

2-4 PH測定によるすべり面判定（その3）

株式会社 日本海開発 ○ 浜崎 晃 子川桂二

1. はじめに

地すべり移動土塊は不動層に比較して空隙が多く、地下水流動及び酸素との接触によって風化が促進され、pHが酸性へと変化していくのに対し、すべり面以下の不動層においては風化はそれほど促進されない。この考えを基にボーリングコアのアブレーションpH測定を行ってきた。

アブレーションpH測定を行ってきた結果、『pH測定によるすべり面判定の試み』（1992、1993地研報告）で既に述べているようにpHの絶対値ではなく、pHの相対的な変化を見る事によってある程度のすべり面判定が可能である。

今回、ある地すべり地においてのボーリングコアを利用し、アブレーションpH測定を行ない、更にそのボーリングコアによってX線分析を行なった。その結果についてまとめる。

2. 地すべり地の概要

地すべり地の地質は基盤として新第三紀中新世の泥岩が地すべり防止区域全体に分布しており、更にこの区域を取り囲むように流紋岩が分布している。今回の地すべり地においては末端部に流紋岩の露頭が確認でき、一種の抵抗岩体となっている。

泥岩の上位にはこの流紋岩の礫を多く含む崩積土と基盤である泥岩起源の崩積土が分布している。

流紋岩を含む崩積土は地下水流動が活発である事とこの崩積土の移動によって基盤となる泥岩は風化が促進され、軟質化した風化残積土を形成している。

この地区全体の傾向としてはこの泥岩と崩積土の境界で地すべりが発生している。

この地すべり地においても泥岩と崩積土との境界で鏡肌を確認している。

3. 測定結果

地すべり解析測線の調査ボーリングコアで行なったアブレーションpH測定結果とX線分析から得られたモンモリロナイトのカウントを柱状図と共に図-1、表-1に示し、それぞれの結果についてまとめる。

・ コア観察によるすべり面

BP-1 GL-6.0~7.0mに細かな鏡肌が発達する。
GL-12.0~15.0mに鏡肌が発達する。

BP-2 GL-8.0mは非常に軟質となる。
GL-13.7~15.5mは軟質で鏡肌が発達する。

BP-3 GL-7.0~7.5mは非常に軟質となる。
GL-17.8mに鏡肌を確認。

・ アブレーションpHの変化

BP-1 GL-5.0~7.0m、pH4~6と低い値を示す。
GL-13.0~15.0m、pH5~6と低い値を示す。

BP-2 GL-8.0~8.5mはpHに急激な変化有り。
GL-13.5~15.5mはpH7と上下に比較して低くなっている。

BP-3 GL-6.0~7.0mはpH6~7と上下に比較して低くなっている。

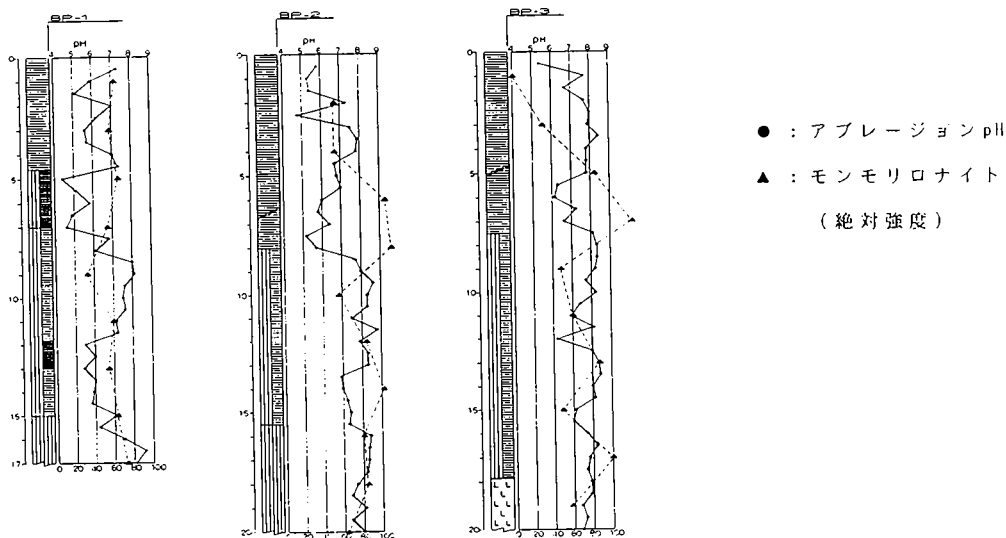


図-1 すべり面とアブレーションpH

表-1 粘土鉱物分析結果

BP-1						BP-2						BP-3					
試料名	M	I	K	Q	G	試料名	M	I	K	Q	G	試料名	M	I	K	Q	G
GL-1	63	12	14	552	0	GL-2	54	13	11	640	0	GL-2	0	0	0	520	0
GL-3	57	14	10	564	0	GL-4	54	22	15	405	0	GL-4	30	0	0	517	0
GL-5	66	23	26	615	13	GL-6	105	0	0	268	0	GL-6	84	19	0	756	0
GL-7	54	18	14	435	30	GL-8	111	0	0	304	36	GL-8	123	23	14	564	0
GL-9	33	18	12	679	15	GL-10	57	24	22	784	38	GL-10	48	25	15	679	14
GL-11	60	18	23	456	10	GL-12	84	25	25	659	25	GL-12	60	27	9	579	62
GL-13	54	13	19	478	28	GL-14	102	18	20	540	0	GL-14	87	9	7	217	73
GL-15	63	28	28	663	3	GL-16	81	17	15	417	0	GL-16	48	12	18	529	20
GL-17	72	23	23	475	0	GL-18	84	25	17	679	20	GL-18	99	44	25	631	19
						GL-20	63	17	14	478	24	GL-20	57	0	0	517	0

(M:モンモリロナイト、I:伊利石、K:カオリナイト、Q:石英、G:石膏)

図-1に示すようにコア観察によるすべり面可能性位置とアブレーションpH測定によって推定できるすべり面位置が一致している。

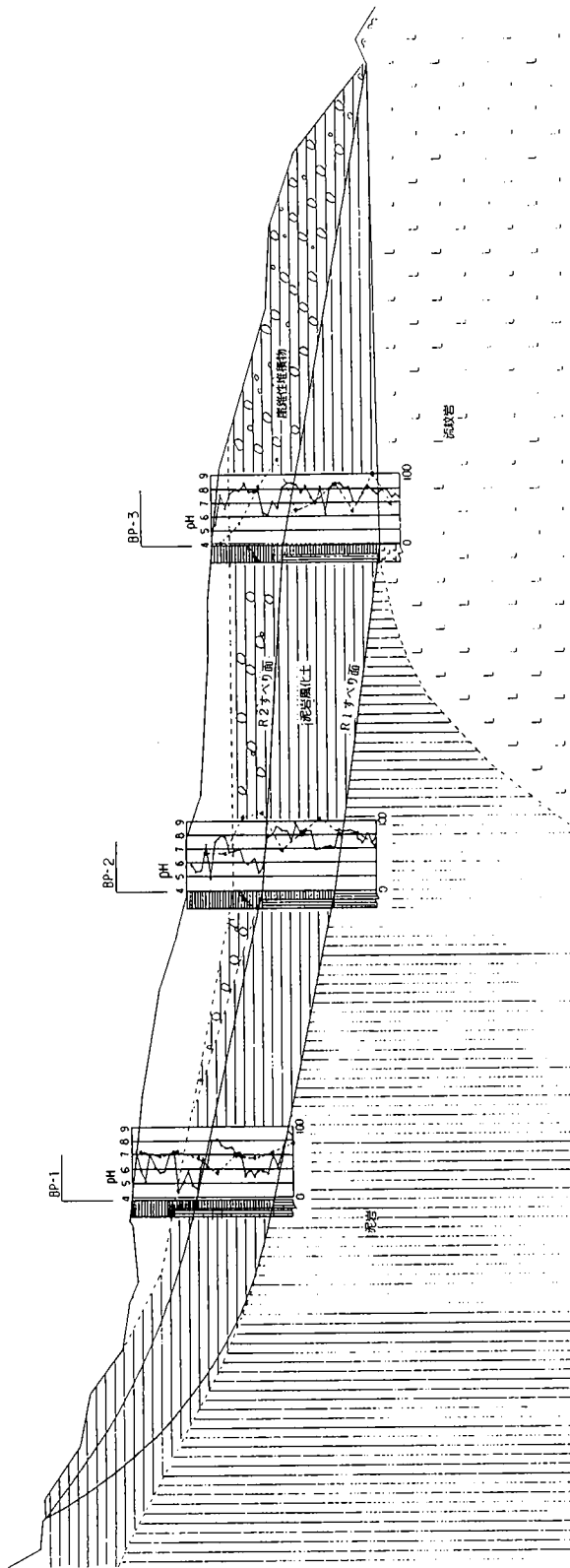
X線分析結果から得られたモンモリロナイト含有量を見ると当地区の基盤である泥岩は元々多量のモンモリロナイトを含んでいるがその中でも100前後と非常に高い数値を示す所がある。その高い数値を示す位置はコア観察によってすべり面と考えた所と一致している。

それぞれの結果を図-3 地質断面図に示す。

3. 考察

測定及び分析結果から、アブレーションpH測定によってすべり面と考えられる位置はモンモリロナイト含有量が多く、すべり面となる可能性が高いといえる。

しかし、一般的にモンモリロナイトはアルカリ性の場で置換され易く、酸性の場では置換されにくい。この事は測定結果と矛盾している。この理由として次のように考える。



图一3 地质断面图

基盤である泥岩は元々モンモリロナイトを多量に含んでいるためにすべり面を形成しやすい。このため地質の違いによる力学的不連続面をすべり面として地すべりが発生し、その事によって更に粘土化し、モンモリロナイトが生成された。更に地すべり滑動が活発となり移動土塊は空隙に富み、地下水流動が活発となっていき、すべり面付近においては急速に酸化されたと考えられる。このため、地すべり地においてはモンモリロナイトを多く含むすべり面付近においてはアブレーションpHが低い値を示すと考えられる。

次に当地すべり地において注目すべき点がX線分析結果に示すように石膏が検出された事である。

石膏が検出されたのは泥岩風化土となっている。

石膏が生成される条件として考えられるのは熱水と海水である。熱水については当地すべり末端部に露頭している流紋岩からの熱水が考えられる。海水については流紋岩の活動以前に泥岩は海中にあり流紋岩の活動によって現在の位置まで隆起したと考えられる。

これらの熱水及び海水はモンモリロナイト生成においては好条件にあり、当地区の泥岩が多量にモンモリロナイトを含有している事と一致している。

これらの点からも当地区は地質的に地すべりが発生しやすい条件にあるといえる。

4. まとめ

今回で6地区の地すべりについてアブレーションpH測定を行ない、すべり面判定を試みたがその結果、ほとんどの地すべりにおいてすべり面判定を行なうことができた。

更に今回行なったX線分析結果からもモンモリロナイトの含有量が多い位置と一致しており、その判定が妥当であると評価できる。

以上の事からすべり面判定にアブレーションpH測定を行なう事は非常に有効であるといえる。

2-25 新第三紀泥岩の地すべり

株式会社 日本海開発 ○大坂 理 子川 桂二

1. はじめに

島根県東部の宍道湖北岸において、複数の地すべりが発生し被害をもたらしている。地すべりは幅約30m、長さ約50mの比較的規模の小さいものが多く調査及び対策工が比較的早期に実施されている。地すべり調査による本地域の地すべり原因を簡単にまとめれば

- ・地質的に新第三紀の泥岩が分布し、層理面が緩い流れ盤構造を呈していること。
- ・本岩類は、潜在的な弱面（すべり面）に沿っての脆弱化が著しいこと
- ・宍道湖が地すべり末端部に位置しており、波浪浸食による抵抗土塊の減少

等が挙げられ、末端開放型の地すべりを主体としている。

今回、上記した地すべり原因の一つである泥岩の特徴について、X線分析及び汽水である宍道湖水が与える風化への影響（スレーキング性）を岩の乾湿繰り返し試験により求めた。

以下ここに報告する。

2. 調査地周辺の地質状況

調査地周辺には新第三紀中新世古江層が分布する。本層は宍道湖北部に広く分布している。図-1に示すように、島根半島の新第三系は背斜または複背斜構造となっており、このE-Wに延びる褶曲軸にほぼ並行に走る逆断層によって寸断されている。図-2に宍道湖北部（古江層分布地域）のリニアメント図を示すがN-S方向の谷筋に対しNE-SW、ほぼE-W方向に延びるリニアメントが確認される。これは前記した島根半島の構造線方向とほぼ一致するようで、このリニアメントは構造運動にコントロールされ形成された地質的構造線として評価できる。

宍道湖沿いに分布する古江層は泥岩を主体とし、風化作用により小角礫状化しておりハンマー撃打によりボロボロと崩れる状態にある。層理面はN76°～80° E18°～20° Sの緩やかな流れ盤構造を呈している。さらにN15°～20°の割れ目が発達しておりリニアメントとの相関が伺え、構造運動の影響を露頭状況からも確認できる。

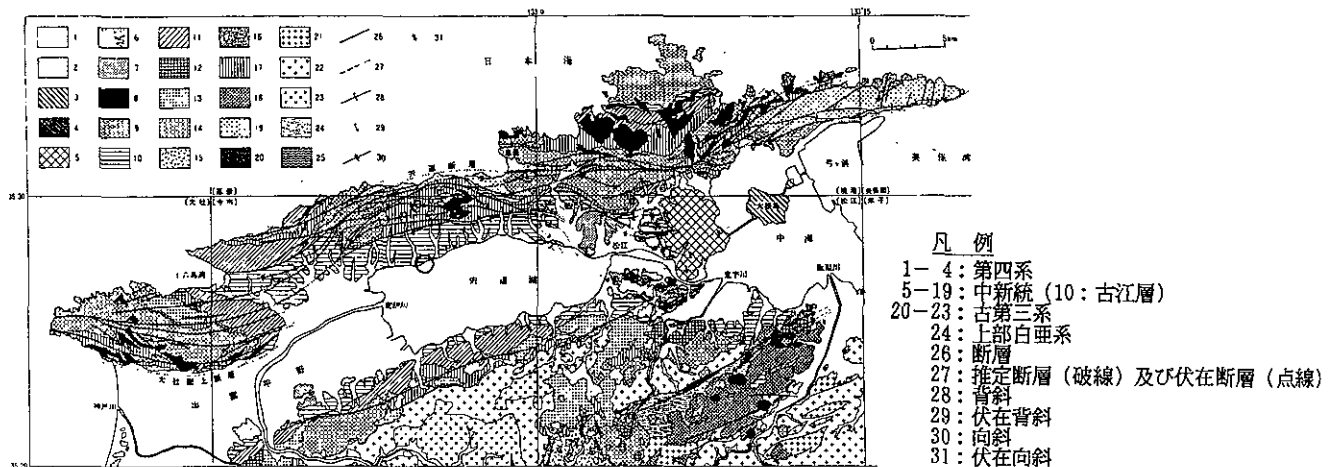


図-1 調査地周辺の地質図 「松江地域の地質(1994) 地質調査所」より

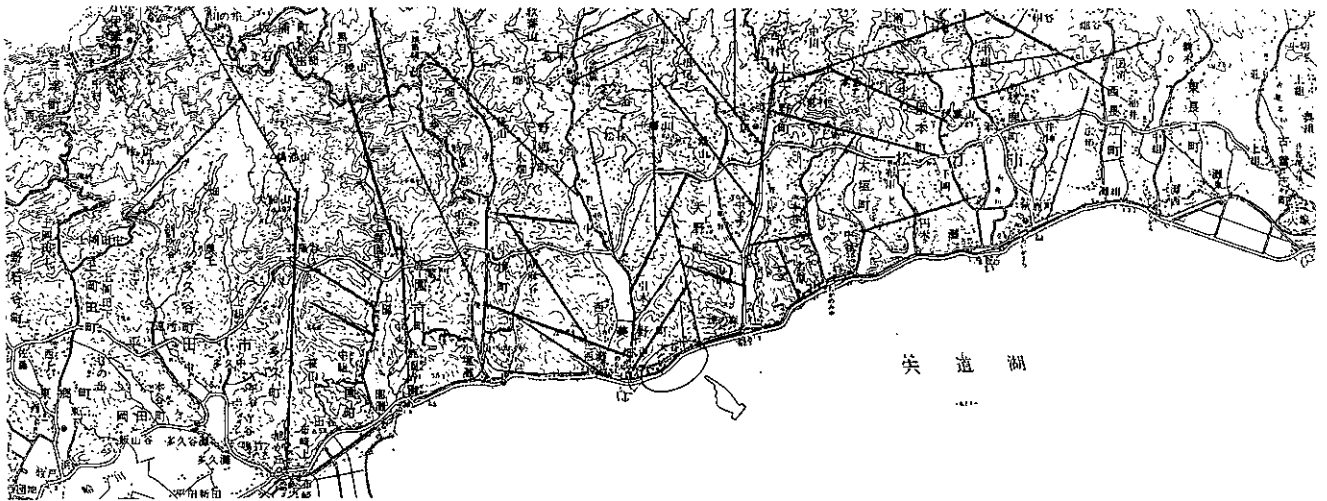


図-2 リニアメント判読図

3. 地すべり状況

地すべりブロックの模式的断面を図-3に示す。

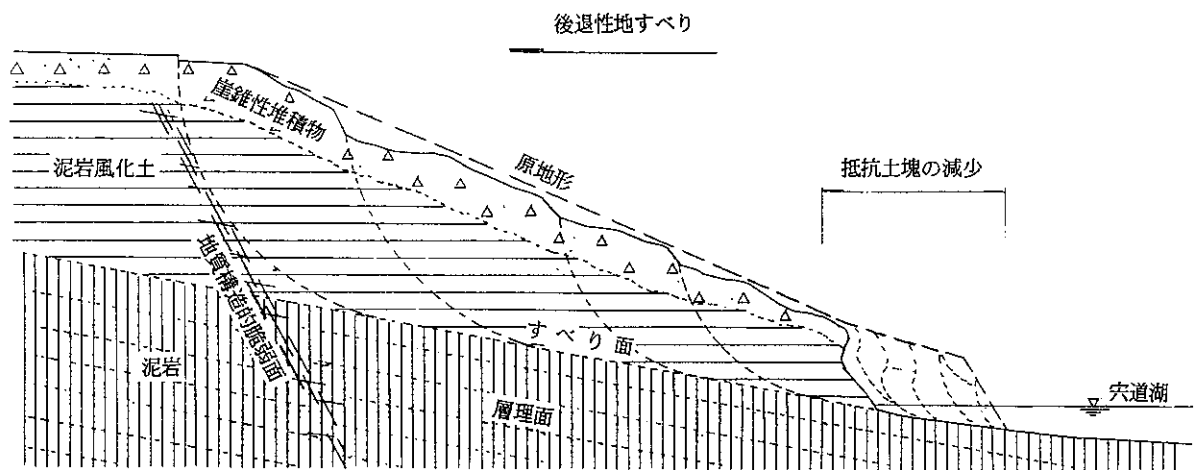


図-3 地すべりブロック模式断面図

すべり面は泥岩中の風化の違いによる力学的不連続面であり、さらに地すべり冠頂部を形成する地質構造的脆弱面及び流れ盤構造を呈することなどから地質的要因が大きい。地すべり末端の抵抗土塊の減少除荷は地すべり滑動の引き金となり、滑動中地すべりではマイナス要因となる。

当地すべりの末端抵抗土塊である泥岩は穴道湖による波浪浸食をまともに受けている。

汽水である穴道湖に面して分布する新第三紀泥岩の風化についてX線分析によりその特徴を把握し、穴道湖水（塩分濃度が真水より大きい）が及ぼす泥岩への風化の影響を岩の乾湿繰り返し試験により求めた。

4. 試験結果

4. 1 X線分析

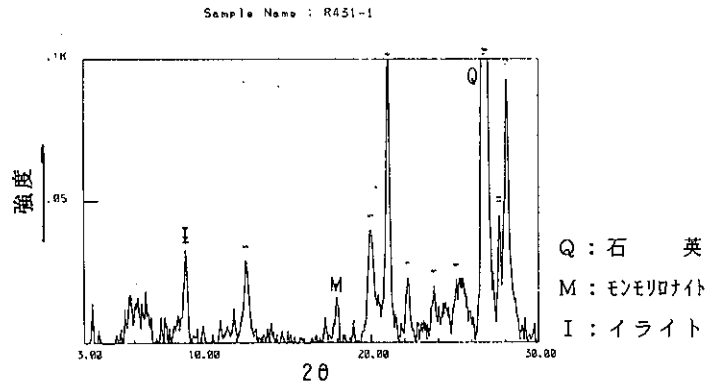
ボーリングコアを利用し、地すべり移動層及び基岩の泥岩について各3試料計6試料のX線分析を行

った。結果を表-1にまとめる。

表-1 X線分析結果(石英との強度比%)

試料名	M	I	K	備考
R431-1	7.5	5.1	4.5	地すべり移動層
R431-2	7.1	3.6	3.6	地すべり移動層
R431-3	7.3	4.2	4.2	地すべり移動層
R431-4	3.9	2.2	2.0	基岩
R431-5	3.8	3.6	1.5	基岩
R431-6	3.7	2.5	1.8	基岩

M: モンモロナイト I: イライト K: カリナイト



4. 2 岩の乾湿繰り返し試験

露頭で採取した泥岩新鮮部6試料について日本道路公団「KODAN111-1975 岩の繰り返し試験方法」に基づき行った。通常真水による水浸であるが3試料は宍道湖水、残り3試料は水道水で水浸を行い、塩分濃度の違いによる試験結果の差異を求めた。

繰り返し回数と吸水量の変化を図-3,4にまとめる。

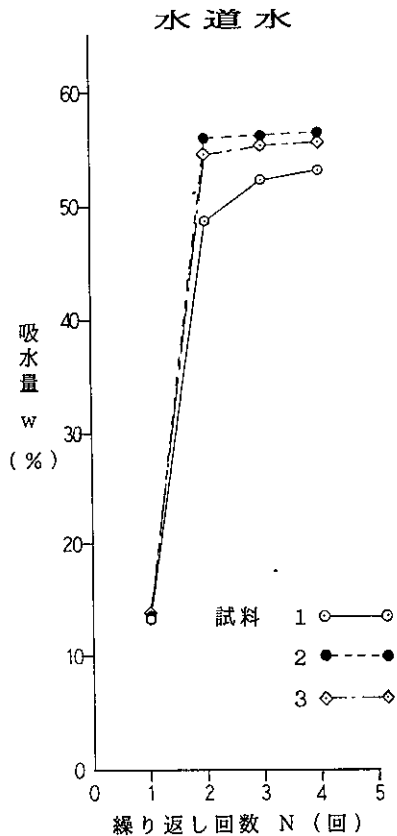


図-3

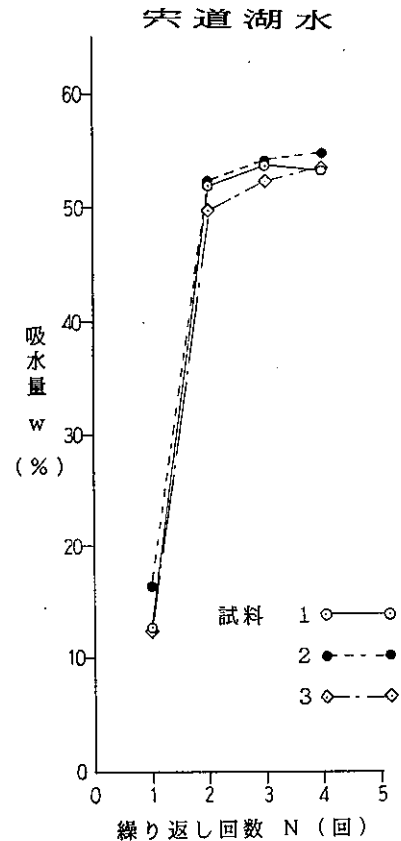


図-4

5. 結果に基づく考察

X線分析及び岩の乾湿繰り返し試験で判明した事項をまとめると次のようになる。

- ・泥岩にはモンモリロナイト、イライト及びカオリナイトの粘土鉱物が存在している。
- ・モンモリロナイトは他の粘土鉱物に比べ特に多く、さらに風化土層に多い。
- ・岩の乾湿繰り返し試験では、1回目の強制乾燥後の水浸において土砂化し2回目以降の吸水量の変化はほとんど認められない（スレーキング性が著しい）。
- ・宍道湖水と水道水についての差異もほとんど認められない。

泥岩中に多量のモンモリロナイト鉱物を含有していることが判明した。当地区の地すべりは泥岩中の風化の違いによる力学的不連続面をすべり面として発生している。すべり面粘土に膨潤性粘土鉱物の代表格であるモンモリロナイトを多量に含有していることは明らかであり、吸水（膨潤）によるすべり面強度の低下に大きく関与している。

岩の乾湿繰り返し試験で得られた結果については、露頭で採取した比較的塊状な泥岩であっても潜在的な亀裂の存在を示していると考えられる。宍道湖水と水道水において差異が認められないことは、潜在的な亀裂による影響が大きすぎるため、本試験の基準下では塩分濃度の違いによるスレーキング性の差異を求めるのは困難であるとする。潜在的な亀裂の存在は地質状況で述べたような地質構造的運動を受けた地層であれば当然のことである。

宍道湖水の塩分濃度は一般に海水の4分の1（10）である。宍道湖の水位の変動や波浪により、宍道湖沿いに露頭する泥岩の潜在的亀裂面に宍道湖水の浸入を許す。浸入した宍道湖水（塩水）は結晶成長（NaCl）を開始し亀裂面はオープンし不安定化へとつながる。

また、泥岩が含有する膨潤性粘土鉱物の吸水（膨潤）による強度低下がせん断破壊を起し、化学的風化が促進される。さらに宍道湖による波浪浸食を容易なものとする。

6. まとめ

宍道湖北岸に分布する新第三紀泥岩と同層で多発する地すべりについて、泥岩の特徴をX線分析及び汽水である宍道湖水が与える風化への影響（スレーキング性）を岩の乾湿繰り返し試験で求めた。結果をまとめると、

- ① 泥岩には多量のモンモリロナイトを含有しており、風化層中には特に多く化学的風化が発達していること
- ② 岩の乾湿繰り返し試験では、1回目の強制乾燥後の水浸において土砂化しスレーキング性が著しいこと
- ③ 周辺の地質構造に反映された泥岩の潜在的亀裂面への、宍道湖水（塩水）の浸入による塩分の結晶成長に伴う物理的風化の促進が考えられること

等が挙げられる。

今回、新第三紀泥岩の構成鉱物をX線分析で確認することと同時に、塩分濃度の違いによる風化、スレーキングに対する影響を求めたが、良いデータは得られなかった。泥岩のスレーキング性があまりにも著しく、基準の試験方法では結果を求めるのは困難であり、この泥岩については試験方法の検討を行う必要がある。