ゲフェューゲ解析からみた筑後変成岩中の黒色片岩における黒雲母の成因について

井 上 保*

(1959 年 11 月 4 日受理)

On the Genesis of Biotite in the Black-schists composing a Member of the Chikugo Metamorphic Rocks from the Viewpoint of Petrofabric Analysis

Tamotsu INOUE

(Abstract)

The Chikugo metamorphic complex consists of low-grade crystalline schists which comprise biotite-bearing black-schists occurring stratigraphically below the lowermost horizon of the middle formation. Petrofabric analysis has been carried out for sericite, biotite, and quartz in the black-schists. Sericite and quartz show no essential differences in the type of petrofabric pattern between various samples collected from different localities. While, biotite is divided into two groups according to its size and orientation; i. e., the one oriented with (001) parallel to the schistosity plane, S_1 , and the other parallel to a plane of mechanical inhomogeneity in the rock, S_2 . Judging from the mutual relations between these three minerals, the author concluded that the former had been formed under the stress condition during the main phase of regional metamorphism, and that the latter was formed by the thermal effect of granite now exposed on the north-east of the region.

I. ま え が き

西南日本内帯の古生層に密接な関係をもつ結晶片岩類は三郡変成岩として一括されているが、その中には、糸島花崗閃緑岩の熱影響をうけた背振山地の変成岩、あるいは塩基性ないし超塩基性火成岩の貫入によつて影響をうけた三郡山地の変成岩のように、**amphibolite facies** にまで及ぶ高変成度の岩石もみられる。しかし、そのような深成火成作用の影響の及ばなかつた他の大部分の三郡変成岩はすべて低変成度の結晶片岩から成り、**greenschist facies** の **muscovite-chlorite subfacies** (TURNER, VERHOOGEN, 1951) のものがほとんどである。しかし、ときに **biotite** を含む黒色片岩 (泥質岩起源) も報告されており、山口県徳山市北部のものについては、小島丈児(1953, p. 26)は、**greenschist facies** の **biotite-chlorite subfacies** に属する **regional metamorphism** の産物と考え、その際、ここで述べる筑後変成岩中のものも同一とみなされる旨を付加している(p. 26 foot note 2)。ただ、両地域とも近接して花崗岩が存在しているので、この **biotite** を **regional metamorphism** の産物と結論づけるためには、更に立入った検討が必要なのである。

筆者はさきに筑後変成岩類に関して、その層序と構造についてのべたが (井上, 1959), その岩相層序の概要はつぎのとおりである。

上 部 層	泥質岩起源の黒色片岩層を主とし、緑色片岩・珪質片岩の薄層数枚をはさむ。層厚 1200m 以上。
中 部 層	砂質岩起源の砂質片岩層 (1 枚) および緑色片岩層 (1 枚) の厚層を主とし、含紅簾石珪質片岩および黒色片岩の薄層をはさむ。層厚 1200m。
下 部 層	泥質岩起源の黒色片岩層を主とし、緑色片岩および珪質片岩の連続性に乏しい薄層をはさむ。層厚 600m 以上。

* 福岡学芸大学地学教室

地質学雑誌 第 66 巻 第 780 号 1960 年 9 月

以上の岩相層序からも明らかなように、筑後変成岩類を構成する結晶片岩は、主として泥質岩起源の黒色片岩、砂質岩起源の砂質片岩および火山碎屑岩起源の緑色片岩であつて、大部分の黒色片岩の鉱物組合せは *chlorite-sericite-quartz-albite* で *muscovite-chlorite subfacies* に属する。しかるに、層位上、中部層の最下部から下部層にかけて、*biotite* が出現する。そこで、この *biotite* の出現が *regional metamorphism* と関係したものか、それとも本地域の北東部に現在露出している花崗岩の熱変成作用によるものかということが問題になる。

この問題を解明するには、*biotite* の化学成分をしらべて検討を行うことも一つの方法であろうが、筆者はこの問題の解明に *petrofabrics* の方法を用いた。このため筆者は、変成の条件をもつとも敏感性に反映する泥質岩起源の黒色片岩をえらび、層位上、中部層の最下部から1個(sample 1)、下部層の最上部・中部・下部（現在の露出地域内における下部）から4個（層位順にそれぞれ sample 2, 3, 4, 5）を選んだ。いずれも *lineation* に直角な薄片を作成し、これらの薄片中に存在する *sericite*, *biotite*, および *quartz* の *fabric analysis* をおこない、同一薄片中における上述の3鉱物の *fabric pattern* を比較するとともに、他方各 sample 間で3鉱物のそれぞれの *fabric pattern* を比較した。さらにそれらを総合検討して、*biotite* 出現の問題を解明しようと試みたものである。

筑後変成岩北部地区地質図

1: 黒色片岩, 2: 砂質片岩, 3: 緑色片岩, 4: 新第三紀層, 5: 阿蘇熔岩, 6: 花崗岩

なお, sample 採取地点は岩相地質図上に示してある。

II. Biotite, sericite, quartz の fabric pattern の記載

まえがきに述べたように, 各層位について sampling を行い, lineation に直角な薄片を作成し, これらの構成鉱物中の biotite, sericite, quartz の fabric analysis をおこなったが, 各 sample についてこれらの鉱物の fabric pattern の特徴を以下に記載する。

Sample 1.

Sample 1 は中部層最下部に相当する砂質片岩中に夾在する比較的長く追跡可能な泥質岩起源の黒色片岩である。砂質片岩は一般にその片理面が平滑で **crumpring** がほとんどないが, この sample 1 は, このような砂質片岩中に夾在するためか, 他の sample に比して片理面が平滑である。Sample 1 には構成鉱物として biotite は全く認められず, 主として **chlorite-sericite-quartz-albite** の鉱物組合せを示す。これらの構成鉱物中から sericite と quartz をえらび, その fabric diagram を第1図にしめす。

Sericite の $[001]$ は fabric axis c の付近に集積し, この鉱物の面 (001) がほぼ片理面 (ab) を規定していることを物語っている。しかし, $[001]$ は c の付近で (ac) 面内にちらばつていて, fabric diagram は b を軸とする partial girdle を示している。これは, 線方向 ($B=b$) を軸とした微褶曲を反映しているわけである。

これに対して quartz は b を軸とする small-circle-girdle を示し, その maximum は (ac) 面から内方にはずれていて, 第1, 第3, 第4の各象限に分散し, 第2象限には, これらに対応する sub-maximum がみとめられ, 全体として rhombic symmetry を示し, FAIRBAIRN の所謂 “I” 型に属している。

Sericite と quartz の fabric pattern を比較すると, sericite の $[001]$ の maximum の部分, すなわち fabric axis c の位置は, quartz では空白の部分となつている。この関係は他の地域の結晶片岩についても一般に認められている。また, sericite の diagram に

a. Sericite の $[001]$

測定数: 200. 薄片中の mafic seam 内で粒度を選択せずに測定された。

Max: 19% Contours: 1-2-5-10-14-18% (1%の面積に付き)

b. Quartz の c-axes.

測定数: 300. 薄片中の leucocratic seam 内で粒度を選択せずに測定された。

Max.: 4% Contours: 1-2-3% (同上)

第1図

a. Sericite の [001]

測定数: 150. 薄片中の mafic seam 内で粒度を選択せずに測定された.

Max.: 15% contours: 1-2-6-10-14% (1% の面積に付き).

c. Quartz の c-axes

測定数: 200. 薄片中の leucocratic seam 内で粒度を選択せずに測定された.

Max.: 4% contours: 1-2-3-4% (同上)

第2図

b. Biotite の [001]

測定数: 150. 薄片中の mafic seam 内で粒度を選択せずに測定された.

Max.: 19% contours: 1-2-6-10-14-18% (同上)

Sericite の [001] は fabric axis c 付近に maximum を示し、且つ b を軸とする partial ac -girdle をなしていて、sample 1 の sericite fabric とほとんど同じである。

Biotite の [001] の maximum は、sericite diagram における maximum にほぼ一致した位置にあり、sericite と同様に b を軸とする partial ac -girdle を示す。その girdle の開きの角度は sericite のそれと同じである。

Quartz の結晶軸 c の maximum 及び sub-maximum は各象限内部にみとめられ、明瞭に rhombic symmetry を示し、FAIRBAIRN の “L” 型に属する。各象限中の maximum ないし sub-maximum は b を軸とする partial small-circle-girdle をつくる傾向を示している。また、

みられた partial girdle は quartz diagram にも反映しており、各象限中の maxima ないし sub-maximum は、それぞれ、partial small-circle-girdle を示している。

Sample 2.

Sample 2 は下部層の最上部、すなわち、中部層の砂質片岩と、下部層の泥質岩起源の黒色片岩との境界に近い部分から採取したものである。この sample では、その量は少ないが、sericite とほぼ同じ大きさの biotite を認めることができる。したがって sample 2 の構成鉱物の組合せは biotite-chlorite-sericite-quartz-albite となる。これらの構成鉱物のうち、biotite, sericite, quartz の fabric diagram は、第2図に示すとおりである。

a. Sericite の [001]

測定数: 137. 薄片中の mafic seam 内で粒度を選択することなく測定された.

Max.: 14% contours: 1-2-6-10-14% (1% の面積に付き)

c. Quartz の c-axes

測定数: 200. 薄片中の leucocratic seam 内で粒度を選択することなく測定された.

Max.: 4% contours: 1-2-3-4% (同上)

第3図

b. Biotite の [001]

測定数: 200. 薄片中の mafic seam 内で粒度を選択することなく測定された.

Max.: 8% contours: 1-2-4-6-8% (同上)

biotite および sericite の maximum の部分が quartz diagram では空白になっていることも sample 1 の場合と同じである。

Sample 3.

Sample 3 は下部層の上部に相当する部分より採取したもので, sample 2 より層位上はいくぶん下位に相当する。ここでは sample 2 に比して biotite はその量が増加するとともにその粒度も増大する。

Sericite の [001] は partial *ac*-girdle を示し, girdle の開きの角度が sample 2 に比して約 10° 広くなっているが, pattern の特徴は sample 2 に比して大きな違いを認めることはできない。

これに反して biotite の fabric pattern は sample 2 に比し, また同一薄片中の sericite fabric に比して大きな差異を示す。すなわち, 同一薄片中の sericite fabric と比較するとき, [001] の maximum の位置はほぼ一致するが, sericite が partial *ac*-girdle を示すのに対して biotite は complete *ac*-girdle を示し, 且つ (ab) 面すなわち S_1 面 (foliation plane) に高角度で交わる方向に (001) 面の配列を示すものが 4% にも達している。そしてこの場合, (ab) 面に平行に (001) 面を配列する biotite はその粒度が, (ab) 面に高角度に交わる方向に (001) 面を配列するものより小さい。

Biotite fabric が前述のように顕著な変化をするのに対し, quartz fabric では sample 2 に

a. Sericite の $[001]$

測定数: 200. 粒度を選択せずに測定された.

Max.: 17% contours: 1-2-5-10-15% (1%の面積に付き)

c. Quartz の c -axes.

測定数: 200. 粒度を選択せずに測定された.

Max.: 5% contours: 1-2-3-4% (同上)

第4図

b. Biotite の $[001]$

測定数: 200. 粒度を選択せずに測定された.

Max.: 6% contours: 1-2-3-4-5-6% (同上)

比してほとんどその変化が認められない。すなわち, sample 1, 2 の quartz fabric と同様に, rhombic symmetry を示し, maximum ないし sub-maximum の位置, pattern の特徴, vacant space の位置等, すべて同一の type に属する。なお, sample 3 において, (ab) 面に高角度をなす方向に 4% もの biotite の (001) 面の配列が fabric diagram では認められるが, その方向の cleavage, その他の S 面は認められない。

Sample 4.

Sample 4 は sample 3 よりも層位的には更に下位に当る地点より採取したものである。sericite fabric においては, $[001]$ の maximum は fabric axis c に一致し, b を軸とする partial ac -girdle を示し, その開きの角度は sample 3 のそれと同じである。

これに対して biotite fabric では $[001]$ が complete ac -girdle を示すことは sample 3 と同じであるが, sample 3 においては $[001]$ の maximum が fabric axis c の近くにあつたのに対して, sample 4 では $[001]$ の maximum は a の近くにあつて, いまや S_1 に高角度で交わる方向への (001) の配列が優位を占めるにいたつたことを物語っている。しかし, この sample 4 でも S_1 以外の cleavage ないし shere plane あるいは slip plane は認められない。Quartz fabric は, しかし依然として前述の sample 1~3 の場合と同一の type に属している。

Sample 5.

sample 5 の採取地点は sample 4 の採取地点より更に北方にあたつてゐるが, 両 sample の

a. Biotite の [001]

測定数: 255. 薄片中の S_1 に平行な mafic seam 内で粒度を選択せずに測定された.
Max.: 6% contours: 1-2-4-6% (1% の面積に付き)

c. Quartz の c-axes (// S_2)

測定数: 230. 薄片中の S_2 に平行な leucocratic seam 内で粒度を選択せずに測定された.
Max.: 4% contours: 1-2-3% (同上).

第5図

b. Quartz の c-axes (// S_1)

測定数: 268. 薄片中の S_1 に平行な leucocratic seam 内で粒度を選択せずに測定された.
Max.: 4% contours: 1-2-3% (同上).

biotite の [001] について測定したものを示したものである。ここでも [001] は complete *ac-girdle* を示し、その maximum は S_2 にほぼ垂直で、fabric axis c の付近はむしろ空白部をなしている。すなわち、sample 4 までの sericite の [001] の maximum に当る部分がいまや sample 5 では biotite の [001] の minimum part となっている。

Quartz については S_1 に平行な leucocratic seam と、 S_2 に平行な leucocratic seam の両者について fabric analysis を行つたが、両方の fabric pattern の間には本質的な差異は認められなかつた。これらの quartz fabric pattern は、 S_1 及びそれに関連して設定された fabric axis

採取地点間にはほぼ E—W に走る背斜軸があり、層位的には僅に下位と考えられる。Sample 4 までは、肉眼的に認められる S 面は S_1 のみであつたが、sample 5 では S_1 の他に微褶曲の axial plane に平行な S_2 が肉眼的に明瞭に認められ、 $S_1 \wedge S_2$ は約 40° である。また構成鉱物の組合せの上からは、sericite がなくなつて、chlorite-biotite-quartz-albite の組合せを示す。

Biotite は S_1 に平行な mafic seam にも認められるが、 S_2 に平行な mafic seam にも認められ、その量も粒度も増大している。

S_2 に平行な mafic seam 中の biotite は、その [001] がほとんど fabric axis a に近い方向であることは定性的にも認められるので、図は主として S_1 に平行な mafic seam 中の

a , b , c については triclinic であつて、むしろ S_2 に関して対称性 (rhombic type) をもつように認められる。このことは biotite が S_2 によつて規定されていることと対応している。

以上、各 sample について、それぞれを構成する sericite, biotite, quartz の 3 鉱物の fabric pattern の特徴を記載したのであるが、これを要約すると次のようになる。

1) Sericite fabric では [001] は b を軸とする partial ac -girdle を示し、その maximum は fabric axis c 付近にある。この特徴は層位がちがつても常に一定である。

2) Biotite fabric では、sample 2 では partial ac -girdle を示し、その [001] の maximum は fabric axis c の付近にあつて、sericite のそれと変わらないが、sample 3, 4, 5 では complete ac -girdle を示し、sample 4, 5 ではその maximum は fabric axis a に近い位置 (sample 5 では $\perp S_2$) にくる。

3) Quartz fabric では sample 1 ないし 4 については、各象限内部にそれぞれ maximum ないし sub-maximum (partial small-circle-girdle を示す) があり、rhombic symmetry で FAIRBAIRN の所謂 “I” 型に属している。しかし sample 5 では S_2 に関して rhombic symmetry を示していると認められる。

III. 各 鉱 物 間 の 相 互 関 係

Sericite, biotite, quartz の fabric, および同一薄片中におけるこの 3 鉱物間の相互関係については、前節でもふれたが、ここでは種々の地点で採取した sample 全体をとおしてのこれら 3 鉱物間の相互関係の変化をしらべてみよう。

1. Sericite と biotite との相互関係

まず sericite fabric について、biotite を含まない sample 1 と biotite を含む sample 2 とを比較するに、その [001] はともに partial ac -girdle を示し、その girdle の開きの角度も同一で、またその maximum も fabric axis c の付近にあつて、両者の間に何等の変化も認められない。このことは、sample 1 および 2 の sericite が、biotite の有無には無関係に、同一の stress-plan の下で、類似の deformation process を経過して生成されたことを示すものと解される。また sample 2 において、sericite と同大の biotite がその [001] の maximum を sericite のそれと完全に一致せしめていること、および partial ac -girdle をなしてその開きの角度が同じであることは、この biotite も sericite と同じ deformation process を経過して生成されたものであることを示すものである。すなわち、sample 2 の biotite は sericite が本地域の結晶片岩の形成を齎した regional metamorphism の主時期の生成物であるように、regional metamorphism における stress condition 下の生成物なのであつて、変成の温度条件は sample 1 から 2 に向かつて (層位上で上位から下位へ) chlorite zone のそれから biotite zone のそれに上昇したことを示している。

Sample 3 になると、sericite fabric においてはほとんど変化が認められないにもかかわらず、biotite fabric においては著しい変化が認められる。すなわち、biotite の [001] の maximum は sericite のそれとは一致しているが、前者は complete ac -girdle となりしかもその [001] の sub-maximum (4%) が fabric axis a の付近に位置する。このことは、面 (ab) に平行に配列する biotite と、 b で交わり (ab) に高角度をなす方向に配列する biotite が混在することを示すもので、前者はすでに sample 2 で認められるところのものであるが、後者ははじめて出現したものである。さらに (ab) に平行に配列する biotite が、(ab) に高角度をなす方向に配列する biotite

に比してその粒度が小さいこと、および後者は magnetite の inclusion を含んでいるが、その inclusion の配列方向が (*ab*) に平行で、乱れることなく biotite の内部から外部へ連続することが認められる。この後者の方向に配列する biotite は sericite の方向性とは無関係に、sample 4, 5 と北進するにつれてその量および粒度を増大し、その [001] の maximum が fabric axis *a* に近い位置にくるようになる。

Sample 5 では sericite は消失し、その biotite fabric において、[001] の minimum が sample 4 までの sericite の maximum 方向に当たっている。この事実から、(*ab*) と高角度をなす方向に配列する biotite は、sericite の生成とは無関係な、すなわち、本地域の regional metamorphism における主要な deformation stage よりも後に生成された、おそらくは post-tectonic product であると考えられる。

2. Biotite と quartz との相互関係

前述のように、sericite の fabric pattern が各 sample を通じて一定不変なるに対して、biotite は順次変化するが、quartz fabric についても、sericite と同様に何れも symmetry は rhombic で、FAIRBAIRN の所謂 “*I*” 型に属していて、不変である。しかもこの type の quartz fabric は、各地の結晶片岩を通じて、もつとも普遍的にみとめられるものである。

このような各鉱物の fabric pattern を通覧してみると、sericite と quartz とは共に、この地域の結晶片岩を生ぜしめた regional metamorphism の過程でその fabric pattern を完成したものと考えられるが、biotite においては、regional metamorphism によるものと、それより後に生成したものの2者が区別されなければならない。

IV. Biotite 生成の機巧

Sericite と同一の配列様式を示す biotite の生成が本地域の regional metamorphism の主時期の stress condition 下で行われたとみなされることは、まえにのべたが、ここでは片理面 $S_1 = (ab)$ に高角度をなして配列する biotite の生成機巧についてのべる。Biotite の [001] が fabric axis *a* 付近に密集する fabric pattern を示すのは sample 3 ないし 5 であるが、sample 3 および 4 では肉眼的には S_1 のみがみとめられ、sample 5 では $S_1 \wedge S_2$ が約 40° 内外を示す S_2 が認められる。この S_2 が肉眼的に明瞭にみとめられるのは S_2 に沿って biotite が配列していることに起因するのである。Sample 3 および 4 においては S_2 は肉眼的には認められないが fabric の上から認められる。これは post-tectonic product としての biotite がすでに形成されていた S_2 に沿って、これに平行に結晶した (mimetic crystallization) ためと解釈される。この S_2 は、regional metamorphism の進行にともなつて、 S_1 形成に引続いて形成された或種の S 面 (cleavage, shear-surface, slip-surface 等) であつたと考えられる。

つぎに、この biotite はいかなる条件によつて生成されたかについて考えてみよう。それには本地域の東北部から筑後平野にかけて広がる花崗岩の存在に注意を向ける必要がある。Sample 2 ないし 4 は、その構成鉱物の組合せが chlorite—sericite—biotite—quartz—albite であるが、biotite の量と粒度が増大するにつれて sericite および chlorite はその量を減じてゆき、Sample 5 では sericite は消失する。この関係を花崗岩からの熱および物質の移入によつて説明すれば、たとえば次の化学式でこれを表わすことができる (RAMBERG, 1952, p. 140)。

上の式において、sericite と ferromagnesian chlorite は既存のもので、silica の或部分は花

崗岩からの添加と考えられる。すなわち、花崗岩の貫入以前に既に形成されていた **mechanical inhomogeneity** を代表する面 (S_2) に沿って、花崗岩からの **silica** 等の浸潤が行われ、既存の **sericite** や **chlorite** と反応し **biotite** を形成し、sample 5 にみるような **biotite—chlorite—quartz—albite** の鉱物組合せを示すにいたつたものと考えられる。

さらに **quartz fabric** について考えると、sample 1 ないし 5 の全部を通じて、その **fabric pattern** は同一 **type** を示すとみなされる。ただ、sample 5 にいたつて、**type** の明瞭度が低下している。このことは、花崗岩貫入にともなつて **biotite** の生成が行われてゆく過程で、**quartz** の再結晶作用はあまり著しくなかつたことを示すものと解釈される。わずかに、**biotite** の新生の顕著な sample 5 にいたつて **quartz** の再結晶が進みはじめ、**pattern** が乱れはじめていのである。

V. む す び

以上、筑後変成岩中の **biotite** を含む黒色片岩について、その中の **sericite**, **biotite**, **quartz** の 3 鉱物の **fabric analysis** を行い、それに基づいて、これらの鉱物の生成時期、機巧を論じたが、その結果をまとめると次のようである。

1) **Sericite** は **regional metamorphism** の主時期の生成物で、その (001) は片理面 $S_1 = (ab)$ を規定している。

2) **Biotite** には **regional metamorphism** で生じたものと、**post-tectonic** の花崗岩貫入に起因したものとの両方があるが、その (001) が片理面 S_1 に平行な **preferred orientation** を示す **biotite** は前者に属し、(001) が S_1 に高角度で交わる **preferred orientation** を示すものは後者である。後者は主片理面 S_1 に斜交する岩石の **mechanical inhomogeneity** を示す面 (S_2) を利用し、それに平行に形成されたと解釈される。

3) **Quartz fabric** は結晶片岩においてもつとも普遍的に見いだされる **rhombic symmetry** の **pattern type** を示し、花崗岩貫入による **biotite** の形成が相当進んだ時期まで、その **type** の本質的特徴を持続している。

以上の結果に基づいて、筑後変成岩における **biotite** を含む黒色片岩中の **sericite**, **biotite**, **quartz** 3 鉱物の生成過程を下に表記する。

STAGE MINERAL	REGIONAL METAMORPHISM			GRANITE INTRUSION
	S_1 形 成	S_2 形 成		
sericite	晶出 ($//S_1$)	変 形		
biotite	晶出 ($//S_1$)	変 形		晶 出 ($//S_2$)
quartz	晶出	再 結 晶	再 結 晶 (fabric 決定)	再結晶 (fabric 散乱)

謝辞 本研究にあつては、広島大学理学部地質学鉱物学教室の小島丈児教授には懇切な指導および原稿の校閲をいただき、また同教室の秀敬講師にはいろいろの助言をうけた。ここに厚く謝辞を表するしだいである。

参 考 文 献

- FAIRBAIRN, H. W. (1949): *Structural Petrology of Deformed Rocks*. Cambridge, Mass.
- TURNER, F. J. and VERHOOGEN, J. (1951): *Igneous and Metamorphic Petrology*. New York.
- RAMBERG, H. (1952): *The Origin of Metamorphic and Metasomatic Rocks*.
- WEISS, L. E. (1955): Fabric analysis of a triclinal tectonite and its bearing on the geometry of flow in rocks. *Am. Journ. Sci.*, **253**, (4), 225—236.
- and D. B. MCINTYRE (1957): Structural geometry of Dalradian rocks at Loch Leven, Scottish Highland. *Journ. Geol.*, **65**, (6), 575—602.
- TURNER, F. J., D. T. GRIGGS, and H. HEARD (1954): Experimental deformation of calcite crystals. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, **68**, 1—18.
- KOJIMA, G. (1953): Contributions to the knowledge of mutual relations between three metamorphic zones of Chûgoku and Shikoku, Southwestern Japan, with special reference to the metamorphic and structural features of each metamorphic zone. *Journ. Sci., Hiroshima Univ.*, Ser. C, **1** (3) 17—46.
- KOJIMA, G. and SUZUKI, T. (1958): Rock structure and quartz fabric in a thrusting shear zone: the Kiyomizu tectonic zone in Shikoku, Japan. *Journ. Sci., Hiroshima Univ.*, Ser. C, **2**, (3) 173—193.
- KOJIMA, G. and HIDE, K. (1958): Kinematic interpretation of the quartz fabric of triclinal tectonites from Besshi, Central Shikoku, Japan. *Journ. Sci., Hiroshima Univ.*, Ser. C, **2** (3) 195—226.
- 井上 保 (1958): 八女郡変成岩地域の構造地質, 福学大紀要 **8**, 39—45