

P4 三波川帯変成岩におけるコアの色彩と

鉱物組成を利用した地すべり評価

Examination of a landslide in the Sanbagawa belt focusing color characterization and mineral composition

○石川敦代・磯野陽子・入川史義・木村隆行（株式会社エイト日本技術開発）

徳島県西部総合県民局

1. はじめに

三波川帯変成岩が分布する四国中央部には、明瞭な地すべり地形を有する地区がいくつかある。地内では地すべり観測、対策工設計に必要なボーリングが多数実施され、現在でも地すべりブロックの整理、挙動観測、発生機構の解明、対策等の検討が継続されている。

今回、その地内で実施されたボーリングコアのサンプルを採取し、連続的な色彩測定と鉱物組成の同定、 $pH \cdot Eh$ 測定を行い、地すべり面となり得る脆弱部の評価を行った。

2. 検討試料

検討したボーリングは1つの地すべりブロックの上部、中部、下部の3つである。便宜上、上部をコア①、中部をコア②、下部をコア③とする。緩やかな傾斜の尾根部に位置する。各ボーリングとも、比較的硬質な岩片～短柱状からなる弱風化部と、粘性土～土砂化した強風化部が混在していた(写真-1)。岩種は地すべりブロック上部で砂質片岩と塩基性片岩，中部で泥質片岩，下部で泥質片岩と塩基性片岩であった。



写真-1 地すべりブロック上部(①)中部(②)下部(③)のボーリング試料の一部

(上部：G.L. -8～13m，中部：G.L. -15～20m，下部：15～20m)

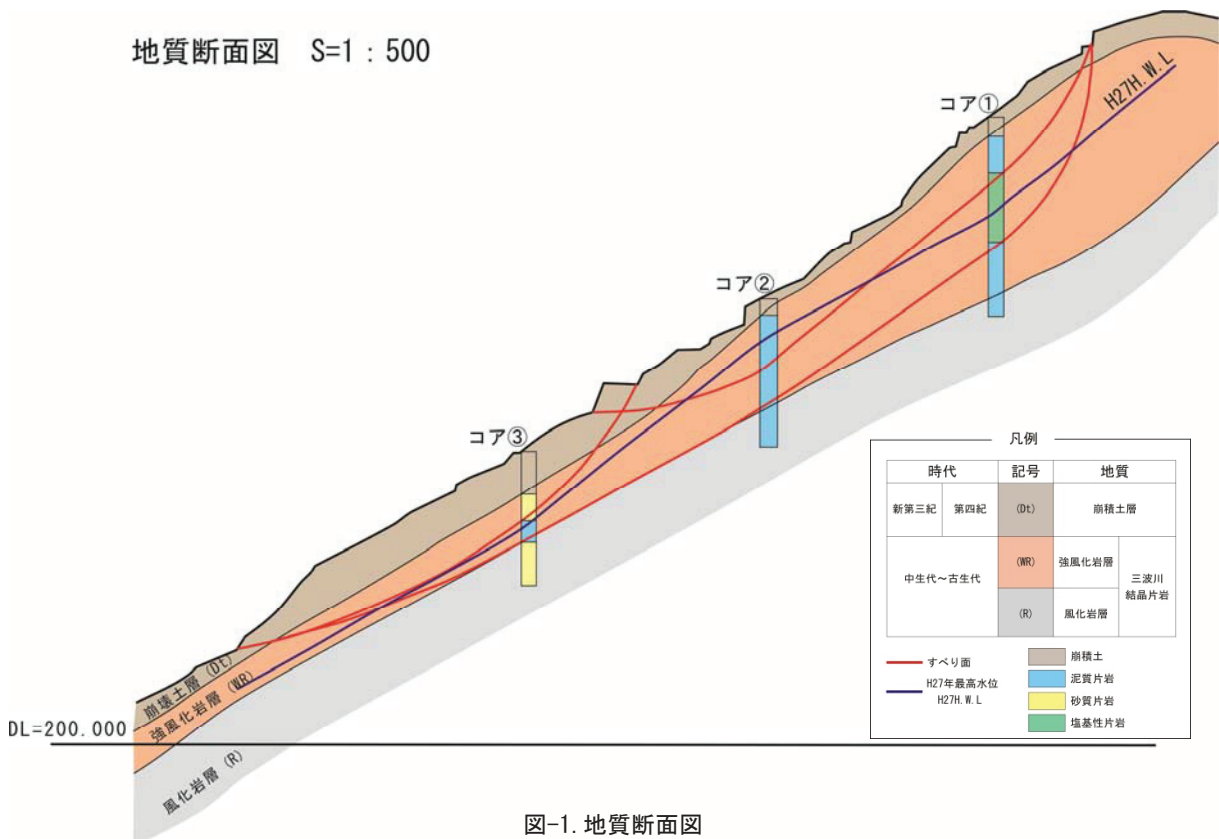


図-1. 地質断面図

3. 分析方法

3-1. 色彩測定

色彩の測定は、無線 LAN 接続の小型軽量分光装置、(株) 扶桑プレジジョン製の PRIMO MIRAGE (写真-2) で行った。ボーリングコアを水で濡らし、20cm 間隔 (10, 30, 50, 70, 90cm) で測定し、測定部がコア部かマトリクス部かを記載しながら行った。表色は $L^*a^*b^*$ 座標系 (図-2) を用いた。

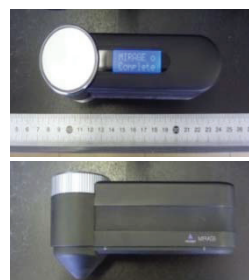


写真-2. MIRAGE

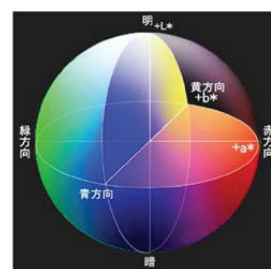


図-2. *a*b*座標系

3-2. pH, Eh 測定

pH, Eh の測定は、HORIBA 製作所製の pH cond meter D54 を用いて pH, Eh の測定を行った。測定試料は 1m ごとに採取し、推定すべり面とされている箇所は前後数cmほど離れた個所から採取した。

3-3. 鉱物組成測定

試料の鉱物組成は、島津製作所製 X 線回折装置 (XD-D1) で行った。分析方法は、鉱物種把握のために定方位法分析を行った。

4. 色彩測定結果

a^*b^* 結果をコアごとに深度方向に整理し、更に強風化部・弱風化部と岩種別に示した (図-3, 4)。この a^*b^* の分布傾向を見ると、コア①は G.L.0m から深くなるにつれ a^*b^* とも高い値を示し、G.L.-10m で $a^*=12.14$, $b^*=23.69$ と値が最も大きくなり、赤黄色を呈した状態である。それ以深では、弱風化部は $a^*=-4\sim 2$, $b^*=0\sim 10$ 内に分布するものが多く、G.L.-25m 付近では強風化部が $a^*=0\sim 12$, $b^*=-1\sim 20$ と再び高い値を示す赤黄色となる。

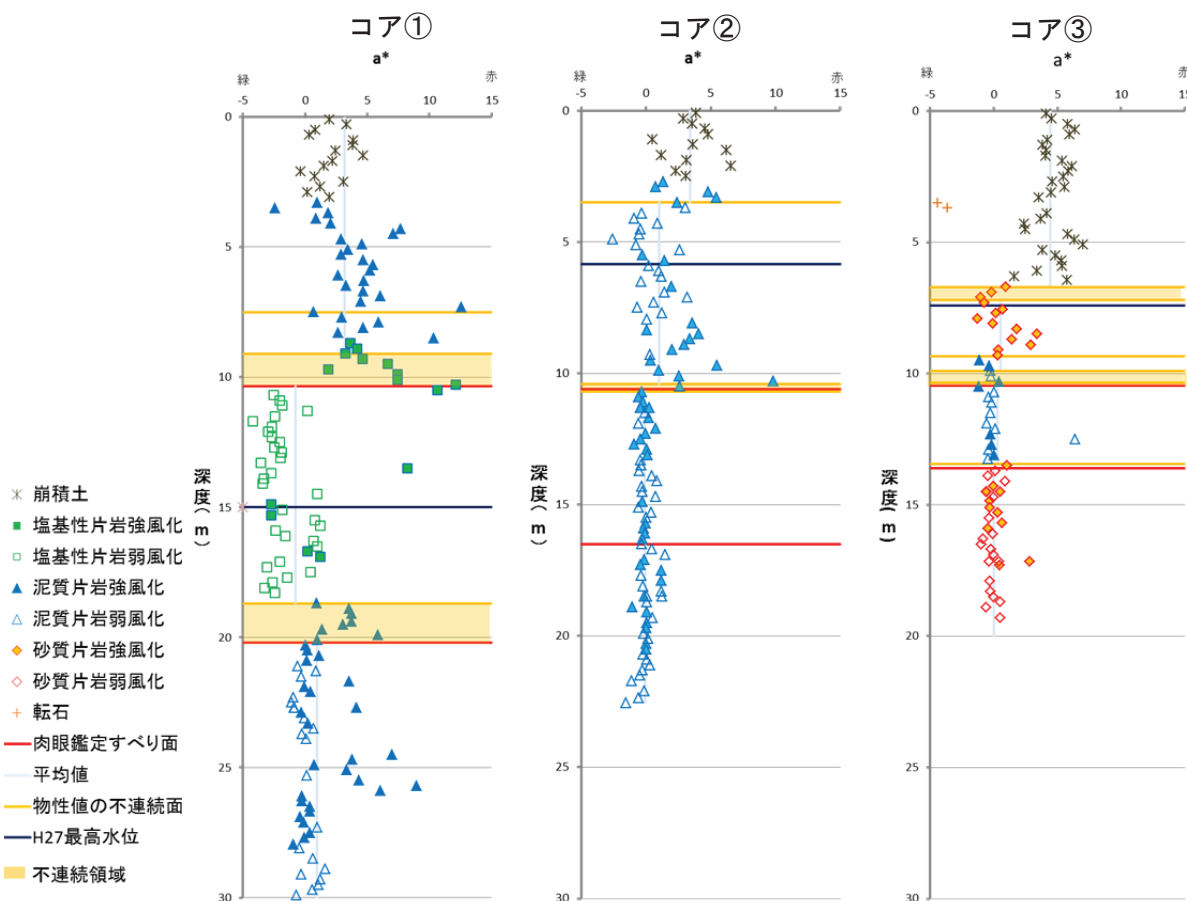


図-3. a^* 色彩測定結果

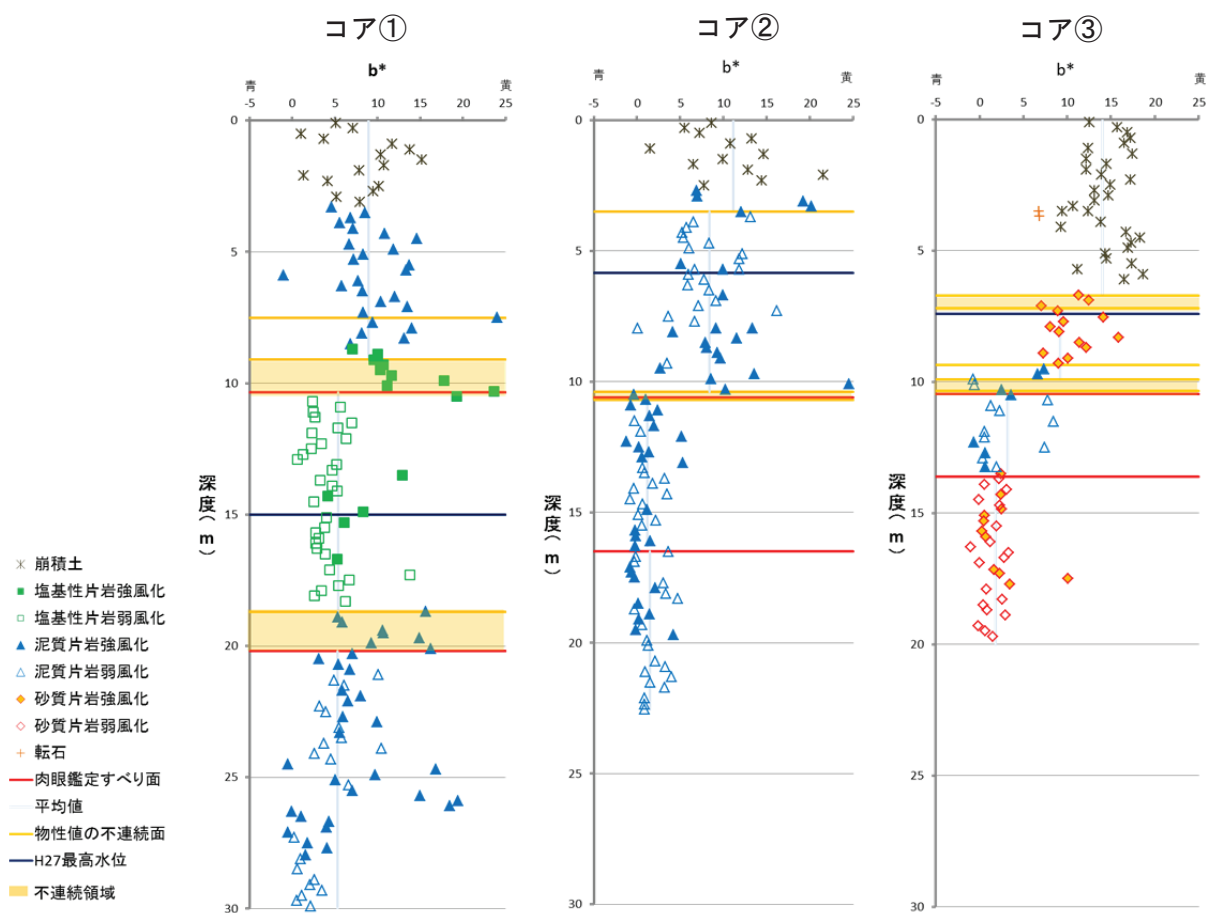


図-4. b*色彩測定結果

コア②では、上部と同様に G.L.0m から深くなるにつれ a^*b^* とともに高い値を示し、G.L.-10.3m 付近で $a^*=9.82$, $b^*=24.48$ と最も高い値を示す赤黄色を呈した状態である。それ以深では $a^*=-0.5\sim 1.5$, $b^*=-1.3\sim 5$ 内に分布する。

コア③は G.L.0m から a^*b^* とともに高い値を示す、赤黄色を呈している。G.L.-9.9m から $a^*=-1\sim 1$, $b^*=-1\sim 4$ 内に分布するものが多くなる。

以上に述べた分布の特徴が変化する深度、また極端な異常値を示す値が出た深度を物性値の不連続面とし、地滑り面となり得る物性値の不連続面とした。

5. pH, Eh 測定結果

pH, Eh の測定結果をコアごとに図-5 に示す。コア①では G.L.-8.3m まで pH4.9～6.3 の弱酸～中性を呈し、それ以深では塩基性を示している。Eh は G.L.-8.3m まで 350～310mV と酸化状態にあり、G.L.-9.1～-18.7m の深度では還元状態を示す。G.L.-18.7m 以深では弱酸化状態となる。

コア②では、全体的に pH6～8, Eh=225～340mV 内に分布するが、G.L.-10.7～-13.7m, 21.72～22.55m において pH2.9～4, Eh=460～506 に分布する。泥質片岩に過酸化水素 pH 試験を行った結果 pH が変化しないもの (G.L.-14.2, -20.5) があることから、散財的に黄鉄鉱が存在していると考えられる。

コア③は、全体的に pH5.7～7.3, Eh=235～334mV 内に分布するが、泥質片岩が存在する G.L.-9.9～-13.45m において pH2.7～3.4, Eh=476～536mV に分布する。泥質片岩中には黄鉄鉱が存在していると考えられる。

これら黄鉄鉱が存在するということは、空気に触れない還元的環境であることを示唆しており、この深度では常に地下水で満ち黄鉄鉱が酸化するような環境ではないということを示唆している。pH, Eh が不連続に変化する深度を物性値の不連続面とした。

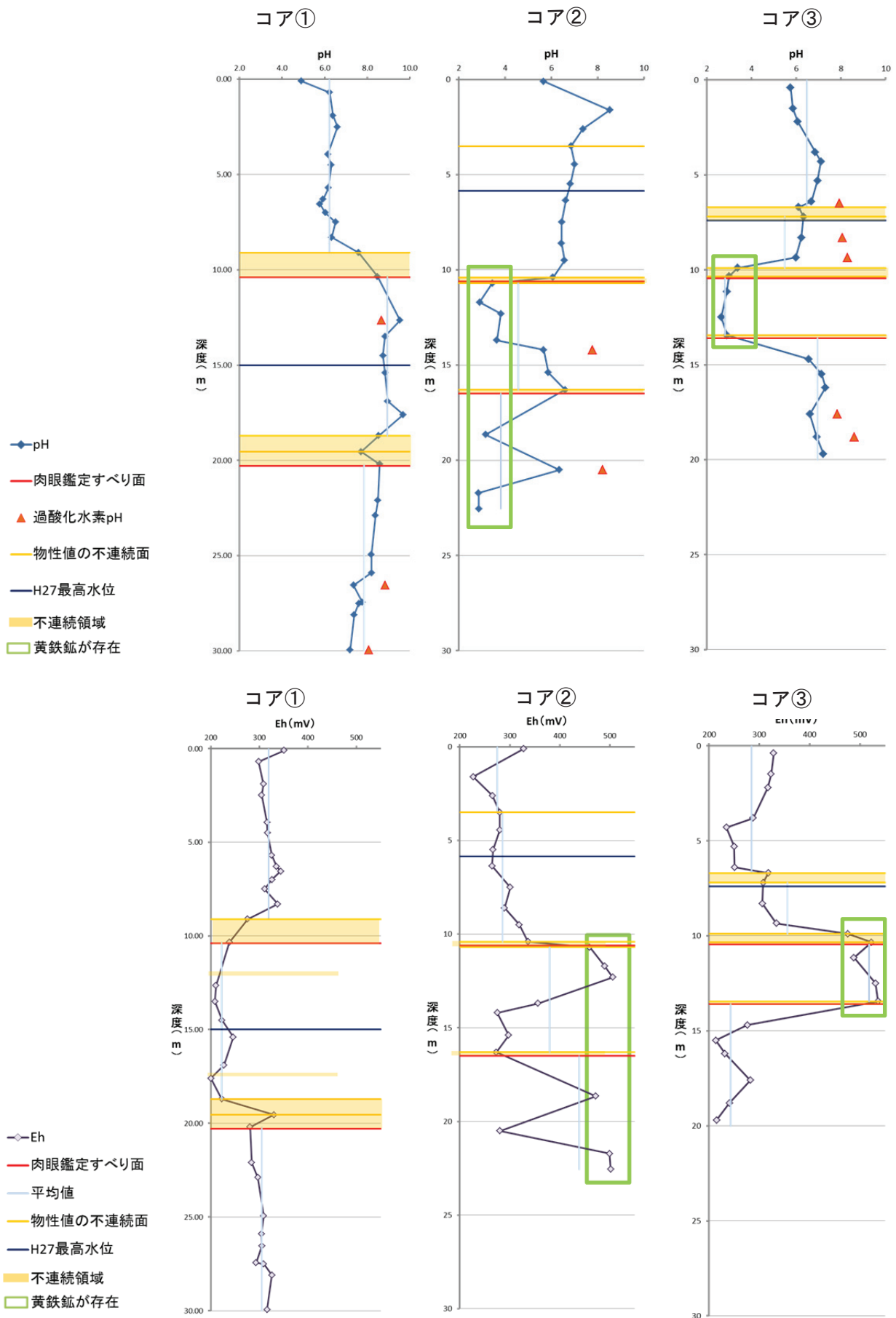


図-5. pH, Eh 測定結果

6. 鉱物同定結果

X線回折定方位法の結果を表-1に示す。コア①では、スメクタイト、カオリナイトの回折線が顕著に確認された。カオリナイトが確認できたことから、熱水変質が進行し脆弱化していると推察できる。また、セリサイト/スメクタイト混合層鉱物の回折線も著しく確認できた。

コア②はセリサイト/スメクタイト混合層鉱物、カオリナイトの回折線が顕著に確認でき、熱水変質により粘土化が進行していると考えられる。

コア③では、セリサイト/スメクタイト混合層鉱物の回折線が著しく、鉱物学的に脆弱であると言える。また、カオリナイトの回折線が確認できるため粘土化が進行している。

表-1. X線回折定方位法結果

コア①

深度(m)	柱状図	岩級	X線回折分析結果一覧表			
			K	M	Ch/M	Se/M
0.10	崩積土		x	x	x	△
0.70			x	x	△	△
1.90			x	x	△	△
2.50			x	x	△	△
3.95	泥質片岩	D	△	△	x	△
4.50		D~CL	○	x	△	△
5.70			○	x	△	○
6.30		CL	○	x	△	△
6.55		D	○	x	△	△
7.00			○	△	△	△
7.50			x	◎	x	x
8.30			○	x	△	○
9.10		D	x	●	△	△
10.35			x	●	x	△
12.65	塩基性片岩	CM	x	△	x	△
13.50		D	x	x	△	△
14.50		CL	x	△	x	△
15.40		D	x	○	○	△
16.90			x	x	△	△
17.60		CL	x	△	△	△
18.70	泥質片岩	D	◎	○	x	△
19.55			◎	x	x	○
20.20			◎	x	△	△
22.10			○	x	△	◎
22.90		CL	○	x	△	△
24.95		D	○	x	△	△
25.90		CL	○	x	△	△
26.55		CL	○	x	x	○
27.45			△	x	△	△
27.50			○	x	△	○
28.10			△	x	△	◎
29.95			○	x	x	△

※造岩鉱物は省略、■はすべり面付近

熱水変質作: K(カオリナイト), M(スメクタイト), Ch/M(緑泥石/スメクタイト混合層鉱物), Se/M(セリサイト/スメクタイト混合層鉱物)

●: 回折線が顕著なもの

◎: 回折線が著しいもの

○: 回折線が確認できるもの

△: 回折線がわずか

x: 回折線がみられないもの

コア②

深度(m)	柱状図	岩級	X線回折分析結果一覧表				
			K	M	Ch/M	Se/M	
0.1	崩積土		△	x	x	△	
1.6			x	x	x	△	
2.6			CL	○	x	x	△
3.5			D	x	x	x	◎
4.45				△	x	x	○
5.48	泥質片岩	CL	x	x	△	○	
6.35			△	x	x	△	
7.5			○	x	x	○	
8.6			D~CL	○	x	△	△
9.5				○	x	x	○
10.4	D	●	x	x	x		
10.7		○	x	x	x		
11.7		○	x	△	○		
12.3	CL	○	x	△	x		
13.7		○	x	△	x		
14.2		◎	x	△	○		
15.4		◎	x	△	△		
16.3	D	●	x	△	△		
18.65	CL	○	x	△	△		
20.5	D	◎	x	△	△		
21.72	CL	○	x	x	△		
22.55		○	x	x	△		

コア③

深度(m)	柱状図	岩級	X線回折分析結果一覧表			
			K	M	Ch/M	Se/M
0.4	崩積土		x	x	△	△
1.5			x	x	△	△
2.2			○	x	x	△
3.8			○	x	△	△
4.3			△	x	x	△
5.3			○	x	x	○
6.4	砂質片岩	D	○	x	x	x
6.7			x	x	x	◎
7.2			x	x	x	△
8.3			○	x	x	△
9.35			△	x	x	△
9.9			x	x	x	x
10.35	泥質片岩	D~CL	x	x	x	x
11.15			○	x	x	x
12.5			△	x	x	x
13.45			○	x	x	○
14.7		CL	○	x	○	x
15.5			x	x	x	x
16.2	砂質片岩	D	△	x	x	○
17.6			△	x	x	○
18.8		CL	△	x	x	x
19.7		D	○	x	x	△

7. すべり面となる可能性の評価

以上の解析結果をふまえ、すべり面となり得る深度について分析結果を整理し表-2に示す。

コア①では G.L.-7.5m で赤褐色化 (a*, b*が異常値) し、膨潤性に富むスメクタイトの回折線が著しいので、基盤の弱線となり得る。G.L.-9.1~10.45m は物性値がすべて不連続に変化し、スメクタイトの回折線が顕著に確認される。したがって鉱物学的な観点や、物性値の変化傾向から最も脆弱部といえる。G.L.-18.7~20.2m はカオリナイトの回折線が顕著に確認され、熱水変質が進行し脆弱化している。pH, Eh, a*変化する不連続領域でもあり、有力な基盤岩の分断面である。コア①における安定水位は G.L.-15~17m 程度で、想定されるすべり面

付近となっている。

コア②では、G.L.-3.5m 付近はセリサイト/スメクタイト混合層鉱物の回折線が著しく、色彩値も不連続に変化しているので地層の分断面になり得る。G.L.-10.4～-10.7m 間ではカオリナイトの回折線が顕著に確認でき、熱水変質により粘土化が進行している。pH, Eh, a*, b*ともに不連続に変化し、物性値も大きく変化している。G.L.-16.3～-16.5m 間はカオリナイトの回折線が著しく、粘土化が進行し、pH, Eh が不連続に変化している。安定水位は G.L.-4～-6m であり、地下水位が高い。

コア③では、G.L.-6.7～-7.2m はセリサイト/スメクタイト混合層鉱物の回折線が著しく、鉱物学的に最も脆弱部であると言える。また物性値もすべて不連続に変化し、地層の最も有力な分断面になり得る。G.L.-9.9～-10.45m や G.L.-13.45～-13.6m では鉱物の回折線がわずかし確認できないため、粘土鉱物学的には大きな問題はない。しかし、物性値は不連続に変化することから、将来的にすべり面となる可能性が高い。安定水位は G.L.-7～-8m であり、地下水位が高く、すべり面となり得る面付近まで地下水が満ちている。

表-2. 分析結果総評

コア①

深度(m)	岩種	pH	Eh	a*	b*	鉱物	評価
7.50	泥質片岩	変化なし	変化なし	異常値を示す	異常値を示す	Mの回折線が著しい	○
9.1～10.45	塩基性片岩	不連続に変化	不連続に変化	不連続に変化	不連続に変化	Mの回折線が顕著	◎
18.7～20.2	泥質片岩	不連続に変化	不連続に変化	不連続に変化	変化なし	Kの回折線が著しい、Mの回折線確認	○
22.10	泥質片岩	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	Kの回折線確認、Se/Mの回折線が著しい	△

コア②

深度	岩種	pH	Eh	a*	b*	鉱物	評価
3.5		変化なし	変化なし	不連続に変化	不連続に変化	Se/Mの回折線が著しい	○
10.4～10.7	泥質片岩	不連続に変化	不連続に変化	不連続に変化	不連続に変化	Kの回折線が顕著	◎
16.3～16.5		不連続に変化	不連続に変化	変化なし	変化なし	Kの回折線が著しい、Se/Mの回折線を確認	○

コア③

深度(m)	岩種	pH	Eh	a*	b*	鉱物	評価
7.50	泥質片岩	変化なし	変化なし	異常値を示す	異常値を示す	Mの回折線が著しい	○
9.1～10.45	塩基性片岩	不連続に変化	不連続に変化	不連続に変化	不連続に変化	Mの回折線が顕著	◎
18.7～20.2	泥質片岩	不連続に変化	不連続に変化	不連続に変化	変化なし	Kの回折線が著しい、Mの回折線確認	○
22.10	泥質片岩	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	Kの回折線確認、Se/Mの回折線が著しい	△

凡例

◎：すべり面の可能性が極めて高い

○：すべり面の可能性が高い

△：すべり面の可能性がある

8. まとめ

肉眼鑑定によってすべり面が想定されている地すべりブロックの3つのボーリングコアから、色彩測定・pH, Eh 測定・エックス線回折装置を用いて地すべり評価を行った。異常値を示す深度や不連続に変化する深度、粘土鉱物が存在する深度をすべり面の可能性がある物性値の不連続面とした。評価の結果、肉眼鑑定で想定されているすべり面の深度と物性値の不連続面はほぼ調和的であり、粘土鉱物の強い回折線も見られ、すべり面となり得る可能性が高い。コア③では肉眼鑑定によるすべり面よりも浅い深度ですべり面となり得る物性値の不連続面を推定した。

参考文献

1) 磯野陽子・木村隆行・丹生谷太・玉井克明・酒井俊典(2008)：コアの色彩・鉱物・化学的登頂を利用した地すべり評価-四国御荷銚帯 田浪地すべりの例-