

沸石脈生成に伴う岩石の変質作用

——特に深成岩類の深層風化と関係して——

三 浦 清*

Kiyoshi MIURA

Abstract : During the final stages of consolidation of granitic magma, the volatile-rich residual solutions may induce widespread alterations, so that pre-existed minerals are veind or replaced by new ones.

Laumontite and stilbite resulting from these processes occurs generally in veins cutting plutonic rock masses, and these zeolites are also in association with albite and hydrogrossularite mineralization, especially in granodiorite masses.

The alteration zones along zeolite veins can be a very effective mechanical agent of rock weathering and thus allowing other weathering agencies access to the interior of the rock is a phenomenon frequently observed.

The significance of these alteration to deeper seated weathering are discussed in this paper.

1. ま え が き

ある種の深成岩、例えば花崗閃緑岩とか花崗岩の縁辺部などでは著しく沸石脈に富み、岩石がそれに沿って淡赤色化し、他とは著しく風化の様態を異にすることがある。

特に花崗閃緑岩の中にはそれによる深層風化作用が著るしく、むしろ深層風化作用の重要な一因とすら考えられることもある。例えば神戸市の布引花崗閃緑岩、岡山県の奥津花崗閃緑岩、こゝで述べる大東花崗閃緑岩などその例は多い。

勿論、深層風化作用を特徴づけるものはこの種の沸石脈生成に伴う変質作用を先行変質作用とするもののみではなく、他にも考えられるが、この点は別に述べるとして、こゝでは沸石脈とその生成過程における岩石の変質

の特徴について述べ、それと深層風化作用との関係について議論する。

2. 研究試料

沸石脈の生成過程に伴う岩石の変質についての研究試料として後期中生代から古第三紀時代の火山活動によって噴出した石英安山岩ないしは流紋岩の溶結凝灰岩、細粒黒雲母花崗岩、花崗閃緑岩が取りあげられた。

後期中生代から古第三紀時代の溶結凝灰岩はいわゆる従来からメソボルカニックスと呼ばれ、その活動に続く貫入岩相としての花崗岩、花崗閃緑岩とは同源マグマの噴出相と云う概念で取扱われている。研究試料として採取した地域の周辺には、これに貫入して花崗岩、花崗閃緑岩が広く分布する。岩石全体としてはそれによるホルンフェルス化を受け、二次的黒雲母が生成し、かつ、構

* 島根大学教育学部地学研究室

| 試料 成分 | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO ₂ | 56.18 | 55.88 | 52.19 | 53.11 | 54.68 | 55.32 | 49.73 | 50.67 |
| Al ₂ O ₂ | 14.36 | 14.55 | 19.75 | 20.61 | 20.43 | 20.27 | 19.64 | 19.38 |
| Fe ₂ O ₂ | 0.05 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 2.67 | 2.28 |
| MgO | 0.36 | 0.36 | 0.40 | 0.50 | 0.33 | 0.55 | 1.19 | 1.03 |
| CaO | 7.63 | 7.63 | 10.46 | 10.63 | 9.47 | 9.04 | 8.89 | 8.72 |
| Na ₂ O | 0.67 | 0.96 | 0.32 | 0.67 | 2.03 | 2.29 | 0.21 | 0.46 |
| K ₂ O | 0.17 | 0.10 | 0.56 | 0.73 | 0.65 | 0.92 | 1.39 | 1.51 |
| H ₂ O | 20.58 | 20.47 | 16.32 | 13.75 | 12.32 | 11.61 | 16.28 | 15.95 |

表一、 出雲坂根附近後期中生代乃至古第三紀石英安山岩乃至流紋岩質溶結凝灰岩のF14およびF21断層に充填する沸石脈の化学組成

(1)~(6)：F14の試料で(1)，(2)が束沸石，他は濁沸化
(7)，(8)：F21の試料でいずれも濁沸石

| 試料 成分 | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO ₂ | 38.25 | 37.95 | 39.82 | 38.46 | 37.69 | 37.77 | 37.23 | 38.05 | 38.19 | 39.55 |
| TiO ₂ | 0.06 | 0.26 | 0.00 | 0.00 | 0.08 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.07 | 0.00 |
| Al ₂ O ₃ | 23.08 | 22.40 | 24.59 | 24.26 | 24.14 | 22.81 | 23.07 | 23.66 | 23.40 | 24.30 |
| FeO | 10.98 | 11.16 | 10.02 | 9.51 | 9.21 | 10.47 | 9.78 | 9.56 | 10.49 | 10.24 |
| MnO | 0.33 | 0.44 | 0.43 | 0.24 | 0.82 | 0.49 | 0.96 | 0.46 | 0.31 | 0.22 |
| MgO | 0.57 | 0.53 | 0.58 | 0.57 | 0.43 | 0.47 | 0.46 | 0.40 | 0.62 | 0.61 |
| CaO | 22.39 | 21.83 | 22.40 | 22.43 | 21.99 | 21.57 | 22.11 | 22.16 | 22.36 | 22.59 |
| Na ₂ O | 0.46 | 0.16 | 0.38 | 0.32 | 0.20 | 0.08 | 0.09 | 0.25 | 0.30 | 0.32 |
| K ₂ O | 0.19 | 0.32 | 0.22 | 0.18 | 0.14 | 0.26 | 0.14 | 0.12 | 0.31 | 0.48 |
| H ₂ O | 3.67 | 4.95 | 1.56 | 4.03 | 5.30 | 6.08 | 6.16 | 5.34 | 3.85 | 1.69 |

表二、 出雲坂根附近の表一の試料に接し、あるいはその近くで生成されたハイドログロシュラライト (Hydrogrossularite) の化学組成

(1)~(3)：F14附近， (4)~(7)：F35附近
(8)~(10)：沸石脈に沿う白色化岩試料3，2，4

造的にはNW系，NE系およびNS系の断層が発達し，これらはいずれも高角度の傾斜をもつ。これらはいずれも花崗岩マグマの貫入に伴う変動によって形成されたものとみられる。断層破碎帯はいずれも沸石脈によって充填され，同時に岩盤そのものが見掛上白色化している。白色化岩の中に淡赤色化の著しいもの，斑点状に淡赤色化部分が形成されるもの，あるいは沸石脈それ自身が淡赤色化しているもの，あるいは沸石脈に沿う母岩側で赤褐色化の顕著な部分が認められるなどの特徴も見られる。このような変質は明らかに沸石脈生成に伴う変質作用とみられ，優れた研究材料を提供する。

細粒黒雲母花崗岩は岩体の縁辺相に当る部分のものである。研究試料は深さ350メートルのボーリング試料のコ

| 試料 成分 | (1) | (2) | (3) | (4) |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| An | 31.21 | 31.05 | 20.63 | 27.99 |
| Ab | 65.84 | 65.52 | 78.16 | 68.95 |
| Or | 2.95 | 3.43 | 1.21 | 3.06 |

表三、 出雲坂根附近後期中生代乃至古第三紀石英安山岩乃至流紋岩質溶結凝灰岩の未変質岩における斜長石の組成

(1)，(2)：全く変質を受けないもの（黒色）
(3)，(4)：周辺が白色化岩化する中で変質から取り残された岩片（黒色）

| 試料 成分 | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| An | 2.28 | 3.06 | 4.98 | 3.49 | 0.59 | 0.59 | 1.08 | 6.02 | 13.77 | 7.95 |
| Ab | 96.97 | 95.68 | 92.00 | 94.14 | 98.88 | 98.88 | 96.52 | 88.39 | 84.33 | 89.77 |
| Or | 0.75 | 1.26 | 3.00 | 2.37 | 0.53 | 0.53 | 2.40 | 5.59 | 1.90 | 2.27 |

表一 4, 出雲坂根附近の表 1, 2, 3 に示す試料の変質岩の中の斜長石の組成

(1)~(6): F 14 附近 (7): F 30 附近
(8): 白色化岩 試料 4 (9), (10): F 35 附近

| SiO ₂ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Al ₂ O ₃ | 51.63 | 52.44 | 52.24 | 54.68 | 51.06 | 51.92 | 51.67 | 51.40 | 54.52 | 51.31 |
| Fe ₂ O ₃ | 21.17 | 20.30 | 20.95 | 20.19 | 20.80 | 21.01 | 20.59 | 20.66 | 19.69 | 20.76 |
| MgO | 0.22 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.08 | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 0.18 | 0.00 |
| CaO | 0.50 | 0.36 | 0.46 | 0.26 | 0.37 | 0.40 | 0.42 | 0.27 | 0.45 | 0.27 |
| Na ₂ O | 11.48 | 10.49 | 11.12 | 9.24 | 11.45 | 11.65 | 11.10 | 10.93 | 8.02 | 11.21 |
| K ₂ O | 0.38 | 1.11 | 0.77 | 2.24 | 0.25 | 0.13 | 0.44 | 0.38 | 2.71 | 0.42 |
| H ₂ O | 0.20 | 0.31 | 0.22 | 0.13 | 0.17 | 0.38 | 0.26 | 0.49 | 0.44 | 0.38 |
| | 14.42 | 14.99 | 14.24 | 13.21 | 15.82 | 14.51 | 15.46 | 15.87 | 13.99 | 15.65 |

表一 5, 横田町斐上温泉のボーリングコアに見られる沸石脈の化学組成

(1)~(5): 305.8メートル, (6), (7): 294.7メートル
(8)~(10): 178.5メートル

| 試料 成分 | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| An | 20.31 | 13.46 | 0.26 | 0.20 | 0.70 | 1.17 | 0.69 |
| Ab | 78.45 | 85.53 | 99.57 | 99.69 | 99.69 | 98.36 | 99.14 |
| Or | 1.24 | 1.01 | 0.17 | 0.11 | 0.11 | 0.46 | 0.17 |

表一 6, 斐上温泉のボーリングコアに見られる斜長石の組成

(1), (2): 305.8メートルの部分で沸石脈のない部分(図一 5 の D₂)
(3), (4): 305.8メートルの部分で濁沸石脈に沿う部分(図一 5 の D₁)
(5), (7): 298.8メートルの部分で濁沸石脈に沿う部分(図一 5 の C)

アの中で沸石脈に富む数点が使用された。コアは割目がしばしば発達し、そのような部分では沸石細脈が充填しているが全体として極めて硬質ではある。沸石脈を境として平面をもって两部分に分離する。黒雲母は沸石脈とは無関係に緑泥石化を受けている。

花崗閃緑岩の試料として用いたものは三浦(1987)によってその一部が報告されているボーリングコアの沸石に富む部分が研究に使用された。

以上の試料は本研究にとって極めて有効なもので、重要な資料が得られたものと考えている。

3. 沸石脈とその生成に伴う変質作用

前述のとおり、深層風化の原因の一つと考えられる沸石脈の生成に伴う変質の研究はそれ自体とあわせて風化の実態に迫る地学的な重要な問題の一つである。

今、その基本的な変質の原理を考究する材料として後期中生代ないし古第三紀石英英安山岩質溶凝灰岩とそれを貫く沸石脈およびその生成に伴う変質作用を取り上げた。試料採取地点は横田町坂根附近である。

本岩体は前述のように、花崗岩による貫入を受けており、その変動による断層として NW 系, NE 系, NS 系

の60°~90°の高角度の傾斜をもつ三系統の断層を生じた。これらのいずれの断層もその破碎帯の巾が30センチメートル以内で、沸石によって充填されている。

このうち、N60°W, 80°SのF14, F21の断層に充填する沸石は図一1, 2に示すように東沸石と濁沸石の二種からなる。それに対してN60°W, 80°SのF15, N0°~5°E, 70°WのF8, N2°E, 75°WのF9を充填する沸石は図一3に示すように濁沸石のみからなる。

これら沸石の化学組成を表一1に示す。ただし、H₂Oに関してはこの表のH₂O以外の成分合計を100パーセントから差し引いた値として示してある。

一般に後期中生代ないし古第三紀のこのような性格をもつ岩石の多くは見掛上黒色を呈し、本試料の採取地点でも未変質岩はそれと同様である。しかし、断層破碎帯

| | (1) | (2) | (3) |
|--------------------------------|-------|-------|-------|
| SiO ₂ | 52.85 | 52.88 | 53.37 |
| Al ₂ O ₃ | 21.38 | 20.46 | 20.74 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.01 | 0.09 | 0.06 |
| MgO | 0.45 | 0.42 | 0.38 |
| CaO | 11.39 | 10.26 | 10.89 |
| Na ₂ O | 0.21 | 0.91 | 0.21 |
| K ₂ O | 0.39 | 0.59 | 0.88 |
| H ₂ O | 13.32 | 14.39 | 13.47 |

表一7. 木次町寺領における花崗閃緑岩のボーリングコア深度66.1メートルの濁沸石の化学組成

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| An | 0.99 | 0.30 | 1.03 | 1.31 | 0.92 | 1.94 |
| Ab | 99.01 | 99.70 | 98.51 | 98.20 | 98.79 | 97.25 |
| Or | 0.00 | 0.00 | 0.46 | 0.49 | 0.29 | 0.81 |

表一8. 木次町寺領における大東花崗閃緑岩の沸石脈沿いのボーリングコアに見られる斜長石の曹長石化
(1): 66.1メートル, (2), (3): 46.8メートル
(4): 44.7メートル, (5), (6): 34.5メートル

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO ₂ | 38.55 | 37.92 | 37.75 | 35.38 | 29.37 | 39.99 | 40.09 | 36.43 |
| TiO ₂ | 0.11 | 0.11 | 0.00 | 0.06 | 0.53 | 0.00 | 0.05 | 0.00 |
| Al ₂ O ₃ | 22.87 | 25.37 | 24.11 | 20.21 | 14.21 | 23.20 | 28.25 | 24.16 |
| FeO | 11.26 | 7.37 | 4.34 | 11.77 | 13.79 | 8.11 | 2.11 | 7.04 |
| MnO | 0.14 | 0.00 | 0.25 | 0.29 | 0.96 | 0.00 | 0.00 | 0.08 |
| MgO | 0.61 | 0.43 | 2.82 | 0.34 | 0.54 | 0.46 | 0.99 | 0.38 |
| CaO | 22.27 | 22.57 | 21.91 | 20.63 | 14.25 | 20.51 | 21.23 | 21.97 |
| Na ₂ O | 0.39 | 0.00 | 0.43 | 0.26 | 0.50 | 0.71 | 0.51 | 0.20 |
| K ₂ O | 0.15 | 0.10 | 0.15 | 0.10 | 0.05 | 0.41 | 0.16 | 0.14 |
| H ₂ O | | | | | | | | |

表一9. 木次町寺領における大東花崗閃緑岩のボーリングコアに見られるハイドログロシュラライトの化学組成
(1)~(3): 66.1メートル, (4), (5): 46.8メートル((5)にはCeを含む)
(6)~(7): 44.7メートル, (8): 34.5メートル

を充填する沸石脈に沿って、それと密接な関係を示しながら、帯淡赤色化白色岩あるいは斑点状に淡赤色化部を伴う白色岩化が行われている事は顕著な特徴の一つである。その白色岩は一見したところ軟化しているように見えるが、決してそうではなく硬質岩のまゝであることも特徴としておいてよいであろう。このような岩石には著しくハイドログロシュラライト(Hydrogrossularite)が生成され、淡赤色化の原因とも考えられる。表一2はこれらのハイドログロシュラライトの化学組成が示してあ

る。

沸石脈の生成に伴って岩石にはハイドログロシュラライト化が顕著に行われている事は以上のとおりであるが、他の一つの重要な変質作用は斜長石の曹長石化作用である。もともとの未変質岩における斜長石の組成は表一3の(1), (2)に示すようなものと見られるが、沸石脈の影響を受けると表一4に示すように著しく曹長石化が進行する。表一3の(3), (4)は、同表の(1), (2)から表一4に移行する過程のものとして理解出来よう。

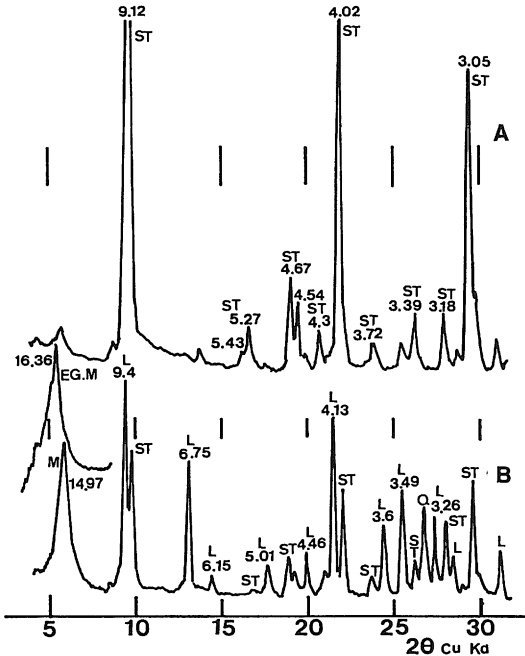


図-1
後期中生代乃至古第三紀石英安山岩乃至流紋岩質溶結凝灰岩のF14断層に充填する沸石脈(Aはやゝ淡赤色脈, Bは白色脈) ST:束沸石, L:濁沸石, M:モンモリロナイト, Q:石英

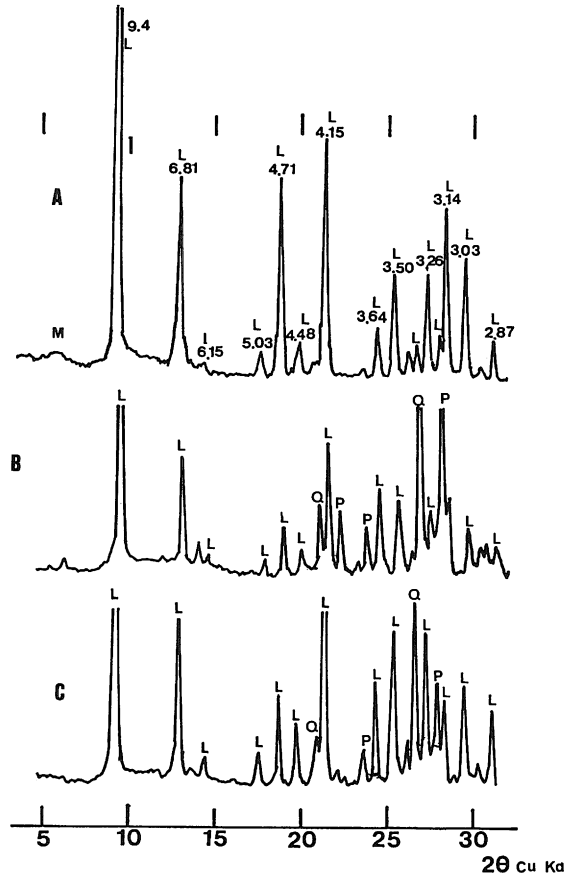


図-3
後期中生代乃至古第三紀石英安山岩乃至流紋岩質溶結凝灰岩のF8, F9, F15断層に充填する沸石脈(A, B, CはそれぞれF8, 9, 15に相当) L:濁沸石, M:モンモリロナイト, P:斜長石, Q:石英

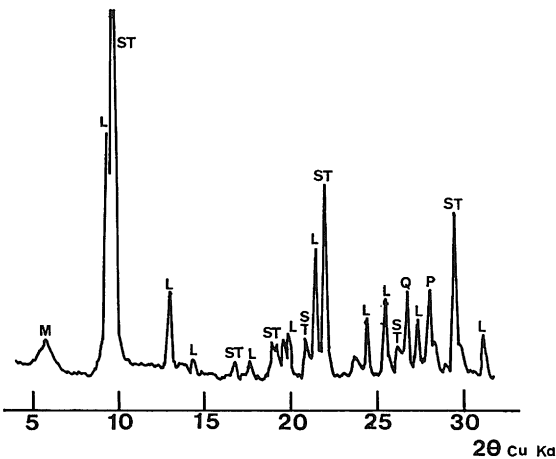


図-2
後期中生代乃至古第三紀石英安山岩乃至流紋岩質溶結凝灰岩のF21断層に充填する沸石脈 ST:束沸石, L:濁沸石, P:斜長石, Q:石英

なお、沸石脈に接する斜長石は、それ自身、沸石化を受ける事が多く、曹長石化はその外側で進行している場合が多い事を指摘しておきたい。

以上のように、沸石脈生成に伴う後期中生代ないし古第三紀石英安山岩ないし流紋岩質溶結凝灰岩に見られる重要な変質作用は、岩石全体にあらわれるハイドログロシュライト化作用と斜長石の曹長石化作用である。このような知見は深成岩の中における沸石脈とその生成に伴う変質を考慮する過程で重要な意味をもつであろう。

次に、同じ横田町地内の鳥上地区に分布する細粒黒雲母花崗岩の沸石脈とそれに伴う変質について述べてみたい。試料は斐上温泉のボーリングコアを利用したものである。このコアは極めて硬質で、種々の深さに数ミリメー

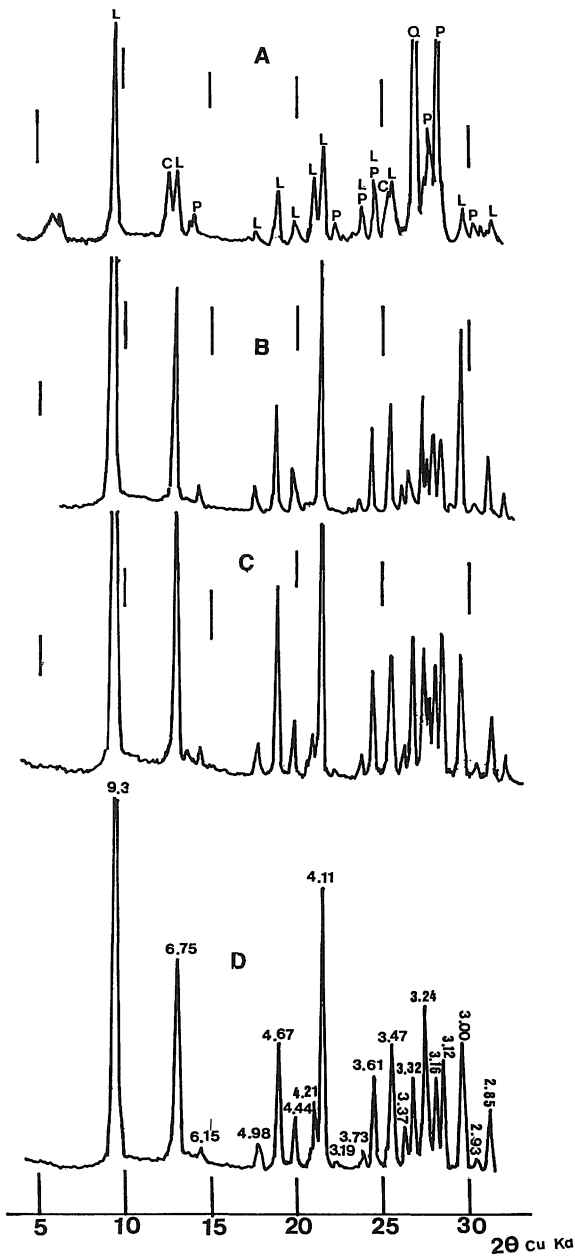


図-4
横田町斐上温泉のボーリングコアに見られる沸石脈
(A, B, C, Dはそれぞれ深度178.5, 294.8, 298.8,
305.8メートルのもの)
L: 濁沸石, C: 緑泥石, P: 斜長石, Q: 石英

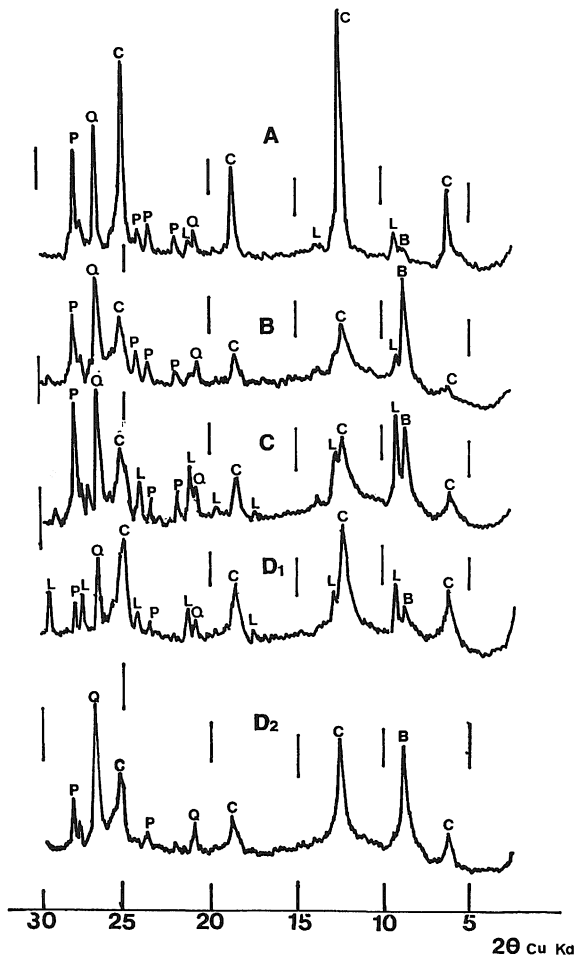


図-5
横田町斐上温泉のボーリングコアの沸石脈に沿う黒雲母のX線回折図(A, B, C, D, はそれぞれ178.5, 294.8, 298.8, 305.8メートルのもの, D₂はD₁と同じ深さで沸石脈のない部分) B: 黒雲母, C: 緑泥石, L: 濁沸石, Q: 石英, P: 斜長石

トル程度の沸石脈を見ることが出来るが集中的にその細脈が集っている部分はない。図-4に、この細粒黒雲母花崗岩を貫く沸石のX線回折図を示すが、各深度の沸石はこの図から濁沸石のみである。また、表-5にはこれらの濁沸石の化学組成を示す。後述するように沸石脈の生成はこれに接する近傍の黒雲母の特殊な変質を招くことがある。このような考え方に立って黒雲母の変質状況を見ると図-5のようなものである。同図には沸石脈と離れた部分の黒雲母についても図示してあるが、そのような試料においても黒雲母の緑泥石化は著しい。同図

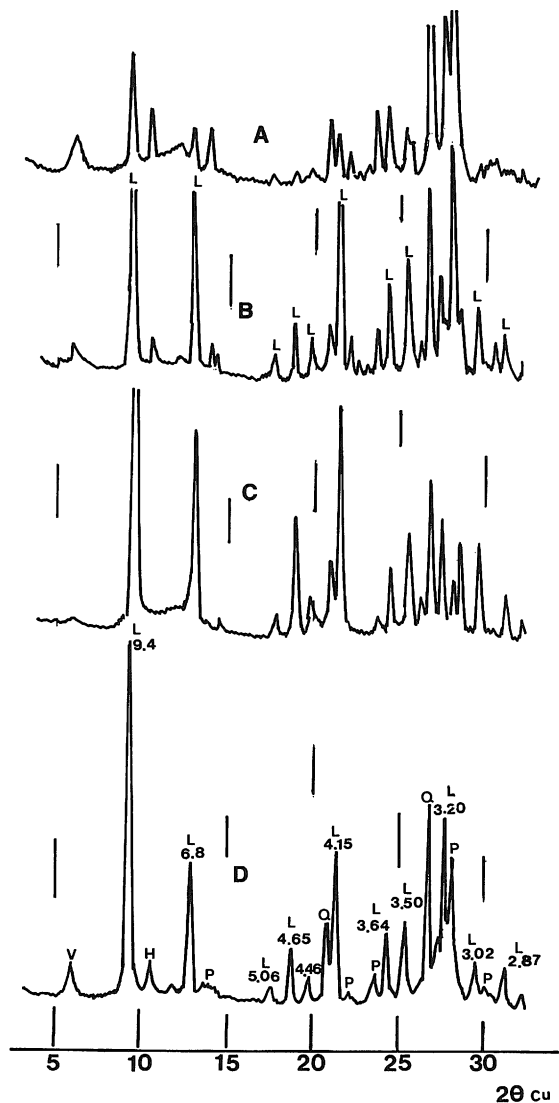


図-6

木次町寺領における大東花崗閃緑岩のボーリングコアに見られる沸石脈(A, B, C, Dはそれぞれ34.3, 44.7, 46.8, 66.1メートルのもの)

L: 濁沸石, P: 斜長石, Q: 石英

の沸石脈に沿う黒雲母は、その程度に差はあるものゝ、いずれも緑泥石化作用を受けている。しかし、いずれも黒雲母が残留しており、その実態は沸石脈の影響を受けない試料と差がないように見える。つまり、沸石脈の生成に伴って黒雲母の変質に見るべきものはない。

たゞ、表一六に示すように、沸石脈に沿って、顕著な曹長石化作用が認められることは極めて重要な事実であ

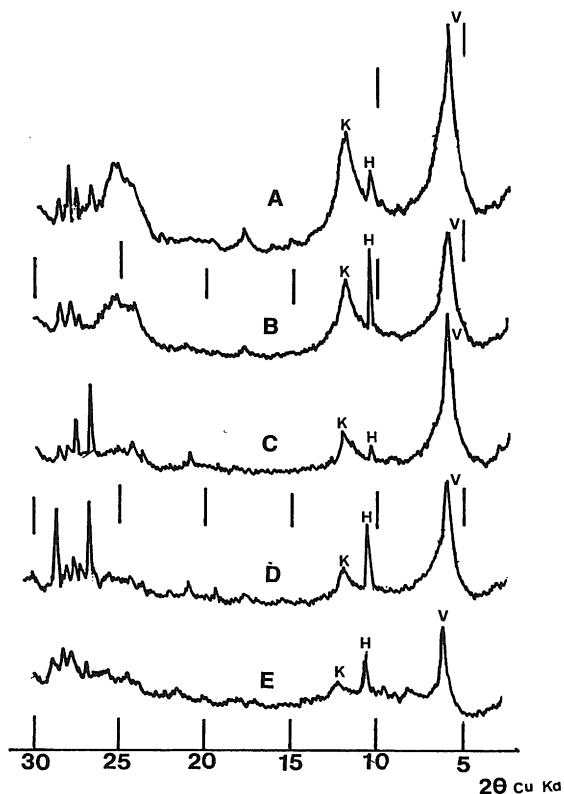


図-7

木次町寺領における大東花崗閃緑岩のボーリングコアに見られる沸石脈に沿う黒雲母の X 線回折図 (A, B, C, D, E はそれぞれ 28.8, 34.3, 44.7, 46.8, 66.1メートルのもの) V: 低電荷型パーミキュライト, H: 角閃石, K: カオリナイト

る。この事は、後期中生代ないし古第三紀石英安山岩ないし流紋岩質溶結凝灰岩に生成する沸石脈が与える結果と同じであるが、ヒドログロシュラライトは未発見である。その事実は、黒雲母花崗岩がカルシウム、鉄に乏しい事とかゝわっている可能性を十分に考慮に入れて検討する必要があるのかもしれない。しかし、今後なお、この種岩石から発見される事も考えられる。

次に、野外的にも、前述した如く、しばしば著しく沸石脈に富む花崗閃緑岩について検討する。試料は便宜上すでに三浦（前出）が報告した島根県木次町寺領の大東花崗閃緑岩のボーリングコアを使用する。このコアには著しく多数の深度で沸石脈を見ることが出来るが、このうち、深度66.1, 46.8, 44.7, 34.3メートル深の沸石脈について検討する。たゞし、これらを選定した理由はな

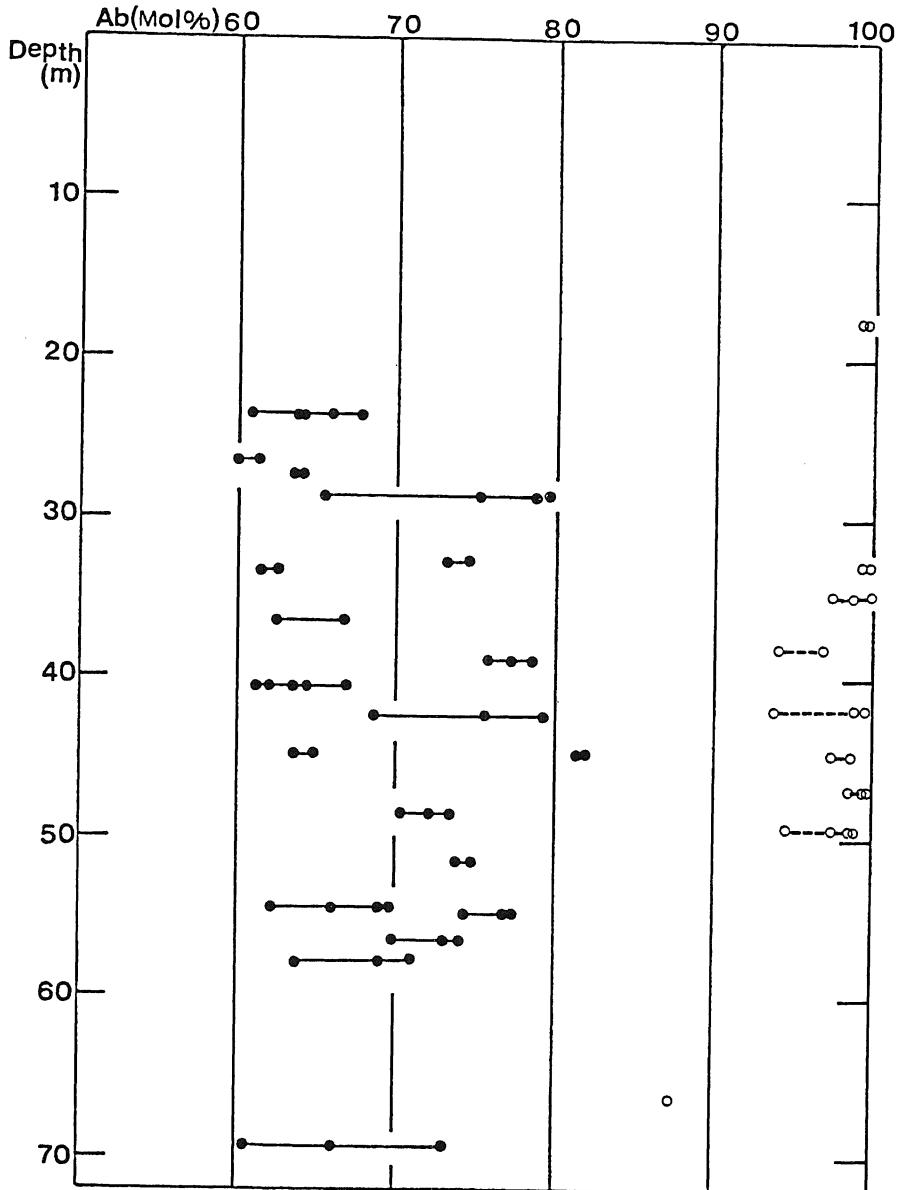


図-8

木次町寺領における大東花崗閃緑岩のボーリングコアに見られる濁沸石脈の分布と斜長石の曹長石化

黒丸は濁沸石脈からはなれた位置にある斜長石。

白丸は濁沸石脈に沿っている位置の斜長石

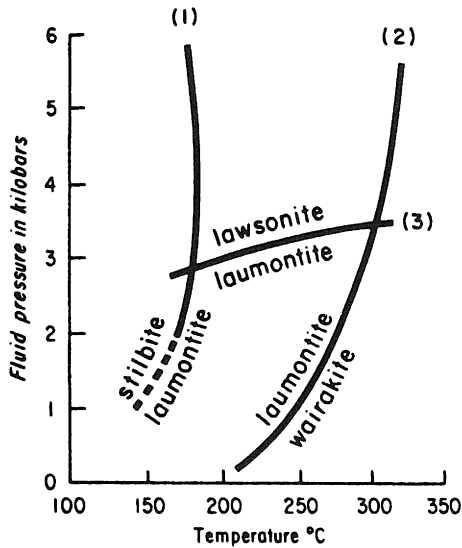


図-9
沸石類の平衡関係図

- (1) $\text{stilbite} = \text{laumontite} + 3 \text{ quartz} + 3\text{H}_2\text{O}$;
 (2) $\text{laumontite} = \text{wairakite} + 2\text{H}_2\text{O}$;
 (3) $\text{laumontite} = \text{lawsonite} + 2 \text{ quartz} + 2\text{H}_2\text{O}$;
 at $P_{\text{fluid}} = P_{\text{total}}$. (After Liou, 1971
 b,c).

いが、単に地表に近いものをさけて、任意に選んだものである。

図-6はその部分の沸石についてX線的に検討したもので、その結果は濁沸石一種のみからなっていることを示している。しかし、野外的に露頭で調査すると稀れには東沸石が濁沸石と共生する場合もある。その点は前述の後期中生代ないし古第三紀石英安山岩ないし流紋岩質溶結凝灰岩の断層に充填する沸石とよく似ていると云えよう。表-7にはこの濁沸石の化学組成が示してある。すでに三浦（前出）が強調しているように、これら沸石脈に沿う花崗閃緑岩の黒雲母は殆ど黒雲母あるいは混合層鉱物を残さない形で顕著な低電荷型のパーミキュライトへ移行する特徴がある。このような場合の黒雲母のX線回折図は図-7のようなパターンをとる。この鉱物学的な検討は三浦（前出）によってなされているので、こゝではその特徴のみを再度強調しておきたい。

さらに、沸石脈近傍の斜長石が著しく曹長石化を受けている事についても述べた。その際に示した図をこゝでも図-8に示しておきたい。念の為に、こゝで取り上げた沸石脈とかゝわって、その周りの斜長石の曹長石化の測定値を表-8に示す。

濁沸石脈の生成と曹長石化と云う構図の中で、後期中生代ないし古第三紀石英安山岩ないし流紋岩質溶結凝灰

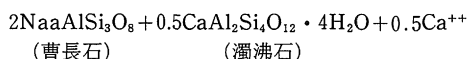
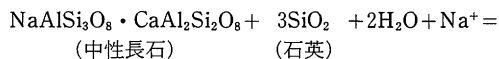
岩に見られる顕著なハイドログロシュラライト化作用が当然考えられる。この鉱物については従来見落としていたが操作型電顕の観察で、この花崗閃緑岩の沸石脈とかゝわってかなり生成されていることが確認された。表-9はその化学組成である。沸石脈の周辺、あるいは沸石脈そのものが淡赤色化している原因の一つがこのハイドログロシュラライトの生成による。

結局、沸石脈、つまり濁沸石脈の生成過程は岩石の曹長石化作用、ハイドログロシュラライト化作用を伴うものである事が明瞭になった。

花崗岩、花崗閃緑岩など深成岩類の中でこのような過程が行われるとすると、それは花崗岩質マグマの固化の最終段階において、揮発性成分に富む残液によって行われる変質作用であろう。沸石生成作用、曹長石化作用ハイドログロシュラライト化作用はすべてこの段階において行われるものであらうと見られる。勿論、大規模な花崗岩に接する前述の後期中生代ないし古第三紀の石英安山岩ないし流紋岩質溶結凝灰岩の断層破碎帯を充填する濁沸石、東沸石脈の生成とその周辺の岩石に見られる曹長石化、ハイドログラシュラライト化作用もそれに接する花崗岩マグマの固化過程に生ずる揮発性成分に富む残液による変質作用とみられる。

Boles et al. (1977) は斜長石の曹長石化と濁沸石化の

関係を次式で示した。



上の反応式は残液に Na^+ イオンが導入されることが必要で、また、生成物には Ca^{++} イオンが放出されることになる。この Ca^{++} イオンは鉄、アルミニウム、珪素などと共に、ハイドログロシュライトの生成にかかわることになるものと思われる。

Liou (1971a, b) は図-9 に示すような沸石の平衡関係図を作成した。以上述べた反応の温度・圧力関係を考察するのに、この図は有用である。

濁沸石脈は以上述べたような例では主要な沸石脈であるが、これと東沸石が共生する例として前述の溶結凝灰岩の断層破碎帯に充填する沸石脈をあげた。また、花崗閃緑岩に発達する沸石脈の中にも東沸石脈が共生する例のあることについてもふれた。このような野外的な事実からすると、こゝで述べて来た変質作用は図-9 の東沸石と濁沸石の平衡曲線沿いか、これよりやゝ濁沸石側で進行するものとみられる。

4. 沸石脈生成に伴う変質作用と深成岩類の深層風化作用

深成岩マグマの固結最終段階のある時期に、すでに固結化した岩石の亀裂（断層や節理など）に沿って揮発性成分に富む残液が上昇し、その亀裂に濁沸石脈を生成している例は多くの深成岩、特に花崗閃緑岩地帯に多く観察されるところである。そのような沸石脈の密集する露頭では、縦方向に著しく風化が進んでいる。この種の亀裂としては多くの場合急傾斜をもつ数方向の節理の場合が多い。

こゝで述べたように、花崗閃緑岩の場合には濁沸石脈に沿って岩石側では著しく曹長石化が進み、同時にハイドログラシュライトが生成する。同時に黒雲母は低電

荷型のいわゆる膨潤型パーミキュライトに変化する。このような鉱物変化は全体として岩石の物理的風化を生ずることにもなるし、この部分から更に化学的風化が進行しやすくなるのは当然で風化の主因とも考えられる。

野外的観察事実と以上のような室内観察の結果からすると、特に花崗閃緑岩の深層風化の問題にとっては、重要な指摘と考えられる。

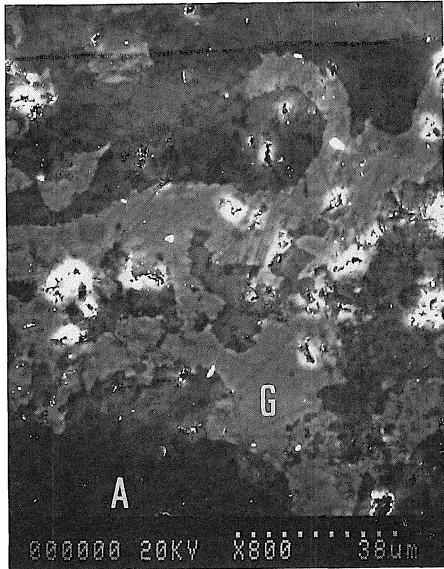
花崗岩体のあるものでは、やはり亀裂を濁沸石脈で充填している例があり、こゝに掲げたものもその一つである。そのような場合には曹長石化を伴っている事も事実である。しかしながら、ハイドログロシュライトが生成されている例は発見されていない。また、黒雲母にも沸石脈生成に伴う変化らしいものがない。また、沸石脈の生成も貧弱であるのが普通で、これら全体から見ると花崗岩で、こゝに掲げた例のような場合には少なくとも深層風化の主因となり難い。

5. おわりに

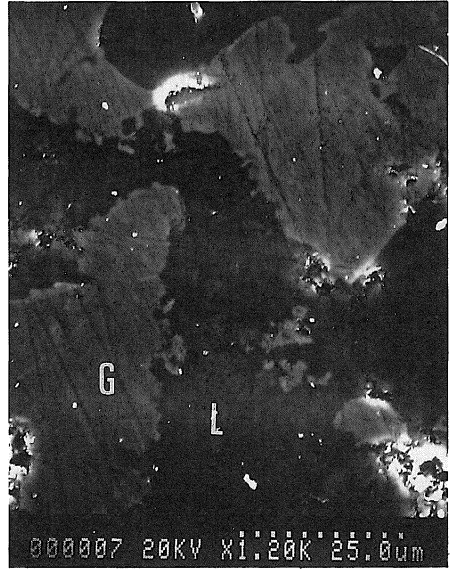
本論文では濁沸石脈生成に伴う岩石の変質について詳論し、それが深成岩類の深層風化の主因となる場合もあり得ることを指摘した。

文 献

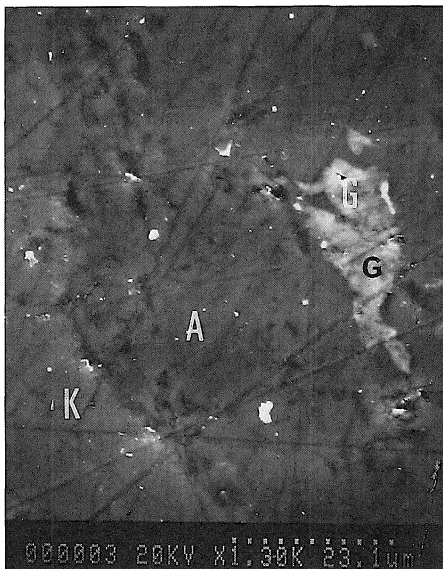
- Boles, J. R., and Coombs, D. S. (1977): Zeolite facies alteration of sandstones, Southland Symcline, New Zealand, Am. J. Sci.
- Liou, J. G. (1971 a): P-T stabilities of laumontite-Wairakite, lawsonite, and related minerals in the system $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$. J. Petol. 12, 379-411.
- Liou, J. G. (1971 b): Stibite-laumontite equilibrium. Contr. Mineral. Petrol. 31, 171-177.
- 三浦清 (1987): 山陰地方の二、三のボーリングコアに見る深成岩類の風化。島根大学教育学部紀要 (自然科学編), 第21巻, 1-70.



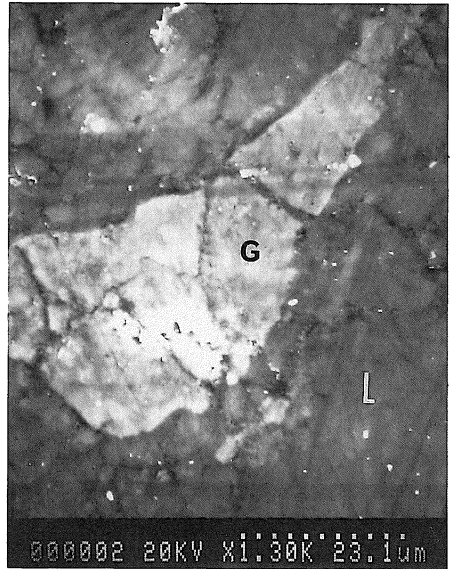
A : 後期中生代乃至古第三紀石英安山岩乃至流紋岩質溶結凝灰岩 F14 断層附近に生成するハイドログロシュラライト (G : ハイドログロシュラライト, A : 曹長石)



B : 後期中生代乃至古第三紀石英安山岩の白色化岩石 2 に生成するハイドログロシュラライト, L : 濁沸長石)



C : 木次町寺領における大東花崗閃緑岩 ボーリングコア 34.5メートル深に生成するハイドログロシュラライト (G : ハイドログロシュラライト, A : 曹長石, K : 正長石)



D : 木次町寺領における大東花崗閃緑岩 66.1メートル深に生成するハイドログロシュラライト (G : ハイドログロシュラライト, L : 濁沸石)