

# ボーリング孔壁のボアホールカメラ撮影画像を用いた沖積層の構造調査 Structural survey of the Holocene deposits exposed on the drilling holes by using the borehole camera

小松原 琢<sup>1</sup>・富浦 裕司<sup>2</sup>・郡谷 順英<sup>3</sup>

KOMATSUBARA Taku<sup>1</sup>, TOMIURA Yuji<sup>2</sup>, and KORIIYA Yorihide<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation, komatsubara-t@aist.go.jp)

<sup>2</sup> 株式会社レアックス (Raax Co., Ltd.)

<sup>3</sup> 株式会社パスコ (PASCO Co., Ltd.)

**Abstract:** Borehole camera survey has been applied for consolidated materials such as hard rocks, linings, wells and so on. The authors tried to apply borehole cameras to image geological structures in unconsolidated upper Quaternary deposits. The BIPS (Borehole Image Processing System by Raax Co., Ltd.) was used for our study for imaging the wall of a drilling hole near an active fault. We got clear images with special attention for cleaning hole wall, purification of the hole water inside and keeping up the hole against wall collapse. The obtained image was enough clear to distinguish tectonically deformed structures from juvenile sedimentary structures. The borehole camera imaging accompanying with core observation will be useful for identifying the deformation events around broad active flexures, especially for surveys in the restricted sites (such as sites too narrow to trench survey and/or geoslicing survey), for surveys in deep holes (maximum prospecting depth is 500 m).

**キーワード:** ボアホールカメライメージング, 未固結堆積物, 地質構造調査, 活構造, 地下地質調査手法

**Keywords:** borehole camera imaging, unconsolidated deposits, geological structure survey, active structure, survey method for underground geology

## 1. はじめに

活断層の活動履歴調査にあたっては、第四系の地質構造を詳細に検討することが不可欠である。しかしトレンチ調査やジオスライサー・ACEライナーなど箱型サンプラー挿入式の定方位試料採取といった従来から行われている活断層調査法は、経費や用地制約の点から適用できない場合が少なくない上、幅広い撓曲変形を調査するには効率的でないこと、調査できる深度に限りがあること、という欠点がある。一方、撓曲帯の調査でしばしば用いられる群列ボーリング調査では、初生的な堆積構造かテクトニックな変形構造かを識別することが困難で、傾斜の違いや不整合の成因を解釈しきれないという問題がある。

そこで、用地の制約が厳しい場所や撓曲帯の変形調査に、通常のオールコアボーリングと、ボーリング孔壁をボアホールカメラで観察することを併用して、地質構造を解釈することを試みた。

## 2. ボアホールカメラ調査の概要とその問題

ボアホールカメラ調査は、ボーリング孔に小型カメラを挿入し、孔壁の画像を取得・解析する調査手法である。この調査は、主として杭をはじめとする

基礎構造物の状況把握、ダムの岩盤評価、トンネル覆工背後の空洞調査等、壁面が自立する対象物中の構造や亀裂を把握することを目的として行われてきた。しかし、未固結堆積物では孔壁が崩壊する恐れがあるため、この調査法は未だ一般に適用されていない。

一方、活断層の活動履歴調査では、固結していない第四紀の堆積物の構造を解明することが重要であることから、ボアホールカメラの適用にあたっては孔壁保持の方法、あるいは孔壁が崩壊しても対応できる調査方法を確立することが求められる。逆にこの問題が解決できたなら、ボアホールカメラによる調査は有効な調査手法となりうると言える。筆者らは、京都市山科区の市街地における黄檗断層（小野一醍醐断層：岡田・東郷，2000）の活動履歴調査にあたって、ボアホールカメラ調査を試験的に行って、問題解決を試みた。

## 3. 調査仕様および調査地点

この調査では、株式会社レアックスによって開発されたBIPS (Borehole Image Processing System：第1図) というシステムを用いた。このシステムは、ボー

リング孔内にプローブ（カメラ）を挿入し、一定速度でプローブを降下させながら孔壁全周をスキャンしていくもので、リアルタイムでノートパソコン上に展開画像が映し出され、それを記録し、持ち帰って解析することにより、孔壁の地質状況を明らかにするものである。プローブの降下速度は、解像度 0.5 mm の場合 1.5 cm/s 以下を標準とするが、目的に応じて変化させることができる。特に湧水やガス噴出の状況を観察する場合などには、プローブを静止させて動画を得ることもある。

この調査では正確に地質構造を把握するという本調査目的のため、画像の歪の小さい円錐鏡カメラを用いてスキャンを行った。円錐鏡は、魚眼レンズや広角レンズと比較して歪が小さく、面の走向傾斜を正確に測定できるという利点があるが、プローブ先端にレンズを設置していないため孔底部の約 20 cm 区間が死角となって撮影できない。一方、広角レンズや魚眼レンズではプローブの先端にレンズが取り付けられるため、孔底近くまで撮影できるという利点があるものの、画像の歪が大きい（第 2 図）。このようなカメラの特徴をふまえ、目的に応じてカメラを選択する必要がある。

BIPS のカメラ（スカナー）には、清水ないし無水で光学画像を取得できる光学的展開画像観察プローブ（ODS）のほか、濁水中でも地層の硬軟や亀裂に関する情報が得られる超音波スキャンングプローブ（USS）、前方視と側方視の両方が可能なもの（DVS）などがある。プローブの大きさは、外径 26 mm（コンクリート背面の空洞調査などに用いられる）から外径 150 mm（主として鉱山立坑観察・集水井観察に用いられる）まで多種あるが、この調査では高速で画像を取得でき、かつ外径 66 mm～86 mm の標準的なボーリングに対応して最も一般的に使われている、外径 50 mm の ODS を用いた注 1)。なお、現行の BIPS における計測可能な深度は最大 500 m であるが、プローブによっては深度 1500 m まで対応可能である。

今回用いた調査システム（探査深度 7.4 m）では、バン 1 台にすべての機器を収納でき、作業に要する面積は 1 m<sup>2</sup> 程度である。第 1 表に本調査で用いた BIPS の仕様を、現地調査に用いた装置一式を第 2 表、それらのイメージ図と写真を第 3 図に示す。

調査地点は、山科区大宅地区の市街地にある駐車場（第 4～5 図）である。用地の関係上、乗用車 3 台分の用地（約 6 m×7 m）でボーリング掘削関連作業すべてを行わなければならなかった（第 4 図）。近傍で前年度に行ったボーリング調査（第 5～6 図）から、調査地点には下位より急傾斜した未固結の砂礫層（恐らく更新統）と、それを不整合に覆う未変形の軟弱な土石流堆積物および谷底面堆積物（完新統）が分布すると予想された。特に谷底面堆積物は崩れやすく、孔壁崩壊が想定された。この地点で両堆積物の

年代から断層活動履歴を把握することを目的として、外径 86 mm、深度 7.5 m のオールコアボーリングを行った。当地の地下水位は GL-0.98 m であった。

#### 4. 現場作業手順

本調査孔では、孔壁崩壊が生じる可能性が高いと予測されたため、1 m 掘進するごとに、清水による孔内洗浄→プローブを挿入して 1 m 区間撮影（孔径 86 mm）→撮影済み区間にケーシング挿入→1 m 掘進、を繰り返し、かつ全長（7.4 m）掘削後にケーシング抜き取り→孔内洗浄→全区間撮影（孔径 102 mm）→最終的な埋め戻し、という往復撮影を実施した（第 7 図）。

光学画像取得にあたっては、孔壁が汚れていないこと、孔内が清水で満たされている（または孔内水がない）ことが求められるため、清水（沢水）を用いて掘削し、孔内洗浄にあたっては、ボーリングロッドを孔底まで降ろしてロッド先端から清水を注入し、孔口からあふれ出す孔内水の状態を観察しながら待機し、孔内水が完全に透明になったことを確認して（第 8 図）から、プローブを挿入した。清水注入のみでは孔内水や壁面がきれいにならない場合、ブラッシングすることも考慮したが、孔壁を崩壊させる恐れがあるので実施しなかった。

画像取得にあたってはプローブが確実にボーリング孔の中心に挿入されるようにするため、ケーシングホルダーを用いて位置出しした上でプローブを導くプーリーを孔中心上に設置し（第 9 図）、さらに方位を決めるため、プローブ内に設置されている方位磁針（モニター画面に磁北が表示される）によって常に方位を一定に保った状態で画像を取得することに留意しつつプローブを降下させた（第 10～11 図）。

本孔では掘削・洗浄時に多量のスライムが生じて孔底を埋めてしまったため、スライム上面（≒孔底）にプローブ先端が触れる深度から 20 cm 上のカメラ設置位置以深は撮影できなかった。この問題を避けて全区間撮影するには、後述するように撮影区間と掘進区間（コア採取区間）をずらすことが考えられたが、通常のボーリングと同様に 1 m 区間の連続コアを採取することを重視して同一区間で撮影とコア採取を行ったため、掘進しながらの撮影（往路撮影）では、2～4 割程度の区間で画像を取得できなかった。一方、掘止後に全孔壁を連続撮影した復路の撮影では、地表から約 1.5 m の浅部区間については孔壁崩壊の恐れが高かったためケーシングを残した状態で行った。しかし、ケーシング抜管と孔内洗浄に伴って新たにスライムがたまってしまったか、あるいは地層の膨潤等の他の理由により孔壁が閉塞されてしまったため、下部約 1.8 m の区間については撮影できなかった。

なお掘削深度が深くかつ孔壁崩壊が激しい場合には、掘り止め深度まで掘進した後、孔内洗浄後ただちに透明塩ビ管を挿入して保孔しながら撮影することも考慮したが、本孔では掘削深度が浅かったこと、および透明塩ビ管挿入位置が孔の中央からずれていた場合に偏心して画像の精度が低下することを懸念して透明塩ビ管による保孔は行わなかった。

1 m 区間ごとの孔内洗浄からボアホールカメラ画像取得を経てケーシング挿入開始までの所要時間は約 30 分～1 時間、掘止深度 (7.4 m) まで掘削してケーシング抜管後、孔内洗浄から撮影終了までの所要時間は約 1 時間であった。

## 5. 画像データの処理とその解釈

画像解析は、現場で得られた孔壁展開画像データをデジタル画像データとして保存し、室内で第 3 表に示す解析システムに読み込んで行った。解析にあたっては、層理面など面構造の走向傾斜を求めることに留意した。多数の面構造の走向傾斜が得られた場合、統計処理を行うことも考慮したが、本調査では得られた面構造が少なかったため統計解析は行わなかった。また、孔壁全周の 70% 以上連続する面構造について、BIPS 画像解析プログラムを用いて走向傾斜を求めた。

また、展開画像に現れた壁面の形態から、面構造の 3 次元的な形態について情報が得られると期待される。すなわち、面構造が平板なものであれば展開画像上はきれいなサインカーブ状の切り合い線（面構造と孔壁の交線）を描き、湾曲した面構造であれば不規則な切り合い線を描くはずである。この点は後述する解釈に当たって留意した。

BIPS 画像印刷プログラムでレイアウトした壁面画像（真北を中央に展開した図）を、比較のためコア観察によって得られた柱状図や半割コアの写真（文部科学省研究開発局・国立大学法人京都大学、2022）とともに第 12 図に、面構造などを解釈した結果を第 13 図に示す。なおコア観察・コア写真撮影は、コアチューブで保護した状態でコアを転がして面構造の走向と直交する断面（すなわち最大傾斜方向に投影した断面）を割り出した上で行った。

図に示されるように、最初に画像取得した往路（1 m 区間撮影）の深度 1 m 以浅区間では孔内洗浄が不十分であったために画像がぼやけてしまったが、そのほかについては、画像欠損区間はあるものの、全体に明瞭な画像が得られた。

コア写真とボアホールカメラ画像を比較（第 12 図）して分かるように、特に礫質部やサンプラー先端部など、コア観察では明確に構造を把握しがたい部分を含めて、全体の構造を明確に観察することができた。また、通常のボーリングでは得られない面構造の走向に関する情報が小さな誤差範囲で得られるこ

と、復路の全区間撮影では連続して壁面を観察できること、微細な堆積構造や地層境界（構造境界）まで詳細に捉えることができること、などの利点があることが示された。

面構造の解釈（第 13 図）にあたっては、切り合い線がサインカーブを描く面構造（平板状の面構造）を青で、不規則なものを黒で示した。このコアでは、層理面以外の面構造（酸化帯や何らかの原因による地層の落ち込みなど）は、サインカーブに近似できない不規則な形態を示しており、両者は明確に識別できた。また、層理面でも礫層下面の削り込みを伴う堆積構造は湾曲しているが、これは地質観察経験者ならば容易に解釈可能なものであり、大きな問題ではない。

コア観察とボアホールカメラ画像観察より、このコアに出現した地層は上位から耕作土、A 層（礫を多含するシルト層：谷底面堆積物）、B 層（不淘汰な角礫質で固結度の高い礫層：文部科学省研究開発局・国立大学法人京都大学防災研究所、2022 で「べんがら礫層」と呼んだ土石流堆積物）、C 層（ほぼ水平～5° 程度傾斜している可能性がある砂・礫・シルト互層）、D 層（傾斜した砂・礫・シルト互層）、E 層（強風化角礫層）の 5 層に区分できる。ボアホールカメラ画像によると、地層の傾斜は C 層以上ではほぼ水平であるが、D 層は約 40 度、E 層は約 50 度と累積的に増加するように見える。

D 層・E 層中の層理面の走向は、N8°E～N24°W を示し、これは変位地形から想定される当地の断層（小野一醍醐断層）の走向と一致する。コア観察では C 層が 5° 以下の傾斜している可能性があると思われたものの、この傾斜は不確実と判断されていた。しかし、ボアホールカメラ観察により C 層基底の不整合面がほぼ水平であることから C 層は傾斜していない可能性が高いと判断できた。また、コア観察とボアホールカメラ画像の解析を併用することにより、D 層および E 層中の面構造は礫層中の基質に富んだ薄い泥質層の層理面であるが、①それらは上下位の礫の並びと調和すること、②地層の走向が活断層のそれとほぼ一致すること、③ D 層は下位の E 層より約 10° 傾斜が小さいこと、が分かった。これらの情報から、E 層や D 層が示す急傾斜は堆積構造（斜交層理）である可能性を完全に否定はできないものの、傾斜不整合面によるものである可能性が高いと判断できる。

以上から、E 層・D 層中の傾斜した層理面は初生的なものではなく、断層変位に伴う累積性のあるテクトニックな構造（あるいはその可能性が高いもの）と判断できる。これを基に、本孔では E 層～D 層間（やや不確実）と D 層～C 層間（確実）に傾斜不整合を認定した（第 14 図）。コア観察単独では、このような判断はかなり困難であったと考えられる。

## 6. 改善すべき点・作業上の注意点

今回の調査では、往路撮影においてはプローブ先端の死角（今回用いたシステムでは孔底部の約20 cm 区間が死角）と孔底に堆積したスライムのため、孔底から20～40 cm 程度の区間の画像が得られなかった。この点は、掘進区間と画像取得区間を数10 cm ずらすこと、およびケーシング先端深度を若干浅くして画像所得区間を重複させること（第15図）、によって改善できる。すなわち、①掘進およびコア採取（第15図では深度4.0～5.0 m）、②ケーシング挿入（コア採取区間よりも、スライム堆積厚さ+カメラ死角+重複区間の和の分を見込んで、この分浅く（この場合は深度3.6 m まで）挿入）、③一部を重複させて画像取得（この場合の撮影区間は深度3.6～4.7 m）、以下、スライム堆積厚に応じてケーシング挿入深度を変えつつ作業を繰り返す、という掘進・コア採取・カメラ撮影画像取得の手順を繰り返すことによって、撮影不能区間をなくすることは可能である。

また、今回は復路の撮影において裸孔にプローブを挿入して画像を取得したが、孔壁崩壊ないし地層の膨潤といった何らかの原因によってボーリング孔の途中で孔が塞がってしまい、閉塞箇所深の画像を取得することができなかった。この問題を解決するには、①孔内洗浄後ただちに透明塩ビ管を挿入すること、②環境への悪影響がない透明で保孔力の高い泥水を開発すること、が求められる。①についてはさらに、塩ビ管と孔壁の位置がずれた場合にはスキャナーが偏心して正しい画像が得られないことに配慮して、ボーリング孔の中心に正しく塩ビ管を導くためのガイド装置を作成すること、が必要であろう。さらに、塩ビ管挿入後に孔壁が崩壊した場合に塩ビ管の抜き取りが困難となると予想されるため、この点についても十分検討することが必要と考えられる。

ボアホールカメラ画像取得では、孔壁が保持され、かつ孔内水が澄んでいること（あるいは孔内水がないこと）が良好な画像を得る上で必須の条件であり、そのために多くの注意が必要である。

今回は孔内水を澄んだ状態にするため、泥水ではなく清水を用いて掘削し、掘進後ボーリングロッドを孔底まで降ろして清水を注入する手法を用いた。注水にあたっては、孔壁にかかる水圧を加減しつつ、孔内水を追い出し、孔壁に付着している泥を落とす必要があるため、送水量（速度）の加減に注意が必要である。具体的には、最初ゆっくりと注水し、状態を見ながら送水速度を上げていった。しかし、初回の撮影時には孔内水に若干の濁りが残ってしまった。また、場合によっては注水しながら孔壁を低圧でブラッシングすることも考慮する必要がある。ブラッシングする場合には孔壁崩壊防止のため、細心

の注意が必要であろう。

また、ケーシング抜き取り後の復路全区間撮影では、今回は孔壁が閉塞して深部が撮影できなかったことから、掘進後撮影を繰り返すことを基本とし、なるべく細かい区間ごとに撮影することが望ましいという教訓を得た。本調査では清水を用いて掘削・孔内洗浄したが、硬岩を対象として透明な泥水で掘削し、泥水を充填した状態で画像を取得した事例もある（株式会社レアックスの和田氏の談話）。孔壁保持の面で透明泥水の必要性が高いと判断される場合には、この点について考慮する必要があるかもしれない。いずれにしても、ボーリングオペレーターとボアホールカメラ画像取得作業の間で緊密に連携することが必要である。

## 7. まとめ

可視光ボアホールカメラ画像による第四系未固結堆積物ボーリング孔壁解析は、コア観察と組み合わせることによって大変すぐれたデータを提供することによって、通常1孔におけるオールコア観察だけでは困難な、面構造の走向傾斜の正確な測定、初生的な堆積構造かテクトニックな変形構造かの識別、堆積構造の把握などが可能であった。このため、用地の制約が厳しい地点の構造調査、幅広い波状変形の調査、大深度の調査のみならず、広くボーリングによる地質調査一般にわたって利用価値は高いと言える。また、作業時間は短く、ボーリング掘進工程を大きく遅らせることはないことも利点と言える。

一方この調査法は、孔壁が保持されていること、および孔内水と孔壁がきれいであること、が求められる。この2条件を満たせない現場には適用できない。また、孔底にスライムが堆積した状態では画像が取得できないこと、本調査で用いた円錐鏡方式による画像取得では孔底部に死角が生じること、といった問題があるが、これらは、清水や透明な泥水で掘削し丁寧に孔内を洗浄すること、掘進区間と画像取得区間をずらすこと、によって解決できる。この手法は、今後さらに適用範囲を広げられる可能性が高い一方、孔壁崩壊対策などさらに検討すべき点も少なくない。

**謝辞** 本調査は文部科学省研究開発局の科学技術基礎調査等委託事業として、国立大学法人京都大学防災研究所が実施した令和3年度「奈良盆地東縁断層帯における重点的な調査観測」の一環として行ったものである。調査にあたっては、土地所有者、京都市防災危機管理室、京都市山科区地域力推進室、大宅学区区長ならびに関係各位のご協力をいただいた。株式会社レアックスのBIPS担当者・和田哲氏にはボアホールカメラの原理や利用法・課題等に関して多くのことをご教示いただいた。株式会社レアックスからは同社ホームページからの画像の転載の許可

をいただいた。以上関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

文献

文部科学省研究開発局・国立大学法人京都大学防災研究所（2022）奈良盆地東縁断層帯における重点的な調査観測 令和元～3年度成果報告書（印刷中）。

岡田篤正・東郷正美（2000）近畿の活断層。東京大学出版会，395p。

注1）別地点で、試験的に超音波スキニングプローブ（USS）により孔壁状況を観察したが、第四系未固結堆積物の性状に関する良好なデータを取得することはできなかった（文部科学省研究開発局・国立大学法人京都大学防災研究所，2022）。この方法については、さらに検討が必要と考えられる。

（受付：2022年9月27日，受理：2022年11月14日）

第1表. BIPSの主な仕様.  
Table 1. Major specifications of the BIPS.

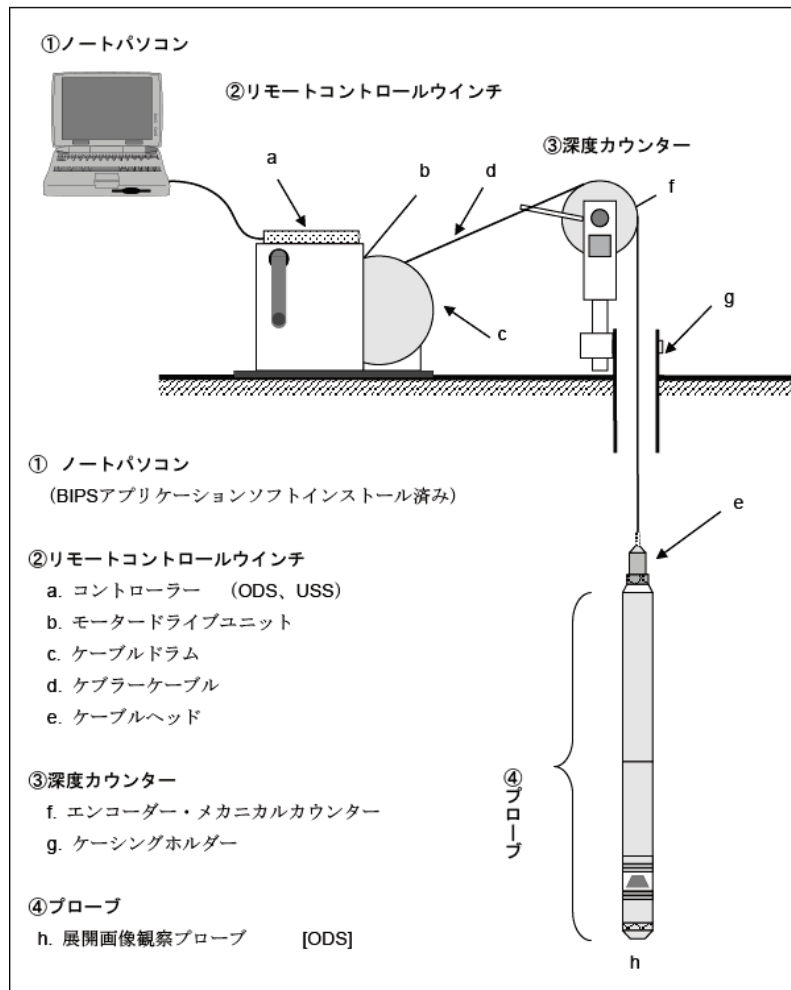
項目	BIPS-6 (ODS)
画像出力	Digital/NTSC, USB2.0
水平解像度	360/720/1440/2880 pixel
深度解像度	0.1mm
計測スピード	108m/h（深度解像度：0.5mm）
プローブセンサー	方位/重力センサー
プローブサイズ	外径Φ50mm、全長970mm、重量6kg
計測長	200m（最大500m）
電源	AC100-240 v
駆動方式	モーター駆動（降下/引上げ）/手動

第2表. 現地調査で使用した装置一覧.  
Table 2. List of instruments used in this study.

種別	名称	項目	仕様
共通	ノートパソコン	タフブックCF-20	計測アプリケーションインストール済
		ケーブル	Φ5.6mm、最大200m、5芯検層用
	ウインチ&ケーブル	外径および重量	W500mm×D370mm×H380mm 28kg（地上制御ユニット含む）
		駆動方式	モーター駆動、手動切り替え
		供給電源	AC100V
		深度カウンター	外形および重量
		計測精度	0.25mm
ODS	地上制御ユニット	動作環境	0～40°C
		深度表示	整数4桁、少数3桁(9999.999m)
	プローブ（BIPS-6）	外形および重量	Φ50mm、長さ960mm
		動作環境	0～40°C、防水（結露がないこと）
		適応孔径	Φ60mm～120mm
	適応可能な地下水状況	地下水なし および 清水	

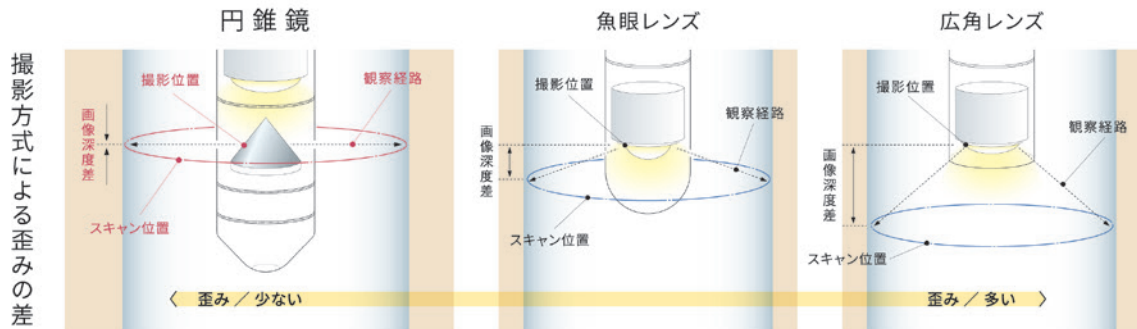
第3表 解析に用いたプログラム一覧.  
List of the analyzing programs.

ソフト名	機能
BIPS画像解析プログラム	孔壁展開画像から走向傾斜・割れ目の幅等の情報を取得する
BIPS画像印刷プログラム	孔壁展開画像をレイアウトして印刷する
Stereo Win Pro	面構造の走向傾斜をステレオ投影し、データの統計処理を行う



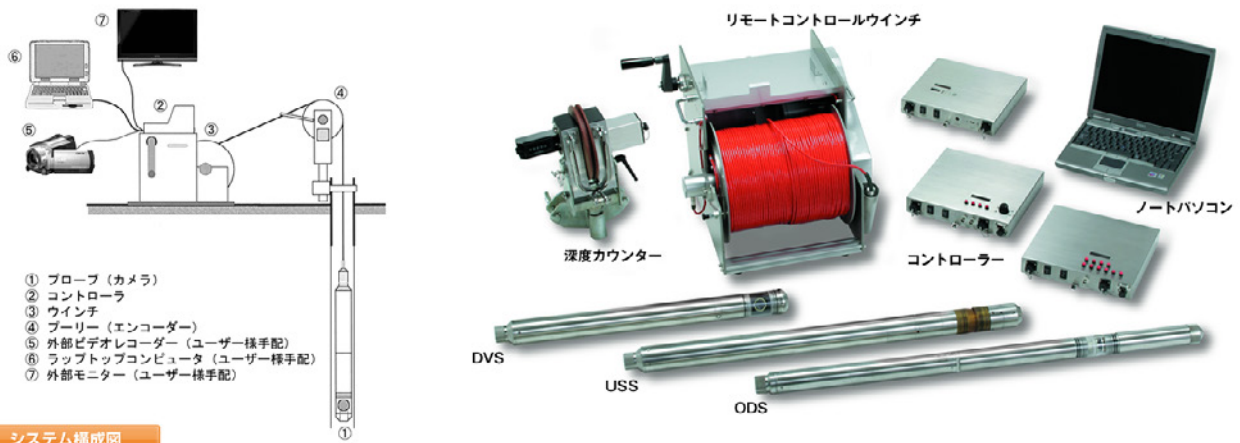
第1図. BIPSの構成図 (株式会社レアックスのホームページより転載).  
Fig. 1. Configuration diagram of the BIPS (Borehole Image Processing System)  
After the homepage of Raax Co., Ltd.

## 円錐鏡方式によって撮影された観察画像の特長



撮影位置とスキャン位置の深度差が大きいほど、観察画像に歪みが生じてしまいます。円錐鏡方式は、孔壁を正対視して撮影することが可能。観察経路長が短く、深度差が小さいため、より歪みの少ない孔壁展開画像を取得することができます。

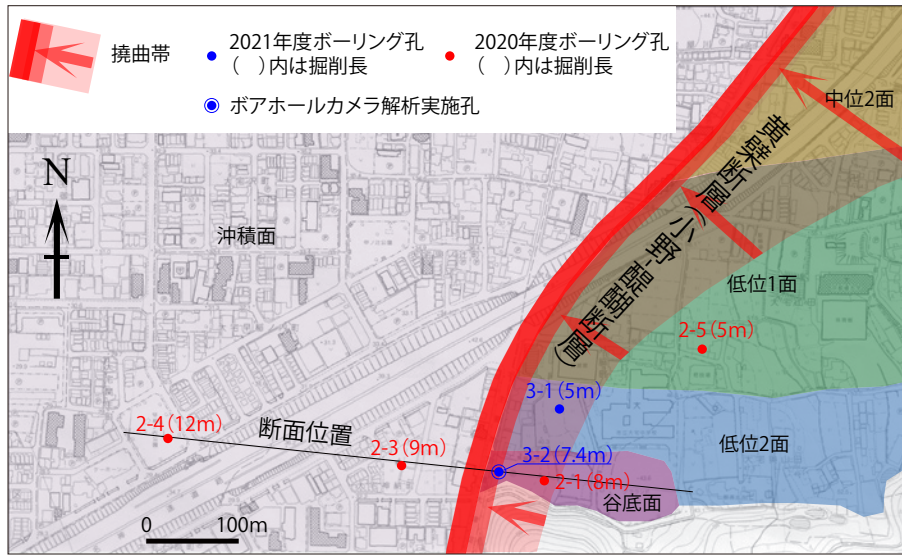
第2図. ボアホールカメラの各種撮影方式の概念とその比較 (株式会社レアックスのホームページより転載).  
Fig. 2. Schematic diagram and comparison of various borehole camera imaging systems. After the homepage of Raax Co., Ltd.



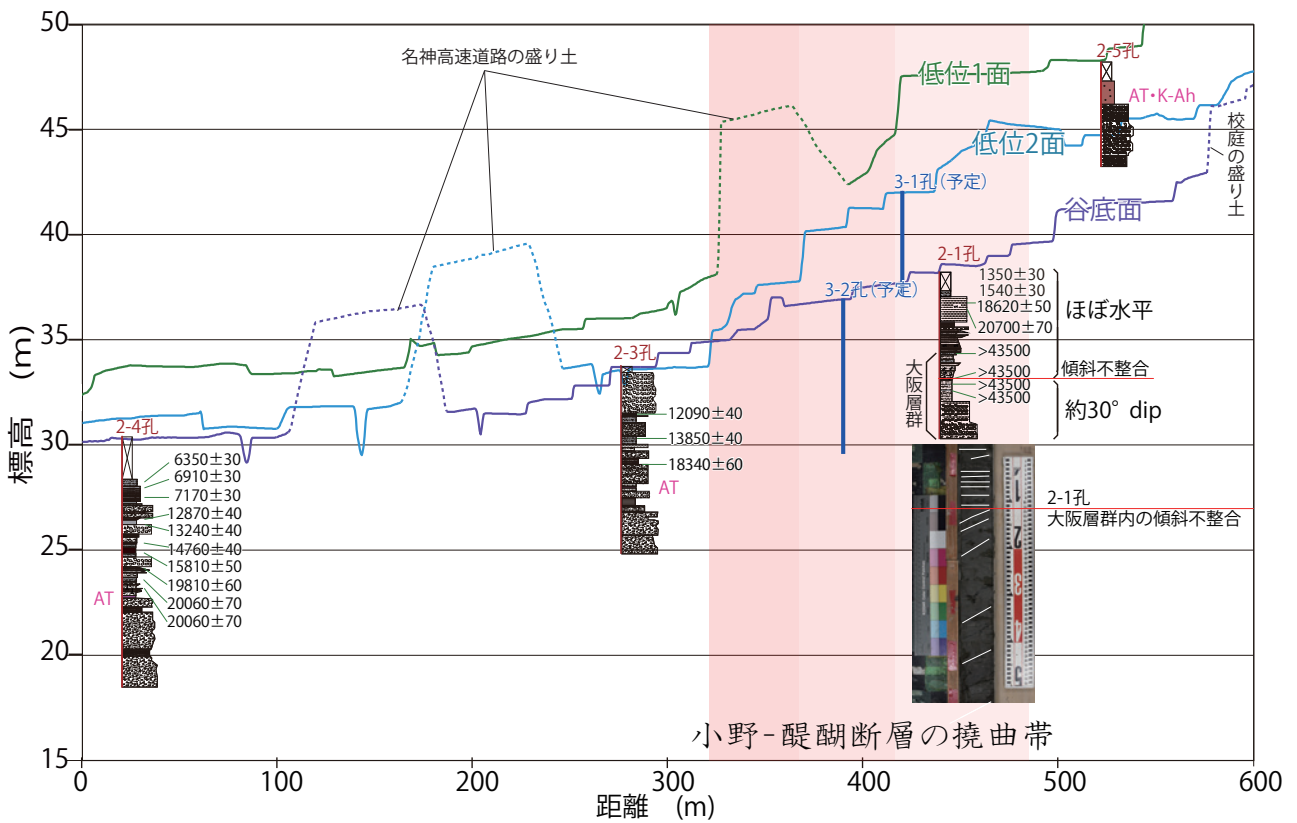
第3図. BIPS とその付属装置 (株式会社レアックスのホームページより転載).  
Fig. 3. Photographs of the instruments of the BIPS and its attachment devices. After the homepage of Raax Co., Ltd.



第4図. 調査地点の状況.  
Fig. 4. Photograph showing the working site.

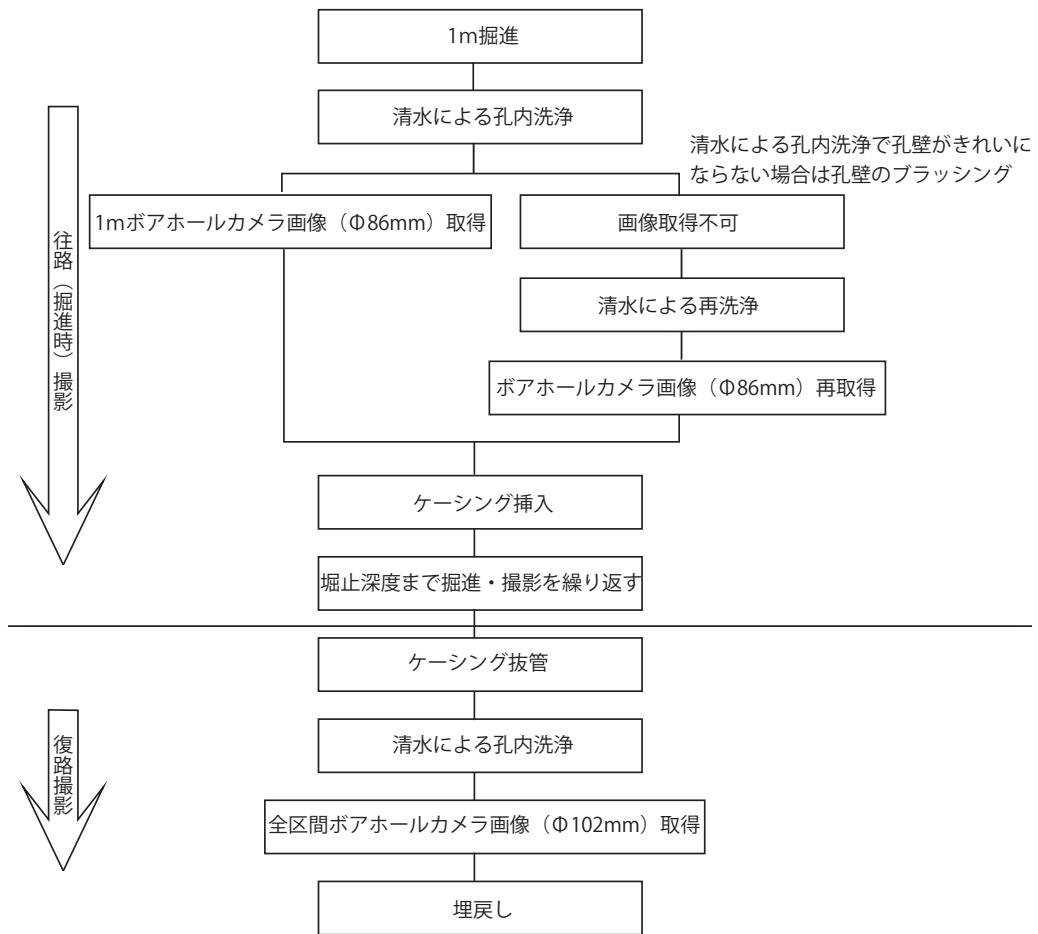


第5図. 調査地点の位置図.  
Fig. 5. Location of drilling sites.



第6図. 既往調査で得られていたボーリングデータ. 断面位置を第5図に示す. 数字は未補正 <sup>14</sup>C 年代.  
Fig. 6. Drilling data obtained by previous studies. Location of the cross section is shown in Fig. 5. Numbers are uncorrected <sup>14</sup>C ages.





第7図. 本調査における作業手順.

Fig. 7. Operational procedures in this survey.



清水注入開始時にボーリング  
孔からあふれ出す水



孔内洗浄終了頃にボーリング  
孔からあふれ出す水

第 8 図. 清水注入による孔内洗浄の状況.  
Fig. 8. Washing of the borehole by freshwater injection.

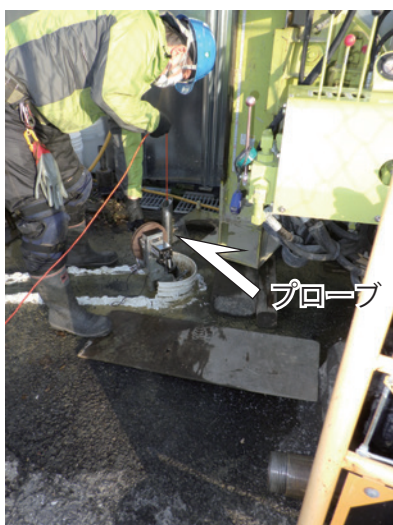


ボーリング孔の中心を決めるガイド  
(ケーシングホルダー)



ケーシングホルダーとプーリー  
の位置合わせ

第 9 図. 確実にボーリング孔の中心にプローブを挿入するためのケーシングホルダー.  
Fig. 9. Casing holder to guide the probe (borehole camera) insert into the center of the borehole.



モニター画面を見ながら定速でプローブを降下させつつ画像を取得している状況

ボーリング孔へのプローブ挿入

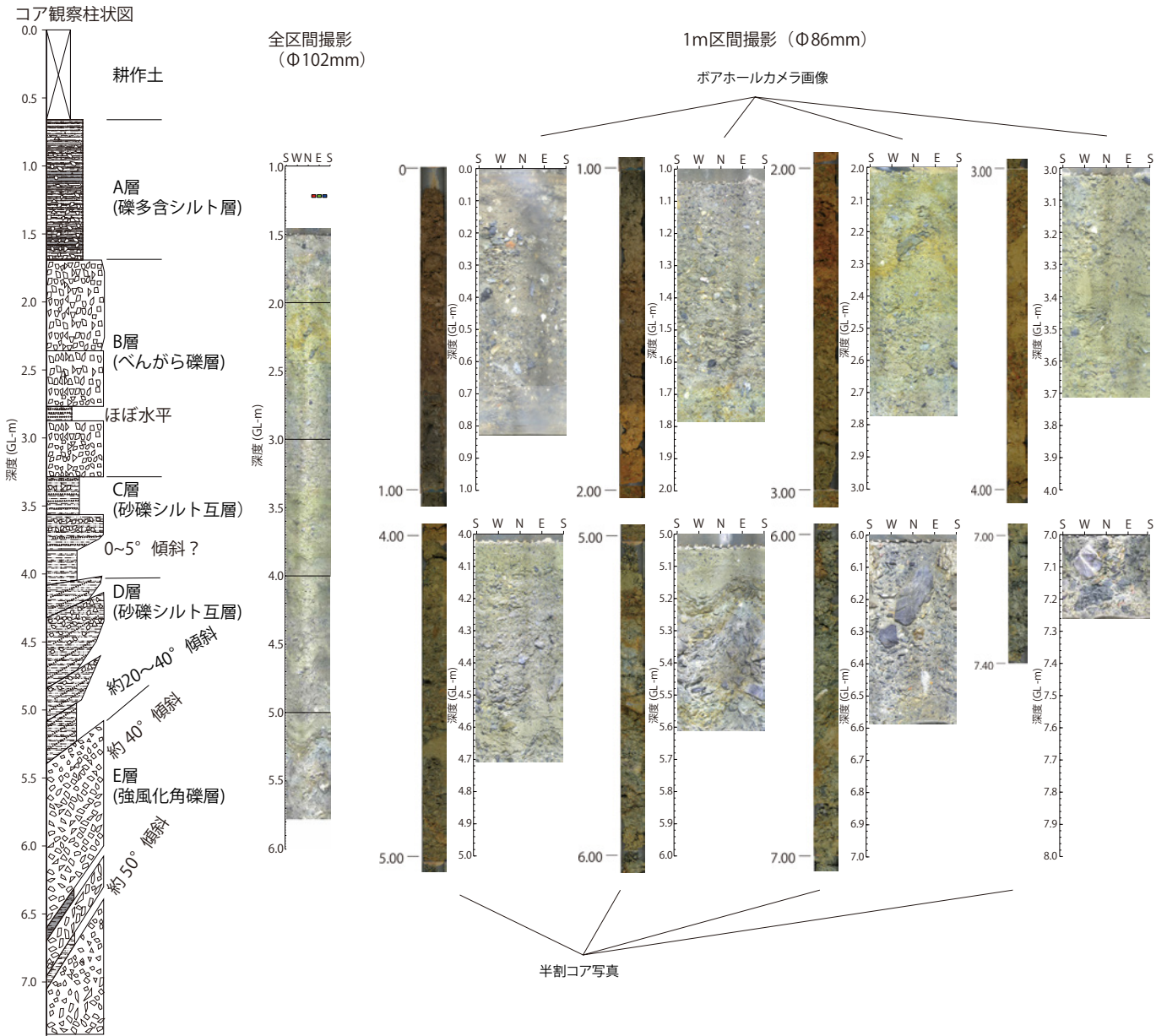
第 10 図. ボアホールカメラ画像取得作業の状況.

Fig. 10. Working situation for inserting probe to the borehole and image capture.



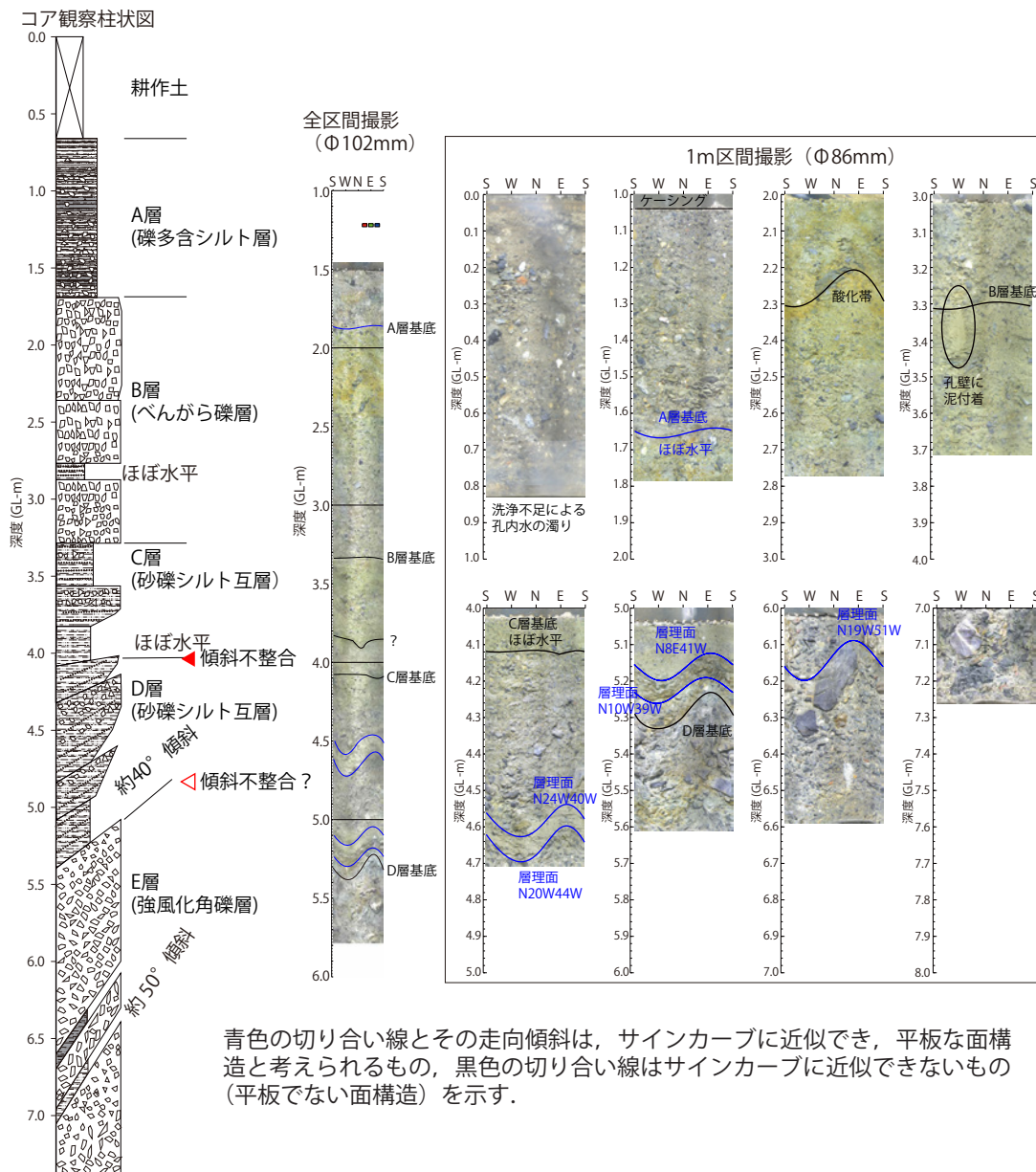
第 11 図. モニター画面. リアルタイムで孔壁の展開画像を見ることができる. プローブ内に設置された方位磁針で方位を一定に保ちながら画像を取得する.

Fig. 11. Monitor screen. Projection images of the borehole wall can be viewed in real time. The images are captured while keeping the direction of the probe by a compass.



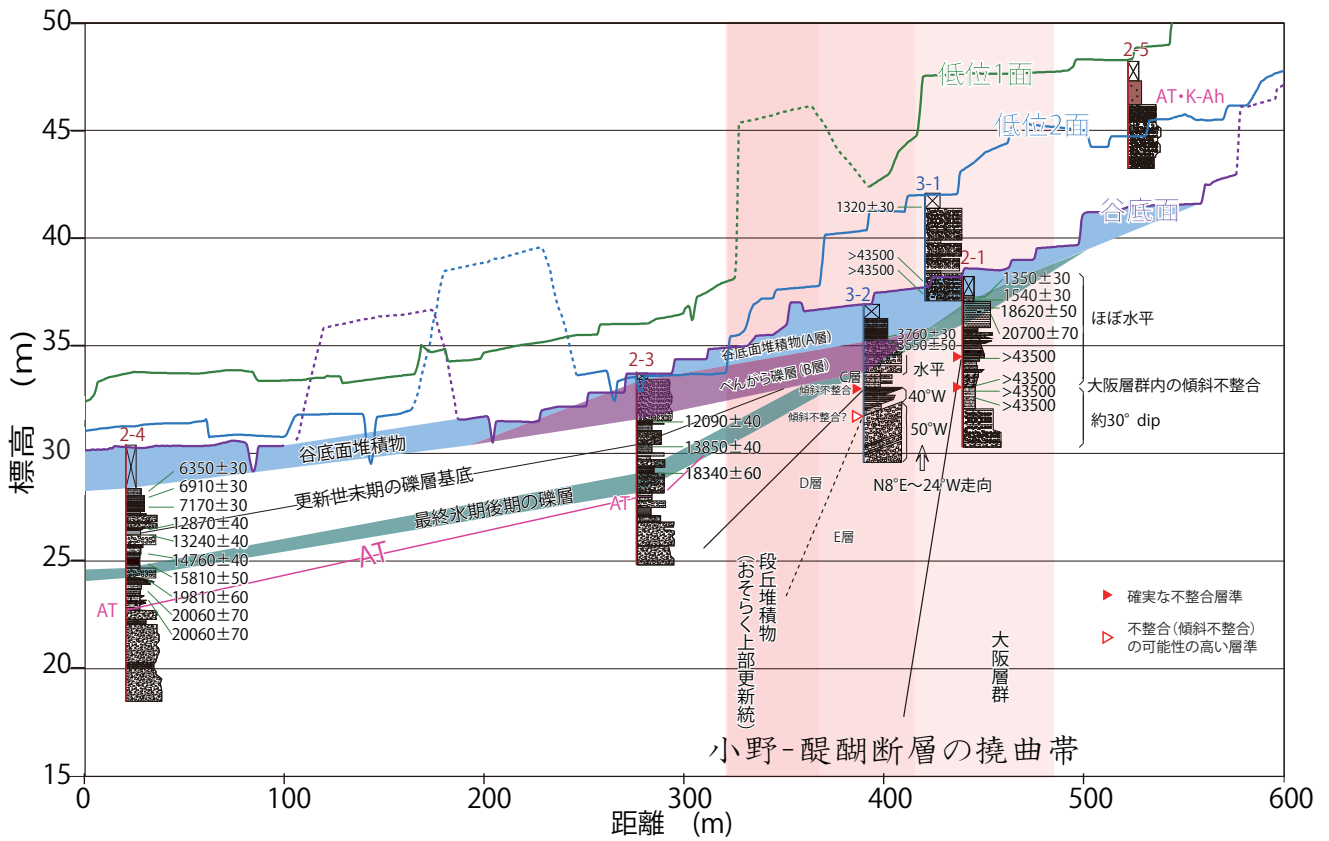
第 12 図. ボアホールカメラ画像と半割コアの写真およびコア観察柱状図.

Fig. 12. Borehole camera images, core photos and columnar section created by naked eye core observation.



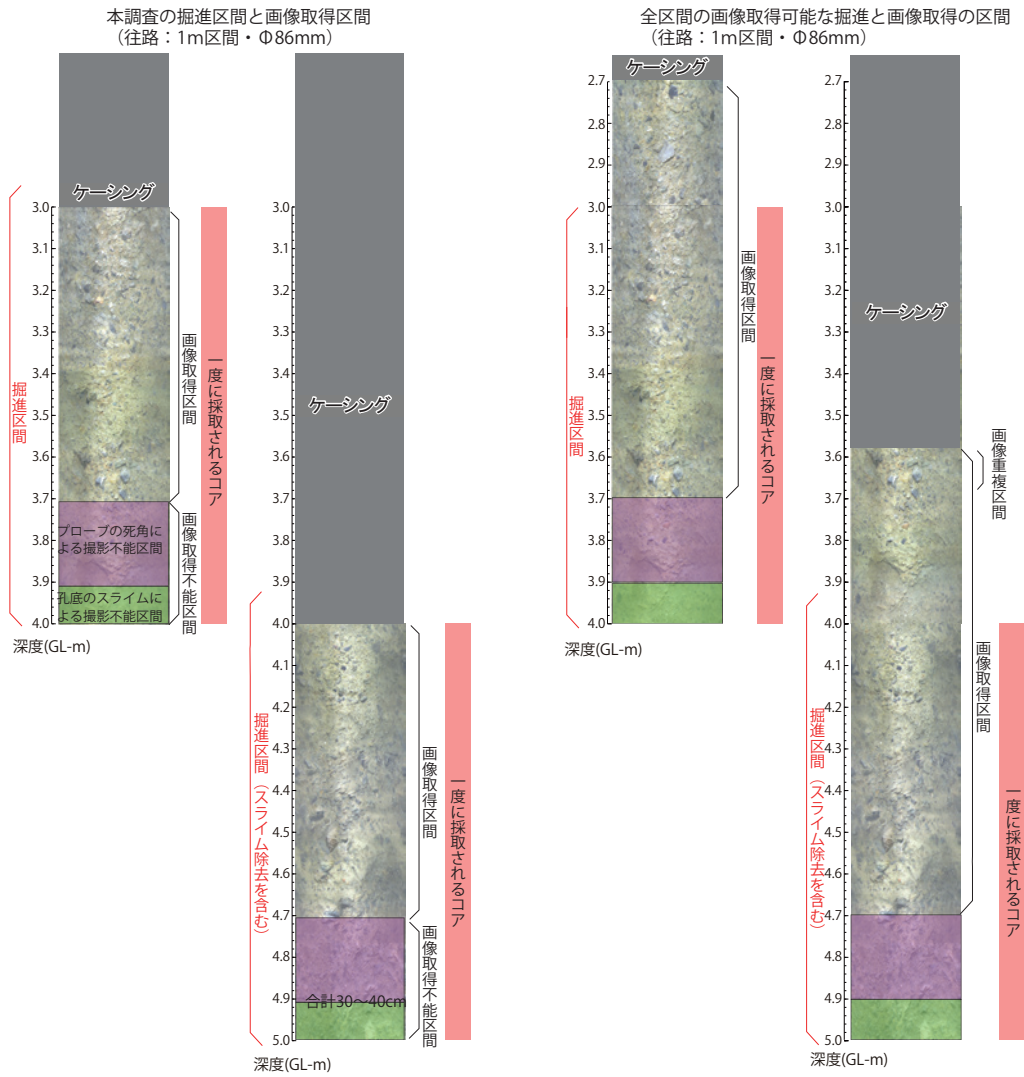
第 13 図. ボアホールカメラ画像解析とコア観察より得た面構造の解釈.

Fig. 13. Interpretation of the foliations by integrating borehole camera image analysis and core observation.



第 14 図. コア観察とボアホールカメラ解析結果を併用して作成した解釈断面.

Fig. 14. Interpreted cross section created by naked eye observation of the cores and borehole camera imaging.



第 15 図. 往路撮影における画像取得不能区間の解消法. 左図: 今回の方法. 右図: 改良案.  
 Fig. 15. Procedures for capturing the image on all sectors of the drilling hole. Left figure shows procedures in this study. Right figure shows improved procedures.