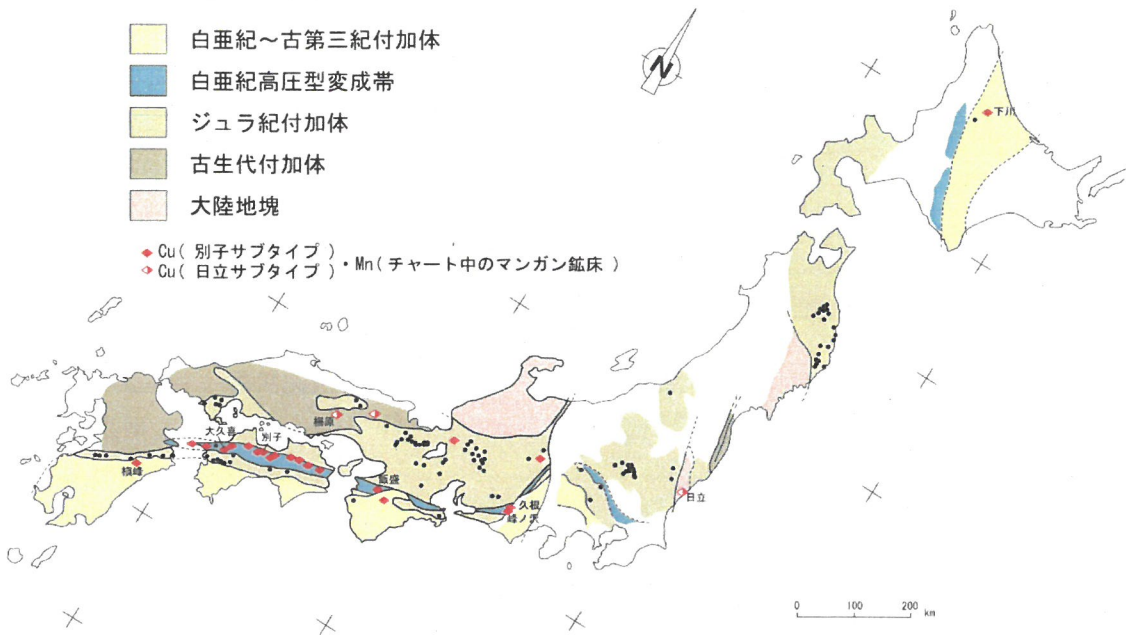
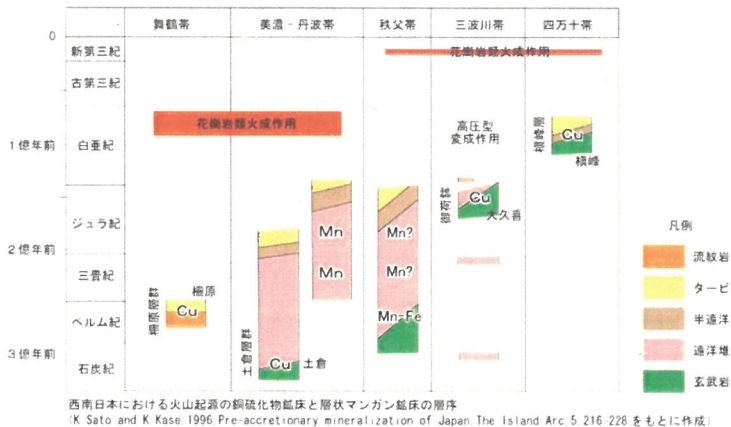


令和5年度 別子銅山に関する本の解説講座 別子銅山を読む  
 第3回 令和5年9月10日(日)「別子鉱床群の地質と鉱床」

1 付加体に伴われる鉱床



日本の別子型鉱床の分布 (Sato, K. and Kase, K., 1996, Pre-accretionary mineralization of Japan, The Island Arc 5, 216-228 より)

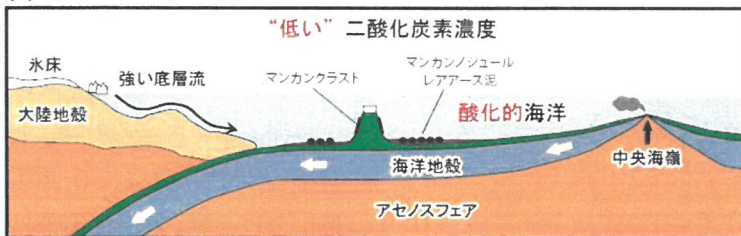


西南日本における火山起源の銅硫化物鉱床と層状マンガン鉱床の分布 (K. Sato and K. Kase, 1996, Pre-accretionary mineralization of Japan The Island Arc 5, 216-228 をもとに作成)

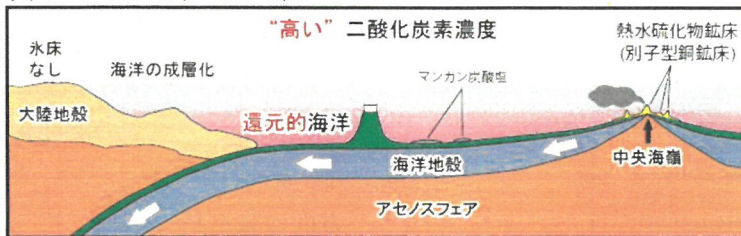
付加体…海洋底を作っていた地層（玄武岩、チャートなど）がプレート沈み込みによって剥ぎ取られ、海溝の堆積物（陸源の砂や泥の地層）と一緒に陸側に集積した地質体。  
過去の海洋底で生成した鉱床銅鉱床…火山岩類に伴う層状の硫化物鉱床で、黒鉱型は亜鉛・鉛・銅を、別子型は銅・亜鉛を主要金属種とする。海底熱水鉱床\*として生成。酸化的海洋では溶けてしまうが、還元的海洋では保存されやすい。

マンガン鉱床…玄武岩またはチャートに伴う層状鉱床で、海底熱水鉱床または酸化的な海洋で沈殿したマンガンや鉄の酸化物が起源と推定される。  
 ※海底熱水鉱床…海底火山活動に伴う熱水循環によって沈殿した硫化物や酸化物の鉱床。

(a) 現在



(b) ジュラ紀後期 (1.5億年前)

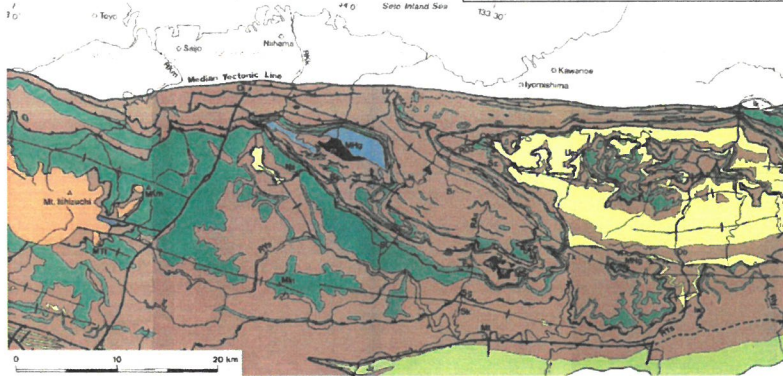


(a) 現在及び(b)ジュラ紀後期の地球環境と鉱床の生成・保存 (野崎達生ほか, 2013, 東京大学プレスリリースより)

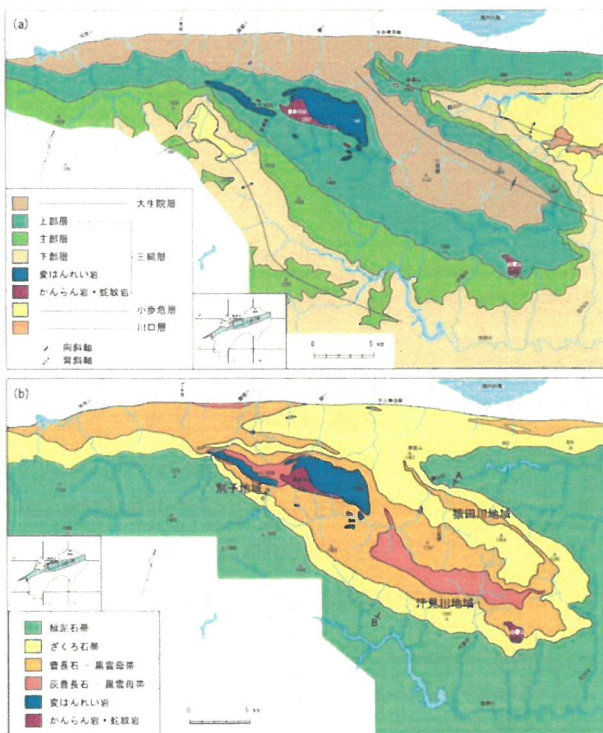
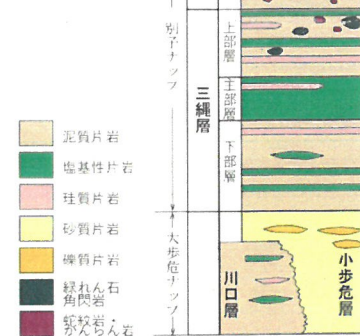
## 2 三波川帯の地質

四国地方の三波川帯とその周辺の地質図

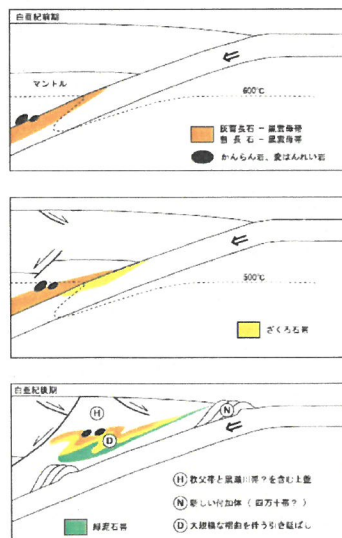
(Ihara et al., 1992, Tectonic Evolution of the Sanbagawa Schists and its Implications in Convergent Margin Processes, Journal of Science of the Hiroshima University, Ser. C, 9, 495-595)



四国中央部三波川結晶片岩類の模式柱状図 (日本の地質 8 四国地方, 共立出版より)



四国中央部三波川帯の地質概略図 (a) と変成帯図 (b)。 (Higashino, T., 1990, The higher grade metamorphic zonation of the Sanbagawa metamorphic belt in central Shikoku, Japan, Jour. Metamorphic Geol., 8, 113-123 1, 9)



三波川帯の温度・圧力構造の発達を説明する概略図。海洋地殻によって冷却され、地温勾配が逆転した沈み込み帯深部で、高変成度の鉱物帯の下位に低変成度の鉱物帯が集積していく過程。(Enami et al., 1994, Contrib. Mineral. Petro., 116, 182-198 2, 9)

三波川帯…関東から九州まで続く白亜紀高压型変成帯(沈み込み帯で形成された結晶片岩の分布域)。原岩の大部分は白亜紀付加体(四万十帯)に相当。四国中央部三波川帯の地質

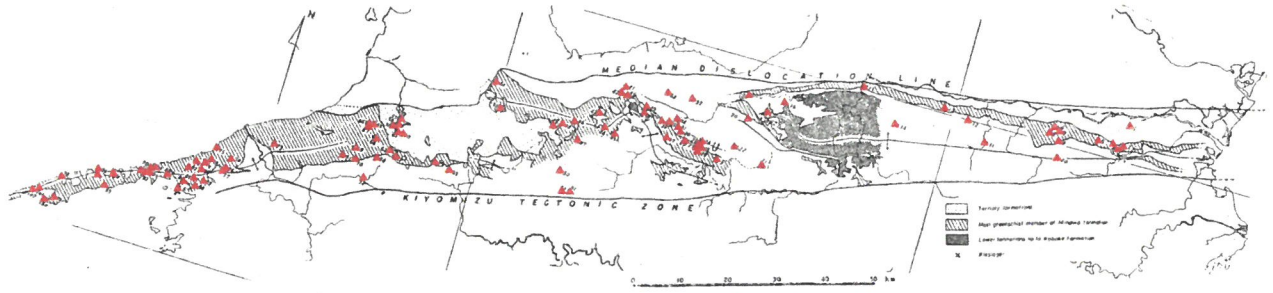
下位から川口層(主に泥質片岩)、小歩危層(主に砂質片岩)、三縄層(主に塩基性片岩と泥質片岩)、大生院層(主に泥質片岩)に区分され、広域的な背斜向斜のくり返しにより巨視的には水平に近い構造を示す。

三縄層は、厚い塩基性片岩層を主部層とし、下部層、上部層の3つに区分される。上部層はかんらん岩や緑簾石角閃岩の岩体、エクロジャイトを含む。変成・変形作用

三波川帯は変成度が低い順に緑泥石帯、ざくろ石帯、曹長石-黒雲母帯、灰曹長石-黒雲母帯に分けられ、最高温度部は約600°C、深さ約30kmで再結晶したと推定されている。

最高温度部が構造中位にあることから、現在の温度構造は、変成帯が上昇する際、東西方向の軸を持つ褶曲で折り畳まれた構造と解釈されている。

### 3 別子鉾床群の地質と鉾床



第3図 四国三波川帯プロパーにおけるキースラーガーの分布 (Distribution of Kieslager in the Sambagawa crystalline schist zone proper in Shikoku)

三波川帯プロパー(清水構造帯より北側)におけるキースラーガー(別子型鉾床)の分布

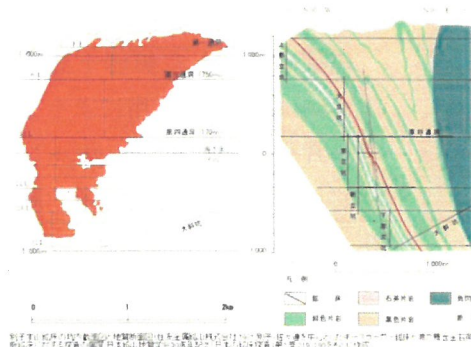
▲は別子型鉾床、斜線部は三縄層主部緑色片岩層、黒色部は小歩危層から下の層  
小島丈児ほか,1956,四国三波川帯におけるキースラーガーの層序学的位置,地質雑,第62巻,第724号,30-45より

層序	W	柱状図	E	岩相	備考
三縄層上部	積善・瀬	積善	積善	塩基性片岩-珪質片岩 泥質片岩互層 (250-300m)	1000m ↑ 曹長石点紋
	筏津	筏津	筏津	主として泥質片岩 (250-300m)	
	別子本山	別子本山	別子本山	主として塩基性片岩, 泥質片岩,珪質片岩薄層を挟在 (200-300m)	
三縄層主部	余慶	余慶	余慶	塩基性-珪質-泥質互層 (60-80m)	500-600m ↑ 無点紋
	日浦	日浦	日浦	主として塩基性片岩, 泥質片岩,珪質片岩を挟在	
	大山・金	大山 金 大摩礼	大山 金 大摩礼	同上	
三縄層下部				主として泥質片岩,砂質片岩,塩基性片岩薄層を挟在	500-800m ↑ 無点紋

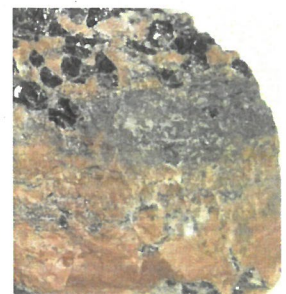
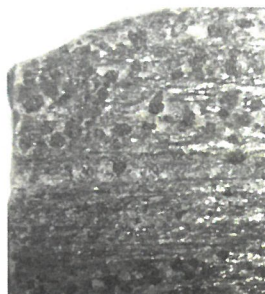
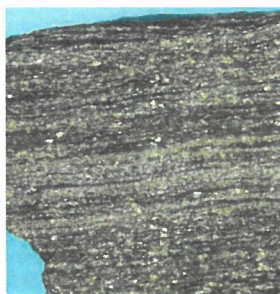
- 主として塩基性片岩
- 塩基性片岩+泥質片岩
- 主として珪質片岩
- 蛇紋岩
- 塩基性-珪質-泥質互層
- 鉾床
- 主として泥質片岩
- 鉾床層準

第4図 別子鉾床群 層序対比表

住友金属鉾山(株)1991,別子鉾床群の地質と鉾床,住友別子鉾山史(別巻)より



別子本山鉾床の坑内断面図(左)と地質断面図(右)



別子型鉾床の銅鉱石と鉄マンガン珪質岩:左から含銅硫化鉄鉾(塊状鉾),含銅硫化鉄鉾(縞状鉾),磁鉄鉾赤鉄鉾石英片岩(黒ハブ),ざくろ石英片岩(赤ハブ)

#### 四国三波川帯の別子型鉾床の分布

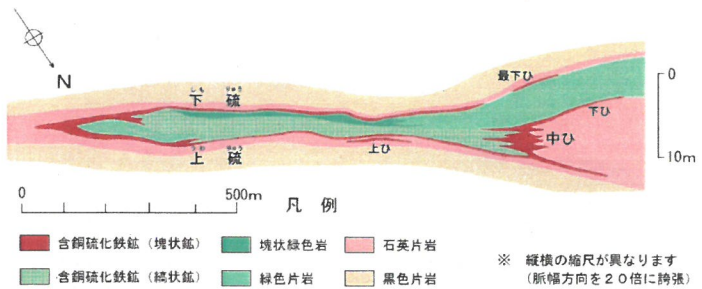
鉾床は塩基性片岩に伴われており、鉾床数全体の7割が三縄層主部層に含まれる。別子、佐々連、白滝などの大規模鉾床は三縄層上部層に含まれる。

#### 別子鉾床群 ( )内は鉾床の銅量

別子本山(70万ト)、筏津(4.7万ト)、積善(1千ト)は三縄層上部層、余慶(4千ト)は三縄層主部層に含まれる。

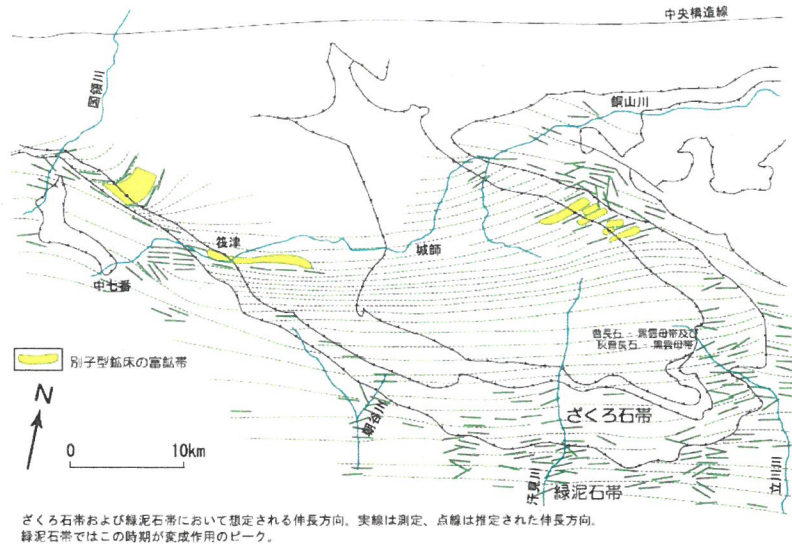
#### 別子本山鉾床の形態と地質構造

長く伸びた板状(短径1km×長径3km×厚さ2.5m)の鉾床として表現されるが、実際には1枚の塩基性片岩層を包む2枚の塊状鉾の鉾脈で構成される。鉾脈は東部で1枚に合わさるため、東側が閉じた同斜状褶曲で折り畳まれた構造と考えられる。鉾脈が折り畳まれた付近は厚さを増して富鉾帯となる。富鉾帯や鉾床の伸張方向(落とし)とこの同斜状褶曲軸の方向は概ね一致する。



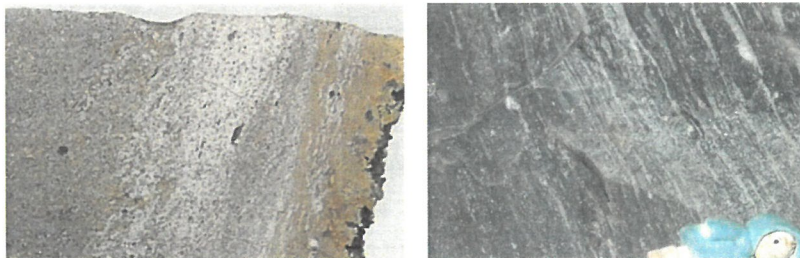
別子本山鉾床の模式平面図(鉾床を水平に切って上から見た状態、縦を20倍に誇張)  
土井正民,1961,別子鉾床の成因論の変遷,鉾山地質 vol.11, no.45,46をもとに作成

2) 東西方向の伸長 (後退変成作用時)

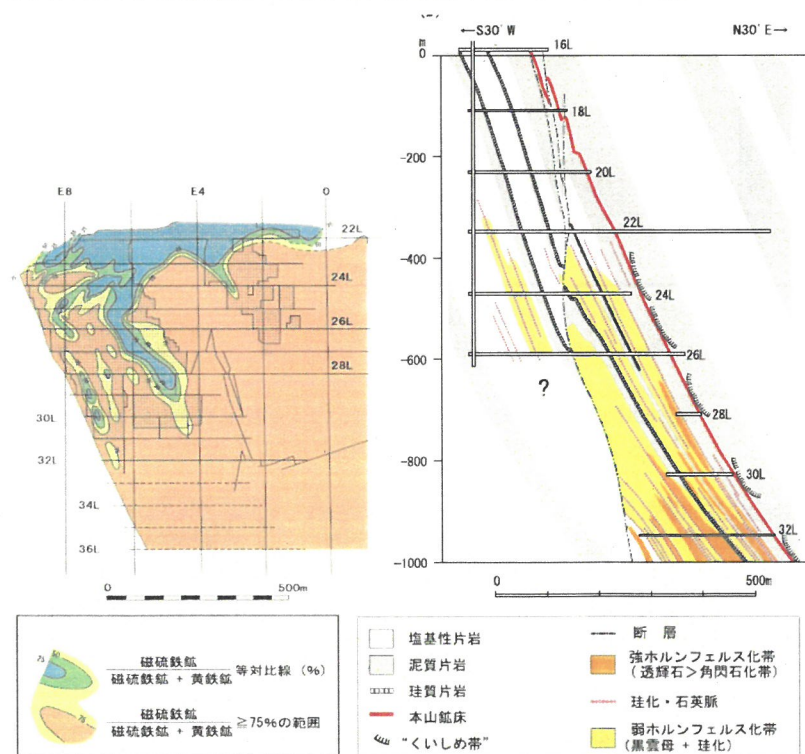


冬ノ瀬ナップ、沢ヶ内ナップの Sb2-1 時相における歪の X 軸 (Ihara et al., 1992, Tectonic Evolution of the Sambagawa Schists and its Implications in Convergent Margin Processes, Journal of Science of the Hiroshima University, Ser. C, 9, 495-595 より)

4 別子本山鉱床下部の熱変成作用



別子本山鉱床下部の磁硫鉄鉱化した塊状鉱(写真左)と鉱床下盤側のホルンフェルス(写真右)



別子本山鉱床下部 黄鉄鉱の磁硫鉄鉱化(断面)、地質断面図(E3号線) 住友金属鉱山(株),1991,別子鉱床群の地質と鉱床,住友別子鉱山史(別巻),185-210 より

線構造と鉱床の落とし

三波川結晶片岩の片理面上に見られる鉱物線構造(鉱物が並ぶ向き)は、変成帯が上昇を開始し温度が低下する際(後退変成作用)の伸張方向を示す。

別子鉱床群や佐々連鉱床群の落とし(鉱床が伸びた方向)は、鉱物線構造とほぼ一致することから、鉱床が細長く伸びた構造は、三波川帯の上昇に伴う変形(東西方向の引き伸ばし)によって形成されたと考えられる。

別子本山鉱床下部の磁硫鉄鉱化

別子本山鉱床 22L 以下では、鉱石中の黄鉄鉱が脱硫し、磁硫鉄鉱に変化。鉱床下盤の結晶片岩のホルンフェルス化(熱変成作用)の影響と考えられている。  
※磁硫鉄鉱…白っぽいブロンズ色で金属光沢の硫化鉱物。Fe<sub>1-x</sub>S (x=0~0.125)で表され、黄鉄鉱の硫黄をほぼ半分にした組成。

鉱床下盤のホルンフェルス化

磁硫鉄鉱化した鉱床下部の下盤側は、熱変成作用によって結晶片岩が黒色緻密なホルンフェルス※に変化している。層状にホルンフェルス化した特異な産状であり、熱源となる火成岩は確認されていない。

四国西部の類似したホルンフェルスの研究から、高温流体の浸透による熱変成作用と考えられ、形成時期は石鎚山周辺で火山活動が始まる 1500 万年前頃(新第三紀中新世)と推定。  
※ホルンフェルス…マグマとの接触部周辺で温度上昇によって再結晶した塊状緻密な変成岩。