中国地方東部の三郡変成帯におけるキースラーガーの型*

光 野 千 春**

(1959 年 7 月 13 日受理)

The Type of *Kieslager* in the Sangun Metamorphic Zone of Eastern Chugoku

Chiharu MITSUNO

(Abstract)

A number of ore deposits of the type of *Kieslager* (bedded cupriferous pyritic deposits) is known in the Sangun metamorphic zone of Eastern Chugoku. The occurrence of such deposits closely related to geological characteristics (stratigraphy and geological structure) of the crystalline schist system.

The writer classified these ore deposits into the following two groups according to the mode of their relationship with the crystalline schist system. Ore bodies of one type are parallel to the original bedding plane of crystalline schists, and these is direct relationship among their shapes and the direction of lineation and fold of the country rocks. These characteristics are strictly identical with those of the so-called "*Kieslager* of Besshi-type" abundantly found in the Sambagawa metamorphic zone. Therefore, the writer has grouped them as one type (naming it) "the *Kieslager* of Besshi-type". The ores of this type of deposit are represented by compact pyritic ore, accompanied with small amounts of chalcopyrite and pyrrhotite.

Another group of ore deposits belongs to the category of "*Kieslager* of Kawayama-type" because of the similarity in their structural characteristics to the ore deposits of Kawayama Mine, Yamaguchi Pref. Ore deposits of this type lie on the shear planes or zones formed in close relationship with fold structure of crystalline schist system. The ores of this type of deposit consist mainly of pyrrhotite, accompanied with small amounts of chalcopyrite and zinblend.

Original material of the *Kieslager* of Besshi-type was believed to have existed at the beginning of the Sangun metamorphism, and it shows many features of each phase of deformation and the influence of mineralization of the Sangun metamorphism. The *Kieslager* of Kawayama-type was believed to have been formed in a certain phase (perhaps later one) of the Sangun metamorphism. Therefore, the writer believes that both types of *Kieslager* have been formed during the Variscan orogeny period of Southwest Japan, namely, in the period between the Late Palaeozoic and the Early Mesozoic.

I 前 書	III 別子式キースラーガー
II 中国地方三郡変成帯東部地域の地質 とキースラーガーとの関係 (概要)	IV 河山式キースラーガー
	V 結 語

I 前 書

筆者はすでに、「中国地方東部の三郡変成帯概報」と題して、地域の結晶片岩系の分布・岩石学的特徴・地質構造・層序の概要を本誌に発表した(光野・1959)。この地域には、結晶片岩類の層序あるいは地質構造に密接な関係をもつたいわゆるキースラーガーがかなり多数存在しているが、これらの鉱床について、結晶片岩類の研究と並行して調査を進めてきた結果、それらが大きくみて2つの型式

* 1958 年 9 月 日本地質学会総会講演会 (札幌) にて講演。

** 岡山大学理学部地学教室。

地質学雑誌 第 66 巻 第 775 号 1960 年 4 月

にまとめうる事が判明してきた。

筆者はこれらの鉱床について 1952 年以来調査を進めてきたが、まず、1952 年から 1953 年にかけて、岡山県久米郡坪井鉱床を調査し、これが母岩の層理に平行な、いわゆる“別子式層状含銅硫化鉄鉱床”であることを知った。この鉱床について、鉱体と母岩の関係や鉱体内部の構造について詳しく調べた結果、この鉱床は三郡変成岩類の各種の面構造を生ぜしめた変形運動によつて影響を受けた一種の変成鉱床であることが判明し、その結果についてはすでに報告した(光野・1953)。その後、岡山県各地において、同様の型式の鉱床が存在するを知ったが、それらの鉱床に共通な特徴として、三郡変成帯東部地域における結晶片岩系の上部層群の緑色片岩層中に胚胎し、その層準近くに酸性火成岩起源の準片岩層が存在することが明らかになってきた。

また一方では、これらの“別子式層状含銅硫化鉄鉱床”のほか、結晶片岩類の地質構造に密接に関係して生じた剪断帯に胚胎された鉱床もみいだされた。これらの鉱床は、その地質条件の上から山口県河山鉱床に類似を求めることができるものである。

このようにして、三郡変成帯の結晶片岩系の地質条件にそれぞれ密接な関係をもつた 2 つの型式の鉱床群をみいだすことができたわけであるが、この事実はキースラーガーの成因を考えるにあいに参考になる点が多いとおもわれるので、ここにその概要を報告することにした。

謝辞 筆者がこの研究に着手して以来今日迄、絶えず御指導いただいた広島大学小島丈児教授に深甚なる謝意を表する次第である。また、坪井鉱床においては、岡山大学大江二郎教授、広島大学本野崎吉郎教授、堀越義一博士、東京大学今井秀喜教授、昭和鉱業株式会社岩本昇海氏に、津田鉱床においては、東京大学渡辺武男教授、同和鉱業株式会社柵原鉱業所大島敬義氏に、別所鉱床においては、住友金属鉱山株式会社森永茂氏に種々御教示をいただいた。ここに上記各位に対し厚く御礼申しあげる。なお、関係各鉱山の職員各位、岡山県商工部鉱産係の方々に色々御世話いただいたので、謝意を表する次第である。本研究の一部には文部省科学研究費交付金を使用した。

II 中国地方三郡変成帯東部地域の地質とキースラーガーとの関係(概要)

中国地方三郡変成帯東部地域の岩石・地質の概要については、さきに発表したか、ここでは鉱床に関係のある諸問題についてのべる。

1. 結晶片岩系の層序および岩石とキースラーガーとの関係

この地域の結晶片岩系は、層序上、上・下の 2 層群に分けられる。すなわち、

1) 下部層群は主として黒色準片岩層よりなり、1~2 枚の厚い石英準片岩層(100~150m)と、緑色準片岩層の薄層等がはさまれており、厚さは約 1500m。

2) 上部層群は、主として緑色準片岩類の累層と、その間にはさまれる 1~2 枚の砂岩準片岩層および片状酸性火成岩よりなる。緑色準片岩類の厚さは地区によりちがうが、上部層群では、緑色準片岩類の累層とその間にはさまれる砂岩準片岩層(厚さ 50~150m)および片状酸性火成岩層の 3 者が層序的に近接して存在する点の特徴である。上部層群は下部層群を整合におおい、層厚は 2000~2500m。

上部層群中の緑色準片岩類の原岩には、種々の火成岩類ないし火成碎屑岩類が存在する。すなわち、

- 1) 塩基性火成岩としては、輝石玄武岩または輝石輝緑岩・輝石一角閃石輝緑岩・角閃石輝緑岩。
- 2) 中性火成岩としては、角閃石安山岩(ほとんど集塊岩の礫粒として)。
- 3) 火成碎屑岩としては、塩基性ないし中性の凝灰岩・凝灰角礫岩・集塊岩が存在する。

また片状酸性火成岩の原岩としては、流紋岩または石英斑岩・同質碎屑岩類・石英閃緑岩・グラノファイアー・花崗緑閃岩(礫粒として)などがみられる。

これらの火成岩類ならびに火成碎屑岩類は、地向斜形成時期の海底火成活動の産物と考えられるが、これらの火成活動は、下位より上位に向かつて、安山岩質→玄武岩質→安山岩質の順序を繰返したらしく、これら火成活動の変化する時期に流紋岩質岩の火成活動があつたと考えられる。

別子式キースラーガーの型式と考えられる鉱床はこの上部層群の緑色準片岩層中に層状に胚胎し、とくに後月地区においては3つの鉱床が同一層準の基性ないし中性凝灰岩起源の緑色準片岩層中に賦存することは興味深い。またいずれの地区においても、別子式鉱床の存在する層準近くに片状酸性火成岩層がくることも、キースラーガー形成に関する問題点を提供するものと考えられる。

2. 結晶片岩系の地質構造とキースラーガーとの関係

中国地方東部三郡変成岩類の地質構造の特徴をのべると、

Fig. 1 Structural Map of the Eastern Part of the Sangun Metamorphic Zone

1) 簡単なドーム状・ベイズン状の褶曲構造の繰返しよりなるが、構造単元のスケールは三波川帯に比較して小さい。

2) 非変成古生層と変成岩類との関係は、多くのばあい、整合・漸移で、両者の地質構造は調和的な関係にある。

3) 変成岩類の線構造の方向は、阿哲台石灰岩台地・大賀石灰岩台地を取巻いた一定方向の流れを示しており、この方向は岩層の褶曲軸の方向に一致しているが、石灰岩台地の南東縁と北東縁の線構造の合流する津田・江与味・有漢地区では、線構造の方向は変化に富み、線構造の方向と岩層の褶曲軸の方向とは一般に一致しない (Fig. 1)。

4) 変成岩類中には、大小の衝上性剪断帯および異常走向帯が形成されており (江与味・津田および別所)、この剪断帯形成に伴って生じた裂罅中に鉱床が胚胎している。このような型式のキースラ

ーガーとしては、すでに山口県河山鉱床が知られているので（野村・本田・1952）、この型式の鉱床を“河山式キースラーガー”と名付ける。この河山式鉱床も、主として上部層群の黒色準片岩層中に胚胎している。

5) この地域において観察される線構造には、a. 葉理面 (foliation plane) = 層面片理面 (bedding schistosity plane S_1) と斜交劈開面 (transversal cleavage plane S') の交線, b. 小褶曲軸, c. 微褶曲軸 (いわゆるちりめんじわ) 等があげられる。中央帯の江与味・津田・有漢地区を除く他の地区では、これら3者は互いに平行で、かつまた、その地域ごとの岩層の大単位の褶曲軸に平行である。しかし津田・江与味・有漢地区では、a/c であるが、b およびその地区の大単位の褶曲軸に平行な場合はまれで、斜交する場合が多い (Fig. 3)。

これからのべる別子式鉱床と河山式鉱床の両者とも、上にのべた片理面や、線構造の方向と密接な関係をもっており、さらに別子式鉱床では斜交劈開面によつて鉱石が破碎された現象が観察される。

III 別子式キースラーガー

1. 坪井鉱床

Fig.2 Geological Map of the Tsuboi Mining District

坪井鉱床は、岡山県久米郡大井町にあり、津山市の西方約 12km の地点にある。鉱床は上部層群の基性ないし中性凝灰岩起源の緑色準片岩層中に層状ないしレンズ状に胚胎している。

1) 層序および岩石

この地区は主として緑色準片岩類とその間にはさまれた黒色準片岩・砂岩準片岩・片状酸性火成岩類よりなるが、姫新線沿いには、これら結晶片岩類を不整合におおう中新統（砂岩と頁岩の互層）が存在する。この地区の結晶片岩系の最下部は緑色片岩層（基性ないし中性凝灰岩・輝緑岩・蛇紋岩起源）により特徴づけられその間に黒色準片岩層と砂岩準片岩の薄層がはさまれる。坪井鉱床はこの中

の基性ないし中性凝灰岩起源の緑色準片岩層（厚さ 20m+）中の上限近くに存在する（層厚 300m）。この上位に厚い砂岩準片岩層がくるが、黒色準片岩や緑色準片岩の薄層もはさまれる。また砂岩準片岩層中には片状酸性火成岩の薄層がはさまれる（層厚100~250m）。

この砂岩準片岩層の上位には、かなり厚い緑色準片岩層（大部分基性ないし中性凝灰岩起源）がくる（層厚 400m+）。この岩層の上位に片状酸性火成岩層（大部分流紋岩質凝灰岩、一部流紋岩）がくる。この岩石は白色緻密で、鏡下では破砕作用が相当進んでおり、線構造も明らかに認められる（層厚 150m+）。さらに上位に緑色準片岩層と黒色準片岩層の互層がくる（層厚 100m+）。

以上の層序から、坪井地区では、およそ3つの時期にわたって基性（一部中性）火成活動が行なわれ、その中間の時期に砂岩の堆積および酸性火成活動が行なわれたと推察される。

2) 地質構造

準片岩類の地質構造は、走向 $N 70^{\circ} E \sim E-W \sim N 70^{\circ} W$ を示し、傾斜は地区の北部から南部にかけて $S 60^{\circ} \rightarrow S 20^{\circ}$ と漸次緩傾斜となるが、滝ノ奥附近で小さな向斜・背斜を形成し、再び $S 15^{\circ} \sim 20^{\circ}$ の傾斜に移行する。線構造は $S 60^{\circ} \sim 70^{\circ} W$ を示し、その方向へ $15^{\circ} \sim 40^{\circ}$ の落しを有する (Fig. 2)。

3) 鉱床

鉱体は、4つの富鉱体がほぼEW方向に配列し、さらに落しの方向に1つの富鉱体が存在する（走向方向に70~150m, 線構造の落しの方向に50~120m, 厚さ0.3~4m, Fig. 6）。坑内における母岩の走向は $N 70^{\circ} E \sim E-W \sim N 70^{\circ} W$ の間で変化し、傾斜は $S 45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ を示す。線構造は $S 60^{\circ} \sim 75^{\circ} W$ で、その方向に $10^{\circ} \sim 40^{\circ}$ の落しを示す。

Fig. 6 Horizontal and Longitudinal Projections of the Tsuboi Mine

採掘跡、竜頭および坑道側壁にみられる鉱体について詳しく調査した結果、各富鉱体は小鉱体群の集合（走向方向に2~5m, 線構造の落しの方向に5~10m, 厚さ0.1~1.5m）よりなり、これら小鉱体群は雁行配列をなしていることがわかった (Fig. 10)。この結果、各富鉱体は走向方向に長く、線構造の落しの方向に短い形態を示すが、それぞれの富鉱体を構成する小鉱体は線構造の落しの方向に長く、走向方向に短い形を示していることがわかった。

次に、鉱体および母岩の岩石構造で顕著な特徴とみなされることは、層面片理=葉理面 S_1 の他に、密に発達した交斜劈開面 S' が存在することで、この劈開面は S' と交わって、 S_1 面上に微細なしわ（ちりめんじわ, microcorrugation）を形成し、これが最もいちじるしい線構造となつている (Fig. 7)。この線構造に対して直角に切断した研磨面で観察すると、 S' は S_1 およびこれに平行な鉱体の細脈を切り、また変位させていることがわかる。富鉱体（主として黄鉄鉱）は S' 面にそう運動によつて破砕され、その間を黄銅鉱・磁硫鉄鉱・石英によつて充填されている

Fig. 10 An échelon Arrangement in the Ore-Shoot

Fig. 7 Relation between Bedding Schistosity (S_1) and Transversal Cleavage Plane (S')

Fig. 8 Cataclastic Texture of Pyrite Ore $\perp$ b-ax.

S': schistosity-pl
S': transversal cleavage-pl
P: pyrite
Py: pyrrhotite
Cp: chalcopyrite
Qu: quartz

Fig. 9 Cataclastic Texture of Pyrite Ore $\perp$ b-ax

(Fig. 8, 9)。また鉱石鉱物の一部は石英とともに S' 面に沿って分岐している。これらの事実から次のように結論される。

まず、変成再結晶作用が開始されると、原層理面ないし葉理面に平行な片理面 S_1 が生じ、そのとき鉱体は片状化され、 S_1 面形成後に引続いて S' 面で代表される変形運動が行なわれ、このため S_1 面および鉱体細脈は S' 面によって切断され、黄鉄鉱は圧砕され、黄銅鉱・磁硫鉄鉱は再結晶して、圧砕された黄鉄鉱の間を充填し、その一部は S' 面に沿って分岐したものと考えられる。

以上のべてきた事実から、坪井鉱床は、広域変成開始以前すでに存在していたとみなさねばならない。

2. 福沢 鉱 床

福沢鉱床も上部層群の緑色準片岩層中に胚胎する別子式鉱床である。この地区の結晶片岩類は、緑色準片岩・黒色準片岩の互層と、晶質石灰岩レンズよりなる。地質構造は走向ほぼ $N 70^\circ E \sim E \sim W \sim N 70^\circ W$ 、傾斜は $S 30^\circ \sim 60^\circ$ を示す単斜構造である。線構造は、福沢鉱床以南では $S 60^\circ \sim 70^\circ W$ で、ほぼ一定の方向を示すが、北部の黒色準片岩層では小さな剪断帯が多数はさまれるため、線構造に乱れを生じている。鉱床は基性ないし中性凝灰岩起源の緑色準片岩の片理面 S_1 に平行に胚胎する扁平レンズ状の鉱体群よりなる。母岩の走向は $N 50^\circ \sim 75^\circ W$ 、傾斜は $S 30^\circ \sim 45^\circ$ を示し、線構造は $S 65^\circ \sim 70^\circ W$ を示している。鉱床は6個の鉱体よりなり、雁行状配列を示すが、各鉱体の規模は小さく、 $(10 \sim 15m) \times (0.1 \sim 0.6m) \times (20 \sim 30m)$ で、鉱体の落しの方向は母岩の線構造の落しの方向と一致する (Fig. 11)。

鉱石鉱物は、他の別子式鉱床とことなり、磁硫鉄鉱を主体とし、黄鉄鉱・黄銅鉱を伴う。坑内で観察すると、黄鉄鉱は不規則な（走向方向に $0.5 \sim 1m$ ）塊状鉱としてみられ、別子式鉱床の黄鉄鉱と同じ緻密な鉱石である。この黄鉄鉱の塊鉱の割れ目に沿って磁硫鉄鉱・石英・黄銅鉱

Fig. 11 Structural Sketch Map of the Fukuzawa Mine

の交代性細脈が網状に発達していて、黄鉄鉱は残留物としての形状を呈する。以上の事実からみて、福沢鉱床は鉱床形成後に再び鉱化作用を受けた疑いがある。

3. 後月地区の別子式鉱床群

後月地区の結晶片岩類は、上部層群に属し、緑色準片岩類の厚い累層と1枚の厚い砂岩準片岩層と片状石灰岩レンズよりなる。また片状酸性火成岩層もはさまれる。結晶片岩類の走向はほぼEW、傾斜はN 20°~45°で、線構造はN 70°W~E~W~N 70°Eの方向に10°~20°の落しを示す。またこの地区は日指^{ひさし}—松谷^{まつたに}間でNS方向の断層によって切られている (Fig. 4)。この地区には東から、佐屋^{さや}・青梅^{あおめ}・太平^{たいへい}の別子式鉱床が分布し、これらはいずれも片状酸性火成岩層にはさまれた同一の緑色準片岩層 (基性ないし中性凝灰岩起源) 中に胚胎している。これらの鉱床の規模は小さい。

1) 佐屋鉱床

佐屋鉱床は母岩の片理面 S_1

に平行に胚胎し、10~40cm の中の塊状鉱とガリ鉱とからなる。鉱体の規模は小さく (5~7m) × (0.1~0.4m) で、落しの方向への延長は不明である。鉱石鉱物はほとんど黄鉄鉱からなり、微量の黄銅鉱を伴う。鉱石は緻密で、多少破砕された構造を示すが、坪井鉱床にみられるような S' 面はほとんど観察されない。

2) 青梅鉱床

青梅鉱床は佐屋鉱床と同一層準の緑色準片岩層中に胚胎する。鉱床の位置は緑色準片岩層中にはさまれる黒色準片岩の薄層の上限近くで、厚さ5~7cmの鉱体が、長さ1~1.5mで雁行状に配列している。母岩の線構造はN 80°Eで、5°±の落しを示す。鉱石はほとんど黄鉄鉱からなり、黄銅鉱は少ない。また鉱石の粒度は微細であるが、片理面 S_1 に平行な縞を有する。

Fig. 4 Geological Map of the Shitsuki District.

3) 太平^{おお}鉬床

太平鉬床はやはり緑色準片岩層中に胚胎しているが、この岩石は鉬床の東約 500m の地点で、NS 方向の断層によつて切断されており、上記の佐屋・青梅鉬床を胚胎する緑色準片岩層との直接の連続性は確かめられない。しかし、地域の層序からみて同一層準とみなしてさしつかえない。この緑色準片岩層中には、黒色準片岩層の薄層がはさまれているが、鉬床はこの黒色準片岩層のすぐ上位に胚胎されている。鉬体の規模は $(0.2\sim0.4\text{m}) \times (10\sim15\text{m})$ であるが、落しの方向への延長は断層があるため不明である。鉬石は黄鉄鉬を主体とするが、かなり黄銅鉬を伴う部分もある。鉬石の粒度は微細で、片理面 S_1 に平行な縞を有する。

4. 総括

以上のべてきた中国地方東部地域の三郡変成帯中の別子式鉬床について総括すると、次のようになる。

1) 中国地方東部地域に分布する別子式鉬床は、三郡結晶片岩系の上部層群中の基性ないし中性凝灰岩起源の緑色準片岩層中に胚胎されている。またこの層準近くに、ほとんどの場合、酸性火成岩起源の準片岩層が存在する。鉬床はいつぱんに、緑色準片岩層中にはさまれる黒色準片岩層に近接している。

2) 鉬床の形態は層状ないし扁平レンズ状で、鉬体群は雁行状を示している。

3) 鉬石はいつぱんに、黄鉄鉬を主体とし、少量の黄銅鉬・磁硫鉄鉬を伴う。またスカルン性鉬物は伴われていない。

4) 鉬体は片理面 S_1 に沿い、しばしば S_1 に平行な縞模様を示す。鉬石は斜交劈開面 S' の形成によつて破碎され、その間を磁硫鉄鉬や黄銅鉬・石英などによつて充填され、さらに黄銅鉬の細脈の一部は S' 面に沿つてはね込んでいる場合もある。

このような事実から、この地域の別子式鉬床は広域変成作用の開始以前にすでに存在していたとみなされる。

IV 河山式キースラーガー

1. 津田鉬床

津田鉬床および次の項でのべる江与味^{えおみ}鉬床は、中国地方東部の三郡変成帯中の中央帯にあつて、しかも近接して存在するので、一括して地質構造をのべることにする。

津田・江与味地区は、津田鉬床東方の田原山^{たばらさんしょう}上と、江与味鉬床西方の杉谷とを結ぶ NS 方向の断層によつて 2 つの地質単元に分けられる。

西半部は、北部では、津田鉬床を中心として NE—SW の長軸を有するドーム状背斜構造をなし、津田鉬床南方の上山附近に ENE—WSW の軸を有する向斜構造がみられる。この向斜構造の南翼の西組附近に、江与味鉬床附近を WNW—ESE 方向に走る剪断帯が通り (巾約 20m+), さらに南の東組附近に背斜構造が認められる。この背斜の南翼に福沢鉬床がある。この西半部單元内の線構造は $(S_1 \wedge S')$ および小褶曲軸) 乱れが著しい。すなわち、津田鉬床附近では、線構造の方向はドームの長軸にほぼ平行 ($N 30^\circ \sim 40^\circ E - S 30^\circ \sim 40^\circ W$) であるが、鉬床から東北方に向うにつれて NS 方向の線構造と NE—SW 方向の線構造とが入り乱れて存在する。また、津田鉬床から南方に向かつては NS 方向の線構造が多くなるが、西組と東組の間で再び線構造が乱れてくる。この乱れは黒色準片岩層中に多くの小さな剪断帯 (巾 10~50cm) が存在するためと考えられる。しかし、尾原—福沢鉬床間においては ENE—WSW 方向の線構造が卓越する。

上記 NS 方向の断層の東部の地区では、岩層は大体において緩い褶曲構造の繰返しを示す（軸の方向は WNW—ESE）。江与味鉱床附近には WNW—ESE 方向に巾 50~150m を有する衝上性剪断帯（ズレは余りなく、浜尻南西方で消滅）が走っており、南方の結晶片岩地区と北方の準片岩地区と

Fig. 13 Horizontal and Cross Sections of the Tsuta Mine

Fig. 14 Cross Sections of the Tsuta Mine

の境をなしている。剪断帯の南側には、EW 方向の軸を有する背斜軸が走っている。線構造は剪断帯以南においては、EW ~ENE—WSW 方向を示し、褶曲軸にほぼ平行するが、剪断帯以北においては線構造は旦土—田原山上間では NW—SE ~NWN—SES、吉附近では NS、大山—剪断帯間では NE—SW（一部 WNW—ESE）、となり東に凸形の流れを示す (Fig. 3)。

津田鉱床は Fig. 3 および Fig. 12 に示すように、前記ドームの北翼の頂部附近に位置する。鉱床の母岩は小褶曲構造の発達した黒色準片岩層と、その中にはさまれる石灰岩レンズからなり、鉱体は黒色準片岩の褶曲構造に支配され、その伸長方向は母岩の総構造の方向に平行である。鉱体の賦存位置は石灰岩レンズの層準で、褶曲構造形成に際して生じた小規模の低角衝上剪断面内にあるが、石灰岩レンズの一部および石灰質黒色準片岩を交代した形跡がみとめられる。鉱体と母岩の層面の構造と

の関係は **concordant** である。津田鉱床について、坑内を主として観察してえた事項を次に列記する。

1) 鉱床の層準は、上部の厚い緑色準片岩層と、下部の石英準片岩の薄層とにはさまれた黒色準片岩層（石灰岩レンズをはさむ）中にある。

2) 鉱体の形態は、断面図 (Fig. 13 および 14) にみられるように、軸面がいちじるしく南に倒れた褶曲形を示している。この小褶曲の北翼部では、鉱体と母岩との境界面は S_1 面// S' 面に平行であるが、南翼部では両者の境界面は S_1 面に平行であるが、 S' 面に斜交している。

3) 鉱体富鉱部はほぼ NE—SW 方向に 4 本あり、上盤の背斜部と下盤の向斜部の重なった位置（軸面の傾斜はほぼ $N 30^\circ \sim 45^\circ$ ）を占める。小褶曲の波長は北に向うにつれて小さくなるので、したがって、富鉱体の規模も小さくなる。鉱体の伸長方向は、母岩の線構造の方向に平行である。また伸長方向においても、線構造が落しの方向で向き合う部分で鉱体は細くなったり消滅したりする。

4) 鉱体内部の構造も、母岩の構造をそのまま留めており、鉱体断面を構造面 bc で観察した場合

Fig. 15 Schematic Profile of the Ore-Shoot

(伸長方向に平行な面)には、母岩の片理面 S_1 に平行な縞模様を示しており、構造面 ac (伸長方向に直角な面) で観察した場合には、母岩の S_1 面や S' 面に沿って交代した過程が認められる。この関係を Fig. 15 に示した。

5) 鉱石は磁硫鉄鉱を主体とし、黄銅鉱・磁鉄鉱を伴うが、鉱体の尖端部においては時として閃亜鉛鉱・硫砒鉄鉱を生じている。脈石としては、透輝石・陽起石・珪灰鉄鉱・方解石・緑泥石・石英などがみられ、スカルン性鉱物の存在で特徴づけられる。

6) 鉱体の上盤より下盤までの断面について坑内各所で観察した結果、脈石・鉱石・母岩の構造について興味ある事実が認められた。すなわち、a. 鉱体に接する黒色準片岩はわずかにスカルン化されている。b. 鉱体の母岩に接した部分はスカルン性鉱物が主体で、その中に交代されずに残った黒色準片岩（石灰質）や晶質石灰岩の薄いレンズが観察される。またスカルン性鉱物の配列方向は母岩の片理に平行である (Fig. 15)。このスカルン帯中に磁硫鉄鉱が鉱染状あるいは不規則な形で分布している。c. 鉱体の中心部に向うにつれ、スカルン性鉱物は放射状を呈し、その間を鉱石鉱物（磁硫

鉄鉱および黄銅鉱*) が交代充填した形状を示しており、また放射状スカルン性鉱物の多い部分と鉱石鉱物の多い部分とが縞模様を形成するばあい、この縞模様は母岩の片理面 S_1 に平行である (Fig. 15)。d. 鉱体の中心部はほとんど磁硫鉄鉱と黄銅鉱** (欠如することがある) からなり、両者が片理面に平行な縞状構造を呈する。

7) 鉱体の上・下盤近くでは、黒色準片岩中に多くの滑石レンズが観察される (厚さ 5~50cm, 長さは 1~30m)。また鉱床近くの地表にも多くの蛇紋岩 (一部滑石化) レンズが認められる (Fig. 12)。この滑石レンズは鉱体に対して低角度で斜交し、時として鉱体に斜断されていることがある。

8) 鉱体周辺では蛇紋岩の他には火成岩は全然みられないが、坑内において黒色準片岩の一部が微弱な熱変成作用を受けている箇所がある。これを鏡下でみると微細な茶褐色の黒雲母ができています。

以上が津田鉱床について観察した事実の概要であるが、これらの事実にもとづいて、津田鉱床形成の歴史 (とくに構造発達史) をたどると、三郡変成作用の開始→南へ倒れた褶曲の形成→石灰岩レンズの層準に沿う低角衝

Fig. 12 Geological Map of the Tsuta Mining District

Fig. 16 Structural Map of the Eomi Mining District

* 不規則に入っており、鉱石顕微鏡下で双晶が観察される。

** 縞模様 (磁硫鉄鉱と) を呈するが、鏡下では双晶は観察されない。

上の形成→蛇紋岩の貫入→(時間的間げき?)→スカルの形成→鉱床の形成の順序が考えられる。

2. 江与味鉱床

江与味鉱床は、前記衝上性剪断帯中、またはそれに接近して剪断帯に平行に胚胎された裂罅充填型の鉱床である。鉱床は剪断帯の走向に平行なものと、これに直交するものとが存在するが、剪断帯に平行な鉱床の方が直交する鉱床よりも規模が大きい。剪断帯に平行な鉱床は、走向 $N60^{\circ}\sim70^{\circ}W$ で $N60^{\circ}\sim75^{\circ}$ の傾斜を示す。

また剪断帯に直交するものは、走向 $N10^{\circ}W\sim NS$ で $N80^{\circ}\sim90^{\circ}$ の傾斜を示す。鉱石鉱物は磁鉄鉱を主体とし、少量の黄銅鉱・閃亜鉛鉱を伴い、スカルン性鉱物は存在しない。二次的な鉱物として、黄鉄鉱・重晶石・方解石がみられる。

江与味鉱床は、剪断帯形成に際して生じた裂罅群 ($N60^{\circ}\sim70^{\circ}W$, $N10^{\circ}W\sim NS$ の2方向) を充填して形成されたものと考えられる。なお江与味地区では、石英斑岩岩脈 ($N60^{\circ}W$ の走向, $S45^{\circ}$

$\sim60^{\circ}$ の傾斜) の他には火成岩はほとんどみられない (Fig. 16)。

3. 別所鉱床

別所鉱床地区は、鉱床南方の片麻状変斑れい岩体*(夜久野侵入岩類に属する) によつて南北2帯に分けられる。また北帯の準片岩類は、645.9 m 峯(深山)を中心とする蛇紋岩体によつて、その東北側と西南側とで岩層の走向・傾斜に差異を生じている。

北帯は北より A・B・C・D(異常走向帯)・E・F の6帯に区分される。F帯の南には片麻状変斑れい岩体および南帯の結晶片岩類が分布する。A～C帯までの岩層は一連整合で、走向はほぼWNW、傾斜は南であるが、南にいくにつれて傾斜角は大となる。A帯は黒色準片岩を主とし砂岩準片岩の薄層をはさむ。B帯はほ

Fig. 5 Geological Map of the Bessho Mining District
(by G. KOJIMA & C. MITSUNO)

* 地質雑, 65 (761) において片麻状変斑れい岩体と夜久野塩基性岩体とを区別したが、其後の調査により、両者は同一種類のもので、これら岩体を三郡変成期侵入岩体と名付ける。

とんど全部が緑色準片岩（玄武岩質岩起源）からなり，基性凝灰岩起源の緑色準片岩，および黒色準片岩の薄層をはさむ。C帯は黒色準片岩を主体とするが，2層の顕著な（厚さ 10～30m）石英準片岩層をはさむ。

C帯最南端の石英準片岩層に整合に，厚さ数mの石英準片岩層（走向ENE，傾斜40°～50°S）があるが，これから南約 400～500m の中の地帯では，岩層の走向が地区の一般走向からはずれて，極めて変化に富むので，これを異常走向帯と名付け，D帯とする（Fig. 5）。異常走向帯中には多くの剪断面（ないし剪断帯）が存在しており，異常走向帯の形成は，衝上性剪断運動と関係があるものと考えられる。別所鉱床の露頭はすべてこの異常走向帯中にあり，鉱床と剪断面との間には密接な関係がみいだされる。この帯を構成している岩層はC帯と同じであるが，異常走向現象と頻繁な剪断面の存在のために，その真の層厚は不明であり，また，D帯中にC帯の累層が繰り返しているのかも不明である。

E帯はD帯と整合で，またF帯とも整合である。E・F帯は走向ほぼNW～NNWで，A～C帯と斜交し，傾斜は一般に北東に 60°～70°を示す。変成度はE帯からF帯に向うにつれて弱くなり，非変成の古生代層に漸移する（F帯の大部分は非変成）。E帯は黒色準片岩・緑色準片岩およびレンズ状石灰岩からなるが，F帯は非変成の砂岩および粘板岩からなる。

北帯における地層の傾斜は，A帯からC帯に向うにつれて急になり，C帯では部分的に垂直に近くなるが，異常走向帯をはさんで南半のE・F帯では傾斜がNEになつている。A帯～F帯の地層は一連整合であるから，D帯を境にして地層が逆転していると考えられる。南するにつれて変成度が低下することも，この解釈を裏書きしている。北帯と南帯との中間には片麻状斑れい岩ないし片状変輝緑岩からなる岩体が存在する。この岩体の方向（片理面に平行）はE-W～WNWで，南に 60°～70°傾斜し，E・F帯の岩層を斜断している。

この進入岩体の南には緑色準片岩類を主体とする準片岩類がみられる。走向はNWで，傾斜はSW 60°～70°を示す。

以上が別所地区の地質の概要であるが，線構造はSSEないしSEの方向に 0°～30°落している。線構造のこのいつぱんてき傾向は，異常走向帯の形成が三郡変成時期に，他の帯と同様なストレス・プランの下で行なわれたことを示していると解釈される。なぜなら三郡変成以後に形成されたものならば，線構造が乱れてくるはずだからである。

さきに北帯のA帯～C帯とE・F帯との間に，走向に差異があることをのべたが，この原因として深山を中心とする蛇紋岩体が両者の間に楔状に貫入していることがあげられる。この蛇紋岩体は異剝石橄らん岩から変化した蛇紋岩からなり，橄らん石は全く蛇紋石に変化しているが，異剝石は数 cm をこえる大晶をなすものが存在し，鏡下で明らかな破砕作用の跡を示している。また蛇紋岩体の南西縁部は蛇紋石・滑石・陽起石等を主とするマグネシア片岩帯になつている。深山蛇紋岩体に関するこれらの事実は，原超塩基性岩が三郡変成のある時期に，なおストレスが強いはたらいっている条件下で，結晶片岩系の構造に調和して貫入したことを物語っている。深山蛇紋岩体の北西縁をめぐるような分布で異常走向帯が存在する事実は，この異常走向帯を作った衝上性剪断運動が超塩基性岩の貫入に密接な関係があることを示しているものといえよう。前述のように，この異常走向帯の形成は三郡変成期（おそらくはその晩期）と考えられるので，この超塩基性岩体の貫入も三郡変成期の事件と考えねばならない。しかしながら，深山蛇紋岩体の一部と考えられる蛇紋岩が，明らかに不整合的に貫入角礫を伴つて片麻状変斑れい岩体を貫いているという事実もみられるので，深山蛇紋岩体の主部は三郡変成期に貫入したものであるが，その一部は変成作用終了後まで引続いて貫入活動を継続していたものと考えられる。

Fig. 17 Structural Map of the Bessho Mine (by G. KOJIMA & C. MITSUNO)

別所鉱床は異常走向帯中にあり、北西より、金尾・真鴨・奥山・裏山・美鉛・大切・深山の各鉱体が、約2kmにわたって分布する。このうち調査可能な坑道は奥山・裏山・美鉛・大切の各坑のみで、これらについて地質構造と鉱床の関係を調査した。坑内には、黒色準片岩と石英準片岩の互層があらわれているが、石英準片岩(厚さ5~6m)を鍵層として調べてみると、その走向・傾斜はいちじるしく変化に富み、これに伴って多くの剪断面の形成が重複して、一見、構造は極めて複雑のように見える。しかし、岩層の走向・傾斜の変化と、剪断面の位置との関係を検討すると、その間には一定の規則性が存在するのである。すなわち、走向がWNWの場合(異常走向帯の方向に一致)は、岩層は比較的急傾斜(南傾斜)であるが、岩層の走向がこの方向から逆時計方向にW, WSW, SWとしたいに変わっていくにつれて、岩層の傾斜はゆるくなり、岩層はさらにS, SSEと走向を変えていく。ところ

が、さらに走向の変化をたどると、今度は時計方向に、S, SSW, SWと走向を変えると同時に傾斜がゆるくなり、ついでWSW, W, WNWと走向を変えながら傾斜が急になつていく(Fig. 17)。

このように、走向と傾斜の変化には規則的な相関関係があり、走向・傾斜の変化が剪断面形成の運動が無統一に乱されているのではないことがわかる。上にのべたような走向と傾斜との間の関係は、岩層がESEの方向にゆるい角度で落ち軸によつて波状に褶曲したと考えれば、完全に説明がつくわけである。さらにまた、この小波状褶曲軸が岩層面上の線構造にほぼ一致している事実は、この小褶曲構造が結晶片岩形成時期のものと同一のストレス・プラン下で形成されたものであることを示してい

る。剪断面は小褶曲構造の翼部に形成され、剪断面とそれに接する結晶片岩の片理面とは多くのばあい、準平行の関係にある。このような事実から、異常走向帯にみられる小褶曲構造と剪断面の形成とは密接に関連しつつ、ほぼ同時期に行なわれたものと解釈される。

鉱床はこれら剪断面中に胚胎され、ポケット状ないし芋状の富鉄体を諸所につくつていく。鉄石鉄物は磁硫鉄鉱・黄銅鉄・閃亜鉛鉄からなるが、津田鉄床にみられるような構造は認められず、かなり不均質である。脈石鉄物は緑泥石および石英で、スカルン性鉄物は存在しない。

4. 総 括

以上のべてきた河山式鉄床について通覧すると、これらの鉄床はいずれも、結晶片岩系の構造に密接な関係のある剪断面（または剪断帯）に胚胎されていることに共通性がみられる。しかし、鉄石鉄物・脈石鉄物についてみると鉄床間で差異があり、生成の条件（鉄液の性質や温度等）が同一であるとはいえない。これらの中で、最も河山鉄床に類似しているのは津田鉄床である。

V 結 語

中国地方東部の三郡変成帯中には、結晶片岩系の地質（層序・地質構造）と密接な関係が認められる多くのキースラーガーが存在するが、筆者は、鉄床と結晶片岩系との関係の仕方に注目して、これらを2つの群にまとめた。一つは、結晶片岩系の層序に規制されるタイプで、しかも鉄体は結晶片岩の原層面に平行で、その形態と線構造や褶曲構造との間には直接的な関係がみとめられる。これは三波川変成帯中に多数胚胎されている別子式キースラーガーの特徴と全く同一なので、これを別子式キースラーガーとして一括した。もう一つは、結晶片岩系の褶曲構造に密接に関係して生じた剪断面（または剪断帯）中に胚胎された鉄床で、山口県河山鉄床の構造特性との類似から、これを河山式キースラーガーとして一括した。前者は、三郡変成開始時期以前に鉄床の原形が存在していたと考えられるもので、三郡変成の各フェーズの変形作用とミネラリゼーションの影響を示しており、後者は三郡変成期（おそらくはその晩期）に胚胎されたものと考えられる。したがって、筆者は両者とも古生代末（ないし中生代初頭）の“ヴェリスカン造山期”の鉄床と考えているわけである。

参 考 文 献

- 1) 赤木 健 (1921): 7万5千分の1府中図幅。
- 2) 今井秀喜 (1959): 西南日本外帯における層状含銅硫化鉄鉄床とマンガン鉄鉄床の成因 およびそれに関連する一、二の問題, 鉄山地質, 9, (33), pp. 1~18.
- 3) 大島敬義 (1958): 柵原鉄山の地質鉄床とその構造規制について, 鉄山地質, 8, (29), pp. 135~152.
- 4) 加納 博 (1958): 本州外側地向斜における白堊紀キースラーガー鉄床区の展望—北上外縁帯と四万十帯, 鉄山地質, 8, (32), pp. 319~327.
- 5) 小島丈児・光野千春 (1953): 岡山県真庭郡南部・上房郡北部地区鉄床調査報告, 岡山県地下資源調査報告, 7, pp. 48~56.
- 6) 小島丈児・佐々木伝一 (1950): 山口県玖珂郡河山鉄山附近の地質, 地質雑, 56, (652), pp. 1~6.
- 7) 小島丈児・秀敏・吉野言生 (1956): 四国三波川帯におけるキースラーガーの層序学的位置, 地質雑, 62, (724), pp. 30~45.
- 8) 佐藤源郎: 7万5千分の1高梁図幅。
- 9) 野村英一・本田共之 (1952): 地質構造からみた河山鉄床, 鉄山地質, 2, (3), pp. 17~19.
- 10) 堀越 徹 (1958): 二三の含銅硫化鉄鉄床における重晶石と硬石膏の産状, 鉄山地質, 8, (32), pp. 328~334.
- 11) 光野千春 (1953): 岡山県久米郡坪井鉄床附近の地質および鉄床 — とくに岩石および鉄床の形態について, 広島大学研究報告, 3, pp. 43~59.

- 12) 光野千春 (1957): 岡山県津田鉾床について (予報), 地質雑, 63, (742), p. 418.
  - 13) 光野千春・小島丈児 (1958): 岡山県下の結晶片岩系と鉾床, 日本地質学会西日本支部例会講演会 (岡山県の地質および鉾床討論会, 岡山大学).
  - 14) 光野千春 (1959): 中国地方東部の三郡変成帯概報, 地質雑, 65, (761), pp. 49~65.
  - 15) 山田節三: 7 万 5 分の 1 久世図幅.
  - 16) 渡辺武男 (1957): 日本の層状含銅硫化鉄鉾床並びに層状マンガン鉾床の成因について, 鉾山地質, 7, (24), pp. 89~97.
  - 17) JÜRG DISLER (1953): Die Kupferkieslagerstätte von Outokumpu, Finland. *Bull. Comm. géol. de Finland*, No. 161, pp. 1~110.
  - 18) VEIKKO VÄHÄTALO (1953): On the Geology of the Outokumpu Ore Deposit in Finland. *Bull. Comm. geol. de Finland*, No. 164, pp. 1~98.
-