JAEA-Technology
2006-052

JP0750128

堆積岩を対象とした
地上からの深層ボーリング孔掘削事例

Experiences of Deep Borehole Drilling in Neogene Sedimentary Formations during Surface-based Investigation Phase

松井 裕哉　佐々木 学 *

Hiroya MATSUI and Manabu SASAKI *

地層処分研究開発部門
堆積岩地質環境研究グループ

Sedimentary Environment Research Group
Geological Isolation Research and Development Directorate

November 2006

Japan Atomic Energy Agency　日本原子力研究開発機構

JAEA-Technology

本レポートは日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ（http://www.jaea.go.jp/index.shtml）より発信されています。このほか財団法人原子力弘済会資料センター*では実費による複写頒布を行っております。

〒319-1195　茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4
日本原子力研究開発機構　研究技術情報部　研究技術情報課
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920

*〒319-1195　茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4　日本原子力研究開発機構内

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,
Japan Atomic Energy Agency
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920

© Japan Atomic Energy Agency, 2006

JAEA-Technology 2006-052

堆積岩を対象とした地上からの深層ボーリング孔掘削事例

日本原子力研究開発機構　地層処分研究開発部門
幌延深地層研究ユニット
松井　裕哉，佐々木　学*

（2006年10月2日　受理）

日本原子力研究開発機構（旧　核燃料サイクル機構）は、平成12年度より北海道幌延町において、地下施設の建設を伴う研究プロジェクト（幌延深地層研究計画）を進めている。幌延深地層研究計画は、全体で約20年間のプロジェクトであり、地上からの調査研究段階、地下施設建設時の調査研究段階、地下施設での調査研究段階の3つの段階で構成されている。

平成12年度から開始した地上からの調査研究段階では、北海道幌延町において調査対象領域（研究所設置地区）の設定、および、その領域に分布する新第三紀堆積岩を対象に深度約1,000mまでの範囲での地質環境の3次元的な把握を主目的として、計11孔のボーリング調査を実施した。

本報告は、新第三紀堆積岩を対象としたボーリング孔掘削を通して得られた知見をとりまとめ、今後の地層処分事業における地上から行うボーリング調査の計画の立案および調査の実施に資することを目的として作成したものである。

核燃料サイクル工学研究所（駐在）：〒319-1194　茨城県那珂郡東海村村松4-33
* エスケイエンジニアリング（株）

JAEA-Technology 2006－052

Experiences of Deep Borehole Drilling in Neogene Sedimentary Formations during Surface-based Investigation Phase

Hiroya MATSUI and Manabu SASAKI*

Horonobe Underground Research Unit
Geological Isolation Research and Development Directorate
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received October 2, 2006)

Japan Atomic Energy Agency (JAEA) has been conducting the " Horonobe URL(Underground Research Laboratory) Project" since March 2001 in Horonobe-cho, Hokkaido in JAPAN. This project is divided into three phases, such as surface-based investigation phase, construction phase and operation phase. Total duration of the project is about 20 years.

In the surface-based investigation phase, a total of eleven deep boreholes , which were drilled in the Neogene down to 1000m depth and a variety of investigations were carried out to understand a geological environment in the selected URL area.

This report describes the experiences of deep borehole investigations in Neogene sedimentary formations. This information would be of great help for future site investigations.

Keywords: Neogene Sedimentary Formation, Deep Borehole, Experience

---

* SK Engineering Co. Ltd.

目　次

1.　はじめに……1

2.　地上からの調査研究段階におけるボーリング調査の概要……2
2.1　平成13～17年度のボーリング調査の概要……2
2.2　ボーリング位置……4
2.3　ボーリング用地について……6
2.4　水井戸……13
2.4.1　場所……13
2.4.2　掘削工事時期……13
2.4.3　孔内図……14

3.　ボーリング孔の掘削……15
3.1　事前検討……15
3.1.1　ボーリング孔の掘削に関する検討項目および検討結果……15
3.1.2　事前検討結果に基づき設定したボーリング孔掘削計画の概要……15
3.2　実績……17
3.2.1　掘削方法……17
3.2.2　掘削ツール……17
3.2.3　掘削水について……17
3.2.4　キャリパー検層結果……18

4.　掘削機器……29
4.1　ボーリング機，掘削櫓等……29
4.2　コア掘削機器……30
4.3　コアビット……31
4.4　定方位コアツール……31

5.　掘削工程……33

6.　ケーシング設置……50
6.1　ケーシングプログラムの検討……50
6.2　ケーシングの設置実績……50

6.3　ケーシング設置に使用したセメントについて……52
6.4　セメントボンド検層……67

7.　掘削中のトラブルについて……80
7.1　ボーリング掘削中に発生したトラブル……80
7.1.1　HDB-1孔……80
7.1.2　HDB-2孔……81
7.1.3　HDB-3孔……82
7.1.4　HDB-4孔……82
7.1.5　HDB-5孔……82
7.1.6　HDB-6孔……83
7.2　まとめ……83

8.　ボーリング孔閉塞……85

9.　許認可申請関係……87

10.　まとめ……89

謝辞……90

参考文献……91

付録……93
付録-1　「鉱業権者が講ずべき措置事例」に関する解説……95
付録-2　許認可申請までの流れ……99

Contents

1. **Introduction** 1

2. **Overview of deep borehole investigations in surface-based investigation phase** 2
   2. 1 Overview of deep borehole investigations from FY2000/2001 to FY2004/2005 2
   2. 2 Locations of deep boreholes 4
   2. 3 Boring sites 6
   2. 4 Well to supply the drilling water 13
      2. 4. 1 Location 13
      2. 4. 2 Construction 13
      2. 4. 3 Well condition 14

3. **Borehole drilling** 15
   3. 1 Planning 15
      3. 1. 1 Review of the existing knowledge and experiences 15
      3. 1. 2 Overview of deep borehole drilling 15
   3. 2 Results 17
      3. 2. 1 Drilling methods 17
      3. 2. 2 Drilling tools 17
      3. 2. 3 Drilling water 17
      3. 2. 4 Results of caliper loggings 18

4. **Detail of drilling tools** 29
   4. 1 Boring machine and others 29
   4. 2 Coring tools 30
   4. 3 Core bits 31
   4. 4 Oriented coring tools 31

5. **Entire working schedules for deep borehole investigations** 33

6. **Casing installations** 50
   6. 1 Planning 50
   6. 2 Results 50
   6. 3 Used cements 52
   6. 4 Cement bond logging 67

7. **Significant events during drillings** ····· 80
7. 1 Details of the evens ····· 80
7. 1. 1 HDB-1 ····· 80
7. 1. 2 HDB-2 ····· 81
7. 1. 3 HDB-3 ····· 82
7. 1. 4 HDB-4 ····· 82
7. 1. 5 HDB-5 ····· 82
7. 1. 6 HDB-6 ····· 83
7. 2 Summary ····· 83

8. **Closing methods of deep boreholes** ····· 85

9. **Relevant administrative laws** ····· 87

10. **Concluding remarks** ····· 89

Acknowledgment ····· 90

Reference ····· 91

Appendix ····· 93
Appendix-1 Explication for the Japanese mining law ····· 95
Appendix-2 Procedures to be permitted the field investigations including borehole investigation ····· 99

表目次

表 2.2.1　ボーリング孔口座標一覧（世界測地系による）……5
表 2.2.2　ボーリング孔口座標一覧（旧日本測地系による）……5
表 2.3.1　幌延深地層研究計画にかかる土地賃貸借等一覧……6

表 3.2.3.1　コア掘削時の掘進率一覧表……18
表 3.2.3.2　拡掘時の掘進率一覧表……18

表 4.1.1　掘削機器設備一覧表（HDB-1 孔）……29

表 5.1　HDB-1 孔のボーリング掘削実績……35
表 5.2　HDB-2 孔のボーリング掘削実績……35
表 5.3　HDB-3 孔のボーリング掘削実績……35
表 5.4　HDB-4 孔のボーリング掘削実績……36
表 5.5　HDB-5 孔のボーリング掘削実績……36
表 5.6　HDB-6 孔のボーリング掘削実績……36
表 5.7　HDB-7 孔のボーリング掘削実績……37
表 5.8　HDB-8 孔のボーリング掘削実績……37
表 5.9　HDB-9 孔のボーリング掘削実績……37
表 5.10　HDB-10 孔のボーリング掘削実績……38
表 5.11　HDB-11 孔のボーリング掘削実績……38

表 6.3.1　セメンチング一覧表……54
表 6.3.2　HDB-1 孔　検尺表……56
表 6.3.3　HDB-2 孔　検尺表……57
表 6.3.4　HDB-3 孔　検尺表……58
表 6.3.5　HDB-4 孔　検尺表……59
表 6.3.6　HDB-5 孔　検尺表……60
表 6.3.7　HDB-6 孔　検尺表……61
表 6.3.8　HDB-7 孔　検尺表……62
表 6.3.9　HDB-8 孔　検尺表……63
表 6.3.10　HDB-9 孔　検尺表……64
表 6.3.11　HDB-10 孔　検尺表……65
表 6.3.12　HDB-11 孔　検尺表……66
表 6.4.1　セメントボンド検層実施区間……68

図目次

図 1.1.1　地上からの調査研究段階における調査研究の進め方……1

図 2.1.1　研究所設置地区……2
図 2.2.1　ボーリング孔位置図……4
図 2.3.1　HDB-1 孔用地……7
図 2.3.2　HDB-2 孔用地……7
図 2.3.3　HDB-3 孔用地……8
図 2.3.4　HDB-4 孔用地……8
図 2.3.5　HDB-5 孔用地……9
図 2.3.6　HDB-6 孔用地……9
図 2.3.7　HDB-7 孔用地……10
図 2.3.8　HDB-8 孔用地……10
図 2.3.9　HDB-9 孔用地……11
図 2.3.10　HDB-10 孔用地……11
図 2.3.11　HDB-11 孔用地……12
図 2.4.1　水井戸位置図……13
図 2.4.2　孔内図……14

図 3.2.4.1　HDB-1 孔　X-Y キャリパー検層結果……19
図 3.2.4.2　HDB-2 孔　X-Y キャリパー検層結果……19
図 3.2.4.3　HDB-3 孔　簡易キャリパー検層結果……20
図 3.2.4.4　HDB-3 孔　X-Y キャリパー検層結果……20
図 3.2.4.5　HDB-4 孔　簡易キャリパー検層結果……21
図 3.2.4.6　HDB-4 孔　X-Y キャリパー検層結果……21
図 3.2.4.7　HDB-5 孔　簡易キャリパー検層結果……22
図 3.2.4.8　HDB-5 孔　X-Y キャリパー検層結果……22
図 3.2.4.9　HDB-6 孔　簡易キャリパー検層結果……23
図 3.2.4.10　HDB-6 孔　X-Y キャリパー検層結果……23
図 3.2.4.11　HDB-7 孔　簡易キャリパー検層結果……24
図 3.2.4.12　HDB-7 孔　X-Y キャリパー検層結果……24
図 3.2.4.13　HDB-8 孔　簡易キャリパー検層結果……25
図 3.2.4.14　HDB-8 孔　X-Y キャリパー検層結果……25
図 3.2.4.15　HDB-9 孔　簡易キャリパー検層結果……26
図 3.2.4.16　HDB-9 孔　X-Y キャリパー検層結果……26

図 3.2.4.17　HDB-10 孔　簡易キャリパー検層結果……27
図 3.2.4.18　HDB-10 孔　X-Y キャリパー検層結果……27
図 3.2.4.19　HDB-11 孔　簡易キャリパー検層結果……28
図 3.2.4.20　HDB-11 孔　X-Y キャリパー検層結果……28

図 4.1.1　噴出防止装置（Blow Out Preventer）……29
図 4.2.1　API 規格ドリルパイプ……30
図 4.2.2　コアバレルと掘削ロッドの設計図……30
図 4.2.3　掘削ロッドのねじ……31
図 4.3.1　軟岩用ビット……31
図 4.3.2　硬岩用ビット……31
図 4.4.1　定方位コア採取システムの概要……32

図 5.1　深層ボーリング D-1 の掘削工程表……34
図 5.2　HDB-1 孔ボーリング調査工程予実績表……39
図 5.3　HDB-2 孔ボーリング調査工程予実績表……40
図 5.4　HDB-3 孔ボーリング調査工程予実績表……41
図 5.5　HDB-4 孔ボーリング調査工程予実績表……42
図 5.6　HDB-5 孔ボーリング調査工程予実績表……43
図 5.7　HDB-6 孔ボーリング調査工程予実績表……44
図 5.8　HDB-7 孔ボーリング調査工程予実績表……45
図 5.9　HDB-8 孔ボーリング調査工程予実績表……46
図 5.10　HDB-9 孔ボーリング調査工程予実績表……47
図 5.11　HDB-10 孔ボーリング調査工程予実績表……48
図 5.12　HDB-11 孔ボーリング調査工程予実績表……49

図 6.2.1　ライナーハンガーとアクセサリー……51
図 6.2.2　EC セメンターとアクセサリー……52
図 6.3.1　ケーシングプログラム（実績）……55
図 6.4.1　HDB-1 孔ケーシング設置状況およびセメントボンド検層結果……69
図 6.4.2　HDB-2 孔ケーシング設置状況およびセメントボンド検層結果……70
図 6.4.3　HDB-3 孔ケーシング設置状況およびセメントボンド検層結果……71
図 6.4.4　HDB-4 孔ケーシング設置状況およびセメントボンド検層結果……72
図 6.4.5　HDB-5 孔ケーシング設置状況およびセメントボンド検層結果……73
図 6.4.6　HDB-6 孔ケーシング設置状況およびセメントボンド検層結果……74
図 6.4.7　HDB-7 孔ケーシング設置状況およびセメントボンド検層結果……75
図 6.4.8　HDB-8 孔ケーシング設置状況およびセメントボンド検層結果……76

図 6.4.9　HDB-9 孔ケーシング設置状況およびセメントボンド検層結果…… 77
図 6.4.10　HDB-10 孔ケーシング設置状況およびセメントボンド検層結果…… 78
図 6.4.11　HDB-11 孔ケーシング設置状況およびセメントボンド検層結果…… 79

1. はじめに

日本原子力機構（旧核燃料サイクル開発機構、以下、原子力機構と称す）は，平成 12 年度末より北海道幌延町において新第三紀堆積岩を対象とした深地層の研究施設計画（幌延深地層研究計画）を実施している。幌延深地層研究計画は，全体で約 20 年間の研究プロジェクトであり，地上からの調査研究段階，地下施設建設時の調査研究段階，地下施設を利用した調査研究段階の３つの段階より構成されている。

幌延深地層研究計画では，平成 12 年度末から平成 17 年度までの約 5 ヵ年間は，図 1.1.1 に示すような流れで地上からの調査研究を進めてきた。具体的には，幌延町内における調査領域（以下、研究所設置地区と呼ぶ）の選定作業，研究所用地（地下施設建設位置）の選定を進めつつ，研究所設置地区とその周辺の地質環境特性を調査・解析・評価する手法の構築と地下施設設計に必要なデータの取得を目的とした様々な調査を行ってきた。

ボーリング調査は，地上からの調査研究において、対象岩盤の新鮮なサンプルを任意の深度で取得でき、かつ，地下深部の地質環境特性を原位置で直接把握できる唯一の調査であることから，地質環境特性の調査・解析・評価および地下施設の設計において重要かつ必要不可欠である。この調査の中でボーリング掘削はその根幹をなしており，幌延深地層研究計画では国内外でほとんど例がない新第三紀堆積岩を対象とした地表から地下 1,000m までのボーリング掘削を計 11 本実施してきた。本報告は、今後実施される概要調査および精密調査を念頭におき、堆積岩を対象としたボーリング掘削の経緯をまとめたものである。

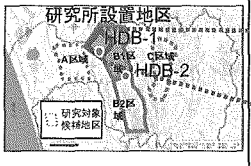
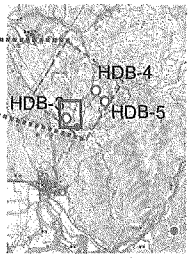
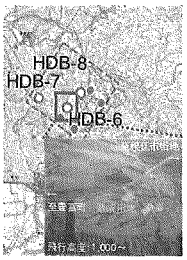
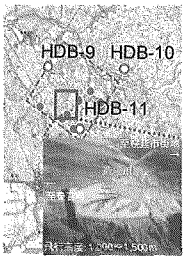
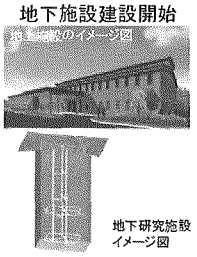
	2001(平成13)年度	2002(平成14)年度	2003(平成15)年度	2004(平成16)年度	2005(平成17)年度
対象領域	幌延町全域	幌延町全域	研究所設置地区 およびその周辺地区	研究所設置地区 およびその周辺地区	研究所設置地区 およびその周辺地区
調査目的	研究所設置地区の選定	研究所設置地区の選定 地質環境モデルの構築	地質環境モデルの構築	地質環境モデルの構築	地質環境モデルの構築
			用地造成第Ⅰ期 	用地造成第Ⅱ期 	地上施設建設開始 地下施設建設開始 
調査項目	既存情報の調査 地表地質調査 物理探査(空中、地上) ボーリング調査 ・HDB-1:720 m ・HDB-2:720 m	地表地質調査 表層水理調査 物理探査(地上) ボーリング調査 ・HDB-3:520 m ・HDB-4:520 m ・HDB-5:520 m	地表地質調査 表層水理調査 物理探査(地上) ボーリング調査 ・HDB-6:620 m ・HDB-7:520 m ・HDB-8:470 m	地表地質調査 表層水理調査 物理探査(地上) ボーリング調査 ・HDB-9:520 m ・HDB-10:550 m ・HDB-11:800 m	地表地質調査 表層水理調査 ボーリング調査 ・HDB-11:800～1,020m

図 1.1.1　地上からの調査研究段階における調査研究の進め方

（国土地理院発行５万分の１地形図「稚咲内」「天塩」「雄信内」「上猿払」「敏音知」を使用）

2. 地上からの調査研究段階におけるボーリング調査の概要

本章では，幌延深地層研究計画において実施したボーリング調査の概要を述べるとともに、ボーリング位置およびボーリング用地に関する情報を示す。

2.1 平成 13～17 年度のボーリング調査の概要

(1) 平成 13 年度

既往の地表からの調査結果や文献データ，土地利用状況などを参考に，研究所設置候補区域（A, B1, B2, C 区域）の中から，B1 区域（HDB-1 孔）および B2 区域（HDB-2 孔）をボーリング調査の対象区域として選定した。それぞれの区域内におけるボーリング調査実施場所は，調査実施の容易性（用地確保，アクセス，許認可）を配慮して選定した。

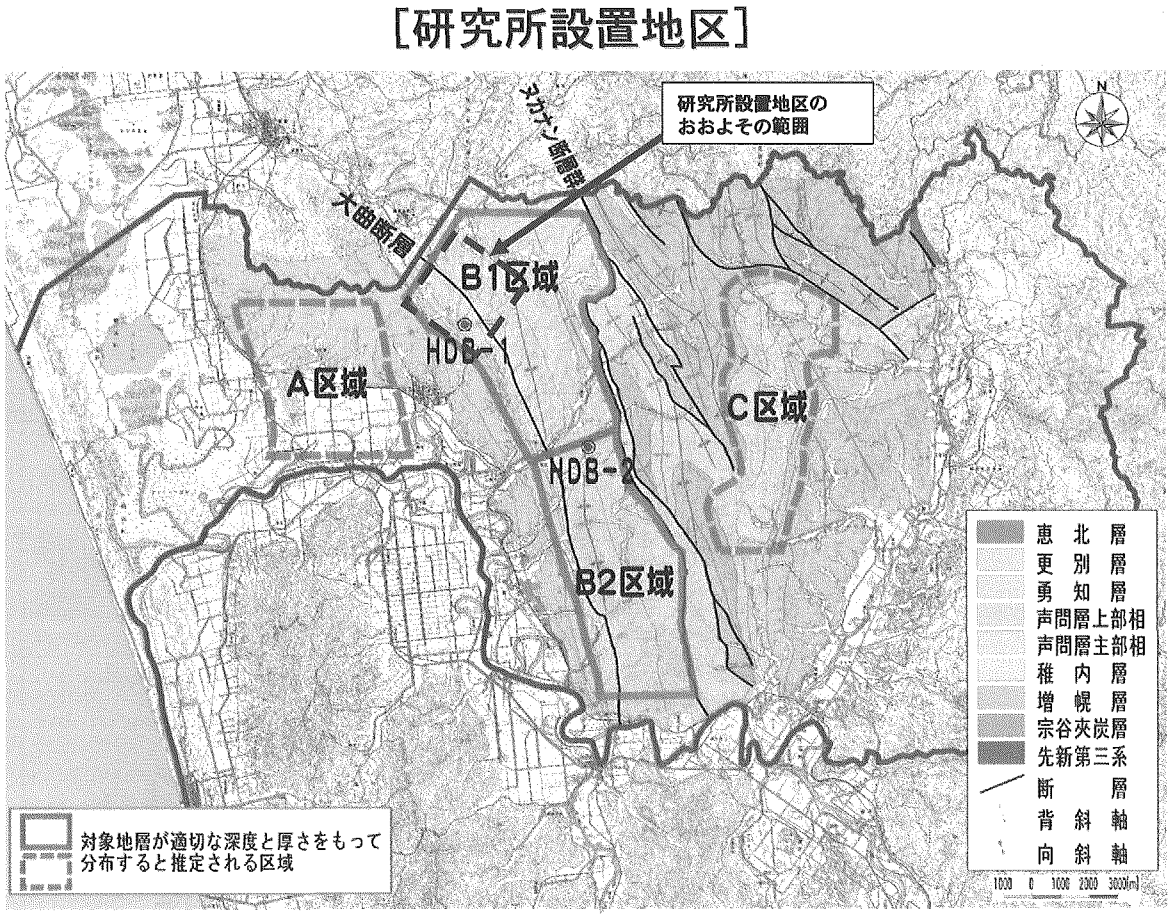


図 2.1.1 研究所設置地区

(国土地理院発行 5 万分の 1 地形図「稚咲内」「天塩」「豊富」「雄信内」「上猿払」「敏音知」使用)

(2) 平成 14 年度

平成 13 年度に実施した空中物理探査，地上物理探査，地質調査，ボーリング調査などの結果を基に，大曲断層が存在する可能性を念頭に置き，研究所設置地区の地質環境の大略を把握することを主目的とし，大曲断層の推定位置をはさんで両側にボーリング孔 (HDB-3, 4, 5 孔) を配置した。

(3) 平成 15 年度

研究所設置地区とその周辺地区の地質環境の把握，地質環境のモデル化のために必要な情報の取得および地下施設設計に必要なデータ取得を主な目的として，研究所設置地区内において 3 孔のボーリング調査（HDB-6，7，8 孔）を実施した。各ボーリング調査の位置の選定にあたっては，地下施設設計のための力学的データの取得（HDB-6 孔），大曲断層の位置の推定（HDB-8 孔）および研究所設置地区内においてこれまでデータを取得していない勇知層のデータの取得（HDB-7 孔）を考慮した。

(4) 平成 16 年度

研究所設置地区とその周辺地区の地質環境の把握およびボーリング孔やコアを用いた調査手法の適用性の把握を主な目的として，3 孔のボーリング調査（HDB-9，10，11 孔）を実施した。ボーリング調査の位置の選定にあたっては，平成 15 年度までに構築した地質環境モデルを更新するために必要な，研究所設置地区境界部におけるデータの取得（HDB-9，10，11 孔）および，大曲断層に関するデータ取得の可能性（HDB-9 孔）を考慮した。また，これまでに実施した解析結果の妥当性や地下深部における地下水の水質を把握するための調査機器の原位置での適用性を確認するために，深度 1,020m のボーリング調査（HDB-11 孔）を実施した。

(5) 平成 17 年度

平成 16 年度に掘削を開始した深度 1,020m のボーリング孔（HDB-11 孔）の掘削を継続し，採取したコアを用いた室内試験や掘削途中および掘削終了後のボーリング孔を用いた試験により，深度 1,000m 付近の地質環境データを取得した。

2.2 ボーリング位置

2.1 項の (1) ～ (5) に示したボーリング調査の実施位置を図 2.2.1 に示す。また、ボーリング孔口座標のデータ一覧を表 2.2.1～2.2.2 に示す。

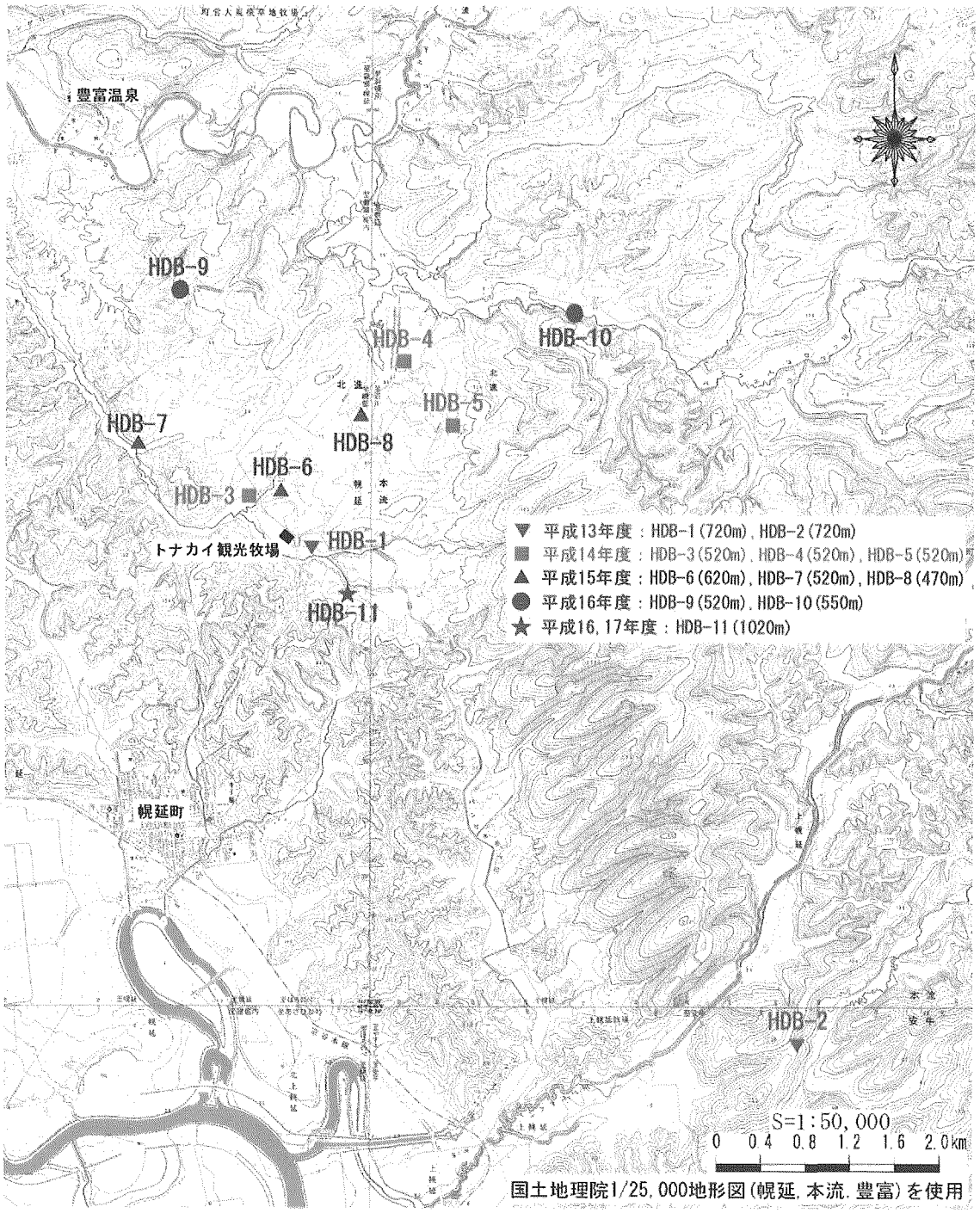


図 2.2.1 ボーリング孔位置図

表 2.2.1 ボーリング孔口座標一覧（世界測地系による）

平面直角座標 12 系

	標高 (m)	世界測地系 (WGS-84)			
		X座標 (m)	Y座標 (m)	緯 度	経 度
HDB-1	69.102	115,628.8434	-30,357.3857	45° 02′ 24.02829″	141° 51′ 52.83385″
HDB-2	42.529	110,805.1972	-26,053.7297	44° 59′ 48.37516″	141° 55′ 10.38297″
HDB-3	58.192	116,109.2696	-30,928.2044	45° 02′ 39.50345″	141° 51′ 26.64473″
HDB-4	63.610	117,240.0446	-29,530.2402	45° 03′ 16.35095″	141° 52′ 30.28811″
HDB-5	78.768	116,664.2158	-29,165.1602	45° 02′ 57.75070″	141° 52′ 47.09451″
HDB-6	60.212	116,095.3460	-30,665.7059	45° 02′ 39.09344″	141° 51′ 38.64315″
HDB-7	43.752	116,478.6073	-31,961.9023	45° 02′ 51.30347″	141° 50′ 39.32345″
HDB-8	70.051	116,738.8928	-29,991.5381	45° 03′ 00.04578″	141° 52′ 09.31218″
HDB-9	97.188	117,862.0166	-31,492.7049	45° 03′ 36.19618″	141° 51′ 00.45321″
HDB-10	50.829	117,714.0110	-28,044.2020	45° 03′ 31.92305″	141° 53′ 38.11247″
HDB-11	66.848	115,154.5427	-30,003.5613	45° 02′ 08.71694″	141° 52′ 09.10325″

表 2.2.2 ボーリング孔口座標一覧（旧日本測地系による）

平面直角座標 12 系

	標高 (m)	日本測地系 (Tokyo)			
		X座標 (m)	Y座標 (m)	緯 度	経 度
HDB-1	69.102	115,365.4500	-30,051.6510	45° 02′ 15.95531″	141° 52′ 06.69169″
HDB-2	42.529	110,541.8400	-25,747.9550	44° 59′ 40.27931″	141° 55′ 24.24838″
HDB-3	58.192	115,845.8610	-30,622.4710	45° 02′ 31.43259″	141° 51′ 40.50140″
HDB-4	63.610	116,976.6550	-29,224.5110	45° 03′ 08.28266″	141° 52′ 44.15230″
HDB-5	78.768	116,400.8340	-28,859.4320	45° 02′ 49.68002″	141° 53′ 00.95878″
HDB-6	60.212	115,831.9420	-30,359.9720	45° 02′ 31.02228″	141° 51′ 52.50080″
HDB-7	43.752	116,215.1760	-31,656.1760	45° 02′ 43.23479″	141° 50′ 53.17670″
HDB-8	70.051	116,475.4970	-29,685.8060	45° 02′ 51.97618″	141° 52′ 23.17368″
HDB-9	97.188	117,598.5910	-31,186.9750	45° 03′ 28.13198″	141° 51′ 14.31139″
HDB-10	50.829	117,450.6470	-27,738.4830	45° 03′ 23.85503″	141° 53′ 51.98281″
HDB-11	66.848	114,891.1580	-29,697.8240	45° 02′ 00.64199″	141° 52′ 22.96151″

2.3 ボーリング用地について

2.1 項の(1)～(5)に示したボーリング調査に係る土地賃貸借の実績を表 2.3.1 に示す。また、図 2.3.1～2.3.11 に各ボーリング用地の図面を示す。

HDB-4 孔を例にとると，この土地は「農業振興地域の整備に関する法律（農振法）」の許認可が必要な場所である。ボーリング調査中は，約 5,000m^2 の面積を対象とした「開発許可申請」を行い作業を実施した。また、ボーリング調査終了後に地下水の長期モニタリング等で使用する場合は，必要最小限の面積（約 1800m^2）で「農用地区域除外」の認可を受けた。目安としては，「開発許可申請」は開発期間が 1 年から 2 年程度であり，それ以上の期間の場合は「農用地区域除外」の手続きが必要となる。

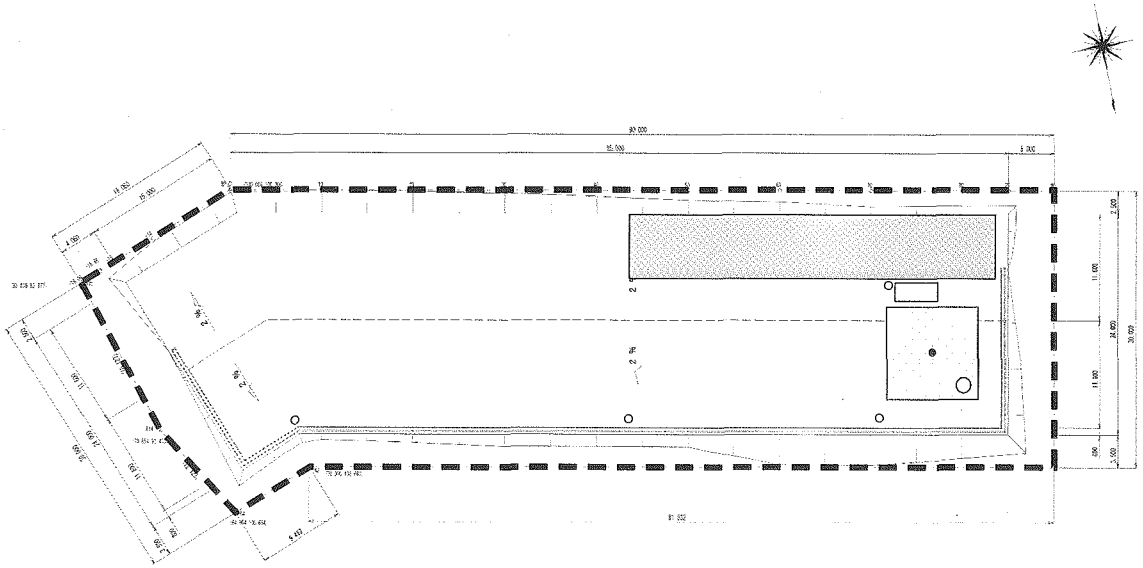
敷地の復旧については，幌延深地層研究計画の地下施設を利用した調査研究段階(第 3 段階)終了後，孔井を廃孔し，コンクリート台座等の工作物を撤去する必要がある。ただし、復旧方法は地権者との協議が必要となる。

表 2.3.1　幌延深地層研究計画にかかる土地賃貸借等一覧

	件名･目的	契約先	地番	面積	期間	諸手続き 等
1	地下水長期観測、GPS測量、仮設倉庫、資材置場、試錐調査用コア観察室(HDB-1)	幌延町	幌延町字北進435-4	3,025.14㎡	H17.4.1～H18.3.31	特になし
2	地下水長期観測、遠隔監視システム、資材置場、駐車場等(HDB-3)		幌延町字北進398-2	5, 225.02㎡		特になし(HDB-3)
	地下水長期観測、気象観測、GPS測量、遠隔監視システム(HDB-4)		幌延町字北進496-6	1,208.35㎡	H17.4.1～H18.3.31	分筆、農用地区域除外済み
	同じ(進入道路用地)		幌延町字北進496-7	362.16㎡		分筆、農用地区域除外済み
3	(財)電中研との共同研究で実施するコントロールボーリング用地		幌延町字北進602-1	5,040. 22㎡	H17.4.1～H18.3.31	開発行為申請(H18.5.31)まで
4	試錐調査用地(HDB-11)		幌延町字北進387	4,950.81㎡	H17.4.1～H18.3.31	森林施業計画変更済み
5	地下水長期観測、地震観測、GPS測量、遠隔監視システム(HDB-5)	幌延町農業協同組合	幌延町字北進540-6	1,074.93㎡	H17.4.1～H18.3.31	分筆、農用地区域除外済み
6	地下水長期観測(HDB-9)、北進タワー進入路入口		幌延町字北進577-1	2,700.71㎡	H17.4.1～H18.3.31	森林施業計画変更済み
7	地下水の長期観測及び地震観測、GPS測量(HDB-2)	(株)上幌延牧野山林	幌延町字上幌延210-1	1,825.37㎡	H17.4.1～H18.3.31	森林施業計画変更済み
8	地下水長期観測、気象観測(HDB-4)(進入道路用地)	個人	幌延町字北進496-5	197.36㎡	H17.4.1～H18.3.31	分筆、農用地区域除外済み
9	地下水長期観測、遠隔監視システム(HDB-8)		幌延町字北進452-7	1,074.57㎡	H17.4.1～H18.3.31	分筆、農用地区域除外済み
10	地下水長期観測(HDB-7)	個人	幌延町字北進420	3,640.97㎡	H17.4.1～H18.3.31	特になし
11	地下水長期観測(HDB-10)	個人	幌延町字北進39-7	687.58㎡	H17.4.1～H18.3.31	分筆、農用地区域除外済み
12	地下水長期観測(HDB-9)、北進タワー進入路入口	個人	幌延町字北進683	2,526.83㎡	H17.4.1～H18.3.31	森林施業計画変更済み

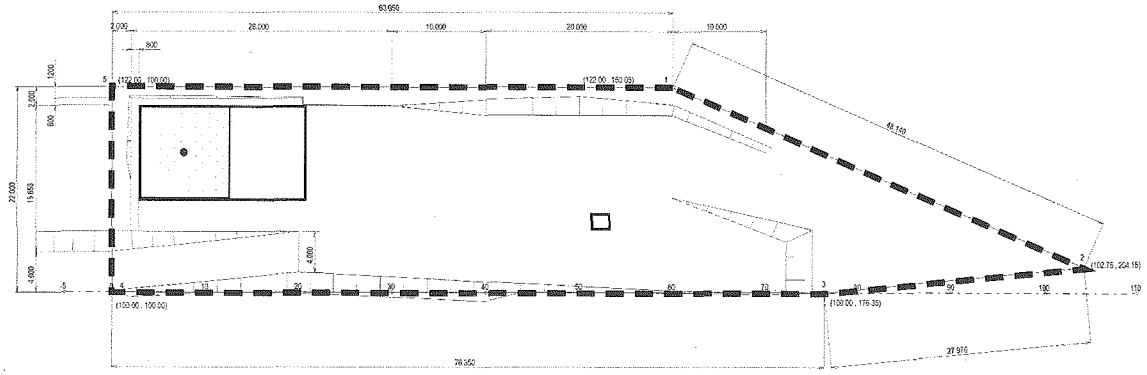
JAEA 単独でのボーリング調査

JAEA および他機関との共同研究で実施したボーリング調査



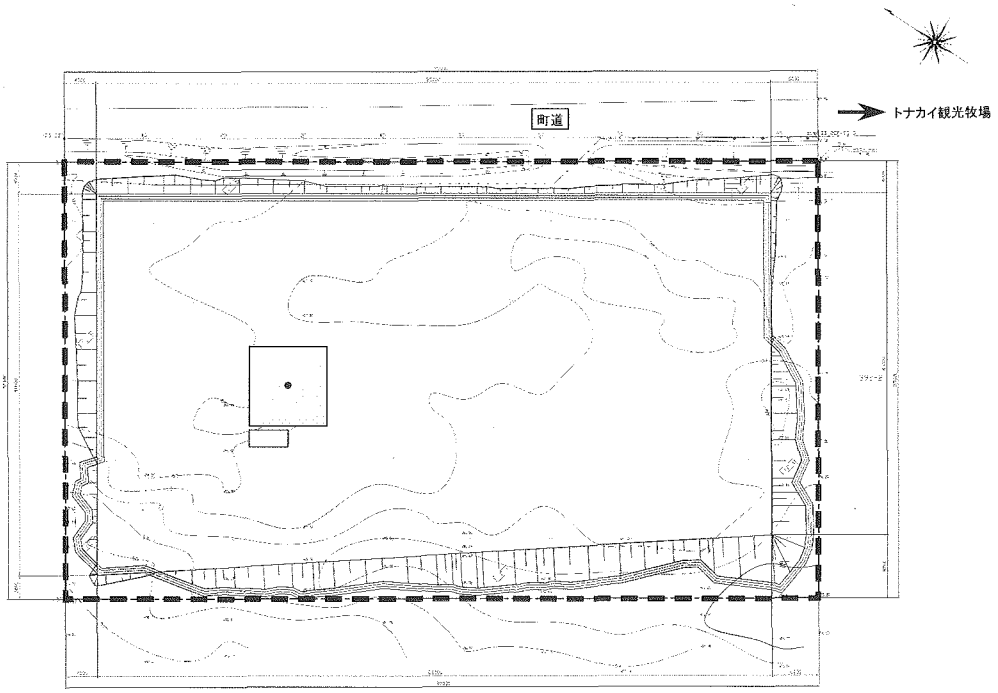
HDB-1 孔
住所：北海道天塩郡幌延町字北進 435-4
面積：3,025m2（約30m x 約100m）
▬ ▬：土地賃貸借範囲

図 2.3.1　HDB-1 孔用地



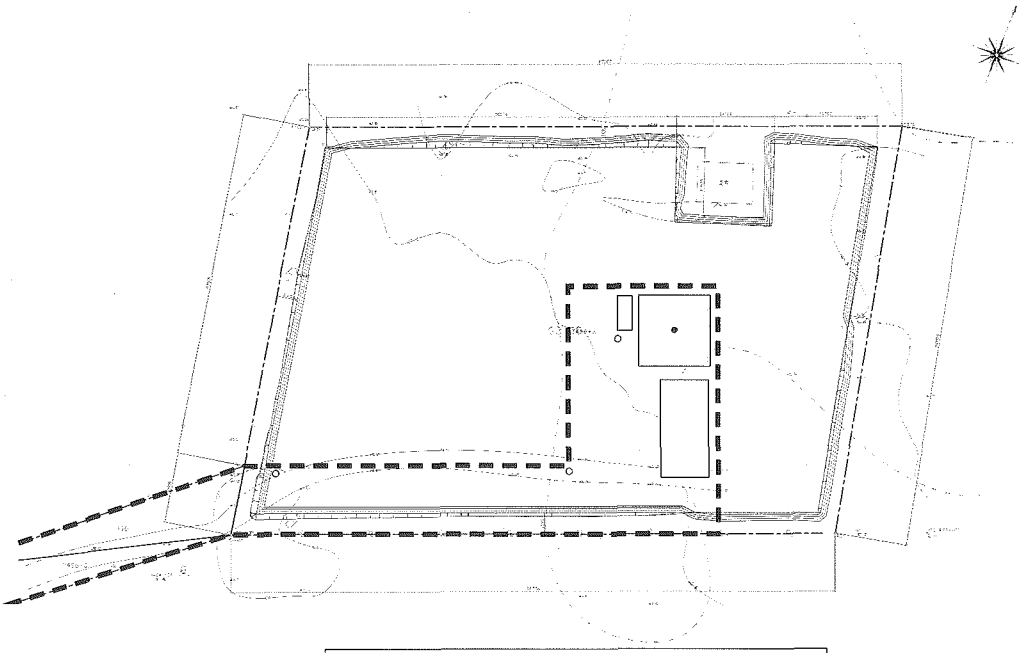
HDB-2 孔
住所：北海道天塩郡幌延町字上幌延 210-1
面積：1,825m2（約22m x 約80m）
▬ ▬：土地賃貸借範囲

図 2.3.2　HDB-2 孔用地



HDB-3 孔
住所：北海道天塩郡幌延町字北進 398-2
面積：5,225m2（55m x 95m）
▬ ▬：土地賃貸借範囲

図 2.3.3　HDB-3 孔用地



HDB-4 孔
住所：北海道天塩郡幌延町字北進 496-5,496-6,496-7
面積：1,765m2（約20m x 約35m,連絡道路 約10m x 約100m）
▬ ▬：土地賃貸借範囲

図 2.3.4　HDB-4 孔用地

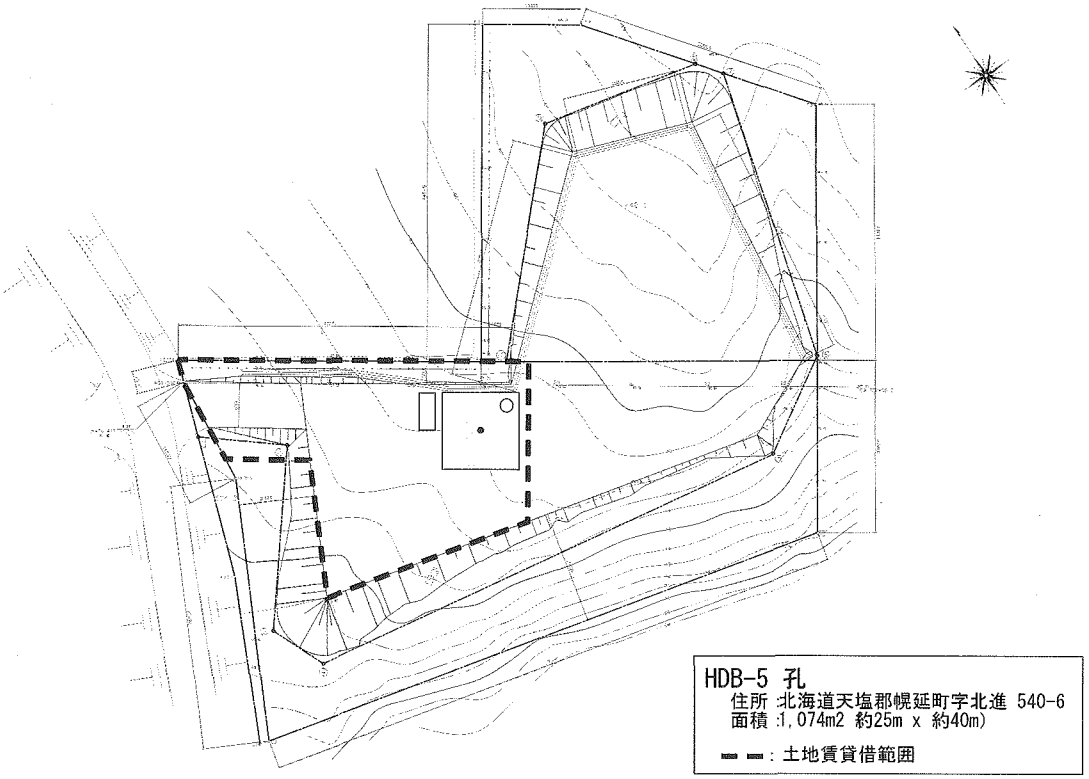
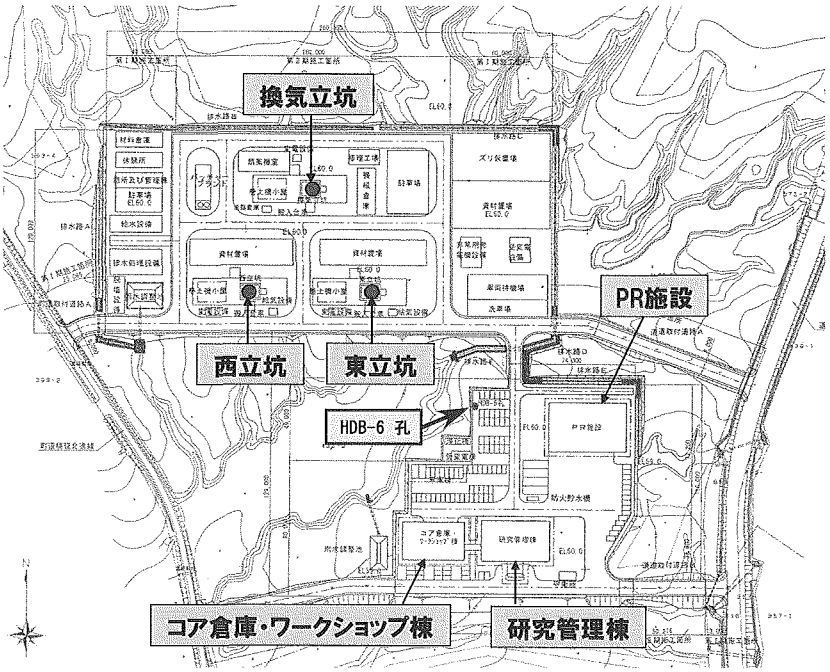


図 2.3.5　HDB-5 孔用地



HDB-6 孔(研究所用地内、孔口装置のみ)
住所 : 北海道天塩郡幌延町字北進 432-2
面積 : 4m2 (約2m x 約2m)

図 2.3.6　HDB-6 孔用地

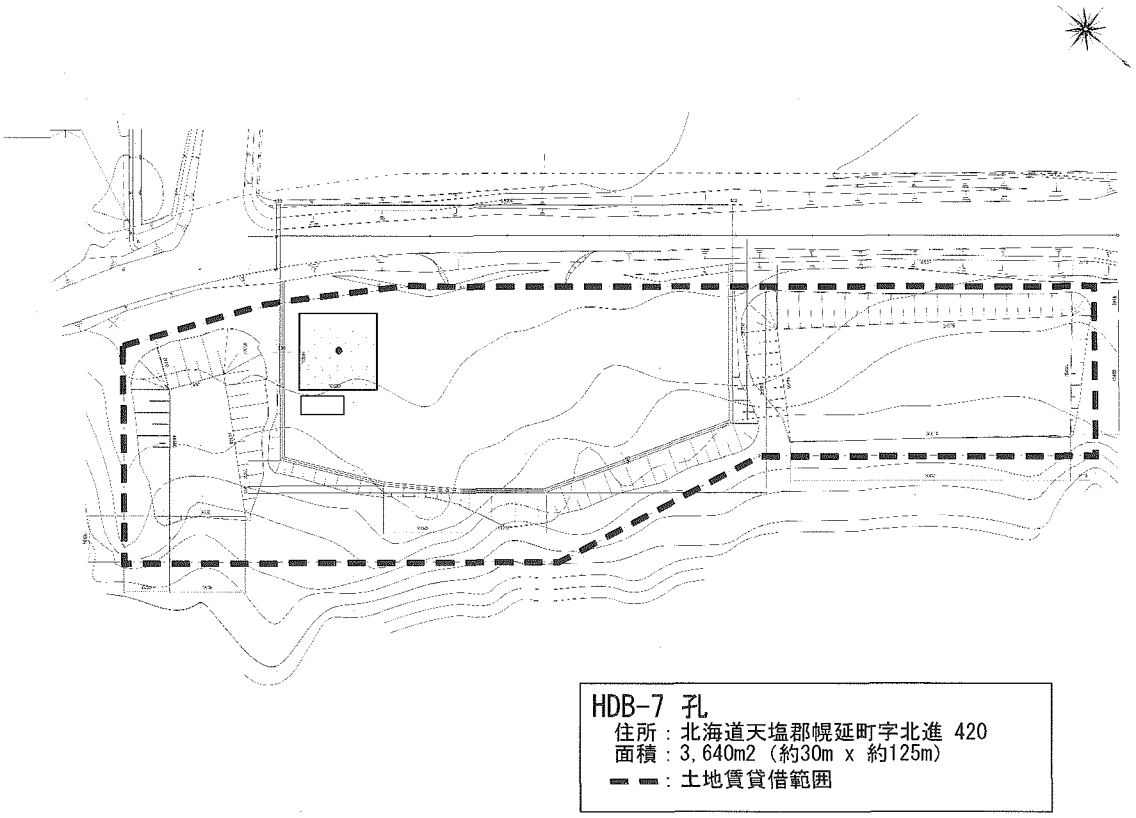


図 2.3.7　HDB-7 孔用地

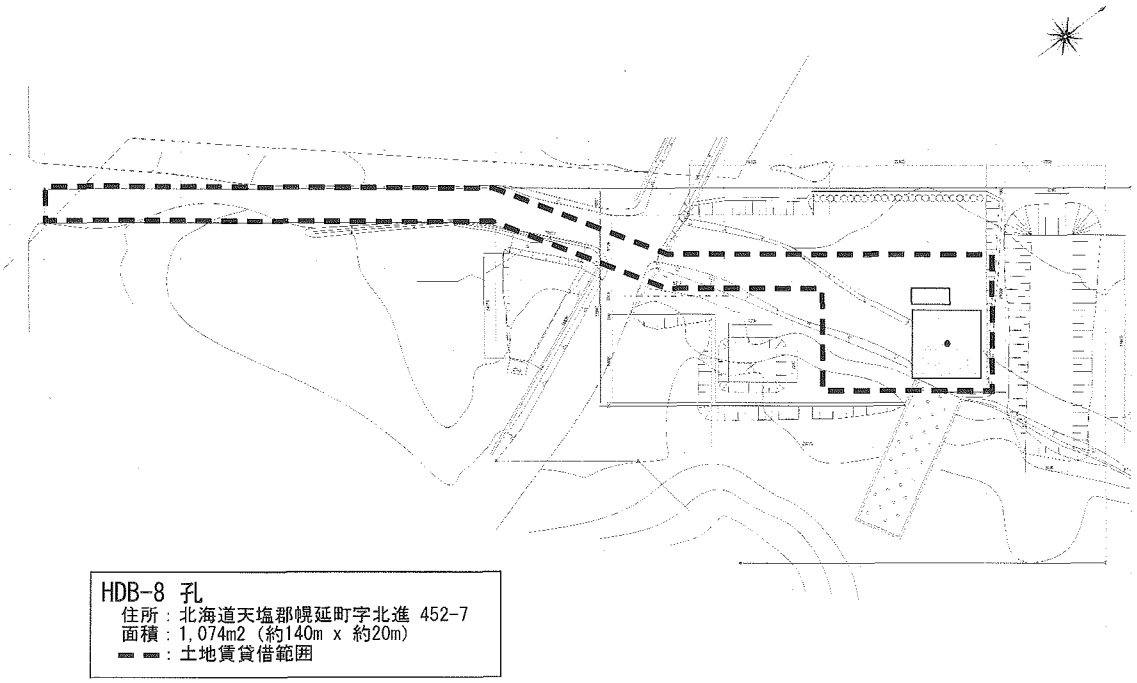


図 2.3.8　HDB-8 孔用地

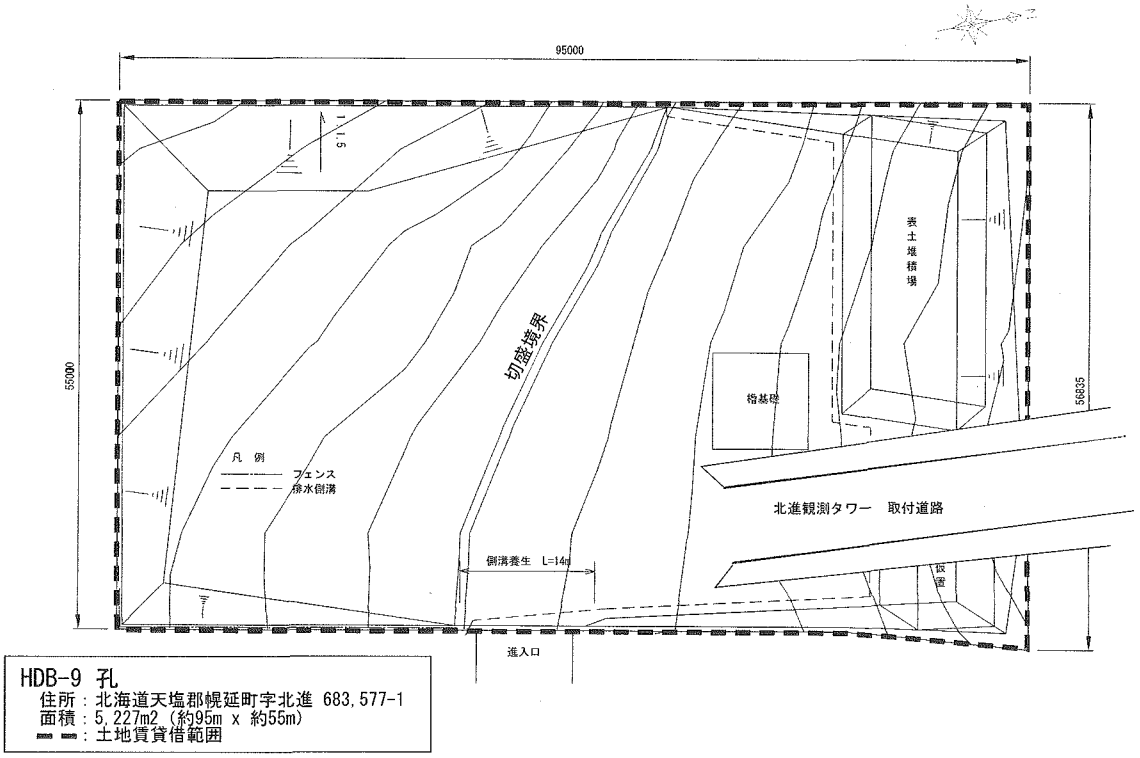


図 2.3.9 HDB-9 孔用地

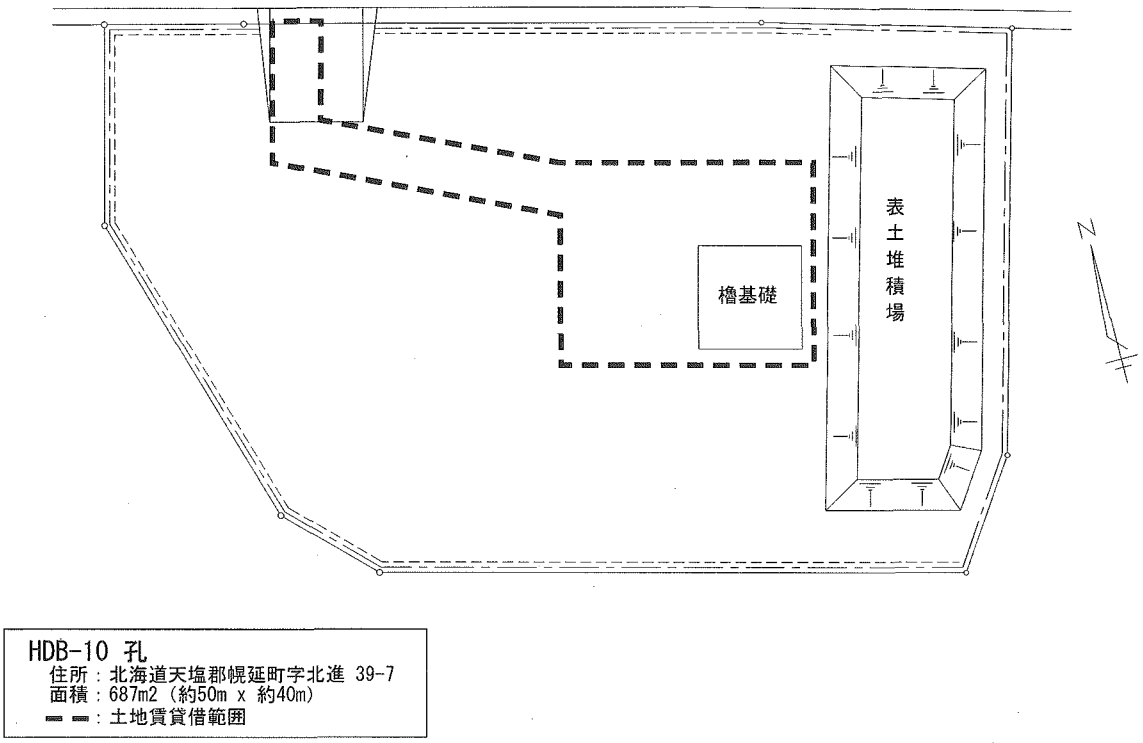
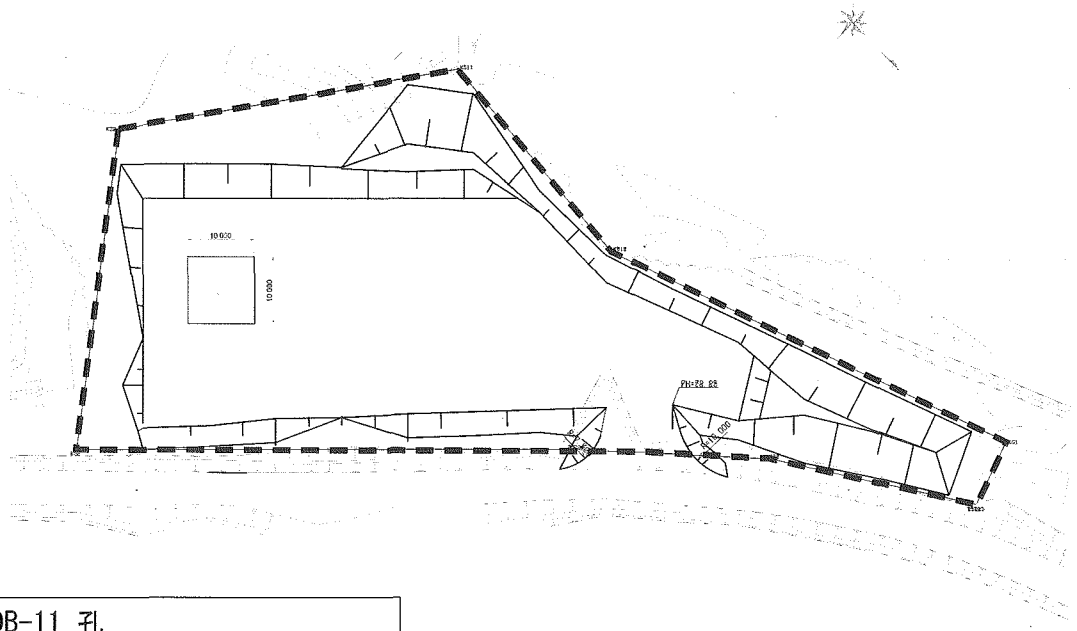


図 2.3.10 HDB-10 孔用地



HDB-11 孔
住所：北海道天塩郡幌延町字北進 387
面積：4,950m2（約180m x 約48m）
▬ ▬：土地賃貸借範囲

図 2.3.11　HDB-11 孔用地

2.4 水井戸

平成 13 年度からボーリング調査を開始するにあたり，ボーリングで使用する掘削用水を確保するためにボーリング工事契約の中で掘削した。井戸の管理は幌延町へ移管し，ボーリング調査等で使用する場合は，幌延町との賃貸借契約とした。使用する場合は，孔内に汲み上げ用のポンプの設置，電源の手配が必要となる。

2.4.1 場所

場所：天塩郡幌延町字幌延 155-2

(国土地理院地形図使用)

図 2.4.1 水井戸位置図

2.4.2 掘削工事時期

平成 13 年 10 月 11 日～平成 13 年 10 月 27 日

2.4.3 孔内図

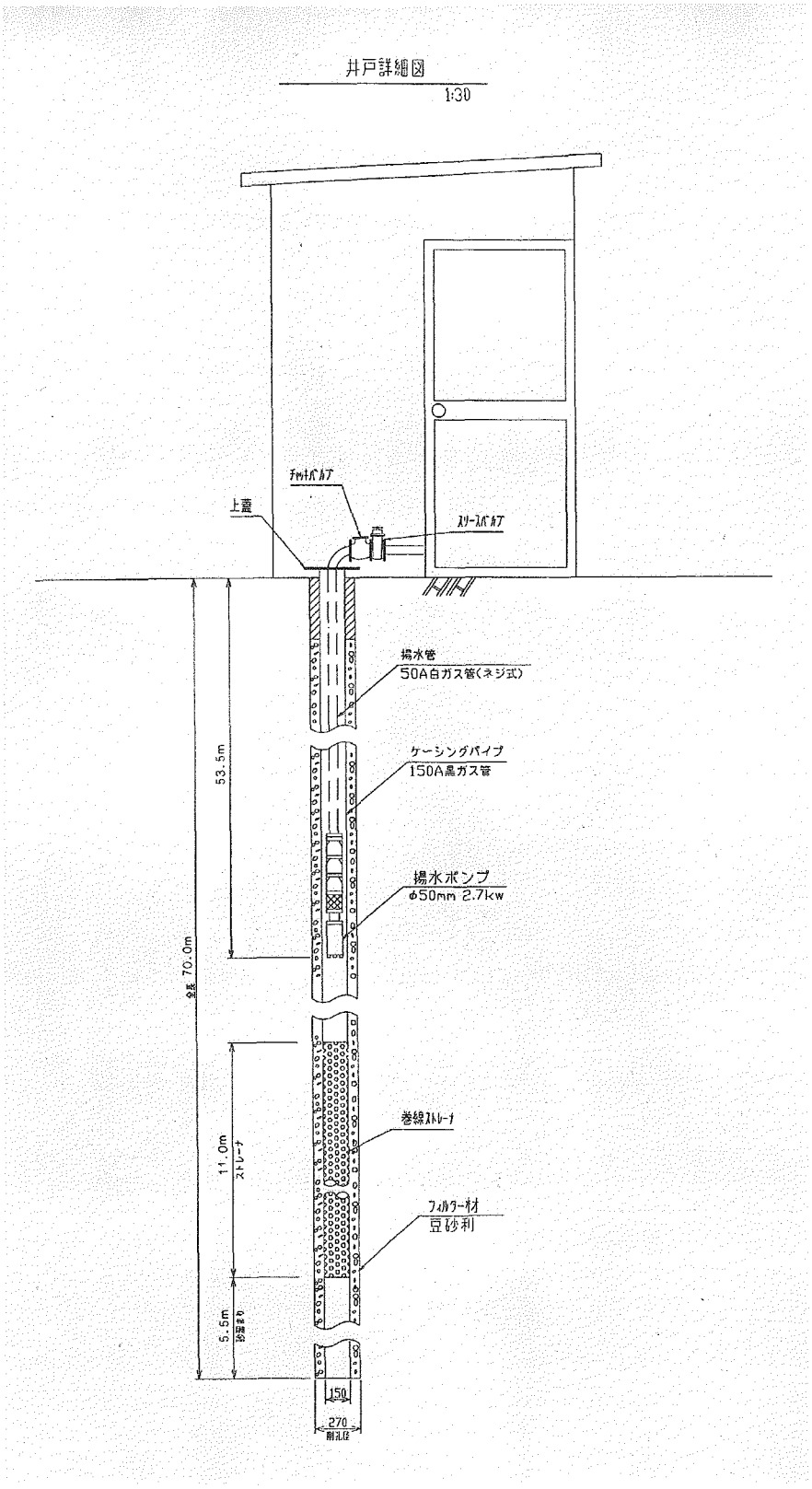


図 2.4.2 孔内図

3. ボーリング孔の掘削

3.1 事前検討

幌延深地層研究計画の調査対象は，深度 500m までの新第三紀堆積岩であり、原子力機構が調査を行ってきた岐阜県東濃地域の新第三紀堆積岩の層厚は 200m 程度であることから、対象深度 500m は原子力機構の調査研究の中でこれまで経験のない大深度でのボーリング掘削となった。このため，設備・掘削方法などの事前検討（「堆積岩地域におけるボーリング掘削に関する調査・試験」[1]，「堆積岩地域におけるボーリング掘削に関する調査・試験(その 2) 」[2]）を実施し，掘削方法，仕上げ方法，試験方法などについて検討した。

3.1.1 ボーリング孔の掘削に関する検討項目および検討結果

(1) 油・ガスの噴出

幌延町の周辺でこれまでに掘削された石油調査井や温泉井には油・ガス徴があり，ボーリング孔の掘削中に油やガスが噴出する可能性が高いと判断された。この対策として、掘削中および調査中は、油やガスの噴出を防止するために掘削ロッドや調査機器に対応できる噴出防止装置(Blow Out Preventer)を孔口に取付けることとした。

(2) ケーシングパイプの固定方法

噴出防止装置を取付けるケーシングパイプは，孔口を密閉した時に発生する噴出ガスの圧力に耐えうる深度まで降下し，ケーシングパイプをセメンチングで固定することとした。

(3) ケーシングパイプや掘削ロッドの耐圧

使用するケーシングパイプや掘削ロッドは、予測される密閉圧力や圧潰圧力に耐えうるものを使用することとした。

(4) 泥水の比重コントロール

掘削には泥水を使用し，掘削作業中は泥水比重の測定，油やガスの混入状況の調査を適時行う。油やガスの混入が認められたときは，泥水の比重を増加させて抑圧を行うこととし、泥水の比重を増加させる添加剤（バライト：重晶石の微粉末）をボーリング孔口に準備しておくこととした。

(5) 防爆構造

ボーリング機器や調査機器は防爆構造のものを使用することとし、特に孔口付近に設置する電動機，照明設備，スイッチなどの電気設備は防爆構造のものを使用することとした。

(6) 鉱山保安規則（石油鉱山編）の準用

調査のためのボーリング孔の掘削は，法規上は鉱山保安法規則（石油鉱山編）の適用対象にはならないが，安全のため同規則に準じて作業することとした。

(7) 作業員への教育

ボーリング作業員に油やガスの噴出を防止（コントロール）する技術を熟知させることとした。

3.1.2 事前検討結果に基づき設定したボーリング孔掘削計画の概要

(1) 掘削方法

ボーリング孔掘削は，地質環境特性（地質学，水理学，岩盤力学，地球化学）に関する様々データを取得するため，オールコアリングで実施する必要がある。コアリングは全深度で 6

1/4インチ(156mm)で統一し、掘削作業や掘削中・掘削後の試験作業の安全性を考慮して多段ケーシング式を採用しボーリング孔の掘削を進めこととした。コアリングの径は以下の理由により決定した。

・地質構造の深度や割れ目などの走向・傾斜の正確な把握には孔内を直接目視，写真/ビデオ撮影できるBTV(Borehole Television)が一般的に使用されるが，これには孔内水が透明（清水）であることが条件となる。たとえ清水であっても、堆積岩は結晶質岩に比べ掘削中に懸濁物が発生しやすく，BTV による孔内観察は困難と考えられる。この対策として、岩盤の比抵抗を精密に測定し，孔壁状況を電気伝導度の違いで分析し画像表示する，シュルンベルジェ社の FMI(Fullhore formation microimager)や物理計測コンサルタント社のEMI(Electric micro imaging)の電気検層，超音波を利用したシュルンベルジェ社のUSI(Ultrasonic borehole imager)や物理計測コンサルタント社の BHTV(Borehole Televiewer) の実施，あるいはこれらを併用することにより、孔壁の状況や原位置岩盤中の割れ目の情報を取得することが可能である。先に示したコアリング径は、これらの検層ツールを使用できる最小口径である。

・多段式で，第2段目を12 1/4インチ，第3段目を8 1/2インチ，第4段目を6 1/4インチでコア掘削という方法もあるが，現在，各サイズのダイヤモンドビットは全て特注となる。異なるサイズのビットを使用すると，コア採取のためのコアバーレルなどもコア径に合わせて準備する必要があり、費用が増大する。

・大口径のコアリングは，小口径より掘進速度が遅くなる。同じ掘削長の場合，掘削にかかる時間が長くなるため，コアが受けるビットの回転の影響が大きくなりコア回収率が悪くなる。同時に工期が延びるため費用が増大する。

(2) 掘削ツール

表土層を除いてオールコアリングとするため、それが可能な掘削ツールを使用する。使用するケーシングパイプや掘削ロッドは、予測される密閉圧力や圧潰圧力に耐えうるものを使用する。また、ガスが噴出する恐れがあるため，安全対策として孔口に噴出防止装置を取付ける。

(3) 掘削水について

一般に、石油や天然ガスを胚胎する可能性が高く，清水による掘削ではボーリング孔が崩壊する危険性が高い堆積岩を対象にボーリング孔の掘削を実施する場合には，石油や天然ガスの噴出防止とボーリング孔の崩壊を防止する目的でベントナイトを主成分とする泥水が使用されている。

しかし，ベントナイト泥水を使用してボーリング孔を掘削することは，岩盤の水理特性や地下水の地球化学特性に大きな影響を与える。幌延深地層研究計画では，堆積岩を対象に岩盤の水理特性や地球化学特性に与える影響が小さく，ボーリング孔の崩壊防止，掘削時のスライムの排除が良好にできる泥水の検討を行った[1),2)]。スイスのNAGRAでは，Opalinus clayのような粘土鉱物を多く含み膨潤性が高い地層を掘削する場合には，珪酸ソーダを主体とするシリケート泥水を用いたボーリング孔の掘削が有効であること[3)]が示されている。

ただし，シリケート泥水を使用する場合，シリケート泥水の単体での使用ではなく比重調整や，粘性調整などが必要となり，ポリマーなどの有機化合物を合わせて使用する必要がある。また，ボーリング孔の洗浄は，シリケートの薄膜除去のためアルカリ性溶液を使用する必要があり，岩盤の水理特性に与える影響は小さいが，地下水の地球化学特性に与える影響は非常に大きい。

シリケート泥水の使用に関する前出の問題点も考慮し，本地域におけるボーリング孔掘削では，清水もしくは低濃度のベントナイト泥水を掘削水として使用することとした。必要があれば，スイスのNAGRAで一定の評価が得られているシリケート泥水を用いるが，シリケート泥水で孔壁の膨潤や崩壊の抑制が困難な場合はKCLリグネート泥水に切り替える（リグネート泥水は，最終手段として使用する)。

なお、先進ボーリング孔やリアルタイムのコア試験結果から，清水掘削が可能と判断される場合は清水を用いることとした。

3.2 実績

3.2.1 掘削方法

幌延深地層研究計画におけるボーリング孔は，地質環境特性を把握するための様々な調査が実施可能となること，および掘削後に地下施設建設による地下水の流動・水質への影響を把握するための長期モニタリング孔として使用できることが前提である。これらの条件を満たすとともに，掘削対象岩盤が軟質の堆積岩であり，メタンガスが胚胎していることから，不測の事態への対応などを考慮して，掘削方法は石油井の掘削に準拠する仕様とし，オールコアリングおよび多段ケーシングによる孔全体の保孔を行う方法をとった。また、ケーシングで孔壁を覆った状態で長期モニタリングを行うため，ボーリング調査終了時にジェットパーフォレーションにより所定深度のケーシングに孔を開け地下水が流入できるようにした。

3.2.2 掘削ツール

1) 石油・天然ガスの噴出対策

3.1 に述べたように、本地域においては，ボーリング調査中の掘削時に石油や天然ガスが噴出する可能性があったため，石油や天然ガスの噴出に対応するために噴出防止装置を孔口に取り付けた。各種のバルブや噴出防止装置の耐圧性能，現場作業に係わる安全については，鉱山保安規則（石油鉱山編）の規定を準用した。

2) ボーリング孔掘削

ボーリング孔掘削は，地質環境特性（地質学，水理学，岩盤力学，地球化学）に関する様々データを取得するため，オールコアリングで実施する必要がある。しかし，本地域におけるボーリング孔掘削時には噴出防止装置を設置する必要があり，その耐圧性能や防爆構造を考慮すると，従来の地熱開発や資源開発において用いられている掘削ロッドでは対応できない。一方，石油探査におけるボーリング孔掘削では，オールコアリングではなく，スポット的にコアを採取することを基本としていることから一般の石油探査用の掘削ロッドでは，オールコアリングが実施できない。

そこで，幌延深地層研究計画では，石油や天然ガスの胚胎するような堆積岩地域において，噴出防止装置に対応して安全にかつオールコアリングが可能な掘削ロッド（詳細は 4 章を参照）を新たに製作し適用した。

3.2.3 掘削水について

平成 13 年度に掘削した HDB-1, 2 孔は，地下水の地球化学特性に与える影響が最小限と考えられる清水による掘削を試みた。しかしながら，ボーリング孔の孔径拡大(図 3.1, 図 2.3.2)，コアバーレルの切断，仮ケーシングの落下などの孔内トラブルが生じたため，当初の検討結果に従って、ベントナイト泥水に切替え掘削を継続した。そのため，掘削水としての清水の適用性に関して十分な知見が得られなかった。

この結果を受け，HDB-3, 4 孔では，掘削流体としての清水の適用性を確認するため，50m おきに簡易キャリパー（1 方向のみの孔径変化を測定）を実施し，孔径拡大の確認を行った。その結果，両孔とも，約 50m の掘進につき 20mm 程度の孔径拡大が生じることが確認されたことから，清水掘削ではボーリング孔を用いた調査に必要な孔径の維持が難しいことが明らかとなった。

清水掘削による孔径拡大の影響を確認した後は，岩盤の水理特性や地下水の地球化学的特性に与える影響を最小限に抑制するため、低濃度のベントナイト泥水（約 6wt%）を選択し，掘削を継続した。ベントナイト泥水の使用後は，掘進率も安定し，著しい孔径拡大も見られなかった。また，掘削中のトラブルも生じなかった[3)]。

HDB-7 孔においては，孔口から勇知層(比較的軟らかい中～細粒の砂岩を主体)の出現が予測されたため，孔壁の崩壊を防止するために 11.69m～324.00m 間はテルポリマー（増粘剤）を泥水に 0.1～0.2 wt%添加して掘削した。

表は、HDB-1～HDB-11 孔までのコア掘削および拡掘時の平均掘進率を示したものである。最初のボーリング孔掘削となった HDB-1, HDB-2 孔は 9m/日程度であったが、HDB-3 孔以降は、10

～17m/日程度の掘進率となった。

表 3.2.3.1　コア掘削時の掘進率一覧表

孔井名	第一段階 コア掘削				第二段階 コア掘削				第三段階 コア掘削				第四段階 コア掘削			
	孔径		平均掘進率	掘削深度	孔径		平均掘進率	掘削深度	孔径		平均掘進率	掘削深度	孔径		平均掘進率	掘削深度
	(in)	(mm)	(m/Hr)	(m)	(in)	(mm)	(m/Hr)	(m)	(in)	(mm)	(m/Hr)	(m)	(in)	(mm)	(m/Hr)	(m)
HDB-1	6-1/4	158.8	16.8	4.4m - 53.0m	6-1/4	158.8	14.9	53.0m - 217.3m	6-1/4	158.8	9.1	217.3m - 421.0m	6-1/4	158.8	8.4	421.0m - 720.0m
HDB-2	6-1/4	158.8	16.8	4.4m - 53.5m	6-1/4	158.8	8.3	53.5m - 404.9m	6-1/4	158.8	9.3	404.9m - 720.0m	-	-	-	-
HDB-3	6-1/4	158.8	14.9	4.0m - 54.5m	6-1/4	158.8	11.1	54.5m - 315.9m	6-1/4	158.8	10.5	315.9m - 520.0m	-	-	-	-
HDB-4	6-1/4	158.8	10.6	4.1m - 54.5m	6-1/4	158.8	11.2	54.5m - 316.5m	6-1/4	158.8	13.5	316.5m - 520.0m	-	-	-	-
HDB-5	6-1/4	158.8	10.2	4.0m - 54.0m	6-1/4	158.8	9.3	54.0m - 274.5m	6-1/4	158.8	14.2	274.5m - 520.0m	-	-	-	-
HDB-6	6-1/4	158.8	17.0	4.0m - 134.8m	6-1/4	158.8	13.4	134.8m - 367.0m	6-1/4	158.8	11.7	367.0m - 620.0m	-	-	-	-
HDB-7	6-1/4	158.8	13.1	11.69m - 178.0m	6-1/4	158.8	12.7	178.0m - 324.0m	6-1/4	158.8	17.4	324.0m - 520.0m	-	-	-	-
HDB-8	6-1/4	158.8	13.6	4.2m - 113.0m	6-1/4	158.8	11.7	113.0m - 257.5m	6-1/4	158.8	10.7	257.0m - 520.0m	-	-	-	-
HDB-9	6-1/4	158.8	15.6	26.5m - 125.0m	6-1/4	158.8	16.6	125.0m - 257.5m	6-1/4	158.8	13.9	257.5m - 520.0m	-	-	-	-
HDB-10	6-1/4	158.8	20.1	25.5m - 136.0m	6-1/4	158.8	22.6	136.0m - 298.0m	6-1/4	158.8	12.8	298.0m - 500.0m	HQ	101.0	14.7	500.0m - 550.0m
HDB-11	6-1/4	158.8	32.5	23.0m - 153.0m	6-1/4	158.8	26.1	153.0m - 453.0m	6-1/4	158.8	15.0	453.0m - 803.0m	6-1/4	158.8	9.7	803.0m - 1020.0m

表 3.2.3.2　拡掘時の掘進率一覧表

孔井名	第一段階 拡孔				第二段階 拡孔				第三段階 拡孔			
	孔径		平均掘進率	掘削深度	孔径		平均掘進率	掘削深度	孔径		平均掘進率	掘削深度
	(in)	(mm)	(m/Hr)	(m)	(in)	(mm)	(m/Hr)	(m)	(in)	(mm)	(m/Hr)	(m)
HDB-1	17-1/2	444.5	78.8	4.4m - 53.0m	12-1/4	311.1	76.7	53.0m - 217.3m	8-1/2	215.9	44.9	217.3m - 421.0m
HDB-2	17-1/2	444.5	35.2	4.4m - 53.5m	8-1/2	215.9	28.2	53.5m - 404.9m	-	-	-	-
HDB-3	17-1/2	444.5	20.9	4.0m - 54.5m	8-1/2	215.9	91.3	54.5m - 315.9m	-	-	-	-
HDB-4	17-1/2	444.5	55.6	4.1m - 54.5m	8-1/2	215.9	120.4	54.5m - 316.5m	-	-	-	-
HDB-5	17-1/2	444.5	33.7	4.0m - 54.0m	8-1/2	215.9	77.3	54.0m - 274.5m	-	-	-	-
HDB-6	12-1/4	311.1	48.3	4.0m - 134.8m	8-1/2	215.9	100.3	134.8m - 367.0m	-	-	-	-
HDB-7	12-1/4	311.1	32.6	11.69m - 178.0m	8-1/2	215.9	47.7	178.0m - 324.0m	-	-	-	-
HDB-8	12-1/4	311.1	62.9	4.2m - 113.0m	8-1/2	215.9	65.7	113.0m - 257.5m	-	-	-	-
HDB-9	12-1/4	311.1	32.4	26.5m - 125.0m	8-1/2	215.9	87.1	125.0m - 257.5m	-	-	-	-
HDB-10	12-1/4	311.1	38.8	25.5m - 136.0m	8-1/2	215.9	51.2	136.0m - 298.0m	-	-	-	-
HDB-11	17-1/2	444.5	32.3	23.0m - 153.0m	12-1/4	311.1	44.0	153.0m - 453.0m	8-1/2	215.9	77.4	453.0m - 803.0m

3.2.4　キャリパー検層結果

HDB-1,2 孔における清水とベントナイト泥水によるボーリング孔掘削時の孔径検層結果を図 3.2.4.1 および図 3.2.4.2 に示す。図から，清水よりベントナイト泥水を使用してボーリング孔を掘削した方が，ボーリング孔の孔径が拡大する程度が小さく，堆積岩を対象にしたボーリング孔の掘削には，低濃度のベントナイト泥水が有効であることが示された。泥水を使用することにより掘削ロッド回転時のバイブレーションが軽減されて，掘進率も安定するようになった。

また，ベントナイト泥水を用いたボーリング孔の掘削を実施したため、得られた岩芯の室内試験などにおけるベントナイト泥水の影響を低減するための方法やボーリング孔を用いた調査時の孔内洗浄の方法や手順などを確立した[4]。

掘削水によるボーリング孔壁の安定性を示すデータとして，HDB-3～HDB-11 孔において約 50m おきに実施した簡易キャリパー検層（1 方向のみ）と X-Y キャリパー検層（2 方向）の結果を図 3.3.3～3.3.20 に示す。簡易キャリパー検層は、1 方向のみの測定であるが、X-Y の 2 方向のキャリパーに比べ簡易に実施でき、かつ得られるデータ自体も大きく変わるものではないことがわかる。今回のボーリング調査においては、掘削に伴う孔径拡大によって試験装置のパッカーの拡張限界を超えることが無いよう、簡易キャリパーにより掘削中の孔径変化を観測したが、この方法は孔の変状をいち早く察知し適切な対応を取る意味でも有効であると考えられる。

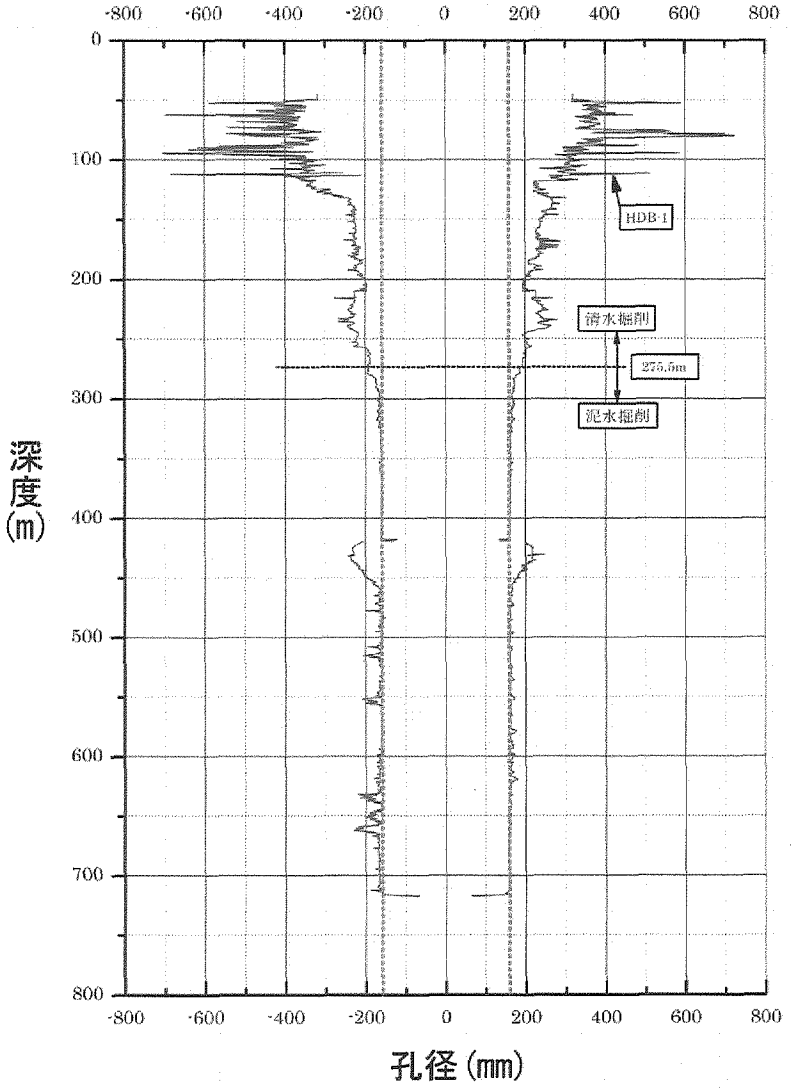


図 3.2.4.1　HDB-1 孔　X-Y キャリパー検層結果

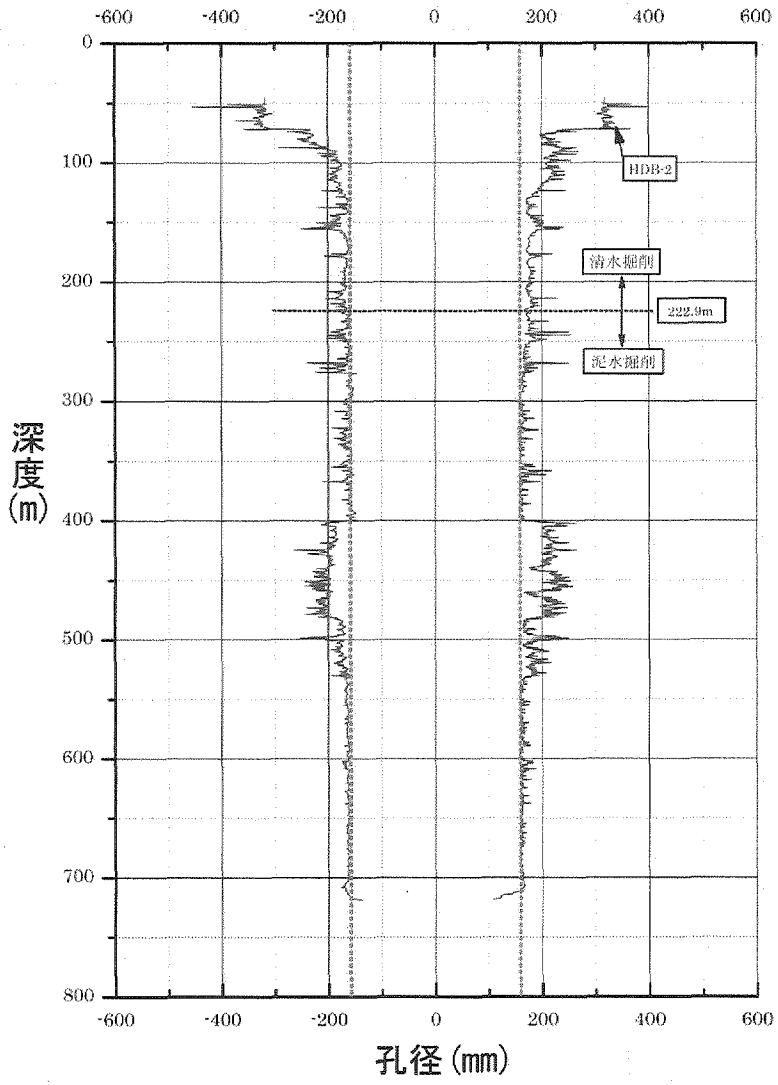


図 3.2.4.2　HDB-2 孔　X-Y キャリパー検層結果

JAEA-Technology 2006-052

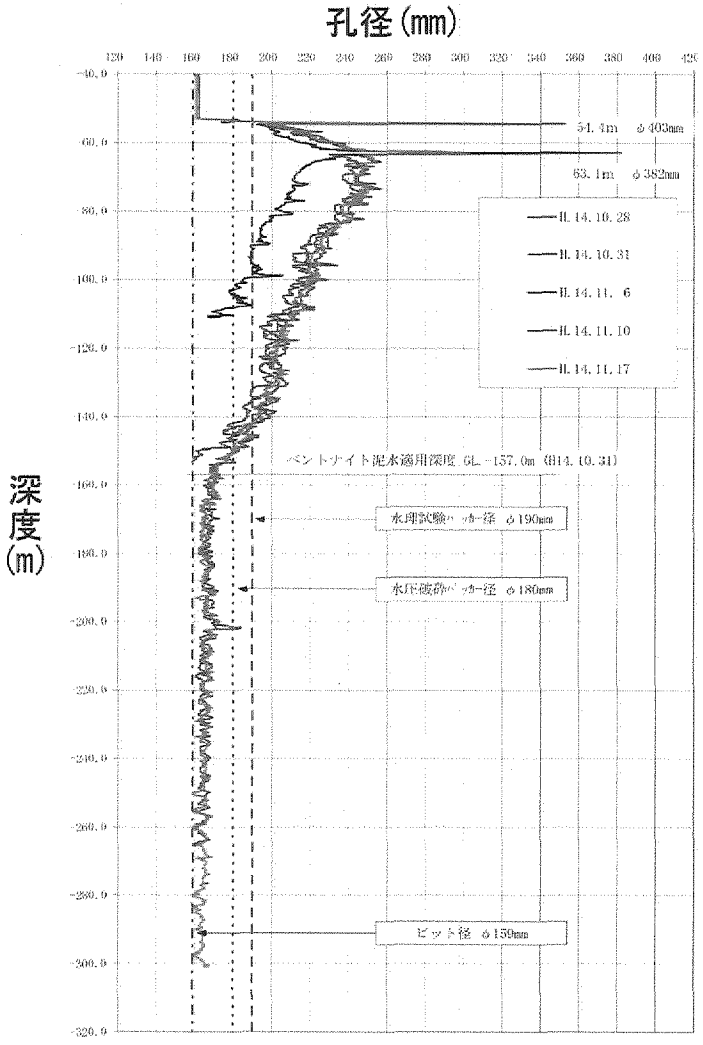


図 3.2.4.3 HDB-3 孔 簡易キャリパー検層結果

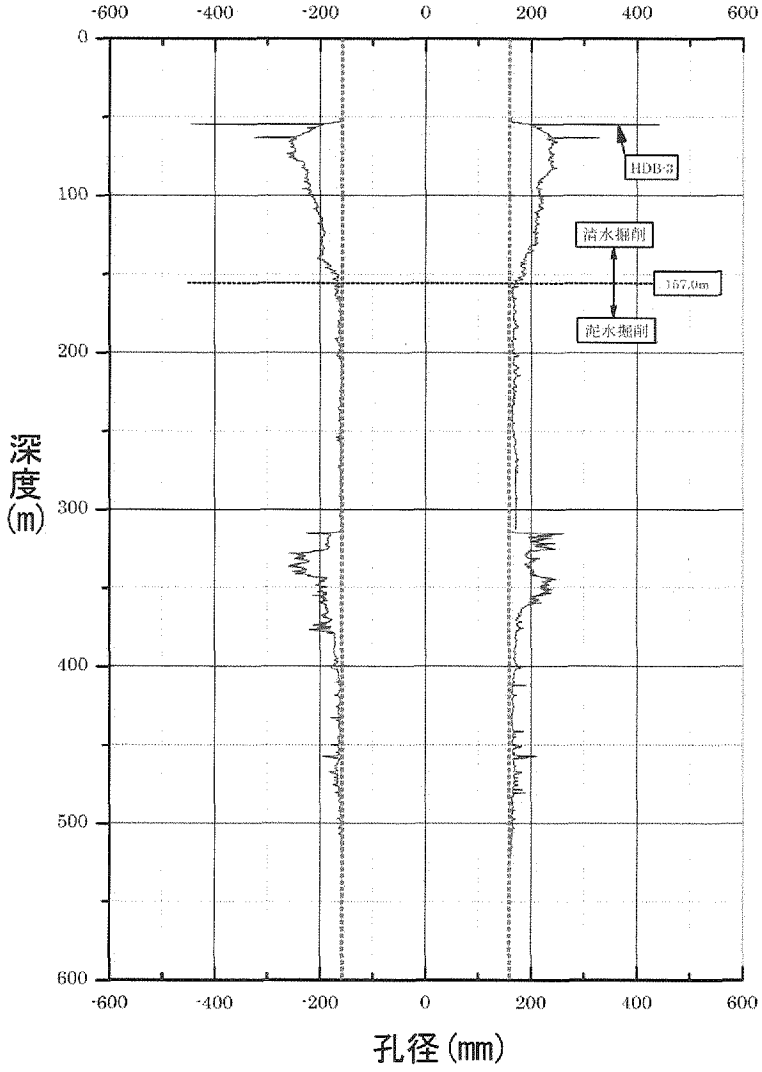


図 3.2.4.4 HDB-3 孔 X-Y キャリパー検層結果

JAEA-Technology 2006-052

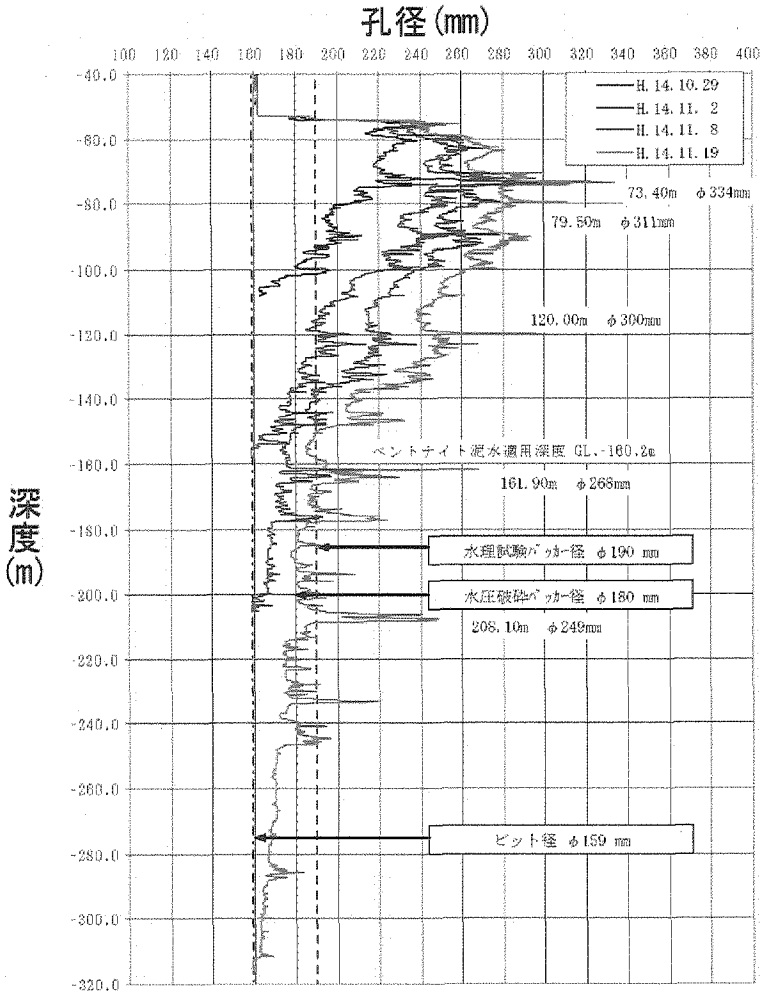


図 3. 2. 4. 5　HDB-4 孔　簡易キャリパー検層結果

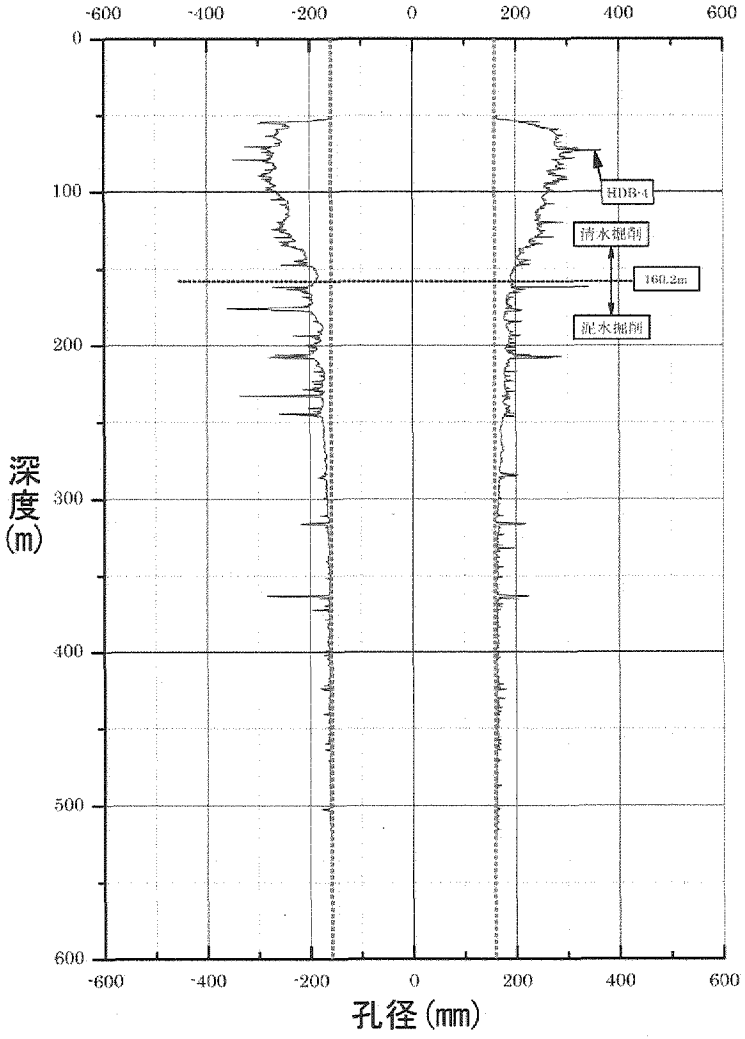


図 3. 2. 4. 6　HDB-4 孔　X-Y キャリパー検層結果

JAEA-Technology 2006-052

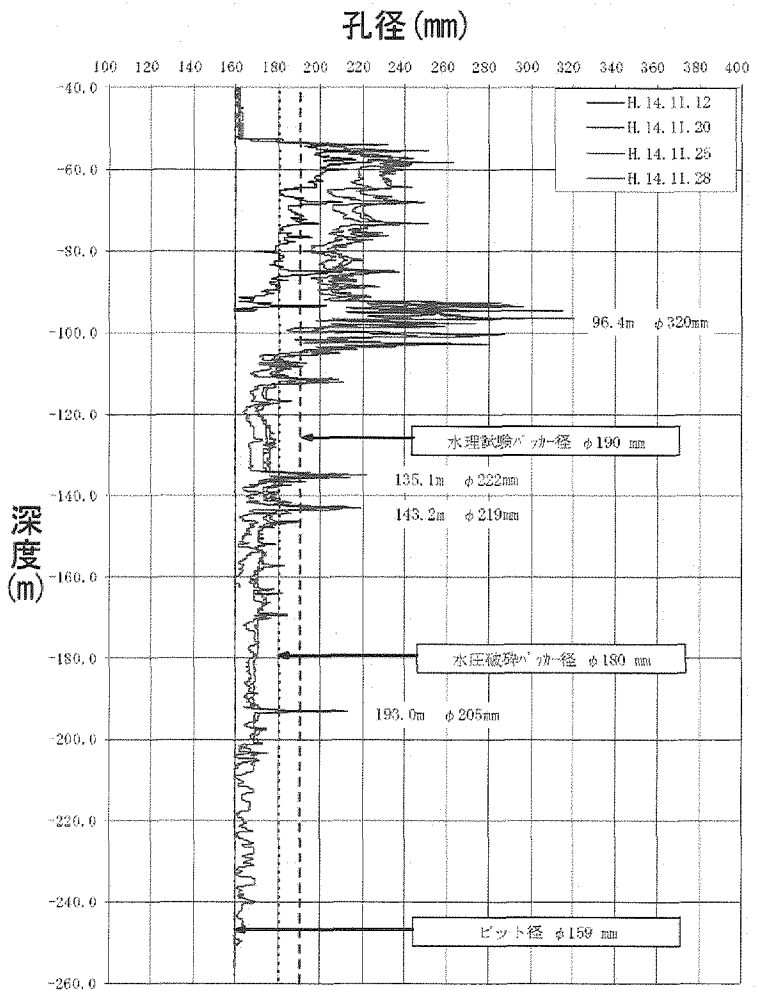


図 3.2.4.7 HDB-5 孔 簡易キャリパー検層結果

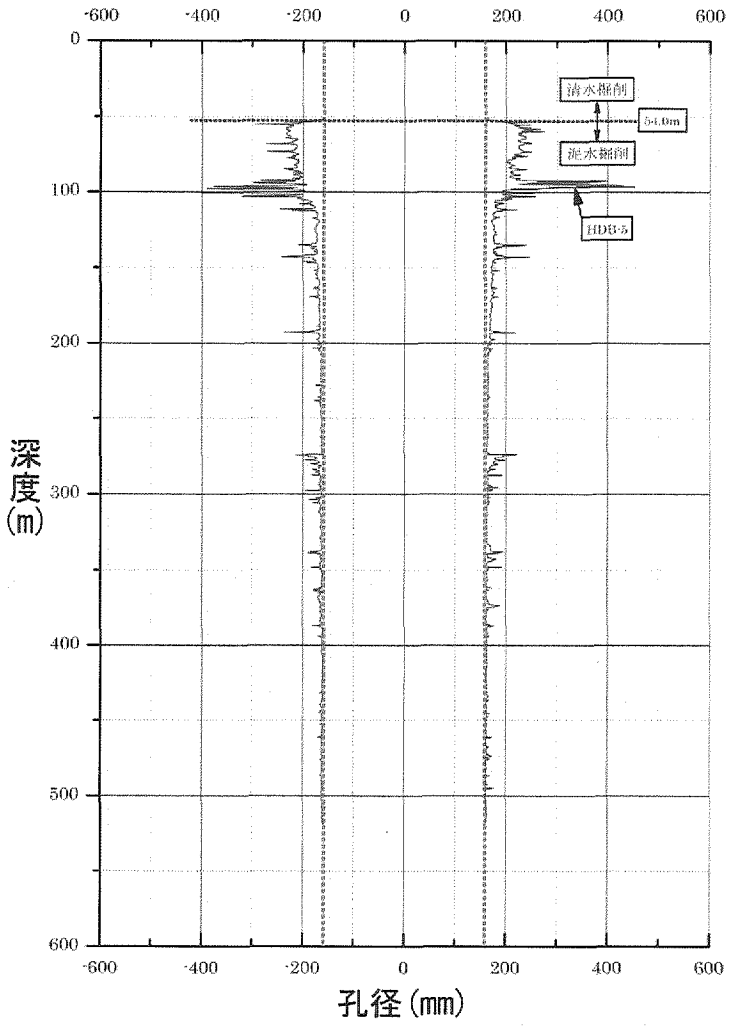


図 3.2.4.8 HDB-5 孔 X-Y キャリパー検層結果

JAEA-Technology 2006-052

JAEA-Technology 2006-052

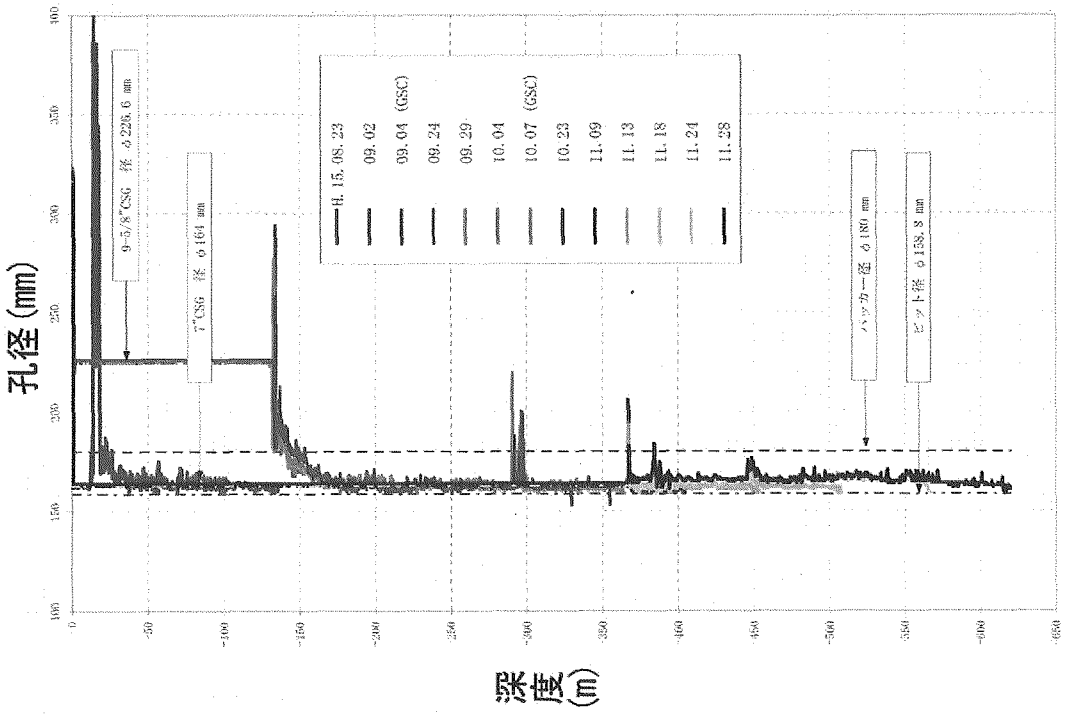


図 3.2.4.9 HDB-6 孔 簡易キャリパー検層結果

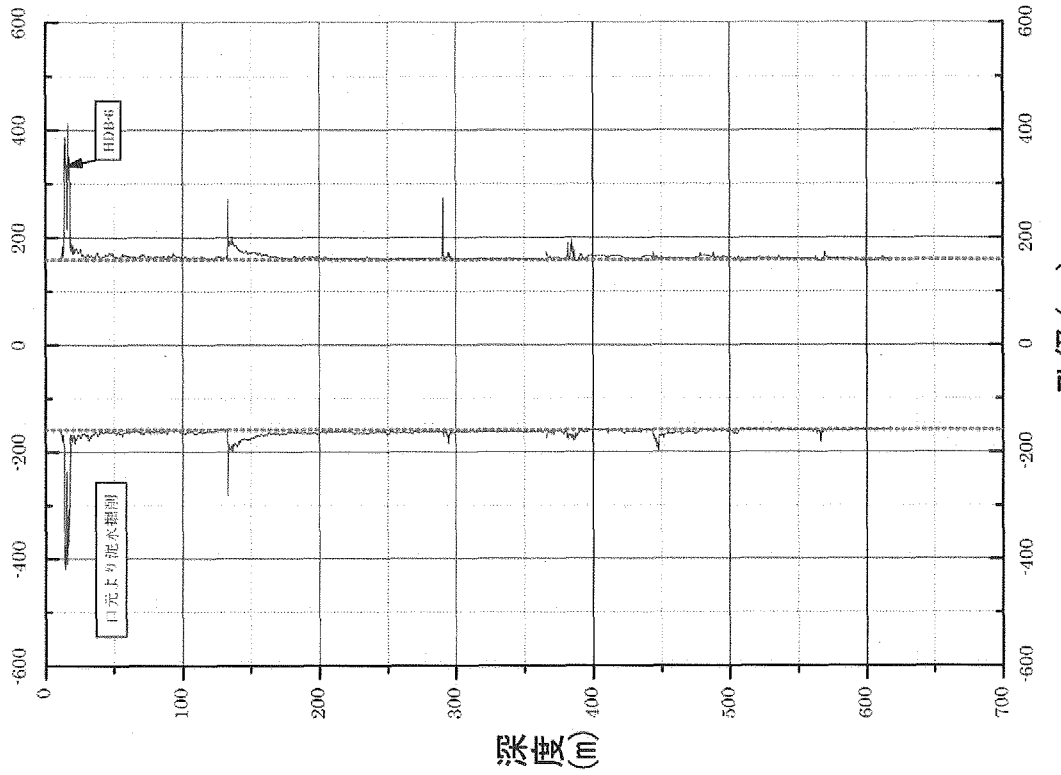


図 3.2.4.10 HDB-6 孔 X-Y キャリパー検層結果

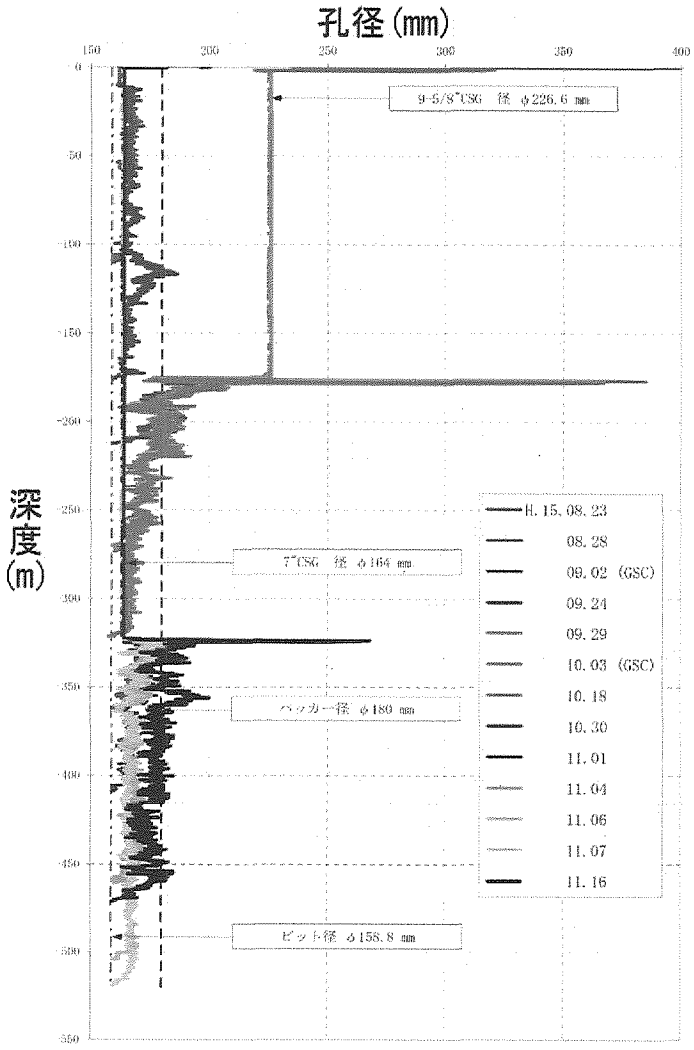


図 3.2.4.11 HDB-7 孔 簡易キャリパー検層結果

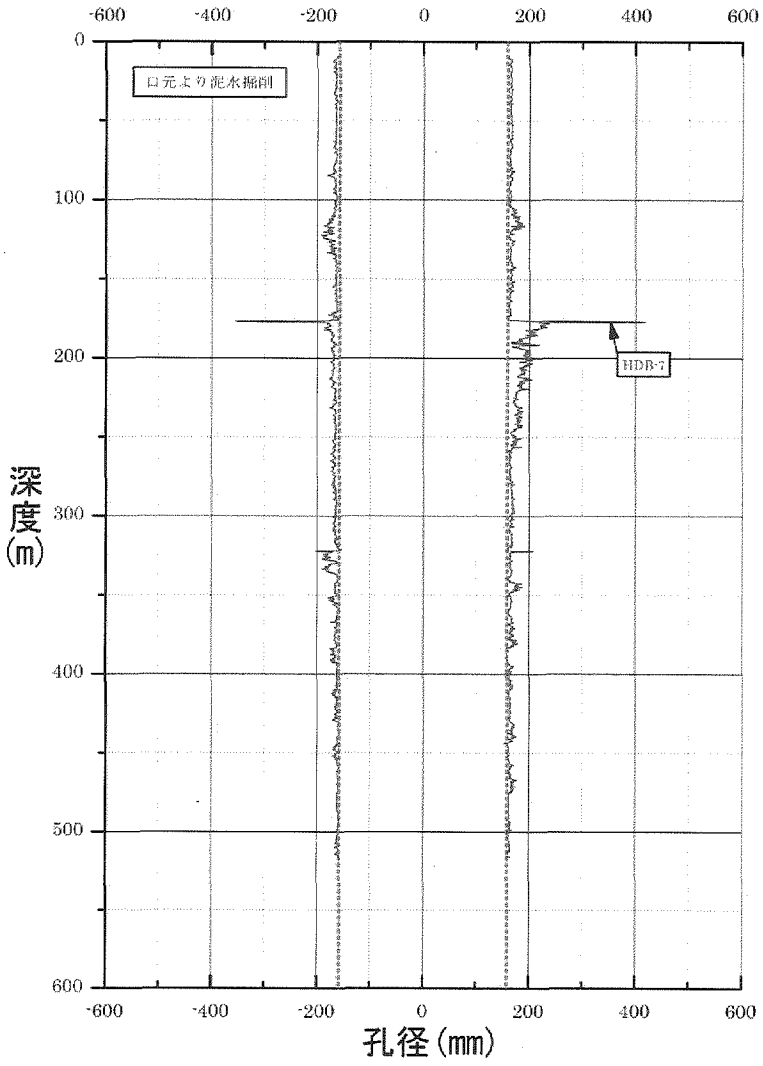


図 3.2.4.12 HDB-7 孔 X-Y キャリパー検層結果

JAEA-Technology 2006-052

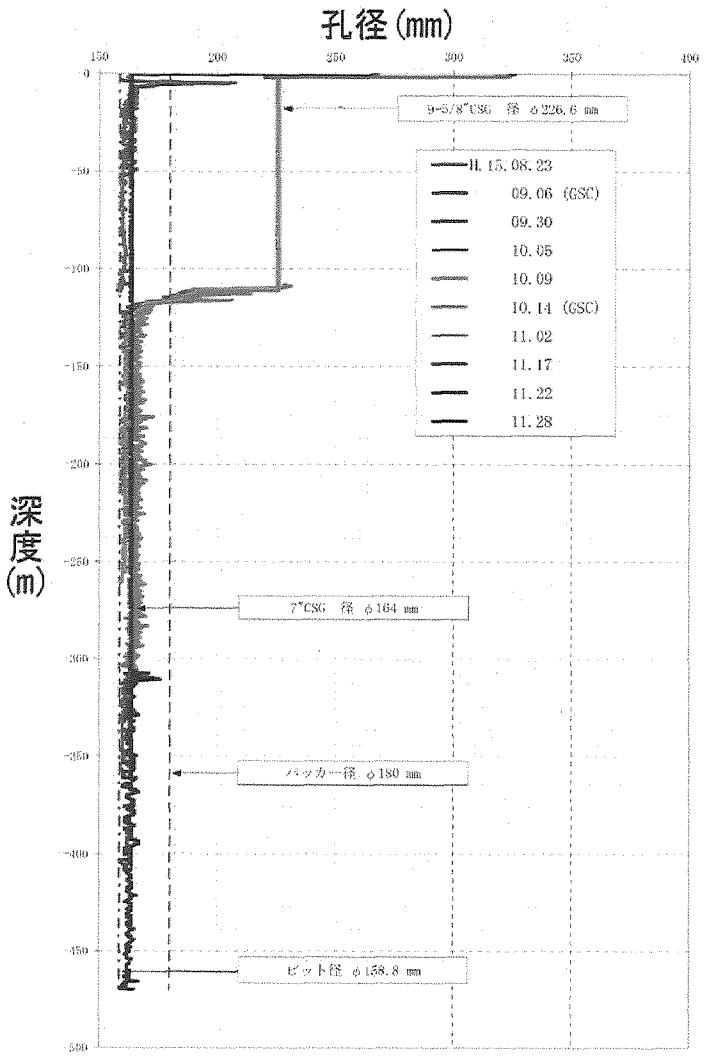


図 3.2.4.13 HDB-8 孔 簡易キャリパー検層結果

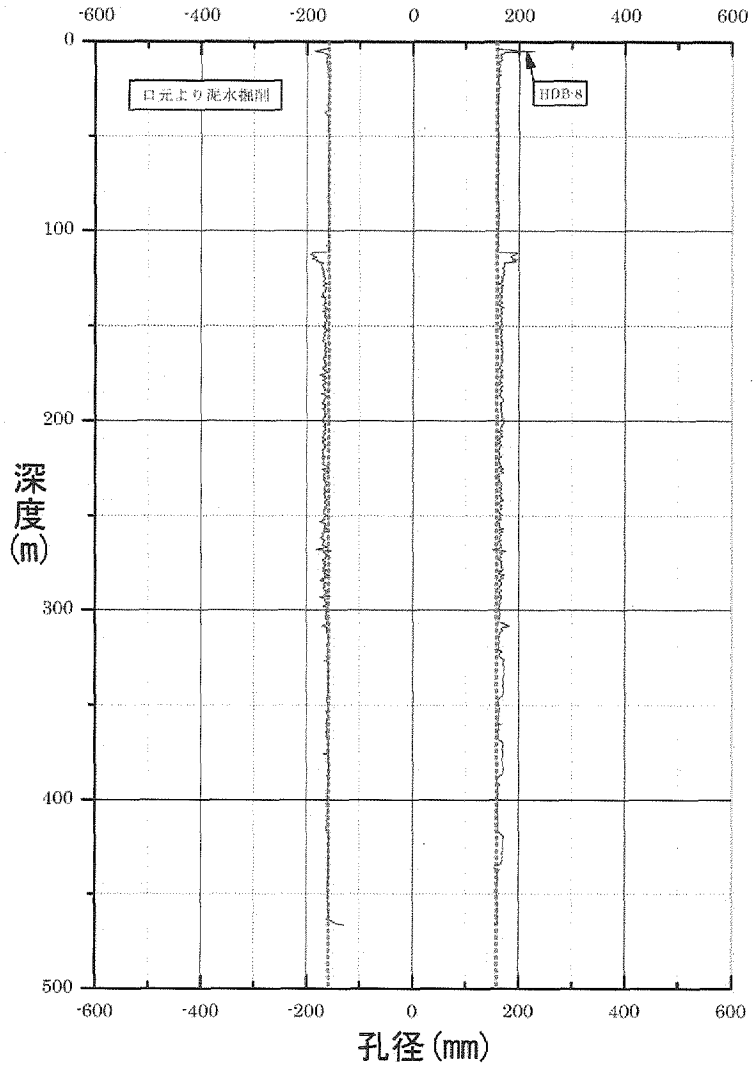


図 3.2.4.14 HDB-8 孔 X-Y キャリパー検層結果

JAEA-Technology 2006-052

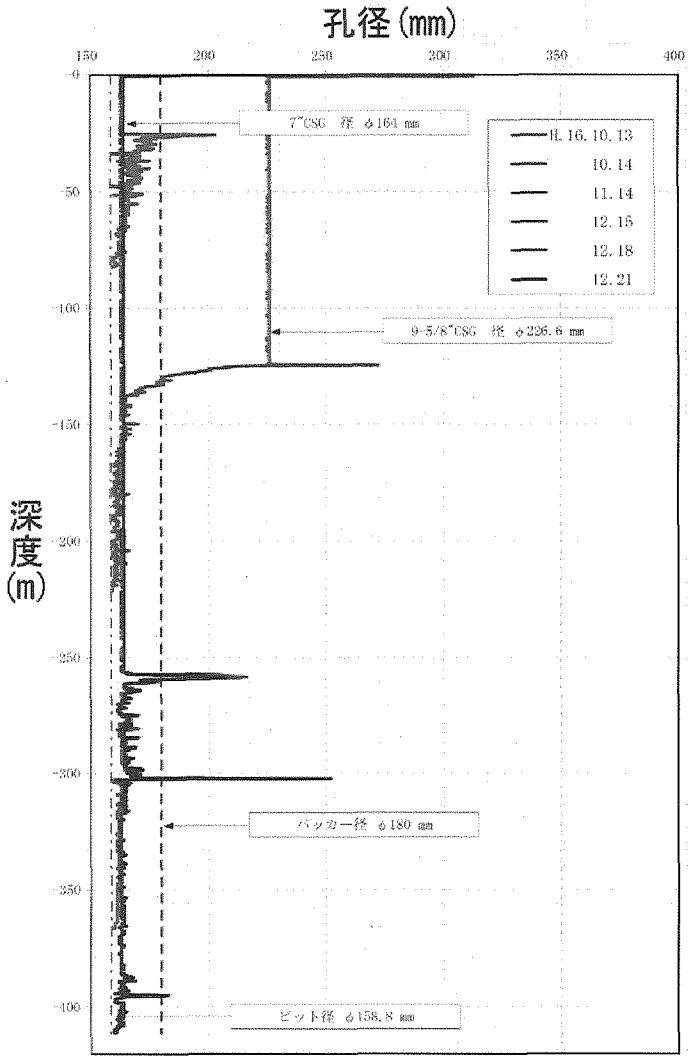


図 3.2.4.15 HDB-9 孔 簡易キャリパー検層結果

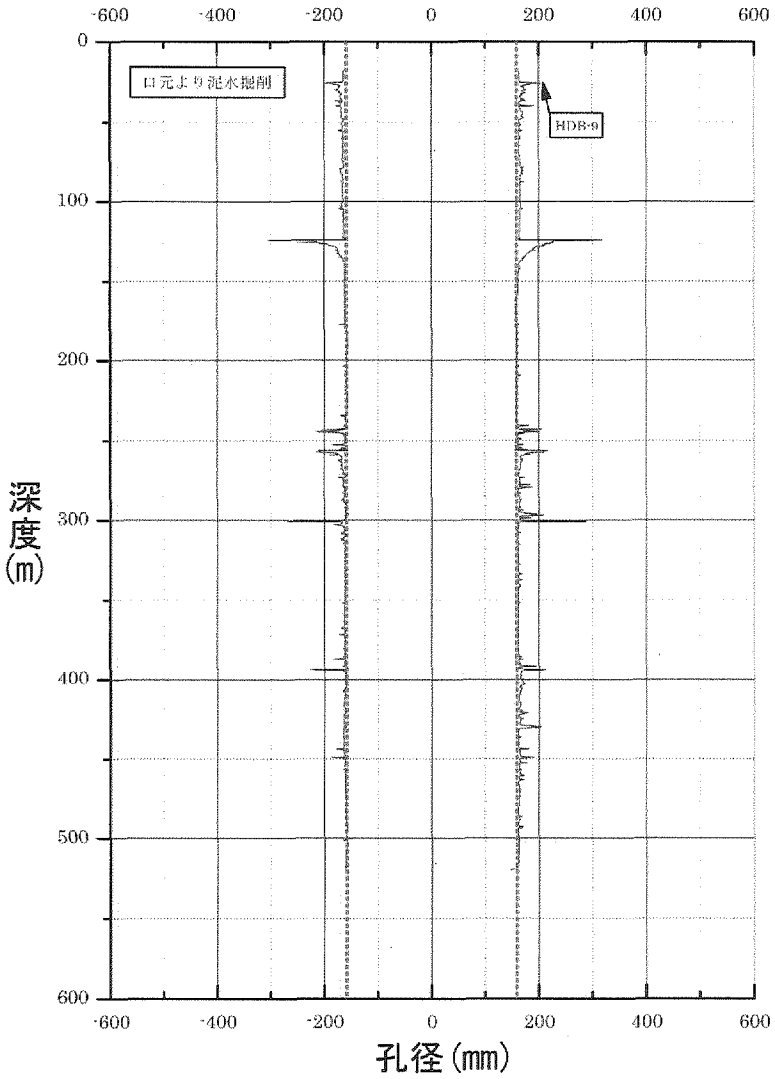


図 3.2.4.16 HDB-9 孔 X-Y キャリパー検層結果

JAEA-Technology 2006-052

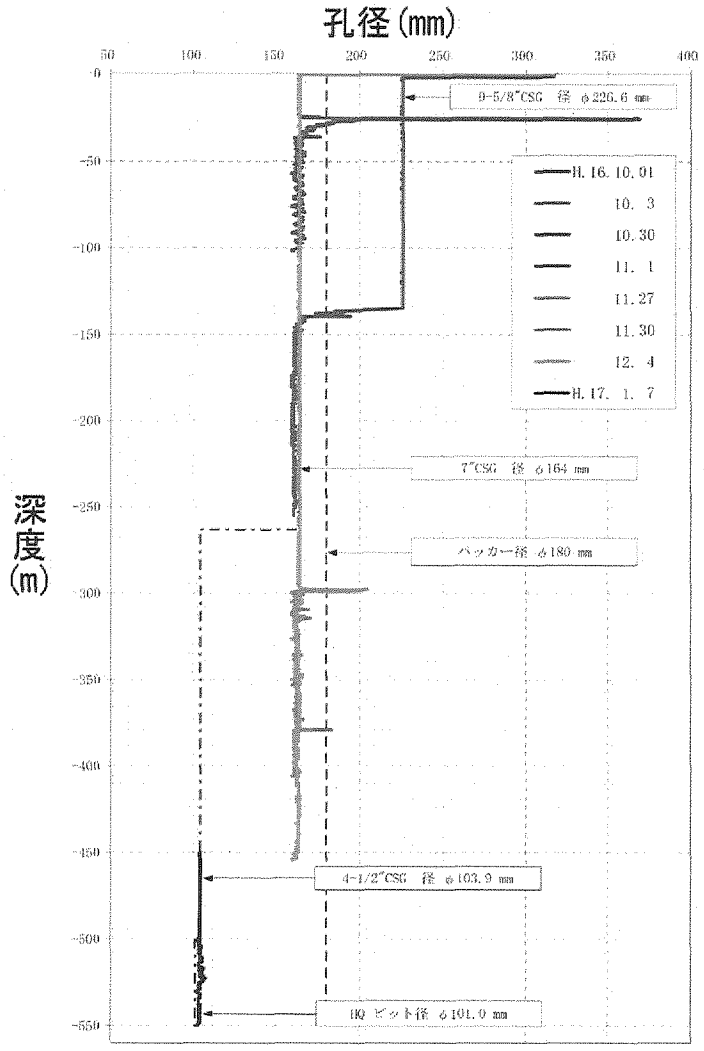


図 3.2.4.17 HDB-10 孔 簡易キャリパー検層結果

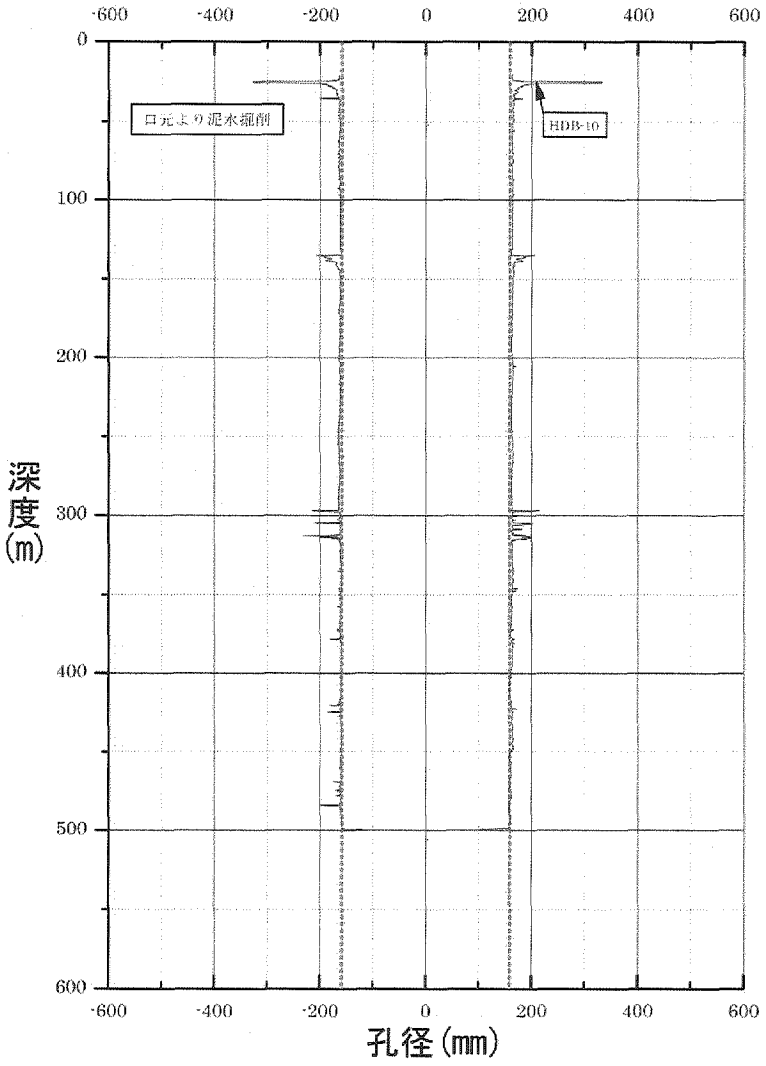


図 3.2.4.18 HDB-10 孔 X-Y キャリパー検層結果

JAEA-Technology 2006-052

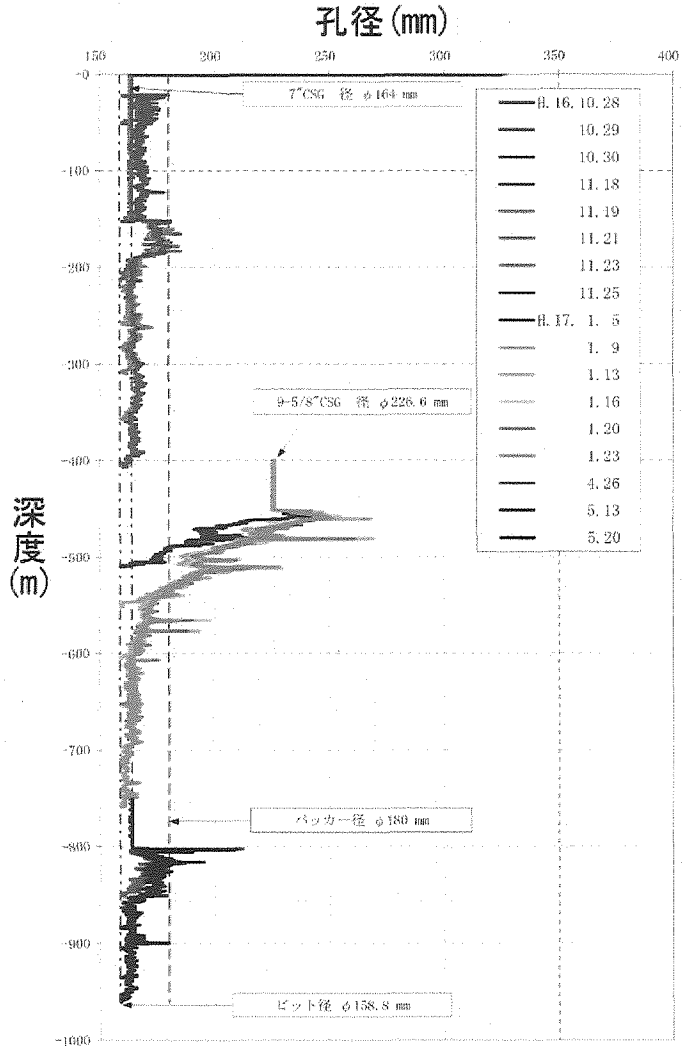


図 3.2.4.19 HDB-11 孔 簡易キャリパー検層結果

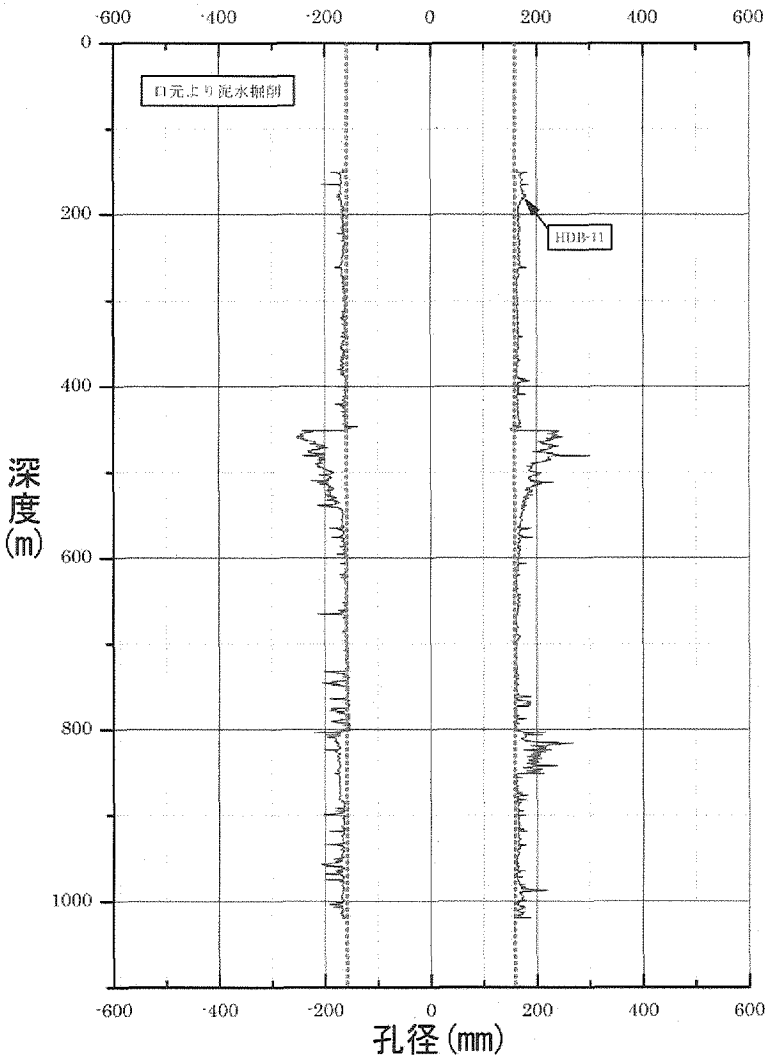


図 3.2.4.20 HDB-11 孔 X-Y キャリパー検層結果

JAEA-Technology 2006-052

4. 掘削機器

4.1. ボーリング機，掘削櫓等

掘削機器は，ボーリング調査で通常使われている機器を使用した。ただし，3 章に述べたように、石油や天然ガスの噴出に対応するために図 4.1.1 に示す噴出防止装置(Blow Out Preventer)を孔口に取り付けた。各種のバルブや噴出防止装置の耐圧性能，現場作業に係わる安全については，鉱山保安規則（石油鉱山編）の規定を準用した。

HDB 孔の掘削機器の一覧表を表 4.1.1 に示す。

表 4.1.1 掘削機器設備一覧表（HDB-1 孔）

品名	形式	メーカー	仕様	数量
試錐機	TSL－１C	利根	巻上能力：シングル8,000kg	１台
同上原動機	PD-6T	日産	150ps/1,800rpm	１台
ポンプ	JD-200	大原鉄工	最大吐出量：1,270ℓ/min	１台
同上原動機	PD-6T	日産	150ps/1,800rpm	１台
ポンプ	NAS-7	利根	最大吐出量：1,250ℓ/min	１台
同上原動機	PD-6T	日産	150ps/1,800rpm	１台
試錐櫓	DR-30	利根	耐荷重：100t	1基
ミキサー	MCE-2000	利根	タンク容量：2,000ℓ	１台
WLホイスト	AB-1	カナサキ鉄工所	2000m巻：9mmワイヤーロープ	１台
清水タンク	鉄製箱型	柳沢鉄工所	$20m^3$	4基
孔曲測定器	シングルショット/6°	スペリーサン	0～6°	１台
発電機	DCA-150	デンヨー	125KVA/200V	１台
発電機	DCA-90	デンヨー	75KVA/200V	１台
水中ポンプ	KTZ-37L	コマツ	4 inch $1.0m^3$/min	2台
水中サンドポンプ	NKZ-D4	ツルミポンプ	4 inch $1.0m^3$/min	1台
水中サンドポンプ	KTV2-50	コマツ	2 inch $0.25m^3$/min	3台

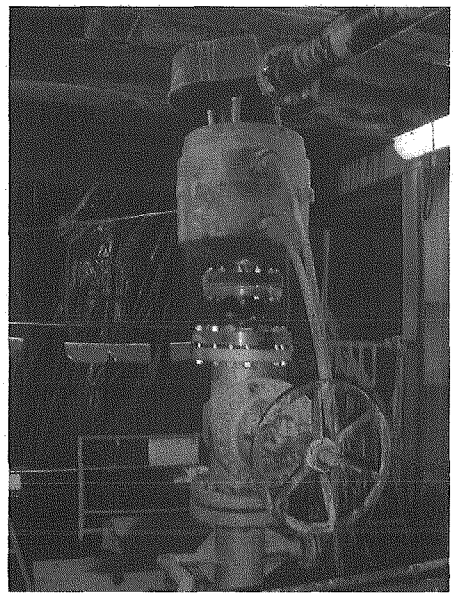


図 4.1.1 噴出防止装置(Blow Out Preventer)

4.2 コア掘削機器

一般のコア掘削機器には規格があるが，幌延で適用するオールコアリングツールとして，コア掘削径が 6-1/4”，コア径 86.0mm は規格外となる。また、掘削ロッドに関しても，噴出防止装置を閉じたとしてもパイプが潰れない肉厚が要求される。さらに，掘削ロッドの内側をインナーバレルが昇降するので，その内径の確保も要求される。これらを考慮し，コアバーレル関係は，既存の PQ サイズの機器を参考にして新たに製作した。図 4.2.2 に簡単な設計図を示すが，これは掘削請負会社である三菱マテリアル資源開発（株）が特許申請中である。掘削ロッドに関しては，API 規格（図 4.2.1）の 5” OD ドリルパイプの両端のねじを切断し、図 4.2.3 のようなねじを溶接したものを使用した。

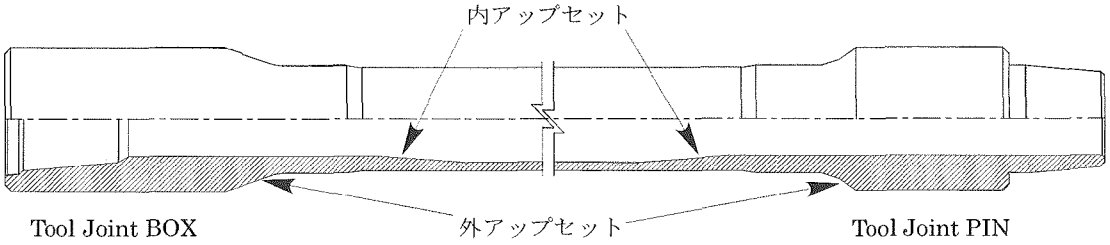


図 4.2.1　API 規格ドリルパイプ

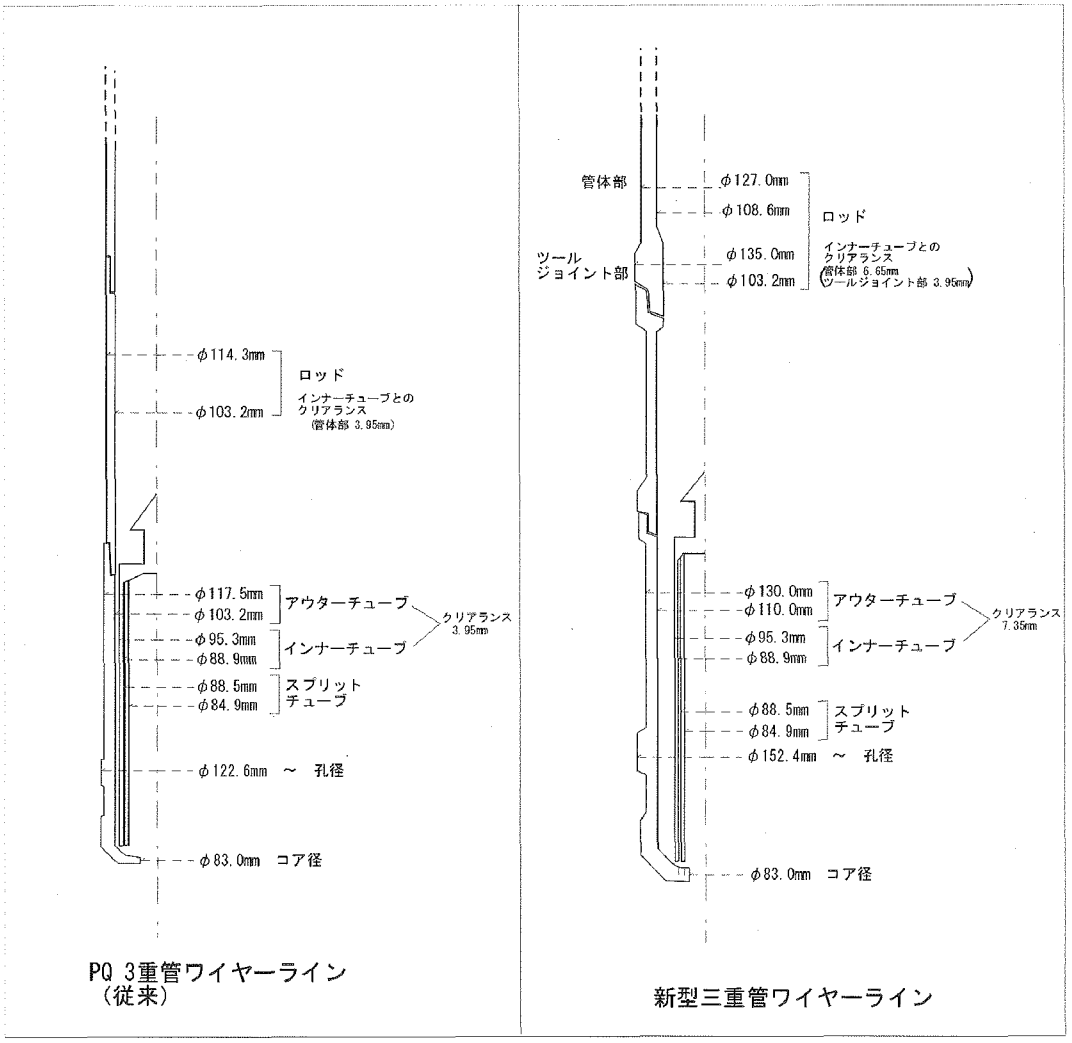


図 4.2.2　コアバレルと掘削ロッドの設計図

図 4.2.3　掘削ロッドのねじ

4.3　コアビット

掘削ロッド，コアバーレル関連の機材を新たに製作したため、それと同様にコアビットも新たに製作した。コアビットについては、HDB-1,2 孔の掘削実績に基づき，泥水掘削を行うことと掘削対象となる新第三紀堆積岩の深度方向の岩石強度の変化を考慮し、掘削能率を向上させるため軟岩用と硬岩用ビットを製作した。図 4.3.1 と図 4.3.2 に製作したビットを示す。

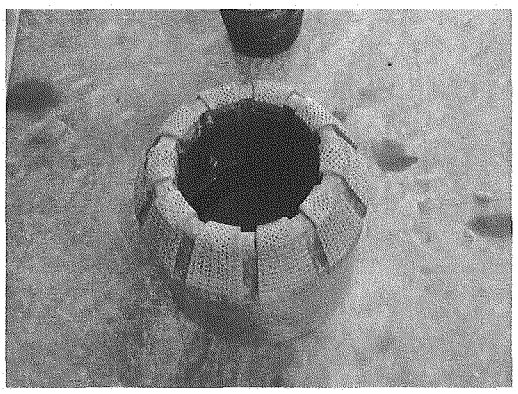


図 4.3.1　　軟岩用ビット

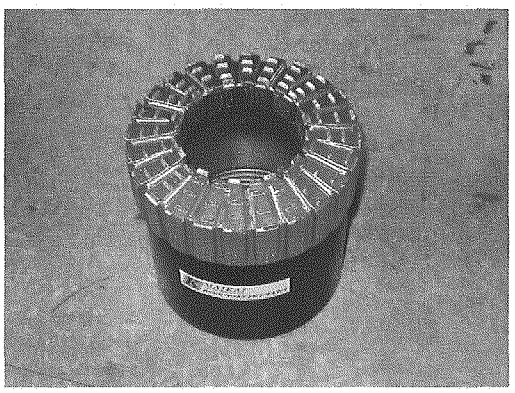


図 4.3.2　硬岩用ビット

4.4　定方位コアツール

平成13年度に実施したAE(Acoustic Emission)法による応力測定時に得られた一軸圧縮強度などから，ボーリング孔に対して鉛直方向および水平面内の各方向において，対象とする堆積岩は岩石物性に関する力学的異方性を有する可能性が示され，初期応力の方向とともに岩盤の力学的異方性に関する情報を取得することが課題の一つとなった。

岩盤の力学的異方性に関する検討のためには，地層の走向や傾斜に関する情報が不可欠である。これらの情報を得るためには，定方位コア採取やボアホールテレビ観察などが行われることが多い。平成13年度のボーリング調査の結果，ボーリング孔の掘削には適切な泥水を使用する必要があり，この場合、鮮明なボアホールテレビ画像を得ることは困難である。そのため，採取した岩芯から地層の方向・傾斜に関する情報を取得する技術として，平成14年度にHDB-3,4,5孔掘削時に定方位コア採取を試みた。

定方位コアの採取手順は以下の通りである。

1) 専用のアウターチューブ（非磁性体）を掘削深度まで降ろし，インナーチューブ上端に傾斜測定器をセットする。

2) 傾斜測定器を付けたインナーチューブが掘削深度まで下りた段階で，傾斜測定に必要な時間（方位をフィルムに焼き付けるために必要な時間）まで掘削し、測定終了後にコアを回収する。

3) コアがインナーチューブに収納される際に，インナーチューブ先端のコアリフターに取り付けられているナイフでついた傷の方位を，測定した傾斜方位で確認し、コアの方位を同定する。

実際に用いた定方位コア採取システムの概念図を図4.4.1に示す。

定方位コアの採取は，HDB-3,4,5孔において150m以深で50m間隔を目安に，地質状況やボーリング孔の状況等から，できるだけ割れ目のない箇所において岩芯採取が可能と思われる数m程度の区間で実施した。

定方位コア採取の結果，コア採取率は，HDB-3孔では81%，HDB-4孔では96%，HDB-5孔では100%と良好であったが，採取した定方位コアには結果として割れ目が存在し，コア方位を掘削長全体にわたって特定できない，室内物性試験に供する割れ目がない十分な長さのコアを採取できないなどの理由により、室内試験やAE測定に必要な全てのコアを採取するには至らなかった。また，定方位コア採取を行う場合には，掘削ツールの入替に時間がかかるなど，ボーリング調査全体の工程に影響を与えるため、現状では適用に際し十分な検討が必要であることが明らかとなった。

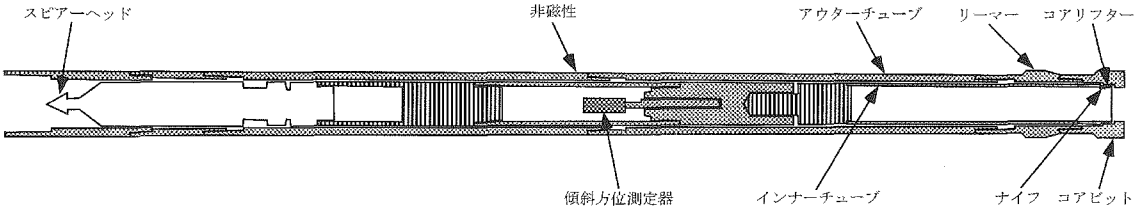


図4.4.1　定方位コア採取システムの概要

5. 掘削工程

平成 13 年度からの幌延深地層研究計画におけるボーリング調査の掘削工程を計画するに当たり，昭和 61 年に，貯蔵工学センター立地環境調査で幌延町開進地区で実施した，深層ボーリング D-1（掘削深度 1,355m）の掘削工程を参考にした。図 5.1 に D-1 の掘削工程実績表[5]を示す。この結果と、幌延深地層研究計画におけるボーリング調査の期間を勘案し、HDB-1,2 孔におけるボーリング孔の掘進率を 15m/日と計画した。しかし、HDB-3 孔以降については、表 5.1 および 5.2 に示す HDB-1,2 孔の掘削実績に基づき掘進率を 12m/日と修正して計画を策定した。

表 5.1～表 5.11 に各ボーリング孔の掘削実績の詳細を示す。これらの表から，掘進率は最初の HDB-1,2 孔では 10m/日（24 時間作業）を割っており、採取した平均コア長も短い。HDB-6 孔以降は，掘削当初よりベントナイト泥水を用いたことと岩石の硬さに合わせ掘削ビットを変更したことにより、掘進率およびコア採取率も向上していることがわかる。

図 5.2～5.12 には、調査試験を含むボーリング調査の計画時および実績を示した全体工程を示す。HDB-3 孔以降ボーリング孔掘削の掘進率が安定してきたため、ほぼ当初計画どおりに全体の調査が進んだことがわかる。

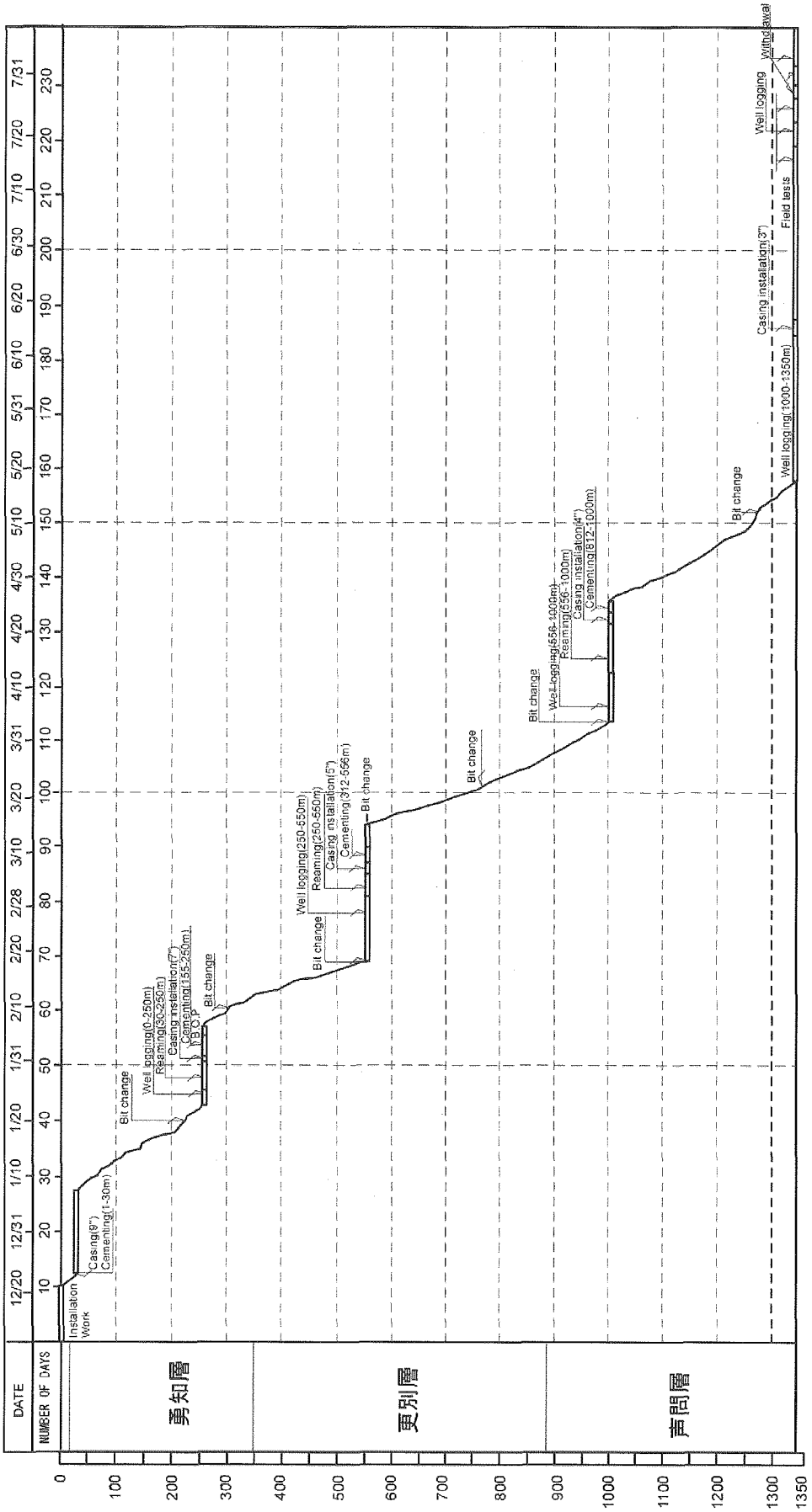


図 5.1　深層ボーリング D-1 の掘削工程表 [5]

表 5.1　HDB-1 孔のボーリング掘削実績

深度区分（m）	掘進作業				付帯作業を含む掘削作業*				平均コア長	備考
	時間	掘削長	掘進率		時間*	掘削長	掘進率			
	min	m	m/hour	hour/m	日	m	m/日	hour/m	m/回**	
4.40 ～ 53.00	1,390	48.60	2.10	0.48	4.00	48.60	12.15	1.98	1.06	清水掘削
53.00 ～ 100.00	1,260	47.00	2.24	0.45	3.50	47.00	13.43	1.79	1.04	清水掘削
100.00 ～ 149.80	1,500	49.80	1.99	0.50	3.00	49.80	16.60	1.45	0.98	清水掘削
149.80 ～ 217.30	1,860	67.50	2.18	0.46	5.50	67.50	12.27	1.96	0.87	清水掘削
217.30 ～ 275.50	4,350	58.20	0.80	1.25	5.50	58.20	10.58	2.27	1.71	清水掘削
4.40 ～ 275.50	**10,360**	**271.10**	**1.57**	**0.64**	**21.50**	**271.10**	**12.61**	**1.90**	**1.13**	**清水掘削区間 平均**
275.50 ～ 300.70	3,030	25.20	0.50	2.00	3.00	25.20	8.40	2.86	1.80	泥水掘削
300.70 ～ 349.90	4,950	49.20	0.60	1.68	6.00	49.20	8.20	2.93	1.64	泥水掘削
349.90 ～ 421.00	9,740	71.10	0.44	2.28	10.00	71.10	7.11	3.38	2.15	泥水掘削
421.00 ～ 452.00	4,330	31.00	0.43	2.33	6.50	31.00	4.77	5.03	1.24	泥水掘削
452.00 ～ 501.10	4,740	49.10	0.62	1.61	5.50	49.10	8.93	2.69	1.96	泥水掘削
501.10 ～ 549.90	4,390	48.80	0.67	1.50	4.50	48.80	10.84	2.21	2.44	泥水掘削
549.90 ～ 600.30	5,690	50.40	0.53	1.88	5.50	50.40	9.16	2.62	2.29	泥水掘削
600.30 ～ 651.80	6,200	51.50	0.50	2.01	5.50	51.50	9.36	2.56	2.15	泥水掘削
651.80 ～ 701.10	6,320	49.30	0.47	2.14	6.00	49.30	8.22	2.92	2.59	泥水掘削
701.10 ～ 720.00	2,570	18.90	0.44	2.27	2.50	18.90	7.56	3.17	2.70	泥水掘削
275.50 ～ 720.00	**51,960**	**444.50**	**0.51**	**1.95**	**55.00**	**444.50**	**8.08**	**2.97**	**2.10**	**泥水掘削区間 平均**
合計	**62,320**	**715.60**	**0.69**	**1.45**	**77.00**	**715.60**	**9.35**	**2.57**	**1.77**	**全掘削区間 平均**

* 付帯作業を含む掘削作業：掘進以外の作業も含む延方数
** m/回 ： 1回の掘削作業によって採取したコア長（インナーチューブ長3m）

表 5.2　HDB-2 孔のボーリング掘削実績

深度区分(m)	掘進作業				付帯作業を含む掘削作業*				平均コア長	備考
	時間	掘削長	掘進率		時間*	掘削長	掘進率			
	min	m	m/hour	hour/m	日	m	m/日	hour/m	m/回**	
4.40 ～ 53.50	2,060	49.10	1.43	0.70	3.50	49.10	14.03	1.71	1.53	清水掘削
53.50 ～ 101.20	2,940	47.70	0.97	1.03	5.50	47.70	8.67	2.77	1.26	清水掘削
101.20 ～ 150.60	5,370	49.40	0.55	1.81	8.50	49.40	5.81	4.13	0.71	清水掘削
150.60 ～ 203.00	6,440	52.40	0.49	2.05	6.00	52.40	8.73	2.75	2.02	清水掘削
203.00 ～ 252.30	7,730	49.30	0.38	2.61	6.50	49.30	7.58	3.16	2.74	清水掘削
252.30 ～ 301.60	5,640	49.30	0.52	1.91	5.50	49.30	8.96	2.68	2.59	清水掘削
301.60 ～ 354.50	5,890	52.90	0.54	1.86	5.00	52.90	10.58	2.27	2.94	清水掘削
354.50 ～ 404.90	5,980	50.40	0.51	1.98	6.00	50.40	8.40	2.86	2.10	清水掘削
4.40 ～ 404.90	**42,070**	**400.50**	**0.57**	**1.75**	**46.50**	**400.50**	**8.61**	**2.79**	**1.99**	**清水掘削区間 平均**
404.90 ～ 454.40	5,230	49.50	0.57	1.76	5.00	49.50	9.90	2.42	2.48	泥水掘削
454.40 ～ 500.60	5,570	46.20	0.50	2.01	5.00	46.20	9.24	2.60	2.10	泥水掘削
500.60 ～ 550.60	5,820	50.00	0.52	1.94	5.50	50.00	9.09	2.64	2.00	泥水掘削
550.60 ～ 602.50	5,230	51.90	0.60	1.68	4.50	51.90	11.53	2.08	2.73	泥水掘削
602.50 ～ 650.40	5,530	47.90	0.52	1.92	5.00	47.90	9.58	2.51	2.99	泥水掘削
650.40 ～ 699.00	6,610	48.60	0.44	2.27	6.00	48.60	8.10	2.96	2.31	泥水掘削
699.00 ～ 720.00	2,390	21.00	0.53	1.90	2.50	21.00	8.40	2.86	2.63	泥水掘削
404.90 ～ 720.00	**36,380**	**315.10**	**0.52**	**1.92**	**33.50**	**315.10**	**9.41**	**2.55**	**2.46**	**泥水掘削区間平均**
合計	**78,450**	**715.60**	**0.55**	**1.83**	**80.00**	**715.60**	**8.95**	**2.68**	**2.21**	**全掘削区間平均**

* 付帯作業を含む掘削作業：掘進以外の作業も含む延方数
** m/回 ： 1回の掘削作業によって採取したコア長（インナーチューブ長3m）

表 5.3　HDB-3 孔のボーリング掘削実績

深度区分（m）	掘進作業				付帯作業を含む掘削作業*				平均コア長	備考
	時間	掘削長	掘進率		時間*	掘削長	掘進率			
	min	m	m/hour	hour/m	日	m	m/日	hour/m	m/回**	
4.00 ～ 54.40	3,910	50.40	0.77	1.29	5.00	50.40	10.08	2.38	1.44	清水掘削（軟岩用ビット）
54.40 ～ 112.00	3,650	57.60	0.95	1.06	4.00	57.60	14.40	1.67	2.06	清水掘削（軟岩用ビット）
112.00 ～ 156.20	3,570	44.20	0.74	1.35	4.00	44.20	11.05	2.17	2.59	清水掘削（軟岩用ビット）
4.00 ～ 156.20	**11,130**	**152.20**	**0.82**	**1.22**	**13.00**	**152.20**	**11.71**	**2.05**	**2.03**	**清水掘削区間 平均**
156.20 ～ 199.50	3,480	43.30	0.75	1.34	4.00	43.30	10.83	2.22	1.65	泥水掘削（硬岩用ビット）
199.50 ～ 251.40	3,080	51.90	1.01	0.99	4.00	51.90	12.98	1.85	2.36	泥水掘削（硬岩用ビット）
251.40 ～ 315.90	4,410	64.50	0.88	1.14	6.00	64.50	10.75	2.23	2.30	泥水掘削（硬岩用ビット）
315.90 ～ 357.50	3,330	41.60	0.75	1.33	6.00	41.60	6.93	3.46	1.81	泥水掘削（硬岩用ビット）
357.50 ～ 404.70	3,740	47.20	0.76	1.32	4.00	47.20	11.80	2.03	1.89	泥水掘削（硬岩用ビット）
404.70 ～ 454.00	4,230	49.30	0.70	1.43	5.00	49.30	9.86	2.43	1.97	泥水掘削（硬岩用ビット）
454.00 ～ 497.20	3,530	43.20	0.73	1.36	4.00	43.20	10.80	2.22	2.54	泥水掘削（硬岩用ビット）
497.20 ～ 520.00	1,960	22.80	0.70	1.43	3.00	22.80	7.60	3.16	2.07	泥水掘削（硬岩用ビット）
156.20 ～ 520.00	**27,760**	**363.80**	**0.79**	**1.27**	**36.00**	**363.80**	**10.11**	**2.37**	**2.07**	**泥水掘削区間 平均**
合計	**38,890**	**408.00**	**0.63**	**1.59**	**72.00**	**727.60**	**10.11**	**2.37**	**2.06**	**全掘削区間 平均**

* 付帯作業を含む掘削作業：掘進以外の作業も含む延方数
** m/回 ： 1回の掘削作業によって採取したコア長（インナーチューブ長3m）

表 5.4　HDB-4 孔のボーリング掘削実績

深度区分（m）	掘進作業				付帯作業を含む掘削作業*				平均コア長	備考
	時間	掘削長	掘進率		時間*	掘削長	掘進率			
	min	m	m/hour	hour/m	日	m	m/日	hour/m	m/回**	
4.10 ～ 55.60	4,420	51.50	0.70	1.43	5.00	51.50	10.30	2.33	1.01	清水掘削（軟岩用ビット）
55.60 ～ 109.60	3,540	54.00	0.92	1.09	4.00	54.00	13.50	1.78	1.38	清水掘削（軟岩用ビット）
109.60 ～ 160.20	4,950	50.60	0.61	1.63	4.50	50.60	11.24	2.13	2.57	清水掘削（軟岩用ビット）
4.10 ～ 160.20	**12,910**	**156.10**	**0.73**	**1.38**	**13.50**	**156.10**	**11.56**	**2.08**	**1.65**	**清水掘削区間 平均**
160.20 ～ 206.60	5,510	46.40	0.51	1.98	5.50	46.40	8.44	2.84	2.23	泥水掘削（硬岩用ビット）
206.60 ～ 246.10	4,730	39.50	0.50	2.00	5.00	39.50	7.90	3.04	2.14	泥水掘削（硬岩用ビット）
246.10 ～ 316.50	4,230	70.40	1.00	1.00	4.00	70.40	17.60	1.36	2.99	泥水掘削（硬岩用ビット）
316.50 ～ 370.00	3,170	53.50	1.01	0.99	5.00	53.50	10.70	2.24	2.43	泥水掘削（硬岩用ビット）
370.00 ～ 404.20	2,490	34.20	0.82	1.21	3.00	34.20	11.40	2.11	2.01	泥水掘削（硬岩用ビット）
404.20 ～ 458.30	3,190	54.10	1.02	0.98	4.00	54.10	13.53	1.77	2.46	泥水掘削（硬岩用ビット）
458.30 ～ 497.00	1,990	38.70	1.17	0.86	2.00	38.70	19.35	1.24	2.76	泥水掘削（硬岩用ビット）
497.00 ～ 520.00	1,120	23.00	1.23	0.81	2.00	23.00	11.50	2.09	2.56	泥水掘削（硬岩用ビット）
160.20 ～ 520.00	**11,960**	**359.80**	**1.81**	**0.55**	**30.50**	**359.80**	**11.80**	**2.03**	**2.45**	**泥水掘削区間 平均**
合計	**24,870**	**515.90**	**1.24**	**0.80**	**44.00**	**515.90**	**11.73**	**2.05**	**2.23**	**全掘削区間 平均**

* 付帯作業を含む掘削作業：掘進以外の作業も含む延方数
** m/回 ： 1回の掘削作業によって採取したコア長（インナーチューブ長3m）

表 5.5　HDB-5 孔のボーリング掘削実績

深度区分（m）	掘進作業				付帯作業を含む掘削作業*				平均コア長	備 考
	時間	掘削長	掘進率		時間*	掘削長	掘進率			
	min	m	m/hour	hour/m	日	m	m/日	hour/m	m/回**	
4.00 ～ 54.00	5,010	50.00	0.60	1.67	6.00	50.00	8.33	2.88	1.35	清水掘削（軟岩用ビット）
4.00 ～ 54.00	**5,010**	**50.00**	**0.60**	**1.67**	**6.00**	**50.00**	**8.33**	**2.88**	**1.35**	**清水掘削区間 平均**
54.00 ～ 100.20	6,060	46.20	0.46	2.19	7.50	46.20	6.16	3.90	1.09	泥水掘削（硬岩用ビット）
100.20 ～ 149.40	4,780	49.20	0.62	1.62	5.00	49.20	9.84	2.44	2.23	泥水掘削（硬岩用ビット）
149.40 ～ 218.40	5,620	69.00	0.74	1.36	7.00	69.00	9.86	2.43	2.30	泥水掘削（硬岩用ビット）
218.40 ～ 274.50	4,170	56.10	0.81	1.24	5.00	56.10	11.22	2.14	1.31	泥水掘削（硬岩用ビット）
274.50 ～ 322.00	4,330	47.50	0.66	1.52	5.00	47.50	9.50	2.53	2.37	泥水掘削（硬岩用ビット）
322.00 ～ 368.50	3,190	46.50	0.87	1.14	3.00	46.50	15.50	1.55	2.58	泥水掘削（硬岩用ビット）
368.50 ～ 402.00	1,940	33.50	1.04	0.97	4.00	33.50	8.38	2.87	1.46	泥水掘削（硬岩用ビット）
402.00 ～ 449.30	1,690	47.30	1.68	0.60	2.00	47.30	23.65	1.01	2.78	泥水掘削（硬岩用ビット）
449.30 ～ 490.70	1,550	41.40	1.60	0.62	3.00	41.40	13.80	1.74	2.18	泥水掘削（硬岩用ビット）
490.70 ～ 520.00	1,610	29.30	1.09	0.92	2.00	29.30	14.65	1.64	2.39	泥水掘削（硬岩用ビット）
54.00 ～ 520.00	**34,940**	**466.00**	**0.80**	**1.25**	**43.50**	**466.00**	**10.71**	**2.24**	**2.07**	**泥水掘削区間 平均**
合計	**39,950**	**516.00**	**0.77**	**1.29**	**49.50**	**516.00**	**10.42**	**2.30**	**2.00**	**全掘削区間 平均**

* 付帯作業を含む掘削作業：掘進以外の作業も含む延方数
** m/回 ： 1回の掘削作業によって採取したコア長（インナーチューブ長3m）

表 5.6　HDB-6 孔のボーリング掘削実績

深度区分（m）	掘進作業				付帯作業を含む掘削作業*				平均コア長	備考
	時間	掘削長	掘進率		時間*	掘削長	掘進率			
	min	m	m/hour	hour/m	日	m	m/日	hour/m	m/回**	
4.20 ～ 15.30	390	11.10	1.71	0.59	9	11.10	1.23	19.46	1.00	泥水掘削（軟岩用ビット）
15.30 ～ 57.00	1,840	41.70	1.36	0.74	5	41.70	8.34	2.88	1.81	泥水掘削（軟岩用ビット）
57.00 ～ 102.20	3,260	45.20	0.83	1.20	5	45.20	9.04	2.65	1.39	泥水掘削（軟岩用ビット）
4.20 ～ 102.20	**5,490**	**98.00**	**1.07**	**0.93**	**19**	**98.00**	**5.16**	**4.65**	**1.40**	**軟岩用ビット掘削区間 平均**
102.20 ～ 137.50	1,790	35.30	1.18	0.85	3	35.30	11.77	2.04	2.71	泥水掘削（硬岩用ビット）
137.50 ～ 210.60	4,060	73.10	1.08	0.93	5	73.10	14.62	1.64	2.41	泥水掘削（硬岩用ビット）
210.60 ～ 281.50	5,460	70.90	0.78	1.28	5	70.90	14.18	1.69	2.58	泥水掘削（硬岩用ビット）
281.50 ～ 367.00	7,990	85.50	0.64	1.56	7	85.50	12.21	1.96	2.51	泥水掘削（硬岩用ビット）
367.00 ～ 405.00	2,780	38.00	0.82	1.22	3	38.00	12.67	1.89	2.00	泥水掘削（硬岩用ビット）
405.00 ～ 454.00	3,670	49.00	0.80	1.25	4	49.00	12.25	1.96	2.22	泥水掘削（硬岩用ビット）
454.00 ～ 508.80	4,760	54.80	0.69	1.45	5	54.80	10.96	2.19	2.19	泥水掘削（硬岩用ビット）
508.80 ～ 620.00	9,859	111.20	0.68	1.48	10	111.20	11.12	2.16	2.47	泥水掘削（硬岩用ビット）
102.20 ～ 620.00	**40,369**	**517.80**	**0.77**	**1.30**	**42**	**517.80**	**12.33**	**1.95**	**2.39**	**硬岩用ビット掘削区間 平均**
合計	**45,859**	**615.80**	**0.81**	**1.24**	**61**	**615.80**	**10.10**	**2.38**	**2.12**	**全掘削区間 平均**

* 付帯作業を含む掘削作業：掘進以外の作業も含む延方数
** m/回 ： 1回の掘削作業によって採取したコア長（インナーチューブ長3m）

表 5.7　HDB-7 孔のボーリング掘削実績

深度区分（m）			掘進作業				付帯作業を含む掘削作業*				平均コア長	備考
			時間	掘削長	掘進率		時間*	掘削長	掘進率			
			min	m	m/hour	hour/m	日	m	m/日	hour/m	m/回**	
11.69	～	110.10	7,409	98.41	0.80	1.25	8.00	98.41	12.30	1.95	1.65	泥水掘削(軟岩用ビット)
110.10	～	178.00	5,060	67.90	0.81	1.24	6.00	67.90	11.32	2.12	1.83	泥水掘削(軟岩用ビット)
178.00	～	241.60	5,680	63.60	0.67	1.49	6.00	63.60	10.60	2.26	1.84	泥水掘削(軟岩用ビット)
241.60	～	273.70	2,360	32.10	0.82	1.23	3.00	32.10	10.70	2.24	1.53	泥水掘削(軟岩用ビット)
273.70	～	324.00	3,440	50.30	0.88	1.14	4.00	50.30	12.58	1.91	1.32	泥水掘削(軟岩用ビット)
324.00	～	363.80	3,050	39.80	0.78	1.28	4.00	39.80	9.95	2.41	1.01	泥水掘削(軟岩用ビット)
11.69	**～**	**363.80**	**26,999**	**352.11**	**0.78**	**1.28**	**31.00**	**352.11**	**11.36**	**2.11**	**1.53**	**軟岩掘削区間 平均**
363.80	～	410.10	1,890	46.30	1.47	0.68	3.00	46.30	15.43	1.56	2.32	泥水掘削（硬岩用ビット）
410.10	～	454.90	2,290	44.80	1.17	0.85	3.00	44.80	14.93	1.61	2.64	泥水掘削（硬岩用ビット）
454.90	～	520.00	2,740	65.10	1.43	0.70	5.00	65.10	13.02	1.84	2.83	泥水掘削（硬岩用ビット）
363.80	**～**	**520.00**	**6,920**	**156.20**	**1.35**	**0.74**	**11.00**	**156.20**	**14.20**	**1.69**	**2.60**	**硬岩掘削区間 平均**
合計			**33,919**	**508.31**	**0.90**	**1.11**	**42.00**	**508.31**	**12.10**	**1.98**	**1.89**	**全掘削区間 平均**

* 付帯作業を含む掘削作業：掘進以外の作業も含む延方数
** m/回 ： 1回の掘削作業によって採取したコア長（インナーチューブ長3m）

表 5.8　HDB-8 孔のボーリング掘削実績

深度区分（m）			掘進作業				付帯作業を含む掘削作業*				平均コア長	備考
			時間	掘削長	掘進率		時間*	掘削長	掘進率			
			min	m	m/hour	hour/m	日	m	m/日	hour/m	m/回**	
4.20	～	45.60	3,780	41.40	0.66	1.52	5.00	41.40	8.28	2.90	1.48	泥水掘削(軟岩用ビット)
4.20	**～**	**45.60**	**3,780**	**41.40**	**0.66**	**1.52**	**5.00**	**41.40**	**8.28**	**2.90**	**1.48**	**軟岩掘削区間 平均**
45.60	～	113.00	5,130	67.40	0.79	1.27	5.00	67.40	13.48	1.78	2.68	泥水掘削（硬岩用ビット）
113.00	～	160.00	3,630	47.00	0.78	1.29	4.00	47.00	11.75	2.04	2.09	泥水掘削（硬岩用ビット）
160.00	～	215.00	5,700	55.00	0.58	1.73	6.00	55.00	9.17	2.62	2.39	泥水掘削（硬岩用ビット）
215.00	～	261.70	3,940	46.70	0.71	1.41	4.00	46.70	11.68	2.06	2.75	泥水掘削（硬岩用ビット）
261.70	～	307.50	5,160	45.80	0.53	1.88	5.00	45.80	9.16	2.62	2.53	泥水掘削（硬岩用ビット）
307.50	～	357.80	5,460	50.30	0.55	1.81	7.00	50.30	7.19	3.34	2.35	泥水掘削（硬岩用ビット）
357.80	～	410.60	5,780	52.80	0.55	1.82	6.00	52.80	8.80	2.73	2.64	泥水掘削（硬岩用ビット）
410.60	～	470.00	6,020	59.40	0.59	1.69	6.00	59.40	9.90	2.42	2.83	泥水掘削（硬岩用ビット）
45.60	**～**	**470.00**	**40,820**	**424.40**	**0.62**	**1.60**	**43.00**	**424.40**	**9.87**	**2.43**	**2.53**	**硬岩掘削区間 平均**
合計			**44,600**	**465.80**	**0.63**	**1.60**	**48.00**	**465.80**	**9.70**	**2.47**	**2.42**	**全掘削区間 平均**

* 付帯作業を含む掘削作業：掘進以外の作業も含む延方数
** m/回 ： 1回の掘削作業によって採取したコア長（インナーチューブ長3m）

表 5.9　HDB-9 孔のボーリング掘削実績

深度区分（m）			掘進作業				付帯作業を含む掘削作業*				平均コア長	備考
			時間	掘削長	掘進率		時間*	掘削長	掘進率			
			min	m	m/hour	hour/m	日	m	m/日	hour/m	m/回**	
26.50	～	51.90	3,260	25.40	0.47	2.14	3.50	25.40	7.26	3.31	1.02	泥水掘削(軟岩用ビット)
26.50	**～**	**51.90**	**3,260**	**25.40**	**0.47**	**2.14**	**3.50**	**25.40**	**7.26**	**3.31**	**1.02**	**軟岩掘削区間 平均**
51.90	～	104.40	2,610	52.50	1.21	0.83	3.00	52.50	17.50	1.37	2.50	泥水掘削（硬岩用ビット）
104.40	～	150.90	3,610	46.50	0.77	1.29	4.00	46.50	11.63	2.06	2.11	泥水掘削（硬岩用ビット）
150.90	～	204.00	3,800	53.10	0.84	1.19	4.00	53.10	13.28	1.81	2.30	泥水掘削（硬岩用ビット）
204.00	～	252.30	3,560	48.30	0.81	1.23	4.50	48.30	10.73	2.24	2.68	泥水掘削（硬岩用ビット）
252.30	～	304.50	3,530	52.20	0.89	1.13	3.50	52.20	14.91	1.61	2.48	泥水掘削（硬岩用ビット）
304.50	～	352.20	2,430	47.70	1.18	0.85	3.00	47.70	15.90	1.51	2.80	泥水掘削（硬岩用ビット）
352.20	～	402.40	2,870	50.20	1.05	0.95	3.00	50.20	16.73	1.43	2.51	泥水掘削（硬岩用ビット）
402.40	～	453.20	4,740	50.80	0.64	1.56	5.00	50.80	10.16	2.36	2.20	泥水掘削（硬岩用ビット）
453.20	～	520.00	5,900	66.80	0.68	1.47	6.00	66.80	11.13	2.16	2.67	泥水掘削（硬岩用ビット）
51.90	**～**	**520.00**	**33,050**	**468.10**	**0.85**	**1.18**	**36.00**	**468.10**	**13.00**	**1.85**	**2.47**	**硬岩掘削区間 平均**
合計			**36,310**	**493.50**	**0.82**	**1.23**	**40.00**	**493.50**	**12.49**	**1.92**	**2.33**	**全掘削区間 平均**

* 付帯作業を含む掘削作業：掘進以外の作業も含む延方数
** m/回 ： 1回の掘削作業によって採取したコア長（インナーチューブ長3m）

表 5.10　HDB-10 孔のボーリング掘削実績

深度区分（m）	掘進作業				付帯作業を含む掘削作業*				平均コア長	備考
	時間	掘削長	掘進率		時間*	掘削長	掘進率			
	min	m	m/hour	hour/m	日	m	m/日	hour/m	m/回**	
26.00 ～ 37.40	1,370	11.40	0.50	2.00	1.50	11.40	7.60	3.16	1.26	泥水掘削(軟岩用ビット)
26.00 ～ 37.40	1,370	11.40	0.50	2.00	1.50	11.40	7.60	3.16	1.26	軟岩ビット掘削区間 平均
37.40 ～ 102.30	2,950	64.90	1.32	0.76	4.00	64.90	16.23	1.48	2.49	泥水掘削（硬岩用ビット）
102.30 ～ 150.30	2,260	48.00	1.27	0.78	4.50	48.00	10.67	2.25	1.65	泥水掘削（硬岩用ビット）
150.30 ～ 205.50	2,540	55.20	1.30	0.77	3.00	55.20	18.40	1.30	2.90	泥水掘削（硬岩用ビット）
205.50 ～ 252.40	2,190	46.90	1.28	0.78	2.50	46.90	18.76	1.28	2.93	泥水掘削（硬岩用ビット）
252.40 ～ 301.90	2,920	49.50	1.02	0.98	5.00	49.50	9.90	2.42	2.35	泥水掘削（硬岩用ビット）
301.90 ～ 353.50	4,390	51.60	0.71	1.42	3.50	51.60	14.74	1.63	2.52	泥水掘削（硬岩用ビット）
353.50 ～ 406.60	2,690	53.10	1.18	0.84	4.00	53.10	13.28	1.81	2.41	泥水掘削（硬岩用ビット）
406.60 ～ 453.00	2,890	46.40	0.96	1.04	3.50	46.40	13.26	1.81	2.72	泥水掘削（硬岩用ビット）
453.00 ～ 500.00	3,740	47.00	0.75	1.33	4.50	47.00	10.44	2.30	2.76	泥水掘削（硬岩用ビット）
37.40 ～ 500.00	26,570	462.60	1.04	0.96	34.50	462.60	13.41	1.79	2.53	硬岩ビット掘削区間 平均
500.00 ～ 550.00	5,610	50.00	0.53	1.87	6.00	50.00	8.33	2.88	2.17	HQ3-WL(ビット径101mm)
500.00 ～ 550.00	5,610	50.00	0.53	1.87	6.00	50.00	8.33	2.88	2.17	HQ3-WL掘削区間 平均
合計	33,550	524.00	0.94	1.07	42.00	524.00	12.48	1.92	2.38	全掘削区間 平均

* 付帯作業を含む掘削作業：掘進以外の作業も含む延方数
** m/回 ： 1回の掘削作業によって採取したコア長（インナーチューブ長3m）

表 5.11　HDB-11 孔のボーリング掘削実績

深度区分（m）	掘進作業				付帯作業を含む掘削作業*				平均コア長	備考
	時間	掘削長	掘進率		時間*	掘削長	掘進率			
	min	m	m/hour	hr/m	日	m	m/日	hour/m	m/回**	
23.00 ～ 52.20	1,140	29.20	1.54	0.65	2.00	29.20	14.60	1.64	1.83	泥水掘削(軟岩用ビット)
52.20 ～ 107.40	1,170	55.20	2.83	0.35	1.50	55.20	36.80	0.65	2.76	泥水掘削(軟岩用ビット)
107.40 ～ 153.00	1,020	45.60	2.68	0.37	1.00	45.60	45.60	0.53	2.85	泥水掘削(軟岩用ビット)
23.00 ～ 153.00	**3,330**	**130.00**	**2.34**	**0.43**	**4.50**	**130.00**	**28.89**	**0.83**	**2.10**	**軟岩掘削区間 平均**
153.00 ～ 213.40	2,070	60.40	1.75	0.57	2.50	60.40	24.16	0.99	2.24	泥水掘削（硬岩用ビット）
213.40 ～ 261.10	1,160	47.70	2.47	0.41	1.50	47.70	31.80	0.75	2.65	泥水掘削（硬岩用ビット）
261.10 ～ 310.90	1,120	49.80	2.67	0.37	2.00	49.80	24.90	0.96	2.62	泥水掘削（硬岩用ビット）
310.90 ～ 357.80	1,160	46.90	2.43	0.41	1.50	46.90	31.27	0.77	2.93	泥水掘削（硬岩用ビット）
357.80 ～ 407.00	1,440	49.20	2.05	0.49	2.00	49.20	24.60	0.98	2.37	泥水掘削（硬岩用ビット）
407.00 ～ 453.00	1,540	46.00	1.79	0.56	2.50	46.00	18.40	1.30	2.88	泥水掘削（硬岩用ビット）
453.00 ～ 510.50	2,430	57.50	1.42	0.70	3.00	57.50	19.17	1.25	2.74	泥水掘削（硬岩用ビット）
510.50 ～ 520.20	620	9.70	0.94	1.07	1.00	9.70	9.70	2.47	1.62	泥水掘削（硬岩用ビット）
520.20 ～ 523.00	270	2.80	0.62	1.61	0.50	2.80	5.60	4.29	2.80	泥水掘削（硬岩用ビット）
523.00 ～ 552.20	2,610	29.20	0.67	1.49	3.00	29.20	9.73	2.47	1.95	泥水掘削（硬岩用ビット）
552.20 ～ 605.50	2,960	53.30	1.08	0.93	3.50	53.30	15.23	1.58	2.67	泥水掘削（硬岩用ビット）
605.50 ～ 655.30	2,690	49.80	1.11	0.90	3.50	49.80	14.23	1.69	2.77	泥水掘削（硬岩用ビット）
655.30 ～ 711.70	3,106	56.40	1.09	0.92	3.50	56.40	16.11	1.49	2.69	泥水掘削（硬岩用ビット）
711.70 ～ 759.60	2,360	47.90	1.22	0.82	3.00	47.90	15.97	1.50	2.99	泥水掘削（硬岩用ビット）
759.60 ～ 803.00	2,740	43.40	0.95	1.05	3.50	43.40	12.40	1.94	2.71	泥水掘削（硬岩用ビット）
803.00 ～ 852.00	3,730	49.00	0.79	1.27	4.00	49.00	12.25	1.96	2.13	泥水掘削（硬岩用ビット）
852.00 ～ 905.40	4,930	53.40	0.65	1.54	5.00	53.40	10.68	2.25	2.67	泥水掘削（硬岩用ビット）
905.40 ～ 960.60	6,330	55.20	0.52	1.91	6.50	55.20	8.49	2.83	2.21	泥水掘削（硬岩用ビット）
960.60 ～ 1020.00	7,100	59.40	0.50	1.99	7.00	59.40	8.49	2.83	2.70	泥水掘削（硬岩用ビット）
153.00 ～ 1020.00	**50,366**	**867.00**	**1.03**	**0.97**	**59.00**	**867.00**	**14.69**	**1.63**	**2.57**	**硬岩掘削区間 平均**
合計	**53,696**	**997.00**	**1.11**	**0.90**	**63.50**	**997.00**	**15.70**	**1.53**	**2.56**	**全掘削区間 平均**

* 付帯作業を含む掘削作業：掘進以外の作業も含む延方数
** m/回 ： 1回の掘削作業によって採取したコア長（インナーチューブ長3m）

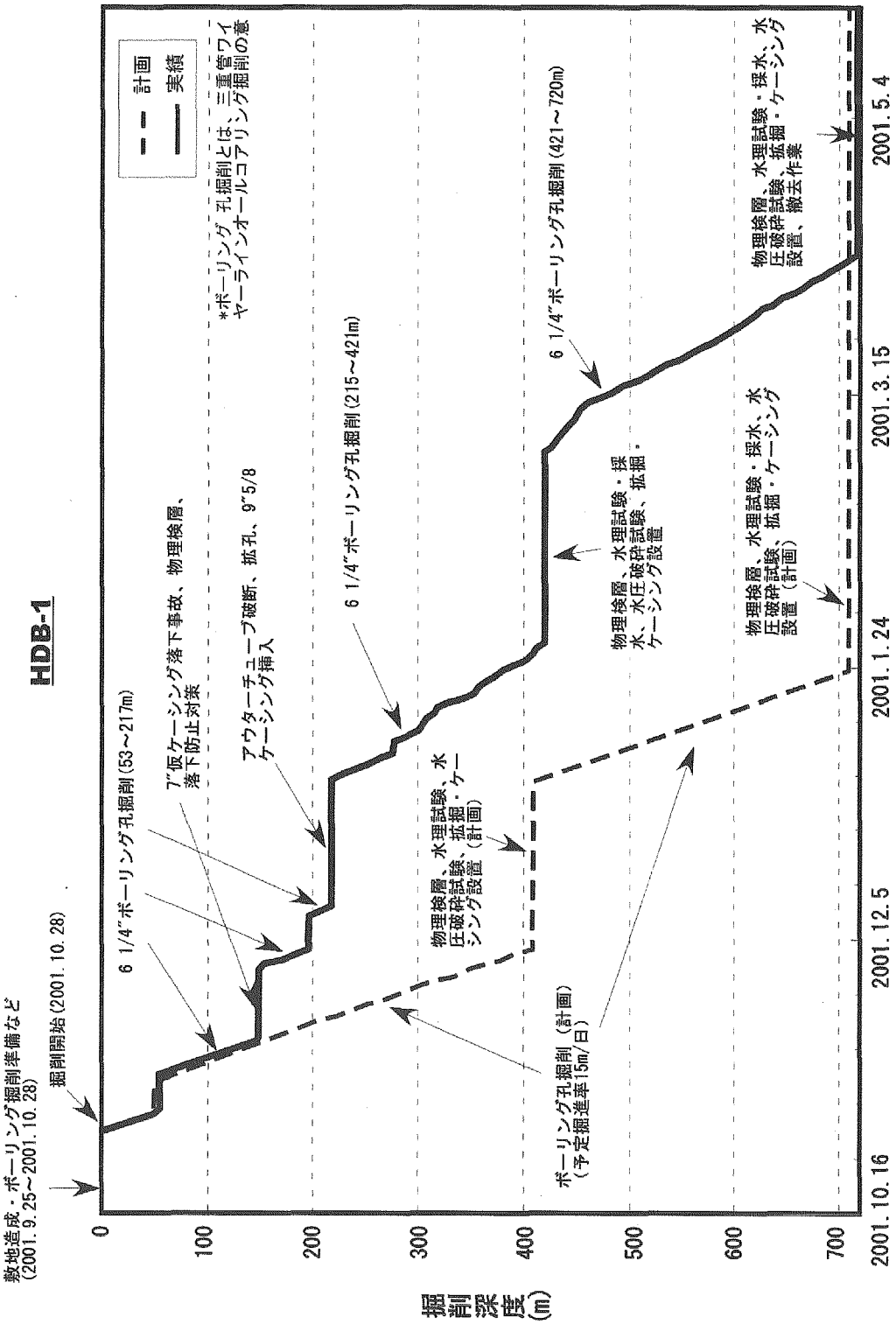


図 5.2　HDB-1 孔ボーリング調査工程予実績表

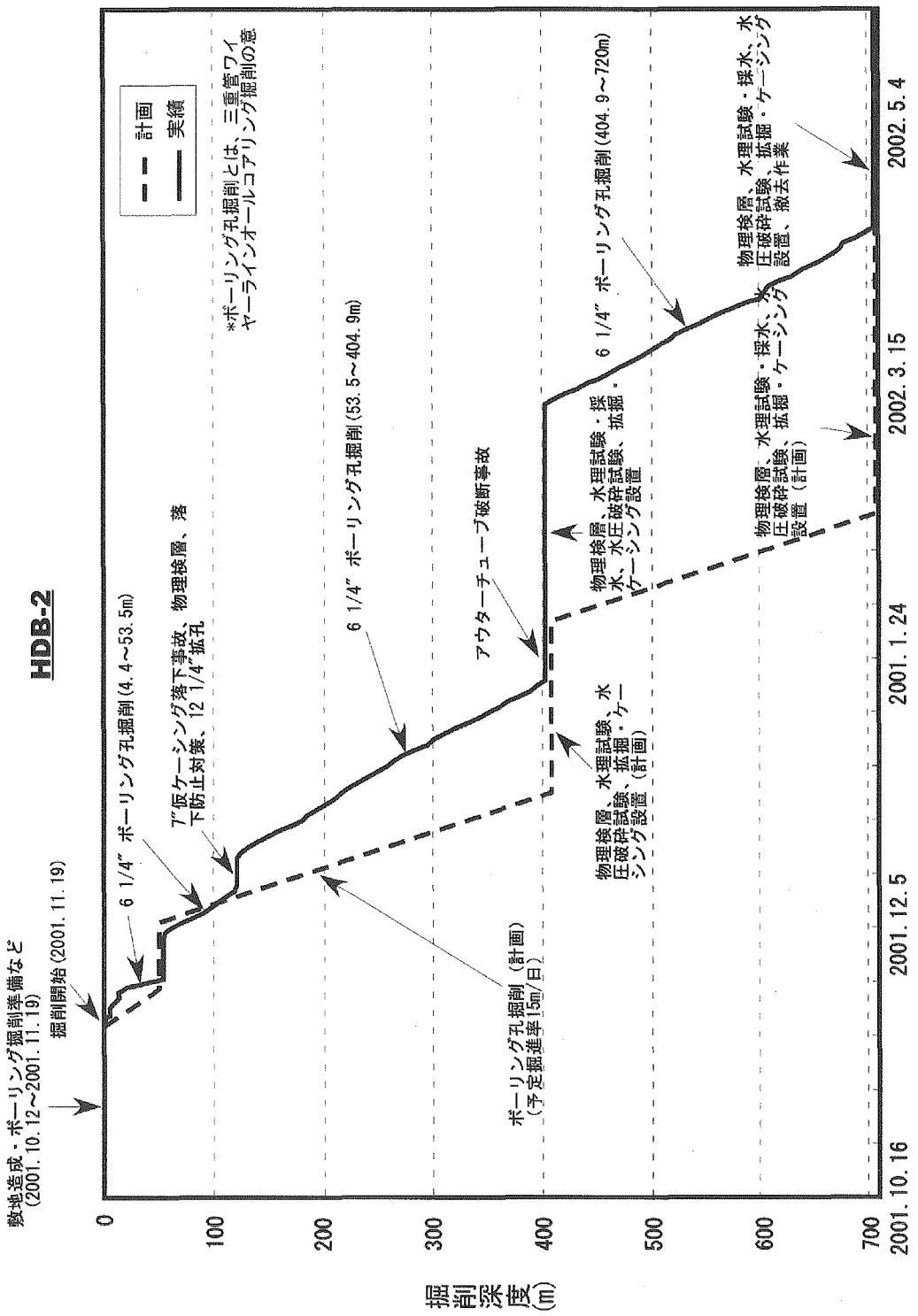


図 5.3　HDB-2 孔ボーリング調査工程予実績表

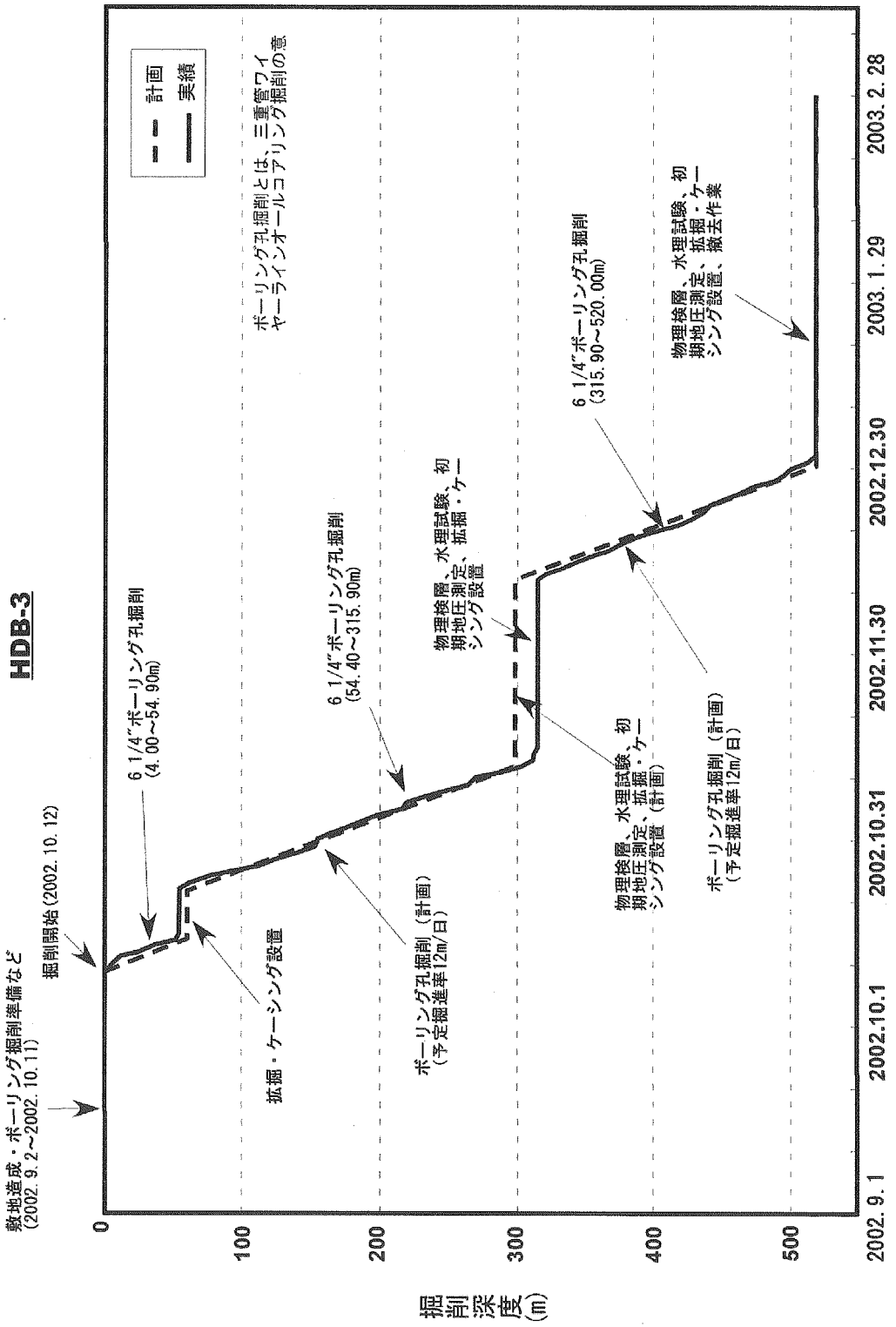


図 5. 4　HDB-3 孔ボーリング調査工程予実績表

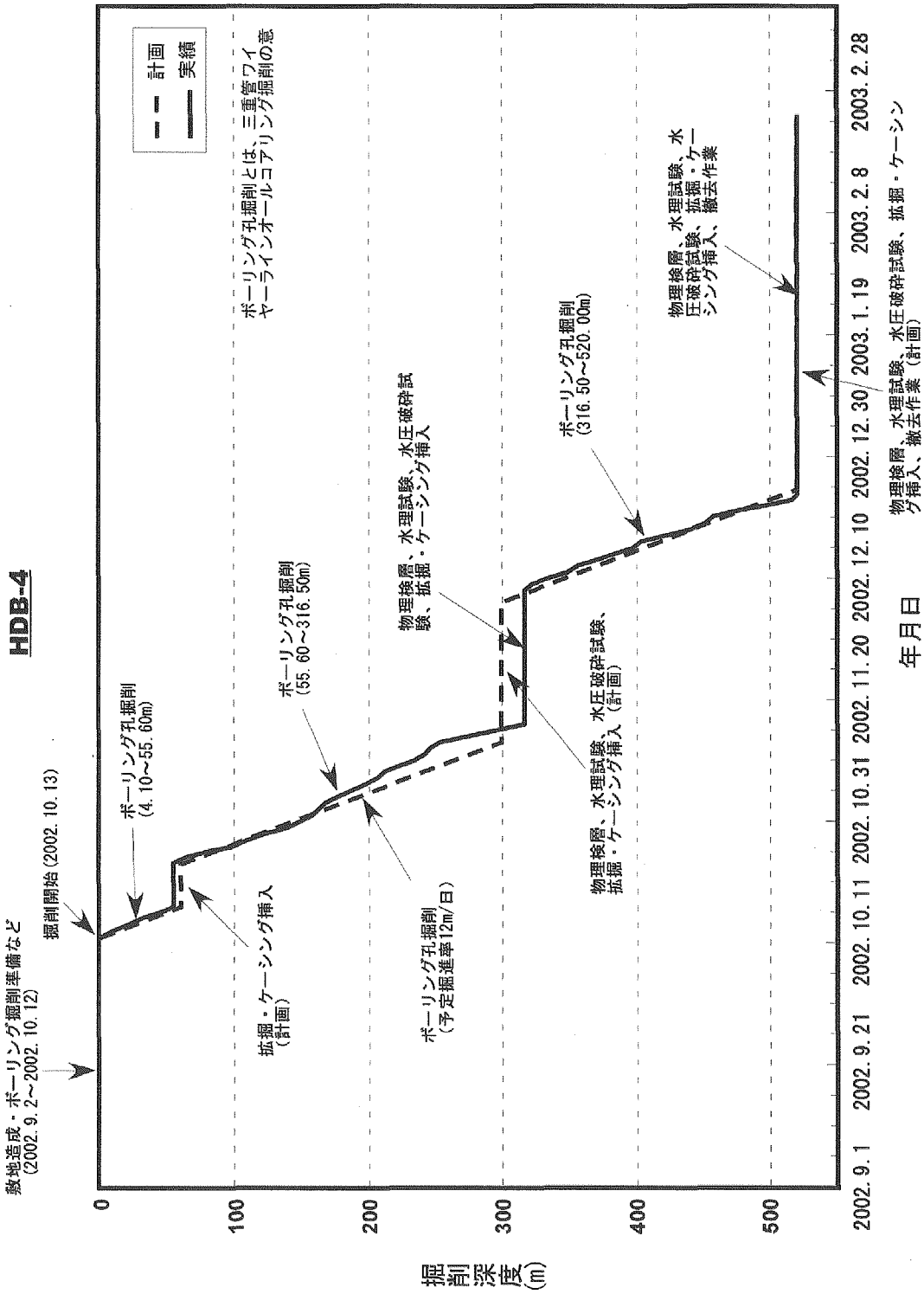


図 5.5 HDB-4 孔ボーリング調査工程予実績表

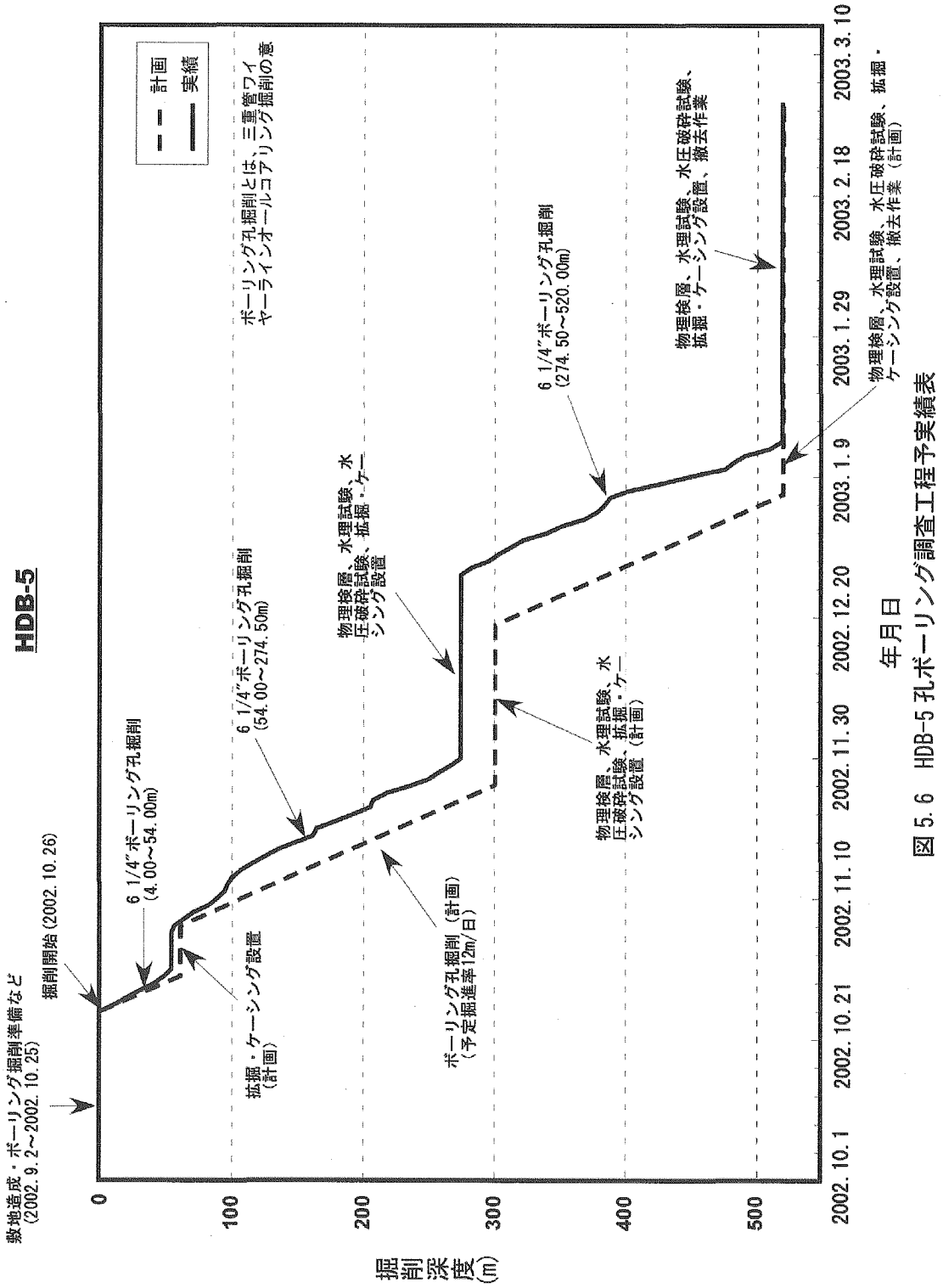


図 5.6 HDB-5 孔ボーリング調査工程予実績表

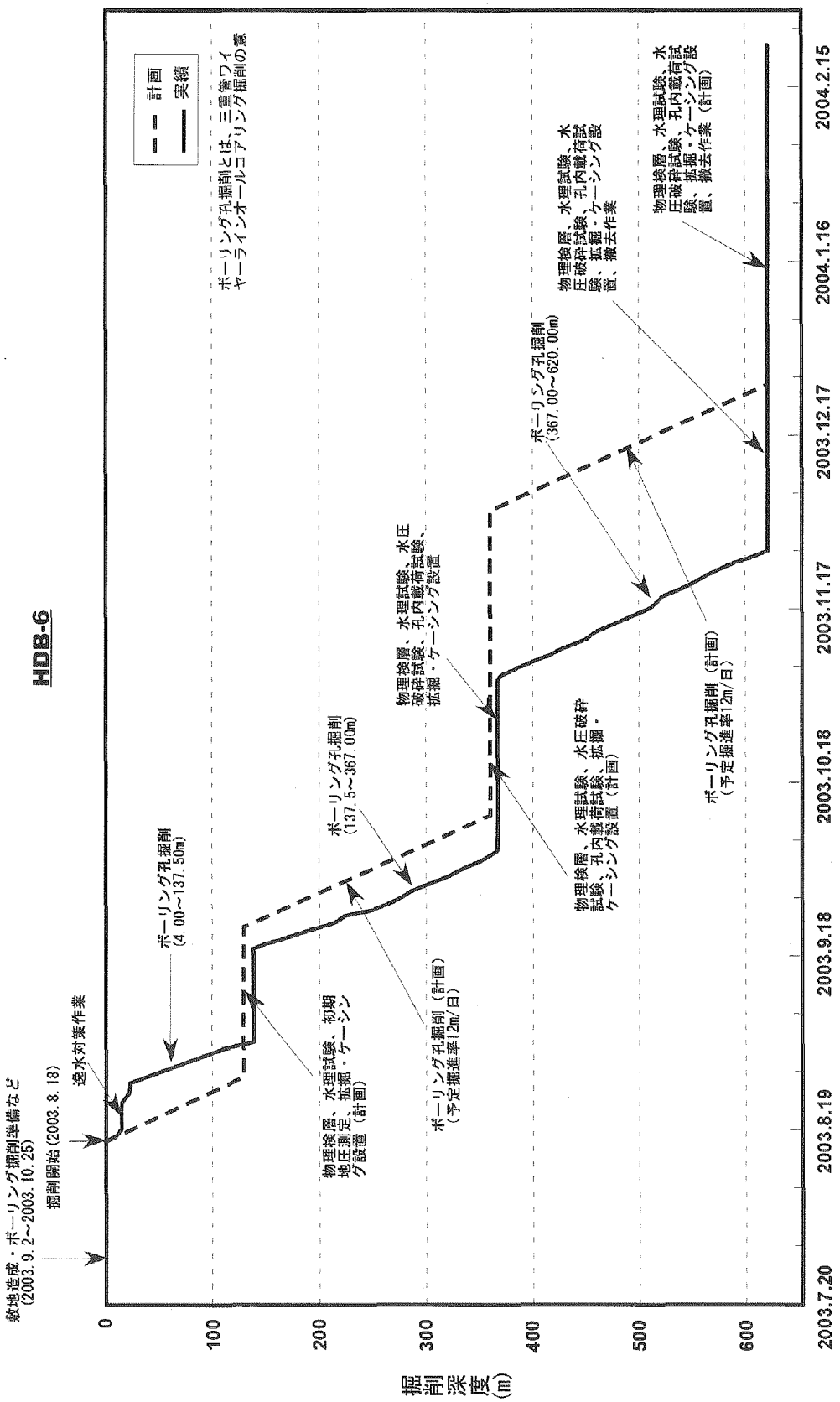


図 5.7　HDB-6 孔ボーリング調査工程予実績表

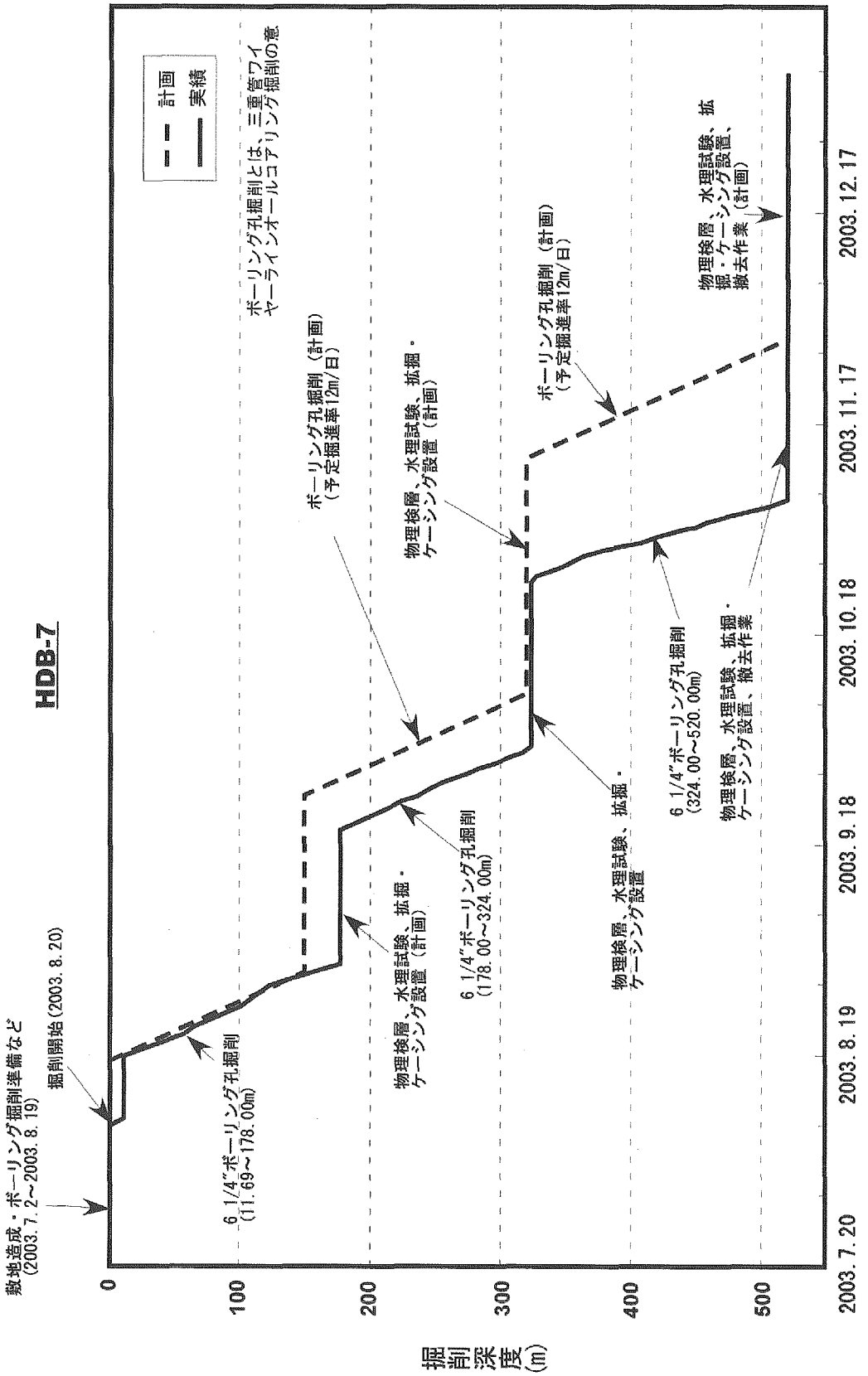


図 5. 8　HDB-7 孔ボーリング調査工程予実績表

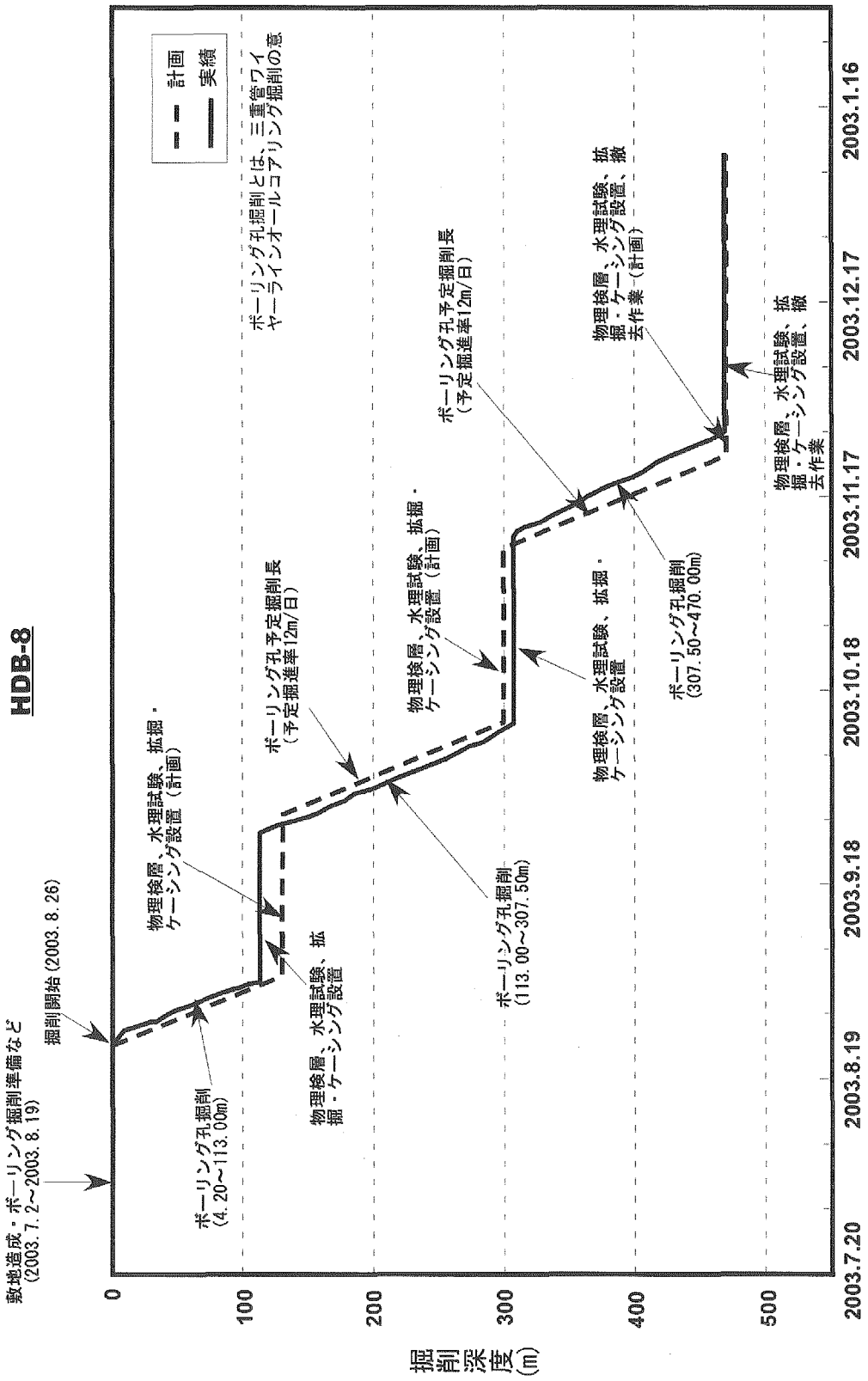


図 5.9　HDB-8 孔ボーリング調査工程予実績表

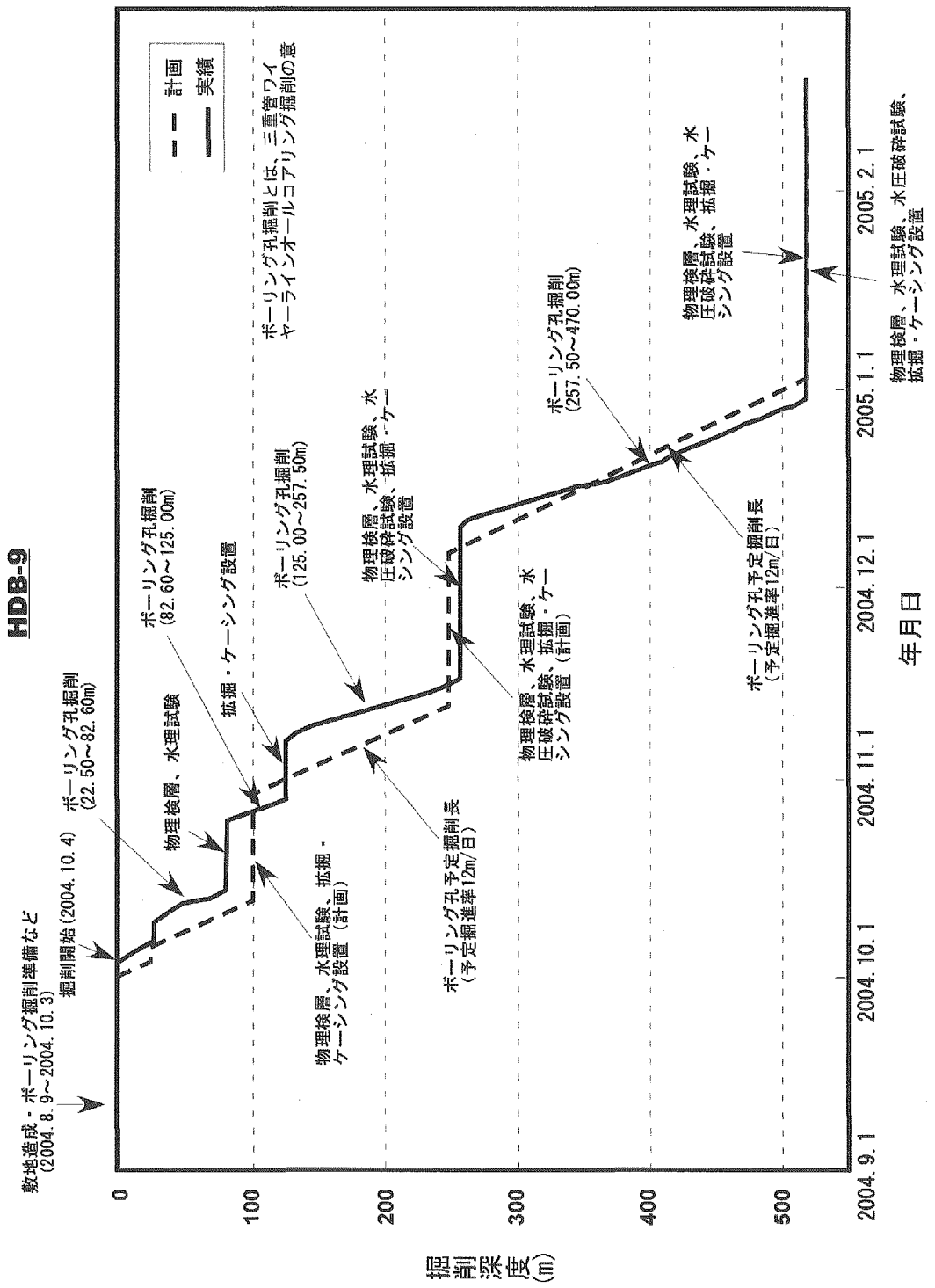


図 5.10　HDB-9 孔ボーリング調査工程予実績表

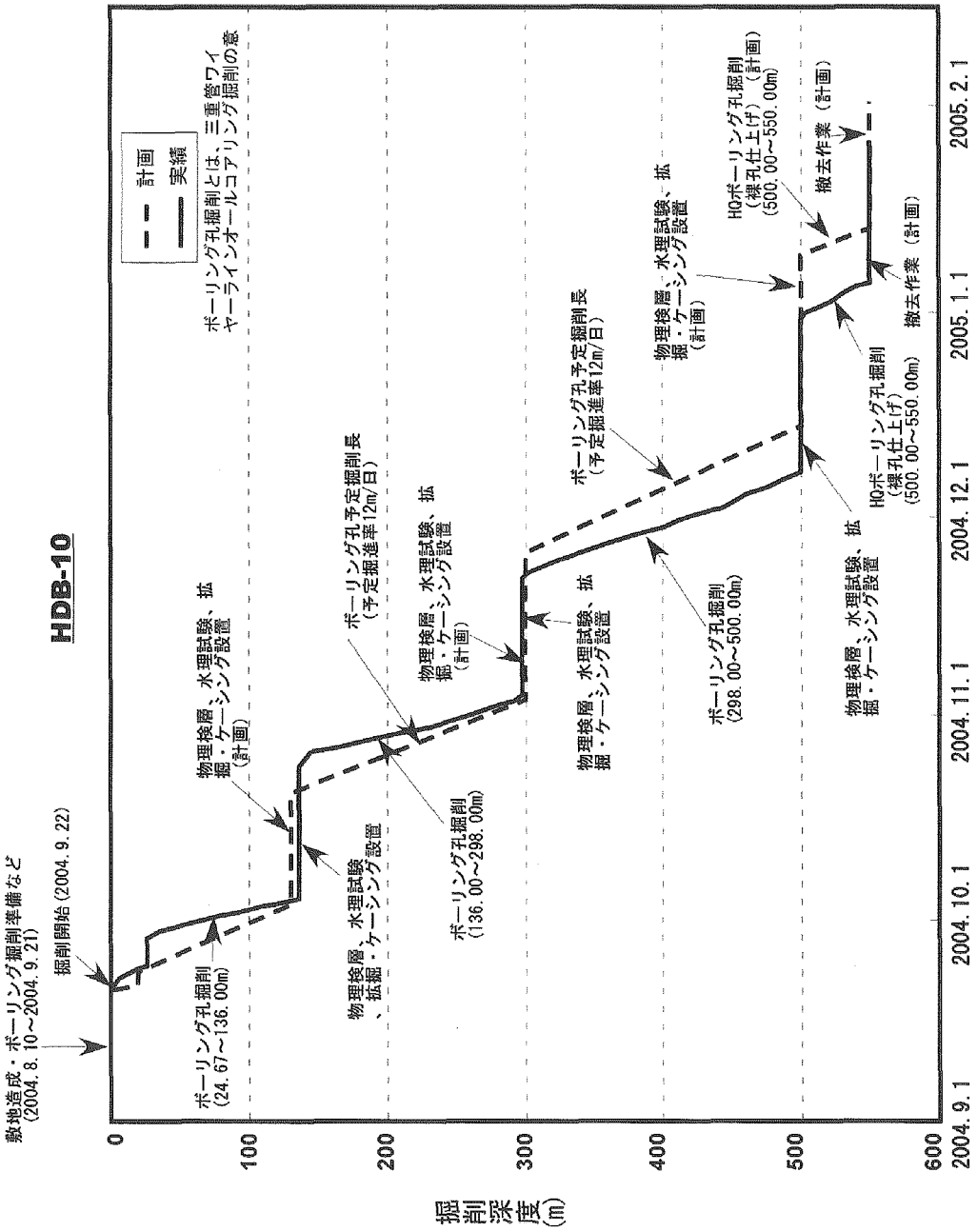


図 5.11　HDB-10 孔ボーリング調査工程予実績表

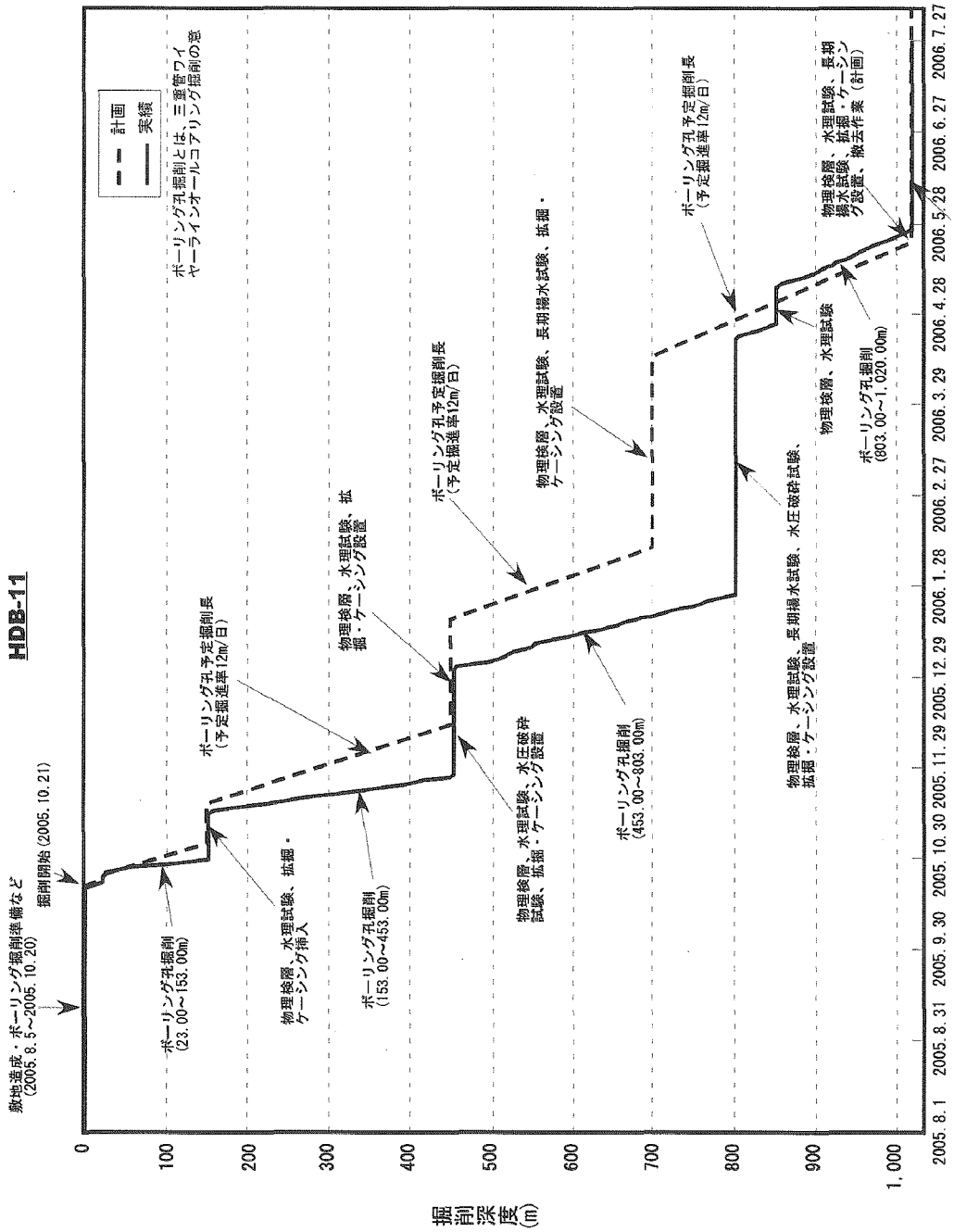


図 5.12 HDB-11 孔ボーリング調査工程予実績表

6. ケーシング設置

幌延深地層研究計画におけるボーリング孔掘削は、研究対象である新第三紀堆積岩の地質環境を調査するために実施するものであり、地表付近～地下深部にいたる岩石コアの取得、および孔内での様々な調査を円滑に行い調査終了後も地下水の水圧や水質の長期モニタリング孔として使用できるための短期・長期的な孔の維持が必要であった。

一方、新第三紀堆積岩は軟質な岩盤であり、孔掘削直後から自立しない、あるいは時間の経過に伴う孔自体の変形が生じることがボーリング調査開始前から予測された。また、ボーリング孔が断層などの脆弱部と交差した場合には、著しい孔壁の崩壊が生じることも、東濃における新第三紀堆積岩の掘削事例より懸念された。

これらの条件を勘案した場合、結晶質岩のようにボーリング孔を裸孔状態としておくことは困難と判断し、掘削後に孔保持のためのケーシングを設置することとした。しかし、前述のとおり時間経過に伴う孔の変形や崩壊も懸念されたため、ケーシング設置と孔内での調査を繰り返し実施する多段ケーシング方式を採用した。また、調査終了後の地下水の水圧・水質長期モニタリングのため、ケーシング設置後ジェットパーフォレーションによってケーシング内に岩盤中の地下水を導入するための孔をあけ、孔をあけた区間を一つの測定区間とすることとした。

以下にその概要を述べる。

6.1 ケーシングプログラムの検討

各ボーリング孔掘削前のケーシング設置計画は、孔内における調査試験のプログラムに基づき決定した。これは、孔内での調査は原則として裸孔状態でなければ実施できないためである。設置するケーシングの径とケーシングの段数については、不測の事態が発生しても孔壁を保持しかつボーリング孔の掘削と調査の継続が可能となるように配慮した。

6.2 ケーシングの設置実績

平成13年度に掘削したHDB-1,2孔では,当初想定していたよりも粘土鉱物の含有量が少ない地質であったことから，膨潤の危険性は低く，シリケート泥水を用いなくてもボーリング掘削は可能であると判断し，清水による掘削を試みた。一方，孔内状況の悪化等で掘り進めなくなった場合を想定し，緊急のケーシングパイプ（9-5/8” OD）を挿入できるようなプログラムとした。

平成14年度に掘削したHDB-3,4,5孔では，最終4-1/2” ケーシングパイプを口元まで立ち上げるのではなく，TIW 社のライナーハンガーを使用しハンガー仕上げとした。これは，HDB-1,2孔で7” ケーシングパイプと4-1/2” ケーシングの二重管部分のセメンチングが不十分だったことに対する改善と，地下水長期モニタリングシステムを孔内に設置する場合にある程度大きな内径が必要なことによる。

ライナーハンガーとは、ケーシングパイプを孔口まで設置せず，ケーシングパイプ（ライナーパイプ）を中間ケーシングパイプに保持（吊り下げる）させるための装置である。ライナーパイプを保持させるためスリップが取付けられており，機械的あるいは水圧でスリップを利かせる(図6.2.1)。

幌延でのボーリング調査では，機械的にスリップを利かせるTIW社のライナーハンガーを採用した。このタイプは，国内外の石油調査井や地熱調査井，温泉井で実績がある。

また、HDB-1,2,3,4,5孔におけるボーリング調査で，深度300m以深は一回のセメンチングでは孔底から口元までセメントミルクを立ち上げることが困難なことを経験した。

この経験を踏まえ，HDB-6 孔以降はセメンチングを二回に分けて実施することとした。

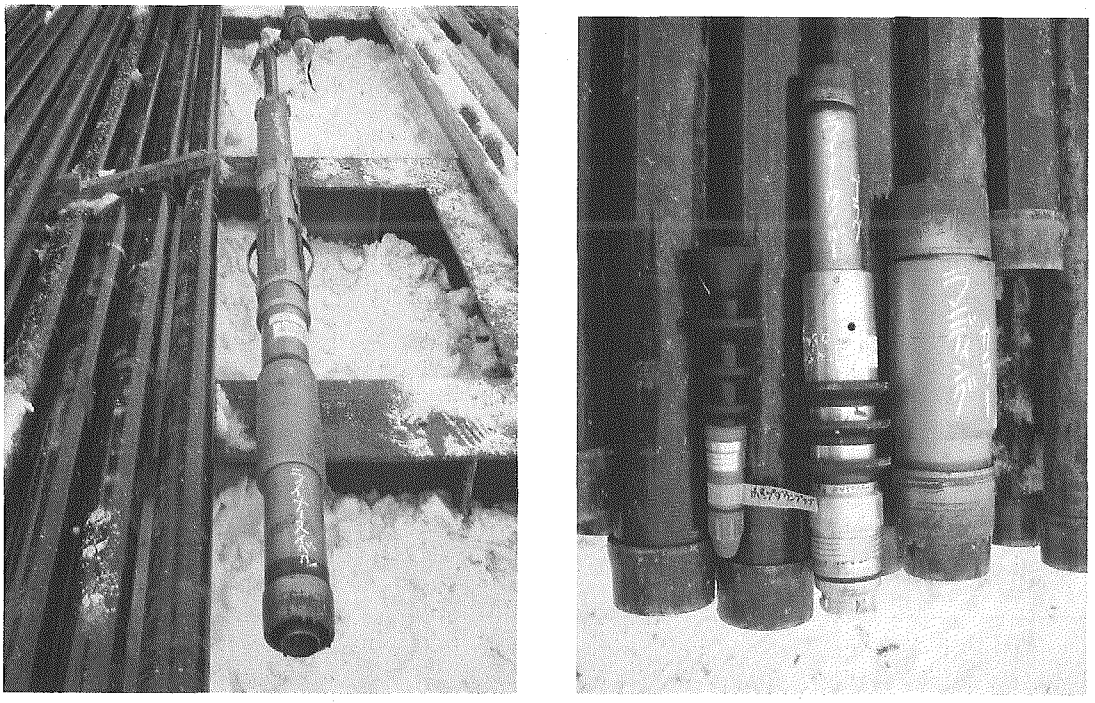


図 6.2.1　ライナーハンガー(写真　左)とアクセサリー（写真　右）

平成 15 年度に掘削した HDB-6, 7, 8 孔では，一段目に設置するケーシングパイプの深度をこれまで 50m から 100m 以深に変更するとともに、一断面のケーシング孔径を 13-3/8" から 9-5/8" に変更した。これは，口元から泥水掘削をすることで孔径拡大がなくなり安定した掘削が可能となったことと，HDB-3, 4, 5 孔において比較的クリアランスがある 13-3/8" ケーシングパイプと 7" ケーシングの二重管部分のセメンチングが不十分だったためである。HDB-6, 7, 8 孔は 9-5/8" ケーシングパイプを使用し，かつハリーバートン社製の ES(External Sleeve)ステージセメンターを使用した 2 ステージセメンチング方法を採用した。今回使用したハリーバートン社の ES セメンターを図 6.2.2 に示す。

多段ケーシング方式におけるセメンチングでは、第一段目のケーシングはすでにセメンチングされセメントミルクが地上まで排出される隙間がないため、第二段以降のセメンチングの際，セメントと水あるいは溶解水との混合物であるセメントミルクはケーシング中間部から放出されなければならない。セメンターには側面に開閉口（ポート）がついており，まずオープニングボムと呼ばれる自重で降下するプラグを投下し，セメンターに着底させる。着底後に内圧加圧あるいは機械的に押し込むことによりポートを開くことができる。セメントミルク送入後に降下された閉鎖プラグがここに着底して加圧するとポートは閉じるような機構になっている。これは，国内外の石油調査井や地熱調査井で実績があり、HDB-6 孔以降のボーリング掘削においてもその有効性を確認した。

図 6.2.2　ES セメンターとアクセサリー

HDB-7 孔を除き口元のガイド管については，HDB-8 孔までは地表から 4m の深度まで設置していた。これに対して，HDB-7 孔では，ボーリング用地近傍に河川（清水川）が存在していたため、掘削水の流出を防止するため以下に示す経験を踏まえ 11.6m まで設置した。

- HDB-2 孔で 10m 掘削時に礫層より逸水，脇の川に流出。
- HDB-3 孔で第一段階（角礫状未固結物堆積物）拡孔中に櫓基礎脇より泥水が漏洩，脇の沢に流入。
- HDB-6 孔で第一段階（角礫状未固結物堆積物）コア掘削中に逸水，敷地外に泥水が染み出た

なお，HDB-8 孔では，第一段階コア掘削中に逸水したものの，敷地内外への流出は確認されていない。

これらの経験と，HDB-9 孔は山の上で北西側に沢があること，HDB-10 孔は敷地近傍に河川（ペンケエベコロベツ川）が流れていること，HDB-11 孔は敷地近傍に沢があり，この沢は清水川本流に合流すること，逸水対策に要する日数，セメントに汚染された掘削水の産廃処理のコスト等を考慮し，これらのボーリング孔では 20m 付近までノンコア掘削とし，口元ガイド管を設置した。このような処置を施したことにより，沢あるいは川の近傍に掘削したにもかかわらず，口元付近での逸水を防止することができた。

6.3　ケーシング設置に使用したセメントについて

ケーシングパイプを固定するために使用するセメントやセメント添加剤は、地下水の水理特性や地球化学的特性に影響を与える可能性がある。このため、本ボーリング調査では、地下水の水圧・水質の長期モニタリングに対するセメントの影響を抑えるため，岩盤の水理特性や地下水の地球化学特性に与える影響が小さくかつ，孔壁の崩壊防止やスライムの排除が良好に行われるセメントミルクに関する検討を行った。

まず、セメンチングが岩盤の水理特性や地下水の地球化学特性にできるだけ影響を与えないようにするため、HDB-1,2 孔では，セメントに添加剤を加えずに，セメントと水のみのセメントミルクを使用した。しかし、セメントボンド検層の結果，セメントが十分固化していないと考えられる区間が認められた。これは，ボーリング孔掘削時に孔壁が拡大した部分のベントナイト泥水を排出できなかったこと，セメントミルクの粘性が高く，7 インチと 4-1/2 インチ ケーシングパイプの 2 重管の部分でクリアランスが狭くなることで，セメントミルクが十分に循環できなかったためと考えられ，セメントミルクの選定とともに，使用するケーシングについても検討する必要が生じた。

この結果を受け，HDB-3 孔以降では，最終ケーシングパイプにライナーハンガーを採用し 2 重管となる部分を短くした。さらに、セメント，水，ベントナイトを混入したベントナイトセメント（ベントナイトを混入することによりセメントミルクの比重をセメントと水だけのセメントミルクより低くしたもの）を用いた。その結果，浅部の 2 重管部分以外については，HDB-3 孔以降では、ほぼセメンチングできたことが 6.4 節に述べるセメントボンド検層（Cement bond logging:CBL）により確認された。各孔のケーシング設置時に使用したセメントなどの情報を表 6.3.1 にまとめる。

最終的に設置した各ボーリング孔の多段ケーシングの設置実績を図 6.3.1 に示すとともに、各孔のケーシングパイプの検尺表を表 6.3.2～6.3.12 に示す。

表 6.3.1 セメンチング一覧表（各ボーリング孔のセメンチング方法，使用したセメントミルク等）

孔井名	ケーシング段数	使用ケーシング	挿入区間	セメンチング方法	比重 (S.G)	セメントミルク量 (l)	エクセス (%)	使用セメント	使用セメント量 (kg)	使用添加剤 ベントナイト (%)	使用添加剤 逆水防止剤	使用添加剤 塩化カルシウム
HDB-1	第1段	13-3/8", 61.0#, N-80	0.00 - 51.17m	インナーストリングス	1.80	6.070	198	普通セメント	7.125	-	-	-
	第2段	9-5/8", 36.0#, J-55	0.00 - 215.00m	インナーストリングス	1.80	14.000	258	普通セメント	16.425	-	-	-
	第3段	7", 20.0#, J-55	0.00 - 417.70m	インナーストリングス	1.74	13.400	422	普通セメント	14.525	-	-	-
	第4段	4-1/2", 10.5#, H-40	0.00 - 716.00m	2段式	1.70	11.600	257	普通セメント	11.900	-	-	-
HDB-2	第1段	13-3/8", 61.0#, N-80	0.00 - 51.17m	インナーストリングス	1.80	7.124	222	普通セメント	8.025	-	-	-
	第2段	7", 20.0#, J-55	0.00 - 399.20m	インナーストリングス	1.80	10.284	181	普通セメント	12.050	-	-	-
	第3段	4-1/2", 10.5#, H-40	0.00 - 718.60m	2段式	1.75	13.000	292	普通セメント	13.300	-	-	-
HDB-3	第1段	13-3/8", 54.5#, J-55	0.00 - 53.50m	インナーストリングス	1.80	7.470	223	普通セメント	8.750	-	-	-
	第2段	7", 20.0#, J-55	0.00 - 314.60m	インナーストリングス	1.65	12.635	314	普通セメント	11.900	0.70	-	-
	第3段	4-1/2", 9.5#, J-55	270.54 - 518.64m	ライナーハンガー	1.70	10.690	536	普通セメント	11.900	0.90	-	-
HDB-4	第1段	13-3/8", 54.5#, J-55	0.00 - 53.50m	インナーストリングス	1.80	8.288	348	普通セメント	9.800	-	-	-
	第2段	7", 20.0#, J-55	0.00 - 315.04m	インナーストリングス	1.70	18.900	516	普通セメント	19.575	0.90	-	-
	第3段	4-1/2", 9.5#, J-55	268.74 - 518.15m	ライナーハンガー	1.70	7.000	337	普通セメント	7.250	0.90	-	-
HDB-5	第1段	13-3/8", 54.5#, J-55	0.00 - 52.95m	インナーストリングス	1.80	7.160	215	普通セメント	8.400	-	-	-
	第2段	7", 20.0#, J-55	0.00 - 271.10m	インナーストリングス	1.70	13.530	411	普通セメント	13.750	0.90	ﾃﾙｽﾄｯﾌﾟ (P) 2.0%	-
	第3段	4-1/2", 9.5#, J-55	238.19 - 518.40m	ライナーハンガー	1.70	8.320	339	普通セメント	8.575	0.90	-	-
HDB-6	第1段	9-5/8", 26.0#, J-55	0.00 - 132.90m	インナーストリングス	1.70	8.000	214	普通セメント	8.225	0.90	-	-
	第2段	7", 20.0#, J-55	0.00 - 365.78m	1stステージ	1.70	8.000	292	普通セメント	8.225	0.90	-	-
				2ndステージ	1.50	3.000	-	普通セメント	3.525	-	-	-
	第3段	4-1/2", 9.5#, J-55	318.09 - 618.58m	ライナーハンガー	1.80	10.000	395	普通セメント	11.700	-	-	-
HDB-7	第1段	9-5/8", 36.0#, J-55	0.00 - 175.90m	インナーストリングス	1.70	11.000	217	普通セメント	11.250	0.90	-	-
	第2段	7", 20.0#, J-55	0.00 - 322.23m	1stステージ	1.70	4.000	232	普通セメント	4.104	0.90	-	-
				2ndステージ	1.80	4.000	-	普通セメント	4.685	-	-	-
	第3段	4-1/2", 9.5#, J-55	269.82 - 519.19m	ライナーハンガー	1.70	5.700	275	普通セメント	5.845	0.90	-	-
HDB-8	第1段	9-5/8", 36.0#, J-55	0.00 - 111.10m	インナーストリングス	1.70	7.000	220	普通セメント	7.200	0.90	-	-
	第2段	7", 20.0#, J-55	0.00 - 306.04m	1stステージ	1.70	5.200	226	普通セメント	5.350	0.90	-	-
				2ndステージ	1.80	2.400	-	普通セメント	2.825	-	-	-
	第3段	4-1/2", 9.5#, J-55	240.31 - 469.24m	ライナーハンガー	1.80	5.000	278	普通セメント	5.850	-	-	-
HDB-9	口元	13-3/8", 68.0#, J-55	1.44 - 25.50m	インナーストリングス	1.80	1.400	286	普通セメント	1.642	-	-	-
	第1段	9-5/8", 36.0#, J-55	1.30 - 124.22m	インナーストリングス	1.70	8.775	276	普通セメント	9.000	0.90	-	-
	第2段	7", 20.0#, J-55	0.19 - 256.20m	1stステージ	1.70	5.850	376	普通セメント	6.000	0.90	-	-
				2ndステージ	1.50	3.420	-	普通セメント	4.000	-	-	-
	第3段	4-1/2", 9.5#, J-55	238.80 - 519.43m	ライナーハンガー	1.80	5.610	214	普通セメント	6.575	-	-	-
HDB-10	口元	13-3/8", 68.0#, J-55	1.29 - 24.67m	インナーストリングス	1.80	1.000	207	普通セメント	1.175	-	-	-
	第1段	9-5/8", 36.0#, J-55	1.77 - 135.08m	インナーストリングス	1.80	7.200	198	普通セメント	8.000	-	-	-
	第2段	7", 20.0#, J-55	0.20 - 297.10m	1stステージ	1.70	3.900	204	普通セメント	4.000	0.90	-	-
				2ndステージ	1.80	3.420	-	普通セメント	4.000	-	-	-
	第3段	4-1/2", 9.5#, J-55	262.94 - 499.31m	ライナーハンガー	1.80	4.310	295	普通セメント	6.575	-	-	-
HDB-11	口元	20", SGP, Sch40	0.00 - 22.21m	インナーストリングス	1.80	2.217	235	普通セメント	2.599	-	-	-
	第1段	13-3/8", 54.5#, J-55	0.00 - 151.92m	インナーストリングス	1.80	15.360	160	普通セメント	18.000	-	-	-
	第2段	9-5/8", 36.0#, J-55	0.00 - 451.80m	1stステージ	1.70	23.400	291	普通セメント	24.000	-	-	-
				2ndステージ	1.50	10.240	374	普通セメント	12.000	0.90	-	-
	第3段	7", 20.0#, J-55	0.00 - 801.01m	1stステージ	1.70	9.955	307	普通セメント	10.200	-	-	-
				2ndステージ	1.70	11.017	459	普通セメント	11.200	0.90	-	-
	第4段	4-1/2", 9.5#, J-55	747.12 - 1017.73m	ライナーハンガー	1.80	7.100	317	普通セメント	8.320	-	-	-

ケーシングのセメンチング方法（参考）

インナーストリング法

主に大口径のケーシングセメンチングの際に実施される。セメントミルク送入後には，ミルクがケーシングパイプアニュラス（外側）部にくるように泥水で後押しするが，ケーシングパイプの径が大きい場合，この後押し量が大量でオペレーションに長時間を要し，セメント硬化時間の調整も困難となる。そこで予定深度までケーシングパイプ降下後，ドリルパイプやヘビーウェイトドリルパイプをインナーストリングとしてケーシングパイプ内に降下してセメントを送入する。インナーストリング下端にはシーリングアダプターというシールのついたパイプが取り付けられ，フロートカラーにランディング・シールできる。インナーストリングセメンチングでは，巨大なプラグ（栓）や，地表装置を用いずに済むという利点がある。幌延でのボーリング調査では，大孔径ではないが，HDB-1,2,3,4,5 孔の 7 インチケーシングセメンチングはインナーストリング法を採用していた。この方法は，良好なセメントミルクの戻りを口元で確認できるまでセメントミルクを送入できるという利点がある。

ステージセメンチング法

マルチステージセメンチングは，必要部分へのセメンチングを一度に二栓式で行うのが困難な場合に，複数回に分けてセメンチングする際に用いられるセメンチング方法である。セメントと水あるいは溶解水との混合物であるセメントミルクが大量に必要な場合，セメントの硬化する時間を調整するのが困難になり，また循環圧力も高くなってしまう。ファーストステージでは，セメントミルクを二栓式と同様にプラグを利用して送入し，泥水で後押ししてケーシングアニュラス（外側）にセメントを充填する。セカンドステージでは，あらかじめケーシングの中間部分に接続されて降下されたステージセメンターが用いられる。ステージセメンターには側面に開閉口（ポート）がついており，まずこのポートを開いて泥水循環後，セメントミルクを送入する。セメントミルクをケーシングアニュラス部（外側）に送入した後には，このポートは閉じるような機構になっている。

ライナーセメンチング法

ライナーケーシング降下後に行うセメンチング。ライナーは通常，ラニングツールを用いてドリルパイプで降下され，外側のケーシング内にライナーハンガーによってセットされる。セメントと水あるいは溶解水との混合物であるセメントミルク送入後は，ダーツと呼ばれる小径プラグがドリルパイプ内に投下されて泥水で後押しされ，ライナー上部に設置された大径のワイパープラグとラッチして一体となり，ライナー内を降下していく。通常ライナーは，外側のケーシングと 80m～90m重なるようにセットされるが，この重なり部分であるオーバーラップ部の間隙にセメントをシールさせることも重要となる。

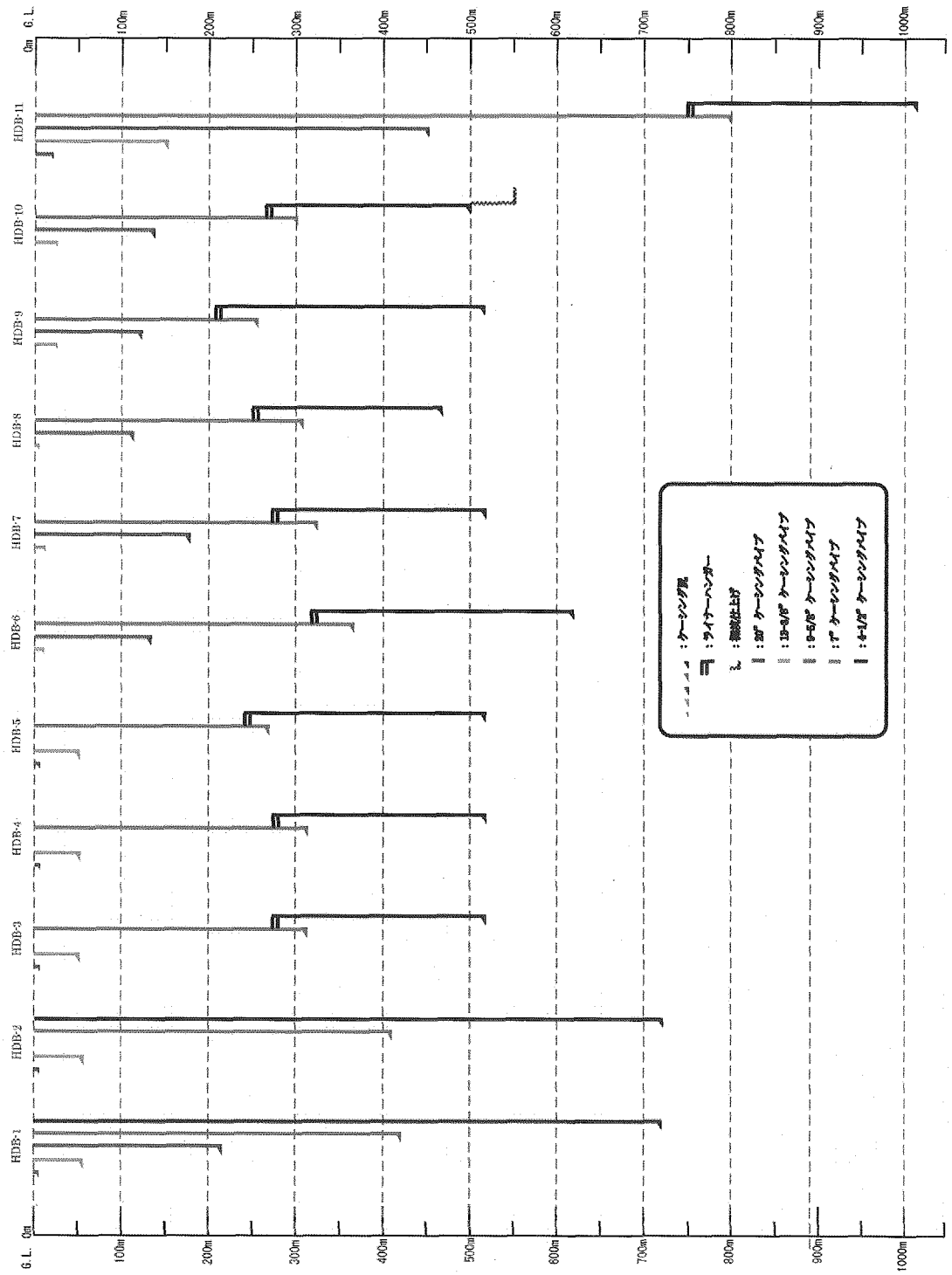


図 6.3.1 ケーシングプログラム（実績）

表 6.3.2 HDB-1 孔 検尺表

HDB-1 13-3/8"CSG検尺表
(61.0#, N-80, Flush)

No.	受入No.	長さ (m)	累計長 (m)	設置深度 (m)
				50.24
1	FloatShoe	0.80	0.80	49.44
2	1	12.30	13.10	37.14
3	2	12.30	25.40	24.84
4	3	12.31	37.71	12.53
5	4	12.31	50.02	0.22
6	調整管	4.47	54.49	-4.25
	残尺		4.25	-
	挿入深度		50.24	-

HDB-1 9-5/8"CSG検尺表
(36.0#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計長 (m)	設置深度 (m)
				215.00
1	FloatShoe	0.65	0.65	214.35
2	22	9.87	10.52	204.48
3	23	9.88	20.40	194.60
4	31	9.88	30.28	184.72
5	33	9.88	40.16	174.84
6	32	9.89	50.05	164.95
7	24	9.88	59.93	155.07
8	25	9.88	69.81	145.19
9	28	9.88	79.69	135.31
10	26	9.88	89.57	125.43
11	29	9.89	99.46	115.54
12	36	9.88	109.34	105.66
13	30	9.88	119.22	95.78
14	37	9.89	129.11	85.89
15	34	9.88	138.99	76.01
16	35	9.88	148.87	66.13
17	40	9.87	158.74	56.26
18	41	9.89	168.63	46.37
19	42	9.89	178.52	36.48
20	43	9.88	188.40	26.60
21	44	9.88	198.28	16.72
22	34	9.87	208.15	6.85
23	38	9.88	218.03	-3.03
24	調整管	1.09	219.12	-4.12
	残尺		4.12	-
	挿入深度		215.00	-

HDB-1 7"CSG検尺表
(20.0#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計長 (m)	設置深度 (m)
				417.70
1	FloatShoe	0.50	0.50	417.20
2	19	10.19	10.69	407.01
3	20	10.01	20.70	397.00
4	11	10.20	30.90	386.80
5	12	10.20	41.10	376.60
6	18	10.20	51.30	366.40
7	17	10.20	61.50	356.20
8	16	10.20	71.70	346.00
9	15	10.20	81.90	335.80
10	13	10.20	92.10	325.60
11	14	10.19	102.29	315.41
12	1	10.20	112.49	305.21
13	2	10.20	122.69	295.01
14	7	10.20	132.89	284.81
15	8	10.20	143.09	274.61
16	9	10.20	153.29	264.41
17	10	10.20	163.49	254.21
18	5	10.20	173.69	244.01
19	6	10.20	183.89	233.81
20	3	10.20	194.09	223.61
21	4	9.87	203.96	213.74
22	37	10.19	214.15	203.55
23	38	10.19	224.34	193.36
24	35	10.20	234.54	183.16
25	36	10.20	244.74	172.96
26	33	10.19	254.93	162.77
27	34	10.19	265.12	152.58
28	41	10.20	275.32	142.38
29	42	10.20	285.52	132.18
30	39	10.19	295.71	121.99
31	40	10.19	305.90	111.80
32	31	10.19	316.09	101.61
33	32	10.19	326.28	91.42
34	27	10.20	336.48	81.22
35	28	10.20	346.68	71.02
36	25	10.19	356.87	60.83
37	26	10.19	367.06	50.64
38	29	10.20	377.26	40.44
39	30	10.20	387.46	30.24
40	23	10.19	397.65	20.05
41	24	10.19	407.84	9.86
42	21	10.20	418.04	-0.34
43	22	10.20	428.24	-10.54
	残尺		10.54	-
	挿入深度		417.70	-

HDB-1 4-1/2"CSG検尺表
(10.5#, H-40, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計 (m)	設置深度 (m)
				716.00
1	FloatShoe	0.40	0.40	715.60
2	55	10.26	10.66	705.34
3	56	10.24	20.90	695.10
4	57	10.24	31.14	684.86
5	58	10.24	41.38	674.62
6	59	10.24	51.62	664.38
7	60	10.23	61.85	654.15
8	61	10.26	72.11	643.89
9	62	10.25	82.36	633.64
10	63	10.25	92.61	623.39
11	64	10.24	102.85	613.15
12	65	10.23	113.08	602.92
13	66	10.23	123.31	592.69
14	67	10.24	133.55	582.45
15	68	10.25	143.80	572.20
16	69	10.24	154.04	561.96
17	70	10.23	164.27	551.73
18	71	10.23	174.50	541.50
19	37	10.23	184.73	531.27
20	38	10.24	194.97	521.03
21	39	10.24	205.21	510.79
22	40	10.23	215.44	500.56
23	41	10.25	225.69	490.31
24	42	10.24	235.93	480.07
25	43	10.24	246.17	469.83
26	44	10.26	256.43	459.57
27	45	10.26	266.69	449.31
28	46	10.23	276.92	439.08
29	47	10.22	287.14	428.86
30	48	10.26	297.40	418.60
31	49	10.26	307.66	408.34
32	50	10.24	317.90	398.10
33	51	10.23	328.13	387.87
34	52	10.26	338.39	377.61
35	53	10.26	348.65	367.35
36	54	10.25	358.90	357.10
37	19	10.23	369.13	346.87
38	20	10.23	379.36	336.64
39	21	10.26	389.62	326.38
40	22	10.23	399.85	316.15
41	23	10.24	410.09	305.91
42	24	10.23	420.32	295.68
43	25	10.23	430.55	285.45
44	26	10.23	440.78	275.22
45	27	10.23	451.01	264.99
46	28	10.23	461.24	254.76
47	29	10.23	471.47	244.53
48	30	10.23	481.70	234.30
49	31	10.25	491.95	224.05
50	32	10.23	502.18	213.82
51	33	10.24	512.42	203.58
52	34	10.25	522.67	193.33
53	35	10.24	532.91	183.09
54	36	10.24	543.15	172.85
55	1	10.24	553.39	162.61
56	2	10.25	563.64	152.36
57	3	10.25	573.89	142.11
58	4	10.25	584.14	131.86
59	5	10.25	594.39	121.61
60	6	10.25	604.64	111.36
61	7	10.23	614.87	101.13
62	8	10.25	625.12	90.88
63	9	10.23	635.35	80.65
64	10	10.25	645.60	70.40
65	11	10.24	655.84	60.16
66	12	10.25	666.09	49.91
67	13	10.25	676.34	39.66
68	14	10.24	686.58	29.42
69	15	10.26	696.84	19.16
70	16	10.26	707.10	8.90
71	17	10.26	717.36	-1.36
72	調整管	3.85	721.21	-
	残尺		5.21	-
	挿入深度		716.00	-

表 6.3.3 HDB-2 孔 検尺表

HDB-2 13-3/8"CSG検尺表
(61.0#, N-80, Flush)

No.	受入No.	長さ (m)	累計長 (m)	設置深度 (m)
				51.17
1	FloatShoe	0.59	0.59	50.58
2	1	12.08	12.67	38.50
3	2	12.31	24.98	26.19
4	3	12.29	37.27	13.90
5	4	12.30	49.57	1.60
6	調整管	4.49	54.06	-2.89
	残尺		2.89	-
	挿入深度		51.17	-

HDB-2 7"CSG検尺表
(20.0#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計長 (m)	設置深度 (m)
				399.20
1	FloatShoe	0.50	0.50	398.70
2	60	10.20	10.70	388.50
3	58	10.20	20.90	378.30
4	59	10.20	31.10	368.10
5	53	10.20	41.30	357.90
6	52	10.20	51.50	347.70
7	54	10.20	61.70	337.50
8	67	10.19	71.89	327.31
9	56	10.20	82.09	317.11
10	55	10.20	92.29	306.91
11	57	10.20	102.49	296.71
12	40	10.20	112.69	286.51
13	50	10.20	122.89	276.31
14	51	10.20	133.09	266.11
15	45	10.20	143.29	255.91
16	43	10.19	153.48	245.72
17	44	10.20	163.68	235.52
18	46	10.20	173.88	225.32
19	48	10.19	184.07	215.13
20	47	10.20	194.27	204.93
21	77	10.20	204.47	194.73
22	78	10.20	214.67	184.53
23	79	10.20	224.87	174.33
24	82	9.39	234.26	164.94
25	80	10.20	244.46	154.74
26	81	9.78	254.24	144.96
27	76	10.20	264.44	134.76
28	75	10.20	274.64	124.56
29	74	10.20	284.84	114.36
30	73	10.20	295.04	104.16
31	71	10.20	305.24	93.96
32	72	10.20	315.44	83.76
33	68	10.20	325.64	73.56
34	70	10.20	335.84	63.36
35	69	10.20	346.04	53.16
36	62	10.20	356.24	42.96
37	61	10.20	366.44	32.76
38	63	10.20	376.64	22.56
39	64	10.20	386.84	12.36
40	66	10.20	397.04	2.16
41	65	10.19	407.23	-8.03
	残尺		8.03	-
	挿入深度		399.20	-

HDB-2 4-1/2"CSG検尺表
(10.5#, H-40, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計 (m)	設置深度 (m)
				718.60
1	FloatShoe	0.50	0.50	718.10
2	55	10.29	10.79	707.81
3	56	10.29	21.08	697.52
4	57	10.30	31.38	687.22
5	58	10.32	41.70	676.90
6	59	10.29	51.99	666.61
7	60	10.30	62.29	656.31
8	61	10.24	72.53	646.07
9	62	10.30	82.83	635.77
10	63	10.28	93.11	625.49
11	64	10.31	103.42	615.18
12	65	9.84	113.26	605.34
13	66	10.28	123.54	595.06
14	67	10.23	133.77	584.83
15	68	10.28	144.05	574.55
16	69	10.28	154.33	564.27
17	70	10.28	164.61	553.99
18	71	10.28	174.89	543.71
19	37	10.28	185.17	533.43
20	38	10.29	195.46	523.14
21	39	10.27	205.73	512.87
22	40	10.28	216.01	502.59
23	41	10.29	226.30	492.30
24	42	10.28	236.58	482.02
25	43	10.27	246.85	471.75
26	44	10.28	257.13	461.47
27	45	10.30	267.43	451.17
28	46	10.31	277.74	440.86
29	47	10.29	288.03	430.57
30	48	10.28	298.31	420.29
31	49	10.28	308.59	410.01
32	50	10.29	318.88	399.72
33	51	10.30	329.18	389.42
34	52	10.28	339.46	379.14
35	53	10.30	349.76	368.84
36	54	10.27	360.03	358.57
37	19	10.32	370.35	348.25
38	20	10.29	380.64	337.96
39	21	10.29	390.93	327.67
40	22	10.28	401.21	317.39
41	23	10.31	411.52	307.08
42	24	10.28	421.80	296.80
43	25	10.29	432.09	286.51
44	26	10.28	442.37	276.23
45	27	10.31	452.68	265.92
46	28	10.28	462.96	255.64
47	29	10.29	473.25	245.35
48	30	10.28	483.53	235.07
49	31	10.28	493.81	224.79
50	32	10.28	504.09	214.51
51	33	10.30	514.39	204.21
52	34	10.29	524.68	193.92
53	35	10.28	534.96	183.64
54	36	10.29	545.25	173.35
55	1	10.29	555.54	163.06
56	2	10.29	565.83	152.77
57	3	10.29	576.12	142.48
58	4	10.31	586.43	132.17
59	5	10.29	596.72	121.88
60	6	9.29	606.01	112.59
61	7	10.28	616.29	102.31
62	8	10.29	626.58	92.02
63	9	10.22	636.80	81.80
64	10	10.29	647.09	71.51
65	11	10.31	657.40	61.20
66	12	10.29	667.69	50.91
67	13	10.31	678.00	40.60
68	14	10.29	688.29	30.31
69	15	10.28	698.57	20.03
70	16	10.31	708.88	9.72
71	17	10.28	719.16	-0.56
72	調整管	4.00	723.16	-
	残尺		4.56	-
	挿入深度		718.60	-

表 6.3.4 HDB-3 孔 検尺表

HDB-3 13-3/8"CSG検尺表
(54.5#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計長 (m)	設置深度 (m)
				53.50
1	FloatShoe	0.80	0.80	52.70
2	1	10.24	11.04	42.46
3	2	10.25	21.29	32.21
4	3	10.21	31.50	22.00
5	4	10.16	41.66	11.84
6	5	10.25	51.91	1.59
7	調整管	3.92	55.83	-2.33
	残尺		2.33	-
	挿入深度		53.50	-

HDB-3 4-1/2"CSG検尺表
(9.5#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計 (m)	設置深度 (m)
				518.64
1	FloatShoe	0.85	0.85	517.79
2	6	10.24	11.09	507.55
3	LandingCollor	0.24	11.33	507.31
4	7	10.23	21.56	497.08
5	8	10.23	31.79	486.85
6	9	10.23	42.02	476.62
7	10	10.23	52.25	466.39
8	11	10.23	62.48	456.16
9	12	9.79	72.27	446.37
10	13	10.24	82.51	436.13
11	14	10.23	92.74	425.90
12	25	10.07	102.81	415.83
13	1	10.24	113.05	405.59
14	2	10.24	123.29	395.35
15	3	10.24	133.53	385.11
16	4	10.24	143.77	374.87
17	5	10.24	154.01	364.63
18	16	9.80	163.81	354.83
19	17	10.23	174.04	344.60
20	18	10.23	184.27	334.37
21	10	10.23	194.50	324.14
22	20	10.23	204.73	313.91
23	21	10.23	214.96	303.68
24	22	10.24	225.20	293.44
25	23	10.24	235.44	283.20
26	24	10.07	245.51	273.13
27	LinerSwivel	0.63	246.14	272.50
28	LinerHanger	1.25	247.39	271.25
29	CementBushing	0.71	248.10	270.54
				-
	挿入深度	270.54～518.64m間		-

HDB-3 7"CSG検尺表
(20.0#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計長 (m)	設置深度 (m)
				314.60
1	FloatShoe	0.67	0.67	313.93
2	28	10.16	10.83	303.77
3	29	10.16	20.99	293.61
4	30	10.16	31.15	283.45
5	31	10.16	41.31	273.29
6	19	10.16	51.47	263.13
7	20	10.16	61.63	252.97
8	21	10.15	71.78	242.82
9	22	10.16	81.94	232.66
10	23	10.16	92.10	222.50
11	24	10.16	102.26	212.34
12	25	10.15	112.41	202.19
13	26	10.17	122.58	192.02
14	27	10.16	132.74	181.86
15	10	10.16	142.90	171.70
16	11	10.15	153.05	161.55
17	12	10.16	163.21	151.39
18	13	10.16	173.37	141.23
19	14	10.15	183.52	131.08
20	15	10.15	193.67	120.93
21	16	10.16	203.83	110.77
22	17	10.16	213.99	100.61
23	18	10.16	224.15	90.45
24	1	10.16	234.31	80.29
25	2	10.16	244.47	70.13
26	3	10.16	254.63	59.97
27	4	10.16	264.79	49.81
28	5	10.16	274.95	39.65
29	6	10.16	285.11	29.49
30	7	10.15	295.26	19.34
31	8	10.16	305.42	9.18
32	9	9.78	315.20	-0.60
	残尺		0.60	-
	挿入深度		314.60	-

表 6.3.5 HDB-4 孔 検尺表

HDB-4 13-3/8"CSG検尺表
(54.5#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計長 (m)	設置深度 (m)
				53.50
1	FloatShoe	0.80	0.80	52.70
2	1	10.23	11.03	42.47
3	2	10.24	21.27	32.23
4	3	10.27	31.54	21.96
5	4	10.27	41.81	11.69
6	5	10.28	52.09	1.41
7	調整管	3.92	56.01	-2.51
	残尺		2.51	-
	挿入深度		53.50	-

HDB-4 4-1/2"CSG検尺表
(9.5#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計 (m)	設置深度 (m)
				518.15
1	FloatShoe	0.85	0.85	517.30
2	26	10.24	11.09	507.06
3	ﾗﾝﾃﾞﾝｸﾞｶﾗｰ	0.23	11.32	506.83
4	27	10.25	21.57	496.58
5	28	10.24	31.81	486.34
6	29	10.19	42.00	476.15
7	30	10.25	52.25	465.90
8	31	10.24	62.49	455.66
9	32	10.24	72.73	445.42
10	33	10.24	82.97	435.18
11	34	10.24	93.21	424.94
12	35	10.24	103.45	414.70
13	36	10.25	113.70	404.45
14	37	10.25	123.95	394.20
15	38	10.25	134.20	383.95
16	39	10.25	144.45	373.70
17	40	10.24	154.69	363.46
18	41	10.17	164.86	353.29
19	42	10.24	175.10	343.05
20	43	10.24	185.34	332.81
21	44	10.25	195.59	322.56
22	45	10.24	205.83	312.32
23	46	10.25	216.08	302.07
24	47	10.25	226.33	291.82
25	48	10.25	236.58	281.57
26	49	10.24	246.82	271.33
27	LinerSwivel	0.63	247.45	270.70
28	LinerHanger	1.25	248.70	269.45
29	CementBushing	0.71	249.41	268.74
				-
	挿入深度	268.74～518.15m間		-

HDB-4 7"CSG検尺表
(20.0#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計長 (m)	設置深度 (m)
				315.04
1	FloatShoe	0.68	0.68	314.36
2	1	10.16	10.84	304.20
3	2	10.16	21.00	294.04
4	3	10.16	31.16	283.88
5	4	10.16	41.32	273.72
6	5	10.16	51.48	263.56
7	6	10.16	61.64	253.40
8	7	10.16	71.80	243.24
9	8	10.16	81.96	233.08
10	9	10.16	92.12	222.92
11	10	10.16	102.28	212.76
12	11	10.16	112.44	202.60
13	12	10.16	122.60	192.44
14	13	10.16	132.76	182.28
15	14	10.16	142.92	172.12
16	15	10.16	153.08	161.96
17	16	10.16	163.24	151.80
18	17	10.16	173.40	141.64
19	18	10.16	183.56	131.48
20	19	10.16	193.72	121.32
21	20	10.15	203.87	111.17
22	21	10.15	214.02	101.02
23	22	10.16	224.18	90.86
24	23	10.16	234.34	80.70
25	24	10.17	244.51	70.53
26	25	10.16	254.67	60.37
27	26	10.16	264.83	50.21
28	27	10.16	274.99	40.05
29	28	10.16	285.15	29.89
30	29	10.16	295.31	19.73
31	30	10.16	305.47	9.57
32	31	10.16	315.63	-0.59
	残尺		0.59	-
	挿入深度		315.04	-

表 6.3.6 HDB-5 孔 検尺表

HDB-5 13-3/8"CSG検尺表
(54.5#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計長 (m)	設置深度 (m)
				52.95
1	FloatShoe	0.80	0.80	52.15
2	1	10.16	10.96	41.99
3	2	10.25	21.21	31.74
4	3	10.25	31.46	21.49
5	4	10.25	41.71	11.24
6	5	10.25	51.96	0.99
7	調整管	3.92	55.88	-2.93
	残尺		2.93	-
	挿入深度		52.95	-

HDB-5 4-1/2"CSG検尺表
(9.5#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計 (m)	設置深度 (m)
				518.40
1	FloatShoe	0.85	0.85	517.55
2	15	10.24	11.09	507.31
3	ﾗﾝﾃﾞｨﾝｸﾞｶﾗｰ	0.24	11.33	507.07
4	25	10.25	21.58	496.82
5	11	10.25	31.83	486.57
6	24	10.24	42.07	476.33
7	21	10.24	52.31	466.09
8	23	10.24	62.55	455.85
9	22	10.24	72.79	445.61
10	3	10.25	83.04	435.36
11	1	10.24	93.28	425.12
12	4	10.25	103.53	414.87
13	9	10.24	113.77	404.63
14	8	10.24	124.01	394.39
15	2	10.24	134.25	384.15
16	14	10.24	144.49	373.91
17	12	10.24	154.73	363.67
18	16	10.24	164.97	353.43
19	17	10.24	175.21	343.19
20	18	10.24	185.45	332.95
21	19	10.24	195.69	322.71
22	20	10.25	205.94	312.46
23	5	10.25	216.19	302.21
24	7	10.24	226.43	291.97
25	6	10.24	236.67	281.73
26	10	10.24	246.91	271.49
27	13	10.24	257.15	261.25
28	26	10.25	267.40	251.00
29	27	10.23	277.63	240.77
30	LinerSwivel	0.63	278.26	240.14
31	LinerHanger	1.24	279.50	238.90
32	CementBushing	0.71	280.21	238.19
				-
	挿入深度	238.19～518.40m間		-

HDB-5 7"CSG検尺表
(20.0#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計長 (m)	設置深度 (m)
				271.10
1	FloatShoe	0.67	0.67	270.43
2	22	10.16	10.83	260.27
3	23	8.65	19.48	251.62
4	24	8.53	28.01	243.09
5	25	10.16	38.17	232.93
6	26	10.15	48.32	222.78
7	27	10.16	58.48	212.62
8	12	10.16	68.64	202.46
9	13	10.16	78.80	192.30
10	14	10.16	88.96	182.14
11	15	10.16	99.12	171.98
12	16	10.17	109.29	161.81
13	17	10.16	119.45	151.65
14	18	10.16	129.61	141.49
15	19	10.16	139.77	131.33
16	20	10.16	149.93	121.17
17	21	10.16	160.09	111.01
18	1	10.00	170.09	101.01
19	2	10.16	180.25	90.85
20	3	10.16	190.41	80.69
21	4	10.16	200.57	70.53
22	5	10.16	210.73	60.37
23	6	10.16	220.89	50.21
24	7	10.15	231.04	40.06
25	8	10.16	241.20	29.90
26	9	10.16	251.36	19.74
27	10	10.15	261.51	9.59
28	11	10.16	271.67	-0.57
	残尺		0.57	-
	挿入深度		271.10	-

表 6.3.7 HDB-6 孔 検尺表

HDB-6 9-5/8"CSG検尺表
(36.0#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計長 (m)	設置深度 (m)
				132.90
1	FloatShoe	0.72	0.72	132.18
2	21	10.25	10.97	121.93
3	22	10.25	21.22	111.68
4	23	10.25	31.47	101.43
5	24	10.25	41.72	91.18
6	25	10.26	51.98	80.92
7	26	10.25	62.23	70.67
8	18	9.88	72.11	60.79
9	19	9.88	81.99	50.91
10	16	9.88	91.87	41.03
11	17	9.88	101.75	31.15
12	14	9.88	111.63	21.27
13	15	9.88	121.51	11.39
14	20	9.88	131.39	1.51
15	調整管 1	4.02	135.41	-2.51
16	調整管 2	4.96	140.37	-7.47
	残尺		-7.47	-
	挿入深度		132.90	-

HDB-6 4-1/2"CSG検尺表
(9.5#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計 (m)	設置深度 (m)
				618.58
1	FloatShoe	0.85	0.85	617.73
2	25	10.24	11.09	607.49
3	LandingCollor	0.24	11.33	607.25
4	27	10.24	21.57	597.01
5	28	10.24	31.81	586.77
6	26	10.24	42.05	576.53
7	29	10.23	52.28	566.30
8	32	10.24	62.52	556.06
9	31	10.24	72.76	545.82
10	30	10.24	83.00	535.58
11	19	10.23	93.23	525.35
12	17	10.23	103.46	515.12
13	18	10.24	113.70	504.88
14	20	10.24	123.94	494.64
15	24	10.24	134.18	484.40
16	21	10.24	144.42	474.16
17	22	10.24	154.66	463.92
18	23	10.24	164.90	453.68
19	10	10.24	175.14	443.44
20	11	10.24	185.38	433.20
21	12	10.24	195.62	422.96
22	9	10.24	205.86	412.72
23	15	10.24	216.10	402.48
24	14	10.24	226.34	392.24
25	13	10.24	236.58	382.00
26	16	10.23	246.81	371.77
27	4	10.24	257.05	361.53
28	8	10.23	267.28	351.30
29	7	10.23	277.51	341.07
30	6	10.23	287.74	330.84
31	5	10.24	297.98	320.60
32	LinerSwivel	0.63	298.61	319.97
33	LinerHanger	1.17	299.78	318.80
34	CementBushing	0.71	300.49	318.09
				-
	挿入深度	318.09～618.58m間		-

HDB-6 7"CSG検尺表
(20.0#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計長 (m)	設置深度 (m)
				365.76
1	FloatShoe	0.35	0.35	365.41
2	58	10.20	10.55	355.21
3	FloatCollor	0.28	10.83	354.93
4	60	10.12	20.95	344.81
5	59	10.19	31.14	334.62
6	62	10.19	41.33	324.43
7	63	10.19	51.52	314.24
8	61	10.19	61.71	304.05
9	67	10.19	71.90	293.86
10	65	10.19	82.09	283.67
11	66	10.19	92.28	273.48
12	64	9.79	102.07	263.69
13	40	10.20	112.27	253.49
14	39	10.21	122.48	243.28
15	55	10.19	132.67	233.09
16	54	10.19	142.86	222.90
17	53	10.19	153.05	212.71
18	52	10.20	163.25	202.51
19	50	9.70	172.95	192.81
20	51	10.19	183.14	182.62
21	57	10.19	193.33	172.43
22	56	10.19	203.52	162.24
23	43	10.19	213.71	152.05
24	41	9.41	223.12	142.64
25	ESC	0.71	223.83	141.93
26	42	10.20	234.03	131.73
27	49	10.20	244.23	121.53
28	47	10.19	254.42	111.34
29	48	10.19	264.61	101.15
30	46	10.20	274.81	90.95
31	44	10.19	285.00	80.76
32	45	10.20	295.20	70.56
33	38	10.19	305.39	60.37
34	37	10.19	315.58	50.18
35	36	10.20	325.78	39.98
36	32	9.58	335.36	30.40
37	34	10.19	345.55	20.21
38	35	10.19	355.74	10.02
39	33	10.19	365.93	-0.17
40	調整管	4.65	370.58	-4.82
	残尺		-4.82	-
	挿入深度		365.76	-

表 6.3.8 HDB-7 孔 検尺表

HDB-7 9-5/8"CSG検尺表
(36.0#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計長 (m)	設置深度 (m)
				175.90
1	FloatShoe	0.72	0.72	175.18
2	28	10.25	10.97	164.93
3	27	10.25	21.22	154.68
4	30	10.25	31.47	144.43
5	29	10.25	41.72	134.18
6	32	10.25	51.97	123.93
7	31	10.25	62.22	113.68
8	34	10.25	72.47	103.43
9	33	10.25	82.72	93.18
10	13	9.88	92.60	83.30
11	41	10.24	102.84	73.06
12	12	9.88	112.72	63.18
13	39	10.24	122.96	52.94
14	40	10.25	133.21	42.69
15	37	10.25	143.46	32.44
16	38	10.25	153.71	22.19
17	35	10.25	163.96	11.94
18	36	10.25	174.21	1.69
19	調整管 1	4.02	178.23	-2.33
20	調整管 2	4.96	183.19	-7.29
	残尺		-7.29	-
	挿入深度		175.90	-

HDB-7 4-1/2"CSG検尺表
(9.5#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計 (m)	設置深度 (m)
				519.19
1	FloatShoe	0.85	0.85	518.34
2	78	10.24	11.09	508.10
3	LandingCollor	0.24	11.33	507.86
4	76	10.23	21.56	497.63
5	74	10.24	31.80	487.39
6	75	10.24	42.04	477.15
7	77	10.23	52.27	466.92
8	71	10.24	62.51	456.68
9	72	10.25	72.76	446.43
10	70	10.23	82.99	436.20
11	69	10.24	93.23	425.96
12	73	10.24	103.47	415.72
13	67	10.24	113.71	405.48
14	64	10.23	123.94	395.25
15	68	10.24	134.18	385.01
16	65	10.23	144.41	374.78
17	66	10.25	154.66	364.53
18	62	10.23	164.89	354.30
19	61	10.24	175.13	344.06
20	63	10.23	185.36	333.83
21	60	10.24	195.60	323.59
22	59	10.25	205.85	313.34
23	58	10.24	216.09	303.10
24	57	10.24	226.33	292.86
25	55	10.23	236.56	282.63
26	56	10.24	246.80	272.39
27	LinerSwivel	0.63	247.43	271.76
28	LinerHanger	1.23	248.66	270.53
29	CementBushing	0.71	249.37	269.82
				-
	挿入深度	269.82～519.19m間		-

HDB-7 7"CSG検尺表
(20.0#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計長 (m)	設置深度 (m)
				322.23
1	FloatShoe	0.36	0.36	321.87
2	76	9.77	10.13	312.10
3	FloatCollor	0.27	10.40	311.83
4	75	9.39	19.79	302.44
5	96	10.20	29.99	292.24
6	98	9.73	39.72	282.51
7	99	10.20	49.92	272.31
8	97	10.19	60.11	262.12
9	93	10.20	70.31	251.92
10	95	10.19	80.50	241.73
11	94	10.19	90.69	231.54
12	92	10.19	100.88	221.35
13	91	10.20	111.08	211.15
14	90	10.20	121.28	200.95
15	ESC	0.70	121.98	200.25
16	88	9.76	131.74	190.49
17	87	9.64	141.38	180.85
18	85	9.79	151.17	171.06
19	86	9.72	160.89	161.34
20	89	10.20	171.09	151.14
21	79	9.74	180.83	141.40
22	78	9.74	190.57	131.66
23	80	10.19	200.76	121.47
24	77	9.75	210.51	111.72
25	83	10.20	220.71	101.52
26	84	10.20	230.91	91.32
27	82	10.20	241.11	81.12
28	81	10.20	251.31	70.92
29	74	10.19	261.50	60.73
30	72	10.19	271.69	50.54
31	73	10.19	281.88	40.35
32	70	10.19	292.07	30.16
33	69	10.20	302.27	19.96
34	71	10.19	312.46	9.77
35	68	10.20	322.66	-0.43
36	調整管	4.65	327.31	-5.08
	残尺		-5.08	-
	挿入深度		322.23	-

表 6.3.9 HDB-8 孔 検尺表

HDB-8 9-5/8"CSG検尺表
(36.0#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計長 (m)	設置深度 (m)
				111.10
1	FloatShoe	0.72	0.72	110.38
2	11	9.88	10.60	100.50
3	10	9.88	20.48	90.62
4	9	9.88	30.36	80.74
5	8	9.88	40.24	70.86
6	7	9.87	50.11	60.99
7	6	9.88	59.99	51.11
8	5	9.89	69.88	41.22
9	4	9.90	79.78	31.32
10	3	9.88	89.66	21.44
11	2	9.88	99.54	11.56
12	1	9.88	109.42	1.68
13	調整管 1	4.02	113.44	-2.34
14	調整管 2	4.96	118.40	-7.30
	残尺		-7.30	-
	挿入深度		111.10	-

HDB-8 4-1/2"CSG検尺表
(9.5#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計 (m)	設置深度 (m)
				469.24
1	FloatShoe	0.85	0.85	468.39
2	53	10.25	11.10	458.14
3	LandingCollor	0.24	11.34	457.90
4	54	10.24	21.58	447.66
5	52	10.24	31.82	437.42
6	51	10.24	42.06	427.18
7	49	10.23	52.29	416.95
8	50	10.24	62.53	406.71
9	48	10.24	72.77	396.47
10	45	10.24	83.01	386.23
11	47	10.24	93.25	375.99
12	46	10.23	103.48	365.76
13	44	10.23	113.71	355.53
14	41	10.24	123.95	345.29
15	41	10.24	134.19	335.05
16	42	10.24	144.43	324.81
17	36	10.24	154.67	314.57
18	33	10.24	164.91	304.33
19	35	10.24	175.15	294.09
20	34	10.24	185.39	283.85
21	39	10.24	195.63	273.61
22	38	10.24	205.87	263.37
23	40	10.24	216.11	253.13
24	37	10.24	226.35	242.89
25	LinerSwivel	0.63	226.98	242.26
26	LinerHanger	1.24	228.22	241.02
27	CementBushing	0.71	228.93	240.31
				-
	挿入深度	240.31～469.24m間		-

HDB-8 7"CSG検尺表
(20.0#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計長 (m)	設置深度 (m)
				306.04
1	FloatShoe	0.35	0.35	305.69
2	31	9.39	9.74	296.30
3	FloatCollor	0.28	10.02	296.02
4	30	10.19	20.21	285.83
5	29	10.19	30.40	275.64
6	28	10.20	40.60	265.44
7	26	10.19	50.79	255.25
8	27	10.19	60.98	245.06
9	24	10.19	71.17	234.87
10	25	10.20	81.37	224.67
11	23	10.19	91.56	214.48
12	21	10.19	101.75	204.29
13	22	10.19	111.94	194.10
14	20	10.19	122.13	183.91
15	4	10.19	132.32	173.72
16	3	10.19	142.51	163.53
17	2	10.17	152.68	153.36
18	12	10.19	162.87	143.17
19	11	10.19	173.06	132.98
20	9	10.19	183.25	122.79
21	ESC	0.71	183.96	122.08
22	10	10.19	194.15	111.89
23	5	10.19	204.34	101.70
24	8	10.19	214.53	91.51
25	6	10.19	224.72	81.32
26	7	10.19	234.91	71.13
27	16	10.19	245.10	60.94
28	13	10.19	255.29	50.75
29	15	10.19	265.48	40.56
30	14	10.19	275.67	30.37
31	19	10.20	285.87	20.17
32	17	10.19	296.06	9.98
33	18	10.19	306.25	-0.21
34	調整管	4.65	310.90	-4.86
	残尺		-4.86	-
	挿入深度		306.04	-

表 6.3.10 HDB-9 孔 検尺表

HDB-9 13-3/8"CSG検尺表
(68.0#, N-80, Flush)

No.	受入No.	長さ (m)	累計長 (m)	設置深度 (m)
				25.50
1	FloatShoe	0.50	0.50	25.00
2	1	4.81	5.31	20.19
3	2	4.72	10.03	15.47
4	3	4.65	14.68	10.82
5	4	4.66	19.34	6.16
6	5	4.72	24.06	1.44
	残尺		-1.44	-
	挿入深度		25.50	-

HDB-9 9-5/8"CSG検尺表
(36.0#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計 (m)	設置深度 (m)
				124.22
1	FloatShoe	0.60	0.60	123.62
2	10	10.17	10.77	113.45
3	12	10.23	21.00	103.22
4	11	10.24	31.24	92.98
5	4	10.21	41.45	82.77
6	6	10.21	51.66	72.56
7	5	10.13	61.79	62.43
8	1	10.17	71.96	52.26
9	3	10.17	82.13	42.09
10	2	10.23	92.36	31.86
11	7	10.22	102.58	21.64
12	9	10.17	112.75	11.47
13	8	10.17	122.92	1.30
14	調整管1	3.99	126.91	-2.69
15	調整管2	4.40	131.31	-7.09
	残尺		-7.09	-
	挿入深度		124.22	-

HDB-9 7"CSG検尺表
(20.0#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計長 (m)	設置深度 (m)
				256.20
1	FloatShoe	0.32	0.32	255.88
2	24	10.22	10.54	245.66
3	FloatCollor	0.28	10.82	245.38
4	25	10.22	21.04	235.16
5	23	10.22	31.26	224.94
6	21	10.22	41.48	214.72
7	22	10.22	51.70	204.50
8	20	10.05	61.75	194.45
9	19	10.21	71.96	184.24
10	18	10.21	82.17	174.03
11	17	10.21	92.38	163.82
12	16	10.21	102.59	153.61
13	13	10.22	112.81	143.39
14	14	10.22	123.03	133.17
15	ESC	0.70	123.73	132.47
16	12	10.22	133.95	122.25
17	15	10.21	144.16	112.04
18	11	10.21	154.37	101.83
19	8	10.21	164.58	91.62
20	7	9.73	174.31	81.89
21	9	10.21	184.52	71.68
22	6	10.21	194.73	61.47
23	10	10.21	204.94	51.26
24	3	10.22	215.16	41.04
25	4	10.22	225.38	30.82
26	2	10.21	235.59	20.61
27	1	10.21	245.80	10.40
28	5	10.21	256.01	0.19
29	調整管1	0.57	256.58	-0.38
30	調整管2	4.59	261.17	-4.97
	残尺		-4.97	-
	挿入深度		256.20	-

HDB-9 4-1/2"CSG検尺表
(9.5#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計 (m)	設置深度 (m)
				519.43
1	FloatShoe	0.85	0.85	518.58
2	1	10.26	11.11	508.32
3	LandingCollor	0.24	11.35	508.08
4	2	10.25	21.60	497.83
5	3	10.26	31.86	487.57
6	4	10.25	42.11	477.32
7	5	10.25	52.36	467.07
8	6	10.26	62.62	456.81
9	7	10.25	72.87	446.56
10	8	10.25	83.12	436.31
11	9	10.25	93.37	426.06
12	10	10.25	103.62	415.81
13	11	10.27	113.89	405.54
14	12	10.26	124.15	395.28
15	13	10.25	134.40	385.03
16	14	10.27	144.67	374.76
17	15	10.26	154.93	364.50
18	16	10.21	165.14	354.29
19	17	10.27	175.41	344.02
20	18	10.27	185.68	333.75
21	19	10.26	195.94	323.49
22	20	10.25	206.19	313.24
23	21	10.25	216.44	302.99
24	22	10.25	226.69	292.74
25	23	10.26	236.95	282.48
26	24	10.26	247.21	272.22
27	25	10.26	257.47	261.96
28	26	10.25	267.72	251.71
29	27	10.02	277.74	241.69
30	28	10.03	287.77	231.66
31	29	10.02	297.79	221.64
32	30	10.25	308.04	211.39
33	LinerSwivel	0.63	308.67	210.76
34	LinerHanger	1.24	309.91	209.52
35	CementBushing	0.72	310.63	208.80
				-
	挿入深度	208.80～519.43m間		-

表 6.3.11 HDB-10 孔 検尺表

HDB-10 13-3/8"CSG検尺表
(68.0#, N-80, Flush)

No.	受入No.	長さ (m)	累計長 (m)	設置深度 (m)
				24.67
1	FloatShoe	0.50	0.50	24.17
2	1	4.75	5.25	19.42
3	2	4.78	10.03	14.64
4	3	4.88	14.91	9.76
5	4	4.89	19.80	4.87
6	5	3.58	23.38	1.29
	残尺		-1.29	-
	挿入深度		24.67	-

HDB-10 9-5/8"CSG検尺表
(36.0#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計 (m)	設置深度 (m)
				135.08
1	FloatShoe	0.59	0.59	134.49
2	13	10.24	10.83	124.25
3	14	10.18	21.01	114.07
4	15	10.23	31.24	103.84
5	16	10.15	41.39	93.69
6	17	10.25	51.64	83.44
7	18	10.18	61.82	73.26
8	19	10.21	72.03	63.05
9	20	10.22	82.25	52.83
10	21	10.21	92.46	42.62
11	22	10.24	102.70	32.38
12	23	10.17	112.87	22.21
13	24	10.22	123.09	11.99
14	25	10.22	133.31	1.77
15	調整管1	3.99	137.30	-2.22
16	調整管2	4.40	141.70	-6.62
	残尺		-6.62	-
	挿入深度		135.08	-

HDB-10 7"CSG検尺表
(20.0#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計長 (m)	設置深度 (m)
				297.10
1	FloatShoe	0.32	0.32	296.78
2	48	10.22	10.54	286.56
3	FloatCollor	0.27	10.81	286.29
4	47	10.22	21.03	276.07
5	46	10.22	31.25	265.85
6	43	10.22	41.47	255.63
7	49	10.22	51.69	245.41
8	44	10.22	61.91	235.19
9	51	10.21	72.12	224.98
10	53	10.22	82.34	214.76
11	54	10.22	92.56	204.54
12	52	10.21	102.77	194.33
13	50	10.22	112.99	184.11
14	45	10.22	123.21	173.89
15	38	10.21	133.42	163.68
16	42	10.22	143.64	153.46
17	41	10.22	153.86	143.24
18	ESC	0.70	154.56	142.54
19	37	10.22	164.78	132.32
20	39	10.21	174.99	122.11
21	40	10.22	185.21	111.89
22	33	10.22	195.43	101.67
23	36	10.22	205.65	91.45
24	31	10.22	215.87	81.23
25	34	9.78	225.65	71.45
26	35	10.23	235.88	61.22
27	32	9.95	245.83	51.27
28	30	10.22	256.05	41.05
29	26	10.22	266.27	30.83
30	27	10.21	276.48	20.62
31	28	10.21	286.69	10.41
31	29	10.21	296.90	0.20
32	調整管1	0.57	297.47	-0.37
33	調整管2	4.59	302.06	-4.96
	残尺		-4.96	-
	挿入深度		297.10	-

HDB-10 4-1/2"CSG検尺表
(9.5#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計 (m)	設置深度 (m)
				499.31
1	FloatShoe	0.83	0.83	498.48
2	36	10.25	11.08	488.23
3	LandingCollor	0.24	11.32	487.99
4	35	10.02	21.34	477.97
5	33	10.25	31.59	467.72
6	34	10.25	41.84	457.47
7	32	10.25	52.09	447.22
8	41	10.25	62.34	436.97
9	40	10.03	72.37	426.94
10	38	10.02	82.39	416.92
11	39	8.80	91.19	408.12
12	37	9.85	101.04	398.27
13	46	10.25	111.29	388.02
14	45	10.25	121.54	377.77
15	43	10.02	131.56	367.75
16	44	10.25	141.81	357.50
17	42	10.25	152.06	347.25
18	51	10.25	162.31	337.00
19	50	10.02	172.33	326.98
20	48	10.25	182.58	316.73
21	49	10.25	192.83	306.48
22	47	10.25	203.08	296.23
23	56	10.25	213.33	285.98
24	55	10.25	223.58	275.73
25	52	10.20	233.78	265.53
26	LinerSwivel	0.63	234.41	264.90
27	LinerHanger	1.24	235.65	263.66
28	CementBushing	0.72	236.37	262.94
				-
	挿入深度	262.94～499.31m間		-

表 6.3.12 HDB-11 孔 検尺表

HDB-11 20"CSG検尺表
(SGP, Sch40, Flush)

No.	受入No.	長さ (m)	累計長 (m)	設置深度 (m)
				22.21
1	FloatShoe	0.60	0.60	21.61
2	1	6.03	6.63	15.58
3	2	6.04	12.67	9.54
4	3	6.04	18.71	3.50
5	4	2.50	21.21	1.00
6	5	1.76	22.97	-0.76
	残尺		-0.76	-
	挿入深度		22.21	-

HDB-11 13-3/8"CSG検尺表
(54.5#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計 (m)	設置深度 (m)
				151.92
1	FloatShoe	0.70	0.70	151.22
2	16	10.25	10.95	140.97
3	14	9.93	20.88	131.04
4	13	9.86	30.74	121.18
5	12	10.08	40.82	111.10
6	11	10.17	50.99	100.93
7	10	10.09	61.08	90.84
8	6	9.90	70.98	80.94
9	5	9.69	80.67	71.25
10	8	9.92	90.59	61.33
11	7	10.23	100.82	51.10
12	9	9.96	110.78	41.14
13	4	9.93	120.71	31.21
14	3	9.17	129.88	22.04
15	2	10.12	140.00	11.92
16	1	10.20	150.20	1.72
15	調整管	3.91	154.11	-2.19
	残尺		-2.19	-
	挿入深度		151.92	-

HDB-11 9-5/8"CSG検尺表
(36.0#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計長 (m)	設置深度 (m)
				451.60
1	FloatShoe	0.37	0.37	451.23
2	17	10.14	10.51	441.09
3	FloatCollor	0.29	10.80	440.80
4	15	10.25	21.05	430.55
5	16	10.14	31.19	420.41
6	12	10.25	41.44	410.16
7	13	10.25	51.69	399.91
8	14	10.15	61.84	389.76
9	20	10.03	71.87	379.73
10	18	10.10	81.97	369.63
11	19	9.92	91.89	359.71
12	11	10.25	102.14	349.46
13	9	10.25	112.39	339.21
14	10	10.25	122.64	328.96
15	7	10.17	132.81	318.79
16	6	10.25	143.06	308.54
17	8	10.13	153.19	298.41
18	5	10.14	163.33	288.27
19	4	10.15	173.48	278.12
20	1	10.25	183.73	267.87
21	2	10.25	193.98	257.62
22	3	10.25	204.23	247.37
23	42	10.14	214.37	237.23
24	40	10.25	224.62	226.98
25	41	10.24	234.86	216.74
26	43	10.14	245.00	206.60
27	44	9.93	254.93	196.67
28	37	10.25	265.18	186.42
29	38	10.25	275.43	176.17
30	ESC	0.72	276.15	175.45
31	39	10.16	286.31	165.29
32	35	10.23	296.54	155.06
33	34	10.25	306.79	144.81
34	32	10.12	316.91	134.69
35	36	10.26	327.17	124.43
36	28	10.25	337.42	114.18
37	31	10.24	347.66	103.94
38	33	10.25	357.91	93.69
39	29	10.22	368.13	83.47
40	30	10.12	378.25	73.35
41	24	10.25	388.50	63.10
42	26	10.25	398.75	52.85
43	27	10.25	409.00	42.60
44	25	10.25	419.25	32.35
45	21	10.25	429.50	22.10
46	22	10.25	439.75	11.85
47	23	10.25	450.00	1.60
48	調整管1	3.99	453.99	-2.39
49	調整管2	4.40	458.39	-6.79
	残尺		-6.79	-
	挿入深度		451.60	-

HDB-11 7"CSG検尺表
(36.0#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計長 (m)	設置深度 (m)
				801.01
1	FloatShoe	0.32	0.32	800.69
2	12	10.04	10.36	790.65
3	FloatCollor	0.26	10.62	790.39
4	11	10.04	20.66	780.35
5	10	10.04	30.70	770.31
6	9	10.05	40.75	760.26
7	8	10.03	50.78	750.23
8	7	10.04	60.82	740.19
9	6	10.05	70.87	730.14
10	5	10.04	80.91	720.10
11	4	10.04	90.95	710.06
12	3	10.04	100.99	700.02
13	69	9.80	110.79	690.22
14	68	10.34	121.13	679.88
15	67	10.26	131.39	669.62
16	66	10.13	141.52	659.49
17	65	10.34	151.86	649.15
18	13	1.13	152.99	648.02
19	64	9.48	162.47	638.54
20	63	10.34	172.81	628.20
21	62	10.17	182.98	618.03
22	61	9.97	192.95	608.06
23	60	10.05	203.00	598.01
24	59	10.16	213.16	587.85
25	58	10.33	223.49	577.52
26	57	10.11	233.60	567.41
27	56	10.34	243.94	557.07
28	55	10.34	254.28	546.73
29	54	10.16	264.44	536.57
30	53	9.95	274.39	526.62
31	ESC	0.70	275.09	525.92
32	52	10.33	285.42	515.59
33	51	10.20	295.62	505.39
34	50	10.10	305.72	495.29
35	49	10.34	316.06	484.95
36	48	10.34	326.40	474.61
37	47	10.08	336.48	464.53
38	46	10.01	346.49	454.52
39	45	10.34	356.83	444.18
40	44	10.34	367.17	433.84
41	43	10.16	377.33	423.68
42	42	9.99	387.32	413.69
43	41	10.33	397.65	403.36
44	40	10.34	407.99	393.02
45	39	10.09	418.08	382.93
46	38	10.25	428.33	372.68
47	37	9.94	438.27	362.74
48	36	9.78	448.05	352.96
49	35	10.14	458.19	342.82
50	34	9.95	468.14	332.87
51	33	9.90	478.04	322.97
52	32	10.06	488.10	312.91
53	31	10.26	498.36	302.65
54	30	10.11	508.47	292.54
55	29	10.12	518.59	282.42
56	28	10.05	528.64	272.37
57	27	8.90	537.54	263.47
58	26	9.99	547.53	253.48
59	25	9.92	557.45	243.56
60	24	9.93	567.38	233.63
61	23	10.20	577.58	223.43
62	22	10.16	587.74	213.27
63	21	9.81	597.55	203.46
64	20	10.30	607.85	193.16
65	19	9.69	617.54	183.47
66	18	10.30	627.84	173.17
67	17	10.30	638.14	162.87
68	16	9.89	648.03	152.98
69	15	10.17	658.20	142.81
70	14	10.01	668.21	132.80
71	13	10.14	678.35	122.66
72	12	10.30	688.65	112.36
73	11	10.30	698.95	102.06
74	10	10.16	709.11	91.90
75	9	10.34	719.45	81.56
76	8	9.89	729.34	71.67
77	7	10.23	739.57	61.44
78	6	10.33	749.90	51.11
79	5	10.07	759.97	41.04
80	4	10.34	770.31	30.70
81	3	10.06	780.37	20.64
82	2	10.33	790.70	10.31
83	1	10.16	800.86	0.15
48	調整管1	0.57	801.43	-0.42
49	調整管2	4.59	806.02	-5.01
	残尺		-5.01	-
	挿入深度		801.01	-

HDB-11 4-1/2"CSG検尺表
(9.5#, J-55, STC)

No.	受入No.	長さ (m)	累計 (m)	設置深度 (m)
				1017.73
1	FloatShoe	0.83	0.83	1016.90
2	10	10.27	11.10	1006.63
3	LandingCollor	0.24	11.34	1006.39
4	11	10.27	21.61	996.12
5	12	10.26	31.87	985.86
6	15	10.27	42.14	975.59
7	16	10.27	52.41	965.32
8	17	10.27	62.68	955.05
9	19	10.27	72.95	944.78
10	20	10.27	83.22	934.51
11	22	10.26	93.48	924.25
12	21	10.27	103.75	913.98
13	23	10.26	114.01	903.72
14	24	10.27	124.28	893.45
15	27	10.27	134.55	883.18
16	26	10.26	144.81	872.92
17	1	10.27	155.08	862.65
18	2	10.27	165.35	852.38
19	3	10.26	175.61	842.12
20	4	10.27	185.88	831.85
21	5	10.26	196.14	821.59
22	6	10.27	206.41	811.32
23	7	10.27	216.68	801.05
24	8	10.26	226.94	790.79
25	9	10.27	237.21	780.52
26	13	10.27	247.48	770.25
27	14	10.27	257.75	759.98
28	18	10.27	268.02	749.71
29	LinerSwivel	0.63	268.65	749.08
30	LinerHanger	1.24	269.89	747.84
31	CementBushing	0.72	270.61	747.12
				-
	挿入深度	747.12～1017.73m間		-

6.4 セメントボンド検層(CBL:Cement Bond Logging)

6.1，6.2 節に示したとおり、HDB-1 から HDB-11 孔までのボーリング孔には HDB-10 孔の最深部を除くすべての区間にケーシングを設置しセメントにより膠着した。このケーシング設置時のセメンチングの良否を判断することを目的として、セメントボンド検層(CBL:Cement Bond Logging)を実施した。この検層は，音波検層の応用で，第 1 波（P 波）の振幅を測定し，ケーシングパイプとセメントの膠着状態を判定する。膠着状態が良好であると音波エネルギーはセメントや地層中に逸散し，測定振幅は小さくなる。また，第 1 波だけでなく，後続波形を振幅に応じて濃淡表示した記録（VDL）も同時収録する。

幌延でのボーリング調査では，セメントボンド検層により，ケーシングパイプと岩盤との膠着状態の良否を判断し，最終的なジェットパーフォレーションの位置を決定した。

表 6.4.1 に各孔のセメントボンド検層実施区間を示す。また，各孔のケーシング設置状況およびセメントボンド検層の結果（P 波速度と振幅）を図 6.4.1～6.4.11 に示す。たとえば、図 6.4.1 では、深度 350m 程度の範囲までは、振幅が大きくなっているが、これはセメント中を音波が通過しているためと考えられる。一方、深度 450m 程度から深い部分では振幅は非常に小さくなっており、音波が地層中に逸散しているすなわち膠着状態が良好なことを示している。このため、この区間においてジェットパーフォレーションを実施している。

表 6.4.1　セメントボンド検層実施区間

	実施区間 (m)	測定年月日	ケーシングサイズ (インチ)	ケーシング設置深度 (m)	セメンチング方法
HDB-1	0 - 716	平成14年06月01日	4 1/2″	0 - 716	2栓式
HDB-2	0 - 718	平成14年06月02日	4 1/2″	0 - 718	2栓式
HDB-3	0 - 507	平成15年01月30日	7″	0 - 314	インナーストリングス
			4 1/2″	270 - 518	ライナーハンガー
HDB-4	0 - 506	平成15年01月27日	7″	0 - 315	インナーストリングス
			4 1/2″	268 - 518	ライナーハンガー
HDB-5	0 - 506	平成15年02月11日	7″	0 - 315	インナーストリングス
			4 1/2″	238- 518	ライナーハンガー
HDB-6	0 - 132	平成15年10月10日	9 5/8″	0 - 132	インナーストリングス
	0 - 365	平成15年11月29日	7″	0 - 365	2ステージ
	0 - 607	平成16年01月04日	4 1/2″	318 - 618	ライナーハンガー
HDB-7	0 - 175	平成15年10月04日	9 5/8″	0 - 175	インナーストリングス
	0 - 322	平成15年11月08日	7″	0 - 322	2ステージ
	0 - 507	平成15年12月05日	4 1/2″	322 - 519	ライナーハンガー
HDB-8	0 - 111	平成15年10月14日	9 5/8″	0 - 111	インナーストリングス
	0 - 306	平成15年12月01日	7″	0 - 306	2ステージ
	0 - 457	平成15年12月18日	4 1/2″	240 - 469	ライナーハンガー
HDB-9	0 - 124	平成16年11月18日	9 5/8″	0 - 124	インナーストリングス
	0 - 256	平成17年01月02日	7″	0 - 256	2ステージ
	0 - 505	平成17年01月19日	4 1/2″	208 - 519	ライナーハンガー
HDB-10	0 - 135	平成16年11月05日	9 5/8″	0 - 135	インナーストリングス
	0 - 297	平成16年12月09日	7″	0 - 297	2ステージ
	0 - 475	平成17年01月06日	4 1/2″	297 - 499	ライナーハンガー
HDB-11	0 - 151	平成16年12月03日	13 3/8″	0 - 151	インナーストリングス
	0 - 451	平成17年01月27日	9 5/8″	0 - 451	2ステージ
	0 - 803	平成17年05月28日	7″	0 - 803	2ステージ
	0 - 1005	平成17年07月07日	4 1/2″	747 - 1017	ライナーハンガー

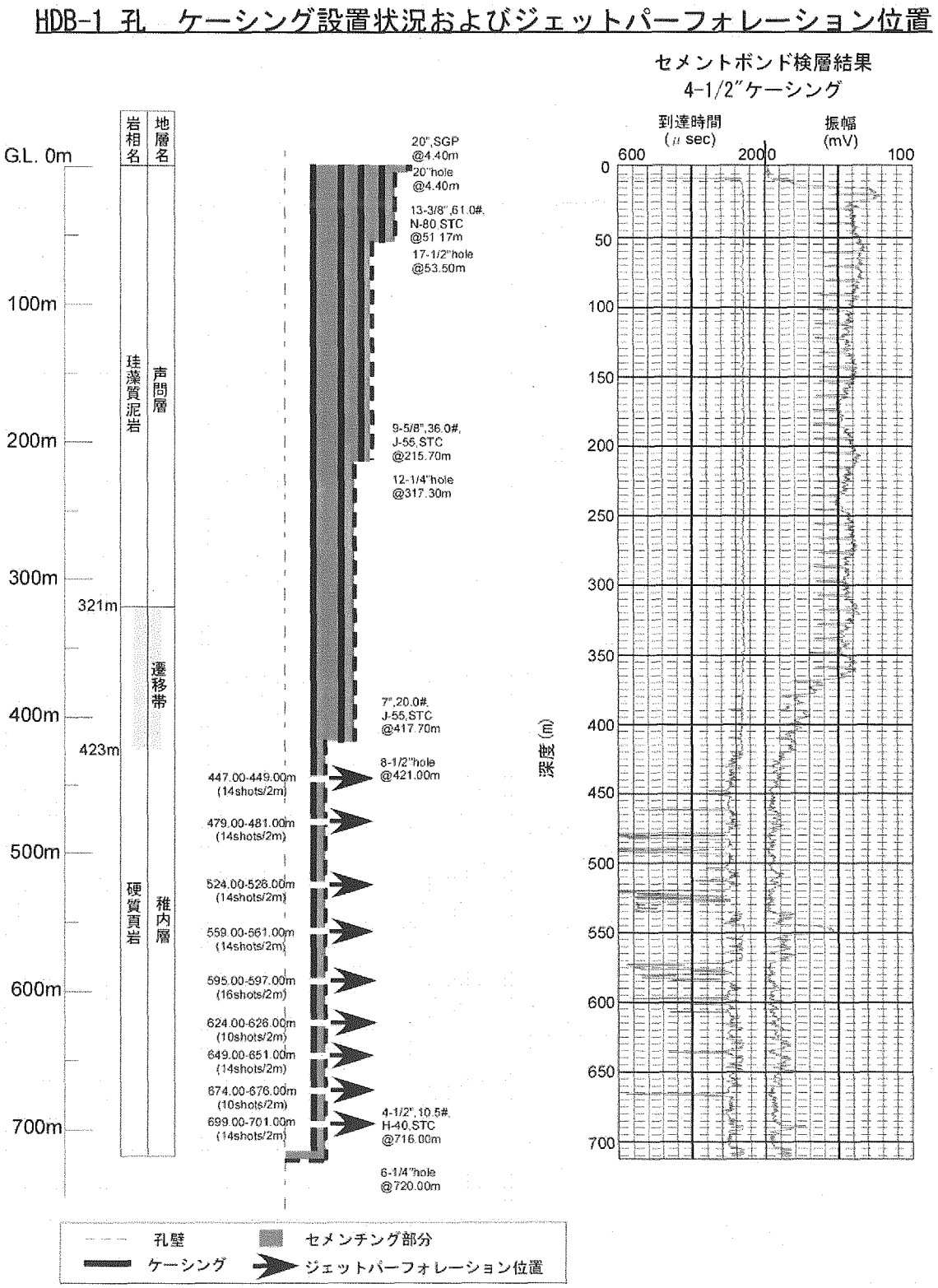


図 6. 4. 1　HDB-1 孔ケーシング設置状況およびセメントボンド検層結果

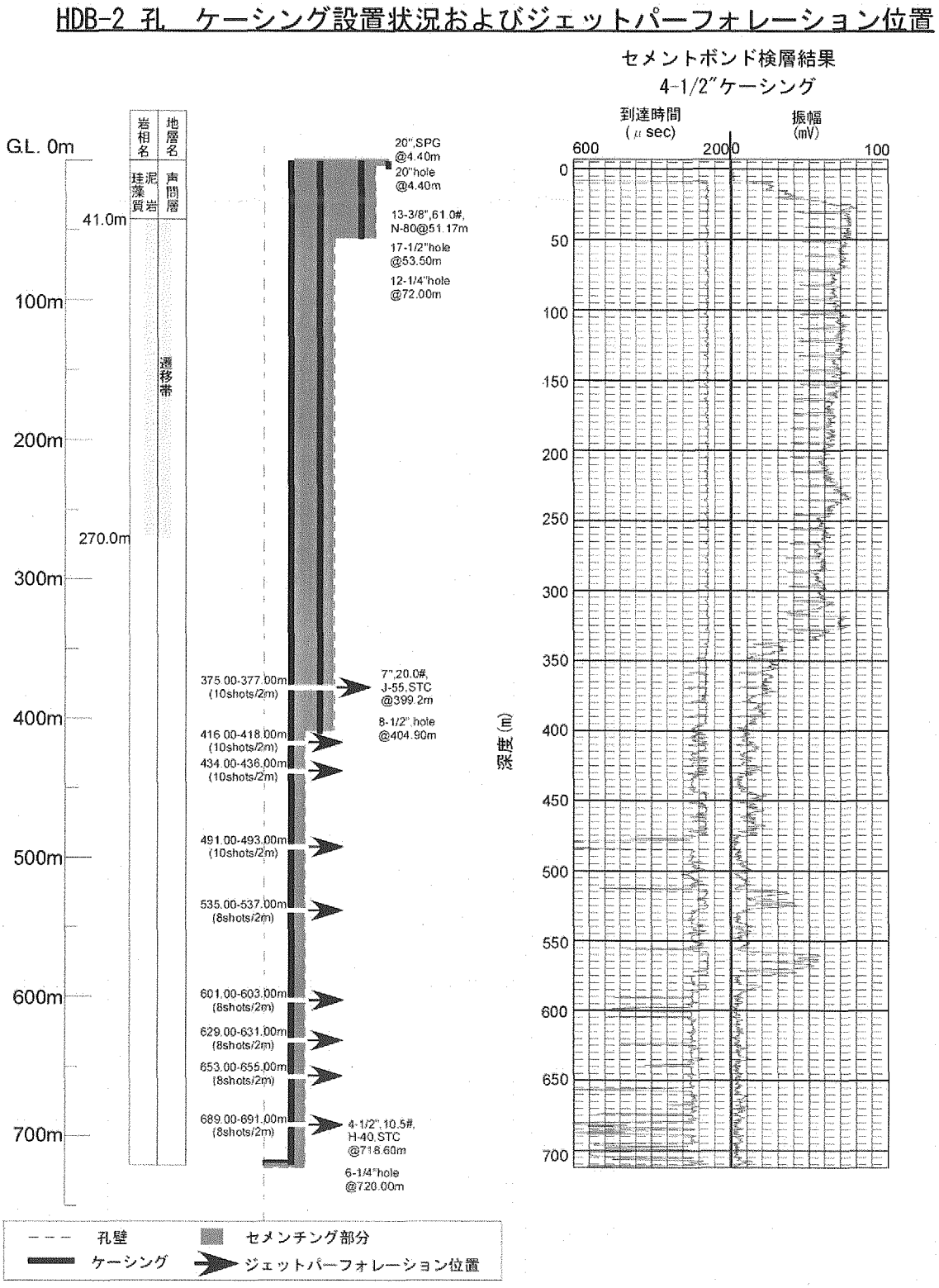


図 6. 4. 2　HDB-2 孔ケーシング設置状況およびセメントボンド検層結果

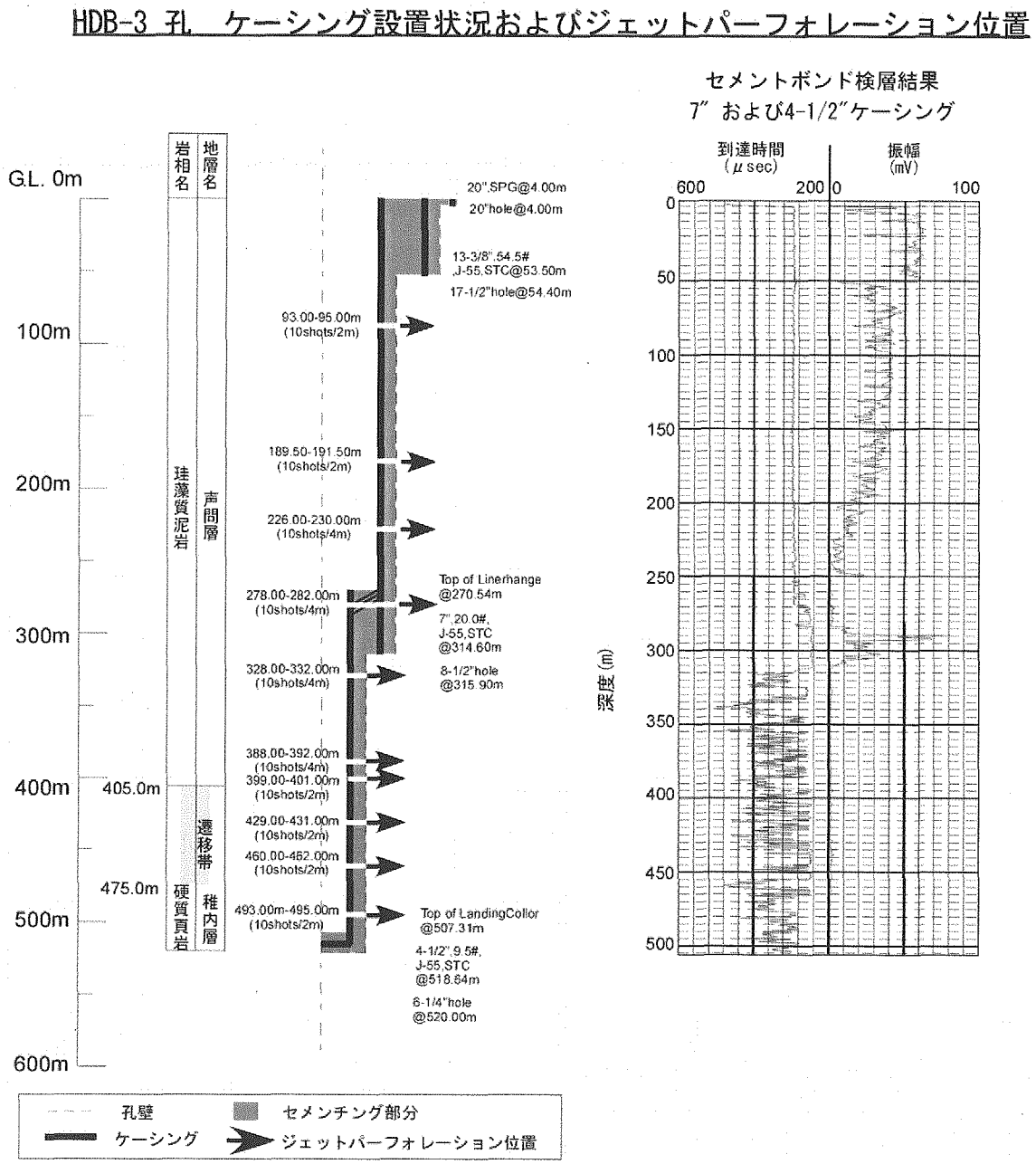


図 6. 4. 3　HDB-3 孔ケーシング設置状況およびセメントボンド検層結果

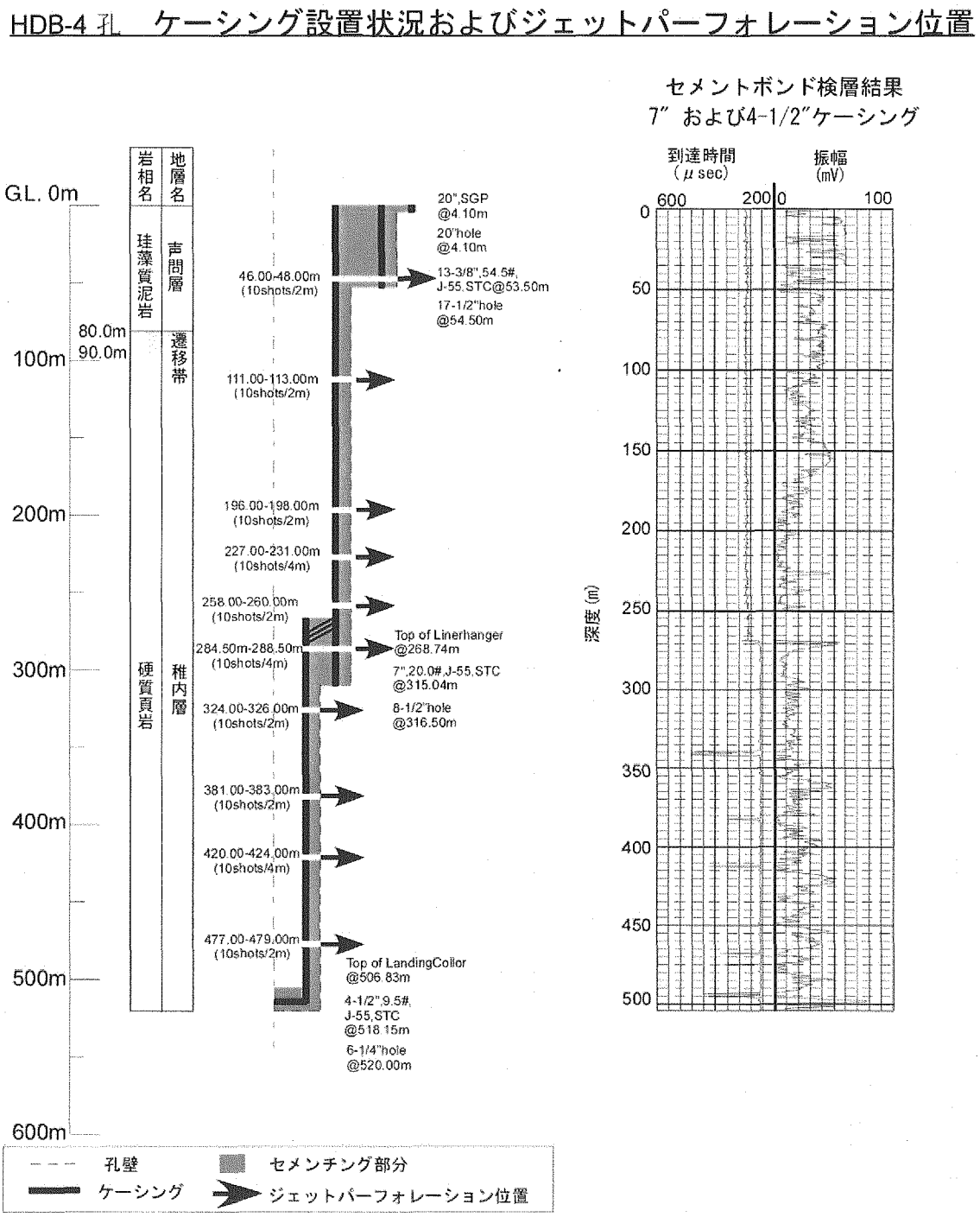


図 6. 4. 4　HDB-4 孔ケーシング設置状況およびセメントボンド検層結果

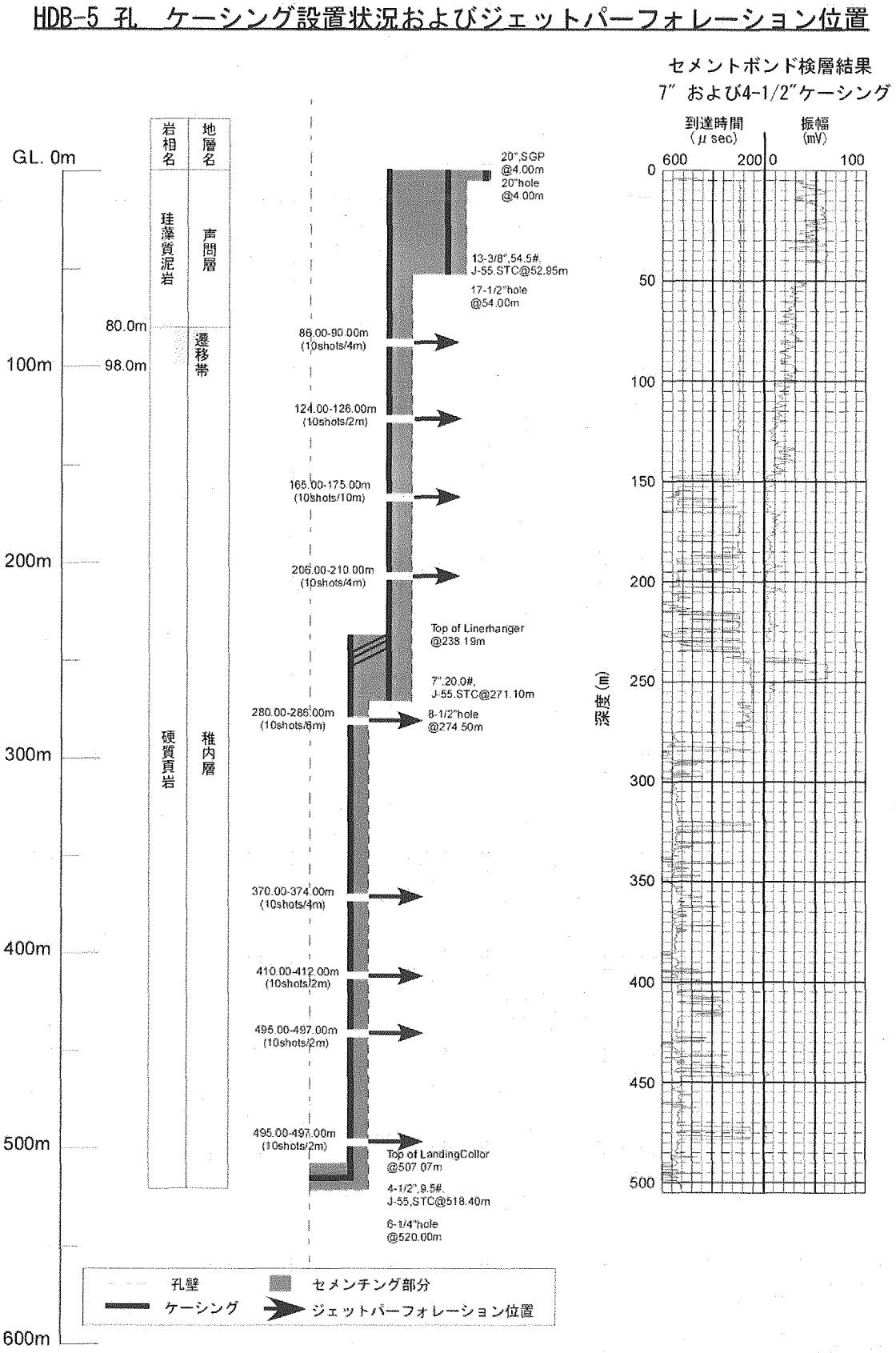


図 6. 4. 5　HDB-5 孔ケーシング設置状況およびセメントボンド検層結果

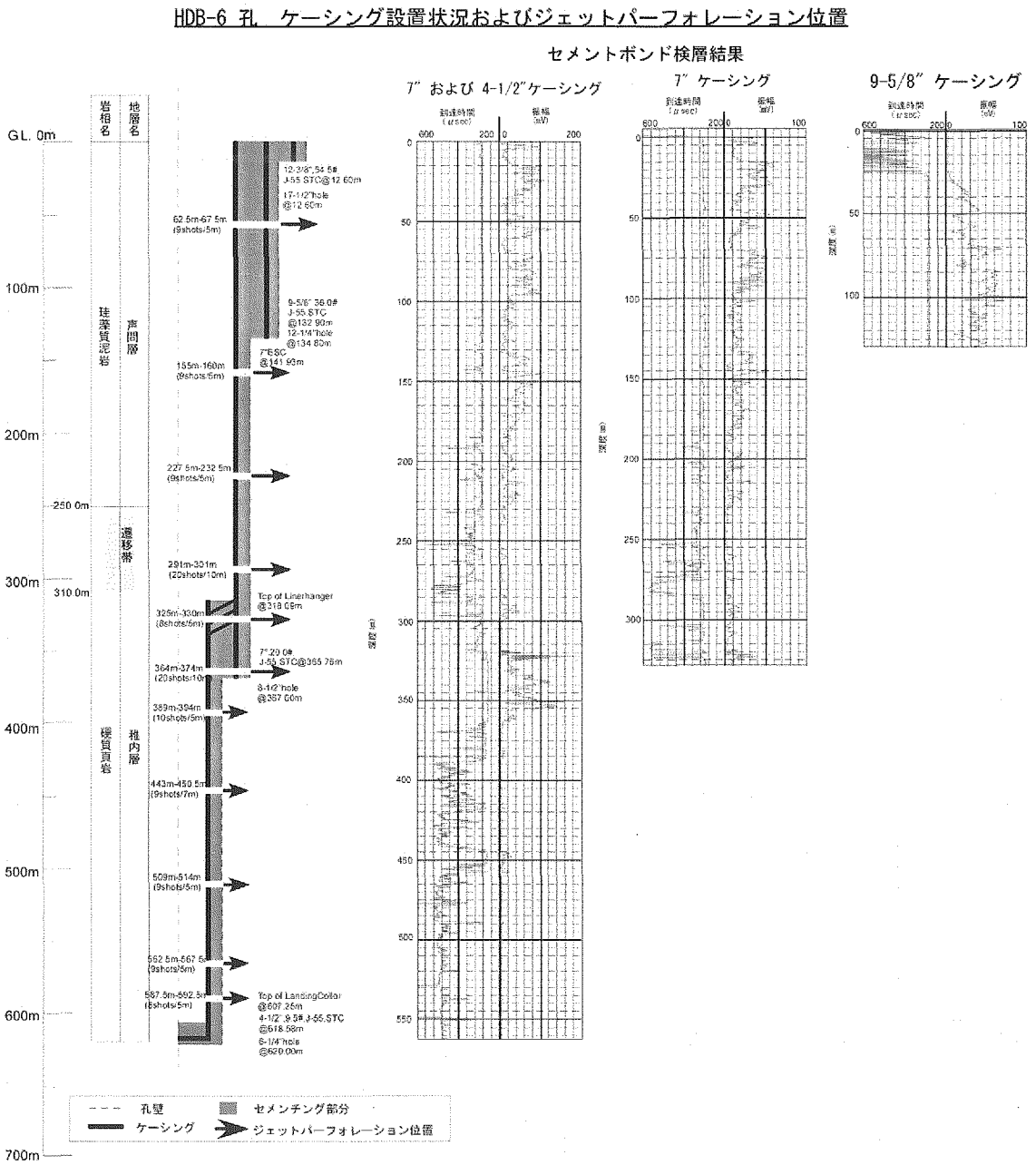


図 6.4.6　HDB-6 孔ケーシング設置状況およびセメントボンド検層結果

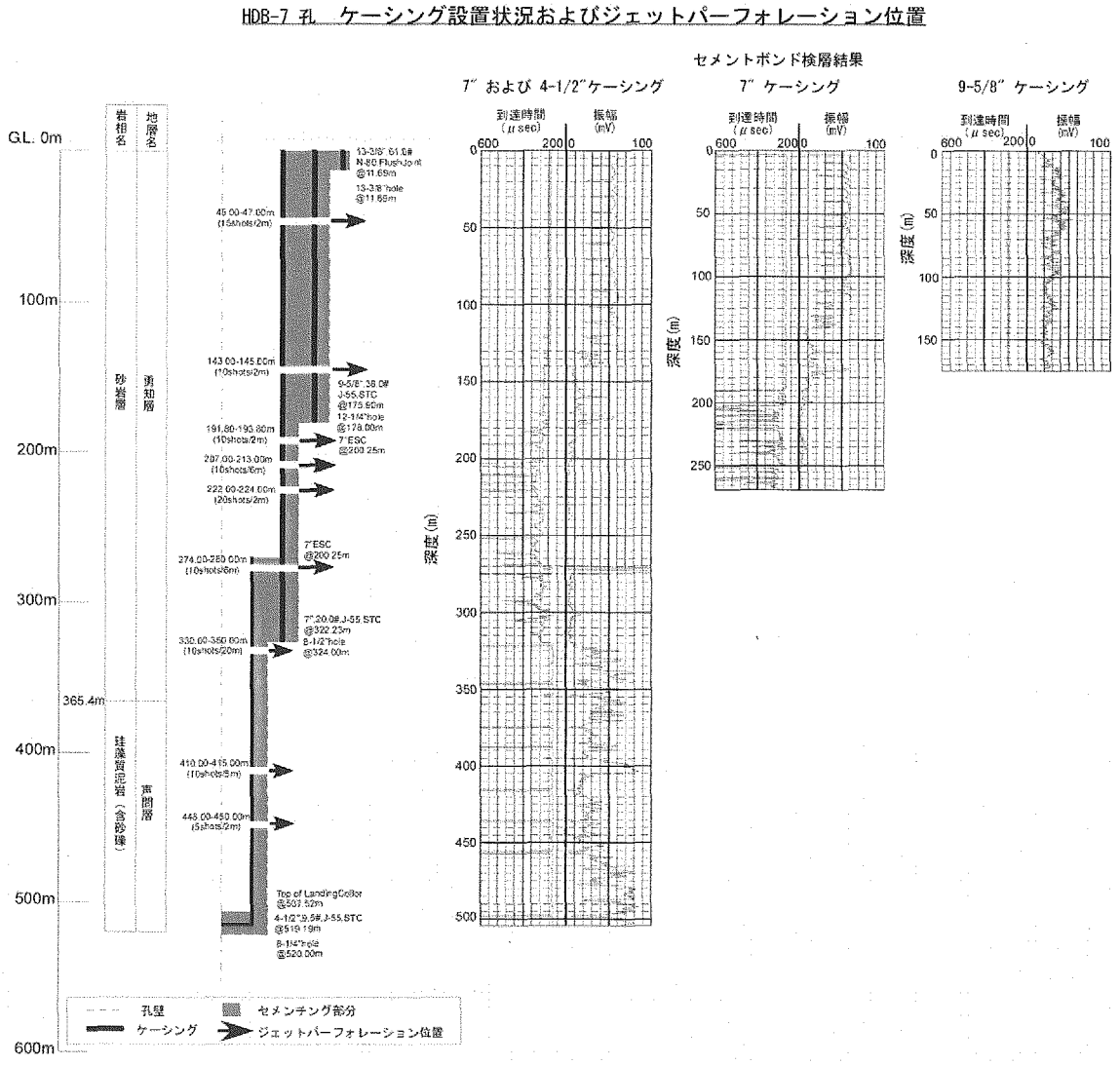


図 6. 4. 7　HDB-7 孔ケーシング設置状況およびセメントボンド検層結果

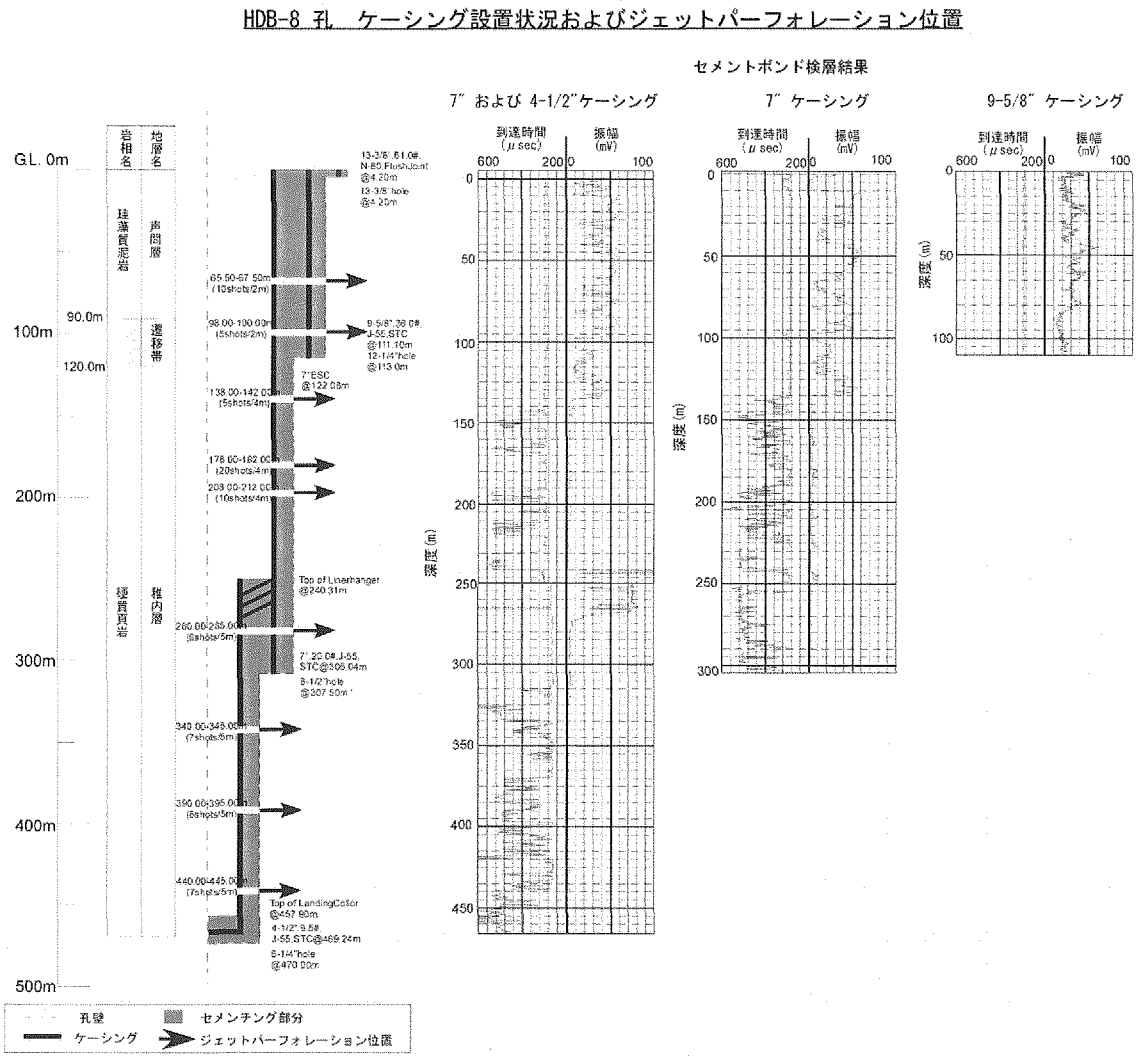


図 6. 4. 8　HDB-8 孔ケーシング設置状況およびセメントボンド検層結果

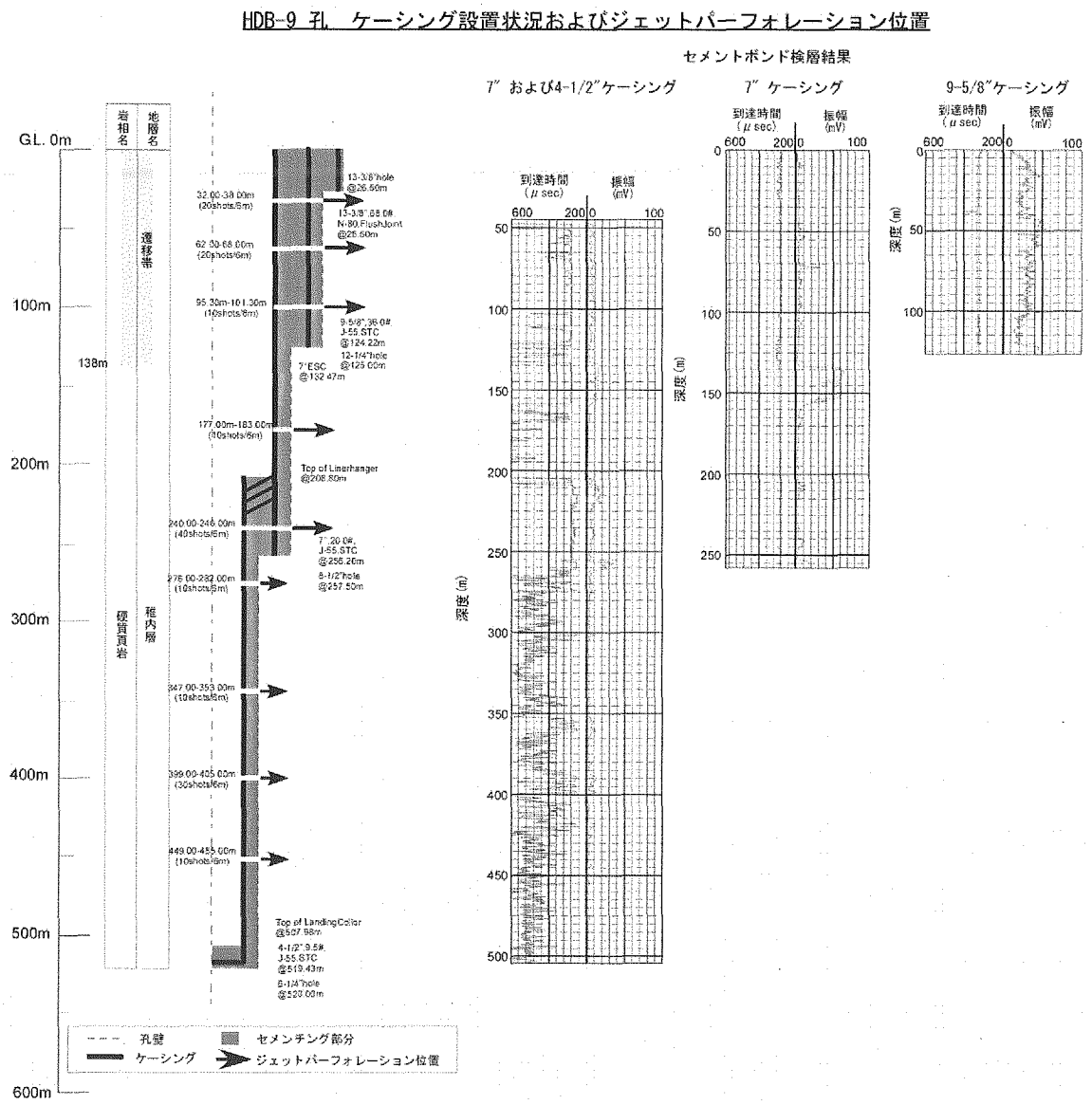


図 6. 4. 9　HDB-9 孔ケーシング設置状況およびセメントボンド検層結果

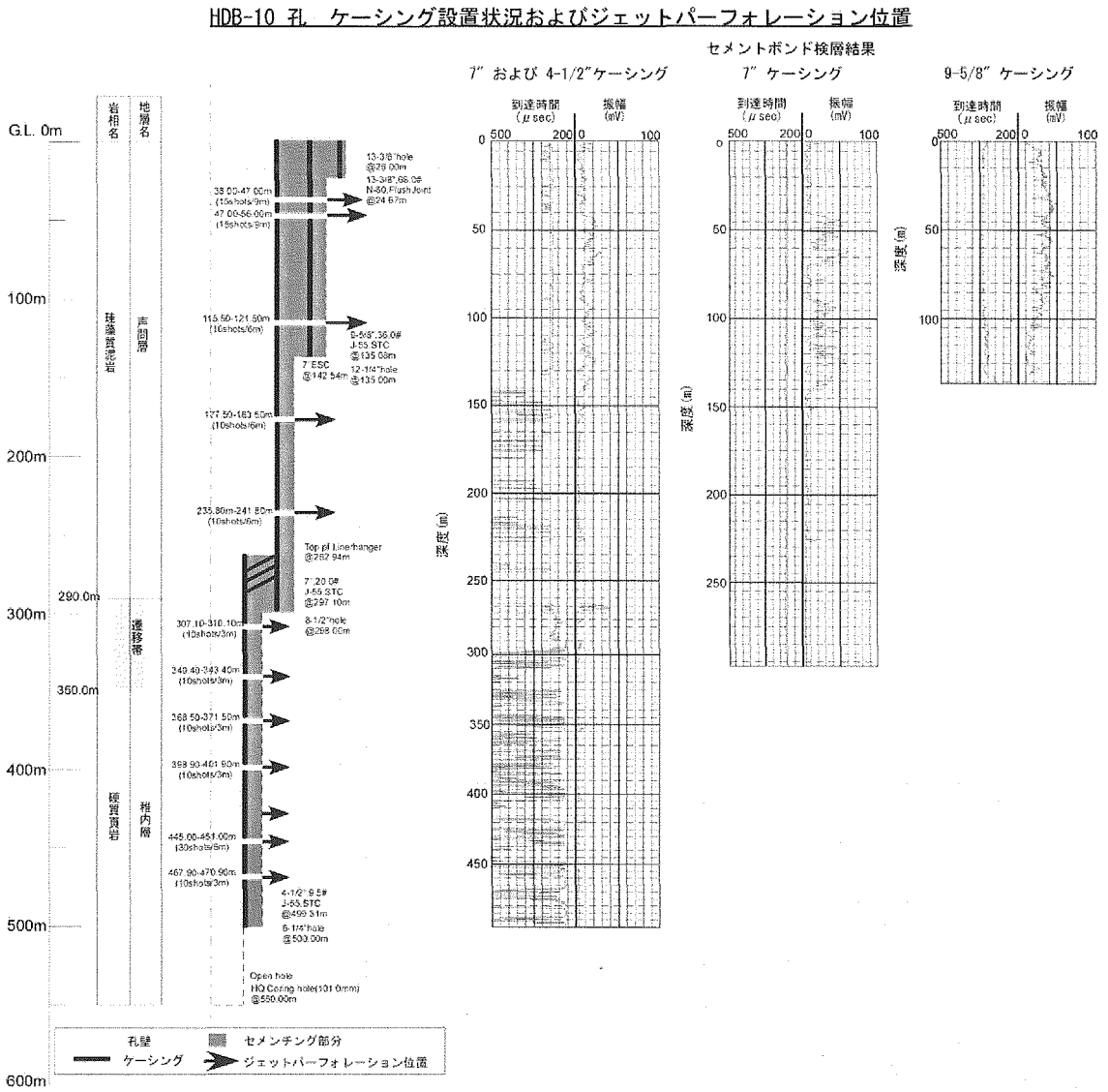


図 6.4.10　HDB-10 孔ケーシング設置状況およびセメントボンド検層結果

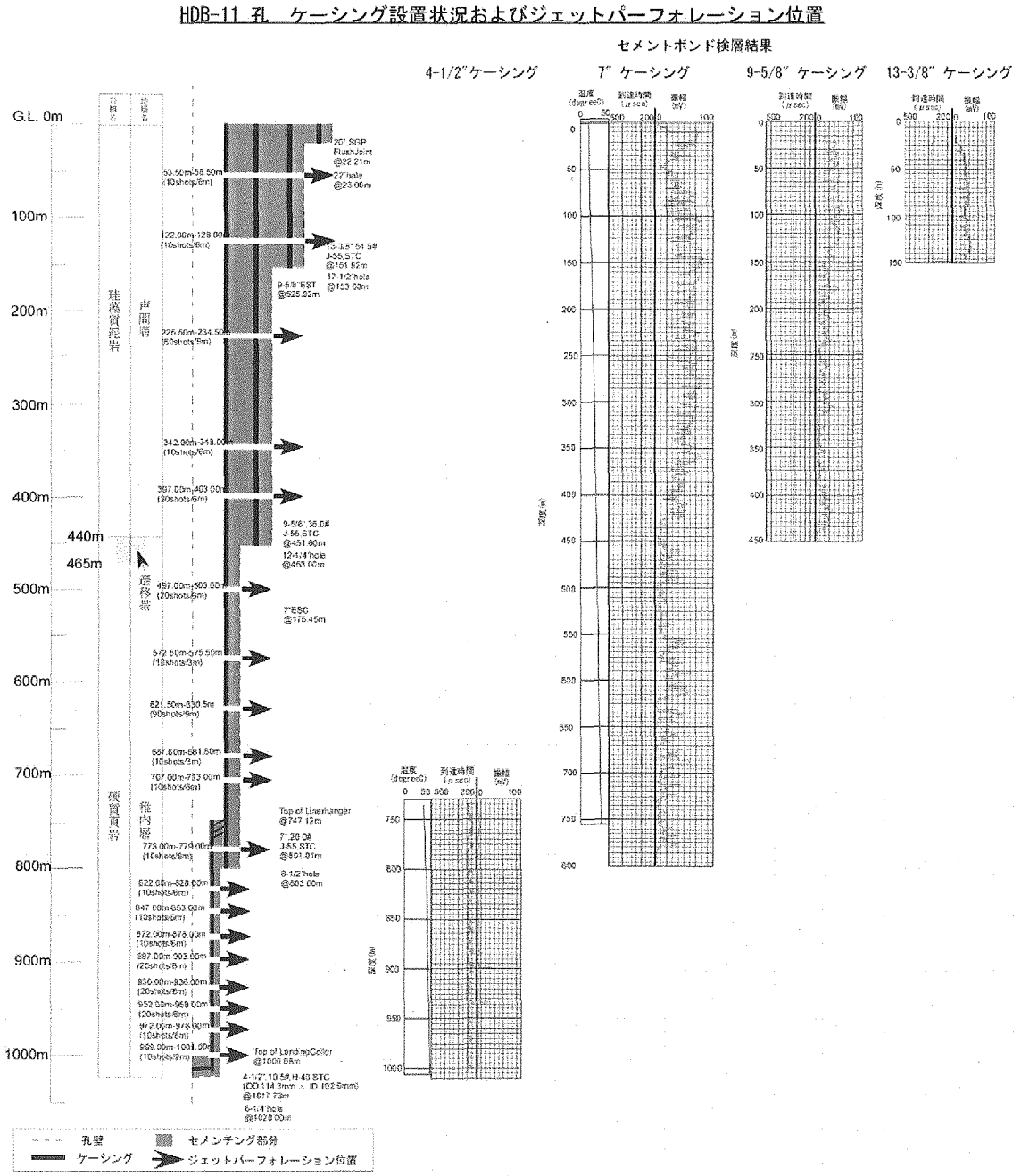


図 6. 4. 11　HDB-11 孔ケーシング設置状況およびセメントボンド検層結果

7. 掘削中のトラブルについて

各ボーリング孔掘削時のトラブルについては，「幌延深地層研究計画における試錐調査」[6)~11)]の報告書より抜粋した。なお，ここでは調査にかかわるものは除外し、掘削技術に関するもののみ記述した。

7.1 ボーリング掘削中に発生したトラブル

7.1.1 HDB-1 孔

(1) 掘削水の影響による孔径の拡大

本孔では 4.40 m～275.50 m の区間にて清水掘削を実施した。当該区間におけるキャリパー検層及び拡孔の結果から、孔径の拡大が著しいことが確認された。清水掘削中の掘削流体中には、岩の細かな粒子が多量に溶解していたことから，本孔における浅部の岩盤が軟質な泥岩であるため清水掘削によって孔壁が掘削中に拡大していく可能性が考えられた。さらに、孔径拡大の進行は，孔径拡大区間における掘削ロッドなどのバイブレーションを引き起こし、最も弱いネジ接続部での切断等のトラブルを引き起こすことも懸念された。また、孔径拡大と直接関係しないものの、清水掘削区間では、1 回当りのコア掘削長が 1.13 m/回と泥水掘削の 2.10 m/回と比較してかなり短くなった（表 5.2 参照）。これは、清水掘削ではインナーチューブからコアが流出し易いためと考えられた。一方、コア採取率を維持することは、地質調査や各種の室内試験のために不可避であるため、清水掘削でこれを防止するためには，1 回当りのコア掘削長を短くしなければならない。これにより、深部の掘削ではインナーチューブの揚降回数が増えることから作業能率は泥水掘削よりもかなり悪くなると予想された。

これらの状況を考慮し、深度 275.5mにて清水掘削から泥水掘削に切り替えた。結果として、泥水掘削区間では孔径の拡大はかなり抑えられた（図 3.2.4.1 参照）。なお、泥水掘削区間の平均コア採取率は 97.0%，1 回当りの平均コア掘削長も前述のとおり長くなり、先に述べた推定は概ね妥当であったと判断した。一方、掘進率は清水掘削区間が平均で 1.57 m/hr であったのに対し、泥水掘削区間が平均で 0.51 m/hr となり泥水掘削の方がかなり遅くなった。ただし、掘進率自体は泥水掘削区間では安定した値であったことから、この原因は主に深度方向の岩石強度の変化であると推定した。

(2) 仮ケーシングの落下

2001 年 11 月 16 日に深度 149.80 m までのコアリング掘削を完了後，ビット点検のために掘削ロッドを全て揚管した。この際に，掘管のセンタリングを行う目的で暫定的に口元から 53 m の区間挿入していた 7” ケーシングの位置を確認したところ，その頭部が深度 86 m(ケーシング尻は 139 m の位置)まで下がっていることが明らかとなった。

このトラブルの原因は、ケーシング重量に対する岩盤の強度不足と清水掘削による孔径拡大の進行により、ケーシングが沈下し易い孔内状況になっていたこと，掘削中の回転と掘管のバイブレーション作用により掘管とケーシングとが供回りしたことなどが考えられた。対応策として、11 月 17 日にケーシングの頭部の形状に合ったインサイドタップの採揚編成を下げ, 11 月 18 日 4 時までに全てのケーシングを回収した。その後、11 月 21 日にキャリパー検層を実施したところ，深度 50 m～120 m 付近まで，孔径が 300 mm 前後からそれ以上となっており，孔径拡大が進行していることが明らかになった(掘削ビット径は約 159 mm、7”ケーシング径は約 175mm 程度)。

ケーシング落下の再発防止策として，13 3/8” ケーシングの頭部付近に 7” 仮ケーシングを支えるインナーストッパーを作成してケーシングの落下を防ぐこと, 仮ケー

シングの接続部にパッチを溶接しケーシングネジ部における離脱を防止すること等を講じて 11 月 29 日にコア掘削を再開した。なお，コア掘削の際のセンタリングの目的で、7” ケーシングを再度挿入したが、その際には 13-3/8” ケーシング内のインナーストッパーから深度 131.77 m まで挿入し，ケーシングの振れ止めを目的としケーシングスタビライザーを取り付けた。

この対策後にコア掘削を再開したが，12 月 3 日に深度 198.30 m を掘削していたところ，孔内で衝撃音が確認されたため，全ての掘削ロッドを揚管した。キャリパー検層を実施したところ，深度 20.98 m の 7”ケーシングのネジ接続部が離脱し，それ以深のケーシングが 43.35 m 落下していたことが判明した。落下したケーシングを回収するために、孔口装置を解体するとともにインナーストッパーで止まっていたケーシングを引き揚げた後，インサイドタップを下げ，12 月 4 日に全てのケーシングを回収した。回収したケーシングを点検したところ，離脱したネジ部の補強パッチは脱落及び変形しており，ケーシングの振れ止め防止のためにケーシングに取り付けていたスタビライザーも損傷・離脱していることが明らかになった。

ケーシングネジ部における溶接強化(全周溶接)，補強パッチの増強，スタビライザーの形状変更と強度増強等の再発防止対策を講じた上で，12 月 7 日より 7” 仮ケーシングの再挿入(深度 182.26 m まで)を実施し，コア掘削を再開した。

7.1.2 HDB-2 孔

(1) 逸水

第 2 段掘削開始直後の深度 10.70 m において 130 ℓ/min 以上の掘削水の全量逸水が発生したため，深度 12.70 m で逸水防止対策用のセメンチングを実施した。11 月 22 日に第 1 回目のセメンチングを実施し，セメント頭部(5.80 m)を確認後，セメントを浚渫したところ，深度 6.50 m で再度全量逸水が発生した。このため，12.70 m までセメントを浚渫後，第 2 回目のセメンチングを実施した。2 回目のセメンチング後は、12.70 m までセメントを浚渫しても逸水は発生せず，本対策工事は成功した。

(2) 仮ケーシングの落下

本孔では 13-3/8” ケーシングセメンチング作業後，6 1/4” コアリング掘削におけるセンタリングを目的に 7” ケーシングを 12 月 2 日から 3 日にかけて 51.30m 分挿入した。HDB-1 孔で 2 度仮ケーシングが落下した事象を踏まえ，12 月 15 日，深度 122.80 m までの 6 1/4”コアリング掘削が完了した時点で仮ケーシングの状況を確認することとした。

調査の結果，深度 10.30 m のケーシングネジ接続部より仮ケーシングが脱落し，約 12.7 m 分落下していたことが明らかとなった。状況が HDB-1 孔とほぼ同様であったことから，その原因も同じと判断し、7” 仮ケーシングのジョイント部を全周溶接及びパッチ溶接により補強すること，12 1/4” の拡孔を 72.00 m まで実施し，再挿入する仮ケーシングの安定性を確保すること，落下現象を早期に確認できるように歪ゲージによる落下モニタリングの監視を行うことの 3 つの対策を講じて 12 月 19 日より 6-1/4” コアリング掘削を再開した。

(3) アウターチューブなどの切断

深度 404.90 m ではアウターチューブが切断したが，この採揚作業の際にはインサイドタップを完全にアウターチューブ頭部に噛み合わせたにも拘わらず，遺留した掘削ロッドなどが地層に強く固着しておりタップが外れるという事象が起きた。そのため、抑留物周辺の地層を軟らかくする目的で、抑留されたビットの 15 cm までをオープンエンド管に特殊超硬材料を盛り付けた編成で掘削した後，清水を送入・循環することにより、最終的にリリーシングスピアの採揚器具で採揚に成功した。回収された残留物には，掘削のすり潰しにより非常に微細な粘土(泥岩の掘り屑)が付着していた。これは，清水掘削では，掘削により形成された粘土質な掘り屑が地表まで排出されず、それによって掘削ロッドなどの抑留が生じ得ることを示している。

(4) メタンガスの湧出

本孔ではマッドロギングのモニタリングデータで,清水拡孔時に比較的高濃度のメタンガスが検出され，深度 120 m 付近の拡孔時には最大で 14.04%のメタンガスを確認した。このため， 8-1/2" 拡孔時の 222.9 m からは掘削水を清水から泥水に切り替えて掘削し，それ以深では検知したメタンガス濃度は格段に小さくなった。

このことから，泥水はメタンガスの湧出を抑制する効果があるものと考えられる。この対処方法は,メタンガス濃度が高まった時には泥水の比重を高くするなど柔軟性のある方法と考えられる。

7.1.3 HDB-3 孔

(1) 掘削水の影響による孔径の拡大

清水掘削は 4.00 m～157.00 m の掘削区間にて実施した。簡易キャリパー検層の結果より清水掘削による孔径拡大が明らかとなったため，深度 157.00mにて清水掘削から泥水掘削に切り替えた。孔径拡大の理由は、HDB-1,2 孔と同様と想定され、泥水掘削に切り替えたことにより孔径の拡大を抑制することができた。

7.1.4 HDB-4 孔

(1) 逸水

第一段掘削中の深度 17.00m において 2～10ℓ/min の逸水が発生し，第一段掘削終了深度となった 55.60m では 4 l/min の逸水となった。第二段では深度 228.00m にて 26～50l/min の逸水が発生したものの、掘削に支障をきたすほどの量ではなかったため協議の上掘削を継続した。第二段掘削終了時の深度 316.50m での逸水状況は 31l/min であったが、第三段掘削では逸水は発生しなかった。

(2) 掘削水の影響による孔径の拡大

清水掘削は 4.10 m～160.20 m の掘削区間にて実施した。簡易キャリパー検層の結果では 108m まで掘削後の平均半径が 51.7mm(深度 55m～100m 間)1.32 倍，158m まで掘削後の平均半径が 84.6mm(深度 55m～100m 間)1.53 倍と約 100m の掘削深度で 1.5 倍以上の拡大が確認された。簡易キャリパー検層の結果より清水掘削による孔径拡大が明らかとなったため，深度 160.20mにて清水掘削から泥水掘削に切り替えた。泥水掘削により孔径拡大を抑制することができた。

なお、泥水掘削区間の 1 回当りの平均コア掘削長は，2.45 m/回と清水掘削に比べ著しく改善された。掘進率は，HDB-1,2 孔と異なり，清水掘削区間で平均 0.73 m/hr，泥水掘削区間で平均 0.82 m/hr と後者のほうが良好であった。これは岩盤の硬さの変化に対応した掘削ビットの導入の効果と思われる。

(3) コアバーレルの切断

深度 244.1mでのコア掘削中，コアバーレルが切断し，回収装置（オーバーショット）による採揚作業を実施した。切断の原因は長期使用に伴う金属疲労と考えられた。

7.1.5 HDB-5 孔

(1) 逸水

第一段の掘削では深度 29.00m にて 10l/min の逸水が発生した。第二段の掘削では深度 93.00m で 35～70l/min の逸水があったため、掘削を中断し協議の上、逸水防止対策を講じた。本対策においては逸水防止剤としてテルストップを用いた。対策実施後の逸水量は 2～15l/min と減少し、第二段掘削終了深度の 274.50m での逸水量は 5l/min であった。第三段の掘削では深度 385.00m で 3l/min の逸水が発生し深度 520m 掘削完了時まで続いた。

(2) 掘削水の影響による孔径の拡大

清水掘削は 4.00 m～54.00 m の掘削区間にて実施した。清水掘削中の掘削流体は

泥岩の細かな粒子が清水中に多量に溶解しており,簡易キャリパーの結果でも孔壁は掘削中に拡大していく傾向が見られた。なお、清水掘削区間における 1 回当りのコア掘削長は 1.35 m/回と泥水掘削の 2.07 m/回と比較するとかなり短いが、これは,清水掘削の条件でもなるべくコア採取率を高めるように 1 回当りのコア掘削長を短くしたためである。

孔径拡大防止のため，深度 54.00mにて清水掘削から泥水掘削に切り替えた。その結果、孔径拡大は抑えられる、泥水掘削区間の 1 回当りの平均コア掘削長は 2.07 m/回と良好な結果であった。掘進率は清水掘削区間の平均で 0.60 m/hr，泥水掘削区間の平均で 0.80 m/hr と、泥水掘削区間の方が硬質な岩盤であったにもかかわらず高掘進率となった。これは，他孔において高掘進率・安定な掘削が実証されていた新型のクリスセットタイプのビットを深度 109.10m という浅い深度から導入したことによる。

7.1.6 HDB-6 孔

(1) 逸水

平成 15 年 8 月 18 日，6-1/4” ビット･3 重管ワイヤーライン工法によるコア掘削深度 15.30m において，33ℓ/min 程度の逸水が発生した。

本孔では，浅層の地下水分析が計画されていたため，逸水防止剤（以下 LCM）の使用は避け，逸水対策としてセメンチングを実施した。計 4 回のセメンチングを行ったが，その都度セメント浚渫時に逸水が認められたため，ガイド管を逸水深度以深まで挿入することとして，ガイド管を抜管，17-1/2” トリコンビットにて 14.00m まで拡孔した。拡孔後，13-3/8” ケーシングパイプを再度挿入･設置し，インナーストリングス法にてフルホールセメンチングを実施した。その後，コア掘削を再開したが，深度 22.50m においてまた逸水が発生した。そのため，再度逸水対策セメンチングを実施したが，セメント浚渫時に逸水が認められたので，やむなく LCM を使用した。この結果，逸水は止まり，近傍の沈砂地における泥水流出も認められなくなった。

なお、HDB-7,8,9,10 孔のボーリング孔掘削では大きなトラブルは発生しなかった。また、コア掘削後の拡孔作業およびケーシング挿入・セメンチング時においても、全孔ともトラブルは発生しなかった。

7.2 まとめ

地表に近い浅い深度での掘削水の逸水については，場所によって周辺の状況が異なるため、事前に予測・回避することは困難である。したがって，逸水が発生した場合の対策をボーリング孔掘削前に検討し、迅速に対応できるようにしておくことが肝要である。基本的には、逸水箇所のセメンチングが有効であるが、透水性が非常に高い場合には LCM のような充填材の注入が必要となることがわかった。

仮ケーシング挿入は、多段階ケーシング方式で掘削する場合に、孔曲がりなどを防止し質のよいコアを得るためには必要な作業と考えられる。仮ケーシングの落下については、HDB-1,2 孔以降同様のトラブルが生じていないことから、孔径が拡大した場合でも今回示した対策により十分回避することが可能である。

掘削機材の破損（コアバーレル等の破断）は、通常掘削機材にかかる負荷以上のものがかかっているために生じるものであり、主たる原因は、孔径拡大に起因する掘削中の掘削ロッドなどへの振動や、掘削ズリの排出が不十分であったことによる掘削ビット周辺の摩擦抵抗の増大と考えられる。3 章で示した各孔におけるキャリパーの結果から、今回の調査対象である新第三紀堆積岩のような軟～中硬岩を対象とした場合、泥水掘削を行うことで孔径の拡大を抑制できることが実証された。孔径拡大の抑制は、ボーリング孔掘削中のトラブル回避のみならず、調査試験の実施にあたっても非常に重要な要素であると考えられる。HDB-2 孔で生じた掘削ズリがうまく排出されない現象は、HDB-3 孔以降にそのよ

うなトラブルが生じていないことから、掘削水だけではなく掘削に用いているビットも適していないものであった可能性がある。いいかえれば、岩盤の硬さにあった掘削ビットの選定は、掘削効率やコア採取率の向上だけでなく、トラブルを避ける上でも重要と考えられる。

8. ボーリング孔閉塞

幌延深地層研究計画においては，第1段階で掘削した500～1000m級のボーリング孔すべてに，長期モニタリング装置（MPシステムやSPMPシステムなど）を挿入している。幌延深地層研究計画の終了時には、長期モニタリングを継続していたボーリング孔を閉塞することとなっていることから、本章では、既存の技術によるボーリング孔の閉塞について検討した。

各ボーリング孔は，HDB-10孔の深度500m～550m区間の裸坑部を除き，ケーシングセメンチング方式を採用し孔壁保護を行っている。また、長期モニタリングの対象深度において、パーフォレーションを実施し，ケーシングとセメントに導水孔を穿孔している（詳細は6章を参照）。

ボーリング孔の閉塞技術に関する研究によると，「ボーリング孔の閉塞後にケーシングパイプの腐食やセメントの劣化が発生し，閉塞材料と地層との間に水みちとなりうる隙間ができる可能性がある」ことが指摘されている[12]。一方，「ケーシングパイプを抜揚または切削する工法は，短区間施工は実績もあり，既存の技術で施工可能であるが，長区間の実績はない」とも述べている。

幌延深地層研究計画におけるボーリング調査は、この地域が石油や天然ガスを胚胎する徴候が認められることから、鉱山保安規則（石油鉱山編）に準じて進めてきた。従って、幌延のボーリング孔閉塞については、平成16年11月19日に経済産業省原子力安全・保安院が制定した「鉱業権者が講ずべき措置事例（内規）」および，平成17年4月1日に施行となった改正鉱山保安法に則った閉塞方法を検討した。なお、石油・天然ガス井の閉塞に関して，「鉱業権者が講ずべき措置事例」の該当箇所（「第22章　土地の掘削」）の抜粋を付録に示す。

前述のように，ボーリング孔の閉塞後にケーシングパイプの腐食やセメントの劣化が発生し，閉塞材料と地層との間に水みちとなりうる隙間ができる可能性はあるものの，長区間のケーシングパイプを抜揚または切削する工法の実績はない。従って、設置したケーシングはケーシングカッターで短区間で切断しそれを抜揚する作業を繰り返すこととなる。その作業終了後、適切な深度にブリッジプラグやセメントプラグを設置し、残りの区間は充填物で閉塞することが現時点では適切な方法と考えられる。ブリッジプラグやセメントプラグを設置する深度は、MPやSPMPのデータで地層圧力が静水圧より低い場所（逸水箇所）や高い場所（湧水箇所）に行うこととなる。

充填材については、現状セメントを主体とした材料が使用実績があり、コスト・工期の面から現実的である。具体的には、API規格の油井セメントのクラスA（JIS-5210普通ポルトランドセメント）を使用し，セメントミルクは，水とセメントのみのミルク比重SG1.80ないしは，水とセメント，ベントナイトを混ぜたベントナイトセメントSG1.70を使用する。

充填材の注入時に必要なセメントプラグは，掘削ロッドを使用した置換法により設置する。セメントプラグの長さは，セメント硬化時間がロッド揚管時間より早いと掘削ロッドを孔内に遺留（セメントによる抑留）する危険性があるため，ボーリング機の掘削ロッド巻上げ能力とセメント硬化時間を考慮し決定する必要がある。深い位置から確実にセメントプラグを設置するためには，セメントプラグの打設，セメント硬化待機，ビットにてセメントプラグ頭部位置を確認する作業を繰り返し実施することとなる。

孔口付近の原状回復は，すべてのケーシングパイプ，孔口装置等を，地表面下2m以深で撤去をした後。最終ケーシングパイプ内に地表面下 2m までセメントプラグを設置し，鉄板を溶接することが望ましい。ボーリング櫓基礎コンクリートは、それを撤去し，土砂等で埋め戻し原状回復を図る方法となる。これらの原状回復については，地権者との協議の上で最終的な内容を決定する必要がある。

なお、実際の地層処分においては，調査を行ったボーリング孔自体が水みちとなり、地層処分システムの長期的安全性に影響を及ぼすことが想定される[12]ため、ボーリング孔

閉塞技術は、重要な技術開発の一つと位置づけられる。これまでに、国内外のボーリング孔などの閉塞技術に関する文献調査およびその結果に基づく充填材料の検討などを室内試験レベルで実施している[12)]。しかし、実際のボーリング孔閉塞に適用する上では課題も多く、今後も研究開発を継続する必要があると思われる。

9. 許認可申請関係

ボーリング調査などの現地調査を実施する場合，各種の許認可手続きが必要となる。ここでは、ボーリング調査に限定せず、各種の調査試験の実施時に生じた許認可申請について整理した。

許認可手続きに関しては，原子力機構が申請を行うものと，請負業者から申請を行うものがある。幌延町での各種調査地点は，主に牧草地，原野，森林に位置し，人工物は少ない。幌延町での各種調査において許認可手続きの対象となった関係法令としては，以下のものが該当した。

- 農地法
- 農業振興地域の整備に関する法律（農振法）
- 森林法
- 鉱業法
- 文化財保護法
- 道路法
- 道路交通法
- 河川法
- 気象業務法
- 消防法
- 労働安全衛生法
- 放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律
- 火薬類取締法
- 建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律（建設リサイクル法）
- 北海道条例
- 幌延町例

申請書を提出してから許可が下りるまでの期間は、通常、早いもので1日，長いものでは3ヶ月程度を要した。これは申請書を提出してからの期間であるため，申請書の準備期間（土地調査，地権者との交渉，賃貸借契約，書類作成，役場などとの調整，所内の調整作業など）にさらに3～4ヶ月程度を必要とする。農地法，農振法，森林法に係る申請は，原子力機構が行うものであるが、これまでのボーリング調査の経験から，場所が決定してから許可が下りるまで半年程度の時間を要した。

(1) 農地法（農地法5条第1項の規定）

農地（牧草地）を一時的に農地以外の目的で使用する（一時転用）場合に必要となり、電磁法探査と地震探査の作業時に申請した。牧草の2番草か3番草の収穫が終わってから作業をすることとなり、作業時期は実質10月下旬以降に限られた。

(2) 農振法 / 開発許可申請（農振法15条第1項の規定）

調査地点が農用地に位置するボーリング調査地点（HDB-4, 5, 8, 10）などにおいて申請を行った。許可が下りてから3ヶ月，6ヶ月，終了時に報告書を提出することが義務付けられている。

(3) 農振法 / 農用地区域除外申請（農振法13条，農業振興地域整備計画の変更）

農用地を長期で使用する場合に必要となる申請であり、単独では研究所用地が該当

した。調査関係では、ボーリング調査終了後に幌延深地層研究計画終了時まで、ボーリング孔を長期モニタリングのために使用する場合などが該当し、(2)の開発許可期間で作業を行った後，必要最小限の敷地面積に対して農用地区域除外の申請を行った。

(4) 森林法（森林法 12 条第 1 項の規定）

調査地点が森林に位置するボーリング調査（HDB-2, 9, 11）などで申請している。この申請は，機構が直接手続きを行わず，当該地域の森林を管理する森林組合に代行を依頼した。これは，申請には森林組合で管理している資料とデータが必要なことから、その方が効率的であるためである。

幌延深地層研究計画のボーリング孔掘削などの調査にかかわり実施した許認可手続きのフローを付録－2 に示す。

10. まとめ

本報告では,原子力機構が幌延町で実施した国内外でほとんど例がない新第三紀堆積岩を対象とした地表から地下約 1,000m までのボーリング掘削により得られた経験を整理しとりまとめた。その結果、以下の知見・実績を得た。

- 対象とする岩盤が、新第三紀の堆積軟岩であったこととメタンガスなどの胚胎が想定されていたため、計画段階で石油調査井のボーリング孔掘削仕様に準拠した形で作業をすすめた。また、昭和 61 年度に実施した D-1 孔の掘削実績を参考として、掘削計画（具体的には掘進率）を設定した。その結果、計 11 本の深層ボーリング孔掘削をほぼ計画通り無事故で終了することができた。
- 掘削水については、調査の観点から当初清水を使用していたが、これは非常に大きな孔径拡大を引き起こすことがわかった。また、濃度の薄いベントナイト泥水を使用することで孔径拡大を最小限にとどめることが可能であることを確認した。孔径拡大を防ぐことは、ボーリング掘削時のトラブル防止のみならず、孔内での調査試験の実施に対しても非常に重要な要素となる。
- 掘削率は、ベントナイト泥水の使用や掘削ビットの改良などにより最終的には 10m/日以上まで向上した。
- オールコアリング掘削のため今回製作した機材（ドリルパイプ、掘削ビットなど）は、十分な適用性を有することが確認された。三重管ワイヤーライン方式は、コア採取率向上と掘削自体の効率化の上で有効な手法であった。一方、定方位掘削ツールについては、今回のような新第三紀堆積軟岩を対象とした場合には改良の余地があることがわかった。
- 多段階ケーシング方式は、掘削中に生じたトラブル回避とその後の調査試験を予定通り行う上で有効な手法であった。また、ケーシング設置方式については、ライナーハンガーを用いることにより、ケーシング設置のためのセメント充填が良好になることがわかった。また、セメント充填の良否を確認するために実施したセメントボンド検層は、今回のボーリング孔のようにケーシングを設置した孔において長期モニタリング装置を設置する場合の位置選定に必要不可欠なデータとなることが確認できた。
- ケーシング設置前に実施するボーリング孔の拡掘時にはトラブルが生じていないことから、拡掘の方法・手順については問題がないことが確認された。
- 掘削中に生じたトラブルの中で、逸水は不可避と思われるため、その対策を事前に十分検討しておくことが肝要である。
- 逸水以外のトラブルは、掘削機材や手順などの改良により十分回避可能であることがわかった。また、掘削ビットは対象岩盤に適合するものを用いることが、掘進率の向上のみならずトラブルの回避においても重要であることを確認した。
- 許認可については、調査対象となるエリアがどのような土地かを事前に調べておくことがその後の手続きの進め方に大きく影響する。特に、ボーリング孔掘削やその孔における調査などを実施する期間の制約が厳しい場合は、手続きに要する時間が後工程に非常に大きな影響を及ぼすこととなるため、十分なリードタイムを取って検討を開始することが肝要である。

今回の実績により、既存の技術で新第三紀堆積軟岩を対象とした深層ボーリング孔掘削が深度 1000m 程度まで安全に行えることが実証された。また、以上のような知見・実績は、実際の地層処分事業などで同種の岩盤を対象としてボーリング孔の掘削およびそれに付帯する調査を行う場合に直接反映可能なものである。ただし、上記に示した技術的な要素以外に、質の高いボーリング孔掘削を実施するに当たって非常に重要な事項があると思われるため、それを列挙しておく。

- ボーリング孔の掘削を円滑に進めるためには、高度な専門知識に加え、掘削対象となる地質環境において実際にボーリング孔を掘削した経験が非常に重要である。地質環境は、場所によって異なるものであるため、予備のボーリング孔掘削を実際に行いその経験を

次段のボーリング孔掘削に最大限反映することが、無用なトラブルを回避し質の高い掘削を行う上で望ましい手順と考えられる。

・許認可手続きは、土地利用状況や管轄自治体での法令解釈の違いにより対応方法が異なる可能性がある。先に述べたように、許認可手続きに要する期間は場合によっては非常に長くなる可能性があるため、その事前調査および関連機関との事前調整は非常に重要な事項である。

謝辞

本報告書の内容は、ボーリング調査を受託した大成建設株式会社、大成・大林 JV、大成・前田 JV、鹿島・西松 JV、清水・大成 JV および、実際にボーリング孔掘削を担当した三菱マテリアル資源開発会社が実施したボーリング孔掘削の実績であり、関係諸氏にはとりまとめにあたって多大なご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

1) 核燃料サイクル開発機構:堆積岩地域における試錐掘削に関する調査試験、核燃料サイクル開発機構技術資料　JNC TJ1400 2000-003 (2000)

2) 島田邦明、奥田悟、阿部健一、菊地一男、大釜宏:堆積岩地域における試錐掘削に関する調査試験（その２)、核燃料サイクル開発機構技術資料　JNC TJ1440 2001-001 (2001)

3) Gautschi, A. and Scholtis, A.: "Sampling and analysis of groundwaters from deep boreholes", NAGRA Bulletin(1989)

4) 核燃料サイクル開発機構：高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する知識基盤の構築-平成 17 年度とりまとめ-　分冊１、核燃料サイクル開発機構技術資料　JNC TN1400 2005-014, pp. 4-150～4-156 (2005)

5) 動力炉・核燃料開発事業団：貯蔵工学センター一立地環境調査一深層ボーリング報告書, 核燃料サイクル開発機構技術資料 JNC TJ1027 98-012, p22 (1987)

6) 山本卓也, 下茂道人, 藤原　靖, 服部弘通, 田所照夫, 岩間彦衛, 名合牧人, 熊本　創：幌延深地層研究センターにおける試錐調査(HDB-1 孔), 核燃料サイクル開発機構技術資料 JNC TJ1400 2002-010, p. 2-1 (2002).

7) 山本卓也, 下茂道人, 藤原　靖, 服部弘通, 田所照夫, 岩間彦衛, 名合牧人, 熊本　創：幌延深地層研究センターにおける試錐調査(HDB-2 孔)核燃料サイクル開発機構技術資料 JNC TJ1400 2002-011, p2-1 (2002).

8) 山本卓也, 下茂道人, 藤原　靖, 服部弘通, 名合牧人, 田所照夫, 久慈雅栄： 幌延深地層研究計画における試錐調査 (HDB-3 孔), 核燃料サイクル開発機構 JNC TJ5420 2004-003 , p2-1 (2004) .

9) 山本卓也, 下茂道人, 藤原　靖, 服部弘通, 名合牧人, 田所照夫, 久慈雅栄： 幌延深地層研究計画における試錐調査 (HDB-4 孔), 核燃料サイクル開発機構技術資料, JNC TJ5420 2004-004, p2-1 (2004) .

10) 山本卓也, 下茂道人, 藤原　靖, 服部弘通, 名合牧人, 田所照夫, 中垣真一：幌延深地層研究計画における試錐調査 (HDB-6, 7, 8 孔) のうち HDB-6 孔, 核燃料サイクル開発機構技術資料, JNC TJ5400 2005-004, p. 2-1 (2005).

11) 山本卓也, 下茂道人, 藤原　靖, 服部弘通, 名合牧人, 田所照夫, 中垣真一：幌延深地層研究計画における試錐調査(HDB-6, 7, 8 孔)のうち HDB-8 孔, 核燃料サイクル開発機構技術資料 JNC TN5400 2005-006, p. 2-1 (2005) .

12) 核燃料サイクル開発機構：試錐孔閉塞技術の開発, 核燃料サイクル開発機構技術資料 JNC TJ7400 2004-019 (2004).

This is a blank page.

付　録

付録 - 1　「鉱業権者が講ずべき措置事例」に関する解説
付録 - 2　許認可申請までの流れ

This is a blank page.

付録-1　「鉱業権者が講ずべき措置事例」に関する解説

第22章 土地の掘削

鉱山保安法施行規則 第25条（土地の掘削）

> 法第8条の規定に基づき，土地の掘削（石油の掘採を含む ）について鉱業権者が講ずべき。措置は，次に掲げるものとする。
>
> 一　鉱柱又は炭柱の設置，充てんその他の地下における掘削による地表の沈下又は陥没による鉱害を防止するための措置を講ずること。
>
> 二　掘採跡の埋め戻し及び植栽，坑井の密閉，沈砂池の設置その他の坑外における鉱物の掘採による崩壊又は土砂流出，石油の湧出，汚濁水流出等の鉱害を防止するための措置を講ずること。
>
> 三　海洋施設から土砂を排出するときは，当該土砂ができる限り速やかな海底への沈降及びたい積その他の土砂拡散による鉱害を防止するための措置を講ずること。ただし，当該施設の損傷により土砂が排出された場合であって，引き続く土砂の排出を防止するための可能な一切の措置をとったときは，この限りでない。

1　鉱山保安法施行規則第25条第1号に規定する「地下における掘削による地表の沈下又は陥没による鉱害を防止するための措置」とは，次のとおりである。

- 地表の沈下又は陥没のおそれがある区域の地下を掘採するときは，鉱柱又は炭柱を設ける。
- 保安のため必要があるときは，不要の坑道及び掘採跡を充てんする。
- 保安のため必要があるときは，地表の沈下量を測定する。
- 保安のため必要があるときは，水没している掘採跡からの排水の時期，排水量の制限等を行う。

2　鉱山保安法施行規則第25条第2号に規定する「坑外における鉱物の掘採による崩壊又は土砂流出，石油の湧出，汚濁水流出等の鉱害を防止するための措置」とは，次のとおり。

(1)　土砂流出を防止するための措置

状況に応じて，実施。

- 掘採跡の埋め戻し，整形及び植栽を行う。
- よう壁等の流出防止設備を設ける。

(2)　石油の湧出を防止するための措置

- 休止井については，坑口装置のバルブを確実に閉止する。
- 不要な坑井は，次に示す密閉（廃坑措置）を施す。

① 石油・構造性天然ガス井に係る措置

イ　坑井の密閉方法

(a) 裸坑部

坑井の裸坑部に仕上層又はテスト層がある場合には，裸坑部分のうちそれらの層の上端から30m以浅，下端から30m以深の範囲にわたる部分にセメントプラグを設置し，坑井を密閉する。

ただし，テスト層において，テスト時に自噴状態で地層流体（地層内に含有される石油，可燃性ガス，水等の流体をいう）が地表（海。底面を含む。以下同じ）まで上昇しないことが確認される場合は，この限りでない。

(b) 最終ケーシング下端部

最終ケーシング以深に裸坑部がある場合は，いずれかの方法により最終ケーシングの下端部において坑井を密閉する。

a) ケーシングシューの上下それぞれ 30m 以上の範囲にわたる部分にセメントプラグを設置する。ただし，ケーシングシューから上方 30m 以内の箇所に仕上層又はテスト層がある場合には，仕上げ又はテストに支障のない範囲にセメントプラグを設置できる。

b) ケーシングシュー直上付近にブリッジプラグ（坑井下部と上部を遮断するための永久型で機械的に作動するもの。以下同じ。）を設置する。

(c) パーフォレーション部

パーフォレーション部については，次のいずれかの方法によりその直上部において密閉する。

なお，遺留物のために次のいずれかの方法を講ずることが困難な場合であって，遺留物の直上付近にブリッジプラグ又は長さ 30m 以上のセメントプラグを設置した場合は，この限りでない。

a) パーフォレーション部の上端から 30m 以上の範囲にわたるセメントプラグを設置する。ただし，パーフォレーション部から上方 30m 以内の箇所に仕上層又はテスト層がある場合には，仕上げ又はテストに支障のない範囲にセメントプラグを設置できる。

b) パーフォレーション部の上端直上付近にブリッジプラグを設置する。ただし，2 孔以上のパーフォレーション部をすべてブリッジプラグのみにより密閉する場合には，最終パーフォレーション部（最上部のパーフォレーション部）のブリッジプラグの上部に長さ 15m 以上のセメントプラグを設置する。

(d) ケーシング切断部

ケーシングを切断し，その切断部から上方のケーシングを回収した場合には，次のいずれかの方法により当該ケーシング切断部において坑井を密閉する。

なお，切断されたケーシングの頭部がその外側にある最小径のケーシングのシューより下部にある場合には，最終ケーシング下端部に準じた措置を講じる。

a) 切断されたケーシングの頭部直上に長さ 30m以上のセメントプラグを設置する。

b) 切断されたケーシングの頭部直上付近にブリッジプラグを設置する。

(e) 地表部

地表部（坑井の最上部）については，地表まで達している最小径のケーシングの地表付近に長さ 30m以上のセメントプラグを設置し，坑井を密閉する。

ただし，裸坑部がアニュラスに充てんされたセメント等により有効に遮断されていない場合には，当該ケーシングを切断・抜管の上，ケーシング切断部に準じた措置を講じた後に地表付近に長さ 30m以上のセメントプラグを設置し，坑井を密閉する。

ロ セメントプラグの設置方法

セメントプラグは，当該箇所の密閉に達したAPI規格の油井用セメントを使用し，置換法により設置する。

ただし，セメントリテーナーを使用してセメントプラグを設置する場合は，置換法によらないことができる。

ハ　泥水等の充てん

坑内には地層圧力に相当する静水圧力を発生させるのに足りる比重の泥水等を充てんする。

ニ　措置後の試験及び密閉状態の確認

地表部のプラグを除く最上部のプラグは，密閉措置後に次のいずれかの方法により試験を行い，密閉状態について異常の有無を確認する。

a)　15分間にわたり3MPa以上のポンプ圧を加えた場合において，圧力低下が10%を超えないことを確認。

b)　プラグ上部に3t以上の負荷をかけた場合において，プラグに異常がないことを確認。

ホ　坑口付近の原状回復の方法

すべてのケーシング，坑口装置等は，地表面下2m以深の場所において撤去する。

また，撤去後の坑口付近はセメント，土砂等で埋め戻しを行い，原状回復を図る。

②水溶性天然ガス井に係る措置

イ　坑井の密閉方法

(a) せん孔部

坑井のせん孔部については，せん孔部の最上部及びその上端から30m以上の範囲にわたる部分にセメントプラグを設置し，坑井を密閉する。

ただし，坑井内に遊離ガスが発生する場合には，泥水等を圧入してからセメントプラグを設置し，木栓等を用いてセメントプラグを設置する場合には，せん孔部の直上付近に木栓等を設置し，その上部30mの範囲にわたる部分にセメントプラグを設置する。

(b) 地表部

地表部（坑井の最上部）については，地表付近に長さ30m以上のセメントプラグを設置し，坑井を密閉する。

なお，外吹込管方式により坑井の仕上げを行った場合には，外吹込管の内部は，セメントにより充てんする。

ロ　セメントプラグの設置方法

セメントプラグは，当該箇所の密閉に適したセメントを使用し，原則として，置換法により設置する。

ハ　泥水等の充てん

坑内には泥水等を充てんする。

ニ　置後の試験及び密閉状態の確認

プラグ（地表部のプラグを除く。）は，密閉措置後に次のふたつの方法により試験を行い，密閉状態について異常の有無を確認する。

a) ワイヤーロープ等によりセメントプラグの頭部の位置を確認。

b) 15 分間にわたり 1Mpa 以上のポンプ圧を加えた場合において，圧力低下が 10%を超えないことを確認。ただし，状況によっては，坑内に水張りを行い，溢逸泥，気泡等の有無を目視で検査し，確認すればよい。

ホ 坑口付近の原状回復の方法

すべてのケーシング，坑口装置等は，地表面下 1.5m以深の場所において撤去する。また，撤去後の坑口付近はセメント，土砂等で埋め戻しを行い，原状回復を図る。

(3) 汚濁水流出を防止するための措置

・掘採跡の埋め戻し，整形及び植栽を行う。

・沈殿池又は沈砂池を設け，適切に使用維持する。

・排水路を設け，適切に使用維持する。

＊「上記措置が適切に実施されているか否かの判断」は，排出水の浮遊物質量について，水質汚濁防止法（昭和 45 年法律第 138 号）第 3 条第 1 項の排水基準に適合していることを目安とする。

付録-2　許認可申請までの流れ

図 付 2-1～付 2-3 に申請までの流れを示すが，あくまでも基本的なものであり，地権者，土地の登記上の地目などによって若干変わってくるものである。

付 2.1　農地法，農振法の申請（開発許可申請）について

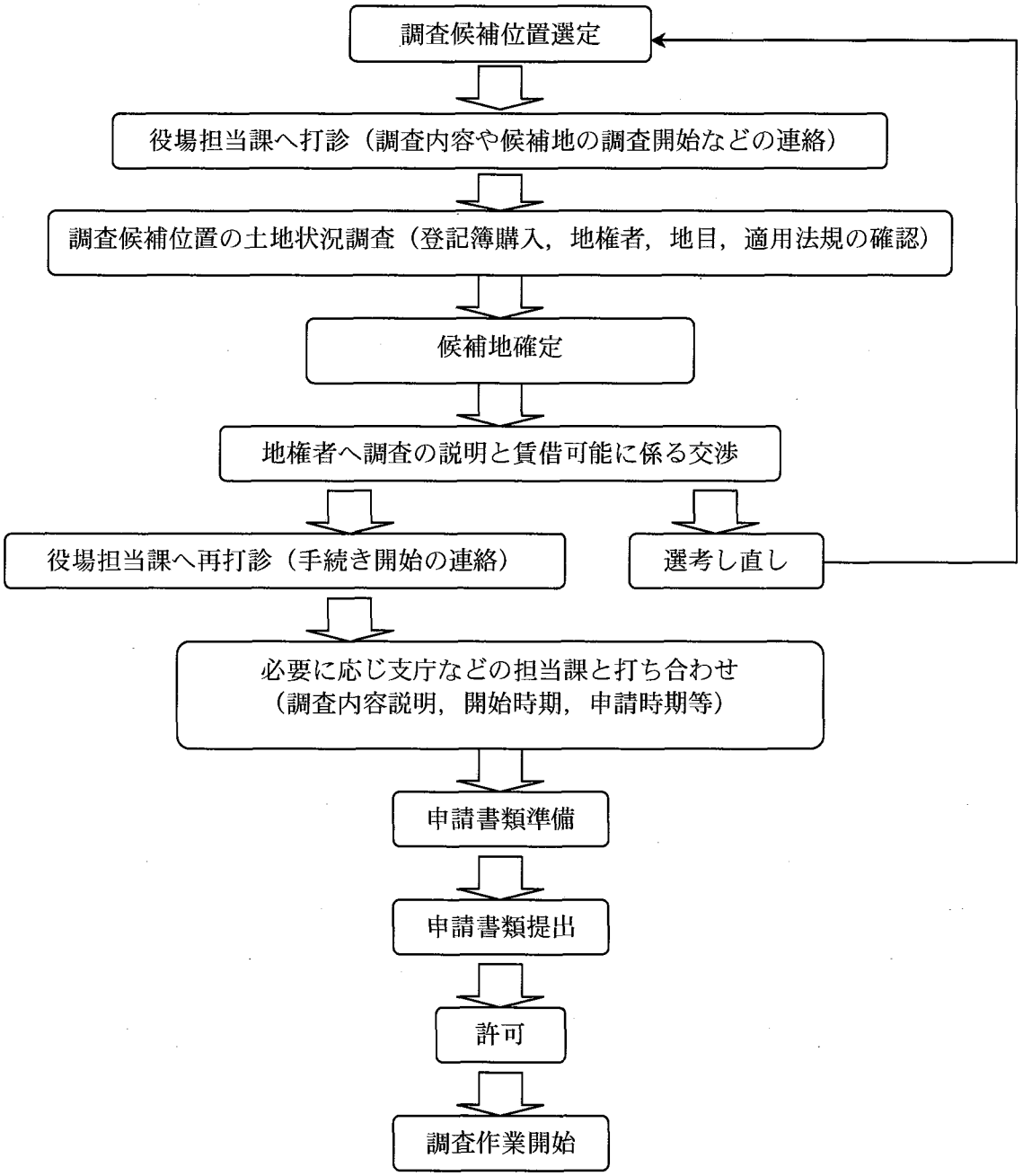


図　付 2-1　農地法，農振法（開発許可）の申請フロー図

付 2.2　農振法の申請（農用地区域除外申請）について

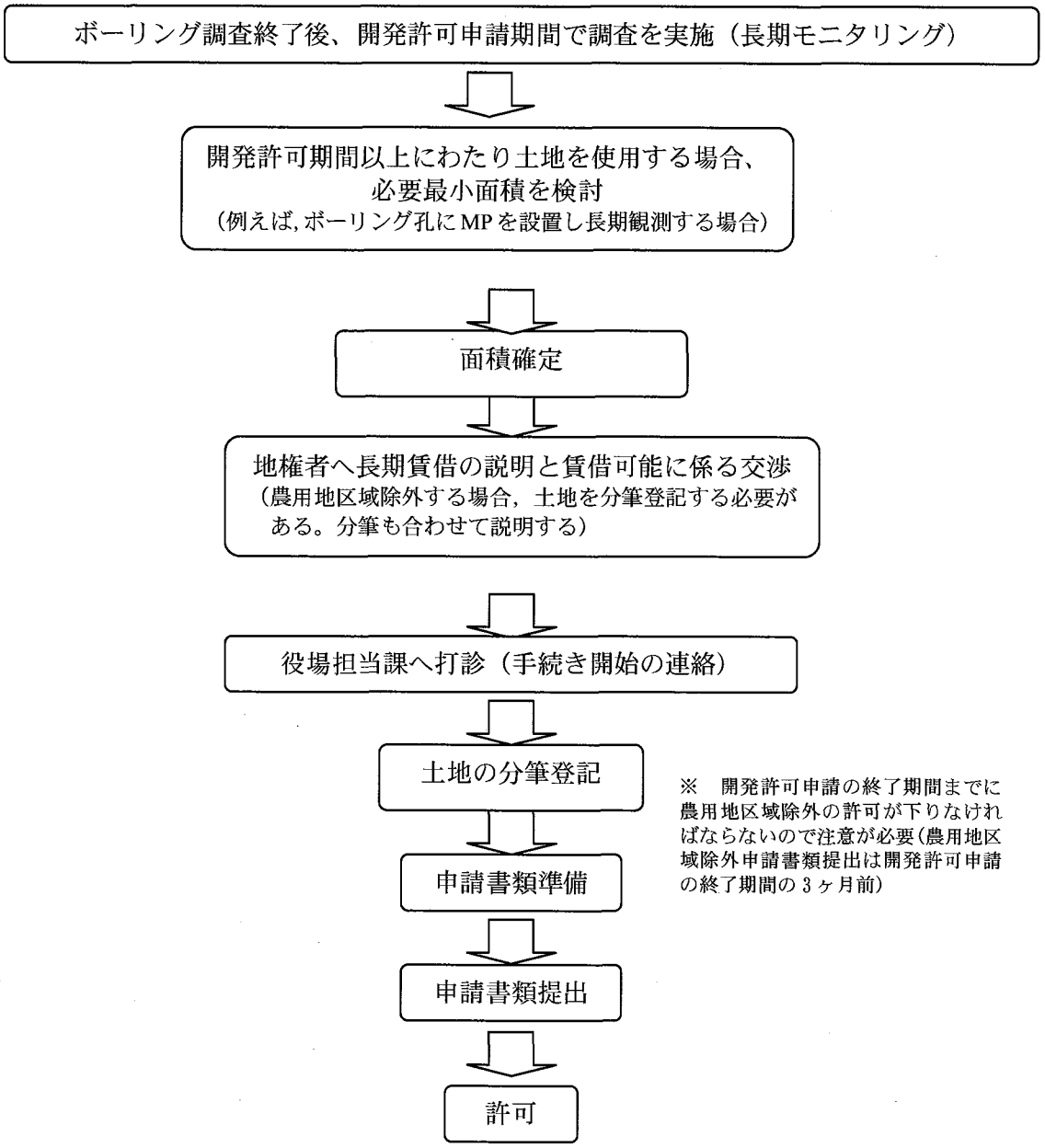


図　付 2-2　農振法（農用地区域除外）の申請フロー図

付 2.3　森林法 12 条第 1 項の申請について

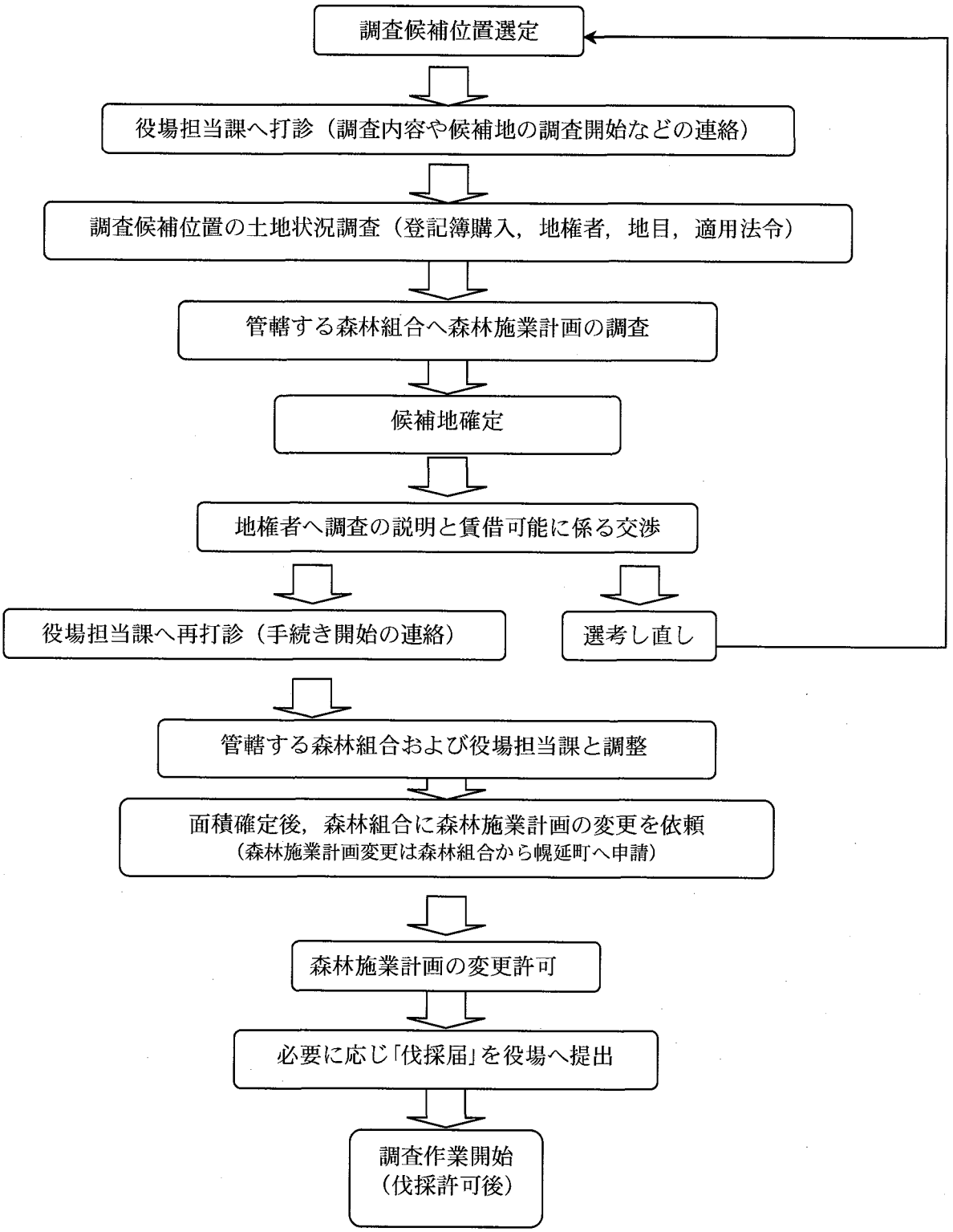


図　付 2-3　森林法第 12 条第 1 項の申請フロー図

This is a blank page.

国際単位系（SI）

表１．SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表２．基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m^2
体積	立法メートル	m^3
速さ，速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s^2
波数	毎メートル	m−1
密度（質量密度）	キログラム毎立法メートル	kg/m^3
質量体積（比体積）	立法メートル毎キログラム	m^3/kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m^2
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
（物質量の）濃度	モル毎立方メートル	mol/m^3
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m^2
屈折率	（数の）1	1

表５．SI 接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10^{24}	ヨタ	Y	10^{-1}	デシ	d
10^{21}	ゼタ	Z	10^{-2}	センチ	c
10^{18}	エクサ	E	10^{-3}	ミリ	m
10^{15}	ペタ	P	10^{-6}	マイクロ	μ
10^{12}	テラ	T	10^{-9}	ナノ	n
10^{9}	ギガ	G	10^{-12}	ピコ	p
10^{6}	メガ	M	10^{-15}	フェムト	f
10^{3}	キロ	k	10^{-18}	アト	a
10^{2}	ヘクト	h	10^{-21}	ゼプト	z
10^{1}	デカ	da	10^{-24}	ヨクト	y

表３．固有の名称とその独自の記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン[a]	rad		$m \cdot m^{-1}=1$[b]
立体角	ステラジアン[a]	sr[c]		$m^2 \cdot m^{-2}=1$[b]
周波数	ヘルツ	Hz		s^{-1}
力	ニュートン	N		$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
圧力，応力	パスカル	Pa	N/m^2	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
エネルギー，仕事，熱量	ジュール	J	N・m	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
工率，放射束	ワット	W	J/s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
電荷，電気量	クーロン	C		s・A
電位差（電圧），起電力	ボルト	V	W/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
静電容量	ファラド	F	C/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
コンダクタンス	ジーメンス	S	A/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
磁束	ウエーバ	Wb	V・s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
磁束密度	テスラ	T	Wb/m^2	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
セルシウス温度	セルシウス度[d]	℃		K
光束	ルーメン	lm	cd・sr[c]	$m^2 \cdot m^{-2} \cdot cd=cd$
照度	ルクス	lx	lm/m^2	$m^2 \cdot m^{-4} \cdot cd=m^{-2} \cdot cd$
（放射性核種の）放射能	ベクレル	Bq		s^{-1}
吸収線量，質量エネルギー分与，カーマ	グレイ	Gy	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
線量当量，周辺線量当量，方向性線量当量，個人線量当量，組織線量当	シーベルト	Sv	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$

(a)ラジアン及びステラジアンの使用は、同じ次元であっても異なった性質をもった量を区別するときの組立単位の表し方として利点がある。組立単位を形作るときのいくつかの用例は表４に示されている。
(b)実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号“１”は明示されない。
(c)測光学では、ステラジアンの名称と記号srを単位の表し方の中にそのまま維持している。
(d)この単位は、例としてミリセルシウス度m℃のようにSI接頭語を伴って用いても良い。

表６．国際単位系と併用されるが国際単位系に属さない単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1h =60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86400 s
度	°	1° =(π/180) rad
分	’	1’ =(1/60)° =(π/10800) rad
秒	”	1” =(1/60)’ =(π/648000) rad
リットル	l、L	1l=1 $dm^3=10^{-3}m^3$
トン	t	$1t=10^3$ kg
ネーパ	Np	1Np=1
ベル	B	1B=(1/2)ln10(Np)

表７．国際単位系と併用されこれに属さない単位でSI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
電子ボルト	eV	$1eV=1.60217733(49)\times10^{-19}J$
統一原子質量単位	u	$1u=1.6605402(10)\times10^{-27}kg$
天文単位	ua	$1ua=1.49597870691(30)\times10^{11}m$

表８．国際単位系に属さないが国際単位系と併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
海里		1海里=1852m
ノット		1ノット=1海里毎時=(1852/3600)m/s
アール	a	$1a=1\ dam^2=10^2m^2$
ヘクタール	ha	$1ha=1\ hm^2=10^4m^2$
バール	bar	$1bar=0.1MPa=100kPa=1000hPa=10^5Pa$
オングストローム	Å	$1Å=0.1nm=10^{-10}m$
バーン	b	$1b=100fm^2=10^{-28}m^2$

表４．単位の中に固有の名称とその独自の記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘度	パスカル秒	Pa・s	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-1}$
力のモーメント	ニュートンメートル	N・m	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
表面張力	ニュートン毎メートル	N/m	$kg \cdot s^{-2}$
角速度	ラジアン毎秒	rad/s	$m \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}=s^{-1}$
角加速度	ラジアン毎平方秒	rad/s^2	$m \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}=s^{-2}$
熱流密度，放射照度	ワット毎平方メートル	W/m^2	$kg \cdot s^{-3}$
熱容量，エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
質量熱容量（比熱容量），質量エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg・K)	$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
質量エネルギー（比エネルギー）	ジュール毎キログラム	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m・K)	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot K^{-1}$
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m^3	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
体積電荷	クーロン毎立方メートル	C/m^3	$m^{-3} \cdot s \cdot A$
電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m^2	$m^{-2} \cdot s \cdot A$
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	$m^{-3} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	$m \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot mol^{-1}$
モルエントロピー，モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol・K)	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$
照射線量（X線及びγ線）	クーロン毎キログラム	C/kg	$kg^{-1} \cdot s \cdot A$
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s	$m^2 \cdot s^{-3}$
放射強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	$m^4 \cdot m^{-2} \cdot kg \cdot s^{-3}=m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	$W/(m^2 \cdot sr)$	$m^2 \cdot m^{-2} \cdot kg \cdot s^{-3}=kg \cdot s^{-3}$

表９．固有の名称を含むCGS組立単位

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
エルグ	erg	$1\ erg=10^{-7}\ J$
ダイン	dyn	$1\ dyn=10^{-5}N$
ポアズ	P	$1\ P=1\ dyn \cdot s/cm^2=0.1Pa \cdot s$
ストークス	St	$1\ St=1cm^2/s=10^{-4}m^2/s$
ガウス	G	$1\ G\ \hat{}\ 10^{-4}T$
エルステッド	Oe	$1\ Oe\ \hat{}\ (1000/4\pi)A/m$
マクスウェル	Mx	$1\ Mx\ \hat{}\ 10^{-8}Wb$
スチルブ	sb	$1\ sb=1cd/cm^2=10^4cd/m^2$
ホト	ph	$1\ ph=10^4lx$
ガル	Gal	$1\ Gal=1cm/s^2=10^{-2}m/s^2$

表10．国際単位に属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
キュリー	Ci	$1\ Ci=3.7\times10^{10}Bq$
レントゲン	R	$1\ R=2.58\times10^{-4}C/kg$
ラド	rad	$1\ rad=1cGy=10^{-2}Gy$
レム	rem	$1\ rem=1\ cSv=10^{-2}Sv$
X線単位		$1X\ unit=1.002\times10^{-4}nm$
ガンマ	γ	$1\gamma=1\ nT=10^{-9}T$
ジャンスキー	Jy	$1\ Jy=10^{-26}W \cdot m^{-2} \cdot Hz^{-1}$
フェルミ		$1\ fermi=1\ fm=10^{-15}m$
メートル系カラット		$1\ metric\ carat=200\ mg=2\times10^{-4}kg$
トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリー	cal	
ミクロン	μ	$1\ \mu=1\mu m=10^{-6}m$

（第７版，1998 年改訂）