

# 令和4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4年9月11日(日)「新居浜の地質」

### 1 地形と地質の概略



四国山地の北縁(石鎚断層崖)に見られる三角末端面(萩生)

### 地形の概略

瀬戸内海沿岸…丘陵や平野が広がる、なだらかな低地。

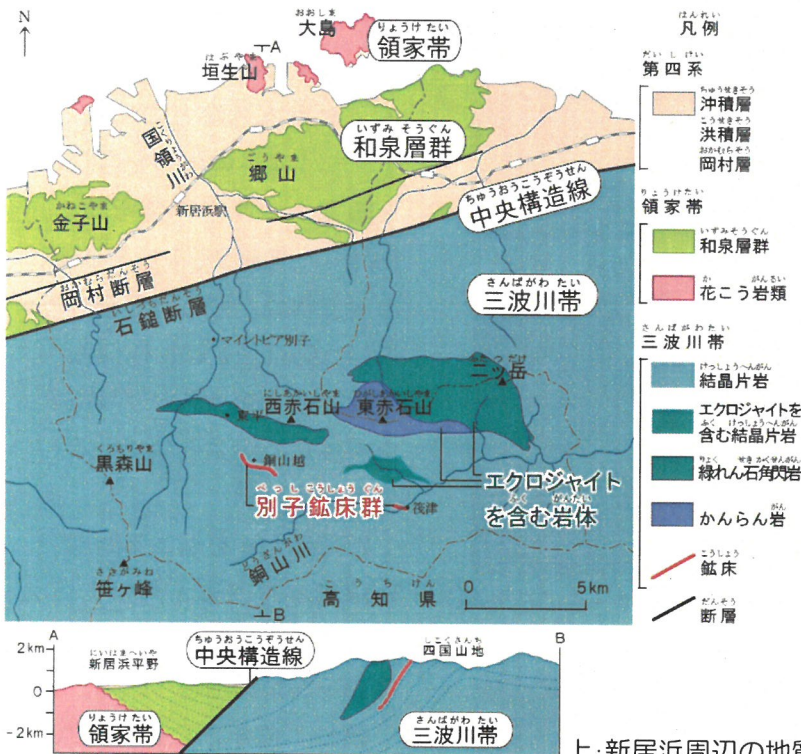
四国山地…標高 1600m を越す山々が連なる、急峻な山地。

四国山地の北縁…中央構造線がつくる直線的な境界。四国山地を隆起させた断層崖で三角末端面が連なる。

### 地質の概略

中央構造線の北側は領家帯に属し、大島や垣生山などは花こう岩類からなる。金子山や郷山は砂岩や泥岩の地層(和泉層群)からなる。その上に国領川から運ばれた砂礫が堆積し新居浜平野が形成されている。

中央構造線の南側は三波川帯に属し、結晶片岩からなる。とくに別子地域は、大規模な銅鉱床を伴うこと、かんらん岩や緑れん石角閃岩の岩体が分布し、エクロジヤイトを伴うことで世界的に注目される。



上:新居浜周辺の地質概略図、下:新居浜周辺の地質年表

新生代			中生代			
第四紀	新第三紀	古第三紀	白亜紀		ジュラ紀	三畳紀
<p>二百萬年前、現在 新居浜平野の地層ができる (瀬戸内海側が沈下し、 砂れきが積もる)</p>	<p>千五百萬年前、千四百萬年前 石鎚山の火山岩類ができる (日本列島が大陸から分裂し、 四国で火山活動が起こる)</p>	<p>五千萬年前 四国山地の結晶片岩が地表まで上昇</p>	<p>八千萬年前、七千萬年前 郷山や金子山の地層ができる (領家帯の南縁が沈下し、 海底に砂や泥が積もる)</p>	<p>一億九千萬年前 大島や垣生山の花崗岩類ができる (大陸で火山活動が起こり、 地下にマグマが貫入する)</p>	<p>一億二千萬年前、八千万年前 四国山地の結晶片岩ができる (火山岩や堆積岩が 大陸の縁部に沈み込み、 地下深部の熱と圧力で 結晶片岩に変化する)</p>	<p>一億五千萬年前 別子銅山のもとになる 海底熱水鉱床ができる (海底火山活動が起こる)</p>
						<p>二億三千万年前 (白亜紀後期) 八千万年前まで 四国山地の結晶片岩のもとになる岩石 (火山岩や堆積岩) ができはじめる</p>



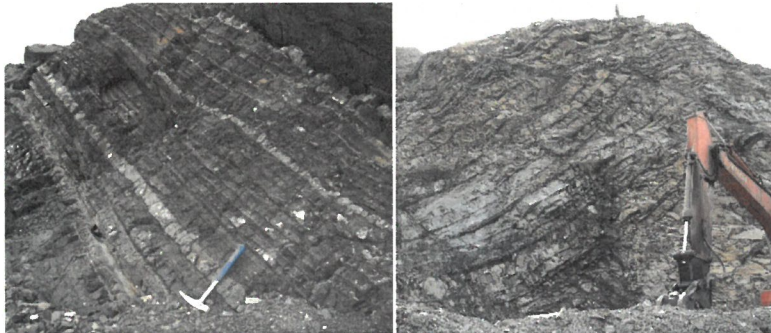
## 2 瀬戸内海沿岸部(領家帯)の地質

### (1) 花崗岩類と変成岩類

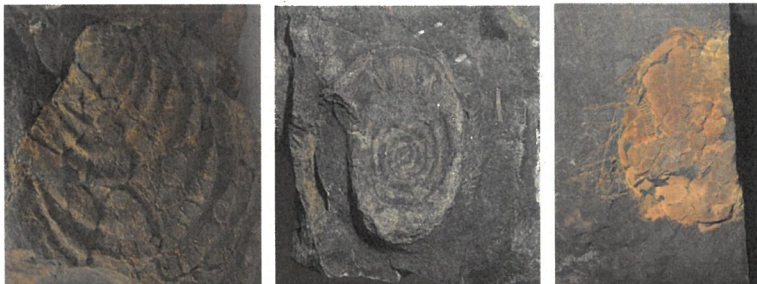


左：花崗閃緑岩、右：ホルンフェルス～片麻岩（垣生海岸）

### (2) 和泉層群

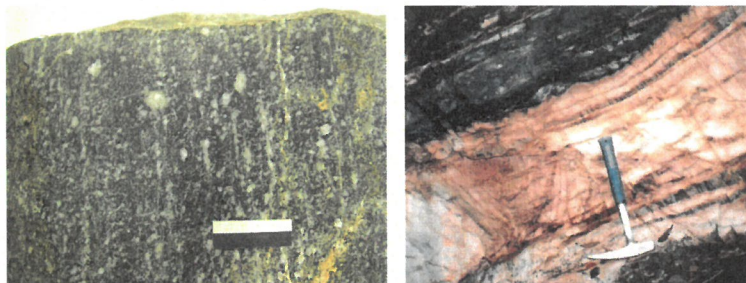


左：泥岩（荷内～池の谷海岸）、右：砂岩と泥岩の互層（阿島）

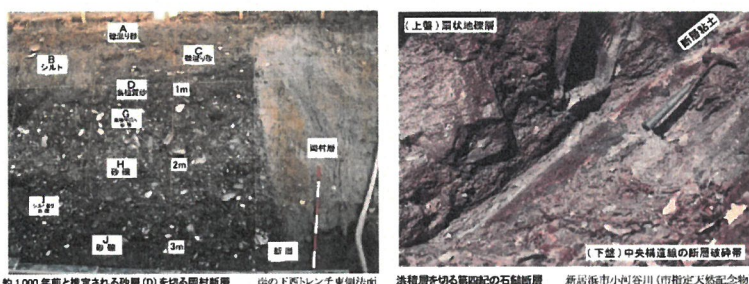


左から：イノセラムス、アンモナイト、ウニ（荷内～池の谷海岸）

### (3) 中央構造線



左：鹿塩マイロナイト（長野県）、右：火山岩の岩脈（小河谷）



左：岡村断層（萩生 岸の下）、右：石鎚断層（萩生 小河谷）

### 花崗岩類と変成岩類

花崗岩類は白っぽい塊状で、花崗閃緑岩が多い。約1億年前～9千万年前、マグマが地下で冷えて固まったもの。領家帯はかつての火山帯の下部（地殻中～深部）が露出した地帯。

花崗岩類に包有される黒い岩石は、マグマの熱で再結晶したホルンフェルスなどの変成岩。

### 和泉層群

白亜紀後期、約8千万年前～7千万年前に海底で堆積した地層。主に、砂岩と泥岩の互層からなり、礫岩や凝灰岩を挟む。北縁部には泥岩が分布し、イノセラムスなどの二枚貝やアンモナイトの化石を含む。

領家帯の花崗岩類を覆って堆積した地層で、中央構造線に沿って細長く分布。横ずれ断層に伴う陥没地帯に、内帯側から供給された砂泥などが堆積してできたと考えられている。

### 中央構造線

延長千kmを超える断層で、西南日本を内帯と外帯に区分する境界線。断層面は北傾斜で地殻下部まで追跡される。

概ね1億年前に原形ができたと考えられ、左横ずれを示すマイロナイトが本州に分布。1,500万年前には衝上断層となり領家帯が上昇、その後、中央構造線に沿って火山岩が貫入。

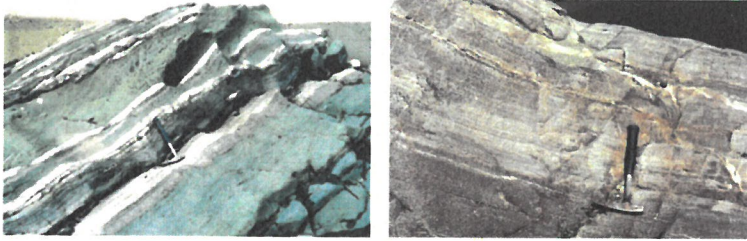
数百万年前から右横ずれが始まり、瀬戸内海が沈降、四国山地が隆起する。右横ずれは、フィリピン海プレートの沈み込む向きが、陸側と斜行するため。

岡村断層なども含めた中央構造線断層帯は現在も活断層。



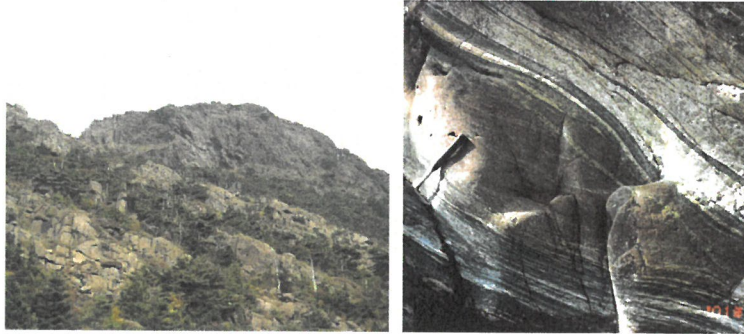
### 3 四国山地(三波川帯)の地質

#### (1) 結晶片岩

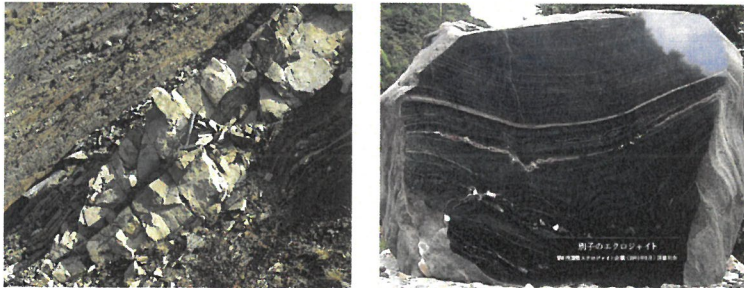


左：塩基性片岩と珪質片岩、右：泥質片岩と砂質片岩の互層

#### (2) かんらん岩体、緑れん石角閃岩体、エクロジャイト

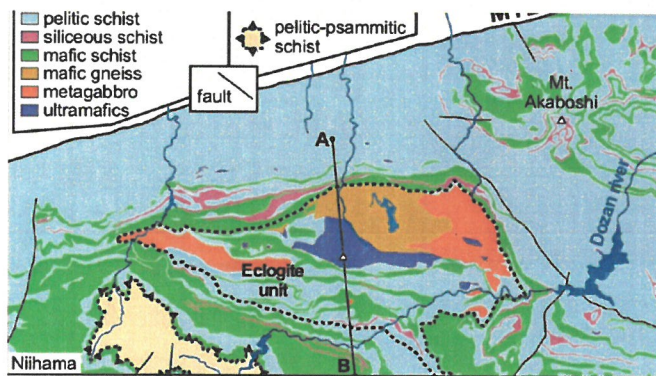


左：かんらん岩体（マントル起源）、右：緑れん石角閃岩



エクロジャイトの産状（左：かんらん岩中、右：結晶片岩中）

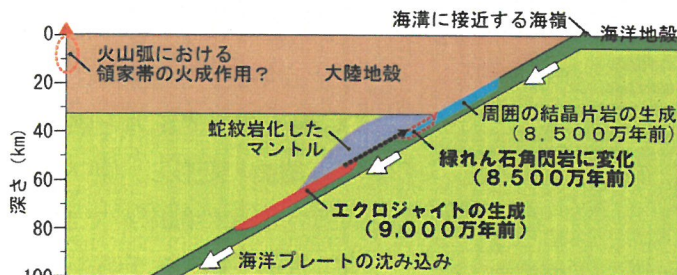
#### (3) エクロジャイトができる深さに達したと推定される範囲(中央の点線内)



新居浜地域の三波川帯の地質図

(青矢睦月・遠藤俊祐, 2017, 初期三波川変成作用の認識, 及び後期白亜紀三波川沈み込み帯の描像, 地質雑, 123, 87-88)

#### (4) 別子地域のエクロジャイトと結晶片岩ができた沈み込み帯の想像図



白亜紀後期の三波川沈み込み帯の概略的な断面図 (青矢睦月・遠藤俊祐 2017, 初期三波川変成作用の認識及び後期白亜紀三波川沈み込み帯の描像, 地質雑 123) を簡略化、海洋地殻、緑れん石角閃岩、生成年代、矢印を加筆

### 三波川帯

関東～九州まで続く白亜紀の高圧型変成帯(プレート沈み込み帯で形成された結晶片岩の分布域)。大部分は四十帯の高圧部(深部)に相当すると考えられている。新居浜周辺の結晶片岩は、主に9千万年前～8千万年前に形成。

#### 結晶片岩

細粒～中粒(結晶の粒子が肉眼で見える程度のサイズ)で、片理(板状に割れやすい面構造)が発達した変成岩。

#### かんらん岩

かんらん石からなる塊状の深成岩。地球内部のマントルを構成する岩石。東赤石山の岩体は地下100kmから上昇したもので、エクロジャイトを含む。

#### 緑れん石角閃岩

粗粒な角閃石などからなる片麻状の変成岩。斑れい岩～玄武岩質碎屑岩が変化したもの。五良津(関川上流)や東平に分布し、エクロジャイトを含む。

#### エクロジャイト

ざくろ石とオンファス輝石からなる変成岩。玄武岩組成の岩石が高い圧力で再結晶したもので、海洋地殻(海洋プレートの表層)が地下深く沈み込むとエクロジャイトに変化する。

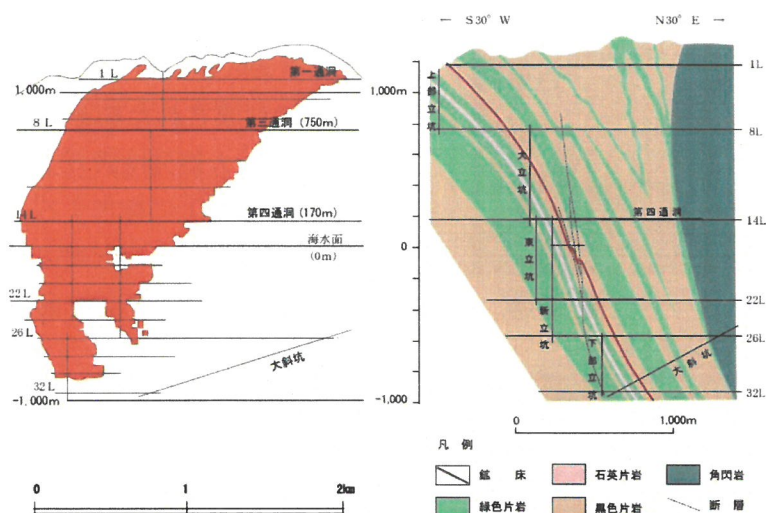
#### エクロジャイトの上昇過程

説1) 蛇紋岩の上昇流に取り込まれ、寸断された大小の岩塊(テクトニック・ブロック)として浮上した?

説2) 岩体周囲の結晶片岩まで含んだ巨大なシート状の岩体(エクロジャイト・ユニット)として一体的に浮上した?

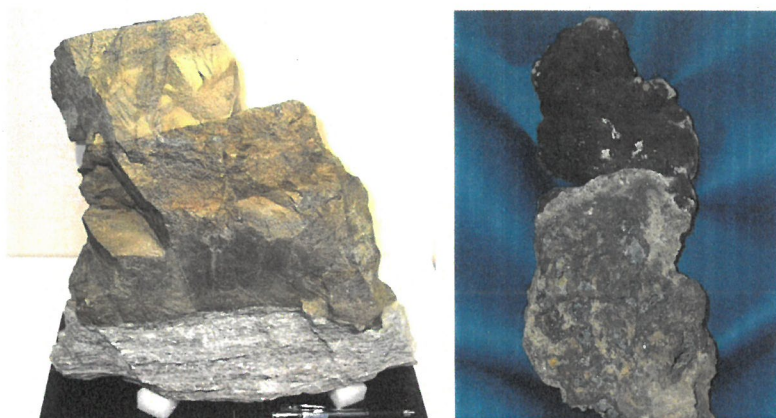


#### 4 別子鉱山の銅鉱床



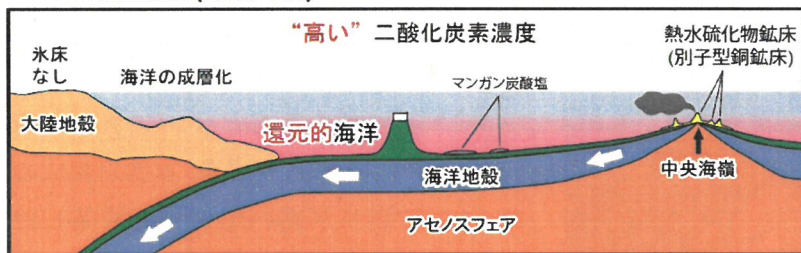
別子本山鉱床の坑内断面図と地質断面図(住友金属鉱山株式会社1981,別子-佐々達を中心としたキースラー鉱床と湯之舞金石英脈鉱床に対する調査の展開,日本鉱山地質学会30周年記念「日本の鉱床探査」第1巻219-293をもとに作成)

別子本山鉱床の坑内断面図(左)と地質断面図(右)

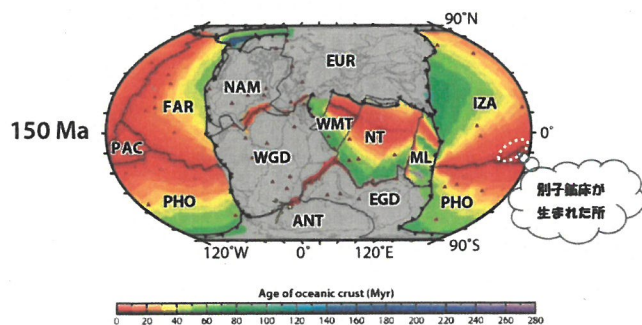


左：含銅硫化鉄鉱（別子銅山産）、右：硫化物チムニー（バヨネース海丘産）

#### ジュラ紀後期 (1.5億年前)



地質学的証拠から想定される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資料より引用



Muller et al. (2016) Annu. Rev. Earth Planet., 44, 107-138

別子鉱床群が誕生した頃（1億5千万年前）の海洋プレート復元図

#### 別子鉱床群

別子本山、筏津、余慶、積善の4鉱床。うち別子本山鉱床が産銅量の9割以上を占め、層厚2.5m×幅1km×長さ3kmの薄く伸びた板のような形状。

#### 別子型鉱床（キースラーガー）

変成帯や付加体に伴う含銅硫化鉄鉱からなる層状鉱床で、火山性塊状硫化物鉱床の一種。特徴：1）黄鉄鉱を主とし黄銅鉱を伴う硫化物鉱床である。

2）層状で地層と調和的に挟まる。3）塩基性片岩に伴われる。

#### 海底熱水鉱床

海底火山活動に伴って湧き上がる熱水から沈殿した鉱床。割れ目などから浸透した海水が、熱水となって地中の硫黄や金属を溶かし込み、その噴出孔に煙突状の硫化物（チムニー）が沈殿、集積して鉱床となる。

別子型鉱床は、中央海嶺など海洋地殻上に形成された海底熱水鉱床が起源とされる。

#### 別子鉱床群の生い立ち

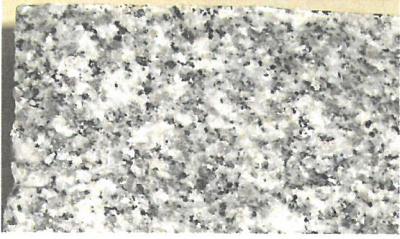
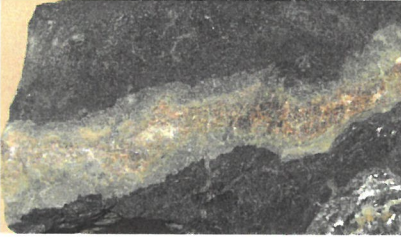
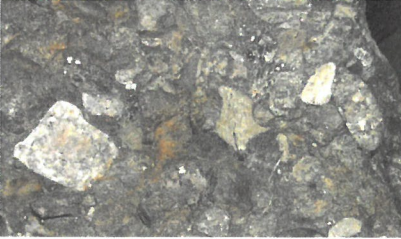


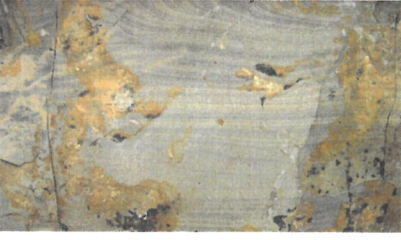


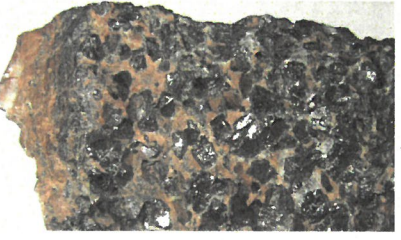
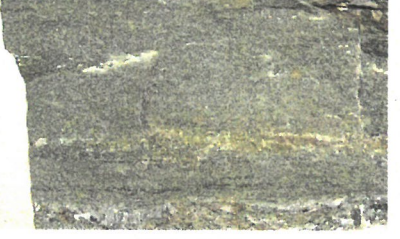
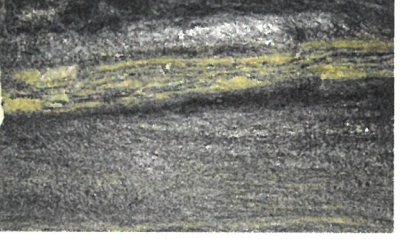
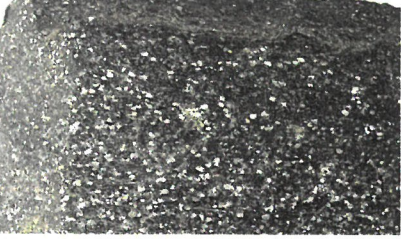
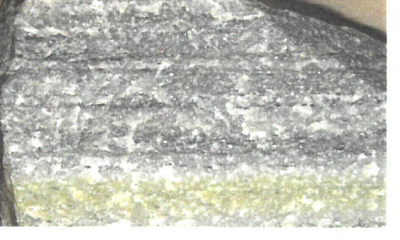

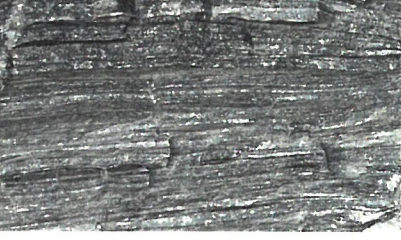
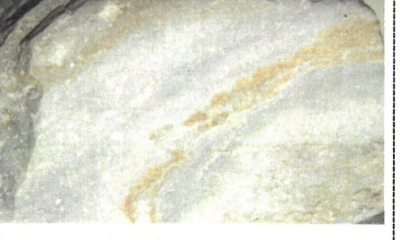
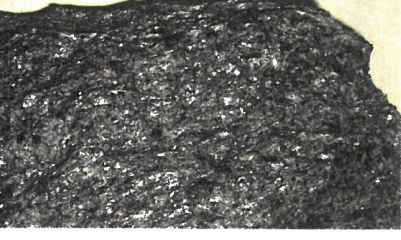
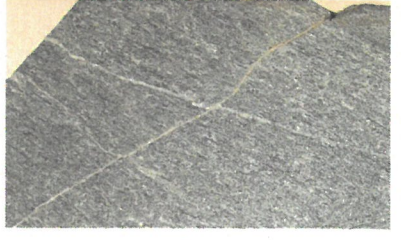
1）ジュラ紀後期、約1億5千万年前、赤道付近の中央海嶺で海底熱水鉱床として生成。当時の深海は無酸素状態であったため、硫化物が分解されず保存され、大規模鉱床となった。

2）遠洋性の堆積物に覆われながら、5千万年以上かけて海洋プレートとともに北上。

3）白亜紀後期、約1億年前～8千万年前、大陸縁部に沈み込み、地下深部で圧力と熱を受けて再結晶・変形し、伸びた板のような形状の鉱床ができる。

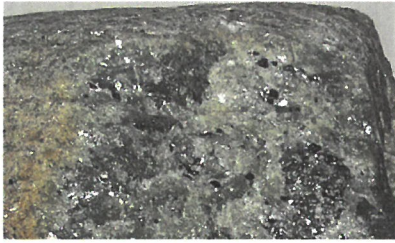
4）古第三紀、5千万年前までには地表付近まで上昇。



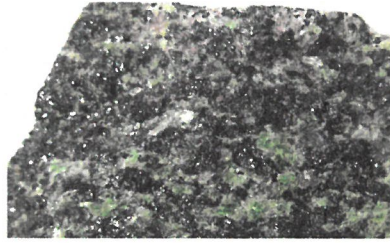
<p>領家花崗岩類</p>  <p>花崗閃緑岩</p>	<p>領家変成岩類</p>  <p>塩基性ホルンフェルス～角閃岩</p>	<p>和泉層群（堆積岩類）</p>  <p>礫岩</p>
 <p>砂岩</p>	 <p>頁岩</p>	 <p>凝灰岩（珪長質凝灰岩）</p>
<p>三波川結晶片岩類：別子型鉱床に伴う岩石（左：含銅硫化鉄鉱、中～右：鉄マンガン珪質岩）</p>		
 <p>含銅硫化鉄鉱</p>	 <p>赤鉄鉱石英片岩</p>	 <p>磁鉄鉱ざくろ石片岩</p>
<p>塩基性片岩（苦鉄質片岩）〔玄武岩～玄武岩質碎屑岩起源〕</p>		
 <p>緑色片岩</p>	 <p>青色片岩</p>	 <p>緑れん石角閃石片岩（点紋角閃石片岩）</p>
<p>珪質片岩〔チャート起源〕</p>		
 <p>白雲母石英片岩</p>	 <p>紅れん石石英片岩（紅れん石片岩）</p>	 <p>スチルプノメレン石英片岩</p>
<p>石灰質片岩〔石灰岩起源〕</p>		
 <p>大理石</p>	 <p>泥質片岩（黒色片岩）</p>	 <p>砂質片岩</p>



超塩基性岩体（かんらん岩体及び蛇紋岩体）に伴う岩石



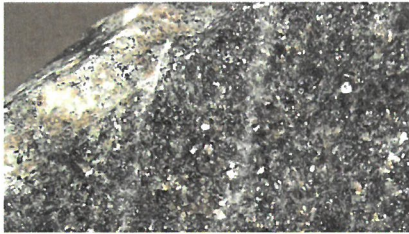
かんらん岩(ダナイト)



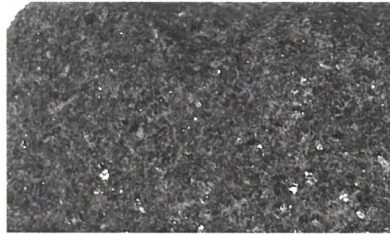
クロミタイト(クロム鉄鉱岩)



ざくろ石単斜輝岩(エクロジャイト)



輝岩(ウェブステライト)

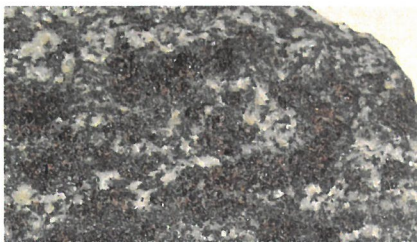


輝岩(単斜輝岩)

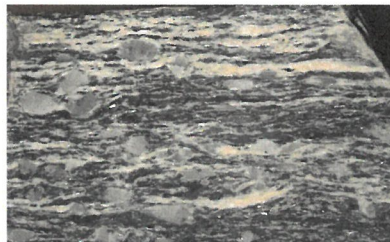


蛇紋岩

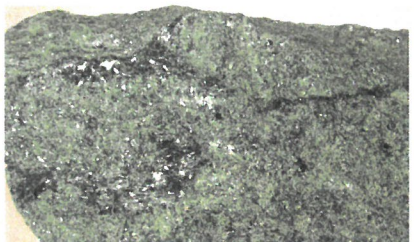
緑れん石角閃岩体に伴う岩石：[ 斑れい岩起源 ]



ざくろ石緑れん石角閃岩

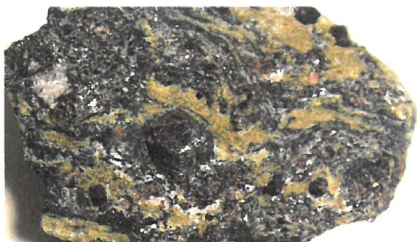


緑れん石角閃岩

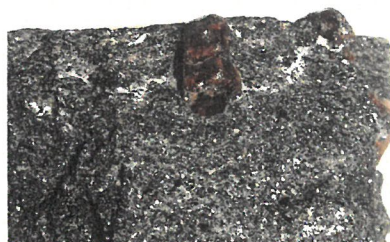


単斜輝石角閃岩

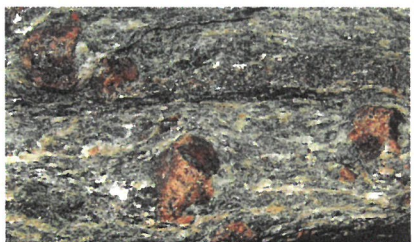
[ 左：玄武岩起源、中：玄武岩質砕屑岩起源、右：斑れい岩～玄武岩質砕屑岩起源 ]



ざくろ石緑れん石角閃岩



ざくろ石白色雲母角閃岩



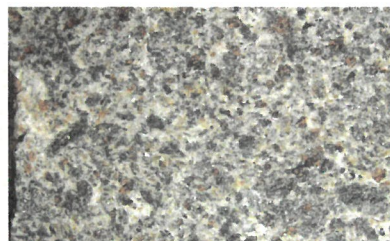
エクロジャイト

[ 石灰岩起源 ]



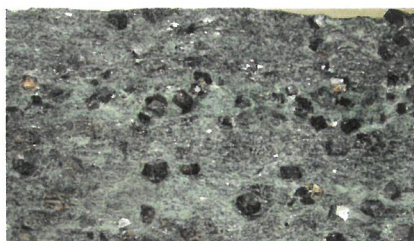
大理石

石英エクロジャイト岩体[砂泥質岩起源]



エクロジャイト質白色雲母石英片岩

エクロジャイト質塩基性片岩(玄武岩～玄武岩質砕屑岩起源)

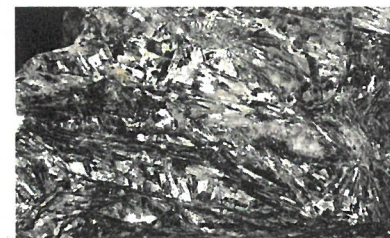


片状エクロジャイト

滑石鉱床（蛇紋岩と結晶片岩の反応帯）に伴う岩石

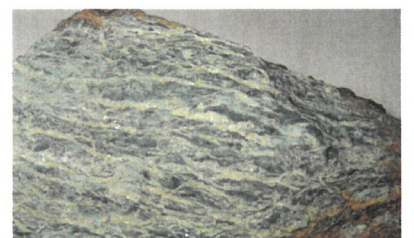


滑石片岩



アクチノ閃石岩

蛇紋岩の変質帯（炭酸塩化）に伴う岩石



リストベナイト