

岩石圏と水圏の相互作用, その12

—風化花崗岩の亀裂中の構成鉱物—

満塩 大洗・夕部 雅丈・植木 岳雪

(理学部地質学教室)

Interaction between Lithosphere and Hydrosphere, part 12

—Clay minerals in the crack of weathered granite—

Taikou MITUSIO, Masatake YUBE and Takeyuki UEKI

Department of Geology, Faculty of Science

Kochi University, Akebono Kochi 780, Japan

Abstract: The writers surveyed the clay minerals which were produced in the cracks of weathered granitic basement near the Oh-ike pond, Ohnohara-Cho, Mitoyo-Gun of west Kagawa Prefecture.

As the results of X-ray diffraction, quartz, microcline and albite are found as the accessory minerals, and clay mineral of illite is identified in the weathered materials called "Masa" derived from granitic rocks. On the contrary, quartz and albite are found in the greenish blue special cracks of the weathered part, which is called "clay seam", and clay minerals of illite and smectite(montmorillonite) are identified.

In the cracks, illite was formed by weathering of mainly microcline and illite, and it means this granitic rock was not fully weathered because of being under arid climate.

キーワード: 風化 マサ土 (サブロライト) 花崗岩類 粘土鉱物類

はじめに

筆者らは岩石圏と水圏との相互作用について永年研究してきた (たとえば, MITUSIO *et.al.*, 1983; 満塩, 1994; MITUSIO and FURUKAWA, 1995; 満塩・三浦, 1995). その中で, 特に岩石類の風化変質に関して, 各種の岩石類を人工的に加熱して, それらの重量減少率や色相の変化を追求してきた (満塩, 1985; 満塩ら, 1990; 満塩, 1992). また, 西沢・満塩 (1992) は実際の風化断面を観察して, それらの元素移動についても報告した. また, 高知県下の砂利資源の枯渇化に対して, 実際に岩石を破碎する実験結果や水熱変質による母岩からの変化についても報告してきた (満塩, 1993 a; 1993 b).

これらの研究の一環として, ここでは, 特に花崗岩の風化変質に関して, 香川県の領家帯において, 興味ある露頭を発見して (写真参照), それらを構成する鉱物類の概要を検討して重要な結果が得られた.

一般に, 花崗岩類は中国・近畿・四国の瀬戸内側に, 領家帯として広く分布している. そして, これらは風化すれば, マサ土 (サブロライト) と呼ばれるものに変化する. マサ土は土質的には砂質土であり, 鉛直力には強いけれども流水には弱いために, マサ土の分布地域では豪雨による斜面

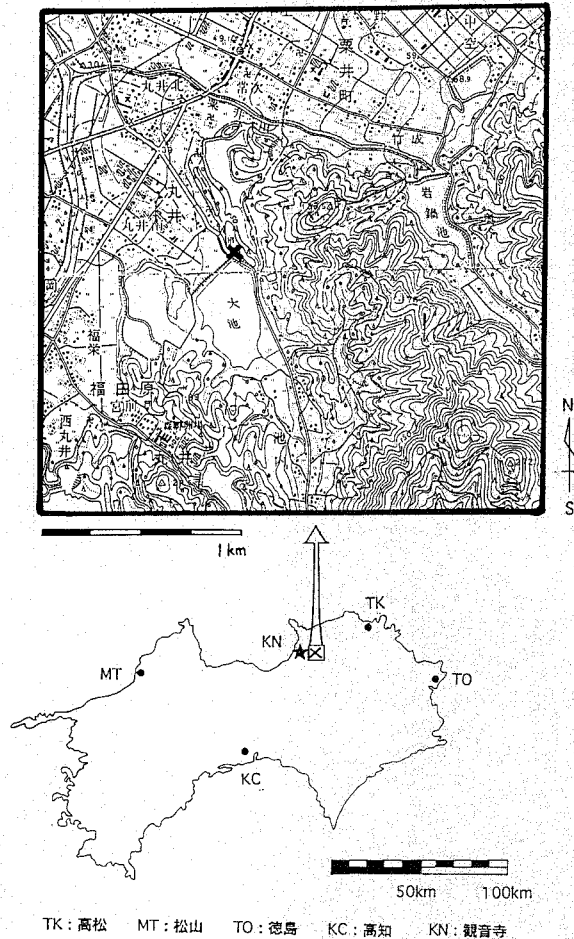


図1. 香川県三豊郡大野原町丸井の大池付近の位置図
×印は調査地域 (図2参照)

災害がしばしば引き起こされる。また、三浦・秦 (1970) によれば、風化花崗岩の崩壊を特徴づけるものは節理型崩壊であり、これを支配するものは節理充填物質としての節理粘土類である。

さらに、中川・津田 (1993) は香川県小豆島の2箇所において、風化マサ土の粘土鉱物について報告している。

しかし、マサ土の粘土細脈に包含されている水の問題や、斜面災害に関係する粘土の役割など解明されていない問題は数多く残されている。

そこで、香川県三豊郡大野原町丸井の大池北側付近の地質調査を行い (図1)、花崗岩風化帯に生成していた粘土細脈が観察された露頭付近を観察し、その付近の試料を採集した。さらに、これらの試料についてX線回折により構成鉱物類を同定し、これらの生成に関して、気候や風化条件の関係や風化過程などについて考察を行ったものである。

調査地域の自然環境

1) 地形と地質

試料採取地点付近の地質を図2に示す。香川県西部の観音寺市・大野原町周辺には南方より和泉層群・三豊層群・領家花崗岩類が分布する。和泉層群は白亜紀の砂岩泥岩互層であり、起伏の大きな阿讃山地を形成している。筆者らは香川県の第四系を総括しているが(満塩・古川, 1985), 三豊層群は主として和泉層群から由来した砂岩礫よりなる前期更新世の扇状地堆積物である。この堆積面は侵食され、丘陵状の地形を成している。

領家花崗岩類は風化が進み、マサ土化している所も多く、残丘状の地形を成している。試料採取地点においては、三豊層群の礫層(層厚10m)が花崗岩類を不整合に覆っている。また、山地・丘陵を刻む河川に沿って段丘堆積物が分布する。

なお、この付近の第四紀地質については別報の予定である。

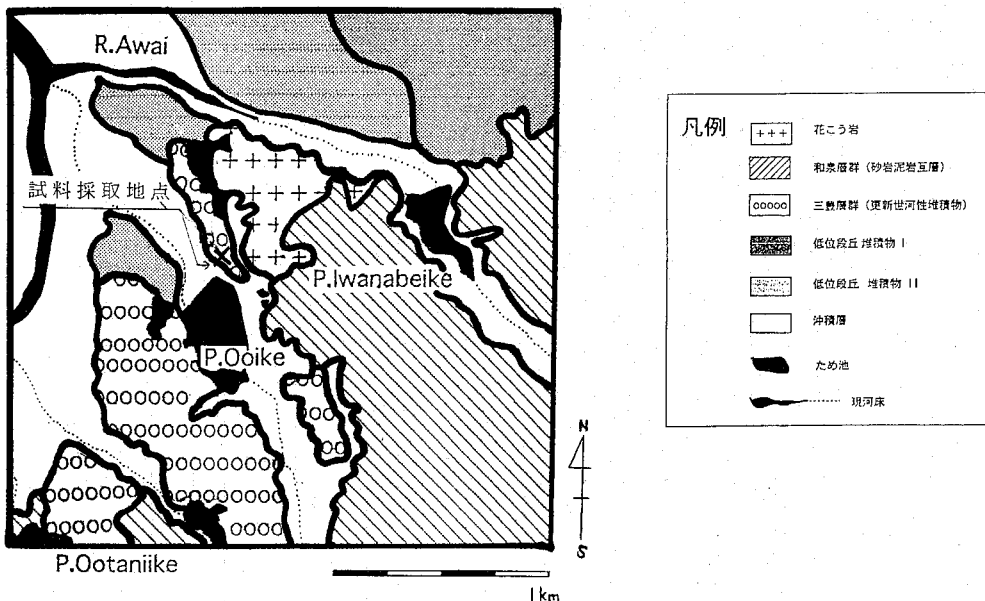


図2. 香川県三豊郡大野原町丸井の大池付近の地質図

2) 気候

調査地域は関口(1959)による区分では瀬戸内気候区に属し、鈴木(1966)の区分では準裏日本気候区に属する。当域近くの高松市における年平均気温は15.3℃で、日最高気温と日最低気温の年較差は8.8℃である。年平均降水量は1,147mmで、日降水量50mm以上の日数は3.2日/年である。また、当域付近では温暖乾燥の気候であり、季節の較差が小さい。

粘土の産状

マサ土(サブロライト)化した花崗岩風化帯に生成されていた粘土細脈の産状を、図3及び写真に示している。ここで中央付近のハンマーを刺している所が粘土細脈で、これはほぼ縦方向に連続

している。この粘土細脈は花崗岩の亀裂に粘土が生成し、その後周囲がマサ土化したものと考えられ、粘土細脈の厚さは約1cmである。色は薄緑青であり、チーズ状を呈している。

マサ土の存在条件として、地形的には平坦な場所、準平原などに多く、地史的には長時間風化をうける機会があり、しかも新しい堆積物でおおわれ保護されている所に多く、侵食度からみれば地形が平坦で、雨量が少なく、侵食の機会が少ないところに多いと、西田(1971)は述べている。本地域の露頭付近では地形・地史・侵食度の点において、西田の説に整合している。

また、マサ土の著しい露頭には多くの粘土細脈が認められ、“粘土シーム”と呼ばれている。本地域の細脈粘土類を肉眼観察した場合、大きく分けて3つの色相(緑・青緑・白)が見られ、緑色はsmectiteで、薄い緑色及び青緑色のものは雲母粘土鉱物(illite)であり、白色はkaolin系の粘土鉱物が主要粘土鉱物とされている(北川, 1994)。本報告の粘土は肉眼的には、illiteに対応するものである。

ところで、粘土鉱物類の生成状況は地域によって異なっており、また、地層の上下層準でも変化する。また、細脈の形成には、①花崗岩の貫入岩の両サイドに形成されるもの、②花崗岩中の小断層に沿って形成されるもの、③割れ目の中に形成されるもの、④割れ目ははっきりしないが、全体に花崗岩の組織を残して脈状に形成されるもの、⑤コア・ストーンが形成されているような節理に沿って形成されるものの5種類がある(北川, 1994)。本報告の粘土はこれらの成因のうち、③に相当するものである。

構成鉱物の概要

構成鉱物の概要を知るために、採集した試料の原土のX線回折を行った。

まず、亀裂に隣接する花崗岩風化帯(マサ土)のX線回折図を図4に示している。これにはquartz・microcline・albiteの高いピークがみられ、粘土鉱物としてはilliteがわずかに認められる。

次に、亀裂に生成した粘土シームの青色粘土のX線回折結果を図5に示す。これにはquartzとalbiteのピークが顕著である。図4と比較すれば、quartzのピークが約1/3に落ちており、microclineのピークが極端に低くなっている。反対に、粘土鉱物であるilliteのピークが高くなっており、新たにsmectite (montmorillonite) が認められる。

考 察

乾燥気候下では、花崗岩のような完晶質の岩石は塊状の単一鉱物性岩石よりも風化による攻撃に

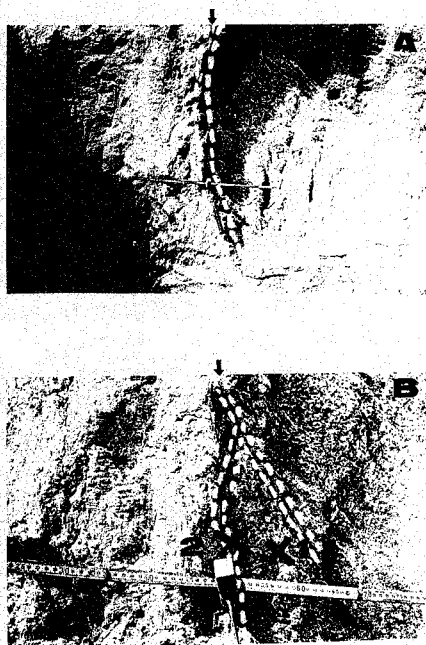


図3. 大池付近の試料採集地点の露頭写真参照
A(上段), 全体 B(下段), 近景 矢印は粘土細脈 X 1, 花崗岩風化土(マサ土)試料 X 2, 粘土細脈の試料

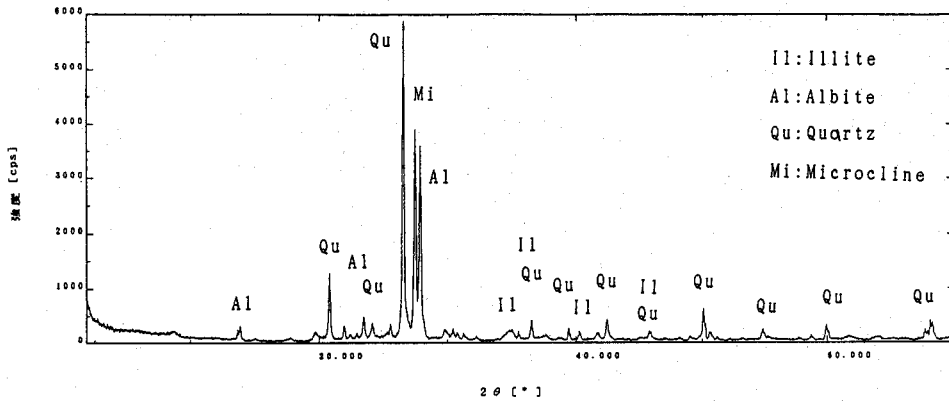


図4. 花崗岩風化土(マサ土)試料のX線回折図

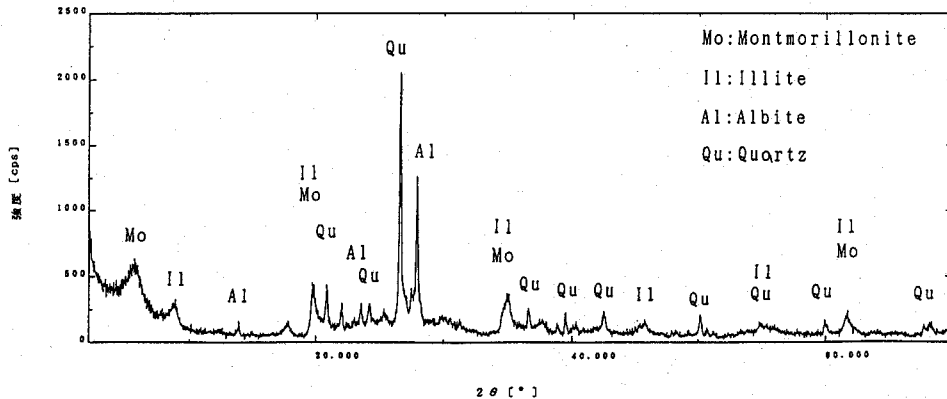


図5. 粘土細脈試料のX線回折図

に対する抵抗性は弱いと言われている (ブルーム, 1970). 図3及び写真で示したように, 数メートルもマサ土(サブロライト)化しているのは, 気候による要因が大きな比重を占めているものと考えられる.

風化の観点からみると, quartzは安定な鉱物であり, 残存鉱物として両試料共に同定されている. 露頭の付近には新鮮な母岩がないために, 相互の比較は難しいが, 1次鉱物として存在していたと考えられるbiotiteが同定されていないことから, biotiteは風化しやすい鉱物であり, 変質していると考えられる. biotiteはMg・Naイオンの置換溶脱によりillite・chlorite・vermiculite混合層鉱物を経て, vermiculite→halloysiteという変化を示すことが明らかにされている(西田, 1971).

また, feldsparも風化されやすい鉱物であり, feldspar→allophane→halloysite→kaoliniteの風化系列があるいっぽう, 溶脱があまり強く行われず, Kイオンが共存する条件では, 中間段階でilliteが生成し, feldspar→illite→illite/smectite混合層鉱物→smectite→smectite/halloysite混合層鉱物→halloysite→kaoliniteの風化系列がある(水谷, 1976; 塚本・水谷, 1988). さらに, 満塩(1993)は同じ領家帯の山口県防府市の花崗閃緑岩類の風化断面の露頭の粘土鉱物類を解明し, これらの風化変質の水熱実験も行い, アルカリ環境下で高温・長時間でよく分解することを報告し

た。また、満塩ら (1987) は砂岩や頁岩を水熱実験により変質させて、主要元素類の水溶液への溶脱や粘土鉱物類・ゼオライト類などへの風化変質過程を報告した。

いっぽう、高知県の物部川流域の白亜系の粘土鉱物も *illite* や *chlorite* などが主要な粘土鉱物である (MITUSIO and HIGASHI, 1982)。また、愛媛県南西部の四万十川流域上流部の広見川付近における更新統の粘土鉱物も時代が古くなるにつれて、*quartz* や *feldspar* が減少して粘土鉱物類が増加するが、これらの粘土鉱物類では *illite* や *chlorite* が減少して *kaoline* 鉱物が増加する (MITUSIO and KASHIMA, 1994)。さらに、土佐湾海底下の粘土鉱物類も *illite* や *chlorite* などが主要な粘土鉱物で、*smectite*・*kaoline* は浦の内湾の湾奥部にみられる (MITUSIO and GURUGE, 1994)。

さらに、粘土鉱物類の熱水変質作用として、熊本県北東部の阿蘇郡小国町付近の温泉開発のための調査を行ったが (MITUSIO and FURUKAWA, 1995)、ここでも *smectite*・*kaoline* は重要な変質鉱物である (金原・坂口, 1989)。

これらの諸事実にもとづいて考察すれば、本地域の試料では *illite* が同定されており、上記の粘土鉱物類の産状や風化系列からみて、本地域では風化の程度はあまり進んでいないといつてよい。この原因としては、本調査地域は瀬戸内式気候帯に属していて、雨量が少ないことがひとつの要因と考えられる。

また、*smectite* (*montmorillonite*) は、中性からアルカリ変質帯の低温側で安定とされており (日本粘土学会, 1994)、風化作用では寒冷気候や乾燥気候下で生成されやすいとされている (白水, 1988)。本試料の *smectite* (*montmorillonite*) は亀裂に生成されていることや生成条件からみて、地表近くで生成されたものではなく、一定の深さにある時に生成され、その後現在の地表近くに露出してきたものと考えられる。

いっぽう、地質帯として同じく領家帯に属する、香川県小豆島のマサ土からは、中川・津田 (1993) は東北端の当浜から *halloysite* と *vermiculite* を報告し、西南端の池田からは *smectite* と *halloysite* 及び *chlorite* / *smectite* 混合層鉱物を報告している。そして、*halloysite* は主として長石の風化により、*vermiculite* は *biotite* の風化により生成したとしている。また、小豆島西南部の池田のように、*smectite* の報告例は非常に少なく、地表部での生成は困難で、海岸部付近では、地下水か海水の広域的な風化変質の可能性も指摘している。

それ故、本地域の粘土鉱物も地下で生成されて、それが地表に出てきたと考える方が合理的であろう。

さらに今後の詳細な粘土鉱物学的検討を行う予定である。

謝 辞

X線回折を行うにあたり、高知大学理学部地学教室の中川昌治博士にお世話になった。ここに感謝の意を表します。

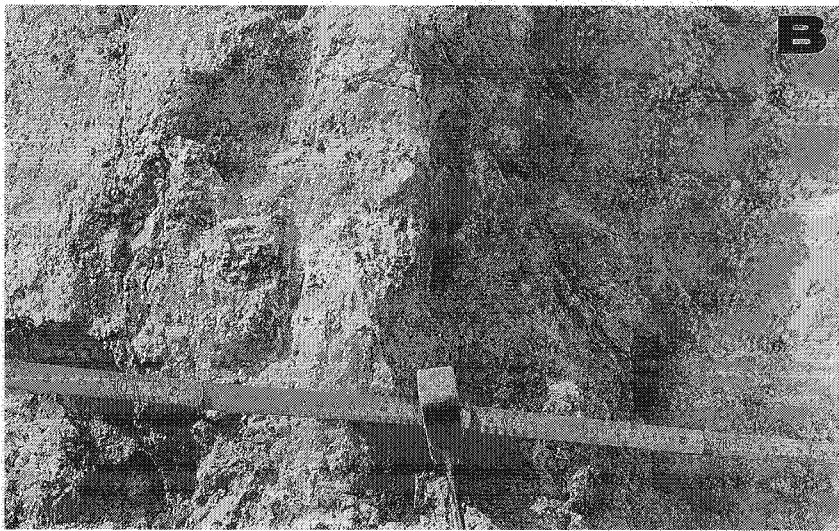
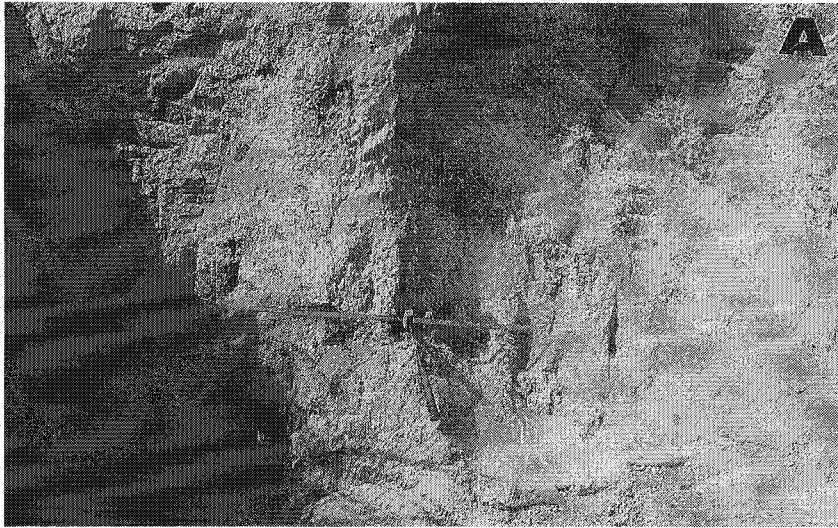
文 献

- ブルーム, A. L.: 地形学入門. 1-45 (1970)
 北川隆司: 花崗岩のマサ化と斜面崩壊～粘土細脈に注目して～ワークショップ広島, マサ土分布地域における植生の変遷と土砂災害の変遷に関する研究, 平成5年度報告, 11-15 (1994)
 金原啓司・坂口圭一: 日本の主要地熱地帯の地質と温泉・変質帯分布, 24, 豊肥.; 387-426 (1989)
 Mitusio, T. and Higashi, S.: Clay mineral of the upper Cretaceous of the Monobe area. *Paleont. Soc., Japan. spec. pap.*, 25; 27-30 (1982)

- Mitusio, T., Matsuoka, K., Nishizawa, H., Yamasaki, N. and Yanagisawa, K.: Interaction of water and serpentinite. *Proc. 4th Intern. Symp. on Water and Rocks.*, 337-339 (1983)
- 満塩大洗・古川博恭: 香川県水理地質図及び同説明書, 1: 15万. 農水省中四農政局 (1985)
- 満塩大洗: 未利用資源の有効利用, その4, 腐植質火山灰の加熱による色相の変化と第四系の色相との比較. 海洋・資源, (13); 25-32 (1985)
- 満塩大洗・山崎伸道・柳沢和道: 河川水に及ぼす岩石類の影響, 特に水熱溶脱による分解. くろしお特別号, (1); 5-12 (1987)
- 満塩大洗・山下修司・大山大道也・木村壮一郎: 未利用岩石の有効利用, その2, 加熱による風化. ウェイストリソース, (22); 13-20 (1990)
- 満塩大洗: 赤色クサリ礫の実験的研究-防災に関する基礎的研究I. くろしお特別号, (6); 3-10 (1992)
- 満塩大洗: 岩石の破碎実験による堆積学的研究-砂利資源の研究(2), 未利用資源の研究, その17-1. くろしお特別号, (7); 29-43 (1993)
- 満塩大洗: 風化変質作用の研究-砂利資源の研究(1), 未利用資源の研究, その16-1. くろしお特別号, (7); 17-27 (1993)
- 満塩大洗: 岩石圏と水圏の相互作用, その10-特殊な水, α -waterと ω -water添加によるコンクリート強度変化. ウェイストリソース, (29); 29-36 (1994)
- Mitusio, T. and Kashima, N.: Quaternary System along the Hiromi river and its tributaries, southwestern part of Ehime Prefecture-Environmental geology of west Shikoku, part 8. *Mem. Fac. Sci., Kochi Univ. ser. E, Geology*, 15; 21-39 (1994)
- Mitusio, T. and Guruge, K. S.: Marine geology of Tosa bay, Shikoku, southwest Japan, part 4, Important sedimentological aspects-Marine geology of very shallow portions, part 16-. *Mem. Fac. Sci., Kochi Univ. ser. E, Geology*, 15; 41-48 (1994)
- Mitusio, T. and Furukawa, H.: Interaction between Lithosphere and Hydrosphere, Part 11-Exploration of a new hot spring near Kurokawa, Oguni-Cho, Kumamoto Prefecture-. *Mem. Fac. Sci., Kochi Univ. ser. E, Geology*, 16; 45-58 (1995)
- 満塩大洗・三浦恭造: 特殊な水, アルファ水とオメガ水の諸効能. くろしお特別号, (9); 132-137 (1995)
- 三浦清・秦明德: 風化花崗岩の節理型崩壊と節理粘土. 応用地質, 11 (2); 6-9 (1970)
- 水谷伸治郎: 頁岩の風化-その変質過程の速度論的考察-. 西田教授退官記念論集, ; 445-457 (1976)
- 中川昌治・津田隆幸: 香川県小豆島の花崗岩サブロライト(まさ)中の粘土鉱物. くろしお特別号, (7); 11-15 (1993)
- 日本粘土学会: 粘土ハンドブック, 第2版. 1-1022 (1994)
- 西田一彦: マサ土-分布と生成要因-. 施工技術, 14 (6); 40-50 (1971)
- 西沢 均・満塩大洗: 風化鉱物のキャラクターゼイション-防災に関する基礎的研究II. くろしお特別号, (6); 11-17 (1992)
- 関口武: 日本の気候区分. 東京教育大地理研報, (3); 65-78 (1959)
- 白水晴雄: 粘土鉱物学. 1-157 (1988)
- 鈴木秀夫: 日本の気候と気候区分. 石田・矢沢・入江共編(世界地理, 2), 41-62 (1966)
- 塚本齊・水谷伸治郎: 風化粘土の生成と変遷. 応用地質, 29 (3); 231-241 (1988)

平成7(1995)年9月29日受理

平成7(1995)年12月25日発行



写真：大池付近の試料採集地点

図3参照 A, 全体 B, 近景 ハンマー付近が粘土細脈の試料採集地点 (X 2)
その右が花崗岩風化土 (マサ土) 試料採集地点 (X 1)