ひだ変成帯西部，水無地域に見られる結晶質石灰岩の交代変成作用*

(苦土かんらん石，斜ヒューム石，その他の鉱物の成因について)

鈴 木 守**

(1958 年 8 月 20 日受理)

Metasomatic Replacement of Crystalline Limestones found in the Mizunashi District, Western Part of the Hida Metamorphic Zone

Mamoru SUZUKI

(Abstract)

In the western part of the Hida Metamorphic Zone, Central Japan, there are found some peculiar marbles containing several skarn like high magnesian minerals. Of them, the layered arrangements of the mineral bands consisting of various assemblages of minerals such as forsterite, clinohumite, diopside and tremolite present a prominent feature. The assemblage of forsterite and clinohumite forming intergrowth has not been known in Japan. Detailed observations on the mineral association led the writer to conclude that it was produced by Mg-metasomatism working upon siliceous limestone, rather than to accept the dedolomitization theory which is the current view concerning the mineral association.

The following remarks support such a conclusion.

- 1) In spite of the fact that siliceous limestones are distributed extensively throughout the Hida Metamorphic Zone, dolomitic one is scarcely found.
- 2) The fact that the dolomite is formed surrounding the forsterite and clinohumite means that the former was formed undoubtedly later than the latter two. This phenomena cannot be explained by the dedolomitization theory.
- 3) Clinohumite is understood to be a pneumatolytic mineral.
- 4) The observed sequence of the successive appearance of the minerals is quite different from one which could be formed by the progressive thermal metamorphism of dolomitic rocks.

A problem arises as to the origin of the introduced magnesia. It may be presumed that the problem is related to the more regional metamorphism of the present region.

I まえがき	V 各鉱物および各帯の生成順序
II 帯状スカルの産状と附近の地質	VI 生成機構
III 帯状スカルの記載	VII 帯状スカルの成因とマグネシヤの起源
IV 灰色花こう岩質，閃緑岩質，および，
閃長岩質岩石	VIII むすび

I. ま え が き

筆者は 1951 年来，ひだ変成帯西翼にあたる水無構造帯およびそのまわりの地質調査を行い，構

* 1955 年 3 月，日本地質学会北海道支部大会講演

** 北海道立地下資源調査所（この研究は北海道大学理学部大学院在籍中に行なったものである）。

地質学雑誌 第 65 巻 第 763 号 1959 年 4 月

第1図 富山県西南部水無谷スカルン帯周縁の地質図

1. 黒雲母角閃石片麻岩, 2. 縞状片麻岩, 3. 結晶質石灰岩, 4. スカルン帯, 5. ミグマタイト
および灰色花崗岩質岩, 6. せん断帯, 7. 断層

造帯の生成機構を明らかにしようとして来た。この調査に従事している間に、構造帯の外縁に、特異なスカルン様鉱物組合せをしめす岩帯を見出した。ここには、苦土かんらん石・斜ヒューム石・透輝石、透角閃石などの珪酸塩鉱物がみられ、それらの成因を明らかにすることは、構造帯の生成機構をとく一つの鍵になるとみられる。また、それ自体、岩石学的にきわめて興味ある問題でもあつて、特に、これを取り上げた。

ここに現在まで明らかにできたことを報告したい。

この研究にあたって、終始変らぬ御指導を頂いた、鈴木醇教授、舟橋三男、小林英夫両助教授にふかく感謝する。また、つねに心からなる御援助と御討論を賜つた、成田英吉学兄、ならびに北大ひだグループの方々に厚く謝意を表する。さらに現地でいろいろ御世話になつた、富山営林署の深見鏡司、三上菊松の両氏に感謝する。

II. 带状スカルンの産状と附近の地質

水無周辺の片麻岩類が、岩質的にも、構造的にもちがう3つの地質構造単位にわけられることはすでにのべた^{*}。これらの南部にあたる小鳥川構造単位のうちで、その北側の水無構造帯との接触部にあたる附近は、第1図に見られるように、縞状片麻岩、結晶質石灰岩、およびこれらの間に進入している灰色花こう岩質岩石などからなりたつている。これらの岩類が構成する地質構造は、構造帯を相互に区別するせん断帯から離れたところでは、小鳥川構造単位の一般的構造をしめし、せん断帯よりの場所では、水無構造帯の構造に一致している。ここでのべるスカルンは、このせん断帯よりの場所

第2図 スカルンの産状の一例

- Sk: 带状スカルン
- Ls: 結晶質石灰岩
- Q: 石英
- Gr: 灰色花崗岩質岩 (閃緑岩質になつている)
- Cz: 破碎帯

片麻岩中に進入しているものと、かなり岩質がちがつている。また、それらと石灰岩との接触部には、斜ゆうれん石以外のスカルン鉱物はみとめられない。

III 带状スカルンの記載

上にのべた2種類のスカルンは、成因上同じと考えられる。それで、ここでは、i) のものについて説明したい。これは第3図にみられるように、構成鉱物の組成がそれぞれちがう、5つの帯にわけ

* 鈴木守 1952.

第3図 スカルン様鉱物が縞状に形成されている岩石の研磨面
I, …… V は，夫々本文中の第 I, II …… V 帯に同じ

ることができる。これを図にしたがつて，それぞれ，第 I，第 II，……，第 V 帯とよぶことにする。

第 I 帯：巾 3cm から 5cm の緑黒色の縞で，かなりの部分が緑色の蛇紋石に変っている。これとはべつに，縞にはほぼ垂直な方向に，淡緑褐色の蛇紋石を生じ，さらに，同方向の方解石脈がみられる。

鏡下の性質—自形から半自形の粗粒の苦土かんらん石，それを取り巻く白雲石，これらの間を埋めるモザイク状の方解石からなる。白雲石は苦土かんらん石のまわりのほかに，方解石の間にも若干みとめられる。苦土かんらん石中には，粒状に或いは不規則な形で存在する斜ヒューム石がみられ，とくに，苦土かんらん石の辺縁部にあるものに，聚片双晶をしめすものがある。

第4図 F: 苦土かんらん石, Di: 透輝石, T: 透角閃石, Do: 白雲石, C: 方解石, S: 蛇紋石

また，これは，苦土かんらん石の単一結晶中の結晶粒は，おなじ光学的方位をしめす。この両者は，ともに多かれ少なかれ蛇紋石に変っている（第4図A）。

第 II 帯：この部分は，0.5 から 2cm の巾で，ふつうの大理石と全くおなじに見える。

鏡下の性質—ほとんど等粒の方解石が，モザイク状に組合い部分的にはかなり不規則な境界をしめす。この間に，まわりから透角閃石や方解石に置換されている透輝石が，少量散在している。

第Ⅲ帯：きわめて粗粒の灰色をおびた透輝石が密集している、巾 3cm 前後の帯である（第4図C）。

鏡下の性質—1 から 8mm の透輝石が、おたがい直接せつし、わりあいなめらかな境界をしめす。部分的に、この間を撓曲のいちじるしい方解石が埋めている。また、蛇紋石（板温石）が少量みとめられる。これは、透輝石によつて置換されたり、あるいは、包かされている。

しかし、脉状の蛇紋石は、逆に透輝石を貫いている。

この第Ⅲ帯が、つぎにのべる第Ⅳ帯と接するところでは、透輝石は透角閃石によつて交代され、全く不規則な外形をしめす。そして、さらに交代の進んだものでは、透角閃石の密集塊中に、せんい状や不規則な形の小結晶をして残つているにすぎない。

第Ⅳ帯：淡緑色乃至白色の絹糸状光沢をおびた、フェルト状や針状の透角閃石の密集帯である。

第1表 鉱物容量比

	第Ⅰ帯	第Ⅱ帯	第Ⅲ帯	第Ⅳ帯	第Ⅴ帯	結晶質石灰岩
苦土かんらん石及び斜ヒューム石	15.96					
透輝石		11.24	61.03	2.75	0.15	
透角閃石		9.03	31.27	72.41	14.10	
金雲母					0.79	
白雲石	15.28					
方解石	56.75	79.58	3.31	22.42	84.52	74.78
蛇紋石	11.33		3.71	0.25		23.62
石英						23.62
その他	0.68	0.15	0.68	2.17	0.33	1.60

第2表 主要化学成分

SiO ₂	13.84	9.55	51.75	36.29	1.39	1.60
TiO ₂	0.08	trace	0.04	0.04	0.08	
Al ₂ O ₃	0.80	0.06	1.56	0.48	0.06	0.17
Fe ₂ O ₃	0.66	0.21	0.22	0.99	0.22	
FeO	0.62	0.57	3.49	0.74	0.20	
MgO	20.48	4.12	16.05	16.25	4.43	1.07
CaO	33.06	48.72	23.26	28.00	52.33	55.15
CO ₂	28.25	36.04	2.48	15.95	41.12	43.10
F	0.57					
total	98.36	99.27	98.85	98.74	99.83	101.09

注 結晶質石灰岩は、ひだ変成帯の他地域のものとおなじく、レンズ状あるいは層状の石英を含む大理石である。そのために、微視的な処理で、鉱物組成や化学組成の量を定めることは困難である。第1表にあげた鉱物容量比は、水無地域で採集したものの薄片4枚の平均値である。また分析値は、スカレン帯のそばのものについて行なつたものである。

第 3 表

	へき開双晶	色		消光角	光軸角	屈折率
		肉眼	薄片			
苦土かんらん石	(010) のへき開若干みとめられる	濃緑色	無色		(+) 81°~88°	$N_x=1.637, N_y=1.649$ $N_z=1.672$
斜ヒューム石	(001) に平行な双晶	帯褐濃灰色	X = 黄金色 Y = Z = 無色	001 $\wedge$ X 90°~120°	(+) 68°~74°	$N_x=1.624, N_y=1.638$ $N_z=1.654$
透輝石	(001) に平行な聚片双晶	淡緑色，灰色	無色	C $\wedge$ Z 37°	(+) 57°~62°	$N_x=1.669, N_z=1.696$
透角閃石		白色	無色	C $\wedge$ Z 18°~22°	(-) 79°~81°	$N_x=1.603, N_z=1.630$
白雲石	へき開・聚片双晶 (0221)	白色	無色			
方解石	同上 (0112)	白色	無色			
蛇紋石	板温石	緑色~淡緑色	無色~淡緑色			
紋石	bowlingite	緑褐色~褐色	X = 黄色~褐色 Y = Z = 淡黄~淡褐色			複屈折大

0 1 mm

第5図A 苦土かんらん石と斜ヒューム石 (聚片双晶)

鏡下の性質—針状・葉片状・長柱状の透角閃石が密集しており，大きなものは，5mmの長さになつする。第Ⅲ帯との接触部附近では，ほとんど角閃石のみからなり，第Ⅰ帯側の方に，しだいにその量が少なくなる (第4図B)。第Ⅰ帯と第Ⅴ帯との間には，蛇紋石帯があり，透角閃石は蛇紋石を交代している。しかも，この場合，透角閃石が新鮮な苦土かんらん石や斜ヒューム石と直接せつすることはない。これらの鉱物間をうづめる方解石は，いずれも不規則な形をしている。さらに，その内部に粒状の方解石を包かしている。

第Ⅴ帯：この帯は，第Ⅱ帯のあいだにみられ，灰色から灰黒色の方解石からなりたっている。風化面では，この帯が凹状になつているのがみとめられる。

鏡下の性質—きわめて不規則な形をしており，しかも，撓曲折のいちじるしい方解石が，縫合状に

第5図B 聚片双晶をしめす斜ヒューム石の光学的方位のステレオ投影図

光軸角 $(A_1 - A'_1 = 70.5^\circ$
 $A_2 - A'_2 = 71^\circ$
 $001 \wedge X_1 = 9^\circ$
 $001 \wedge X_2 = 10^\circ$ (001 は双晶接合面)

せつしている。これらのあいだに、少量の透角閃石や金雲母がみとめられる。また、透角閃石中に透輝石残晶の存在するものがある。方解石の大部分は、網目状にちり状物をふくんでいるために、黒く汚れている。これは、おそらく磁鉄鉱であろう。これがあるところは、双晶やへき開がうすれたり、消失したりしている。このようなちり状物をふくんでいるので、方解石が灰色にみえるのであろう。

これら各帯の鉱物容量比、主要化学成分を第 1, 2 表にしめた。

IV 灰色花こう岩質、閃緑岩質および閃長岩質岩石

まえにのべたように、この地域には、広い範囲にわたって灰色花こう岩質岩石が分布している。この岩石は、第 4 表にみられるような鉱物組合せで、有色鉱物にとぼしく、しかも、黒雲母に限られている。これに対し、石灰岩中には、この他に、閃緑岩質と閃長岩質の岩石がみられる。これは、透輝石や緑色角閃石をふくんでいる点で、灰色花こう岩質岩石とちがつている。

閃緑岩質岩石：主鉱物として、斜長石、透輝石、あるいは、緑色角閃石、斜ゆうれん石からなり、石英を少量ふくんでいる。全変晶質で、いわゆる火成岩構造はみられない。斜ゆうれん石は、とくに、石灰岩との接触部に多い。斜長石は、 $An\%=56$ のものである。

閃長岩質岩石：主鉱物組合せは、斜長石・カリ長石・石英・緑色角閃石で、有色鉱物は少ない。丸味をおびた斜長石は、まわりを細粒の斜長石や石英によつて囲まれ、いわゆるモルタル構造をしめす。この間に、斑状変晶のカリ長石があり、斜長石との間に、ミルメカイトをつくっている。角閃石は集合状結晶として散在している。 $An\%=24$

第 4 表 鉱物容量比

	閃緑岩質岩石	閃長岩質岩石	灰色花こう岩質岩石
斜長石	54.3	46.2	53.9
カリ長石	0.3	17.7	13.2
石英	0.4	30.0	31.8
透輝石 (含角閃石)	0.8	5.3	
黒雲母			1.0
斜ゆうれん石	27.3		
その他	16.9	0.8	0.1
計	100.0	100.0	100.0

第 6 図 F: 苦土かんらん石

S: 蛇紋石

D: 白雲石

C: 方解石

V 各鉱物および各帯の生成順序

1. 斜ヒューム石と苦土かんらん石は、ほとんどおなじ時期にできたものと思われる。しかし、斜ヒューム石の一部には、苦土かんらん石の割目をうずめるものがある。これは、斜ヒューム石がいくぶんおくれ、後者を置換してできたことをしめすものであろう。
2. 白雲石は、斜ヒューム石や苦土かんらん石のまわりをとりまいている。これは明らかにこの両者よりおくらでできたことを意味する。
3. 透輝石は、苦土かんらん石の輪かくをしめす蛇紋石を置換しており、あるものは、蛇紋石を包かしている。しかも、新鮮な苦土かんらん石と接しているものはない。これらの事実、透輝石が苦

土かんらん石より後に形成されたことをしめす。また，透輝石は，粒状の方解石を包かしているが，一方，方解石脈に貫かれている。さらに，脈状の蛇紋石にも貫かれている。

4. 透角閃石は，苦土かんらん石の仮象をもつた蛇紋石や，透輝石を置換しており，また粗粒の方解石を貫きそして方解石の細脈によつて貫かれている。

5. 蛇紋石には，少なくとも2つの生成時期があつたとみられる。1つは，苦土かんらん石の生成時期から透角閃石の生成時までの間である。このときは，板温石ができ，それを置換して *bowlingite* ができ，どちらも，まえの鉱物の仮象を保っている。もう1つは，帯状スカルン全体を貫く，脈状の板温石である。

6. 金雲母は，ほかの珪酸塩鉱物との関係が明らかでない。しかし，破碎作用のいちじるしい，第Ⅴ帯の灰色方解石の割目にそつてみられる。したがつて，まえにのべた諸鉱物よりは，後にできたものと考えられる。ただし，おなじく弗素をふくむ斜ヒューム石と，どのような関係にあるかは明らかでない。

7. 方解石は，上述の各鉱物が形成されるいろいろの時期に，再結晶や変形をしたとおもわれる。しかし，それらの過程をはつきりさせることは困難である。

以上のべてきた鉱物相互の生成順序は，各帯の生成順序に対応している。はじめに，第Ⅰ帯と第Ⅱ帯がほとんど同時に形成された。というよりは，第Ⅱ帯は第Ⅰ帯の基質とみた方がよい。つづいて，第Ⅲ，Ⅳ，Ⅴ帯の順に形成されたとみられる。

BOWEN (1940) によれば，*siliceous dolomite* の *progressive metamorphism* によつて，透角閃石→苦土かんらん石→透輝石の順に鉱物が形成される，とされている (Step 1, 2, 3 にあたる)。

しかし，この地域にみられるものでは，上にのべたように，苦土かんらん石→透輝石→透角閃石の生成順序が推定され，この点でちがいがみられる。

0 1 m m
第7図 透輝石と透角閃石

VI 生 成 機 構

1. 第Ⅰ帯と第Ⅱ帯の形成

ここでとくに重要なことは，苦土かんらん石と，それを取りまく白雲石の形成が，どのようにして行われたかということである。

苦土かんらん石がどのような条件でできるかという問題は，古くから研究されており，古期の白雲岩と花こう岩との接触部に多量産出することが知られている。つぎに，それらについての2・3の観察と，それらの解釈をあげよう。

J. J. H. TEALL (1903): 苦土かんらん石・透輝石・透角閃石等は，脱白雲化作用の産物とみなしている。ここでは，苦土かんらん石は，新しい方解石—基質に白雲石が残存しているときでも一によつて包まれているとのべ，変成している岩石と，変成していない岩石の $\text{CaO} : \text{MgO}$ の比が等しいことを明らかにしている。

F. H. HATCH (1910) は，脱白雲化作用による苦土かんらん石の生成をつぎの式で表現した。

白雲石 石英 苦土かんらん石 方解石

TILLEY (1920) は，HATCH と同じ解釈を行なつており，このばあいも，苦土かんらん石が新しくできた方解石

によつてとり囲まれていることに注目している。また、一般に、苦土かんらん石の生成に伴つて、尖晶石がみられる例が多い。

この地域のものは、白雲石が苦土かんらん石を包んでおり、この点、上にのべたものとはいちじるしく異っている。これは、脱白雲化作用によるものではなくて、むしろ、原岩が石灰岩であつて、それに加えられた白雲化作用のためにできたことをしめすものであろう。

これを化学式で表わせば

この場合、マグネシヤがどのようにして導入されたかが問題になるが、それについては後にふれたい。

2. 第Ⅲ帯および第Ⅳ帯の形成

透輝石は、さきにできた苦土かんらん石や白雲石を消費して、あるいは、新たにべつの形でマグネシヤが供給されて、形成されたとみられる。しかし、第Ⅲ帯は、鉄・アルミナ・珪酸がかなり多いことからみて、かなり系外から供給されたものであろう。第Ⅲ帯の生成にひきつづいて、これと第Ⅰ帯の間に反応が生じ、その結果、第Ⅳ帯、つまり透角閃石が形成された。

この反応式は、

で表わされる。第8図に示した三角ダイヤグラムからも、このことがうかがえる。

第 8 図

1……5 は、夫々第Ⅰ……Ⅴ帯をしめす。

L: 結晶質石灰岩

横線の範囲は、結晶質石灰岩の推定成分域をしめす。

F: 苦土かんらん石大理石 (HARKER)

D: 白雲岩 (HARKER)

とり囲まれているのである。この点は、小鳥川でみられるコンドロ石大理石**でも、まわりに白雲

3. 第Ⅴ帯の形成

上にのべた各帯の生成が終えてから、それらの間に、弱いせん断運動が働き、そのために、方解石は撓曲され、また、こわされ、双晶は消失した。そのさいに生じた割目にそい、ちり状の磁鉄鉱がしみこみ、灰色の方解石をつくつたものとおもわれる。

4. 斜ヒューム石について

斜ヒューム石の産地は、ひだでは他にしられていない。これまで記載されている長野県常盤や、神奈川県丹沢のものは、苦土かんらん石と尖晶石とを伴っている。しかし、苦土かんらん石と連晶をつくつていない。ここでみられる連晶は、まえにのべたように、さきに形成された苦土かんらん石が、斜ヒューム石によつて置換されたためとおもわれる*。すなわち、弗素による気交代作用と解される。しかも、そのまわりは、白雲石によつて

* TILLEY (1951) は多量の磁鉄鉱にとまわれる苦土かんらん石と斜ヒューム石の連晶を観察し、これを、後者による前者の置換として説明している。

** コンドロ石については、べつの機会に報告するつもりである。

石がみられる。

VII 帯状スカルンの成因とマグネシヤの起源

かなり古い時代より，各地で，帯状スカルンについての研究がされて来た。しかし透角閃石・透輝石・苦土かんらん石のような鉱物は，脱白雲化作用によるものとされ，また，それが帯状配列をしめすときはもともとの原岩の組成がちがつていたとして説明されている。これに対して，ざくろ石やヘデンベルグ輝石その他の，いわゆるスカルン鉱物は，交代作用によるものとされ，その帯状構造は交代作用の時間的ずれをしめすものとされている。これについての，2・3の例を次にあげてみる。

F. H. HATCH & R. H. RASTALL (1910): 白雲岩と花こう岩 inclusion が高温下におかれたとき（花こう岩の進入）に生じた帯を，dark mica, light mica, ophicalcite の3つに分帯した。これらの帯の形成にあたり，鉄・アルミナ・珪酸は花こう岩 inclusion より，マグネシヤは白雲岩の分解によると説明している。

これは，脱白雲化作用および，同時に原岩中に含まれている不純物の高温下での分子拡散による解釈である。

G. D. OSBORNE (1932): Impure limestone と，contaminated pegmatite との間の変成作用を観察し，単なる熱変成作用によるものと，交代変成作用や，気成作用によるものとを分けた。すなわち，前者の作用では，forsterite-brucite-marble が，交代変成作用では，grossularite, diopside, wollastonite, vesuvianite その他の鉱物が，また，気成作用では，monticellite, custerite が形成された。前者は，ペグマタイトの進入以前の熱作用により，後者は，ペグマタイトの進入の前から進入時にかけて形成された，としている。

TILLEY (1951): 花こう岩と苦灰岩の間に生じたスカルンを，primary skarn と boronfluorine ore skarn の2つに分け，前者は花こう岩と苦灰岩の直接の反応により，後者は岩漿進入末期の交代作用による生成として説明している。

この場合，当地域でみられるような鉱物，すなわち，primary skarn に forsterite や diopside が，ore skarn に clinohumite が含まれている。

ひだ変成帯には，かなり広く結晶質石灰岩が分布している。これは，一般に石英を含んではいるが，マグネシヤのみならず，鉄やアルミナをもほとんど含んでいないにもかかわらず，ここに問題とするスカルンは，きわめてマグネシヤにとむ鉱物からなっている。

この原因としては，2つの考え方がなりたつ。1つは，原岩がもともと白雲岩質のものであるとするみかたで，他は，原岩はふつうにみられる結晶質石灰岩と同質のもので，これにマグネシヤその他の物質が供給されたとするみかたである。筆者は次にのべる理由により，第2の考え方をとりたい。

1) 苦土かんらん石が脱白雲化作用によつて形成されたとするなら，新形成の白雲石が苦土かんらん石を包みこんでいる現象が説明できない。

2) 第Ⅲ帯は他の帯より，比較的鉄やアルミナが多い。もし，原岩にもともとこれだけの量が含まれていたとするなら，苦土かんらん石の生成とともに尖晶石の形成がみられるのではないだろうか。したがって，このばあいも，系外から供給されたとみた方がよい。

3) 一部のものに，古い割目とみられるものにそうて苦土かんらん石ができている。これは，弱線にそい物質の供給があつたことを暗示している。

4) 気成作用の産物とみられる斜ヒューム石が，苦土かんらん石を置換しており，しかも，白雲石や透輝石の形成より前の生成とみられる。

以上のことは，白雲岩の熱変成作用による分解（脱白雲化作用）に，マグネシヤの源をもとめることでは説明しがたい。したがって，ここでみられる変成現象は，結晶質石灰岩の交代変成作用とみるべきである。

それでは，鉄・マグネシヤ等の物質は，どこから，どのようにして導入されたのであろうか。その

手がかりとして、先にあげた閃緑岩質ないし閃長岩質岩石の成因を考える必要がある。

この地域全般にわたって行われた第2期変成作用の末期に、多量のミグマタイト質岩石が生成された。この岩石は、縞状片麻岩や結晶質石灰岩、その他の岩石を交代しており、一部では流動性をおび、前記岩石中に進入している（灰色花こう岩）。まえにのべた、閃緑岩質および閃長岩質岩石は、灰色花こう岩質岩石が進入に先立つて、石灰質岩石を大きく交代したために、その組成を変え、そして、石灰質珪酸塩をつくるに至ったものと考えられる。一方、石灰岩中に少量含まれていたマグネシヤが、交代作用の結果濃集し、閃緑岩質あるいは閃長岩質岩石の進入に先立つて、石灰岩の節理や割目にそい注入された。

そして、始めに苦土かんらん石が形成され、ひきつづいて滲透してきた弗素により、苦土かんらん石は斜ヒューム石に変えられた。珪酸と結びついた余剰のマグネシヤは、石灰と反応して、白雲石をつくつた。これらよりおくれ、マグネシヤの他に、鉄・アルミナが入ってきて透輝石を形成した。珪酸はもともと含まれていたものと、注入されたものと両方考えられる。しかも、これらの物質の供給が、石灰岩の剝理面（層理面）を媒介して行なわれたために、帯状構造をとつたものとおもわれる。

VIII む す び

ここでのべた変成作用で、 CO_2 や H_2O の果たした役割は、ひじょうに重要なものとおもわれる。しかし、この問題については、別の機会に充分に検討してみることにはしたい。

ここで中心に取りあげたことは、マグネシヤ珪酸塩の生成機構についてである。しかも、脱白雲化作用とは異なるマグネシヤ交代作用によるとの結論をえた。

まだまだ解決しなければならない問題が多くのかかれているが、ここに本稿を発表し、皆様の御批判をいただきたいと思う次第である。

参 考 文 献

- BOWEN, N. L. (1940): Progressive Metamorphism of siliceous limestone and dolomite. *Jour. Geol.*, 48, 225~274.
- ESKOLA, P. (1939): Die Entstehung der Gesteine. BARTH, T. F. W., CORRENS, C. W., and ESKOLA, P.) *Springer Berlin*.
- HATCH, F. H. & RASTALL, R. H. (1910): Dedolomitization in the Marble of Port Shepston (Natal). *Quar. Jour. Geolo. Soc.*, 66, 507~522.
- HARKER, A. (1904): Tertiary Igneous Rocks of Skye.
——— (1952): Metamorphism, Methuen London.
- ECKERMAN, H. von (1922): The Rocks and Contact Minerals of the Mansjö Mountain. *Geol. För Förh.*, 44, 203~410.
- JOPLIN, G. A. (1953): Diorite-limestone reaction at Ben Bullen, New South Wales; a study in contamination. *Geol. Mag.*, 72, 97~116.
- GINDY, A. R. (1953): Progressive Replacement of Limestone Inclusion in Granite at Ballynacarrick. *Co. Donegal, Geol. Mag.* vol. 90, 152~158.
- 加 納 博 (1951): 丹沢山地産斜ヒューム石とその共生鉱物について, 岩鉱, 35, 116~122.
- 野 沢 保 (1956): ひだ神岡鉱山附近の伊西閃長岩質の成因について, 地質雑, 58, 469~475.
- OSBORN, G. D. (1931): The Contact Metamorphism and Related Phenomena in the Neighborhood of Marulau, New South Wales, Part I. The Quart-Monzonit Limestone Contact. *Geol. Mag.*, 68, 306~309.

- (1932): The Metamorphosed Limestone and Associated Contaminated Igneous Rocks of the Carlingford District. *Geol. Mag.*, **69**, 209~233.
- RAMBERG, H. (1952): The Origin of Metamorphic and Metasomatic Rocks. *Chicago Univ. Press*.
- 鈴木 守 (1952): 富山県西南部水無ふきんにおける地質構造単位と変成岩類との関係について, 地質雑, **62**, 8~19.
- SAHAMA, Th. G. (1952): Mineralogy of the Humite Group. *Suo. Tied. Toi. Ann. Aca. Fennic 3 Geologica-Geographica*. **31**, 1~50.
- TEALL, J. J. H. (1930): On Dedolomitization. *Geol. Mag.*, **40**, 513-514.
- TILLEY, C. E. (1920): The Metamorphism of the Pre-Cambrian Dolomites of Southern Eyre Peninsula, South Australia. *Geol. Mag.*, **58**, 449~462.
- (1951): The Zoned Contact-Skarns of the Broadford Area, Skye: a Study of Boron-Fluorine Metasomatism in Dolomites. *Min. Mag.*, **29**, 621~666.
- (1951): A Note on the Progressive Metamorphism of Siliceous Limestone and Dolomites. *Geol. Mag.*, **88**, 175~178.
- TURNER, F. J. & VERHOGEN, J. (1951): Igneous and Metamorphic Petrology.
- 渡辺 武男 (1934): 長野県常盤産接触鉱物記事, 地質雑, **41**, 457~460.
- WATANABE, T. (1943): Geology and Mineral Association of the Suian District, Työsen (Korea). *Jour. Fac. Sci. Hokkaidō Univ., Ser. IV*, **6**, 205~303.
-