斑状變晶中の包か物 S 字状曲線と片状岩中における 壓縮作用の役割について*

山 口 貴 雄

(1951 年 3 月 24 日關東支部例會にて講演, 同年 7 月 8 日受理)

緒 言

片状岩中の斑状變晶の包か物の S 字状配列は MÜGGE, O.¹⁾ や筆者²⁾ が解釋したように, 斑状變晶が廻轉しながら成長するときに現れる, というとも考えられるが, 又これとはちがった解釋もある。即ち, この S 字状曲線は褶曲乃至撓曲の殘存構造であるという解釋である。前者の場合, 斑状變晶の廻轉の要因は相對變移運動であるが, 後者の場合, 褶曲乃至撓曲の要因は壓縮作用である。筆者の研究した漣川變成岩類の雲母片岩中の柘榴石について前者の解釋は成立しない, というのは MÜGGE の解析¹⁾ も筆者の解析²⁾ もこの場合成功しないからである。(證明は煩雜であるから省略する)。これに反し, 後者の解釋は大體において効果的である。本論はこの後者の解釋とこれから必然的に導出される壓縮作用の變成作用における役割について記す。

I. 壓縮作用による S 字状配列の成生

斑状變晶の包か物とその附近の S 字状曲線はふつう第 1 圖のように現れている。この成生過程を模型的に示すと第 2 圖のようになる, 即ち, Plättung (壓延作用乃至平板化作用), P により ST, AB 層が P の方向と直角の方向 (x) に延びようとするとき, 抵抗のために妨げられるとその結果 x の方向に p なる壓縮作用をうけて褶曲乃至撓曲をおこす。しかし ST は P のためにおしつぶされて褶曲乃至撓曲の構造は殘らず, AB においてその殘存構造が見られる。このような所に十字石, 柘榴石が產出すると考えられる事實がしばしば見られるのである。第 2 圖のように考えると, S 字状曲線から x 方向に壓縮度 $K_x (= \text{現在の長さ} / \text{もとの長さ})$ が求められる筈である。これを第 3 圖に示した。この場合, $K_x = 1 / (\text{ACDB})$, である。(實測例は II)

S 字状曲線の成生初期段階としての撓曲の場合は 2 次元の壓縮度 K_{xz} が求められる (第 4 圖)。即ち, $K_{xz} = \sin \angle LMN / \sin \angle FMN$ 。

撓曲による壓縮度 K_{xz} の實測の例は, 朝鮮江原道伊川郡安峽附近の所謂祥原系中部に屬するオットレ石粘板岩中のオットレ石に見られる (第 6 圖)。即ち, $\angle FMN = 100^\circ$, $\angle LMN = 60^\circ$, $\therefore K_{xz} = 0.9$ 。オットレ石が綠泥石 (+絹雲母) から成生されたと考えると, その際の比重の變化は $2.8 \rightarrow 2.8 \div K_{xz}$ (即ち約 3.1) である筈である (但し y 方向には壓縮がないとして)。この比重變化は非常にもつとらしく見える。

II. 片状岩に作用する壓縮作用

定方位薄片, (bc) 及び (ac), に見られる S 字状曲線から, b 方向及び a 方向の壓縮度, K_b 及び K_a が求められる。(ab) 薄片からは (bc) 薄片と同じ K_b が求められる筈である。c 方向の壓縮度 K_c は直接には求められないが, 第 7 圖のように考えれば空間壓縮度 K が求められる。即ち, 壓縮前に各邊が 1 である立方體が c 方向の Plättung をうけて, $l'_a \times l'_b \times l_c = 1$, になるように a 方向

* この研究は舊朝鮮地質調査所勤務中 (1941~1945) に漣川變成岩類の研究の爲に行れた

1) N. Jb. Min. usw. Beil. Bd. 61, A, p. 469. (1930)

2) 本誌, vol. 53, no. 616~621, p. 19, (1947)

3) 本誌, vol. 57, no. 673, p. 419, (1951)

地質學雜誌 第 58 卷 第 680 號 1952 年 5 月

に l'_a , b 方向に l'_b に延れば, a 及び b 方向には圧縮は現れないが, それらの方向に延びるのを妨げる地質条件のため, l_a 及び l_b にしか延びることが出来なければ, 圧縮は, $K_a = l_a/l'_a$, $K_b = l_b/l'_b$, で示されるように現れる。このとき, $K = l_a \times l_b \times l_c$, である。従つて $K = (l_a/l'_a) \times (l_b/l'_b) \times (l_c/l'_c) = K_a \times K_b$ となる。即ち, K は K_a と K_b さえ求められればよいのであつて K_c はわかる必要がないのである。(第 7 圖のように考えるのでなければ一般に, $K = K_a \times K_b \times K_c$, である)。

第 1 表

	Kb	Ka	K	P
g 岩	0.90	(0.80)	0.72	3.9
s 岩	(0.89)	(0.75)	0.67	4.2
c 岩	0.78	0.69	0.54	5.2
a 岩	0.73	0.45	0.33	8.5

(P: 比重 2.8 のものが圧縮作用に変化しなくてはならぬものの比重)

第 5 圖は第 1 表中 C 岩の柘榴石のスケッチである。

III. 圧縮作用の變成作用における役割

A. 圧縮作用は片狀岩における實例から一般に異方的であるものと考えられる。少くとも割れや片理が見られる岩石には異方的圧縮作用が作用したと考えなくてはならぬ。従つて, 片狀岩のみならずホルンフェルスにおいてさえも異方的圧縮作用が作用したと考えられる。岩石が力學的に略等方性であるとすれば, 異方的圧縮作用は 3 つの principal normal stress, S_1 , S_2 , S_3 , に歸せられる stress system によつておこされ, 異方的圧縮作用の主軸は S_1 , S_2 , S_3 に一致する。異方的という場合はこの中, どれか 2 つ或は全部が等しくない場合であり, 等方的圧縮作用の場合は $S_1 = S_2 = S_3$ である静水圧の場合である。異方的圧縮作用の場合には shearing stress が必ず存在し, 等方的圧縮作用の場合には存在しない。

B. 包か物の S 字狀配列の存在する所は既述のように圧縮の場であつて他の部分とは力學的に異つてゐる。従つて, 圧縮は岩石内では不均一に分布するということがわかる。この場合, 岩石は plastic に行動するのである。圧縮の場にはしばしば柘榴石・十字石のような高比重のものが成生されている。これは Le Chatlier の原理にまつまでもなく, 圧縮の場には高比重のものが成生される或は集る傾向がある, という一般原理を認識してよいであろう。圧縮の分布が不均一のものであるからには或岩石の鑛物共生を同一圧縮力(従来は「壓力」と言われていた)下の産物と考えることは誤りであると指摘することが出来る。(例えば十字石・紅柱石共生の場合など。)

C. 圧縮作用により低比重 (ρ_1) の鑛物が高比重 (ρ_2) のものに變化する際, $K\rho_2 = \rho_1$, が成立する場合はこの變化が close system であり得るが, (例えばオツトレ石の場合……I. 後部参照), $K\rho_2 < \rho_2$, の場合は open system であると考えなくてはならぬ(第 1 表参照), 即ち, 圧縮作用下の相變化(變成過程)には或る物質, 殊に比重を低くする成分, の「しぼり出し」を伴う筈である。實際, 漣川變成岩類において見られる相變化, 雲母→柘榴石³, は K_2O と H_2O の「しぼり出し」が伴わなくては成立しない。

D. 最後に stress mineral について以上の立場から批判する。この場合 stress は shearing stress を意味しているらしいが, shearing stress に直接關係して成生される, 乃至存在することのある鑛物は, ふつう stress mineral と言われているものよりも他のものに多い。例えば石英, 雲母が shearing plane に Gefügeregelung を行つてゐるような場合, 石英, 雲母は stress mineral であると言つてもよいであろう。又, 第 8 圖 a のような存在狀況の藍晶石も shearing (同圖 C 中の Ss) に Gefü-

geregelung をしている點において stress mineral であると言える。藍晶石は Ss の他に Sp (第8圖 c) に對しても Gefügeregelung を行つてゐる。柘榴石は典型的な stress mineral ということになつてゐるが、實例から見れば力學的に略等方性であるべきこの礦物が著しく異方的な壓縮の場に成生されてゐるのであるから、いわゆる stress mineral の成生の力學的條件は shearing stress ではなく壓縮作用(力學的に等方性であろうと異方性であろうと)であると考えの方がよいようである。しかし礦物の存在狀況はその場の力學的異方性に順應することはたしかである。これはいわゆる stress mineral には限らず殆んどすべての礦物について言えることである。かつて都城秋穂は「礦物成生の力學的條件は stress ではなく壓力だ」という意味のことを指摘した⁴⁾が、筆者は壓力と言う表現は嚴密でなく壓縮作用とするべきだと考えてゐる。又、stress mineral 論に關連して、十字石—紅柱石共生、藍晶石—紅柱石共生のような共生關係がよく引合に出されるが、筆者は之等は要するにその礦物の成生の場所の壓縮作用の強弱の不均一の分布に歸一して説明することの出来るものだと考えてゐる。この考えは漣川變成岩類について充分に効果的である³⁾。

結 論 要 約

1. 斑状變晶中の包か物の S 字状配列は壓縮作用による小褶曲乃至小撓曲の殘存構造であるとも解釋することも出来る。この立場から岩石のうけた壓縮度を S 字曲線から求めることが出来る。
2. 實測の結果、岩石に作用した壓縮作用は一般に異方性で且つ不均一に分布するものであると考えられる。
3. 各礦物は壓縮作用の異方性に順應して存在し、壓縮作用の不均一分布に對應して異なる壓縮度を示す礦物が共生する。いわゆる stress mineral という概念は不要である。

On the S-Shaped Curve of Inclusions in the Porphyroblast and the Role of the Compression.

(Abstract)

Takao YAMAGUCHI

The S-Shaped curve of inclusions in porphyroblast has been generally considered to be generated by the rotating growth of the porphyroblast under a differential movement. The author interpretes the S-Shaped curve on another standpoint. He considers that the S-Shaped curve is a relict figure of a recumbent micro-folding or flexure under a compression.

Schematically theorizing this standpoint, the author calculated the grade of the compression. The compression occurred in the schistose rock is considered to be anisotropic and to be distributed heterogeneously. The compression caused the recrystallization of the heavier minerals and the pressing-out of some materials.

The heterogeneous distribution of the compression caused the rearrangement of the constituent minerals in the schistose rock.

All minerals are generated under the conditions of compression and temperature, and their

modes of occurrence are in harmony with the anisotropy of the compression. The classification of stress-mineral and anti-stress-mineral seems to be meaningless.

We must be careful with the heterogeneous distribution of the compression to interpret the mineral assemblages in schistose rocks.

Fig. 1 (第1圖) 包分物 S 字状曲線をもつ斑状變晶の模型圖.

Fig. 2 (第2圖) S 字状曲線生成過程の概念.

P.....“Plättung”, p.....横よりの壓縮. 横臥褶曲及び撓曲の平板化 (Plättung)

Fig. 3 (第3圖) S 字状曲線より壓縮の度合を計算する模型.

壓縮度 $k=1/ACDB$.

Fig. 4 (第4圖) 撓曲による壓縮.

紙面における壓縮の度合は f/d で示される. $f=d \div \sin \angle FMN \times \sin \angle LMN$, であるから, 壓縮度 $K_{xy} = \sin \angle LMN / \sin \angle FMN$, である.

Fig. 5 (第5圖) 漣川變成岩類中の, cyanite-staurolite-garnet-2mica-quartz-schist 中の garnet の S 字状曲線.

G.....garnet, G'.....abnormal chlorite, St.....staurolite. (bc), (ac), (ab) 面の各面について.

Fig. 6 (第6圖) 中部群原系中の ottrelite-slate. ottrelite 斑晶 (hour-glass structure を有す) の示す撓曲. $\angle FMN = 100^\circ$, $\angle LMN = 60^\circ$.

Fig. 7 (第7圖) 空間壓縮度 K の求め方.

$l_a \times l_b \times l_c = 1$, $l_a \times l_b \times l_c = K$.

$$\therefore K = \frac{l_a \times l_b \times l_c}{l'_a \times l'_b \times l'_c} = \left(\frac{l_a}{l'_a} \right) \times \left(\frac{l_b}{l'_b} \right) = K_a \times K_b$$

Fig. 8 (第8圖) Andalusite の大晶中の cyanite の存在状況 (a)

Plättung によつて生ずる面, plättungs-s (Sp) 及 scherungs-s (Ss), に cyanite の c-axis が横たわる. f は plättung の方向に平行な fissure. b, c は各面の成生される機構概念圖.