

貯蔵工学センター立地環境調査 — 深層ボーリング 報告書

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

技術資料		
開示区分	レポート No.	受領日
T	J1027 98-012	1998.7.29
<p>この資料は技術管理室保存資料です 閲覧には技術資料閲覧票が必要です 動力炉・核燃料開発事業団 技術協力部技術管理室</p>		

1987年9月

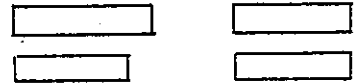
10-89 115
11

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。
〒107-8445 東京都港区赤坂1-9-13
動力炉・核燃料開発事業団
技術協力部 技術管理室

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to: Technical Evaluation and Patent Office, Technology Management Division, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 9-13, 1-chome, Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107-8445, Japan

© 動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation) 1987

貯蔵工学センター立地環境調査－深層ボーリング



要 旨

本調査は、動力炉・核燃料開発事業団が北海道天塩郡幌延町に計画している貯蔵工学センターの、計画地への立地の適否を判断するための調査（「貯蔵工学センター立地環境調査」）のうち、センター敷地における地質状況を明らかにし、各地層の工学的性質を把握するとともに、センター内に計画している深地層試験場の建設にあたっての問題点を検討するための資料を得ることを目的として実施したものである。

本報告書は、が動力炉・核燃料開発事業団の委託により実施した研究の成果である。

実施にあたっては、の協力を受けた。

契約番号：612B048

事業団担当者：（環境資源部環境計画課）

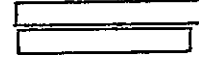
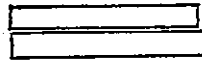
* 東京第二事務所

** 土木設計事務所

個人署名なし
↓
団体署名として
扱う

PNC TJ1027 98-012
SEPTEMBER, 1987

Site Investigation
of
Storage Technology Reserch Center
- Deep Layer Boring



Abstract

This study concerns the investigation to judge propriety of location of the Storage Technology Reserch Center which is planned for establishment at Horonobe, Teshio, Hokkaido by Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation. And the study covers the following matters :

- clarifying the geological features on the site
- grasping the technical properties of each layer
- obtaining data for checking problems in developing the Underground Reserch Laboratory in the Storage Technology Reserch Center.

Work performed by [redacted] under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation in association with [redacted]

PNC Liaison : [redacted] (Waste Management and Raw Material Division, Waste Management Planning Section)

- * Tokyo Design Office
- ** Civil Engineering Office

目 次

	頁
1. まえがき -----	1
2. 調査の方法および結果 -----	5
2. 1 ボーリング調査 -----	5
2. 1. 1 目的 -----	5
2. 1. 2 掘進方法および掘進状況 -----	5
2. 1. 3 ボーリング結果 -----	47
2. 2 孔内検層 -----	76
2. 2. 1 目的 -----	76
2. 2. 2 測定および解析の方法 -----	78
2. 2. 3 検層結果 -----	92
(1) PS検層 -----	92
(2) 電気検層 -----	95
(3) 温度検層 -----	97
(4) 自然放射能検層 -----	98
(5) 密度検層 -----	98
(6) キャリバー検層 -----	100
(7) 音波検層 -----	100
(8) 地下水比抵抗検層 -----	101
2. 3 ボーリング孔を用いた原位置試験 -----	102
2. 3. 1 目的 -----	102
2. 3. 2 試験方法 -----	103

2. 3. 3	試験結果	-----	1 1 8
(1)	孔曲り測定	-----	1 1 8
(2)	揚水試験	-----	1 2 2
(3)	流速測定	-----	1 3 0
(4)	採水	-----	1 3 2
(5)	ガス調査	-----	1 3 4
(6)	追加ガス調査	-----	1 4 5
2. 4	室内岩石試験	-----	1 5 2
2. 4. 1	目的	-----	1 5 2
2. 4. 2	試料の採取	-----	1 5 2
2. 4. 3	試験方法	-----	1 5 3
2. 4. 4	試験結果	-----	1 8 3
(1)	物理試験	-----	1 8 3
(2)	超音波速度測定	-----	1 8 5
(3)	圧裂試験	-----	1 8 5
(4)	一軸圧縮試験	-----	1 8 5
(5)	三軸圧縮試験	-----	1 8 6
(6)	封圧下での圧縮試験	-----	1 8 6
(7)	繰り返し単純せん断試験	-----	1 8 6
(8)	油分含有量試験	-----	2 1 2
(9)	含ガス量試験	-----	2 1 2
(10)	風化試験	-----	2 1 7

2. 5	水質分析	-----	218
2. 5. 1	目的	-----	218
2. 5. 2	分析方法	-----	218
2. 5. 3	分析結果	-----	220
3.	あとがき	-----	227

〈別冊付図集目次〉

付図-1	貯蔵工学センター立地環境調査	深層ボーリング調査敷地地質平面図 (縮尺 1:5000)
付図-2	貯蔵工学センター立地環境調査	深層ボーリング調査敷地地質断面図 (縮尺 1:5000)
付図-3 (1)	深層ボーリング柱状図	
付図-3 (2)	深層ボーリング柱状図	
付図-4	P S 検層波形一覧	
付図-5	P S 検層走時曲線	
付図-6	電気, 地下水比抵抗検層結果	
付図-7	温度検層結果 その1	
付図-8	温度検層結果 その2	
付図-9	キャリバー, 自然放射能, 密度検層結果	
付図-10	音波検層波形一覧	
付図-11	キャリバー, 音波, P S 検層結果	
付図-12	流速測定結果	

〈別冊資料集目次〉

1. ケーシング挿入実績表
2. ボーリングコア硬度測定データ
3. 試錐櫓用基礎計算書
4. 追加ガス調査揚水気液分離試験結果
5. 追加ガス調査湧水ガス調査結果
6. 水質基準
7. 既存文献
8. 物理試験結果
9. 超音波速度測定結果
10. 圧裂試験結果
11. 一軸圧縮試験結果
12. 封圧下での圧縮試験結果
13. 三軸圧縮試験結果
14. 繰り返し単純せん断試験結果

〈別冊写真集-1 ボーリングコア写真〉

〈別冊写真集-2〉

〈別冊写真集-3 室内岩石試験供試体写真(1)～(5)〉

図 一 覧

- 図1-1 調査地点位置図
- 図1-2 調査内容一覧図
- 図2-1-1 ボーリングサイト内仮設設備の配置
- 図2-1-2 掘削設備の仮設図
- 図2-1-3 ボーリング基礎工
- 図2-1-4 噴出防止装置概要図
- 図2-1-5 廃泥処理用ビット
- 図2-1-6 ワイヤーラインコアバーレルの概要
- 図2-1-7 掘孔時のドリルシステム
- 図2-1-8 深層ボーリング掘削進捗状況
- 図2-1-9 深層ボーリングバーチャート
- 図2-1-10 深層ボーリング掘削実績
- 図2-1-11 深層ボーリングケーシング挿入実績
- 図2-1-12 深層ボーリングケーシング構成
- 図2-1-13 ケーシングシール部の概要
- 図2-1-14 セメンティングの方法
- 図2-1-15 ボーリング孔内障害
- 図2-1-16 ボーリングコアの保管
- 図2-1-17 室内試験試料の運搬、保存
- 図2-1-18 岩石のコーン貫入試験装置
- 図2-1-19 (1)～(7) 深層ボーリング結果概要図

- 図2-1-20 深層ボーリング結果模式図
- 図2-1-21 コーン貫入抵抗値深度分布
- 図2-1-22 (1)～(5) コーン貫入抵抗値のヒストグラム
- 図2-2-1 孔内検層測定系統概念図
- 図2-2-2 PS検層振源概念図
- 図2-2-3 PS検層測定系ブロック図
- 図2-2-4 PS検層解析流れ図
- 図2-2-5 電気検層検出機構概念図
- 図2-2-6 自然放射能検層の校正用ビット
- 図2-2-7 γ 線のエネルギーレベルと質量吸収係数の関係
- 図2-2-8 ストレーナ設置状況図
- 図2-2-9 孔内検層総合柱状図
- 図2-2-10 SP曲線の泥岩基線とトレンドの状況
- 図2-2-11 温度(非定常)検層結果
- 図2-3-1 孔曲り測定器の仕様、構成
- 図2-3-2 揚水試験概要図
- 図2-3-3 流速計ゾンデ概念図
- 図2-3-4 採水器概要および構造図
- 図2-3-5 現地ガス分離装置及び操作手順
- 図2-3-6 気液分離槽によるガス調査概要図
- 図2-3-7 湧水ガス調査観測孔概要図
- 図2-3-8 湧水ガス調査装置概念図

- 図 2-3-9 座標計算結果
- 図 2-3-10 深度方向の孔曲り状況
- 図 2-3-11 GL-143~155m (更別層上部) の揚水試験結果
- 図 2-3-12 GL-290~300m (更別層下部) の揚水試験結果
- 図 2-3-13 GL-800~810m (勇知層) の揚水試験結果
- 図 2-3-14 回復水位測定後の圧力測定結果 (GL-800~810m ; 勇知層)
- 図 2-3-15 GL-1000 ~1355m (声問層) の揚水試験結果
- 図 2-3-16 回復水位測定後の圧力測定結果 (GL-1000 ~1355m ; 声問層)
- 図 2-3-17 流速測定結果図
- 図 2-3-18 揚水気液分離試験の水質及びガス濃度測定結果
(GL-143~155m ; 更別層上部)
- 図 2-3-19 揚水気液分離試験の水質及びガス濃度測定結果
(GL-290~300m ; 更別層下部)
- 図 2-3-20 揚水気液分離試験の水質及びガス濃度測定結果
(GL-800~810m ; 勇知層)
- 図 2-3-21 揚水気流分離試験結果 (GL-1000 ~1355m ; 声問層)
- 図 2-3-22 孔口ガス発生量測定結果 (GL-1000 ~1355m ; 声問層)
- 図 2-3-23 揚水ガス調査結果 (GL-1000 ~1355m ; 声問層)
- 図 2-4-1 室内岩石試験の実施深度一覧図
- 図 2-4-2 超音波速度測定の実験概念図
- 図 2-4-3 圧裂試験概念図
- 図 2-4-4 圧裂試験装置概要図

- 図2-4-5 一軸圧縮試験装置概要図
- 図2-4-6 圧密封切り時間の決定法
- 図2-4-7 三軸圧縮試験装置概要図
- 図2-4-8 残留強度の決定法
- 図2-4-9 破壊包絡線の算出法
- 図2-4-10 繰り返し単純せん断試験フローチャート
- 図2-4-11 繰り返し単純せん断試験装置概要図
- 図2-4-12 繰り返し単純せん断試験測定系統図
- 図2-4-13 $G \cdot h$ の算出法
- 図2-4-14 ソックスレー抽出器
- 図2-4-15 泥質岩中のガス採取装置
- 図2-4-16 物理試験結果の深度分布一覧図(1)
- 図2-4-17 物理試験結果の深度分布一覧図(2)
- 図2-4-18 超音波速度測定結果の深度分布一覧図
- 図2-4-19 一軸圧縮試験及び圧裂試験結果の深度分布一覧図
- 図2-4-20 封圧下での圧縮試験及び三軸圧縮試験結果の深度分布一覧図
- 図2-4-21 動せん断弾性係数 G および減衰定数 h の深度分布図
- 図2-4-22 コア中油分およびメタンガス含有量
- 図2-5-1 深層ボーリング孔水質分析結果
- 図2-5-2 幌延周辺地域石油・ガス試掘井位置図
- 図2-5-3 幌延周辺地域石油・ガス試掘井天然ガス付随水水質分析結果

表 一 覧

表1-1	孔内検層原位置試験室内試験数量一覧表
表2-1-1	ボーリングマシンの仕様
表2-1-2	(1)(2)仕様機械器具一覧
表2-1-3	各作業の所要日数
表2-1-4	(1)～(4)ボーリング掘削実績
表2-1-5	深層ボーリング掘進データ
表2-1-6	泥材一覧
表2-1-7	泥水試験器具
表2-1-8	泥水の性質
表2-1-9	泥水の粘性
表2-1-10	ケーシング数量
表2-1-11	ケーシング挿入時に障害のあった深度
表2-1-12	ケーシングのセメンティング
表2-1-13	コア鑑定に用いた地質分類
表2-1-14	岩種別コーン貫入抵抗値の平均値および標準偏差
表2-1-15	割れ目の分布状況
表2-2-1	使用機器一覧
表2-3-1	測定条件
表2-3-2	採水試料の現地測定及び前処理
表2-3-3	ガス分離試験時送気管深度
表2-3-4	ガス分離試験測定項目及び機器

表2-3-5	各深度の孔の方位, 角度
表2-3-6	透水係数算定結果
表2-3-7	GL-143~155m (更別層上部) の揚水試験結果
表2-3-8	GL-290~300m (更別層下部) の揚水試験結果
表2-3-9	GL-800~810m (勇知層) の揚水試験結果
表2-3-10	回復水位測定後の圧力測定結果 (GL-800~810m ; 勇知層)
表2-3-11	GL-1000 ~1355m (声問層) の揚水試験結果
表2-3-12	回復水位測定後の圧力測定結果 (GL-1000 ~1355m ; 声問層)
表2-3-13	流速測定による透水係数算出結果
表2-3-14	採水深度及び採水回数
表2-3-15	現地水質測定及び溶存ガス分離結果
表2-3-16	揚水気液分離試験最終ガス濃度
表2-3-17	揚水気液分離試験の揚水量及びガス量測定結果 (GL-143~155m ; 更別層上部)
表2-3-18	揚水気液分離試験の水質及びガス濃度測定結果 (GL-143~155m ; 更別層上部)
表2-3-19	揚水気液分離試験の揚水量及びガス量測定結果 (GL-290~300m ; 更別層下部)
表2-3-20	揚水気液分離試験の水質及びガス濃度測定結果 (GL-800~810m ; 勇知層)
表2-3-21	揚水気液分離試験結果 (GL-800~810m ; 勇知層)
表2-3-22	孔口湧水量及びガス発生量測定結果 (GL-800~810m ; 勇知層)

表2-3-23	揚水気液分離試験結果 (GL-1000 ~1355m ; 声問層)
表2-3-24	水位回復に伴う孔中ガス濃度測定結果 (GL-1000 ~1355m ; 声問層)
表2-3-25	孔口ガス発生量測定結果 (GL-1000 ~1355m ; 声問層)
表2-3-26	地下水面直上ガス分析結果
表2-3-27	溶存ガス分析結果
表2-3-28	揚水ガス調査の揚水量測定結果 (GL-1000 ~1355m ; 声問層)
表2-3-29	揚水ガス調査の水質及びガス濃度測定結果 (GL-1000 ~1355m ; 声問層)
表2-3-30	湧水ガス調査結果 (GL-800~810m ; 勇知層)
表2-3-31	湧水ガス調査結果 (GL-1000 ~1355m ; 声問層)
表2-3-32	室内ガス分析結果
表2-4-1	繰り返し単純せん断試験使用機器一覧表
表2-4-2	物理試験結果一覧表
表2-4-3	超音波速度測定結果一覧表
表2-4-4	圧裂試験結果一覧表
表2-4-5	一軸圧縮試験結果一覧表
表2-4-6	三軸圧縮試験 (CD) および封圧下での圧縮試験結果一覧表
表2-4-7	繰り返し単純せん断試験結果一覧表
表2-4-8	地層毎油分含有量

表2-4-9	コア中の油分含有量測定の結果
表2-4-10	地層毎メタン含有量
表2-4-11	コア中の含ガス量測定の結果
表2-4-12	風化試験結果
表2-5-1	水質分析試料の内訳
表2-5-2	試料項目および試験方法
表2-5-3	水質分析結果
表2-5-4	幌延周辺地域石油・ガス試掘井天然ガス付随水分析表

1. まえがき

本調査は、貯蔵工学センター立地環境調査の一環として、同センター予定敷地の地質状況を明らかにし、各地層の工学的性質を把握して、深地層処分試験場としての問題点検討の資料をうることを目的として実施したものである。

調査の概要は次のとおりである。

調査地

北海道天塩郡幌延町開進

浅層ボーリングのNo.B-1地点（図 1-1参照）

調査内容及び数量

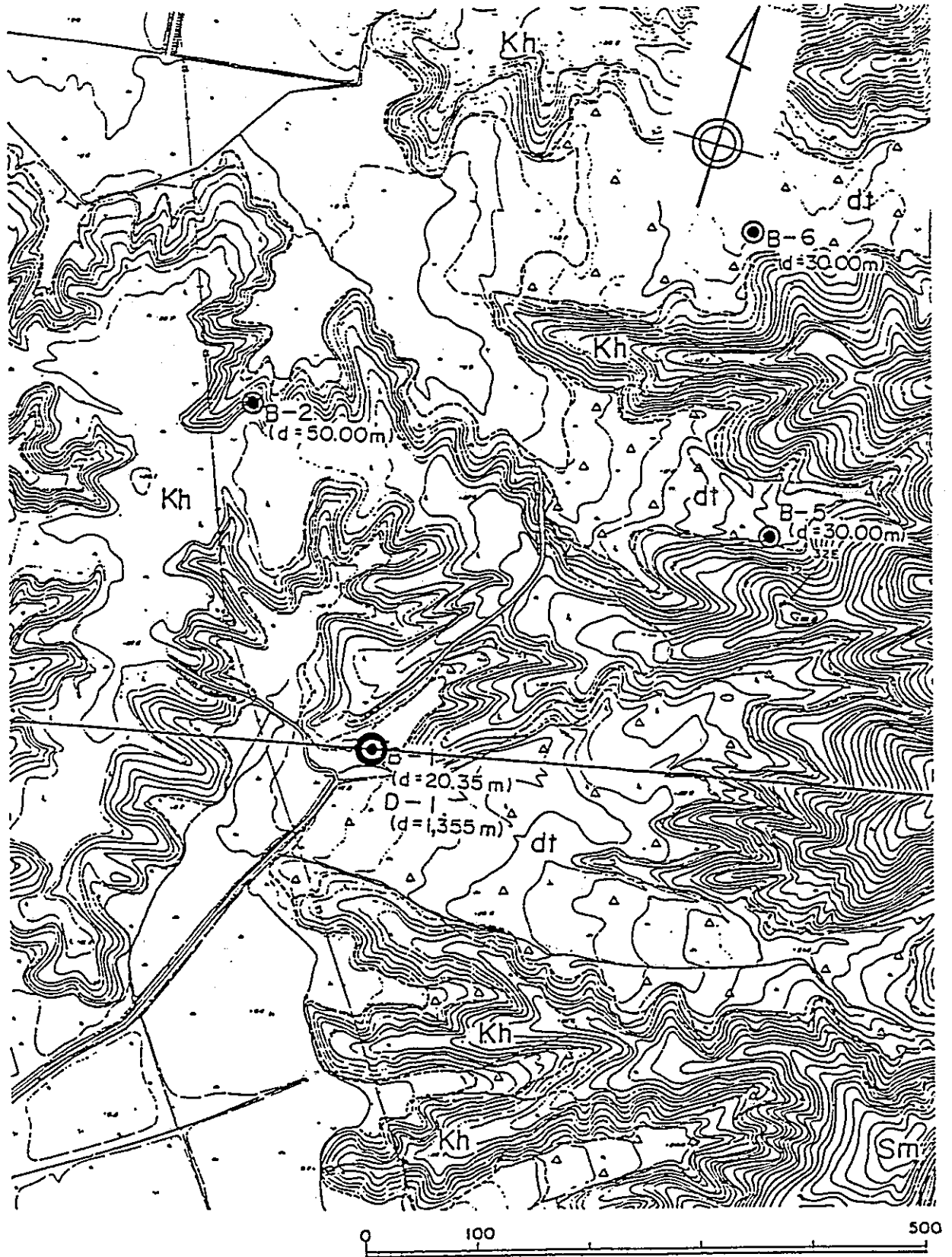
図 1-2及び表 1-1に調査内容及び数量を示した。

調査期間

自 昭和61年10月 9日

至 昭和62年 8月31日

調査者



B-1, 2, 3, 4: 浅層ボーリング (既実施)

D-1 : 深層ボーリング

図1-1 調査地点位置図

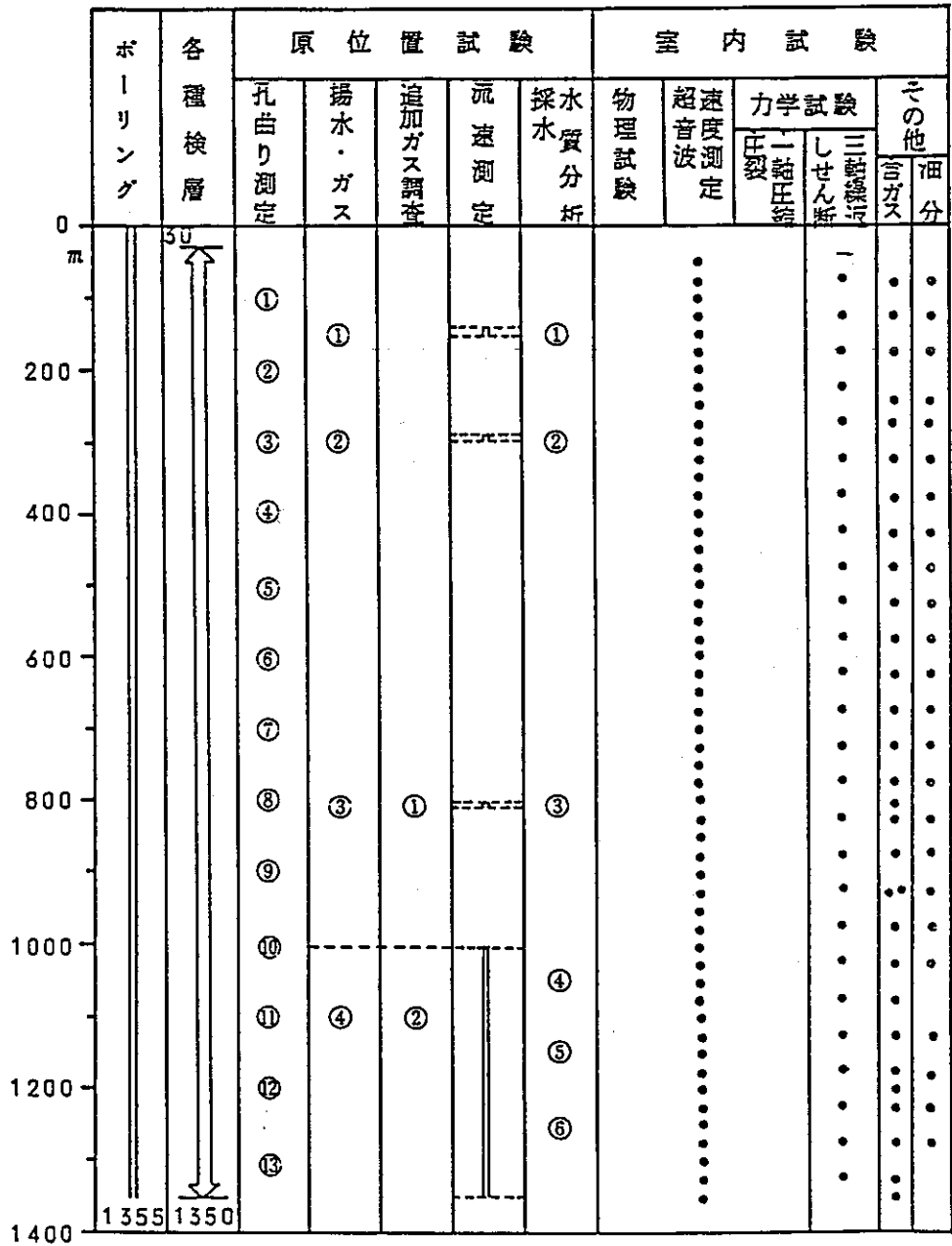


図1-2 調査内容一覧図

表 1-1 孔内検層原位置試験室内試験数量一覧表

孔内検層

項目	数 量 等	
PS 検層	1320m	30 ~ 1350m
電気検層	1314	30 ~ 550 556 ~ 1350
温度検層	1343	定常 5 ~ 1348
温度検層	348	非定常 1000 ~ 1348
密度検層	1320	30 ~ 1350
自然放射能 検層	1320	30 ~ 1350
キャリバー 検層	1314	30 ~ 550 556 ~ 1350
音波検層	1314	30 ~ 550 556 ~ 1350
地下水比抵抗 検層	1182	3 ~ 1185

室内試験

項目		数 量 等	
物理 試験	密 度	53	25m毎
	含 水 比	53	〃
	有効間隙率	53	〃
	吸 水 率	53	〃
超音波速度測定		53	〃
力 学 試 験	圧 裂	53	〃
	一軸圧縮	供試体 2×53ヶ	〃
	封圧下での圧縮	2×53	〃
	三軸圧縮(C D)	4×27	50m毎
	繰返し単純 せん断	54	〃
そ の 他	油分含有量	24	〃
	合ガス量	30	〃
水 質 分 析		8	追加ガス調 査等を含む
ガ ス 分 析		13	発生ガス 7 溶存ガス 6
風 化 試 験		3	——

原位置試験

項目	数 量 等	
孔曲り測定	13 回	100 m 毎
揚水試験	4 回	——
流速測定	380 m	——
採 水	6 ケ	——
ガス調査	4 回	——
追加ガス調査	2 回	——

2 調査の方法および結果

2・1 ボーリング調査

2・1・1 目的

貯蔵工学センター計画地点の地質分布、地質構造、地盤の工学的性質を明らかにし、施設立地上の資料を得るため深層ボーリングを実施した。

2・1・2 掘進方法及び掘進状況

(1) 使用機材

ボーリングマシンは、利根ボーリング製のTXL-3を使用した。

ボーリングマシンの仕様を表2-1-1に、また、その他の仮設、掘進ツール類、泥材等の一覧を表2-1-2に示す。

表2-1-1 ボーリングマシンの仕様

仕 様	機 種
	TXL-3
能 力 (馬)	2,800/3,000 BW/BOT 2,200/2,300 NW/NOT 1,400/1,600 HW/HOT 1,200 POT
スピンドル回転数 (rpm)	Aシリーズ(正) 40, 70, 120, 220 (逆) 30, 55, 100, 180 Bシリーズ(正) 85, 140, 225, 460 (逆) 70, 115, 210, 375
スピンドル内径 (mm)	160
スピンドルストローク (mm)	750
給圧力/クランプ力 (kg)	15,000/20,000
巻上能力 (kg)	5,000
所要馬力 (kw)	22-37-4p
寸法(長×幅×高) (mm)	1,670 × 1,730 × 2,240
重量(除原動機) (kg)	5,850

表2-1-2(1) 使用機械・器具一覧

項目	種別	型式	仕様	数量	備考
掘削機材	試錐機	和機 TXL-3	表2-1参照	1	
	試錐ポンプ	和研 MG-40	500ℓ/分, 25kg/cm ²	1	
	試錐ポンプ	和機 NDH-100	100ℓ/分, 25kg/cm ²	1	
	マッドミキサー	和機 MCE-200	400ℓ	1	
	マッドスクリーン	日本精機製	一層式	1	
	ワイヤーラインホイスト	カナサキ産機製		1	
	ウィンチ	トヨコウ マイナー MA-7	1 ton	1	
	揚水ポンプ	桜川 CS750	400ℓ/分, 5kg/cm ²	2	
	エンジン	NP-60	88 HP	1	試錐機用
	モーター		22 Kw	1	MG-40用
	モーター		11 Kw	2	NDH.ワイヤーライン機用
	モーター		3.7 Kw	1	マッドスクリーン用
	モーター		2.2 Kw	1	マッドミキサー用
	試錐機	和田鉄工所 AW-33-15.5	15.5 m	1	
	シート		15.5 m	4	機材用
	トラワイヤー		12φ	100 m	機固定用
	サクシヨンドタンク		1.5×0.9×0.6	1	
	デッチライン		4.1×1.0×0.4	1	
	ウォータースイベル		6, 11, 50 ton	3	
	トラベリングブロック		30 ton	2	
ロータリートレグ	C 型		1		
ロッドホルダ	油圧式		2		
掘削器具	コアバレル	ワイヤーライン型	二重管式	1	
	コアバレル	ワイヤーライン型	二重管式	1	
	コアバレル	シングル型		1	
	ボーリングロッド		HQ-WL	1360 m	
	ドリルパイプ		2 7/8"	996 m	
	ダイヤモンドビット	テーパービット	HQ-OV	8	
	メタルクラウン		86.0 φ	1	
	トリコンビット		269.9 φ	1	
	トリコンビット		215.9 φ	2	
	トリコンビット		158.7 φ	1	
	トリコンビット		125.0 φ	2	
	ダイヤモンドリーマー		101.0 φ	7	
	スタビライザー		10 5/8"	5	
	スタビライザー		8 2/1"	5	
	スタビライザー		6 4/1"	4	
	ドリルカラー		6" × 3m	2	
ドリルカラー		4" × 6m	9		
ケーシングパイプ類	ケーシングパイプ	SGP	9"	28.58 m	
	ケーシングパイプ	STKM	7"	248.62 m	
	ケーシングパイプ	STPG	5"	319.35 m	
	ケーシングパイプ	STPG	4"	448.83 m	

表2-1-2(2) 使用機械・器具一覧

項目	種別	型式	仕様	数量	備考
ケーシング パイプ類	ケーシングパイプ	スリット加工, STPG	3"	355.52 個	シュー含む
	ベルカラー		5" (Q=0.12)	1	
	ベルカラー		4" (Q=0.12)	1	
	ベルカラー		3" (Q=0.15)	1	
メンテナンス 器具	フロートシュー		9" (Q=0.42)	1	
	フロートシュー		7" (Q=0.38)	1	
	フロートシュー		5" (Q=0.34)	1	
	フロートシュー		4" (Q=0.34)	1	
	ボトムプラグ		102.3 φ	1	
	トッププラグ		102.3 φ	1	
仮設建屋	タンク		0.5 m ³	3	
	足場パイプ		5.5 個	130	
	クランプ	足場材クランプ	自在・直交	200	
	パネル		1800 × 900	120	
	パネル		1800 × 300	80	屋根材
	床材		6 t × 400	110	
暖房器具	シート	クロスシート		10	
	ジェットヒーター			2	
	石油ストーブ	ポット式		3	
燃料	ヒーター	電熱式		2	泥水用
	軽油			19080 個	炊爨機
泥材	灯油			9100 個	暖房
	ベントナイト	クニミネ工業 ケル V1		16955 kg	
	カセイソーダ	旭硝子	NET 25 kg	412 kg	
	CMC	株テルナイト	NET 20 kg	655 kg	
	アステックス	株テルナイト	NET 20 個	670 個	
	リボナイト, リグネート	株テルナイト	NET 20 kg	6911 kg	
	マッドオイル	スピーダP	NET200 個	120 個	
	ソーダ灰	旭硝子	NET 25 kg	120 kg	
調泥用 計器	比重測定器	マッドバランス		1	
	粘性測定器	ファンネル粘度計		1	
	脱水量測定器	フィルタープレス	API規格	1	
	pH測定器	東洋OH試験紙(先ホリユ)		1	
メンテナンス 材	セメント	普通ポルトランドセメント		4240 kg	
	急結剤	塩化カルシウム		200 kg	
固化剤	テルクリート			2000 kg	固化
	MF-50			250 kg	固化
その他	除雪機			1	
	溶接器	ガス溶接器		1	
	溶接器	アーク溶接器		1	
	噴出防止装置	カメロン新形	BOP. 4" × 60 k	1	

(2) 仮設

図2-1-1に、ボーリングサイト内仮設設備の配置を、図2-1-2に掘削設備の仮設状況を示す。仮設設備は、作業用仮設建屋、試錐機、櫓、デッチライン、オペレーター室、検層用観測室、PS検層振源などで構成される。

掘削設備は概ね9m×14mの範囲に仮設され、また、櫓から3方向にトラを取り、櫓の転倒防止をはかっている。

また、作業期間が冬期にあたるため、作業用仮設建屋はパイプ足場材によって組立てたのち、全体をシート、パネルで囲い、デッチラインには泥水の凍結防止のための電熱ヒーターを設け、作業場は大型のジェットヒーターおよび石油ストーブで暖房を行った。

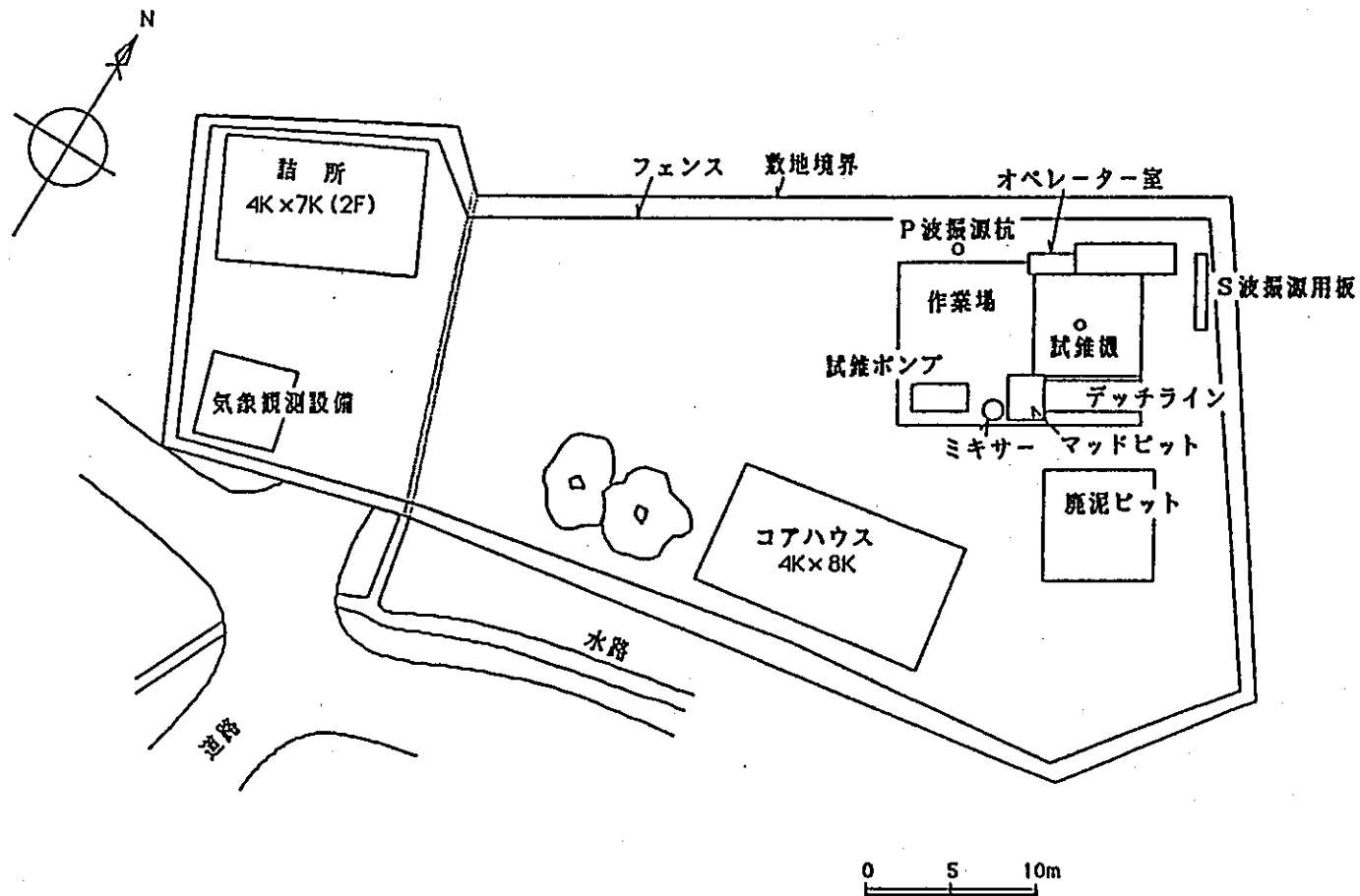


図2-1-1 ボーリングサイト内仮設設備の配置

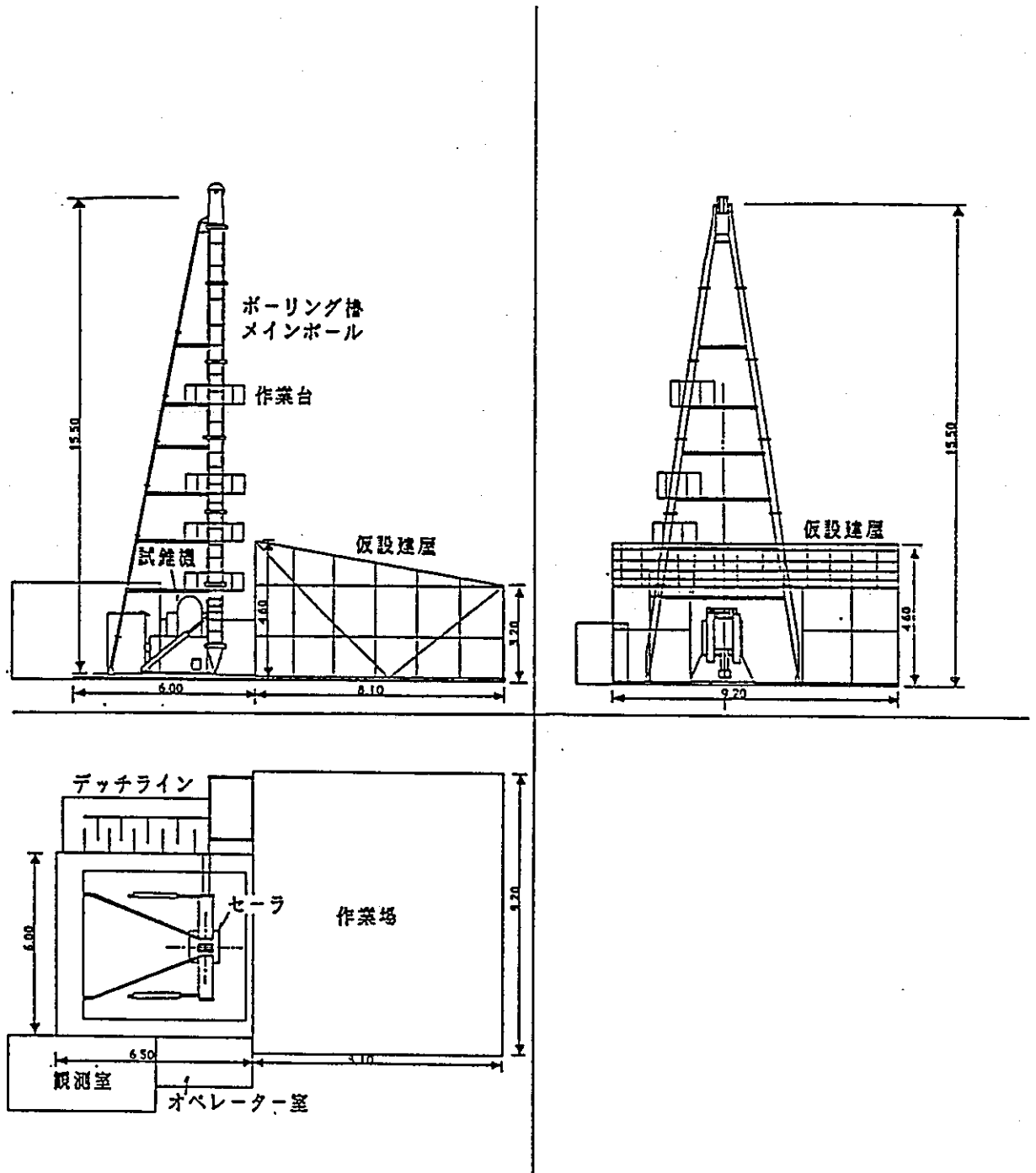


図2-1-2 掘削設備の仮設図

(3) 試錐機、櫓の基礎

試錐機、櫓の基礎は、B-1地点で実施された浅層ボーリング調査結果に基づいて設計・施工された既設の基礎工を使用した。

基礎工の基礎形式は、木杭による杭基礎となっている。基礎の設計条件および安定性の検討結果は、資料の「試錐櫓用基礎計算書」に示したとおりである。図2-1-3に基礎工の形状を示す。

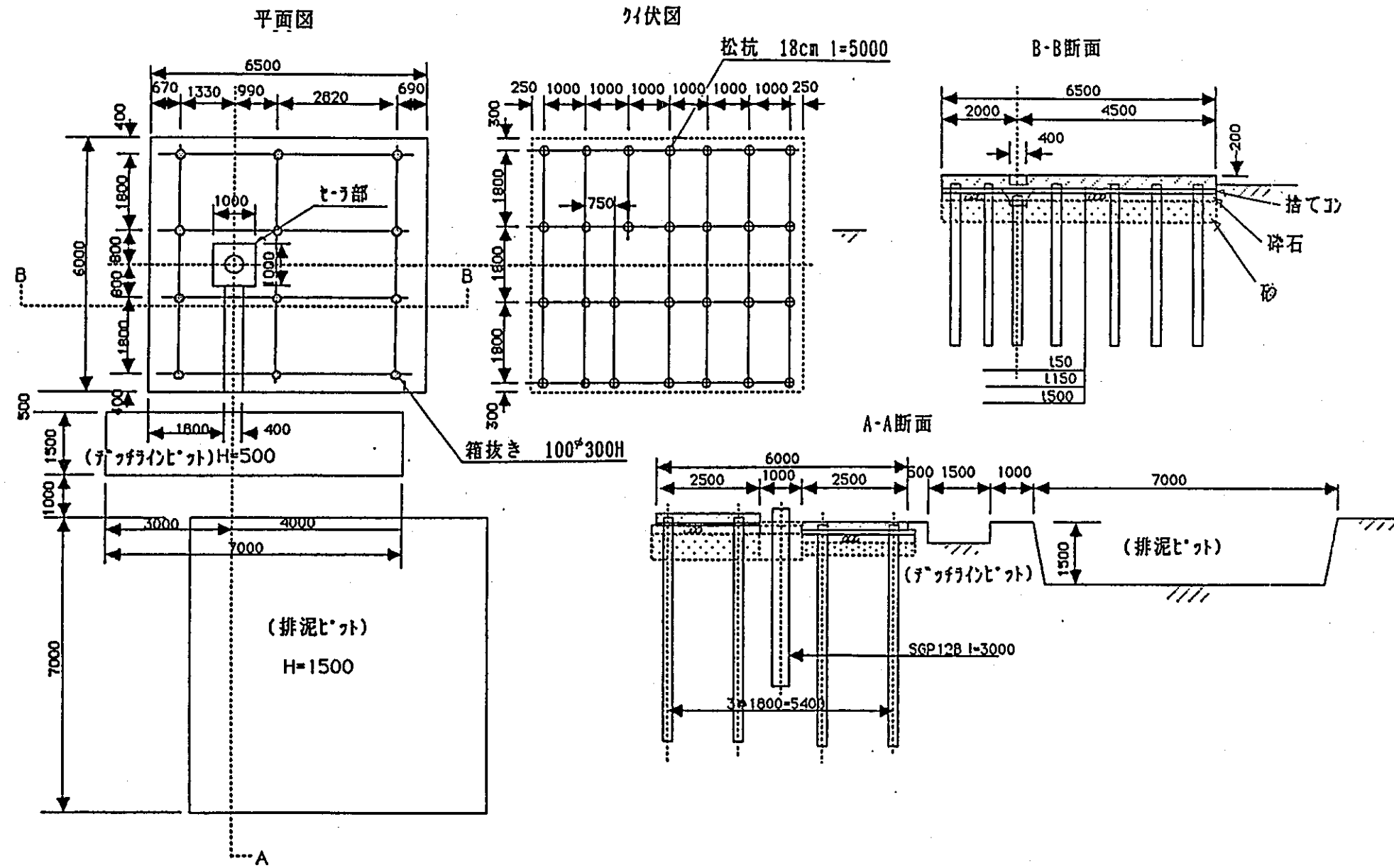


図2-1-3 ボーリング基礎工

(4) 防噴対策

ボーリング掘削途中のブローアウトに対処するため、孔口に噴出防止装置としてブローアウトプリベンター（BOP）を設置した。

装置の型式は、カメロン型で、図2-1-4に示すような構成となっており、操作は油圧または手動によって行う。

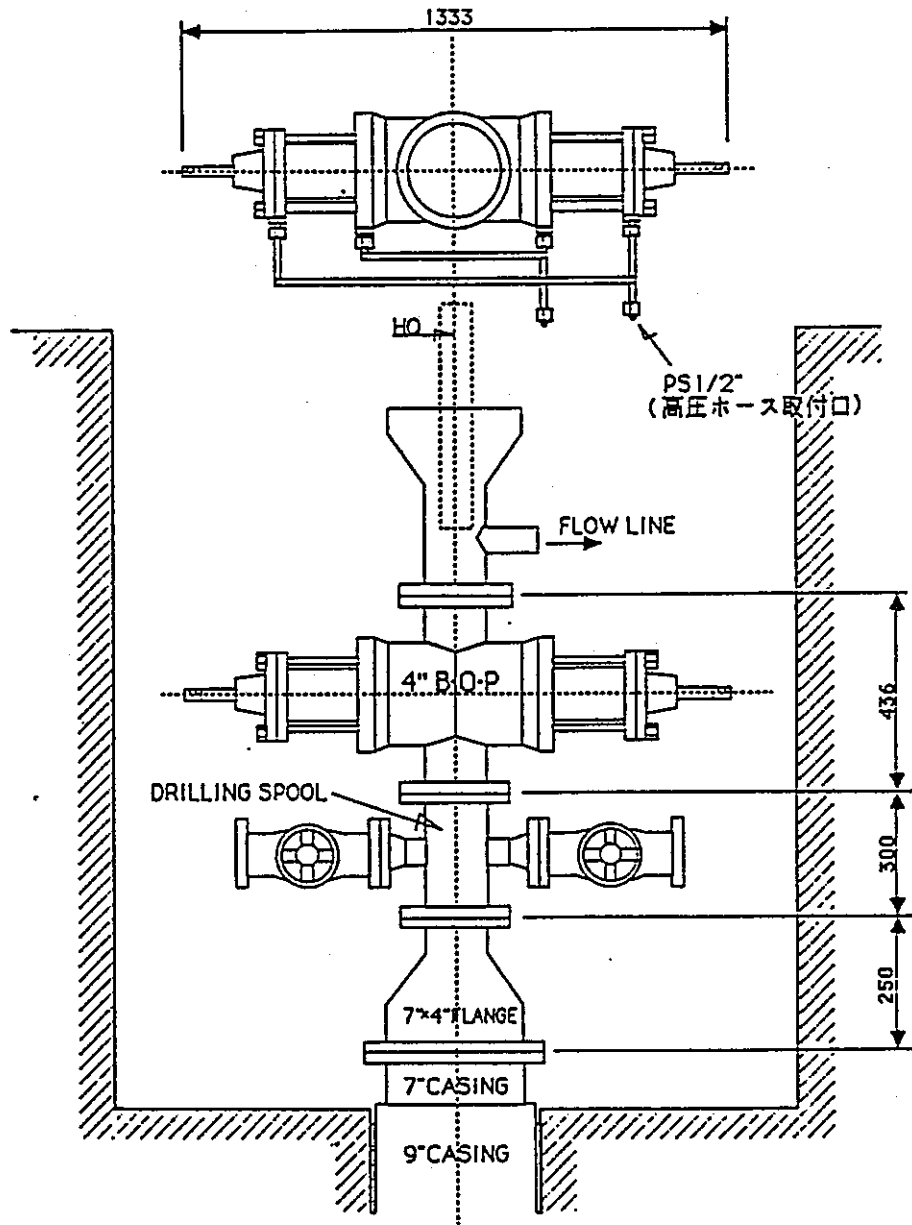


図 2 - 1 - 4 噴出防止装置概要図
 (加Q)新型BOP, 4" x 60K)

(5) 廃泥処理

ボーリング掘削によって生じる掘くず、廃泥水の処理は、ボーリング地点脇に設けられた既設の廃泥用ビット (7m×7m×H1.5m) に排出し処理を行った。処理方法は、廃泥水、掘くず全体を処理剤によって直接固化する直接法とし、ビット内でそのまま重機で攪拌、混合し固化を行っている。

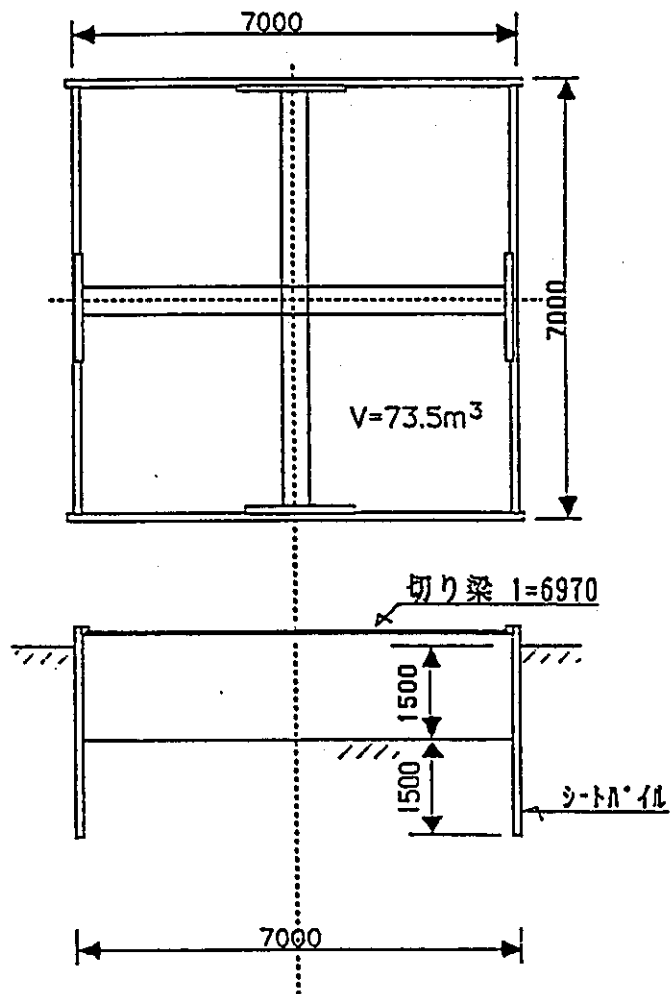


図 2 - 1 - 5 廃泥処理用ビット

固化剤の使用量、種類、処理量は、以下のとおりである。

○ 固化剤

テルクリート ----- 2,000 kg (処理量の 5%)

MF-50 ----- 250 kg (処理量の 0.5%)

○ 廃泥処理量

掘削 ----- 35.5 t (単体 1.5 t/m³)

排泥水 ----- 4.9 t (単体 1.0 t/m³)

計 40.4 t

廃泥の固化状況は、固化作業後 5 日で、人の歩ける程度に固化が進んでいる。

ピットの埋めもどしは、固化作業後の 5 日めに行い、ブルドーザーによって土砂の埋めもどし、締め固めを行ったのち、シートバイルを回収した。

(6) 掘削工法

ボーリングの掘削は、循環水として泥水を使用する泥水工法によって、また、コアの採取はワイヤーライン工法によって行った。

ビットは、コアボーリングでは、テーバードタイプのダイヤモンドビット（サーフェイス）を使用し、拡孔段階ではトリコンビットを使用した。また、コアの採取は、二重管式ワイヤーラインコアバーレル、三重管式ワイヤーラインコアバーレルを併用して行い、一部シングル型コアバーレル（メタルクラウン）も使用した。

それぞれのコアバーレルの概要を図2-1-6に、拡孔時のドリルシステムを図2-1-7に示す。

今回のボーリングでは、特に更別層の固結度が低く、また、更別層の中～下部に未固結な礫岩が分布するため、コアの採取において、各種のコアバーレルを多用し、コアリフターの加工、工夫を行った。

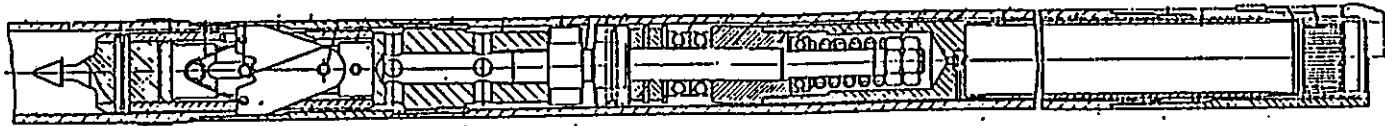
その結果、更別層の砂岩、礫岩は、二重管式ワイヤーラインコアバーレルに、インナーシューがビットより先行するタイプのコアリフターケースを組合せたもので、また、勇知層については、主に二重管式および三重管式ワイヤーラインコアバーレルで対応した。

コアリフターは、更別層、勇知層ではいずれもバスケットタイプを使用しており、また送水量は極力おさえ、こまめにコアバーレルの昇降を行っている。

声問層については、二重管式ワイヤーラインコアバーレルと一般的なコアリフターで対応できた。

泥水は、当地点の地質が固結度の低い細粒砂岩、泥岩等を主体とするところから、泥岩層の保護機能のすぐれたリグネート泥水を使用している。泥水の詳細については、掘削実績の項で述べる。

HQワイヤーラインコアバーレル (二重管式)



HQワイヤーラインコアバーレル (三重管式)

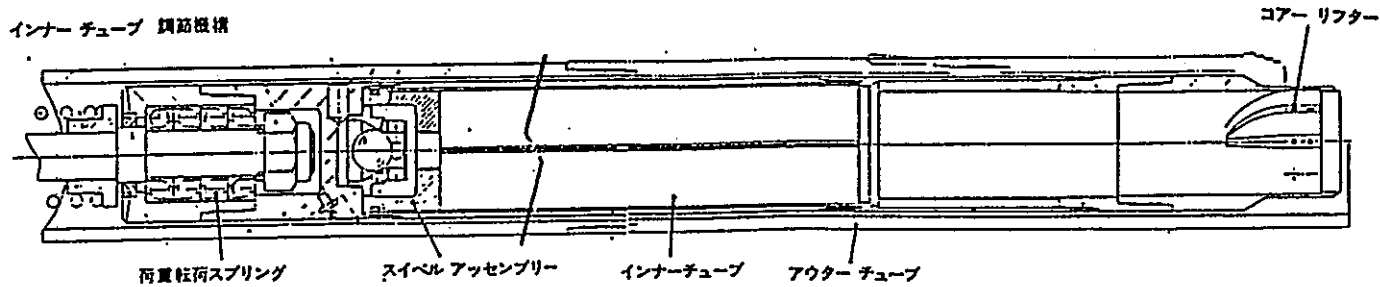
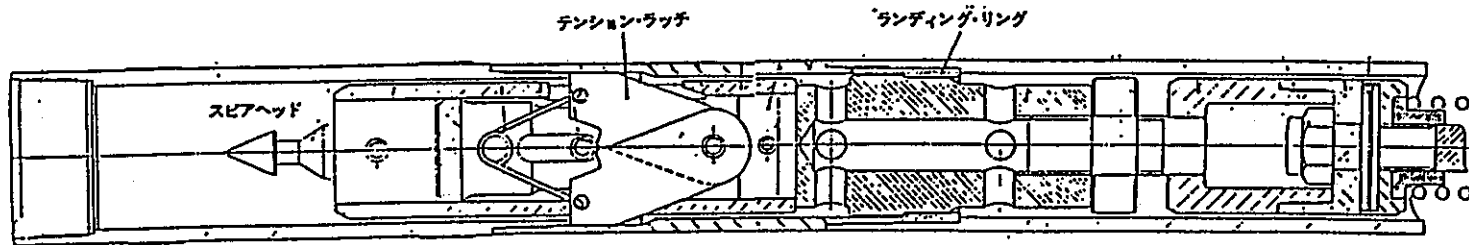


図2-1-6 ワイヤーラインコアバーレルの概要

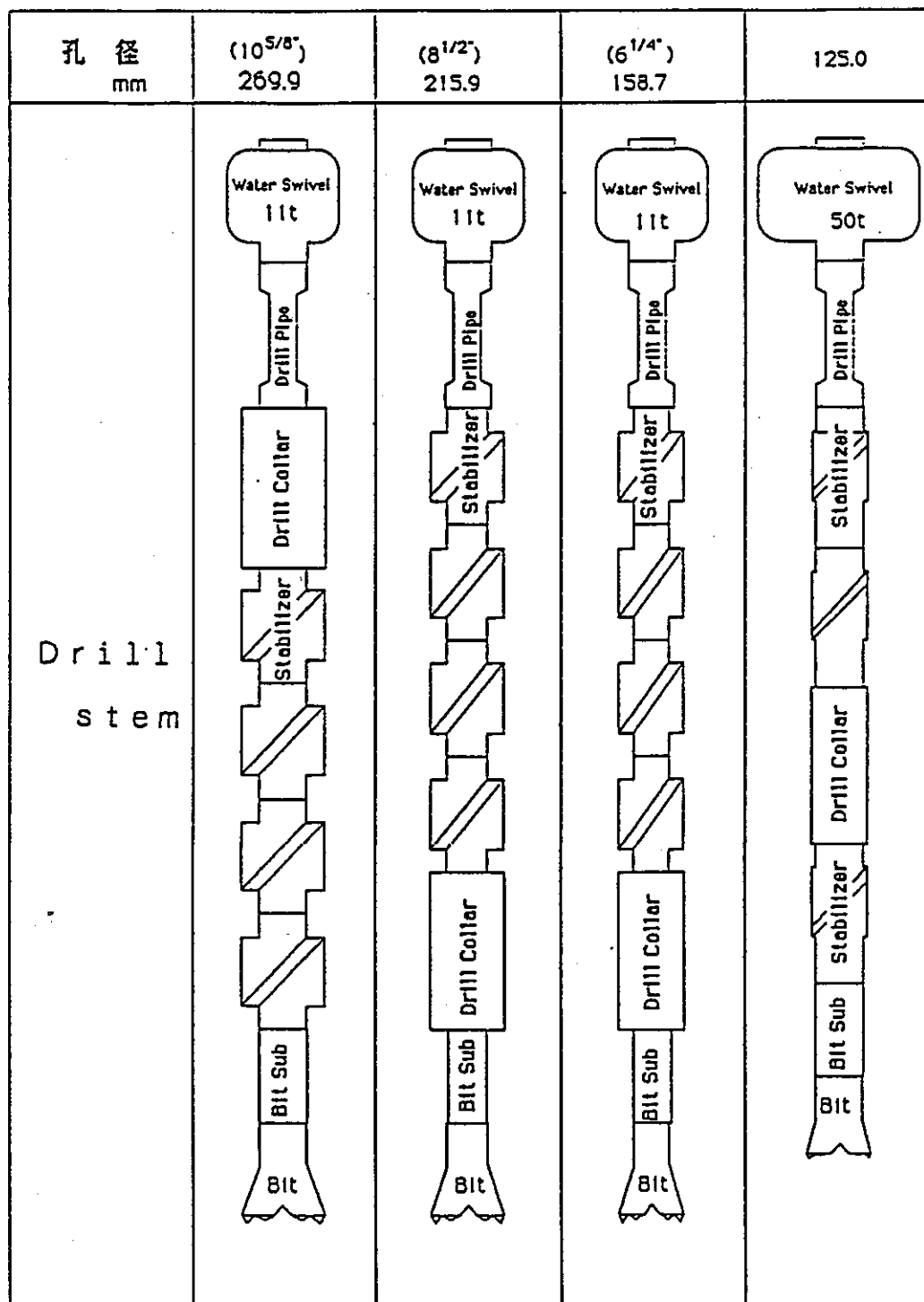


図2-1-7 掘孔時のドリルステム

(7) 掘削実績

(a) 進捗状況

図2-1-8に掘削の進捗状況を、図2-1-9に全作業工程のバーチャートを示した。

深層ボーリングの全工程日数は、241日で、このうち仮設・撤去の占める割合は9%、掘削の占める割合は28%、ケーシング挿入関係作業の占める割合は19%、検層および原位置試験の占める割合は40%となっている。

表2-1-3 各作業の所要日数

作 業	所 要 日 数 (日)	全作業日数に対 する割合(%)
仮 設 ・ 撤 去	21	9
掘 削	68.5	28
拡 ケーシング挿入 セメンテーション	46	19
検 層 (補助)	55.5	23
原位置試験(補助)	40	17
*1 休 止 日	10	4
合 計	241	

*1 現場作業が停止している日数

日当り掘削長は、6.2m/day~38.1m/day^{*2}、平均20.8m/dayであるが、地質状況によって大きく変化しており、更別層では、固結度の低い砂岩、礫岩で

*2 掘進準備等のコアボーリング作業以外の作業を伴う日は、除外した。

構成され、コアの採取に難行したこと、声問層では、深度が深く、泥岩が主体であるためにポンプ圧力が上昇したことから掘進速度の低下をきたし、日当り掘削長が短くなっている。

掘削の進捗状況以外に、全工程を大きく占めるものは、原位置試験および検層である。

特に検層作業は、深い深度での孔詰りが多かったことから、当初の予定を大きく上回り、全体の工程の4分の1を占めるまでに至っている。

(b) 掘削

図2-1-10および表2-1-4 (1)～(4) に掘削実績を示す。

○ コア採取率

今回の深層ボーリングのコア採取率は、91%であった。

図2-1-10に示すように、更別層の分布位置でコア採取率の低下が認められ、勇知層、声問層では、100%のコア採取率となっている。

地質とコア採取率の関係を見ると、更別層の砂岩および礫岩でコア採取率の低い箇所があり固結度の低さが現われている。

礫岩は、粒径数cm程度の硬質な礫で構成され、しかも基質部は未固結に近いことから、各種のコアバーレルを多用し、コアリフターを工夫したが、100%の採取は困難であった。

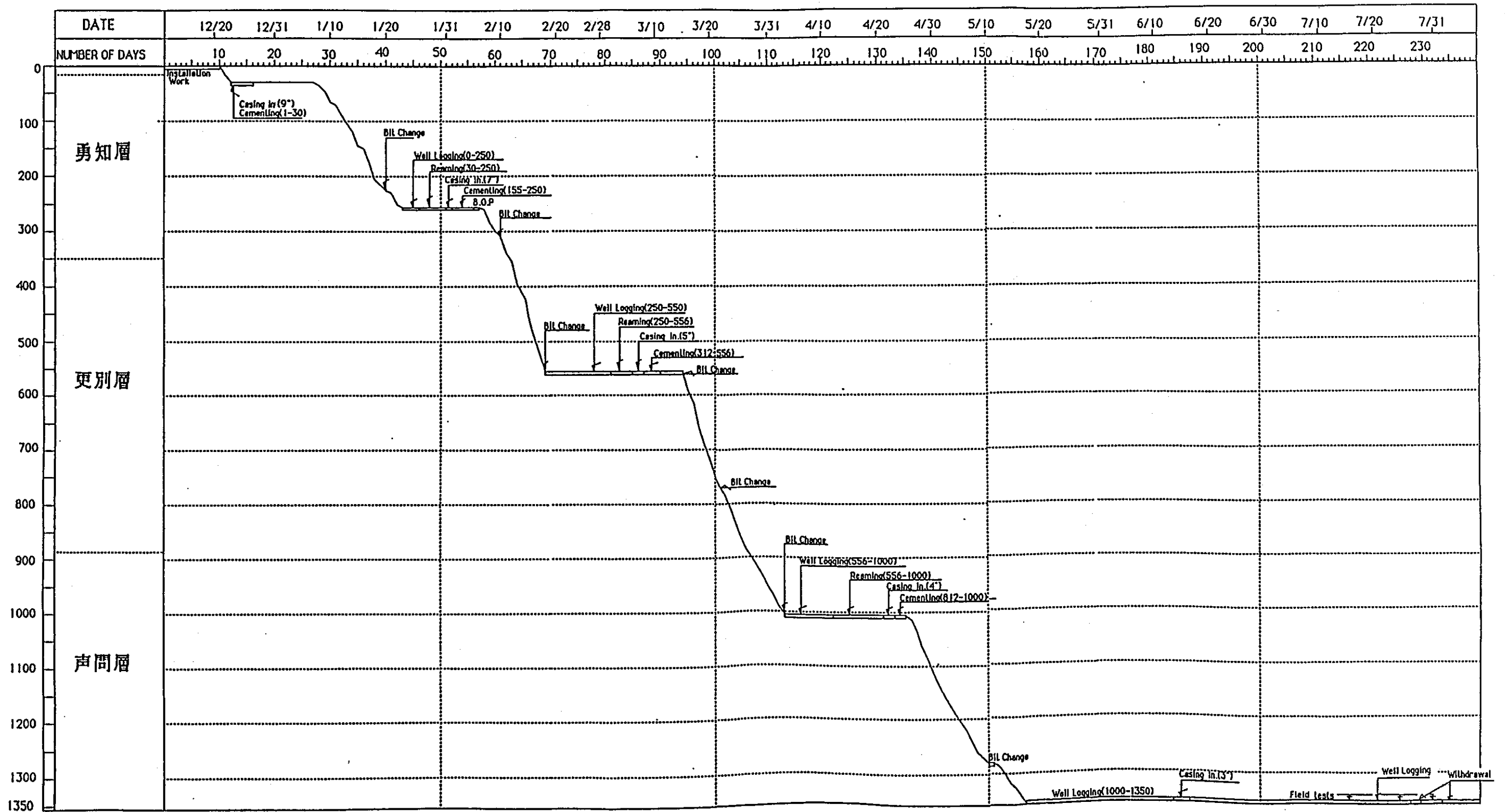


図 2 - 1 - 8 深層ボーリング掘削進捗状況

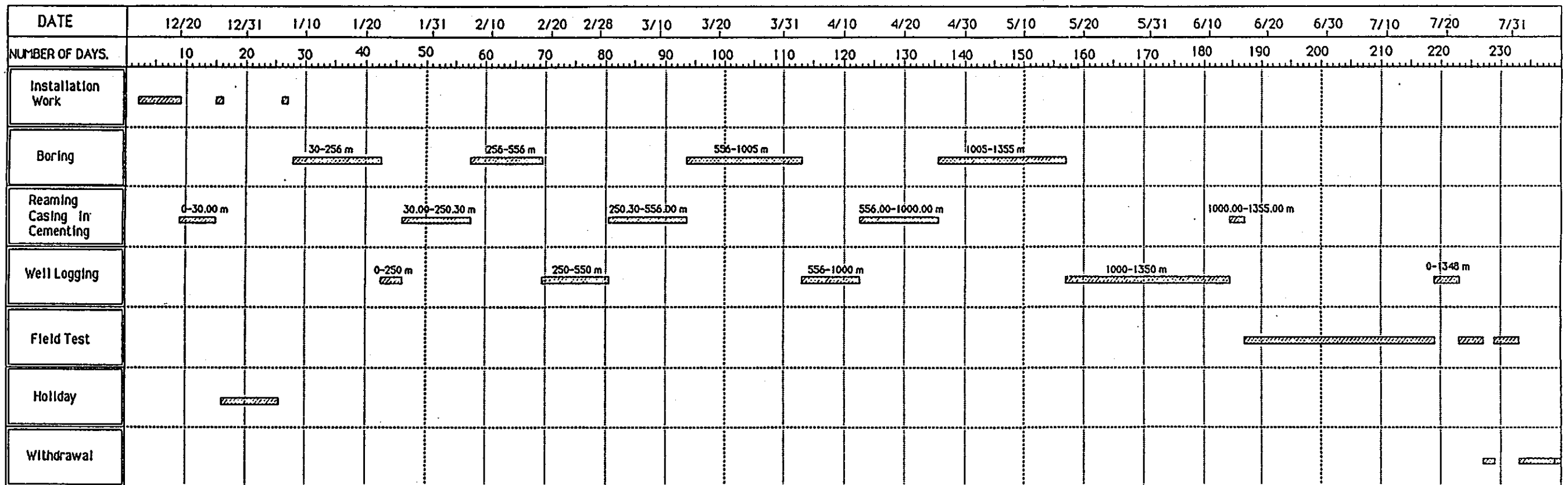


図 2 - 1 - 9 深層ボーリングバーチャート

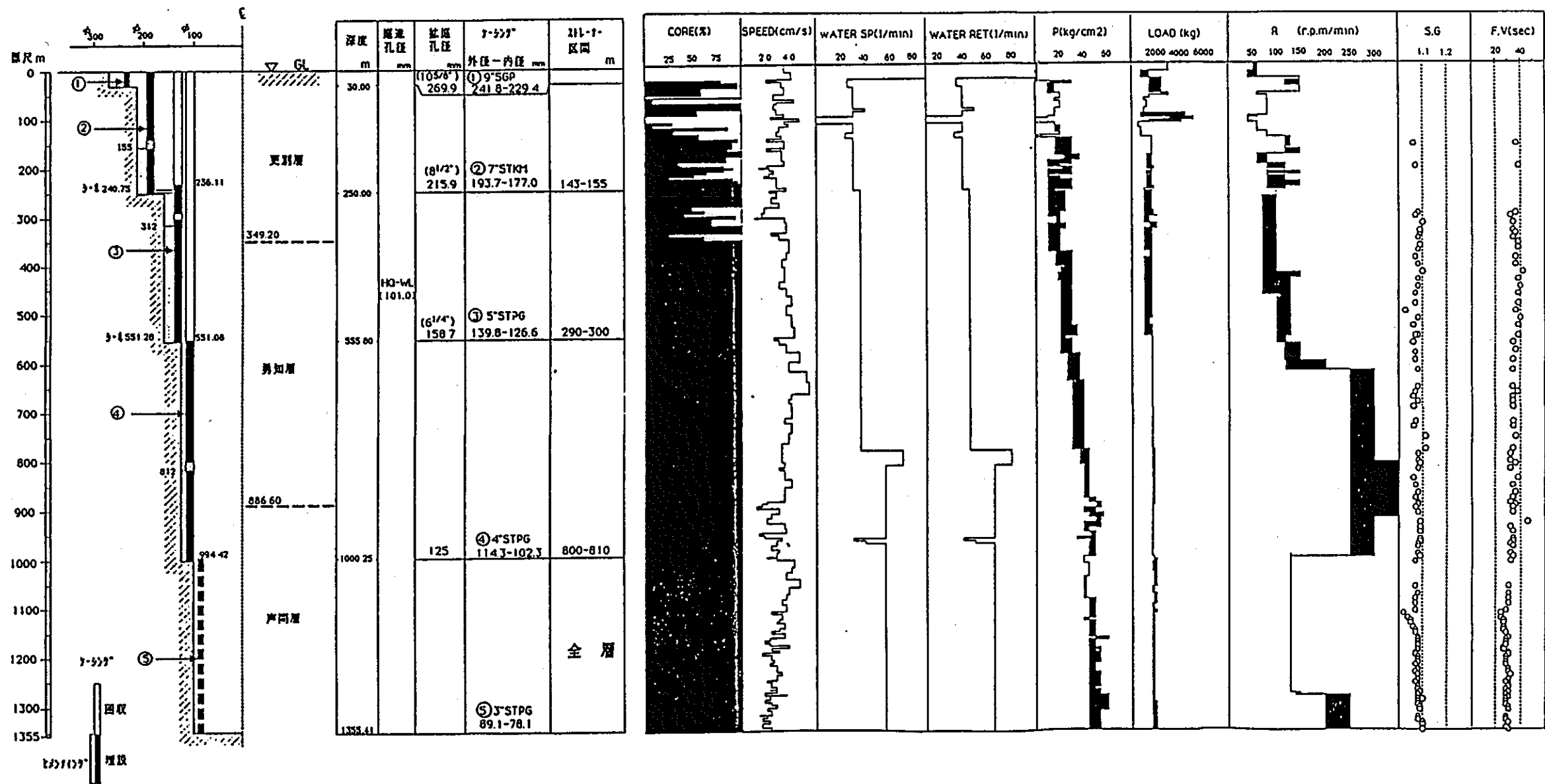


図 2-1-10 深層ボーリング掘削実績

表 2 - 1 - 4 (1) ボーリング掘削実績

1	DEP(m)	CORE(%)	SPEED(cm/s)	WATER ml(1/min)	WATER ma(1/min)	P min(kg/cm ²)	P max(kg/cm ²)	LOAD.min(kg)	LOAD.max(kg)	R.P.M min(min)	R.P.M max(min)	S.O	F.Y	F.P(cc)	etc
2	13.60		3.5	400	400	2	2	3000	3000	50	60				
3	30.00		4.0	400	400	2	2	800	1500	40	60				
4	32.00	0	2.0	46	46	1	2	1000	1500	100	150				
5	34.60	81	2.6	25	25	1	2	2000	2000	150	150				
6	47.20	90	3.1	25	25	12	30	1500	2500	120	150				
7	60.00	67	3.4	30	30	10	15	1500	2500	150	150				
8	62.70	0	2.3	25	25	10	15	2500	3000	60	150				
9	63.20	100	0.5	30	30	15	15	1500	2000	60	60				
10	65.80	13	3.3	30	30	20	20	1500	1500	80	80				
11	68.90	16	2.6	30	30	20	20	1500	1500	80	80				
12	73.60	13	4.3	30	30	15	15	1000	1000	80	80				
13	78.80	96	2.9	30	30	20	20	1300	1300	80	80				
14	88.10	99	2.7	40	40	20	20	1300	1300	80	80				
15	98.20	53	2.9	30	30	15	15	1000	1000	80	80				
16	103.50	0	4.4	30	30	15	15	1000	1000	80	80				
17	106.60	0	3.4	26	26	10	10	1000	1000	60	60				
18	109.70	0	2.4	25	25	10	10	800	4500	40	60				
19	115.60	29	4.5					3000	5000	40	40				DRY
20	118.70	29	3.4					1500	4000	40	40				
21	122.80	12	3.7	30	30	15	15	600	600	60	60				
22	131.90	85	3.0	30	30	15	20	600	600	60	60				
23	141.90	31	2.8	30	30	20	20	800	800	60	60				
24	148.60	3	3.2	25	25	5	5	800	800	80	80				
25	149.50	56	2.3	25	25	5	5	800	800	80	80				
26	156.40	94	2.0	32	32	15	30	1500	1500	120	130				
27	168.10	90	3.4	32	32	15	30	1500	1500	120	130	1.06	37		
28	174.10	87	2.0	32	35	15	30	1500	1500	120	120				
29	186.20	100	3.1	32	35	15	30	1500	1500	120	150				
30	196.40	83	3.0	32	35	20	35	1200	1500	80	150				
31	203.30	39	3.3	30	32	10	30	1200	1300	60	80				
32	207.50	81	2.1	32	35	10	20	1200	1500	80	120				
33	210.30	93	1.4	32	35	20	20	1200	1500	80	120	1.07	38		
34	215.50	79	2.1	32	35	20	30	1200	1800	80	120				
35	219.60	63	2.6	32	32	10	10	1500	1500	120	120				
36	223.50	51	2.1	32	35	10	30	1200	1500	80	150				
37	226.10	4	1.9	32	35	5	10	1200	1800	80	150				
38	230.00	26	1.9	32	35	10	10	1300	1300	80	80				
39	235.60	89	2.9	32	35	10	20	1200	1500	80	120				
40	243.10	95	2.7	32	35	10	30	1200	1500	80	120				
41	251.00	100	2.8	32	35	10	30	1200	1500	80	150				
42	256.00	100	3.6	32	35	10	30	1200	1800	80	120				
43	260.50	100	2.1	35	35	10	15	1000	1000	100	100				
44	272.30	100	2.7	35	35	10	25	1000	1500	100	100				
45	282.80	100	2.3	35	35	10	25	1000	1500	70	100				
46	293.30	47	3.0	35	35	10	25	1000	1500	70	100				
47	300.70	59	1.9	35	35	10	25	1000	1500	70	100				
48	308.10	41	1.7	36	36	10	20	1000	1800	70	100	1.08	36		

表2-1-4(2) ボーリング掘削実績

49	DEP(m)	CORE(%)	SPEED(cm/s)	WATER ml(1/min)	WATER tmc ² (1/min)	P min(kg/cm ²)	P max(kg/cm ²)	LOAD.min(kg)	LOAD.max(kg)	R.P.M min(min)	R.P.M max(min)	S.G	F.V	F.P(cc)	etc
50	310.90	93	1.1	36	36	10	20	1500	2000	70	100	1.07		32	
51	323.30	72	3.4	36	36	15	20	1000	1500	70	100	1.10		35	
52	338.50	100	3.5	36	36	10	25	1500	2000	70	100	1.09		35	
53	345.10	23	2.3	36	36	10	20	1000	1500	70	100	1.09		36	
54	357.00	58	3.1	36	36	10	20	1000	1500	70	100	1.08		35	
55	369.50	100	3.9	36	36	10	20	1000	1500	70	100	1.09		38	
56	381.90	100	3.9	36	36	10	20	1000	1500	70	100	1.08		37	
57	394.60	100	3.7	36	36	15	30	1300	1500	70	100	1.08		35	
58	409.70	100	3.4	36	36	15	30	1000	1500	70	100	1.08		35	
59	424.80	100	3.0	36	36	20	30	1000	1500	70	100	1.10		42	
60	440.40	100	3.5	36	36	15	30	1000	1500	70	150	1.08		38	
61	456.00	100	3.1	36	36	20	30	1000	1500	70	130	1.08		39	
62	471.40	100	3.6	36	36	20	30	1000	1500	70	130	1.07		38	
63	490.00	100	4.0	36	36	20	30	1000	1500	100	130	1.07		38	
64	505.70	100	3.6	36	36	20	30	1000	1500	100	130	1.02		36	
65	521.10	100	3.4	36	36	20	30	1000	1500	100	130	1.08		39	
66	537.70	100	4.0	36	36	20	30	1000	1300	100	130	1.06		37	
67	555.00	100	4.2	36	36	20	35	1000	1500	100	130	1.08		38	
68	556.00	100	2.5	36	36	20	35	1000	1500	100	130	1.07		38	
69	557.00	100	2.5	38	38	20	25	1500	1500	100	120				
70	570.50	100	3.0	36	38	20	30	1500	1500	100	120	1.07		34	
71	587.60	100	3.6	36	38	20	30	1500	1500	120	150	1.07		37	
72	605.80	100	4.6	36	38	25	35	1500	1500	120	150	1.07		35	
73	623.40	100	3.9	36	38	25	35	1500	1500	120	300	1.08		34	
74	643.80	100	5.2	36	38	25	35	1500	1500	250	300				
75	661.50	100	5.4	36	38	30	40	1500	1500	250	300	1.08		34	
76	670.30	100	5.5	36	38	30	40	1500	1500	250	300	1.06		37	
77	681.20	100	3.9	36	38	30	40	1500	1500	250	300	1.06		35	
78	690.90	100	3.7	36	38	30	40	1500	1500	250	300	1.08		35	
79	706.50	100	4.0	36	38	30	40	1500	1500	250	300				
80	719.70	100	4.0	36	38	30	40	1500	1500	250	300	1.06		34	
81	732.60	100	3.5	36	38	30	40	1500	1500	250	300	1.07		35	
82	748.00	100	4.1	36	38	30	40	1500	1500	250	300	1.06		34	
83	762.70	98	3.8	36	38	30	40	1500	1500	250	300	1.11		36	
84	772.20	100	3.8	36	38	30	40	1500	1500	250	300				
85	784.50	100	3.2	36	38	30	40	1500	1500	250	300	1.11		35	
86	796.90	100	3.1	70	70	35	45	1500	1600	250	300	1.08		33	
87	808.20	100	3.2	70	70	35	45	1500	1700	250	300	1.08		35	
88	817.50	100	3.4	70	70	35	45	1500	1800	250	350	1.09		37	
89	825.50	100	3.1	70	70	40	45	1500	1800	250	350	1.08		33	
90	846.20	100	3.5	57	57	40	45	1500	1800	250	350	1.06		38	
91	861.90	100	4.1	57	57	40	45	1500	1800	250	350	1.07		39	
92	876.00	100	3.6	57	57	40	45	1500	1800	250	350	1.08		36	
93	887.60	100	3.6	57	57	40	45	1500	1800	250	350	1.07		35	
94	894.20	100	1.9	57	57	45	50	1500	1600	250	350	1.08		33	
95	899.90	100	1.5	57	57	50	55	1500	1600	250	350	1.08		36	
96	904.20	100	1.2	57	57	50	55	1500	1600	250	350	1.07		35	

表 2 - 1 - 4 (3) ボーリング掘削実績

97	DEP(m)	CORE(%)	SPEED(cm/s)	WATER ml(1/min)	WATER lmax(1/min)	P min(kg/cm ²)	P max(kg/cm ²)	LOAD.min(kg)	LOAD.max(kg)	R.P.M min(min)	R.P.M max(min)	S.O	F.Y	F.P(cc)	etc
98	916.70	100	3.1	57	57	40	50	1500	1600	250	350	1.08		34	
99	924.20	100	2.5	57	57	45	55	1500	1500	250	300				
100	933.40	100	2.3	57	57	50	55	1500	1500	250	300	1.09		46	
101	943.50	100	3.4	57	57	40	55	1500	1500	250	300	1.09		33	
102	956.80	100	3.6	57	57	40	45	1500	1500	250	300	1.09		34	
103	958.50	100	1.4	57	57	45	50	1500	1600	250	300				
104	962.70	100	1.8	57	57	45	50	1500	1600	250	300				
105	969.10	100	3.2	30	40	35	50	1500	1600	250	300	1.09		33	
106	973.90	100	2.7	40	40	45	50	1500	1500	250	300	1.09		35	
107	980.80	100	2.8	57	57	45	50	1500	1600	250	300	1.08		32	
108	988.00	100	2.3	57	57	45	50	1500	1600	250	300	1.08		34	
109	995.10	100	3.0	57	57	45	50	1500	1600	250	300				
110	1002.10	100	2.7	57	57	45	50	1500	1600	250	300	1.08		35	
111	1005.00	100	2.1	57	57	45	50	1500	1600	250	300	1.09		35	
112	1012.30	100	2.7	57	57	40	40	1700	1700	130	130	1.07		32	
113	1026.60	100	4.2	57	57	45	45	1800	2000	130	130				
114	1036.70	100	4.0	57	57	45	45	1600	2000	130	130				
115	1050.90	100	3.6	57	57	40	45	1800	2000	130	130				
116	1065.80	100	4.7	57	57	40	45	1800	2000	130	130	1.07		31	
117	1078.80	100	3.8	57	57	40	45	1600	1800	130	130	1.08		31	
118	1090.80	100	3.6	57	57	40	45	1700	2000	130	130	1.07		30	
119	1102.50	100	3.3	57	57	45	50	1700	2000	130	130	1.07		30	
120	1114.30	100	3.6	57	57	45	50	1500	1800	130	130	1.07		29	
121	1119.90	100	2.5	57	57	45	50	1500	2000	130	130	1.02		25	
122	1128.70	100	3.3	57	57	45	50	1500	1800	130	130	1.04		25	
123	1133.70	100	3.1	57	57	40	45	1500	1800	130	130	1.05		27	
124	1139.70	100	2.9	57	57	45	50	1500	1800	130	130	1.05		27	
125	1148.50	100	3.4	57	57	45	50	1500	1800	130	130	1.06		27	
126	1156.60	100	3.1	57	57	45	50	1500	1800	130	130	1.07		27	
127	1162.70	100	2.5	57	57	45	50	1500	1800	130	130	1.07		28	
128	1171.00	100	3.5	57	57	45	50	1500	1800	130	130	1.08		29	
129	1174.90	100	2.2	57	57	50	60	1500	1800	130	130	1.08		28	
130	1178.30	100	1.9	57	57	45	50	1500	1800	130	130	1.08		28	
131	1182.40	100	2.2	57	57	45	55	1500	1800	130	130	1.08		28	
132	1188.40	100	3.8	57	57	45	55	1500	1800	130	130	1.08		27	
133	1193.90	100	2.4	57	57	45	50	1500	1800	130	130	1.08		27	
134	1200.90	100	3.0	57	57	45	50	1500	1800	130	130	1.07		29	
135	1204.00	100	1.7	57	57	45	55	1500	1800	130	130	1.07		29	
136	1210.30	100	2.5	57	57	45	55	1500	1800	130	130	1.08		28	
137	1215.30	100	2.4	57	57	45	55	1500	1800	130	130	1.08		28	
138	1220.00	100	2.6	57	57	45	55	1500	1800	130	130	1.08		28	
139	1226.30	100	2.1	57	57	45	50	1500	1800	130	130	1.07		28	
140	1232.40	100	2.7	57	57	45	52	1500	1800	130	130				
141	1240.10	100	2.8	57	57	45	52	1500	1800	130	130	1.08		29	
142	1246.50	100	3.2	57	57	45	55	1500	1800	130	130	1.08		32	
143	1253.10	100	2.8	57	57	45	55	1500	1800	130	130	1.08		30	
144	1259.10	100	2.0	57	57	45	57	1500	1800	130	130	1.08		30	

表 2 - 1 - 4 (4) ボーリング掘削実績

145	DEP(m)	CORE(%)	SPEED(cm/s)	WATER ml(l/min)	WATER ma'(l/min)	P min(kg/cm ²)	P max(kg/cm ²)	LOAD.min(kg)	LOAD.max(kg)	R.P.M min(min)	R.P.M max(min)	S.O	F.Y	f.P(cc)	etc
146	1259.70	100	2.0	57	57	45	55	1500	1800	130	130	1.07	28		
147	1265.80	100	2.5	57	57	45	55	1500	1800	130	130	1.08	29		
148	1269.30	100	2.3	57	57	45	55	1500	1800	130	130	1.08	29		
149	1274.90	100	2.7	57	57	45	50	1500	1800	130	130	1.08	28		
150	1277.60	100	2.1	57	57	45	55	1500	1800	130	130	1.09	29		
151	1282.30	100	2.8	57	57	45	55	1500	1800	130	130				
152	1285.40	100	1.7	57	57	45	55	1500	1800	140	200	1.08	28		
153	1291.50	100	3.6	57	57	45	60	1500	1700	200	250	1.10	30		
154	1296.80	100	2.2	57	57	45	60	1500	1900	200	250	1.08	28		
155	1300.80	100	1.7	57	57	45	55	1500	1900	200	250	1.08	28		
156	1305.70	100	2.3	57	57	45	60	1500	1900	200	250	1.08	28		
157	1311.80	100	2.8	57	57	45	60	1500	1900	200	250	1.09	29		
158	1317.00	100	2.1	57	57	45	60	1500	1900	200	250	1.09	29		
159	1324.30	100	2.5	57	57	45	55	1500	1900	200	250				
160	1326.40	100	1.4	57	57	45	55	1500	1900	200	250				
161	1327.60	100	2.0	57	57	45	55	1500	1900	200	250				
162	1332.20	100	2.0	57	57	45	55	1500	1900	200	250	1.08	28		
163	1335.50	100	1.7	57	57	45	55	1500	1900	200	250	1.08	28		
164	1341.70	100	2.1	57	57	45	55	1500	1900	200	250	1.10	28		
165	1345.70	100	1.7	57	57	45	55	1500	1900	200	250	1.10	29		
166	1348.60	100	1.6	57	57	45	55	1500	1900	200	250	1.10	27		
167	1355.00	100	2.4	57	57	45	55	1500	1900	200	250	1.10	29		

○掘進速度、ポンプ圧、送排水量、ビット荷重

表2-1-5に今回の深層ボーリングにおける掘進速度、ポンプ圧、送排水量、ビット荷重を示した。

表2-1-5 深層ボーリング掘進データ

項 目	範 囲	平 均 値
掘 進 速 度 (cm/min)	0.5 ~ 5.5	2.9
ポ ン プ 圧 (kg/cm ²)	1 ~ 60	34
送 水 量 (ℓ/min)	25 ~ 70	46
排 水 量 (ℓ/min)	25 ~ 70	46
ビ ッ ト 荷 重 (kg)	600 ~ 5,000	1,540
スピンドル回転数(r.p.m)	40 ~ 350	160

掘進速度は、平均2.9cm/minとなっており、地層別では、固結度の低い更別層および、深部の声問層で低下しているが、更別層の掘進速度は、固結度の低い砂岩、礫岩のコア採取のために低い速度に調整したものである。

ポンプ圧を見ると更別層の区間が概ね一様であるのに対し、勇知層～声問層にかけて、徐々に圧力は増加し、声問層の区間では、泥質岩で構成されることも影響し、35～60kg/cm²、平均48kg/cm²にまで上昇し、これに伴って掘進速度も低下している。

ビット荷重は、600～5000kgの範囲となっているが、全体としては1500kg程度で掘削している。

泥水の送水量は、更別層～勇知層の区間で、岩石の固結度が低いことから、コアの流出を防止するため、40ℓ/min以下におさえている。勇知層の下部～声問層にかけては、やや固結度も上がり、また、泥質岩主体であることから、40～60ℓ/minで掘削を行った。

なお、泥水の漏水あるいは、地下水の湧水に伴う排水量の増減は認められなかった。

○泥水

今回のボーリングでは、対象となる地層が固結度の低い堆積岩類で、かつ、深部には泥質岩が分布することから、リボナイト泥水およびリグネート泥水を併用した。

リボナイト泥水は崩壊防止にすぐれ、また、リグネート泥水は崩壊防止の他、泥岩の保護機能がすぐれている。

泥材は、表 2-1-6 に示すものを使用した。

表 2-1-6 泥 材 一 覧

泥 材	種 別
ベントナイト	ソリッド分
リグネート	分散解こう剤，脱水減少剤
リボナイト	分散解こう剤，脱水減少剤
セイツチ（水酸化ナトリウム）	PH調整剤
ソーダ灰（炭酸ナトリウム）	ゲル化防止剤
テルセローズ（CMC）	保護コロイド剤（泥壁形成，脱水量減少機能）
Astex	界面活性剤，潤滑剤
Speeder P	界面活性剤，潤滑剤

泥水の調泥においては、表 2-1-7 に示すような泥水試験器を用いて適切な比重、粘性、脱水量の調整を行い、比重、粘性は、原則的に各作業班ごとに測定した。

表 2 - 1 - 7 泥 水 試 験 器 具

項 目	試 験 器 具
比 重	マッドバランス
粘 性	ファンネル粘度計
脱水量	API filter press
pH	pH試験紙 (東洋pH試験紙)

調泥作業は、1層式のマッドスクリーンでソリッドコントロールを行いながら、容量400ℓのマッドミキサーによって調泥を行った。

今回のボーリングで使用した泥水の比重、粘性、脱水量は、表 2 - 1 - 8 のとおりである。

表 2 - 1 - 8 泥 水 の 性 質

項 目	測 定 値 (平均)
比 重	1.02~1.11 (1.08)
ファンネル粘性 (秒)	25 ~ 46 (32)
脱 水 量 (cc)	2.3

泥水比重は、地層流体圧力に対するオーバervalanceを得るため1.08程度に調整した。

なお、測定値は、1.02~1.11の範囲を示すが、全体としては、1.07~1.09が主体をなす。

ファンネル粘性は、25~46秒の範囲にあるが、地層の状況に応じて、表 2 - 1 - 9 のように調整した。

表 2 - 1 - 9 泥 水 の 粘 性

深 度 (秒)	範 囲 (秒)	平 均 (秒)	地 層
0 ~ 556	32 ~ 42	37	更 別 層 勇 知 層
556 ~ 1005	32 ~ 46	35	勇 知 層 主 体
1005 ~ 1355	25 ~ 32	28	声 間 層

更別層、勇知層は、一般に地質が砂質で、一部礫質な地層で構成されるため、掘くず、崩壊ザクの運搬能力を上げるため粘性を上げ、また、声間層区間では、泥質岩を主体とするためにイールドバリューが上がりぎみになるため、ロッドの張りつきや、揚管の際の圧力の低下が軽減されるように粘性を下げています。なお、今回の泥水比重のオーバーバランスによる漏水は、認められず、また、オーバーバランスの不足により、地層水が孔内に流入することによって生じるウェルキックも起こっていない。

○ ケーシング挿入

図 2-1-11 にケーシング挿入実績を示した。

ケーシング材料の挿入数量は、表 2-1-10 のとおりである。

表 2-1-10 ケーシング数量

深 度 (m)	挿 入 区 間 (m)	構 成 (外径-内径 mm)	挿 入 長 (m)	延 長 (m)
30.00	1.00~ 30.00	9" SPG (241.8 ~ 229.4)	28.58	29.00
		フロートシュー	0.42	
250.00	1.00~250.00	7" STKM (193.7 ~ 177.0)	248.62	249.00
		フロートシュー	0.38	
555.80	236.11~555.80	5" STPG (139.8 ~ 126.6)	319.35	319.69
		フロートシュー	0.34	
1000.25	551.08~1000.25	ベルカラー	0.12	449.29
		4" STPG (114.3 ~ 102.3)	448.83	
		フロートシュー	0.34	
1355.41	994.42~1355.41	ベルカラー	0.15	361.14
		3" STPG (89.1 ~ 78.1)	5.47	
		3" STPG ストレーナ (89.1 ~ 78.1)	355.32	
		ケーシングシュー	0.20	

註) 挿入区間は、ベルカラーを除いた長さで示した。

9 インチ、7 インチ、5 インチケーシングは、ケーシング外周にパッチを溶接し、孔壁とのクリアランスを保っている。なお、4" ケーシングは、ジョイント部の点溶接のみである。

また、図 2-1-12 にケーシングの構成を示した。

ケーシングプログラムは、深度900mの段階で声問層の一般的岩相が確認できなかったことから、増掘に対応できるように、4"ケーシングの挿入深度を900mから1000mに計画変更した。

また、5インチおよび4インチケーシングは、計画時点ではあらかじめ揚水試験のためのスリット加工を施した箇所を10m設ける予定であった。しかし、5"ケーシングでは、更別層中の礫岩の孔壁の崩壊、孔詰りにより深度304mより挿入不能となっており、また、4"ケーシング挿入区間(556~1000m)では、掘削時および検層時に孔壁の押出しが確認されている。よって、1000m以深の掘削をより安全に行い、増掘深度を確実に達成させたいという判断から、挿入後にスリット加工を行うことを前提として、スリット部をとりはずし、泥水循環により崩壊物を除去しながら挿入した。

ケーシング挿入時に挿入不能か、または、挿入困難となり送泥、洗浄を行いながら挿入した区間を、表2-1-11に示す。

表2-1-11 ケーシング挿入時に障害のあった深度

ケーシング	深 度 (m)	対 策
5" STPG	304.0	ストレーナ取り はずし再挿入
	304.0~355.0	泥水循環により崩 壊物除去
	543.0~555.8	〃
4" STPG	971.7~1000.0	〃

4インチ、5インチの頭部には、ベルカラ一部とケーシングの間からの水の浸入を防止するため図2-1-11に示した位置にシール材をとりつけている。

図2-1-13に、シール材の概要を示した。

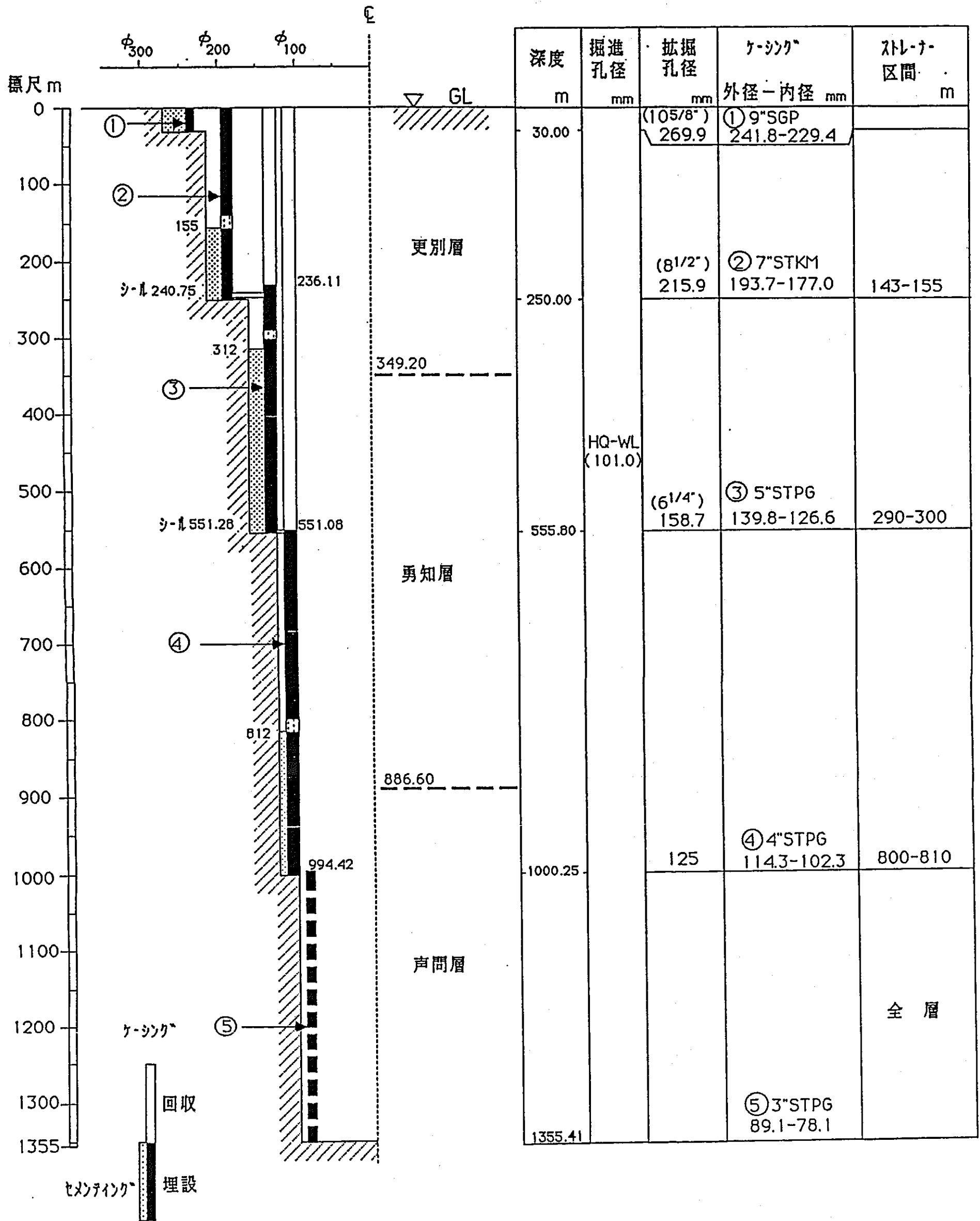


図 2-1-11 深層ボーリングケーシング挿入実績

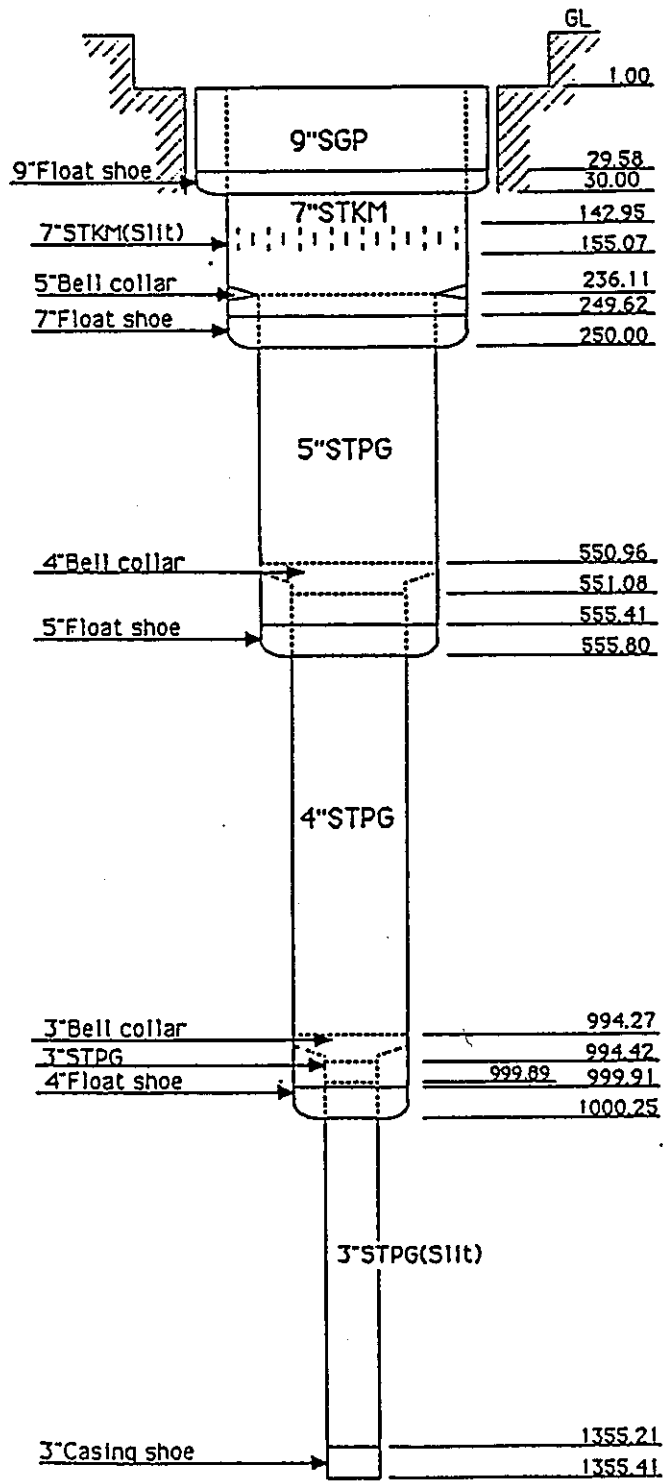


図 2 - 1 - 1 2 深層ボーリングケーシング構成

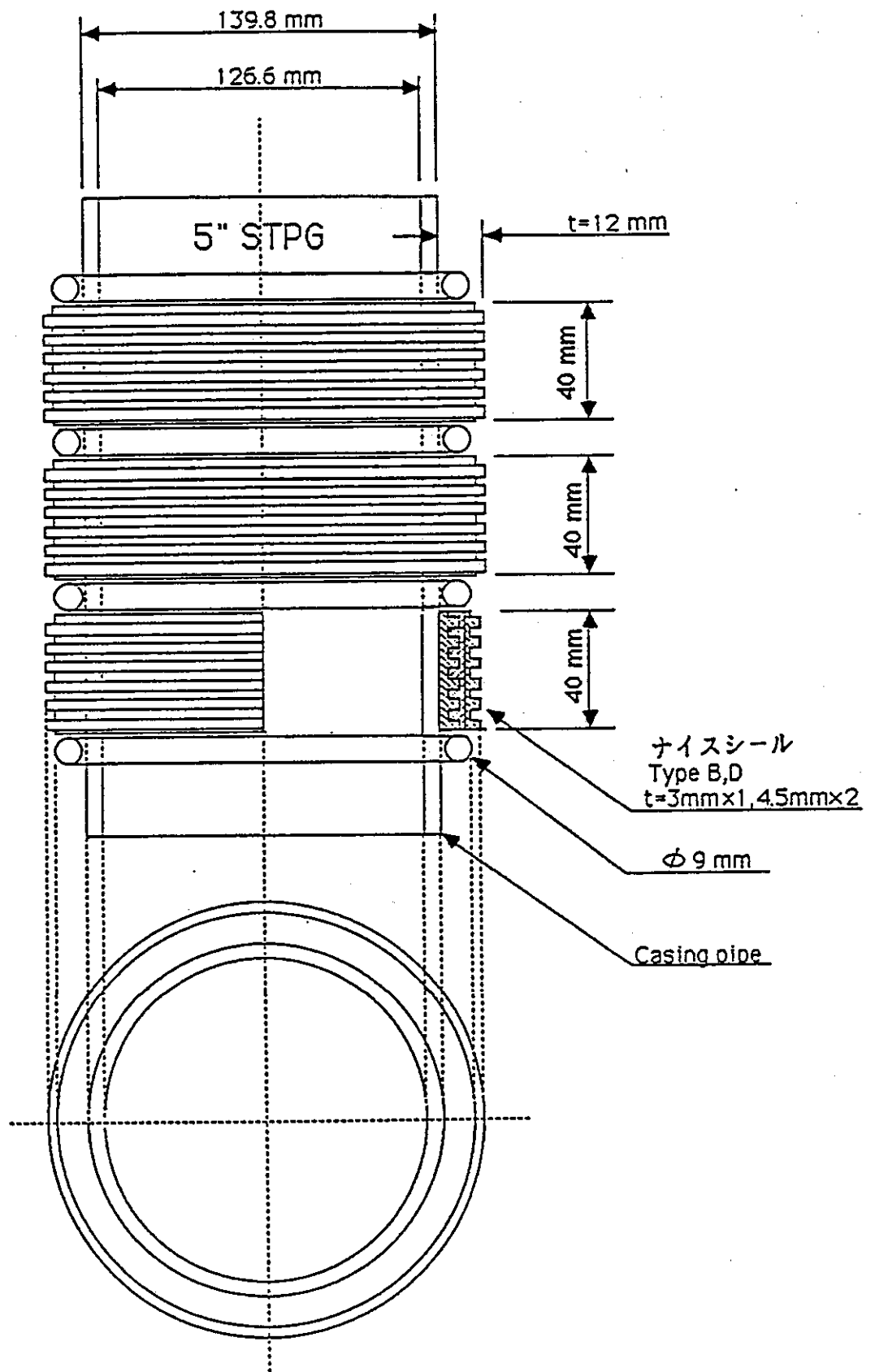


図 2 - 1 - 13 ケーシングシール部の概要

ケーシングのセメンティングは、インナーストリングス法または、2プラグ法によって実施した。

セメンティング区間は、9インチケーシングについては、フルホールセメンティング、その他のケーシングは、ケーシング矢端から、揚水試験区間の直下までとした。

セメントスラリーの配合、注入量を表2-1-12に、セメンティング方法の概要を図2-1-14に示す。

表2-1-12 ケーシングのセメンティング

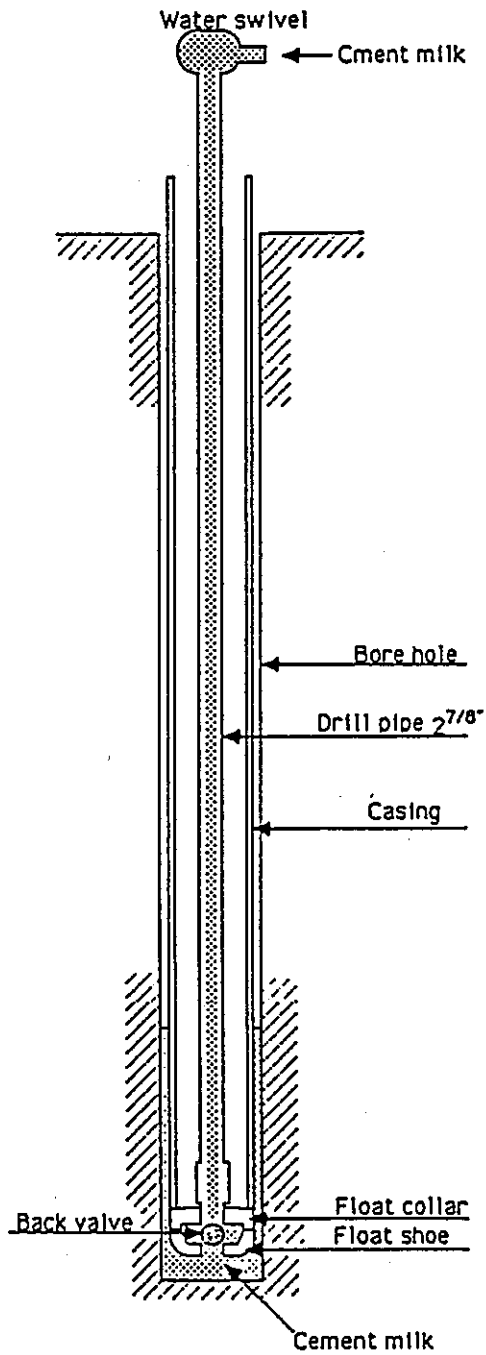
ケーシング	挿入深度 (m)	セメンティング 深度 (m)	孔径 (mm)	ケーシング 外径 (mm)	セメント量 (kg)	セメント スラリー の比重	注入量 (L)	工 法
9" SGP	1.00~ 30.00	1~30	269.9	241.8	720	1.70	338	インナーストリングス法
7" STKM	1.00~ 250.00	155~250	215.9	193.7	800	1.90	673	インナーストリングス法
5" STPG	236.11~ 555.80	312~556	158.7	139.8	1160	1.80	1089	インナーストリングス法
4" STPG	551.08~ 1000.25	812~1000	125.0	114.3	600	1.85	362	2プラグ法

セメントスラリーは、セメンティング区間長と孔径から計算した注入量と、ケーシング内必要残留量を加えた量を配合した。使用したセメントは、普通ポルトランドセメントである。

表2-1-12には、ケーシング内残留量を除いた注入量を示している。

セメンティング後の硬化待ち期間は、1~2日間で、その後、トリコンビットでケーシング内のセメントの追加切りおよびフロートカラー、フロートシューの切削を行った。

1) インナーstring法



2) 2プラグ法

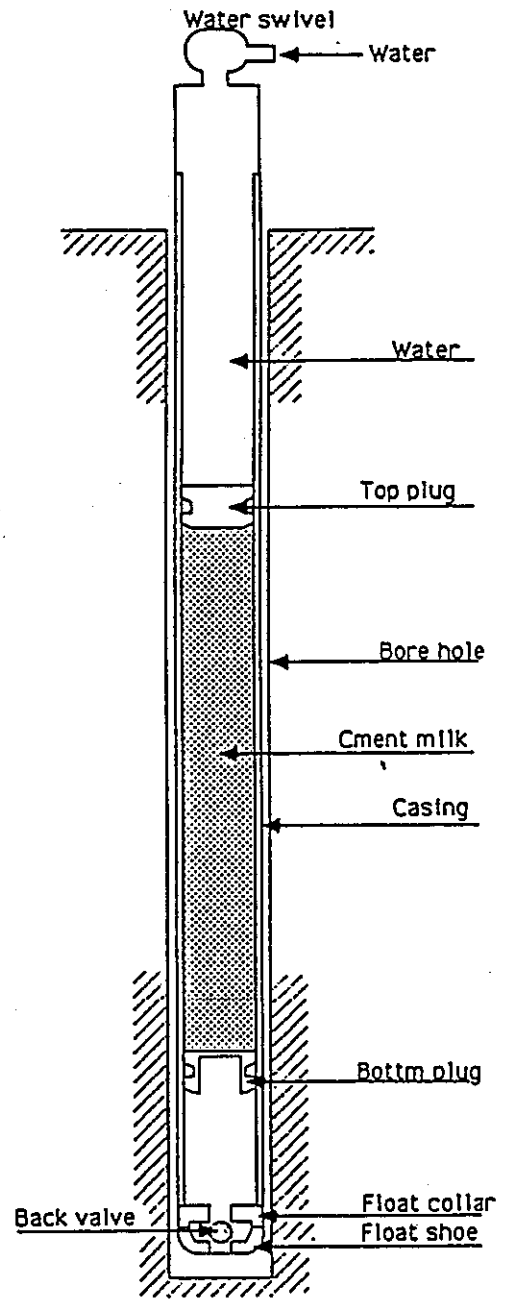


図 2-1-14 セメンティングの方法

(8) 掘削時の孔内障害、ウェルキック

ボーリング掘削において、ロッドの揚降に障害のあった箇所およびガスショーイング、検層時に孔内障害が発生した位置を図2-1-15に示す。

この図に示した内容は、以下のものである。

- 掘削時の障害；コアボーリングまたは、拡張掘の過程で孔壁の押出しによって負荷が増し、スピンドルの回転、ロッドの揚降が困難となった深度
- ロッド揚降時の障害；ビット交換、ショートトリップ、その他のロッド揚降時に崩壊物によって降下または、引揚げの障害となった深度
- ケーシング挿入時の障害；ケーシング挿入の過程で障害物によって挿入の障害となった深度
- ガスショーイング；ボーリングコアからのガスショーイングの状況、深度
- 検層時の障害；孔詰りにより、検層ゾンデが挿入不可能となった深度

以上の内容のうち、ロッド揚降時に障害となった深度は、障害物を押下げながら（あるいは、押上げながら）揚降を行った区間も含まれているので、必ずしも示した区間深度全体で孔壁の状態が悪化しているものではない。

(a) 孔内障害

孔内障害の状況を要約すると以下のようである。

掘削時の孔内障害は少なく、深度300m以浅の更別層の箇所で数箇所孔壁の押出しが認められる他、深度1300m付近で声問層泥岩の崩壊、押出しが確認された。

- ロッド揚降時までは、しばしば障害が認められ、深度150m以浅の更別層で所々孔壁の崩壊が揚降の障害となっている他、深度1200m以深では、各所で声問層泥岩の孔壁の崩壊による揚降障害が発生している。
- 検層ゾンデによって確認された深度も、ロッド揚降障害位置と傾向的に一致している。
- ケーシングの挿入では、深度300m付近の更別層（礫岩）で挿入不能となった箇所がある他、深度900～1000m付近で、崩壊物によって挿入に支障をきたしている。

以上のような孔内障害が発生した要因として

- ① 岩石の固結度が低いため孔壁が自立しない。
- ② 揚管の際の孔内圧力の低下。
- ③ オーバーバーデンプレッシャーによる岩石の破壊。

などが考えられる。

更別層分布位置での障害は、岩石の固結度の低さによる自立性の低さが原因であり、とくに、礫岩層は基質が未固結なため、礫が剥落しやすい状況であった。

声問層での障害は、岩石が比較的よく固結したマッシュな泥岩部で発生していることから、オーバーバーデンプレッシャーと揚管の際の孔内圧力の低下の両方が考えられるが、詳細は不明である。

(b) ウェルキック

今回、B・O・Pを設置し、ブローアウトにそなえたが、ガスの噴出は認められなかった。

また、地層流体が孔内に浸入したときの兆候として現われるデッチライン上のガスショーイング、マッドビットボリュームの増減、泥水比重の低下、ロッドの重量変化も認められず、定時的に行ったガス検知器による孔口のガス濃度測定においてもガスは検知されなかった。

一方、図2-1-15に示すように、深度770～820m、930mではコアより強い臭気があり、また、深度1178～1355mでは、コア採取直後にコアの表面からガスによる気泡が発生するなどのガスショーイングが認められた。

それぞれの深度のコアを密封した容器に入れ、ガス検知器で測定すると、わずかではあるが可燃性ガスが検知されている。

掘削時の泥水比重は、1.02～1.11のオーバーバランスで調整されており、この泥水状態でキックが起こっていないことから、地下水およびガスで構成される地層流体の圧力は、概ね静水圧程度のものであろうと判断される。

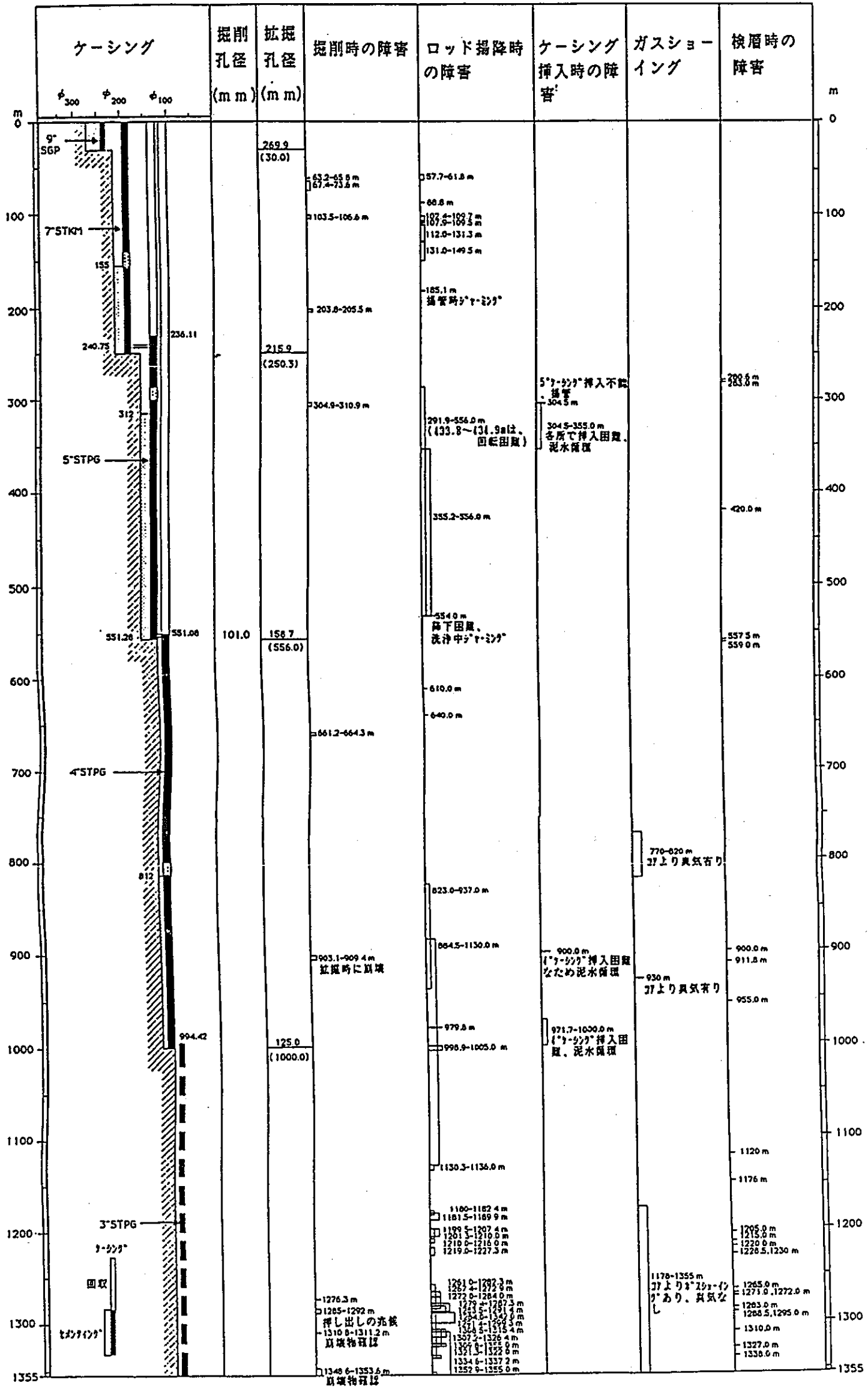


図2-1-15 ボーリング孔内障害

(9) ボーリングコアの保存管理

コアバーレルから取り出したコアは、直ちに、1箱3m 詰めのコア箱に収納したのち、コア写真の撮影、コア鑑定を行った。

また、室内土質試験実施深度のコアについては、試料の選定を行ったのち、直ちにシールを行い、実験室へ運搬、搬入し、試験室内のコア保存室に保存した。

ガス分析試料については、コアバーレルからコアを取り出したのち直ちに密封容器に入れ、他の試料とともに搬入した。

運搬時には、振動によるコアの破損を防止するため、採取したコア試料ごとにクッション材を巻いたのち、保護カバーを施し、輸送箱に収納して、専用の運搬車で運搬した。

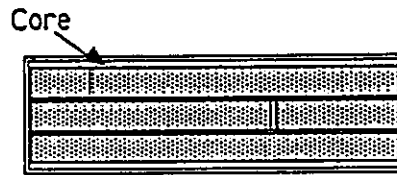
コア箱に収納したコアは、既設のコアハウス内に整理し、できるだけ乾燥をさけるためビニールシートで覆い、また、内部の湿度を保つため、湿潤させた布をコア箱にかぶせ保管した。

以上の作業手順、保存方法を図2-1-16、2-1-17に示す。

(1) コアバレルからのコアの取り出し



(2) コア箱への収納



(3) コア写真の撮影、コア鑑定

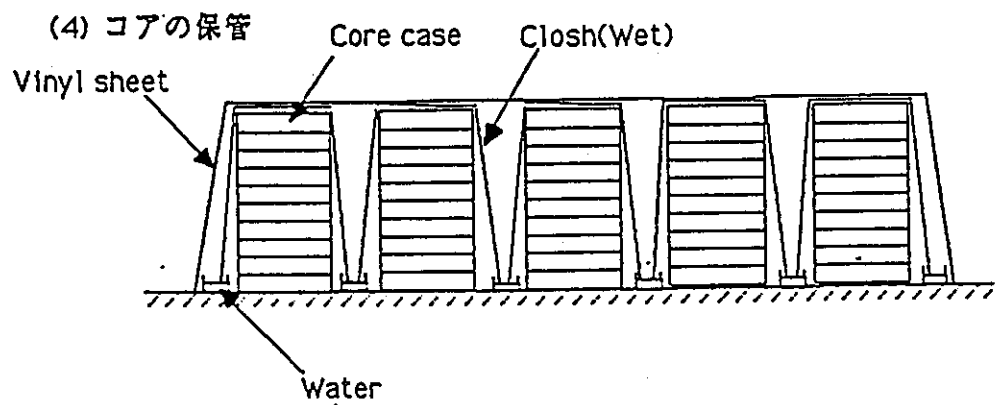
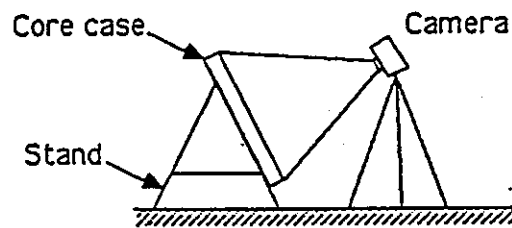
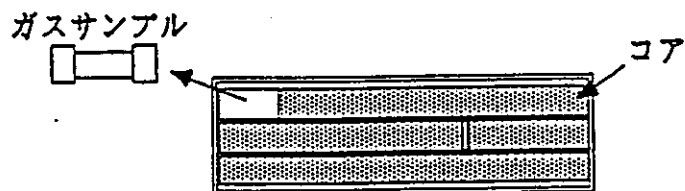


図2-1-16 ボーリングコアの保管

(1) コアバレルからの取り出し



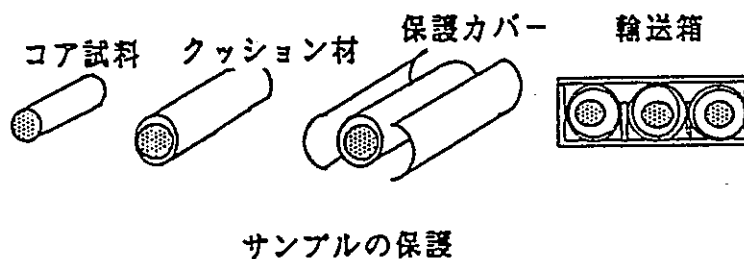
(2) コア箱へ収納 (ガス試料は、密封ケースに収納)



(3) 試料の選定、シール



(4) 輸送、搬入



(5) 保管

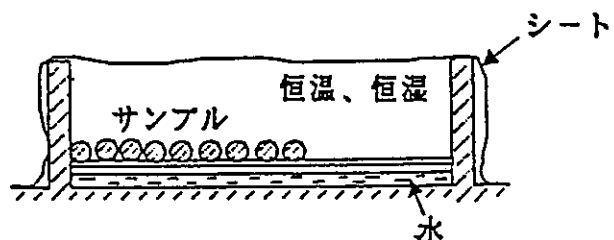


図2-1-17 室内試験試料の運搬、保存

2・1・3 ボーリング結果

(1) コア鑑定方法

ボーリングコアのコア鑑定は、次の項目について行った。

- ・地質
- ・含有物（化石、その他）
- ・固結度
- ・割れ目

地質分類は、調査地点の地層が堆積岩で構成されていることから、岩石を構成する碎屑粒子の粒径による分類を基本とした。

なお、粒径による分類が不適当なものについては、岩相に応じて分類を行った。

表2-1-13にコア鑑定に用いた地質分類を示す。

地層中に含まれる含有物は、目視的に認められるものについて、含有状況を記録した。

固結度は、できるだけ主観的要素の入らない方法で表現するため、ポケット型コーンペネトロメーターによるコーン貫入抵抗値 q_c で表わすこととした。

図2-1-18に試験装置と測定方法を示す。

割れ目については、以下の項目について観察した。

- ・節理間隔（頻度）および傾斜
- ・鏡肌、条線の有無
- ・破碎部（破碎による粘土化、角礫化など）
- ・挟在物

表 2 - 1 - 1 3 コア鑑定に用いた地質分類

水成碎屑物		
粒径 (mm)	未固結	固 結
2 以上	砂礫	礫岩
1/2 ~ 2	粗砂	粗粒砂岩
1/4 ~ 1/2	中砂	中粒砂岩
1/16 ~ 1/4	細砂	細粒砂岩
1/256 ~ 1/16	シルト	泥岩
1/256 以下	粘土	
火山碎屑物		
粒径 (mm)	未固結	固 結
1/16 ~ 4	砂質火山灰	砂質凝灰岩
1/16 以下	泥質火山灰	泥質凝灰岩

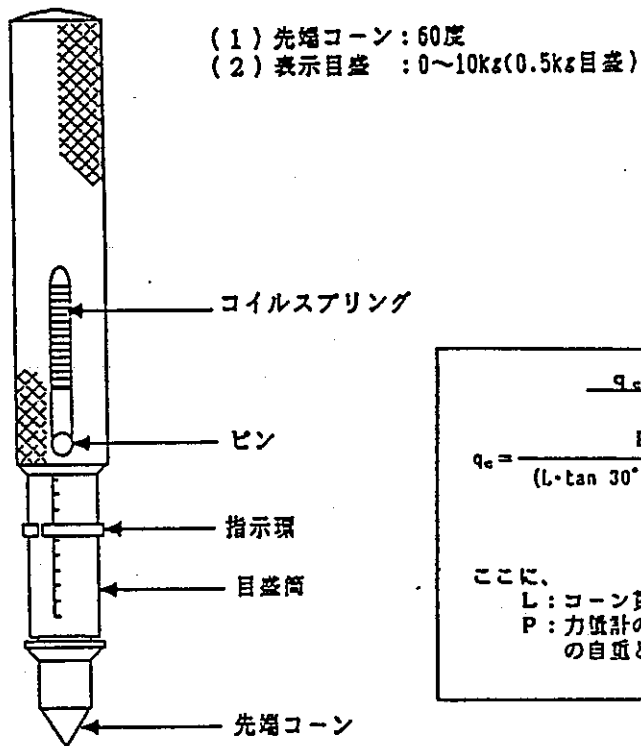
注) この表の分類にあてはまらない粒度組成を示すものは岩相に応じた分類を行った。

以上のコア鑑定の結果は、ボーリングの掘進データとともに、縮尺100分の1の地質柱状図として整理した。

なお、地質柱状図への記載は、以下の基準に基づいている。

- ・層厚10 cm以上の地層を柱状図に表示する。
- ・層厚10 cm以下のものは、記事欄に記載する。
- ・特徴的な地層あるいは、キーベツトとなりうるような地層は、層厚10 cm以内であっても柱状図に表示する。
- ・単層の厚さ10 cm以内で細かに互層する場合は、優勢な地質で代表させ、詳細を記事欄に記載する。

【ポケットコーンペネトロメーター（S45AN，丸東製作所）】



q_c の計算式

$$q_c = \frac{P}{(L \cdot \tan 30^\circ)^2 \cdot \pi}$$

ここに、
 L：コーン貫入長 (cm)
 P：力値計の読みと、ペネトロメーターの自重との和 (kg)

【試験装置】

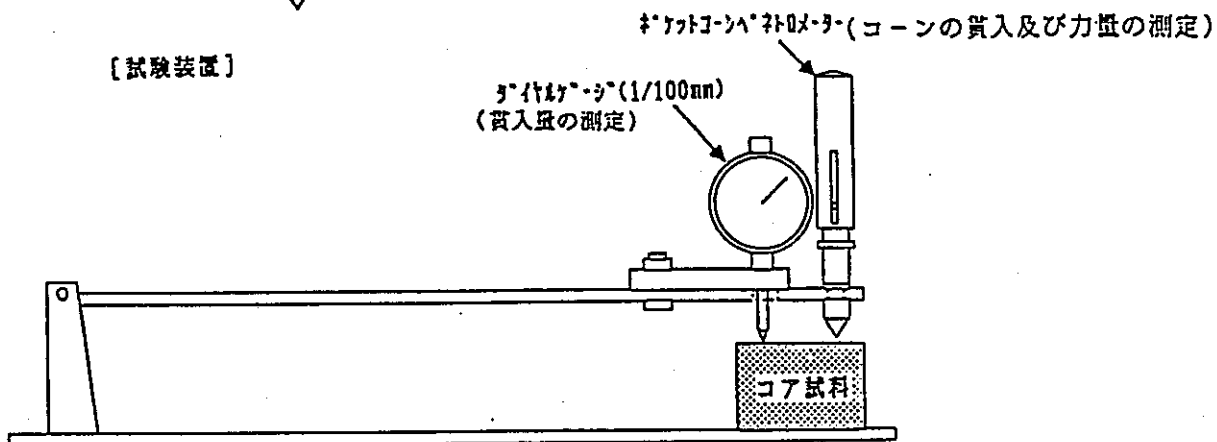


図 2 - 1 - 18 岩石のコーン貫入試験装置

(2) 各地層の層相および構成

図2-1-19 (1)～(7) に深層ボーリング結果概要図を、図2-1-20 に深層ボーリング結果模式図を示す。ボーリングで確認された更別層、勇知層、声問層の確認深度および分布標高は次のとおりである。

地層名	確認深度(m)	層厚(m)
更別層	(3.9)～349.2	339.3
勇知層	349.2～886.6	537.4
声問層	886.6～(1355.0)	468.8以上

声問層の層厚は、今回のボーリングで、声問層の下位に分布する稚内層が確認されていないので468.8m以上という表現にしている。

また、更別層の確認深度9.9mは、D-1孔近傍で実施されたボーリングB-1孔で確認されたものである。

以下、それぞれの地層の構成について要約する。

○更別層

全体に層相変化が著しく、上部は主に泥岩、砂質泥岩、中粒砂岩がおおまかな互層をなして分布し、中～下部にかけて砂岩が優勢で礫岩を伴う。

泥岩、砂岩中には、所々層厚50cm程度以下の炭質泥岩または、褐炭を挟在する。褐炭の分布の下限は、深度440.10mである。

泥岩および砂質泥岩は、無層理・塊状のものと、細粒砂岩の薄層、砂質泥岩を数cm程度の間隔で挟在し、全体に葉理が発達した縞状を呈するものが認められ、また、炭質物の薄層を互層状に挟在するところもある。色調は、暗灰色～灰色を呈し、比較的良好に固結している。

褐炭は、まだ繊維質な組織を残し、暗茶褐色を呈する。

砂岩は、中粒砂岩が主体をなし、上部で一部細粒砂岩が、中～下部にかけて所々粗粒砂岩、礫混じり粗粒砂岩の薄層が分布する。また、中粒砂岩中にも概ね層厚10cm以下の細粒砂岩が認められ、まれに泥岩の薄層も伴う。

色調はいずれも暗灰色を呈するが、深度143.90～155.85mは、風化変質によって全体に褐灰色を呈する。

全体に固結度が低く、ボーリングコアがかろうじて自立する程度の硬さを有し、岩片は指圧で容易につぶれ、コアは手でほぐすることができる。

礫岩は、粒径50mm以下の円礫および基質の中～粗砂で構成される。中粒砂岩と互層をなす場合が多く全体にルーズで、固結度は砂岩と同様に低い。

礫の種類は、先第三系の砂岩、頁岩、チャート、緑色岩および花崗岩類、安山岩類などである。

更別層の層理面の傾斜は、 $2 \sim 12^\circ$ を示すが、一般に $2 \sim 8^\circ$ を示す箇所が多い。

○ 勇知層

一様な粒度組成を示す均質な暗灰色の細粒砂岩を主体とし、層理、葉理、級化の発達は、ほとんど認められない。

上部の更別層との境界付近は、中粒砂岩で構成され、下部には、砂質泥岩および泥岩を挟在し、細粒砂岩には一部葉理が発達する。

深度401m以深は、全体に貝類の化石、および生痕を含み、細片状～粉状の炭質物が点在する特徴をもつ。また、以下の深度には、砂質凝灰岩および泥質凝灰岩の薄層を挟在する。

475.50～475.67 m	泥質凝灰岩
750.10～750.45 m	泥質凝灰岩
808.35～810.05 m	砂質凝灰岩
930.25～930.50 m	砂質凝灰岩
946.30～947.04 m	砂質凝灰岩

中粒砂岩は、暗灰色の一樣な粒度組成を示す均質な岩相を示し、一部、泥質部で構成される生痕が不規則に認められるところもある。また、下部は粗粒砂岩の薄層を挟在する。

固結度はやや低く、コアは棒状を呈するものの、指圧でつぶせる程度の固結度を有する。

細粒砂岩は暗灰色を呈し、級化のない一樣な粒度組成の均質な岩相を示し、二枚貝の化石および生痕を比較的多く含む他、細片状～粉状の炭質物が点在し、所々泥質部を不規則に含むなどの特徴が認められ、また、一部ノジュール状の硬質部を含む。

比較的よく固結しているが、コアは手で折ることができる。

砂質泥岩は灰色を呈し、無層理で、概ね一樣な層相を示すが、細砂を不規則に含み、砂分と泥分がブレンドされておらず、やや不均質な粒度組成を示す。

少量の二枚貝化石を含み、細粒砂岩との境界は、漸移的である。固結度は、細粒砂岩と同程度である。

凝灰岩は、淡灰色～灰白色を呈し、泥質なものと砂質なものが認められる。いずれもよく淘汰され、砂質なものは、葉理が発達するものもある。

泥岩は灰色を呈し、塊状無層理で、所々淡灰色部をバンド状、斑状に含む特徴が認められる。

淡色部は、塩酸に反応することから石灰分に富むと見られる。

勇知層の層理面の傾斜は $2\sim 10^\circ$ である。

○ 声問層

上部は、泥岩、砂質泥岩、細粒砂岩がおおまかに互層し、中～下部は砂質泥岩を主体とし、所々泥岩を挟在する。

全体に塊状無層理で均質であり、固結度も比較的高く、下部ほど固結度を増す。

貝類の化石を含むが、小形のものが多く、含有量もごくわずかである。

深度1070.27mまでは、勇知層の細粒砂岩と同一岩相の細粒砂岩が多く認められ、勇知層と声問層の中間的岩相を示すことから、この付近まで勇知層から声問層へと岩相が変化する漸移部であろう。

細粒砂岩は、暗灰色を呈し、一様な粒度組成の均質な岩相を示し、まれに小形の二枚貝化石および生痕を含む他、一部、ノジュール状の硬質部あるいは、泥質部を不規則に含み、やや不均質な粒度組成を示すところもある。

砂質泥岩は灰色を呈し、塊状無層理で一様な粒度組成を示す。

まれに、小形の二枚貝化石、ノジュール状の硬質あるいは、生痕を含み、所々砂分に富むところがある他、泥岩および細粒砂岩の薄層も挟在する。

泥岩は、灰色を呈し、砂質泥岩と同じく、塊状無層理である。

まれに、小形の貝化石あるいは、ノジュール状の硬質部を含む。また、一部淡灰色部をバンド状に挟み、一部縞状を呈する。淡色部は塩酸に反応する。

声問層の層理面の傾斜は、 $2\sim 10^\circ$ を示すが、 10° 程度の傾斜が主体をなす。

標尺 (m)	深度 (m)	柱状図	概要	掘進状況
10				φ10 ^{3/8} " ノンコアボーリング φ9" ケーシング挿入。 フルホールセメンディング
20				
30	30.00			
40	40.50 42.25		泥岩及び砂質泥岩。 比較的よく固結している。ナイフ等で容易に成形できる程度の硬さを有する。 砂質泥岩は層理が発達し、泥岩をレンズ状に挟む。	
50	48.88 51.85			
60	55.00 56.85 60.00		砂岩優勢層、泥岩、礫岩挟在。 砂岩は中粒砂岩主体で未固結状。 礫岩は礫径30mm以下で非常にルーズ。	
70	65.90 68.90 71.00			
80			泥岩及び砂質泥岩。 比較的よく固結している。ナイフ等で容易に成形できる程度の硬さを有する。 砂質泥岩は層理が発達し、砂岩薄層を挟在する。	
90	90.15 91.28 95.60			
100			砂岩優勢層。 中粒砂岩、粗粒砂岩で構成される。	
110	110.25 113.20			
120	121.45		泥岩。塊状泥岩。層理の発達した織状泥岩からなり比較的よく固結している。	
130	125.60 126.85 131.50 134.32			
140			中粒砂岩及び礫岩。 中粒砂岩は無層理で一様な粒度を示し、かろうじてコアが原形を保てる程度に締まっている。 礫岩は未固結であり礫径は30mm以下。	
150	149.50 154.60 155.85			
160				
170	169.40			
180	183.35 185.60		泥岩。 塊状泥岩。層理の発達したシマ状泥岩、砂質泥岩で構成され、比較的よく固結している。 ナイフ等で容易に成形できる。	
190	195.55			
200			砂岩。粗粒砂岩で構成され、未固結状。	

図2-1-19(1) 深層ボーリング結果概要図
(D-1号孔)

標尺 (m)	深度 (m)	柱状図	概要	掘進状況	
210	200.60	○ ○ ○ ○ ○ ○	礫岩。礫径40mm	採炭用コアバレルによるコアボーリング。 礫岩は崩壊性で礫径が大きく、コア採取困難。	
	203.90	● ● ● ● ● ●	砂岩。中粒。部分的に泥岩薄層挟在。		
220	213.07	● ● ● ● ● ●	粗粒砂岩。礫混じり。		
	222.00	○ ○ ○ ○ ○ ○	礫岩。礫径は最大3cm程度で、礫種は先第三系の岩石からなる。		
230	229.20	○ ○ ○ ○ ○ ○	中粒砂岩。 よく締っている。部分的に泥岩、粗粒砂岩の薄層挟在し、深度250m以深では認めらる。		
	232.25	○ ○ ○ ○ ○ ○			
240	233.33	● ● ● ● ● ●	無層理の塊状泥岩。層理の発達した箱状泥岩で構成され、深度274mに二枚貝化石を含む。比較的よく固結している。		
	265.40	● ● ● ● ● ●			
270	275.70	○ ○ ○ ○ ○ ○	中粒砂岩で構成され、概ね一様な層相を示す。		礫岩は未固結で崩壊性であり、コア採取困難。
	281.72	○ ○ ○ ○ ○ ○			
280	286.70	○ ○ ○ ○ ○ ○	礫岩が主体をなし、中粒砂岩を挟在する。礫径は最大4cm程度で、礫種は先第三系の岩石から成る。		
	295.15	○ ○ ○ ○ ○ ○			
290	295.15	○ ○ ○ ○ ○ ○	中粒砂岩で構成され、全体に一様な層相を示す。 深度319~328m付近に所 生痕が認められる。		
	305.77	○ ○ ○ ○ ○ ○			
300	307.65	○ ○ ○ ○ ○ ○	礫岩。礫径4cm、礫種は先第三系の岩石から成る。	礫岩は未固結で崩壊性でありコア採取困難。	
	312.30	○ ○ ○ ○ ○ ○			
310	343.90	● ● ● ● ● ●	中粒砂岩で構成され、全体に一様な層相を示す。 深度360m付近から生痕が多く認められる。		
	349.20	○ ○ ○ ○ ○ ○			
320	390.67	○ ○ ○ ○ ○ ○	中粒砂岩で構成され、全体に一様な層相を示す。 深度360m付近から生痕が多く認められる。		
	391.76	○ ○ ○ ○ ○ ○			
330	394.70	○ ○ ○ ○ ○ ○	中粒砂岩で構成され、全体に一様な層相を示す。 深度360m付近から生痕が多く認められる。		
	395.88	○ ○ ○ ○ ○ ○			
340	390.67	○ ○ ○ ○ ○ ○	中粒砂岩で構成され、全体に一様な層相を示す。 深度360m付近から生痕が多く認められる。		
	391.76	○ ○ ○ ○ ○ ○			
390	394.70	○ ○ ○ ○ ○ ○	中粒砂岩で構成され、全体に一様な層相を示す。 深度360m付近から生痕が多く認められる。		
	395.88	○ ○ ○ ○ ○ ○			
400	390.67	○ ○ ○ ○ ○ ○	中粒砂岩で構成され、全体に一様な層相を示す。 深度360m付近から生痕が多く認められる。		
	391.76	○ ○ ○ ○ ○ ○			

図2-1-19(2) 深層ボーリング結果概要図 (D-1号孔)

標尺 (m)	深度 (m)	柱状図	概要	掘進状況
410			中粒砂岩で構成され、全体に一樣な層相を示す。 深度401m付近に二枚貝化石を含む。	よく締っており、コア採取率向上、掘進状況も良好
420				
430				
440	440.63		細粒砂岩で構成され、全体に一樣な層相を示し、全体に二枚貝化石が点在する。また、生痕も多く認められる。比較的よく固結している。 深度475.50~475.67m 凝灰岩 存在。 深度485~527m間は、全体に二枚貝化石を多く含む。	
450				
460				
470				
480				
490				
500				
510				
520				
530				
540				
550				
560				
570				
580				
590				
600				

図2-1-19(3) 深層ボーリング結果概要図
(D-1号孔)

標尺 (m)	深度 (m)	柱状図	概要	掘進状況	
610			細粒砂岩で構成され、全体に一樣な層相を示す。また全層に二枚貝化石が点在する。部分的に生痕も認められ、所々に泥質部を不規則に含むところがある。一部巻貝の化石も認められる。	掘進状況は比較的良好である。	
620			深度624.00~638.80mは全体でシルト分を不規則に含む。		
630			深度636.82~638.73mは全体でシルト分を不規則に含む。		
640					
650					
660					
670					
680					
690	691.95				深度688.00m 礫岩薄層存在。
	696.00				砂質泥岩で構成され細砂を不規則に含む。
700			細粒砂岩で構成され、全体に一樣な層相を示す。二枚貝化石少量点在。		
710	711.15		砂質泥岩で構成され細砂を不規則に含む。		
	716.65				
720			細粒砂岩で構成され全体に一樣な層相を示す。全体に二枚貝化石点在。		
	727.65		深度722.95~727.65m 二枚貝化石多し。一部密集。		
730	730.55		砂質泥岩で構成され二枚貝化石少量含む		
740			細粒砂岩で構成され、全体に一樣な層相を示す。二枚貝化石が全体に点在するが少量である。また、泥質部を不規則に含むところがある。		
750	758.60		深度750.10~750.45m 泥質凝灰岩存在。		
760	763.95				
770			砂質泥岩で構成される。塊状無層理で均質である。二枚貝化石少量点在。		
780			細粒砂岩で構成され、全体に一樣な層相を示し均質。下部ほど細粒となる。		
790			全体に二枚貝、巻貝化石点在。		
800					

図2-1-19(4) 深層ボーリング結果概要図 (D-1号孔)

標尺 (m)	深度 (m)	柱状図	概要	掘進状況
810	808.35		細粒砂岩で構成され、全体に一様な層相を示し均質。全体に二枚貝化石点在。	
	810.05		砂質凝灰岩。弱い葉理発達。	
820			細粒砂岩で構成され全体に一様な層相を示し、均質。全体に二枚貝、巻貝化石点在。	
830				
840			深度841.60~843.00m 泥質分多し。	
850			深度850m付近より部分的に葉理発達する。	
860				
870			深度871.30~874.30m 極細粒で泥質分多し。	
880	886.60			
890	894.10		砂質泥岩で構成され、塊状無層理で均質、部分的に砂分含む。	
	900		泥岩で構成され、塊状無層理で均質。バンド状、斑状の淡灰色でやや硬質な部分を含む。	
910	908.16		細粒砂岩で構成される。極細粒で均質、二枚貝化石少量点在。	
920	915.35			
930	927.30		砂質泥岩で構成され、塊状無層理で均質。少量の二枚貝化石点在。	
	930		931.00	
940			砂質泥岩で構成される。塊状無層理で、部分的に砂分含む。少量の二枚貝化石点在	
	940		942.50	
950	953.00		深度946.30~957.04m 砂質凝灰岩挟在。	
	960		961.90	
970	965.60		細粒砂岩を主体とする。二枚貝化石含む。	
	980		986.00	砂質泥岩で構成される。塊状無層理で均質。二枚貝化石少量点在する。
990			細粒砂岩で構成される。一様な層相を示す。部分的に泥質部を不規則に含む。二枚貝化石がわずかに点在する。	
1000				

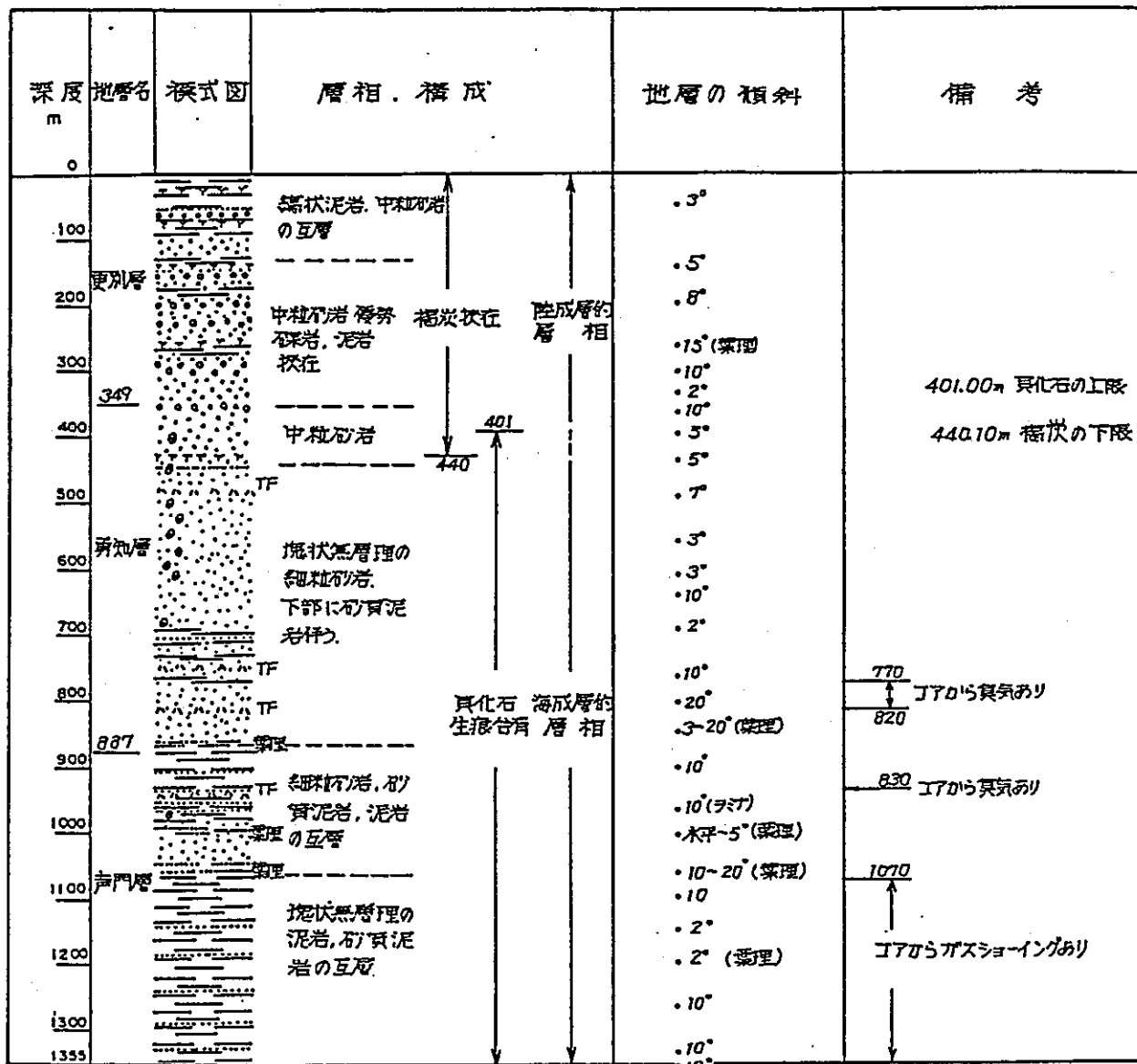
図2-1-19(5) 深層ボーリング結果概要図
(D-1号孔)

標尺 (m)	深度 (m)	柱状図	概 要	掘進状況
1010		[Dotted pattern]	細粒砂岩で構成され、一様な層相を示し部分的に葉理が発達する。貝化石は全くと認められない。生痕及びノジュールが部分的に認められる。	ビット交換後のロット降下に於て、深度1130.30～1136.00mで孔壁の押出しあり。
1020				
1030				
1040				
1050				
1060	1061.20	[Dotted pattern]	深度1067.13～1068.15m 泥質分多し。	
	1062.40			
1070	1070.27	[Dotted pattern]		
1080		[Horizontal lines]	砂質泥岩で構成される。塊状無層理で均質。ノジュールを含み、まれに生痕、二枚貝化石点在。	
1090		[Horizontal lines]	深度1079.20～1080.40m 砂分多し。	
1100	1113.07	[Horizontal lines]		
1110		[Horizontal lines]	泥岩で構成され、塊状無層理で均質。バンド状、斑状の淡灰色部が認められる。	
	1118.55	[Horizontal lines]		
1120		[Horizontal lines]	砂質泥岩で構成される。まれに二枚貝化石点在、塊状無層理で均質。部分的に細粒砂岩挟在。	
	1127.55	[Horizontal lines]		
1130	1128.65	[Horizontal lines]		
1140	1141.55	[Horizontal lines]	深度1141.55～1143.90mの砂岩は傾斜20°～40°の板状の節理発達。	
	1143.90	[Horizontal lines]		
1150		[Horizontal lines]	深度1145.70～1147.55m 砂分多し。深度1154m付近から部分的に泥岩薄層挟在。	深度1171.00～1173.00m ビット交換時のロット引き上げ中障害あり。
1160		[Horizontal lines]		
1170	1171.90	[Horizontal lines]	深度1171.90～1177.30m 泥岩で構成され、バンド状の淡灰色部が認められる。	ビット交換後のロット降下に於て、深度1181.50～1189.90mで孔壁の押出しあり。
	1177.30	[Horizontal lines]		
1180	1184.05	[Horizontal lines]	深度1184.05～1186.50m 細粒砂岩で構成され1～数cm間隔の板状の節理発達。傾斜45°程度。	深度1178m以深、コア表面よりガスショーイングあり。深度1180.00～1182.40m押出し崩壊発生
	1186.50	[Horizontal lines]		
1190		[Horizontal lines]		
1200		[Horizontal lines]		

図2-1-19(6) 深層ボーリング結果概要図
(D-1号孔)

標尺 (m)	深度 (m)	柱状図	概 要	掘進状況
1210			砂質泥岩で構成される。塊状無層理で均質。貝化石等は全んど認められず一様な岩相を示す。	全体にコア表面よりガスショーイングあり。 ビット交換後のロッド降下にて、 深度120130~121000 128100~128230 で孔壁の押出しあり。
1220				
1230				
	1234.00		深度1234.00~1238.40m 細粒砂岩	
1240	1238.40		で構成され、泥質部を不規則に含む。	
	1245.40		深度1245.40~1246.95m 細粒砂岩	
1250	1246.95		で構成される。弱い層理が発達する。	
1260				
1270				
1280			深度1285.70~1288.40m 泥岩で構成される。	
	1285.70			
	1288.40		深度1288.40~1289.70m 細粒砂岩	
1290	1289.70		で構成される。	深度1297~1298m, 1300~13014m, 1306~13068m, 1326.3~1326.8 m コアに1~5cm ^{間隔} で水平な数少クラック発生。 クラックよりガスショーイングあり。
	1295.00			
1300			泥岩で構成される。多少砂分を含み、上位の砂質泥岩に近い岩相を示す。	
	1308.90			
1310			砂質泥岩で構成される。塊状無層理で均質。	
	1315.55		深度1315.55~1317.00m 泥岩で構成	
	1317.00		され、砂質部と互層をなす。	
1320	1320.95			
	1328.40		泥岩で構成される。塊状無層理で均質、	
1330	1330.50		多少砂分を含み、砂質泥岩に近い岩相を示す。	
1340			深度1328.40~1330.50m 砂質泥岩及び細粒砂岩で構成される。	深度134630~134780 コアに1~3cm ^{間隔} 、傾斜20°程度の数少クラック発生。クラックより、ガスショーイングあり。
1350	1350.00		深度1350.00~1355.00m 砂質泥岩	
	1355.00		で構成される。	
1360				
1370				
1380				
1390				
1400				

図2-1-19(7) 深層ボーリング結果概要図
(D-1号孔)



模式図凡例

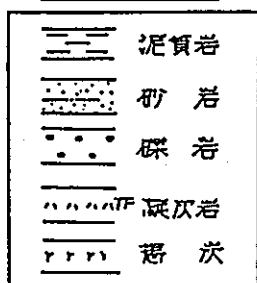


図2-1-20 深層ボーリング結果模式図

(3) 岩石の固結度および割れ目

(a) 岩石の固結度

図2-1-21に、コーンペネトロメーターによって測定した q_c の深度分布を示した。

岩の固結度は、深度440m付近まで全体に低く、勇知層の細粒砂岩を優勢とする深度440~1000mにかけて、徐々に固結度は上り、声門層の泥岩、砂質泥岩を優勢とする深度1000~1355mでは、さらに深度とともに固結度の上がる傾向が強く現われている。岩種による比較では、粒度組成が細粒なものほど固結度が高くなる傾向が認められる。

表2-1-14に各岩種の平均値および標準偏差を図2-1-22に、各岩種の q_c のヒストグラムを示した。

(b) 割れ目

深層ボーリング孔で採取されたコアについて、破碎部の有無、割れ目頻度と、その性状について観察した結果を要約すると以下のとおりである。

○ 破碎部

D-1孔のボーリングコアについて、破碎による粘土化、角礫化の有無、条線または鏡肌の有無について観察した結果

- ・粘土化、角礫化などを伴う破碎部は、更別層~勇知層~声門層とも認められない。
- ・鏡肌を伴う割れ目が1176.50m、1176.53mで認められる。

厚さ0.1cmの黒灰色の粘土を挟在し、いずれも水平である。

地質は、泥岩で構成される。

○ 節理およびその他の割れ目

表 2-1-15 (1) ~ (4) に節理および、その他の割れ目の分布状況を示した。

割れ目の分布は、深度 528.85m から認められる。

割れ目は、

- ・ 傾斜 $60 \sim 90^\circ$ と鉛直に近く、群をなさない、おおまかな急傾斜の節理
- ・ 間隔 $1 \sim 20$ cm で発生する傾斜 45° 以下の板状節理
- ・ 不明瞭で不連続なヘヤークラック

に分類できる。

急傾斜のおおまかな節理は、岩種による特徴は認められず、一様な粒度組成を示す均質な岩相であること、また、生痕を切っていることなどから、この節理系は地層の堆積面を示すものではないと判断される。

ヘヤークラックは泥岩または砂質泥岩に発達する特徴をもち、肉眼では見つけづらいほど不明瞭であり、不連続で、クラック面は細かな凹凸に富み、ごくわずかに開口している。

剥離性はなく、このクラックからコアが分離している状況が認められないこと、クラックの発達する位置に顕著な堆積構造が認められるような状況もなく、塊状無層理の泥質岩であること、また、コアバーレルから、コアを取り出す際に、このクラックから、わずかなガスショージョーイングが認められたことなどから、応力解放によって発生した 2 次的な割れ目である可能性が高い。

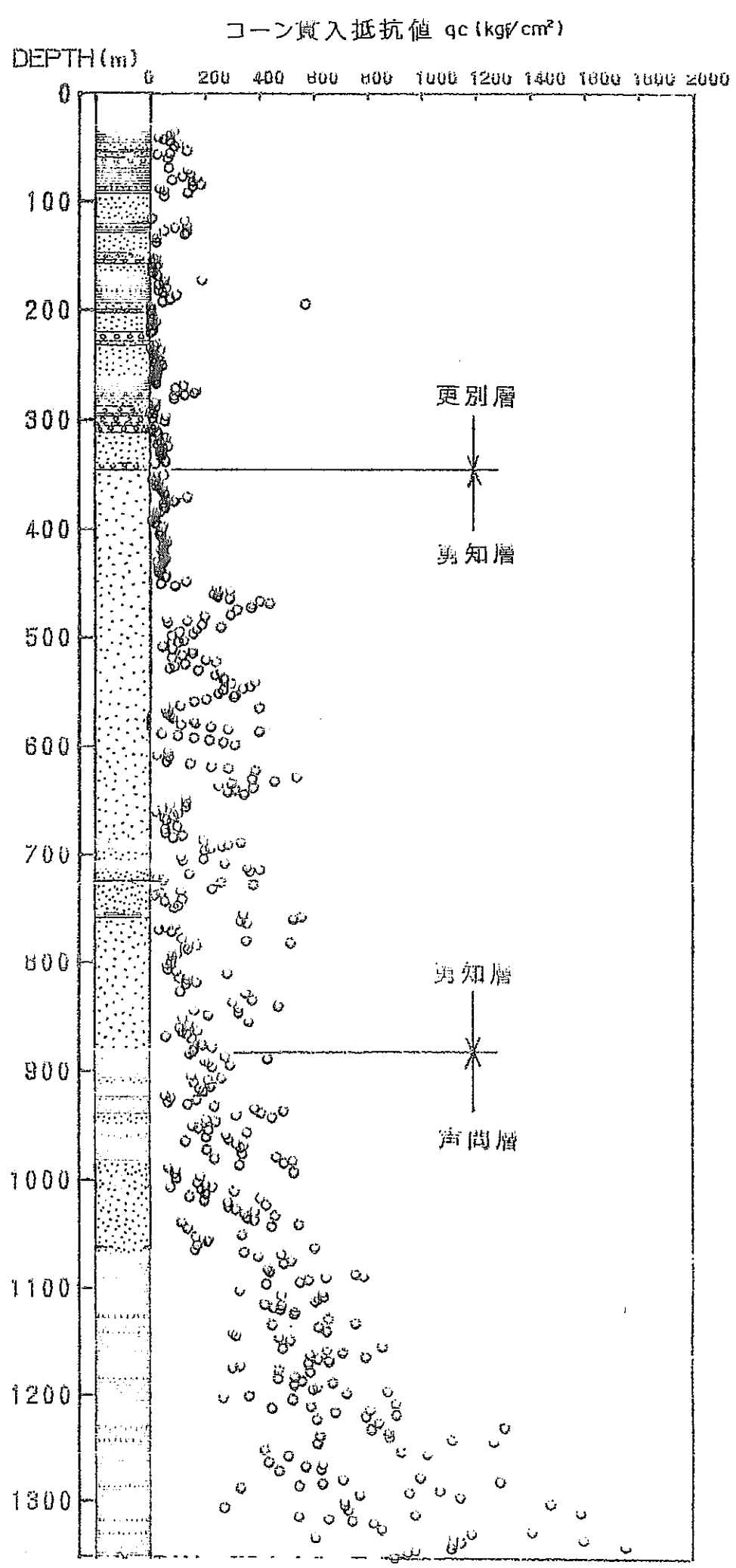
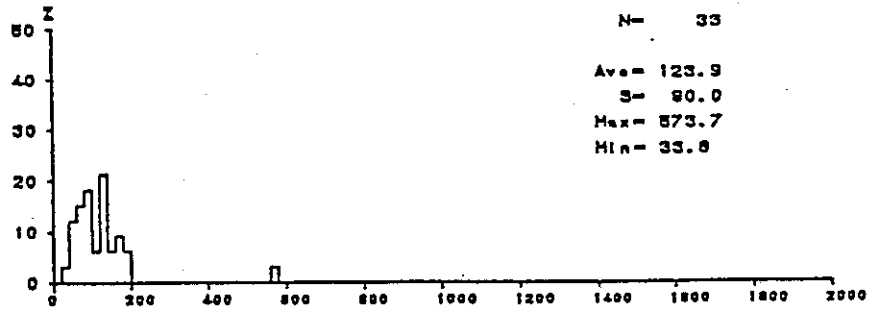


図 2 - 1 - 21 コーン貫入抵抗値深度分布

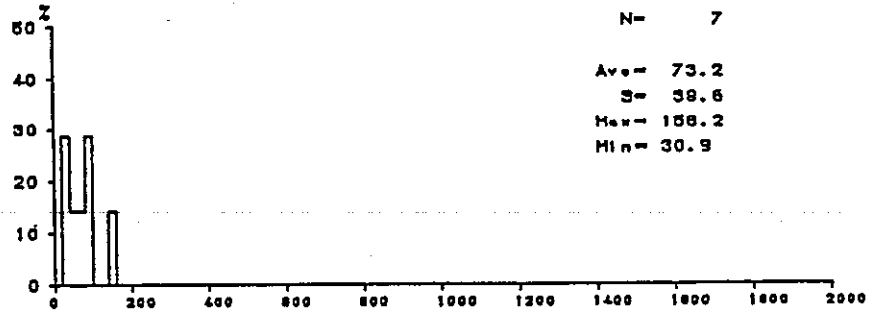
表 2 - 1 - 1 4 岩種別コーン貫入抵抗値の平均値及び標準偏差

地 層	岩 種	デー夕数	最 大 値 (kgf/cm ²)	最 小 値 (kgf/cm ²)	平 均 値 (kgf/cm ²)	標 準 偏 差 (kgf/cm ²)
夏別層	泥 岩	33	573.7	33.8	123.9	90.0
	砂質泥岩	7	156.2	30.9	73.2	39.6
	細粒砂岩	5	49.7	15.3	30.1	11.5
	中粒砂岩	58	139.8	4.6	31.6	25.4
	粗粒砂岩	6	24.7	4.9	10.2	7.0
	礫 岩	4	31.7	9.5	19.1	8.1
	褐 炭	5	61.8	25.3	51.8	13.7
	全 体	118	573.7	4.6	59.1	66.8
勇知層	泥 岩	1	—	—	404.6	—
	砂質泥岩	8	406.8	202.6	324.8	75.3
	細粒砂岩	181	560.5	21.7	191.0	122.4
	中粒砂岩	43	138.4	10.7	47.2	22.9
	粗粒砂岩	1	—	—	23.3	—
	礫 岩	2	337.7	88.4	213.1	124.7
	砂質凝灰岩	1	—	—	287.7	—
	全 体	237	560.5	10.7	170.2	127.0
声問層	泥 岩	36	1755.7	155.4	665.5	436.5
	砂質泥岩	111	1591.9	58.1	620.4	267.6
	細粒砂岩	55	878.4	68.3	275.6	157.4
	全 体	202	1755.7	58.1	534.5	324.7

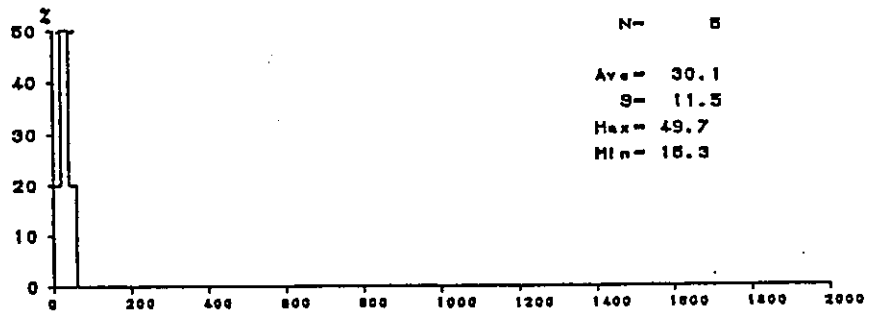
更別層 (泥岩)



更別層 (砂質泥岩)



更別層 (細粒砂岩)



更別層 (中粒砂岩)

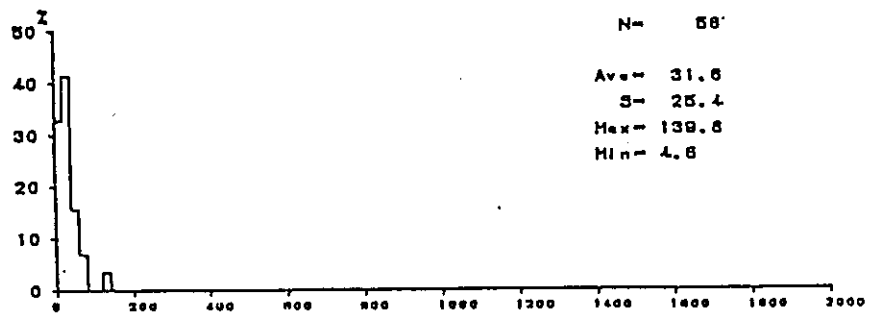
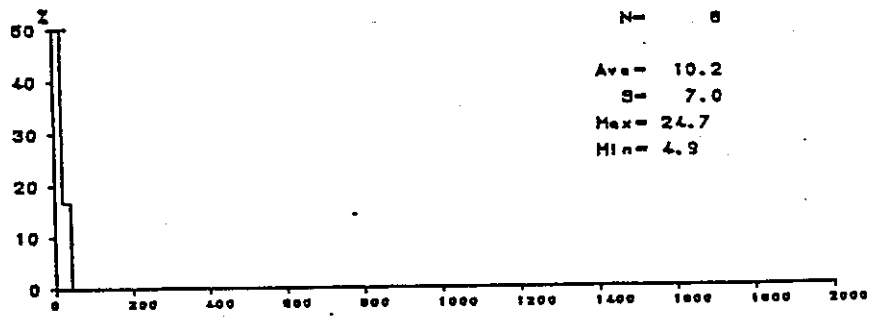
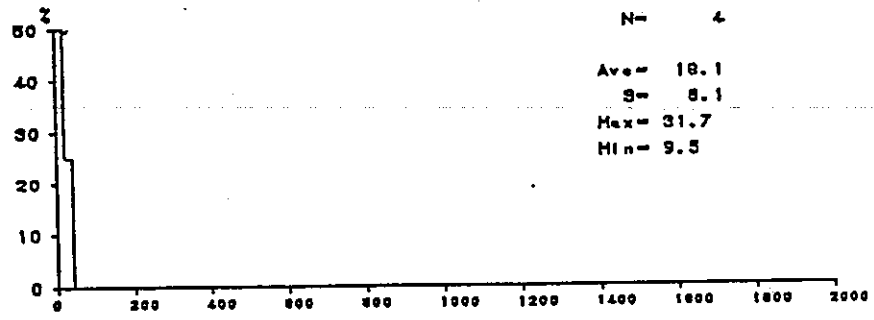


図 2 - 1 - 2 2 (1) コーン貫入抵抗値のヒストグラム

更別層 (粗粒砂岩)



更別層 (礫岩)



更別層 (褐炭)

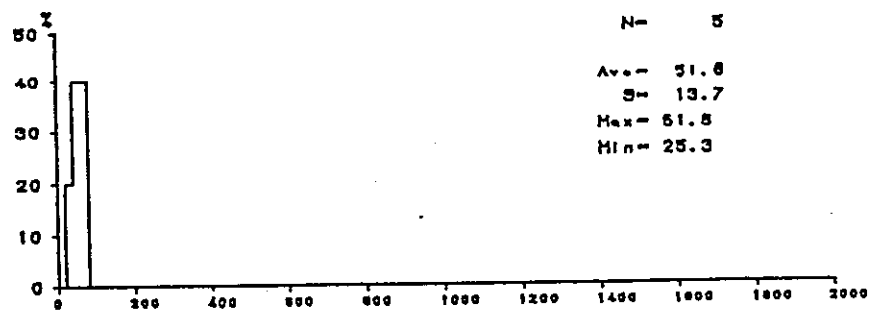
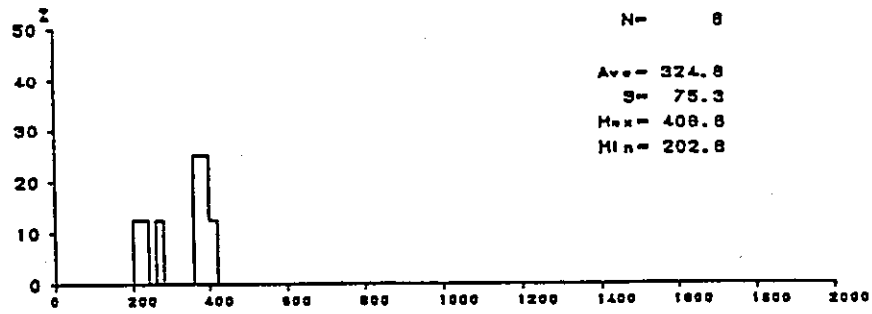
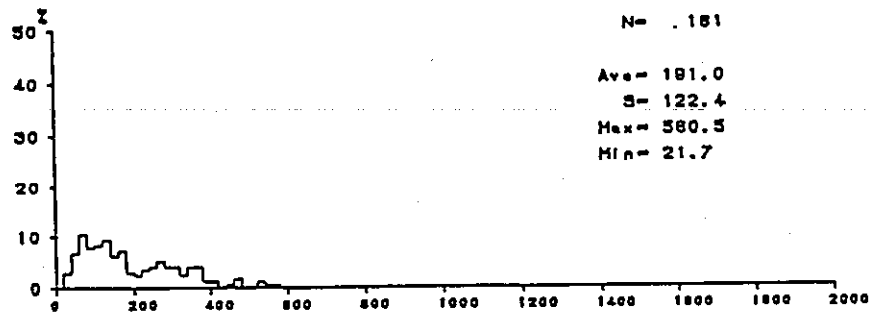


図 2 - 1 - 2 2 (2) コーン貫入抵抗値のヒストグラム

勇知層 (砂質泥岩)



勇知層 (細粒砂岩)



勇知層 (中粒砂岩)

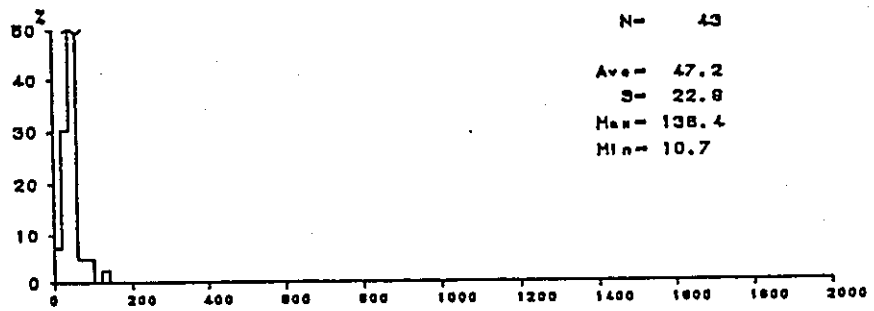
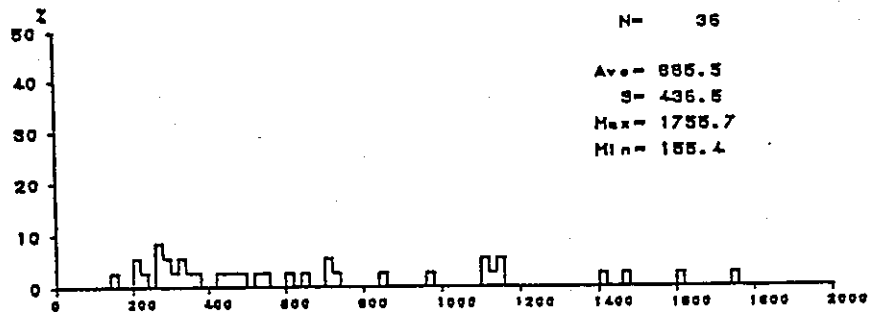
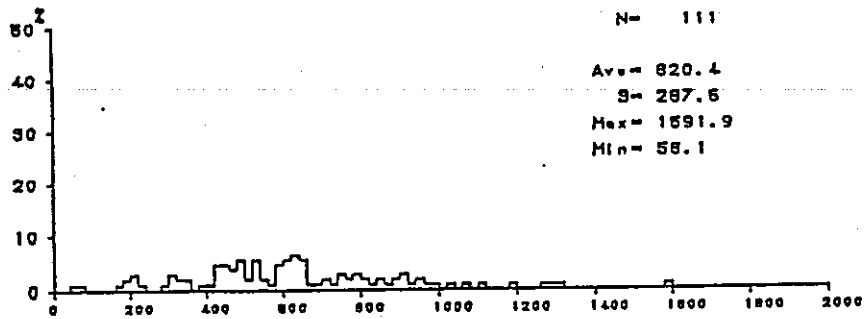


図 2-1-2 2 (3) コーン貫入抵抗値のヒストグラム

声間層 (泥岩)



声間層 (砂質泥岩)



声間層 (細粒砂岩)

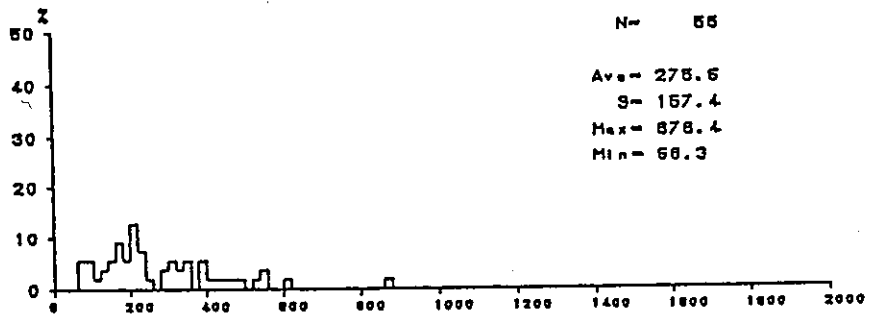


図 2-1-22(4) コーン貫入抵抗値のヒストグラム

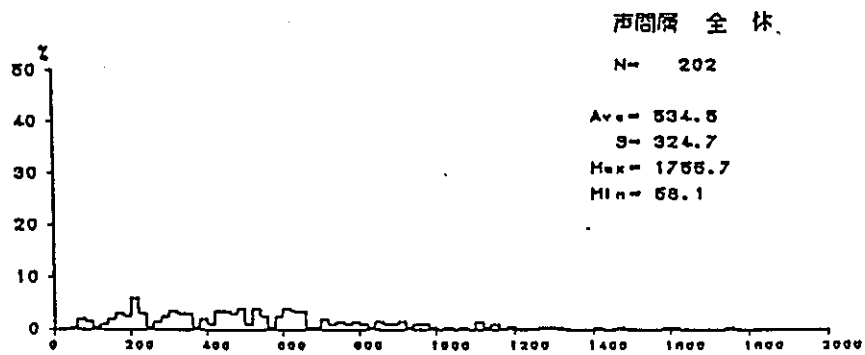
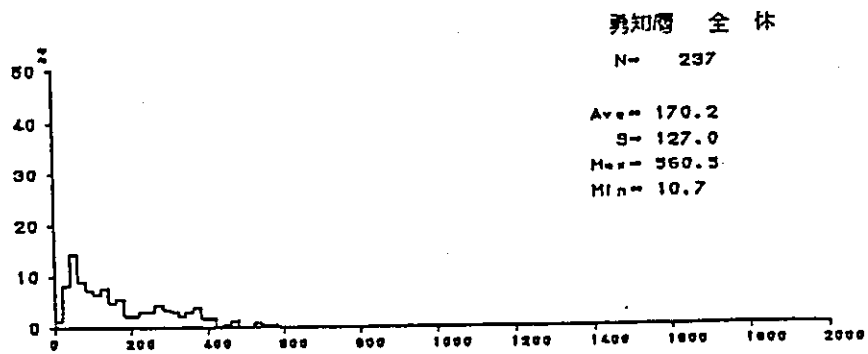
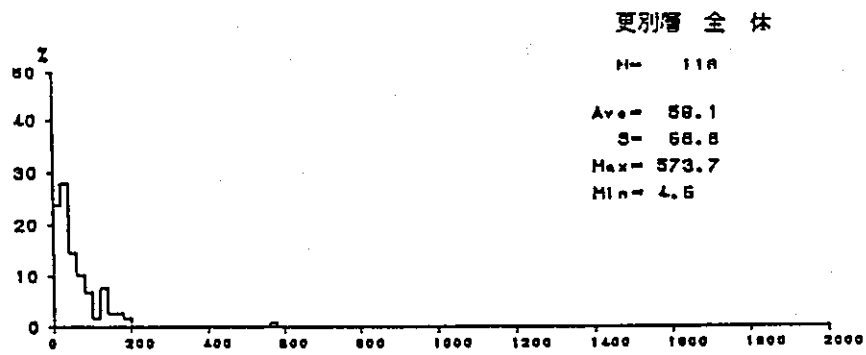


図 2 - 1 - 2 2 (5) コーン貫入抵抗値のヒストグラム

表2-1-15(1) 割れ目の分布状況

分布深度 (■)	傾斜	地質	割れ目頻度	備考
528.85	70°	細粒砂岩		
534.10	45°	細粒砂岩		
539.20	80°	細粒砂岩		
539.40	80°	細粒砂岩		
539.55	65°	細粒砂岩		
540.60	70°	細粒砂岩		
541.10	75°	細粒砂岩		
588.80 ~ 588.90	30°	細粒砂岩	4本 (12~5cm)	
620.15	80°	細粒砂岩		
650.90	70°	細粒砂岩		
701.60	40°	細粒砂岩		
706.15	65°	細粒砂岩		
706.40	70°	細粒砂岩		
707.75	40°	細粒砂岩		
712.25	90°	砂質泥岩		
716.45	90°	砂質泥岩		
763.03	40°	細粒砂岩		
831.25	90°	細粒砂岩		
842.60	90°	細粒砂岩		
912.20	90°	細粒砂岩		
934.07	50°	砂質泥岩		
937.15	90°	砂質泥岩		
955.25	90°	泥岩		
958.00	90°	泥岩		
959.55	45°	泥岩		
961.60	80°	泥岩		
976.00	90°	砂質泥岩		
1008.45 ~ 1008.80	30°	細粒砂岩	15本 (2~5cm)	板状
1010.12 ~ 1010.15	20°	細粒砂岩	3本 (1~2cm)	
1010.48 ~ 1010.60	20°	細粒砂岩		
1010.60				
1010.62	20°	細粒砂岩	2本	
1011.35	90°	細粒砂岩		
1012.15 ~ 1012.20	45°	細粒砂岩	3本 (1~2cm)	板状
1014.75 ~ 1014.95	40°	細粒砂岩	8本 (1~2cm)	板状
1015.23 ~ 1015.63	30°	細粒砂岩	6本 (1~2cm)	板状
1017.45 ~ 1017.55	40°	細粒砂岩	5本 (1~3cm)	板状
1017.70 ~ 1017.80	40°	細粒砂岩	5本 (1~5cm)	板状

表2-1-15(2) 割れ目の分布状況

分布深度 (m)	傾斜	地質	割れ目頻度	備考
1018.40 ~1018.50	20°	細粒砂岩	11本 (1~10cm)	板状
1047.30 ~1047.40	45°	細粒砂岩	4本 (3~4cm)	板状
1049.00 ~1049.70	水平20°	細粒砂岩	23本 (1~20cm)	板状
1052.05 ~1052.10	20°	細粒砂岩	4本 (1~4cm)	板状
1054.30 ~1055.10	30~45°	細粒砂岩	28本 (1~10cm)	板状、一部斜交
1056.40 ~1056.65	20~40°	細粒砂岩	5本 (1~15cm)	
1057.45 ~1057.55	30°	細粒砂岩	3本 (5cm)	
1058.00 ~1058.07	30°	細粒砂岩	3本 (1~5cm)	
1059.93	40°	細粒砂岩		
1060.65 ~1061.20	30~40°	細粒砂岩	9本 (5~10cm)	板状
1063.90 ~1064.45	40°	細粒砂岩	9本 (2~10cm)	板状
1067.87 ~1067.98	30°	細粒砂岩	2本	板状
1081.80	90°	砂質泥岩		
1083.60	60°	砂質泥岩		
1084.00	70°	砂質泥岩		
1087.80	90°	砂質泥岩		
1096.55	90°	砂質泥岩		
1097.30	80°	砂質泥岩		
1099.05	75°			
1101.40	90°	砂質泥岩		
1106.80	90°	砂質泥岩		
1110.00	90°	砂質泥岩		
1114.90	90°	泥岩		
1116.70	90°	泥岩		
1117.40	90°	泥岩		
1120.80	90°	泥岩		
1121.20	90°	泥岩		
1121.60	60°	泥岩		
1123.22 ~1123.25	40°	泥岩	2本	
1126.45	90°	泥岩		
1127.75 ~1128.10	30°	細粒砂岩	6本 (1~10cm)	板状
1137.15	90°	砂質泥岩	2本	

表2-1-15(3) 割れ目の分布状況

分布深度 (m)	傾斜	地質	割れ目頻度	備考
1141.57 ~1141.13	20°	細粒砂岩	4本 (1~2cm)	板状
1141.80 ~1143.60	20~40°	細粒砂岩	56本 (2~10cm)	板状
1145.05	40°	砂質泥岩		
1145.20	45°	砂質泥岩		
1149.50	50°	砂質泥岩		
1157.30	90°	砂質泥岩		
1161.50	90°	砂質泥岩		
1171.80	90°	砂質泥岩		
1172.90	90°	泥岩		
1176.50	水平	泥岩		黒色粘土 0.1cm、鏡肌
1176.53	水平	泥岩		黒色粘土 0.1cm、鏡肌
1184.40 ~1186.10	45°	細粒砂岩	78本 (1~2cm)	板状
1186.50	90°	細粒砂岩		
1187.45	90°	砂質泥岩		
1189.30	90°	砂質泥岩		
1191.80	90°	砂質泥岩		
1195.15	90°	砂質泥岩		
1196.70	70°	砂質泥岩		
1199.50	60°	砂質泥岩		
1210.00	90°	砂質泥岩		
1212.90	90°	砂質泥岩		
1221.75	90°	砂質泥岩		
1226.75	90°	砂質泥岩		
1249.40	90°	砂質泥岩		
1251.85	80°	砂質泥岩		
1264.40	80°	砂質泥岩		
1270.10	90°	砂質泥岩		
1292.20	水平	砂質泥岩		▲ヤ-クラック
1293.05 ~1293.15	水平	砂質泥岩	5本 (1~5cm)	▲ヤ-クラック
1294.05	水平	砂質泥岩		▲ヤ-クラック
1294.20	水平	砂質泥岩		▲ヤ-クラック
1296.90 ~1297.15	90°	泥岩	2本	▲ヤ-クラック
1297.25 ~1298.95	水平	泥岩	11本 (1~15cm)	▲ヤ-クラック
1300.00 ~1300.55	水平	泥岩	30本 (1~5cm)	▲ヤ-クラック
1300.80 ~1301.40	水平	泥岩	12本 (1~15cm)	▲ヤ-クラック
1305.80	90°	泥岩		▲ヤ-クラック
1306.05 ~1306.60	水平	泥岩	19本 (1~5cm)	
1307.60	水平	泥岩	2本	▲ヤ-クラック
1310.75	90°	砂質泥岩		
1315.20	90°	細粒泥岩		
1321.50 ~1321.90	90°	泥岩	4本 (5~15cm)	▲ヤ-クラック

表2-1-15(4) 割れ目の分布状況

分布深度 (■)	傾斜	地質	割れ目頻度	備考
1326.28 ~ 1326.63	水平	泥岩	16本 (1~8cm)	ハヤクラック
1327.28 ~ 1327.53	水平	泥岩	6本 (2~15cm)	ハヤクラック
1346.30 ~ 1347.55	20°	泥岩	44本 (1~3cm)	板状 ハヤクラック
1347.77	20°	泥岩		ハヤクラック
1351.15	90°	砂質泥岩		
1351.90	90°	砂質泥岩		
1352.22 ~ 1352.41	水平	砂質泥岩	7本 (1~5cm)	ハヤクラック
1354.10 ~ 1355.20	90°	砂質泥岩		ハヤクラック

2. 2. 孔内検層

2. 2. 1. 目的

地下深部における原位置での諸物性を把握するため、各種の孔内検層を実施した。

各検層は、測定原理上、各々次のような地盤の情報を提供する。

(1) P S 検層

P S 検層は地盤の深度方向の弾性波速度（P 波、S 波）を求める手法である。弾性波速度は地盤の物性を知るうえで基本的な量であるばかりでなく、地盤の地震時の挙動を把握するうえでも必要な量である。

(2) 電気検層

電気検層は、地盤の深度方向の比抵抗を測定する手法である。地盤の比抵抗は構成粒子の比抵抗よりも、むしろ孔隙率や地下水の比抵抗に左右されやすく、油層評価や地層の水理学的検討に広く利用される。電気検層は、電極配置によってノルマル法やマイクロ法などがある。また、S P（自然電位）測定もよく併用する。

ノルマル法は通常実施される方法で、マイクロ法は薄層の検出などに効果がある。S P は地層と孔内水との間に起こる電気化学的な現象をとらえ、地質や地質境界などの判定に役立つ。

(3) 温度検層

温度検層は、孔内水を介し地盤の温度を深度方向に連続的に測定する手法である。地層の温度と温度差をもつ湧水が孔内にみられる場合には、局所的な温度変化となって現われる。こうした微小な温度変化をとらえるため、2 深度間の温度差を精度よく測定する手法として示差温度測定がある。

(4) 自然放射能検層

自然放射能検層は、地層中に含有される放射性物質の崩壊により放射される γ 線を深度方向に連続的に測定する手法である。たとえば、一般に頁岩（泥岩）は放射性物質を比較的多く含有し、砂岩はその含有量が少ない。こうした地質による違いを利用して地質や地質境界の判定に利用される。

(5) 密度検層

密度検層は、 ^{60}Co や ^{137}Cs の放射線源から放出される γ 線が地盤中で散乱し吸収される量から、地盤の密度を深度方向に連続的に測定する手法である。地盤の密度は割れ目や孔隙を含めた値であるため、純粋な物質部分の密度と比較して、地盤の状況を把握することができる。

(6) キャリバー検層

キャリバー検層は、ボーリング孔径を深度方向に連続的に測定する手法である。孔径の情報は密度検層の際、密度算出時に必要な他、孔壁のせり出し部や崩壊部の状況などを把握するのに利用される。

(7) 音波検層

音波検層は、孔壁沿いの音波速度を連続的に求める手法である。同じ速度を求める手法のPS検層は、地盤を伝播してきた5～500Hzの周波数帯域の波動から地盤の大局的な状況を把握できるのに対し、音波検層は10数kHzの帯域の音波を利用して、孔壁周辺の細かい速度分布を把握することができる。また、音波は破砕ゾーンなどで著しい減衰をうける。この性質を逆に利用し、波形の変化から破砕ゾーンの抽出にも利用される。

(8) 地下水比抵抗検層

地下水比抵抗検層は、孔内水の比抵抗を深度方向に連続的に求める手法である。孔内水が清水洗浄され、揚水後の状況であれば、地下水（地層水）の比抵抗

抗をある程度反映しており、電気検層結果の解釈に有用である。また、孔内に湧水のある場合に、周囲の孔内水と比抵抗に差があれば、その湧水箇所を検出できる。

2. 2. 2. 測定および解析方法

孔内検層の測定系は図2-2-1に示すようにゾンデ（孔中に挿入するセンサ）とウィンチ（巻きとり装置付きケーブル）と測定器とからなる（PS検層の場合には、この他に地表に振源装置を必要とする）。今回は、測定器類を過酷な気象条件から守るため観測小屋を設けた。使用した機器は、表2-2-1に示す。

測定方法は各検層とも大抵は共通しており、ゾンデを孔底（あるいは孔口）から巻き上げ（下げ）ながら深度方向に連続測定する。深度表示は、滑車の回転数に連動した深度カウンタによっている。記録紙の深度縮尺は1/200とした。

測定は、ケーシング計画にあわせ次の各段階ごとに行ったが、地下水比抵抗検層と平衡状態の温度検層は掘進終了後に実施した。また、作業は昼夜連続して行った。

段 階	ケーシング径	測定区間
1	7 インチ	30m ~ 250m
2	5 インチ	250m ~ 550m
3	4 インチ	550m ~ 1000m
4	3 インチ	1000m ~ 1350m

以下に各検層ごとに測定の方法、データの整理・解析の方法について述べる。

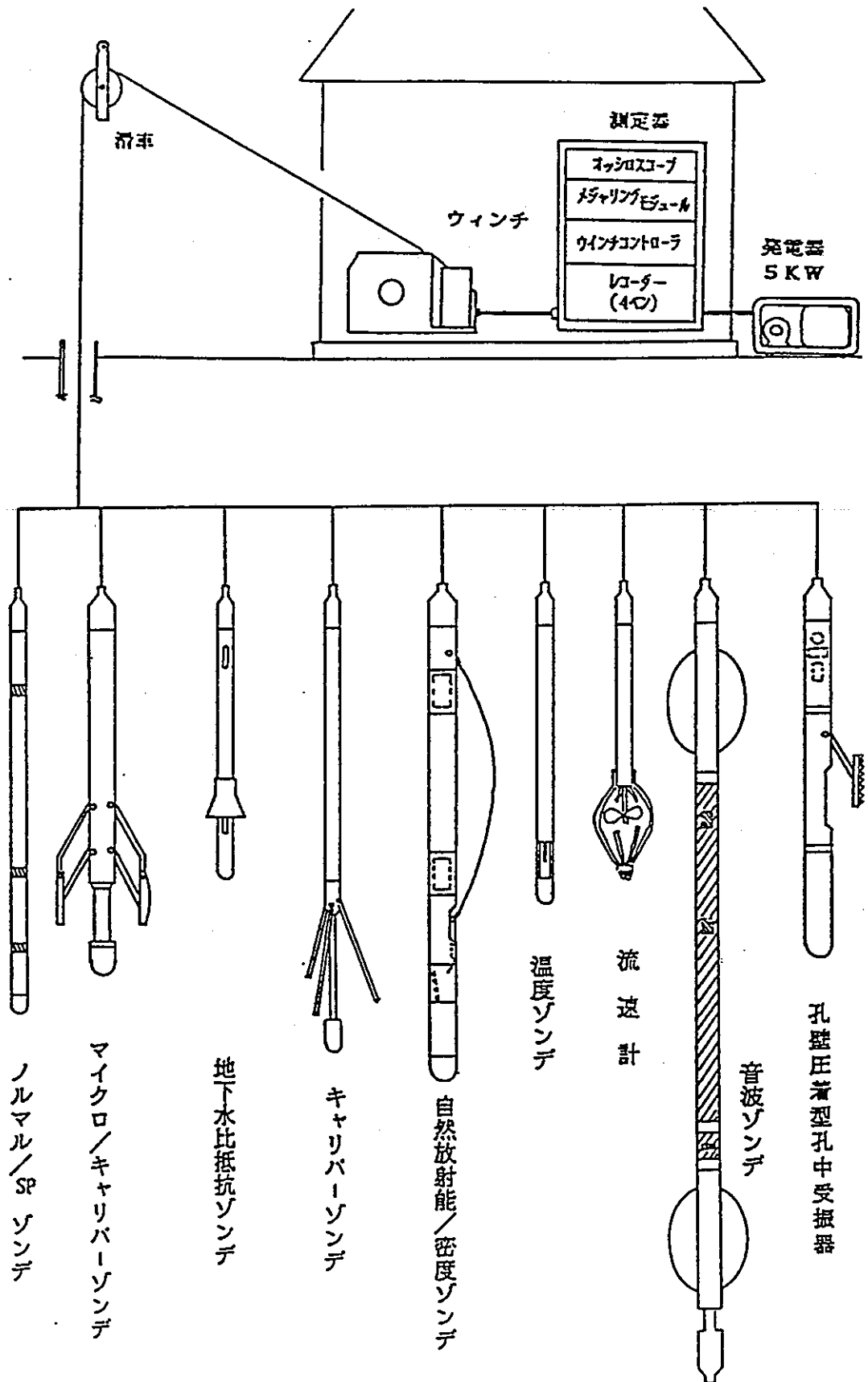


図2-2-1 孔内検層測定系概念図

表2-2-1 使用機器一覧

MLS検層システム(電源220v, 5KW)

名称	仕様	数量	製作
地上測定器	電源回路, 4ペンレコーダー, 各種測定モジュール, ウィンチコントロール	1台	MLS
ウィンチ	2馬力(1.5kw), 引張力1134kg, 自重163kg	1台	//
ケーブル	4芯アーマード, 長さ1800m, 径4.26mm 破断荷重1364kg, 耐温150°C, 90kg/1000m	1式	//
発電機	単相120v, 240v, 5KW	1台	ONAN
デジタル収録装置	A/D変換, サンプル周波数最大128kHz 磁気テープ, 密度1600bpi, テープ長1200feet	1式	ティアック

	検層項目	ソノデ径	ソノデ長	耐温	耐圧	その他仕様	数量	MLS
ソ ン デ	ノルマル/SP	31.8mm	221cm	150°C	1020気圧		2本	
	マイクロ/キャリバー	54	150	100	240	キャリバー-#27-A式	1本	
	地下水比抵抗	34.9	115	85	1360		1本	
	キャリバー	36.5	190	125	680	37-A式	2本	
	温度	36.5	94	200	1020		2本	
	自然放射能/密度	42.9	185	85	1020		1本	
	音波	54	488	125	544		1本	
	流速計	36.5	69	175	680		1本	
	採水器	50.8	208	125	340	容量2L	1本	

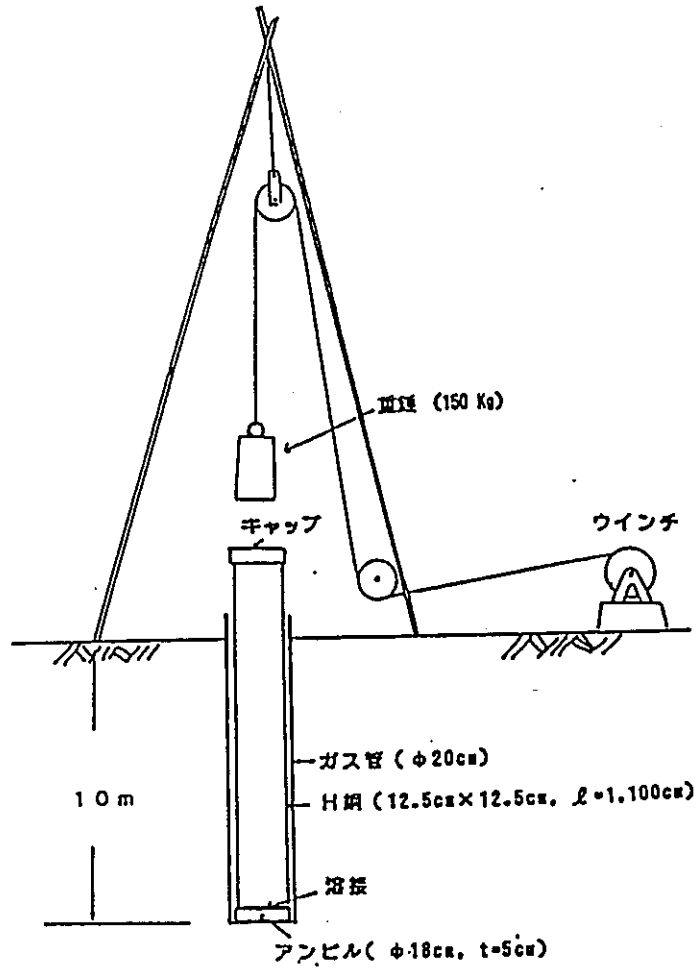
PS検層システム(電源AC100v, DC12v)

名称	仕様	数量	製作
メインアンプ	12ch, 最大増幅率86dB	1台	OYO (TR6)
フィルター	ハイパス, ローパス	1式	電子機器
モニター	6ch, シグナルエンハンスメント方式	1台	OYO (McSEIS 150)
データレコーダ	14ch	1台	シンコー (ACO-928)
孔壁圧着型孔中受振器	固有周波数10Hz 3成分(上下1成分, 水平2成分) ケーブル4芯アーマード	1式 L=1800m	OYO MLS
孔壁圧着型孔中受振器	固有周波数28Hz 3成分(上下1成分, 水平2成分) ケーブル長340m, 500m	2巻	OYO (和光 3320)

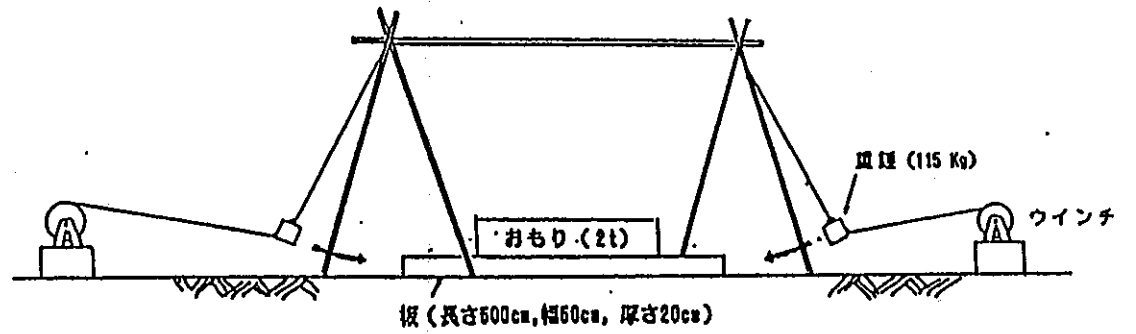
(1) P S 検層

P S 検層は他の検層が連続測定するのとは異なり、所定の深度ごとにゾンデを固定して測定する。測定方法は地表起振・孔内受振方式のいわゆる“ダウンホール法”による。測定は、所定の深度に受振器を固定した後、地表で弾性波を発生させ、受振器に到達した波動を観測する。測定深度において、P波、S波を各々測定後、次の測定深度に受振器を移動させ、同様に測定を繰り返す。今回、測定深度間隔は10mとした。受振器は、3成分の速度計を内蔵した孔壁圧着型の孔中受振器を用いる。また、起振方法は、P波の場合は重錘落下法、S波の場合は厚板を水平方向に打撃する、いわゆる“板叩き法”による。なお、この方法によって発生するS波は水平方向に振動することからSH波と呼ばれており、打撃方向を逆にすれば波の位相が逆転する性質を有している。解析時にこの性質を利用してS波の判定を容易にするため、S波の測定時には板の左右両方向から打撃した記録を各々得る。図2-2-2に今回設置したP波、S波振源の概要を示す。また、測定系を図2-2-3に示す。測定の際、深度1000m以深では、得られる波形信号が微小となりP波では5回～16回、S波では1回～2回にわたり測定を繰り返し記録を重ね合わせる方法、いわゆるスタックを行った。測定によって得られた波形記録は、アナログ磁気テープに収録する。これを室内にて、不用な雑信号を除去するためフィルター処理して再生し深度順に波形トレースし、波形一覧図を作成する。この図より、P波、S波の初動あるいは同一位相の走時を読み取り、つぎに、孔口と振源が離れていることによる走時のズレ等を補正し、その後、深度と走時の関係を示す“走時曲線”を作成する。P波、S波の速度と層境界は走時曲線の直線部分の勾配と折れ曲り点から求められる。

以上の解析フローを図2-2-4に示す。



P波用装置模式図



S波用装置模式図

図2-2-2 P S 検層振源概念図

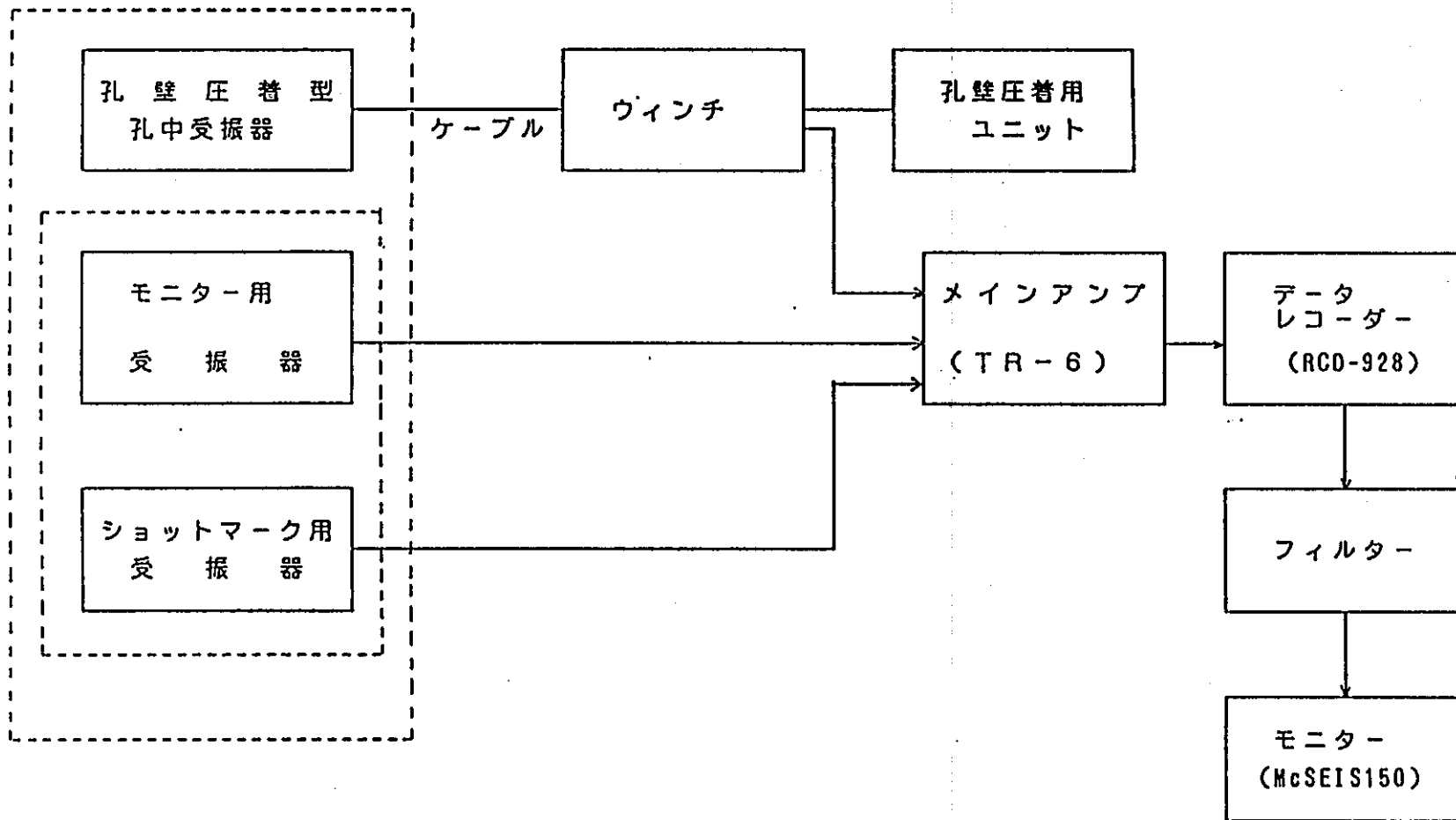


図2-2-3 P S 検層測定系ブロック図

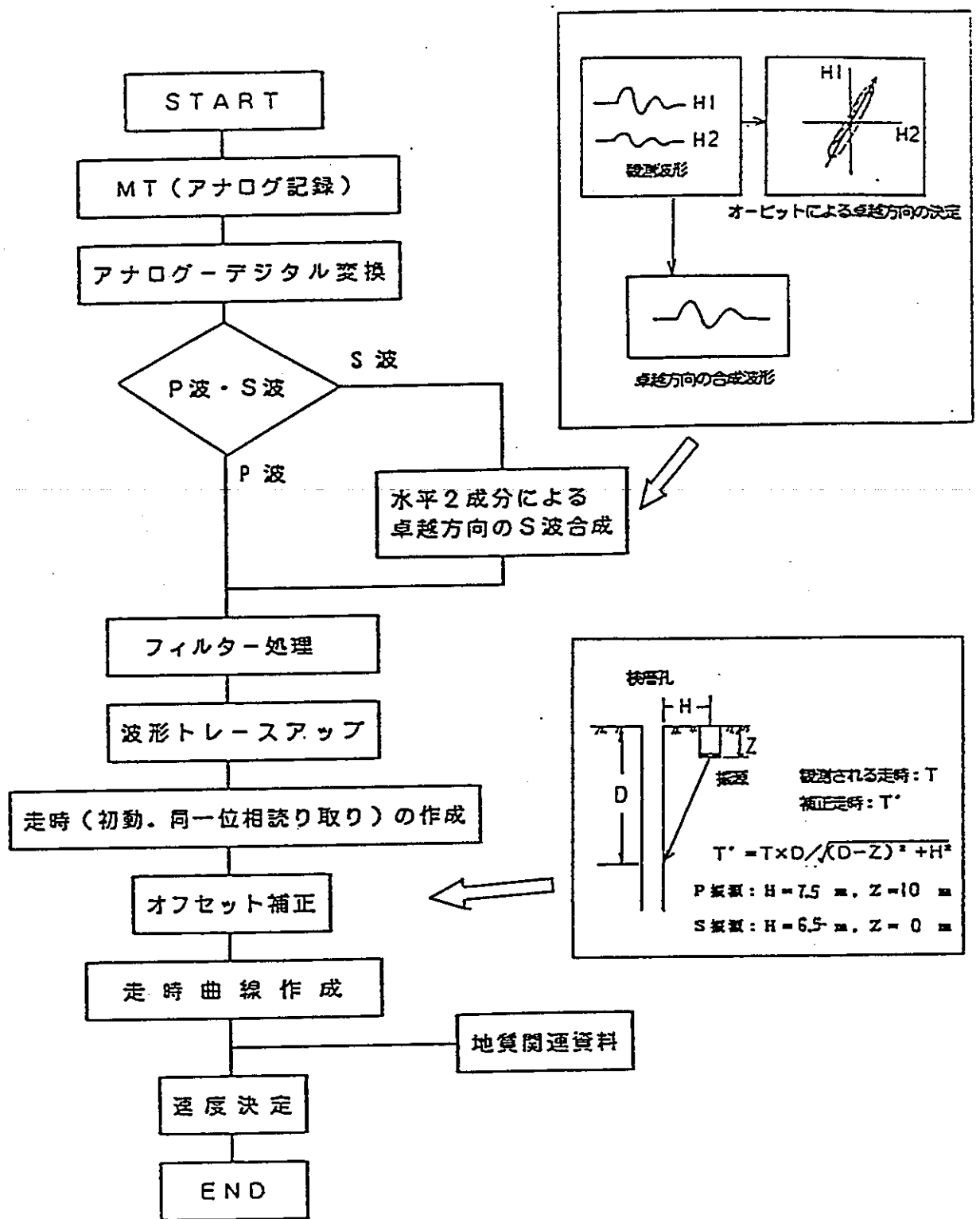


図2-2-4 P S 検層解析流れ図

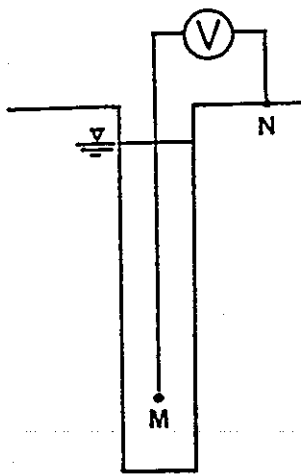
(2) 電気検層

電気検層として、ノルマル法、マイクロ法、SP測定の種類を実施した。ノルマル法の電極配置は図2-2-5に示すように2極法で、電極間隔は16インチ(40.6cm)と64インチ(162.6cm)である。マイクロ法の電極配置は図2-2-5に示すように3極法と2極法があり、それぞれ電極間隔は1インチ(2.54cm)と2インチ(5.08cm)で、一般に1インチマイクロインバース、2インチマイクロノルマルと呼ばれている。SPはノルマル法の16インチ電極間隔測定用の電位電極と地表に置いた遠電極間の自然電位を測定する。測定は、孔底までゾンデを降下させ、降下時にモニターした結果から測定レンジを定め、孔底より徐々にひき上げながら連続測定する。マイクロ法の場合には、モータ駆動により羽根を開き孔壁にパッドをあてがってから測定を開始する。巻き上げ速度は10m/分を目安とした。検層によって得られる直接の測定量は図2-2-5に示したように電圧と電流の値であるが、多くの場合測定器内部で比抵抗値に換算される。この比抵抗は、ノルマル法の場合、隣接する地層や泥水の比抵抗、孔径などの影響を受け地層の真の比抵抗とは異なるため、見掛け比抵抗と呼ばれている。真の比抵抗を求めるためには、影響を与えるパラメータを把握する必要があるが、パラメータの中には、泥水浸透範囲等、推定の困難なものもあり、多くの場合、見掛け比抵抗から地層解釈が行われる。マイクロ法の場合には、泥壁や濾過泥水の影響を著しく受けるため、絶対値よりむしろ相対的な変化に注目して、薄層の有無などの判定に利用される。

(3) 温度検層

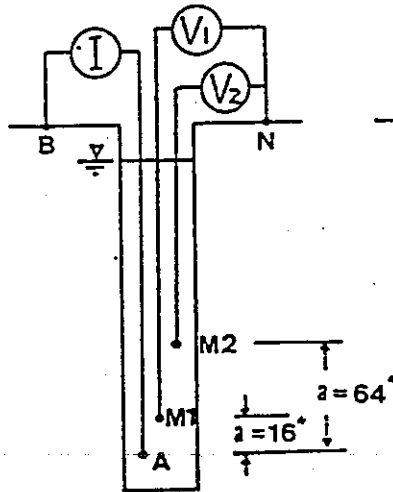
孔内水の温度は掘削泥水の循環を停止後、時間をおく程、地盤の温度に近づく。一方、孔内に湧水がある場合には、掘削終了後早めに測定する方が湧水箇所を検出しやすい。そこで、今回、各ケーシング段階での測定と掘進作業を終

SP (自然電位)



$$SP = V$$

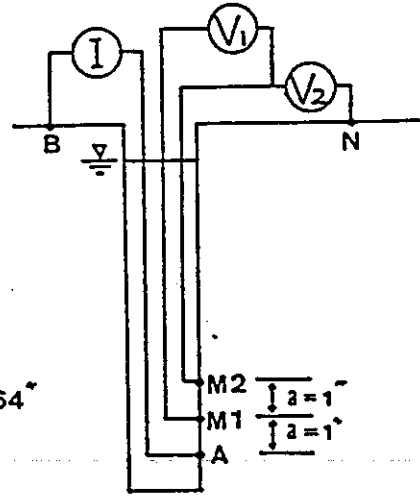
ノルマル法



$$V = \frac{R \cdot I}{4 \pi} \cdot \frac{1}{AM}$$

$$R = 4 \pi a \cdot V / I$$

マイクロ法



$$V_1 = \frac{R_1 \cdot I}{4 \pi} \cdot \left(\frac{1}{AM_1} - \frac{1}{AM_2} \right)$$

$$R_1 = 4 \pi \cdot 2 a \cdot V / I$$

$$V_2 = \frac{R_2 \cdot I}{4 \pi} \cdot \frac{1}{AM_2}$$

$$R_2 = 4 \pi \cdot 2 a \cdot V / I$$

図 2 - 2 - 5 電気検層検出機構概念図

了後十分な放置時間をおいて、地盤の温度と平衡状態にあるとみなせる時期での測定を行った。なお、平衡状況での測定はストレナ加工したケーシング挿入後行うこととし、ストレナ加工が連続的に施されている深度1000m以深は孔内水位が定常状態（平衡状態）と非定常状態（揚水状態）の2通り行うこととした。また、平衡時間の目安としては次式から

$$\frac{T_f - T}{T_f - T_m} = e^{-0.8t/D}$$

T_f : 地層温度
 T_m : 循環停止時の孔内水温度
 T : 孔内水温度
 t : 経過時間（時間）
 D : 孔径（cm）

孔内水と地層の温度差を1%以内にする時間を目安と定め、実際の測定では56時間放置し平衡状態の測定を行った。図2-2-8に平衡状態の測定時における孔内状況を示す。ゾンデは温度と示差温度（測定深度の3フィート手前の温度がメモリーされており、測定温度との差を出力）を同時測定できるようになっている。測定は、ゾンデによる温度の攪乱を防ぐため、ゾンデを降下しながら測定した。ケーブル速度は、3m/分とした。

記録紙には、直接温度と示差温度が描かれる。示差温度は相対的なスケールで描かれるが、温度のスケールは2℃/インチで記録した。

（4）自然放射能検層

地盤中に含まれる放射性物質から放射されるγ線をシンチレーションカウンタにより測定する。ゾンデは図2-2-1に示したように密度検層とのコンビネーションゾンデを使用する。測定は孔底よりケーブル速度2～3m/分を目安にケーブルを巻き上げながら測定する。

直接得られる量は単位時間当りのカウント数であるが、カウント数はセンサであるヨウ化ナトリウムの大きさなどにより異なってくるため、図2-2-6

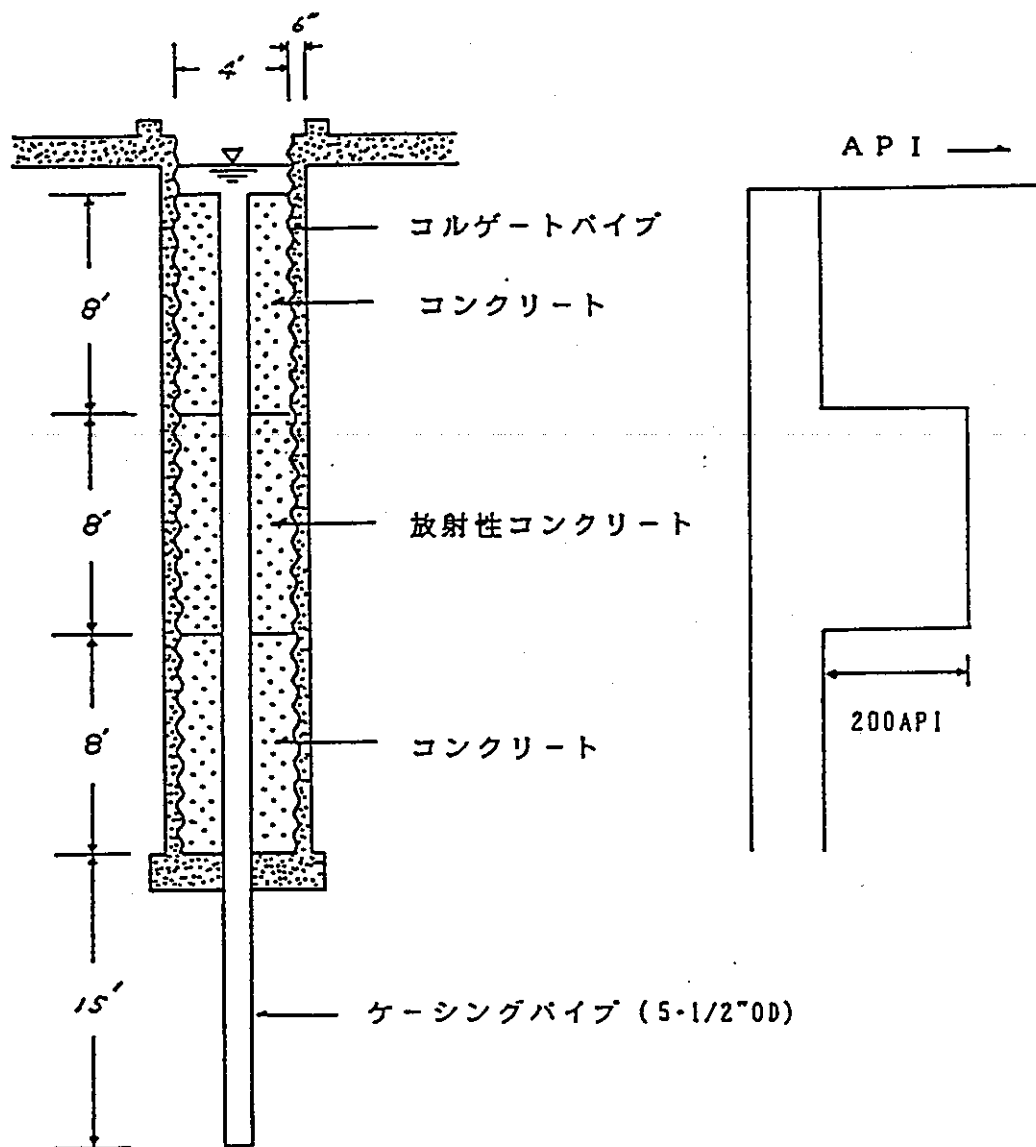


図 2 - 2 - 6 自然放射能検層の校正用ビット

に示すように世界的に統一され標準化されているAPI単位に換算する。使用したゾンデは出荷時に200APIが375CPS(count per second)に相当するように校正されており、実際の測定にあたっては、測定の都度、標準線源(ラジウム)を用いて一定のCPS値が得られることを確認し、出荷時の換算レートを利用した。

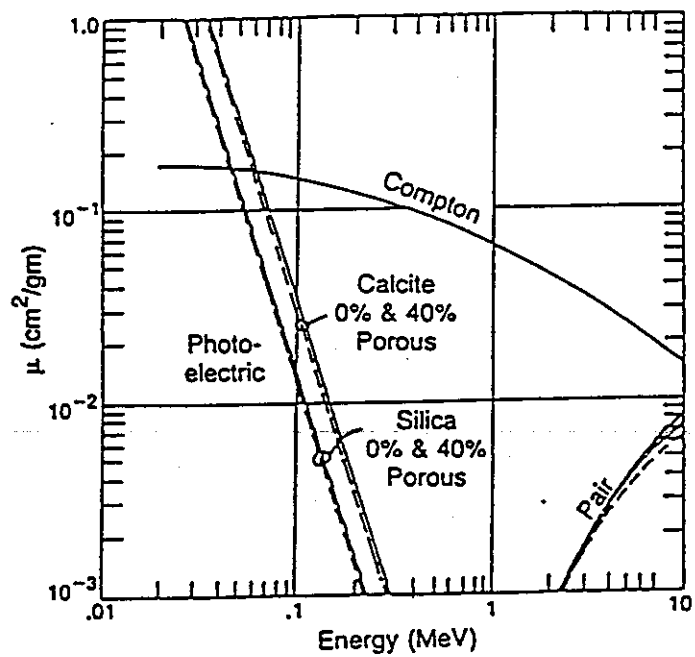
(5) 密度検層

放射性物質(以下線源という)から放射されたγ線は、地盤を構成する様々な分子・原子と相互作用を行いながら次第にエネルギーを失っていく。相互作用には、光電効果、コンプトン効果、電子対生成などがあり、それぞれγ線のエネルギーレベルによってその現象の卓越する度合が異なる。

コンプトン効果は、物質の密度(正確には電子密度)に比例してγ線の散乱・吸収が行われる。密度検層は、この効果を利用している。使用する線源は、図2-2-7に示すように、コンプトン効果が卓越する0.2M~2 Mevの範囲にある核種を利用する。今回は線源としてコバルト60(1.17Mev,1.33Mev)を使用した。測定に先だち、標準線源により、基準のCPS値が得られているかどうか測定系の感度チェックをしたのち、孔底にゾンデを降下させる。ゾンデの形状は、図2-2-1に示したように、孔壁接触型で孔径の影響がうけにくい形になっており、測定はゾンデ内のシンチレーションカウンタにより、散乱γ線をCPS単位で計測する。計測値Nと密度ρとの間には、通常密度範囲(ρ=1.0g/cm³以上)では、次式に示す関係がある。

$$N = N_0 \cdot e^{-\alpha \cdot \rho}$$

N₀、αは、孔径、シールド長(線源とセンサー間の距離)、線源強度、計測器の感度などにより定まる定数で、孔径以外は測定系や測定条件が同じなら、一定の値をとる。そこで、あらかじめ密度の知れている大型ブロックを使



（質量吸収係数 μ は、報文中の式 $N = N_0 \exp(-\alpha x)$ との
 関連で示めせば $\alpha = \mu \cdot x$ なる関係にある。ただし、 x :シ-長

図 2-2-7 γ 線のエネルギーレベルと質量吸収係数の関係
 (J. Tittman and J. S. Wahl, Geophysics 30, 284, 1965)

用して、種々の孔径に対してNと ρ の関係を示した校正曲線を作成しておき、測定深度の孔径とCPS値から密度値へ換算する。実際には、校正曲線を数式に表わし、コンピュータ処理によってCPS値と孔径情報から自動的に密度を算出した。

(6) キャリバー検層

キャリバーの検出機構はアームの開閉に伴なって上下するシャフトの動きを電氣的に検出するようになっている。測定はゾンデを孔底まで降下させ、モータ駆動によりアームを開かせて、ケーブルを巻き上げながら測定する。ケーブル速度は5m/分を目安とした。

直接得られる量は孔径に応じたCPS値であり、孔径への換算は校正管を使って作成した孔径～CPSの直線関係のグラフから求める。

(7) 音波検層

ゾンデは、図2-2-1に示すように1発振子、2受振子式のものを使用した。発振子は磁歪型振動子で中心周波数は15KHzである。受振子は電歪型振動子で互に2ft(61cm)離れてセットされている。

測定はゾンデを孔底まで降ろし、受振子のゲインや各種調節用ダイヤルをモニター波形をみながら最適な位置に設定し、ケーブルを巻き上げながら連続的に測定する。記録紙上にはリアルタイムでスローネスタイム ΔT (速度の逆数)が描かれる。これとは別に、今回は波形記録を一定間隔(原則として1m)ごとにデジタル値として磁気テープに収録した。

得られたスローネスタイムのデータには、サイクルスキップといって初動の検出ミスがある。通常、こうしたミスがあるという前提で結果の解釈を行っているが、今回は波形記録を収録しているので、こうしたサイクルスキップと思われるデータについて、再生した波形記録よりスローネスタイムを読取り直し

い値に修正し、さらにスローネスタイムからコンピュータ処理により深度方向に連続的な音波速度の分布を求めた。

(8) 地下水比抵抗検層

測定は予定深度を掘削終了後、孔内試験計測のためストレナ加工のパイプを挿入し、泥水を清水におきかえた時点で行った。図2-2-8に測定時の孔内状況を示す。ゾンデは図2-2-1に示すようになっており、これを孔内で降下すると、ゾンデ下部のラッパ状の箇所より孔内水がゾンデ内に入り、中に組込まれたリング状電極を通過するようになっている。この電極部で比抵抗を計測する。ケーブル降下速度は10m/分を目安とした。得られる結果は、孔内水の比抵抗値がそのまま深度方向に表示される。比抵抗値は温度に左右されるため、種々の検討に際して孔内状況が同一な時期に測定した定常状態の温度検層結果が参考となる。

2. 2. 3. 検層結果

各々の検層結果はコンピュータによりデジタイズし、別冊資料集に深度縮尺1/500の柱状図として収録した。また、PS検層の波形一覧と走時曲線および音波検層の波形を深度5mごとにピックアップした波形一覧を深度縮尺1/2000で表わし、別冊資料集に収録した。さらに、各種検層結果を総覧できるようコンパクトにまとめたものを図2-2-9に示す。これらをもとに、以下に各種検層結果についてのべる。

(1) PS 検層

地盤の速度構成は次のように6つの速度層よりなり、深部ほど速度が大きくなっている。

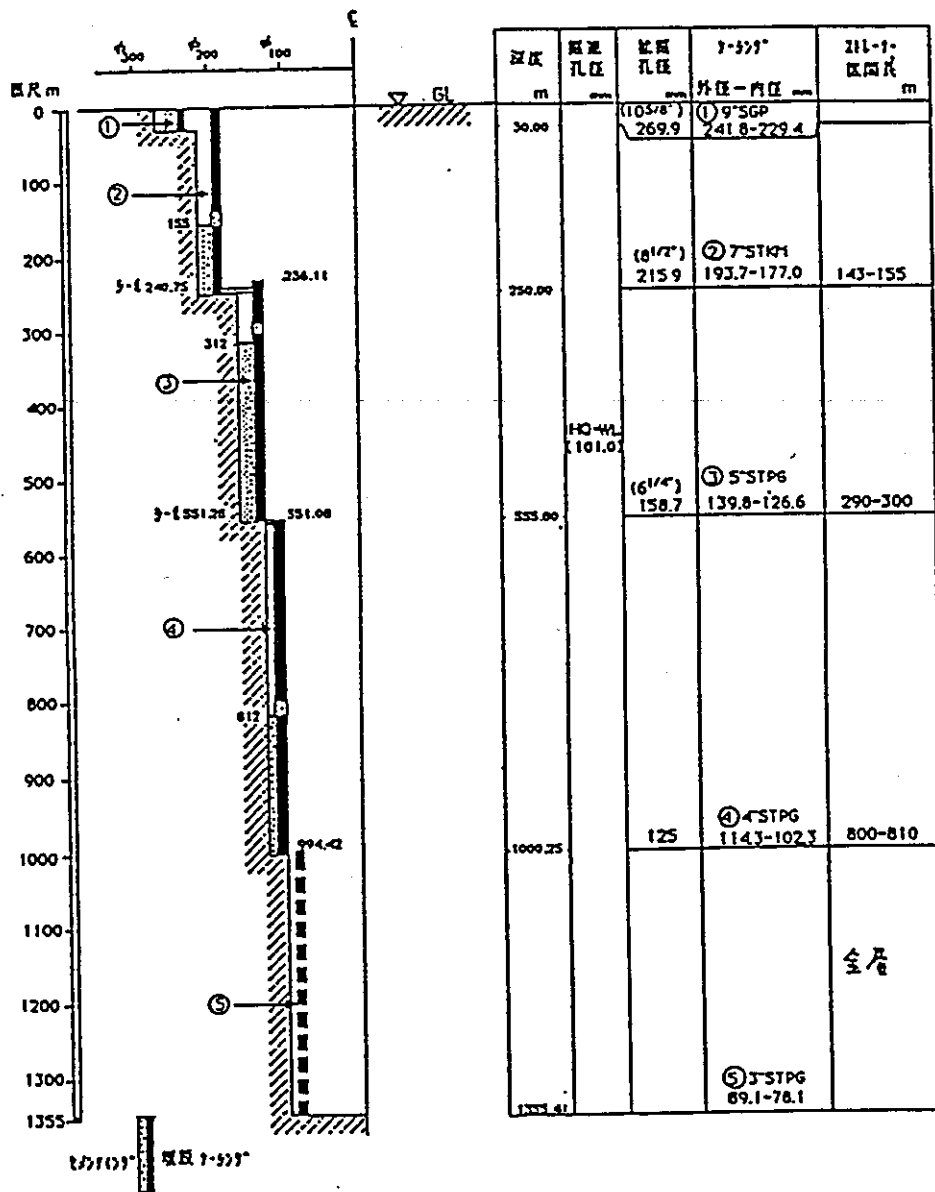
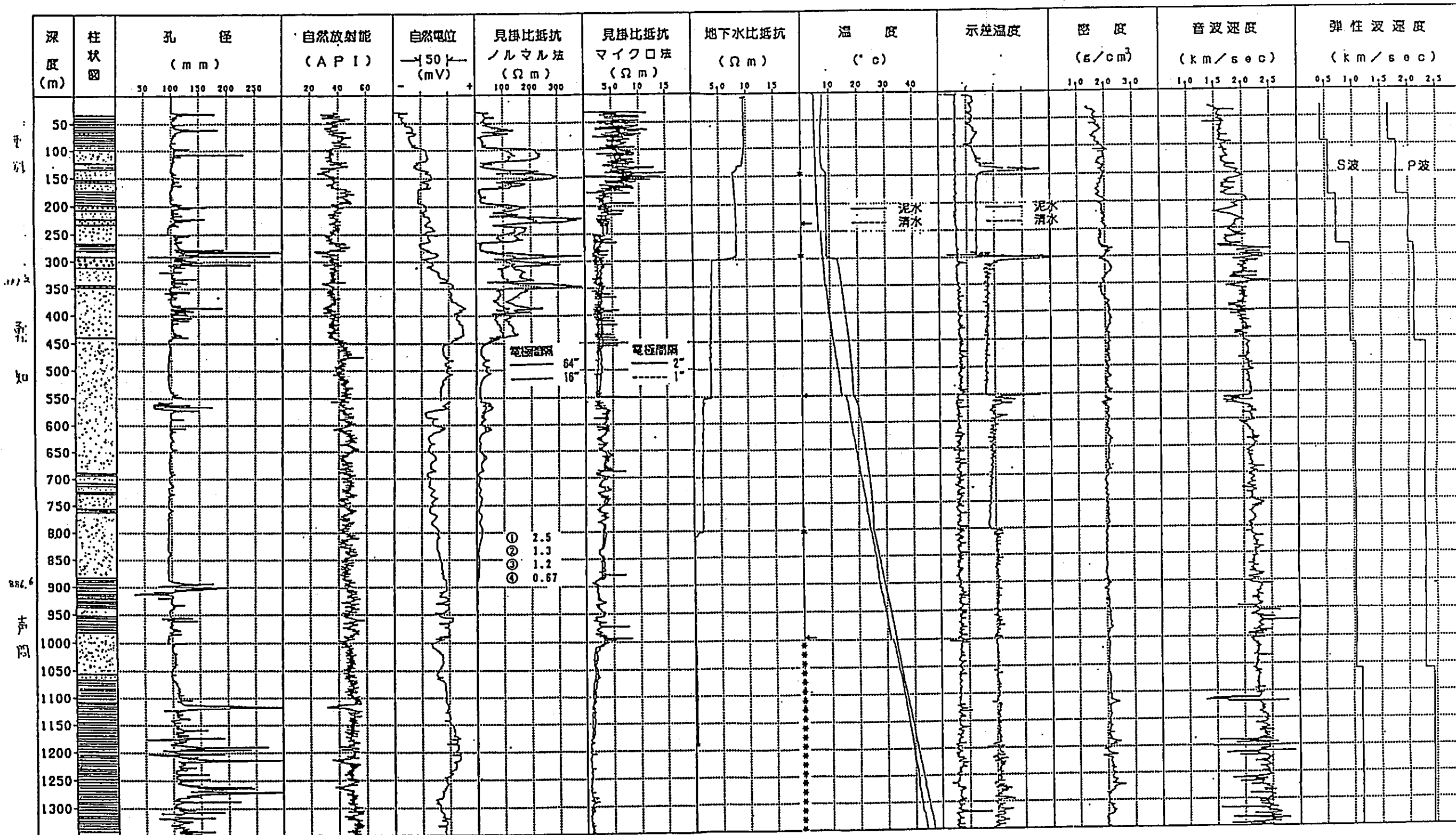


図2-2-8 ストレーナー設置状況図



注：①～④各検層段階での泥水比抵抗 (Ω·m at 25°C)

注：地下水比抵抗、温度（清水）はストレーナ加工管内で実施
* ストレーナ部
← 径の異なる管のジョイント部

図2-2-9 孔内検層総合柱状図

深度 (m)	P 波速度 (m/sec)	S 波速度 (m/sec)	ポアソン比
30 ~ 95	1640	420	0.465
95 ~ 190	1780	560	0.445
190 ~ 280	2000	700	0.430
280 ~ 460	2090	950	0.370
460 ~ 1060	2290	1040	0.370
1060 ~ 1350	2450	1150	0.359

(2) 電気検層

ノルマル法の結果では、地盤の比抵抗は深部ほど値が小さくなる傾向がある。しかも徐々に小さくなるのではなく、むしろステップ状に次のように大きく3つの層にわかれる。

深度 (m)	見掛け比抵抗 ($\Omega \cdot m$)
~ 450	20 ~ 400 (泥岩 : 20 \pm , 砂岩・礫岩 : 100 ~ 400)
450 ~ 900	10 ~ 50 (細粒砂岩のみ分布)
900 ~ 1350	5以下 (泥岩 : 1~2, 細粒砂岩 : 3~5)

この現象は後でのべるSP、地下水比抵抗検層の結果と併せて考えると理解できるように、地層水の比抵抗の違いが主に起因していると考えられる。

図2-2-10に示すようにSP曲線の頁岩(泥岩)基線からトレンドをみると、個々の凸部は砂岩の分布深度とよく一致する。また、トレンド量とトレンドの正負に注目すると上記比抵抗と同様な深度境界で傾向が異なっていることが判る。すなわち、SPは深度450m以浅で明瞭な正のトレンドを示し、地下水の比抵抗が泥水(比抵抗1.3~2.5 $\Omega \cdot m$ at 25 $^{\circ}C$)に比べかなり高いことを意味している。深度450~900m間でSPは正のトレンドを示す

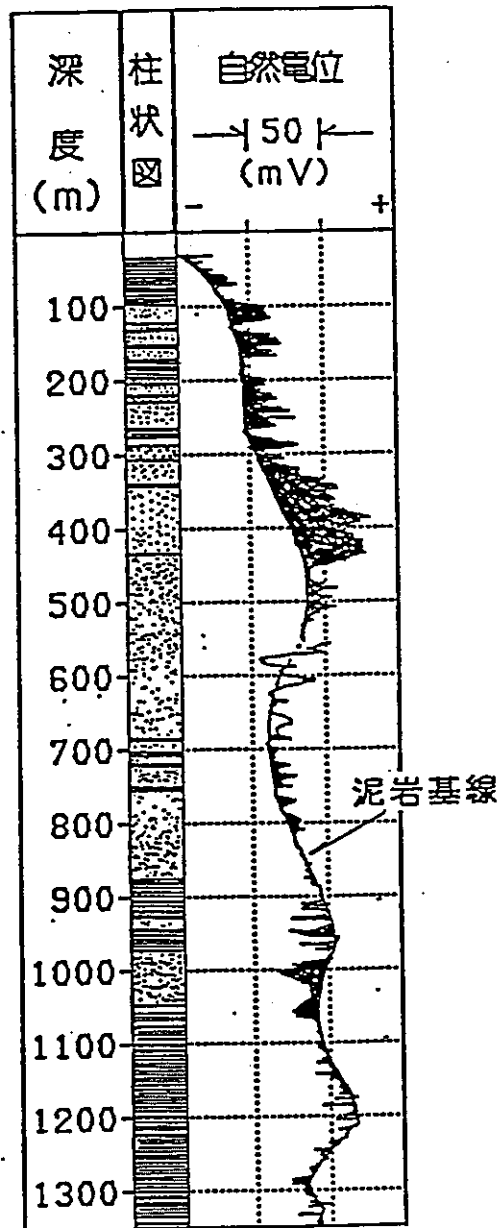


図2-2-10 SP曲線の泥岩基線とトレンドの状況

が、トレンド量が少なく、この区間の地層水の比抵抗は泥水（比抵抗 1.2～1.3 $\Omega \cdot m$ at 25°C）より若干高めの値を示すものと考えられる。深度 900 m 以深で SP は負のトレンドを示し、地下水の比抵抗が泥水（0.67 $\Omega \cdot m$ at 25°C）より低い、すなわち海水（0.3 $\Omega \cdot m$ 前後）に近い状態と考えられる。

マイクロ法の結果は、泥壁の影響のためか特徴的な傾向はない。深度 500 m 以深にみられるスパイク状の高比抵抗部は、おそらく地層中に点在する貝化石がたまたま孔壁でゾンデの電極に接したものと考えられる。

（3）温度検層

各掘進段階で測定した結果（以下 T（泥水）という）と、掘進終了後の平衡状態で測定した結果（以下 T（清水）という）を比較すると、後者の方が 2～3°C 高い値を示す。地表付近の恒温層の地温は年平均気温より若干高いといわれており、経験的に次式が提案されている（山口、1963）。

T_e : 恒温層の地温 (°C)

$$T_e = 0.8 T_a + 3.7 \quad T_a : \text{年平均気温}$$

この式に理科年表により稚内の年平均気温 6.3°C を代入すると $T_e = 8.7$ °C となり T（清水）の地表付近の温度（7～8°C）とほぼ一致する。T（清水）の結果は、ストレーナ区間で地温勾配に急激な変化がありストレーナ区間で湧水があるものと考えられる。一方、T（泥水）の結果は、泥水で湧水が押えられていたものとみられ、滑らかな地温勾配を示す。この傾向をみると、地温勾配は深度方向に低、中、高と大きく 3 つに区分される。すなわち、地温勾配は深度約 300 m 以浅で 1°C/100 m 以下、深度約 300～約 500 m 間で約 2.5°C/100 m、それ以深で約 3.9°C/100 m となっている。また、温度は 1350 m の孔底で 46.9°C を示す。地温勾配は、地下深部からの熱流量が定常状態にある場合、熱伝導率と次のような関係にある。

$$Q = K \cdot dT / dz$$

Q : 熱流量

K : 熱伝導率

dT / dz : 地温勾配

熱流量を見積ることができれば、上の関係から地盤の熱伝導率を把握することもできよう。

深度1000m以深において、孔内水を揚水し水位を約40m下げた状態で測定した結果（以下T（非定常）という）を、図2-2-11に示す。T（清水）とほとんど同じ結果であり、顕著な傾向はみられないが、示差温度が測定区間全体にやや変化の多い結果となっている。

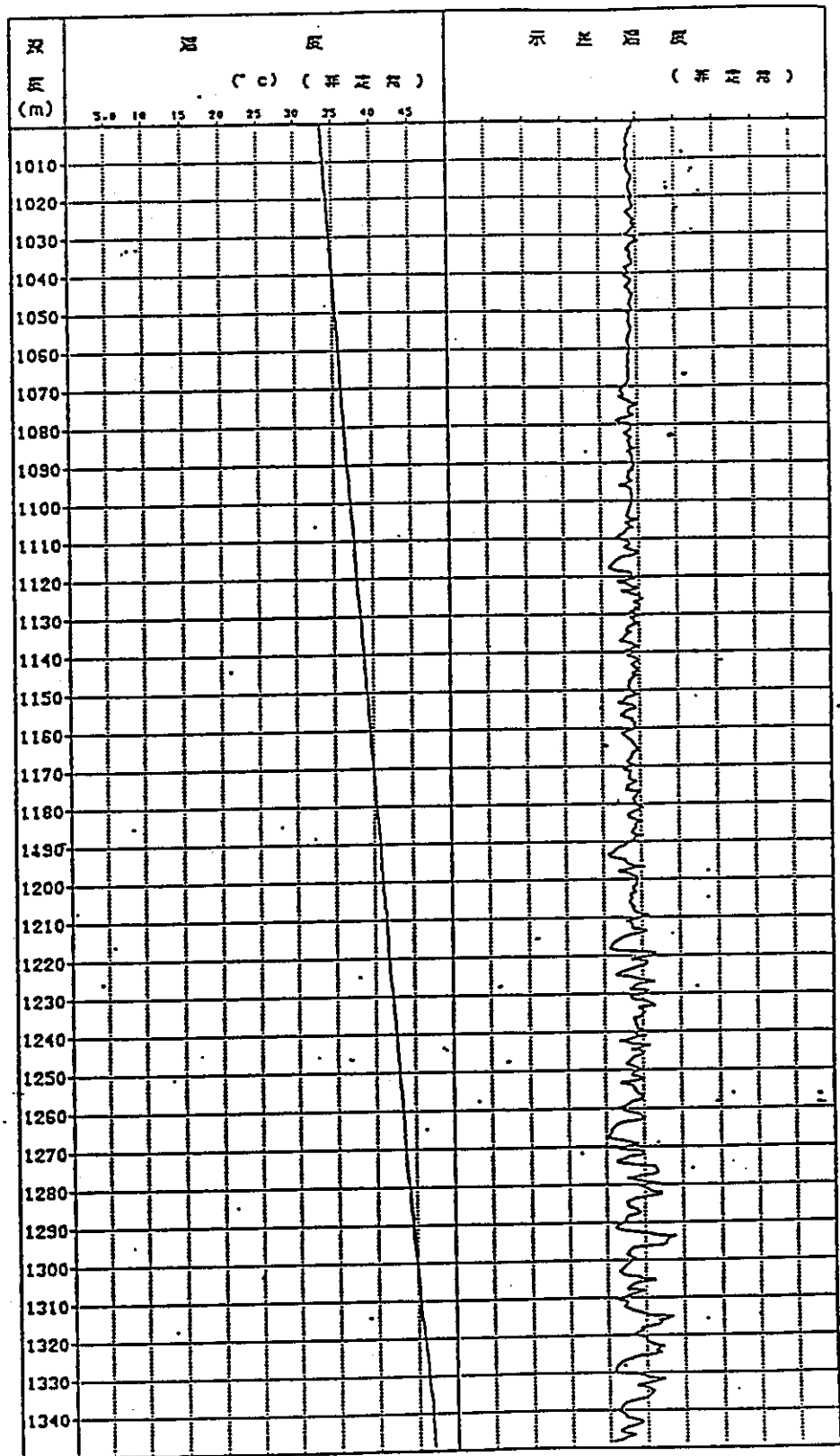
（4）自然放射能検層

泥岩の化学組成は、Mg, Al, K, Si-Oからなり、この中の主として⁴⁰Kからγ線が放出され、このため一般に泥岩の放射能レベルは高い。これに比べて砂岩の放射能レベルは低く、砂岩と泥岩の識別さらに砂岩中の泥岩質成分の含有率まで推定されることがある。

図2-2-9の結果をみると上記の傾向がよく現われており、砂岩、泥岩の分布とよく対応している。砂岩では約35APIを示し、泥岩では約50APIを示す。また、たとえば、深度476m付近で60APIに近い値を示すが、この深度には凝灰岩の薄層が分布する。深度450～900m間にある細粒砂岩は約45APIを示し、この値から判断するとむしろ泥岩に近い印象をうける。深度1120, 1215, 1265mは泥岩にもかかわらず40API以下の値を示すが、これは孔径が著しく拡大しているため、γ線がセンサに到達する前に泥水中で吸収された結果と考えられる。

（5）密度検層

地盤の密度は、深度とともに大きな値を示す。地表付近で1.6 g/cm³を示



(孔内水を掃水し、GL-43■に水位を保ちながら)
 (深度1000~1350■間を測定したもの)

図2-2-11 温度(非定常)校層結果

し、しだいに増加しながら深度450m付近で2.1 g/cm³となる。この間の密度は地質境界が細かく変化するためか、変化の多い値を示している。深度450～900m間は2.1 g/cm³前後の値を示し、それ以深では若干高めの2.2 g/cm³に近い値を示す。深度1120, 1215, 1265mは2.3～2.5 g/cm³の大きな値を示すが、自然放射能と同様に孔径拡大の影響で見掛け上値が突出したものである。

(6) キャリバー検層

孔径の拡大部分がケーシング尻や地質境界および泥岩部分でみられる。また、掘削孔径の101mmより孔径の狭い部分が、深度560, 910, 1200m付近にみられる。この部分で穴づまりしたゾンデの付着物から判断する限り粘土化した泥岩の掘削ズリが孔壁に付着した状態と考えられる。

(7) 音波検層

音波速度は、大局的にはPS検層から求められた弾性波速度(P波)によく一致している。音波検層の場合には深度方向に微細な速度分布が得られており、深度150, 200, 300m付近にみられる礫岩層では周囲よりやや突出した傾向にあり、それぞれ2000, 2000, 2300m/secの値を示す。深度300m以浅では、砂岩より泥岩の部分で低い値を示すが、それ以深では逆に泥岩の方が若干大きな値を示す。深度1120, 1215, 1265m付近で速度が小さくなるのは孔径拡大の影響である。

(8) 地下水比抵抗検層

孔内地下水の比抵抗は次のようにステップ状に変化し深部ほど低くなっている。

深度	~ 140 m	9.5	$\Omega \cdot m$
深度	1400 m ~ 300 m	8	$\Omega \cdot m$
深度	300 m ~ 550 m	3.3	$\Omega \cdot m$
深度	550 m ~ 800 m	1.7	$\Omega \cdot m$
深度	800 m ~ 1350 m	0.2	$\Omega \cdot m$

図 2-2-8 に示した孔内状況と対比してみると、ストレーナ区間で比抵抗が変化しており、この部分より地下水の流入があったものと考えられる。深度 550 m 付近にも変化がみられ、この深度にストレーナはないが、ケーシングパイプが 5 インチから 4 インチに変るジョイント部であることから、この深度からも地下水の流入があったものと考えられる。

2. 3 ボーリング孔を用いた原位置試験

2. 3. 1 目的

ボーリング孔を用いた原位置試験では、まず、孔の鉛直性を把握するため孔曲り測定を行った。次に構成地層の透水性を把握するため、揚水試験による透水係数測定および流速測定を実施した。さらに、後述の地下水の水質分析のための採水と、地中ガスの分布状況を把握するためのガス調査および地層中のガス賦存状況をより詳細に把握するための追加ガス調査を行った。

2. 3. 2 試験方法

(1) 孔曲り測定

ボーリング孔の傾斜を測定し、孔曲り量を求めるため、孔曲り測定を行った。

測定器は、スベリー・サン社製シングルショットインストルメント（A型）を使用し、100m 間隔で測定を行った。

測定器の降下および引揚げは、ワイヤーラインのオーバショットを使用し、測定器を入れた、プロテクティブケースをワイヤーラインコアバーレルの先端に接続することによってオープンホール内に挿入した。

測定器の測定機構記録の整理方法は、以下のとおりである。

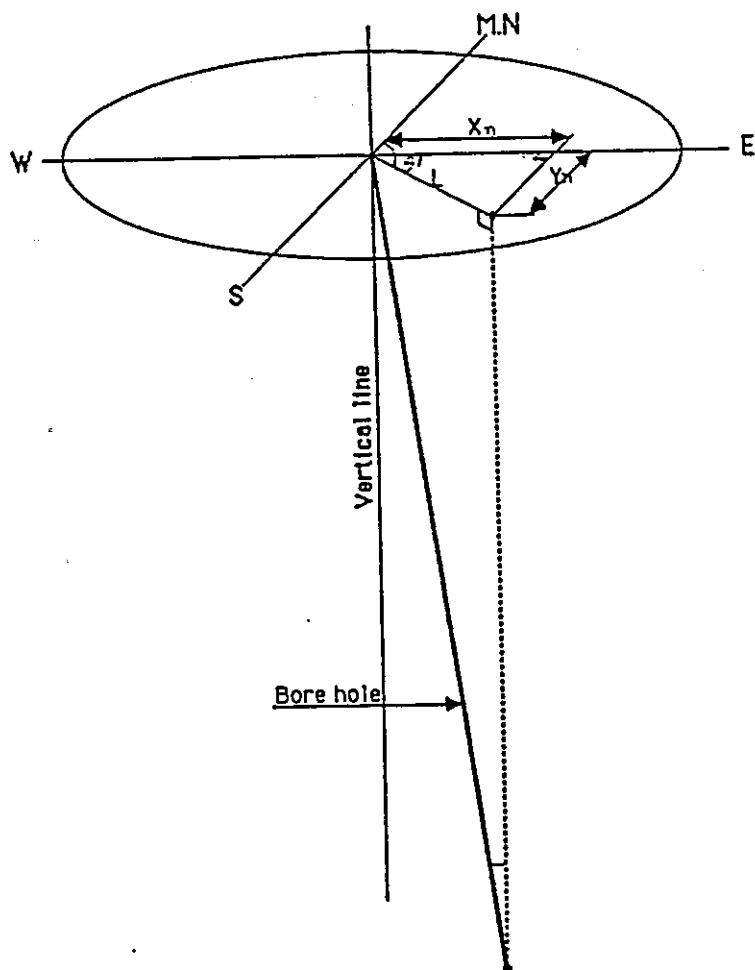
◦ 測定機構

- ・方位指示；マグネチックコンパス
- ・傾斜指示；角度をきざんだマグネチックコンパスを重りによって回転させる。
- ・記録；タイマーによってセットされた時間に電気回路が閉じられ、ランプが点灯することによって、アングルユニットが表示した角度、方位をフィルムディスクに記録する。
- ・記録の読みとり；現像液にフィルムディスクを浸たし、記録を定着させたのち角度、方位を読みとる。

◦ 記録の整理

- ・フィルムディスクから読みとった角度、方位から、孔口を原点とし、各測定深度の座標を求める。

・座標の計算

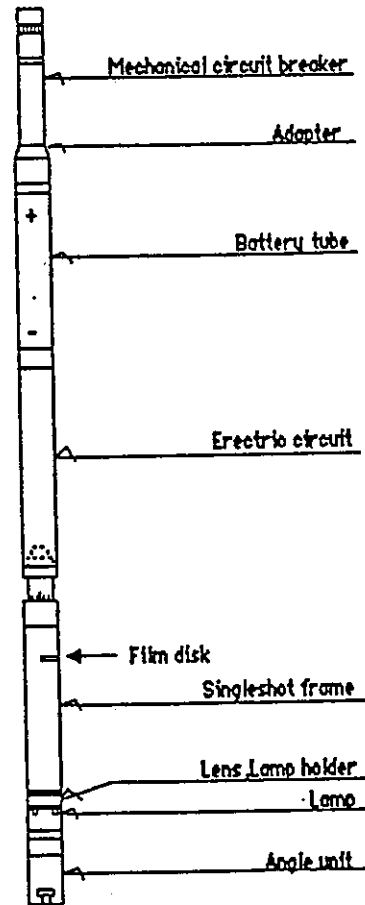


$$X = \Sigma (L \times \sin \theta')$$

$$Y = \Sigma (L \times \cos \theta')$$

ここに

- L : ボーリング孔の角度から求めた測定区間距離当りの水平距離 (m)
- θ' : 磁北方向を基準とした右回方向の方向角 (°)
- X_n : 測定区間毎のX座標移動量 (m)
- Y_n : 測定区間毎のY座標移動量 (m)



仕様

- ・ 製作会社 : SPERRY-SUN WELL SURVEYING CO.
- ・ 測定器の名称: TYPE A SINGLESHOT ELECTRONIC PROGRAMMER INSTRUCTION
- ・ 角度測定範囲: 0~130°
- ・ 測定精度 : 15'

図 2-3-1 孔曲り測定器の仕様、構成

(2) 揚水試験

揚水試験は、最終深度 (GL-1355m) まで掘進後、図 2-3-2 に示す各ケーシングのストレーナ区間を対象として 4 回行った。

試験は回復法による変水位法によって行った。すなわち、GL-1000~1355m、-800~810m、-143~155m の各深度では、コンプレッサーを用いたエアリフト揚水後 (送気管 (AQ ロッド) 深度 GL-50m)、水位計で回復水位を測定し (手計り)、GL-290~300m では DST (JFT) によって回復水位を測定した。DST は AQ ロッド先端にエアバッカーとトリップバルブを装着して揚水管 (HQ ロッド) 内に挿入し (約 GL-50m)、高圧ガス (N₂ ガス) によってエアバッカーを加圧膨張させ、孔内水の移動を止めた後トリップバルブを開いて、トリップバルブから AQ ロッド内に流入して来る水の水位を測定した。なお、各ケーシング段階での使用機材は図 2-3-2 に併記し、表 2-3-1 に測定条件を示した。

各ケーシングのストレーナ区間の全層を均質な帯水層と仮定して、次式によって平均透水係数を算出した。

$$K_h = \frac{d^2 \times l_n}{8 \times L \times (t_2 - t_1)} \times \frac{2mL}{D} \times l_n \frac{h_1}{h_2} \quad \frac{mL}{D} > 4$$

L ; 透水層厚さ

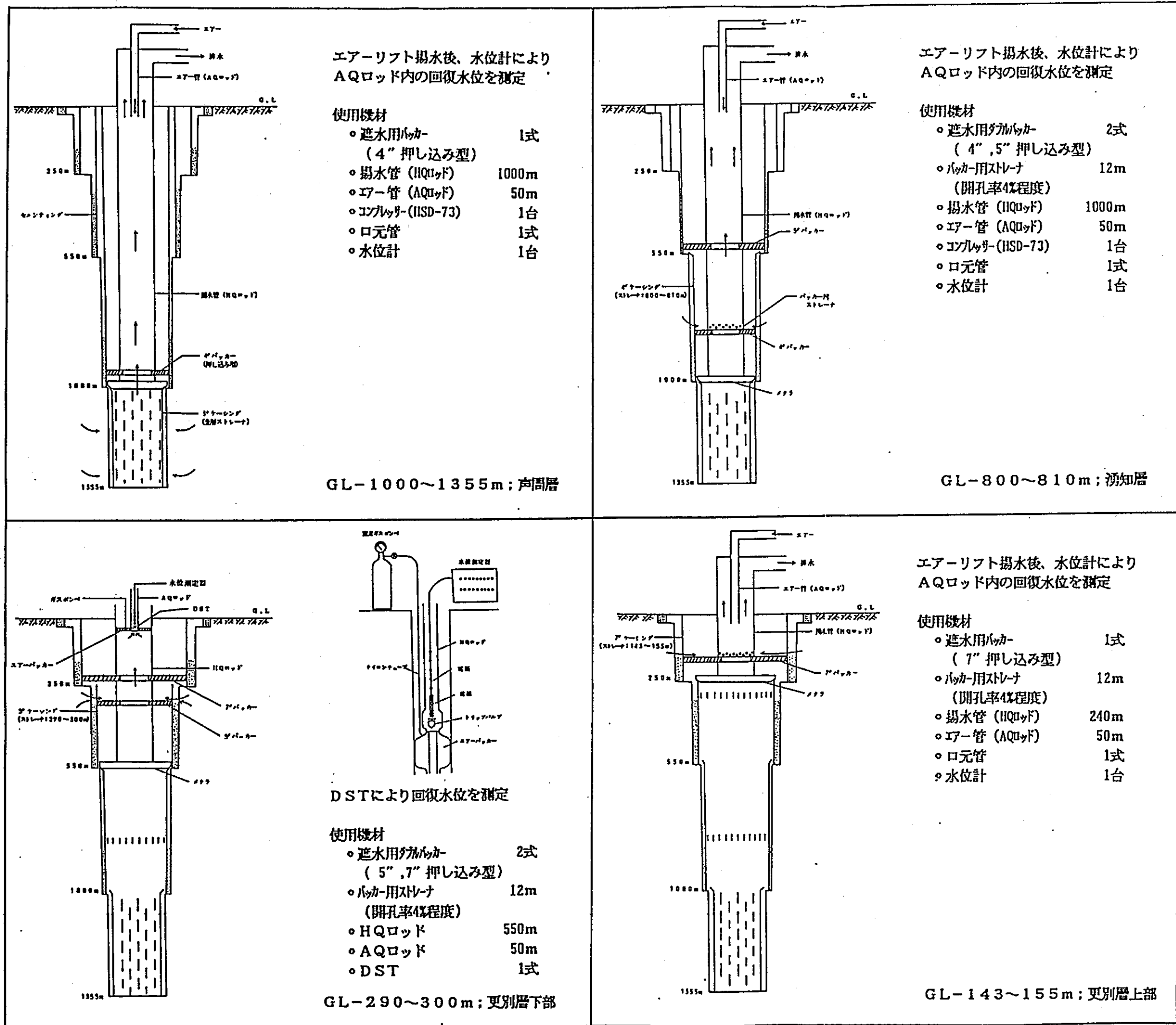
h₁ ; 時間 t₁ における水位
(平衡水位との差)

D ; 掘進直径

h₂ ; 時間 t₂ における水位
(平衡水位との差)

d ; 水位測定パイプ直径

m ; 縦横透水係数比 (= 1)



エア-リフト揚水後、水位計により AQロッド内の回復水位を測定

- 使用機材
- 遮水用パッカー (4" 押し込み型) 1式
 - 揚水管 (HQロッド) 1000m
 - エア-管 (AQロッド) 50m
 - コンプレッサ (HSD-73) 1台
 - 口元管 1式
 - 水位計 1台

GL-1000~1355m; 声間層

エア-リフト揚水後、水位計により AQロッド内の回復水位を測定

- 使用機材
- 遮水用パッカー (4", 5" 押し込み型) 2式
 - パッカー用ストレーナ (開孔率4%程度) 12m
 - 揚水管 (HQロッド) 1000m
 - エア-管 (AQロッド) 50m
 - コンプレッサ (HSD-73) 1台
 - 口元管 1式
 - 水位計 1台

GL-800~810m; 湧知層

DSTにより回復水位を測定

- 使用機材
- 遮水用パッカー (5", 7" 押し込み型) 2式
 - パッカー用ストレーナ (開孔率4%程度) 12m
 - HQロッド 550m
 - AQロッド 50m
 - DST 1式

GL-290~300m; 更別層下部

エア-リフト揚水後、水位計により AQロッド内の回復水位を測定

- 使用機材
- 遮水用パッカー (7" 押し込み型) 1式
 - パッカー用ストレーナ (開孔率4%程度) 12m
 - 揚水管 (HQロッド) 240m
 - エア-管 (AQロッド) 50m
 - 口元管 1式
 - 水位計 1台

GL-143~155m; 更別層上部

図2-3-2 揚水試験概要図

表 2-3-1 測 定 条 件

ケーシング 口 径	測定区間(GL-m)		ストレーナ(GL-m)		ケーシング 切り離し 深度(GL-m)	バックー(GL-m)	
	概略値	正 式 値 (区間長)	ケーシング	HQロッド		上	下
7"	143	30.00	143.00	144.96	-	-	162.96
	155	155.00 (125.00)	155.02	156.96			163.86
5"	290	250.00	290.00	292.00	236.11 (ケーシング カッター)	232.25	304.32
	300	312.00 (62.00)	300.00 (スリットカッター)	304.00			231.35
4"	800	555.80	800.00	799.24	551.08 (バクラー)	446.19	811.24
	810	812.00 (256.20)	810.00 (スリットカッター)	811.24			447.09
3"	1000	1000.25	1000.14	-	994.27 (バクラー)	994.06	-
	1355	1355.41 (355.16)	1354.96	-			995.05

備 考 : 各種ケーシング及びロッドの内・外径

ケーシング・ロッド	内 径 (mm)	外 径 (mm)	掘進径 (mm)
AQロッド	35.0	44.5	-
HQロッド	81.5	92.0	-
2.5"	65.9	76.3	-
3"	78.1	89.1	101
3.5"	90.2	101.6	-
4"	102.3	114.3	125
5"	126.6	139.8	158.7
7"	177.0	193.7	215.9
9"	229.4	241.8	269.9

(3) 流速測定

流速測定用のゾンデは図2-3-3に示すように、羽根の回転によって流速を検出する。羽根の軸の周囲4箇所にマグネットスイッチが具備されており、羽根が90°回転するたびにスイッチが作動し、パルスを送る構造になっている。直接得られる計測値は単位時間当りのパルス数(CPS)であるが、流速とは直線関係にあり容易に校正され流速が求められる。また、連続測定であるため、得られる結果はゾンデ昇降速度に相当する見掛け上の流速も加味されたものとなる。そこで、ゾンデ昇降速度を一定に保ち往復測定を行い、次の簡単な関係式により、孔内水の流速のみを検出する。

$$\begin{aligned} V_{\text{down}} &: \text{ゾンデ降下状態で得られる流速} \\ V_{\text{up}} &: \text{ゾンデ上昇状態で得られる流速} \\ V_c &: \text{ゾンデ昇降速度に相当する流速} \\ V &: \text{孔内水の流速} \end{aligned}$$
$$V_{\text{down}} = V_c + V$$
$$V_{\text{up}} = V_c - V$$
$$\therefore V = (V_{\text{down}} - V_{\text{up}}) / 2 \quad (\text{上昇流をプラスとする})$$

測定は、図2-2-8に示すように、ストレーナ加工のケーシングパイプが設置され、揚水による孔内洗浄を十分に行った後に実施した。また、測定は見掛け上孔内水位が平衡(GL-2m)に保たれた“定常状態”と、孔内水を揚水し水位をGL-43mに下げた“非定常状態”の2通りのケースについて実施した。なお、ケーブル速度は20m/分とした。使用機器の一覧を表2-2-1に示す。

流速と透水係数との関係については、透水層が水平で均一な連続層からなると仮定しdePupuitの式を適用する(羽田、1977)。

$$K = \frac{Q}{2\pi\Delta P} \ln \frac{R}{r} \quad (\text{cm/sec})$$

R : 影響圏半径 (cm)

r : 井戸半径 (cm)

Q : 単位長さ当りの流量 $\text{cm}^2\text{-sec}^{-1}\text{-cm}^{-1}$

ΔP : 水頭差 (cm)

ここで、影響範囲は経験式 $R = 300 \cdot \Delta P \cdot \sqrt{K}$ を参考にして $R = 10\text{m}$ とした。

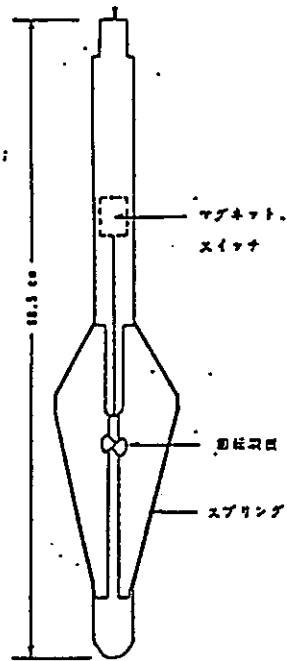


図 2 - 3 - 3 流速計ゾンデ概念図

(4) 採水

ガスおよび水質分析のための採水は、各ケーシング段階で揚水試験および後述のガス調査を実施した後に行った。採水深度 (GL-m) は、全層ストレーナパイプを設置した 1000~1355m 間では、1050m、1150m、1250m とし、それより上部においてはストレーナ加工した区間の中央部 815m、295m、149m とした。

採水器の概要および構造を図 2-3-4 に示した。採水方法は、所定深度まで採水器を降下後モーター駆動により上部取水口バルブを開放し、容器内に地下水を流入させ、満水となる時間 (約15分間) 待って取水口バルブを密閉し地上に引き上げた。採水試料について表 2-3-2 に示す現地測定および前処理を行って所定試料容器に回収した。

なお、本採水器の 1 回当たりの採水量は約 2.36 l のため、水質分析用としては同一深度 2 回採水し、ガス分析も行う場合は、さらに 1 回採水した。ガス分析用採水試料は図 2-3-5 に示す手順で室内分析用の溶存ガスを分離回収した。

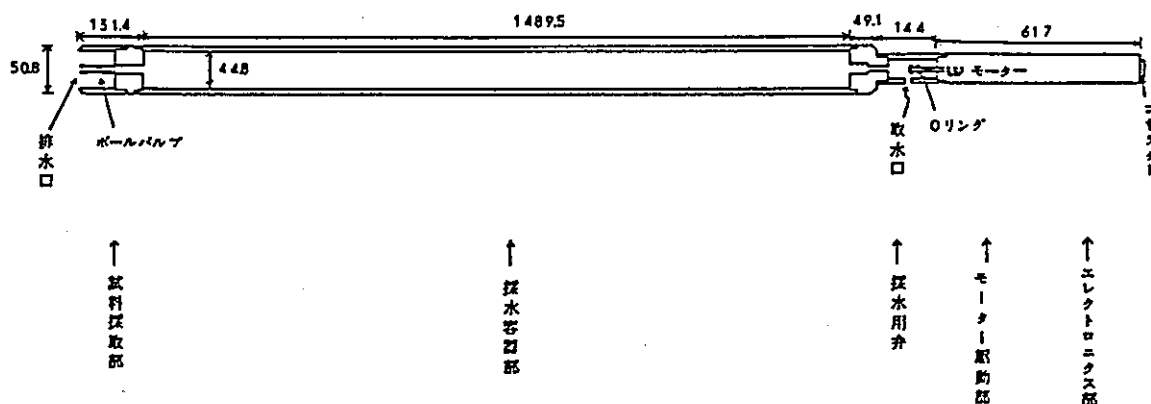


図 2-3-4 採水器概要および構造図 (米国MLS社製)

表 2-3-2 採水試料の現地測定及び前処理

分析項目	採水量	前処理	採取容器
水温、pH、R-pH 電気伝導率	0.2ℓ	現地測定	ポリビン
Na ⁺ 、K ⁺ 、Ca ²⁺ 、Mg ²⁺ 、 Cl ⁻ 、SO ₄ ²⁻ 、HCO ₃ ⁻ 、 SiO ₂ 、O-P、Cr(VI)、 R-Hg	2ℓ	無処理	ポリビン
Fe、Cd、Pb、As、T-Hg	1ℓ	ろ過後、濃硝酸でpH約1 (試料1ℓにつきHNO ₃ 10mlの割合で添加)	ポリビン
CN	0.5ℓ	水酸化ナトリウム(20% %)溶液でpH約12	ポリビン
PCB	0.8ℓ	無処理	ガラスビン

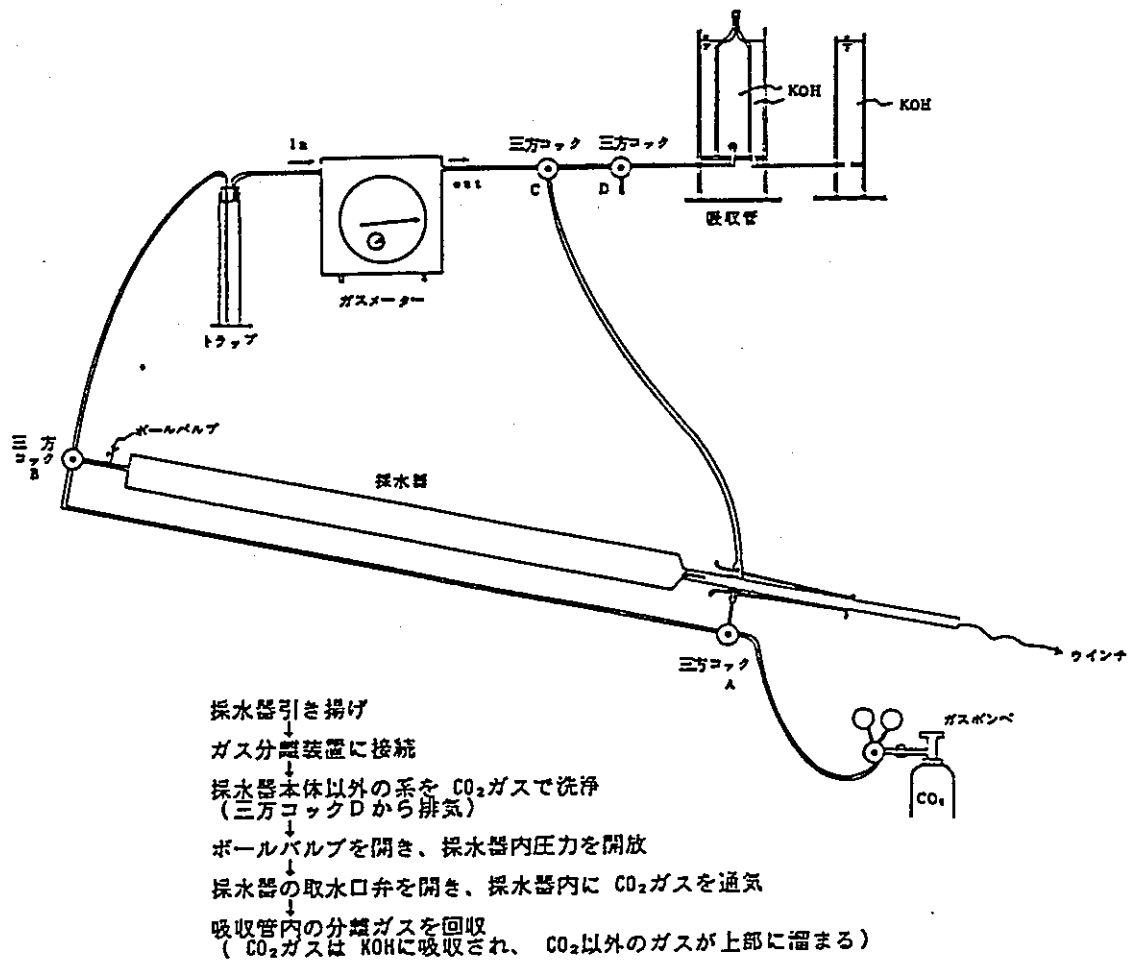


図 2-3-5 現地ガス分離装置及び操作手順

(5) ガス調査

ガス調査は揚水試験の後に現地で行ったエアリフト揚水によるガス分離試験と室内ガス分析（溶存ガスと発生ガス）に区分される。

前者のガス分離試験は、水溶性ガス田で適用される調査法に準拠して行うもので図2-3-6に示す装置を用いて各ケーシングのストレーナ区間を対象として4回行った。ガス分離試験の意図するところは、エアリフト揚水により孔内水を真の地下水とすると共に孔内水位低下（水頭除荷）による地中ガスの定常的な発生の有無および発生時のガス水比、ガス濃度を把握することにある。

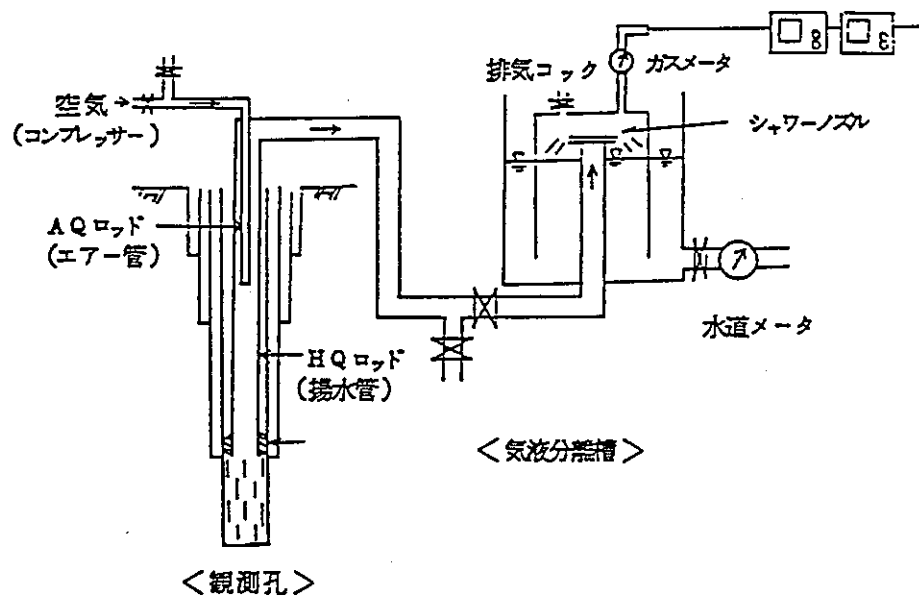


図2-3-6 気液分離槽によるガス調査概要図

そこで、孔内水位低下および定常揚水のための送気管(AQロッド)の先端深度(GL-m)は表2-3-3に示すとおりとした。なお、孔内への地下水流入が少く定常揚水が行えない場合は、孔内水位回復を待って間欠的にエアリフト揚水した。

表 2 - 3 - 3 ガス分離試験時送気管深度

ストレーナ 区間 (GL-m)	143~155	290~300	800~810	1000~1355
送気管 (AQロッド) 先端深度 (GL-m)	50	50	300	350

ガス分離試験時の測定項目および測定機器を表 2 - 3 - 4 に示した。

表 2 - 3 - 4 ガス分離試験測定項目および機器

測定項目		測定機器
ガス量		ガスメーター
揚水量		水道メーターまたは容器法
水質	水温	棒状アルコール温度計
	pH	ポケット pH計 pH51 (横河電気製)
	電気伝導率	ポケット導電率計 SC-51 (横河電気製)
分離ガス 濃度	酸素	ポータブル酸素濃度計 GX-1B (理研計器製)
	メタン	ポータブル可燃性ガス検知器 NP-237 (理研計器製)

ガス分離試験は、原則として現地水質測定結果がほぼ一定したことを確認して終了とした。

ガス分離試験終了後、孔内に設置した送気管を抜管し、ホースおよび吸引ポンプを用いて地下水面上の孔内発生ガスを採取した。ストレーナ区間4深度で採水し分離回収した地下水中溶存ガスと、ここで採気した孔内発生ガスはガスクロマトグラフ分析装置を用いて、アルゴン、酸素、窒素、二酸化炭素、メタン、エタン、プロパン、ブタン、ヘキサンの分析を行った。

(6) 追加ガス調査

(a) 揚水ガス調査

揚水ガス調査はGL-1000～1355mの深さに分布する地層中のガス賦存状況をより詳細に把握するために行った。図2-3-6に示すように気液分離槽と揚水管(HQロッド)を接続し、GL-350mまで設置した送気管(AQロッド)を用いてエアリーフト揚水を行い、揚水中および揚水完了(エアリーフト停止)時の気液分離槽からの排水量、水質およびガス濃度の定期測定を行った。

現地水質およびガス濃度がほぼ一定した時点を終了とし、終了前に水質分析のための採水と室内ガス分析のための採気を、気液分離槽にて行った。

(b) 湧水ガス調査

湧水ガス調査はGL-1000～1355mとGL-800～810mのストレーナ区間からの孔口湧水およびガス発生状況を継続的に測定するものである。

図2-3-7に示すとおり、2.5インチ管、3.5インチ管およびバッカーを用いてGL-1000～1355mとGL-800～810mの湧水を別々に地上に導くよう観測孔を仕上げた。各湧水を図2-3-8に示す小型気液分離槽に導水し、湧水量、現地水質(水温、pH、電気伝導率)、ガス発生量およびガス濃度(酸素、メタン)の測定を定期的に行った。

なお、これら現地測定結果がほぼ一定した時点で、水質およびガス分析のための採水および採気を行った。

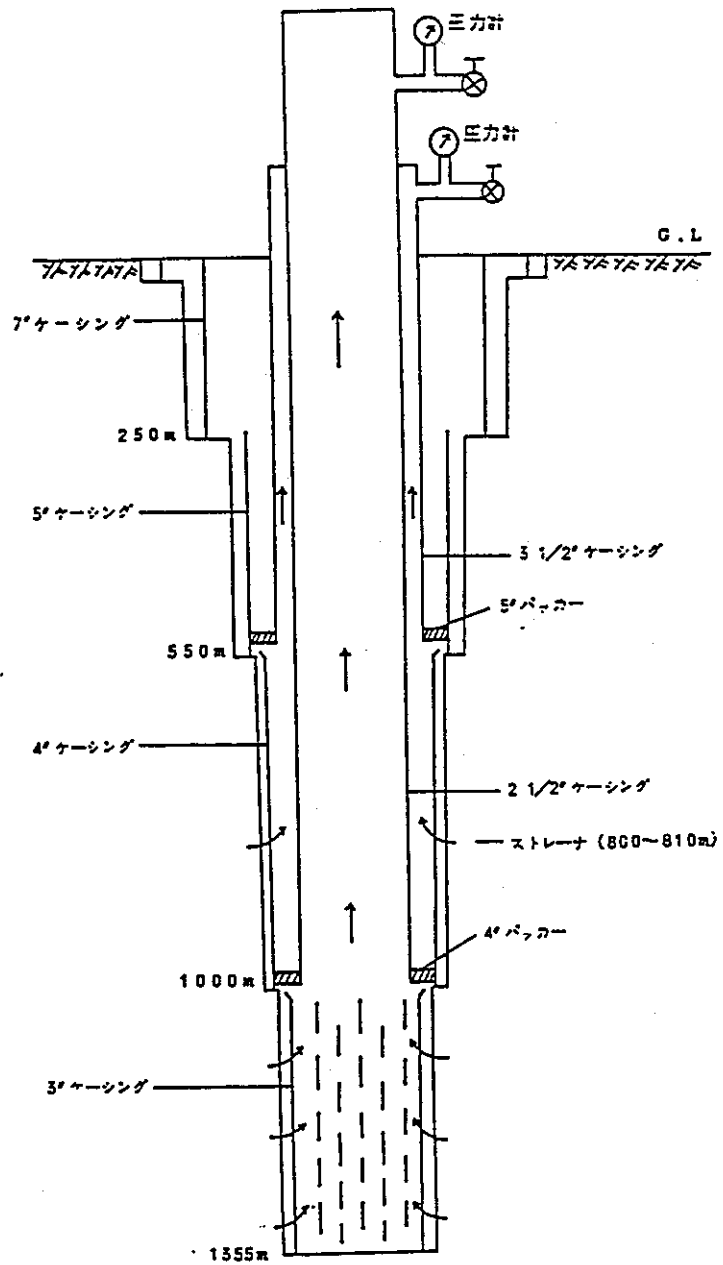


図 2 - 3 - 7 湧水ガス調査観測孔概要図

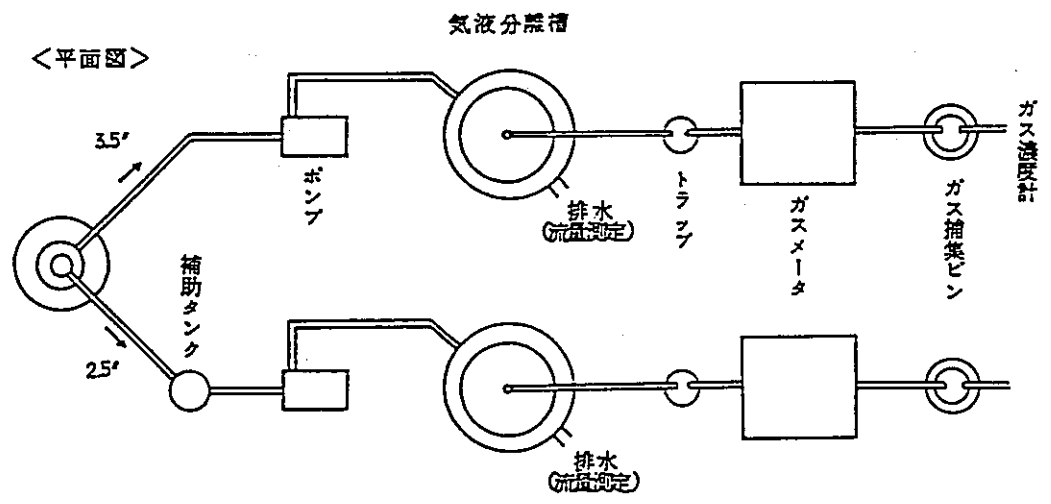
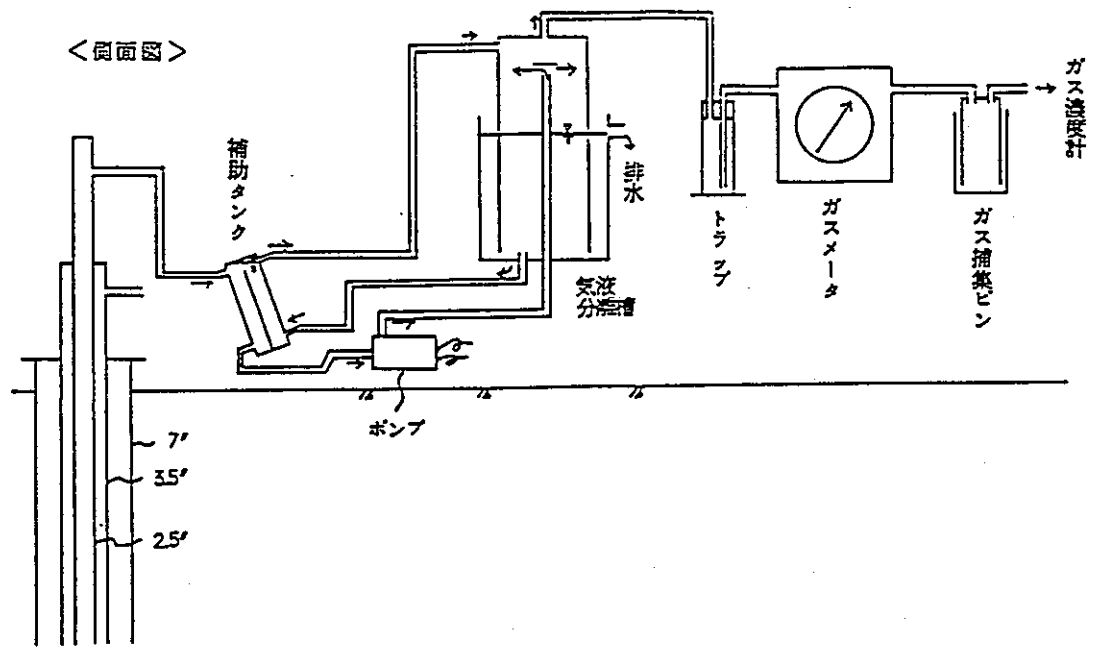


図 2 - 3 - 8 湧水ガス調査装置概念図

2. 3. 3 試験結果

(1) 孔曲り測定

表 2-3-5 に各深度の孔の方位、角度を、図 2-3-9 に座標計算結果を、図 2-3-10 に深度方向の孔曲り状況を示す。

ボーリング孔の傾きは、 $0 \sim 2^\circ$ の範囲にあるが、傾向的には、概ね 1° の傾きを示す。

孔の方位は、一定せず、

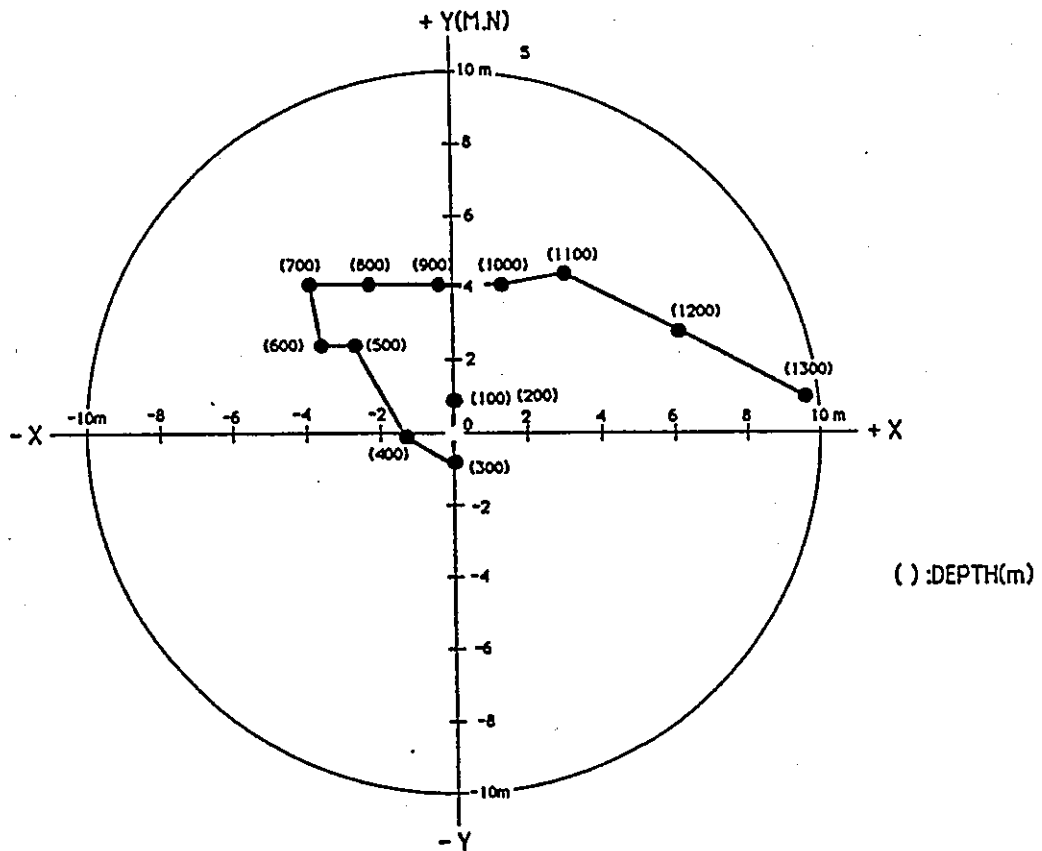
- ・ 0 ~ 300m 方向性なし
- ・ 300 ~ 700m NW 方向
- ・ 700 ~ 1300m EW 方向

となっており、大きく右回りにねじれるような孔曲り傾向が認められる。

孔口からの移動量は、座標計算結果に見られるように、最も大きな移動量を示す 1300m で 9.7m であり、10m 以内の移動量となっている。

表 2-3-5 各深度の孔の方位、角度

測定深度 (m)	方位	傾き	方位図
100	N	0° 30'	
200	—	0°	
300	S	1°	
400	N 55° W	1°	
500	N 30° W	1° 30'	
600	W	30°	
700	N 10° W	1°	
800	E	1°	
900	E	1°	
1000	E	1°	
1100	N 80° E	1°	
1200	S 60° E	2°	
1300	S 65° E	2° 15'	



DEPTH (m)	DIRECTION	ANGLE (°)	X (m)	Y (m)
100	N	0.50	0.00	0.87
200	-	0.00	0.00	0.87
300	S	1.00	0.00	-0.87
400	N 55°W	1.00	-1.43	0.13
500	N 30°W	1.50	-2.74	2.40
600	W	0.50	-3.61	2.40
700	N 10°W	1.00	-3.91	4.12
800	E	1.00	-2.17	4.12
900	E	1.00	-0.42	4.12
1000	E	1.00	1.32	4.12
1100	N 80°E	1.00	3.04	4.42
1200	S 60°E	2.00	6.06	2.67
1300	S 65°E	2.25	9.63	1.01

圖2-3-9 座標計算結果

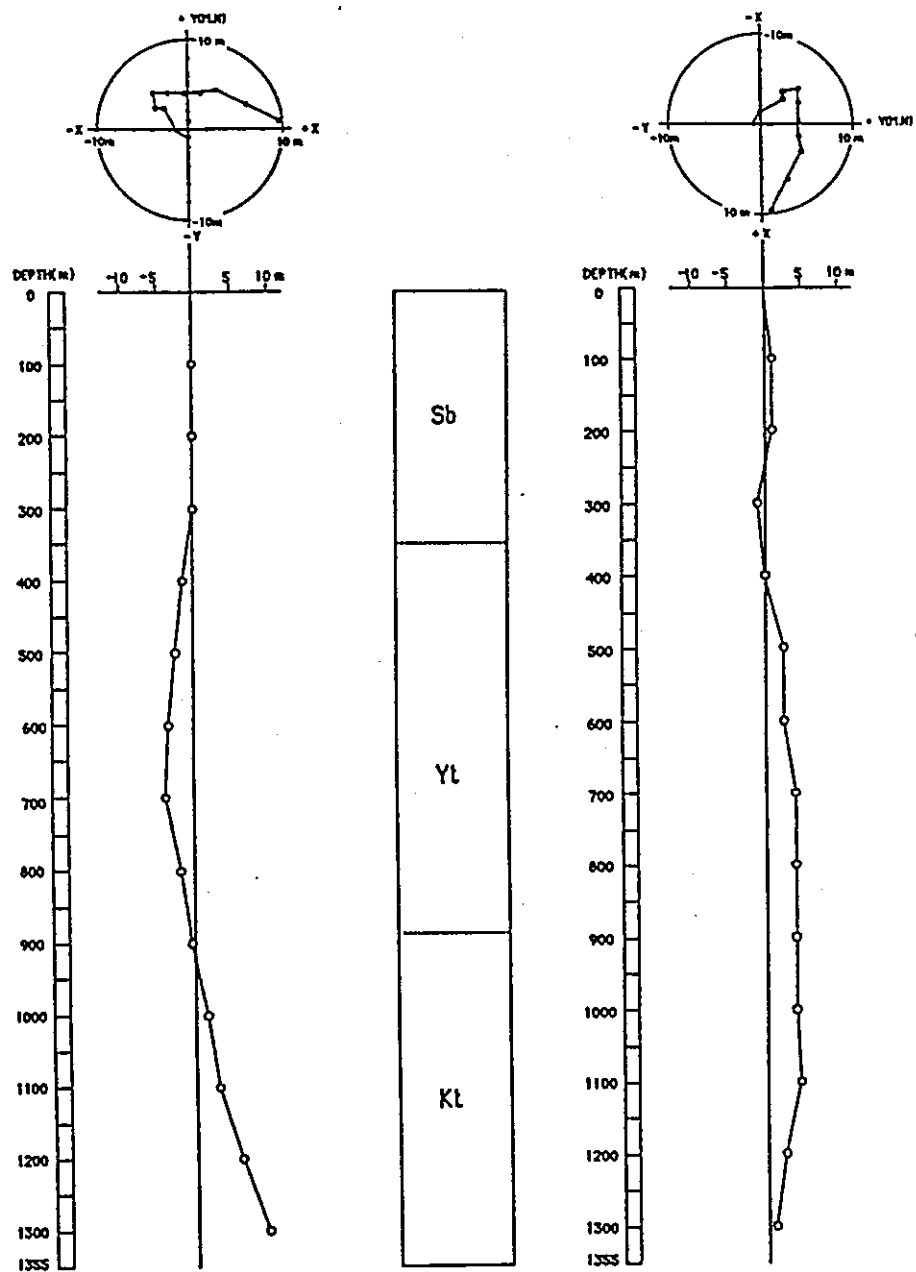


図2-3-10 深度方向の孔曲がり状況

(2) 揚水試験

各ストレーナ区間の揚水試験から求められた透水係数を表2-3-6に示した。同表には回復水位測定後の圧力測定 (GL-1000~1355m、GL-800~810m) および翌朝水位測定 (GL-290~300m、GL-143~155m) から得られた平衡水位と、孔口湧水量および孔口ガス発生量を併記した。

表2-3-6 透水係数算定結果

地層名	ストレーナ区間 (GL-m)	透水係数 (cm/S)	平衡水位 (GL-m)	孔口湧水量 (ℓ/min)	孔口ガス発生量 (ℓ/min)
更別層上部	143~155	1.53×10^{-4}	- 5.082	なし	なし
更別層下部	290~300	1.38×10^{-4}	+ 2.162	17.5	なし
勇知層	800~810	$5.69 \times 10^{-6} \sim 1.06 \times 10^{-5}$	+ 7.42	7.86	0.003
声問層	1000~1355	$1.16 \sim 2.16 \times 10^{-7}$	+27.60	0.245	0.172

更別層の透水係数は上部と下部が $1.38 \sim 1.53 \times 10^{-4}$ cm/sとほぼ同値を示し、勇知層は更別層よりも1~2桁低い $5.69 \times 10^{-6} \sim 1.06 \times 10^{-5}$ cm/sを示した。さらに声問層は勇知層よりも低い $1.16 \sim 2.16 \times 10^{-7}$ cm/sを示した。

また、平衡水位は更別層上部 (GL-143~155m) 以外地表面上にあり、孔口から湧水が認められた。

GL-143~155m (更別層上部) の回復水位測定結果を表2-3-7および図2-3-11に示し、GL-290~300m (更別層下部) の揚水試験結果を表2-3-8および図2-3-12に示した。

また、GL-800~810m (勇知層) の揚水試験結果は表2-3-9、表2-3-10、図2-3-13、図2-3-14に示し、GL-1000~

1355m（声問層）の揚水試験結果は表2-3-11、表2-3-12および図2-3-15、図2-3-16に示すとおりである。

表 2-3-7 GL-143~155m (更別層上部) の
揚水試験結果
(50mエアークリフト後の回復水位測定)

時 間 (分. 秒)	水 位		平 面 水 位 との差 H (m)	備 考
	孔 口 から H (-m)	G L (-m)		
0.56	11.000	9.928	4.846	K-t ₀ h ₀
1.07	10.800	9.728	4.646	
1.32	10.000	8.928	3.846	
1.53	9.500	8.428	3.346	
2.12	9.000	7.928	2.846	K-t ₀ h ₀
2.18	8.800	7.728	2.646	
2.24	8.600	7.528	2.446	
2.39	8.400	7.328	2.246	
2.49	8.200	7.128	2.046	
3.05	8.000	6.928	1.846	
3.25	7.800	6.728	1.646	
3.47	7.600	6.528	1.446	
4.15	7.400	6.328	1.246	
4.53	7.200	6.128	1.046	
6.00	6.988	5.916	0.834	
7.00	6.800	5.808	0.726	
8.00	6.814	5.742	0.660	
9.00	6.768	5.676	0.594	
10.00	6.738	5.666	0.584	
15.00	6.667	5.595	0.513	
20.00	6.638	5.566	0.484	
25.00	6.621	5.549	0.467	
30.00	6.661	5.539	0.457	
40.00	6.598	5.526	0.444	
50.00	6.589	5.517	0.435	
60.00	6.581	5.509	0.427	
90.00	6.554	5.482	0.400	
120.00	6.530	5.458	0.376	
989.00	6.154	5.082	0	

7月15日 15時21分測定開始
17時21分 120分後の水位測定
7月16日 7時50分の翌朝水位 (GL-5.082m) を平面水位とした。

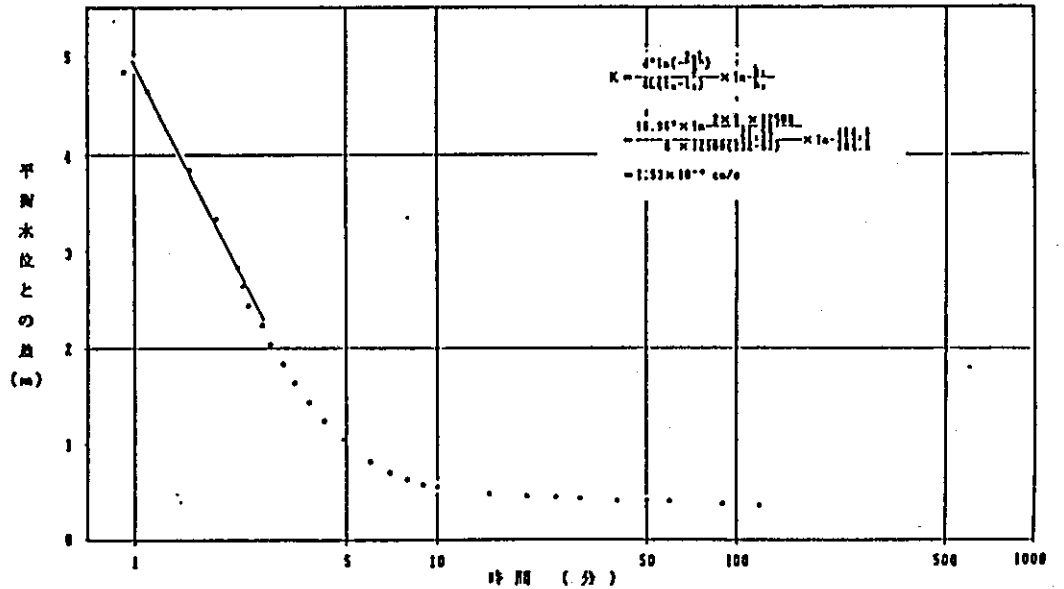


図 2-3-11 GL-143~155m (更別層上部) の
揚水試験結果

表 2-3-8 GL-290~300m (更別層下部) の
揚水試験結果
(DSTによる回復水位測定)

時間 (分, 秒)	水 位		平衡水位 との差 (m)	備 考
	孔口から (-m)	GL (-m)		
0.00	60.368	48.508	50.670	
0.05	45.332	33.472	35.634	
0.07	42.338	30.478	32.640	t_0, h_0
0.08	39.335	27.475	29.637	
0.10	36.328	24.468	26.630	
0.11	33.340	21.480	23.642	
0.13	30.341	18.481	20.643	
0.15	27.349	15.489	17.651	
0.17	24.347	12.487	14.649	
0.20	21.352	9.492	11.654	
0.23	18.348	6.488	8.650	
0.27	15.349	3.489	5.651	t_0, h_0
0.35	12.348	0.488	2.650	
2.14	10.260	• 1.600	0.562	
27.00	10.160	• 1.700	0.462	
29.00	10.155	• 1.705	0.457	
38.00	10.135	• 1.725	0.437	
47.00	10.115	• 1.745	0.417	
825.00	9.698	• 2.162	0	

7月13日 18時15分測定開始
19時02分 47分後の水位測定
7月14日 8時00分の水位 (GL+2.162m) を平衡水位とした。

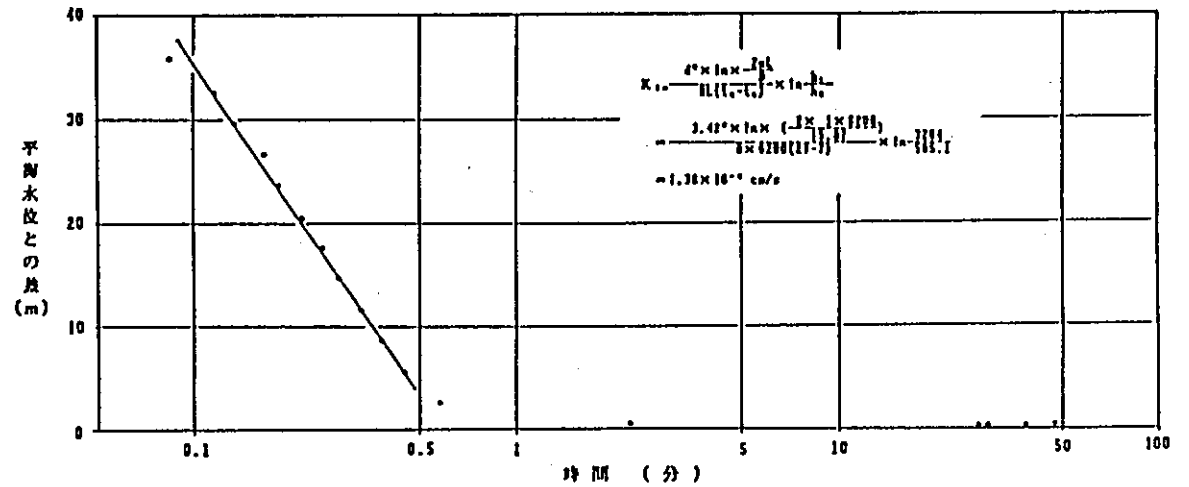


図 2-3-12 GL-290~300m (更別層下部) の
揚水試験結果

表 2-3-9 GL-800~810m (勇知層) の
揚水試験結果
(50mエアリフト後の回復水位測定)

時間 (分, 秒)	水 位		平 衡 水 位 との差 H (m)
	孔 口 から H (-m)	G L (-m)	
0. 54	28.000	26.953	33.373
0. 59	27.000	25.953	33.373
1. 13	24.800	23.753	31.173
1. 20	23.500	22.453	29.873
1. 29	22.000	20.953	28.373
1. 35	21.000	19.953	27.373
1. 42	20.000	18.953	26.373
1. 50	19.000	17.953	25.373
1. 58	18.000	16.953	24.373
2. 06	17.000	15.953	23.373
2. 14	16.000	14.953	22.373
2. 26	15.000	13.953	21.373
2. 36	14.000	12.953	20.373
2. 48	13.000	11.953	19.373
3. 02	12.000	10.953	18.373
3. 17	11.000	9.953	17.373
3. 33	10.000	8.953	16.373
3. 53	9.000	7.953	15.373
4. 15	8.000	6.953	14.373
4. 43	7.000	5.953	13.373
5. 00	6.436	5.389	12.809
5. 30	5.553	4.506	11.926
6. 30	4.178	3.131	10.551
7. 00	3.627	2.580	10.000
7. 30	3.170	2.123	9.543
8. 00	2.793	1.746	9.166
8. 30	2.482	1.435	8.855
9. 00	2.217	1.170	8.590
9. 30	1.975	0.928	8.348
10. 00	1.769	0.722	8.142
11. 00	1.379	0.332	7.752
12. 00	1.053	0.006	7.426
13. 00	0.776	0.271	7.149
14. 00	0.641	0.406	7.014

孔口の立上り GL+1.047m

測定開始 7月 2日 19時19分

平衡水位 GL+7.42m

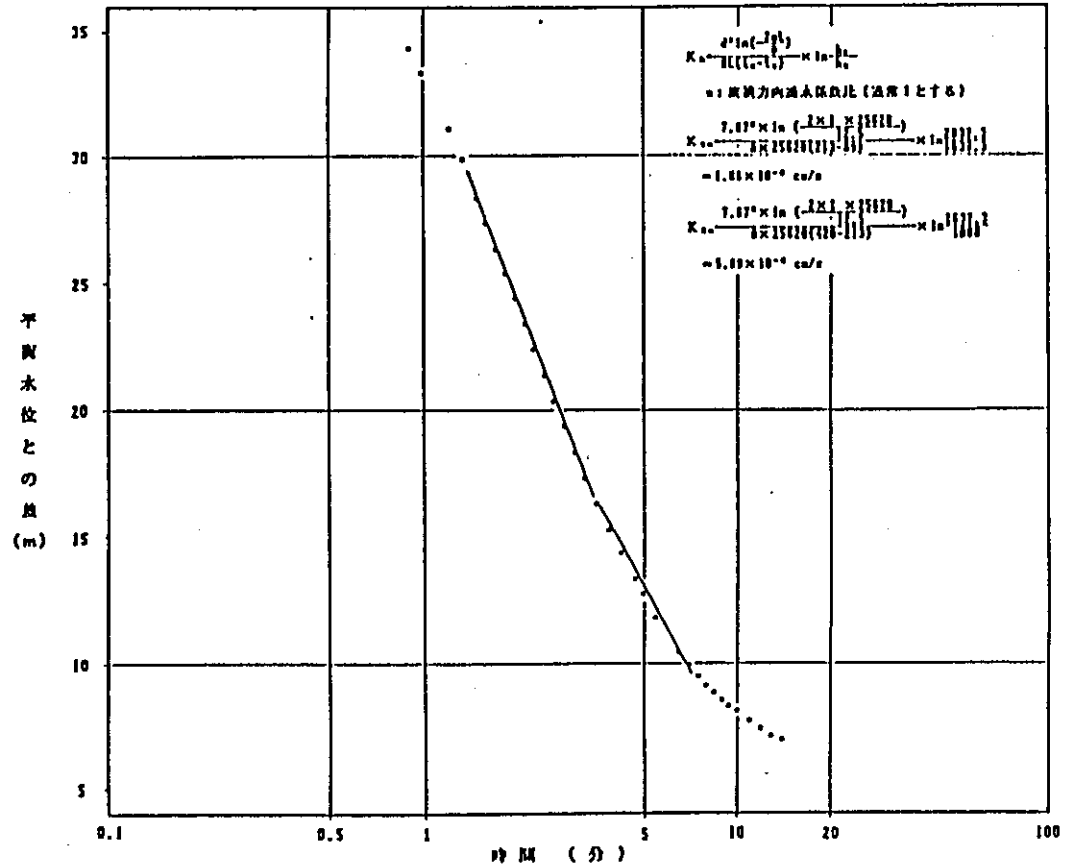


図 2-3-13 GL-800~810m (勇知層) の
揚水試験結果

表 2-3-10 回復水位測定後の圧力測定結果
(GL-800~810m; 勇知層)

測定時刻 (時:分)	測定時間 (分)	圧力 (Kgf/cm ²)	水位平削 (m)	GL (+m)
7/2 20:18	3	0.37	3.7	4.62
20:20	5	0.37	3.7	4.62
20:22	7	0.3	3.7	4.62
20:25	10	0.37	3.7	4.62
20:35	20	0.37	3.7	4.62
20:55	40	0.38	3.8	4.72
21:15	60	0.40	4.0	4.92
21:35	80	0.41	4.1	5.02
21:55	100	0.42	4.2	5.12
23:25	200	0.49	4.9	5.82
7/3 1:15	300	0.55	5.5	6.42
2:55	400	0.59	5.9	6.82
4:35	500	0.62	6.2	7.12
5:50	575	0.63	6.3	7.22
6:50	635	0.64	6.4	7.3
7:50	695	0.65	6.5	7.42

測定開始 7月 2日 20:15
 圧力計立ち上がり GL+0.92m

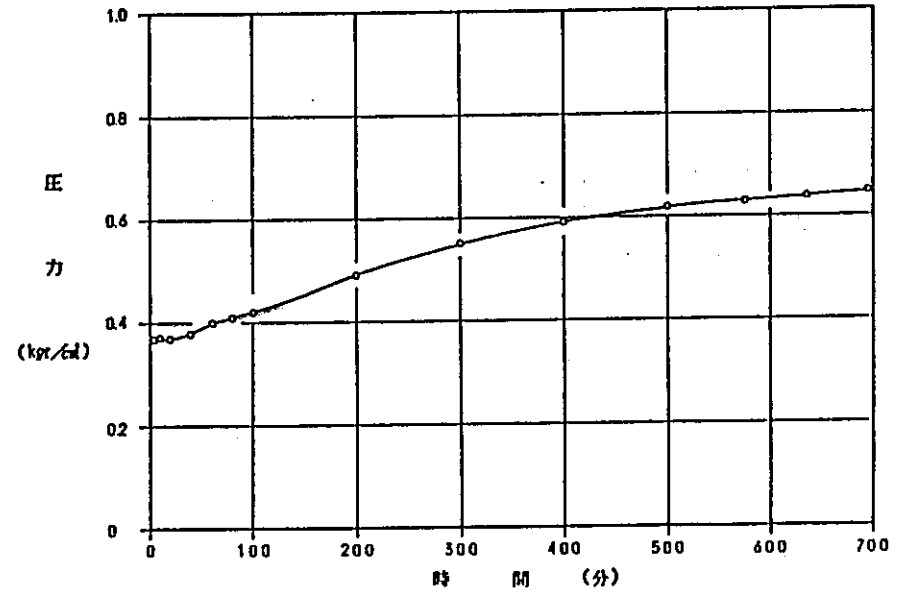


図 2-3-14 回復水位測定後の圧力測定結果
(GL-800~810m; 勇知層)

表 2-3-11 GL-1000~1355m (声間層) の
揚水試験結果
(50mエアークリフト後の回復水位測定)

経過時間 (分. 秒)	水 位		平均水位との差 平均水位 27.60m
	孔口から H	G L (- m)	
4. 00	39.880	39.200	66.800
5. 20	39.470	38.790	66.390
6. 13	39.000	38.320	65.920
6. 37	38.000	36.120	65.720
7. 01	38.600	37.920	65.520
7. 27	38.400	37.720	65.320
7. 50	38.200	37.520	65.120
8. 13	38.000	37.320	64.920
8. 38	37.800	37.120	64.720
9. 05	37.600	36.920	64.520
9. 32	37.400	36.720	64.320
10. 00	37.200	36.520	64.120
10. 28	37.000	36.320	63.920
10. 55	36.800	36.120	63.720
11. 23	36.600	35.920	63.520
11. 52	36.400	35.720	63.320
12. 22	36.200	35.520	63.120
12. 49	36.000	35.320	62.920
15. 00	35.106	34.426	62.026
20. 00	33.159	32.479	60.079
25. 00	31.354	30.674	58.274
30. 00	29.677	28.997	56.597
35. 00	28.110	27.430	55.030
40. 00	26.613	25.933	53.533
45. 00	25.207	24.527	52.127
50. 00	23.904	23.224	50.824
55. 00	22.649	21.969	49.569
60. 00	21.477	20.797	48.397
90. 00	15.264	14.584	42.184
120. 00	10.279	9.599	37.199
150. 00	6.200	5.520	33.120
190. 00	1.826	1.146	28.746
200. 00	0.831	0.151	27.751

202分後、孔口閉水開始
このあと、圧力計による測定に切り換えた。
☆ 圧力計による測定結果からの平均水位
159分~059分h, 059分~1159分h.

$$P = 2.00 + \frac{0.34}{0.34 - 0.15} + 0.155 = 2.76 \text{ Kg/cm} = 27.60 \text{ m}$$

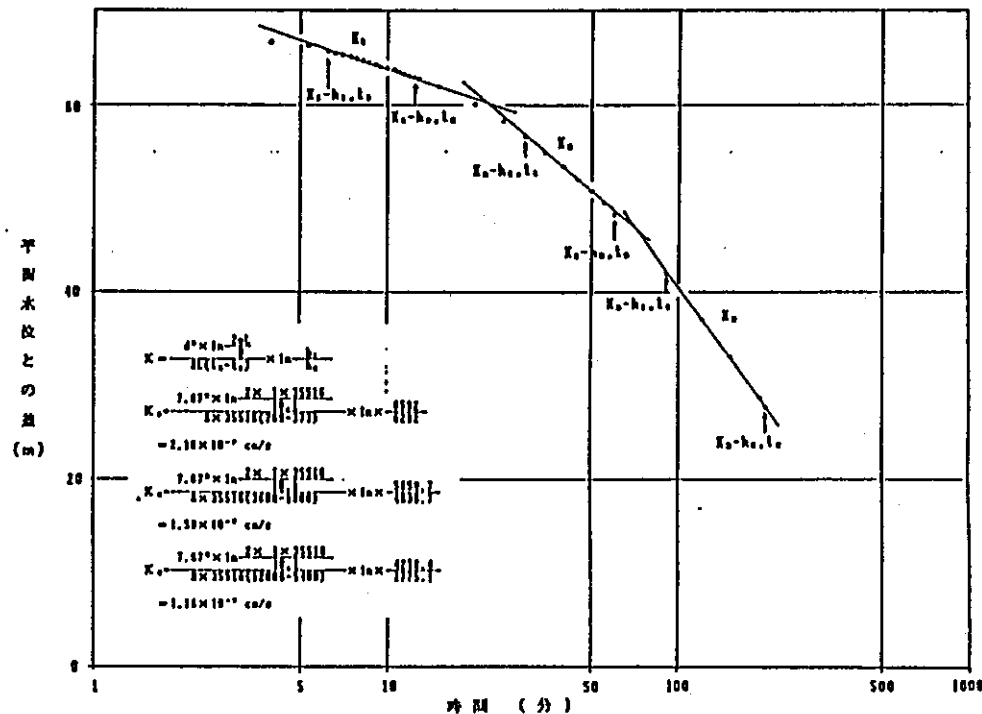


図 2-3-15 GL-1000~1355m (声間層) の
揚水試験結果

表 2-3-12 回復水位測定後の圧力測定結果
(GL-1000~1355m ; 声問層)

時間 (分.秒)	圧力 (kgf/cm ²)	備考
0.00	0	*/20 13:21
0.37	0.02	
1.07	0.07	
1.37	0.13	
2.07	0.19	
2.37	0.25	
3.07	0.29	
3.37	0.33	
4.07	0.36	
4.37	0.40	
5.07	0.44	
5.37	0.47	
6.07	0.49	
6.37	0.51	
7.07	0.54	
7.37	0.56	
8.05	0.58	
8.37	0.60	
9.07	0.62	
9.37	0.64	
10.05	0.65	
10.37	0.66	
11.37	0.68	
12.37	0.72	
17.37	0.84	
22.37	0.95	
27.37	1.03	
32.37	1.08	
37.37	1.12	
42.37	1.16	
47.37	1.19	
52.37	1.21	
87.37	1.34	
112.37	1.41	
142.37	1.48	
172.37	1.54	
202.37	1.56	
232.37	1.60	*/20 17:12
379.00	1.69	
509.00	1.79	
889.00	1.94	*/20 5:59
1109.00	1.98	
1159.00	2.00	

圧力(E) P

$$P = P_0 + \frac{Ph_1}{Ph_2 - Ph_1}$$

• $P_0 = 2.00$

• 159分~659分

$$Ph_1 = 0.34 \text{ kgf/cm}^2$$

• 659分~1159分

$$Ph_2 = 0.15 \text{ kgf/cm}^2$$

• IE力引までの立ち上がり

$$h = \text{GL} - 1.55\text{m}$$

よって平衡水位(H) は

$$H = P \times 10 + h = 27.6\text{m}$$

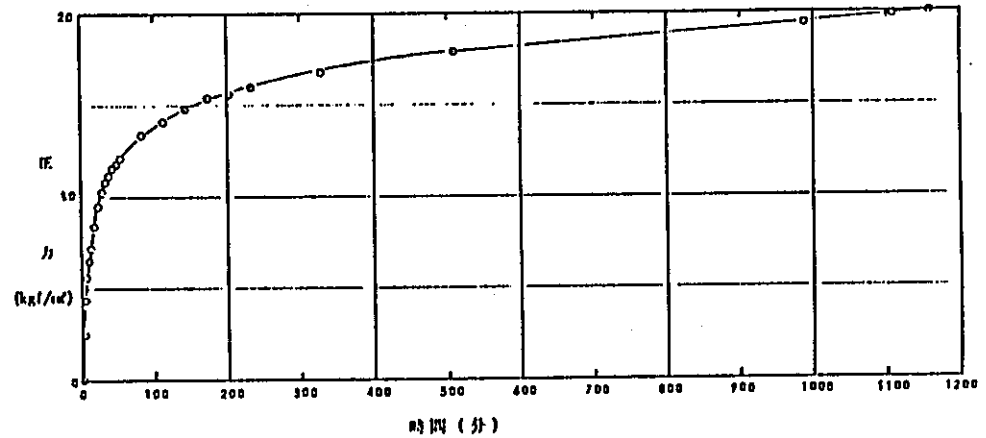


図 2-3-16 回復水位測定後の圧力測定結果
(GL-1000~1355m ; 声問層)

(3) 流速測定

図2-3-17に測定結果を示す。結果をみると、水の出入があり得ない区間でも流速が3~4 cm/secの幅で変化しているが、これは、羽根を保護するバスケットなどの影響で孔内水に乱れが生じ測定上変化がでたものとみられる。したがって、透水係数算出時の解析・解釈に際しては、流量はパイプ内で理論上一定となるはずの区間での平均的な値を採用した。結果をみると、GL-143~155m、GL-290~300mのストレーナ区間では地下水の流入が定常、非定常いずれの状態でも明瞭にとらえられている。GL-800~810mのストレーナ区間は、ごくわずかに湧水が認められる。GL-1000~1355m間は0 cm/secを中心として-5 cm/sec~+5 cm/secの範囲で変化がみられるが、前にも述べた理由により検出しうる流出入はないものと考えられる。

表2-3-13に透水係数の算出結果を示す。非定常状態の透水係数が小さな値を示す。これは、非定常状態を保つために行ったエアリフト（揚水）時の実効上の孔内水位が、気泡まじりの孔内水のために実測した水位（GL-43m）より高い位置にあったためと考えられる。ちなみに、実効水位をGL-20m程度と仮定すると透水係数は定常状態の結果とほぼ一致する。

表 2-3-13 流速測定による透水係数算出結果

ストレーナ区間 (GL-m)	試験区間長 (m)	井戸半径 (cm)	平衡水位 GL(m)	管 22B 探孔 断面積 (cm ²)	定常状態 (水位GL-2m)		非定常状態 (水位GL-43m*)	
					流速 cm/sec	透水係数 (cm/sec)	流速 cm/sec	透水係数 (cm/sec)
143~155	125.00	10.80	-5.082	246	4	2.0×10 ⁻⁶	12	4.5×10 ⁻⁶
290~300	62.00	7.94	2.162	126	7	2.7×10 ⁻⁶	22	7.8×10 ⁻⁶
800~810	256.20	6.25	7.42	82.2	1	2.8×10 ⁻⁶	3	1.6×10 ⁻⁶
1000~1355	355.16	5.05	27.60	80.1	検出せず (1以下)	6.5×10 ⁻⁷ 以下	検出せず (1以下)	2.8×10 ⁻⁷ 以下

$$K = \frac{Q}{2\pi\Delta P} \ln \frac{R}{r}$$

R: 影響円半径

r: 井戸半径

ΔP: 水頭差

Q: 単位長当たり流量

* 本文中にも記したが、実効水位をGL-20m付近とすると透水係数は平衡状態の結果とほぼ一致する。

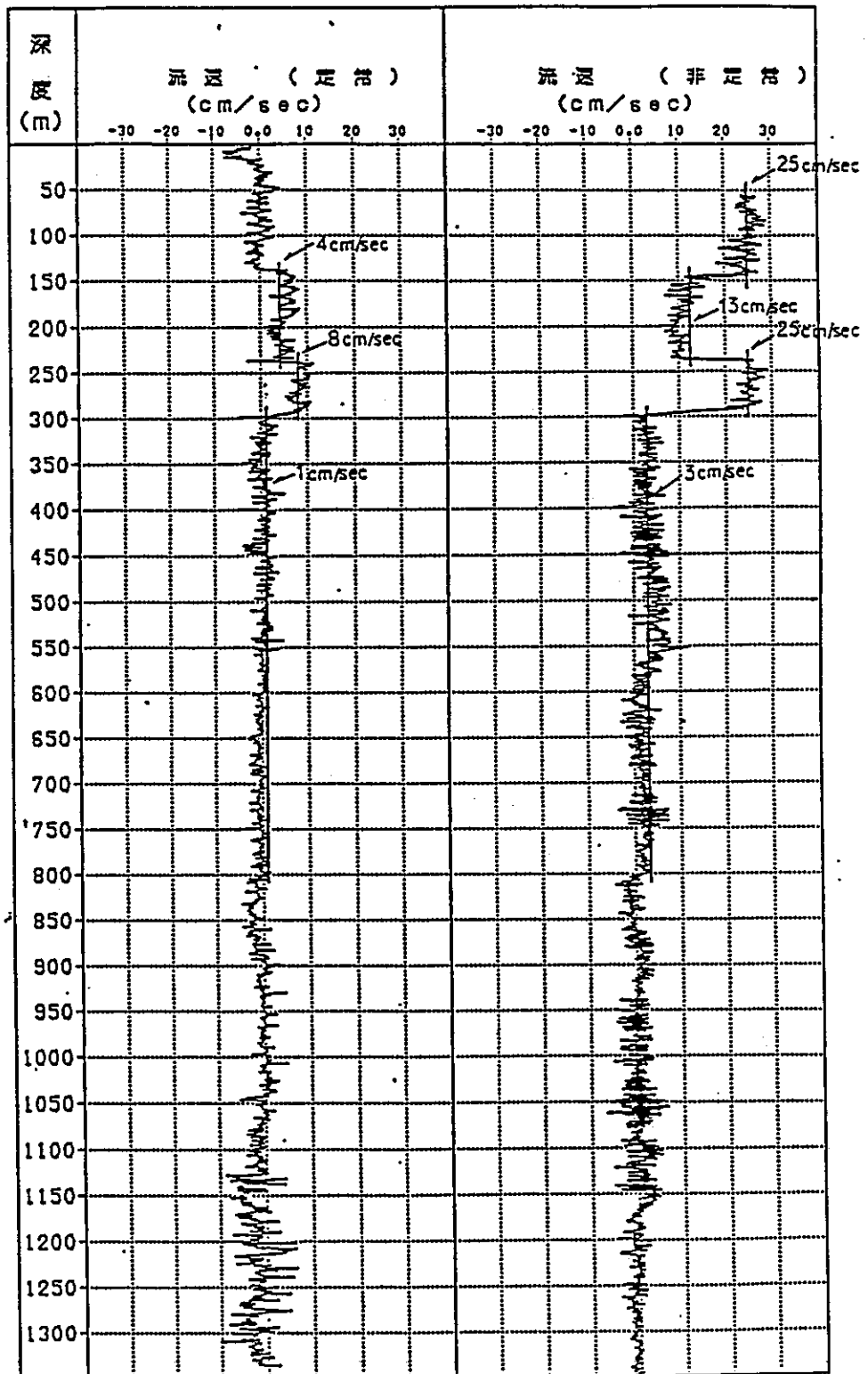


圖 2-3-17 流速測定結果圖

1573

(4) 採水

採水深度および採水回数は表2-3-14に示すとおりである。

表2-3-14 採水深度および採水回数

地層名	ストレーナ 区間 (GL-m)	採 水 深 度 (GL-m)	採 水 回 数 (回)	備 考
更別層 上部	143～ 155	149	3	2回分は水質分析用 1回分は溶存ガス分離
更別層 下部	290～ 300	295	3	2回分は水質分析用 1回分は溶存ガス分離
勇知層	800～ 810	805	3	2回分は水質分析用 1回分は溶存ガス分離
声問層	1000～1355	1050	2	水質分析用
		1150	3	2回分は水質分析用 1回分は溶存ガス分離
		1250	2	水質分析用

また、採水試料の現地水質測定および溶存ガス分離結果は表2-3-15に示すとおりである。

水温は 9.0～12.7℃を示したが、これは採水器引き揚げ時に、表層付近で冷却されたものと考えられる。pHは、最も低いものでGL-1150mが8.5を示したが、その他は約9.0～10.3と高い値であった。電気伝導率は概ね上層よりも下層のほうが高い傾向がみられる。ただし、声問層では下部(GL-1250m)よりも上部(GL-1050m)の方が高く、また、更別層についても下部(GL-295m)よりも上部(GL-149m)の方がわずかに高いのが特徴である。

現地で行った溶存ガス分離結果によると、分離ガスはGL-1150mが最も多く約1000mlであった。

表2-3-15 現地水質測定及び溶存ガス分離結果

試料名		W-1	W-1	W-2	W-2	W-3	W-3	W-4	W-4	W-5	W-5	W-6	W-6	
項目		149	149	295	295	805	805	1050	1050	1150	1150	1250	1250	
調査深度 (GL-m)		149	149	295	295	805	805	1050	1050	1150	1150	1250	1250	
地層名および層相		更別層 (上部) 中粒砂岩及び礫岩		更別層 (下部) 礫岩		勇知層 細粒砂岩		声問層 細粒砂岩		声問層 砂質砂岩		声問層 砂質泥岩		
現 地 水 質 測 定	採水日時	7/16 14:25	7/16 15:05	7/14 17:45	7/14 18:30	7/4 16:50	7/4 17:50	6/23 20:55	6/24 6:15	6/24 9:55	6/24 13:00	6/25 0:25	6/25 3:15	
	気温 (°C)	22.2	21.2	—	18.5	23.7	19.6	12.0	—	22.0	24.3	12.8	—	
	水温 (°C)	10.2	—	10.5	12.1	12.7	—	10.0	—	11.0	11.0	10.5	9.0	
	pH	9.68 (15.2)	10.27 (13.5)	8.92 (12.7)	9.00 (14.1)	9.38 (15.4)	9.47 (15.2)	9.54 (13.8)	—	8.50 (15.8)	—	9.47 (14.8)	—	
	R-pH	8.59 (20.9)	—	8.45 (19.1)	—	—	9.20 (21.2)	9.65	—	9.30	—	9.39	—	
	電気伝導率 (μS/cm)	281 (11.8)	309 (14.2)	252 (11.9)	269 (14.3)	1,031 (13.9)	987 (13.1)	7,590 (12.6)	7,430 (12.5)	6,350 (13.9)	6,720 (12.3)	5,850 (12.9)	5,430 (10.0)	
	電気伝導率 (μS/cm) (25°C換算値)	396	405	364	352	1,360	1,340	10,400	10,200	8,400	9,010	8,040	8,100	
溶 存 ガ ス 分 離	採水日時	7/16 16:00	—	7/14 19:30	—	7/4 20:00	—	—	—	6/24 16:30	6/25 13:00	—	—	
	気温 (°C)	22.5	—	21.0	—	20.2	—	—	—	25.0	27.0	—	—	
	水温 (°C)	—	—	—	—	—	—	—	—	ガスメータ水温 (25°C)	ガスメータ水温 (27°C)	—	—	
	通 気 量	ガスメータ通気前	2,371.397	—	2,314.57	—	2,233.32	—	—	—	1,954.74	2,025.756	—	—
		ガスメータ通気後	2,385.926	—	2,330.17	—	2,255.18	—	—	—	1,961.95	2,035.852	—	—
		CO ₂ 通気量 (ℓ)	14.53	—	15.60	—	21.85	—	—	—	7.21	10.096	—	—
	分離ガス量 (ml)	713 (22.5)	—	313 (21.0)	—	326 (20.2)	—	—	—	1,205(25°C)	1,105(27°C)	—	—	
	分離ガス量 (ml) (0°C, 1atm)	659	—	291	—	303	—	—	—	1,104	1,006	—	—	
	採水量 (ℓ)	2.19	—	2.30	—	2.15	—	—	—	2.36	2.36	—	—	
	単位水量当たり ガス分離量 (ml/ℓ)	301	—	126	—	141	—	—	—	468	426	—	—	
圧力開放時のガス発生量 (ℓ)	0.363	—	0.043	—	0.05	—	—	—	1.07	0.556	—	—		
眼 察	外 観	やや褐色	—	やや褐色	—	黒褐色	—	黒褐色 土粒子を含む	黒褐色 土粒子を含む	黒褐色 土粒子を含む	黒褐色 土粒子を含む	黒褐色 土粒子を含む	黒褐色 土粒子を含む	
	臭 気	なし	—	なし	—	タール臭	—	汚泥臭	汚泥臭	汚泥臭	汚泥臭	汚泥臭	汚泥臭	

(5) ガス調査

ガス調査は、現地で行ったエアリーフト揚水によるガス分離試験（揚水気液分離試験）と室内ガス分析とに分けられる。

(a) 揚水気液分離試験

GL-143～155m（更別層上部）の揚水気液分離試験結果は表2-3-17、表2-3-18および図2-3-18に示した。

GL-290～300m（更別層下部）の揚水気液分離試験結果は表2-3-19、表2-3-20および図2-3-19に示した。

GL-800～810m（勇知層）の揚水気液分離試験結果は表2-3-21および図2-3-20に示すとおりである。なお、この深度では孔口からの湧水およびガス発生が認められたので湧水量とガス発生量を測定した。測定結果は表2-3-22に示すとおりである。

GL-1000～1355m（声問層）の揚水気液分離試験結果は表2-3-23および図2-3-21に示すとおりである。この深度では定常揚水できなかったため、間欠的に9回揚水した。また、エアリーフト揚水停止後、水位回復に伴う孔口ガス量およびガス濃度を測定した結果を表2-3-24に示した。さらに、孔口からの湧水およびガス発生が認められたことから、ガス発生量と湧水量を測定した。測定結果は表2-3-25および図2-3-22に示すとおりである。

以上の測定から得られた最終ガス濃度を表2-3-16にまとめて示した。CH₄濃度（空気補正值）はGL-1000～1355m（声問層）が最も高く、GL-800～810m（勇知層）、GL-290～300m（更別層下部）、GL-143～155m（更別層上部）の順に低くなり、GL-143～155mでは検出されなかった。

GL-1000~1355m (声問層) は、GL-143~155m (更別層上部) を除いて湧水量は最も少ないが、ガス発生量は最も多い。

表 2-3-16 揚水気液分離試験最終ガス濃度

地層名	ストレーナー 区 間	揚水気液分離試験 最終ガス濃度			測定時の状況 (測定日時)	孔 口 ガ 生 量 量	孔 口 湧 水 量 量
		O ₂	CH ₄				
			測定値	空 気 補 正 値			
GL-#	%	%	%	l / min	l / min		
更別層 上部	143~155	20.9	0	0	揚水気液分離 試験最終値 (7/13:13:10)	なし	なし
更別層 下部	290~300	20.5	0.3	12.6	揚水気液分離 試験最終値 (7/14:13:10)	なし	17.5
勇知層	800~810	20.7	0.95	66.5	揚水気液分離 試験最終値 (7/20:20:00)	0.003	7.86
声岡層	1000~1355	0.2	17	17.2	揚水気液分離 試験最終値 (8/23:23:30)	0.172	0.245
		6.0	62	86.8	水位回復に伴 う孔中ガス濃 度測定最終値 (8/28:8:00)		
		10.2	47	91.4	地下水面上 ガス採取時 (8/28:8:30)		

備考：CH₄ の空気補正值とは、O₂ が空気から来たものとしたときの
分離ガス中のCH₄ 濃度 (%) である。

表 2-3-19 揚水気液分離試験の揚水量
及びガス量測定結果
(GL-290~300m; 更別層下部)

測定時刻 (時:分)	時間 (分)	揚水量			積算ガス量 (m³)
		流量 (L/min)	区間揚水量 (L)	積算揚水量 (L)	
1:10	0	43.6	0	0	0
1:14	4	39.4	166	166	
1:15	5				0.243
1:16	6	37.6	177	243	0.337
1:19	9	36.0	110	353	
1:20	10	36.0	36	389	0.483
1:25	15	36.3	180.75	569.75	
1:26	16				0.771
1:30	20	36.7	182.5	752.25	
1:31	21				0.991
1:37	27	40.3	269.5	1022.25	
1:38	28				1.146
1:40	30	33.1	170.55	1192.8	
1:42	32	0	33.1	1225.9	
1:50	40	42.0	168	1393.9	1.954
1:55	45	37.4	203.5	1597.4	
1:56	46				2.117
2:00	50	38.5	194.75	1792.15	
2:01	51				2.312
2:05	55	37.4	189.75	1981.9	
2:06	56				2.489
2:10	60	38.7	190.25	2172.15	
2:11	61				2.721
2:15	65	39.1	194.5	2366.65	
2:16	66				2.966
2:20	70	38.1	193	2559.65	
2:21	71				3.198
2:25	75	38.1	190.5	2750.15	
2:26	76				3.420
2:30	80	37.8	189.75	2939.9	
2:31	81				3.657
2:35	85	38.8	191.5	3131.4	
2:36	86				3.884
2:40	90	38.5	193.25	3324.65	
2:41	91				4.113
2:45	95	39.9	196.0	3520.65	
2:46	96				4.384
2:50	100	40.9	202	3722.65	
2:51	101				4.657
2:55	105	43.3	210.5	3933.15	
2:56	106				4.929
3:00	110	42.8	215.25	4148.4	
3:01	111				5.193
3:05	115	41.3	210.25	4358.65	
3:06	116				5.450
3:10	120	40.0	203.25	4561.9	
3:11	121				5.710
計				4803.08	5.8312

備考1: *は送気停止後、気液分離槽に流入した水量及びガス量を含む。
さらに積算揚水量の合計は、気液分離槽に現存した水量も含む。

表 2-3-20 揚水気液分離試験の水質
及びガス濃度測定結果
(GL-290~300m; 更別層下部)

時刻	気温 (°C)	水質				ガス濃度	
		水温 (°C)	pH	導電率 (µS/cm)		メタン (%)	酸素 (%)
				1°C	25°C		
10:10	20.5					0	20.9
20						0.05	21.0
25						0.45 (13.5)	20.3
30	21.4	10.5	8.77(11.3)	488(11.3)	698	1.00 (21.0)	20.0
35						1.10 (19.2)	19.8
40		11.0	8.94(11.4)	552(11.6)	783	1.45 (20.3)	19.5
45						2.00 (30.0)	19.6
50		10.0	9.20(10.4)	911(10.4)	1,340	1.70 (35.7)	20.0
55						1.25 (43.8)	20.4
11:00	21.0	9.2	8.88 (9.6)	1,335 (9.7)	2,010	1.25 (52.5)	20.5
05						1.30 (34.1)	20.2
* 10		9.3	9.02 (9.6)	1,182 (9.8)	1,780	2.10 (36.8)	19.8
15						2.00 (38.2)	19.9
20		9.6	8.98 (9.7)	1,062 (9.6)	1,610	2.00 (38.2)	19.9
25						1.90 (36.3)	19.9
30		9.4	8.81(10.0)	885 (9.8)	1,330	1.65 (31.5)	19.9
35						1.05 (27.6)	20.2
40		9.8	8.72 (9.9)	668 (9.9)	1,000	0.40 (21.0)	20.6
45						0.65 (19.5)	20.3
50		9.6	8.62(10.0)	562(10.0)	839	0.40 (21.0)	20.6
55						0.85 (19.8)	20.1
12:00	19.2	9.3	8.64 (9.9)	430(10.1)	640	0.75 (17.5)	20.1
05						0.75 (15.8)	20.0
10		9.3	8.74 (9.7)	385(10.0)	575	0.65 (17.1)	20.2
15						0.50 (15.0)	20.3
20		9.3	8.76 (9.7)	356 (9.8)	535	0.60 (18.0)	20.3
25						0.40 (14.0)	20.4
30	19.2	9.3	8.82 (9.8)	329 (9.9)	493	0.35 (12.2)	20.4
35						0.35 (10.5)	20.3
40		9.3	8.90 (9.8)	312 (9.9)	467	0.35 (10.5)	20.3
45						0.35 (14.7)	20.5
50		9.3	8.92 (9.9)	302 (9.8)	454	0.30 (12.6)	20.5
55						0.30 (12.6)	20.5
13:00	19.0	9.3	8.92 (9.9)	290 (9.9)	434	0.30 (12.6)	20.5
05						0.30 (12.6)	20.5
10		9.4	8.93(10.1)	287(10.2)	426	0.30 (12.6)	20.5

7月14日 10時 8分エアリフト揚水開始 ※ 11時10分揚水量、ガス量測定開始
メタンの()は空気補正值(%)
空気補正CH₄ = $\frac{21 \times \text{測定CH}_4}{21 - \text{測定O}_2}$

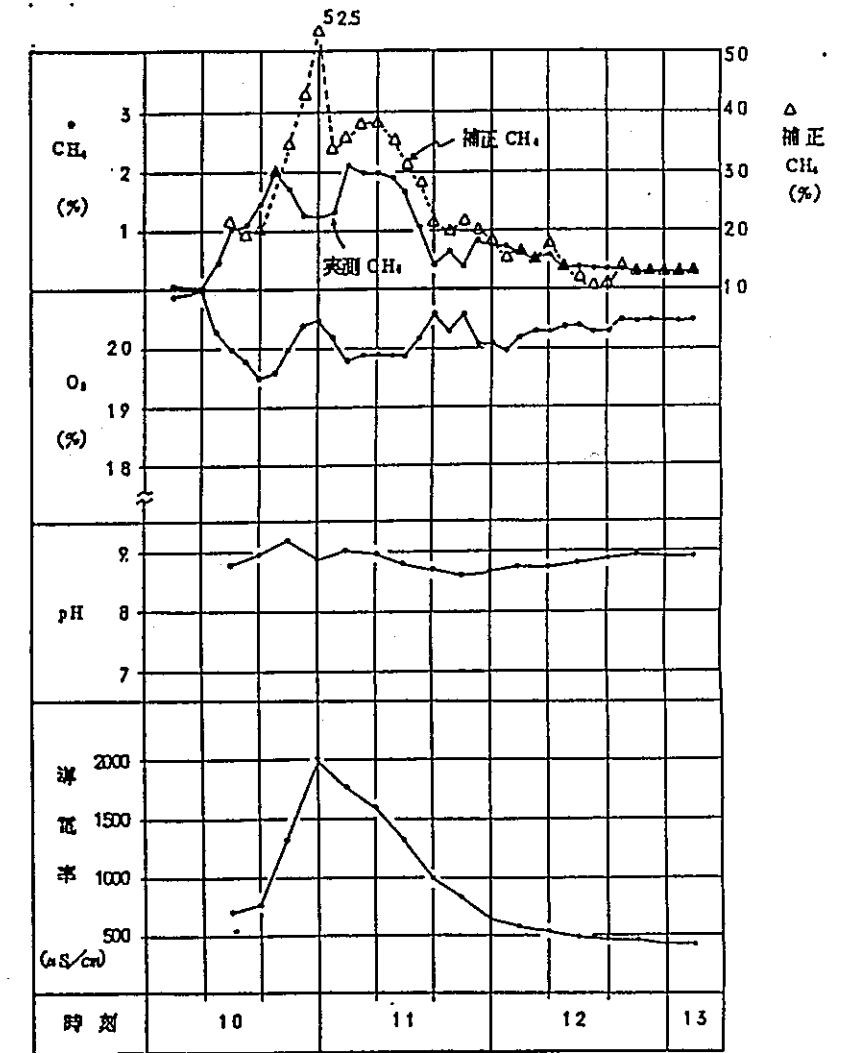


図 2-3-19 揚水気液分離試験の水質
及びガス濃度測定結果
(GL-290~300m; 更別層下部)

表 2-3-21 揚水気液分離試験結果 (GL-800~810m; 勇知層)

時刻	気温 (°C)	水質			ガス濃度		揚水量		ガス発生量		メタン発生量		ガス濃 測定時
		水温 (°C)	pH	導電率(25°C) (μS/cm)	メタン (%)	酸素 (%)	区間量 (L)	積算量 (L)	区間量 L/X分	積算量 (L)	区間量 (L)	積算量 (L)	
13:50					0.7 (14.7)	20.0							
14:00	23.5	11.0	9.66	2,730	1.15 (16.1)	19.5		116					
14:10					1.85 (13.9)	18.2			514/25	514	6.34		14:10
14:20					0.90 (9.4)	19.0	219						
14:30	23.5	10.5	9.68	2,900				335	426/15	940	3.83	10.7	14:25
14:30					0.70 (11.3)	19.7							
14:45					0.55 (10.5)	19.9	282		625/21	1,565	3.91	14.08	14:46
15:05	24.2	10.2	9.70	2,750	0.60 (12.6)	20.0	617						
15:10					0.70 (14.7)	20.0	259		907/25	2,472	5.90	19.98	15:11
15:35	23.7	9.8	9.69	2,760	0.95 (20.0)	20.0	876						
15:50					2.75 (48.1)	19.8	269		798/21	3,270	14.76	34.74	15:32
16:00	23.4	9.7	9.78	2,780	4.90 (64.3)	19.4	1,145						
16:15					10.0 (91.3)	18.7	366		1,139/29	4,409	43.57	78.31	16:01
16:30	23.2	9.3	9.71	6,180	17.0 (91.5)	17.1	1,511						
16:45					17.0 (91.5)	17.1	337						
17:00	22.6	9.3	9.56	16,800	14.0 (86.5)	17.6	1,848		2,013/52	6,422	248.27	326.58	16:53
17:15					8.5 (68.6)	18.4	321						
17:30	21.2	9.3	9.72	6,570	4.70 (61.7)	19.4	2,169						
17:45					8.0 (76.4)	18.8	478		1,700/50	8,122	154.13	480.71	17:43
18:00	20.3	9.2	9.63	7,020	12.0 (84.0)	18.0	2,647						
18:15					8.0 (76.4)	18.8	436						
18:30	19.4	9.4	9.79	6,590	4.15 (62.2)	19.6	3,083						
18:45					1.95 (41.0)	20.0	457		2,590/56	10,712	208.17	688.88	18:39
19:00	18.5	9.0	10.01	2,650	1.20 (42.0)	20.4	3,540						
19:15	17.8	9.1	9.84	2,490	1.00 (52.5)	20.6							
19:20		9.1	9.80	2,530	0.95 (39.9)	20.5			2,354/44	13,066	30.01	718.89	19:23
19:25		9.1	9.82	2,460	0.90 (31.5)	20.4	538						
19:30	17.2	9.1	9.83	2,330	0.90 (37.8)	20.5	4,078						
19:35		9.1	9.85	2,210	0.85 (59.5)	20.7							
19:40		9.1	9.85	2,160	0.85 (59.5)	20.7							
19:45	16.8	9.1	9.85	2,080	0.85 (59.5)	20.7							
19:50		9.1	9.83	2,030	0.90 (63.0)	20.7			1,594/29	14,660	13.95	732.84	19:52
19:55		9.1	9.83	2,050	0.95 (66.5)	20.7	650						
20:00	16.8	9.1	9.83	2,060	0.95 (66.5)	20.7	4,728						
最終							16		540				
									4,744				
									15,200				

メタンの()内は空気補正值 (%)

$$\text{空気補正CH}_4 = \frac{21 \times \text{測定CH}_4}{21 - \text{測定O}_2}$$

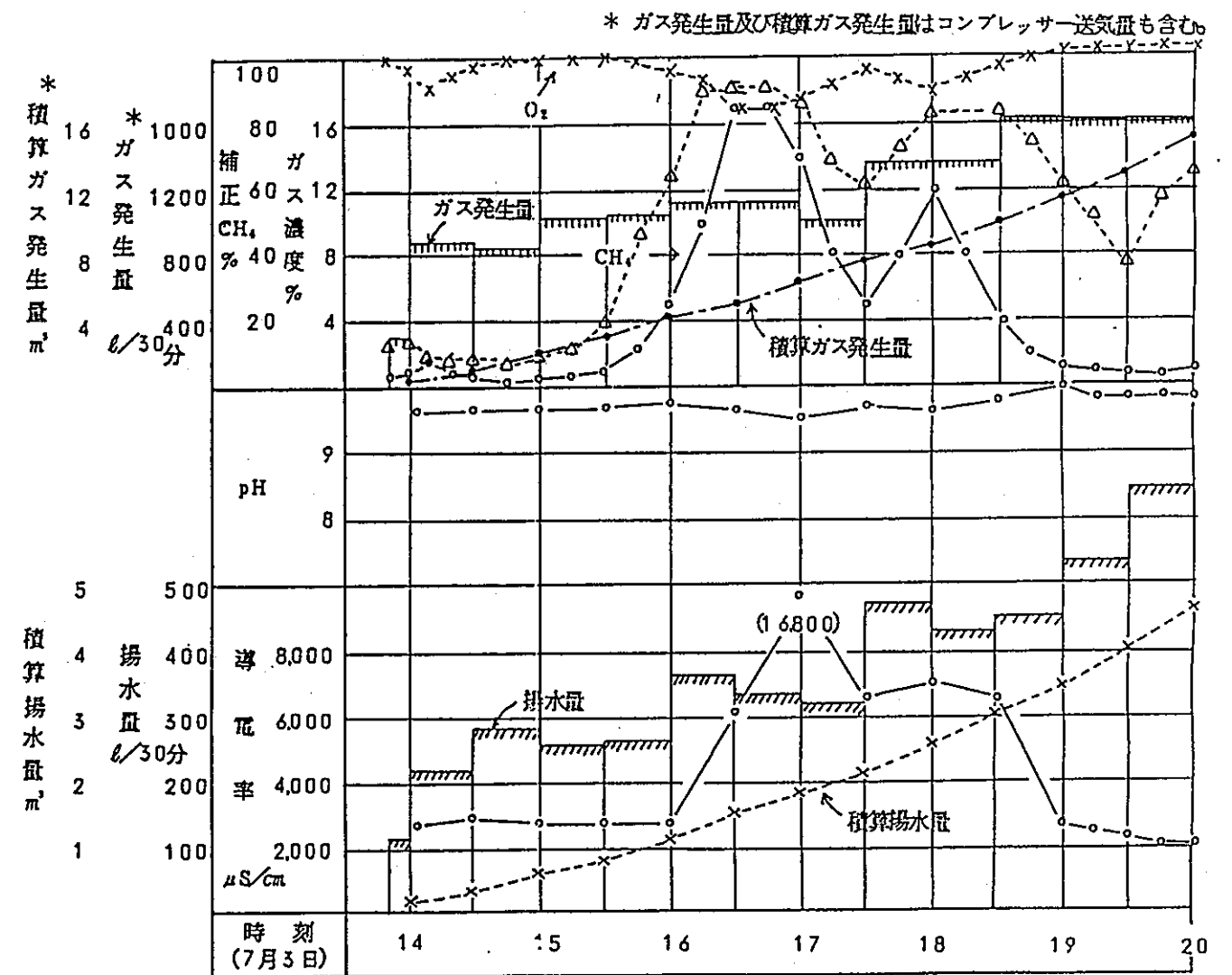


図 2-3-20 揚水気液分離試験の水質及びガス濃度測定結果
(GL-800~810m; 勇知層)

表 2-3-22 孔口湧水量及びガス発生量測定結果
(GL-800~810m; 勇知層)

回数	時刻	湧水量 (ℓ / min) () は平均値	ガス湧出量				
			測定時間 (秒) () は分	ガス量 ml (水温℃)	測定時間 総湧出量 (ℓ)	単位時間 当りガス 湧出量 ml/min	単位水量 当りガス 湧出量 ml/ℓ
	10:10~ 10:14	7.10 7.12 (7.11)					
①	10:14~ 10:40		1573.97 (26.233)	66 (9.2)	188.1	2.52	0.35
	10:40~ 10:43	7.18 7.28 (7.23)					
②	10:43~ 10:58		902.60 (15.043)	60 (9.0)	109.6	3.99	0.55
	10:58~ 11:01	7.31 7.38 (7.34)					
③	11:01~ 11:13		717.69 (11.962)	52 (9.0)	88.4	4.35	0.59
	11:13~ 11:16	7.45 7.42 (7.44)					
④	11:16~ 11:35		1156.63 (19.277)	48 (9.0)	144.0	2.49	0.33
	11:35~ 11:38	7.48 7.51 (7.50)					
⑤	11:38~ 11:53		901.34 (15.022)	48 (9.0)	113.6	3.20	0.42
	11:53~ 11:56	7.62 7.61 (7.62)					
⑥	11:56~ 12:17		1222.55 (20.376)	62 (9.0)	155.9	3.04	0.40
	12:17~ 12:19	7.67 7.68 (7.68)					
⑦	12:19~ 12:45		1556.43 (25.941)	86 (9.0)	201.6	3.32	0.43
	12:45~ 12:48	7.82 7.90 (7.86)					

※ 測定時間総湧出量は、ガス量を測定した前後の流量と、測定時間から台形公式で計算

ex ①
$$\frac{(7.11+7.23) \times 26.233}{2} = 188.1(\ell)$$

※ 7回目にたまったガスを地下水面上直ガスとして採取

表 2-3-23 揚水気液分離試験結果
(GL-1000~1355m ; 声問層)

回数	送水時間 (分)	揚水時間 (分)	揚水量		揚水水质				ガス含量			地下水 の色
			揚水量(L)	汲算量(L)	水温(°C)	pH	導電率	透明度	O ₂ (%)	Cl ₂ (%)	H ₂ S(PPm)	
1	15	12	272	272	14.0	7.0	417	—	20.5	0	0.3	濁色
					13.8	7.1	455	—	19.9	0	3.5	濁色
									20.5	0	0.9	
2	39	15	592	864	11.0	7.5	397	2度	19.8	0	0.9	濁色
					9.0	7.7	570	1.5度				濁色
					13.0	7.9	553					濁色
3	47	17	114	978				20.5	0	0.5		
4	35	16	202	1180	12.5	7.9	532		20.8	0	0.2	濁色
5	40	15	678	1858	13.0	8.1	494		21.0	0	0.2	濁色
					11.0	8.0	481					濁色
					10.0	7.9	486					濁色
					9.2	7.8	438					濁色
6	42	15	436	2294	9.0	7.6	427	1.5度	20.7	0	0.4	濁色
									20.7	0	0.3	
7	42	23	422	2716	8.8	7.8	444	1.5度	20.7	0	0.2	濁色
									20.9	0	0.3	
8	37	16	557	3273	8.0	7.6	494	1.5度	21.0	0	0.2	濁色
									20.8	0	0.2	
9	31	7	334	3607	8.5	9.1	2960	1.2度	19.8	10	0.3	混濁色
									17.1	17	0.2	

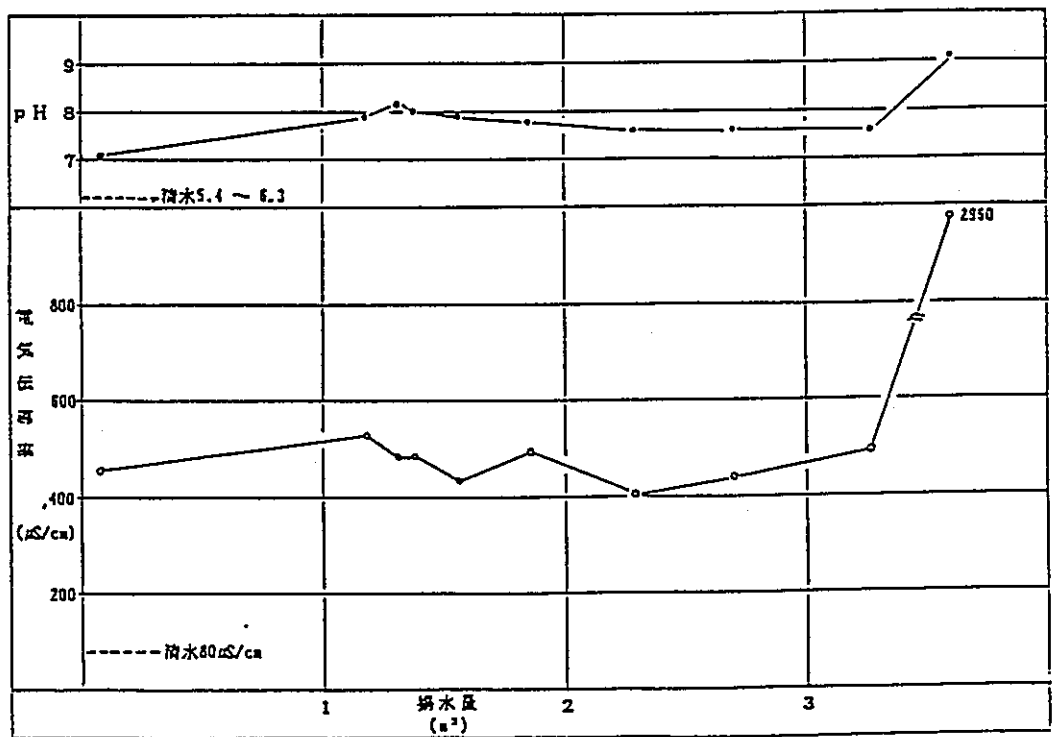


図 2-3-21 揚水気液分離試験結果
(GL-1000~1355m ; 声問層)

表 2-3-24 水位回復に伴う孔中ガス濃度測定結果
(GL-1000 ~1355m ; 声問層)

測定日時 (日/日 時:分)	時間 (分)	ガス量 (ℓ)	積算量 (ℓ)	ガス濃度	
				O ₂ (%)	CH ₄ (%)
6/22 3:29	1	62.5		6.6	69 (101)
3:30	2	16	78.5	7.0	72 (108)
3:32	4	23	101.5	10.2	69 (135)
3:39	11	19	120.5	8.6	72 (122)
3:51	23	16	136.5	6.9	72 (107)
4:05	37	93	229.5	10.9	50 (104)
4:25	57	19	248.5	12.0	45 (106)
5:05	97	29	277.5	10.2	55 (107)
5:30	122	13	290.5	9.5	55 (101)
6:00	152	11	301.5	8.9	56 (98)
6:30	182	9	310.5	12.8	55 (142)
7:00	212	7.5	318.0	12.0	52 (122)
7:30	242	5.5	323.5	6.3	67 (96)
8:00	272	4.5	328.0	6.0	62 (87)

備考 1) ()内は、O₂ をAirから来たものとしたときの、分離ガス中のCH₄濃度 (%)

2) 地下水面直下ガス採取時の測定

O₂ 10.2%

CH₄ 47% (91.8%)

表 2-3-25 孔口ガス発生量測定結果
(GL-1000~1355; 声間層)

時間 (分)	積算ガス発生量 (ml)
0	0
1.0	110
1.5	300
2.0	320
2.5	320
3.0	520
3.5	550
4.0	600
4.5	730
5.0	760
5.5	920
6.0	940
6.5	1080
7.0	1100
7.5	1280
8.0	1300
9.0	1640

備考: 測定開始 6月25日 9:18
 孔口湧水量 0.245 ℓ/min(9:00)
 ガス濃度 $O_2 = 1.2\%$
 $CH_4 = 40\%$

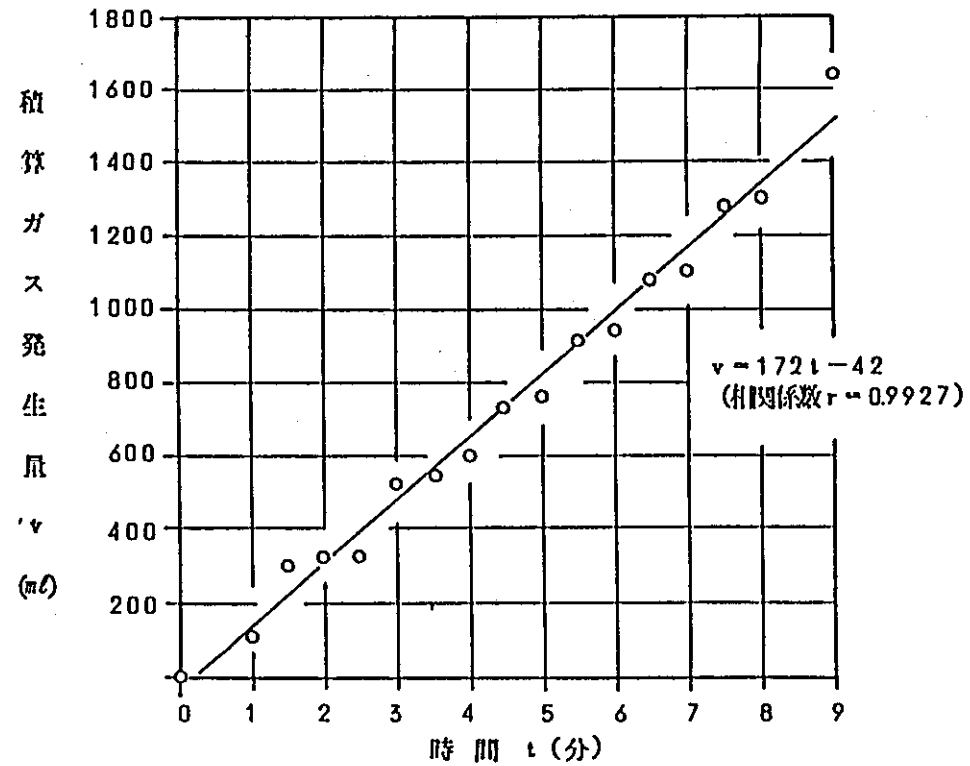


図 2-3-22 孔口ガス発生量測定結果
(GL-1000~1355; 声間層)

(b) 室内ガス分析

揚水気液分離試験後に採取した地下水面直上ガスおよび水質分析用試料採取時に採水して分離回集した溶存ガスの分析結果は、それぞれ表2-3-26、表2-3-27に示すとおりである。

地下水面直上ガス、溶存ガスともに深層の方がCH₄濃度は高く、かつ炭素(C)数の多いプロパン(C₃H₈)、イソブタン(i-C₄H₁₀)、ヘキサン(C₆H₁₄)が浅層に比べて高い濃度で検出されているのが特徴である。

表 2-3-26 地下水面直上ガス分析結果

試料No	項目 深度 [GL-m] 単位	メタン	エタン	プロパン	ノープタン	イソブタン	n-ペンタン	イソペンタン	ヘキサン	窒素	酸素	アルゴン	二酸化炭素
		Vol %											
G-1	143~155	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.11	78.59	20.37	0.89	0.04
G-2	290~300	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.09	79.03	19.58	0.88	<0.01
G-3	800~810	0.63	0.09	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.07	72.90	25.00	1.31	<0.01
G-4	1000~1350	86.44 (98.44)	0.05 (0.06)	0.02 (0.02)	<0.01 (<0.01)	0.04 (0.04)	<0.01 (<0.01)	<0.01 (<0.01)	0.16 (0.16)	10.52 (0.89)	2.55 (0.00)	0.14 (0.16)	0.07 (0.08)

() 内の値は空気補正值

表 2-3-27 溶存ガス分析結果

試料No	項目 深度 [GL-m] 単位	メタン	エタン	プロパン	ノープタン	イソブタン	n-ペンタン	イソペンタン	ヘキサン	窒素	酸素	アルゴン	二酸化炭素	ガス分圧量	メタンガス分圧量
		Vol %												mmHg	mmHg
S-1	149	0.19	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.21	77.92	20.65	1.00	<0.01	301	0.6
S-2	295	1.22	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.38	75.60	21.57	1.13	0.03	126	1.5
S-3	805	8.96	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.06	89.30	0.50	1.16	0.02	141	12.5
S-4 (1)	1150	74.53 (92.34)	0.08 (0.10)	0.02 (0.02)	<0.01 (<0.01)	0.01 (0.01)	<0.01 (<0.01)	0.01 (0.01)	0.15 (0.18)	20.85 (5.61)	4.05 (0.09)	0.30 (0.37)	<0.01 (<0.01)	468 (178)	349
S-4 (2)	1150	78.25 (87.97)	0.08 (0.09)	0.01 (0.01)	<0.01 (<0.01)	0.01 (0.01)	<0.01 (<0.01)	<0.01 (<0.01)	0.09 (0.10)	18.96 (10.23)	2.32 (0.00)	0.28 (0.31)	<0.01 (<0.01)	426 (378)	333

() 内の値は空気補正值

(6) 追加ガス調査

追加ガス調査は現地で実施した揚水ガス調査、湧水ガス調査と室内ガス分析に分けられる。

(a) 揚水ガス調査

揚水ガス調査は表2-3-28、表2-3-29および図2-3-23に示すとおりである。測定開始から約2時間は定常状態の揚水を試みたが、送気圧が一定のまま水が出ない状態が続いたため、以降は「(5)ガス調査」の場合と同様に間欠揚水を行った。

測定結果によるとpHは約1^m揚水後、また電気伝導率は約4^m揚水後ほぼ一定となった。ガス濃度は、測定開始から終了までコンプレッサー送気の影響を受けて変動が著しく、O₂とCH₄の濃度は対称的な増減を示した(空気補正CH₄濃度は80~90%である)。長時間送気停止した後の揚水時に測定したCH₄濃度は高く、孔内でのメタンガス発生がより進んだためと見られる。

エアーリフト揚水後、湧水ガス調査に備えてエアー管を抜管し、定期的に水位を測定した。しかし、予定期間内には孔口から湧水しないことが明らかとなったので、地下水面直上ガスを採取するとともに、ベラーを用いて水質分析および溶存ガス分析用の採水を行った。

なお、水位測定時に孔口ガス濃度を測定したところ、O₂ 13.0%、CH₄ 36% (空気補正值94.5%)を示した。

表 2-3-28 揚水ガス調査の揚水量測定結果 (GL-1000~1355m ; 声問層) - (1)

測定時刻 (時:分)	時間 (分)	揚水量			積算ガス量 (L)
		流量 (L/min)	区間揚水量 (L)	積算揚水量 (L)	
8:45	0	0	0	0	0
8:48	3	4.54	6.81	6.81	
8:49	4				77.3
8:50	5	4.55	9.09	15.90	
8:56	11				119.9
9:12	27	3.02	83.27	99.17	
9:13	28				220.1
9:27	42	3.99	52.58	151.74	321.5
9:34	49	11.28	53.44	205.20	
9:35	50				380.5
9:40	55	13.56	74.52	279.72	
9:41	56				440.5
計				*838.07	

備考: 9:41以降測定を続けたが、水が出た後 10:30~11:00 まで送気圧 18kg/cm²を保ったまま水が出ない状態が続いた。この時点で定期的に揚水することはできないと判断し、前回の測定と同様に揚水することにした。

表 2-3-28 揚水ガス調査の揚水量測定結果 (GL-1000~1355m ; 声問層) - (2)

回数 (回)	送気開始 (時:分)	水出始め (時:分)	水出終わり (時:分)	送気停止 (時:分)	ガス出残り (時:分)	揚水量		水出始め 圧力 (kg/cm ²)
						1回当たり揚水量 (L)	積算揚水量 (L)	
1	11:26	11:58	12:02	12:02	12:07	334.54	1172.61	24
2	12:45	13:07	13:08	13:15	13:20	339.10	1511.71	23
3	13:53	14:11	14:15	14:19	14:24	264.80	1776.51	22
4	15:00	15:18	15:23	15:22	15:26	270.40	2146.91	22
5	16:00	16:17	16:22	16:21	16:23	249.00	2295.87	22
6	17:02	17:18	17:24	17:23	17:27	256.74	2552.61	22
7	18:09	18:28	18:33	18:31	18:37	318.98	2871.59	22
8	18:54	19:08	19:14	19:09	19:16	246.96	3120.55	17
9	20:32	20:55	21:00	20:55	21:05	556.74	3577.29	22
10	21:14	21:24	21:28	21:24	21:31	124.48	3801.77	13
11	21:55	22:08	22:13	22:10	22:16	241.18	4042.95	17
12	22:35	22:47	22:51	22:48	22:52	237.29	4280.24	15
13	23:19	23:31	23:36	23:31	23:40	198.39	4478.63	16
14	0:00	0:17		0:55		200.00	4678.63	
15	1:25	1:40	1:48	1:40	1:48	143.93	4822.56	18
16	2:10	2:20	2:29	2:21	2:30	256.74	5079.30	16
17	2:50	3:02	3:06	3:03	3:10	256.74	5336.04	18
18	3:30	3:42	3:44	3:42	6:47	178.94	5514.98	15
19	4:10	4:21	4:25	4:22	4:28	225.62	5740.60	16
20	4:52	5:03	5:08	5:04	5:10	221.73	5962.30	16
21	8:22	8:45	8:55	8:45	9:00	322.87	6285.17	28

備考: ① ここで言うガスとは、送気したエアと分離ガスの混合したものを指す。

② 7回目(約 2.9m³揚水)で前回と同様にガスが噴出し、気液分離槽から水があふれた。

表 2-3-29 揚水ガス調査の水質及びガス濃度測定結果 (GL-1000~1355m ; 声問層)

時刻	気温 (°C)	水質		ガス濃度			
		水温 (°C)	pH	濁電率 (µS/cm) t °C	25°C	メタン (%)	酸素 (%)
8:35	開池						
9:00	19.3	13.8	6.68(14.2)	477(14.4)	622	0.45 (6.8)	19.6
9:30	19.3	14.2	7.05(14.5)	474(14.3)	620	0.30 (4.5)	19.6
10:00	19.5	10.3	7.32(10.7)	461(10.8)	670	0 (0)	21.0
10:30	20.4					0 (0)	20.9
11:00	20.5	12.3	9.16(13.1)	1485(12.9)	2020	0 (0)	20.9
12:00	20.5	10.2	9.10(10.8)	1158(10.6)	1690	0.75 (12.1)	19.7
13:08	21.3	10.2	9.18(10.8)	1797(10.8)	2610	2.50 (18.8)	18.2
14:15	21.2	10.3	9.27(10.9)	1891(11.0)	2730	18 (82.0)	14.9
15:20	19.2	10.7	9.25(11.1)	2640(11.1)	3800	55 (107.0)	10.2
16:18	19.2	10.1	9.40(10.7)	3480(10.8)	5060	55 (99.6)	9.4
17:24	19.1	10.1	9.48(10.7)	3620(10.9)	5250	63 (112.1)	9.2
18:31	19.0	9.9	9.41(10.4)	3920(10.2)	5810	67 (99.1)	5.8
19:10	18.8	10.1	9.35(10.6)	15520(10.3)	22900	35 (90.7)	12.9
20:57		10.1	9.27(10.5)	35500(16.8)	43200	81 (83.5)	2.8
21:27		11.0	9.43(11.3)	32320(15.9)	40400	12 (81.3)	17.9
22:15	18.8	10.2	9.47(10.8)	32160(15.3)	40800	44 (82.5)	9.8
48	18.8	10.3	9.37(10.8)	31240(15.3)	38600	24 (81.3)	14.8
23:30	18.8	10.7	9.33(11.0)	31640(15.4)	40200	33 (80.6)	12.4
0:23	18.7	12.0	9.21(12.2)	33040(15.6)	41600	26 (85.3)	14.6
1:40	18.4	11.0	9.44(11.5)	37600(15.3)	42800	37 (81.8)	11.5
2:27	18.4	10.2	9.19(11.1)	32900(15.1)	42000	18 (77.1)	16.1
3:06		10.1	9.16(10.8)	33020(15.0)	42400	20 (116.7)	17.4
45	18.5	10.3	9.14(11.0)	33900(15.0)	43400	30 (84.0)	13.5
4:26	18.7	10.3	9.16(11.1)	33500(15.2)	42800	21 (76.0)	15.2
5:09	18.7	10.8	9.15(11.3)	33800(15.1)	43200	25 (82.0)	14.6
9:00		11.0	8.97(11.9)	33920(15.5)	42800	70 (88.8)	4.4

メタンの()内は空気補正值 (%)

$$\text{空気補正CH}_4 = \frac{21 \times \text{測定CH}_4}{21 - \text{測定O}_2}$$

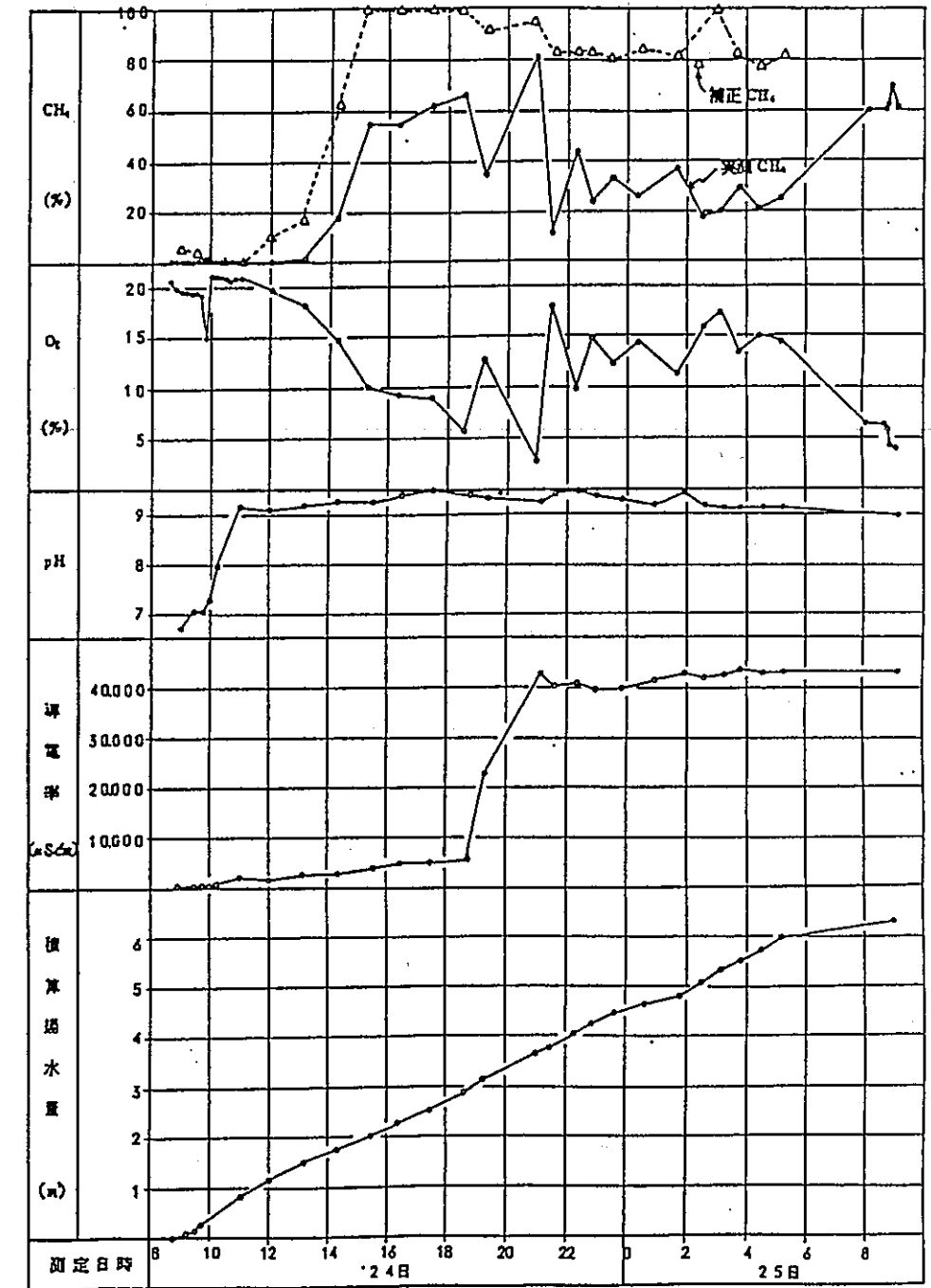


図 2-3-23 揚水ガス調査結果 (GL-1000~1355m ; 声問層)

(b) 湧水ガス調査

調査結果は表2-3-30および表2-3-31に示すとおりである。

GL-800~810m (勇知層) はpHおよび電気伝導率ともにほぼ一定であった。また「(5) ガス調査」結果と比較するとpHは約1~1.5低いが、電気伝導率はほぼ同値であり、ケーシングパイプ内は当深度の地下水で十分置換されているものと判断された。湧水量、CH₄濃度、ガス発生量、ガス水比とともに、測定開始後約9時間は減少傾向を示したが、以降はほぼ一定であった。

GL-1000~1355m (声問層) はpHおよび電気伝導率ともに前述の湧水ガス調査結果に比べて大幅に低く、測定時にはまだ当深度の地下水で置換されていなかった。ただし、電気伝導率は徐々に増加する傾向がみられた。湧水量およびガス発生量はわずかに減少する傾向がみられるが、ガス水比はほぼ一定であった。CH₄濃度(空気補正值)は測定開始時を除き、すべて100%であった。

表2-3-30 湧水ガス調査結果
(湧出層: GL-800~810m)

項目 測定日時	気温 ℃	水質			湧水量 ℓ/min	ガス濃度		単位水量当 たり発生量 (湧水比) ℓ/ℓ	ガスメータ 水 温 ℃
		水温 ℃	pH (測定時水温) (℃)	電気伝導率 (25℃換算値) μS/cm		CH ₄ %	O ₂ %		
8/12 4:00	19.3	9.7	8.49(10.4)	2060	2.24	46(76.1)	8.3	0.013	21.2
7:00	21.0	10.6	8.58(11.0)	2580	2.10	33(38.9)	3.2	0.020	21.3
10:00	24.1	11.4	8.50(12.2)	2280	2.17	33(35.9)	1.7	0.022	23.5
13:00	26.2	11.0	8.52(11.4)	2110	2.18	25(28.4)	2.5	0.016	25.3
16:00	23.5	10.9	8.49(11.0)	2070	2.18	19(21.6)	2.5	0.014	29.0
19:00	20.0	10.3	8.48(10.3)	2010	2.16	17(19.6)	2.8	0.012	26.0
8/13 8:00	19.8	9.9	8.43(9.9)	1930	2.05	13(14.5)	2.2	0.011	20.8
11:00	19.8	9.6	8.42(10.0)	2010	2.15	8(16.5)	10.8	0.013	21.0
14:00	20.7	9.9	8.42(10.0)	2200	2.10	18(21.1)	3.1	0.017	22.1
17:00	20.0	9.7	8.35(10.3)	2190	2.10	26(27.7)	1.3	0.019	22.0
20:00	19.3	9.4	8.43(9.4)	2150	2.09	28(30.3)	1.6	0.019	21.5
8/14 8:00	19.5	10.4	8.38(10.7)	1960	1.96	23(26.7)	2.9	0.012	20.4
11:00	20.7	10.5	8.48(10.8)	1960	1.96	21(23.2)	2.0	0.012	21.4
14:00	21.4	11.9	8.47(12.0)	1940	1.93	19(21.6)	2.5	0.012	24.0
17:00	19.8	10.2	8.48(10.7)	1930	1.94	18(20.2)	2.3	0.011	22.0
20:00	18.5	9.6	8.49(9.9)	1950	1.96	18(20.2)	2.3	0.011	21.9
8/15 8:00	17.3	9.3	8.41(9.7)	1940	2.04	18(20.0)	2.1	0.011	18.5

CH₄の()内は空気補正後の値である。

$$\text{補正CH}_4 = \frac{21 \times \text{測定CH}_4}{21 - \text{測定O}_2}$$

$$\text{ガス水比} = \frac{\text{単位時間ガス発生量}}{\text{単位時間湧水量}}$$

表2-3-31 湧水ガス調査結果
(声間層: GL-1000~1355m)

項目 測定日時	気温 ℃	水質			湧水量 ℓ/min	ガス濃度		単位水量当 りガス発生量 (湧水比) ℓ/ℓ	ガスメータ 水 温 ℃
		水温 ℃	pH (測定時水温) - (℃)	電気伝導率 (25℃換算値) μS/cm		CH ₄ %	O ₂ %		
8/12 4:00	19.3	17.1	8.37(17.1)	5180	0.122	67(75.6)	2.4	-	20.4
7:00	21.0	18.3	8.42(18.8)	5140	0.107	99(100)	0.7	1.27	20.5
10:00	24.0	21.0	8.34(21.0)	5020	0.112	100(100)	0.5	1.44	23.4
13:00	26.3	22.5	8.32(22.8)	4960	0.099	98(100)	0.5	1.74	25.8
16:00	23.6	22.0	8.34(22.0)	5010	0.104	97(100)	0.4	1.94	28.2
19:00	20.0	19.4	8.33(19.4)	5060	0.099	100(100)	0.3	2.16	24.5
8/13 8:00	19.8	18.3	8.34(18.3)	5150	0.100	100(100)	0.4	2.09	19.8
11:00	19.8	19.1	8.35(19.2)	5110	0.097	100(100)	0.4	1.98	20.2
14:00	20.7	19.9	8.38(19.8)	5150	0.102	100(100)	0.3	1.95	21.3
17:00	20.2	19.7	8.37(19.7)	5170	0.112	100(100)	0.3	1.64	21.1
20:00	19.3	19.0	8.42(18.4)	5210	0.110	100(100)	0.3	1.53	20.5
8/14 8:00	19.2	18.7	8.34(18.7)	5260	0.097	100(100)	0.3	1.47	19.3
11:00	20.7	19.3	8.37(19.3)	5210	0.089	100(100)	0.4	1.76	21.0
14:00	21.5	20.7	8.34(20.7)	5210	0.087	100(100)	0.3	1.92	24.0
17:00	19.8	19.3	8.35(19.2)	5280	0.095	100(100)	0.3	1.73	22.0
20:00	18.5	18.1	8.35(18.1)	5390	0.080	100(100)	0.3	2.05	20.9
8/15 8:00	17.3	16.2	8.34(16.2)	5840	0.070	100(100)	0.3	2.21	17.3

CH₄の()内は空気補正後の値である。

$$\text{補正CH}_4 = \frac{21 \times \text{測定CH}_4}{21 - \text{測定O}_2}$$

$$\text{ガス水比} = \frac{\text{単位時間ガス発生量}}{\text{単位時間湧水量}}$$

(c) 室内ガス分析

分析結果は表 2-3-32 に示すとおりである。

表 2-3-32 室内ガス分析結果

試料No	項目 深度 [GL-m]	単位	メ	エ	プロ	ノー	イン	ノー	イン	ヘ	窒	酸	アル	二	ガス	ガス
			タン	タン	パン	ーブ	ンブ	ーブ	ンベン	キサ	素	素	ゴン	酸化	発生	分
			Vol %												g/g (0°C, 1atm)	
地下水 面直上 ガス	Y _a -1	1000~1355	36.53	0.03	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.11	53.66	8.58	0.51	<0.01	—	
	U _a -1	800~810	22.72	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	76.26	0.14	0.84	<0.01	0.010	
	U _a -2	1000~1355	37.74	0.03	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.13	52.86	8.66	0.56	<0.01	—	
	U _a -3	1000~1355	39.00	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.85	0.06	<0.01	<0.01	1.90	
	U _a -4	1000~1355	38.30	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	1.10	0.10	0.02	0.39	2.13	
分離 ガス	U _r -1	800~810	28.26	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.10	62.33	8.05	1.22	<0.01	0.027	
	U _r -2	1000~1355	72.06	0.10	0.03	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.13	26.34	0.81	0.51	<0.01	0.044	
	U _r -3	1000~1355	84.84	0.08	0.02	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.09	12.90	1.74	0.26	<0.01	0.026	

備考： Y_a-1 揚水ガス調査時に気液分離槽から採気 (GL-1000~1355m) 7月25日
 U_a-1 湧水ガス調査時に小型気液分離槽から採気 (GL-800~810m) 8月14日
 U_a-2 揚水ガス調査時、地下水面直上から採気 (GL-1000~1355m) 7月26日
 U_a-3 湧水ガス調査時に小型気液分離槽から採気 (GL-1000~1355m) 8月14日
 U_a-4 湧水ガス調査時に小型気液分離槽から採気 (GL-1000~1355m) 8月29日
 U_r-1 湧水ガス調査時に小型気液分離槽から採水 (GL-800~810m) 8月14日
 U_r-2 揚水ガス調査後、ペーラーで採水 (GL-1000~1355m) 7月26日
 U_r-3 湧水ガス調査時に小型気液分離槽から採水 (GL-1000~1355m) 8月29日

2. 4 室内岩石試験

2. 4. 1 目的

貯蔵工学センター計画地点の地盤の、物理的性質、化学的性質および静的力学特性、動的力学特性を明らかにするためボーリングコアから採取した試料を用いて次のような各種室内岩石試験を実施した。

物理的性質を明らかにするために、密度、含水比、飽和度、有効間隙率、吸水率を求める物理試験を実施した。また、静的力学特性を明らかにするために、圧裂試験、一軸圧縮試験、三軸圧縮試験、封圧下での圧縮試験を、また、動的力学特性を明らかにするために、超音波速度測定、繰り返し単純せん断試験を実施した。一方、当該地盤が堆積岩であることから有機物を起源とする油分およびガス分の含有が予想されたため、油分含有量試験、含ガス量試験を実施した。さらに、一般的に堆積軟岩で顕著に見られる風化や膨張・膨潤特性を明らかにするため、粘土鉱物、化学的性質に関する理化学試験、スレーキングや膨張に関する試験および風化に対する耐久性に関する試験を実施した。

2. 4. 2 試料の採取

室内岩石試験に供する試料として、ボーリングコアの所定深度近傍において以下の条件を満足するように選択採取したものをを用いた。

- ①供試体の所定の基準長を十分満足するだけの余裕長さを有すること。
- ②ヘアークラックや割れ目を含まない均質な試料であること。
- ③同一深度で、2供試体以上を1組とする試験に供する試料については、試料が均質であり、互いに同等なもののみなせるものであること。

採取後の試料については、試験に供するまでの間、

- ①運搬時の振動によるコアの破損
- ②含水比の変化（風乾の防止）
- ③試料の温度・湿度変化

に留意するとともに、2. 1. 2で述べたような処置を講じた。

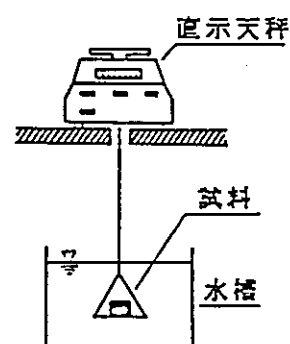
図2-4-1に各室内岩石試験に用いた試料の採取位置を示す。

2. 4. 3 試験方法

(1) 物理試験

試験は、建設省「土木試験基準」に準拠して次の手順で実施した。

- ①コア試料の切断片を用い、自然状態の空中重量(W_1)を測定する。
この時、試料直径および高さも併せて測る。
- ②①で重量を測った試料を水浸させる。水浸時間は、72時間とする。
- ③72時間水浸させた試料（強制湿潤状態）の水中重量(W_4)と空中重量(W_3)を測定する。
- ④③で重量測定した試料を乾燥炉に入れ、
110℃で24時間乾燥させる（強制乾燥状態）。乾燥後、試料温度が室温まで下がったらその空中重量(W_2)を測定する。
- ⑤それぞれ測定した重量(W_1, W_2, W_3, W_4)を用い、密度（見掛け比重）、含水比、飽和度、有効間隙率、吸水率を計算により求める。



水中重力測定

深度 (m)	柱状 図	第一 層 試 験	第二 層 試 験	第三 層 試 験	第四 層 試 験	第五 層 試 験	第六 層 試 験	第七 層 試 験	第八 層 試 験	第九 層 試 験	第十 層 試 験	第十一 層 試 験	第十二 層 試 験	第十三 層 試 験	第十四 層 試 験	第十五 層 試 験	第十六 層 試 験	第十七 層 試 験	第十八 層 試 験	第十九 層 試 験	第二十 層 試 験	第二十一 層 試 験	第二十二 層 試 験	第二十三 層 試 験	第二十四 層 試 験	第二十五 層 試 験	第二十六 層 試 験	第二十七 層 試 験	第二十八 層 試 験	第二十九 層 試 験	第三十 層 試 験	第三十一 層 試 験	第三十二 層 試 験	第三十三 層 試 験	第三十四 層 試 験	第三十五 層 試 験	第三十六 層 試 験	第三十七 層 試 験	第三十八 層 試 験	第三十九 層 試 験	第四十 層 試 験	第四十一 層 試 験	第四十二 層 試 験	第四十三 層 試 験	第四十四 層 試 験	第四十五 層 試 験	第四十六 層 試 験	第四十七 層 試 験	第四十八 層 試 験	第四十九 層 試 験	第五十 層 試 験	第五十一 層 試 験	第五十二 層 試 験																																																								
200		Δ1-1	Δ1-1	Δ1-1	Δ1-1	Δ1-1	Δ1-1	Δ1-2	Δ1-3	Δ1-4	Δ1-5	Δ1-6	Δ1-8	Δ1-10	Δ1-12	Δ1-14	Δ1-16	Δ1-18	Δ1-20	Δ1-22	Δ1-24	Δ1-26	Δ1-28	Δ1-30	Δ1-32	Δ1-34	Δ1-36	Δ1-38	Δ1-40	Δ1-42	Δ1-44	Δ1-46	Δ1-48	Δ1-50	Δ1-52	Δ1-54	Δ1-56	Δ1-58	Δ1-60	Δ1-62	Δ1-64	Δ1-66	Δ1-68	Δ1-70	Δ1-72	Δ1-74	Δ1-76	Δ1-78	Δ1-80	Δ1-82	Δ1-84	Δ1-86	Δ1-88	Δ1-90	Δ1-92	Δ1-94	Δ1-96	Δ1-98	Δ1-100	Δ1-102	Δ1-104	Δ1-106	Δ1-108	Δ1-110	Δ1-112	Δ1-114	Δ1-116	Δ1-118	Δ1-120	Δ1-122	Δ1-124	Δ1-126	Δ1-128	Δ1-130	Δ1-132	Δ1-134	Δ1-136	Δ1-138	Δ1-140	Δ1-142	Δ1-144	Δ1-146	Δ1-148	Δ1-150	Δ1-152	Δ1-154	Δ1-156	Δ1-158	Δ1-160	Δ1-162	Δ1-164	Δ1-166	Δ1-168	Δ1-170	Δ1-172	Δ1-174	Δ1-176	Δ1-178	Δ1-180	Δ1-182	Δ1-184	Δ1-186	Δ1-188	Δ1-190	Δ1-192	Δ1-194	Δ1-196	Δ1-198	Δ1-200

<記号の凡例>

Δ1-20 ---- 試験実施位置と試料No.

図2-4-1 室内岩石試験の実施深度一覧図

- 自然状態の密度 = $\frac{W_1}{W_3 - W_4}$
- 強制乾燥状態の密度 = $\frac{W_2}{W_3 - W_4}$
- 強制湿潤状態の密度 = $\frac{W_3}{W_3 - W_4}$
- 自然状態の含水比 = $\frac{W_1 - W_2}{W_2}$
- 自然状態の飽和度 = $\frac{W_1 - W_2}{W_3 - W_4} \times 100$ (%)
- 有効間隙率 = $\frac{W_3 - W_2}{W_3 - W_4} \times 100$ (%)
- 吸水率 = $\frac{W_3 - W_2}{W_2} \times 100$ (%)

(2) 超音波速度測定

試験は、国鉄で規定している地質調査標準示方書（第10条）に準拠して実施した。

直径50mm、高さ50mm程度の供試体を作成した後、1対のP波用およびS波用発振子、受振子を備えた透過式超音波速度測定装置（Model 5210, SONIC VIEWER, 応用地質（株）製）を用いて、P波とS波の伝播時間を測定した。

図2-4-2に測定概念を示す。発振子と受振子間の波の伝播時間は、デジタルオシロスコープの時間軸上で、供試体の有無による初動の「立ち上がり時間」の差として読み取った。なお、測定は発振子と受振子の位置を正逆2通り入れ換えて2回行うものとし、この2回の測定による到達時間差が5%以上のときは再測定を行った。ここで、供試体の高さはノギスを用いてあらかじめ測

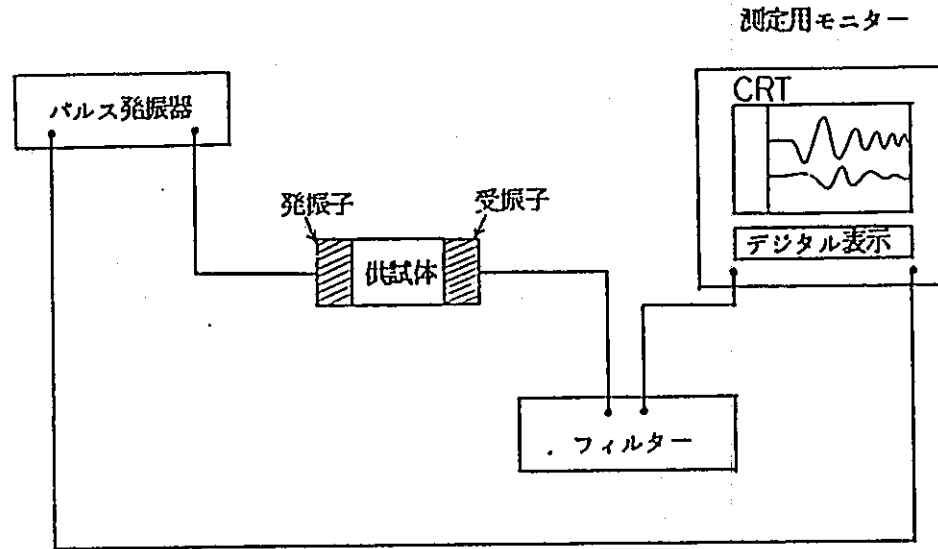


図 2 - 4 - 2 超音波速度測定の実験概念図

定し、P波およびS波速度は供試体の高さを伝播時間で割ることによって算出した。また、供試体成形時には密度（ノギス法）および含水比の測定も併せて実施した。

ここで得られたP波速度、S波速度および密度から以下の物性値を算出した。

- 動ポアソン比

$$\nu d = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2 \{ (V_p/V_s)^2 - 1 \}}$$

- 動せん断弾性係数

$$G_d = \frac{10^{-3} \cdot \rho t \cdot V_s^2}{980} \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

- 動弾性係数

$$E_d = 2 (1 + \nu d) \cdot G_d \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

ここで V_p : P波速度 (cm/sec)

V_s : S波速度 (cm/sec)

ρt : 密度 (g/cm³)

(3) 圧裂試験

試験は、JIS-M0303に準拠して実施した。

図2-4-3の概念図に示すように、上下の加圧板と供試体の側面とが平行で一様に接触するようにセットした後、変位制御で線載荷することにより供試体に縦割れを生じさせ引張強度を求めた。

供試体は、直径50mm、高さ50mmとし、供試体成形時には密度（ノギス法）および含水比の測定も併せて実施した。

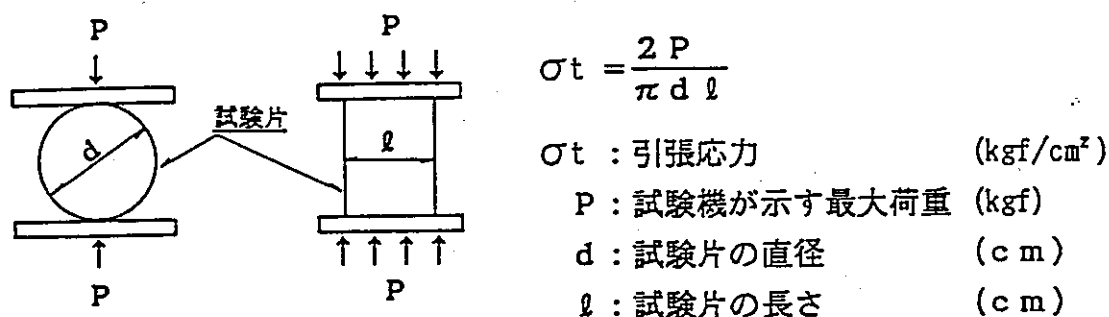


図 2 - 4 - 3 圧裂試験概念図

図 2 - 4 - 4 に試験装置を示す。変位速度を 0.1 mm/min とした。載荷時の荷重～変位曲線は、X-Y レコーダーに自動記録させた。

試験終了後、供試体の破壊状況を観察記録するとともに、写真撮影を実施した。

(4) 一軸圧縮試験

試験は、JIS-M0302 に準拠して実施した。

1 深度 2 個 1 組を原則とし、直径 50 mm、高さ 100 mm の供試体を作成した。供試体成形時には密度（ノギス法）および含水比の測定も併せて実施した。

試験条件は、次の通りとした。

- 載荷方式：ひずみ制御法
- 載荷速度：0.1 %/min

試験装置としては、図 2 - 4 - 5 に示す軟岩用に剛性を高めた一軸圧縮試験

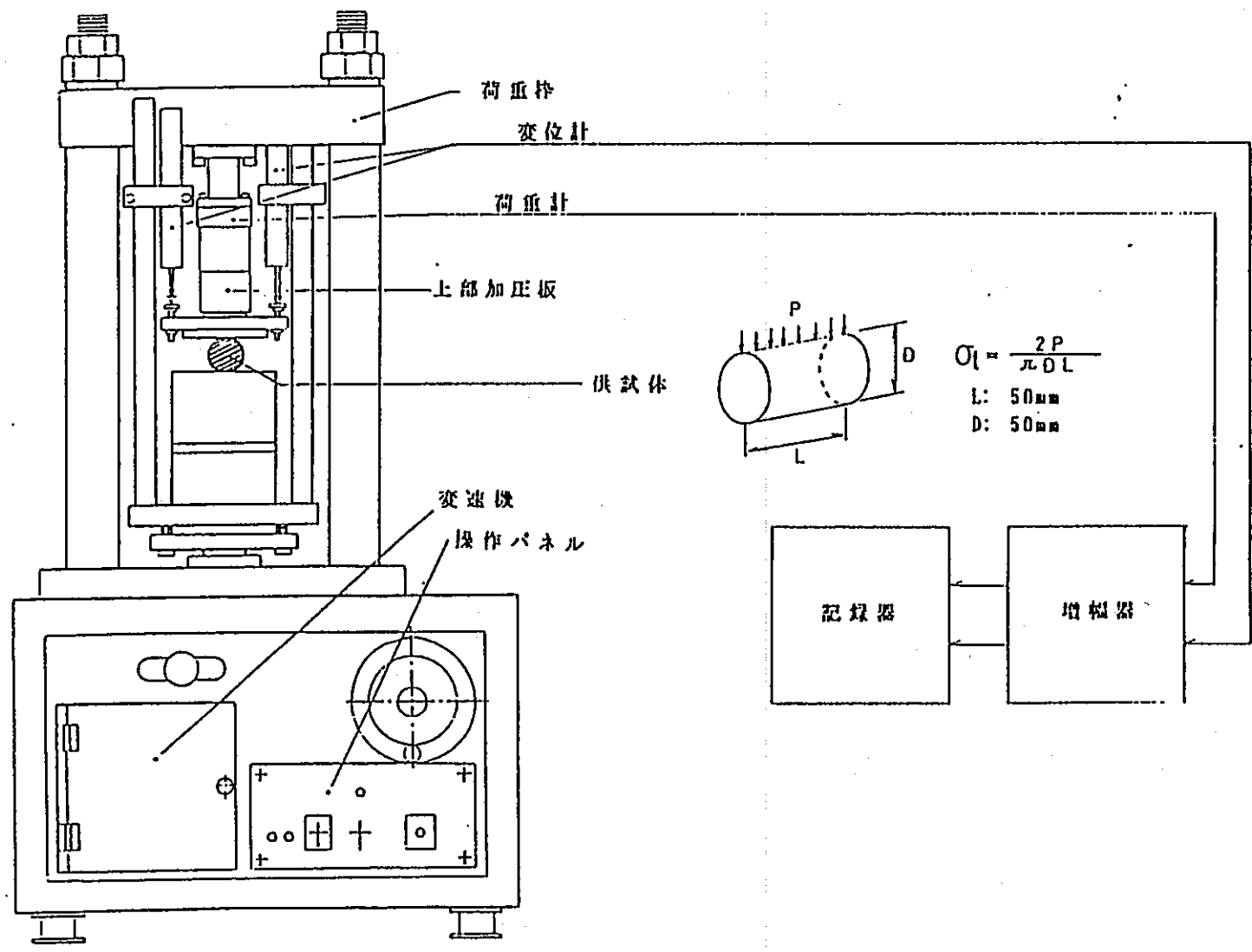


図 2-4-4 圧裂試験装置概要図

機を用いた。載荷時の応力～ひずみ関係（ $\sigma \sim \varepsilon$ 曲線）は、X-Yレコーダーに自動記録させた。

試験終了後、供試体の破壊状況を観察記録するとともに、写真撮影を実施した。

ここで得られた応力～ひずみ関係から以下の物性値を求めた。

- 一軸圧縮強度 q_u (kgf/cm^2) : $\sigma \sim \varepsilon$ 曲線上の最大応力値
- 破壊ひずみ ε_f (%) : 最大応力値に対応するひずみ
- 変形係数 E_{50} (kgf/cm^2) : $\sigma \sim \varepsilon$ 曲線上の $q_u/2$ における割線勾配

(5) 三軸圧縮試験

本試験は、圧密排水条件下での試験であり、圧密後のせん断過程において供試体内に間隙水圧が残らないよう充分時間をかけてせん断する方法により実施した。

試験は、土質工学会基準に準拠して実施した。

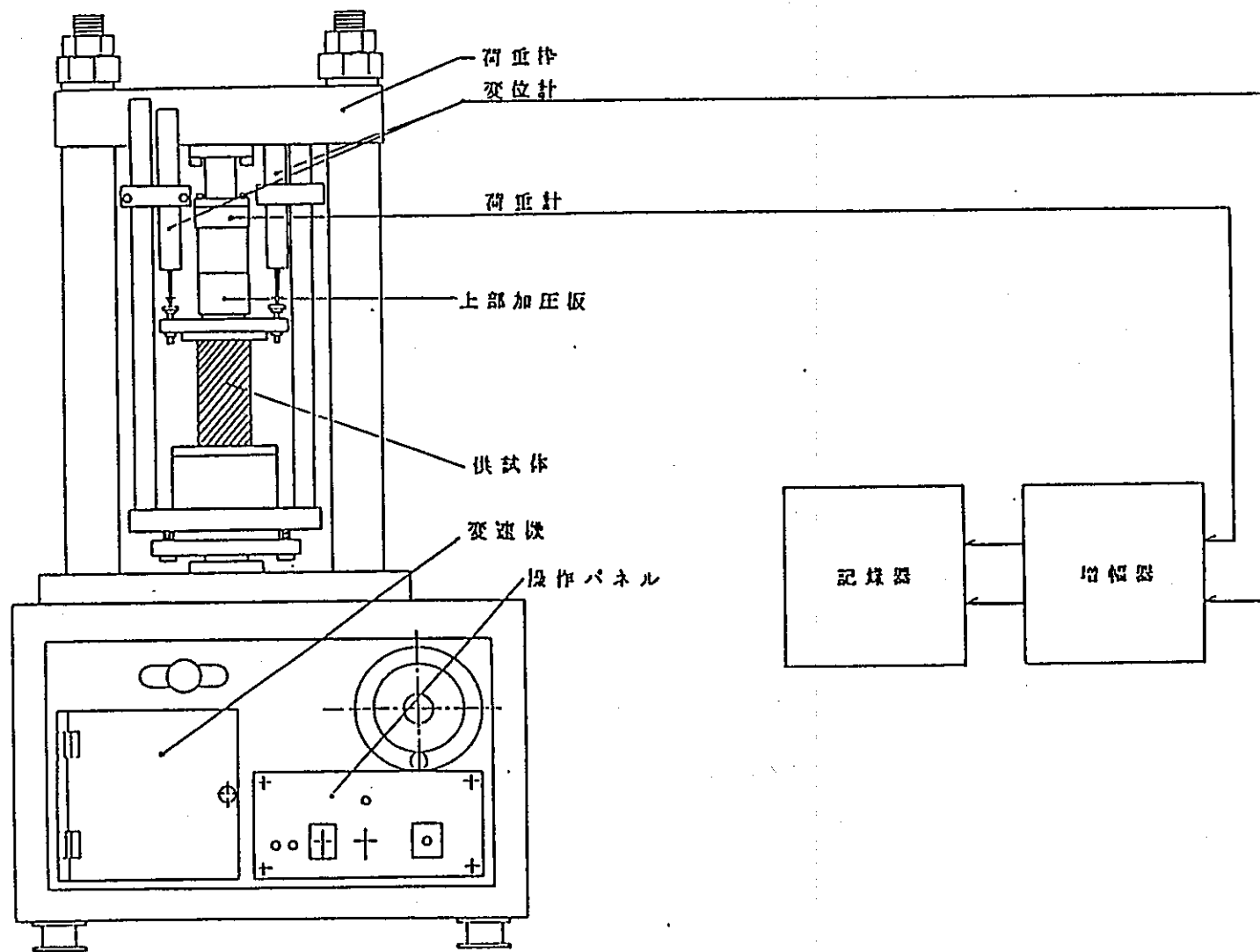
1 深度 4 個 1 組を原則とし、直径 50 mm、高さ 100 mm の供試体を作成した。供試体成形時には密度（ノギス法）および含水比の測定も併せて実施した。

試験条件は、次の通りとした。

- 排水条件：圧密排水（CD）条件
- 載荷方法：ひずみ制御法
- 載荷速度：0.1 % / min
- 圧密圧力および側圧：試料採取位置における有効土被り圧を考慮し、

1, 5, 20, 25, 50, 100, 200

kgf/cm^2 から 4 種類を選択



- 161 -

図 2 - 4 - 5

一軸圧縮試験装置概要図

○バックプレッシャー：1～3 kgf/cm²

○記録の範囲：破壊後、残留応力が一定値に収束した時点までを原則とし、最大ひずみは15%とする。

前述した通り、本試験ではせん断に先立って供試体を所定の圧密圧力で圧密させる。ここでの圧密終了の判定は、図2-4-6に示すように、排水量～時間（対数目盛）曲線の最急勾配を引き、これを時間的に3倍だけ右に平行移動させた線を引いておき、この線と排水量～時間曲線が交わった時点をもって圧密終了とした。

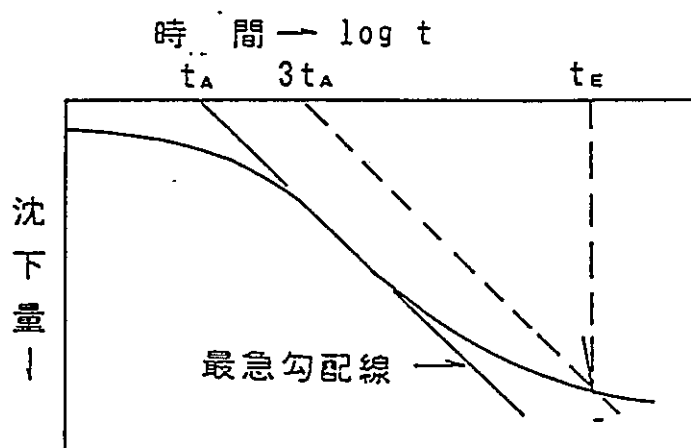


図2-4-6 圧密封切り時間の決定法

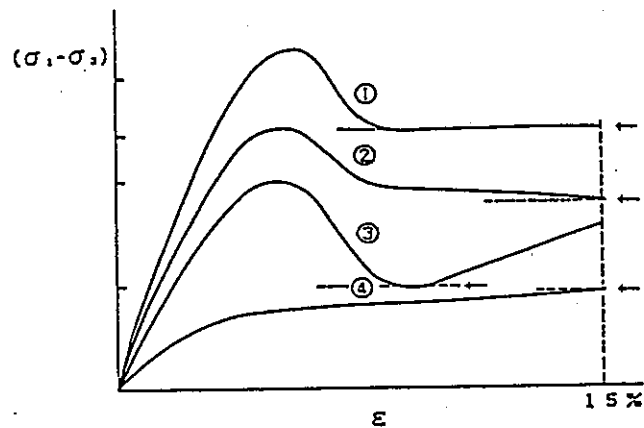
試験装置としては、図2-4-7に示す軟岩用に剛性を高めた三軸圧縮試験機を用いた。載荷時における荷重および変位検出器の出力はデータロガーに収録し、応力～ひずみ関係（ $\sigma \sim \varepsilon$ 曲線）は、コンピュータシステムによって自

動作図させた。

試験終了後、供試体の破壊状況を観察記録するとともに、写真撮影を実施した。

ここで得られた応力～ひずみ関係から以下の物性値を求めた。

- 最大強度 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ (kgf/cm²) : $\varepsilon \leq 15\%$ での $\sigma \sim \varepsilon$ 曲線上の最大軸差応力
- 残留強度 $(\sigma_1 - \sigma_3)_r$ (kgf/cm²) : $\sigma \sim \varepsilon$ 曲線において、最大強度を過ぎた後、一定値に収束した時点の軸差応力。収束しない場合は、図2-4-8に示す原則により残留強度を決定する。



①～④のそれぞれのケース
では—の値をもって残留強度
 $(\sigma_1 - \sigma_3)_r$ とする。

図2-4-8 残留強度の決定法

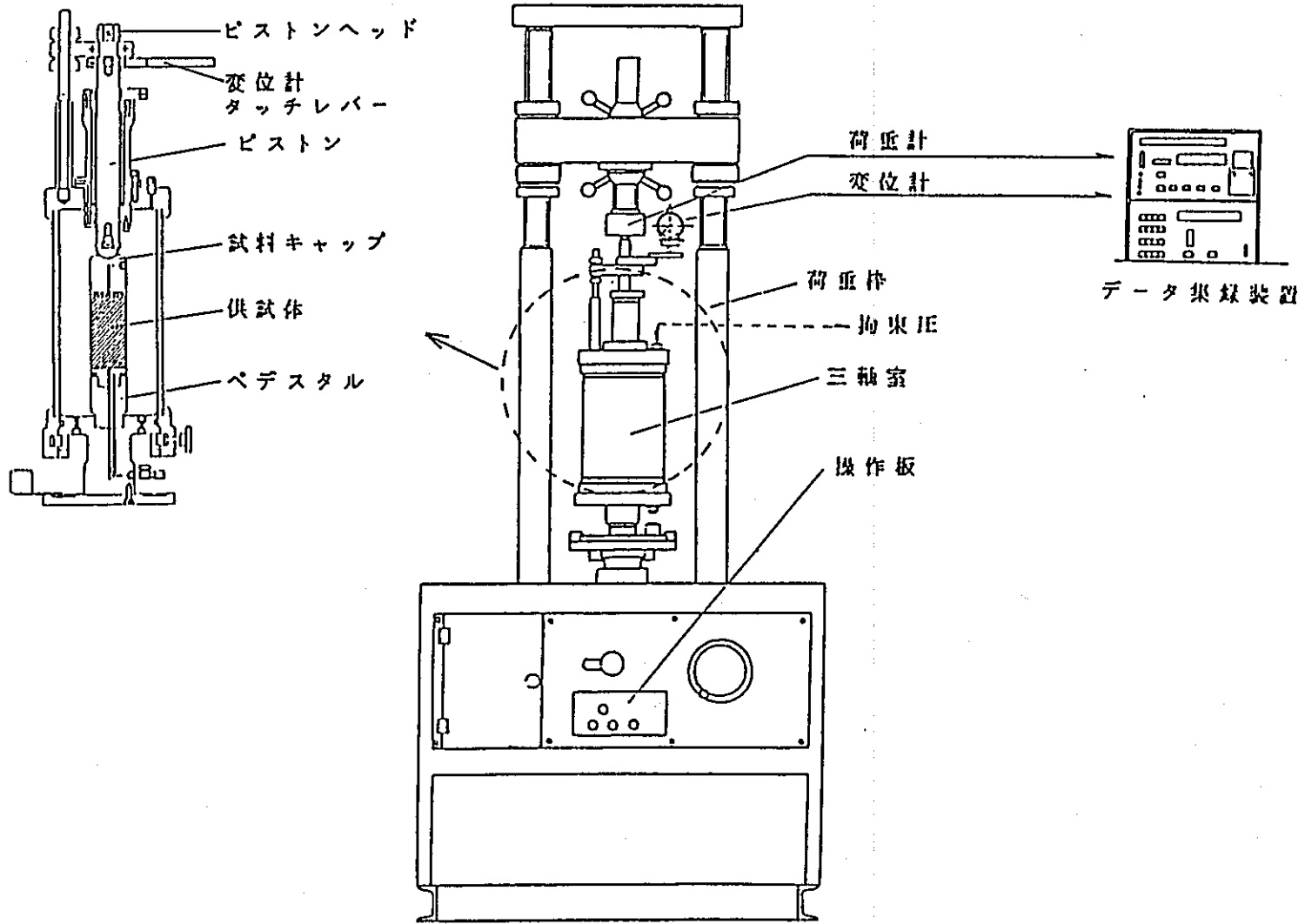
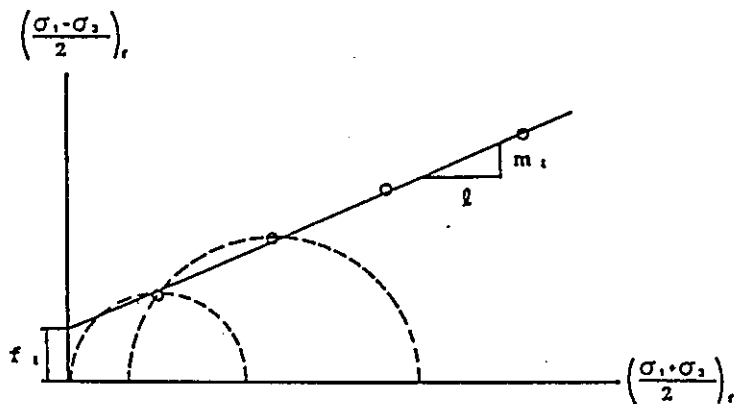


図2-4-7 三軸圧縮試験装置概要図

- 破壊ひずみ ε_f (%) : 最大軸差応力に対応するひずみ
- 変形係数 E_0 (kgf/cm²) : $\sigma \sim \varepsilon$ 曲線における初期接線勾配
- 変形係数 E_{50} (kgf/cm²) : $\sigma \sim \varepsilon$ 曲線上の $(\sigma_1 - \sigma_3)_f / 2$ における割線勾配
- せん断強度定数 C_d (kgf/cm²), ϕ_d (度)

: 4つの側圧下での応力円群における包絡線、すなわち、モール・クーロンの破壊包絡線の切片、および傾きとして求まる。なお、モール・クーロンの破壊包絡線は、図2-4-9に示すように最小2乗法により算出した。



$$\sin \phi_d = m_1$$

$$C_d = \frac{f_1}{1 - m_1}$$

図2-4-9 破壊包絡線の算出法

(6) 封圧下での圧縮試験

本試験は、地山状態での強度を知るため、各試料採取位置における有効土被り圧相当の圧力で圧密した後、排水条件でせん断する方法により実施した。

試験は前述の「三軸圧縮試験」と同様に土質工学会基準に準拠して実施した。

1 深度 2 個 1 組を原則とし、直径 50 mm、高さ 100 mm の供試体を作成した。供試体成形時には密度（ノギス法）および含水比の測定も併せて実施した。試験条件は、次の通りとした。

- 排水条件：圧密排水（CD）条件
- 載荷方法：ひずみ制御法
- 載荷速度：0.1 %/min
- 圧密圧力および側圧：試料採取位置における有効土被り圧
- バックプレッシャー：1～3 kgf/cm²
- 記録の範囲：破壊後、残留応力が一定値に収束した時点までを原則とし、最大ひずみは 15 % とする。

その他についても、「三軸圧縮試験」と同様とした。なお、ここでの結果と前述の「三軸圧縮試験」の結果とを併せて 1 試料 6 供試体分の応力円からせん断強度定数 C_d 、 ϕ_d を算出した。

(7) 繰り返し単純せん断試験

地盤内の微小要素を考えるとその要素においては、土被り荷重に対応した有効垂直応力 σ_v と側方変位が拘束されているため生じる側方圧 $K_0 \cdot \sigma_v$ （ K_0 ：静止土圧係数）により静的な応力状態が保たれている。この状態を室内試験で再現するために単純せん断試験では垂直応力によって σ_v を加える一方、拘束リングで供試体の側方変位を拘束して $K_0 \cdot \sigma_v$ を生じさせる。また

供試体に動的なせん断力を加える事により地震時の地盤の変形挙動を把握しようとするものである。

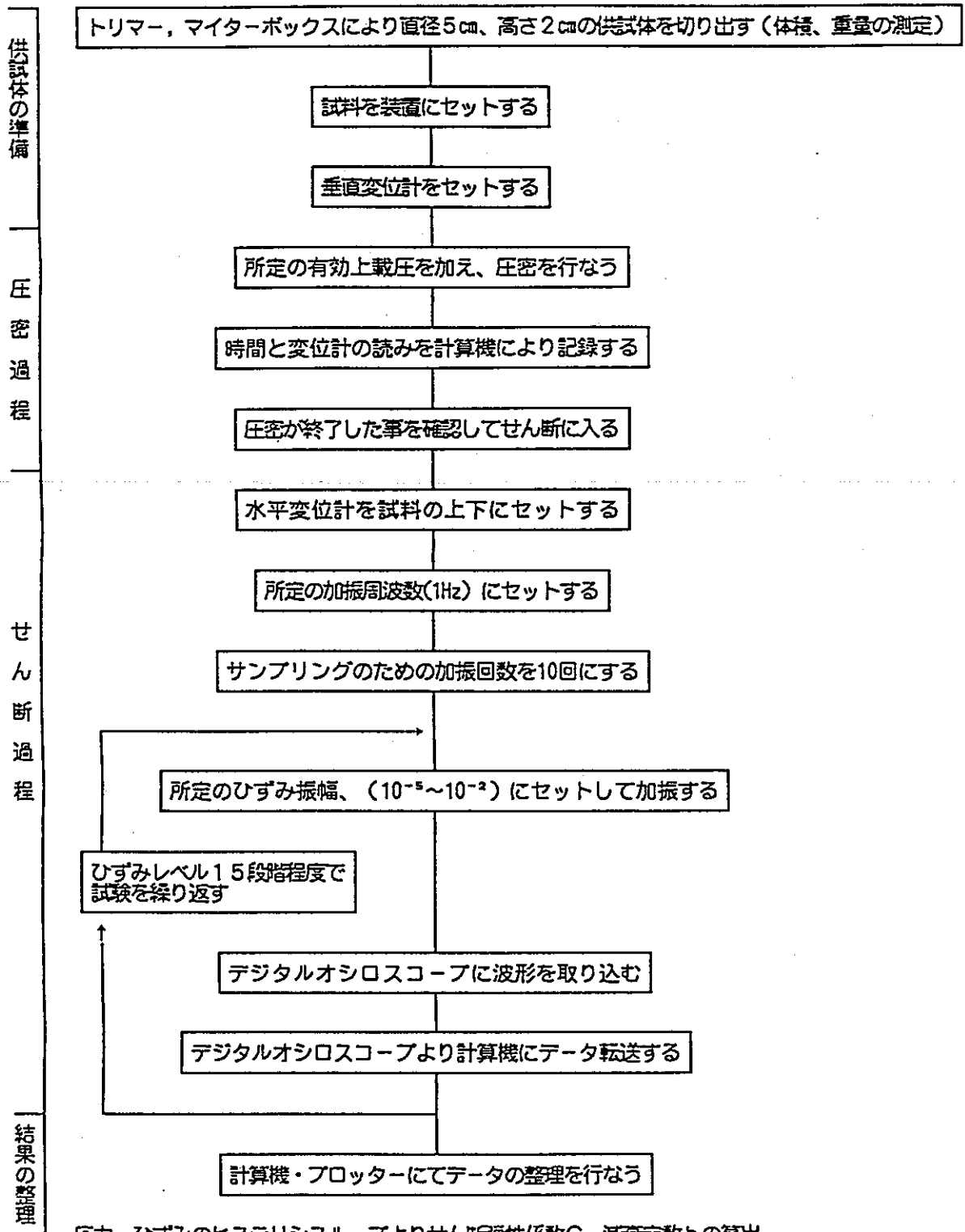
試験手順の概要を図2-4-10のフローチャートに示した。

①供試体の準備とセット

- 試験用のボーリングコア試料は、含水比が変化しないように、ビニールフィルム、パラフィンでシールし、試験室へ搬入する。
- 供試体は、金切り鋸によって荒整形した後、トリマー、マイターボックス、ヤスリ、直ナイフによって直径5 cm、高さ2 cmの円板状に仕上げ成形を行う。
- 供試体の寸法と重量から自然状態の密度を求め、成形時の削り屑で含水比と粒度、比重を求める。なお、供試体の寸法は、ノギスを用いて0.05mmまで読み取る。
- 供試体の観察と写真撮影を行う。
- 供試体を試験装置にセットする。試験の際に、供試体端面での滑動を防止するために上下端を石こうでキャッピングする。
- 供試体に厚さ0.4mmのゴムスリーブを被せ、側方を拘束リングにより拘束する。これは、ドーナツ状の薄い円板の表面をテフロン加工したもので、互いに滑りやすくなっており、供試体の側方を拘束しつつ、自由にせん断変形ができるようになっている。

②圧密過程

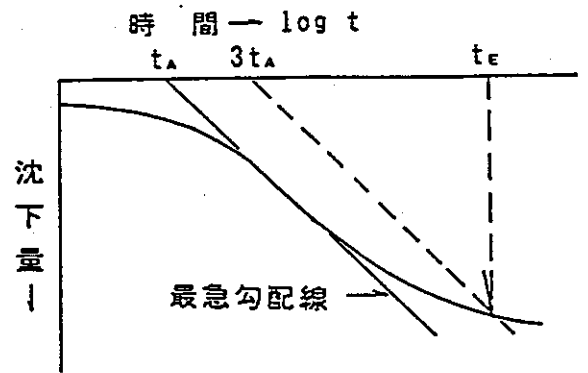
- 供試体セット後、垂直変位計をセットし、石こうが硬化した後、所定の圧密荷重を加える。



応力～ひずみのヒステリシスループよりせん断弾性係数G、減衰定数hの算出
 G、h～せん断ひずみ γ の関係
 G～ γ より曲線近似による初期せん断弾性係数G₀の算出

図 2-4-10 繰り返し単軸せん断試験フローチャート

○圧密は、右図に示すように時間（対数目盛）～沈下量曲線の最急勾配線を引き、これを時間的に3倍だけ右に平行移動させた線を引いて、この線と時間～沈下量曲線が交わった点 t_E を確認して圧密終了とした。



③せん断過程

- 試験装置は図2-4-11の通り下部の試料座が動く様になっており、水平方向の変位は試料の上下に取り付けた非接触変位計の差で計測される。
- 加振周波数を1 Hz、加振波数を10波にセットする。
- ひずみレベル 10^{-5} ～ 10^{-2} の間を15段階程度に分けて繰返しせん断荷重を加え、その時の応力とひずみを計測する。

試験条件は次の通りとした。

- 供試体寸法：直径5 cm、高さ2 cm
- 圧密応力：試料採取位置における有効土被り圧相当を載荷した。採用した密度は、深度195 m 以浅 ($\rho = 1.82 \text{ gf/cm}^3$)、深度195～750 m 間 ($\rho = 2.06 \text{ gf/cm}^3$)、深度750 m 以深 ($\rho = 2.10 \text{ gf/cm}^3$) である。
- 制御方法：ひずみ制御
- ひずみ段階： 10^{-5} ～ 10^{-2} のひずみの範囲で15段階程度とし、各段階で周波数1 Hzの正弦波を加える。

試験に用いた装置は、中容量単純せん断試験装置一式である。

主な使用機器を表 2-4-1 に、また試験装置概要図を図 2-4-1 1、測定系統図を図 2-4-1 2 にそれぞれ示す。

装置の概略の特徴は以下の通りである。

- 垂直荷重：定格容量 (2tonf)
- 水平荷重：定格容量 (0.5tonf, 2tonf)
- 水平変位：定格容量 (1mm, 4mm)
- 計測システム：非接触変位計およびロードセルの出力をデジタルオシロスコープに取り込む。取り込んだデータをコンピュータに転送、処理し、プロッターにより作図する。

図 2-4-1 3 に G、h の算出方法を示す。

測定されたひずみ量 (γ) を X 軸に、せん断応力 (τ) を Y 軸に取り、1 周期における履歴を描くと図 2-4-1 3 のようなヒステリシスループ (履歴曲線) が得られ、このヒステリシスループからせん断弾性係数 G と減衰定数 h を求める。

- せん断弾性係数：G (kgf/cm²)

ヒステリシスループの長径の割線 (図 2-4-1 3 の BB') の傾きで表わされる。

$$G = \tau / \gamma$$

τ : せん断応力

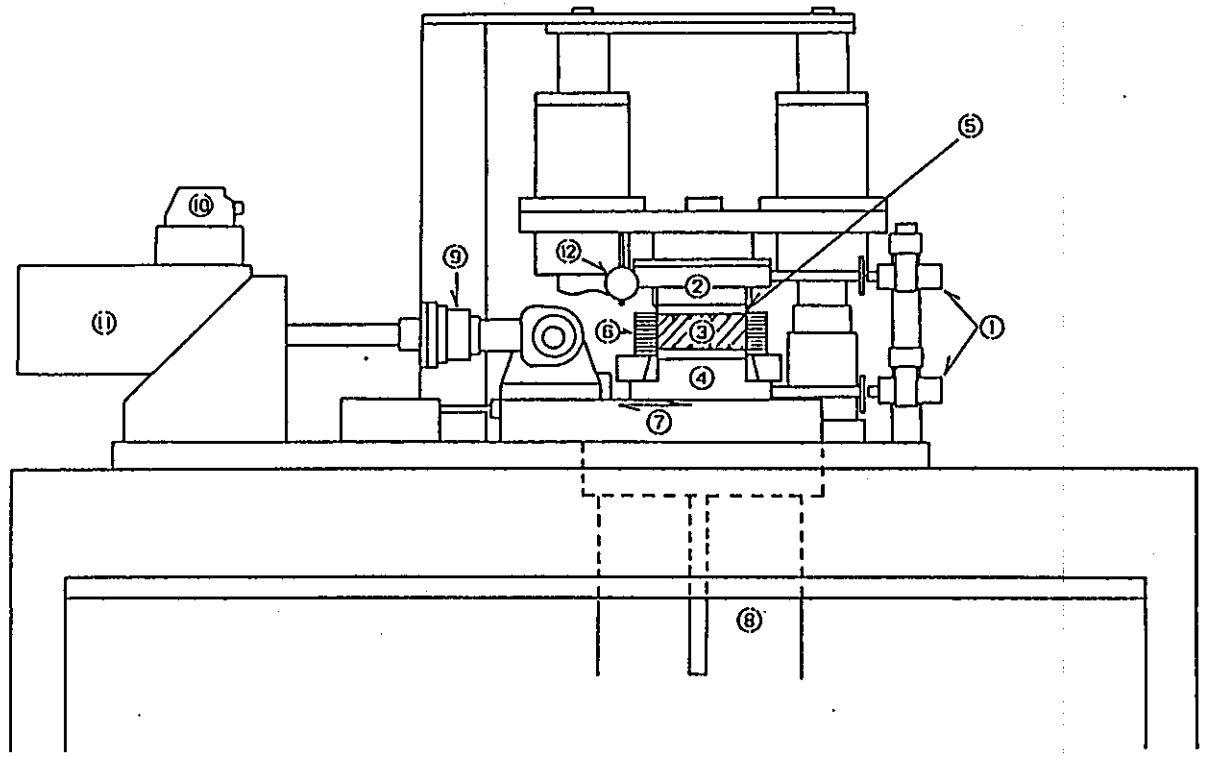
γ : せん断ひずみ

- 減衰定数：h

減衰定数は、図 2-4-1 3 においてヒステリシスループ内の面積 (吸収エネルギー) と $\triangle OAB + \triangle OAB'$ の面積 (ひずみエネルギー)

表2-4-1 繰返し単純せん断試験使用機器一覧表

名 称	型 式・仕 様	数 量	製 作 所
精密中容量単純 せん断試験装置	最大水平荷重：2tonf 最大垂直荷重：2tonf 加振周波数：D.C ～100Hz (0.01Hz ステップ) 加振波形： 正弦波，矩形波，三角波 応力制御，ひずみ制御可能	1	誠 研 舎
デジタルオシロ スコープ	DSS6522-GP メモリー数：4 kワード 分解能：12ビット GP-IB	1	菊水電子
コンピュータ	9825B : 本体メモリー-64k 9885M : ディスク 9872C : プロッター	2 2 1	ヒューレット・ バッカード



- ① 水平変位計 (非接触式)
- ② キャップ
- ③ 供 試 体
- ④ ベDESTAL
- ⑤ ゴムスリーブ
- ⑥ 拘束リング
- ⑦ 振 動 台
- ⑧ 垂直荷重エアシリンダー
- ⑨ 水平荷重検出器 (ロードセル)
- ⑩ サーボバルブ
- ⑪ 油圧アクチュエーター
- ⑫ 垂直変位計
(デジタルリニアゲージ)

図 2-4-11 繰り返し単純せん断試験装置概要図

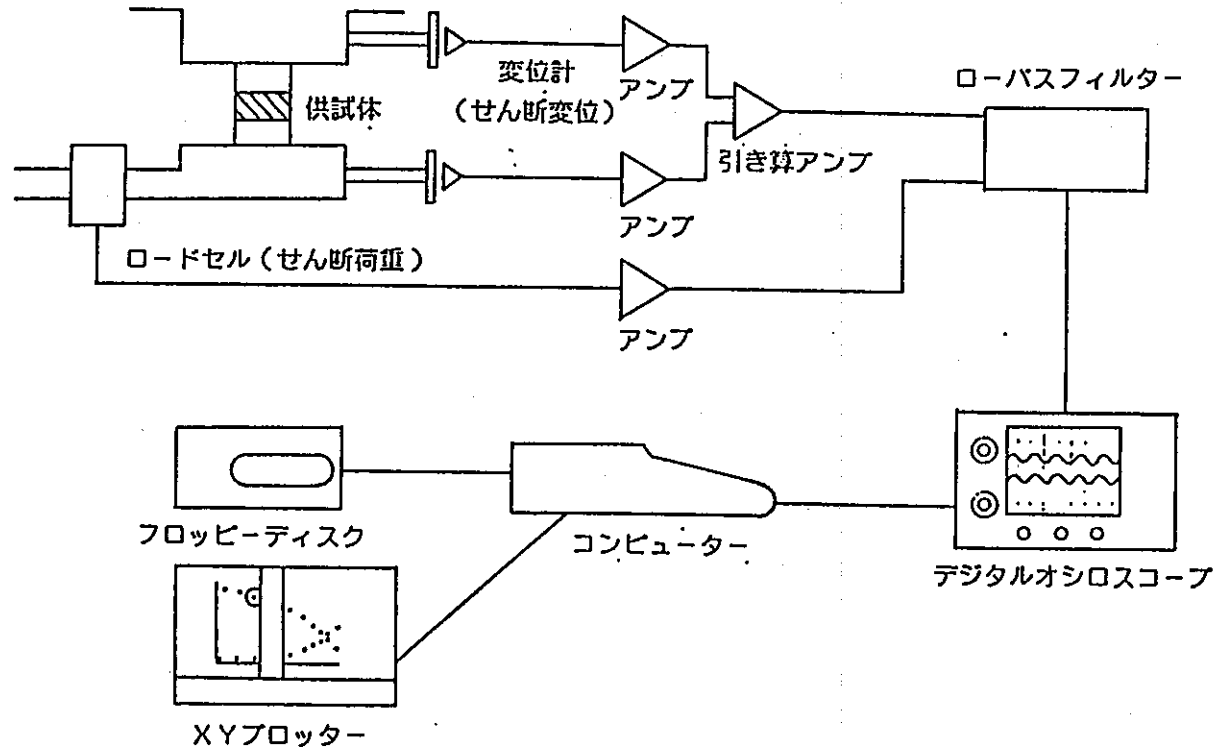


図 2-4-12 繰り返し単純せん断試験測定システム図

ギ-) との比で表わされる。

$$h = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{\text{ヒステリシスループ内の面積}}{\triangle OAB + \triangle OAB' \text{ の面積}}$$

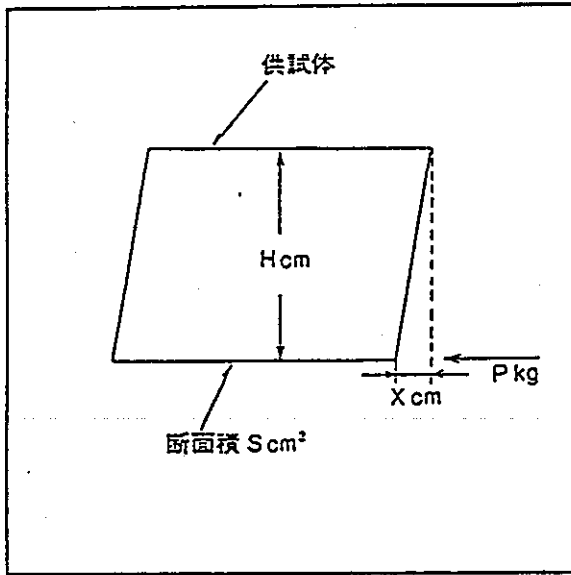
◦ 初期せん断弾性係数 : G_0 (kgf/cm²)

◦ せん断弾性係数比 : G/G_0

初期せん断弾性係数 G_0 は、ひずみ振幅が無限小の時のせん断弾性係数と定義される。また、せん断弾性係数比 G/G_0 は、各せん断ひずみにおける G を G_0 の値で除して無次元化した量である。

せん断弾性係数比 G/G_0 とせん断ひずみ γ との関係は、次式に示す双曲線 (Hardin-Drnevichモデル[※]) に近似させて求めた。なお、最小二乗法の計算に用いたひずみの範囲は、 $\gamma \leq 1 \times 10^{-3}$ とした。

$$G/G_0 = \frac{1}{(1 + \gamma/\gamma_R)} \quad \gamma_R : \text{基準ひずみ}$$

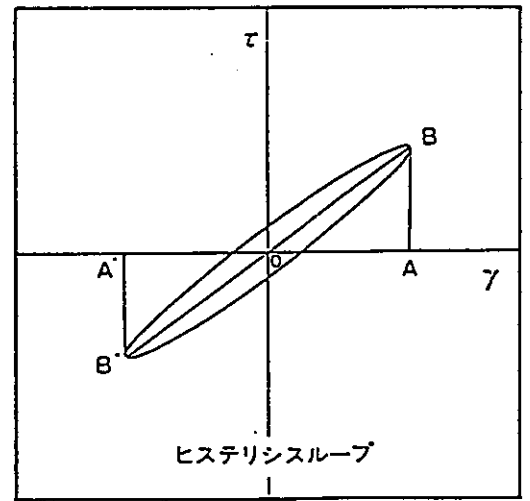
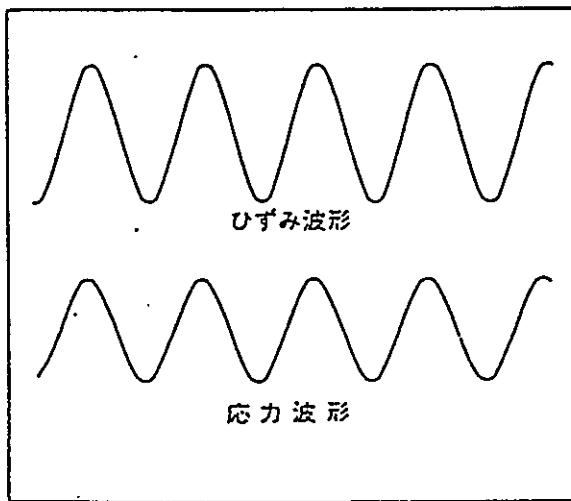


せん断ひずみ $\gamma = \frac{X}{H}$

せん断荷重 $\tau = \frac{P}{S} \text{ kg/cm}^2$

せん断弾性係数

$G = \frac{\tau}{\gamma} \text{ kg/cm}^2$



減衰定数 $h = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{\text{ヒステリシスループの面積}}{\Delta OAB + \Delta OA'B'}$

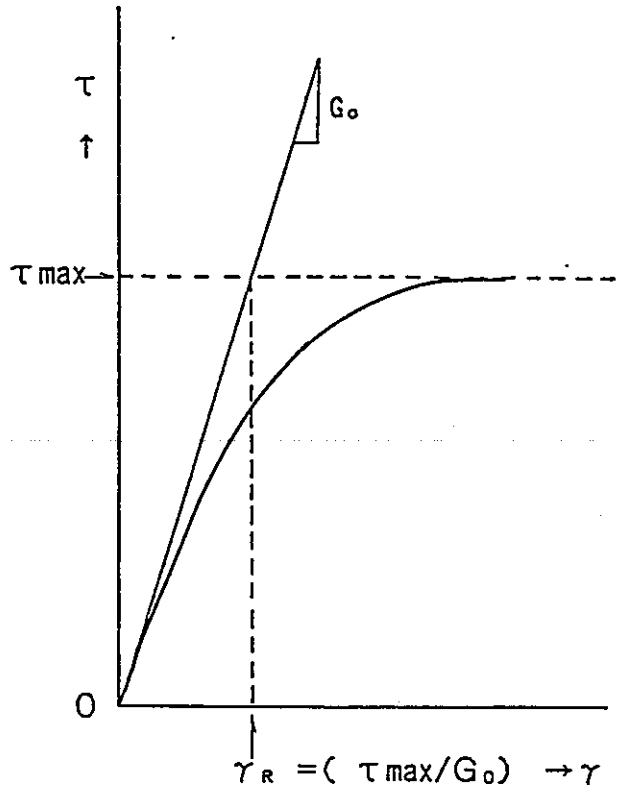
図2-4-13 G、hの算出方法

※Hardin - Drnevich モデル

このモデルでは、土の応力～ひずみ曲線を双曲線とみなして次式で表現する。

$$\tau = \frac{\gamma}{a + b\gamma} \dots\dots (A)$$

- τ : せん断応力
- γ : せん断ひずみ
- a, b : 定数



いま右図のように、τの最大値τ_{max}と微小ひずみ領域のせん断弾性係数G₀との比τ_{max}/G₀ = γ_Rを用いてせん断弾性係数Gとひずみγの関係を(A)式より求める。

(A) 式より
$$\frac{\tau}{\gamma} = \frac{1}{a + b\gamma}$$

ここで γ→0とすると
$$\frac{\tau}{\gamma} \rightarrow G_0 = \frac{1}{a}$$

また全頁図より $\gamma \rightarrow \infty$ とすると $\tau \rightarrow \tau_{\max}$

$$\tau_{\max} = \frac{1}{b}$$

ゆえに $\gamma_R = \tau_{\max}/G_0 = \frac{1}{b} / \frac{1}{a} = \frac{a}{b}$.

以上を用いて

(A) 式より $\frac{\tau}{\gamma} = \frac{1}{a + b\gamma} = \frac{1}{a} \cdot \frac{1}{(1 + b/a\gamma)}$

$$G = G_0 \frac{1}{1 + \gamma/\gamma_R}$$

ゆえに $G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma/\gamma_R}$

(8) 油分含有量試験

油分含有量試験は、GL-77～1277mの掘削コアについて概ね50mごとに24試料実施した。その試験手順は①～④に記すとおりであり、用いたソックスレー抽出器を図2-4-14に示した。

- ①掘削コアをソックスレー用濾紙円筒に入る程度まで碎き正確に秤り取る。
- ②ソックスレー抽出器に濾紙円筒を入れ四塩化炭素(CCl_4)を用いて、2～3時間油分を加熱留出させる。
- ③留出油分を含む四塩化炭素を一定容量とし赤外吸収法により、油分を定量する。
- ④別に測定した含水比と油分の定量値とからコア中油分含有量(mg/kg ・乾土)を求める。

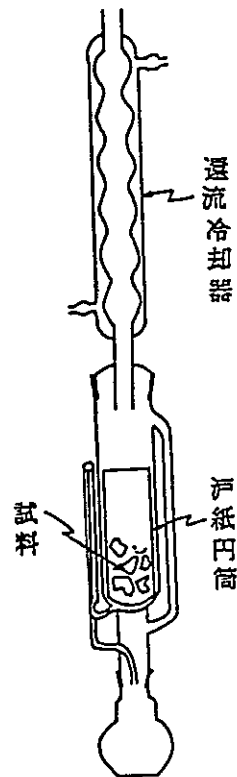


図2-4-14 ソックスレー抽出器

(9) 含ガス量試験

含ガス量試験は、GL-78~1350mの掘削コアについて概ね50mごとに30試料実施した。

試料は、掘削で得られた直後のコアの表面を削って泥水による汚染を除いた後、300~500g(Wg)を鉄製ロッド3本と共に肉厚ガラス製の分解ビンに入れ、脱気水を満たしゴム栓をする。このゴム栓には、キャリアーガスである二酸化炭素の注入口と、溶解ガスを含む二酸化炭素の放出口となるガラス管が差し込まれている。なお、ガラス管に接触したゴム管は、水を満たした後ピンチコックで固く閉める。

コアおよび水を満たした肉厚ガラスビンをローラミル上で回転させ、コアを十分に泥状化し、含まれているガスを水に溶解させる。次に口元ゴム栓の注入口に二酸化炭素ボンベ、放出口には水酸化ナトリウム溶液(30%)を満した吸収ビューレットをそれぞれ接続する。

二酸化炭素を送ると溶解ガスは二酸化炭素と共に吸収ビューレットに集まる。吸収ビューレットでは、二酸化炭素が吸収され、コア中の二酸化炭素を除く溶解ガスが分離ガスとして残る。そのガス容積(Vml)を読み、同時に気温(t℃)を測定する。

$$\text{ガス量 (ml/Kg・乾土)} = V \times \frac{273}{273+t} \times \frac{1000}{W} \times \frac{100}{100+M}$$

採取したガスは、実験室でガスクロマトグラフ法により、酸素、窒素、アルゴン、メタン、エタン、プロパン、ブタンを定量した。ガス量と各ガスの定量値からそれぞれのコア中ガス含有量を求めた。

泥質岩中のガス採取装置の概念図を図2-4-15に示した。

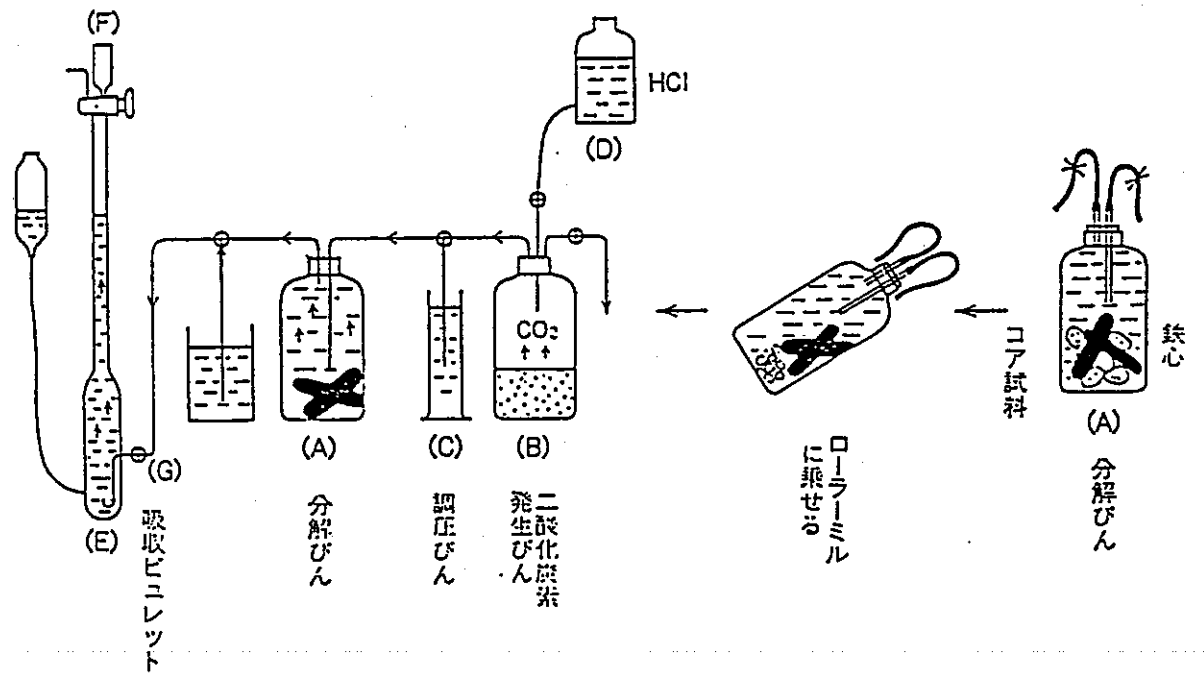


図 2-4-15 泥質岩中のガス採取装置

(10) 風化試験

風化試験は X線回析、偏光顕微鏡観察など鉱物試験を行う深度周辺のコア (GL-658.5m、1222m、1340m) 3 試料を用いて行った。

試験内容は粘土鉱物、化学的性質に関する理化学試験とスレーキング膨張に関する試験および風化に対する耐久性に関する試験とした。

(a) 酸化還元電位

試料の酸化還元状態を定量的に把握するため行う。酸化状態の試料であれば高くなり、還元状態であれば低くなる。

現地採取コアに電極を直接挿入し測定した。

(b) pH (水素イオン濃度)

試料と間隙水が示す水素イオン濃度を知るため行う。湿潤土に所定割合の蒸留水を混ぜ合わせた後ガラス電極法にて測定した。

(土質工学会 土質試験法準拠)

(c) 電気伝導率

間隙水中の溶存イオン量および土粒子付着可溶性塩類量を概括的に把握するため行う。センサーを前記 pH 測定後の泥水に浸漬し測定した。

(d) 陽イオン交換容量と交換性陽イオン

コア中に含まれる粘土鉱物の質と量およびその界面化学的な性質を把握するため、陽イオン交換容量 (Cation Exchange Capacity: 以下 CEC と記す) と交換性陽イオンを測定した。

粉乾粉碎試験試料 (100mesh 全通) について 1 N 酢酸アンモニウムを用いる遠心法 (粘土ハンドブック: 日本粘土学会編、技報堂) により実施した。

(e) スレーキング試験

泥岩において自然状態では十分な強度を有するものでも、乾燥により試料

の水分が失われその後、泥岩が水に触れると急激に泥状化することがある。このような乾湿の繰り返しによって生ずる現象がスレーキング現象と呼ばれている。

本試験では、土木学会岩盤力学委員会から提案されている「簡易スレーキング試験」に準拠して行った。

(f) 吸水膨張率試験

吸水に伴う試料の膨張挙動を把握するものであり、ISRMから提案されている「吸水膨張率試験」に準拠して行った。

試験は成型した試料を圧密リングに設置し所定の圧密荷重後、一気に除荷した時の自由膨張率を測定した。

(g) 吸水膨張圧試験

吸水時の膨張変位を拘束した時に生ずる圧力の挙動を把握するものであり、

(f)試験同様ISRMから提案されている「吸水膨張圧試験」に準拠して行った。

(h) 乾湿繰り返し試験

泥岩の風化に対する耐久性を把握するため、日本道路公団から提案されている「岩の乾湿繰り返し試験方法」(KODAN 111-1985)に準拠して試験を行った。

2. 4. 4 試験結果

表2-4-2から表2-4-7および図2-4-16から図2-4-21に、物理試験ならびに静的・動的力学試験結果を一覧にして示した。また、表2-4-8から表2-4-12および図2-4-22に、油分含有量、含ガス量ならびに風化に関する試験結果を示した。これらの図表に基づき、以下に各試験結果について述べる。なお、各試験の詳細については、別冊試料集に示した。

(1) 物理試験

粒度試験から得られた粒度組成の深度分布を模式柱状図とともに図2-4-16に示す。データ数が必ずしも十分ではないが、次のような傾向を示しているといえる。すなわち、孔口から深度450m付近までは層相の変化に対応してバラツキが顕著なものの、粘土分含有率ならびにシルト分含有率が減少傾向を示すのに対して砂分含有率が増加傾向を示す。一方、450m以深では、逆に粘土分含有率が増加傾向を示すのに対して砂分含有率が減少傾向を示し、この傾向は特に深度1070m付近までで顕著である。1070m以深では、同様の傾向を示すが、粘土分含有率の増加傾向ならびに砂分含有率の減少傾向はそれほど顕著ではない。

粒度組成は、堆積時の地質的環境を直接的に特徴づける量と考えられるが、上述したように、粒度組成からは当該地盤を大略3つのゾーンに区分けすることができよう。

図2-4-16に示した含水比、湿潤密度、間隙比、飽和度は、いずれも三軸圧縮試験ならびに封圧下での圧縮試験に用いた供試体から得た結果であるが、図から明らかなように、これらの深度分布の傾向も、概ね上述の粒度組成

の深度分布の傾向に規定されている。すなわち、

- 孔口から深度450m付近までは、それ以深に比べて相対的にバラツキが大きく、含水比、間隙比が深度とともに減少し、逆に、湿潤密度、比重が深度とともに増加する傾向が顕著である。
- 深度450m付近から深度1070m付近までは、上述の各値は深度による増減がほとんどみられない。
- 1070m以深では、含水比、間隙比が深度とともに減少し、湿潤密度が深度とともに増加する傾向がわずかに認められる。
- 飽和度については、深度による増減がほとんど見られず、砂分含有率の卓越した箇所では若干低下する傾向がうかがわれるものの、100%近い値を示すものが多い。

図2-4-17に、建設省「土木試験基準」に準拠して実施した物理試験の結果を示した。ここでみられる傾向も、前述の傾向と符合するものとなっている。すなわち、

- 孔口から深度450m付近までは、それ以深に比べて相対的にバラツキが大きく、含水比、有効間隙率、吸水率が深度とともに減少し、逆に、見掛け比重が深度とともに増加する傾向が顕著である。
- 深度450m付近から深度1070m付近までは、上述の各値は深度による増減がほとんど見られない。
- 1070m以深では、それ以浅の値に比べて、含水比、有効間隙率、吸水率が減少し、見掛け比重が増加する傾向がわずかに認められる。

(2) 超音波速度測定

P波速度、S波速度、動ポアソン比、動せん断弾性係数および動弾性係数の深度分布を図2-4-18に示した。

S波速度は、多少の凸凹はあるものの、概ね深度とともに増加する傾向があるのに対して、P波速度は、深度による増加傾向が、深度900m付近から深度1070m付近までいったん減少に転じ、それ以深で再び増加するという傾向を示している。P波速度、S波速度のこのような傾向を反映して、深度900m付近を境にして、動せん断弾性係数、動弾性係数がそれ以浅に比べて大きく、逆に、動ポアソン比が小さな値となっている。

(3) 圧裂試験

圧裂試験による引張強度の深度分布を、後述の一軸圧縮試験の結果と併せて図2-4-19に示した。

孔口から深度450m付近までは、泥岩部で1~2 kgf/cm²程度の引張強度を示すものの、砂岩部ではほとんど引張強度を持たない結果となっている。深度450m付近から深度1070m付近までは、上部層よりは若干大きな値になっており、900m以深の泥岩部では10 kgf/cm²以上の値を示すものも見られる。そして、1070m以深では10 kgf/cm²以上の値を示すものが多い。

(4) 一軸圧縮試験

一軸圧縮試験による一軸圧縮強度 q_u および変形係数 E_{s0} の深度分布を図2-4-19に示した。

前述の引張強度と同様に、孔口から深度450m付近までは、泥岩部で10 kgf/cm²程度以上の一軸圧縮強度を有するものの、砂岩部では相対的に小さな値となっている。深度450m付近から深度1070m付近までは、上部

層より大きな値となっており、深度600m から650m 付近、深度900m から深度1070m 付近では概ね50 kgf/cm² 前後の強度を示している。また、1070m 以深では、バラツキはあるものの、一軸圧縮強度、変形係数ともに深度とともに増加する傾向が顕著である。

(5) 三軸圧縮試験

図2-4-20に強度定数 C_d 、 ϕ_d の深度分布を示した。前述したように、これらの強度定数は、後述する封圧下での圧縮試験結果も併せて算出したものである。強度定数 C_d は、多少の凸凹はあるものの、深度とともに増加する傾向が見られる。

(6) 封圧下での圧縮試験

封圧下での圧縮試験、変形係数の深度分布を図2-4-20に示した。

図から明らかなように、いずれも深度とともに増加する傾向が見られ、一軸圧縮強度や引張強度と同様、1070m 以深で顕著な増加傾向を示している。なお、封圧下での圧縮強度ならびに変形係数(E_{50})は、いずれも一軸圧縮試験による値に比べて大きな値となっているが、これは封圧効果によるものであると考えられる。

(7) 繰り返し単純せん断試験

表2-4-7に試験の結果を一覧にして示した。また、図2-4-21に、初期せん断弾性係数の深度分布図を示した。図から明らかなように、深度とともに増加する傾向が認められる。また、同じひずみレベルで評価したせん断弾性係数 G も、同様に深度とともに増加する傾向が認められる。

一方、同じひずみレベルで評価した減衰定数 h は、 G とは逆に深度とともに減少する傾向が認められる。

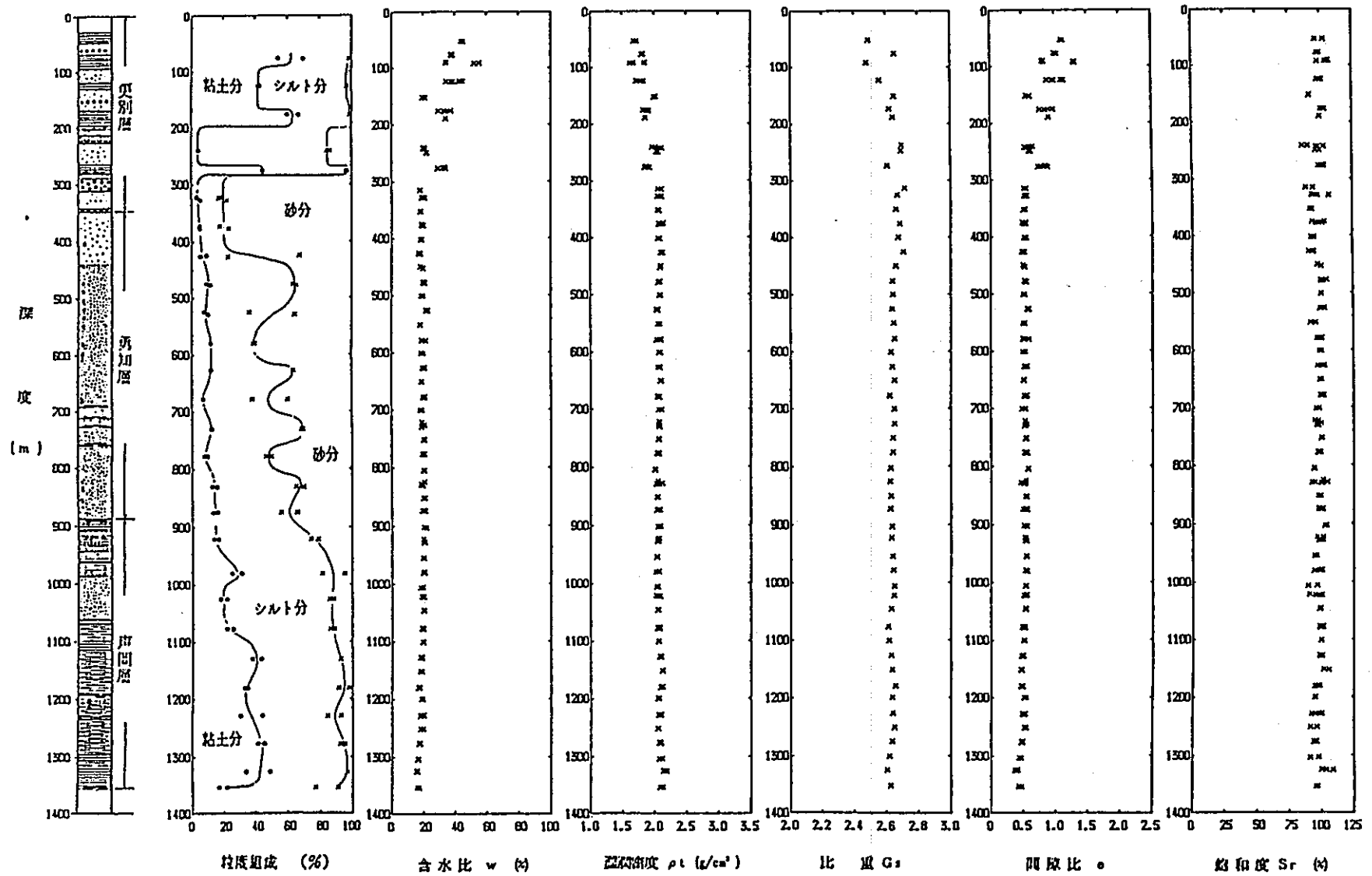


図2-4-16 物理試験結果の深度分布一覧図 (1)

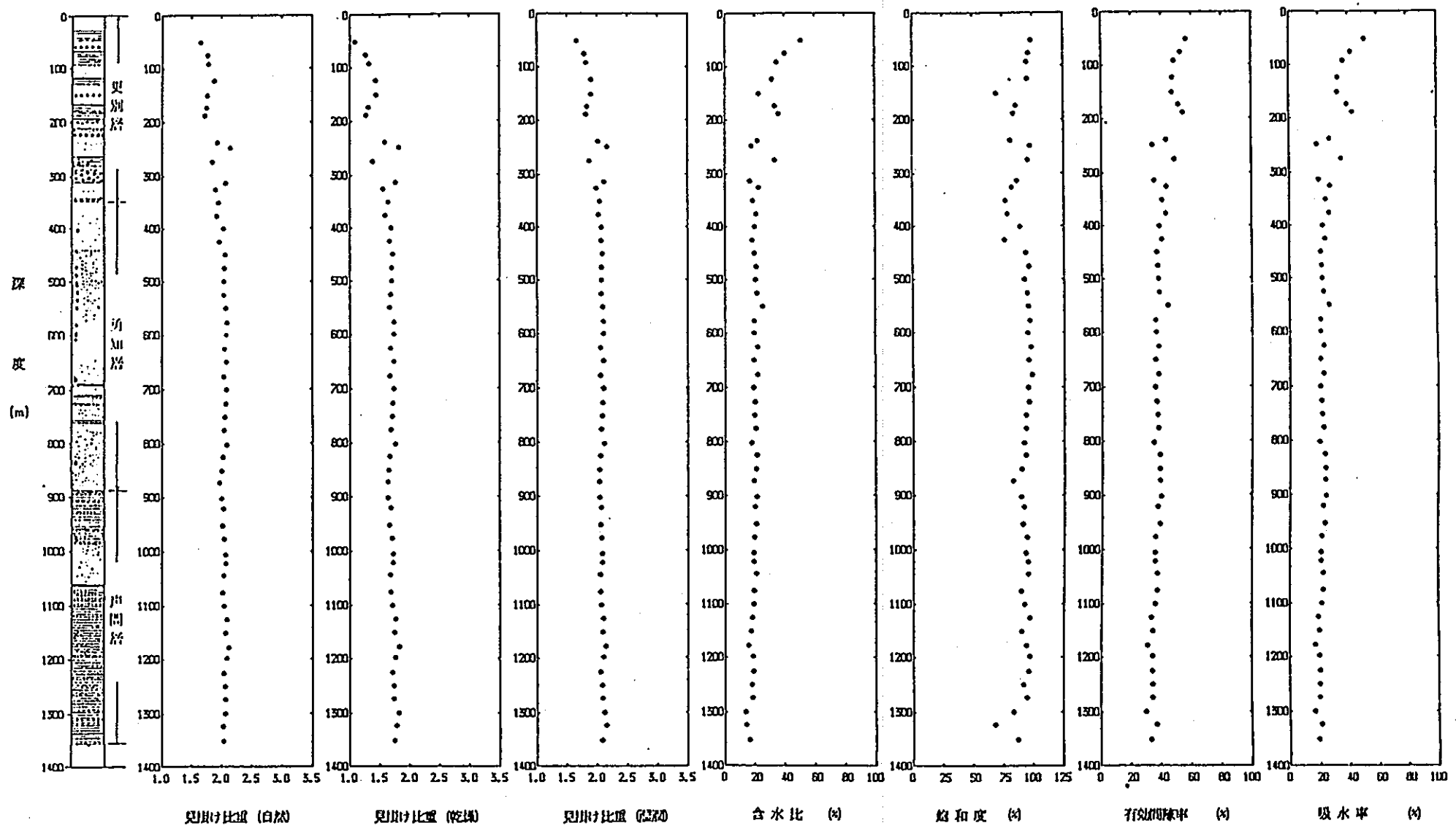


図2-4-17 物理試験結果の深度分布一覽図 (2)

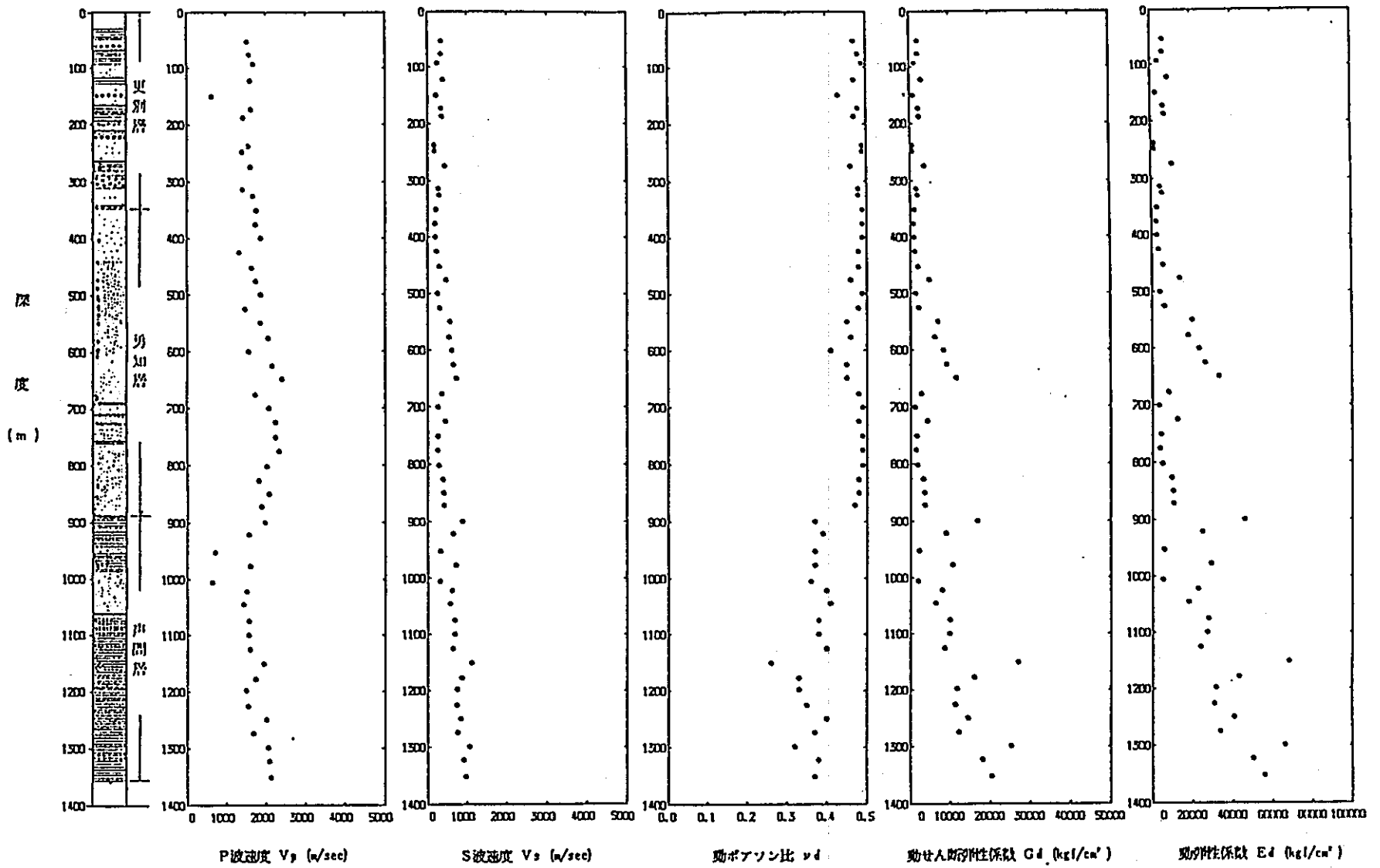


図2-4-18 超音波速度測定結果の深度分布一覽図

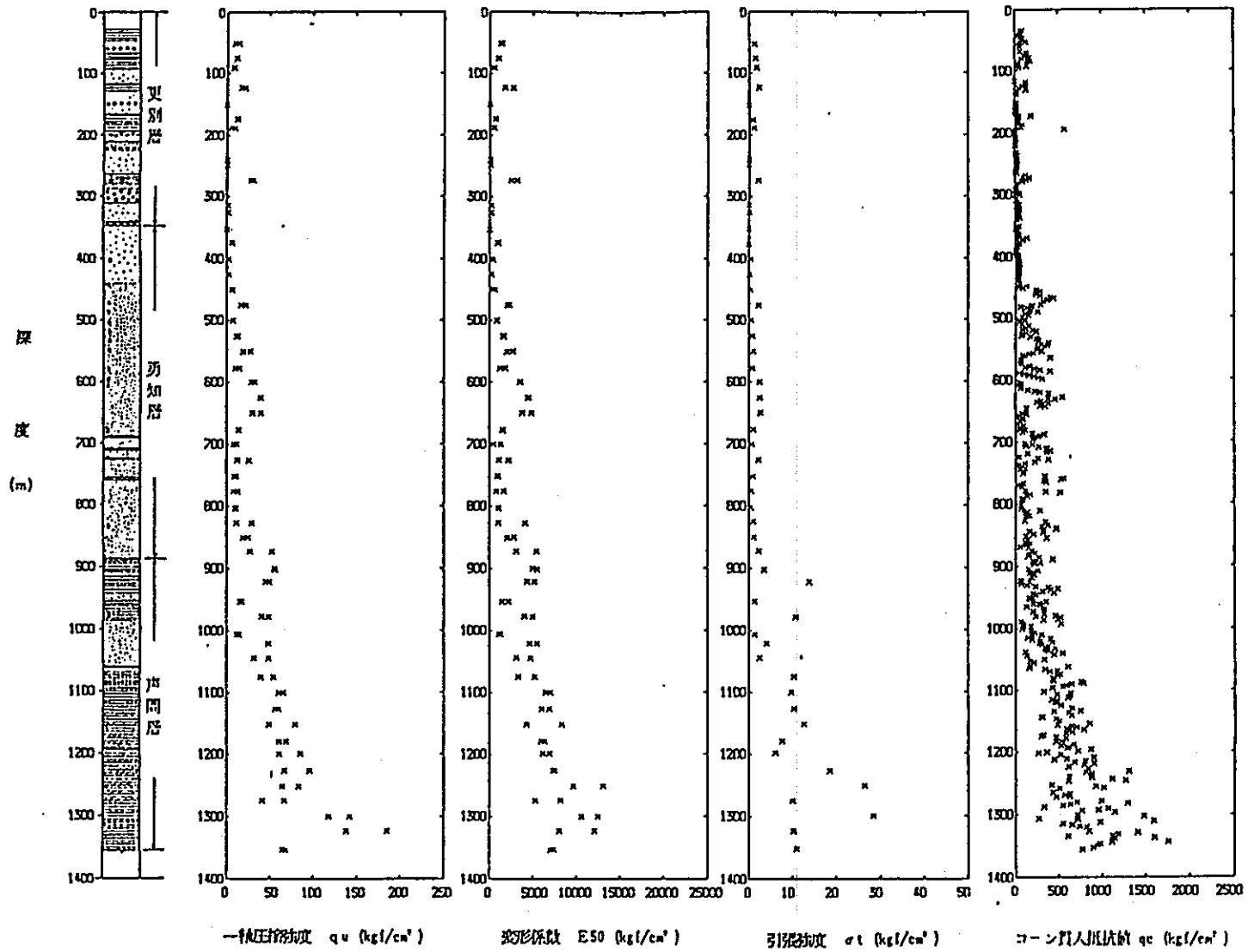


図 2-4-19 一軸圧縮試験及び圧裂試験結果の深度分布一覽図

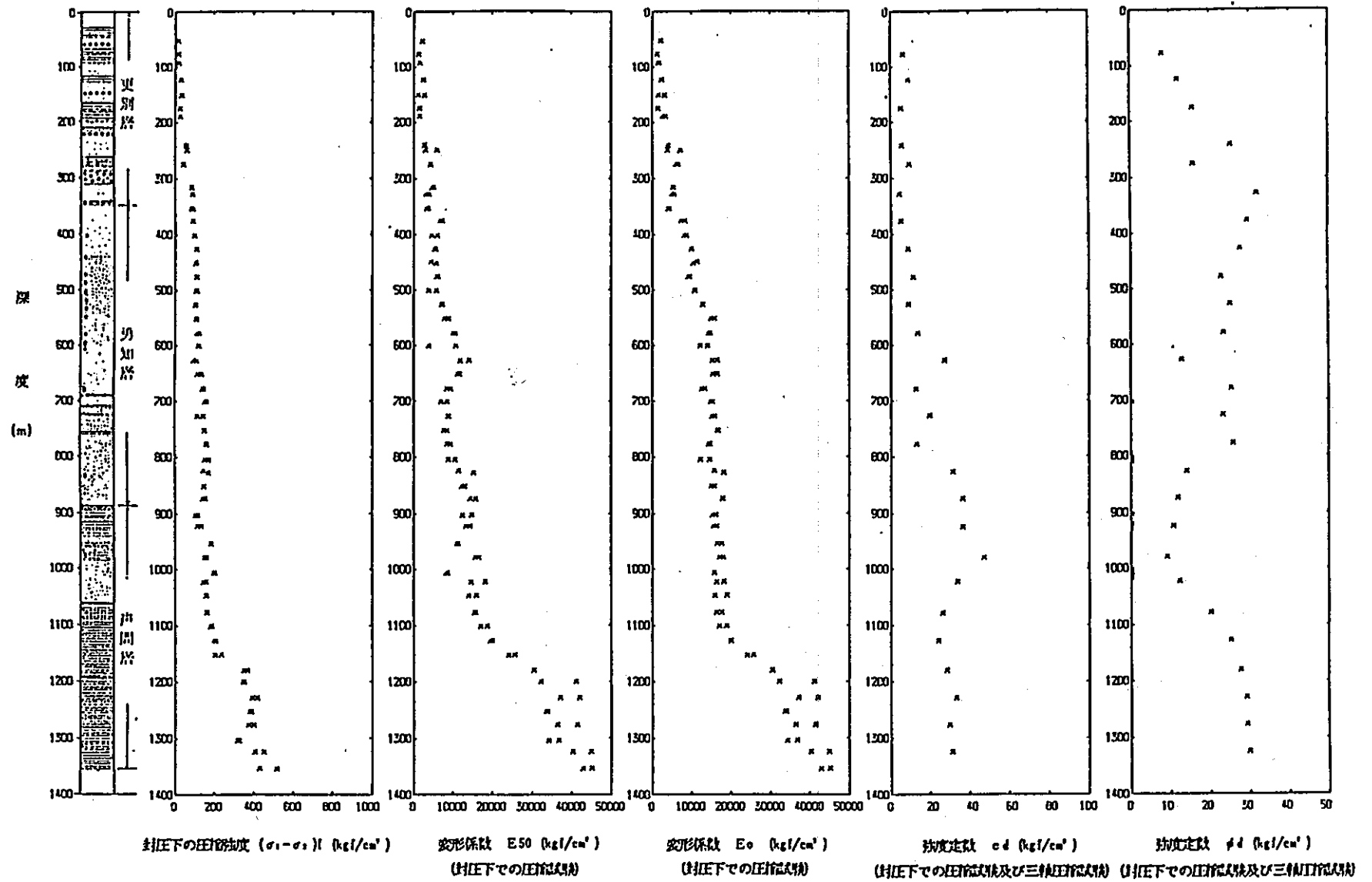


図2-4-20 封圧下での圧縮試験及び三軸圧縮試験結果の深度分布一覽図

< 凡 例 >

- ----- 初期せん断弾性係数
- ----- ひずみレベル 10^{-3} の動せん断弾性係数
- × ----- ひずみレベル 10^{-4} の動せん断弾性係数

< 凡 例 >

- ----- ひずみレベル 10^{-3} の減衰定数
- × ----- ひずみレベル 10^{-4} の減衰定数

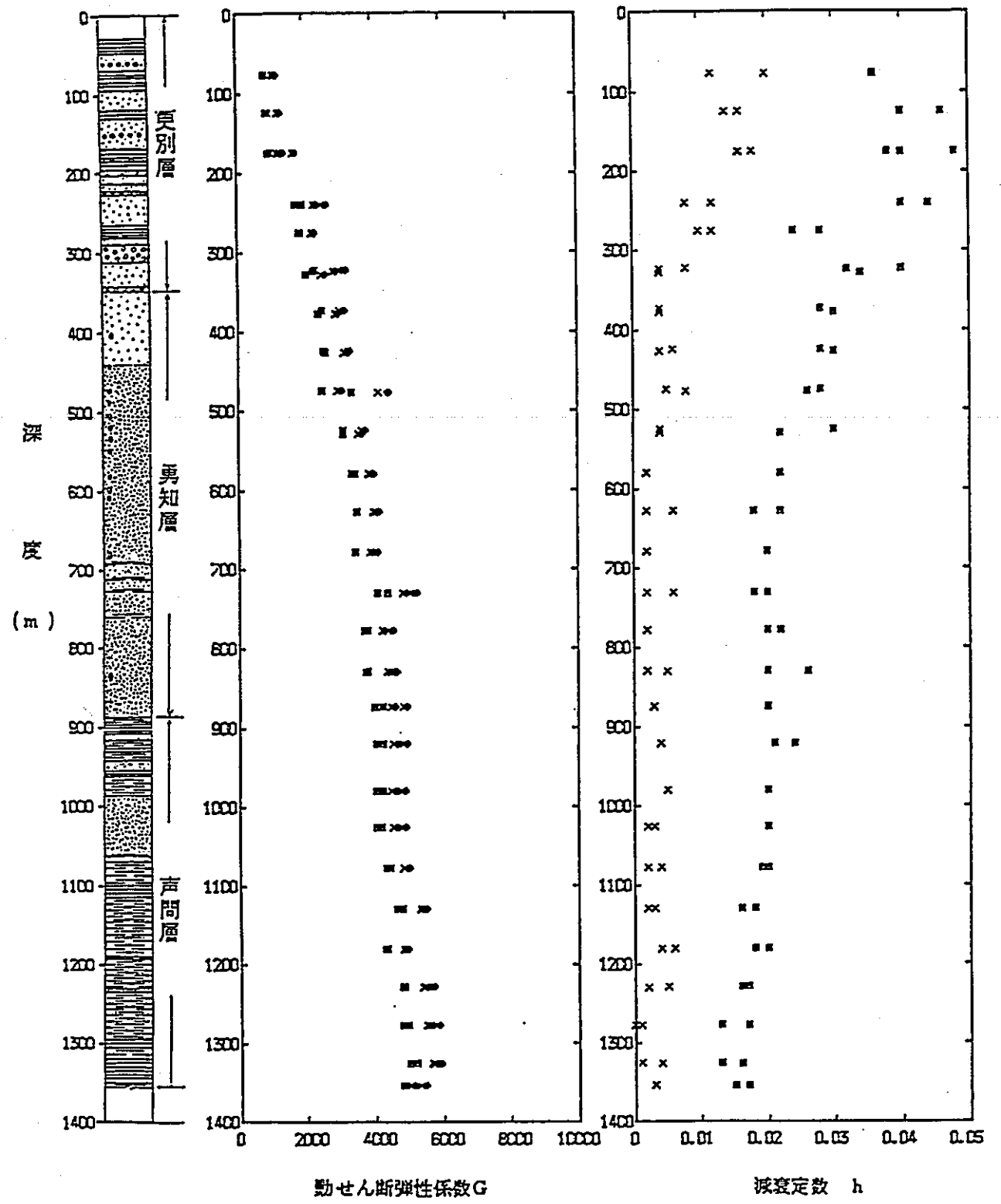


図 2-4-2.1 動せん断弾性係数 G および減衰定数 h の深度分布図

表-2-4-2(1) 物理試驗結果一覽表

NO.	岩種	中心深度 m	含水比 %	飽和度 %	見掛け比重			有効間隙率 %	吸水率 %
					自然	乾燥	湿润		
1-1	泥岩	52.05	51.0	98.8	1.65	1.09	1.66	56.5	51.6
1-2		75.78	40.3	96.5	1.77	1.26	1.79	52.6	41.8
1-3		92.56	34.7	95.0	1.78	1.32	1.81	48.3	36.5
1-4		122.93	31.5	95.4	1.88	1.43	1.90	47.2	33.1
1-5	中粒砂岩	150.87	22.7	69.6	1.76	1.44	1.90	46.9	32.7
1-6	泥岩	173.12	33.5	85.8	1.75	1.31	1.83	51.3	39.0
1-7		187.79	35.9	83.9	1.72	1.27	1.81	54.3	42.8
1-8	中粒砂岩	238.17	22.1	81.4	1.93	1.58	2.01	42.9	27.1
1-9		248.03	18.1	97.6	2.15	1.82	2.16	33.8	18.5
1-10	泥岩	273.82	33.5	95.7	1.85	1.38	1.87	48.4	35.0
1-11	中粒砂岩	313.28	17.1	86.7	2.07	1.76	2.11	34.8	19.7
1-12		325.33	22.7	82.2	1.90	1.55	1.98	42.9	27.6
1-13		351.03	18.7	76.8	1.95	1.64	2.04	40.1	24.4
1-14		376.18	21.0	78.4	1.92	1.59	2.02	42.5	26.7
1-15		400.03	20.0	89.0	2.03	1.69	2.07	38.0	22.5
1-16		425.32	18.2	75.9	1.96	1.66	2.06	39.7	24.0
1-17	細粒砂岩	450.09	19.8	93.9	2.06	1.72	2.08	36.3	21.1
1-18		475.73	21.0	96.3	2.05	1.70	2.07	37.0	21.8
1-19		500.03	20.5	92.5	2.04	1.70	2.07	37.5	22.1
1-20		525.33	21.5	94.7	2.04	1.68	2.06	38.0	22.7
1-21		550.03	25.3	95.6	2.07	1.66	2.09	43.7	26.4
1-22		577.38	19.8	96.8	2.09	1.74	2.10	35.6	20.4
1-23		600.03	19.5	94.9	2.08	1.74	2.10	35.9	20.6
1-24		625.02	21.9	97.5	2.05	1.68	2.05	37.7	22.4
1-25		650.02	19.5	95.7	2.08	1.74	2.10	35.4	20.3
1-26		677.02	22.1	98.4	2.04	1.67	2.05	37.6	22.5
1-27		700.34	19.3	95.3	2.08	1.74	2.10	35.3	20.3
1-28		725.77	20.2	96.0	2.07	1.72	2.09	36.2	21.0
1-29		751.03	20.1	93.3	2.05	1.71	2.08	36.9	21.6
1-30		775.53	20.8	93.3	2.04	1.69	2.06	37.5	22.2

表-2-4-2(2) 物理試驗結果一覽表

NO.	岩種	中心深度 m	含水比 %	飽和度 %	見掛け比重			有効間隙率 %	吸水率 %
					自然	乾燥	湿润		
1-31	細粒砂岩	802.31	17.9	91.8	2.08	1.76	2.11	34.4	19.5
1-32		824.48	21.4	93.0	2.02	1.67	2.05	38.4	23.0
1-33		850.05	20.9	89.6	2.00	1.65	2.04	38.6	23.4
1-34		872.03	19.5	82.6	1.96	1.64	2.03	38.8	23.6
1-35	泥岩	902.03	21.4	89.4	2.00	1.64	2.04	39.4	24.0
1-36	砂質泥岩	921.32	20.2	91.6	2.03	1.69	2.06	37.3	22.1
1-37	細粒砂岩	952.51	21.1	90.7	2.01	1.66	2.05	38.7	23.3
1-38	砂質泥岩	977.03	19.7	94.2	2.04	1.71	2.07	35.7	20.9
1-39	細粒砂岩	1005.94	19.2	93.2	2.06	1.73	2.08	35.6	20.6
1-40		1021.86	19.5	95.0	2.06	1.73	2.08	35.5	20.5
1-41		1044.52	20.9	95.3	2.03	1.68	2.05	36.9	21.9
1-42	砂質泥岩	1075.49	19.5	89.3	2.01	1.69	2.05	36.9	21.9
1-43		1100.03	19.3	92.2	2.04	1.71	2.06	35.8	21.0
1-44		1125.61	18.2	97.0	2.09	1.77	2.10	33.2	18.8
1-45		1150.40	17.6	89.9	2.06	1.75	2.09	34.2	19.5
1-46		1178.42	15.8	94.2	2.12	1.83	2.14	30.7	16.7
1-47		1198.08	18.8	96.8	2.09	1.76	2.10	34.1	19.4
1-48		1225.40	19.0	95.8	2.04	1.71	2.05	34.0	19.9
1-49		1250.08	18.1	91.7	2.06	1.74	2.08	34.3	19.7
1-50	1274.08	18.6	94.7	2.07	1.74	2.09	34.3	19.7	
1-51	泥岩	1299.48	13.8	83.4	2.07	1.82	2.12	30.0	16.5
1-52		1322.94	14.2	68.1	2.03	1.78	2.15	37.1	20.8
1-53	砂質泥岩	1350.47	16.6	87.3	2.04	1.75	2.08	33.3	19.1

表2-4-3 (1) 超音波速度測定結果一覽表

NO.	土質名称	中心深度 m	w %	ρ_t g/cm ³	Vp m/sec	Vs m/sec	ν_d	G _d kgf/cm ²	E _d kgf/cm ²
1-1	泥岩	52.10	44.5	1.695	1520	352	0.47	2140	6330
1-2		75.84	38.4	1.799	1570	341	0.48	2130	6290
1-3		92.61	34.2	1.838	1670	252	0.49	1190	3570
1-4		123.27	32.8	1.882	1590	394	0.47	2980	8690
1-5	中粒砂岩	150.92	25.6	1.997	615	212	0.43	916	2610
1-6	泥岩	173.65	31.7	1.880	1620	337	0.48	2180	6430
1-7		187.84	35.3	1.828	1420	358	0.47	2390	6980
1-8	中粒砂岩	238.33	20.2	2.068	1550	164	0.49	567	1700
1-9		248.08	21.4	2.043	1390	169	0.49	595	1770
1-10	泥岩	273.87	36.5	1.815	1600	443	0.46	3630	10600
1-11	中粒砂岩	313.77	18.1	2.021	1400	266	0.48	1460	4340
1-12		325.38	17.2	2.100	1660	292	0.48	1830	5390
1-13		351.09	20.2	2.049	1750	214	0.49	957	2860
1-14		376.23	19.4	2.074	1730	194	0.49	796	2390
1-15		400.08	19.1	2.065	1860	201	0.49	851	2530
1-16		425.38	17.9	2.090	1310	229	0.48	1120	3330
1-17	細粒砂岩	452.63	18.8	2.063	1630	300	0.48	1890	5600
1-18		475.78	20.9	2.058	1730	474	0.46	4720	13700
1-19		500.09	19.7	2.068	1860	252	0.49	1340	3990
1-20		525.38	21.0	2.166	1460	308	0.48	2100	6200
1-21		550.09	17.2	2.079	1850	572	0.45	6940	20000
1-22		577.49	19.4	2.075	2040	538	0.46	6130	17900
1-23		600.44	19.5	2.175	1550	611	0.41	8290	23400
1-24		625.93	20.9	2.080	2140	654	0.45	9080	26400
1-25		650.12	20.1	2.095	2390	732	0.45	11500	33100
1-26		677.14	19.9	2.074	1720	355	0.48	2670	7920
1-27		700.49	19.8	2.073	2050	263	0.49	1140	3390
1-28		725.48	20.9	2.036	2230	451	0.48	4230	12400
1-29		751.09	20.1	2.050	2230	263	0.49	1450	4330
1-30		775.53	20.1	2.057	2320	249	0.49	1300	3890

表2-4-3 (2) 超音波速度測定結果一覽表

NO.	土質名称	中心 深 m	w %	ρ_c g/cm ³	V _p m/sec	V _s m/sec	ν_d	G _d kgf/cm ²	E _d kgf/cm ²
1-31	細粒砂岩	802.37	21.1	2.084	2010	279	0.49	1650	4960
1-32		826.92	20.6	2.106	1810	388	0.48	3230	9540
1-33		850.23	20.4	2.040	2070	410	0.48	3500	10400
1-34		872.15	20.5	2.025	1880	417	0.47	3590	10600
1-35	泥岩	900.04	20.2	2.067	1970	892	0.37	16800	46000
1-36	砂質泥岩	921.55	19.9	2.043	1560	653	0.39	8890	24700
1-37	細粒砂岩	952.61	21.3	2.002	708	324	0.37	2140	5870
1-38	砂質泥岩	977.21	19.9	2.018	1600	716	0.37	10600	29100
1-39	細粒砂岩	1005.94	19.9	2.048	644	305	0.36	1940	5280
1-40		1021.80	19.3	2.076	1510	616	0.40	8040	22500
1-41		1045.16	20.4	1.942	1430	570	0.41	6440	18000
1-42	砂質泥岩	1075.39	19.3	2.047	1570	693	0.38	10000	27700
1-43		1100.18	18.0	2.055	1560	686	0.38	9870	27200
1-44		1126.11	17.0	2.034	1590	642	0.40	8550	23800
1-45		1151.40	20.6	2.145	1940	1110	0.26	27000	67900
1-46		1178.47	16.7	2.095	1730	866	0.33	16000	42900
1-47		1197.85	17.6	2.061	1490	747	0.33	11700	31300
1-48		1225.86	15.4	2.039	1540	738	0.35	11300	30600
1-49		1250.25	18.1	2.036	2010	836	0.40	14500	40500
1-50		1274.42	15.9	2.101	1680	755	0.37	12200	33600
1-51		泥岩	1299.60	15.5	2.204	2050	1060	0.32	25300
1-52	1322.86		12.5	2.151	2080	908	0.38	18100	50000
1-53	砂質泥岩	1350.52	17.0	2.116	2120	971	0.37	20400	55700

表-2-4-4(1) 压裂試驗結果一覽表

NO.	岩種	中心深度 m	w %	ρ_c g/cm ³	σ_c (kgf/cm ²)
1-1	泥岩	52.82	45.7	1.709	1.28
1-2		75.82	39.1	1.824	1.45
1-3		91.33	70.8	1.528	1.83
1-4		123.18	33.1	1.889	2.38
1-5	中粒砂岩	151.73	20.5	1.984	0.107
1-6	泥岩	174.32	33.8	1.856	1.04
1-7		188.31	34.3	1.846	1.17
1-8	中粒砂岩	238.24	21.6	2.023	0.0827
1-9		248.13	21.0	2.065	0.106
1-10	泥岩	273.93	36.0	1.878	2.18
1-11	中粒砂岩	313.71	19.4	2.047	0.122
1-12		325.44	17.5	2.046	0.190
1-13		351.15	22.0	1.991	0.132
1-14		376.29	19.0	2.078	0.0723
1-15		400.29	19.0	2.041	0.360
1-16		425.44	17.4	2.062	0.202
1-17	細粒砂岩	450.16	20.0	2.100	0.403
1-18		475.84	20.7	1.953	2.29
1-19		500.15	19.3	1.857	0.618
1-20		525.44	20.5	2.057	0.880
1-21		550.16	17.8	2.025	1.14
1-22		577.55	19.8	2.052	0.937
1-23		600.07	18.8	2.079	2.63
1-24		625.68	20.7	2.058	2.60
1-25		650.07	19.8	2.096	2.83
1-26		677.09	21.0	2.018	1.09
1-27		700.43	19.5	2.115	0.799
1-28		725.53	19.5	2.079	2.34
1-29		751.15	20.0	2.059	0.961
1-30		775.64	20.0	2.079	0.615

表-2-4-4(2) 圧裂試験結果一覧表

NO.	岩種	中心深度 m	w %	ρ_t g/cm ³	σ_t (kgf/cm ²)
1-31	細粒砂岩	802.43	20.9	2.050	0.53
1-32		824.68	21.5	2.056	1.15
1-33		850.17	19.8	2.050	1.23
1-34		872.09	21.0	2.042	2.41
1-35	泥岩	902.08	20.1	2.049	3.64
1-36	砂質泥岩	921.50	19.6	2.049	13.9
1-37	細粒砂岩	952.66	23.3	2.033	1.40
1-38	砂質泥岩	978.04	20.3	2.022	10.8
1-39	細粒砂岩	1006.54	19.4	2.020	1.39
1-40		1021.28	18.5	2.060	4.16
1-41		1044.58	20.6	2.047	2.57
1-42	砂質泥岩	1075.34	20.7	2.036	10.4
1-43		1100.08	18.0	2.055	9.83
1-44		1126.04	16.5	2.057	10.4
1-45		1151.34	15.7	2.060	12.7
1-46		1178.53	16.8	2.100	7.68
1-47		1197.90	17.5	2.072	6.24
1-48		1225.78	17.0	2.056	18.6
1-49		1250.18	18.4	2.039	26.5
1-50		1274.36	17.9	2.053	10.1
1-51		泥岩	1299.55	13.6	2.180
1-52	1322.90		12.6	2.141	10.3
1-53	砂質泥岩	1350.60	17.0	2.165	11.0

表-2-4-5 (1) 一軸壓縮試驗結果一覽表

NO.	岩種	採取深度 GL-m	中心深度 m	G_r	w %	ρ_t g/cm ³	E_r %	q_u Kgf/cm ²	E_{50} Kgf/cm ²		
1-1	泥岩	52.22	52.27	2.490	48.2	1.647	1.08	14.2	1470		
		~52.43	52.38		45.1	1.677	0.63	9.52	1320		
1-2		76.01	76.06	2.653	33.7	1.794	0.74	12.1	1030		
		~76.22	76.17		37.8	1.816	1.25	11.4	1050		
1-3		91.40	91.45	2.477	52.8	1.602	1.62	7.84	469		
		~91.65	91.60		60.4	1.626	1.45	9.07	615		
1-4		123.61	123.06	2.558	32.8	1.706	1.02	17.5	1820		
		~123.76	123.71		42.6	1.753	0.91	21.6	2770		
1-5		中粒 砂岩	150.05	150.10	2.650	16.9	2.004	0.68	0.39	79	
		~150.33	150.28	16.2		2.048	1.52	0.42	35		
1-6		泥岩	173.40	173.45	2.619	30.7	1.920	1.73	12.4	747	
			~173.61	173.56		31.2	1.897	1.78	13.0	697	
1-7			187.62	187.65	2.643	35.5	1.823	1.42	5.37	444	
			~187.96	187.91		37.1	1.827	1.78	10.2	617	
1-8			中粒 砂岩	238.42	238.47	2.697	21.2	1.768	0.84	0.91	127
			~240.46	240.41	20.4		1.892	0.94	0.83	96	
1-9			砂岩	248.56	248.61	2.693	20.7	1.996	0.82	1.55	204
			~248.90	248.85	23.1		2.038	1.02	1.13	118	
1-10	泥岩		274.00	274.05	2.606	33.4	1.874	1.06	31.6	3200	
			~274.23	274.18		33.9	1.867	1.22	28.7	2490	
1-11			中粒 砂岩	314.07	314.12	2.714	16.4	2.078	0.92	1.86	211
				~314.28	314.25		18.5	2.052	0.97	2.03	241
1-12				325.51	325.56	2.667	18.9	2.076	1.07	3.09	302
				~326.37	326.32		18.2	2.093	1.13	1.81	168
1-13				352.03	352.08	2.660	16.9	2.097	1.39	0.57	49
				~352.25	352.20		17.5	2.132	1.39	0.76	64
1-14				373.85	373.90	2.685	18.7	2.074	0.60	5.76	1120
				~374.24	374.19		19.2	2.080	0.82	7.11	939
1-15		400.15		400.20	2.675	18.9	2.057	0.92	2.01	251	
		~401.12		401.07		18.8	2.058	0.78	3.20	448	
1-16		425.51		425.56	2.707	18.3	2.095	1.05	2.77	284	
		~425.73		425.68		17.8	2.063	1.08	2.73	253	
1-17		細粒 砂岩		450.19	450.24	2.661	19.9	2.095	1.37	6.14	463
				~450.46	450.41		19.8	2.079	1.10	7.19	719
1-18				475.88	475.93	2.638	20.7	1.985	0.88	17.2	2120
				~476.12	476.07		20.8	2.080	0.97	22.3	2360

表-2-4-5 (2) —軸壓縮試驗結果—覽表

NO.	岩種	探 取 深 度 GL—m	中 心 深 度 m	G _s	w %	ρ_t g/cm ³	E _r %	q _u Kgf/cm ²	E _{so} Kgf/cm ²
1-19	細粒 砂岩	500.20	500.25	2.641	18.9	2.047	0.86	7.60	845
		~500.42	500.37		19.7	2.029	0.93	7.91	884
1-20		525.48	525.53	2.636	21.2	2.092	0.87	13.3	1600
		~525.82	525.77		21.8	1.991	0.76	12.1	1690
1-21		550.26	550.31	2.644	18.9	2.063	1.02	28.2	2770
		~550.47	550.42		19.2	2.070	1.02	19.4	2070
1-22		577.59	577.64	2.650	19.1	2.108	0.90	10.6	1250
		~577.80	577.75		19.4	2.080	0.95	15.4	1840
1-23		600.17	600.24	2.628	19.3	2.105	0.88	29.4	3570
		~600.40	600.35		19.5	2.113	0.98	32.9	3580
1-24		625.33	625.38	2.635	20.5	2.070	0.92	40.7	4410
		~625.54	625.49		20.5	2.082	0.92	39.3	4550
1-25		650.14	650.17	2.651	19.5	2.102	0.87	40.0	4830
		~650.38	650.33		20.0	2.064	0.84	30.4	3780
1-26		677.26	677.31	2.621	20.1	2.171	1.00	14.8	1670
		~677.47	677.42		20.2	2.064	0.99	14.3	1570
1-27	700.02	700.07	2.647	20.0	2.181	1.83	9.02	517	
	~700.23	700.18		19.6	2.178	1.04	12.7	1340	
1-28	725.31	725.36	2.649	19.3	2.079	1.27	12.8	1140	
	~725.92	725.87		19.7	2.071	1.23	26.7	2230	
1-29	751.19	751.24	2.639	19.9	2.069	1.14	9.59	941	
	~751.57	751.52		20.1	2.082	1.19	12.0	1080	
1-30	775.70	775.75	2.641	19.6	2.093	1.09	8.73	839	
	~776.13	776.08		20.2	2.064	0.81	13.7	1680	
1-31	802.52	802.57	2.624	21.3	2.032	1.11	11.3	1150	
	~802.75	802.70		21.3	2.041	1.06	10.3	1090	
1-32	827.01	827.06	2.622	19.8	2.013	0.89	12.0	1100	
	~827.23	827.18		19.2	1.971	0.54	29.7	4160	
1-33	850.27	850.32	2.627	20.1	2.058	0.97	25.6	2830	
	~850.48	850.43		19.9	2.051	0.95	19.3	2120	
1-34	872.18	872.23	2.623	20.8	2.032	0.85	27.3	3170	
	~872.39	872.34		20.2	2.014	1.00	53.0	5460	
1-35	泥岩	900.20	900.25	2.633	20.4	2.094	1.14	55.4	5010
		~901.31	901.26		20.4	2.080	1.00	56.4	5560
1-36	砂質 泥岩	921.06	921.11	2.631	20.3	2.037	0.97	49.4	5220
		~921.27	921.22		19.4	2.065	1.03	45.4	4340

表-2-4-5 (3) 一軸壓縮試驗結果一覽表

NO.	岩種	採取深度 GL—m	中心深度 m	G _s	w %	ρ _t g/cm ³	E _r %	q _u Kgf/cm ²	E ₅₀ Kgf/cm ²
1-37	細粒 砂岩	952.72	952.77	2.637	20.8	2.050	1.12	16.0	1480
		~953.13	953.08		20.2	2.030	0.92	18.7	2250
1-38	砂質 泥岩	977.05	977.10	2.643	20.7	2.035	1.06	41.0	4040
		~977.34	977.29		20.5	2.057	0.96	48.9	4990
1-39		1005.35	1005.40	2.651	20.1	2.043	1.08	14.8	1360
		~1005.56	1005.51		20.0	2.055	1.13	12.7	1160
1-40	細粒 砂岩	1021.01	1021.06	2.647	20.0	2.066	1.00	48.4	4650
		~1021.22	1021.17		19.4	2.071	0.97	49.1	5500
1-41		1044.61	1044.66	2.631	21.0	2.029	1.03	32.1	3150
		~1045.12	1045.07		21.4	2.066	1.04	49.1	4770
1-42		1075.52	1075.57	2.610	18.7	2.050	1.12	54.3	5250
		~1075.73	1075.68		21.9	2.062	1.28	40.2	3340
1-43		1099.63	1099.68	2.615	18.3	2.017	0.98	60.6	6480
		~1099.85	1099.80		18.3	2.041	1.00	66.1	7030
1-44		1125.71	1125.76	2.631	17.6	2.085	0.95	60.4	6040
		~1125.93	1125.88		17.0	2.096	0.82	56.4	6880
1-45		1151.05	1151.10	2.635	16.5	2.069	0.95	79.6	8340
		~1151.58	1151.53		18.4	2.070	1.16	49.4	4310
1-46	砂質 泥岩	1178.66	1178.71	2.655	17.0	2.141	0.94	61.0	6380
		~1178.88	1178.83		17.0	2.105	1.12	68.9	6010
1-47		1198.73	1198.78	2.634	17.7	2.086	0.94	61.2	6180
		~1198.95	1198.90		17.6	2.092	1.21	85.3	6940
1-48		1225.46	1225.51	2.639	15.8	2.067	1.29	96.2	7360
		~1225.67	1225.62		16.8	2.016	0.88	67.2	7530
1-49		1250.42	1250.47	2.649	17.8	2.083	0.82	83.5	9660
		~1250.64	1250.59		17.4	2.070	0.58	64.4	13100
1-50		1274.11	1274.16	2.634	15.7	2.089	0.84	41.3	5280
		~1274.32	1274.27		16.7	2.078	0.81	66.8	8200
1-51	泥岩	1299.61	1299.66	2.617	14.3	1.925	1.16	118.0	10600
		~1299.82	1299.77		13.9	2.036	1.04	142.0	12500
1-52		1322.62	1322.67	2.602	14.0	2.159	1.40	185.0	12100
		~1322.83	1322.78		13.5	2.168	1.42	138.0	8050
1-53	砂質 泥岩	1351.68	1351.73	2.624	16.2	2.100	0.98	65.2	7410
		~1351.89	1351.84		14.4	2.109	0.96	68.3	7060

表-2-4-6(1) 三軸圧縮試験(CD)及び封圧下での圧縮試験結果一覧表

No.	岩種	採取 深 度 GL-m	中 心 深 度 m	G _s	w %	ρ _t g/cm ³	S _r %	σ ₃ kgf/cm ²	ε _r %	(σ ₁ -σ ₃) _r kgf/cm ²	E ₀ kgf/cm ²	E ₅₀ kgf/cm ²	最大強度によるC _d ・φ _d				備 考
													計 算		計 算		
													C _d kgf/cm ²	φ _d deg	C _d kgf/cm ²	φ _d deg	
1-1	泥岩	52.51 ~52.72	52.56	2.490	43.9	1.680	96.5	4.3	1.3	18.1	2150	2150					封圧下での 圧縮試験
			52.67		45.3	1.724	102.7	4.3	1.3	18.7	2340	2340					
1-2	泥岩	76.28 ~77.22	76.33	2.653	37.6	1.826	99.8	6.3	2.1	18.9	1230	1230			6.53	8.2	封圧下での 圧縮試験
			76.44		37.4	1.828	99.8	6.3	2.3	19.1	1380	1380					
			76.75		37.5	1.804	97.3	1.0	1.7	12.0	836	836			5.94	8.9	三軸圧縮 試験
			76.90		38.2	1.814	99.2	5.0	2.0	17.8	1130	1130					
			77.06		38.4	1.802	98.2	10.0	1.9	18.6	1640	1580					
			77.17		38.4	1.806	98.6	25.0	15.0	22.0	1940	1540					
1-3	泥岩	88.21 ~91.96	91.80	2.477	55.6	1.675	105.9	7.5	2.3	19.8	1940	1650			5.61	12.4	封圧下での 圧縮試験
			91.91		52.3	1.626	98.1	7.5	2.2	19.3	1630	1610					
			88.26		34.0	1.839	104.6	1.0	1.8	10.2	699	699			5.20	12.7	三軸圧縮 試験
			88.37		34.0	1.837	104.4	5.0	1.9	17.9	1420	1420					
			88.55		33.7	1.861	107.1	10.0	15.0	22.1	1510	1510					
			88.74		33.6	1.825	102.3	25.0	15.0	24.9	4350	1600					
1-4	泥岩	123.30 ~124.13	123.35	2.558	45.1	1.739	101.7	10.1	1.7	31.3	2570	2570			9.28	12.0	封圧下での 圧縮試験
			123.46		43.5	1.718	97.9	10.1	1.8	31.3	2450	2450					
			123.57		42.7	1.739	99.4	1.0	1.2	20.3	2070	2070			8.88	11.4	三軸圧縮 試験
			123.82		37.8	1.796	100.5	5.0	1.4	24.7	2170	2170					
			123.93		38.9	1.780	99.8	10.0	1.3	29.2	3110	3110					
			124.08		34.6	1.832	100.7	25.0	15.0	32.7	6520	3270					
1-5	中粒 砂岩	150.37 ~151.13	150.42	2.650	19.5	2.026	91.8	12.4	13.2	36.9	1690	1210					封圧下での 圧縮試験
			151.08		21.2	1.991	91.6	12.4	15.0	34.3	3340	2810					
1-6	泥岩	174.48 ~175.89	174.53	2.619	37.5	1.822	100.6	14.3	3.5	25.7	1440	1360			5.30	15.8	封圧下での 圧縮試験
			174.90		35.2	1.863	102.4	14.3	3.2	26.5	1570	1560					
			175.14		29.6	1.917	100.6	1.0	2.2	11.1	539	539			5.26	15.1	三軸圧縮 試験
			175.41		33.4	1.889	102.9	5.0	2.5	19.5	903	903					
			175.59		32.8	1.891	102.4	10.0	2.9	24.0	1210	1210					
			175.84		33.7	1.892	103.7	25.0	3.6	29.4	3390	2530					
1-7	泥岩	188.50 ~188.71	188.55	2.643	34.2	1.863	100.1	15.5	5.3	27.2	2700	1600					封圧下での 圧縮試験
			188.66		34.0	1.859	99.3	15.5	13.7	27.6	3450	1600					
1-8	中粒 砂岩	240.47 ~242.76	240.52	2.697	20.3	2.017	90.0	20.9	14.3	62.0	4210	2900			5.51	25.2	封圧下での 圧縮試験
			240.78		20.0	2.027	90.4	20.9	15.0	53.8	4060	2690					
			240.89		20.9	1.970	86.0	1.0	2.9	6.72	384	361			4.72	23.9	三軸圧縮 試験
			242.31		20.2	2.118	102.7	5.0	5.0	24.0	1620	1600					
			242.45		20.9	2.060	96.7	10.0	8.1	37.9	2740	2430					
			242.71		20.8	2.075	98.5	50.0	15.0	79.6	6230	4520					
1-9	中粒 砂岩	248.90 ~249.39	248.95	2.693	22.3	2.029	96.4	21.7	15.0	64.1	4000	3080					封圧下での 圧縮試験
			249.34		21.9	2.062	99.7	21.7	14.4	61.9	7270	5950					

表-2-4-6 (2) 三軸圧縮試験 (CD) 及び封圧下での圧縮試験結果一覧表

No.	岩種	採取 探深 GL-m	中心 深度 m	G _s	w %	ρ _s g/cm ³	S _r %	σ ₃ kgf/cm ²	ε _r %	(σ ₁ -σ ₃) _r kgf/cm ²	E ₀ kgf/cm ²	E ₅₀ kgf/cm ²	最大強度による C _d ・φ _d				備考
													計 算		計 算		
													C _d kgf/cm ²	φ _d deg	C _d kgf/cm ²	φ _d deg	
1-10	泥岩	274.25 ~276.60	274.30	2.606	33.3	1.869	101.1	24.4	2.1	43.4	6060	4340	9.33	15.7	9.38	15.8	封圧下での 圧縮試験
			274.45		33.9	1.877	102.8	24.4	1.8	44.0	6670	4400					
			275.66		32.5	1.880	101.2	1.0	2.3	16.8	940	940					
			275.77		29.3	1.897	98.4	5.0	1.7	30.7	2100	2100					
			276.41		34.2	1.852	100.3	10.0	2.0	41.7	2820	2820					
			276.55		29.0	1.934	102.3	50.0	15.0	58.6	4920	4370					
1-11	中粒 砂岩	314.42 ~315.15	314.47	2.714	17.9	2.065	88.3	28.7	15.0	88.1	5530	4740					封圧下での 圧縮試験
			315.10		17.8	2.113	94.1	28.7	15.0	88.4	5260	5200					
1-12	中粒 砂岩	326.44 ~328.45	326.49	2.667	19.4	2.059	94.6	29.9	15.0	92.2	5030	4010	4.12	30.1	4.30	31.8	封圧下での 圧縮試験
			326.74		19.3	2.047	92.8	29.9	15.0	91.1	5710	3190					
			327.28		19.8	2.062	96.1	1.0	1.7	11.6	1180	1180					
			328.06		20.9	2.116	106.4	5.0	2.5	27.7	1710	1710					
			328.24		18.8	2.095	97.8	10.0	4.3	36.7	3450	2820					
			328.40		19.7	2.047	93.9	50.0	15.0	114.0	7140	4790					
1-13	中粒 砂岩	352.36 ~352.57	352.41	2.660	18.3	2.054	91.5	32.7	14.4	84.6	4410	3810					封圧下での 圧縮試験
			352.52		17.9	2.078	93.6	32.7	15.0	94.3	4120	3300					
1-14	中粒 砂岩	374.36 ~377.12	374.40	2.685	18.8	2.071	93.4	35.0	15.0	93.1	8380	7390	5.41	27.5	5.24	29.4	封圧下での 圧縮試験
			374.51		18.8	2.142	103.2	35.0	15.0	92.4	7360	6840					
			376.41		19.2	2.086	96.6	1.0	1.3	13.4	1370	1370					
			376.52		19.5	2.077	96.1	5.0	1.5	28.6	2650	2650					
			376.87		19.3	2.119	101.3	10.0	4.1	40.6	3500	3500					
			377.07		19.9	2.086	98.4	50.0	15.0	102	9520	5370					
1-15	中粒 砂岩	401.13 ~401.34	401.18	2.675	18.3	2.085	94.5	37.8	15.1	97.3	8200	4740					封圧下での 圧縮試験
			401.29		18.9	2.056	92.4	37.8	15.2	102.0	8800	6060					
1-16	中粒 砂岩	425.74 ~427.13	425.79	2.707	18.3	2.102	94.6	40.5	15.1	111.7	9990	5380	7.54	27.2	8.88	27.6	封圧下での 圧縮試験
			425.92		17.0	2.100	90.6	40.5	15.1	111.2	10100	5730					
			426.14		16.8	2.131	94.0	5.0	2.9	26.2	2350	2350					
			426.35		17.6	2.114	94.2	10.0	4.0	40.6	4800	3370					
			426.82		17.9	2.103	93.6	25.0	10.1	77.6	6600	5020					
			427.08		17.1	2.116	92.9	100.0	15.2	190.5	9900	2430					
1-17	細粒 砂岩	449.35 ~452.49	449.40	2.661	18.3	2.099	94.8	43.3	14.7	109.7	11500	4460					封圧下での 圧縮試験
			452.44		19.8	2.090	100.3	43.3	15.2	106.2	10500	5750					
1-18	細粒 砂岩	476.13 ~478.27	476.18	2.638	20.9	2.088	104.5	45.8	15.1	109.8	9550	6260	10.5	24.1	11.4	22.7	封圧下での 圧縮試験
			476.30		19.6	2.077	99.6	45.8	15.2	113.4	9200	5900					
			476.54		19.9	2.078	100.5	5.0	1.7	36.4	3360	3360					
			476.86		20.1	2.071	100.1	10.0	2.5	46.0	3760	3760					
			478.10		20.8	2.069	101.6	25.0	5.8	70.6	9700	6000					
			478.22		20.8	2.058	100.0	100.0	15.1	169.3	14300	4470					

表-2-4-6(3) 三軸圧縮試験(CD)及び封圧下での圧縮試験結果一覧表

No.	岩種	採取 深度 GL-m	中心 深度 m	G _s	w %	ρ _t g/cm ³	S _r %	σ ₃ kgf/cm ²	ε _r %	(σ ₁ -σ ₃) _r kgf/cm ²	E ₀ kgf/cm ²	E ₅₀ kgf/cm ²	最大強度によるC _d ・φ _d				備考
													計 算		計 算		
													C _d kgf/cm ²	φ _d deg	C _d kgf/cm ²	φ _d deg	
1-19	細粒 砂岩	500.51 ~500.85	500.56 500.80	2.641	18.8 19.8	2.096 2.078	99.9 100.1	48.4 48.4	15.2 15.1	116.6 108.5	11000 10900	3860 5930					封圧下での 圧縮試験
1-20	細粒 砂岩	525.83 ~526.80	525.88	2.636	21.7	2.047	100.9	51.1	15.1	103.9	12900	7210	8.84	25.0	9.00	25.1	封圧下での 圧縮試験 三軸圧縮 試験
			526.12		21.6	2.041	99.8	51.1	15.1	107.3	13000	7410					
			526.23		21.7	2.042	100.1	5.0	1.7	32.8	3180	3180					
			526.35		22.8	2.042	102.7	10.0	1.8	44.4	4210	4210					
			526.60		22.0	2.027	98.9	25.0	14.8	64.9	9300	6140					
			526.75		22.2	2.050	102.4	100.0	15.2	173.8	16500	4890					
1-21	細粒 砂岩	551.27 ~551.49	551.32 551.44	2.644	18.0 18.1	2.083 2.051	95.6 91.6	53.8 53.8	14.9 15.2	107.7 112.5	16000 15100	9000 7900					封圧下での 圧縮試験
1-22	細粒 砂岩	578.00 ~579.10	578.05	2.650	19.0	2.101	100.5	56.6	14.9	126.5	14900	10700	13.7	23.1	13.8	23.4	封圧下での 圧縮試験 三軸圧縮 試験
			578.22		18.7	2.093	98.5	56.6	12.0	113.4	14400	10100					
			578.42		19.1	2.071	96.6	5.0	1.5	41.8	3320	3320					
			578.66		21.6	2.033	97.8	10.0	1.9	57.1	4180	4180					
			578.81		19.2	2.091	99.6	25.0	2.2	78.9	7450	7060					
			579.05		19.2	2.090	99.5	100.0	15.2	169.4	17700	5540					
1-23	細粒 砂岩	600.47 ~600.71	600.52 600.66	2.628	20.1 18.5	2.065 2.085	100.0 98.5	59.0 59.0	14.5 14.9	123.3 119.6	12300 14200	3940 10800					封圧下での 圧縮試験
1-24	細粒 砂岩	626.00 ~627.10	626.05	2.635	21.1	2.043	98.9	61.7	2.5	95.1	16700	14200	27.7	12.6	27.4	12.8	封圧下での 圧縮試験 三軸圧縮 試験
			626.45		19.7	2.073	99.5	61.7	15.2	111.9	15400	11900					
			626.75		20.3	2.081	102.2	5.0	1.2	64.8	5800	5800					
			626.90		20.0	2.077	100.9	25.0	1.5	90.2	11500	10900					
			627.05		20.8	2.073	102.4	50.0	2.2	100.8	16100	14100					
			627.60		19.4	2.060	96.9	100.0	15.1	121.2	16400	13800					
1-25	細粒 砂岩	650.40 ~650.71	650.45 650.66	2.651	19.0 19.1	2.087 2.097	98.5 100.1	64.3 64.3	10.5 15.2	116.6 137.3	15500 16700	11800 11200					封圧下での 圧縮試験
1-26	細粒 砂岩	677.52 ~678.90	677.57	2.621	21.2	2.036	99.2	67.1	15.0	142.3	12700	8540	12.7	24.9	12.7	25.3	封圧下での 圧縮試験 三軸圧縮 試験
			677.70		20.7	2.043	98.9	67.1	15.2	147.0	13500	9500					
			677.85		20.8	2.062	101.8	5.0	1.5	38.3	4020	4020					
			678.49		19.8	2.076	101.3	25.0	3.3	80.7	7430	7430					
			678.72		20.4	2.058	100.2	50.0	15.1	123.1	12600	10100					
			678.85		20.0	2.061	99.6	100.0	15.0	177.8	16500	4660					
1-27	細粒 砂岩	700.58 ~700.80	700.63 700.75	2.647	19.2 17.9	2.062 2.105	95.9 98.2	69.6 69.6	15.1 15.2	153.0 163.2	15000 15500	8610 7070					封圧下での 圧縮試験
1-28	細粒 砂岩 質 泥岩	722.00 ~730.55	726.65	2.649	20.0	2.056	97.0	72.4	15.2	148.7	15300	8830	21.0	24.5	19.8	23.2	封圧下での 圧縮試験 三軸圧縮 試験
			726.86		20.9	2.060	99.8	72.4	15.1	118.2	16000	9040					
			730.37		19.0	2.082	97.9	5.0	1.2	77.5	7280	7280					
			730.50		19.0	2.069	96.1	25.0	1.9	97.4	8620	8620					
			722.05		18.9	2.060	94.6	50.0	15.0	131.7	10300	5800					
			722.20		19.3	2.074	95.2	100.0	15.1	209.7	14800	5020					

表-2-4-6(4) 三軸圧縮試験(CD)及び封圧下での圧縮試験結果一覧表

No.	岩種	採取 深 度 GL-m	中 心 深 度 m	G _s	w %	ρ _t g/cm ³	S _r %	σ _z kgf/cm ²	ε _r %	(σ ₁ -σ ₃) _r kgf/cm ²	E _o kgf/cm ²	E _{so} kgf/cm ²	最大強度による C _d ・φ _d				備 考
													計 算		計 算		
													C _d kgf/cm ²	φ _d deg	C _d kgf/cm ²	φ _d deg	
1-29	細粒 砂岩	751.75 ~751.85	751.80	2.639	20.3	2.066	99.8	75.0	15.1	153.2	17000	8520				封圧下での 圧縮試験	
			752.05		20.7	2.063	100.4	75.0	15.0	153.7	16600	7690					
1-30	細粒 砂岩	776.15 ~777.25	776.20	2.641	20.1	2.059	98.2	77.7	15.1	161.8	14800	8630	13.1	25.3	12.9	25.7	封圧下での 圧縮試験
			776.45		19.9	2.071	99.3	77.7	15.1	163.5	14400	9350					
			776.65		19.4	2.074	98.4	5.0	1.5	38.3	3450	3450					
			776.85		20.7	2.037	96.8	25.0	2.3	83.6	7590	7590					
			777.05		20.1	2.056	97.8	50.0	15.2	131.0	10900	9070					
			777.20		20.0	2.056	97.6	100.0	15.1	181.3	17200	6650					
1-31	細粒 砂岩	804.00 ~804.38	804.05	2.624	20.5	2.011	94.0	80.8	15.2	153.9	14700	10600				封圧下での 圧縮試験	
			804.33		20.6	2.013	94.5	80.8	15.2	173.2	12300	8860					
1-32	細粒 砂岩	824.19 ~828.83	824.24	2.622	20.7	2.058	100.9	83.4	15.2	146.7	15900	11500	28.8	12.8	31.3	14.0	封圧下での 圧縮試験
			827.75		18.4	2.123	104.4	83.4	12.5	172.0	18300	15400					
			828.05		18.7	2.051	94.8	5.0	1.5	49.4	4230	4230					
			828.20		18.8	2.033	92.6	20.0	1.7	93.6	8170	8170					
			828.59		19.1	2.078	99.6	50.0	2.5	129.6	10100	10100					
			828.78		19.7	2.069	99.9	200.0	15.0	175.0	14800	12500					
1-33	細粒 砂岩	851.04 ~851.30	851.09	2.627	20.9	2.046	99.4	85.9	15.2	150.0	15900	13100				封圧下での 圧縮試験	
			851.25		19.9	2.051	97.6	85.9	15.2	148.7	15100	12300					
1-34	細粒 砂岩	872.45 ~873.80	872.50	2.623	19.8	2.055	98.2	88.3	15.0	156.3	18000	14500	34.9	11.1	36.4	11.8	封圧下での 圧縮試験
			873.05		20.1	2.049	98.1	88.3	15.2	141.3	18100	15900					
			873.30		19.1	2.090	101.3	5.0	1.4	63.7	6730	6730					
			873.45		21.1	2.050	100.7	25.0	1.6	109.0	10800	10800					
			873.58		19.8	2.050	97.5	50.0	1.5	128.5	15300	15300					
			873.75		21.3	2.040	99.8	200.0	15.1	172.2	14800	12400					
1-35	泥岩	901.20 ~901.87	901.25	2.633	20.3	2.092	104.0	91.5	1.3	118.6	16300	14900				封圧下での 圧縮試験	
			901.82		21.7	2.057	102.4	91.5	1.6	105.1	15400	12500					
1-36	砂質 泥岩	921.65 ~926.90	921.70	2.631	19.8	2.082	101.4	93.7	1.8	136.7	16500	14500	37.1	10.8	36.3	10.7	封圧下での 圧縮試験
			921.85		19.8	2.047	96.5	93.7	1.7	115.4	15700	13400					
			925.90		20.9	2.056	100.5	5.0	1.3	85.5	8000	8000					
			926.55		20.2	2.057	98.9	25.0	1.7	105.1	8560	8560					
			926.70		20.3	2.045	97.5	50.0	2.0	117.0	11200	10300					
			926.85		20.3	2.067	100.5	200.0	14.9	180.7	14600	10700					
1-37	細粒 砂岩	953.30 ~953.55	953.35	2.637	20.1	2.042	96.2	97.2	15.2	185.9	16600	11000				封圧下での 圧縮試験	
			953.50		19.7	2.035	94.3	97.2	15.1	185.0	17800	11500					
1-38	砂質 泥岩	978.15 ~979.30	978.20	2.643	20.3	2.066	99.5	99.9	1.6	162.1	18200	16700	46.4	8.55	46.9	9.13	封圧下での 圧縮試験
			978.35		20.1	2.075	100.3	99.9	1.6	151.0	17300	15800					
			978.50		20.4	2.060	99.0	5.0	1.3	84.7	7940	7940					
			978.95		19.9	2.067	98.7	25.0	1.5	126.1	10400	10400					
			979.10		19.8	2.060	97.4	50.0	1.8	150.2	14100	14100					
			979.25		20.1	2.028	94.0	200.0	2.1	167.7	22200	22200					

表-2-4-6(5) 三軸圧縮試験(CD)及び封圧下での圧縮試験結果一覧表

No.	岩種	採取 深度 GL-m	中心 深度 m	G _s	w %	ρ _t g/cm ³	S _r %	σ ₃ kgf/cm ²	ε _r %	(σ ₁ -σ ₃) _r kgf/cm ²	E ₀ kgf/cm ²	E ₅₀ kgf/cm ²	最大強度による C _d ・φ _d				備考	
													計 算		計 算			
													C _d kgf/cm ²	φ _d kgf/cm ²	C _d deg	φ _d deg		
1-39	細粒 砂岩	1005.60 ~1006.20	1005.65	2.651	19.6	2.058	96.1	103.0	15.1	205.8	15900	8800					封圧下での 圧縮試験	
			1006.15		18.0	2.036	89.0	103.0	15.1	198.4	15900	8340						
1-40	細粒 砂岩	1021.40 ~1022.85	1021.45	2.647	19.1	2.022	90.4	104.7	12.1	160.3	18300	18300			33.8	12.2	封圧下での 圧縮試験	
			1021.60		19.7	2.061	104.7	104.7	1.9	146.6	16500	14700						
			1022.15		19.0	2.058	94.8	5.0	1.4	60.4	5940	5940	33.1	11.3			三軸圧縮 試験	
			1022.30		19.0	2.095	99.9	25.0	1.5	104.6	9280	9280						
			1022.55		20.2	2.059	98.1	50.0	1.9	124.0	14500	13400						
			1022.80		19.1	2.062	95.6	200.0	15.0	170.4	16000	13500						
1-41	細粒 砂岩	1045.35 ~1045.60	1045.40	2.631	20.2	2.059	99.2	107.3	15.2	161.6	19100	16100						封圧下での 圧縮試験
			1045.55		19.9	2.058	98.3	107.3	15.1	160.6	16000	14100						
1-42	砂質 泥岩	1076.05 ~1078.55	1076.10	2.610	18.8	2.086	100.9	110.7	2.0	163.4	16500	15500			26.3	20.1	封圧下での 圧縮試験	
			1076.35		19.4	2.056	98.2	110.7	2.1	164.4	17800	15900						
			1076.70		18.9	2.087	101.3	5.0	1.4	82.1	7140	7140	29.2	10.9			三軸圧縮 試験	
			1076.85		19.7	2.066	100.4	25.0	1.6	120.2	9760	9760						
			1078.35		18.9	2.074	99.4	50.0	1.7	143.0	15000	13300						
			1078.50		19.8	2.053	98.8	200.0	2.5	305.8	35400	35400						
1-43	砂質 泥岩	1100.30 ~1100.55	1100.35	2.615	19.4	2.070	99.8	113.4	2.1	190.8	19000	16800						封圧下での 圧縮試験
			1100.50		19.6	2.063	99.3	113.4	2.2	182.0	17200	17200						
1-44	砂質 泥岩	1126.20 ~1127.35	1126.25	2.631	18.4	2.088	98.4	116.2	2.5	200.3	20100	20100			24.1	25.1	封圧下での 圧縮試験	
			1126.50		18.5	2.101	100.6	116.2	2.4	210.2	20200	19500						
			1126.65		18.2	2.091	98.3	5.0	1.4	91.2	7730	7730	28.1	26.1			三軸圧縮 試験	
			1126.80		18.2	2.091	98.3	25.0	1.7	133.4	10400	10400						
			1127.15		19.0	2.085	99.7	50.0	1.9	172.9	12600	12600						
			1127.30		17.7	2.105	98.8	200.0	1.9	403.2	48600	48600						
1-45	砂質 泥岩	1151.70 ~1151.95	1151.75	2.635	17.7	2.126	101.7	119.0	1.7	237.4	25800	25800						封圧下での 圧縮試験
			1151.90		19.0	2.127	105.6	119.0	1.8	206.3	24200	24200						
1-46	砂質 泥岩	1179.05 ~1180.45	1179.10	2.655	17.5	2.112	97.4	122.0	2.6	370.5	30600	30600			28.6	27.6	封圧下での 圧縮試験	
			1179.25		16.6	2.121	95.9	122.0	2.3	352.0	30500	30500						
			1179.45		17.2	2.127	98.6	5.0	1.5	92.6	7630	7630	30.9	23.5			三軸圧縮 試験	
			1179.60		17.1	2.127	98.3	25.0	1.7	141.2	10800	10800						
			1179.85		17.5	2.111	97.2	50.0	1.7	155.9	14000	12600						
			1180.40		17.3	2.096	94.5	200.0	2.0	358.2	34200	34200						
1-47	砂質 泥岩	1190.10 ~1190.35	1199.15	2.634	18.4	2.067	95.3	124.2	1.7	354.2	41200	41200						封圧下での 圧縮試験
			1199.30		19.3	2.047	95.0	124.2	2.3	348.3	32300	32300						
1-48	砂質 泥岩	1227.25 ~1228.70	1227.30	2.639	18.2	2.109	100.3	127.3	1.6	419.4	42100	42100			33.3	29.1	封圧下での 圧縮試験	
			1227.45		20.2	2.072	100.4	127.3	1.7	393.9	37200	37200						
			1227.60		18.3	2.092	98.1	5.0	1.4	113.7	10200	10200	36.0	25.5			三軸圧縮 試験	
			1227.85		19.5	2.082	100.0	25.0	1.5	170.7	12600	12600						
			1228.15		17.9	2.059	92.4	50.0	2.1	179.8	12800	12800						
			1228.65		17.7	2.083	95.1	200.0	1.8	416.5	51400	51400						

表-2-4-6(6) 三軸圧縮試験(CD)及び封圧下での圧縮試験結果一覧表

No.	岩種	採取 深 度 GL-m	中 心 深 度 m	G _s	w %	ρ _t g/cm ³	S _r %	σ ₃ kgf/cm ²	ε _r %	(σ ₁ -σ ₃) _r kgf/cm ²	E _o kgf/cm ²	E _{so} kgf/cm ²	最大強度によるC _d ・φ _d				備 考	
													計 算		計 算			
													C _d kgf/cm ²	φ _d deg	C _d kgf/cm ²	φ _d deg		
1-49	砂質 泥岩	1251.05 ~1251.30	1251.10	2.649	19.8	2.057	96.6	129.9	1.8	390.3	33600	33600					封圧下での 圧縮試験	
			1251.25		18.0	2.055	91.5	129.9	1.6	381.9	34100	34100						
1-50	砂質 泥岩	1275.40 ~1276.30	1275.45	2.634	17.6	2.074	93.9	132.6	2.6	375.1	36500	36500			29.8	29.2	封圧下での 圧縮試験	
			1275.60		17.5	2.091	96.0	132.6	2.2	401.8	41500	41500						
			1275.75		17.3	2.084	94.1	5.0	1.3	101.3	9380	9380	30.9	27.1	三軸圧縮 試験			
			1275.90		17.4	2.080	93.8	25.0	1.6	148.0	11100	11100						
			1276.10		17.2	2.100	96.0	50.0	2.0	189.5	14900	14900						
			1276.25		17.1	2.102	96.4	200.0	1.5	433.9	51200	51200						
1-51	泥岩	1303.05 ~1303.30	1303.10	2.617	16.4	2.118	97.9	135.7	1.2	318.7	36800	36800						封圧下での 圧縮試験
1303.25			16.4		2.072	91.3	135.7	1.5	328.4	34300	34300							
1-52	泥岩	1323.10 ~1324.50	1323.15	2.602	15.6	2.142	100.4	137.9	1.6	452.8	45000	45000			31.1	29.8	封圧下での 圧縮試験	
			1323.30		15.7	2.141	100.6	137.9	1.8	406.2	40300	40300						
			1324.05		16.0	2.130	99.8	5.0	1.6	112.6	8180	8180	35.1	25.9	三軸圧縮 試験			
			1324.20		15.9	2.153	103.2	25.0	1.7	145.0	10700	9950						
			1324.32		15.4	2.166	103.7	50.0	1.9	206.7	16500	14900						
			1324.45		15.4	2.195	108.9	200.0	1.5	418.5	45500	45500						
1-53	砂質 泥岩	1353.00 ~1353.25	1353.05	2.624	15.9	2.125	96.8	141.2	1.7	429.8	45200	45200						封圧下での 圧縮試験
			1353.20		17.2	2.087	95.3	141.2	1.8	517.8	42900	42900						

表2-4-7(1) 繰り返し単純せん断試験結果一覧表

供試体 番号	採取深度 (m)	有効垂直応力 σ_v (kgf/cm ²)	単 体 γ_s (gf/cm ³)	含水比 w (%)	間隙比 e	飽和度 S_r (%)	土粒子比重 G_s	せん断ひずみ 10^{-4} レバ		せん断ひずみ 10^{-2} レバ		初期せん断 弾性係数 G_0 (kgf/cm ²)	せん断弾性係数比 $G/G_0=1/(1+\gamma/\gamma_n)$ のうちの γ_n の値※
								G(kgf/cm ²)	h	G(kgf/cm ²)	h		
S77A	77.30	6.34	1.82	36.15	1.00	96.52	2.67	1100	0.012	850	0.036	1150	2.78×10^{-2}
S77B	77.50	6.36	1.77	39.54	1.11	95.47	2.68	1150	0.020	850	0.036	1200	2.19×10^{-2}
S124A	124.81	10.23	1.71	40.56	1.20	90.25	2.67	1250	0.016	950	0.040	1300	2.81×10^{-2}
S124B	124.86	10.24	1.79	39.76	1.09	97.03	2.66	1250	0.014	900	0.046	1300	2.29×10^{-2}
S175A	175.05	14.35	1.88	31.84	0.87	97.71	2.67	1700	0.018	1250	0.038	1750	2.41×10^{-2}
S175B	175.50	14.39	1.83	32.73	0.94	93.32	2.68	1350	0.016	1000	0.048	1400	2.45×10^{-2}
S175C	175.70	14.41	1.85	32.71	0.92	94.93	2.67	1250	0.016	950	0.040	1350	2.36×10^{-2}
S240A	240.03	20.76	1.99	18.69	0.53	80.69	2.72	2300	0.008	1750	0.044	2350	2.78×10^{-2}
S240B	240.30	20.79	2.02	19.50	0.62	85.86	2.73	2500	0.012	1950	0.040	2650	2.58×10^{-2}
S275A	275.48	24.52	1.88	32.16	0.87	98.70	2.67	2250	0.012	1850	0.028	2300	4.18×10^{-2}
S275B	275.56	24.53	1.90	31.01	0.85	94.27	2.67	2250	0.010	1900	0.024	2300	4.99×10^{-2}
S322	322.06	29.46	1.96	21.20	0.69	84.10	2.73	3000	0.008	2300	0.040	3200	2.54×10^{-2}
S323	323.66	29.63	2.04	19.33	0.59	88.95	2.72	2850	0.004	2250	0.032	2900	3.11×10^{-2}
S327	327.40	30.02	2.06	18.29	0.56	88.84	2.72	2500	0.004	2050	0.034	2600	3.58×10^{-2}
S373	373.06	34.86	1.98	16.51	0.60	74.78	2.72	3000	0.004	2500	0.028	3150	3.32×10^{-2}
S377	377.50	35.34	2.04	20.85	0.60	93.83	2.70	2900	0.004	2400	0.030	2950	3.70×10^{-2}
S424	424.41	40.31	2.02	17.13	0.57	81.24	2.71	3250	0.006	2550	0.028	3300	3.23×10^{-2}

※ $\gamma \leq 1 \times 10^{-2}$ の範囲でH-Oモデルによる双曲線近似を行った。

表2-4-7(2) 繰り返し単純せん断試験結果一覧表

供試体 番号	採取深度 (m)	有効垂直応力 σ_v (kgf/cm ²)	単 体 γ_s (gf/cm ³)	含水比 w (%)	間隙比 e	飽和度 S_r (%)	土粒子比重 G_s	せん断ひずみ 10^{-4} レバ		せん断ひずみ 10^{-3} レバ		初期せん断 弾性係数 G_0 (kgf/cm ²)	せん断弾性係数比 $G/G_0=1/(1+\gamma/\gamma_n)$ のうちの γ_n の値※
								G(kgf/cm ²)	h	G(kgf/cm ²)	h		
S426	426.45	40.52	2.07	17.53	0.55	86.38	2.71	3150	0.004	2600	0.030	3250	4.16×10^{-3}
S474	474.81	45.65	1.92	21.29	0.72	80.62	2.72	2950	0.005	2500	0.028	3050	4.34×10^{-3}
S476	476.69	45.85	2.04	18.94	0.56	90.64	2.68	4150	0.008	3350	0.026	4450	2.74×10^{-3}
S524	524.81	50.95	1.95	23.73	0.71	89.84	2.70	3650	0.004	3100	0.030	3750	4.82×10^{-3}
S529	529.05	51.40	2.05	21.68	0.60	96.84	2.68	3550	0.004	3100	0.022	3650	5.46×10^{-3}
S579A	579.30	56.73	2.02	19.23	0.59	88.33	2.71	3850	0.002	3350	0.022	3950	5.18×10^{-3}
S579B	579.60	56.76	2.02	19.51	0.60	87.47	2.69	3900	0.002	3450	0.022	4000	6.17×10^{-3}
S627A	627.40	61.82	1.99	20.17	0.61	88.29	2.67	4050	0.002	3500	0.018	4100	6.00×10^{-3}
S627B	627.50	61.84	2.07	19.73	0.56	95.13	2.70	4000	0.006	3500	0.022	4150	5.32×10^{-3}
S678A	678.10	67.20	2.01	20.37	0.61	90.16	2.70	3900	0.002	3450	0.020	3950	6.23×10^{-3}
S678B	678.30	67.22	2.01	20.89	0.62	90.64	2.69	4050	0.002	3450	0.020	4100	5.48×10^{-3}
S730A	730.15	72.72	1.99	18.87	0.62	82.18	2.70	4850	0.002	4100	0.020	4950	5.03×10^{-3}
S730B	730.27	72.73	2.04	18.92	0.58	94.43	2.69	5050	0.006	4400	0.018	5250	4.49×10^{-3}
S777A	777.40	77.83	2.05	20.23	0.58	94.17	2.70	4400	0.002	3800	0.022	4550	4.85×10^{-3}
S777B	777.50	77.85	2.02	20.02	0.60	89.76	2.69	4250	0.002	3700	0.020	4300	6.02×10^{-3}
S829A	829.60	83.58	1.99	20.02	0.61	87.96	2.68	4400	0.002	3800	0.020	4600	5.02×10^{-3}
S829B	829.70	83.59	2.02	19.53	0.58	89.91	2.67	4500	0.005	3750	0.026	4650	5.79×10^{-3}

※ $\gamma \leq 1 \times 10^{-3}$ の範囲でH-Dモデルによる双曲線近似を行った。

表2-4-7(3) 繰り返し単純せん断試験結果一覧表

供試体 番号	採取深度 (m)	有効垂直応力 σ_v (kgf/cm ²)	単 体 γ_s (gf/cm ³)	含水比 w (%)	間隙比 e	飽和度 S_r (%)	土粒子比重 G_s	せん断ひずみ10 ⁻⁴ レベル		せん断ひずみ10 ⁻² レベル		初期せん断 弾性係数 G_0 (kgf/cm ²)	せん断弾性係数比 $G/G_0=1/(1+\gamma/\gamma_s)$ のうちの γ_s の値※
								G(kgf/cm ²)	h	G(kgf/cm ²)	h		
S873	873.90	88.45	2.03	20.71	0.58	94.98	2.66	4850	0.003	4250	0.020	4950	5.64×10^{-3}
S874	874.20	88.48	2.01	23.21	0.65	96.05	2.69	4500	0.003	4000	0.020	4600	6.02×10^{-3}
S920A	920.36	93.56	2.04	20.09	0.59	92.03	2.70	4850	0.004	4250	0.024	4950	5.81×10^{-3}
S920B	920.41	93.57	2.01	19.14	0.60	86.07	2.70	4550	0.004	4050	0.021	4700	8.07×10^{-3}
S979A	979.46	100.06	2.07	19.49	0.54	96.37	2.67	4500	0.005	4050	0.020	4650	6.80×10^{-3}
S979B	979.51	100.07	2.00	20.69	0.62	89.43	2.68	4800	0.005	4250	0.020	4900	6.92×10^{-3}
S1025A	1025.56	105.13	2.05	17.44	0.53	88.52	2.69	4550	0.003	4050	0.020	4650	6.94×10^{-3}
S1025B	1025.66	105.14	2.04	18.21	0.55	88.40	2.67	4800	0.002	4200	0.020	4900	6.05×10^{-3}
S1077A	1077.24	110.82	2.08	17.71	0.54	92.86	2.68	4850	0.002	4350	0.019	5000	7.58×10^{-3}
S1077B	1077.31	110.82	2.05	18.54	0.56	89.06	2.69	4850	0.004	4450	0.020	5000	7.79×10^{-3}
S1129A	1129.71	116.59	2.08	18.10	0.52	93.63	2.69	5350	0.002	4800	0.016	5400	8.51×10^{-3}
S1129B	1129.81	116.60	2.07	17.90	0.53	90.51	2.68	5350	0.003	4650	0.018	5500	5.23×10^{-3}
S1180A	1180.19	122.14	2.09	16.12	0.48	89.67	2.67	4850	0.004	4300	0.018	4950	6.25×10^{-3}
S1180B	1180.26	122.15	2.07	15.30	0.48	85.43	2.68	4850	0.006	4350	0.020	4900	8.65×10^{-3}
S1228A	1228.05	127.41	1.95	20.83	0.66	84.51	2.68	5450	0.005	4800	0.017	5700	4.51×10^{-3}
S1228B	1228.79	127.49	1.98	17.48	0.58	80.19	2.67	5400	0.002	4850	0.016	5550	6.54×10^{-3}
S1277A	1277.06	132.80	2.07	18.89	0.53	95.20	2.66	5600	0.000	4950	0.013	5850	4.58×10^{-3}

※ $\gamma \leq 1 \times 10^{-3}$ の範囲でH-Dモデルによる双曲線近似を行った。

表2-4-7(4) 繰り返し単純せん断試験結果一覧表

供試体 番号	採取深度 (m)	有効垂直応力 σ_v (kgf/cm ²)	単 体 γ_s (gf/cm ³)	含水比 w (%)	間隙比 e	飽和度 S_r (%)	土粒子比重 G_s	せん断ひずみ 10^{-4} レバ		せん断ひずみ 10^{-3} レバ		初期せん断 弾性係数 G_0 (kgf/cm ²)	せん断弾性係数比 $G/G_0=1/(1+\gamma/\gamma_n)$ のうちの γ_n の値※
								G(kgf/cm ²)	h	G(kgf/cm ²)	h		
S1277B	1277.16	132.81	2.07	18.22	0.53	92.03	2.68	5500	0.001	4800	0.017	5650	5.38×10^{-3}
S1325A	1325.46	138.12	2.13	16.29	0.46	95.03	2.67	5650	0.001	5200	0.013	5850	6.76×10^{-3}
S1325B	1325.56	138.13	2.03	16.30	0.54	81.59	2.68	5700	0.004	5000	0.016	5900	5.05×10^{-3}
S1353A	1353.41	141.20	2.04	16.26	0.53	82.06	2.69	5300	0.003	4850	0.015	5450	8.38×10^{-3}
S1353B	1353.61	141.22	2.07	16.53	0.52	85.84	2.70	5000	0.003	4800	0.017	5100	-2.07×10^{-1}

※ $\gamma \leq 1 \times 10^{-3}$ の範囲でH-Dモデルによる双曲線近似を行った。

(8) 油分含有量試験

GL-77m から1277m までの掘削コアのうち24試料について実施した油分含有量試験の結果は表2-4-9に示すとおりであった。深度分布を図2-4-22に示し、地層ごとの平均値、最大値、最小値を表2-4-8にまとめた。

表2-4-8 地層毎油分含有量

単位：mg/kg乾土

地層名	深度 (GL-m)	試料数	最大値	最小値	平均値
更別層	0 ~ 349.2	6	197	64	115
勇知層	349.2~ 886.6	11	162	62	113
声問層	886.6~1355.0	7	90	36	58
全層	0 ~1355.0	24	197	36	97

これらの図表からわかるとおり、GL-886.6m以深の声問層試料の油分含有量が全体に少なく、更別層と勇知層の試料の平均値で比較した場合、大差がなかった。

(9) 含ガス量試験

GL-78m から1350m までの掘削コアのうち30試料について実施した含ガス量試験の結果は表2-4-11に示すとおりであった。GL-127m 付近の1試料を除く29試料に含まれていたメタン含有量の深度分布を前述の油分含有量と合わせて、図2-4-22に示し、メタン含有量の地層ごとの平均値、最大値、最小値を表2-4-10にまとめた。

表2-4-9 コア中 油分含有量
測定の結果

	項目 試料番号	深 度 [GL-m]	含 水 率 [%]	油分含有量 [mg/Kg 乾土]
更 別 層	No 2	77.63 ~ 77.86	23.2	76
	No 4	127.00 ~ 127.15	25.9	124
	No 6	176.00 ~ 176.18	24.1	144
	No 8	242.10 ~ 242.25	13.3	84
	No 10	275.30 ~ 275.44	22.3	197
	No 12	326.87 ~ 327.00	16.2	64
勇 知 層	No 14	377.88 ~ 378.00	17.2	79
	No 16	426.51 ~ 426.90	14.6	62
	No 18	478.35 ~ 478.90	15.3	88
	No 20	529.10 ~ 529.50	16.8	131
	No 22	579.69 ~ 580.00	15.5	141
	No 24	627.55 ~ 628.00	15.7	128
	No 26	673.00 ~ 673.31	17.4	76
	No 28	725.83 ~ 726.00	15.1	162
	No 30	777.60 ~ 777.92	15.8	147
	No 32	827.60 ~ 827.70	16.2	85
	No 34	875.55 ~ 875.65	16.9	142
	声 岡 層	No 36	926.00 ~ 926.13	15.0
No 38		976.00 ~ 976.33	15.1	53
No 40		1025.74 ~ 1026.00	14.9	65
No 44		1130.00 ~ 1130.25	12.8	64
No 46		1180.63 ~ 1180.84	13.5	36
No 48		1228.85 ~ 1229.00	14.4	60
No 50		1277.60 ~ 1277.75	14.3	90

表 2-4-10 地層毎メタン含有量

単位：mg/kg乾土

地層名	深度 (GL-m)	試料数	最大値	最小値	平均値
更別層	0 ~ 349.2	6	0.14	< 0.01	0.048*
勇知層	349.2~ 886.6	12	0.35	0.02	0.100
声問層	886.6~1355.0	12	0.25	0.06	0.123
全層	0 ~1355.0	30	0.35	< 0.01	0.099

*0.01未満を0.01として計算した。

これらの図表からわかるとおり、コア中メタンの含有量は、平均値で比較すると、下位地層ほど多かった。その他の含ガス量については、GL-176m 付近までの試料の地層とアルゴンがそれ以深の試料より多かった。またエタン、プロパン、ブタン、ペンタンは、現地掘削時にガス臭がしたGL-816m 付近の試料にエタンが0.02ml/kg乾土検出された以外、0.01ml/kg乾土未満であった。しかし、炭素数6のヘキサンは6試料を除いて0.01~0.61ml/kg乾土検出されたが、地層間の差異、油分および他のガス成分との関係は特に認められなかった。

表2-4-11 コア中 含ガス量
測定の結果

試料 No	項目 深度[GL-m] 位	メ	ニ	プロ	イソ	ヘキ	窒	炭	アル	合	臭	
		タン	タン	パン	ンタン	サン	素	素	ゴン	水		
		m ³ /kg 乾土							%			
夏 別 課	No 2	78.09 ~ 78.44	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	0.14	29.8	0.00	0.40	28.0	
	No 4	127.15 ~ 127.41	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	31.8	0.00	0.37	28.3	
	No 6	176.18 ~ 176.58	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	0.61	41.6	0.00	0.13	24.9	イオウ臭
	No 8	241.00 ~ 241.30	0.14	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	6.12	0.00	0.09	17.3	酸化水素, 灯油臭
	No10	275.00 ~ 275.30	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	0.24	7.30	0.00	0.16	23.1	
	No12	325.00 ~ 325.30	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	5.53	0.00	0.11	16.1	酸化水素臭
	No14	375.00 ~ 375.30	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	7.38	0.00	0.10	18.0	酸化水素臭
	No16	425.00 ~ 425.30	0.16	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	4.54	0.00	0.08	14.4	酸化水素臭 (弱い)
	No18	475.00 ~ 475.30	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	0.10	8.84	0.00	0.09	19.1	
	No20	525.00 ~ 525.30	0.09	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	6.43	0.00	0.09	17.1	酸化水素臭 (弱い)
	No22	575.00 ~ 575.30	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	8.04	0.00	0.09	15.8	酸化水素, 灯油, 匂臭
	夏 知 課	No24	625.00 ~ 625.30	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	3.68	0.00	0.07	16.9
No26		675.00 ~ 675.30	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	4.73	0.00	0.08	17.3	
No28		725.00 ~ 725.30	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	3.67	0.00	0.07	16.1	
No30		774.70 ~ 775.00	0.08	<0.01	<0.01	<0.01	0.08	9.46	0.00	0.12	16.4	酸化水素臭 (弱い)
No32		825.00 ~ 825.30	0.10	<0.01	<0.01	<0.01	0.06	5.33	0.00	0.08	17.9	ヘドロ臭
No34		875.00 ~ 875.30	0.17	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	8.47	0.00	0.12	17.7	
No36		925.00 ~ 925.30	0.09	<0.01	<0.01	<0.01	0.04	8.96	0.00	0.14	18.8	
		929.00 ~ 929.30	0.10	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	12.0	0.00	0.15	17.5	
No38		975.00 ~ 975.30	0.10	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	6.26	0.00	0.16	16.3	
No40		1025.00 ~ 1025.30	0.13	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	10.1	0.00	0.10	15.6	
夏 問 課	No42	1075.00 ~ 1075.30	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	5.11	0.00	0.04	15.7	
	No44	1125.00 ~ 1125.30	0.12	<0.01	<0.01	<0.01	0.04	10.9	0.00	0.08	15.9	
	No46	1175.00 ~ 1175.30	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	4.80	0.00	0.04	13.7	
	No47	1200.00 ~ 1200.30	0.14	<0.01	<0.01	<0.01	0.22	4.67	0.00	0.07	16.2	
	No48	1225.00 ~ 1225.30	0.25	<0.01	<0.01	<0.01	0.17	5.15	0.00	0.07	16.1	
	No50	1275.00 ~ 1275.30	0.19	<0.01	<0.01	<0.01	0.06	11.0	0.00	0.07	15.1	
	No51	1325.00 ~ 1325.30	0.11	<0.01	<0.01	<0.01	0.04	5.44	0.00	0.05	14.6	イオウ臭 (弱い)
	No52	1350.00 ~ 1350.30	0.13	<0.01	<0.01	<0.01	0.07	13.4	0.00	0.04	15.2	
		806.56 ~ 806.85	0.35	0.02	<0.01	<0.01	0.02	8.67	0.00	0.09	19.0	イオウ, 灯油臭

但し、n-ブタン、n-ペンタン、イソペンタンは全て0.01m³/kg乾土未満である。

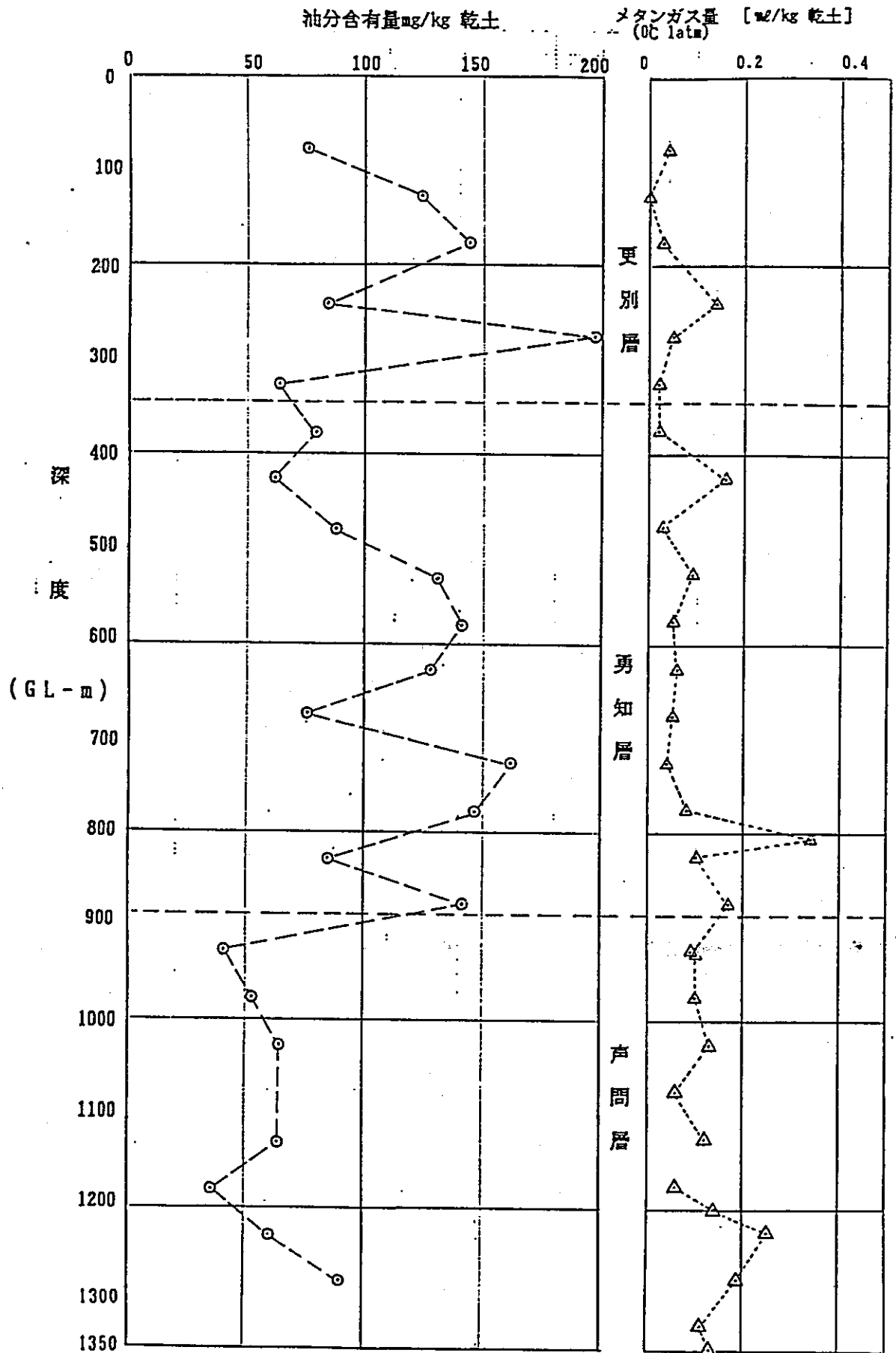


図 2-4-22 コア中油分及びメタンガス含有量

(10) 風化試験

地層の物化学的性質、膨潤・膨張性、および風化の耐久性などを把握するための試験を行った。

3 試料のコアの風化試験結果は表 2-4-12 に示すとおりであった。






表 2-4-12 風化試験結果

試料番号		No.1	No.2	No.3				
区分	採取深度 (GL-m)	658.42	1222.00	1340.03				
	項目 [単位]	~ 659.00	~1222.45	~1240.40				
理化	初期含水率 [湿土ベース%]	15.3	15.3	13.3				
	pH	9.7	9.1	9.2				
	電気伝導率 (間隙水換算) [μS/cm]	8320	52800	40700				
	酸化還元電位 [mV]	190	70	-120				
	陽イオン交換容量*1 [meg/l]	9.8	9.2	25.3	23.9	33.5	31.0	
	交換 イ オン	ナトリウム [meg/l]	4.1	3.0	23.2	10.0	25.3	17.6
		カリウム [meg/l]	2.7	2.4	4.8	4.0	7.2	6.2
		カルシウム [meg/l]	24.0	3.3	4.6	6.2	3.8	4.2
		マグネシウム [meg/l]	3.1	2.5	6.1	6.6	6.0	6.7
		合計 [meg/l]	33.9	11.2	38.7	26.8	42.3	34.7
陽イオン飽和度*2 [%]	345	122	153	112	126	112		
吸水 膨張	簡易スレーキング*3	4,4,4,4	1,1,1,1	2,2,2,3				
	膨張ひずみ指数 [%]	0.03	0.37	2.14				
	膨張圧 Pmax [kgf/cm ²]	0.089	0.523	0.658				
乾湿繰り返し試験 吸水増加率 [%/回]	—	10.2	28.5					

*1 陽イオン交換容量および交換性陽イオンの右欄は乾湿繰り返し試験後の試料について行った結果である。

*2 陽イオン飽和度 = $\frac{\text{交換性陽イオン合計}}{\text{陽イオン交換容量}} \times 100$ [%]

*3 各欄の4ケタのデータは、左側から1,2,4,24時間後のスレーキング指数を表わす。

区分	0	1	2	3	4
形状					
状態	変化しない	亀裂が入る程度	細片化するが 泥状化しない	細片化と部分的 泥状化	完全に泥状化

2. 5 水質分析

2. 5. 1 目的

調査地に分布する地層中の地下水水質を把握するため実施した。

2. 5. 2 分析方法

水質分析に供する地下水は「2. 3 ボーリング孔を用いた原位置試験」の際に採水した8試料である。その内訳は表2-5-1に示すとおりである。

表2-5-1 水質分析試料の内訳

試料番号	採水または湧水深度 (GL-m)	試料数	採水方法
W-1	149	6	MLS社製採水器により 所定深度から採水
W-2	295		
W-3	805		
W-4	1050		
W-5	1150		
W-6	1250		
Uw-1	800~ 810	2	追加ガス調査の揚水 または湧水を採水
Uw-2	1000~1355		

分析項目および分析方法は表 2-5-2 に示すとおりである。

表 2-5-2 試験項目および試験方法

区分	試験項目	試験方法
一般項目	<ul style="list-style-type: none"> ・水温・pH・R-pH・電気伝導率 ・ナトリウムイオン (Na⁺) ・カリウムイオン (K⁺) ・カルシウムイオン (Ca²⁺) ・マグネシウムイオン (Mg²⁺) ・塩素イオン (Cl⁻) ・硫酸イオン (SO₄²⁻) ・炭酸水素イオン (HCO₃⁻) ・溶解性鉄 (Fe) ・イオン状シリカ (SiO₂) 	<ul style="list-style-type: none"> ・工業用水試験方法 (JISK0101-1986) ・工場排水試験方法 (JISK0102-1986)
生活環境項目	<ul style="list-style-type: none"> ・化学的酸素要求量 (COD) 	同上
健康項目	<ul style="list-style-type: none"> ・カドミウム (Cd) ・シアン (N) ・有機リン (O-P) ・鉛 (Pb) ・六価クロム (Cr(VI)) ・砒素 (As) ・水銀 (T-Hg)、アルキル水銀 (R-Hg) ・PCB 	<ul style="list-style-type: none"> ・工場排水試験方法 (JISK0102-1986) ・「水質汚濁に係る環境基準について」 (環境庁告示第59号)

2. 5. 3 分析結果

水質分析結果は表2-5-3に示すとおりである。本表には、後述の図化整理のため陸水7項目については当量濃度 ($\text{meq} / \ell = \text{mg} / \ell \div 1\text{グラム当量}$) とその百分率 (当量%) を併記し、また現海水成分との比較および環境基準との比較のため、現海水組成と環境基準の中の健康項目の基準値も併記した。

まず、表2-5-3に記した当量濃度および当量百分率を用いて図2-5-1にヘキサダイアグラムとトリリニアダイアグラムを図示した。これらの図表から判るとおり、調査地の地下水は領域Ⅱアルカリ重炭酸塩型 (Na-HCO_3 型) を示すものと、海水と同じ領域Ⅳアルカリ非炭酸塩型 (Na-Cl 型) を示すものとに2大別される。前者に分類されるのはw-1、w-2、w-3、Uw-1の4試料で、GL-145m、295m、805mの深度から採水したものであり、ヘキサダイアグラムが後者に較べて格段に小さい。後者に分類されるのはw-4、w-5、w-6、Yw-1、Uw-2の5試料でGL-1000~1355mの深層から採水したものである。これら5試料は大まかには Na-Cl 型で海水と同じ分類となるが海水と比較して HCO_3^- のみが7~15倍と多く、その他イオンは全て少ない。とくにw-4、w-5、w-6はヘキサダイアグラムの形も小さく、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} が格段に少なかった。一方、検層などのため多量揚水 (総計約 300m^3) 後に採水したYw-1、Uw-2はヘキサダイアグラムの形が大きくなり典型的な Na-Cl 型となった。この2試料においても海水と比較して Mg^{2+} 、 Ca^{2+} が少ないが、とくに SO_4^{2-} は1/60以下であった。

参考として文献から得た幌延周辺地域石油・ガス試掘井天然ガス付随水水質分析結果および試掘井位置図を表2-5-4および図2-5-2、図2-5-3に示した。文献値は全て増幌層から得られたものである。今回調査試料の

Yw-1、Uw-2に較べて総イオン量が少なく、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- の量に差異が認められる。詳細は今後の検討課題としたい。

表 2-5-3 水 質 分 析 結 果

項目	単位	試料番号									海 水	取 扱 法 (項目)
		W-1	W-2	W-3	W-4	W-5	W-6	y-1	u-1	u-2		
P H (pH測定時水温)	- (°C)	8.1 (25)	7.5 (25)	9.1 (22)	8.7 (24)	8.0 (24)	7.2 (23)	8.2 (24)	8.4 (25)	8.1 (25)	- (-)	-
電気伝導率 (25°C)	μS/cm	382	333	1,260	9,480	8,060	5,930	30,000	1,760	30,300	-	-
ナトリウムイオン	mg/l 当量%	2.61 60.0 66.8	2.36 54.2 73.3	12.87 294 92.8	109.56 2,520 96.2	89.13 2,050 95.0	62.17 1,430 93.9	382.17 8,790 92.1	18.21 419 94.4	383.48 8,820 92.3	456.52 10,500 77.0	-
カリウムイオン	mg/l 当量%	0.09 3.4 2.3	0.11 4.2 3.4	0.52 29.2 3.8	2.79 109 2.4	2.84 111 3.0	2.24 87.7 3.4	7.98 312 1.9	0.51 19.9 2.6	7.90 309 1.9	9.72 380 1.6	-
カルシウムイオン	mg/l 当量%	0.82 18.4 21.0	0.38 7.7 11.8	0.42 8.4 3.0	1.06 21.2 0.9	1.28 25.6 1.4	0.75 15.1 1.1	5.89 118 1.4	0.22 4.5 1.1	5.29 106 1.3	19.96 400 3.4	-
マグネシウムイオン	mg/l 当量%	0.39 4.8 10.0	0.37 4.2 11.5	0.05 0.6 0.4	0.42 5.1 0.4	0.53 6.4 0.6	0.46 5.6 0.7	18.91 230 4.6	0.34 4.1 1.8	18.58 225 4.5	106.91 1,300 18.0	-
塩化物イオン	mg/l 当量%	1.07 38.0 28.9	1.17 41.6 39.1	1.07 37.9 7.1	59.49 2,110 53.7	53.00 1,880 56.1	35.24 1,250 58.5	391.88 13,900 92.2	3.19 113 16.3	403.16 14,300 94.9	535.66 19,000 90.3	-
硫酸イオン	mg/l 当量%	0.57 27.4 15.4	0.13 6.4 4.3	2.44 117 16.1	15.29 734 13.8	14.92 716 15.8	9.27 445 15.4	0.93 44.5 0.2	0.08 3.6	0.14 6.8 0.0	55.21 2,650 9.3	-
炭酸水素イオン	mg/l 当量%	2.06 122 55.7	1.69 103 56.5	14.02 672 76.8	35.90 2,190 32.5	26.56 1,520 28.2	15.74 1,070 26.1	32.13 1,960 7.6	15.69 957	21.48 1,310 3.0	2.30 140 0.4	-
炭酸イオン	mg/l 当量%	-	-	0.60 18.1	0.13 3.8	0.06 1.7	-	-	0.56 16.9	-	-	-
容 存 シ リ カ	mg/l	34	40	68	38	33	32	12	66	5未満	180	-
C O D	mg/l	90	32	173	2,220	1,940	1,710	834	17.8	551	-	-
溶 存 鉄	mg/l	3.6	2.1	24.6	108	115	40.7	-	-	-	-	-
カドミウム	mg/l	0.005 未満	0.005 未満	0.005 未満	0.005 未満	0.005 未満	0.005 未満	-	-	-	-	0.01 以下
鉛	mg/l	0.05 未満	0.05 未満	0.05 未満	0.05 未満	0.05 未満	0.05 未満	-	-	-	-	0.1 以下
六価クロム	mg/l	0.05 未満	0.05 未満	0.05 未満	0.05 未満	0.05 未満	0.05 未満	-	-	-	-	0.05 以下
ヒ 素	mg/l	0.01 未満	0.01 未満	0.01 未満	0.03	0.02	0.01 未満	-	-	-	-	0.05 以下
有 機 リ ン	mg/l	0.01 未満	0.01 未満	0.01 未満	0.01 未満	0.01 未満	0.01 未満	-	-	-	-	検出 されず
シ ア ン	mg/l	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	-	-	-	-	検出 されず
総 水 銀	mg/l	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満	-	-	-	-	0.0005 以下
アルキル水銀	mg/l	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満	-	-	-	-	検出 されず
P C B	mg/l	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満	-	-	-	-	検出 されず
全 蒸 発 残 留 物	mg/l	-	-	-	-	-	-	26,500	1,150	26,500	-	-

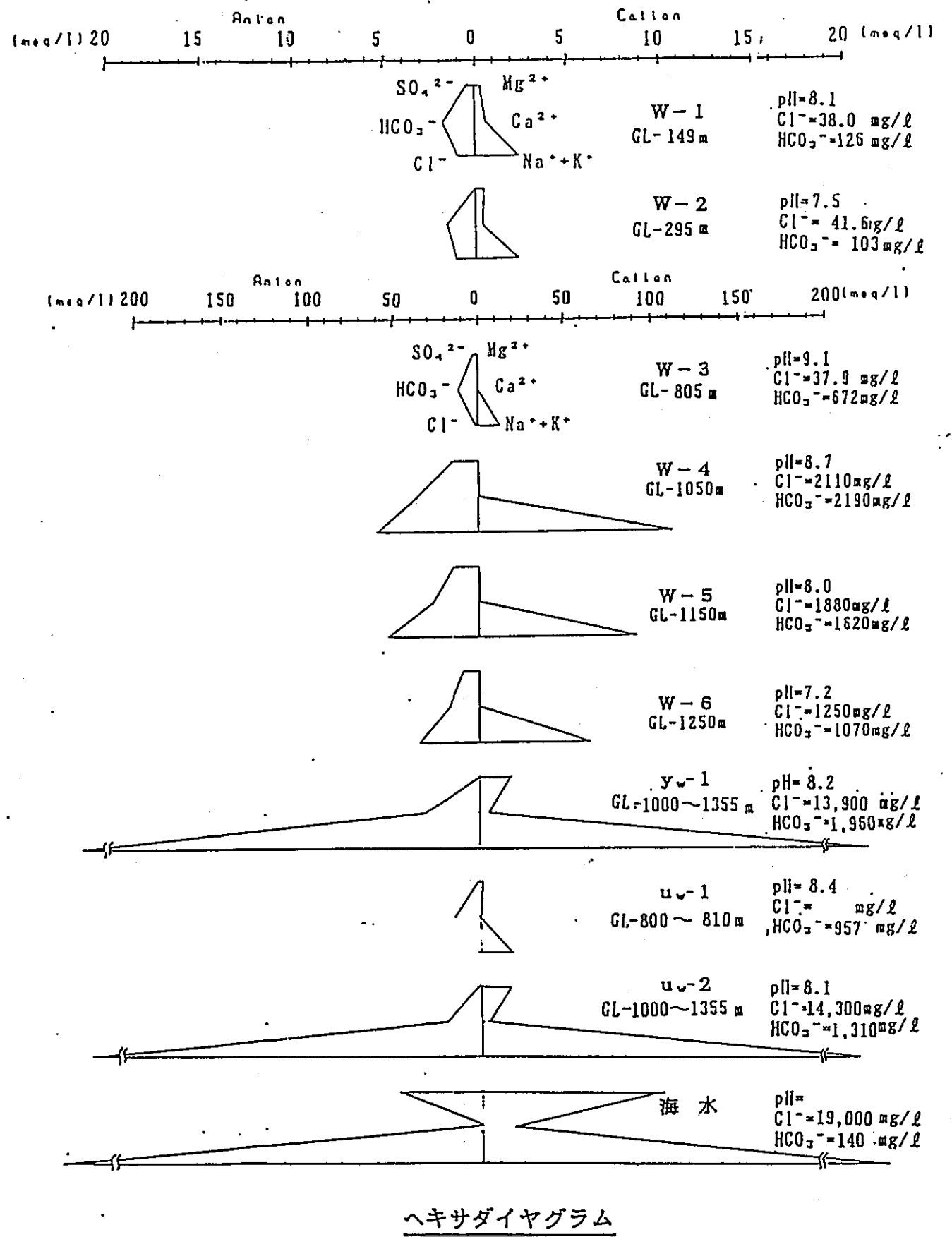
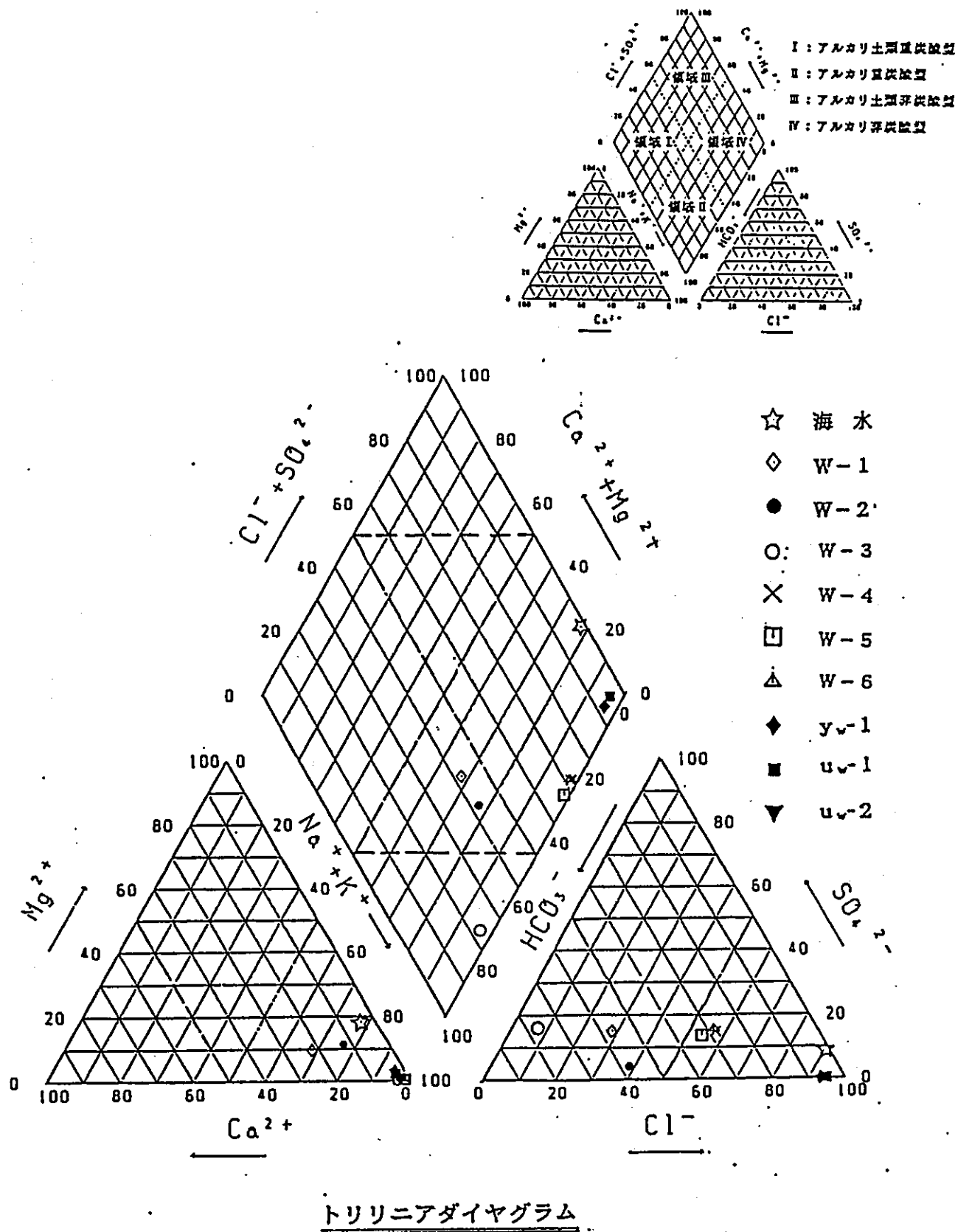


図 2-5-1 深層ボーリング孔水質分析結果

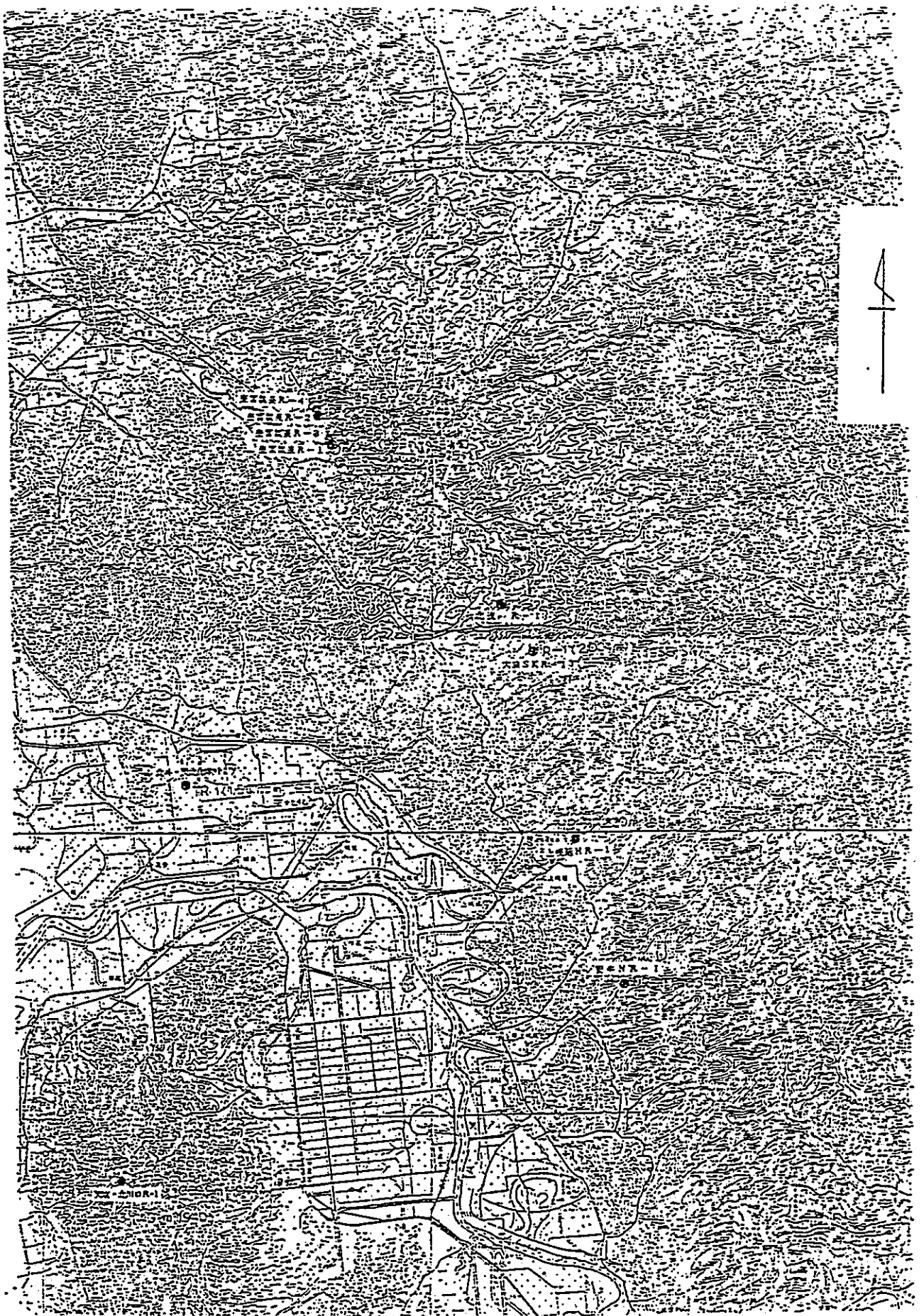


图 2-5-2 幌延周辺地域石油・ガス試掘井位置図

224

表 2-5-4 幌延周辺地域石油・ガス試験井天然ガス付随水分析表

(単位: mg/l)

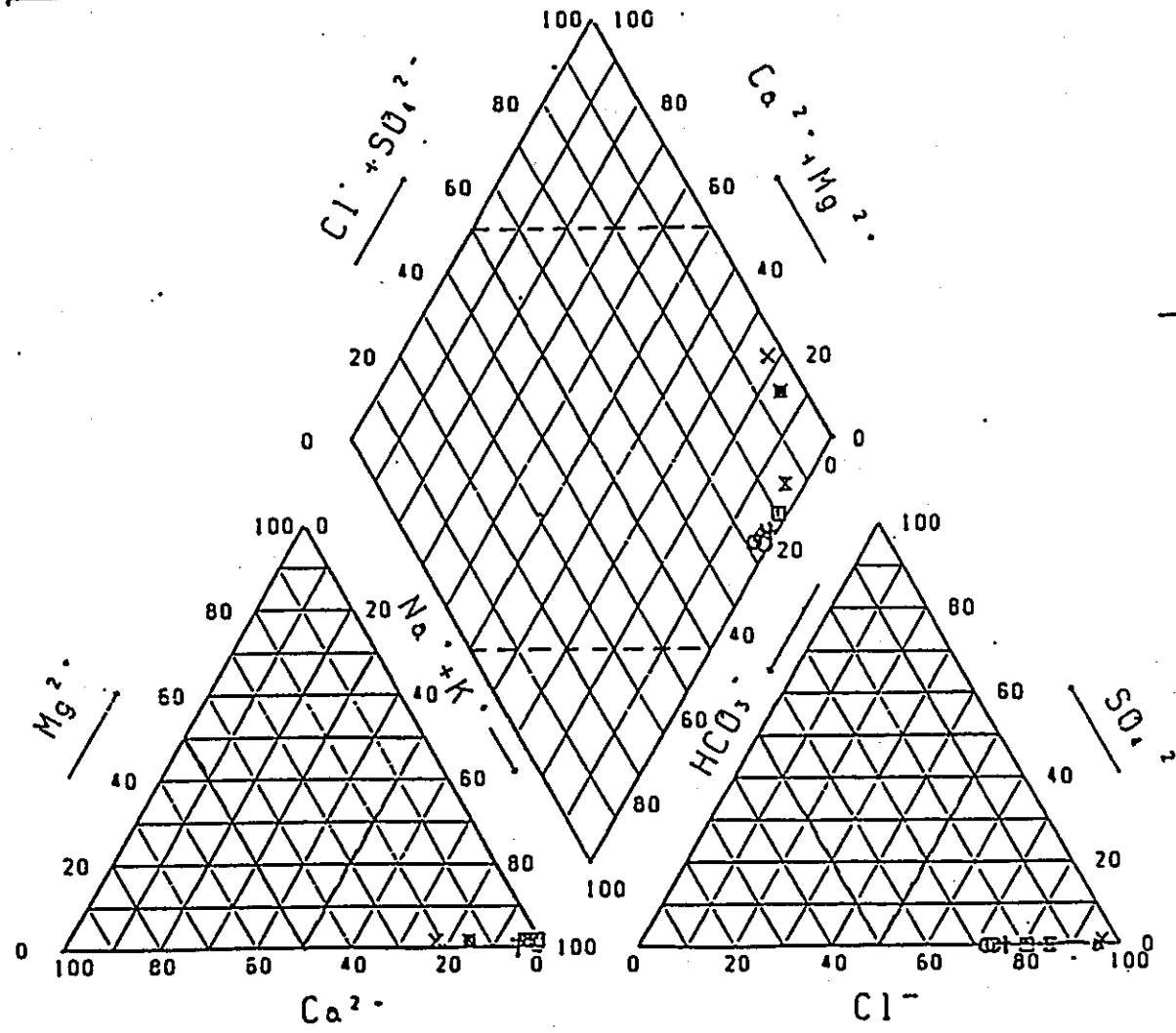
	深度 (m)	水温 (°C)	pH	R-pH	Cl	HCO ₃	SO ₄	CO ₂	Fe	Na	K	Ca	Mg	COD	NH ₄	SiO ₂	I	HBO ₂	住上り地層
上幌延II R-1		6.1	7.9	7.8	4,927.4	3,031.7	0	36.0	22.87	4,060	127.5	28.0	14.0	=	=	58.8	=	=	礫層
北進, R-1		12.8	7.8	8.0	6,777	390	128	23.3	42.60	3,625	35.7	883	40.8	32.2	12.5	33.3	24.5	688	礫層
北斗・天北化学-1		10.1	8.7	=	10,415	4,365	0	150	=	7,850	124.2	13.6	74.3	217.4	20.7	96.3	38.7	597	瓦片破損 (除硫水)
豊富温泉 R-1	961	40.1	7.4	7.8	6,089	3,514	7	37.4	0.31	4,810	35	86	35	23.4	17.6	25.5	19.6	566	礫層
豊富温泉 R-2	860	33.3	7.3	7.9	6,309	4,165	0	93.4	1.95	5,420	41.4	105	42	31.0	16.2	26.8	21.5	567	礫層
豊富温泉 R-8	908	35.9	8.0	8.3	6,174	1,850	0	26.7	1.54	4,464	36.5	83.6	48.2	=	=	24.4	=	=	礫層
天里・北川口 R-1	1,069	27.7	7.2	7.8	9,335	791	0	108	2.72	5,220	43.8	791	59.3	=	=	65.7	=	=	礫層
北豊富 R-2	1,507	16.7	7.2	7.9	7,621	4,331	0	301	1.97	6,700	48.2	113	65.6	69.5	15.0	45.8	25.8	468	礫層

= 分析せず

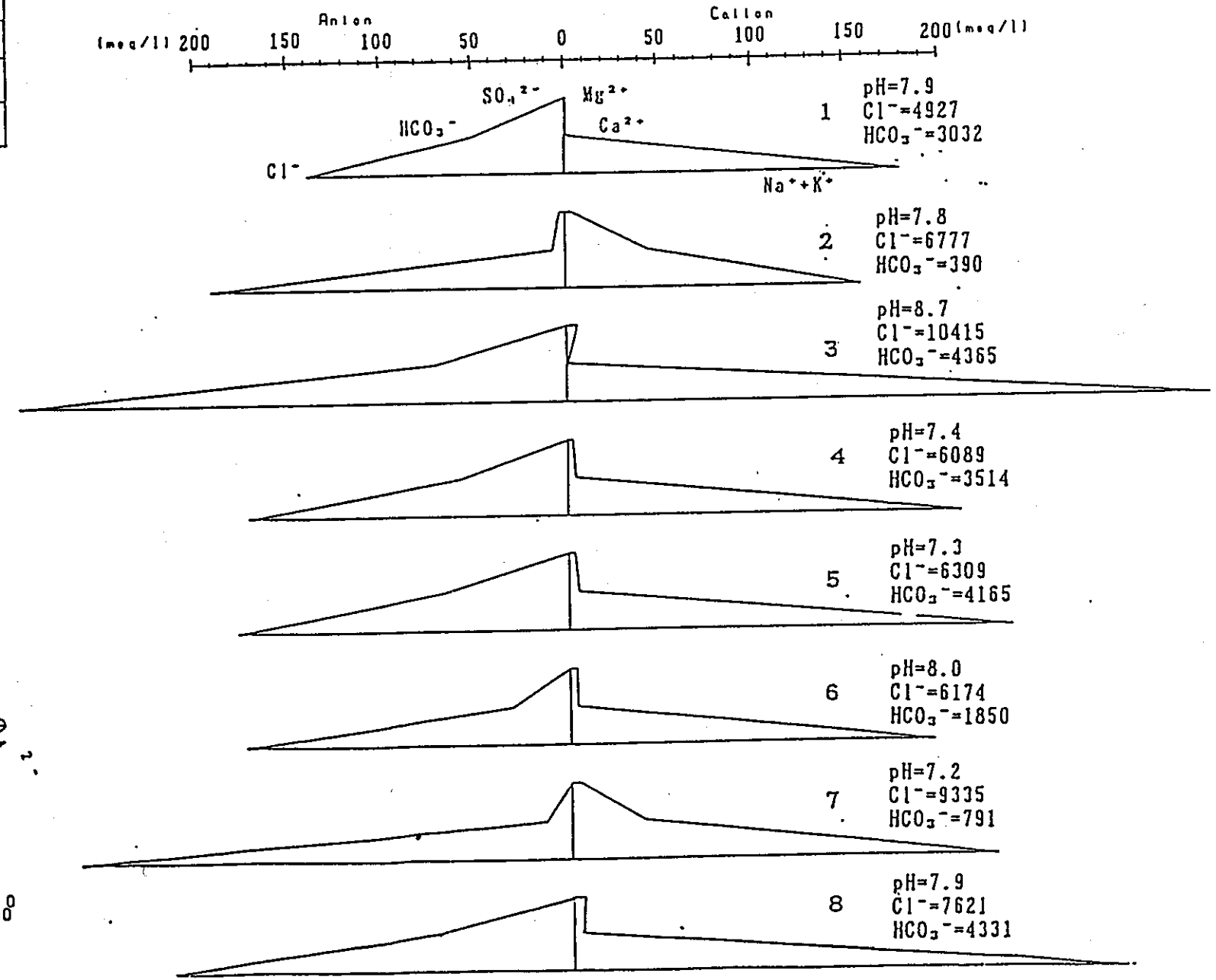
参考文献

- 二川勝一 氏(1974): 石油・天然ガス付随水の化学組成について、地下資源調査所報告第45号
- 北海道立地下資源調査所(1979): 北海道の地熱・温泉 (C) 北海道中央部、地下資源調査所調査研究報告第7号
- その他地下資源調査所資料

		深度 (m)	仕上げ地層	O ₂	N ₂	CO ₂	CH ₄
○ 1	上幌延HR-1		増祝層	0.210	1.905	2.054	95.382
× 2	北進, R-1		増祝層	0.115	0.943	0.465	95.566
□ 3	北斗・天北化学-1		坑井破損(停滯水)				
△ 4	豊富温泉R-1	961	増祝層				
○ 5	豊富温泉R-2	860	増祝層				
× 6	豊富温泉R-8	908	増祝層	0.141	1.500	1.967	95.063
× 7	天塩・北川口R-1	1,069	増祝層	0.11	3.42	0.00	95.01
+ 8	北豊富R-2	1,507	増祝層				



トリリニアダイヤグラム



ヘキサダイヤグラム

図 2-5-3 幌延周辺地域石油・ガス試掘井天然ガス付随水水質分析結果

3. あとがき

ボーリング掘進深度は当初1200mの予定であった。

掘進の途中において、勇知層と推定される地層が予想よりも厚く分布していることが判り、1355mの掘進となった。

深層ボーリングを1本実施したことによって、貯蔵工学センター予定敷地の地質状況はかなり明らかとなった。

しかし、今回のボーリング調査は多分にテストボーリング的性格を有しており、各種の原位置試験を適正な深度で実施することが必ずしも出来なかった。特に地下水に関する情報については、その概要が把握されたにすぎないものと考えられる。

ボーリングは点の調査であるので、今後更にボーリング調査を追加実施したり、物理探査を行う等のことにより、敷地の地質状況を面に拡げて把握していくことが必要である。

今回の調査をすすめるにあたって、動力炉・核燃料開発事業団 をはじめ、環境資源部の各位には種々御指導いただいた。厚く御礼申上げる次第である。