

亜熱帯気候下における露頭規模での鉱物の組織的変容

山口季彩¹, 吉田孝紀¹, 箆島聖二²

¹ 信州大学理学部

² 信州大学大学院総合理工学研究科

Change of petrographic texture on outcrop-scale weathering under subtropical climate

T. Yamaguchi¹, K. Yoshida¹, and S. Osajima²

¹ Faculty of Science, Shinshu University

² Graduated School of Science and Technology, Shinshu University

キーワード：国頭マージ，風化，土壌生成

Keywords: Kunigami Mahji, Weathering, Soil formation

1. はじめに

日本列島の南西部に位置する沖縄県は亜熱帯気候帯に属し、本土とは大きく異なる自然環境下にある。本研究で対象とする国頭マージは山地、丘陵地、段丘上に位置し、非石灰質母材に由来する赤色、黄色を呈する土壌としてこの地域に広く分布する(前島, 2016)。

日本における赤色土については、分類や特徴の記載(菅野, 1961)、起源や生成過程についての考察(荒木, 1988)、風化度の評価(荒木, 1986)、などの研究がなされている。しかし沖縄の赤色土に関しては、その流出が問題となっていることから風化生成過程の研究は依然として少なく、国頭マージの物理的・化学的性質に起因

する流出の考察(渡嘉敷ほか, 1982; 翁長ほか, 1993; 宮城ほか, 1990)などが大部分を占める。

岩石が土壌へと風化する過程は、露頭規模での観察や化学分析を用いて検討されており(Nesbitt and Markovics, 1997)、鉱物や元素の変化・移動について考察されている。これを参考に本研究では、沖縄県国頭郡大宜味村白浜地区に位置する、強い風化作用を被った白亜系千枚岩の露頭(以下、白浜露頭と呼ぶ)において、鉱物の垂直的な組織の変化を検討した。

2. 地質概説

Fig-1に示すように、調査を行った露頭の周辺には、下

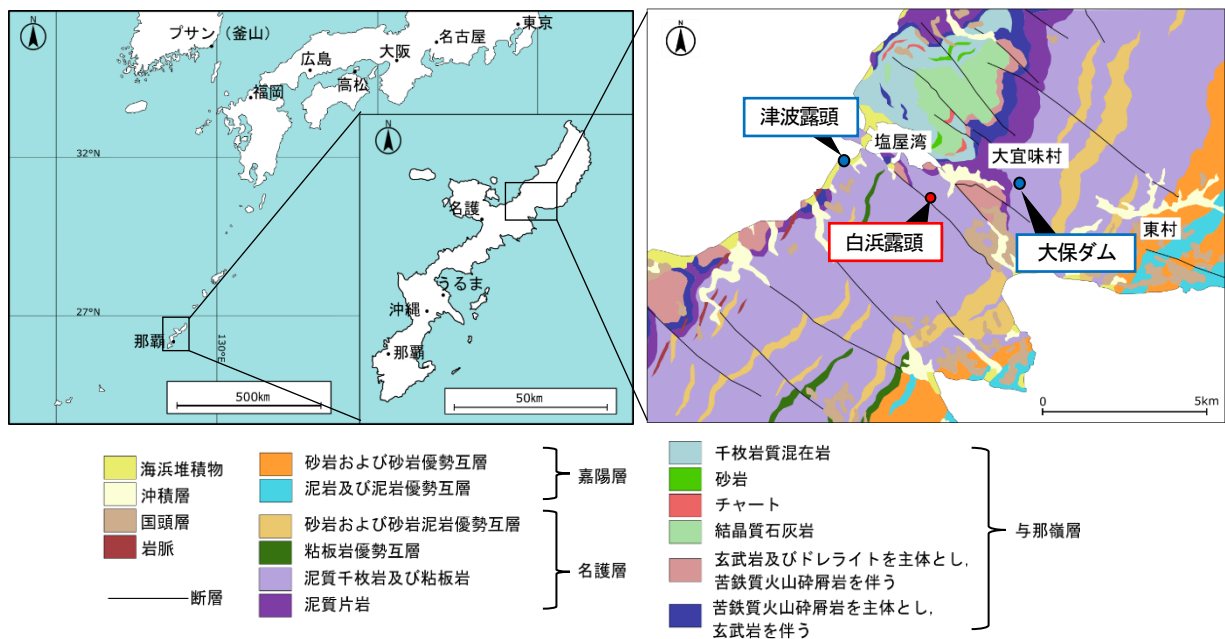


Fig-1. 調査地付近の地質図 (20 万分の 1 地質図幅および中江ほか, 2010 より作成) と試料の位置
白浜露頭: Fig-2 参照, 津波露頭: 岩相記載と化学分析用試料の採取, 大保ダム: 薄片観察用試料

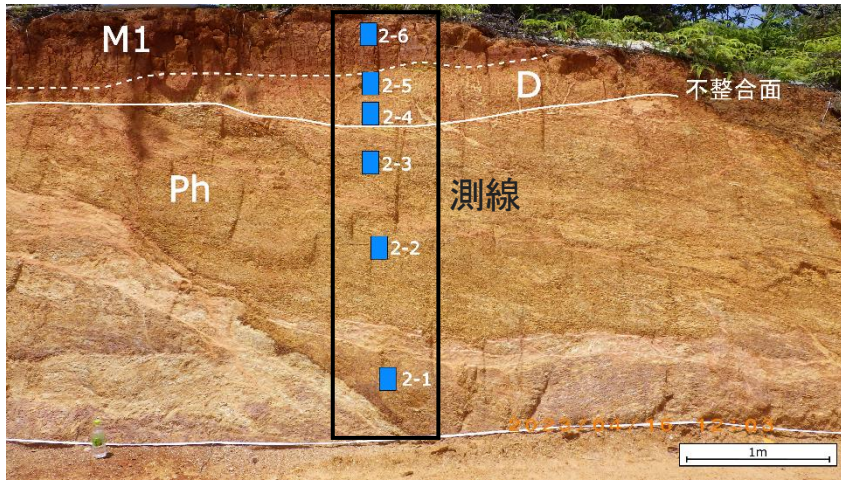


Fig-2. 露頭写真と試料を採取した測線

Ph : 千枚岩の片理や褶曲を残す. D : 一定の方向性を持たない少量の亜円礫を含む堆積物. 赤色と白色のまだら模様を呈する. M1 : 暗赤褐色を呈する, 最も風化を被った層.

部白亜系の与那嶺層, 上部白亜系の名護層, 始新統の嘉陽層が西から東にかけて分布している (中江ほか, 2010). また, 更新世堆積物の国頭層が本地域の与那嶺層, 名護層, 嘉陽層を不整合で覆っていることが報告されている (中江ほか, 2010). 調査地周辺の地層の分布と露頭の位置から, 本研究における白浜露頭は白亜系名護層の千枚

岩を基盤岩とし, 国頭層に対比される礫質な堆積物が, 名護層千枚岩を不整合で覆っているものであると考えられる.

3. 研究手法

白浜露頭を対象として露頭観察を行ったのち, 垂直方

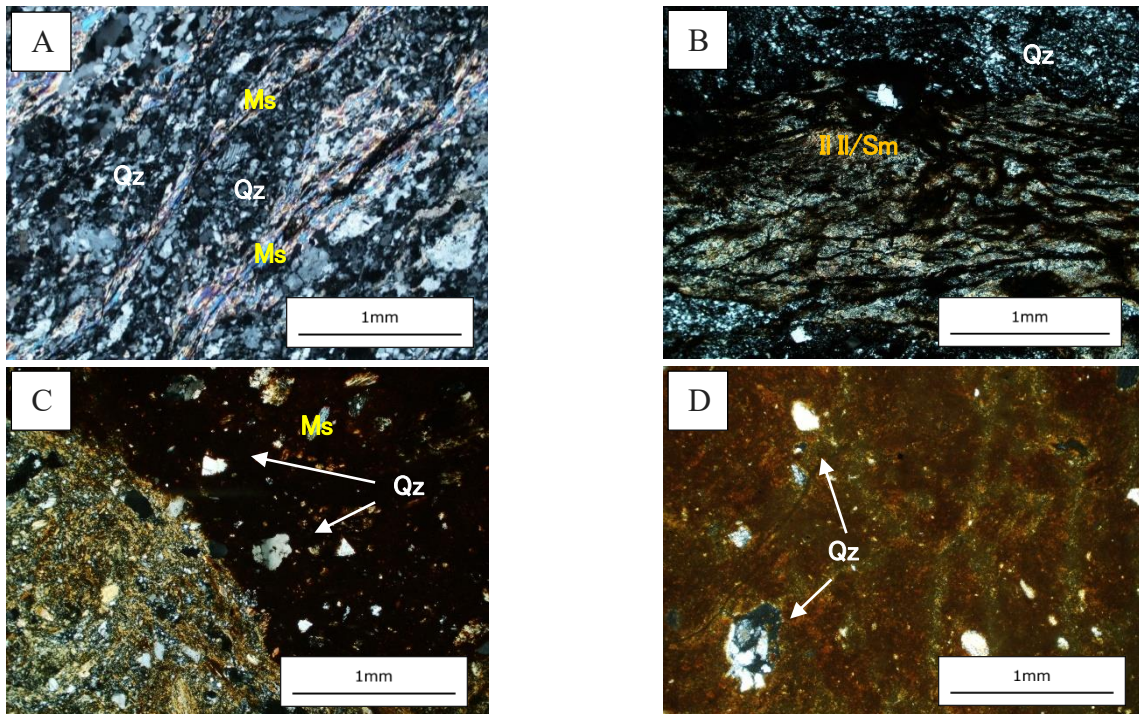


Fig.3. オープンニコルで撮影した薄片写真. A : 新鮮な名護層千枚岩. 片理が良く観察できる. B : 試料 2-1 : 混合層鉱物化した白雲母. C : 試料 2-5 : 白色部と赤色部が明瞭に分かれている. D : 試料 2-6 : 地表付近で著しい風化を被り, 暗赤褐色の土壌へと変化している.
Qz : 石英, Ms : 白雲母, II : イライト, II/Sm : イライト/スメクタイト混合層鉱物

向の測線を設定し、6 試料 (2-1~2-6 ; Fig-2) を採取した。採取した試料の薄片を観察することによって、鉱物の量比や構造の観察を行った。また、X線回折分析 (XRD) を行い、ピーク位置から含有鉱物を同定した。なお、X線回折分析では特性 X 線に CuK α 線 (波長 : 1.5418Å) を用い、管電圧は 40kV、管電流は 30mA とした。また、定方位試料では走査速度 1°/min、 $2\theta=3-30^\circ$ 、走査角度は 0.02° 、不定方位試料では走査速度が 2°/min、 $2\theta=3-60^\circ$ 、走査角度は 0.02° といった測定条件で分析を行った。分析は無処理の試料の他、エチレングリコール処理、塩酸処理、加熱処理 (100°C、300°C、500°C) を行った試料を用い、XRD ピークの消失や移動から鉱物を同定した。なお、未処理試料の XRD チャートを Fig-4 に示す。

さらに、白浜露頭の母材となる岩石を評価するため、沖縄県国頭郡大宜味村津波地区に分布する名護層千枚岩の露頭 (以下、津波露頭と呼ぶ、Fig-1 参照) において、観察と試料採取を行ったのち、白浜露頭の試料と同様 X線回折分析を行った。なお、新鮮な名護層千枚岩の薄片観察については、大宜味村に位置する大保ダム (Fig-1) の建設時に作成された、横坑の薄片を使用した。

4. 結果

4. 1. 露頭観察

(1) 新鮮な名護層千枚岩

暗灰色を呈する千枚岩で、石英脈が認められた。片理構造が顕著で小規模な褶曲を伴っていた。ハンマーで叩くと片理に沿って簡単に割れる程の硬さであった。

(2) 白浜露頭

肉眼観察において、マンセル土色表に基づいて決定した土色から地層を区分した。露頭の下位から、千枚岩の片理や褶曲が見られる Ph 層、不整合より上は、一定の方向性を持たない少量の亜円礫を含む堆積物であり、赤色と白色のまだら模様を呈する D 層、最上部に見られる、暗赤褐色を呈する M1 層に分類した。

4. 2. 薄片観察

新鮮な名護層千枚岩は石英と白雲母、不透明鉱物によって形成される片理が特徴的で、他に斜長石やカリ長石、白雲母、緑泥石、方解石が含まれていた (Fig-3A)。これに対し、白浜露頭の千枚岩層は石英、白雲母が含まれていたものの、長石類や緑泥石、方解石は認められなかった。白雲母の多くは千枚岩層において 3 次の高い干渉色から 1 次の低い干渉色に変化しており、鉱物の変質していることが示唆される (Fig-3B)。また、不整合面より上

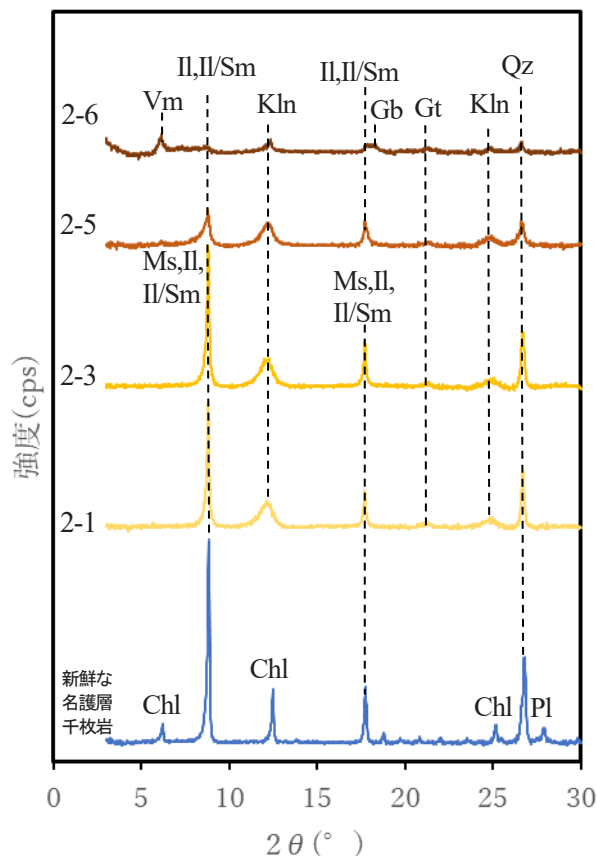


Fig-4. 未処理試料の定方位 XRD チャート。

Qz : 石英, Pl : 斜長石, Ms : 白雲母,
Chl : 緑泥石, Kln : カオリナイト,
Vm : バーミキュライト, Il : イライト,
Il/Sm : イライト/スメクタイト混合層鉱物,
Gt : 針鉄鉱, Gb : ギブサイト

の堆積物層において白雲母はほとんど消失しており、主に一定の方向性をもたない石英や、白雲母が変質した鉱物などの粒子によって構成されていた。露頭観察においてまだら模様を呈していた D 層は、薄片においても赤色部分と白色部分で明瞭に分かれていた (Fig-3C)。また、最上部に位置する M1 層の組成は、暗赤褐色の基質が大部分を占めていた (Fig-3D)。

4. 2. X線回折分析 (Fig-4)

新鮮な名護層千枚岩で確認できた緑泥石や斜長石のピークは白浜露頭においては消失し、カオリナイトや針鉄鉱の生成が認められた。 $2\theta=8.9^\circ$ 付近の雲母粘土鉱物のピークは千枚岩層 (試料 2-1, 2-3) では鋭く対照的だが、堆積物層 (試料 2-5, 2-6) においては小さく左右非対称なピークを示した。地表付近の最も風化が進んだ試料 2-6 では、バーミキュライトやギブサイトの生成が確

Table-1. 薄片観察, X線回折分析(定方位, 不定方位試料)に基づいた含有鉱物表. +は含む. -は含まない

		石英	斜長石	カリ長石	白雲母	緑泥石	方解石	Il/Sm 混合層鉱物	カオリ ナイト	針鉄鉱	ギブ サイト
白 浜 露 頭	2-6	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+
	2-5	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-
	2-3	+	-	+	+	-	-	-	+	+	-
	2-1	+	-	+	+	-	-	-	+	+	-
新鮮な 名護層 千枚岩	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	

認められた。また、カリ長石のピークは定方位分析では認められなかったが、不定方位試料の分析によって、新鮮な名護層千枚岩や白浜露頭の Ph 層(試料 2-1, 2-3), D 層(試料 2-5)において認められた。しかし、最上部の M1 層(試料 2-6)ではカリ長石のピークは認められなかった。

5. 考察

Table-1 は薄片観察や X 線回折分析の結果にもとづいて作成した、新鮮な名護層千枚岩の試料、白浜露頭の試料(2-1, 2-3, 2-5, 2-6)の含有鉱物を示す表である。新鮮な名護層千枚岩で認められた斜長石や緑泥石、方解石が白浜露頭において確認できないことから、これらの鉱物が亜熱帯気候下での強い風化作用により消失したことが示される。また、強風化を被ることによって白浜露頭全体でカオリナイトやゲーサイトの生成が認められ、さらに風化が進むことによりバーミキュライトやギブサイトが生成したと考えられる。

薄片観察で確認できた、露頭下位から上位にかけての白雲母の減少と混合層粘土鉱物の生成は、Fig-4 に示されるように X 線回折分析における雲母粘土鉱物のピークが小さく、非対称に変化している結果と整合性があり、不整合面上の堆積物が堆積した後の風化に伴い、露頭の下位から上位にかけて白雲母が粘土鉱物化する過程を表していることが示唆される。

6. まとめ

- 1) 白浜露頭が風化し現在の赤色土壌に変化する際には、最初に斜長石や緑泥石、方解石の消失、次にカオリナイトや針鉄鉱の生成、その後カリ長石や白雲母が消失し、最終的にはバーミキュライトやギブサイトが生成するといった鉱物の変化過程を辿る。
- 2) 露頭形成後に高温・多雨な気候下での強い風化作用を被ることにより、白雲母が徐々にイライト/スメクタイ

ト混合層鉱物などの二次生成鉱物へと変質した。

引用文献

- 荒木 茂, 1986, 赤黄色土の岩質, 風化度評価. ペドロジスト, 第 30 巻 第 1 号, 41-54.
- 荒木 茂, 1988, 赤色土の生成と年代. ペドロジスト, 第 32 巻, 第 2 号, 91-98.
- 菅野一郎, 1961, 日本の主要土壌型の生成・分類学的研究(2). 九州農業試験場彙報, 7 巻, 2 号, 187-306.
- 前島勇治, 2016, 南西諸島に分布する国頭マージ, 島尻マージ, およびジャーガルの生成・分類について, ペトロジスト, 第 60 巻, 第 1 号, 65-70.
- 宮城調勝・近藤 武, 1990, 国頭マージの物理的性質について—国頭マージの理工学的性質に関する研究(I)—. 農業土木学会論文集, 第 149 号, 39-44.
- 中江 訓・兼子尚知・宮崎一博・大野哲二・駒澤正夫, 2010, 20 万分の 1 地質図幅「与論島及び那覇」産業技術総合研究所, 地質調査総合センター.
- Nesbitt H.W. and Markovics G., 1997, Weathering of granodioritic crust, long-term storage of elements in weathering profiles and petrogenesis of siliciclastic sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol.61, No.8, 1653-1670.
- 翁長謙良・吉永安俊・渡嘉敷義浩, 1993, 国頭マージ地帯の土壌浸食と防災. 農業土木学会誌, 第 62 巻, 第 4 号, 307-314
- 渡嘉敷義浩・志茂守孝・大屋一弘, 1982, 国頭マージ地域における流出赤土の粘土鉱物と 2, 3 の理化学性について. 琉球大学農学部学術報告, 29 号, 7-18.

(原稿受付 2024.3.7)