

土 木 研 究 所 資 料

水圧計を利用したルジオンテスト における一考察

昭 和 55 年 3 月

建 設 省 土 木 研 究 所
ダム部フィルダム研究室

Copyright © 1980 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。

水圧計を利用したルジオンテストにおける考察

建設省土木研究所フィルダム研究室

播 田 一 雄
豊 田 光 雄

目 次

1. はじめに	1
2. 試験方法	2
2.1 水圧計を利用したルジオンテスト	2
2.1.1 試験概要	2
2.1.2 注入圧力	3
2.1.3 ルジオン値の求め方	3
2.2 ロッド等損失圧力測定試験	4
2.3 管内圧力変動	4
2.4 試験機器	4
3. 試験ヶ所	7
3.1 試験ヶ所	7
3.2 試験ヶ所の地質	7
4. 圧力計と流量計の検定	9
4.1 圧力計の検定	9
4.2 流量計の検定	10
5. 試験結果	11
5.1 損失水頭	11
5.2 地下水位	12
5.2.1 孔内水位測定と孔内水位の変動	13
5.2.2 地下水位	13
5.3 測定ステージ内の水圧変動	16
5.4 水圧計を使ったルジオンテスト	16
5.4.1 PQ 曲線	17
5.4.2 ルジオン値	25
5.4.3 限界圧力	28
5.4.4 ルジオンテストの繰り返し試験	30
6. まとめ	35
7. あとがき	36

1. は じ め に

ダムの基礎岩盤の透水性の評価，グラウチングの計画施工，結果の判定のためにルジオンテストが行われている。ルジオンテストはボーリング孔に圧力水を注入して注入圧力と注入量から岩盤の透水性を評価する試験である。昭和52年8月にこの指針(案)¹⁾が地質研究室を中心にとりまとめられた。

本報告では白川ダム，浅瀬石川ダムの新第3紀堆積岩の試験ステージに間隙水圧計（以下水圧計という）を挿入し，ルジオンテストを行い

- 1) 試験ステージ内の圧力の直接測定
- 2) 試験ステージ内の圧力変動
- 3) ルジオン値と限界圧力

について検討を行った。更に，軟岩と比較する意味でクラックのある硬岩基礎の三国川ダムでもあわせて試験し検討を行った。

1) ルジオンテスト施工指針(案)付ルジオンテスト関連資料 S 52. 8 建設省土木研究所地質化学部地質研究室

2. 試験方法

2.1 水圧計を利用したルジオンテスト

2.1.1 試験概要とその特徴

今回行ったルジオンテストの試験装置を図-1に示す。従来は注入圧力を口元圧力計（ブルドン管式圧力計）のみで測定している。ブルドン管式圧力計は精度が比較的良くないこと、図-1に示すように口元圧力から試験区間の圧力を推定していることからその実態を調べるために、歪ゲージ式の水圧計を測定ステージの中間に、そして同じく歪ゲージ式の圧力変換機をブルドン管のすぐ側に設置した。

圧力は口元圧力計によって制御し、原則として $0 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 8 \rightarrow 10 \rightarrow 8 \rightarrow 6 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 0 \text{ kg/cm}^2$ で行い各圧力に対する注入量を電磁流量計で測定した。各圧力段階における測定時間は記録紙上で注入量が一定となるまでとした。3分程度で注入量が一定となることから余裕をみて約12分間に統一して試験した。

測定法の特徴をあげると、

- 1) 軟岩の性質上、パッカーはセメンテーションを行いリーミングした部分に当て完全を期した。セメンテーションの部分の径は100mmで区間長は2mとした。

パッカーは図-2に示すようなハイマチックパッカーを使用しラバー長は約1mである。

- 2) 水圧計は原則として図-1に示す基準面に設置する。水圧計の設置状況を図-3に示す。パッカーの先端に径6mmの鉄筋を4本取り付け水圧計が動かないように固定する。

試験区間内の圧力変動を取る場合はパッカーから0.5, 2.5, 3.5mと水圧計の位置を調整することができる。

- 3) 水圧計及び圧力変換機はひずみゲージ型を使用し、それぞれのカタログでの非直線性は1% F S

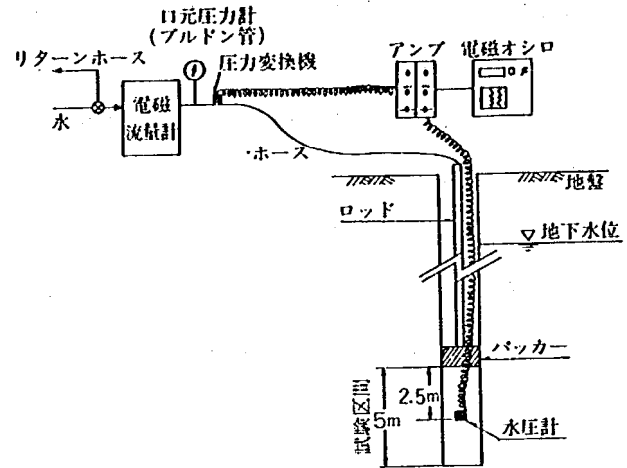


図-1 ルジオンテストの概略図
(浅瀬石川ダムの例)

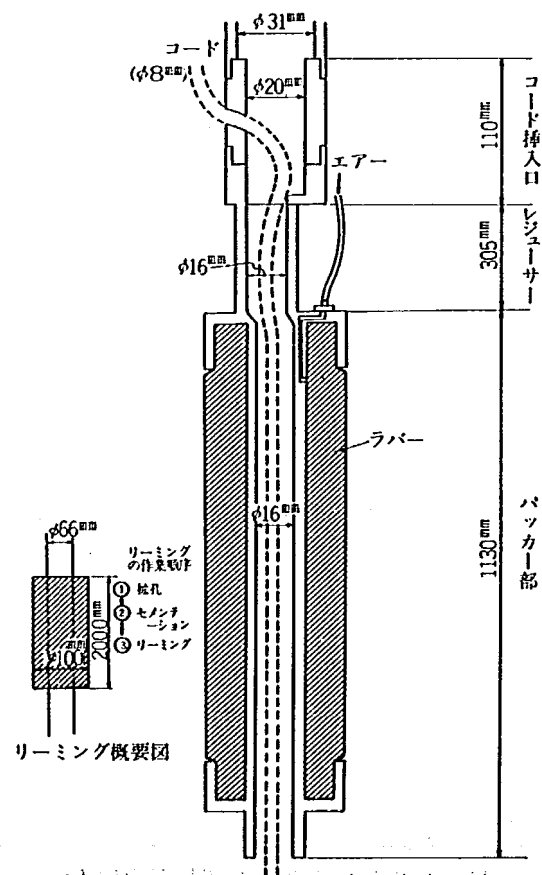


図-2 ニューハイマチックパッカー概略図

である。ちなみに、水圧計の大きさは直径30mm、長さ50mmである。

2.1.2 注 入 圧 力

ルジオンテストの注入圧力は口元圧力より試験区間の midpoint から圧力計までの静水圧、地下水位、管内抵抗による損失水頭等を補正して求める。

口元圧力計、水圧計等で求めた注入圧力は次の式によって示される。(図-4)

従来の補正圧力：

$$P = P_G + r_w (h_1 - h_2 - h_3) \quad (\text{kg/cm}^2) \dots\dots (1)$$

圧力変換機の補正圧力：

$$P = P_T + r_w (h_1 - h_2 - h_3) \quad (\text{kg/cm}^2) \dots\dots (2)$$

水圧計の補正圧力：

$$P = P_S - r_w \cdot h_2 \quad (\text{kg/cm}^2) \dots\dots (3)$$

P_G ：口元圧力計による測定圧力 kg/cm^2

P_T ：圧力変換機による測定圧力 kg/cm^2

P_S ：水圧計による測定圧力 kg/cm^2

h_1 ：圧力計から基準面までの標高差 (m)

h_2 ：地下水位から基準面までの水頭 (m)

h_3 ：管内抵抗による損失水頭 (m)

r_w ：水の単位体積重量 ($0.1 \text{ kg/cm}^3/\text{m}$)

但し、 h_3 は次節に述べる水平ロッド損失試験より求める。

2.1.3 ルジオン値の求め方

ルジオン値は指針(案)どおり、PQ曲線において注入圧力が 10 kg/cm^2 のところの注入量をルジオン値とし、限界圧力が 10 kg/cm^2 以下の場合は図-5に示すように直線部分を延長する方法によって換算ルジオン値を求めた。

$$L_u = \frac{10 (Q_2 - Q_1)}{(P_2 - P_1) l} \dots\dots (4)$$

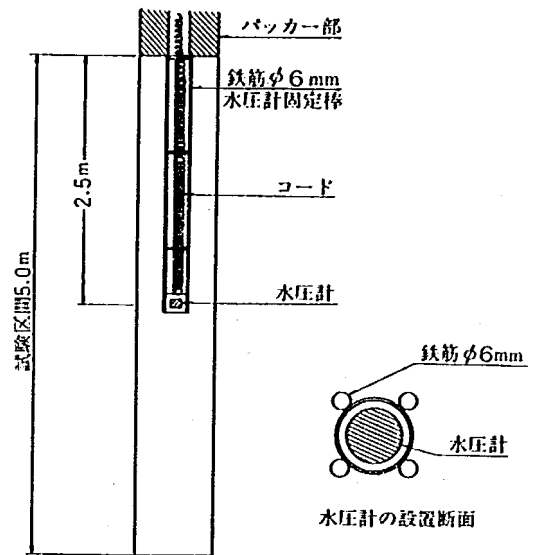


図-3 水圧計の設置図

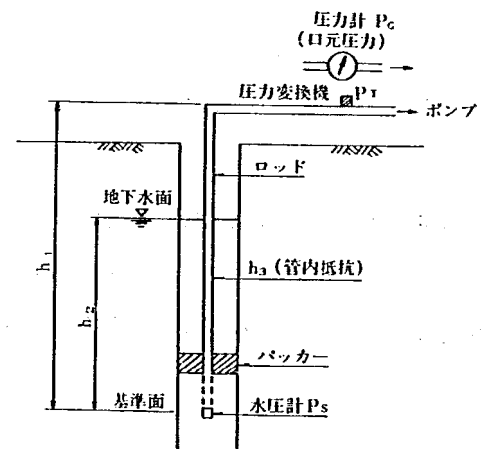


図-4 注入圧力の関係図

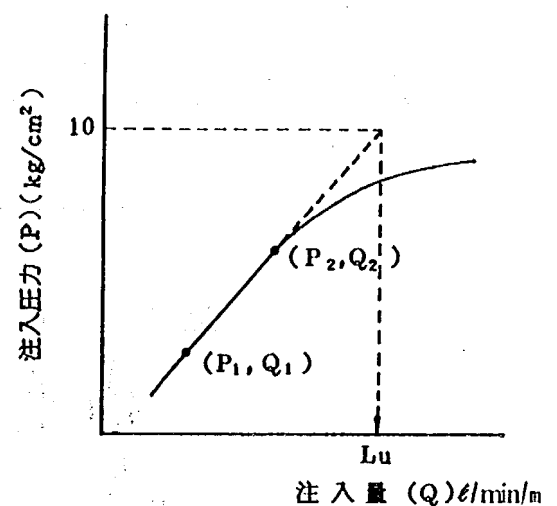


図-5 換算ルジオン値の求め方 (図式法)

L_u : 換算ルジオン値 Q : 注入量 l/min
 P : 注入圧力 kg/cm^2 l : 試験区間長 m

2.2 ロッド等損失圧力測定試験

この試験は(1), (2)式における管内抵抗 (h_s) つまり注入ロッド, 注入ホース, パッカー等のマサツ, 曲リ, 管の急拡急縮等を含めた損失水頭を理論的でなく実験的に求めるものである。

ボーリング孔でルジオンテスト前に行う垂直

ロッド損失試験はボーリング孔の損失が含まれ

るのでロッドを空中にはほぼ水平に設置して行う。

この水平ロッド損失試験は図-6に示すように

ボーリングロッドを水準器によって水平に配置

し流量を $10 l/min$ から $10 l/min$ 毎に最大 $120 l/min$

まで送水し各流量における圧力を測定する。最

後は若干高い位置とし満管で流れるようにした。圧力計は電磁流量計の直後と注入ホース先端とロッドとパッカーの接続部の3ヶ所に取り付ける。

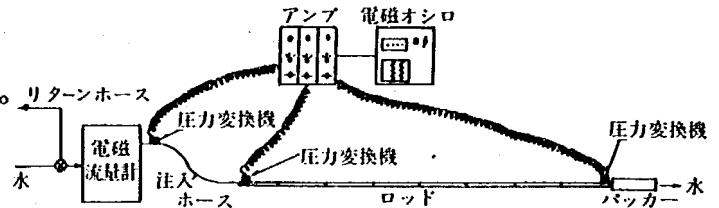


図-6 水平ロッド損失試験
(浅瀬石川ダムの例)

2.3 管内圧力変動測定試験

図-7に示すように注入ホースにロッド一本を接続しその先端に内径66mm長さ5mおよび内径46mm長さ2mの管を接続し吐出口(内径25mm)を管中央に設ける。水圧計の位置はφ66mm用では

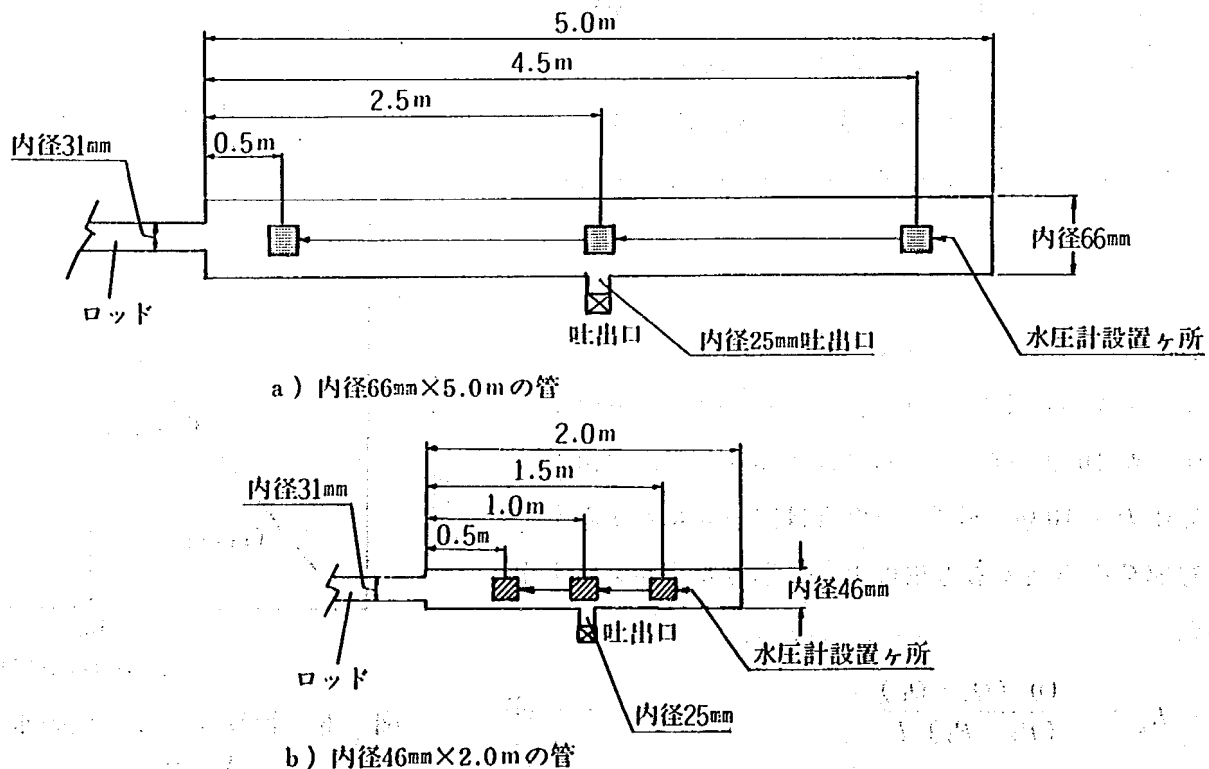


図-7 管内圧力変動測定試験

0.5 m, 2.5 m, 4.5 mの位置に $\phi 46\text{mm}$ 用では0.5 m, 1.0 m, 1.5 mの3ケースに設け流量を10 l/min から120 l/minまで10 l/min 毎に制御し圧力変動を測定する。

使用した水圧計の容量は10 kg/cm²である。

2.4 試験機器

ルジオンテスト, ロッド損失試験, 管内圧力測定試験に使用した試験機器を表-1に示す。

ロッドの内径, 継手(カップリング)の大きさを図-8に示す。

表-1 使用機器

	名 称	機 種	仕 様	備 考
ロッド類	ボーリング ロッド	JIS. M. 1409 呼び径 40.5mm	内 径 31.0mm 長 さ 2,890mm	(白川は, 1.5 m 用 ロッドを使用)
	ボーリング 継手ロッド	JIS. M. 1410 呼び径 40.5mm	内 径 17.0mm 長 さ 110mm	
	エアパッカー	日特ニューハイマ チック	耐 圧 15kg/cm ² ラバー長 1,130mm 内 径 16.0mm	
	注入ホース ウォータースイベル		ゴ ム ・ 内 径 25mm	
圧 力 計	口 元 圧 力 計	TYPE BU	測定圧力 10,20 kg/cm ² 最小目盛 1 kg/cm ²	ブルドン管型
	水 圧 計	共和BP	測定圧力 10,20,30 kg/cm ² 非直線性 $\pm 0.45\%$ (検定値)	ひずみゲージ型
	圧 力 変 換 機	共和PG-20KU	測定圧力 20 kg/cm ² 非直線性 $\pm 0.2\%$ (検定値)	ひずみゲージ型
流 量 計	電 磁 流 量 計	明昭DR-120Y	測定流量 120 L/min 最小目盛 2 L/min 精 度 $\pm 1\%$	電磁誘導型
記 録 計	ペ ン オ シ ロ	明昭DR-120Y	フルスケール 最小目盛 圧 力 30 kg/cm ² 0.5 kg/cm ² 流 量 120 L/min 2.0 L/min	
	電 磁 オ シ ロ	共和RMV-510	紙 送 り 5~200 cm/sec	
	ア ン プ	共和CG-6C	ひずみ 1,3,10,30 $\times 1000 \times 10^{-6}$ ひずみ 応答周波数 0~1000HZ	

継手

ボーリングロッド用 新・旧管 呼び径 40.5 mm (内径 17.0 mm, 長さ 110 mm)

JIS.M:1410

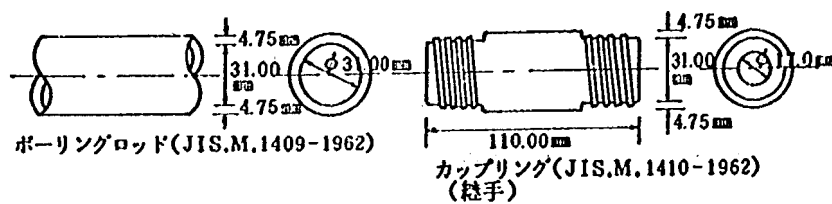


図 - 8

ロッドの長さは3.0 mが標準であるが白川ダムではギャラリー内の作業のため1.5 m用ロッドを使用した。

3. 試験ヶ所

3.1 試験ヶ所

軟岩を対象とした試験場所では山形県白川ダム、青森県浅瀬石川ダムを選び、一方、キレツ性の多い岩盤を対象とした場所として新潟県三国川ダムの計3ヶ所を実施した。(図-9)

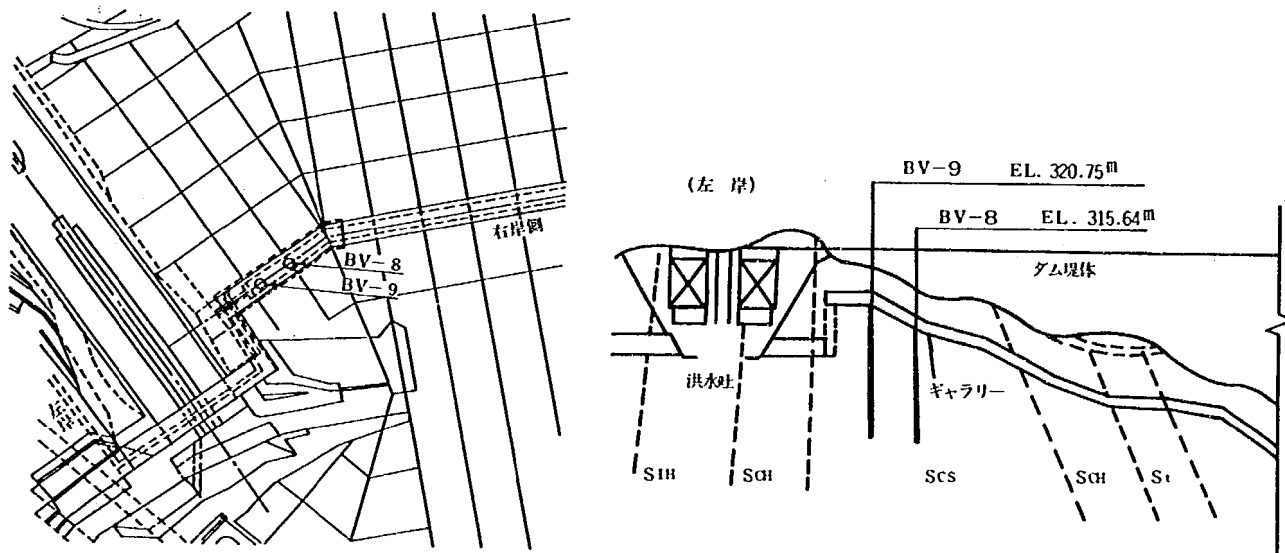


図-9 a) 白川ダムの試験ヶ所

特に、浅瀬石川ダムでは試験孔から25m～75m離れた地点に地下水位観測孔を設けた。

3.2 試験ヶ所の地質

3ヶ所で対象とした地質、地質年代、層位的深度、物性値等を表-2に示す。

対象とした地質の構成は、白川ダムは新第3紀中新世の凝灰質砂岩で単一層をなしている。浅瀬石川ダムは新第3紀中新世の沖浦層(凝灰角レキ岩, 玄武岩)を基盤に新第3紀鮮新世の青荷層(シルト質, 砂質, 軽石質凝灰岩と砂岩)が堆積し最上層に新第4紀洪積世の長谷沢凝灰岩, 石英安山岩が分布している。三国川ダムは風化したはんれい岩, 閃緑岩が大部分を占めている。

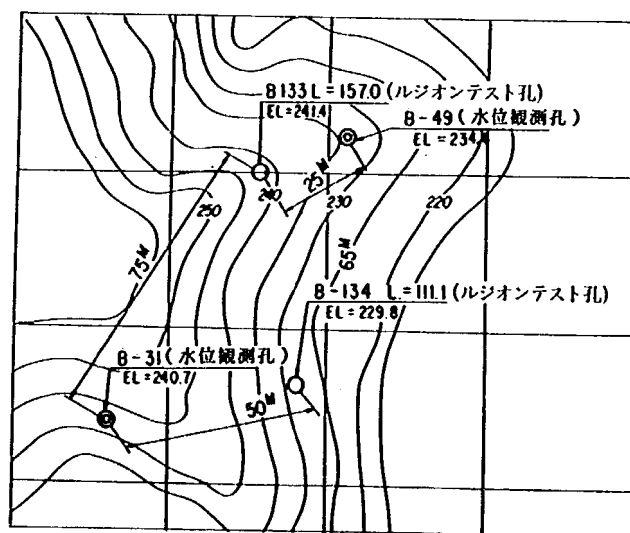


図-9 b) 浅瀬石川ダムの試験ヶ所

表 - 2

	三 国 川	白 川	浅 瀬 石 川
地 質 年 代	——	新第3紀中新世(三盛層・古口層) 12~23×10 ⁰ 年前	新第3紀鮮新世(青荷層)
地 質	閃 緑 岩 変ハンレイ岩	凝灰質砂岩	シルト質, 砂質, 軽石質凝灰岩 砂岩
層位学的深度	——	約1000 m	——
物 性 値 そ の 他	絶乾比重 { 閃緑岩 2.799 変ハンレイ岩 2.949 吸水率 { 閃緑岩 0.85 変ハンレイ岩 0.42	乾 燥 密 度 1.80 t/m ³ 真 比 重 2.636 吸 水 率 15% 間 ゲ キ 比 0.43 一軸圧縮強度 2.0 kg/cm ²	乾 燥 密 度 1.14 t/m ³ 真 比 重 2.510 吸 水 率 47.0% 間 ゲ キ 比 1.23 一軸圧縮強度 10~20 kg/cm ²

4. 圧力計と流量計の検定

4.1 圧力計の検定

水圧計と圧力変換機はひずみゲージ型の圧力計である。これらを重すい式圧力計によって検定した。水圧計の検定結果を表-3に、図-10は荷重とひずみ曲線の一例である。いずれも非直線性が0.5% F.S.以下でこの検定では非常に精度は良い。

ところが水圧計は水中と空中の温度変化により水圧計の本体が伸縮し誤差を生じる。図-11は水圧計を水中に設置した時の水位（水圧）を真値とした場合の水圧計の測定

表-3 水圧計の校正値

型 式 名	製品番号	容 量	較 正 係 数 $\text{kg/cm}^2 \times 10^{-6}$	非直線性 % F.S.	ヒステリシス % F.S.
BP 20KB	BC-1280	30 kg/cm^2	0.00791	0.450	0.16
BP 20KB	BC-1281	30 kg/cm^2	0.00791	0.356	0.05

※間引き水圧計の容量は20 kg/cm^2 であるが、検定の結果30 kg/cm^2 まで実容量として記載した。

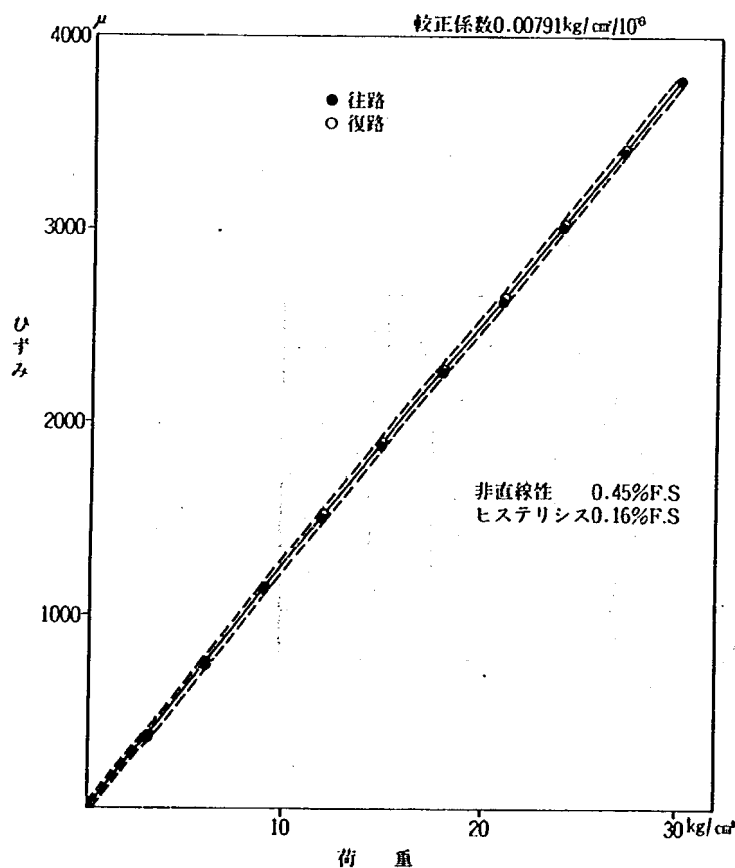


図-10 水圧計 (BC-1280) の検定結果

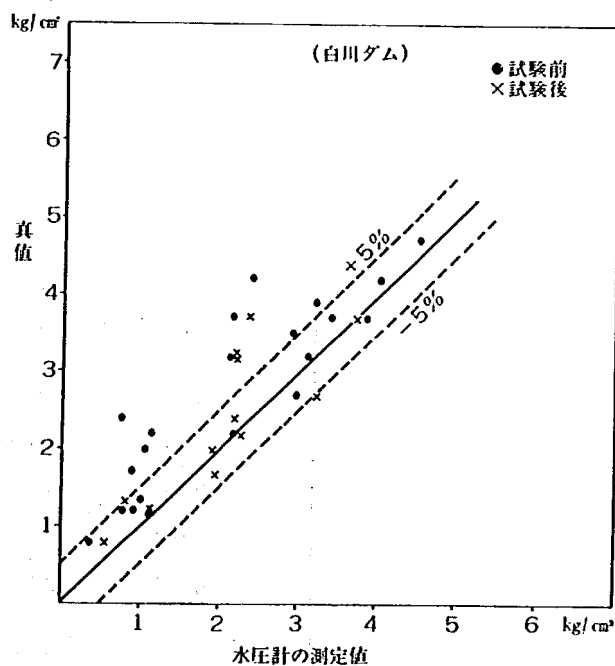


図-11 水圧計の温度変化による測定誤差

値である。試験前は小さな値を示し試験後は真値との相関がよい。従って水圧計が水温になじむようになる計器の安定時間を求めるとおおむね10分以内で安定することが白川ダムの試験でわかった。従って現場での透水試験実施時にはゼロ点設定に10分以上の時間をかけることにした。

4.2 流量計の検定

電磁流量計は電磁誘導の原理を利用した流量計であり構造上磁界の場を水が平均流速で流れる時に発生する電圧を知ることによって流量を測定できる。この流量計の特徴は、1)平均流速のみに比例し密度、温度、圧力、粘度の影響を受けない。2)圧力損失はない。3)応答が速く脈動でも測定できる。

検定は三角ゼキ法及び重量測定法によった。
三角ゼキは 60° JIS規格（精度 $18\text{ l/min} \sim 250\text{ l/min}$, $\pm 3\%FS$ ）を使用し重量測定には市販のバネ秤りを使用した。図-12と表-4に示すように電磁流量計の測定を基準にすると殆んど2%の範囲内（三角ゼキに対して）に収まる。

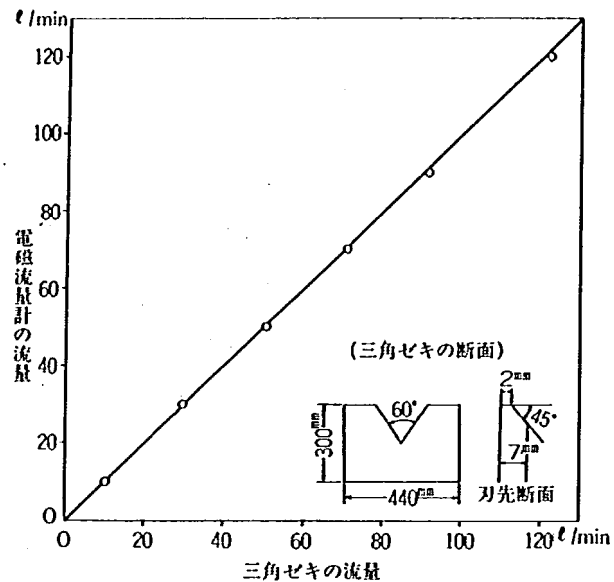


図-12 流量の比較図

表-4 流量の比較表

電磁流量計 A l/min	三角ゼキ B l/min	$B-A/A \times 100$	重量測定 C l/min	$C-A/A \times 100$
10.00	10.20	2.0%	10.19	1.9%
30.00	29.95	0.2	30.45	1.5
50.00	50.71	1.4	52.71	5.4
70.00	70.92	1.3	72.48	3.5
90.00	91.30	1.4	94.33	4.8
120.00	122.07	1.7	122.15	1.8

5. 試験結果

5.1 損失水頭

(1), (2)式で示した圧力の補正のなかで管内抵抗による損失水頭 (h_3) は注入圧力決定の上での重要な要素の一つである。ロッド等の損失水頭の試験概要は既に表示した通りである。

ところで、土研指針案では、この損失水頭を次式で示している。

$$h_3 = \alpha Q^2 L \quad (\text{kg/cm}) \dots\dots\dots (5)$$

α : 係数, (10^{-4} 程度)

L : 注入管 (m)

Q : 注入量 (l/min)

表-5 損失水頭 (m) h_3

試験 ヶ所	孔番	ロッド (h_3)	注入ホース (h_3)	パッカー (h_3)
		$\alpha Q^2 \cdot L$	αQ^2	αQ^2
白 川	—	$1.3 \times 10^{-4} \cdot Q^2 \cdot L$	$1.50 \times 10^{-3} \cdot Q^2$ $2.2 \times 10^{-3} \cdot Q^2$ (注入ホース+パッカー)	$7.3 \times 10^{-4} \cdot Q^2$
浅瀬石川	133 孔	$9.1 \times 10^{-5} \cdot Q^2 \cdot L$	$5.80 \times 10^{-3} \cdot Q^2$	$1.24 \times 10^{-3} \cdot Q^2$
		$8.0 \times 10^{-5} \cdot Q^2 \cdot L$	—	—
	134 孔	$6.8 \times 10^{-5} \cdot Q^2 \cdot L$	$3.23 \times 10^{-3} \cdot Q^2$	$1.24 \times 10^{-3} \cdot Q^2$
三 国 川	—	$6.9 \times 10^{-5} \cdot Q^2 \cdot L$	$2.33 \times 10^{-2} \cdot Q^2$ (注入ホース, パッカー, ストレーナを含む)	

この式では、図-1
に示すパッカー、注入
ホース、スイベル等の
損失分を無視している。
表-5 に示すように注
入ホースとパッカーは、
ロッドの損失と比較し
てもかなり大きい。ロ
ッドが長い場合は無視
できるが10m程度のロ
ッド長では同程度の損
失水頭となる場合も当
然ありルジオンテスト
の浅い位置での h_3 の推

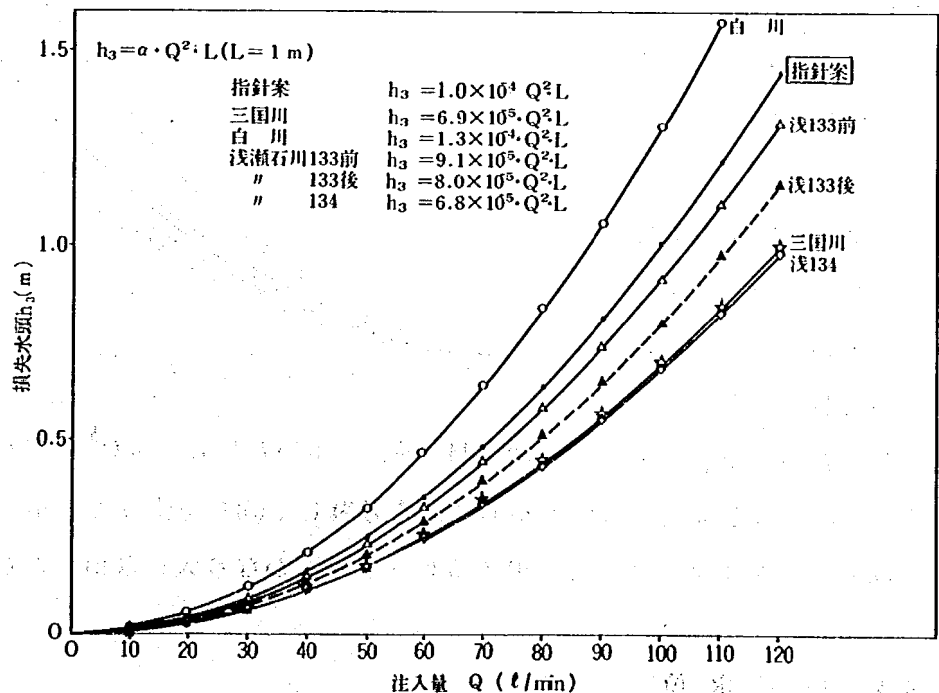


図-13 管内抵抗による損失水頭 (h_3) と流量

定ではかなり小さ目の評価となろう。

そこで、比較しやすいように、注入ホースとパッカーの損失水頭を除いたロッドの損失水頭について、(5)式が実験値と合致するかどうかを検討した。表-5, 図-13に示すように α の値は夫々かなり異なる。とくに白川ダムではロッド長 1.5 m ものを使ったためかなり大きくなっている。その他のものは、指針案より小さな値である。

(5)式は損失水頭を土研指針案に沿って求めたものであるが、実験値と比較的合致させるため近似した次式で実験値

表-6 実験値による損失水頭 (m) h_3

から、

$$h = a Q^b L$$

a, b : 係数

..... (6)

係数を求めると表-

6 の通りとなる。図-

-14 は図示したもの

であるが $Q = 70 \sim 80$

l/min を境いに逆転する

がほぼ同じ値となっている。

そういう意味では、

ロッドのみで損失水頭に

関しては(5)式で十分と言

えよう。

以上からもわかるよう

に、試験条件は夫々によ

ってかなり異なる。最良

の方法は、試験条件に応

じて損失水頭の試験を行

うことといえる。一般に

はなかなかこのようなこ

ともしがたいので、どの

部分でどのような推定値の偏差があるかを考慮して(5)式を使うことが重要であろう。とくにグラウト注入とルジオンテストを兼用するロッドではかなり大きな損失となるので注意を要する。

5.2 地下水位

試験区間の圧力の補正で管内抵抗の次に問題となるのは、地下水位である。(1)式での h_2 である。

試験 ヶ所	孔番	ロッド (h_3)	注入ホース (h_3)	パッカー (h_3)
		$a Q^b \cdot L$	$a Q^b$	$a Q^b$
白 川	—	$2.118 \times 10^{-4} \cdot Q^{1.895} L$	$1.148 \times 10^{-3} \cdot Q^{2.153}$ (注入ホース+パッカー)	
浅瀬石川	133 孔	$2.048 \times 10^{-4} \cdot Q^{1.820} L$	$2.442 \times 10^{-2} \cdot Q^{1.671}$	$4.560 \times 10^{-3} \cdot Q^{1.712}$
		$1.288 \times 10^{-4} \cdot Q^{1.895} L$	—	—
	134 孔	$1.838 \times 10^{-4} \cdot Q^{1.777} L$	$1.656 \times 10^{-2} \cdot Q^{1.652}$	$4.560 \times 10^{-3} \cdot Q^{1.712}$

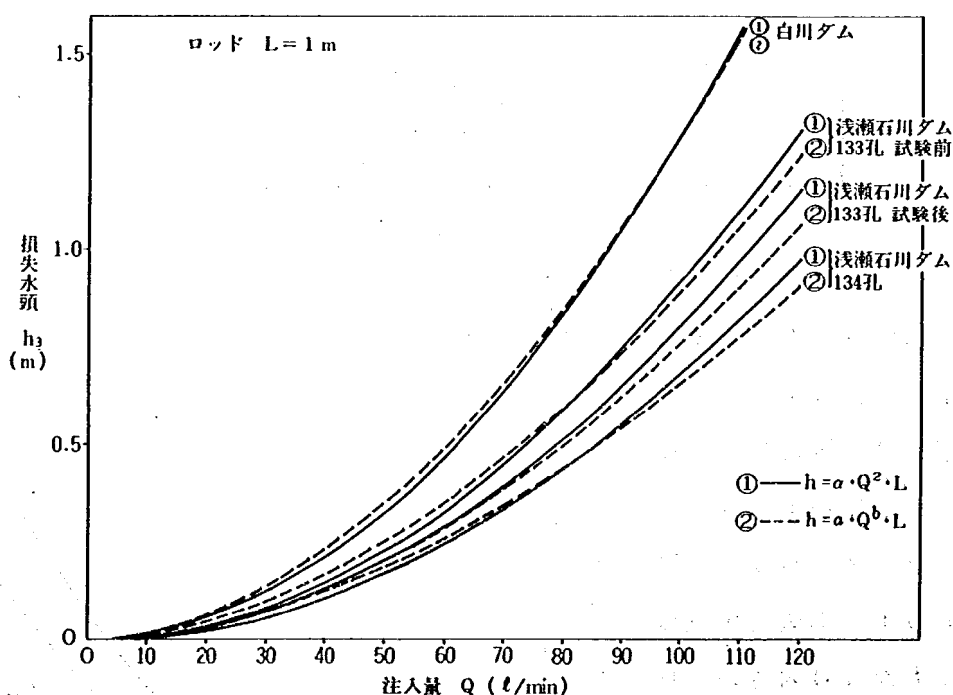


図-14 $h_3 = \alpha Q^2 \cdot L$ と $h_3 = a Q^b \cdot L$ の比較 (ロッド損失)

一般にルジオンテストで地下水位は試験孔の孔内水位と一致するとして孔内水位から h_2 を求めている。そこで孔内水位と地下水位について検討した。

5.2.1 孔内水位

孔内水位は、試験前後及び試験位置によって変動することが実験結果で明らかとなった。

白川ダムの孔内水位の変動を図-15に示す。BV9孔の孔内水位の試験前後の変動は少い。BV8孔では試験後3~4m水位上昇がある。試験位置ではBV9孔では8ステージでBV8孔では3ステージ及び7ステージで急激に水位が変動する。7ステージでは約5mの水位低下となっている。

浅瀬石川ダムは図-16に示されるように白川ダムの場合に比し、かなり大きい水位変動が認められた。試験後の上昇高で大きい箇所は表-7の通りである。浅瀬石川ダムの場合孔内水位が最高21.2mも上昇しており孔内水位としていつ測定するかが問題となる。浅瀬石川ダムでは一定になるのに約25~80分程度かかっている。地質によってこの時間は変化するので孔内水位のみから h_2 を推定する場合は注意を要する点と言えよう。

5.2.2 地下水位

孔内水位と地下水位が一致するという仮定は h_2 の推定にあたっての最大の仮定であることは、はじめに述べたとおりである。

表-7 極端な水位変動箇所と地質

試験ヶ所	試験後上昇			試験下降		
	試験ステージ	上昇高	地 質	試験ステージ	下降高	地 質
白川ダム 8	1	4.3	風化が進んでいる			
" 8	2	2.85	固結度が低く軟弱			
" 8	3 3再	3.3	"			
" 9				8	2.8	軟弱な部分が存在する。
浅瀬石川ダム 133	3 再々	13.2	軽石質、シルト質、凝灰岩の互層、含水量が多く軟質			
" 133	4	17.4	"			
" 133	5	21.2	砂質凝灰岩、軽石質 ") の風化			
" 133	6	13.7	"			
" 133	8	15.6	軽石質凝灰岩-軟質で砂状			
" 134	4	8.5	シルト質凝灰岩-風化			
" 134	4 再々	6.3	"			
" 134	8 再	10.0	砂質凝灰岩			
" 134				10再	6.5	軽石質凝灰岩-キレツがある。

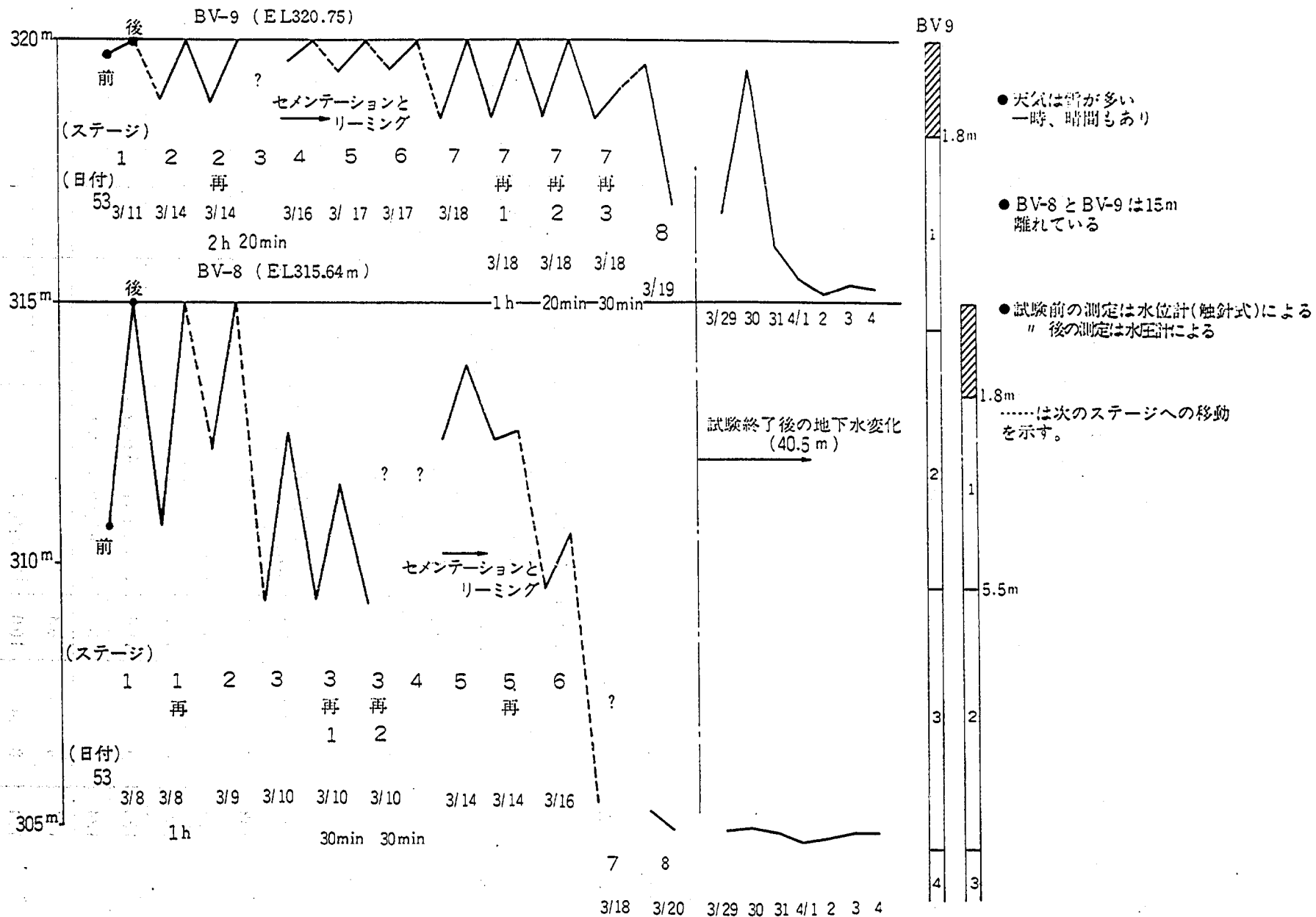
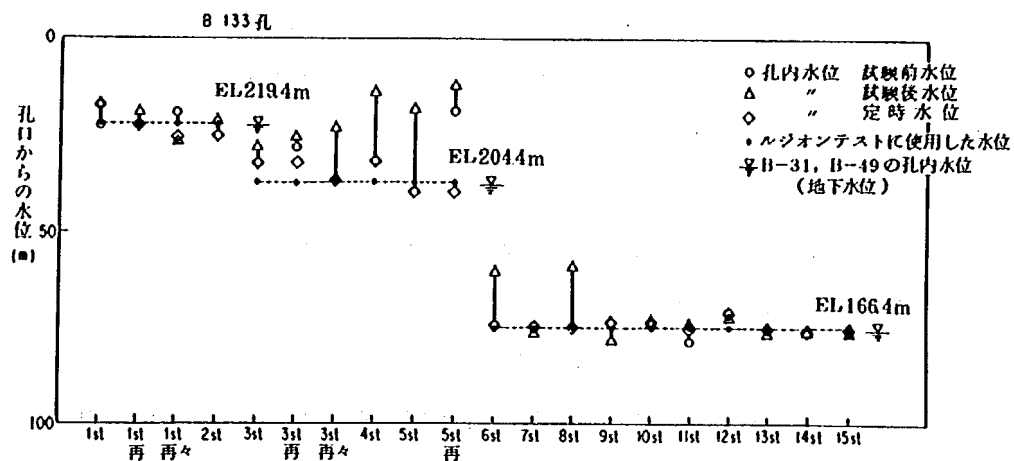


図 - 15 白川ダム孔内水位変動図



浅瀬石川ダムの孔内水位変動図 B-133

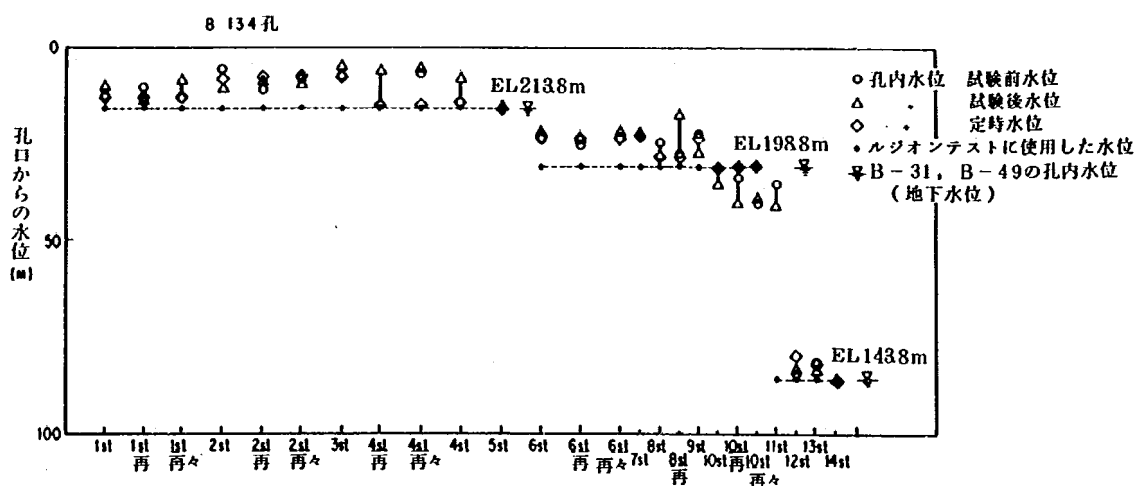


図-16 浅瀬石川ダムの孔内水位変動図 B-134

ところで、孔内水位の毎朝の定時測定での測定値は、前述した試験時の一定値とほぼ一致している。図-9に示す浅瀬石川ダムの地下水観測孔の長期観測結果は図-17に示す通りである。これによれば、地下水の層は3つあり、ほぼそれぞれ一定値となっており、最大の変動量は2.5 mで

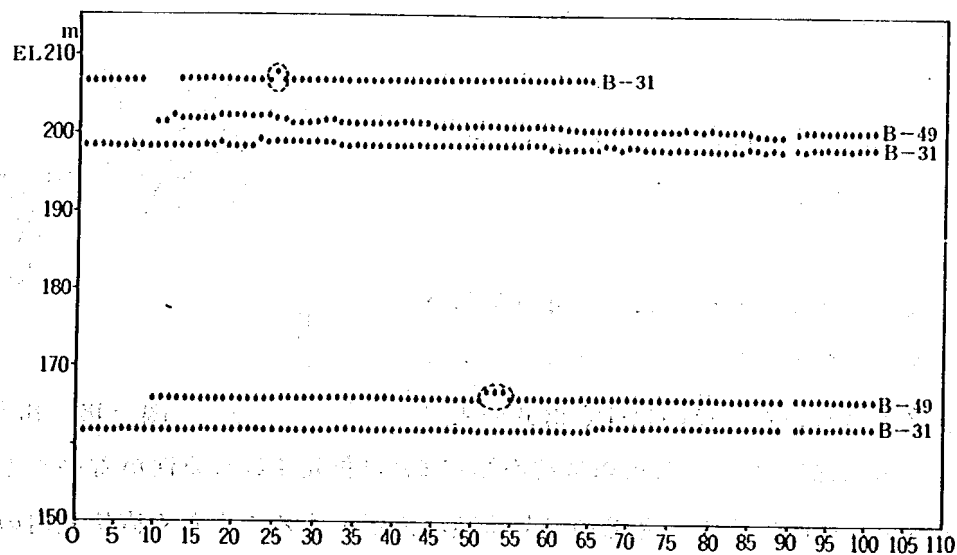


図-17 地下水位の変動

ある。なお、ルジオンテスト後に地下水位に対する影響は観測されていない。この3つの地下水位の層は、浅瀬石川ダムの青荷層のほぼ水平な成層構造をよく反映しており、かつ、孔内水位の定常値ともほぼ一致するところと言えよう。

このように浅瀬石川ダムの地質構造もあって、孔内水位の定常値を採用すれば、ほぼ地下水位に一致していることが明らかとなった。ただ試験後の水位が20mも上昇する場合試験時、試験区間にかかる孔外水位は当然定常状態の孔内水位つまり地下水位より高く、(1)式での補正值としては、当然大きい値をとるべきとも考えられ疑問の残るところである。このことを除いて一般のルジオンテストでの地下水位は毎朝の定時の孔内水位の測定値と試験前後の孔内水位の変動からほぼ推定しても妥当と言えよう。

5.3 測定ステージ内の水圧変動

測定ステージ内のどの位置に水圧計を設定すれば良いかを明らかにすることもあって、図-7に示す位置に水圧計を設置し測定した。速度水頭による圧力の低下は計算によれば、 $Q = 120 \text{ l/min}$ の場合、 $\phi 25 \text{ mm}$ で 0.08 kg/cm^2 、 $\phi 31 \text{ mm}$ で 0.04 kg/cm^2 、 $\phi 46 \text{ mm}$ で 0.007 kg/cm^2 となる。このことから試験区間のロッドの接続部分や、小さいクラックのあるところに近接しないかぎり $\phi 46 \text{ mm}$ 以上の試験孔の測定ステージの圧力変動はあまりないと推定される。

図-18では 90 l/min 以下の流量で位置の変動は少い。それ以上の流量では、最大 0.5 kg/cm^2 程度の変動が観測された。

この結果が示すように、流量が 90 l/min 以下であれば孔内の圧力変動はほとんど無視できる。流量が大きく、キレツがある部分の近接したところでは速度水頭による圧力低下が生じる。

5.4 水圧計を使ったルジオンテスト

水圧計を使ったルジオンテストの圧力と従来のものとの違いは(1)と(3)式の差で

示される通り、 h_3 つまり管内抵抗を測定または推定する必要がないことと、圧力計の位置が測定区間の基準面に設定できるので静水頭の補正をすることなく直接孔内の圧力をとれることである。その他の違いとしては、前述したように測定器が異なる点である。

各試験地点のボーリングコアは参考資料-1に示す。

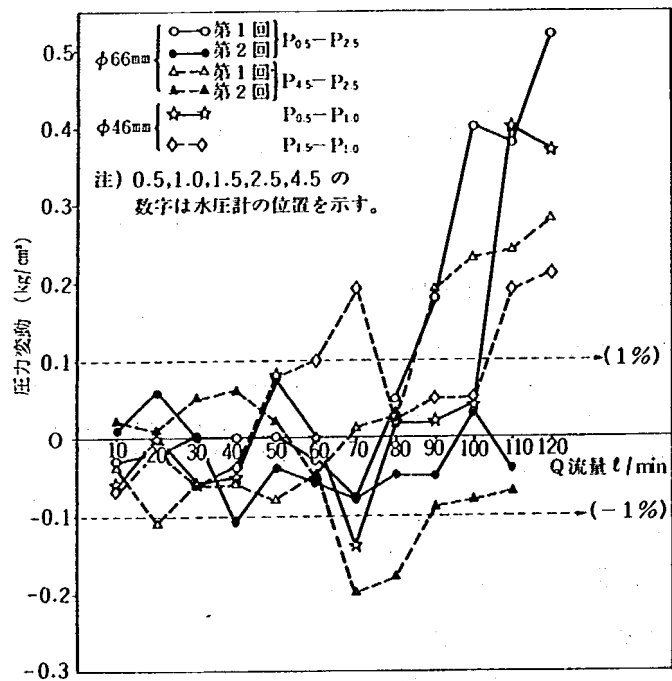


図-18 孔内の圧力変動

5.4.1 P-Q 曲線

一例として浅瀬石川のルジオンテストのチャートを示す。(図-19)

流量、圧力ともこのデータではほとんど脈動していない。電滋オッシロからも水圧計の脈動は

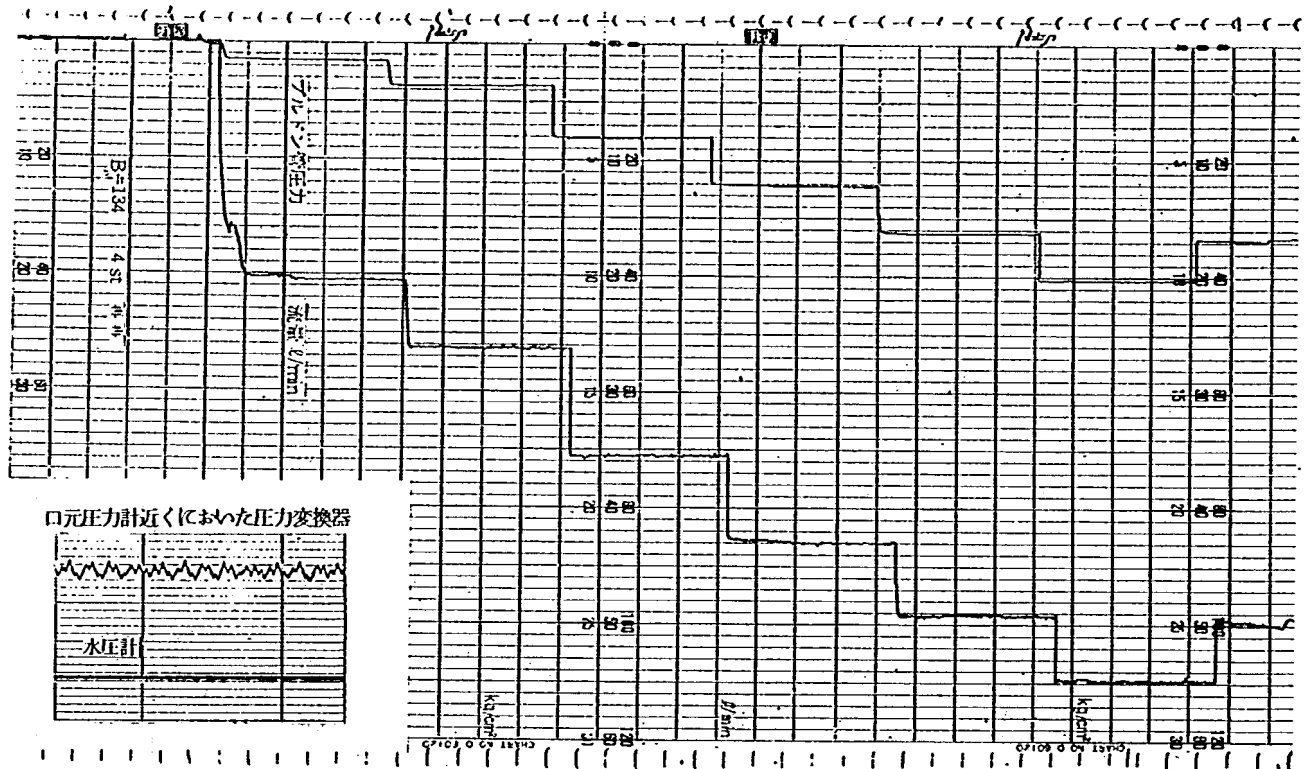


図-19 浅瀬石川ダムのルジオンテストのチャート

なく、わずかに口元圧力計近くの圧力変換機で三連動ポンプの周波数と同等の周波数(6~10Hz)が生じその圧力の大きさは $\pm 0.2 \text{ kg/cm}^2$ である。白川ダム、三国川ダムの試験結果でもチャートから見る限りではほとんど脈動していない。

注入圧力を水圧計、ロッド損失(実測値)を補正した圧力、口元圧力の場合それぞれのP-Q曲線の模式図を図-20に示し、実測値を参考資料-2に示す。

軟岩の白川、浅瀬石川ダムとキレツ性の多い三国川のP-Q曲線を比較すると全般的に前者は殆んど限界圧力を生じた曲線を示しているのに対し、後者は顕著な限界圧力を生じていない。ただし、浅瀬石川ダムの場合は試験の関係上、限界圧力まで圧力を上げていないステージもある。水圧計と口元圧力を損失水頭補正に依ったP-Q曲線は傾向的に類似しているものの水圧計の値が大きいものや小さいものに分かれ一定した傾向はつかめない。この関係を明らかにするため図-21に補正圧力と水圧計の圧力差をプロットする。

(白川ダム) (BV-8) 水圧計の方が大きく流量の小さいうちは上下にばらつくが流量に関係がない。

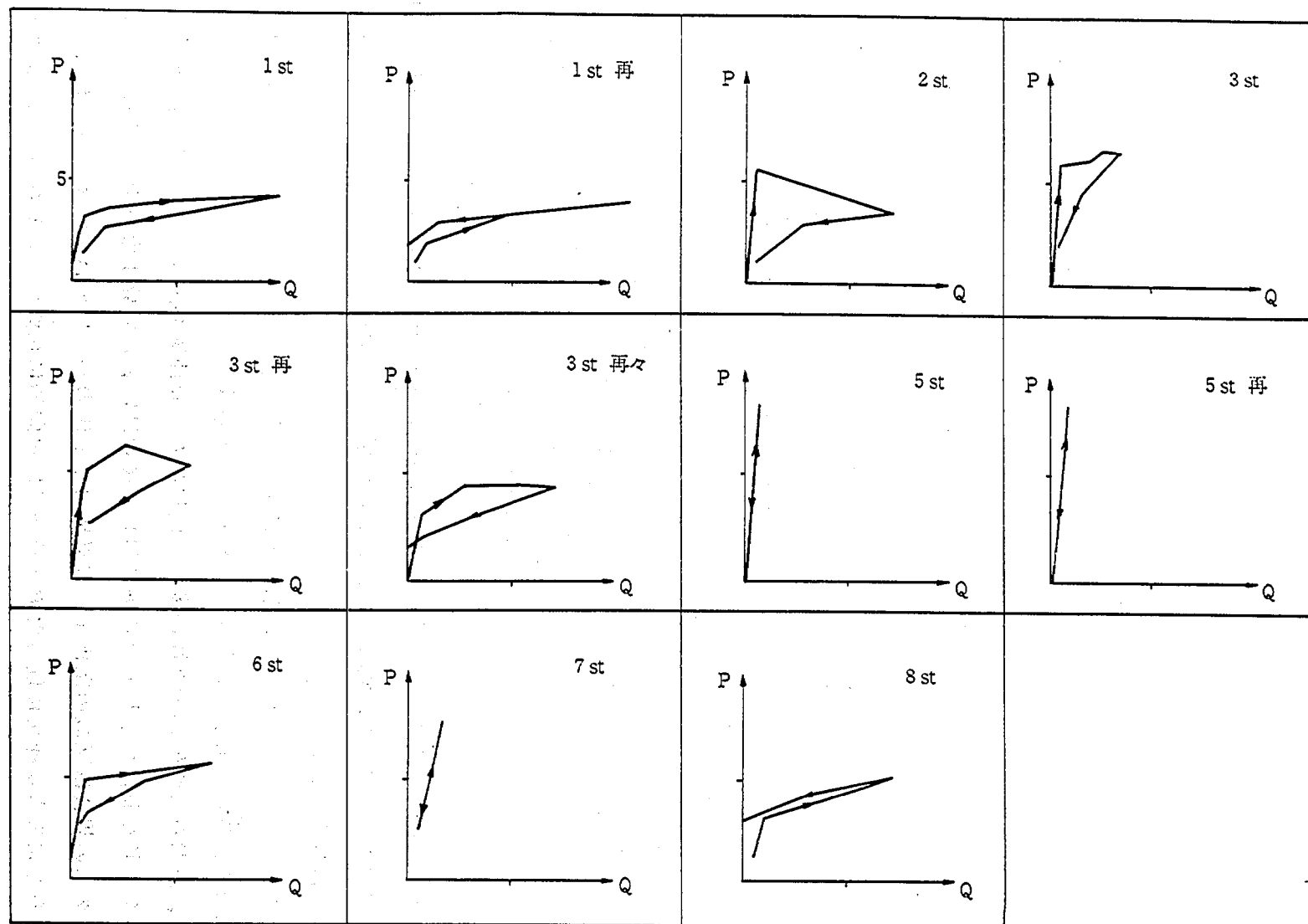


図-20 a) 白川ダム (BV-8)

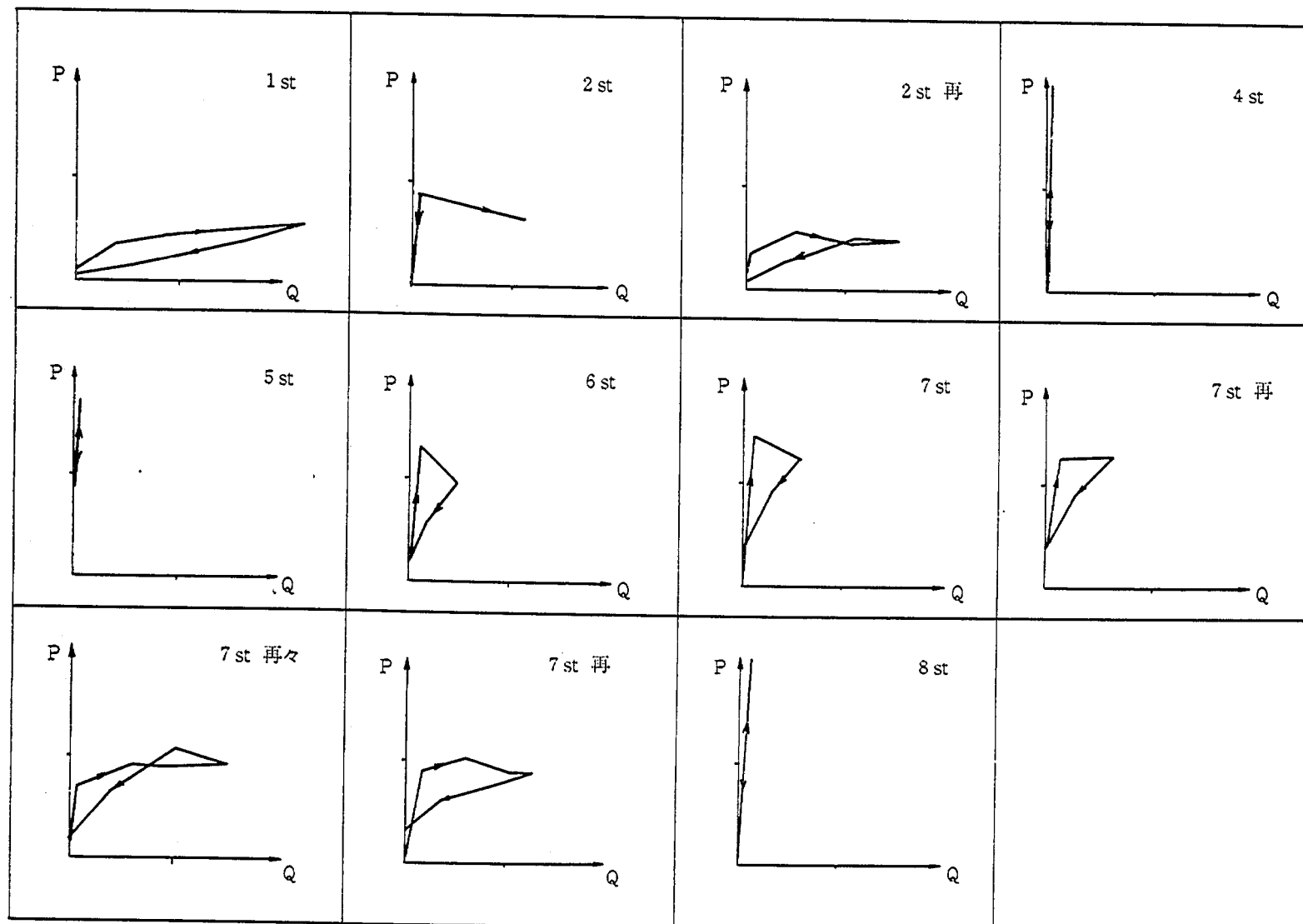


図-20 a) 白川ダム (BV-9)

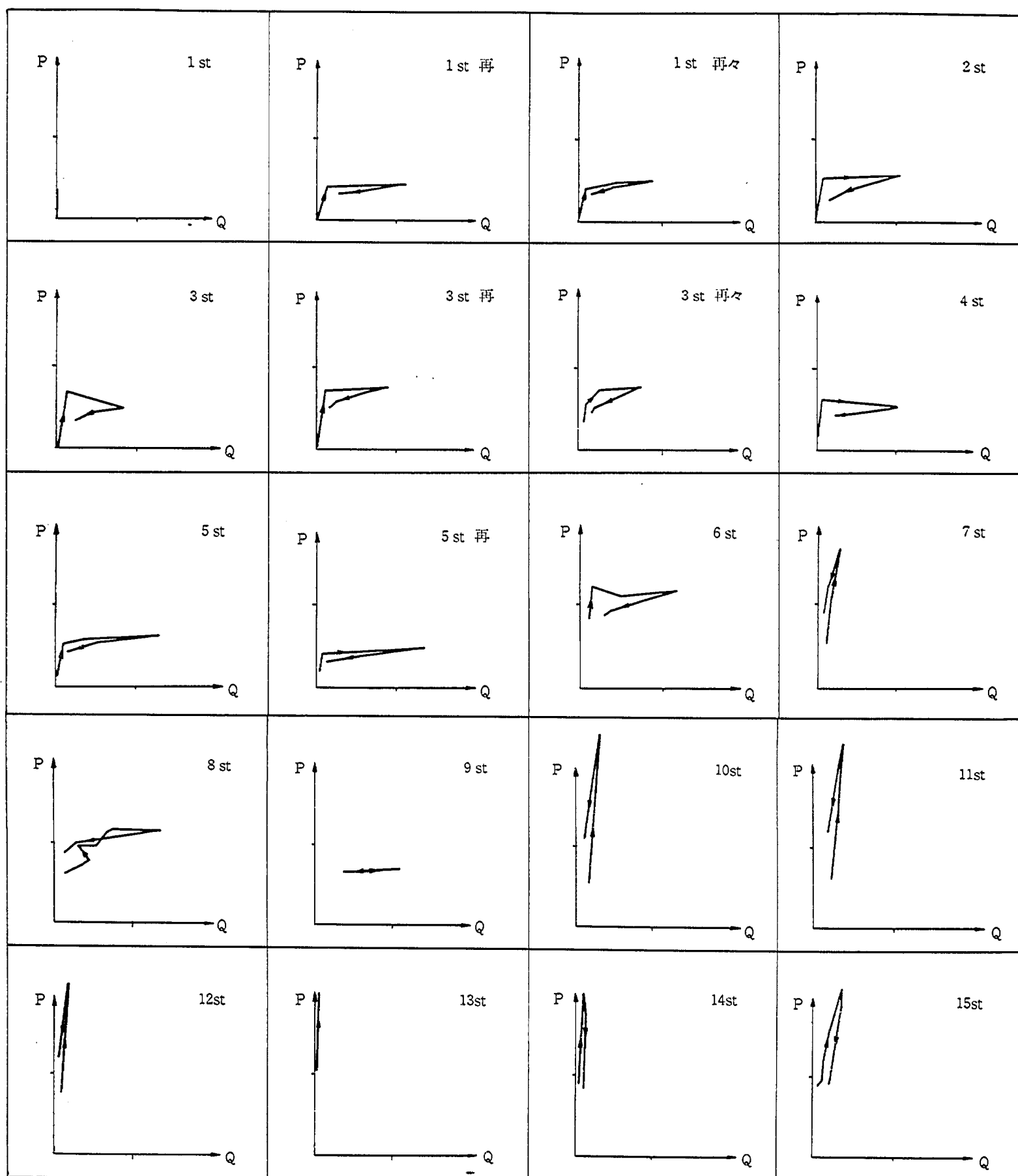


図-20 b) 浅瀬石川ダム (B-133)

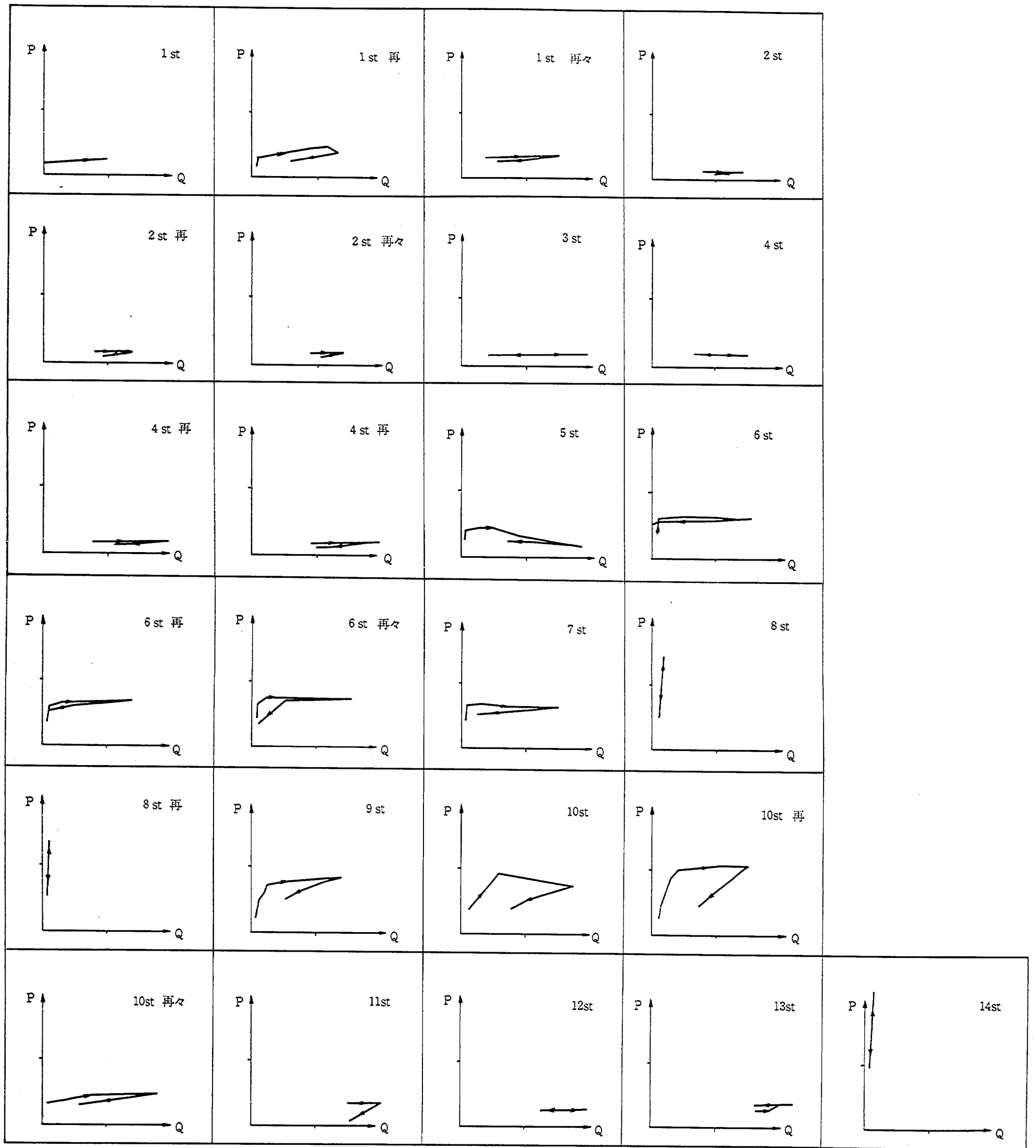


図-20 b) 浅瀬石川ダム (B-134)

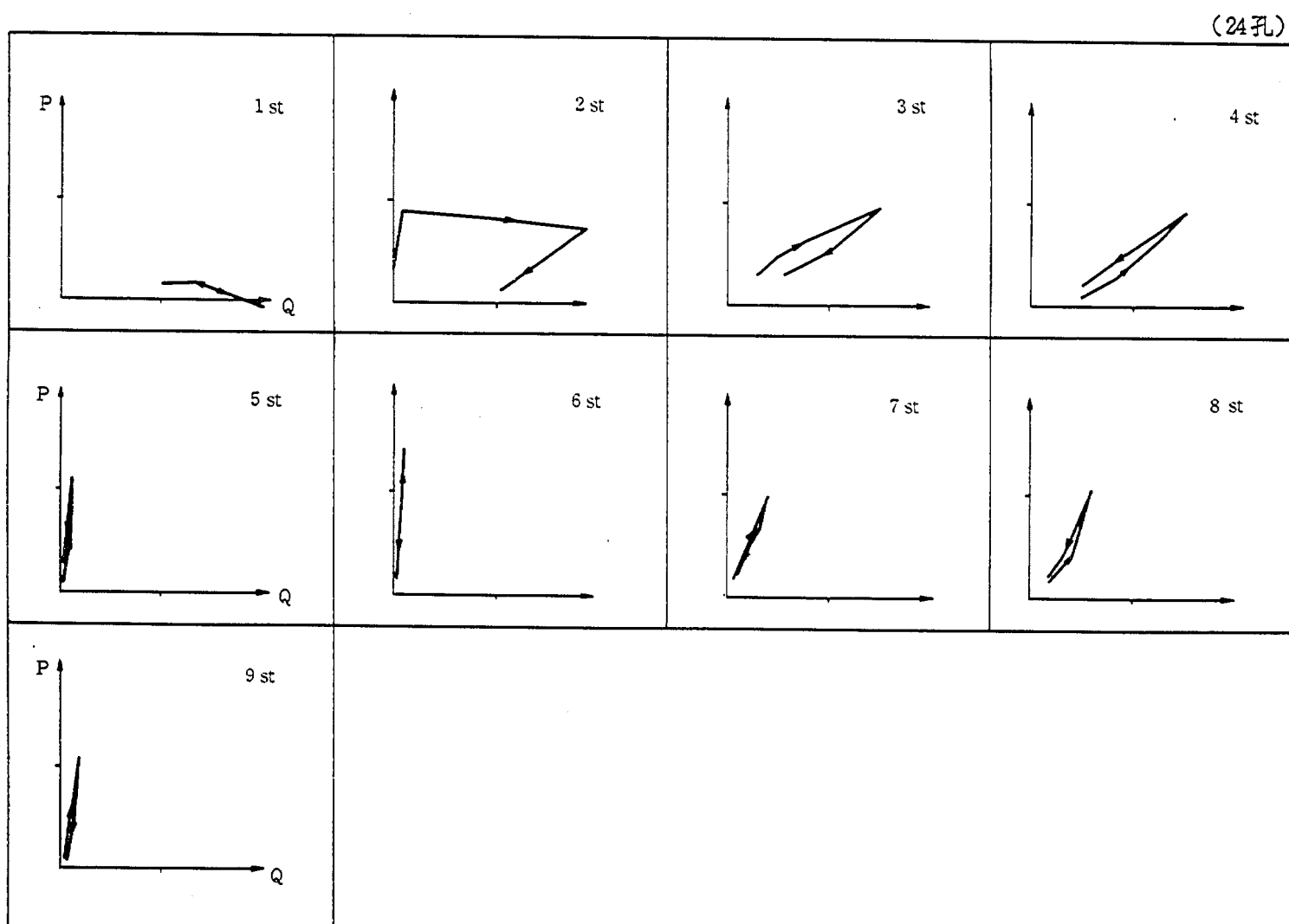
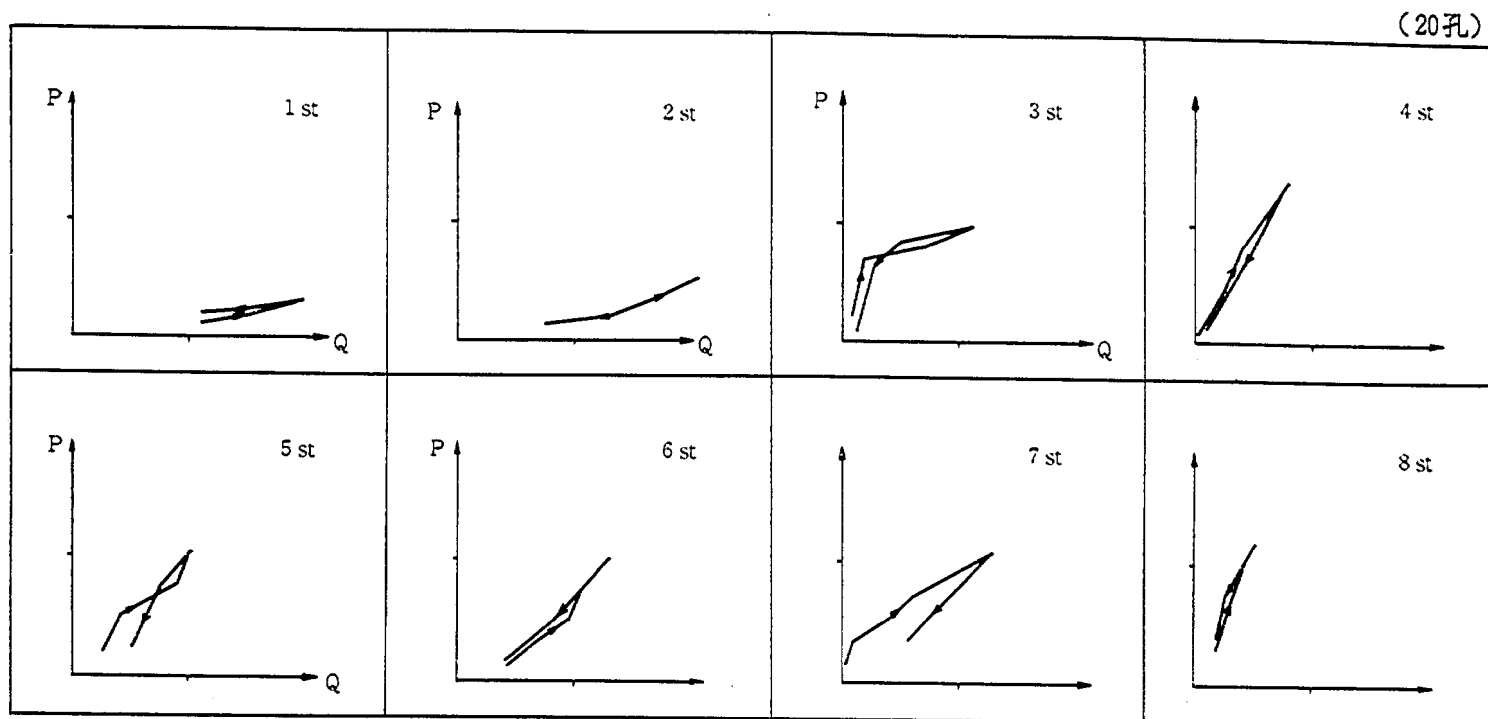
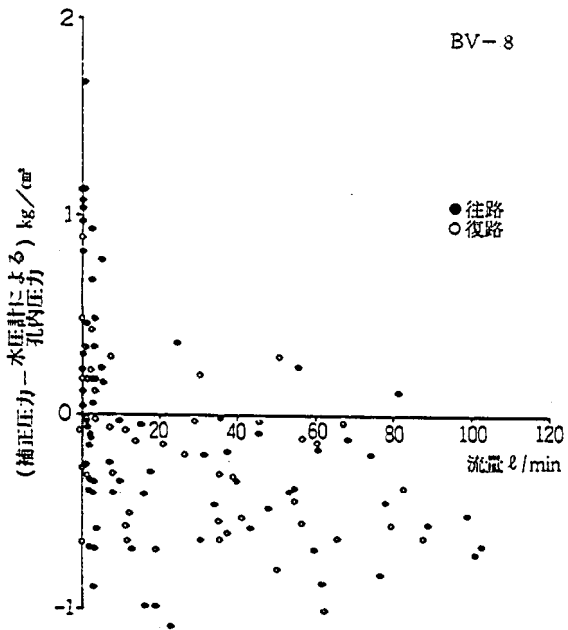
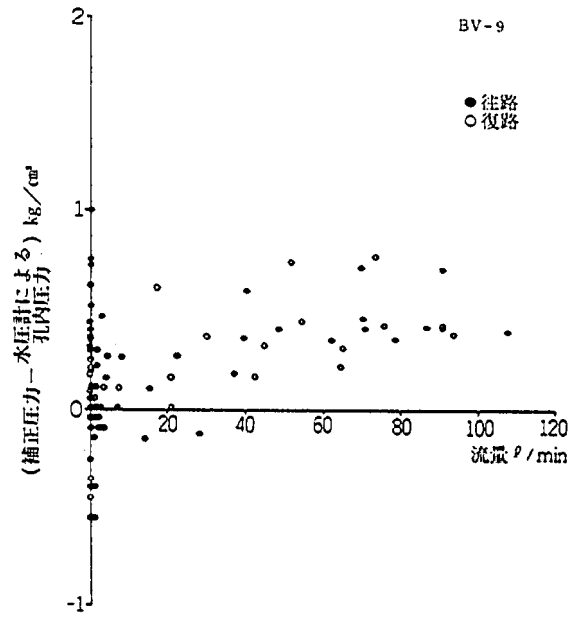


図-20 c) 三國川ダム

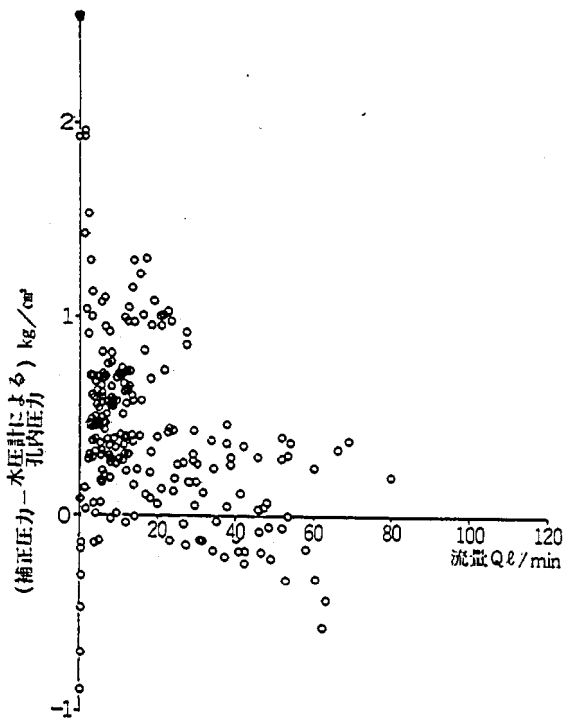
a) 白川ダム (BV-8)



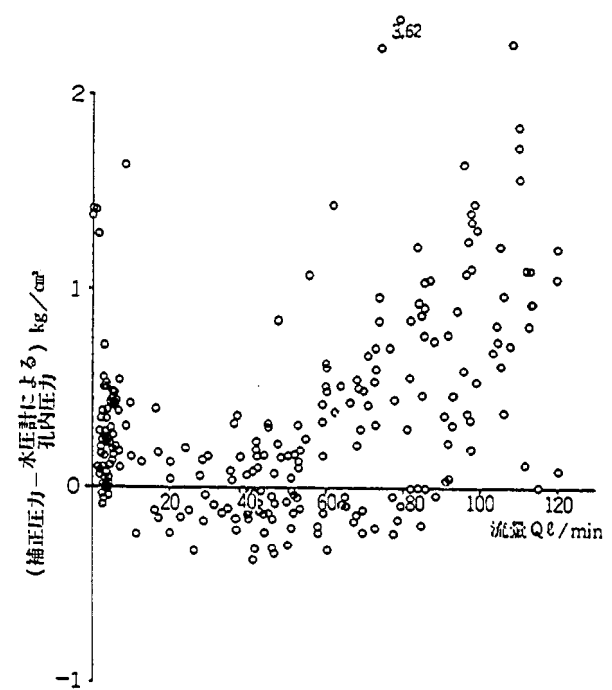
a) 白川ダム (BV-9)



b) 浅瀬石川ダム (133孔)



b) 浅瀬石川ダム (134孔)



c) 三国川ダム

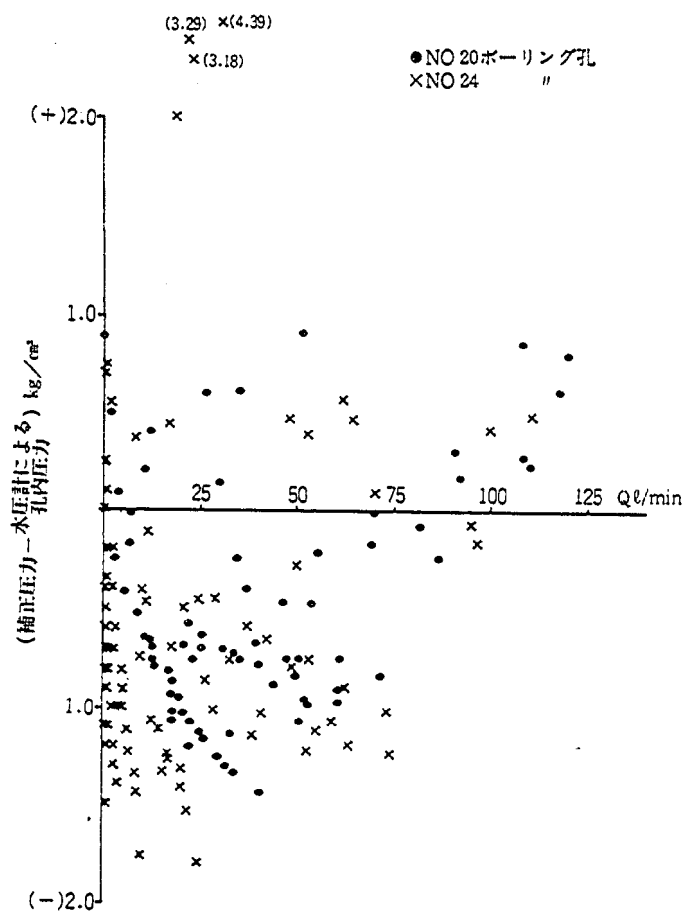


図-21 (補正圧力-孔内圧力) と流量

(白川ダム) (BV-9) BV-8 孔と傾向が同じであるが補正圧力の方が大きい。

(浅瀬石川ダム) (B-133) 補正圧力が大きく流量が増加することによって零に近づく。

(浅瀬石川ダム) (B-134) B-133 と同様に補正圧力の方が大きい、流量が大きくなるに従い圧力差が大きくなる。

(三国川ダム) (20孔, 24孔) 低流量では水圧計の方が大きくなったり小さくなったりするが流量が大きくなるに従い水圧計の方が大きくなる。

これら 3 ケースから軟岩, キレツのある岩にかかわらず低流量時には水圧計の圧力と補正圧力のどちらが大きいと言えず, それ以上の流量では 0 に収束したり一定の圧力差になったり, また発散したりする。

従来の圧力の求め方では(1)式に示される通り, P_0 , h_1 , h_2 , h_3 と 4 つの要素から求められるのに比して水圧計によるものは P_s と h_3 2 つである。この意味からも当然, 誤差が少ないのは水圧計による直接測定である。特に前述したように, 管内の抵抗 h_3 は(5)式で示される通り α と Q と L によって決まる。試験時の条件で損失水頭を求める試験から α を決めた場合でも, 3 つの要素の誤差の相乗されたものが全体の誤差となり, (1)式の 4 つの要素のなかでも大きな誤差要因の一つである。水圧計で直接測定する場合も測定時の計器の安定に要する時間の配慮の他に受圧面のエア抜きも重要である。受圧面にエアがある時はかなりの誤差があるので大きな誤差要因となる。

水圧計をセットする作業の困難さを除けば水圧計による測定が誤差から考えて望ましいとは言えるが, 現在の基礎処理のなかでのルジオンテストとしての精度がどこまで要求されるかという意味では水圧計による測定の優位性も基礎処理の技術の水準では評価しにくいところと言える。

5.4.2 ルジオン値

口元圧力計, 口元補正圧力, 指針 (案) 式の補正圧力 (三国川のみ), 水圧計圧力によるルジオン値を表-8 に示す。

水圧計によるルジオン値と補正圧力のルジオン値の比較を図-22 に示す。10 L_u の範囲内では 3 L_u まで水圧計と補正圧力は殆んど一致するが 3 L_u 以上は補正圧力がやや低目に生じ, 10 L_u 以上は補正圧力が高目になる。結局は(1)式と(3)式の差による誤差が 10 L_u 程度までは少いということである。

それぞれのルジオン値を 5 L_u 毎に分類すると表-9 のようになる。軟岩の白川と浅瀬石川は (134 孔を除く) 5 L_u 以下が約 70 ~ 90 数パーセントを占める

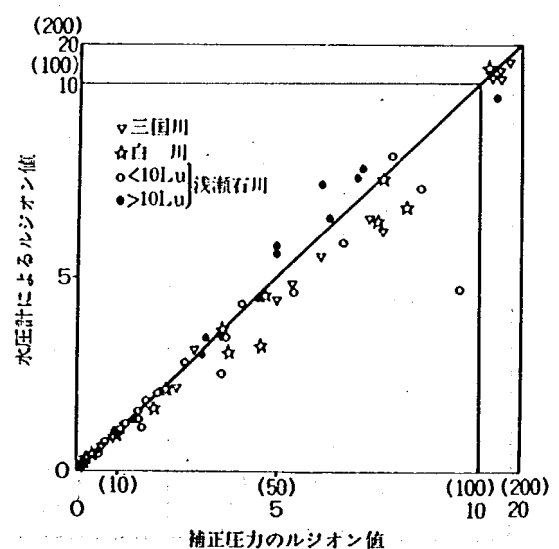


図-22 水圧計と補正圧力によるルジオン値の相関

表-8 ルジオン値及び限界圧力まとめ表

a) 白川ダム

ステージ	孔番 圧力 試験 回数	B V - 8			B V - 9		
		水圧計圧力 (G-E)	口元補正圧力 (F+D-H)	口元圧力 (F+D)	水圧計圧力 (G-E)	口元補正圧力 (F+D-H)	口元圧力 (F+D)
1	本	3.2 (2.23)	4.6 (2.40)	4.6 (2.40)	140 (1.88)	117 (2.34)	44 (不明)
	再	53 (3.89)	64 (3.52)	45 (4.15)	—	—	—
2	本	1.0 (5.54)	1.0 (5.20)	1.0 (5.20)	1.6 (4.30)	1.9 (4.52)	1.9 (4.52)
	再	—	—	—	7.5 (1.26)	7.6 (1.52)	7.6 (1.52)
3	本	0.4 (6.10)	0.4 (6.00)	0.4 (6.00)	—	—	—
	再	3.0 (4.75)	3.8 (4.50)	3.8 (4.50)	—	—	—
	再々	3.6 (3.86)	3.6 (4.50)	3.6 (4.50)	—	—	—
4	本	—	—	—	0.6 (>7.99)	0.6 (>7.95)	0.6 (>7.95)
5	本	1.1 (>7.96)	1.1 (>7.38)	1.1 (>7.38)	0.2 (>7.76)	0.2 (>7.22)	0.2 (>7.22)
	再	1.0 (>7.96)	1.0 (>7.38)	1.0 (>7.38)	—	—	—
6	本	1.1 (5.00)	1.1 (5.47)	1.1 (5.47)	0.9 (7.25)	1.0 (7.16)	1.0 (7.16)
7	本	6.4 (7.66)	7.5 (6.58)	7.0 (6.88)	0.9 (6.75)	0.9 (6.56)	0.9 (6.56)
	再	—	—	—	3.5 (4.55)	3.6 (4.56)	3.6 (4.56)
	再々	—	—	—	2.1 (4.40)	2.2 (4.56)	2.2 (4.56)
	再3	—	—	—	4.5 (4.25)	4.7 (4.51)	4.6 (4.56)
8	本	6.8 (2.83)	8.2 (2.80)	7.5 (2.90)	0.3 (不明)	0.3 (8.46)	0.3 (8.46)

上段：換算ルジオン値

下段（カッコ内）：限界圧力 kg/cm^2

b) 浅瀬石川ダム

試験 ステージ	圧力 回数	孔 番	B - 1 3 3			B - 1 3 4			
			地 質	口元圧力 (イ)	口元補正圧力 (ウ)	水圧計圧力 (エ)	地 質	口元圧力 (イ)	口元補正圧力 (ウ)
1	本	A-Si tf	02 (3.95)	02 (3.95)	—	Da	00 (3.12)	00 (3.12)	00 (1.30)
	再		16 (3.66)	16 (3.65)	1.1 (2.61)		18 (2.96)	18 (2.96)	1.6 (1.68)
	再々		48 (3.78)	9.5 (3.68)	4.7 (2.59)		26 (2.58)	14 (2.32)	13 (2.44)
2	本	A-Si tf	3.5 (4.65)	3.6 (4.62)	2.5 (3.71)	N-Pt	32 (2.31)	63 (1.15)	65 (1.12)
	再	—	—	—	27 (2.47)		115 (0.78)	99 (0.91)	
	再々	A-Pt	—	—	—		26 (2.72)	104 (0.90)	96 (0.98)
3	本	A-Si tf	1.5 (6.94)	1.5 (6.90)	1.3 (5.94)	N-Pt	19 (2.09)	60 (1.19)	68 (1.03)
	再	28 (6.36)	29 (6.28)	2.2 (5.67)	—		—	—	
	再々	A-Pt	2.3 (5.19)	2.4 (5.13)	2.3 (4.82)		A-Si tf	—	—
4	本	A-Pt	0.7 (6.08)	0.8 (6.07)	0.7 (4.64)	A-Si tf	18 (3.16)	46 (1.70)	45 (1.71)
	再	—	—	—	18 (3.46)		32 (2.19)	34 (2.11)	
	再々	A-Sat f	—	—	—		18 (3.25)	60 (1.64)	66 (1.46)
5	本	A-Sat f	1.4 (5.18)	1.5 (5.15)	1.3 (4.15)	A-Si tf	4.0 (3.21)	4.1 (3.18)	4.3 (3.23)
	再	4.9 (5.43)	5.4 (5.31)	4.4 (4.54)	A-Pt		—	—	—
6	本	A-Sat f	1.7 (11.10)	1.7 (10.97)	1.8 (10.66)	A-Si tf	0.8 (6.60)	0.8 (6.58)	0.8 (6.31)
	再	—	—	—	1.3 (6.90)		0.9 (6.93)	0.9 (6.70)	
	再々	A-Pt	—	—	—		0.9 (6.90)	0.9 (6.88)	0.9 (6.72)
7	本	A-Pt	1.9 (17.96)	2.0 (17.45)	2.0 (17.05)	A-Sat f	0.8 (6.65)	0.8 (6.63)	0.8 (6.67)
8	本	A-Pt	4.8 (14.26)	3.7 (12.55)	3.4 (12.29)	A-Sat f	1.0 (12.50)	1.0 (12.43)	1.1 (12.03)
	再		—	—	—	A-Pt	0.9 (14.17)	0.9 (14.08)	1.0 (13.53)
9	本	A-Pt	7.3 (9.05)	7.8 (7.40)	8.1 (7.12)	A-Pt	0.7 (14.29)	0.7 (14.23)	0.7 (13.96)
10	本	A-Pt	1.3 (22.92)	1.5 (22.47)	1.5 (21.88)	A-Pt	6.6 (8.72)	8.5 (7.71)	7.3 (8.03)
	再		—	—	—		5.6 (8.01)	6.6 (7.37)	5.9 (7.42)
	再々		—	—	—		1.1 (4.64)	3.1 (4.51)	3.0 (2.87)
11	本	A-Pt	2.5 (22.83)	8.6 (21.63)	2.8 (20.65)	A-Si tf	2.5 (11.30)	7.0 (3.85)	7.6 (3.55)
12	本	A-Pt	0.7 (23.36)	0.7 (23.21)	0.7 (22.28)	O-Bs	1.6 (11.20)	6.1 (2.77)	7.4 (2.30)
13	本	A-Pt	0.03 (17.66)	0.03 (17.66)	0.03 (17.83)	O-Bs	1.6 (12.28)	7.1 (2.31)	7.8 (2.34)
14	本	O-Bs	0.1 (20.65)	0.1 (20.53)	0.1 (19.83)	O-Bs	0.6 (21.48)	0.6 (21.37)	0.6 (21.19)
15	本	O-Bs	1.2 (22.18)	1.2 (20.37)	1.2 (19.27)	—	—	—	—

- イ) P の求め方において管内損失補正をしない場合のルジオン値
 ウ) P の求め方において管内損失補正をした場合のルジオン値
 エ) P の求め方において水圧計圧力による場合のルジオン値
 ただし、() のついたルジオン値は ~ に近くなるため
 計算で求めた。

上段：ルジオン値
 下段：(カッコ内)
 限界圧力 kg/cm²

表-8 ルジオン値と限界圧力

c) 三国川ダム

	20 孔		24 孔	
	水圧計補正	補正圧力	水圧計補正	補正圧力
1	-	-	-	-
2	89.0 (-)	49.5 (-)	0.6 (9.0)	0.6 (8.0)
3	3.1 (6.5)	2.9 (6.5)	11.3 (-)	13.3 (-)
4	6.2 (-)	7.6 (-)	15.6 (-)	17.1 (-)
5	6.5 (6.8)	7.3 (5.7)	0.1 (-)	0.1 (-)
6	13.1 (-)	14.7 (-)	0.2 (-)	0.2 (-)
7	10.9 (-)	14.8 (-)	4.4 (-)	5.0 (-)
8	5.5 (-)	6.1 (-)	4.8 (-)	5.4 (-)
9	-	-	0.7 (-)	0.9 (-)
10	-	-	2.2 (-)	2.5 (-)

上段：ルジオン値

下段：(カッコ内)限界圧力 kg/cm^2

がキレツ性の硬岩では $5 L_u$ 以上が多い。軟岩はキレツ性岩盤に比べて難透水性である。

5.4.3 限界圧力

ルジオン値と同様にそれぞれの限界圧力をルジオン値の表-8に示す。この限界圧力は $P-Q$ 曲線において注入量が急増する点の注入圧力とした。

軟岩の場合は限界圧力が明確であるがキレツ性の多い岩盤では限界圧力がはっきりしない。

表-10は、限界圧力を $0 \sim 5 kg/cm^2$, $5.1 \sim 10 kg/cm^2$, $10.1 kg/cm^2$ 以上に分けた。軟質な凝灰質砂岩は殆んど $10 kg/cm^2$ 以下であり青荷層は $10 kg/cm^2$

表-9 ルジオン値

岩 種	ルジオン値		0~5.0 L_u の		5.1~10.0 L_u の		10.1 L_u 以上		合 計	
			個 数	%	個 数	%	個 数	%	個 数	%
軟 岩	白 川	BV-8	5	71	2	29	0	0	7	100
		BV-9	6	86	0	0	1	14	7	100
	浅瀬石川	133 孔	13	93	1	7	0	0	14	100
		134 孔	6	46	1	8	6	46	13	100
	の硬岩 キレツ性	三国 川	20 孔	1	14	3	43	3	43	7
24 孔			7	78	0	0	2	22	9	100

表-10 限界圧力

試験ヶ所		限界圧力 kg/cm ²	10kg/cm ² 以下の試験ステージ		10kg/cm ² 以上の
			5kg/cm ² 以下	5kg/cm ² 以上	試験ステージ
軟 岩	白 川	BV-8	1	2	—
			6	3	
			8	5	
			7		
		計	③	④	—
		BV-9	1	4	—
		2	5		
		6			
		7			
	計	②	④	—	
	浅瀬石川	133孔	2	3	6 12
			4	9	7 13
					8 14
			5		10 15
					11
		計	③	②	⑨
134孔		1 11			
		2 12	6	8	
		3 13	7	9	
		4 14	10		
	5				
計	⑨	③	②		
キレツ性の硬岩	三国川	20孔	—	3 5	—
		計	—	②	—
		24孔	—	2	—
		計	—	①	—

以上まで含まれる。三国川のはんれい岩、閃緑岩は 5 kg/cm^2 以上が多い。軟岩の場合は限界圧力は層位学的深度、地質年代とも関連すると考えられる。これらの軟岩の場合図-23に示すように限界圧力は深度が深くなると大きくなるが、一定の深度になるとそれ以上大きくならない傾向がある。限界圧力の機構は単純ではないが圧力水による軟弱部分の引張破壊と考えられる。直接的な比較は困難ではあるが圧裂引張応力で対比すると一部ではあるが図-23に示すように白川軟岩の場合にやや関係があると考えてもよい。表-11から引張応力の約1.6倍程度である。

ルジオン値と限界圧力の関係を図-24に示す。ルジオン値が小さくなると限界圧力が大きくなる傾向が認められる。

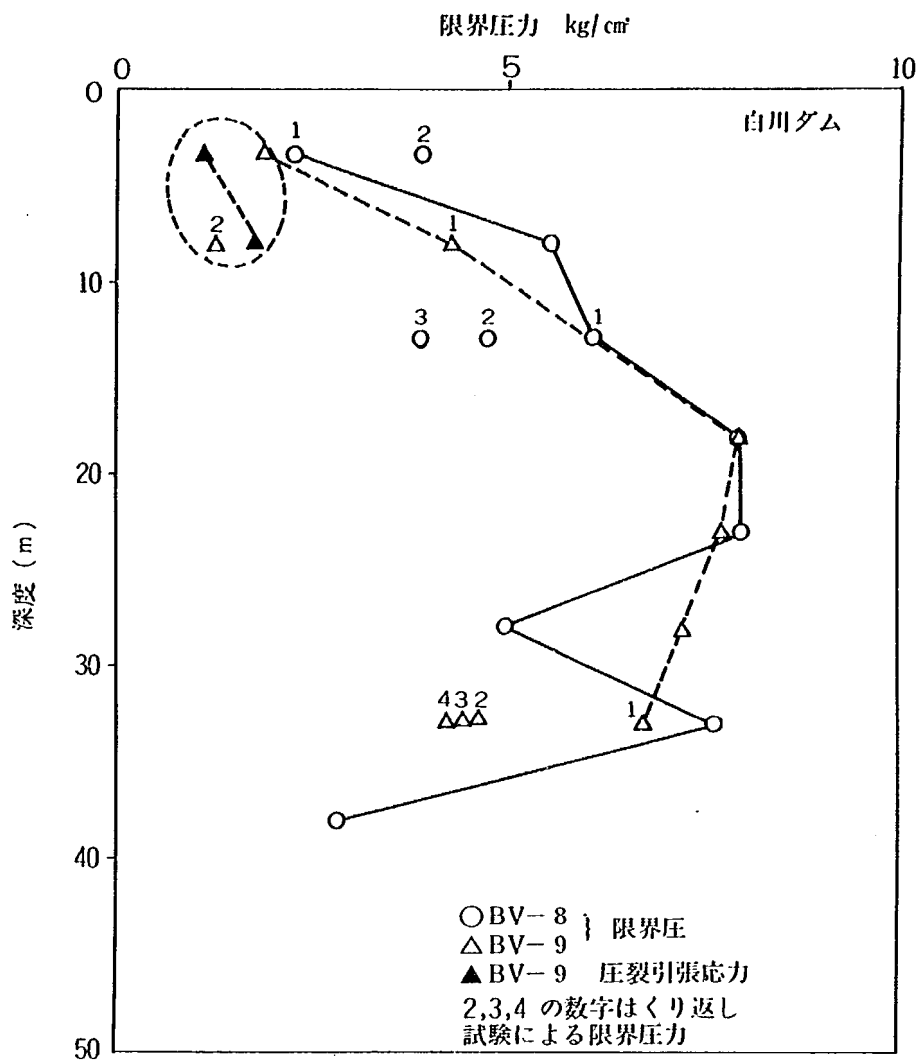


図-23 限界圧力と深度 a) 白川ダム

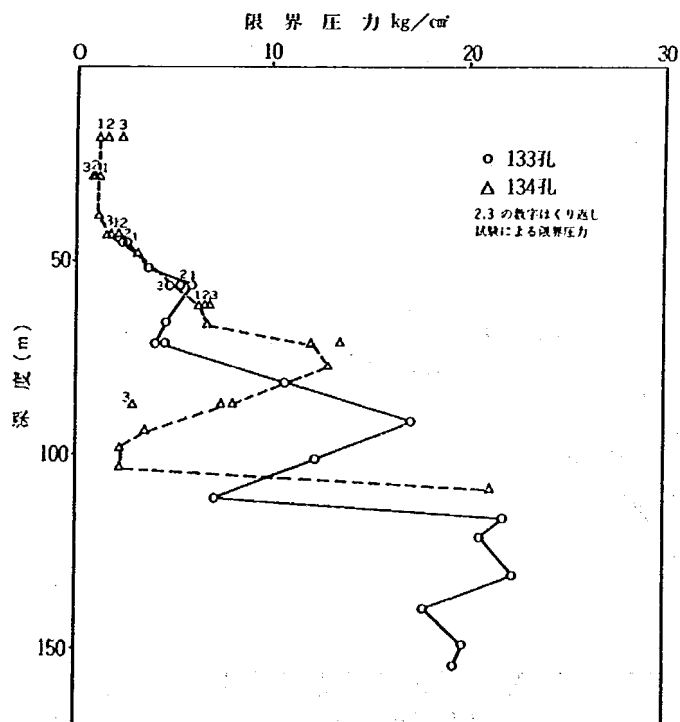


図-23 限界圧力と深度 b) 浅瀬石川ダム

表-11 限界圧力と圧裂引張応力の関係
(白川ダム BV-9)

試験ステージ	限界圧力 (A) kg/cm^2	圧裂引張応力 (B) kg/cm^2	A/B
1	1.88	1.14	1.65
2	4.30 1.26 平均値(2.78)	1.75	1.58

5.4.4 ルジオンテストの繰り返し試験

白川ダム、浅瀬石川ダムで注入量が多い場合にルジオンテストの再試験や再々試験を行った。図-25はその結果(水圧計の圧力による値)であり表-12はルジオン値と限界圧力の変化である。限界圧力が認められるP-Q曲線では再試験を行うことによって、当然のことながら限界圧力の減少が認められルジオン値は増加する。しかし、注入量の多いものは限界圧力の減少はなくルジオン値が横ばいのものや急激に増加する状態となる。

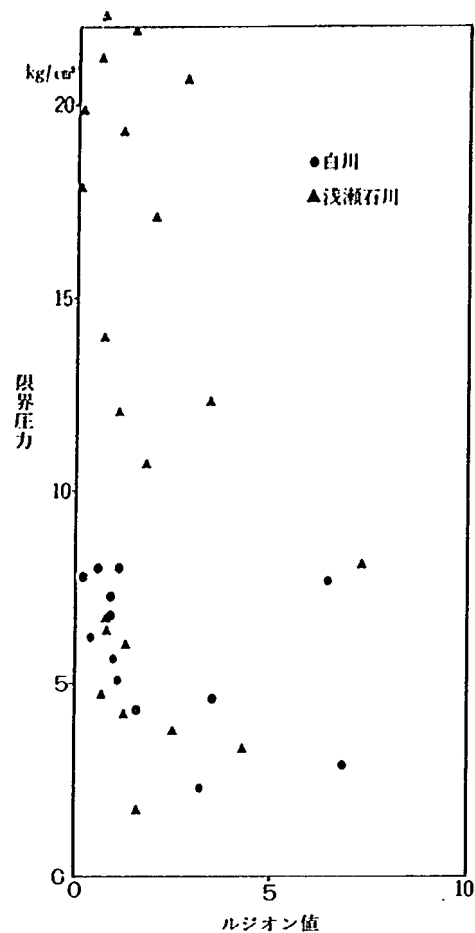


図-24 限界圧力とルジオン値

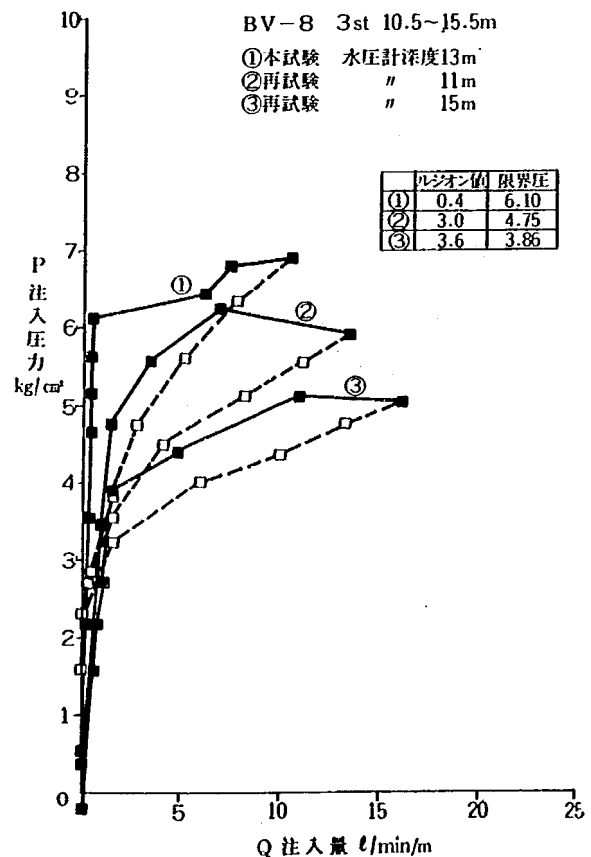
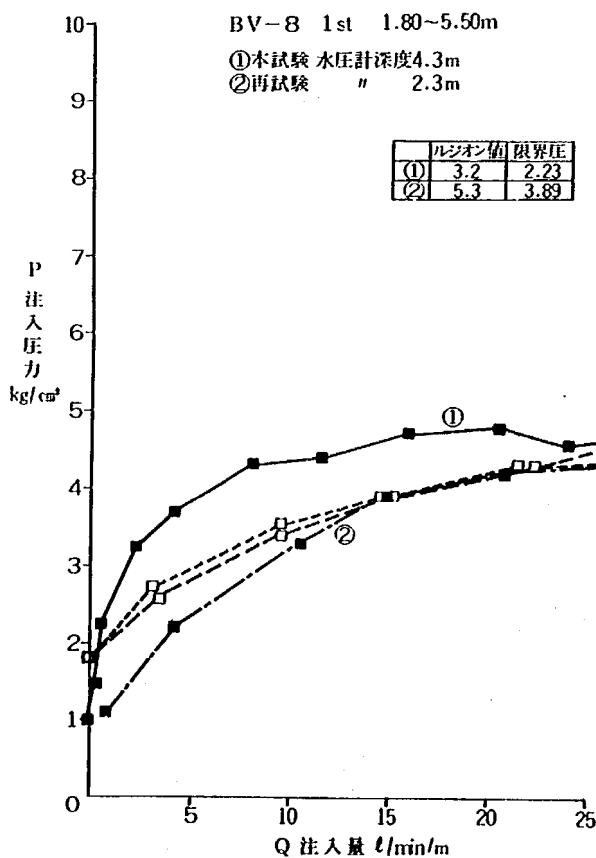
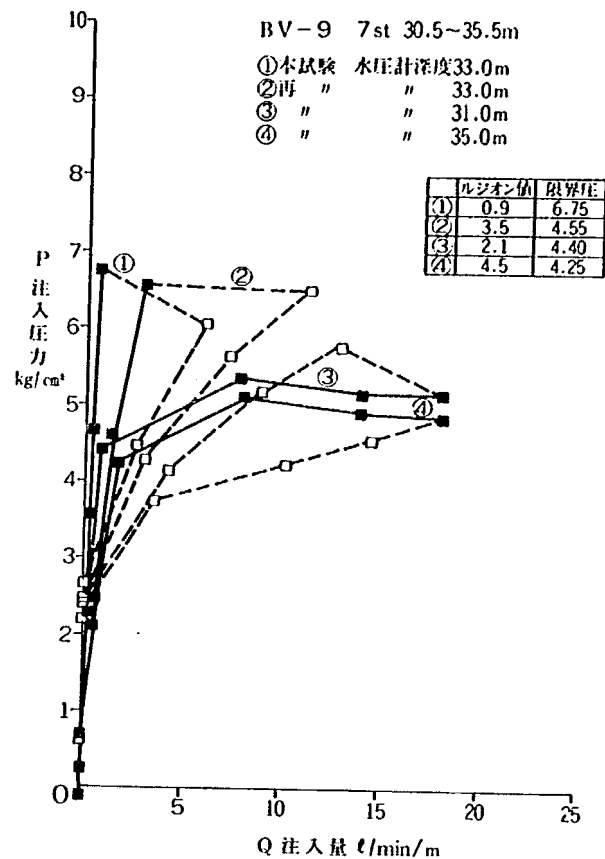
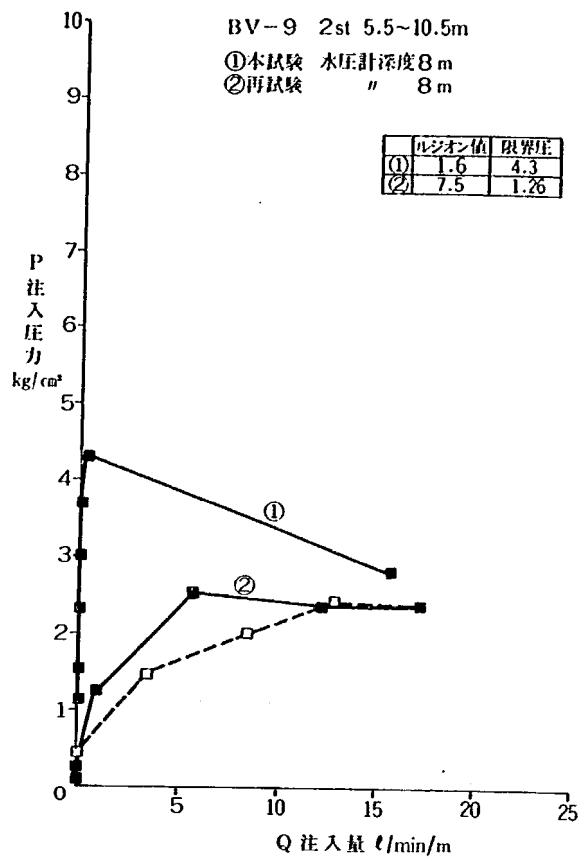


図-25 ルジオンテストの繰り返し試験
a) 白川ダム



a) 白川ダム

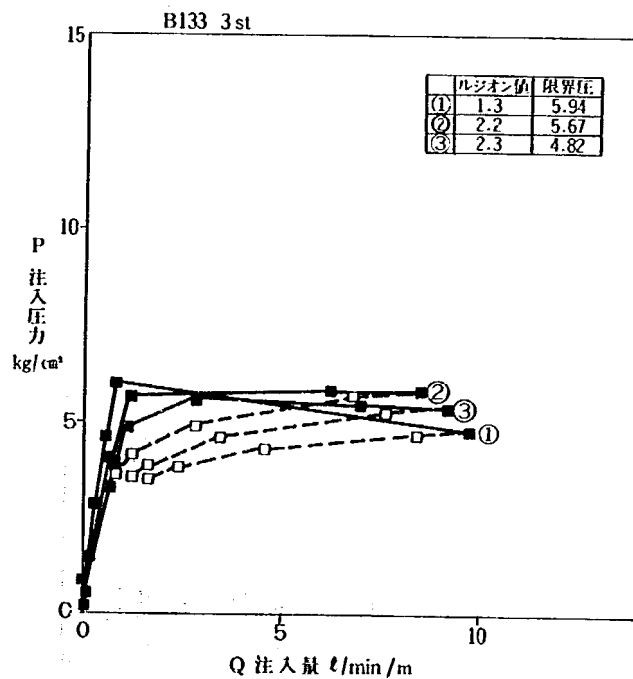
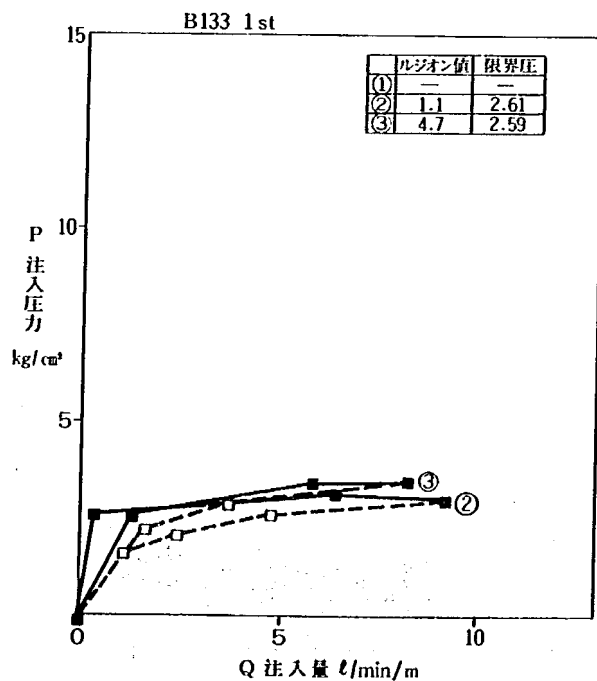


図-25 ルジオンテストの繰り返し試験
b) 浅瀬石川ダム

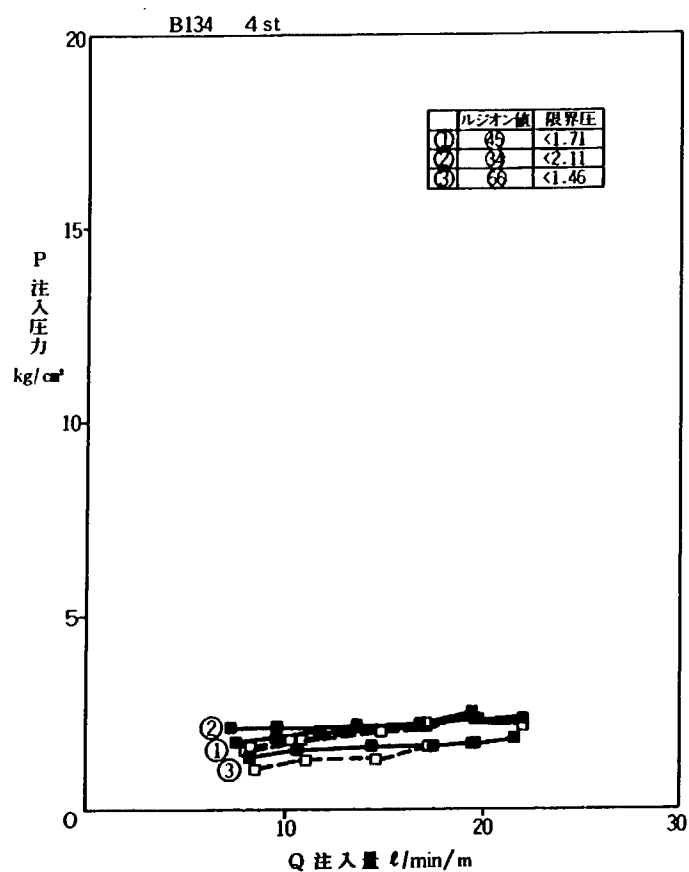
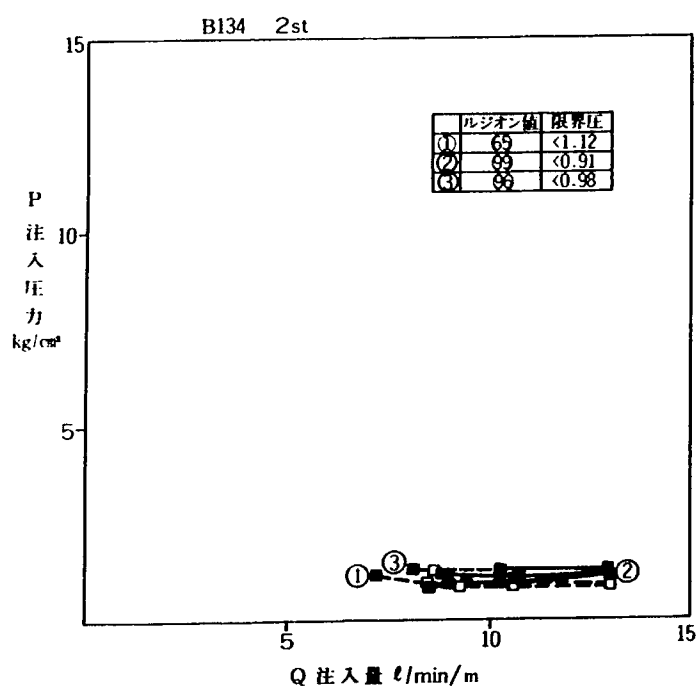
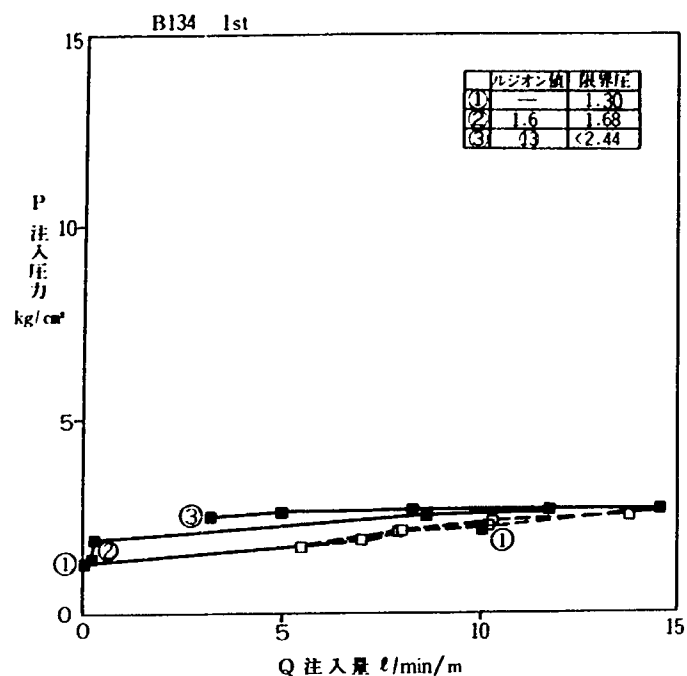
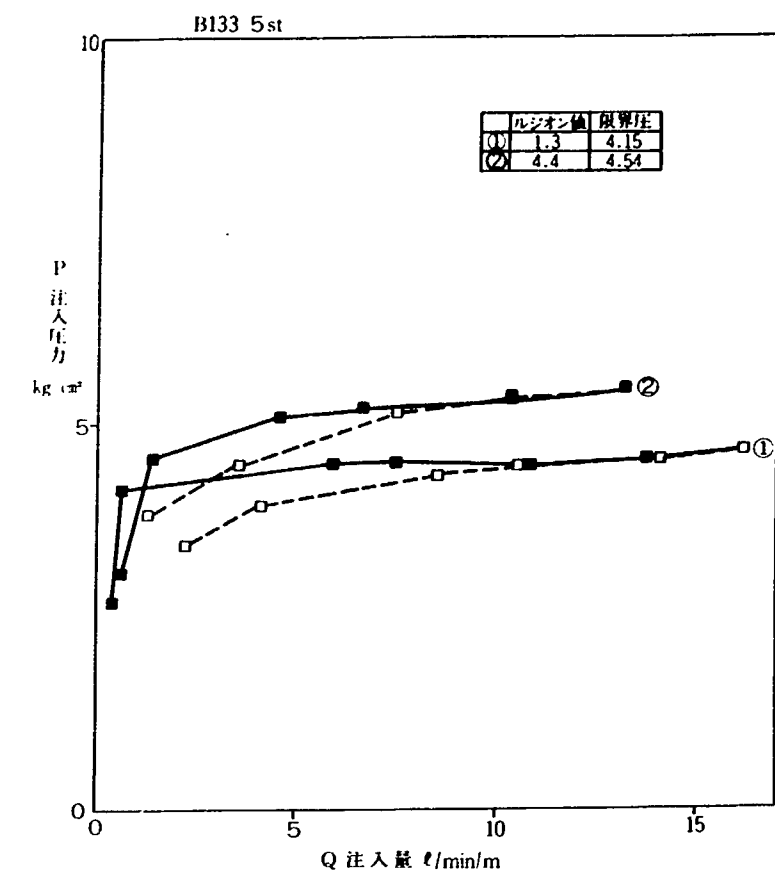


図-25 ルジオンテストの繰り返し試験
b) 浅瀬石川ダム

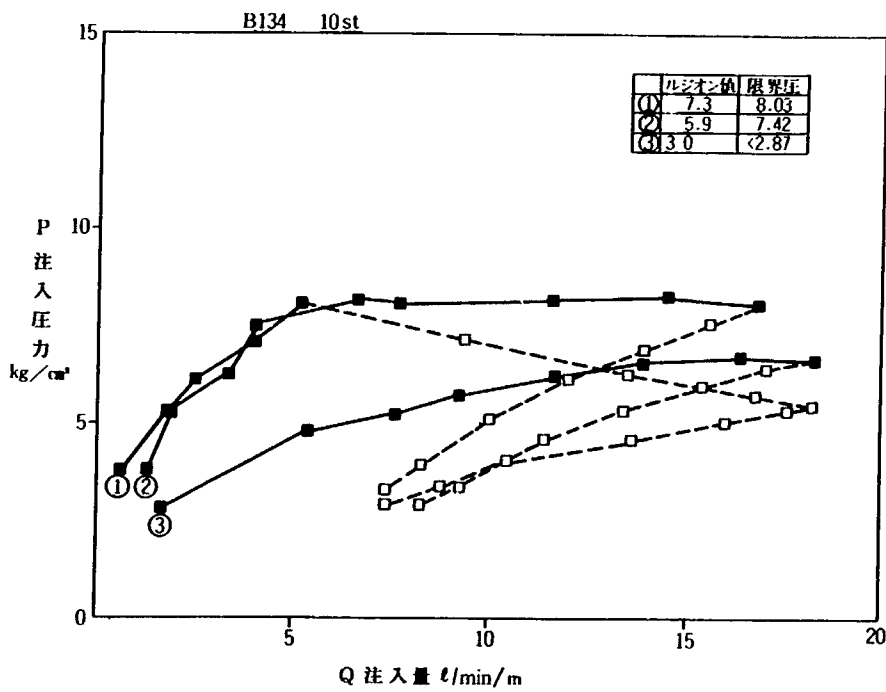
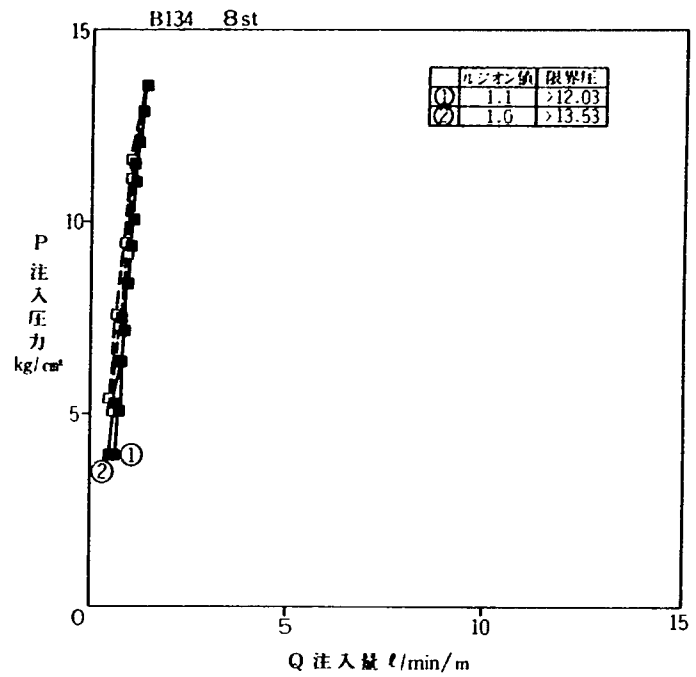
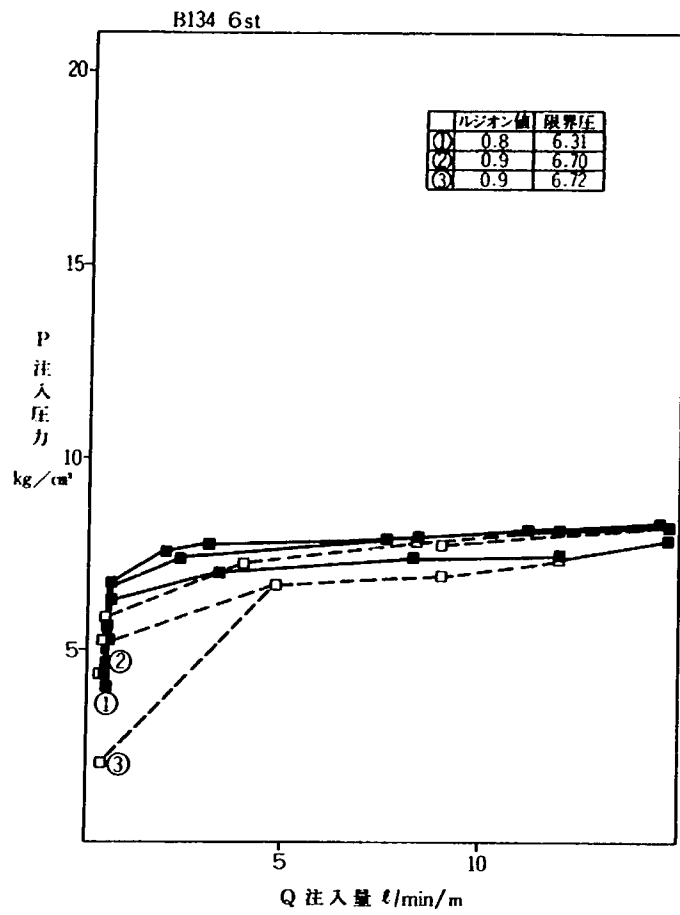


図-25 ルジオンテストの繰り返し試験
b) 浅瀬石川ダム

表-12 再試験のルジオン値と限界圧力

a) 白川ダム

	ルジオン値(Lu)	ルジオン 値の増減	限界圧力 kg/cm^2	限界圧力 の増減
BV-8 1st 本	3.2	$\nearrow$	2.23	$\nearrow$
	5.3		3.89	
BV-8 3st 本	0.4	$\nearrow$	6.10	$\searrow$
	再① 3.0		4.75	
	再② 3.6		3.86	
BV-9 2st 本	1.6	$\nearrow$	4.30	$\searrow$
	再 7.5		1.26	
BV-9 7st 本	0.9	$\nearrow$	6.75	$\searrow$
	再① 3.5		4.55	
	再② 2.1		4.40	
	再③ 4.5		4.25	

b) 浅瀬石川ダム

	ルジオンLu	ルジオン 値の増減	限界圧力 kg/cm^2	限界圧力 の増減
133 3st 本	1.3	$\nearrow$	5.94	$\searrow$
	再① 2.2		5.67	
	再② 2.3		4.82	
133 5st 本	1.3	$\nearrow$	4.15	$\nearrow$
	再① 4.4		4.54	
134 1st 本	0.0	$\nearrow$	1.30	$\nearrow$
	再① 1.6		1.68	
	再② 1.3		2.44	
134 2st 本	6.5	$\nearrow$	1.12	$\searrow$
	再① 9.9		0.91	
	再② 9.6		0.98	
134 4st 本	4.5	$\checkmark$	1.71	$\searrow$
	再① 3.4		2.11	
	再② 5.6		1.46	
134 6st 本	0.8	$\rightarrow$	6.31	$\nearrow$
	再① 0.9		6.70	
	再② 0.9		6.72	
134 8st 本	1.1	$\rightarrow$	12.03	$\nearrow$
	再 1.0		13.53	
134 10st 本	7.3	$\checkmark$	8.03	$\searrow$
	再① 5.9		7.42	
	再② 3.0		2.87	

6. まとめと今後の課題

軟岩のルジオンテストに水圧計を利用して、孔内圧力の直接測定を行い孔内の圧力変動、 $P-Q$ 曲線、ルジオン値、限界圧力をキレツ性のある硬岩と比較検討した。試験結果をまとめると、

- 1) マサツ、曲り等の管内抵抗を求めるには指針案式と実測があるがあまり差がなく指針案式を活用した方が便利である。ただし、グラウト注入とルジオンテストを兼用する場合は管の粗度が大きく変化することがあるので損失水頭の見積りに注意を要する。
- 2) 試験ステージ内の圧力は低流量 ($Q = 90 \text{ l/min}$ 以下) では変動がない。しかし、キレツ性のある部分では速度水頭による圧力低下を考慮する必要がある場合がある。
- 3) 地下水の仮定は試験前後の孔内水位から判断することは孔内水位の安定に時間がかかることから危険である。孔内水位の定時測定は地下水位と一致することが多いのでこれを含めて判断する必要がある。
- 4) ルジオンテストにおける水圧計の優位性は測定に係る誤差要因が少なくなることから認められるものの、今回行った実験範囲内ではルジオン値は $10 L_u$ まで補正圧力による方法と殆んど変わらない。
- 5) $P-Q$ 曲線は軟岩の場合に注入圧力 10 kg/cm^2 以下の限界圧力を生じる曲線が多い。また、限界圧力は圧裂引張応力と相関があることが認められた。
- 6) 繰り返しルジオンテストを行うことによって当然のことながら限界圧が減少しルジオン値が増加するという傾向にあった。例外として注入量の多い場合はその傾向がうすい。

一般にルジオンテストにおいて、従来の試験法で適当であると思われるがどのような誤差がでるかを常に考慮すべきである。

今後の研究課題としては、

- 1) 限界圧力の機構の解明
- 2) 割れ目のなかの水の流れ
- 3) ルジオンテストの精度

があると考えられる。今後これらを計測そして解析を含めて検討を加えたい。

7. あ と が き

水圧計を利用したルジオンテストを実施し回を重ねる毎に精度をあげ改良を行つた。ルジオンテストに水圧計を使うことは誤差要因が少く精度の高いものになるが水圧計はエアー抜きを完全に行うのが難しいようである。また、軟岩についてはさらに試験を積み重ねていく必要がある。

最後に、御協力をいただいた白川、浅瀬石川、三国川ダムの関係の皆様には厚くお礼を申し上げます。

参考資料一

ボーリング地質柱状図

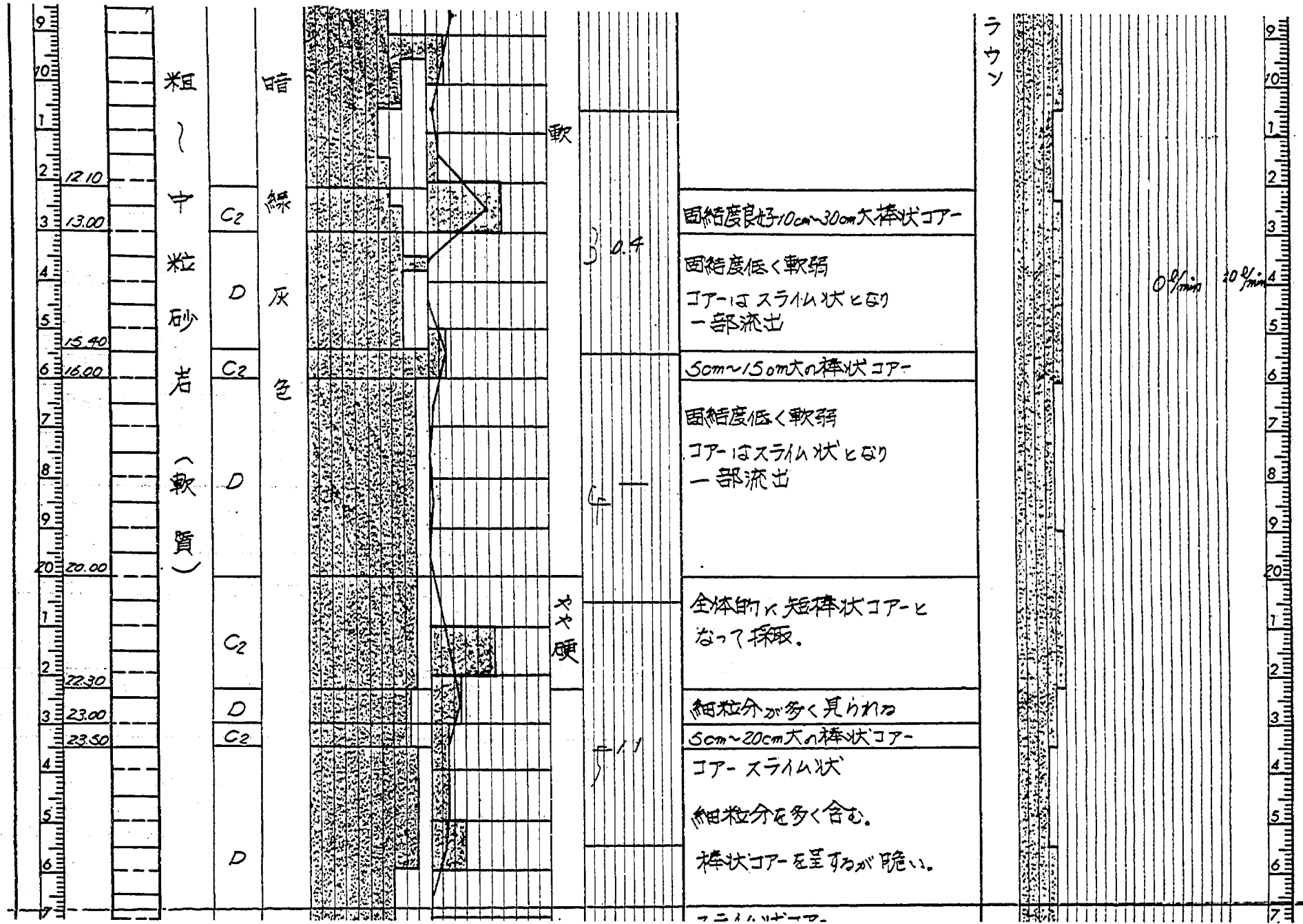
- 白川ダム BV-8, BV-9
- 浅瀬石川ダム B-133, B-134
- 三国川ダム 20孔, 24孔

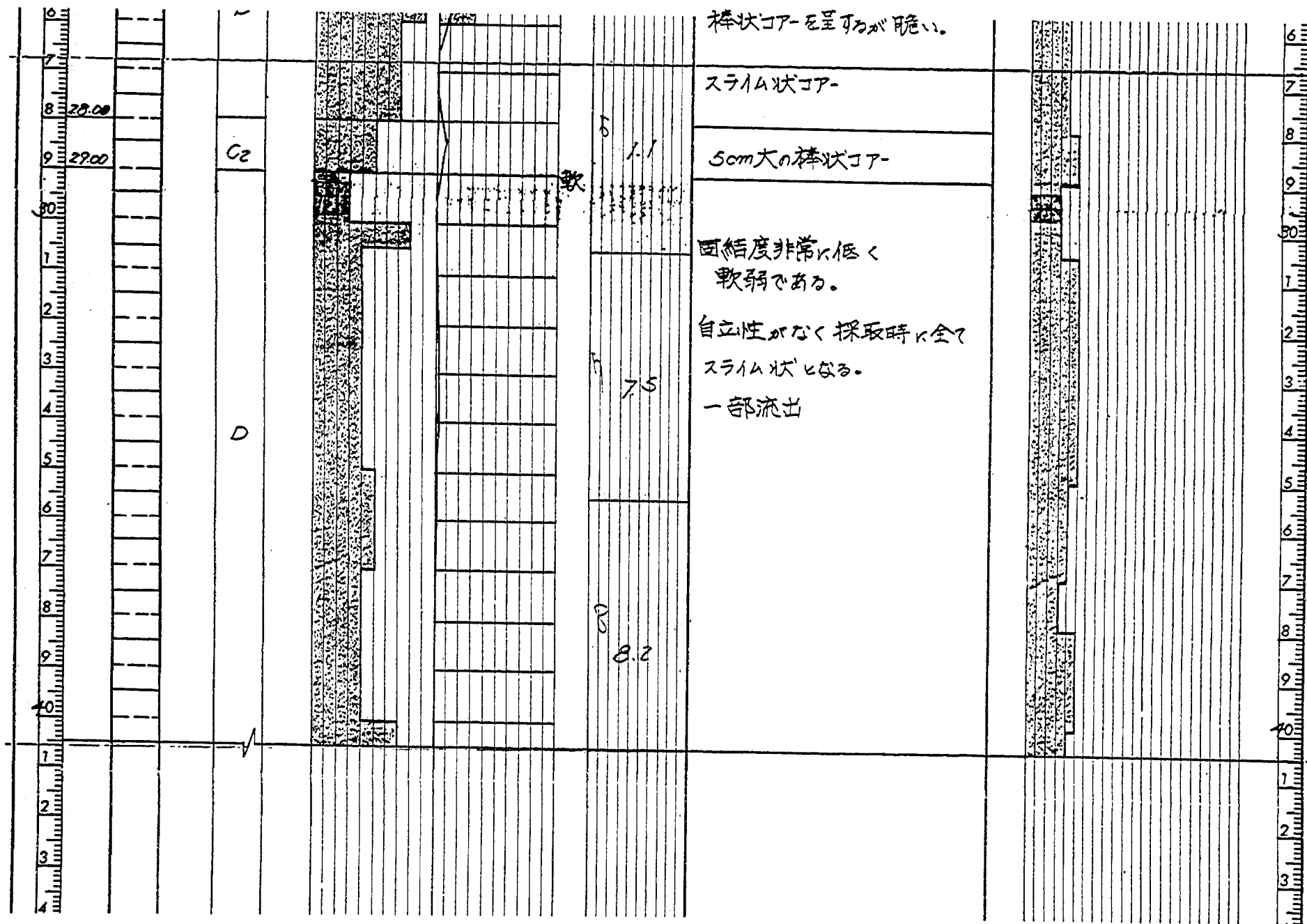
注. 1) 岩盤区分は _____ の方式による。

2) コア採取率, R. Q. D. は掘進長 1 m 毎に百分率で表示する。 $R. Q. D. = \frac{1 \text{ 片 } 10 \text{ cm 以上のコアの合計長}}{\text{掘進長}} \times 100$

3) ビット: MC=メタルクラウン, SDB=サーフェイスセットダイヤモンドビット, IDB=インブリグネイテッドダイヤモンドビット, ⑤=シングルタイプ, ⑥=ダブルタイプ

調査名 白川 砂 現 場 透 水 試 験										No. BV-8 ボーリング地質柱状図										53年 3 月 日										調査者 日 特 産 設 計 有 限 公 司									
調査期間		自 / - 至 /		孔 径		66 mm		岩盤掘進長		38.70 m		孔内水位		GL-10.15 m		現場代理人		渡 辺 紀 夫																					
標 高		315.64 m		総掘進長		40.50 m		コア採取長		27.50 m		全掘進時間		18 h 10'		主任技術者		渡 辺 紀 夫																					
方向・角度		垂 直		岩盤深度		1.80 m		コア採取率		68 %		使用機種		UD-5		オペレータ		三 浦 勝 昭																					
月 / 日	深 度 (標 高) (m)	地 質		コ ア - の 性 状										ルジオン値 または 透水係数 (cm/sec)	記 事	ビット 種 別	掘 進 時 間 (min)	湧 出 水 量 (l/min)	送 水 量 (l/min)	標 尺 (m)																			
		記号	名称	岩盤 区 分	色	コアー採取率(%) 0 20 40 60 80 100 最大コアー長(cm) 0 20 40 60 80 100															硬 度																		
1			コンクリート		灰色																																		
2	1.80		砂岩	D	茶灰色												風化が進んでい 酸化鉄の褐色が顕著																						
3	2.60		コンクリート		灰色												試掘横坑充填コンクリートと思われる。																						
4	4.30															4.6																							
5																	固結度低く軟弱																						
6																	コアはスライム状となり																						
7																	一部流出																						
8																2.0																							
9																																							





岩盤調査用柱状図

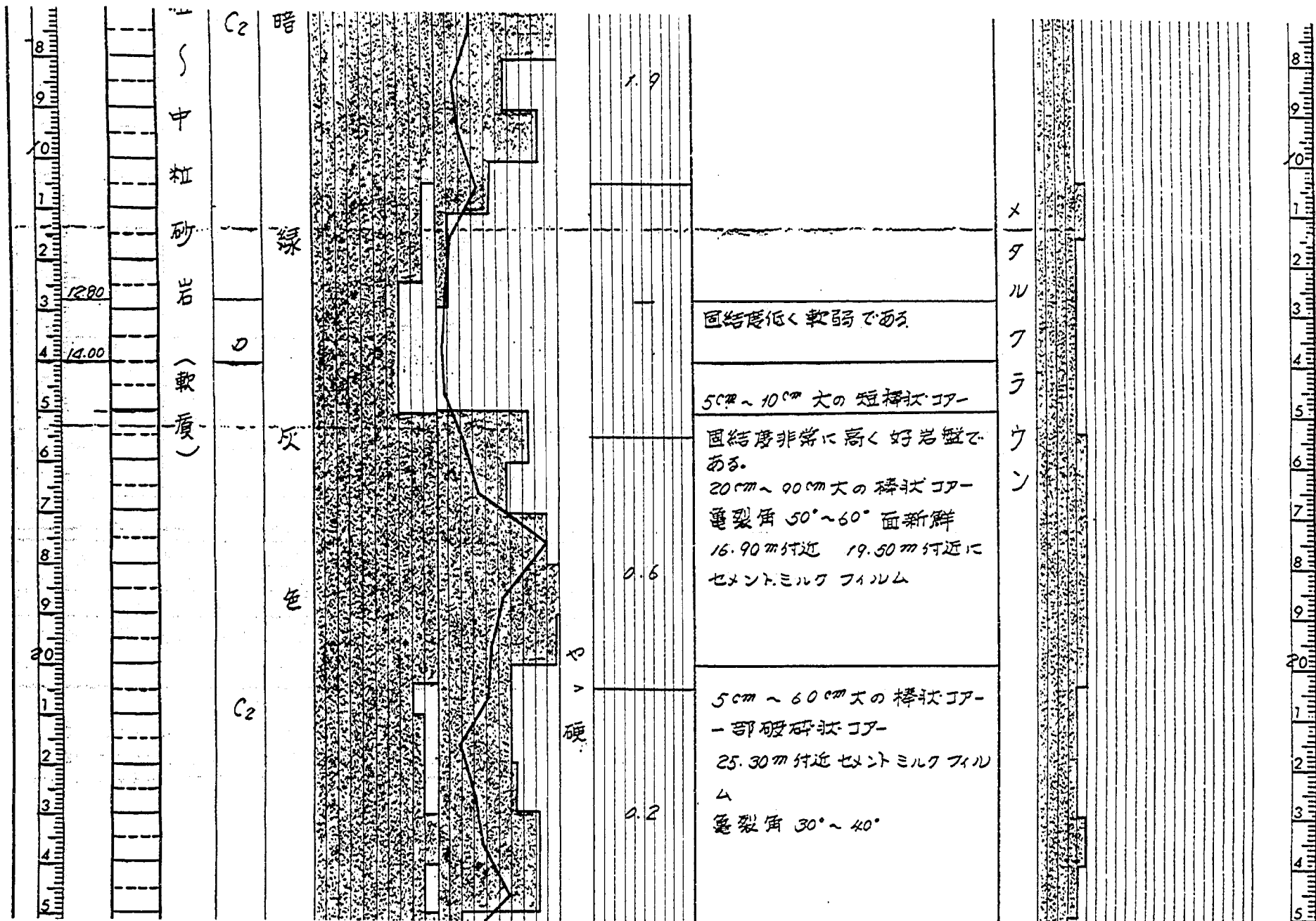
- 注. 1) 岩盤区分は _____ の方式による。
 2) コア採取率, R. Q. D. は掘進長 1m 毎に百分率で表示する。 $R. Q. D. = \frac{1 \text{ m} \text{ 以上のコアの合計長}}{\text{掘進長}} \times 100$
 3) ビット: MC=メタルクラウン, SDB=サーフェissetダイヤモンドビット, IDB=インブリグネイテッドダイヤモンドビット, (S)=シングルタイプ, (W)=ダブルタイプ

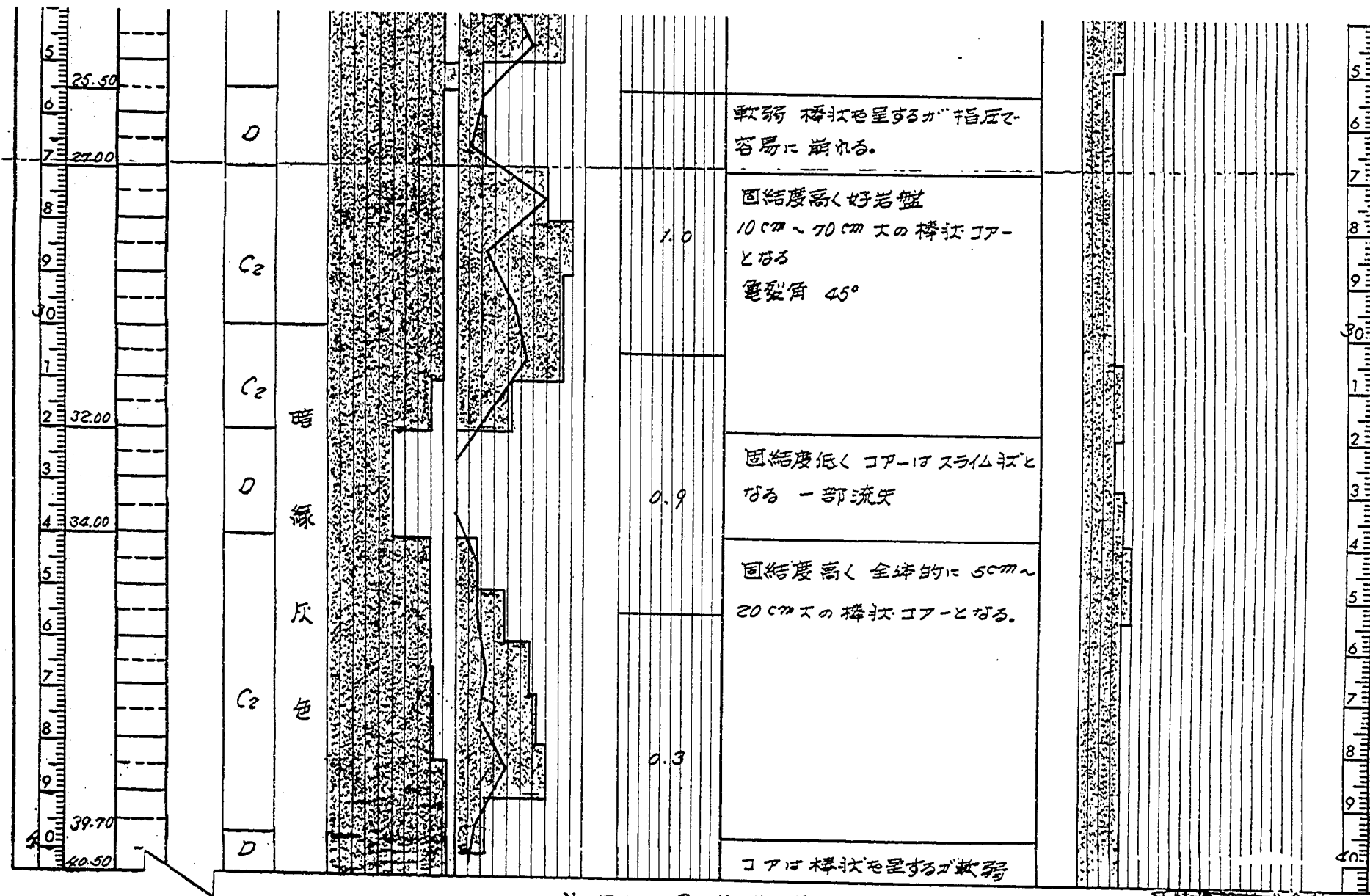
調査名		白川ダム現場透水試験		No. BV-9 ボーリング地質柱状図		53年3月 日		調査者		日精建設株式会社	
調査期間	自 / - 至 /	孔 径	66 mm	岩盤掘進長	38.70 m	孔内水位	GL-3.30m	現場代理人	滝沢 紀天		
標 高	320.75 m	総掘進長	40.50 m	コア採取長	34.42 m	全掘進時間	17 h 50	主任技術者	滝沢 紀天		
方向, 角度	垂 直	岩盤深度	1.80 m	コア採取率	85 %	使用機種	UD-5	オペレータ	川 村 孝三郎		

月 / 日	深 度 (標 高) (m)	地 質		コ ア の 性 状					ルジオン値 または 透水係数 (cm/sec)	記 事	ビット 種別	掘 進 速 度 (mm/min)	湧 水 量 (l/min)	水 び 水 (l/min)	送 水 量 (l/min)	標 尺 (m)				
		記号	名称	岩盤 区分	色	コア採取率(%)	R. Q. D. (%)										硬 さ			
							最大コア長 (cm)													
					0 20 40 60 80 100	0 20 40 60 80 100	0 20 40 60 80 100	0 20 40 60 80 100				0 20 40 60 80 100 120	0 10 20 30 40 50							
1	1.80		ミ リ ト		灰												1			
2																	2			
3																	3			
4																	4			
5																	5			
6																	6			
7																	7			
8																	8			

頁結度高く 一部破砕状
 コアとなっているが 全碎として
 5cm ~ 30cm 大の棒状コア
 となっている。
 2.50m 付近 12.40m 付近
 にセントミルグを 嵌有し良く
 留着している。
 亀裂角 5° 及び 70° ~ 80°

0.4 l/min
 100 l/min





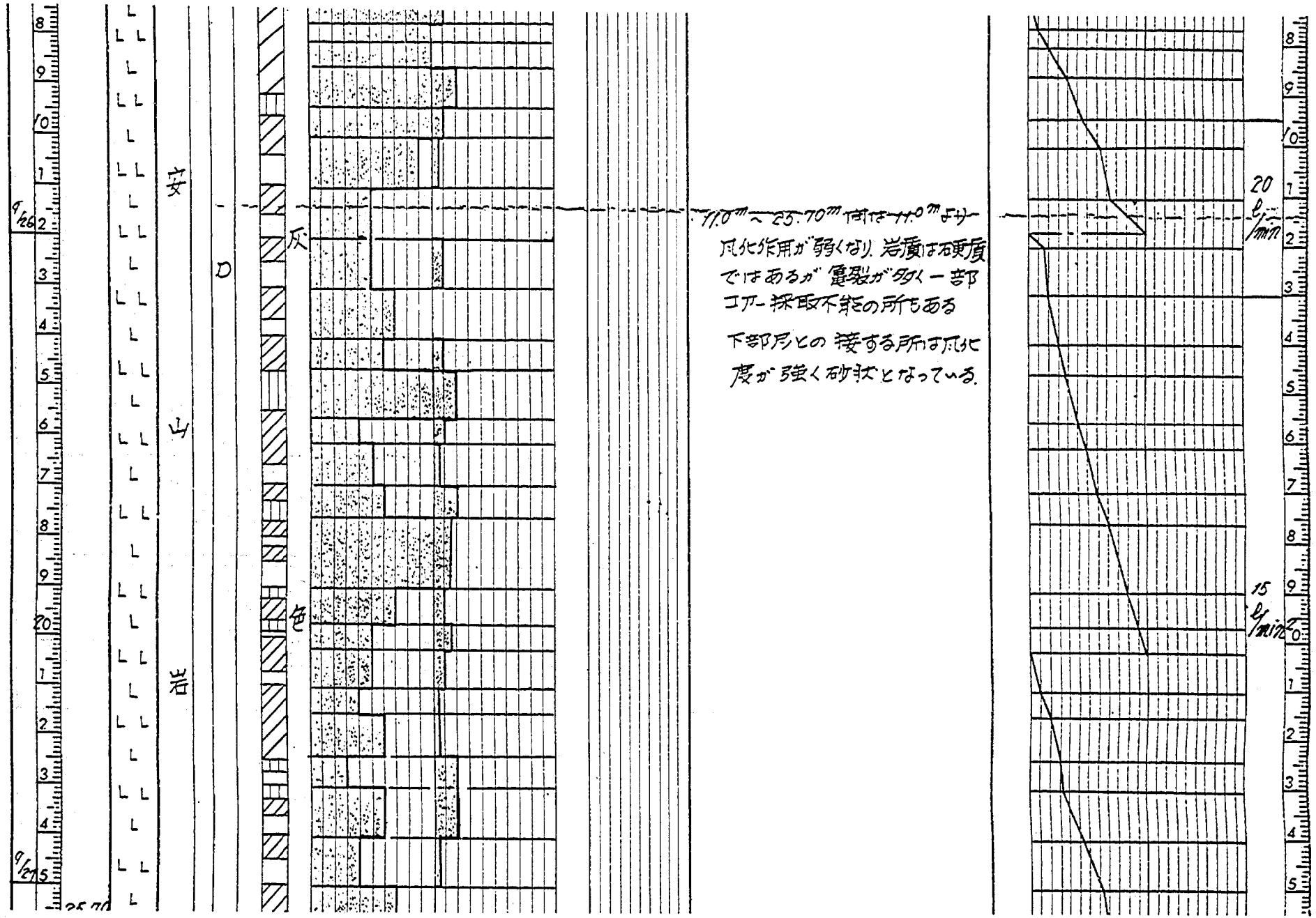
No. BV-9 ボーリング

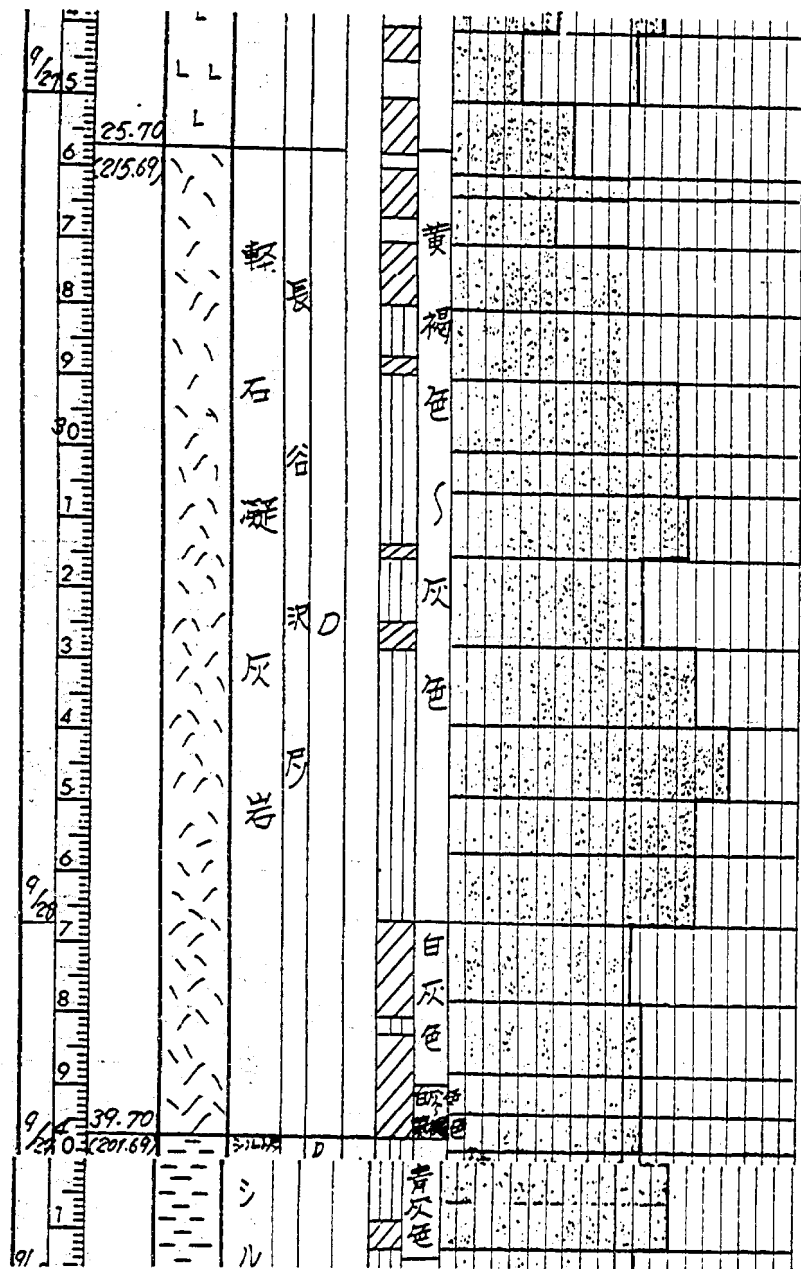
日特建設株式会社

岩盤調査用柱状図

- 注. 1) 岩盤区分は _____ の方式による。
 2) コア採取率, R. Q. D. は掘進長 1m 毎に百分率で表示する。 $R. Q. D. = \frac{1片10cm以上のコアの合計長}{掘進長} \times 100$
 3) ビット: MC=メタルクラウン, SDB=サーフェissetダイヤモンドビット, IDB=インブリグネイテッドダイヤモンドビット, ⑤=シングルタイプ, ⑥=ダブルタイプ

調査名 茨城県石炭田跡地(石炭)地質調査 No. B-133 ボーリング地質柱状図										日特建設株式会社						
調査期間		自 9/25 - 至 12/25		孔 径		66 mm		岩盤掘進長		155.80 m						
標 高		241.389m		総掘進長		157.0 m		コア採取長		141.76 m						
方向, 角度		鉛 直		岩盤深度		1.20 m		コア採取率		90 %						
								全掘進時間		33 h 55						
								使用機種		鉦研OP-1						
										現場代理人 今淵正邦						
										主任技術者 滝沢紀夫						
										オペレータ 川崎和夫						
月	深度 (標高) m	地 質	記号	名 称	地層区分	岩 質	色	コア採取率(%)	最大コア長 (cm)	硬 度 (cm/sec)	記 事	ビット 種別	掘進時間 (min)	漏 水 (l/min)	送水量 (l/min)	標 尺 (m)
9/25	1.20 (240.19)	表土	△	表土	土砂		茶褐色				0.0m~1.20m 同表土及び前積土	⑥				
		石	△	石							石英安山岩の礫を主とする礫状粘土	MC				
			L								1.20~25.70m 同 石英安山岩					
			L L								全体に風化作用を受けてい					
			L								るためコアの状態は下部に					
			L L								行くほど悪くなる。					
			L L								1.20m~11.0m 同は風化のため粘					
			L L								土ないしは礫状となっている。					

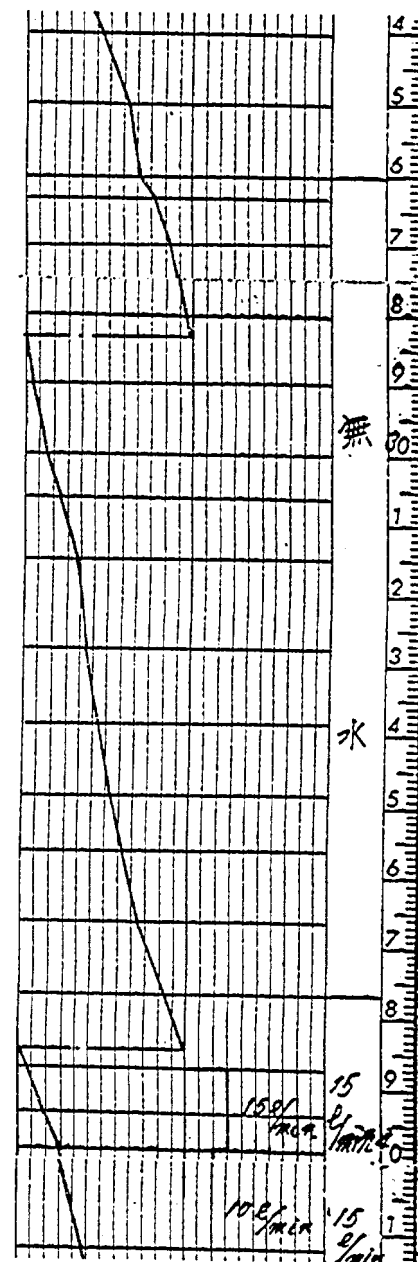


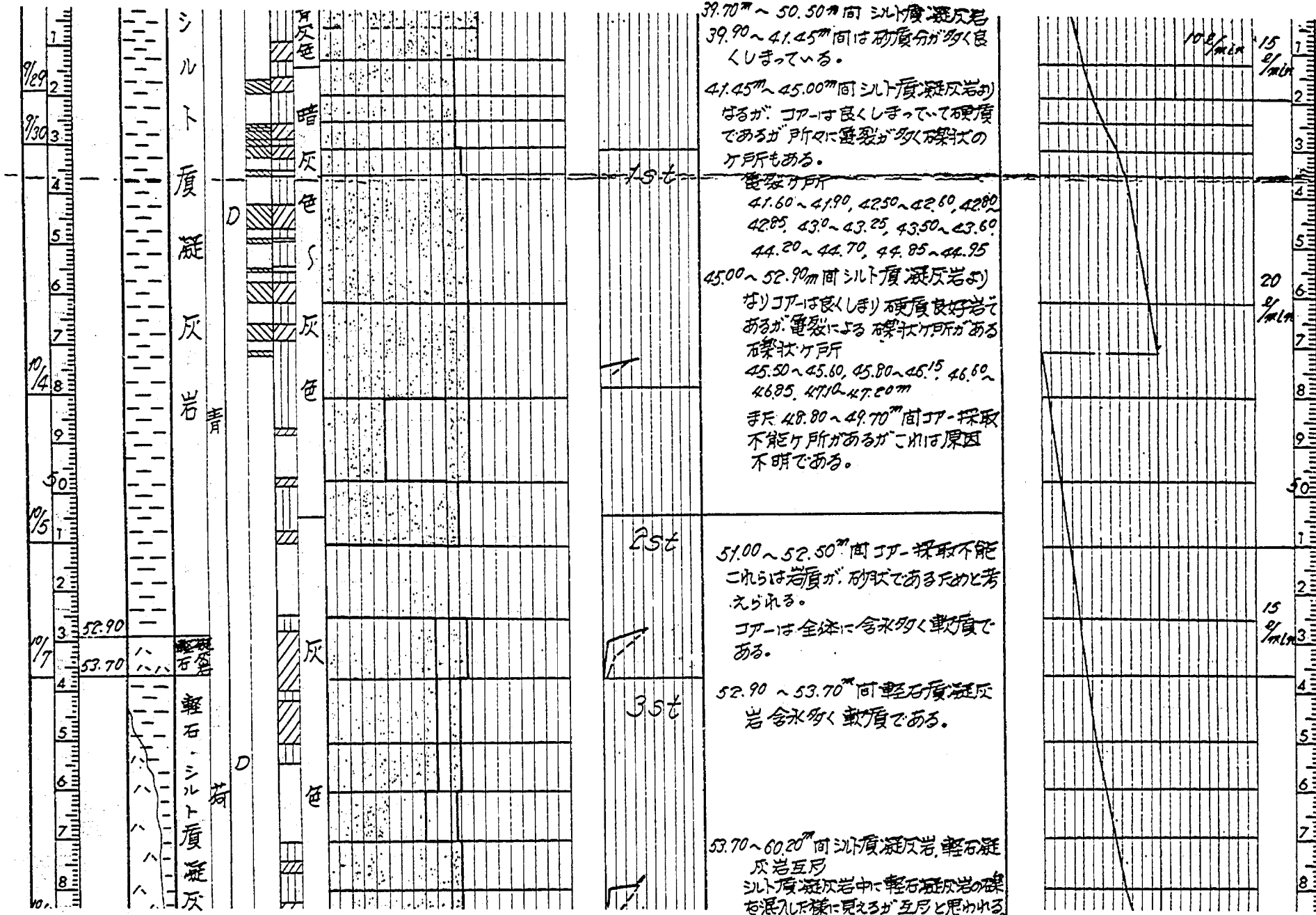


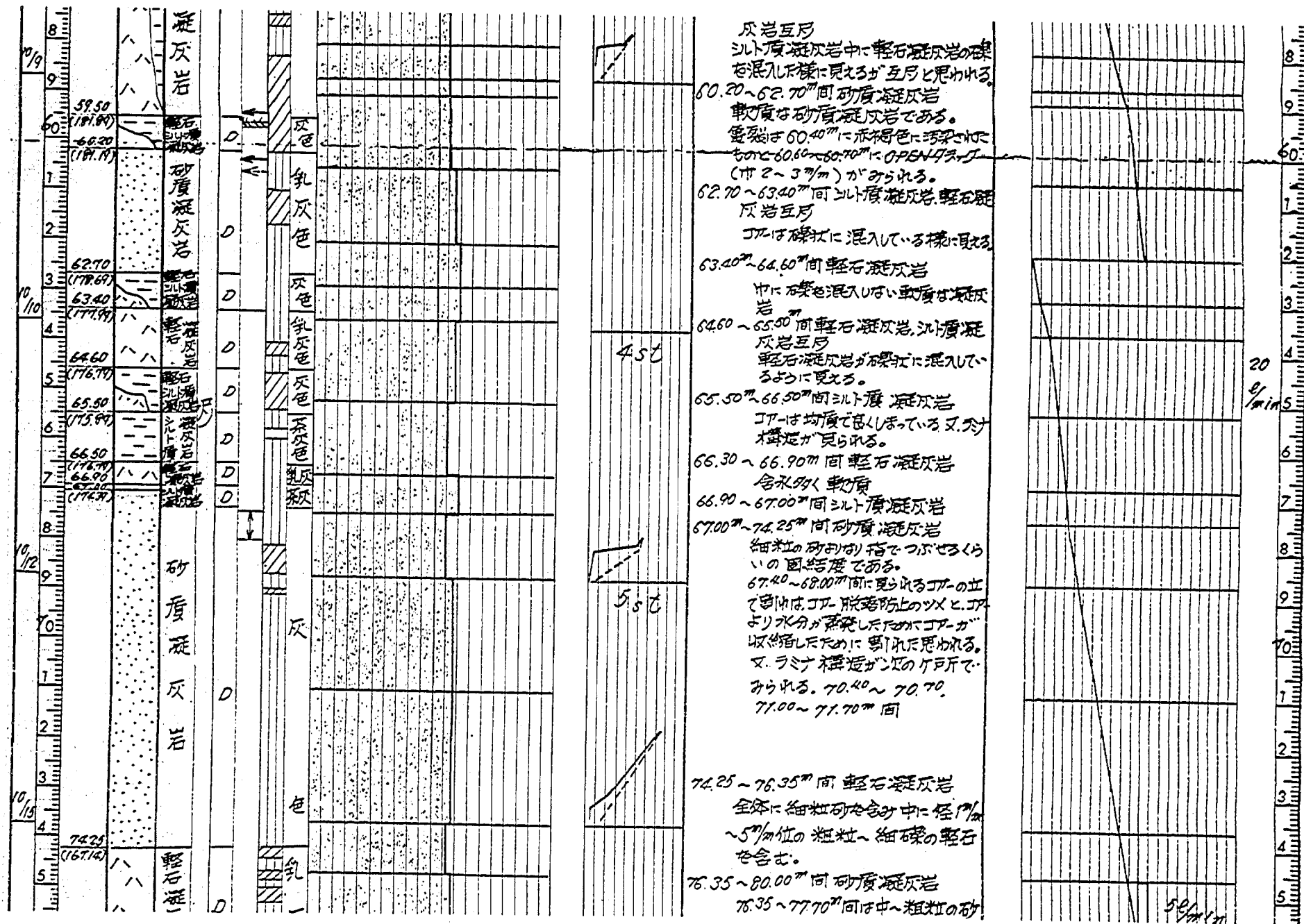
25.70m ~ 39.70m 間、軽石凝灰岩
全体に固結度が低く、又風化
作用を受けているため一部は
粘土状となっている。
25.70m ~ 29.00m 間の内 25.70m
~ 26.50m 間はコアは砂状 26.50
~ 29.0m 間は粘土状である。

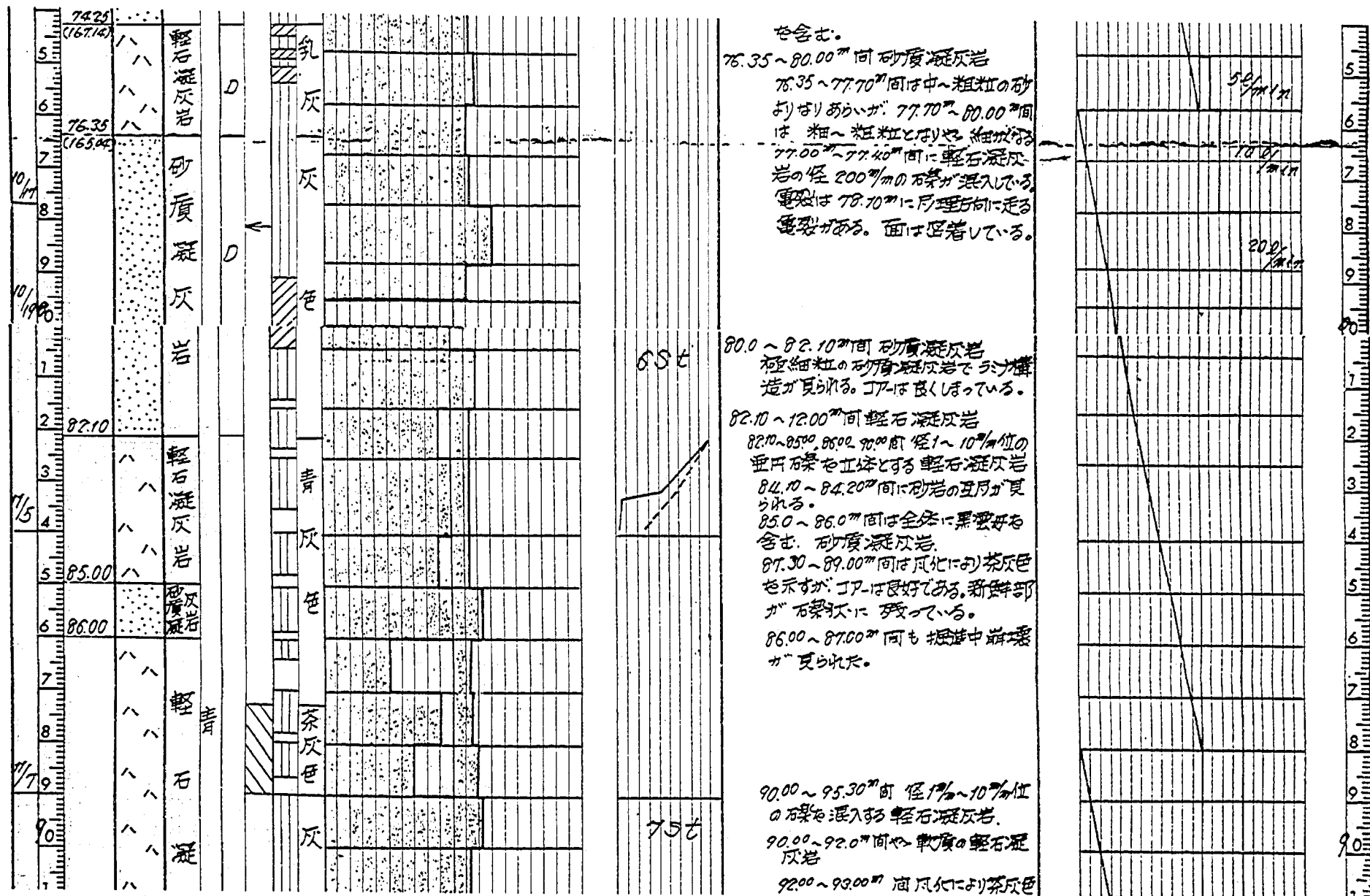
このことはこの石炭山岩と軽
石凝灰岩との境界に水が通
つたものと思われる。
29.00m ~ 36.70m 間はコアも良く
保たれて良好である。岩は指で指
しつぶせる。含水や多し 34.90m
より小礫混入する。
36.70m ~ 39.70m 間コア状態
は砂状であり良くない。
コアの採取率は良いがコア
状態は良くない。

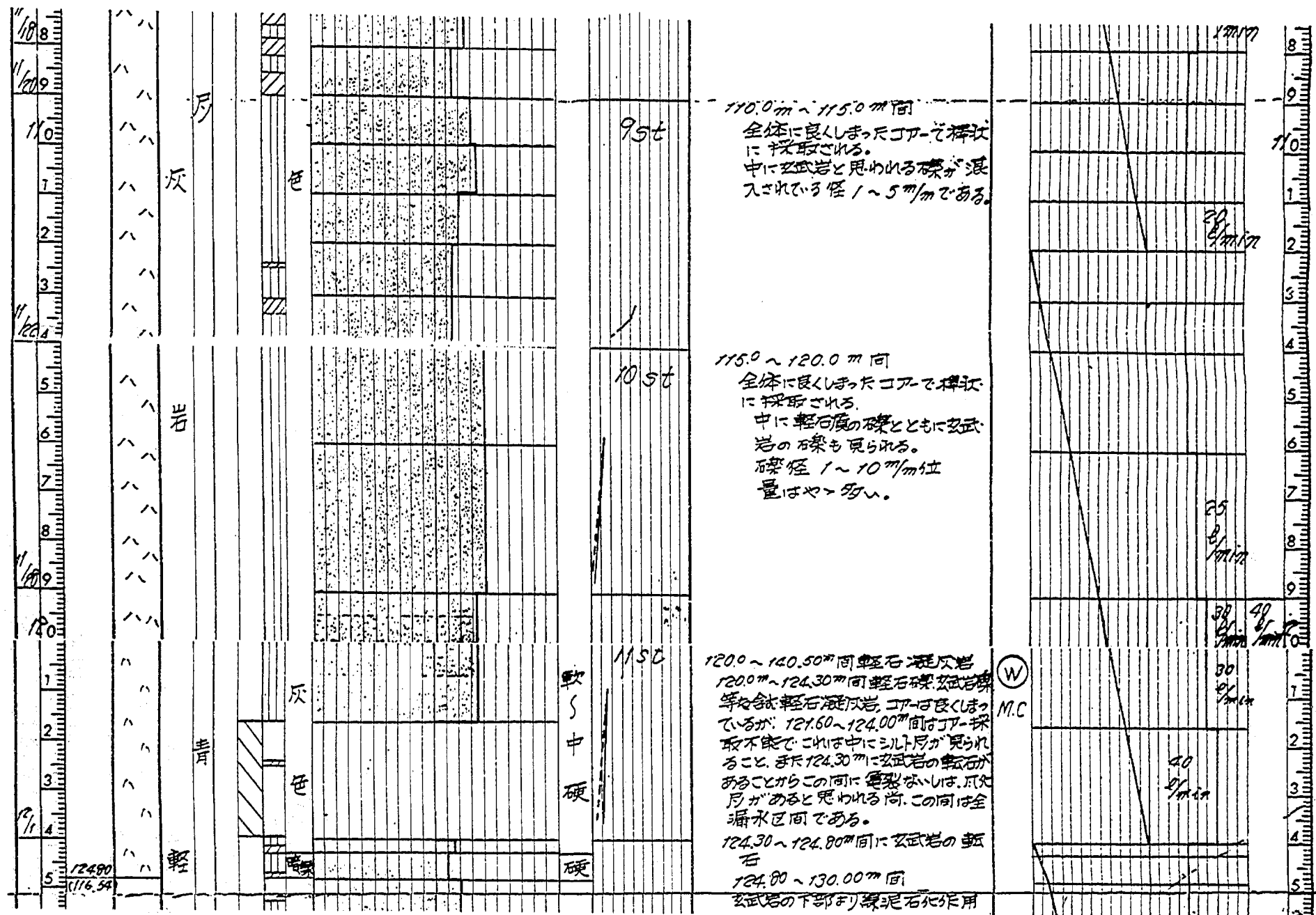
39.70m ~ 50.50m 間シルト質凝灰岩
39.90 ~ 41.45m 間は砂質分が多く良
くしまっている。

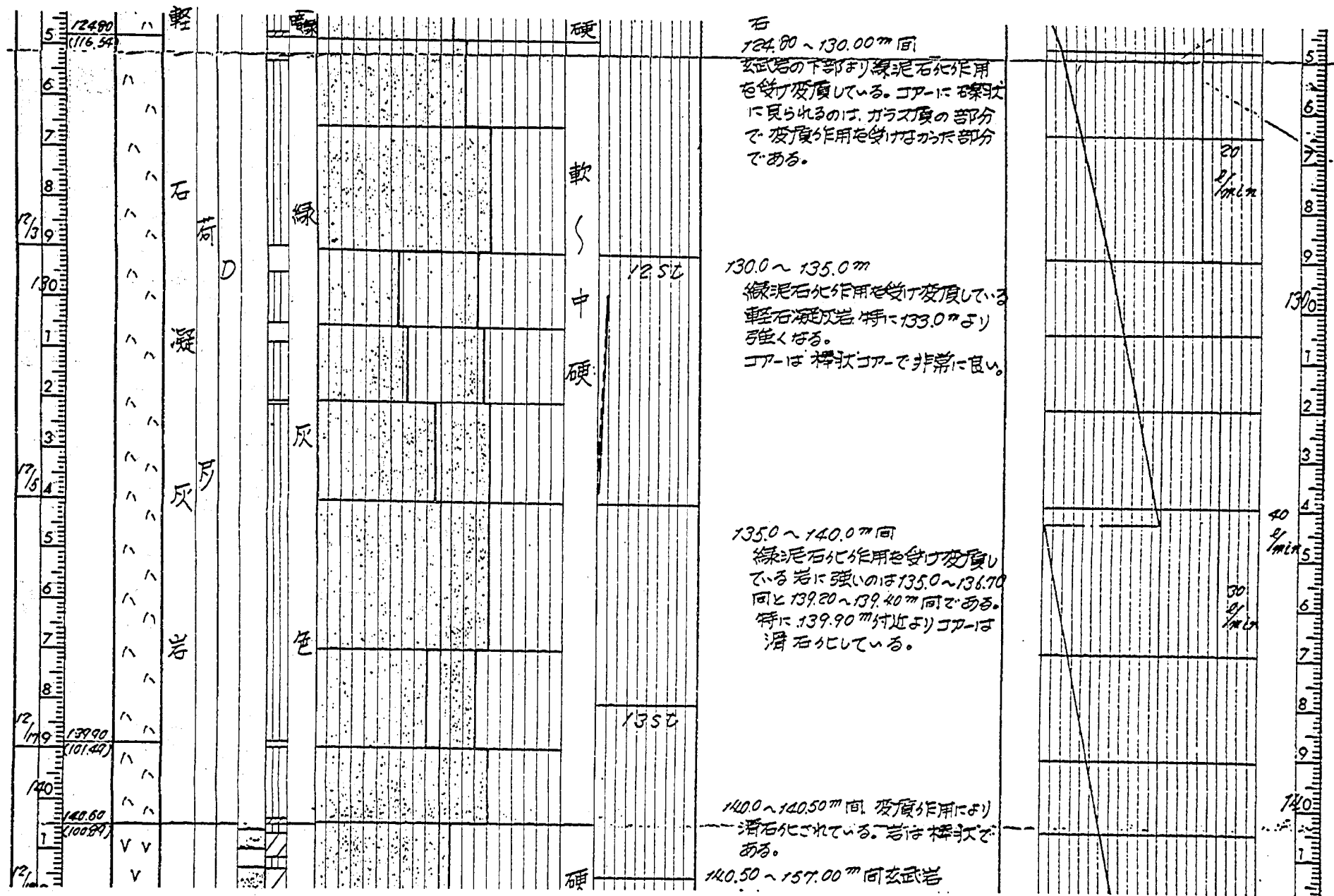


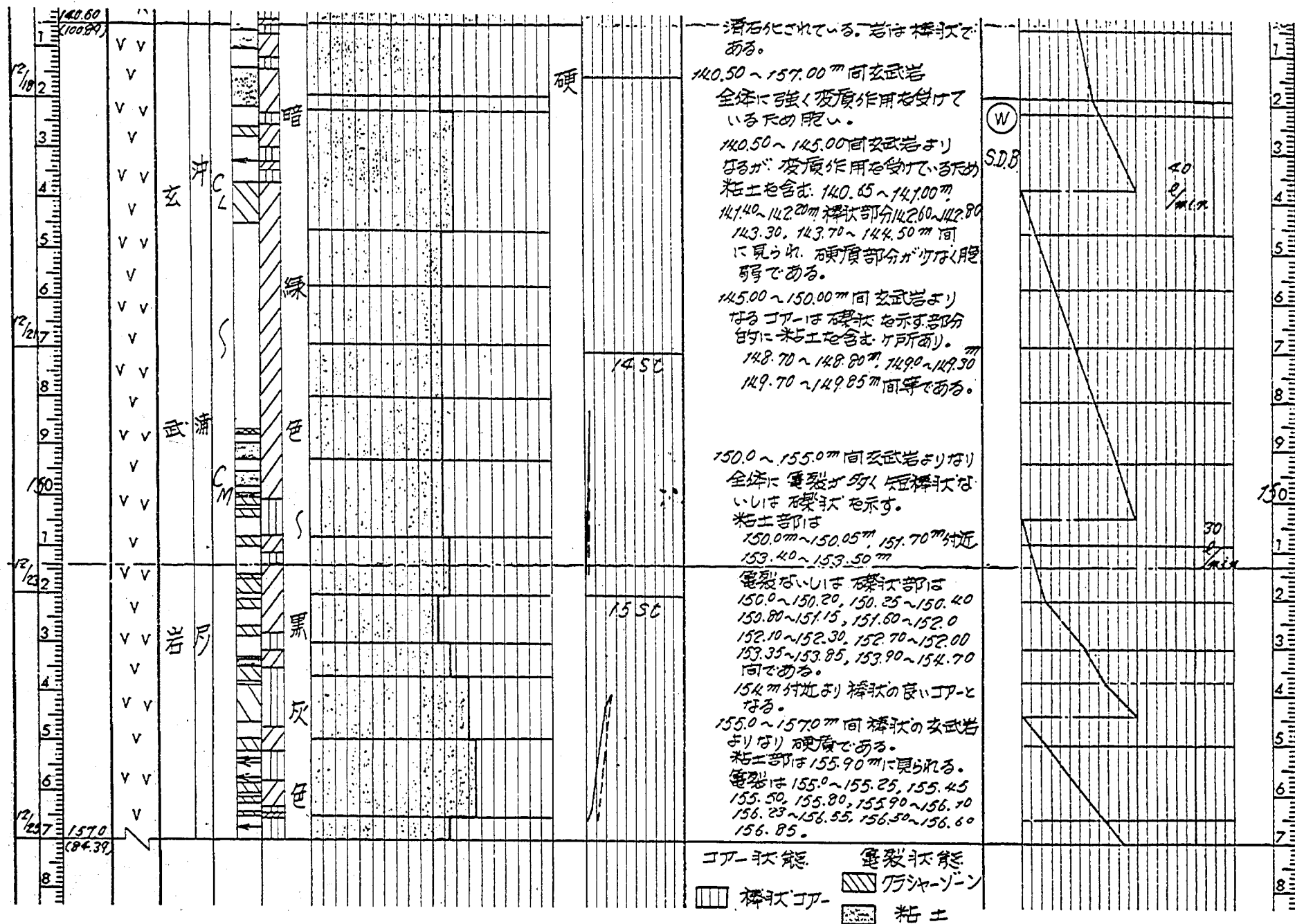


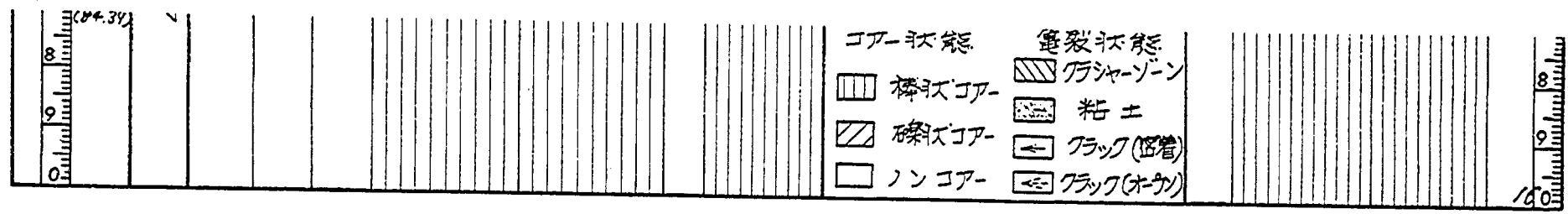












No. B-133 ボーリング

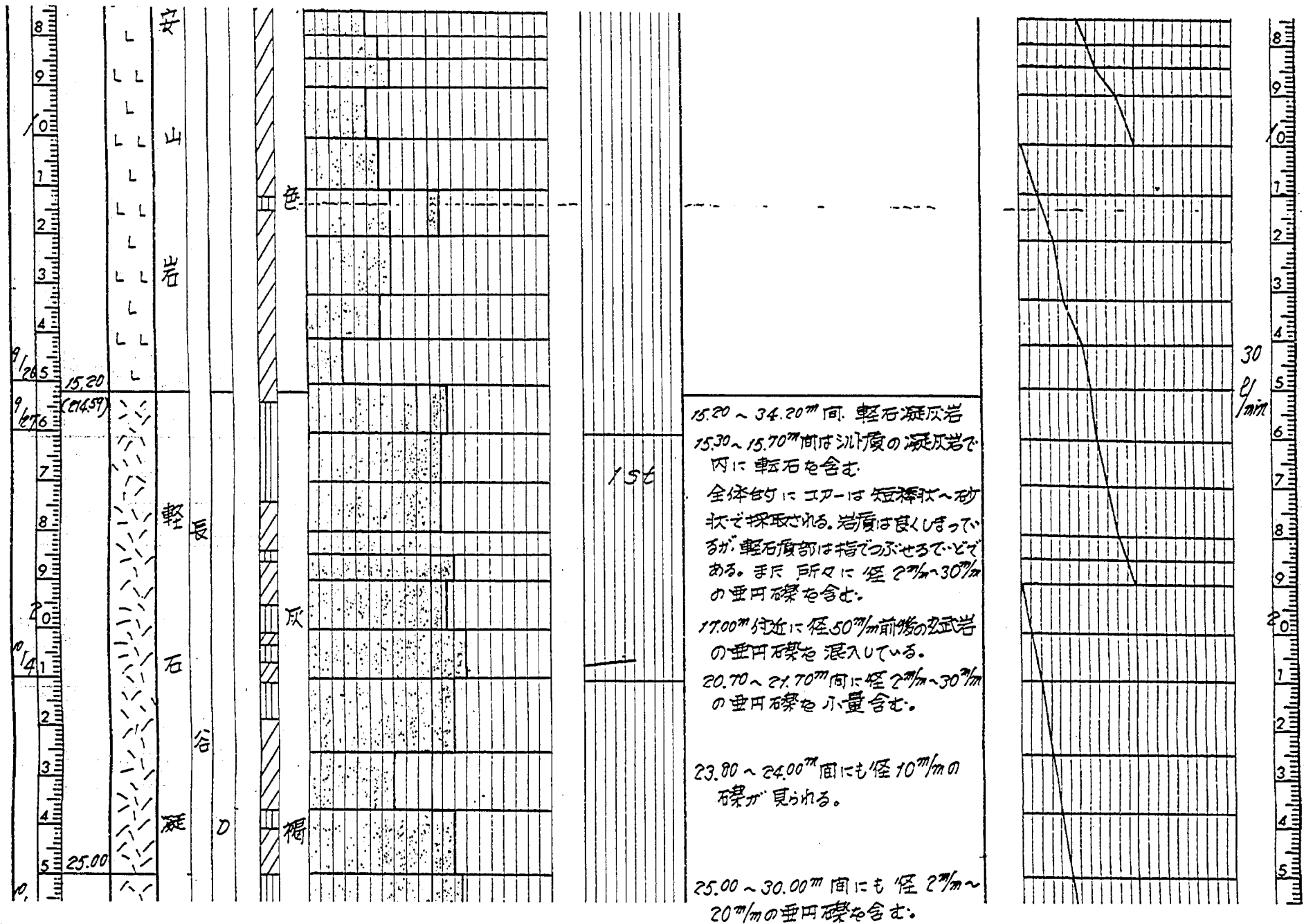
日特建設株式会社

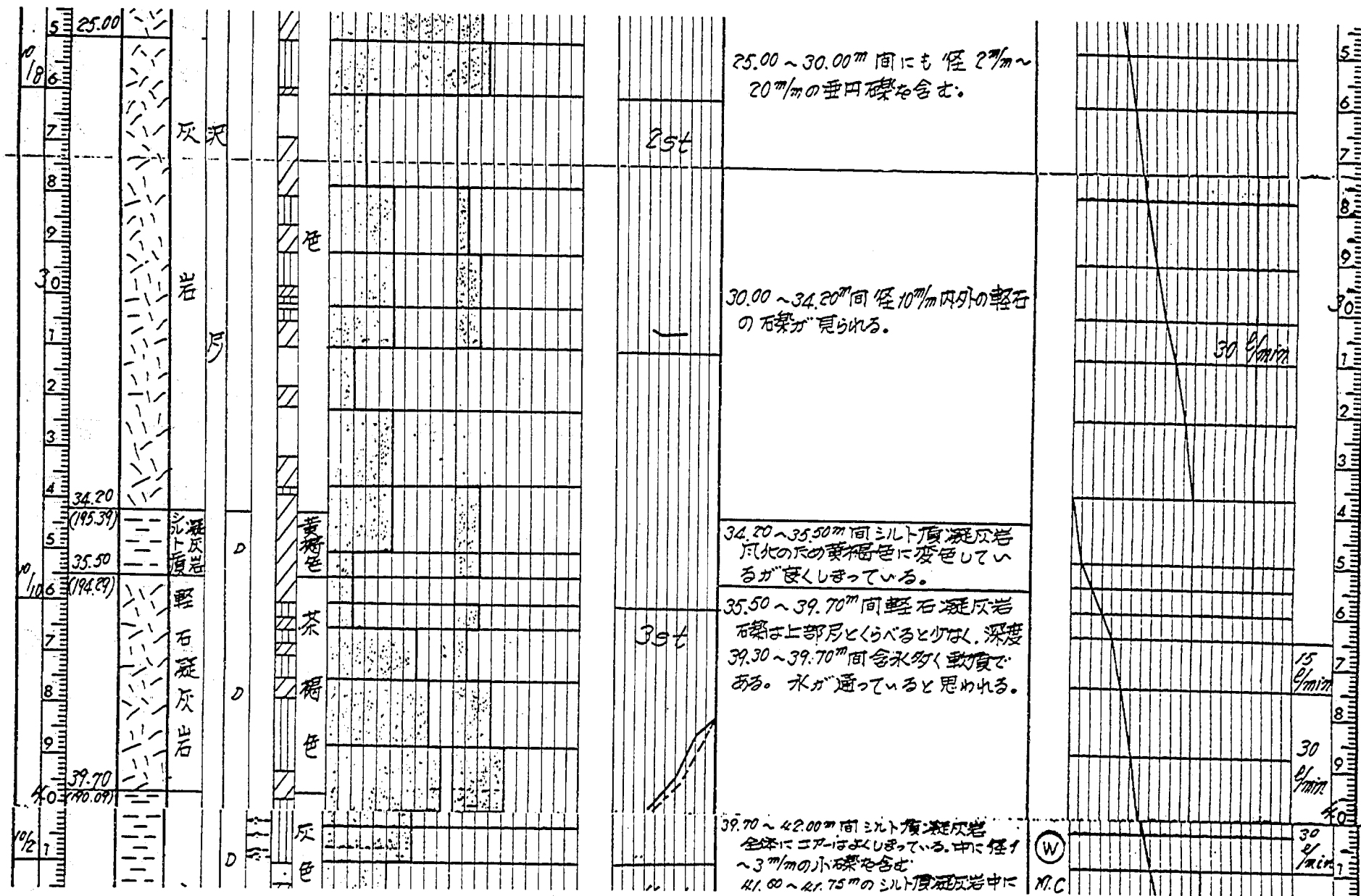
注. 1) 岩盤区分は _____ の方式による。

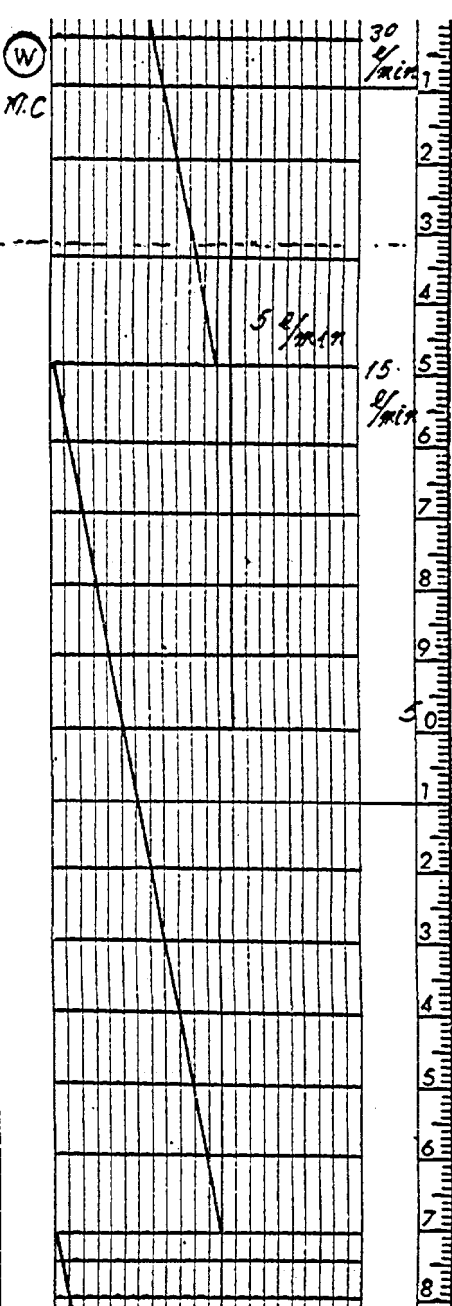
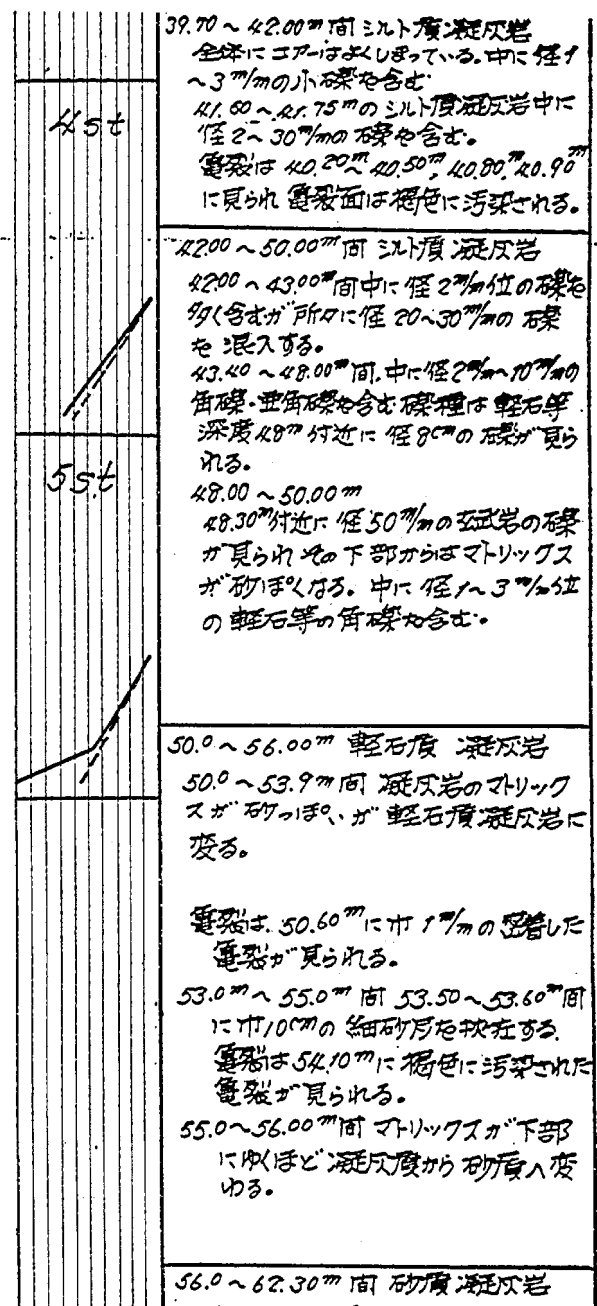
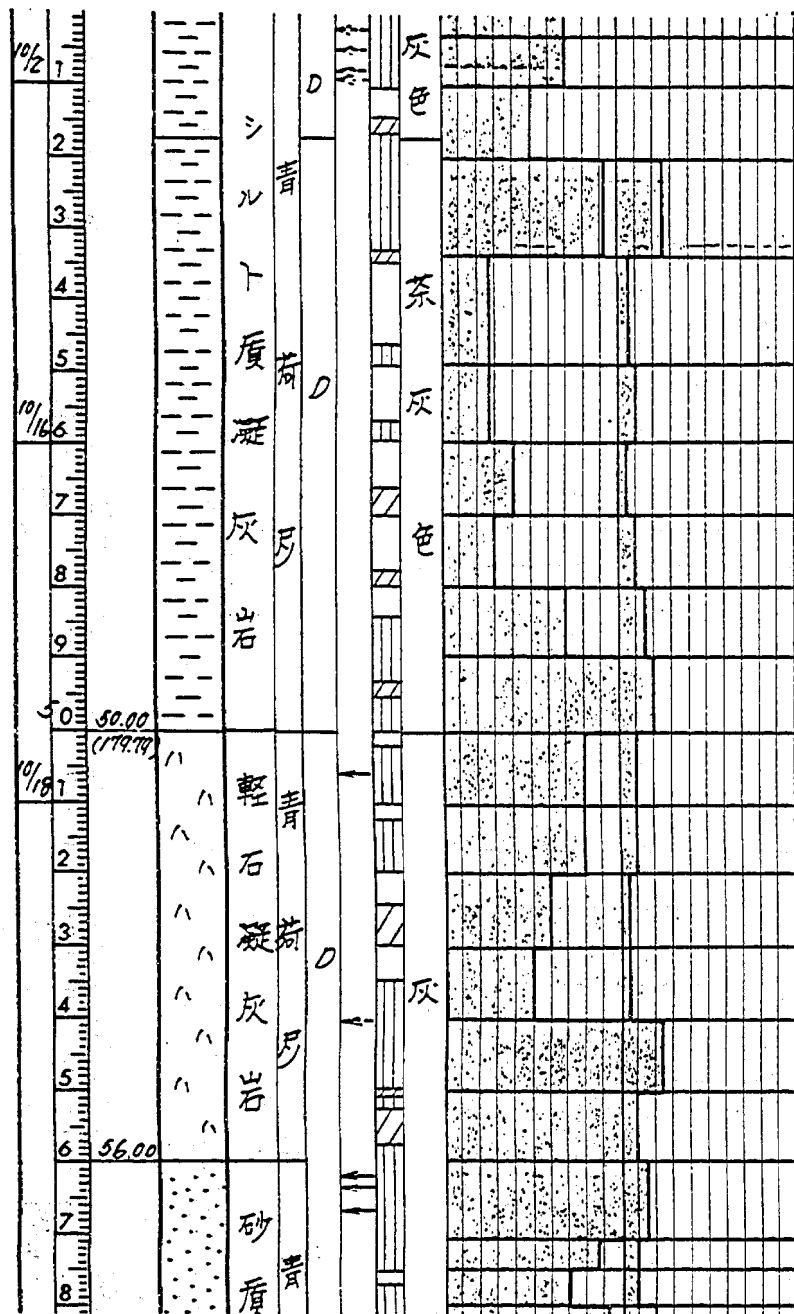
2) コア採取率、R. Q. D. は掘進長 1m 毎に百分率で表示する。
$$R. Q. D. = \frac{\text{1片10cm以上のコアの合計長}}{\text{掘進長}} \times 100$$

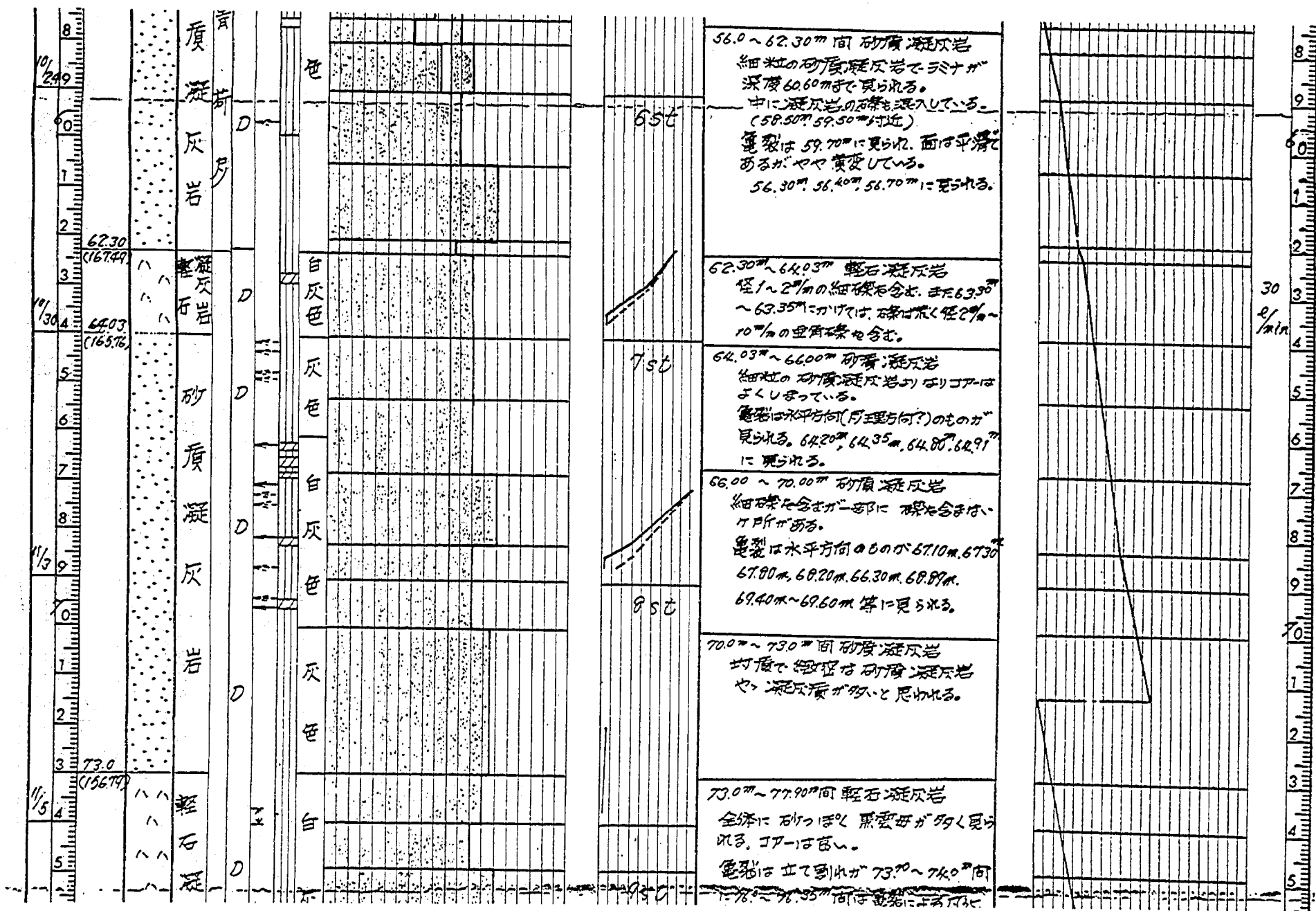
3) ビット: MC=メタルクラウン, SDB=サーフェイスセットダイヤモンドビット, IDB=インブリグネイテッドダイヤモンドビット, ⑤=シングルタイプ, ⑥=ダブルタイプ

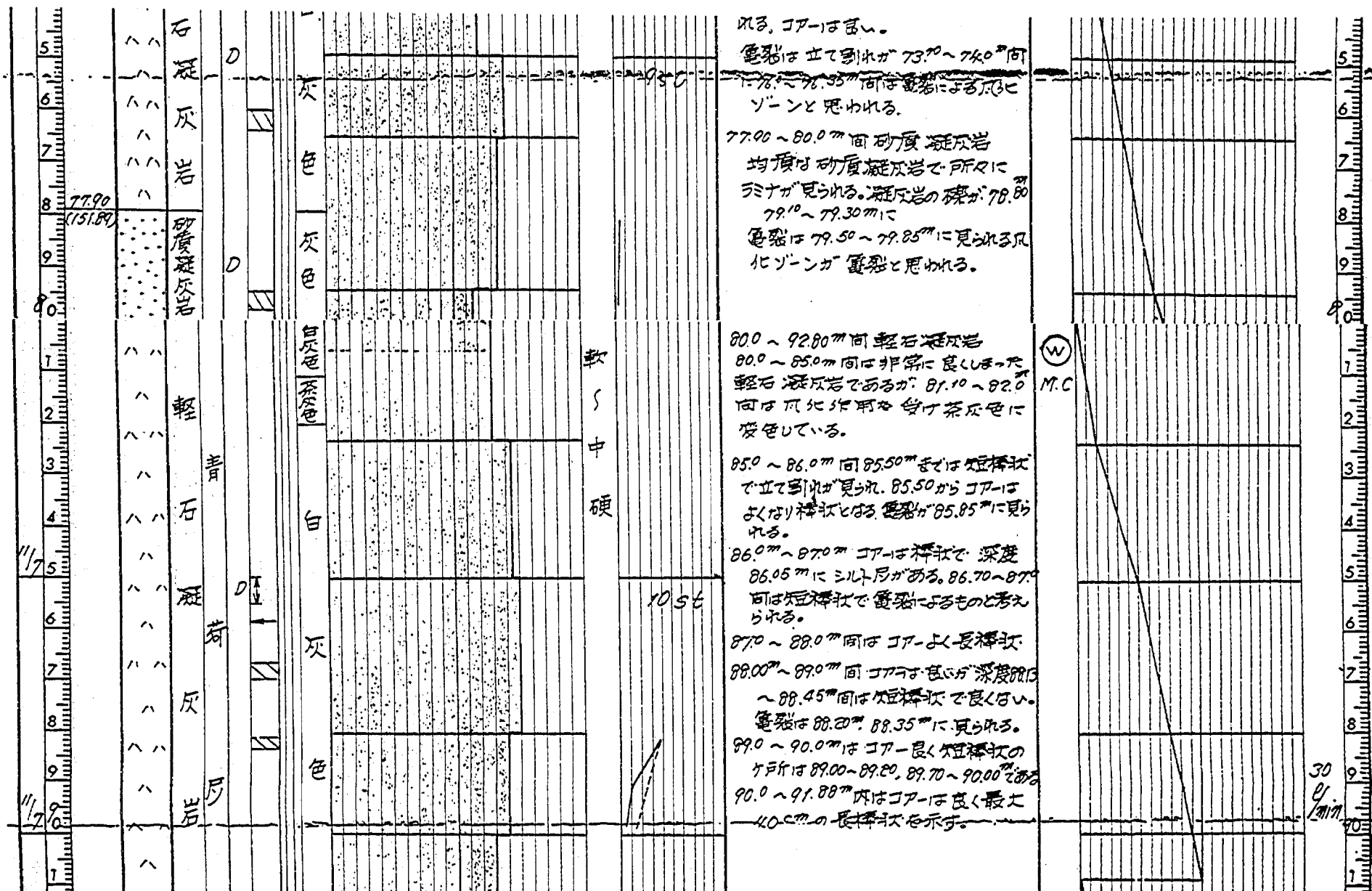
[illegible]

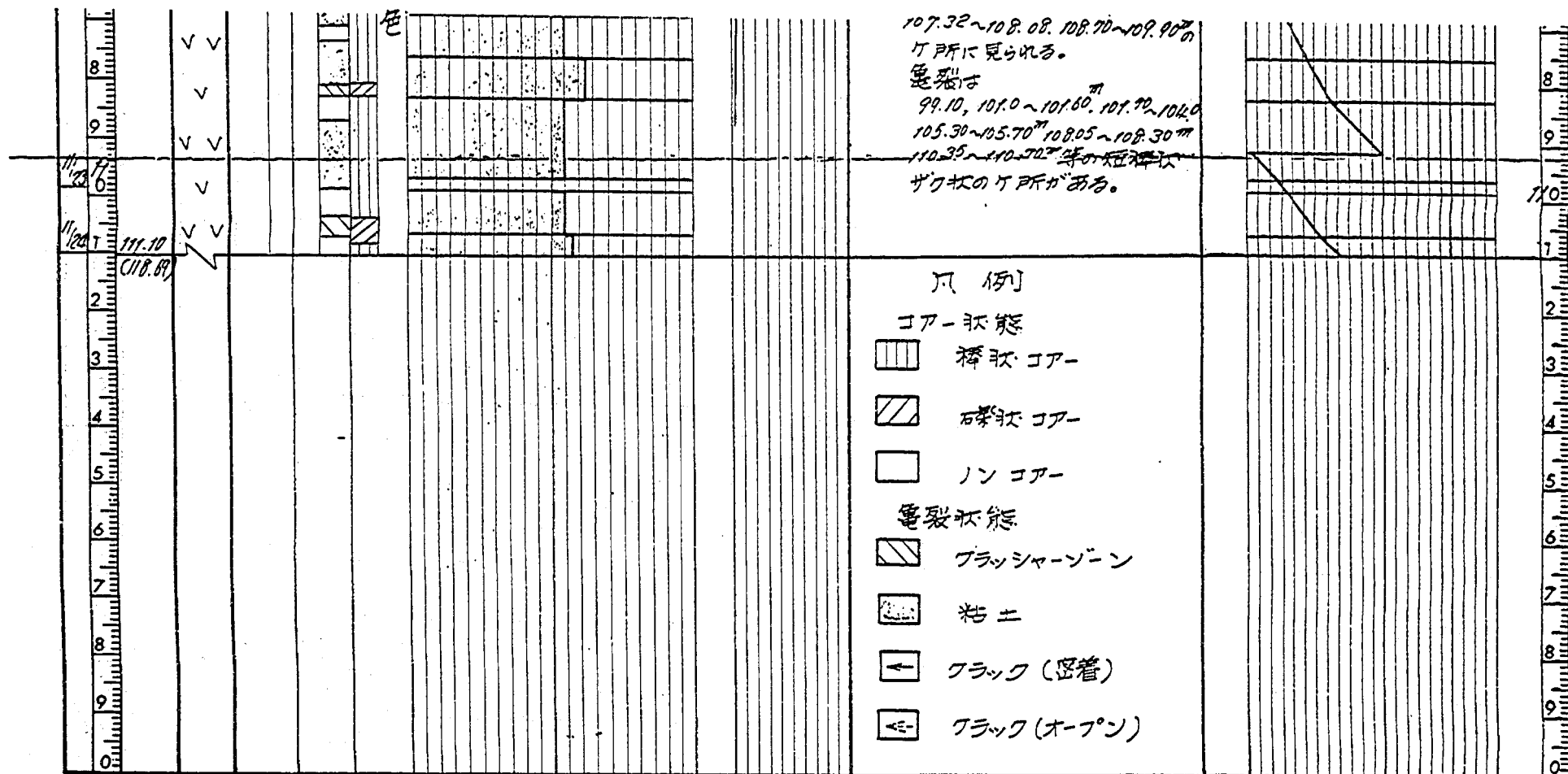












No. B-134 ボーリング

日特建設株式会社

注: 1) 岩盤区分は 田中 の方式による。

2) コア採取率, R. Q. D. は掘進長 1m 毎に百分率で表示する。 $R. Q. D. = \frac{1 \text{ m} 以上 10 \text{ cm} \text{ 以上のコアの合計長}}{\text{掘進長}} \times 100$

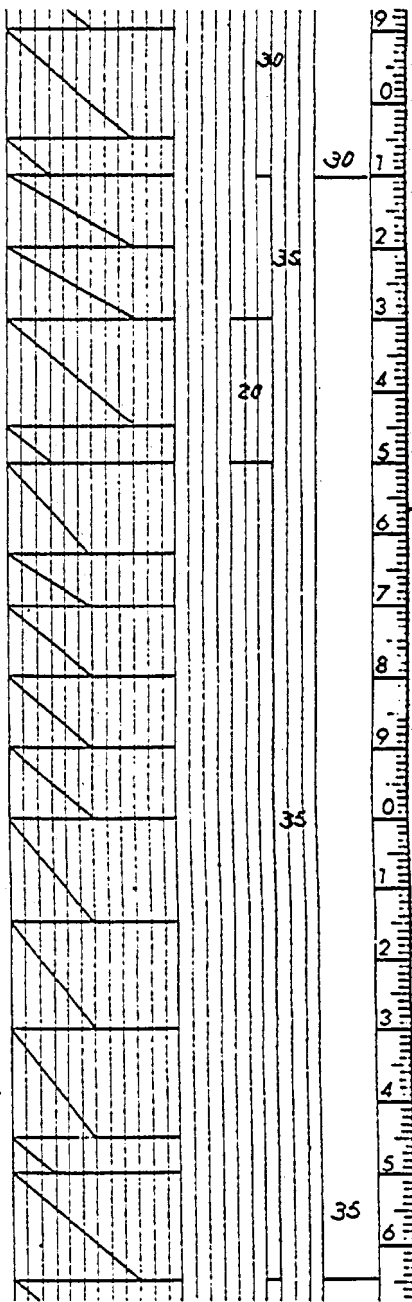
3) ビット: MC = メタルクラウン, SDB = サーフェイセイトダイヤモンドビット, IDB = インテリグネイトダイヤモンドビット, ⑤ = シングルタイプ, ㉔ = デブルタイプ

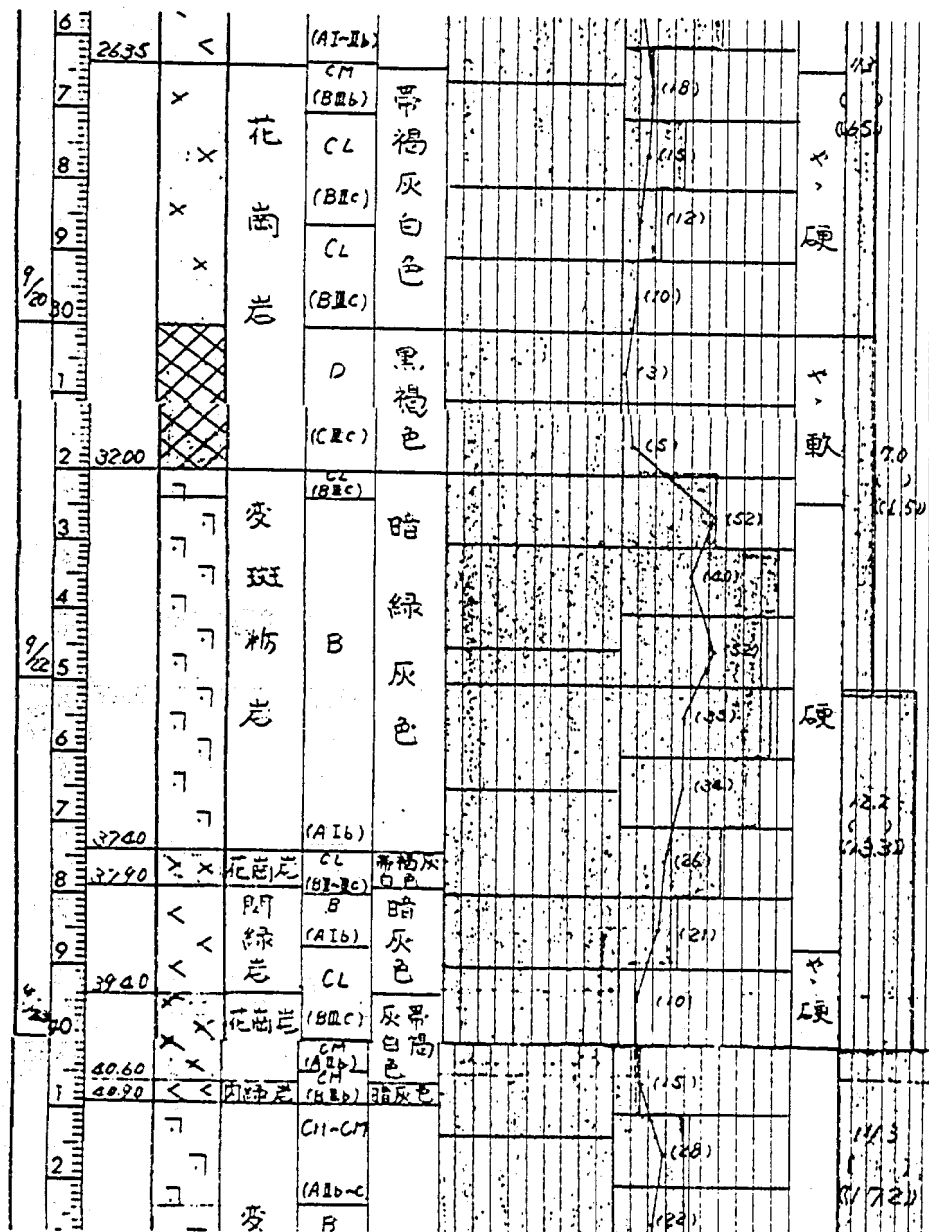
調査名 三國川ダムサイト地質調査作業 No. 203L ホーリング地質柱状図										日 特建設株式会社	
調査期間	自 9/1 - 至 9/27	孔 径	66 mm	岩盤掘進長	41.50 m	孔内水位	GL - 12.00 m	現場代理人	金谷 勝文	調査者	
標 高	28.20 m	総掘進長	50.00 m	コア採取長	50.00 m	全掘進時間	45 h	主任技術者	高橋 宏造		
方向・角度	鉛直	岩盤深度	850 m	コア採取率	100.0 %	使用機種	TAS	オペレータ			

月 日	深度 (標高) m	地 質		コ ア - の 性 状					ルジサン値 または 透水係数 (cm/sec) 5 10 15 20	記 事	ビット 種別	掘進時間 (min) 0 20 40 60 80 100 120	水 量					送水 量 (l/min)	標 尺 m		
		記号	名称	岩盤 区分	色	コア採取率(%) 0 20 40 60 80 100	R. Q. D. (%) 0 20 40 60 80 100 最大コア径 (cm)						硬さ	0 10 20 30 40 50	0 10 20 30 40 50	0 10 20 30 40 50					
1			礫		淡褐色						⑤ MC										
2			混り粘土																		
3																					
4																					
5	5.00																				
6		0.0	砂		灰褐色						㉔ MC									0	
7		0.0																			
8		0.0	礫																	70	
9	8.50																				
10	8.90																				
9		花崗岩	CH (8M6)	暗灰色							先端圧力										
10	9.80	花崗岩	CH-CL (BI-14)	灰白色																30	

[illegible]

W
DB





緑泥石・付着が認められ、
万解石の細脈が発達している。

中粒完晶質等粒状花崗岩
2635~3200m

凡に、褐色を帯び、やや軟質である。
コアは、片状を呈し、10~30%の亀裂が
認められ、破面の酸化著しく黒褐色を
帯び、全粒に、10~30%の発達した褐色
のモザイクが認められる。2775m付近の亀裂
面には、淡緑色の粘土が付着している。
2780~2800m付近には、石英斑岩が挿入
され、これに、凡に、黒褐色を帯び、
2900~2910m付近は、砂状に欠ける。
3000~3200m
凡に、砂状を呈し、黒褐色を帯び、軟
質であり、コアは、片状を呈する。

中粒完晶質等粒状変斑岩
片状組織発達し、35.00m付近では、50~60°

35.00~37.40m間は、30~40°
3200~3235m
凡に、褐色を帯び、コアは、片状を
呈し、破面には、黒色の粘土が付着している。
3235~37.40m
片状良好であり、コアは、短棒~長棒状を
呈す。亀裂は、0~30°、60~70°のものが多い。
破面の酸化は、一般に、整然であり、万解石の付着に
多いものが多い。3360、3370、3380m付近は、破面
の酸化著しい。3370m付近には、小さな晶洞が
あり、凡に、片状の成長が見られる。

3740~3790m
中粒完晶質等粒状花崗岩

70°の角度で、変斑岩、閃緑岩中に貫入。
凡に、褐色を帯び、有色鉱物の酸化による
あはたの小さな穴が主として、破面の酸化
著しく、黒褐色を呈す。

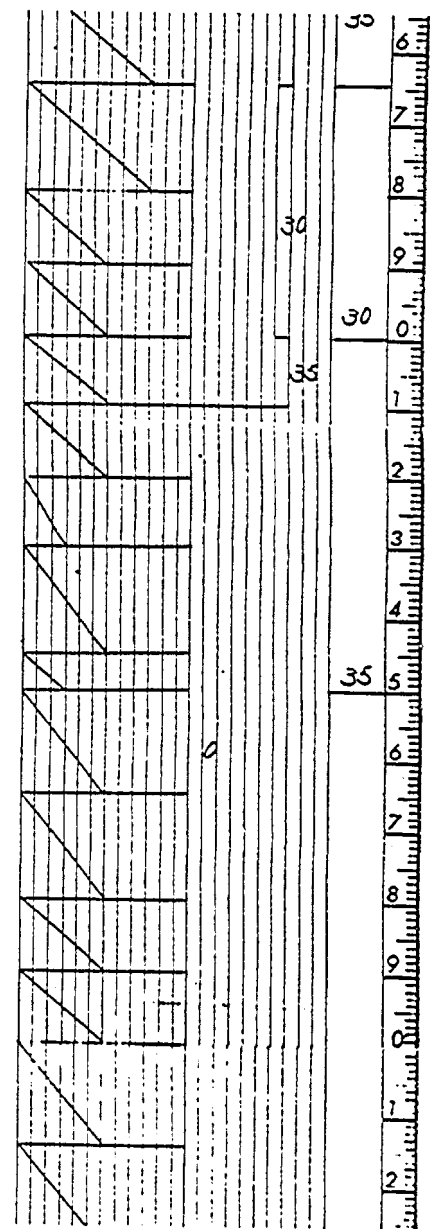
3790~3820m
細粒完晶質等粒状閃緑岩

凡に、褐色を帯び、コアは、片状を
呈し、10~30%の亀裂が、破面の酸化著
しい。3885m付近の亀裂面に、淡褐色の粘
土が付着している。

3940~4060m
中粒完晶質等粒状花崗岩 貫入角度50°

有色鉱物が酸化し、あはたを呈す。コアは
片状を呈し、破面の酸化が著しい。
3990m付近に、晶洞が認められ、褐色に酸化している。

4060~4090m
中粒完晶質等粒状閃緑岩の細脈

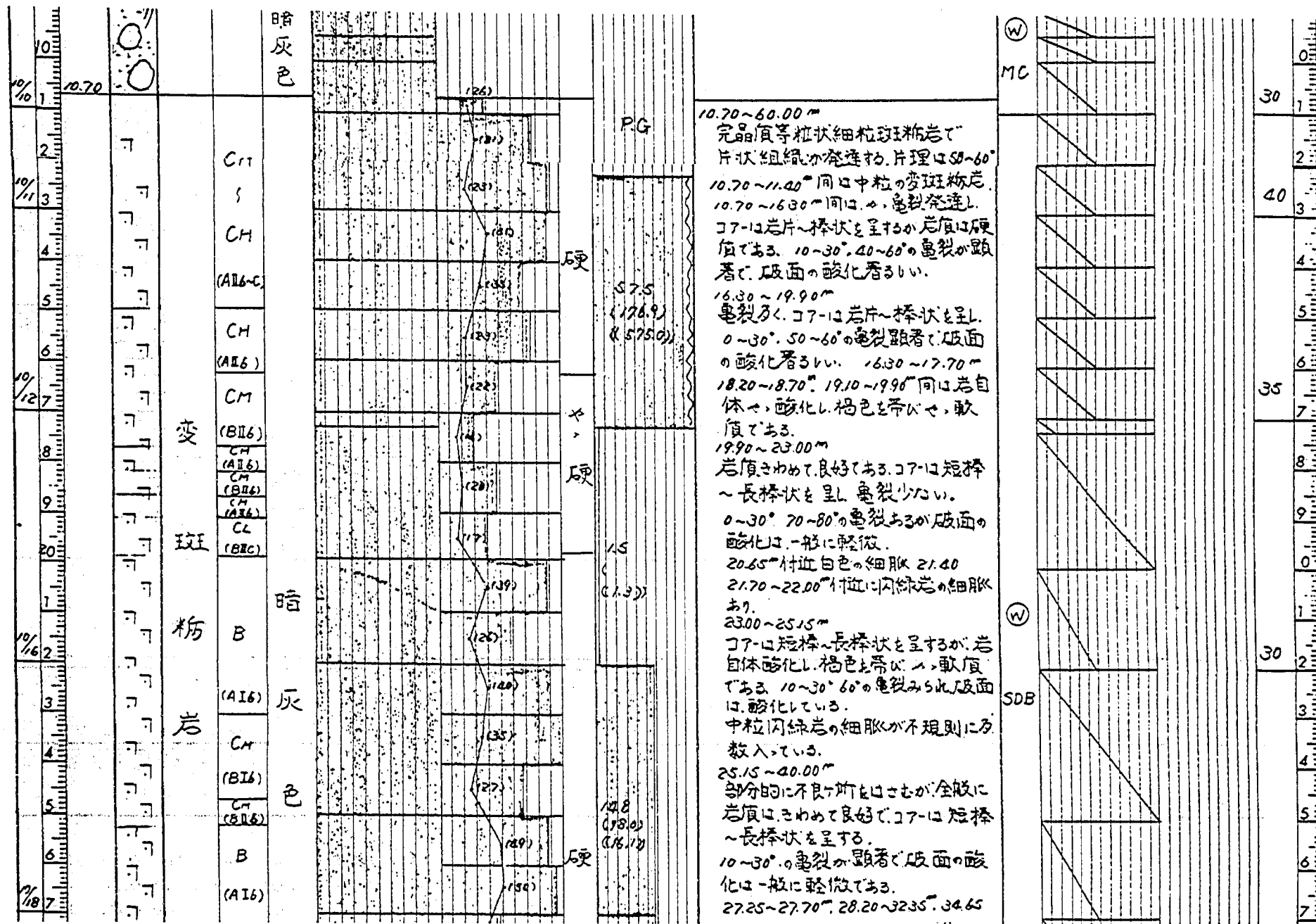


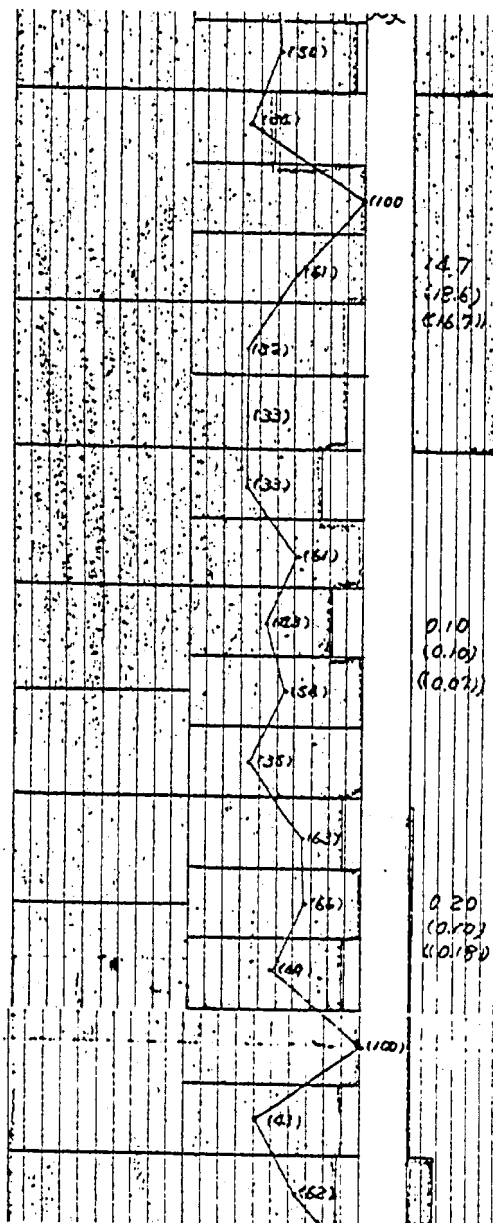
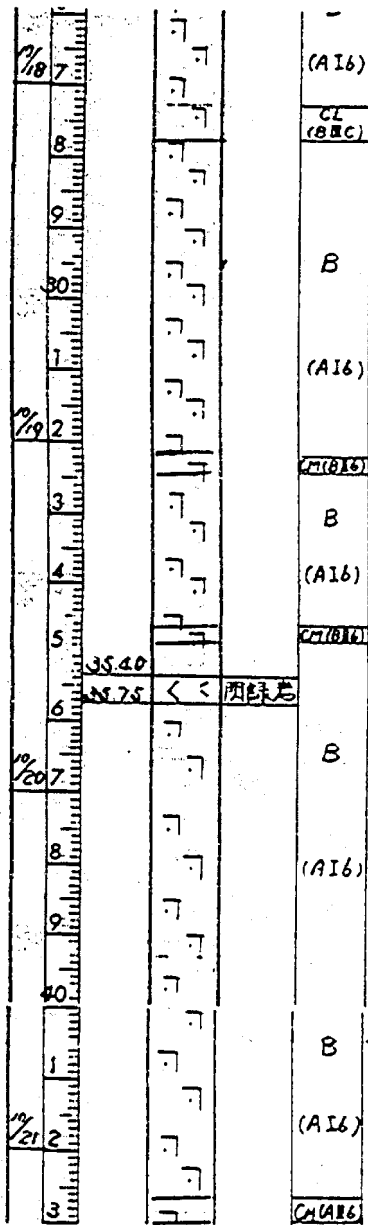
注: 1) 岩盤区分は 田 中 の方式による。

2) コア採取率, R. Q. D. は掘進長 1m 毎に百分率で表示する。 R. Q. D. = $\frac{\text{掘進長} - \text{15mm以上のコアの合計長}}{\text{掘進長}} \times 100$

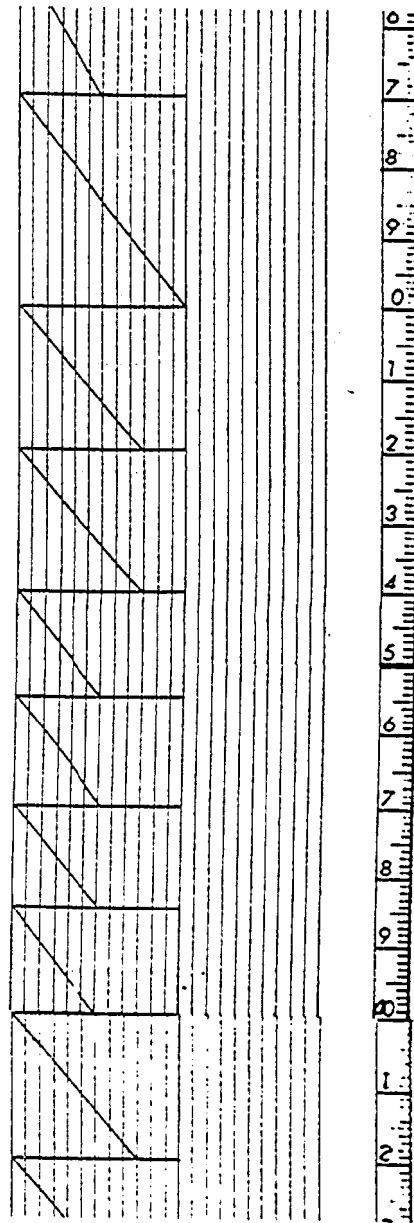
3) ビット: M, C = メタルクラウン, SDB = サーフェイスセメントダイヤモンドビット, IDB = インフリュクホイテッドダイヤモンドビット, (S) = シングルタイプ, (W) = ダブルタイプ

調査名 <u>三國川ダムサイトボーリング作業</u> No. <u>243L</u> ボーリング地質柱状図										52年 11月 日		調査者 <u>日特建設株式会社</u>											
調査期間 <u>自 9/30 - 至 10/28</u>		孔 径 <u>66 mm</u>		岩盤掘進長 <u>49.30 m</u>		孔内水位 <u>GL-14.00 m</u>		現場代理人 <u>金谷 勝文</u>															
標 高 <u>242.00 m</u>		総掘進長 <u>60.00 m</u>		コア採取長 <u>60.00 m</u>		全掘進時間 <u>45 h 30</u>		主任技術者 <u>高橋 宏造</u>															
方向・角度 <u>鉛直</u>		岩盤深度 <u>10.70 m</u>		コア採取率 <u>100.0 %</u>		使用機種 <u>TAS</u>		オペレータ															
月 日	深 度 (標高) m	地 質		コ ア の 性 状						ルジオン値 または 透水係数 (cm/sec)	記 事	ビット 種別	掘進時間 (min)	湧 水 量 (l/min)	送 水 量 (l/min)	標 尺 m							
		記号	名称	岩盤 区分	色	コア採取率 (%)	R. Q. D. (%)	最大コア径 (cm)	硬 さ														
10/	1	●	礫混り粘土	E	褐色						軟	0.0~6.00m 産錐堆積物で径0.2~10cm大の 角礫を含む粘土。礫種は変斑 粘岩が多い。 2.40~6.00mの粘土分多く含水中位 粘性中位の粘土を主体とする。	(S)	0 20 40 60 80 100 120	0 10 20 30 40 50	無水掘進	1						
	2				灰褐色												2						
	3																3						
	4																4						
	5																5						
	6	○	砂礫	E	褐色					ヤ 軟							6.00~10.70m 径0.2~20cm大の変斑粘岩・閃緑岩 花崗岩などの礫を主体としマトリックスは 粘土質の砂。角礫が混り粒状砂 礫である。	(W) MC	0 20 40 60 80 100 120	0 10 20 30 40 50		6	
	7				灰褐色																		7
	8																						8
	9																						9
	10																						10

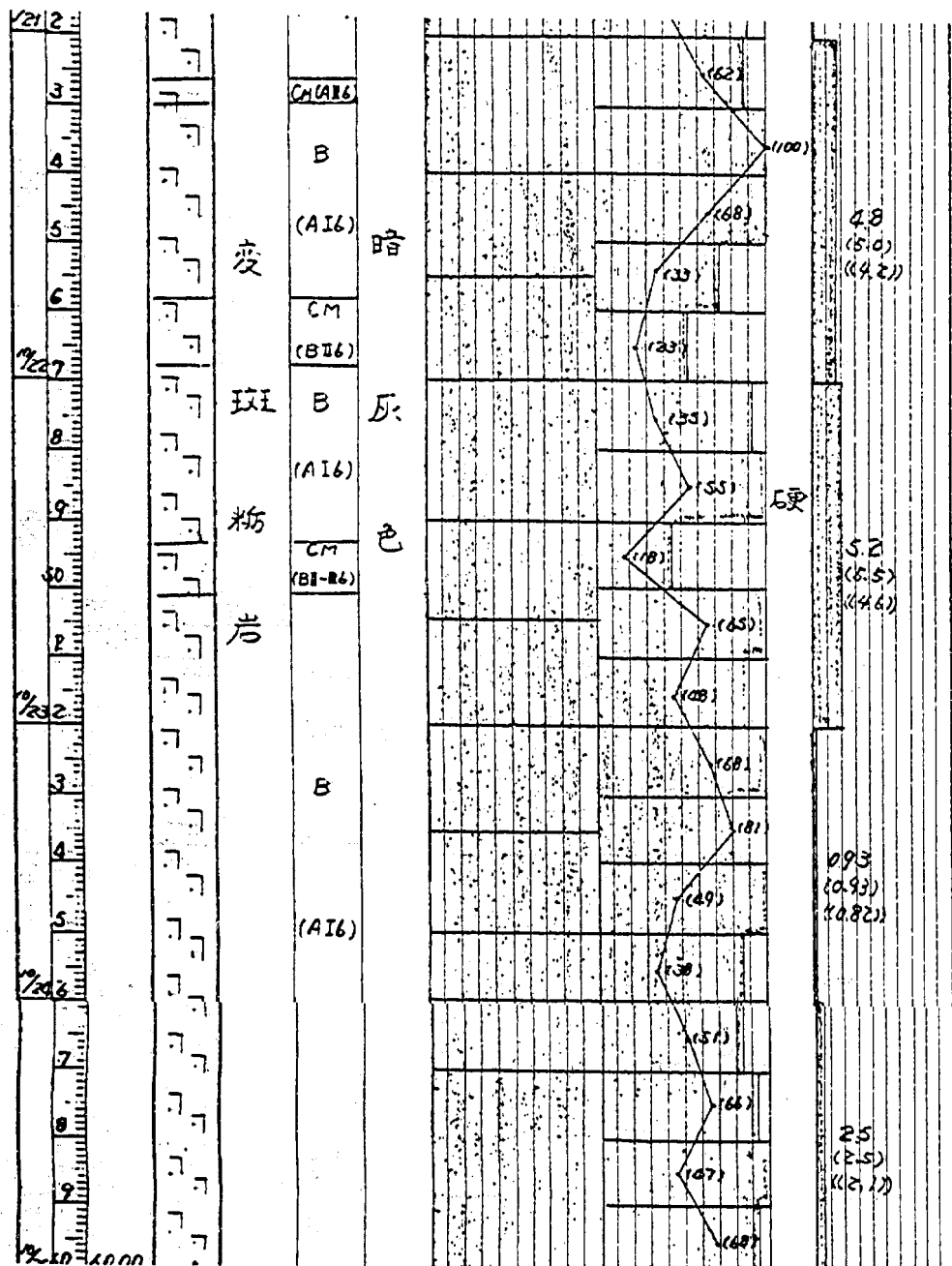




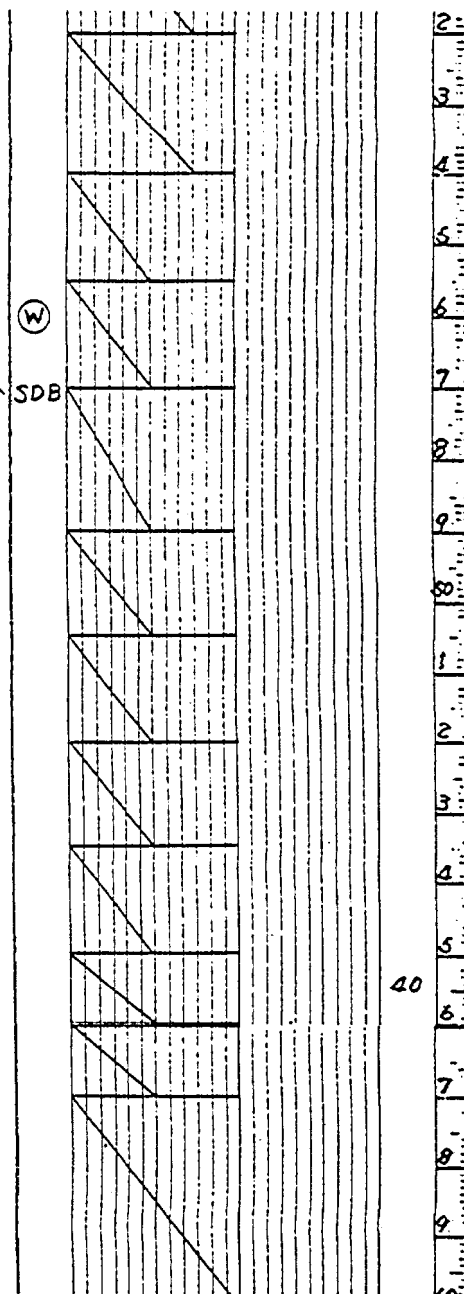
10~30°の亀裂が顯著で、破面の酸化は一般に軽微である。
27.25~27.70°, 28.20~32.35°, 34.65~34.80°間は、岩自体々、酸化し、褐色を帯び、軟質であり、砂状にくだける部分のみある。
全般に中粒肉緑岩の細脈が入っており、35.40~35.75°間の岩脈は50~60°の貫入角で変質岩を切っている。



部分的に不良箇所をさむが、全般に
岩質がきわめて良好で、短棒～長棒
状を呈し、亀裂が少ない。
0~30、50~60°の亀裂顕著であるが、破
面の酸化は、一般に軽微である。



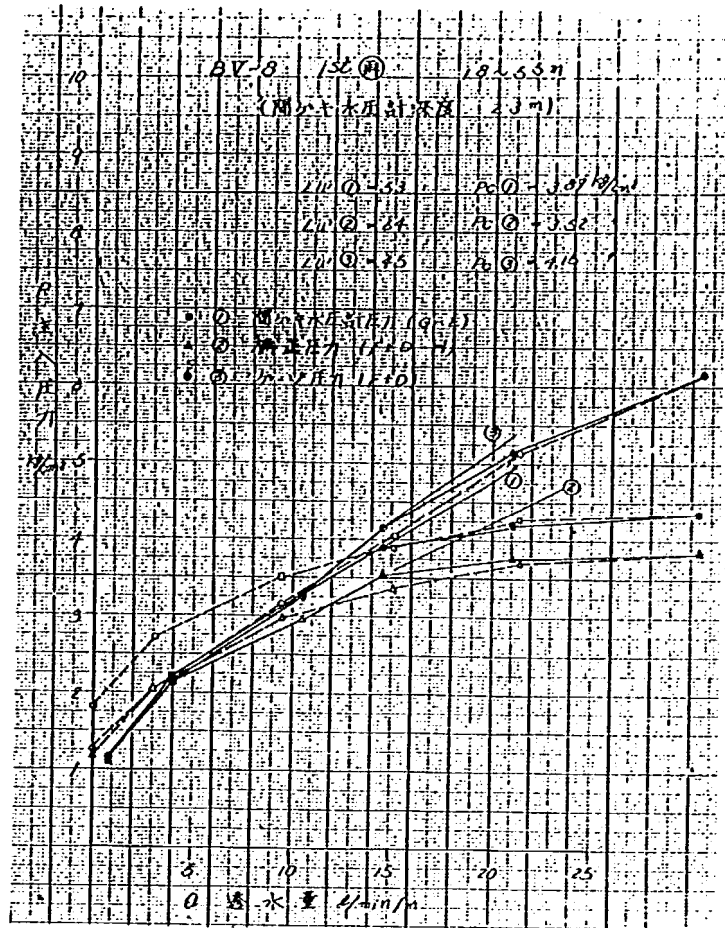
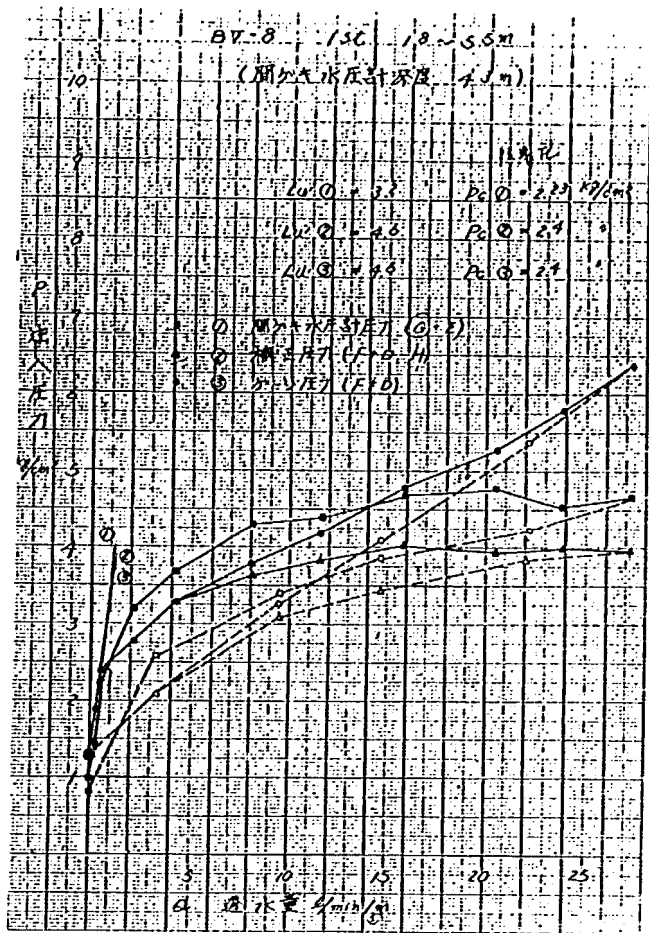
状を呈し、亀裂が少ない。
 0-30°: 50-60°の亀裂顯著であるが、破
 面の酸化は、一般に軽微である。
 特に50.00-59.00m間は、ほとんど酸化
 は認められない。
 45.80-46.80m, 49.35-50.00m間は
 花崗岩、酸化し、褐色を帯び、ヤ
 ヤ軟質であり、一部砂状にくだけ
 る部分がある。
 全般に中粒優白質の閃緑岩細
 脈が入っている。
 53.10-53.20m付近の閃緑岩の貫入
 角は、60°。56.85-56.95m付近の閃
 緑岩の貫入角は40-50°。
 45.05-45.15m間には60°の角度で
 珉岩、47.35m付近には花崗岩の
 細脈みられる。
 55.90m付近の30°の亀裂面には
 黄鉄鉱の鉱梁みられる。

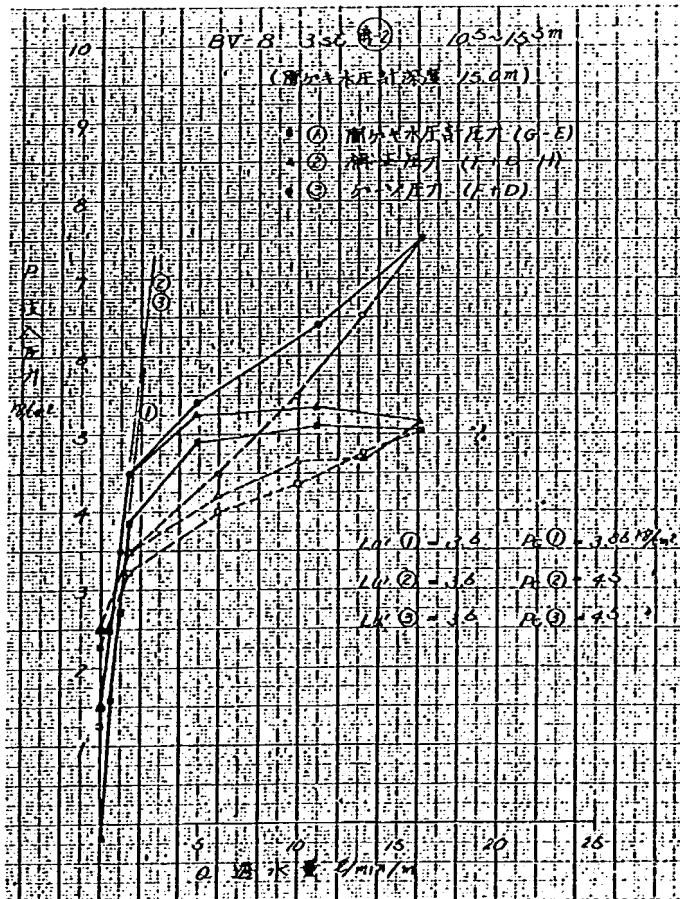
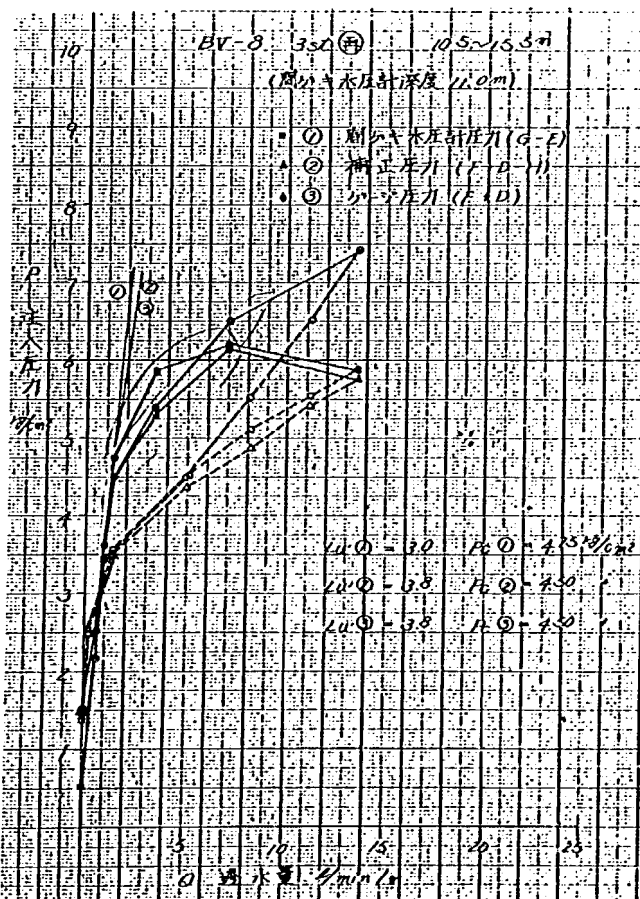
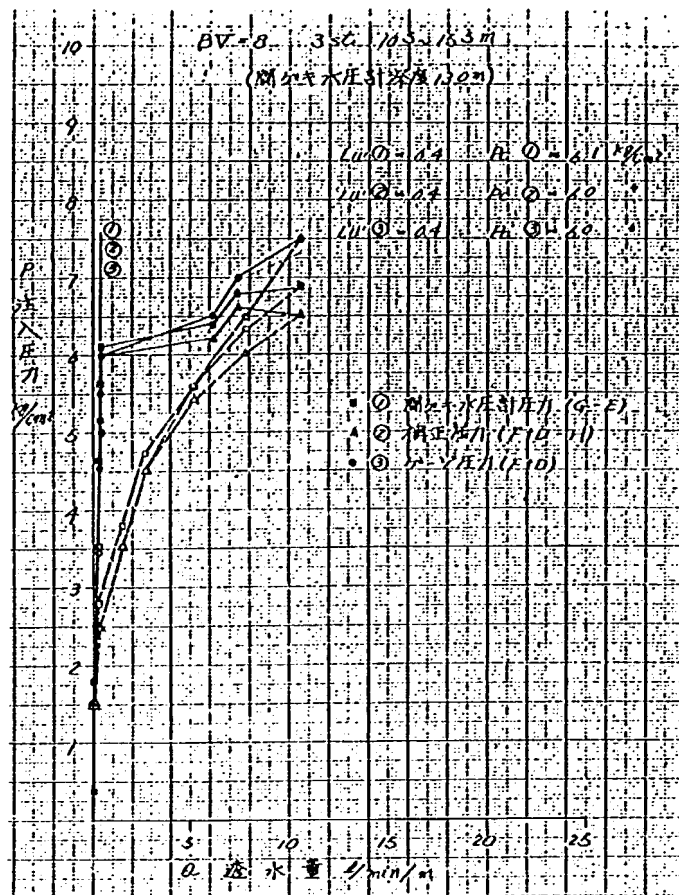
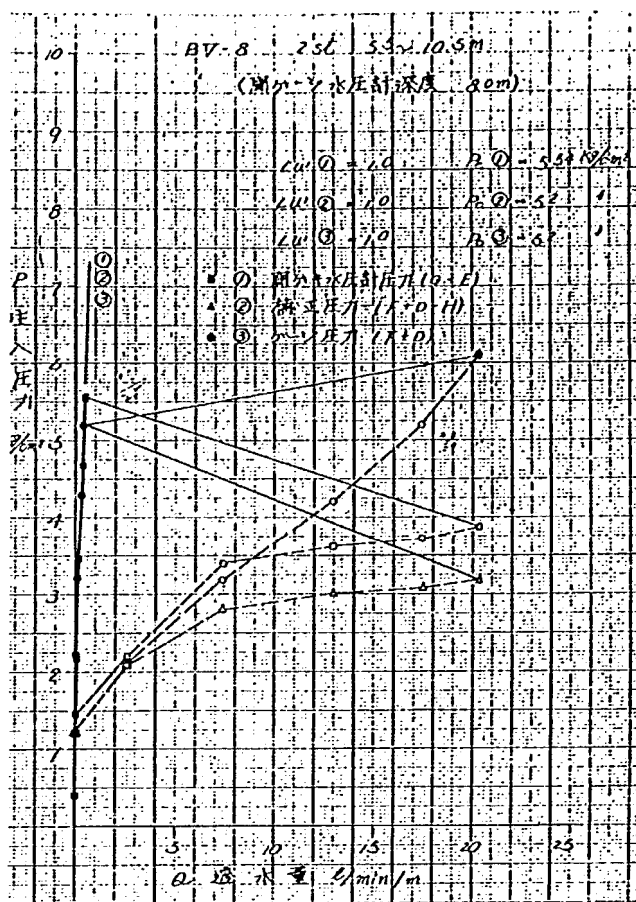


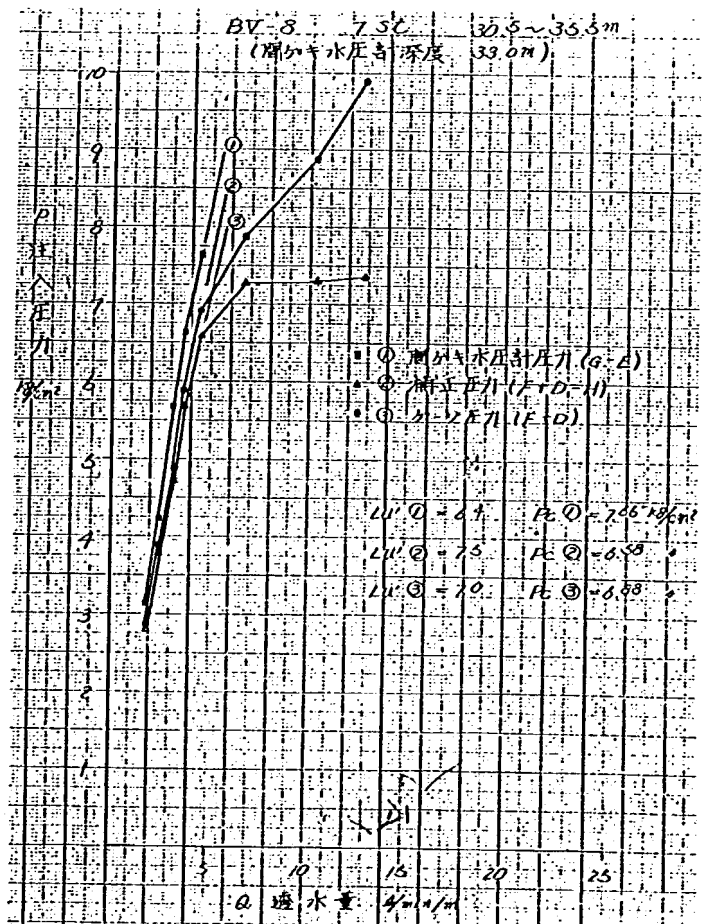
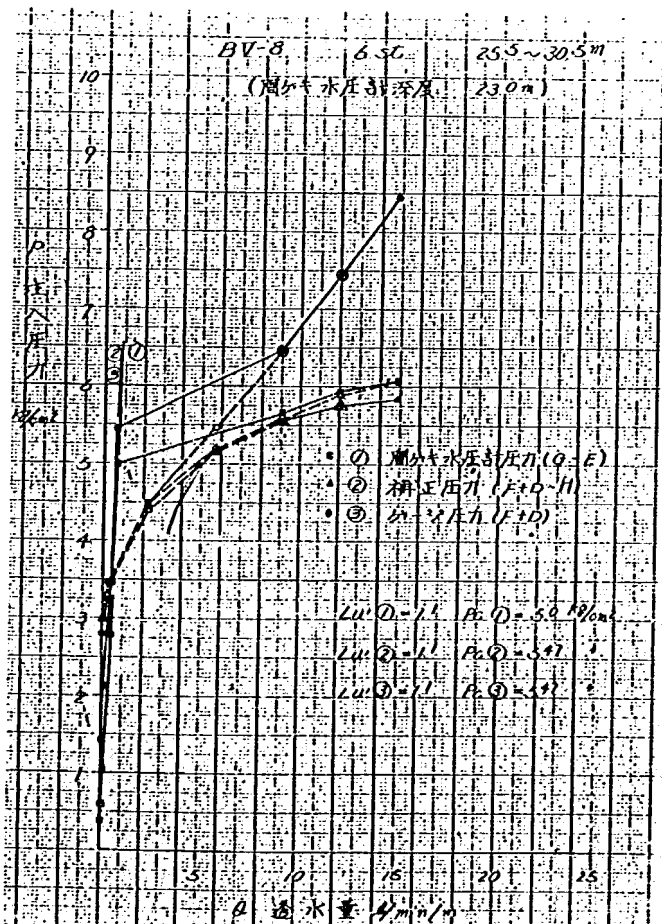
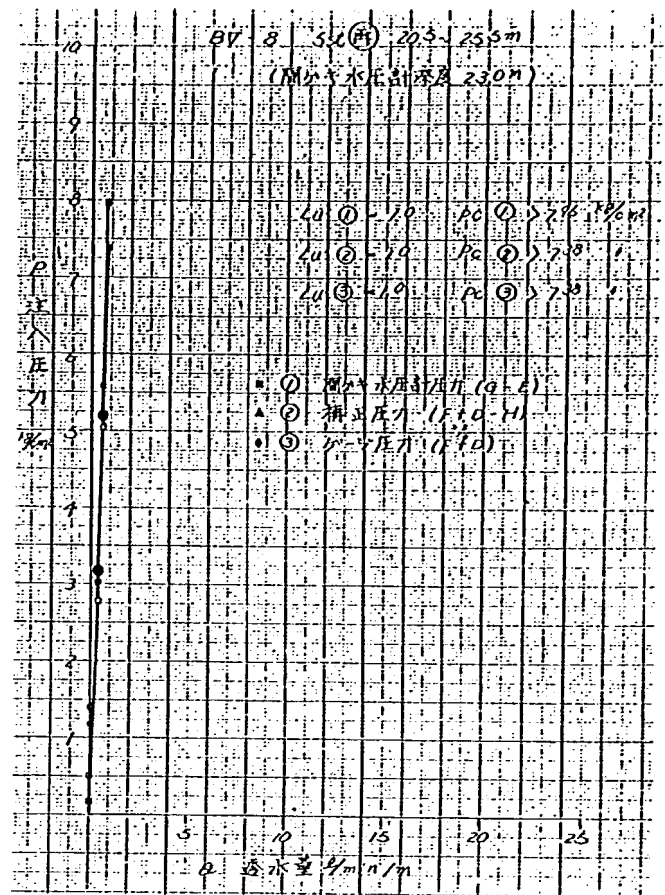
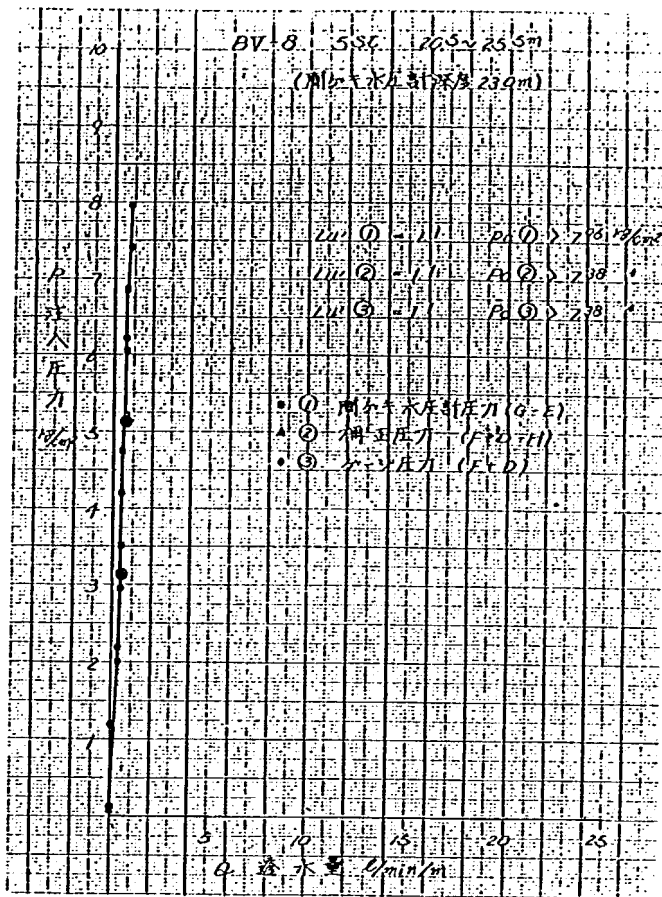
参考資料一 2

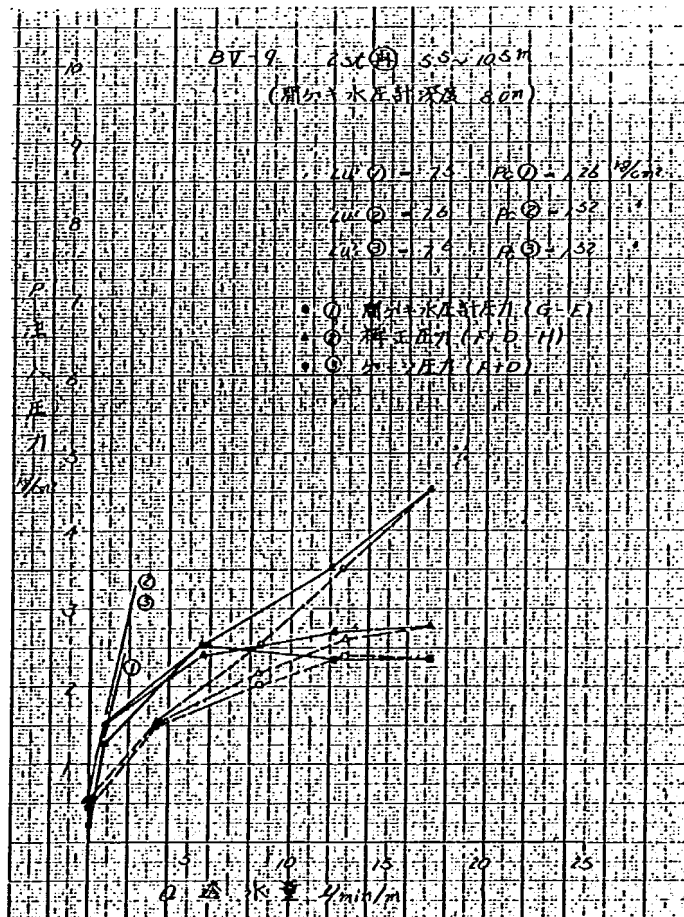
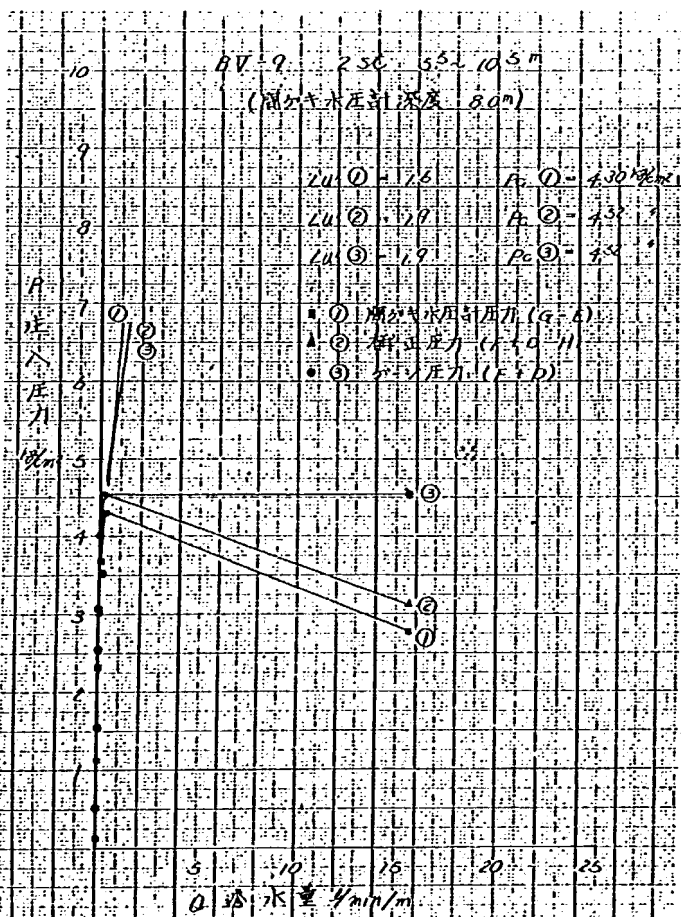
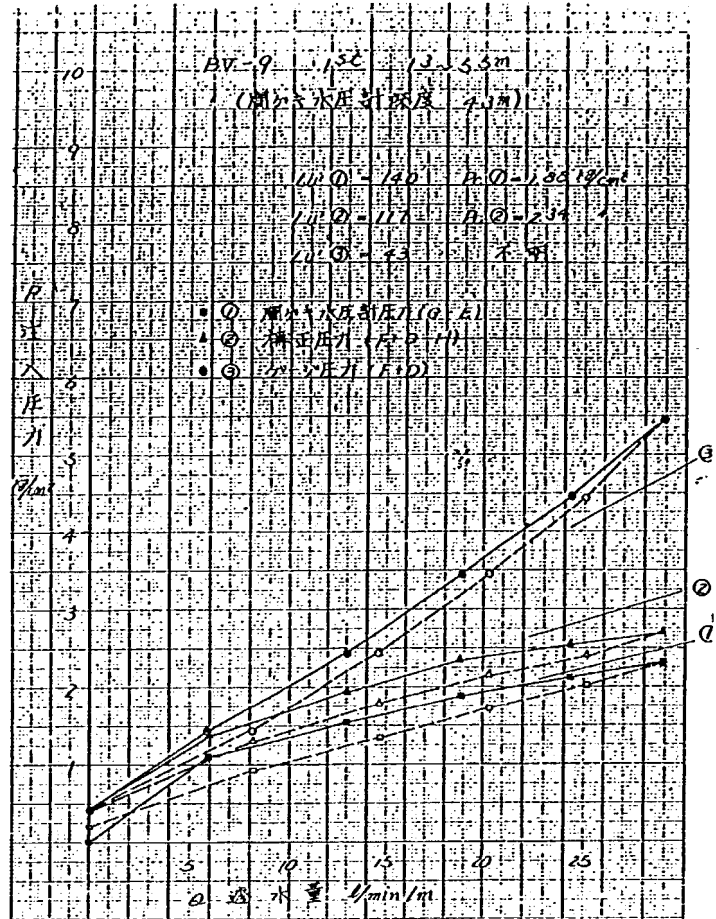
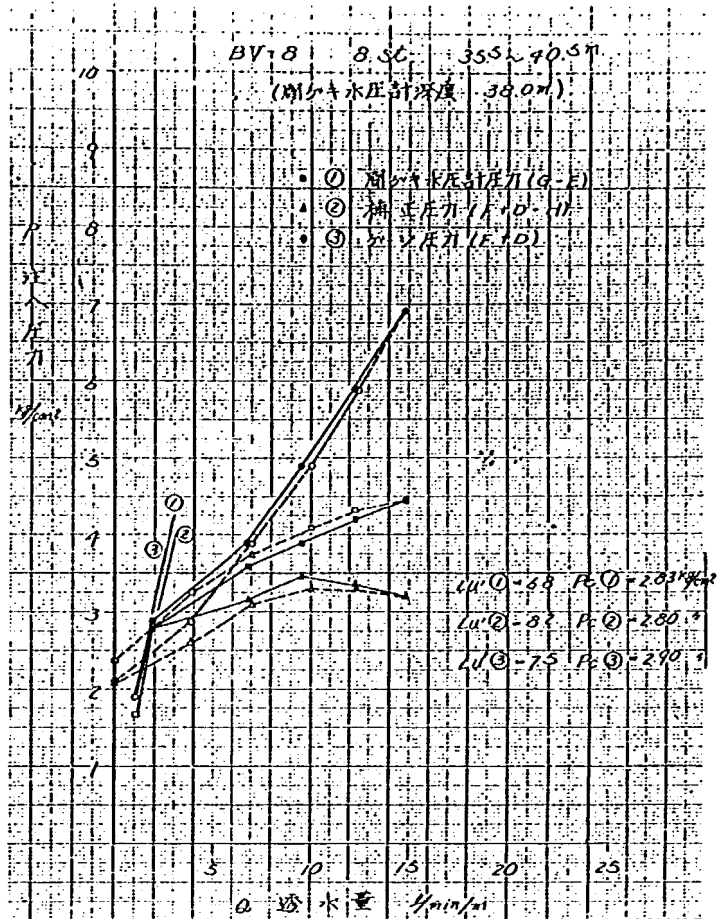
P - Q 曲線

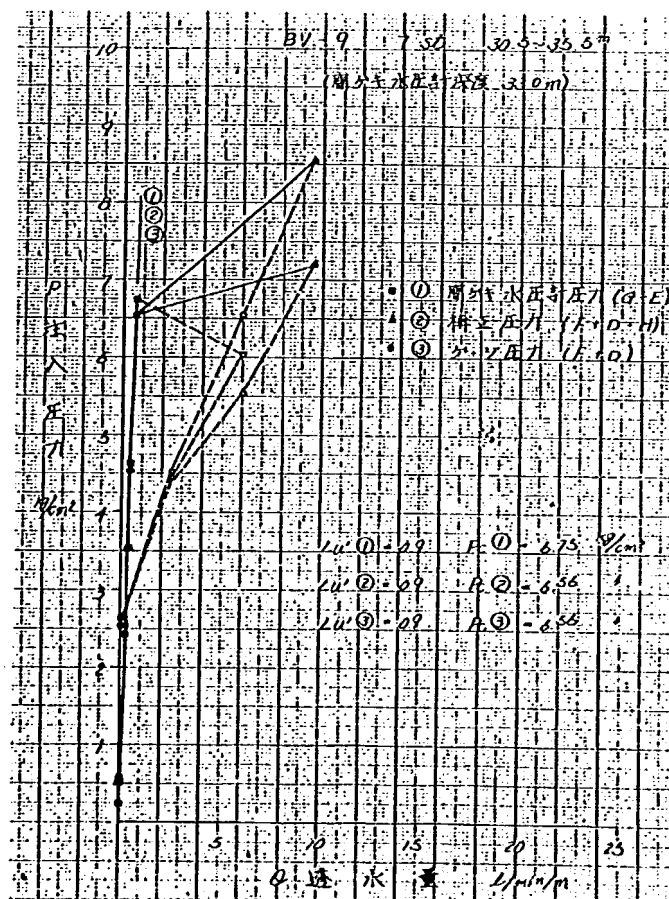
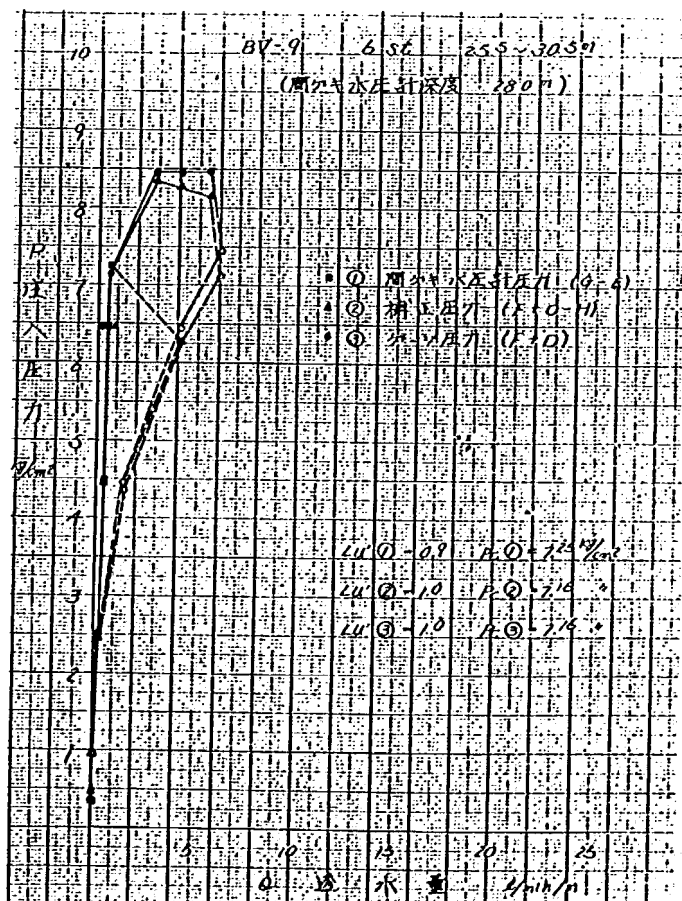
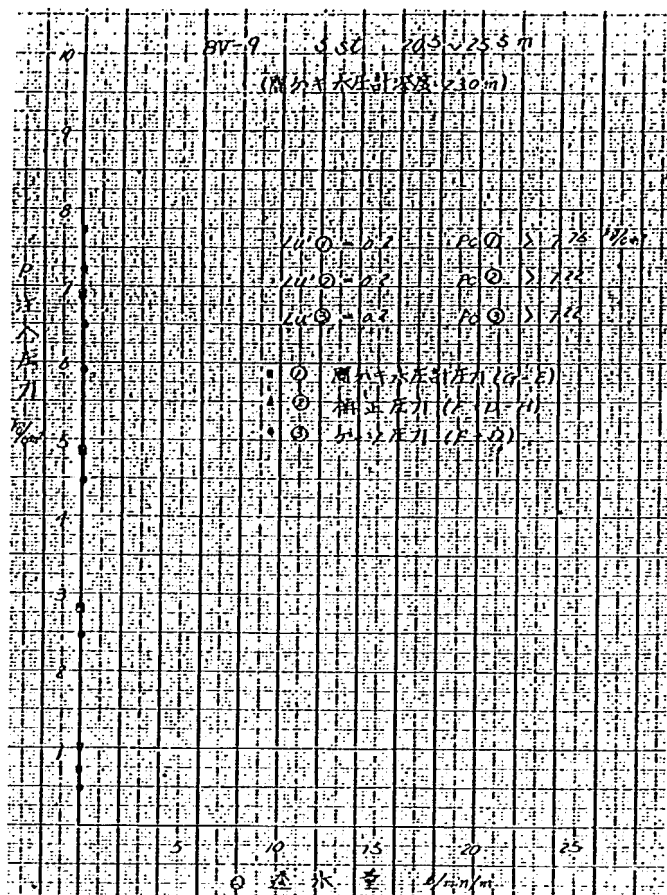
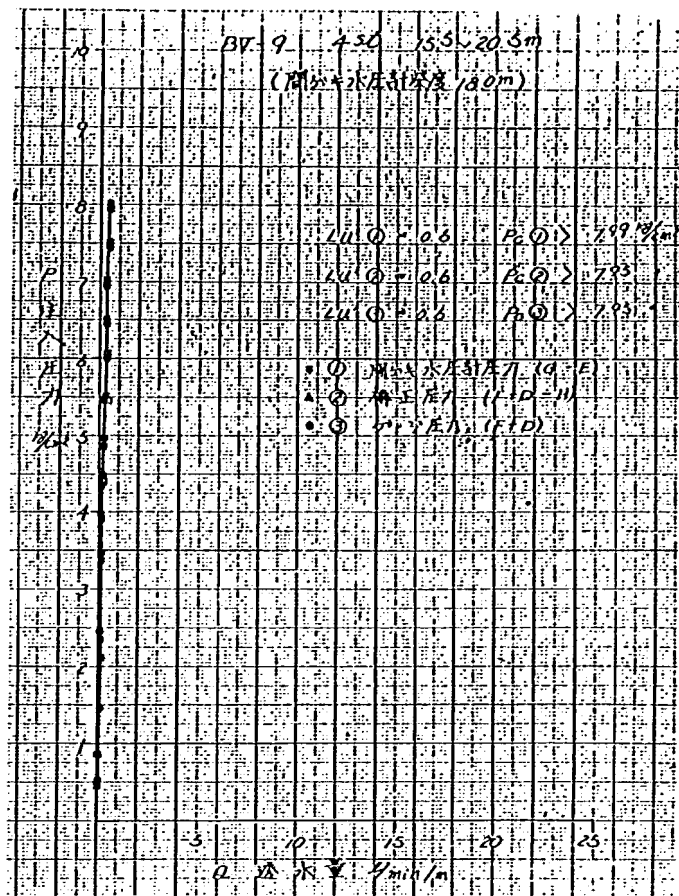
- | | |
|----------|---------------|
| • 白川ダム | BV-8. BV-9 |
| • 浅瀬石川ダム | B-133, B-134, |
| • 三国川ダム | 20孔, 24孔 |

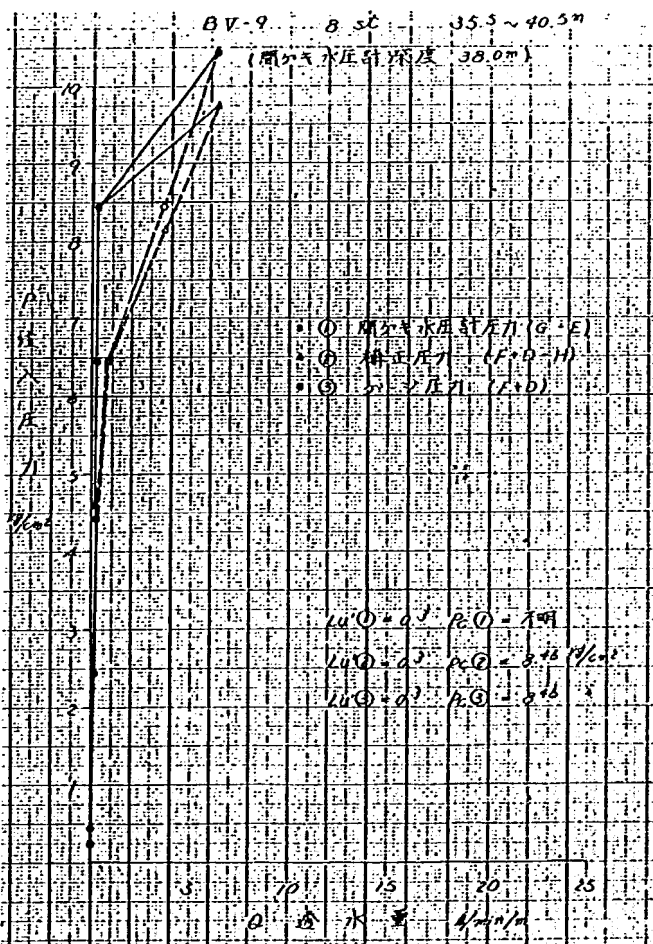
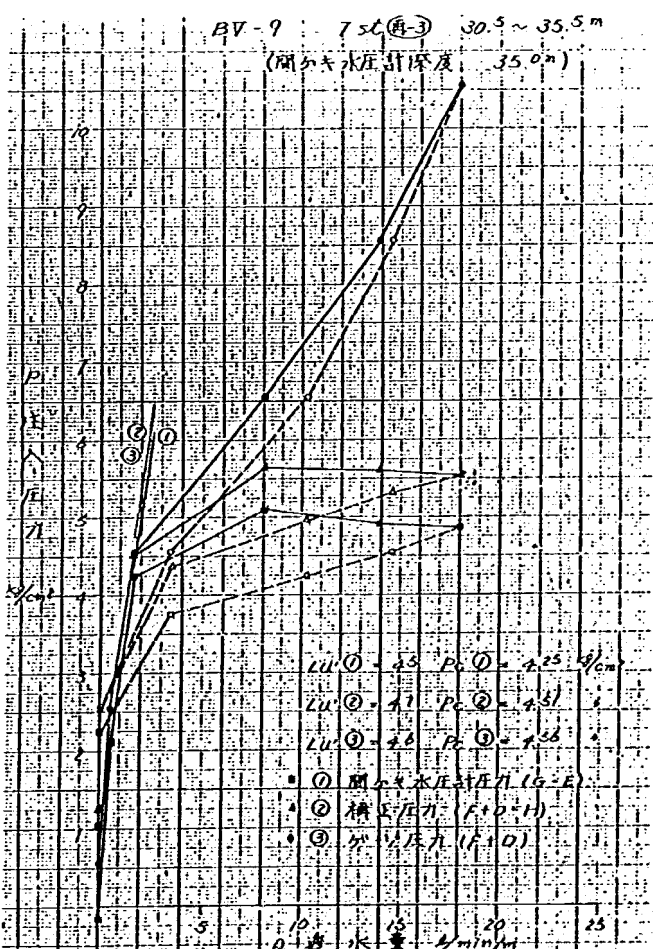
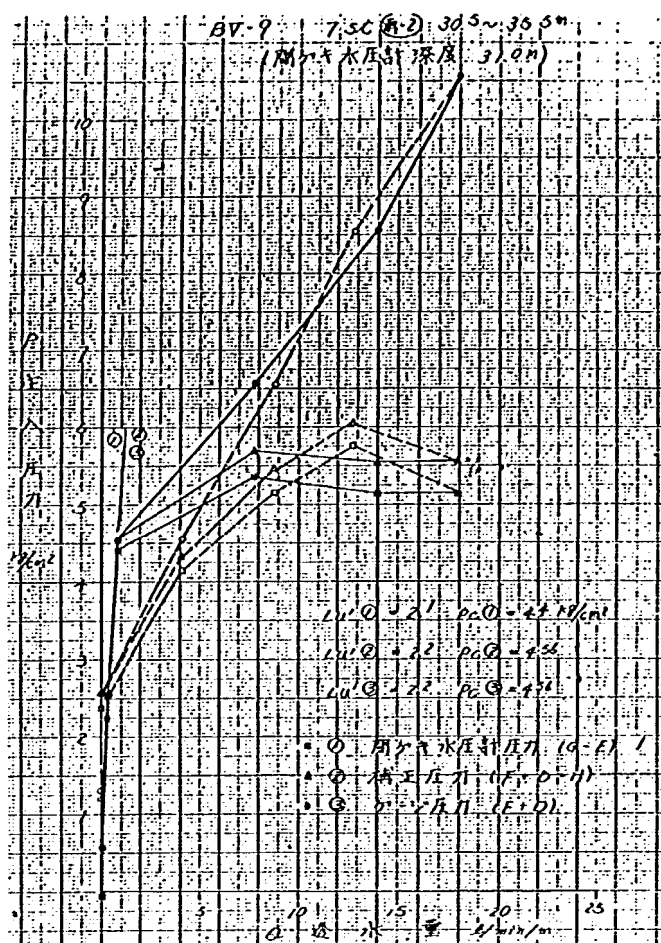
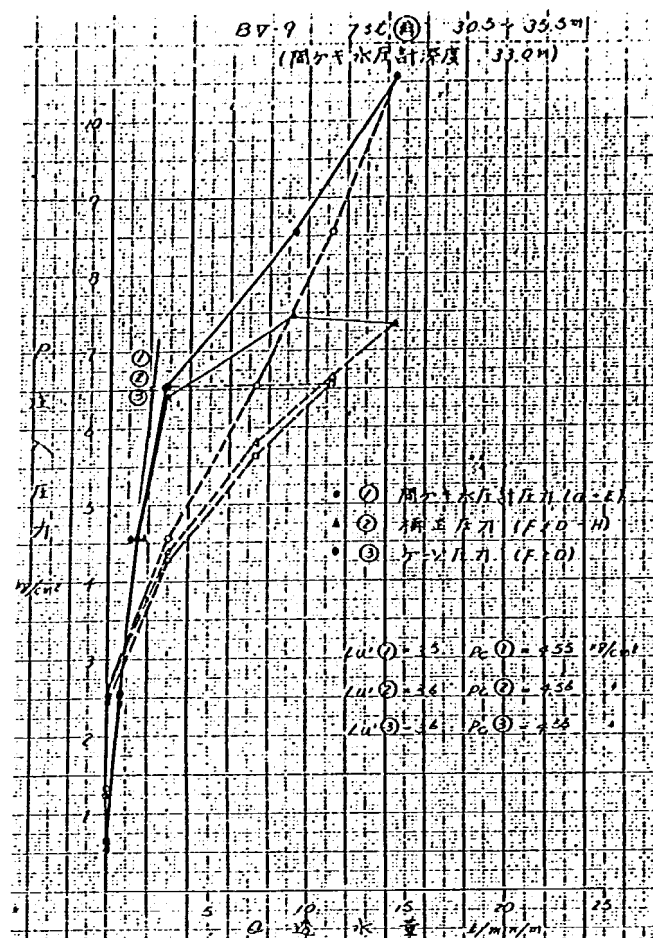




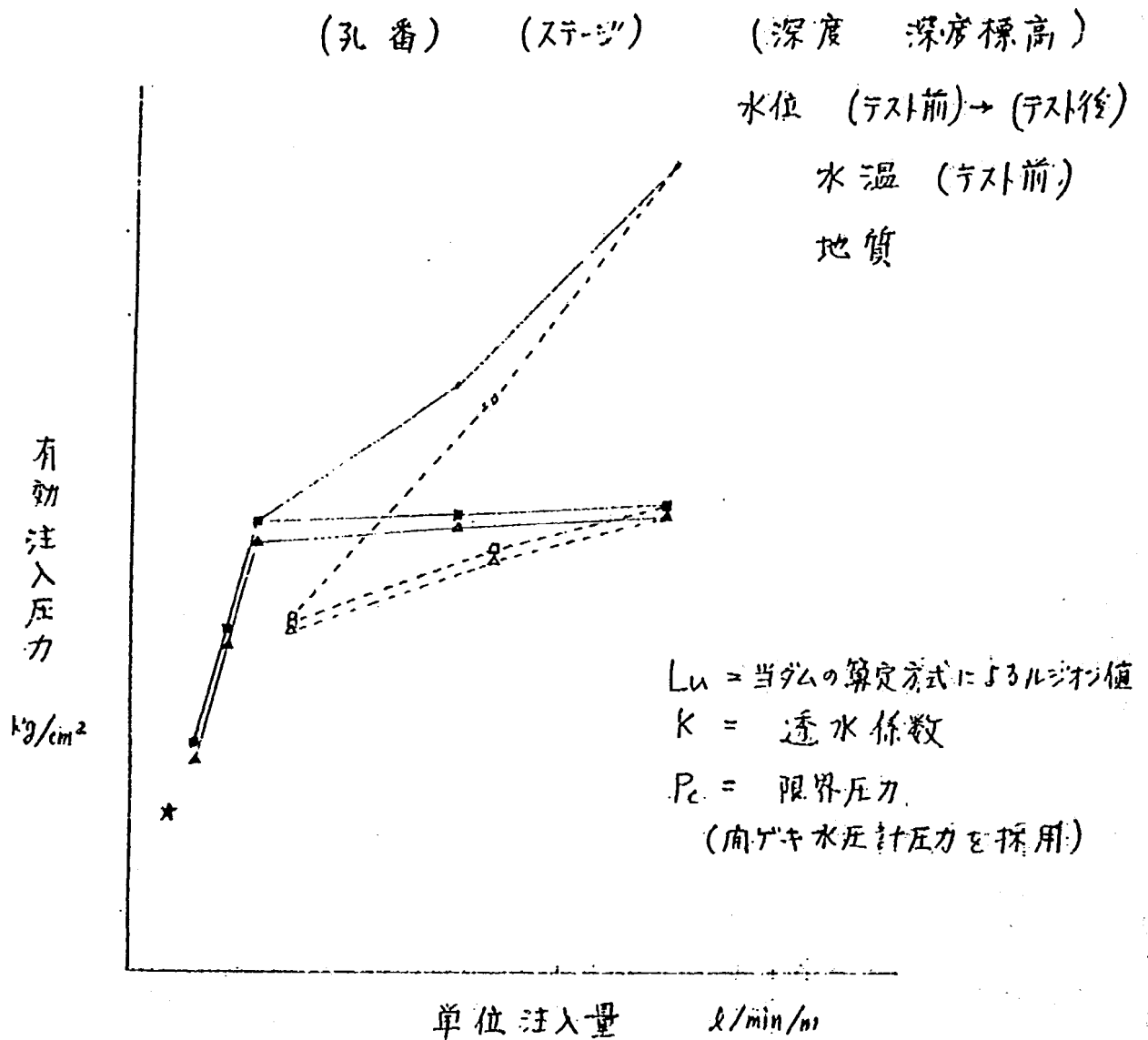






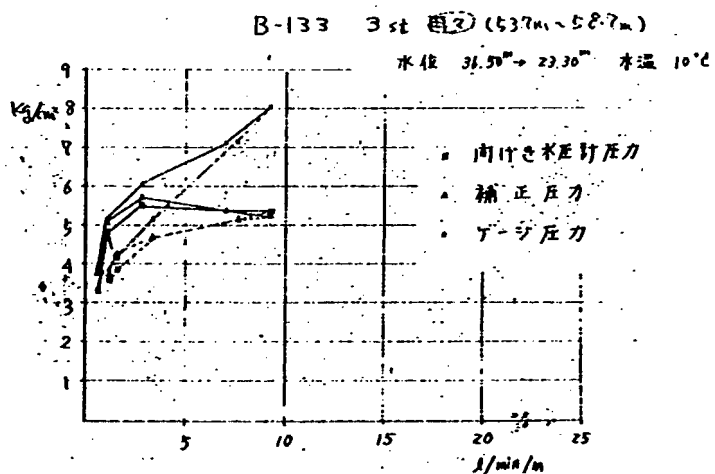
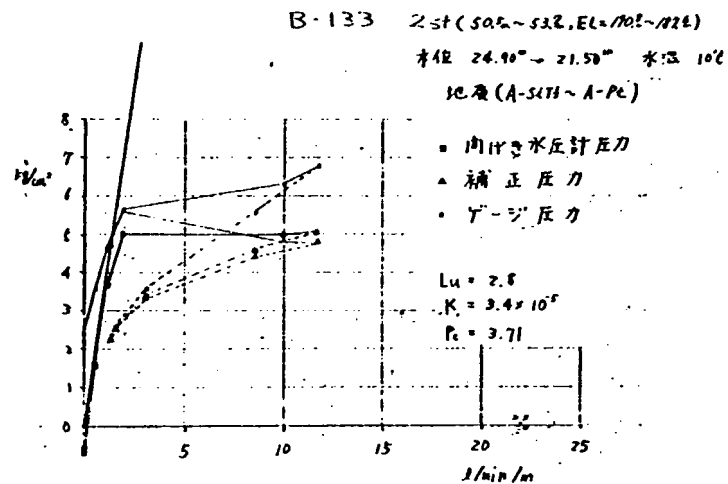
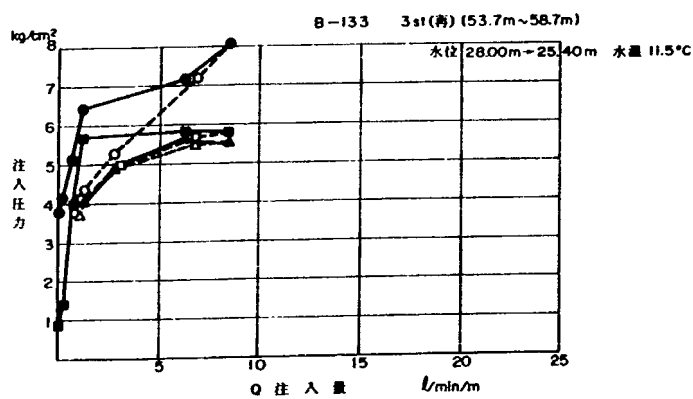
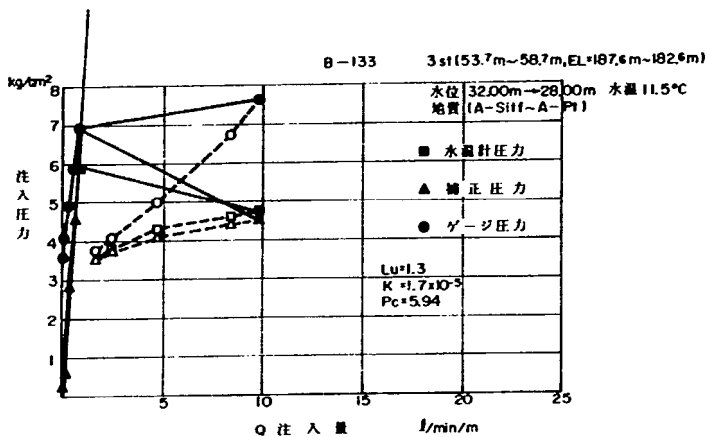
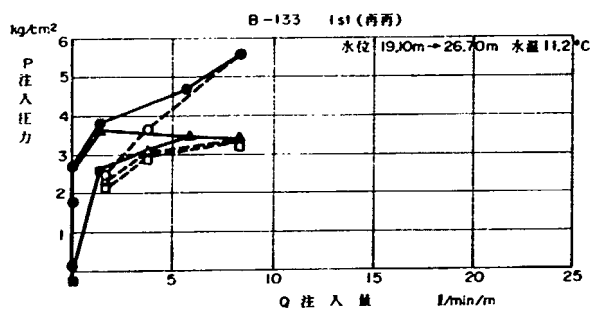
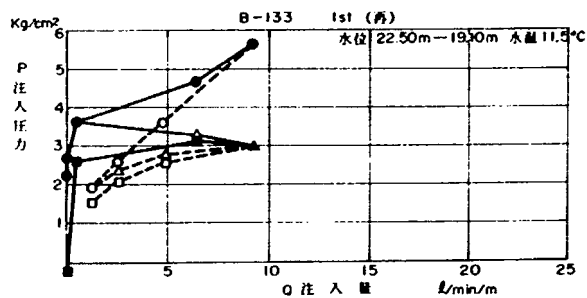
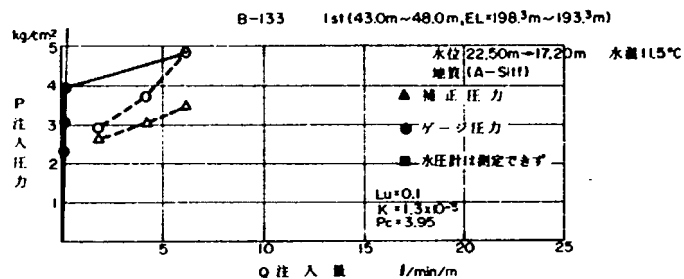


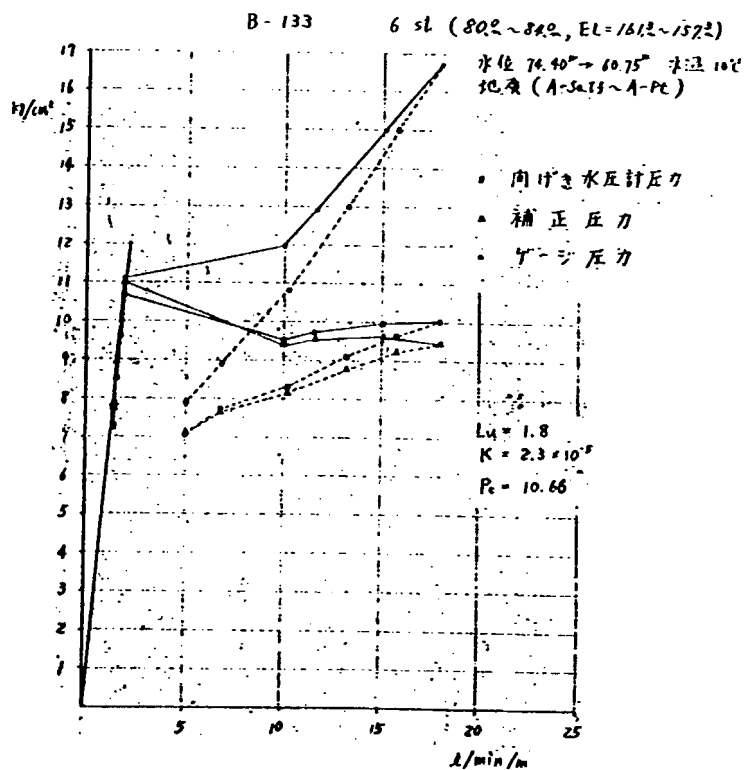
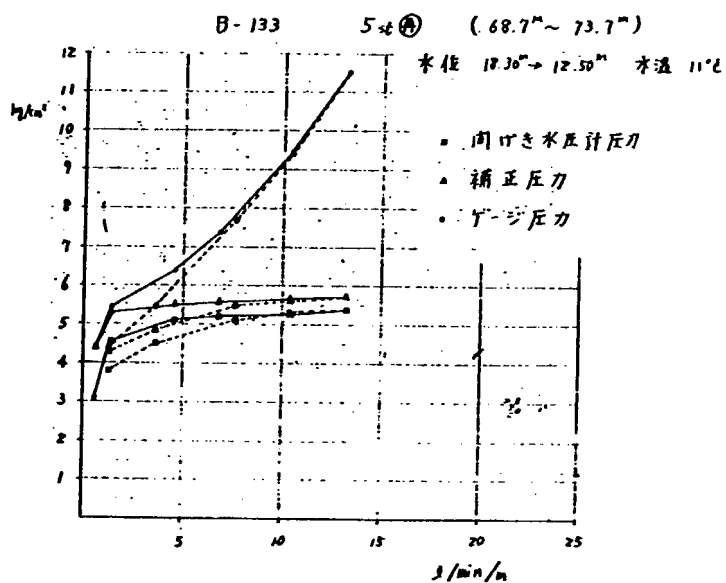
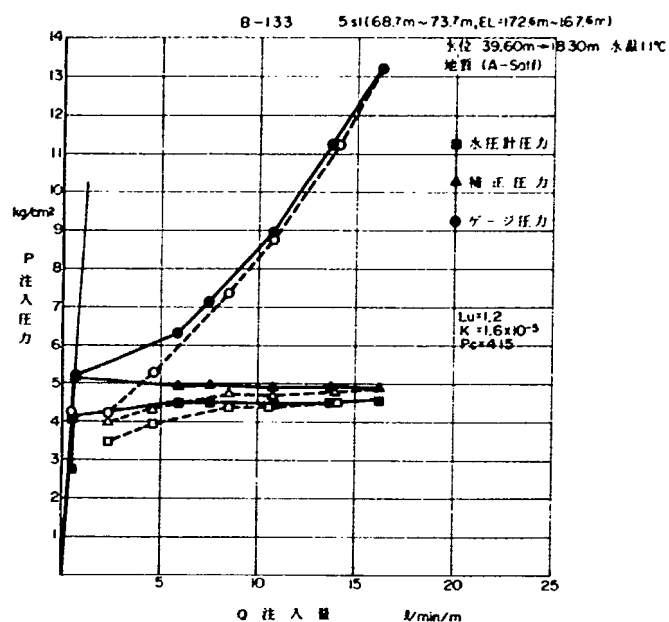
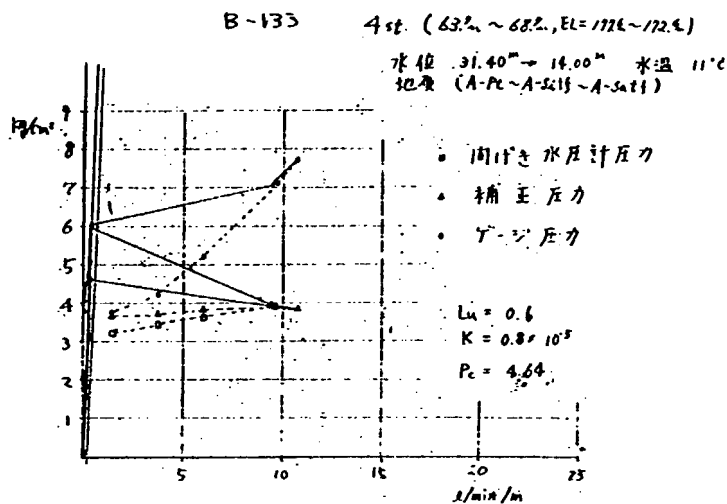
P - Q 曲線図



- 向ゲキ水圧計圧力 (■ 昇圧 □ 降圧)
- 透水試験記録表のうち 補正圧力 ③ ~ 単位注入量 をプロット
- ▲ 補正圧力 (▲ 昇圧 △ 降圧)
- 〃 〃 補正圧力 ② 〃
- ゲージ圧力 (● 昇圧 ○ 降圧)
- 〃 〃 水位補正圧力 ① 〃
- ★ 定水位法透水試験での 補正水頭 ~ 単位注入量 をプロット

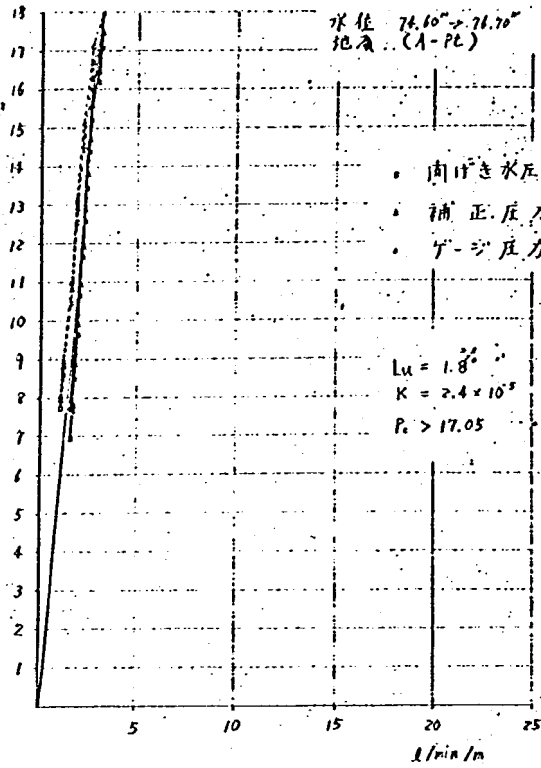
なお、再試験、再々試験については 深度標高、地質、及び L_u 、 K 、 P_c は 省略した。





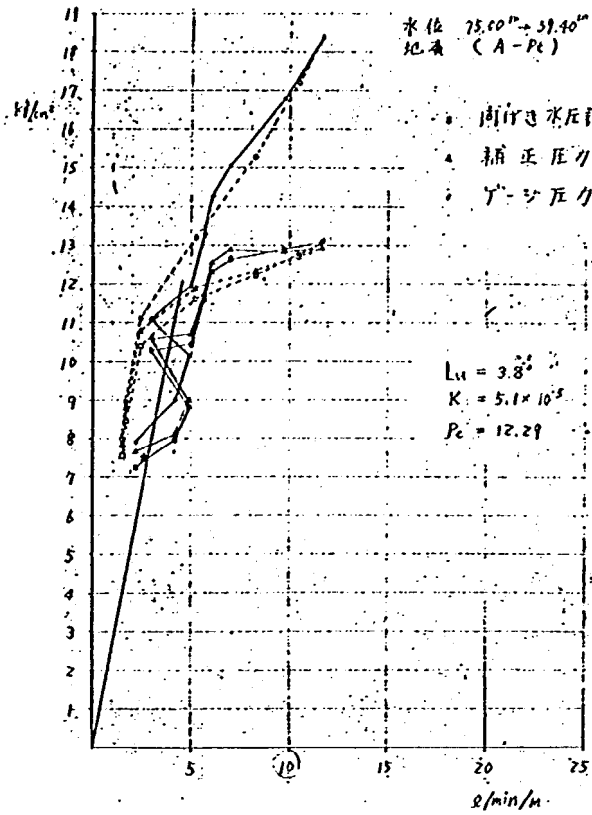
B-133 7 st (89.2 ~ 99.2, EL=132.2 ~ 132.2)

水位 74.10 ~ 74.70 水温 9°C
地質 (A-Pt)



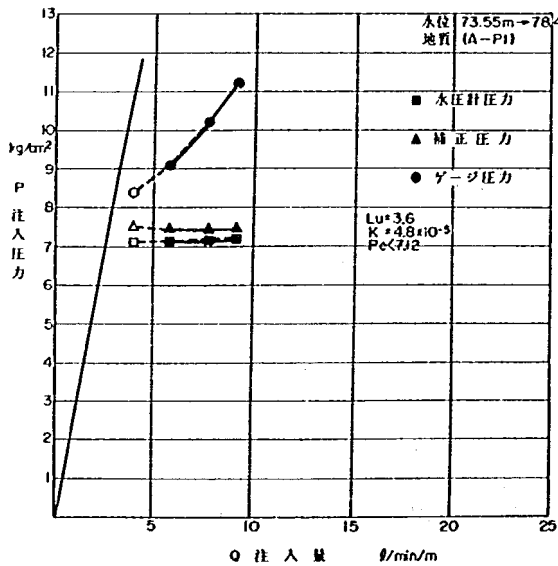
B-133 8 st (99.2 ~ 109.2, EL=132.2 ~ 132.2)

水位 75.00 ~ 75.40 水温 9.5°C
地質 (A-Pt)



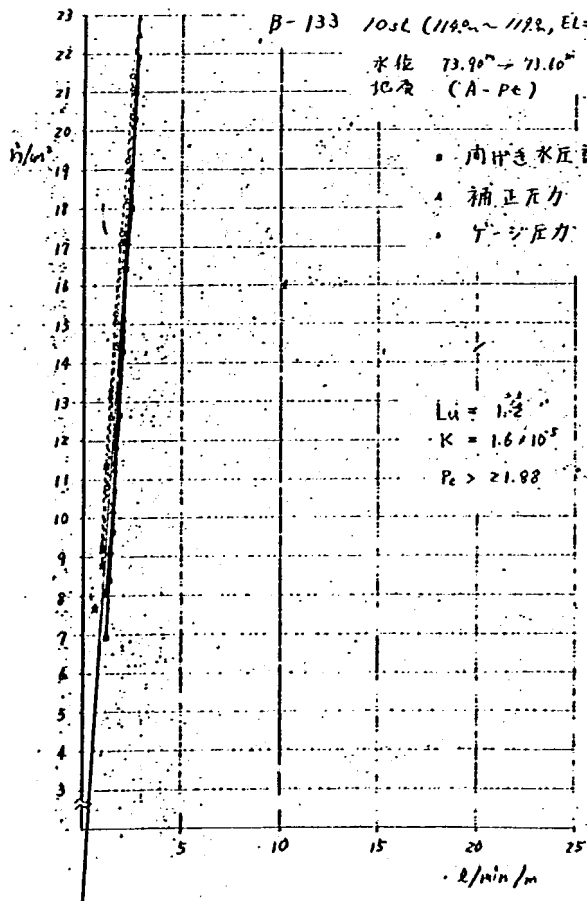
B-133 9 st (109.2 ~ 114.0, EL=132.3 ~ 127.3)

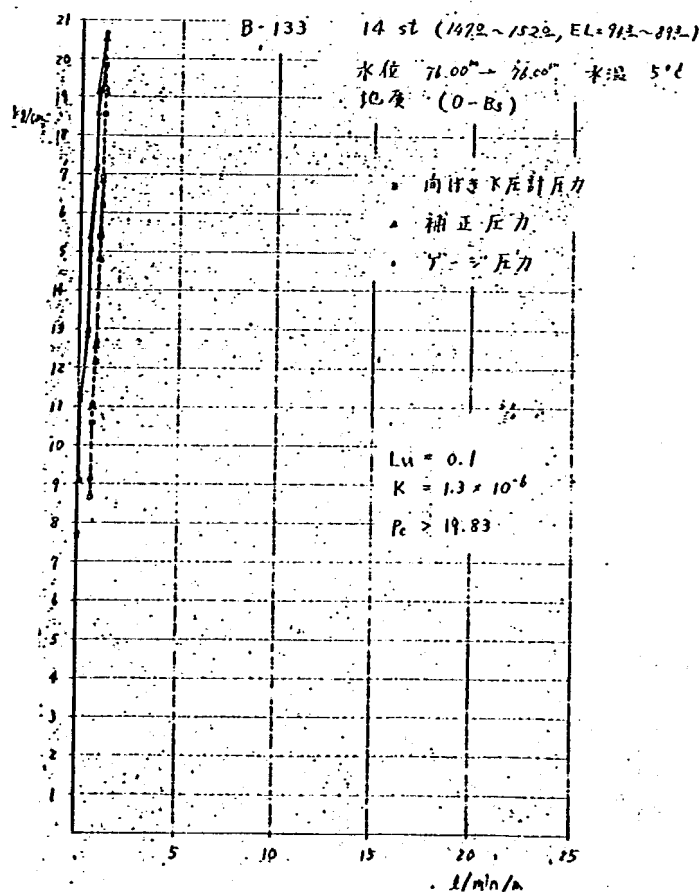
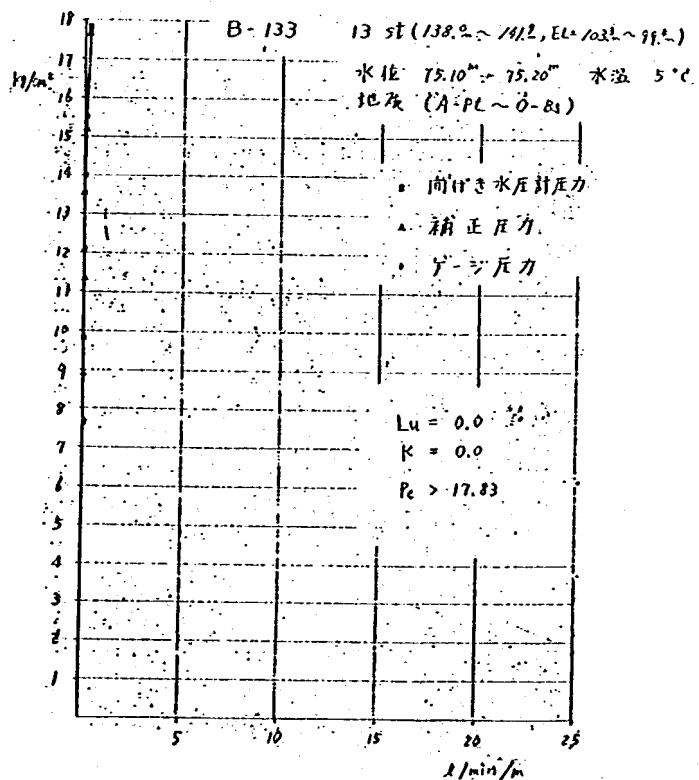
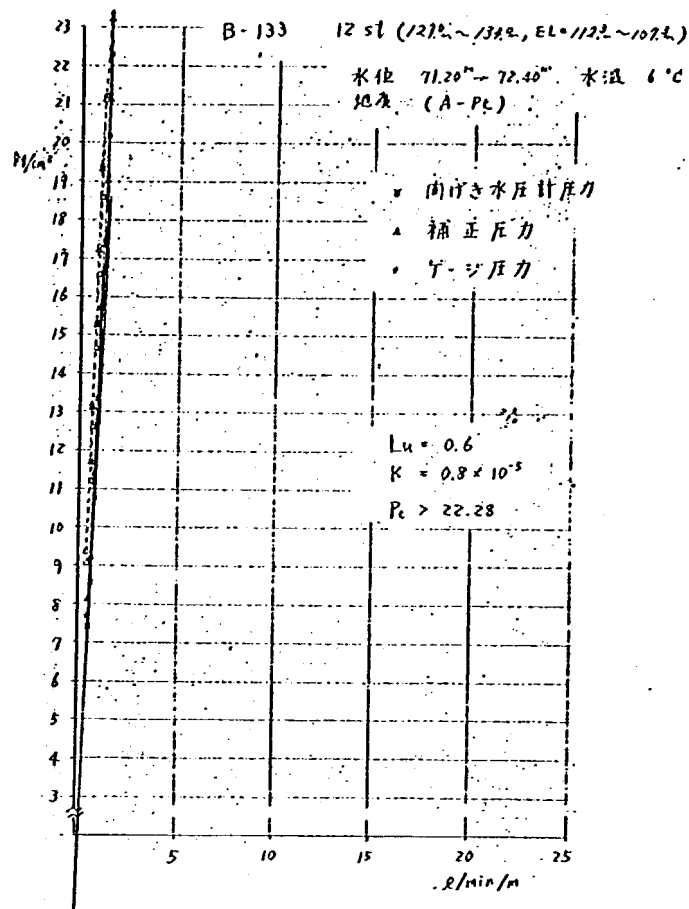
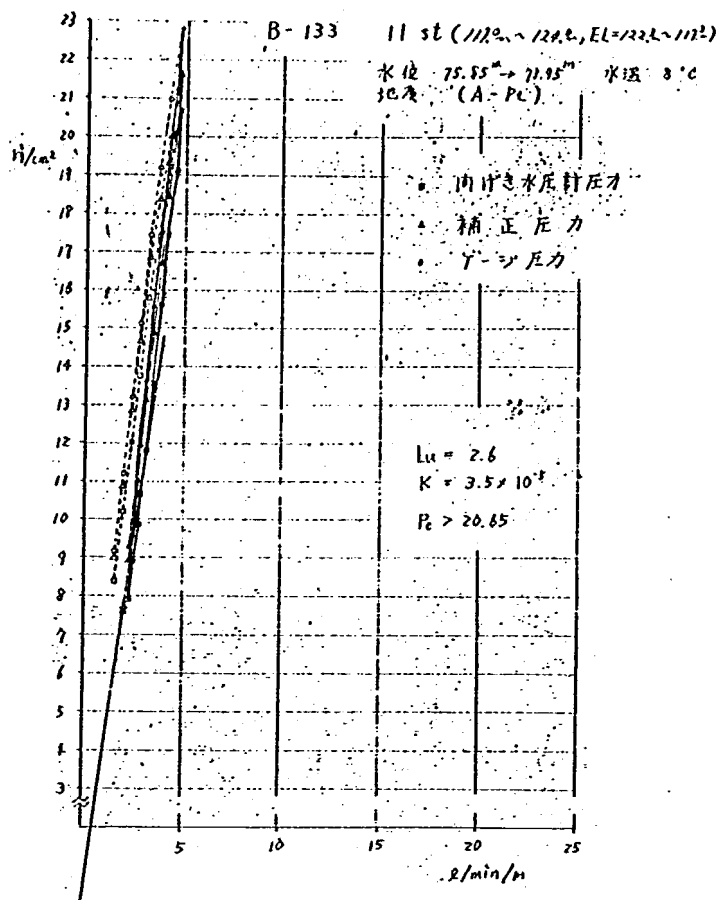
水位 73.55 ~ 78.40 水温 8°C
地質 (A-Pt)

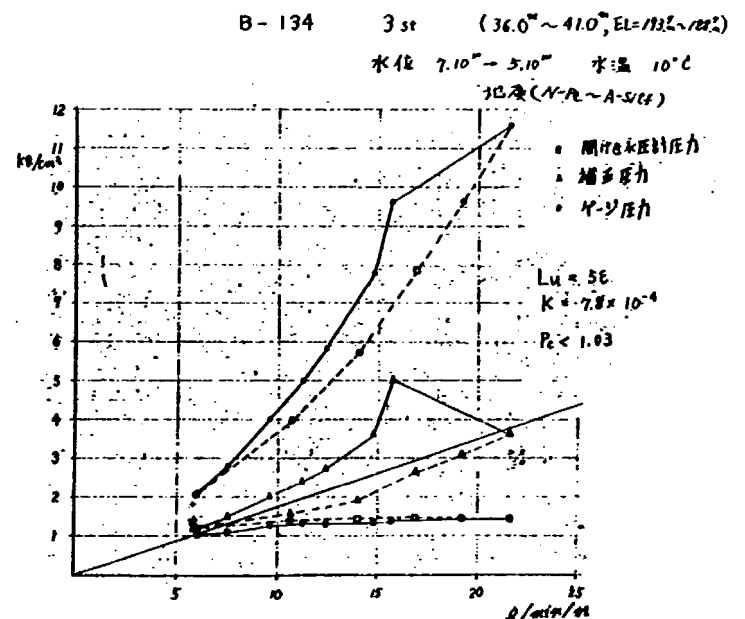
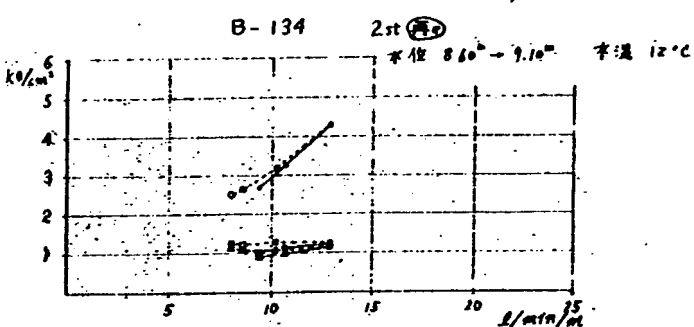
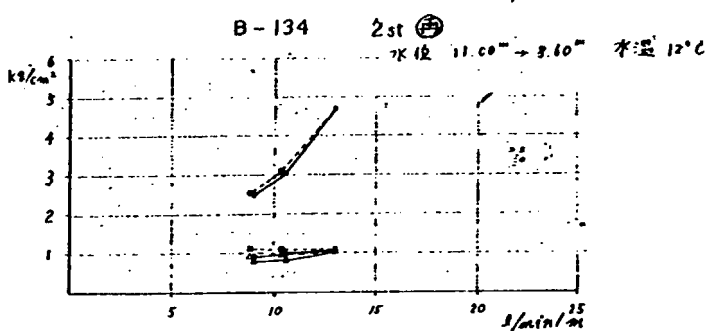
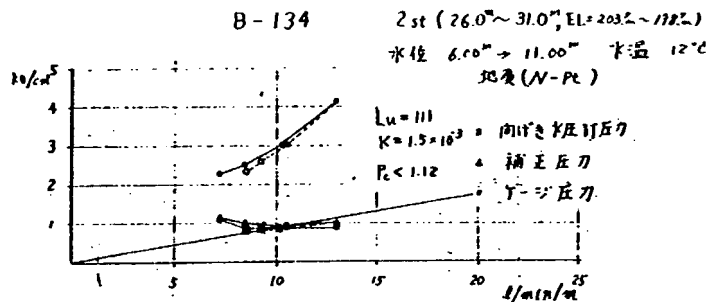
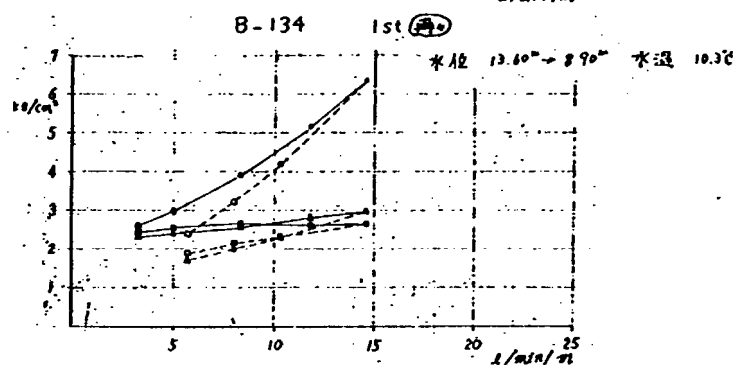
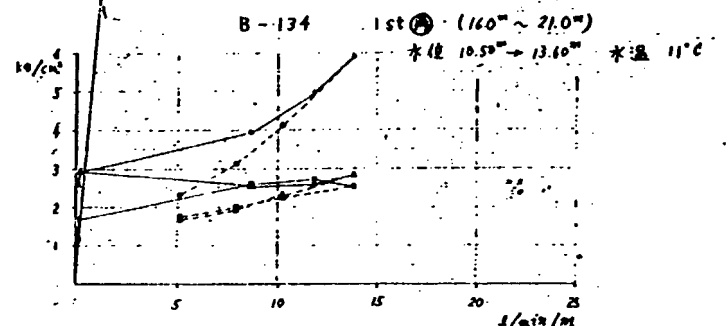
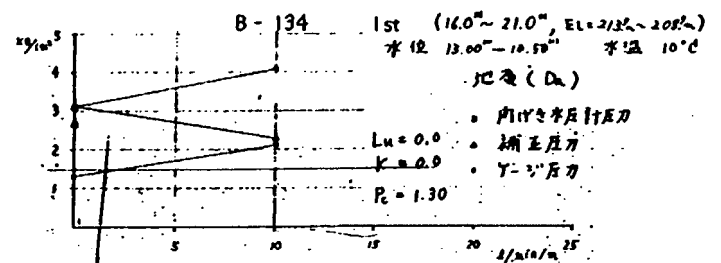
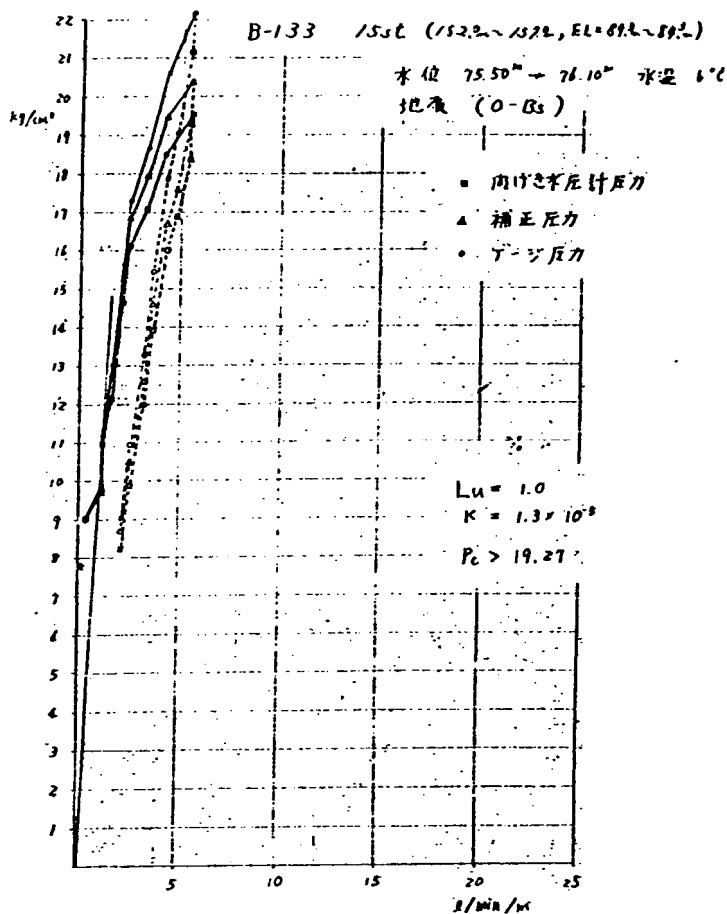


B-133 10 st (114.0 ~ 119.2, EL=132.2 ~ 122.2)

水位 73.90 ~ 74.10 水温 9°C
地質 (A-Pt)



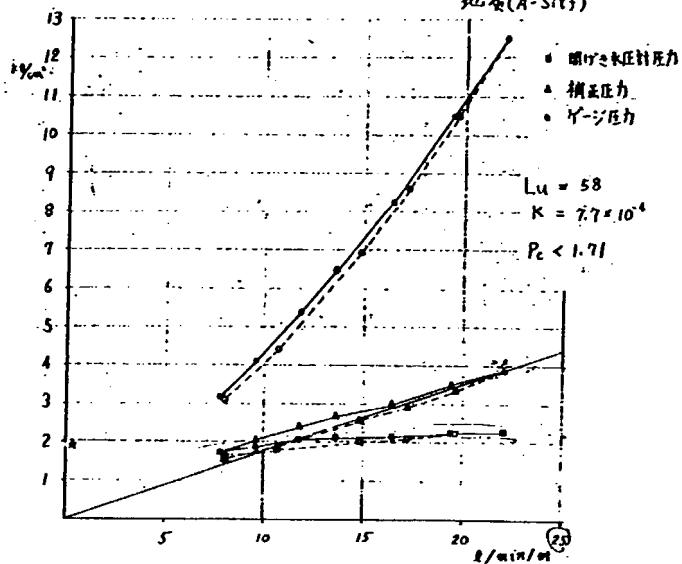




B-134 4st (41.0^m~46.0^m, EL=188.2~193.2)

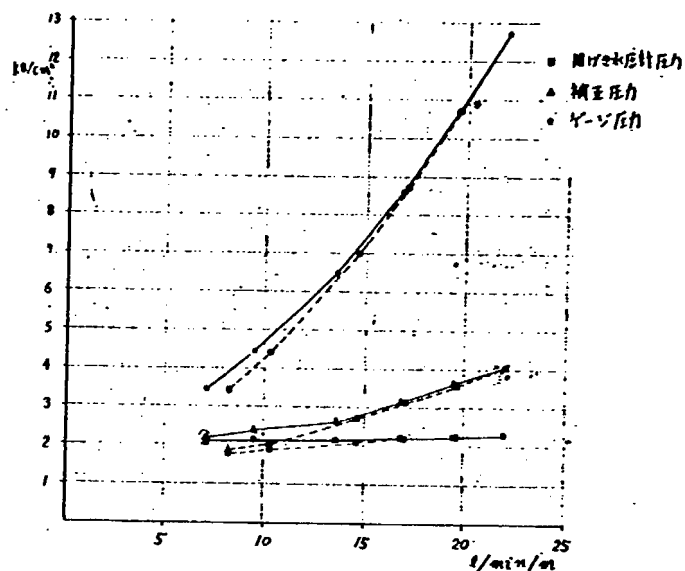
水位 14.50^m→6.30^m 水温 11^{°C}

地層(A-Silt)



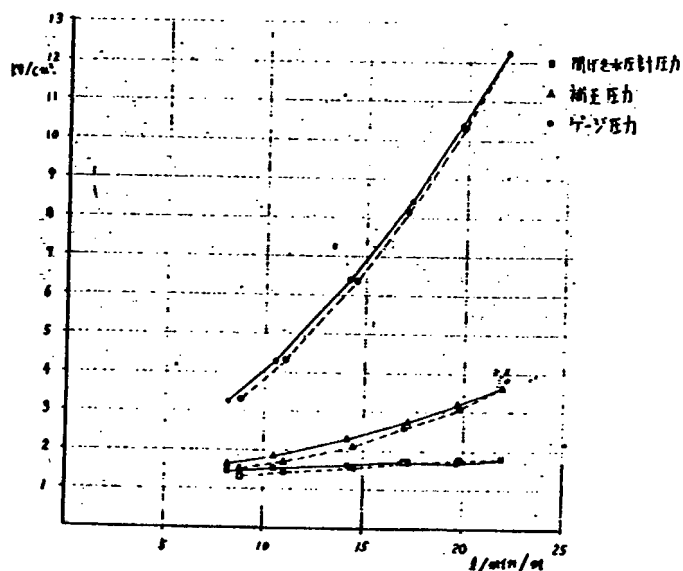
B-134 4st (41.0^m~46.0^m)

水位 6.30^m→5.20^m 水温 11^{°C}



B-134 4st (41.0^m~46.0^m)

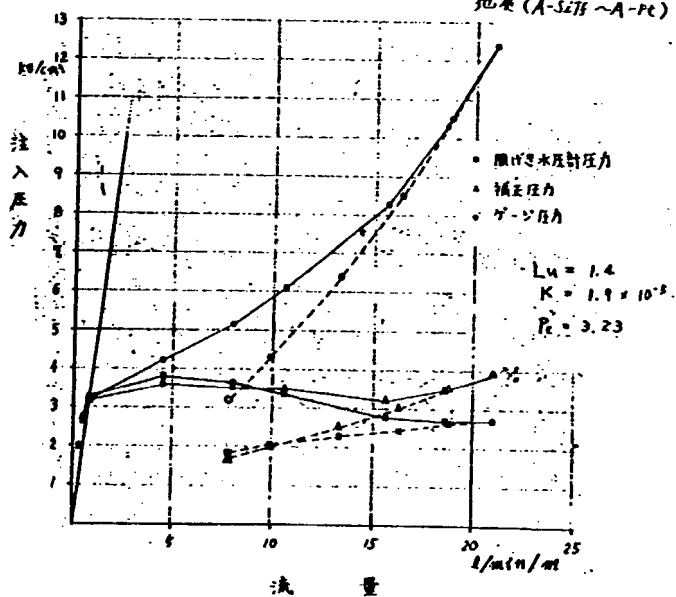
水位 14.30^m→8.05^m 水温 10^{°C}



B-134 5st (46.0^m~51.0^m, EL=193.2~198.2)

水位 16.20^m→15.20^m 水温 10.5^{°C}

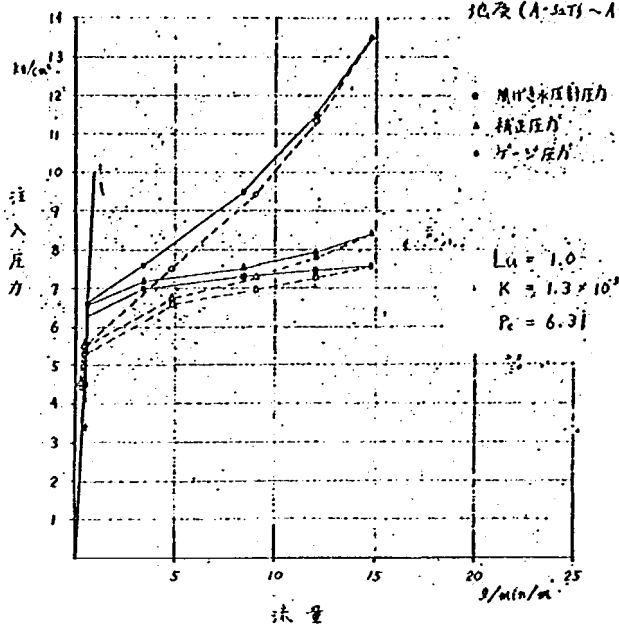
地層(A-Silt~A-Pc)



B-134 6st (59.0^m~64.0^m, EL=172.2^m~165.2^m)

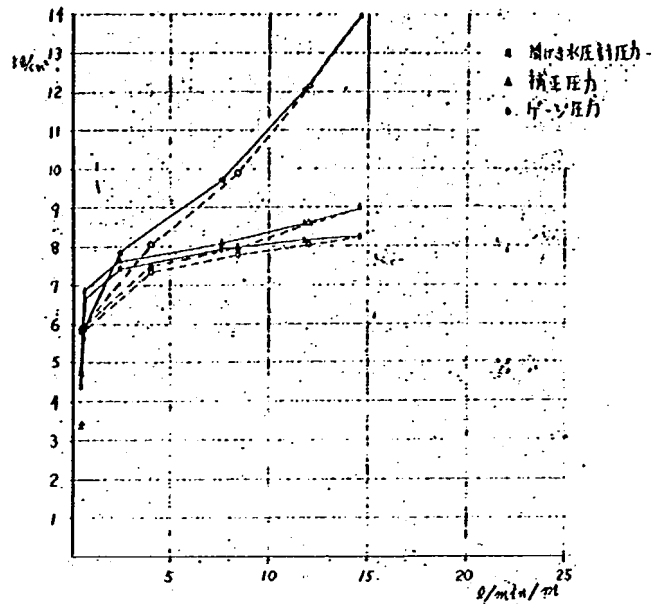
水位 23.90^m→22.10^m 水温 10^{°C}

地点 (A-SaTs~A-Pc)



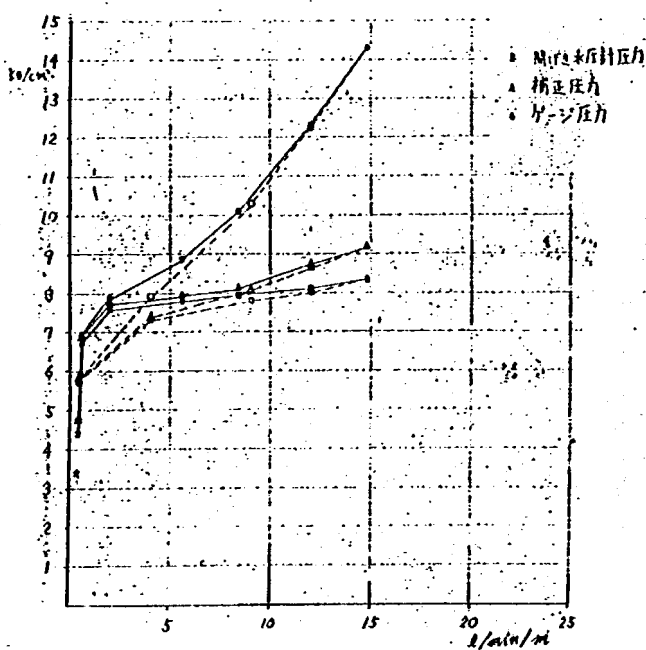
B-134 6st (59.0^m~64.0^m)

水位 23.70^m→23.10^m 水温 11^{°C}



B-134 6st (59.0^m~64.0^m)

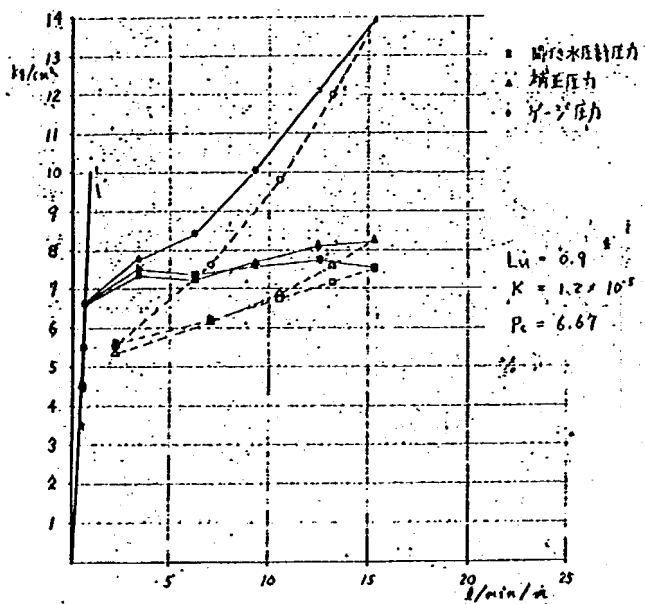
水位 23.10^m→22.10^m 水温 10^{°C}



B-134 7st (64.0^m~67.0^m, EL=165.2^m~160.2^m)

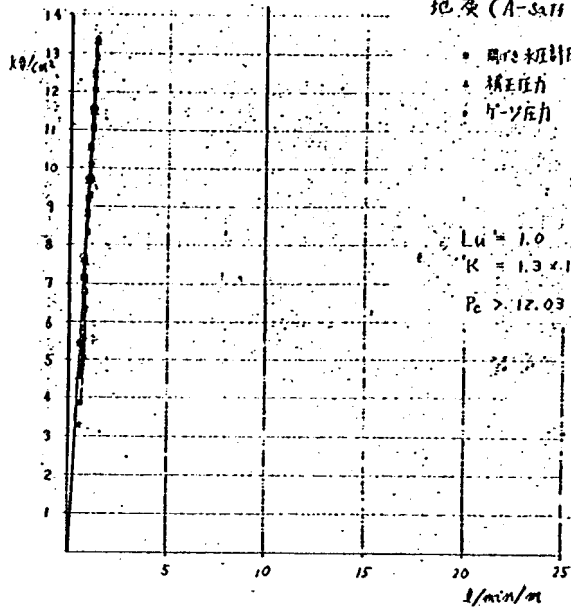
水位 23.00^m→22.30^m 水温 8^{°C}

地点 (A-SaTs)



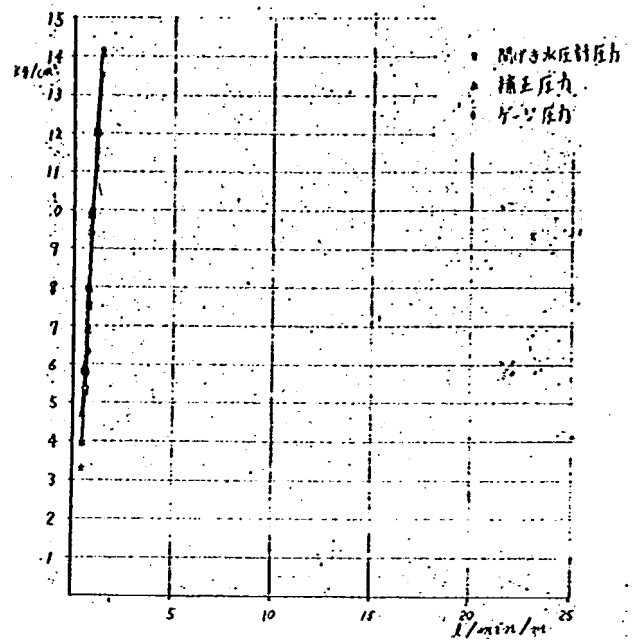
B-134 8st (69.0°~74.0°, EL=160.2~155.2)

水位 24.7" → 29.1" 水温 10°C
地質 (A-SaH ~ A-Pc)



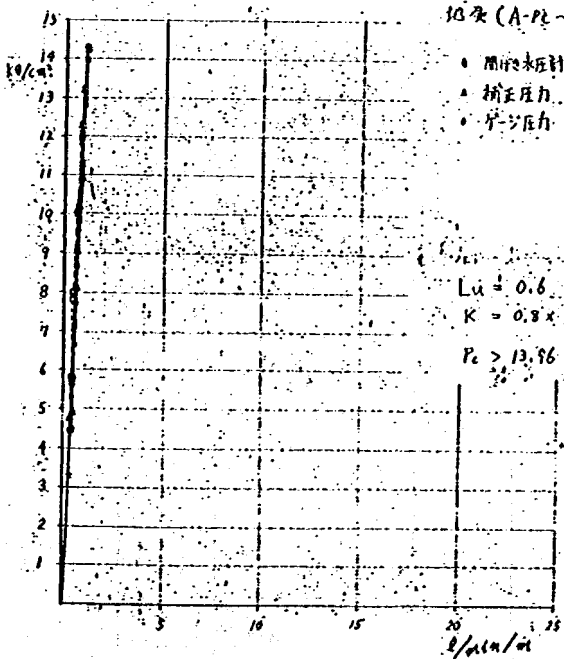
B-134 8st (69.0°~74.0°)

水位 27.9" → 17.9" 水温 10.5°C



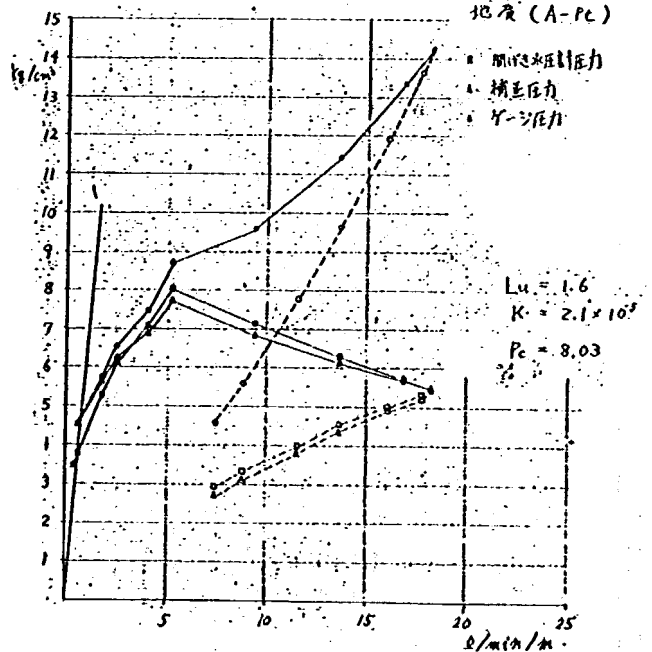
B-134 9st (75.0°~80.0°, EL=154.2~149.2)

水位 22.60" → 27.25" 水温 10°C
地質 (A-Pc ~ A-SaH)

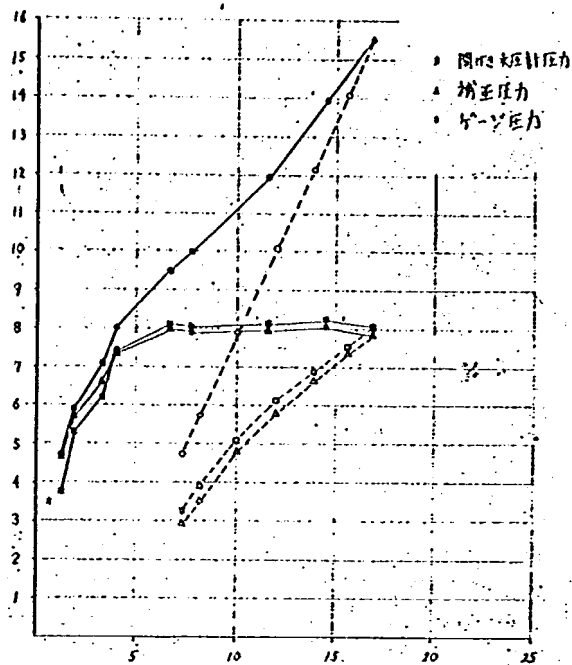


B-134 10st (85.0°~90.0°, EL=149.2~144.2)

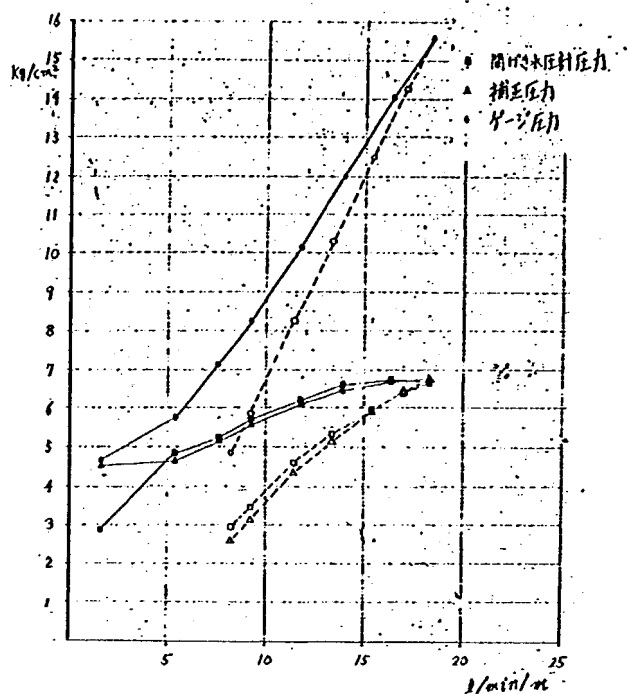
水位 31.10" → 35.50" 水温 8°C
地質 (A-Pc)



B-134 10st (西) (85.0°~90.0°)
水位 33.80" → 40.30" 水温 8.5°C

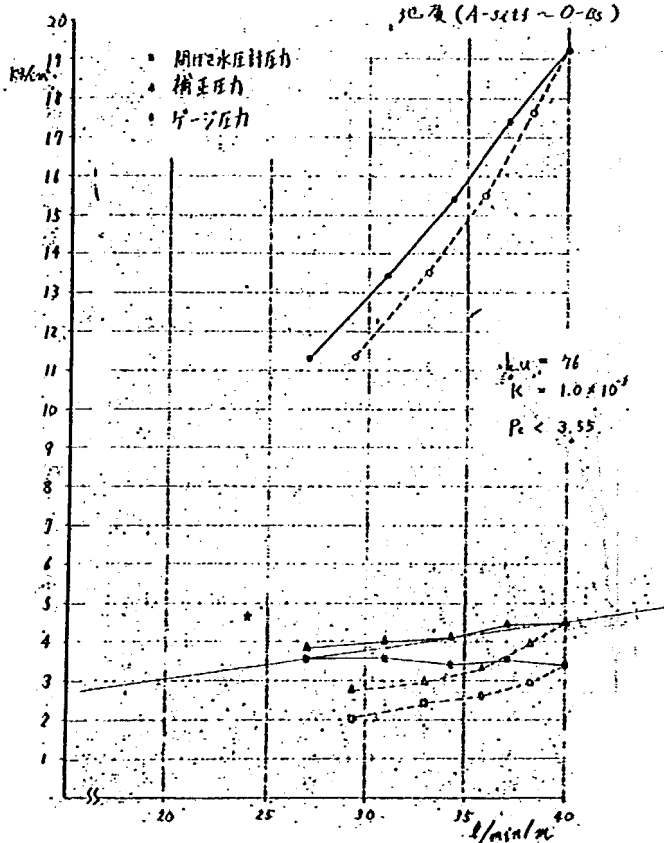


B-134 10st (西) (85.0°~90.0°)
水位 40.30" → 39.90" 水温 8.5°C



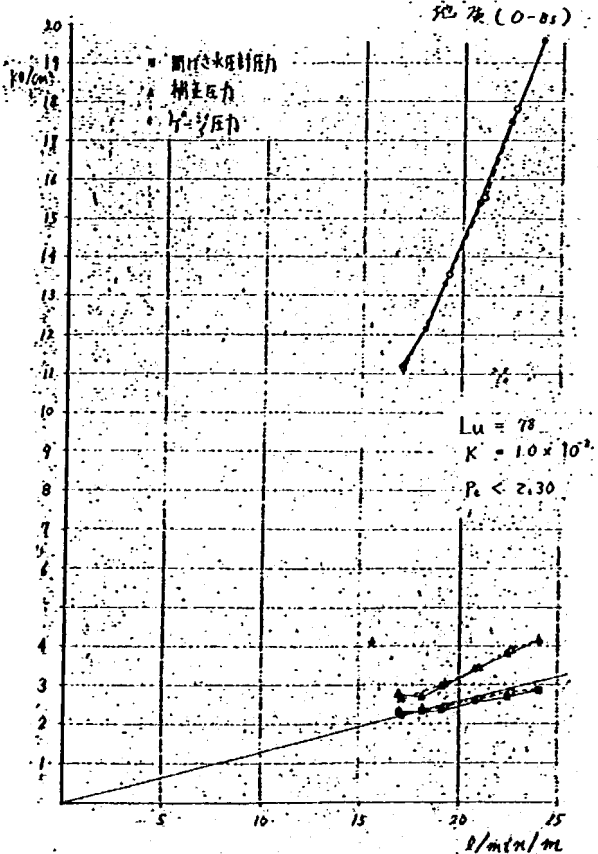
B-134 11st (93.1°~96.1°, EL=132.5~133.5)

水位 35.60" → 41.50" 水温 8°C
地点 (A-5415 ~ O-05)



B-134 12st (96.1°~101.1°, EL=133.5~138.5)

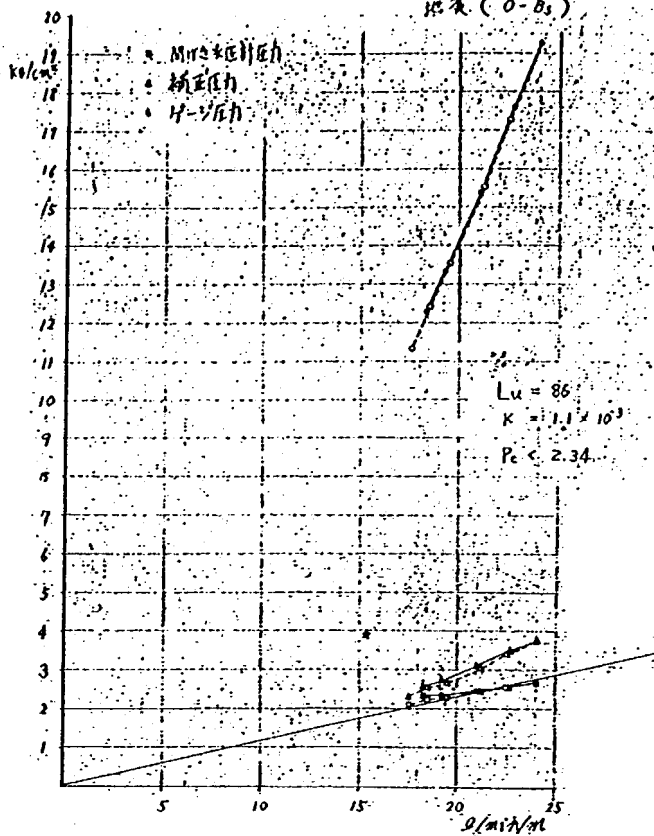
水位 84.60" → 83.66" 水温 6.5°C
地点 (O-05)



B-134 13st (101.2 ~ 106.2, EL=122.6 ~ 123.6)

水位 81.65m → 83.80m 水温 7°C

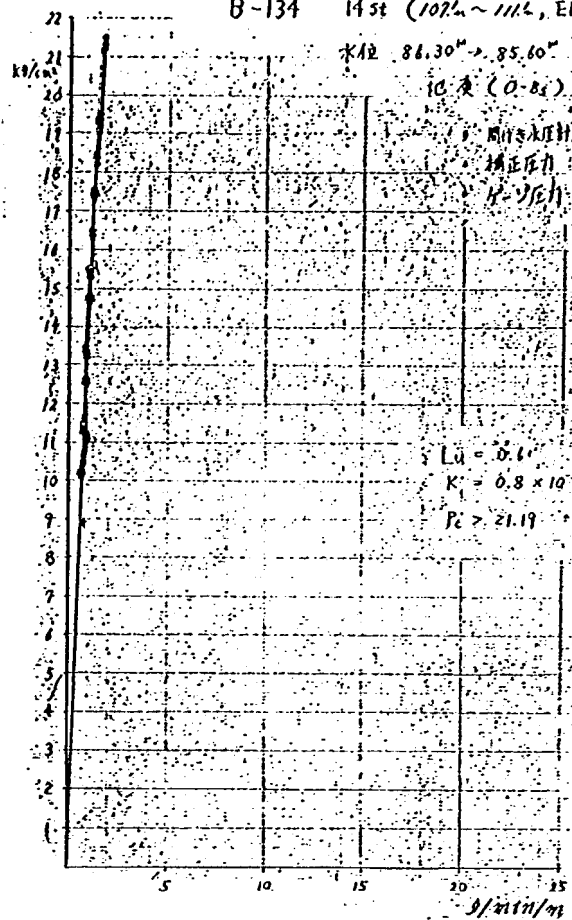
流速 (0-8.5)

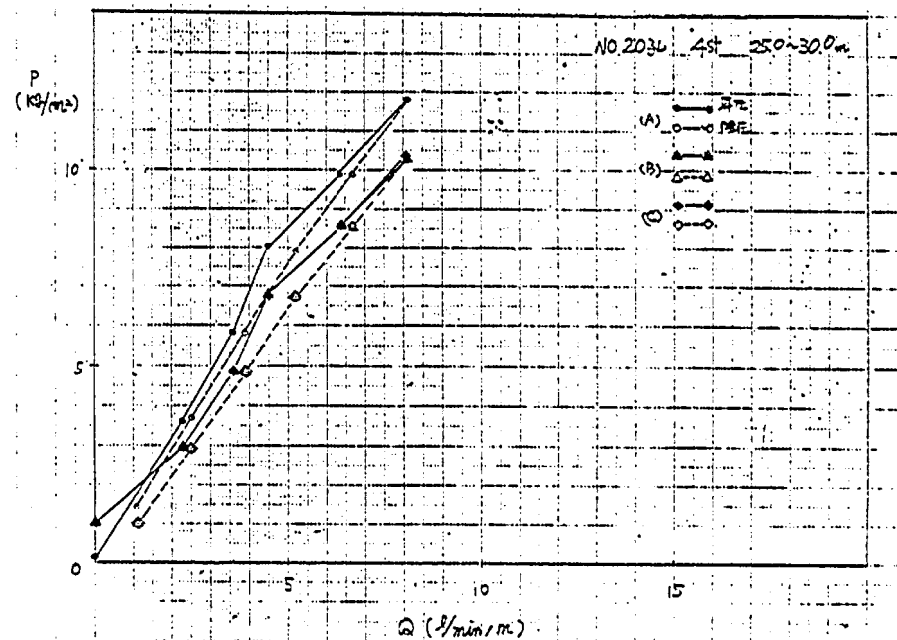
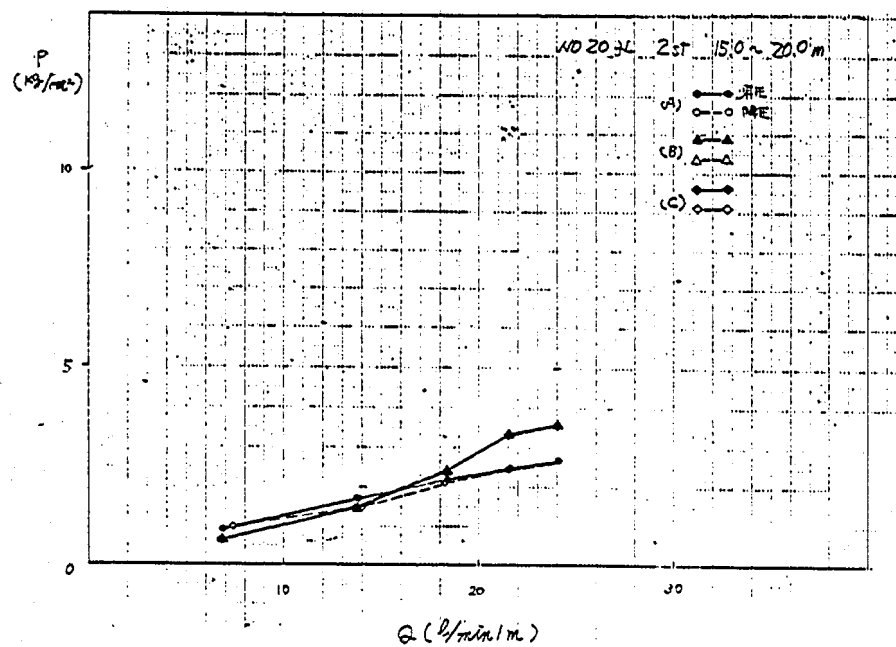
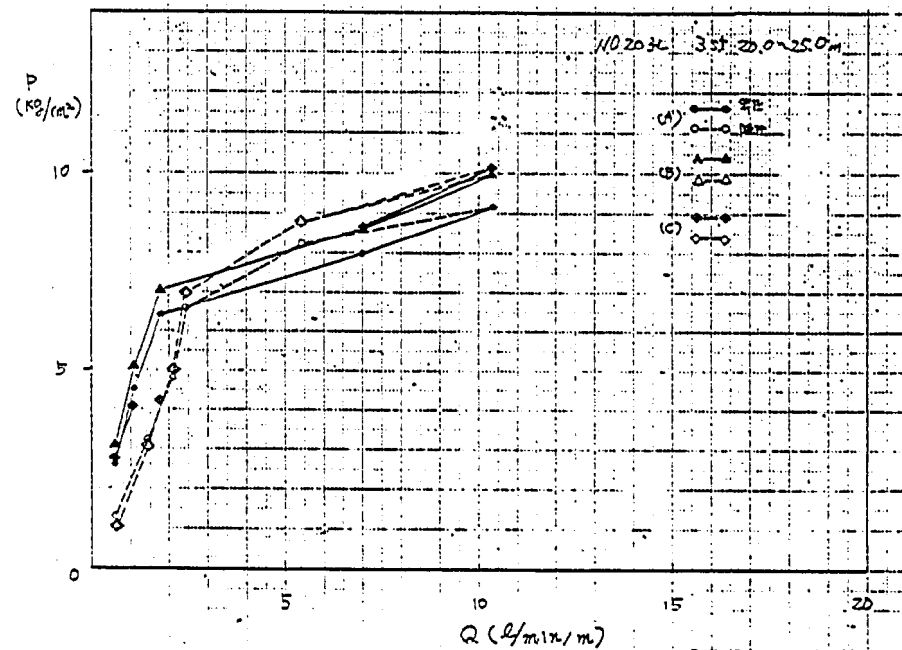
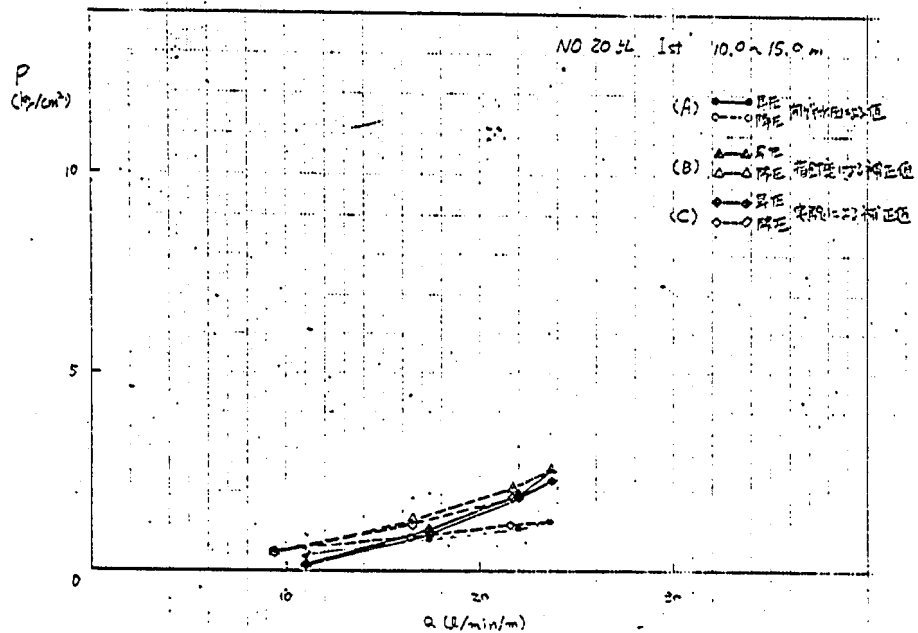


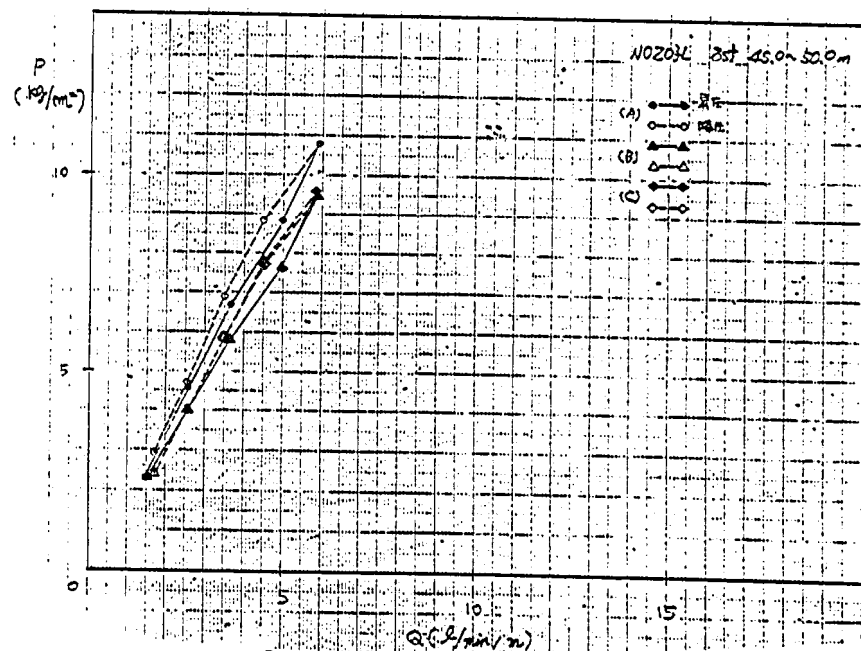
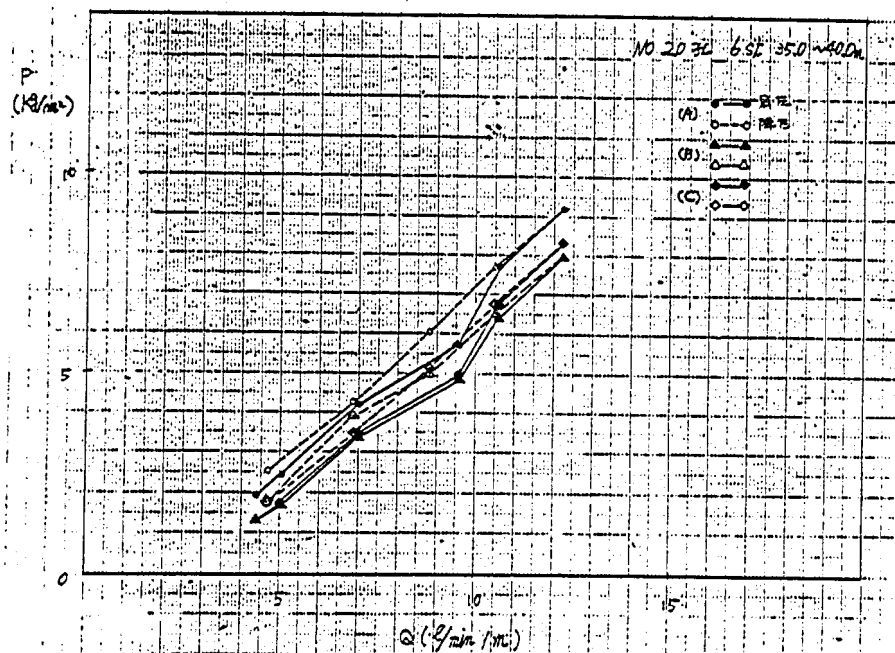
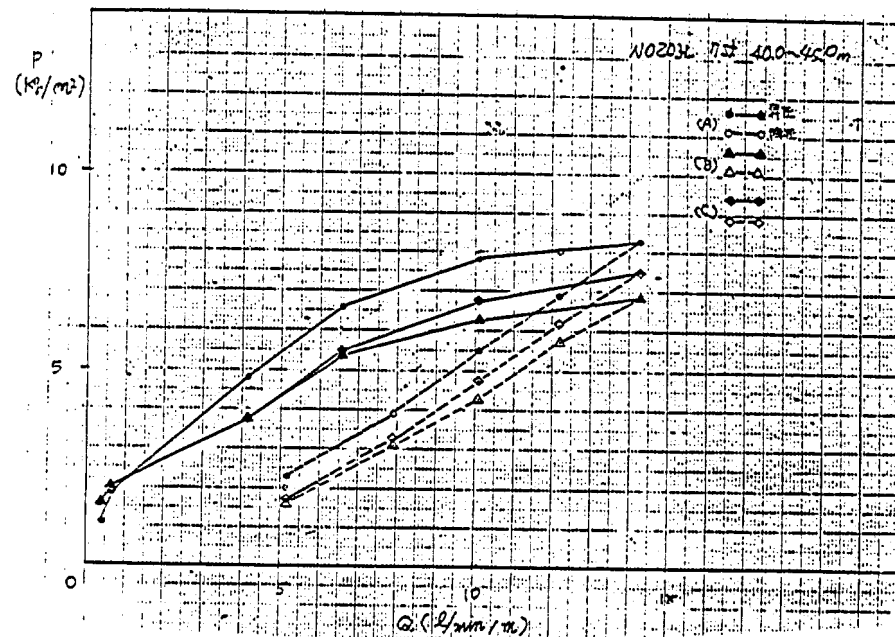
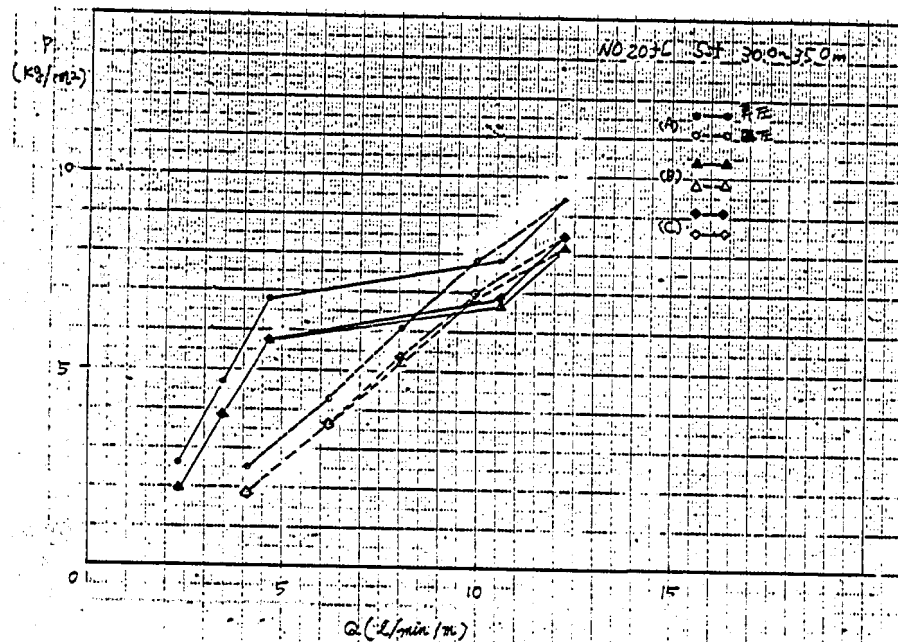
B-134 14st (107.2 ~ 111.2, EL=122.9 ~ 118.6)

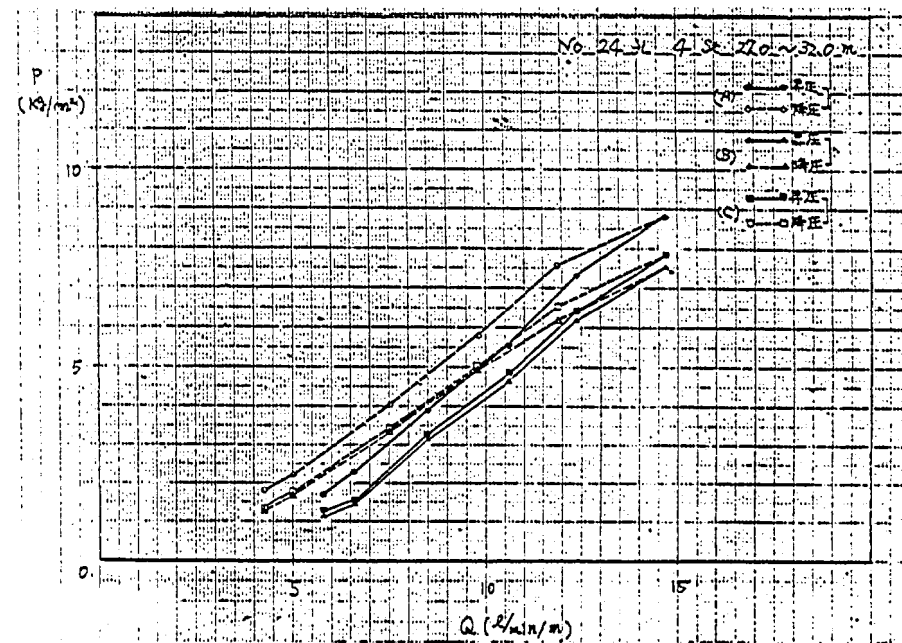
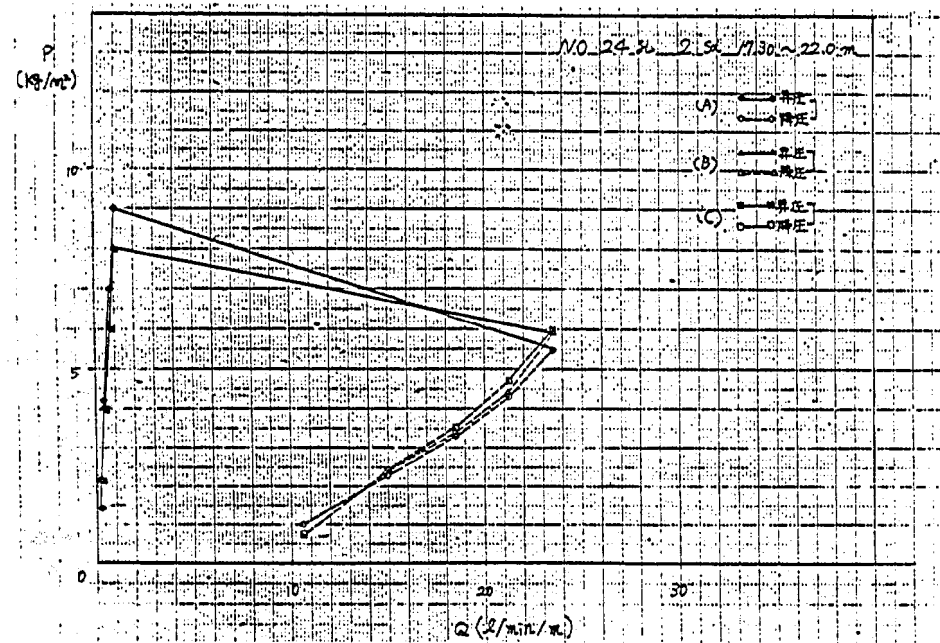
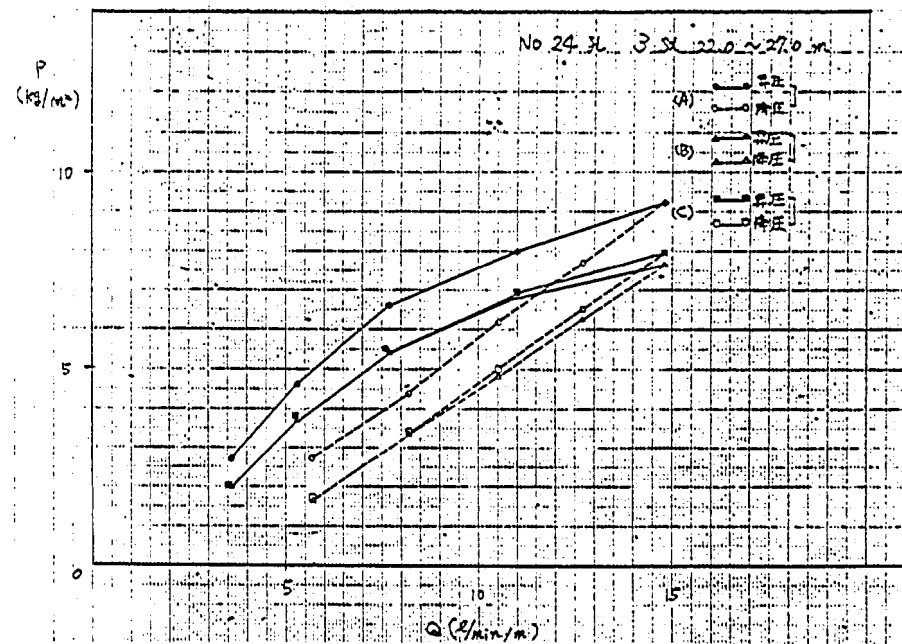
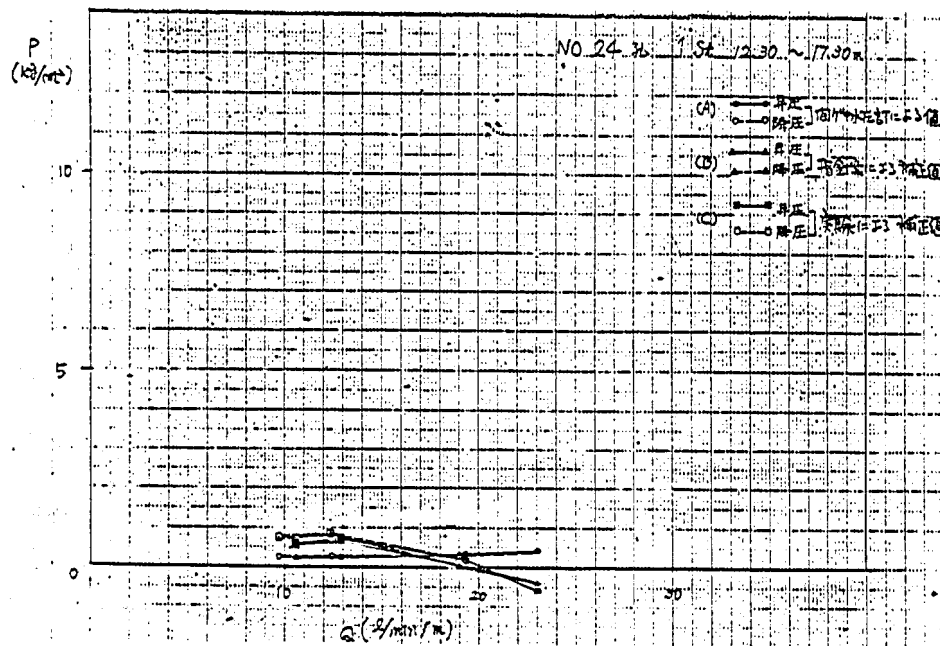
水位 86.30m → 85.60m 水温 7.5°C

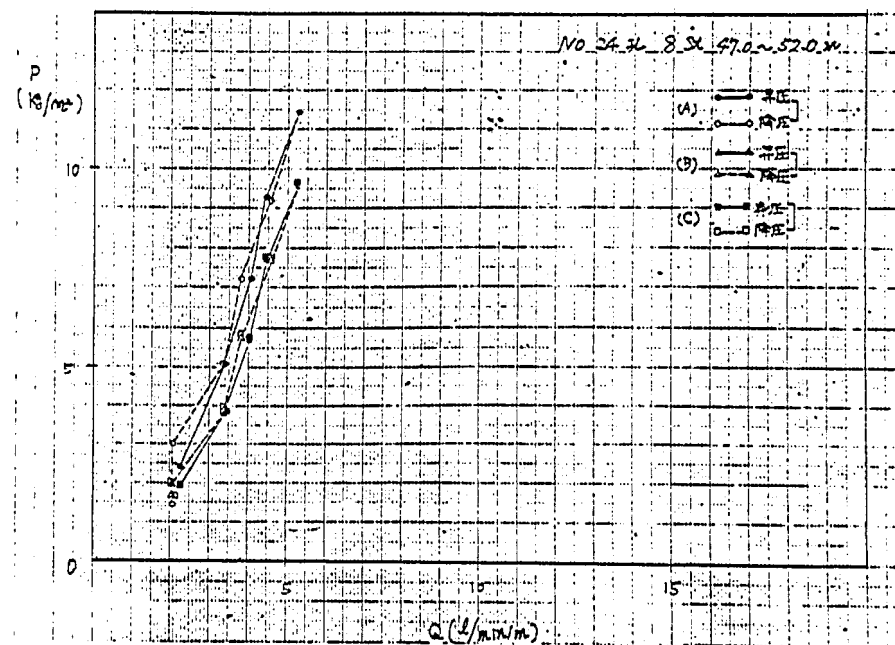
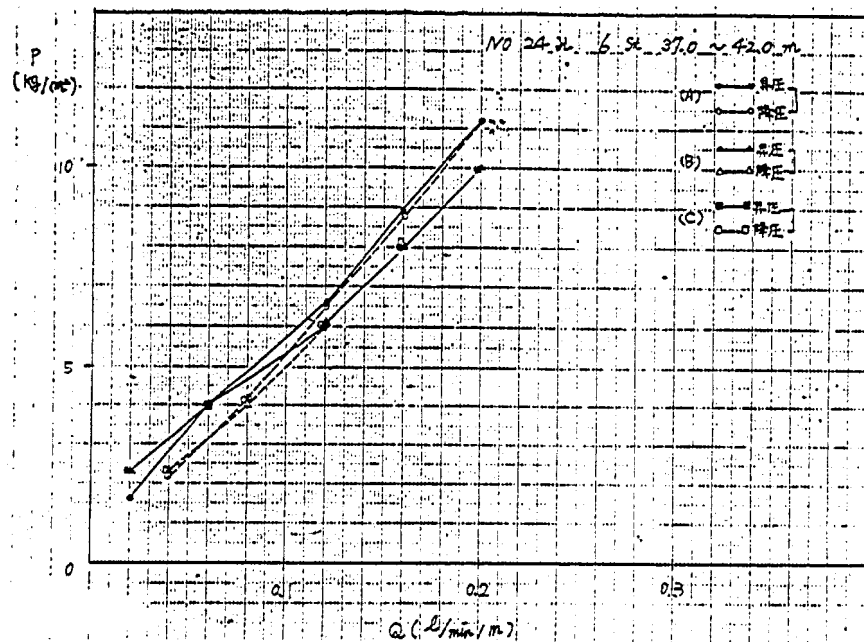
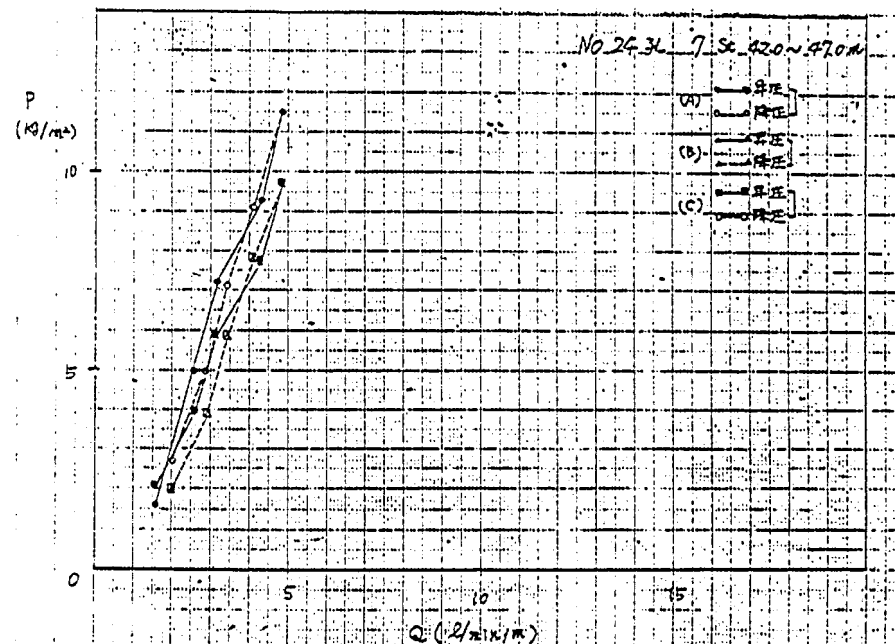
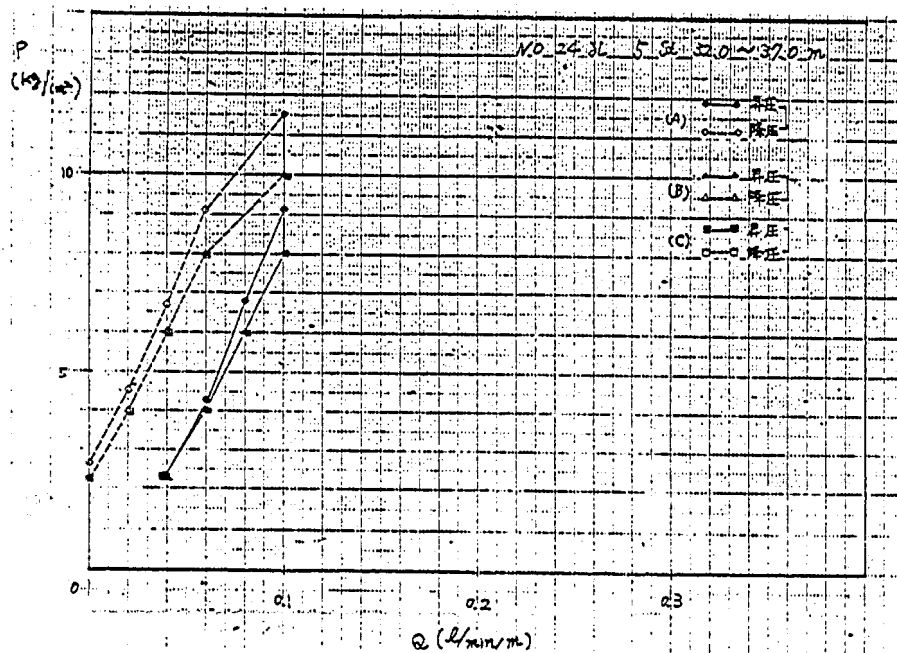
流速 (0-8.5)

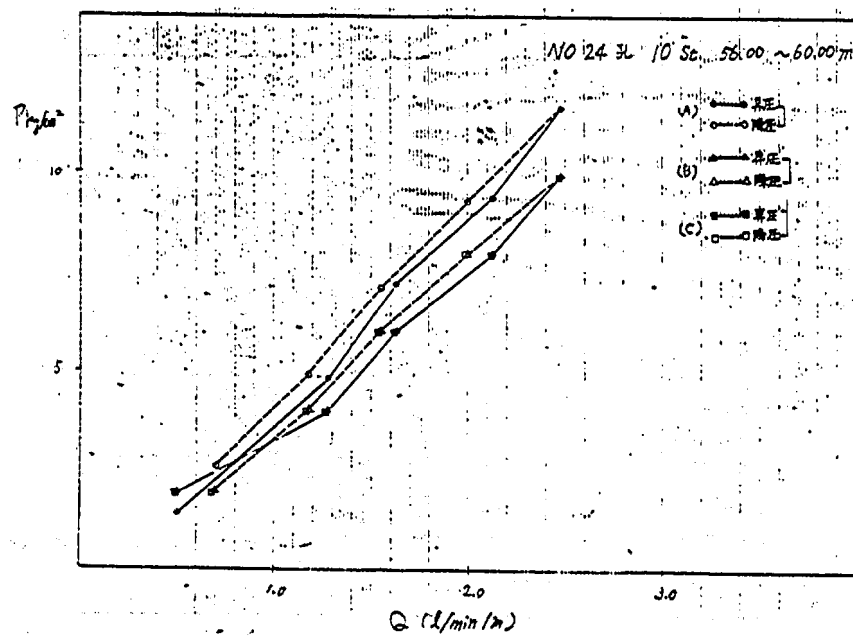
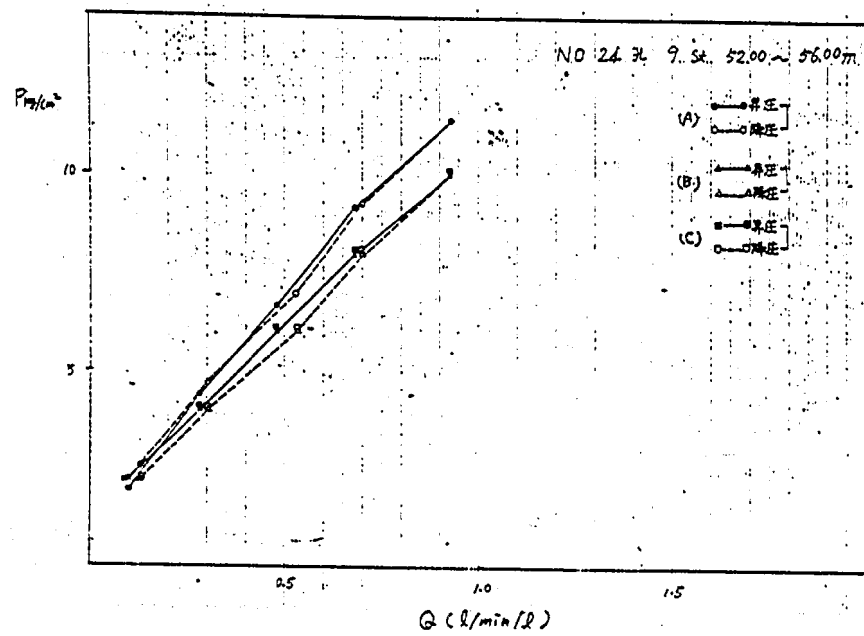












水圧計を利用したルジオン
テストにおける一考察

土研資料第1570号
昭和55年3月(1980)
フィルダム研究室

キーワード

要旨

軟岩のルジオンテストに水圧計を利用して、孔内圧力の直接測定を
行い孔内の圧力変動、 PQ 曲線、ルジオン値、限界圧力をキレツ性の
ある硬岩と比較検討を行った。

郵便はがき

二十円切手
をはって下
さい

3 0 5 - □ □

茨城県筑波郡豊里町旭一番地

建設省土木研究所

フィルダム研究室 御中

No. _____

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第1570号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印