

京都大学工学部 正員 松尾新一郎

同 上 正員 〇富田 武満

1. まえがき

地すべりあるいは斜面崩壊の物理化学的な調査と対策工に関して、筆者らは種々の観測から考察を加えてきた。その結果、地すべり発生に至る斜面は短期的に、ある土層における粘土鉱物の吸着カチオンとC.E.C.の変化を受ける。長期的には、粘土鉱物、一次鉱物および母岩の構成元素であるCa, Mg, Na, KおよびSiの溶脱を受けていることが明らかになった。

上記を長期的な風化の観測から捕えてみると、先づ母岩から一次鉱物である石英、長石および雲母に分解され、その後、カルシウム、マグネシウムの多い2:1型粘土鉱物が生成され、さらに脱カリ、脱ケイ酸が進行していくものと考えられる。すなわち、イライトから脱カリが行なわれてモンモリロナイトに、モンモリロナイトから脱ケイ酸により1:1型のカオリナイト、ハロイサイトに変化していくのであろう。

以上の結果は、地すべり斜面から1m毎にサンプリングした試料の分析結果にもとづいている。ところが、調査の対象となった斜面の土層構成は堆積岩とその風化生成物である。その風化の程度によって礫岩、砂岩、シルト岩および泥岩に分類することができる。したがって、それぞれの岩の種類に応じた系統だった化学分析によって始めて、その風化のプロセスおよびすべり面発生に至る土の弱体化の機構の解明に通ずるであろう。

2. 調査地すべり地の概要

本研究の対象とした地すべり地区は、兵庫県宝塚市の西部、六甲山系の北側にあたり、赤坂峠と呼ばれている。

地質はオグ紀層の神戸層群と基盤とし、その上に段丘堆積前壊土がのっている。また、神戸層群の構成岩石は、泥岩、凝灰質砂岩を主体とし、一部に礫を含んでいる。すべり面は神戸層群中の風化泥岩と凝灰質砂岩との境目に形成されている。

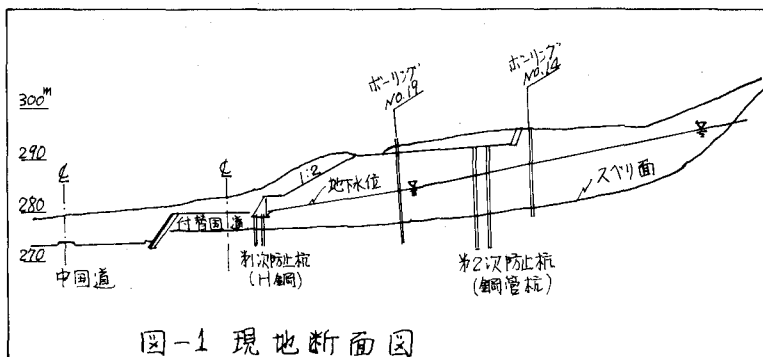


図-1 現地断面図

図-1は地すべり斜面の中央断面を示しているが、本実験に用いたボーリング試料はNo.14とNo.19であり、すべり面の位置はひびき計によって測定されたものである。

3. 化学元素の定量分析結果

地すべり地帯には長年月にわたる風化その他の作用の結果、地すべり粘土が生成されている。したがって、粘土鉱物の同定あるいはそれを構成している元素の定量ができれば、地盤の安定状態を判定する一手段となる。すなわち、岩石が風化作用を受けると、まづCa, Mg, Na, Kなどが溶出され、次にSiが溶脱されていく。その過程において、 Al_2O_3 は比較的変動が少なく、つぎに Fe_2O_3 、最も安定なのが TiO_2 であるといわれている。

当斜面全体を1m毎に分析した結果⁽¹⁾では、地下水面とすべり面付近の土層では、ケイバン比(SiO_2/Al_2O_3)と $Ca+Mg+Na+K$ の値が小さくなり、Fe, Tiなどの量が相対的に大になる傾向が見られた。これは、堆積岩の種類、すなわち、礫岩、砂岩、シルト岩、泥岩の相互の粒度特性及び化学組成の違いが出てきたものと考えられ、すべり面構成のメカニズムを探るには、すべり面が形成された泥岩の詳細な分析が必要と考え、ここに示す

表-1 NO.19 試料 元素分析結果 (%)

深さ(m)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Al ₂ O ₃ /Na ₂ O
15.8	51.1	24.9	1.86	1.57	0.90	5.75	4.39	0.61	13.4
16.0	71.8	24.3	1.70	1.48	0.96	6.03	4.39	0.43	14.3
16.2	58.1	25.8	1.69	1.45	1.06	6.19	4.26	0.47	15.3
16.4	56.9	25.4	1.74	1.20	0.61	5.86	3.67	0.42	14.6
16.6	68.2	23.9	1.54	1.27	0.59	4.44	1.86	0.35	15.5
16.8	53.9	25.0	1.62	1.29	1.09	5.98	3.68	0.40	15.4
17.0	56.2	25.9	2.01	3.18	0.41	2.24	1.70	0.50	12.9

ものである。

表-1はボーリングNo.19のすべり面を形成している泥岩層の詳細な分析結果を示している。表から明らかな如く、Al₂O₃は比較的変動が少ない元素であり、これが、風化の過程を通じて変動しないと考えると、他の成分の変動を示したのが図-2である。

SiO₂はAl₂O₃の増大に伴なり減少する傾向があるが、一定限界におちつくようである。CaOは若干増大の傾向が見られる。Fe₂O₃、Na₂OおよびK₂Oはほぼ似たような傾向がある。また、MgOとTiO₂は量的には非常に少ないが、変動が激しい。

同図で各元素組成が激変しているのは、Al₂O₃量が23.9% (16.6 m) と25.9% (17.0 m) の点である。前者はすべり面にあたり、後者は砂岩の部分にあたる。したがって、泥岩中のすべり面の特徴は、Siの量が多い。これは、2:1型粘土鉱物であるモンモリロナイトの量の増大によるものである。また、Ca、Na、K、Mg、Fe、およびTiの全てが非常に少ないことが

オ2の特徴であろう。通常、風化の著しい場所では、Ca、Mg、Na、Kなどの溶脱が著しく、Fe、Tiなどは、相対的にその含有量が増大する傾向が見られるが、すべり面構成土においては全く違った傾向である。すなわちSiの量が異常に大きく、溶脱され易いCa、Mg、Na、K、などの減少と共に、比較的安定なFe、Tiなどが減少している。

風化、削剥作用により源岩が分解して碎屑物となる過程、および碎屑物が運搬され堆積物として定着するまでの過程において、化学的作用（溶解による損失、変質など）と物理的作用（分級、円磨、破壊など）を受けするため、碎屑堆積物は源岩の直接的分解物としての性格を弱め、組成がしだいに変わっていく。この変化の程度が成熟度と呼ばれているが、成熟度は鉱物組成と組織とによって表わされる。成熟度は侵されがたい鉱物・化学成分と侵されやすい鉱物・化学成分との比で表わされ、普通Al₂O₃/Na₂Oが用いられる。表-1にその値を示しているが、すべり面粘土の成熟度が最も大であると共に、砂岩は成熟度の非常に小さいことがわかる。

4. あとがき

地すべり斜面構成土のうち、すべり面を構成している泥岩についての化学分析結果を示してきたが、その結論を要約すると、(1)すべり面粘土はSiが非常に多く、それ以外の元素は全て減少する、(2)SiO₂/Al₂O₃の比が大、(3)Al₂O₃/Na₂Oの比が大である。今後同一斜面でのすべりに至っていない部分との比較検討が必要であろう。

【参考文献】(1)松尾他、「地すべり斜面の構成土の化学組成について」オ国土工学研究発表会講演要集、RR 741~744、1974. 6

(2)松尾他、「斜面崩壊の予知と対策—物理化学的予知—」オ国土工学研究発表会講演要集、RR 121~123、1973. 10

(3)C.D. Ollier 著、松尾新一訳「風化—その理論と実態」RR 379~385 ラティス社、1971

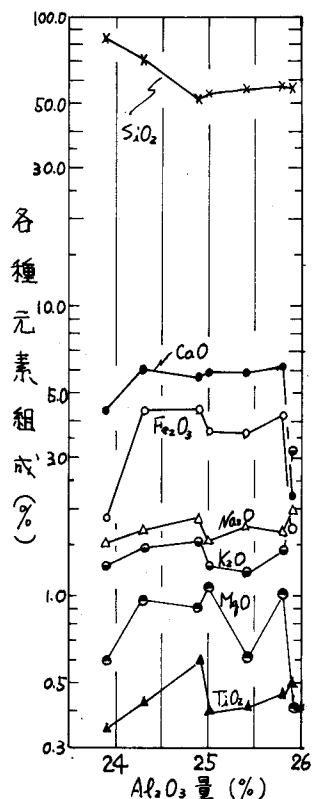


図-2. NO.19のアルミナに対する化学組成の変動