ISSN 0386－5878
土 研 資 料 第1945号
マイクロフィルム 第 号

土木研究所資料

ダム放流濁度予測手法に関する研究

昭和58年1月

建設省土木研究所
水資源開発研究室

Copyright © 1983 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。

序　　文

ダム貯水池の建設によってひき起こされる河川水質問題のひとつに濁水長期化現象がある。これは，主に洪水時に貯水池へ流入し，貯水池内に懸濁分散した微細粒子が貯水池内の流れによって沈降を阻害され，長期間にわたって高濁度の貯留水が放出される現象といえる。濁水長期化の支配要因としては，水理的には貯水池内の水の流動機構，物理化学的には河川水の水質および懸濁物質の沈降特性のふたつが挙げられる。

一方，濁水長期化問題への対応としては，現在のところ選択取水設備の設置による水工学的対応および貯水池運用面からの対応が検討・実施されているが，統一的な対応策はまだ確立されていない。その理由としては，ダム貯水池は立地条件，規模，目的，運用方法等がそれぞれ異なること，貯水池の水温分布，貯留水の流動状況，濁度分布が相互に関係して複雑な現象を示すことにある。また，濁質の沈降特性を支配する物理化学的要因は現段階では十分に解明されていない。

本文は，これまでに全国の多目的ダムにおいて観測収集された資料をもとに，濁水長期化の要因を整理・分析するとともに，分析結果を総合化することによりダムからの放流濁度を予測する方法について種々，検討を加えたものである。

昭和58年1月31日

前建設省土木研究所ダム部
水資源開発研究室　　横道雅己

目　　次

序　文

1.　濁水長期化現象の要因分析 …… 1

2.　ダム放流濁度予測モデル …… 3

2.1　二層モデル …… 3

2.1.1　モデルの概要 …… 3

2.1.2　モデルの検証計算 …… 4

2.2　三層モデル …… 5

2.2.1　モデルの概要 …… 5

2.2.2　モデルの検証計算 …… 7

2.2.3　モデルパラメーターの感度分析 …… 8

2.2.4　パラメーターの設定方法と現地観測 …… 12

2.2.5　三層モデルの現地適用 …… 16

まとめ …… 25

参考文献 …… 26

付　録

1.　ダム放流濁度予測検証計算結果 …… 27

2.　ダム放流濁度および貯水池水温予測計算参考資料 …… 41

3.　ダム放流濁度予測三層モデル概要 …… 55

(1)　シミュレーション・プログラム・フロー …… 57

(2)　シミュレーション・プログラム …… 59

(3)　プログラム変数の説明 …… 73

(4)　入力データ様式 …… 76

(5)　出力リスト様式 …… 80

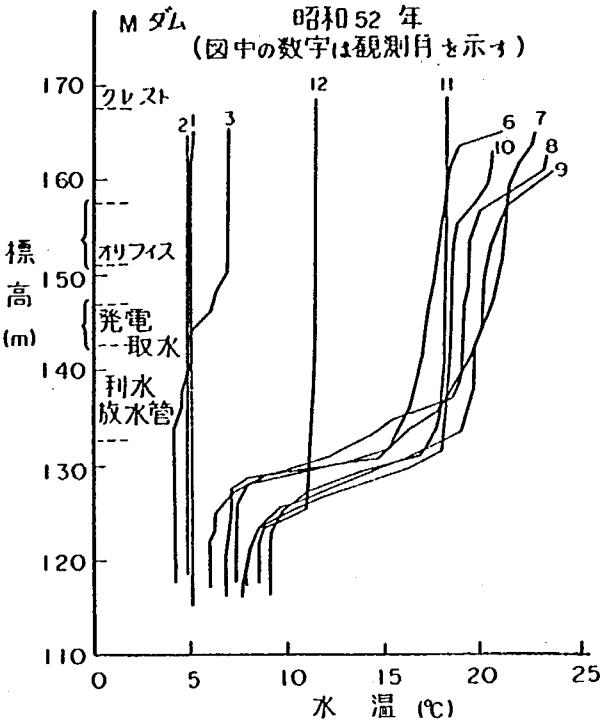
1. 濁水長期化現象の要因分析

貯水池の濁水長期化現象は，貯水池の回転率（＝年総流入量／総貯水容量）が小さい，いわゆる成層型貯水池に多くみられる。このような成層型貯水池の特徴としては，夏季に表層付近に日射・気温による1次躍層を形成するほか，取水口・放水口標高付近に熱移流による2次躍層が形成される場合が多い。図－1は成層型貯水池の水温分布経月変化図の1例であるが，春から秋にかけて2次躍層が形成され，夏季には安定した成層状態になる。このとき取水口・放水口の位置および取・放水量は，表層部の熱移流を促して2次躍層形成の大きな要因となっている。

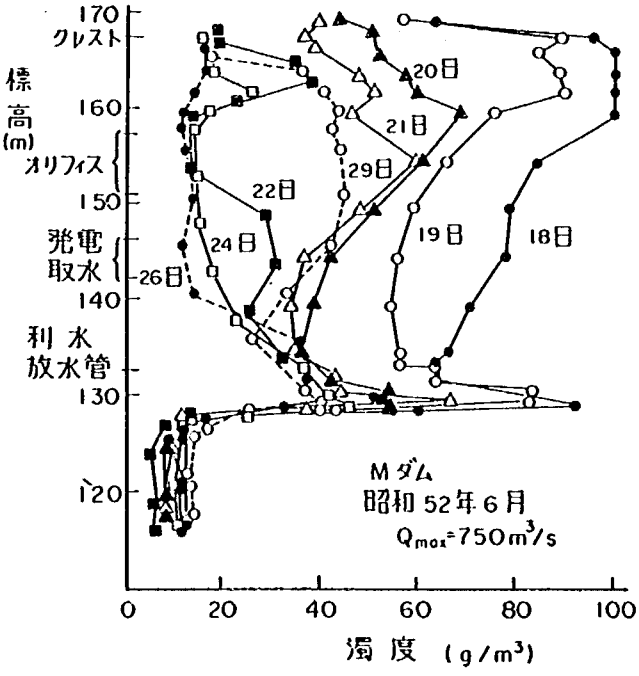
さらに，2次躍層の標高は洪水流入により低下し，洪水規模に応じた低下量を示すとともに，洪水流入量がある限度を越えると躍層は破壊される。

一方，秋から冬にかけて日射量・気温の低下により，表層水温が底層水温より低い状態になると，貯水池内に対流循環がおこり水温躍層は消滅し，その後は水温はほぼ一様となる。成層型貯水池に濁水が流入すると，流入水は流入水密度と等密度の層に流入し，密度流となって濁水層を形成する。通常は2次躍層の上層がこの濁水層になることが多く，この層に滞留した濁水が徐々にダム下流へ放流され濁水長期化の要因となっている。図－2は，Mダムにおける洪水時の貯水池内濁度分布（ダムサイト直上流）の例であり，2次躍層よりも上部に濁水が流入し，この層に滞留した濁水が徐々にダム下流へ放出され　濁水長期化の原因となっていることがわかる。図－3はSダムにおける濁度分布観測例（ダムサイト直上流）であり，同様に2次躍層上部に流入した濁水が約1カ月間にわたって放出されていく様子がわかる。さらに，これらの図から2次躍層以下の層では濁度が低く，濃度そのものもほとんど変化していないことがわかる。

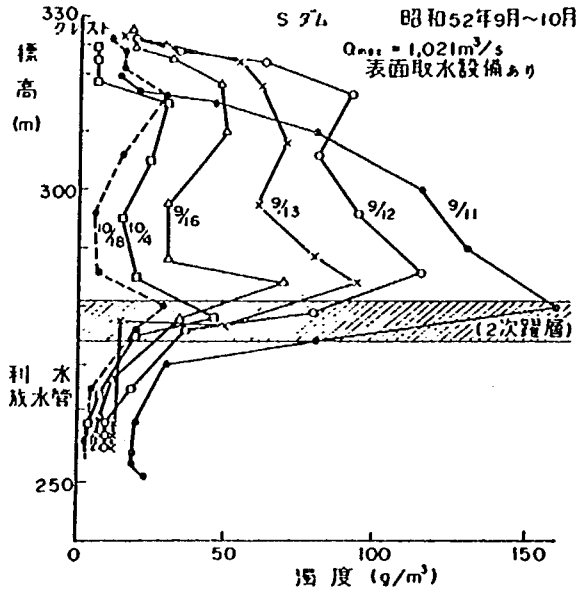
また，貯水容量を上まわるような大洪水が流入したときには，貯水池水の大部分が流入水と入れ替わり貯水池成層は破壊され，貯水池全体が懸濁化する。洪水規模に応じて流入濁質も増大するから，洪水後の濁水放流は相当長期化する。



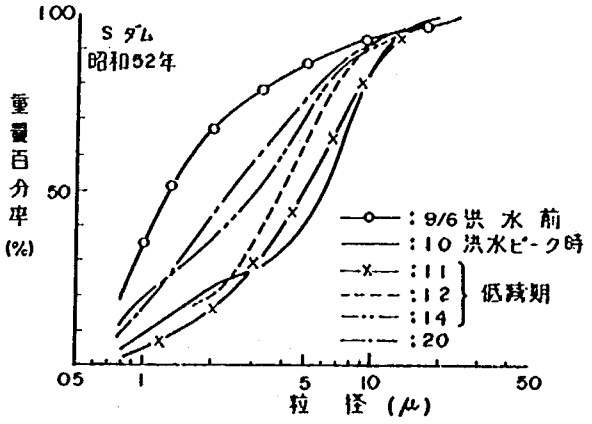
図－1　成層型貯水池における水温鉛直分布



図－2　洪水時の濁度分布



図－3　洪水時の濁度分布



図－4　懸濁物質の粒度分布

次に，濁水長期化の要因としては懸濁物質の沈降特性も重要である。濁水長期化を引き起こす懸濁物質の粒径は10μ以下のものが大部分であり，その沈降速度も静水中で約1 m/日（粒径5μの場合）程度である。図－4は洪水時の流入水の懸濁物質の粒度分布であるが，洪水時の懸濁物質の粒度分布は洪水ごとに変動し，さらに図－4のように洪水ピーク時には粒径の大きなものが増え，洪水が低減するにしたがって粒径の小さなものが増える傾向が見受けられる。

洪水時に貯水池へ流入する濁質の量も長期化要因としてあげられる。流域から洪水時に供給される濁質の量は，地質，流域の勾配・形状・規模等，様々な要因に支配されるため各貯水池固有のものである。一般に，流入濁質量は流入量と相関があると言われており，洪水規模が大きければ，あるいは流入量に対する流入濁質量の度合いが大きければ，それだけ濁水長期化を引き起こす要因となる。

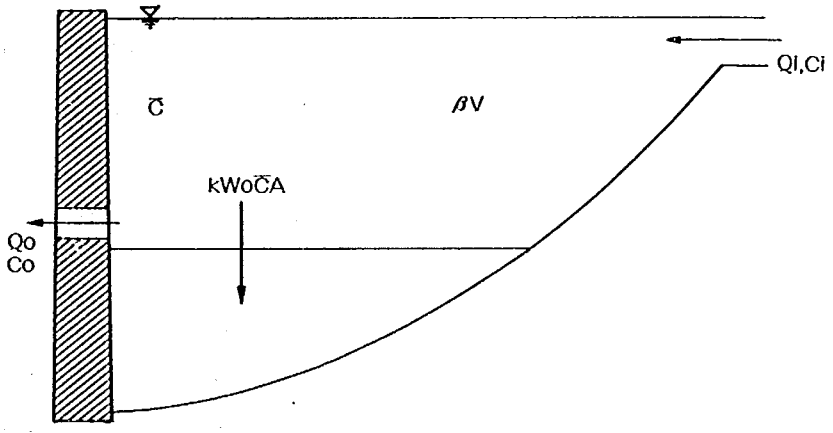
2. ダム放流濁度予測モデル

2.1 二層モデル

2.1.1 モデルの概要

前章における濁水長期化要因分析結果を踏まえて，ダム貯水池からの放流濁度をマクロに予測するモデルの開発を行った。

本モデルでは，貯水池内の水温，濁度の分布状況から，貯水池内を流下方向に一様とみなし，水深方向については，流動形態の大きく変化する2次躍層で上下層を分割する2層モデルとした。図－5にそのモデルの概要を，濁質の収支式を次式に示した。



図－5　二層モデルの概要

$$\frac{d(\beta V\bar{C})}{dt}=Q_iC_i-Q_oC_o-KW_o\bar{C}A \qquad \cdots\cdots(1)$$

ここに，

Q_i；流入量，Q_o；放流量，C_i；流入濁度，C_o；放流濁度，V；貯水量，A；貯水池水平面積，W_o；濁質沈降速度，K；修正係数，$\bar{C}$；貯水池内平均濁度，β；混合係数（二次躍層より上層の貯水量／貯水量）

式(1)では，濁質の挙動を流入，流出，沈降として取り扱っている。

さらに，流入濁度C_iおよび放流濁度C_oをそれぞれ流入量Q_i，貯水池平均濁度$\bar{C}$の回帰式により求めるものとし，それぞれ次式で与えた。

$$C_i=\alpha Q_i^{\delta} \qquad \cdots\cdots(2)$$

$$C_o=\gamma\bar{C} \qquad \cdots\cdots(3)$$

ここで，α，γ，δは各貯水池によって決まる係数である。

一方，二次躍層の位置については，貯水池内鉛直分布の観測値から求めるものとし，大洪水により二次躍層が破壊されたり，二次躍層がまだ発生しない時期であるときには$\beta=1$として計算を行うこととした。式(1)における濁質沈降速度W_oはStokesの式により求めるものとした。

すなわち，

$$W_0 = \frac{1}{18}\left(\frac{\rho'}{\rho} - 1\right)\frac{g}{\nu}d^2 \qquad \cdots\cdots(4)$$

ここで，

ρ'；濁質の密度，ρ；媒体の密度，ν；媒体の動粘性係数，d；濁質粒径

Stokesの式における濁質粒径dについては，貯水池の洪水時の流入懸濁物質の粒度分布より平均粒径を求め，それを〝代表粒径〟として用いることにする。

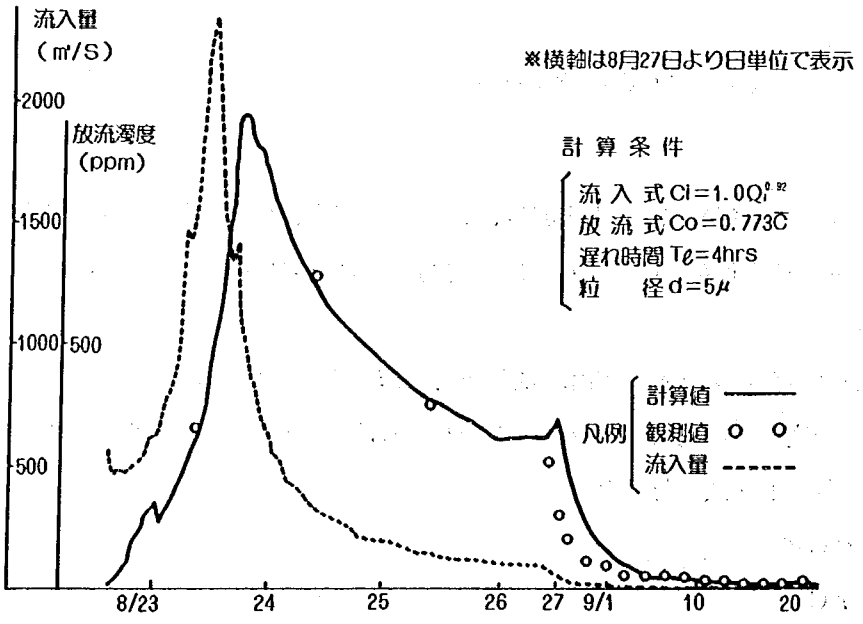
2.1.2　モデルの検証計算

モデルの検証計算は，過去に濁水問題の発生したYダムとSダムについて，大洪水から小洪水まで9ケース実施した。

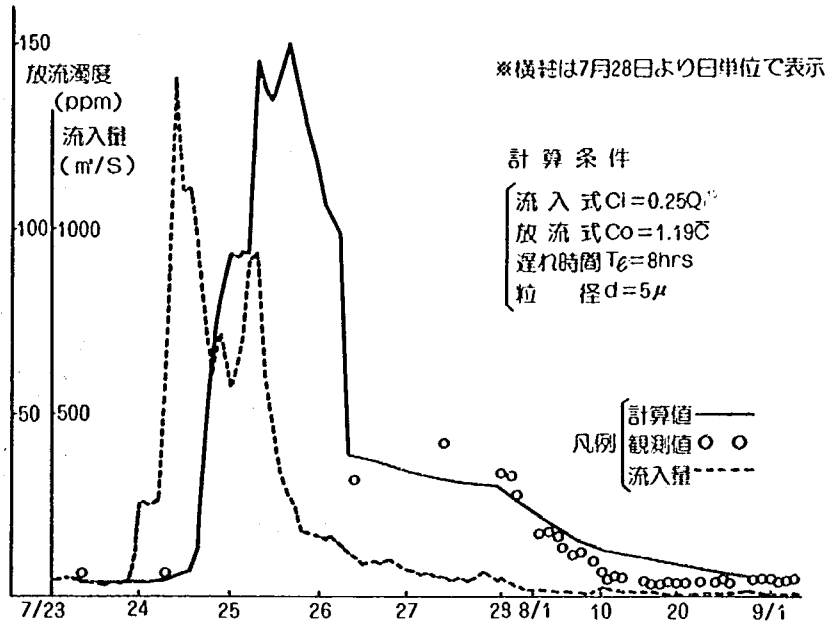
Yダムは総貯水容量4,300万㎥，年回転率23回と全国的に見てほぼ中規模クラスの多目的ダムである。一方，Sダムは総貯水容量31,600万㎥，年回転率5.2回の大規模貯水池であり，また，その流域は地理的に台風の進路にあたり，我国有数の多雨地帯である。

計算は洪水開始から終了までを1時間ピッチで，それ以降は1日ピッチで行った。以下にその一例を示す。

図－6は，昭和50年8月の台風6号による洪水のときの計算結果である。この時，Yダムのピーク流量は2,330㎥/sであり，このダムとしては比較的大きな洪水で二次躍層も破壊された。検証計算結果は，全体的に見て実測値とほぼ一致しており，放流濁度変化を良く再現していると思われる。



図－6　Yダムにおける検証計算結果（昭和50年8月洪水）



図－7　Sダムにおける検証計算結果（昭和51年7月洪水）

図－7は，Sダムにおける昭和51年7月洪水の時の検証計算結果である。この時，Sダムのピーク流量は 1,400 m³/s で，このダムでは中規模洪水で，二次躍層も破壊されていない。検証計算結果は，濁度の低減期では計算値は実測値よりやや高いが，放流濁度の全体的な変化傾向は良く再現されていると思われる。

以上の検証計算の結果から，このような簡便なモデルでも，濁水長期化放流現象をある程度再現することが可能であることが示された。

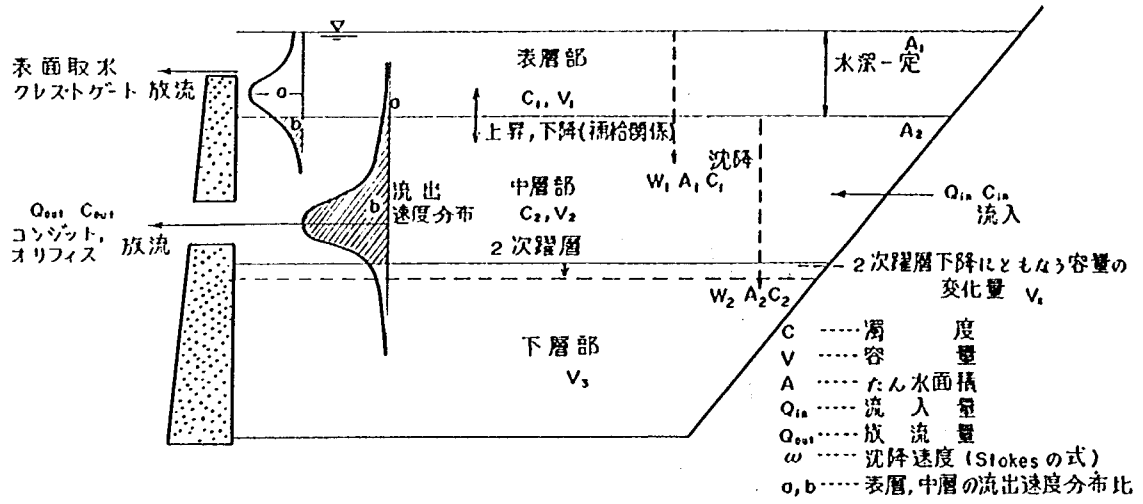
2.2　三層モデル

2.2.1　モデルの概要[1)]

前節で述べた二層モデルでは，貯水池内を二次躍層により二層に分け，濁質負荷の流入・流出・沈降による収支計算により放流濁度を求める比較的簡単なモデルであった。このモデルによる放流濁度予測の検証計算結果は概ね良好であり，特に二次躍層が破壊されて貯水池内が一様に混合されるような大洪水の場合などは，その現象を良く再現している様に思われた。しかし，貯水池を鉛直方向に単に二層に分割し，貯水池内の濁度をひとつの平均濁度でとらえているため，取・放水設備の位置の違いによる放流濁度の変化を表現できないことや大規模貯水池での小洪水の再現が難しいなどの問題点が残されている。

そこで，これらの問題点に検討を加え，二層モデルを改良した。その概略図を図－8に示す。

本モデルは，貯水池の水温分布，濁度分布の変化から見た貯水池の流動状態をもとにして，二層モデルに水深一定の表層を加え三層とし，各層内での濁度は均一とした。各層での濁質収支式を立てると次のようになる。



図－8　三層モデルの概略図

(表層)

$$\frac{C_1'V_1'-C_1V_1}{dt}=-a\cdot Q_{out}\cdot C_1-W_1\cdot A_1\cdot C_1+C_x\cdot D_v \qquad \cdots\cdots(5)$$

(中層)

$$\frac{C_2'V_2'-C_2V_2}{dt}=Q_{in}\cdot C_{in}-b\cdot Q_{out}\cdot C_2+W_1\cdot A_1\cdot C_1-W_2\cdot A_2\cdot C_2-C_x\cdot D_v+C_2\cdot V_x \qquad \cdots\cdots(6)$$

ここで,

$$D_v=\frac{V_1'-V_1+a\cdot Q_{out}\cdot dt}{dt}\geqq 0 \text{ の時 } C_x=C_2 \text{ (上昇)}$$
$$\text{〃} \quad <0 \text{ の時 } C_x=C_1 \text{ (下降)} \qquad \cdots\cdots(7)$$

$$V_x=\frac{V_3-V_3'}{dt} \qquad \cdots\cdots(8)$$

式(5)の左辺は表層の濁質負荷量の単位時間内の変化を表わし，右辺第1項は表層よりの放流濁質量，第2項は中層への沈降量，第3項は式(7)の条件に従い，水位変動による表層厚を一定に保つための上昇または下降量のそれぞれ時間変化量を示している。

式(6)の右辺第1項は流入負荷量，第2項は中層よりの放流濁質量，第3項および第4項は表層より中層，中層より底層への沈降量，第5項は式(5)の第3項と同様であり，第6項は式(8)で表わされる2次躍層の下降による中層容量増加に伴う濁質量の増量分のそれぞれ時間変化量を示している。また，流入負荷は全て中層に入り，流入濁度は流入量との回帰式（$C_{in}=\alpha Q_{in}^{\beta}$）により与え，流入負荷の表層への移流は式(5)の第3項により与えるものとした。

放流濁質量については，取・放水設備の標高を任意に設定でき，その位置に流速分布（Gauss分布）を与え，その分布に対して表層，中層の占める割合で流出量を分配して求めることとした。また，流出による流れは池内の鉛直方向密度分布によりその流動範囲が制約され，その流動層厚を以下の式[2]で求めた。

$$\delta_0 = G^{-1/3}\left(Q_{out}/\theta\sqrt{g\cdot\varepsilon_0}\right)^{1/3} \qquad \cdots\cdots(9)$$

ただし，

G；日野・大西の無次元数[3]，Qout；流出量，θ；流出開口角，ε_0；密度勾配，g；重力加速度

である。

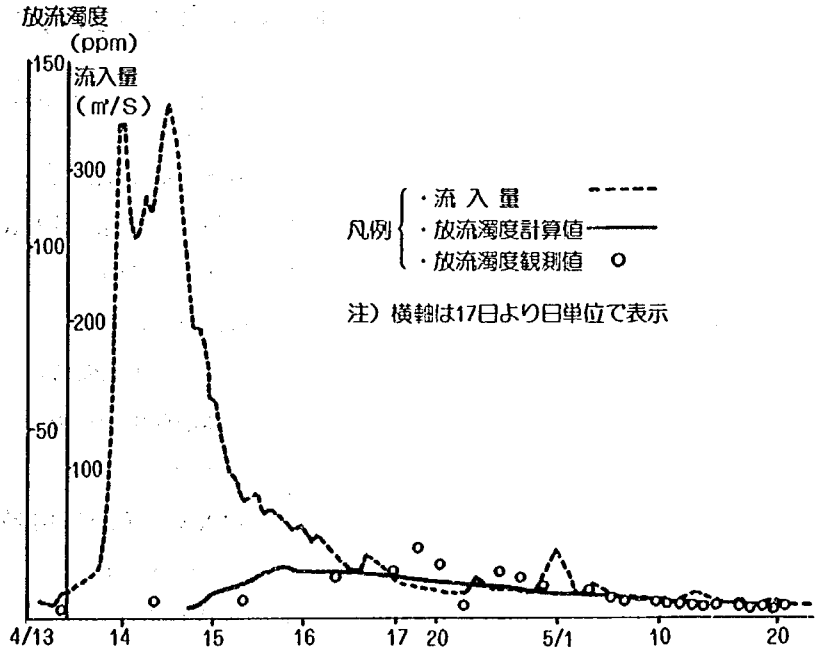
底層については，2次躍層がある場合には，流動状況からみて放流水への影響が及ばないと考えられるので，死水域とみなした。また，濁質の沈降速度は濁質の粒度分布をもとに代表粒径を求め，Stokesの式により与えるものとした。

2.2.2　モデルの検証計算

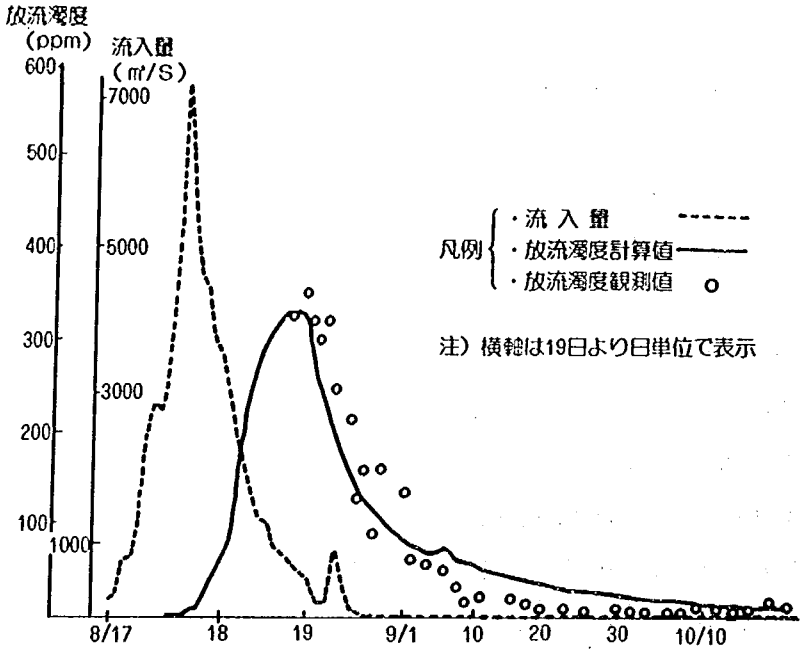
検証計算は全国7ダムについて11ケース行ったが，その中で以下に示す例は二層モデルの検証にも用いたSダムにおける大洪水と小洪水での放流濁度予測計算結果である。今回の計算では2次躍層位置，貯水池内鉛直密度勾配については実測水温分布をもとに与えている。

図－9は昭和51年4月洪水時の計算結果である。このときのピーク流量は約350㎥/sと小規模な洪水であり，貯水池もまだ十分に成層化していない。モデルでは表層を表面取水設備の位置，水深4mに設定し，越流ゲートと表面取水設備の実績操作を再現して計算を行った。全体的に放流濁度は低く，小洪水であるにもかかわらず観測値と計算値は比較的一致している。

図－10は昭和50年台風5号・6号洪水時の計算結果である。この時のピーク流量は約7,200㎥/sと非常に大きな洪水である。計算結果はピークから濁度が急激に減少し，さらに低減状態に達するまでの現象は比較的良好にとらえていると思われる。他ダムにおける検証計算結果については，付録図－1～付録図－10に示す。



図－9　Sダムにおける検証計算結果（昭和51年4月洪水）



図－10　Sダムにおける検証計算結果（昭和50年台風5,6号）

これらの結果より，本モデルが濁水長期化現象を再現することが可能であると同時に，取・放水設備の位置別放流濁度の変化を表現でき，貯水池内が混合されないような小洪水の時の放流濁度も表現できる，より再現性の高いモデルになったと考えられる。

2.2.3　モデルパラメーターの感度分析

三層モデルにより予測計算を行う場合に必要とされるパラメーターとしては，表－1に示すものが挙げられる。また，これらのパラメーターを得るために必要なデータを表－2にまとめた。これらのパラ

表－1　入力パラメーター一覧

貯水位—容量表
貯水位—湛水面積表
貯水位—貯水池平均幅表
取・放水口標高
初期貯水位
表層水深
2次躍層位置の初期値
表層・中層の初期濁度
流入濁度式
鉛直密度勾配の初期値
代表粒径
取・放水量

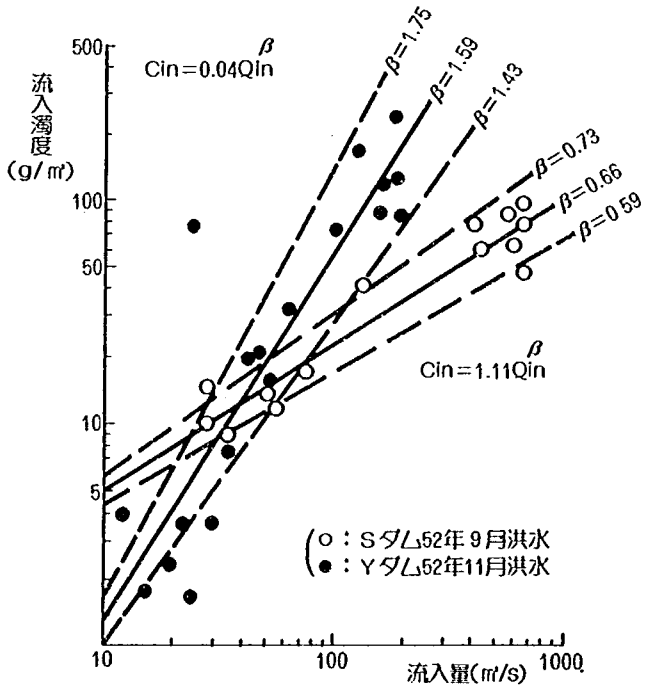
表－2　必要データ一覧

取・放水設備諸元
（型式，標高，最大取・放水量）
貯水池縦断図
貯水位—容量表
貯水位—湛水面積表
貯水池運用ルール
流入量
流入濁度（主に洪水時）
濁質粒度分布
気温年表

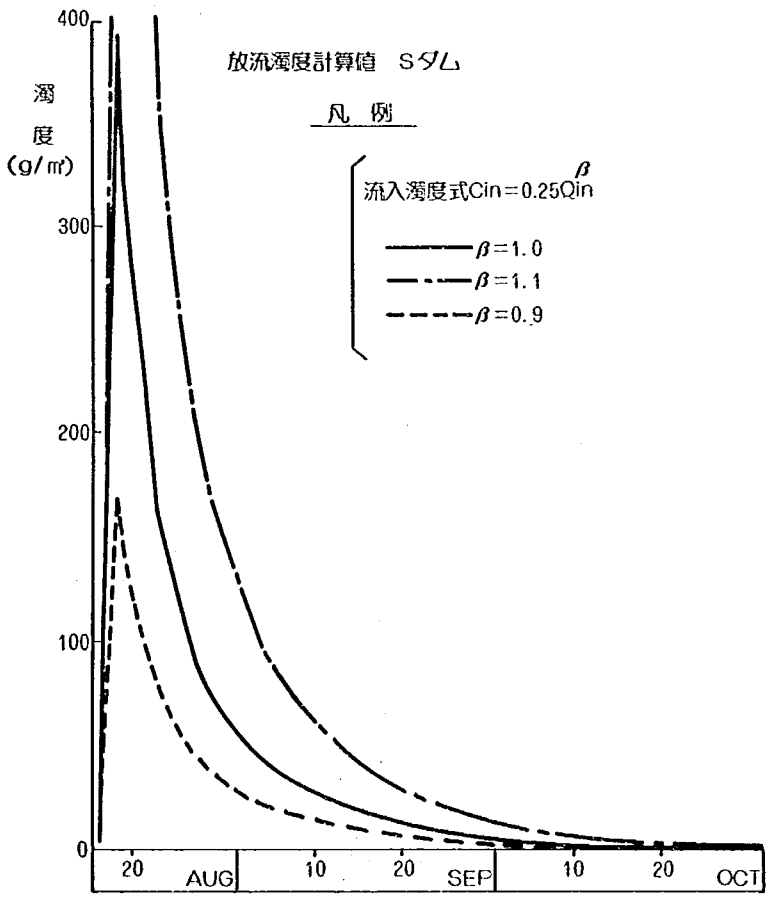
メーターの中で，特に計算結果に大きな影響を与えるものに流入濁度，貯水池内鉛直密度勾配，２次躍層位置，表層水深，濁質粒径等が考えられるが，これらパラメーターが放流濁度に対してどの程度の影響をもたらすかを知るために，パラメーターの感度分析を試みた。以下にその結果を概説する。

(1) 流入濁度式

濁水予測モデルの多くは，貯水池への流入濁度を与える場合，洪水時の流入濁度の連続観測が不可能なことから，図－11(a)のように流入濁度Cin と相関の高い流入量Qin との相関式 $Cin = \alpha Qin^{\beta}$ の形で与えている。この流入濁度式の感度分析結果の１例が図－11(b)である。ここでは流入濁度式のべき乗の項を±10%変化させているが，これは図－11(a)でいえば相関式のほぼ上限および下限の式を与えた場合に相当する。感度分析の結果は放流濁度に対する影響が大きいことを示しているが，このことは流入濁質量の多少が濁水長期化の主要因となっていることを意味している。



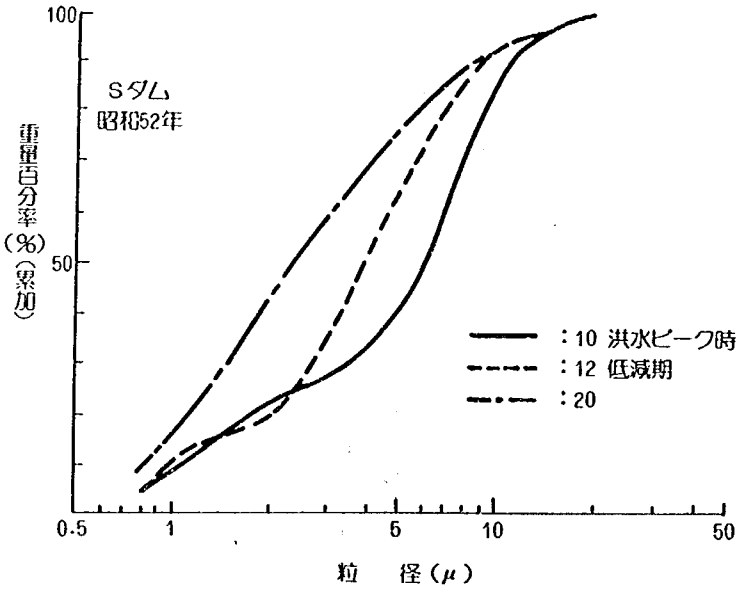
図－11(a) 流入量と流入濁度の関係



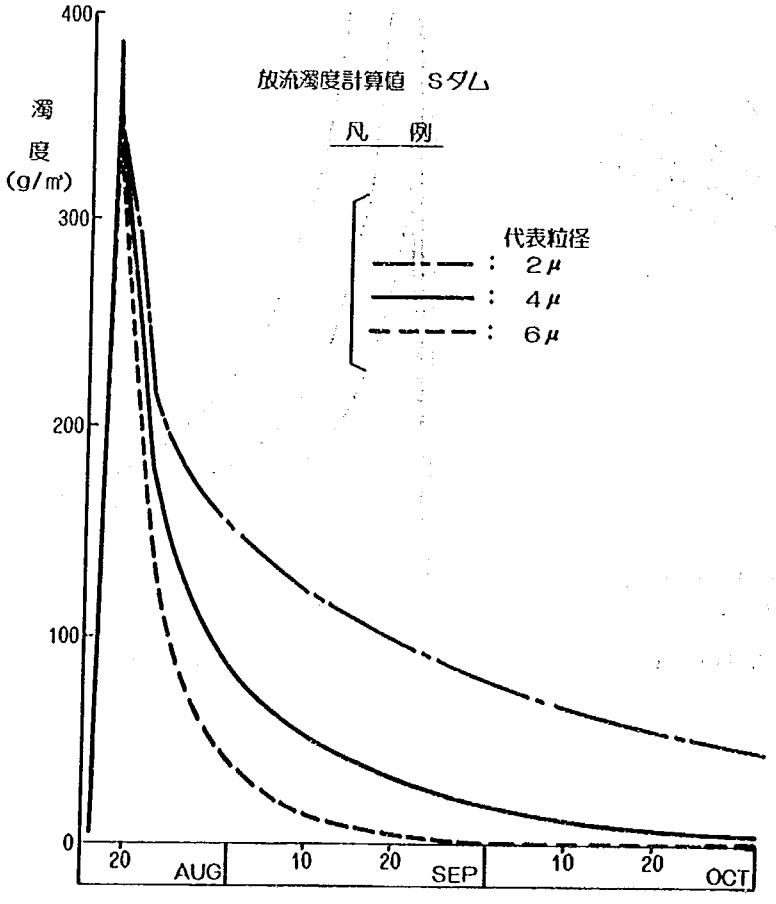
図－11(b) 流入濁度式の感度分析

(2) 濁質の粒径

図－12は洪水時の貯水池流入地点における濁質の粒度分布である。多くのモデルでは，この分布をもとに代表的な粒径を一つ選択し，Stokes の式により濁質の沈降を表現している。そこで図-12をもとに各分布における50%粒径を求め感度分析を行ったのが図－13である。この結果から，濁質の沈降特性は濁度の低減期での影響が非常に大きく，濁水長期化を支配する主要な要因であることがわかる。



図－12　洪水時の濁質粒度分布（S ダム）



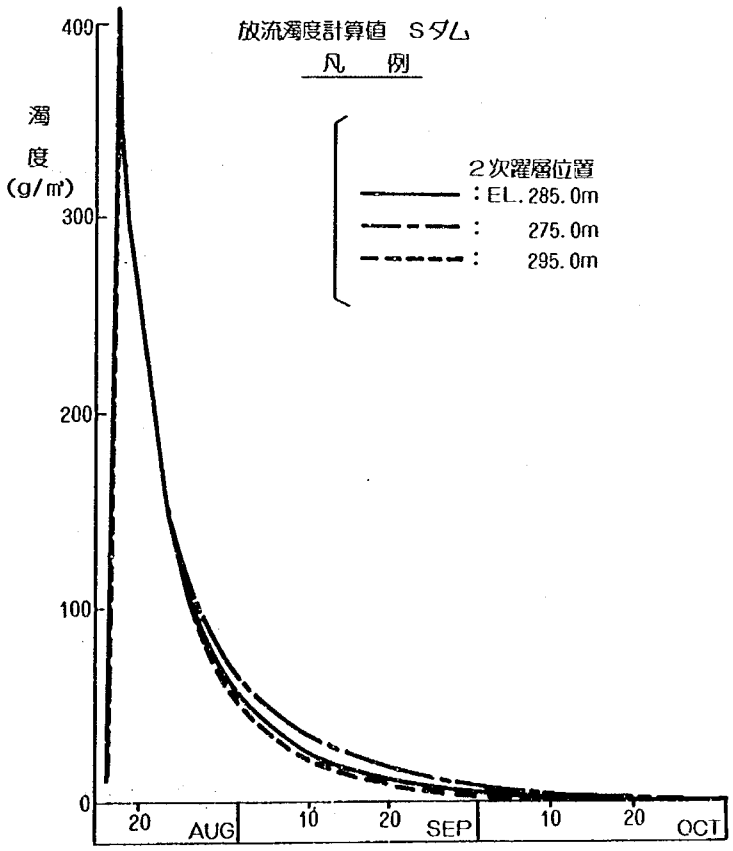
図－13　濁質粒径の感度分析（S ダム）

(3)　2次躍層位置

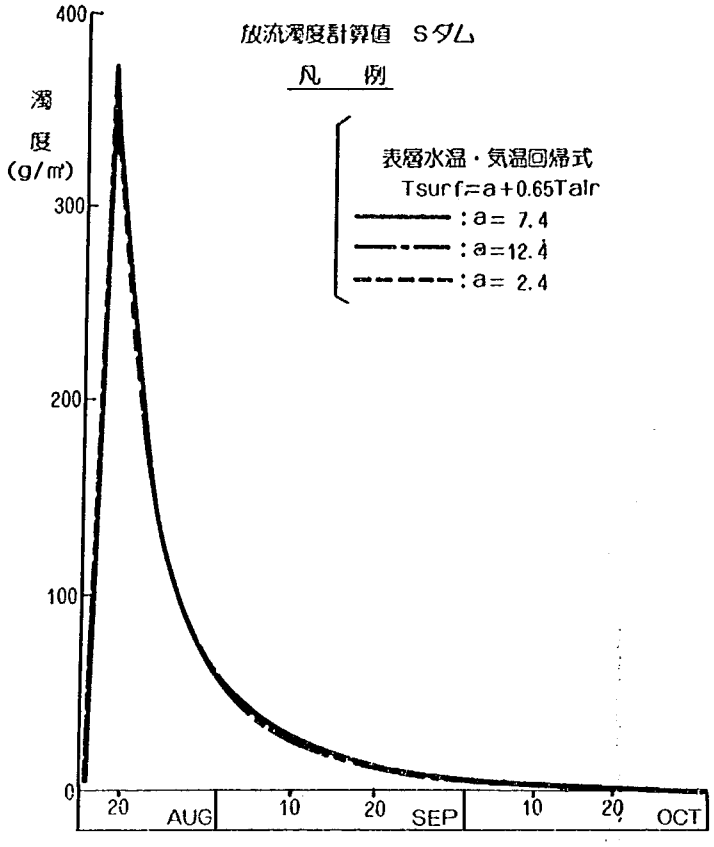
図－14(a)は2次躍層位置の感度分析の結果である。ここでは2次躍層位置を±10m変動させているが，濁度の低減期で若干の差がでているだけである。これは2次躍層位置に変化が生じても，その分の容量の変化は貯留される洪水量からみれば小さいためと考えられる。

(4)　貯水池鉛直密度勾配

本モデルでは貯水池内の鉛直密度勾配は，貯水池表面水温と底層水温を与えることにより設定している。この場合，底層水温は成層型貯水池では年間を通してほぼ一定で，近傍類似ダムから推定することも可能である。一方，表面水温は相関が高い気温との回帰式によって，±5℃以内の誤差精度で推定できる。そこで，表面水温の推定に±5℃の誤差があった場合の放流濁度への影響を調べたのが図－14(b)である。これによって，放流濁度にはほとんど差がないことがわかる。これは結局，密度勾配の変化により変わるのは流動層の厚さであり，表面水温が±5℃違っても流動層は数m程度しか変化せず，しかもその分布形状からみても各層からの流出の比はあまり変わらないためと考えられる。



図－14(a)　2次躍層位置の感度分析



図－14(b)　貯水池鉛直密度勾配の感度分析

2.2.4　パラメーターの設定方法と現地観測

パラメーターの感度分析結果によれば，表－1に列挙した入力パラメーターの中で計算結果に大きな影響を与えるパラメーターがいくつかあり，これらを適確に設定して入力することが，モデルの精度向上には重要である。また，現地での観測頻度，方法等に左右されるパラメーターもいくつかある。さらには，建設予定ダムでの濁水長期化予測を行うに際して，当然のことながら貯水池内の流動形態は未知であるので，それらをなんらかの方法で推定しなければならない。例えば，表－1の入力パラメーター中，2次躍層位置，鉛直密度勾配等については，ダム建設前には得られないものである。

ここでは，これらのパラメーターの推定方法と現地での観測について述べるものとする。

(1)　流入濁度

濁水予測を行うにあたっては，入力データとして貯水池への流入濁度を必要とする。特に流入濁度は非常に重要なデータであるので，理想的には予測期間にわたって連続的に流入濁度の観測値をインプットすることであるが，現実的には不可能である。従って，通常は流入濁度と相関の高い流入量との回帰式を用いて，流入濁度を与えている。

この回帰式を各貯水池で作ってみると，回帰係数は貯水池によって様々であり，また，同一貯水池でも各洪水によってもやや違っている。しかしながら，予測計算を行うに当っては，流入量と流入濁度のデータを流量の大きい時から小さい時まで多く収集することによって流入濁度式の精度を向上させることができる。

図－15はN川における流入濁度と流入量の相関図である。この場合では洪水の立ち上がりから低減するまでの期間を1時間ピッチで観測したものであり，流入量と流入濁度の関係はかなり高い相関性を示しており，これを用いた予測は，信頼性の高いものとなるであろう。

(2) 濁質の粒径

懸濁物質の沈降特性は濁水長期化を支配する主要な要因であり，このことは 2.2.3(2)の感度分析結果からも確認できた。従って，この沈降特性をモデルにどう組み込むかがモデル構成上の主要な課題となってくる。

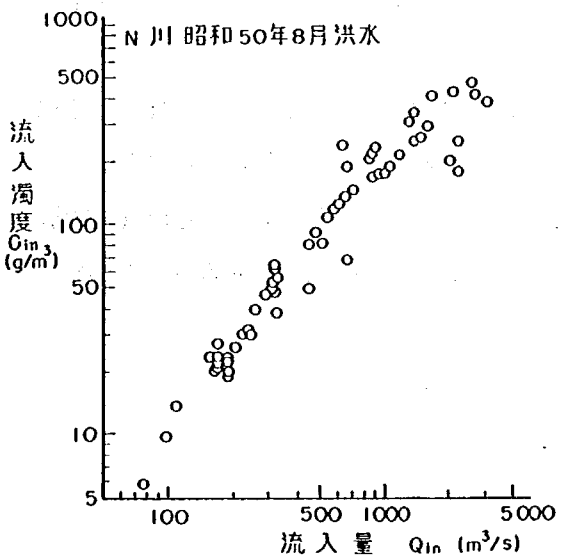
従来は，懸濁物質の粒度分布からひとつの代表的な粒径を選び，Stokesの式から沈降速度を求めるのが一般的であったが，濁質の粒度分布特性を考慮していくつかの粒径を組み合わせることにより，実際の現象をよりよく再現できると考えられる。[4)]

具体的な方法を図－16の粒度分布を例に述べると，まず粒径10μ以上のものは濁水長期化には影響しないと考え，10μ以下の粒度分布について図のように直線近似できる区間をd_1，d_2で区分して，d_0～d_1，d_1～d_2，d_2～d_3の各区間の代表粒径をそれぞれ求めることとした。例えばd_1～d_2区間の代表粒径をd_{12}とすると，Stokesの式では沈降速度$V_{12}=\alpha d_{12}^2$で表わされ，その区間の各粒径の沈降速度をV_{12}，存在比率をΔfとすると単位面積あたり毎秒の濁質沈降量は，d_1～d_2間の存在確率を一様とすると，

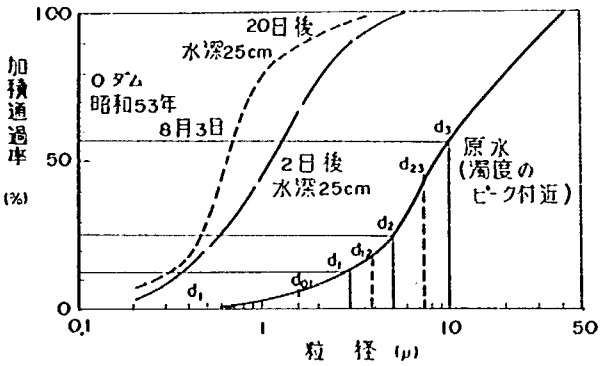
$$C\cdot\Delta f\cdot V_{12}=C\cdot\Delta f\cdot\alpha\cdot d_{12}^2=\int_{d_1}^{d_2}C\cdot\frac{\Delta f}{d_2-d_1}\cdot\alpha\cdot x^2\cdot dx$$

故に，

$$d_{12}=\left\{\frac{1}{3}\left(d_1^2+d_1d_2+d_2^2\right)\right\}^{1/2} \qquad \cdots\cdots(10)$$



図－15 流入量と流入濁度との関係（N川）



図－16 室内沈降試験による粒度分布

同様にして，d_0～d_1，d_2～d_3 間の代表粒径を求めることができる。

また，この例では3粒径としているが，粒度分布によっては計算に用いる粒径の個数を変えることもできる。

このように粒径をいくつか組み合わせて予測計算を行った例が図－17である。ここでは代表粒径を3粒径とし，さらに，洪水期間中の濁質の粒度分布は時間的に変動するので，粒径の比率をピーク付近，低減期とで変えている。その結果，単一粒径の場合と比較して，粒度分布特性を考慮した場合の方が濁度の低減期における再現性が良いことが示されている。

計算では各粒径ごとに放流濁度を計算した後，各粒径の放流濁度を重ね合わせる方法を取っているため，放流水の粒度分布も計算でき，放流水の粒度分布の観測値との比較が行える。また，シリーズダムで予測を行う場合には下流ダムへの入力パラメーターとすることができるといった利点もある。

このような方法で濁質粒径を設定するためには，濁質試料を洪水の立ち上がり，ピーク付近，低減期などに流入地点で収集するのが望ましい。

また，室内沈降試験により静水中での濁質の沈降特性を実際に確かめることも有意義である。図－16はその室内沈降試験により得られた粒度分布である。この試験は，全高2.1m，内径10cmの管に現地で採集した濁質試料を入れて静置し，2日後，20日後の水深25cmでの粒度分布を測定したものである。これによりStokesの式による沈降速度との検証を行い，計算に用いる粒径をチェックすることができる。

(3) 2次躍層位置

2次躍層の位置およびその洪水に伴う低下量の推定には，次のCrayaの式[5),6)]を用いる。

$$\frac{V_c}{\sqrt{g \cdot \varepsilon \cdot Z_o}} = 3.25 \left(\frac{Z_o}{D}\right)^2 \qquad \cdots\cdots(11)$$

ここに，

V_c；表層水のみを取水する取水口で限界流速，g；重力加速度，ε；相対密度差（$=(\rho_1-\rho_2)/\rho_1$），ρ_1，ρ_2；それぞれ表層，底層の密度，Z_o；2成層境界面より取水口中心までの高さ，D；オリフィスの直径（$D \ll Z_o$）

この式は図－18に示すように水温躍層面が存在して，明確な密度の異なる2成層が形成されている場合に，底層からの混入をさけ表層からのみオリフィスより取水する限界取水流速を求める式である。ここで流速が大きくなると低層からの連行が生じ躍層は低下し，底層連行の限界流速を生じる位置で躍層面が平衡すると考えられる。このことから，ある流量に対する躍層の安定する位置を求めることができる。

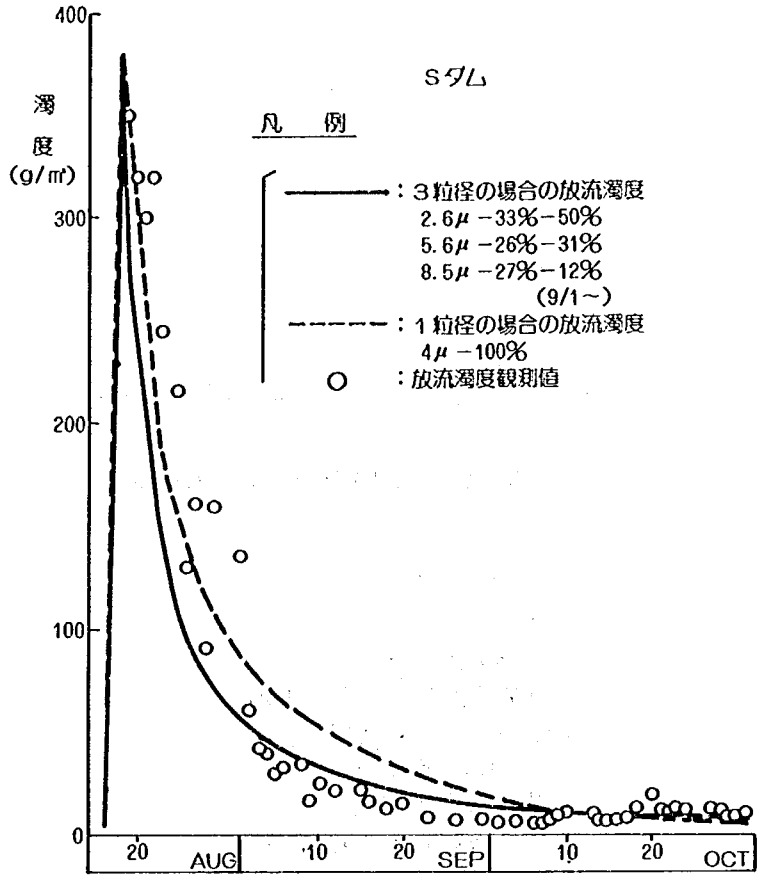
式(11)で

$$V_c = \left\{ \frac{Q_o}{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)} \right. \qquad (Q_o；放流量)$$

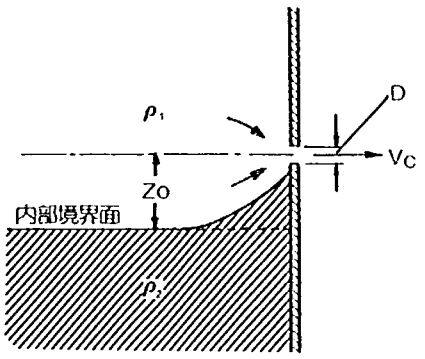
とおき変形すると，

$$Z_o = 0.436\, Q_o^{0.4} \cdot \varepsilon^{-0.2} \qquad \cdots\cdots(12)$$

となる。



図−17　粒度分布を考慮した計算例



図−18　スリットまたはオリフィスによる上層水の横方向取水

図−19は式(12)を用いて洪水後の2次躍層位置を計算し，実測値と比較したものである。計算値は実測値と比べてややばらついているものの，2.2.3，(3)における感度分析結果より放流濁度への影響は流入濁度式，濁質粒径ほど大きくなく，本モデルに適用するとき精度的には一応十分であると判断される。

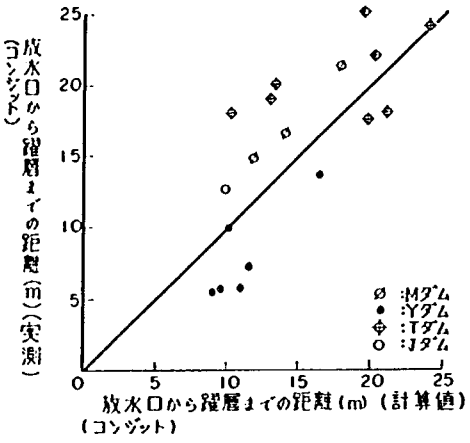
(4)　貯水池鉛直密度勾配

成層型貯水池では2次躍層以下の底層の水温は年間を通してあまり変化せず，5〜10℃の範囲にあるものが多い。図−20は全国の多目的ダムのうち成層型貯水池の5月〜9月の底層水温の平均値を緯度別に表わしたものである。緯度の高い地方のダムのデータが少ないが，緯度が低くなるにつれて底層水温は高くなっている。

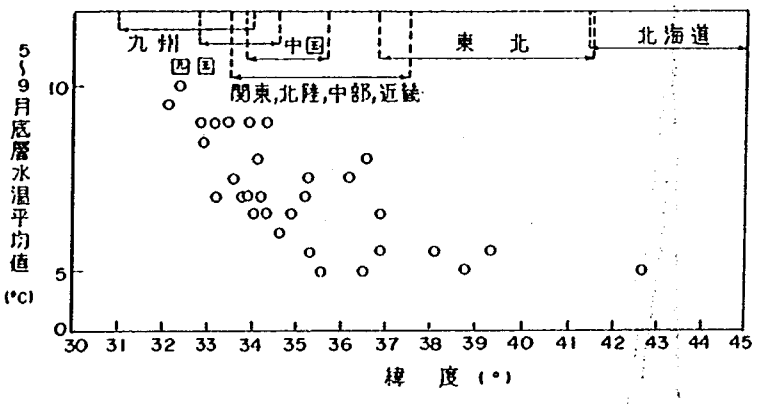
また，貯水池表層の水温は気温との相関が高いと言われており[7]，これらの関係から貯水池内の平均的な密度勾配を求めることができる。つまり，貯水池表層の密度をρ_1，底層の密度をρ_2，2次躍層の水深をHとすると密度勾配 ε_0 は次式で表わされる。

$$\varepsilon_0 = \frac{\rho_2 - \rho_1}{H} \qquad \cdots\cdots(13)$$

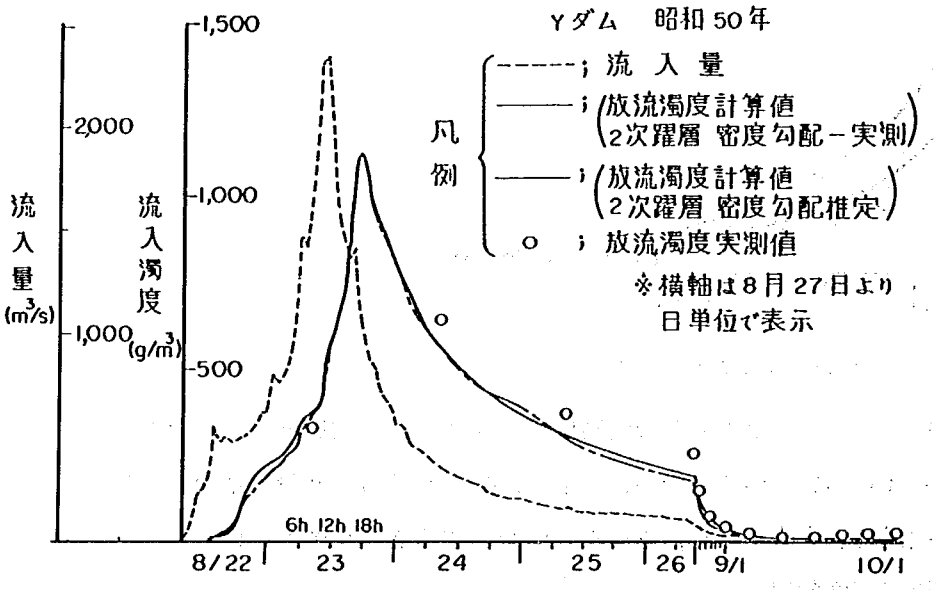
貯水池表層水温と気温の回帰式を全国の10ダムについて求めてみると，各ダムでの回帰係数はあまり差がなく，2.2.3(4)の密度勾配の感度分析結果からも放流濁度への影響度合が小さく，建設予定ダムでの予測の場合には既設の近傍類似ダムでの回帰式を利用しても十分である。



図－19　Crayaの式による2次躍層位置の推定（洪水後）



図－20　底層水温～緯度関係図（成層型貯水池）



図－21　2次躍層位置，密度勾配の推定方法の検証計算結果

(5)　2次躍層位置および密度勾配の推定法の検証

(3)および(4)でそれぞれ述べた2次躍層位置，密度勾配の推定方法により予測計算を実施した場合，それらを実測の水温分布から求めた値で与えた場合と比較してどの程度の差異があるかを確認するために，既設ダムで検証計算を行った。図－21にその結果の一例を示した。図をみると両者ともにほぼ同様な結果を示しており，建設予定ダム等で濁水予測計算を実施する場合には，これらの方法により2次躍層位置，密度勾配を推定することができる。

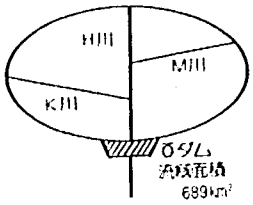
2.2.5　三層モデルの現地適用

上述の三層モデルの詳細な検討結果より，建設予定ダム等でのダム放流濁度の予測が可能であると考えられるので，本モデルを用いて実ダム貯水池の放流濁度の予測を行った。

予測計算を実施したダムは3ダムで，いずれも現在建設中の直轄ダムである。以下にその概要について述べる。

(1) Ō ダムにおけるダム放流濁度の予測

Ō ダムは総貯水容量が約6,600万㎥の多目的ダムである。図－22にその流域概要図を示すが，地理的には日本有数の多雨地帯に位置している。また，近傍ダムにおいて濁水長期化問題が生起しており，Ō ダムもその可能性の高い地域に該当している。



図－22　Ō ダム流域概略図

出水の特徴としては，そのほとんどが台風に起因するものであり，計画高水流量は6,000㎥/sにもおよぶ。従って，放流設備も相当大きなものとなっている。また，発電・利水の取水は，通常，選択取水設備により行われている。

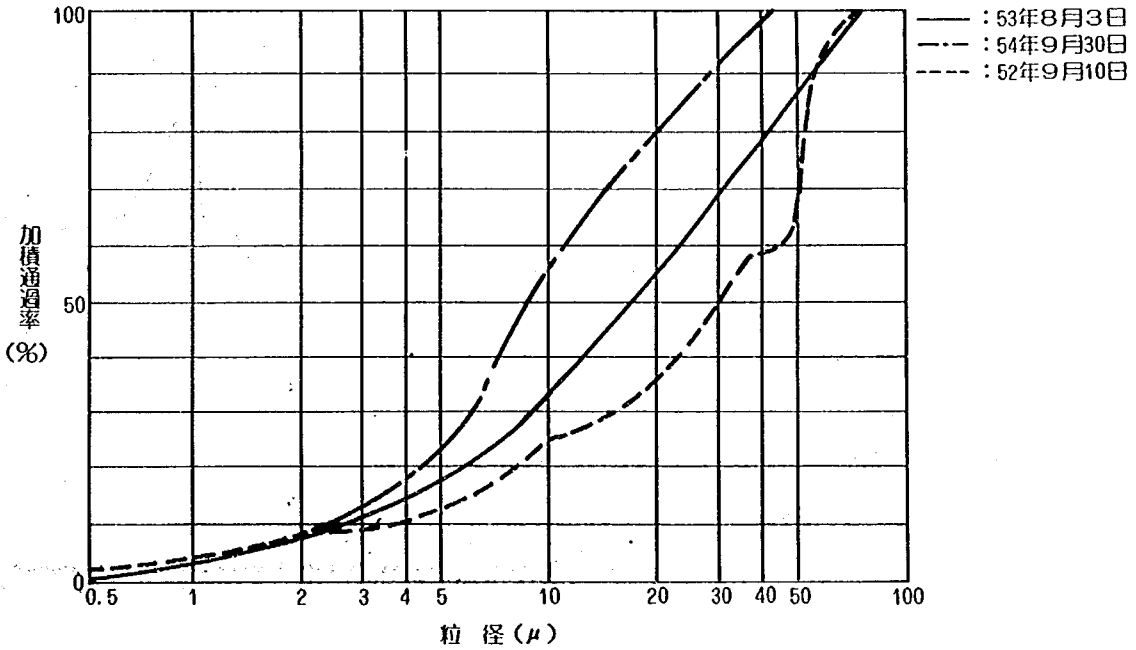
回転率（α）については，12～28回／年程度の値を示しており，貯水池の成層状況はほぼ中間型に分類される。

予測計算では，既往の洪水データをもとに6ケース実施した。Ō ダムの流入地点で得られた濁質の粒度分布，流入量―流入濁度の相関図を図－23，図－24にそれぞれ示す。これらの図より，濁質の粒度分布は50%粒径で約8μであまり小さくない。また，流入量と流入濁度の関係を見ると相関性はかなり良いが，他ダムと比較して流量に対する濁度の割合が相当小さいようである。

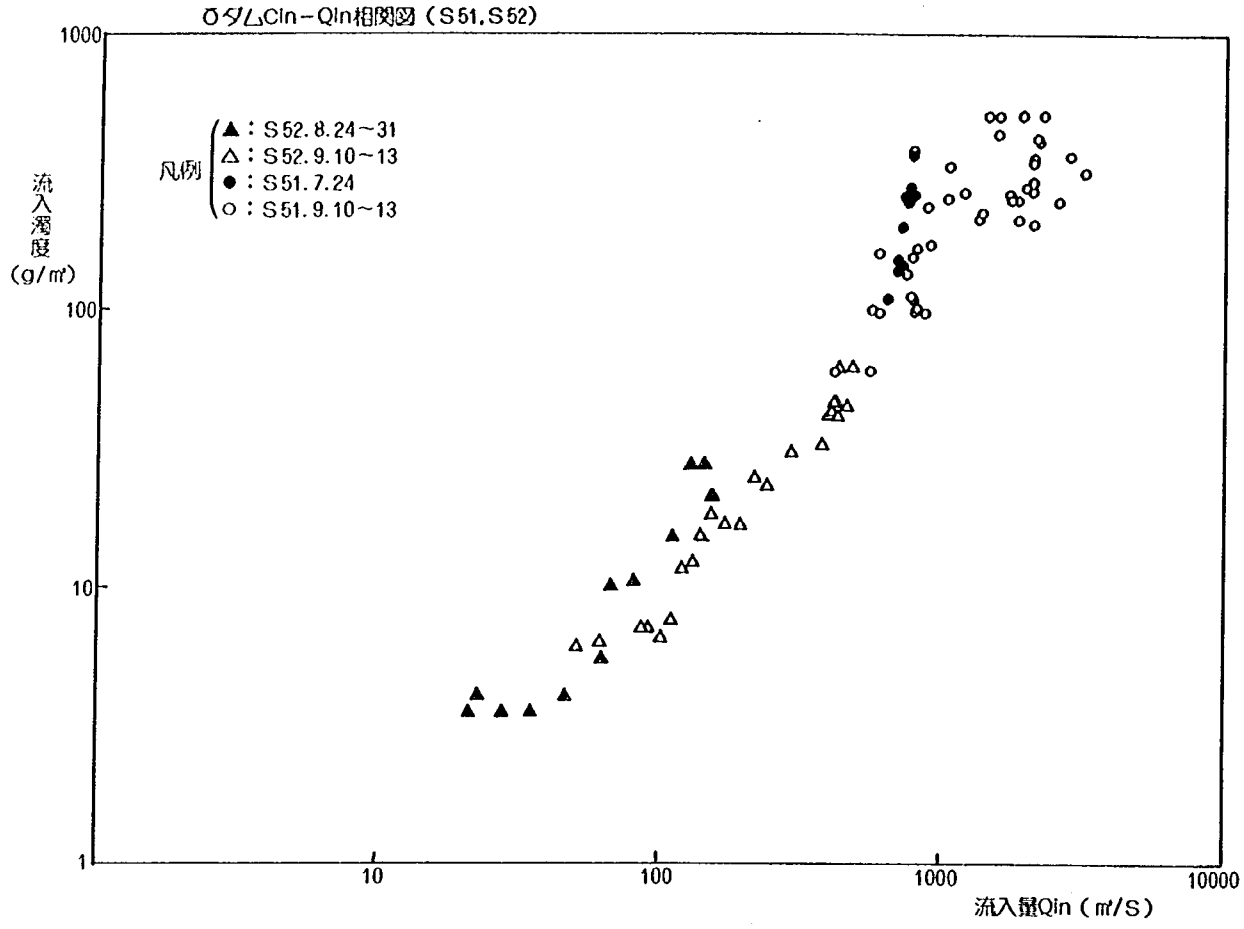
予測計算を行うにあたっては，表－3に示す計算条件を用いた。計算結果を図－25(a)から図－25(f)に示す。

この結果より，Ō ダムでは最高でも洪水後1週間以内で放流濁度は10g/㎥以下になっており，濁水期間を河川の水質基準であるSSが25g/㎥以上となっている期間と仮に定義すれば，濁水長期化現象がほとんど生じないものと思われる。

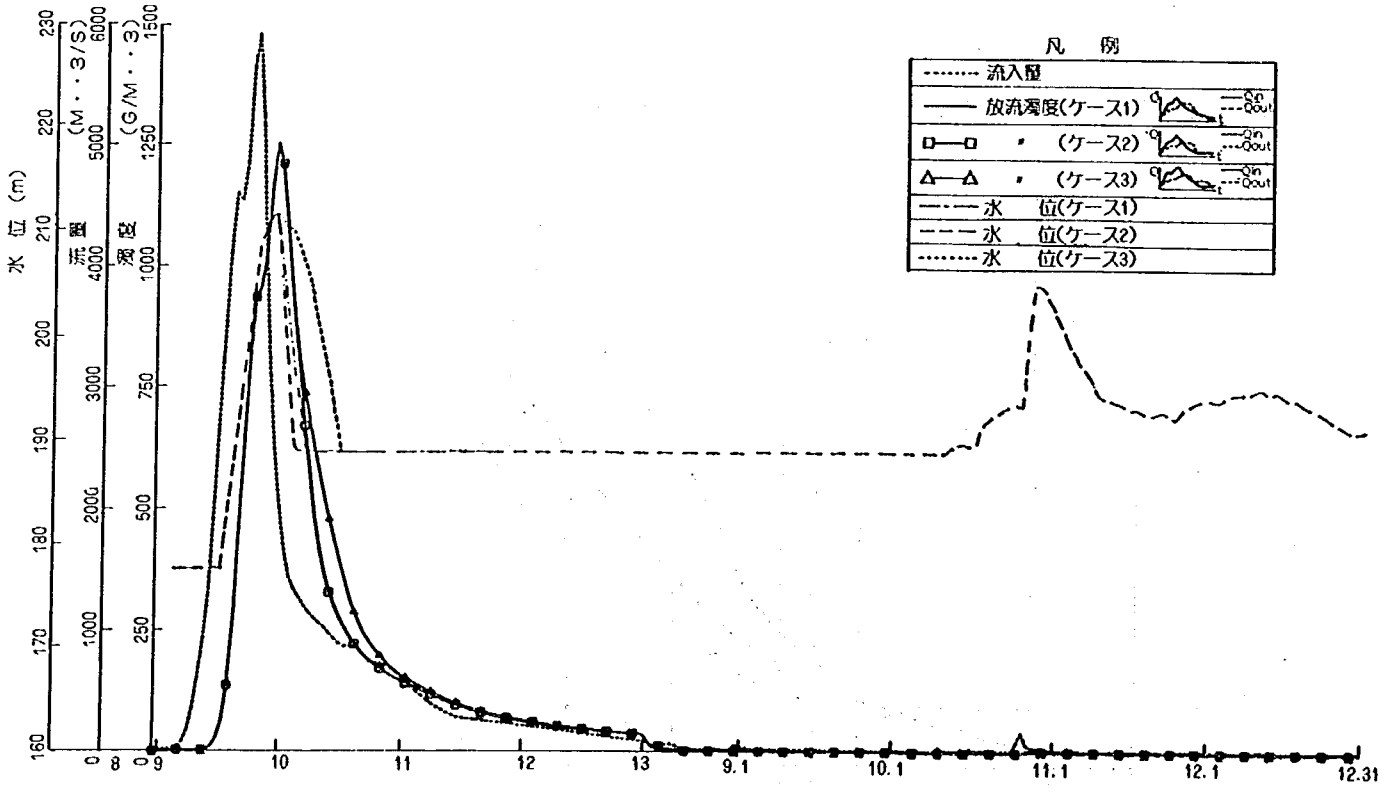
一方，粒径を1μ－100%として与えて同様の計算を実施した結果，放流濁度が10g/㎥以下に低下するのに要する日数は約10日となり，ほとんど違いが生じない。この理由としては以下のことが考えられる。



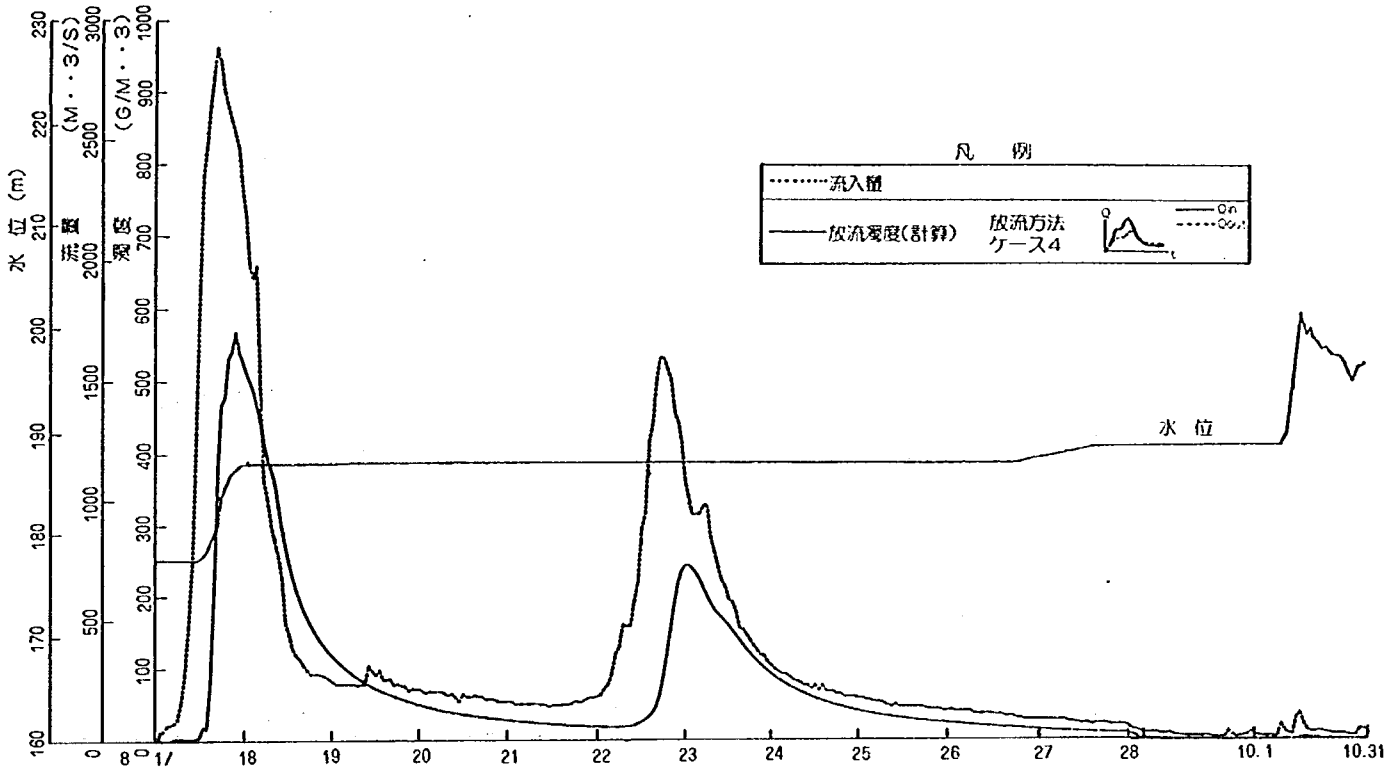
図－23　濁質の粒度分布（Ō ダム）



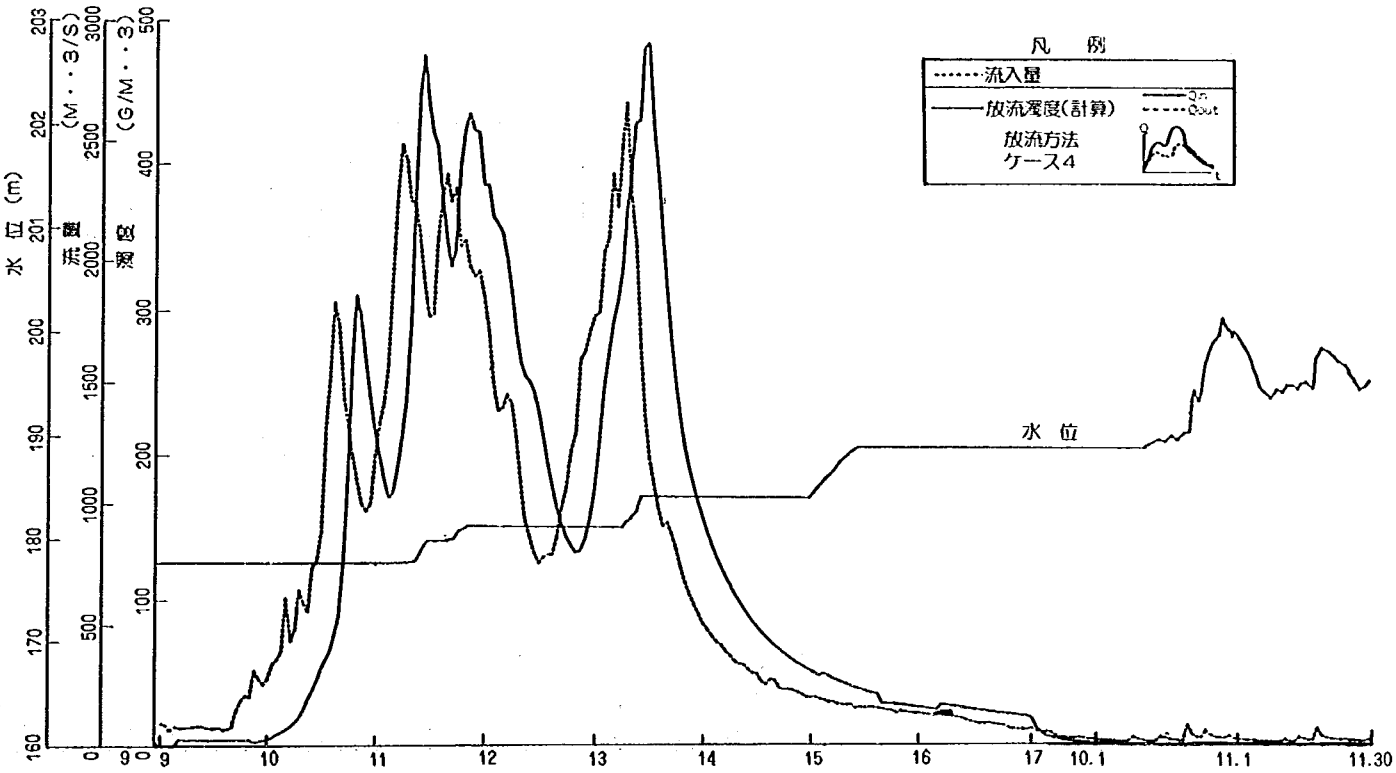
図－24　流入量と流入濁度の関係（Ōダム）



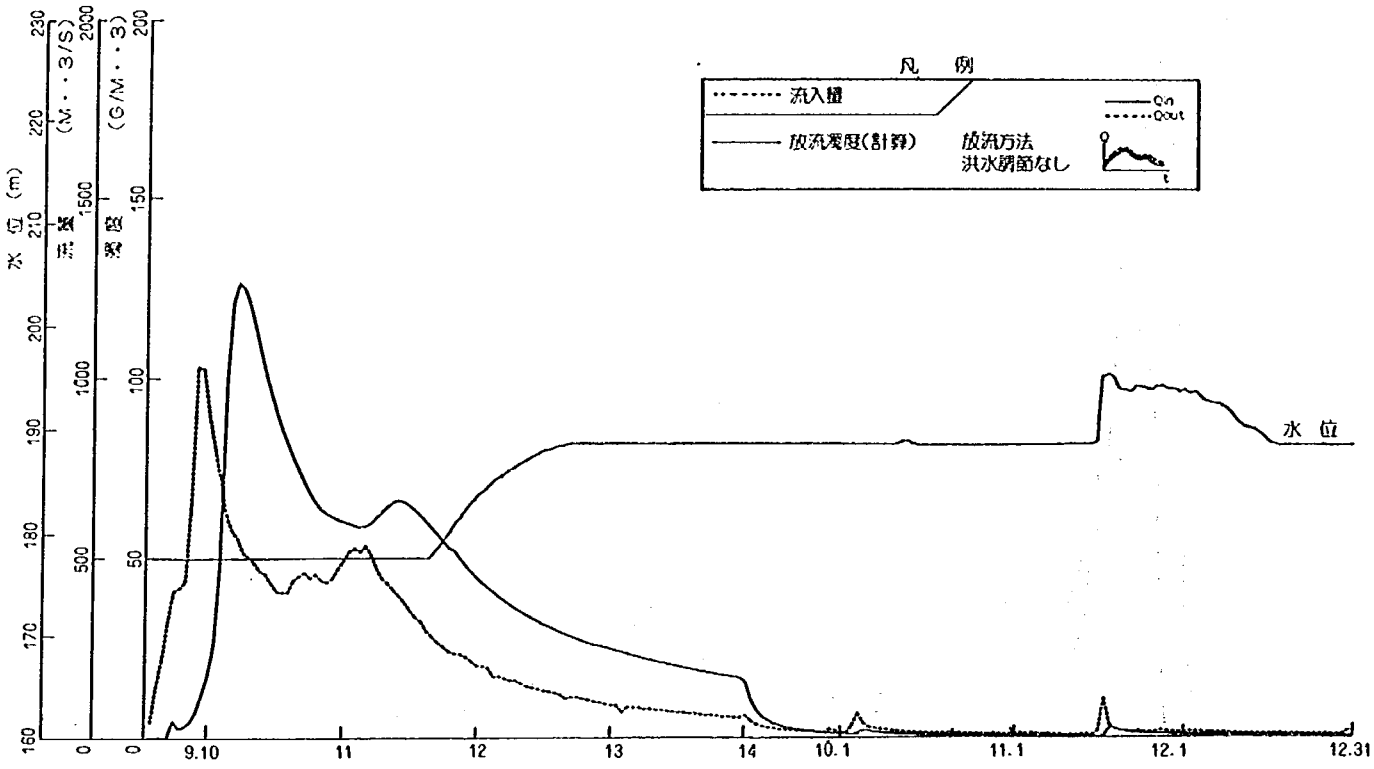
図－25(a)　予測計算結果（Ōダム　昭和38年8月洪水）



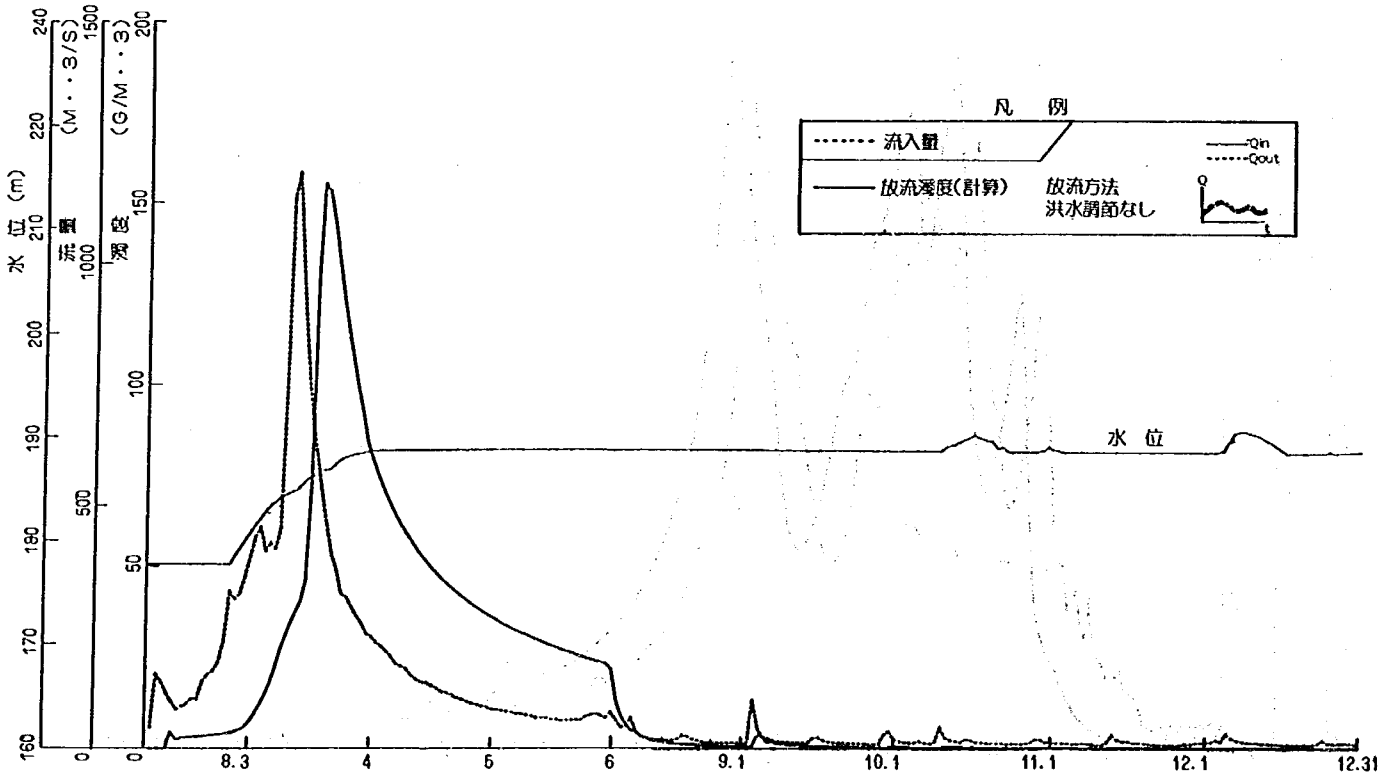
図－25(b)　予測計算結果（Ōダム　昭和50年８月洪水）



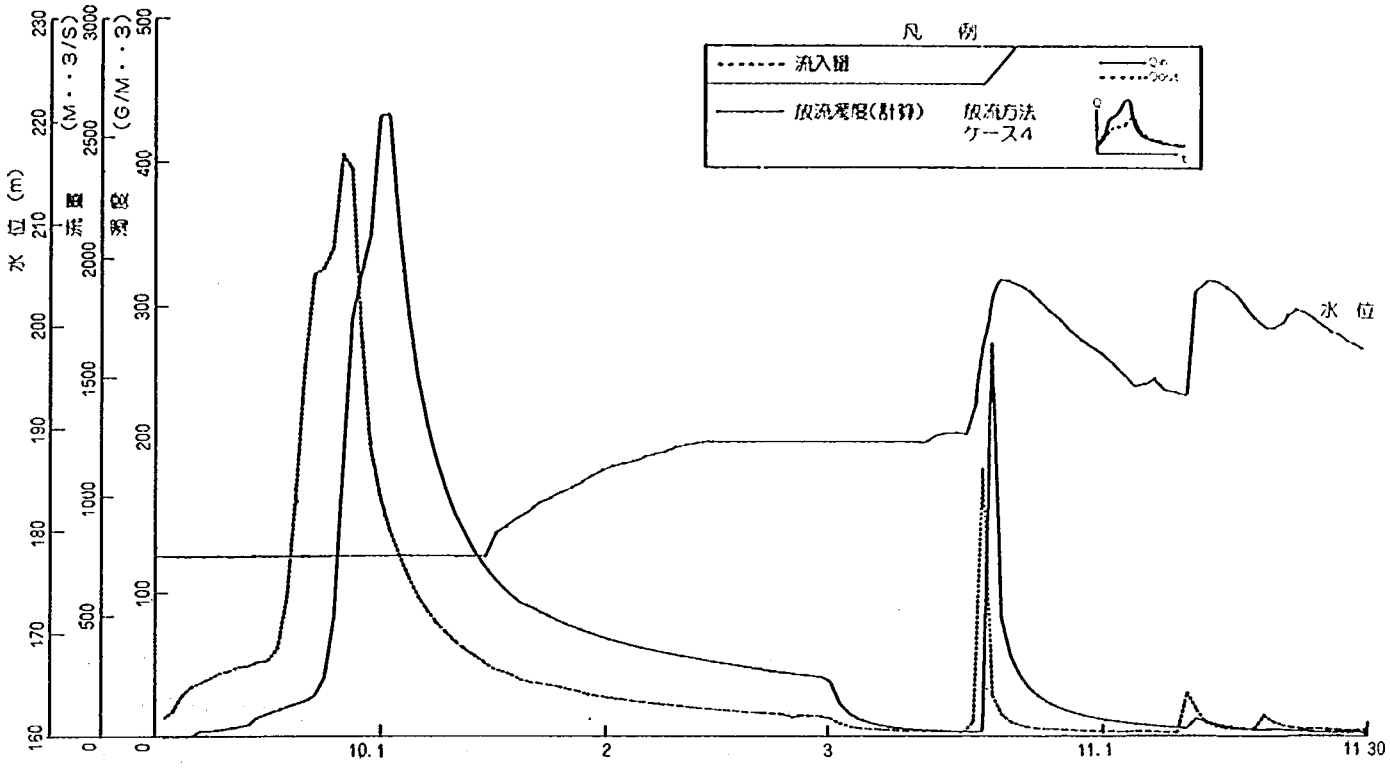
図－25(c)　予測計算結果（Ōダム　昭和51年９月洪水）



図－25(d)　予測計算結果（Ōダム　昭和52年９月洪水）



図－25(e)　予測計算結果（Ōダム　昭和53年８月洪水）



図－25(f) 予測計算結果（Ōダム 昭和54年9月洪水）

表－3 計 算 条 件 一 覧

計算条件＼洪水名		S.38.8	S.50.8	S.51.9	S.52.9	S.53.8	S.54.9
計算期間		8月9日～12月31日	8月17日～10月30日	9月9日～11月30日	9月9日～12月31日	8月2日～12月31日	9月30日～11月29日
洪水時の入力データ時間間隔		1 h					
流入水温		20℃ 1)	Nダムの気温と流入水温の回帰式 2) $T_W = 3.39 + 0.656 T_A$ より計算する。				20℃ 1)
表層水深		4 m					
表層水温		20℃ 1)	Nダムの気温と表層水温の回帰式 3) $T_S = 3.55 + 0.794 T_A$ より計算する。				20℃ 1)
流入濁度		昭和50年8月～昭和54年10月までの10洪水より作成した流入濁度と流入量の回帰式 4) $C_{in} = 0.047 Q^{1.1823}$ より計算する。					
支川面積比(%)		本川＝100 %					
表層貯水池内濁層の初期層		2.5 ppm 5)					
中層貯水池内濁層の初期層		4.5 ppm 5)					
濁質粒径 6)		代表粒径 1 μ 比率 10% 5 μ 25% 10 μ 65%					
時間遅れ 7)		3 h					
2次躍層の位置		156.8 m（コンジット呑口中心標高）8)					
貯水池底の標高		130.0 m					
密度勾配 9)		底層水温を8℃とし，気温から計算で求めた表層水温とから密度勾配を求める。					
流入量	時間	流入 地点流量					
	日	流入 地点流量			堰 地点		
放流量（方法）		ケース1 10)	ケース4		洪水調節なし	ケース4	
		ケース2 10)					
		ケース3 10)					

(a) 流入濁度式の回帰係数が小さく，流量が大きい割には流入する濁質量が少ない。

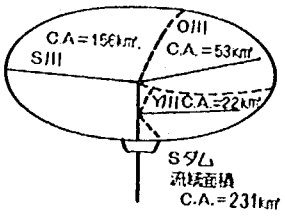
(b) 濁質の粒度分布から見て，濁質粒径の比較的大きいものが多い。

(c) 洪水時の放流量が大きいために，貯水池へ流入した濁質の大部分が比較的短期間でダム下流に放流されてしまうようである。

(a)および(b)については，今後も粒度分布，流入濁度の観測を行い，本予測計算で用いたものと比較しチェックする必要があると考える。

(2) Sダムにおけるダム放流濁度の予測

Sダムは，総貯水容量約1億m³の大規模ダムで，貯水池の年回転率は平均0.6回/年の成層型と推定される。図−26にSダムの流域概要図を示す。



図−26 Sダム流域概要図

予測計算では流域内の各支川ごとに，流入濁度式，濁質粒径と各粒径の占有比率を現地観測資料をもとに与えた（図−26の表参照）。ここで，濁質粒径10μ以上は濁水長期化に影響しないと考え，10μ以下の粒度分布について3種類の粒径で代表させた。ダムの取・放水設備は発電・利水専用の選択取水設備を取水深3mの表面取水方式で運用し，洪水調節はコンジットにより行うものとして計算を行った。

図−27はそのSダムでの放流濁度の予測計算結果の1例である。この例では計画高水波形を対象洪水として設定し，洪水後約3ケ月間について以下の3ケースの予測計算結果である。

① 発電取水量を常時14.36m³/sとしたケース

② 発電取水量を常時30.0m³/sとしたケース

③ Y支川流域の流入濁度式および濁質粒度分布をO川と同じとしたケース

③は流入濁度式および濁質の粒度分布からみて，濁水長期化への影響が大きいと考えられるY支川流域の影響がどの程度であるかを検討したケースである。

図−27から以下のことが言える。

(a) ①と②のケースを比較すると放流水の清澄化に要する日数にかなりの違いが生じている。この違いは，貯水池に貯留された濁質を②のケースでは①よりも早く放流したためである。

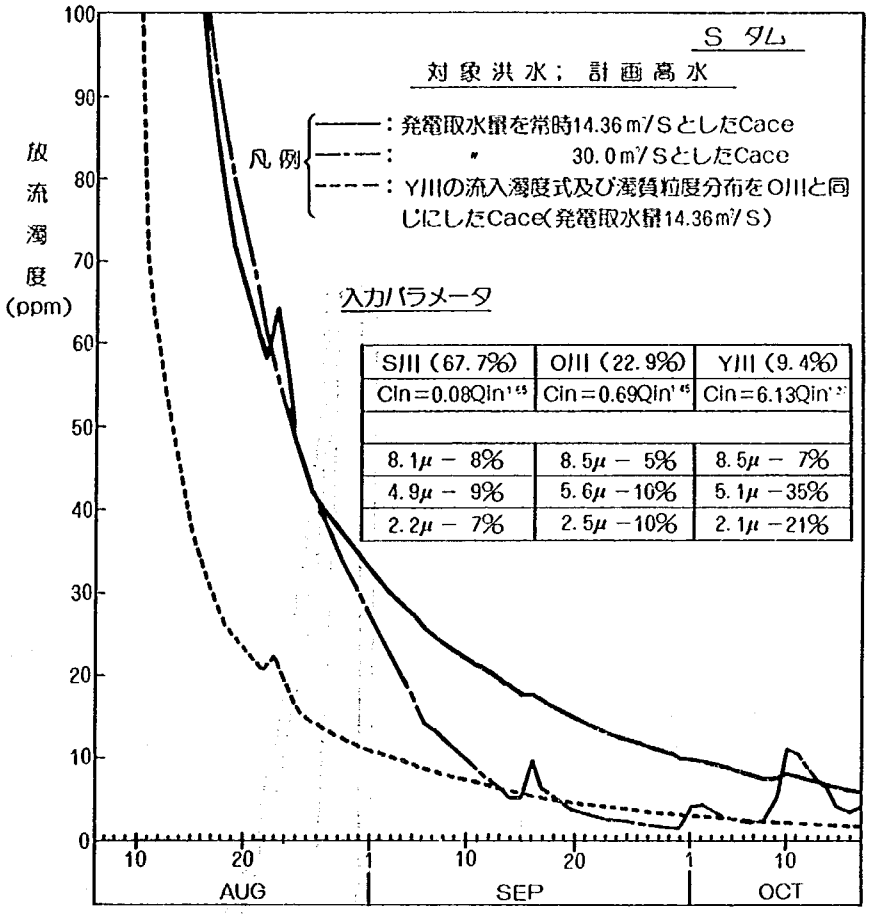
(b) ③のケースは①，②と比べると放流水の清澄化の日数が大幅に違っており，Y支川流域は濁水長期化への影響が非常に大きいと言える。従って，流域面積の小さいY支川流域において何らかの濁水長期化対策を実施するのが効果的であろう。

(3) Nダムにおけるダム放流濁度の予測

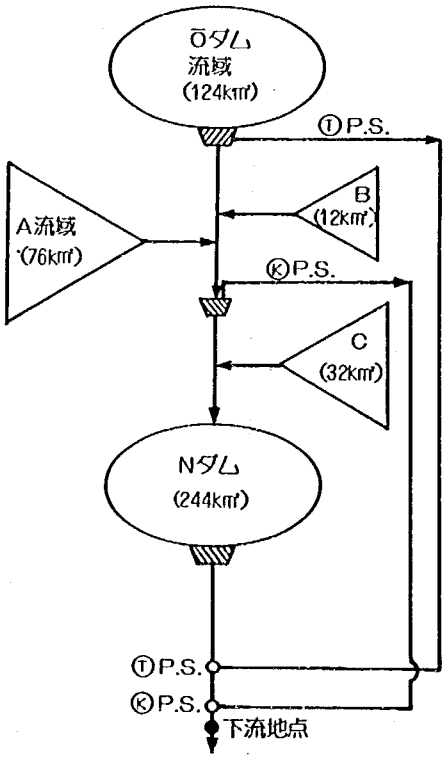
Nダムは，総貯水容量8,200万m³，流域面積244km²の多目的ダムである。図−28にその流域模式図を示す。図のようにNダムの上流に発電専用のOダムや，発電取水堰が存在するためNダム流入地点での流量と濁度の相関性が低い。そこで，今回の予測計算では次の手順で行った。

まず，Oダムの放流濁度の予測計算を行い，その放流水にA流域，B流域，C流域からの濁質を加え，それをもとにNダムの放流濁度，Nダム下流地点の濁度の予測計算を行った。

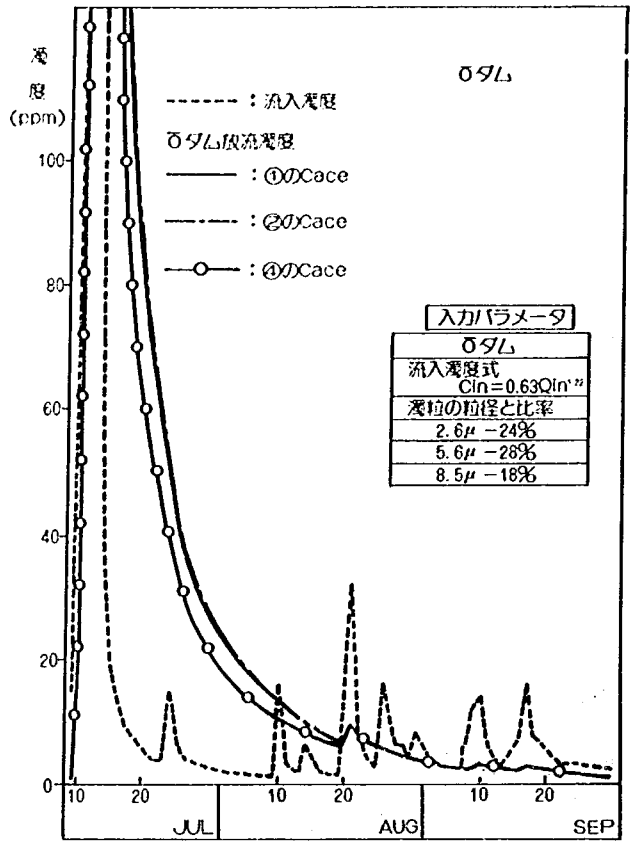
図−29(a)，(b)，(c)は以下の4ケースについて計算を実施した結果の1例である。



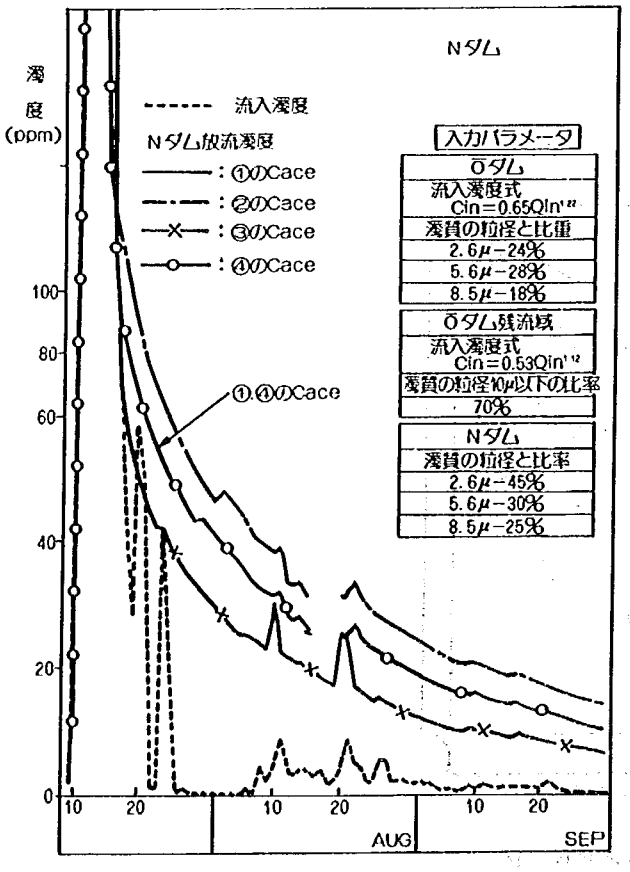
図−27　Sダム放流濁度予測計算結果



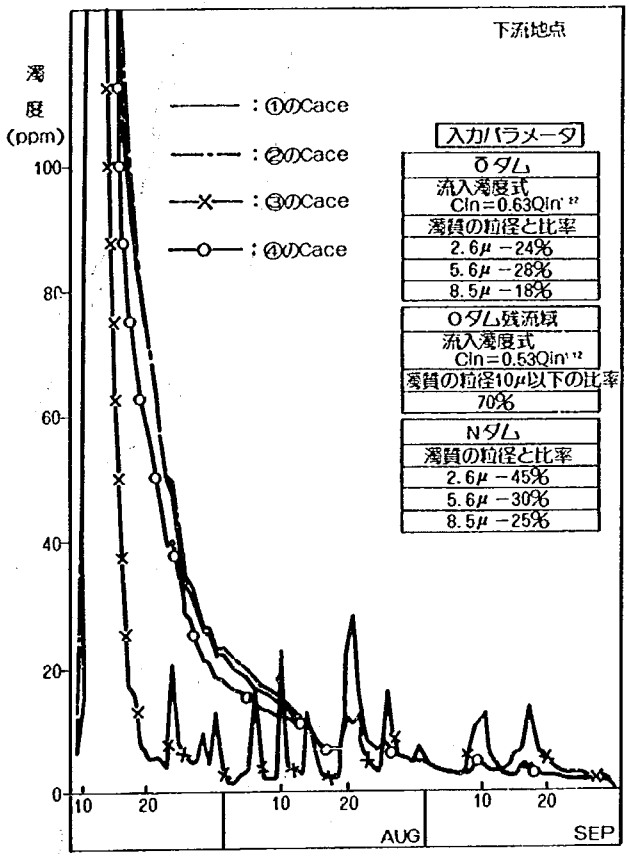
図−28　Nダム流域模式図



図−29(a) 予測計算結果（Ōダム）



図−29(b) 予測計算結果（Nダム）



図−29(c) 予測計算結果（Nダム下流地点）

① 計算開始水位をŌダム，Nダムともほぼ洪水時期制限水位に設定したケース

② 計算開始水位とŌダム，NダムともL.W.Lに設定したケース

③ Ōダムが存在しない場合のケース

④ Ōダムで表面取水により発電用水を取水したケース

図－28から以下のことが言えよう。

(a) ①はほぼ実際の洪水時の運用方法に近いものと考えられるが，このケースではNダム直下流ではŌダム直下流に比べて約二週間濁水放流期間が長くなっているが，Nダム下流地点ではŌダム直下流とほぼ同等の値を示している。この理由としては，Ōダムおよび発電取水堰からの発電用水の取水量が，Nダムの放流量と比べると多いために，Nダムからの濁水の影響が小さくなったためと考えられる。

(b) ②は計算開始水位がL.W.L.であるため，洪水初期には流入水の大部分を貯留する運用方法としたが，洪水規模が大きいためŌダムではすぐに水位が回復し，以後①と同様の運用をすると放流濁度は①とほぼ同様の値となった。NダムについてもŌダムと同じことが言えるが，容量が大きい分だけ濁水を貯留することになり，それが①との差となって表われている。

(c) ③はŌダムの放流水がNダムの放流水にどの程度影響を及ぼしているかを見るケースである。この結果と①の結果を比較すれば，Nダムの濁水放流日数が約10日ほど①のケースの方が長くなっている。これがŌダムが存在することによる影響である。また，Nダム下流地点ではŌダムがないために，①のŌダムへの流入濁度とほぼ同様な値となっている。

(d) ④のケースは(c)の結果から，濁水長期化対策としてŌダムの発電取水口を現状の中層取水から，表面取水設備を取り付けたと仮定して表面取水により運用したケースである。結果は①のケースと比較するとŌダム，Nダム放流濁度およびNダム下流地点での濁度はほとんど変わらない。この理由としては，Ōダムでの洪水時の無効放流はクレストにより行っており，Ōダムへの流入濁水が貯水池の表層部にも連行され，洪水後も表層部と中層部とでは濁度にあまり大差がない。従って，表面取水による効果がないためと考えられる。

以上がNダムにおける放流濁度予測計算の概要である。

まとめ

本文ではダム貯水池における濁水長期化現象を研究課題として取り上げ，濁水長期化現象の要因分析およびダム放流濁度予測モデルについて検討を加えた。

検討結果をまとめると以下のようになる。

(1) 濁水長期化の水理的要因としては，貯水池の密度成層とそれによって規定される貯水池内の水の流動機構が重要である。成層期には貯水池に流入した濁水は，水温2次躍層面より上に貯留され，取・放水によって徐々に下流へ放出される。2次躍層の形成される標高はCrayaの式でマクロに推定しうる。

(2) 濁質負荷量の大小は濁水長期化の基本的要因であり，濁質の粒度分布から求まる微粒子の存在比率は濁水長期化に大きな影響を及ぼす。従って濁水調査においてはこれらの点を重点に実施する必要がある。

(3) 濁水長期化要因を総合化したうえでダム放流濁度を簡便に予測するモデルを検討した結果，良好な精度で予測できることが示された。

本文において，濁水の水工学的対応を評価する手法については触れなかったが，これには貯水池内の流動状況を理論的に解析する必要がある。現在，そのための詳細モデルを検討中である。

最後に，本研究で使用したデータの大半は，国土開発技術研究センターに設置されたダム貯水池水質調査委員会が調査活動の一環として収集したものであり，快よくデータを提供頂いた同センターおよび現地観測を担当された関係各位に謝意を表します。

参考文献

1) 中村・今村・横道；多目的ダム貯水池における濁水長期化調査，第24回水理講演会論文集，1980年2月，pp 259 ～ 264

2) 安芸・白砂；貯水池の濁水現象とその水理学的軽減対策，発電水力 No 126，1973年9月

3) 日野，大西；密度成層流に対する Point Sink の高さの効果，土木学会論文報告集，第163号，1969年3月，pp39～48

4) 今村・中村・横道；濁水長期化解析と現地調査，土木技術資料，Vol. 22，No12（1980）

5) 土木学会；水理公式集，1971年，p 352

6) Craya, A.; Theoretical research on the flow of non-homogereous fluid, La Houille Blanche, Jan. - Feb., pp. 45～55, 1949

7) 新井・西沢；水温論，共立出版

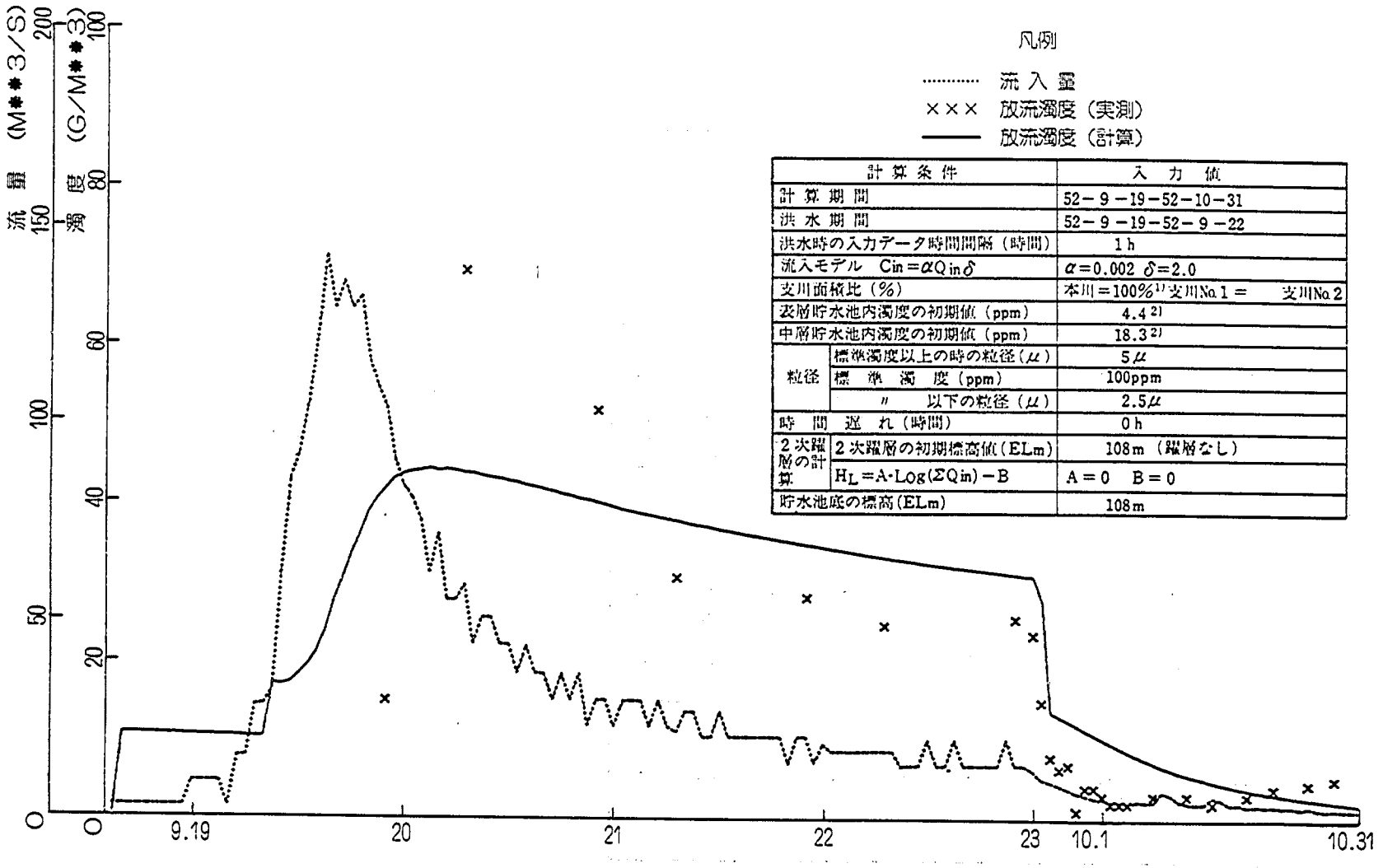
付　　録

1

ダム放流濁度予測検証計算結果

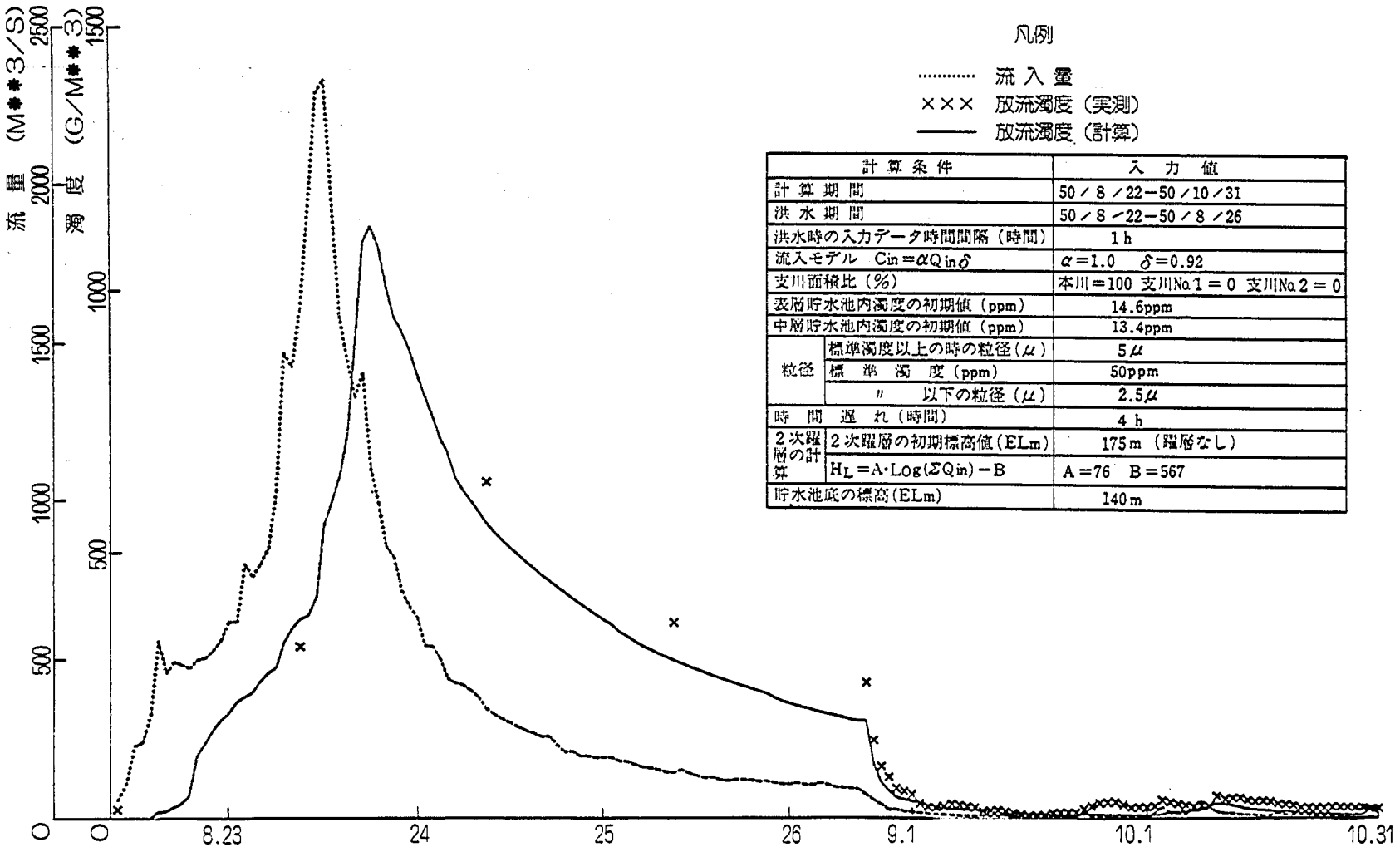
付表－1　ダム放流濁度予測検証計算ケース

ケースNo	ダム名	洪　　水	計算結果
1	K ダム	昭和52年9月	付録図－1
2	Yo ダム	昭和50年8月	〃　－2
3	T ダム	昭和53年6月	〃　－3
4	Ml ダム	昭和52年6月	〃　－4
5	Mu ダム	昭和51年9月	〃　－5
6	S ダム	昭和50年8月	〃　－6
7	S ダム	昭和51年7月	〃　－7
8	S ダム	昭和51年9月	〃　－8
9	N ダム	昭和50年8月	〃　－9
10	N ダム	昭和51年9月	〃　－10



計算条件		入力値
計算期間		52－9－19－52－10－31
洪水期間		52－9－19－52－9－22
洪水時の入力データ時間間隔（時間）		1 h
流入モデル　$C_{in}=\alpha Q_{in}\delta$		$\alpha=0.002$　$\delta=2.0$
支川面積比（%）		本川＝100%[1] 支川No.1＝　支川No.2
表層貯水池内濁度の初期値（ppm）		4.4[2]
中層貯水池内濁度の初期値（ppm）		18.3[2]
粒径	標準濁度以上の時の粒径（μ）	5μ
	標準濁度（ppm）	100ppm
	〃　以下の粒径（μ）	2.5μ
時間遅れ（時間）		0 h
2次躍層の計算	2次躍層の初期標高値（ELm）	108m（躍層なし）
	$H_L=A\cdot Log(\Sigma Q_{in})-B$	A＝0　B＝0
貯水池底の標高（ELm）		108m

付録図－1　検証計算結果（Kダム　昭和52年9月）



凡例

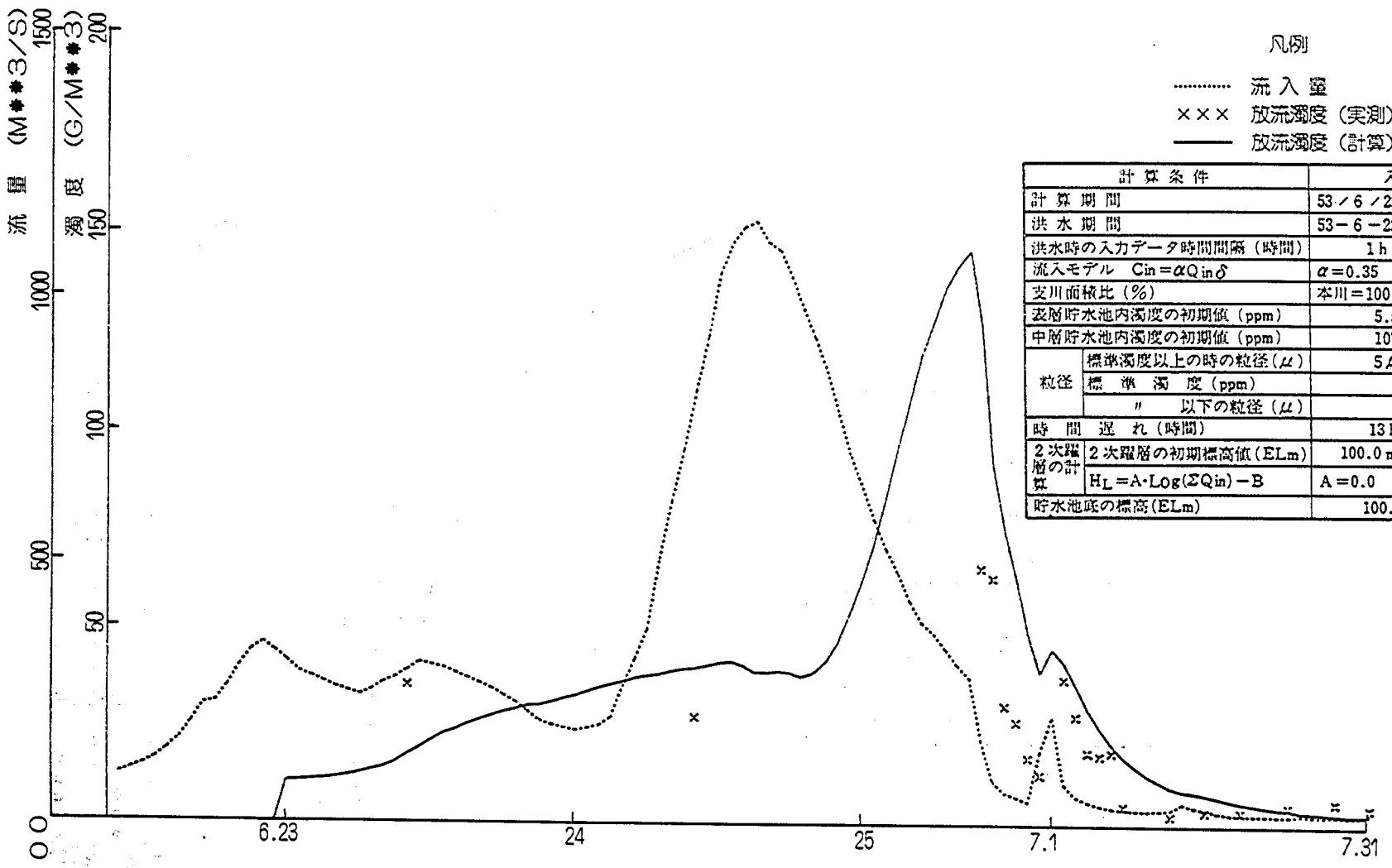
…… 流入量

××× 放流濁度（実測）

——— 放流濁度（計算）

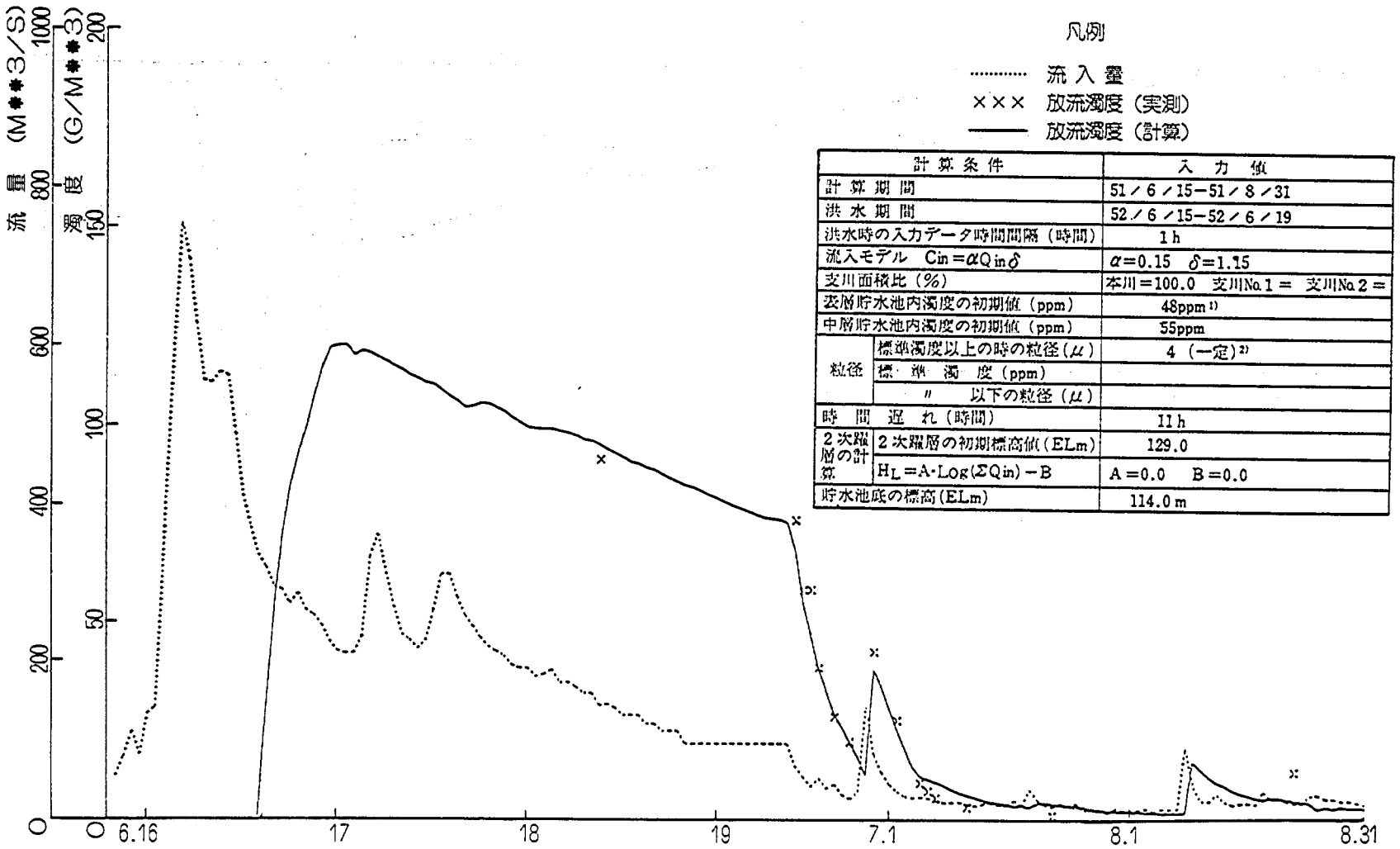
計算条件		入力値
計算期間		50／8／22－50／10／31
洪水期間		50／8／22－50／8／26
洪水時の入力データ時間間隔（時間）		1 h
流入モデル　$C_{in}=\alpha Q_{in}\delta$		$\alpha=1.0$　$\delta=0.92$
支川面積比（%）		本川＝100　支川No.1＝0　支川No.2＝0
表層貯水池内濁度の初期値（ppm）		14.6ppm
中層貯水池内濁度の初期値（ppm）		13.4ppm
粒径	標準濁度以上の時の粒径（μ）	5μ
	標準濁度（ppm）	50ppm
	〃　以下の粒径（μ）	2.5μ
時間遅れ（時間）		4 h
2次躍層の計算	2次躍層の初期標高値（ELm）	175m（躍層なし）
	$H_L=A\cdot Log(\Sigma Q_{in})-B$	A＝76　B＝567
貯水池底の標高（ELm）		140m

付録図－2　検証計算結果（Yダム　昭和50年8月）



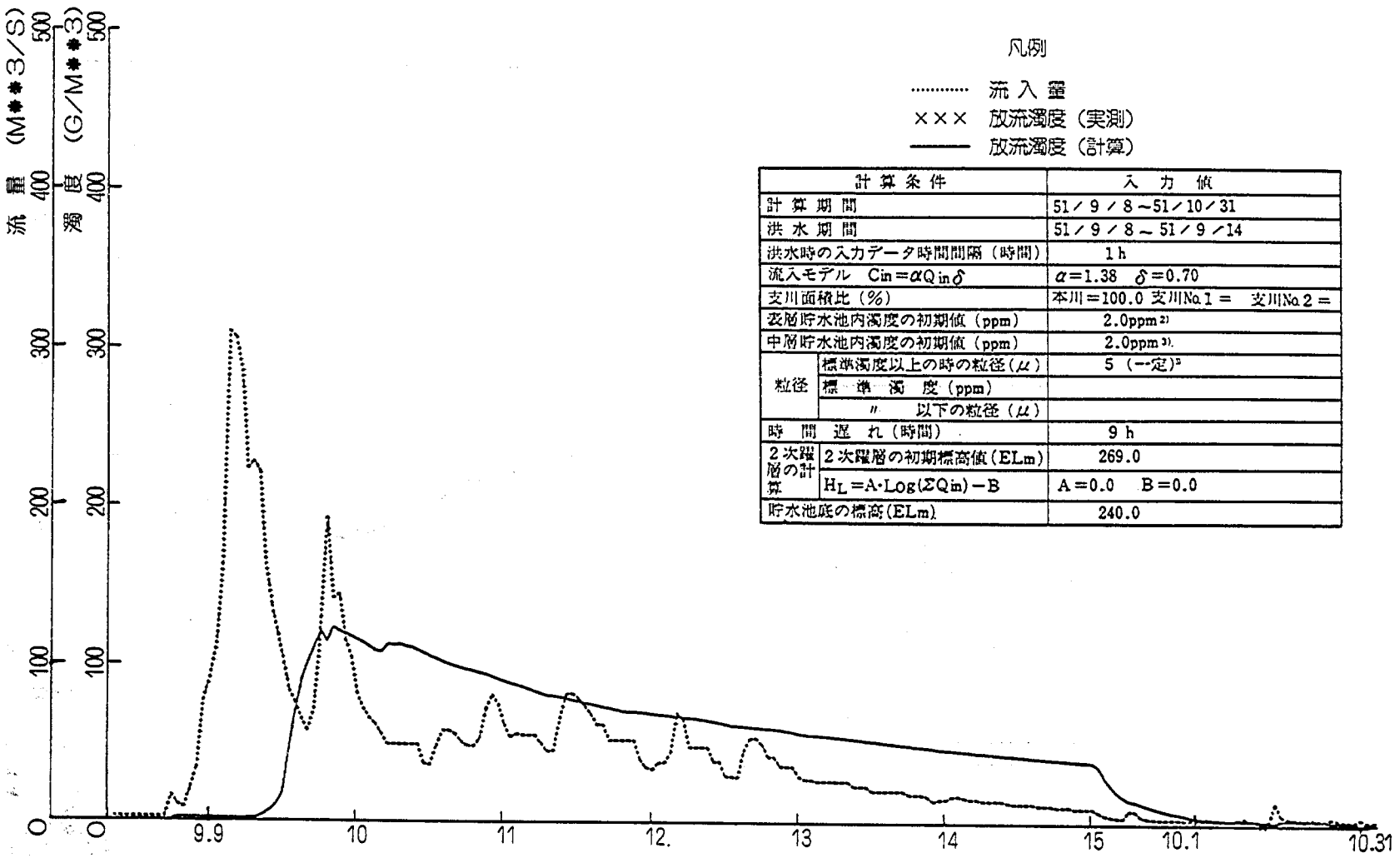
計算条件		入力値
計算期間		53／6／22－53／7／28
洪水期間		53－6－22－53－6－25
洪水時の入力データ時間間隔（時間）		1 h
流入モデル　$C_{in}=\alpha Q_{in}\delta$		$\alpha=0.35$　$\delta=0.85$
支川面積比（%）		本川＝100　支川No.1＝　支川No.2＝
表層貯水池内濁度の初期値（ppm）		5.5ppm [1]
中層貯水池内濁度の初期値（ppm）		107ppm
粒径	標準濁度以上の時の粒径（μ）	5μ（一定）
	標準濁度（ppm）	
	〃　以下の粒径（μ）	
時間遅れ（時間）		13 h
2次躍層の計算	2次躍層の初期標高値（ELm）	100.0 m（躍層なし）
	$H_L=A\cdot Log(\Sigma Q_{in})-B$	A＝0.0　B＝0.0
貯水池底の標高（ELm）		100.0 [2]

付録図－3　検証計算結果（Tダム　昭和53年6月）



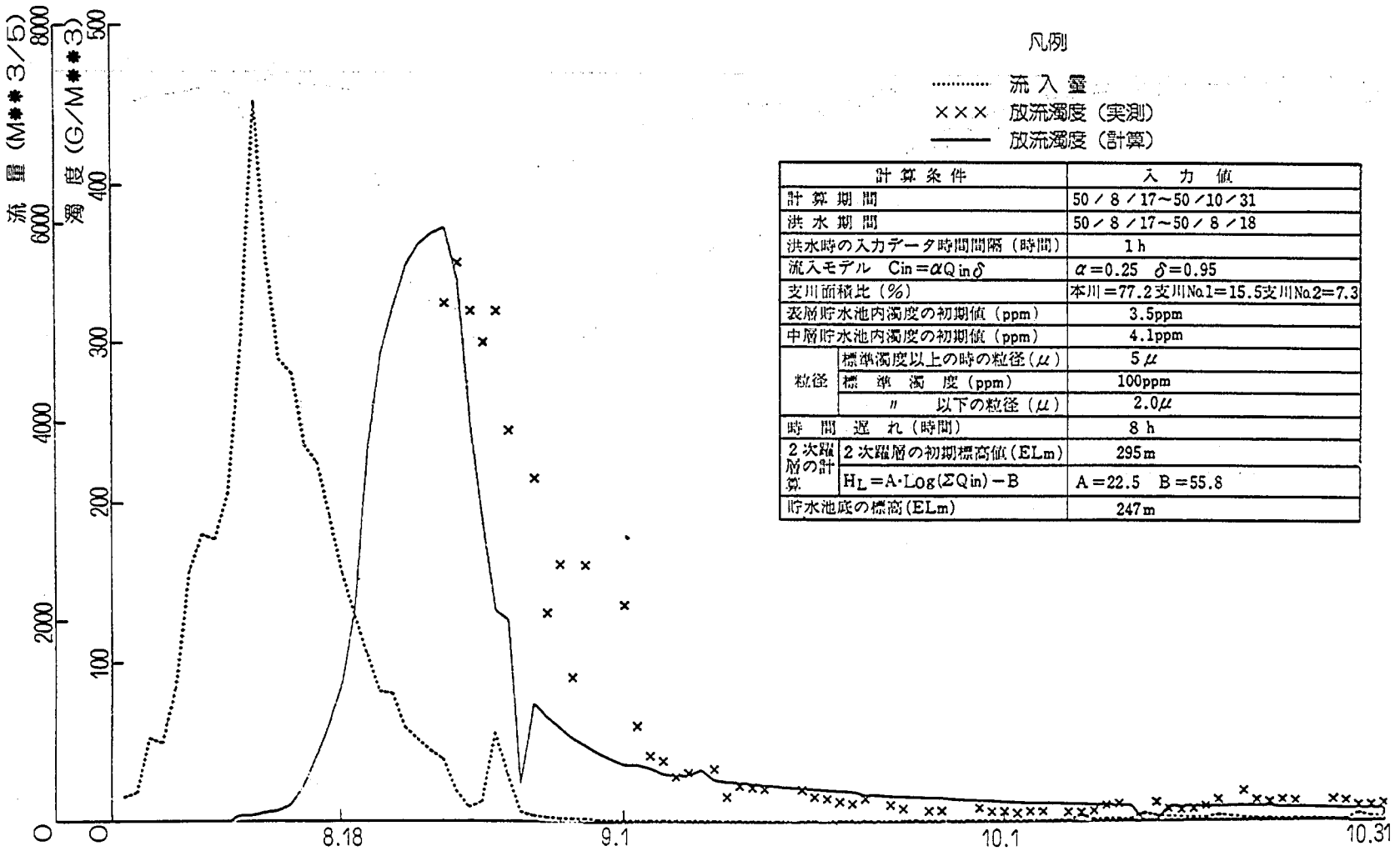
計算条件		入力値
計算期間		51／6／15−51／8／31
洪水期間		52／6／15−52／6／19
洪水時の入力データ時間間隔（時間）		1 h
流入モデル　$C_{in}=\alpha Q_{in}\delta$		$\alpha=0.15$　$\delta=1.15$
支川面積比（%）		本川＝100.0　支川No.1＝　支川No.2＝
表層貯水池内濁度の初期値（ppm）		48ppm[1]
中層貯水池内濁度の初期値（ppm）		55ppm
粒径	標準濁度以上の時の粒径（μ）	4（一定）[2]
	標準濁度（ppm）	
	〃　以下の粒径（μ）	
時間遅れ（時間）		11 h
2次躍層の計算	2次躍層の初期標高値（ELm）	129.0
	$H_L=A\cdot Log(\Sigma Q_{in})-B$	A＝0.0　B＝0.0
貯水池底の標高（ELm）		114.0 m

付録図－4　検証計算結果（Mダム　昭和52年6月）



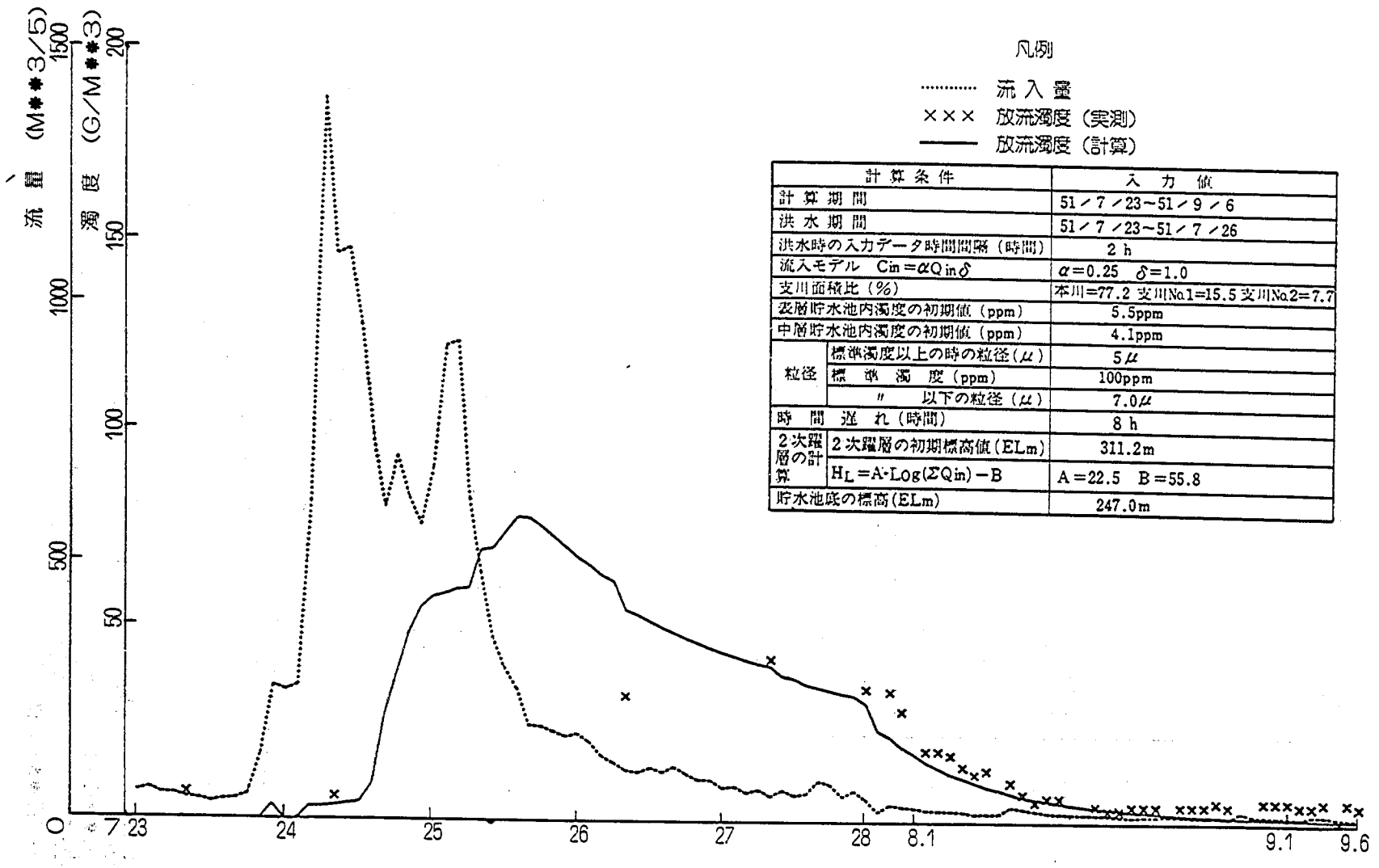
計算条件		入力値
計算期間		51／9／8～51／10／31
洪水期間		51／9／8～51／9／14
洪水時の入力データ時間間隔（時間）		1h
流入モデル　$C_{in}=\alpha Q_{in}\delta$		$\alpha=1.38$　$\delta=0.70$
支川面積比（%）		本川＝100.0 支川No.1＝　支川No.2＝
表層貯水池内濁度の初期値（ppm）		2.0ppm[2]
中層貯水池内濁度の初期値（ppm）		2.0ppm[3]
粒径	標準濁度以上の時の粒径（μ）	5（一定）[3]
	標準濁度（ppm）	
	〃　以下の粒径（μ）	
時間遅れ（時間）		9h
2次躍層の計算	2次躍層の初期標高値（ELm）	269.0
	$H_L=A\cdot Log(\Sigma Q_{in})-B$	A＝0.0　B＝0.0
貯水池底の標高（ELm）		240.0

付録図－5　検証計算結果（Muダム 昭和51年9月）



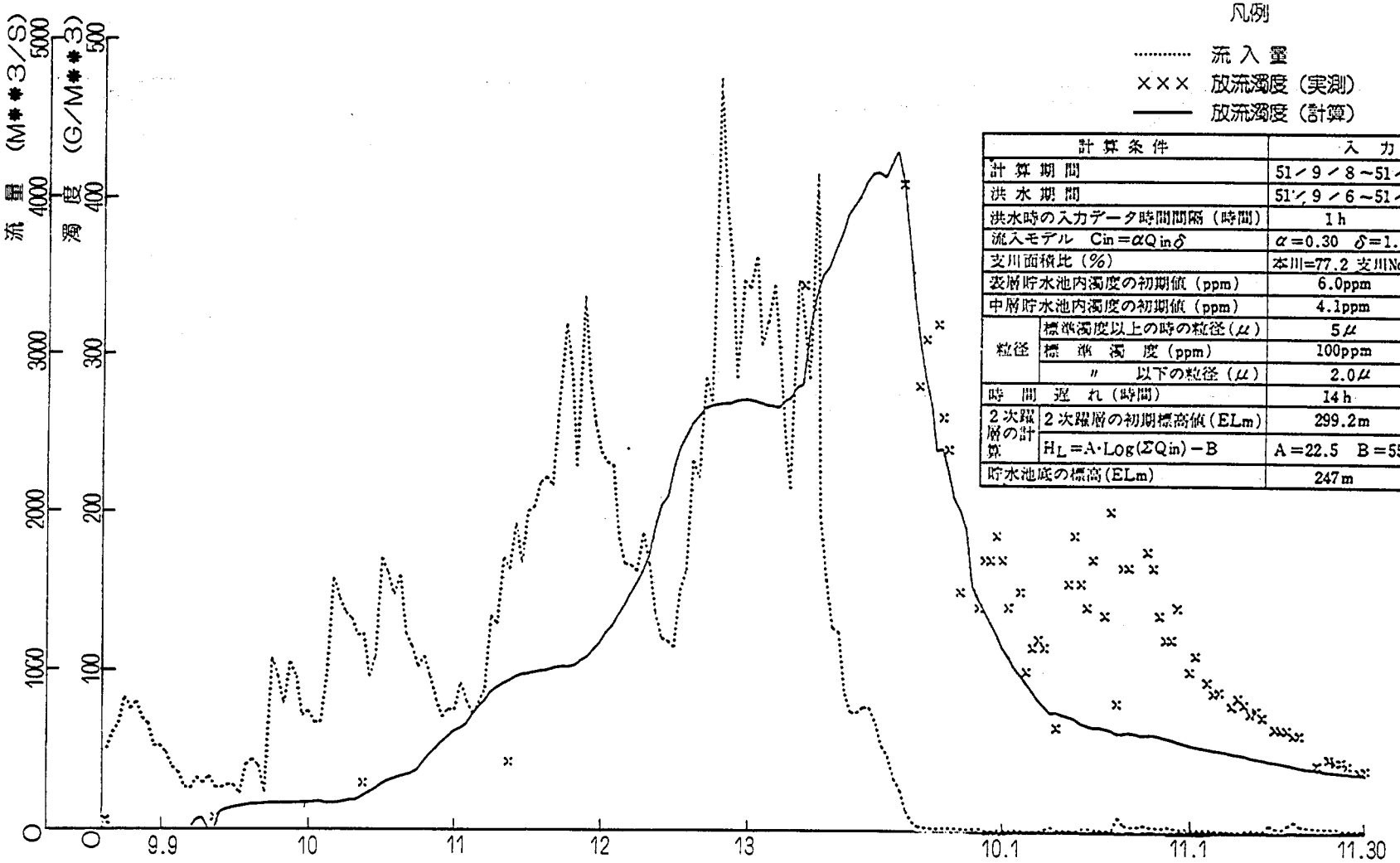
計算条件		入力値
計算期間		50／8／17～50／10／31
洪水期間		50／8／17～50／8／18
洪水時の入力データ時間間隔（時間）		1h
流入モデル　$C_{in}=\alpha Q_{in}\delta$		$\alpha=0.25$　$\delta=0.95$
支川面積比（%）		本川＝77.2支川No.1＝15.5支川No.2＝7.3
表層貯水池内濁度の初期値（ppm）		3.5ppm
中層貯水池内濁度の初期値（ppm）		4.1ppm
粒径	標準濁度以上の時の粒径（μ）	5μ
	標準濁度（ppm）	100ppm
	〃　以下の粒径（μ）	2.0μ
時間遅れ（時間）		8h
2次躍層の計算	2次躍層の初期標高値（ELm）	295m
	$H_L=A\cdot Log(\Sigma Q_{in})-B$	A＝22.5　B＝55.8
貯水池底の標高（ELm）		247m

付録図－6　検証計算結果（Sダム　昭和50年8月）



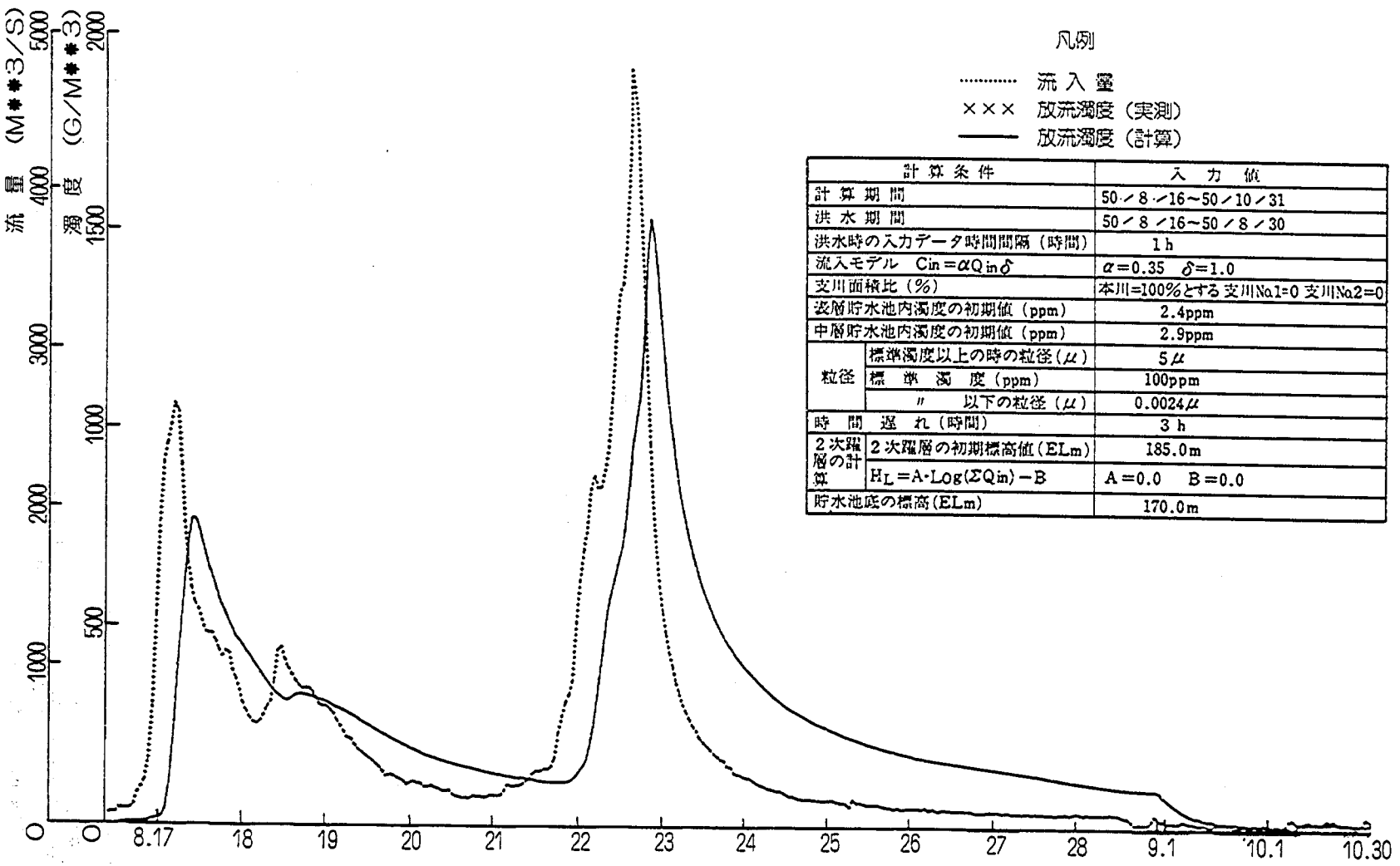
計算条件		入力値
計算期間		51／7／23～51／9／6
洪水期間		51／7／23～51／7／26
洪水時の入力データ時間間隔（時間）		2 h
流入モデル　$C_{in}=\alpha Q_{in}\delta$		$\alpha=0.25$　$\delta=1.0$
支川面積比（%）		本川=77.2 支川No.1=15.5 支川No.2=7.7
表層貯水池内濁度の初期値（ppm）		5.5ppm
中層貯水池内濁度の初期値（ppm）		4.1ppm
粒径	標準濁度以上の時の粒径（μ）	5μ
	標準濁度（ppm）	100ppm
	〃　以下の粒径（μ）	7.0μ
時間遅れ（時間）		8 h
2次躍層の計算	2次躍層の初期標高値（ELm）	311.2m
	$H_L=A\cdot Log(\Sigma Q_{in})-B$	A＝22.5　B＝55.8
貯水池底の標高（ELm）		247.0m

付録図－7　検証計算結果（Sダム　昭和51年7月）



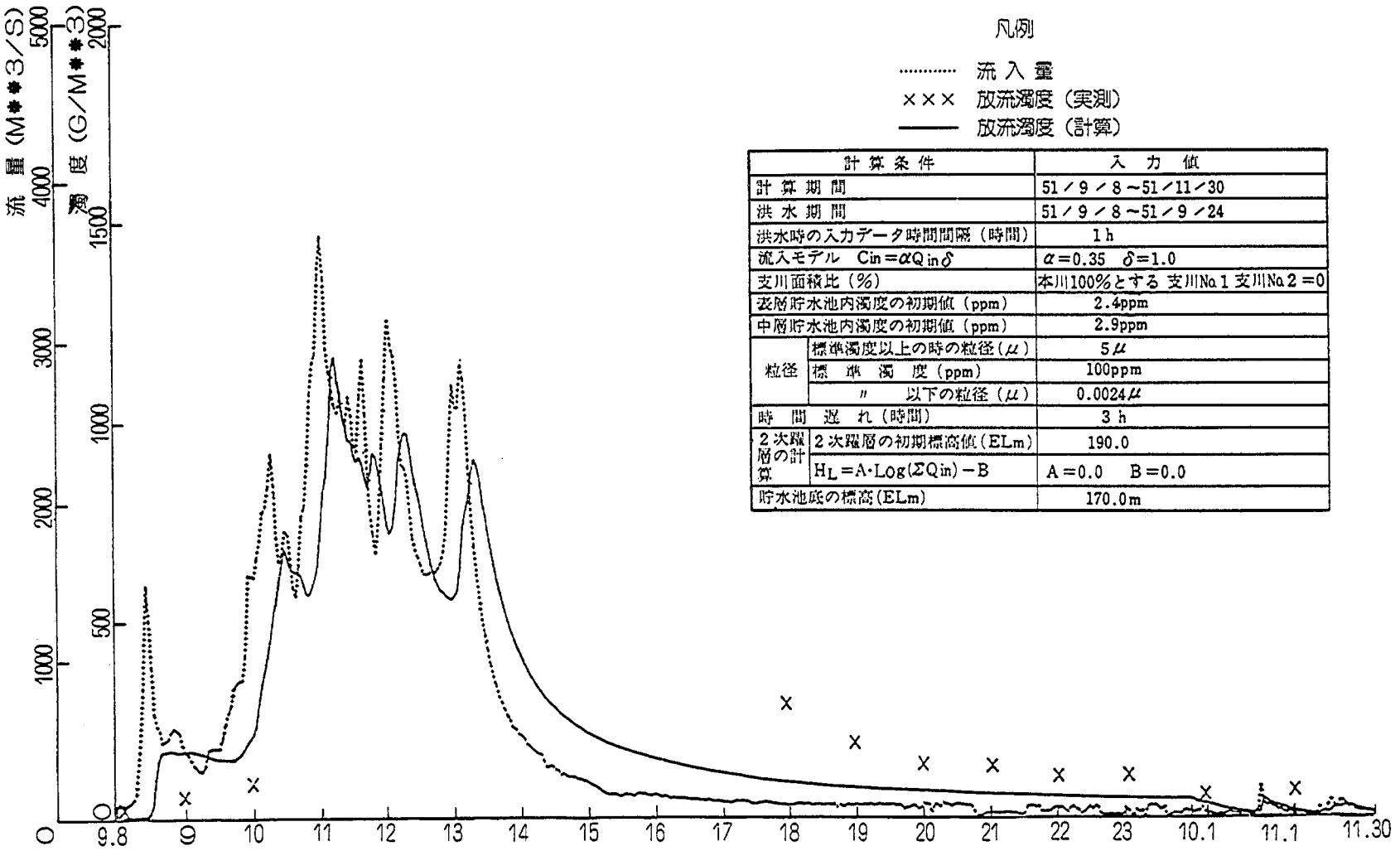
計算条件		入力値
計算期間		51／9／8～51／11／30
洪水期間		51／9／6～51／9／14
洪水時の入力データ時間間隔（時間）		1h
流入モデル　$C_{in}=\alpha Q_{in}\delta$		$\alpha=0.30$　$\delta=1.0$
支川面積比（%）		本川=77.2 支川No1=15.5 支川No2=7.3
表層貯水池内濁度の初期値（ppm）		6.0ppm
中層貯水池内濁度の初期値（ppm）		4.1ppm
粒径	標準濁度以上の時の粒径（μ）	5μ
	標準濁度（ppm）	100ppm
	〃　以下の粒径（μ）	2.0μ
時間遅れ（時間）		14h
2次躍層の計算	2次躍層の初期標高値（ELm）	299.2m
	$H_L=A\cdot Log(\Sigma Q_{in})-B$	A=22.5　B=55.8
貯水池底の標高（ELm）		247m

付録図－8　検証計算結果（Sダム　昭和51年9月）



計算条件		入力値
計算期間		50／8／16～50／10／31
洪水期間		50／8／16～50／8／30
洪水時の入力データ時間間隔（時間）		1h
流入モデル　$C_{in}=\alpha Q_{in}\delta$		$\alpha=0.35$　$\delta=1.0$
支川面積比（%）		本川=100%とする 支川No.1=0 支川No.2=0
表層貯水池内濁度の初期値（ppm）		2.4ppm
中層貯水池内濁度の初期値（ppm）		2.9ppm
粒径	標準濁度以上の時の粒径（μ）	5μ
	標準濁度（ppm）	100ppm
	〃　以下の粒径（μ）	0.0024μ
時間遅れ（時間）		3h
2次躍層の計算	2次躍層の初期標高値（ELm）	185.0m
	$H_L=A\cdot Log(\Sigma Q_{in})-B$	A=0.0　B=0.0
貯水池底の標高（ELm）		170.0m

付録図－9　検証計算結果（Nダム　昭和50年8月）



計算条件		入力値
計算期間		51／9／8～51／11／30
洪水期間		51／9／8～51／9／24
洪水時の入力データ時間間隔（時間）		1h
流入モデル　$C_{in}=\alpha Q_{in}\delta$		$\alpha=0.35$　$\delta=1.0$
支川面積比（%）		本川100%とする 支川No.1 支川No.2＝0
表層貯水池内濁度の初期値（ppm）		2.4ppm
中層貯水池内濁度の初期値（ppm）		2.9ppm
粒径	標準濁度以上の時の粒径（μ）	5μ
	標準濁度（ppm）	100ppm
	〃　以下の粒径（μ）	0.0024μ
時間遅れ（時間）		3h
2次躍層の計算	2次躍層の初期標高値（ELm）	190.0
	$H_L=A\cdot Log(\Sigma Q_{in})-B$	A＝0.0　B＝0.0
貯水池底の標高（ELm）		170.0m

付録図－10　検証計算結果（Nダム　昭和51年9月）

付　　録

2

ダム放流濁度および
貯水池水温予測計算参考資料

付表－2　対象ダムの流入濁度と流入量との関係

対象ダム	洪水名	回帰式	相関係数	記号
Kダム	S. 52. 9	$C = 0.082\,Q^{1.5140}$	0.952	K－1
	S. 52. 11	$C = 2.615\,Q^{0.4266}$	0.610	K－2
	S. 53. 9	$C = 3.040\,Q^{0.3238}$	0.200	K－3
Y_Oダム	S. 52. 11	$C = 0.035\,Q^{1.5931}$	0.898	Y_O－1
Y_Aダム	S. 52. 11	$C = 0.022\,Q^{1.4965}$	0.808	Y_A－1
Aダム	S. 52. 11	$C = 0.007\,Q^{2.4311}$	0.962	A－1
Tダム	S. 52. 11	$C = 0.006\,Q^{2.2139}$	0.925	T－1
	S. 53. 6	$C = 0.591\,Q^{0.7867}$	0.861	T－2
	S. 53. 7	$C = 0.031\,Q^{1.3280}$	0.968	T－3
M_Iダム	S. 53. 7	$C = 0.017\,Q^{1.9653}$	0.869	M_I－1
M_Uダム	S. 53. 6	$C = 1.377\,Q^{0.8998}$	0.991	M_U－1
Sダム	S. 52. 8	$C = 12.087\,Q^{0.1831}$	0.650	S－1
	S. 52. 9	$C = 1.107\,Q^{0.6589}$	0.955	S－2
	S. 53. 8	$C = 0.468\,Q^{0.7189}$	0.951	S－3
Oダム	S. 50. 8	$C = 0.082\,Q^{1.1067}$	0.950	O－1
	S. 51. 7	$C = 0.000\,Q^{5.3919}$	0.884	O－2
	S. 51. 9	$C = 0.362\,Q^{0.8943}$	0.799	O－3
	S. 52. 8	$C = 0.095\,Q^{1.0795}$	0.940	O－4
	S. 52. 9	$C = 0.054\,Q^{1.1081}$	0.976	O－5
	S. 53. 8	$C = 0.106\,Q^{1.0706}$	0.911	O－6
	S. 54. 6	$C = 0.062\,Q^{1.0768}$	0.951	O－7
	S. 54. 9	$C = 0.058\,Q^{1.1028}$	0.981	O－8
	S. 54. 9	$C = 0.035\,Q^{1.2208}$	0.990	O－9
	S. 54. 10	$C = 0.008\,Q^{1.4246}$	0.989	O－10
	全洪水	$C = 0.047\,Q^{1.1823}$	0.958	O－11

付表－3　対象ダムの流入水温と気温（5日移動平均）との関係

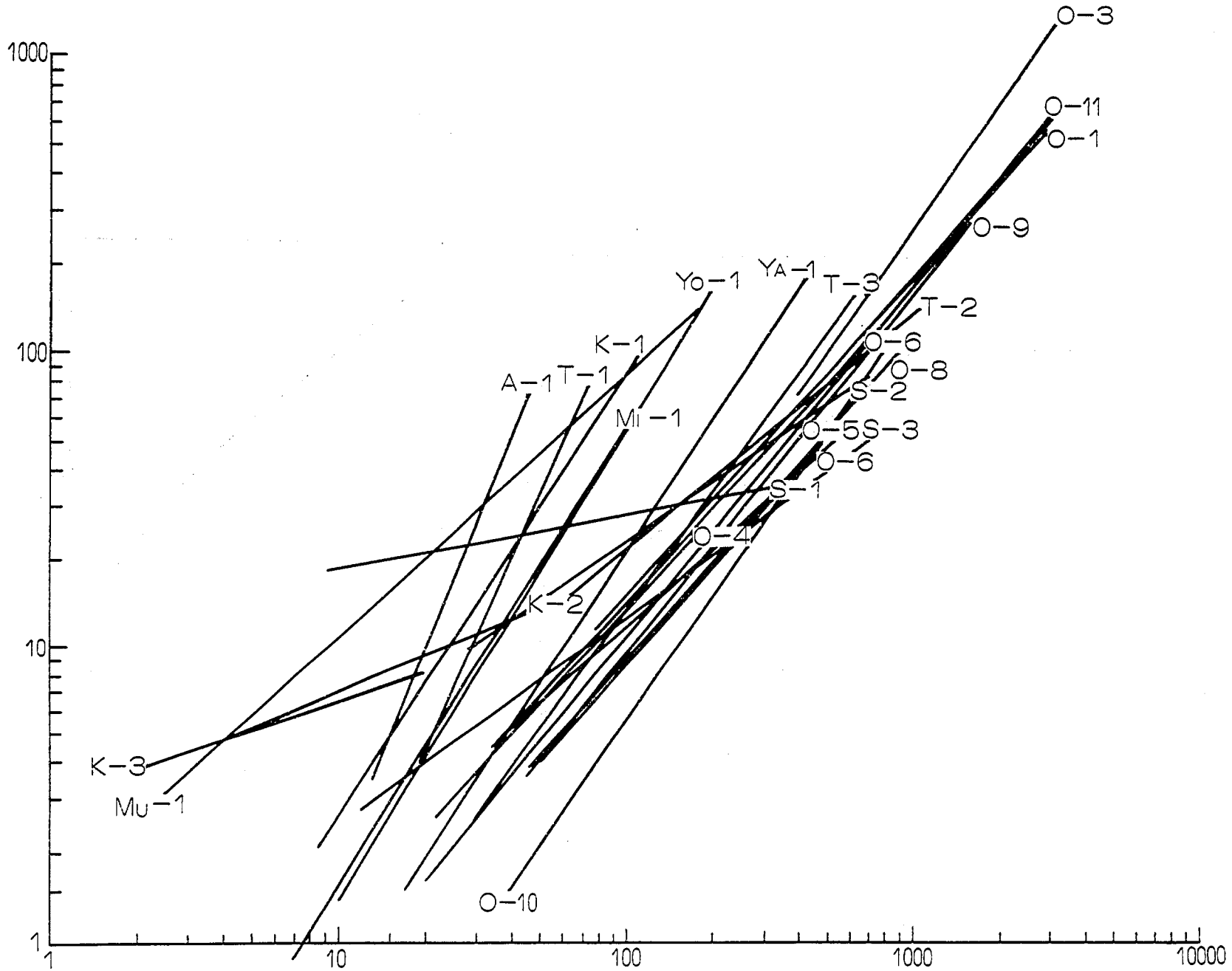
ダム名	回帰式	相関係数
K ダム	$T_W = 2.89 + 0.675 T_A$	0.946
Y_O ダム	$T_W = 3.19 + 0.721 T_A$	0.929
Y_A ダム	$T_W = 1.80 + 0.633 T_A$	0.934
A ダム	$T_W = -3.39 + 0.999 T_A$	0.955
T ダム	$T_W = 6.09 + 0.665 T_A$	0.941
M_I ダム	$T_W = 5.27 + 0.583 T_A$	0.936
K_U ダム	$T_W = 4.17 + 0.592 T_A$	0.985
M_U ダム	$T_W = 2.47 + 0.952 T_A$	0.950
S ダム	$T_W = 3.05 + 0.624 T_A$	0.969
N ダム	$T_W = 3.39 + 0.656 T_A$	0.923

（注）気温はダム管理所定時（9時）の気温の5日移動平均
ただし，Aダムは最高気温
M_Uダムは日平均気温
Nダムは10時観測

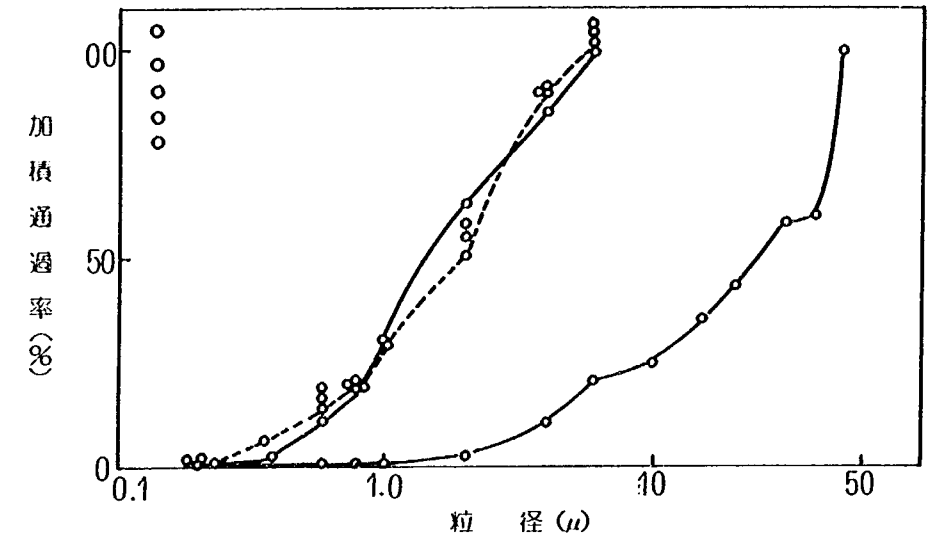
付表－4　対象ダムの貯水池表層水温と気温（5日移動平均）との関係

ダム名	回帰式	相関係数
K ダム	$T_W = 3.53 + 0.921 T_A$	0.971
Y_O ダム	$T_W = 3.21 + 0.828 T_A$	0.913
Y_A ダム	$T_W = 3.47 + 0.812 T_A$	0.967
A ダム	$T_W = -3.45 + 1.011 T_A$	0.975
T ダム	$T_W = 7.18 + 0.701 T_A$	0.906
M_I ダム	$T_W = 4.93 + 0.734 T_A$	0.940
K_U ダム	$T_W = 6.73 + 0.685 T_A$	0.988
M_U ダム	$T_W = 2.84 + 0.971 T_A$	0.975
S ダム	$T_W = 7.38 + 0.647 T_A$	0.939
N ダム	$T_W = 3.55 + 0.794 T_A$	0.909

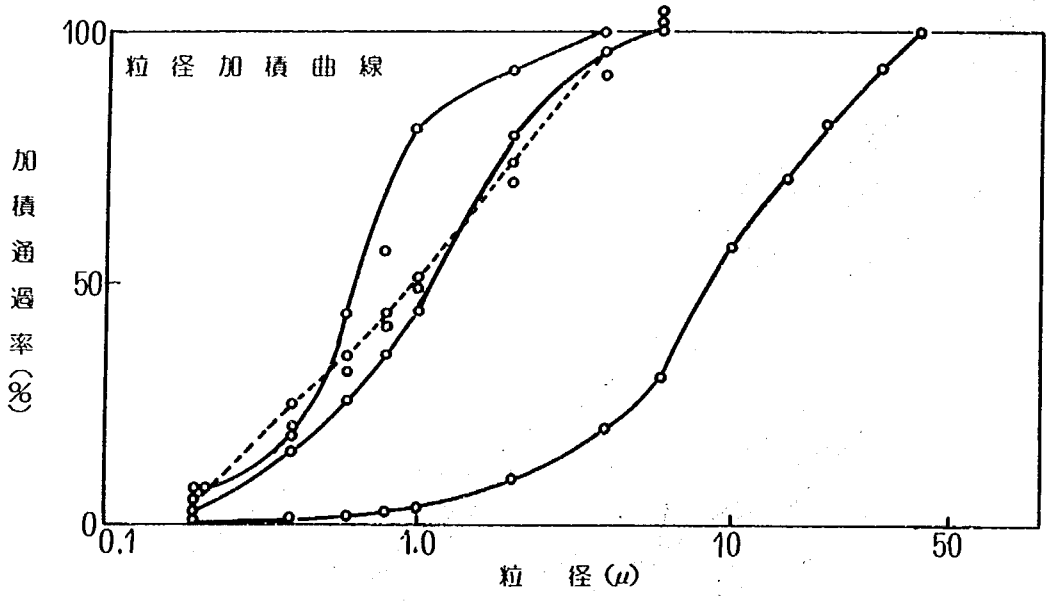
（注）気温はダム管理所定時（9時）の気温の5日移動平均
ただし，Aダムは最高気温
M_Uダムは日平均気温
Nダムは10時観測



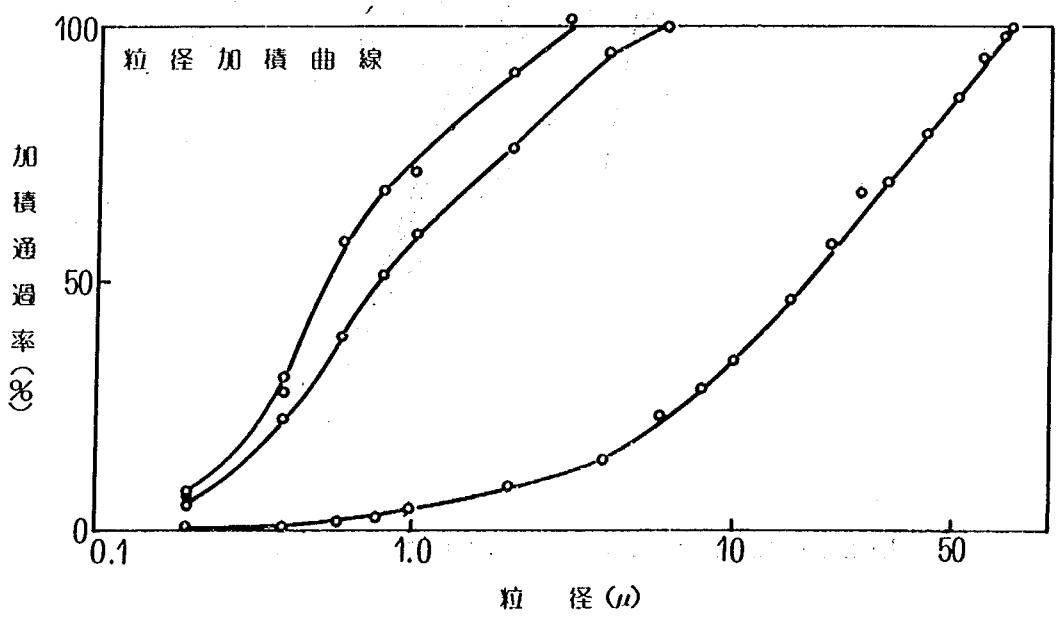
付録図－11　対象ダムの流入濁度と流入量との関係



昭和52年9月10日
N地点



昭和53年8月3日12：00
Ō地点



昭和54年9月30日19：30
K地点

付録図－12　粒度分布（Ōダム）

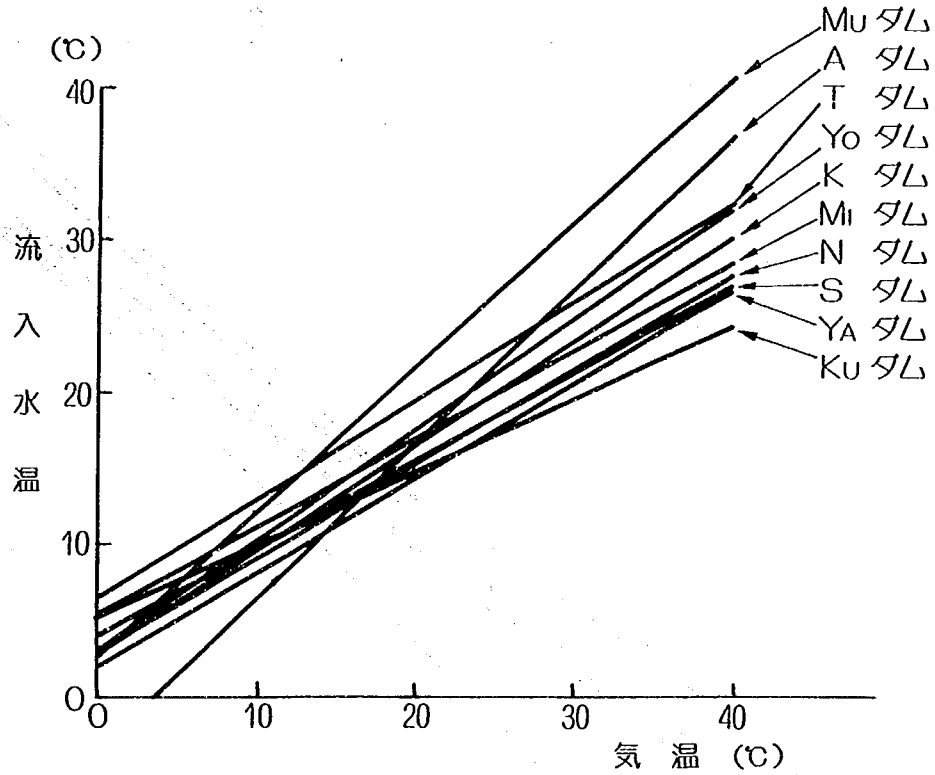
ダム名	回帰式	相関係数
K ダム	Tw = 2.89+0.675TA	0.946
Yo ダム	Tw = 3.19+0.721TA	0.929
YA ダム	Tw = 1.80+0.633TA	0.934
A ダム	Tw = −3.39+0.999TA	0.955
T ダム	Tw = 6.09+0.665TA	0.941
MI ダム	Tw = 5.27+0.583TA	0.936
KU ダム	Tw = 4.17+0.592TA	0.985
MU ダム	Tw = 2.47+0.952TA	0.950
S ダム	Tw = 3.05+0.624TA	0.969
N ダム	Tw = 3.39+0.656TA	0.923

(注) 気温はダム管理所定時（9時）の気温の5日移動平均

ただし、A ダムは最高気温

MU は日平均気温ダム

N ダムは10時観測



付録図－13 対象ダムの流入濁度と流入量との関係

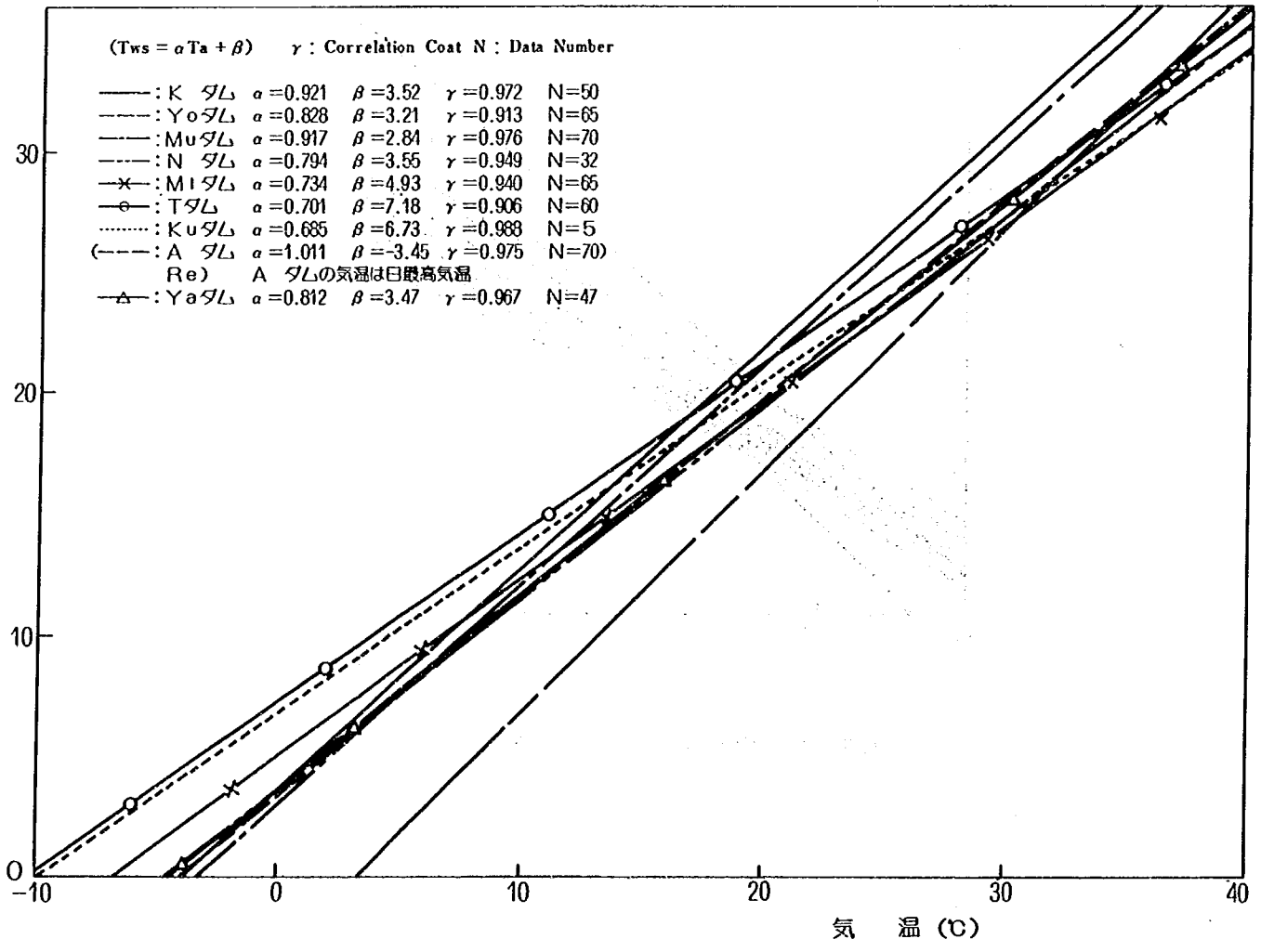
ダム名	回帰式	相関係数
K ダム	Tw =3.53+0.921TA	0.971
Yo ダム	Tw =3.21+0.828TA	0.913
YA ダム	Tw =3.47+0.812TA	0.967
A ダム	Tw =-3.45+0.011TA	0.975
T ダム	Tw =7.18+0.701TA	0.906
Mi ダム	Tw =4.93+0.734TA	0.940
Ku ダム	Tw =6.73+0.685TA	0.988
Mu ダム	Tw =2.84+0.971TA	0.975
S ダム	Tw =7.38+0.647TA	0.939
N ダム	Tw =3.55+0.794TA	0.909

(注) 気温はダム管理所定時 (9時) の気温の5日移動平均

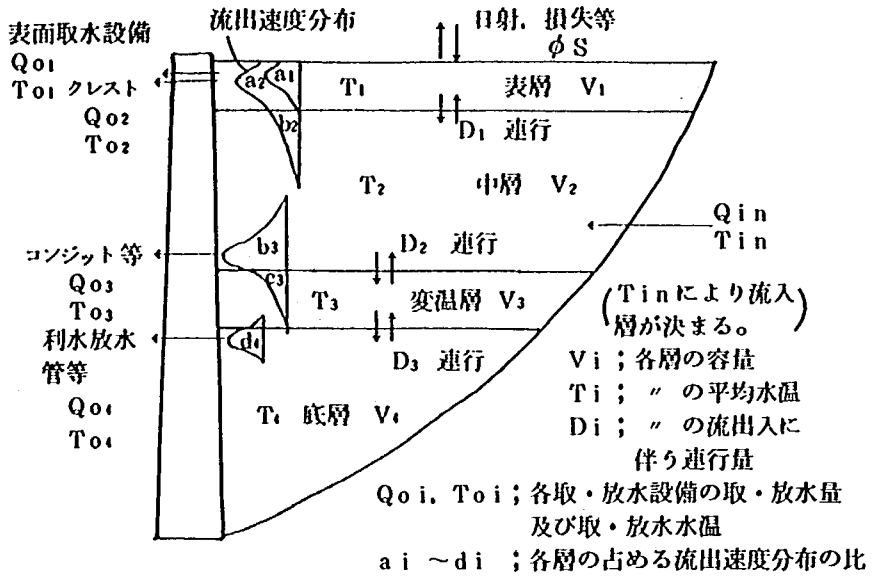
ただし、A ダムは最高気温

Mu ダムは日平均気温

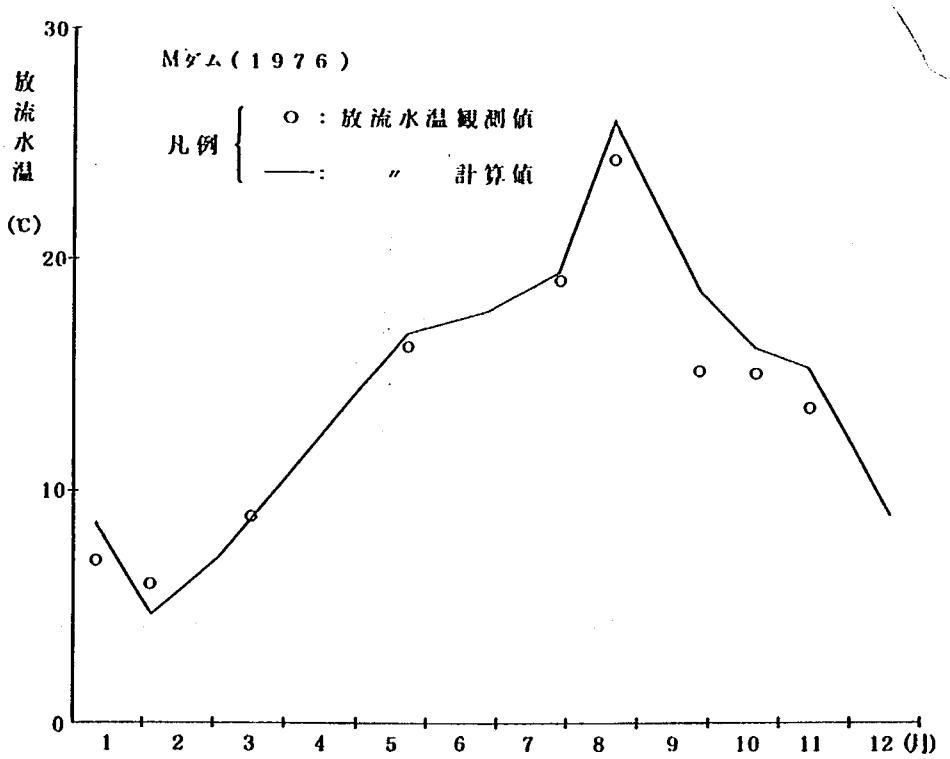
N ダムは10時観測



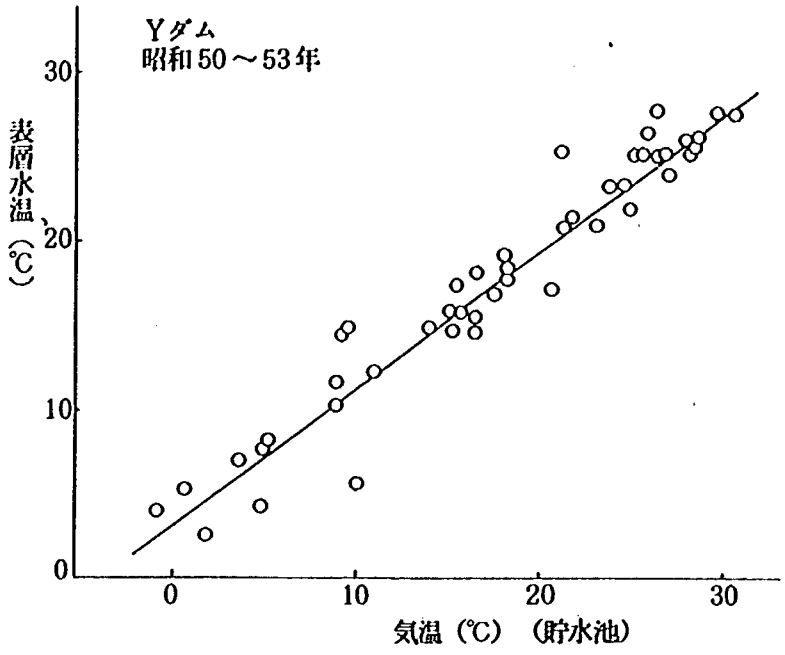
付録図－14　対象ダムの貯水池表層水温と気温（5日移動平均）との関係



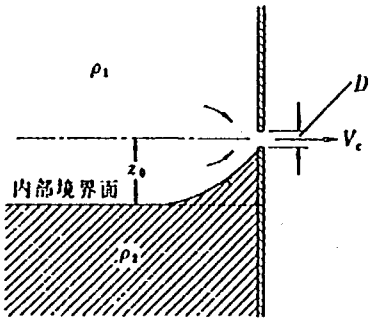
付録図－15　モデルの概念図



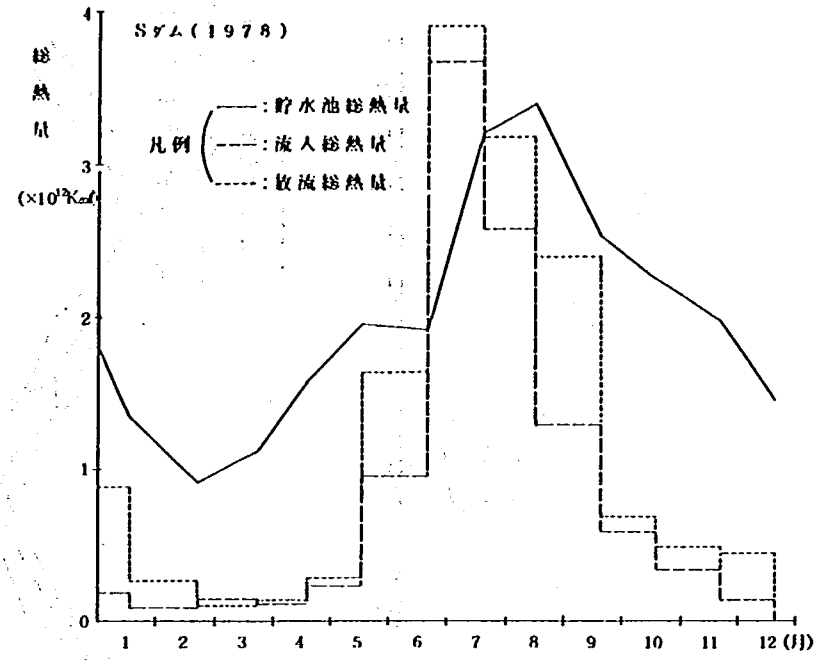
付録図－16　モデルの検証計算結果



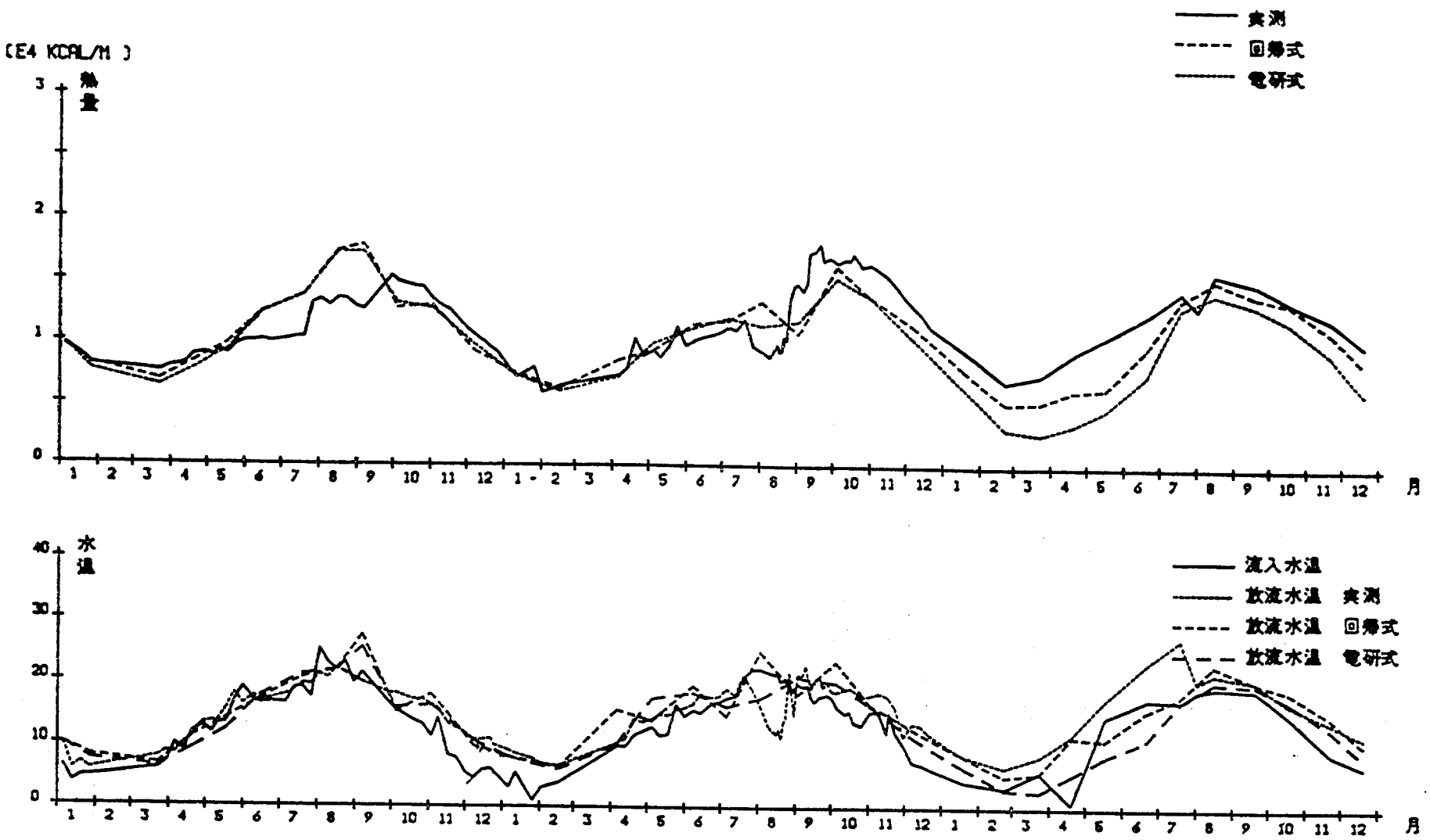
付録図－17　Yダムにおける気温と表層水温との関係



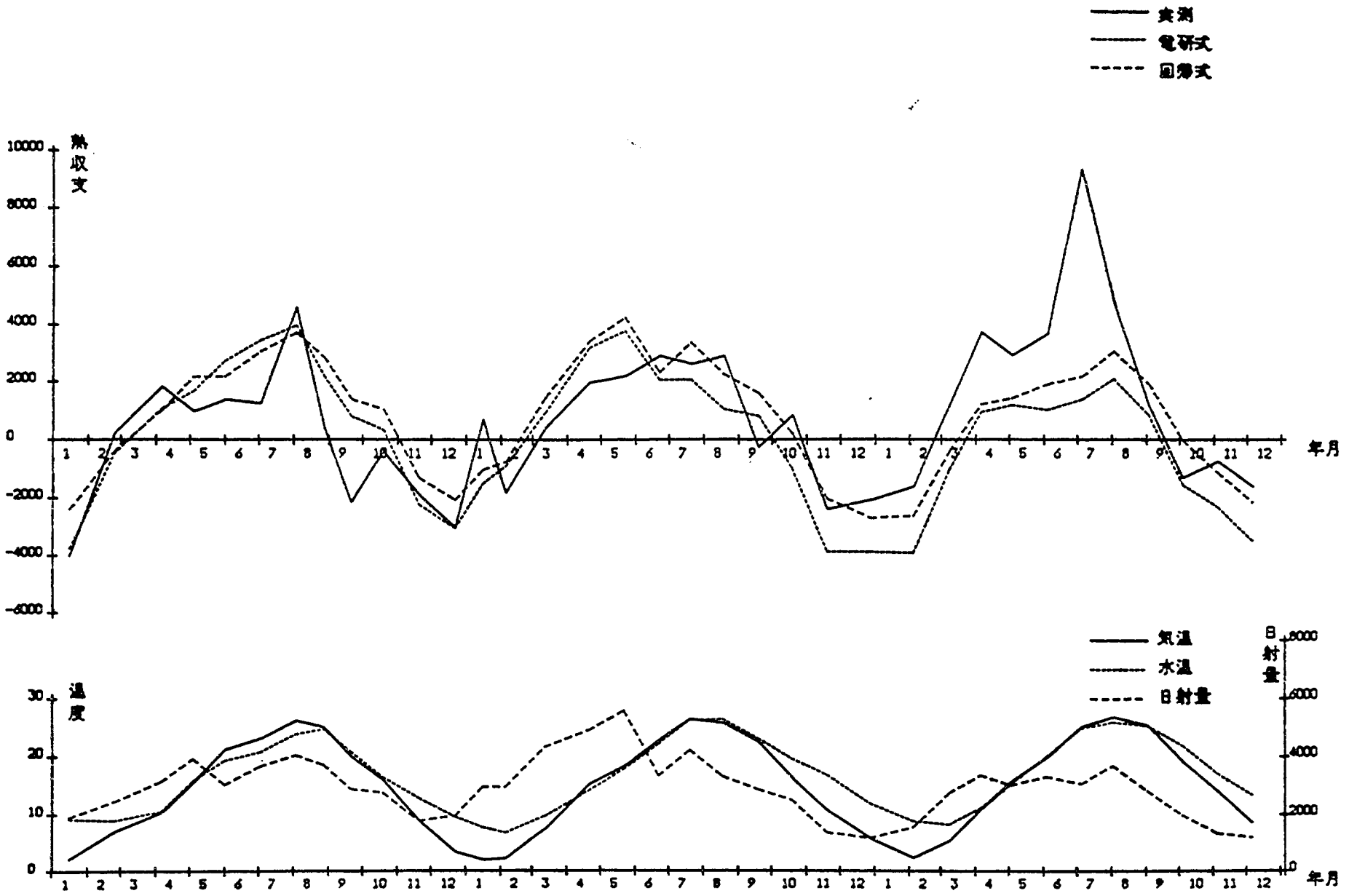
付録図－18　オリフィスによる上層水の横方向取水（水理公式集P 352より）



付録図－19　Sダムの貯水池年間熱収支



付録図－20　Sダム貯水池熱量　流入　放流水温　S51－S53



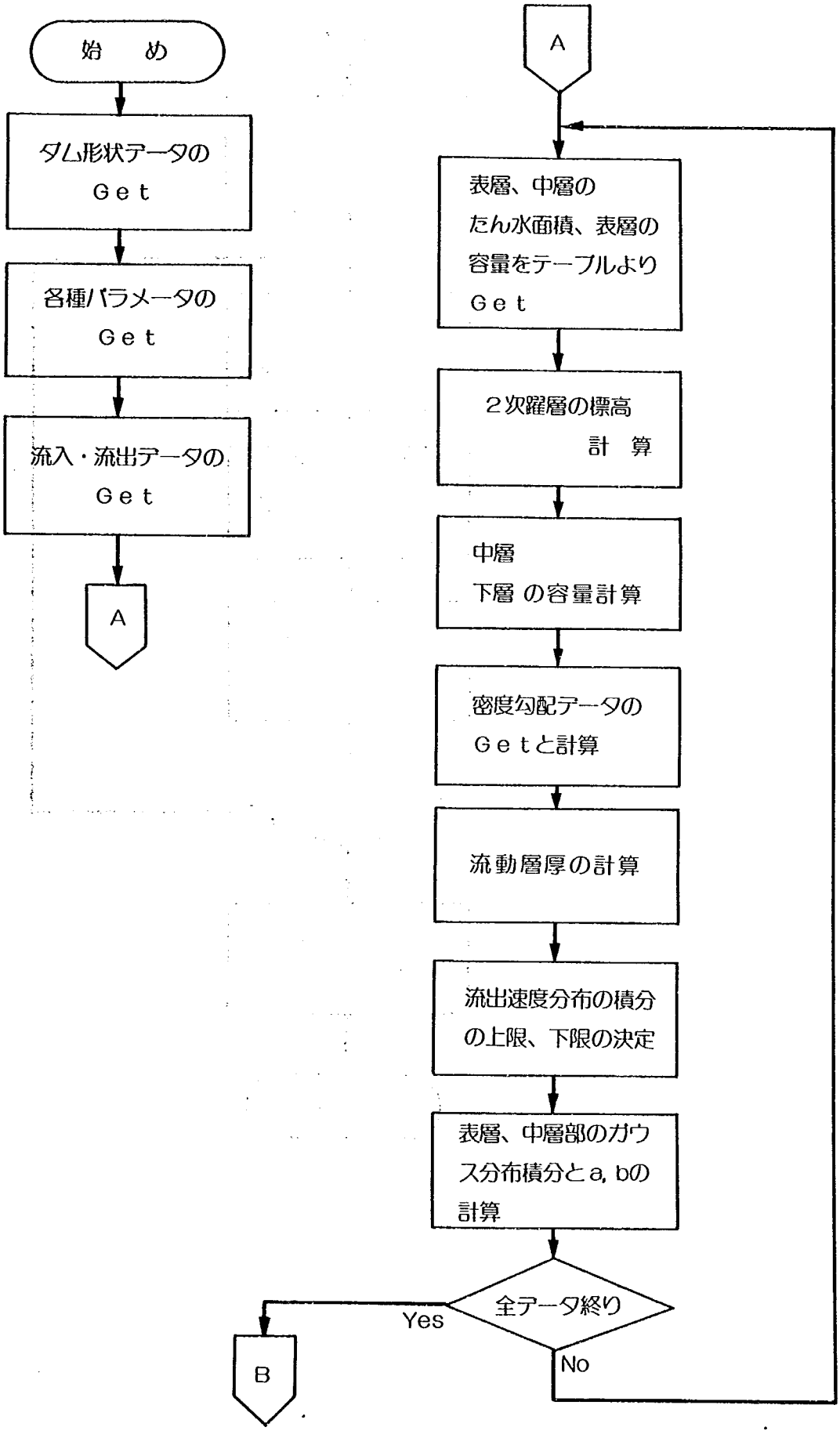
付録図－21　Sダム表面熱収支　S51－S53

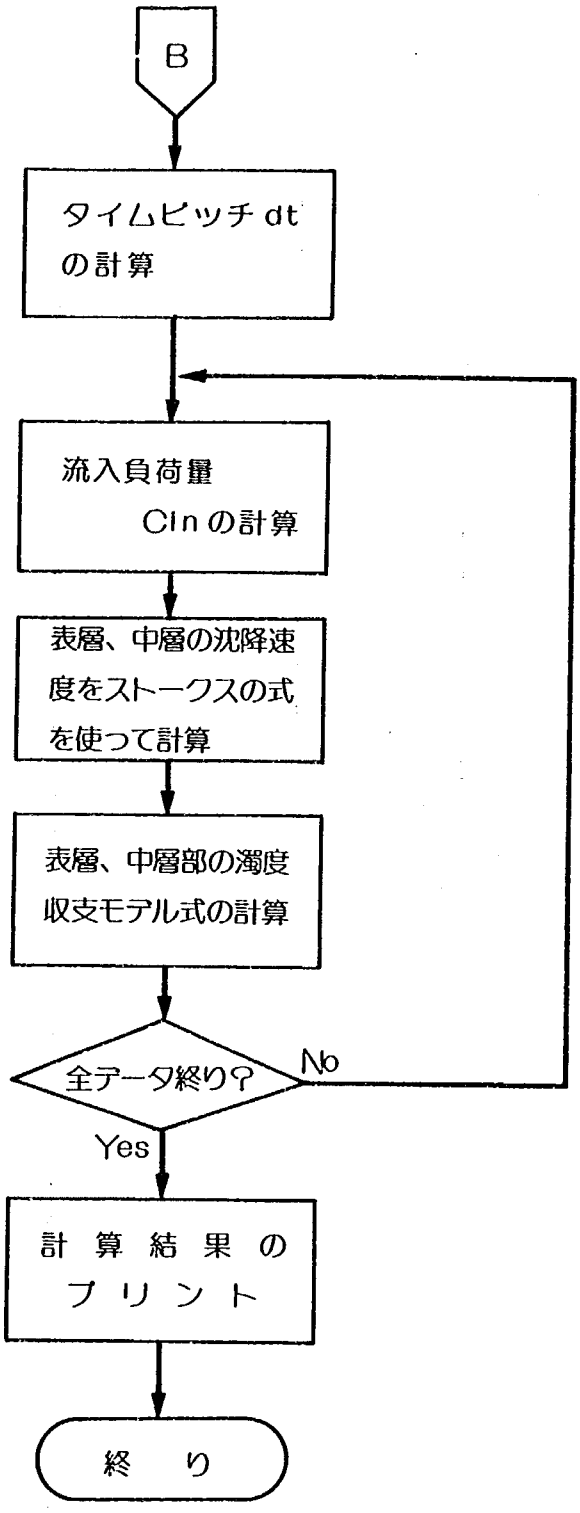
付　　録

3

ダム放流濁度予測三層モデル概要

（1）シミュレーション・プログラム・フロー




B
タイムピッチ dt
の計算
流入負荷量
Cln の計算
表層、中層の沈降速
度をストークスの式
を使って計算
表層、中層部の濁度
収支モデル式の計算
全データ終り?
No
Yes
計 算 結 果 の
プ リ ン ト
終 り

```
C              ****************************************
C              *                                      *
C              *          DAM - HOURYU - DAKUDO       *
C              *                                      *
C              ****************************************
C
      DIMENSION ELDAM(200),ADAM(200),VDAM(200),BYDAM(200),D(5,5),P(5,5)
      DIMENSION C1(500),C2(500),ALFA(3),BETA(3),PCHEN1(5,5),PCHEN2(5,5)
      DIMENSION TA(500),TIN(500),DEPS(500),EPS(500),WKS1(500),WKS2(500)
      DIMENSION AA1(500),AA2(500),BB1(500),BB2(500),QOUT2(500),QOUT(500)
      DIMENSION YAKU(500),CC1(5,5,500),CC2(5,5,500),ACIN(5,500),CIN(500)
      DIMENSION A1(500),A2(500),V1(500),V2(500),V3(500),VX(500),DV1(500)
      DIMENSION INYY(500),INMM(500),INDD(500),INHH(500),IFLG(500)
      DIMENSION CMPC(5,5,500),CMPCO1(500),CMPCO2(500),COUT(500)
      DIMENSION CMPC1(5,5,500),CMPC2(5,5,500),RVRPC(5),W0(5,5)
      DIMENSION ELDT(500),QIN(500),QOUT1(500)
C
      AK=-5.5225E-6
      BK=1.8973E-5
      CK=1.0
      I = 0
```

水温 ― 密度回帰式の回帰係数

```
      WRITE(6,6000)
 6000 FORMAT(1H0,//,2X,3HNO.,3X,7HEL. (M),3X,10HA*10**3 M2,3X,
     & 10H HABA.(M) ,3X,10H V * 10**3,//)
  101 READ(5,5001)  INO,EL,S,V,B
 5001 FORMAT(I3,4F10.1)
      IF ( INO.EQ.999 )  GO TO 900
  902 I=I+1
      WRITE(6,6002) INO,EL,S,B,V
 6002 FORMAT(1H ,I3,3X,F8.1,3(3X,F10.1))
      ELDAM(I) = EL
      ADAM(I)=S*1000.
      VDAM(I) = V * 1000.0
      BYDAM(I) = B
      GO TO 101
  900 IDAMED = I
```

ダム形状データの保管
(H-A, H-V, H-BのREAD, WRITE)

```
C
      READ(5,5360) IRVRNO,(RVRPC(J),J=1,5)
 5360 FORMAT(I2,5F10.5)
      READ(5,5300) C1(1),C2(1),TB,IDIV
 5300 FORMAT(6X ,3F10.5,I2)
      READ(5,5350) ITMPC,IPOS1,IPOS2,POSTN1,POSTN2,PRYAKU,ICHNG1,ICHNG2,
     *AAS,BBS,AAI,BBI,HSM,BOTMEL
 5350 FORMAT(3I2,3F6.3,2I6,6F7.3)
      READ(5,5101)(ALFA(I),BETA(I),I=1,IRVRNO)
 5101 FORMAT(10F8.4)
 6220 CONTINUE
      DO 5352 JJ=1,IRVRNO
      READ(5,5100) (D(JJ,I),P(JJ,I),PCHEN1(JJ,I),PCHEN2(JJ,I),I=1,IDIV)
 5100 FORMAT(4F10.5)
 5352 CONTINUE
      IF(ICHNG1.EQ.0) GO TO 30
```

各種パラメータのREAD, WRITE

```
53  00043          IM1=ICHNG1/10000
54  00044          ID1=(ICHNG1-IM1*10000)/100
55  00045          IH1=ICHNG1-IM1*10000-ID1*100
56  00046       30 IF(ICHNG2.EQ.0) GO TO 40
57  00047          IM2=ICHNG2/10000
58  00048          ID2=(ICHNG2-IM2*10000)/100
59  00049          IH2=ICHNG2-IM2*10000-ID2*100
60  00050       40 CONTINUE
61  00051          WRITE(6,6300) C1(1),C2(1),TB
62  00052     6300 FORMAT(1H1,//,40X,29H*****************************,/,40X,29H*****
63                 & INPUT PARAMETER  *****,/,40X,29H*****************************,//,
64                 &35X,40HHEIKIN-DAKUDO-INITIAL-VALUE..... C1(1) =,F10.5,/,
65                 &68X,7HC2(1) =,F10.5,/,35X,' TEISOU SUION=',F5.1,'(DEG)')
66  00053          WRITE(6,6350) ITMPC,PRYAKU
67  00054     6350 FORMAT(1H ,34X,26HTIME-PITCH AT FLOOD.......,I2,'HOUR',//
68                 *34X,' INITIAL YAKUSO EL.=',F6.1,/)
69  00055          WRITE(6,5303)        AAS,BBS,AAI,BBI
70  00056     5303 FORMAT(1H ,                                34X,'T-SURF REG EQUATION=',
71                 *F6.3,'+',F6.3,'*T-AIR',//,35X,'T-IN REG EQUATION=',F6.3,'+',F6.3,
72                 *'*T-AIR')
73  00057          DO 5200 JJ=1,IRVRNO
74  00058          WRITE(6,5201) JJ,RVRPC(JJ)
75  00059     5201 FORMAT(1H0,34X,'RIVER',I2,'(',F5.3,'*100%)')
76  00060          WRITE(6,5204) ALFA(JJ),BETA(JJ)
77  00061     5204 FORMAT(1H ,55X,'C-IN=',F6.3,'*Q-IN**',F6.3)
78  00062     5730 WRITE(6,5205) IM1,ID1,IH1,     IM2,ID2,IH2
79  00063     5205 FORMAT(1H ,56X,'D(CM)    P(*100%)  P(*100%)  P(*100%)'/76X,'(',I2,
80                 *'M',I2,'D',I2,'H~)','(',I2,'M',I2,'D',I2,'H~)')
81  00064          DO 5202 J=1,IDIV
82  00065          WRITE(6,5203) D(JJ,J),P(JJ,J),PCHEN1(JJ,J),PCHEN2(JJ,J)
83  00066     5203 FORMAT(1H ,54X,F8.5,3(4X,F6.3))
84  00067     5202 CONTINUE
65  00068     5200 CONTINUE
86  00069          WRITE(6,5353)  HSM,BOTMEL
87  00070     5353 FORMAT(1H ,35X,10H   HSM  = ,F7.2, /,36X,10HBOTMEL  = ,F7.2)
88  00071          WRITE(6,5351) IPOS1,POSTN1,IPOS2,POSTN2
89  00072     5351 FORMAT(1H0,35X,'IPOS1=',I2,'(EL.',F6.1,')'/36X,'IPOS2=',I2,'(EL.',
90                 *F6.1,')')
91            C
92            C                    *****  INPUT DATA GET AND TABLE SET  *****
93            C
94  00073          I=1
95  00074          ROW8=AK*TB**2+BK*TB+CK
96  00075     3010 READ(5,5301) INYY(I),INMM(I),INDD(I), INHH(I), IFLG(I), ELDT(I),
97                 *    QIN(I),QOUT1(I),QOUT2(I),TA(I)
98  00076     5301 FORMAT(5I2,2X,5F10.3)
99  00077          IF ( INYY(I) .EQ. 99) GO TO  3020
100 00078          IF(TA(I).LE.0.) TA(I)=TA(I-1)
101 00079          IF(INYY(I).EQ.0) INYY(I)=INYY(I-1)
102 00080          IF(INMM(I).EQ.0) INMM(I)=INMM(I-1)
103 00081          IF(INDD(I).EQ.0) INDD(I)=INDD(I-1)
104 00082          I = I + 1
105 00083          GO TO 3010
106 00084     3020 ICNTEU=I-1
107 00085          LCNT=50
108 00086          I=1
```

各種パラメータのREAD, WRITE

流入・流出データおよび水位標高，気温のREAD

ページ毎に見出しの打ち出し

```
109   00087          YAKUSO=PRYAKU
110   00088     3011 IF(LCNT.LT.50) GO TO 3811
111   00089          WRITE(6,6332)
112   00090     6332 FORMAT(1H1,        'YYMMDDHH     EL.      Q-IN  Q-OUT1  Q-OUT2  YA
113                 *KUSO  KION SUION  SURF     DEPS          EPS         V1          V2
114                 *',/)
115   00091          LCNT=0
116   00092     3811 CONTINUE
117   00093          LCNT=LCNT+1
118              C-----------------------------------------------------------------------
119              C              V1(I) , V2(I) , A1(I) , A2(I)   COMPUTE
120              C-----------------------------------------------------------------------
121              C
122   00094          SUBEL = ELDT(I)
123              C
124   00095          CALL  SRCHEL
125                 &(ELDAM,VDAM,ADAM,IDAMED,SUBEL,K,V,AA                              )
126              C
127   00096          VWK1 = V
128   00097          A1(I) = AA
129   00098          SUBEL = ELDT(I) - HSM
130              C
131   00099          CALL  SRCHEL
132                 &(ELDAM,VDAM,ADAM,IDAMED,SUBEL,K,V,AA                              )
133              C
134              C
135   00100          VWK2 = V
136   00101          A2(I) = AA
137   00102          V1(I) = VWK1 - VWK2
138   00103          VWK1 = V
139              C
140              C
141              C        MITSUDO KOUBAI SET
142              C
143   00104          TSURF=AAS+BBS*TA(I)
144   00105          TIN(I)=AAI+BBI*TA(I)
145   00106          ROWS=AK*TSURF**2+BK*TSURF+CK
146   00107          DEPS(I)=(ROWB-ROWS)/ROWS
147   00108          IF(QOUT1(I).LE.0.) GO TO 102
148   00109          Q=QOUT1(I)
149   00110          GO TO 103
150   00111      102 Q=0.001
151   00112      103 CONTINUE
152   00113          Z0=0.436*(Q**0.4)*DEPS(I)**(-0.2)
153   00114          YNS1=POSTN1-Z0
154   00115          QOUT(I)=QOUT1(I)+QOUT2(I)
155   00116          IF(QOUT2(I).LE.0.) GO TO 108
156   00117          Q=QOUT2(I)
157   00118          GO TO 109
158   00119      108 Q=0.001
159   00120      109 CONTINUE
160   00121          Z0=0.436*(Q**0.4)*DEPS(I)**(-0.2)
161   00122          IF(IPUS2.EQ.0) POSTN2=ELDT(I)-HSM
162   00123          YNS2=POSTN2-Z0
163   00124          YNEWSO=AMIN1(YNS1,YNS2)
164   00125          IF(YNEWSO.LE.PRYAKU) YAKUSO=YNEWSO
```

ページ毎に見出しの打ち出し

表層部の容量(V1), 表層表面のたん水面積(A1), 中層表面のたん水面積(A2)の計算

2次躍層の標高計算

相対密度差の計算

```
00126          IF(YAKUSO.LT.BOTMEL) YAKUSO=BOTMEL
00127          PRYAKU=YAKUSO
00128          YAKU(I)=YAKUSO
00129          CALL SRCHEL
              &(ELDAM,VDAM,ADAM,IDAMED,YAKUSO,K,V,AA                    )
00130          VWK2 = V
00131          V3(I) = V
00132          V2(I) = VWK1 - VWK2
         C          ----------     RYUDOU  SOUATU  &  GAUSS DISTRIBUTION     -----
         C
00133          YX = ELDT(I) - HSM
00134          IPOS=IPOS1
00135          YOUT=POSTN1
00136          EPS(I)=DEPS(I)/(ELDT(I)-YAKU(I))
00137          EL=ELDT(I)
00138          EP=EPS(I)
00139          QOT=QOUT1(I)
00140          CALL GAUSS(IPOS,YOUT,YAKUSO,EL,QOT ,YX,ELDAM,BYDAM,IDAMED,EP,
              *A,B,WKS)
00141          WKS1(I)=WKS
00142          AA1(I)=A
00143          BB1(I)=B
00144          IPOS=IPOS2
00145          YOUT=YX
00146          IF(IPOS.EQ.1) YOUT=POSTN2
00147          QOT=QOUT2(I)
00148          CALL GAUSS(IPOS,YOUT,YAKUSO,EL,QOT ,YX,ELDAM,BYDAM,IDAMED,EP,
              *A,B,WKS)
00149          WKS2(I)=WKS
00150          AA2(I)=A
00151          BB2(I)=B
00152          WRITE(6,6301) INYY(I),INMM(I),INDD(I),INHH(I),IFLG(I),ELDT(I),
              1QIN(I),QOUT1(I),QOUT2(I),YAKUSO
              2,TA(I),TIN(I),TSURF,DEPS(I),EPS(I),V1(I),V2(I)
00153     6301 FORMAT(1H ,5I2,5F8.2,3F6.1,4(2X,E10.3))
00154          IF(I.EQ.ICNTED) GO TO 3012
00155          I=I+1
00156          GO TO 3011
00157     3012 CONTINUE
00158          IWKEND=ICNTED-1
00159          DT=3600.0*FLOAT(ITMPC)
00160          DO 8000 I=1,IWKEND
00161          IF(IFLG(I+1).EQ.0) DT=86400.0
00162          VX(I+1)=V3(I)-V3(I+1)
00163          DV1(I+1)=V1(I+1)-V1(I)+(AA1(I+1)*QOUT1(I+1)+AA2(I+1)*QOUT2(I+1))*
              *DT
00164     8000 CONTINUE
         C
         C-----------------------------------------------------------------
         C                          MAIN  LOOP
         C-----------------------------------------------------------------
         C
00165          DO 106 JJ=1,IRVRNO
00166          SP=0.
00167          DO 105 J=1,IDIV
00168      105 SP=SP+P(JJ,J)
```

2次躍層の標高計算

中層，底層の容量（V_1, V_3）の計算

各取水設備における流動層厚および流出速度分布の表層，中層の比の計算密度勾配の計算

水位標高，流入・流出，2次躍層の標高，気温，水温，密度勾配，表・中層容量のWRITE

計算時間間隔の計算

表・中層間の移動量

支川別流入濁質量の計算

```
      DO 104 J=1,IDIV
      CC1(JJ,J,1)=C1(1)*RVRPC(JJ)*P(JJ,J)/SP
      CC2(JJ,J,1)=C2(1)*RVRPC(JJ)*P(JJ,J)/SP
  104 CONTINUE
  106 CONTINUE
      DO 9003 JJ=1,IRVRNO
      DO 9000 J=1,IDIV
      DO 4999 I = 1,IWKEND
      LINMAX = 50
      IMDH=INMM(I)*10000+INDD(I)*100+INHH(I)
      IF(ICHNG2.EQ.0.AND.ICHNG1.EQ.0) GO TO 14
      IF(ICHNG2.EQ.0) GO TO 16
      IF(IMDH.GE.ICHNG2) GO TO 15
   16 IF(IMDH.GE.ICHNG1) GO TO 13
      GO TO 14
   15 P(JJ,J)=PCHEN2(JJ,J)
      GO TO 14
   13 P(JJ,J)=PCHEN1(JJ,J)
   14 CONTINUE
      DT = 3600.0 * FLOAT(ITMPC)
      IF(IFLG(I+1).EQ.0) DT=86400.
      QQ=QIN(I)*RVRPC(JJ)
      ACIN(JJ,I)=ALFA(JJ)*QQ**BETA(JJ)
      CINQIN=QQ*ACIN(JJ,I)*P(JJ,J)
C                 *****      STOKES CALL  : W02      *****
C
      TMPWK=TIN(I+1)
      DD=D(JJ,J)
      CALL STOKES (DD,TMPWK,WW)
      W0(JJ,J)=WW
C
      W01=W0(JJ,J)*CC1(JJ,J,I)*A1(I+1)
      W02=W0(JJ,J)*CC2(JJ,J,I)*A2(I+1)
      CX=CC2(JJ,J,I)
      IF(DV1(I).LT.0.) CX=CC1(JJ,J,I)
C
      CC2(JJ,J,I+1)=(1.0/V2(I+1))*(CC2(JJ,J,I)*V2(I)+(CINQIN-(BB1(I+1)*
     *QOUT1(I+1)+BB2(I+1)*QOUT2(I+1))*CC2(JJ,J,I)+W01-W02)*DT-CX*DV1(I+1
     *)+CC2(JJ,J,I)*VX(I+1))
C
      CC1(JJ,J,I+1)=(1.0/V1(I+1))*(CC1(JJ,J,I)*V1(I)-((AA1(I+1)*QOUT1(I+
     *1)+AA2(I+1)*QOUT2(I+1))*CC1(JJ,J,I)+W01)*DT+DV1(I+1)*CX)
C
      IF(CC2(JJ,J,I+1).LE.0.) CC2(JJ,J,I+1)=0.
      IF(CC1(JJ,J,I+1).LE.0.) CC1(JJ,J,I+1)=0.
      IF(QOUT1(I+1).LE.0.) GO TO 2000
      CMPC1(JJ,J,I+1)=(AA1(I+1)*QOUT1(I+1)*CC1(JJ,J,I+1)+BB1(I+1)*QOUT1(
     *I+1)*CC2(JJ,J,I+1))/QOUT1(I+1)
      GO TO 2002
 2000 CMPC1(JJ,J,I+1)=0.
 2002 IF(QOUT2(I+1).LE.0.) GO TO 2003
      CMPC2(JJ,J,I+1)=(AA2(I+1)*QOUT2(I+1)*CC1(JJ,J,I+1)+BB2(I+1)*QOUT2(
     *I+1)*CC2(JJ,J,I+1))/QOUT2(I+1)
      GO TO 2001
 2003 CMPC2(JJ,J,I+1)=0.
 2001 CONTINUE
```

支川別流入濁質量の計算

沈降速度の計算

各支川，各粒径ごとに表層，中層部の濁度収支計算を行う

→ 表層から中層への沈降濁質量

→ 中層から底層への沈降濁質量

→ 各支川，各粒径ごとの中層濁度収支式

→ 各支川，各粒径ごとの表層濁度収支式

→ 各支川，各粒径ごとに放流設備１からの取・放水濁度を計算

→ 各支川，各粒径ごとに放流設備２からの取・放水濁度を計算

```
CARD     ISN        SOURCE STATEMENT

277     00214              IF(QOUT(I+1).LE.0.) GO TO 2004
278     00215              CMPC(JJ,J,I+1)=((AA1(I+1)*QOUT1(I+1)+AA2(I+1)*QOUT2(I+1))*CC1(JJ,J
279                       *,I+1)+(BB1(I+1)*QOUT1(I+1)+BB2(I+1)*QOUT2(I+1))*CC2(JJ,J,I+1))/
280                       *QOUT(I+1)
281     00216              GO TO 2005
282     00217         2004 CMPC(JJ,J,I+1)=0.
283     00218         2005 CONTINUE
284     00219              IF(CMPC1(JJ,J,I+1).LE.0.) CMPC1(JJ,J,I+1)=0.
285     00220              IF(CMPC2(JJ,J,I+1).LE.0.) CMPC2(JJ,J,I+1)=0.
286     00221              IF(CMPC(JJ,J,I+1).LE.0.) CMPC(JJ,J,I+1)=0.
287     00222         6999 CONTINUE
288     00223         4999 CONTINUE
289                  C
290     00224         9000 CONTINUE
291     00225         9003 CONTINUE
292     00226              DO 8002 I=1,IWKEND
293     00227              SCIN=0.
294     00228              DO 8001 JJ=1,IRVRNO
295     00229              SCIN=SCIN+ACIN(JJ,I)*QIN(I)*RVRPC(JJ)
296     00230         8001 CONTINUE
297     00231              CIN(I)=SCIN/QIN(I)
298     00232         8002 CONTINUE
299     00233           28 CONTINUE
300     00234              WRITE(6,1999)
301     00235         1999 FORMAT(1H1,40X,41(1H*))
302     00236              WRITE(6,2998)
303     00237         2998 FORMAT(1H ,40X,41H**********  COMPUTED   RESULT  **********)
304     00238              WRITE(6,3999)
305     00239         3999 FORMAT(1H ,40X,41(1H*),//)
306     00240              WRITE(6,5999)
307     00241         5999 FORMAT(1H ,        'YYMMDDHH     EL.     Q-IN    C-IN Q-OUT1 Q-OUT2
308                       *  CO1    CO2   COUT     C1     C2   A1   B1   A2   B2  WKS1 WKS2
309                       *   DV1'/)
310     00242              LINCNT=1
311     00243              DO 9001 I=1,IWKEND
312     00244              SUMC1=0.
313     00245              SUMC2=0.
314     00246              SUMCO1=0.
315     00247              SUMCO2=0.
316     00248              SUMCO=0.
317     00249              DO 9002 J=1,IDIV
318     00250              DO 9005 JJ=1,IRVRNO
319     00251              SUMC1=SUMC1+CC1(JJ,J,I+1)  →  表層部の濁度
320     00252              SUMC2=SUMC2+CC2(JJ,J,I+1)  →  中層部の濁度
321     00253              SUMCO1=SUMCO1+CMPC1(JJ,J,I+1) →  放流設備1からの放流濁度
322     00254              SUMCO2=SUMCO2+CMPC2(JJ,J,I+1) →  放流設備2からの放流濁度
323     00255              SUMCO=SUMCO+CMPC(JJ,J,I+1)    →  放流濁度
324     00256         9005 CONTINUE
325     00257         9002 CONTINUE
326     00258              C1(I+1)=SUMC1
327     00259              C2(I+1)=SUMC2
328     00260              CMPCO1(I+1)=SUMCO1
329     00261              CMPCO2(I+1)=SUMCO2
330     00262              COUT(I+1)=SUMCO
331     00263              LINCNT=LINCNT+1
332     00264              IF(LINCNT.GT.LINMAX) GO TO 4887
```

各支川，各粒径ごとの放流濁度計算

流入濁度（Cin）の計算

見出しの打ち出し

放流濁度の計算

計算結果のプリント

```
00265          WRITE(6,4990) INYY(I+1),INMM(I+1),INDD(I+1),INHH(I+1),ELDT(I+1),
              *QIN(I+1),CIN(I+1),QOUT1(I+1),QOUT2(I+1),CMPCO1(I+1),
              *CMPCO2(I+1),COUT(I+1),C1(I+1),C2(I+1),AA1(I+1),BB1(I+1),AA2(I+1),
              *BB2(I+1),WKS1(I+1),WKS2(I+1),DV1(I+1)
00266     4990 FORMAT(1H ,4I2,2X,10F7.1,4F5.2,2F6.1,2X,E10.3)
00267          GO TO 9001
00268     4887 CONTINUE
00269          WRITE(6,1999)
00270          WRITE(6,2998)   各ページごとの見出し
00271          WRITE(6,3999)
00272          WRITE(6,5999)
00273          WRITE(6,4990) INYY(I+1),INMM(I+1),INDD(I+1),INHH(I+1),ELDT(I+1),
              *QIN(I+1),CIN(I+1),QOUT1(I+1),QOUT2(I+1),CMPCO1(I+1),
              *CMPCO2(I+1),COUT(I+1),C1(I+1),C2(I+1),AA1(I+1),BB1(I+1),AA2(I+1),
              *BB2(I+1),WKS1(I+1),WKS2(I+1),DV1(I+1)
00274          LINCNT=1
00275     9001 CONTINUE
00276          CALL GRAPH
              *(COUT,          INYY,INMM,INDD,INHH,ICNTED)   放流濁度のプリンターによる図化
        C
00277          STOP
00278          END
```

計算結果のプリント

```
355   00001          SUBROUTINE  STOKES
356                 &(D,TIN,WK                                                  )
357   00002          DIMENSION  WTRTBL(7)
358             C    *****   UGU-NENSEI-KEISUU-TABLE  T = 0,5,10,15,20,25,30   *****
359             C
360   00003          DATA  (WTRTBL(I),I = 1,7) / 1.792,1.520,1.307,1.139,1.004,0.893,
361                 &                            0.801/
362   00004          WLO = 2.64 → 粒子の密度(ρ')
363   00005          G = 980.0  → 重力加速度(g)
364             C              *****     TINKOU-SOKUDO  BY   STOKES    *****
365             C
366   00006          DO 3210 I = 1,7
367   00007          T =(I - 1) * 5
368   00008          WI = I
369   00009          J = I
370   00010          IF ( TIN.LE.T )  GO TO 3211
371   00011     3210 CONTINUE
372   00012     3211 CONTINUE
373   00013          IF ( J.NE.1 )  GO TO 3212
374   00014          X1 = WTRTBL(1)
375   00015          GO TO 3213
376   00016     3212 CONTINUE
377   00017          X1 = ((WTRTBL(J)-WTRTBL(J-1))/5.0)*(TIN-(WI-2.0)*5.0)  → 流入水温における水の動粘性係数(ν)
378                 &           + WTRTBL(J-1)
379   00018     3213 CONTINUE
380   00019          X1 = X1 / 100.0
381   00020          WK = (WLO - 1.0) * G / X1 * D * D / 18.0 → 粒子の沈降速度計算
382   00021          WK = WK / 100.0
383   00022          RETURN
384   00023          END
```

サブルーチン「STŌKES」
(流入水温，粒径を与えてStokesの式により沈降速度を求めるサブルーチン)

```
      SUBROUTINE  SRCHEL
     &(ELDAM,VDAM,ADAM,IDAMED,SUBEL,K,V,A                                  )
      DIMENSION  ELDAM(200),VDAM(200),ADAM(200)
      DO 100 K9 = 1,IDAMED
      K = K9
      IF ( ELDAM(K9).GE.SUBEL )  GO TO 200
  100 CONTINUE
  200 CONTINUE
      IF ( K.NE.1 )  GO TO 300
      V = VDAM(K)
      A = ADAM(K)
      GO TO 400
  300 CONTINUE
      V = (VDAM(K)-VDAM(K-1))*(SUBEL-ELDAM(K-1))/(ELDAM(K)-ELDAM(K-1))
     &     + VDAM(K-1)
      A = (ADAM(K)-ADAM(K-1))*(SUBEL-ELDAM(K-1))/(ELDAM(K)-ELDAM(K-1))
     &     + ADAM(K-1)
  400 CONTINUE
      RETURN
      END
```

サブルーチン「SRCHEL」
（標高を与え，ダム形状データからその標高における容量と面積を求めるサブルーチン）

サブルーチン「GRAPH」
（放流濁度のプリンターによる図化）

```
      SUBROUTINE GRAPH (CMPCOT,        INYY,INMM,INDD,INHH,N)
      DIMENSION CMPCOT(400),            INYY(400),INMM(400),INDD(400),
     &     INHH(400),WAPR(102)
      RMAX=-999.9
      DO 402 I=1,N
      IF(RMAX.LT.CMPCOT(I)) RMAX=CMPCOT(I)
  402 CONTINUE
      IF(RMAX.LT.100.0)        GO        TO        70
      II=1.0+RMAX/10.0
      RMAX=II*10
          GO        TO        110
   70 IF(RMAX.LT.10.0)       GO        TO        80
      II=1.0+RMAX/10.0
      RMAX=II*10
            GO        TO        110
   80 IF(RMAX.LT.1.0)        GO        TO        90
      II=1.0+RMAX
      RMAX=II
      GO              TO        110
   90 II=1.0+RMAX*10.0
      RR=II
      RMAX=RR/10.0
  110 CONTINUE
      RMINI=0.0
      DELTA=RMAX/100.0
      RR2=DELTA*20.0
      RR4=DELTA*40.0
      RR6=DELTA*60.0
      RR8=DELTA*80.0
      WRITE(6,1100) RMINI,RR2,RR4,RR6,RR8,RMAX
 1100 FORMAT(1H1,27X,F3.1,12X,4(F10.3,10X),F10.3)
      WRITE(6,1200)
 1200 FORMAT(1H ,27X,                    1H+,10(9(1H-),1H+))
      DO 30 JJ=2,N
      DO 60 I=1,102
   60 WAPR(I)=1H
      WAPR(1)=1HI
      WAPR(102)=1HI
      RKIGO=1HC
      Y=CMPCOT(JJ)
   50 IF ( Y.LE.0.0 )  GO TO 9
      MM=    1.0001+(Y-RMINI)/DELTA
      IF(MM .GT. 100) GO TO 400
      WAPR(1+MM)=RKIGO
      GO TO 401
  400 WAPR(101)=RKIGO
    9 WAPR(1) = 1H?
  401 CONTINUE
      WRITE(6,1300)INYY(JJ),INMM(JJ),INDD(JJ),INHH(JJ),CMPCOT(JJ),
     *(WAPR(I),I=1,102)
 1300 FORMAT(1H ,8X,3(I2,1H-),I2,1H(,F6.1,1H),102A1)
   30 CONTINUE
```

```
457     00051          WRITE(6,1200)
458     00052          RETURN
459     00053          END
```

```
460   00001          SUBROUTINE BYSRCH
461                 *(ELDAM,BYDAM,IDAMED,JY,BY     )
462   00002          DIMENSION ELDAM(500),BYDAM(500)
463   00003          I=1
464   00004       10 IF (ELDAM(I).GE.JY) GO TO 20
465   00005          IF (I.GE.IDAMED) GO TO 20
466   00006          I=I+1
467   00007          GO TO 10
468   00008       20 BY=BYDAM(I)
469   00009          RETURN
470   00010          END
```

サブルーチン「BYSRCH」
（標高を与え，ダム形状データからその標高における貯水池幅を求めるサブルーチン）

```
00001          SUBROUTINE GAUSS(IPOS,YOUT,YAKUSO,EL  ,QOUT,YX,ELDAM,BYDAM,IDAMED,
              *EP,A,B,WKS)
00002          DIMENSION ELDAM(200),BYDAM(200)
00003          IF(QOUT.LE.0.) GO TO 1000
00004          G = 0.324
00005          IF ( IPOS   .EQ.1 )  G = 0.134
00006          WKS=(G**(-0.33333))*(QOUT/(3.1416*SQRT(9.8*EP)))**(0.33333)
00007          SIGM=WKS/3.93
00008          WYOUT1 = YOUT + WKS/2.0
00009          WYOUT2 = YOUT - WKS/2.0
00010          IF ( WYOUT2.LT.YX )  GO TO 2211
00011          A = 1.0
00012          B = 0.0
00013          GO TO 69
00014     2211 CONTINUE
00015          IF ( WYOUT1.GT.YX )  GO TO 2212
00016          A = 0.0
00017          B = 1.0
00018          GO TO 69
00019     2212 CONTINUE
00020          YUP = WYOUT1
00021          IF ( WYOUT1.GT.EL ) YUP=EL
00022          YDOUN = YAKUSO
00023          IF ( WYOUT2.GT.YAKUSO    )  YDOUN = WYOUT2
00024          IYX = YX + 0.5
00025          IYOUT = YOUT + 0.5
00026          IYUP = YUP + 0.5
00027          IYDOUN = YDOUN + 0.5
00028          DY = 1.0
00029          AWK = 0.0
00030          DO 2130 JY = IYX,IYUP
00031          IF(JY-IYOUT.LE.0) GO TO 2130
00032          WK = -((JY-IYOUT)**2.0)/(2*SIGM**2.0)
00033          CALL  BYSRCH
              &(ELDAM,BYDAM,IDAMED,JY,BY    )
00034          AWK = AWK + EXP( WK )*BY*DY
00035     2130 CONTINUE
00036          BWK = 0.0
00037          DO 2131 JY = IYDOUN,IYX
00038          IF(JY-IYDOUN.LE.0) GO TO 2131
00039          WK = -((JY-IYDOUN)**2.0) / (2*SIGM**2.0)
00040          CALL  BYSRCH
              &(ELDAM,BYDAM,IDAMED,JY,BY    )
00041          BWK = BWK + EXP( WK )*BY*DY
00042     2131 CONTINUE
00043          ABA = AWK + BWK
00044          IF ( ABA.LE.0.0 )  GO TO 69
```

サブルーチン「GAUSS」
（取・放水量，密度勾配，取・放水位置などを与えて，流動厚層，流出速度分布を求めるサブルーチン）

日野・大西の無次元数，Gの値は白砂の実験より
表層流出　G＝0.324　中層流出＝0.134

→ 流速分布の標準偏差

流動層厚の計算

```
C
C
C     ----------    RYUSITU  BUNPU  COMPUTE  A,B        ----------
C
```

流出速度分布の計算

```
523   00045          A = AWK / (AWK + BWK)
524   00046          B = BWK / (AWK + BWK)  )表層部，中層部の流出速度分布の比の計算
525   00047       69 CONTINUE
526   00048          GO TO 2120
527   00049     1000 A=0.
528   00050          B=0.
529   00051          WKS=0.
530   00052     2120 CONTINUE
531   00053          RETURN
532   00054          END
```

(3)　プログラムの変数の説明

1）ダム形状データ

ELDAM (I)　　標高　EL m

ADAM (I)　　各標高におけるたん水面積（㎡）

VDAM (I)　　各標高における容積（㎥）

BYDAM (I)　　〃　　貯水池幅（m）

2）パラメータ

IRVRNŌ　　；貯水池内の支川数

RVRPC (J)　　；各支川の支配面積率

C 1(1)　　；表層濁度の初期値（g / ㎥）

C 2(1)　　；中　〃　〃　(g/ ㎥)

TB　　；底層水温（℃）

IDIV　　；代表粒径の数

ITMPC　　；洪水時データの時間間隔

IPŌS 1　　；取・放水設備１の取水の形態（O：表層取水，I：中層取水）

IPŌS 2　　；　〃　２の　〃　(　〃　〃　)

PŌSTN 1　　；　〃　１の標高

PŌSTN 2　　；　〃　２の　〃

PRYAKU　　；２次躍層位置の初期値（EL. m）

ICHNG 1　　；濁質粒径の占有比率の変化日（１番目）

ICHNG 2　　；　〃　〃　（２番目）

AAS　　；表層水温―気温の回帰式の回帰係数　a_1 ($Tsurf = a_1 Tair + b_1$)

BBS　　；　〃　〃　b_1

AAI　　；流入水温―気温　〃　〃　a_2 ($Tin = a_2 Tair + b_2$)

BBI　　；　〃　〃　〃　b_2

HSM　　；表層水深（m）

BŌTMEL　　；貯水池底の標高（EL. m）

ALFA(I)　　；各支川(I)ごとの流入濁度式の回帰係数　α　($Cin = Qin^{\beta}$)

BETA(I)　　；　〃　〃　〃　β

D (JJ, I)　　；各支川 JJ における濁質の粒径（㎝）

P (JJ, I)　　；上記粒径の占有比率

PCHEN 1 (JJ, I)；ICHNG 1 後の濁質粒径の占有比率

PCHEN 2 (JJ, I)；ICHNG 2　〃　〃

3) 流入・流出データ

INYY(I) ; 年

INMM(I) ; 月

INDD(I) ; 日

INHH(I) ; 時

IFLG(I) ; フラグ（1；時間単位データ，0；日単位データ）

ELDT(I) ; 貯水位

QIN(I) ; 流入量（m³/s）

QŌUT 1(I) ; 取・放水設備1の取・放水量（m³/s）

QŌUT 2(I) ; 〃 2 〃

TA(I) ; 気温（5日間移動平均値）（℃）

4)

RŌWB ; 底層水の密度

AK, BK, CK ; 水温一密度回帰式の回帰係数（$\rho = aT^2 + bT + c$）

YAKUSŌ ; 2次躍層位置（EL. m）

A 1(I) ; 表層の平均面積（m²）

V 1(I) ; 表層の容量 （m³）

A 2(I) ; 中層の平均面積（m²）

V 2(I) ; 中層の容量 （m³）

V 3(I) ; 低層の容量 （m³）

TSURT ; 表層水温

TIN(I) ; 流入水温

RŌWS ; 表層の密度

DEPS(I) ; 相対密度差

ZO ; Crayaの式 $Z_0 = 0.436Q^{0.4} \cdot \varepsilon^{-0.2}$

EPS(I) ; 鉛直密度勾配

WKS 1(I) ; 取・放水設備1の流動層厚（m）

WKS 2(I) ; 〃 2 〃

AA 1(I) ; 〃 1の流動層厚のうち表層の占め割合

BB 1(I) ; 〃 1 〃 中層 〃

AA 2(I) ; 〃 2 〃 表層 〃

BB 2(I) ; 〃 2 〃 中層 〃

VX（I+1） ; 2次躍層低下に伴う中層の変化量（m³）

DV1（I+1） ; 水位変化に伴う表層・中層間の移動量（m³）

CINQIN ; 流入濁質量（g/s）

WO (JJ, J) ; Stokesの式による沈降速度

WO1 ; 表層から中層への沈降濁質量

WO2 ; 中層から底層 〃

CC1 (JJ, J, I+1) ; 各支川(JJ)ごとの流入濁質量及び各代表粒径(J)における表層の濁度

CC2 (JJ, J, I+1) ; 〃 〃 中層 〃

CMPC1 (JJ, J, I+1); CC1(JJ, J, I+1), CC2(JJ, J, I+1)に基く取・放水設備1からの取・放水濁度

CMPC2 (JJ, J, I+1); 〃 〃 〃 2 〃

CMPC (JJ, J, I+1); CC1(JJ, J, I+1), CC2(JJ, J, I+1)に基く取・放水濁度

CIN(I) ; 各支川からの流入濁度の総量

C1 (I+1) ; 表層濁度計算値（かさねあわせ後）

C2 (I+1) ; 中 〃 〃 (〃)

$\bar{C}$OUT (I+1) ; 放流濁度 (〃)

各サブルーチンの説明

1. Stokes ; Stokesの式により，流入水温，粒径を与えて沈降速度を求める Subroutine

   WL$\bar{O}$; 粒子の密度 (g/m³)

   G ; 重力加速度 (cm/s²)

   WTRTBL(I) ; 水の動粘性係数

   TIN ; 流入水温 (℃)

   D ; 粒 径 (cm)

   WK ; 沈降速度 (cm/s)

2. SRCHEL ; 与えられた標高から水位・容量・面積表をもとにそのときの面積，容量を求めるサブルーチン

3. GRAPH ; 放流濁度の計算値を Line Printer 上に図化するサブルーチン

4. BYSRCH ; 与えられた標高から，貯水池平均幅Bを求めるサブルーチン

5. Gauss ; 取・放水量，密度勾配，取・放水位置を与えて，流動層厚，各層からの取水量を求めるサブルーチン

DATA SHEET

PROBLEM _____ WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____

No. (4) 入力データ様式

1 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 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80

1

2 〔ダム形状データ〕

3

4 INO EL S B V

5 (I3,4F10.1)

6 INO; 層NO. （最下層がNO.1）

7 EL；水・位 （EL.m）

8 S ；水表面積（10^3 m²）

9 B ；貯水池平均幅

10 V ；累加容量（10^3 m³）

11

12 〔パラメータ〕

13 IRVRNO

14 RVRPC(J) RVRPC(J) RVRPC(J) RVRPC(J) RVRPC(J)

15 (I2,5F10.5)

16 IRVRNO ；貯水池内支川数

17 RVRPC(J)；各支川の支配面積比（J=1, IRVRNO）

18 IDIV

19 C1(1) C2(1) TB

20 (3F10.5,I2)

21 C1(1);表層濁度初期値(PPm)

22 C2(1) 中 〃 〃 〃

23 TB ；底層水温（℃）

24 IDIV；濁質粒径の設定数

25

1 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 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80

DATA SHEET

PROBLEM__________ WRITTEN BY__________ PAGE_____ OF_____

No.	1–80
1	ITMPC IPOS1 IPOS2 / POSTN1 / POSTN2 / PRYAKU / ICHNG1 / ICHNG2 / AAS / BBS / AAI / BBI / HSM / BOTMEL
2	(3I2, 3F6. 3, 2I6, 6F7. 3)
3	ITMPC ; 洪水時データの時間ピッチ（時間）
4	IPOS1 ; 取・放水設備１の取水型式（１; 表層取水, ０; 中層取水）
5	IPOS2 〃 2 〃 〃 〃
6	POSTN1 取・放水設備１の呑口中心標高(クレストの場合は越流標高)表面取水の場合はBlank
7	POSTN2 ; 〃 2 〃 〃
8	PRYAKU ; 2次躍層位置の初期値(EL. m)
9	ICHNG1 ; 粒径比率の変化日の指定(ex. 10月16日17時～の場合 101617と記入)
10	ICHNG2 ; 次の 〃 〃
11	AAS ; 気温－表層水温回帰式Tsurf＝a＋Tair＋b のa
12	BBS ; 〃 〃 〃 のb
13	AAI ; 気温－流入水温回帰式Tin＝a×Tair＋b のa
14	BBI ; 〃 〃 〃 のb
15	HSM ; 表層水深
16	BOTMEL ; 貯水池底標高(EL. m)
17	
18	SA(I) / SB(I) / SA(I) / SB(I) / ・・・・・・・
19	(10F8. 4)
20	ALFA(I) ; 流入濁度式 $Cin=\alpha Qin^{\beta}$ の α (I=1, IRVRNO)
21	BETA(I) ; 〃 〃 の β（各支川ごとに与える）
22	
23	
24	
25	

DATA SHEET

PROBLEM _____ WRITTEN BY _____ PAGE ____ OF ____

No.	
1	
2	D　P　PCHEN1　PCHEN2
3	(4F10. 5)
4	
5	D ；濁質の粒径
6	P ；Dの比率
7	PCHEN1 ；比率を変える場合の比率1
8	PCHEN2 ；　〃　〃　2
9	
10	注）上記Formatは各支川，各粒径ごとのもので，3粒径の場合は各粒径
11	ごとに上記Formatを作成し，さらに3支川であれば，それらが3セッ
12	ト計9枚のデータとなる。
13	
14	流出入量，水位データ
15	INDD INHH
16	ELDT　Qin　Qout1　Qout2　TA
17	INYY INMM IFLG　(5I2,5F10.3)
18	INYY ；年
19	INMM ；月
20	INDD ；日
21	INHH ；時
22	IFLG ；時間データ，日データの区別(IFLG=1；時間単位，0で日単位)
23	ELDT ；貯水位(ELm)
24	QiN ；流入量(m³/S)
25	Qout1 ；取・放水設備1の取・放水量(m³/S)

FORM X18—4001

DATA SHEET

PROBLEM_____ WRITTEN BY_____ PAGE_____ OF_____

No.	1 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 32 33 34 35 36 37 38 39 40	41 42 43 44 45 46 47 48 49 50	51 52 53 54 55 56 57 58 59 60	61 62 63 64 65 66 67 68 69 70	71 72 73 74 75 76 77 78 79 80
1		Qout2；取・放水設備２の取・放水量(m³/S)				
2		TA　；気　温（５日間移動平均値）(℃)				
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						

(5) 出力リスト様式

出力リスト一覧

木モデルによりRunすると以下の出力が得られる。

1. ダム形状テーブル

No.	水 位 (m) EL. (M)	水表面積 (×10³ m²) A*10**3 M2	貯水池幅 (m) HABA. (M)	容 量 (×10³ m³) V*10**3
1	466.7	0.0	0.0	0.0
2	472.0	11.0	33.0	50.0
3	476.0	33.0	35.0	115.0
4	482.0	80.0	38.0	512.0
5	488.0	150.0	47.0	1,201.0
6	494.0	245.0	61.0	2,395.0
7	500.0	352.0	81.0	4,299.0
8	502.0	392.0	88.0	5,000.0
9	504.0	435.0	90.0	5,886.0
10	506.0	480.0	91.0	9,796.0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

2. パラメータの一覧表

```
*****************************
*****   INPUT PARAMETER   *****
*****************************
```

HEIKIN-DAKUDO-INITIAL-VALUE…… C1 (1) = 4.00000 (表層濁度の初期値)
C2 (1) = 5.00000 (中層 〃 〃)

TEISOU SUION= 5.5 (DEG)
TIME-PITCH AT FLOOD…… 1HOUR

INITIAL YAKUSO EL. = 497.0 (2次躍層位置の初期値)
T-SURF REG EQUATION = 6.900 + 0.780*T-AIR (表層水温－気温相関式)
T-IN REG EQUATION = 5.700 + 0.600*T-AIR (流入 〃 〃)
RIVER 1 (0.440*100%)

支川 1　支配面積率　C-IN=0.630*Q-IN**1.220 (支川1からの流入温度式)

D (CM) 粒 径 (m)	P (*100%) (占有比率)	P (*100%) (0M 0D 0H~)	P (*100%) (0M 0D 0H~)
0.00085	0.180	0.0	0.0
0.00056	0.280	0.0	0.0
0.00026	0.240	0.0	0.0

RIVER 2 (0.560*100%)

支川 2　C-IN=0.630*Q-IN**1.220 (支川2からの流入温度式)

D (CM) 粒 径 (m)	P (*100%) (占有比率)	P (*100%) (0M 0D 0H~)	P (*100%) (0M 0D 0H~)
0.00085	0.180	0.0	0.0
0.00056	0.280	0.0	0.0
0.00026	0.240	0.0	0.0

HSM= 3.00（表層水深）
BOTMEL＝466.70（貯水池底標高）
IPOS1＝0（EL. 526.7）
IPOS2＝1（EL. 499.5）

3.

YYMMDDHH		EL.	Q−IN	Q−OUT1	Q−OUT2
47 7 9171		529.40	10.00	0.0	0.0
47 7 9181		529.40	14.20	0.0	0.0
47 7 9191		529.40	26.30	0.0	7.30
47 7 9201		529.40	39.60	0.0	14.30
47 7 9211		529.50	59.20	0.0	14.30
47 7 9221		529.70	85.50	0.0	14.30
47 7 9231		529.90	114.60	0.0	14.30
47 7 9241		530.10	119.80	0.0	14.30
年月日時	フラグ	水 位	流入量	放流量	放流量

YAKUSO	KION	SUION	SURF	DEPS	EPS	V1	V2
495.87	21.0	18.3	23.3	0.249E−02	0.744E−04	0.368E+07	0.201E+08
495.32	21.0	18.3	23.3	0.249E−02	0.732E−04	0.368E+07	0.203E+08
494.15	21.0	18.3	23.3	0.249E−02	0.708E−04	0.368E+07	0.207E+08
493.62	21.0	18.3	23.3	0.249E−02	0.697E−04	0.368E+07	0.208E+08
493.62	21.0	18.3	23.3	0.249E−02	0.695E−04	0.368E+07	0.209E+08
493.62	21.0	18.3	23.3	0.249E−02	0.692E−04	0.367E+07	0.212E+08
493.62	21.0	18.3	23.3	0.249E−02	0.688E−04	0.366E+07	0.214E+08
493.62	21.0	18.3	23.3	0.249E−02	0.684E−04	0.367E+07	0.217E+08
2次躍層位置	気温	流入水温	表層水温	相対密度差	密度勾配	表層の容量	中層の容量

4. 計算結果

```
*****************************************
********** COMPUTED RESULT **********
*****************************************
```

YYMMDDHH	EL.	Q−IN	C−IN	Q−OUT1	Q−OUT2
47 7 1119	531.7	496.6	536.5	463.3	14.3
47 7 1120	531.8	830.2	1,004.3	770.7	14.3
47 7 1121	531.9	871.5	1,065.6	770.7	14.3
47 7 1122	532.2	992.6	1,248.9	770.7	14.3
47 7 1123	532.6	942.6	1,172.6	770.7	14.3
47 7 1124	532.6	712.2	833.0	678.9	14.3
47 7 121	532.6	618.4	701.2	585.1	14.3
47 7 122	532.6	491.1	529.3	457.8	14.3
			流入濁度		

CO1	CO2	COUT	C1	C2
234.0	259.3	234.8	183.6	259.3
276.7	314.2	277.4	194.8	314.2
322.6	371.6	323.5	215.3	371.6
384.7	448.7	385.9	244.7	448.7
432.7	497.2	433.9	282.7	497.2
446.4	505.0	447.6	311.8	505.0
449.7	502.7	451.0	332.0	502.7
445.2	492.3	446.6	342.5	492.3
取放水設備1からの放流濁度	取放水設備2からの放流濁度	放流濁度	表層濁度	中層濁度

A1	B1	A2	B2	WKS1	WKS2	DV1
0.33	0.67	0.0	1.00	26.3	14.7	0.556E+06
0.31	0.69	0.0	1.00	31.1	14.7	0.891E+06
0.31	0.69	0.0	1.00	31.1	14.7	0.891E+06
0.31	0.69	0.0	1.00	31.2	14.7	0.940E+06
0.30	0.70	0.0	1.00	31.2	14.7	0.934E+06
0.30	0.70	0.0	1.00	29.9	14.7	0.742E+06
0.31	0.69	0.0	1.00	28.5	14.7	0.654E+06
0.31	0.69	0.0	1.00	26.3	14.7	0.519E+06
						DVS
				流動層厚		

4. 流入・放流・沈降濁質量の出力

```
*****************************************
**********  COMPUTED   RESULT  **********
*****************************************
```

YYMMDDHH		QINCIN	QOUT1 COUT1	QOUT2 COUT2	VW01	VW02	VX
47 7 918	1	0.359E+06	0.0	0.255E+06	0.540E+06	0.612E+06	0.867E+06
47 7 919	1	0.141E+07	0.0	0.475E+06	0.509E+06	0.612E+06	0.186E+07
47 7 920	1	0.350E+07	0.0	0.611E+06	0.480E+06	0.614E+06	0.630E+06
47 7 921	1	0.854E+07	0.0	0.637E+06	0.455E+06	0.625E+06	0.0
47 7 922	1	0.193E+08	0.0	0.702E+06	0.432E+06	0.656E+06	0.0
47 7 923	1	0.370E+08	0.0	0.833E+06	0.411E+06	0.726E+06	0.0
47 7 924	1	0.408E+08	0.0	0.974E+06	0.390E+06	0.867E+06	0.0
		流入濁質量	各設備からの放流濁質量		沈降濁質量（表層→中層）	沈降濁質量（中層→底層）	2次躍層低下による中層の増分

DV1	C1V1	C2V2
0.0	0.142E+08	0.101E+09
0.0	0.137E+08	0.104E+09
0.0	0.132E+08	0.106E+09
−0.173E+05	0.127E+08	0.111E+09
−0.334E+05	0.122E+08	0.124E+09
−0.323E+05	0.118E+08	0.149E+09
0.813E+05	0.114E+08	0.176E+09
表層・中層移動量	表層の濁質量	中層の濁質量

5. 放流濁度計算値の Line Printer での図化

```
                 放流濁度 0.0                 92.000                 184.000
                          +---------+---------+---------+---------+---------+--
47- 7- 9-18(    0.0)?
47- 7- 9-19(    5.0)I  C
47- 7- 9-20(    5.1)I  C
47- 7- 9-21(    5.3)I  C
47- 7- 9-22(    5.9)I  C
47- 7- 9-23(    7.0)I  C
47- 7- 9-24(    8.1)I  C
47- 7-10- 1(    8.9)I  C
47- 7-10- 2(    9.5)I   C
47- 7-10- 3(    9.8)I   C
47- 7-10- 4(   10.1)I   C
47- 7-10- 5(   10.4)I   C
47- 7-10- 6(   10.9)I   C
47- 7-10- 7(   11.2)I   C
47- 7-10- 8(   11.4)I   C
47- 7-10- 9(   11.6)I   C
47- 7-10-10(   11.8)I   C
47- 7-10-11(   12.0)I   C
47- 7-10-12(   12.4)I   C
47- 7-10-13(   12.0)I   C
47- 7-10-14(   10.8)I   C
47- 7-10-15(   12.2)I   C
47- 7-10-16(   13.2)I   C
47- 7-10-17(   14.0)I    C
47- 7-10-18(   14.8)I    C
47- 7-10-19(   15.8)I    C
47- 7-10-20(   18.2)I    C
47- 7-10-21(   21.3)I     C
47- 7-10-22(   28.0)I       C
47- 7-10-23(   35.9)I        C
47- 7-10-24(   62.6)I
```

ダム放流濁度予測手法に関する研究

土研資料第1945号
昭 58. 1. (1983)

横道雅己

キーワード：濁水長期化現象，濁度予測モデル，シミュレーション，躍層，粒径分布

要旨 ダム貯水池の建設に伴なう河川水質問題のひとつに濁水長期化現象がある。本研究は，全国の多目的ダムにおいて観測収集された資料をもとに，濁水長期化要因を整理・分析するとともに，分析結果を総合化することによりダムからの放流濁度を予測する方法について種々検討を加えたものである。さらに，ダム放流濁度計算プログラムの概要についてもあわせて呈示している。