

# 第57回試錐研究会

## 講演資料集

- 開催日 平成31年2月27日（水）
- 会場 札幌サンプラザ 「金枝の間」  
（札幌市北区北24条西5丁目）
- 主催 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 地質研究所
- 協賛 一般社団法人 北海道地質調査業協会  
一般社団法人 全国さく井協会北海道支部
- 後援 一般社団法人 日本応用地質学会北海道支部  
一般社団法人 資源・素材学会北海道支部  
北海道地域産業技術連携推進会議



## 第 57 回試錐研究会プログラム

---

日 時 : 平成 31 年 2 月 27 日(水) 13:30~17:25 (受付開始 12:30)

場 所 : 札幌サンプラザ 2 階「金枝の間」

(札幌市北区北 24 条西 5 丁目 Tel. 011-758-3111)

主 催 : 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 環境・地質研究本部 地質研究所

協 賛 : 一般社団法人 北海道地質調査業協会 / 一般社団法人 全国さく井協会北海道支部

後 援 : 一般社団法人 日本応用地質学会北海道支部 / 一般社団法人 資源・素材学会北海道支部 /  
北海道地域産業技術連携推進会議

---

13:30 開会

■ 開会の挨拶(13:30 ~ 13:40)

北海道立総合研究機構 地質研究所  
所長 高橋 徹哉

■ 特別講演(13:40 ~ 15:25)

13:40 ~ 15:25 高品質ボーリングコアから読み取る地すべりと断層の情報

一般財団法人 ダム技術センター  
研究第二部長 脇坂 安彦  
(日本応用地質学会会長)

休憩(15:25 ~ 15:45)

■ 一般講演(15:45 ~ 17:15)

15:45 ~ 16:15 地震による大規模岩盤すべり直後の地質調査～日高幌内川

株式会社ドーコン 地質部  
技師長 富岡 敬

16:15 ~ 16:45 北海道胆振東部地震で発生した地盤災害

北海道立総合研究機構 地質研究所  
主査 廣瀬 亘

16:45 ~ 17:15 ニセコ東部地区の温泉開発

株式会社アクアジオテクノ 技術部  
課長 藤井 浩詞

■ 閉会の挨拶(17:15 ~ 17:25)

北海道地質調査業協会  
理事長 千葉 新次

17:25 閉会

---

17:45 ~ 意見交換会



# 目次

## ■ 特別講演

高品質ボーリングから読み取る地すべりと断層の情報	1
一般財団法人 ダム技術センター 研究第二部長 脇坂 安彦 (日本応用地質学会会長)	

## ■ 一般講演

地震による大規模岩盤すべり直後の地質調査～日高幌内川～	29
株式会社ドーコン 地質部 技師長 富岡 敬	
北海道胆振東部地震で発生した地盤災害	43
北海道立総合研究機構 地質研究所 主査 廣瀬 亘	
ニセコ東部地区の温泉開発	53
株式会社アクアジオテクノ 技術部 課長 藤井 浩詞	



## 特別講演

高品質ボーリングコアから読み取る地すべりと断層の情報 ..... 1

一般財団法人 ダム技術センター  
研究第二部長 脇坂 安彦  
(日本応用地質学会会長)





## 高品質ボーリングコアから読み取る 地すべりと断層の情報

一般財団法人ダム技術センター

脇坂安彦

1

## 本日の内容

### 第1部 地すべり

1. 地すべりの地質学的認定とその課題
2. 高品質ボーリングコアの観察
3. 地すべり移動体に特徴的な破砕岩
4. 自然界に存在する様々な破砕岩
5. 地すべり起源と造構断層起源の破砕岩の識別
6. 地すべり起源と造構断層起源の破砕岩の識別における留意点
7. 破砕岩に着目した地すべり移動体の地質学的認定方法
8. まとめ

2

### 第2部 断層

1. 断層の調査精度
2. 断層の位置・連続性の把握精度が低い原因
3. 秩父帯の低角度断層の連続性の検討

3

## 1. 地すべりの地質学的認定とその課題

4

## 地すべりの地質学的認定とその課題

- 従来、地すべりの地質学的認定は、主にボーリングコアにおけるすべり面粘土の有無によって行われてきた。
- しかし、すべり面粘土はボーリングコア採取時に流出している場合や、そもそもすべり面粘土が存在しない地すべり移動体が存在する。
- また、すべり面は造構断層を素因としている場合があるなど、断層ガウジ・角礫との識別が困難であった。
- したがって、すべり面粘土の有無のみでは、地すべり移動体の地質学的認定を行うことは、不可能であることが多くあった。

5

## すべり面粘土? or 断層角礫?



6

## 地すべりの地質学的認定の課題の 解決へ向けて

- 地すべり移動体そのものに地すべり特有の性状がないか?
- 高品質ボーリング採取技術が普及し、ほぼ乱さないう状態でのボーリングコアの観察が可能となってきた。
- そこで、地すべり移動体で行われた高品質ボーリングコアの詳細な地質学的観察を実施した。

8

- 地すべり移動体そのものの記載も、藤原(1971)にしたがって、主に風化区分が行われていた。

- 移動土塊
  - Dt: 崩積土類
  - W1: 強風化岩 (礫混じり粘土状、硬質粘土状)
- 準移動土塊
  - W1: 強風化岩
  - W2: 中風化岩 (強風化岩の一部と破碎部を含む)
- 不動土塊類
  - Rf: 基盤岩の新鮮部
  - W3: 弱風化部

- しかし、風化は必ずしも地すべり現象を表していないという問題があった。

7

## 2. 高品質ボーリングコアの観察

9

## 高品質ボーリングコアの観察の経緯

- 四万十帯(九州)の地すべり移動体(1箇所)
  - 脇坂ほか(2009)、脇坂ほか(2012)
- 四万十帯(九州2地域)、秩父帯(四国2地域)の地すべり移動体(計4箇所)
  - Wakizaka(2013)
- 上記4箇所での地すべり移動体の高品質コア観察によって、地すべり移動体を特徴付ける破砕岩があることが判明した。

10

- 4箇所の地すべり移動体以外でも、特徴的な破砕岩は存在するのかな？

11

## 対象地すべり

地域	地質	地すべり移動体数	備考
A	四万十帯	1	脇坂ほか(2012)
B	秩父帯	1	Wakizaka(2013)
C	秩父帯	2	Wakizaka(2013)
D	四万十帯	1	Wakizaka(2013)
B'	秩父帯	4	Wakizaka(2013)
C'	秩父帯	6	
D'	四万十帯	3	
E	秩父帯	1	
F	秩父帯	1	
G	秩父帯	1	
H	超丹波帯	1	
I	四万十帯	3	
J	足尾帯	7	
K	蝦夷層群	2	
L	蝦夷層群	2	
M	蝦夷層群	1	
N	和泉層群	1	
O	三波川帯結晶片岩	1	
P	周防帯結晶片岩	1	
Q	中新世火砕岩類・堆積岩類	9	
R	中新世堆積岩類・火砕岩類	8	
S	堆積岩類・流紋岩	3	
T	中新世火砕岩類・白亜紀流紋岩類	2	
U	中新世火砕岩類・堆積岩類	1	
V	白亜紀花崗岩	1	
W	飛騨片麻岩類・花崗岩類	1	

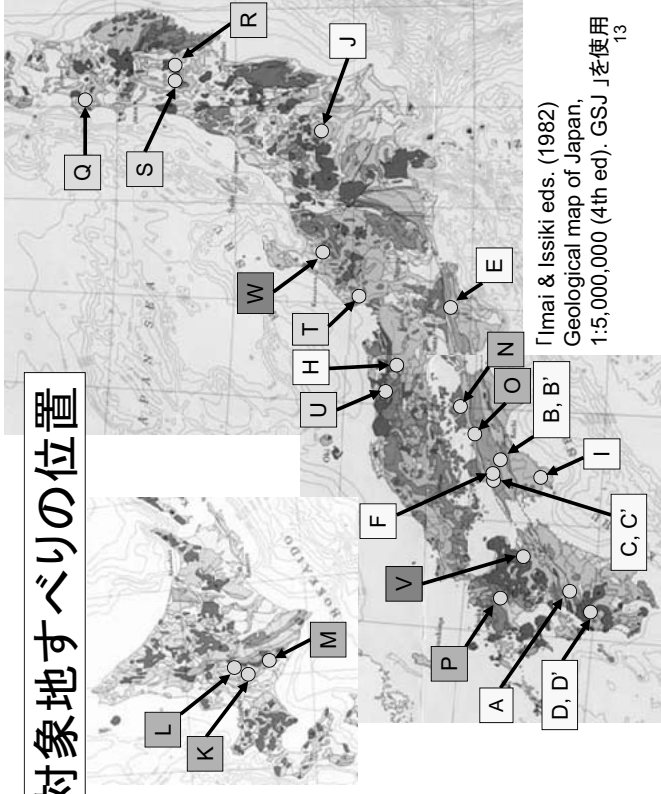
脇坂(2016)

12

26

65

## 対象地すべりの位置



## 地すべり移動体の 高品質ボーリングコアの観察

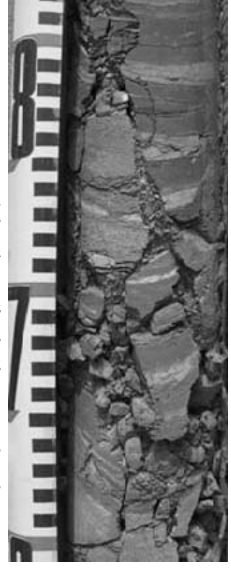
- 地すべり移動体の認定
  - 基本的には孔内傾斜計で得られた累積的なせん断変位箇所周辺の細粒部をすべり面と認定し、それ以浅を地すべり移動体と認定した。
- 高品質ボーリングコアの観察
  - コアを被覆しているマッドケーキを丁寧に除去した後、肉眼観察を行った。

## 四万十帯(A地域) (脇坂ほか, 2012)

鋸歯状の割れ目 (鉛直方向)



割れ目中への細粒物の充填



## 3. 地すべり移動体に特徴的な破碎岩

## 四万十帯(A地域) (脇坂ほか, 2012)

鉛直方向の割れ目がわずかにわかる。



17

## 四万十帯(A地域) (脇坂ほか, 2012)

割れ目はわからなくなる。礫の配列に規則性なし。  
無構造な角礫岩である。



18

## 四万十帯(A地域) (脇坂ほか, 2012)

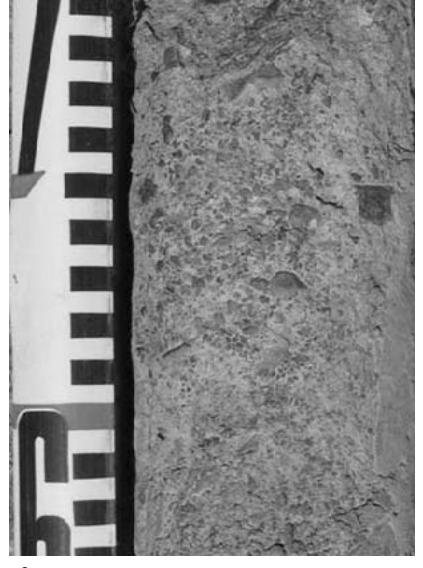
礫径が小さく、基質の量が多い。礫の配列に規則性なし。  
無構造な角礫岩。



19

## 四万十帯(A地域) (脇坂ほか, 2012)

さらに礫径が小さく、基質の量が多い。礫の配列に規則性なし。  
孔内傾斜計で累積的なせん断変位を示すことがある。鏡肌がある場合がある。

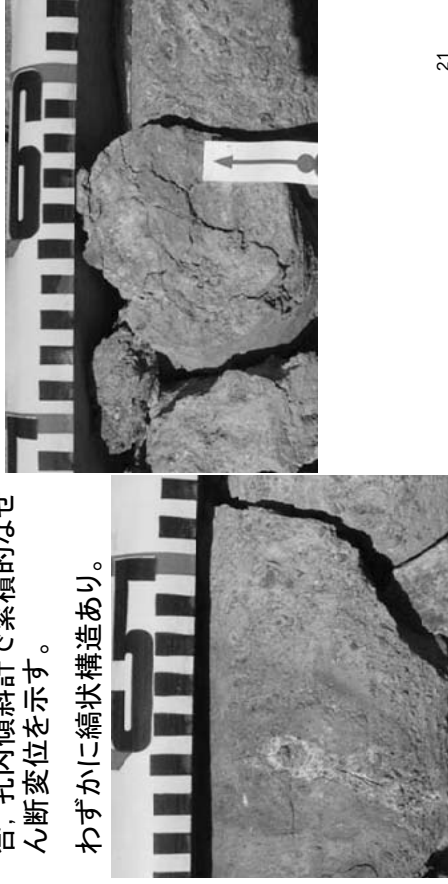


20

## 四万十帯(A地域) (脇坂ほか, 2012)

粘土混じり細角礫。多くの場合、孔内傾斜計で累積的な断変位を示す。

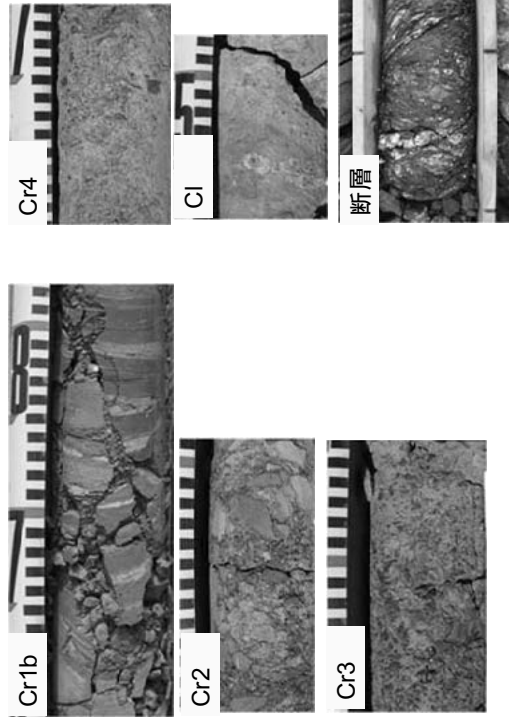
わずかに縞状構造あり。



鏡肌が認められることが多い。

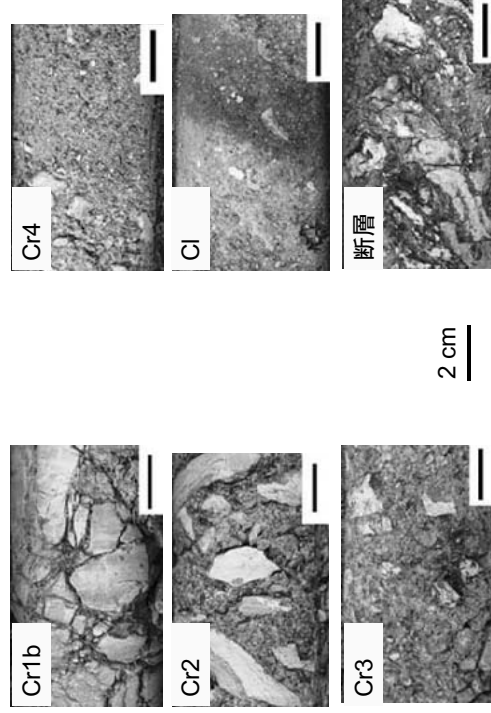
21

## 四万十帯(A地域) (脇坂ほか, 2012)



22

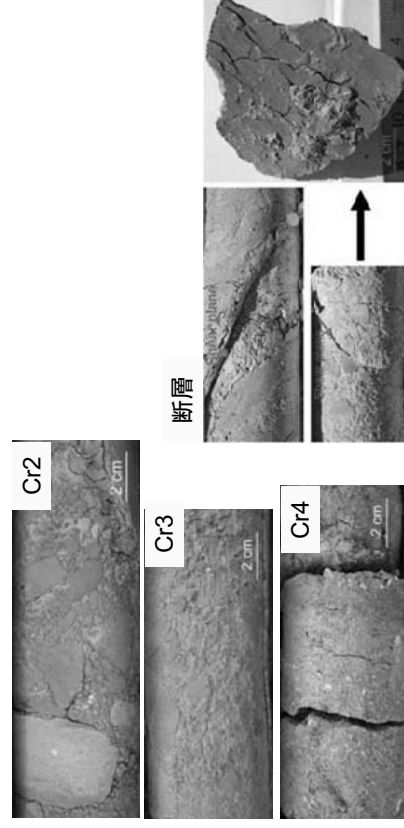
## 秩父帯(B地域) (Wakizaka, 2013)



2 cm

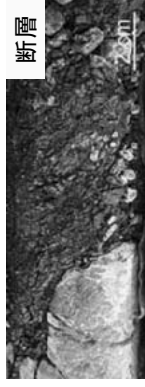
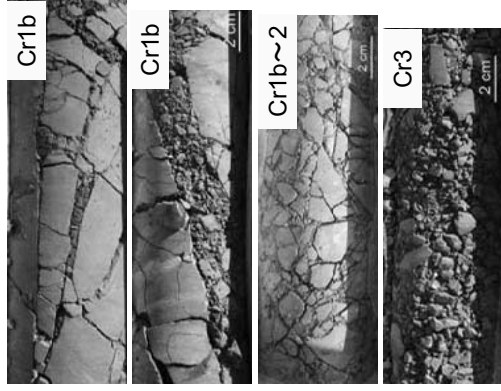
23

## 蝦夷層群(K地域)



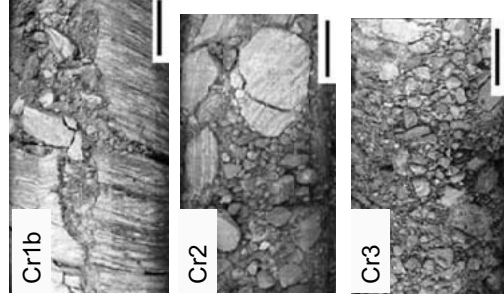
24

### 和泉層群(N地域)



25

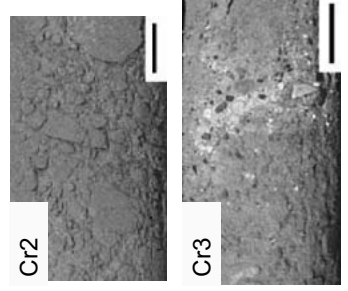
### 周防帯結晶片岩(P地域)



2 cm

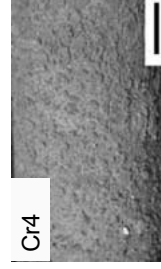
26

### 第三系堆積岩類(R地域)

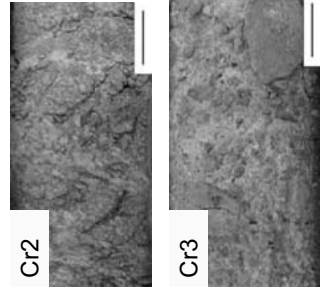


2 cm

27



### 花崗岩類(V地域)

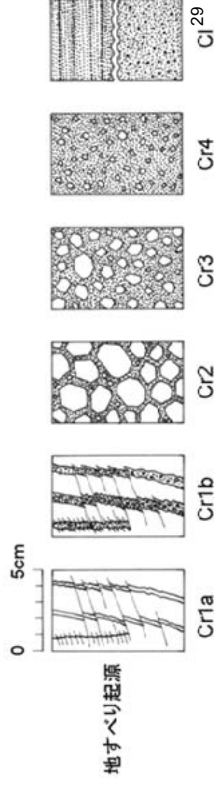


2 cm

28

## 地すべり起源の破碎岩の特徴

- 鉛直方向に近い引っ張り割れ目(Cr1a)
- 引っ張り割れ目を充填する細粒の破碎物(角礫)(Cr1b)
- 様々な粒度・量比の角礫(Cr2~Cr4)
- すべて無構造(random fabric)
- 粘土質(CI)
- 無構造な場合とY方向の面構造(縞状構造、鏡肌)



30

## 4. 自然界に存在する様々な破碎岩

## 自然界に存在する様々な破碎岩

- テクトニック断層 (tectonic fault) (造構断層)
  - 断層岩(断層ガウジ、断層角礫、カタクレーサイト、マイロナイトなど)
- ノンテクトニック断層 (nontectonic fault)
  - Lettis et al. (1998)が提唱
  - 成因: 重力変形(地すべりなど)、溶食(カルストの崩壊)、蒸発岩の移動(岩塩ドームと塩の流動構造)、堆積物の圧縮(沈下構造など)、アイソスタシ
  - 順応(氷河のリバウンド構造)

31

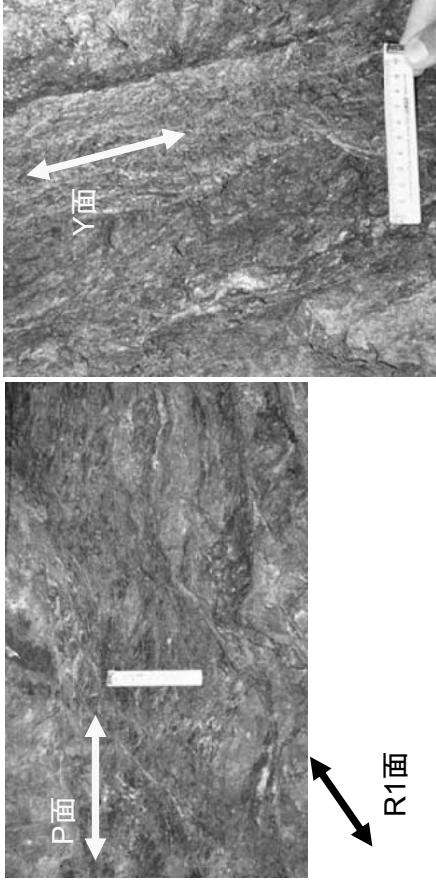
- 火砕岩類(凝灰角礫岩、火山礫凝灰岩など)
- 泥火山の構成岩石
- 水圧破碎(熱水変質)された岩石
- 以上の中で、地すべり移動体を構成する破碎岩との識別上、主として問題となるのは、断層岩(断層ガウジ、断層角礫)である。

32

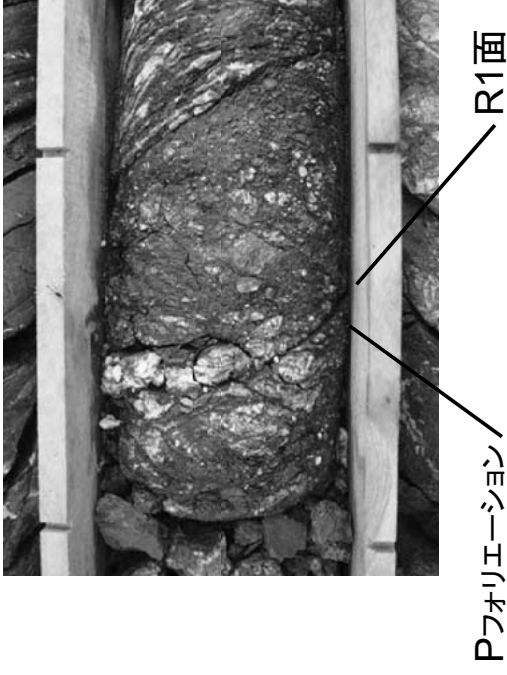


## A地域の粘板岩中の断層

地層中の断層には、なにがしかの面構造が認められる。

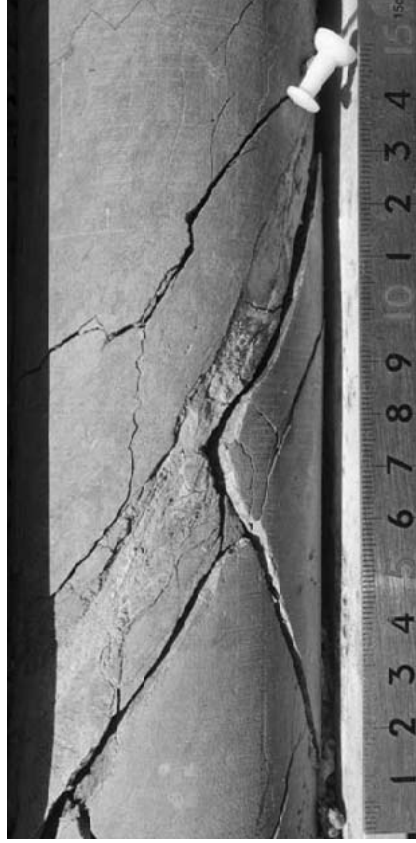


## ボーリングコア中の断層(A地域)



34

## ボーリングコア中の造構断層(せん断面) (J地域)



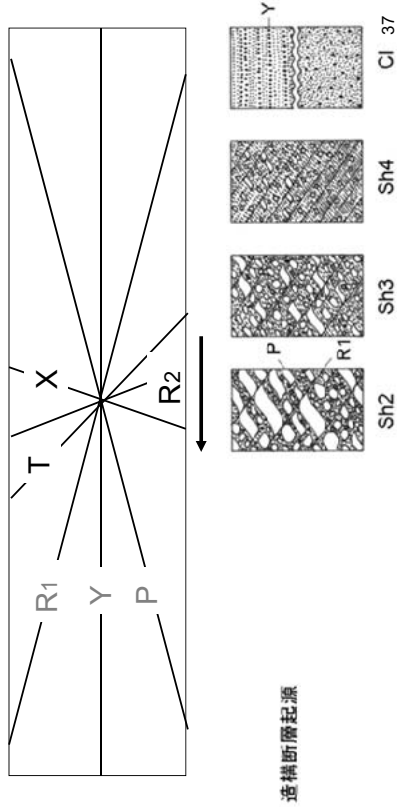
35

## ボーリングコア中の造構断層(鏡肌) (J地域)

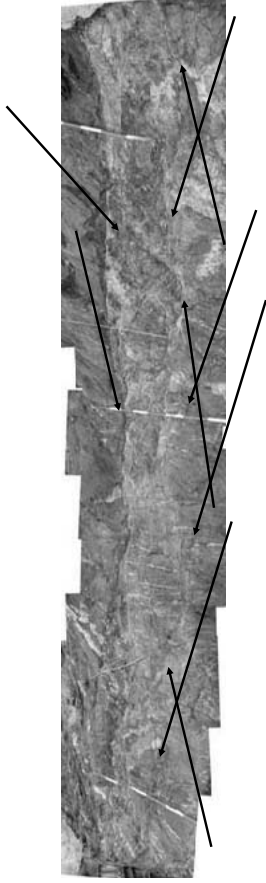


## 造構断層起源の破碎岩の複合面構造

- 特にR1, Pフォリエーション、Yが高頻度で出現



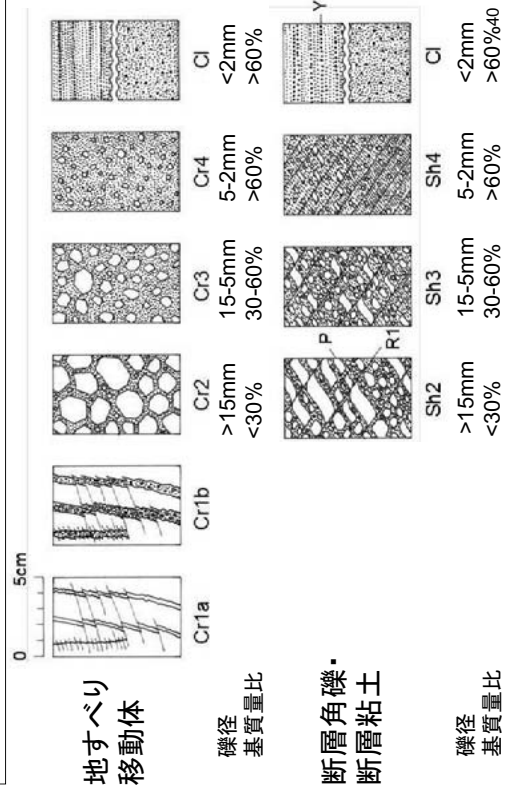
Y方向に完全に成熟していない断層の例



写真は、八千代エンジニアリング提供

38

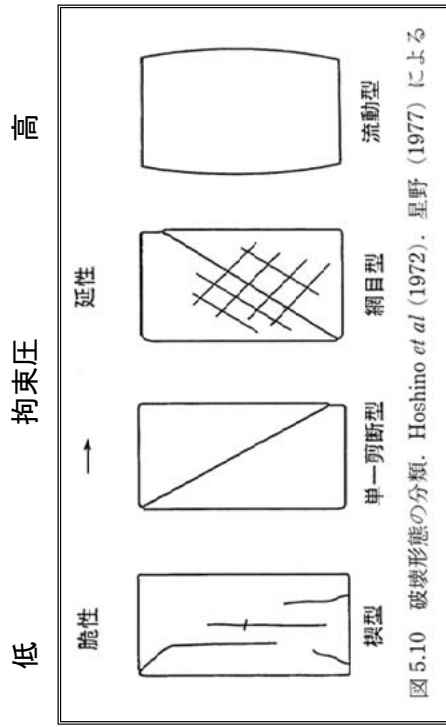
## 地すべり起源と造構断層起源の破碎岩の識別



## 5. 地すべり起源と造構断層起源の破碎岩の識別

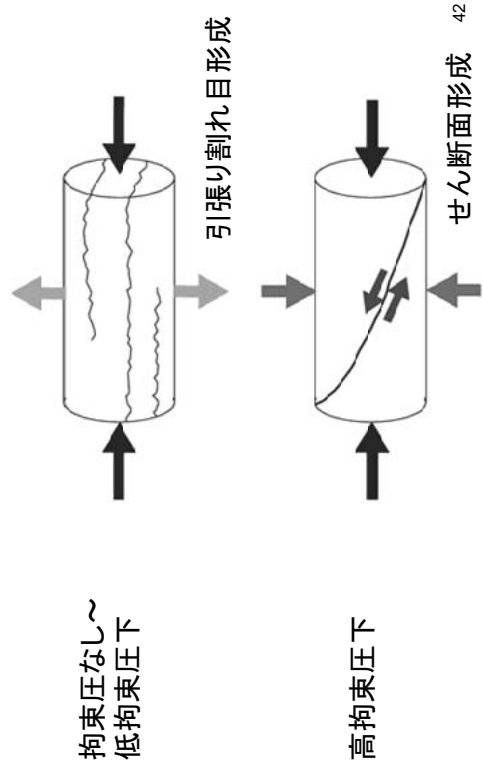
39

### 地すべり起源、造構断層起源の破碎岩の 面構造の有無を支配している要因

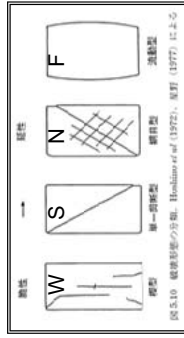
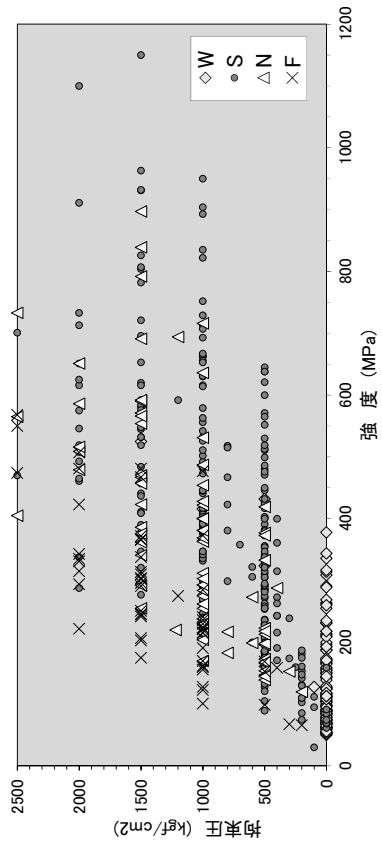


星野ほか(2001) 41

### 岩石の拘束圧と破壊形態



42



星野ほか(2001)のデータから作成

43

### 面構造の有無の決定要因

- 例えば四万十帯の造構的な断層
  - 複合面構造あり
  - 付加体の形成深度: 5-6 km ~ 15 km (木村・山口, 2009)
  - 高拘束圧
- 地すべりの破碎岩
  - 複合面構造なし、無構造
  - 形成深度: ~100 m
  - 低拘束圧
- 複合面構造の有無は、形成時の拘束圧の違いに起因

44

## 6. 地すべり起源と造構断層起源の 破砕岩の識別における留意点

45

## 破砕岩の成因を識別する上での留意点

1. 地すべり起源と造構断層起源の破砕岩を識別する上では、次のことに留意する必要がある。
  - ① すべり面よりも深部にも面構造を有しない破砕岩が存在する。
  - ② 造構断層起源の破砕岩であっても明瞭な面構造を呈さないものがある。
  - ③ すべり面であると判断されるすべり面粘土には、綫状などの面構造が認められることが多く、断層ガウジとの識別が困難である場合がある。
  - ④ 地すべり移動体と認定される部分にも造構断層起源の破砕岩が存在することがある。

46

## 破砕岩の成因を識別する上での留意点

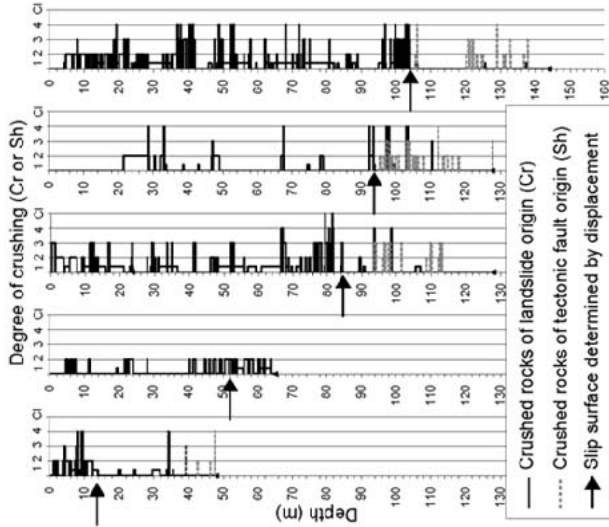
2. 元々、角礫質な岩石（凝灰角礫岩、火山角礫岩など）の場合には、風化や緩みによってほぐれた岩石と地すべり起源の無構造角礫岩との区別が困難である。
3. 高品質ポーリングのうち、増粘剤を使用した工法では、コア採取時に乱したコアでも塊状に採取されている場合があるので留意を要する。このような場合には、孔壁画像を確認する必要がある。

47

1. 地すべり起源と造構断層起源の破砕岩を識別する上では、次のことに留意する必要がある。
  - ① すべり面よりも深部にも面構造を有しない破砕岩が存在する。

48

A地域の地すべり  
移動体の地すべり  
起源・造構断層  
起源の破碎岩の  
分布



Wakizaka(2013)を改変

- すべり面下位の面構造を有しない破碎岩の成因
  - 地すべり発生前の重力変形によって形成された破碎岩。
  - Chigira et al.(2013)は重力変形斜面で、無構造な破碎岩の存在を報告。
  - すべり面の下盤の岩盤が地すべり運動によって受動的に破碎したものの。
  - 現在は滑動していない古い地すべりによって形成されたもの。

破碎岩の成因を識別する上での留意点

- ② 造構断層起源の破碎岩であっても明瞭な面構造を呈さないものがある。
- 断層岩の分類を初期に行ったHiggins(1971)やSibson(1977)には、脆性的な断層角礫や断層ガウジには、面構造の一つである葉状(foliated)という概念はなかった。
  - 低拘束圧下で形成された造構断層には、面構造は形成されないと考えられる。
  - 中新世の地層中には、面構造の発達が不良な造構断層が存在する。

断層角礫・断層ガウジの面構造認識の経緯

- Riedel(1929): 砂・粘土などの岩石模擬物質を用いたせん断試験を考案。
- Tchalenko(1970): 粘土を使ったRiedelせん断試験で断層の成長過程を示した。
- Higgins(1971)、Sibson(1977): 断層岩の分類には、脆性的な断層角礫や断層ガウジには、面構造の一つである葉状(foliated)という概念なし。
- Bartlett(1980): 断層の複合面構造にY, R1, R2, Pの名称をつけた。
- Chester et al.(1985): 自然の断層ガウジに初めて葉状構造を認めた。
- McClay(1987): 断層角礫や断層ガウジに葉状(foliated)を追加した。

### Sibson (1977)による断層岩の分類

RANDOM - FABRIC		FOLIATED					
INCOHESIVE	FAULT BRECCIA (visible fragments > 30% of rock mass)	?					
	FAULT GOUGE (visible fragments < 30% of rock mass)	?					
	PSEUDOTACHYLITE	?					
COHESIVE	NATURE OF MATRIX Tectonic reduction in grain size dominates grain growth by recrystallisation & neomineralisation	CRUSH BRECCIA (fragments > 0.5 cm) FINE CRUSH BRECCIA (0.1 cm < frags. < 0.5 cm) CRUSH MICROBRECCIA (fragments < 0.1 cm)	PROPORTION OF MATRIX				
			PROTOMYLONITE	0-10%	10-50%	50-90%	90-100%
				Mylonite Series			
			PROTACATACLASITE	Cataclasite Series			
			CATACLASITE	PHYLONITE VARIETIES			
			ULTRACATACLASITE	MYLONITE			
		ULTRAMYLONITE					
Grain growth pronounced	?	BLASTOMYLONITE					

53

### 破碎岩の成因を識別する上での留意点

- ③ すべり面であると判断されるすべり面粘土には、縞状などの面構造が認められることが多く、断層ガウジとの識別が困難である場合がある。
- 一 樹脂固定した半割コア標本を用いた微細地質構造の観察が有効(山根ほか、2013; 山根ほか、2014)
  - 一 正断層・逆断層のセンス

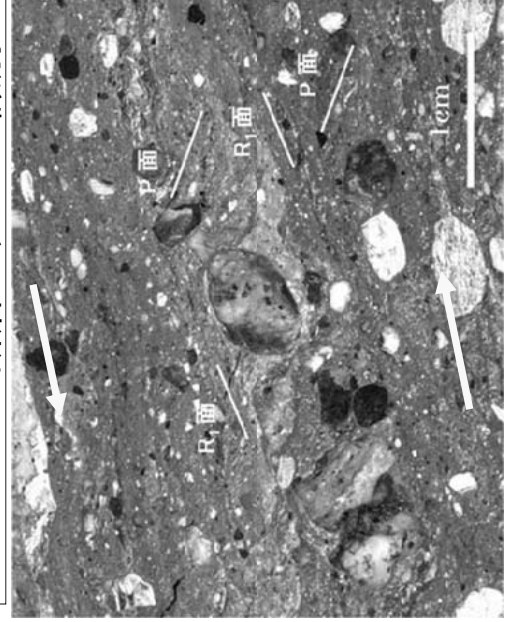
55

### McClay (1987)による断層岩の分類

Random - fabric		Foliated					
INCOHESIVE	FAULT BRECCIA (visible fragments > 30% of rock mass)	Foliated fault breccia					
	FAULT GOUGE (visible fragments < 30% of rock mass)	Foliated gouge					
	Pseudotachylite	Foliated pseudotachylite					
COHESIVE	NATURE OF MATRIX Tectonic reduction in grain size dominates grain growth by recrystallisation & neomineralisation	CRUSH BRECCIA (fragments > 0.5 cm) FINE CRUSH BRECCIA (0.1 cm < frags. < 0.5 cm) CRUSH MICROBRECCIA (fragments < 0.1 cm)	PROPORTION OF MATRIX				
			PROTOMYLONITE	0-10%	10-50%	50-90%	90-100%
				Mylonite Series			
			PROTACATACLASITE	Cataclasite Series			
			CATACLASITE	PHYLONITE VARIETIES			
			ULTRACATACLASITE	MYLONITE			
grain growth pronounced	?	BLASTOMYLONITE					

54

### すべり面粘土の微細構造 —断層ガウジとの識別—



- ・R1面およびP面(Pフォリエーション)の分布から、正断層センスが想定される。

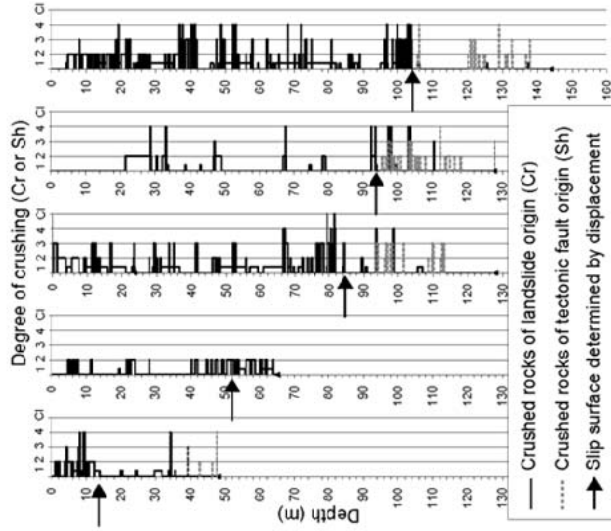
山根ほか(2015)

56

## 破碎岩の成因を識別する上での留意点

- ④ 地すべり移動体と認定される部分にも造構断層起源の破碎岩が存在することがある。

57



A地域の地すべり移動体の地すべり起源・造構断層起源の破碎岩の分布

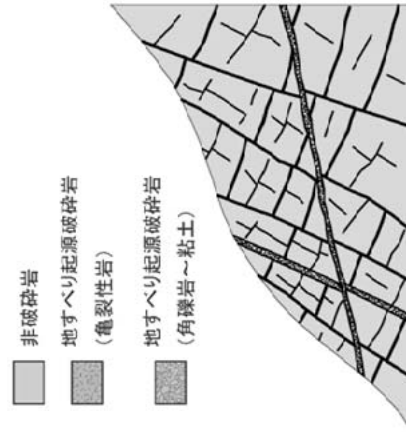
- ・A地域の地すべり移動体中には、造構断層起源の破碎岩(断層角礫)は存在しなかった。

Wakizaka(2013)を改変

58

## なぜ、地すべり移動体内に造構起源断層は存在しないのか？

断層は周囲の岩盤に比べ低強度であるので、地すべり運動によって、選択的に再破碎される？



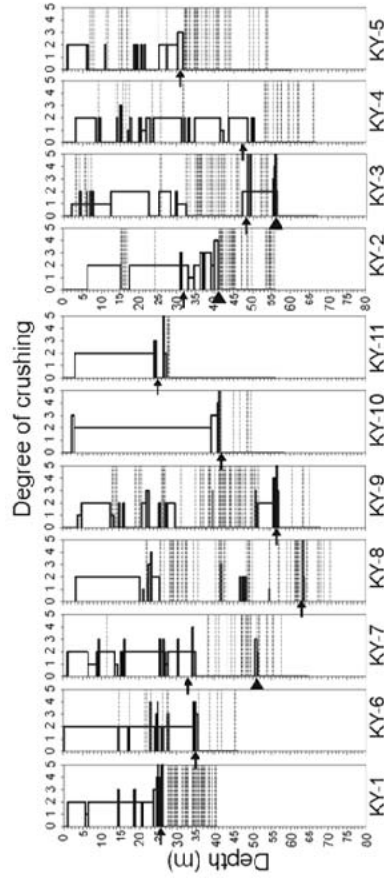
地すべり発生前

地すべり発生後

脇坂(2013)

59

## J地域の地すべり移動体の地すべり起源・造構断層起源の破碎岩の分布

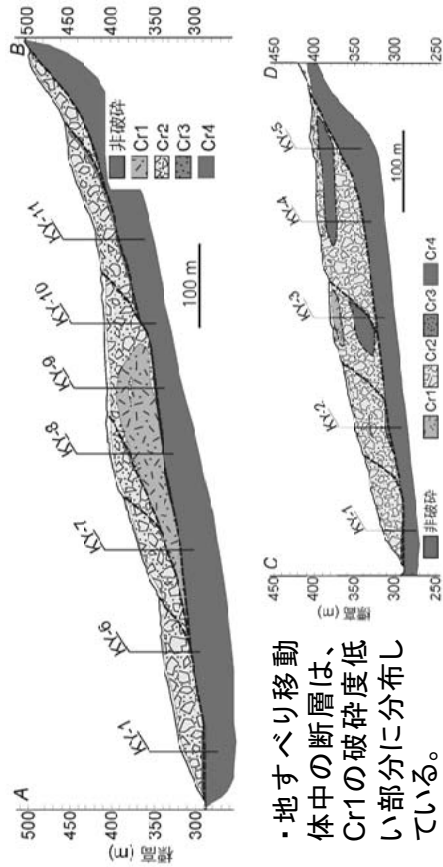


- ・矢印よりも上位の地すべり移動体中にも断層が分布している。

Wakizaka(2014)

60

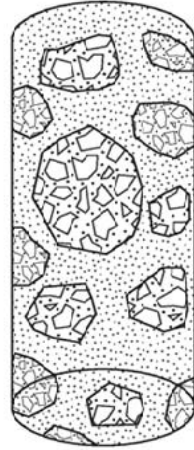
## J地域の地すべり移動体の破碎度断面図



・地すべり移動体中の断層は、Cr1の破碎度低い部分に分布している。

・硬質な岩片は、元々の岩片のみか？  
角礫質岩か？

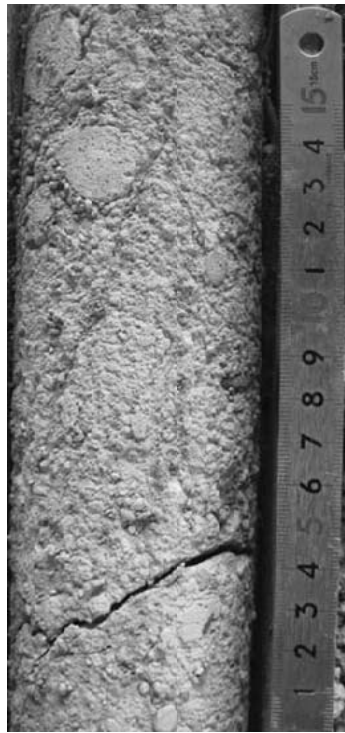
硬質な岩片＝元々の岩片のみ：角礫質岩



硬質な岩片＝角礫質岩：地すべり起源の角礫岩

63

2. 元々、角礫質な岩石（凝灰角礫岩、火山角礫岩など）の場合には、風化や緩みによってほぐれた岩と地すべり起源の無構造角礫岩との区別が困難である。



62

3. 高品質ボーリングのうち、増粘剤を使用した工法では、コア採取時に乱したコアでも塊状に採取されている場合があるので留意を要する。



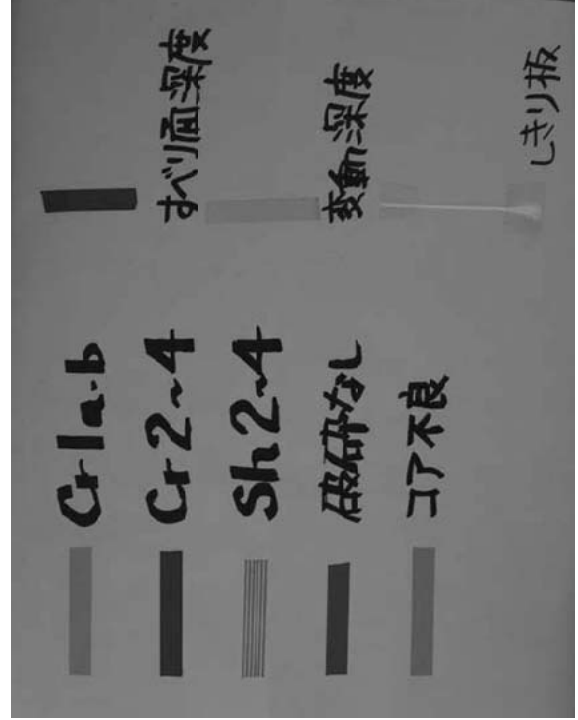
・このコアは無構造角礫に見えるが、孔壁画像では連続した岩組織が認められ、破碎されていない。

64



## 7. 破碎岩に着目した地すべり移動体の地質学的認定方法

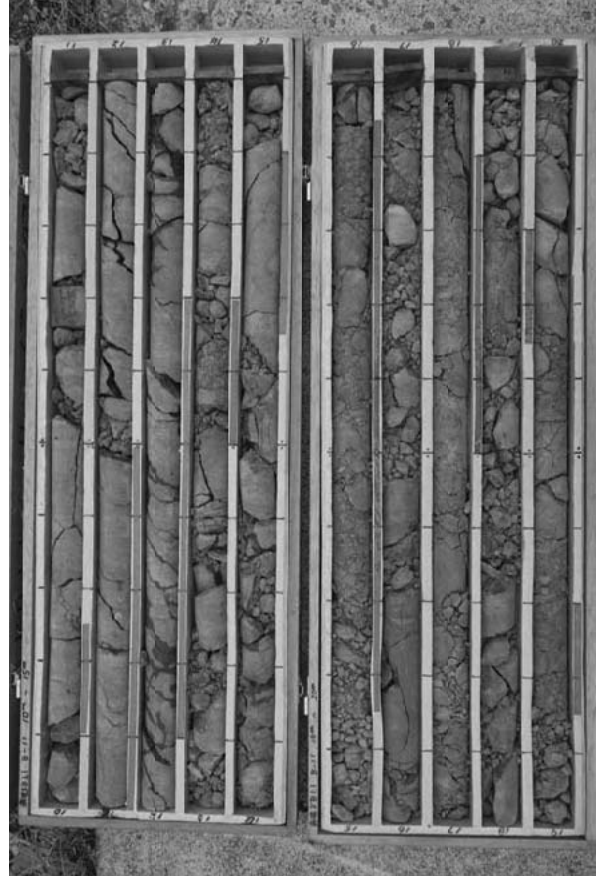
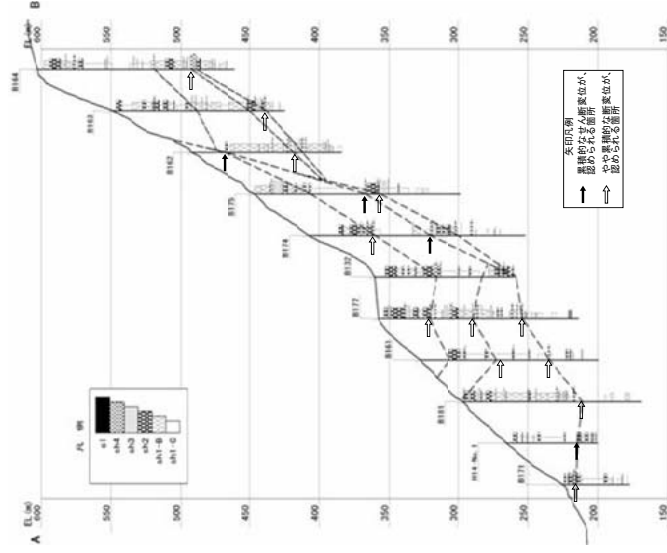
65



## 地すべり移動体の認定方法

- 地すべり起源と思われる角礫岩の全体的な分布位置と頻度
- すべり面となりうる細粒物質の分布位置
- 造構起源の断層の分布位置と頻度

脇坂ほか(2012)



柄の長いカラー画鋏の活用：  
せん断面の表示



## 8. まとめ

- 地すべり移動体を構成する岩石、すなわち地すべり起源の破碎岩は、無構造の角礫岩であるという特徴がある。
- 他方、ほとんどの造構断層起源の破碎岩には複数または一つの複合面構造が認められる。
- したがって、地すべり起源と造構断層起源の破碎岩を複合面構造の有無によって識別することが可能である。
- 高品質ボーリングコアのみから、破碎岩の複合面構造の有無の情報を得ることができる。

70

- ただし、両者の識別に当たっては、次の留意点がある。
  - ① すべり面よりも深部にも面構造を有しない破碎岩が存在する。
  - ② 造構断層起源の破碎岩であっても明瞭な面構造を呈さないものがある。
  - ③ すべり面であると判断されるすべり面粘土には、縞状などの面構造が認められることが多く、断層ガウジとの識別が困難である場合がある。
  - ④ 地すべり移動体と認定される部分にも造構断層起源の破碎岩が存在することがある。

71

- 元々、角礫質な岩石（凝灰角礫岩、火山角礫岩など）の場合には、風化や緩みによってほぐれた岩と地すべり起源の無構造角礫岩との区別が困難であるので留意が必要である。
- 高品質ボーリングのうち、増粘剤を使用した工法では、コア採取時に乱したコアでも塊状に採取されている場合があるので留意を要する。このような場合には、孔壁画像を確認する必要がある。

72

- 地すべり移動体の地質学的認定は、
  - ① 地すべり起源と思われる角礫岩の全体的な分布位置と頻度、
  - ② すべり面となりうる細粒物質の分布位置、
  - ③ 造構起源の断層の分布位置と頻度
 によって行う必要がある。

73

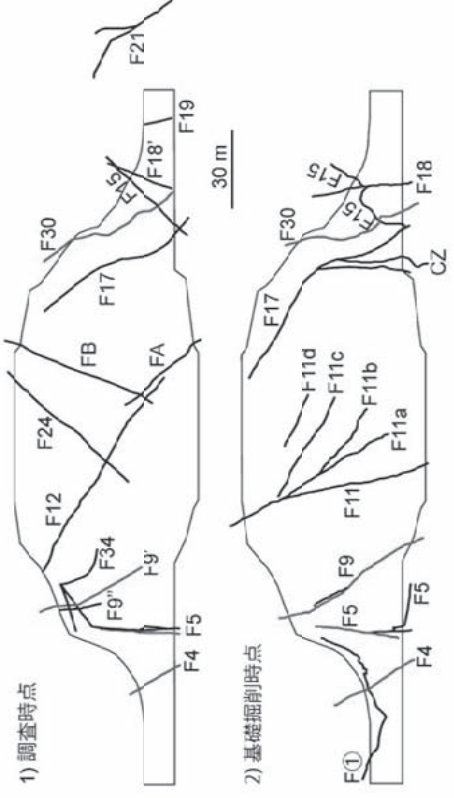
## 第2部 断層

74

### 1. 断層の調査精度

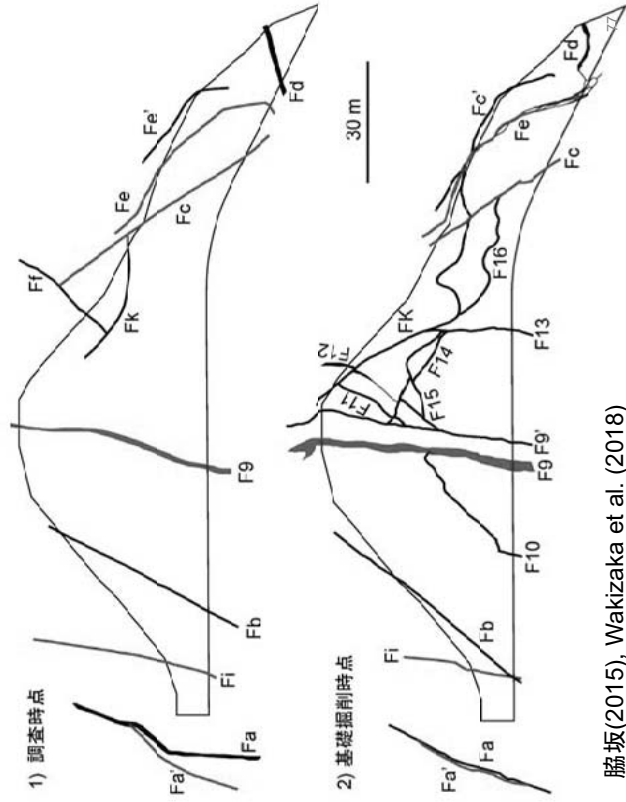
75

### ダム基礎掘削面における調査時点と掘削時点での断層分布の比較



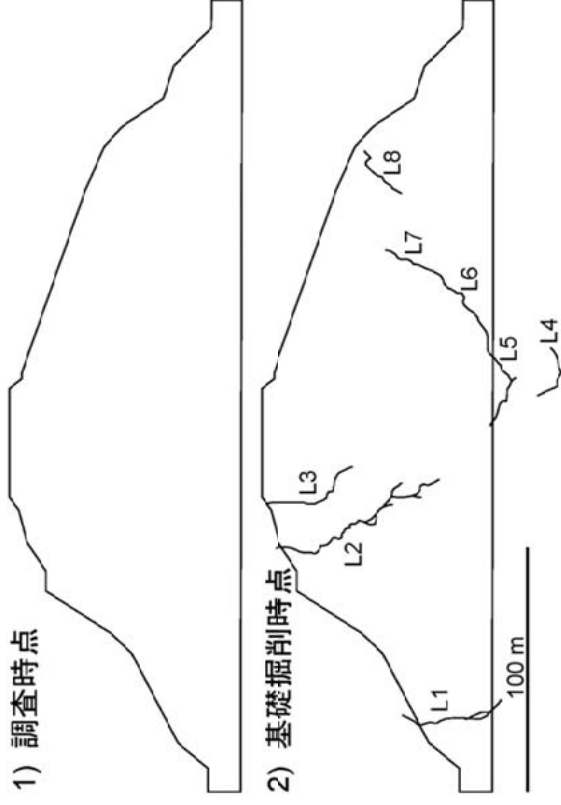
脇坂(2015)

76



脇坂(2015), Wakizaka et al. (2018)

## 2. 断層の位置・連続性の把握精度が低い原因

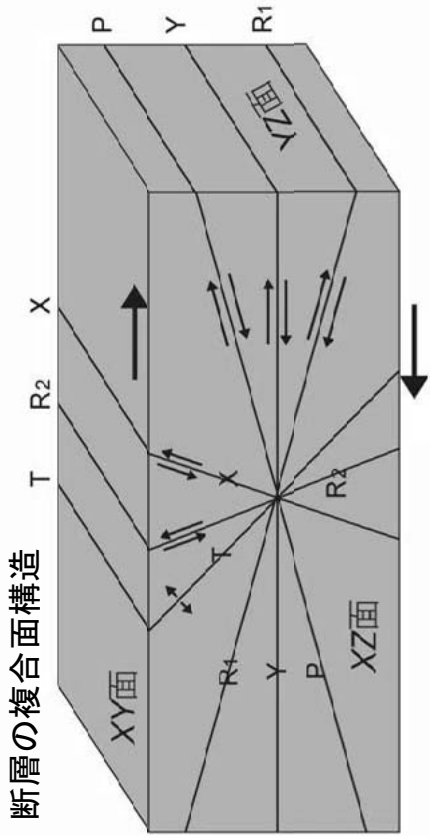


脇坂(2015), Wakizaka et al. (2018) 78

## なぜ断層の位置・連続性の把握精度が低いのか？

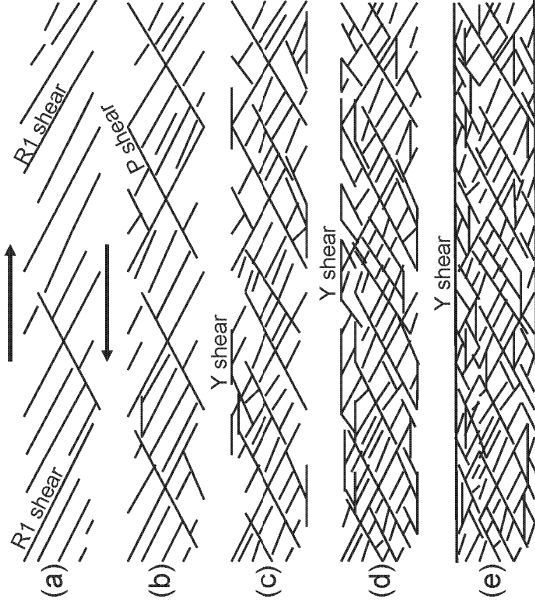
- ① ボーリング孔間が離れすぎてている。すなわち、ボーリング孔の孔数が少ない。
- ② 高品質ボーリングでない場合は、断層と壁岩との境界が乱れていることが多い。
- ③ 高品質ボーリングであっても、ボーリングコアのみでは、通常、断層の走向傾斜は把握できない。
- ④ 断層と壁岩との境界面の走向傾斜がボアホールカメラなどによって把握できたとしても、断層と壁岩との境界面は必ずしも断層の伸長方向を表しているとは限らない。

断層と壁岩との境界面は必ずしも断層の伸長方向を表しているとは限らない



脇坂ほか(2017), Wakizaka et al. (2018)を改変 81

断層の形成過程

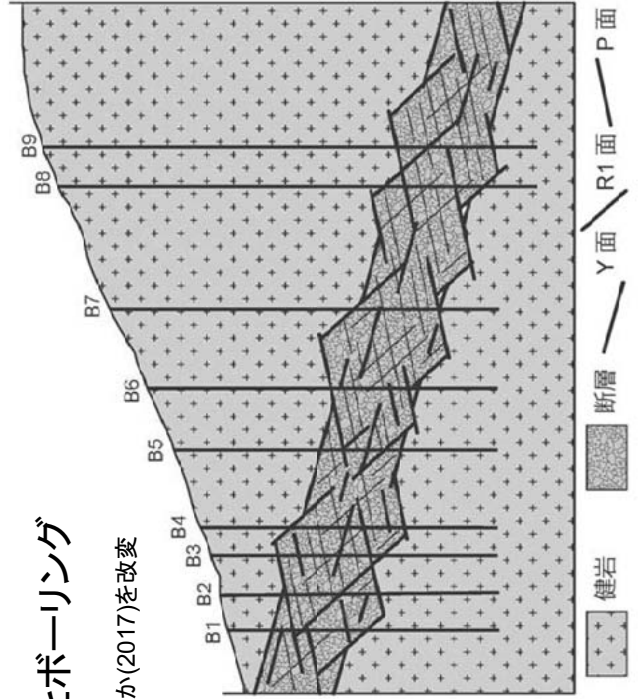


Wakizaka et al. (2018)

82

断層とボーリング

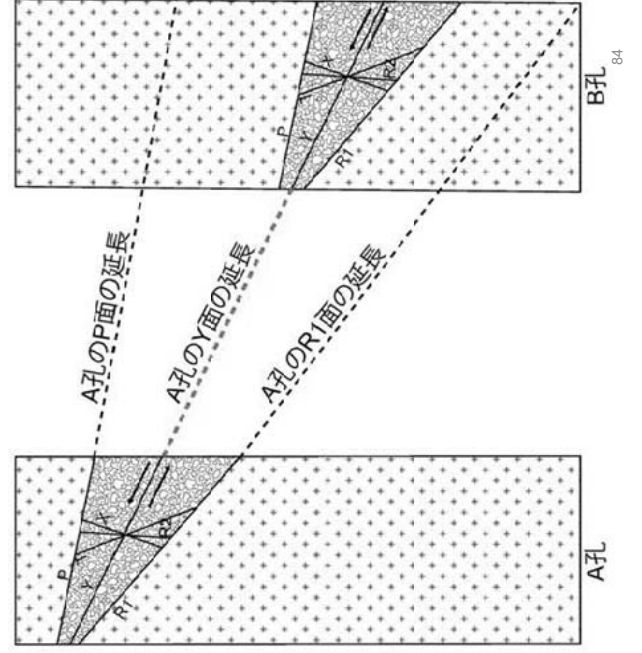
脇坂ほか(2017)を改変



断層とボーリング

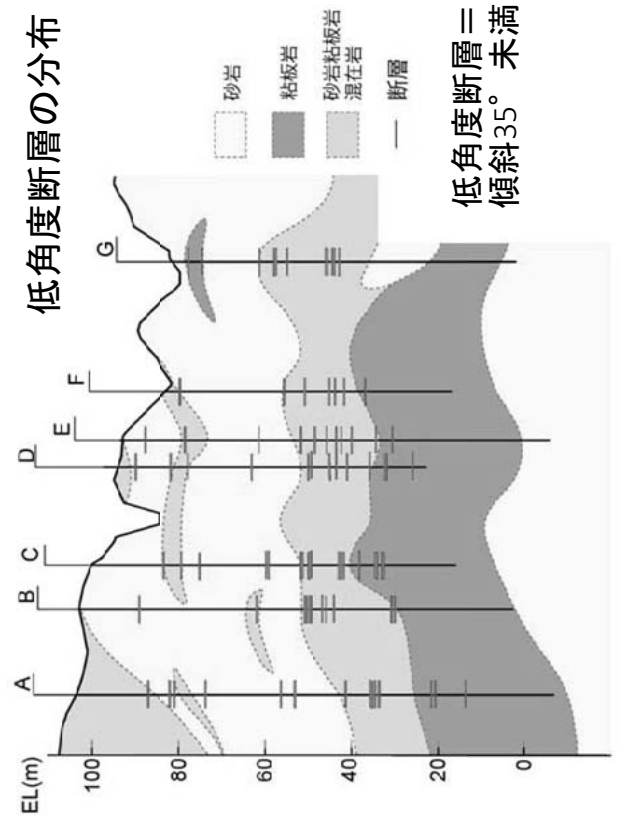
Wakizaka et al. (2018)を改変

84



### 3. 秩父帯の低角度断層の連続性の検討

85

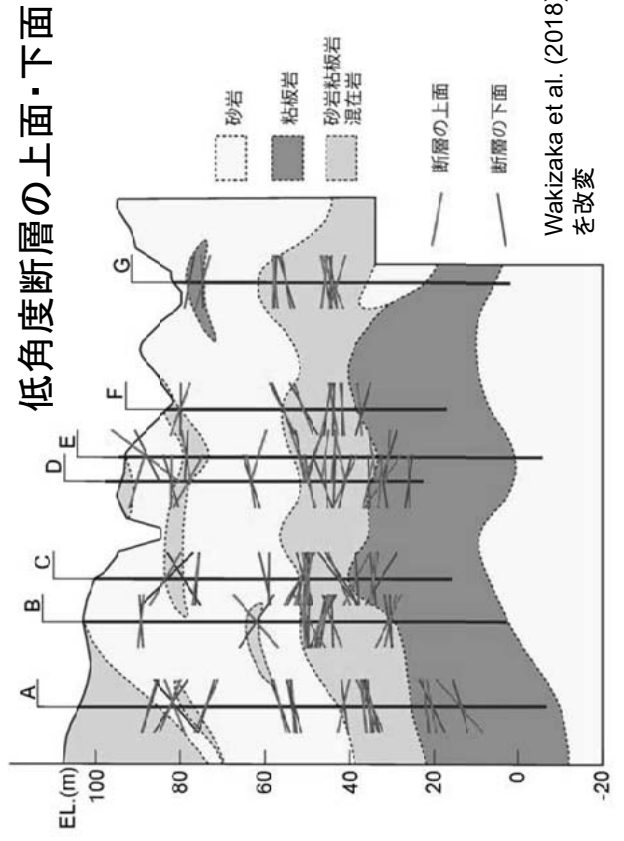


01

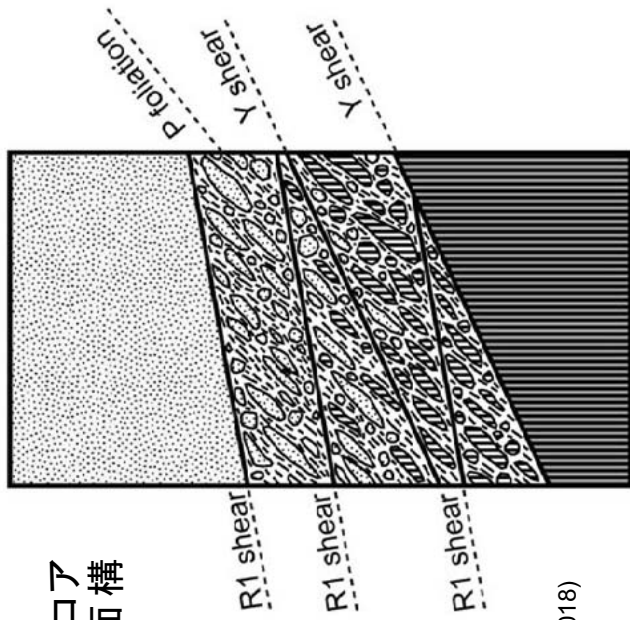
### 高品質ボーリングコアにおける 低角度断層の状況



86

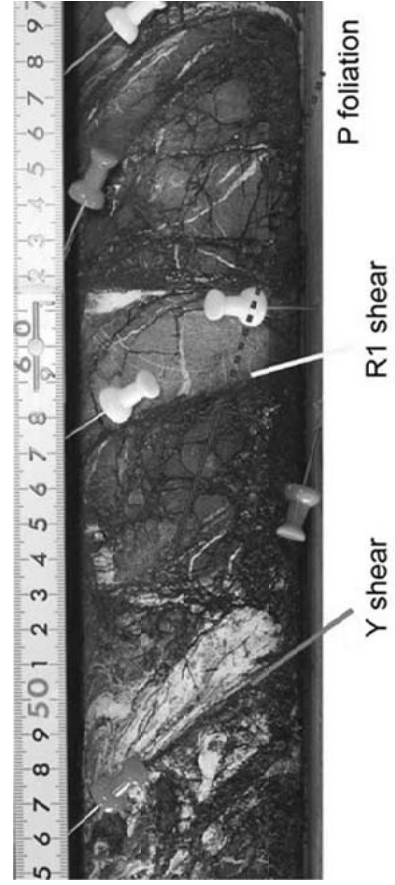
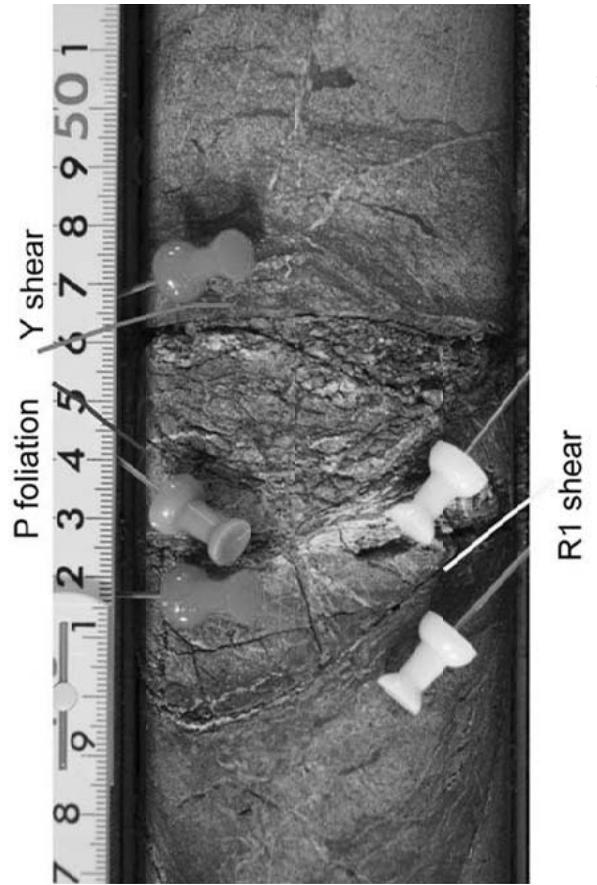
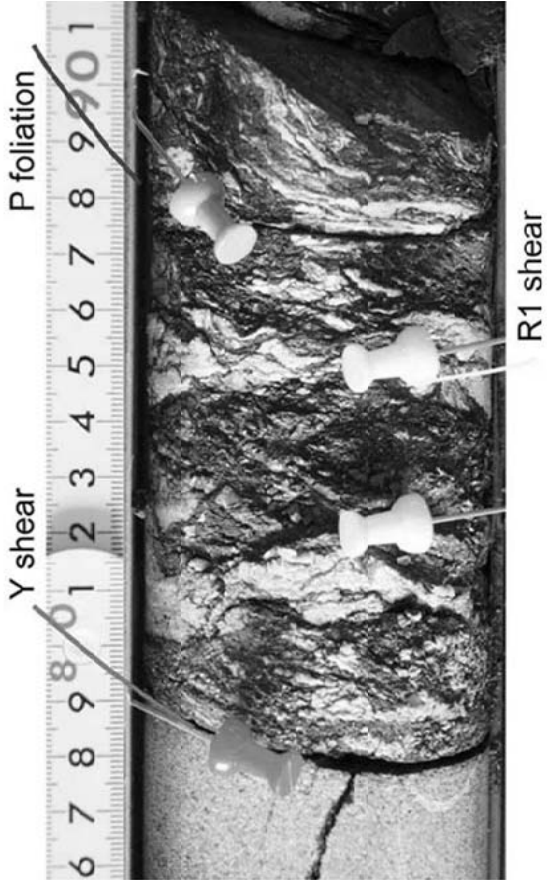


ボーリングコアにおける面構造の特定

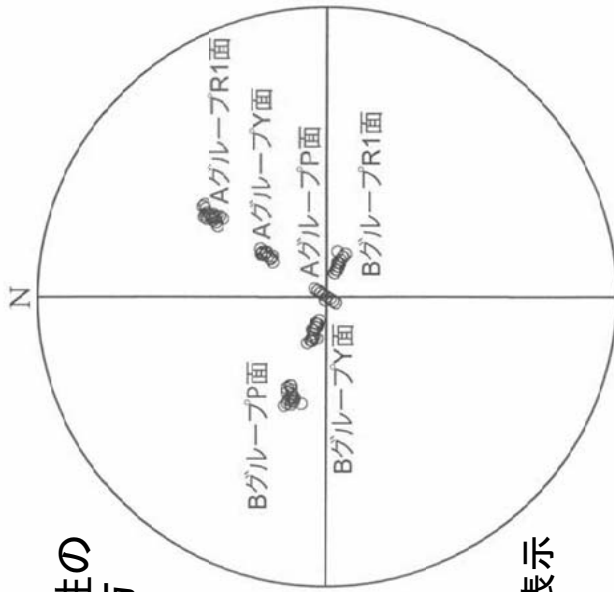


Wakizaka et al. (2018)  
を改変

ボーリングコアにおける面構造の特定例

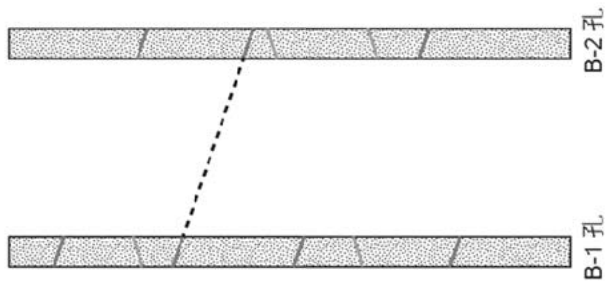


断層の連続性の  
評価の考え方



面構造の  
シュミットネット表示  
(下半球表示)

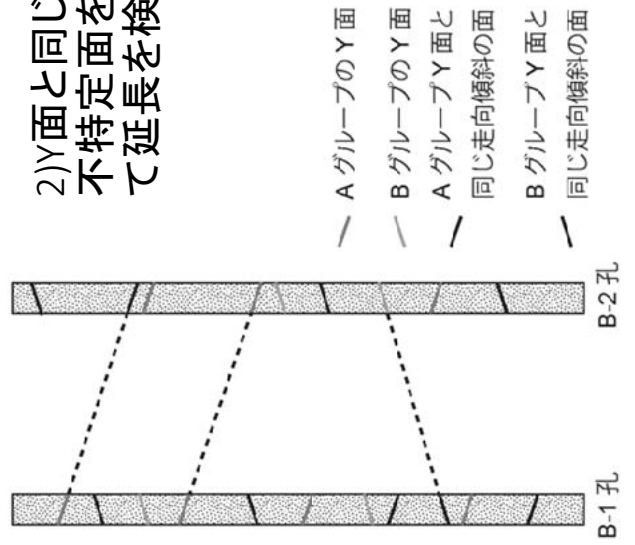
1) 特定されたY面の延長  
のみを検討する。



- AグループのY面
- BグループのY面

94

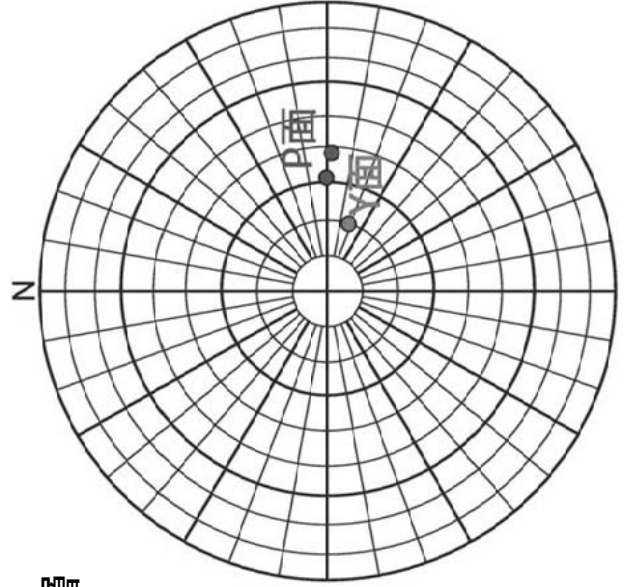
2) Y面と同じ走向傾斜の  
不特定面をY面と見なし  
て延長を検討する。



- AグループのY面
- BグループのY面
- AグループY面と  
同じ走向傾斜の面
- BグループY面と  
同じ走向傾斜の面

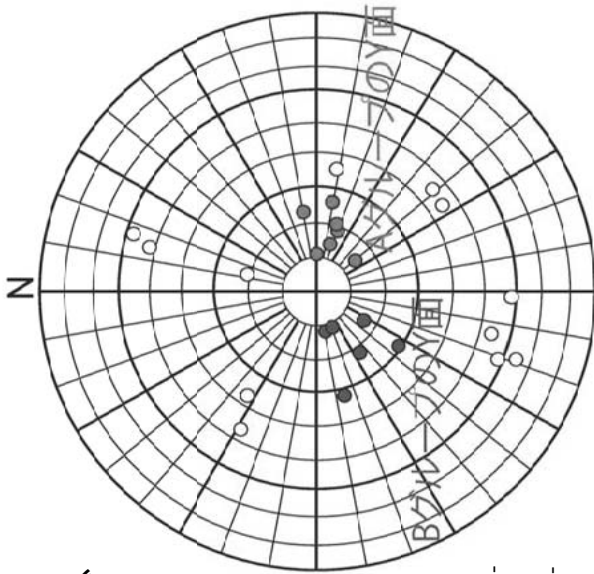
95

個別の断層  
の面構造

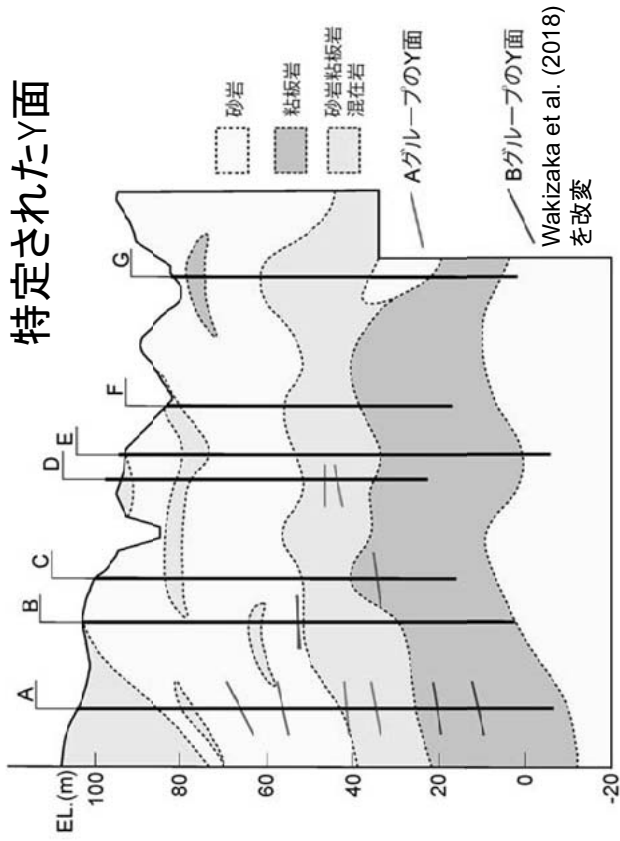




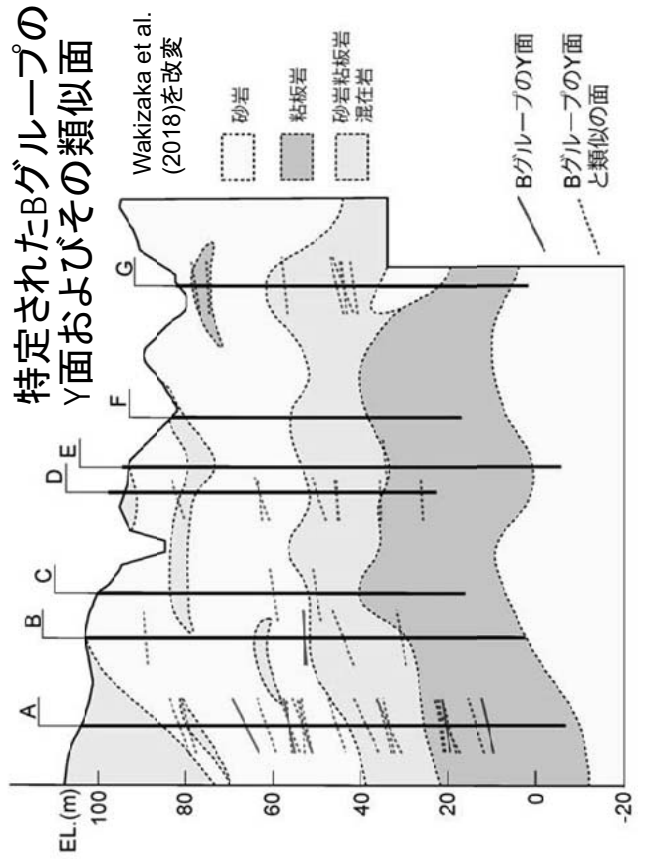
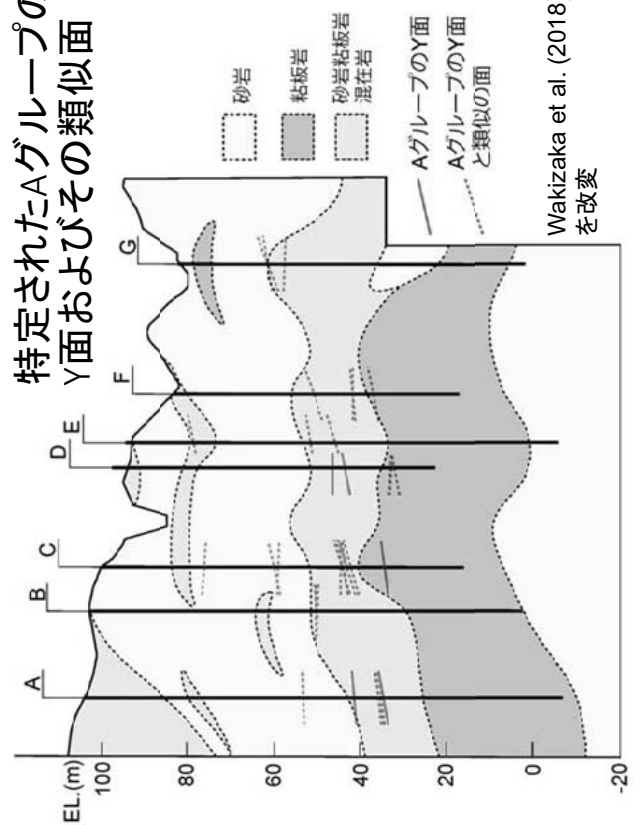
# Y面の グループピング



Aグループ: 走向N10° W-  
N60° E, 傾斜30° 以下  
Bグループ: 走向N10° W-  
N60° W, 傾斜32° 以下

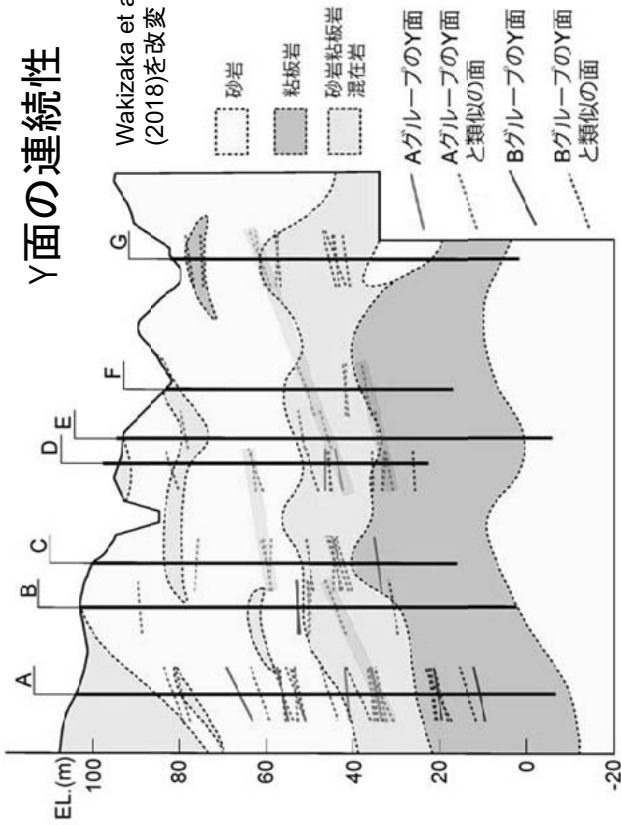


# 特定されたAグループの Y面およびその類似面



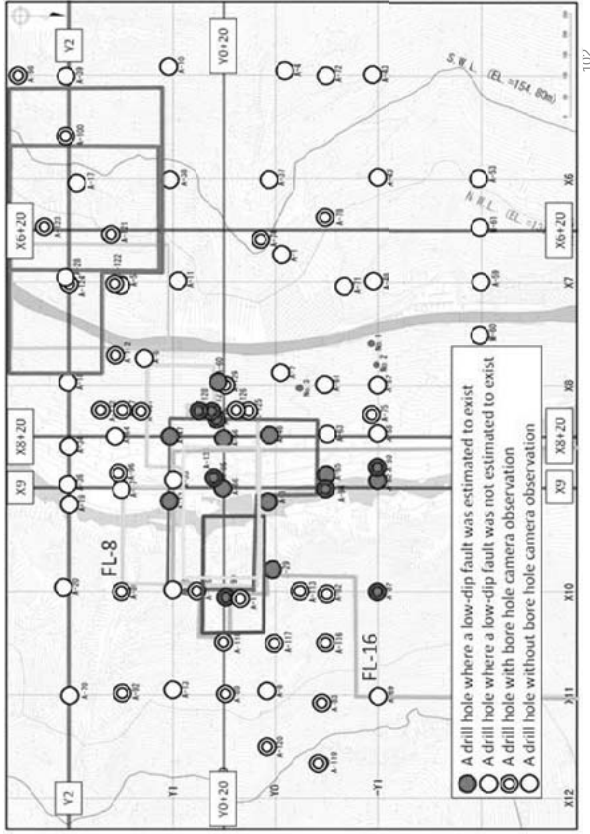
## Y面の連続性

Wakizaka et al.  
(2018)を改変



## 4. まとめ

- 断層分布・連続性の調査精度が低い一因として、断層には複合面構造が存在するため、断層と壁岩との境界面が必ずしも断層の伸長方向を表しているとは限らないことがある。
- 断層の連続性を的に推定するためには、断層の伸長方向を表しているY面を認める必要がある。
- 条件が整えば、高品質ボーリングコアからPフオリエーションを認定することによって、断層の伸長方向を表すY面に関する情報を得ることができる。



- 高品質ボーリングコアおよびボアホールカメラ画像から得られたY面の走向傾斜を用いることによって、断層の連続性を的に把握することができる。

ボーリング業者の皆様には、常日頃、高品質のボーリングコアを採取していただき、誠にありがとうございます。

皆様のご尽力なくしては、精度良い土木地質調査は不可能です。

厚く感謝申しあげます。

これからもどうぞよろしくお願い申しあげます。

105

- 木村学・山口飛鳥(2009):3-2 四万十付加体、木村学・木下正高編、付加体と巨大地震発生帯、東京大学出版会、pp. 134-147.
- McClay, (1987): *The mapping of geological structures*, Geological Society of London, Handbook Series, Open University Press, Milton Keynes, 161p.
- Riedel, W. (1929): Zur Mechanik geologischer Brucherscheinungen: ein Beitrag zum Problem der "Fiederspälten", *Zentralblatt für Mineralogie, Geologie, und Palaeontologie*, Abt B, pp. 354-368.
- Sibson, R.H. (1977): Fault rocks and fault mechanisms, *Journal of Geological Society London*, Vol. 133. pp. 191-213.
- Tchalenko, J. S. (1970): Similarities between shear zones of different magnitudes, *Geological Society of America Bulletin*, 81, pp. 1625-1639.

107

## 引用文献

- Bartlet, W. L. (1980): Experimental wrench faulting at confining pressure, *M. S. thesis, Texas A&M Univ.*, College Station, Tex.
- Chester, F. M., Friedman, M. and Logan, J. M. (1985): Foliated cataclases, *Tectonophysics*, Vol. 111, pp. 139-146.
- 藤原明敏(1971): 地すべり機構解明のための地質判定について、地すべり、8巻、2号、pp. 11-15.
- Higgins, M. W. (1971): Cataclastic rocks, *U. S. Geological Survey Professional Paper*, No. 687, 97p.
- 星野一男・加藤碩一・田中莊一・小俣 明・森口安宏・服部昌樹・今村哲己(2001): 本邦岩石の深部物性データ集、産業技術総合研究所地質調査総合センター、479p.
- Imai and Issiki eds. (1982): *Geological map of Japan*, 1:5,000,000 (4th ed). Geological Survey of Japan.

106

- 脇坂安彦(2013): 地すべり移動体中に残存する造構起源の断層、平成25年度研究会講演論文集、日本応用地質学会、pp.
- Wakizaka, Y. (2013): Characteristics of crushed rocks observed in drilled cores in landslide bodies in accretionary complexes, *Tectonophysics*, Vol. 605, pp.114-132.
- 脇坂安彦(2015): 土木地質のための地盤のモデル化とその留意点、平成27年度シンポジウム予稿集、土木地質図の信頼性に関する課題と対策、pp. 9-20.
- 脇坂安彦(2016): 地すべり移動体における特徴的な破砕岩—地すべり起源と造構断層起源の破砕岩の識別—、日本地すべり学会誌、53巻、pp.
- 脇坂安彦・上妻睦男・綿谷博之(2009): 地すべり土塊を特徴付ける角礫岩、平成21年度研究会発表会講演論文集、日本応用地質学会、pp.41-42.

108

- 脇坂安彦・上妻睦男・綿谷博之・豊口佳之(2012): 地すべり移動体の特徴づける破砕岩一四万十帯の地すべりを例として一、応用地質、52巻、pp.231-247.
- 脇坂安彦・梶山敦司・綿谷博之・上妻睦男(2017): 複合面構造を考慮した断層の連続性の検討、平成29年度研究会発表会講演論文集、日本応用地質学会、pp. 152-155.
- Wakizaka, Y., Kajiyama, A., Watatani, H. and Kozuma, M. (2018): Estimation of continuity of a fault based on composite planar fabric, *IAEG/AEG Annual Meeting Proceedings, San Francisco, California, 2018*, Vol. 4, pp. 25-32.
- 山根 誠・山田政典・仙石昭栄・脇坂安彦・赤松薫(2013): すべり面粘土と断層ガウジを識別する複合面構造一秩父帯の地すべりを例として一、平成25年度研究会講演論文集、日本応用地質学会、pp. 193-194.
- 山根 誠・山田政典・仙石昭栄・脇坂安彦・赤松薫(2015): すべり面粘土と断層ガウジを識別する複合面構造一秩父帯の地すべりを例として一、応用地質、56巻、pp. 94-104.

109

## 一般講演

- 地震による大規模岩盤すべり直後の地質調査～日高幌内川～ ..... 29  
株式会社ドーコン 地質部  
技師長 富岡 敬
- 北海道胆振東部地震で発生した地盤災害 ..... 43  
北海道立総合研究機構 地質研究所  
主査 廣瀬 亘
- ニセコ東部地区の温泉開発 ..... 53  
株式会社アクアジオテクノ 技術部  
課長 藤井 浩詞



# 地震による大規模岩盤すべり直後の地質調査

## ～日高幌内川～

### 地質調査業協会総括 による地質調査

#### 講演内容

1. 地震により日高幌内川で発生した大規模岩盤すべりの概要

2. 地質調査の概要

3. 調査の目的・位置・数量

4. 地質調査の条件 ～「品質・精度」と「工程」の優先度～

5. 地質調査の実際（苦労話と課題）

5.1 ボーリング掘削：「コアの品質」と「掘進速度」

5.2 孔壁観察（ポアホールカメラ観察）：「必要性」と「工程への影響」

5.3 検層（PS検層、密度検層）：「孔壁保護（ケーシング）」と「精度」

5.4 透水試験：「孔壁保護（泥水の利用）」と「試験の必要性、精度」

6. 工程管理

6.1 工事との調整

6.2 河道閉塞に伴う貯水域の拡大

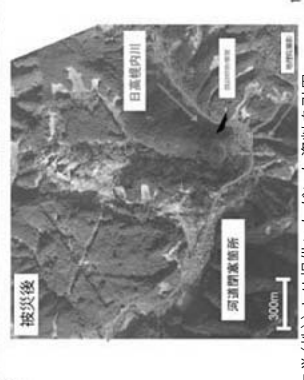
6.3 凍結・積雪

7. 安全管理 ～再滑動や崩壊などの危険性に対する意識～

8. 調査体制 ～調査各社の協力意識・情報共有～

# 1. 地震により日高幌内川で発生した大規模岩盤すべりの概要

## 1. 地震により日高幌内川で発生した大規模岩盤すべりの概要



解析担当会社（日本工営（株））より提供いただいた資料を引用

1. 地震により日高幌内川で発生した大規模岩盤すべりの概要



日高幌内川の右岸側の長さ約1,000m、幅約500mにわたる尾根部が、地震により約500m滑動し、河川を閉塞させた。  
閉塞部の高さは40~50m程度で、河川を埋めた土塊は長さ700~800mにわたる。

9月6日撮影

解折担当会社(日本工営(株))より提供いただいた資料を引用

河道閉塞、天然ダム周辺の状況  
(下流→上流方向)



旧河道はこの付近?

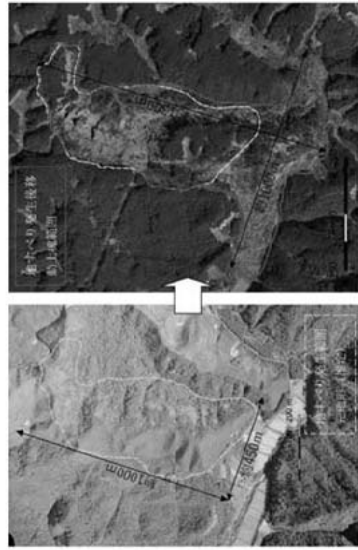


図 3.3 地すべり移動土塊の被災前後の分布範囲図

【写真左: 国土地理院撮影 (1975.9) 写真右: 国土地理院撮影 (2018.9 被災直後)】

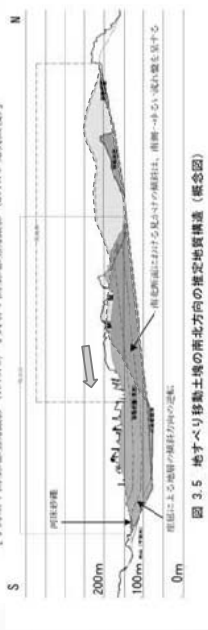
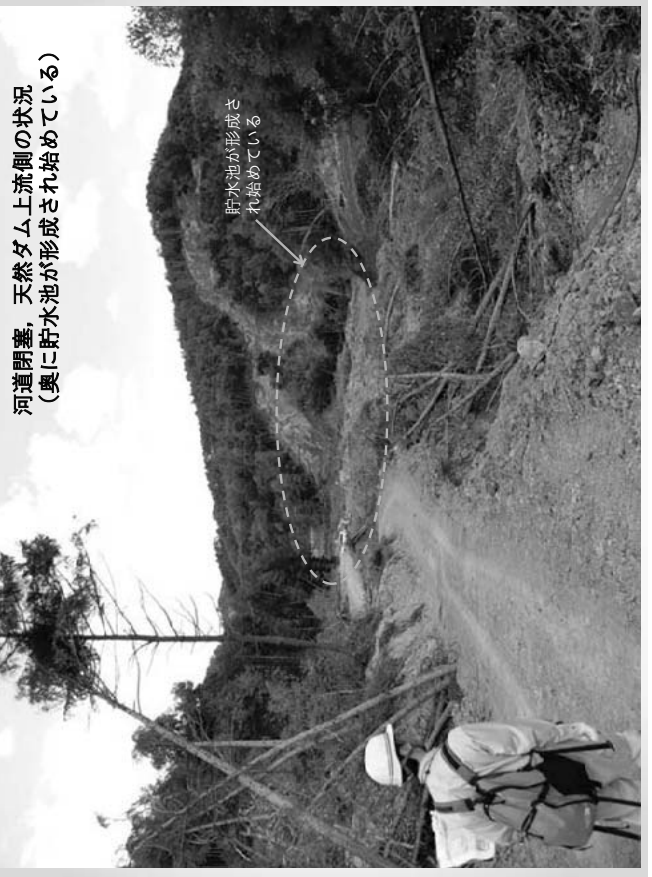


図 3.5 地すべり移動土塊の南北方向の推定地質構造 (概念図)

解折担当会社(日本工営(株))より提供いただいた資料を引用

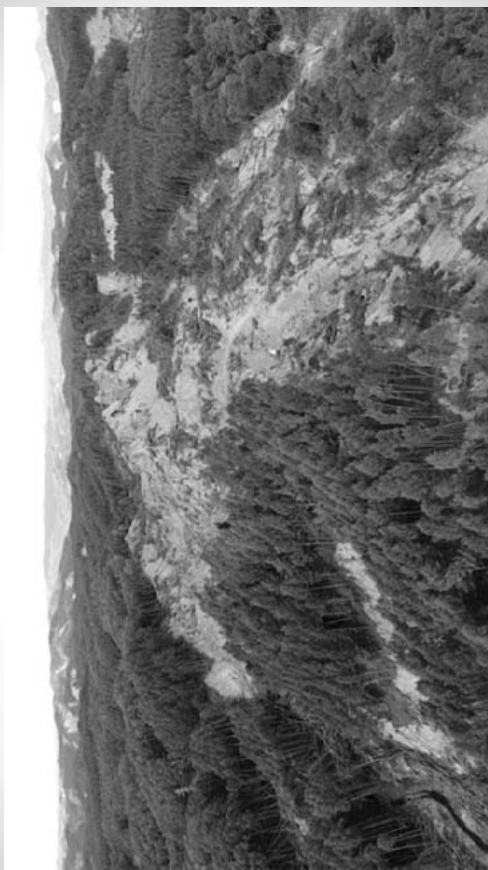


河道閉塞、天然ダム上流側の状況  
(裏に貯水池が形成され始めている)

貯水池が形成され始めている



滑落崖方向の状況（ドローン空撮）



•

•

河道閉塞，天然ダム付近の状況  
（右岸側→左岸側方向：ドローン空撮）



貯水池が形成され始めている

•

•

河道閉塞，天然ダム周辺の状況  
（下流→上流方向ドローン空撮）



旧河道はこの付近？

•

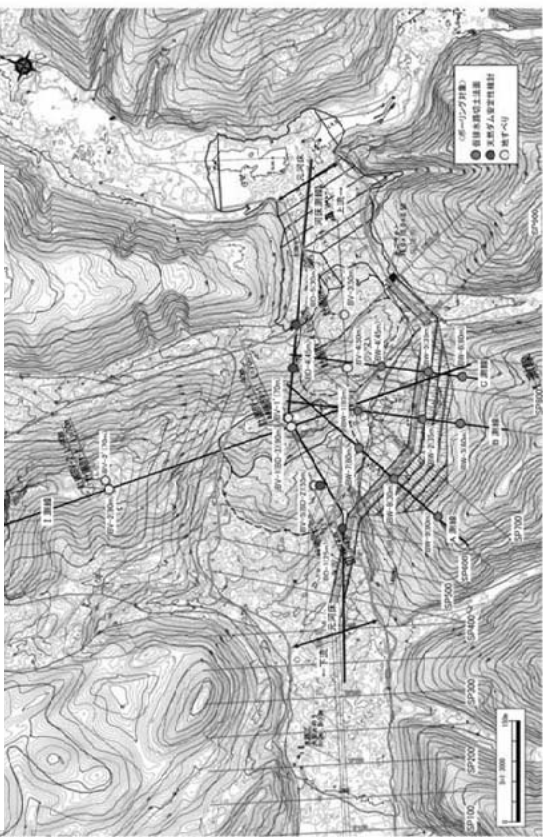
•

## 2. 地質調査の概要

•

•

### 天然ダム、閉塞箇所周辺では17箇所34孔のボーリング調査を計画



「ボーリング等地質調査計画案：日本工営(株) H30.9.21より引用

### 3. 調査の目的・位置・数量

#### ①天然ダム地質調査計画

- 天然ダムの安定性検討をする基礎資料とするため、天然ダム上下流方向の「天然ダムの性状・物性値」、「地下水状況」および「地山の地質状況」の確認を目的としてボーリング調査を実施する。



「ボーリング等地質調査計画案：日本工営(株) H30.9.21より引用

#### ②仮排水路切土法面地質調査計画

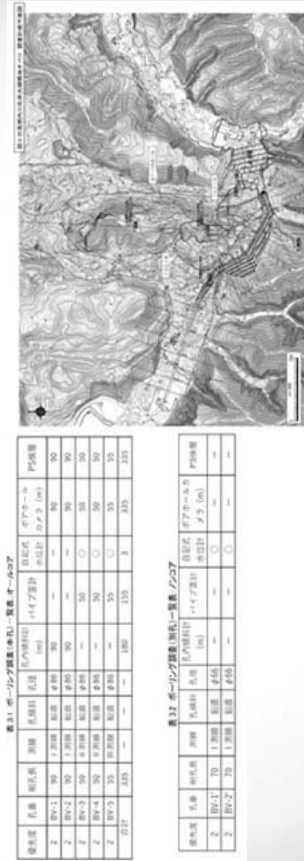
- 仮排水路設置における、天然ダムピーク箇所の掘削除去および法面掘削に向けて「天然ダムの性状・物性値」、「地下水状況」および「地山の地質状況」の確認を目的としてボーリング調査を実施する。



「ボーリング等地質調査計画案：日本工営(株) H30.9.21より引用

### ③地すべり地質調査計画

- 天然ダムを形成している地すべり斜面の安定度を検討するため、ボーリング調査を行う。



「ボーリング等地質調査計画案：日本工営(株) H30.9.21より引用

### 4. 地質調査の条件

### 地質調査の条件 その1 「工程」

- 5月の融雪出水時期までに仮排水路の施工を完了する必要がある
- 仮排水路関連の調査を待って施工が始まるため、最優先で仮排水路関連調査を完了する必要がある。
- 9箇所18孔, 705m (予定)

→ 北海道地質調査業協会を通じて、ボーリング掘削7社、検層やボアホールカメラ観察を含め合計9社の協力で地質調査を実施

### 地質調査の条件 その2 「品質と精度」

- すべり面の性状を確認できるように、可能な限り良好な品質でコアを採取する必要がある。特に地滑り調査を対象とする箇所。
- ボアホールカメラ観察対象孔では、すべり面付近を対象に可能な限り観察を実施する。・11箇所11孔, 605m (予定)

→ φ66mm孔をノンコアコア有りとし、これをパイロット孔として事前にコア状況を把握し、φ86mm孔で良好な品質のコアを採取する方針

「相反する条件」の中で、調査を開始!

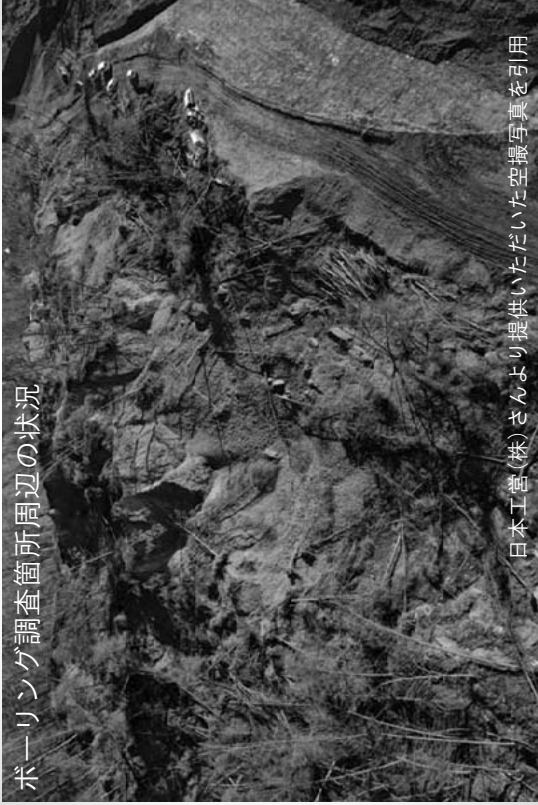
### 【1月17日時点】

- φ66mm別孔+φ86mm本孔の総計40孔中39孔(総掘進長のうち98%)が掘削終了。

番号	調査対象	孔番号	掘削長さ	掘削日数	掘削率	状況	検層	ボアホールカメラ	観察	検層	ボアホールカメラ	観察	掘削長さ	掘削日数	掘削率	状況	掘削長さ	掘削日数	掘削率	状況
1	地すべり	101-1	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
2	地すべり	101-2	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
3	地すべり	101-3	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
4	地すべり	101-4	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
5	地すべり	101-5	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
6	地すべり	101-6	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
7	地すべり	101-7	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
8	地すべり	101-8	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
9	地すべり	101-9	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
10	地すべり	101-10	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
11	地すべり	101-11	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
12	地すべり	101-12	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
13	地すべり	101-13	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
14	地すべり	101-14	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
15	地すべり	101-15	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
16	地すべり	101-16	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
17	地すべり	101-17	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
18	地すべり	101-18	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
19	地すべり	101-19	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
20	地すべり	101-20	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
21	地すべり	101-21	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
22	地すべり	101-22	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
23	地すべり	101-23	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
24	地すべり	101-24	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
25	地すべり	101-25	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
26	地すべり	101-26	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
27	地すべり	101-27	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
28	地すべり	101-28	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
29	地すべり	101-29	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
30	地すべり	101-30	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
31	地すべり	101-31	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
32	地すべり	101-32	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
33	地すべり	101-33	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
34	地すべり	101-34	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
35	地すべり	101-35	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
36	地すべり	101-36	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
37	地すべり	101-37	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
38	地すべり	101-38	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
39	地すべり	101-39	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了
40	地すべり	101-40	20	20	100%	掘削完了	〇	〇	〇	〇	〇	〇	20	20	100%	掘削完了	20	20	100%	掘削完了

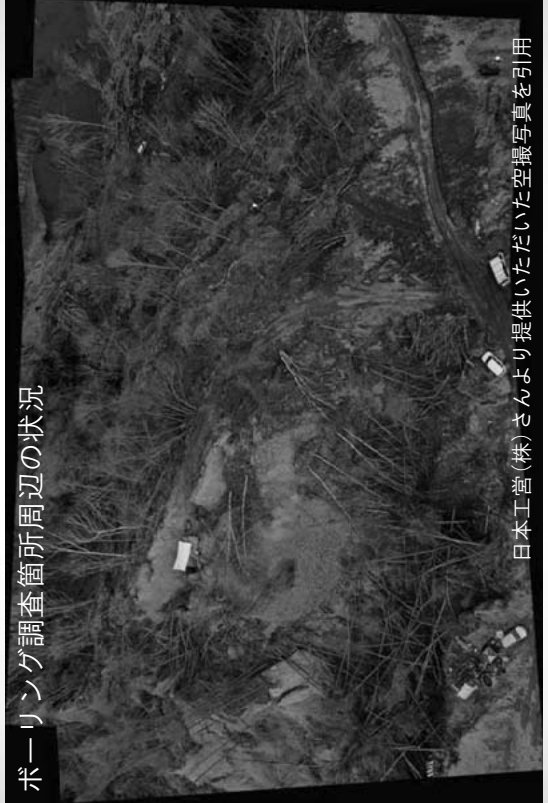
## 5. 地質調査の実際（苦労話と課題）

ボーリング調査箇所周辺の状況



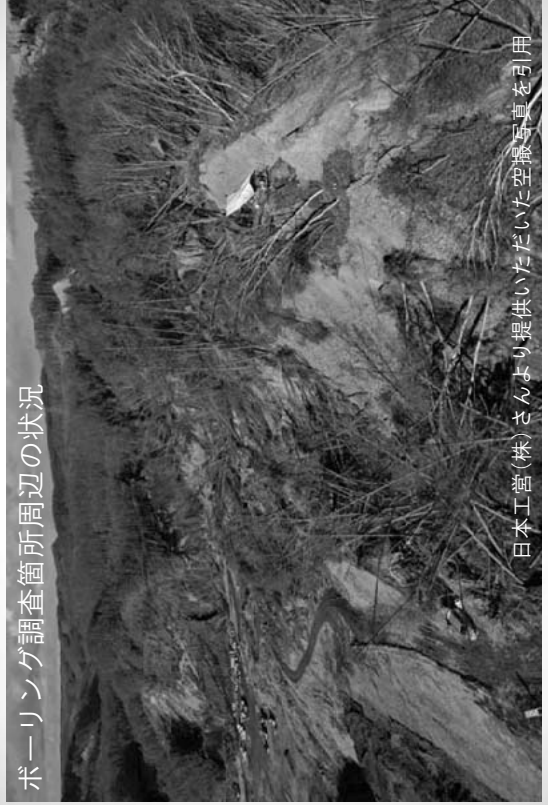
日本工営(株)さんより提供いただいた空撮写真を引用

ボーリング調査箇所周辺の状況



日本工営(株)さんより提供いただいた空撮写真を引用

ボーリング調査箇所周辺の状況



日本工営(株)さんより提供いただいた空撮写真を引用

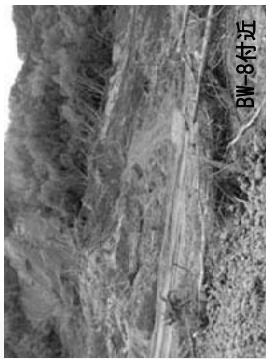
取付道路、調査ヤードの状況：施工業者による造成  
 →搬入作業においてほぼ苦勞することはなかった



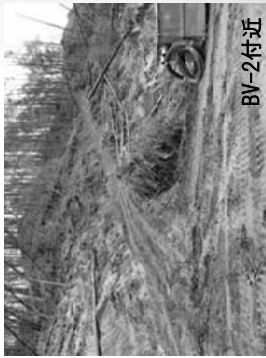
BW-5付近



BW-2付近



BW-8付近



BW-2付近



運搬路造成前 (BV-2)



運搬路造成後 (BV-2)

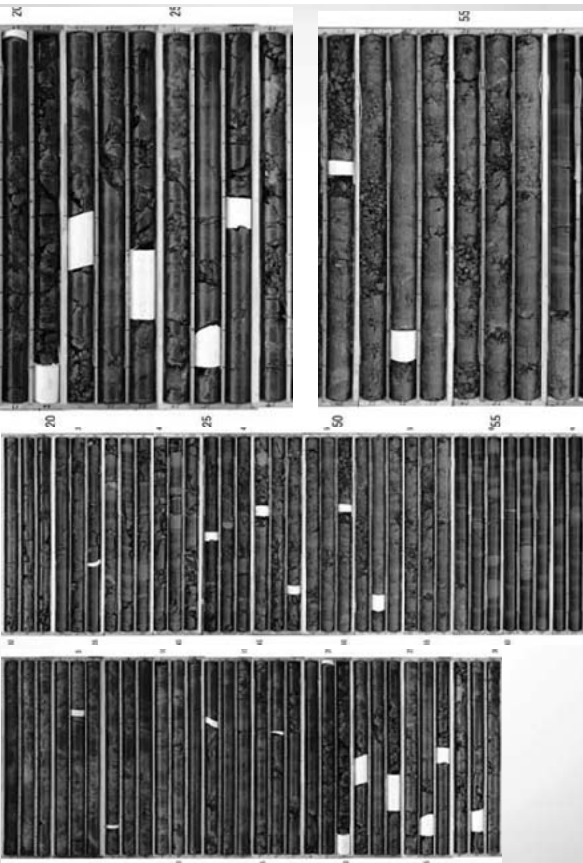
## 5.1 ボーリング掘削：「コアの品質」と「掘進速度」

既往の一般的な貯水池地すべり調査における高品質コア



破砕部においてもコアはほぼ密着した状態で、空隙はわずか

今回の日高幌内川地すべり調査における高品質コア



空隙が多く、破砕部において部分的にコアのばらけた状態が目立つ。

高品質コアでの比較：一般的な貯水池地すべり調査と今回の日高幌内川



一般的な貯水池地すべり調査

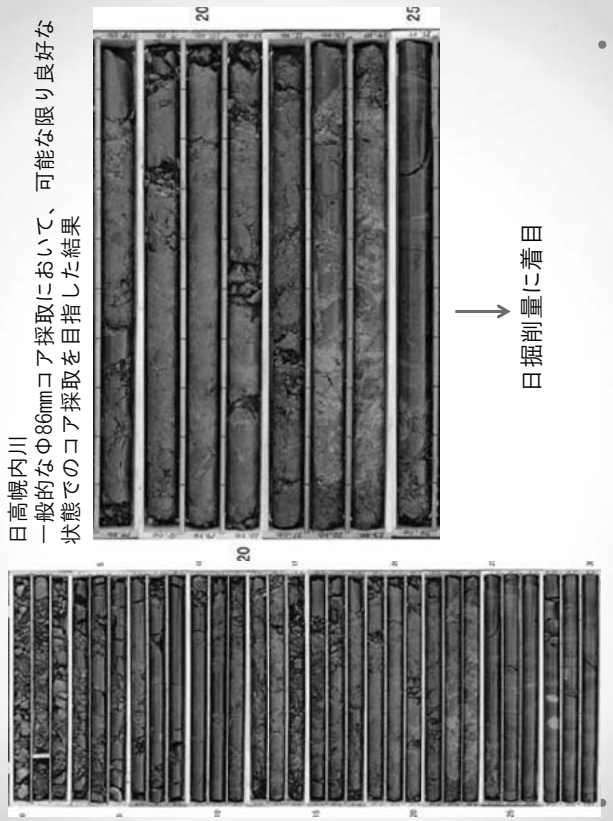
破砕部においてもコアはほぼ整った状態で、空隙はわずか

日高幌内川地すべり調査

空隙が多く、破砕部において部分的にコアのばらけた状態が目立つ

日高幌内川

一般的なφ86mmコア採取において、可能な限り良好な状態でのコア採取を目指した結果



日掘削量に着目

日掘削量の比較

対象	日掘削量 (m)	採取位置	掘削方法		掘削量 (m)	採取位置	掘削方法
			掘削方法	掘削量 (m)			
高品質コア採取	20	20.00~20.10	高品質コア採取	0.10	20.00~20.10	高品質コア採取	0.10
	25	25.00~25.10	高品質コア採取	0.10	25.00~25.10	高品質コア採取	0.10
	50	50.00~50.10	高品質コア採取	0.10	50.00~50.10	高品質コア採取	0.10
	55	55.00~55.10	高品質コア採取	0.10	55.00~55.10	高品質コア採取	0.10
	20	20.00~20.10	高品質コア採取	0.10	20.00~20.10	高品質コア採取	0.10
	25	25.00~25.10	高品質コア採取	0.10	25.00~25.10	高品質コア採取	0.10
	50	50.00~50.10	高品質コア採取	0.10	50.00~50.10	高品質コア採取	0.10
	55	55.00~55.10	高品質コア採取	0.10	55.00~55.10	高品質コア採取	0.10
	20	20.00~20.10	高品質コア採取	0.10	20.00~20.10	高品質コア採取	0.10
	25	25.00~25.10	高品質コア採取	0.10	25.00~25.10	高品質コア採取	0.10
一般的なコア採取	20	20.00~20.10	一般的なコア採取	0.10	20.00~20.10	一般的なコア採取	0.10
	25	25.00~25.10	一般的なコア採取	0.10	25.00~25.10	一般的なコア採取	0.10
	50	50.00~50.10	一般的なコア採取	0.10	50.00~50.10	一般的なコア採取	0.10
	55	55.00~55.10	一般的なコア採取	0.10	55.00~55.10	一般的なコア採取	0.10
	20	20.00~20.10	一般的なコア採取	0.10	20.00~20.10	一般的なコア採取	0.10
	25	25.00~25.10	一般的なコア採取	0.10	25.00~25.10	一般的なコア採取	0.10
	50	50.00~50.10	一般的なコア採取	0.10	50.00~50.10	一般的なコア採取	0.10
	55	55.00~55.10	一般的なコア採取	0.10	55.00~55.10	一般的なコア採取	0.10
	20	20.00~20.10	一般的なコア採取	0.10	20.00~20.10	一般的なコア採取	0.10
	25	25.00~25.10	一般的なコア採取	0.10	25.00~25.10	一般的なコア採取	0.10

φ86mm	掘削量 (m)	掘削回数 (回)	掘削時間 (分)
全体	4.39	4	4.39
一般	4.05	4	4.05
高品質可	4.77	4	4.77
すべり面上(55m区間)	3.47	4	3.47

一般のコア採取(高品質コア採取に精通した業者によらない)では、すべり面付近における1日あたりの掘進長は1~2mとなっていることが多い

## 5.2 孔壁観察 (ポアホールカメラ観察)

：「必要性」と「工程への影響」

### ポアホールカメラ観察の必要性：目標

- ・ 土塊の緩み状態、すべり面の性状、基礎岩盤の構造など、可能な限り全体を観察したい
- ・ 少なくとも、すべり面付近（すべり面から上位5m程度）は確認したい

### 実態は？ (現場の条件)

- ・ 孔壁のゆるみ著しく、維持できないため保孔（ケーシング挿入）が必要
- ・ そのたびに、観察を実施すると工程が遅れる
- ・ 孔壁の崩れにより、カメラが挿入不可もしくは回収不可の恐れ
- ・ 観察は基本的に専門業者に依頼するが、常駐は不可能。カメラ保有会社の機材を現場に常置したが、すべての対応は不可能

→ 観察実施の可否は担当会社の担当者およびボーリングオペレーターの判断に任せる

### 結果は？

- ・ 数量は大幅に減少となった
- ・ なんとか、各孔ともすべり面付近の観察は実施できた

## 5.3 検層 (PS検層, 密度検層)

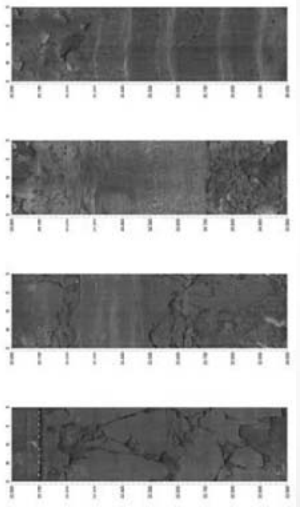
：「孔壁保護 (ケーシング)」と「精度」

### 【観察数量等一覧】

孔番号	孔径	観測深度 (m)	観測長さ (m)	観測回数 (回)	備考
BD-1	φ86	25	25	1	未実施(予定)
BD-4	φ86	50	46	2	すべり面付近
BD-5	φ86	30	30	6	すべり面付近
BW-1	φ86	60	65	1	すべり面付近
BW-4	φ86	45	35	5	すべり面付近
BW-7	φ86	70	65	3	すべり面付近
BV-1	φ86	90	90	2	すべり面付近
(BD-3)	φ86	90	90	7	
BV-2	φ86	90	90	2	
BV-3	φ86	50	50	2	
BV-4	φ86	50	60	2	
BV-5	φ86	55	55	2	
(BD-2)	φ86	615	621	32	
11FL		615	605	18651	-383.49

※ 観測回数は、濡りにより観察不能だったものなども含め、実際に作業を実施した回数

### 【観察画像例】



濡んだ土塊、すべり面付近の火山灰層や砂礫、破砕部などが良好に観察できている

### 検層に関する当初計画

- ・天然ダム地質調査(BD孔)：密度検層を実施する
- ・地すべり調査(BV孔)：PS検層を実施する

### 現場の条件

- ・孔壁のゆるみ著しく維持できないため保孔(ケーシング挿入)が必要
- ・密度検層はケーシング内でも実施可能なため問題ない
- ・PS検層はケーシング内では実施不可
- ・深度70m以深でのケーシング方式でのPS検層はほぼ不可

### 対応方法

- ・ケーシング以深の裸孔区間においてPS検層を実施する
- ・深度70m以深ではガス・シジョン方式でPS検層を実施する
- ・ケーシング挿入区間の補間として、パイプト孔(地下水観測孔)のインパ管内でケーシング方式のPS検層を実施する

孔番	孔径	予定		変更		地下本観測孔(パイプ)	掘削深度	PS検層(φ86)	PS検層(φ90)	地下本観測孔(パイプ)	掘削深度	PS検層(φ86)	PS検層(φ90)	地下本観測孔(パイプ)
		掘削深度	数量	掘削深度	数量									
BD-1 (未実施)	φ86	25	25				—							
BD-1	φ86	20					20							
BD-4	φ86	50	45				51				45			
BD-4	φ86	35					45				40			
BD-5	φ86	30	30				30				30			
BD-5	φ86	20					30				30			
BV-1	φ86	90	90				90				90			
BV-1	φ86	70					70				70			
(BD-3)														
(BD-3)														
BV-2	φ86	90	90				90				90			
BV-2	φ86	70					85				85			
BV-3	φ86	50	50				50.5				50			
BV-3	φ86	45					45				45			
BV-4	φ86	50	50				60				60			
BV-4	φ86	50					60				60			
BV-5	φ86	55	55				55				50			
(BD-2)														
(BD-2)														
BV-5	φ86	45					45				45			
(BD-2)														

## 5.4 透水試験

：「孔壁保護(泥水の利用)」と「試験の必要性, 精度」

### 現場透水試験に関する当初計画

天然ダム地質調査(BD孔)仮排水路切土法面地質調査(BW孔)を対象に現場透水試験を実施する

### 現場の条件

現場透水試験実施孔の掘削は、清水掘りが原則

⇕  
孔壁のゆるみ著しく維持できないため、良質なコアの採取やボアホールカメラ観察実施のために増粘泥水剤を使用し孔壁の安定をはかりたい

### 対応方法

- パイロット孔の状況から本孔での現場透水試験位置を決定
- 現場透水試験区間の上部数mは、増粘泥水剤を使用しない(それ以外の区間では増粘泥水剤の使用可)

## 6. 工程管理

### 6.1 工事との調整



- ・幹事会社による、現場状況および工程の把握、取りまとめ報告
- ・工事業者との定例打合せ（毎日PM1:00～）
- ・各社進捗状況の報告、施工との調整、運搬路等の整備依頼など
- ・運搬路、ポンプおよび送水ホース等の配置調整
- ・倒木除去、造成等および仮排水路施工に伴う各種制限



## 6.2 河道閉塞に伴う貯水域の拡大



10月5日



11月10日



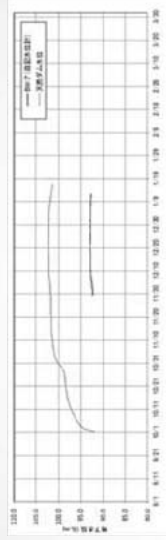
9月28日



10月28日

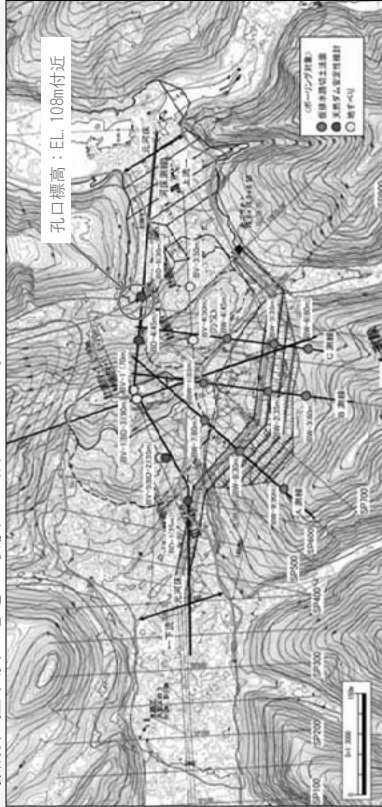


11月12日航空機より空撮（株）ドーコン人見氏撮影

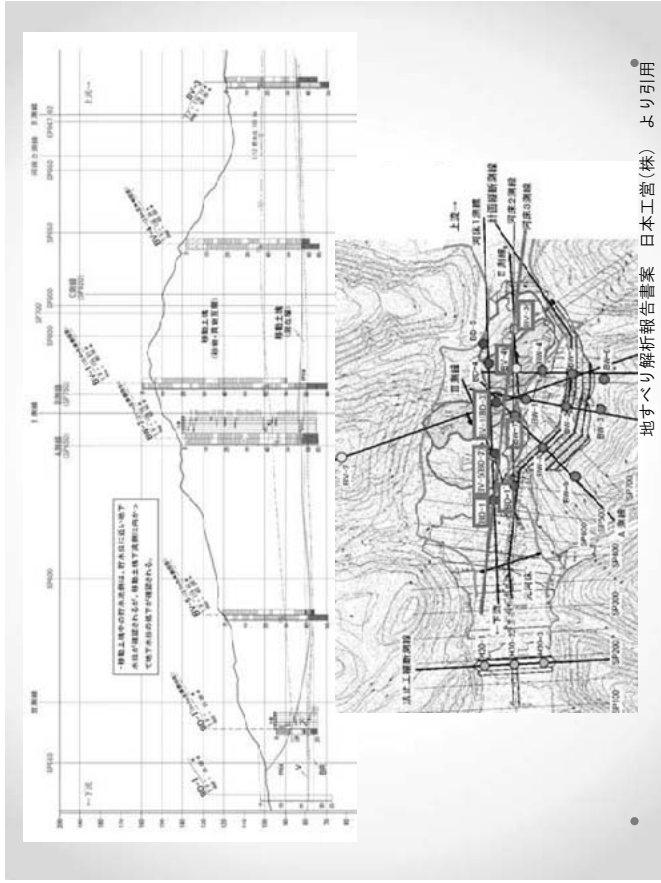


貯水位置の変動

- 【調査への影響】
- ・ポンプ設置位置水没のため、随時移動が必要
  - ・掘削位置水没の懸念：最後まで残ったBD-5孔



地すべり解析報告書案 日本工営(株) より引用。



地すべり解析報告書案 日本工営(株) より引用

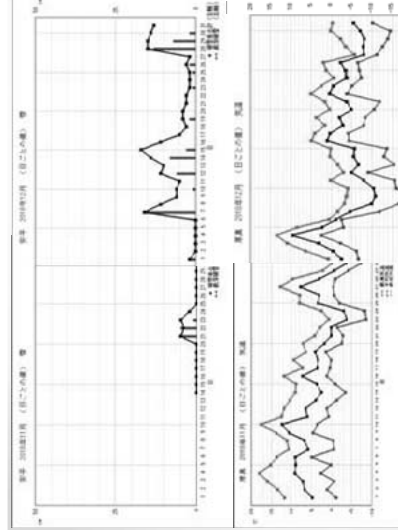
### 6.3 凍結・積雪

12月7日より本格的積雪となる。気温も同時期より日平均が氷点下、最低気温が $-10^{\circ}\text{C}$ を下回るようになる。



#### 【調査への影響】

- ・運搬路の積雪・凍結により車両の通行が困難となる
- ・気温低下時は、クローラーや重機の通行も困難となる
- ・送水ホースの凍結→夜間の水抜きが必要となる

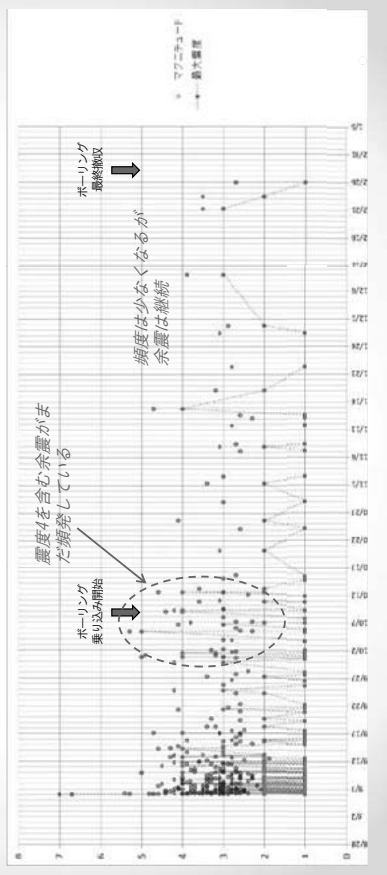


12月8日の積雪状況

## 7. 安全管理

### ～再滑動や崩壊などの危険性に対する意識～

- ・ 現地調査情報の提供
- ・ 衛星携帯電話の提供、緊急時連絡体制、情報共有
- ・ 施工会社主体の避難訓練への参加
- ・ 施工休日における現場体制（担当者社員職員の常駐、定期連絡）
- ・ 崩壊検知センサーの設置、情報共有



## 8. 調査体制

### ～調査各社の協力意識・情報共有～

- ・ 幹事社を中心とした連絡体制の構築、情報共有
- ・ 幹事社による工程管理および報告、情報共有
- ・ 共有水槽（ポンプ、送水管）の設置、持ち回りで管理・給水
- ・ 施工会社との定例打合せ（毎日13時）による情報共有

・ 現地での情報交換

・ コア運搬等の協力

・ コア観察における情報交換

・ 共同での現地踏査なども...



9月29日 合同現地確認



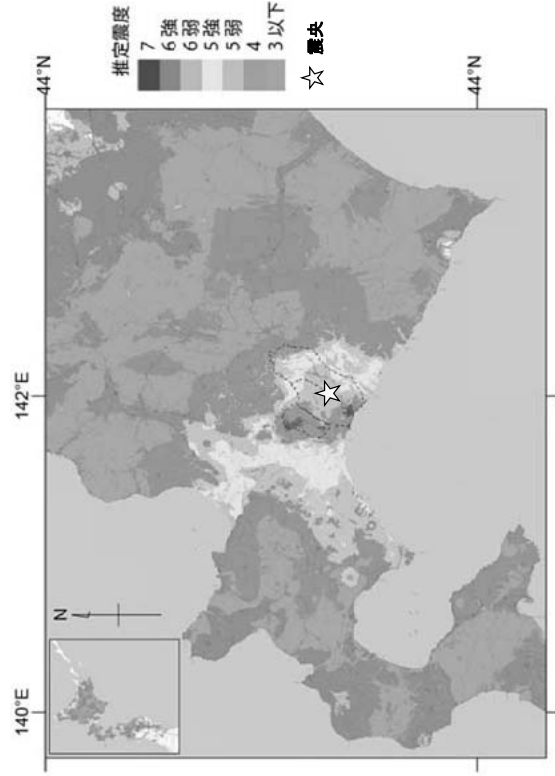
# 北海道胆振東部地震で発生した 地盤災害

北海道立総合研究機構  
環境・地質研究本部 地質研究所  
地域地質部 地質防災G  
主査 廣瀬 亘

# 北海道胆振東部地震

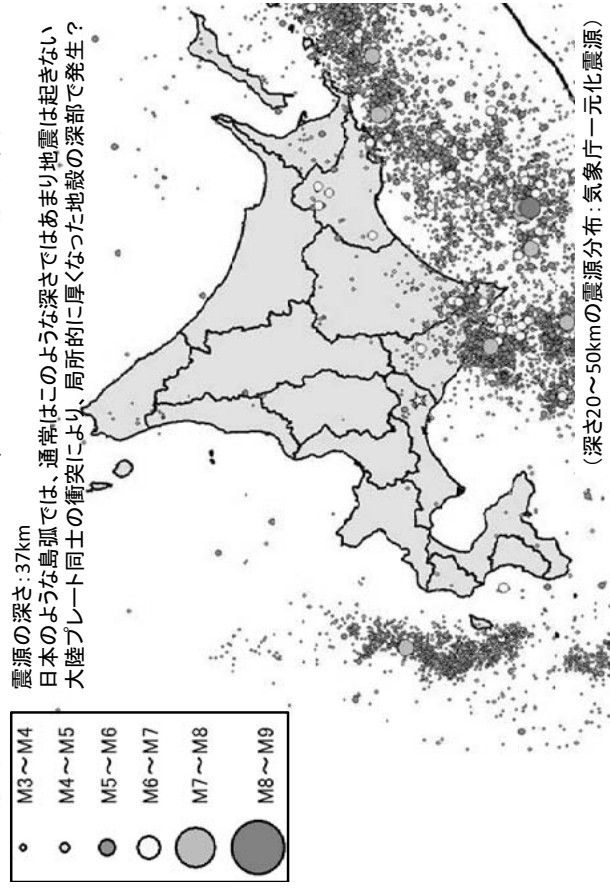
- 発生時刻：2018年9月6日03:07
- 震源の位置：胆振地方東部 深さ37km  
(通常の内陸地震にくらべ深い場所の高角逆断層が震源)
- 地震の規模：マグニチュード6.7
- 各地の震度：  
震度7：厚真町  
震度6強：安平町，むかわ町  
震度6弱：札幌市東区，千歳市，日高町，平取町
- 被害状況  
人的被害：死者41人，負傷者749人  
住家被害：全壊432棟，半壊1415棟  
その他ライフライン等に膨大な被害ブラックアウト

## 北海道の広い範囲で、強い揺れを観測



(防災科学技術研究所ウェブサイトより引用)

## 震源域周辺での、過去の地震活動



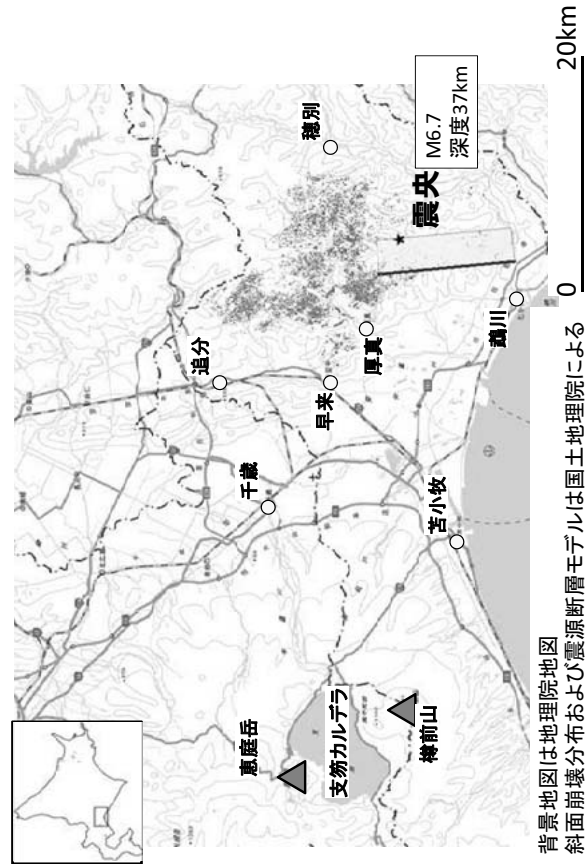
## 各地でさまざまな地盤災害が発生

- 斜面崩壊
- 地盤の液状化
- 強震動による建築物の損傷

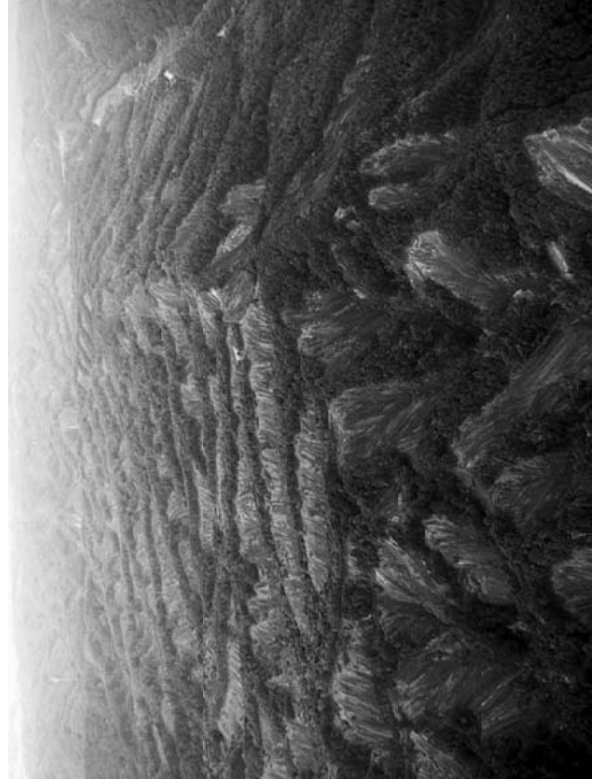


## 斜面崩壊

## 震源域と斜面崩壊発生箇所の関係



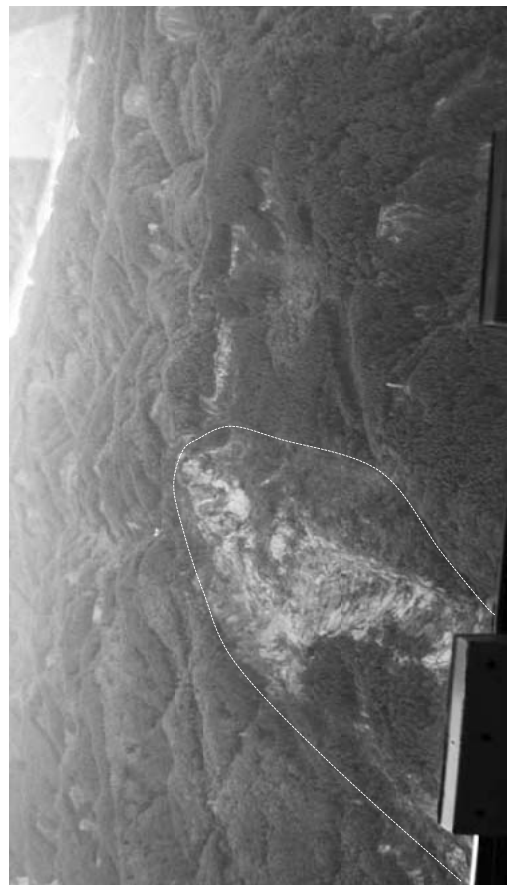
## 山腹の斜面が広範囲で崩壊



集中的に調査を実施した地点

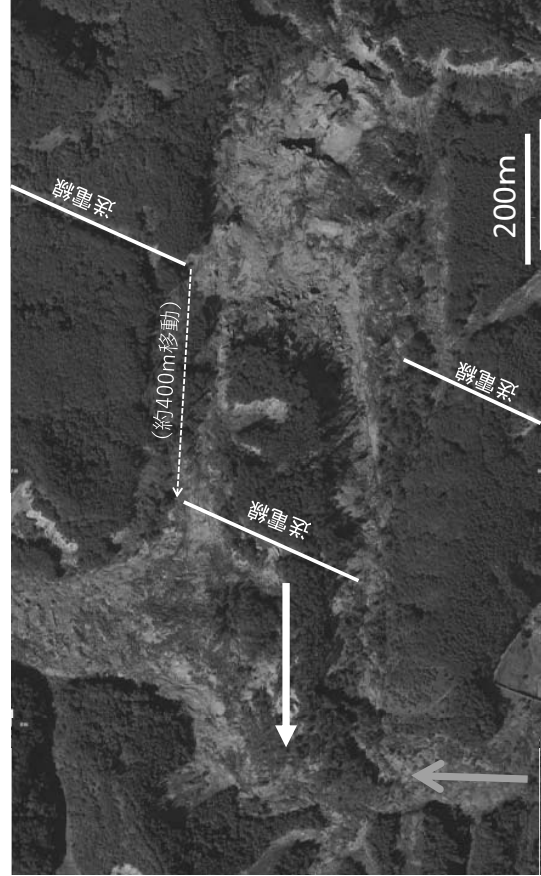


幌内地区：大規模な岩盤すべりが発生



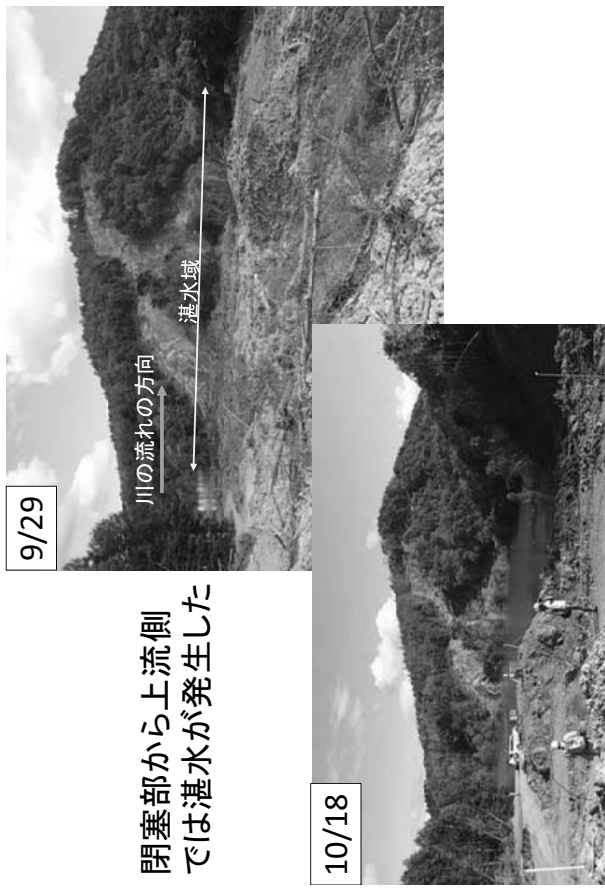
9月7日撮影

流れ盤すべりが発生、幌内川河道を閉塞



国土地理院 9/11撮影

地すべり移動体が河道を閉塞

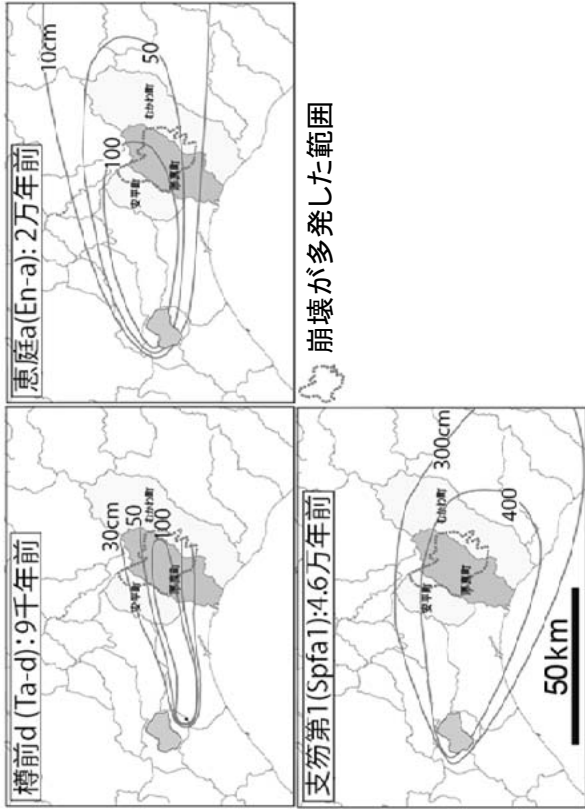


閉塞部から上流側では湛水が発生した

朝日地区：テフラ・土層すべりが発生



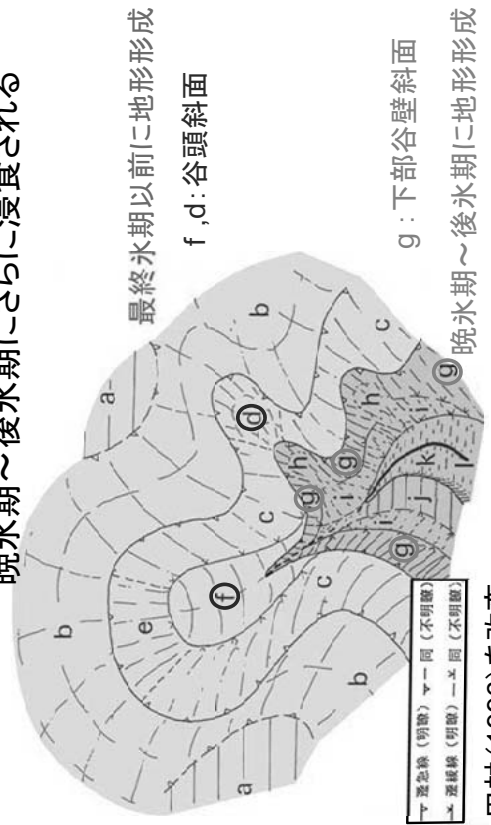
崩壊は火山灰が厚く堆積した地域で多発



崩壊が多発した範囲

### 崩壊が発生した斜面の地形

最終氷期までに形成された地形の下部が  
晩氷期～後氷期にさらに浸食される



最終氷期以前に地形形成

f, d: 谷頭斜面

g: 下部谷壁斜面

晩氷期～後氷期に地形形成

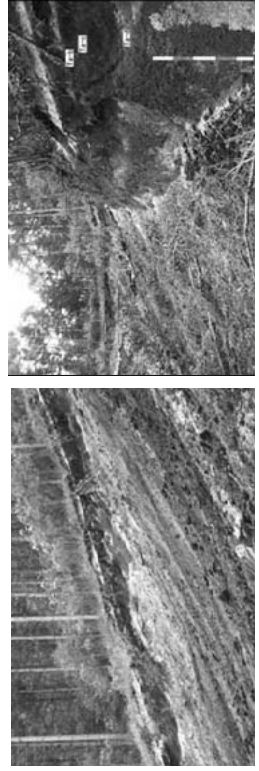
田村(1996)を改変

### 斜面の地形・地質と崩壊の関係 (一例)

斜面上部の浅い谷頭斜面: En-a以上の土層・テフラが崩落(厚真川上流)



斜面下部の谷壁斜面: Ta-d以上の土層・テフラが崩落(朝日地区)

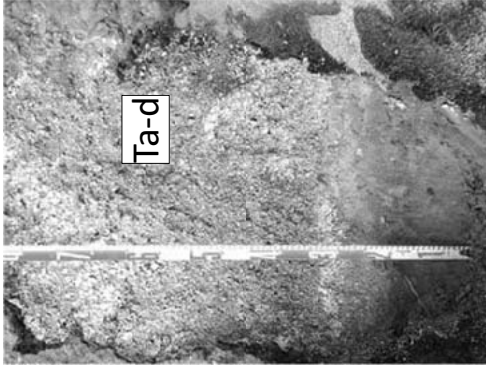




## Ta-dテフラ層底面のすべり



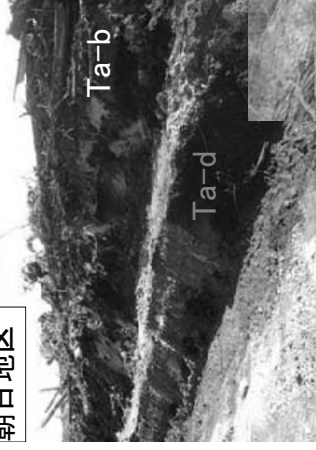
斜面堆積物を覆うTa-d下面から上がすべり落ちた。崩壊直後のすべり面は水分を含みすべり易い状態だった



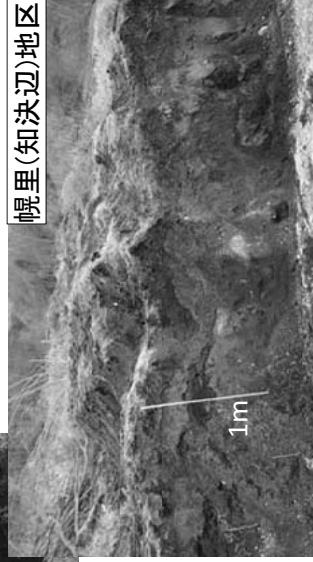
Ta-d基底部は多孔質・細粒で水を保持しやすい、破砕しやすい

## テフラ・土層すべりの移動体

朝日地区



斜面のテフラ・土層が、もとの構造を保ったまま、すべり落ちることが多い  
 流走距離が長かったり、谷地形で崩壊が起きた場合は、構造はもつと壊れていることもある



幌里(知決辺)地区

Ta-d ↓  
 Ta-d ↓

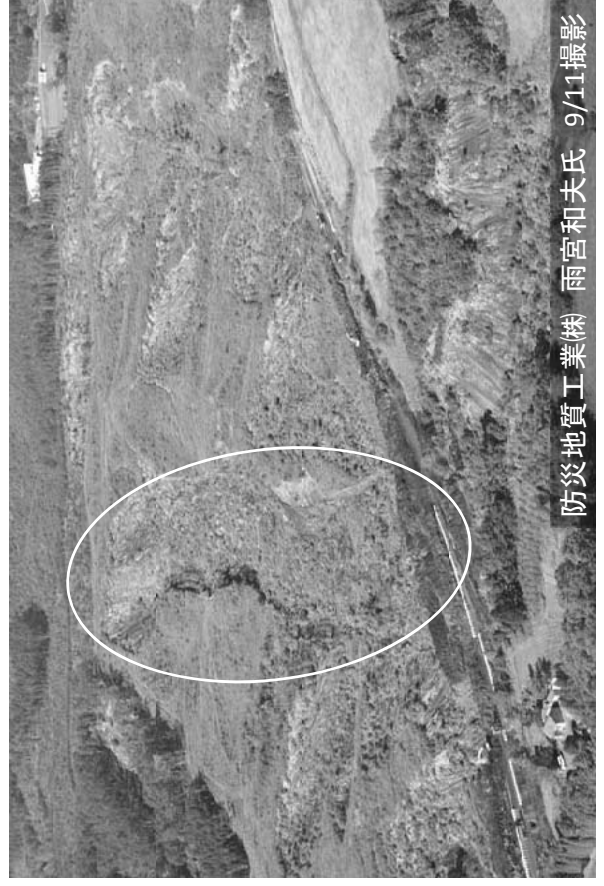
## 地震性斜面崩壊は過去にも起きていた？

4600～2500yBPIにも、Ta-d底面すべりが発生していた  
 (田近ほか, 2016)



厚幌遺跡調査 (2012)

## 本郷地区：緩斜面で土層すべりが発生



防災地質工業(株) 雨宮和夫氏 9/11撮影

## 傾斜10度以下の緩斜面で土層すべり



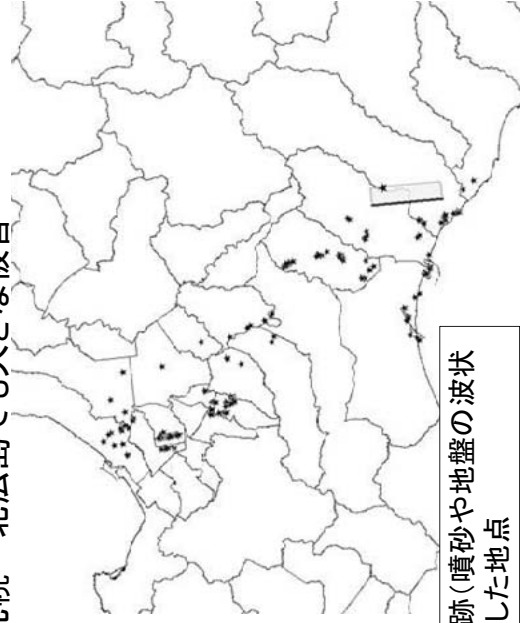
沢型の緩斜面で、テフラを含む土層が流動的に移動。  
丘陵地にはSpfa1以降のテフラ層が堆積している。

## 胆振東部地震による地すべりの特徴

- 岩盤すべり、テフラ層すべり、緩傾斜の谷底堆積物すべりなど、様々なタイプの斜面変動が発生
- 特にTa-dテフラやEn-aテフラなど厚い軽石層の底面付近にすべりが多発
- 移動体は、もとの層序構造を概ね保ちながら崩壊
- テフラ層すべりは、傾斜20-30°前後の斜面に多い。  
→テフラが厚く残る緩斜面が危険斜面

## 地盤の液状化が発生した地域

- 地震の規模に対して広い地域で発生
- 震源から遠い札幌～北広島でも大きな被害



\* 地盤液状化の痕跡(噴砂や地盤の液状変形など)を確認した地点

## 地盤の液状化

## 厚真～苫小牧周辺

- 港湾など海岸周辺の人工地盤に被害が集中
- 対策が十分に行われていた場所では被害軽微
- 旧河道（河跡湖を埋積した場所など）、道路盛土でも発生



## 厚真～苫小牧周辺

- すべての旧河道（埋積箇所）で発生しているわけではない
- 発生する／しないをわける条件は？



## 札幌周辺



## 札幌市北区～東区

- 過去に掘削工事が行われた場所や旧河道に被害が集中
- 地震後も変動が継続（していたが軽微）



## 札幌市清田区（美しが丘・清田）

- 2003年十勝沖地震で地盤液化が発生した箇所の多くで、今回も液化化を示す地盤変状が発生（美しが丘では、範囲はやや広がっている）
- 基礎杭を施工してあった建築物では被害は皆無か軽微



## 清田区里塚の地盤変状

- 地盤の陥没と土砂流出が発生
- 11月現在も変動は（減速しつつ）継続していた？



## 清田区美しが丘の変状発生箇所



## 清田区里塚の地盤変状発生域



## 地盤変状発生の時系列

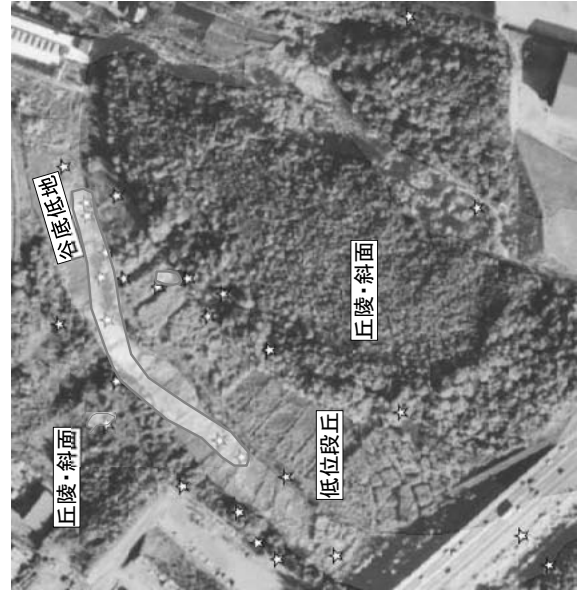
- 03:07:地震発生
- 揺れが収まった頃、住民が異音に気づき外を見たら、泥水が轟音とともに流れていた
- 揺れが収まった頃、住民が外に出たら、家がぎしぎしと音をたてて傾いていた(?)
- 公園そばの家は地震直後は目立った変状なかったが、朝になったら傾いていた
- 地震後、1週間～2ヶ月経過しても、家の傾きが増加している

## 清田区里塚地区の旧地形

- 陥没の著しかった箇所は、1980年代初頭に火砕流台地を開析する谷を埋めたところに相当



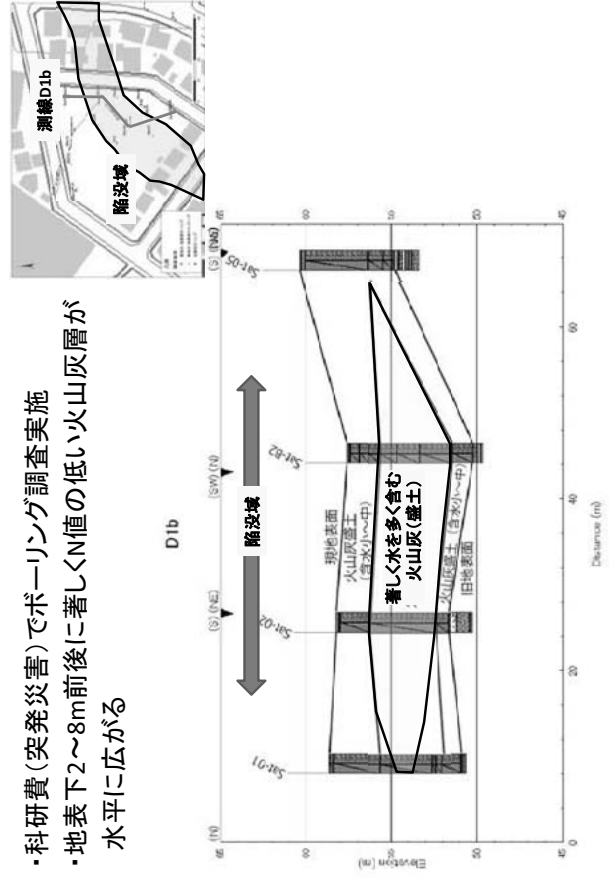
## 清田区里塚地区の旧地形



谷底低地、低位段丘、  
小さな谷地形など、  
盛土厚が厚い箇所に変状が集中

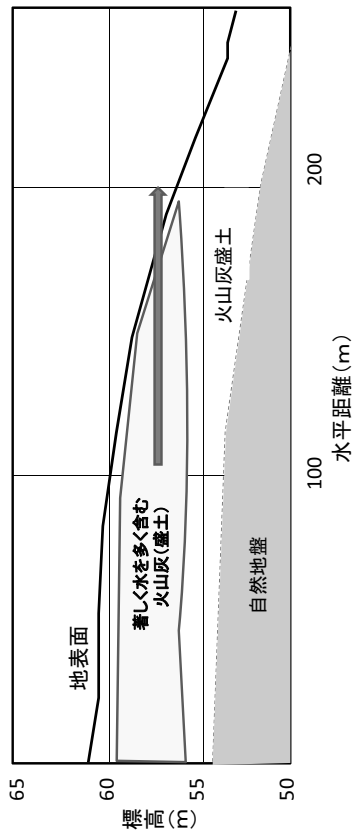
## 地下の状況（解析中）

- 科研費（突発災害）でボーリング調査実施
- 地表下2～8m前後に著しくN値の低い火山灰層が水平に広がる



## 地下の状況（解析中）

- 火山灰盛土の中部に形成された、著しく水を含む火山灰層(N値ほぼゼロ)が震動により流動化した？
- 被覆層の薄い斜面表層を破って流出？
- 噴砂は局所的だったのは、地盤表層が堅く締め固められていたため？



## 胆振東部地震による地盤液状化

- 旧河道、掘削工事箇所、高度成長期の盛土造成地など、液状化が発生しやすい条件にある箇所が目立つ
- 2003年十勝沖地震で液状化が発生した箇所は、今回も液状化している場合が多い(杭施工など対策工は効果的)
- 十勝沖地震で変状の報告がなかった里塚でなぜ大規模な地盤流動が発生したのか？は慎重な検討が必要

## ニセコ東部地区の温泉開発



平成31年2月27日

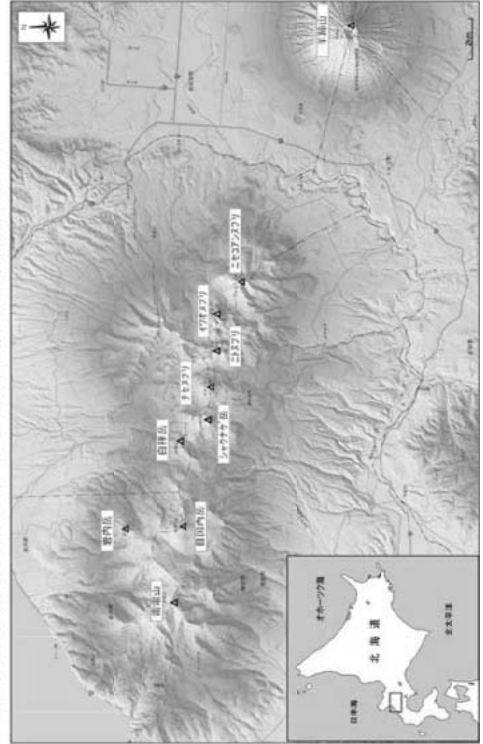
株式会社 アクアジオテクノ  
藤井 浩詞

## 本日の話題

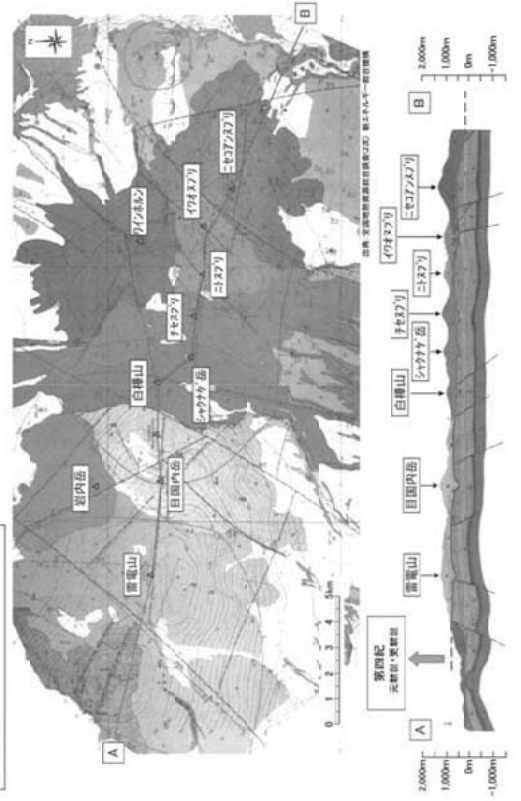
1. ニセコの火山群
2. ニセコ地区の温泉
3. ニセコ東部地区の温泉開発
4. 山田地区の温泉
5. 花園地区の温泉
6. 今後の課題
7. おわりに

### 1. ニセコ地域の火山群

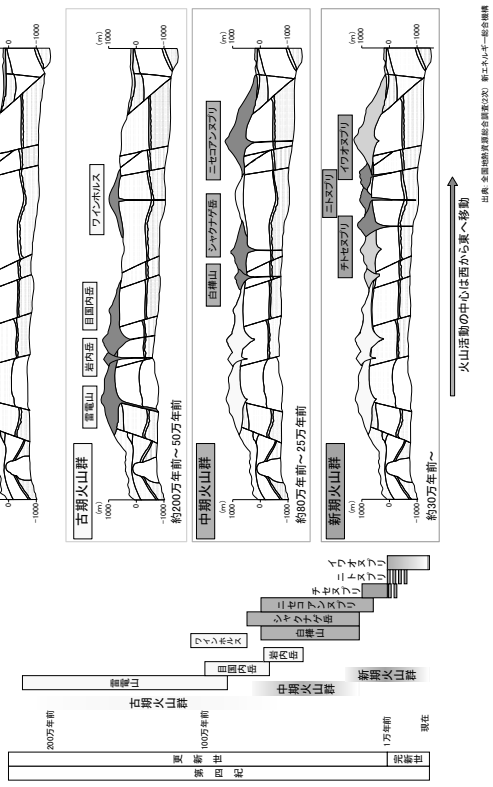
ニセコ地域は西南北海道方向にほぼ直線状に並んでいます。



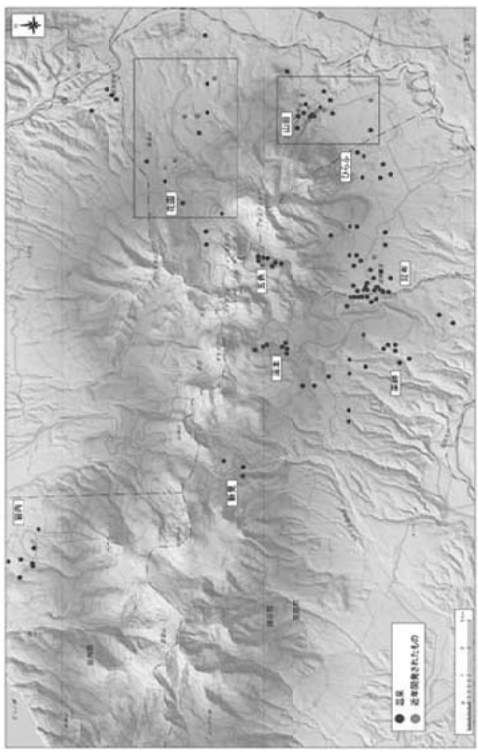
### ニセコ火山地区の火山地質図



## ニセコ火山群の火山活動史

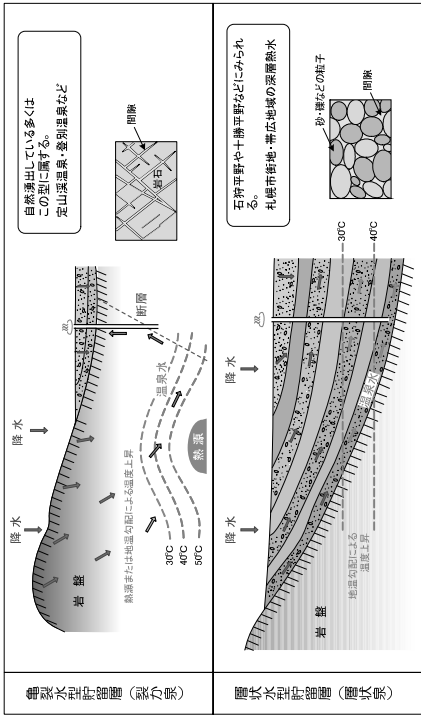


## 2. ニセコ地区の温泉



## ニセコ地区の温泉貯留形態

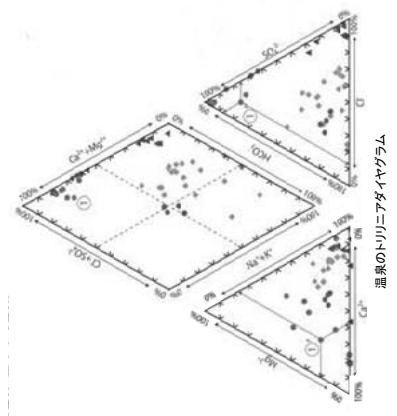
温泉貯留層の代表的な形態  
 温泉水が地下に貯留するためには、地層中に断層（すき手）が必要で、断層の集合体が温泉貯留層になっています。一般に、貯留層の形態は地層条件から熱水貯留層（熱か泉）と熱水貯留層（熱か泉）の2つのタイプに分かれます。ニセコ地区では、熱か泉、断層、熱か泉と断層の混合タイプが存在するといわれています。



## ニセコ地区の温泉の泉質

ニセコ地域の温泉を泉質に基づいて温泉の起源を分類すると、大きく3つのタイプに分類されます。

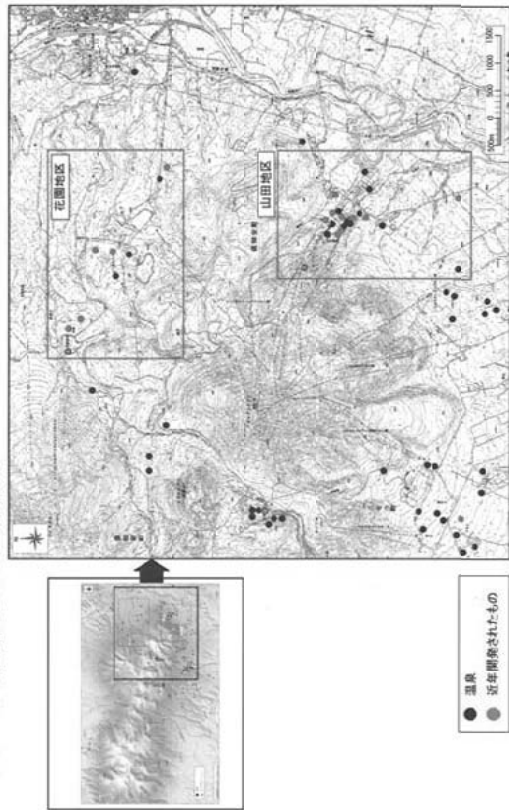
- 火山の影響が大きい温泉
- ◆ 降水(雨や雪)などが地下に浸透している間に  
温められた温泉
- ▲ 昔の海水などが地層中にとどまっている間に  
温められた温泉
- 湧水



出典: ニセコ火山 北海道立総合研究機構

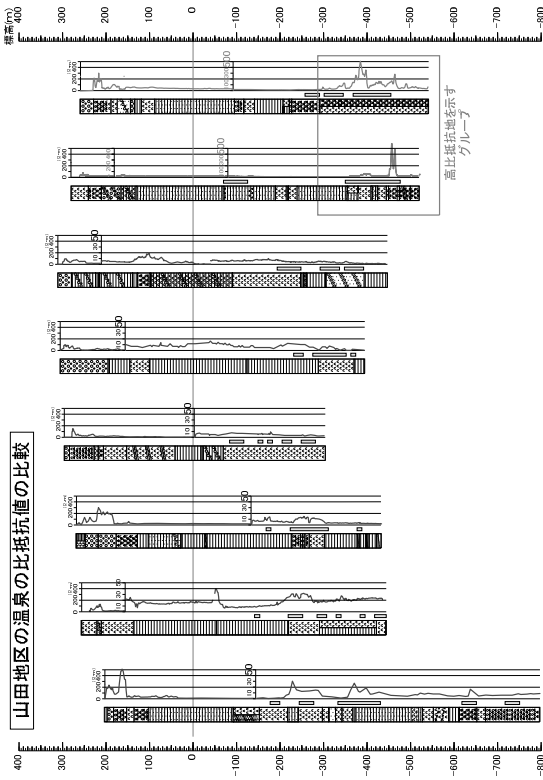


### 3. ニセコ東部地区の温泉開発



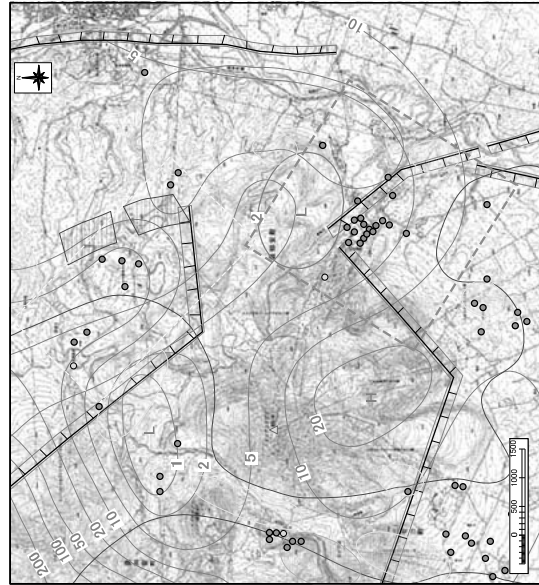
### 4. 山田地区の温泉

#### 山田地区の温泉の比抵抗値の比較



### 山田地区の断層状構造

高比抵抗値を示すグループは、断層状構造部に位置している。



山田(全国地質院資料館蔵(第2次) 新ニセコ第一地区開発計画)

### 山田地区の泉質

高比抵抗値を示すグループは、山田地区の他の温泉に比べ、以下の特徴がある。

- ①温度が70℃以上を示す。(他の温泉は、37~54℃の範囲で推移)
- ②成分総計が18g/kg前後を示す。(他の温泉は、3.5~4.5g/kgの範囲で推移)

系質	Na-Cl-HCO <sub>3</sub>	Fe-Na-Cl-HCO <sub>3</sub>	Na-Mg-Cl-HCO <sub>3</sub>	Na-Mg-Cl-HCO <sub>3</sub>	Na-Cl-HCO <sub>3</sub>	Na-Cl-HCO <sub>3</sub>	Na-Cl-HCO <sub>3</sub>
温度	46.7(2)℃(70m深層)	37.7(1)℃(100m深層)	52.7(2)℃(100m深層)	52.7(2)℃(100m深層)	53.7(2)℃(100m深層)	53.7(2)℃(100m深層)	53.7(2)℃(100m深層)
pH	8.78	8.77	8.82	8.82	8.8	8.8	8.8
電伝導率	0.15 S/cm	0.15 S/cm	0.18 S/cm	0.18 S/cm	0.18 S/cm	0.18 S/cm	0.18 S/cm
Na <sup>+</sup> 濃度	33.3 mg/kg	60.0 mg/kg	40.0 mg/kg	40.0 mg/kg	40.0 mg/kg	40.0 mg/kg	40.0 mg/kg
Cl <sup>-</sup> 濃度	1.0 mg/kg	1.0 mg/kg	0.5 mg/kg	0.5 mg/kg	0.5 mg/kg	0.5 mg/kg	0.5 mg/kg
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 濃度	8.0 mg/kg	8.0 mg/kg	17.5 mg/kg	17.5 mg/kg	17.5 mg/kg	17.5 mg/kg	17.5 mg/kg
Ca <sup>2+</sup> 濃度	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg
Mg <sup>2+</sup> 濃度	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 濃度	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg
Fe <sup>2+</sup> 濃度	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg
Ca <sup>2+</sup> 濃度	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg
Mg <sup>2+</sup> 濃度	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 濃度	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg
成分総計	37.1 mg/kg	44.15 mg/kg	34.73 mg/kg	34.73 mg/kg	34.63 mg/kg	34.63 mg/kg	34.63 mg/kg



---

第 57 回試錐研究会講演資料集

---

平成 31 年 (2019 年) 2 月 27 日 発行

編集 試錐研究会

出版 地方独立行政法人北海道立総合研究機構 地質研究所

〒060-0819 北海道札幌市北区北 19 条西 12 丁目

TEL 011-747-2420

FAX 011-737-9071

URL <http://www.hro.or.jp/gsh.html>

印刷 岩橋印刷株式会社

〒063-8580 札幌市西区西町南 18 丁目 1 番 34 号

TEL 011-669-2510

---

