

静岡県高草山地域に産する沸石などの二次鉱物

中川昌治**・長沢敬之助*

Zeolites and Other Secondary Minerals in the Takakusayama Alkali Rocks near Shizuoka

Masaharu NAKAGAWA** and Keinosuke NAGASAWA*

The Takakusayama area, west of Shizuoka city, is composed mainly of lavas of alkali basalt, which is accompanied by more acidic lavas, clastic sediments, tuffs and minor intrusives of basic and intermediate compositions. Various zeolites and other secondary minerals are contained in these rocks. They are analcite, mesolite, scolecite, thomsonite, laumontite, stilbite, heulandite, chlorite, pumpellyite, prehnite, datolite, quartz and calcite. The occurrence of fibrous zeolites, mesolite, scolecite and thomsonite, is confined in alkali basalt and other basic rocks. Stilbite and heulandite occur in the southwestern part of this area, while prehnite and pumpellyite occur in the central and northeastern part of it. This fact suggests that the secondary minerals were formed by low-grade metamorphism in which temperature increased northeastwards.

1. ま え が き

静岡市街地の西側の高草山から大崩海岸にかけての地域には、中新統といわれるおもにアルカリ火山岩類から成る地層が分布している。その地質については鮫島・伊藤(1972)、徳山(1972)、高草山団研(1979)などの研究があり、岩石についてはTIBA(1966)、石川(1976)などの研究がある。

この地域のアルカリ火山岩類の中には沸石などの変質鉱物が多く含まれ、それについては今吉(1948)、今吉・桜井(1950)、松田・栗谷川(1965)、TIBA(1966)、竹内(1967)、長沢ら(1972)、加藤ら(1979)などの研究があるが、これらの鉱物の鉱物学的性質および分布と成因に関する本格的な報告は未だ行われていない。1979、1980年度筆者はこの地域の沸石およびその他の変質鉱物について研究を行った。この研究にはまだ不十分な点も多いが、上記のような現状に鑑み、ここに報告し

てご批判を仰ぐことにしたい。

2. 地質と岩石の概略

本地域の地質図を図1に示す。本地域を構成するアルカリ火山岩類を主体とする地層を、鮫島・伊藤(1972)、高草山団研(1979)に従い大崩層群とよぶことにする。本地域の中央部に南北に走る断層があり、十枚山構造線の南の延長にあたる。大崩層群はこの断層の東側でほぼN-Sの走向で西に20～50°傾いているのに対し、西側ではほぼNW-SEの走向で南西に40～90°傾斜している。

断層の東側の地域では、下部に石英や斜長石の破片を含む酸性の凝灰岩が存在し、その中に斜長石を斑晶とする石英閃緑斑岩の溶岩***を挟んでいる。それらの上位にアルカリ玄武岩が広い地域に分布している。斜長石、単斜輝石および変質したかんらん石を斑晶とし、石基には斜長石、単斜輝石のほかアル

1982年1月20日受理

* 静岡大学理学部地球科学教室 Institute of Geosciences, School of Science, Shizuoka University, Shizuoka 422.

** 同上 *Ibid.*

現所属：九州大学理学部地質学教室 Present address: Department of Geology, Kyushu University, Fukuoka 812.

*** 斑状組織をもつが、石基が粗粒なので、このように名付けた。頁岩層を挟み、溶岩と考えられる。

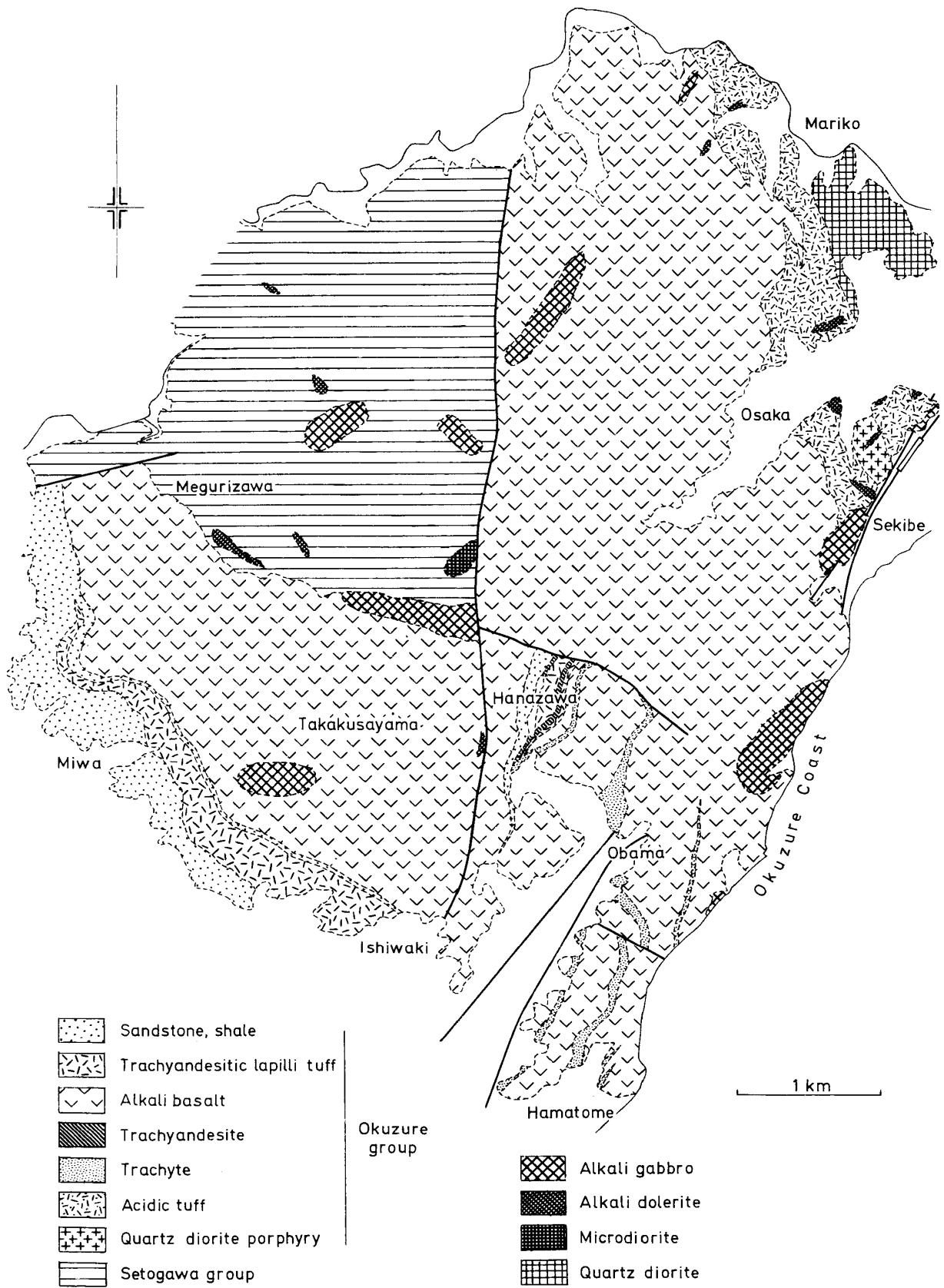


Fig. 1. Geological map.

図1 地質図

カリ長石を含む。斑晶の多い部分と少ない部分とあり、またしばしば枕状構造を示す。所々に頁岩層、火山角礫岩ないし凝灰角礫岩層、粗面岩および粗面安山岩の溶岩を挟んでおり、また無斑晶質のアルカリ玄武岩の岩脈またはシルできられている。

断層の西側の地域では、高草山を中心にアルカリ玄武岩が分布する。これは断層の東側のものと類似の性質をもっているが、斑晶の多いものが多い。その北側には瀬戸川層群の頁岩、砂岩・頁岩互層などが分布する。これは一般に急傾斜で、比較的緩傾斜の大崩層群のアルカリ玄武岩によりみかけ上覆われているが、境界については決定的な観察のできる露頭がなかった。高草山の西南麓には泥岩、砂岩と火山礫凝灰岩から成る堆積物が分布し、アルカリ玄武岩を覆っている。

大崩層群のアルカリ玄武岩、酸性凝灰岩と瀬戸川層群を貫いて所々にアルカリ斑れい岩、アルカリ粗粒玄武岩、石英閃緑岩、細粒閃緑岩の貫入岩体が見られる。

3. 沸石などの二次鉱物の記載

本地域の岩石中には沸石などの二次鉱物が多く含まれる。存在の確認された二次鉱物は analcite, mesolite, scolecite, thomsonite, laumontite, stilbite, heulandite, chlorite, pumpellyite, prehnite, datolite, quartz, calcite である。これらは、火山岩類の気孔をうめたり、その石基や粗粒貫入岩の鉱物粒間に生じたりし、また諸種の岩石中の長石やガラスを交代しても生じており、さらに諸種の岩石を脈状にきったり、枕状溶岩の枕の間隙をうめたりして生成している。鉱物の同定は顕微鏡観察、屈折率測

定、X線回折により、さらに一部の鉱物については EPMA 分析、加熱後の X 線回折、赤外線吸収を行った。その結果は以下で鉱物別にのべるが、X 線回折の結果は一括して表 2 に示す。

(1) Analcite

諸種の岩石中に広く存在する。単独で産することも、他の沸石類や calcite, quartz, prehnite, pumpellyite と随伴することも多い。無色ないし白色で、時に自形の結晶をなす。光学的には等方なことが多いが、わずかに複屈折を示すこともある。屈折率は 1.483~1.492。X 線回折における $d(639)$ から PETERS *et al.* (1966) により組成を求めると、 $Si/Na_2 = 3.9\sim 5.0$ の範囲で変動する。花沢付近の粗面安山岩、同質凝灰岩、粗面岩やその周辺のアルカリ玄武岩中の analcite ではこの比が大きい傾向がある。EPMA による分析結果を表 1 に示したが、同一薄片内でも場所によりかなりの組成変動があり、また光学的に等方なものと同方なものとの間に組成の上で有意の差が認められない。X 線の $d(639)$ から求めた Si/Na_2 は EPMA から得られた値より小さい傾向がある。

(2) Mesolite, scolecite, thomsonite

この 3 種の繊維状沸石はしばしば相伴ってアルカリ玄武岩とその凝灰角礫岩、アルカリ粗粒玄武岩、アルカリ斑れい岩中に産する。もっと酸性の諸岩石中には産しないし、quartz と伴うこともない。Mesolite はほぼ直消光で、伸長方向は正または負、 $\alpha = 1.503$, $\gamma = 1.506$ であり、scolecite は直消光ないし約 20° の斜消光で、伸長方向は負、 $\alpha = 1.508$, $\gamma = 1.516$ である。両鉱物は普通放射繊維状を呈し、互いに連晶していることも多い(図 2)。Thomsonite は繊維状ないし blade 状結晶の放射状、並柱状、ない

Table 1. Result of EPMA analysis of analcite (atomic ratio on the basis of O = 6).

表 1 Analcite の EPMA 分析結果(原子比, O = 6)

	大崩海岸、凝灰角礫岩 (ハイアロクラスタイト)中				高草山南麓、アルカリ玄武岩中		高草山、アルカリ斑れい岩中
	1	2	3	4	5	6	7
Si	2.10	2.16	2.18	2.20	2.10	2.14	2.07
Al	0.91	0.85	0.83	0.79	0.87	0.82	0.93
Fe ³⁺	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.001	0.001	0.002	0.004	0.00	0.00	0.00
Ca	0.002	0.001	0.001	0.003	0.002	0.007	0.003
Na	0.87	0.80	0.79	0.81	0.98	0.97	0.93
K	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001
光学的異方性	等方	等方	異方	等方	異方	等方	等方

Table 2. X-ray powder diffraction data for secondary minerals.

表2 二次鉱物のX線粉末回折データ

Analcite 高草山南麓		Mesolite 高草山南麓		Scolecite 高草山南麓		Thomsonite 高草山南麓		Laumontite 野 秋	
$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I
6.86	2	6.60	100	6.64	100	9.28	10	9.50	100
5.61	55	6.14	6	5.89	82	6.57	100	6.86	55
4.85	12	5.88	52	4.75	58	5.91	33	6.19	12
3.799	3	5.43	5	4.64	45	5.39	5	5.04	18
3.668	6	4.73	6	4.40	60	4.64	82	4.73	19
3.429	100	4.61	34	4.39	60	4.38	39	4.50	24
3.239	2	4.41	34	4.35	20	4.14	46	4.31	3
2.925	37	4.36	32	4.23	27	3.952	3	4.16	74
2.803	5	4.21	26	4.16	17	3.792	4	3.770	6
2.691	12	4.15	16	3.648	14	3.508	57	3.664	34
2.505	9	3.924	3	3.314	4	3.273	26	3.508	67
2.425	5	3.865	2	3.231	4	3.203	25	3.409	14
2.226	5	3.651	3	3.192	18	3.180	31	3.362	21
2.168	1	3.569	2	3.162	33	3.084	3	3.260	34
2.118	1	3.383	2	3.089	21	2.948	48	3.201	25
2.025	1	3.300	4	2.993	12	2.925	27	3.095	5
1.940	1	3.225	22	2.938	47	2.858	88	3.038	30
1.903	8	3.167	28	2.893	100	2.795	14	2.949	5
1.868	5	3.090	14	2.861	69	2.675	68	2.878	22
1.834	1	2.985	10	2.587	12	2.582	20	2.798	16
1.743	10	2.933	32	2.481	11	2.434	13	2.632	3
1.716	3	2.890	82	2.445	6	2.290	5	2.574	18
1.689	3	2.861	66	2.423	15	2.281	4	2.538	5
1.664	1	2.577	7	2.319	8	2.255	20	2.518	10
1.617	2	2.475	12	2.296	9	2.248	12	2.462	9
1.595	3	2.419	13	2.271	9	2.192	18	2.439	23
1.497	1	2.362	3	2.252	7	2.179	46	2.390	3
1.480	2	2.313	3	2.208	28	2.125	8	2.360	9
1.462	1	2.271	4	2.172	6	2.088	5	2.270	5
1.447	1	2.237	4	2.109	2	2.065	7	2.217	9
1.415	4	2.201	19	2.079	5	1.953	7	2.179	6
1.386	1	2.179	5	2.035	7	1.881	6	2.154	12
1.372	1	2.128	3	1.997	5	1.825	6	2.090	6
1.359	9	2.046	2	1.958	8	1.812	15	2.042	2
1.308	2	1.994	3	1.880	4	1.781	4	1.992	6
		1.955	3	1.877	4	1.753	3	1.960	10
		1.868	4	1.868	4	1.717	10	1.868	5
		1.850	7	1.859	8	1.652	4	1.851	7

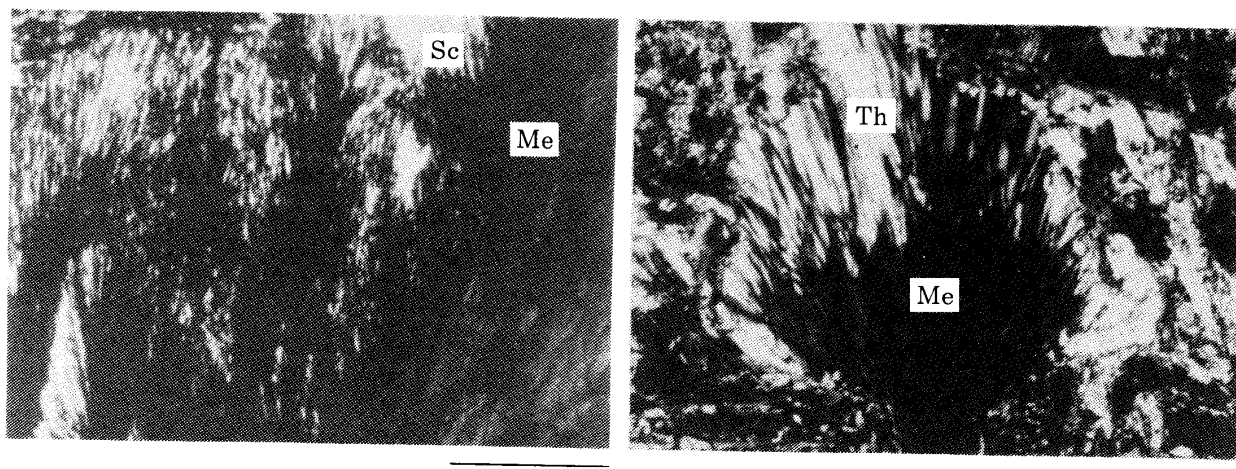


Fig. 2. Photomicrographs showing the intergrowth of fibrous zeolites. Me—mesolite, Sc—scolecite, Th—thomsonite. Crossed polars. Bar scales indicate 0.5 mm.

図2 繊維状沸石の共生を示す顕微鏡写真. Me: mesolite, Sc: scolecite, Th: thomsonite. 直交ポラー、スケールは0.5mm

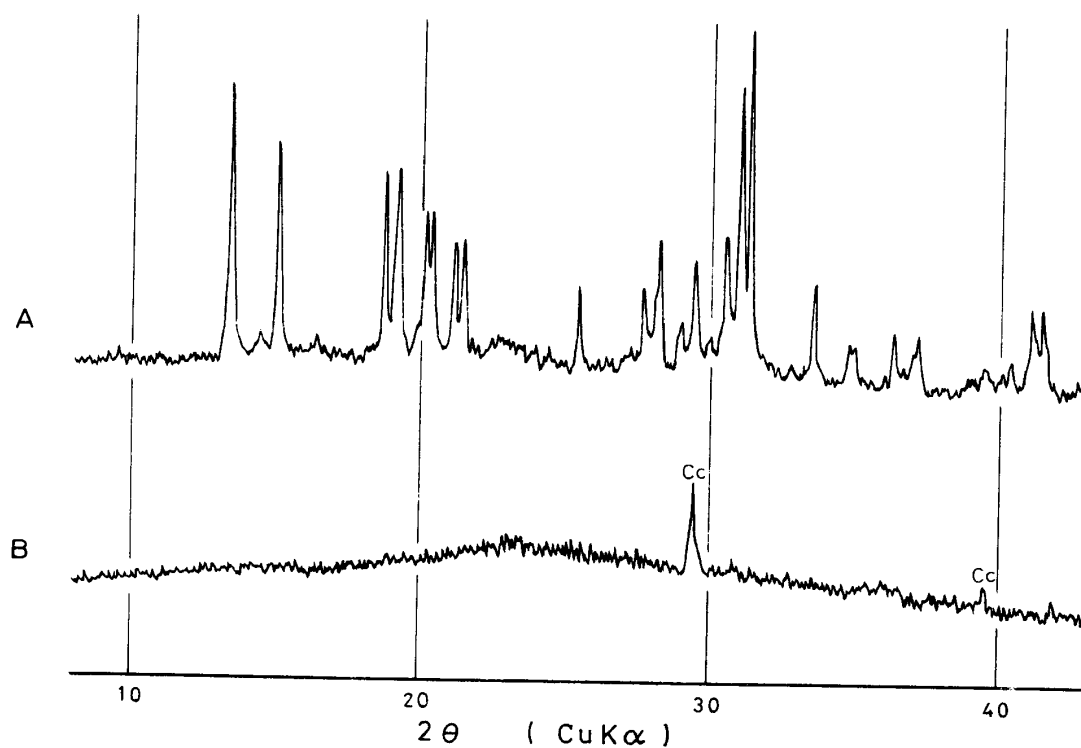


Fig. 3. X-ray powder patterns of a fibrous zeolite sample from Okuzure Coast before (A) and after (B) heating at 560°C for 1 hour. Cc—calcite.

図3 大崩海岸産繊維状沸石試料のX線粉末回折図形. A: 原試料, B: 560°C, 1時間加熱. Cc: calcite

し不規則集合をなす。ほとんど直消光で、伸長方向は負のものと正負が混在することとある。屈折率は $\alpha=1.515$, $\gamma=1.533$ である。高草山のアルカリ斑れい岩の粒間に産する thomsonite について EPMA 分析を行った結果 $(\text{Ca}_{1.87}\text{Na}_{1.14}\text{K}_{0.01})\text{Al}_{4.56}\text{Si}_{5.36}\text{O}_{20} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ という構造式が得られた。

本地域には繊維状沸石としてこのほか natrolite の産出が報告されていた(たとえば TIBA, 1966; 長沢ら, 1972)。しかし、本地域の多数の試料の X 線回折図形を natrolite (BORG and SMITH, 1969), mesolite (HARADA *et al.*, 1968), scolecite (HARADA *et al.*, 1968; 溝田ら, 1976), thomsonite (MATSUBARA *et al.*, 1979) の図形と比較したが、natrolite は見出されなかったし、一部の試料については、REEUWIJK (1972) に従い、560°C, 1 時間加熱により非晶質化することから natrolite でないことを確認した(図 3)。繊維状沸石同志の光学的性質、X 線回折図形の類似からいって、過去の natrolite の同定には疑問があるように思われる。

(3) Laumontite

諸種岩石中に広く産出する。新鮮なものは無色の柱状結晶をなすが、空気にさらされると白濁し粉末状になってしまう。枕状溶岩の枕の間隙に産出する場合は黄色や赤色の微粒の緻密集合をなす。屈折率は $\alpha=1.508$, $\gamma=1.524$ である。

(4) Stilbite

アルカリ玄武岩、火山礫凝灰岩、粗面岩の中に産する。板状結晶の葉片状集合または柱状結晶の束状集合をなし、 $\alpha=1.490$, $\gamma=1.500$ である。高草山南麓の試料につき EPMA 分析から求めた構造式は $(\text{Ca}_{1.15}\text{Na}_{0.40}\text{Mg}_{0.01}\text{K}_{0.01})\text{Al}_{2.37}\text{Si}_{6.54}\text{O}_{18} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ であった。

(5) Heulandite

火山碎屑岩中に産する。鏡下で柱状結晶をなし、斜消光する。屈折率は $\alpha=1.489$, $\gamma=1.496$ で、光軸角は $2V(+)=54\sim 58^\circ$, $2V(-)=36\sim 46^\circ$ と光学的に正のものと負のものがある。

(6) Pumpellyite

アルカリ玄武岩、粗面岩、石英閃緑岩、アルカリ斑れい岩、アルカリ粗粒玄武岩中に産する。細かい濃緑灰色の針状結晶をなすが、鏡下で無色～淡青緑色の多色性が著しい。 $\alpha=1.695$, $\gamma=1.720$ と屈折率が高いことと消光位の分散が著しいことを特徴とする。

(7) Prehnite

アルカリ玄武岩、酸性凝灰岩、アルカリ斑れい岩、

アルカリ粗粒玄武岩中に産する。鏡下で無色で、直消光し、 $\alpha=1.620$, $\gamma=1.647$ である。

(8) Datolite

比較的稀であるが、アルカリ玄武岩中に脈状に産する。 $\alpha=1.624$, $\gamma=1.668$ である。

(9) その他

Chlorite (またはその関連鉱物) は olivine や biotite を交代したり、気孔を縁どったりして広く産出するが、詳しい鉱物学的検討は行っていない。Calcite は種々の岩石中に広く産出し、quartz もそれに比し量的には少ないが種々の岩石中に産出する。

4. 沸石などの二次鉱物の分布と成因

上述のように、mesolite, scolecite, thomsonite はアルカリ玄武岩、同質凝灰角礫岩、アルカリ粗粒玄武岩、アルカリ斑れい岩という塩基性の岩石中に限られ、しかも quartz と共生することがない。このことは COOMBS *et al.* (1959) によるカルシウム沸石の生成条件による分類からの予想に一致する。彼らによってもっとシリカの多い条件でできるとされた stilbite, heulandite, laumontite, pumpellyite, prehnite はもっと酸性の岩石中にも産する。このように二次鉱物の種類はある程度それを含む岩石の化学組成を反映しているようである。

つぎに二次鉱物の分布についてのべる。Analcite, calcite は、本地域北東端の部分に認められないのを除き、全地域に広く分布する。Mesolite, scolecite, thomsonite の繊維状沸石は、上述のように母岩の組成による制約があるが、分布は広い。また laumontite も、図 4 に示すように全地域に広く分布する。それに対し、図 4 に示すように stilbite, heulandite は本地域南西部に限って分布し、pumpellyite, prehnite は本地域北東部に多く分布する。Stilbite, heulandite が沸石の中でも比較的低温で安定であるのに対し、pumpellyite, prehnite が沸石類よりも高温な変成相を特徴づけていることからみて、本地域の二次鉱物生成は北東が高温、南西が低温という広域的な温度勾配の下で行われたと考えられる。Stilbite, heulandite の分布域と pumpellyite, prehnite の分布域との境界は、本地域の中央を南北に走る断層の西側ではほぼ地層に平行であるが、その東側ではこれと斜交している。

はじめ松田・栗谷川 (1965) は本地域に産する二次鉱物を変成作用の産物として扱った。ついで徳山 (1972) は本地域のアルカリ玄武岩が御坂山地の高

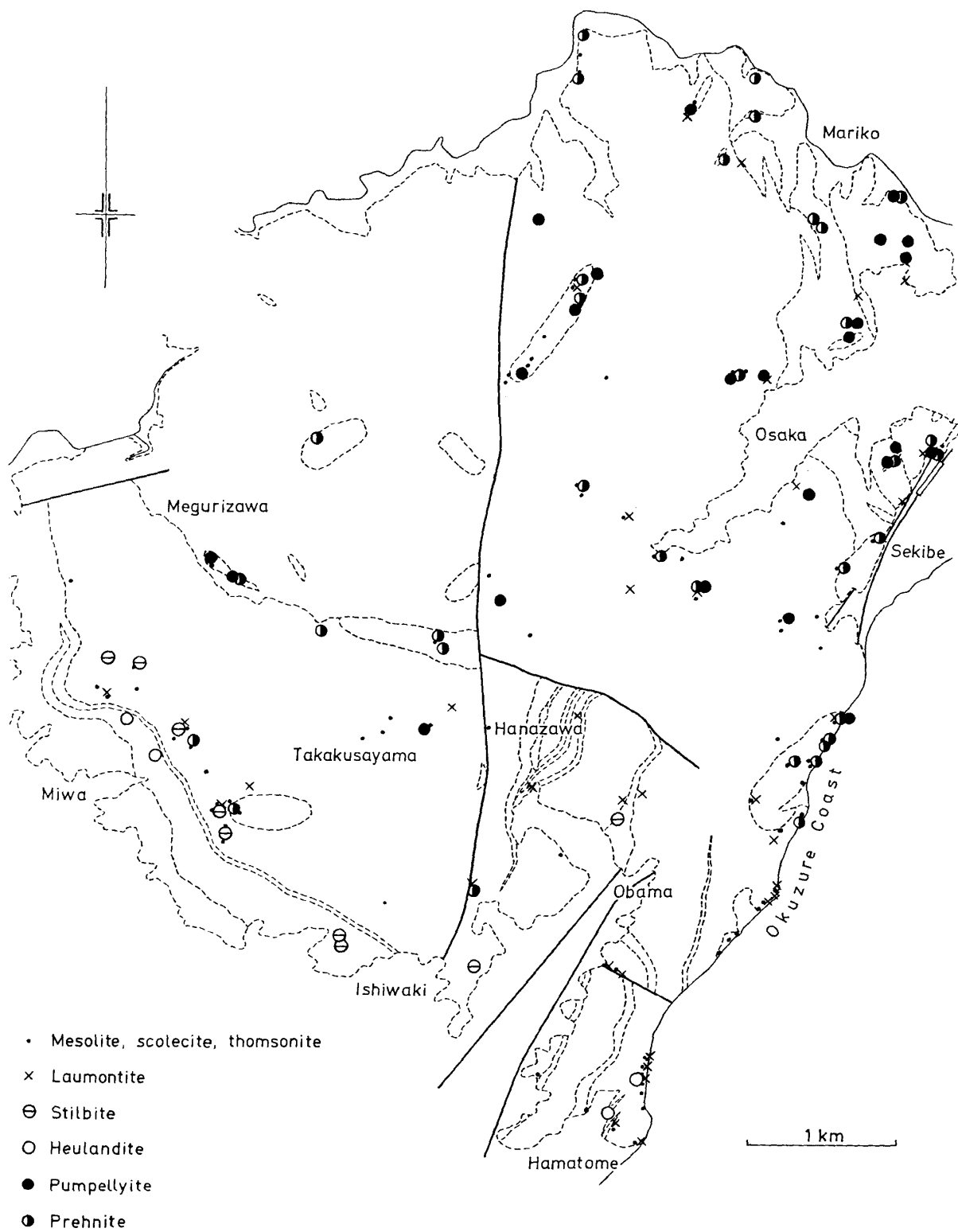


Fig. 4. Distribution of calcium zeolites.

図4 カルシウム沸石の分布

萩玄武岩と類似した変成をうけていることに注目したが、島津ら (1976) によれば、そこでは沸石相、prehnite-pumpellyite 相から角閃岩相に及ぶ変成を受けた岩石がみられ、これは埋没変成からその後の石英閃緑岩の貫入に伴う接触変成にわたって形成されたものとされている。本地域では prehnite-pumpellyite 相より高い変成作用は認められないが、その他の点では高萩玄武岩地域の変成と似た特徴をもった変成を受けたといえる。

この地域の沸石や pumpellyite, prehnite については、TIBA (1966) がアルカリ火山岩類の活動に伴う初生変質の産物であるとし、長沢ら (1972) もその見解をとったが、二次鉱物に上記の広域的な分布の上の傾向があることに加え、その分布がアルカリ玄武岩類中に限られないで上位、下位の諸岩石中にもまで及んでいることからみて、初生変質の産物が一部に存在する可能性を否定することはできないまでも、主体はあとの変成作用の産物と考えられる。

謝 辞

この地域の一部の調査を行い、この研究のために岩石薄片を貸与された静岡大学学生 (当時) 篠田憲明氏、EPMA 分析についてお世話を頂いた名古屋大学鈴木和博助手、野呂春文氏、いろいろ御助言を頂いた新潟大学島津光夫教授、静岡大学黒田直助教授、荒井章司講師 (現筑波大学) に厚く感謝する。

文 献

- BORG, I. Y. and SMITH, D. K. (1969), Calculated X-ray powder patterns for silicate minerals. *Geol. Soc. Am., Mem.* 122.
- COOMBS, D. S., ELLIS, A. J., FYFE, W. S. and TAYLOR, A. M. (1959), The zeolite facies, with comments on the interpretation of hydrothermal syntheses. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **17**, 53-107.
- HARADA, K., HARA, M. and NAKAO, K. (1968), Mineralogical notes on mesolite and scolecite from Japan. *Miner. Jour.*, **5**, 309-320.
- 今吉隆吉 (1948), 静岡県大崩海岸産葡萄石. 鉱物と地質, **2**, 38.
- 今吉隆吉・桜井欽一 (1950), 静岡県大崩海岸産グト一石. 鉱物と地質, **3**, 249-250.
- 石川政憲 (1976), 静岡県高草山地域のアルカリ岩類. 地質学論集, no. 13, 367-379.
- 加藤 昭・松原 聡・野村松光 (1979), 鉱物採集の旅, 東海地方をたずねて. 169p., 築地書館, 東京.
- MATSUBARA, S., KATO, A., TIBA, T., SAITO, Y. and NOMURA, M. (1979), Pectolite, analcime, natrolite and thomsonite in altered gabbro from Yanai, Shinshiro, Aichi Prefecture, Japan. *Mem. Natl. Sci. Museum, Tokyo*, no. 12, 13-22.
- 松田時彦・栗谷川幸子 (1965), 赤石山地東部の変成作用. 東大震研彙報, no. 43, 209-235.
- 溝田忠人・須田和美・竹下良美・谷田貝一男 (1976), 新潟県柿崎町黒岩貫入岩中に産する沸石類について. 新潟大地鉱研報, no. 4, 275-284.
- 長沢敬之助・石岡孝吉・湯佐泰久 (1972), 大崩海岸地域の岩石と変質. 静岡・大崩海岸の山崩れ災害, 研究報告論文集, 35-46.
- PETERS, Tj., LUTH, W. C. and TUTTLE, O. E. (1966), The melting of analcime solid solutions in the system $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 - \text{NaAlSi}_3\text{O}_8 - \text{H}_2\text{O}$. *Am. Miner.*, **51**, 736-753.
- REEUWIJK, L. P. van (1972), High-temperature phases of zeolites of the natrolite group. *Am. Miner.*, **57**, 499-510.
- 鮫島輝彦・伊藤通玄 (1972), 大崩海岸地域の地質—山崩れ災害の地質学的背景—. 静大地学研報, **3**, 1-6.
- 島津光夫・上村康夫・関根一昭・山田 守 (1976), 御坂山地, 古関—高萩地域の地質および変成作用. 地質学論集, no. 13, 313-327.
- 高草山団研 (1979), 静岡県高草山地域の層序と構造. 地質学論集, no. 16, 157-167.
- 竹内正辰 (1967), 静岡県焼津市高草山玄武岩中の方解石—束沸石網状脈について. 静大教育学部研報 (自然科学篇), **18**, 58-64.
- TIBA, T. (1966), Petrology of the alkaline rocks of the Takakusayama district, Japan. *Sci. Repts. Tohoku Univ.*, Ser. 3, **9**, 541-610.
- 徳山 明 (1972), 糸魚川—静岡線沿いの竜爪山帯と大崩海岸地域の地質概説. 静大地学研報, **3**, 7-11.