	103.	.
10	129.	126.	80.	147.	126.	100.	101.	184.	52.	67.	88.	89.	.
11	130.	141.	65.	154.	126.	110.	103.	194.	47.	65.	84.	91.	.
12	90.	138.	136.	126.	135.	80.	210.	166.	50.	68.	84.	88.	.
13	113.	140.	136.	111.	110.	110.	250.	179.	75.	70.	76.	93.	.
14	121.	142.	138.	119.	110.	80.	210.	180.	87.	49.	85.	96.	.
15	120.	136.	135.	131.	120.	80.	200.	186.	72.	60.	95.	96.	.
16	117.	150.	125.	153.	120.	100.	210.	179.	91.	88.	89.	97.	.
17	112.	136.	142.	137.	120.	100.	220.	186.	94.	65.	95.	94.	.
18	108.	133.	140.	111.	120.	100.	210.	172.	84.	70.	91.	113.	.
19	108.	148.	140.	106.	110.	80.	200.	165.	80.	69.	87.	108.	.
20	100.	126.	142.	103.	120.	80.	220.	156.	82.	70.	90.	107.	.
21	120.	132.	119.	127.	115.	80.	220.	179.	83.	69.	99.	110.	.
22	欠 120.	138.	128.	133.	110.	80.	240.	152.	77.	68.	92.	113.	.
23	(110.)	126.	129.	145.	100.	80.	230.	152.	79.	71.	95.	113.	.
24	138.	127.	151.	120.	100.	60.	220.	170.	77.	67.	95.	120.	.
25	123.	125.	152.	124.	110.	80.	230.	160.	71.	64.	96.	112.	.
26	123.	131.	146.	142.	0.	136.	.	172.	71.	68.	98.	109.	.
27	118.	118.	125.	123.	100.	89.	.	180.	59.	69.	100.	121.	.
28	130.	121.	137.	120.	100.	103.	.	187.	74.	70.	83.	104.	.
29	143.	114.	135.	125.	100.	113.	47.	179.	72.	69.	83.	99.	.
30	131.		142.	122.	100.	123.	25.	187.	72.	77.	92.	124.	.
31	124.		140.		90.		18.	178.		85.		135.	.
計	3797.	3753.	4080.	3956.	3423.	2894.	4885.	5539.	2032.	2156.	2658.	3185.	.
平均	122.	129.	132.	132.	110.	96.	174.	179.	68.	70.	89.	102.7	.

水研様式 流量－8

観測所番号

日取水量 年表

昭和 56 年 (1981)

(m³/日)

水系			河川			観測所	取水井						
日 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	108.	99.	117.	106.	94.	89.	147.	125.	130.	.	.	.	.
2	111.	118.	117.	121.	100.	90.	130.	128.	148.	.	.	.	.
3	109.	130.	118.	102.	92.	88.	123.	132.	127.	.	.	.	.
4	106.	115.	102.	102.	80.	93.	128.	136.	(18.)	.	.	.	.
5	115.	104.	108.	115.	98.	98.	124.	133.	(. — .)	.	.	.	.
6	93.	102.	117.	113.	103.	107.	130.	134.	(. — .)	.	.	.	.
7	94.	99.	112.	118.	88.	107.	116.	129.	(, — .)	.	.	.	.
8	104.	113.	123.	109.	88.	112.	120.	142.	(. — .)	.	.	.	.
9	104.	110.	117.	96.	89.	103.	140.	137.	(. — .)	.	.	.	.
10	115.	99.	108.	94.	82.	97.	120.	134.	(. — .)	.	.	.	.
11	100.	91.	109.	92.	78.	110.	139.	128.	(. — .)	.	.	.	.
12	100.	88.	113.	90.	97.	87.	151.	151.	(. — .)	.	.	.	.
13	104.	86.	129.	80.	86.	86.	143.	165.	(. — .)	.	.	.	.
14	104.	97.	126.	88.	93.	89.	149.	166.	(. — .)	.	.	.	.
15	102.	101.	115.	82.	78.	90.	158.	168.	(. — .)	.	.	.	.
16	95.	112.	89.	103.	98.	104.	156.	173.	(. — .)	.	.	.	.
17	96.	113.	87.	86.	86.	91.	156.	141.	131.	.	.	.	.
18	103.	106.	82.	89.	89.	90.	147.	149.	131.	.	.	.	.
19	105.	119.	75.	88.	84.	86.	164.	142.	132.	.	.	.	.
20	104.	120.	72.	81.	82.	110.	172.	159.	138.	.	.	.	.
21	99.	127.	72.	84.	88.	97.	166.	155.	144.	.	.	.	.
22	113.	110.	95.	76.	91.	103.	162.	155.	137.	.	.	.	.
23	103.	115.	102.	79.	87.	88.	164.	137.	142.	.	.	.	.
24	105.	121.	100.	80.	97.	135.	132.	133.	133.	.	.	.	.
25	106.	123.	83.	83.	89.	139.	135.	127.	129.	.	.	.	.
26	90.	117.	92.	88.	90.	113.	127.	140.	134.	.	.	.	.
27	82.	126.	88.	83.	90.	125.	106.	133.	137.	.	.	.	.
28	101.	128.	97.	81.	91.	157.	128.	109.	139.	.	.	.	.
29	97.	/	96.	84.	98.	148.	123.	135.	133.	.	.	.	.
30	106.	/	107.	88.	87.	138.	115.	134.	140.	.	.	.	.
31	118.	/	107.	/	92.	/	127.	130.	/	.	/	.	.
計	3187.	3089.	3170.	2781.	2854.	3177.	4298.	4360.	2305.	.	.	.	.
平均	102.81	110.32	102.26	92.7	92.13	105.9	138.65	140.65	. 9	.	.	.	.

+18

水研様式 流量－8

観測所番号

日取水量 年表

昭和 53 年 (1978)

(m³/日)

水系			河川			観測所	3号取水井						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	201.	171.	81.	70.	220.	92.	243.	134.	78.	145.	58.	68.	.
2	167.	174.	68.	69.	231.	88.	225.	121.	66.	153.	60.	78.	.
3	168.	174.	59.	67.	195.	84.	239.	176.	69.	136.	62.	86.	.
4	159.	167.	97.	66.	122.	84.	217.	204.	65.	143.	51.	欠測.	.
5	153.	163.	122.	63.	150.	84.	175.	141.	60.	131.	53.	〃.	.
6	150.	170.	103.	95.	164.	82.	221.	153.	61.	117.	52.	〃.	.
7	108.	168.	105.	111.	157.	91.	231.	138.	56.	115.	51.	〃.	.
8	184.	164.	94.	98.	182.	84.	158.	138.	56.	105.	50.	〃.	.
9	172.	176.	102.	91.	142.	91.	149.	180.	55.	108.	46.	〃.	.
10	169.	164.	99.	86.	148.	74.	162.	192.	58.	93.	48.	〃.	.
11	115.	88.	106.	90.	175.	117.	135.	167.	58.	89.	46.	〃.	.
12	168.	.	96.	108.	136.	249	199.	142.	57.	80.	51.	〃.	.
13	169.	.	98.	125.	141.	228	259.	157.	55.	79.	134.	84.	.
14	174.	.	95.	125.	148.	236.	223.	140.	57.	73.	140.	86.	.
15	154.	.	77.	121.	125.	241.	183.	131.	48.	70.	126.	84.	.
16	150.	.	91.	127.	136.	148.	212.	131.	62.	66.	144.	81.	.
17	152.	172.	68.	130.	128.	200	217.	121.	57.	64.	109.	76.	.
18	156.	136.	72.	160.	122.	202	187.	114.	58.	61.	96.	72.	.
19	172.	143.	70.	161.	159.	216.	204.	104.	52.	59.	116.	70.	.
20	146.	168.	66.	230.	186.	191.	199.	99.	59.	55.	110.	66.	.
21	153.	167.	61.	247.	186.	225.	180.	101.	55.	55.	112.	65.	.
22	145.	169.	100.	229.	162.	172.	190.	107.	52.	54.	103.	65.	.
23	155.	166.	100.	194.	145.	234	162.	110.	54.	52.	102.	58.	.
24	148.	164.	85.	149.	156.	228.	158.	108.	54.	50.	89.	77.	.
25	155.	169.	92.	195.	138.	247.	154.	103.	51.	49.	79.	69.	.
26	153.	186.	86.	152.	132.	180.	143.	94.	50.	48.	80.	65.	.
27	170.	199.	78.	210.	118.	251.	172.	89.	47.	50.	82.	69.	.
28	189.	204	64.	151.	113	225.	150.	88.	43.	54	83.	62.	.
29	180.	.	102.	208.	107.	235.	129.	81.	111.	60.	78.	62.	.
30	190.		78.	176.	93.	192.	135.	80.	174.	62.	69.	66.	.
31	172.		74.		97.		129.	72.		60.		59.	.
計	5047.	3822.	2699.	4124.	4614.	5071.	5780.	3916	1878.	2537.	2480.	1568.	.
平均	163.	166.	87.	137.	149.	169.	186.	126.	63.	82.	83.	71.	.

水研様式 流量－8

観測所番号

日取水量 年表

昭和 54 年 (1979)

(m³/日)

水系			河川			観測所	3号取水井						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	46.	112.	196.	236.	226.	187.	244.	254.	234.	170.	146.	144.	.
2	48.	117.	189.	228.	224.	178.	233.	210.	223.	170.	167.	126.	.
3	56.	132.	159.	233.	217.	182.	227.	218.	203.	156.	139.	132.	.
4	47.	123.	158.	243.	216.	176.	184.	197.	200.	176.	147.	120.	.
5	48.	121.	165.	236.	219.	167.	202.	218.	194.	166.	142.	132.	.
6	45.	106.	174.	244.	219.	146.	215.	210.	217.	162.	134.	149.	.
7	46.	129.	156.	252.	205.	167.	217.	205.	211.	152.	134.	121.	.
8	48.	114.	144	240.	218.	165.	210.	219.	223.	160.	133.	148.	.
9	45.	104.	198.	252.	240.	176.	211.	222.	214.	156.	123.	137.	.
10	47.	95.	138.	237.	232.	159.	217.	203.	210.	124	122.	136.	.
11	49.	106.	203.	247.	222.	152.	225.	211.	195.	166.	127.	135.	.
12	53.	83.	198.	248.	222.	204	225.	216.	226.	155.	129.	151.	.
13	54.	95.	. .	236.	217.	247.	215.	222.	212.	144.	121.	128.	.
14	56.	80.	205.	233.	219.	218.	187.	229.	200.	152.	134.	129.	.
15	63.	78.	208.	229.	220.	222.	228.	247.	190.	136.	139.	126.	.
16	63.	80.	207.	236.	240.	202	231.	206.	185.	128.	136.	129.	.
17	57.	69.	195.	223.	224.	236.	225.	233	173.	136.	136.	123.	.
18	53.	67.	195.	238.	229.	241.	201.	218.	181.	130.	113.	130.	.
19	45.	64.	183.	220.	217.	221.	240.	202.	201.	141.	132.	127.	.
20	55.	56.	199.	229.	221.	231.	216.	216.	190	168.	146.	132.	.
21	50.	59.	188.	231.	222.	244.	226.	200	199.	161.	135.	125.	.
22	53.	54.	202.	221.	194	197.	230.	197.	191.	164.	133.	147.	.
23	43.	191.	202.	230.	226.	199.	228.	201.	190.	152.	114.	154.	.
24	50.	223.	194	223	218.	229.	230.	207.	196.	171.	148.	143.	.
25	48.	190.	200.	235.	209.	223.	221.	188.	192.	157.	119.	109.	.
26	45.	202.	207.	227.	210.	255.	210.	218.	163.	163.	130.	148.	.
27	44.	227.	205.	227.	212.	49.	223.	214.	164.	155.	118.	143.	.
28	47.	185.	245.	234	217.	240.	212.	214	170.	159.	140.	126.	.
29	46.	.	186.	216.	201.	218.	210.	229.	176.	149.	139.	155.	.
30	77.		194.	224	209.	253	212.	217.	167.	144.	141.	161.	.
31	124.		257.		185.		224.	229		165.		176.	.
計	1675.	3202.	5889.	7008.	6720	5584	6779.	6667.	5890.	4788.	4017.	4252.	.
平均	54.	114.	190.	234	217.	179.	218.	215.	176.	154	134.	137.	.

水研様式 流量－8

観測所番号

日取水量年表

昭和 55 年 (1980)

(m³/日)

水系			河川			観測所	3号取水井						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	196.	163.	172.	173.	157.	155.	185.	192.	190.	161.	156.	144.	.
2	191.	169.	167.	153.	150.	153.	188.	188.	185.	169.	151.	142.	.
3	189.	168.	166.	154.	161.	167.	204.	189.	190.	159.	155.	154.	.
4	193.	164.	168.	165.	160.	149.	191.	185.	178.	159.	160.	160.	.
5	174.	151.	149.	169.	195.	191.	40.	191.	153.	161.	140.	144.	.
6	177.	170.	171.	154.	156.	191.	33.	188.	164.	176.	153.	142.	.
7	168.	167.	167.	172.	161.	153.	34.	188.	177.	162.	139.	142.	.
8	159.	168.	168.	160.	187.	179.	141.	189.	179.	158.	133.	142.	.
9	175.	162.	170.	151.	150.	157.	198.	186.	178.	171.	147.	126.	.
10	162.	163.	165.	182.	153.	164.	183.	194.	178.	157.	138.	148.	.
11	167.	162.	158.	167.	153.	162.	171.	194	167.	144.	152.	142.	.
12	133.	165.	174.	150.	172.	181.	64.	166.	186.	159.	150.	154.	.
13	171.	158.	169.	150.	161.	180.	23.	179.	148.	156.	152.	144.	.
14	173.	163.	145.	163.	181.	147.	68.	180.	178.	157.	146.	144.	.
15	192.	157.	174.	164.	156.	182.	78.	186.	175.	173.	149.	147.	.
16	189.	159.	161.	157.	154.	181.	62.	179.	168.	182.	150.	141.	.
17	167.	158.	184.	168.	153.	179.	61.	186	184.	168.	136.	151.	.
18	185.	156.	170.	135.	155.	158.	72.	172.	178.	157.	144.	150.	.
19	160.	149.	175.	163.	167.	160.	65.	185.	162.	152.	153.	132.	.
20	176.	172.	148.	132.	142.	181.	98.	156.	167.	160.	175.	135.	.
21	176.	174.	165.	159.	150.	183.	106.	179.	174.	157.	138.	136.	.
22	182.	168.	165.	157.	167.	198.	77.	152.	165.	161.	130.	138.	.
23	181.	163.	167.	166.	151.	179.	105.	152.	167.	163.	139.	139.	.
24	177.	166.	186.	147.	169.	191.	104.	170.	163.	147.	144.	141.	.
25	178.	156.	171.	167.	155.	165.	79.	160.	163.	149.	153.	143.	.
26	172.	158.	165.	169.	225.	187.	188.	172.	159.	155.	146.	136.	.
27	175.	153.	165.	143.	173.	208.	181.	180.	132.	158.	156.	147.	.
28	173.	159.	163.	170.	162.	175.	170.	187.	160.	159.	133.	102.	.
29	160.	149.	164.	154.	136.	184.	122.	179.	164.	159.	131.	112.	.
30	176.		183.	160.	143.	180.	194.	187.	166.	168.	142.	143.	.
31	155.		164.		162.		193.	178.		150.		136.	.
計	5422.	4690.	5179.	4774.	4967.	5229.	3648.	5539.	5098.	4967.	4361.	4337.	.
平均	175.	162.	167.	154.	160.	174.	118.	179.	170.	160.	145.	139.9	.

水研様式 流量－8

観測所番号

日取水量年表

昭和 56 年 (1981)

(m³/s)

水系			河川			観測所	○○取水井						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	120.	106.	102.	145.	155.	158.	154.	149.	144.	.	.	.	.
2	118.	117.	121.	130.	169.	160.	163.	142.	130.	.	.	.	.
3	126	119.	117.	151.	168.	156.	158.	145.	143.	.	.	.	.
4	134	98.	101.	150.	161.	157.	137.	144.	151.	.	.	.	.
5	130.	99.	117.	133.	143.	166.	157.	132.	148.	.	.	.	.
6	119.	97.	111.	156.	147.	153.	154.	131.	143.	.	.	.	.
7	123	88.	101.	150.	155.	155.	140.	142.	153.	.	.	.	.
8	118.	98.	94.	160.	153.	149.	145.	144	141.	.	.	.	.
9	123.	90.	95.	128.	161.	160.	152.	142.	147.	.	.	.	.
10	130.	83.	99.	145.	167.	129.	163.	145.	127.	.	.	.	.
11	122	96.	93.	136.	154.	172.	149.	144.	154.	.	.	.	.
12	119.	65.	87.	139.	157.	150.	157.	139.	147.	.	.	.	.
13	126	83.	93.	142.	127.	151.	160.	150.	152.	.	.	.	.
14	125.	95.	95.	158.	156.	152.	162.	154.	152.	.	.	.	.
15	122.	121.	100.	139.	155.	165.	167.	129.	136.	.	.	.	.
16	110.	109.	98.	167.	156.	166.	165.	142.	154.	.	.	.	.
17	117.	112.	81.	137.	150.	151.	171.	135.	151.	.	.	.	.
18	121.	114.	78.	160.	170.	159.	158.	149.	151.	.	.	.	.
19	120.	118.	76.	139.	159.	165.	160.	144.	142.	.	.	.	.
20	117.	101.	80.	162.	164.	162.	159.	143.	145.	.	.	.	.
21	117.	100.	90.	168.	152.	162.	160.	152.	151.	.	.	.	.
22	123	89.	128.	148.	174.	167.	151.	145.	151.	.	.	.	.
23	106.	90.	148.	157.	166.	162.	162.	148.	137.	.	.	.	.
24	105.	115.	143.	163.	169.	165.	141.	149.	154.	.	.	.	.
25	115.	110.	138.	156.	161.	163.	126.	143.	145.	.	.	.	.
26	107.	114.	125.	158.	165.	144.	134.	142.	149.	.	.	.	.
27	113.	114.	132.	167.	148.	141.	155.	138.	148.	.	.	.	.
28	91.	102.	135.	149.	162.	158.	142.	169.	161.	.	.	.	.
29	94.		132.	125.	164.	157.	140.	144.	146.	.	.	.	.
30	91.		142.	177.	161.	150.	125.	149.	141.	.	.	.	.
31	88.		140.		167.		136.	143.		.		.	.
計	3585.	2823.	3382.	4491.	4916.	4705.	4693.	4648.	4384	.	.	.	.
平均	115.65	100.82	109.10	149.7	158.58	156.83	151.39	149.48	146.13	.	.	.	.

水研様式 流量－8

観測所番号

日取水量年表

昭和 55 年 (1980)

(m^3/日)

水系			河川			観測所	井手取水井						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	.	.	.	.	.	.	.	80.	69.	71.	95.	87.	.
2	.	.	.	.	.	.	.	80.	70.	83.	97.	82.	.
3	.	.	.	.	.	.	.	80.	69.	84.	95.	85.	.
4	.	.	.	.	.	.	.	80.	75.	82.	108.	93.	.
5	.	.	.	.	.	.	.	70.	76.	84.	90.	69.	.
6	.	.	.	.	.	.	.	80.	74.	87.	92.	67.	.
7	.	.	.	.	.	.	.	80.	79.	86.	96.	68.	.
8	.	.	.	.	.	.	.	70.	77.	84.	93.	66.	.
9	.	.	.	.	.	.	.	70.	78.	93.	105.	71.	.
10	.	.	.	.	.	.	.	70.	75.	81.	98.	64.	.
11	.	.	.	.	.	.	.	70.	73.	93.	97.	65.	.
12	.	.	.	.	.	.	.	100.	76.	97.	96.	60.	.
13	.	.	.	.	.	.	.	83.	63.	93.	98.	54.	.
14	.	.	.	.	.	.	.	91.	69.	67.	95.	58.	.
15	.	.	.	.	.	.	.	92.	73.	96.	98.	57.	.
16	.	.	.	.	.	.	.	91.	65.	105.	97.	51.	.
17	.	.	.	.	.	.	.	91.	76.	90.	102.	52.	.
18	.	.	.	.	.	.	.	88.	67.	91.	96.	(欠 0.)	.
19	.	.	.	.	.	.	.	83.	65.	92.	93.	(. 55.)	.
20	.	.	.	.	.	.	.	86.	67.	93.	98.	(. 55.)	.
21	.	.	.	.	.	.	.	81.	71.	92.	102.	(. 55.)	.
22	.	.	.	.	.	.	.	84.	83.	94.	109.	(. 55.)	.
23	.	.	.	.	.	.	.	79.	86.	98.	102.	(. 55.)	.
24	.	.	.	.	.	.	.	91.	78.	100.	96.	(. 55.)	.
25	.	.	.	.	.	.	.	86.	83.	89.	110.	(. 20.)	.
26	.	.	.	.	.	.	110.	84.	79.	89.	103.	(. 20.)	.
27	.	.	.	.	.	.	110.	77.	71.	95.	104.	(. 7.)	.
28	.	.	.	.	.	.	100.	81.	84.	95.	93.	(. 63.)	.
29	.	.	.	.	.	.	100.	72.	84.	97.	92.	(. 59.)	.
30	.	/	.	.	.	.	100.	70.	88.	104.	94.	(. 71.)	.
31	.	/	.	/	.	/	70.	64.	/	92.	/	(. 77.)	.
計	.	.	.	.	.	.	590.	2514	2243	2797	2944	1846.	.
平均	.	.	.	.	.	.	98.	81.	77.	90.	98.	59.	.

水研様式 流量－8

観測所番号

日取水量年表

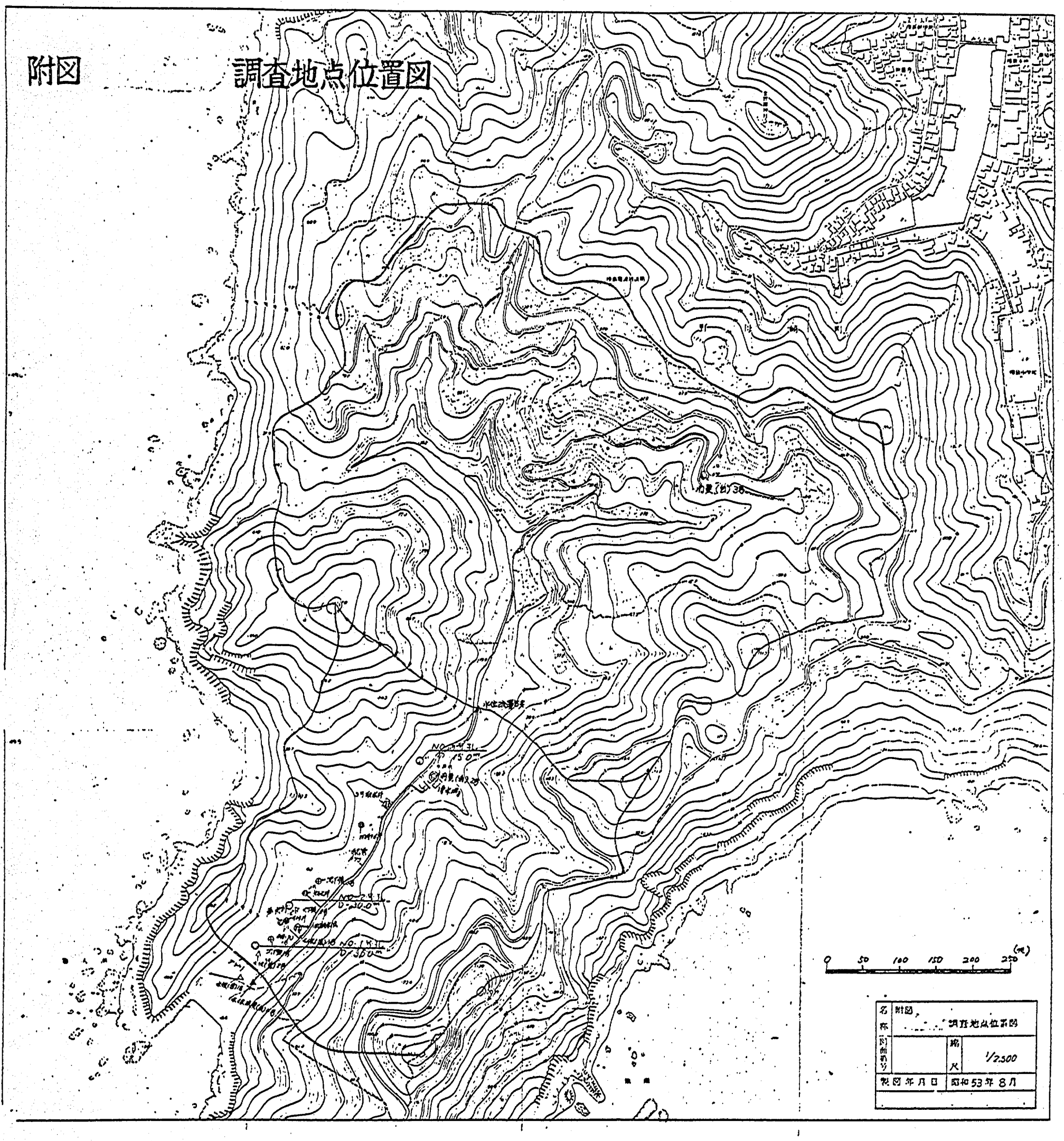
昭和 56 年 (1981)

(m³/日)

水系			河川			観測所	井戸取水井						
日＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1	60.	46.	65.	56.	60.	60.	78.	49.	54.	.	.	.	.
2	61.	60.	60.	61.	73.	62.	71.	50.	59.	.	.	.	.
3	63.	60.	65.	57.	61.	64.	71.	50.	60.	.	.	.	.
4	54.	59.	58.	52.	58.	65.	59.	52.	52.	.	.	.	.
5	59.	56.	58.	58.	65.	66.	63.	50.	55.	.	.	.	.
6	50.	57.	65.	62.	75.	65.	63.	74.	56.	.	.	.	.
7	51.	52.	65.	61.	62.	70.	58.	48.	58.	.	.	.	.
8	58.	56.	67.	54.	63.	66.	57.	53	60.	.	.	.	.
9	58.	56.	66.	51.	62.	74.	71.	52.	55.	.	.	.	.
10	62.	44.	60.	46.	53.	77.	67.	48.	60.	.	.	.	.
11	55.	53.	60.	47.	49.	80.	58.	50.	56.	.	.	.	.
12	53.	53.	65.	50.	62.	67.	61.	56.	59.	.	.	.	.
13	58.	58.	60.	58.	54.	70.	60.	62.	59.	.	.	.	.
14	56.	51.	62.	60.	63.	71.	63.	64.	58.	.	.	.	.
15	56.	66.	62.	68.	57.	72.	66.	69.	65.	.	.	.	.
16	53	62.	61.	74.	65.	69.	61.	70.	74.	.	.	.	.
17	55	63.	62.	61.	60.	68.	54.	54.	62.	.	.	.	.
18	57.	60.	61.	65.	62.	87.	62.	57.	61.	.	.	.	.
19	46.	68.	60.	57.	59.	65.	60.	54.	62.	.	.	.	.
20	56.	66.	60.	59.	53.	74.	58.	63.	61.	.	.	.	.
21	56.	70.	57.	59.	58.	67.	52.	60.	62.	.	.	.	.
22	63.	63.	69.	56.	58.	78.	49.	58.	63.	.	.	.	.
23	55.	62.	69.	58.	58.	71.	34.	55.	76.	.	.	.	.
24	57.	63.	69.	60.	62.	79.	71.	51.	60.	.	.	.	.
25	58.	65.	53	61.	57.	72.	65.	53.	59.	.	.	.	.
26	55.	63.	54.	63.	52.	53.	54.	63.	62.	.	.	.	.
27	56.	70.	50.	59.	55.	64.	44.	53.	64.	.	.	.	.
28	55.	66.	56.	57.	58.	77.	52.	52.	68.	.	.	.	.
29	52.		65.	50.	60.	80.	50.	49.	62.	.	.	.	.
30	52.		53.	69.	57.	68.	50.	58.	67.	.	.	.	.
31	52.		57.		64.		51.	66.		.		.	.
計	1742.	1744.	1886.	1739.	1855.	2101.	1833.	1733.	1829.	.	.	.	.
平均	56.19	62.29	60.84	57.97	59.84	70.03	59.13	55.90	60.97	.	.	.	.

水研様式 流量－8

附図　調査地点位置図


NO.1
D=30.0m
NO.2
D=30.0m
NO.3
D=30.0m
0 50 100 150 200 250 (m)
名称 附図 調査地点位置図
図面番号
縮尺 1/2,500
製図年月日 昭和53年8月

野母崎地下ダム実用化調査
－水文観測データ集－

ISSN 0386-5878
土研資料第1756号
昭和57年3月

キーワード　地下ダム，水資源

要　旨

長崎県野母崎町樺島において地下ダムの実用化調査を行い，ここで得られた水文観測データを整理したものである。

郵便はがき

40円切手をはって下さい

〒305

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所
河川部水文研究室宛

No.

No.

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第1756号　　部
（水文観測データ集）

上記のとおり受領しました。

所　属（住所）

氏　名　　印

I　地下遮水壁造成に関する検討

目　　次

1. 地形・地質条件 …… 3
2. 遮水壁の効果と各種条件 …… 3
3. 遮水壁工法の分類 …… 6

1　地形，地質的条件

遮水壁の造成方法の検討に当たって考慮しなければならない条件として次のことが挙げられる。

(1)　場所が山地であるため，大型の機械（約２ｔ以上）は，現状では搬入がむずかしい。

(2)　野母崎地下ダムの場合，地層的には次のような層序となっているが厚さは場所により異なる。

			N値
・土層	沖積世	表　土	1～3
		砂　礫	5
		粘土混り砂礫	3～4
		腐蝕土砂礫互層	2～24
		腐蝕土～砂礫混り腐蝕土	1～7
	洪積世	礫混り風化粘土（上部層）	
		礫混り風化粘土（下部層）	
・岩層			N＞50

(3)　遮水壁は海水の影響を受ける。

2　遮水壁の効果と各種条件

この条件に対し遮水壁の効果と一般的な条件を示すと，表　1のようになる。

一般的には

(1)　確実な工法＝大型機械の搬入（掘削タイプ，矢板タイプ）

条件１　仮設道路の造成（大きな幅員と大きな曲率半径）が必要。

２　港の陸上げ場所の確保（桟橋の新設）が必要。

(2)　比較的確実な工法＝中型の機械（ジェットタイプ，大口径ボーリングタイプ，二重管注入タイプ）

条件１　運搬路の延長（700ｍ程度）が必要。

２　岩盤層の多少の漏水許容（工費を安くするため）する必要がある。

(3)　不確実な工法

条件１　工費増を許容する（壁厚を厚くする）必要がある。

２　ルジオンテスト後の再施工を行う。

上記の諸条件などを考慮し，当地での各工法の適応性を考えると表　2のようになる。

表　1　地下遮水工法一覧表

付号	型　式	工法(類似工法)	工　法　概　要	利　点	欠　点	当地における適応	概略工費 万円／㎡
1	注入型式遮水壁工法	OMG工法	注入管をセットした特殊鋼矢板を打設後，引抜き時にできた空隙に注入液を充填する。	●確実に連続遮水膜ができる。 ●地盤を分断しない。 ●工費が安い。	●大型機械が必要となる。	●大型機械が搬入できないのでむづかしい。	1.5～2
2	〃	JET GROUT工法	薬液高圧ジェットを噴射するロッドを引抜きながら，創土した空隙に薬液によるびょう状の遮水膜をつくる	●粘性土ではうまくできる。 ●大型の機械は必要としない。	●砂層・礫層ではむづかしい。 ●転石による欠陥部の確認ができない	●砂礫の互層および礫混り風化粘土層には遮水膜の形成がむづかしい。	2～3
3	注入型式遮水壁工法	OBW工法	あらかじめボーリングした孔に，羽状に広げうるロータリー攪拌装置を挿入し，注入工法と併用して連続注入壁をつくる。	●確実な連続壁ができる。	●比較的大きな機械が必要である。 ●硬い地盤では施工できない。 ●工費がやや高い。	●機械の搬入方法に問題がある。 ●洪積層の礫混り風化粘土ではむづかしい。	3～5
4	注入型式柱列抗工法（高圧ジェット方式）	CCP工法（J．S．P工法）（コラムジェット工法）	薬液高圧ジェットを噴射するロッドを回転させ，注入柱をつくり，これを連続させる。	●大型の機械は必要としない。 ●ロッド注入に比してかなり確実性が高い。	●砂層・礫層では連続しにくい。 ●垂直精度が小さい。 ●密な間隔なので工費が高い。	●N値によりできる径が異なるので品質の管理がむづかしい。	5～7
5	〃（瞬結液方式）	LAG工法（D．D．S工法）	瞬間的に固化する薬液を2重管タイプの注入管により，先端で注入固化する。	●大型機械がいらない。 ●薬液の逸散が少ない。	●工費が高くなる。	●施工可能	5～7
6	〃（2重管方式）	SOLETANCHE注入工法（ダブルストレーナー注入工法）（スリーブ注入工法）	ボーリングののちケーシングおよびこの内部にマンシェットチューブを建込み，スリーブグラフトでシールしてケーシングを引抜き，ダブルパッカー付のパイプで注入する。	●不確実個所は再注入が可能である。	●層に沿った薬液の逸散がある。 ●工費が高い。	●施工可能	5～7
7	〃（ロッド注入方式）	ロッド注入工法	ボーリングロッドより注入して，注入柱をつくり，これを連続させる。	●どんな所でもできる。 ●最も小さい機械でできる。	●最も不確実な工法である。 ●工費が高い。	●施工可能だが，注入量が相当大きくなる。	5～7
8	鋼矢板型式（ジョイント無処理）	鋼矢板工法	鋼矢板を連続的に打込む	●特殊な技術が不要 ●ジョイントを除けば確実な工法といえる。 ●施工が早い。	●腐食する。 ●ジョイントより漏水する。 ●大型機械が必要	●大型機械が搬入できないのでむづかしい。	1.5～2
9	〃（特殊ジョイント処理）	ウォーターカット工法	鋼矢板に薬液逸散防止アングルを付けて鋼矢板打設後ジョイント部に確実な注入を行ない漏水を防止する	●確実に止水できる。 ●OH液で注入すれば鋼矢板が変形しても漏水しない。	●鋼矢板が腐食する。 ●大型機械が必要	●大型機械が搬入できないのでむづかしい。	2～2.5
10	〃（薄型矢板方式）	シートウォール工法	薄い鋼矢板をガイドを用いて打込みジョイント部を注入する。	●ジョイント部以外は確実な膜ができる。 ●合成樹脂のシートも可	●腐食が早い ●大型機械が必要。 ●ジョイント部に注入必要	●大型機械が搬入できないのでむづかしい。 ●海水による腐食があるので不適	2～2.5
11	地下連続壁工法（コンクリート壁方式）	OWS-SOLETANCHE工法 イコス工法，BW工法など	泥水中でトレンチや穴を掘り，その中にコンクリートを打設し，これを連続させる。	●現在では最も確実な工法である。 ●岩盤中でも施工可 ●剛性の高い壁をつくれる。	●大きな機械が必要	●大型機械が搬入できないのでむづかしい。	3～5
12	〃（セメントベントナイト壁方式）	特殊連壁工法（自硬性安定液工法 Kソイル工法）	泥水中でトレンチを掘り，泥水自身をセメントなどで固化する。	●最も確実な工法である ●工費が比較的安い。	●大きな機械が必要	●大型機械が搬入できないのでむづかしい。	2～3

表　2　野母崎地下ダムにおける各種遮水工法の適応

付号	遮水工法名	当地における当工法の施工法の注意点	要求される条件	適応性		岩盤層の施工法
				土層	岩盤層	
①	OMG工法	クローラクレーンで鋼矢板を吊り，モルタルを注入しながら引抜く。 1枚の矢板（ℓ＝27m）で施工する。	1. 4m道路（クローラクレーン搬入）が必要 2. 下層は別工法が必要	可	不可	⑤⑥⑦
②	JET GROUT工法		1. 2.5m道路（高圧ユニット搬入）が必要 2. 下層は別工法が必要	可	不可	⑤⑥⑦
③	OBW工法		1. 2.5m道路が必要 2. 下層は別工法が必要	可	不可	⑤⑥⑦
④	JSP工法	土砂層はφ1,000mmの直径の杭ができる施工法とする。	1. 2m道路が必要 2. 下層は別工法	良	不可	⑤⑥⑦
⑤	LAG工法 （DDS工法）		1. 2m道路が必要	可	可	
⑥	ダブルストレーナー注入工法	岩盤層は1列，土砂層は3列程度とする。	1. 2m道路が必要	優	優	
⑦	ロッド注入工法	岩盤層は1列とする。	1. 2m道路が必要	可	良	
⑧	鋼矢板工法	イ案：クローラクレーン吊り，バイブロで貫入する。鋼矢板は現場溶接する。	1. 4m道路が必要	良	不可	⑤⑥⑦
		ロ案：足場材でやぐらを組み，高圧ジェットとバイブロで貫入する。	1. 2.5m道路が必要			
⑨	ウォーターカット工法	同上	同上	良	不可	⑤⑥⑦
⑩	シートウォール工法	クローラタイプのベースマシンと，高圧ジェットおよびバイブロで貫入し，ジョイントはモルタルを注入する。	1. 4m道路が必要 2. 下層は別工法が必要	可	不可	⑤⑥⑦
⑪	大口径ボーリングによる特殊連続壁工法	大口径ボーリングマシンにより所定の深さを泥水で安定させながらある間隔で掘削し，泥水中に混入したセメントにより固化したのち，これらの間を同様に掘削して行く。	1. 2m道路が必要 2. 下層は別工法が必要	優	不可	⑤⑥⑦
⑫	ケリー掘削機による特殊連続壁工法	セメントを混合した泥水中でトレンチ掘りし，これを連続させる。	1. 5m道路が必要 2. 下層はCIS型掘削機が必要	可	不可	CIS型掘削機使用または⑤⑥⑦

3　遮水壁工法の分類

遮水壁工法を，Ⅰ 置換工法，Ⅱ 強制攪拌工法，Ⅲ 注入工法，Ⅳ 鋼矢板工法というように遮水壁の材質に着目して分類すると次のようになり，それらの代表的な施工方法を概略図で示す。

Ⅰ 置換工法
- ① OMG工法（連壁）
- (②) JET GROUT工法（連柱））
- ③ OBW工法（連壁）
- ⑪ OWS−SOLETANCHE工法（コンクリート連壁）
- ⑪ イコス工法（コンクリート連壁）
- ⑪ BW工法 （コンクリート連壁）
- ⑫ 特殊連壁工法（セメントベントナイト連壁）

Ⅱ 強制攪拌工法
- ② JET GROUT工法
- ④ CCP工法
- ④ JSP工法
- ④ コラムジェット工法
- ④ JGP工法

Ⅲ 注入工法
- ⑤ LAG工法
- ⑤ DDC工法
- ⑥ SOLETANCHE工法
- ⑥ ダブルストレーナー注入工法
- ⑥ スリーブ注入工法
- ⑦ ロッド注入工法

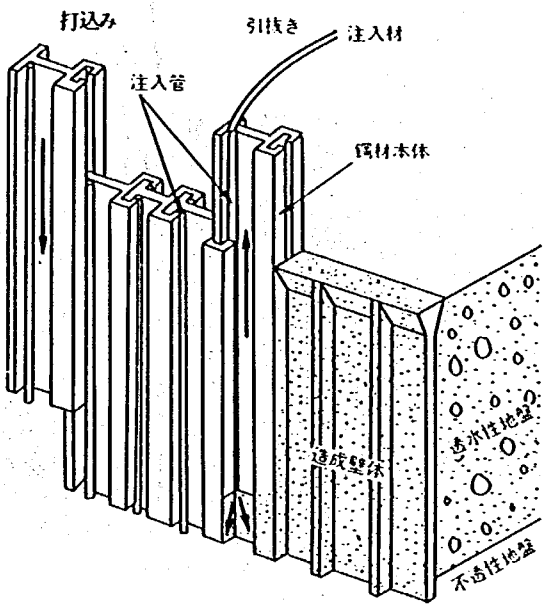
Ⅳ 鋼矢板工法
- ⑧ 鋼矢板工法
- ⑨ ウォーターカット工法
- ⑩ シートウォール工法

注） ○番号は表6－1の番号に対応する。

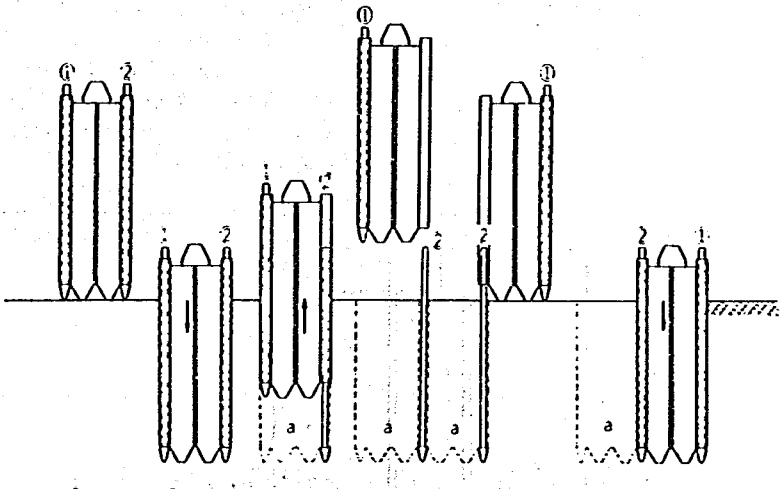
遮水壁工法の施工概略図

I 置換工法

① OMG工法



OMG壁体施工概略図

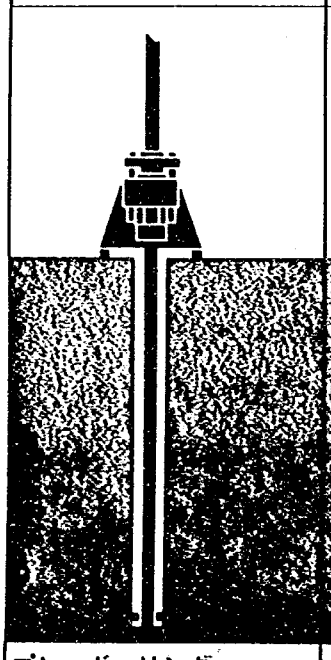
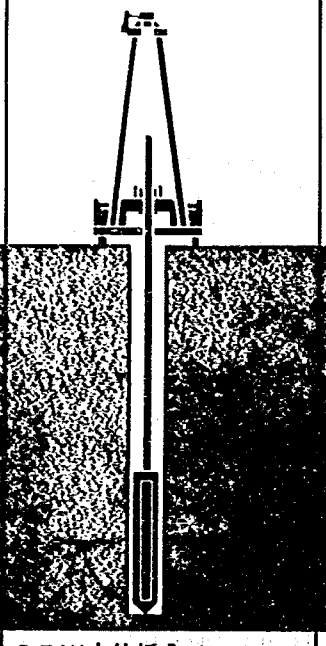
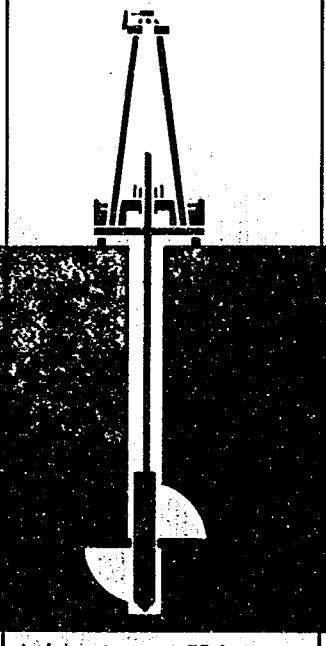
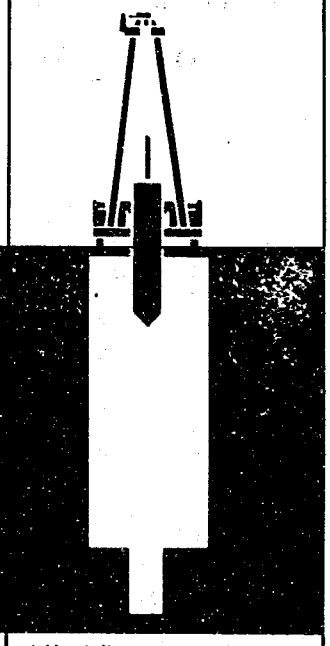


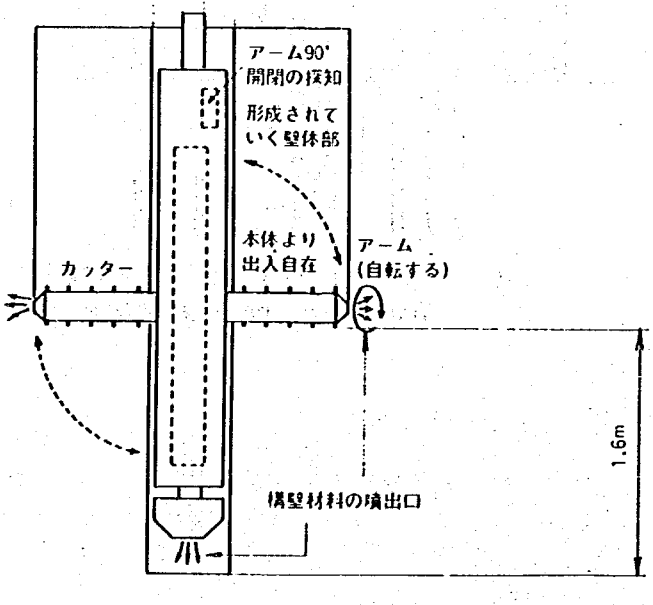
①設 Ⅰ ②打込み ③引抜き注入 ④注入完了 ⑤設 Ⅱ ⑥打込み

OMG壁体の一工程施工順序（品川，愛知の例）

② ＯＢＷ工法

施工順序

第１工程	第２工程	第３工程	第４工程
			
プレ・ボーリング プレボーリング工は、Ｏ．Ｂ．Ｗ工法に使用する地中の本体(Ｏ．Ｂ．Ｗ本体)の挿入を容易ならしめる為に、行なうものです。この先行削孔は、遮水壁形成の基礎となるので、その壁体の連続関係からみて、充分な垂直性を出すものとします。 先行削孔に使用する機械は主として、ボーリングマシンです。 削孔されたものは泥水で保持します。	ＯＢＷ本体挿入 Ｏ．Ｂ．Ｗ本体の地中への挿入はＯ．Ｂ．Ｗ工法の専用の装置によって行なわれます。この際、あらかじめ封入されていた泥水と構壁材料とを入れ換えておいて本体を挿入する方法と、挿入してから、本体の先端から噴出させる方法の二種ありますが、現場の状況・土質の性質によって決定します。	土中にてアーム開き 挿入された本体は、所定の深度まで達すると、ただちに本体に内蔵されているアーム（カッターを附随した腕木）が、本体に対して直角に、自転(アームが)しながら開いていきます。この時に肝要なことは（アームの出る方向性が問題ですが）指定された方向に開かせることです。地下で開く為目視出来ませんが、上部の専用機に含まれている装置によって確実に保持されます。又、90°開いたかどうかも同様の装置によって確認します。	壁体形成 地中においてアームが開かれた(90°)ことが確認された後、愈々本体の引上げ開始します。引上は前記同様の専用の装置によって行なわれます。この時勿論アームは自転しており、切削しながら引上げられます。 引上げ荷重は、通常の場合、本体荷重(1300kg)＋1000～1200kgの荷重で行います。 本体の引上げにともなって、切削されたスライムは構壁材料と置換されていきます。

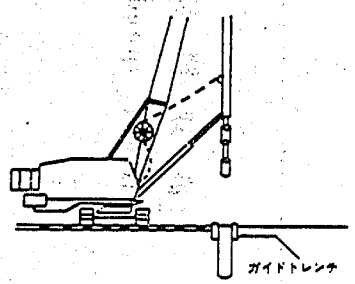


OWS-SOLETANCHE工法の施工順序

1 掘削

まず、ガイドトレンチを構築し、その中にベントナイト泥水を充満して、掘削準備を完了します。ベントナイト泥水は、掘削中、常に孔中に充満させておきます。この泥水は、孔壁に不透水層を形成して、孔壁の崩壊を防止する役割を果たします。

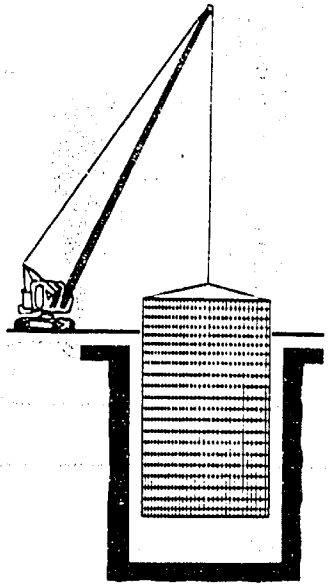
掘削機は、地盤の種類、敷地の状況等に応じてKELLY 掘削機、CIS-58 掘削機、CIS-71 掘削機を使いわけます。



2 鉄筋のそう入

掘削が終わると、スライムを取除き、あらかじめ組立てた鉄筋かごを掘削孔にそう入します。

この鉄筋かごには、建物の柱・はりと接合するための接合装置なども取付けておきます。



現場打設コンクリートに替えて、プレキャストコンクリートを使用することもあります。(Panosol 工法)

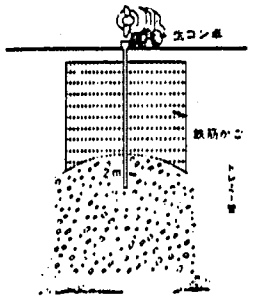
3 コンクリートの打設

鉄筋をそう入し終わると、トレミー管を使ってコンクリートを打設します。

コンクリートは、孔の底部から逐次ベントナイト泥水を押し上げるように打設します。

トレミー管の先端は、常に打設中のコンクリートに2m以上入っているよう十分管理されますから、強度に対する泥水の影響はまったくありません。

壁体からの抜き取り試験や、実物大の模型を使った数多くの実験をしばしば行なっておりますが、コンクリート強度や鉄筋の付着強度は十分であることが立証されています。

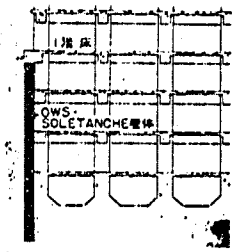


4 連続壁の完成

1パネルの壁体が完成しますと、隣接してつぎの壁体を施工し、順次この作業を繰り返して鉄筋コンクリート造の連続壁体を構築していきます。

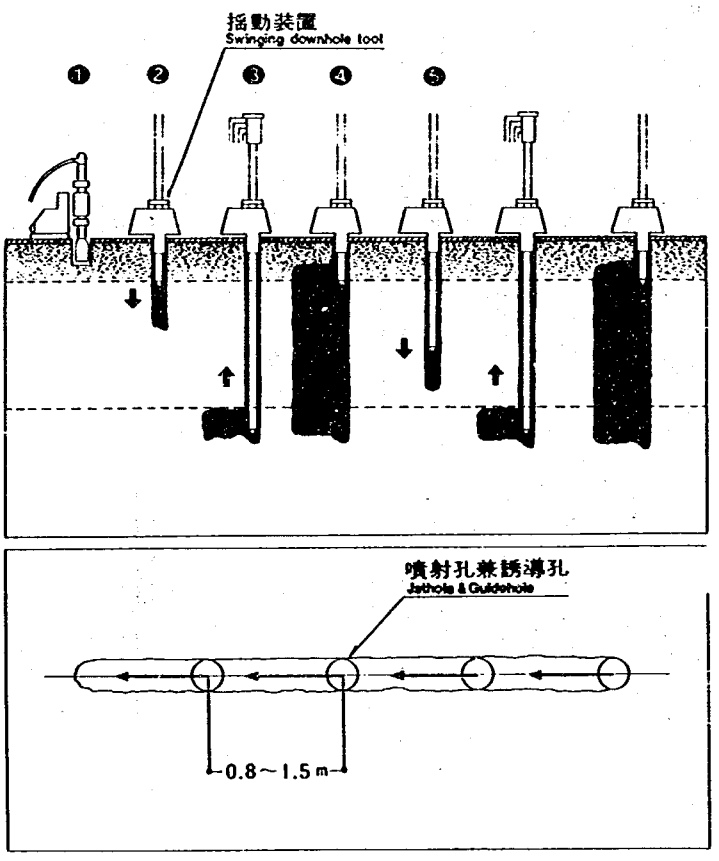
このようにして地下に構築されたOWS-SOLETANCHE壁は、壁相互がかみ合った堅固な水密性のある連続壁となります。

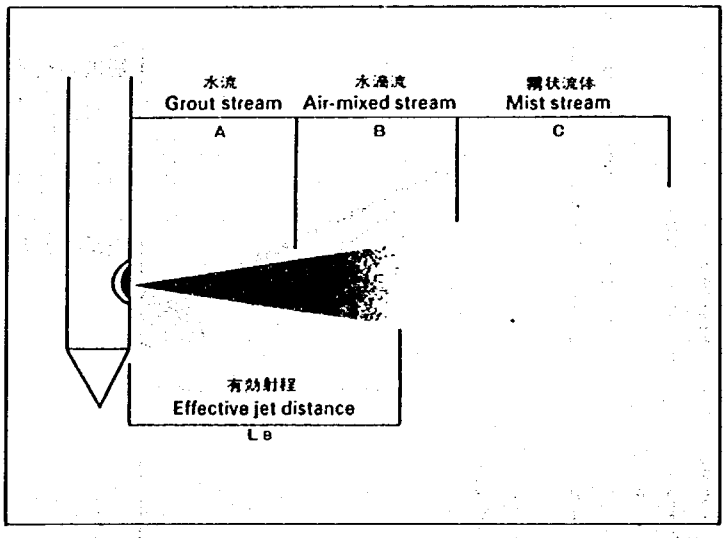
掘削時に使用したベントナイト泥水は、壁体の外側地盤に浸透して不透水層を形成し、地下室への漏水防止の役目を果たします。



Ⅱ　強制攪拌工法

②　ＪＥＴ　ＧＲＯＵＴ工法



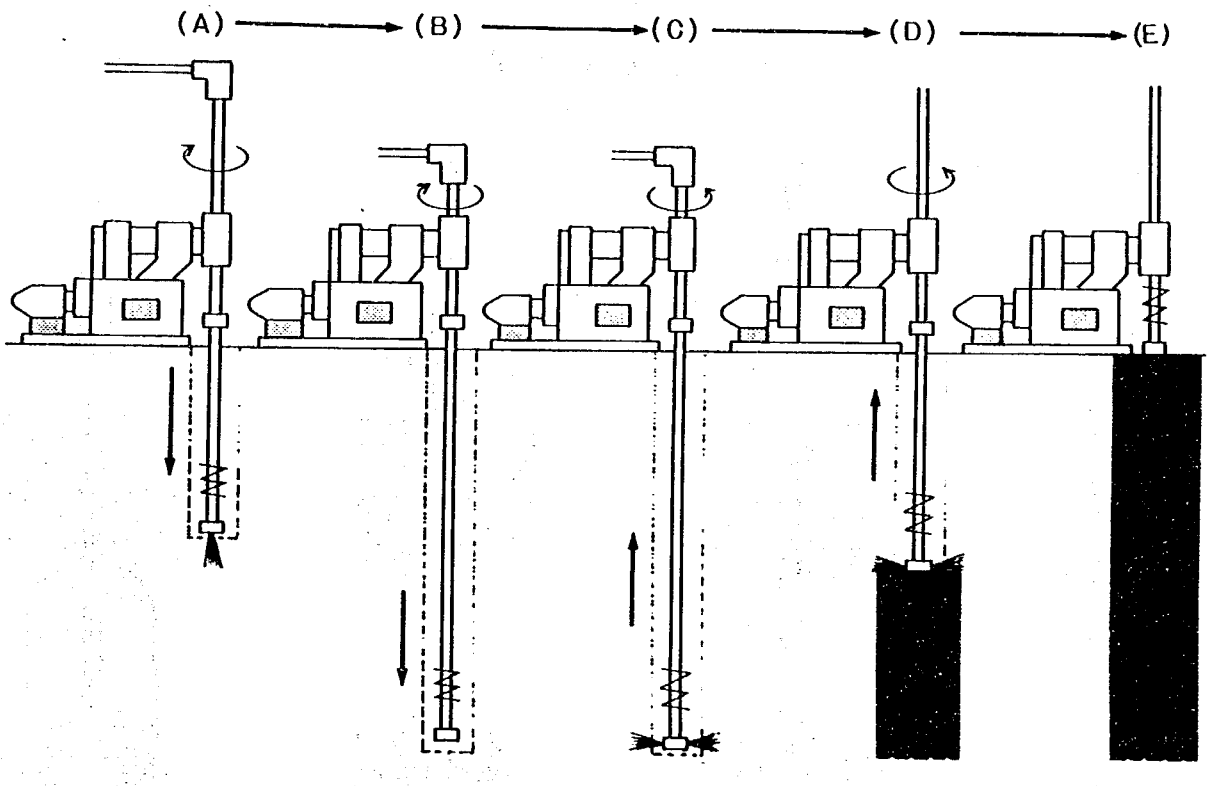


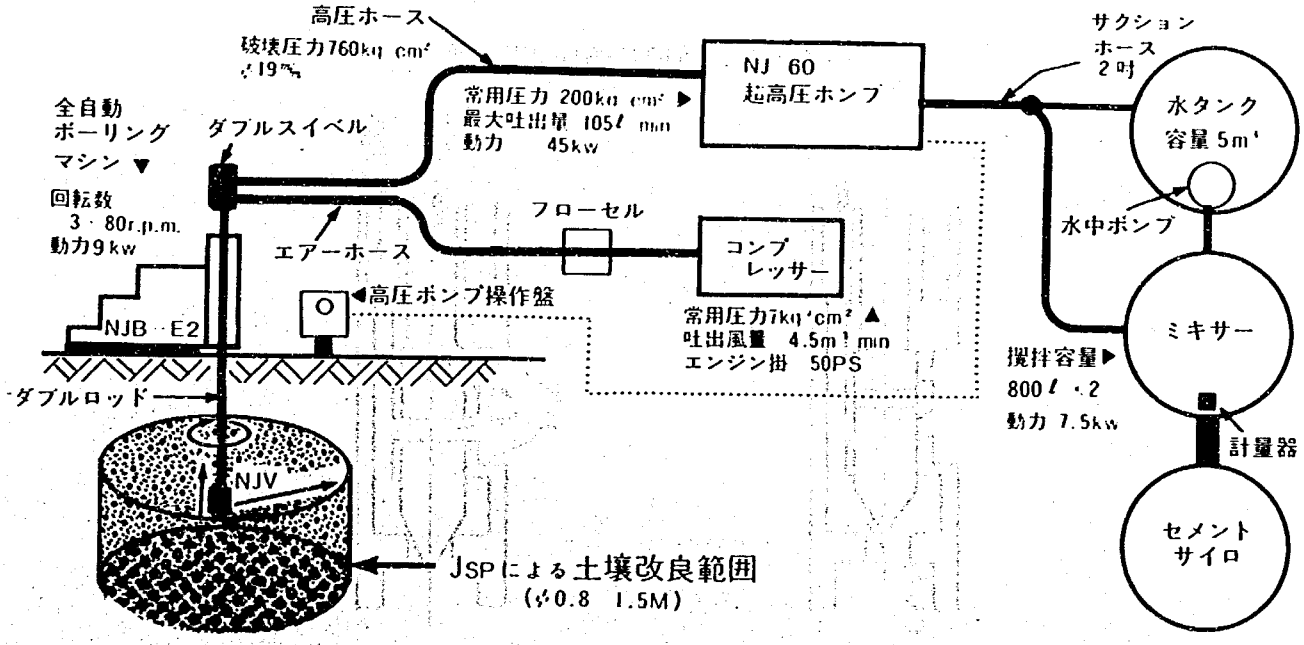
高　速　噴　流　の　構　造

Hight speed Grout Jet

④　ＣＣＰ工法，ＪＳＰ工法

CCP－Ｖ工法　施工順序

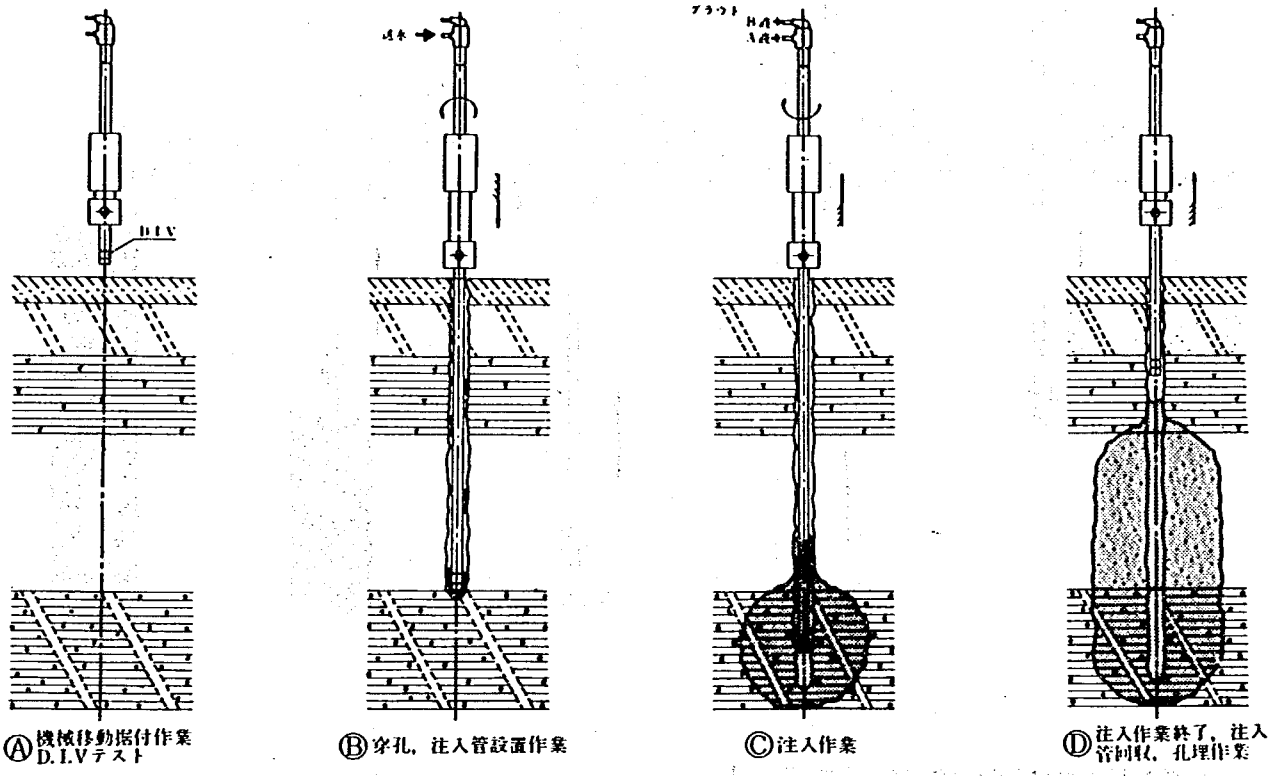




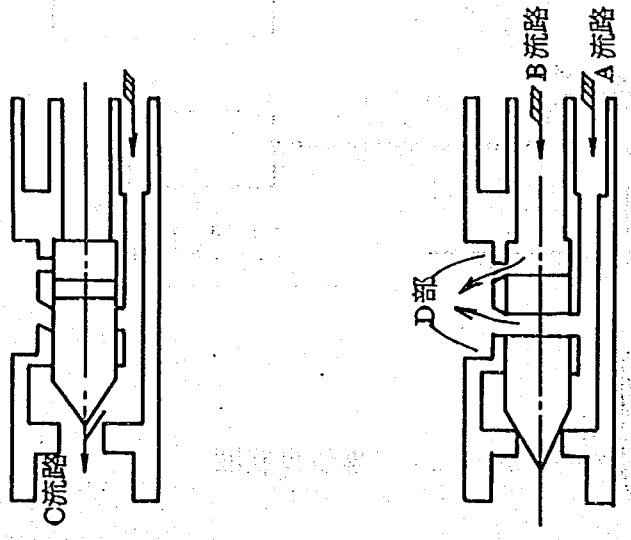
Ⅲ 注 入 工 法

⑤ ＬＡＧ工法

注 入 作 業 模 式 図



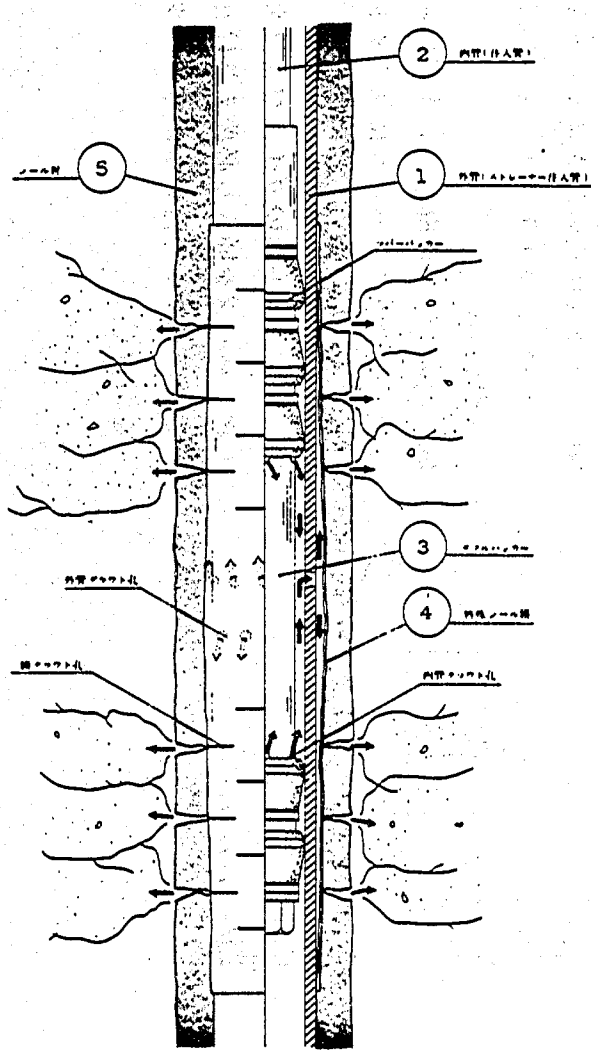
特殊先端装置の作動模式図（例）

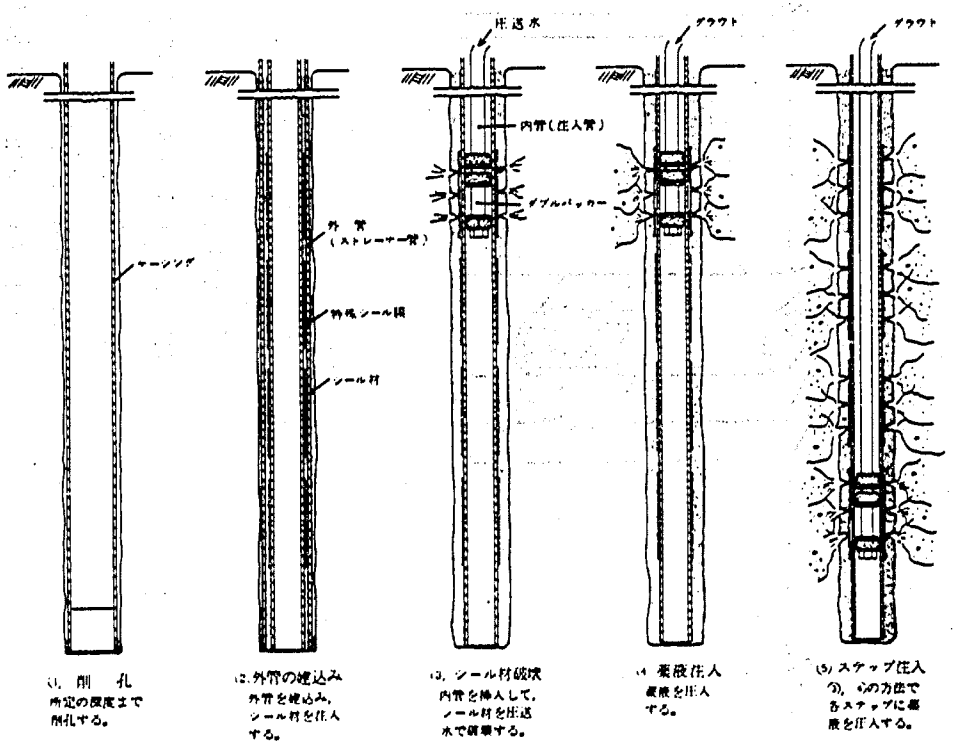


注入管設置の場合　　薬液注入の場合

⑥ SOLETANCHE注入工法

ダブルストレーナー注入管の構造





(1) 削　孔
所定の深度まで削孔する。

(2) 外管の建込み
外管を建込み，シール材を注入する。

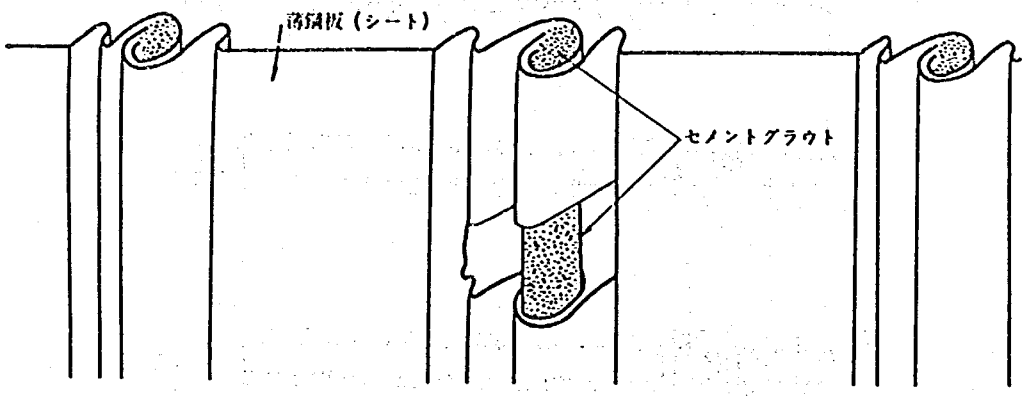
(3) シール材破壊
内管を挿入して，シール材を圧送水で破壊する。

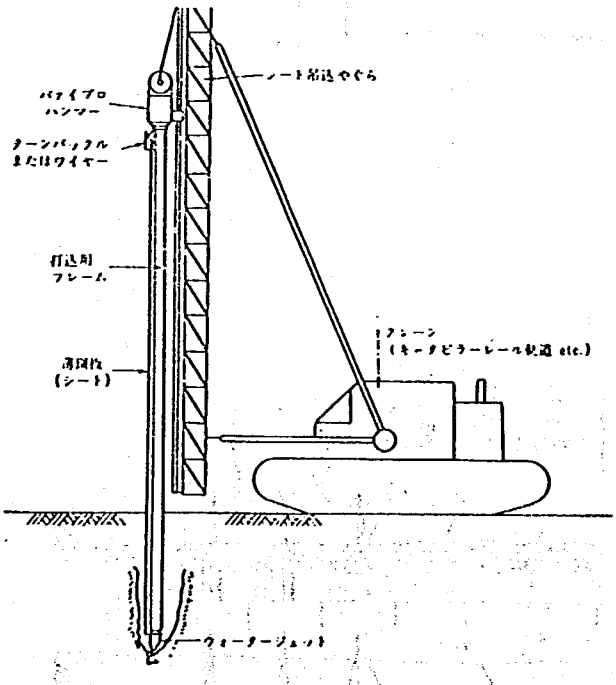
(4) 薬液注入
薬液を注入する。

(5) ステップ注入
(3)，(4)の方法で各ステップに薬液を注入する。

Ⅳ　鋼矢板工法

⑩　シートウォール工法





施工要領

(1)　シートを所要長さに現場で溶接する。

(2)　シートを打込用フレームに定着し，打込地点に建込む。なお，シートの継手内にガイドパイプ（２″）を装入しておく。

(3)　シートを打込用フレームと共にパイプロハンマーで打込む，打込には必要によりウォータージェットを併用する。

(4)　シートを所定の深さまで打込んだ後，シートおよびガイドパイプを残してフレームを引抜く。

(5)　次のシートの継手を，先に打ったシート継手内のガイドパイプにスライドさせつつ同じ方法で打込む。

(6)　シート継手内のガイドパイプを引抜いた後，パイプを挿入し必要あれば孔内を水洗してグラウトを行いながらグラウトパイプを引抜く。

4）樺島地下貯水池で推奨される遮水壁工法と組合わせ

第一次検討として前節までで述べた条件，工法から当核地で施工可能と考えられ推奨される工法およびその組合わせは，次の A案からD案の4案を選定した。(表 −3参照)
以下各工法の施工などについて概説する。

また，ここで土層部というのは，地表面から，礫混り粘土層までをいい，岩盤部は結晶片岩の風化部を呼ぶ。

表　3　野母崎地下ダムに適する遮水工法

案	層	工　法	選定理由（利点）	問題点（欠点）
A案	土層	ダブルストレーナー注入工法（ソレタンシュ注入工法）	①小型機械で施工可 ②再注入可 ③遮水性をチエックできる ④現在の遮水壁の補強の形となる	①比較的工費が高い
	岩層	ダブルストレーナー注入工法	同上の他，予算に合わせて後日注入できる	
B案	土層	大口径ボーリングによる特殊連続壁工法	①小型機械で施工可 ②施工時にジョイント部の具合が勘でわかる	①ボーリング精度によっては不完全となる ②多量の廃泥ができる
	岩層	ロッド注入工法	①小型機械で施工可 ②岩盤の場合では工費が安い	①効果の確認がむづかしい
C案	土層	ＪＧＰ工法（ＪＳＰ工法）	①比較的小型の機械で施工可 ②土層のＮ値が小さいのでできる径が大きい	①ボーリング精度によっては不完全となる ②効果の確認がむづかしい
	岩層	ダブルストレーナー注入	A案に同じ	A案に同じ
D案	土層	鋼矢板工法	①薬液の溶出が無い ②ジョイントは必ずつながる	①作業現場に問題点あり ②資材の運搬も不利である
	岩層	ロッド注入工法	B案に同じ	B案に同じ

A案ダブルストレーナ注入工法

ⅰ）施工手順

① 仮設道路造成（巾 2.5ｍ）

② 資機材搬入

③ ダブルストレーナー注入（穿孔，充填）……土層，岩盤部

④ 片付，資機材撤去

ⅱ）工　期

ダブルストレーナー注入は，4セット使用するものとして，

① 準備工（仮設工事，資機材搬入） 1ヶ月

② ダブルストレーナー注入 3ヶ月

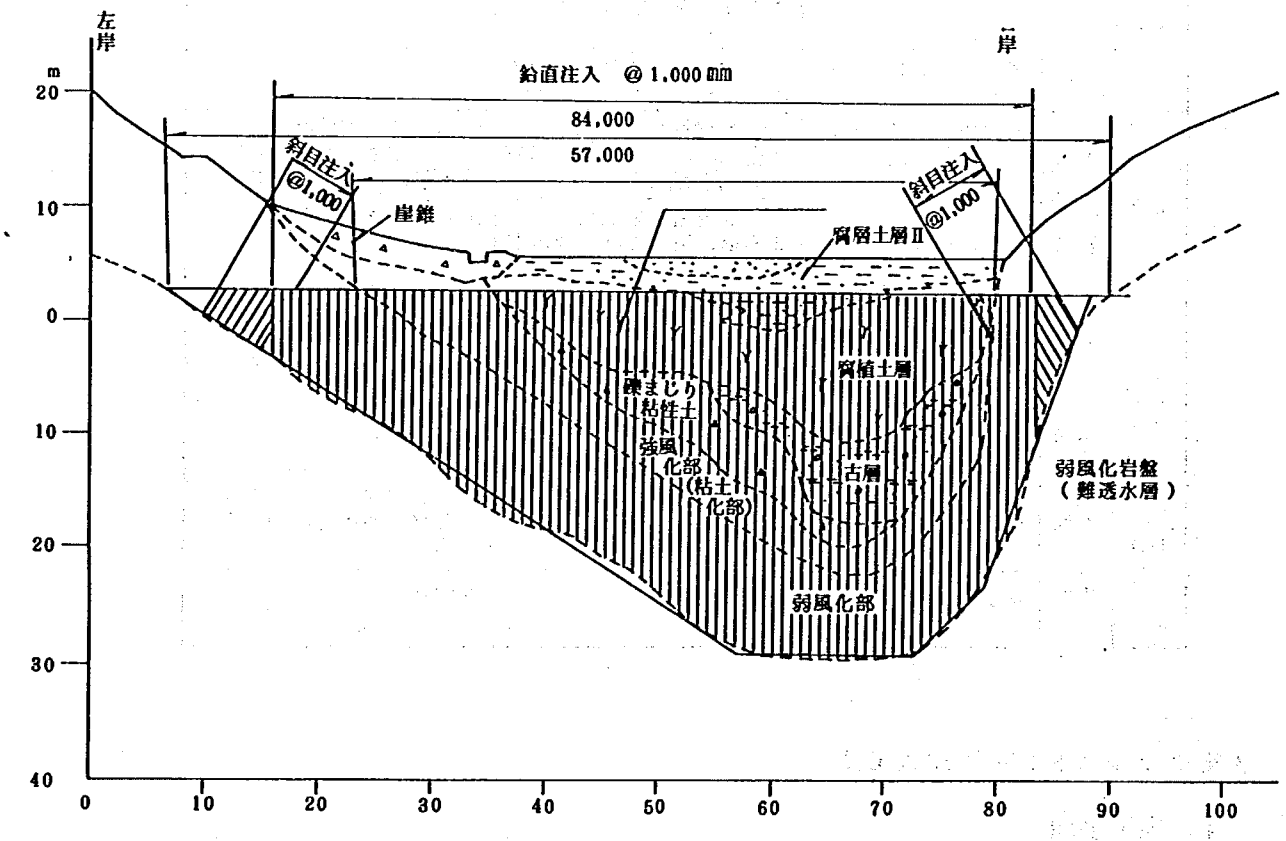
③ 片 付 工 0.5ヶ月

4.5ヶ月

iii）改良範囲

下図に示すハッチの部分に注入を行う。

A案 ダブルストレーナー注入工法 （土層部3列 @1.0 m 350 ㎡
岩盤部1列 @1.0 m 980 ㎡
3列 @1.0 m）



iii) 注入工法の利点

a) 施工設備が軽便で現地事情に合っている。

b) 土質部分にも，岩質部分にも共通に適用できる。

（工法が1本ですみ，手戻りがない）

c) 排土，排泥等，工事排出物が少なくてすむ。

（現地自然状況に合っている）

（参考）

二重管注入工法

二重管注入工法とは薬液注入工法の一種で，外管と内管よりなる二重式の注入管を使用する工法の総称である。

施工法のちがいにより二種のグループに分類できる。1つは，外管を地盤中に固定したのちダブルパッカーを装着した内管を外管の所定の深度に挿入し，管外で混合または合流した一液を圧送して注入を行なうもので，二重管ダブルパッカー注入工法と仮称する。このグループに属する工法は，ソレタンシュ注入工法，ダブルストレーナー注入工法，スリーブ注入工法がある。

いま1つは，外管と内管が一体の構造をなす注入管を地盤中の所定の深度に挿入したのち，外管内管に分けて二液を圧送し先端部で合流混合して注入を行なうもので，二重管ロッド注入工法と仮称する。このグループに属する工法は，ＬＡＧ工法，ＭＴ工法，ＤＤＳ工法がある。

二重管ダブルパッカー注入工法のおもな特徴は，

① 専用の注入管を使用し，注入管の設置と注入作業が完全に分離されるため，施工管理が容易で注入の精度が高い。

② 任意の注入深度（ステップ）からいかなる順序でも注入できる。また各ステップは完全に独立して注入できる。

③ 同じステップを，時間または材料を変えて重複注入できる。

④ 一般に長いゲル化時間の薬液を使用し粒子間浸透注入をはかる。

⑤ 注入管を残置するほか口径の大きい削孔を要するので工費が割高となる。

ⅳ) 施工方法　―特に二重管ダブルパッカー方式（1例：ダブルストレーナー注入工法）の使用理由

ダブルストレーナー注入工法

ダブルストレーナー注入工法とは薬液注入工法のうち二重管注入工法の一種で，従来から広く用いられているストレーナー注入工法を改良したものである。改良点は

① 二重管方式に変更し，ストレーナー管を外管とし，ダブルパッカー付の注入管を内管とする。

② 外管を特殊のシール膜でカバーし，外部から土砂，注入液などの浸入を防ぐ。

③ ストレーナー管（外管）の建込みに際し，硬化栓のシール材を用いて，管の周囲の間隙を完全に充填する。

具体的な作業方法は前出図に示す。

この工法の特徴は，

① ダブルパッカー付き内管の移動により，任意の注入精度（注入ステップ）を1カ所ずつ独立に注入できる。

② ストレーナ注入管の周囲のシールが完全なので，注入するステップ位置以外に薬液が逸走せず，注入の精度が非常に高い。

③ 同じステップを，時を変えて，あるいは注入材の種類を変えて，何度でも重複注入できる。その結果，注入データを各ステップごとに検討して不充分な箇所を容易に補足修正できる。また異種材料の組み合わせによる複合注入効果をあげることもできる。

④ 二重管方式としては構造が最も簡単で経済的である。

注入工法によって確実に止水壁をつくろうとすれば施工方法の選択が最も重要である。

（但し注入工法の中でも適用範囲に大きな違いがある）

a　止水壁注入工はその全断面について，ムラなく注入効果がそろっていることが必要である。従って全断面の各ポイントを1回以上繰り返し，及びチェック注入ができる方法でなければならない。

注入管残置方式のダブルストレーナー工法はそれが可能である。

b　土質部分，岩質部分，及び両者の境界部分と云う具合に注入の特性と施工仕様が分れるが，同一注入管でそれが処理できる方法がよい。ダブルストレーナ工法は任意のステップを注入圧，注入量を自由に選択して，注入できるので適している。

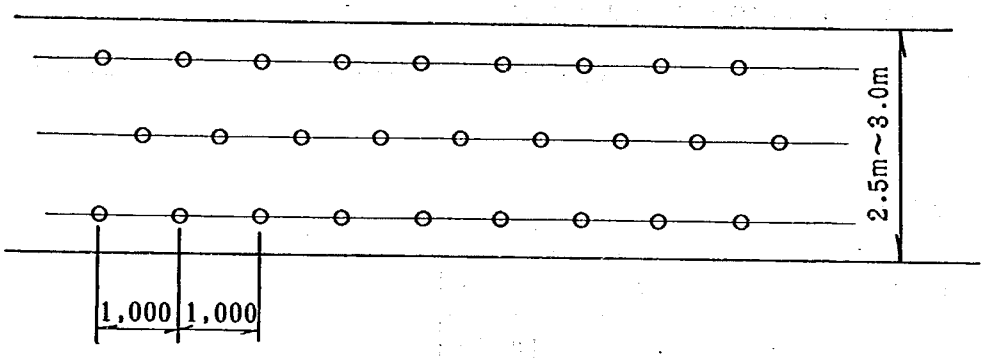
C　注入管は完全にシールで固定されており，岩質部分のパッカー効果が完全で高圧注入も可能である。

d　前回の注入効果をチェックできるし，水の貯留状況をみて，将来補足注入することも可能である。

V）注入管配列

止水壁注入は最低３列が必要と従来から云われている。

一般には下図の配列が望ましい。



Vi）注入材料

a）シールグラウト（Ｃ．Ｂ）

一般的はシールブラウトの配合は次表のようなものを用いる。

１バッチ　　１１３ℓ

材　　料	仕　　様	数　　量
セ　メ　ン　ト	普通ポルトランド	30 Kg
ベントナイト	#２５０	8 Kg
水		100 ℓℓ
計		(113ℓ) 138 Kg

b）一次注入材（Ｃ．Ｂ）

土層の不整部分を均一化し，二次注入機が注入管を中心として均等に浸透できるような地盤状況をつくるために用いるもので，次表のような配合をとる。

配　合　表

材　　料	仕　　様	数　　量
セ　メ　ン　ト	普通ポルトランド	40 Kg
ベントナイト	#２５０	8 Kg
水		100 ℓ
計		(117ℓ)

c）二次注入材

これらは本注入に当るものであり，永久性からセメント，ベントナイト系に限られるが，そのなかでもできるだけ浸透能力のすぐれた微細粒子の液を選ぶ。

－クレイゲル７（中性ベントナイトゲル）

この注入材は固結後のアルカリ汚染がない。薬液と同じようなゲル化調節が可能である。

標準配合表

（200ℓ）

材　　料	数　　量
ベントナイト	10 Kg
ケイ酸ソーダ3号	8 ℓ
セ　ブ　ン　A	20 ℓ
水	168 ℓ
計	200 ℓ

ＣＧ７（クレイゲルセブン）工法

ＣＧ７とは薬液注入工法のうちベントナイト注入工法に使用される薬液の一種であるが，またその性質からいって中性グラウトの一種でもある。

ベントナイトグラウトを地盤中で固結させるためには一般にセメントが使用されるが，ＣＧ７では中性の水ガラス配合液を使用するのが特徴である。この配合液は，水ガラス水溶液にある種の酸性反応剤を加えて中和することにより，水ガラス中のアルカリを除去して中性液とし，かつ所定の時間内にゲル化するように調合したものである。

注入されたベントナイトグラウトは，配合液のゲル化に伴い，その中性けい酸ゲルによって土粒子間隙中に固定され，かつ注入された全量がゲル化する結果，優れた水容性を発生する。また，この薬液はpH＝７のいわゆる中性領域でゲル化が行なわれ，混合液も硬化したゲルもアルカリ性を示さないので，注入地盤の水質環境保全の点で優れているといわれる。強度は小さいが，浸透性，水密性に優れているので，止水グラウトとして適切である。セメントグラウトなどと組合わせて安全性の高い土質改良工法にも利用できる。

岩質部分には，小野田Ｍ．Ｃ（超微粒子セメント）を注入状況（注入圧，注入量の具合）をみて使用する。

配　合　表

材　　料	仕　　様	W/C＝150 %	250 %	400 %
セ　メ　ン　ト	超微粒 小野田M．C	100 Kg	100 Kg	100 Kg
水		150 ℓ	250 ℓ	400 ℓ
計		(183 ℓ) 250 Kg	(283 ℓ) 350 Kg	(433 ℓ) 500 Kg

Vii) 注　入　量

Q＝V・λ　　V；注入対象土量

λ；注　入　率

注　入　率（λ）

	一　　次	二　　次		計
	C.B.	C.G7	M.C	
土　質　部	＊（　5％） 10％	＊（30％） 35％	—	＊（35％） 45％
岩　質　部	5％	10％	5％	20％

＊　樺島での注入に当っては前回のロッド注入の効果を期待して（）内の数値を使用してもよいと思われる。

Viii) 施　工　方　法（施工順序）

o　①ケーシング削孔——②外管建込み——③シールグラウト——④ケーシング除去——⑤シールグラウト補足

o　①内管（ダブルパッカー）挿入——②シール破り——③一次注入

o　①内管挿入——②二次注入

o　①全ステップデータ点検——②一部ステップ補足注入

一次注入は外列——→内列

o　外　列

o　内　列

o　外　列

二次注入（粒子間浸透注入）は内列——→外列

※　間隙水圧を外部に逃しつつ注入する。

〔重　点〕

o　二次注入はできるだけ低速　　6～12 ℓ／分

o　できるだけ高い最終注入圧で各ステップを仕上げる。達しないステップは

最後に点検して再注入（この方法ではそれが可能）

注入圧の基準は　0.3 Kg／cm² ～ 1.0 Kg／cm²で予備注入を行い決定する。

○B案　大口径ボーリングによる特殊連続壁工法（土層部）

ⅰ）施工手順

① 仮設道路造成（巾2.5 m）

② 資機材搬入

③ 大口径ボーリングによる掘削（ベントナイト）— 土層部

④ ロッド注入工事（穿孔，充填）———————— 岩盤部

⑤ 土層部の掘削孔中のベントナイト液にセメントを混合する。（特殊連続壁築造）

⑥ 片付，資機材撤去

ⅱ）施工機械

〔例〕

①	大口径ボーリングマシン……	EP— IW	4セット
②	グラウト．ボーリング用ポンプ……	MG— 40	2セット
③	給水ポンプ……	MG— 10	4セット
④	グラウトミキサー ……	HM—250	1セット

ロッド注入工事については

⑤	ボーリングマシン……	D2－G	4セット
⑥	グラウトボーリング用ポンプ……	BG－5	4セット
⑦	〃 ……	BGW－3	4セット
⑧	グラウトミキサー ……	MVM5	2セット

を使用する。

ⅲ）工　期

大口径ボーリング．ロッド注入ともⅱ）の機械セットを使用するものとすると

① 準備工（仮設工事，資機材搬入）…… 1ケ月

② 大口径ボーリングによる特殊連続壁，ロッド注入工事…… 3.5月

③ 片付工 …… 0.5月

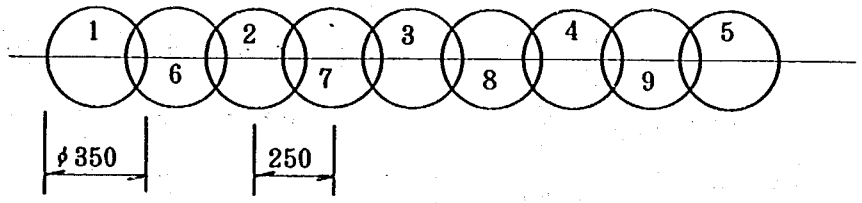
計 5ケ月

となる。

iV) 施工配置

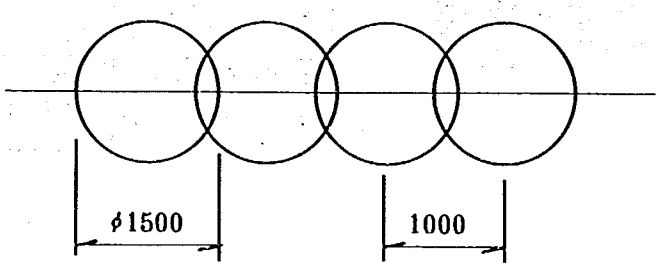
① 大口径ボーリングによる特殊連続壁

一般的な配列としては，次のようなものが考えられる。



② ロッド注入工事

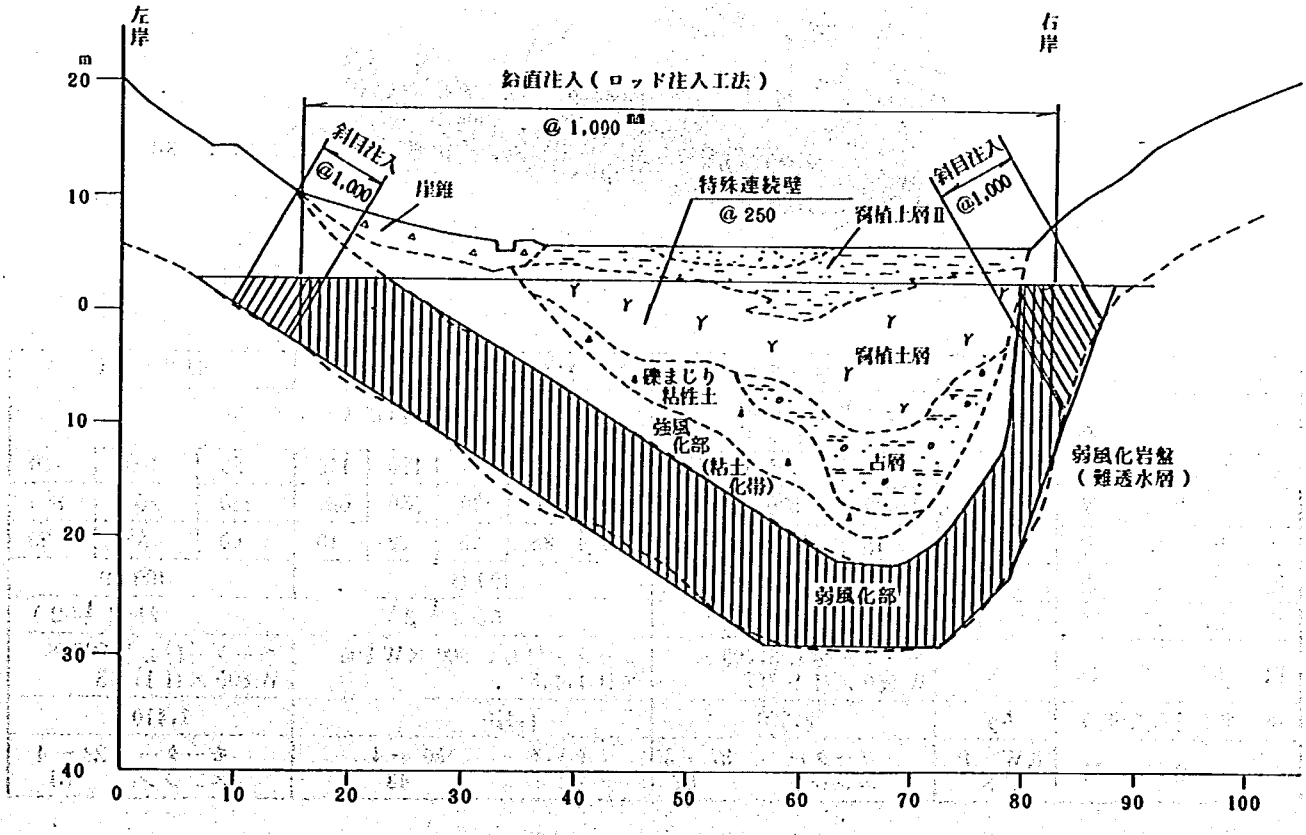
同じくロッド注入の配列としては，次のようである。



V) 改良範囲

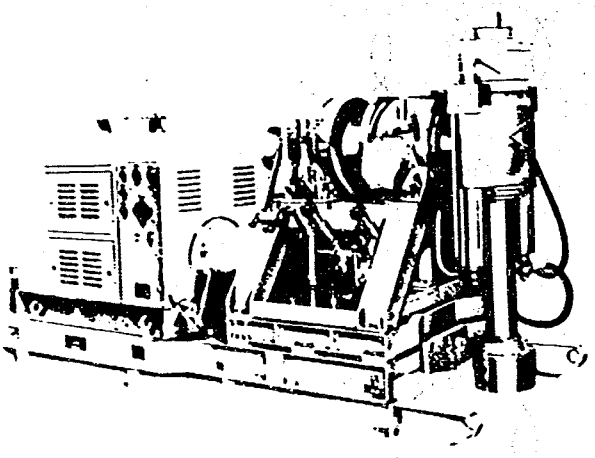
（B案） 大工径ボーリングによる特殊連続壁工法（土層部 φ350, 1列@250 850m²）

（岩盤部 1列 @1.0m 980m²）

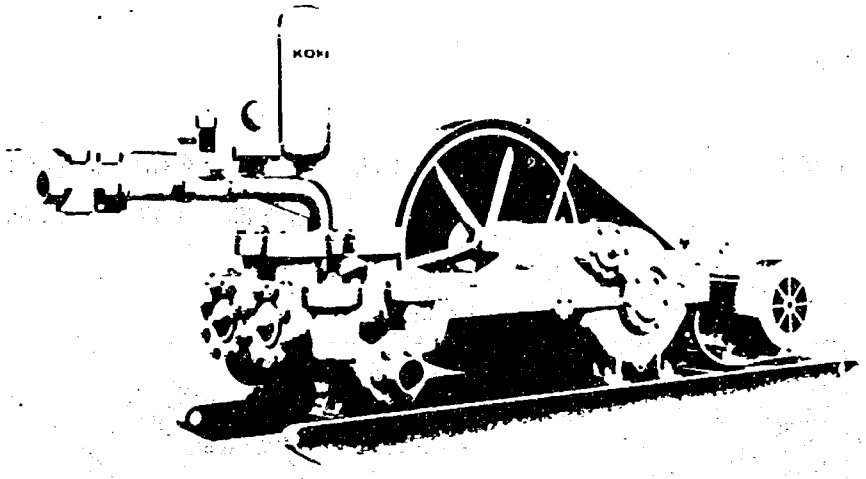


vi) 特殊連続壁施工機械

今回樺島で大口径ボーリングによる連続壁を作るに当り、その搬入条件等から以下に示すような機械が適用されるものと思われる。

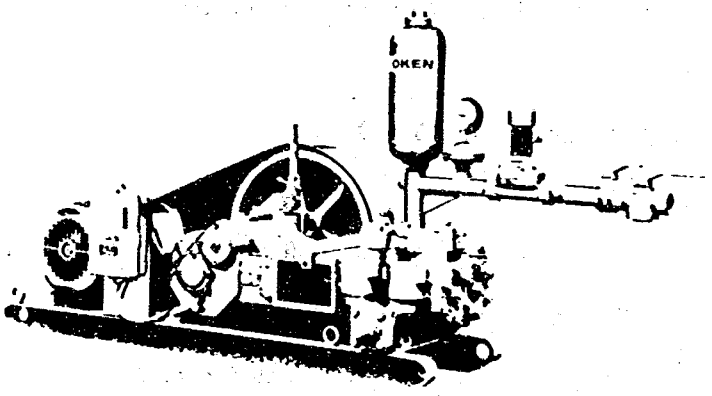


掘進能力	m	200－1,000
スピンドル回転数	rpm	Low 2nd 3rd ToP Rev 120 220 410 780 12 5 30 55 100 190 30
スピンドル内径	mm	108 六角スピンドル
スピンドルストローク	mm	600
トルク（最大）	kg-m	470
スラスト（最大）	kg	押し下げ 6,400 押し上げ 8,600
捲揚能力	kg	4,200
スライドストローグ	mm	500
機体寸法	mm	H1,800×W1,310×3,170
重量（除原動機）	kg	2,200
原動機	Kw-P	モーター18.5－4 エンジン36 ps／1,800rpm



MG－30

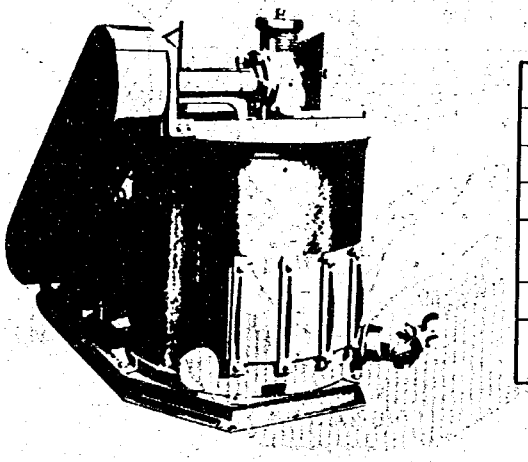
形式		MG－50			MG－40					MG－30		
方式		横形2連式複動ピストンポンプ			2連式複動ピストンポンプ							
ピストン径	mm	155	155	135	80	100	120	130	140	80	100	120
吐出量	ℓ／min	1,000	800	600	200	320	470	550	680	150	250	350
吐出圧力	Kg／cm	18	22	30	60	38	25	22	18	60	35	25
吸入口径	mm(in)	125(5)			100 (4)					100 (4)		
吐出口径	mm(in)	75(3)			65(2 1/2)					65(2 1/2)		
機体寸法	mm	モーター付L 3,400×W 950×H 1,817			モーター付L 2,900×W 895×H 1,445					モーター付L 2,900×W 895×H 1,445		
重量（除原動機）	Kg	2,220			1,410					1,410		
原動機	KW－P PS	モーター 37－4 エンジン 52			モーター 30－4 エンジン 43					モーター 22－4 エンジン 31		



MG－10

MG－15h，10

形式		MG－15h				MG－10		
方式		2連式複動ピストンポンプ						
ピストン径	mm	52	68	85	29	45	52	68
吐出量	ℓ/min	55	100	160	190	40	60	105
吐出圧力	Kg/cm	70	40	25	22	70	50	30
吸入口径	mm(in)	65(2 1/2)				50(2)		
吐出口径	mm(in)	50(2)				32(1 1/4)		
機体寸法	mm	本体のみL 1,185×W 710 ×H 1,005 モーター付L 2,345 ×W712 ×H 1,115				本体のみL 920 ×W 565 ×H 870 モーター付L 1,850×W575 ×H 980		
重量(除原動機)	Kg	500				280		
原動式	KW—P PS	モーター 11－4 エンジン 17～20				モーター 7.5－4 エンジン 9.5－12		



ハイスピードグラウトミキサー　HM－250

形式		HM－250形
タンク容量	ℓ	250
攪拌容量	ℓ	200
攪拌軸回転数	rpm	600
機体寸法	mm	H 1,100 ×L 1,255 ×W 920
重量(除原動機)	Kg	190
原動機	KW—P PS	モーター 5.5－4 エンジン 7.5～9

C案　ＪＧＰ工法（ＪＳＰ工法）…… 土層部

ダブルストレーナー注入工法 …… 岩盤層

ⅰ）施工手順

① 仮設道路造成（巾 2.5ｍ）

② 資機材搬入

③ ダブルストレーナー注入（二重管注入）…… 岩盤部

{ 一次注入　セメント．ベントナイト
{ 二次注入　ベントナイトゲル（ＣＧ７）

④ ＪＧＰ注入工事…… 土層部
（ＪＳＰ）

⑤ 片付，資機材撤去

ⅱ）施工機械

① ＪＧＰ工法のシステム
（ＪＳＰ）
Ｐ321 参照

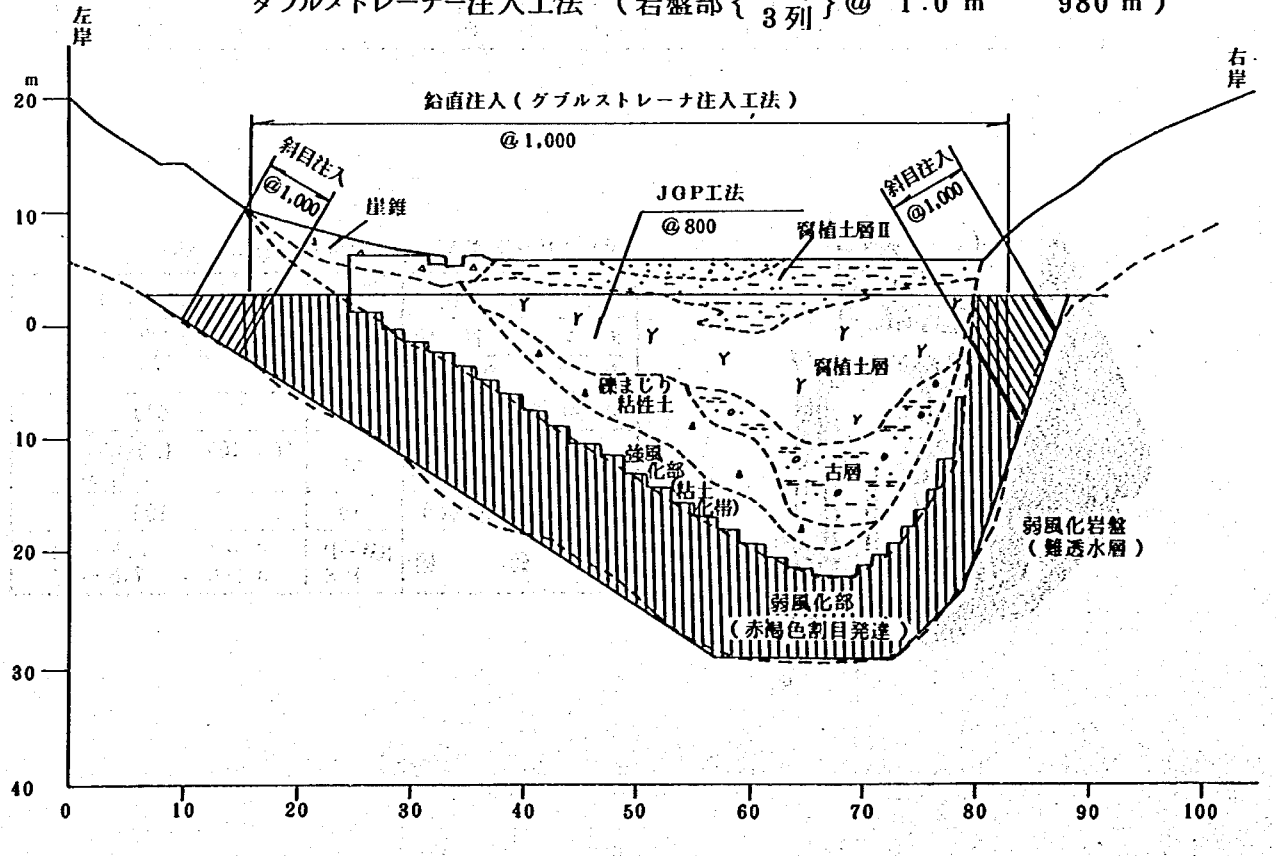
② ダブルストレーナー注入工法

Ａ案　参照

ⅲ）改良範囲

（Ｃ案）　ＪＧＰ工法（ＪＳＰ工法）（土層部⌀ 1,000 1列　@800　850 ㎡）

ダブルストレーナー注入工法　（岩盤部{1列 3列}@ 1.0 ㎡　980 ㎡）



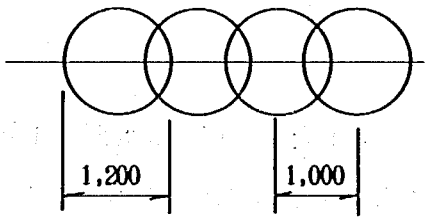
iv) 工　　期

ＪＧＰ工法，ダブルストレーナー注入工法とも４セット使用するものとすると

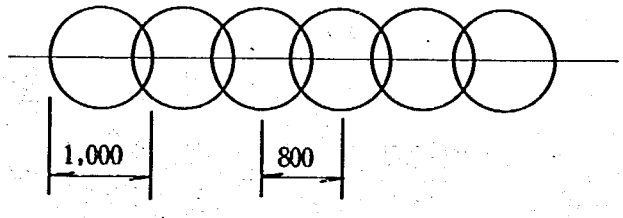
①	準備工（仮設工事，資機材搬入）	1ヶ月
②	ダブルストレーナー注入工事 ＪＧＰ工法	4.5ヶ月
③	片付工	0.5ヶ月
	計	6ヶ月

v) 施工配置

① ダブルストレーナー注入工事（岩盤部）



② ＪＧＰ工法



D案　鋼矢板工法（土層部），ロッド注入工法（岩盤部）

i) 施工手順

① 仮設道路（巾2.5ｍ）

② 資機材搬入

③ ロッド注入工事（穿孔，充填）…… 岩盤部

④ 鋼矢板工事（足場とも）…… 土層部

⑤ 片付，資機材搬入

ii) 施工機械

① ロッド注入工事…… B案参照

② 鋼矢板工法

∘ バイブロハンマ

∘ 発　電　機

∘ ウィンチ

iii) 工　　期

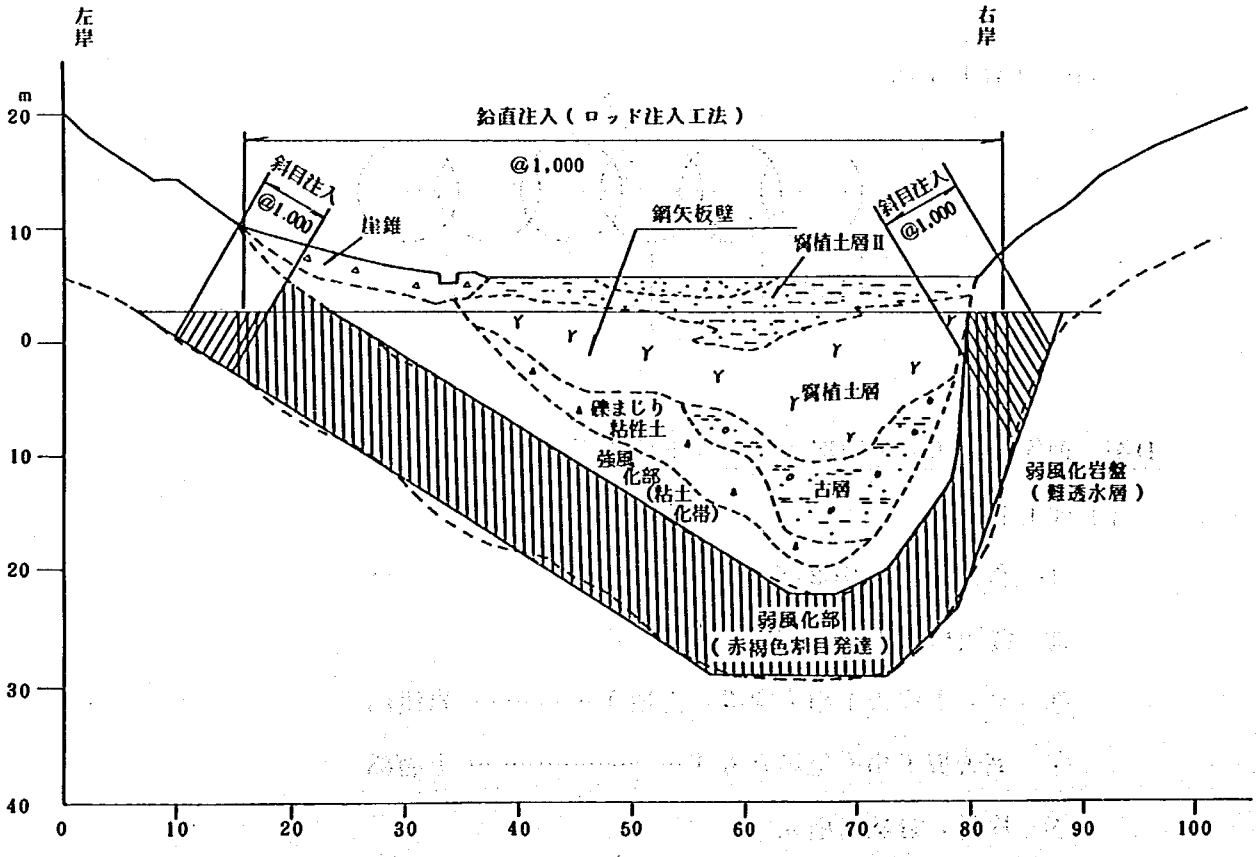
ロッド注入工法　4セット，鋼矢板工法　2セットを使用するものとすると，

①	準備工（仮設工事，資機材搬入）	1　ケ月
②	ロッド注入工事 鋼矢板工事 }	4.5ケ月
③	片　付　工	0.5ケ月
		計　6　ケ月

vi) 改良範囲

（D案）鋼矢板工法（工層部　鋼矢板Ⅲ型　1列　960m²）

ロッド注入工法（岩盤部　1列　@1.0m　1,010m²）



5）仮設運搬路の検討

当地に，資材や機械などの搬入方法には次の３通りの方法が考えられる。

イ）貯水池上に仮設運搬路を造成する方法

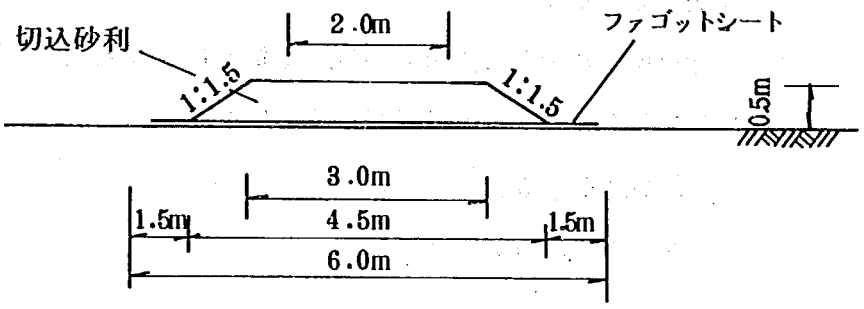
(1) 規模など

① 延　　長　$\ell \fallingdotseq 1,500$ m

② 有効幅員　b ＝ 2 m

③ 盛 土 厚　h ＝ 5 0 cm

④ 基礎処理方法　ファゴット工法（1,500 × 6 ＝ 9,000 ㎡）



⑤ 盛　　土

材料：切込砂利　$\frac{2.0 + 4.5}{2} \times 0.5 \times 1,500 = 2,437.5\text{m}^3$

(2) 利　　点

① 資材，機械などが直接現地に運搬できる。

② 将来の維持管理道路として使用できる。

③ 天候に関係なく使用できる。

④ 最も安全な方法である。

(3) 欠　　点

① 切込砂利の土取場が必要である。

② 多少の補修が必要

ロ）燈台取付道路からケーブル方式で荷おろしする方法

(1) 規模など

① 延　　長　150 m

② 最大荷実　900 Kg（１５人乗）

③ 平均こう配　１：1.5（高低差 100 m）

(2) 利　　点

① 切込砂利がいらない。

(3) 欠　　点

① 危険性を伴なう。

② 荷卸し，積込などの手段がふえる（運搬費が高くなる）

③ 工事費が高くなる。

④ 仮置場が必要になる。

ハ) 止水ダムの近くの浜辺に桟橋をつくり船から直接現地に運搬する方法

① 当地は遠浅の海岸なので，船がつけられる水深を確保するには桟橋の延長が著しく長くなる。

② 当地は南側に面しており，台風・季節風により大荒れが予想され，

イ) かなり丈夫な構造の桟橋が必要になる。

ロ) 工費が高くなる。

ハ) 天候により運搬が不能になる。

6）概略工費

前記までのT.P＋2.0m以下結晶片岩風化帯までの部分に遮水壁を構築するための各工法による概略工費は次表のようになる。（表　4）

ここに示した組合せは，8通りであるが，この他にも例えば岩盤部注入を3列にするとか，いろいろ可能であり，概略の工費は，それに応じたものと考えて良いであろう。

表　4　概略工費（T.P＋2.0m以下，結晶片岩風化帯まで）

	土層部 1)	岩盤部 1)	合計 2)
①	ダブルストレーナー注入3列	ダブルストレーナー注入3列	150,180千円
②	〃 3列	1列	96,646
③	〃 1列	1列	56,570
④	〃 3列	ロッド注入	96,050
⑤	大口径ボーリング 1列	ダブルストレーナー注入1列	104,650
⑥	〃 1列	ロッド注入	100,625
⑦	JSP工法 1列	ダブルストレーナー注入1列	101,030
⑧	〃 1列	ロッド注入	97,000

1）ここで土層部というのは地表面から礫混り粘土層までをいい岩盤部は結晶片岩の風化部を呼ぶ。

2）合計には　仮設費8,500千円
　　諸経費（仮設費＋工事費）×15％
として含まれている。

3）昭和53年現在

次に，工費，工期の関係から第二次検討として樺島地区における地下貯水池運用総合実験を行うための，必要最小限の施設として礫混り粘性土と，結晶片岩風化帯についてのみ，遮水を行う場合の工法の組み合せと概略の工費を表－5に示す。

ここで、評価に記されている記号は，総括的なもので，◎，○，△の順であり，△をつけたものは，風化岩盤層への注入が1列の場合施工に不安が残るので△とした。

総　括　表[4)]

表　5　概略工費（礫混り粘土層，結晶片岩風化帯のみを遮水）

	礫混り粘土層	結晶片岩風化帯	合計 1）千円	評価
①	大口径ボーリング2）1列	ロッド注入1列	79,620	△
②	〃 1列	〃 3列	116,850	◎
③	ダブルストレーナー3列	ダブルストレーナー3列	99,340	◎
③	〃 3列	ロッド注入2列 中間にダブルストレーナ1列	89,900	◎
④	〃 3列	ダブルストレーナー1列	52,760	○～△
⑤	〃 1列	〃 1列	39,630	○～△
⑥	〃 3列	ロッド注入1列	48,090	△
⑦	JSP工法 1列	〃	39,890	△
⑧	〃 1列	ロッド注入2列 ダブルストレーナー1列	81,790	○
⑧′	〃 1列	ロッド注入2列 ダブルストレーナー1列	80,690	○

1）合計には　仮設費8,500千円
　　諸経費（仮設費＋工事費）×15％
　として含まれている。
2）大口径ボーリングの場合，上部土層の改良も含まれる。
3）⑧′のロッド注入はピッチ70cm改良幅100cm
　他の　〃　100cm　〃　150cm
4）昭和53年現在

II　地下ダムにおける効率的な運用方法に関する研究

目　　次

1. 研究の目的 …… 35
2. 地下遮水壁上流側の水位操作による効率的な取水工法の検討(1) …… 36
3. 地下遮水壁上流側の水位操作による効率的な取水工法の検討(2) …… 43
4. 地下遮水壁下流側の水位操作による効率的な取水工法の検討 …… 60
5. 群井戸による効率的な取水工法の検討 …… 68
6. 塩水汲み上げ井戸の水理特性 …… 78
7. 総　　括 …… 86

1. 研究の目的

本研究は，野母崎地下ダム総合実験の一環として，地下遮水壁上，下流の地下水位を操作することによって，塩水侵入防止の効果を高める工法および群井による効率的な取水工法に関する検討を行ったものである。

本研究は，それぞれの研究項目について，近似的に水理的オーダーをとらえることに主眼を置いており，境界条件の設定等において，現地の状態を十分に反映していない点もあり，厳密な意味での解析解は得られていない。

なお，本報告は，九州産業大学工学部土木工学教室　崎山正常教授に委託して行なわれた研究成果である。

2. 地下遮水壁上流側の水位操作による効率的な取水工法の検討(1)

表記の問題については，地下遮水壁をほぼ完全なものとみなした場合と不完全なものとみなした場合の2種について，遮水壁の上流側に淡水を張った流れの場を2次元定常流として解析した。

(1) 遮水壁をほぼ完全なものとみなした場合

まず，速度ポテンシャルをΦ，流れ関数をΨとすれば，一般に，

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} = 0 \quad \cdots\cdots (1)$$

$$d\Psi = -\frac{\partial \Phi}{\partial y} dx + \frac{\partial \Phi}{\partial x} dy \quad \cdots\cdots (2)$$

（ x ；水平座標， y ；鉛直座標 ）

が成立し，また，

$$\Phi = k \left(\frac{p_f}{\gamma_f} + y \right) \quad \cdots\cdots (3)$$

（ k ；透水係数， p_f ；圧力， γ_f ；淡水の単位重量 ）

が成立する。そこで上述の基礎方程式を圧力が連続的であると云う前提に立って解析した結果は図2－1に例示する通りである。

なおこの解析に当って主たる境界条件を主せば，

Φについて

$$\left.\begin{array}{l} \text{AB上は} \cdots\cdots \Phi = ky \\ \text{BD上は} \cdots\cdots \partial\Phi/\partial x = 0，\ \text{DE上は} \cdots\cdots \partial\Phi/\partial y \neq 0 \\ \text{EF上は} \cdots\cdots \Phi = kH_f = 26.6k = \text{const.} \\ \text{FG上は} \cdots\cdots \Phi = ky \\ \text{GHIA上は} \cdots\cdots \Phi = k(H_f + h) = 31.6k = \text{const.} \end{array}\right\} \quad \cdots\cdots (4)$$

Ψについてはx = const.にそって

$$\left.\Psi = \text{const.} + \int_{y_\ell}^{y} \frac{\partial \Phi}{\partial x} dy\right\} \quad \cdots\cdots (5)$$

$y = const.$ にそって

$$\left.\Psi = const. - \int_{x_l}^{x} \frac{\partial \Phi}{\partial y}\, dx \right\}$$

によって算定される。なお，それぞれの const. は，それぞれの積分の下限における Ψ の値である。

ところで特異点Dにおける圧力水頭は図示の通り，

$$\frac{p_{f,D}}{\gamma_f} = 27.918\ m \qquad \cdots\cdots (\quad 6)$$

であり，このときの注入量Qは，図 2－1 の上部に示す仮定に立つとき

$$Q = 76.72\ m^3/day \qquad \cdots\cdots (\quad 7)$$

となる。

(2) 遮水壁下部を不完全なものとみなした場合

ここで取り扱った淡水注入の機構を図 2－2 に示している。解析の基礎微分方程式は前節の式（ 1），（ 2），（ 3）および式（ 5）に加えて，いわゆる逆Laplaceおよび逆Cauchy-Riemannの微分方程式を用いた

$$\frac{\partial^2 y}{\partial \Phi^2} + \frac{\partial^2 y}{\partial \Psi^2} = 0 \qquad \cdots\cdots (\quad 8)$$

$$dx = \frac{\partial y}{\partial \Psi}\, d\Phi - \frac{\partial y}{\partial \Phi}\, d\Psi \qquad \cdots\cdots (\quad 9)$$

が用いられる。

なおこの解析に当っての境界条件は図 2に示す通りであるが，特に，淡塩水境界面FGについて示せば，圧力は $p_f = \gamma_s (H_s - y_{FG})$ であり，これを式（ ・3）に適用して

$$\left.\frac{\Phi_{FG}}{k} = (1+\varepsilon)\cdot H_s - \varepsilon y_{FG} \right\} \qquad \cdots\cdots (\quad \cdot 10)$$

$$\left.y_{FG} = \left(\frac{1+\varepsilon}{\varepsilon}\right) H_s - \frac{1}{\varepsilon}\cdot\frac{\Phi_{FG}}{k} \right\} \qquad \varepsilon = \frac{\gamma_s - \gamma_f}{\gamma_f} \qquad \cdots\cdots (\quad \cdot 11)$$

が得られるから，点Fおよび点Gでは

$$\frac{\Phi_F}{k} = (1+\varepsilon) H_s - \varepsilon y_F\ ,\quad \frac{\Phi_G}{k} = (1+\varepsilon) H_s \qquad \cdots\cdots (\quad \cdot 12)$$

$\frac{q}{kh} = \frac{8}{10}$ ， $q = 0.8 \cdot kh$ ， $h = 5.0\,m$

$k = 1.0\times10^{-3}cm/sec = 1.0\times10^{-5}m/sec$ として $q = 4.0\times10^{-5}m^2/sec$

$k = 1.0\times10^{-4}cm/sec = 1.0\times10^{-6}m/sec$ として $q = 4.0\times10^{-6}m^2/sec$

$k = 1.0\times10^{-5}cm/sec = 1.0\times10^{-7}m/sec$ として $q = 4.0\times10^{-7}m^2/sec$

上記の地層が流れの領域のほぼ⅓づつ存在するとすれば，

$$q \fallingdotseq \left(\frac{1}{3}\times4.0+\frac{1}{3}\times0.4+\frac{1}{3}\times0.04\right)\times10^{-5} = 1.48\times10^{-5}m^2/sec = 1.27872m^3/day$$

延長 B = 60.0 m として注入量　Q ≒ 76.72 m³/day

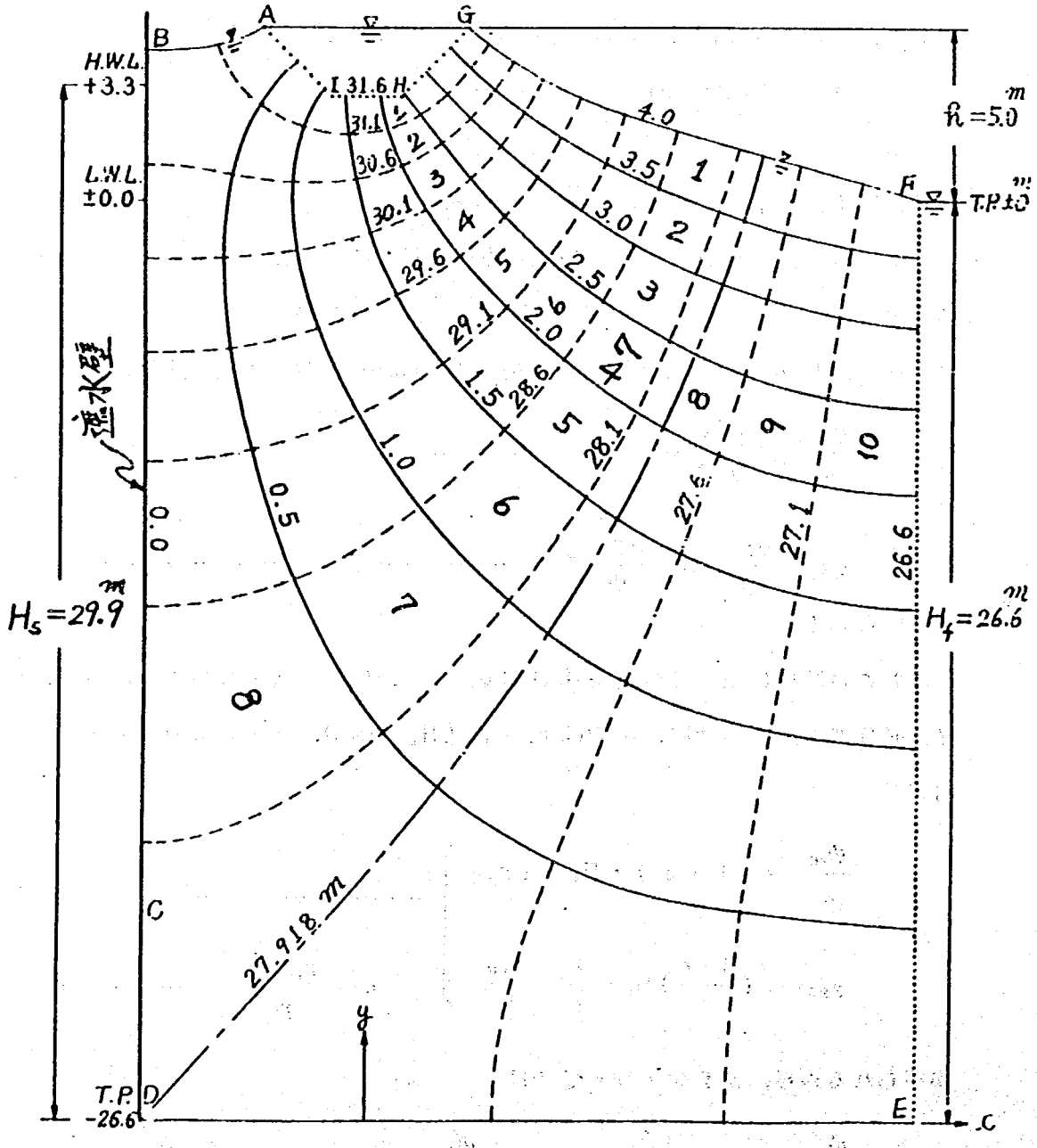


図 2 － 1　遮水壁をほぼ完全なものとみなした場合の解析図

となる。また海側の淡水池の水位 h_f についてはその密度特性から図示の記号を用いて

$$(1+\varepsilon)(H_s - y_{DEF}) \leqq h_f < (h-d) \quad \cdots\cdots (13)$$

となる。なお上式左辺の等号の成立は，点Fが点Eに一致した場合の点F→Eにおける海水と淡水との圧力のつり合い条件であり限界の状態において生じうる。

また，式(8) を満たすyが求められたら，これに対応するxは，式(9) より

Φ = const. にそって

$$x = \text{const.} - \int_{\Psi_L}^{\Psi} \frac{\partial y}{\partial \Phi} \cdot d\Psi \quad \cdots\cdots (14)$$

Ψ = const. にそって

$$x = \text{const.} + \int_{\Phi_L}^{\Phi} \frac{\partial y}{\partial \Psi} \cdot d\Phi \quad \cdots\cdots (15)$$

によって算定される。なお，それぞれのconst.は，それぞれの積分の下限におけるxの値である。

以上の理論によって解析し算定されたxy 平面とその水理諸量を図 2－3 に例示している。これによるとこのときの注入量ΣQは，図 2－3 に示す仮定に立つとき，

$$\left.\begin{aligned} Q_R &= 74.46\ m^3/\text{day} \\ Q_L &= 13.80\ m^3/\text{day} \\ \Sigma Q &= Q_R + Q_L = 88.26\ m^3/\text{day} \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (16)$$

となる。

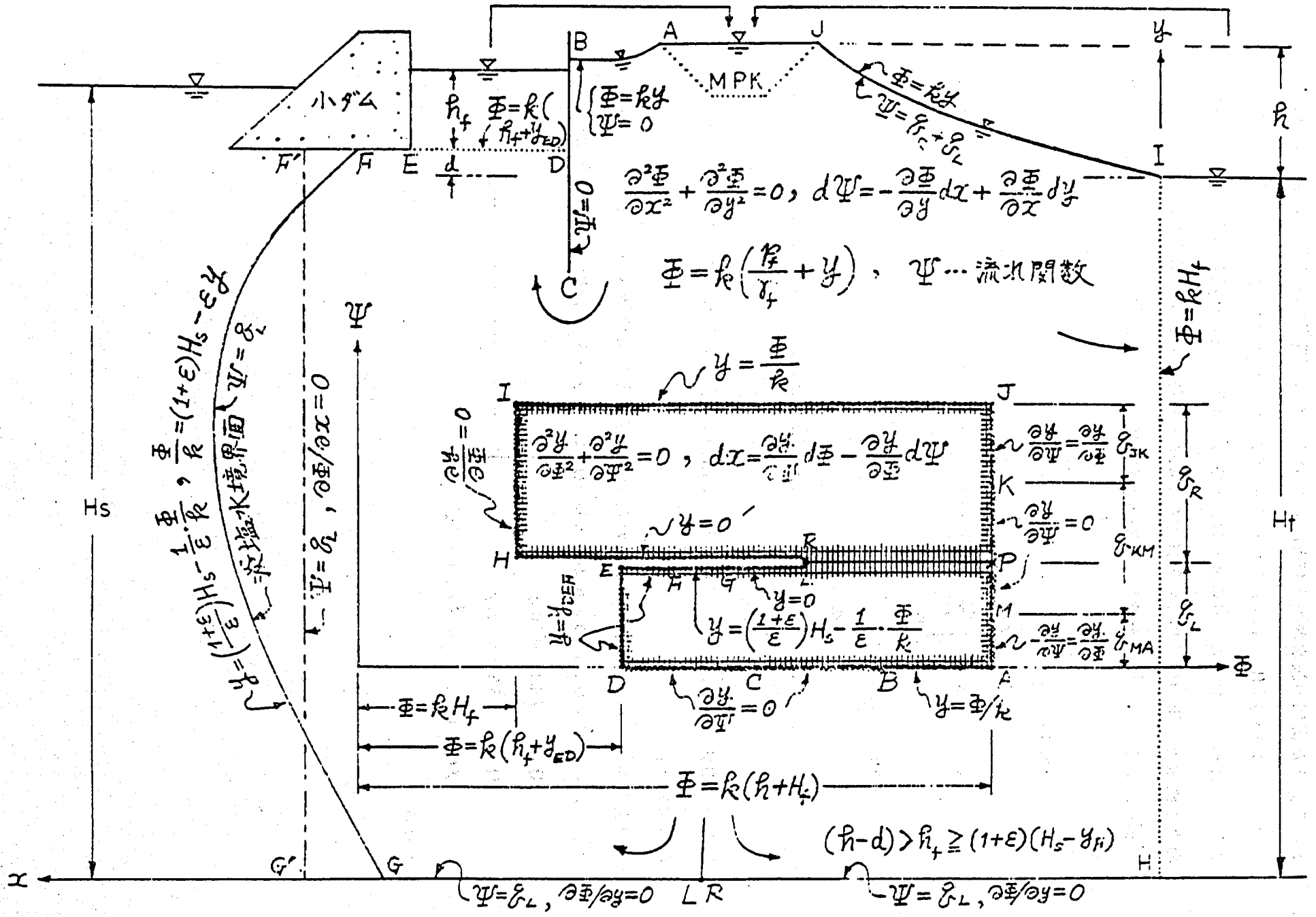


図２－２　遮水壁を不完全とみた場合の解析図

$h+H_f=31.6\,m$，$h_f+y_{KD}=26.6\,m$，$H_f=26.6\,m$，$H_s=26.7122\,m$，$\Phi_C/k=27.60\,m$，$\Phi_B/k=30.86\,m$，$\Phi_P/k=26.715\,m$，$\Phi_C/k=27.38\,m$，
$\Phi_{KL}/k=27.44\,m$，$q_{JK}/k=1.88\,m$，$q_{KM}/k=1.46\,m$，$q_{MA}/k=1.26\,m$，$q_R/k=3.88\,m$，$q_L/k=0.72\,m$，$\Sigma q/k=4.60\,m$
$k=1.0\times10^{-3}cm/sec=1.0\times10^{-5}m/sec$，$k=1.0\times10^{-4}cm/sec=1.0\times10^{-6}m/sec$，$k=1.0\times10^{-5}cm/sec=1.0\times10^{-7}m/sec$ なる地層が流れ
の領域のほぼ$\frac{1}{3}$づつに存在するものと仮定すれば
$q_R\fallingdotseq(\frac{1}{3}\times3.88+\frac{1}{3}\times0.388+\frac{1}{3}\times0.0388)\times10^{-5}m^3/sec\fallingdotseq14.360\times10^{-6}m^3/sec\fallingdotseq1.241m^3/day$，$q_L\fallingdotseq(\frac{1}{3}\times0.72+\frac{1}{3}\times0.072+\frac{1}{3}\times0.0072)\times10^{-5}m^3/sec$
$:0.230m^3/day$，$\Sigma q=17.024\times10^{-6}m^3/sec\fallingdotseq1.471m^3/day$，水路延長$B=60\,m$とすれば$Q=q\cdot B$より
$Q_R\fallingdotseq74.46\,m^3/day$，$Q_L\fallingdotseq13.80\,m^3/day$，$\Sigma Q\fallingdotseq88.26m^3/day$

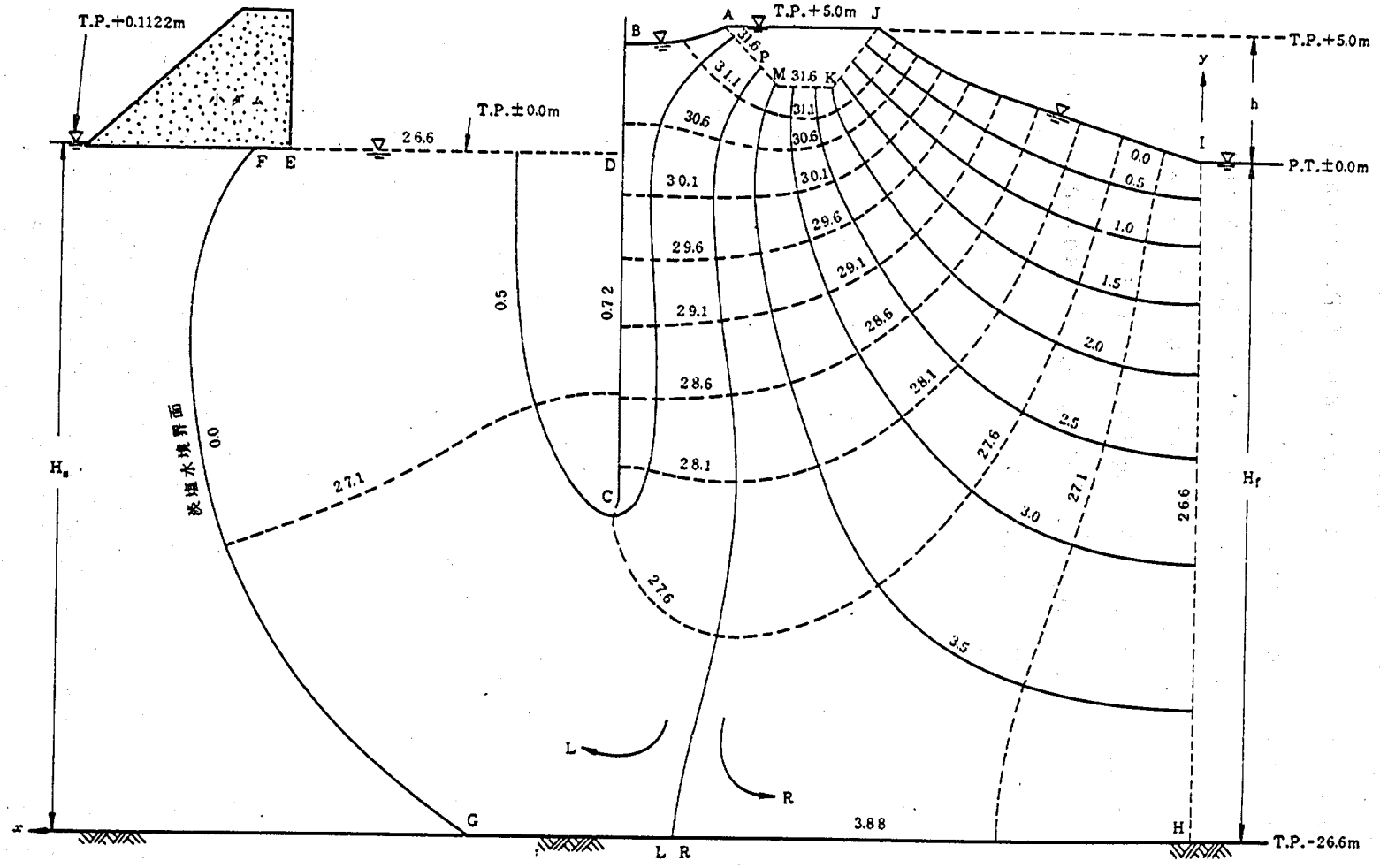


図 2－3　遮水壁下部を不完全なものとみなした場合の解析図

(3) ま　と　め

2(1)では，地下遮水壁をほぼ完全なものとみなして，遮水壁上流側に台形溝を設けて張った淡水浸透の流れの場を解き，その場合の地下深部（T.P.－26.6m）のポテンシャルが，かなり高く（例ではh＝27.918m＝T.P.＋1.318m），しかも淡水注入量（例ではQ＝76.72m³/day）はさほど大きくないことを示した。

また，2(2)では，地下遮水壁下部を不完全なものとみなして，遮水壁上流側に同様な台形溝を設けて張った淡水浸透がいわゆる淡塩水境界面（ウォーターカーテン）を形成する場合の流れの場を解き，これが塩水浸入防止に有効なることを示した。また，この場合の淡水注入量（例ではQ_R＝74.46m³/day，Q_L＝13.80m³/day，Q_R+Q_L＝88.26m³/day）もさほど大きくないことを示した。

3. 地下遮水壁上流側の水位操作による効率的な取水工法の検討(2)

ここでは，浸透地盤を三層に区分し，遮水壁の性質および下流側の地下水位と地下浸透流の関係について解析する。

（1）遮水壁を不浸透性とみなした場合

浸透地盤を透水係数の異なる3層地盤として取り扱うため，層界における流れの屈折について検討しておこう。

いま，図3－1に示すように透水係数 k_1 および k_2 の層界において，Darcyの法則と連続の条件を適用すれば，ただちに

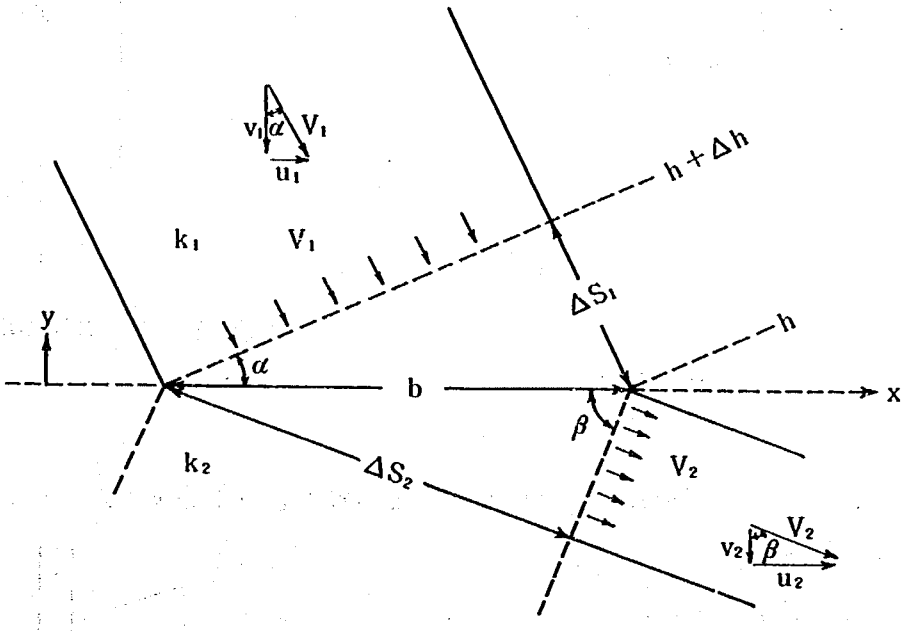


図 3－1 屈折の法則

$$\frac{\tan\alpha}{\tan\beta}=\frac{k_1}{k_2} \tag{1}$$

なる屈折の法則がえられる。

そこで，x の正および y の負方向の流速を u および v とすれば

$$\tan\alpha=\frac{u_1}{v_1}\quad,\qquad \tan\beta=\frac{u_2}{v_2} \tag{2}$$

$$u_1=k_1\left(\frac{\partial h}{\partial x}\right)_1\quad,\qquad v_1=k_1\left(\frac{\partial h}{\partial y}\right)_1 \tag{3}$$

$$u_2 = k_2\left(\frac{\partial h}{\partial x}\right)_2 , \qquad v_2 = k_2\left(\frac{\partial h}{\partial y}\right)_2 \tag{4}$$

であり，x 軸に平行な層界においては

$$\left(\frac{\partial h}{\partial x}\right)_1 = \left(\frac{\partial h}{\partial x}\right)_2 \tag{5}$$

であるから，式（2）～（5）の関係を式（1）に適用すれば

$$\frac{\left(\frac{\partial h}{\partial y}\right)_2}{\left(\frac{\partial h}{\partial y}\right)_1} = \frac{k_1}{k_2} \tag{6}$$

が得られる。上式に差分を適用すれば，図　3－2 に照らして

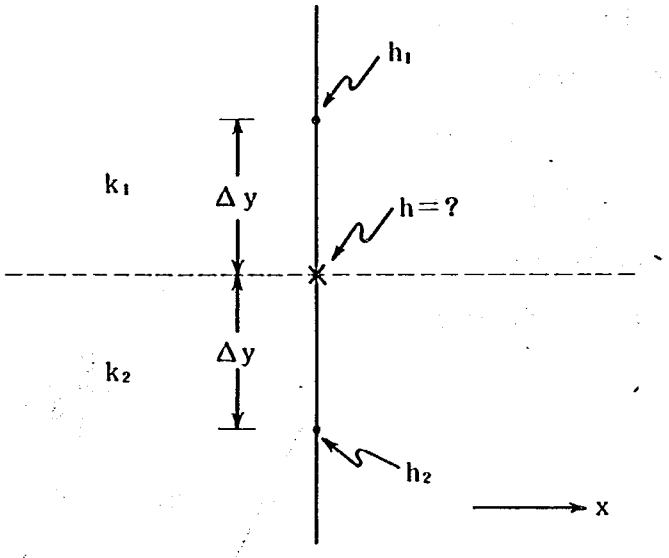


図 3－2　層界のポテンシャル

$$\frac{\frac{1}{\Delta y}(h - h_2)}{\frac{1}{\Delta y}(h_1 - h)} = \frac{k_1}{k_2}$$

すなわち

$$h = \frac{k_1 h_1 + k_2 h_2}{k_1 + k_2} \tag{7}$$

が得られる。すなわち，層界の h は，微小直上と直下の h をそれぞれの k で重みをつけて平均化すればよい。

さて，各層内では，$k = \text{const}$ とすれば，任意点でのポテンシャル

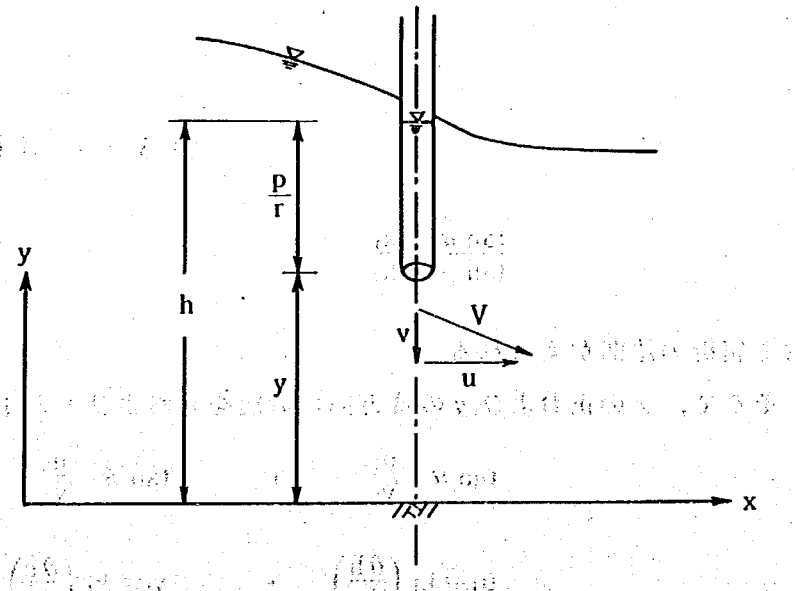


図 3－3　任意点のポテンシャル

$$h = \frac{p}{r} + y \tag{8}$$

についてLaplaceの式

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0 \tag{9}$$

が成立する。さらにこれに対応する流関数をΨとすれば，Cauchy—Riemann の条件より

$$\frac{1}{k} d\Psi = -\frac{\partial h}{\partial y} dx + \frac{\partial h}{\partial x} dy \tag{10}$$

が得られる。したがって流線は，各層ごとに

x = const にそって

$$\frac{\Psi}{k} = \int \frac{\partial h}{\partial x} dy \tag{11}$$

y = const にそって

$$\frac{\Psi}{k} = -\int \frac{\partial h}{\partial y} dx \tag{12}$$

なる積分を行ない，Ψ= const を連ねてゆけば求められる。

なお，式（9）の解析には，領域を $\Delta x = \Delta y = 1m$ の格子によって微小分割し，式（9）の差分式に緩和法を適用した。さらにこの結果を用いて式（11）～（12）の数値積分を行なった。

本章の場合における境界条件と解析結果とを図　3－4～5 に示している。

ここで，図　3－5 に示している各層の流線は，式（11）～（12）をまとめて各層ごとにあらわし，

$$\left.\begin{aligned} \frac{\Psi_1}{k_3} &= \frac{k_1}{k_3}\int \frac{\partial h}{\partial x} dy, \text{ or, } -\frac{k_1}{k_3}\int \frac{\partial h}{\partial y} dx \\ \frac{\Psi_2}{k_3} &= \frac{k_2}{k_3}\int \frac{\partial h}{\partial x} dy, \text{ or, } -\frac{k_2}{k_3}\int \frac{\partial h}{\partial y} dx \\ \frac{\Psi_3}{k_3} &= \int \frac{\partial h}{\partial x} dy, \text{ or, } -\int \frac{\partial h}{\partial y} dx \end{aligned}\right\} \tag{13}$$

によって算定したものである。なお，浸透量もこの結果より求められる。

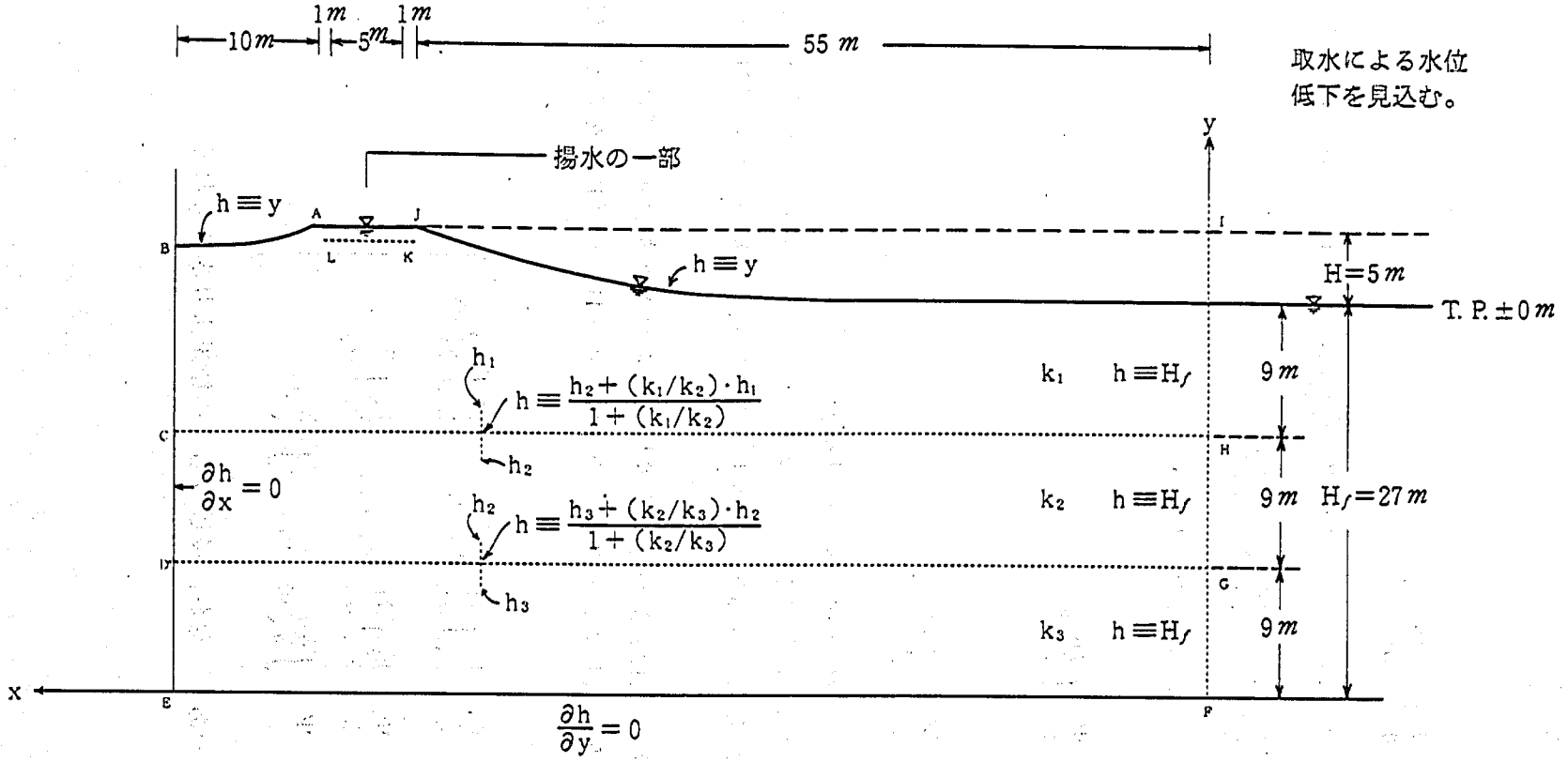


図 3－4　遮水壁を不浸透性とみなした場合（境界条件）

$H+H_f = 32.0\,m$, $H_f = 27.0\,m$, $h_E = 29.032\,m$

$k_1/k_2 = 1/10$, $k_3/k_2 = 1/10$, $q_{IH}/k_3 = 0.330\,m$

$q_{HC}/k_3 = 3.30\,m$, $q_{GF}/k_3 = 0.332\,m$, $q_{IF}/k_3 \fallingdotseq 3.96\,m$

$k_3 = 1.0\times10^{-4}\,cm/sec = 1.0\times10^{-6}\,m/sec$ とすれば

$q_{IF} = 3.96\times10^{-6}\,m^2/sec \fallingdotseq 0.342\,m^2/day$

水路延長 $B = 60\,m$ とすれば $Q = q\cdot B$ より

$Q \fallingdotseq 20.52\,m^2/day$

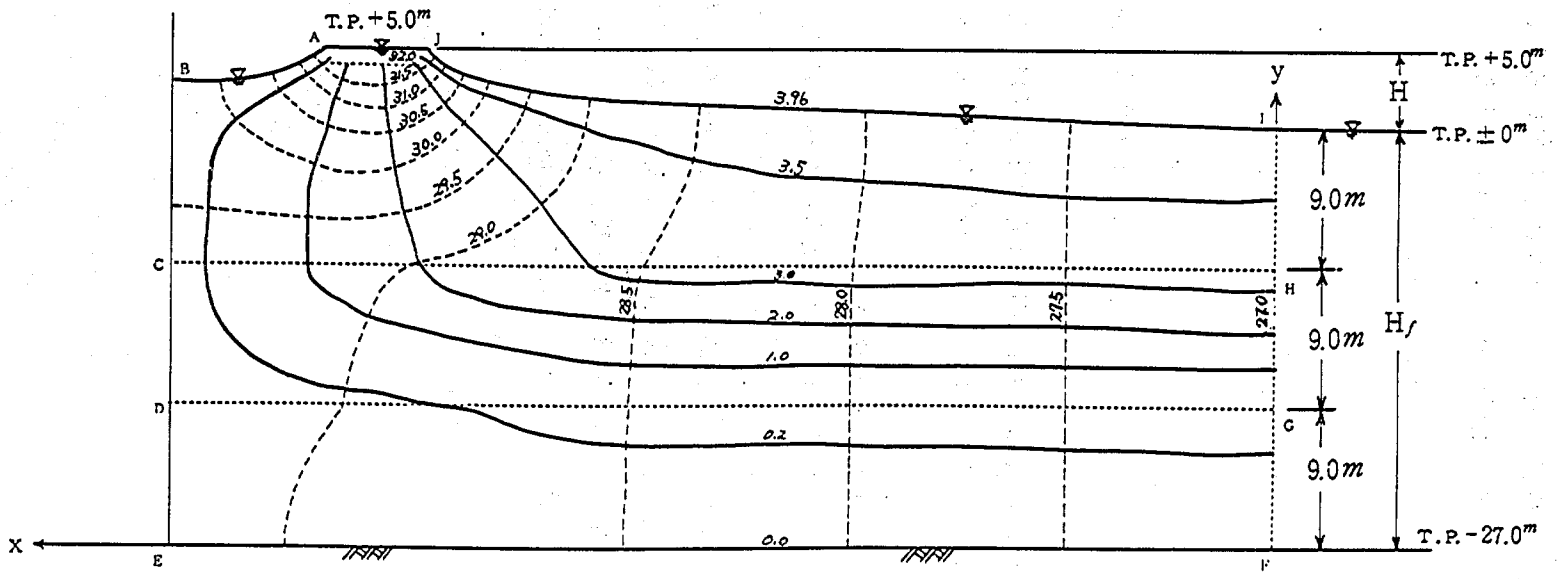


図 3－5 遮水壁を不浸透性とみなした場合（解析結果）

（2）　注入水の海側への浸透水を循環活用する場合

1）遮水壁を難透水性とみなした場合

この場合の境界条件は，図　3－6に示しているとおりである。なお，海水位はconstとみなしているから，淡塩境界面のhは，式（8）より

$$k=(1+\varepsilon)H_s-\varepsilon y \tag{14}$$

ここで

$$\varepsilon=\frac{\gamma_s-\gamma_f}{\gamma_f} \tag{15}$$

γ_s ：海水の単位重量

γ_f ：淡水の単位重量

がえられる。

図　3－7は，淡塩境界面の密度流的特性式（14）を近似の折線境界で検討した試行過程の一例であり，図　3－8は，その最終的な結果である。

2）遮水壁の効果を無視した場合

海水の堤内地盤への侵入防止と地下淡水の海への流出防止を意図して，設けられた遮水壁は相当な効果をもっていることは言うまでもないことであるが，ここでは遮水壁の効果を無視した水理解析を行なってみて，改めて遮水壁の有効性を再認識したい。

図　3－6の状態において遮水壁部分を周辺地盤と同じ透水係数をもつ地層として取り扱った場合の解析結果の一例を図3－9～10に示している。なお，解析過程には図　3－7と同様な数回の試行が含まれるが，ここでは最終試行の密度流的特性と流線網図ならびに主要水理諸量をあげている。

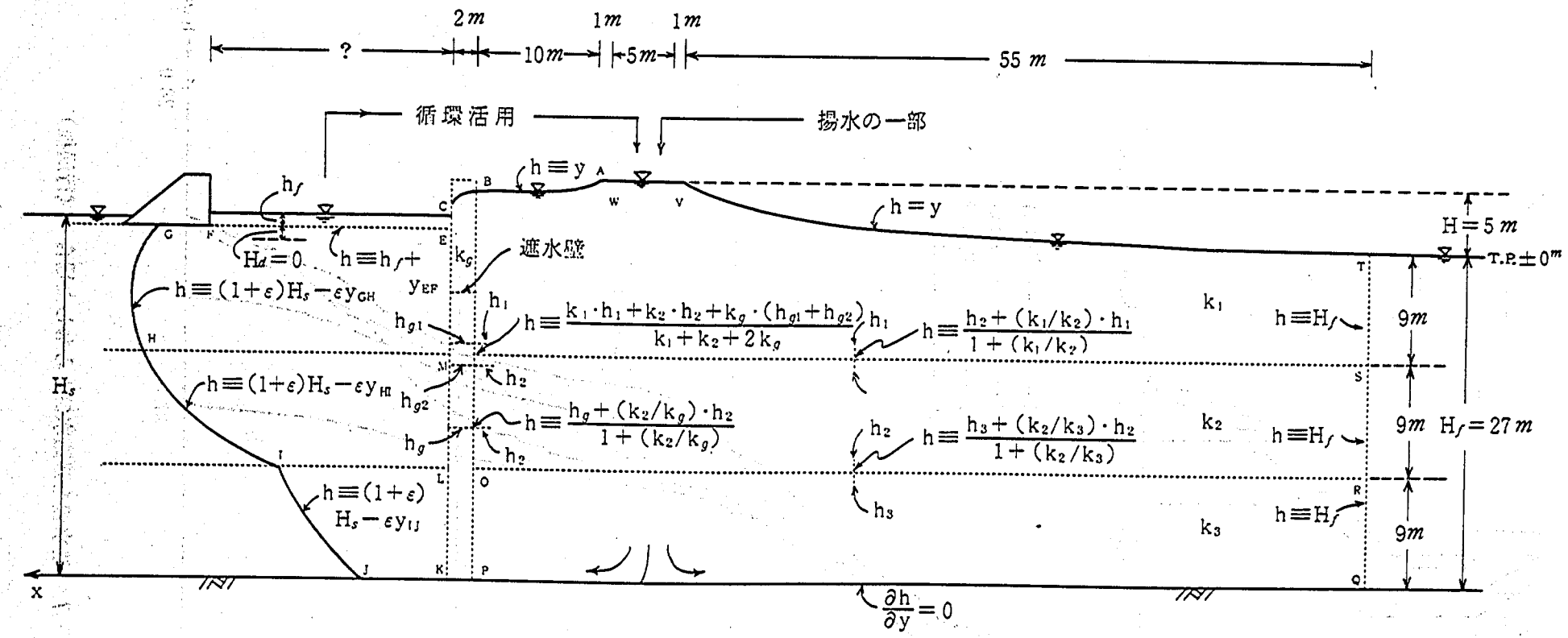


図　3－6　注入水の海側への浸透水を循環活用する場合（境界条件）

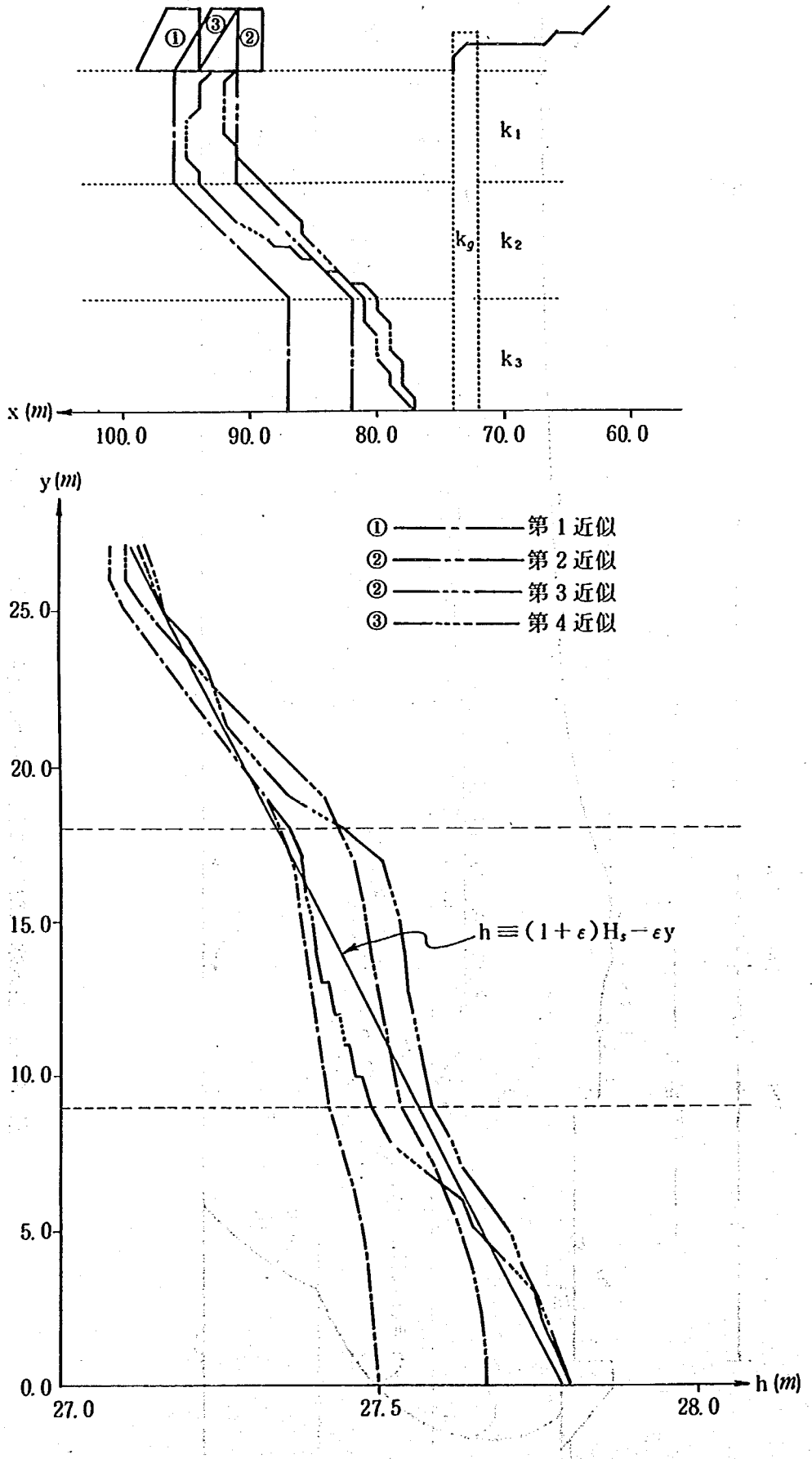


図 3－7　遮水壁を難透水性とみなした場合（試行過程）

$H+H_f=32.0\,m$，$h_f+y_{EF}=27.0\,m$，$H_f=27.0\,m$，$H_s=27.1122\,m$

$k_1/k_2=1/10$，$k_3/k_2=1/10$，$k_g/k_3=1/10$，$q_{TS}/k_3=0.259\,m$

$q_{SR}/k_3=2.583\,m$，$q_{RQ}/k_3=0.258\,m$，$q_{TQ}/k_3=3.10\,m$，$q_{EF}/k_3=1.17\,m$

$\Sigma q/k_3 \fallingdotseq 4.27\,m$，$k_3=1.0\times10^{-4}\,cm/sec=1.0\times10^{-6}\,m/sec$ とすれば

$q_{TQ}=3.10\times10^{-6}\,m^2/sec \fallingdotseq 0.268\,m^2/day$，$q_{EF}=1.17\times10^{-6}\,m^2/sec \fallingdotseq 0.101\,m^2/day$

$\Sigma q=4.27\times10^{-6}\,m^2/sec \fallingdotseq 0.369\,m^2/day$，水路延長 $B=60\,m$ とすれば $Q=q\cdot B$ より

$Q_{TQ} \fallingdotseq 16.08\,m^2/day$，$Q_{EF} \fallingdotseq 6.06\,m^2/day$，$\Sigma Q=22.14\,m^2/day$

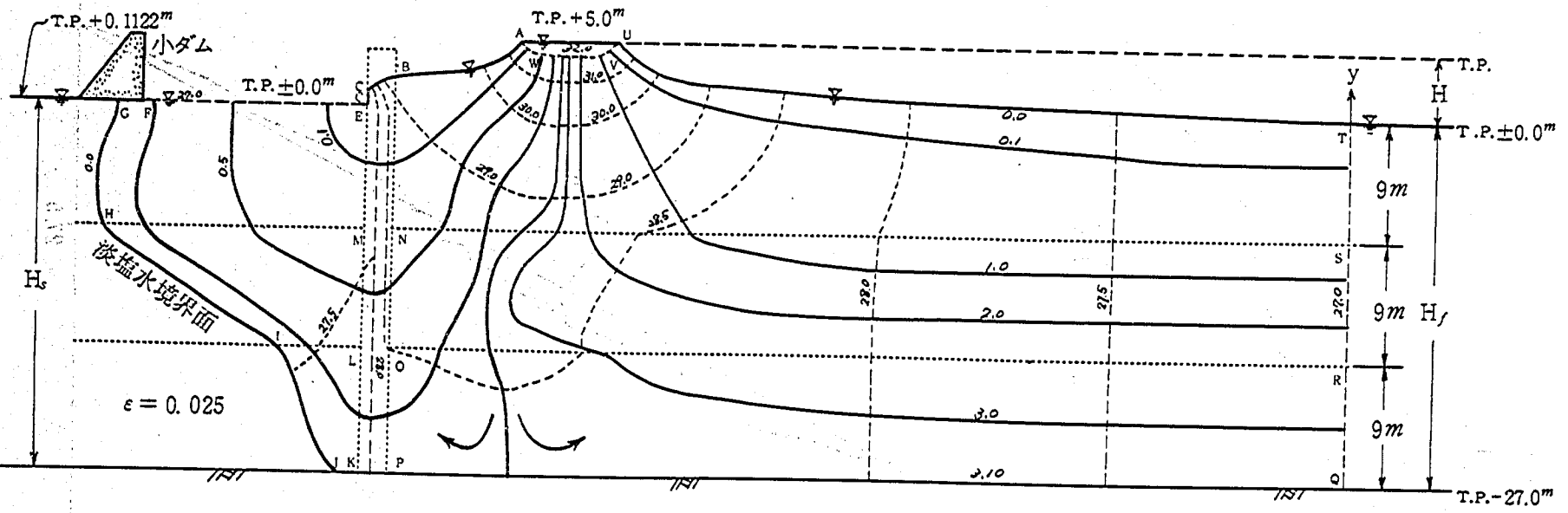


図 3－8　遮水壁を難透水性とみなした場合（解析結果）

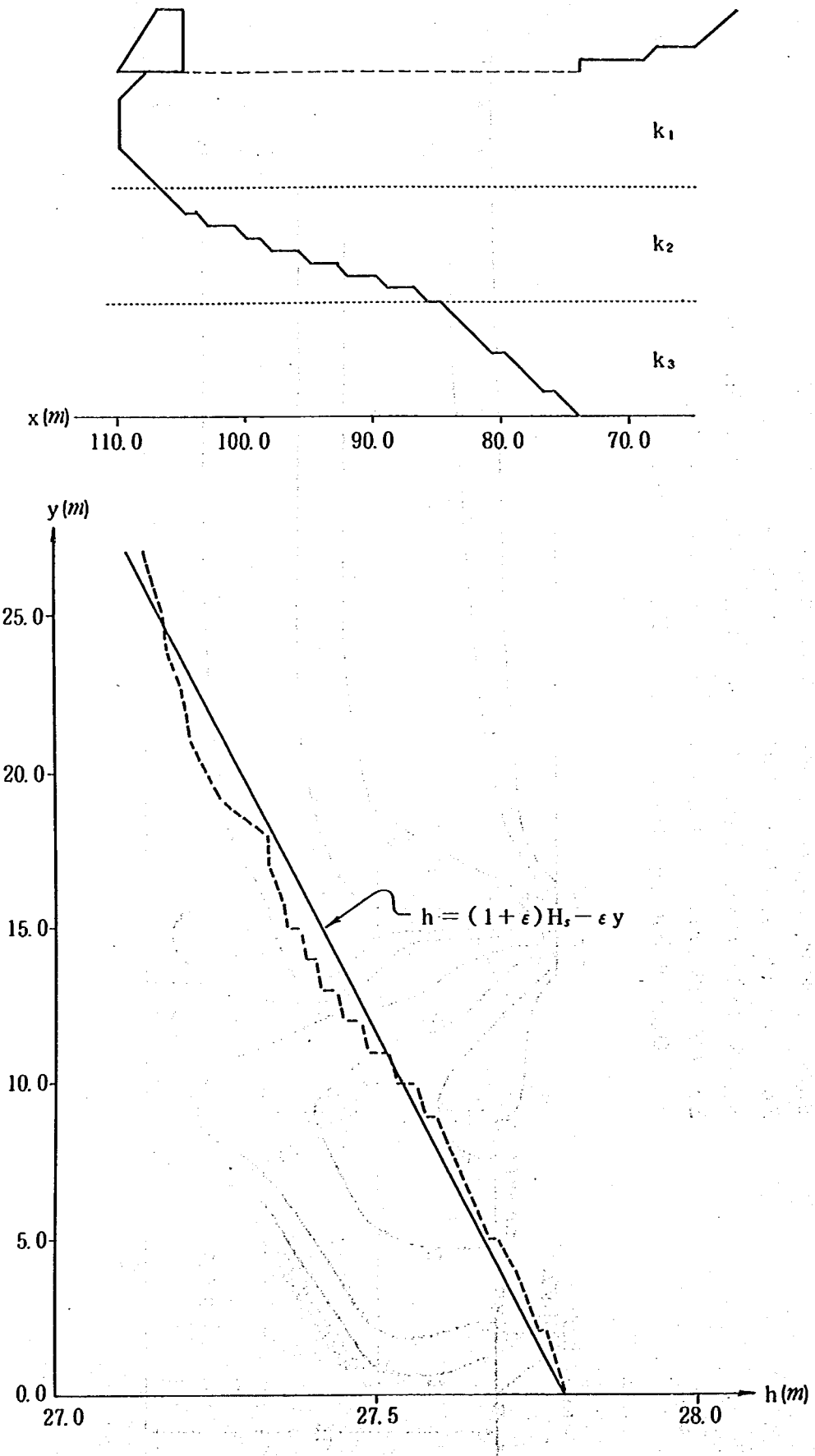


図　3－9　遮水壁の効果を無視した場合（最終試行）

$H+H_f=32.0\,m$, $h_f+y_{EF}=27.0\,m$, $H_f=27.0\,m$, $H_s=27.1122\,m$

$k_1/k_2=1/10$, $k_3/k_2=1/10$, $q_{TS}/k_3=0.178\,m$, $q_{SR}/k_3=1.774\,m$

$q_{RQ}/k_3=0.177\,m$, $q_{TQ}/k_3\fallingdotseq 2.13\,m$, $q_{EF}/k_3\fallingdotseq 2.14\,m$

$\Sigma q/k_3=4.27\,m$, $k_3=1.0\times10^{-4}\,cm/sec=1.0\times10^{-6}\,m/sec$ とすれば

$q_{TQ}=2.13\times10^{-6}\,m^2/sec\fallingdotseq 0.184\,m^2/day$, $q_{EF}=2.14\times10^{-6}\,m^2/sec\fallingdotseq 0.185\,m^2/day$

$\Sigma q=4.27\times10^{-6}\,m^2/sec\fallingdotseq 0.369\,m^2/day$ 水路延長 $B=60\,m$ とすれば

$Q=q\cdot B$ より　$Q_{TQ}\fallingdotseq 11.04\,m^2/day$, $Q_{EF}\fallingdotseq 11.10\,m^2/day$, $\Sigma Q=22.14\,m^2/day$

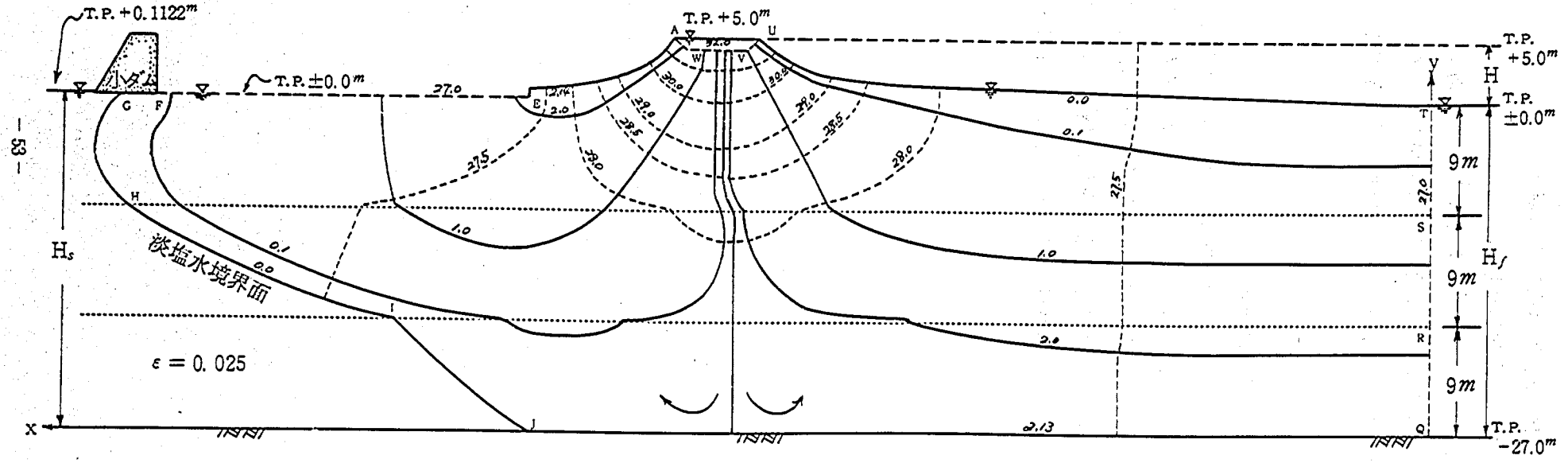


図 3－10　遮水壁の効果を無視した場合（解析結果）

（3）　注入水の海側への浸透水を捨てる場合

1）遮水壁を難透水性とみなした場合

この場合の境界条件を図　3－11 に示している。海側への浸透水量が地盤特性や水位状態によって比較的少なければ，この状態が最も実用的であろう。

図　3－12～13 に最終試行の密度流的特性と流線網図ならびに主要水理諸量についての解析例をあげている。

2）遮水壁の効果を無視した場合

海水の堤内地盤への侵入防止と地下淡水の海への流出防止を意図して設けられた遮水壁は相当な効果をもっていることは言うまでもないことであるが，ここでは遮水壁の効果を無視した水理解析を行なってみて，改めて遮水壁の有効性を再認識したい。

図　3－11 の状態において遮水壁部分を周辺地盤と同じ透水係数をもつ地層として取り扱った場合の最終試行の密度流的特性と流線網図ならび主要水理諸量図　3－14～15 に例示している。

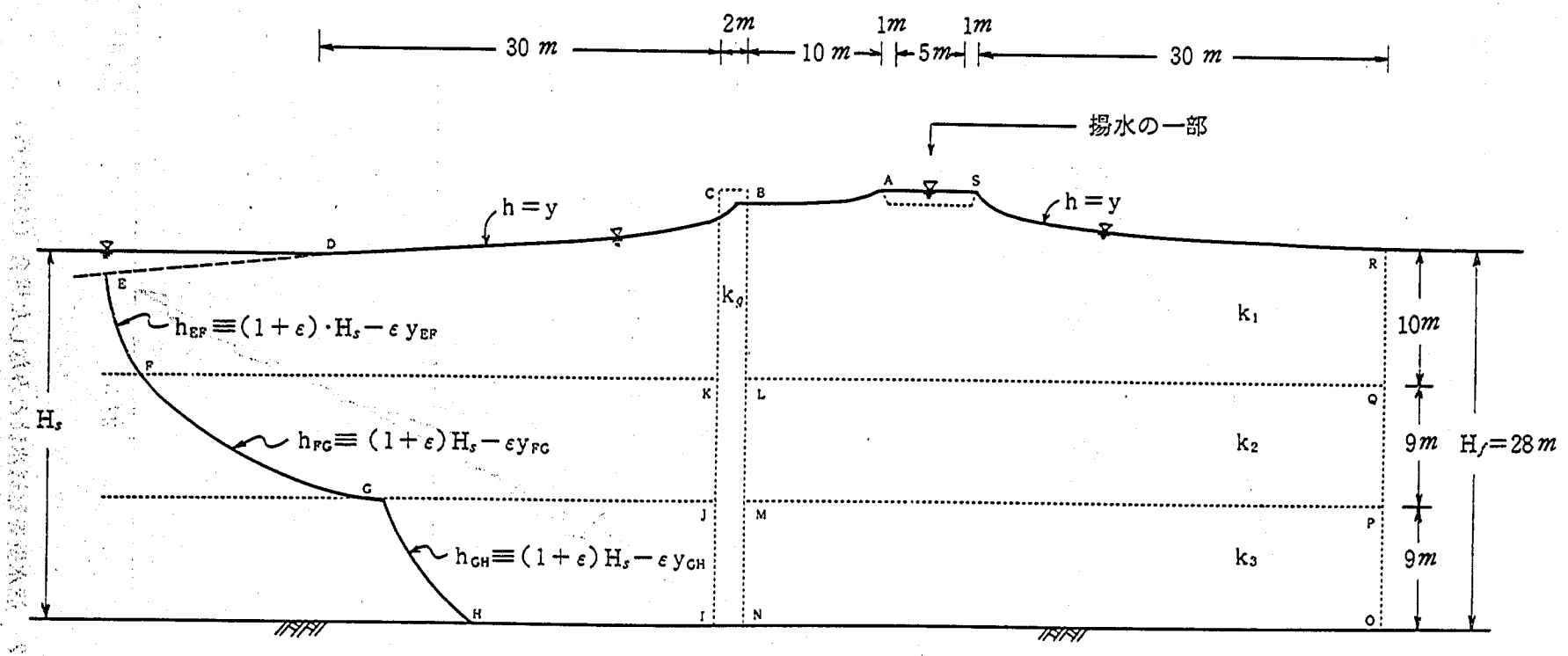


図 3－11　注入水の海側への浸透水を捨てる場合（境界条件）

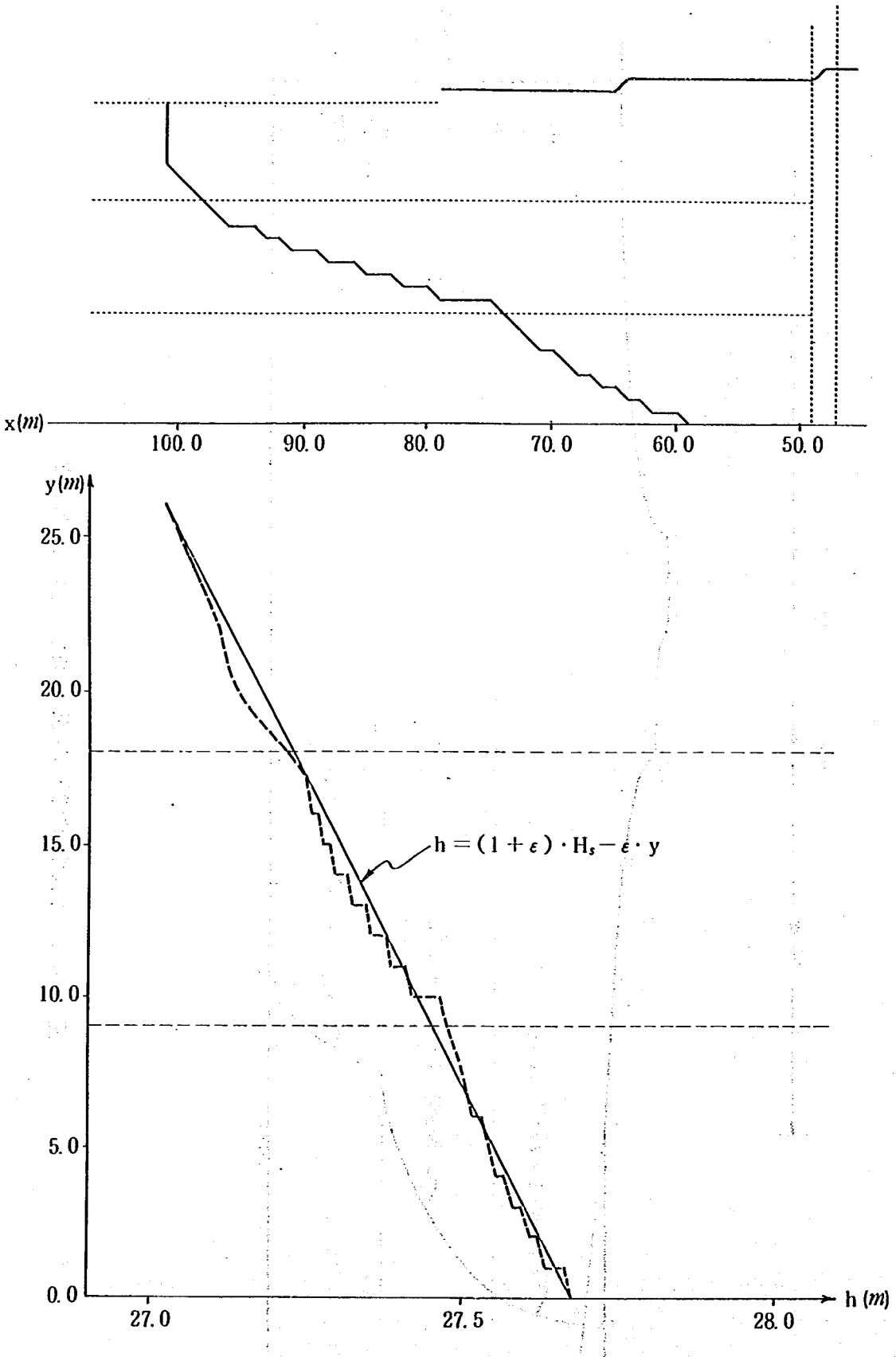


図 3 － 12　遮水壁を難透水性とみなした場合（最終試行）

$H+H_f=32.0\,m$, $H_f=28.0\,m$, $H_s=27.0\,m$, $h_{DE}=27.025\,m$

$k_1/k_2=1/10$, $k_3/k_2=1/10$, $k_g/k_3=1/10$, $q_{RQ}/k_3=0.277\,m$

$q_{QP}/k_3=2.686\,m$, $q_{PO}/k_3=0.235\,m$, $q_{RO}/k_3\fallingdotseq 3.20\,m$, $q_{DE}/k_3=1.23\,m$

$\Sigma q/k_3\fallingdotseq 4.43\,m$, $k_3=1.0\times10^{-4}\,cm/sec\ /sec=1.0\times10^{-6}\,m/sec$ とすれば

$q_{RO}=3.20\times10^{-6}\,m^2/sec\fallingdotseq 0.276\,m^2/day$, $q_{DE}=1.23\times10^{-6}\,m^2/sec\fallingdotseq 0.106\,m^2/day$

$\Sigma q=4.43\times10^{-6}\,m^2/sec\fallingdotseq 0.383\,m^2/day$, 水路延長 $B=60\,m$ とすれば

$Q=q\cdot B$ より $Q_{RO}\fallingdotseq 16.56\,m^2/day$, $Q_{DE}\fallingdotseq 6.36\,m^2/day$, $\Sigma Q\fallingdotseq 22.92\,m^2/day$

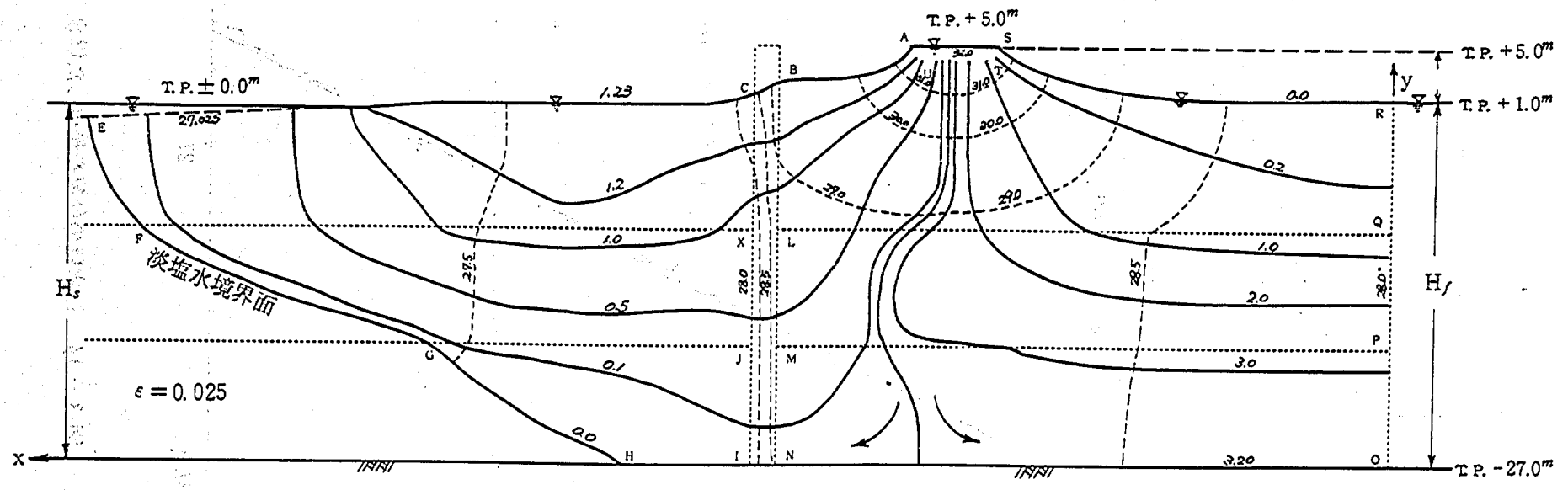


図 3－13　遮水壁を難透水性とみなした場合（解析結果）

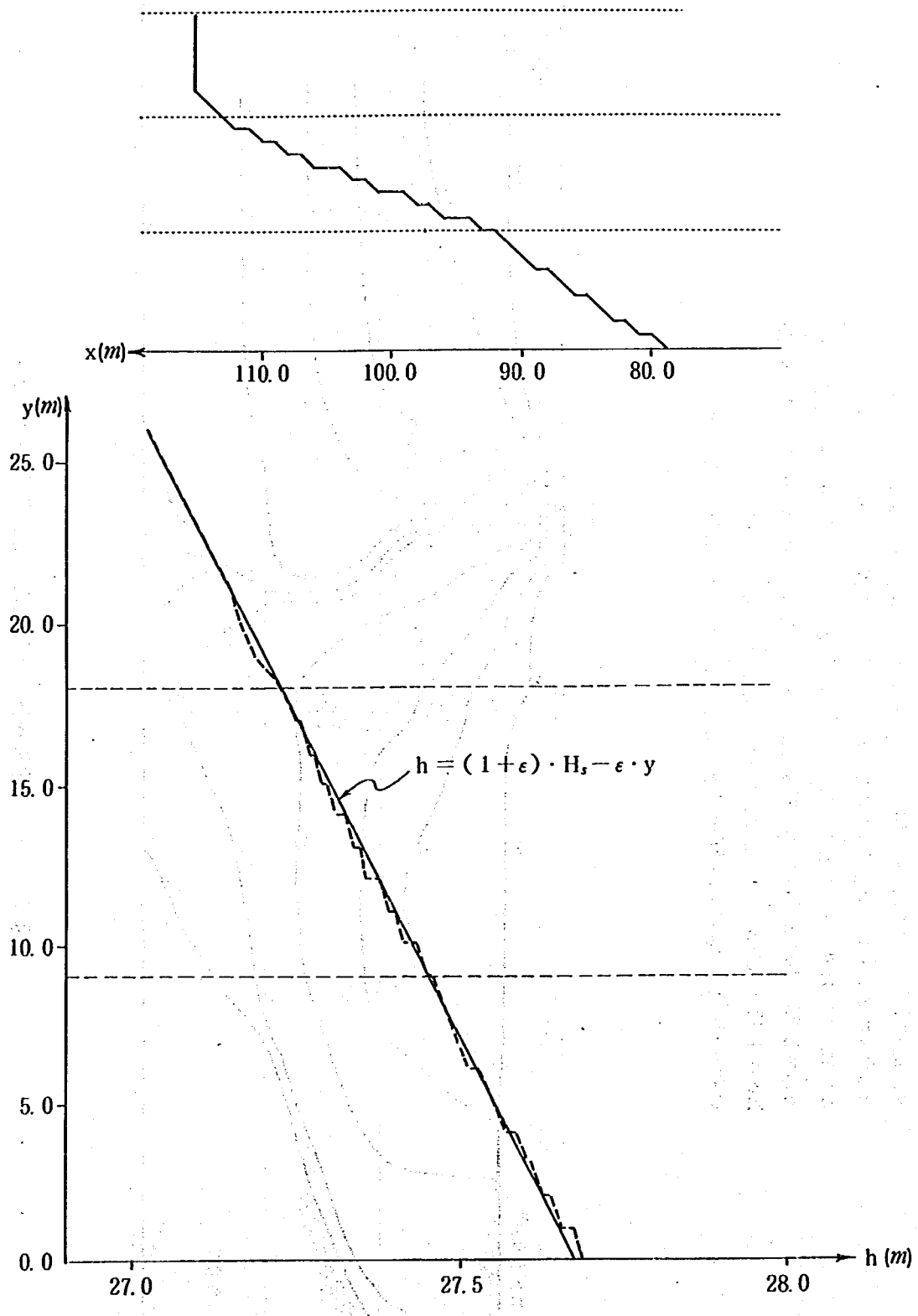


図 3 － 14　遮水壁の効果を無視した場合（最終試行）

$H+H_f=32.0\,m$, $H_f=28.0\,m$, $H_s=27.0\,m$, $h_{BC}=27.025\,m$

$k_1/k_2=1/10$, $k_3/k_2=1/10$, $q_{JI}/k_3=0.207\,m$, $q_{IH}/k_3=1.899\,m$

$q_{HC}/k_3=0.164\,m$, $q_{JC}/k_3=2.27\,m$, $q_{BC}/k_3\fallingdotseq 2.65\,m$, $\Sigma q/k_3=4.92\,m$

$k_3=1.0\times10^{-4}\,cm/sec=1.0\times10^{-6}\,m/sec$ とすれば

$q_{JC}\fallingdotseq 2.27\times10^{-6}\,m^2/sec=0.196\,m^2/day$, $q_{BC}=2.65\times10^{-6}\,m^2/sec=0.229\,m^2/day$

$\Sigma q=4.93\times10^{-6}\,m^2/sec=0.426\,m^2/$ ay, 水路延長 $B=60\,m$ とすれば $Q=q\cdot B$ より

$Q_{JC}\fallingdotseq 11.76$ /day, $Q_{BC}\fallingdotseq 13.74\,m^2/day$, $\Sigma Q=25.50\,m^2/day$

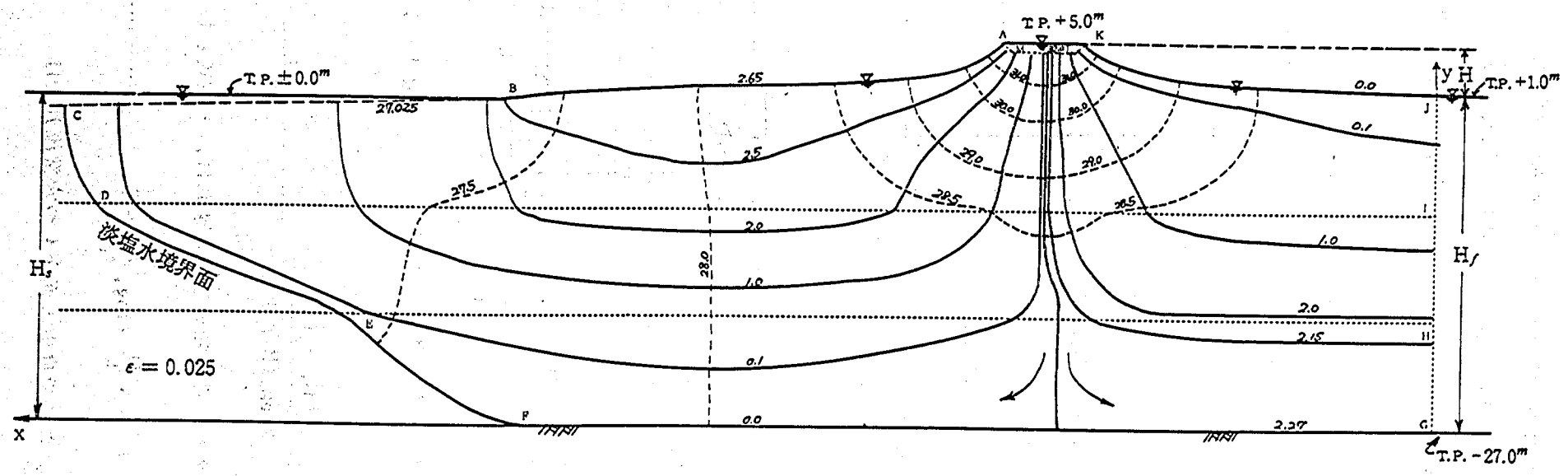


図 3－15　遮水壁の効果を無視した場合（解析結果）

4. 地下遮水壁下流側の水位操作による効率的な取水工法の検討

ここでは地下遮水壁下流側に群井戸を設け，これによって地下の海水を汲み上げ，これに伴う地下海水のポテンシャル低下を利用して海水の堤内への侵入を防止することを考える。

さて，簡単のため3個の深井戸として検討するが，所要の解析は一般的に行なうことにする。

まず，単一井戸を考えるに当り，海水は海側からのみ半円筒状に井戸に向うものと仮定すれば基礎微分方程式は

$$Q = \pi x h \cdot k \frac{dh}{dx} \qquad \cdots\cdots (\quad 1)$$

ここに

Q ：排水量

k ：透水係数

上式より

$$\frac{1}{\pi} \cdot \frac{Q}{k} \cdot \frac{dx}{x} = h dh$$

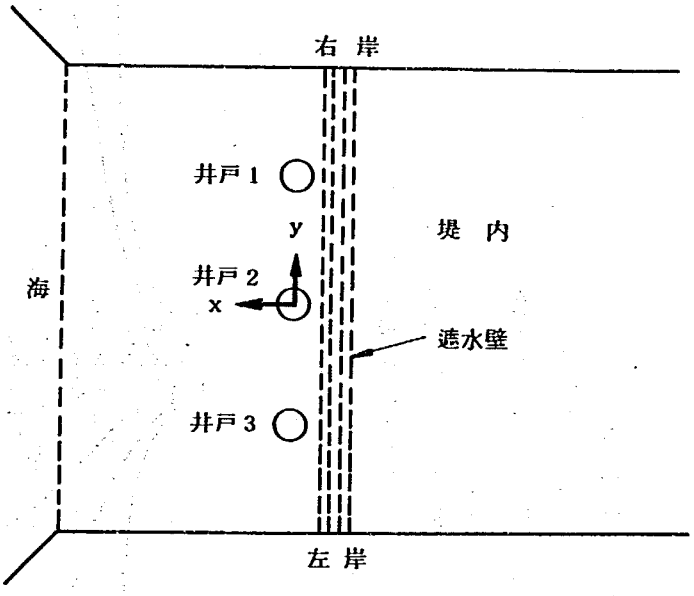
これを積分して，$x = R$ で $h = H_s$，$x = r_0$ で $h = h_0$ とおけば

$$\frac{Q}{k} = \frac{\pi (H_s^2 - h_0^2)}{2 \log_e (R/r_0)} \qquad \cdots\cdots (\quad 2)$$

がえられ，また，Cを積分定数とすれば，一般式として

$$h^2 = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{Q}{k} \cdot \log_e \frac{r}{r_0} + C \qquad \cdots\cdots (\quad 3)$$

がえられる。ここで自由水面をもつ定常流れでは



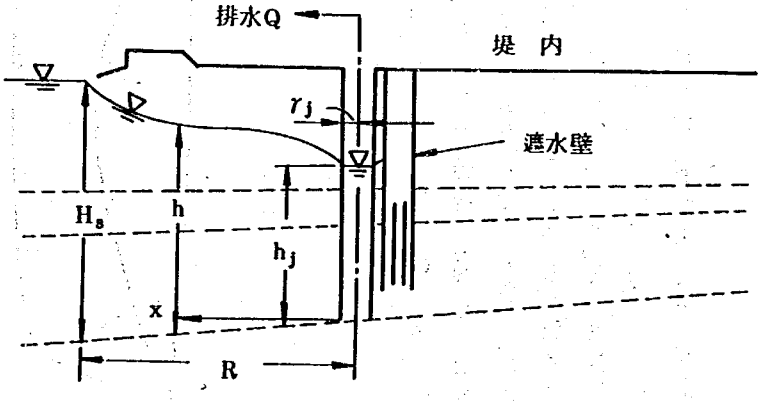


図 4－1　群井による海水排除

$$\frac{\partial^2 h^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h^2}{\partial y^2} = 0 \quad \cdots\cdots (4)$$

が成立するから，群深井戸については，h^2に関する重合の原理が適用できる。従ってn個の群井戸に関して

$$h^2 = \sum_{i=1}^{n} \frac{2}{\pi} \cdot \frac{Q_i}{k} \cdot \log_e \frac{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}}{r_i} + \text{Const} \cdots\cdots (5)$$

ここで$\sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2} = R$において$h = H_s$および$i$番目の井戸と$j$番目の井戸との距離を$r_{ij}$とおけば

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{2}{\pi} \cdot \frac{Q_i}{k} \cdot \log_e \frac{R}{r_i} - \sum_{i=1}^{n}{}' \frac{2}{\pi} \cdot \frac{Q_i}{k} \cdot \log_e \frac{r_{ij}}{r_i} = H_s^2 - h_j^2 \cdots (6)$$

がえられ，n個の井戸からのそれぞれの排水量を求めるn元連立1次方程式がえられる。ここにΣ'なる記号は$i = j$の場合には除外するsummationを表わしている。

次に，井戸の外の任意における水頭h^2は

$$h^2 = H_s^2 - \sum_{i=1}^{n} \frac{2}{\pi} \cdot \frac{Q_i}{k} \cdot \log_e \left(\frac{R}{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}} \right) \cdots\cdots (7)$$

or

$$h^2 = h_j^2 + \sum_{i=1}^{n} \frac{2}{\pi} \cdot \frac{Q_i}{k} \cdot \log_e \left(\frac{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i^2)}}{r_i} \right)$$

$$- \sum_{i=1}^{n'} \frac{2}{\pi} \cdot \frac{Q_i}{k} \cdot \log_e \left(\frac{r_{ij}}{r_i} \right) \quad \cdots\cdots (8)$$

より求められる。

さて，以上の解析結果を前述の3ケの井戸に適用するに当り，その対称性から

$$\left.\begin{aligned} &Q_1/k = Q_3/k, \quad r_1 = r_2 = r_3 \ (= r_0 = \text{const.}) \\ &r_{12} = r_{23} \ (= r_d = \text{const.}) \quad \therefore r_{31} = 2r_d \\ &h_1 = h_2 = h_3 \ (= h_0 = \text{const.}) \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (9)$$

おけば，各井戸からの排水量算定式として

$$\left.\begin{aligned} &\frac{2}{\pi} \cdot \log_e \left\{ \frac{(R/r_0)^2}{(2r_d/r_0)} \right\} \cdot \frac{Q_1}{k} + \frac{2}{\pi} \cdot \log_e \left\{ \frac{R}{r_d} \right\} \cdot \frac{Q_2}{k} = H_s^2 - h_0^2 \\ &\frac{2}{\pi} \cdot \log_e \left\{ \frac{R}{r_d} \right\}^2 \cdot \frac{Q_1}{k} + \frac{2}{\pi} \cdot \log_e \left\{ \frac{R}{r_0} \right\} \cdot \frac{Q_2}{k} = H_s^2 - h_0^2 \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (10)$$

なる2元連立1次方程式がえられる。なおここで

$$\Sigma\frac{Q}{k}=\frac{Q_1}{k}+\frac{Q_2}{k}+\frac{Q_3}{k}\ ;\ \left(\frac{Q_3}{k}=\frac{Q_1}{k}\right) \qquad \cdots\cdots\cdots\

表 4－1　x ＝ 0 における水頭分布と排水量の計算結果

（単位；m）

γ_d ＝15.0 m，h_0 ＝19.9 m		γ_d ＝20.0 m，h_0 ＝19.9 m		γ_d ＝25.0 m，h_0 ＝19.9 m		γ_d ＝25.0 m，h_0 ＝14.9 m		γ_d ＝25.0 m，h_0 ＝9.9 m	
y (m)	h (m)	y	h	y	h	y	h	y	h
1.0	23.505	1.0	23.845	1.0	24.150	1.0	21.786	1.0	19.930
2.0	24.464	2.0	24.898	2.0	25.281	2.0	23.454	2.0	22.060
3.0	24.988	3.0	25.481	3.0	25.911	3.0	24.364	3.0	23.199
4.0	25.326	4.0	25.871	4.0	26.339	4.0	24.975	4.0	23.956
5.0	25.556	5.0	26.153	5.0	26.655	5.0	25.421	5.0	24.509
6.0	25.711	6.0	26.365	6.0	26.900	6.0	25.770	6.0	24.933
7.0	25.806	7.0	26.524	7.0	27.094	7.0	26.042	7.0	25.266
8.0	25.845	8.0	26.642	8.0	27.249	8.0	26.259	8.0	25.531
9.0	25.830	9.0	26.723	9.0	27.372	9.0	26.431	9.0	25.740
10.0	25.752	10.0	26.772	10.0	27.473	10.0	26.565	10.0	25.903
11.0	25.595	11.0	26.788	11.0	27.540	11.0	26.666	11.0	26.025
12.0	25.324	12.0	26.772	12.0	27.589	12.0	26.735	12.0	26.109
13.0	24.851	13.0	26.718	13.0	27.617	13.0	26.774	13.0	26.156
14.0	23.888	14.0	26.621	14.0◎	27.624	14.0◎	26.783	14.0◎	26.167
15.0	19.900	15.0	26.469	15.0	27.607	15.0	26.760	15.0	26.139
16.0	24.186	16.0	26.242	16.0	27.566	16.0	26.703	16.0	26.073
17.0	25.424	17.0	25.898	17.0	27.498	17.0	26.607	17.0	25.954
18.0	26.168	18.0	25.344	18.0	27.396	18.0	26.465	18.0	25.782
19.0	26.712	19.0	24.264	19.0	27.253	19.0	26.266	19.0	25.538
20.0	27.147	20.0	19.900	20.0	27.056	20.0	25.989	20.0	25.201
21.0	27.512	21.0	24.507	21.0	26.782	21.0	25.604	21.0	24.729
22.0	27.829	22.0	25.807	22.0	26.388	22.0	25.045	22.0	24.042
23.0	28.109	23.0	26.578	23.0	25.771	23.0	24.163	23.0	22.948
24.0	28.362	24.0	27.136	24.0	24.598	24.0	22.452	24.0	20.788
25.0	28.592	25.0	27.580	25.0	19.900	25.0	14.900	25.0	9.900
26.0	28.804	26.0	27.951	26.0	24.805	26.0	22.757	26.0	21.778
27.0	29.000	27.0	28.271	27.0	26.166	27.0	24.729	27.0	23.651
28.0	29.183	28.0	28.553	28.0	26.965	28.0	25.861	28.0	25.045
29.0	29.355	29.0	28.808	29.0	27.540	29.0	26.667	29.0	26.026
30.0	29.517	30.0	29.039	30.0◎	27.995	30.0◎	27.298	30.0◎	26.790
$Q_1/k = Q_3/k$ $= 124.147\,m^2$ $Q_2/k = 106.973\,m^2$ $\Sigma\frac{Q}{k} = 355.267\,m^2$		$Q_1/k = Q_3/k$ $= 135.608\,m^2$ $Q_2/k = 117.867\,m^2$ $\Sigma\frac{Q}{k} = 389.083\,m^2$		$Q_1/k = Q_3/k$ $= 146.151\,m^2$ $Q_2/k = 127.804\,m^2$ $\Sigma\frac{Q}{k} = 420.106\,m^2$		$Q_1/k = Q_3/k$ $= 197.216\,m^2$ $Q_2/k = 172.458\,m^2$ $\Sigma\frac{Q}{k} = 566.890\,m^2$		$Q_1/k = Q_3/k$ $= 233.607\,m^2$ $Q_2/k = 204.280\,m^2$ $\Sigma\frac{Q}{k} = 671.494\,m^2$	

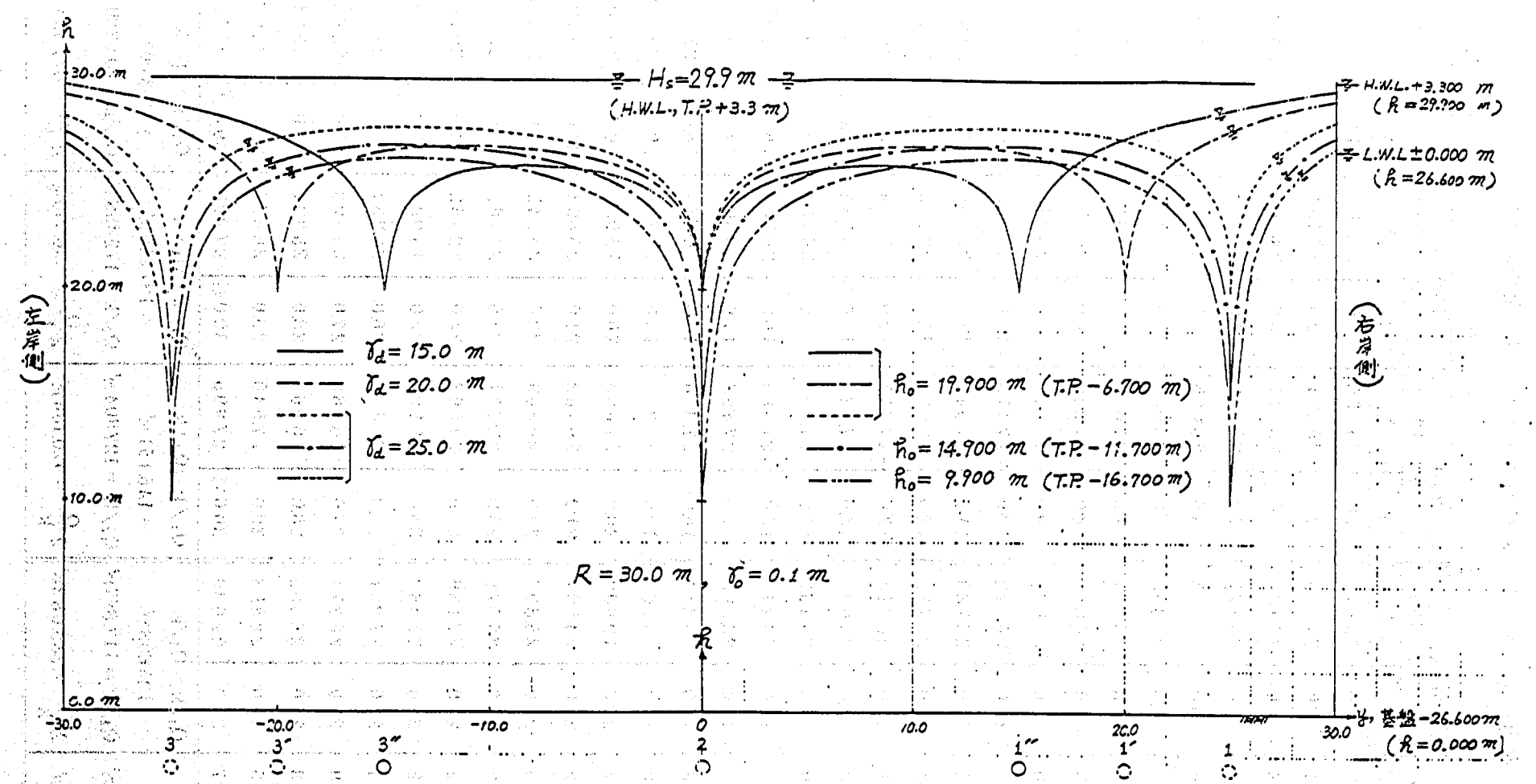


図 4－2　3個の深井戸排水による遮水壁近傍（ x = 0 ）における水頭分布図

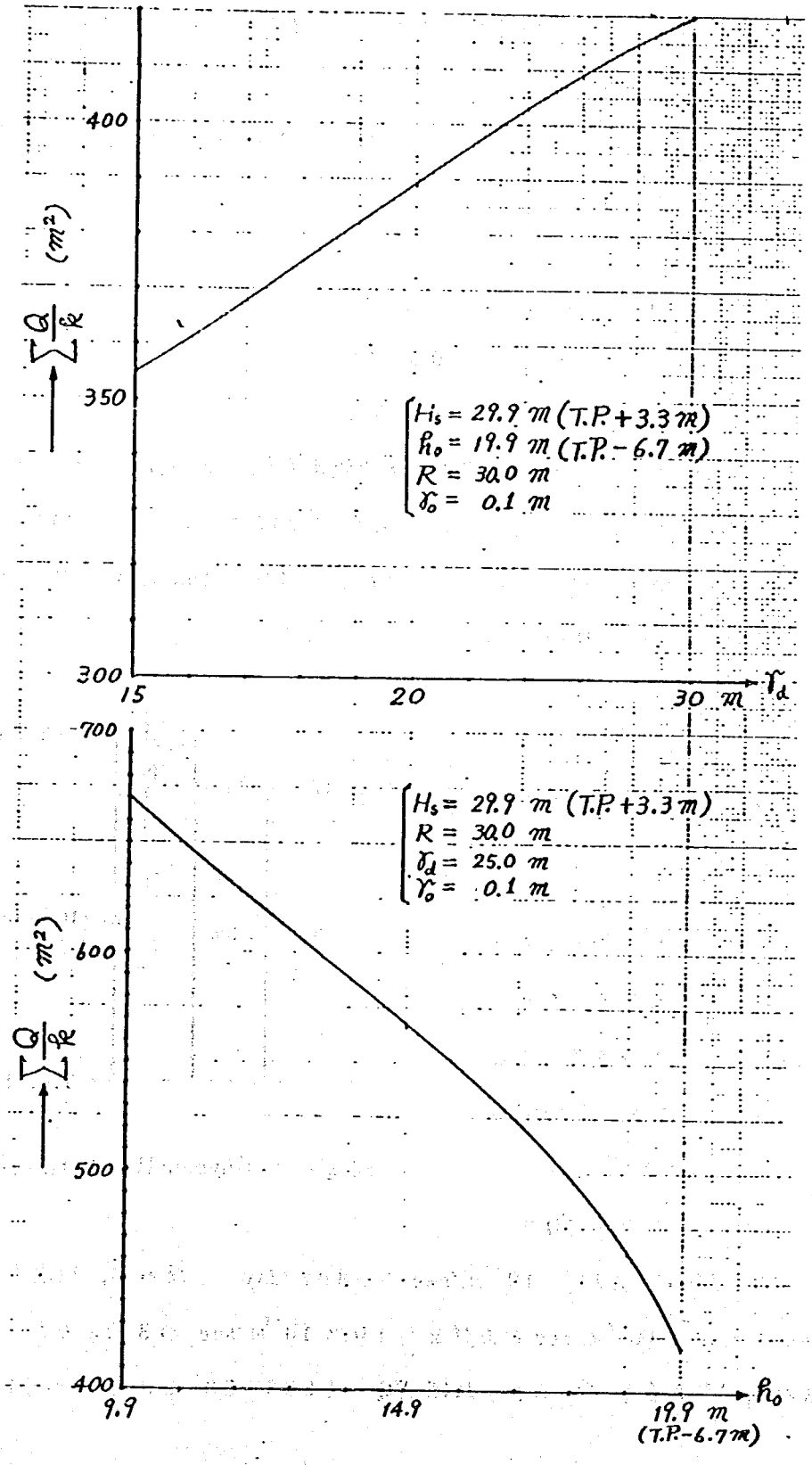


図 4－3　3個の深井戸による総排水量

これによると，3個の井戸によって海水を排水するとき，それらの平面的な位置は，左右両岸の水頭低下量と各井戸の中間の水頭低下量とがほぼ一致した状態を生じるところが好ましいと判断されることから，中央部付近とその左右ほぼ25m程度のところが妥当であると考えられる。

そこでいま，H.W.L. $H_s = 29.900m$ と遮水壁近傍における水頭差をみるとき，$h_0 = 9.900m$ の場合を例に採れば

左右両岸で

$$H_s - h_p = 29.900 - 26.790 = 3.110\,m$$

井戸間の水頭のピーク位置（$y = \pm 14.0m$）で

$$H_s - h_p = 29.900 - 26.167 = 3.733\,m$$

となり，これは遮水壁上流側にT.P.＋5.0mまで淡水を張った場合の淡水のポテンシャルがD点（図　1 参照）において，仮りに $h_D = 27.918\,m$（T.P.＋1.318m）に落ちたとしても，海水および淡水の単位重量をそれぞれ $\gamma_s = 1.025\ ton/m^3$ および $\gamma_f = 1.000\ ton/m^3$ とすれば，Ghyben-Herzbergの法則により

$$h_f = \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_s - \gamma_f}\right) \cdot \Delta h$$

$$= 41.0 \times (27.918 - 26.790)$$

$$= 46.248\,m$$

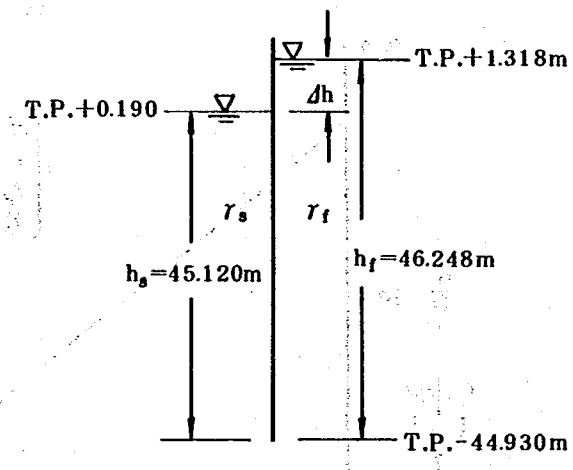


図 4－4　Ghyben-Herzbergの法則

だけ淡水にまだ海水をおし下げうるポテンシャルが残っていることになり，海水排水井戸および淡水を張ることの有効なことがわかる。なお，この時の海水排水量は $k = 1.0 \times 10^{-3}\,cm/sec = 1.0 \times 10^{-5}\,m/sec$ とみるとき $\Sigma Q = 671.494 \times 10^{-5}\,m^3/sec = 6.71 \times 10^{-8}\,m^3/sec \fallingdotseq 580\,m^3/day$ となるが，地層が $k = 1.0 \times 10^{-5}\,m/sec$，$k = 1.0 \times 10^{-6}\,m/sec$ および $k = 1.0 \times 10^{-7}\,m/sec$ の3層よりなり，これらが流れの領域の$\frac{1}{3}$づつ存在しているとすれば $\Sigma Q = (580 + 58 + 5.8)/3 = 214.6\,m^3/day$ となる。

ここでは，地下遮水壁下流側に群井戸を設け，これにより地下海水を汲み上げ排水することによって，地下海水のポテンシャルを下げ，これによって地下海水の堤内への侵入を防止する機構を提案し近似的な解析を行ない，その結果を用いて井戸3個の場合の水理諸量を検討した。これによると遮水壁近傍の海水のポテンシャルのピーク値がかなり下がり，堤内で取水を行なっても，遮水壁近傍上流側の淡水位をあまり下げなければ，海水は侵入せず，安全な取水ができることがわかった。なお，この場合の井戸の位置は遮水壁よりちょっと下流断面の中央部近傍と左右両岸よりそれぞれ5 m付近のところが水頭分布の上からみて妥当なことがわかった。またこの場合の総排水量は井戸の水位によって変るが，ここで取り扱った例では $h_0 = 9.9$ m のとき，ほぼ，214.6 m³/day 程度であると推定される。

5. 群井戸による効率的な取水工法の検討

ここでは堤内に何個かの深井戸を設け，淡水の取水を行なう場合について水理学的な検討を行なうが，まずその前提として，淡水は井戸の周りから円筒状に井戸に向うものと仮定する。

(1) 単一井戸による取水

上述の仮定によるとき，基礎微分方程式は

$$Q = 2\pi x h \cdot k \frac{dh}{dx} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots(\quad 1)$$

ここに

Q：取 水 量

k：透水係数

h：基盤よりの任意点の水頭

である。そこで4に述べたと同様な境界条件を適用すれば，

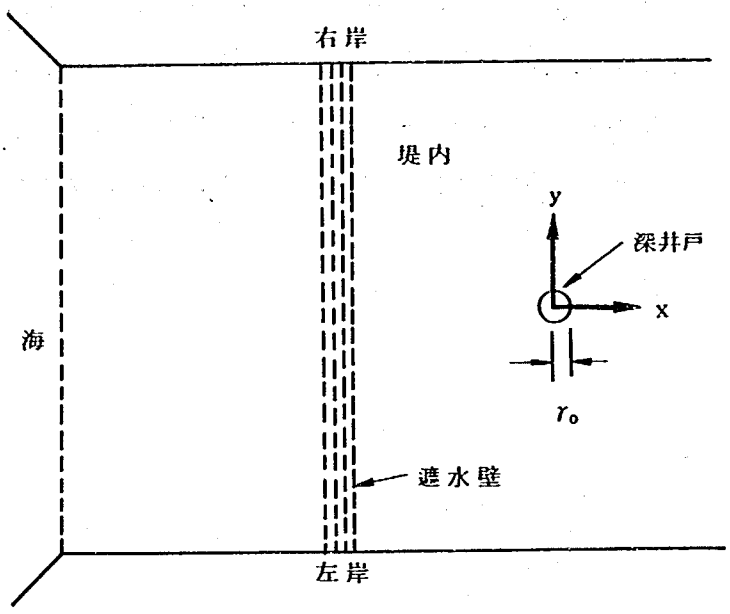


図 5－1　淡水の取水機構

$$\frac{Q}{k} = \frac{\pi (H^2 - h_0^2)}{\log_e (R/r_0)} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots(\quad 2)$$

また，

$$h^2 = h_0^2 + \frac{1}{\pi} \cdot \frac{Q}{k} \cdot \log_e \left(\frac{r}{r_0}\right) \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots(\quad 3)$$

$$\left(r = \sqrt{x^2 + y^2} \right)$$

がえられる。

(2) 群井戸による取水

まず，一般的なn個の井戸からの取水量算定式は

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{\pi} \cdot \log_e \left(\frac{R}{r_i}\right) \cdot \frac{Q_i}{k} - \sum_{i=1}^{n'} \frac{1}{\pi} \cdot \log_e \left(\frac{r_{ij}}{r_i}\right) \cdot \frac{Q_i}{k}$$

$$= H^2 - h_j^2 \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots(\quad 4)$$

なるn元連立1次方程式であり，また，任意点における水頭は

$$h^2 = h_j^2 + \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{\pi} \cdot \frac{Q_i}{k} \cdot \log_e \left(\frac{\sqrt{(x-x_i)^2+(y-y_i)^2}}{r_i} \right)$$

$$- \sum_{i=1}^{n}{}' \frac{1}{\pi} \cdot \frac{Q_i}{k} \cdot \log_e \left(\frac{r_{ij}}{r_i} \right) \quad \cdots\cdots\cdots\

$$\left.\begin{aligned} &\frac{1}{\pi}\cdot\log_e\left\{\frac{R}{r_d}\right\}^2\cdot\frac{Q_1}{k}+\frac{1}{\pi}\cdot\log_e\left\{\frac{R}{r_0}\right\}\cdot\frac{Q_2}{k}=H^2-h_0^2 \\ &\Sigma\frac{Q}{k}=2\cdot\frac{Q_1}{k}+\frac{Q_2}{k} \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots(\ 10)$$

また，

$$h^2=h_0^2+\frac{1}{\pi}\cdot\frac{Q_1}{k}\cdot\log_e\left(\frac{\sqrt{(x-x_1)^2+(y-y_1)^2}}{r_d}\cdot\frac{\sqrt{(x-x_3)^2+(y-y_3)^2}}{r_d}\right)$$

$$+\frac{1}{\pi}\cdot\frac{Q_2}{k}\cdot\log_e\left(\frac{\sqrt{(x-x_2)^2+(y-y_2)^2}}{r_0}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(\ 11)$$

がえられる。

3) 井戸4個による場合

ここでは

$$\left.\begin{aligned} &\frac{Q_1}{k}=\frac{Q_4}{k},\ \frac{Q_2}{k}=\frac{Q_3}{k} \\ &r_1=r_2=r_3=r_4\ (=r_0), \\ &r_{12}=r_{23}=r_{34}\ (=r_d) \\ &h_1=h_2=h_3=h_4\ (=h_0) \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots\cdots(\ 12)$$

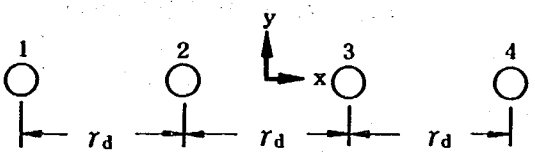


図 5－4　井戸4個

とおくとき，

$$\left.\begin{aligned} &\frac{1}{\pi}\cdot\log_e\left\{\frac{(R/r_0)^2}{(3r_d/r_0)}\right\}\cdot\frac{Q_1}{k}+\frac{1}{\pi}\cdot\log_e\left\{\frac{R}{r_d}\cdot\frac{R}{2r_d}\right\}\cdot\frac{Q_2}{k}=H^2-h_0^2 \\ &\frac{1}{\pi}\cdot\log_e\left\{\frac{R}{r_d}\cdot\frac{R}{2r_d}\right\}\cdot\frac{Q_1}{k}+\frac{1}{\pi}\cdot\log_e\left\{\frac{(R/r_0)^2}{(r_d/r_0)}\right\}\cdot\frac{Q_2}{k}=H^2-h_0^2 \\ &\Sigma\frac{Q}{k}=2\left(\frac{Q_1}{k}+\frac{Q_2}{k}\right) \end{aligned}\right\} \quad \cdots(\ 13)$$

また，

$$h^2=h_0^2+\frac{1}{\pi}\cdot\frac{Q_1}{k}\cdot\log_e\left(\frac{\sqrt{(x-x_1)^2+(y-y_1)^2}}{r_d}\cdot\frac{\sqrt{(x-x_4)^2+(y-y_4)^2}}{2r_d}\right)$$

$$+\frac{1}{\pi}\cdot\frac{Q_2}{k}\cdot\log_e\left(\frac{\sqrt{(x-x_2)^2+(y-y_2)^2}}{r_0}\cdot\frac{\sqrt{(x-x_3)^2+(y-y_3)^2}}{r_d}\right)$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots(\ 14)$$

がえられる。

(3) 井戸の個数による取水可能量と水頭曲線

すでに述べた解析結果にもとづき，具体的な数値計算を行なった。その境界条件は図5－5（その1）～（その2）に示している。

そこで，これらの結果を用いて，各場合の井戸中心線を通る縦断方向の水頭変化の状態，取水可能量と井戸個数との関係および井戸3個の場合の取水可能量と井戸水位との関係を知ることができる。また，これらの結果は表5－1～2にも示されている。

なお，取水可能量と言えば，これを水収支の面からも吟味しなければならないことはもとよりであるが，本報ではこの面からは検討していない。そこでこれらについては今度とも研究を進めなければならないことを付言しておく。

表 5－1　y＝0における水頭分布の計算結果　　(単位；m)

x ＼ 種類	単　一	2　個	3　個	4　個	3　個	3　個
	$h_0=21.6m$	$h_0=21.6m$	$h_0=21.6m$	$h_0=21.6m$	$h_0=16.6m$	$h_0=11.6m$
0.0	21.600	29.342	21.600	30.526	16.600	11.600
2.0	27.313		27.200		25.436	24.099
3.0	27.996			30.437		
4.0			28.313		27.036	26.053
5.0	28.835	29.134		30.269		
6.0			28.915		27.887	27.104
7.0	29.374			29.987		
8.0			29.301		28.429	27.769
9.0	29.770			29.535		
10.0		28.253	29.560		28.792	28.212
11.0	30.083			28.766		
12.0			29.729		29.028	28.499
13.0	30.341			27.037		
14.0		23.490	29.824		29.159	28.659
15.0	30.560		29.845	26.081	29.189	28.656
16.0		27.141	29.849		29.195	28.703
17.0	30.751	27.954	29.835	28.620	29.176	28.679
18.0					29.130	28.663
19.0	30.919			29.618		
20.0			29.668		28.942	28.395
21.0	31.069			30.221		
22.0			29.413		28.587	27.962
23.0				30.629		
24.0			28.963		27.955	27.187
25.0	31.330			30.913		
26.0			28.086		26.712	25.650
27.0	31.440			31.102		
28.0			25.133		22.360	20.068
29.0	31.550			31.208		
30.0	31.600	31.224	27.497	31.232	25.865	24.591
35.0		31.785	30.519	30.996	30.122	29.825
40.0	32.022	32.237	31.796		31.866	31.917
45.0			32.660	29.654	33.033	33.305
50.0	32.345	32.942	33.328	32.561	33.927	34.362
55.0					34.659	35.224
60.0	32.607	33.487	34.347	35.003	35.281	35.954

表 5－2　取水量と井戸の種類

$$\begin{bmatrix} H = 31.6\,m\ (T.P.+5\,m),\ R = 30.0\,m \\ r_d = 28.5\,m \qquad\qquad r_0 = 0.1\,m \end{bmatrix}$$

（単位；m^3）

種類 / $\frac{Q}{k}$	単一	2 個	3 個	4 個	3 個	3 個
	$h_0 = 21.6\,m$	$h_0 = 21.6\,m$	$h_0 = 21.6\,m$	$h_0 = 21.6\,m$	$h_0 = 16.6\,m$	$h_0 = 11.6\,m$
$\frac{Q_1}{k}$	293.029	290.409	327.266	400.976	444.762	531.500
$\frac{Q_2}{k}$	—	290.409	287.136	331.556	390.224	466.325
$\frac{Q_3}{k}$	—	—	327.266	331.556	444.762	531.500
$\frac{Q_4}{k}$	—	—	—	400.976	—	—
$\Sigma\frac{Q}{k}$	293.029	580.818	941.668	1465.064	1279.748	1529.325

上表の結果を用いて，井戸 3 個の場合の $h_0 = 21.6\,m$（T.P.－5 m）を例にとり総取水量を計算してみると，

$k = 1.0 \times 10^{-3}\,cm/sec = 1.0 \times 10^{-5}\,m/sec$ として

$\Sigma Q = 9.416 \times 10^{-3}\,m^3/sec = 813.601\,m^3/day$

$k = 1.0 \times 10^{-4}\,cm/sec = 1.0 \times 10^{-6}\,m/sec$ として

$\Sigma Q = 81.360\,m^3/day$

$k = 1.0 \times 10^{-5}\,cm/sec = 1.0 \times 10^{-7}\,m/sec$ として

$\Sigma Q = 8.136\,m^3/day$

ここで上記の各層が深さ方向にそれぞれ $\frac{1}{3}$ づつ分布しているものと考えれば，取水量可能量は，ほぼ

$$\Sigma Q = \frac{1}{3} \times 813.601 + \frac{1}{3} \times 81.360 + \frac{1}{3} \times 8.136 \fallingdotseq 301.032\,m^3/day$$

となる。これは所要取水量の 200 m^3／day を満たしている。

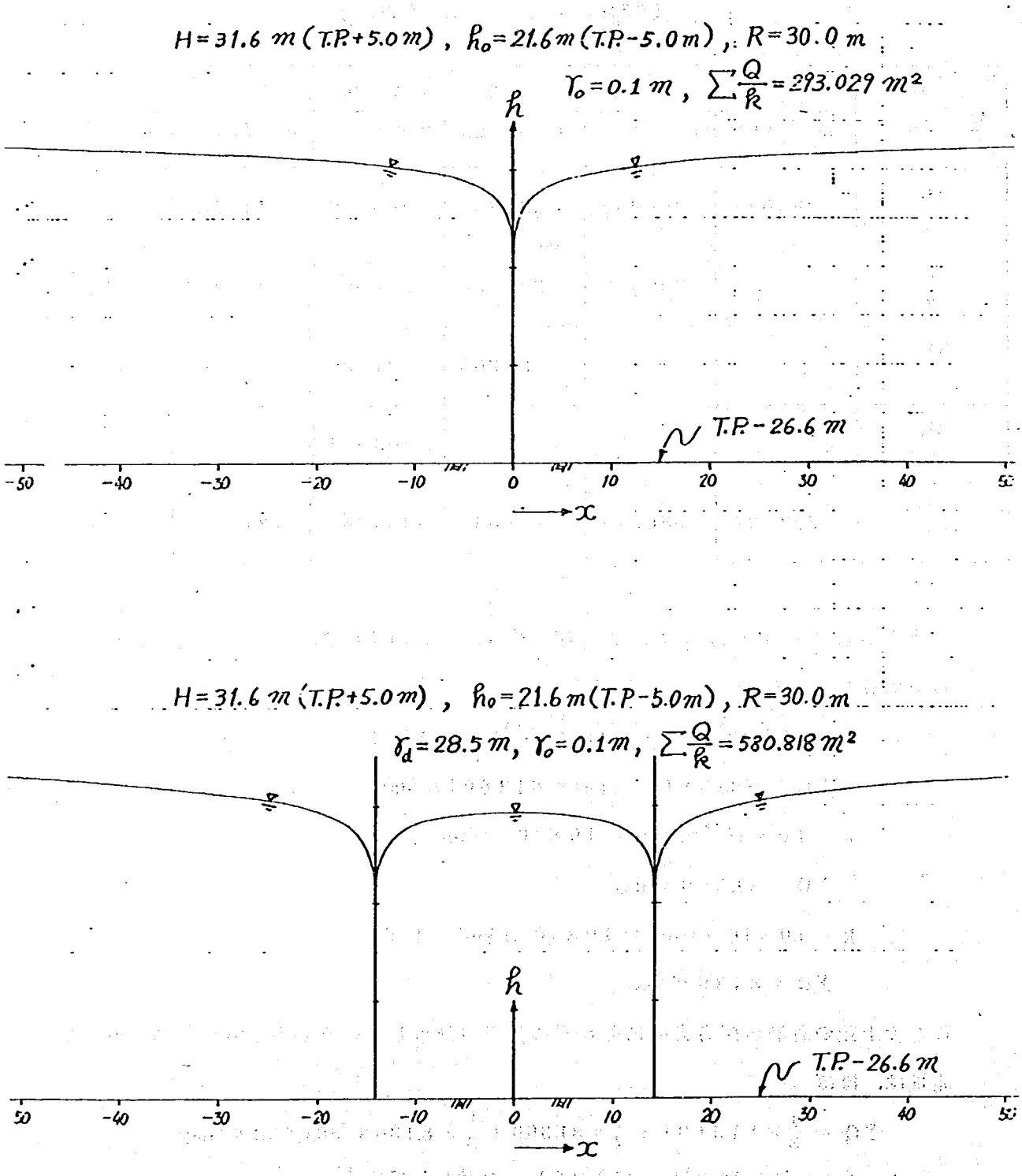


図　5－5　（その１）　y＝0における水頭分布曲線

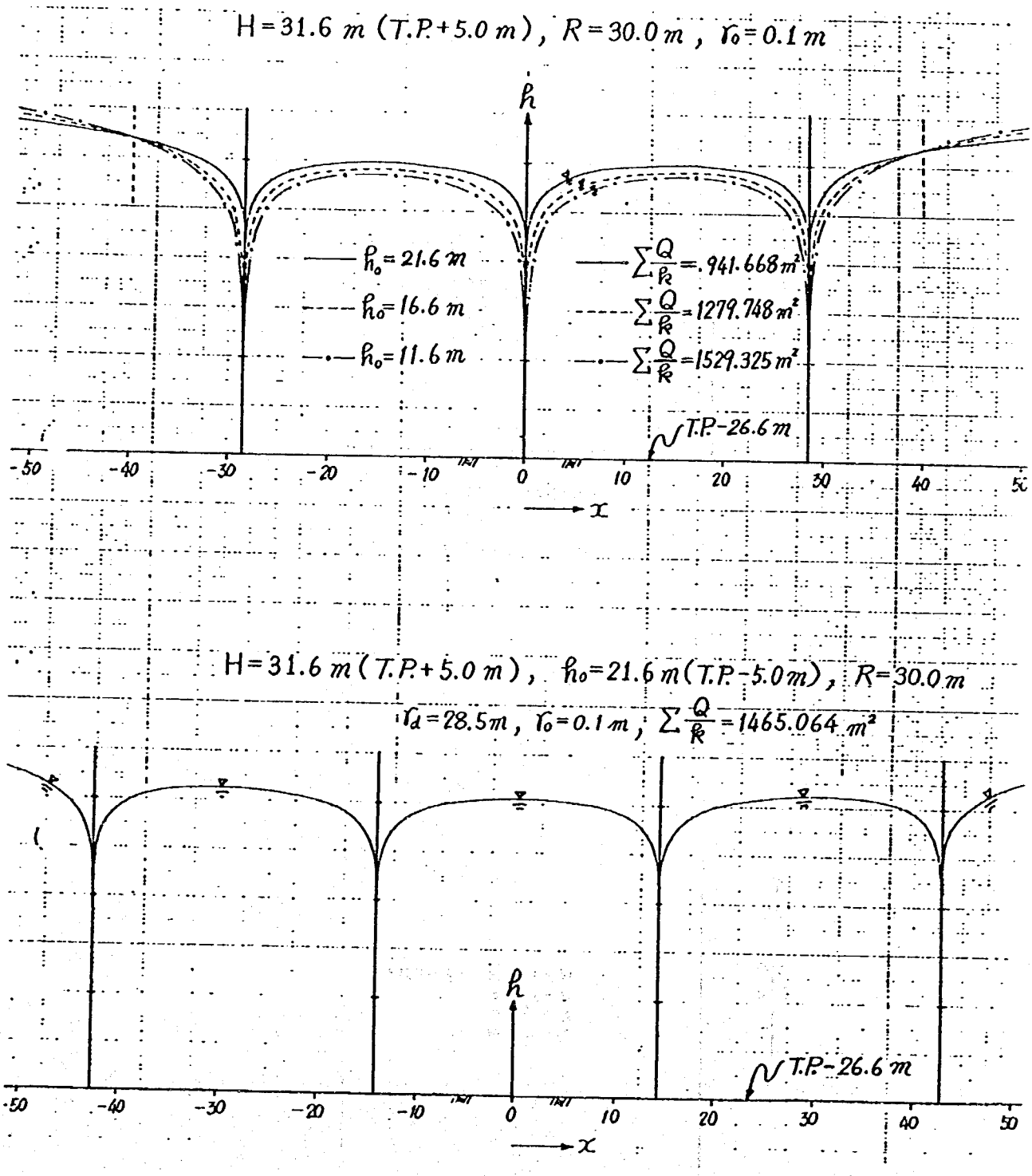


図 5－5 （その2） y＝0における水頭分布曲線

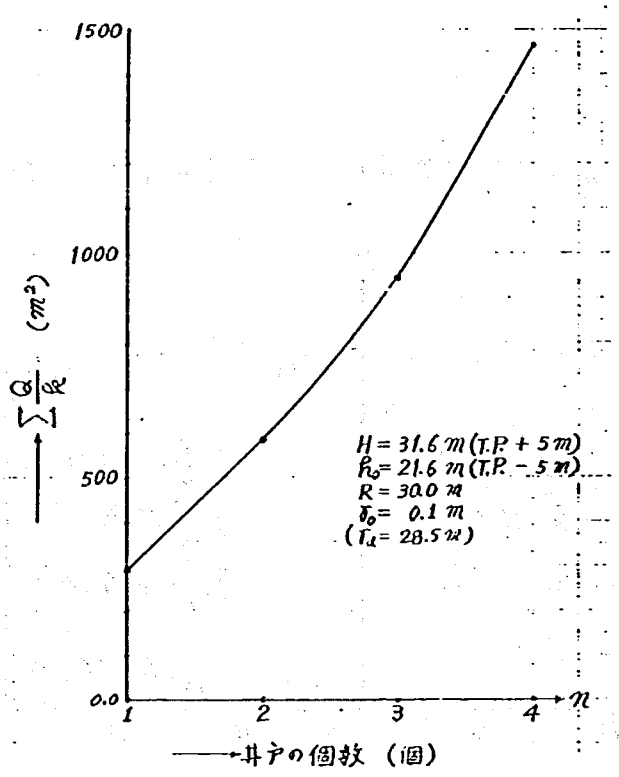


図　5－6　取水量と井戸個数との関係

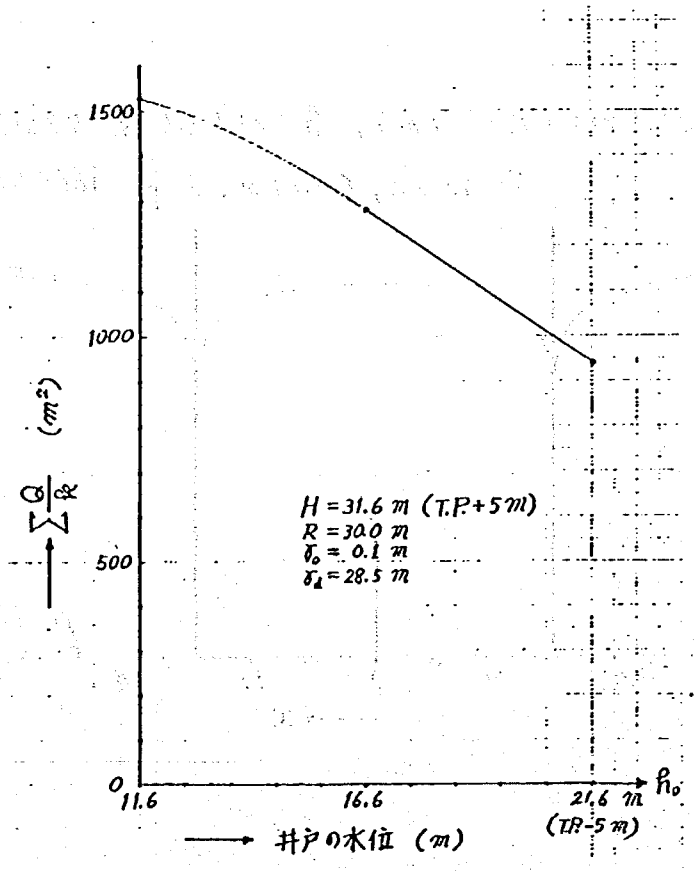


図　5－7　井戸3個の場合の取水量と井戸水位の関係

(4) ま　と　め

ここでは，堤内における群井戸による取水についての検討を行なった。まず，単一井戸の理論を拡張して，群井戸の取水量および水頭分布曲線式を示し，これを井戸2個，井戸3個および井戸4個の場合の取水量および水頭分布曲線に適用し，それぞれの場合について数値計算を行なった。これにより水頭変化の状態，取水可能量と井戸個数との関係および井戸3個の場合の取水可能量と井戸水位との関係などを知ることができた。なお，井戸3個の場合，井戸水位 $h_0 = 21.6\,m$ (T.P.－5.0 m)における概算の取水可能量は，

$$\Sigma Q = 301\,m^3/day$$

と推定され，これは現在当地区の所要取水量の 200 m^3/day を満たしている。

6. 塩水汲み上げ井戸の水理特性

（1）遮水壁を難透水性とみなした場合

井戸の半径 $r = r_0$ よりその外側 $r = R$ までは，深さ方向には変化しない2次元放射流として取り扱い，$r \geq R$ については純然たる3次元流として解析を進める。

図　6－1 に放射流の範囲を示している。

浸透流量は各層ごとに

$$Q_i = \frac{2\pi k_i C_i (H - h_0)}{\log_e (R / r_0)} \qquad \cdots\cdots (16)$$

$(i = 1, 2, 3)$

で近似でき，したがって全層については

$$Q = \sum_{i=1}^{3} Q_i$$

$$= \frac{2\pi (H - h_0)}{\log_e (R / r_0)} \cdot \sum_{i=1}^{3} (k_i C_i) \qquad \cdots\cdots (17$$

が得られる。

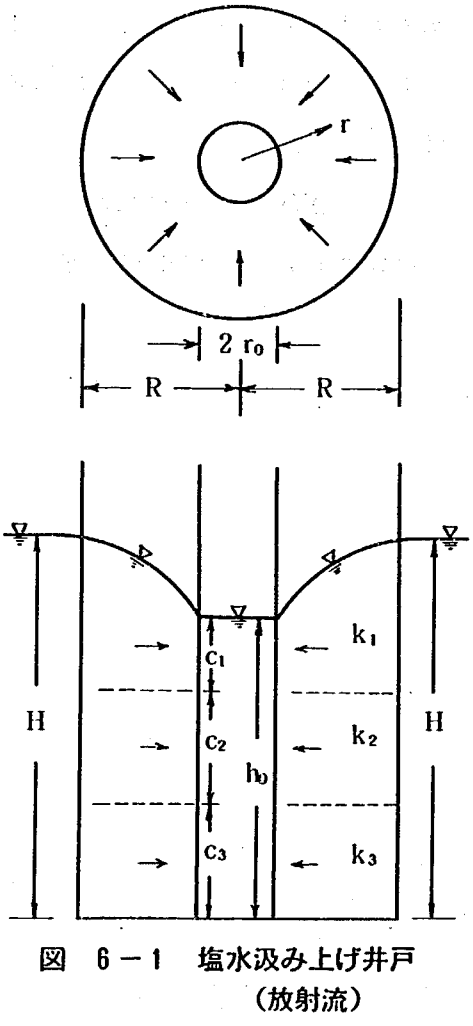


図　6－1　塩水汲み上げ井戸（放射流）

したがって，$r \geq R$ の領域の3次元解析によって，全汲み上げ量Qを求めれば，井戸の水位 h_0 は

$$h_0 = H - \frac{Q \cdot \log_e (R / r_0)}{2\pi \sum_{i=1}^{3} (k_i C_i)} \qquad (18)$$

によって推算される。

なお，ここでの3次元流解析には，通常の3次元 Laplace の式

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0 \qquad (19)$$

を差分式であらわし，これに緩和法を適用した。

また，浸透量は，各格子点について次式で

$$v_x = k \frac{\partial h}{\partial x}, \quad v_y = k \frac{\partial h}{\partial y}, \quad v_z = k \frac{\partial h}{\partial z} \qquad (20)$$

各方向流速を求め，これを適当にえらんだ断面に適用して算定した。

図　6－2 に解析領域と境界条件を示している。また，図　6－3～4 は解析結果の一例である。

（2）遮水壁の効果を無視した場合

図　6－2 の状態において，遮水壁部分を周辺地盤と同じ透水係数をもつ地層として取り扱った場合の解析結果の一例を図　6－5～6 に示している。

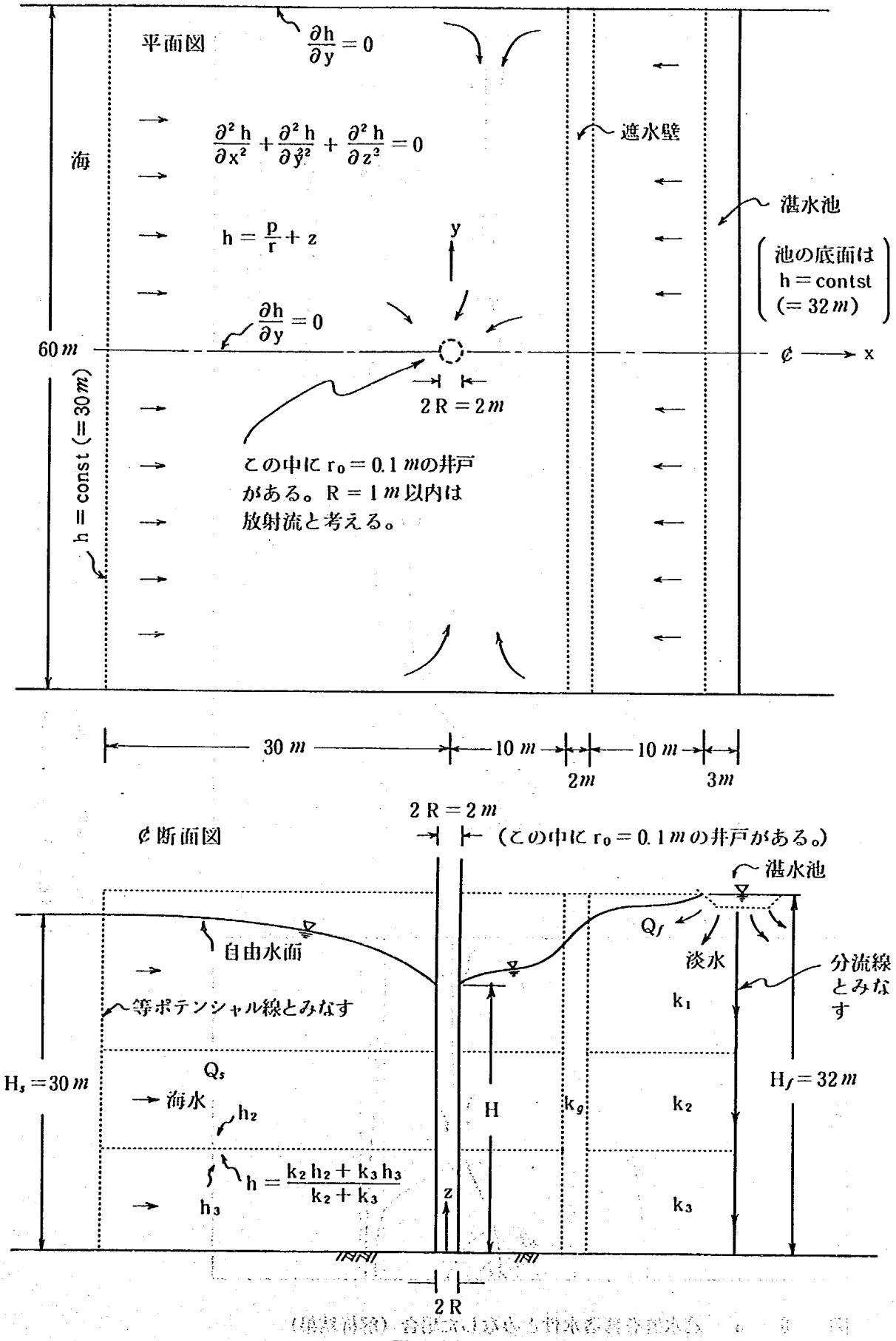
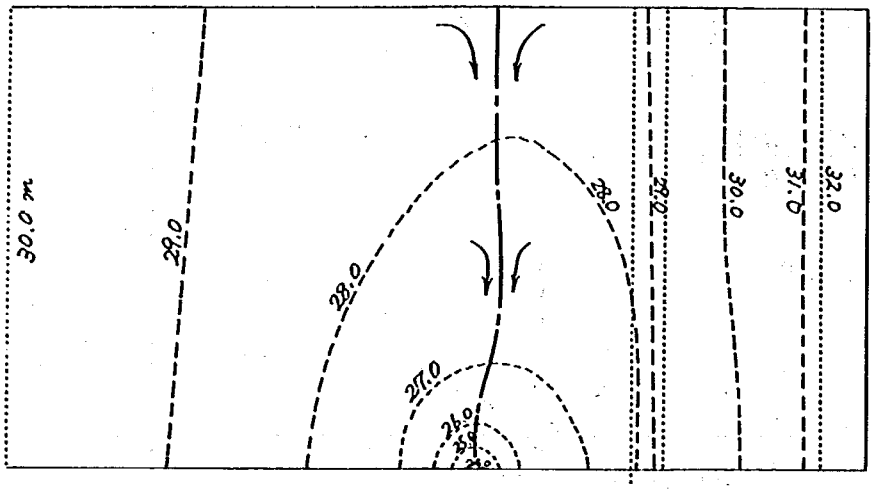
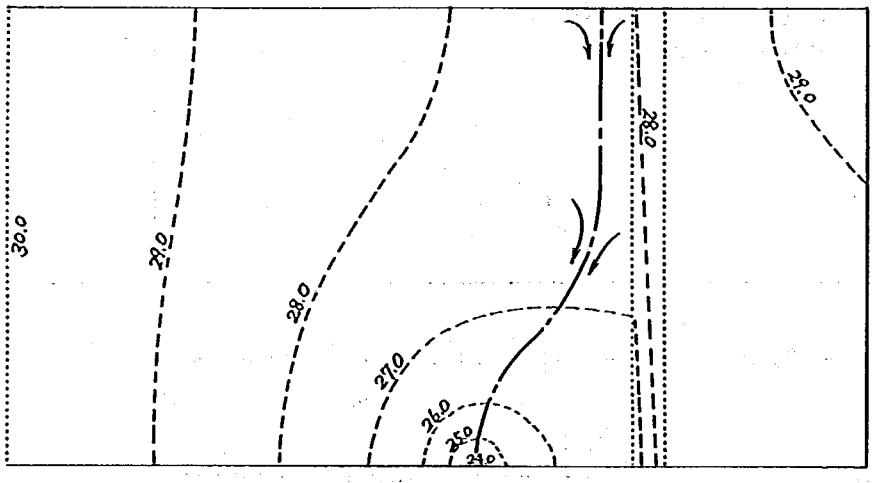

平面図
$\frac{\partial h}{\partial y}=0$
$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 h}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 h}{\partial z^2}=0$
$h=\frac{p}{r}+z$
$\frac{\partial h}{\partial y}=0$
海
遮水壁
湛水池
池の底面は
h＝contst
(＝32 m)
60 m
h＝const (＝30 m)
y
x
2 R＝2 m
この中に r₀＝0.1 mの井戸
がある。R＝1 m以内は
放射流と考える。
30 m
10 m
10 m
2m
3m
¢ 断面図
2 R＝2 m
(この中に r₀＝0.1 mの井戸がある。)
湛水池
自由水面
等ポテンシャル線とみなす
Q_f
淡水
分流線
とみなす
k_1
H_s＝30 m
Q_s
海水
h_2
$h=\frac{k_2h_2+k_3h_3}{k_2+k_3}$
h_3
H
k_g
k_2
k_3
z
H_f＝32 m
2 R

図　6－2

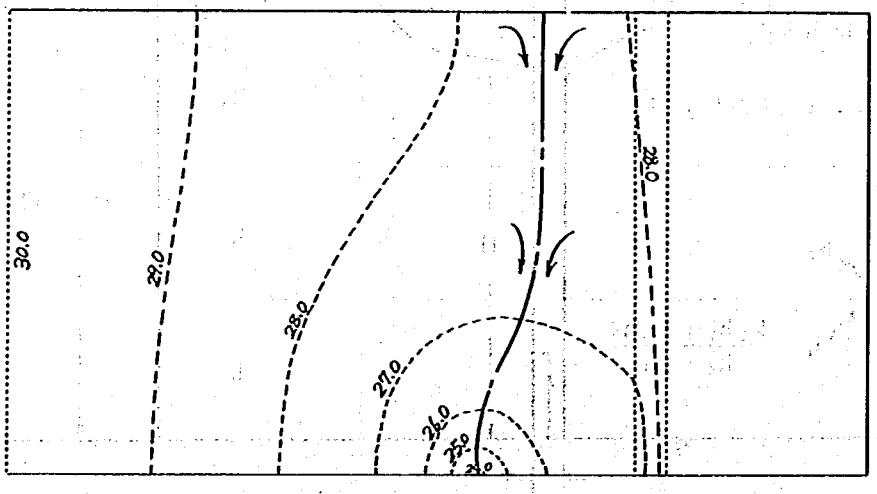
自由水面のポテンシャル分布



Z = 14 m平面のポテンシャル分布



Z = 0 m平面のポテンシャル分布

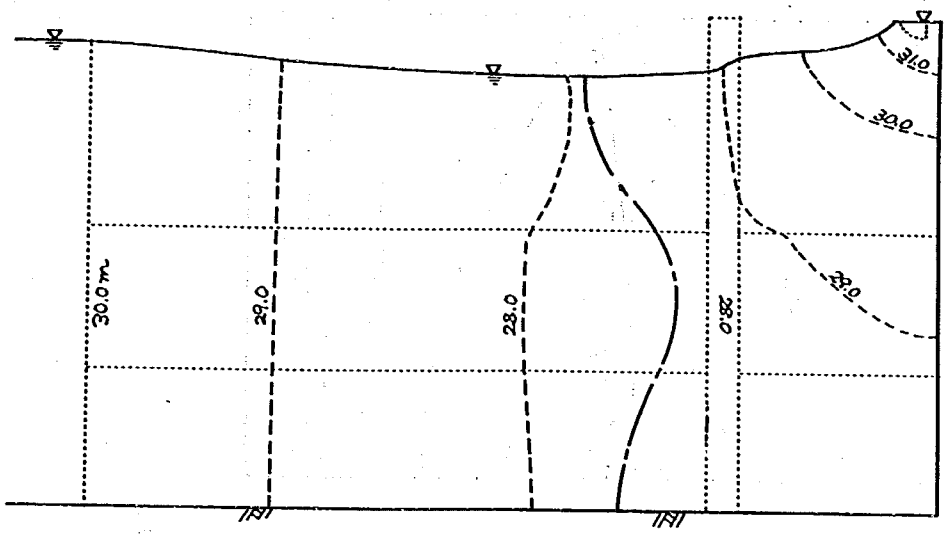


（R = 1.0 m，H = 24.0 m），（r_0 = 0.1 m，h_0 = 21.24 m）

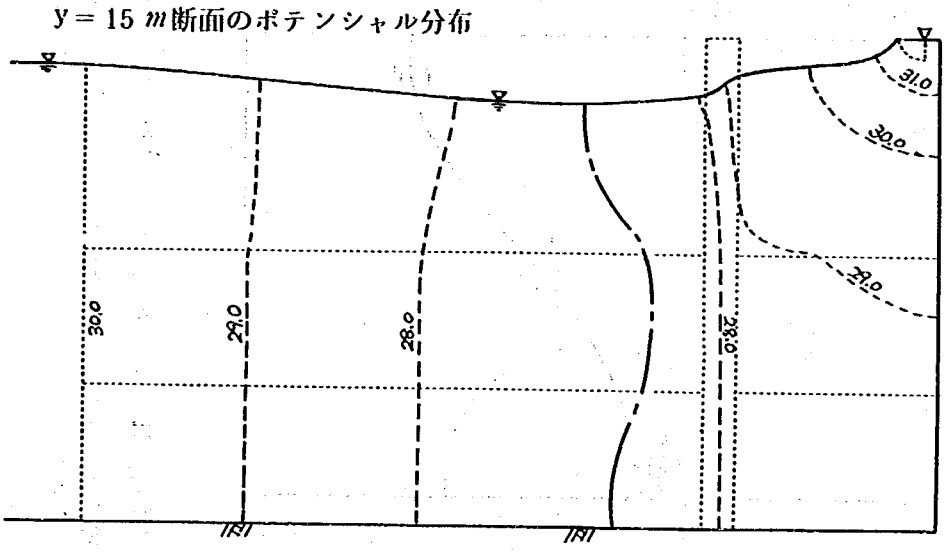
Q_s/k_3 = 640.3 m²，Q_f/k_3 = 151.6 m²，k_1/k_3 = 1.0，k_2/k_3 = 10.0，k_g/k_3 = 1/10

図　6 － 3　遮水壁を難透水性とみなした場合（解析結果）

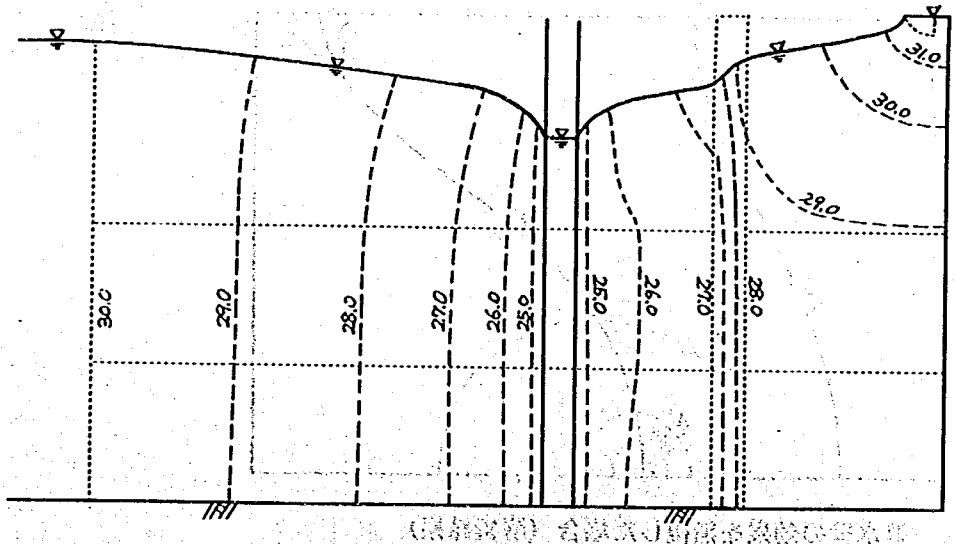
y＝30 m断面のポテンシャル分布



y＝15 m断面のポテンシャル分布



y＝0 m断面のポテンシャル分布

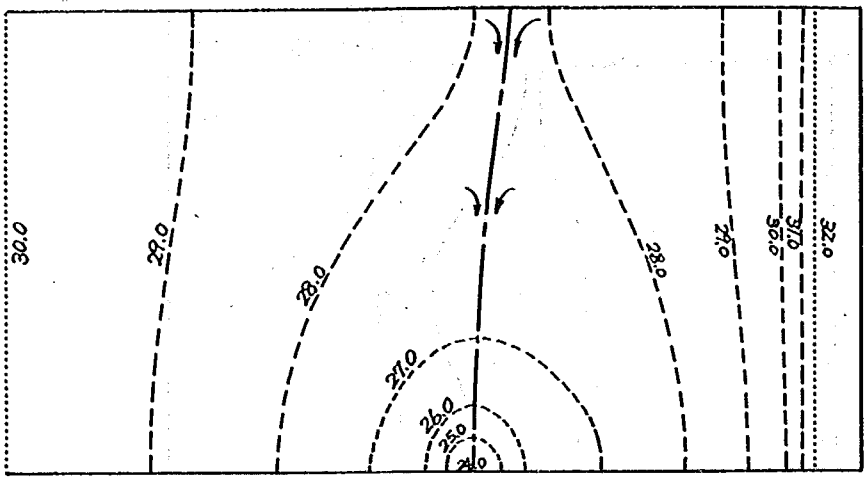


（R＝1.0 m，H＝24.0 m），（r_0＝0.1 m，h_0＝21.24 m）

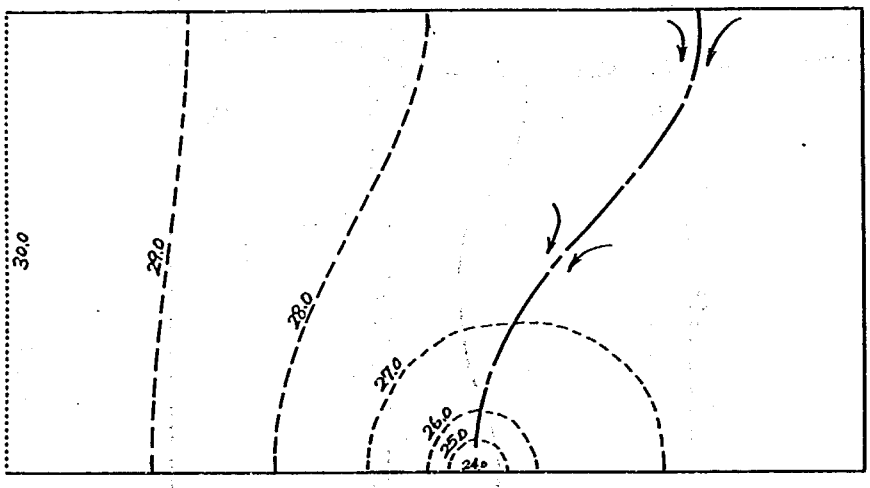
Q_s/k_3＝640.3 m²，Q_f/k_3＝151.6 m²，k_1/k_3＝1.0，k_2/k_3＝10.0，k_g/k_3＝1/10

図　6－4　遮水壁を難透水性とみなした場合（解析結果）

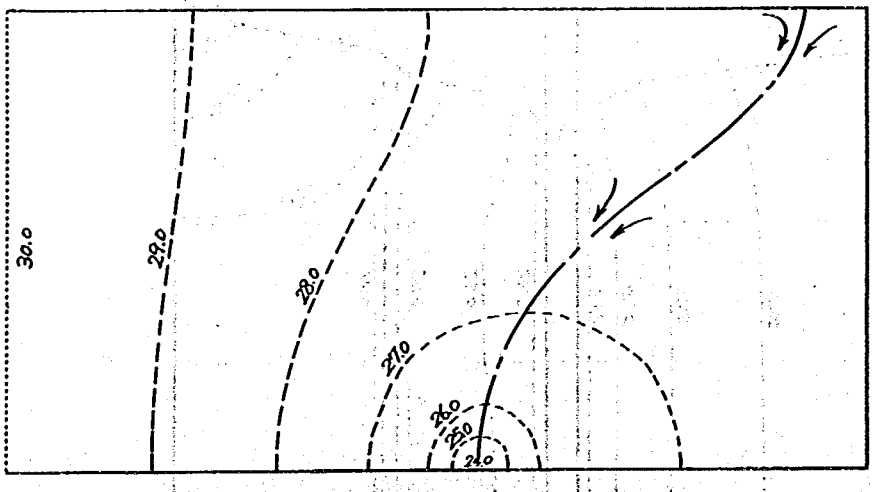
自由水面のポテンシャル分布



Z = 14 m平面のポテンシャル分布



Z = 0 m平面のポテンシャル分布

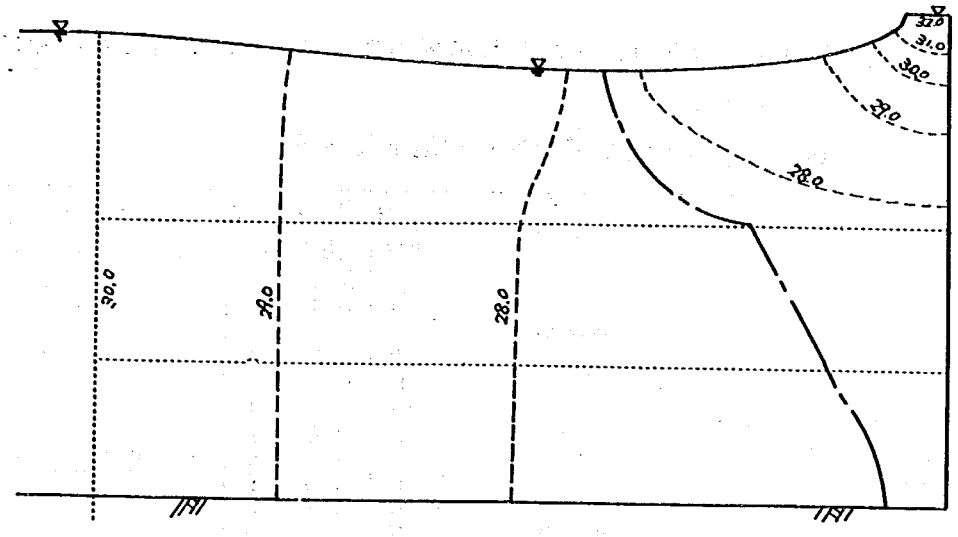


（R = 1.0 m，H = 24.0 m），（r_0 = 0.1 m，h_0 = 20.96 m）

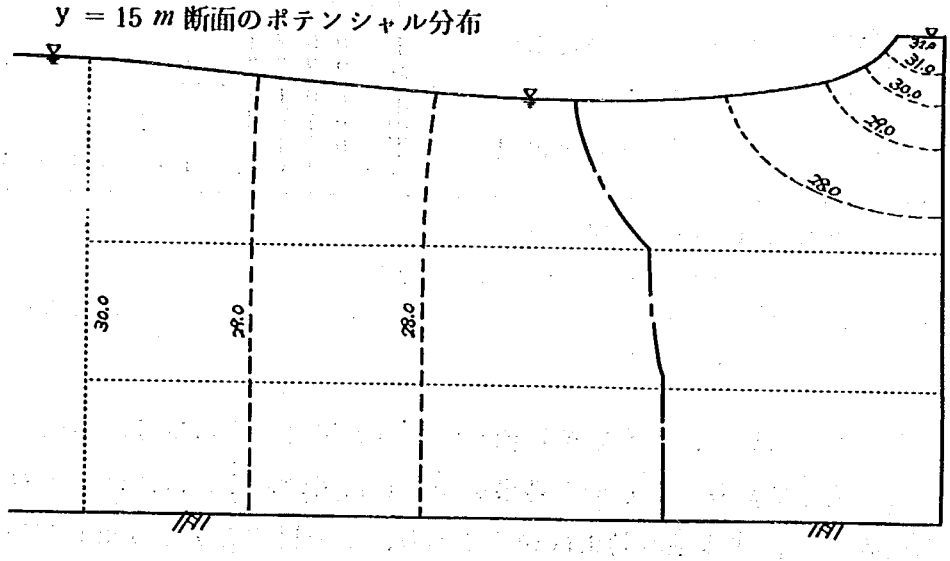
Q_s/k_3 = 640.4 m²，Q_f/k_3 = 230.8 m²，k_1/k_3 = 1.0，k_2/k_3 = 10.0

図　6 － 5　遮水壁の効果を無視した場合（解析結果）

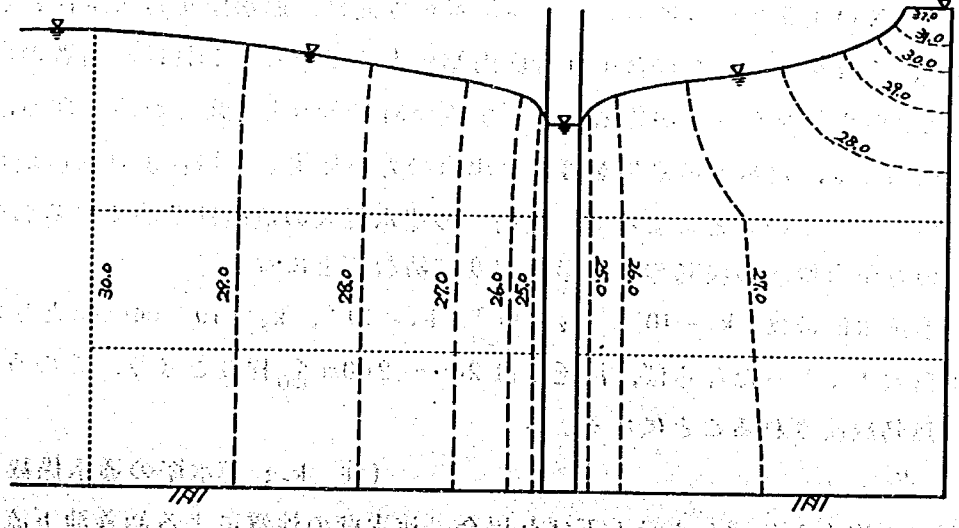
y = 30 m 断面のポテンシャル分布



y = 15 m 断面のポテンシャル分布



y = 0 m 断面のポテンシャル分布



（R = 1.0 m, H = 24.0 m），（r_0 = 0.1 m, h_0 = 20.96 m）
Q_s/k_3 = 640.4 m², Q_f/k_3 = 230.8 m², k_1/k_3 = 1.0, k_2/k_3 = 10.0

図　6－6　遮水壁の効果を無視した場合（解析結果）

検　　討

遮水壁の性質による地下浸透量の変化は，それぞれ境界条件を設定し，解析した結果によると表　6－1に示したとおりである。

表　6－1 遮水壁の性質別地下浸透量

NO	前　堤　条　件	遮水壁の性質	地下浸透量（㎥/day/m）		
		地層	山側へ	海側へ	合計
1	—	不浸透性	上 0.028 中 0.285 下 0.029 計 0.342	—	0.342
2	注入水のうち海側への浸透水を循環使用する場合	難透水性	上 0.023 中 0.223 下 0.022 計 0.268	0.101	0.369
3	〃	効果無視	上 0.016 中 0.153 下 0.015 計 0.184	0.185	0.369
4	注入水のうち海側への浸透水を捨てる場合	難透水性	上 0.024 中 0.232 下 0.021 計 0.277	0.106	0.383
5	〃	効果無視	上 0.018 中 0.164 下 0.014 計 0.196	0.229	0.425

（注）　①透水層厚：上層14m，中，下層9m
②透水係数：$k_1=k_3=10^{-4}$，$k_2=10^{-3}$，$k_g=10^{-5}$ cm/sec
③涵養池水位：TP＋5.0m　　（k_g：遮水壁の透水係数）
④貯水池地下水位：TP±0m
⑤遮水壁厚：2m

表6－1のNO2,3ケースにおいて，遮水壁を難透水性とみた場合の浸透量は，山側と海側とにほぼ3対1の割合で分流しており，遮水壁の効果を無視した場合のそれは，ほぼ1対1の比に分流している。したがって，遮水壁の効果は顕著であり，その目的をかなり果していると云える。

次に表　6－1のNO4,5ケースにおいて，淡塩水境界面は，遮水壁を難透水性として取り扱った場合の方が，これを無視した場合よりも堤内側に寄っている。これは，前者の場合には，遮水壁部で浸透水のポテンシャルが急激に低下するためであると考えられる。即ち，涵養池に淡水を湛った状態では，遮水壁の効果を考えた場合の方が無視した場合よりも淡塩水塩界面は，堤内側へ近づくが，このことによって，堤内への塩水侵入の危険性が高くなるわけではなく，前者の場合の方が海側への浸透量は，半分程度で済むことになる。

この解析における透水係数は，$k_1=10^{-4}$，$k_2=10^{-3}$，$k_3=10^{-4}$，$k_g=10^{-5}$ cm/secとしたが，この透水係数が1桁大きくなったならば，浸透量は200～260㎥/day程度となり，このうち100㎥/day程度が海に無効放流されることになる。

（注　k_g：遮水壁の透水係数）

次に，遮水壁下流の塩水を井戸から汲み下げた場合，遮水壁の性質による涵養池下流の地下浸透量の変化は，それぞれ境界条件を設定し，解析した結果によると表　6－2に示したとおりである。

表　6－2　遮水壁下流の塩水汲み上げによる地下浸透　（㎥／day）

No.	遮水壁の性質	山側から	海側から	合　計（揚水量）
6	難透水性	13. 1	55. 3	68. 4
7	効果無視	19. 9	55. 3	75. 2

（注）①透水層厚：上層 14 m，中，下層 9 m

②透水係数：$k_1 = k_3 = 10^{-4}$，$k_2 = 10^{-3}$，$k_g = 10^{-5}$ cm／sec.

③涵養池水位：ＴＰ＋5.0 m　　（k_g：遮水壁の透水係数）

④塩水汲み上げ井戸径 0.2 m

⑤海の水位：ＴＰ＋3.0

⑥遮水壁厚：2 m

この解析結果によれば，遮水壁の効果を見込んだ場合も，見込まない場合も海から塩水汲み上げ井戸へ向う地下浸透量は変わらないが，遮水壁を通して井戸へ向う地下浸透量は，遮水壁の効果を見込まないが，7 ㎥／day 程度多くなる。

しかし，前頃でも述べたように，各透水係数が1桁大きくなれば，地下浸透量も1桁大きくなることになる。

7. 総　　括

以上で本報告を終るが，ここでは便宜上それぞれの研究内容を別々に切り離して取り扱った。この点，実際の一つの運動系に厳密には適用できかねるところが残されている。然し，当初の研究目的であった主要な水理諸量について少なくともそのオーダーはとらえ得たものと考える。今後は，これらの現象を一つの運動系としてとらえた非定常運動として，また，地層については多層異方性としての難問が残されているがこれらについては引きつづき研究を進めなければならないと考えている。また，水収支問題との総合的検討も必要である。なお，淡水注入あるいは淡・海水の汲み上げに伴う目詰まり現象の解明も今後の課題であると考えている。

III　蒸発散量に関する検討

目　　次

1. 水収支式 …… 89
2. 蒸発散の定義 …… 91
3. 蒸発散量の重要性 …… 92
4. 蒸発散量の推定法 …… 93
参考図表 …… 104
参考　ペンマン法プログラム …… 108

1. 水　収　支　式（地下水ハンドブックより）

水収支は物質の保存則を水に適用したものにほかならず，次式で示される内容がそのすべてである。

（流入）－（流出）＝（貯留量の時間変化）

水収支調査の目的は，上式の各項の詳細を対象領域と対象時間を定めて明らかにし，水循環機構の解明や水資源の評価に役立てることにある。

地下水の水収支に関係する水文学的過程は，多くが地中で起きており，現象の把握がむづかしいうえに，地質条件に支配されて場所によって異なり，また時間的にも変化するため，個々の過程に関する研究の進んだ現在でも，それらを矛盾のないように組合せて，任意の領域と任意の期間についての水収支を予測することは困難な場合が少なくない。したがって地下水の水収支調査は，はじめは既存の資料を利用したマクロな水収支から出発し，目的に応じて観測項目をふやすなり，ミシュレーションを行なうなどして水収支に近づくという方式をとらざるをえない。水収支は水文学の出発点でありしかも終点であるといわれる。地下水の実態もこの出発点と終点のあいだを往復する過程で次第に明らかなものとなってゆく。

水収支の精度を高めるための基本的条件は，水収支領域と水収支期間を適切に選んで水収支式をできるだけ単純化することである。

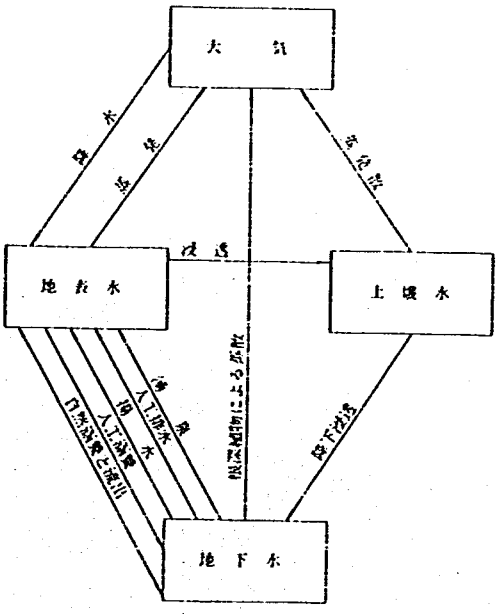
地表水の水収支では，分水界を水収支領域の境界に選ぶことにより，水収支式から地表水の流入項を省略できる。地下水についても，地下水面等高線図を参考にして，地下水流入を無視できるような水収支領域を設定することが可能である。ただし，地下水の流動は三次元的で，しかも規模の異なる流動系が重なっている場合があるので，境界の設定にあたってはこれらの点を考慮する必要がある。また地下水面の形態が時間的に変化する点も地表水の場合と異なる。

水収支期間についても水収支式を単純化する工夫が必要である。たとえば無降水期間を水収支期間に選べば降水の項をゼロとおけるし，対象領域内の貯留量変化をゼロとおけるような水収支期間の設定も可能である。

地下水の水収支は図1のように大気，地表水，土壌水の水収支と関係しあっている。地下水の水収支を単独に調べるよりも，これらの水収支と組合せて考えることにより水収支式を単純化できる場合もある。

いま図2に1点鎖線で示される領域を考えてみると，この領域への流入は降水，地表水流入，地下水流入である。土壌水の水平方向からの流入は，地下水面の傾

図1　水収支の相互関係



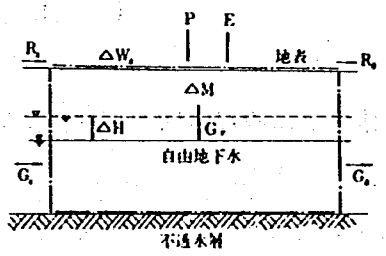
斜が大きくしかも毛管水帯の良く発達している土壌中では考慮しなければならないが，一般には無視しうるほど小さい。また流出は蒸発散，地表水流出，地下水流出であり，次の水収支式が成立する。

$$P=(R_o-R_i)+E+(G_o-G_i)+\Delta S \quad (1)$$

$$\Delta S=\Delta W_s+\Delta M+\mu\Delta H \quad (2)$$

$$G_r=(G_o-G_i)+\mu\Delta H \quad (3)$$

図2　水収支対象区域の立体的境界（金子，1973）



ここで，P：降水量，R_i：地表水流入量，R_o：地表水流出量，E：蒸発散量，G_i：地下水流入量，G_o：地下水流出量，ΔS：貯留量変化，ΔW_s：地表における貯留量変化，ΔM：不飽和帯の土湿変化，ΔH：地下水位変化，μ：地下水位変化部分の含水量変化，G_r：地下水補給量である。前述したようにμは地下水面の上昇時と下降時で異なる値をとる。

この水収支式の適用例は金子によっていろいろな場合について述べられている。多くの場合，(G_o-G_i)項は式(1)の残差として求められる。$(G_o-G_i)>0$は対象領域内において地表水が地下水に転化していることを，$(G_o-G_i)<0$は地下水が地表面へ流出していることをそれぞれ意味している。季節ごとに(G_o-G_i)が求まれば地表水と地下水の交流の動的状態がわかる。

2. 蒸発散の定義

蒸発散量の分類には次のようなものがある。

① 計器蒸発量Panによる測定値，Panの大きさにはφ200とφ1200があり，これら測定値の関係はφ200＞φ1200となる。

② 水面蒸発量　湖面などからの蒸発量はφ1200Panの蒸発量の約0.7倍といわれている。

③ 可能蒸発散量　密に地表面をおおった丈の短い緑草地に十分な水を供給した場合での蒸発散量をいい，与えられた気象条件の下で蒸発し得る水量の上限を意味している。

④ 蒸発散量　一般流域からの蒸発量＋蒸散量で今回の調査で必要とするものである。

これらを量的に比較すると一般に次のようになる。

計器蒸発量＞水面蒸発量＞可能蒸発散量＞蒸発散量

蒸発散量の影響要因としては以下の項目が考えられる。

① 気象的要因　気温，湿度（水蒸気圧），日射量，風速

② 地形的要因　高度，傾斜度，斜面方位

③ 地質，植生的要因　土壌水分，樹種，成熟度，繁茂度

また，蒸発散量の主な推定方法には以下のようなものが考えられる。

① 年損失降雨量による方法

② 蒸発計蒸発量による方法

③ ソンスウェイト（Thornthwaite）の可能蒸発散量による方法

④ ペンマン（Penman）の可能蒸発散量による方法

（参考）

可能蒸発散[1] 実際の地表面からの蒸発散は，大気の条件，地表の条件（植生，地表面のあらさなど），地中の条件（土壌水分，土壌の熱的性質など）の三つに関係している。これらすべての要素の関数として，蒸発散を表わすことが望ましいわけだが，これらの間の関係は十分わかってはいない。また，広い地域にわたって利用できる資料は限られているので，実際の地域への適用を考えた場合には，既存の資料だけから，蒸発散量を計算できるような式を考える必要がある。可能蒸発散（potential evapotranspiration）はこのような必要から生まれた概念である。

可能蒸発散は一般に，≪密に地表面を覆った緑草地に十分な水を供給した場合に失われる蒸発散量≫と定義されている。≪緑草地≫という限定は，実測する場合に樹木などよりも標準化が容易な点に一つの根拠がある。Thornthwaite および Penmanはまた，可能蒸発散の値は植物の種類に関係なくほぼ一定であると考えている。この点は，植被面のアルベドーはほぼ一定であり，十分に湿っている植被面からの蒸発散量は，正味放射の80～90％に相当するという程度の近似としては正しい。　（水の循環より）

3. 蒸発散量の重要性

水収支項のうちで降水量と流出量については標準的な測定法が確立している。しかし蒸発散量については測定法，推定法ともに未解決の問題が少なくないので簡単なとりまとめを行なってみる。

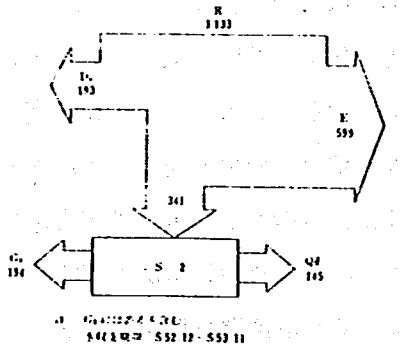
広域面から大気中へ失なわれる水蒸気の輸送過程は，一般に蒸発散と呼ばれているが，その中には自由水面からの蒸発，土壌面からの蒸発，植物の葉などにしゃ断された水の蒸発，植物による蒸散の4過程が含まれている。蒸発散には水，エネルギー，大気，土壌，植物などの因子が関係しているが，これらの因子が上の4過程に関係する仕方はそれぞれ異なる。従来までは広域面からの蒸発と蒸散をそのメカニズムにまでたちいって区別することができず，水収支調査では両者を一括して扱っていた。そのため蒸発散の推定は経験的方法にたよる場合が多い。

たとえば，野母崎地下ダムでの水収支計算結果の総括表を表－1に，総量図を図－3に示す。

表－1　水収支総括表

単位：mm

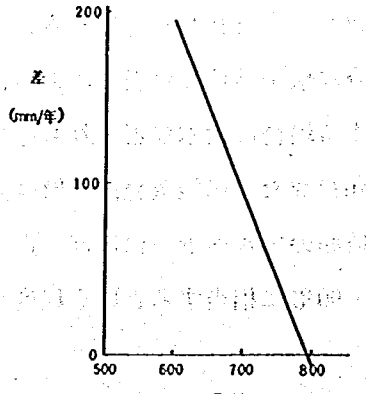
月	S52.12	S53.1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	計
R	58	86	32	65	148	63	282	77	64	134	23	101	1,133
D_2	−	−	−	−	2	1	101	−	0	57	−	32	193
E	26	20	23	42	50	55	52	80	89	64	59	39	599
$R-D_2-E$	32	66	9	23	96	7	129	−3	−25	13	−36	30	341
Qd	15	9	8	12	13	14	14	16	14	10	11	9	145
ΔS (予)	0	0	0	0	4	−3	4	−2	−2	2	−2	1	2
差	17	57	1	11	79	−4	111	−17	−37	1	−45	20	191



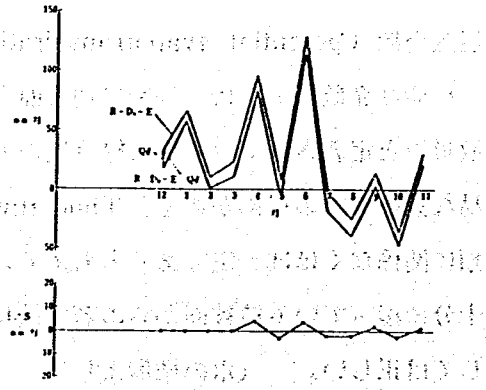
図－3　水収支総電図

この結果における「差」とは，地下水流去量や土湿変化量に相当する。この量はEが年間600mmであれば1日あたり0.5mm（300 mm³）に相当し，Eが700mmであれば0.3mm（150 mm³）となる。この「差」とEとの関係は図－4のとおりである。つまりEの値は今後の運用計画に重大な影響を及ぼすものであるので，この値の精度を高めていく必要があると思われる。

また涵養されるべき量（$R-D_2-E$）と貯留量変化（ΔS）の月別変動を図－4に示す。この図より涵養されるべき量の特に少ない月が明らかとなった。また両者の変動の対応が悪いが，これはΔSに山地部の貯留量変化を考慮していないためであろう。



図－4　　と「差」の関係



図－5　涵養量と貯留量変化の月別変動図

4. 蒸発散量の推定法

4.1 年間損失降雨量による方法

(1) 概説[8)]

蒸発面のすぐ下のある厚さをもつ地層または水体の水収支式は次式で表わされる。

$$E = P - R - i - \Delta S \tag{4}$$

ここで，E：蒸発量，P：降水量，R：表面流出量，i：地中での流出量，ΔS：貯留量変化である。右辺の各項を測定してEを求める。流域にこの方法を適用する場合には，iを無視できるような流量測定地点を選ぶことがとが肝要である。長年の水収支を考えると$\Delta S = 0$とおけるので$E = P - R$となる。ただし1年の水収支ではΔSは無視することができない。石狩川上流域における式(4)による水収支の計算例を表2に示す。この表のS_gは地下水貯留量で，河川水の地下水流出成分をR_gとすると，αを定数として

表2 石狩川上流域の水収支（中尾，1971）

(mm)

水収支期間	P	R	ΔSg	E
1957.11. 9～1958.10.17	1353	1067	−109	395
1958.10.18～1959.10.22	1267	778	21	468
1959.10.23～1960.10.23	1250	946	−100	404
1961.10. 4～1962.10.13	1518	1167	− 17	368
1962.10.14～1963.10.26	1263	933	− 4	335
1963.10.27～1964.10. 4	1328	1124	38	166

$$R_g = \alpha S_g \tag{5}$$

なる関係があるものと仮定してR_g（無降雨時の河川流量）からS_gを求めている。流域の水収支法は原理が簡単であり，広域面からの蒸発散量測定法として最も精度が高い。

(2) 検討例（S.43直技「利水計画における流況把握の研究」より）

各地方建設局，北海道開発局から提出された資料はすべてのせた。中には降水量資料の不備なもの，流量の再検討を要するものなどがあった。たとえば地形，地質，大きさのにかよった流域で，いちじるしくかけはなれた年流出率が求まったり，同一水系でありながら下流ほど年流出量がいちじるしく減ったりしていた。

しかし，大きくみて，えられた結論は，

(a) 年流出率でみるより年損失量

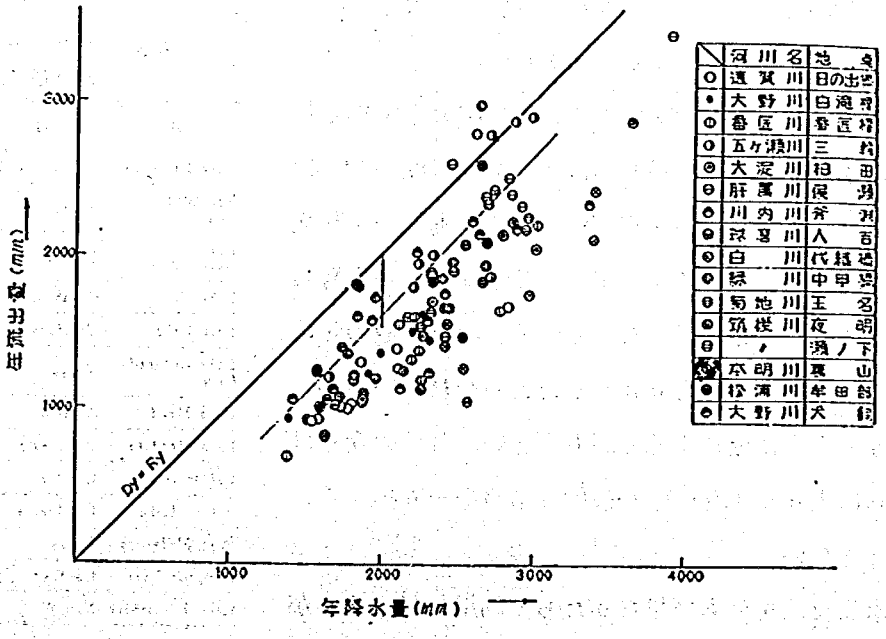


図6 九州・年流出率図

でみた方がよい。

(b) 年損失量は全国平均で500 mm，九州，瀬戸内で600 mm，北海道では400 mm となる。積雪地方では現在のデータを用いる限り年損失量はこれらの例よりずっと小さく，年流出率は1に近い。

(c) 年降水量が少ないほど年損失量が多くなる傾向がみられる。

(d) 白川，緑川などは両者関連づけて考えるべきである。

4.2 蒸発計蒸発量による方法[8)]

蒸発計蒸発量による推定

湿潤なわが国では降水量や流出量に比べると蒸発散量は年による変動が小さい。したがって1965年に観測をやめた小型蒸発計の値も資料として利用価値がある。なお前述した12官署では1951－1965年まで小型，大型の両蒸発計が併用された観測資料がある。経験によると流域に水田をほとんど含まない場合，広域面からの年蒸発散量は小型蒸発計の値の約70%である。表3に示す月別比率は，寒冷地および積雪地以外の日本各地にほぼ適用できるとされている。

表3 蒸発計蒸発量に対する蒸発散量比率（金子，1972）

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
水田	0.4～0.5	0.4～0.5	0.5～0.6	0.6	1.0	1.0～1.1	1.2～1.3	1.2～1.4	1.3	1.2	0.7	0.5～0.6
水田以外	0.4～0.5	0.4～0.5	0.5～0.6	0.6	0.6～0.7	0.7	0.8	0.8～0.9	0.8～0.9	0.8	0.6～0.7	0.5～0.6

わが国の流域の水収支をタンクモデルで解析する場合にも，小型蒸発計の値の70～80%程度を流域からの蒸発散にすると降雨から流量をうまく再現できると報告されている。

蒸発計蒸発量に対する湖面蒸発量の比率をパン係数とよんでいる。パン係数は地理的位置や季節によって変化する。とくに湖水の熱容量の大きい深い湖ではパン係数の季節変化が著しい。表4はアメリカ，ネバダ州にある隣接する二つの湖の平常年4年間の蒸発量である。湖面積はピラミッド湖が48,000 ha，ウィネムカ湖が4,050 haである。両湖の年蒸発量はほぼ同じであるが，主として水深の差が影響して蒸発量の位相が逆になっている。パン係数の年値はA級蒸発計の場合0.70～0.75といわれているが，表5のように湖による差異も大きい。月値の変動はさらに大きく（表6），一般的な結論を引き出すことはできない。

表4 水深による蒸発量の季節変化の違い（Hounam, 1973）

期間	湖面蒸発量 mm	
	ピラミッド湖 水深61.0m	ウィネムカ湖 水深4.6m
3月～8月	573	924
9月～2月	652	290
全年	1,224	1,213

表5 A級蒸発計蒸発量（E_p）と湖面蒸発量（E_L）の比 (Hounam, 1973)

湖	地域	水面積 km^2	平均水深 m	パン係数 (E_L/E_p)	観測期間
Lake Elsinore	California	22.27	3.05	0.77	1939－41
Red Bluff Resv.	Texas	—	—	0.68	1939－47
Lake Okeechobee	Florida	1813.0	3.05	0.81	1940－46
Lake Hefner	Oklahoma	8.82	7.93	0.68	1950－51
Felt Lake	California	0.26	6.40	0.77	1955
Lake Colorado City	Texas	8.29	4.88	0.72	1954－55
Lake Mead	Arizona	512.82	53.68	0.60	1952－53
Lake Mendota	Wisconsin	39.11	12.20	0.82	27 years
Salton Sea	California	777.01	7.32	0.52	1961－62
Silver Lake	California	51.80	0.91	0.61	1938－39
Fort McIntosh	Texas	—	—	0.79	1950－51
Kempton Park	London	0.16	7.01	0.70	1956－62
Lake Eucumbene	N.S.W.	98.16	23.77	0.86	1962－64

水収支法を最も簡単なかたちで利用しているのがパン蒸発計である。わが国では1965年末まで口径20

表6　パン係数（E_L / E_p）の季節変化　（Hounam, 1973）

湖	年	JAN.	FEB.	MAR.	APRIL.	MAY.	JUNE.	JULY.	AUG.	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.
Lake Hefner	1950					0.35	0.60	0.71	0.82	0.93	0.50	1.32	1.06
	1951	0.76	0.13	0.51	0.39	0.52	0.65	0.64	0.72				
Lake Elsinore	3年平均	0.82	0.63	0.68	0.66	0.68	0.77	0.74	0.78	0.87	0.93	0.97	0.95
Lake Okeechobee	7年平均	0.77	0.69	0.73	0.84	0.82	0.85	0.91	0.91	0.85	0.76	0.71	0.83
Fort Collins	2年平均				0.60	0.63	0.69	0.69	0.71				
Kempton Park	1959			0.53	0.53	0.55	0.56	0.64	0.70	0.68	0.93	0.80	
	1960			0.60	0.50	0.46	0.72	0.69	0.77	0.91	0.94	0.43	
	1961			0.54	0.46	0.63	0.49	0.71	0.66	0.90	1.42	1.15	
	1962			1.18	0.47	0.67	0.83	0.71	0.80	0.82	1.18	1.63	
Silver Lake	1938					0.60	0.59	0.52	0.58	0.59	0.73	0.63	0.68
	1939	0.66	0.76	0.68	0.60								
Salton Sea	2年平均	0.53	0.46	0.37	0.40	0.47	0.39	0.46	0.47	0.56	0.70	0.77	0.57
	1961－62												
Lake Eucumbene	1951												0.68
	1952	0.73	0.81	0.86	1.17	2.04	1.49	1.15	1.20	0.61	0.69	0.48	0.72
	1963	0.77	0.91	1.00	0.95	2.04	2.37	2.53	0.95	0.62	0.31	0.66	0.73
	1964	0.63	0.84										

cm，深さ10 cm の小型蒸発計による日蒸発量の観測が全国の気象官署で行なわれ，すでに十分な資料の集積がある。器内に20 mmの清水を入れ，翌日その体積を測って減少分をΔSとしている。1966年1月1日から蒸発量の測定は口径120 cm，深さ25 cm，白色塗装をした大型蒸発計を用いて全国12官署（札幌，根室，宮古，秋田，東京，輪島，松本，潮岬，米子，清水，福岡，鹿児島）で行なわれている。器内の水深は約20 cm で，ΔSは水面の変化をフックゲージで測定して求める。大型蒸発計と小型蒸発計の蒸発量の比は年値で約 0.78，月値では 0.93から 0.56まで変化する。アメリカのA級蒸発計は口径122cm，深さ25. 4 cm でわが国の大型蒸発計にほぼ等しい。

（参考）　土木技術資料16－6 （1974）「蒸発計係数」より

大型－小型蒸発計換算係数

$$= \frac{\text{大型蒸発計年蒸発量}}{\text{小型蒸発計年蒸発量}}$$

$$= \frac{\text{大型蒸発計「8カ月」蒸発量}}{\text{小型蒸発計「8カ月」蒸発量}}$$

しかるに

$$\frac{\text{湖面年蒸発量}}{\text{大型蒸発計年蒸発量}} = 0.7$$

であから

湖面年蒸発量＝（小型蒸発年蒸発量）× 0. 7 × 0.72

≒（小型蒸発量年蒸発量）× 0. 5

4.3　ソーンスウェイト法による方法[8)]

ソーンスウェイト法による推定

Thornthwaite は，丈の低い緑草で密に覆われた地表面から，水不足の起こらないように給水した場合に失なわれる蒸発散量を可能蒸発散量と定義し，それを気温だけの関数として次式のように表わ

した。

$$E_t = 1.6\ \left(\frac{10T}{I}\right)^a \tag{6}$$

ここで，E_t：可能蒸発散量（cm/month），T：月平均気温（℃），

$$I = \sum_{i=1}^{12}\left(\frac{T_i}{5}\right)^{1.514} \tag{7}$$

$$a = (492.390 + 17.920I - 77.1I^2 + 0.675I^3) \times 10^{-6} \tag{8}$$

Iは熱示数とよばれ，1月から12月までのTについて総和を求める。式(6)の関係は気温0～26.5℃の範囲について有効で，それ以上の温度では表7の値を，また0℃以下の月では$E_t = 0$と仮定する。式(6)で求まる値は昼の長さが12時間の日を30日もつ標準月のE_tで，これに表8の昼の長さに関する補正値を乗じると緯度に

表7　月平均気温26.5℃以上の月のE_t

(cm/mo)

T℃	Et	T℃	Et	T℃	Et	T℃	Et
26.5	13.50	29.5	15.89	32.5	17.53	35.5	18.37
27.0	13.95	30.0	16.21	33.0	17.72	36.0	18.43
27.5	14.37	30.5	16.52	33.5	17.90	36.5	18.47
28.0	14.78	31.0	16.80	34.0	18.05	37.0	18.49
28.5	15.17	31.5	17.07	34.5	18.18	37.5	18.50
29.0	15.54	32.0	17.31	35.0	18.29	38.0	18.50

表8　昼の長さの補正値

北緯	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1.04	.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5	1.02	93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	.99	1.02
10	1.00	.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	.98	.99
15	.97	.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	.95	.97
20	.95	.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	.93	.94
25	.93	.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
26	.92	.88	1.03	1.06	1.15	1.15	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
27	.92	.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.18	1.13	1.02	.99	.90	.90
28	.91	.88	1.03	1.07	1.16	1.16	1.18	1.13	1.02	.98	.90	.90
29	.91	.87	1.03	1.07	1.17	1.16	1.19	1.13	1.03	.98	.90	.89
30	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
31	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1,18	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
32	.89	.86	1.03	1.08	1.19	1.19	1.21	1.15	1.03	.98	.88	.87
33	.88	.86	1.03	1.09	1.19	1.20	1.22	1.15	1.03	.97	.88	.86
34	.88	.85	1.03	1.09	1.20	1.20	1.22	1.16	1.03	.97	.87	.86
35	.87	.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	.97	.86	.85
36	.87	.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	1.03	.97	.86	.84
37	.86	.84	1.03	1.10	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	.97	.85	.83
38	.85	.84	1.03	1.10	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	.96	.84	.83
39	.85	.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.04	.96	.84	.82
40	.84	.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	.96	.83	.81
41	.83	.83	1.03	1.11	1.25	1.26	1.27	1.19	1.04	.96	.82	.80
42	.82	.83	1.03	1.12	1.26	1.27	1.28	1.19	1.04	.95	.82	.79
43	.81	.82	1.02	1.12	1.26	1.28	1.29	1.20	1.04	.95	.81	.77
44	.81	.82	1.02	1.13	1.27	1.29	1.30	1.20	1.04	.95	.80	.76
45	.80	.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	.94	.79	.75
46	.79	.81	1.02	1.13	1.29	1.31	1.32	1.22	1.04	.94	.79	.74
47	.77	.80	1.02	1.14	1.30	1.32	1.33	1.22	1.04	.93	.78	.73
48	.76	.80	1.02	1.14	1.31	1.33	1.34	1.23	1.05	.93	.77	.72
49	.75	.79	1.02	1.14	1.32	1.34	1.35	1.24	1.05	.93	.76	.71
50	.74	.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	.92	.76	.70
南緯												
5	1.06	.95	1.04	1.00	1.02	.99	1.02	1.03	1.00	1.05	1.03	1.06
10	1.08	.97	1.05	.99	1.01	.96	1.00	1.01	1.00	1.06	1.05	1.10
15	1.12	.98	1.05	.98	.98	.94	.97	1.00	1.00	1.07	1.07	1.12
20	1.14	1.00	1.05	.97	.96	.91	.95	.99	1.00	1.08	1.09	1.15
25	1.17	1.01	1.05	.96	.94	.88	.93	.98	1.00	1.10	1.11	1.18
30	1.20	1.03	1.06	.95	.92	.85	.90	.96	1.00	1.12	1.14	1.21
35	1.23	1.04	1.06	.94	.89	.82	.87	.94	1.00	1.13	1.17	1.25
40	1.27	1.06	1.07	.93	.86	.78	.84	.92	1.00	1.15	1.20	1.29
42	1.28	1.07	1.07	.92	.85	.76	.82	.92	1.00	1.16	1.22	1.31
44	1.30	1.08	1.07	.92	.83	.74	.81	.91	.99	1.17	1.23	1.33
46	1.32	1.10	1.07	.91	.82	.72	.79	.90	.99	1.17	1.25	1.35
48	1.34	1.11	1.08	.90	.80	.70	.76	.89	.99	1.18	1.27	1.37
50	1.37	1.12	1.08	.89	.77	.67	.74	.88	.99	1.19	1.29	1.41

応じたE_tの月値が得られる。

この方法はアメリカ合衆国の実測値にあうよう経験的に定められたもので，それ以外の地域に適用する場合には注意がいる。わが国では式(6)で求めたE_tの年値は小型蒸発計蒸発量の約0.7で妥当な値を示すが，季節的には冬から春にかけて過少，夏から秋にかけて過大な値になる。また熱帯のように気温よりも雲量や湿度が蒸発散の支配因子になる地域でも，この方法で求めた月値はかなりの誤差を含む。

4.4 ペンマン法による方法[8)]

Penmanは熱収支法と空気力学法を組合せて次式を導いた。

$$E_o=\frac{(R_n/\ell)\,\Delta+\gamma E_a}{\Delta+\gamma} \tag{9}$$

ここで，E_o＝蒸発量（cm/day）

R_n/ℓ＝正味放射量（cm/day）

Δ＝気温T_aにおける飽和水蒸気圧曲線の勾配（mb/℃），表9

γ＝乾湿計定数（0.66 mb/℃）

E_a＝空気力学的効果による蒸発項（cm/day）

$=(0.013+0.00016u_2)(e_{sa}-e_a)$

ただし，u_2：地上2mの風速（km/day），e_{sa}：気温T_aにおける飽和水蒸気圧（mb），e_a：空気の水蒸気圧（mb）である。

表9　ペンマン式のΔの値

(mb/℃)

10℃ / ℃	−10	−0	+0	10	20	30℃
0	0.23	0.42	0.46	0.82	1.45	2.44
1		0.42	0.47	0.88	1.53	2.56
2		0.39	0.50	0.92	1.62	2.68
3		0.37	0.54	0.98	1.70	2.82
4		0.35	0.57	1.00	1.79	2.97
5		0.32	0.61	1.09	1.89	3.11
6		0.30	0.65	1.16	1.99	
7		0.28	0.68	1.23	2.09	
8		0.27	0.73	1.29	2.20	
9		0.24	0.77	1.34	2.31	

ペンマン法による推定法には，式(9)で求めた水面蒸発量に後述する経験的係数を乗じて可能蒸発散量を求める方法と，式(9)から直接可能蒸発散量を求める方法の二つがある。

水面蒸発量を用いる場合には，水面のアルベド（$\alpha=0.05$）を用いてR_nを次式で計算する。

$$\begin{aligned}R_n&=(1-\alpha)R_I+R_B\\&=0.95R_A(0.18+0.55n/N)\\&\quad-\sigma T_a^4(0.56-0.08\ e_a)(0.1+0.90n/N)\end{aligned} \tag{10}$$

ここで，R_I＝日射量（cal/cm²・day）

$=R_A(0.18+0.55n/N)$

R_B＝長波の正味放射量（cal/cm²・day）

R_A＝大気がない場合の日射量（cal/cm²・day）

n/N＝可照時間に対する日照時間の比（日照率）

σ＝ステンファン定数（1.17×10^{-7}cal/cm²・°K⁴・day）

T_a＝気温（°K）

e_a＝大気の水蒸気圧（mb）

式(10)でR_l，R_Bを求める式はいずれも経験式で，係数は場所によって異なる。わが国の舘野では次式が得られている。

$$R_n = 0.95R_A(0.22+0.52n/N) - \sigma T_a^4(0.37-0.036\ e_a)(0.10+0.90n/N) \quad (11)$$

R_AとNの値は通常の気象表にのっている。R_lの実測値が得られる場合には，もちろんその値を利用するほうがよい。式(9)で得られたE_oに乗ずる経験的係数をペンマンは11月～2月は0.6，3月～4月と9月～10月は0.7，5月～8月は0.8，全年は0.75と与えている。

植被面からの可能蒸発散量は，式(10)のαに植被面のアルベド（0.15～0.30，植生の種類によって異なる）を与えた直接計算することもできる。ただしペンマンのE_aは水面に関して得られた経験式であるから，式(9)のE_aをそのまま使うことには問題がある。Van Bavelは理論的に次式を導いている。

$$E_a = \frac{0.622\rho k^2}{p}\cdot\frac{u_a}{[\ln(z_a/z_0)]^2}(e_{sa}-e_a)$$

$$= \frac{3.64}{T_a}\cdot\frac{u_a}{[\ln(z_a/z_0)]^2}(e_{sa}-e_a) \quad (12)$$

ここで，u_a＝高度z_aにおける風速（km/day）

z_a＝植被面上の高度（cm）

z_0＝植被面の粗度係数（cm）で植生の高さの約1/10で近似できる

式(12)の使用はペンマンのオリジナル式よりよい結果を与えると報告されている。

4.5 ペンマン法の計算方法

大気力学的方法と熱収支法を結びつけた方法（市川による）

まず自由水面からの蒸発量を考え，蒸発比を乗じて自然の地表面からの蒸発散量を求める。

$$E_l = fE_o \quad (13)^{9)}$$

ここに，E_l：可能蒸発散量（mm/day）

E_o：水面蒸発量（mm/day）

f：蒸発比（一般に0.7であるが「ペンマンは11月～2月は0.6，3月～4月と9月～10月は0.7，5月～8月は0.8，全年は0.75と与えている」[8]）

自由水面からの蒸発量は

$$E_o = \frac{(\Delta/\gamma)R_n + E_a}{(\Delta/\gamma)+1} \quad (14)^{9)}$$

ここに，$R_n = (1-\alpha)Q - I$

$$= (1-\alpha)Q_a(0.18+0.55n/N)$$

$$-\sigma T_a^4(0.56-0.092\ e_a)(0.1+0.9n/N) \quad (15)^{9)}$$

$$E_a = 0.35(0.5+0.01u)(e_a-e_d) \quad (16)^{9)}$$

Δ：平均気温における飽和水蒸気圧曲線の勾配（mmHg/°K）

γ：乾湿計定数（psychrometer constant）（mmHg/°K）

R_n：純放射量（mm/day）

E_a：空気力学的蒸発量（mm/day）

α：蒸発面の反射係数（albedo）（一般に 0.05）（無次元）

Q_a：大気上限における大気外日射量（mm/day）

n/N：日照率＝日照時数（n）/ 可照時数（N）（無次元）

σ：ステファン・ボルツマン定数（mm/day）

T_a：平均気温（°K）

e_a：気温（T_a）での飽和水蒸気圧（mmHg）

e_d：実際の蒸気圧（mmHg）

u：地上2mにおける風速（mile/day）

(14)式は，正味放射量を大気を暖める部分（R_n）と蒸発を行わせる部分（E_a）の二つに分け，蒸発に用いられる放射量の割合を推定したものである。

(15)式は，蒸発に利用できる正味の放射量を推定するもので，短波で入ってくる放射量（Q）から長波で発散する放射量（I）を差引いたものであり，Qの項に水のアルベドを考慮している。一般にこの式の単位はly（ラングレー）で表わされる。そこでlyをmmに換算するために水の蒸発熱（気化熱）を考えなければならない。

$$L_1 = 597 - 0.6\,T \qquad (17)^{1)}$$

$$L_2 = 594.9 - 0.51T \qquad (18)^{2)}$$

ここに，L_1, L_2：蒸発熱　（cal/g）

T：蒸発面の温度（°C）

$T = 10$°Cの時，$L_1 = 591$ cal/g，$L_2 = 589.8$ cal/gであり，外国の計算例[10]でも$L = 590$ cal/g を用いているようである。そうすると単位の換算は1 ly＝1 cal/cm² であるから，ly/day＝1 cal/cm²/dayとなり水の蒸発熱$L = 590$ cal ＝590 cal/cm³ で割ると，

$$\frac{1\,\text{cal/cm}^2/\text{day}}{590\,\text{cal/cm}^3} = \frac{1}{590}\,\text{cm/day} = \frac{1}{59}\,\text{mm/day}$$

となる。

また，(15)式カッコ内の係数0.092はe_aがmmHgの単位の時であり，mbの単位の時は0.08である。

(16)式は，空気の乱流理論の基本式に由来しており，蒸発量が水面と空気の水蒸気圧の差に比例するとし，次の経験式に基づいている。

$$E : f(w) \cdot (e_w - e_a) \qquad (19)^{1)}$$

ここに，E：単位時間あたりの蒸発量

$f(w)$：風速uの関数

e_w：水面の飽和水蒸気圧

e_a：空気中の水蒸気圧

なお，係数0.5は当初1.0だったが，Hefner湖の観測結果に基づいて修正された。（市川[4]と高瀬ら[7]は1.0を用いているが誤りではないか？）

(14)～(16)式の文字について詳しく説明してきたい（順不同）。

① T_a（平均気温（°K））

気象庁月表　から月平均気温 t_a（℃）をデータとし，

$$T_a = t_a + 273.15 \tag{20}$$

からT_aを絶対温度に換算する。

② e_a（気温T_aの飽和水蒸気圧（mmHg）

t_aからe_aを求める換算表が一般的にあるのでそれを使用する。電算ではGoff-Gratch の式を

$$\log_{10} e_w = -7.9028\left(\frac{373.16}{T_a} - 1\right) + 5.02808 \log_{10} \frac{373.16}{T_a} - 1.3816 \times 10^{-7}\left\{10^{11.344\left(1 - T_a/373.16\right)} - 1\right) + 8.1328 \times 10^{-3}\left\{10^{-3.49149\left(373.16/T_a - 1\right)} - 1\right) + \log_{10} 1013.246 \tag{21}$$

であるからmmHgに換算するために，

$$e_a = e_w / 1.333 \tag{22}$$

③ e_d（実際の蒸気圧（mmHg））

気象庁月表　から月平均蒸気圧 e_d'（mb）をデータとし，

$$e_d = e_d' / 1.333 \tag{23}$$

からe_dを求める。

④ n/N（日照率＝日照時数（n）/ 可照時数（N）（無次元））

気象庁月表　から月平均日照率のデータを採用する。ただし，%ではなく無次元の単位とすること。

⑤ u（地上2mにおける風速（mile/day）

気象庁月表　から月平均風速（m/sec）をデータとし，単位の換算を行うと，

（m → mile）　1 km＝0.62137 mile

（sec → day）　1 sec＝1/86,400 day

$$\frac{\text{m}}{\text{sec}} = \frac{0.62137 \times 10^{-3}}{1/86{,}400}\ \frac{\text{mile}}{\text{day}} = 53.686\ \frac{\text{mile}}{\text{day}}$$

ゆえに，(16)式のuがm/secの単位なら，(16)式は

$$E_a = 0.35\left(0.5 + 0.537u'\right)\left(e_a - e_d\right)$$

u'：（m/sec）

となり，さらに e_a と e_d が mb の単位なら，

$E_a = (0.13 + 0.14u')(e_a' - e_d')$

e_a', e_d'：（mb）

となる。

また，高さの補正は次式で行う。

$$u = u \times \frac{\log 200}{\log h_x} \qquad (24)^{5)}$$

ここに，h_x：風速の測定された高さ（cm）

u_x：h_x における風速（mile/day）

（ただし，榧根[5]の式はミスプリントがある。）

ゆえに，単位の換算と高さの補正をまとめて，

$$u = U_x \cdot \frac{\log 200}{\log h_x} \times 53.686 \qquad (25)$$

U_x：h_x における風速（m/sec），つまり気象庁月表のデータ

⑥ σ（ステファン・ボルツマン定数（mm/day））

8.132×10^{-11} ly/min/$°K^4$

↓ $\times 1,440$ （min → day）

11.71×10^{-8} ly/day/$°K^4$

↓ $\times 1/59$ （ly → mm）

1.98×10^{-9} mm/day/$°K^4$

高瀬ら[7]はこの値を 2.03×10^{-9} mm/day/$°K^4$ としている。

⑦ Q_a（大気上限における大気外日射量（mm/day））

$$Q_a = \frac{1,440}{\pi} S \left(\frac{\bar{d}}{d}\right)^2 (w_o \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \sin w_o) \quad (\text{ly/day}) \qquad (26)^{1)}$$

個数

1 S＝太陽定数＝2.00 ± 0.04 ly/min → 1,440 × 2 ly/day ＜文献1) P20＞

1 d：太陽から地球までの平均距離 ＜理科年表 天3＞

365 (40) d：太陽から地球までの瞬間距離 ＜〃 暦8～30＞＜暦62＞

1 φ：緯度（ある地点）

365 (40) δ：赤緯（月日）

365 (40) w_o：時角（月の出から日没までの時間の半分）

（40）は補間法を用いた場合の個数であり40個以下になる。

月平均値を求める。（月ごとに毎日 Q_a を計算し，その平均値を求める）

計算手順

1) φ は？ ex.（長崎） 32°44′

2) δ は？　　ex. (S 50. 1. 1) $-23°\,4'$　　(秒単位は不要)

3) w_o は？　　$w_o = \cos^{-1}(-\tan\varphi \tan\delta)$　　(27)[1]

4)　　$w_o \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi\cos\delta \sin w_o$ の式に(13)～(15)を代入

5) $\frac{\bar{d}}{d}$ は？　　理科年表暦 8 ～30に天文単位で表わした地球からの真距離が10日ごとに記載されている。この値を補間法で毎日の値を出す。なお，天文距離とは $(d/\bar{d})$ であるから逆数にすること。

小数点以下 4 ケタ以降は不要

6) 毎日の Q_a の計算

7) 月合計 Q_a から月平均値を求める

なお，電算で計算する場合は $(d/\bar{d})$ と (δ) のデータを10日ごとにINPUTすれば補間法で計算できるプログラムで処理するようになっている。

単位の換算をすると太陽定数 S は $1.440 \times 2/59 \fallingdotseq 48.8$ mm/day となり，(17)式は

$$Q_a = \frac{48.8}{\pi}\left(\frac{\bar{d}}{d}\right)^2 (w_o \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi\cos\delta \sin w_o) \quad (\text{mm/day}) \qquad (28)$$

となる。

⑧ Δ (平均気温における飽和水蒸気曲線の勾配 (mmHg/°K))

この単位は mb/°C[8] でも mb/°F[5] でも可である。気温 T_a の近ぼうにおける飽和水蒸気圧曲線の勾配を示すものであり，前述の②の温度から飽和水蒸気圧を求める換算表があれば±0.5°C での差をとればいい。

電算では，±0.1°C (or °K) を近ぼうとしている。なお，概略の値は地下水ハンドブック[8] を参照されたい。

⑨ γ (乾湿計定数 (mmHg/°K))

この単位は上記⑧と同じく，mb/°C でも mb/°F でも可である。

$$\gamma' = \frac{C_p \cdot P}{0.622 \cdot L} \qquad (\text{mb/°C}) \qquad (29)[8]$$

ここに，C_p：空気の定圧比熱　(J/gK)　(気温20°Cの時 1.006)

L：水の蒸発熱　(cos/g)　(蒸発面10°Cの時 590)

P：気圧　(mb)　(一般に 1013)

上記の値を代入し，単位の整理をすると

$$\gamma = \frac{1.006 \times 1013}{0.622 \times 590} \frac{J/gK}{\text{cal/g}} \text{mb} = \frac{1.006 \times 1013}{0.622 \times 590} \frac{J/g°K}{4.186 J/g} \text{mb} \qquad (1\,\text{cal} = 4.186J)$$

$= 0.66$ mb/°K (or mb/°C)[8] $= 0.50$ mmHg/°K (or mmHg/°C)

市川[4] はこの値を 0.27 mmHg/°F とし，高瀬ら[7] は 0.49 mmHg/°C としている。

なお(14)式では Δ/γ の値があればいい。その値は Dunne ら[10] が概略の値を次のように与えている。

T (°C)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Δ/γ	0.67	0.90	1.23	1.58	2.14	2.72	3.57	4.57	5.70

参 考 文 献

1) 榧根　勇：水の循環，共立出版（水文学講座　3）（1973）

2) 新井　正，西沢利栄：水温論，共立出版（水文学講座　10）（1974）

3) 金子　良：農業水文学，共立出版（水文学講座　12）（1973）

4) 市川正巳：水文学の基礎，古今書院　（1973）

5) 榧根　勇：Penmanの蒸発式の図的解法と水収支計算への応用について，水利科学 №43（1965）

6) 土木学会編：水理公式集　（1973）

7) 高瀬恵次，丸山利輔：水収支法による季別流域蒸発散量の推定，農業土木学会論文集第76号，（1978）

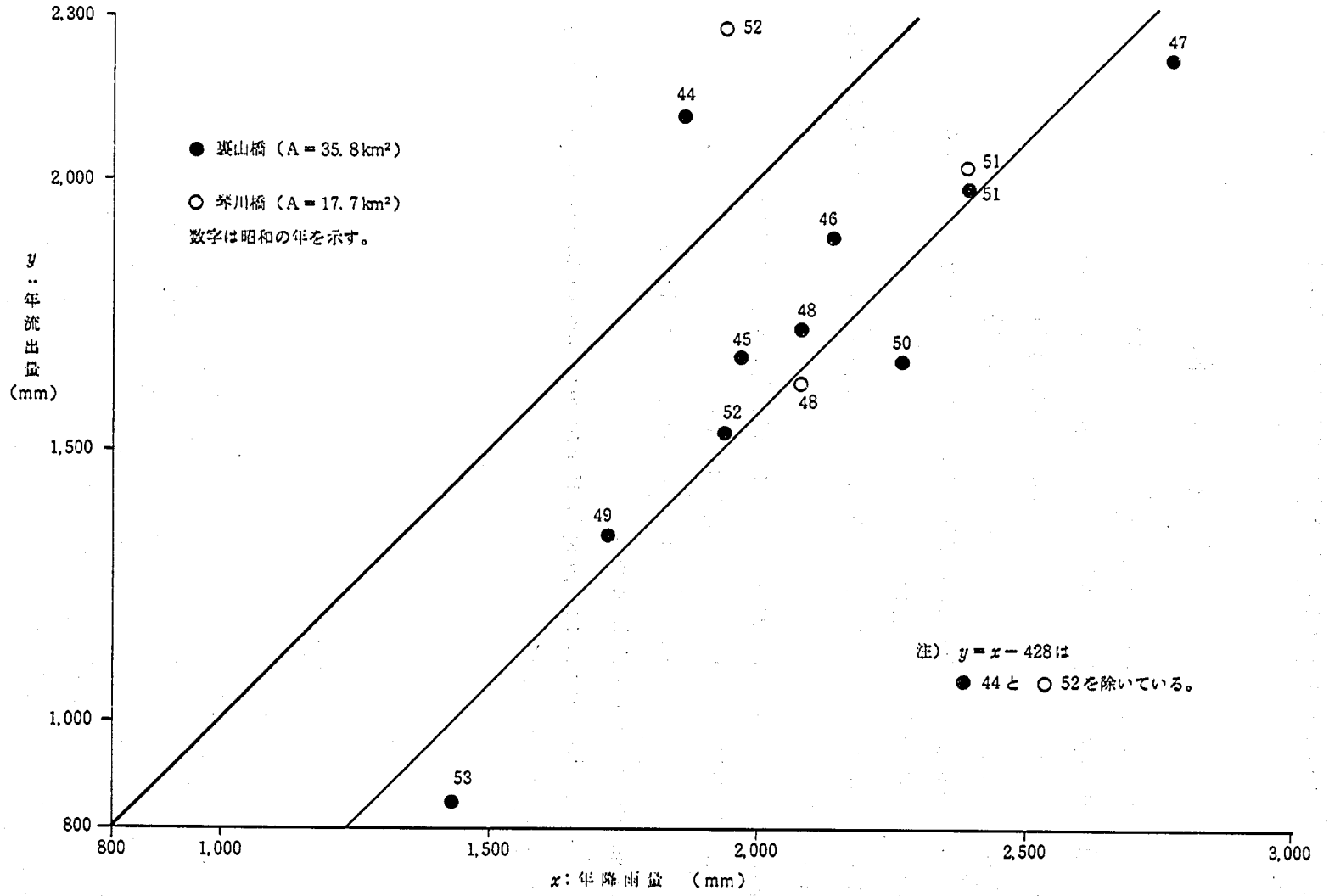
8) 地下水ハンドブック編：地下水ハンドブック，建設産業調査会（1979）

9) 建設省河川局監修：地下水調査及び観測指針（案）
社団法人　全国地質調査業協会連合会（1978）

10) Thomas Dunne, Luna B. Leopold：
Water in Environmental Planping W. H. Freeman and Company San Francisco (1978)

11) 気象の事典，東京堂　（1954）

（参考図１）　本明川流域年間降雨量～流出高図



参考表1　Pan 蒸発量（野母崎地下ダム）

月		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
S52	㋑ mm/月								(71.3)	(97.0)	110.9	89.5	52.6	253.0
	㋺ mm/日								(4.8)	(4.2)	3.6	3.1	1.9	
	㋩=㋺×日数										111.6	93.0	58.9	263.5
S53	㋑ mm/月	51.1	54.5	94.8	96.2	123.2	86.0	154.4	138.9	110.2	102.4	87.4	60.1	1159.2
	㋺ mm/日	2.0	2.2	3.3	3.6	4.1	3.9	5.1	5.0	4.4	3.4	3.0	2.1	
	㋩	62.0	61.6	102.3	108.0	127.1	117.0	158.1	155.0	132.0	105.4	90.0	65.1	1283.6
	㋑× 0.7	35.8	38.2	66.4	67.3	86.2	60.2	108.1	97.2	77.1	71.7	61.2	42.1	811.5
S54	㋑ mm/月	42.6	48.7	72.5	123.0	135.4	112.5	79.3	111.4	115.6	123.4	70.7	59.3	1094.4
	㋺ mm/日	1.5	2.4	3.0	4.2	4.7	5.9	3.6	4.5	4.0	4.3			
	㋩	46.5	67.2	93.0	126.0	145.7	177.0	111.6	139.5	120.0	133.3			1159.8
	㋑× 0.7	29.8	34.1	50.8	86.1	94.8	88.8	55.5	78.0	80.9	86.4	49.5	41.5	766.2
㋩の合計 (S52~S54)		108.5	128.5	195.3	234.0	272.8	294.0	269.7	294.5	252.0	238.7	183.0	124.0	2595.3
平均		54.3	64.3	97.7	117.0	136.4	147.0	134.8	147.2	126.0	119.4	11.5	62.0	1297.7
%		4.2	5.2	7.5	9.0	10.5	11.3	10.4	11.3	9.7	9.2	7.1	4.8	100.0

参考表2　ソンスウエイトによる可能蒸発散量（野母崎地下ダム）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
昭和41年	9.3	16.0	34.0	53.5	86.6	115.7	159.8	183.1	115.2	70.6	34.0	12.6	890.4
42	6.9	9.1	25.5	56.2	95.3	129.9	169.9	176.6	124.7	70.8	38.7	8.3	911.9
43	10.7	3.9	25.7	56.2	85.3	110.7	148.5	160.9	119.4	70.8	38.4	26.5	857.0
44	13.7	12.5	20.6	57.0	89.9	110.8	155.6	169.5	133.2	69.3	32.4	13.1	877.6
45	6.6	14.3	15.2	49.3	88.7	107.5	157.8	170.4	130.5	81.2	35.5	15.5	872.5
46	8.0	11.2	22.1	54.1	86.1	120.3	176.4	158.9	116.5	65.6	38.7	18.1	876.0
47	18.1	13.1	27.2	51.4	84.9	114.1	167.5	155.8	108.4	67.3	36.2	17.0	861.0
48	14.7	15.3	26.3	61.0	87.5	117.3	171.9	169.5	104.7	69.3	30.7	10.3	878.5
49	8.8	10.4	25.2	54.1	94.7	107.6	150.7	165.0	110.4	75.2	34.0	17.9	854.0
50	8.7	8.7	23.5	52.7	85.8	117.0	171.0	174.5	132.0	81.1	37.6	14.9	907.5
51	8.8	20.4	26.6	56.6	89.5	114.3	145.8	162.8	102.7	69.7	30.1	15.9	843.2
52	3.7	5.7	31.1	57.0	85.3	117.3	173.3	156.9	123.0	81.4	41.4	21.8	897.9
計	118.0	134.9	303.0	659.1	1054.6	1382.5	1948.2	2003.9	1420.7	872.3	427.7	191.9	10527.5
平均	9.8	11.2	25.3	54.9	88.3	115.2	162.4	167.0	118.4	72.7	35.6	16.0	876.8
%	1.1	1.3	2.9	6.3	10.1	13.1	18.5	19.0	13.5	8.3	4.1	1.8	100.0

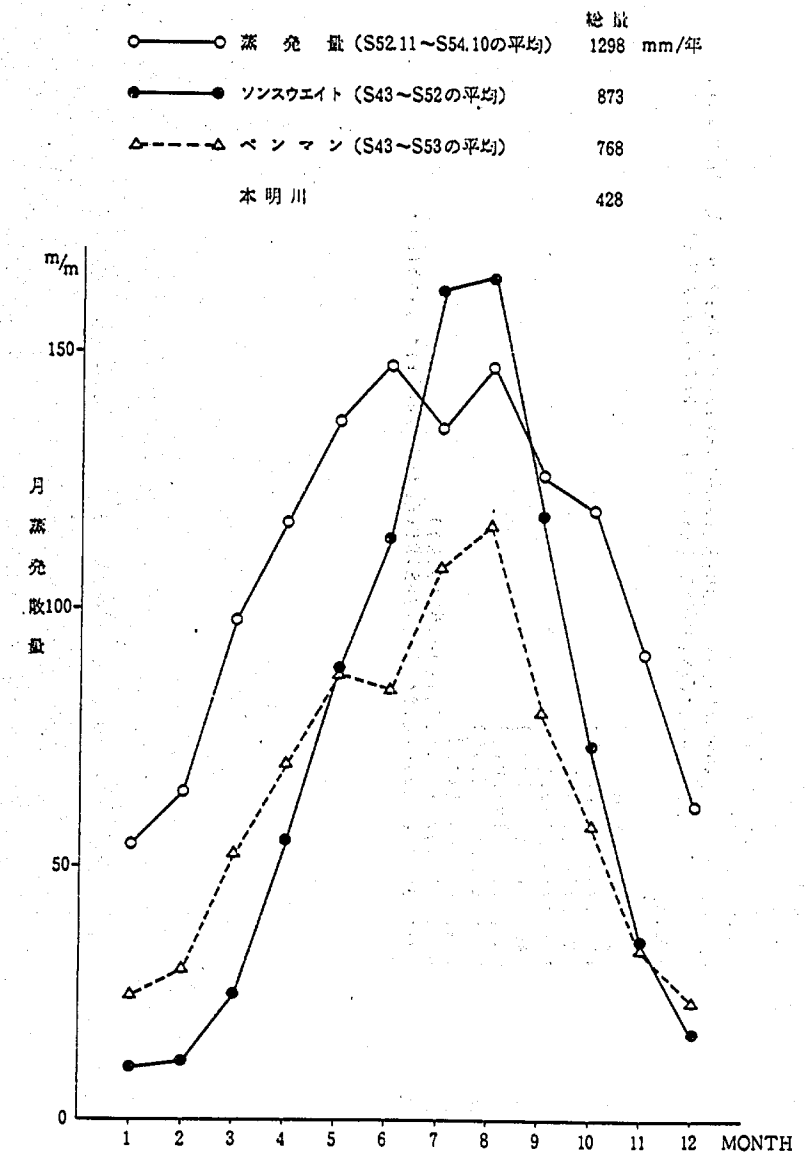
参考表3　ペンマン法による可能蒸発散量（野母崎地下ダム）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
S42	23.6	30.1	48.3	63.1	91.1	105.9	100.0	130.8	100.6	61.2	32.5	22.3	809.5
43	28.5	28.0	54.1	76.4	91.8	89.9	91.7	120.2	78.0	62.0	33.2	24.0	777.8
44	20.6	29.0	46.4	71.1	93.0	90.4	105.6	118.3	92.2	61.4	33.4	23.6	785.0
45	25.7	31.8	52.3	63.2	80.0	67.1	99.4	114.9	80.0	56.7	35.7	23.8	730.6
46	24.2	28.6	54.5	77.1	88.6	69.6	121.7	102.6	80.7	59.1	35.6	25.0	767.3
47	27.1	30.1	50.3	64.3	87.9	87.1	109.7	115.8	82.6	54.5	30.5	22.3	762.2
48	24.1	29.6	55.2	67.8	84.9	93.2	125.4	118.9	65.5	54.1	35.6	23.9	778.2
49	24.8	30.1	52.4	75.6	96.5	98.8	87.0	126.1	78.4	53.6	33.2	22.7	779.2
50	23.8	28.9	57.8	62.2	90.3	92.9	122.6	122.1	81.5	57.0	33.7	21.8	794.6
51	25.4	31.2	48.6	65.9	83.4	76.4	102.5	115.0	73.3	56.4	30.6	22.1	730.8
52	21.6	30.1	54.7	71.0	80.7	80.7	117.6	109.1	84.3	64.4	34.6	22.9	771.7
計	245.8	297.4	526.3	694.6	877.1	846.1	1083.2	1163.0	796.5	579.2	336.1	232.1	7677.4
平均	24.6	29.7	52.6	69.5	87.7	84.6	108.3	116.3	79.7	57.9	33.6	23.2	767.7
%	3.2	3.9	6.9	9.1	11.4	11.0	14.1	15.1	10.4	7.5	4.4	3.0	100.0

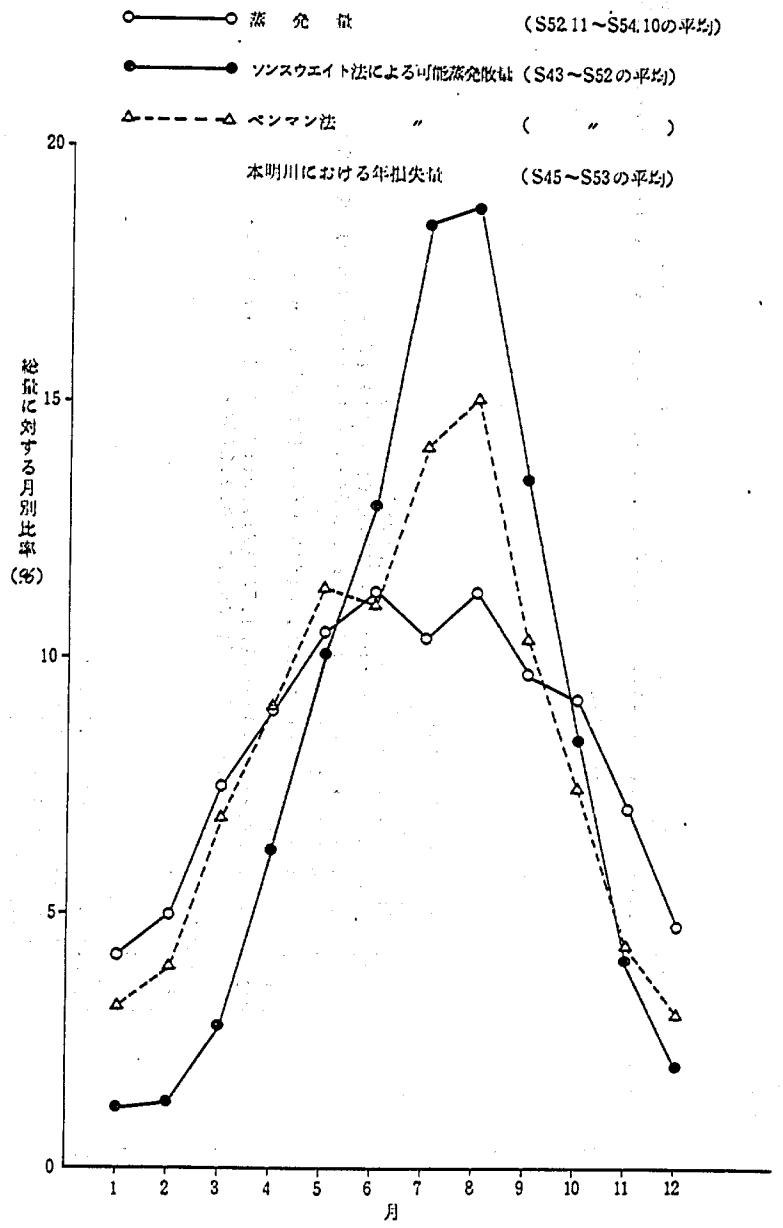
参考表4　蒸発散量比較表(野母崎地下ダム)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
蒸発量(mm)	54.3	64.4	97.7	117.0	136.4	147.0	134.9	147.3	126.0	119.4	91.5	62.0	1297.9
(S52.11～S54.10の平均%)	4.2	5.0	7.5	9.0	10.5	11.3	10.4	11.3	9.7	9.2	7.1	4.8	100.0
ソンスウエイト(mm)	10.2	11.6	24.3	54.9	87.8	113.7	161.8	164.4	118.1	73.1	35.5	17.1	872.7
(S43～S52の平均(%))	1.2	1.3	2.8	6.3	10.1	13.0	18.5	18.8	13.5	8.4	4.1	2.0	100.0
ペンマン(mm)	24.6	29.7	52.6	69.5	87.7	84.6	108.3	116.3	79.7	57.9	33.6	23.2	767.7
(S43～S52の平均(%))	3.2	3.9	6.9	9.1	11.4	11.0	14.1	15.1	10.4	7.5	4.4	3.0	100.0
ペンマン合計	22.4	27.3	48.3	63.7	79.8	77.0	98.7	105.7	72.8	52.5	30.8	21.0	700.0
㋑/月の日数	0.72	0.98	1.56	2.12	2.57	2.57	3.18	3.41	2.43	1.69	1.03	0.68	
㋒×月の日数	22.32	27.44	48.36	63.60	79.67	77.10	98.58	105.71	72.90	52.39	30.90	21.08	700.05
㋓の整数化	22	27	48	64	80	77	99	106	73	52	31	21	700

参考図2　蒸発散量比較図



参考図3　蒸発散量月別比率比較図



(参考)

ペンマン法プログラム

```
     1        10        20        30        40        50        60        70        80
NO   ....*....*....*....*....*....*....*....*....*....*....*....*....*....*....*....*

 2   //DW0KC10A JOB DW0KC10,CLASS=A
 3   /*ADMIT KAC
 4   //STEP1 EXEC FORTOCG
 5   //FORT.SYSIN DD *
 6   C      PENMAN
 7   C      S42
 8   C      NAGASAKI
 9   C      FAI=0.5713(=32DO 44MIN) RAD
10   C      SC=48.8MM/DAY(=2LY/MIN)
11   C      SIG=1.98E-09MM/DAY/K**4(8.132E-11LY/MIN/K**4)
12   C      TA,TD NO INPUT WA (C) DE ARUGA,KEISAN DEWA (K) DE ARU
13   C      R TO T NO INPUT WA (DO TO MIN) DE ARUGA,KEISAN DEWA (RAD) DE ARU
14   C      EA WA TA KARA KANZAN(SUB SVPC)
15   C      ED NO INPUT WA (MB) DE ARUGA,KEISAN DEWA (MMHG) DE ARU
16   C      GNM=0.50 MMHG/C
17         DIMENSION S(12),TA(12),TB(12),TC(12),ED(12),UX(12),QM(12),
18                   URT(400),D(400),R(400),T(400),C(40)
19         HX=1870.0
20         SIG=1.98E-09
21         A=0.05
22         F=0.7
23         M=12
24         READ(5,500)  (TA(I),I=1,M)
25         WRITE(6,600) (TA(I),I=1,M)
26         READ(5,500)  (S(I),I=1,M)
27         WRITE(6,600) (S(I),I=1,M)
28         READ(5,500)  (UX(I),I=1,M)
29         WRITE(6,600) (UX(I),I=1,M)
30         READ(5,500)  (ED(I),I=1,M)
31         WRITE(6,600) (ED(I),I=1,M)
32         READ(5,550)  (QM(I),I=1,M)
33         WRITE(6,600) (QM(I),I=1,M)
34     500 FORMAT(12F5.0)
35     550 FORMAT(12F6.0)
36     600 FORMAT(1H0,12F10.3)
37         WRITE(6,700)
38     700 FORMAT(1H1,6X,5HMONTH,5X,2HQM,8X,2HH1,8X,2HH2,8X,2HH0,8X,2HHU,8X,
39        -       2HEE,8X,3HGNM,7X,3HRMD,7X,2HEO,8X,2HET,8X,2HES)
40         MON=31
41         SS=0.0
42         DO 2000 L=1,M
43         TA(L)=TA(L)+273.15
44         TB(L)=TA(L)+0.1
45         TC(L)=TA(L)-0.1
46         CALL SVPC(TA,EA,L)
47         CALL SVPC(TB,EB,L)
48         CALL SVPC(TC,EC,L)
49         ED(L)=ED(L)/1.333
50         H1=(1.0-A)*QM(L)*(0.18+0.55*S(L))
51         H2=SIG*TA(L)**4*(0.56-0.092*SQRT(ED(L)))*(0.1+0.9*S(L))
```

```
      H=H1-H2
      U=53.686*UX(L)*ALOG10(200.0)/ALOG10(HX)
      EE=0.35*(0.5+0.01*U)*(EA-ED(L))
      GNM=0.50
      RMD=(EB-EC)/0.2
      EO=(RMD/GNM*H+EE)/(RMD/GNM+1.0)
      ET=F*EO
      GO TO (3,1,2,1,2,1,1,2,1,2,1,1),L
    1 CONTINUE
      ES=ET*MON
      MON=31
      GO TO 100
    2 CONTINUE
      ES=ET*MON
      MON=30
      GO TO 100
    3 CONTINUE
      ES=ET*MON
      MON=28
  100 CONTINUE
      SS=SS+ES
      WRITE(6,710) L,QM(L),H1,H2,H,U,EE,GNM,RMD,EO,ET,ES
  710 FORMAT(1H ,I10,11F10.3)
 2000 CONTINUE
      WRITE(6,720) SS
  720 FORMAT(1H0,115X,5HTOTAL,F10.3)
      STOP
      END
      SUBROUTINE SVPC(T,EA,L)
C     SATURATED VAPOUR PRESSURE CURVE(HOWA SUIZYOKIATU KYOKUSEN)
      DIMENSION T(12)
      S=373.16
      U=S/T(L)
      V=U-1.0
      A=-7.9028*V
      B=5.02808*ALOG10(U)
      C1=1.0-1.0/U
      C2=11.344*C1
      C3=10.0**C2-1.0
      C=-1.3816E-7*C3
      D1=-3.49149*V
      D2=10.0**D1-1.0
      D=8.1328E-3*D2
      E=ALOG10(1013.246)
      F=A+B+C+D+E
      G=10.0**F
      H=1.333
      EA=G/H
      RETURN
      END
```

CARD CONTENTS

```
      1        10        20        30        40        50        60        70        80
NO    ....*....*....*....*....*....*....*....*....*....*....*....*....*....*....*....*
102   /*
103   //GO.SYSIN DD *
104     5.5  6.5 10.4 15.6 19.9 23.5 27.0 28.5 25.0 18.9 14.3  6.2
105    0.31 0.36 0.39 0.32 0.47 0.51 0.36 0.69 0.67 0.49 0.34 0.18
106     3.1  3.0  2.9  3.1  2.4  2.6  3.1  2.5  2.9  2.7  2.4  2.9
107     6.6  6.8  9.5 13.4 17.4 21.2 28.8 30.1 21.5 14.1 11.8  6.7
108    8.16810.17012.73915.05316.53417.09416.77315.57213.57511.061 8.744 7.580
109   /*
110   //
```

*** CARD DATA END ** TOTAL= 110 ***

5.500	6.500	10.400	15.600	19.900	23.500	27.000	28.500	25.000	18.900	14.300	6.200
0.310	0.360	0.390	0.320	0.470	0.510	0.360	0.690	0.670	0.490	0.340	0.180
3.100	3.000	2.900	3.100	2.400	2.600	3.100	2.500	2.900	2.700	2.400	2.900
6.600	6.800	9.500	13.400	17.400	21.200	28.800	30.100	21.500	14.100	11.800	6.700
8.168	10.170	12.739	15.053	16.534	17.094	16.773	15.572	13.575	11.061	8.744	7.580

MONTH	QM	H1	H2	HO	HU	EE	GNM	RMO	EO	ET	ES	
1	8.168	2.720	1.607	1.112	117.045	1.063	0.500	0.470	1.087	0.761	23.584	
2	10.170	3.652	1.838	1.844	113.269	1.230	0.500	0.500	1.537	1.076	30.124	
3	12.739	4.774	1.815	2.959	109.494	1.298	0.500	0.631	2.225	1.557	48.278	
4	15.053	5.691	1.433	3.658	117.045	1.888	0.500	0.851	3.003	2.102	63.059	
5	16.534	6.888	1.738	5.149	90.615	2.148	0.500	1.079	4.199	2.939	91.118	
6	17.094	7.478	1.655	5.823	98.167	3.008	0.500	1.308	5.045	3.531	105.940	
7	16.773	6.023	0.902	5.121	117.045	2.996	0.500	1.568	4.608	3.225	99.985	
8	15.572	8.277	1.452	6.825	94.391	3.333	0.500	1.694	6.029	4.221	130.838	
9	13.575	7.074	2.096	4.978	109.494	4.253	0.500	1.415	4.789	3.352	100.563	
10	11.061	4.723	2.032	2.691	101.942	3.078	0.500	1.023	2.818	1.973	61.156	
11	8.744	3.049	1.571	1.477	90.615	1.655	0.500	0.790	1.546	1.082	32.469	
12	7.580	2.009	1.117	0.892	109.494	1.161	0.500	0.491	1.027	0.719	22.293	
										TOTAL		809.407

Ⅵ　地下水シミュレーションに関する検討

目　　次

1. 平面2次元モデルにおける計算条件 …… 115
2. 塩水化モデルにおける計算条件 …… 123
3. 平面2次元モデルにおける計算結果 …… 126
4. 塩水化特性の検討 …… 175

1. 平面2次元モデルにおける計算条件

(1) 計　算　式

被圧地下水位の非定常平面2次元の偏微分方程式をA.D.I 法（Alternating direction implicit method）により差分近似したものである。

非定常平面2次元の地下水流動の方程式は次式で表わされる。

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(Tx\frac{\partial h}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(Ty\frac{\partial h}{\partial y}\right)=S\frac{\partial h}{\partial t}+Q(x,\ y,\ t) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

ここに、Tx，Ty ；x，y 軸方向の透水量係数（$L^2 r^{-1}$）

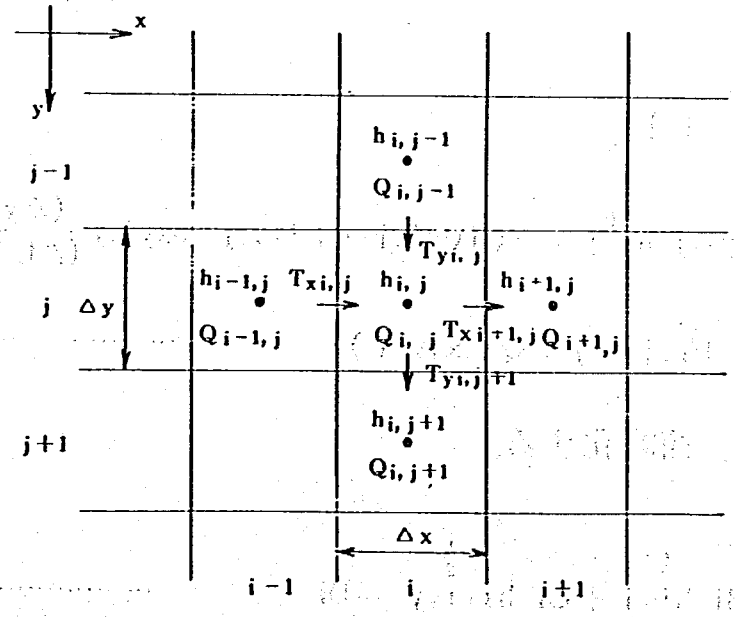
h ；帯水層の被圧水頭

S ；貯留係数（無次元）

Q ；帯水層に直行する方向の水の出入量（L／T）

t ；時間（T）

差分近似するにあたり、図－1のような差分スキームを考えた。



図－1　差分スキーム

ここで、ADI法により(1)式を差分近似する。この場合、t時の地下水頭 h^t を既知とし、時刻△t 後の地下水頭 h^{t+1} を未知とすると、まず最初に時刻 $\frac{1}{2}\triangle t$ までをx方向に陰解式を用いて差分近似し、y方向には陽解式を用いて差分近似すると次式を得る。

$$Txi+1,j\cdot\frac{hi^{t+\frac{1}{2}}_{i+1,j}-hi^{t+\frac{1}{2}}_{i,j}}{(\triangle x)^2}-Txi,j\cdot\frac{hi^{t+\frac{1}{2}}_{i,j}-hi^{t+\frac{1}{2}}_{i-1,j}}{(\triangle x)^2}$$

$$+Tyi,j+1\cdot\frac{hi^{t}i,j+1-h^{t}i,j}{(\triangle y)^2}-Tyi,j\cdot\frac{hi^{t}_{,j}-hi^{t}_{,j-1}}{(\triangle y)^2}$$

$$=Sxyi,j\cdot\frac{hi^{t+\frac{1}{2}}_{,j}-hi^{t}_{,j}}{(\triangle t/2)}+Q(x,y,t)\qquad\cdots\cdots(1-1)$$

(1－1)式において、左辺に $(t+\frac{1}{2})$ 時の未知項を、右辺にt時の既知項を移し、整理すると、(1－2)式となる。

$$\frac{1}{(\triangle x)^2}\{Txi,j\ hi^{t+\frac{1}{2}}_{-1,j}-(Txi+1,j+Txi,j+Sxyi,j\frac{(\triangle x)^2}{(\triangle t/2)})hi^{t+\frac{1}{2}}_{,j}$$

$$+Txi+1,j\ hi^{t+\frac{1}{2}}_{+1,j}\}$$

$$=-\frac{1}{(\triangle y)^2}\{Tyi,j\ hi^{t}_{,j-1}-(Tyyi,j+1+Tyi,j-Sxyi,j\frac{(\triangle y)^2}{(\triangle t/2)})h^{t}i,j$$

$$+Ty,yi,j+1\ hi^{t}_{,j+1}\}+Q(x,y,t)\qquad\cdots\cdots(1-2)$$

これを次の様に、簡略化する。

$$Ai\ hi^{t+\frac{1}{2}}_{-1,j}+Bi\ hi^{t+\frac{1}{2}}_{,j}+Ci\ hi^{t+\frac{1}{2}}_{+1,y}=Di\qquad\cdots\cdots(1-3)$$

ここに　$Ai=\frac{1}{(\triangle x)^2}Txi,j$

$$Bi = -\frac{1}{(\Delta x)^2}\{Txi+1,j + Txi,j + Sxyi,j \frac{(\Delta x)^2}{(\Delta t/2)}\}$$

$$Ci = \frac{1}{(\Delta x)^2} Txi+1,j$$

$$Di = -\frac{1}{(\Delta y)^2}\{Tyi,j\, h^t_{i,j-1} - (Tyi,j+1 + Tyi,j - Sxyi,j \frac{(\Delta y)^2}{(\Delta t/2)})h^t_{i,j} + Tyi,j+1\, h^t_{i,j+1}\} + Q(x,y,t)$$

ここで、(1－3)式をy方向(j方向)の格子数だけ作り、マトリックス形式で連立方程式として表わせば(1－4)式となる。

$$\begin{bmatrix} B_1 & C_1 & & & & \\ A_2 & B_2 & C_2 & & & \\ & A_3 & B_3 & C_3 & & \\ & & Ai & Bi & Ci & \\ & & & An-1 & Bn-1 & Cn-1 \\ & & & & An & Bn \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_1\,j \\ h_2\,j \\ \vdots \\ hi\,j \\ \vdots \\ hn\,j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ \vdots \\ Di \\ \vdots \\ Dn \end{bmatrix} \quad \cdots(1-4)$$

(1－4)式は、対角要素とその両側のみが非ゼロ要素である三重対角行列であり、このような連立方程式は、Gaussの消去法により、容易に求解できる。

(1－4)式により$(t+\frac{1}{2})\Delta t$時点の地下水頭が求まると、次に$(t+\frac{1}{2}\Delta t)$から$(t+\Delta t)$までをy方向に陰解式を、x方向に陽解式を用いて差分近似すれば次式を得る。

$$Txi+1,j\frac{h^{t+\frac{1}{2}}_{i+1,j}-h^{t+\frac{1}{2}}_{i,j}}{(\Delta x)^2}-Txi,j\frac{h^{t+\frac{1}{2}}_{i,j}-h^{t+\frac{1}{2}}_{i-1,j}}{(\Delta x)^2}$$

$$+Tyi,j+1\frac{h^{t+1}_{i,j+1}-h^{t+1}_{i,j}}{(\Delta y)^2}-Tyi,j\frac{h^{t+1}_{i,j}-h^{t+1}_{i,j-1}}{(\Delta y)^2}$$

$$=Sxyi,j\frac{h^{t+1}_{i,j}-h^{t+\frac{1}{2}}_{i,j}}{(\Delta t/2)}+Q(x,y,t) \qquad \cdots\cdots(1-5)$$

（1－5）式において、左辺に（t＋1）時の未知項を、右辺に（$t+\frac{1}{2}$）時の既知項を移し、整理すると、（1－6）式となる。

$$\frac{1}{(\Delta y)^2}\{Tyi,j\,h^{t+1}_{i\,j-1}-(Tyi,j+1+Tyi,j+Sxyi,j\frac{(\Delta y)^2}{(\Delta t/2)})h^{t+1}_{i\,j}$$

$$+Tyi,j+1\,h^{t+1}_{i,j+1}\}$$

$$=-\frac{1}{(\Delta x)^2}\{Txi,j\,h^{t+\frac{1}{2}}_{i-1,j}-(Txi+1,j+Txi,j-Sxyi,j\frac{(\Delta x)^2}{\Delta t/2})h^{t+\frac{1}{2}}_{i,j}$$

$$+Txi+1,j\,h^{t+\frac{1}{2}}_{i+1,j}\}+Q(x,y,t) \qquad \cdots\cdots(1-6)$$

これを次の様に簡略化する。

$$A'ih^{t+1}_{i,j-1}+B'i\,h^{t+1}_{i,j}+C'i\,h^{t+1}_{i,j+1}=D'i \qquad \cdots\cdots(1-7)$$

ここに、$A'i=\frac{1}{(\Delta y)^2}Tyi,j$

$$B'i=-\frac{1}{(\Delta y)^2}\{Tyi,j+1+Tyi,j+Sxyi,j\frac{(\Delta y)^2}{(\Delta t/2)}\}$$

$$C'i=\frac{1}{(\Delta y)^2}Tyi,j+1$$

$$D'i=-\frac{1}{(\Delta x)^2}\{Txi,j\,h^{t+\frac{1}{2}}_{i-1,j}-(Txi+1,j+Txi,j-Sxyi,j\frac{(\Delta x)^2}{(\Delta t/2)})h^{t+\frac{1}{2}}_{i,j}$$

$$+Txi+1,j\,h^{t+\frac{1}{2}}_{i+1,j}\}+Q(x,y,t)$$

（1－7）式は（1－4）式のようにマトリックス表示することができ、容易に求解できる。以上のようにしてt時の地下水頭から（t＋△t）時の地下水頭が求まる。

(2) 境　界　条　件

境界条件としては次の3種類のものを考える。

1) 地下水位が規定される場合

$$h = \text{constant}\ (\text{一定})$$

2) 地下水の出入がない場合

$$\frac{\partial h}{\partial x} = \frac{\partial h}{\partial y} = 0$$

3) 境界を通しての流出入量がわかっている場合

$$Tx \frac{\partial h}{\partial x} = qx\ ,\quad Ty \frac{\partial h}{\partial y} = qy$$

(3) 計 算 領 域

今回の地下ダムの集水面積は流域を考慮し、0.584 ㎢と考える。

また、貯水池区域面積は調査地平面図において、等高線10 m以下の領域を考え0.026 ㎢とした。したがって、集水面積と貯水池区域面積との面積比は

$$\frac{0.584}{0.026} \fallingdotseq 22.5$$

となる。

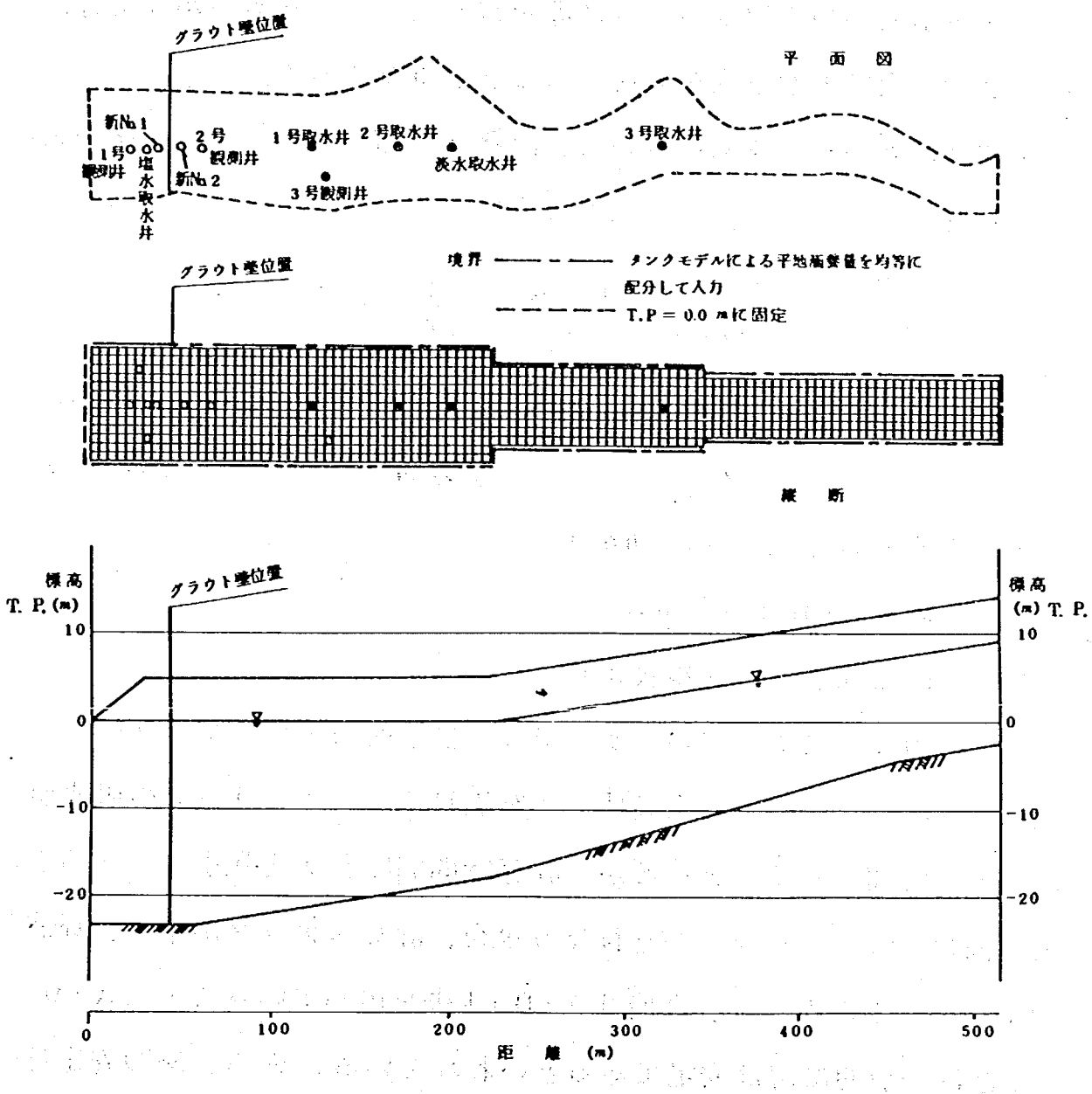
計算にあたり、領域は長さ約520 mに対し、幅が35～65 m程度と細長く、しかも曲析している。そこで、シミュレーションにあたり、平面モデルとしては、図－２のように単純化した。

貯水池の水位変動を平面的な分布としてとらえるためには、下流部で少なくとも１０メッシュ程度は必要である。そこで幅６５ mに対し、メッシュ幅を△y ＝５ mとし、１３メッシュに分割した。

一方、縦断方向も、横断方向に合わせて、メッシュ幅を△x ＝５ mとし、１０４メッシュに分割した。

したがって、△x ：△y＝１：１の正方形メッシュである。

また、貯水池の縦断面図は地質縦断面図をもとに、図－２のように決定した。



図－2　　シュミレーションモデル

(4) 計算時間間隔

被圧帯水層系の水収支のように非定常な問題をとりあつかう場合には、解の安定性と収束性を考慮することが重要である。

平面2次元の水収支式において、陽解式を用いる場合には、次のような安定条件を満足しなければならない。

$$\left\{\frac{1}{(\triangle x)^2}+\frac{1}{(\triangle y)^2}\right\}\frac{T\cdot\triangle t}{S}\leqq\frac{1}{2}\quad\cdots\cdots\quad(2)$$

△x ：シミュレーションモデルにおけるx方向の1メッシュ長（△x＝5 *m*）

△y ：　〃　y方向　〃　（△y＝5 *m*）

T ：透水量係数　（*m*／hour）

△t ：計算時間間隔（hour）

S ：貯留係数　（無次元）

本地区のように幅の狭いエリアでは、格子間隔が極めて小さい（△x＝△y＝5 *m*）ので安定条件式(2)を満足するためには△t の限界値は1～2時間である。ところが、計算時間間隔をあまり小さくすると、長時間のシミュレーションを行なう場合、計算ステップが増し、経済的でない。したがって、今回はA・D・I法を用いていること（A・D・I法は一般的に解は安定であるといわれている）から、解の安定性を確かめながら△tを大きくとった。

その結果、△t＝1 day と決定した。ただし、揚水試験の計算の際には、△t＝30 min とした。

2. 塩水化モデルにおける計算条件

(1) 計　　算　　式

従来、海岸付近の塩水浸入については塩水クサビ論による解析がなされていたが、地下水開発が進むにつれ、このクサビが攪乱され、むしろ混合型の方が現地観測結果をよく表わすと言われてきた。そこで当地においても拡散を考慮した塩水化現象を考え、次式で示される1次元拡散方程式を基礎とし、解析を進めるものとする。

1次元の拡散方程式は次式で表わされる。

$$\frac{\partial c}{\partial t} + v\frac{\partial c}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x}\left(K\frac{\partial c}{\partial x}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

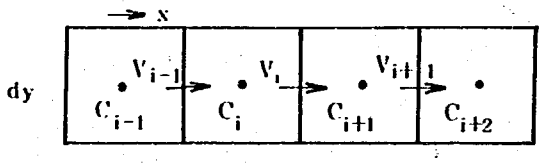
ここに　　c ： 塩分濃度

v ： 流　　速　　（M／T）

K ： 拡散係数　　（M^2／T）

ここで　　$x = i\triangle x$ ，　$t = j\triangle t$　（i ， j は正整数）

差分近似するにあたり、図－3のように考えた。



（左図は1 BOXモデルでの位置）

図－3　　水理量と濃度を与える点

(3)式を移流項については陽解法，拡散項については陰解法を用いて差分近似すると次式が成立する。

$$\frac{A_{i-1}^{j+1}+A_i^{j+1}}{2\cdot\triangle t}\cdot C_i^{j+1}-\frac{A_{i-1}^{j}+A_i^{j}}{2\cdot\triangle t}\cdot C_i^{j}=\frac{1}{\triangle x}\left(A_{i-1}^{j+\frac{1}{2}}\cdot V_{i-1}^{j+\frac{1}{2}}\cdot C_{i-1}^{j}-A_i^{j+\frac{1}{2}}V_i^{j+\frac{1}{2}}C_i^{j}\right)$$

$$+\frac{1}{\triangle x^2}\left\{A_{i-1}^{j+\frac{1}{2}}\cdot k_{i-1}^{j+\frac{1}{2}}\cdot\left(C_{i-1}^{j+1}-C_i^{j+1}\right)+A_i^{j+\frac{1}{2}}\cdot k_i^{j+\frac{1}{2}}\cdot\left(C_{i+1}^{j+1}-C_i^{j+1}\right)\right\}\cdots(3-1)$$

ただし；　$A_i^{j+\frac{1}{2}}=\dfrac{A_i^{j+1}+A_i^{j}}{2}$

$$V_i^{j+\frac{1}{2}}=\frac{V_i^{j+1}+V_i^{j}}{2}$$

$$k_i^{j+\frac{1}{2}}=\frac{k_i^{j+1}+k_i^{j}}{2}$$

（3－1）式において、左辺に未知項，右辺に未知項を移項し、整理すると（3－2）式となる。

$$P_i\cdot C_{i-1}^{j+1}+q_i C_i^{j+1}+r_i C_{i+1}^{j+1}=S_i \quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3-2)$$

ここで　$P_i=-\dfrac{\triangle t}{\triangle x^2}A_{i-1}^{j+\frac{1}{2}}\cdot k_{i-1}^{j+\frac{1}{2}}$

$$q_i=\frac{A_{i-1}^{j+1}+A_i^{j+1}}{2}+\frac{\triangle t}{\triangle x^2}\left(A_{i-1}^{j+\frac{1}{2}}\cdot k_{i-1}^{j+\frac{1}{2}}+A_i^{j+\frac{1}{2}}\cdot k_i^{j+\frac{1}{2}}\right)$$

$$r_i=-\frac{\triangle t}{\triangle x^2}\cdot A_i^{j+\frac{1}{2}}\cdot k_i^{j+\frac{1}{2}}$$

$$S_i=\left(\frac{A_{i-1}+A_i}{2}-\frac{\triangle t}{\triangle x}A_i^{j+\frac{1}{2}}\cdot V_i^{j+\frac{1}{2}}\right)\cdot C_i^{j}+\frac{\triangle t}{\triangle x}\cdot A_{i-1}^{j+\frac{1}{2}}\cdot V_{i-1}^{j+\frac{1}{2}}\cdot C_{i-1}^{j}$$

（3－2）式をx方向の濃度点数だけ作り、マトリックス形式で連立方程式として表わせば、3重対角行列となり、容易に求解できる。

(2) 境　界　条　件

境界条件として、境界の両端での濃度は固定するものとする。

すなわち

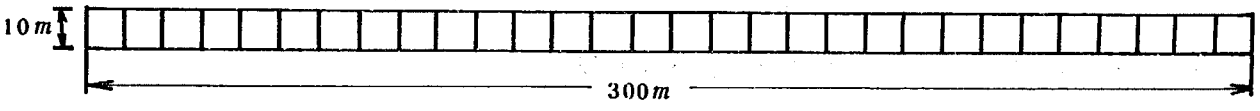
$$\begin{cases} x = o\ m \quad で \quad C = Co \\ x = \ell\ m \quad で \quad C = C\ell \end{cases} \qquad とする。$$

ただし、x ：境界端からのx方向の距離　（m）

C ：塩素イオン濃度　（mg／ℓ）

4－3　計算領域

既存の塩素イオン濃度の値より、塩水化の及ぶ範囲を1号観測井より300m上流までと考え、計算領域を決定し、図－4のようにモデル化した。



図－4　計算領域

4－4　計算時間間隔

解の安定性を考慮した場合、次のような安定条件を満足しなければならない。

$$\triangle t < \frac{\triangle x^2}{4K} \quad あるいは \quad \triangle t < \frac{\triangle x}{2u} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

ここに　△t ：計算時間間隔（hour）

△x ：シミュレーション格子間隔（m）

K ：拡散係数　（m²／hour）

u ：流　速　（m／hour）

上式より、今回は、△t＝48（hour）とする。

3. 平面2次元モデルにおける計算結果

(1) モデル定数の再検討

ここでは、昭和53年4月～昭和54年3月の渇水年における水文データを用いて、モデル定数の再検討を行なおうとした。

各ケースの一覧表を表－1～2に示したが、各ケースを大きく区分すると、次のような4段階に分けることができる。

① 1段階（ケース1～6）

水文データ（涵養量）をそのまま入力し、海の水位を固定した条件（T.P.±0 m）で透水係数の違いおよび貯留係数の違いによる水位変動を調べた。

② 2段階（ケース7～13）

水文データ（涵養量）をそのまま入力し、かつ流出量のデータも合わせるため、海への流出量を与えた条件で透水係数の違いおよび貯留係数の違いによる水位変動を調べた。

③ 3段階（ケース14～ケース17）

地質データを参考とし、涵養量として水文データによる平地涵養量のみを入力し、水位変動を調べた。ただし、海の水位は固定した条件（T.P.±0 m）である。

④ 4段階（ケース18～ケース19）

1～3段階の結果より、モデル定数を決定し、さらに1年間（S 53.4～S 54.3）の水位変動を計算した。また、ケース19では、グラウト壁の効果がある場合（$k = 10^{-4}$ cm/sec）を想定して、水位変動を調べた。

以下に計算結果を述べる。

① 1段階の結果

計算結果をまとめ、図－5～8に示した。計算結果より各モニタリングポイントでの計算水位は時間経過とともに上昇していることがわかる。ところが、実測水位は経過時間とともに下降しているため、その変動に合わせるためには、透水係数を大きくして、海への流出量が多くなるようにしなければならない。ところが、海側の水位をT.P.±0 mに固定しているため、透水係数を大きくすると、全体がT.P±0 mとなってしまい、T.P.±0 m以下には水位が下がらないという矛盾が生ずる。

② 2段階の結果

計算結果をまとめ、図－9～14に示した。結果より、実測の地下水位変動に合う場合の地盤定数は透水係数 $k = 10^{-1}$ (cm／sec)、貯留係数 S＝0.02 となった。ところが、この場合、各モニタリングポイントでの水位変動傾向としては良く合っているが、図－25 の水位縦断をみると、上流から下流まで水位がほぼ水平に変動していること、および海の水位が低くなることの2点が実際とやや矛盾している。

③ 3段階の結果

計算結果をまとめ図－15～18に示した。結果より実測の地下水位変動に合う場合の地盤定数は透水係数 $k = 10^{-3}$ (cm／sec)、貯留係数 S＝0.02 となった。この値は現地での土質試験結果（$k = 5 \times 10^{-3}$ cm／sec，S＝0.02）ともよく合っている。水文データを全て入力していない（平地涵養量のみ）という矛盾はあるものの水位縦断図をみても最も妥当な水位変動と考えられる。

④　4段階の結果

1～3段階の結果より、地盤定数として最も適当と考えた透水係数 $k = 10^{-3}$ (*cm*／sec)，貯留係数 S＝0.02 を用い、平地涵養量のみを入力した場合の条件で昭和53.4～昭和54.3の1年間のシミュレーションを実施した。その結果を図－19に示す。

図－19に示したように、モニタリングポイントにおける計算水位と実測水位は一年間を通して良く一致している。したがって、地盤定数は、

透水係数　　$k = 10^{-3}$ (*cm*／sec)

貯留係数　　S＝0.02

とし、入力データとしては平地涵養量を考慮するものと決定する。

また、図－20にはグラウト効果があると考えた場合（$k = 10^{-4}$ *cm*／sec）の水位変動を比較として示した。

図－21には、グラウト効果のあるなしによる平面的な水位標高等高線（300日後の水位）を比較として示した。

表－1　計算ケース一覧表

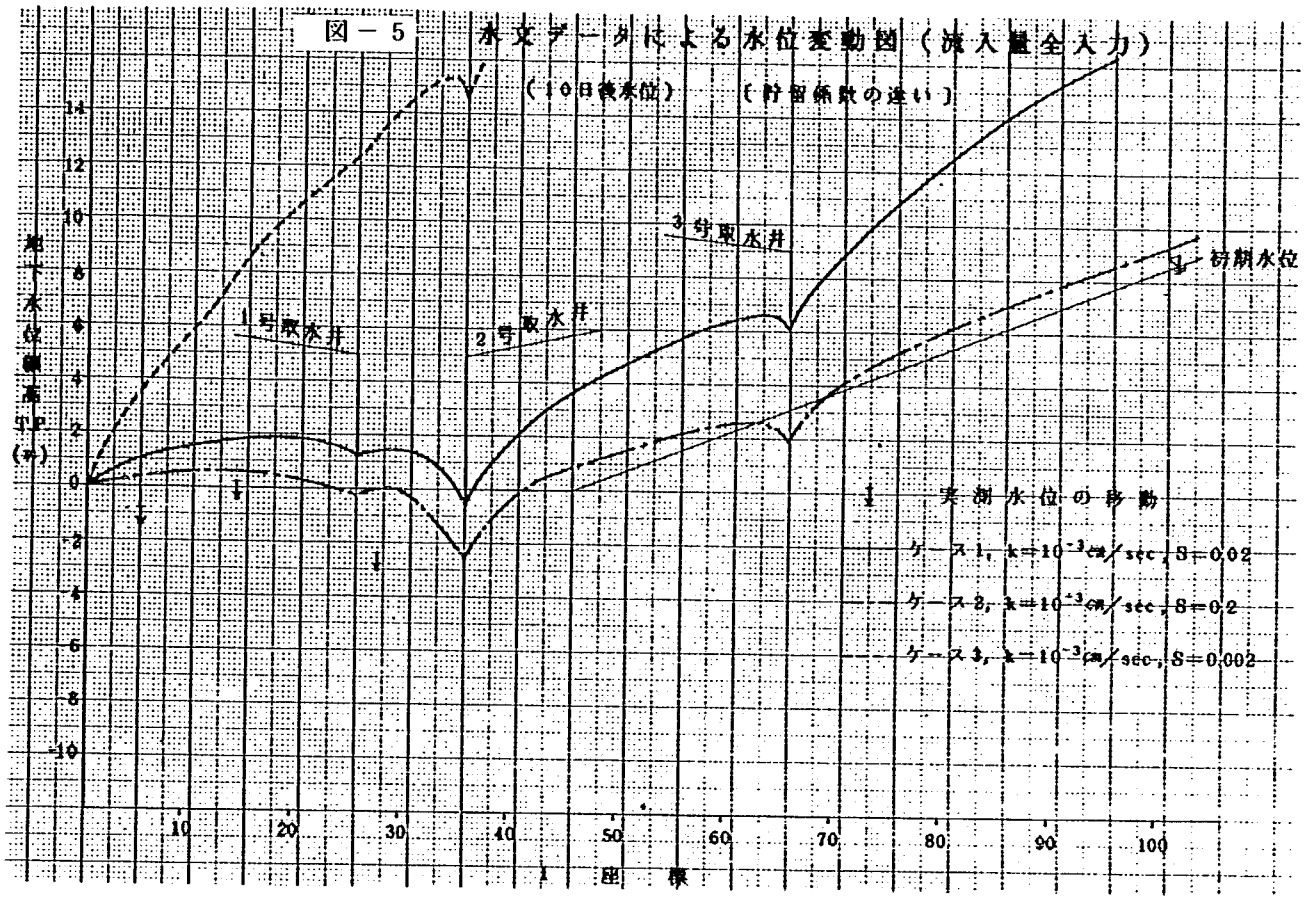
計算ケース ＼ 水文データ ＼ 項目		計算期間 S 54 年	流入量 (m^3) 平地	流入量 (m^3) 山麓	流出量 (m^3) 海	流出量 (m^3) 揚水	増減 (m^3)	初期水位からの低下量 (m) 1号観測井	初期水位からの低下量 (m) 2号観測井	初期水位からの低下量 (m) 3号観測井	条件
		1/1～1/10	908	3980	3913	1781	－ 806	－ 0.55	－ 0.76	－ 0.58	
		1/1～3/11	16717	29681	31186	12576	＋ 2638	3.66	3.31	6.56	
ケース1	$k = 10^{-3}$ $s = 0.02$	1/1～1/10	898	3977	438	1782	＋ 2655	0.98	1.85	1.72	海の水位固定
ケース2	$k = 10^{-3}$ $s = 0.2$	〃	〃	〃	135	〃	＋ 2958	0.33	0.49	0.10	
ケース3	$k = 10^{-3}$ $s = 0.002$	〃	〃	〃	1191	〃	＋ 1902	3.37	8.11	13.56	
ケース4	$k = 10^{-2}$ $s = 0.02$	〃	〃	〃	1864	〃	＋ 1229	0.40	0.99	1.69	
ケース5	$k = 10^{-1}$ $s = 0.02$	〃	〃	〃	2271	〃	＋ 823	0.00	0.10	0.20	
ケース6	$k = 10^{-3}$ $s = 0.2$	1/1～1/10	898	3977	3909	〃	－ 816	－ 4.56	－ 0.48	0.07	海からの流出量考慮
ケース7	$k = 10^{-2}$ $s = 0.2$	〃	〃	〃	〃	〃	－ 816	－ 1.89	－ 1.10	－ 0.21	
ケース8	$k = 10^{-1}$ $s = 0.2$	〃	〃	〃	〃	〃	－ 816	1.07	1.16	1.28	
ケース9	$k = 10^{-1}$ $s = 0.02$	〃	〃	〃	〃	〃	－ 816	－ 1.54	－ 1.45	－ 1.35	
ケース10	$k = 10^{-2}$ $s = 0.2$	1/1～3/11	16508	29747	31169	12534	＋ 2552	－ 2.72	－ 1.25	0.47	
ケース11	$k = 10^{-1}$ $s = 0.02$	1/1～3/11	〃	〃	〃	〃	〃	5.58	5.74	5.94	
ケース12	$k = 10^{-1}$ $s = 0.05$	1/1～3/11	〃	〃	〃	〃	〃	2.99	3.15	3.35	

表－2　計算ケース一覧表

計算ケース ＼ 項目 水文データ	計算期間 S54年	流入量 (m^3) 平地	流入量 (m^3) 山麓	流出量 (m^3) 海	流出量 (m^3) 揚水	増減 (m^3)	初期水位からの低下量 (m) 1号観測井	2号観測井	3号観測井	条件
	1/1～1/10	908	3980	3913	1781	－ 806	－ 0.55	－ 0.76	－ 0.58	
	1/1～3/11	16717	29681	31186	12576	＋ 2638	3.66	3.31	6.56	
ケース13 $k=5\times10^{-3}$ $s=0.05$	1/1～3/11	16508	29747	31169	12534	＋ 2552	－ 6.909	－ 4.19	－ 0.27	平地涵養量のみ入力
ケース14 $k=10^{-3}$ $s=0.02$	1/1～1/10	898		0	1782	－ 884	－ 0.24	－ 0.87	－ 2.45	
ケース15 $k=10^{-3}$ $s=0.2$	〃	〃		280	1782	－ 1164	0.10	0.12	－ 0.38	
ケース16 $k=10^{-3}$ $s=0.002$	〃	〃		560	1782	－ 1444	－ 1.32	－ 3.66	－ 7.51	
ケース17 $k=10^{-3}$ $s=0.02$	1/1～3/11	16508		1635	12534	＋ 2339	1.99	4.15	5.35	
ケース18 $k=10^{-3}$ $s=0.02$	S53年4月～S54年3月	108217		－	79490		－	－	－	
ケース19 $k=10^{-3}$ $s=0.02$	S53年4月～S54年3月	〃		－	〃		－	－	－	

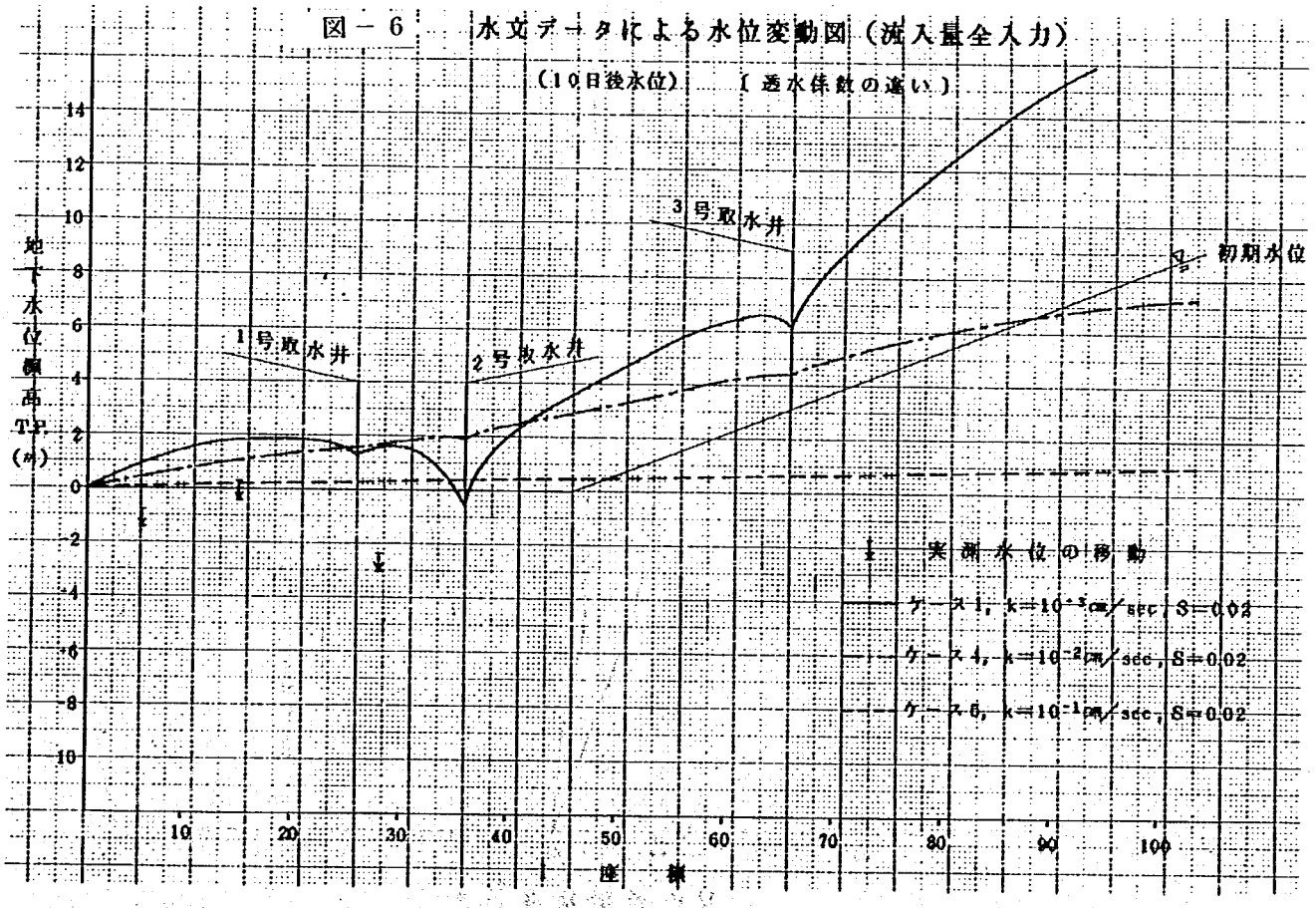
図－5　水文データによる水位変動図（流入量全入力）

（10日後水位）　（貯留係数の違い）

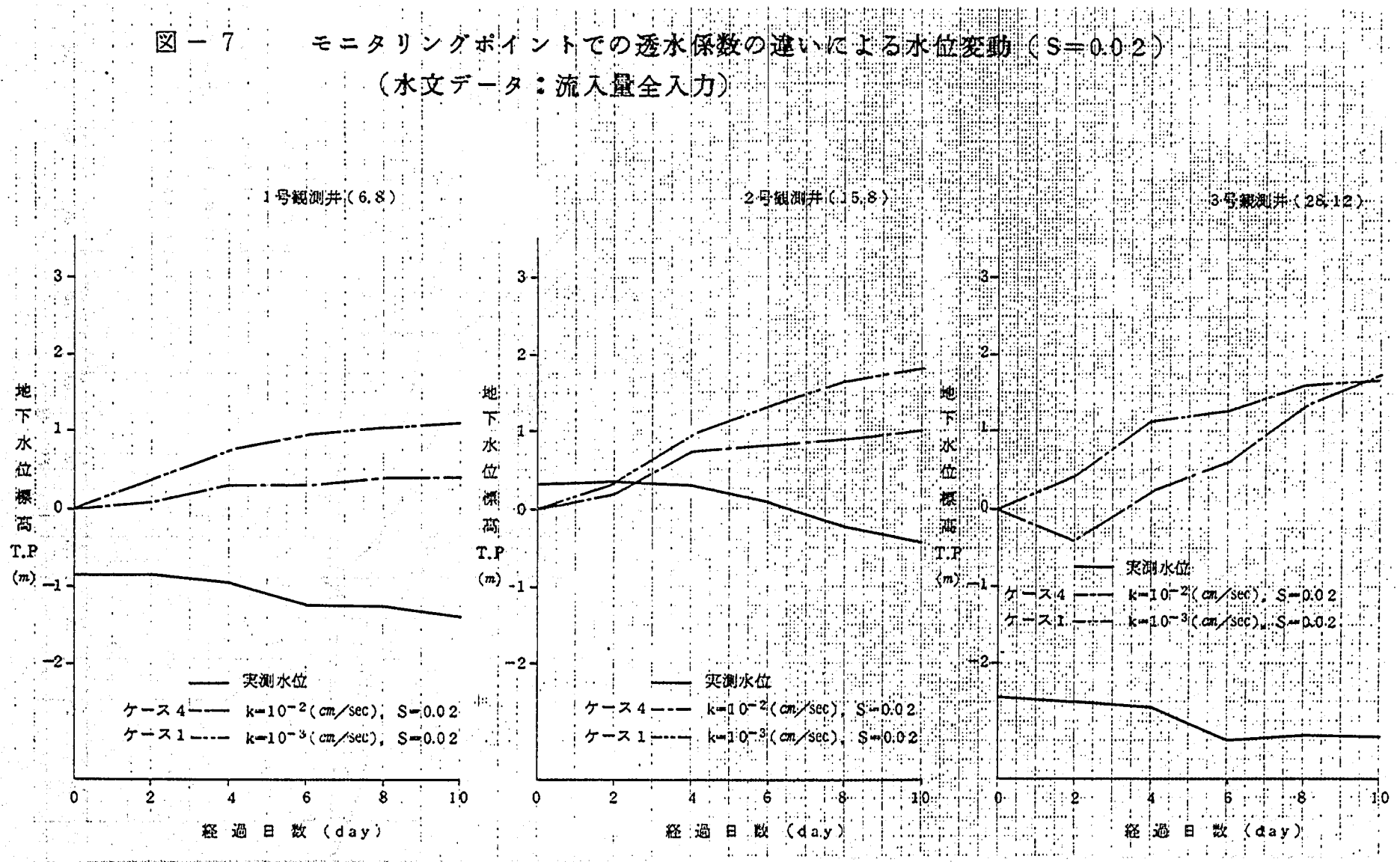


図－6　水文データによる水位変動図（流入量全入力）

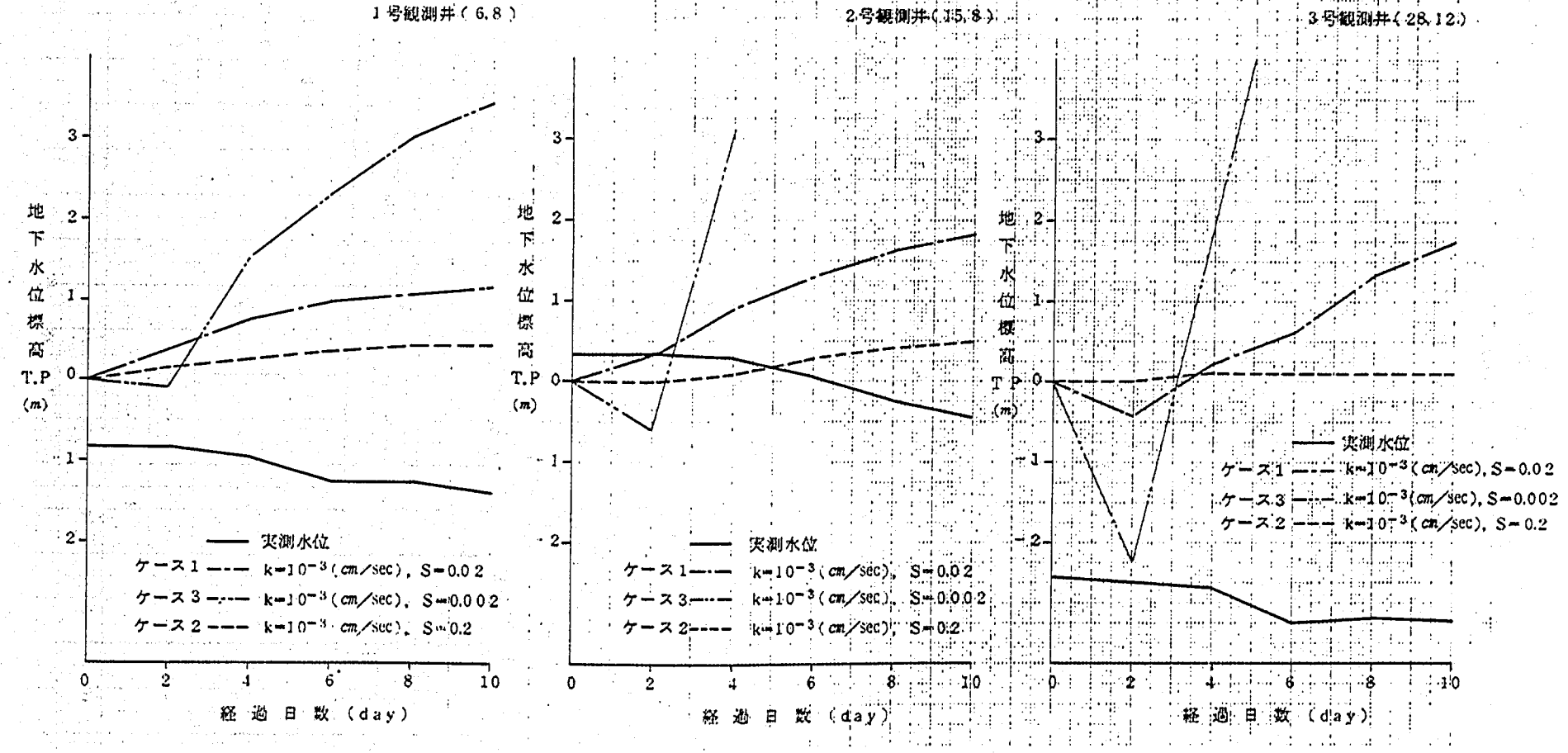
（10日後水位）　（透水係数の違い）



図－7　モニタリングポイントでの透水係数の違いによる水位変動（S＝0.02）
（水文データ：流入量全入力）

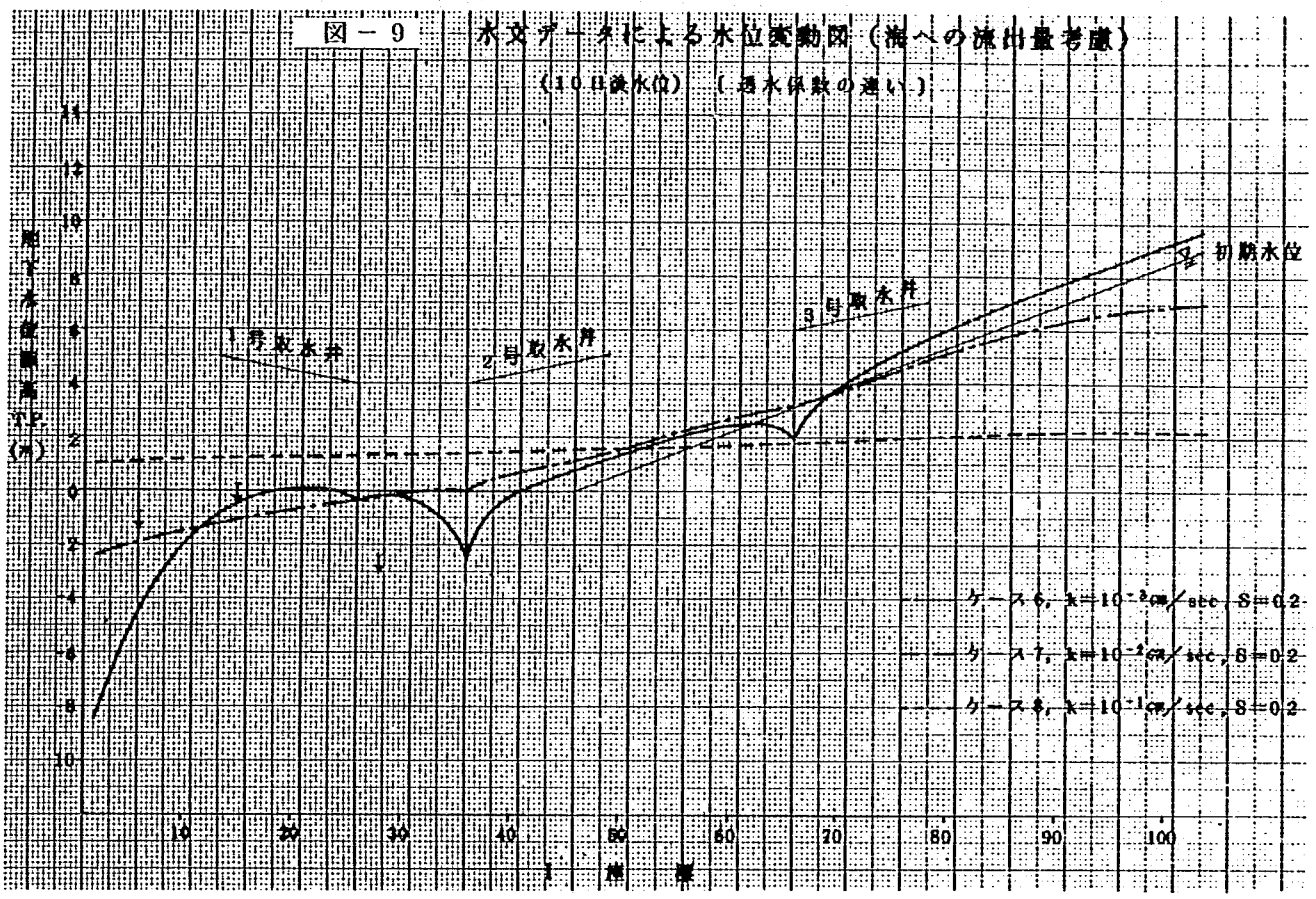


図－８　　モニタリングポイントでの貯留係数の違いによる水位変動（k＝10⁻³ cm／sec）
（水文データ：流入量全入力）



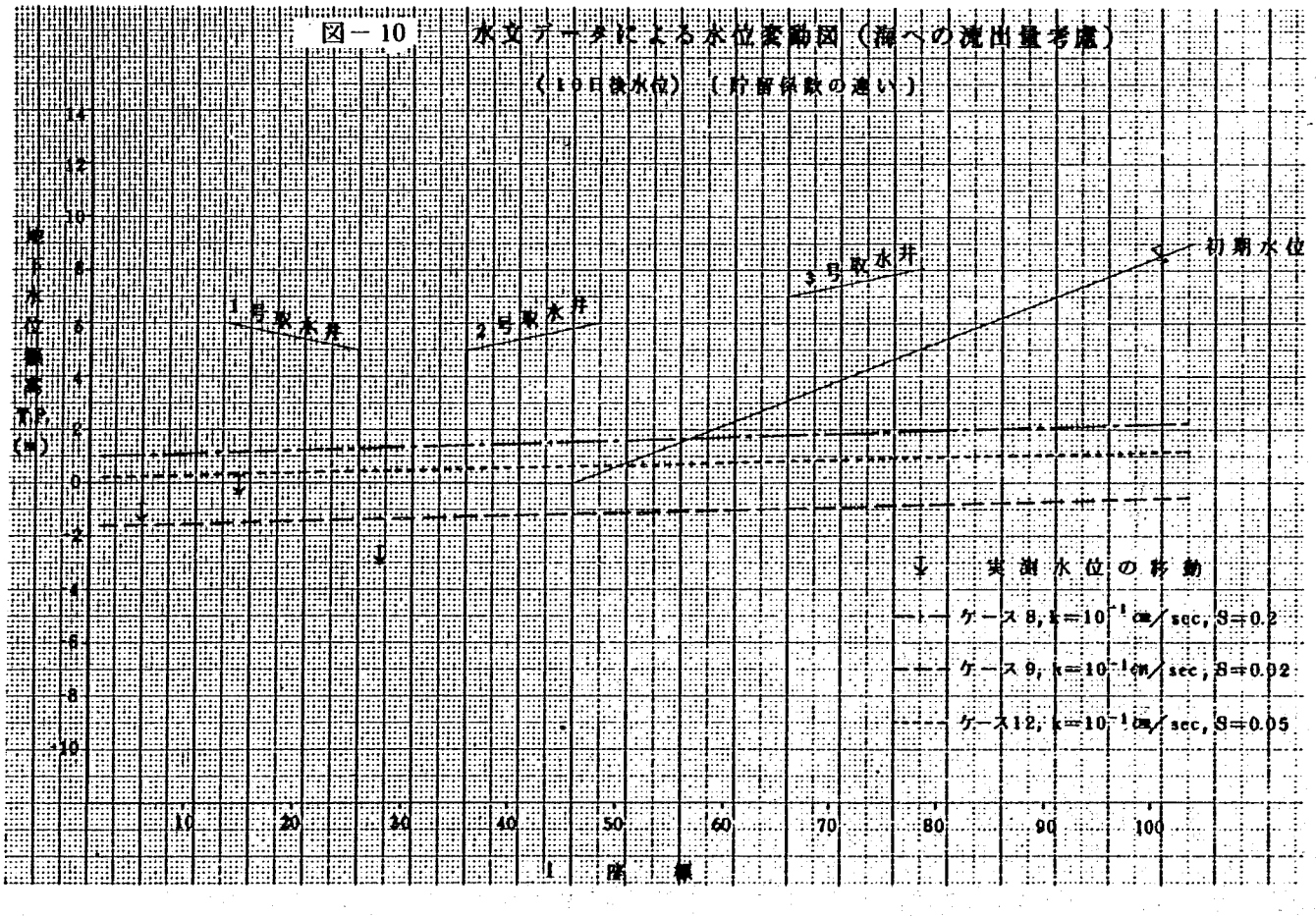
図－9　水文データによる水位変動図（海への流出量考慮）

（10日後水位）（透水係数の違い）

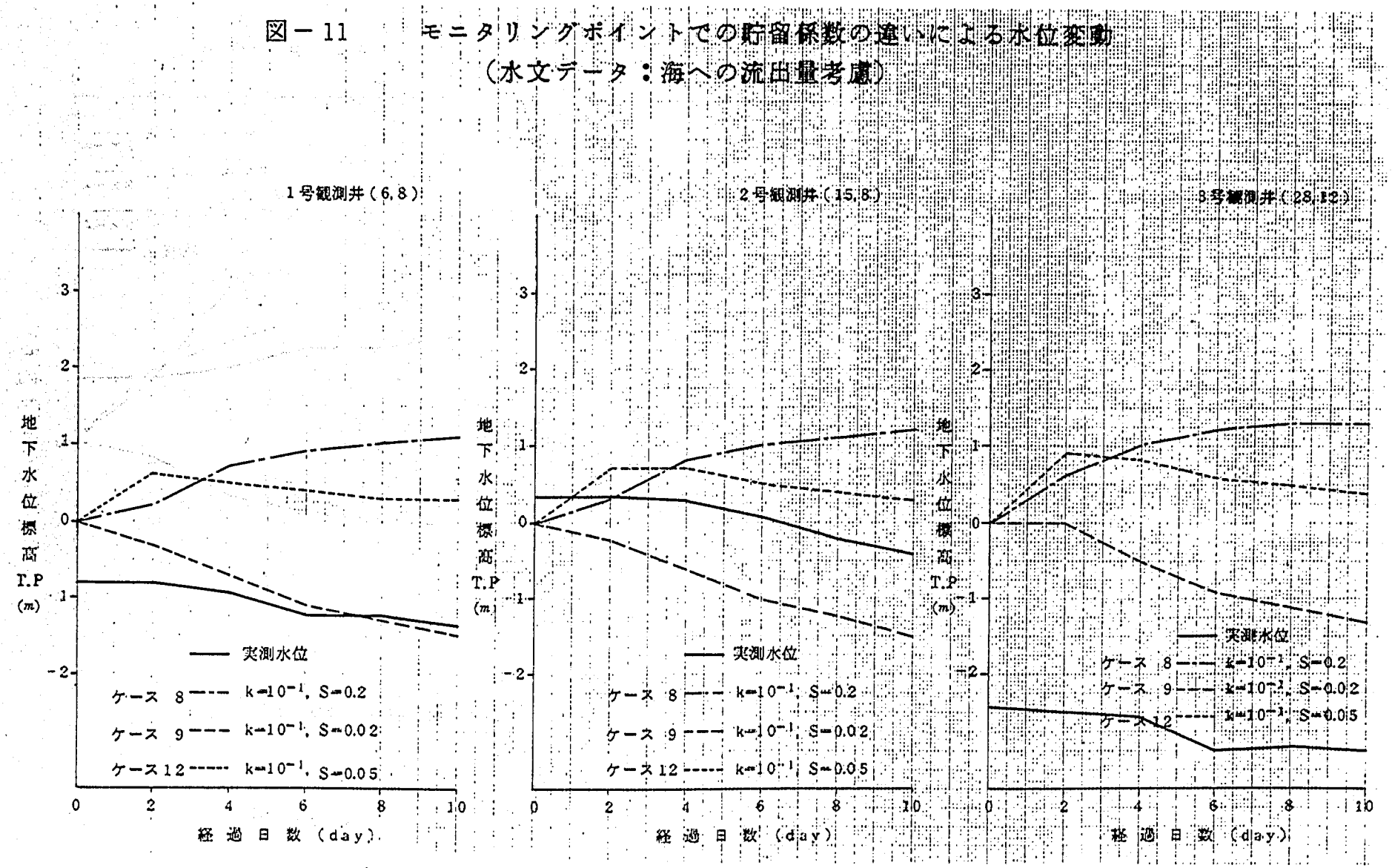


図－10　水文データによる水位変動図（海への流出量考慮）

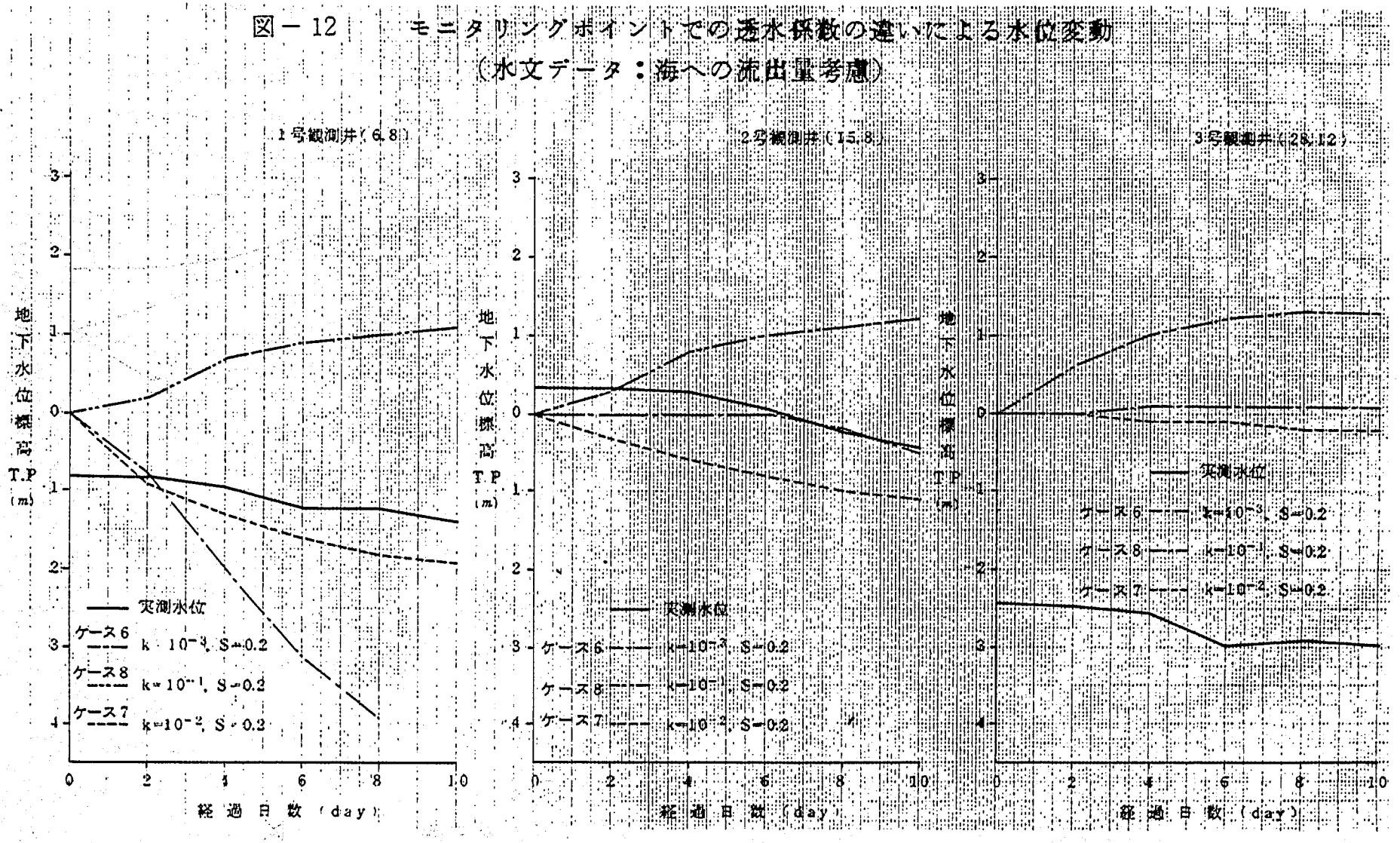
（10日後水位）（貯留係数の違い）



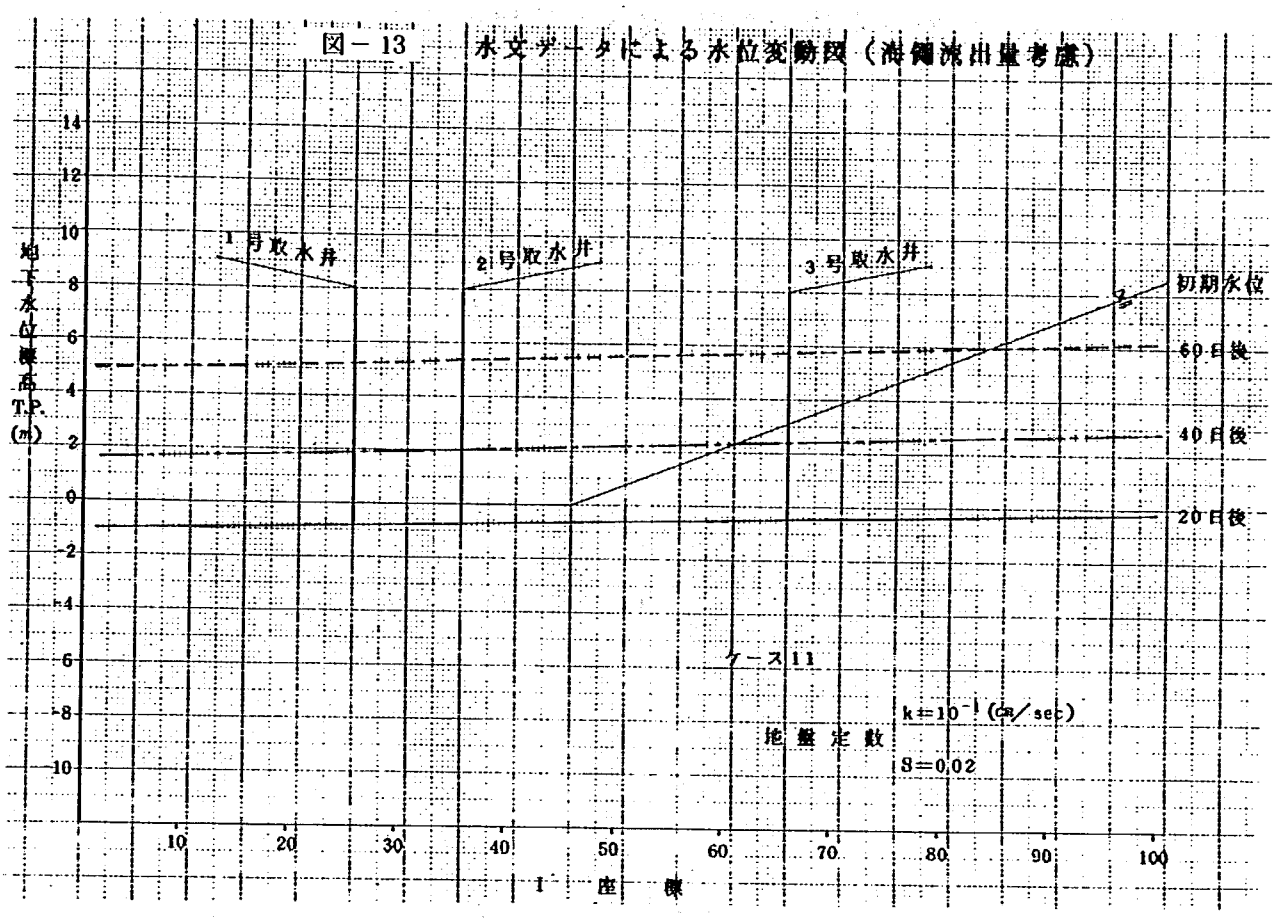
図－11　モニタリングポイントでの貯留係数の違いによる水位変動
（水文データ：海への流出量考慮）



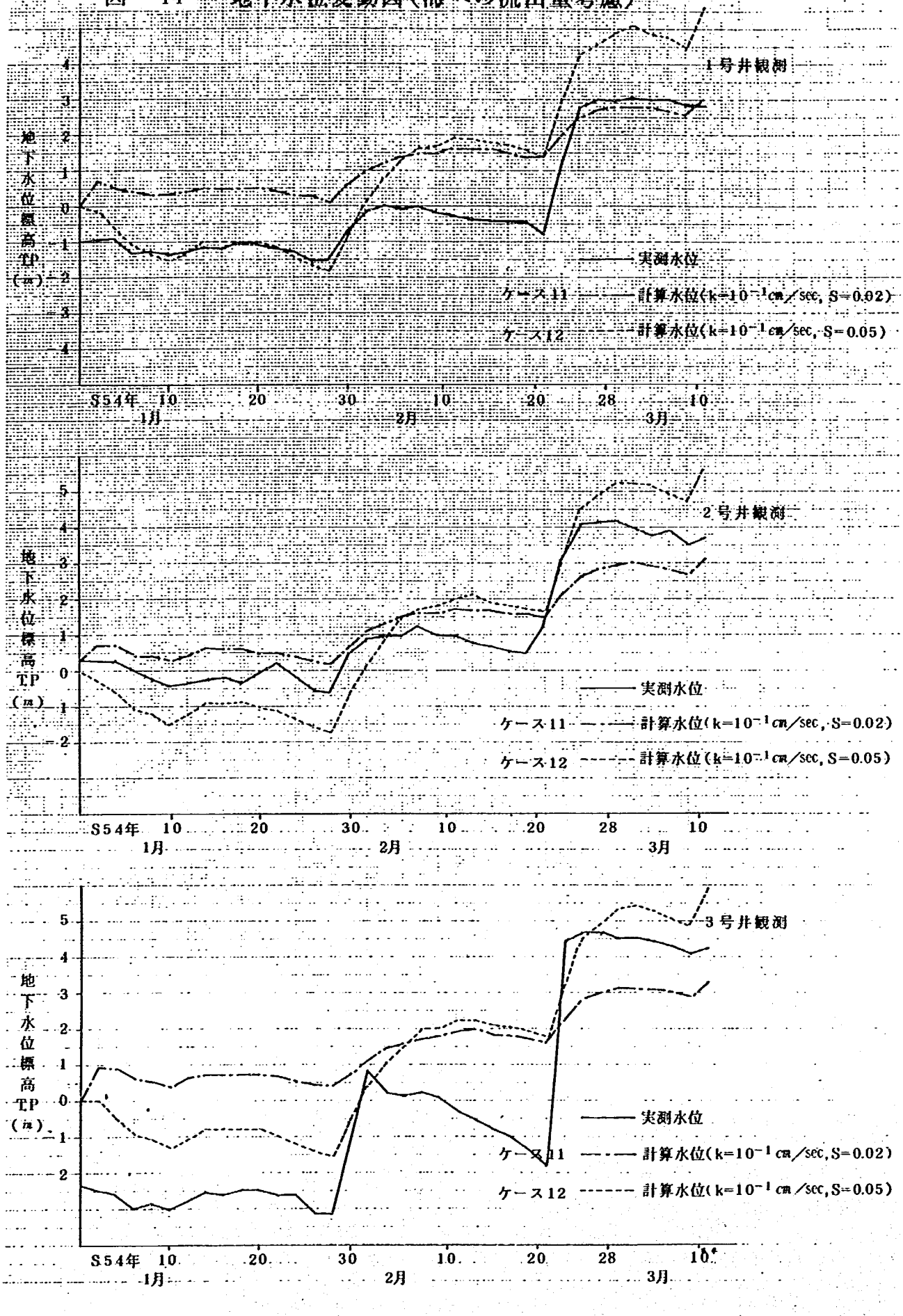
図－12　モニタリングポイントでの透水係数の違いによる水位変動
（水文データ：海への流出量考慮）



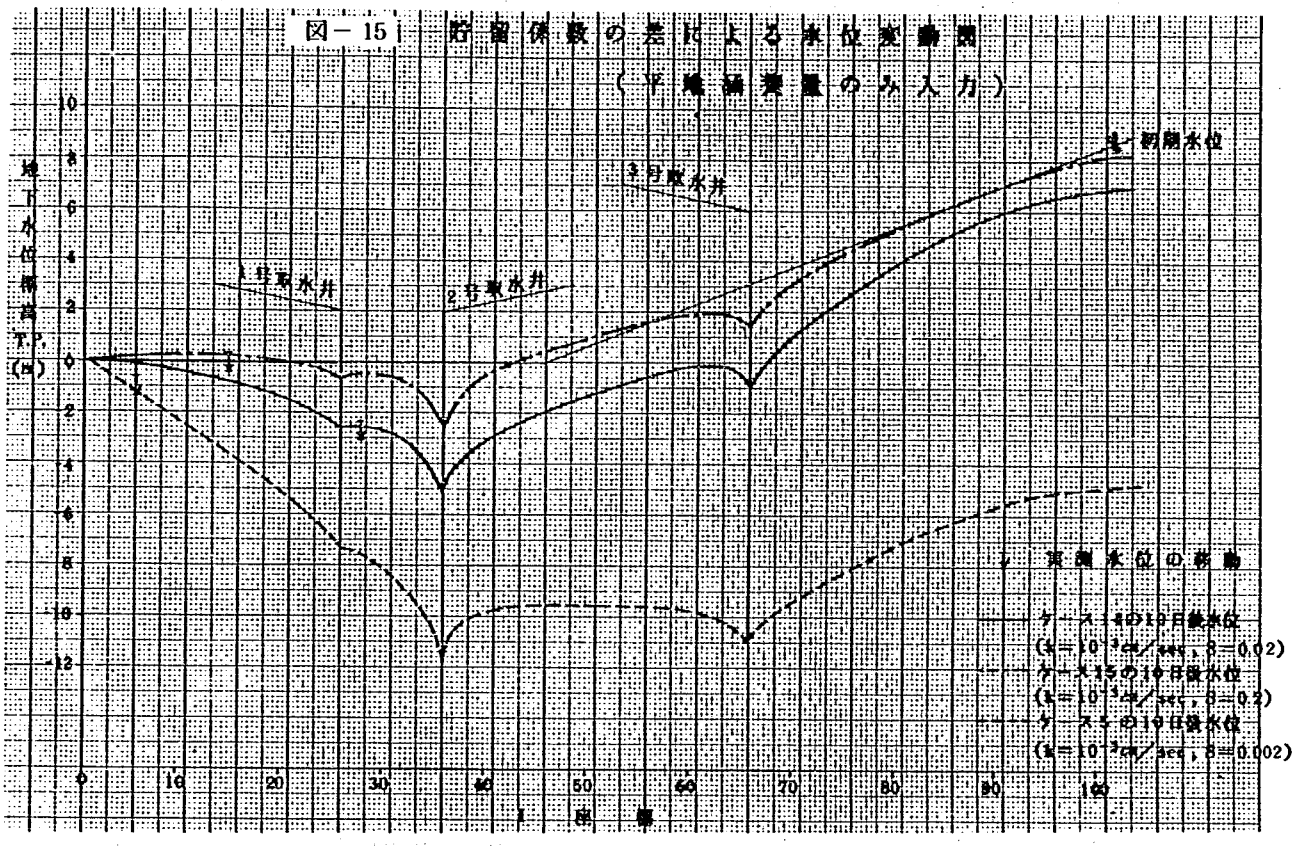
図－13　水文データによる水位変動図（海側流出量考慮）



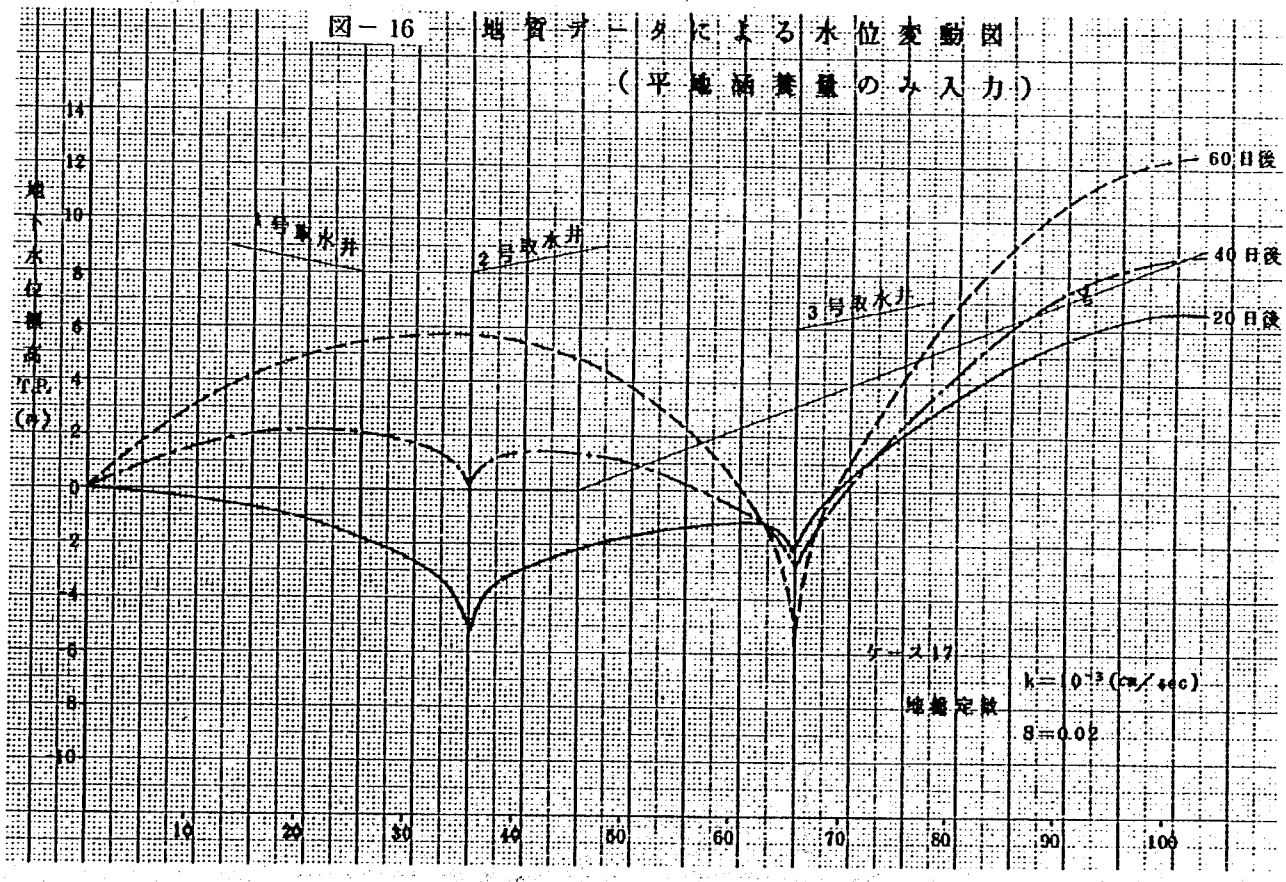
図－14　地下水位変動図（海への流出量考慮）



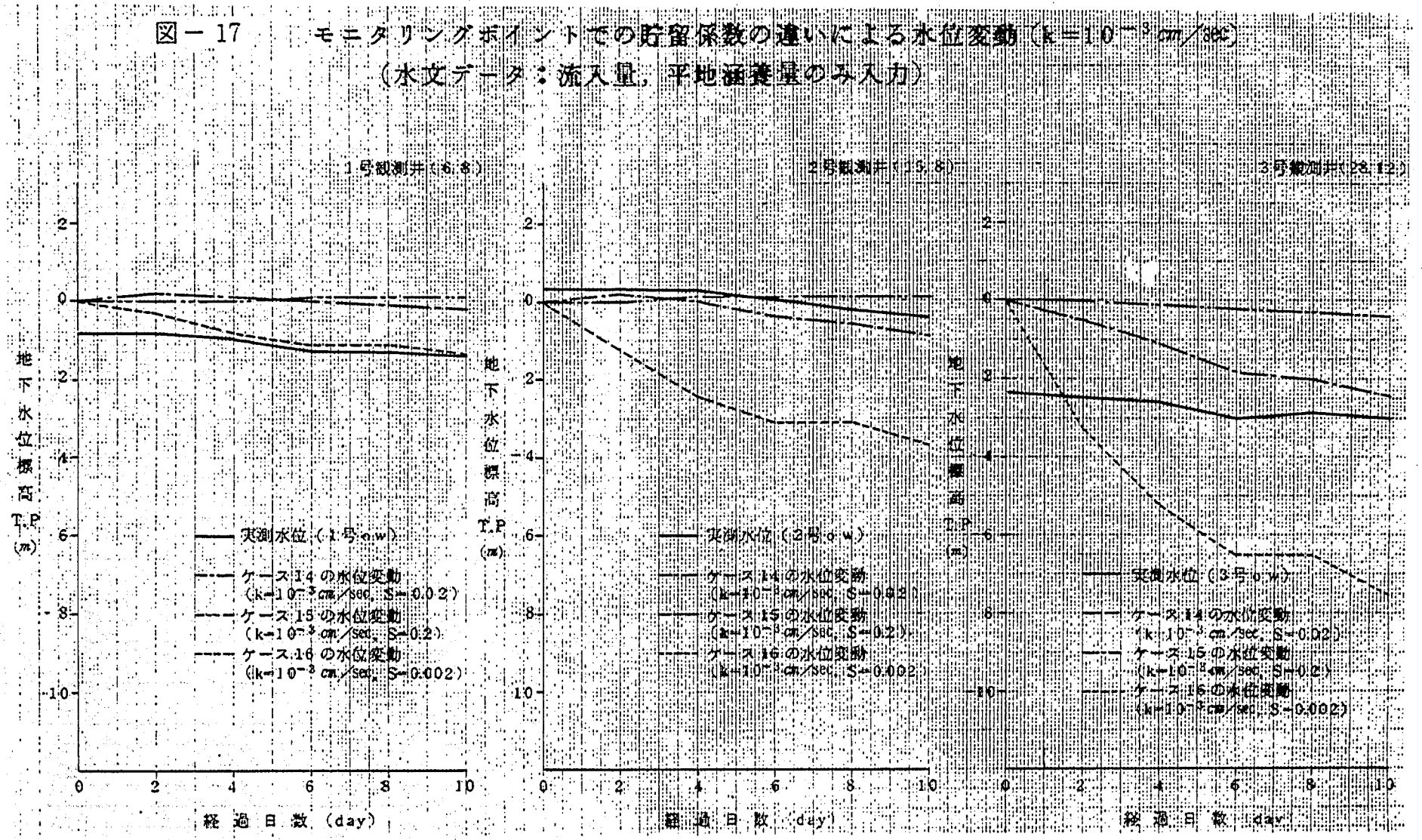
図－15　貯留係数の差による水位変動図
（平均涵養量のみ入力）



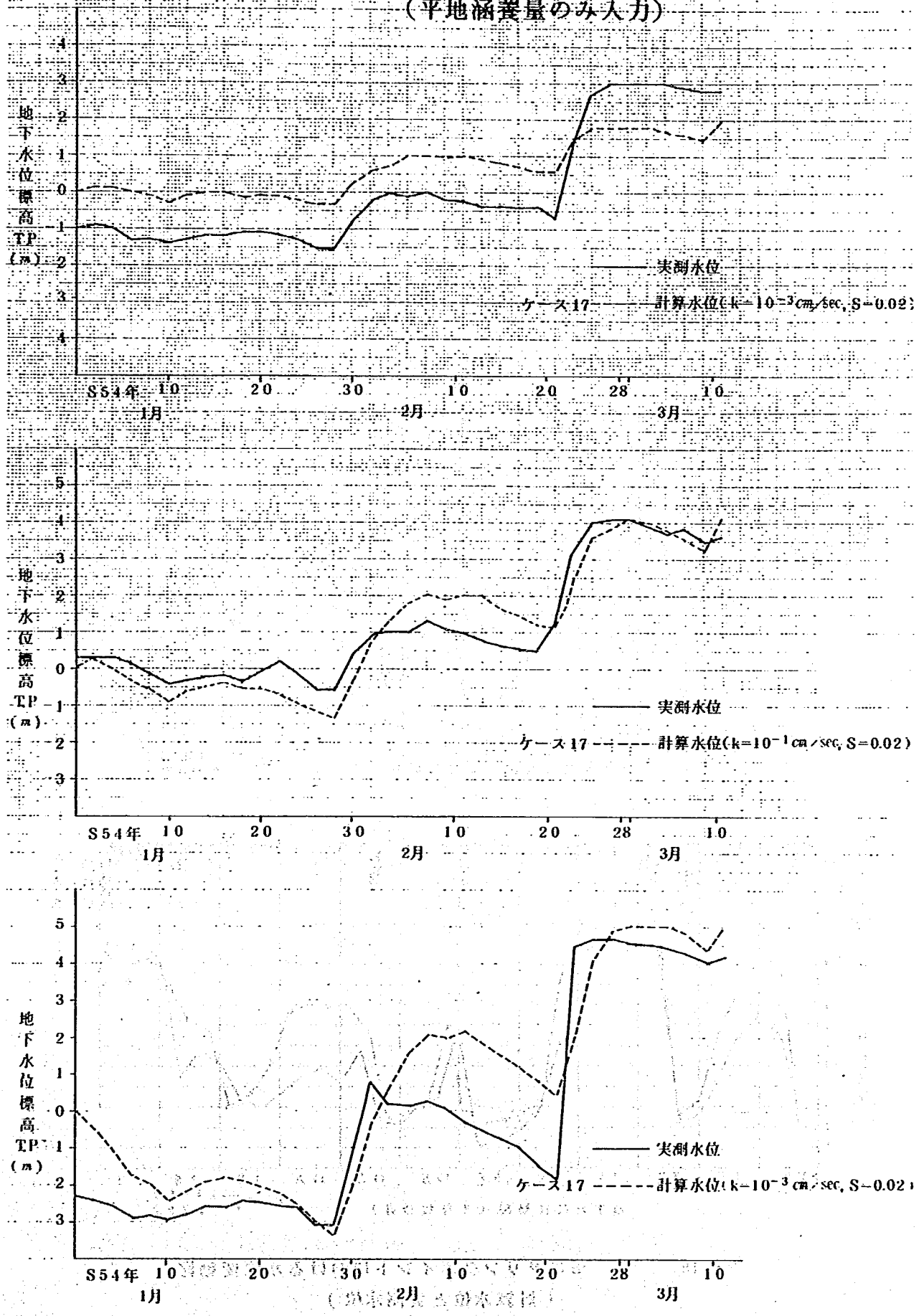
図－16　地質データによる水位変動図
（平均涵養量のみ入力）

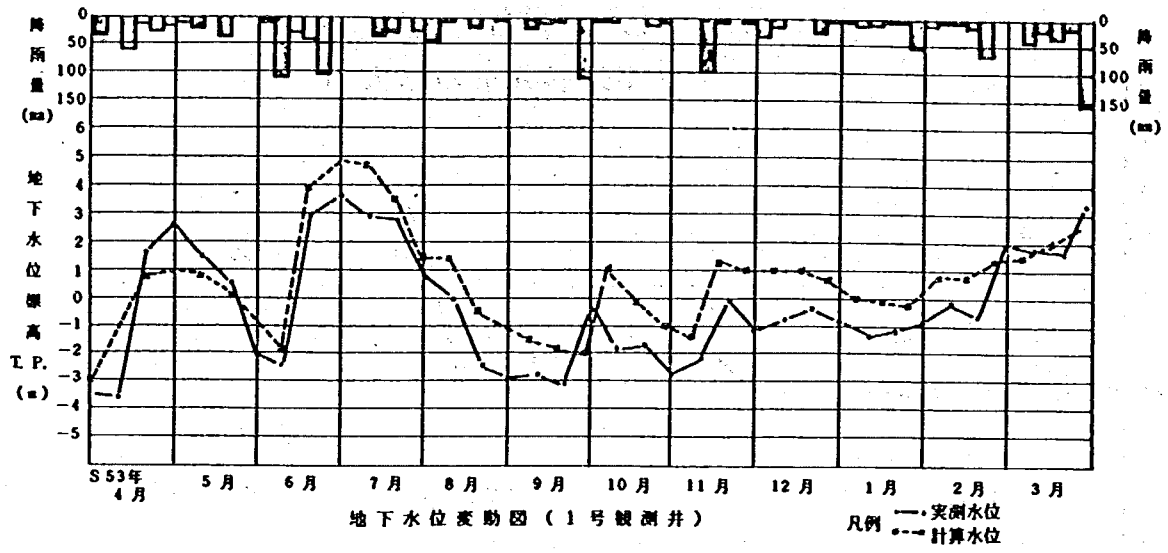


図－17　モニタリングポイントでの貯留係数の違いによる水位変動（k＝10⁻³cm／sec）
（水文データ：流入量，平地涵養量のみ入力）

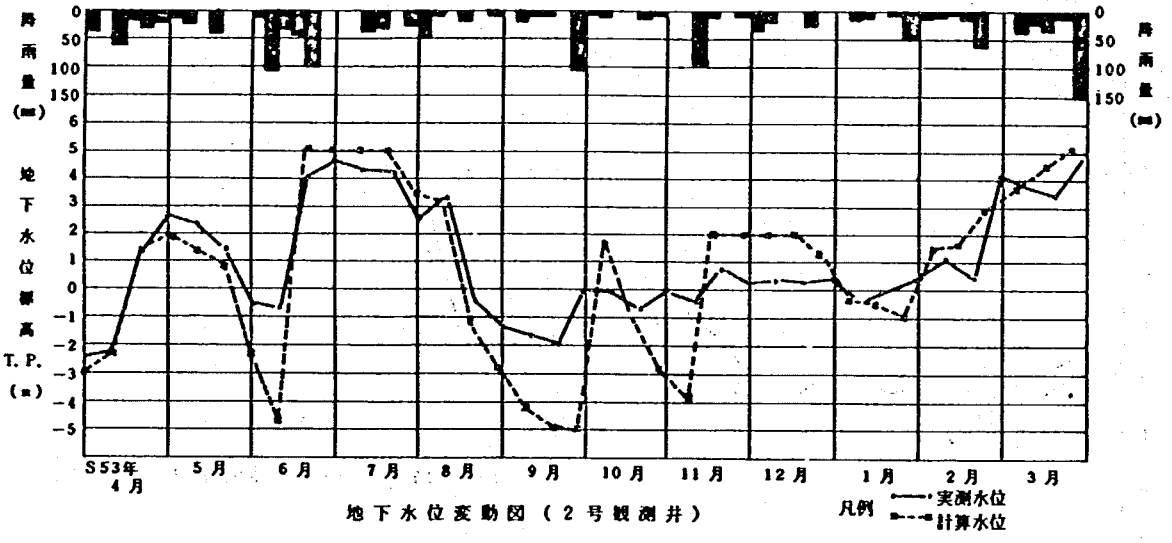


図－18　地下水位変動図
（平地涵養量のみ入力）

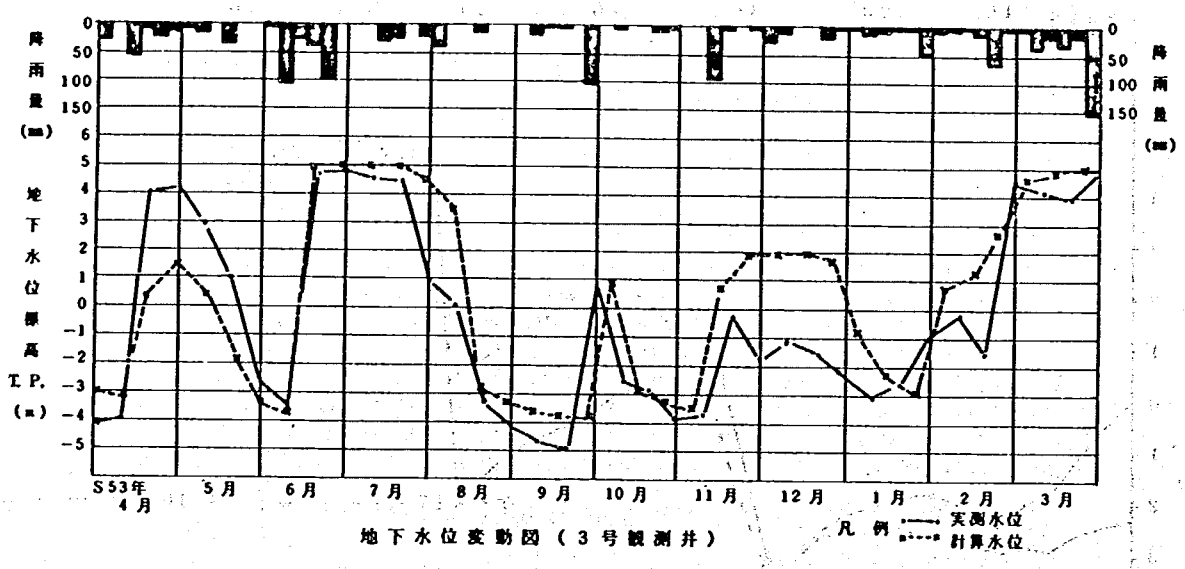




地下水位変動図（1号観測井）

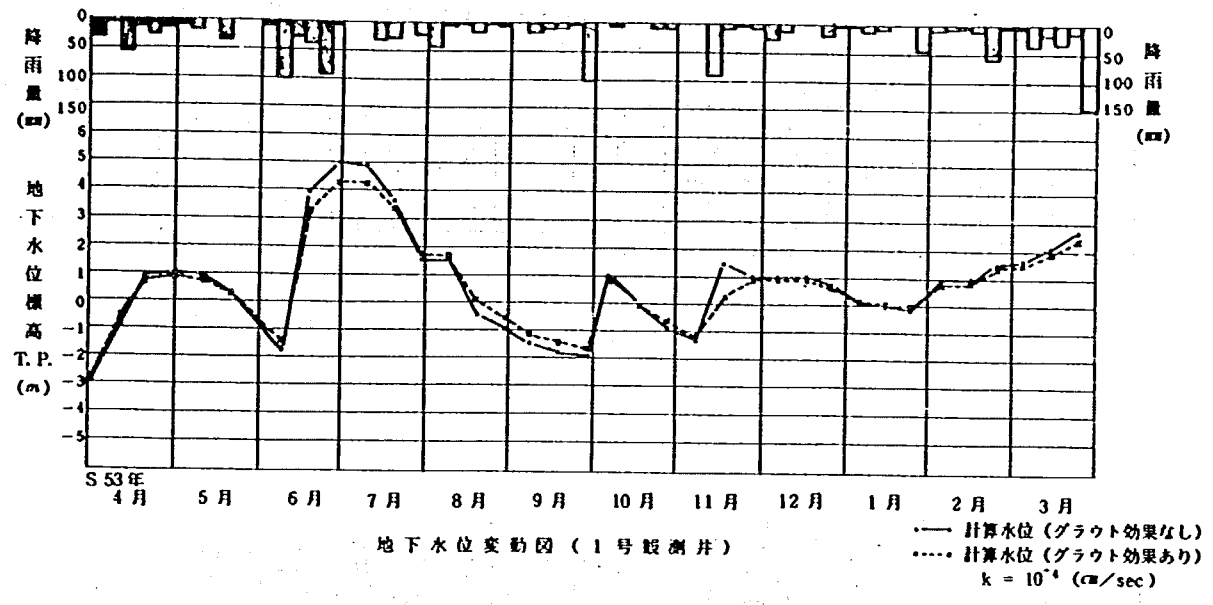


地下水位変動図（2号観測井）

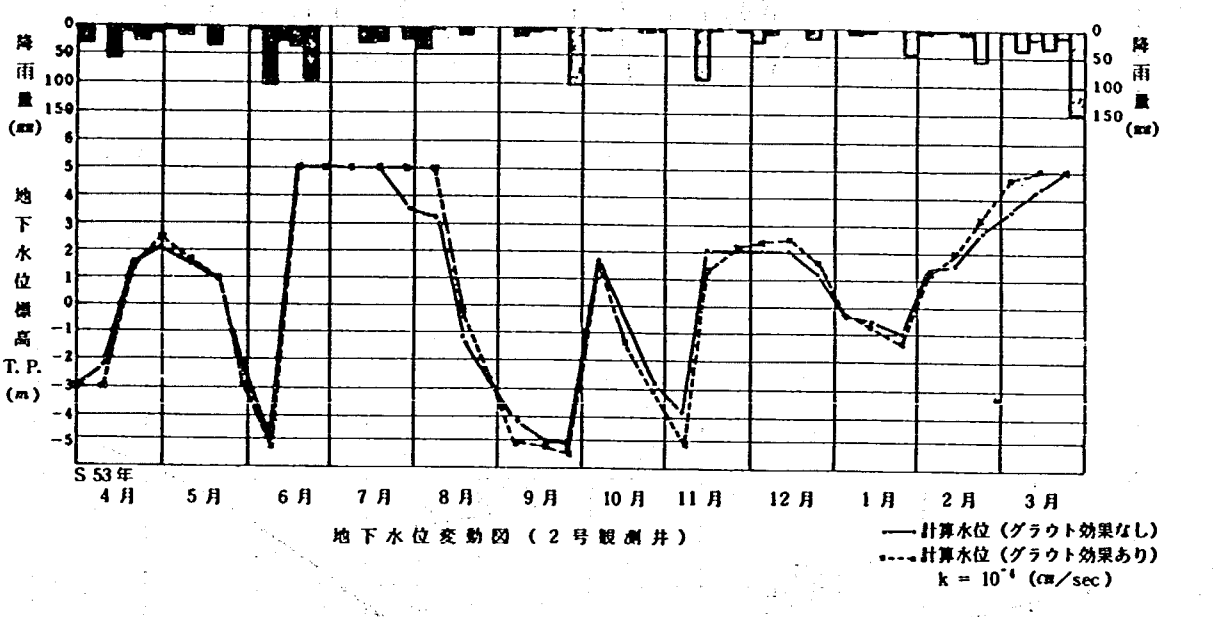


地下水位変動図（3号観測井）

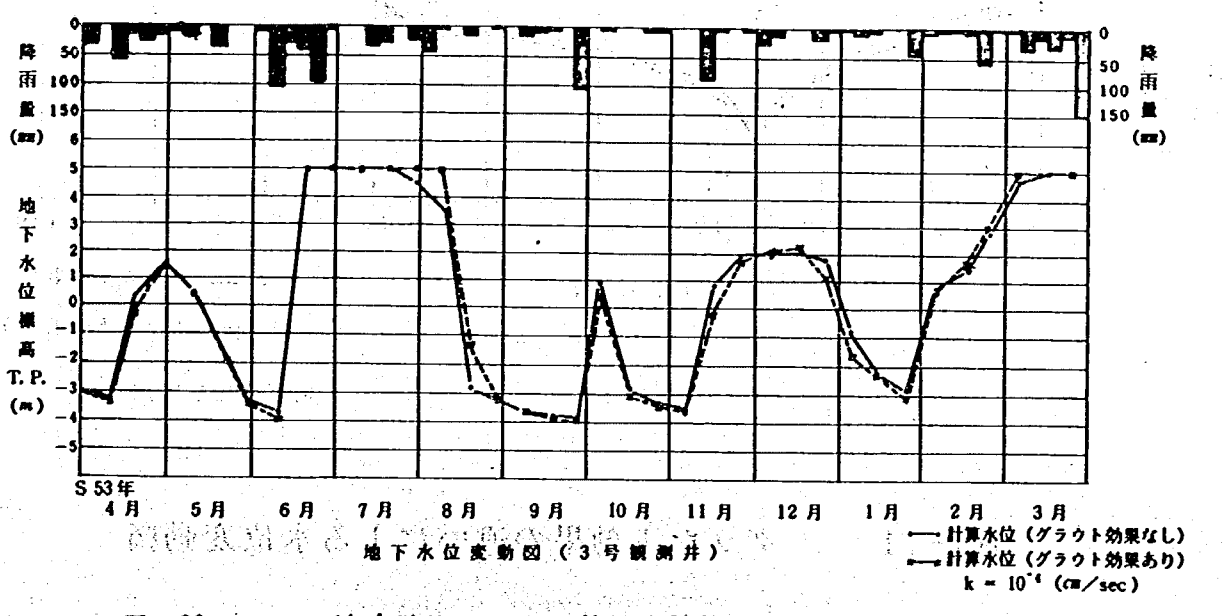
図－19　モニタリングポイントにおける水位変動図
（計算水位と実測水位）



地下水位変動図（1号観測井）



地下水位変動図（2号観測井）

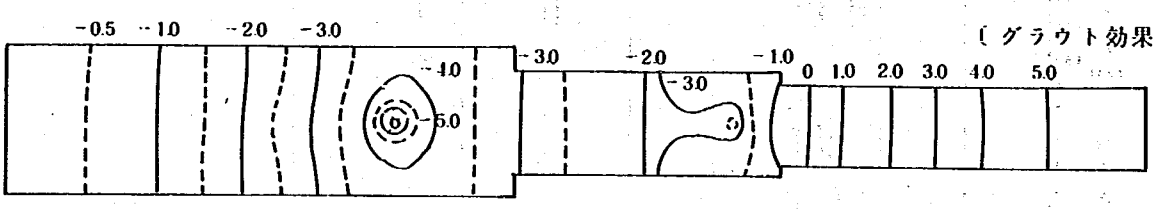


地下水位変動図（3号観測井）

図－20　遮水壁施工による効果（計算）
（グラウト効果ありとなしの場合の水位変動比較図）

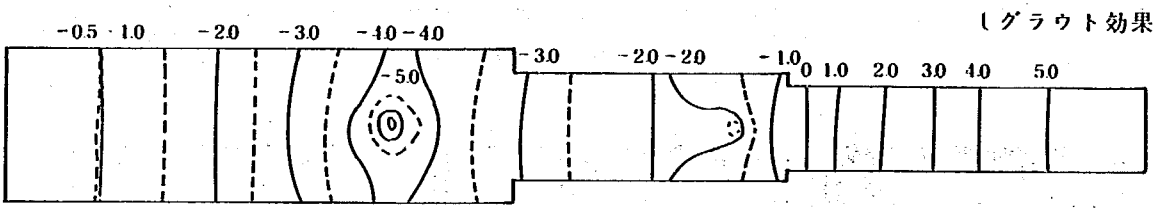
（300日後の水位）

〔グラウト効果なし〕

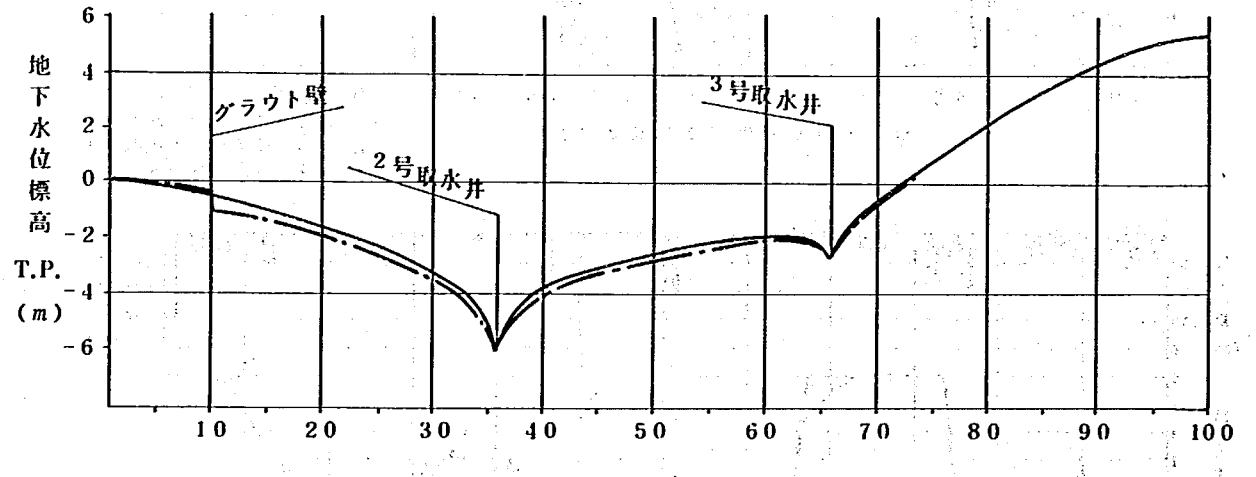


地下水位等高線図

〔グラウト効果あり〕



地下水位等高線図



地下水位縦断図

図－21　　グラウト効果の違いによる水位変動図

(2) 地下遮水壁効果の検討

揚水試験結果（昭和56. 2. 13）および最近の水位変動（昭和55. 12. 20～昭和56. 1. 29）よりグラウト壁の止水効果を把握した。また、その結果より渇水年である昭和53. 4～昭和43. 3の1年間の涵養量を用いて、地下遮水壁による貯留効果を調べた。計算ケースの一覧表を表－3に示したが、以下に計算結果を述べる。

a) 揚水試験結果

揚水試験結果は10時間と短いため、各モニタリングポイントにおける水位変動の時間的な傾向を合わせるのはやや困難であった。

図－22には10時間後の水位縦断図を示した。

b) 最近の水位変動

最近のデータ（昭和55. 12. 20～昭和56. 1. 29）を用いて、水位変動を調べた。計算結果より、図－23に各モニタリングポイントにおける水位変動を示し、図－24には40日後の水位縦断図を示した。

a),b) の結果より、グラウト効果を判定するのはやや難しいが、グラウト壁の透水係数としては $k = 10^{-4}$（cm/sec）程度が妥当であると考えられる。

c) 地下遮水壁による貯留効果

a),b) より求められたグラウト壁の透水係数値を用いて、昭和53年4月～昭和54年3月の1年間の実績涵養量を入力し、遮水壁による貯留効果を調べた。

取水量の条件としては年間を通じ、2号，3号，4号の均等取水とした。また、計算にあたり

① グラウト壁前後の水位差について貯水池側が－1 m 以上低下しないこと。（ただし、グラウト壁効果のない場合にはグラウト壁

後（貯水池側）の地下水位がT.P.－1 m 以下とならないこと。）

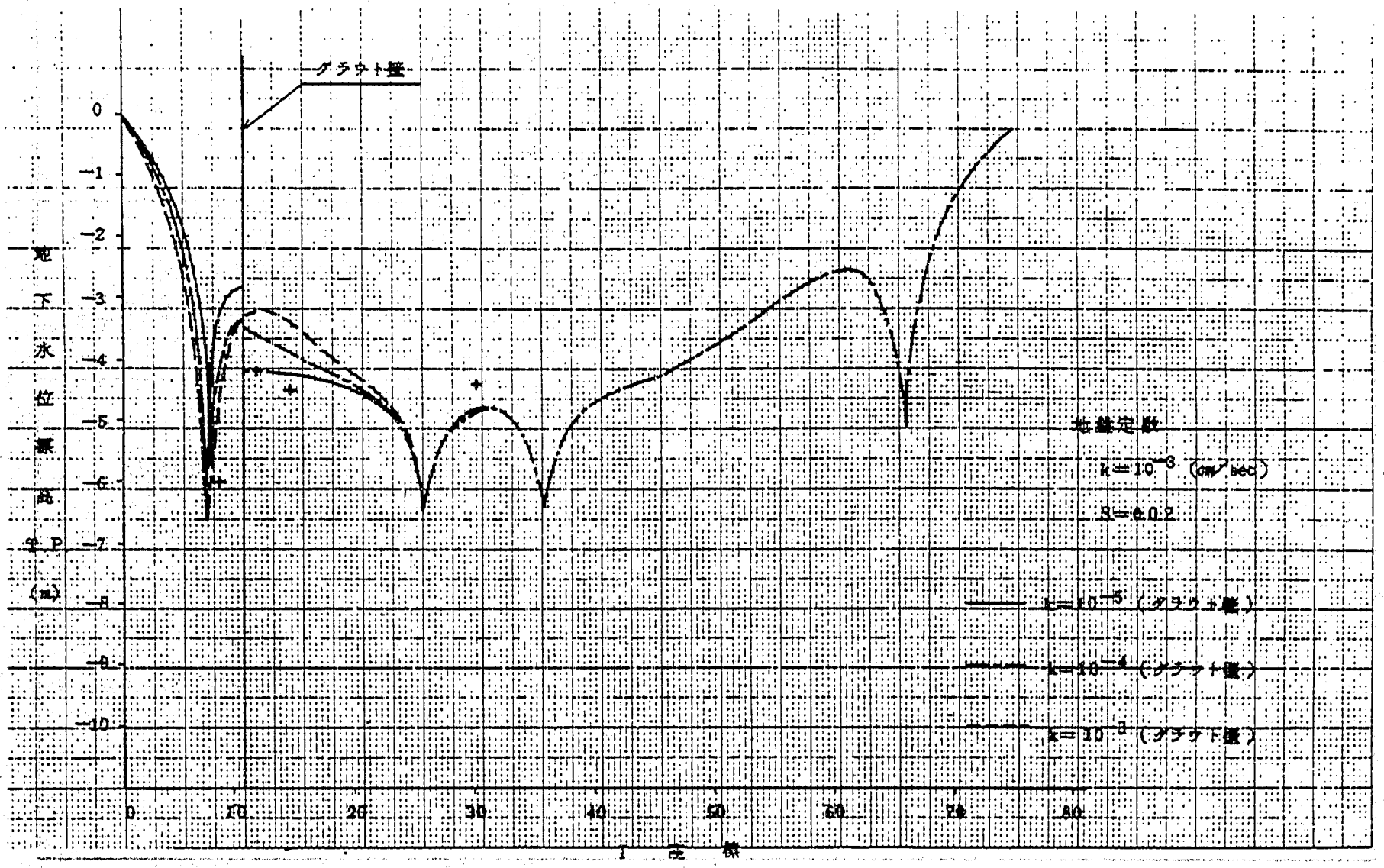
② 滞水層厚以上の取水はしないこと。

の2つをチエックポイントとした。

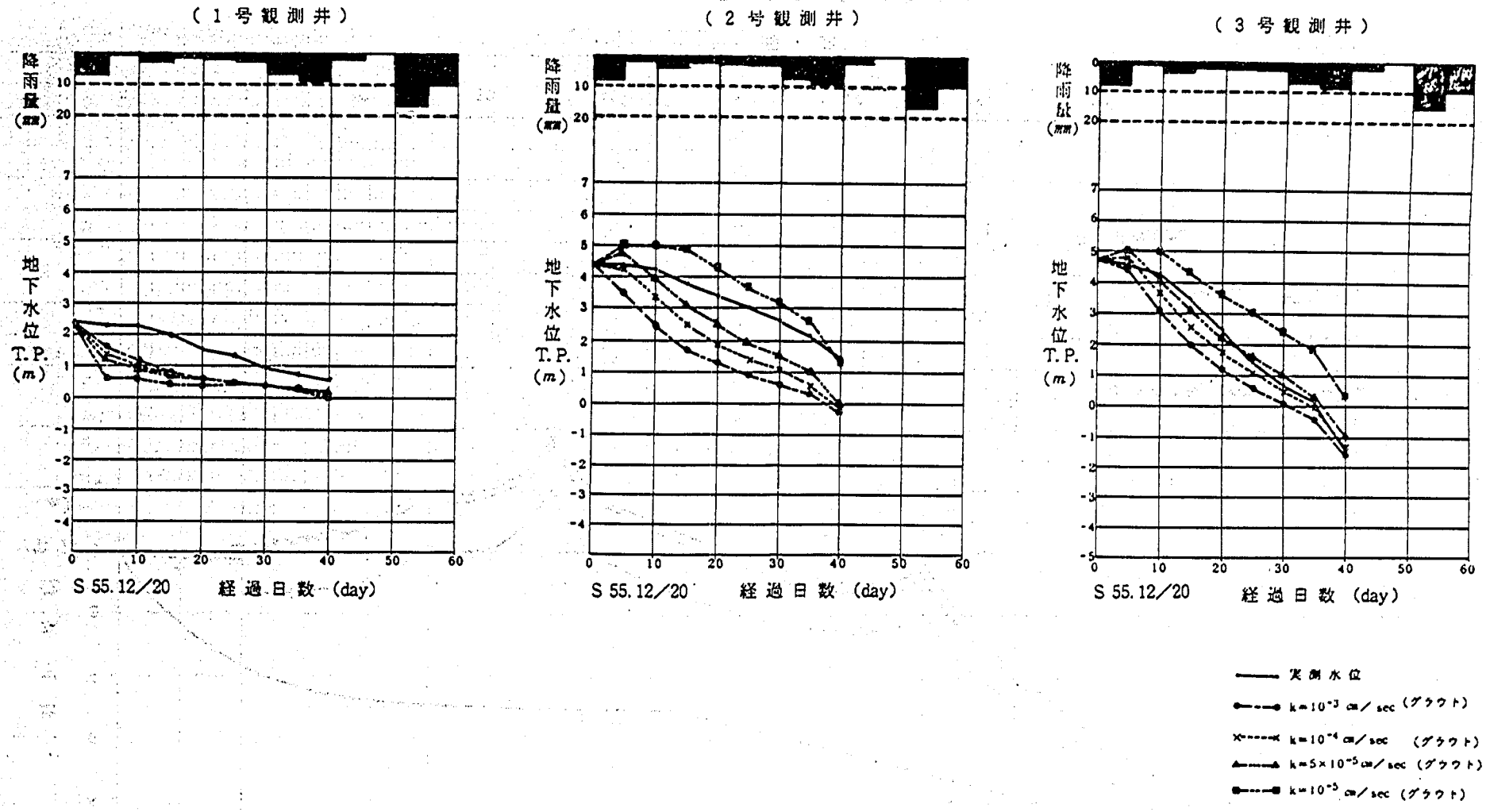
その結果を図－25～28に示したが、グラウト壁効果のない場合は、毎日約120～140 m^3／day の限界揚水量が、グラウト壁効果のあることにより、180～200 m^3／day の限界揚水量に増加する。また、グラウト効果のある・なしによる。水位変動図および貯留量の変化を図－28に示した。ただし、このときの揚水量は120 m^3／dayの場合である。

表－3　計算ケース一覧表

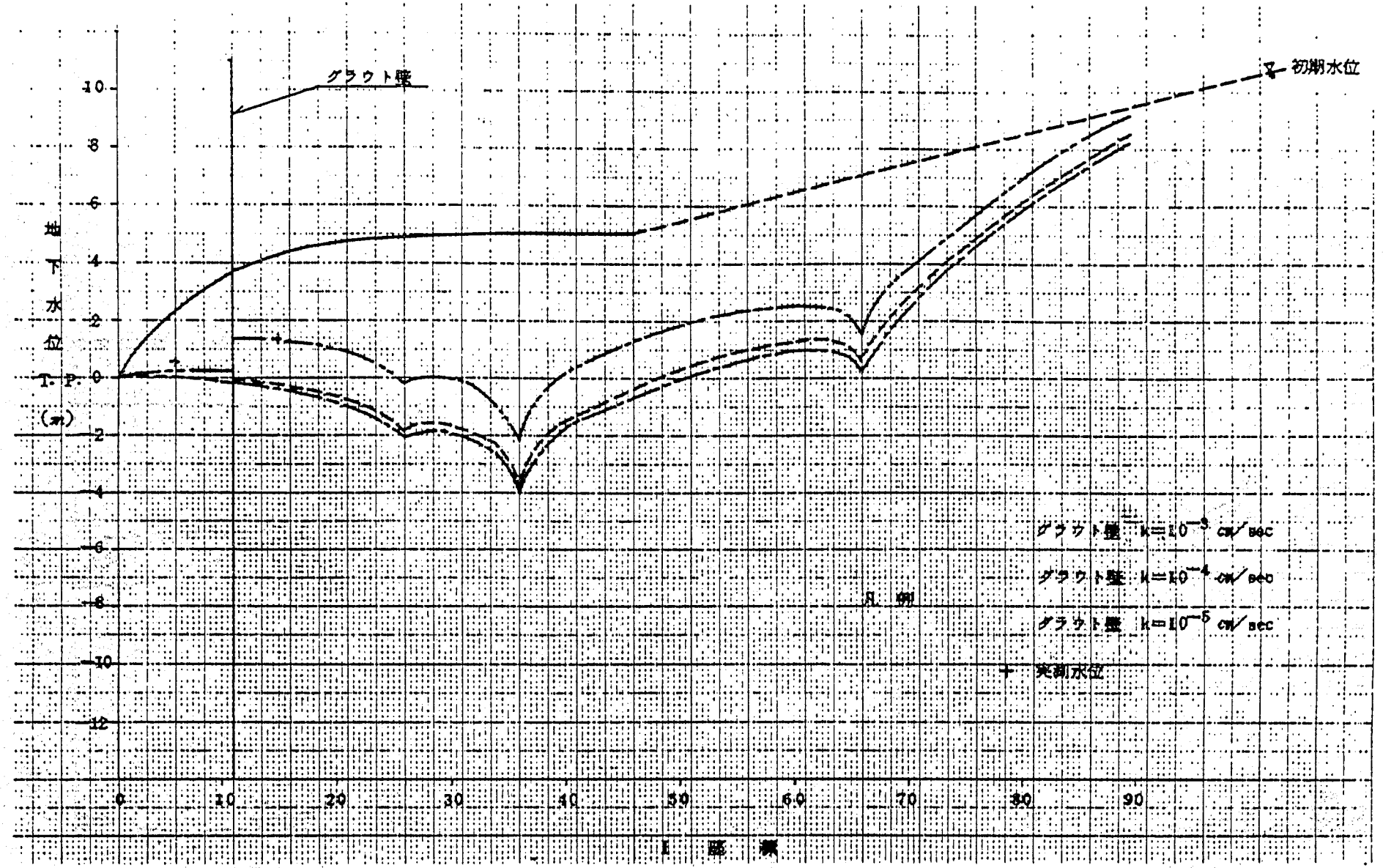
目的	ケース	計算期間	湧出量（m^3）	取水量（m^3）	グラウト壁透水係数 k（cm／sec）
グラウト壁透水係数の把握（揚水試験より）	1	S56.2.13 (18：00～18：00)	42	塩水取水井　94 淡水取水井　103	10^{-3}
	2	〃	〃	〃	10^{-4}
	3	〃	〃	〃	10^{-5}
〃（最近の水位変動より）	4	S55.12.20～S56.1.29	6716	11580	10^{-3}
	5	〃	〃	〃	10^{-4}
	6	〃	〃	〃	10^{-5}
	7	〃	〃	〃	5×10^{-5}
地下遮水壁の効果（グラウト効果なし）	8	S53.4.1～S53.6.10	14296	100 t／day	10^{-3}
	9	S53.4.1～S54.3.25	108217	120 t／day	10^{-3}
	10	S53.4.1～S53.6.10	14296	140 t／day	10^{-3}
〃（グラウト効果あり）	11	S53.4.1～S53.6.10	14296	150 t／day	10^{-4}
	12	S53.4.1～S54.3.25	108217	180 t／day	10^{-4}
	13	S53.4.1～S53.6.10	14296	210 t／day	10^{-4}
	14	S53.4.1～S54.3.25	108217	120 t／day	10^{-4}



図－22　揚水試験結果によるグラウト壁の止水効果
（10時間後水位）

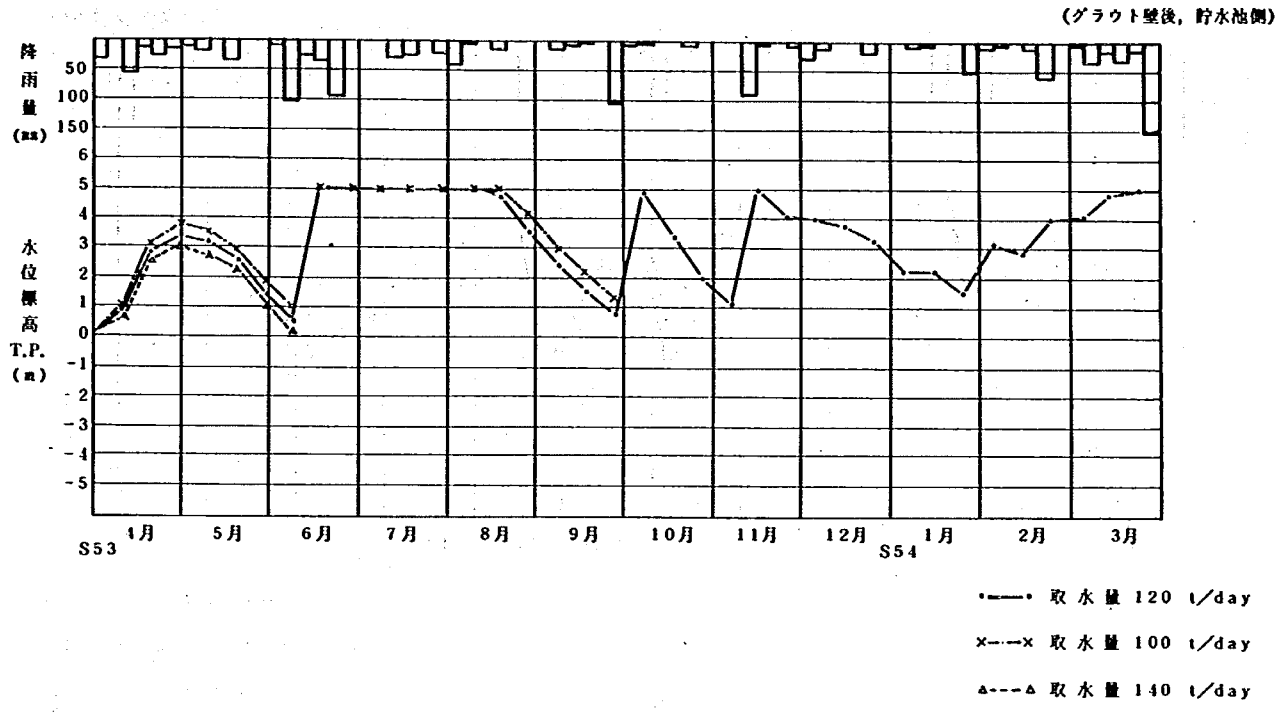


図－23　　グラウト壁効果による水位変動

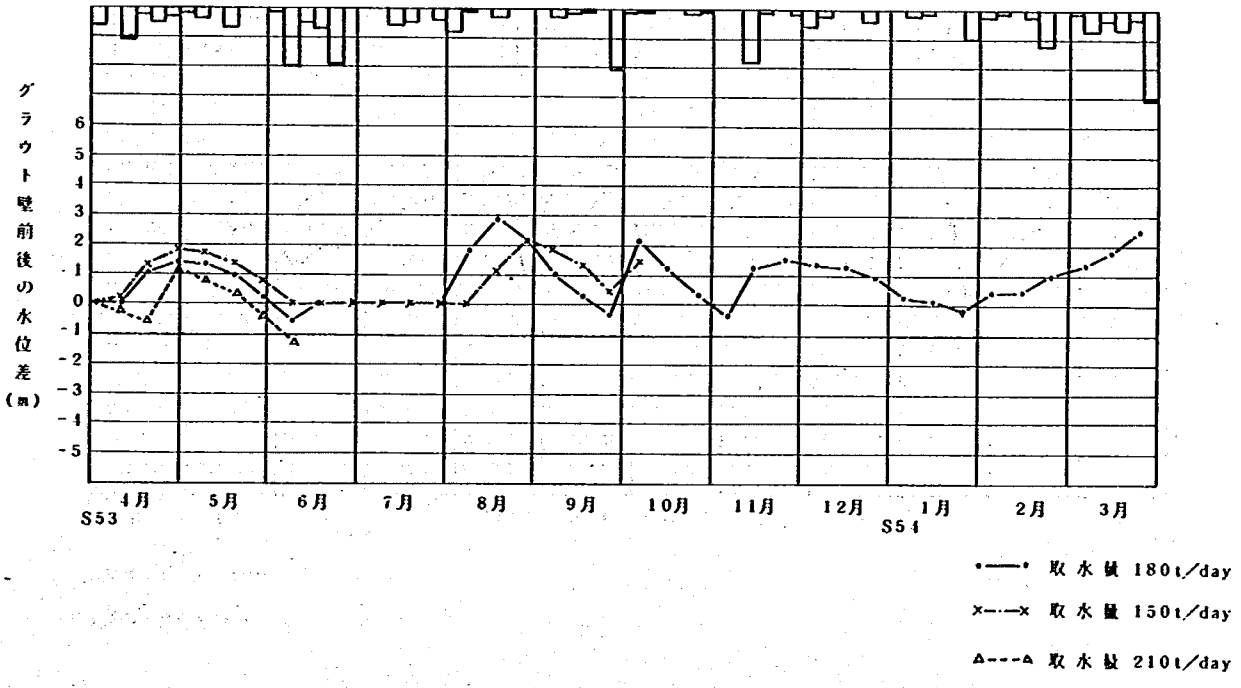


図－24　　グラウト壁効果による水位縦断図

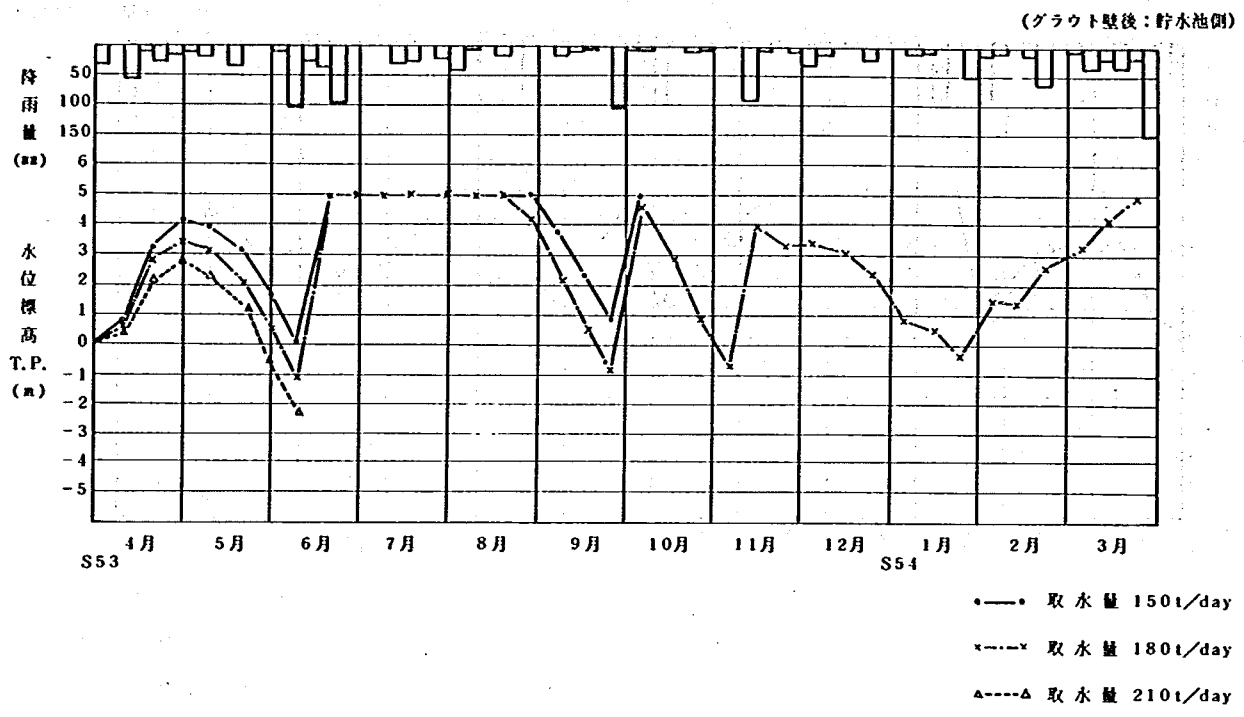
40日後の水位（昭和55年12月20日より40日後）



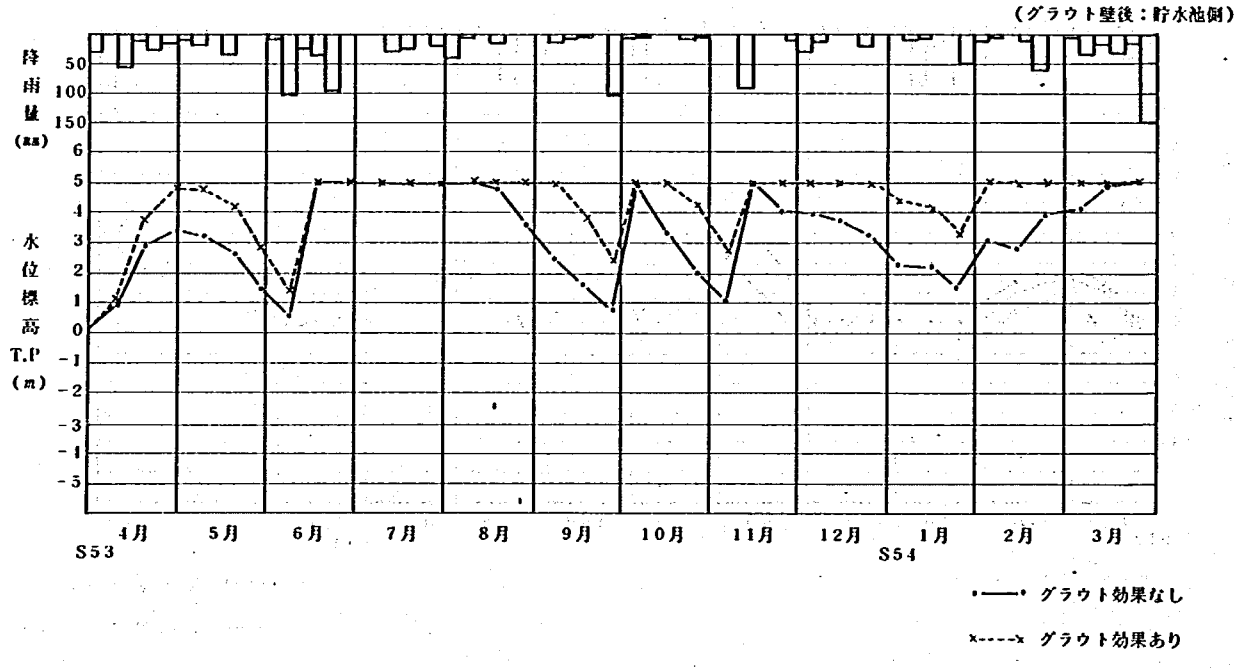
図－25　　グラウト効果のない時の取水量による地下水位変動



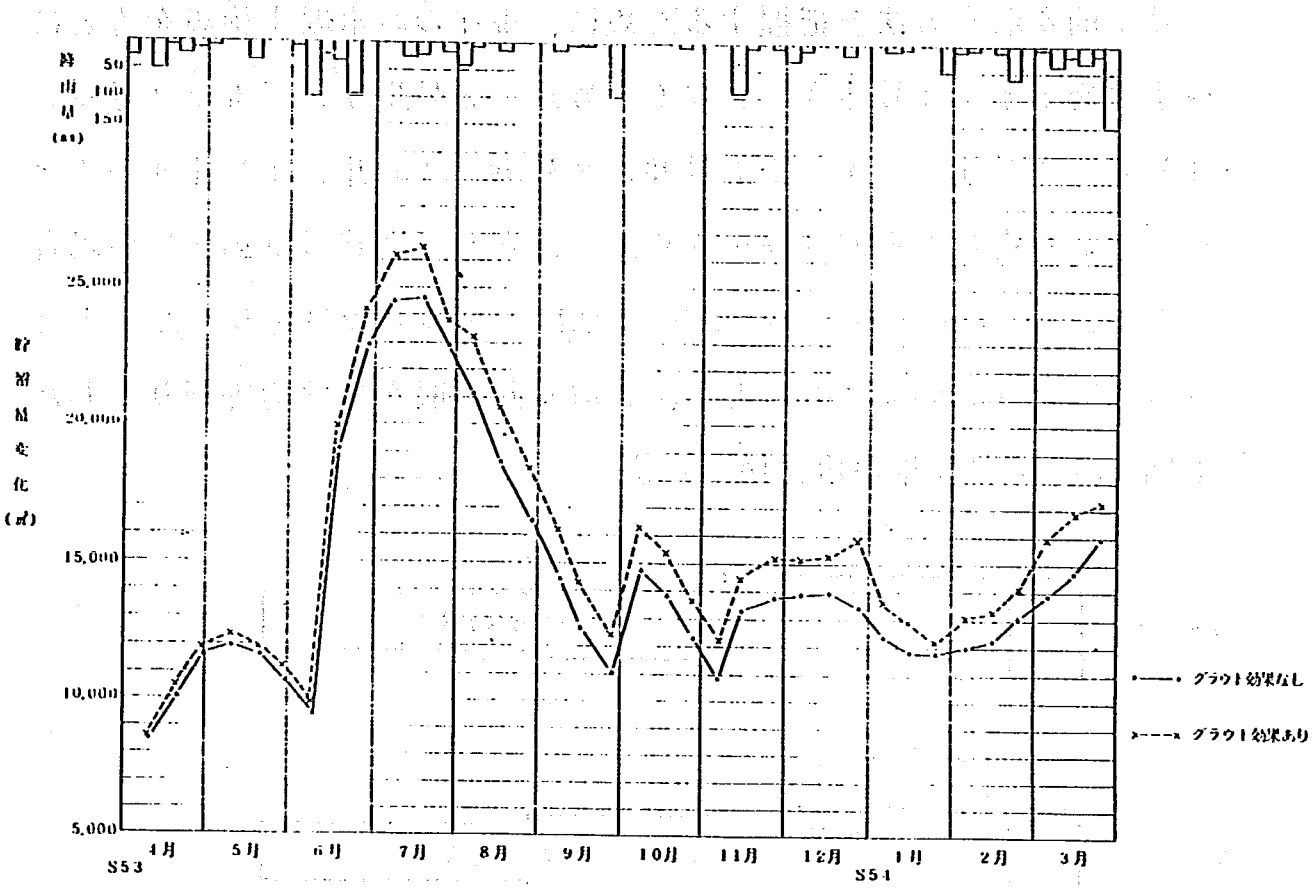
図－26　　グラウト効果のある時の取水量による水位差変動



図－27　　グラウト効果のある時の取水量による地下水位変動



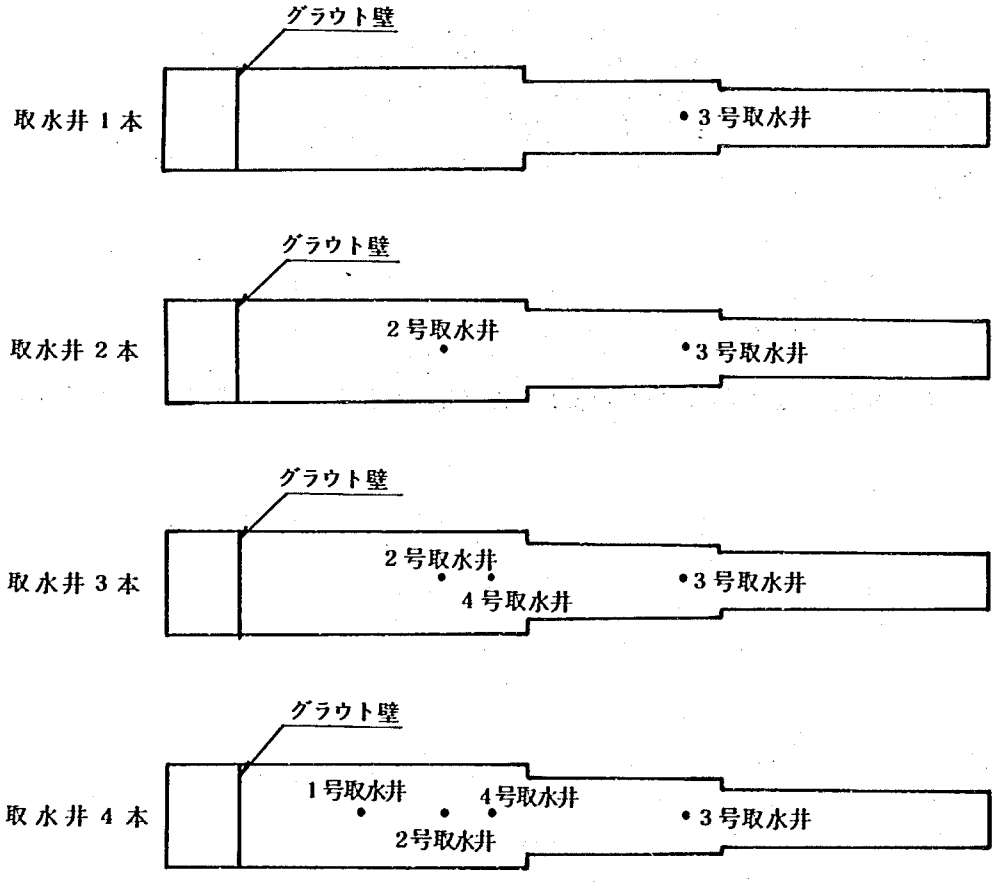
図－28　　グラウト効果あり、なしによる水位変動図（取水量120t／day）



図－29　グラウト効果のある、なしによる貯留量の変化（ただし、湛水量も含む）(取水量１２０m³／day)

(3) 効率的取水方法の検討

効率的な取水方法を把握するために、現在の淡水取水施設をもとに取水井を1本（3号井），2本（2号井，3号井），3本（2号井，3号井，4号井），4本（1号井，2号井，3号井，4号井）の4ケースとした場合の水位変動を求めた。ただし、涵養量は渇水期の場合を考え、S 54. 1. 1～S 54. 1. 30 の期間の平地涵養量を与えた。また、取水量は合計 300 m^3／day とし、各取水井の取水量は均等割りとした。下図－30に取水井の概念図を示す。



図－30　取水井の概念図

計算にあたり

① グラウト壁前後（貯水池側）の地下水位がT.P.－1 m 以下とならないこと。

② 滞水層厚以上の取水はしないこと。

の２つをチエックポイントとした。

計算ケースを表－４に示し、その結果を図－31～32に示した。図－44より①,②の２つの規定を満足するには、取水井が２本か、３本の場合の取水効率が良いことがわかる。また、図－33には各取水状況による平面的な水位標高等高線図を示した。

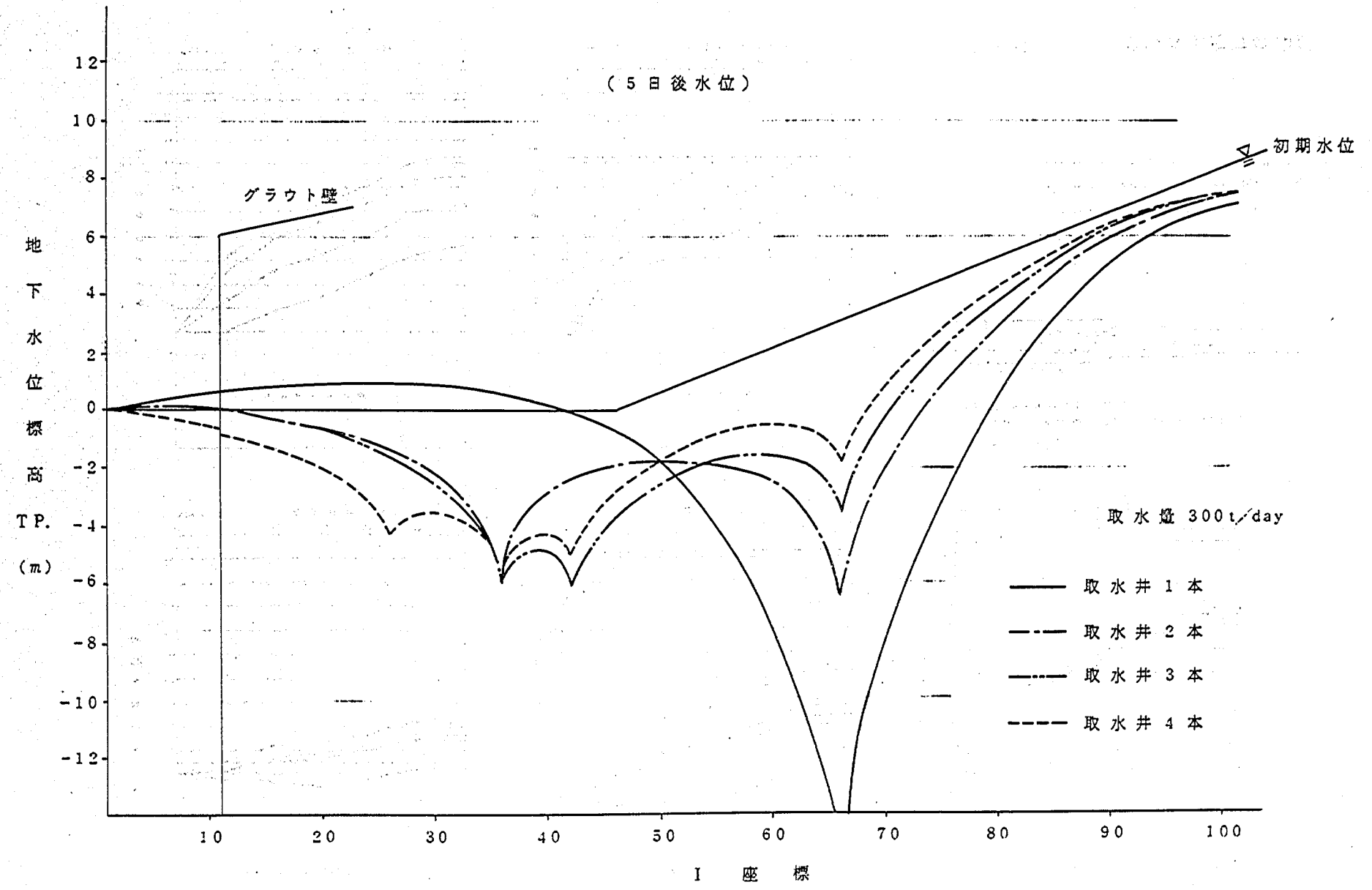
次に、効率的な取水方法による限界取水量（上記の２つの規定を満足したまま30日間の取水が可能な量）を求め、その結果を図－46に示した。

図－34より、今回のような取水井の配置および取水状況の場合には、取水井が２本の場合が最も効率がよく、限界揚水量は約180 m^3／dayとなった。ただし、取水井の平面的配置を考慮し、揚水量配分を考慮すれば、３本の限界揚水量がもう少し増加するものと思われる。

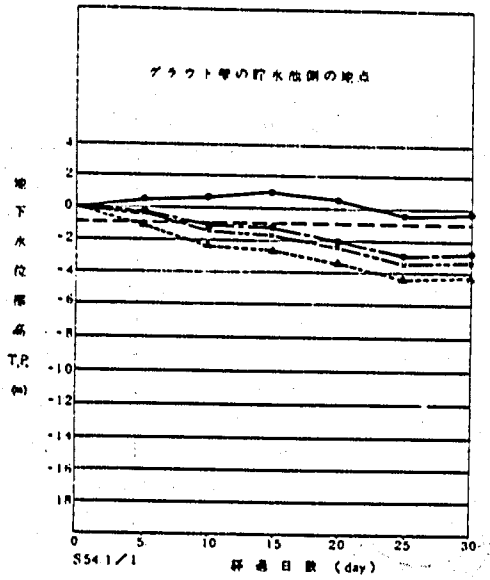
図－35には、取水井が２本で揚水量が180 m^3／dayの場合の平面的な水位標高等高線図を示した。

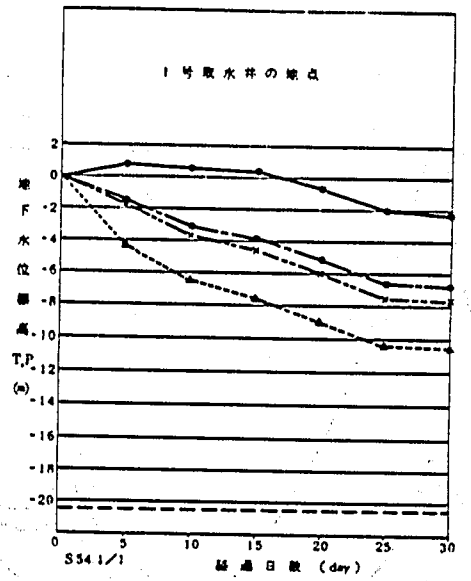
表－4　計算ケース一覧表

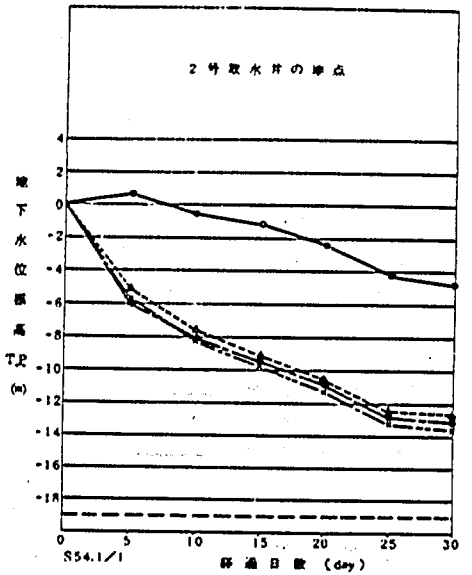
目　的	ケース	計算期間	涵養量（m^3）	取水量（m^3）	備　考
効率取水効果	1	S54.1.1～S54.1.30	4040	9000	取水井　1本（3号）
	2	〃	〃	〃	取水井　2本（2号，3号）
	3	〃	〃	〃	取水井　3本（2号，3号，4号）
	4	〃	〃	〃	取水井　4本（1号，2号，3号，4号）
効率取水による限界揚水量の把握	5	〃	〃	9000	取水井　3本（2号，3号，4号）
	6	〃	〃	6000	取水井　3本（2号，3号，4号）
	7	〃	〃	3000	取水井　3本（2号，3号，4号）
	8	〃	〃	9000	取水井　2本（2号，3号）
	9	〃	〃	6000	取水井　2本（2号，3号）
	10	〃	〃	5400	取水井　2本（2号，3号）

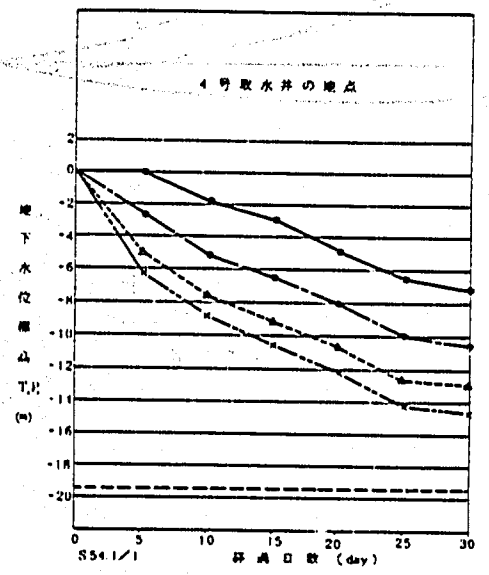

（５日後水位）
初期水位
グラウト壁
地下水位標高 TP. (m)
12
10
8
6
4
2
0
-2
-4
-6
-8
-10
-12
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
I 座 標
取水量 300t/day
取水井１本
取水井２本
取水井３本
取水井４本

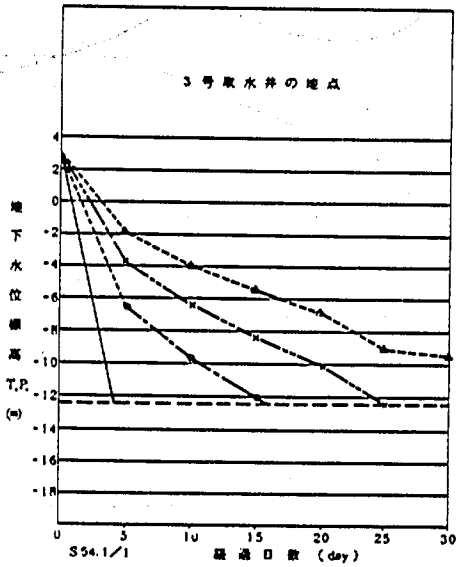
図－31　効率取水効果





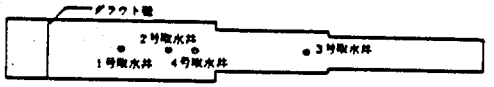






計算のポイント

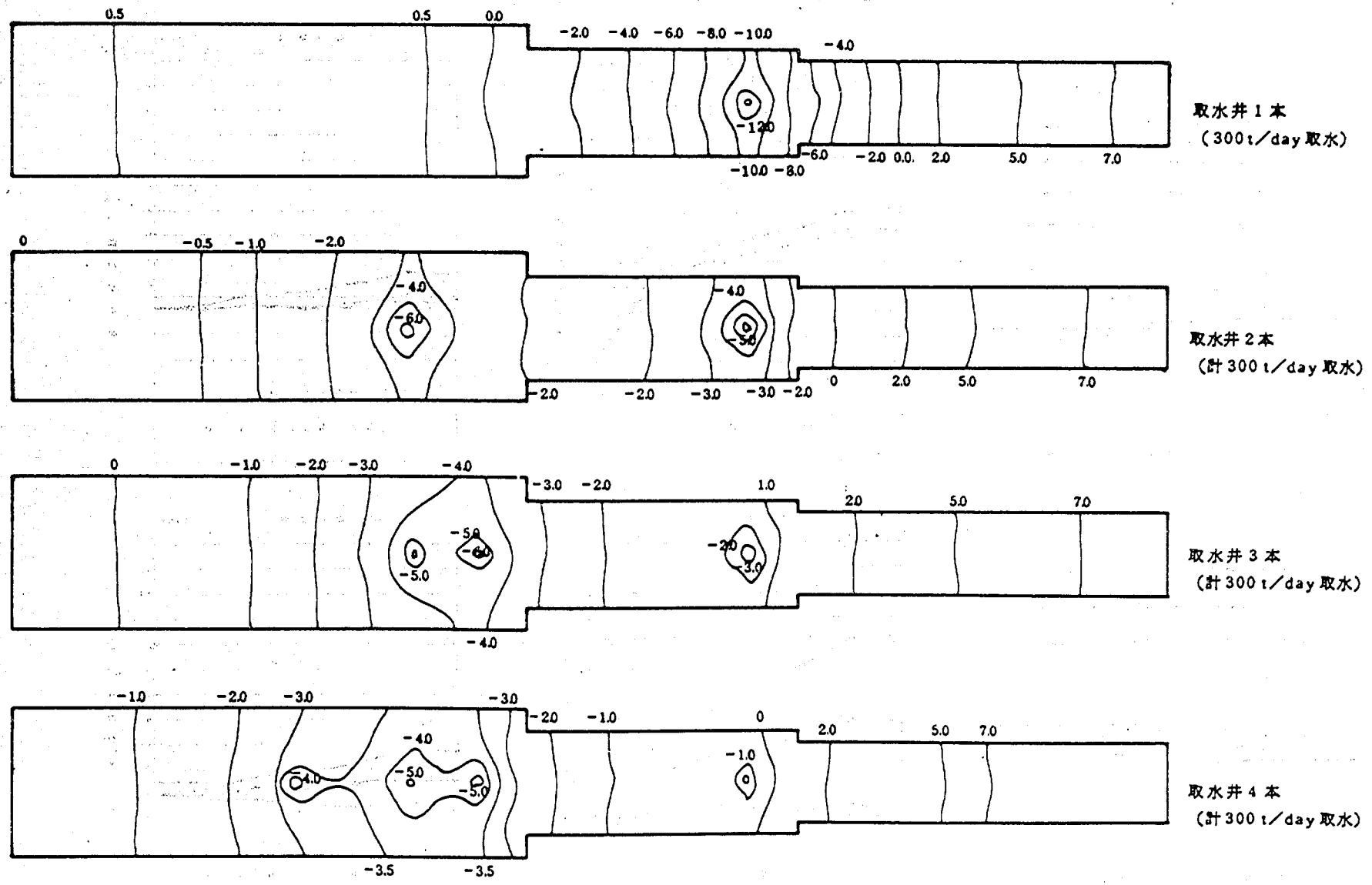
1. グラウト壁の貯水位側の地点がT.P.-1m以下にならないこと。
2. 各取水井の帯水層厚を越えないこと。



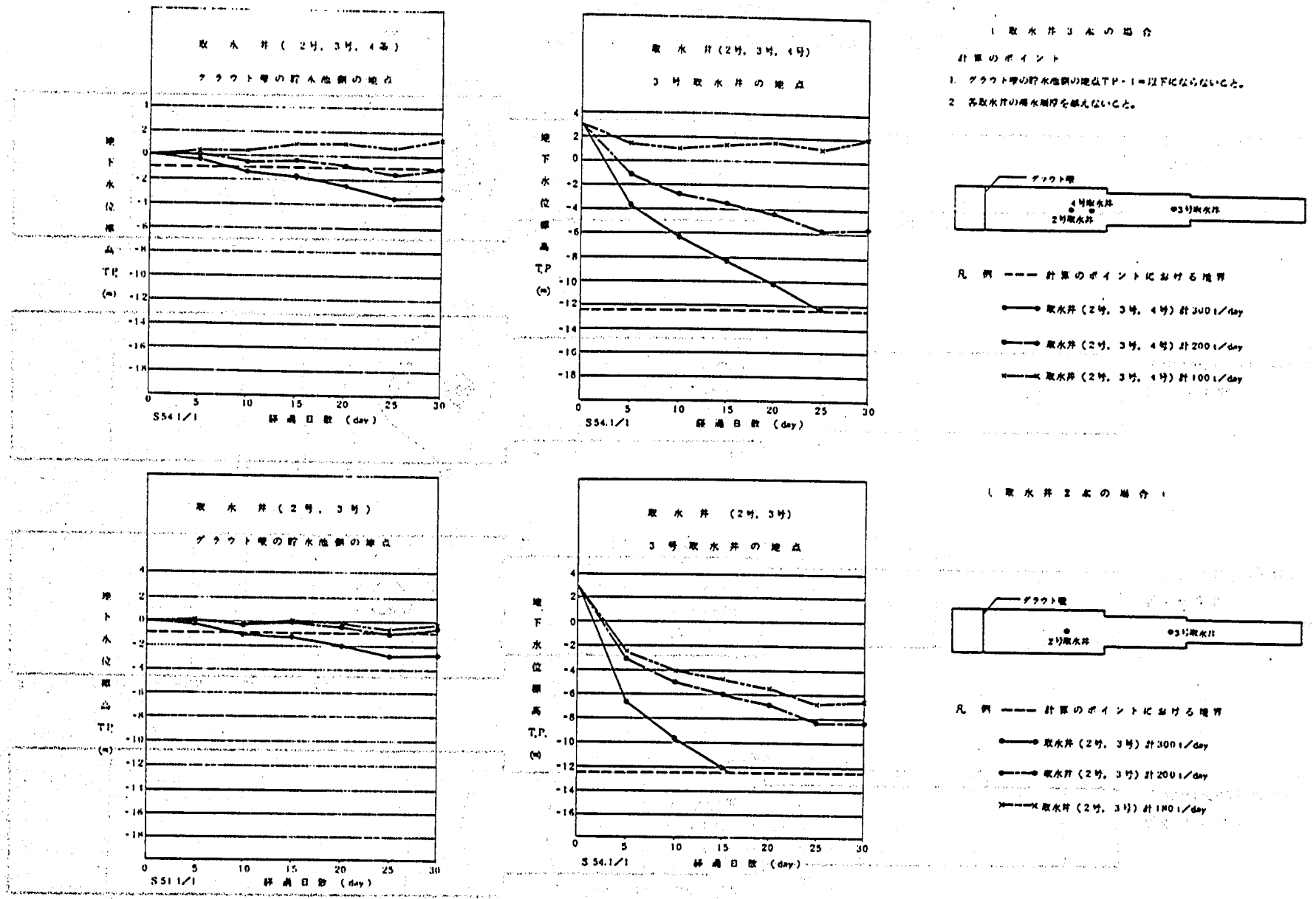
凡例

- 計算のポイントにおける地界
- 取水：3号井（300 t/day）
- 取水：2号井，3号井（計300 t/day）
- 取水：2号井，3号井，4号井（計300 t/day）
- 取水：1号井，2号井，3号井，4号井（計300 t/day）

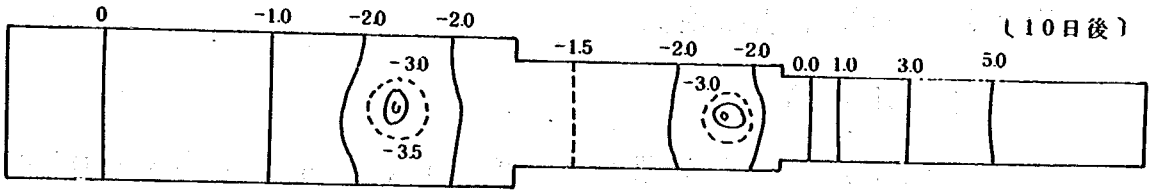
図－32　効率取水方法の検討



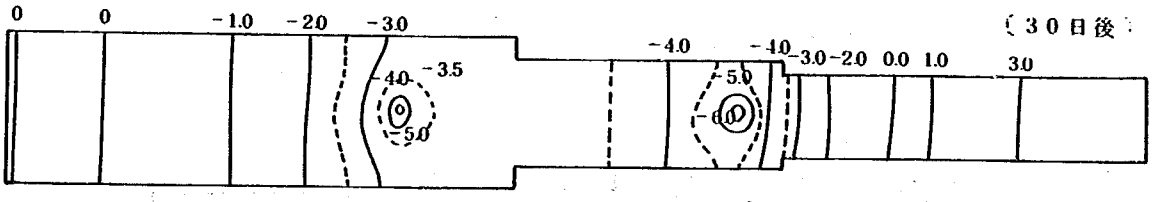
図－33　効率取水による水位標高等高線図（T.P標高）
（計算5日後水位　S54.1.1～1.30モデル）



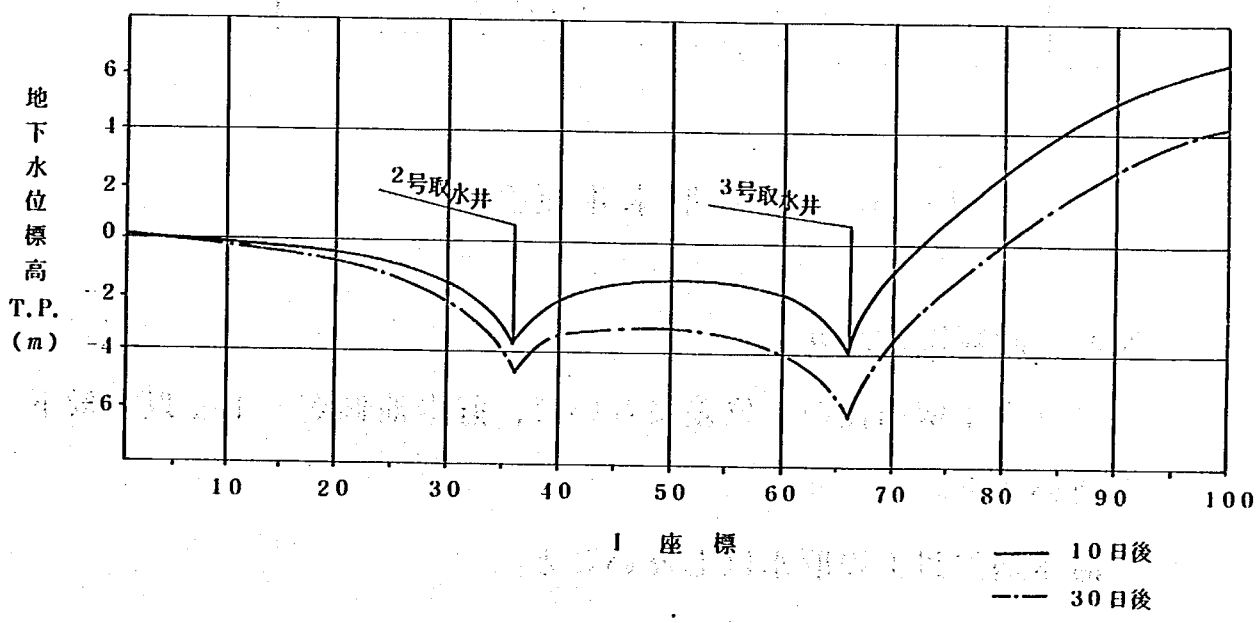
図－34　効率取水による限界揚水量の把握



地下水位等高線図



地下水位等高線図



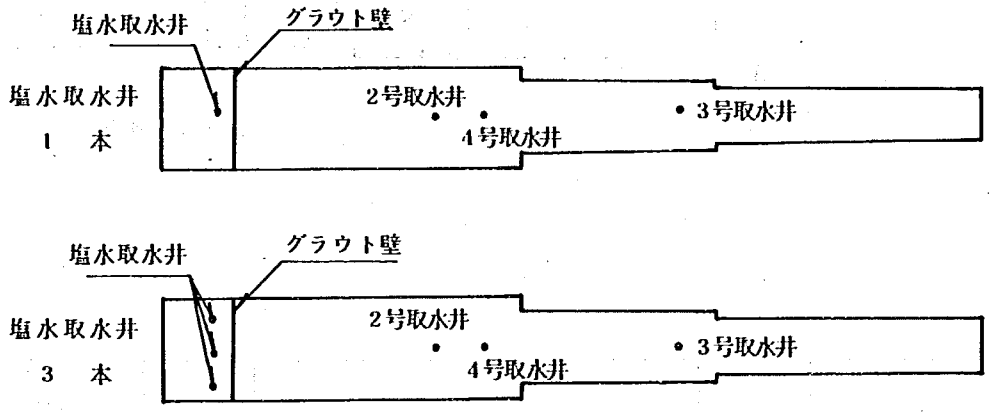
地下水位縦断図

図－35　効率取水による水位変動図

(4) 塩水浸入対策工法の検討

a) 塩水取水井効果

塩水取水井の効果を把握するために、塩水井1本（240m^3/dayの揚水）および3本（計300m^3/dayの揚水）とした2つの場合について、限界取水量を求めようとした。このとき、淡水取水井は、2号，3号，4号取水井の3本とした。下図－36に貯水池における取水井の概念図を示す。



図－36 塩水取水井概念

なお、計算にあたり

① グラウト壁前後の水位差において、貯水池側が－1m以上低下しないこと。

② 滞水層厚以上の取水はしないこと。

の2つをチエックポイントとした。

計算ケースを表－5に示したが、その結果をまとめ図－52－53に示した。

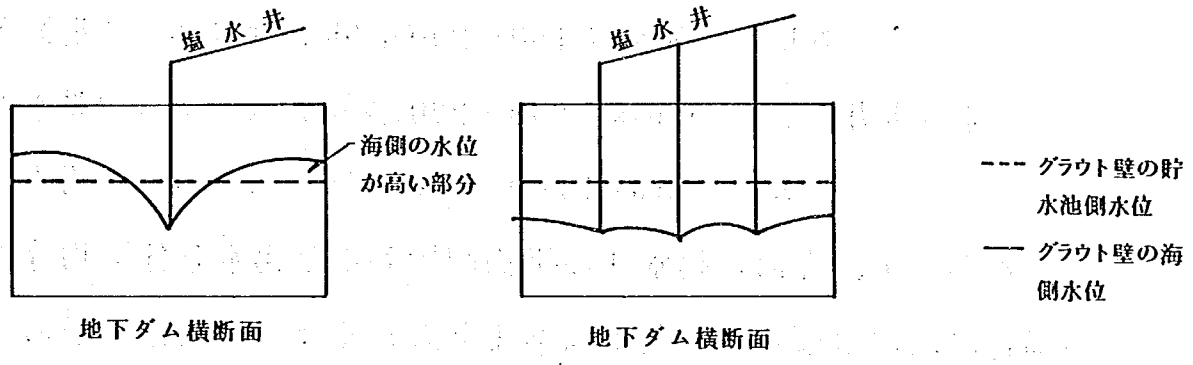
図－40～41より限界取水量（規定を満足したまま30日間の取水が可能な量）は

塩水取水井が1本の場合は　　約 200 m^3／day

3本の場合は　　約 260 m^3／day

となった。

塩水取水井がないときは、限界取水量が約 180 m^3／day であったことから、塩水取水井が3本の場合は、80 m^3／day（約40％）の増加となる。塩水井が1本と3本とで大きく異なる原因は図－37に示したように、3本の場合には横断方向に全体を下げることができるからである。



a）塩水井1本の場合　　b）塩水井3本の場合

図－37　塩水取水井による水位変動の相違

また、図－42には塩水取水井の違いによる水位変動を地下水位等高線および水位縦断図として示した。

次には、参考までに渇水年である昭和53年4月～昭和54年3月の年間を通じての限界揚水量を求めた。ただし、塩水取水井は1本と3本の場合とし、その稼動期間は地下水位が低下する期間を考え、その期間を図－38に示した。

期間	S53 4	5	6	7	8	9	10	11	12	S54 1	2	3
取水井1本の稼動期間												
取水井3本の稼動期間												

図－38　塩水取水井の稼動期間

結果をまとめ図－44に示したが、グラウト効果のある・なしの場合の年間の限界揚水量と比較すると次のようになる。

グラウト壁なし　Qmax≒120～140m^3/day　（チエック海側）

〃　あり　Qmax≒180～200m^3/day　（チエック海側）

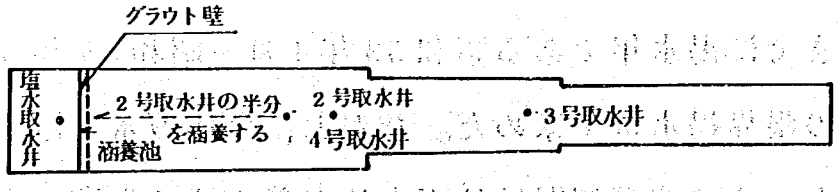
塩水取水井1本　Qmax≒200～220m^3/day　（チエック帯水層）

〃　3本　Qmax≒200～250m^3/day　（チエック帯水層）

したがって、今回の揚水井の平面配置および揚水条件（均等揚水）の場合には塩水取水井の効果はあまり大きくないことがわかる。

b）涵養池効果

次に、涵養池の効果を把握するために塩水取水井1本の場合と組み合せて計算を実施した。また、この時、淡水取水井は3本である。その概念図を図－39に示した。



図－39　涵養池概念図

なお、計算にあたり、チエックポイントは塩水取水井の効果の場合と同様に考える。

計算ケースは表－5に示したが、涵養池の効果の場合参考までに豊水期の場合の限界揚水量として、S 54. 3. 1 ～ S 54. 3. 30 の期間の限界揚水量も求めた。

その結果を図－45～46に示した。図－57～58より

○渇水期（S 54. 4. 1 ～ 1. 30 ）

限界揚水量……約 233 m^3／day

（270 m^3／day 揚水，47 m^3／day 涵養）

○豊水期（S 54. 3. 1 ～ 3. 30 ）

限界揚水量……約 375 m^3／day

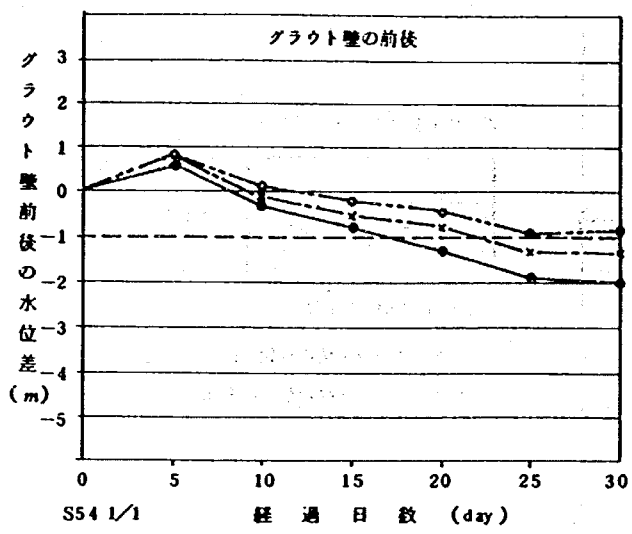
（450 m^3／day 揚水，75 m^3／day 涵養）

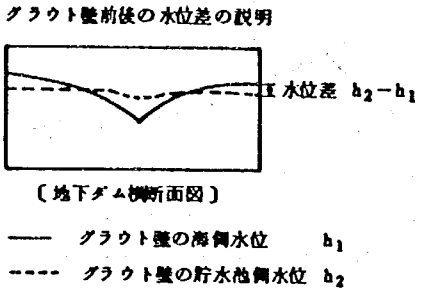
となった。

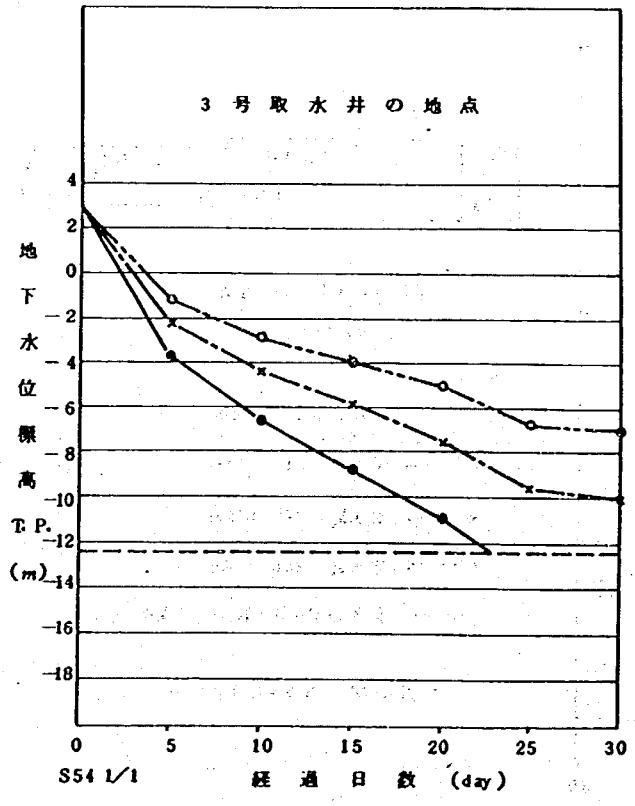
また、図－47には、涵養池の効果による水位変動を地下水位等高線図および縦断図を渇水期と豊水期の比較として示した。

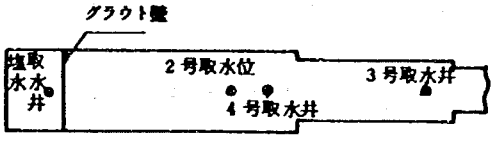
表－5　計算ケース一覧表

目的	ケース	計算期間	涵養量（m^3）	取水量（m^3）	備考
塩水取水井効果による限界揚水量の把握（塩水取水井　1本）	1	S54.1.1～S54.1.30	4040	塩水取水井 7200 淡水　〃　9000	取水井　3本 (2号, 3号, 4号)
〃	2	〃	〃	塩水　7200 淡水　7200	〃
〃	3	〃	〃	塩水　7200 淡水　6000	〃
〃（塩水取水井　3本）	4	〃	〃	塩水　9000 淡水　7200	〃
〃	5	〃	〃	塩水　9000 淡水　8100	〃
〃	6	〃	〃	塩水　9000 淡水　7800	〃
塩水取水井効果による限界揚水量　1本	7	S53.4　～S54.3	水文データによる	塩水　240m^3/day 淡水　220m^3/day	〃
〃　3本	8	〃	水文データによる	塩水　300m^3/day 淡水　250m^3/day	〃
涵養池効界による限界揚水量の把握（渇水期）	9	S54.1.1～S54.1.30	4040	塩水　7200 淡水　8100	涵養池への量 1350
〃	10	〃	〃	塩水　7200 淡水　8400	〃 1410
〃（豊水期）	11	S54.3.1～S54.3.30	13650	塩水　7200 淡水　13500	涵養池　量 2250
〃	12	〃	〃	塩水　7200 淡水　14400	〃 2400









揚水量 300 t/day

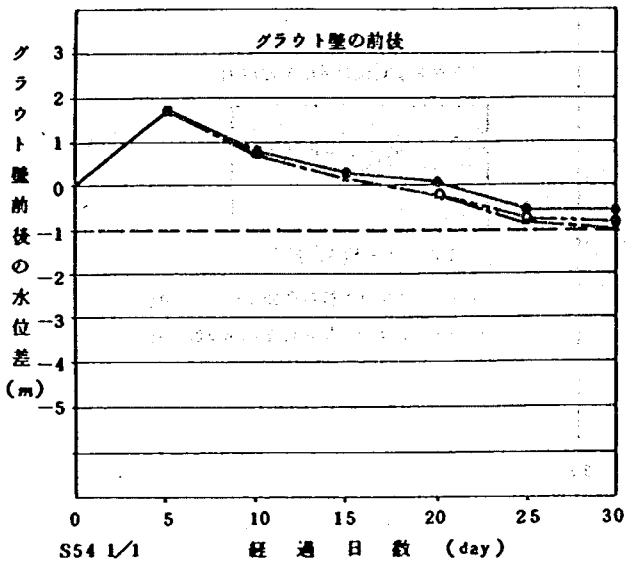
揚水量 240 t/day

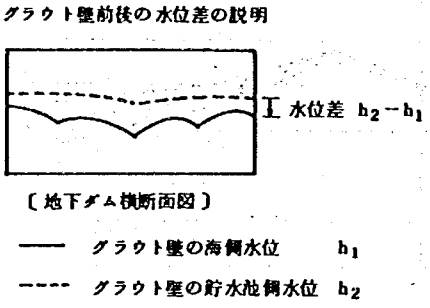
揚水量 200 t/day

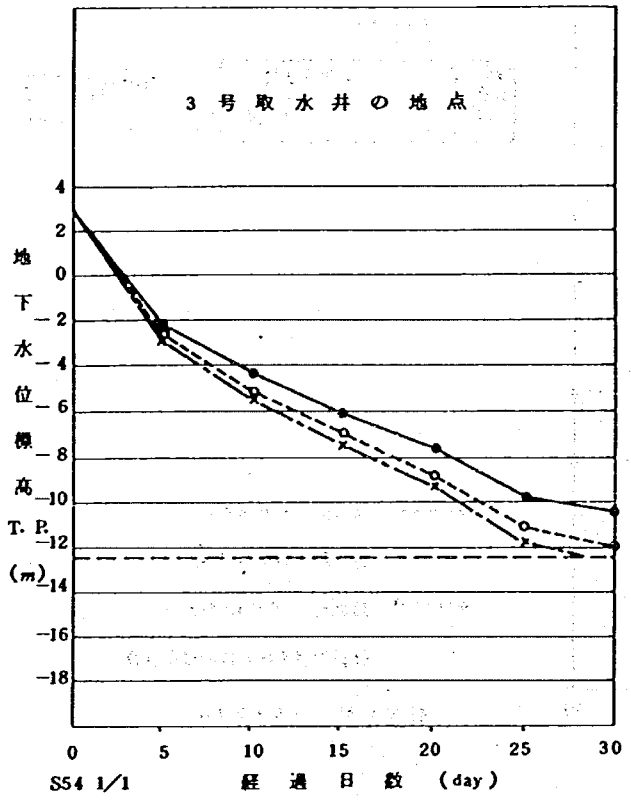
計算のポイントにおける境界

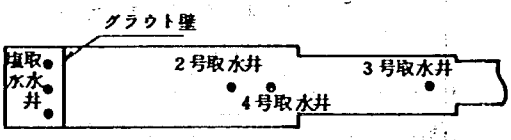
計算期間 S54年1月

図－40　　塩水取水井の効果（1本）









〔取水井3本〕……塩水

300 t/day

凡 例

〔取水井3本〕……淡水

揚水量 240 t/day

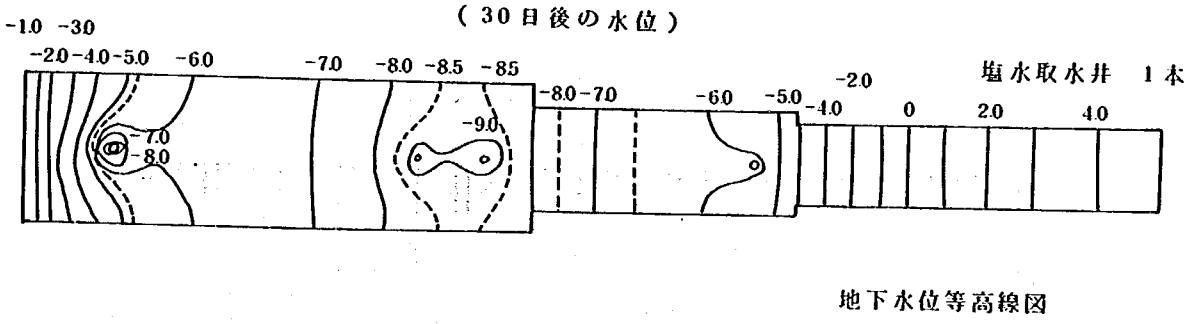
揚水量 270 t/day

揚水量 260 t/day

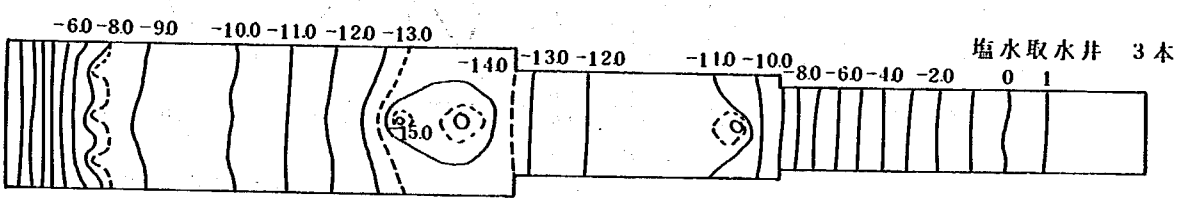
計算のポイントにおける境界

計算期間 S54年1月

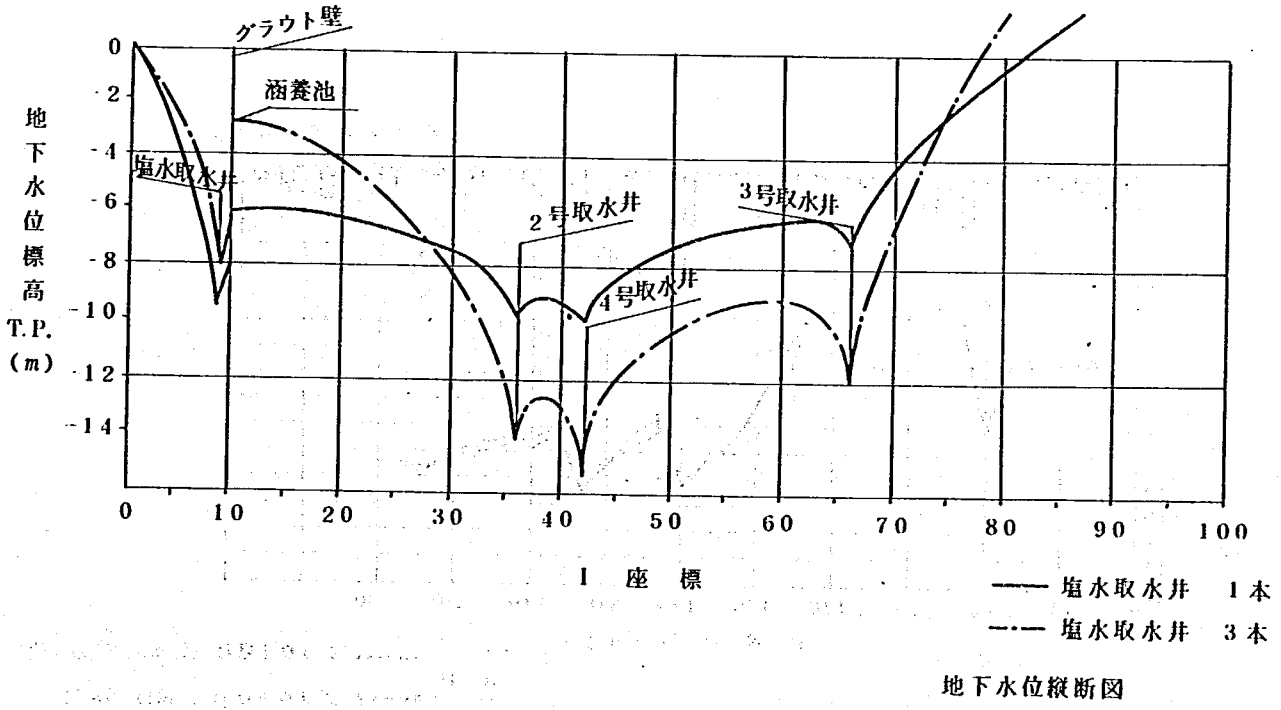
図－41 塩水取水井の効果（3本）



地下水位等高線図



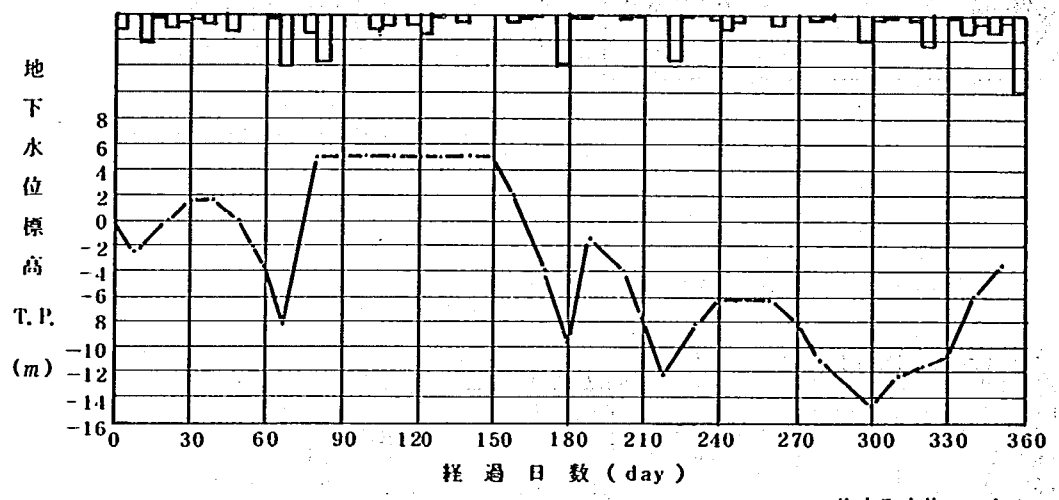
地下水位等高線図



地下水位縦断図

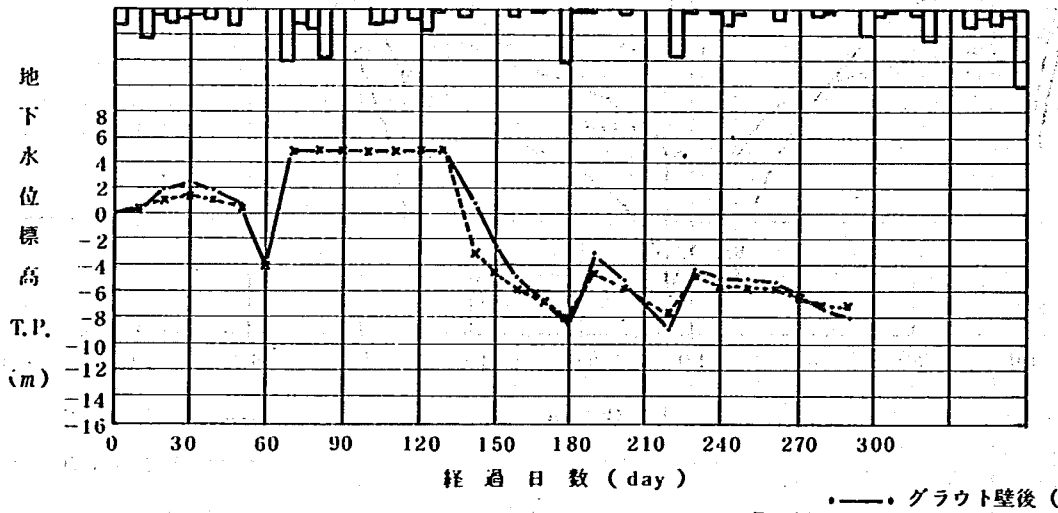
図－42　塩水取水井での取水による水位変動図

3 号 観 測 井



凡 例
塩水取水井　1本　240 t／day (不連続)
淡水取水井　3本　220 t／day

グラウト壁前後の水位差

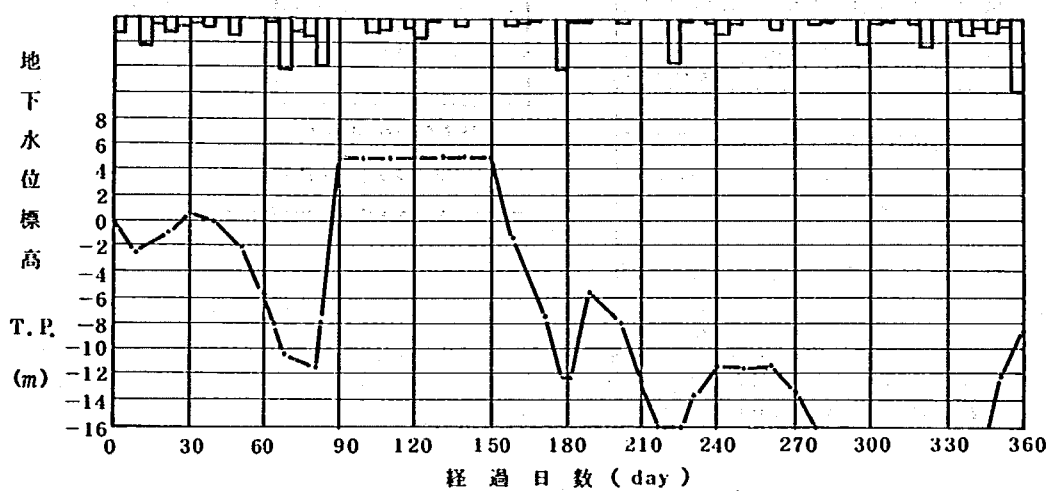


凡 例
•——• グラウト壁後 (貯水池側) の水位
×---× グラウト壁前 (海側) の水位

塩水取水位　1本　240 t／day (不連続)
淡水取水位　3本　計 220 t／day

図－43　地下水位変動図

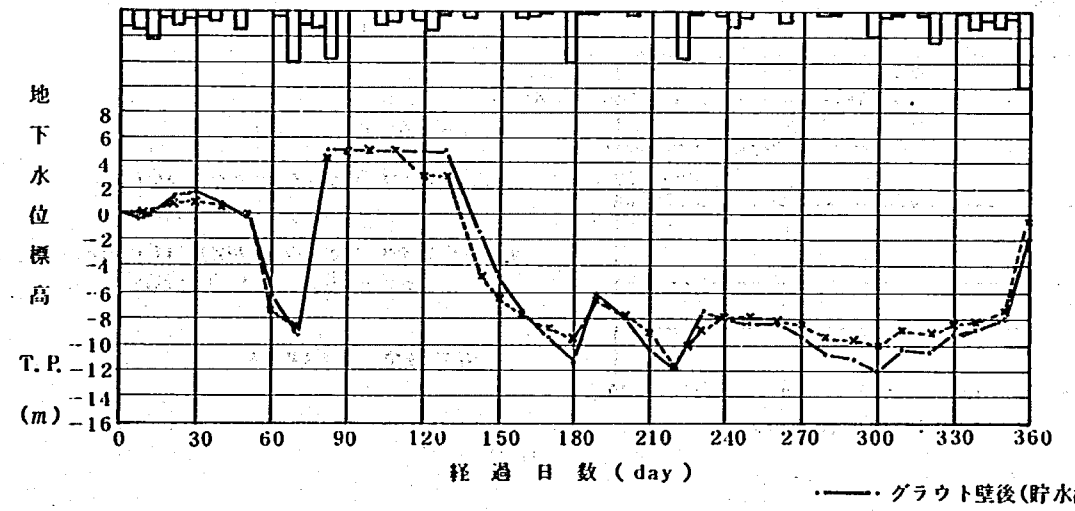
3 号 観 測 井



凡 例　塩水取水井（3本）　300 t／day（不連続）

淡水取水井　3本　250 t／day

グラウト壁前後の水位差



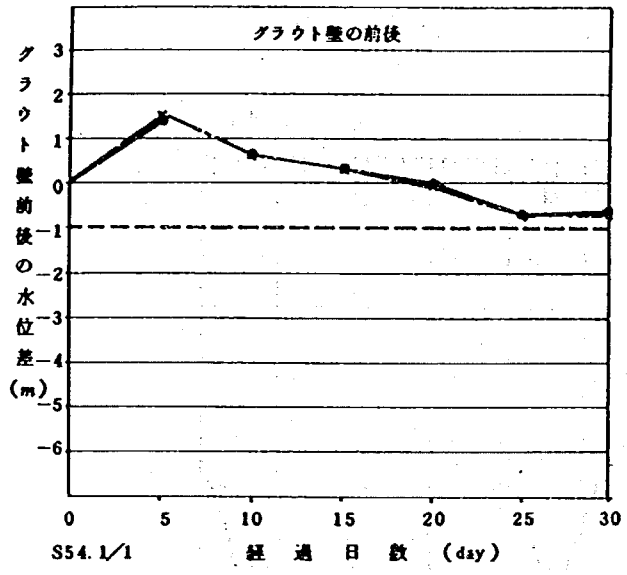
凡 例　·——· グラウト壁後（貯水池側）の水位

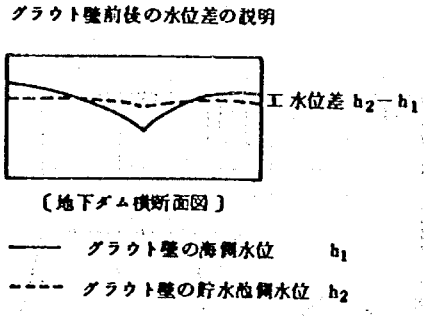
×－－－× グラウト壁前（海側）の水位

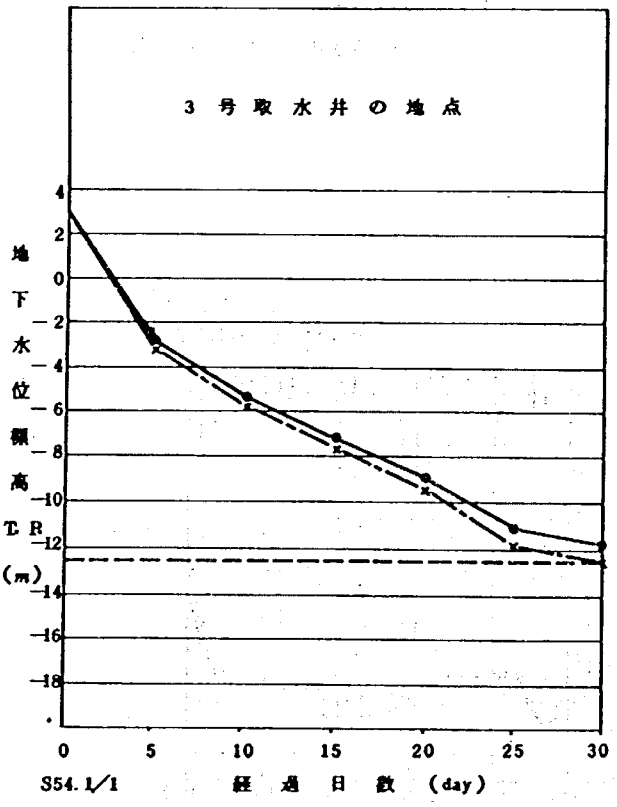
塩水取水井　3本　300 t／day（不連続）

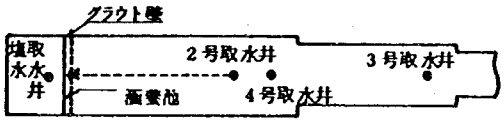
淡水取水井　3本　計 250 t／day

図－44　地下水位変動図









〔取水井1本〕…… 塩水
240 t/day

凡 例

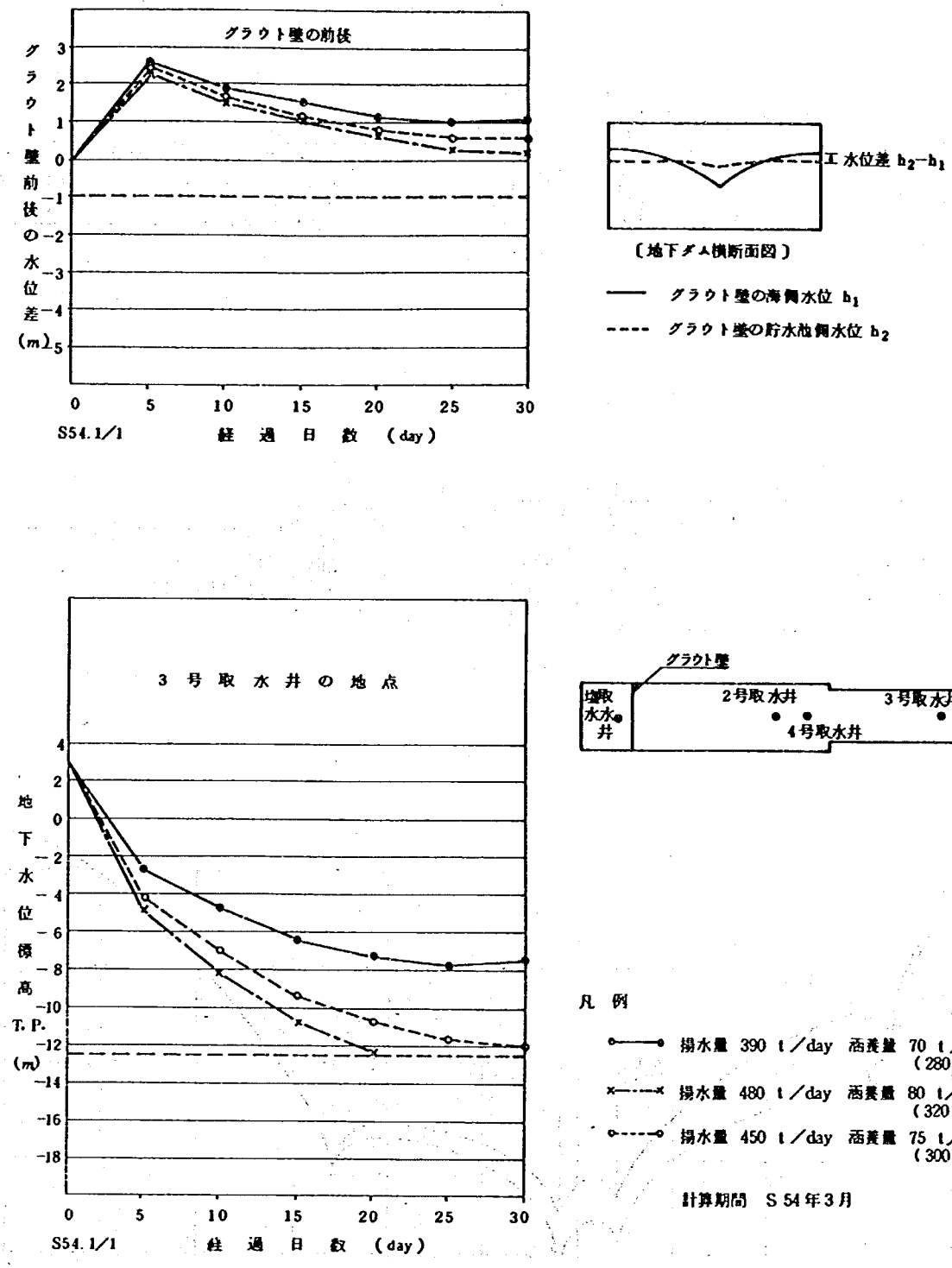
〔取水井3本〕…… 淡水

●——● 揚水量 270 t/day. 涵養量 45 t/day
（225 t/day） （180㎜）

×----× 揚水量 280 t/day. 涵養量 47 t/day
（233 t/day） （188㎜）

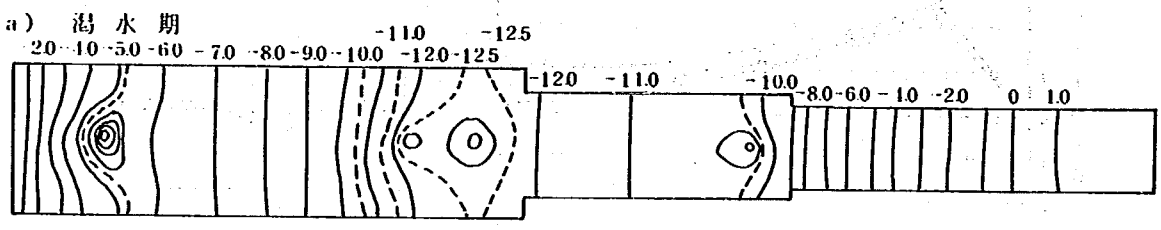
計算期間 S54年1月

図－45 涵 養 池 の 効 果

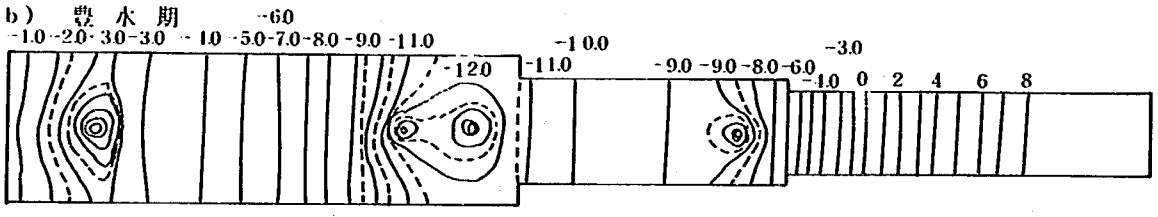


図－46　　豊水期の限界取水量（塩水井1本，涵養池あり）

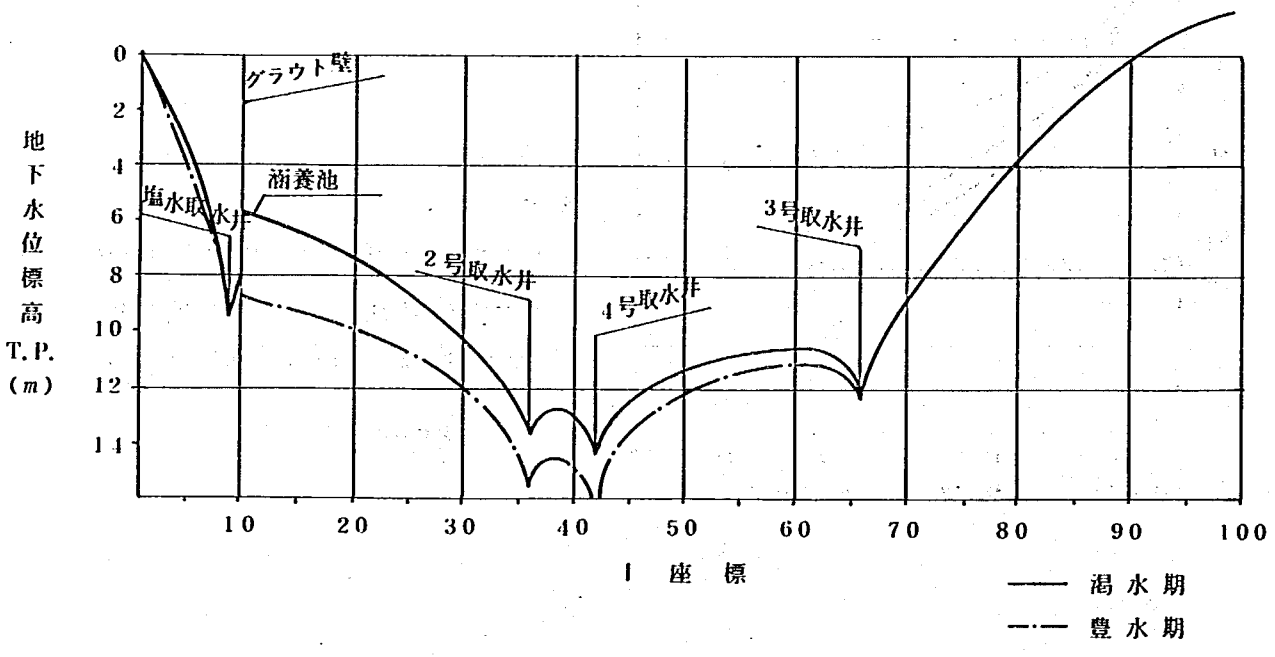
（30日後の水位）



地下水位等高線図



地下水位等高線図



地下水位縦断図

図－47　涵養池を考慮した場合の水位変動図

4. 塩水化特性の検討

過去に得られている塩水化に関するデータより地下水位と塩素イオン濃度との関係について整理し、同定計算を行なう。同定計算の結果得られた定数をもとに下記の2つの場合について、グラウト壁効果を把握し、今後の運用に関する資料とすることを目的とする。

1. 昭和53年5月～昭和55年3月の2年間について1号観測井の塩素イオン濃度変化より4つの期間に分け、同定計算を行ない、それぞれの場合についてグラウト壁効果による塩素イオン濃度変化を把握する。
2. 過去に塩水化現象が全く生じていない場合を想定し、その場合に、1号観測井の塩素イオン濃度が上昇した時の塩素イオン濃度の変化をグラウト壁効果のある・なしについて把握する。

(1) 計 算 入 力 値

1) 同定期間

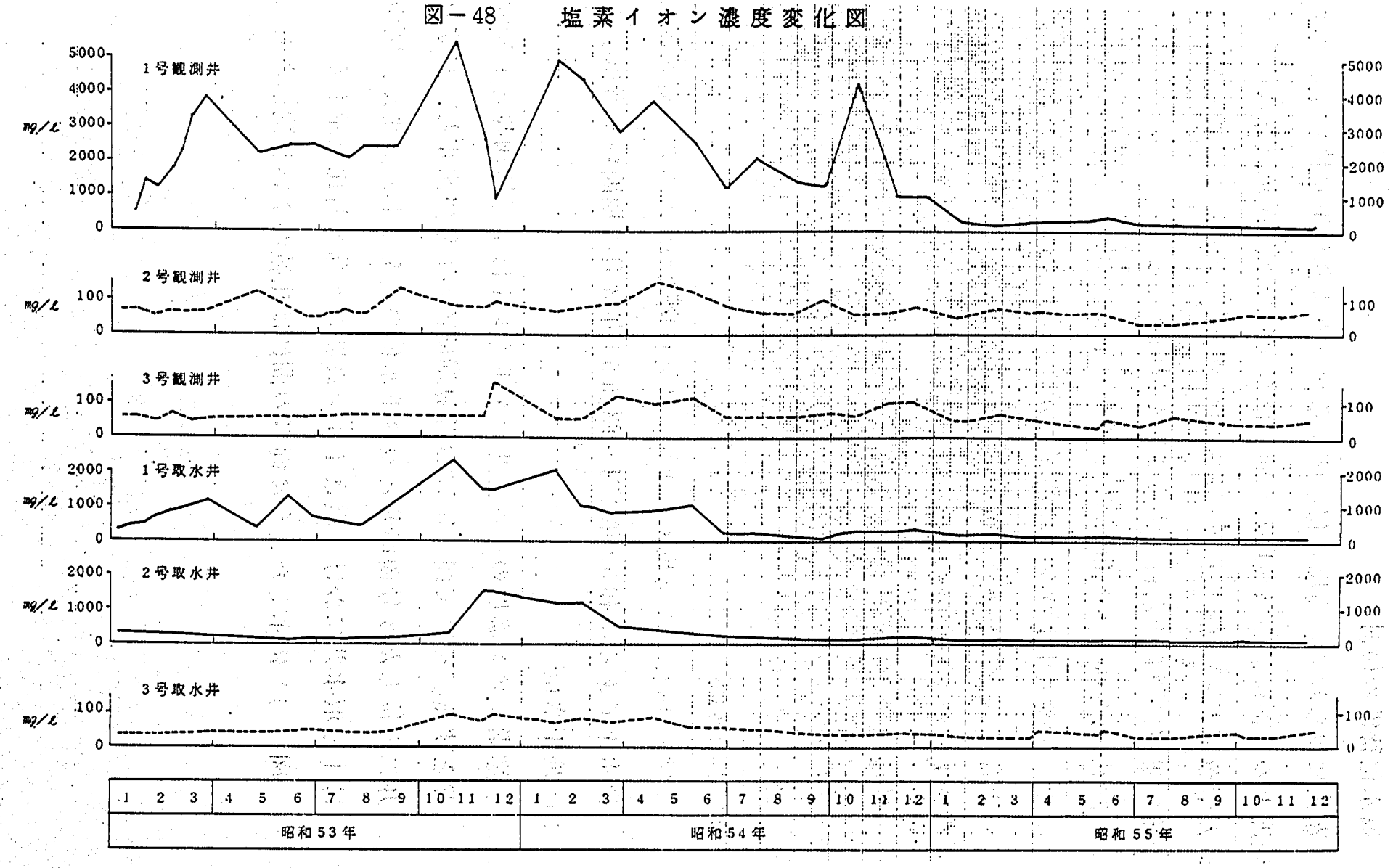
図－48に示した塩素イオン濃度変化図において塩水化が最も進んだ渇水年である昭和53年4月～昭和54年3月の期間内を考慮する。

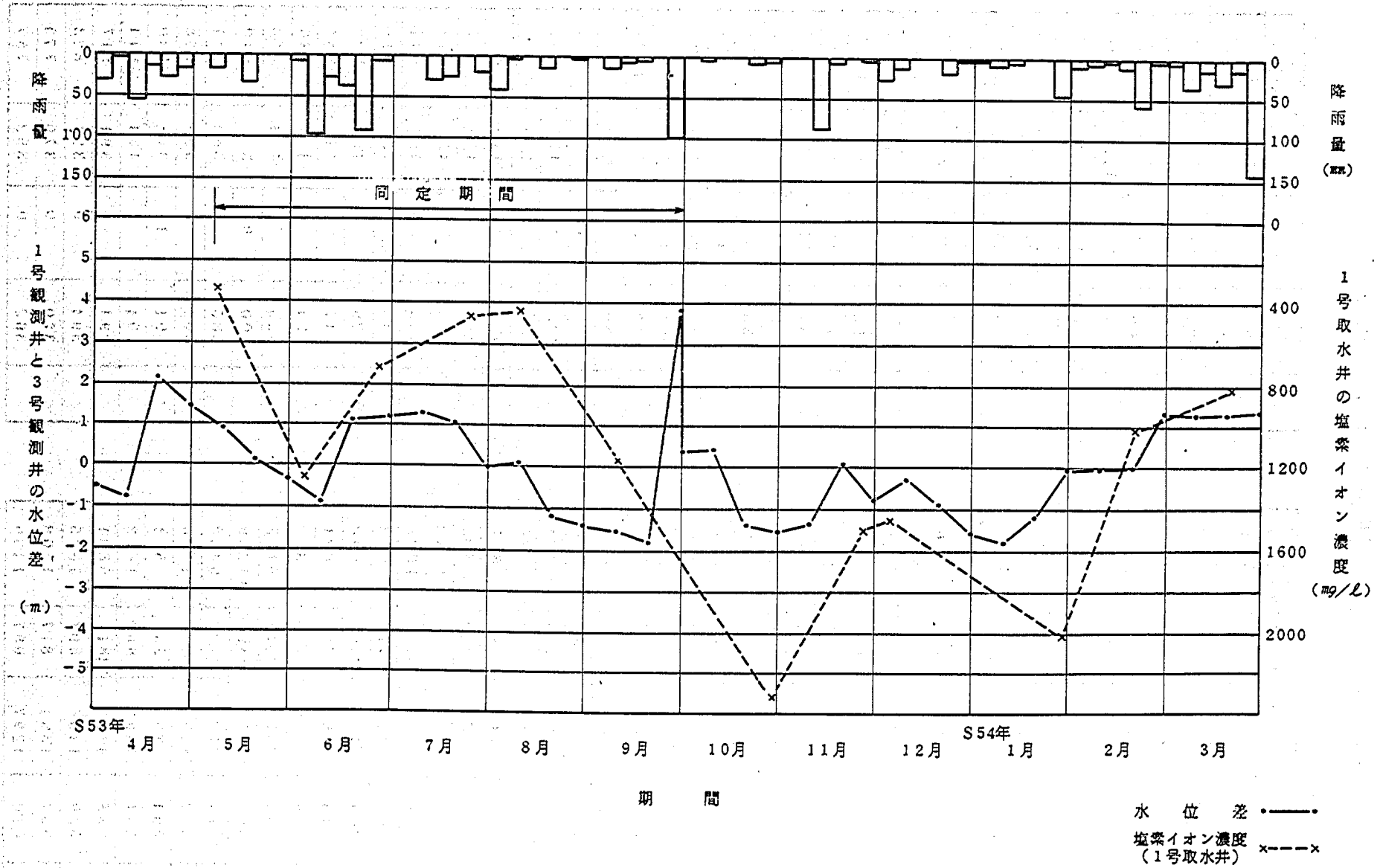
2) 地下水位

塩素イオン濃度のモニタリングポイントは1号観測井と1号取水井とする。そこで図－49には計算期間内の1号観測井と、1号取水井に近接した3号観測井との地下水位の差を示した。また、図中には1号取水井における塩素イオン濃度の変動も対比し示した。

図－49に示したように両者の間には比較的よい相関がある。

図－48　塩素イオン濃度変化図





図－49　水位変動と塩素イオン濃度変動図

表－6　補正量(Q)一覧表

単位はm^3

月	揚水量D	涵養量R	R－D	Q=0.627(R-D/30
4月	446	143	-303	- 6.33
	138	122	-316	6.60
	462	478	16	0.33
	487	465	22	0.46
	463	234	-229	4.79
	461	613	149	3.11
	489	593	101	2.17
	478	852	374	7.82
	497	861	364	7.61
	601	845	244	5.10
	668	592	- 76	- 1.59
	526	835	309	6.46
	523	801	278	5.81
	512	551	39	0.82
	536	819	283	5.91
5月	549	533	- 16	- 0.33
	518	375	-143	- 2.99
	486	403	83	- 1.73
	543	764	-221	4.62
	481	466	- 15	- 0.31
	520	320	200	- 4.18
	499	205	-294	6.14
	476	125	-351	- 7.34
	484	166	-318	- 6.65
	529	886	357	7.46
	564	421	-143	- 2.99
	518	245	-273	- 5.71
	527	141	-386	- 8.07
	511	83	-428	- 8.95
	559	60	-499	-10.43
6月	533	41	-492	-10.28
	496	26	-470	- 9.82
	464	172	-292	- 6.10
	445	52	-393	- 8.21
	425	8	-417	- 8.72
	496	2977	2481	51.85
	567	5959	5392	112.69
	575	3198	2623	54.82
	542	1454	912	19.06
	604	850	246	5.14
	531	1331	800	16.72
	538	3352	2814	58.81
	539	1436	897	18.75
	537	1354	817	17.08
	610	1297	687	1436

月	揚水量D	涵養量R	R－D	Q=0.627(R-D/30
7月	491	1290	799	16.70
	553	1300	747	15.61
	583	1290	707	14.78
	639	1290	651	13.61
	586	1300	714	14.92
	538	1565	1027	21.46
	730	1027	297	6.21
	595	733	138	2.88
	591	762	171	3.57
	616	678	62	1.30
	579	411	168	- 3.51
	634	263	-371	- 7.75
	644	161	-483	10.09
	625	106	519	-10.85
	593	96	497	10.39
	470	166	304	6.35
8月	481	570	89	1.86
	673	1126	453	9.47
	583	577	6	0.13
	542	458	84	1.76
	643	260	383	- 8.00
	564	138	426	- 8.90
	637	62	-575	12.02
	680	34	646	-13.50
	563	11	552	11.54
	490	16	-474	- 9.91
	474	328	146	- 3.05
	483	67	416	- 8.69
	458	0	-458	- 9.57
	453	3	-450	- 9.41
	453	0	-453	- 9.47
	439	0	-439	- 9.18
9月	426	0	-426	- 8.90
	447	0	-447	- 9.34
	424	0	-424	- 8.86
	423	0	-423	- 8.84
	400	94	306	- 6.40
	385	5	-380	- 7.94
	302	0	-382	- 7.98
	391	13	-378	- 7.90
	404	0	-404	- 8.44
	391	0	-391	- 8.17
	394	0	-394	- 8.23
	370	0	-370	- 7.73
	362	0	-362	- 7.57

表－7　補正量(Q)一覧表

単位はm^3

月	揚水量D	涵養量R	R　D	Q=0.627 (R-D)/30
	362	1781	1419	29.66
10月	434	2473	2039	42.62
	451	1126	675	14.11
	504	723	219	4.58
	433	565	132	2.76
	460	494	34	0.71
	486	129	-57	1.19
	425	315	-110	-2.30
	415	232	183	-3.82
	421	166	-255	-5.33
	393	104	-289	-6.04
	364	49	-315	-6.58
	367	15	352	7.36
	377	3	-374	7.82
	359	224	-135	-2.82
	380	190	-190	-3.97
	408	54	-354	-7.40
11月	392	18	-374	-7.82
	385	20	-365	-7.63
	366	20	-346	7.23
	376	13	-363	-7.59
	353	8	-345	7.21
	358	723	365	7.63
	384	2546	2162	45.19
	376	1227	851	17.79
	347	944	597	12.48
	361	733	372	7.78
	371	604	233	4.87
	350	509	159	3.32
	311	434	123	2.57
	364	408	44	0.92
	381	382	1	0.02
12月	358	466	108	2.26
	344	449	105	2.19
	344	835	491	10.26
	344	549	205	4.28
	344	593	249	5.20
	344	616	272	5.68
	358	471	113	2.36
	344	395	51	1.07
	332	341	9	0.19
	222	296	-36	-0.75
	324	263	-61	-1.27
	327	539	212	4.43
	338	364	26	0.54
	361	299	-62	-62

月	揚水量D	涵養量R	R　D	Q=0.627 (R-D)/30
	373	258	-115	-2.40
	364	1156	792	16.55
1月	347	180	167	3.49
	376	200	176	-3.68
	358	200	158	-3.30
	346	159	-187	3.91
	345	283	62	1.30
	344	393	49	1.02
	332	331	1	-0.02
	333	286	-47	0.98
	318	260	-58	-1.21
	316	221	95	1.99
	309	179	-130	-2.72
	338	153	185	3.87
	330	208	122	-2.55
	337	93	-244	-5.10
	373	103	-270	-5.64
2月	335	866	531	11.10
	340	582	242	5.06
	323	626	303	6.33
	353	518	165	3.45
	317	479	162	3.39
	320	455	135	2.82
	326	364	38	0.79
	313	299	-14	-0.29
	314	343	29	0.61
	318	273	-45	-0.94
	331	416	85	1.78
	478	1768	1290	26.96
	475	1038	563	11.77
	421	775	354	7.40
3月	399	660	261	5.45
	415	543	128	2.68
	439	484	45	0.94
	416	452	36	0.75
	458	834	376	7.86
	401	900	499	10.43
	403	632	229	4.79
	415	765	350	7.32
	390	692	302	6.31
	399	822	423	8.84
	390	1053	663	13.86
	396	946	550	11.50
	407	832	425	8.88
	450	639	189	3.95
	380	3396	3016	63.03

(2) 計 算 結 果

4章に示した（3－2）式を用いて当初計算を実施したが平面2次元シミュレーションより求めた透水係数の値 $k = 10^{-3}$ (cm／sec)を用いた場合、濃度の増加傾向は拡散係数kと動水勾配iの組み合せで実測値に合わせることができるが、濃度の減少傾向は拡散係数kと動水勾配iをどのように変化させても実測値に合わせることができなかった。そして実測値に合わせるためには透水係数の値を2オーダ程度大きく（10^{-1} cm／sec）しなければならないという結果が得られた。その原因は、以下のように考えられる。

当初、塩素イオン濃度の変化は拡散係数と地下水の動水勾配で決定されるものと考えていた。地下水位は現地の涵養量と揚水量などの水収支を反映するものだと考えたからである。しかし、上記の結果より、塩水化現象の場合は、塩素イオン濃度の増減に関わる、さらに、別の要素（ここでは、涵養量と揚水量など）が存在するものと考えられる。

そこで、その方法としては次のような補正項を設けることにした。（3－2）式は次の通りである。

$$P_i \cdot C_{i-1}^{j+1} + q_i \cdot C_i^{j+1} + r_i \cdot C_{i+1}^{j+1} = S_i$$

上式より Δt 後の濃度 C^{j+1} を求めた時に、C^{j+1} の値より次式（7－1）を用いて C'^{j+1} を求めるものとする。

$$C'^{j+1} = \frac{S \cdot C^{j+1}}{S+Q} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (7-1)$$

ここに；C'^{j+1} ：補正した塩素イオン濃度　(mg／ℓ)

C^{j+1} ：（3－2）式より求められた塩素イオン濃度(mg／ℓ)

Q　：　1メッシュ当りの補正量（表−6〜7に示した）

（m^3／day）（平地涵養量－揚水量）0.627／30

ただし、0.627 は平面2次モデルと塩素化モデルとの面積比

S　：　1メッショ当りの貯留量

メッシュの大きさ　　10×55

滞　水　層　厚　　20 m

貯　留　係　数　　0.02

$S = 10 \times 55 \times 20 \times 0.02 = 220$　　（220 m^3）

上式より求められた C'^{j+1} の値を用いて、次の Δt 後の濃度 C^{j+2} の値を（3−2）式より求め、再び補正を行ない、以下同様の繰り返しとする。

上記のような考えのもとで計算を進めた。各ケースの一覧表を表−8〜9に示したが、各ケースを大きく区分すると次のような3段階に分けることができる。

① 1段階（ケース1〜11）

同定計算の段階であり、各水理条件の違いによる塩素イオン濃度の変化状況を把握し、水理定数を決定しようとした。

② 2段階（ケース12〜19）

同定計算の結果得られた定数をもとに、昭和53年5月〜昭和55年3月の期間内における塩素イオン濃度の変化についてグラウト効果のある・なしによる違いを把握しようとした。

③ 3段階（ケース20〜29）

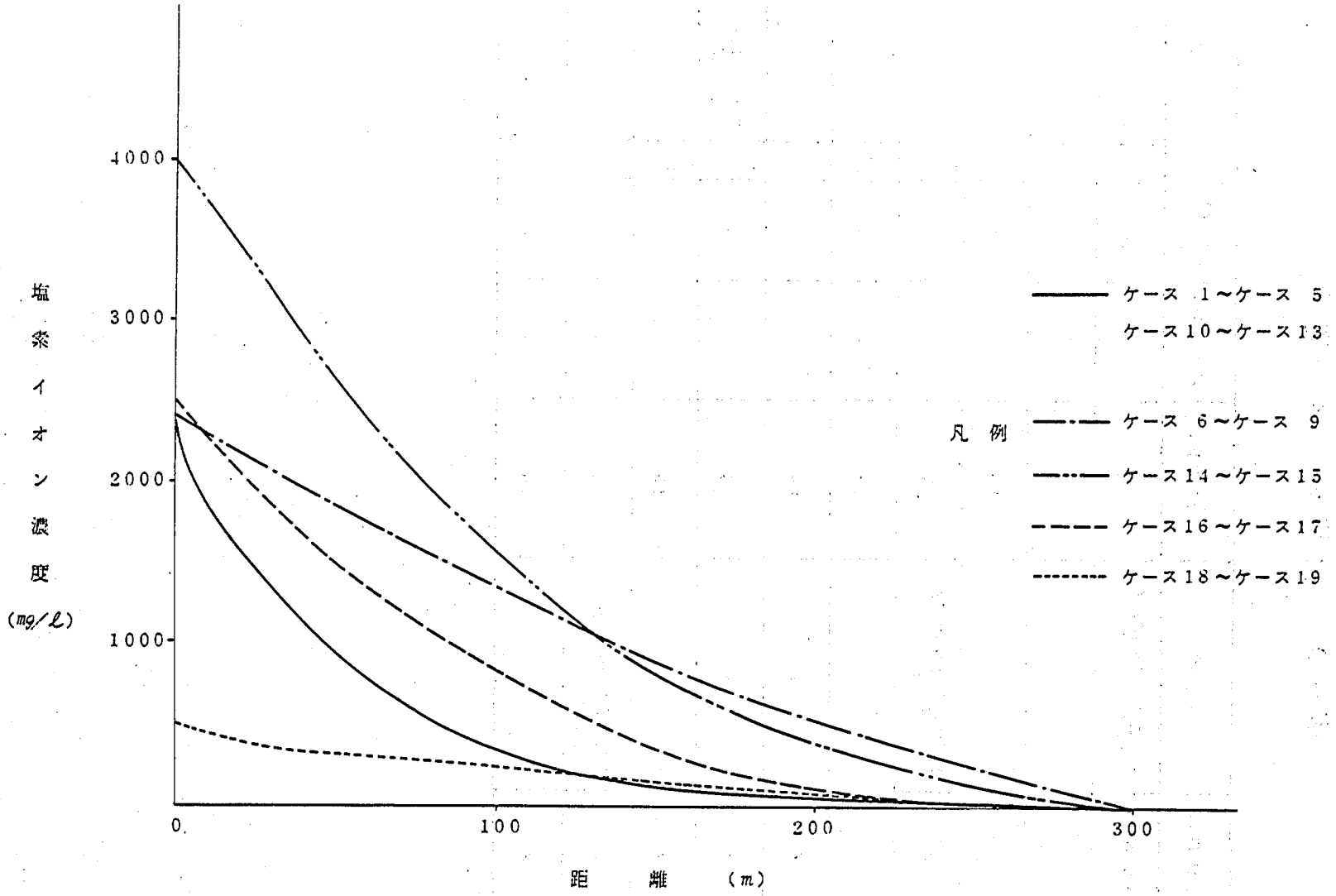
同定計算により求められた定数を用いて初期濃度の違いによる濃度の変化状況およびグラウト壁効果のあるなしによる濃度の変化状況を把握しようとした。

表－8　計算ケース一覧表

ケース	計算期間	初期濃度	Q（m^3/2day）	動水勾配 i	拡散係数（m^2/s）	備考	
1	S 53 5.9～6.6	図－62参照	水文データによる（表　参照）	7.0×10^{-3}	10^{-4}	同定計算	
2	〃	〃	〃	〃	10^{-3}		
3	〃	〃	〃	〃	5×10^{-3}		
4	〃	〃	〃	0	10^{-3}		
5	〃	〃	0	7.0×10^{-3}	10^{-3}		
6	S 53 6.8～8.7	図－62参照	水文データによる（表－　参照）	-1.2×10^{-2}	10^{-4}		
7	〃	〃	〃	〃	10^{-3}		
8	〃	〃	Qを調整	〃	〃		
9	〃	〃	〃	0	〃		
10	S 53 8.9～9.30	図－62参照	水文データ	1.5×10^{-2}	〃		
11	〃	〃	0	〃	〃		
12	S 53.5 ～S 53.9	図－62参照	Qを調整	0	10^{-3}	グラウト壁効果による予測（その1）	グラウト効果なし
13	〃	〃	〃	〃	〃		グラウト効果あり
14	S 53.10 ～S 54.3	図－62参照	Qを調整	〃	〃		グラウト効果なし
15	〃	〃	〃	〃	〃		グラウト効果あり
16	S 54.4 ～S 54.10	図－62参照	Qを調整	〃	〃		グラウト効果なし
17	〃	〃	〃	〃	〃		グラウト効果あり
18	S 54.11 ～S 55.3	図－62参照	Qを調整	〃	〃		グラウト効果なし
19	〃	〃	〃	〃	〃		グラウト効果あり

表－9　計算ケース一覧表

ケース	計算期間	初期濃度	Q（m^3／2day）	動水勾配 i	拡散係数 k（m^2/s）	備考	
20	60 日間	1 号観測井 1000mg/ℓ その他　0	0	0	10^{-3}	グラウト壁効果による予測（その2）	グラウト効果 な　し
21	〃	〃	5	〃	〃		〃
22	〃	〃	10	〃	〃		〃
23	〃	1 号観測井 2000mg/ℓ その他　0	5	〃	〃		〃
24	〃	〃	10	〃	〃		〃
25	〃	〃	15	〃	〃		〃
26	〃	〃	5	〃	〃		グラウト効果 あ　り
27	〃	〃	15	〃	〃		〃
28	〃	1 号観測井 5000mg/ℓ その他　0	5	〃	〃		〃
29	〃	〃	15	〃	〃		〃


塩素イオン濃度
(mg/ℓ)
4000
3000
2000
1000
0
100
200
300
距　離　(m)
凡　例
ケース 1～ケース 5
ケース10～ケース13
ケース 6～ケース 9
ケース14～ケース15
ケース16～ケース17
ケース18～ケース19

図－50　　初 期 濃 度 図

以下に計算結果を述べる。

① 1段階（ケース1～11）の結果

計算結果をまとめ図－64～71に示した。

同定期間はS53.5～S53.9までとしたが図－49に示した1号取水井の実測塩素イオン濃度の傾向から3つの期間に区分し、同定計算を行なった。

a) 濃度増加期間（5／9～6／6） ケース1～ケース5

まず、ケース1～ケース3では水文データによる補正量Qおよび動水勾配を一定とし、拡散係数の違いによる濃度の変化を調べた。

その結果を図－52に示したが、拡散係数 $K = 10^{-3}\ m^2/s$ の場合が実測値によく一致している。

ケース4では水文データによる補正量Qおよび拡散係数 $K = 10^{-3}\ (m^2/s)$ を与え、動水勾配を0とした場合の計算を行ない、動水勾配の違いによる濃度変化を調べた。その結果を図－53に示したが、一般的な水位差程度（1号観測井と3号観測井の差が0～5 m）であるなら、ほとんど濃度の変化に影響を与えないといえる。

ケース5では水文データによる動水勾配および拡散係数 $K = 10^{-3}\ (m^2/s)$ を与え、補正量を $Q = 0$ とした場合の計算を行ない、補正量の違いによる濃度変化を調べた。その結果を図－54に示したが、水文データによるQを与えた方がよく一致する。

b) 濃度減少期間（6／8～8／7） ケース6～9

ケース6～7では水文データによる補正量Qおよび動水勾配

iを一定とし、拡散係数の違いによる濃度の減少傾向を調べた。その結果を図－55に示したが $K=10^{-3}$（m^2/s）および $K=10^{-4}$（m^2/s）とも、やや実測値と相違がある。前述より増加の場合は $K=10^{-3}$（m^2/s）程度が妥当と考えられたため、ケース8では実測値に合うように補正量Qを与えて計算した。その結果を図－56に示したが、補正量Qには上限（この場合 $Q=10\,m^3/day$）があるものと考えられる。

ケース9では、ケース8の条件について動水勾配 $i=0$ と考え、動水勾配の違いによる濃度変化を調べた。その結果を図－57に示したが、減少の場合も動水勾配の違いによる濃度の変化はほとんどない。

c) 濃度増加期間（8／9～9／30）　ケース10～ケース11

動水勾配iと拡散係数 $K=10^{-3}\,m^2/s$ とした場合の補正量Qの違いによる濃度変動を調べた。その結果を図－58に示したが、補正量Qを与えた方がよく一致する。

以上より、濃度の減少の場合に補正量Qが水文データとやや合わないものの、実測濃度の変化とを比較すると、拡散係数は $K=10^{-3}\,m^2/s$ 程度が妥当であると思われる。また、濃度の増加の場合は水文データにより入力し、減少の場合はある上限値を考慮して入力する必要がある。

図－59にはa),b),c)の3期間の濃度変動をまとめて示した。

② 2段階（ケース12～19）の結果

同定計算の結果得られた定数をもとに昭和53年5月～昭和55

年3月の期間内における塩素イオン濃度の変化についてグラウト効果のある・なしによる相違を把握した。

図－48に示した1号観測井の塩素イオン濃度より下記の4つの期間に分けて考えることにした。

a) S53.5 ～S53.9　1号観測井の平均塩素イオン濃度　2400mg/ℓ

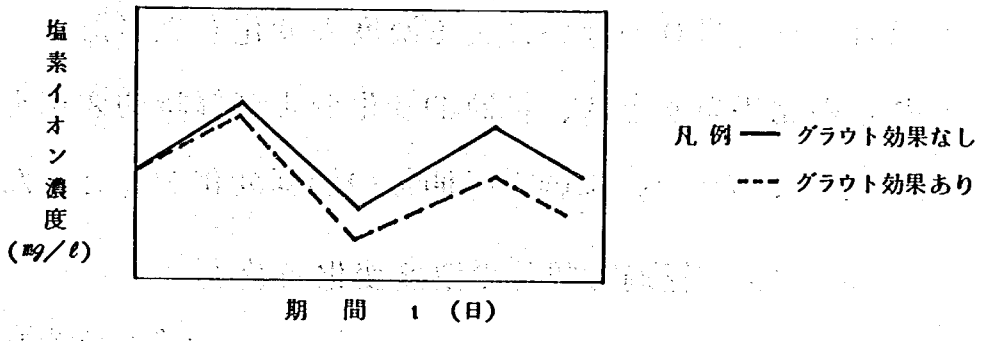
b) S53.10～S54.3　〃　4000mg/ℓ

c) S54.4 ～S54.10　〃　2500mg/ℓ

d) S54.11～S55.3　〃　500mg/ℓ

ただし、ここでは、拡散係数 $K=10^{-3}$ (m^2/s)，動水勾配 i=0，透水係数 $k=10^{-3}$ (cm/sec)は一定とし、補正量Qを調整入力し、実測の塩素イオン濃度変化に合わせたものについて、グラウト効果を把握するものとする。

それらの結果をまとめ、経時的変化を図－60～63に示した。全体の傾向としては、下図－51のような傾向を示す。



図－51　塩素イオン濃度変動図

図－51に示したように、貯水池内に既に塩素化が生じている時に塩素イオン濃度が上昇する場合は、グラウト効果のある・なしによる相違は少なく、一度塩素イオン濃度が減少したのちに濃度

が上昇する場合は相違が明らかとなる。したがって、グラウト壁により塩水化を効果的に防止するためには、一度貯水池内の塩素イオン濃度を低下させた方がよいものと思われる。

③　3段階（ケース20～29）の結果

2段階において、実測値を参考にしたグラウト壁効果を把握した。ここでは、1号観測井の地点での塩素イオン濃度が補正量Qの値およびグラウト壁のある・なしにより、どのような変化を生じるのかを把握する。ただし、拡散係数は$K=10^{-3}$（m^2/s），動水勾配 $i=0$，透水係数 $k=10^{-3}$（cm/sec）は一定とし、計算期間は60日間とする。また、初期濃度は1号観測井以外は全て0（mg/ℓ）として設定した。

まず、ケース20～22で1号観測井の初期濃度を1000mg/ℓとした場合の補正量Qの値の違いによる濃度の変化を調べた。また、ケース23～25では同様に1号観測井の初期濃度を2000mg/ℓとした場合の補正量Qの違いによる濃度の変化を調べた。

それらの結果をまとめ、縦断的変化および経時的変化を図－65～66に示し、表－10に経過時間毎の濃度変化をまとめた。

表－10　経過時間毎の濃度変化一覧表

（グラウト効果なし）

	涵養量※（m^3/day）	経過日数 20日	40日	60日
初期濃度 1000(mg/ℓ)	0	90(mg/ℓ)	225(mg/ℓ)	322(mg/ℓ)
	120	77	173	228
	240	66	135	167
初期濃度 2000(mg/ℓ)	120	153	345	456
	240	132	270	334
	360	114	214	252

※　ここでいう涵養量とは平面2次元モデルに直した場合の（平地涵養量－揚水量）のことを示す。

ケース26～29ではグラウト効果のある場合を想定して計算を行なった。グラウト効果は5 m幅で $k = 10^{-4}$ (cm/sec) と地盤より1オーダ低い値を想定した。

その結果を図－67～69に示し、また、それらの結果をまとめ表－11に経過時間毎の濃度変化を示した。

表－11　経過時間毎の濃度変化一覧表

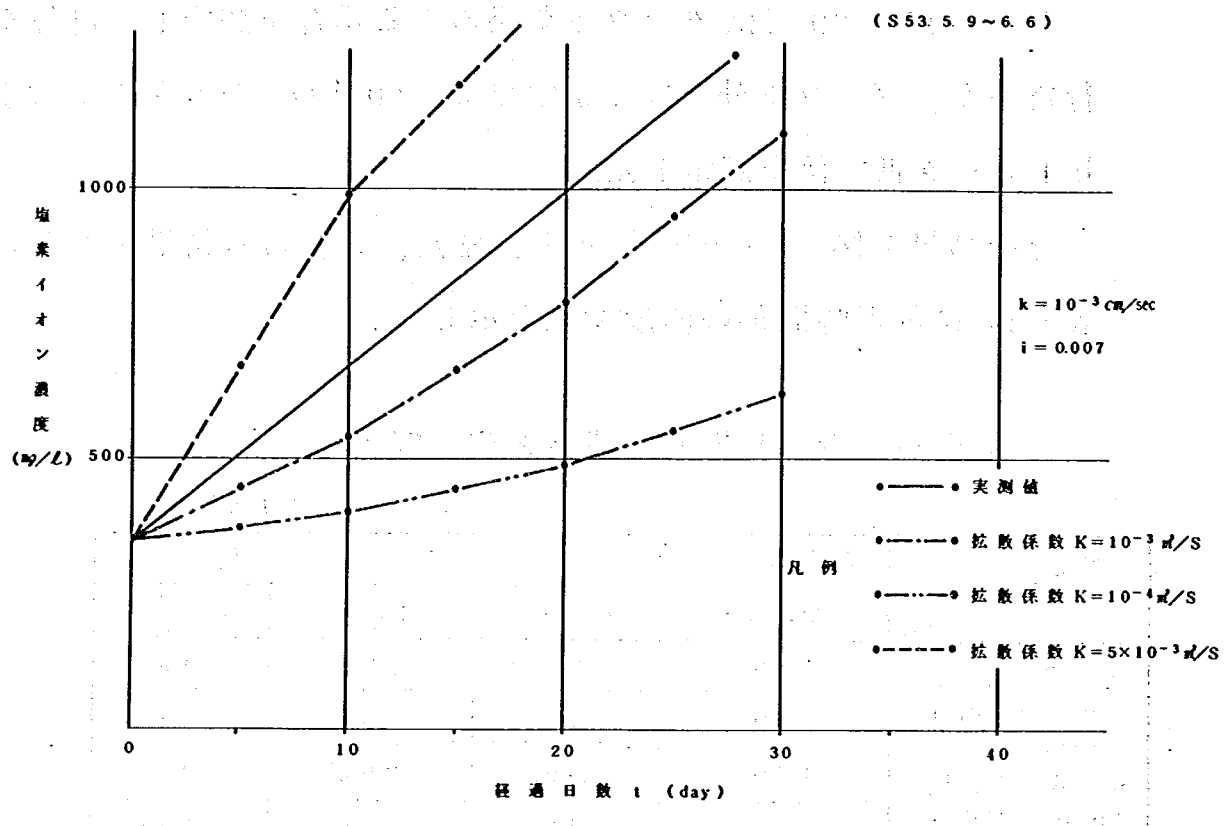
（グラウト効果なし）

	涵養量 ※ (m^3/day)	経過日数		
		20日	40日	60日
初期濃度 2000 (mg/ℓ)	120	24	105	181
	360	17	58	84
初規濃度 5000 (mg/ℓ)	120	59	262	453
	360	42	146	210

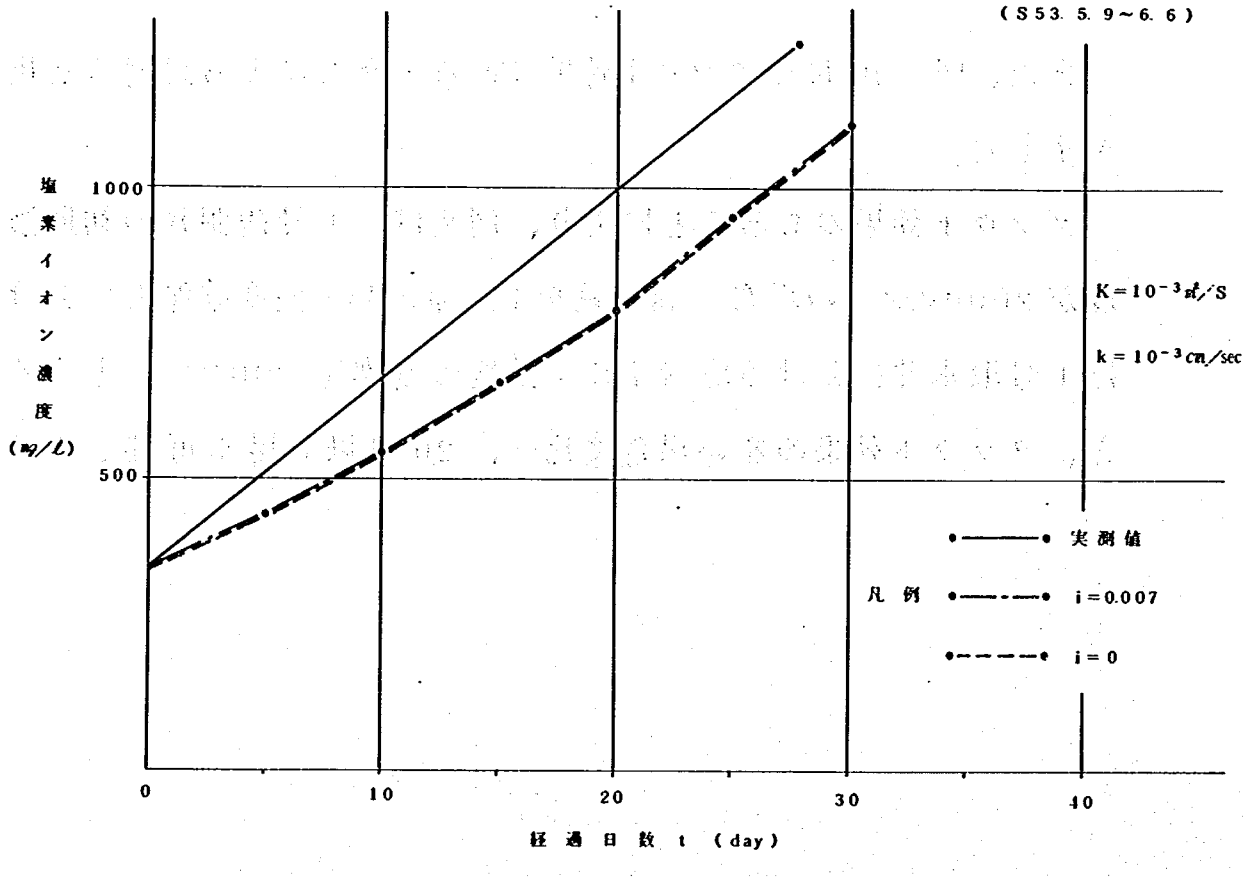
※ ここでいう涵養量とは平面2次元モデルに直した場合の（平地涵養量－揚水量）のことを示す。

また、図－70にはグラウト効果のある・なしによる濃度の変化を示した。

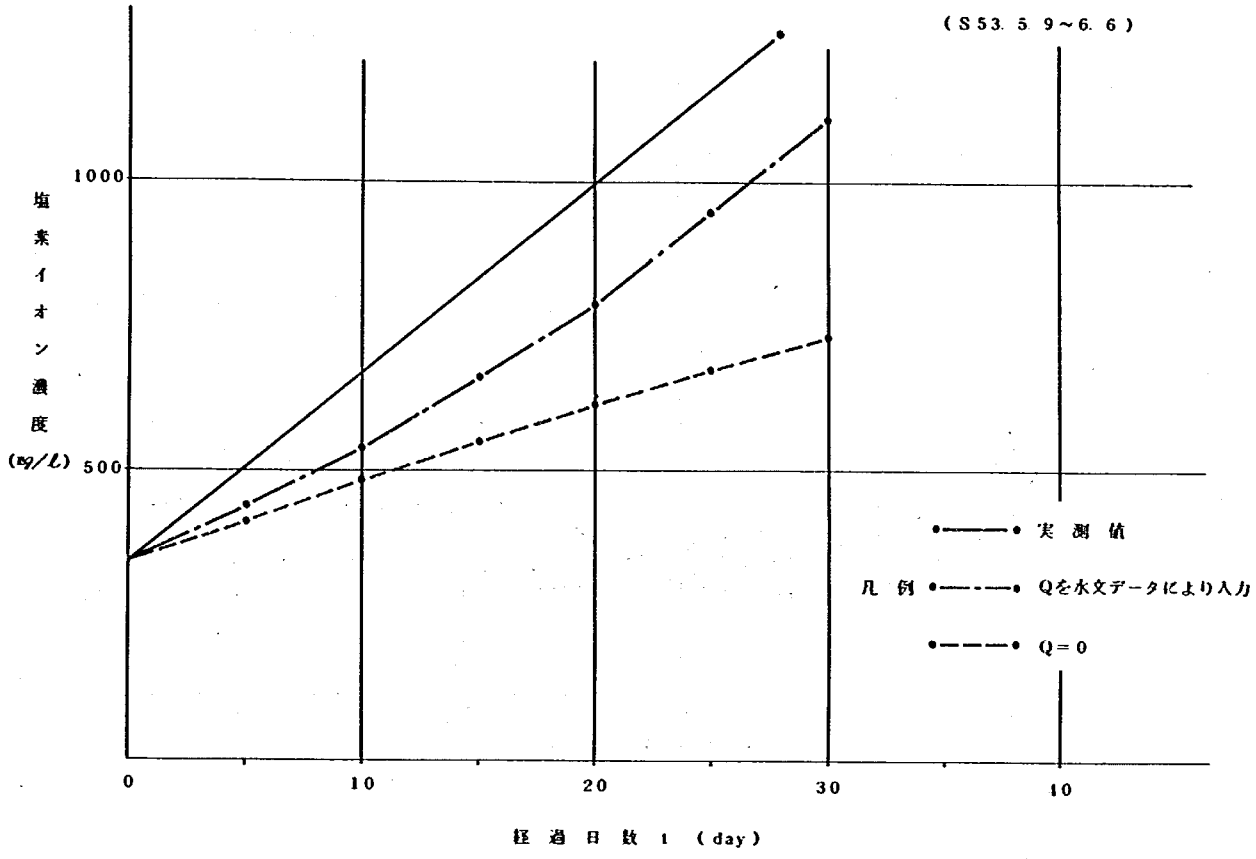
グラウト効果のあることにより、例えば、1号観測井の初期濃度が2000mg/ℓの場合、涵養量を120 m^3/day程度確保しておけば1号取水井における塩素イオン濃度の基準を200 mg/ℓとすると、グラウト効果のない場合に比べ、20日以上揚水可能となる。



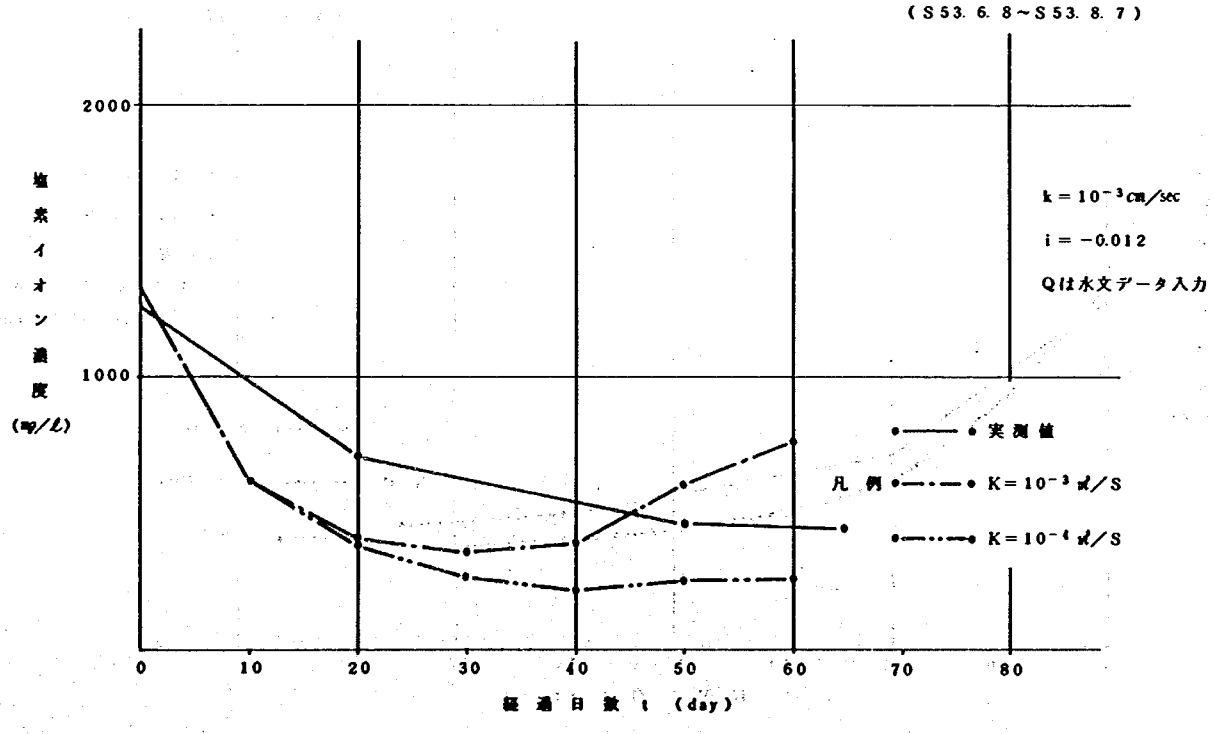
図－52　　拡散係数の違いによる濃度の変化



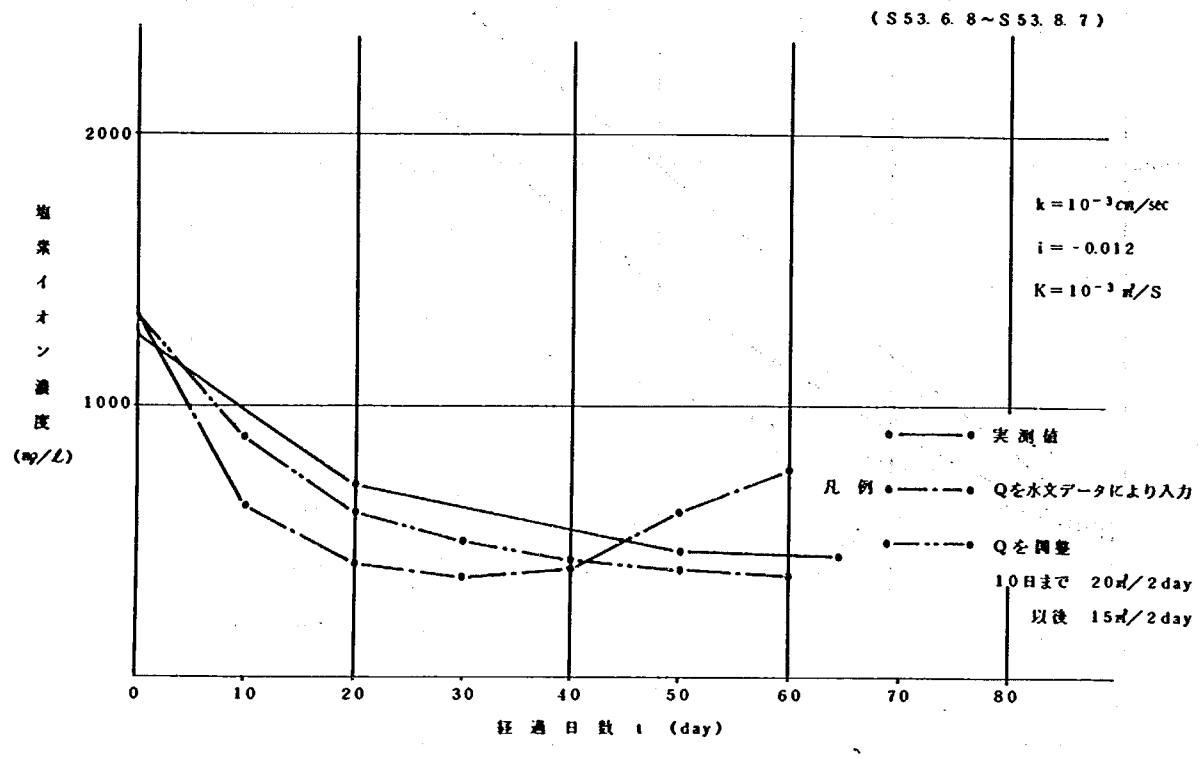
図－53　　動水勾配の違いによる濃度の変化



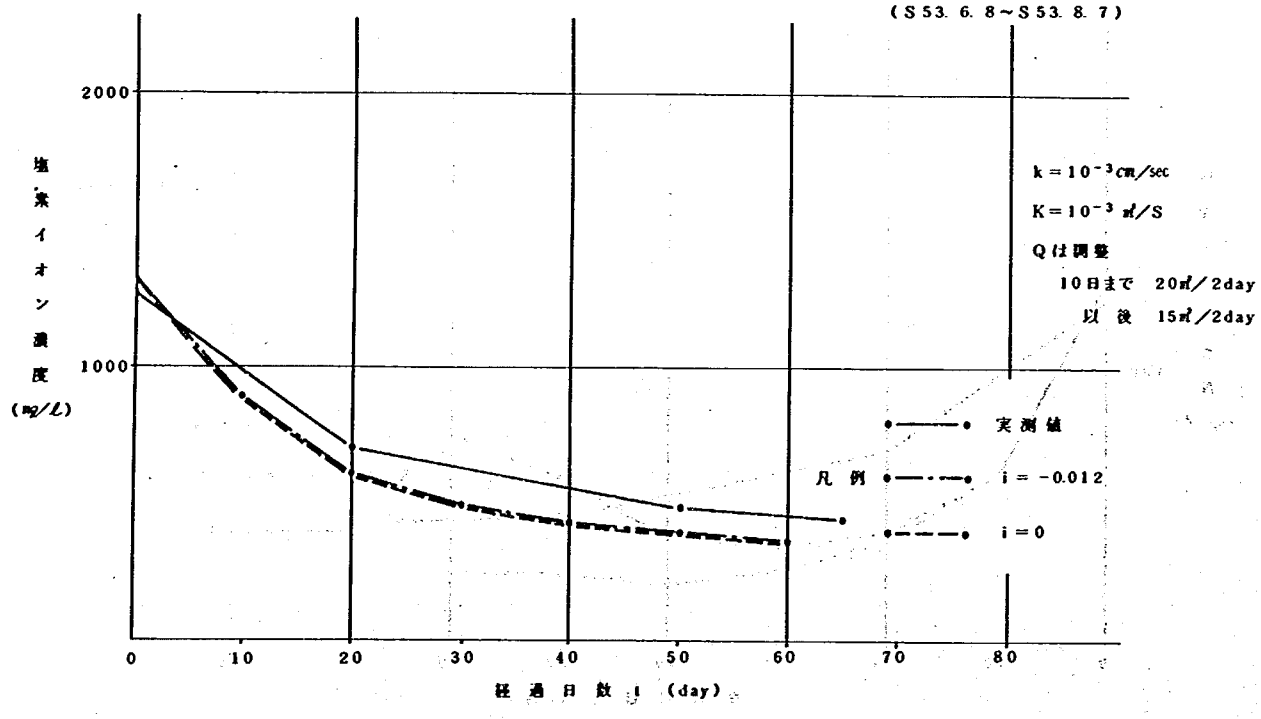
図－54　　Qの値による濃度の変化



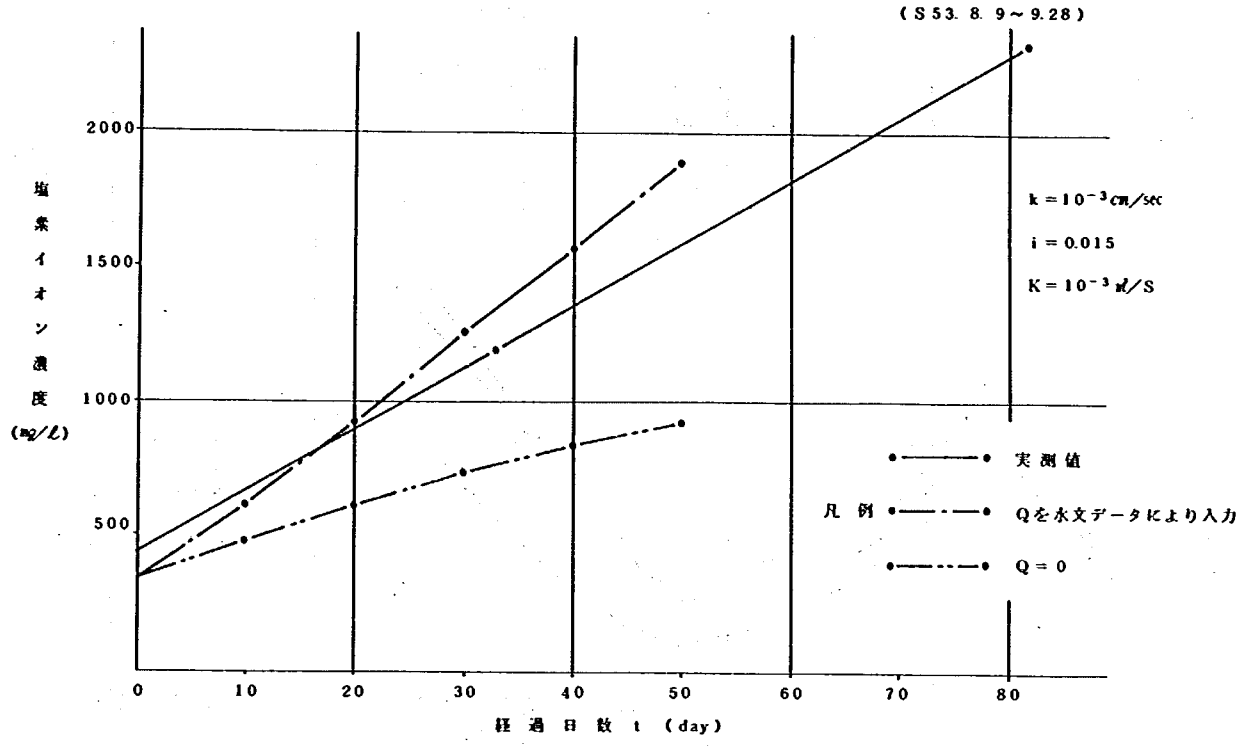
図－55　　拡散係数の違いによる濃度の変化



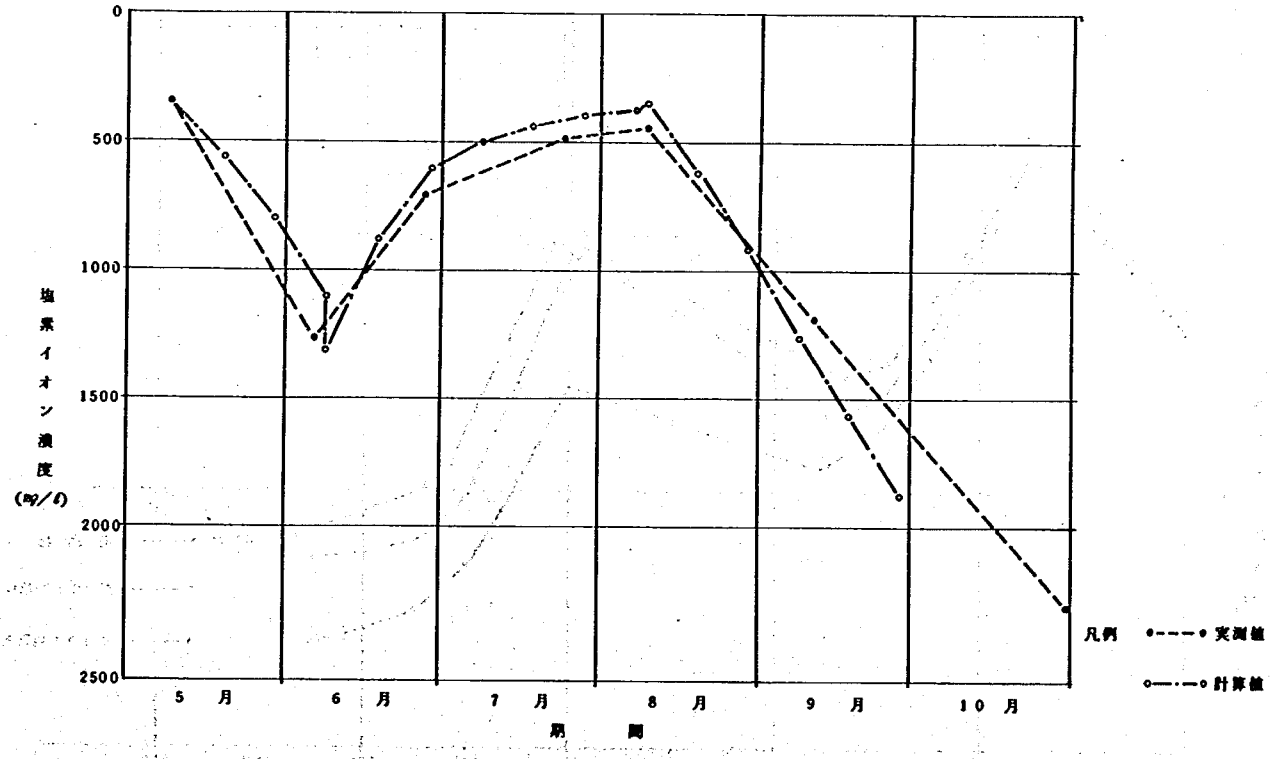
図－56　　Qの値による濃度の変化



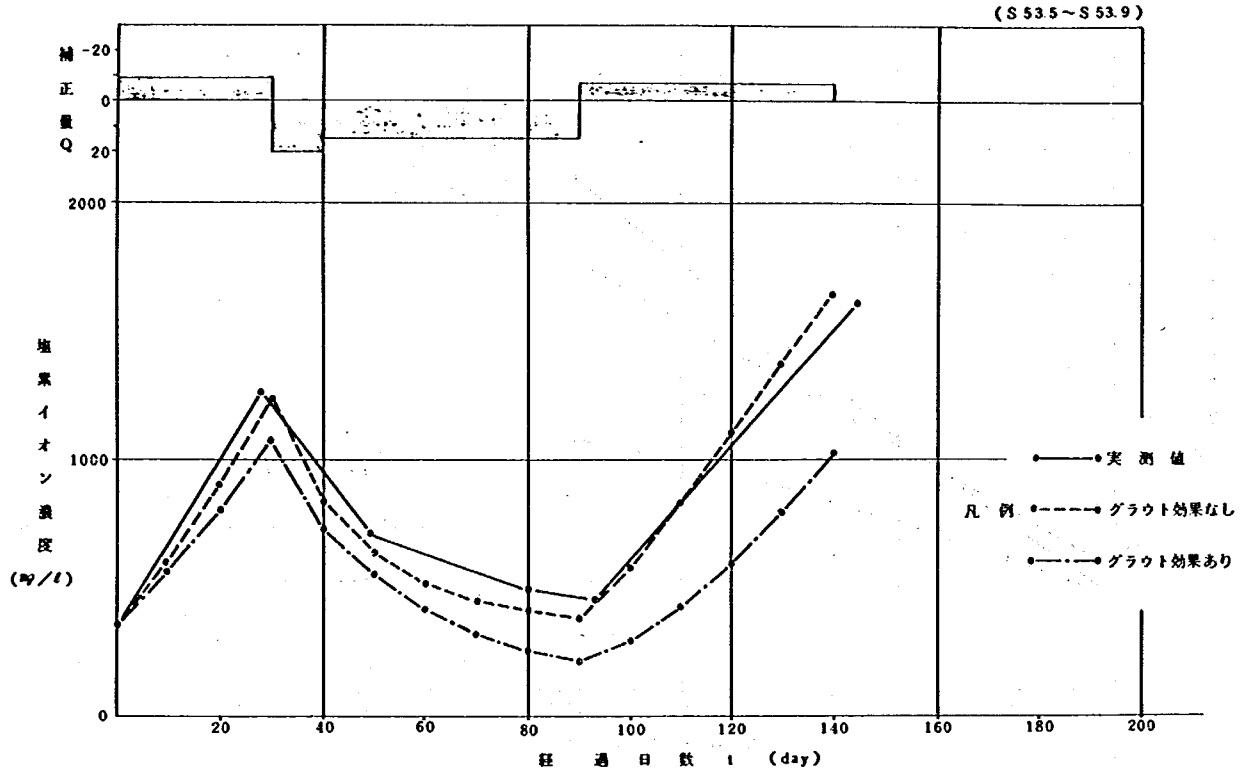
図－57　　動水勾配の違いによる濃度の変化



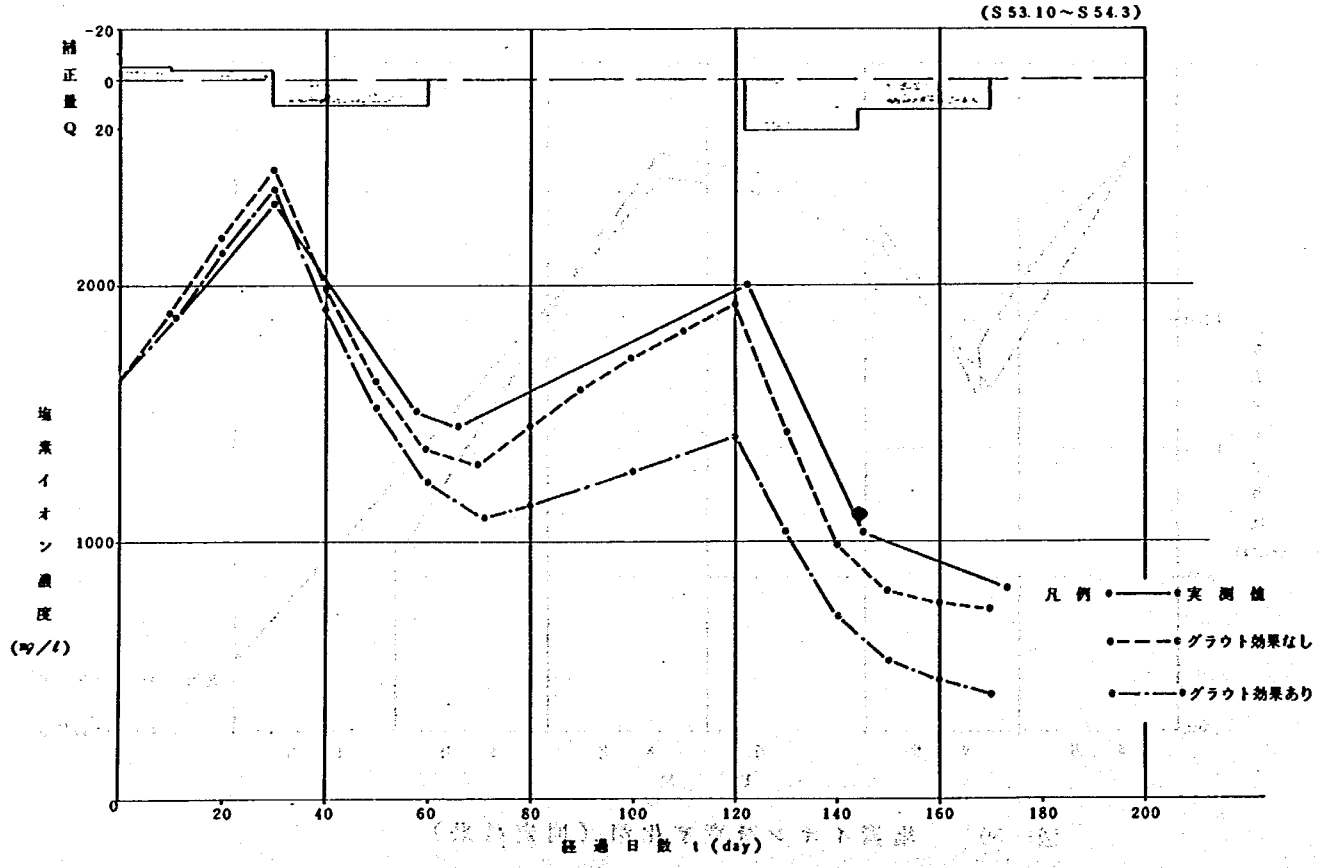
図－58　　Qの値による濃度の変化



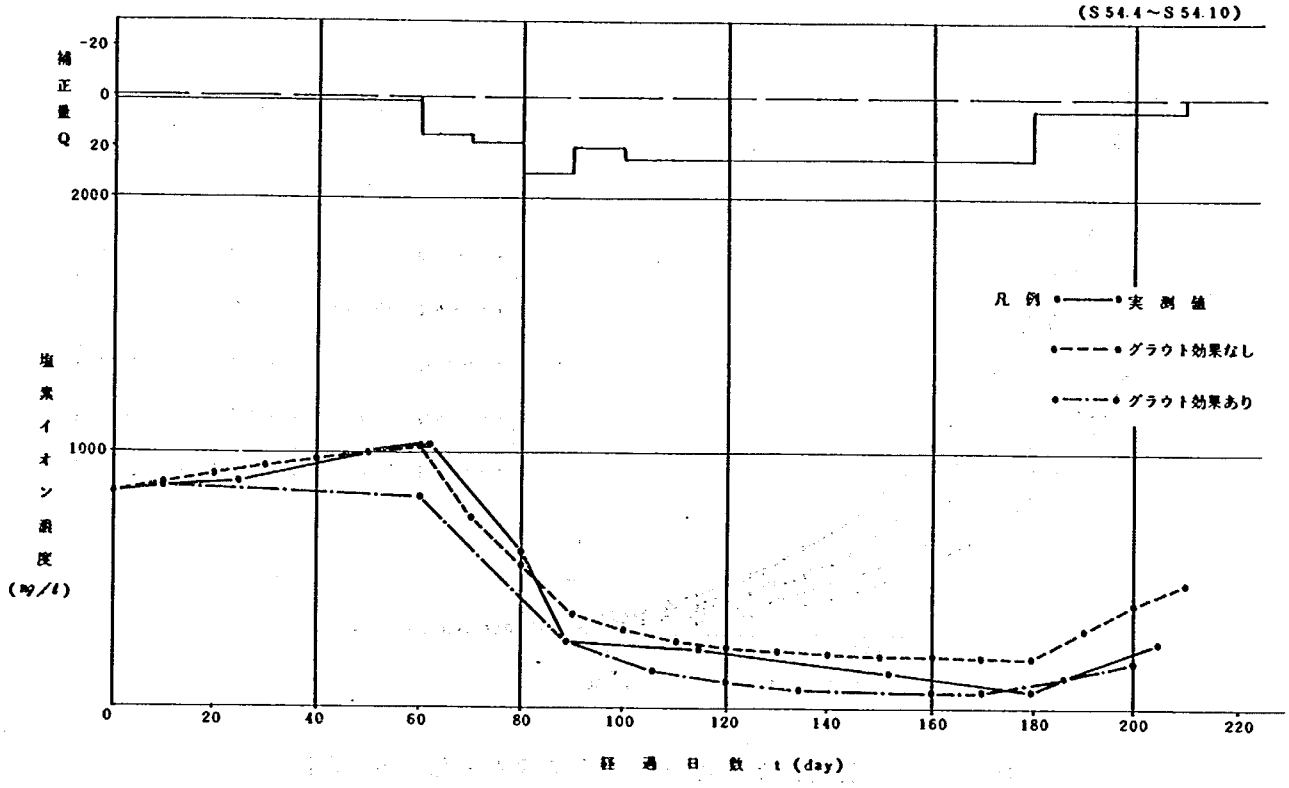
図－59　　塩素イオン濃度変化図（同定結果）



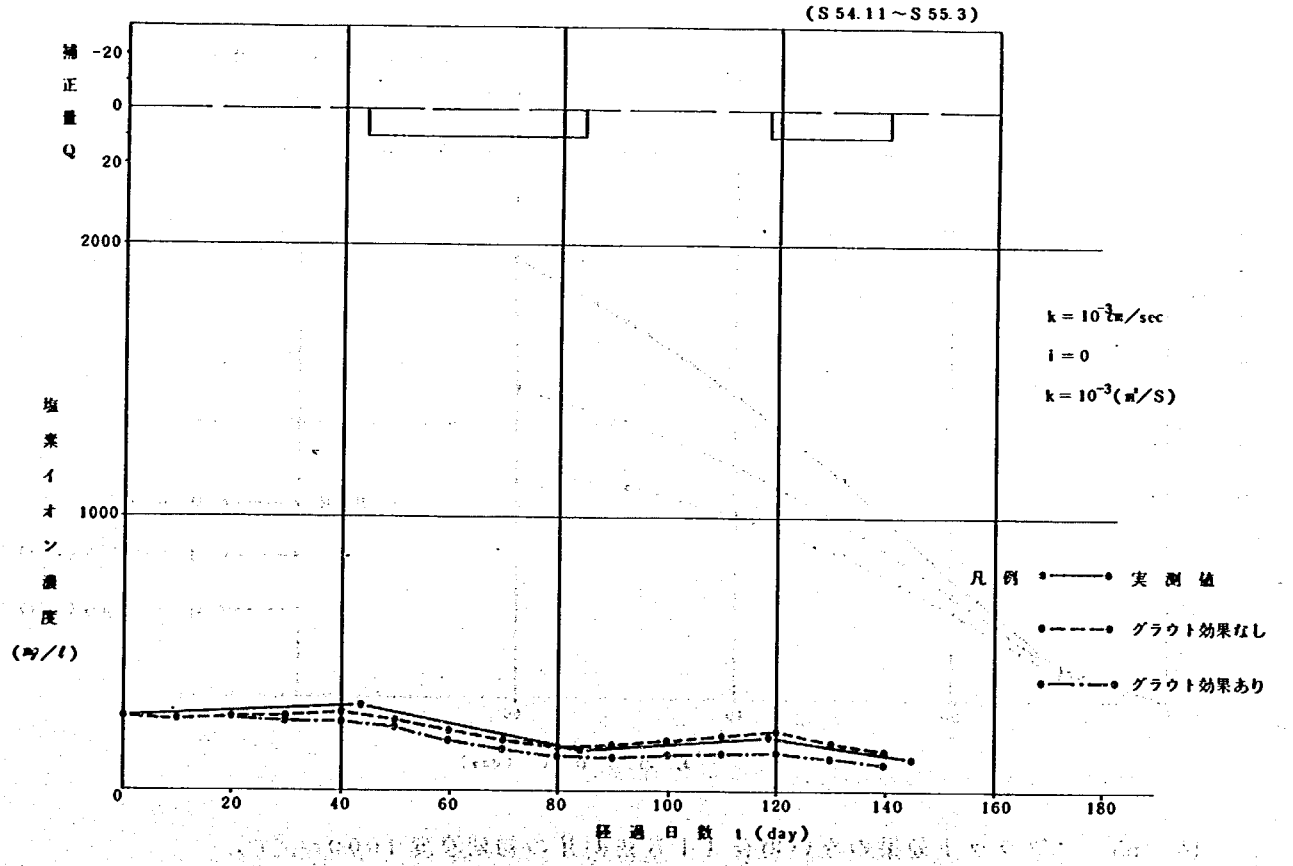
図－60　　グラウト効果のある，なしによる濃度変化図



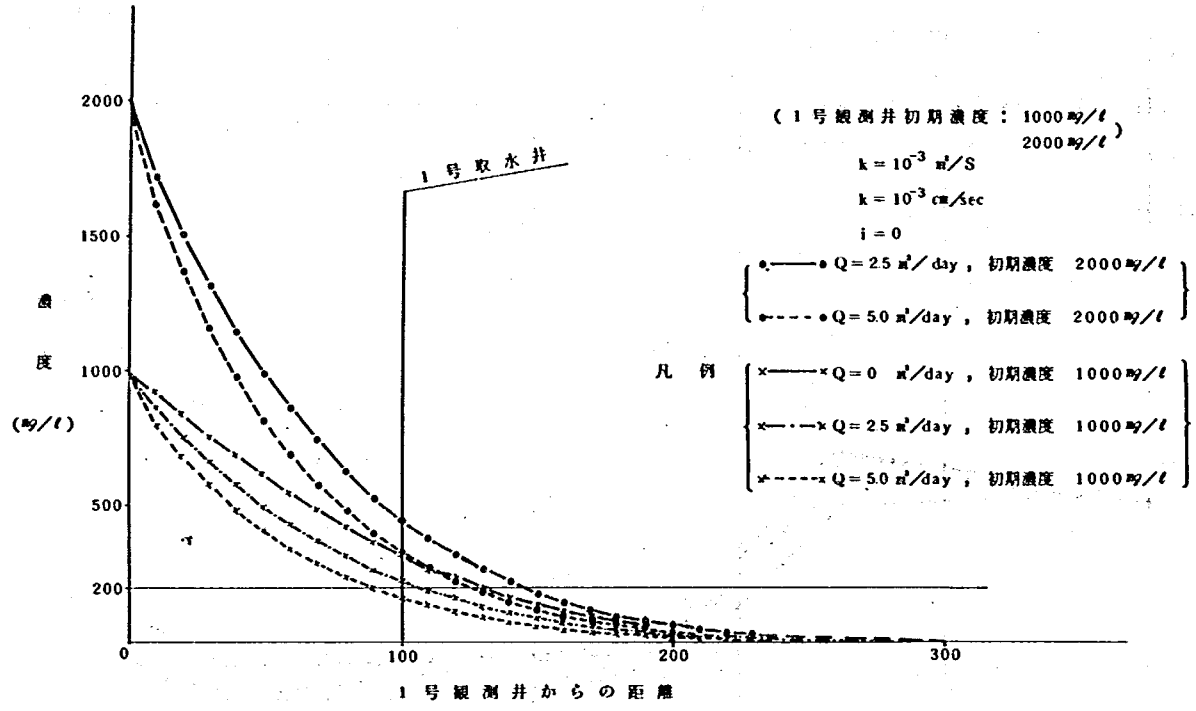
図－61　　グラウト効果のある，なしによる濃度変化図



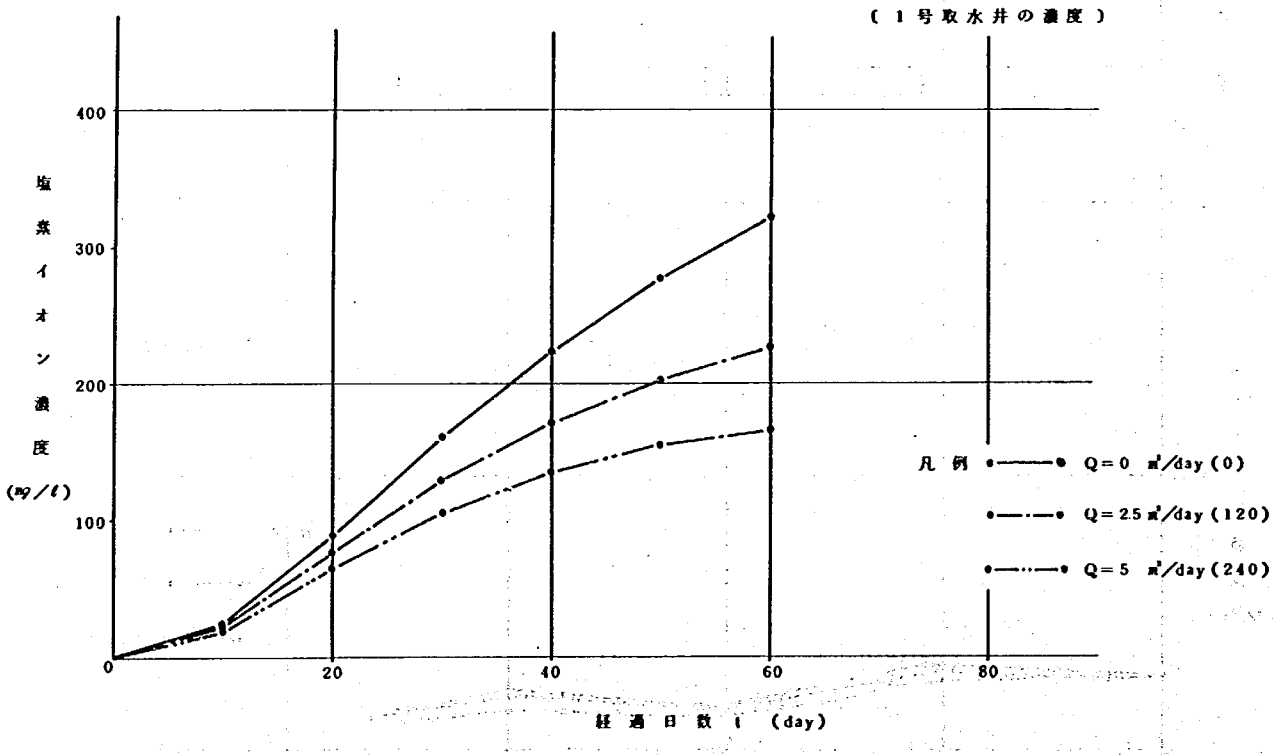
図－62　　グラウト効果のある，なしによる濃度変化図



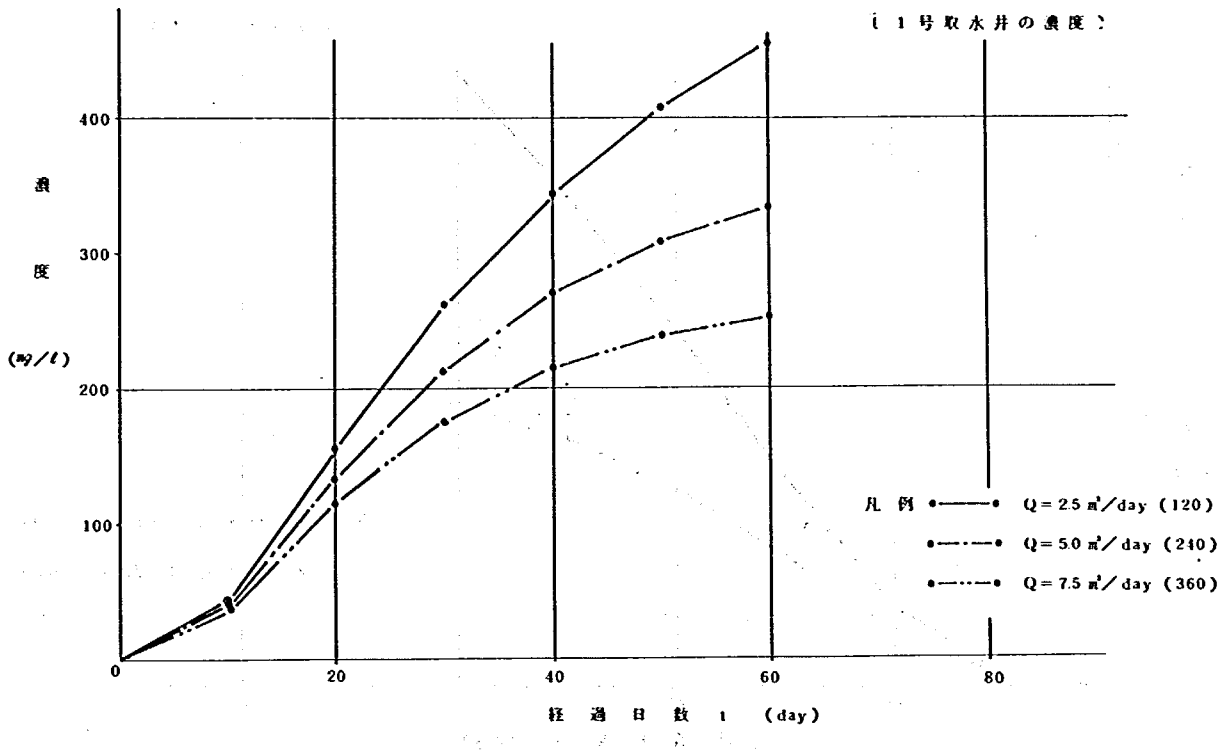
図－63　　グラウト効果のある，なしによる濃度変化図



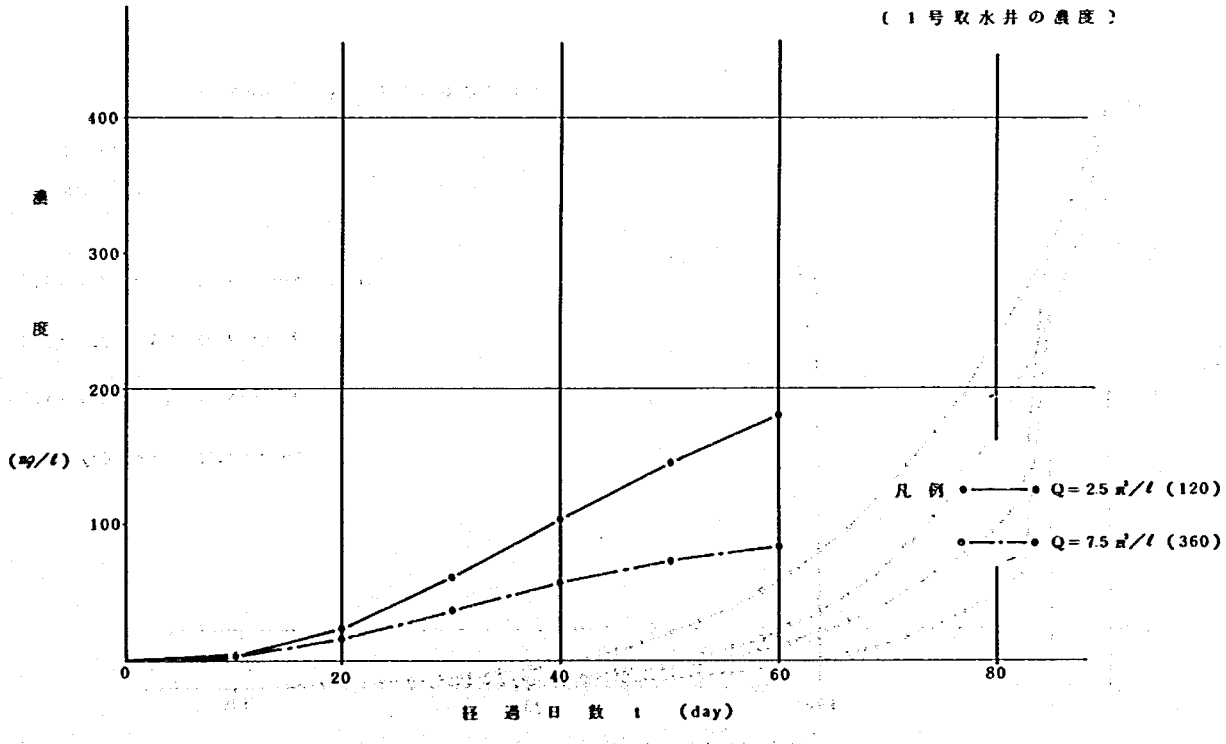
図－64　　初期濃度の違いによる濃度の変化（60日後）



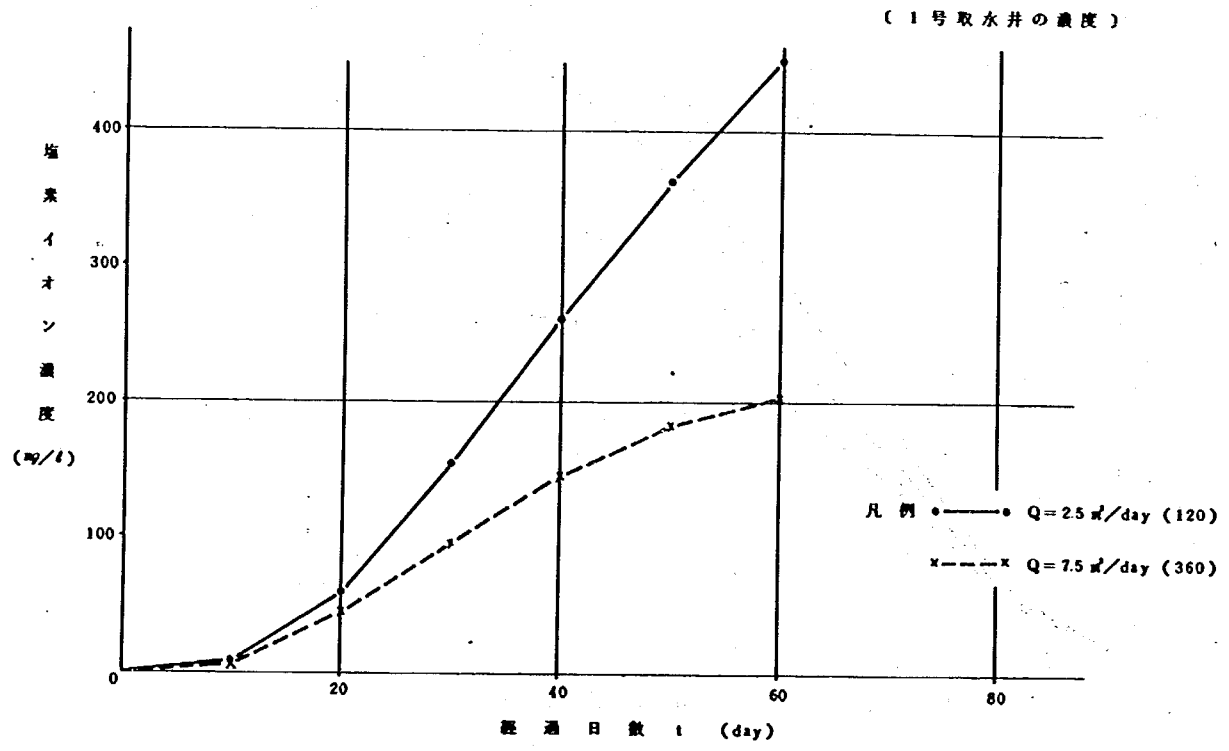
図－65　　グラウト効果のない場合（1号観測井の初期濃度1000mg/ℓ）



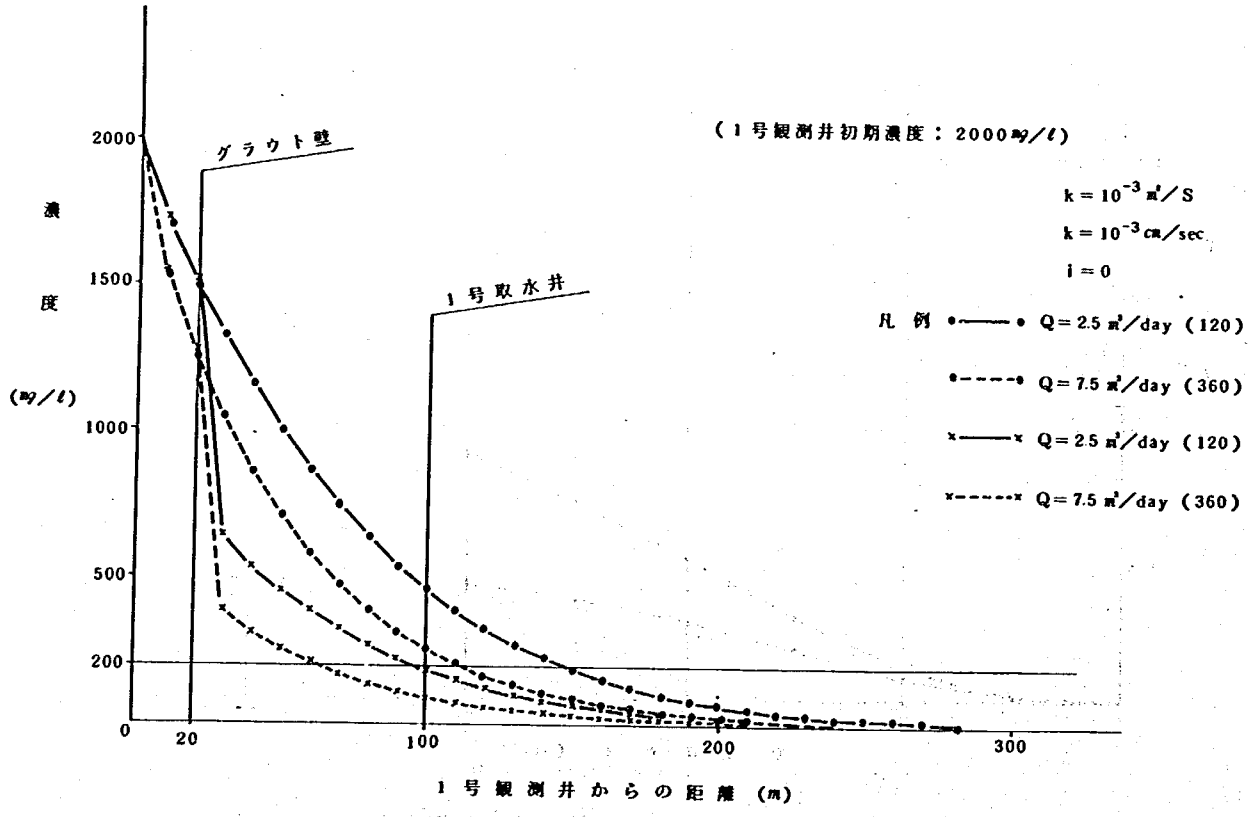
図－66　　グラウト効果のない場合（1号観測井の初期濃度2000mg／ℓ）



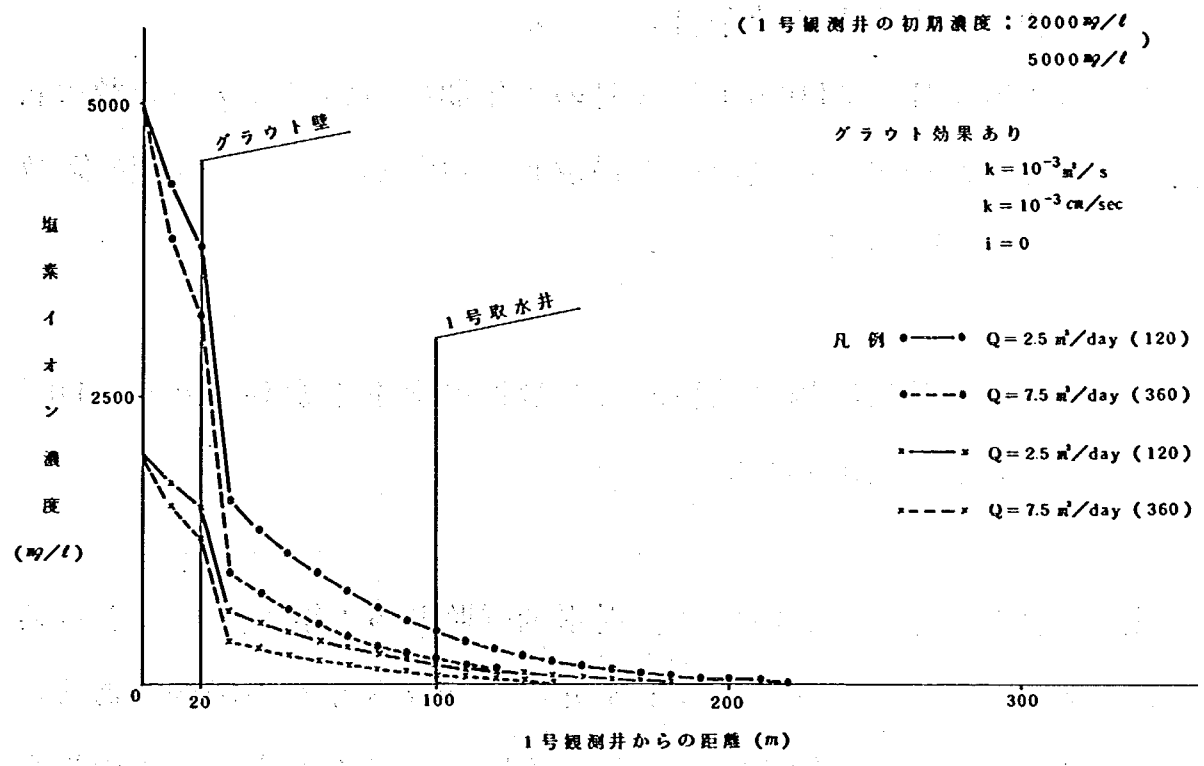
図－67　　グラウト効果のある場合（1号観測井の初期濃度2000mg／ℓ）



図－68　　グラウト効果のある場合（1号観測井の初期濃度5000mg／ℓ）



図－69　　グラウト効果のある，なしによる濃度の変化（60日後）



図－70　　初期濃度の違いによる濃度の変化（60日後）

6. あとがき

今回の調査結果をまとめ箇条書きにする。

1. 昭和53年4月～昭和54年3月の1年間についてモデル定数の再検討を行なった結果、地盤の透水係数 $k = 10^{-3}$ (cm/sec)，貯留係数 $S = 0.02$ が妥当である。

2. グラウト壁の効果は揚水試験および最近の地下水変動より $k = 10^{-4}$ (cm/sec) 程度と判断される。

3. 現況の取水条件下においては、渇水期（昭和54年1月）における効率的な取水方法は2本（2号取水井，3号取水井）の場合である。この時の限界揚水量は約180㎥/dayである。3本および4本の場合には、最も海寄りの取水井の制限水位を下回るため、限界揚水量が小さくなる。ただし、取水井の平面的位置および各井戸毎の揚水量を調節すれば限界揚水量をもう少し増加できる可能性がある。

4. 昭和53年4月～昭和54年3月の期間と同じ涵養条件を設定した場合の限界取水量は次の通りである。

   グラウト効果のない場合 …… 120～140㎥/day

   グラウト効果のある場合 …… 180～200㎥/day

   したがって、グラウト効果のある場合は約60㎥/day（35～50%）の増加となる。

5. 塩水取水井を運用した場合（昭和54年1月の条件）の限界揚水量は次のようになる。ただし、グラウト効果があるものとする。

塩水取水井　1本（240㎥／day）の場合 …… 200㎥／day

塩水取水井　3本（300㎥／day）の場合 …… 260㎥／day

したがって、塩水取水井を運用した場合、その効果は1本の場合より3本の場合の方がかなり大きくなる。これは、3本の場合には、海側の水位を横断方向に全体に下げることができるため、海側のチェックに対する効果が増すためである。

ただし、塩水取水井を長期的に稼動させる場合には、それによって貯水池側の水位も下げることになり、3号取水井の水位が低下して帯水層下面に達してしまうので、それ以上の揚水が不可能となる。したがって、長期的な場合はかえって効果が小さくなってくる。

また、塩水取水井の稼動を中止した場合に、ある期間海側の水位が貯水池側より高くなり、塩水化をより推進する結果となる可能性があり、その運用には注意が必要である。

6. 塩水取水井1本のみに涵養池を組み合わせた場合、海水浸入に対する効果が高まり限界揚水量は233㎥／day となり、塩水取水井のみの効果よりも大きくなる。また参考までに豊水期（昭和54年3月）の場合には約375㎥／day となる。

7. 塩水化現象は地盤の透水係数を一定とした場合拡散係数と地下水の動水勾配で決定されると考えていたが、塩素イオン濃度の増減に関わる別の要素（ここでは涵養量と揚水量による補正量）があるものと考えられる。この補正を考えた場合拡散係数は$K=10^{-3}$（㎡／S）と考えられ、動水勾配の濃度変化に対する影響は小さくなった。

8. グラウト壁は塩水化防止に対して、ある程度効果的であることが確かめられた。ただし、既に塩水化が貯水池内部まで進行している場合にはあまり効果はない。

V　地下ダムの開発水量の算定方法について

目　　次

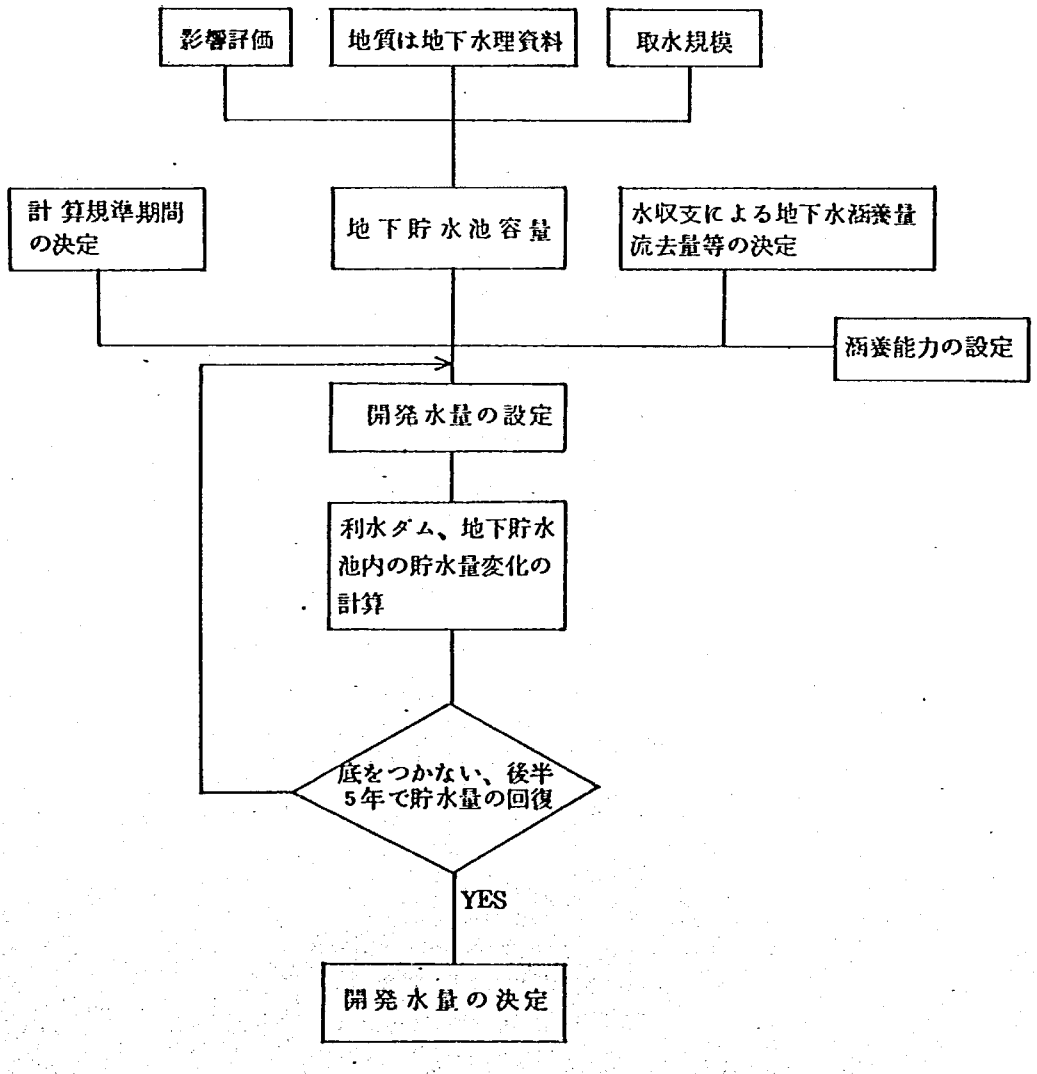
概　　説 …… 205
参考　地下ダム開発水量プログラム …… 210

概　説

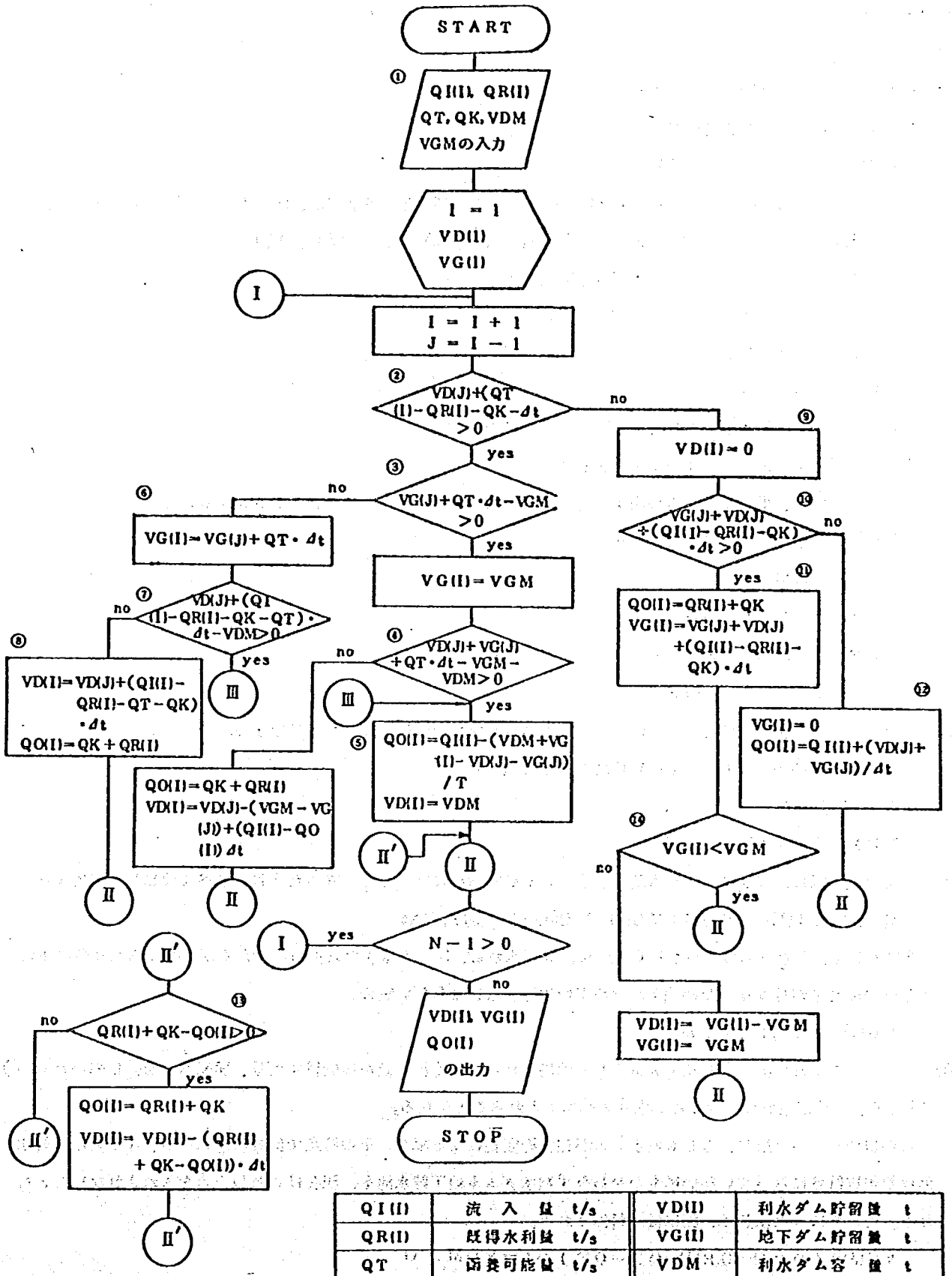
地下貯水池の開発水量を計算機によって算定するものである。

先にも述べたように、開発水量の計算期間は複数年が必要であって、以下に原則的な基準渇水期間の決定と計算条件について述べる。

開発計算のための計算期間は１０年程度とする。この基準渇水期間の選定は、たとえばある連続した流量資料（少なくとも２０年）の１０年間の移動平均をとり、移動平均流量が最も少なくなるような１０年を決定する。なお、全資料のうち1番の渇水年が含まれることが望ましい。計算条件としては、地下貯水池での貯水量が満水の状態から計算を始め、貯水量が底をつかなく、かつ、後半の５年間のうち、かならず満水に回復することを前提とする。尚、利水ダムとの連結を考える場合には、利水ダムの貯水量も満水から計算を始める。利水ダムとの連結では、利水ダムから先に放流し、その後に地下貯水池からの放流を考える。貯留に関しては、地下貯水池への貯水を優先的に考える。また、原則的に地下貯水池への涵養に対しては、涵養能力を設定するが、取水に対しては開発量に応じて十分能力を有するものとする。以下に、開発水量の計算のための概略のフローチャートを示す。



さらに、利水計算の詳細については、次のフローチャートに示す。また、フローチャート内の記号についても説明する。ただし、このフローチャート内には、地下水域での水収支の結果に基づく、地下水涵養量および流去量、河川への地下水流出量等についての入力は含まれていない。これらの入力については、貯水量の計算時に考慮すればよいから、ここに示すフローチャートのそのものが根本的に変わるものではない。先にも述べこように、ある意味においては、表流水の地下水涵養のみによる有効流入量での開発水量の算定は安全側と言えることから、一次近似的には、自然涵養量等の値を無視して、計算してもさしつかえないものと考えられる。



QI(I)	流入量 t/s	VD(I)	利水ダム貯留量 t
QR(I)	既得水利量 t/s	VG(I)	地下ダム貯留量 t
QT	函養可能量 t/s	VDM	利水ダム容量 t
QK	開発水量 t/s	VGM	地下ダム容量 t
QO(I)	流出量 t/s	Δt	1日(86400 sec)

<計算の説明>

プログラムの内容

① ＤＡＴＡと変数の初期値を入力する。

ＶＤ(I)　利水ダム初期貯留量

ＶＧ(I)　地下貯水池初期貯留量

② 地上ダムに既にある貯留量の両者により地下貯水池への涵養量と既得水利量、開発水量を負担できるか判定する。

ＶＤ(J)＋（ＱＩ(I)－ＱＲ(I)－ＱＫ－ＱＴ）　Δｔ∧0.0（∧は比較の意味。以下同じ）

ＶＤ(J)　ワンステップ前の利水ダム貯留量　㎥

ＱＩ(I)　現在の流入量　㎥／ｓ

ＱＲ(I)　既得水利量　㎥／ｓ

ＱＫ　開発水量　㎥／ｓ

ＱＴ　地下貯水池への涵養可能量　㎥／ｓ

Ｉ…現ステップ　　Ｊ…ワンステップ前

③ ②が可能な場合、更にその時点の涵養能力で地下貯水池を飽和貯留量にできるか判定する。

ＶＧ(J)＋ＱＴ　　ｔ－ＶＧＭ∧0.0

ＶＧ(I)＝ＶＧＭ

ＶＧ(I)　地下貯水池貯留量　㎥

ＶＧＭ　地下貯水池容量　㎥

Δｔ　＝　１日（86,400sec）

④ 地下貯水池が飽和貯留に達する場合。更に利水ダムも飽和貯留量にできるか判定する。

ＶＤ(J)＋ＶＧ(J)＋ＱＴ　　ｔ－ＶＧＭ－ＶＤＭ∧0.0

ＶＤ(I)＝ＶＤＭ

ＶＤＭ　利水ダム容量　㎥

⑤ ④も可能な場合、つまり地下貯水池も利水ダムも飽和状態になるとき、残った水量はすべて流出量へ付加する。

$Q\bar{o}(I)=QI(I)-(VDM+VG(I)-VD(J)-VG(J))/\Delta t$

⑥ 次にもしも、利水ダムは必要水量（涵養量、既得水利量、開発水量）を負担可能であるが、時間あたりの地下貯水池への涵養量が足りないため地下貯水池が飽和貯留量にならない場合。

ＶＧ(I)＝ＶＧ(J)＋ＱＴ・ΔＴ

⑦ そこで、地下貯水池へ入れた涵養量よりも活用できる水量（流入量から既得水利量、開発水量を差し引いたもの）が大きく、水量が余れば、今度は利水ダムへ水を入れることになる。

この操作を行った結果、もしも利水ダムが飽和貯留量になる場合。その時点で計算は⑤に移る。すると地下貯水池は飽和貯留量になっていないにもかかわらず利水ダムも地下貯水池も、現在はこれ以上水を入れきれないことになる。そこで残った水量は、流出量へ付加される。

ＶＤ(J)＝（ＱＩ(I)－ＱＲ(I)－ＱＫ－ＱＴ）Δｔ－ＶＤＭ∧０

$Q\bar{o}(I)=QI(I)-(VDM+VG(I)-VD(J)-VG(J)/T$

⑧ 地下貯水池へ涵養可能量を補給することはできる場合。しかし、余った水量を利水ダムに入れる際に利水ダムが飽和貯留量になるにはまだ水量が不足しているとき。

利水ダムへは、できる限り貯水し下流へは開発水量と既得水利量だけを流すようにする。

$$VD(I)=VD(J)+(QI(I)-QR(I)-QT-QK)\quad\Delta t$$

$$\overline{Qo}(I)=QK+QR(I)$$

⑨ 次に②まで遡って考える。以前からの利水ダム貯留量と流入量のみでは、地下ダムへの涵養量と既得水利量、開発水量を負担できないとき利水ダム貯留量は無くなる。

そこで、一切、利水ダムへは注入せず以前からの利水ダム貯留量は現在の既得水利量、開発水量を負担するための利用に供される。

$$VD(I)=0.0$$

⑩ そこで、地下貯水池が利水ダムを補うため登場する。以前からの〔地下ダム貯留量＋利水ダム貯留量〕と現時点の流入量により既得水利量と開発水量を負担できるか、判定する。

$$VG(J)+VD(J)+(QI(I)-QR(I)-QK)\quad\Delta t\ \wedge\ 0.0$$

⑪ ⑩が成立するなら地下貯水池貯留量は、その負担分だけ差し引いた値となる。

そして流出量は、既得水利量と開発水量の和となる。

$$VG(I)=VG(J)+VD(J)+\{QI(I)-QR(I)-QK\}\quad\Delta t$$

$$\overline{Qo}(I)=QR(I)+QK$$

⑫ しかしながら地下貯水池で利水ダムの肩がわりをするにも限度がある。つまり地下貯水池でも補給し得ない場合、地下貯水池貯留量は皆無となる。

$$VG(I)=0.0$$

$$\overline{Qo}(I)=QI(I)+\{VD(J)+VG(J)/\Delta t$$

⑬ 利水ダムが、まだ飽和状態でないのでできるだけ利水ダムへ注入し、必要流量は流出させる。

$$-\overline{Qo}(I)=QK+QR(I)$$

$$VD(I)=VD(J)-(VGM-VG(J))+(QI(I)-\overline{Qo}(I))\quad\Delta t$$

⑭ 地下ダムが飽和状態になる場合が、この段階でもあり得るので、ここでも判定する。飽和状態になったら利水ダムへ注入する。

$$VD(I)=VG(I)-VGM$$

$$VG(I)=VGM$$

(参考)

地下ダム開発水量プログラム

```
      1         10        20        30        40        50        60        70        80
NO    ........*.........*.........*.........*.........*.........*.........*.........*

//DW0KC10A JOB DW0KC10,CLASS=A
/*ADMIT KAC
//     EXEC  HIXYPLOT
//HIXYPLOT.SYSIN DD *
C      SYUSEI
C      DAM ON THE GROUND AND GROUND-WATER RESERVOIR
C      YURII,ARA RIVER
C      ZISSOKUTI
C      QI  RYUNYURYO            (T/SEC)
C      QR  KITOKU SUIRIRYO      (T/SEC)
C      QT  KANYO KANORYO        (T/SEC)
C      QK  KAIHATU SUIRYO       (T/SEC)
C      QG  RYUSYUTURYO          (T/SEC)
C      VD  RISUI DAM TYORYURYO(T)
C      VG  TIKA DAM  TYORYURYO(T)
C      VDM RISUI DAM YORYO      (T)
C      VGM TIKA DAMM YORYO      (T)
C      T   ONE DAY=86400        (SEC)
C      START S35.6.1
C      13 YEARS
C      HANJUN GOTO
       DIMENSION VDM(6),VGM(6),QT(100),QK(1000),
     -           VD(1000),VG(1000),QI(1000),QR(1000),QO(1000),
     -           QX(1000),QY(1000),QA(1000),QB(1000),
     -           X(1000)
       ND=936
       NY=72
       T=86400.0
    44 DO 55 K=1,6
       DM=2E07
       GM=25E06
       VDM(K)=K*DM
       VGM(K)=K*GM
    55 CONTINUE
       WRITE(6,601)
   601 FORMAT(1H0,16HV   V DDD  M   M/1H ,16H V V  D  D MM MM/1H ,
     -        16H  V   DDD  M M M)
       WRITE(6,602) (VDM(L),L=1,6)
   602 FORMAT(1H ,6F20.1)
       WRITE(6,603)
   603 FORMAT(1H0,17HV   V  GGG  M   M/1H ,17H V V  G  GG MM MM/1H ,
     -        17H  V   GG G M M M)
       WRITE(6,602) (VGM(L),L=1,6)
       WRITE(6,604)
   604 FORMAT(1H0,12H QQQ   TTTTT/1H ,10HQ   Q    T/1H ,10H QQQ Q   T)
       READ(5,500)  (QA(I),I=1,NY)
       WRITE(6,502) (QA(I),I=1,NY)
       WRITE(6,606)
   606 FORMAT(1H0,11H QQQ   K KK/1H ,9HQ   Q  KK/1H ,11H QQQ Q K KK)
       READ(5,500)  (QB(I),I=1,NY)
```

```
      WRITE(6,502) (QB(I),I=1,NY)
      READ(5,500)  (QY(I),I=1,NY)
      WRITE(6,511)
  511 FORMAT(1H0,11H QQQ   RRRR/1H ,10HQ   Q  R R/1H ,12H QQQ Q R  RR)
      WRITE(6,502) (QY(I),I=1,NY)
      READ(5,500)  (QX(I),I=1,ND)
  500 FORMAT(6F8.0)
      WRITE(6,501)
  501 FORMAT(1H0,9H QQQ    I/1H ,9HQ   Q   I/1H ,9H QQQ Q  I)
      WRITE(6,502) (QX(I),I=1,ND)
  502 FORMAT(1H ,6F10.3)
      ND=ND+1
      DO 10 N=1,1
      DO 20 M=6,6
      DO 50 I=2,ND
      J=I-1
      QI(I)=QX(J)
      IF(J.LE.NY* 1) GO TO 81
      QA(J)=QA(J-NY* 1)
      QB(J)=QB(J-NY* 1)
      QY(J)=QY(J-NY* 1)
   81 IF(J.LE.NY* 2) GO TO 82
      QA(J)=QA(J-NY* 2)
      QB(J)=QB(J-NY* 2)
      QY(J)=QY(J-NY* 2)
   82 IF(J.LE.NY* 3) GO TO 83
      QA(J)=QA(J-NY* 3)
      QB(J)=QB(J-NY* 3)
      QY(J)=QY(J-NY* 3)
   83 IF(J.LE.NY* 4) GO TO 84
      QA(J)=QA(J-NY* 4)
      QB(J)=QB(J-NY* 4)
      QY(J)=QY(J-NY* 4)
   84 IF(J.LE.NY* 5) GO TO 85
      QA(J)=QA(J-NY* 5)
      QB(J)=QB(J-NY* 5)
      QY(J)=QY(J-NY* 5)
   85 IF(J.LE.NY* 6) GO TO 86
      QA(J)=QA(J-NY* 6)
      QB(J)=QB(J-NY* 6)
      QY(J)=QY(J-NY* 6)
   86 IF(J.LE.NY* 7) GO TO 87
      QA(J)=QA(J-NY* 7)
      QB(J)=QB(J-NY* 7)
      QY(J)=QY(J-NY* 7)
   87 IF(J.LE.NY* 8) GO TO 88
      QA(J)=QA(J-NY* 8)
      QB(J)=QB(J-NY* 8)
      QY(J)=QY(J-NY* 8)
   88 IF(J.LE.NY* 9) GO TO 89
```

```
      QA(J)=QA(J-NY* 9)
      QB(J)=QB(J-NY* 9)
      QY(J)=QY(J-NY* 9)
   89 IF(J.LE.NY*10) GO TO 90
      QA(J)=QA(J-NY*10)
      QB(J)=QB(J-NY*10)
      QY(J)=QY(J-NY*10)
   90 IF(J.LE.NY*11) GO TO 91
      QA(J)=QA(J-NY*11)
      QB(J)=QB(J-NY*11)
      QY(J)=QY(J-NY*11)
   91 IF(J.LE.NY*12) GO TO 92
      QA(J)=QA(J-NY*12)
      QB(J)=QB(J-NY*12)
      QY(J)=QY(J-NY*12)
   92 CONTINUE
C     URU DOSI
      QA(270)=8.0
      QA(558)=8.0
      QA(846)=8.0
      QB(270)=28.0
      QB(558)=28.0
      QB(846)=28.0
      QY(270)=10.0
      QY(558)=10.0
      QY(846)=10.0
      QT(I)=QA(J)
      QK(I)=QB(J)
      QR(I)=QY(J)
      VD(1)=0.0
      VG(1)=VGM(M)
      A=VD(J)+(QI(I)-QR(I)-QK(I)-QT(I))*T
      IF(A.LE.0.0) GO TO 9
      VG(I)=VG(J)+QT(I)*T
      IF(VG(I).LT.VGM(M)) GO TO 6
      VG(I)=VGM(M)
      VT=QT(I)*T-(VGM(M)-VG(J))
      C=(QI(I)-QK(I)-QR(I)-QT(I))*T+VT-(VDM(N)-VD(J))
      IF(C.LE.0.0) GO TO 13
    5 QO(I)=QI(I)-(VDM(N)+VG(I)-VD(J)-VG(J))/T
      VD(I)=VDM(N)
      F=QR(I)+QK(I)-QO(I)
      IF(F.LE.0.0) GO TO 99
      QO(I)=QR(I)+QK(I)
      VD(I)=VD(J)-F*T
      GO TO 99
    6 VD(I)=VD(J)+(QI(I)-QR(I)-QK(I)-QT(I))*T
      IF(VD(I).GT.VDM(N)) GO TO 5
      QO(I)=QR(I)+QK(I)
      GO TO 99
```

```
      1        10        20        30        40        50        60        70        80
NO    ....*....*....*....*....*....*....*....*....*....*....*....*....*....*....*....*
      13 QO(I)=QR(I)+QK(I)
         VD(I)=VD(J)-(VGM(M)-VG(J))+(QI(I)-QO(I))*T
         GO TO 99
       9 VD(I)=0.0
         VG(I)=VG(J)+VD(J)+(QI(I)-QR(I)-QK(I))*T
         IF(VG(I).LE.0.0) GO TO 12
         QO(I)=QR(I)+QK(I)
         IF(VG(I).GT.VGM(M)) GO TO 14
         GO TO 99
      14 VD(I)=VG(I)-VGM(M)
         GO TO 99
      12 VG(I)=0.0
         QO(I)=QI(I)+(VD(J)+VG(J))/T
      99 CONTINUE
      50 CONTINUE
         WRITE(6,799)
     799 FORMAT(1H1//)
         WRITE(6,800)
     800 FORMAT(1H0,12X,3HVDM,12X,3HVGM)
         WRITE(6,801) VDM(N),VGM(M)
     801 FORMAT(1H ,2F15.1/)
         WRITE(6,802)
     802 FORMAT(1H ,20X,2HVD,13X,2HVG,13X,2HQO,13X,2HQI,13X,2HQR,
        -       13X,2HQK,13X,2HQT)
         MON=5
         MY=1960
         DO 60 I=2,ND
         J=I-1
         MM=MOD(J,6)
         IF(MM.EQ.1) MON=MON+1
         IF(MM.EQ.0) MM=6
         WRITE(6,700) MY,MON,MM,VD(I),VG(I),QO(I),QI(I),QR(I),QK(I),QT(I)
     700 FORMAT(1H ,I5,1X,2I2,7F15.3)
         IF(MON.NE.12) GO TO 66
         IF(MM.NE.6) GO TO 66
         MON=0
         MY=MY+1
      66 CONTINUE
         VD(J)=VD(I)/5.0E04
         VG(J)=VG(I)/5.0E05
         QO(J)=QO(I)/5.0
         QI(J)=QI(I)/5.0
         QK(J)=QK(I)/5.0
         QR(J)=QR(I)/5.0
         QT(J)=QT(I)/5.0
         X(J)=2*J
      60 CONTINUE
      20 CONTINUE
      10 CONTINUE
         ND=ND-1
```

```
      WRITE(6,502) (QO(I),I=1,ND)
      WRITE(6,502) (QI(I),I=1,ND)
      WRITE(6,502) (QR(I),I=1,ND)
      WRITE(6,502) (QK(I),I=1,ND)
      WRITE(6,502) (QT(I),I=1,ND)
      CALL PLOTS('KAIHATSU',0.0)
      CALL NEWPEN(1)
      CALL AXIS(0.,0.,'T(HANJUN)',-9,1880.,0.,0.,5.)
      CALL AXIS(0.,0.,'Q(T/SEC)',8,500.,90.,0., 50.)
      CALL GRID(0.,0.,10.,10.,188,50)
      CALL PLOT(0.,0.,3)
      DO 70 I=1,ND
      CALL SYMBOL(X(I),QO(I),2.,14,0.,-2)
   70 CONTINUE
      CALL PLOT(0.,0.,3)
      DO 73 I=1,ND
      CALL SYMBOL(X(I),QI(I),2., 5,0.,-2)
   73 CONTINUE
      CALL PLOT(0.,0.,3)
      DO 74 I=1,ND
      CALL SYMBOL(X(I),QR(I),2., 3,0.,-2)
   74 CONTINUE
      CALL PLOT(0.,0.,3)
      DO 75 I=1,ND
      CALL SYMBOL(X(I),QK(I),2., 2,0.,-2)
   75 CONTINUE
      CALL PLOT(0.,0.,3)
      DO 76 I=1,ND
      CALL SYMBOL(X(I),QT(I),2., 0,0.,-2)
   76 CONTINUE
      CALL PLOT(1880.,0.,3)
      CALL AXIS(1880.,0.,'Q(T/SEC)',-8,500.,90.,0.,50.)
      CALL NEWPEN(2)
      CALL PLOT(1900.,0.,3)
      CALL AXIS(1900.,0.,'VD(T)',-5,500.,90.,0.,5.E05)
      CALL NEWPEN(3)
      CALL PLOT(1920.,0.,3)
      CALL AXIS(1920.,0.,'VG(T)',-5,500.,90.,0.,5.E06)
      CALL PLOT(-40.,0.,3)
      CALL AXIS(-40.,0.,'VG(T)',5,500.,90.,0.,5.E06)
      CALL NEWPEN(2)
      CALL PLOT(-20.,0.,3)
      CALL AXIS(-20.,0.,'VD(T)',5,500.,90.,0.,5.E05)
      CALL PLOT(0.,0.,3)
      DO 71 I=1,ND
      CALL PLOT(X(I),VD(I),2)
   71 CONTINUE
      CALL NEWPEN(3)
      CALL PLOT(0.,0.,3)
      DO 72 I=1,ND
```

```
      CALL PLOT(X(I),VG(I),2)
   72 CONTINUE
      CALL PLOTE
      STOP
      END
/*
//GO.SYSIN DD *
    10.0    10.0    10.0    10.0    10.0    10.0
    10.0    10.0    10.0    10.0    10.0    12.0
    10.0    10.0    10.0    10.0    10.0    12.0
    10.0    10.0    10.0    10.0    10.0    10.0
    10.0    10.0    10.0    10.0    10.0    12.0
    10.0    10.0    10.0    10.0    10.0    10.0
    10.0    10.0    10.0    10.0    10.0    12.0
    10.0    10.0    10.0    10.0    10.0    12.0
    10.0    10.0    10.0    10.0    10.0     6.0
    10.0    10.0    10.0    10.0    10.0    12.0
    10.0    10.0    10.0    10.0    10.0    10.0
    10.0    10.0    10.0    10.0    10.0    12.0
    35.0    35.0    35.0    35.0    35.0    35.0
    35.0    35.0    35.0    35.0    35.0    42.0
    35.0    35.0    35.0    35.0    35.0    42.0
    35.0    35.0    35.0    35.0    35.0    35.0
    35.0    35.0    35.0    35.0    35.0    42.0
    35.0    35.0    35.0    35.0    35.0    35.0
    35.0    35.0    35.0    35.0    35.0    42.0
    35.0    35.0    35.0    35.0    35.0    42.0
    35.0    35.0    35.0    35.0    35.0    21.0
    35.0    35.0    35.0    35.0    35.0    42.0
    35.0    35.0    35.0    35.0    35.0    35.0
    35.0    35.0    35.0    35.0    35.0    42.0
    30.0    30.0    30.0    50.0    85.0   110.0
   100.0    90.0    85.0    85.0    85.0   102.0
    80.0    80.0    80.0    80.0    85.0   102.0
    85.0    85.0    75.0    75.0    12.5    12.5
    12.5    12.5    12.5    12.5    12.5    15.0
    12.5    12.5    12.5    12.5    12.5    12.5
    12.5    12.5    12.5    12.5    12.5    15.0
    12.5    12.5    12.5    12.5    12.5    15.0
    12.5    12.5    12.5    12.5    12.5     7.5
    12.5    12.5    12.5    12.5    12.5    15.0
    12.5    12.5    12.5    12.5    12.5    12.5
    30.0    30.0    30.0    30.0    30.0    36.0
   101.5    79.1    65.7   102.8    98.6    80.5
    66.0    55.5    49.4    45.2    42.1   110.3
   114.5    87.9   630.4   774.5   785.8   316.6
   290.9   242.2   218.7   164.8   139.5   104.5
    80.6   158.9   144.6   110.5    80.3   169.1
   340.9   152.1   123.9    83.1    73.7    67.9
    69.6    77.9    65.3    55.8    48.0    70.8
```

NO	1	10	20	30	40	50	60	70	80
302	42.3	42.7	38.6	35.6	35.0	42.0			
303	28.9	28.2	26.0	23.5	19.7	12.3			
304	22.2	20.6	18.6	32.9	33.9	88.4			
305	95.1	69.6	122.9	316.2	97.0	105.2			
306	93.9	99.1	78.1	79.6	65.1	59.4			
307	37.8	38.0	47.1	43.4	42.8	1258.0			
308	548.2	245.7	231.8	151.7	130.2	101.3			
309	116.6	66.4	60.9	63.2	97.4	83.4			
310	21.1	27.8	29.2	110.8	34.4	30.8			
311	30.0	687.6	535.7	208.7	306.0	2357.5			
312	400.1	220.8	160.0	123.9	146.8	100.2			
313	81.1	64.3	51.8	51.2	43.9	45.3			
314	42.1	40.9	42.7	38.4	32.1	41.8			
315	34.0	31.9	33.5	36.7	50.3	28.8			
316	33.8	30.5	30.6	27.4	28.5	38.0			
317	39.2	31.4	41.4	58.8	56.7	49.0			
318	35.0	25.9	28.2	55.5	64.4	123.5			
319	113.9	175.1	683.9	278.8	156.6	322.4			
320	182.8	256.9	340.8	437.9	282.5	226.1			
321	154.7	116.9	89.6	409.9	425.2	1053.8			
322	231.5	134.5	96.6	79.4	73.9	49.5			
323	45.3	38.4	38.4	37.1	31.2	133.1			
324	122.0	79.6	53.3	49.7	49.9	56.0			
325	43.5	40.8	34.3	29.3	26.5	51.4			
326	53.7	38.4	28.7	26.9	23.9	25.0			
327	21.9	22.5	25.8	25.4	21.8	12.6			
328	19.2	20.3	23.7	28.8	37.9	61.4			
329	43.2	57.9	79.0	69.0	69.6	79.2			
330	114.2	90.0	72.6	76.9	100.2	170.3			
331	210.7	455.5	300.0	219.9	131.9	87.7			
332	129.4	91.3	77.3	86.2	109.7	122.7			
333	89.7	83.0	66.6	63.0	57.1	322.1			
334	223.7	86.7	64.0	56.2	40.2	32.0			
335	40.1	56.7	60.2	33.8	31.6	172.6			
336	102.2	61.8	44.1	42.5	28.1	50.2			
337	33.7	17.1	33.6	34.5	36.3	37.9			
338	32.1	27.9	26.5	42.3	34.8	49.2			
339	70.4	50.2	60.6	48.1	37.7	28.5			
340	37.2	60.7	55.9	51.4	54.0	68.7			
341	79.1	197.7	222.4	98.8	91.2	85.2			
342	118.3	72.5	71.8	53.5	32.7	34.4			
343	55.3	55.2	37.9	44.2	74.2	64.5			
344	50.5	108.2	63.4	85.8	112.0	81.4			
345	72.2	121.6	59.7	93.4	474.9	786.4			
346	557.1	181.5	98.7	88.4	364.0	1159.0			
347	410.2	360.9	441.1	283.0	253.7	231.3			
348	122.3	93.3	111.5	66.8	111.5	68.8			
349	26.6	17.5	12.9	12.9	24.7	63.0			
350	37.4	32.0	27.5	21.3	18.4	31.5			
351	59.2	54.0	59.8	55.1	48.1	25.0			

352	39.7	34.8	30.1	69.1	38.1	33.5
353	20.6	16.6	38.8	122.9	136.3	141.0
354	545.1	266.4	236.5	240.5	356.9	1144.0
355	482.0	272.5	491.5	369.8	185.6	176.8
356	176.6	172.2	133.2	105.0	122.8	121.6
357	95.5	88.2	78.9	163.1	1519.2	266.9
358	174.8	146.6	157.9	869.3	206.8	150.5
359	125.6	105.0	88.7	92.2	86.9	87.1
360	76.2	65.7	62.4	53.7	44.7	153.1
361	115.5	87.0	69.2	54.8	54.9	83.1
362	86.63	77.23	64.20	57.44	44.24	38.68
363	23.90	17.33	14.28	15.71	26.11	85.64
364	107.04	76.10	70.05	97.91	87.57	141.26
365	160.16	186.80	182.14	157.93	134.43	119.36
366	105.43	95.49	85.01	77.92	206.20	128.60
367	180.96	481.85	249.77	108.45	57.02	1485.45
368	328.56	579.48	261.58	267.14	284.16	311.56
369	189.11	150.94	148.73	137.86	404.42	269.31
370	177.77	168.90	212.02	295.52	442.37	467.42
371	270.16	131.64	129.73	128.80	102.45	96.79
372	171.10	63.78	59.03	59.04	53.41	51.53
373	65.92	57.42	43.80	36.59	25.52	24.03
374	9.98	8.17	9.91	17.72	20.23	38.01
375	41.11	30.77	27.18	25.74	30.07	23.91
376	28.45	55.62	45.07	63.47	84.13	72.65
377	65.09	70.68	65.23	106.94	120.25	78.68
378	78.40	92.23	162.72	79.85	68.91	78.78
379	43.24	29.55	34.48	76.11	85.33	121.87
380	71.57	189.05	378.12	246.36	176.37	157.98
381	127.87	109.94	89.35	70.05	54.78	44.41
382	52.27	36.02	137.99	343.64	452.49	179.81
383	449.47	432.57	223.12	162.87	108.14	800.58
384	215.06	152.12	97.62	73.77	83.78	48.63
385	43.59	45.23	43.55	36.55	19.91	16.62
386	14.88	21.76	15.87	3.24	1.19	0.36
387	13.55	12.78	12.02	131.98	61.22	35.40
388	32.58	27.73	33.04	27.25	39.57	70.08
389	69.78	44.49	142.90	106.00	95.96	94.70
390	255.09	191.75	137.49	133.41	112.97	137.40
391	83.09	72.44	74.80	92.24	89.44	152.78
392	265.62	319.06	234.78	145.37	130.74	1333.37
393	402.78	331.12	630.05	342.96	240.86	672.29
394	287.45	169.49	129.74	104.49	76.69	80.96
395	67.47	105.07	72.00	61.66	311.73	226.90
396	95.79	77.33	56.97	43.37	40.47	36.92
397	43.52	92.87	176.02	105.19	75.88	73.36
398	44.53	39.91	35.84	39.65	42.64	69.72
399	80.24	75.19	65.06	92.22	104.89	42.54
400	62.33	57.79	70.52	147.26	127.94	164.35
401	128.11	99.22	80.34	179.52	161.09	130.44

NO	1	10	20	30	40	50	60	70	80
402	102.80	67.99	61.64	59.01	59.71	77.24			
403	57.84	59.87	56.92	68.25	144.11	191.68			
404	162.63	337.25	276.11	140.07	135.47	144.70			
405	144.90	195.21	105.61	66.46	199.06	105.09			
406	119.32	112.23	77.13	142.82	144.53	158.29			
407	102.45	111.22	76.62	56.54	117.11	328.64			
408	101.96	70.49	61.96	69.62	55.46	50.42			
409	51.39	46.06	39.42	39.65	34.47	35.27			
410	33.06	36.02	35.32	36.35	36.74	112.89			
411	66.17	43.56	34.41	38.67	42.37	28.95			
412	44.90	41.77	43.07	45.94	39.04	49.34			
413	46.11	49.53	80.97	70.39	66.42	70.78			
414	58.00	73.80	108.71	93.35	125.51	93.26			
415	61.56	54.20	61.28	368.29	188.94	134.34			
416	429.20	560.44	201.64	140.07	96.34	91.50			
417	69.01	62.70	46.20	66.64	157.44	71.88			
418	42.06	35.06	33.48	64.65	66.47	59.88			
419	52.46	47.83	100.67	102.29	70.33	65.92			
420	49.08	40.12	38.90	95.84	110.70	59.99			
421	51.83	45.46	47.14	40.27	37.07	40.78			
422	50.61	29.62	26.37	25.26	29.65	28.47			
423	23.81	26.29	26.35	29.22	27.42	23.82			
424	33.74	29.19	23.12	14.64	23.82	39.50			
425	92.84	90.24	33.04	45.10	53.79	410.84			
426	139.99	156.76	99.51	69.85	63.28	61.94			
427	46.99	51.84	47.40	50.04	74.03	80.24			
428	74.17	209.18	96.56	94.80	73.79	83.22			
429	43.34	80.02	46.61	40.23	66.60	1430.40			
430	765.35	311.14	276.93	138.15	99.98	382.30			
431	160.79	150.12	179.47	175.00	128.51	149.55			
432	97.76	80.29	70.76	62.39	56.05	54.67			
433	58.17	51.55	51.22	46.70	43.72	42.89			
434	45.72	44.23	297.69	127.57	93.19	116.61			
435	87.31	83.57	182.25	159.08	106.66	89.42			
436	101.57	72.83	67.41	70.55	132.26	160.15			
437	138.41	162.34	217.73	173.99	163.65	141.55			
438	135.77	121.44	113.13	94.74	111.77	114.95			
439	89.37	146.32	129.92	95.22	95.17	90.09			
440	85.84	73.03	487.01	468.83	1072.49	392.52			
441	181.27	191.79	132.29	93.88	135.03	102.58			
442	64.60	73.71	185.99	1608.27	182.51	129.85			
443	94.11	81.28	68.94	56.30	63.89	67.39			
444	41.50	44.76	40.88	35.31	35.35	43.67			
445	39.04	32.24	37.49	44.15	81.19	76.76			
446	42.21	50.71	45.52	54.33	69.64	64.86			
447	40.05	38.98	34.28	39.73	53.29	26.36			
448	37.00	33.62	30.38	30.49	27.91	35.98			
449	41.27	40.95	81.43	176.33	88.86	80.09			
450	76.90	84.71	84.62	71.04	41.84	48.00			
451	/*								

野母崎地下ダム実用化調査

——参考調査編——

ISSN 0386－5878
土研資料第1756号
昭和　57年　3月

キーワード　地下水，水資源

要　旨

地下ダムの計画、実施に必要な関連調査５編をまとめたものである。

郵便はがき

40円切手をはって下さい

3 0 5 - □ □

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

河川部水文研究室宛

No.

No.

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第1756号
(野母崎地下ダム実用化調査－参考調査編－)　　部

上記のとおり受領しました。

所　属（住所）

氏　名　　印