

10.御荷鉾帯地すべり地に分布する緑色岩の変質 Alteration mechanism of green rocks on landslide area in Mikabu belt

○宮原正明・北川隆司 (広島大学大学院理学研究科)
Masaaki MIYAHARA, Ryuji KITAGAWA (Hiroshima Univ.)
矢田部龍一 (愛媛大学工学部)
Ryuichi YATABE (Ehime Univ.)

1. はじめに

四国には御荷鉾緑色岩類が東西に帯状に分布している (fig.1)。御荷鉾緑色岩類は、海洋底に噴出した玄武岩や塩基性凝灰岩が現在の位置まで運ばれ、沈み込んだ際に変成作用を受けた低度変成岩である。

応用地質学的には、御荷鉾帯は地すべりの発生密度が極めて高いことで知られている。御荷鉾帯地すべりは地下深部にまで変質が及んでおり、すべり面の決定に困難を伴う。変質した緑色岩にはスメクタイト、パーミキュライト、コレンサイトなどの膨潤性粘土鉱物が生成しており、地すべり発生の地質学的素因の1つとされている。これらの粘土鉱物は、緑泥石或いは角閃石の風化により二次的に生成されるが、地すべり地では地表面下 100m を超える深度にまで確認されている¹⁾。地すべり地ではないが、土被りが 300m を超える御荷鉾トンネル掘削現場からも、これらの粘土鉱物が報告されている(矢田部:私信)。このような事実から、御荷鉾緑色岩類は先天的(地質時代に生成した)に膨潤性粘土鉱物を含んでおり、岩石中に水が保持され、地盤の物理的特性に少なからぬ影響を与えている可能性がある。

今回我々は、御荷鉾緑色岩類の変質および未変質試料を怒田・八畝地すべりで実施されたボーリングコアより採取し、X線粉末回折(XRD)、X線マイクロアナライザー(EPMA)および高分解能透過型電子顕微鏡(HRTEM)により詳細に調べ、その可能性を粘土鉱物学的に検討したので報告する。

2. 調査地の概要

怒田・八畝地すべりは、高知県長岡郡大豊町怒田地先に位置し、吉野川右支川の南小川の左支川である南大王川を挟んで、左岸側の立野と八畝地区、右岸側の怒田地区よりなる (fig.2)。明瞭な地すべり地形を呈し、水もちが良いため、水田として広く利用され、棚田が広がっている。最大斜面長は 1km、幅 2km、平均斜面勾配 20°、地すべり防止区域面積 410.8ha に達し、我が国有数の地すべりとなっている⁴⁾。

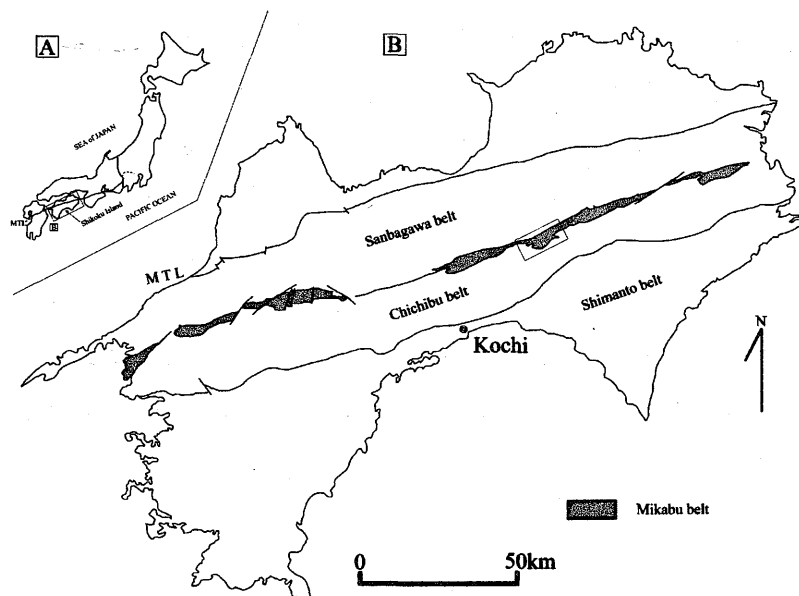


fig.1 Schematic geological map of Shikoku Island (Takeda (1984)²⁾ is revised).

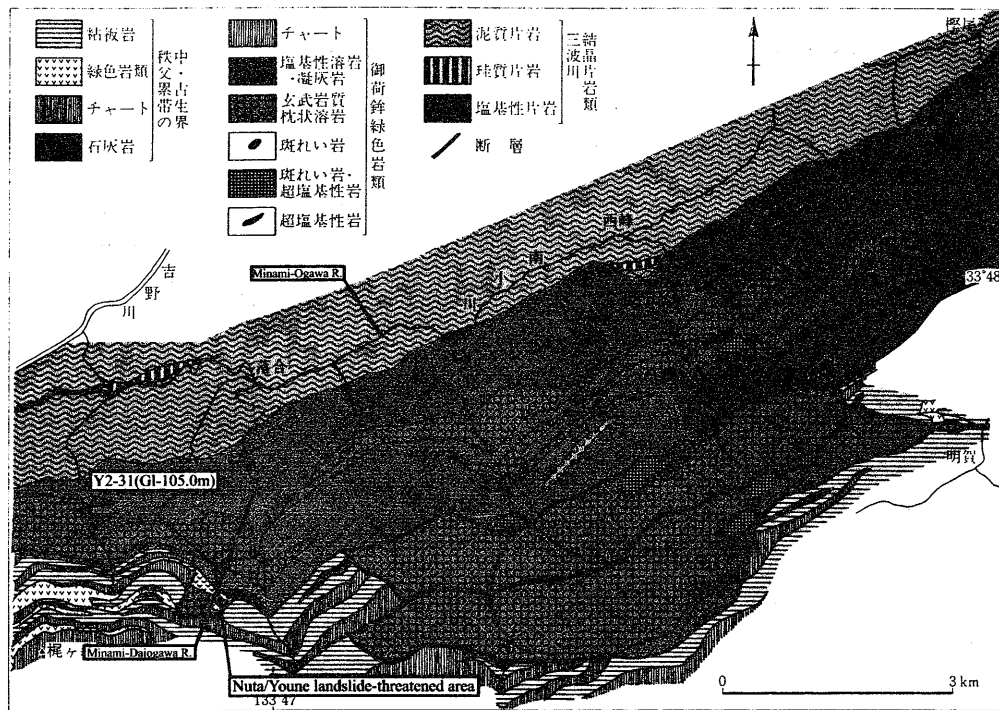


fig.2 Geologic map around investigated areas (Takeda et al (1977) is revised).

3. 試料採取と実験方法

試料は怒田・八畝地すべりの Y2-31(深尺 105.0m)である。今回の調査では、特に地下深部の変質を明らかにするために、30m よりも深部から、変質および未変質緑色岩を選び出した。

XRD により試料に含まれる粘土鉱物を同定した。変質試料から水ひと遠心分離器により粘土鉱物を分離し、定方位試料を作成した。未変質試料は、まず超音波洗浄器で数回洗い、その後自然乾燥した。これをハンマーで軽く粉砕し、その時生じた粉末から定方位試料を作成した。XRD は M18XHF(MAC Science)を使用した。MgCl₂ 飽和処理、KCl 飽和処理、グリセロール処理および加熱処理も併せて行った。

緑泥石の化学組成を調べるために変質および未変質緑色岩の岩石薄片を作製した。これらを用いて、緑泥石を EPMA で約 200 ポイント測定した。EPMA は JCMA-733 II (JEOL)を使用した。

緑泥石、スメクタイトおよびコレンサイトの層構造を直接観察するために HRTEM を使用した。HRTEM 試料は、スライドガラスに仮貼付けした岩石薄片にメッシュを接着した後、これを剥離させ、Ar イオンミリングにより薄膜化した。HRTEM は JEM-2010(JEOL)を使用した。

4. 結果と考察

4.1 XRD

XRD による粘土鉱物の定性分析結果をまとめたのが Table - 1 である。スメクタイトとコレンサイトは変質した緑色岩のみならず、未変質緑色岩にも含まれている。スメクタイトがほぼ全ての試料で確認できるのに対して、コレンサイトは深度 50m 付近より深部にのみ認められる。この分布パターンは蔭地すべり (高知県) でも報告されている¹⁾。

粒径画分を行うと、スメクタイトとコレンサイトは 0.2 μm (200nm) 以下に卓越しており、未発達な結晶として存在している (fig.3, 4)。スメクタイトとコレンサイトは超微粒子として存在するため、例え含まれていたとしても、一般的な水ひ (2 μm >) では見逃されてしまいがちである。

4.2 EPMA

緑色岩は主として斑状玄武岩起源で、斑晶は緑泥石により交代されている (photo.1,2)。その形状は、大きさ数 mm の不定形または紡錘形である。変成の強い試料では、斑晶は完全に引き伸ばされて層状となっている。緑泥石はオープンニコルで透明、クロスニコルでインクブルーの異常干渉色を示すものが多い。石基は隠微晶質で、主に微細な長柱状または針状アクチノ閃石で構成されており、それらの隙間には僅かに緑泥石が認められる。

緑泥石、角閃石および輝石の化学分析を行うと、緑泥石に本来含まれない Ca, Na および K が僅かに認められた。Ca+Na+K とこれら以外の陽イオン (Si+Al+Ti+Mn+Fe+Cr+Mg) を比較すると負の相関が認められた (fig.5)。緑泥石は四面体と八面体が 2 : 1 で組み合わせたり、その層間にブ

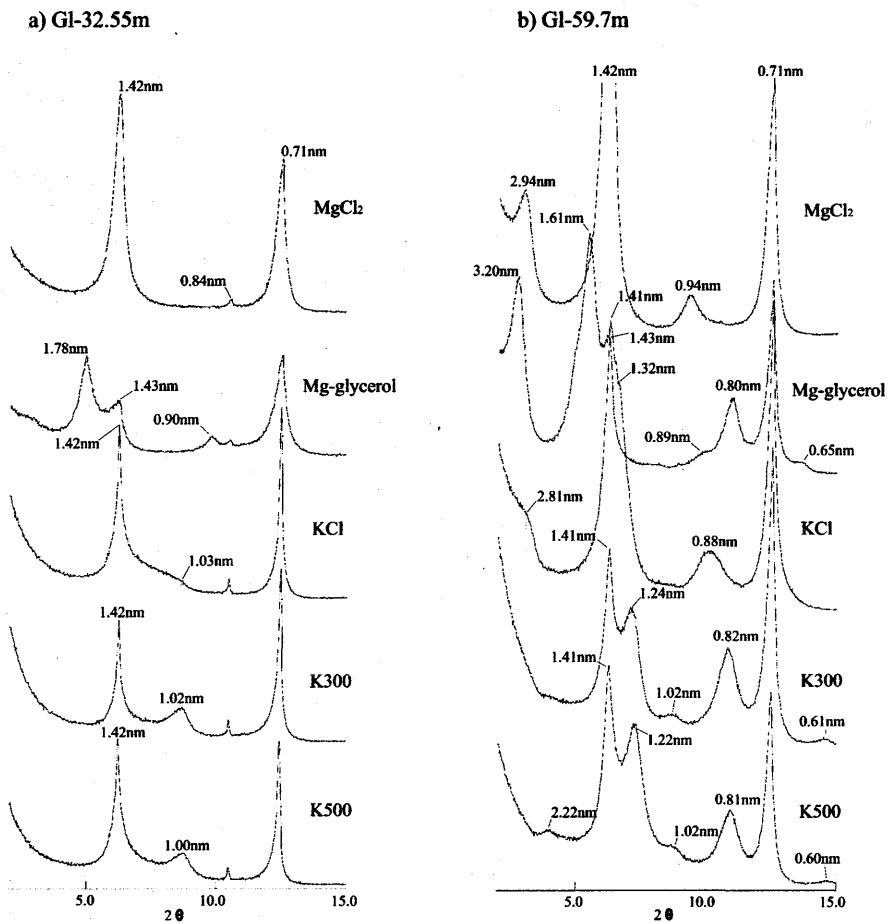


fig.3 XRD patterns (CuK α) of < 0.2- μ m size fractions (MgCl₂ solvated, MgCl₂ + glycerol solvated (= 'Mg-glycerol'), KCl solvated, KCl+heated to 300 (= 'K300') and KCl+heated to 500 (= 'K500') for: (a) smectite+chlorite (GI-32.55m) and (b) corrensite+few smectite +chlorite (GI-59.7m). d= 0.84nm is actinolite of clay size fraction.

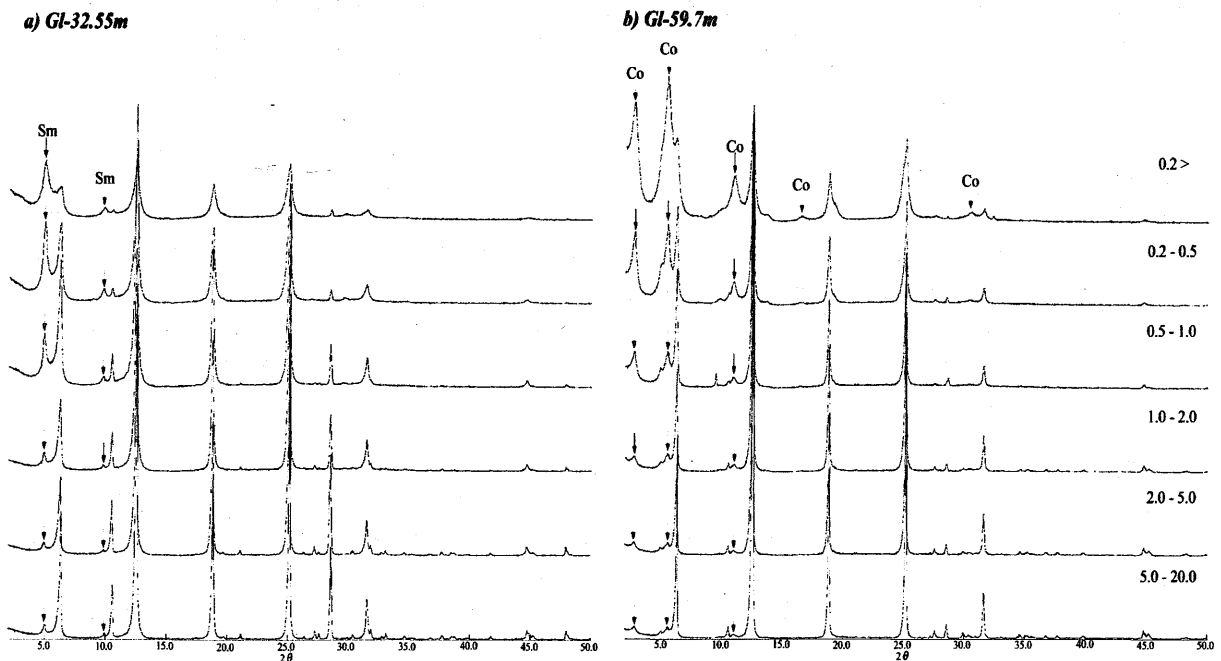


fig.4 Mg-saturated + glycerol solvated XRD patterns of 0.2>, 0.2-0.5, 0.5-1.0, 1.0-2.0, 2.0-5.0, 5.0-20.0 μ m size fractions for: (a) smectite (Sm) +

Table 1. Mineralogical assemblage of specimens from Hole Y2-31 as determined by X-ray diffraction analyses. (+++: very abundant, ++: abundant, +: small quantity)

depth (m)		Clay fraction composition		
		smectite	corrensite	chlorite
30.4	altered rock	+	-	+++
30.8	altered rock	+	-	+++
31.45	altered rock	++	-	+++
31.7	altered rock	++	-	+++
32.4	unaltered rock	+	-	+++
32.55	altered rock	++	-	+++
33.15	altered rock	++	-	+++
34.65	altered rock	++	-	+++
35.5	unaltered rock	++	-	+++
39	unaltered rock	+	-	+++
48.4	unaltered rock	++	-	+++
48.65	altered rock	++	-	+++
49.7	altered rock	+	-	+++
51.2	altered rock	++	+	+++
52.4	unaltered rock	+	-	+++
54.5	unaltered rock	-	-	+++
59.7	altered rock	+	++	+++
62.25	unaltered rock	-	-	+++
67.65	unaltered rock	+	-	+++
70.4	altered rock	++	+	+++
70.6	unaltered rock	+	-	+++
72.2	altered rock	++	+	+++
77.4	unaltered rock	-	-	+++
82.2	altered rock	++	+	+++
92.2	altered rock	+	+	+++
95.6	altered rock	+	+	+++
102	unaltered rock	-	-	+++

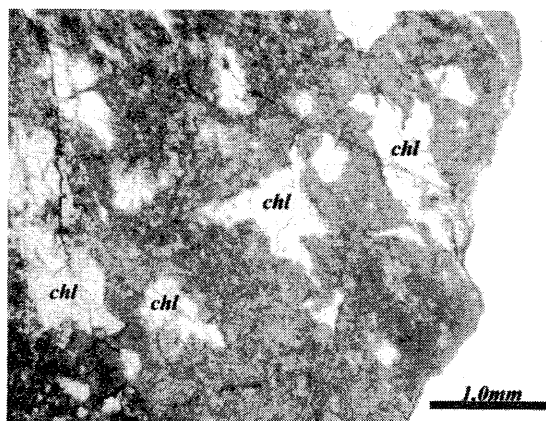


photo.1 Microscopic photograph for altered massive metabasalt (chl= 'chlorite').

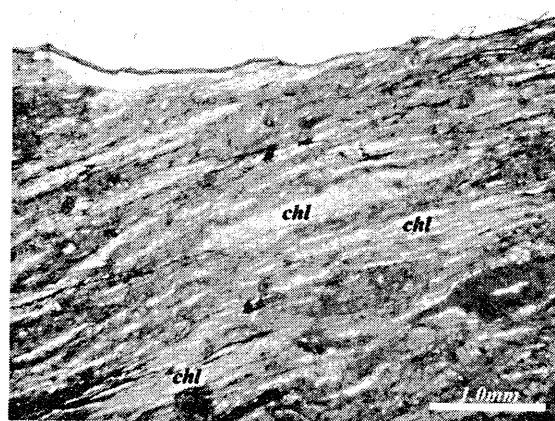


photo.2 Microscopic photograph for unaltered schistose metabasalt

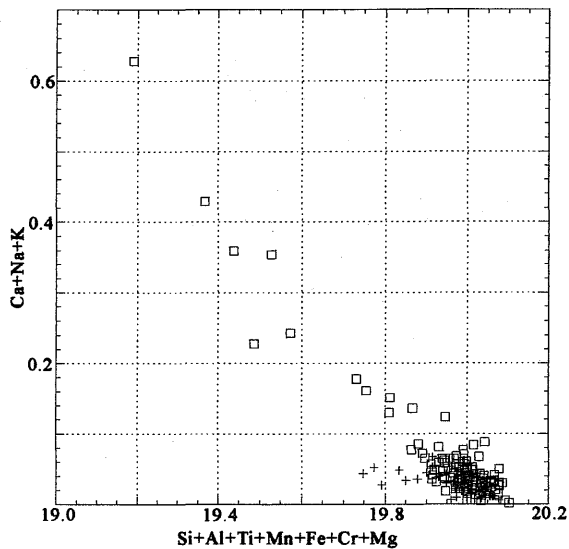


fig.5 Assumed non-interlayer cations (Si+Al+Ti+Mn+Fe+Cr+Mg) vs. interlayer cations (Ca+Na+K) for layer silicates phases. All analyses recalculated on a 28-oxygen basis. +: unaltered metabasalt, □: altered metabasalt

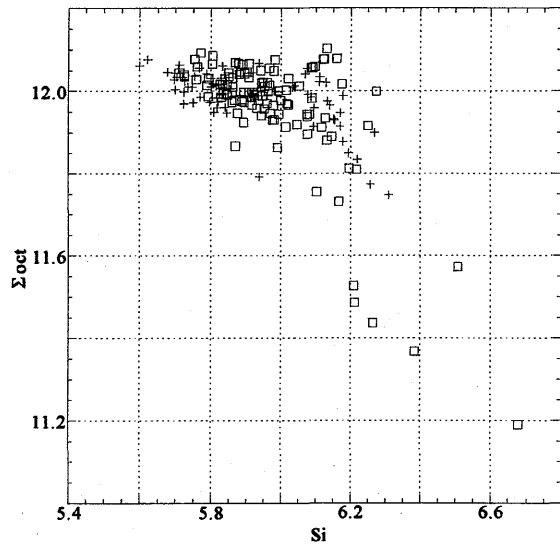


fig.6 Correlation diagram of tetrahedral Si vs. total octahedral cations ($\Sigma oct = {}^{IV}Al+Ti+Mn+Fe+Cr+Mg$) for layer silicates phases. All analyses recalculated on a 28-oxygen basis. +: unaltered metabasalt, □: altered metabasalt

ルーサイト様層(八面体)が挟み込まれている。緑泥石の理想八面体陽イオン総数は12であるが、八面体陽イオン占有数(Σoct)と四面体のSiには負の相関がある(fig.6)。これは四面体に占めるSiの割合が緑泥石よりも高く、構造式中に酸素数の少ない鉱物が含まれている可能性を表している。Ca, NaおよびKを含み、四面体に占めるSiの割合が高くかつ緑泥石よりも酸素数の少ない鉱物はスメクタイトであり、緑泥石中にスメクタイトが含まれていることを示唆している。

緑泥石を緑泥石とスメクタイトの混合層鉱物であると仮定して、分析値を再計算して緑泥石中のスメクタイト成分量を求めた。その結果、緑泥石中には数%~10%程度のスメクタイト成分が含まれている計算結果となった。

4.3 HRTEM

EPMA分析値の解析から、緑泥石中に数%から10%程度のスメクタイト成分が含まれることが明らかになった。これを実際に確認するために、高分解能透過型電子顕微鏡(HRTEM)を用いて緑泥石の層構造を直接観察した。緑泥石は1.4nm(001)の面間隔を持つ層状珪酸塩鉱物である。スメクタイトも1.4~1.5nm(001)の面間隔を取るが、真空中では脱水し1.0nmとなるため両者を識別できず

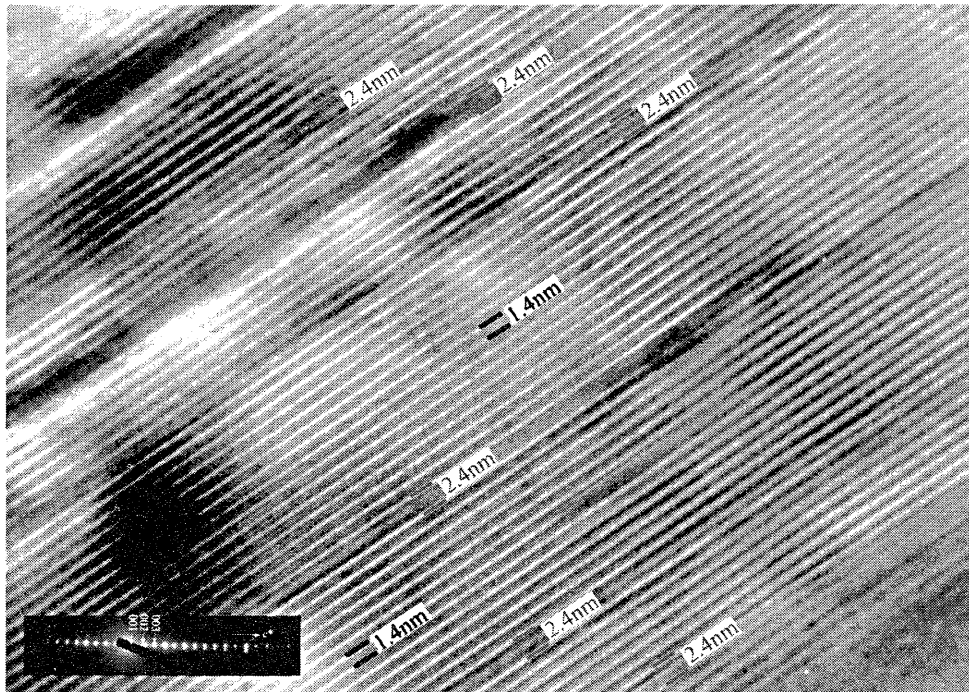


photo.3 Lattice fringe image of corresseite layer in chlorite by HRTEM. Inset is SAED for this area.

緑泥石は数十~数百 nm 間隔で積層欠陥により区切られており、その周囲にはしばしば 1.0nm

或いは2.4nm層が含まれていた (photo.3)。これがそれぞれスメクタイトとコレンサイト層に当たる。スメクタイトとコレンサイト層は2~3枚から10枚程度が積み重なった非常に薄い結晶であった。緑泥石中にはEPMA分析値の解析結果とほぼ同等のスメクタイト層が含まれていることが視認できた。

変質、未変質にかかわらず、緑泥石にはスメクタイト或いはコレンサイト層が含まれていた。このことから、スメクタイトとコレンサイトは緑色岩が破碎・変質を受ける以前に既に生成していたと考えられる。

5. まとめ

- ・ 怒田・八畝地すべりではスメクタイトとコレンサイトが認められる。
- ・ コレンサイトはスメクタイトよりも深部側に偏在する。
- ・ スメクタイトとコレンサイトは新鮮な岩石中にも含まれている。
- ・ スメクタイトとコレンサイトは緑泥石中に2~3枚から10枚程度の束として含まれている。
- ・ 緑泥石には数%~10%程度のスメクタイト成分が含まれている。
- ・ スメクタイトとコレンサイトは緑色岩が破碎・変質を受ける以前に既に生成していた。

謝辞

本研究を行うにあたり、国土交通省四国地方整備局四国山地砂防工事事務所から貴重なボーリングコアと報告書を多数提供して頂いた。広島大学大学院理学研究科の安東淳一博士には、HRTEMとイオンミリング装置使用の便宜を図って頂き、操作方法をご教授いただいた。九州大学理学研究院の上原誠一郎博士にはHRTEM観察および像解釈に関して様々な助言を頂いた。広島大学特殊加工技術開発室の石佐古早実氏には薄片作製でお世話になった。同大学XMA技官の柴田恭宏氏にはEPMA分析でお世話になった。同大学大学院理学研究科の地下まゆみ博士にはサンプリングの手伝いをしてもらった。ここに全ての方に深く感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 宮原正明・宇野洋平・北川隆司 (2002): 御荷鉾緑色岩類中の地すべり地に生成する粘土鉱物—怒田・八畝, 陰地すべり地—, 粘土科学, Vol.42, No.2, pp.81-88.
- 2) Takeda Kenji (1980) Geological and Petrological Studies of the Mikabu Greenstones in Eastern Shikoku, Southwest Japan, J.Sci.Univ. Hiroshima, ser.C, 8, 3, 221-282.
- 3) 武田賢治・佃栄吉・徳田満・原都夫 (1977): 小島丈児教授還暦記念論文集(秀敬編), 広島大学出版研究会, pp.107-151.
- 4) 建設省四国地方建設局四国山地砂防工事事務所 (1998): 四国山地直轄砂防事業—平成10年度事業概要—, p.24.