

# すべり層のサンプリングと認定方法に 関する研究

## 共同研究報告書

平成25年1月

独立行政法人土木研究所  
ハイテック株式会社  
株式会社高知地質調査  
株式会社地圏総合コンサルタント  
応用地質株式会社  
株式会社建設技術研究所

Copyright © (2013) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、独立行政法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、独立行政法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

# すべり層のサンプリングと認定方法に 関する研究

## 共同研究報告書

### 【要 旨】

本報告書は、土木研究所地すべりチームと民間企業5社が、平成22年度から平成23年度にかけて実施した共同研究「すべり層のサンプリングと認定方法に関する研究」における成果をとりまとめたものである。

本共同研究では、適切なサンプリング方法を確立し、これに基づきすべり面位置の推定やすべり層構造の特性を明らかにすることで、すべり面を認定する方法を提案することを目的として、①調査手法とすべり層構造に関する知見の整理、②サンプリングの実施とボーリングコア等の詳細観察、③すべり層材料特性の把握、④すべり層認定手法の検討を実施した。

キーワード：地すべり、すべり層、すべり面、樹脂固定法、高品質ボーリング

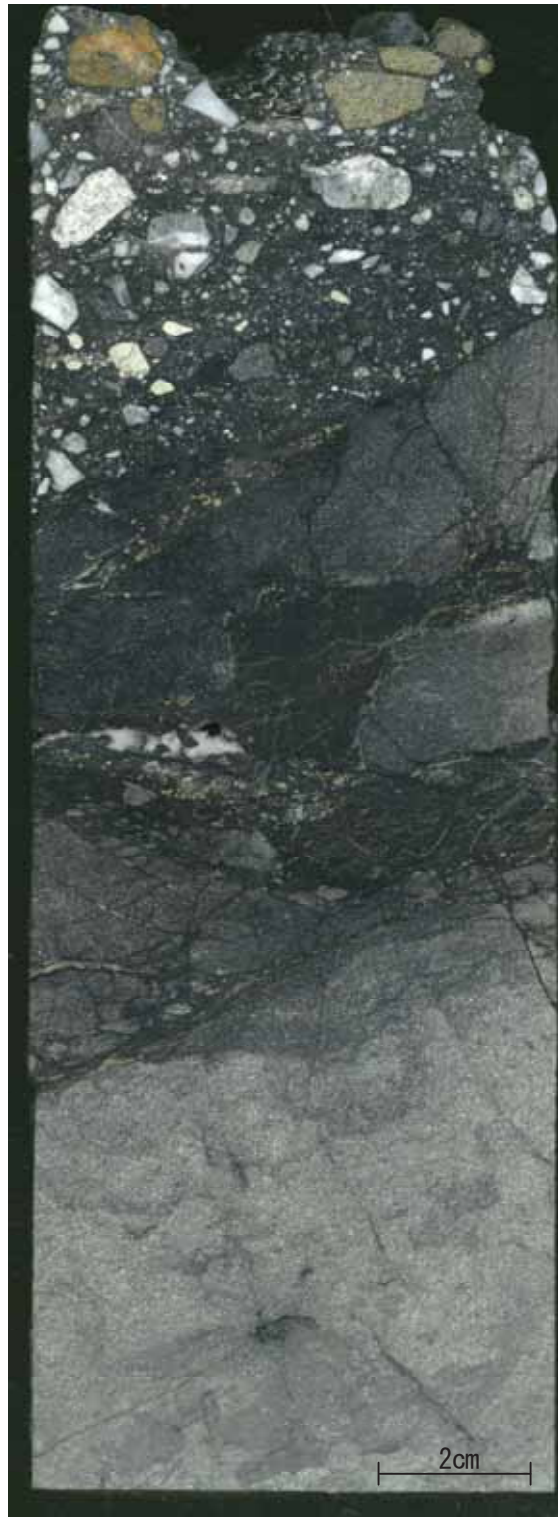
## 執筆者名簿

(独) 土木研究所 土砂管理研究グループ	地すべりチーム	上席研究員	武士 俊也
		主任研究員	杉本 宏之
		前 交流研究員	本間 宏樹*
		交流研究員	樽角 晃
		前 交流研究員	宇都 忠和**
		交流研究員	中野 英樹
ハイテック株式会社		取締役技術担当	武田 伸二
		技術顧問	寺田 直道
株式会社高知地質調査		代表取締役	村田 誠一
株式会社地圏総合コンサルタント	事業本部	地盤技術部 部長	棚瀬 充史
	技術統括部	事業展開室 室長	佐々木孝雄
	技術統括部	品質監査室 室長	永野 統宏
		九州支店 技術部 部長	佐渡耕一郎
		地盤技術部 岩盤調査室 室長	藤本 泰史
		札幌支店 技術部 課長	銭谷 竜一
		仙台支店 技術部 担当係長	渡邊 尚史
		エンジニアリング本部 顧問	大塚 康範
		エンジニアリング本部 副技師長	斉藤 秀樹
		エンジニアリング本部 副技師長	山根 誠
		東北支社ジオテクニカルセンター 上級専門職	仙石 昭栄
応用地質株式会社		四国支社ジオテクニカルセンター グループリーダー	山田 政典
		九州支社 地圏環境室 技師長	上妻 睦男
		東京本社 地圏環境部 次長	西柳 良平
		九州支社 地圏環境室 次長	綿谷 博之
		東北支社 地圏環境室 主幹	水野 直弥
		大阪本社 地圏環境部 主任	梶山 敦司

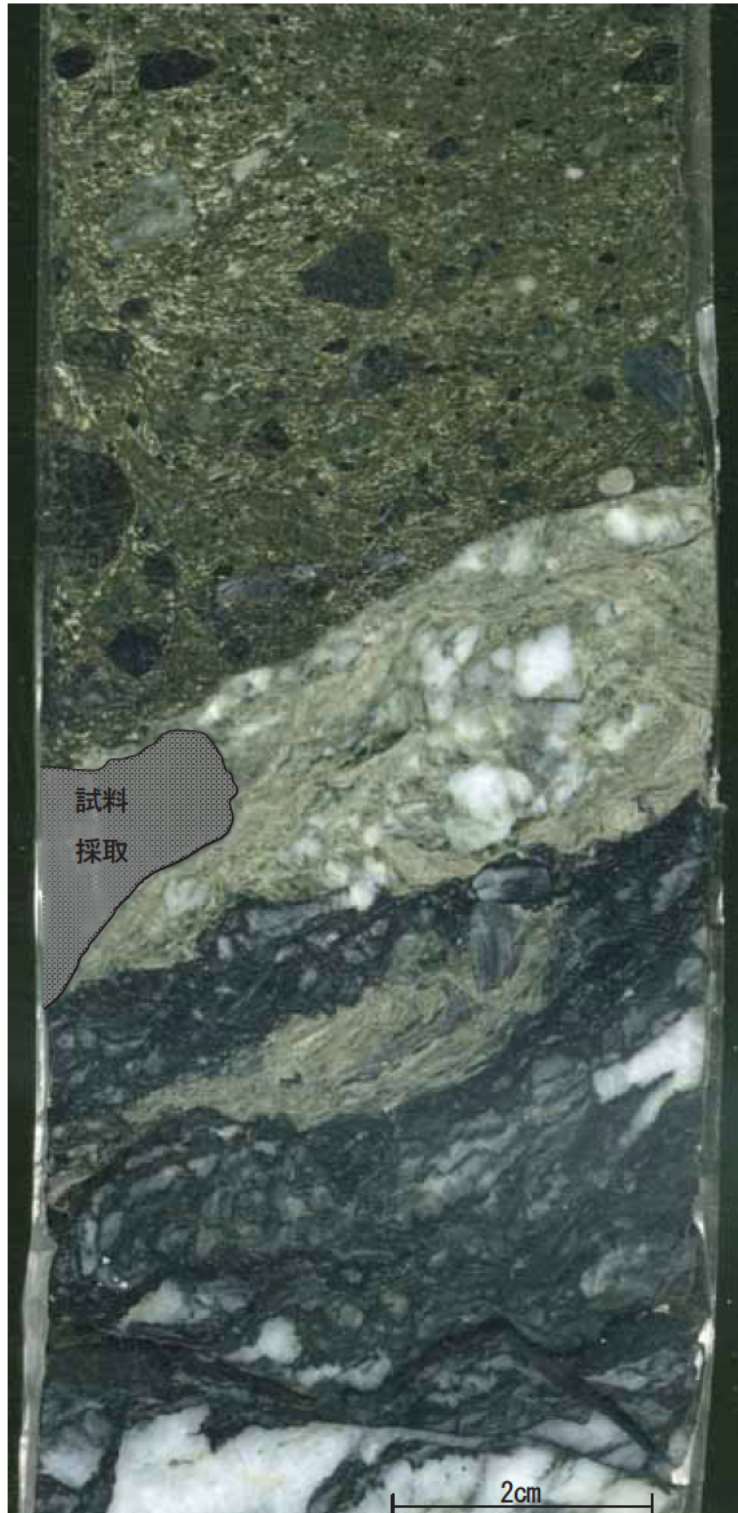
\* 現 応用地質株式会社 \*\* 現 株式会社エイト日本技術開発



口絵 1 甚之助谷地区 BV 91 のすべり面付近の樹脂固定標本（詳細については、3.2 章を参照）



口絵 2 甚之助谷地区 BV 90 のすべり面付近の樹脂固定標本（詳細については、3.2 章を参照）



口絵 3 入谷地区 BV22 3 のすべり面付近の樹脂固定標本 (詳細については、3.4 章を参照)  
(※一部、別の解析のため試料採取)



口絵 4 怒田・八畝地区 MR 7 のすべり面付近の樹脂固定標本（詳細については、3.6 章を参照）



# すべり層のサンプリングと認定方法に関する研究

## 【 目 次 】

### 口絵写真

- 口絵 1 甚之助谷地区 BV 91 のすべり面付近の樹脂固定標本
- 口絵 2 甚之助谷地区 BV 90 のすべり面付近の樹脂固定標本
- 口絵 3 入谷地区 BV22 3 のすべり面付近の樹脂固定標本
- 口絵 4 怒田・八畝地区 MR 7 のすべり面付近の樹脂固定標本

1. はじめに	
1.1 背景.....	1 1
1.2 目的.....	1 1
2. 活動履歴	
2.1 実施体制 .....	2 1
2.2 実施工程 .....	2 1
2.3 研究の概要と本報告書の構成.....	2 7
3. すべり面・すべり層の分析の実施	
3.1 研究方法 .....	3 1
3.2 甚之助谷地区 (BV 90 孔、BV 91 孔) .....	3 2
3.3 由比地区 (SC 10 孔、SC 13 孔) .....	3 4
3.4 入谷地区 (BV22 3 孔) .....	3 8
3.5 譲原地区 (新 F 5 孔) .....	3 12
3.6 怒田・八畝地すべり三津子野地区 (MR 7 孔) .....	3 15
4. 沖縄県当間地区におけるボーリングの実施	
4.1 概要.....	4 1
4.2 B 5 ボーリング .....	4 15
4.3 B 6 ボーリング .....	4 18
4.4 B 5 および B 6 ボーリングのすべり面・すべり層の分析.....	4 20
5. すべり面・すべり層のサンプリング	
5.1 すべり面及びすべり層の特徴.....	5 1
5.2 地すべり地におけるボーリングの留意点 .....	5 1

6. すべり面・すべり層の分析方法	
6.1 コアの観察記載.....	6 1
6.2 切断研磨標本のプロファイル分析.....	6 8
7. 樹脂固定標本を用いた微細構造観察に基づくすべり面の認定について	
7.1 概説.....	7 1
7.2 従来のすべり面認定.....	7 1
7.3 樹脂固定すべり面標本を用いた微細構造観察に基づくすべり面の認定.....	7 2
7.4 樹脂固定すべり面標本の活用と今後の展望.....	7 3
資料	
すべり面に関する文献リスト.....	1

## 1. はじめに

### 1.1 背景

地すべりによってすべり面の形状は様々であり、すべり面の鉛直方向の構造や面的な広がりなど、まだ不明なことが多くある。一方、地すべりの機構解析や対策工計画においては、すべり面位置が重要であり、地形判読や地質調査、計測器を用いた変位観測などを元に特定されている。特に、ボーリング調査は、地すべり地内の地質構造や破碎状況などの地質的特徴を把握することができる重要な情報であり、ボーリングコアの観察や分析からすべり面位置を推定されることが多い。しかし、すべり面に見られる粘土や破碎された地すべり土塊はボーリングによるコアの採取が難しく、その構造や特性を分析することが難しかったが、近年、高品質ボーリング技術によりすべり面や地すべり土塊の詳細な観察が可能になった。

そのため、高品質なボーリングコアの詳細な観察やすべり面の3次元構造を調査することで、地すべりによるすべり面の特性を明らかにし、すべり面の調査技術や特定精度を高めることが、より詳細な地すべり機構の解明や効果的な対策につながると考えられる。

### 1.2 目的

本共同研究では、適切なサンプリング方法を確立し、これに基づきすべり面位置の推定やすべり層構造の特性を明らかにすることで、すべり面を認定する方法を提案することを目的として、①調査手法とすべり層構造に関する知見の整理、②サンプリングの実施とボーリングコア等の詳細観察、③すべり層材料特性の把握、④すべり層認定手法の検討を実施した。

## 2. 活動履歴

本共同研究は、平成 22 年 4 月 1 日から平成 24 年 3 月 31 日までの 2 年間実施した。以下に共同研究の実施体制と活動履歴を示す。

### 2.1 実施体制

本共同研究では、すべり層の 3 次元構造や特性、サンプリング方法に関わる研究であり、専門的な技術、経験及び知識が必要であることから、コンサルタント会社、地質調査会社を参画企業として公募した。その結果、表 2.1 に示すとおりコンサルタント会社から 3 社、地質調査会社から 2 社、計 5 社が参画し共同研究を実施した。

表 2.1 参画企業

コンサルタント会社	地質調査会社
応用地質株式会社	株式会社高知地質調査 <sup>※※</sup>
株式会社建設技術研究所	(前：有限会社高知地質調査)
株式会社地圏総合コンサルタント <sup>※</sup>	ハイテック株式会社
(前：住鉱コンサルタント株式会社)	

※ 共同研究発足時は住鉱コンサルタント株式会社であったが、2010 年 10 月 1 日に建設コンサルタント部門を株式会社地圏総合コンサルタントに継承した。

※※ 共同研究発足時は、有限会社高知地質調査であったが、2010 年 9 月 1 日より株式会社高知地質調査に名称を変更した。

### 2.2 実施工程

本共同研究の実施工程を表 2.2 に、また活動履歴を表 2.3 に示す。

平成 22 年度には、地すべりの資料収集のため、文献の収集整理を行った。また、ボーリングコアの X 線 CT 画像による観察やすべり面周辺のコアを樹脂で固めて観察する方法、薄片の観察が有効であると考え、これらの実施を行った。

平成 23 年度には、引き続き樹脂固定すべり面標本の作製、観察を進めるとともに、沖縄県において、ボーリング調査を行った。採取したボーリングコアについては、コア観察や各種試験、樹脂固定すべり面標本作製などを行った。また、観察を進める中ですべり面認定のための着目点を抽出し、すべり面の観察項目や記載方法について検討を行った。

研究成果については、積極的に学会等で発表を行った。また、樹脂固定すべり面標本の作製について、土木研究所資料「樹脂固定法によるすべり面標本の作製マニュアル(案)」として平成 24 年 5 月に公表した。



写真 2.1 打ち合わせ状況



写真 2.2 ボーリングコア CT スキャン状況



写真 2.3 薄片観察状況



写真 2.4 定方位ボーリング実施状況



写真 2.5 モバイルボーリング実施状況

表 2.2 実施工程表

研究項目	研究細目	研究分担		年次計画	
		土研	共同研究者	22年度	23年度
①調査手法とすべり層構造に関する整理	①-1. 文献・事例調査	◎	○	←→	
	①-2. 既往技術の特徴と適用事例整理	◎	○	←→	
	①-3. 現状の調査手法とすべり面構造の課題整理	○	◎	←→	
②適切なサンプリングと詳細観察	②-1. 調査地の選定	◎	○	←→	
	②-2. すべり面サンプリングの実施	◎	○		←→
	②-3. すべり面の詳細観察	◎	◎	←→	
③すべり層材料特性の把握	③-1. 材料試験	◎	○	←→	
	③-2. 材料特性の整理	○	◎		←→
④すべり層認定手法の検討	④-1. すべり層認定手法の提案	○	◎		←→
	④-2. 手引き作成	◎	○		←→

本共同研究にて実施した打合せ、ボーリング調査、現地調査等の活動は以下のとおりである。

表 2.3 共同研究の活動概要

年月日	種別	場所	主な活動内容	備考
H22.4.19	第1回全体打合せ	土木研究所	研究計画の確認	
H22.5.12	第2回全体打合せ	土木研究所	研究アイデア出し	
H22.5.12、31	X線CT機器見学	産業技術総合研究所	機器見学による情報収集	
H22.6.4	第3回全体打合せ	土木研究所	X線CTスキャン結果、ボアホールカメラ、コアの固化処理、観察手法	
H22.7.23	第4回全体打合せ	土木研究所	ボーリングの積算に関する課題整理、ボアホールカメラ、ファイバースコープの紹介、弱層判定事例	
H22.9.4	コア樹脂固定見学	アースサイエンス(株) (北海道)	すべり面コアの樹脂による固化処理の手法の見学	
H23.4.18	第5回全体打合せ	土木研究所	すべり面に関する文献レビュー、断層とすべり面の違い、オールコアリングの品質と難易度、良質なコアの採取技術	
H23.5.30	第6回全体打合せ	土木研究所	観察項目、記載方法、調査候補地について	
H23.6.24	第7回全体打合せ	土木研究所	研磨標本の観察分析、すべり面の絞り込み方法、X線CT文献レビュー	
H23.8.5	薄片観察会	深田地質研究所 (東京都)	甚之助谷地すべりのBV-91孔コアの大型薄片の観察	
H23.9.12	第8回全体打合せ	土木研究所	標準的な記載の仕方、総合判定方法、顕微鏡観察結果、沖縄調査計画	
H23.9.15 ~H23.10.2	ボーリング調査 (B-5)	当間地区地すべり地 (沖縄県)	地すべり頭部でのボーリング調査。L=40.0m	
H23.9.26 ~H23.10.1	コア観察会	沖縄総合事務局 北部ダム事務所 (沖縄県)	当間地区 B-5 コア、および B-1~B-4 コア観察	
H23.9.29	沖縄地すべり勉強会 コア観察会 現地見学会	沖縄総合事務局 北部ダム事務所 (沖縄県)	地すべり調査手法の紹介、コアの観察結果概要の紹介、現場の視察	沖縄総合事務所と共催
H23.10.20 ~H23.10.30	ボーリング調査 (B-6)	当間地区地すべり地 (沖縄県)	地すべり中央付近でのボーリング調査。L=20.0m	

H23.10.25	沖縄地すべり勉強会 現地見学会	当間地区地すべり地（沖縄県）	地すべり地及びボーリング調査（B-6）現場の視察	沖縄総合事務所と共催
H23.10.31～ H23.11.1	コア観察会	土木研究所	沖縄県当間地区 B-6 コアの観察	
H23.11.7	第 9 回全体打合せ	土木研究所	当間地区のコア観察結果、地すべりの基盤の破碎状況、ボーリングの留意点、標本の作成方法、すべり面の判定方法	
H23.12.15	第 10 回全体打合せ	土木研究所	入谷地すべりの研磨標本の観察結果紹介、共同研究報告書と手引きの目次案	
H24.1.23	第 11 回全体打合せ	土木研究所	面構造の記載方法	
H24.2.22	第 12 回全体打合せ	土木研究所	当間地区コア、讓原地区新コアの標本の観察結果、すべり面の記載・認定方法、共同研究報告書及び手引きの構成	
H24.3.12	第 13 回全体打合せ	土木研究所	報告書、手引き、標本作成マニュアルの取りまとめ方針と工程	

なお、本共同研究にて得られた知見等を含めて以下の学会発表を行った。

表 2.4 関連する学会発表

年月日	学会、発表会	場所	発表内容
H23.5.18	砂防学会研究発表会	神奈川県	「すべり面を含むボーリングコアの検鏡試片による分析について」
			「すべり面を含むボーリングコアの X 線 CT による分析について」
H23.8.30	第 50 回日本地すべり学会研究発表会	静岡県	「ボーリングコアの研磨片の観察によるすべり面の基盤の剪断構造について」
H23.10.20	平成 23 年度 全国地すべりがけ崩れ対策協議会 研究発表大会	福井県	「ボーリングコアの立体微細構造分析手法について」
H24.8.29～ H24.8.31	第 51 回日本地すべり学会研究発表会	北海道	「樹脂固定法によるすべり面標本の作製とその活用」 「樹脂固定すべり面標本を用いたコア観察とすべり面の認定について」 「樹脂固定研磨標本を用いた讓原地区地すべりのすべり面の観察」 「すべり面判定への樹脂固定サンプルの適用事例 —由比地すべり大久保ブロック—」 「地すべり移動方向とすべり面傾斜が斜行するすべり面の微細構造—長野県入谷地区地すべりにおける樹脂固定すべり」



			<p>り面標本の分析事例ー」  「樹脂固定サンプルによるすべり面の判定事例  ー四国三波川帯三津子野地すべりー」  「すべり面の微細構造からみた地すべり特性ー島尻層群泥岩地すべり当間地区ー」  「樹脂固定化した断層ガウジ標本の観察ー六甲山系での適用例ー」  」  「二重管式固定軸サンプリング法により採取したコアの樹脂固定標本への活用ー沖縄県中城村当間地区 (B-5) への適用事例ー」  「モバイルボーリングにより採取したコアの樹脂固定すべり面標本の製作ー沖縄県中城村当間地区 (B-6) への適用事例ー」</p>
H24.11.1～ H24.11.2	平成 24 年度 日本応用地質学会 研究発表会	新潟県	<p>「樹脂固定すべり面標本の観察によるすべり面の地質構造と動態観測結果の比較ー甚之助谷地すべりの事例ー」  「樹脂固定すべり面標本の観察による地すべり土塊の鉛直微細構造についてー亀の瀬地すべりの事例ー」</p>

### 2.3 研究の概要と本報告書の構成

本共同研究では、はじめに地すべりのすべり面に関する文献を収集し、整理を行った。文献リストは巻末に示す。それを踏まえて、すべり面及びその近傍の微細構造の特徴について把握を行うため、地すべり地において掘削されたボーリングコアから樹脂固定すべり面標本やすべり面の薄片を作製し、微細構造の観察と分析を行った(3章)。また、沖縄県<sup>とうま</sup>当間地区において2孔の調査ボーリングを実施し、ボーリングコアを用いた各種試験を行い、すべり面に関する調査手法について検討を行うとともに、サンプリングにおける留意点をとりまとめた(4章)。これらの調査によって明らかとなった知見を整理し、すべり面・すべり層の特徴やサンプリングの留意点について5章でとりまとめた。それらを踏まえた、すべり面・すべり層の観察項目や記載方法等の分析方法について6章に示した。最後に、樹脂固定標本を用いた微細構造観察に基づくすべり面の認定について7章にまとめた。

### 3. すべり面・すべり層の分析の実施

#### 3.1 研究方法

本研究では、まず、文献収集を行い、すべり面周辺の研究について整理した。ボーリングコアや集水井の壁面等を観察した研究成果からは、すべり面周辺には、地すべり粘土があり、条線や鏡肌といった特徴が観察されることなどが記載されており、すべり面・すべり層の分析をするためには、すべり面周辺の詳細な観察が必要であると考えた。

次に、既往文献の観察項目や記載事項などを踏まえて、詳細な観察の事例収集、分析を行った。本研究では、詳細な観察を可能とするために、樹脂固定すべり面標本を作製した。

樹脂固定すべり面標本とは、ボーリングコアを樹脂で固めて半割りして、平滑な断面（研磨面）で観察ができるようにした標本である。通常行われるボーリングコアの観察では、ボーリングコア表面の乱れや、観察面が曲面であることなどから、必ずしも十分に情報を引き出せていない場合があると考えられる。すべり面や地すべり土塊を詳細に観察するためには、ボーリングコアを半割りした研磨面を観察することが効果的である。しかし、ボーリングコアには破砕を受けている箇所や軟弱な箇所等が存在し、そのままの状態では半割りして研磨することは難しい。そこで、透明樹脂によってボーリングコアを固化することで半割りを容易にし、さらに切断面を研磨することによって、詳細な観察が可能な標本とした。

本研究にて樹脂固定すべり面標本を作製し、分析を実施した箇所を図 3.1.1 に示す。

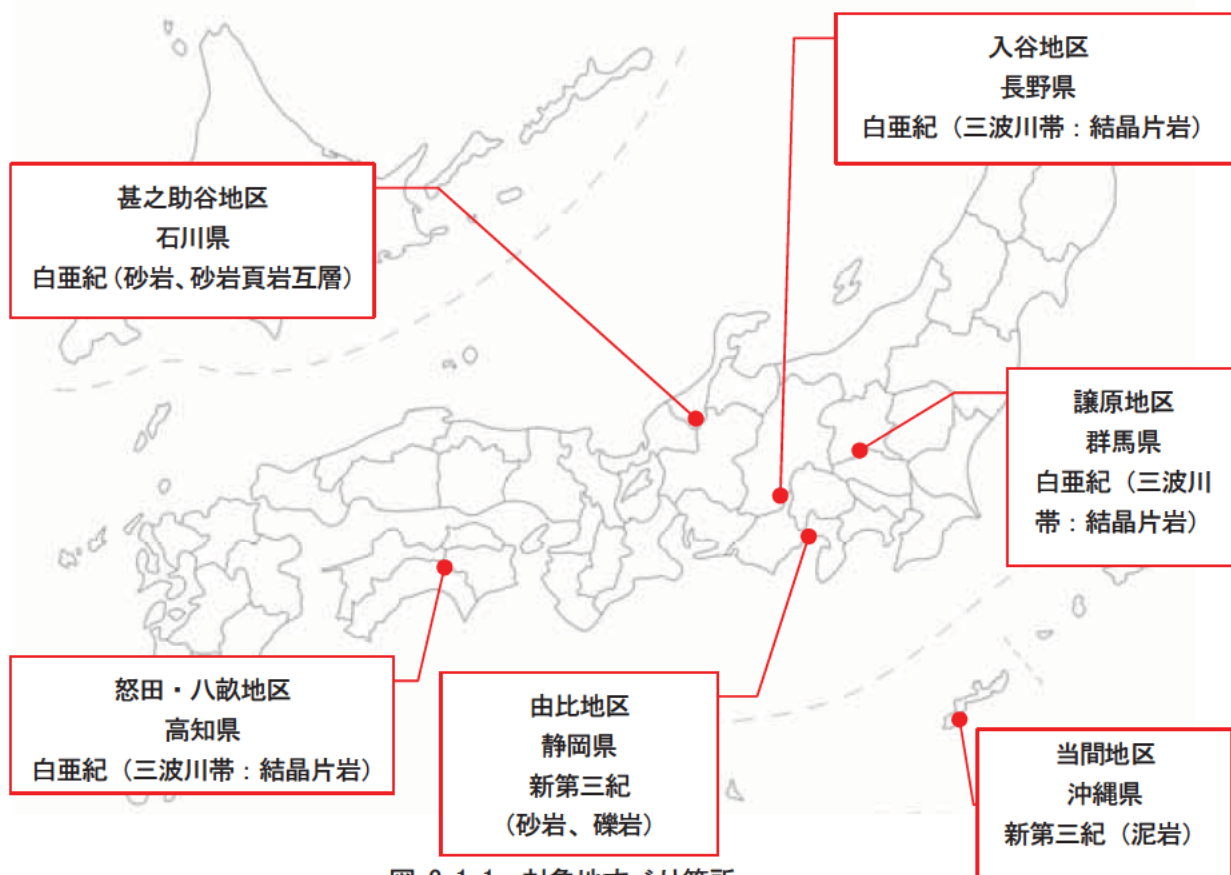


図 3.1.1 対象地すべり箇所

### 3.2 甚之助谷地区 (BV-90 孔、BV-91 孔)

#### 3.2.1 対象地の地形地質概説

対象地周辺は、御前峰(標高 2,702m)を頂点とする急峻な山地で、V 字型の深い溪谷が刻まれている。甚之助谷はこのような溪谷の一つで、石川県手取川の最上流部、標高 1,400~2,000m に位置する全長約 2km、流域面積約 0.7km<sup>2</sup> の荒廃溪流である。

甚之助谷地すべりにおいて最大の地すべり地形をなす中間尾根ブロックは、別当谷、甚之助谷に挟まれた幅約 300m、延長 1km 以上の尾根地形をなす。

基盤岩は砂岩および砂岩頁岩互層からなる白亜紀の手取層群で、層理面は南~南東傾斜である。

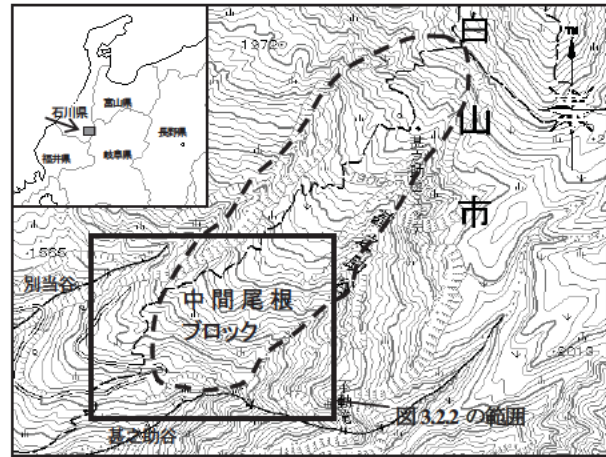


図 3.2.1 対象地の地形

#### 3.2.2 対象地の地表変位とすべり面形状

地表の移動量観測では、図 3.2.2 に矢印で示すように、変位の水平成分は中間尾根ブロックの長軸方向にほぼ平行な方向の変位が観測されている。一方、鉛直成分は多くの地点で下向きであるが、甚之助谷の地すべり末端の一部では上向き（隆起）が観測されている。

また、対象地周辺はボーリングや孔内傾斜計観測および地表踏査等の調査が多数実施されている。これらにより確認されたすべり面位置をもとに作成した 2 孔のボーリング孔付近の断面図を図 3.2.3 に示す。これらの断面図から AA' 断面においては BV 90 の位置でのすべり面の傾斜は順傾斜、BB' 断面においては BV 91 の位置では逆傾斜となることが推定された。

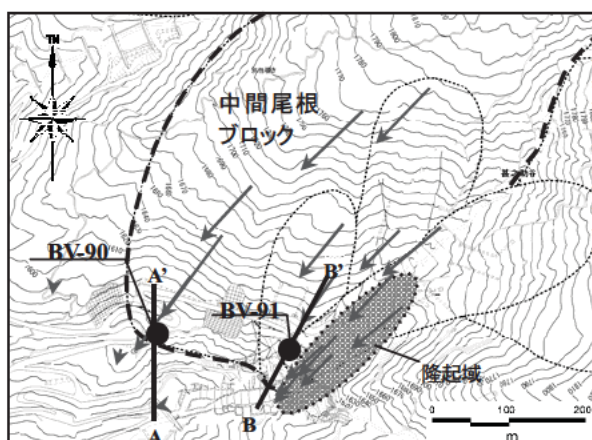


図 3.2.2 対象地の地すべり変位

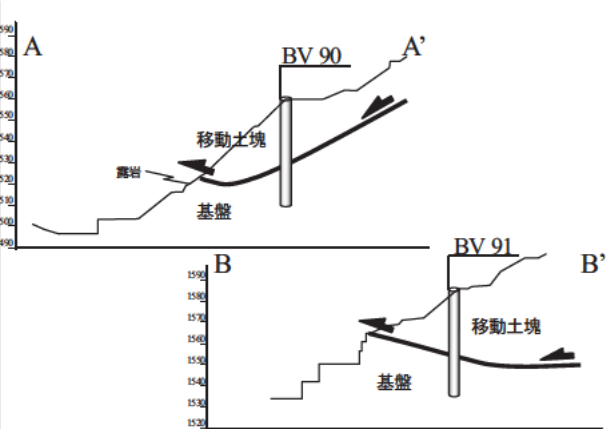


図 3.2.3 ボーリング孔付近の断面図

### 3.2.3 すべり面近傍の基盤の観察結果

BV 90 のコアの研磨片の観察結果を図 3.2.4 に、BV 91 は図 3.2.5 に示す。図中において太線は剪断面、細線は変位を伴わない（判定不能を含む）割れ目を示す。どちらも地すべり土塊が右から左へ移動するように表示している。

図 3.2.4 に示す BV 90 では、主すべり面は礫混じり粘土状の移動体と基盤の境界と考えられ、傾斜約  $25^\circ$  で連続性が良い。基盤の細粒砂岩には、主すべり面とほぼ平行な厚さ約 8cm の粘土を伴った破碎帯が形成されている。この破碎帯には主すべり面と平行または低角度に斜交する剪断面がみられ、このうち主すべり面と低角度に斜交する剪断面が最もよく発達している。

次に、図 3.2.5 に示す BV 91 では、主すべり面は礫混じり粘土状の移動体と基盤との境界と考えられ、約  $20^\circ$  の逆傾斜で連続性が良く、粘土を伴う破碎帯は形成されていない。基盤の砂岩泥岩互層には主すべり面に斜交する剪断面がみられ、砂岩泥岩互層の葉理に沿うものや白色鉱物脈に沿うもの、主すべり面と低角度に斜交するものがある。これらは、葉理のずれから上盤側が左方へ変位していると判断され、左側（谷側）へ傾斜した剪断面が最も大きなズレがみられる。

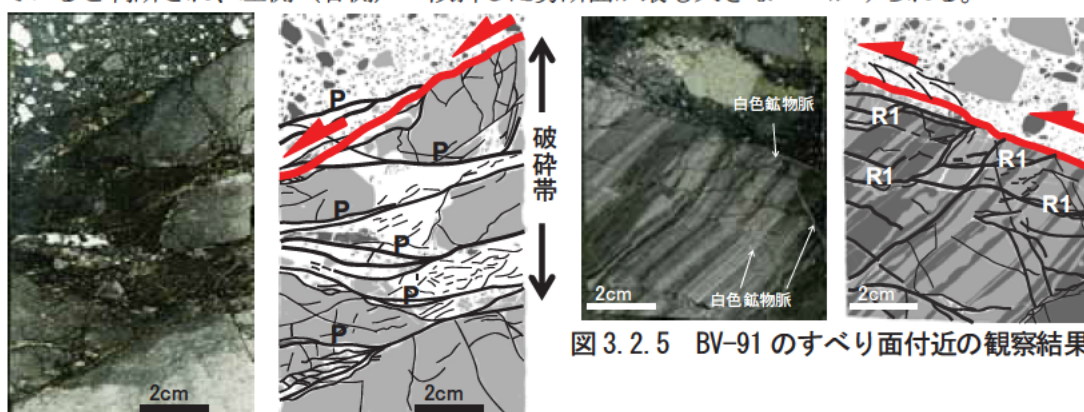


図 3.2.4 BV-90 のすべり面付近の観察結果

図 3.2.5 BV-91 のすべり面付近の観察結果

### 3.2.4 すべり面構造についての考察

図 3.2.4、図 3.2.5 で観察された構造を断層の剪断構造の模式図にあてはめると、図 3.2.6 に示すように、主すべり面が順傾斜の BV 90 では P 面、逆傾斜の BV 91 では R1 面が最も発達している。

断層発達過程においては、横ずれ成分と多少の開口成分をもつ雁行状の R1 面が最初に形成され、続いて P 面を含めたその他の破断面が発達し、これらがお互いに連結しあいながら主剪断方向（Y 面）に連続する断層へと成長する（図 3.2.6、図 3.2.7）<sup>1)</sup>。このため、BV 91 の剪断構造は形成の比較的初期の段階であると推定され、破碎帯が薄いことと調和的である。一方、BV 90 は P 面が発達していることから破碎が進行していると考えられ、粘土を伴う破碎帯が比較的厚いことと調和的である。

BV 90 と BV91 の剪断構造と破碎帯の厚さに違いが生じた理由として、すべり面傾斜が BV 90 では順傾斜、BV 91 では逆傾斜であることが考えられる。逆傾斜の BV 91

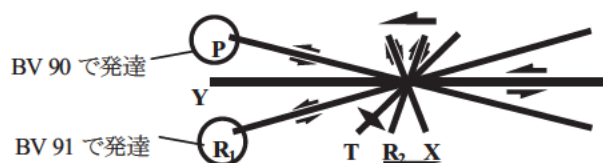


図 3.2.6 左横ずれ断層に伴う剪断構造の模式図<sup>1)</sup>を編集

では、すべり面直下の基盤が破碎されても土塊の移動とともに土塊中にはぎとられて基盤も新しい面が露出するため、破碎帯が未発達でP面が発達しない微細構造を呈すると考えられる。順傾斜のBV 90は、すべり面直下の基盤の破碎がはぎ取られずにすべり面付近に残存するため、破碎帯がより厚く発達し、破断面もR1面だけでなくP面までの発達が見られたと考えられる。

[文献]

- 1) 狩野謙一・村田明広(1998):構造地質学. 朝倉書店、298p.

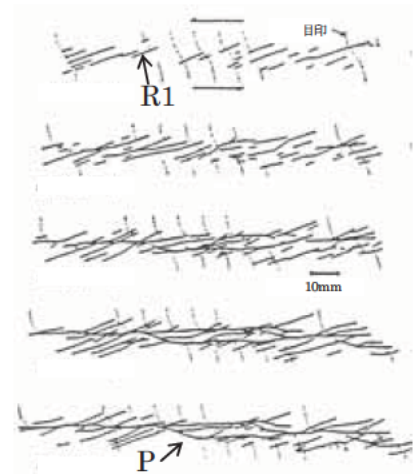


図 3.2.7 リーデルセン断実験による断層の成長過程<sup>1)</sup>に加筆

### 3.3 由比地区 (SC-10 孔、SC-13 孔)

#### 3.3.1 はじめに

由比地区地すべりでは、礫質砂岩・砂質礫岩主体の塊状岩盤からなるため、明瞭な地質的弱線とすべり面の関係が不明であり、既往の検討では、地すべりの地質的素因が不明確であったことから、地すべりのすべり面の判定は、地形判読結果で求められた地すべりの規模に見合った深度に対して、ボーリングコアの風化・色調・破碎等の複数の項目の組み合わせによって総合的に判定してきた。

本章では、静岡県中部の由比地すべりの北半部の大久保ブロック北側で採取したコアを用いて、すべり面の断面を観察する研磨片を作成し<sup>1)</sup>、樹脂固定サンプルによりすべり面判定を行った適用事例を報告する。

#### 3.3.2 地形・地質概要

由比地すべりは、4つの地すべりブロックを含み、海岸沿いに全長約1.2kmの規模を持つ。大久保ブロックはその中心のやや北側に位置する(図3.3.1、3.3.2)。大久保ブロック周辺の地形は、海岸線から比高約300mの急峻な山地斜面にあり、標高90~170mにかけて台地状の緩斜面が明瞭な地すべり地形を呈し、幅約200~300m、延長300mの出尾根地形をなす。

基盤岩は砂岩・礫岩などの粗粒堆積物を主体とし、一部タービタイト性の砂岩頁岩互層からなる鮮新世の浜石岳層<sup>2)</sup>である。

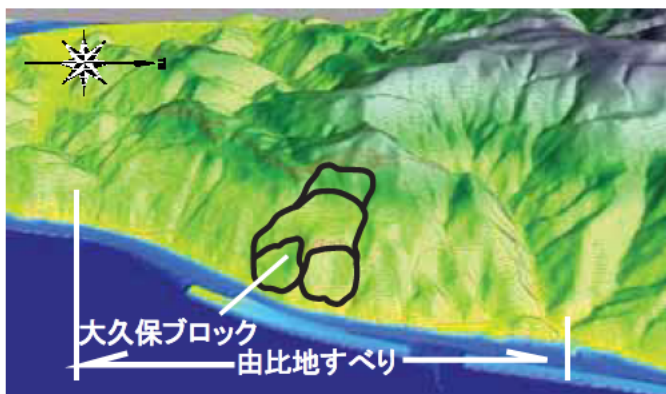


図 3.3.1 由比地すべり大久保ブロック鳥瞰図

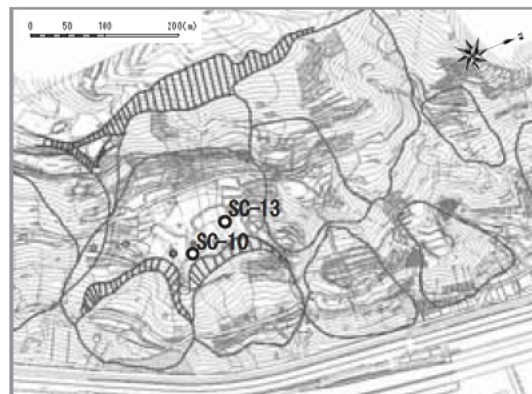


図 3.3.2 由比地すべり大久保ブロック位置

#### 3.3.3 地すべりの素因となる砂泥互層帯の地質構造と先行ボーリングコアによるすべり面の状況

既往のボーリング調査および深礎壁面の観察結果によれば、大久保ブロックの北側のすべり面の素因となっている砂泥互層帯の上面の分布形状は、東北東走向、南南東傾斜である。

既往調査ボーリングをもとに作成したすべり面直下の砂泥互層帯の上面コンター図を図 3.3.3 に示す。また、地すべり北半部の深礎杭列方向の SC 8~SC 13 にかけては、すべり面が砂泥互層帯に沿って、見かけ南側へ 20° 程度で傾斜している (図 3.3.4、3.3.5)。

大久保ブロックにおける深礎杭の先行ボーリングでは、地すべり岩盤における破碎・変形構造の特徴を、次のとおり確認することができた。

- 1) すべり面が砂泥互層帯の上面に位置する地すべり北側では、すべり面の位置にせん断帯がみられた。
- 2) 地質構造を切断する地すべり南側では、土塊内では高角度割れ目群、高角割れ目充填角礫が見られ、すべり面には無構造の地すべり粘土がみられた。

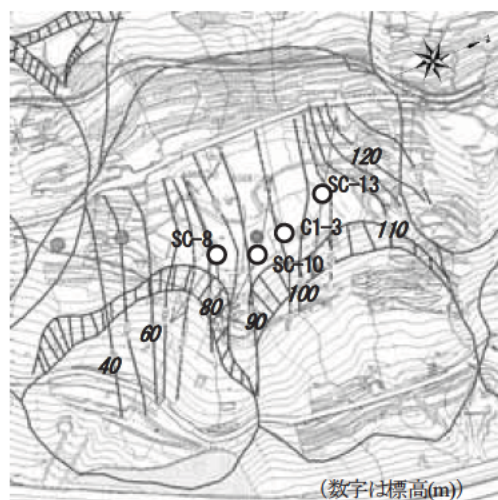


図 3.3.3 砂泥互層帯上面のコンター

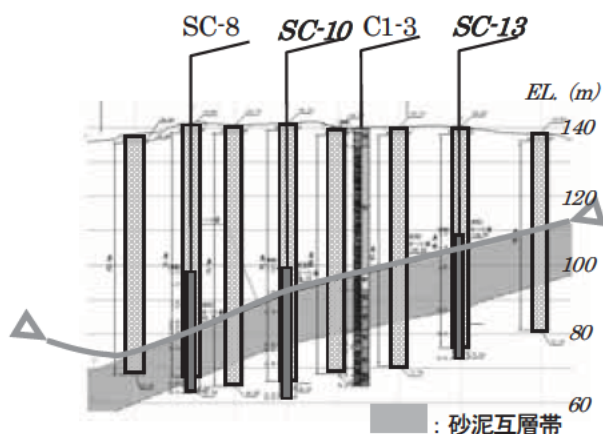


図 3.3.4 深礎杭列縦断面図

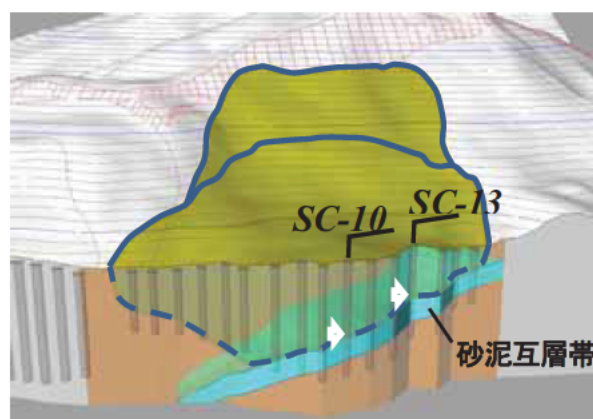


図 3.3.5 深礎杭列縦断面鳥瞰図

### 3.3.4 深礎壁面におけるすべり面の状況

すべり面方向や移動方向についての情報を取得するため、深礎壁面におけるすべり面近傍の基盤岩の観察を行った。

深礎 SC 13 のすべり面では、地すべり移動に伴ってできる「擦り傷」である条線を観察し、方向を測定することができた。条線の方法は N55W(4)、S58E(5) であり、ここでは地すべりの移動方向は斜面の最大傾斜方向より、やや南よりに向けて移動したと推定される (図 3.3.6 白矢印方向)。

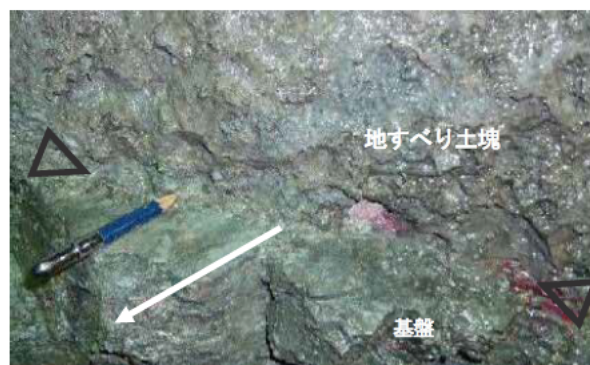


図 3.3.6 深礎 (SC-13) 壁面のすべり面



### 3.3.5 樹脂固定サンプルによる地すべり面の判定

大久保ブロックのすべり面や地すべり土塊の詳細な観察をするために、樹脂固定サンプルを作成し、すべり面判定への適用の可能性を検討した。樹脂固定サンプルはすべり面を挟んだ前後1m区間のコアを対象に作成した。

その結果、図3.3.7に示すような破碎構造としての葉片状劈開や縞状構造を明瞭に観察することができた。

SC 10では、泥岩からなる基盤の上位に約10cm幅の泥岩起源の破碎帯がみられる。破碎帯の内部には、mmサイズの葉片状劈開が形成され、さらにそれが微褶曲したり、小断層によって変形したりしているのが観察される。

SC 13では、砂泥互層帯の泥岩からなる基盤の上位に、縞状構造をなす破碎帯がみられる。この縞状構造は、 $\phi$ 数mm～数cmの角礫が、粒径や岩種（泥岩か砂岩かなど）あるいは風化度の異なる部分が幅数mm～数cmでバンドをなす地すべりによる破碎構造である。

このような縞状構造は、礫岩が主体となる地すべり南側のコアのすべり面では確認されず、無構造に見える。砂泥互層帯の上面に規制された地すべり北側では、砂泥互層の層状構造がせん断されることによって縞状構造が形成されたと考えられる。

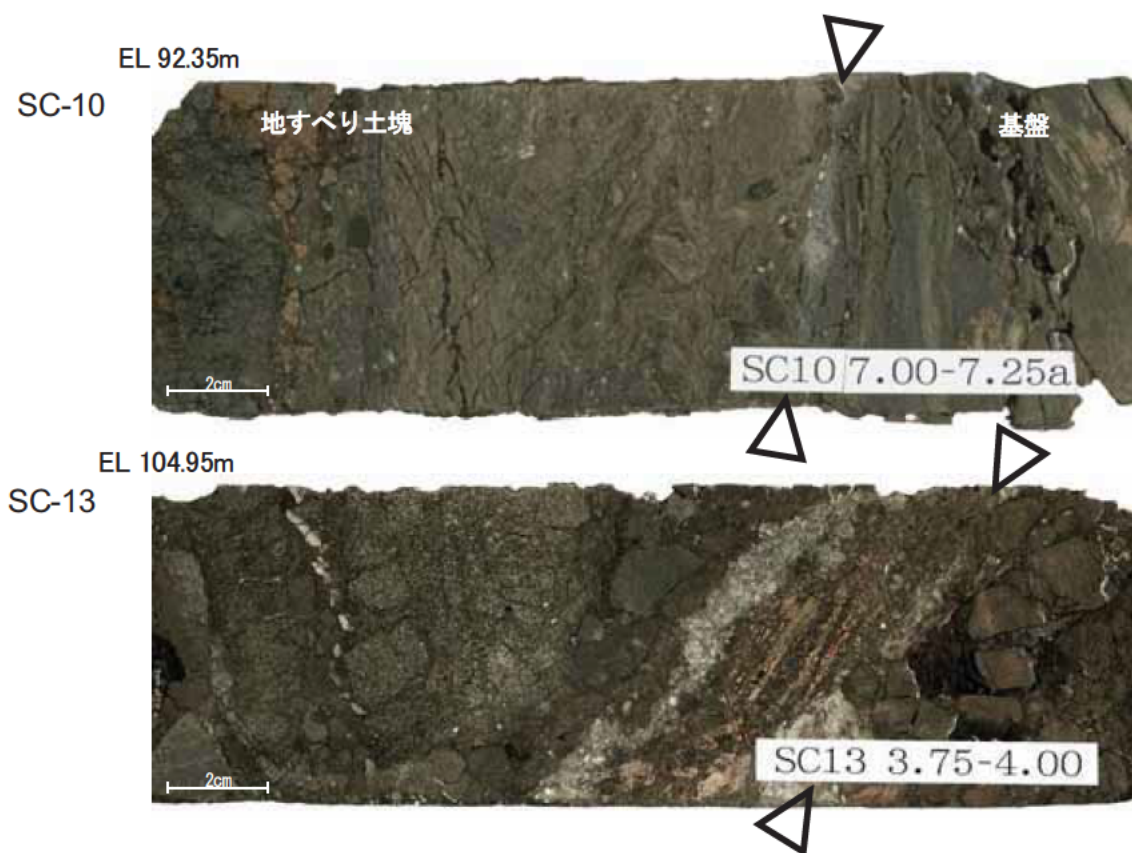


図3.3.7 すべり面の樹脂固定サンプル

### 3.3.6 おわりに

大久保ブロックのように孔内傾斜計の変位が認められない大規模な地すべりでは、コアの詳細な観察に加えて、樹脂固定標本作製することで、コア内部のすべり面や地すべり土塊の詳細な観察を可能にし、すべり面の判定にこの方法の適用が有効であることが確認された。今後も適用事例が増え、さらなる検討が進むことが望まれる。

[文献]

- 1) 独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ地すべりチーム:樹脂固定法によるすべり面標本の作成マニュアル(案), 土木研究所資料第4227号, 2012
- 2) 金栗 聡・天野一男:富士川層群浜石岳層中のトラフ充填堆積物の特徴, 日本地質学会学術大会講演要旨 99, p. 267, 1992

### 3.4 入谷地区 (BV22-3 孔)

#### 3.4.1 対象コアの概要

入谷地区の地すべりは、赤石山脈の西側山麓の標高 800~1200m 付近に位置する。大局的には馬蹄形に近い凹状地形の大小に分化したブロック中腹のほぼ中央に C2・3 ブロックが位置し、調査孔 BV22 3 孔は、このブロックの頭部付近に位置する (図 3.4.1)。

入谷地区の地質は三波川帯に属し、主に片理の発達した結晶片岩類からなる。既往の調査結果では、当ブロックの基盤は主に黒色片岩からなるとされ、また、基盤の構造は流れ盤となっているとされる。

コア観察では、上位に緑色岩類や蛇紋岩等からなる塩基性岩類、下位には黒色片岩を主体とする結晶片岩が分布している。塩基性岩類と黒色片岩との境界には、最も細粒化した破砕部が認められ、これらがすべり面として判定されている。観察対象とした BV22 3 のコアにおいては、図 3.4.2 に示すように、矢印で示した深度 15.45m 付近がすべり面として判定されている。詳細な観察のため、すべり面を含む深度 15.15~17.00m (図 4.1.2 の囲枠内) のコアを用いて樹脂固定すべり面標本を作製した。

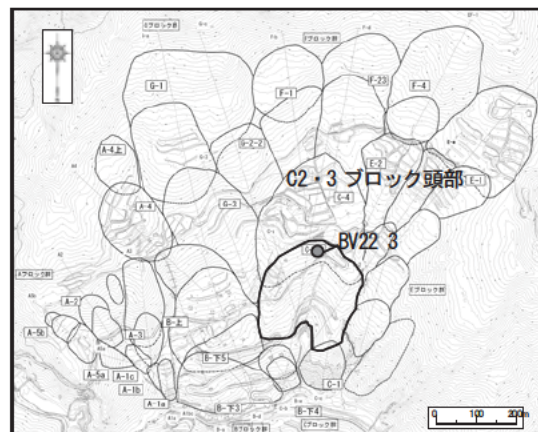


図 3.4.1 ボーリング調査位置図



図 3.4.2 BV22-3 コア写真

#### 3.4.2 観察結果

作製した標本について、細粒分率、風化、円磨度、礫の配列、粘土の有無、せん断構造、粘土色、その他の項目に着目して肉眼で詳細に観察した。なお、細粒分率については色指数図 ①を用いて日着色部を粘土やシルトからなる細粒分とみなして判定し、円磨度については、円磨度印象図 ②を用いて判定を行った。

研磨標本のスキャナ画像を図 3.4.3 に、観察結果を図 3.4.4 に示す。

すべり面と判定されている深度は 15.45m で、土塊と基盤の境界の傾斜は約 20 度である。土塊は礫混じり土砂状の塩基性岩類からなる。土塊中の礫は、弱い配列が見られ、低角度ですべり面傾斜方向に向く様子が観察された。基盤岩は、黒色片岩で、傾斜 20 度程度の片理が認められ、明瞭な

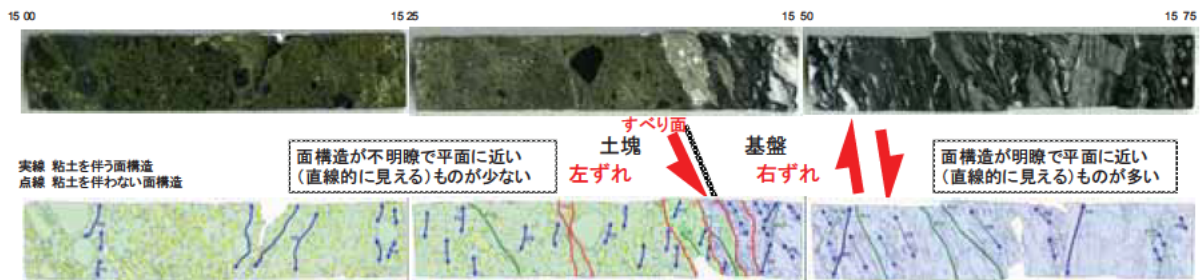


図 3.4.3 樹脂固定標本スキャン画像 (深度 15.00~15.75m)

せん断面が認められる。

以下に各項目の結果を示す。

**風化**：土塊の岩片はおおむね新鮮であるが、基質部は黄褐色となっている。一方、基盤では、風化はほぼ認められない。

**破碎・変形構造**：深度 15.4m は、すべり面に対して斜交する粘土化したせん断ゾーンが観察される。すべり面の直上は、薄い粘土化部がすべり面とほぼ平行に配置し、縞状の構造が認められる。すべり面直下には、ダメージゾーンと考えられる破碎帯が観察され、変位している亀裂が認められる。

**細粒分率**：15m 付近では、礫の多いところが所々認められるが、すべり面周辺で 80~90 程度と細粒が多い。

**粘土の有無**：すべり面以浅は全体に粘土が混入し、すべり面は、粘土主体となっている。基盤は、粘土はほとんど認められない。

**粘土色**：灰白色を呈する粘土化部があり、これらは、すべり面など強いせん断帯で分布する。

**円磨度**：礫の円磨度は、土塊は 0.4~0.6 程度のところが多く、全体に中程度の円磨となっている。すべり面直上は 0.4 でやや円磨されている。

**礫の配列**：矢印で示した方向に礫の長軸が並ぶ。大局的にはすべり面と同傾斜の傾向を示す配列が観察される。

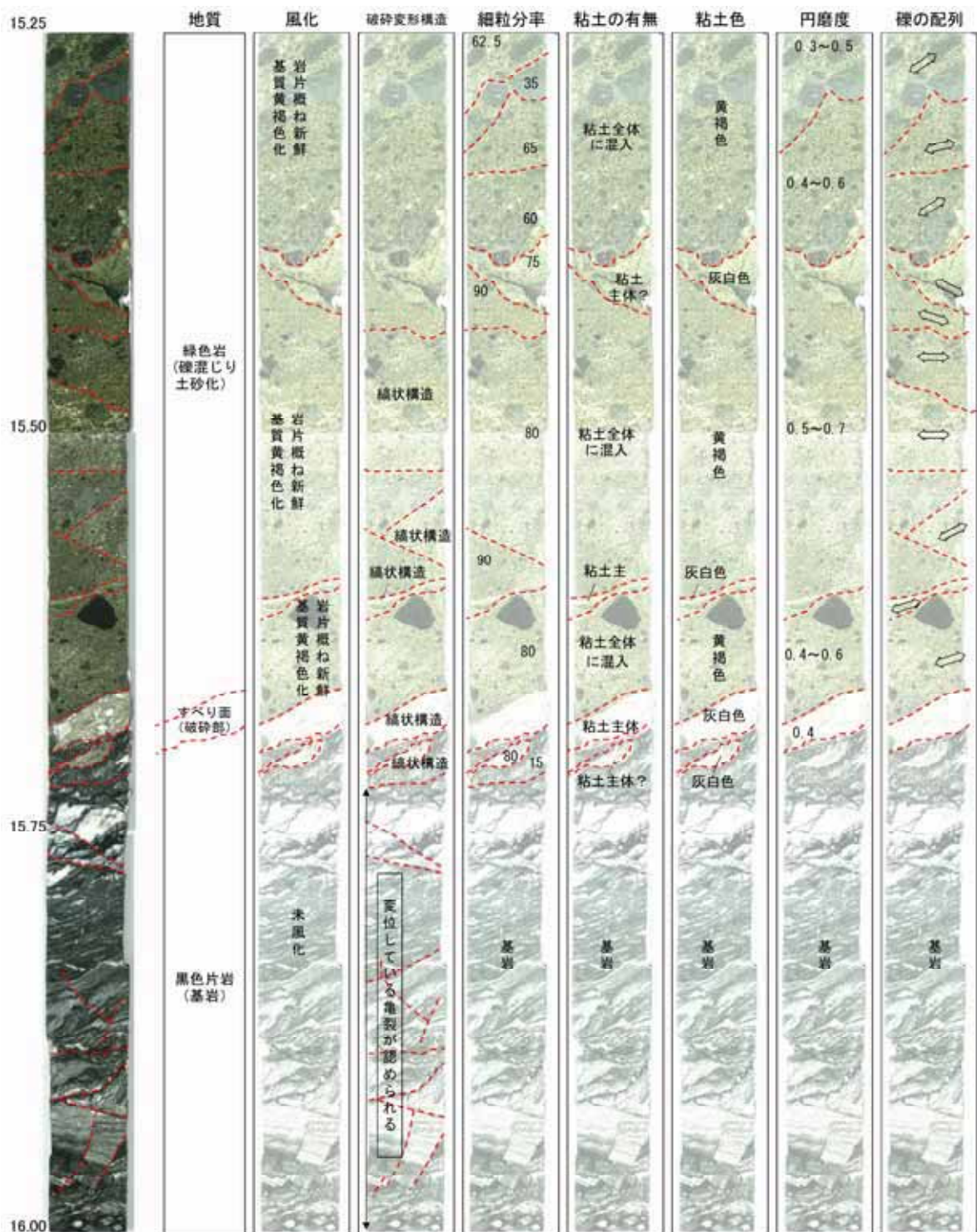


図 3.4.4 すべり面付近の記載結果 (深度 15.25~16.00m)

### 3.4.3 まとめ

BV22 3 孔では、土塊に含まれる礫の配列やせん断面に伴う縞状構造が観察され、すべり面付近での粒径や礫円磨度の高い部分において、縞状構造が明瞭に観察された。また、すべり面直下の基盤に割れ目の密集が観察され、地すべりによるダメージゾーンが形成されているものと推察された。

[文献]

- 1) 田中・片田：カラーインデックス. 地調月報, 17, pp.300、2012.
- 2) Krumbein, W. C. : Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. Journal of Sedimentary Petrology, 11, pp.64 72、1941

### 3.5 譲原地区 (新F-5 孔)

#### 3.5.1 対象コアの概要

譲原地区の地すべりは、利根川支流神流川の下久保ダム下流側左岸斜面に位置しており、上流側から下久保地区、栢ヶ舞上流地区、栢ヶ舞下流地区に区分されている。観察対象としたコアは、図 3.5.1 に示すように、下久保地区の F ブロックにおいて平成 22 年度に掘削された 3 本のボーリング孔のうち、頭部付近の新 F 5 孔で採取されたものである。F ブロックは長さ約 200m、幅約 150m で、明瞭な地すべり地形を呈している。



図 3.5.1 新F-5 孔の位置

本地区の地質は三波川帯の結晶片岩であり、既往の調査結果では、F ブロックの基盤は主に緑色片岩からなるとされている。また、基盤の片理面は流れ盤となっているとされる。

コア観察では、3 孔それぞれで地表から断続的に出現する風化帯や砂状部を含む区間の下限付近に最も細粒化した破碎部が認められ、これらがすべり面として判定されている。観察対象とした新 F 5 孔のコアにおいては、図 3.5.2 に示すように、矢印で示した深度 19.20m 付近がすべり面として判定されている。詳細な観察のため、すべり面を含む深度 18.74 ~ 19.63m (図 3.5.2 の四角内) のコアを用いて樹脂固定すべり面標本作製した。

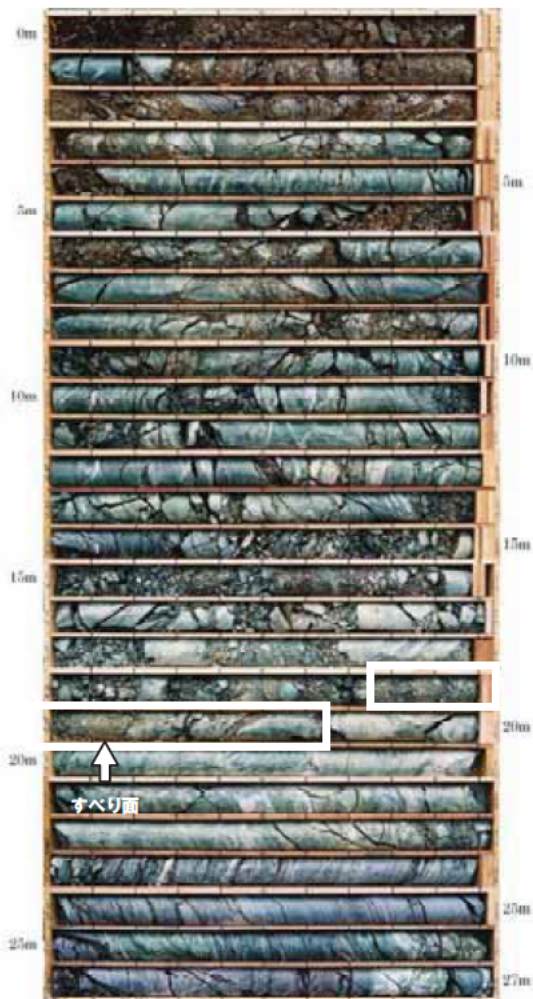


図 3.5.2 新F-5 孔のすべり面位置と標本作製区間

#### 3.5.2 観察結果

作製した標本は、地質区分、崩積土に含まれる礫の粒径、円磨度、縞状構造の明瞭さを肉眼で詳細に観察した。

研磨標本のスキャナ画像を図 3.5.3 に、観察結果を図 3.5.4 に示す。

すべり面と判定されている深度は 19.20m で、崩積土と基盤の境界の傾斜は約 55 度である。崩積土は主に緑色片岩からなり、一部泥質片岩も含まれる。

崩積土中の礫は、片理面の向きがばらついており、円磨されているものがある。粒径は、浅部からすべり面に向かって小さくなる傾向があり、細粒分率（ここでは、肉眼で識別できないほど小さな粒子の割合）は、浅部で0.40～0.60であったものが、すべり面付近では0.70～0.95である。また、礫の円磨度は、浅部からすべり面に向かって高くなる傾向があり、円磨度印象図<sup>2)</sup>による判定では、深度ごとの卓越する円磨度は、浅部で0.15～0.30、すべり面付近では0.3～0.4である。また、構成粒子の種類や大きさの違いにより縞状構造をなしている部分があり、浅部からすべり面に向かって明瞭になる傾向がある。特にすべり面付近の約10cm区間では、剪断面と思われる傾斜約30度のごく薄い細粒部とそれと同様の傾斜で配列した小礫がなす縞状構造が明瞭であった。地すべりブロック全体のすべり面傾斜とは傾斜約30度の方が、崩積土と基盤の境界の傾斜約55度よりも整合的である。本孔においては、基岩の割れ目等の構造に規制されて局所的に急傾斜となっている可能性がある。

基盤の緑色片岩は割れ目が多く見られ、特にすべり面の下30cm程度は、開口した高角度割れ目が発達している。また、すべり面と似た傾斜の正断層センスの小断層も見られる。

### 3.5.3 まとめ

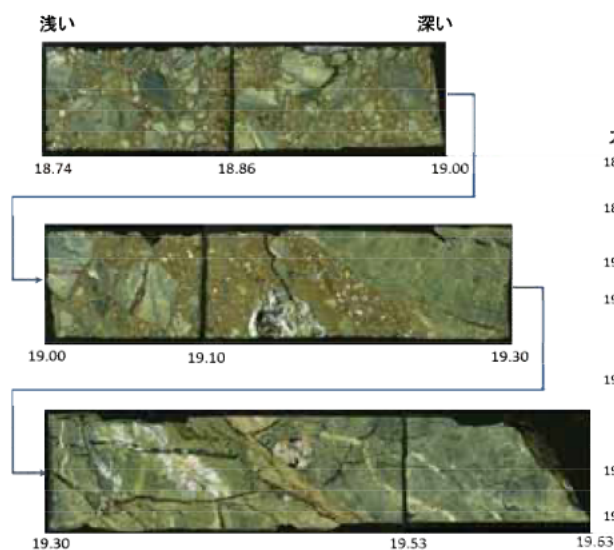


図 3.5.3 新F-5孔研磨標本

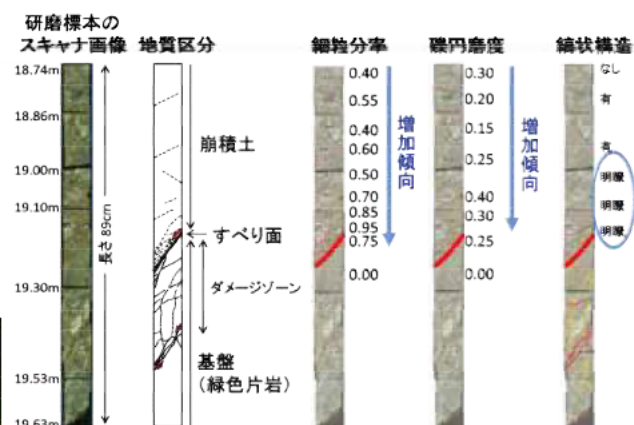


図 3.5.4 研磨標本の観察結果

研磨標本の観察では、主にコアの外周を見る通常のコア観察と比較して、肉眼による詳細な観察が可能であった。崩積土に含まれる礫の種類、片理の向きのばらつき、深さ方向への粒径や礫円磨度の変化、基盤の小断層や割れ目が明瞭に読み取れた。

観察結果から、崩積土の細粒分率と礫円磨度は、浅部からすべり面に向かって高くなり、縞状構造が明瞭となる傾向が容易に読み取れた。また、すべり面直下には、開口割れ目や小断層が発達し、地すべりによるダメージゾーンが形成されているものと推察された。

### [文献]

- 1) 武士俊也ほか(2012)：樹脂固定法によるすべり面標本作製マニュアル (案)、土木研究所資料



4227 号.

2)Krumbein, W. C.(1941) : Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Petrology*, 11, pp.64-72

### 3.6 怒田・八畝地すべり三津子野地区(MR-7 孔)

#### 3.6.1 地すべりの概要

三津子野地区は、四国山地中央部の怒田・八畝地すべりの北東部に位置する地すべりブロック（図 3.6.1）で、そのうちの M2 ブロック（図 3.6.2、図 3.6.3）は、三波川帯に属する最大幅 50m、すべり深度 5m 程度の小地すべりブロックであるが、降雨による変位速度の増大がみられるなど活発な運動を示す地すべりである。孔内傾斜計による変位量を図 3.6.4 に示す。

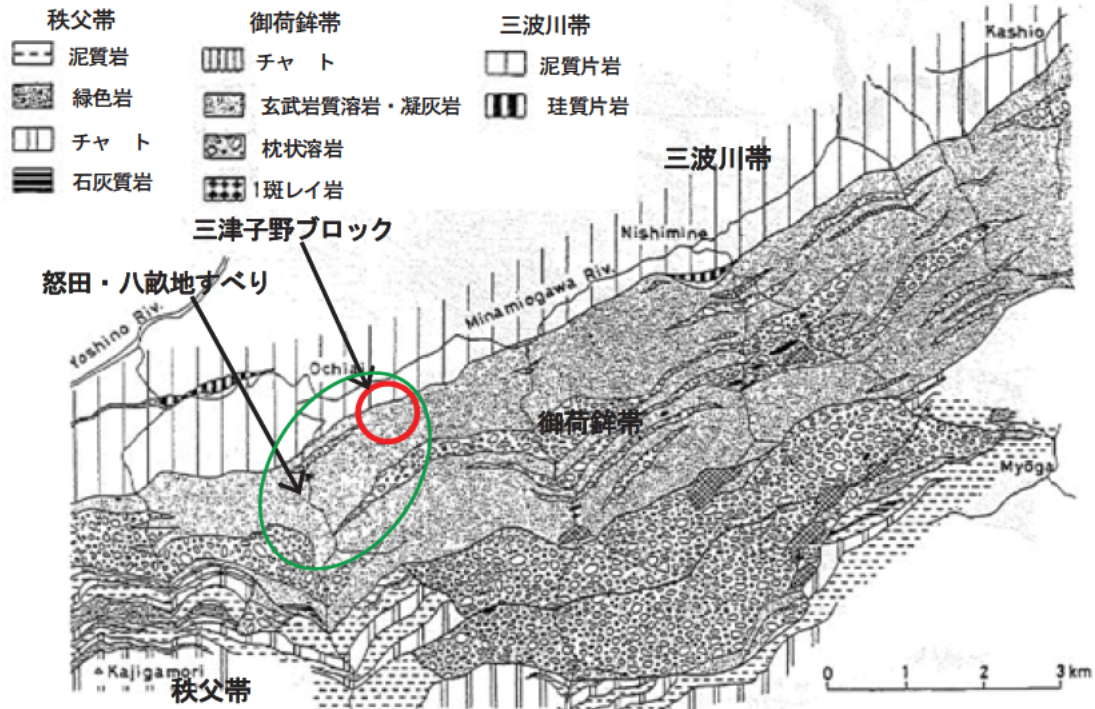


図 3.6.1 怒田・八畝地すべり周辺の地質図と三津子野地区の位置（武田ほか、1977）に加筆

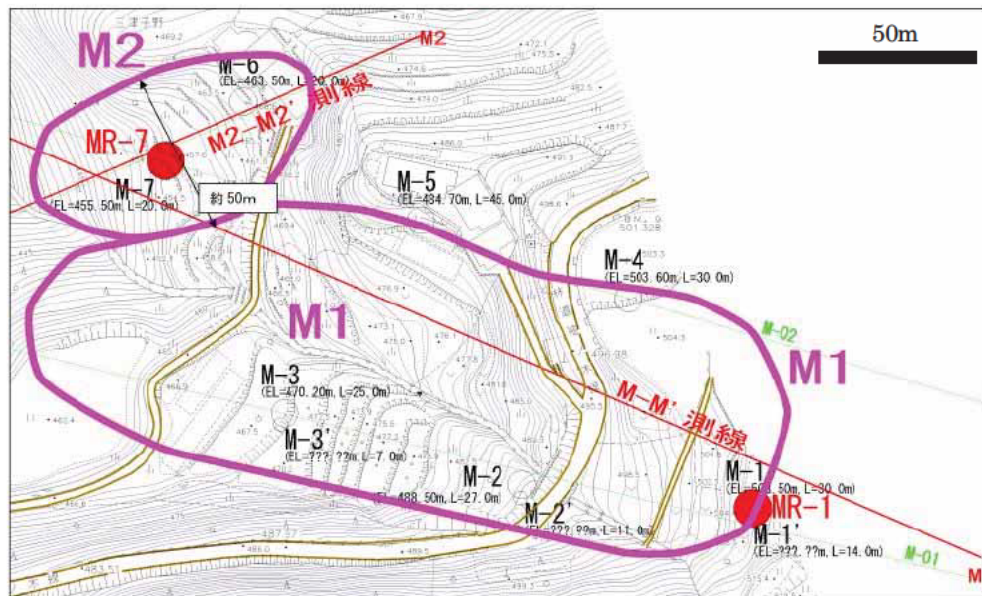


図 3.6.2 三津子野地区地すべりブロック平面図と MR-7 の位置<sup>2)</sup>

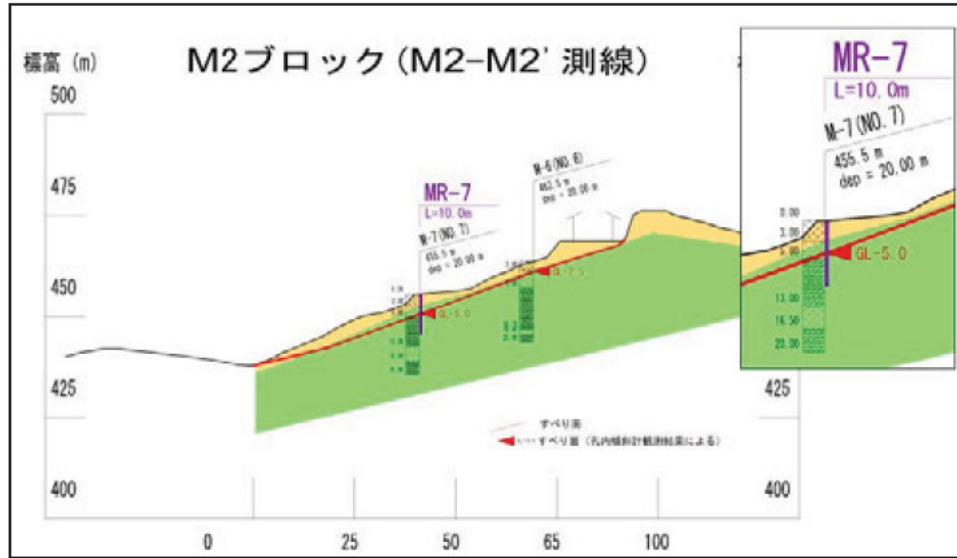


図 3.6.3 三津子野地区 M2 ブロックの地質断面図<sup>2)</sup>



図 3.6.4 M7 孔内傾斜計観測結果図 (1999 年 11 月～2000 年 11 月)<sup>2)</sup>

本地すべりの M2 ブロック中腹部に設置された観測孔(MR 7)の高品質ボーリング試料(写真 3.6.1 MR-7 コアと樹脂固定標本作製箇所(赤枠部)赤矢印は土砂岩盤境界)のうち、孔内傾斜計で累積変位が認められる深度 5～6m 区間のコアについて、樹脂固定標本と大型薄片<sup>3)</sup>を作製し、詳細な観察によるすべり面の可能性のある位置の認定をおこなった。

MR 7 孔は、深度 5.75m 以浅は、褐色を帯びる崩積土からなり、下位の風化泥質片岩との境界部には軟質な礫質粘性土が狭在している。

深度 5.75m 以深に分布する泥質片岩は、亀裂に沿ってやや風化変質が見られるものの粘土化した箇所は認められない。

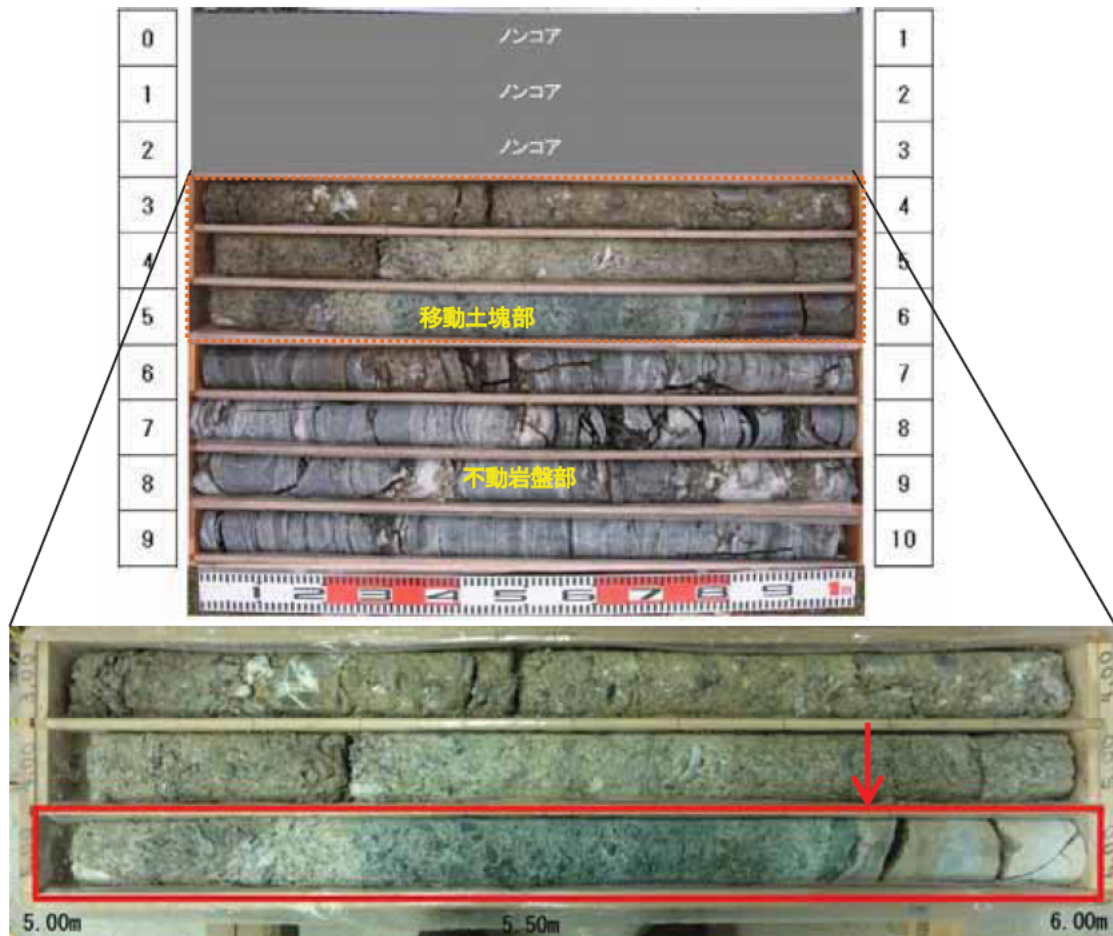


写真 3. 6. 1 MR-7 コアと樹脂固定標本作製箇所（赤枠部）赤矢印は土砂岩盤境界

### 3. 6. 2 調査方法

孔内傾斜計計測データおよびコア観察から、すべり面を含む深度 5~6m のコアについてコア表面の樹脂固定をおこなった。樹脂固定したコアについて約 25cm 間隔で切り出しをおこない、岩盤部と土砂部の境界方向および土砂部の岩片の配列方向からすべり方向を推定して、すべり方向に平行に半割コア（すべり面標本）を作製した。また、岩盤との境界部の胴切りしたコアについてもイメージスキャナーによる撮影と画像処理（陰影強調および色調調整）をおこなった。半割コアの岩盤部と土砂部の境界については、微細な変形構造を観察するためにすべり面の鉛直方向と胴切り方向の大型薄片を作製した<sup>3)</sup>。

### 3. 6. 3 観察結果

基盤岩（おもに泥質片岩）より上位の土砂部（深度 5.00m~5.75m）は、破碎率（礫含有率）、粒度（礫径）、礫形状（円磨度）、礫配列や縞状の構造の有無、色調などの特徴に注目して、層相や構造が異なるゾーン（ゾーン Ia~Ic、ゾーン IIa~IIf）に区分した（図 3. 6. 5）。

ゾーン I (深度 5.00~5.30m) は、礫含有率が高く暗褐色を呈するゾーン I a と黄褐色の色調を示すゾーン I b および粘土化したゾーン I c に区分される。いずれも含まれる礫は珪質片岩ないし石英脈を起源とする角礫が卓越する。このうち、深度 5.27~5.30m (ゾーン I c) は細粒化と岩片の長軸が一定方向を向く定向配列が認められることで縞状の構造が顕著にみとめられるが、下位ではその構造は、配列方向が不明瞭となる。また、下位のゾーン II (深度 5.30~5.75m) との境界は 30° を示し、基盤岩と土砂部の境界面より高角で姿勢が異なる。

ゾーン II (深度 5.30~5.75m) は、暗緑~オリーブ灰色を示すほぼ緑色岩の礫のみからなるゾーンで、このうち深度 5.35~5.45m (ゾーン II b)、深度 5.55~5.60m (ゾーン II d) および基盤岩直上の深度 5.70~5.75m (ゾーン II f) には円磨された緑色岩礫を礫含有率が 65 75 と多量に含み、岩片長軸方向の定向配列や基質に縞状の構造が観察される。特に深度 5.55~5.60m (ゾーン II d) と深度 5.70~5.75m (ゾーン II f) の縞状の構造は顕著に認められる。深度 5.30~5.35m (ゾーン II a)、深度 5.45~5.55m (ゾーン II c) および深度 5.60~5.70m (ゾーン II e) 区間は岩片の定向配列等が認められない組織を示し、全体として基盤岩より上位の土砂部では岩片の配列等が認められない部分と縞状の構造部が互層状を示す。

深度 5.75m の土砂部と基盤岩との境界はシャープで、約 20° の傾斜を示す。基盤岩は砂質片岩を挟む泥質片岩からなるが、境界部直下には薄い緑色岩も挟まれる。深度 5.75~6.00m の泥質片岩中には、R1 面 (3.2.4 章参照) と考えられるやや高角で開口したクラックが認められる。

基盤岩とゾーン II f の境界部 (深度 5.70~5.75m) の断面方向と平面方向で作製した大型薄片による微細構造観察 (写真 3.6.2) では、すべり面の直上は基質に乏しくせん断変形した緑色岩のみからなる 1~6mm 大の礫がゾーン II f と基盤岩との境界方向に配列して縞状の構造を形成し、その中に基盤岩との境界に平行な数条のせん断断面 (幅 1mm 以下) がみられる (写真 3.6.2 右)。また、境界の緑色岩 (破碎) には亀裂が観察される。(写真 3.6.2 左)

本区間における切断研磨コアおよび大型薄片による微細構造の観察で、細粒化の程度、礫円磨度、岩片の配列および縞状の構造、基盤岩の破碎などすべり面におけるせん断変形によって形成されたとみられる特徴的な構造がみられた。

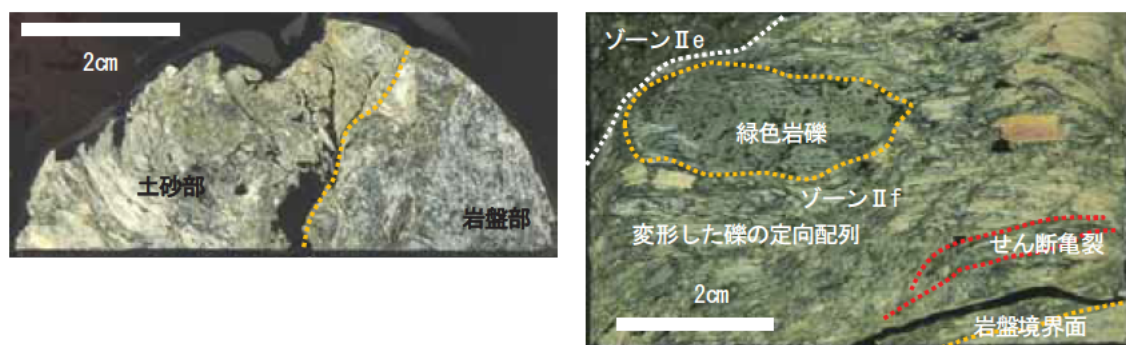


写真 3.6.2 MR-7 岩盤土砂境界付近の大型薄片写真 (直交ニコル)

左: 土砂と基盤岩境界部の水平方向 (胴切り) の薄片写真

右: 基盤岩直上土砂部の鉛直方法の薄片写真

(m)	樹脂固定切断 コア写真	地質名	地質記載	破砕度 (礫含有率)	礫径粒度	礫形状	礫配列・織状構造	色調	せん断構造・フラクチャー	ゾーン区分	ゾーン区分の根拠	
5.00		地すべり 土塊 (土砂部)	黄褐色珪質片岩角礫主体無構造部。 泥質および珪質片岩 (石英脈) の角礫からなる。礫径最大 40mm、20mm 以下が多い。 基質は粘土～砂質粘土主体。 弱い鉛直方向の礫の配列がみられる。	30-40	やや粗粒部	0.1	礫無～微礫配列	暗緑色 (基質)		I a	礫含有率高い。 無構造。 泥質、珪質片岩角礫 からなるゾーン。	
5.05			暗緑色珪質片岩角礫主体無構造部。 泥質および珪質片岩の角礫からなる。上位に比べて礫含有率が高く粗粒。 泥質片岩が多い。基質は粘土～砂質粘土。	50-65	粗粒部	0.1	礫無～微礫配列	暗緑 (基質)				
5.10			黄褐色珪質片岩角礫主体無構造部。 緑色岩～珪質片岩 (石英脈) 起源の 20mm 以下の角礫を含む (最大礫径 30mm)。 礫の定向配列はみられない。 珪質片岩 (石英脈) の礫が多い。 基質は粘土～砂質粘土。	25-35	やや粗粒部	0.1	礫無～微礫配列	黄褐 (基質)		I b	礫含有率やや低い。 無構造。 珪質片岩角礫から なるゾーン。	
5.15			オリブ灰および緑灰色の細粒織状構造部 (幅 15～20mm、30° 傾斜 (岩盤境界 の方向と逆方向に傾く)。粘土化帯。	10	細粒部	0.2	礫無～微礫配列	オリブ灰～暗緑灰				
5.20			暗緑～暗緑灰色緑色岩主体無構造部。 緑色岩礫の密集部で基質に乏しい。礫形状不明瞭。部分的に弱い礫の配列がみ られる。	65	粗粒部	0.3	礫無～微礫配列	暗緑～暗緑灰		I c	織状構造顕著な 粘土ゾーン。	
5.25			暗緑灰色緑色岩弱配列部。 円～歪円礫主体 (礫径 20～30mm)。礫の長軸方向の配列がみられる。 配列方向は約 40° で高角度で岩盤境界とは逆方向。 基質は緑色岩が細粒化した粘土～砂質粘土。	50	やや粗粒部	0.3-0.4	礫弱配列	暗緑灰				
5.30			暗緑色緑色岩無構造部。 一部に弱い織状構造がみられる (岩盤境界方向とは逆方向)。 径 20mm 程度の緑色岩歪円～歪角礫を含む。下部は径 5mm 程度の礫が多く、無構造。 基質は粘土～砂質粘土主体。	40-50	粗粒部	0.5	弱織状構造 礫無配列	暗緑～暗緑灰		II a	暗緑色礫含有率高い。 無構造。	
5.35			暗緑色緑色岩織状構造部。 径 20mm 以下の緑色岩のみの円～歪円礫を含み、長軸は岩盤境界方向に傾斜する。 礫の回転による基質の伸張と弱い織状構造がみられる。	65-75	やや粗粒部	0.6	織状構造	暗緑～暗緑灰				
5.40			オリブ灰色緑色岩弱配列部。 径 15mm 以下の角～歪角の緑色岩礫を含む。礫の配列は微礫。 基質は粘土～砂質粘土。	40-50	やや粗粒部	0.3-0.4	微礫配列	オリブ灰		II b	暗緑色礫含有率高い。 微礫配列。	
5.45			暗緑色緑色岩織状構造部。 波状の織状構造が発達。全体に細粒化が顕著。岩盤境界方向 (20°) に傾斜。 径 40×20mm の円磨された塩基性岩の礫を含む。	65-75	やや粗粒部	0.6-0.7	微礫配列 織状構造	暗緑～暗緑灰				
5.50	暗緑色緑色岩織状構造部。 波状の織状構造が発達。全体に細粒化が顕著。岩盤境界方向 (20°) に傾斜。 径 40×20mm の円磨された塩基性岩の礫を含む。	65-75	やや粗粒部	0.6-0.7	微礫配列 織状構造	暗緑～暗緑灰	II c	暗緑色礫含有率やや 高い。無構造。				
5.55	暗緑色緑色岩織状構造部。 波状の織状構造が発達。全体に細粒化が顕著。岩盤境界方向 (20°) に傾斜。 径 40×20mm の円磨された塩基性岩の礫を含む。	65-75	やや粗粒部	0.6-0.7	微礫配列 織状構造	暗緑～暗緑灰						
5.60	暗緑色緑色岩織状構造部。 波状の織状構造が発達。全体に細粒化が顕著。岩盤境界方向 (20°) に傾斜。 径 40×20mm の円磨された塩基性岩の礫を含む。	65-75	やや粗粒部	0.6-0.7	微礫配列 織状構造	暗緑～暗緑灰	II d	暗緑色礫含有率高い。 弱い織状構造。				
5.65	暗緑色緑色岩織状構造部。 波状の織状構造が発達。全体に細粒化が顕著。岩盤境界方向 (20°) に傾斜。 径 40×20mm の円磨された塩基性岩の礫を含む。	65-75	やや粗粒部	0.6-0.7	微礫配列 織状構造	暗緑～暗緑灰						
5.70	暗緑色緑色岩織状構造部。 波状の織状構造が発達。全体に細粒化が顕著。岩盤境界方向 (20°) に傾斜。 径 40×20mm の円磨された塩基性岩の礫を含む。	65-75	やや粗粒部	0.6-0.7	微礫配列 織状構造	暗緑～暗緑灰	II e	暗緑色礫含有率やや 高い。微礫配列。				
5.75	暗緑色緑色岩織状構造部。 波状の織状構造が発達。全体に細粒化が顕著。岩盤境界方向 (20°) に傾斜。 径 40×20mm の円磨された塩基性岩の礫を含む。	65-75	やや粗粒部	0.6-0.7	微礫配列 織状構造	暗緑～暗緑灰						
5.80		三波川帯 泥質片岩 砂質片岩 互層 (岩盤部)	緑色岩 (破砕)	深度 5.70m より基盤部 (泥質片岩・砂質片岩互層)。 土砂部との境界はシャープで傾斜は約 20°。 土砂部との境界に沿って破砕により細粒化した暗緑色の緑色岩を 4cm 程度伴う。 泥質片岩は暗緑灰色。砂質片岩は細粒で暗青灰色を呈する。数 cm オーダーの互層。 しばしば、石英脈を伴う。 深度 5.90m 以下には 45° 傾斜のせん断性の亀裂が発達する。							岩盤	
5.85			泥質片岩									深度 5.70m より基盤部 (泥質片岩・砂質片岩互層)。 土砂部との境界はシャープで傾斜は約 20°。 土砂部との境界に沿って破砕により細粒化した暗緑色の緑色岩を 4cm 程度伴う。 泥質片岩は暗緑灰色。砂質片岩は細粒で暗青灰色を呈する。数 cm オーダーの互層。 しばしば、石英脈を伴う。 深度 5.90m 以下には 45° 傾斜のせん断性の亀裂が発達する。
5.90			砂質片岩									
5.95			泥質片岩									
5.99	砂質片岩											

破砕度は田中・青田 (1966) の色指数を採用  
 礫径: 礫径 10mm ~ 細粒: 礫径 ~ 5mm  
 内照度印案図 (Krumbein, 1941) による  
 礫配列 (実線) 織状構造 (点線)  
 標準土色帖 (農林省) による  
 記号: せん断性亀裂 (開口) 黄線: 複合せん断面 (R1?)

図 3.6.5 MR-7 樹脂固定切断コアの詳細観察結果のまとめ

### 3.6.4 すべり面の認定

すべり面の認定にあたっては、以下の認定要素について全体を相対的に評価し、総合的に判定を行い、(A：すべり面の可能性が高い、または活動性が高い、B：すべり面の可能性がある、C：古いすべり面の可能性がある)で評価した(図3.6.6) 4)。

- ①破碎度(細粒率)
- ②粒度
- ③礫円磨度
- ④礫の定向配列
- ⑤縞状構造の程度と姿勢
- ⑥粘土帯の有無
- ⑦岩盤中のせん断構造、引張亀裂、複合せん断面の存在

本ランクでの、すべり面の「可能性がある」、ないし「可能性が高い」箇所は、すべり破碎によって形成されたとされる細粒化と縞状構造が顕著に認められる深度 5.55～5.60m(ゾーンⅡd)と深度 5.70～5.75m(ゾーンⅡf)であると考えられる。特に、ゾーンⅡfは、礫形状(円磨度)、粘土帯の存在、境界部の岩盤破碎や顕著な縞状構造の存在とその姿勢、薄片におけるせん断構造の存在など、すべり面を示唆する特徴が最も顕著でありすべり面としての活動性が高いゾーン(Aランク)と考えられる。

また、土砂部の礫種や縞状構造などの層相の特徴や配列の姿勢から、ゾーンⅠcやゾーンⅡbは、AおよびBランクのすべり面とは活動履歴が異なる、より古いすべり面の可能性があることからCランクと判定した。このように、樹脂固定コアや薄片観察からは、すべり面の認定のみならず移動履歴に関する情報も得られる可能性がある 4)。

(m)	樹脂固定切断 コア写真	破砕度 (緑含有率)	粒径粒度	礫形状	ゾーン区分	ゾーン区分の根拠	すべり面の 評 価	すべり面認定根拠
5.00		30-40	やや粗粒部	0.1	I a	緑含有率高い。 無構造。 泥質、泥質片岩角礫 からなるゾーン。		
5.05		50-65	粗粒部	0.1				
5.10		25-35	やや粗粒部	0.1	I b	緑含有率やや低い。 無構造。 泥質片岩角礫から なるゾーン。		
5.15		10	細粒部	-				
5.20		65	粗粒部	0.3	II a	暗緑色緑含有率高い。 無構造。	C	礫の配列あり。 岩盤境界と逆方向。
5.25		50	やや粗粒部	0.3-0.4	II b	暗緑色緑含有率高い。 礫弱配列。		
5.30		40-50	粗粒部	0.5	II c	暗緑色緑含有率やや 高い。無構造。		
5.35		65-75	やや粗粒部	0.6	II d	暗緑色緑含有率高い。 弱い結状構造。		
5.40		40-50	やや粗粒部	0.3-0.4	II e	暗緑色緑含有率やや 高い。礫弱配列。		
5.45		65-75	やや粗粒部	0.6-0.7	II f	暗緑色緑含有率高い。 結状構造。礫配列。		
5.50					岩盤			
5.55								
5.60					岩盤			
5.65								
5.70					岩盤			
5.75								
5.80					岩盤			
5.85								
5.90					岩盤			
5.95								
5.99					岩盤			

破砕度は田中・片岡(1966)の色指数を準用  
 粒径粒度の粗粒は粒径10mm、細粒は粒径=1mm  
 円磨度印象図はKunzein, 1941による

A. すべり面の可能性高い  
 B. すべり面の可能性がある  
 C. 古いすべり面の可能性がある

図 3. 6. 6 MR-7 樹脂固定切断コアの観察結果によるすべり面の認定



[文献]

- 1) 武田賢治・佃栄吉・徳田満・原郁夫：三波川帯と秩父帯の構造的関係、秀 敬編「三波川帯」、広島大学出版会、p107-151、1977.
- 2) 四国地方整備局四国山地砂防事務所：平成 22-23 年度 怒田地区地すべり調査観測業務 平成 23 年度実施分報告書、2012.
- 3) (独) 土木研究所 土砂管理研究グループ 地すべりチーム：樹脂固定法によるすべり面標本の作製マニュアル (案)、土木研究所資料 第 4227 号、pp.1-18、2012.
- 4) 永野統宏・棚瀬充史・藤本泰史・武士俊也・杉本宏之・鷺尾洋一・高川 智：樹脂固定サンプルによるすべり面の判定事例 四国三波川帯三津小野地すべり 、第 51 回日本地すべり学会阿研究発表会講演集、p263、2012.

## 4. 沖縄県当間地区におけるボーリングの実施

### 4.1 概要

#### 4.1.1 はじめに

沖縄県<sup>とうま</sup>当間地区において、B 5 孔（株式会社高知地質）及び B 6 孔（ハイテック株式会社）の 2 孔の調査ボーリングを実施した。これらのボーリングコアを用いた各種試験を行い、すべり面に関する調査手法について検討を行うとともに、サンプリングにおける留意点をとりまとめた。

#### 4.1.2 地形地質概要

##### (1) 広域の地形概要

調査対象地区である当間地区は、沖縄本島中部の中<sup>なか</sup>城<sup>かく</sup>村内に位置しており、中城湾に面する東側斜面である。

当間地区周辺の広域地形図を図 4.1 に示す。北東 南西方向に延びる島軸方向に沖縄自動車道が縦走する他、海岸線に沿って国道 329 号が通り、周辺には集落が発達する。特に沖縄自動車道が通る高標高部での集落が発達する。また、中城村北部の高標高部には、世界遺産である中城城趾が公園として整備されている。

検討対象範囲の地形的特徴は以下のとおりである。

- ① 斜面は、概ね島軸に沿って北東 南西方向に連続する。
- ② 斜面上方の高標高部は、鋭角に突出した山岳地形をなさず、平坦な台地状地形をなす。
- ③ 斜面下部には、海岸線まで沖積低地が広く分布する。
- ④ 深く浸食された明瞭な谷地形は認められないが、小規模な沢地形が概ね斜面直交方向の北西 南東方向に分布する。
- ⑤ 斜面は、等高線が平行する単調な平滑斜面ではなく、細かな凹凸を不規則に繰り返し、複雑化している。

##### (2) 当間地区の地形概要

当間地区の地形図は図 4.2 に示すとおりであり、以下の地形的特徴が認められる。

- ① 高標高部には、平坦面（図 4.2 中の分水嶺沿いの平坦面）が広がり、宅地として造成されている。
- ② 山腹には、山腹緩斜面～平坦面が多数分布し、斜面下方側が遷急線となっているが、これらの地形の分布に定高性は見られない。
- ③ 山裾部は比較的急斜面をなし、国道 329 号付近から海側に向かって低平な沖積面が広がっている。なお、当地区の山裾（沖積面境界）は、やや海側に張り出す傾向が認められる。

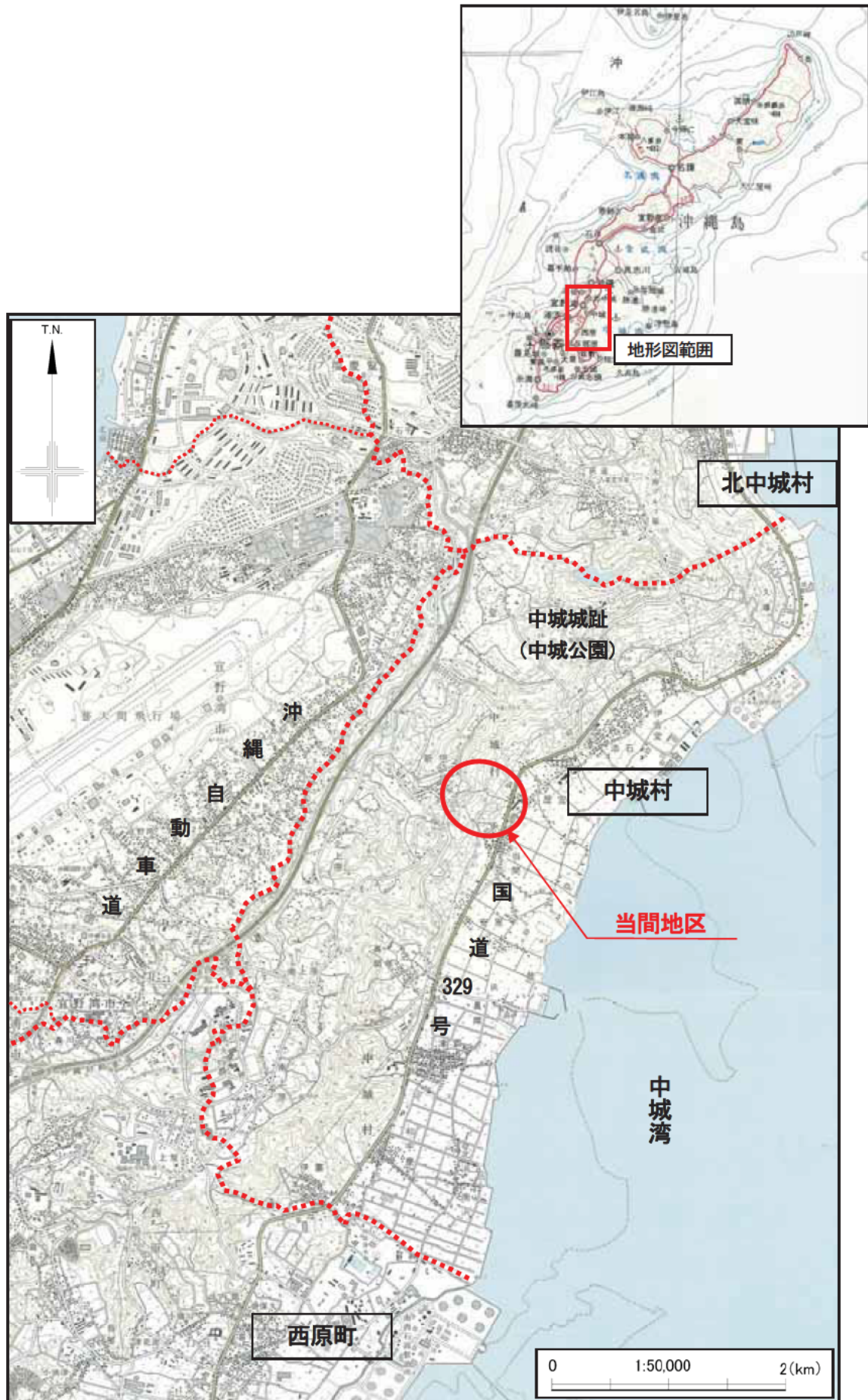


図 4.1 当間地区周辺の地形 縮尺 1:50,000

※国土地理院発行 2.5 万分の 1 地形図「沖縄市南部」及び「与那原」を 50%縮小して使用。

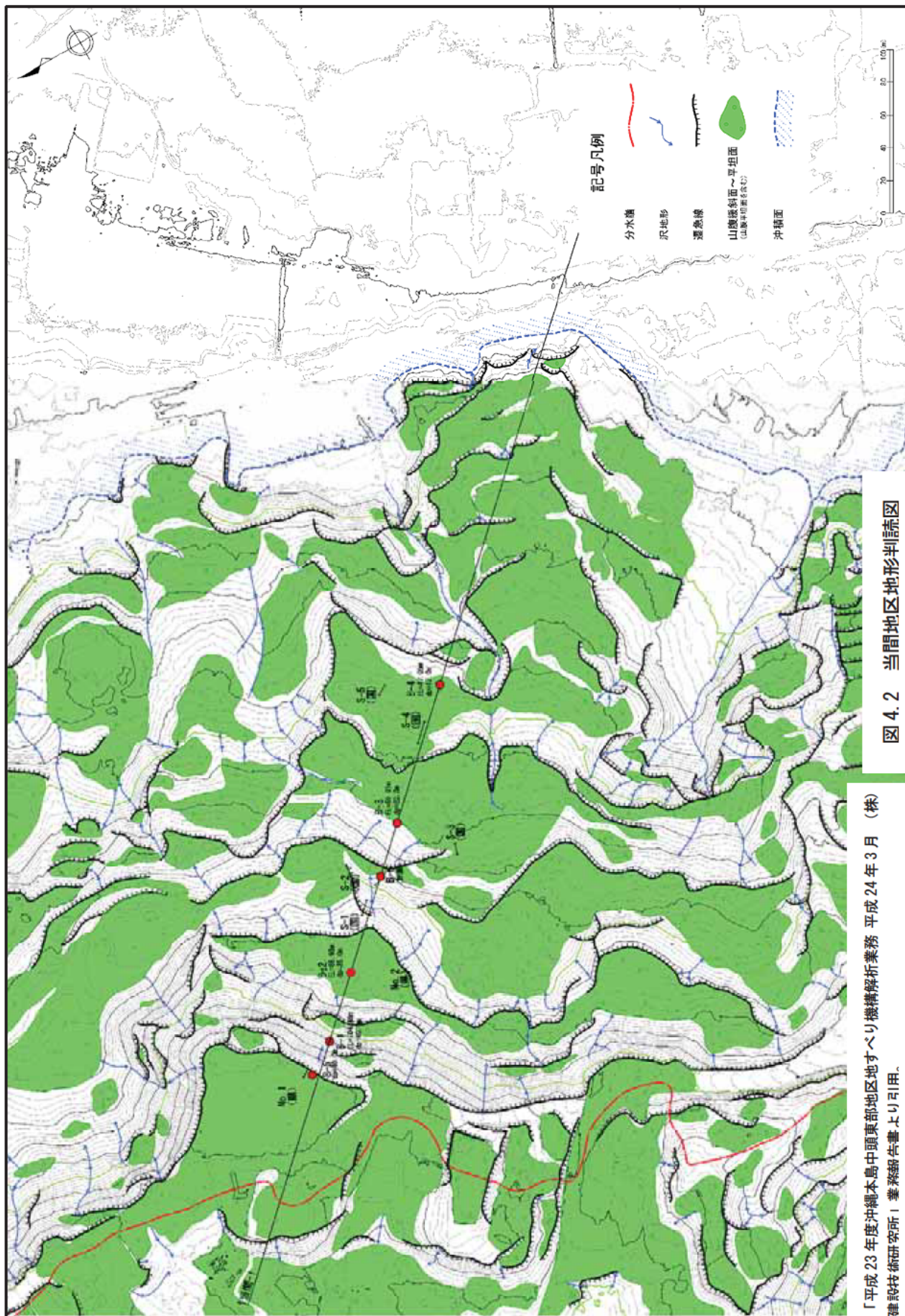


図 4.2 当間地区地形判読図

### (3) 広域地質概要

当間地区周辺の広域地質平面図を図 4.3(1)(2)に示す。

基盤地質の分布は、斜面部と台地上面をなす高標高部とでは異なる。

斜面部を構成する基盤地質は、新生代新第三紀中新世～鮮新世（概ね 2350 万年前～258.8 万年前）の島尻層群であり、中でも豊見城層（**Tom, Tb, Tns**）や与那原層（**Ylp<sub>1</sub>**）と呼ばれるシルト岩主体の堆積岩が分布する。

島尻層群のシルト岩は、方言で「クチャ」と呼ばれており、乾燥すると容易に軟質化する性質を有している。

一方、台地上部には、新生代第四紀更新世（258.8 万年前～概ね 1 万年前）の琉球層群が分布しており、石灰岩（**Nd**：碎屑性石灰岩）で構成される。

基盤地質を覆う未固結被覆層は、主に山裾部から海岸線にかけて沖積層（**a**）が分布する。

島尻層群の層理面（堆積面）は、大局的に東北東 西南西走向を示し、南側に数°～20°で傾斜する。そのため、検討対象地域の大部分の斜面が、流れ盤あるいは見かけ流れ盤の関係となる。

断層は、島軸直交方向の北西 南東走向のタイプ（一般に胴切り断層と称される）及び島軸方向の北東 南西走向のタイプが分布する。西原町では胴切り方向の断層が第四紀の琉球層群に変位を与えていることが確認されている。

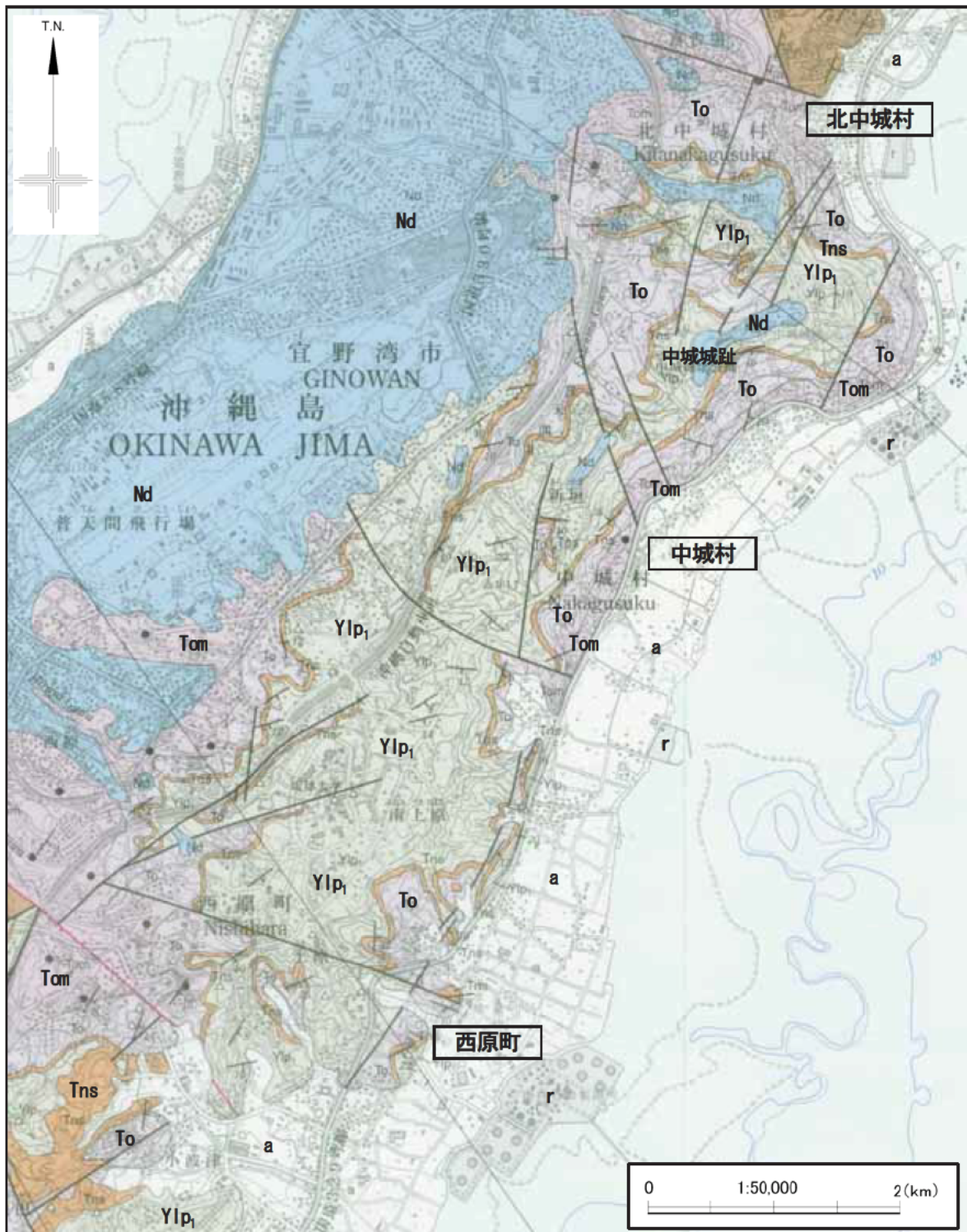


図 4.3(1) 当間地区周辺の地質分布 縮尺 1:50,000<sup>1)</sup>

※文献 1) を基図として利用

埋立地 Reclaimed land	<b>r</b>	
環状サンゴ礁 Coral reef		造礁性生物(サンゴ及び石灰藻など) Reef-building organisms(coral and algae etc.)
ビーチロック Beach rock		礫岩及び砂岩 Conglomerate and sandstone
海浜砂 Beach sand deposits	<b>b</b>	砂及び礫 Sand and gravel
砂丘堆積物 Dune deposits	<b>d</b>	砂及び礫 Sand and gravel
沖積層 Alluvium	<b>a</b>	泥、砂及び礫 Mud, sand and gravel
岩層 Debris		石灰岩巨礫 Limestone huge gravel

	岩相層序境界 Lithostratigraphic boundary
	生物層序境界(浮遊性有孔虫化石に基づく) Biostratigraphic boundary based on planktonic foraminifera fossils
	地層の走向傾斜(上下確認) Strike and dip of bedding(tops known)
	水平層(上下確認) Horizontal strata(tops known)

	実在断層 Confirmed fault
	実在逆断層 Confirmed reverse fault
	琉球群群に変位を与える実在断層 Confirmed fault having displaced the Ryukyu Group
	試錐地点 Locality of drilling

第三紀 Tertiary	第三紀群 Tertiary Group	湯川層 Munakawa Formation	<b>Mlc</b>	サンゴ石灰岩及び碎屑性石灰岩 Coral limestone and detrital limestone		
			<b>Mtd</b>	碎屑性石灰岩 Detrital limestone		
		那覇層 Naha Formation	<b>Nlc</b>	サンゴ石灰岩 Coral limestone		
			<b>Nld</b>	碎屑性石灰岩 Detrital limestone		
		国頭層 Kunigami Formation	<b>Kc</b>	礫岩 Conglomerate		
		知念層 Chinen Formation	<b>Ch</b>	砂質石灰岩、石灰質砂岩及び泥質砂岩 Sandy limestone, calcareous sandstone and muddy sandstone		
		第四紀 Quaternary	第四紀群 Quaternary Group	新里層 Shinshu Formation	<b>Br<sub>ts</sub></b>	シルト岩(凝灰岩の薄層を含む) Siltstone with thin beds of tuff
					<b>Sp<sub>s</sub></b>	シルト岩(凝灰岩の薄層を含む) Siltstone with thin beds of tuff
				与那原層 Yonahara Formation	<b>Yp<sub>s</sub></b>	シルト岩(凝灰岩及び細粒砂岩の薄層を含む) Siltstone with thin beds of tuff and fine-grained sandstone
					<b>Yp<sub>s</sub></b>	シルト岩(凝灰岩及び細粒砂岩の薄層を含む) Siltstone with thin beds of tuff and fine-grained sandstone
<b>Yp<sub>ts</sub></b>	シルト岩(凝灰岩及び細粒砂岩の薄層を含む) Siltstone with thin beds of tuff and fine-grained sandstone					
<b>Yp<sub>ts</sub></b>	シルト岩(凝灰岩及び細粒砂岩の薄層を含む) Siltstone with thin beds of tuff and fine-grained sandstone					
<b>Yip<sub>1</sub></b>	シルト岩(凝灰岩及び細粒砂岩の薄層を含む) Siltstone with thin beds of tuff and fine-grained sandstone					
<b>Tns</b>	中粒～粗粒砂岩(シルト岩を含む) Medium to coarse-grained sandstone with siltstone					
中新世 Miocene	与那原層 Yonahara Formation			<b>To</b>	シルト岩及び砂岩 Siltstone and sandstone	
				<b>Tos</b>	細粒砂岩(シルト岩及び凝灰岩の薄層を含む) Fine-grained sandstone with thin beds of siltstone and tuff	
		<b>Tom</b>	シルト岩及び砂岩 Siltstone and sandstone			

図 4.3(2) 図 4.3(1)の地質凡例

※凡例中の **□** は、検討対象地域範囲内に分布する地質を示している。

※文献 1) を基図として利用

(4) 当間地区の地質概要

当間地区の大局的な地質分布および地質構造は以下のとおりである。

- ① 当間地区の基盤地質は、新生代新第三紀中新世～鮮新世の島尻泥岩であり、下位から豊見城層と与那原層に大きく2区分される。また、豊見城層の最上位には中城砂岩層が分布する(表4.1)。
- ② 豊見城層は当地区斜面の大部分を占め、砂岩や凝灰岩の薄層を介在する泥岩(Tm)を主体とする。また、低標高部には比較的連続する砂岩層(Ts)を伴う(図4.4(1)(2))。
- ③ 豊見城層最上位の中城砂岩層(Ns)は、当地区高標高部の急崖中に層厚数mで連続した分布をなし、基底部の数cm～数10cmに分布する粗粒砂岩中には多量の貝殻片が含まれる(図4.4(2))。
- ④ 与那原層(Ym)は中城砂岩層(Ns)よりも上位に分布しており、泥岩(Ym)を主体とするが、豊見城層の泥岩(Tm)に比較して砂岩薄層の含有量がやや少ない。
- ⑤ 基盤地質を覆う被覆層は、低標高部の沖積層(al)と斜面一帯に分布する崖錐堆積層(dt)である。なお、崖錐堆積層(dt)は、崩落岩塊混じり砂～粘土を主体とするが、流動化した地すべり移動体(土塊)も含めている(表4.1)。
- ⑥ B2ボーリングの深度15.7mで確認された弱線は、ボアホールテレビ画像解析の結果、N26°E・47°Eの走向傾斜を有しており、高標高部の急崖と概ね平行である。また、当弱線の推定分布と急崖の交錯部では、中城砂岩層(Ns)が不連続となる(図4.4(1)(2))。

表4.1 当間地区の地質\*

地質時代		地層名	地質記号	岩相・層相	分布および岩相		
新 生 代	第四紀	完 新 世	崖錐堆積層	dt	礫、砂、シルト、粘土	崩落岩塊混じりの土砂であり、流動化した地すべり移動土塊を含む。粘性土を主体とする。	
			沖積層	al	礫、砂、シルト、粘土	山裾部の国道から海岸部までの低平部に分布を推定している。	
	新 第三 紀	鮮 新 世 ～ 中 新 世	島 尻 層 群	与那原層	Ym	泥岩	帯淡緑暗灰色を呈する。層理面が不明瞭な塊状泥岩を主とするが、ボーリングコアの一部や露頭で認められる層理面は概ね10°～20°の傾斜を有する。
				中城砂岩層	Ns	砂岩	当地区の高標高部に数mの層厚で連続する。細粒～中粒砂岩を主体とし、露頭では褐色～赤褐色を呈することが多い。本層の下部数cm～数10cm間は貝殻片を多量に含む粗粒砂岩である。
				豊見城層	Tm	泥岩	帯淡緑色暗灰色を呈する。層理面が不明瞭な塊状泥岩を主とするが、ボーリングコアの一部や露頭で認められる層理面は概ね10°～20°である。砂岩薄層を挟在する。
Ts	砂岩	当地区の低標高部(山裾部)で層厚数10cm～数mで膨縮しながら連続する。細粒～粗粒砂岩よりなっており、北側の沢沿いの流水部では露頭表面が石灰化している。					

「平成23年度沖縄本島中頭東部地区地すべり機構解析業務 平成24年3月(株)建設技術研究所」業務報告書より引用。



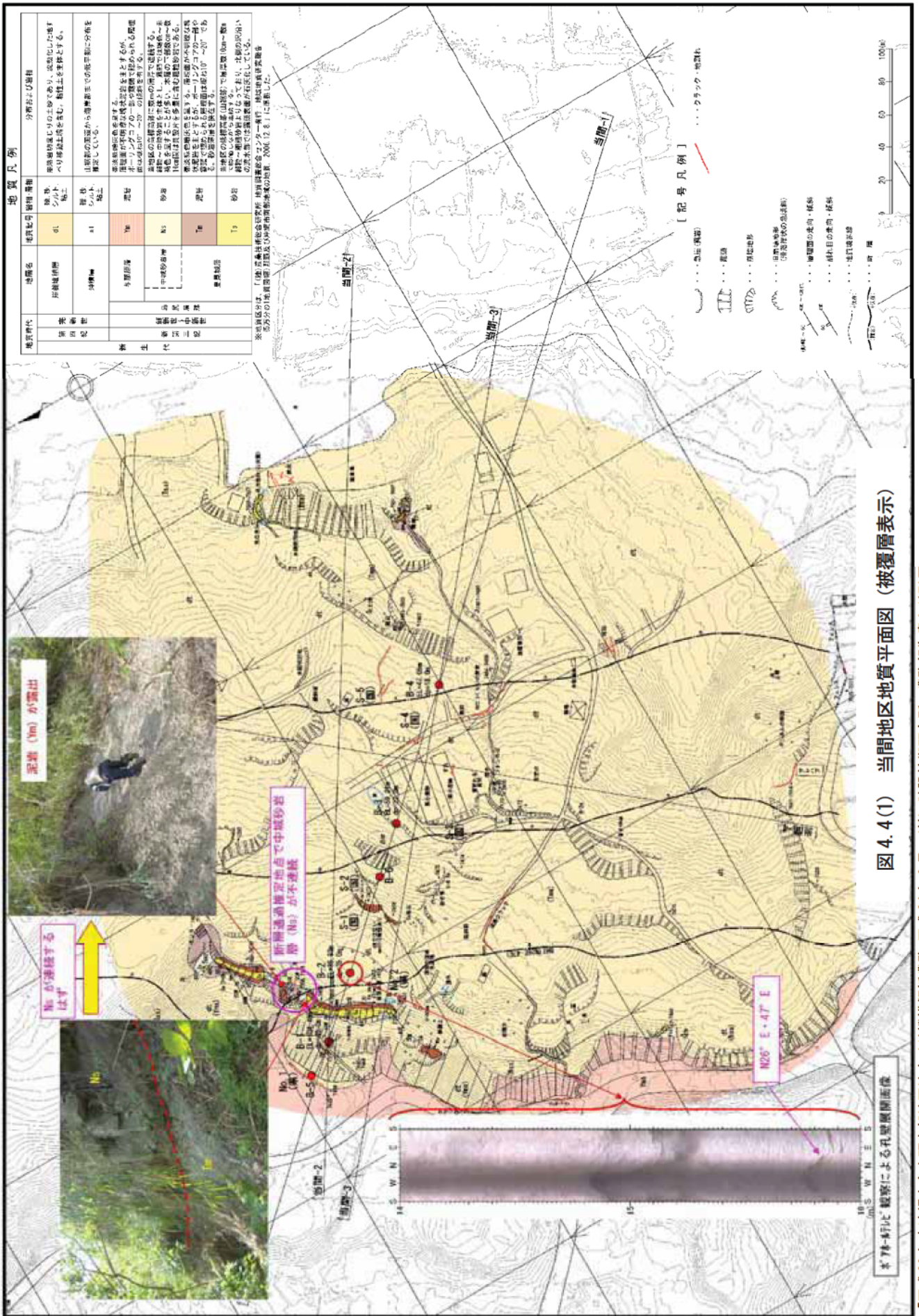


図 4.4(1) 当間地区地質平面図 (被覆層表示)

「平成 23 年度沖繩本島中頭東部地区地すべり機構解析業務 平成 24 年 3 月 (株)建設技術研究所 業務報告書より引用。



#### 4.1.2 島尻層群泥岩地すべりの類型区分と当間地区における地すべりタイプ

島尻泥岩分布地域に形成される地すべりは、その形成過程及び地質条件によって図 4.5 のように類型区分される（図 4.6）。

- ① 再活動崩積土地すべり：泥岩丘陵斜面におけるⅠ型と石灰岩台地斜面におけるⅡ型に区分されるが、いずれも滑落崖を伴う地すべり地形が比較的明瞭である。
- ② 初生泥岩地すべり：斜面中に潜在する断層や層理面などの弱面や破碎泥岩を一部せん断して滑動する地すべりであり、地質構造に強く規制されることが知られている。
- ③ 準初生泥岩地すべり：斜面下方に既往地すべりブロックを伴う複合地すべりであり、斜面上方部の初生域に地すべりが波及する後退型の地すべりである。一般に豪雨を誘因として急激且つ大きく滑動する特徴がある。

再活動崩積土地すべりは、地すべり地形（滑落崖等）が明瞭である他、継続的な変状を比較的捉え易いため、地形判読と地表地質踏査によって地すべりブロックの平面範囲を比較的精度高く抽出することが可能である。そのため、地すべり箇所に対するある程度の事前対応を施すことが可能である。

次に初生泥岩地すべりおよび準初生泥岩地すべりの初生域は、地すべり地形が不明瞭であることが特徴として挙げられ、事前の予知には困難を伴う。その反面、初生域は斜面上方から台地端部にかけて潜在しているため、今後の人口集中に伴う開発域において、甚大な被害を与える可能性があることを否めない。

初生泥岩地すべりは、斜面下方における切土や斜面上方ないしは中腹における盛土といった人工改変を伴う場合に生じた例が多いことが知られている。また、準初生泥岩地すべりでは、既往地すべりブロックの再滑動による除荷によって斜面上方が不安定化する機構を有し、斜面上方の台地端部付近にクラック（地割れ）やクラック地形（段差地形）を伴う場合（地すべり～弛み地形）もあることが知られている。

このような地すべりタイプが分布する地域において、当間地区は山腹に明瞭な地すべり変状地形を伴う既往地すべりブロックが分布し、且つ高標高部の公園周辺にクラック（地割れ）やクラック地形を伴う準初生泥岩地すべりに位置づけられている（写真 4.1 および写真 4.2）。

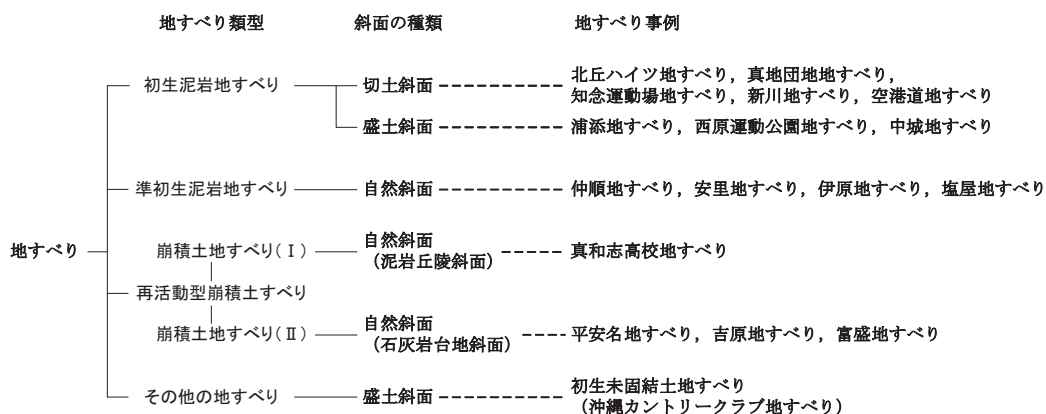


図 4.5 島尻泥岩分布地域における地すべりの類型区分<sup>2)</sup>

当間地区が該当する地すべりタイプ

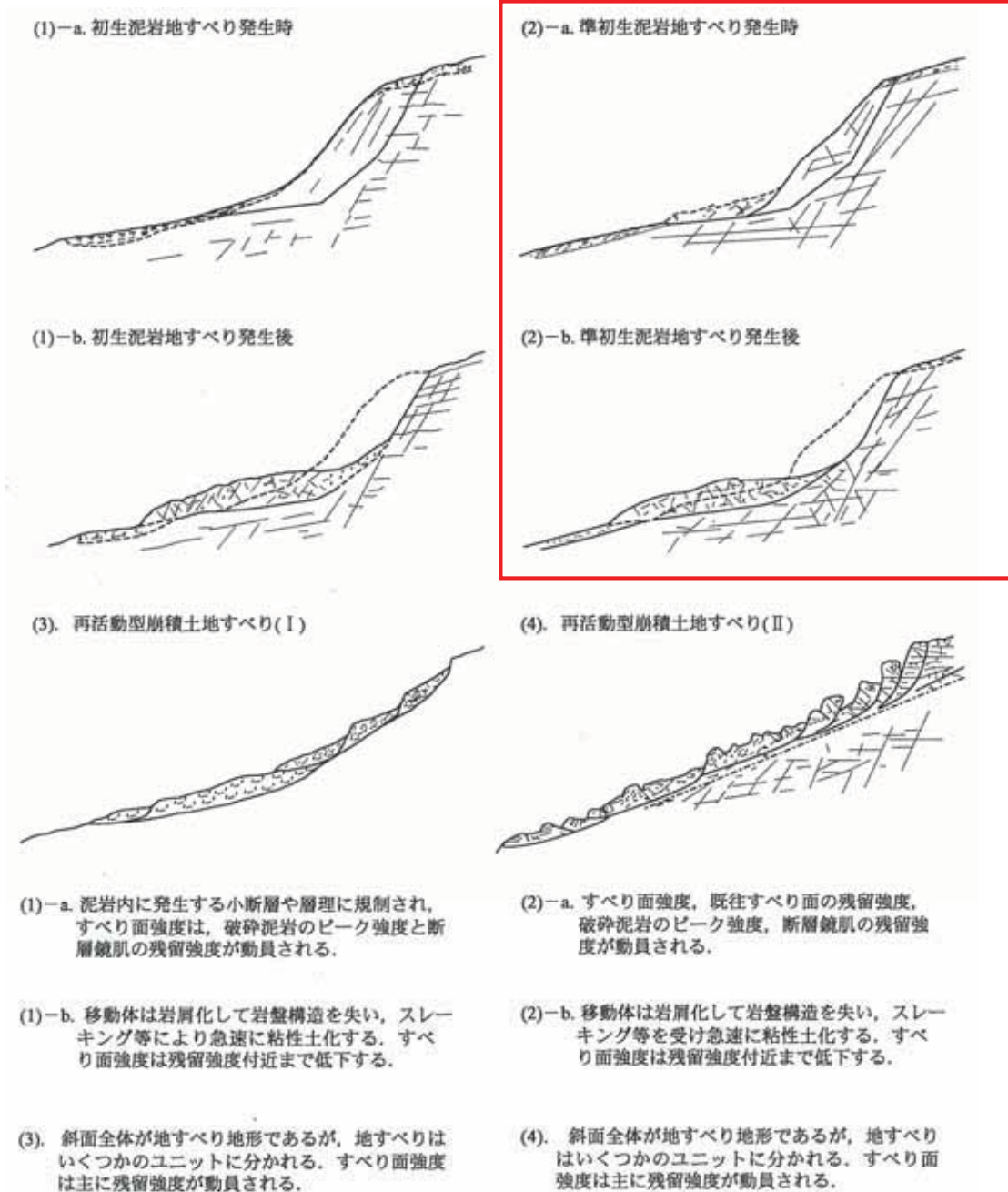


図 4.6 島尻層群泥岩分布域における地すべり類型区分の模式断面図<sup>3)</sup>

※文献 2) より引用し、本報告書内容の説明のために加筆した。



**写真 4.1 当間地区の代表的な変状箇所の状況**

高標高部の公園内に生じたクラック（破線位置）。  
準初生泥岩地すべりにおける岩盤ゆるみ範囲と推定されており、既に地盤伸縮計による観測を実施している。



**写真 4.2 当間地区の代表的な変状箇所の状況**

斜面中腹の既往地すべりブロック下部の変状。  
道路が全体に隆起している。

「平成 23 年度沖縄本島中頭東部地区地すべり機構解析業務 平成 24 年 3 月（株）建設技術研究所」業務報告書中の写真を引用。

#### 4.1.3 ボーリング調査位置および調査方法

当間地区では、7箇所での地盤伸縮計観測、4箇所でのボーリング調査（B 1 孔～B 4 孔）および孔内観測（挿入式孔内傾斜計観測，パイプ歪計観測）が実施されている。

4 箇所のボーリングのうち、B 2 孔～B 4 孔の 3 箇所が既往地すべりブロック内での調査であり、B 1 孔の 1 箇所が初生泥岩地すべり領域内での調査である（図 4.7）。

これら既往ボーリング調査や観測の結果を踏まえ、本研究では調査情報空白域に当たる岩盤ゆるみ範囲 1 箇所（B 5 孔）、既往地すべりブロック 1 箇所（B 6 孔）の合計 2 箇所でも新技術を投入したオールコアボーリング調査を実施した（図 4.7）。

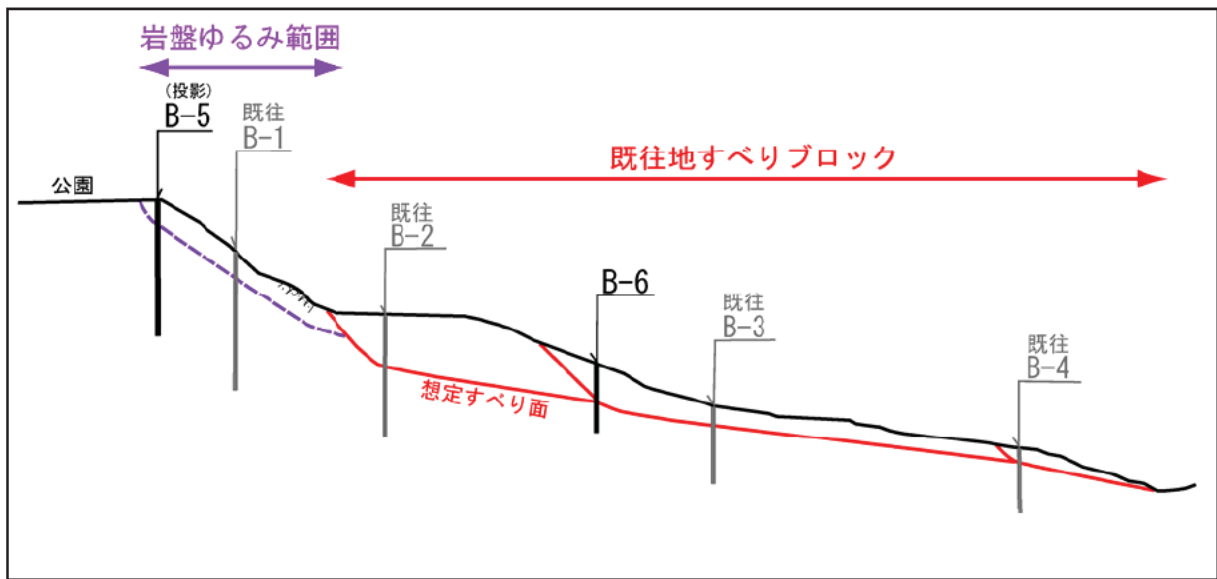
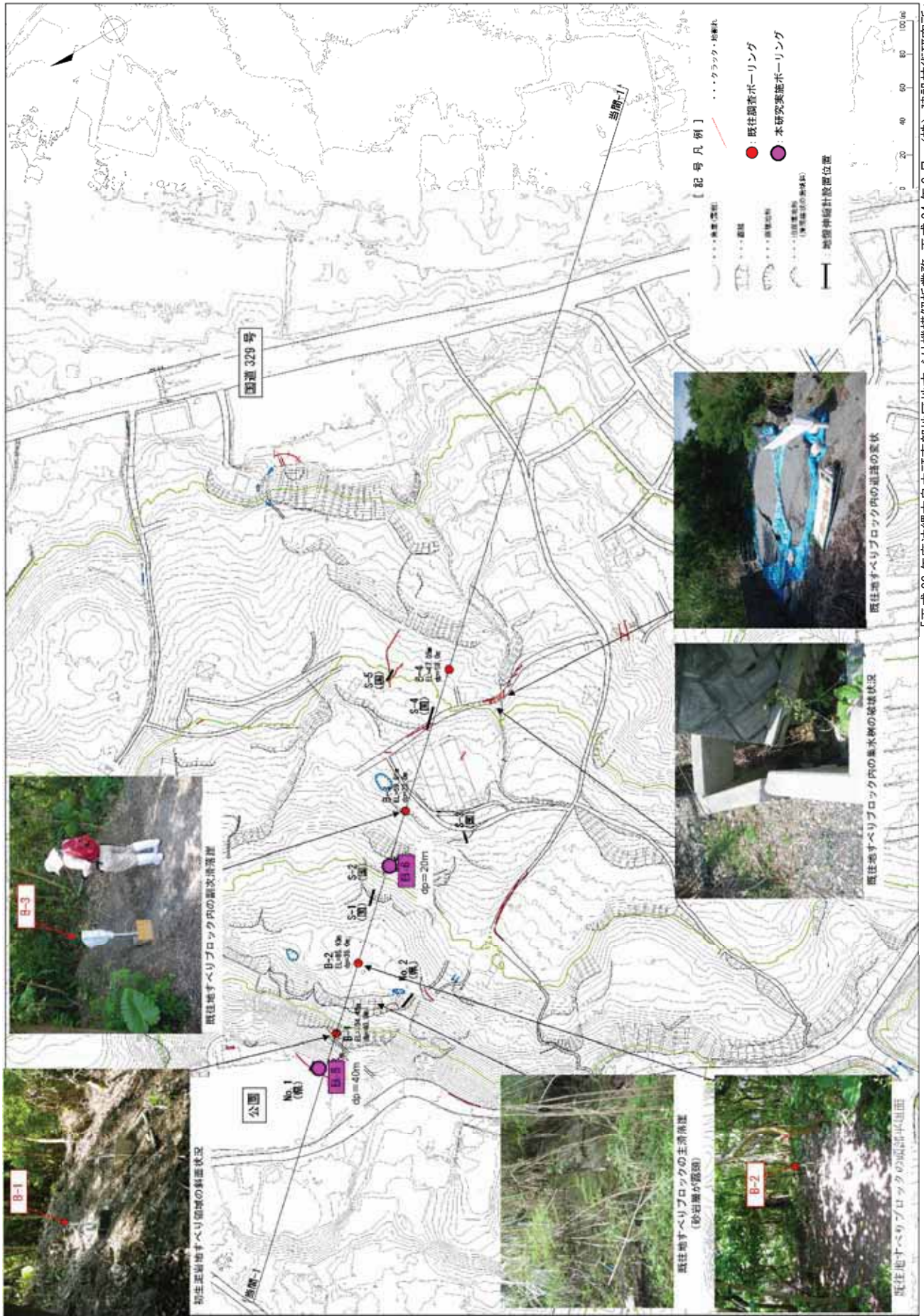


図 4.7 既往ボーリング調査位置と本研究で実施した新技術ボーリング調査位置の関係(概略図)

ボーリング B 5 孔および B 6 孔の調査位置は図 4.8 に示すとおりであり、その諸元は表 4.2 に示した。

表 4.2 実施ボーリング調査諸元

孔番	孔径 (mm)	掘進方向	掘進長 (m)	新技術	施工業者
B 5	86mm	鉛直	40	削孔において、コアにねじれや回転を与えない定方位サンプリング技術（二重管式固定軸サンプリング法）を導入。 ※採取コアの北方向が把握できるため、層理面や割れ目等の不連続面の走向・傾斜の把握が可能。	(株)高知地質調査
B 6	66mm	鉛直	20	運搬に優れた軽量機材を用いたモバイルボーリングで且つ高品質コアの採取が期待できるハイブリッドボーリング（HTX66）を実施。	ハイテック(株)



「平成 23 年度沖繩本島中頭東部地区地すべり機構解析業務 平成 24 年 3 月 (株) 建設技術研究所」  
業務報告書中の図面を基図として利用。

図 4.8 ボーリング調査位置図

## 4.2 B-5 ボーリング

### 4.2.1 B-5 ボーリングの概要

すべり面標本の作製において重要な要素として、コアをすべり方向で切断するという点があるが、通常のボーリングコアでは方位は不明であるため、方位を確認するためにボアホールカメラによる孔壁画像とコア表面を対比させる等の必要があった。今回、本研究の一環として、二重管式固定軸サンプリング法による定方位サンプリング技術について以下に述べる。

### 4.2.2 定方位サンプリング技術（二重管式固定軸サンプリング法）について

本手法では、ボーリングロッドなどの装置は外管系と内管系の二重管構造とし、サンブラーを一定の方位に制止させたままで連続的にサンプリングできる機能を有しており、高品質で方位のわかるコアを採取することが可能である。その概要を図 4.9 に示す（写真 4.2）。

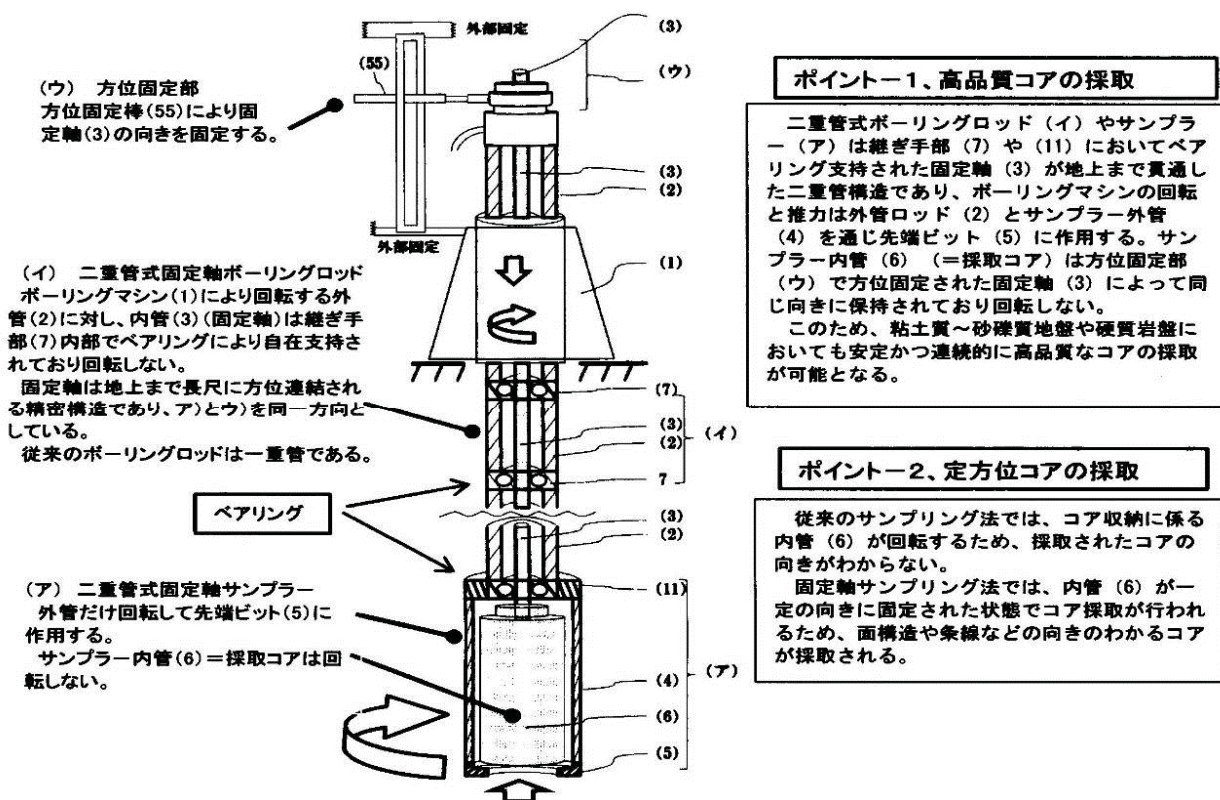


図 4.1 二重管式固定軸サンプリング法概要

(参考：二重管式固定軸サンプリング法)

長谷川陽一ほか (2012) : 方位のわかるボーリングコア試料を用いたすべり面の強度特性評価, 第 51 回日本地すべり学会研究発表会講演集

村田誠一、東邦地下工機 (2012) : 二重管式固定軸サンプリング法について, 第 119 回日本地質学会学術大会講演集





(a) 全 景



(b)方位固定部



(c)サンプラーおよびコア取り出し状況

写真 4.3 B-5 孔の機材の写真

#### 4.2.3 サンプルングに際しての留意点

当間地区に分布する地質は、新第三紀中新世～鮮新世の泥岩である。この泥岩は、固結度が弱くコア痩せ（コア径が小さくなる）となる場合が多い。このため、コアの孔底残留や先端脱落、コア箱収納のための切断時の崩れや割れなど、コアの人為的な破壊を防ぐことが採取上の留意点となった。また、コア箱への収納は、切り替え位置を明示するとともに、上記人為的破壊など、できるだけ採取時の情報を記載するように留意した（写真 4.4）。



写真 4.4 コア採取情報の記載

#### 4.2.4 B-5 ボーリングのまとめ

二重管式固定軸サンプリング法はコアを回転させることが無いため、高品質で方位のわかるコア（定方位コア）を採取することが可能であり、すべり面の判別や地質構造を高精度に把握するための樹脂固定法によるすべり面標本の作製においても有効であると考えられる。また、方位が特定できる特長を生かし、ボーリングコアで観察される様々な構造の方位を計測・分析をすることも可能である。

### 4.3 B-6 ボーリング

#### 4.3.1 B-6 ボーリングの概要

地すべり頭部や滑落崖の前面でのボーリング作業は搬入路が滑落崖に阻まれたり、急崖に足場を仮設する必要があるなど、調査が困難となる場合が多い。また、一般に地すべり調査においては、高品質なコアが必要とされる。これらの問題点に対応するために開発した軽量コンパクトなモバイル(イーモール®)ボーリングを当間地区で適用し、採取したコアを用いて樹脂固定すべり面標本を作製した。

#### 4.3.2 モバイルボーリングの特徴

モバイルボーリングは、分解重量が軽いため、人肩運搬や一輪車等による運搬が可能で、狭隘地や施設内に搬入ができ、通常のボーリングマシンでは作業が困難な箇所での調査が可能となる(表 4.3, 写真 4.5)。

表4.3 比較表

項目	通常ボーリング	モバイルボーリング
資機材総重量	1500kg 程度	300kg 程度
分解重量	50kg 程度	20kg 程度
仮設時間 (平坦地)	0.5~1.0日	1.0~2.0時間
掘進能力	機械により変化	最大30m 程度
調査対象	各種	通常ボーリングと同等



写真4.5 B-6孔の全景

#### 4.3.3 サンプルングに際しての留意点

サンプルングは、コア採取率およびコア精度の向上のため、高品質ボーリング（ハイブリッドボーリング※4HTX66により実施した。HTX66は、掘削水の代わりに気泡を用い掘削する。礫混じり土砂などで、軟質部のコアを流失することなく採取でき、調査対象の泥岩では粘性を高めるためポリマーを添加し、掘削水の使用量をより少なくしコア痩せの発生を防ぐよう留意した。

採取したコアは、取り出し時の乱れを防ぐため、コアチューブ内管ごと取り外し、半割れ塩ビ管に押しだし、コア箱に収納した。また、コアの観察に参考となる情報（コア採取切り換え深度およびリフター噛み込みによる乱れた区間、逸水区間等）を仕切板に記録し、当該位置に表示するようにした（写真 4.6）。



写真 4.6 コア採取情報を表示した仕切板の例

#### 4.3.4 B-6 ボーリングのまとめ

ハイブリッドボーリングと組み合わせることにより、軽量コンパクトな資機材で、樹脂固定すべり面標本が作製できる高品質コアを採取することができた。本手法は、地すべり側壁部やブロック境界等の地形的制約が厳しい箇所ですべり面の調査をする場合などにも活用できるものと考えられる。

#### 4.4 B-5 およびB-6 ボーリングのすべり面・すべり層の分析

当間地区のB5孔およびB6孔のボーリングコア写真は、図4.10および図4.11に示すとおりであり、すべり面と推定される弱層分布位置から、図4.12の断面図に示すようなすべり面の分布が推定される。なお、図4.12に示す想定すべり面は、地表地質踏査において確認された変状範囲（図4.13）も勘案して推定している。

本節では、B5孔およびB6孔の地質分布ならびに弱層の分布状況の概要を述べた後、コア状況と物性値との対応を述べる。

##### 4.4.1 B-5 孔

- (3) 深度0.67mまでは、公園整備に伴う路床材および切り盛りの盛土部に該当する。
- (4) 深度0.67m以深は、基盤地質の島尻層群であり、全般に泥岩層の分布が確認される。
- (5) 泥岩層中には、層厚数cm～10cm以下の砂岩層を頻繁に介在する他、深度27.35～30.1m間にはまとまった粗粒砂岩層の分布が確認される。
- (6) 深度27.35～30.1m間の粗粒砂岩層は、基底付近に多量の貝殻片を含む特徴を有しており、周辺の露頭や他ボーリングのコアから広範囲に連続する豊見城層中の中城砂岩層（Ns）である可能性が高い（写真4.7）。
- (7) 層理面は必ずしも一定方向への傾斜は示さず、東側ないしは西側に低角度で傾斜する箇所が多い。
- (8) 薄い粘土を介在する弱層は、深度2.38mおよび深度4.05mに認められる（写真4.8）。
- (9) 深度2.38mには、東側に30°程度で傾斜する厚さ数mmの粘土層が認められ、当深度より浅部ではコアが礫状化している。
- (10) 深度4.05m付近は、直上に削孔時の崩積物と考えられるアスファルト片や石灰岩礫が基盤地質と同時に採取されているが、該当深度には北側に30°程度で傾斜する厚さ数mmの粘土層の分布が認められる。
- (11) 深度8.48mの傾斜45°程度で北側に傾斜する割れ目沿いには、割れ目の傾斜方向に概ね平行な擦痕の分布が認められるが、前後のコアに目立った破碎やゆるみが認められないことから、現段階では弱線と推定している（写真4.9）。



写真4.7 深度29.9m付近の粗粒砂岩（白い斑点状の部分が貝殻片）



写真4.8 深度2.38mの弱層



写真4.9 深度8.48mの擦痕の認められる割れ目

#### 4.4.2 B-6 孔

- (1) 深度 2.47m までは、流動化した移動土塊を含む崩積土である。
- (2) 深度 2.47m 以深は、島尻層群豊見城層の泥岩層を主体とする。また、一部に層厚数 cm～10 数 cm の砂岩層を介在する。
- (3) 層理面は、傾斜 10°以下の低角度で傾斜する傾向が強い。
- (4) すべり面と推定される弱層の分布は、深度 11.05～11.1m 間に認められる (写真 4.10)。
- (5) 深度 11.05～11.1m 間の弱層は 2 系統認められ、水平の弱層が中角～高角度の弱層によって正断層変位を受けている。

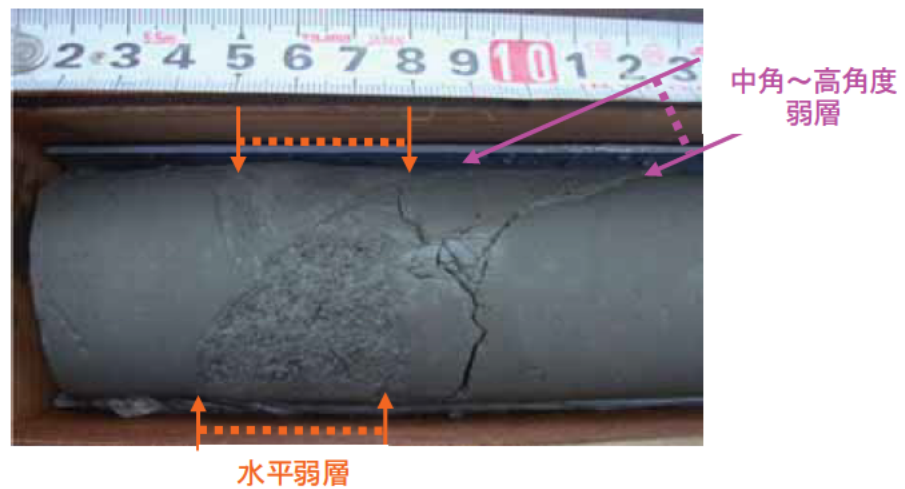


写真 4.10 深度 11.05～11.1m 間の弱層

孔名: 当間 B-5 (孔径85mm) 定方位サンプリング (コア上面中央が磁北)  
 孔口標高:  
 総進長: 40.45m  
 設置計器: 孔内傾斜計  
 孔内試験

▮: コア採取跡目  
 ▲: コア取り出し時に生じた割れ目

▲: 初生泥岩地すべりの  
 想定すべり面  
 (深度 2.38m, 深度 4.05m)

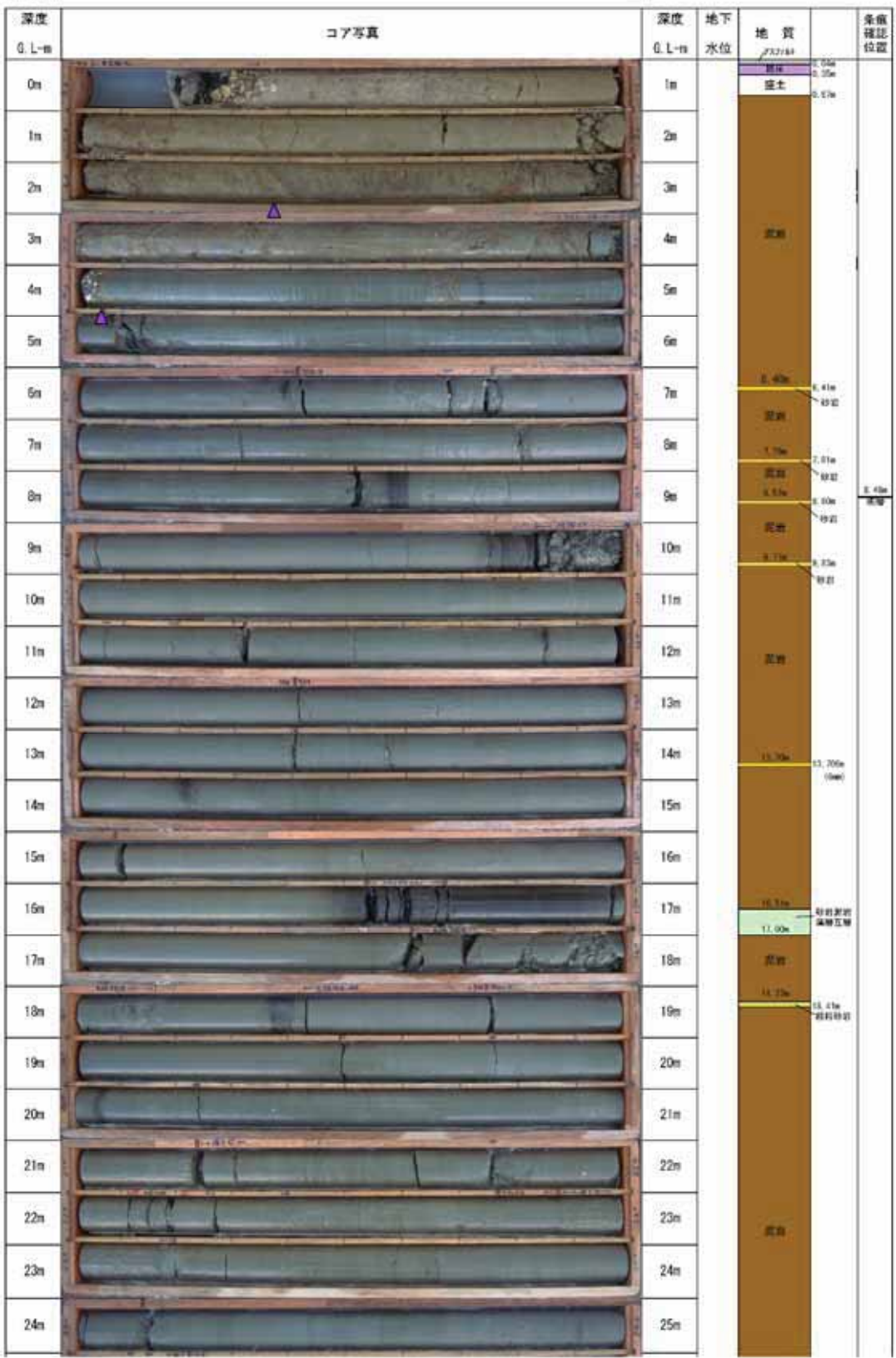


図 4. 10(1) B-5 孔のボーリングコア写真

「平成 23 年度沖縄本島中頭東部地区地すべり機構解析業務 平成 24 年 3 月 (株) 建設技術研究所」業務報告書より引用。



図 4.10(2) B-5 孔のボーリングコア写真

「平成 23 年度沖縄本島中頭東部地区地すべり機構解析業務 平成 24 年 3 月 (株) 建設技術研究所」業務報告書より引用。



孔名: 当間 B-6 (孔径60mm) : 簡易ボーリング(モバイルボーリング)  
 孔口標高 E.L. m  
 掘進長: 20.00m  
 設置計画: パイプ掘削  
 孔内試験: なし

▲: 既往地すべりブロックの  
 想定すべり面  
 (深度 11.05m)

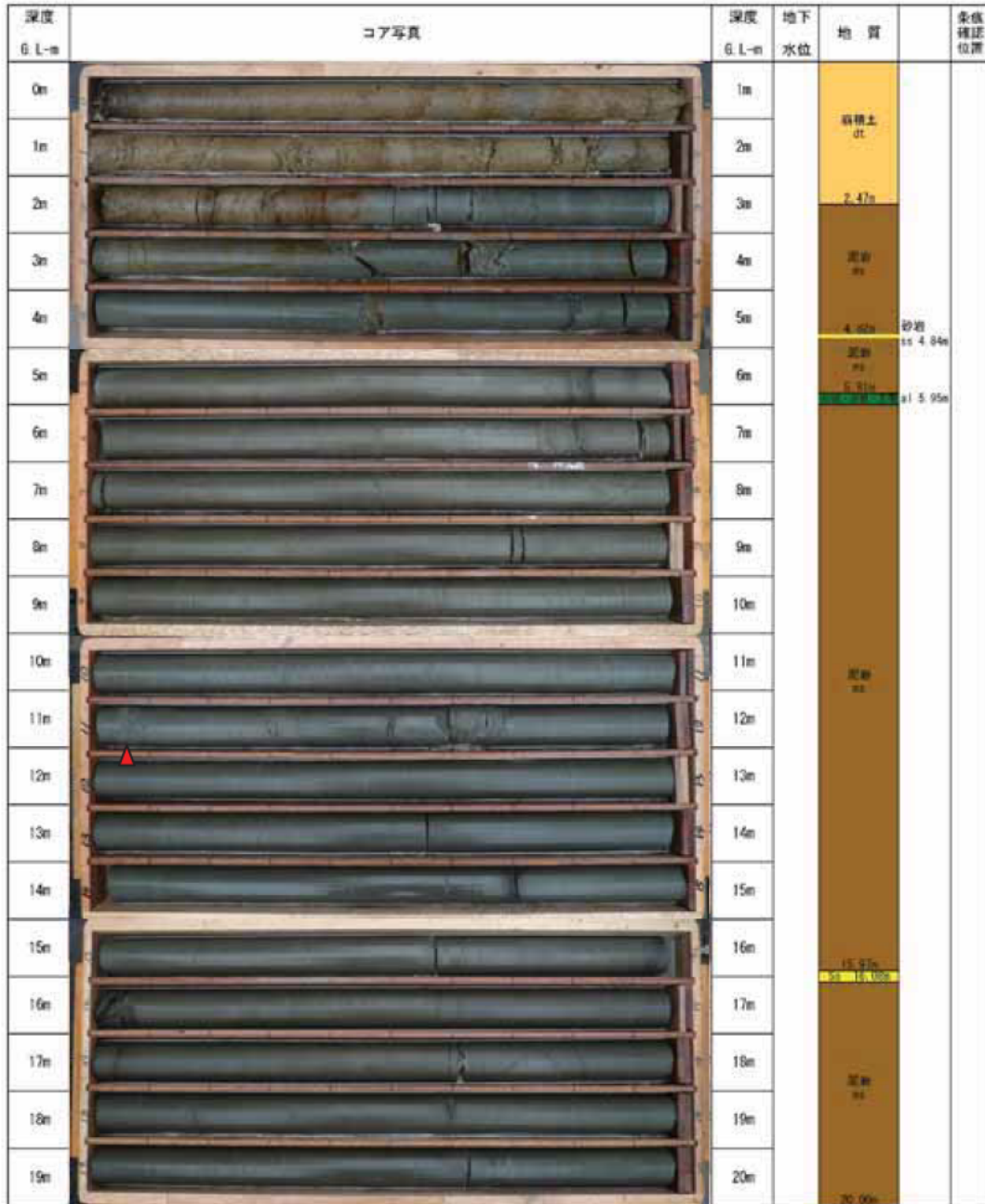


図 4.11 B-6 孔のボーリングコア写真

「平成 23 年度沖縄本島中頭東部地区地すべり機構解析業務 平成 24 年 3 月 (株) 建設技術研究所」業務報告書より引用。

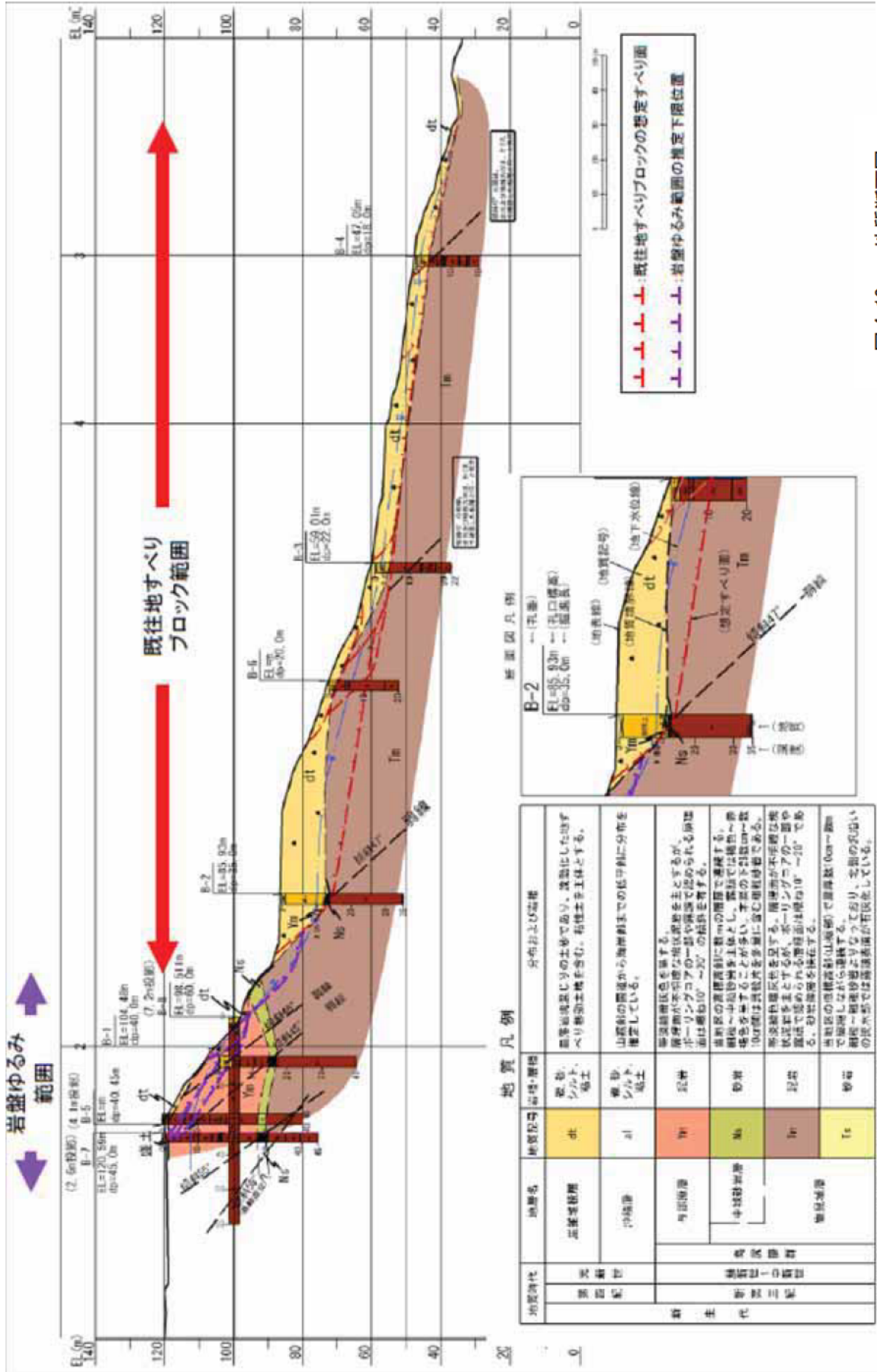
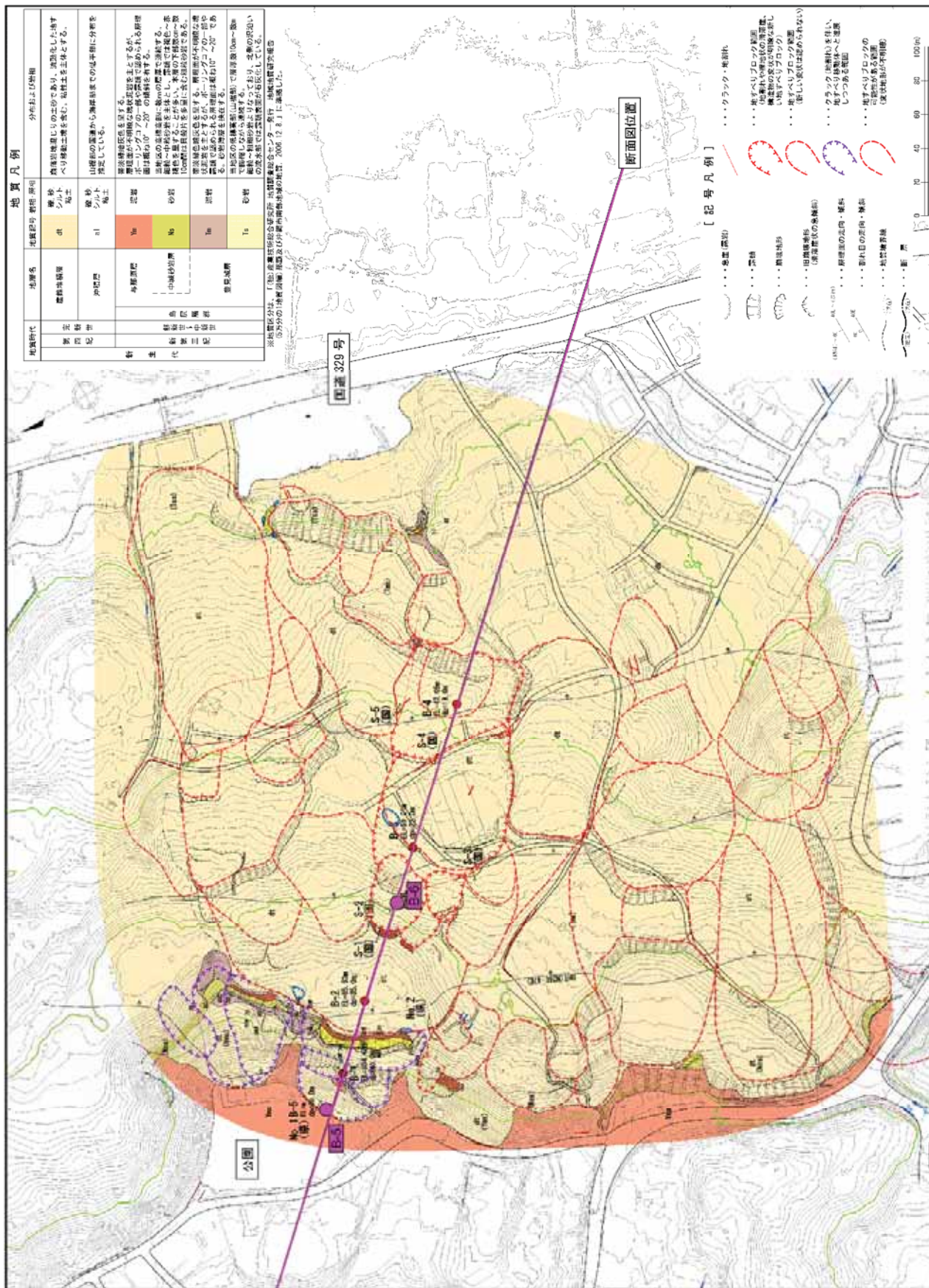


図 4.12 地質断面図  
 「第 3 回 中頭東部地区地すべり対策検討委員会 資料」より引用。

地質凡例

地質時代	地層名	地質記号	主な構成	分布および特徴
新 第三紀	成層状砂層	Ns	礫、シルト、粘土	扇状地成り土砂であり、流動化した地すべり移動土塊を含む。粘性土を主とする。
	沖積層	al	礫、シルト、粘土	山麓部の扇状地から海岸部までの低平部に分布を認めている。
新 第四紀	沖積層	Tr	泥岩	扇状地成り土砂を露す。扇状地の頂部から海岸部までの低平部に分布を認めている。ホーンブコアの一部や隅隅で認められる崩壊面は概ね 10° ~ 20° の傾斜を有する。
	沖積砂層	Ms	砂層	扇状地の頂部から海岸部までの低平部に分布を認めている。ホーンブコアの一部や隅隅で認められる崩壊面は概ね 10° ~ 20° の傾斜を有する。
	扇状地砂層	Tr	泥岩	扇状地の頂部から海岸部までの低平部に分布を認めている。ホーンブコアの一部や隅隅で認められる崩壊面は概ね 10° ~ 20° の傾斜を有する。
	扇状地砂層	Ts	砂層	扇状地の頂部から海岸部までの低平部に分布を認めている。ホーンブコアの一部や隅隅で認められる崩壊面は概ね 10° ~ 20° の傾斜を有する。

※地質図は、「国土庁産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質調査研究報告 色別分類の地質図例」(産業及び地域利用部地質課、2008.12.8.)に準拠した。

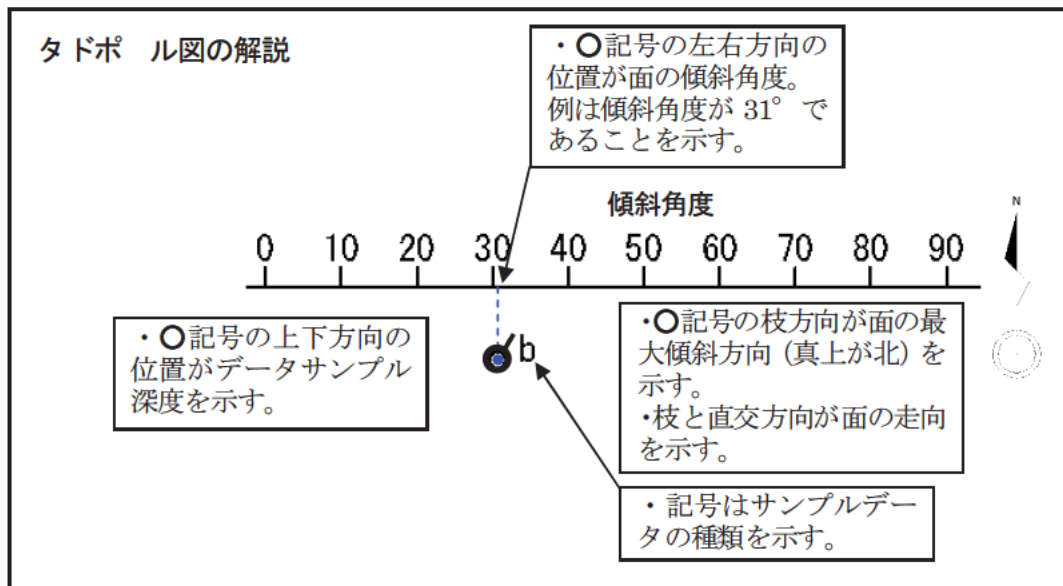


「平成 23 年度沖繩本島中頭東部地区地すべり機構解析業務 平成 24 年 3 月 (株) 建設技術研究所」業務報告書より引用。

図 4.13 当間地区地質平面図

#### 4.4.3 ボーリングコア状況と各種計測値との対応

B 5 孔および B 6 孔のボーリングコアに対しては、コア重量測定（コア 1m 毎密度，コア 1 箱毎密度）、速度検層（P 波）、帯磁率、硬さ試験（エコーチップ，針貫入試験）を行っている。また、定方位サンプリングである B 5 孔については、層理面や割れ目等の走向・傾斜をタドポール図として示した。



各計測値とボーリングコア状況との対応は、以下のとおりである。

##### (1) コア密度

- ① コア密度は、コア箱毎（B 5 孔は 3m 毎，B 6 孔は 5m 毎）の重量から空箱重量を差し引いて求めた値とコア 1m 毎の重量測定を行って求めた値の 2 種類の密度を計測した（写真 4.11）。
- ② 図 4.14 に各密度の深度方向の分布を示すが、B 5 孔では想定すべり面付近を境として密度が大きくなる傾向が見られる。但し、B 6 孔ではその傾向は見られない。
- ③ B 5 孔では想定すべり面を境にその上位は崩積土ないしは基盤地質の礫状化区間であり、下位は比較的新鮮な連続棒状コアとなる。
- ④ B 6 孔では、新鮮な連続棒状コア中の想定すべり面であり、その上下でコア状況の変化は見られない。なお、深度 2.47m 以浅の崩積土区間では、その値が著しく小さいことが確認できる。

以上より、密度測定は崩積土や岩盤が礫状化した地すべり移動土塊の範囲の見当をつける手法としては有効であると考えられる。



写真 4.11 ボーリングコア重量測定状況

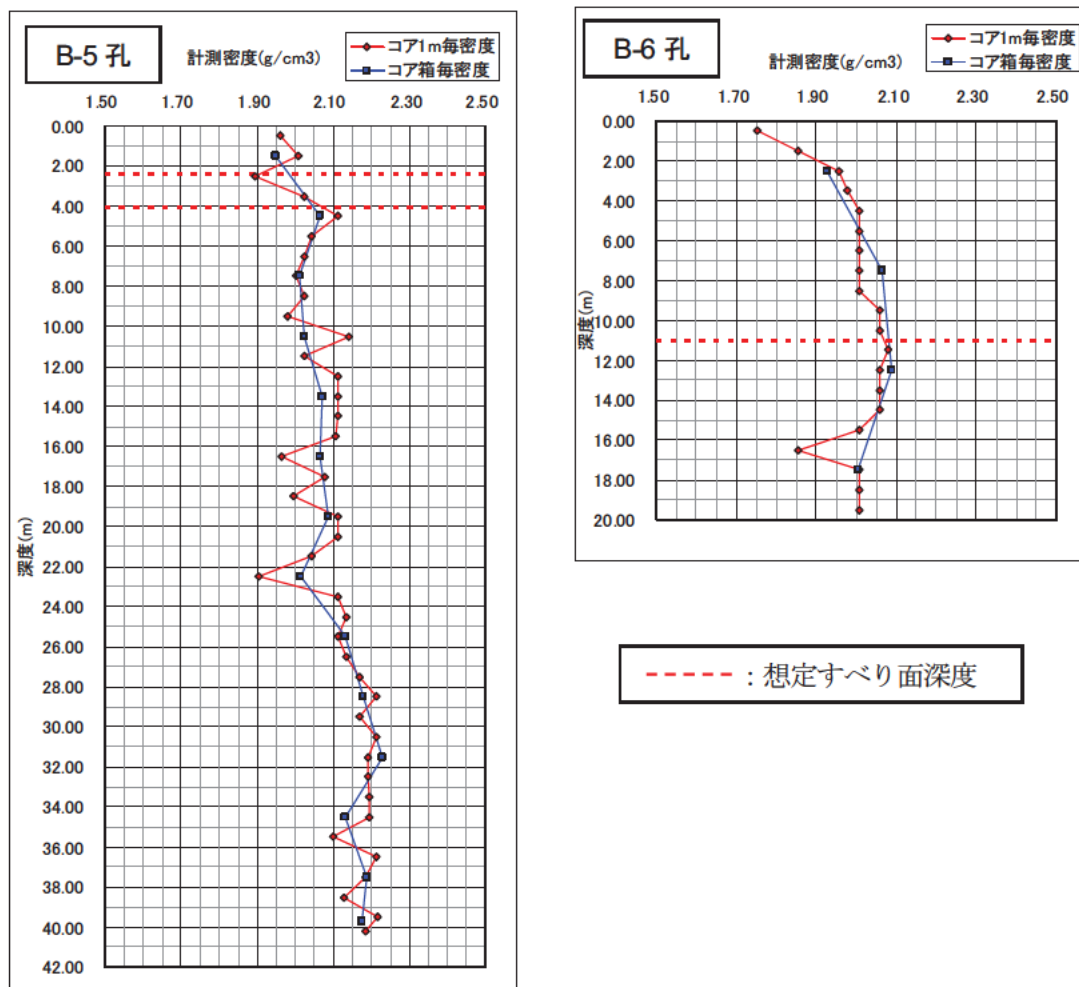


図 4.14 計測密度の深度方向の分布

(2) P波速度

- ① P波速度検層は、岩盤範囲について1箇所/mの頻度で実施しており、B5孔での想定すべり面付近に対する計測は実施していない。
- ② 図4.15にP波伝搬速度の深度方向分布を示すが、B6孔では、深度11.05mの想定すべり面を境として浅部の速度が深部の速度に比べて相対的に小さい傾向が得られている。
- ③ B5孔では、泥岩層のP波速度に比べて砂岩層（深度27.35～30.1m間に分布）のP波速度が大きい傾向が認められる。
- ④ 地すべり移動土塊およびすべり面付近でのP波速度については、今後データを蓄積する必要があるものの、B6孔での傾向から、地すべり移動土塊範囲を見出す有効な一手法として期待できる。

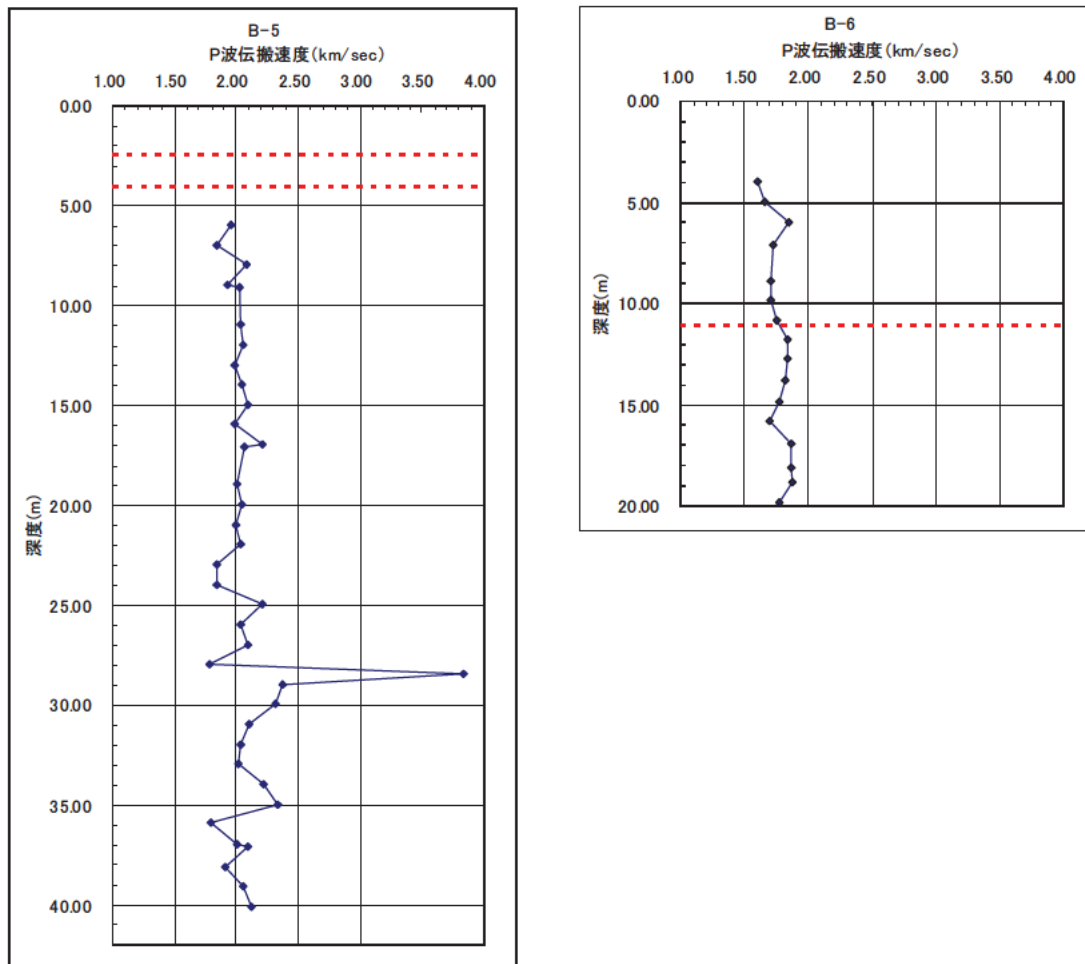


図 4.15 P波伝搬速度の深度方向の分布

(3) 帯磁率

- ① 帯磁率は、1箇所／20cmの頻度で計測している。
- ② B5孔およびB6孔ともに、想定すべり面を挟んでその計測値に顕著な違いは認められない。
- ③ 但し、泥岩層と砂岩層に対しては明瞭な違いが見られ、砂岩層では泥岩層に比べて高い値が得られる傾向が強い。
- ④ 砂岩層で帯磁率が大きくなる原因としては、泥岩層に比べて鉄分が多く含まれていることが原因である可能性が高い。
- ⑤ 今回の帯磁率計測では、想定すべり面を挟んでその計測値に顕著な違いは認められなかったが、すべり面を計測値の異方性から捉える手法として有効である研究報告<sup>※5</sup>もあるため、今後のデータ蓄積が望まれる。

(4) エコーチップ反発硬度 (L 値)

- ① エコーチップ反発硬度は、1箇所／20cmの頻度で計測している (写真 4.12)。
- ② B5孔では、深度4.05mの想定すべり面を境に深部で計測値が高くなる傾向が認められる。
- ③ B5孔の深度4.05mは、崩積土ないしは礫状化区間と比較的新鮮な連続棒状コア区間の境界であり、密度の場合と同様、明らかにコア性状の違いを反映している。
- ④ B6孔は、B5孔とは異なり、深度11.05mの想定すべり面を境にその前後は新鮮な連続棒状コアであり、その計測値に違いは見られない。
- ⑤ 地質区分に対しては比較的明瞭な違いが認められ、砂岩層では泥岩層に比較して低い値が得られている。



写真 4.12 エコーチップ反発硬度計測状況

(5) 針貫入強度

- ① 針貫入試験は、1箇所/10cmの頻度計測し、読み値(kgf/cm)で整理した(写真4.13)。
- ② B5孔では、密度やエコーチップ反発硬度の場合と同様、深度4.05mの想定すべり面を境に深部で計測値が高くなる傾向が認められ、明らかにコア性状の違いを反映している。
- ③ B6孔は、深度11.05mの想定すべり面を境にその前後は新鮮な連続棒状コアであり、その計測値に違いは見られない。
- ④ 地質区分に対しては、エコーチップ反発硬度の場合と同様、比較的明瞭な違いが認められ、砂岩層では泥岩層に比較して低い値が得られている。



写真 4.13 針貫入試験状況

以上の計測値とコア状況の対応は、図 4.16 および図 4.17 の柱状図に示すとおりであり、各計測値の特徴は表 4.4 のように整理できる。

表 4.4 各計測値とコア状況との対応の特徴の一覧

計測項目		密度	P波伝搬速度	帯磁率	強度試験	
					エコーチップ反発硬度	針貫入強度
移動土塊・すべり面との対応	移動土塊が崩積土あるいは礫状化している場合	・岩盤部に対して相対的に小さい	想定すべり面を境に浅部が相対的に小さい値を示す(但しB6孔のみでの確認)	明瞭な違いは見られない	・岩盤部に対して相対的に小さい	・岩盤部に対して相対的に小さい
	想定すべり面が岩盤部に位置し、移動土塊が岩盤である場合	・想定すべり面を境に明瞭な差は認められない		明瞭な違いは見られない	明瞭な違いは見られない	明瞭な違いは見られない
地質区分		明瞭な違いは見られない	砂岩層>泥岩層の傾向あり	砂岩層>泥岩層の傾向あり	砂岩層<泥岩層の傾向あり	砂岩層>泥岩層の傾向あり



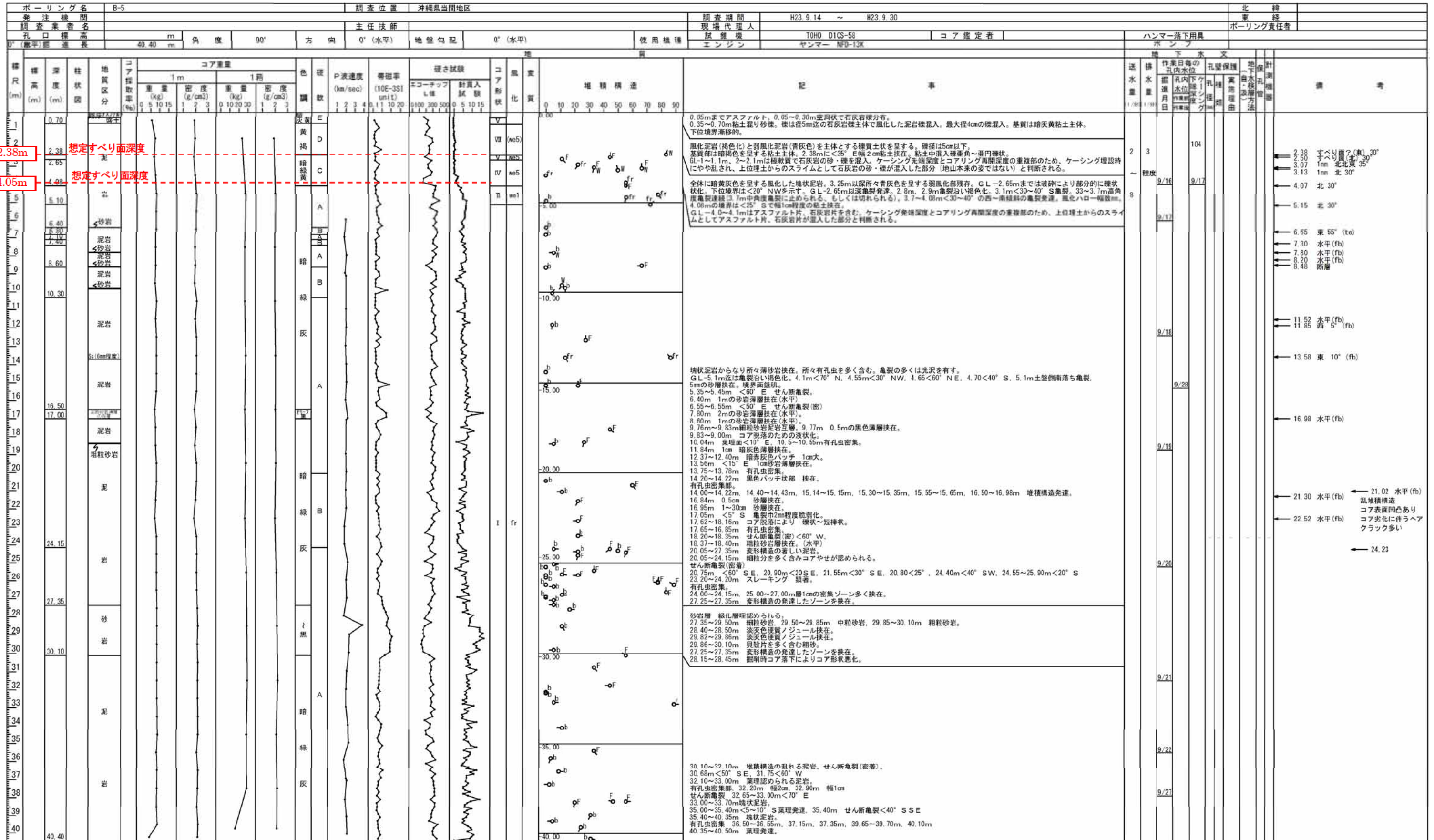


図 4.16 B-5 孔の柱状図



11.1m 想定すべり面深度

図 4.17 B-6 孔の柱状図

#### 4.4.4 樹脂固定標本作製と研磨面観察

##### (1) B 5 孔

採取コアの図 4.18 に示す箇所について、樹脂固定標本作成を行った。

二重管式固定軸サンプリング法で採取されたコアは一定の向きに固定されたまま採取されるため方位が分かるコアとなる（コアの方位は北（磁北）の線をコアに記入することでその後の作業においても特定できるようにした）。切断面方向の設定については、既往の地すべり調査結果を参考にして地すべり移動方向でコアを切断（半割）することとした。

定方位ボーリングの場合、基準方位（北）からの角度を計測して正確に切断方向を決定でき、作業性が良好であるとともに精度良く切断面を決定し、研磨標本作製することが可能であった。

研磨標本はスキャナーを用いて画像として保存した（図 4.19）。当該地区の泥岩主体のコアは全体に暗色を呈し、肉眼観察では不明瞭なところがあったため、スキャンした画像についてコントラスト調整等の画像処理を行い、観察しやすくした（図 4.20）。コントラストを上げることで、亀裂や礫の境界等が明瞭となった。

地質性状の観察によると、B 5 孔の主すべり面は、深度 2.38m の礫混じり土砂状の移動体と割れ目が認められる岩盤との境界と考えられ、傾斜は、30°程度で連続性が良い。基盤の泥岩には、すべり面と同程度の傾斜をもつ葉理が認められ、多数の亀裂が発達する様子が認められた（図 4.21）。

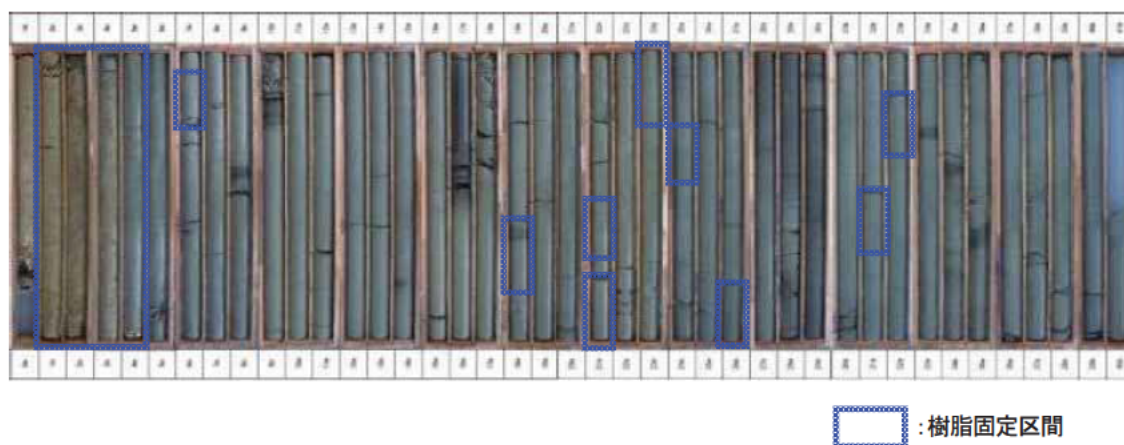


図 4.18 B-5 孔コア写真と樹脂固定標本作製区間

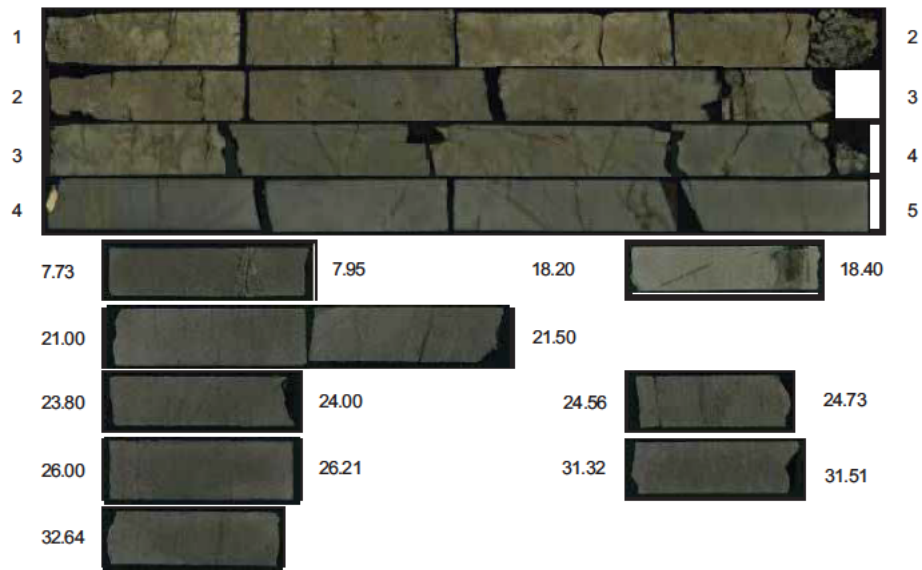


図 4.19 B-5 樹脂固定標

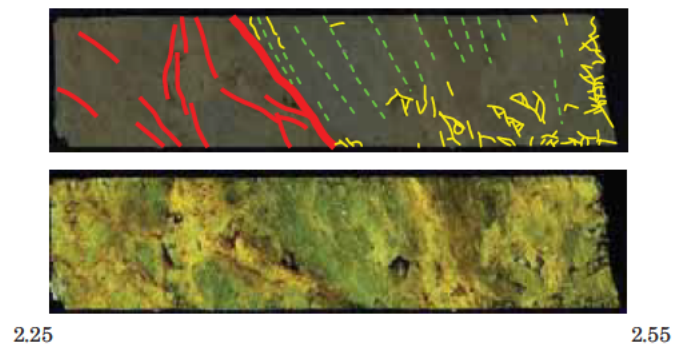


図 4.20 B-5 (2.25m~2.55m) 切断標本 (上: 未処理画像に亀裂等を記載 下: コントラストを調整した画像)

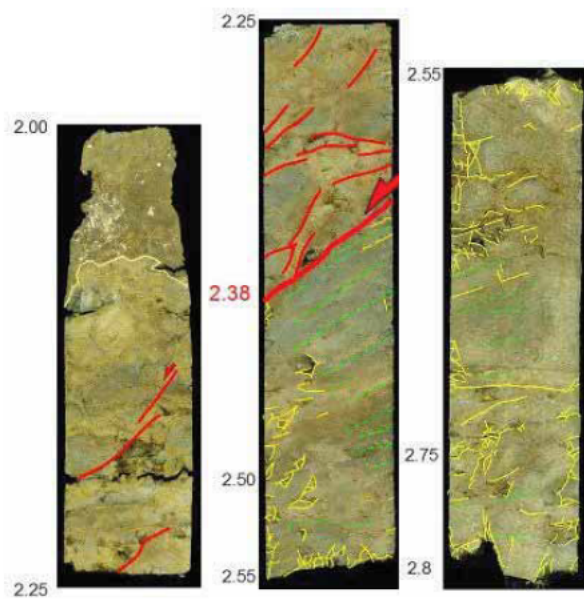


図 4.21 B-5 (2.00m~2.80m) 樹脂固定標本で観察された亀裂等

(2) B 6 孔

得られたコアの詳細な観察を行うため、図 4.22 に示す箇所にて樹脂で固定して半割にする樹脂固定すべり面標本の作製を行った。標本については、スキャナーを用いて画像として保存した (図 4.23)。当該地区の泥岩主体のコアは全体に暗色を呈し、肉眼観察では不明瞭なところがあった。今回はスキャン画像にコントラスト調整等の画像処理を施し、地質性状を観察しやすくする工夫を行った (図 4.24)。その結果、亀裂や礫の境界などが明瞭となり、観察を容易にすることができた。

地質性状の観察によると、B 6 孔の深度 2.45m に見られる主すべり面は、礫混じり土砂状の移動体と亀裂が認められる岩盤との境界と考えられ、傾斜は 10° 程度で薄く縞状の構造 (模様) を伴う。移動体には礫径数 cm 程度のものがよく見られ、礫の周辺は細粒分で充填されており、また、基盤の泥岩には、所々に亀裂が認められた (図 4.25)。

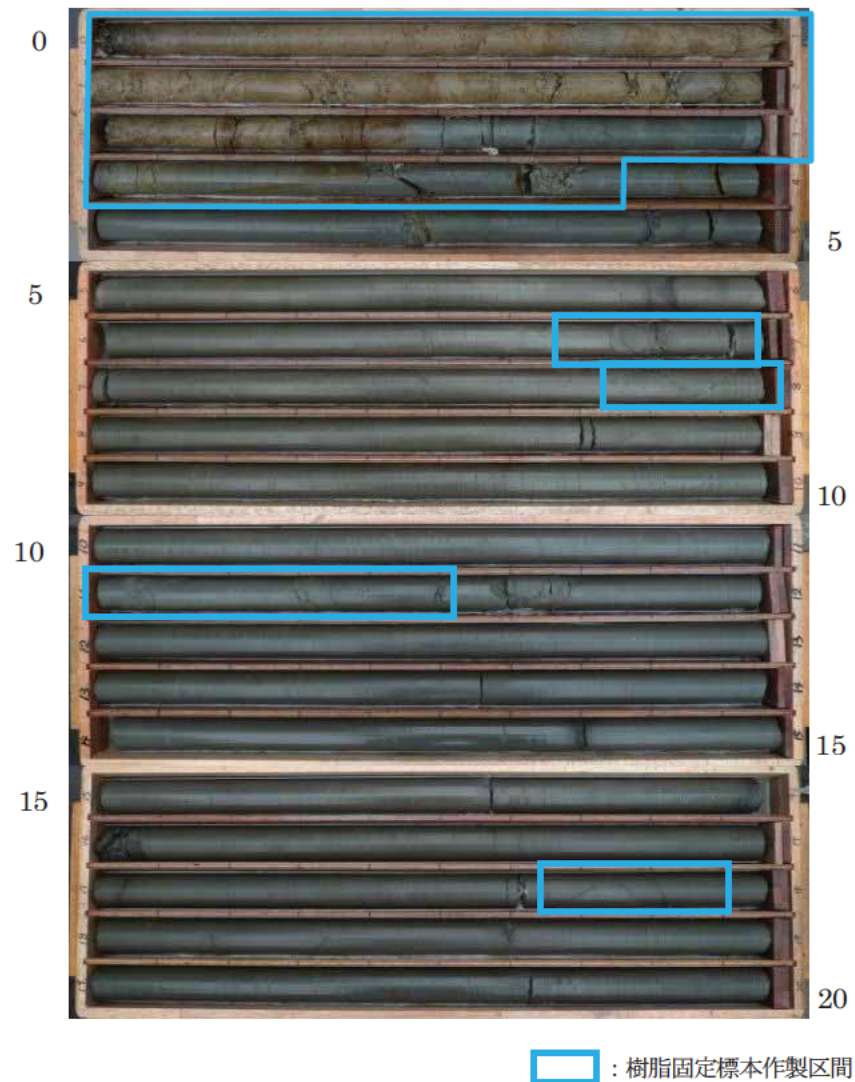


図 4.22 B-6 孔コア写真と樹脂固定標本作製区間

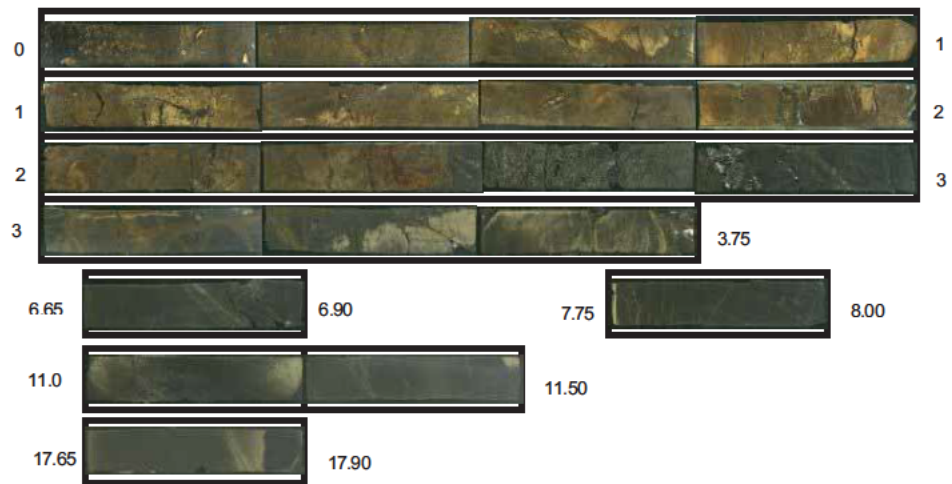


図 4.23 B-6 樹脂固定標本

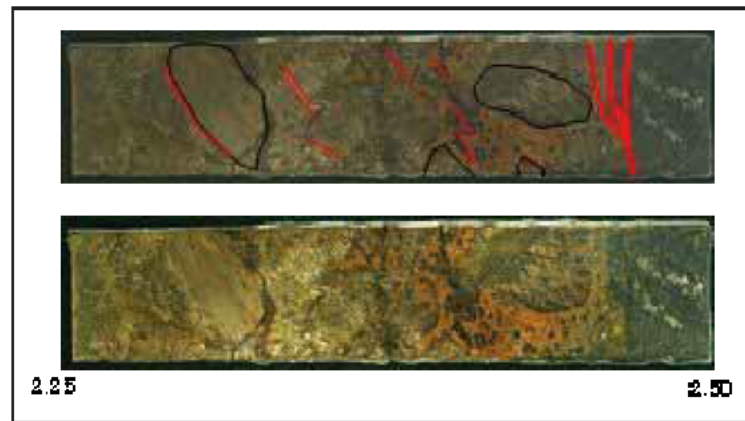


図 4.24 B-6 (2.25~2.50m) 切断標本

(上：未処理画像に亀裂等を記載、下：コントラストを調整した画像)

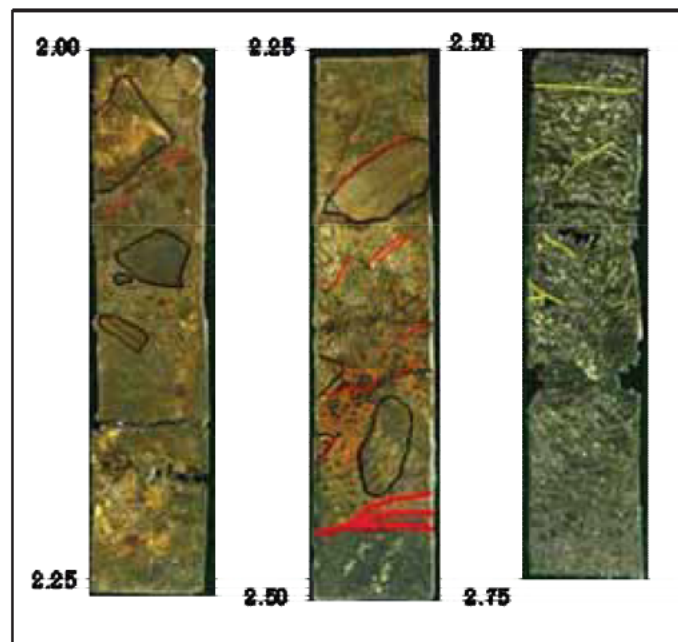


図 4.25 B-6 (2.00~2.75m) 切断標本で観察された亀裂等

[文献]

- 1) (独)産業技術総合研究所地質調査総合センター発行：1:50,000 地質図幅，那覇及び沖縄市南部，2006.12.
- 2) 宜保清一ほか：沖縄，島尻層群泥岩分布地域における初生型地すべりの縦断面形状と発生場の特徴 地すべりの危険度評価に関連して ，地すべり，Vol.46, No.3, 2009.
- 3) 陳 伝勝ほか：沖縄，島尻層群泥岩分布地域の地すべり類型区分の試み 地すべりの危険度評価に関連して ，地すべり，Vol.43, No.6, 2007.
- 4) 武田伸二・小宮国盛・竹内一郎：地盤工学会誌 第54巻 第4号(2006)，pp.16～18.
- 5) 吉村達朗・間野道子：ボーリングコアの $\gamma$ 線強度・帯磁率測定によるすべり面検出，日本地すべり学会誌，第42巻，第3号，pp.12 18.

## 5. すべり面・すべり層のサンプリング

### 5.1 すべり面及びすべり層の特徴

すべり層及びすべり面のコア観察による判定では、採取されたコアの表面における色調、亀裂、風化状況、粘土層、コア内部の鏡肌、条痕、木片の混入等を観察する とともに、機器による変位観測等の結果を基にして総合的に判断がなされている。すべり層は、地すべり活動に伴って移動し、破碎や変形をしている。それは、岩盤中の軟弱な層の挟みや破碎部の存在、堆積岩中の堆積構造の乱れの存在、異種の岩石の混在などとして現れることがある。すべり面は、粘土化し、透水性が小さく、暗色を呈する特徴が見られることがある。軟弱粘土層や、崩積土や風化岩の下底面、異種の岩石の境界、岩盤中の軟弱の挟み層あるいは破碎部として現れることがある。

本共同研究において 6 地区（甚之助谷、由比、入谷、譲原、怒田・八畝、当間）のすべり面・すべり層の微細構造の特徴の分析を行った。その結果、以下のような特徴がみられた。

- ・甚之助谷地区地すべりでは、すべり面直下の基盤岩とされる岩盤部に、地すべり活動により、破碎を受けたダメージゾーンが認められた。また、すべり面直上のマトリクスでは、細粒部と粗粒部が交互に分布することで縞状構造が形成されていることが観察された。
- ・由比地すべりでは、 $\phi$  数 mm～数 cm の角礫が、粒径や岩種（泥岩か砂岩かなど）あるいは風化度の異なる部分が幅数 mm～数 cm でバンドをなす縞状構造が観察された。
- ・入谷地区、譲原地区、怒田・八畝地区では、すべり面の傾斜と調和的な礫の配列や細粒分の配列などが観察され、すべり面に向かって下方細粒化、円磨度が増すなどの傾向が観察された。
- ・当間地区では、すべり面周辺で破碎され、細粒化している様子が観察された。

### 5.2 地すべり地におけるボーリングの留意点

地すべり地におけるコアの観察では、5.1 で述べたようなすべり面・すべり層の地質状況の変化や特徴を注意深く観察することが重要である。このため、ボーリング調査においてはコアの採取からコアの保管まで留意しなければいけないことがある。

ボーリング調査の一般的な手法であるロータリー式ボーリングでは、掘削の際に掘削流体（清水や泥水）を用いることが多く、掘削流体は、回転部が地山と焼きつかないように摩擦熱を冷却したり、孔壁の崩壊を防ぐなどの役割を果たす。一方で、地すべり地の脆弱な地質や粘土層は、これらの送水によりコアの流失やコアが乱れる現象が起きる等採取が困難となっている。

地すべり土塊の詳細な観察のためには、できるだけ乱さずに連続したボーリングコアを採取することが必要である。特にすべり面付近は粘土や礫混じり土砂等、硬い部分と柔らかい部分が混在することが多く採取が難しいため、給圧、回転数、掘削流体の状況等に細心の注意を払うことが必要である。品質の良いコアを採取する方法として、掘削流体を工夫する手法、内管を回転させない方法などの工夫がなされている。本研究においても内管を回転させない 2 重管式サンプラー（当間地区 B 5）及びモバイルボーリング（ハイブリッドボーリング）（当間地区 B 6）により、良好なコア



を採取することができた。また、重要な箇所を乱さないようにするため、オールコア採取とし、貫入試験は避けることが必要である。孔径は大きいほど観察面が大きくなるため、孔径はφ86mm等大きいほうが望ましい。

採取したコアは、コア箱へ納めるが、破砕が採取前にできたものか採取時からコア観察までにできたものかを分けて記載することが望ましい。こうしたことは地すべり地以外のコア観察でも同様であるが、掘進中のコアチューブの上げ下げ（切り替え）、コアの落下に伴う再採取、空洞、コアチューブから取り出すときに割れた部分、コアをコア箱に収める際に発生した割れ目等の位置を記録しておくなどの工夫が観察時に参考になる。

[文献]

- 1) 国土交通省砂防部 (独) 土木研究所 : 地すべり防止技術指針及び同解説、pp.17 18、2008.

## 6. すべり面・すべり層の分析方法

### 6.1 コアの観察記載

#### 6.1.1 弱層・不連続面の抽出

ボーリングコアによってすべり面、すべり層を判定し観察するためには、まず、これらの候補となる弱面、不連続面を抽出する必要がある。そのためには、人為的なコア乱れの深度を把握し、コア乱れの影響を受けていない初生的な弱層、不連続面を抽出しなければならない。

以下にすべり面、すべり層をコアにより観察記載する手順を示す。

##### 1) 人為的なコア乱れの深度の把握

コア観察を行う前に、コアチューブの上げ下げ深度、コア箱に収める際に発生した割れ目、コア詰まりや再採取等のコア採取状況を現場作業記録（作業日報）より読み取り、初生的でない弱層、不連続面を識別する。

##### 2) すべり面の候補となる弱層・不連続面の抽出

不動域と移動域のコア性状の変化より候補となる弱層・不連続面を肉眼観察により抽出する。この時、むやみにコアを分離したり、すべり面の構造を乱したりしないように留意する。なお、すべり層の可能性のある弱層を抽出するためには、コア性状の観察のみではなく、周辺地すべりの地形、地質条件、既往の調査・検討資料を踏まえた評価が必要である。

##### 3) 抽出された弱層・不連続面の観察項目と着眼点・記載方法

表 6.1.1 に抽出された弱層と不連続面の観察項目と着眼点・記載方法を取りまとめた。

地すべりのすべり面は、現地形が形成される過程での地震による影響を含む地盤の変形が、基盤地質に伏在する弱層、物性境界に集中し、さらに風化、緩みなどの地表から進行する劣化作用とも複合し、弱面が連続していくことで形成されると考えられる。したがって、コア観察では、地すべりの形成過程を踏まえ、表 6.1.1 に示したような項目の観察、記載をすることが必要である。

表 6.1.1 弱層と不連続面の観察項目と着眼点・記載方法

手法	対象	記載項目	着眼点・記載方法
コア観察	採取コア		<ul style="list-style-type: none"> <li>・不動域と移動域のコア性状の変化より候補となる弱層・不連続面を目視により抽出する。この時、コアを分離し、すべり面の構造を乱さないよう留意する。</li> <li>・不動域と移動域の設定は、コア観察のみではなく、周辺域の既往の地形地質情報を踏まえた評価とする。</li> <li>・コア資料全体の記載は、JACIC の柱状図作成要領等に基づき実施する。</li> </ul>
		せん断帯の有無・厚さ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・母岩の地質やすべり面の構造、変位量によって異なると考えられる。</li> <li>・抽出は、ポ リングコア観察により行なう。</li> <li>・厚さは、ポ リングコア芯での区間長 (cm) とする。</li> <li>・記載は、せん断帯上・下面の傾斜角、せん断帯内部の傾斜構造およびその変化、色調等を記載する。</li> </ul>
	抽出された弱層、不連続面	粘土層の有無・厚さ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・すべり面を認定するための最も重要な要素であるが、認められない場合もある。</li> <li>・母岩の地質やすべり面の形成場、変位量等により異なる。</li> <li>・評価は、ポ リングコア観察による JACIC の性状区分のうち、硬軟区分 (E)、割れ目の性状区分 (VII)、および記事欄を基本に確認する。</li> <li>・厚さの記載は、ポ リングコア芯での区間長 (cm) とする。また、色調を記載する。</li> </ul>
		粘土層の傾斜	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コア採取地点の地すべりブロック内での位置 (頭部、中央部、側部、末端部等) により変化する場合がある。</li> <li>・記載は、粘土層の上・下面とし、目視により最大傾斜角を記載する。</li> </ul>
		鏡 肌	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鏡肌はすべり面上に粘土鉱物が定向配列する (フィルム状粘土になる) ことで形成される光沢面。</li> <li>・粘土層内の薄い面構造沿い (すべり面粘土) に形成されるせん断面であり、コアを割らなければ確認できない。</li> <li>・コア壁面の接写写真を撮影後、コアを乱す了解を得た後に観察を行う。観察では、色調、傾斜角、条線の有無、鏡肌観察面のコア壁面での見え方等を記載すると共に、傾斜角、性状等が確認できる接写写真を撮影する。</li> </ul>
		条 線	<ul style="list-style-type: none"> <li>・条線は地すべり滑動の痕跡である擦痕構造のうち、せん断方向に平行な線構造。</li> <li>・鏡肌面に認められる場合が多い構造であり、コアを割らなければ確認できない。</li> <li>・鏡肌の最大傾斜方向と条線方向のなす角を目視により記載する。色調を記載すると共に、条線との関係がわかる接写写真を撮影する。</li> </ul>
		変形せん断構造	<ul style="list-style-type: none"> <li>・せん断帯特有の複合面構造が形成される場合がある。</li> <li>・文言により記載すると共に、接写写真、スケッチなどにより移動方向の根拠を整理する。</li> </ul>
		色 調	<ul style="list-style-type: none"> <li>・風化や変質による粘土鉱物の生成により、周囲と色調が異なる。</li> <li>・深部地すべりのすべり面の色調は、地表から進行する風化、緩みによる連続的な色調の変化とは異なり、原岩の色調と深部地下水の影響による風化色を呈する場合がある。</li> <li>・色調の記載は、標準土色帳 (農林省水産技術会議事務局監修) を使用する。</li> </ul>
		地質構成	<ul style="list-style-type: none"> <li>・凝灰岩層、亜炭層などの特定の地質境界にせん断面が形成される場合がある。</li> <li>・記載は文言により行なう。</li> </ul>
		硬さ (塑性)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地すべり粘土よりも高塑性である。</li> <li>・記載は文言により行なう。</li> </ul>
		含水状態	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地すべり粘土の自然含水比は塑性限界付近である。</li> <li>・記載は文言により行なう。</li> </ul>
		破砕物の円磨度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・せん断により、円磨されると考えられる。</li> <li>・記載は文言、円磨度印象図等を用いる。</li> </ul>
		礫の形状	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最大変位面であるすべり面付近ほど、粘土に含まれる礫の円磨度が高いと考えられる。</li> <li>・記載は文言、円磨度印象図等を用いる。</li> </ul>
		礫径及びその変化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・変位の大きなせん断帯ほど、含まれる礫の大きさは小さい可能性がある。</li> <li>・記載は文言により行なう。</li> </ul>
		礫の配列	<ul style="list-style-type: none"> <li>・礫の長軸方向によってせん断方向を判定できる可能性がある。</li> <li>・記載は文言により行なう。</li> </ul>
		方向 (走向・傾斜・線構造の向き)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コアを定方位採取する技術を用いれば、弱層・不連続面の走向・傾斜、条線などの線構造の向きが、コア観察において直接計測できる。</li> </ul>
ホ 殊 効 巧 (BHTV) による孔壁観察	抽出された弱層、不連続面	方向 (走向・傾斜)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・孔壁画像よりすべり面の方向を計測することができる。ただし、鮮明な孔壁画像を得るには、孔壁の汚れや孔内水の濁りを解消する必要がある。</li> </ul>
		亀裂の状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ポ リングコアからは判定が難しい亀裂の開口・密着の度合いなどの状況を観察できる。</li> </ul>
		コア情報の補完	<ul style="list-style-type: none"> <li>・流出等によりコアが採取できなかった場合、孔壁画像が撮影できれば、コア損失区間の地質性状を把握できる。</li> </ul>

### 6.1.2 孔壁の観察記載

地すべりは重力により不安定化した土塊が斜面下方に向かって移動する現象であるため、すべり面はおおむね斜面下方に向かって傾斜しており、土塊の変位方向は、変位量が極端に大きくならない限り斜面下方に向かってほぼ一定であり、すべり面付近に含まれる礫の長軸の向きが配列するなどの特徴を示すことがある。よって、すべり面の観察では、表 6.1.1 に示した、弱層の傾斜や礫の配列等に着目した記載が重要であるが、コアによる観察ではそれらの方向（姿勢）についての情報は得られない。

弱層の姿勢や礫の配列を記載する際は、ボアホールカメラによる解像度の良い孔壁画像の観察結果と高品質コア観察結果を対比させることが有効である。

ただし、すべり面付近の孔壁は崩壊している場合が多く、ボアホールカメラ観察によって、孔壁の構造が読み取れず、すべり面の姿勢を判断することが難しいこともある。しかし 100%採取率の高品質コアがあれば、すべり面近傍で測定される基準となる要素の構造（例えば層理面など）とすべり面との関係から、すべり面の姿勢を概ね想定することが可能である。あるいは、コアを定方位で採取した場合には、すべり面の走向・傾斜等をコアより直接に測定が可能であるため、孔壁崩壊や孔内水の濁りが障害となるボアホールカメラによる観察の難点が解決される。

図 6.1.1 に示すようにボアホールカメラにより判読した各種不連続面深度、走向傾斜、面構造の種別（割れ目、断層面、すべり面、角礫状部境界、片理面、地質境界、白色脈）等の判読要素は、表 6.1.2 に示すような形式で記載する。また、判読した走向・傾斜と作成断面の方位との関係より作図する際のみかけ傾斜角を算出、記載する。

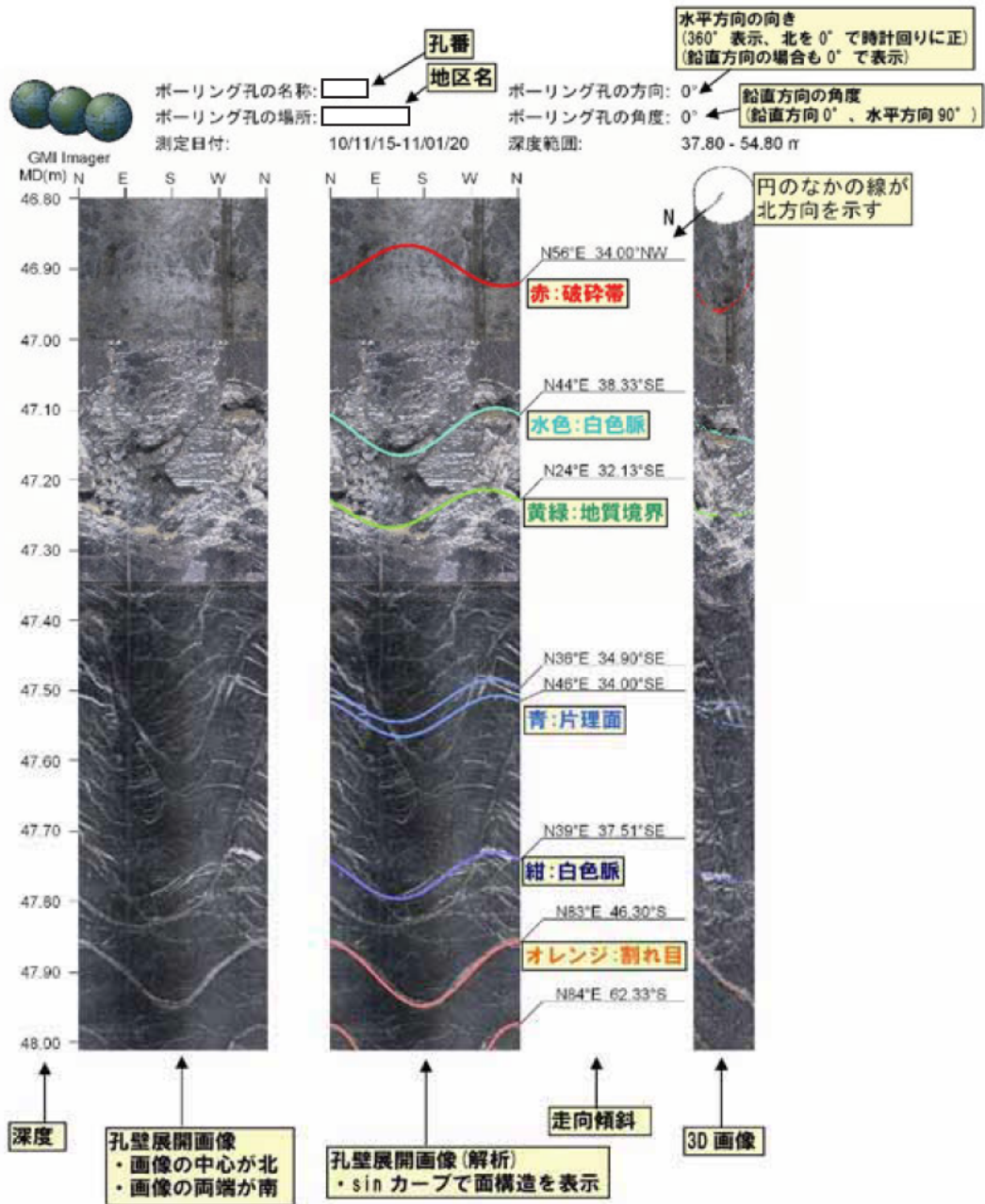


図 6. 1. 1 ボアホールカメラによる孔壁の不連続面の姿勢の観察結果の表事例

表 6. 1. 2 不連続面の観察結果の整理例

地点名: H22-2															
深度 (GL-m)	走向・傾斜 (°)				面構造	亀裂の状況						F測線	横断No. 1	横断No. 5	
	N	E	S	W		密着	開口	平準	起伏	不規則	角礫				粘土
61.38	N	73.0	W	11.8	SW	割れ目		○					9.4	62.5	67.2
61.42	N	67.0	W	30.2	SW	割れ目		○					26.1	62.5	67.2
61.54	N	47.0	W	20.4	SW	割れ目		○					20.0	62.5	67.2
61.77	N	78.0	W	7.9	NE	割れ目		○					5.8	62.5	67.2
62.01	N	18.0	W	22.7	NE	割れ目		○					21.8	62.5	67.2
62.25	N	17.0	E	20.4	SE	割れ目	○						13.1	62.5	67.2

・解析方法

① シュミットネット投影図

一般的なボアホールカメラ解析の成果である。三次元の面構造を二次元の点情報で表現し、すべり面の構造、他の判読要素との関係を検討することが可能である。

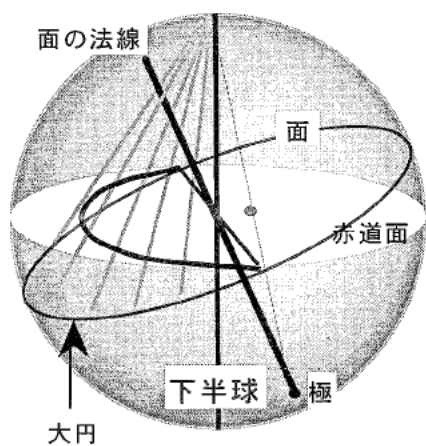


図 6.1.2 ステレオ投影法の原理  
ウルフネット下半球投影の場合

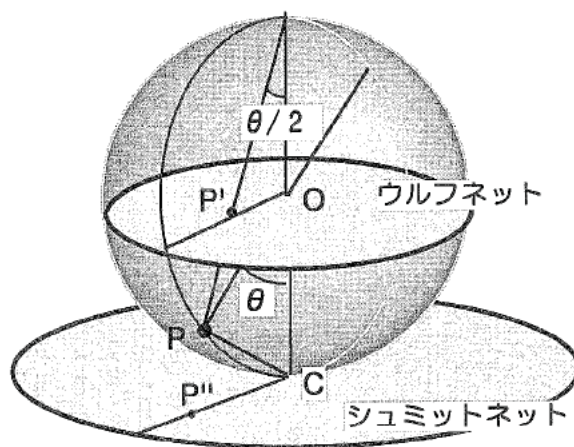


図 6.1.3 ウルフネットとシュミットネット投影法の相違。ウルフネットは球の赤道面、シュミットネットは球の底面と接する黒枠の円。下半球使用。

出典：構造地質学 狩野顕一・村田明  
広 1989.2 榊朝倉書店

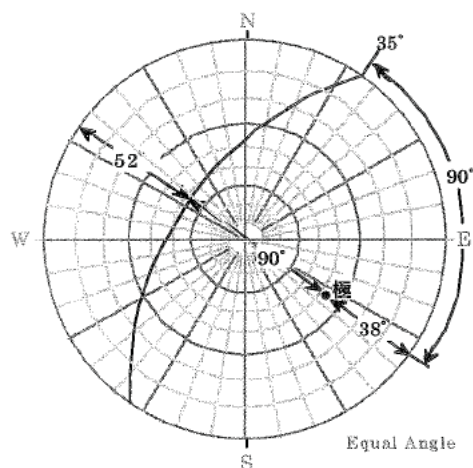
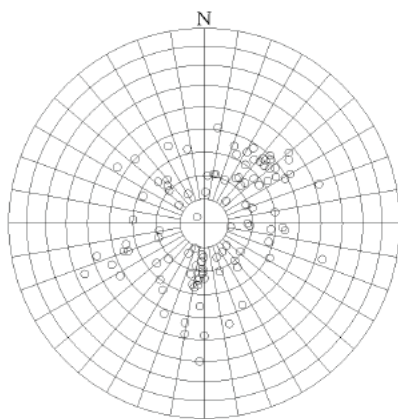
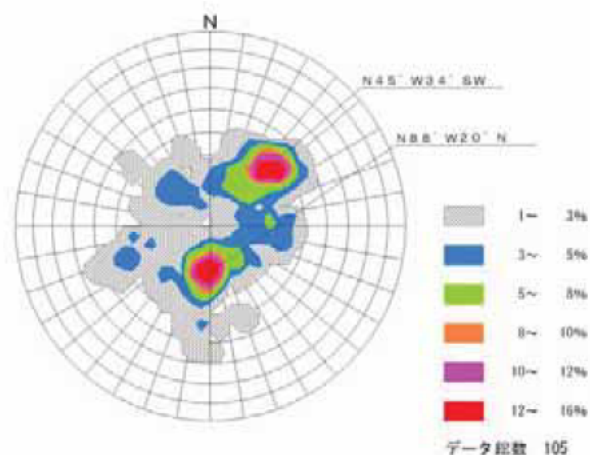


図 6.1.4 面とその極を投影する方法



・構造要素1つにつき、1つの極をプロット

図 6.1.5 ステレオネット解析 分布



・極の頻度分布に基づきコンター図を作成  
 ・コンターの中心が最も極が集中する箇所  
 で、大局的な構造を読み取る。

図 6.1.6 ステレオネット解析例  
 頻度分布図 (コンター図)

## ②タドポール解析

判読した走向・傾斜を判読要素別に全て深度 傾斜角度分布図に表示したものである。地すべり土塊と基盤構造との不連続により移動域を想定することが可能であり、すべり面と各判読要素の関係を考察することが可能である。

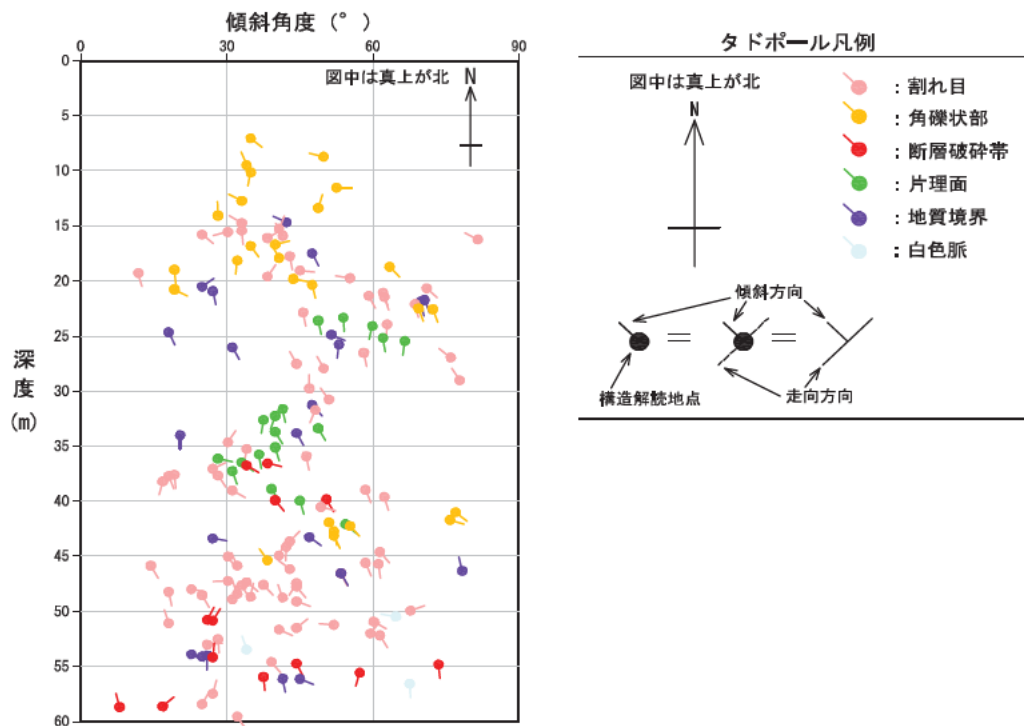


図 6.1.7 タドポール解析の表示例

### ③累積開口量変化図

ボーリング下端より割れ目の開口量を集積し、深度 累積開口量図に表現したものである。岩盤地すべり、風化岩地すべり等の移動域の緩みの想定が可能となる。

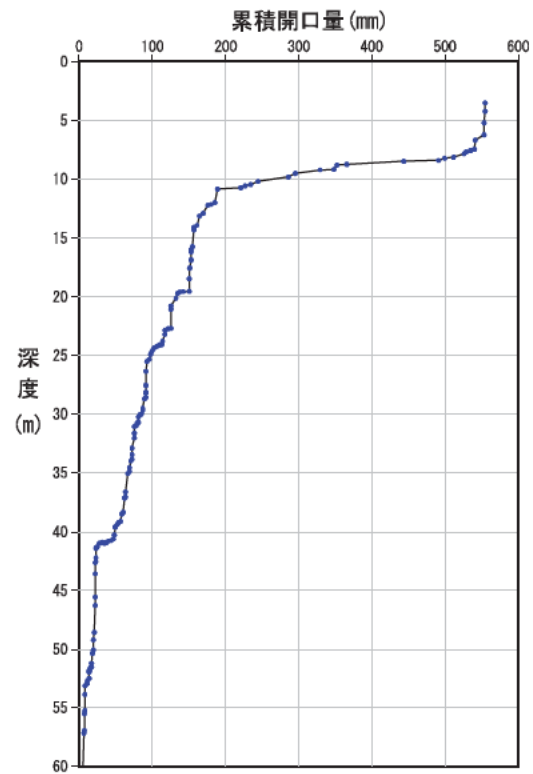


図 6.1.8 累積開口量変化図の表示例



## 6.2 切断研磨標本のプロフィール分析

切断研磨標本のプロフィール分析は、肉眼観察による分析方法と、その他のより詳細な、もしくは定量的な方法に区分される。

いずれの方法を行うにあっても、切断研磨標本のプロフィール分析に先立ち以下の条件がそろっている必要がある。

- ・ 地すべり全体の地質特性（各ボーリングデータの比較）や運動特性（変状地形）及び傾斜計、孔内伸縮計などの孔内計測データなどから、各ボーリングの地すべりにおける位置関係が明らかであり、すべり面想定箇所がある程度絞り込まれていること。
- ・ コア全体の記載（柱状図）が行われていること。
- ・ 切断研磨標本は硬さや含水状態および色調などが本来の状態から著しく変化するため、事前にそれらの情報を把握しておくこと。

### 6.2.1 肉眼観察による分析方法

肉眼観察では、8つの項目に着目した記載や、定性・半定量的な評価を行い、切断研磨標本観察柱状図（図 6.2.1）にとりまとめる。なお、記載内容の項目は地すべりタイプや切断研磨標本状況に応じて適宜、省略や追加・細分をおこなう。以下、それぞれについて記述する。

#### (1) 地質区分

地質区分は、切断研磨標本切断面の地質概要、特徴の記載を目的として行う。岩種、層理、片理、変形構造、堆積構造、風化・変質状況、礫径粒度などに着目し、これらが漸移していく状況も踏まえたゾーン区分を行い記載する。

#### (2) 風化区分

風化区分は上記地質区分と併せて実施し、基盤では岩盤の風化・変質程度の記載、移動体では変質・変色の記載を行う。

#### (3) 細粒率

細粒率とは、色指数図<sup>1)</sup>（図 6.2.2）に基づき半定量的に評価される粒度組成の評価指標である。これらは、破碎による細粒化によって変化すると考えられ、すべり面を認定するにあたっての重要な要素となると考えられる。

#### (4) 礫径粒度

変位の大きなせん断帯ほど含まれる礫の大きさが小さい可能性があり、変位の小さなせん断帯では角礫と基質の粒径が不連続である場合などが考えられる。このため、粗粒、細粒、微細粒等の定性的な記載を、礫種等の記載（単一・多様性）と併せて行う。

#### (5) 礫円磨度

すべり面はその変位量が大きいほど、その近傍に含まれる礫の円磨度が高くなると考えられることから、礫の円磨度はすべり面を認定するにあたっての一つの要素となると考えられる。礫の円磨度は円磨度印象図（図 6.2.3）に基づき半定量的に評価する。

## (6) 礫配列

すべり面付近では、含まれる礫が規則的な配列を示す場合が考えられる。これらの礫の配列、例えば長軸の定向配列はすべり面を認定するにあたっての一つの要素になると考えられる。

礫配列に関する記載としては、礫長軸の配列状態や方向などに規則性が認められた場合にこれらを直接記録する。

## (7) 縞状構造

縞状構造は岩石学、構造地質学、鉱床学、堆積学で広く用いられており、広義では、組織や鉱物組成などの異なるバンドが互層状に重なり合う構造とされている。地すべりにおける縞状構造は、地すべり活動によって鉱物や礫の定向配列、粘性土の葉状構造などが生じ、すべり面付近に形成されるために生じることが考えられる。地すべり以外の原因により生じた破碎・変形構造が分布している可能性のある箇所では、これらの破碎・変形構造とは区別して抽出する必要がある。

堆積物または破碎により土砂化した部分において、礫の岩種・粒径・長軸の向き、色等でゾーニングした際に、縞状の模様に見えるものを縞状構造とし、その明瞭さも併せて評価する。

## (8) 破碎・変形構造

破碎・変形構造が認められた場合に記録する。記載内容は、複合面構造、引張亀裂、微褶曲構造、角礫化、膨縮などの構造である。

ボーリングコアの切断研磨片や薄片の微細構造等の観察によって、甚之助谷地すべりのすべり面付近には、非対称の面構造が認められ（図 3.2.4、図 3.2.5 参照）、肉眼レベルでも破碎岩片の粒度特性や形状特性等に系統的な変化が存在することが確認できた。すべり面におけるせん断運動によって、すべり面やその近傍にリーデルシアは形成されうると考えられる。但し、複合面構造は、断層や地すべり等の活動に伴って形成されうると考えられることから、各面構造は慎重に判断する必要がある。

○×地すべり BV-△ (GL-5.25 ~ 6.00m) 切断研磨標本観察柱状図

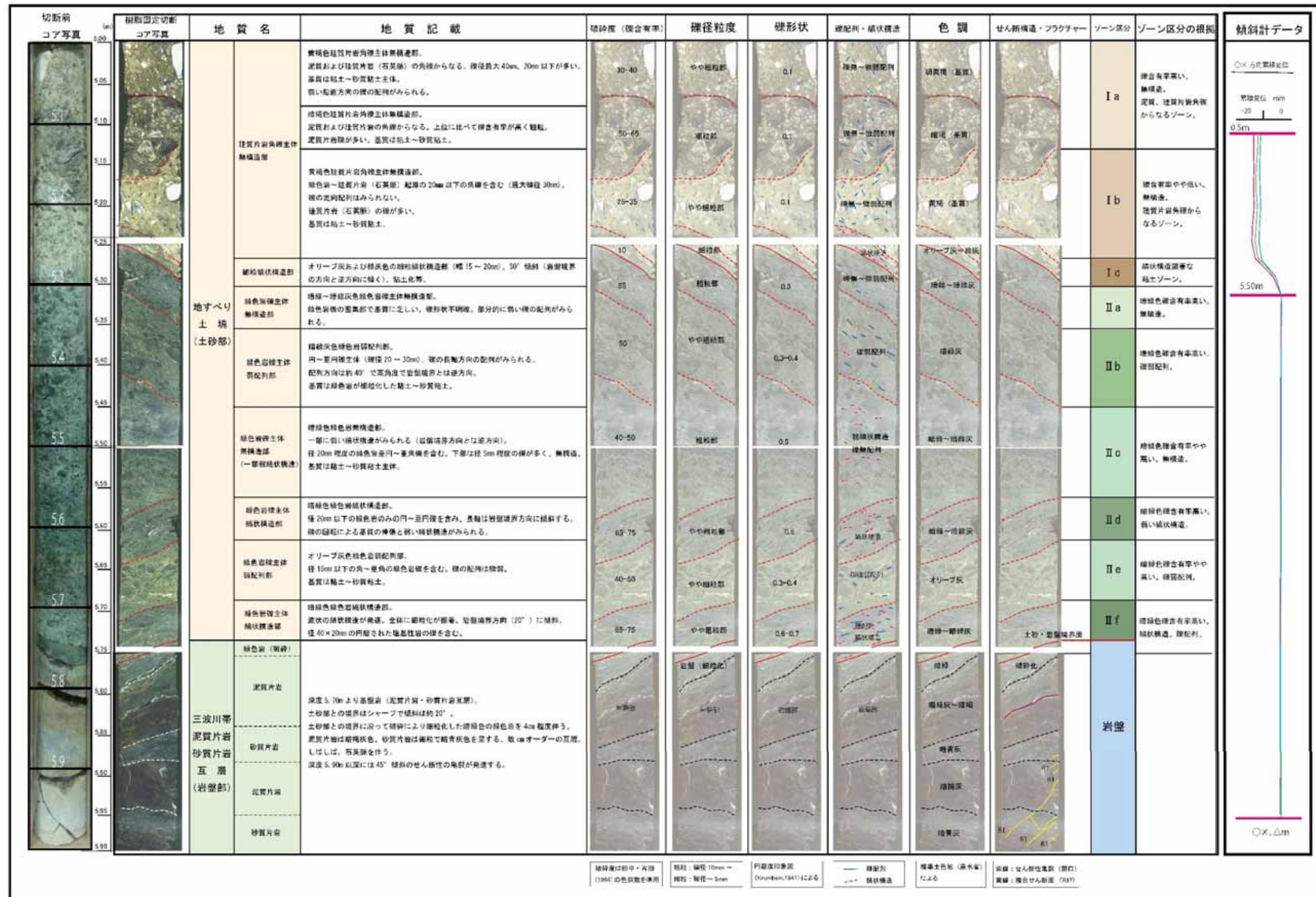


図 6.2.1 切断研磨標本観察柱状図例

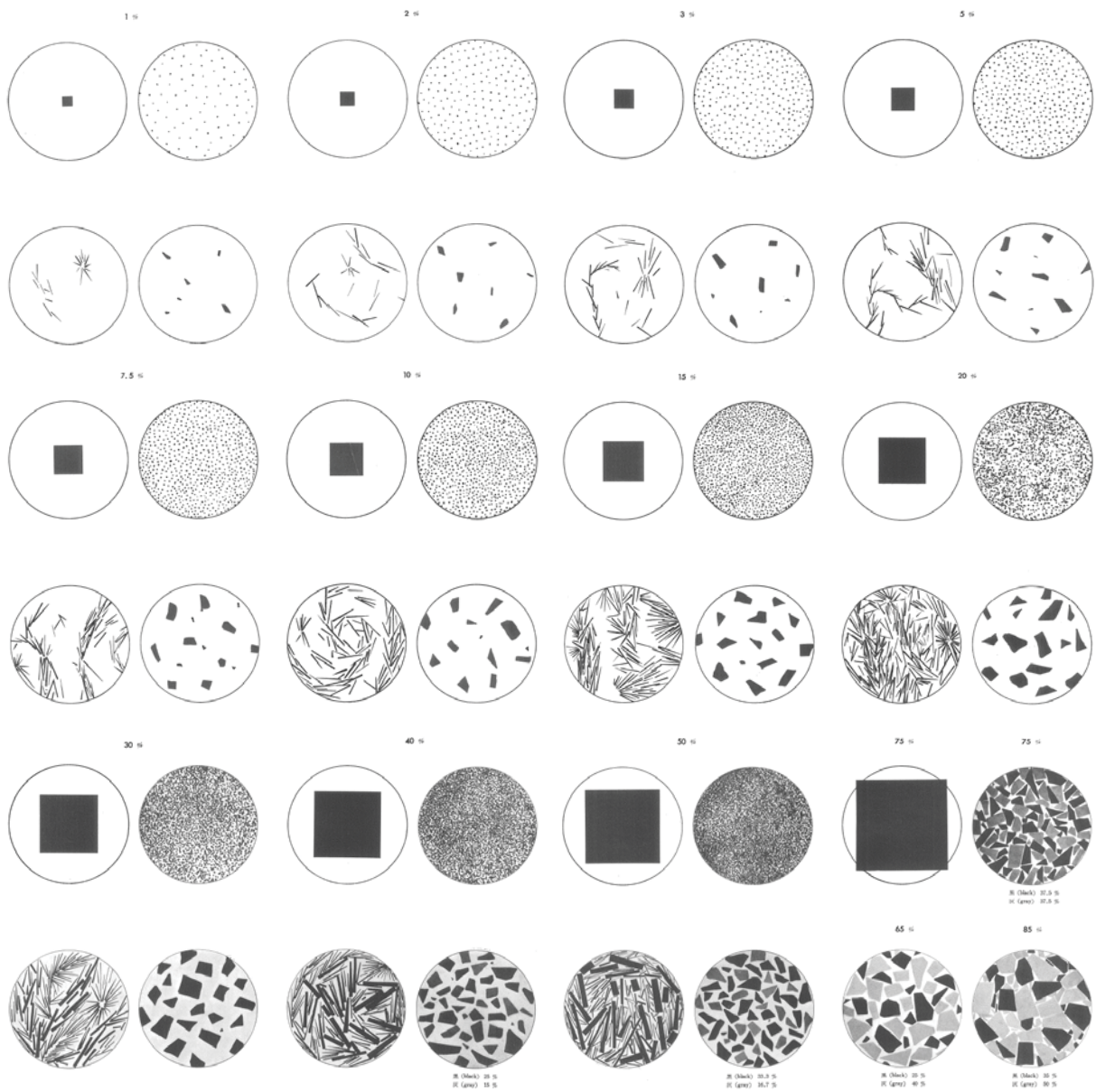


图 6.2.2 色指数图<sup>1)</sup>

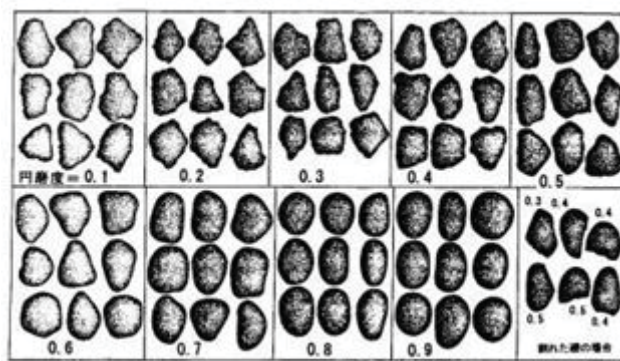


图 6.2.3 円磨度印象图<sup>2)</sup>

## 6.2.2 参考となる分析方法

その他の分析方法について実施例を参考として示す。

### (1) 礫率、礫径、礫形状、礫長軸の傾きの定量判定

切断研磨標本画像を使用し、礫率（礫の含有率）、礫径、礫形状および礫長軸の傾きを定量化する可能性について、本共同研究ではすべり面との関係から検討した。結果としては、礫率、礫径、礫形状はすべり面認定の一指標に活用できる可能性が示された。検討に際しては甚之助谷地すべりの BV 90 と入谷地すべりの BV22 3 の切断研磨標本画像（写真 6.2.1, 写真 6.2.2）を使用した。

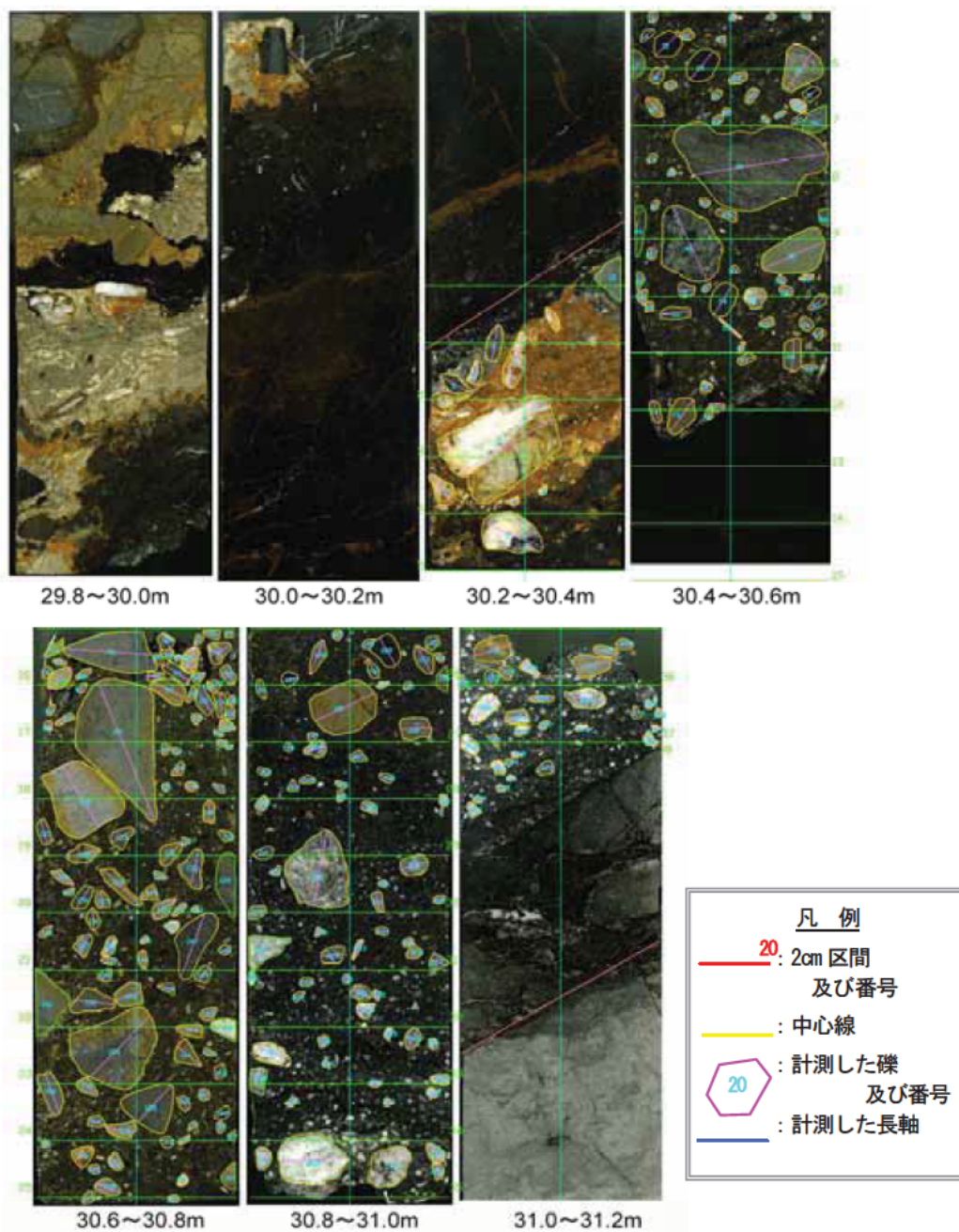


写真 6.2.1 甚之助谷地すべり BV-90 の切断研磨標本画像

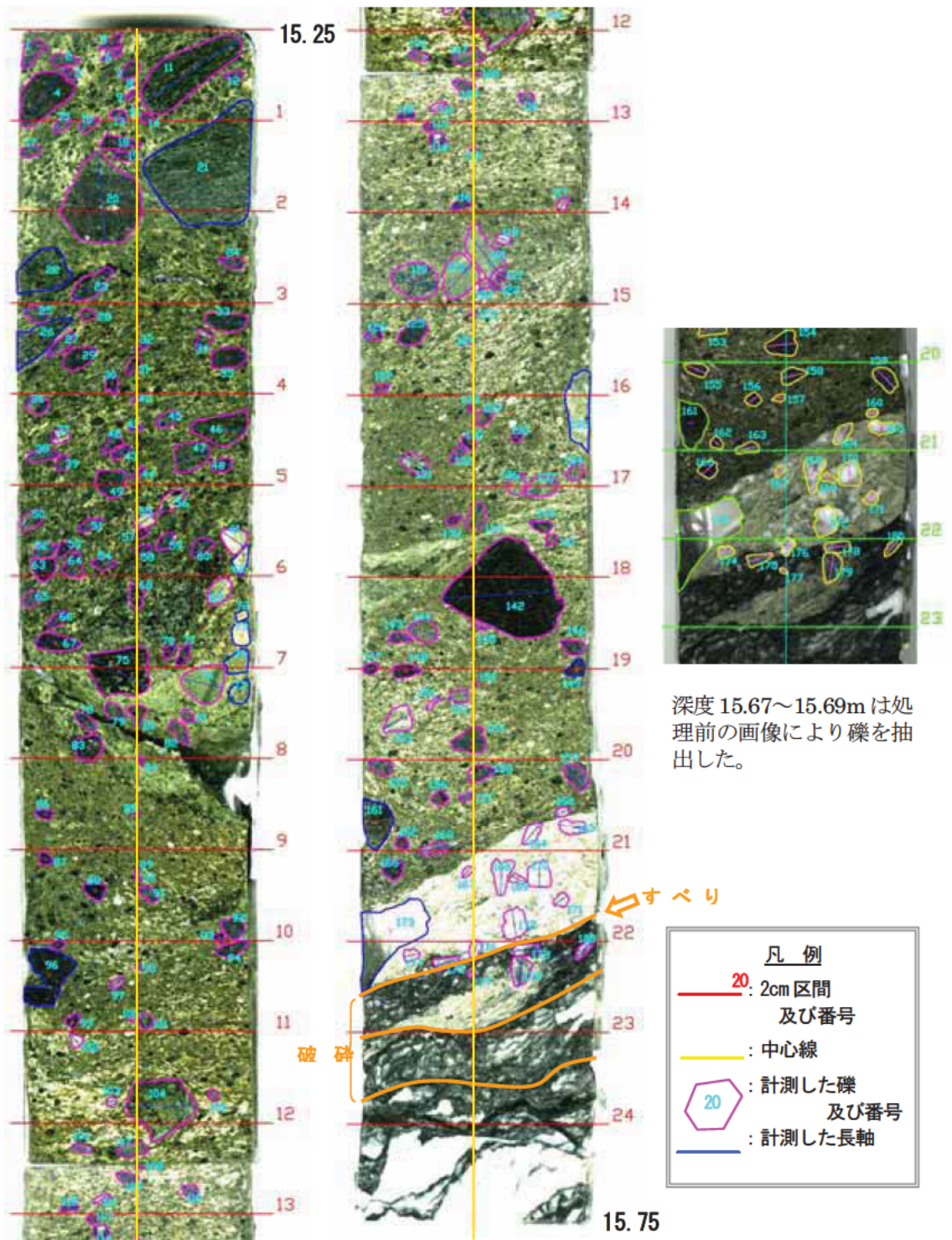


写真 6.2.2 入谷地すべり BV22-3 の切断研磨標本画像

## 1) 深度と礫率の関係

### 礫率の求め方

2cm ピッチの区間に分けて、各区間の面積に占める礫の総面積の割合を「礫の含有率(礫率)」として算定した。このとき、各区間の境界付近に位置する礫の扱いは、その中心がどちらの区間に入るかで判断した。なお、今回は作業性を優先して、画像から抽出する礫の大きさは3mm程度以上とした。

### 深度と礫率の関係

深度と礫率との関係を図 6.2.4 に示す。

甚之助谷地すべりの結果では、礫率にばらつきが認められるが、深度 31.06m 付近のすべり面に近いほど、礫率が小さくなる傾向が認められる。また、すべり面(主変位せん断面)の可能性のある深度 31.06m 付近は、礫率が急変する深度として認められる。

入谷地すべりの結果でも、礫率にばらつきがみとめられるが、深度 15.4m を境に礫率は小さくなっている。所々に非常に礫率の小さい箇所(深度)が認められるが、それらの深度に明瞭な面構造等は認められない。すべり面(主変位せん断面)の可能性のある深度 15.7m 付近は、礫率が急変する深度として認められる。

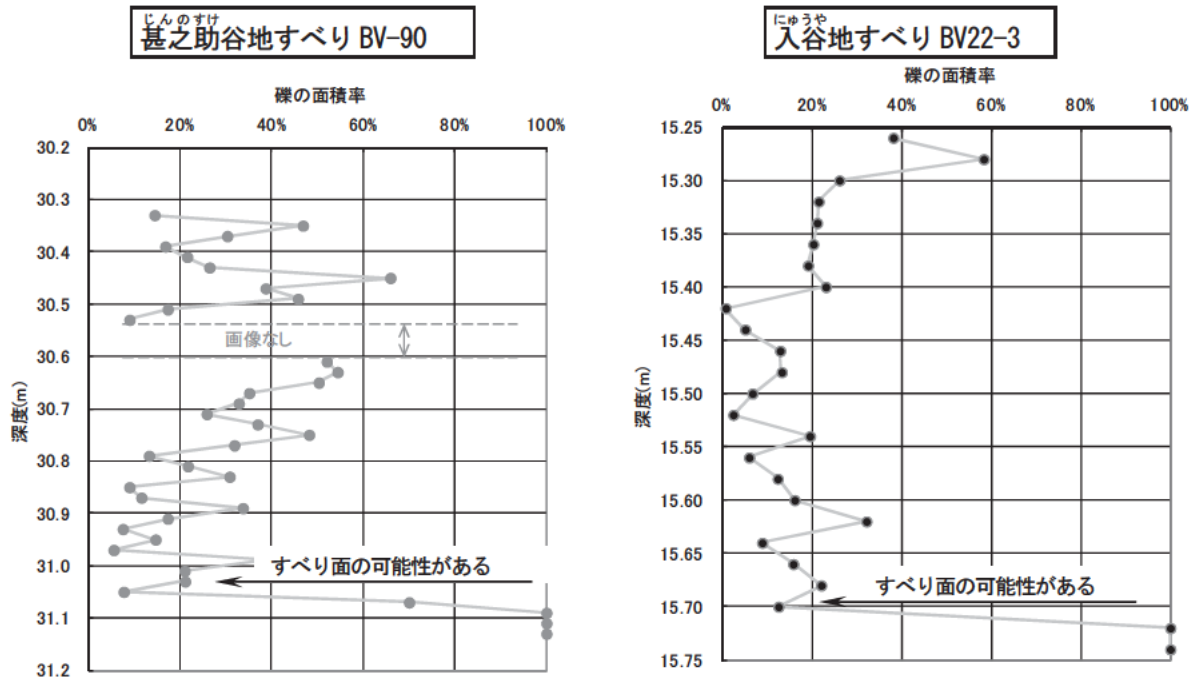


図 6.2.4 深度と礫率の関係

## 2) 深度と礫径の関係

### 礫径の求め方

画像(コア)の中心線上をスキャンライン法によって礫径とその深度を計測した。ライン上

で抽出する礫の大きさについては、1mm 程度以上とした。

### 深度と礫径の関係

深度と礫率との関係を図 6.2.5 に示す。

甚之助谷地すべりの結果は、深度 31.06m 付近のすべり面に近いほど、礫径が小さくなる傾向が認められる。

入谷地すべりの結果は、所々に大きな礫があり、礫径の累積曲線は階段状となる。全体として累積曲線の緩傾斜部の勾配に変化はなく、この図からは深度とともに細粒分が卓越するような傾向は認められない。すべり面（主変位せん断面）の可能性のある深度 15.7m 付近は、礫径の累積曲線が急変する深度として認められる。

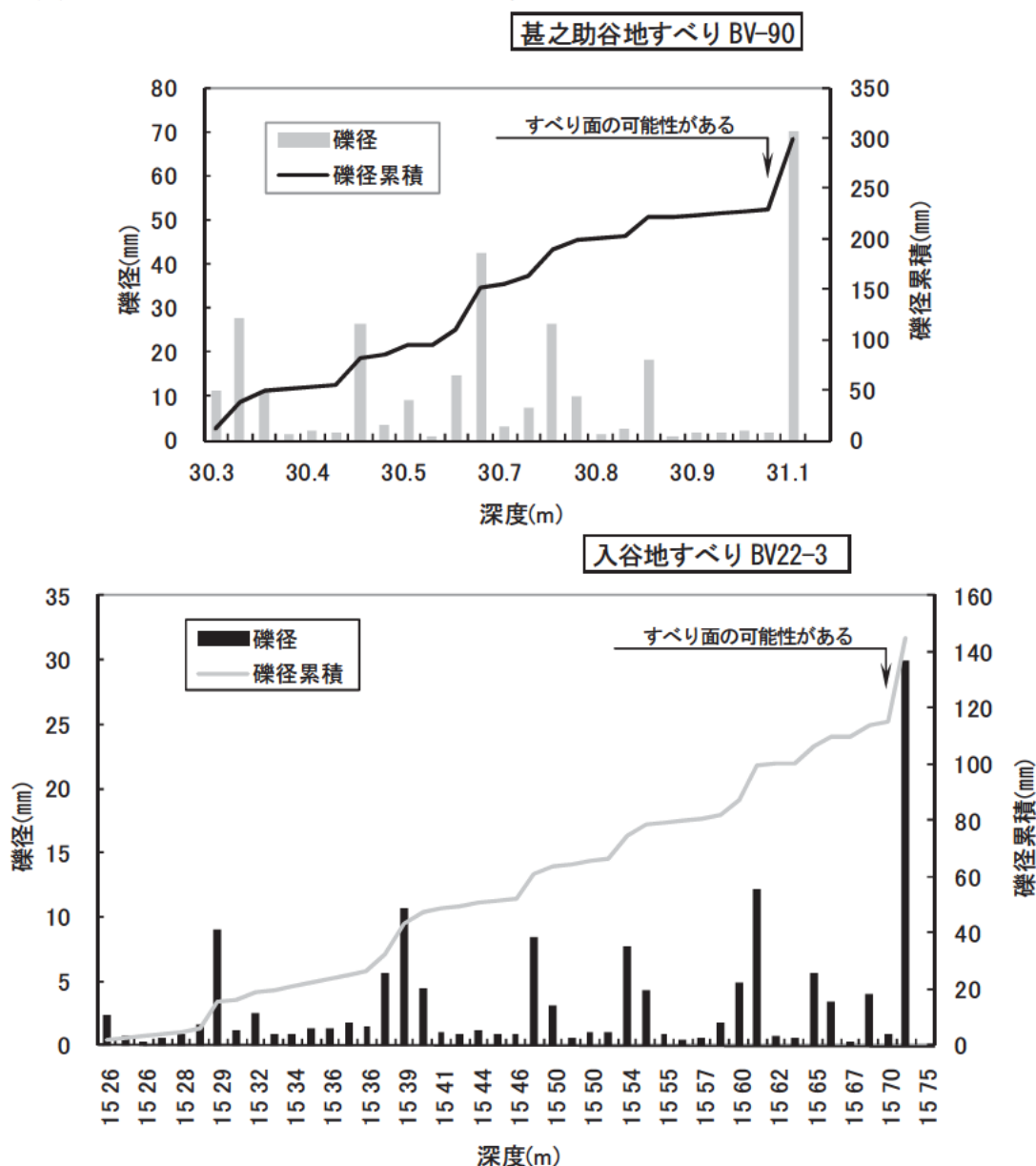


図 6.2.5 深度と礫径の関係



### 3) 深度と礫形状の関係

#### FU 値の求め方

すべり面では、粒子が円磨されているという観察事例<sup>3)</sup> や砂粒子形状に着目したすべり面判定を検討した事例<sup>4)</sup> がある。本共同研究では、礫形状を FU 値<sup>5)</sup> という指標を用いてすべり面との関係を検討した。

FU 値の概念および算定式は、図 6.2.6 に示すとおりである。

2cm ピッチの区間に分けて、各区間の含まれる礫の FU 値を算定し、その平均値を求めた。このとき、礫率の算定において抽出した（対象とした）礫を対象としたが、コア縁辺部で切られている礫は除外して FU 値を算定した。

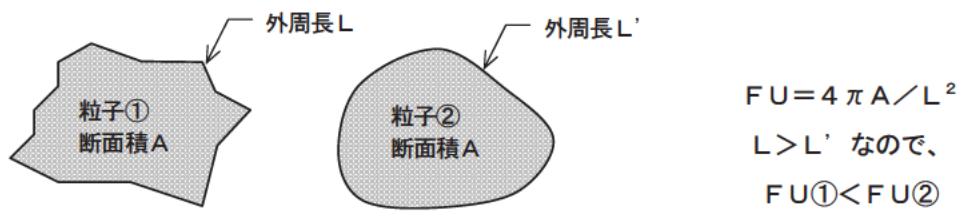


図 6.2.6 FU 値の概念図

#### 深度と FU 値の関係

図 6.2.7 に深度と FU 値の関係を示す。

甚之助谷地すべりの FU 値は、深度 31.06m 付近のすべり面に近いほど、若干大きくなる傾向が認められる。

入谷地すべりの FU 値は、深度 15.48m 付近までは、深度とともに増加する傾向が認められるが、それ以深では FU 値がばらつくものの、深度との関係性は認められなくなる。

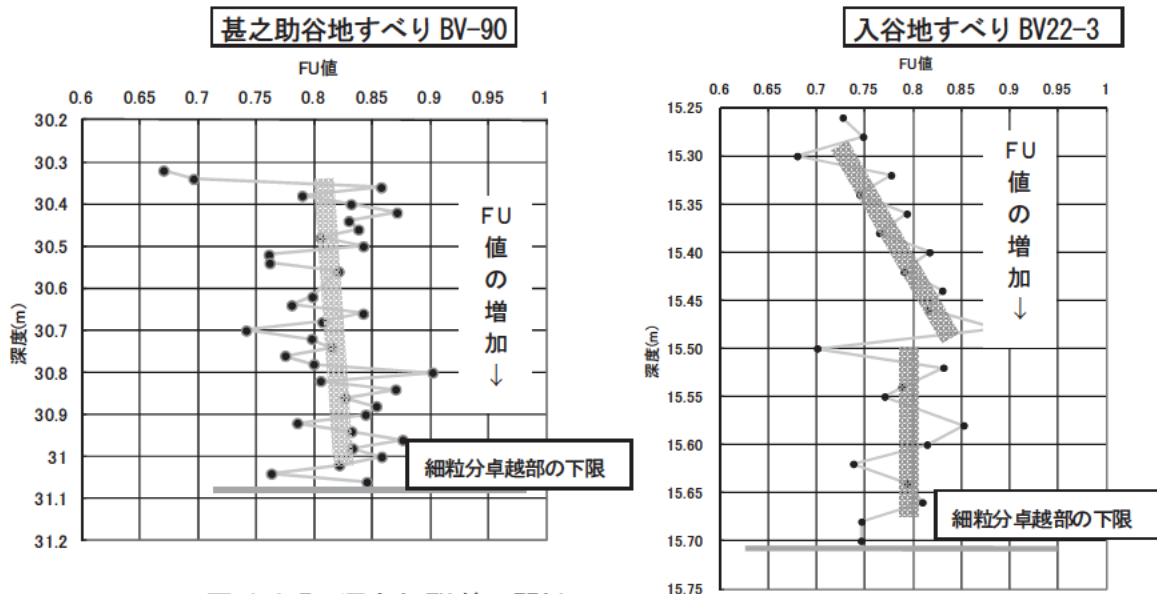


図 6.2.7 深度と FU 値の関係

#### 4) 深度と礫長軸の傾きの関係

##### 長軸の傾きの求め方

礫径を計測した礫について、長軸を目視で判断し、その傾きを計測した。このとき、礫の長軸の傾きは、図 6.2.8 に示すように計測した。

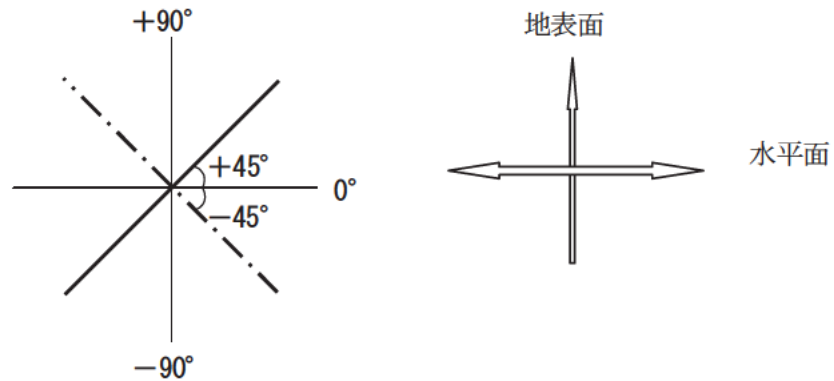


図 6.2.8 傾きの計測方法

##### 傾きの頻度

図 6.2.9 に礫長軸の傾きのヒストグラムを示す。

甚之助地すべりの礫の長軸の傾きは、傾斜 30~60° の頻度が高いことがわかる。当地すべりにおいてすべり面と考えられるのは、細粒分卓越部の下限をなす傾斜 30° のシャープな境界であり、その傾斜と比較的調和している。

入谷地すべりの礫の長軸の傾きは、傾斜 0~+60° の頻度が高いことがわかる。当該地すべり土塊においてすべり面と考えられるのは、細粒分卓越部の下限をなす傾斜+20~+30° の境界であり、その傾斜と比較的調和している。

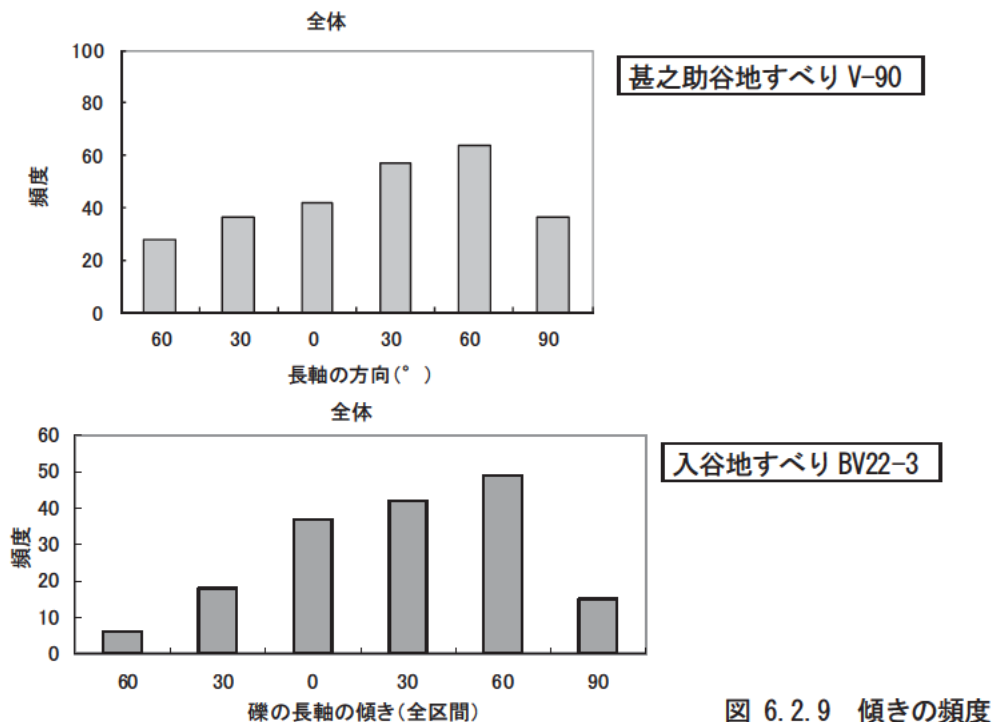


図 6.2.9 傾きの頻度

### 深度と傾きの関係

2つの地すべりについて、深度と傾きとの関係を調べるために、礫率を算定した2cm区間においてヒストグラムを作成し、その最頻値と深度との関係を確認した(図6.2.10)。

甚之助地すべりでは長軸の傾き(ここでは2cm区間における最頻値を用いた)については、深度に伴う変化は認められず、全体的に30~60°の頻度が高いことがわかった。

入谷地すべりでは、礫長軸の傾きについて、明瞭な深度との関連性は認められない。

- ・ 深度15.4mまでは傾斜+30~+60°が卓越
- ・ 深度15.4~15.5mは60~0°が卓越
- ・ 深度15.5~15.6mはややばらつく
- ・ 深度15.6m以深は傾斜0~+30°が卓越

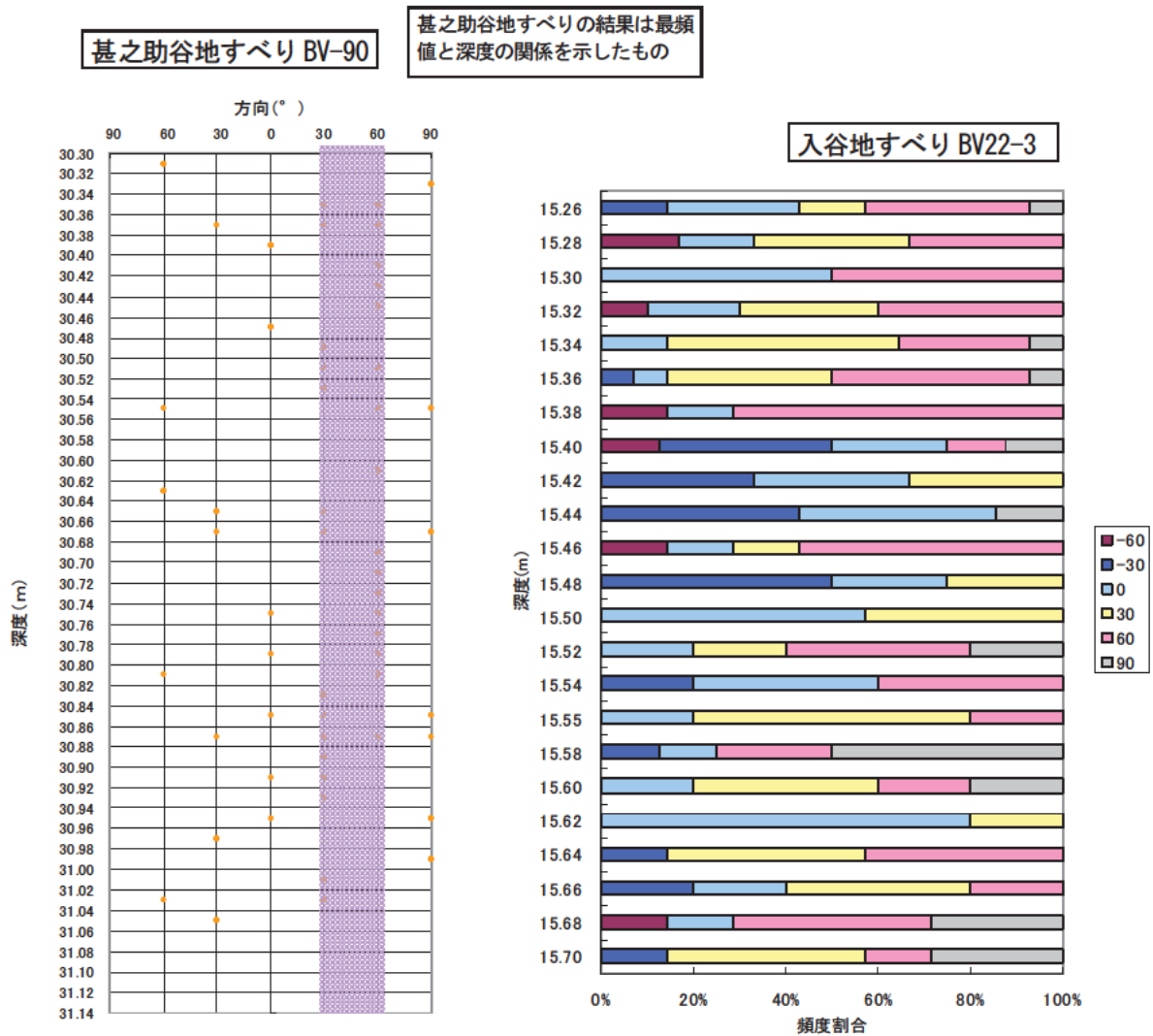


図 6.2.10 深さと礫長軸の傾きの関係

## (2) 薄片観察

薄片観察では、切断研磨標本の肉眼観察では確認できないような、より微細な構造の観察が可能となる。また、二次鉱物などの同定も可能となる。

本共同研究では甚之助谷地すべりの BV 90 の切断研磨標本作製区間について連続的に薄片を作成し、検討を行った。この結果を図 6.2.11～6.2.14 に示す。

薄片観察により、含まれる岩石種、より微細な構造や生成鉱物の把握およびその解釈を行うことで、すべり面認定に対する指標となり得ると考えられる。

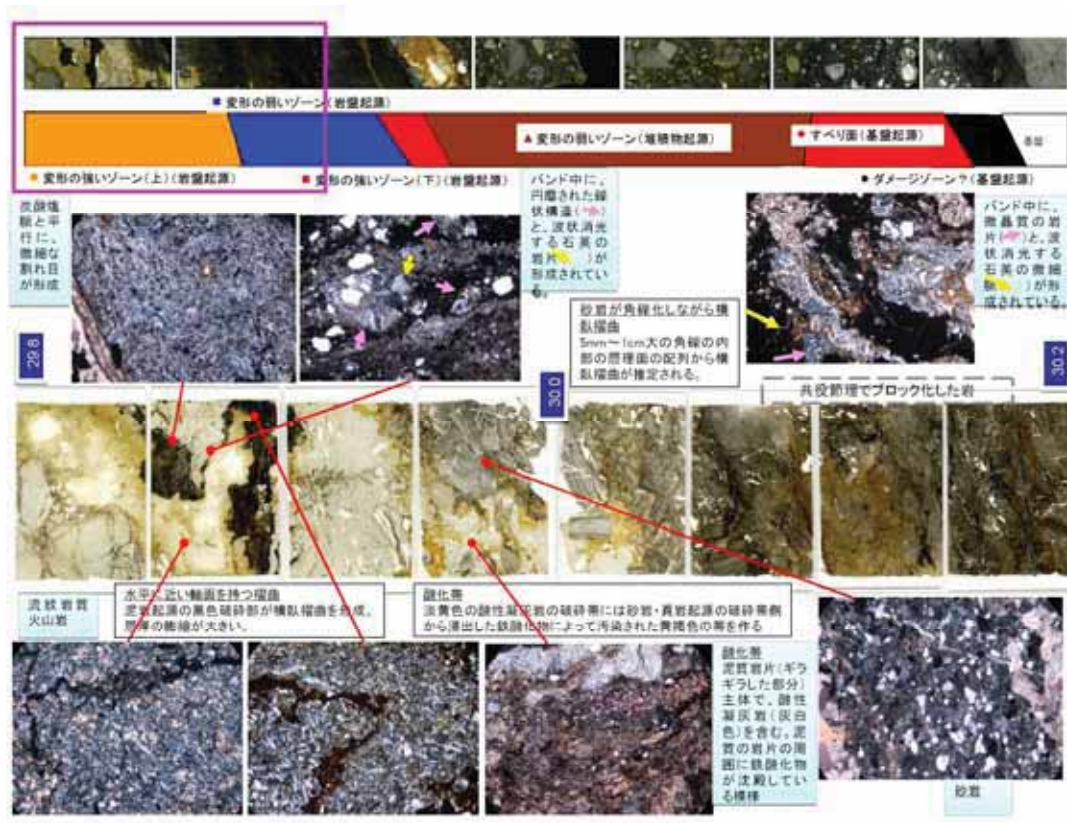


図 6.2.11 薄片観察検討結果 (深度 29.8~30.2m)

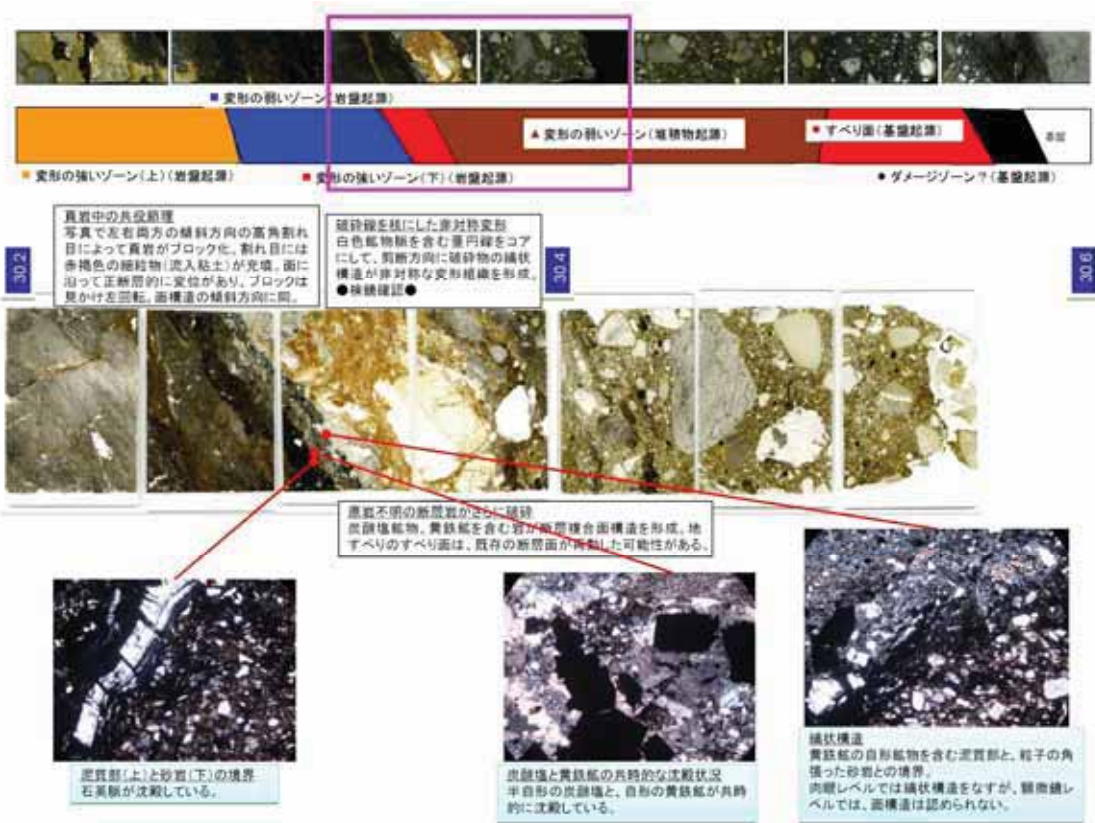


図 6.2.12 薄片観察検討結果 (深度 30.2~30.6m)



図 6.2.13 薄片観察検討結果 (深度 30.6~31.0m)



図 6.2.14 薄片観察検討結果 (深度 31.0~31.2m)

### (3) 画像処理解析

切断研磨標本画像を、コンピュータ上で画像処理することで、構造等が詳細に観察可能となることが期待されたため本共同研究で画像処理方法について検討した。

画像処理は Photoshop のデフォルトフィルタ機能を用いて行った。

この結果によると、輪郭検出と加算処理を行うと画像そのものが比較的にみやすいものになる事が判った。また、ハードライト、ビビットライト、リニアライトでも見やすくなる場合があった。これらの処理の他に明度とコントラストを高くすることで見やすくなる標本画像も認められた。画像処理例を図 6.2.15~図 6.2.18 に示す。

	プロシストロー			表現方法		
	エッジ強調	単軸	エッジの光澤	ソラリゼーション	輪郭抽出	
29.8-30.0m 縦長						
30.0-30.2m 縦長						

図 6.2.15 画像処理比較結果 1

表 2.10 表 2.9 表 2.10.0m								
通常	比較 (原)	減算	値を込みカラー	値を込みグレース	比較 (別)	スクリーン	値を込みカラー	値を込み (グレース)
ソフトライト	ハードライト	ゾグソフトライト	ゾグハードライト	ゾグソフトライト	加算	減算	差の絶対値	絶対

図 6.2.16 画像処理比較結果 2

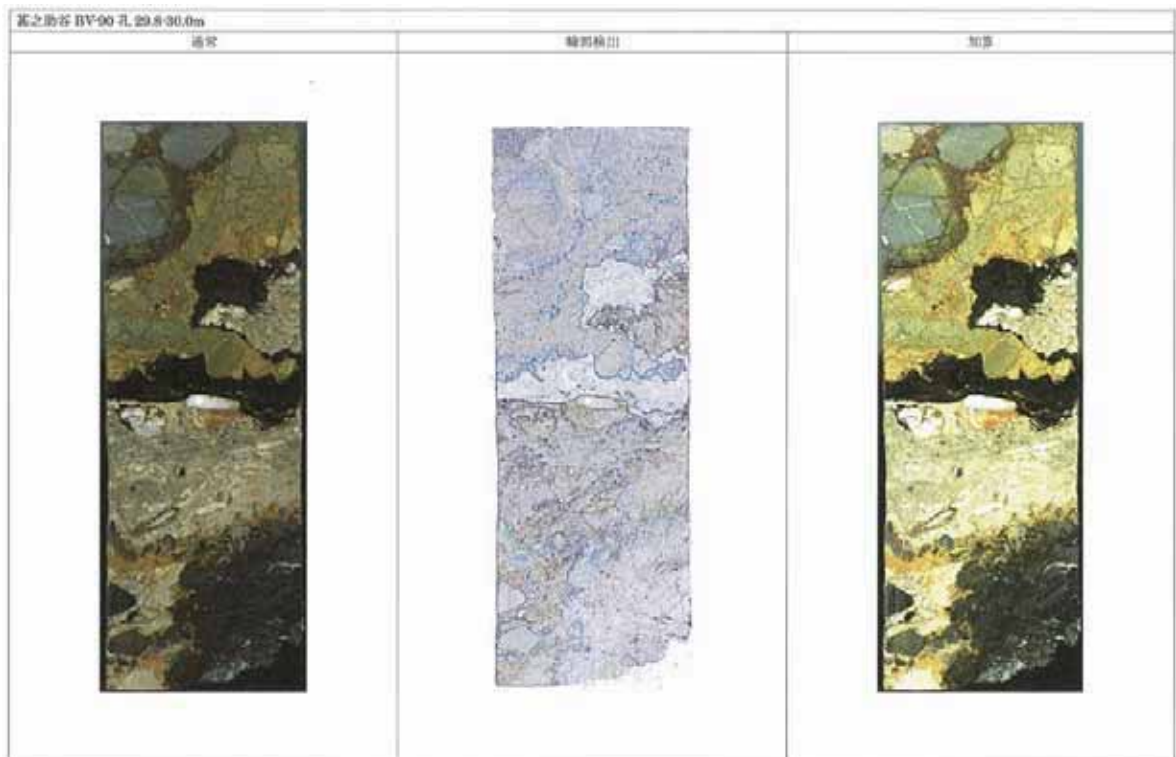


図 6.2.17 画像処理比較結果 3

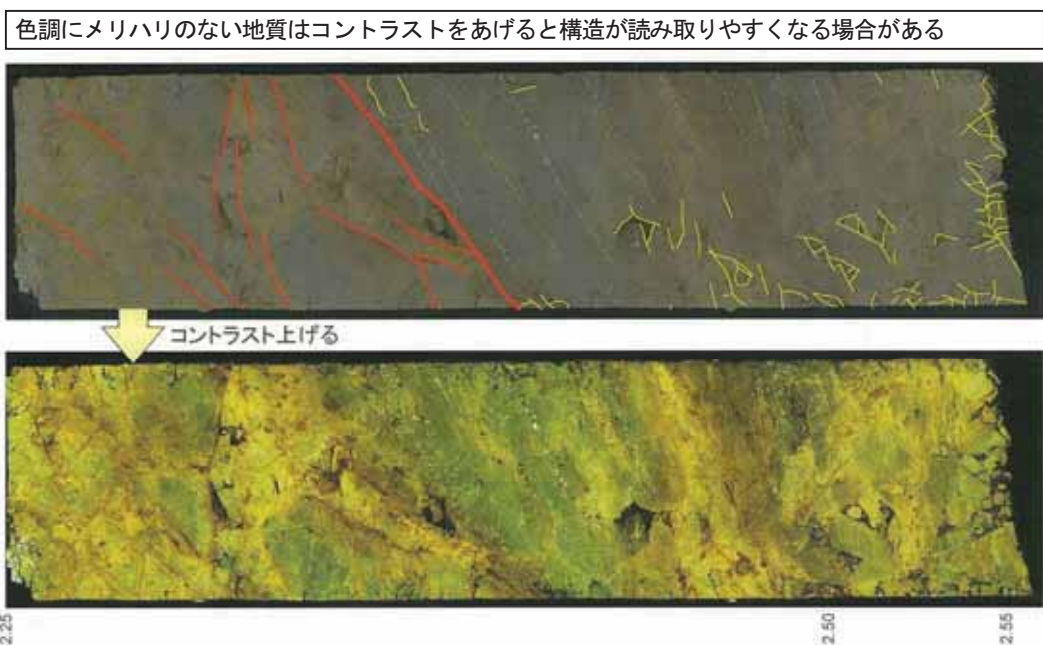


図 6.2.18 画像処理比較結果 4



#### (4) CT スキャン

近年、X線CTが地質系試料の内部構造を調査する手法として近年使用されつつある。地すべり分野においても、すべり面を含むボーリングコアの内部構造・立体構造を非破壊で把握するための手法として応用出来ることが期待される。

X線CT (Computed Tomography) は試料内部のX線吸収係数の三次元分布を可視化するものであり、X線CTスキャナには、主に医療用、産業用があり、産業用は大きな試料の撮影に適したミニフォーカス型と小さな試料の微細な構造の撮影に適したマイクロフォーカス型がある。

本共同研究では切断研磨標本を用いて、マイクロフォーカススキャナで撮影し、X、Y、Z方向の白黒の連続二次元画像のデータセットとして整理した。このデータセットから、三次元イメージとして構成することが可能となる。

写真 6.2.3 は試料 A の断面画像である。今回の撮影条件では 1pixel は 0.18mm である。すべり面とみられる礫混じり土砂層と基岩のすべり面の亀裂だけでなく、基岩内部に生じている亀裂も鮮明に捉えることができています。

写真 6.2.3 の XZ 画面像を比較すると、すべり面および基岩内部の亀裂の変化の様子が観察でき、5mm の観察断面の位置の違いで、すべり面が連続的であったり、分離した層を伴う不連続的な面に変化したりと微細構造がわずかな位置の変化によって異なる様子が捉えられた。

写真 6.2.4 で礫混じり土砂層に着目すると、最小で 2pixel(0.36mm)程度の礫までは存在が確認できる。しかし、礫の形状まで分析しようとする、形状にもよるが 5~10pixel(0.9~1.8mm)以上の大きさでないと、礫形状や長軸・短軸の方向まで判断することは困難である。

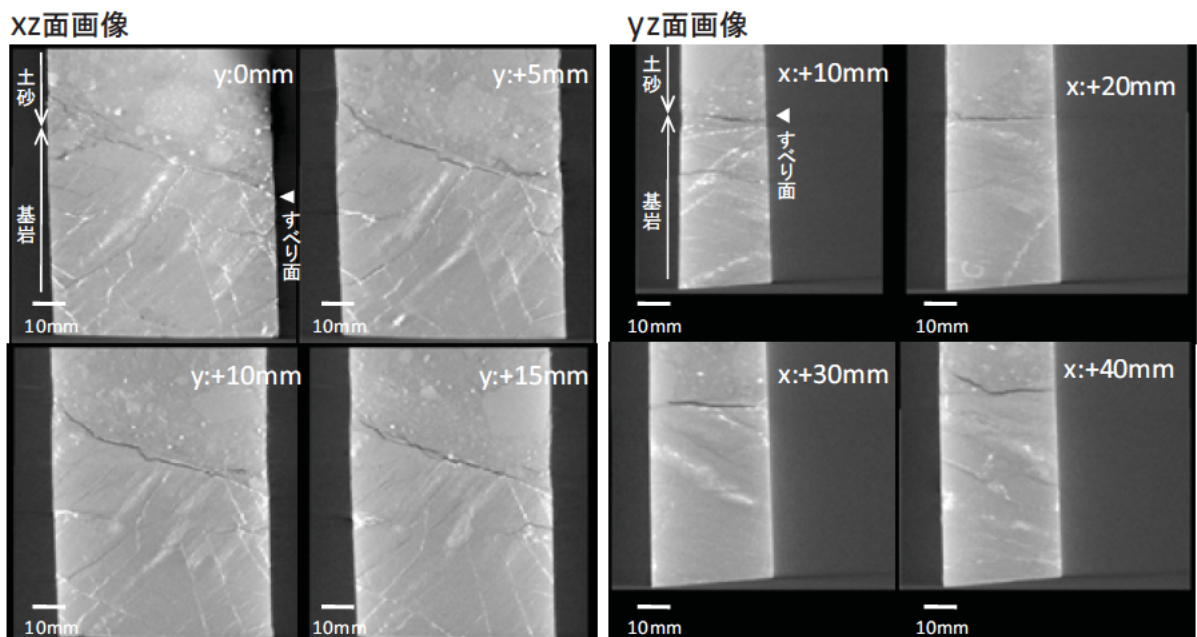


写真 6.2.3 試料 A の X 線 CT 画像

連続性の良い亀裂を持つ試料Bについて、一連の亀裂を着色して抽出した結果を写真6.2.4、写真6.2.5に示す。亀裂面のうねりの様子や凹凸のある形状を明瞭に捉えられており、このような連続性の良い亀裂であれば、X線CTによって亀裂面の立体形状を非破壊で捉えることが可能である。

X線CTによってすべり面を含むボーリングコアを観察することで、非破壊ですべり面等の詳細な内部構造を立体的に捉えることが可能である。

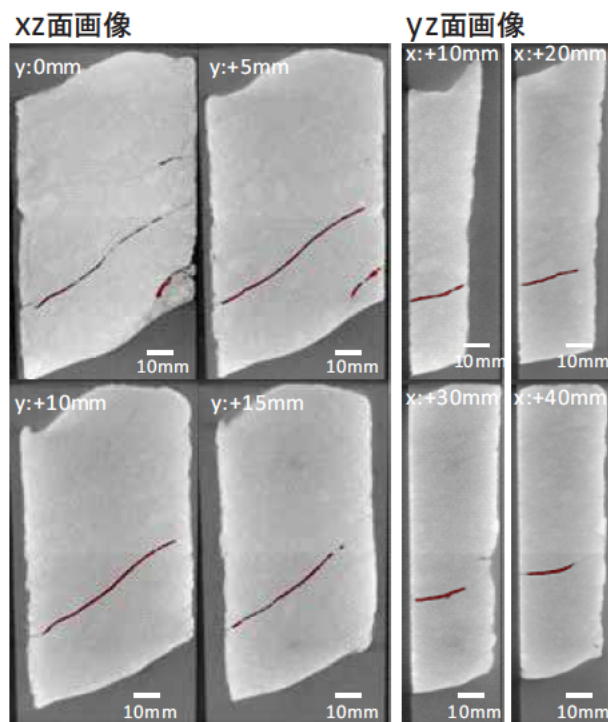


写真 6.2.4 試料BのX線CT画像

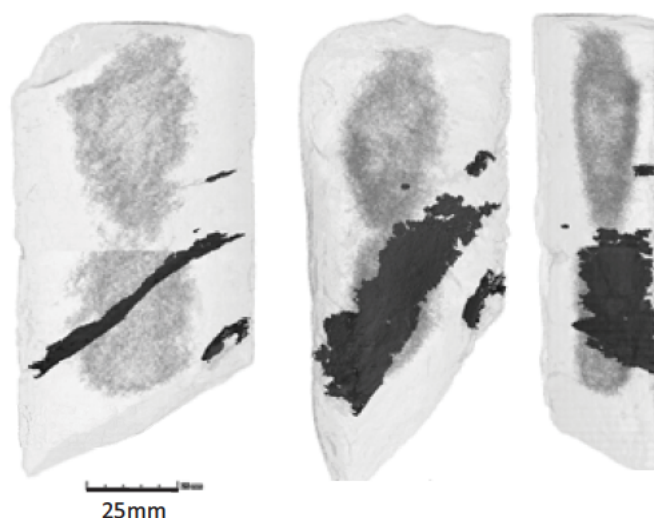


写真 6.2.5 試料Bの立体画像（回転画像）

[文献]

- 1) 田中憲一・片田正人：カラーインデックス, 地質調査所月報, Vol.17, No.5, pp48-61, 1966
- 2) Krumbein, W. C. : Measurement and geologic significance of shape and roundness of sedimentary particles, *J. Sed. Petrol*, 11, pp64-72, 1941
- 3) Skempton, A.W. & Petley, D.J. : The strength along structural discontinuities in stiff clay. *Proc. Geot. Conf. on Shear Strength of natural Soils and Rocks. Oslo*, 2, 3-20, 1967
- 4) 守随治雄：結晶片岩地すべり地におけるすべり面（徳島県善徳地すべりの例）, 日本地すべり学会誌, Vol.43, No.1, 45-48, 2006
- 5) 柴崎達也・青木穂高・橋本英俊・横山修：結晶片岩地すべりにおける砂粒子形状に着目したすべり面判定手法, 日本応用地質学会研究発表講演論文集, pp167-168, 2007
- 6) 吉村優治・松岡元：粒子形状による粒状体の内部摩擦角の推定法, 土と基礎, Vol.50, No.5, pp20-22, 2002

## 7. 樹脂固定面標本を用いた微細構造観察に基づくすべり面の認定について

### 7.1 概説

すべり面の調査にあたっては、地質調査による方法と計測機器による方法の結果を用いて総合的に行う必要がある。

本研究では、樹脂固定すべり面標本を作製することによって、すべり面やその周辺の微細構造について、コアや孔壁画像よりも詳細な観察が可能であることが示された。このため、樹脂固定すべり面標本による微細構造観察結果は、すべり面・すべり層の認定根拠の1つとなる可能性があり、これによりすべり面・すべり層の確度を向上させることが期待される。

### 7.2 従来のすべり面認定

ボーリングコアの観察にあたっては、色調、亀裂の形状・量、風化状況、粘土層等について観察を行い、総合的にすべり面を認定する。

すべり面付近は移動に伴って破碎されることが多い。時には、鏡肌（スリッケンサイド）や条痕、コアへの木片の混入が見られることもあり、このようなコアの状況に着目する必要がある。

地すべり土塊の鉛直方向の構成を図7.2.1に模式的に示す。すべり面は粘土化し、透水性は小さく、暗色を呈する一方、移動層は透水性が大きく褐色系の色調を呈することが多い。ただし、地下水の分布状況、地すべり土塊内の位置（頭部、末端部等）によっても異なることに留意する必要がある。

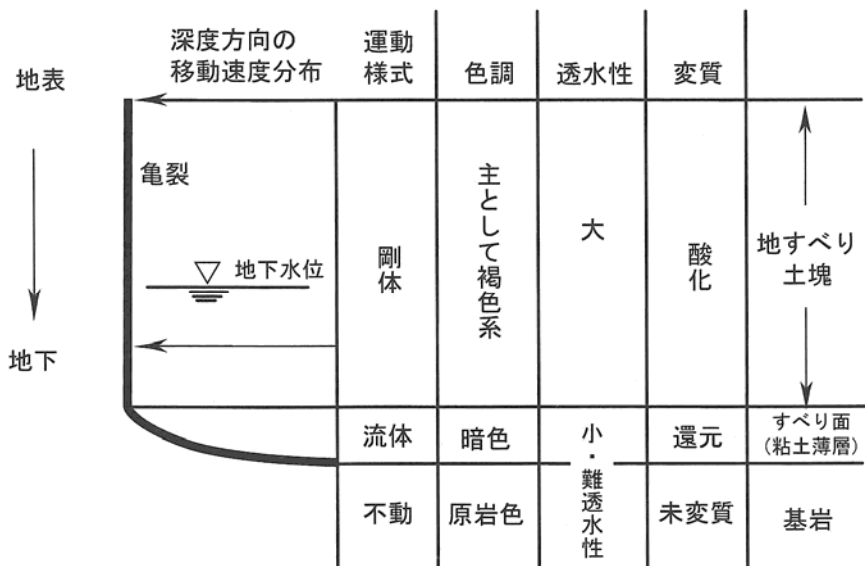


図 7.2.1 地すべり斜面の構成<sup>1)</sup>

コアの観察によりすべり面を認定する際の留意点としては、次の項目があげられる<sup>1)</sup>。

- 1) 軟弱粘土層の存在
- 2) 崩積土の下面
- 3) 風化岩あるいは岩盤上部
- 4) 異種の岩石などの境界部
- 5) 岩盤中の軟弱挟み層あるいは破碎部の存在
- 6) 堆積岩中における堆積構造の乱れの存在
- 7) 地すべり規模、形態とすべり面深度の相関

また、ボーリング孔壁の観察結果（孔壁写真、展開図等）がある場合には、コアと同様の観点で、すべり面認定に活用する。

### 7.3 樹脂固定すべり面標本を用いた微細構造観察に基づくすべり面の認定

すべり面はせん断変形を生じる部分であり、最も攪乱・変形を受けているゾーンであると考えられる。そのすべり面の上下には、すべり面のせん断変形に伴って攪乱・変形を受けた縞状構造ゾーン、基岩の破碎ゾーンが存在していることが少なくない。すべり面とその近傍（一連の攪乱・変形構造を受けたと考えられる区間）について、樹脂固定すべり面標本を作成し、その構造を詳細に観察することは、すべり面の認定根拠の1つになり得ると考えられる。

樹脂固定すべり面標本の観察にあたっては、6.2章で示したとおり、地質区分、風化区分、細粒率、礫径粒度、礫円磨度、礫配列、縞状構造、破碎・変形構造等についてプロファイル分析を行い、観察柱状図として記載する。その観察柱状図を用いて総合的にすべり面の認定を行う。

樹脂固定すべり面標本の観察によりすべり面を認定する際の留意点としては、現段階では次の項目が考えられる。

- 1) 細粒分比率の上昇
- 2) 礫円磨度の上昇
- 3) 破碎による細粒化
- 4) 礫の配列（長軸の定向配列）
- 5) 縞状構造の存在
- 6) 基盤におけるダメージゾーンの存在
- 7) 複合面構造

なお、樹脂固定すべり面標本を用いたすべり面の認定は、従来のすべり面の認定にとって替わるも

のではなく、従来のすべり面の認定（地質調査による方法と計測機器による方法）と併せて認定の確度を向上させるために実施するものである。

#### 7.4 樹脂固定すべり面標本の利点と今後の展望

樹脂固定すべり面標本には、様々なメリットがあり、地すべり対策事業等における活用や地すべりに関する研究への活用が期待される。

事業における活用方法の例としては次のようなことが考えられる。樹脂固定標本とすることで、従来は保存することが難しかったすべり面を半永久的に保存することができる。そのため、数年前に掘削したボーリングのすべり面標本と比較しながらすべり面を認定することもできる。このような使い方も含め、すべり面認定の確度向上のために樹脂固定すべり面標本を活用することが期待される。樹脂固定すべり面標本はすべり面の存在やせん断の証拠などが明瞭なものも少なくなく、また、持ち運びも大変簡単であり、検討委員会や住民説明会等における説明のためのツールとしても活用できる。

研究面においては、樹脂固定標本の保存性の高さや微細構造が観察可能であることを生かした活用が考えられる。例えば、異なる地域の地すべりのすべり面を比較し、すべり面の特性と地すべりの滑動特性の関係を検討することや、すべり面構造から見た地すべりの分類を検討することも可能と考えられる。

また、樹脂固定すべり面標本を作成し、保存していくことで、将来必要になった場合に、改めて調査・分析を行うことも可能となると考えられる。

今後も各地の地すべりで樹脂固定すべり面標本の作製と分析を積み重ね、すべり面とその近傍の微細構造についての知見を蓄積して、地すべりについての理解を深め、それをすべり面の認定手法の高度化等に反映させていくことが重要であると考えられる。

#### 【文献】

- 1) 「地すべり防止技術指針及び同解説 平成 20 年 4 月」国土交通省砂防部・独立行政法人土木研究所

**謝辞** 本研究を行うにあたり、関東地方整備局利根川水系砂防事務所、北陸地方整備局金沢河川国道事務所、中部地方整備局天竜川上流河川事務所及び富士砂防事務所、四国地方整備局四国山地砂防事務所、内閣府沖縄総合事務局及び北部ダム事務所からは、ボーリングコア試料や調査解析資料を提供頂くなどのご協力を頂いた。独立行政法人産業技術総合研究所には X 線 CT についてご教示を頂いた。また、樹脂固定標本の作製には、株式会社蒜山地質年代学研究所、アースサイエンス株式会社にご協力を頂いた。ご協力頂いた皆様に深く感謝いたします。

資料 すべり面に関する文献リスト

表 1 文献一覧 (1/14)

題号	著者(発行年)	文獻名	文獻名	文獻名	著者	発行年	No.	頁
1	横山・森田(2009)	地質雑誌	徳島における地層変形モニタリングシステムの開発	横山幸也, 斎藤寿樹	2009	Vol.118, No.5	p.883-898	
2	吉田ほか(2009)	応用地質	断層周辺に発達する流れ目形跡とその特徴 -阿寺断層におけるダメージゾーン解析の試み-	吉田英一, 大崎幸市, 吉村久美子, 長友晃夫, 西本昌司	2009	第59巻, 第1号	p.16-28	
3	加藤ほか(2009)	応用地質	中央構造線の地表形態を変化させた四国北山脈の重力変形	加藤忠雄, 千木良賢弘	2009	第10巻, 第3号	p.140-145	
4	山崎・千木良(2008)	地質学雑誌	底層片岩の風化メカニズム, および, 風化と地すべりの関係について: 四国三蔵川部の不風化がーラングアを用いた解析	山崎新太郎, 千木良賢弘	2008	Vol.114, No.3	p.109-126	
5	上野(2008)	最新の地理探査適用事例集	地すべりの調査における物理探査の役割と問題点	上野耕司	2008		p.241-244	
6	大橋・小林ほか(2008)	地質学雑誌	膠着性粘土鉱物を含む木田川断層帯の薄片・研削片作製法	大橋聖和, 小林健太, 明倫寛紀	2008	Vol.114, No.8	p.426-431	
7	榎垣(2008)	地すべりの学会誌	谷地すべりに関する新第三系頁岩層地すべりのすべり面構造	森田 洋, 森田 茂, 阿部真也, 森田哲朗, 榎垣大助, 佐々木卓郎	2008	Vol.44, No.5	pp.281-291	
8	野崎(2008)	地すべりの学会誌	2007年新潟県中越沖地震による初生的岩盤地すべりと斜面すべり	野崎 隆	2008	Vol.45, No.1	p.72-77	
9	釜井ほか(2008)	応用地質	1998年鹿児島伏見地震による古墳の地すべり	釜井 雅孝, 藤川 旭, 守藤治雄	2008	第48巻, 第6号	p.285-298	
10	横山(2007)	地すべりの学会誌	山陰-平越境界断層の新層部と地すべり変動 -近畿地方の大阪平野周辺地域の例-	横山 隆治	2007	Vol.44, No.4	pp.214-221	
11	鶴井(2007)	地すべりの学会誌	すべり面析定における標準貫入試験の活用 -新潟県における地すべりを例として-	鶴井 幸彦	2007	Vol.44, No.1	p.50-56	
12	江田・藤田ほか(2007)	地すべりの学会誌	貯水池周辺地すべりに関する横断断面の要素分析	江田光志, 鈴木啓之, 藤澤和範, 植上裕司, 石井潤雄	2007	Vol.43, No.5	pp.270-282	
13	森田・阿部ほか(2007)	地すべりの学会誌	北之地方における新層部周辺の第三紀層地すべり	森田 洋, 森田 茂, 山田幸雄, 阿部真也	2007	Vol.44, No.4	pp.44-49	
14	森田・榎垣ほか(2008)	地すべりの学会誌	地表・地中変位データから見た北北東地方の新第三系地すべり移動地塊の变形構造	森田 洋, 高橋明久, 阿部真也, 榎垣大助	2007	Vol.44, No.6	pp.369-376	
15	野崎(2007)	地すべりの学会誌	地すべりに伴うラングア・ニック断層の事例とその発生機構	野崎 隆, 陰地幸仁, 榎野真弓	2007	Vol.44, No.4	pp.203-213	
16	田中ほか(2007)	応用地質	岡山県, 成羽層群の小褶曲構造に形成された地すべりとその内部構造	田中 元, 山田琢哉, 横田修一郎, 鈴木茂之	2007	第48巻, 第5号	p.232-240	
17	横山(2006)	地質学雑誌	2004年岩屋川0号家田で発生した岐阜県高根町阿津川の破砕帯地すべりと山形断層	横山隆治, 村井政雄, 中尾志郎, 西山賢一, 大岡和俊, 中野 晋	2006	No.112	p.137-151	
18	千木良(2006)	土木学会論文集C	地すべり・崩壊の発生場予断層 -地質と地形からみた技術の現状と今後の展開-	千木良賢弘	2006	C, Vol.62, No.4	pp.722-735	



表.2 文献一覧 (2/14)

題番号	著者(発行年)	文献名	文献名	著者	発行年	No.	頁
19	田中ほか(2006)	応用地質	成層構造地すべりの特徴 - “破砕帯貫層”とすべり面の形成・発達との関係 -	田中 元, 山田琢哉, 鈴木茂之	2006	第1巻, 第5号	p.230-268
20	野崎(2005)	平成17年度 日本応用地質学会研究発表会	ナンテクトニク的な地質構造の事例	野崎 隆	2005		p.28
21	ナンテクト断層(2004)	平成16年度 国土安全高度調査研究	ナンテクトニク断層と活断層の識別方法確立に向けた基礎研究(概要)		2004		
22	横山(2003)	日本応用地質学会中国関係委員会	小田1955年の断層帯地すべりと三旗川筋の新断層帯	横山徳治, 堀田次男	2003		p.87-92
23	小野(2003)	地質学雑誌	関東山地延長方向の中新世マヨライナ	小野 晃	2003	Vol.109, No.7	p.414-419
24	打野(2002)	地質学雑誌	美濃-丹波帯に発達する急傾斜した軸を持つ地質同規模の褶曲 - 基礎構造からみた断層帯の起源 -	打野謙一	2002	Vol.108, No.9	p.591-605
25	田中ほか(2000)	地質学雑誌	断層帯埋積土すべりの地質的特徴ならびにその消滅方向に基づく断層帯構造の推定 - 東国中南部中央構造線断層帯の断層帯の例 -	田中秀実, 楠智一郎, 長谷川藤一, 坂口 忠	2000	Vol.106, No.6	p.385-396
26	田中ほか(1999)	地質学雑誌	野島断層地質調査区画コブにおける断層帯区分, 分布および破砕-変質様式	田中秀実, 堀口孝幸, 正田直人, 藤本光一, 大谷具幸, 伊藤久男	1999	Vol.105, No.1	pp.72-85
27	田中ほか(1998)	地質学雑誌	野島地質断層帯断層コア(GSおよびONIED)に見られる断層帯の産状	田中秀実, 藤田博司, 伊藤久男, 新井孝史, 大谷具幸, 小村隆太郎, 小林健太, 北野宏志, 山口 忠, 高田豊樹, 清水野清秀, 下川清一, 岩間敏和, 花竹健治, 須田俊彦, 高谷幸彦, 栗田 晃, 宮地良徳, 小松原基, 土田 太, 横田高	1998	Vol.104, No.5	pp.XIII-XVI
28	水野(1997)	地質学雑誌	定遠地方の活断層トレンチ掘削調査	水野恵司	1997	Vol.103, No.4	pp.XV-XXIII
29	高木・小林(1996)	地質学雑誌	断層帯のジグザグマヨライナ帯の複合面構造-その比較地質学	高木秀徳, 小林健太	1996	Vol.102, No.3	p.170-179
30	横山(1995)	地質学雑誌	和泉山地の和泉断層帯の断層帯構造-岩盤クラーブ構造解析による断層帯場所の予測に向けて	横山徳治	1995	No. 2	p. 134-147
31	水野(1989)	地質学論叢	速度と持続時間の相関分布にもとづいたランドスライドの分類	水野恵司	1989	第62巻, A-1号	pp.320-331
32	守阪(1999)	博士論文	第三紀地すべりの地すべりにおけるすべり面の発達過程とすべり面の生成について	守阪市雄	1999		122
33	武田ほか(2006)	地質工学会誌	気泡式ボアリングから高品質コア採取システムへ	武田伸二, 小宮国盛, 竹内一郎	2006	第14巻, 第4号	pp.16-18
34	亀尾ほか(2003)	応用地質	気泡式ボアリングによる河床堆積物のコアサンプリングの適応性	亀尾生志・杉村直人・竹内一郎・武田伸二	2003	第14巻, 第4号	pp.243-248
35	武田・竹内(2000)	破砕帯埋積土のロータリーサンプリング技術と物性評価に関するシンポジウム, 発表論文集	気泡式ボアリング工法による断層帯断層帯部でのコアサンプリング	武田伸二, 竹内一郎	2000		pp.83-88
36	武田ほか(1998)	地質工学会誌	最新の気泡式ボアリング工法によるサンプリング技術	武田伸二, 小宮国盛, 竹内一郎	1998	第16巻, 第5号	pp.28-30
37	松ヶ崎ほか(2009)	全市部「技術e-フォーラム 2009」松江	高橋式コアの活用	松ヶ崎孝雄, 藤本孝史, 入野寛彦, 藤本孝史	2009		

表. 3 文献一覧 (3/14)

整理番号	著者(発行年)	文献名	文獻名	著者	発行年	No.	頁
38	櫻瀬(2009)	平成21年度 柱状金属部山技 術会議議要旨	高品質コアリング技術とその適用	櫻瀬克史	2009		
39	M.Niwa, et al.(2009)	Island Arc	Reconstructing the evolution of fault zone architecture: Field-based study of the core region of the Awata Fault, Central Japan	M.Niwa, Y.Munuchi, A.Tanoue	2009	18	pp.577-598
40	森崎(2001)	平成13年度日本応用地質学 会シンポジウム	岩盤すべりを対象とした崩滑法弾性線探査のトモグラフィ解析(その1)	斎藤秀樹, 黒井謙三, 藤巻和春	2001		pp.8-15
41	櫻瀬(2019)	応用地質調査事務所年報	孔内傾斜計測記録から見た地すべりの挙動	堀内三郎, 成田賢, 井上芳幸	1982	No.4	pp.1-17
42	上野・田村(1992)	応用地質年報	地すべりの形状, 規模および分布に関する検討	上野伸司, 田村富行	1992	No.14	pp.1-13
43	西山(2002)	応用地質技術年報	地盤技術者のための3次元地質モデル構築とその利用 -IG-10による地質情報表現を例にして-	西山昭一, 小田卓司, 那弘	2002	No.22	pp.140-153
44	藤崎(2000)	平成21年度応用地質学 発着会議論集	地すべり土質を特徴付ける指標値	藤坂友彦, 上妻徳男, 崎谷博之	2000		pp.41-42
45	山崎(2007)	日本地すべり学会誌	現場で交った地すべりの工学 第12号	山崎孝成	2009	Vol.44, No.4	pp.58-64
46	柴崎(2008)	平成17年度 第44回日本地す べり学会 研究発表会議論集	目で見るすべり面 -リングオン断による真層せん断面と67-	柴崎達也, 山田志美, 合井雅博, 森平 由美, 梅藤晃, 藤乃孝之, 山崎孝成	2008		
47	山田(2002)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シリーズ1- 三股川変成帯に属する貫貫岩層内に形成されたすべり面	山田正彦, 藤乃孝之, 杉崎忠義, 山中 茂	2002	Vol.29, No.2	pp.90-91
48	萩田(2002)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シリーズ2- 軟岩切土断面に発生した地すべり面のすべり面	萩田茂, 阿部真由	2002	Vol.29, No.2	pp.92
49	佐藤(2002)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シリーズ3- 新宮地区の山麓すべり面のすべり面	佐藤寿則, 合津隆志, 白石秀一	2002	Vol.29, No.3	pp.86-87
50	柴崎(2002)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シリーズ4- 新第三系泥岩層帯で発生した地すべり面のすべり面	柴崎達也, 香藤博, 山崎晋也, 豊川亮 也	2002	Vol.29, No.3	pp.88-89
51	藤(2002)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シリーズ5- 富山県砺波地区地すべり面のすべり面	細谷健介, 崎谷博之	2002	Vol.29, No.4	pp.46-47
52	山崎(2002)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シリーズ6- 層間性泥炭岩に形成されたすべり面	山崎孝成, 岩田清任, 酒藤亮	2002	Vol.29, No.4	pp.48-49
53	藤(2003)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シリーズ7- 富山県砺波地区地すべり面のすべり面	細谷健介, 那本敏, 藤巻和夫	2003	Vol.40, No.1	pp.96-97
54	針(2003)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シリーズ8- 秩父帯における地すべり面のすべり面	針谷敏之, 新屋清明, 小坂新太郎, 冨 木英人	2003	Vol.40, No.2	pp.57-59
55	須田(2003)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シリーズ9- 新第三系貫貫岩を基岩とする地すべり面のすべり面	須田大進, 高野邦夫, 高瀬 均	2003	Vol.40, No.3	pp.81-82
56	西山(2002)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シリーズ10- 佐賀県神埼すべり面のすべり面	西山昭一, 山田 清, 那本一一	2003	Vol.40, No.4	pp.90-91

表. 4 文献一覧 (4/14)

整理番号	著者(発行年)	文献名	文種名	文種名	著者	発行年	No.	頁
57	福本ほか(2003)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シラーズ-11- 寺窪川の風化黒色泥岩に形成したすべり面(新潟県上生すべりの例)	福本安正, 五十嵐裕介	2003	Vol.40, No.5	pp.97-99	
58	福本ほか(2004)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シラーズ-12- 風化黒色泥岩に形成したすべり面(新潟県東野名地すべりの例)	福本安正, 五十嵐裕介	2004	Vol.40, No.6	pp.69-71	
59	坂井ほか(2004)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シラーズ-13- 目で見るすべり面シラーズ-13-(切土斜面に現れたすべり面)	坂井裕介, 齋藤典明, 五十嵐裕介	2004	Vol.41, No.4	pp.83-84	
60	福本ほか(2004)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シラーズ-14- (真狩と雄成岩の互層に形成したすべり面(新潟県中津川すべりの例))	福本安正, 山村 茂, 五十嵐裕介, 白石秀一	2004	Vol.41, No.2	pp.114-115	
61	山科ほか(2004)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シラーズ-15- (火砕流堆積物で発生した鶴山山崩)	山科真一, 鈴木 五, 浅野志徳, 大野 壽史	2004	Vol.41, No.3	pp.101-102	
62	白石(2004)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シラーズ-16- (地すべり土壌末端部で観察されたすべり面(新潟県佐渡島における例))	白石秀一	2004	Vol.41, No.4	pp.112-113	
63	柴崎ほか(2005)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シラーズ-17- (シノガキ系奥羽群炭質頁岩に形成されたすべり面)	柴崎達也, 齋藤 博, 山岡信也, 水澤 岳弘	2005	Vol.41, No.5	pp.117-118	
64	西尾ほか(2005)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シラーズ-18- (長崎県成島地すべりすべり面(山口3JDK))	西尾克人, 須田大謙, 宮崎哲司, 幸崎 太志	2005	Vol.41, No.6	pp.99-100	
65	福本ほか(2005)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シラーズ-19- 新第三紀の風化花崗岩中に形成されたすべり面(新潟県八幡地すべりの例)	福本安正, 五十嵐裕介, 白石秀一, 宮下 茂	2005	Vol.42, No.1	pp.97-99	
66	山田ほか(2005)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シラーズ-20- (山形県の新第三系凝灰岩堆積物で発生した地すべり)	山田恵美, 鈴木 五, 福田睦寿, 石川 啓	2005	Vol.42, No.2	pp.87-88	
67	平元ほか(2005)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シラーズ-21- (北松型地すべりすべり面(平山連すべり))	平元万治, 西尾克人, 新見芳樹, 中尾 国博	2005	Vol.42, No.3	pp.70-71	
68	山田ほか(2005)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シラーズ-22- (平越地すべりにおける滑-2プロットのすべり面)	山田孝雄, 柴田富士夫, 森原 洋	2005	Vol.42, No.3	pp.72-73	
69	藤土ほか(2005)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シラーズ-23- (砂岩地すべり互層部で発生した新第三紀地すべりすべり面(鳥取県岩手寺谷))	藤 正一, 林 潤生	2005	Vol.42, No.4	pp.86-87	
70	大野ほか(2006)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シラーズ-24- (兵庫県川島地すべり発生した新第三紀地すべりすべり面)	大野幸雄, 藤乃孝之	2006	Vol.42, No.5	pp.70-71	
71	青木ほか(2006)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シラーズ-25- (愛媛県の御前崎緑色岩連帯で発生した地すべり)	青木徳高, 杉浦弘毅, 山田恵美, 村上 博光	2006	Vol.42, No.6	pp.67-68	
72	守屋(2006)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シラーズ-26- 福島県岩手地すべり地におけるすべり面(福島県岩手地すべりの例)	守屋伯雄	2006	Vol.43, No.1	pp.45-48	
73	大野ほか(2006)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シラーズ-27- (福井県各務原地すべりすべり面)	大野裕明, 八代進治, 青山藤和	2006	Vol.43, No.2	pp.57-59	
74	原田ほか(2006)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シラーズ-28- (松父部の粘板岩と凝灰岩のすべり面)	原田健雄, 浜口洋介, 竹原哲郎, 森本 剛三	2006	Vol.43, No.3	pp.52-54	
75	福本ほか(2006)	日本地すべり学会誌	目で見るすべり面シラーズ-29- (新潟第三紀の風化泥岩中に形成されたすべり面(新潟県戸野地すべりの例))	福本安正, 西田 隆, 五十嵐裕介	2006	Vol.43, No.4	pp.54-58	

表.5 文献一覧 (5/14)

整理番号	著者(発行年)	文献名	文献名	著者	発行年	No.	頁
76	石井ほか(2007)	日本地すべり学会誌	目で見えるすべり面シナリズ-30-(地すべりの野外観察地帯で観察されたすべり面)	石井祥雄, 藤澤和道, 柳本亮介, 小林三人	2007	Vol.43, No.5	pp.82-84
77	森原ほか(2007)	日本地すべり学会誌	目で見えるすべり面シナリズ-31-(福島県阿武隈山地の花田岩層分布域における地すべり面のすべり面)	森原 洋, 阿部真由, 鈴木 聡	2007	Vol.43, No.6	pp.72-73
78	藤井ほか(2007)	日本地すべり学会誌	目で見えるすべり面シナリズ-32-(内河原地区すべり面のすべり面)	藤井直也, 青うま之, 内藤林忠, 鎌谷一彦	2007	Vol.44, No.1	pp.65-66
79	橋本ほか(2007)	日本地すべり学会誌	目で見えるすべり面シナリズ-33-(新潟県小川町の四日町地すべり面)	橋本純, 柴崎清忠, 藤田和典, 庄司勝政	2007	Vol.44, No.2	pp.53-54
80	橋本ほか(2007)	日本地すべり学会誌	目で見えるすべり面シナリズ-34-(新潟県三浦町地すべり面の末部で確認されたすべり面)	橋本純, 田田恵美, 大西克明, 酒田清光	2007	Vol.44, No.3	pp.53-54
81	山野井(2007)	日本地すべり学会誌	目で見えるすべり面シナリズ-35-(新潟県小川町の四日町地すべり面)	山野井 徹	2007	Vol.44, No.4	pp.61-62
82	鈴木ほか(2008)	日本地すべり学会誌	目で見えるすべり面シナリズ-36-(古第三紀礫内層泥岩のすべり面(北海道夕張市))	鈴木俊司, 木崎健治, 高橋秀彰・山田結城	2008	Vol.44, No.5	pp.50-52
83	鈴木ほか(2008)	日本地すべり学会誌	新田工法を用いた地すべり面におけるコアサンプリング技術の向上	鈴木幸彦, 森田基治, 船山大助	2008	Vol.45, No.5	pp.40-44
84	小野ほか(2008)	日本地すべり学会誌	西南日本外帯の地すべりにおけるコア診断事例とコア診断のポイント	小野征一, 穴野一人, 田中真昌, 吉峰慎一	2008	Vol.45, No.4	pp.45-52
85	森原ほか(2008)	日本地すべり学会誌	新潟三浦硬質泥岩地すべり面のボーリングコアおよび顕微鏡観察による移動地帯の破砕に関する考察	森原洋, 阿部真由, 船山大助	2008	Vol.45, No.4	pp.53-60
86	磯野ほか(2008)	日本地すべり学会誌	コアの色形・鉱物・化学的特徴を利用した地すべり調査	磯野陽子, 木村博行, 片生春太, 玉井克明, 森井俊典	2008	Vol.45, No.5	pp.61-67
87	鈴木・森田(2001)	第10回日本地すべり学会研究発表会講演集	顕微鏡による高品質サンプリング技術	鈴木幸彦, 森田基治	2001		pp.327-330
88	宮原ほか(2003)	日本地すべり学会誌	国府実証の三邊川, 調子峠及び秋交書に産する粘土鉱物について-著者: 宮原正明, 地下ゆみ, 宇野洋平, 北川隆司, 水澤亮一, 倉田部龍一-	宮原正明, 地下ゆみ, 宇野洋平, 北川隆司, 水澤亮一, 倉田部龍一	2003	Vol.42, No.3	pp.53-60
89	川村ほか(2003)	日本地すべり学会誌	すべり面路上の帯磁率異方性土微細組織	川村喜一郎, 大久木直夫, 北原哲郎	2003	Vol.40, No.6	pp.43-46
90	藤井・豊(2003)	日本地すべり学会誌	別当谷側壁で知られる白山基之駒谷地すべり面の内部構造	藤井幸雄, 豊伸三郎	2003	Vol.40, No.4	pp.53-57
91	英野ほか(2004)	日本地すべり学会誌	白山における巨大基之駒谷地すべり面の運動様式及びその影響要因	英野直志, 松本雅典, 庄寛武	2004	Vol.41, No.1	pp.57-64
92	村上・水谷(2006)	日本地すべり学会誌	地すべり面のクリュー特性に及ぼす地質性状の影響	村上幸尚, 水谷真基	2006	Vol.46, No.1	pp.1-8
93	酒原(1997)	地質ニュース	X線CT装置を用いた地質試料の非破壊観察と測定(1)-X線CT装置の原理・概要と断面観察-	酒原 祥	1997	No.516	pp.50-61
94	山崎ほか(2009)	日本地球惑星科学連合 2009 年大会 予備集	非連続性断層の構造と蛇行組成 - その構造性断層との相違-	山崎新太郎, 千本良智弘	2009		

表 6 文献一覧 (6/14)

整理番号	著者(発行年)	文献名	文献名	著者	発行年	No.	頁
95	櫻野正夫(2002)	地質学雑誌	マイクロブローカスX線CT装置を用いた準積物・岩石の内部構造の非破壊観察	櫻野正夫, 横山正, 高橋学, 中嶋悟, 日本直彦, 林為人	2002	Vol.100, No.5	pp.606-609
96	中野正夫(2000)	地質学雑誌	X線CTによる岩石内部構造の観察・解析法	中野正夫, 中島晋人, 中村光一, 池田進	2000	Vol.100, No.5	pp.363-378
97	氏家正夫(2002)	月刊 地球	X線CT装置を用いた微小変形構造とプレート境界帯における高解像度物性解析	氏家正夫, 中野司	2002	Vol.24, No.3	pp.208-212
98	櫻野正夫(2002)	月刊 地球	X線CT装置による断層帯中の流体移動の可視化	櫻野正夫, 高橋学	2002	Vol.24, No.3	pp.213-218
99	福岡正夫(2006)	応用地質学会 研究発表講演論文集	中越地震で発生したすべり面ならぬランドライクとすべり面の疑状質砂岩	福岡秀輝, 齋藤晋富, 4坂英輝	2006		pp.9-10
100	柴崎正夫(2007)	応用地質学会 研究発表講演論文集	陥没片岩地すべりにおける砂粒子形状に着目したすべり面判定手法	柴崎達也, 青木徳高, 橋本英樹, 横山 修	2007		pp.167-168
101	藤弓(2007)	地すべり技術	すべり面の実地把握と調査結果の安定解析・設計への適用(その3)	藤弓孝之	2007	Vol.33, No.3	pp.12-21
102	田中元(2006)	応用地質	成層状砂地すべりの特徴 — “緩傾斜質層”とすべり面の形成・発達との関係—	田中元, 山田琢哉, 鈴木茂之	2006	Vol.37, No.5	pp.259-268
103	藤弓(2006)	地すべり技術	すべり面の実地把握と調査結果の安定解析・設計への適用(その1)	藤弓孝之	2006	Vol.33, No.1	pp.21-33
104	矢部(2006)	地質	流力性を有する断層帯断層における「弱い断層」と「強固なすべり面」に関する考察	矢部康男	2006	No.58, No.4	pp.407-409
105	田宮浩樹(2005)	応用地質学会 研究発表講演論文集	右第三紀泥岩層中のすべり面の散乱構造	田宮浩樹, 鈴木俊司, 本崎健治	2005		pp.9-12
106	吉村(2005)	物理探査学会 学術講演会論文集	断層面(断層・地すべり面)にみられる滑り率異方性と摩擦強度異常	吉村辰郎	2005	Vol.112	pp.260-263
107	大八本(1974)	防災科学技術総合研究報告	繁尾岳地すべりにおけるすべり面自治の粘土鉱物	大八本規夫	1974	Vol.32	pp.61-85
108	伊藤正夫(2004)	応用地質学会 研究発表講演論文集	岩地すべりへの潜在すべり面とすべり面強度の推定	伊藤哲徳, 酒井剛	2004		pp.205-206
109	橋本(2004)	日本地質学会学術大会講演 要旨	地震で生じたすべり面とその上位に発達する小断層群 — 2003年7月26日宮城県北郡地蔵町断層域にて —	橋本 修一	2004	Vol.111	pp.107
110	梅崎正夫(2003)	土木学会論文集	断層帯圧増加過程におけるすべり面粘土の組織・せん断特性と斜面安定	梅崎健夫, 鈴木清之, 山本哲朗	2003	No.756	pp.39-50
111	水口正夫(2003)	土と基礎	pH, EBおよびよによるすべり面の推定	水口公徳, 久田節雄一, 横山公忠	2003	Vol.51, No.11	pp.32-34
112	川村(2003)	深田地質研究年報	地すべりに伴う粘土質土質材料の膨張特性と断層組織 — 神戸県群の西畑・菅間北地区の例 —	川村 修一郎	2003	No.4	pp.69-75
113	高田正夫(2002)	応用地質学会 研究発表講演論文集	断層帯風化土帯すべりにおけるすべり面判定手法の確立	高田正治, 水村隆行, 櫻野正夫, 岩本 理恵	2002		pp.141-144

表.7 文献一覧 (7/14)

整理番号	著者(発行年)	文献名	文献名	著者	発行年	No.	頁
114	山村ほか(2002)	日本地質学会術大会講演要旨	すべり面粘土から見た大規模地すべり～東之助各地すべりの例～	山村喜一郎, 大八木規夫, 北原哲朗	2002	Vol.109	pp.288
115	村上ほか(2001)	花月地質	岡山県の三重起層に発達する野田地すべり地すべり面の起源について	井上基, 山田琢哉, 田中元, 北川隆司	2001	Vol.42, No.2	pp.88-100
116	内田ほか(2000)	日本地質学会術大会講演要旨	長野県菅谷地すべりの集水井で確認されたすべり面	内田克, 田辺智司, 西沢良史	2000	Vol.107	pp.332
117	吉岡ほか(1997)	全流通「技術」フォーラム1999(松山)	西万十帯岩盤地すべりのすべり面粘土の研究	吉岡正治, 藤村志	1997		pp.61-62
118	宮保ほか(2000)	土と基礎	移動性の大規模泥岩地すべりに関するすべり面の強度 - 神越, 神岡地すべりを事例として -	宮保謙一, 中村真也, 岡並明	2000	Vol.48, No.8	pp.9-12
119	山本ほか(2000)	土と基礎	すべり面上の充てん質黒色薄層土に起因した斜面崩壊	山本哲朗, 鈴木謙之, 福岡正人, 宮内俊彦, 岡林茂生, 瀬原洋一	2000	Vol.48, No.7	pp.24-27
120	菊山ほか(1998)	土木技術資料	ポーリングコアの色・含水比の定量的測定による地すべり面判定の試み	菊山啓吾, 吉田克美, 村原幸希, 藤本亮介	1998	Vol.40, No.9	pp.62-67
121	吉松・増田(1993)	ダム技術	地すべり地におけるすべり面の判定	吉松弘行, 増田大助	1993	No.81	pp.23-32
122	前田(1988)	地すべり学会誌	北嶺産生田原地すべり地の崩壊土とすべり面粘土	前田寛之	1988	Vol.25, No.1	pp.13-20
123	玉田(1985)	地すべり学会誌	地すべり面の種類と力学的性質との関係	玉田文彦	1985	Vol.22, No.2	pp.14-21
124	江川(1984)	地すべり学会誌	地すべりに関するすべり面の起源	江川良武	1984	Vol.21, No.2	pp.3-10
125	中村ほか(1969)	地すべり学会誌	地中歪計による地すべりすべり面判定の一考察	中村謙之, 近藤政司, 白石一夫	1969	Vol.6, No.1	pp.1-9
126	大和(1960)	地質ニュース	地すべり面	大和栄次郎	1960	No.66	
127	小田(1960)	地球科学 特集地すべり	地すべりの現象をめぐる若干の問題	小田博	1960	No.47	pp.2-3
128	谷口(1960)	地球科学 特集地すべり	建設者における地すべり対策	谷口敏雄	1960	No.47	pp.4-11
129	谷口(1960)	地球科学 特集地すべり	日本における地すべりの2, 3の問題 -とくに地質と土地利用の問題を中心として-	農地地すべり調査グループ	1960	No.47	pp.12-24
130	山口(1960)	地球科学 特集地すべり	林野庁の地すべり対策事業	山口哲介	1960	No.47	pp.25-28
131	安藤ほか(1960)	地球科学 特集地すべり	本邦の風原地すべりについて	安藤武, 大和栄次郎, 中村久由	1960	No.47	pp.29-34
132	山田(1960)	地球科学 特集地すべり	国鉄沿線の地すべりとその対策	山田剛二	1960	No.47	pp.35-37

表.8 文献一覧 (8/14)

題号	著者(発行年)	文献名	文獻名	文獻名	著者	発行年	No.	頁
133	高野(1960)	地球科学 特集地すべり	地球科学 特集地すべり	地すべり調査の今後の問題	高野秀夫	1960	No.47	pp.38-40
134	静内高等学校自然科学部(1960)	地球科学 特集地すべり	地球科学 特集地すべり	北海道日高国静内町1955年水害調査	静内高等学校自然科学部	1960	No.47	pp.41-50
135	黒田(2002)	深田研ライブフォー	深田研ライブフォー	地すべりのための地質区分	黒田和男	2002	No.34	pp.1-57
136	山崎ほか(2010)	第19回日本地すべり学会研究発表会講演集	第19回日本地すべり学会研究発表会講演集	震旦片岩地すべりにおける崩落的すべりの輪郭形成メカニズム	山崎新太郎, 千木真博弘	2010		pp.13-14
137	船坂(2010)	第5回土壌災害に関するシンポジウム論文集	第5回土壌災害に関するシンポジウム論文集	地すべりの地質学的認定-四方十帯の地すべりを例として-	船坂安彦	2010		
138	山崎(2000)	教育大学	教育大学	円筒型地すべりにおけるせん断面の構造と土質特性に関する研究	山崎孝成	2000	9月	
139	浜崎ほか(1992)	第21回日本地すべり学会研究発表会講演集	第21回日本地すべり学会研究発表会講演集	円筒型地すべりによるすべり面の判定の試み	浜崎晃, 子川桂二	1992		pp.183-186
140	浜崎ほか(1993)	第22回日本地すべり学会研究発表会講演集	第22回日本地すべり学会研究発表会講演集	円筒型地すべりによるすべり面の判定の試み(その2)	浜崎晃, 子川桂二	1993		pp.287-290
141	高谷(1992)	第23回日本地すべり学会研究発表会講演集	第23回日本地すべり学会研究発表会講演集	地すべり地における土地利用・粘土質・粘土すべり地帯の帯状-四角の三波田帯とみどり帯について	高谷桂二	1992		pp.15-16
142	浜崎(1995)	第24回日本地すべり学会研究発表会講演集	第24回日本地すべり学会研究発表会講演集	すべり面の判定におけるpH測定の有効性	浜崎晃	1995		pp.211-214
143	佐藤ほか(1993)	第25回日本地すべり学会研究発表会講演集	第25回日本地すべり学会研究発表会講演集	フアンズ理論を用いたポリアリザンダマでのすべり面の判定に関する予察的試み-吾妻三郎の埋積岩中の地すべりの本質について-	佐藤謙一郎, 吉松弘行	1993		pp.119-122
144	大河原ほか(1993)	第23回日本地すべり学会研究発表会講演集	第23回日本地すべり学会研究発表会講演集	すべり面上の化学的特性-明倉呂地すべり地帯を例として-	大河原正文, 多田元彦, 米田哲朗	1993		pp.333-336
145	山崎ほか(1996)	第23回日本地すべり学会研究発表会講演集	第23回日本地すべり学会研究発表会講演集	変成岩分布地帯の地すべり粘土の構造と粒度特性	山崎孝成, 濱乃孝之, 藤崎利夫	1996		pp.129-132
146	納谷ほか(1997)	第26回日本地すべり学会研究発表会講演集	第26回日本地すべり学会研究発表会講演集	岡山法面にて観察された地すべり断面	納谷宏, 三浦英	1997		pp.105-108
147	武田ほか(1997)	第26回日本地すべり学会研究発表会講演集	第26回日本地すべり学会研究発表会講演集	御宿新緑色岩の風化粘性土の強度に与える含有鉱物の影響	武田学, 横田公忠, 美田部龍一, 八木朋男, 夕郎恒文	1997		pp.257-258
148	萩田ほか(1997)	第26回日本地すべり学会研究発表会講演集	第26回日本地すべり学会研究発表会講演集	東北地方・クワンタンア地域におけるすべり面粘土の鉱物特性	萩田茂, 阿部真郎, 盛合雄夫	1997		pp.259-262
149	田正ほか(1997)	第26回日本地すべり学会研究発表会講演集	第26回日本地すべり学会研究発表会講演集	地すべり地の地表変形と内部構造の観察例	田正洋, 道藤祐司	1997		pp.301-302
150	中山ほか(1998)	第27回日本地すべり学会研究発表会講演集	第27回日本地すべり学会研究発表会講演集	ハイグランド型単孔多孔式地下水位観測システム	中山昌男, 水谷博, 上井富雄, 藤崎隆彦	1998		pp.273-276
151	高村ほか(1999)	第28回日本地すべり学会研究発表会講演集	第28回日本地すべり学会研究発表会講演集	地すべり地における孔内水位について	高村昭美, 小原忠久, 森村慎司	1999		pp.75-78

表.9 文献一覧 (9/14)

題号	著者(発行年)	文献名	文種名	著者	発行年	No.	頁
152	矢田部龍二(1999)	第38回日本地下水学会研究発表会講演集	地上建築物からみた地すべり特性上の強度特性	矢田部龍二, 八木匠男, 横田公忠, 本村ハヤシタツ	1999		pp.137-138
153	柳原浩二(1999)	第38回日本地下水学会研究発表会講演集	溶存酸素を用いた地下水流速	柳原幸希, 網本亮介, 吉田克美	1999		pp.231-234
154	中山健二(1999)	第38回日本地下水学会研究発表会講演集	ハイブリッド型単孔多段式地下水観測システム	中山自男, 水谷博	1999		pp.239-240
155	柳原浩二(1999)	第38回日本地下水学会研究発表会講演集	地すべりに作用する地下水水位測定の一例	山本義男, 植松聡	1999		pp.481-484
156	村上三郎(1999)	第38回日本地下水学会研究発表会講演集	上の透水係数と土部質の関係	村上三郎, 松浦純生, 真野志雄, 岡本隆	1999		pp.497-498
157	井上誠(2000)	第39回日本地下水学会研究発表会講演集	秋田県八幡平地区津田地区地すべりと粘土鉱物	井上誠, 渡辺晃二, 山崎孝成, 小瀬喜幸	2000		pp.55-58
158	吉田克美(2000)	第39回日本地下水学会研究発表会講演集	JIS工法による高品質サンプリング技術-緩速地すべりでの実案例-	吉田克美, 中村浩之, 奥城和夫	2000		pp.139-142
159	中村貞也(2000)	第39回日本地下水学会研究発表会講演集	地すべり上の回復強度と鉱物組成との関係	中村貞也, 宣魚清一, 江頭和彦	2000		pp.273-276
160	北川健三(2000)	第39回日本地下水学会研究発表会講演集	神戸層群中のスメクタイトの鉱物学的キャラクターゼーション	北川健三, 地下まゆみ, 秋山一樹, 上村晋	2000		pp.383-386
161	竹内(2000)	第39回日本地下水学会研究発表会講演集	地下水観測用試験孔の仕上げを検討する目的と意義-特に孔内洗浄の仕方による地下水流動状態の変化について-	竹内魚雄	2000		pp.443-446
162	伊藤健三(2000)	第39回日本地下水学会研究発表会講演集	地下水観測孔仕上げの進いによる水位変動と工事効果の確認	伊藤健三, 大高健吾, 渡辺英樹, 佐藤春樹	2000		pp.447-450
163	山西正則(2000)	第39回日本地下水学会研究発表会講演集	孔内洗浄手法とその効果確認について	山西正則, 河西晃, 池見 毅, 小沢孝司, 竹内魚雄	2000		pp.451-454
164	川藤洋之(2000)	第39回日本地下水学会研究発表会講演集	孔内洗浄に伴う地下水流動層の変化について-大阪府を対象とした地下水観測孔-	川藤洋之, 中山健二, 竹内魚雄	2000		pp.455-458
165	藤谷久(2000)	第39回日本地下水学会研究発表会講演集	地下水調査用ボーリング孔の仕上げに関する問題点-神戸層群地すべり地における多量温度検層結果を利用した例-	藤谷久, 竹内魚雄	2000		pp.459-462
166	山田晃(2000)	第39回日本地下水学会研究発表会講演集	孔内洗浄が地下水流動層に与える影響について-岩積土地すべりの例-	山田晃, 竹内魚雄, 川藤純男	2000		pp.463-466
167	止本(2000)	第39回日本地下水学会研究発表会講演集	砂礫層における地下水観測孔の洗浄時間とその効果の変遷について	止本朝彦, 竹内魚雄	2000		pp.467-470
168	龍木敏夫(2000)	第39回日本地下水学会研究発表会講演集	関東平島の地すべり地における地下水観測孔の洗浄による地下水流動層検出への影響について	龍木敏夫, 松田克志	2000		pp.471-474
169	安田健三(2000)	第39回日本地下水学会研究発表会講演集	地下水流動層を確実に検出する為の孔内洗浄方法の検討(北海道の事例)	安田区, 竹内魚雄, 藤谷聖子	2000		pp.475-478
170	高田健三(2000)	第39回日本地下水学会研究発表会講演集	地すべりの年代測定	高田健三, 柳原浩二, 柳田誠	2000		pp.599-602



表. 10 文献一覧 (10/14)

題号	著者(発行年)	文献名	文脈名	著者	発行年	No.	頁
171	田村ほか(2000)	第39回日本地質学会研究発表会議集	地すべり地形の発達過程を考慮した調査結果の解釈	田村隆雄, 丸山文二, 船越昌雄	2000		pp.607-610
172	藤原ほか(2001)	第40回日本地質学会研究発表会議集	紀伊半島, 三稜川結晶片岩分布域に認められる地すべりについて	藤原一将, 守備治博, 和田昌泰	2001		pp. 13-16
173	佐藤ほか(2001)	第40回日本地質学会研究発表会議集	紀伊半島, 御高峠緑色岩帯分布域に発生した地すべりについて	佐藤寛和, 守備治博, 奥田富夫	2001		pp. 17-20
174	藤原ほか(2001)	第40回日本地質学会研究発表会議集	三稜川変成岩地帯地すべり粘土の強度特性と含有鉱物の関係	藤原孝之, 田田恵美, 山崎孝成	2001		pp.117-120
175	高谷ほか(2001)	第40回日本地質学会研究発表会議集	宮崎市青島の凝灰岩砂岩層の粒度分布と粘土鉱物	高谷精二, 澤山直樹	2001		pp.135-138
176	矢田原ほか(2001)	第40回日本地質学会研究発表会議集	地層の起こす粘性土の強度と含有鉱物	矢田原龍一, 横田公忠, 台本尊之, 藤原潤	2001		pp.150-160
177	川藤ほか(2001)	第40回日本地質学会研究発表会議集	孔内傾斜計を利用した地下水流動層抽出の可能性	川藤洋之, 竹内直雄, 山中清正	2001		pp.295-298
178	山田ほか(2001)	第40回日本地質学会研究発表会議集	孔内仕上げの相関による地下水流動層抽出の検討	山田晃, 竹内直雄, 西木一夫, 佐々木博司	2001		pp.299-302
179	渡辺ほか(2001)	第40回日本地質学会研究発表会議集	ケーシング部人跡における地下水流動層抽出の試み	渡辺知恵子, 竹内直雄, 山田晃	2001		pp.303-306
180	藤原ほか(2001)	第40回日本地質学会研究発表会議集	第三紀地帯すべり面の地球科学的特徴-鉄イオンとすべり面の酸化・還元環境-	高尾章, 藤原龍一	2001		pp.573-576
181	阪口ほか(2001)	第40回日本地質学会研究発表会議集	純粋地帯すべり面の地帯科学的特徴とその形成過程	阪口和之, 渡井長男	2001		pp.581-582
182	宇野ほか(2002)	第41回日本地質学会研究発表会議集	西の谷地すべりにおける粘土鉱物としすべりの関係	宇野洋平, 宮原正明, 北川隆司, 矢田原龍一, 横田公忠	2002		pp.1-4
183	宮原ほか(2002)	第41回日本地質学会研究発表会議集	中央構造線沿いの深貫帯における地すべり発生要因-深貫帯に生成する粘土鉱物からのアプローチ-	宮原正明, 北川隆司, 矢田原龍一, 横田公忠	2002		pp.5-8
184	高谷(2003)	第41回日本地質学会研究発表会議集	日南市山之内地すべりの粘土鉱物について	高谷精二	2002		pp.9-10
185	小川ほか(2002)	第41回日本地質学会研究発表会議集	結晶片岩帯におけるすべり面の相対と地帯学的特徴	小川洋, 原龍一	2002		pp. 11-12
186	水口ほか(2002)	第41回日本地質学会研究発表会議集	地すべりへの地帯学的認識とすべり面の形成	水口公忠, 矢田原龍一	2002		pp. 13-16
187	矢田原ほか(2002)	第41回日本地質学会研究発表会議集	地すべり粘性土のせん断抵抗角と構成元素の関係	矢田原龍一, 横田公忠, 水口公忠, 神野淳, 朝野宏治	2002		pp. 17-18
188	川村ほか(2002)	第41回日本地質学会研究発表会議集	すべり面粘土の帯電率方位性と微細組織-右田県白田山麓の表-動土すべりの例-	川村一将, 大久本剛夫, 北原智郎	2002		pp. 19-22
189	梅崎ほか(2002)	第41回日本地質学会研究発表会議集	間隙水圧の増加に伴う地すべりすべり面の安定性評価	梅崎達夫, 鈴木源之, 山本智博	2002		pp. 23-26

表.11 文献一覧 (11/14)

題号	著者(発行年)	文献名	文献名	文獻名	著者	発行年	No.	頁
190	大塚ほか	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	繰り返し載荷による粘性土の状態変化と間隙水圧変動試験	大塚浩	2002		pp.27-28
191	大河原ほか(2002)	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	粘土の炭留炭化現象に関する界面化学的作用	大河原正文, 三田雅利之	2002		pp.29-30
192	比嘉優(2002)	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	沖縄・西原の長岩地すべりに対する土質・地質学的な地盤特性	比嘉優, 宮保清一, 中村賢也, 吉沢美三	2002		pp.31-34
193	野田ほか(2002)	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	すべり部の炭化現象と地すべりの発生過程との関係	野田幸, 藤田東	2002		pp.139-142
194	藤井ほか(2002)	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	北七郎玄武岩地域にて発生した地すべりの特徴	藤井純喜, 藤島雅二, 竹原行樹, 森田聡	2002		pp.321-322
195	野尾ほか(2002)	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	X線CTスキャナを利用した土質試験	野尾正一, 中村浩之, 白木克典, アキレンジャー・カール・カール	2002		pp.401-404
196	前田ほか(2002)	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	北海道七ヶ岡谷地すべりおよび宮崎一谷谷地すべり地すべり面粘土	前田真之, 日浦啓介, 納谷宏, 長谷部賢直	2002		pp.405-406
197	前田ほか(2002)	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	高知県谷の内地すべりすべりすべり面粘土	前田真之, 日浦啓介, 吉村典宏, 木村賢直	2002		pp.409-412
198	村尾ほか(2003)	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	リングせん断試験を用いた地すべり面の強度定数決定のための基礎的検討(その2)	村尾英彦, 湯谷達也, 前原祐志, 阿香正志, 飯田肇, 酒井英男	2003		pp.83-86
199	矢田部ほか(2003)	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	炭成帯における地すべり粘土の含有率と地すべり面特性	矢田部雅一, 北川隆司, 横田公志	2003		pp.87-88
200	高瀬ほか(2003)	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	高田炭成帯分地帯域におけるすべり面の性状と地物の特徴	高瀬康生, 丸井弘, 新屋信明	2003		pp.91-92
201	丸山ほか(2003)	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	瓦葺屋根における地すべり地帯の風化に関する検討	丸山清輝, 武上俊也	2003		pp.95-96
202	菊田ほか(2003)	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	谷地地すべりすべりすべり面観察結果	菊田正, 菊田大樹, 阿部真由, 米田晋朗, 佐藤雄彦	2003		pp.113-116
203	松ヶ谷(2003)	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	「地すべり」の学術的定義	松ヶ谷 二	2003		pp.143-144
204	末暮(2003)	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	地すべり発生時の地下水の観測事例	末暮	2003		pp.403-406
205	松浦ほか(2003)	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	炭層地すべり帯における間隙水圧と移動量の観測	松浦純生, 浅野志樹, 岡本隆, 松山康治	2003		pp.407-408
206	橋本ほか(2003)	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	物理試験・気体ポリンダ・すべりせん断試験によるすべり面評価手法	橋本純, 柴崎達也, 山崎孝成, 橋本英樹, 宮本真二	2003		pp.431-434
207	北村ほか(2003)	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	炭成帯地すべりにおけるコアを用いたすべり面測定方法	北村祥夫, 高田信明, 岩崎徳之, 加藤孝之	2003		pp.435-438
208	高谷(2003)	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	第1回日本地すべり学会研究発表会講演集	宮崎層群において風化生成する粘土鉱物	高谷雅二	2003		pp.451-454

表 12 文献一覧 (12/14)

整理番号	著者(発行年)	文献名	文種名	要旨	著者	発行年	No.	頁
209	菅原ほか(2003)	第43回日本地質学会研究発表会講演集	地すべりのメカニズムと断層帯に及ぼす地質構造の影響	菅原清一, 中村真也, 佐々木謙三	2003		pp.459-462	
210	千葉ほか(2003)	第42回日本地質学会研究発表会講演集	地すべりの活動を記録する顕微鏡的(その1)-古期地すべりによる引張亀裂の展開-	千葉昭行, 本田康夫, 平田晴昭	2003		pp.515-518	
211	瀧田ほか(2004)	第45回日本地質学会研究発表会講演集	四国秋又帯大規模地すべりにおける地質学的・化学的特徴	瀧田陽子, 磯野陽子, 本村隆行, 橋本忠志	2004		pp.45-48	
212	田近ほか(2004)	第45回日本地質学会研究発表会講演集	2001年国道353号北見市北陽岩層地質構造	田近淳, 伊藤陽司	2004		pp.49-52	
213	高谷(2004)	第43回日本地質学会研究発表会講演集	三級川帯とみかぶ帯地すべりにおける含有粘土鉱物の特徴	高谷裕二	2004		pp.129-130	
214	北川ほか(2004)	第43回日本地質学会研究発表会講演集	神戸層群凝灰岩の粘土鉱物の地質学的特徴	北川隆司, 植下まゆみ, 島根建志, 森上幸治	2004		pp.307-310	
215	丸山ほか(2004)	第43回日本地質学会研究発表会講演集	泥岩地帯における地すべりの土質の風化に関する検討II	丸山清輝, 武士俊雄	2004		pp.337-340	
216	小島ほか(2004)	第43回日本地質学会研究発表会講演集	凝灰岩地すべりのすべり面及びすべり面直下の残留土の強度特性	小島健, 中谷紀之, 山崎孝成, 新見芳則	2004		pp.507-510	
217	丸山ほか(2005)	第44回日本地質学会研究発表会講演集	泥岩地帯における地すべりの土質の風化に関する検討III	丸山清輝, 池田正明	2005		pp.83-86	
218	丹生野ほか(2005)	第44回日本地質学会研究発表会講演集	四国御前崎帯, 田舎地すべりの地質学的特徴	丹生野太, 玉井宏明, 高井俊典, 本村隆行, 磯野陽子, 三國久典	2005		pp.89-92	
219	丹生野ほか(2005)	第44回日本地質学会研究発表会講演集	四国御前崎帯, 田舎地すべりのメカニズム/面評価	丹生野太, 玉井宏明, 高井俊典, 本村隆行, 池丸孝明	2005		pp.93-96	
220	平元ほか(2005)	第44回日本地質学会研究発表会講演集	北松原地すべり発生機構の推定-有機物の影響を受けた凝灰岩の地質学的特徴-	平元万晶, 安崎達也	2005		pp.101-104	
221	高橋ほか(2005)	第44回日本地質学会研究発表会講演集	コア掘削玉におけるすべり面構造の詳細-古第三紀泥岩地すべり帯でのすべり面-	高橋秀明, 本崎健治, 鈴木敏司	2005		pp.189-192	
222	吉村(2005)	第44回日本地質学会研究発表会講演集	断層での割性を利用したすべり面検出	吉村達朗	2005		pp.319-322	
223	熊手ほか(2005)	第44回日本地質学会研究発表会講演集	ポーションングコアからすべり面を検出する方法	熊手孝之, 平元万晶	2005		pp.323-326	
224	中川ほか(2005)	第44回日本地質学会研究発表会講演集	第三紀権精岩凝灰岩の影響特性と強度低下に関する研究	中川歩, 道徳司	2005		pp.327-330	
225	高橋ほか(2005)	第44回日本地質学会研究発表会講演集	泥岩および凝灰岩地すべりのせん断強度とすべり面直上の特徴	高橋秀彰, 本崎健治, 三田地利之	2005		pp.47-50	
226	石黒ほか(2005)	第44回日本地質学会研究発表会講演集	山陰西部の片岩地すべりの地質学・化学的特徴と風化	石黒清彦, 瀧田陽子, 磯野陽子	2005		pp.99-102	
227	古木ほか(2005)	第44回日本地質学会研究発表会講演集	大規模地すべりのすべり面の構造と形成過程の一例	古木安和, 千木良義弘	2005		pp.69-72	

表. 13 文献一覧 (13/14)

題号	著者(発行年)	文献名	文献名	著者	発行年	No.	頁
228	中川 幸之(2005)	第44回日本地質学会研究発表会講演集	ボーリングコアからナトリウムを抽出する方法	中川幸之, 平松芳品	2005		pp.323-326
229	中川 幸之(2005)	第44回日本地質学会研究発表会講演集	第三紀黒川群泥岩の膨潤特性と強度低下に関する研究	中川幸之, 蓮藤司	2005		pp.327-330
230	高橋 正和(2006)	第45回日本地質学会研究発表会講演集	泥岩および凝灰岩地層へのせん断強度と土への圧入時の特性	高橋正和, 木崎健治, 三田健伸之	2006		pp.47-50
231	石原 正和(2006)	第45回日本地質学会研究発表会講演集	山陰西部の片岩地層への気物-化学的劣化と風化	石原正和, 藤岡陽子, 藤野陽子	2006		pp.96-102
232	柴崎 正和(2006)	第45回日本地質学会研究発表会講演集	地層への粘土の再結晶状態における粘土層間-地温変化が土へのせん断強度に与える影響を及ぼす可能性について	柴崎正和, 山田恵美, 山崎孝成	2006		pp.221-224
233	藤原 正和(2006)	第45回日本地質学会研究発表会講演集	地層への地層下水の地球化学的アプローチ	藤原正和, 佐藤潤治, 若谷元	2006		pp.229-232
234	村田 正和(2006)	第45回日本地質学会研究発表会講演集	第三紀泥岩の化学的風化作用と地下水の水質形成機構	村田正和, 渡部武喜	2006		pp.233-234
235	前田 (2006)	第45回日本地質学会研究発表会講演集	沼生試験に基づく堆積物の酸化プロセス-新田川由生沼地層および川地層への適用の例	前田 憲之	2006		pp.235-238
236	夕部 正和(2006)	第45回日本地質学会研究発表会講演集	御前川地層への地下水と粘土層間の生成	夕部 雅夫, 矢田部 龍一	2006		pp.239-242
237	山下 正和(2006)	第45回日本地質学会研究発表会講演集	黄土高原地層への土の膨潤特性とせん断強度特性	山下 友美, 宣原清一, 中村 真也	2006		pp.257-258
238	太田 正和(2006)	第45回日本地質学会研究発表会講演集	地層への凍結における凍結解凍効果検証	太田 英洋, 奥野 健二, 柏藤 誠治	2006		pp.285-288
239	丸山 正和(2006)	第45回日本地質学会研究発表会講演集	泥岩地層における地層への土壌の風化に関する検討IV	丸山 精輝, 花岡 正明	2006		pp.351-354
240	吉本 正和(2007)	第46回日本地質学会研究発表会講演集	大規模地層への土壌の風化と形成過程の一例	吉本 正和, 千木 良博弘	2007		pp.69-72
241	藤野 正和(2007)	第46回日本地質学会研究発表会講演集	岩石の膨潤-化学的劣化を用いた地層への調査事例	藤野 陽子, 木村 隆行, 高田 正治, 藤 治郎	2007		pp.97-100
242	佐原 正和(2007)	第46回日本地質学会研究発表会講演集	不飽和砂質土のせん断特性に開閉比が与える影響について	細野 克夫, 酒井 武樹, 田村 圭司, 内田 太郎	2007		pp.105-108
243	山崎 正和(2007)	第46回日本地質学会研究発表会講演集	気象ボーリングコアと、そのX線CT解析で明らかになった、土質劣化の内部構造	山崎 新太郎, 千木 良博弘	2007		pp.131-134
244	高橋 正和(2007)	第46回日本地質学会研究発表会講演集	東北地方の大規模地層への地層へのボーリング掘削と観測手法	高橋 明久, 伊藤 和志	2007		pp.195-198
245	三池 正和(2007)	第46回日本地質学会研究発表会講演集	高品質ボーリングコアを用いた地層への土壌のコア固定基準案	三池 力, 黒澤 龍一, 吉本 正和	2007		pp.199-202
246	柏木 正和(2008)	第47回日本地質学会研究発表会講演集	伊勢川の片岩中に発達するナンテクトニク構造	柏木 健司, 柳山 成治, 山本 太郎	2008		pp.91-92

表 14 文献一覧 (14/14)

題号	著者(発行年)	文献名	文脈	著者	発行年	No.	頁
247	菅原ほか(2008)	第41回日本地すべり学会研究発表会講演集	すべり面に泥岩を持つ地すべりにおける残留強度およびせん断ゾーン境界の土粒子軌道に与える速度効果	菅原龍太, 福岡浩, 玉功輝, 永峯章	2008		pp.199-202
248	加藤ほか(2008)	第41回日本地すべり学会研究発表会講演集	北部九州三郡変成岩地帯での地すべり変形構造の一例	加藤靖郎, 直木啓祐, 青藤康治	2008		pp.127-130
249	阿部ほか(2008)	第41回日本地すべり学会研究発表会講演集	第三系輝緑岩の変形構造と地すべり	阿部真郎, 森崎洋	2008		pp.309-312
250	森田ほか(2008)	第41回日本地すべり学会研究発表会講演集	秋田県変成帯地域の硬質泥岩地すべりに関する移動地域の検討	森田洋, 阿部真郎, 徳垣大助	2008		pp.313-316
251	前田ほか(2009)	第42回日本地すべり学会研究発表会講演集	変成帯地すべりに関するすべり面跡上の形成プロセス-四角の三波田帯, 秋父帯, 黒龍川構造帯および四方十帯の例-	前田寛之, 日浦啓介	2009		pp.28-29
252	山崎ほか( )	第42回日本地すべり学会研究発表会講演集	泥質片地すべりに関する前帯的すべり層形成メカニズム	山崎新太郎, 千木良賢弘			pp.13-14
253	土木研究庁 材料地盤研究所グループ 西村村チーム	新材料チーム資料 第1号	X線CTの土木材料への適用に関する調査		2010		
254	徳水・古賀(1991)	土と基礎	X線造影法による鋼管土中の透水間隙について	徳水光一, 古賀謙	1991		pp.15-20
255	成瀬ほか(2004)	応用地質	マイクロフォーカスX線CT装置を用いた舟車圧下における岩石の構造観察について	高橋学, 竹村貴人, 加藤昌治	2004		pp.192-196
256	連水ほか(2008)		X線CTによる顕微鏡的観察とシミュレーション	連水弘樹, 中野亮, 塩田忠弘, 岡本 聡, 平谷岳, 高橋剛, 渡辺彦	2008		
257	竹村・高橋(2003)	日本地質学会学術大会講演要旨	X線CTによる地質媒体の3次元異方性の評価法	竹村貴人, 高橋学	2003	112	pp.192
258	Nasser et al.(2009)	ROCKSCAN09: Proceedings of the 3rd CANUS Back Mechanics Symposium.	Application of 3D X-ray CT scanning techniques to evaluate fracture damage zone in anisotropic granitic rock	Nasser et al.	2009		
259	鈴木ほか(2009)	地学雑誌	メタンハイドレートを移動させる貯留堆積物の評価とメタンハイドレート-泥炭メカニズムへの影響	鈴木貴史, 海老沼孝郎, 成田英夫	2009	Vol.118, No.5	pp.899-912
260	城井ほか(2011)	地盤工学研究発表会	地すべり調査における透過X線写真の活用例	城井啓介, 津田文弘, 田原孝洋	2011	933	

---

共同研究報告書  
Cooperative Research Report of PWRI  
No.449 January 2013

編集・発行 ©独立行政法人土木研究所

---

本資料の転載・複写の問い合わせは

独立行政法人土木研究所 企画部 業務課  
〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 電話029-879-6754