宇部産鐘乳石状ジャモン石*

Serpentine stalactite from Ubé, Yamaguchi Prefecture

渋谷 五郎 (Gorô Shibuya)**

飯石 一明 (Kazuaki Iishi)**

矢田 慶治 (Keiji Yada)***

Abstract

Serpentine stalactite from Ubé, Yamaguchi Prefecture

G. Shibuya, K. Iishi and K. Yada

Serpentine stalactite was found from Ubé, Yamaguchi Prefecture, Japan. It looks like Favosites under scanning electron microscope. This mineral has serpentine composition and X-ray diffraction pattern of serpentine except for the lack of (00 l) reflections which are characteristic peaks of serpentine minerals. High resolution electron microscopic study shows that (001) plane distances vary from crystal to crystal between about 14 Å and 7.3 Å, although (020) and (110) plane distances are constant. This serpentine stalactite seems to be formed below 80 °C.

1. は し が き

宇部市の基盤は三郡変成岩およびそれと密接に伴い、かつ貫入関係にある蛇紋岩とよりなっている¹⁾。蛇紋岩はその分布から南部（海岸部）、中部および北部岩体と呼ぶことにすると、南部では10個ほどの岩脈状小岩体よりなり、北部岩体へ向うにつれ露出規模は大きくなるとともに東西性の延長を示す。北部岩体の北縁は白亜紀末期のクローンモ花崗岩の貫入を受け、著しい熱変成ないし熱水変質作用を蒙っている。このため、花崗岩との接触部近傍では蛇紋岩から再生したクドカンラン石、チヨクセン石、サポー石等変成ないし変質鉱物を多産する。これらの変質鉱物のうち、最末期の晶出にかかると思われる鐘乳石状ジャモン石の存在は特徴的である、このような形

* 1979年11月28日、「鉱物と相変化に関する研究」第2回討論会で講演

** 山口大学理学部地質学鉱物科学教室

*** 東北大学科学計測研究所

状のジャモン石は本邦において初の発見であるだけでなく、世界的にも類例をみえないので、本報ではその産状、微細構造組織、X線の性質等鉱物学的諸性質を記述し、合せて、成長過程について若干の考察を試みる。

2. 産 状

宇部の蛇紋岩は変質を免かれた残存鉱物の種類から、全域を通してその原岩は単斜キ石を含有するハルツバージャイトであったと思われる。蛇紋岩を構成するジャモン石鉱物の主要なものは電子顕微鏡的にアンチゴライト、クリソタイル（オルソーおよびクリノクリソタイル）およびリザーダイトであり、これに少量の六層オルソジャモン石が知られている²⁾。野外での観察や顕微鏡下の観察によれば、これらのジャモン石鉱物の生成に一定の順序が認められ原岩のカンラン石からアンチゴライト、クリソタイル、リザーダイトの順が一般的であるが、また同時に他種鉱物との間に密接な共生関係もみられる。多くの不透明鉱物、特にNiを含む硫化鉱物はアンチゴライトやクリソタイルに伴なわれ、ジテツ鉱はしばしばクリソタイルと離溶状の共生を示す。また、ジテツ鉱には原岩の初生鉱物と解されるクロムテツ鉱を交代する組織がごく普通に認められる。

リザーダイトとホウカイ石、クカイ石、リョクド石等の炭酸塩鉱物との共生は極めて密接である。ことに南部岩体では上記の順で炭酸塩鉱物が規則正しい累層配列をなしている。その他、変成岩と蛇紋岩との境界にはトウセン石、カツ石、リョクデイ石、シャカイレン石、トウキ石、ザクロ石等多種類の鉱物を産する。

第1表

ハルツバージャイト			蛇紋岩化作用			熱変成～熱水変質作用		
Mg・カンラン石 → アンチゴライト → クリソタイル → リザーダイト						→ Mg・カンラン石 → リザーダイト → リョク石状ジャモン石		
斜方キ石	ベントランド鉱	クカイ石	花 崗 岩 質 入	チョクセン石	アラレ石	サポー石		
単斜キ石	ヒーズルウッド鉱	ホウカイ石		クロウンモ	ホウカイ石	Fe・サポー石		
フツウカクセン石	ピオラル鉱	リョウクド石		リョクデイ石	クカイ石	モンモリロン石		
クロムテツ鉱	シンニッケル鉱	セキテツ鉱		ジテツ鉱	リョウクド石	ハロイ石		
	ジュウウテツ鉱	シンテツ鉱		ソーダフッ石		アロフエン		
		ジテツ鉱						
		セキエイ		Mg・ホウカイ石・Ca・クカイ石		クカイ石		
		カイバシザクロ石		Ca・リョウクド石				
		トウキ石		オウドウ鉱				
		ベスブ石		オウテツ鉱				
		カツ石		コウヒニッケル鉱				
		トウセン石		マウヘル鉱				
		シャカイレン石						
		リョクデイ石						
二 疊 紀 末 ～ 三 疊 紀 初				白 堊 紀 末				

第1図

第2図

第3図

第4図

第1図 鐘乳石状ジャモン石の接写写真。写真の左右長は約7mm。

第2図 鐘乳石状ジャモン石の顕微鏡写真。クロスニコル、スケールは0.1mm。

第3図 走査電子顕微鏡写真。約50倍。

第4図 走査電子顕微鏡写真。約300倍。

第5図

第6図

第7図-1

第7図-2

第5図 走査電子顕微鏡写真。約1000倍。

第6図 電子顕微鏡写真。全体的な様子を示す。

第7図 高分解能電子顕微鏡写真。個々の結晶の特徴を示す。矢印はリザーダイトの周囲がカールしている様子を示す。

第2表 鐘乳石状ジャモン石の化学組成と屈折率

SiO ₂	44.28 %
TiO ₂	0.00
Al ₂ O ₃	0.59
FeO (Σ)	0.18
MnO	0.00
CaO	3.11
MgO	32.03
K ₂ O	0.03
Na ₂ O	0.03
H ₂ O (+)	12.98
H ₂ O (-)	6.72
<hr/>	
Total	99.95 %

n : 1.500 ~ 1.501

北部岩体の北縁は、前述のように花崗岩の貫入を受け蛇紋岩からの再生カンラン石やチョクセン石などの熱変成鉱物やサポー石、モンモリロン石等の熱水変質鉱物を生じている。また炭酸塩鉱物としてはアラレ石が最も普遍的に産する。変成鉱物の多くはより後期のジャモン石（主としてリザーダイト）に変質ないし貫入を受けているが、この後期のジャモン石にも炭酸塩鉱物が伴う。このような熱水変質作用の最末期に、鐘乳石状のジャモン石が蛇紋岩の小割目に沿って生成している。

上述したところを整理し、宇部蛇紋岩体を構成する鉱物についてその生成過程を表示すると第1表の如くである。

鐘乳石状ジャモン石は第1図に見られるように淡黄白色、最大数 mm の円柱形をなし、頂部は球状に閉じていることが多いが、円形の中空断面が認められる。顕微鏡写真を第2図に示した。クロスニコルで消光する部分のほか弱い複屈折を示す部分も存在する。中空部の中心に自形性の強いクカイ石が核をなしていることがある。なお、この鐘乳石状ジャモン石の化学分析値と屈折率を第2表に掲げた。

3. 微細構造組織

3.1 走査電子顕微鏡観察

淡黄白色でピーナッツを思い浮かせる鐘乳石状ジャモン石の表面を約 50 倍くらいの低倍率で観察すると（第 3 図），ハチの巣サンゴ程の規則正しさはないが，一見，ハチの巣のように見え，表面に見える大きな細胞の中には，又多数の小さな細胞より構成されている。約 300 倍の倍率で観察すると（第 4 図），細胞の中に多数の細胞があり，その小さな細胞の中にも又更に小さな細胞があり，かなり立体的に複雑である。細胞を構成している壁は毛糸あるいは綱のような感じを与える。恐らくかなり粘性の高い液が，少量ずつ非常にゆっくりと落下付着してこのような複雑な形態を作り出したものと思える。更に高倍率の約 1000 倍での観察は（第 5 図），我々に秋芳洞の百枚皿を思い出させる。この鐘乳石状ジャモン石の出来方は，恐らく石筍の出来方と似たようなものであろう。

3.2 X線粉末回折図

X線粉末回折パターンを第 8 図に示す。測定条件は 47.5 kV, 160 mA でフィルタにグラファイト・モノクロメータを使用した。図の矢印で示したピークが鐘乳石状ジャモン石のピークであり，矢印のついていないピークはクカイ石のピークである。点線で示したピークは通常のジャモン石に見られる強い底面反射のピークを比較のために書き入れたものである。この回折パターンから明らかなように，この鐘乳石状ジャモン石は (0k0) 面反射は通常がよく結晶化したジャモン石と同程度の強さであるが，粘土鉱物特有の強い (00l) 面反射が極めて弱く，疑問符を印したブロードしたピークが 2 本見られるのが特徴である。この回折パターンの特徴はこの試料が層状構造の個々の層はしっかりした構造をとっているが，層の積重なりの周期は個体により非常に変化に富んでいて，底面反射の強いピークを作るに到っていないことを示している。

第 8 図 X線粉末回折図。矢印が鐘乳石状ジャモン石のピーク。

層の面間隔はほぼ $7\sim 11\text{ \AA}$ くらいの間で変化しているものと予想される。

3.3 電子顕微鏡観察

全体的な様子を第6図に、個々の結晶がどのようなものであるかを第7図に示す。天然産に通常見られるような繊維状の長いクリソタイルや波状構造を持つ短冊状のアンチゴライトは見られない。まれに径 $500\text{ \AA}$ くらいの太い管状クリソタイルが見られるが、非常に短かく、長さは太さの $2\sim 3$ 倍程度である。一般にはクリソタイルのように完全に巻いていなくて、円錐状に幾分かカールし、しかも非常に短いものが最も多い。層間に余分の層が挿入されている場合もかなり多い。また、 $4.5\text{ \AA}$ の格子縞が (001) 面に相当する格子縞にほぼ直角になっている、いわばパラクリソタイルの性質を持つものも多く見られる。あまり多くはないが、 $50\text{ \AA}$ 前後のドメインからなるリザーダイトも見られる。しかしそのほとんどは周囲が多かれ少なかれカールしている。

以上の様子は Yada と Iishi³⁾が制御された条件で合成した試料を格子像法で観察することにより、ジャモン石の結晶成長の初期状態を観察した時に得られた結果と類似していて、成長段階のうちでジャモン石の数層程度の厚さの膜状晶が彎曲した段階に相当するものである。合成の場合と異なって本試料で極めて特徴的なことは、層構造を示す部分の層の厚さが非常にまちまちで、 $7.5\sim 14\text{ \AA}$ 程度の幅の広い分布を示すことであり、天然に典型的に見られるクリソタイルの $7.3\text{ \AA}$ に近いものは極めて少ない。これに対して $4.5\sim 4.6\text{ \AA}$ の (020) や (110) に対応する格子縞はほぼ一定している。これらの事実はX線回折パターンから予想されたことを裏づけている。

4. 考 察

鐘乳石状ジャモン石の化学分析値はジャモン石の化学式 $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ より多少マグネシウムの量が少なく、 $20\text{ \AA}$ 程度の短い周期のアンチゴライトを形成しやすい範囲のものである⁴⁾。天然に一般に見られるジャモン石に比較してプラスの水の量が非常に多いことが特徴であり⁵⁾、層間隔がジャモン石特有の $7.3\text{ \AA}$ よりもかなり大きい方に分布していることと関係していると思える。

Wenner と Taylor⁶⁾は共存するジテツ鉱とジャモン石の間の $\text{O}^{18}/\text{O}^{16}$ の分配からジャモン石化の平衡温度は、最も低温の場合が大陸のリザーダイトークリソタイルで、 $85\sim 115^\circ\text{C}$ であるとしている。従って層間隔がジャモン石のそれになっていないこの鐘乳石状ジャモン石は 85°C よりも低い温度で生成されたと考えられる。

接写写真で見たようにピーナッツのような形態をとり、また走査電子顕微鏡観察で見たように立体的に多くの細胞の複合体からなるこの鐘乳石状ジャモン石は、 80°C 前後の温度で非常にゆっくりとジャモン石組成溶液の供給を受けながら成長したと考えられる。

高分解能電子顕微鏡観察で見たように、膜状晶が彎曲しており、一枚一枚の層内の

格子間隔は一定しているが、層間隔が非常にまちまちであることは、Yada と Iishi が提案したようにジャモン石の成長においては初期の段階で膜状晶が生成され、或る程度広い膜状に広がった後は、シリカ四面体層とブルーサイト八面体層間の大きさの不一致を解消するため彎曲するという成長様式が天然においても確認されたことになる。層間隔がまちまちであることから、ジャモン石成長の途中において彎曲し始めた時には、層間隔は $14 \text{ \AA}$ くらいであるが、時間とともに収縮して次第に $7.3 \text{ \AA}$ の周期に落ち着くのであろう。

謝 辞

化学分析に協力された萩高等学校原田進造氏に、およびX線回折のデータをとって戴いた大阪工業技術試験所瀬戸口正宏氏に謝意を表する。

文 献

- 1) 渋谷五郎：鉱物学雑誌, **11**, 160 (1973)
- 2) 富阪武士・加藤敏郎：鉱物学雑誌, **6**, 209 (1963)
- 3) Yada, K. and Iishi, K.: Am. Mineral. **62**, 958 (1977)
- 4) Kunze, G.: Fortschr. Miner. **39**, 206 (1961)
- 5) Deer, W. A., Howie, R. A. and Zussman, J.: Rock Forming Minerals III, Sheet Silicates. Longmans, Green and Co. Ltd, London 170 (1962)
- 6) Wenner, D. B. and Taylor, H. P. Jr.: Contr. Mineral. and Petrol. **32**, 165 (1971)

(1979年12月1日受理)