

「きん」のはなし

⑤

高島 清

最近のニュースで 北海道の千歳鉱山で1トン中の含金量が40kgもある鉱石を発見したという報道があったがこのような話題になりやすいのは 金が地殻中にごくわずかしか含まれておらず また 鉱石であっても1トン中の含金量が 10~20gもあれば十分稼行されるほどで このように多量の含金を示すことが 非常に珍しいためである。

金は 天然には元素鉱物としてみとめられる 銀 銅 鉛 水銀 白金などと同様に その出現の珍しい鉱物で 酸化物や硫化物として産出することはない。しかし 天然に産する自然金には 銀 銅 ビスマス テルル 水銀などをごく微量に あるいはこれらと化合した特長的な鉱物としてできている。

たとえば 天然の自然金中に銀が含まれてくると 白味がかかってきて その量が多くなるほど 黄色色がうすれてくる。そして その性質も自然銀に近くなってくる。また 銅を含むものはその量が増えるにつれて赤黄色が増し これもその性質が自然銅に似てくる。その他 ビスマス テルル 水銀など含まれる元素の性質により いろいろ変わった現われ方を示すが普通である。

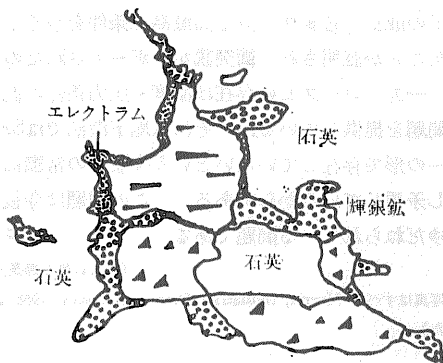
日本の鴻ノ舞や串木野 佐渡のような浅熱水性金銀鉱床にともなわれるものは 一般に銀を含む自然金で その鉱床の状態により その自然金の色調 性質などが若干異なっている。これがエレクトラムである。もともと エレクトラムの定義は Pliny が 自然金中に20%以上の銀を含むものを指したのがはじめてであるが Au と Ag は固溶体をなし その成分的な変化は 一定では

ないので 厳密な分類はできず 現在では比較的 Ag を多く含む自然金をエレクトラムとして 呼んでいることが多いのである。

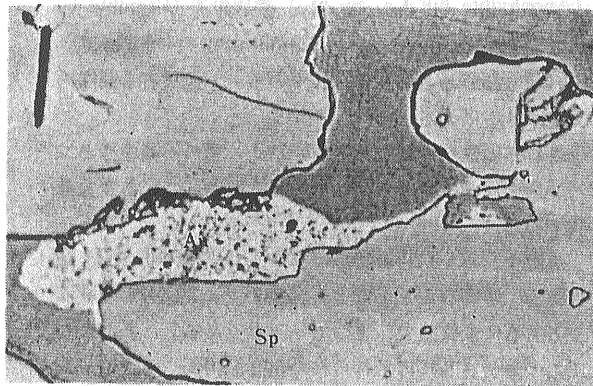
デーナ (Dana's) の文献として 引用されている自然金の分析では ボルネオ産の自然金には 金 90.99% に対して 銀 3.53% 銅 5.32% 鉄 0.07%といろいろな成分を含み ソ連のウラル地方産の自然金には 金 74.33% 銀 4.49% 銅 20.39%のものがあり また 西アフリカ産の自然金中には 銀 20.92% 銅 4.27% 錫 0.28% 鉛 0.20% 亜鉛 0.77%と種々さまざまであり これらの含有する元素の種類と量により いろいろの変化した性質をもっている。エレクトラムとして外国の例についても 米国の Comestock 鉱床で産した鉱石中のように 金 63.6%に対して 銀 36.4%と多量に含まれていることもよく知られている。

次に パラジウムやロジウムとの自然合金も それぞれブラジルの Minas Geraces 州の鉱床から古銅色 銅赤色のパラジウム金 メキシコの造幣所で精金したところ 多量のロジウムが金と共に含まれていたところから 天然のロジウム金が存在すると推定されたような例もみられる。

自然金にビスマスの含まれることは よく知られており Maldonite $Au_2 Bi$ として 天然に産出する。興味のある例では オーストラリアのビクトリア州の Naggetty 鉱脈の露頭部で 黒金 Black gold と呼ばれた 金 65% ビスマス 35%の天然化合物が発見されている。ちょうど 鉱脈露頭部に細粒斑点状に硬度 1.5~2 展性をもつ金として発見されているもので 新鮮な



方鉛鉱が後期晶出の輝銀鉱エレクトラムにより交代されている例 米国エクステンション鉱山産鉱石 (Bastin による)



閃亜鉛鉱中のエレクトラムの一例 Au: エレクトラム Sp: 閃亜鉛鉱 (H. F. Wetzlar による)

面は帯紅銀白色で美しい輝きがみられるが これを空气中に長く放置しておくで 暗赤色から最後には黒く変わるのが特長である。金の天然化合物で エレクトラムに次いでよく知られているのが テルル金である。

テルル金の発見は 1782年 H. Klaproth によって発見されたもので テルル化金銀鉱の中で主要な次の3種類が知られている。

Calaverite	$AuTe_2$	単斜晶系
Krennerite	Au_8Te_{16}	斜方晶系
Sylvanite	$(Au,Ag)Te_2$	単斜晶系

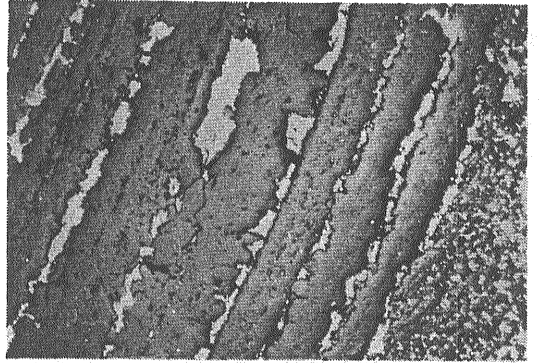
の各種である。

Calaverite は米国のカリフォルニア州の Calaveas 郡 Stanislan 鉱山から発見されて 名付けられたものでコロラド州の Cripple Creek 鉱床 オーストラリアの Kalgoolie など発見され 日本でも 伊豆半島の蓮台寺鉱山檜沢錫や須崎鉱山などで発見されている。

この Calaverite は普通 淡黄白色で 条痕は黄色で 硬度2.5 比重は9~9.3を示している。

Krennerite は 米国トランシルバニアの Nagiag 地方で M. H. Klaproth により発見されたものであり Calaverite とは結晶系を異にし おおむね柱状結晶で 柱に直角に劈開が発達することから 単斜晶系に属する他のテルル金銀鉱と区別される。

Sylvanite は多量の銀を含むテルル化金銀鉱で 薄板状の結晶を示し 柱状結晶であっても劈開がその延長方向に平行であるところから Krennerite と区別される。この鉱物は一名 Or graphique と呼ばれるようにシダの葉あるいは ヘブライ文字状の外形を示すことが多い。これは 底面(101)を双晶面とする双晶の繰り返しによるため きわめて特長的である。この鉱物はトランシルバニア地方やアメリカの Crepple Creek, Black Hill などで産するが 日本でも 渡辺万次郎博士等の研究で



テルル金銀鉱のリズミカルな異状構造 (伊豆半島須崎鉱山)

須崎鉱山などの金銀山で発見されている。また これらのテルル金銀を産する鉱床では 銀とテルルとの化合物の共生も普通にみられ Ag_2Te (Hessite) $3Ag_2TeAu_2Te$ (Petzite) $Pb_{50}Au_{10}(TeSb)_{40}S_{50-80}$ (Nagyagite) のような鉱物も発見されている。

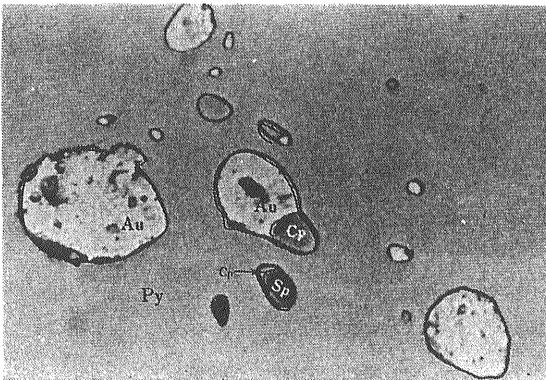
テルル化金銀鉱間の相互の関係を示すと 次のようになることが知られている。

化学式	金を主とするもの	金銀を主とするもの	銀を主とするもの
RTe	Calaverite Krennerite	Sylvanite	—
RTe	—	Muthmannite	Empresite
R_2Te	—	Petzite	Hessite
R_4Te	—	—	Stützite

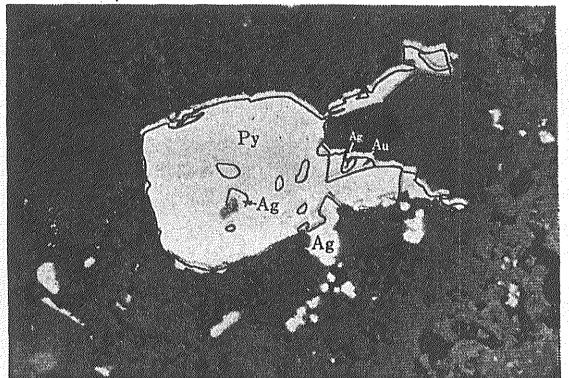
(渡辺万次郎博士による)

以上のようなテルル化金銀鉱には Rickardite, Weissite のようなテルル化銅鉱 Altaite のようなテルル化鉛鉱 その他 錫 亜鉛 砒素 アンチモン 蒼鉛などの化合物をつくって共生することもある。

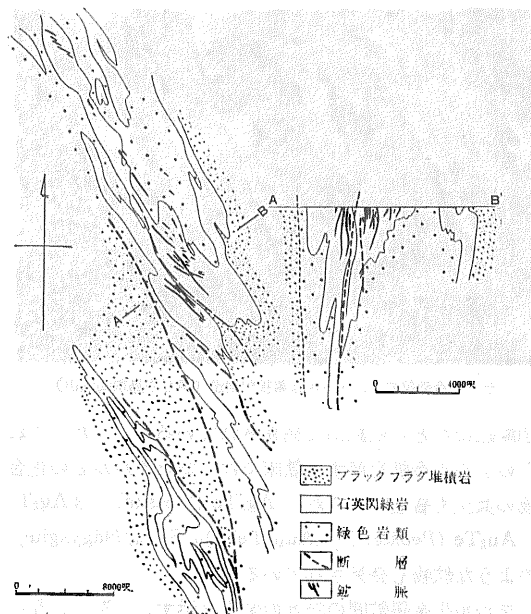
水銀とテルルとの化合物では コロラド州で産したことから名付けられた Coloradoite なども まれに知られており オーストラリアの Coolgardie 金山地帯では



黄鉄鉱中に含まれているエレクトラムの一例 Py:黄鉄鉱 Cp:黄銅鉱 Sp:閃亜鉛鉱 Au:エレクトラム (H. F. Wetzlar による)



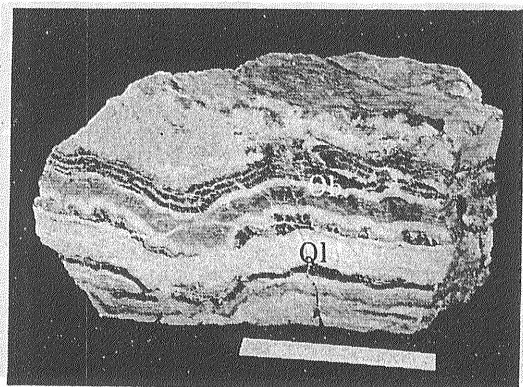
黄鉄鉱中に含まれる輝銀鉱 Py:黄鉄鉱 Ag:輝銀鉱 Au:自然金



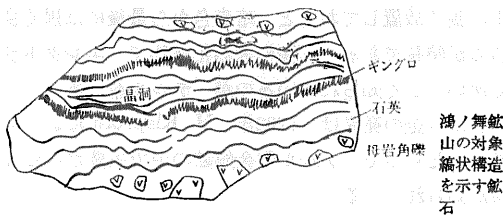
西オーストラリアのカルグールリー鉱床

Calaverite と共生して産している。また セレンと銀銅 水銀 鉛 ビスマスなどの化合物も有名で それぞれ Ag_2Se (naumannite) Cu_2Se (berzelianite) $HgSe$ (tiemannite) $PbSe$ (clausenthalite) Bi_2Se_3 (guanajuatite) $(Cu, Ag)_2Se$ (eucairite) なども発見され アメリカやマトラ プンクレン州の金山などで 金鉱石の中に共生してくる。この他 普通にみられる黄銅鉱 四面銅鉱 閃亜鉛鉱 方鉛鉱 辰砂 輝安鉱 黄鉄鉱 硫砒鉄鉱なども 輝銀鉱 濃紅銀鉱 淡紅銀鉱 脆銀鉱 ポリバス鉱などの硫塩鉱物と共に 金鉱石の中に共生してくるのが一般的である。

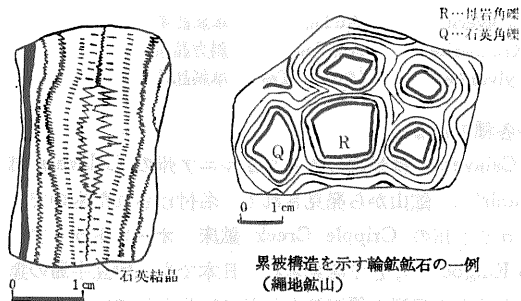
これらの鉱物は 金鉱中では 珪酸 珪酸塩 炭酸塩 硫酸塩鉱物などの脈石中に いろいろの内部構造を示して共生しているのが普通である。いまここで 金鉱石の内部構造についてのべてみたい。



兵庫県生野鉱山の累被状縞状構造を後期の石英脈が切っている
Ob: 縞状鉱 O1: 後期石英脈



鴻ノ舞鉱山の対象縞状構造を示す鉱石



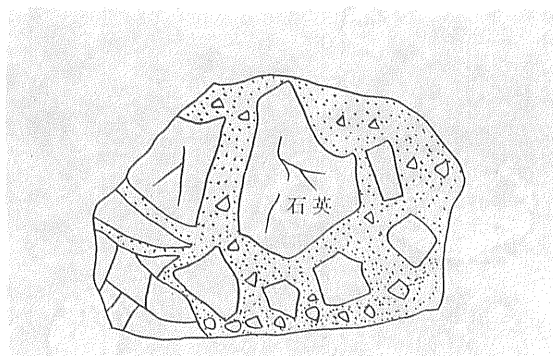
累被構造を示す輪鉱石の一例 (縞地鉱山)

晶洞をもつ縞状構造の一例 (鴻ノ舞鉱山)

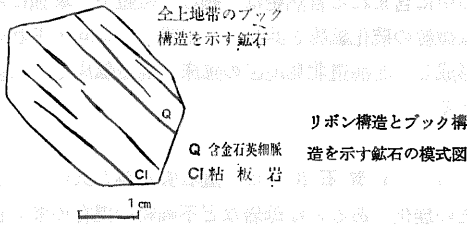
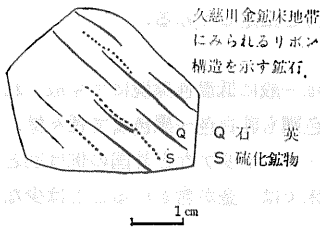
最も多くみられるのが 縞状構造である。この現象は 金を含むアルカリ珪酸溶液が割れ目をみだし 両側から硫酸塩類や酸類が拡散すると この中に Rhythmic Precipitation がおこり その結果縞状の構造ができると考えられている。

このような縞は また 鉱床 鉱脈の生成環境の相異により種々の様相を呈し 累被構造 拡散 ブック構造 リボン構造 交代作用などのちがいにより それぞれ異なった 縞を構成している。

累被状構造を示す鉱脈では 割れ目の両側や破碎された岩石の破片の周囲から 鉱脈の生成がはじまり その沈澱の過程での 鉱液の成分の変化や環境 条件の変化により このような構造が形成されており コロイド状珪酸のように 非常に細かい珪酸や蛋白石より形成され



鴻ノ舞鉱山の角礫構造を示す鉱石



カナダのポーキュバイン鉱床の複雑な撓曲構造の一例

により鉱物が分離する際に形成される いろいろの構造も顕微鏡的によくしられている。

金鉱脈でとくに興味のあるのは 仮像構造である。

これは 金をともなう鉱脈の脈石に起因するもので 方解石 重晶石など化学的に溶脱しやすい鉱物が溶け去った後 その結晶形を残したもので 二次的に石英などで充填してつくるもので 土肥金山や高玉鉱山などでよく知られている。

山ヶ野鉱山などで知られている“カキガラ”構造は方解石が離脱したために空隙が多くなり さらにこの方解石中に含まれた Mn が二酸化マンガ ンマンガ ン土として空隙中に沈澱し 黒く汚染されたガサガサの鉱脈となっているもので これらのマンガ ン土中に自然金の混在することも多い。また このカキガラ構造は溶脱した葉片状方解石の間隙を石英により充たされ さらにその一部が溶脱して 氷長石を沈澱したような例も 高玉鉱山などの鉱床で知られている。

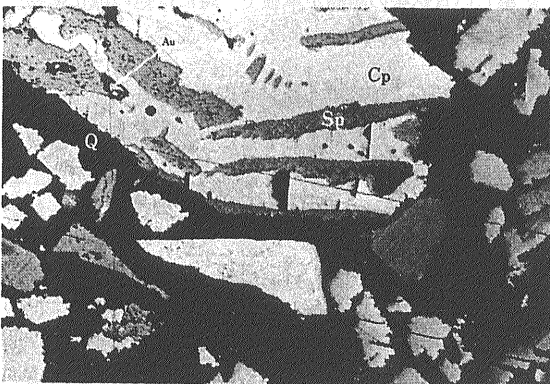
金をともなう脈石として 最も普通でかつ よく知られているものは石英である。 元来 石英は鉱物学的には α-石英 β-石英の 2 種類があり その生成温度の

る 球状 魚卵状 ぶどう状などの表面をもつものも 高玉鉱山の鉱石や北海道などの金鉱石中からみられている。 また 櫛歯構造や晶洞 さらに鉱脈の両盤からその中心に向かって対称的に縞を形成したり 岩石の角礫を中心として 同心円の層状を示す輪鉱など 第三紀の金銀鉱脈にはごく普通にみとめられている。

リボン構造のように 二次的な圧力のため 縞状構造を呈するものや 粘板岩などの剝離面に沿い多数の薄い金鉱脈が生成されるブック構造なども 古い時代の金鉱脈の多いアメリカなどでよく知られている。

このように いったん形成された鉱脈が 二次的な圧力により圧碎されたり変形されたりする例は カナダなどのように古い時代の金鉱床の分布する地域に多く 撓曲構造や圧碎構造などによりきわめて複雑な形態をしている ポーキュバイン鉱床などの例が知られている。

その他 金鉱脈に随伴する随伴鉱物中には格子状構造 文象状構造 共晶構造など高温の固溶体から 温度低下



破碎構造 既品出鉱石が破碎され後期の石英にて埋められたもの 蓮台寺鉱山 Cp:黄銅鉱 Au:自然金 Sp:閃亜鉛鉱 Q:石英



アルゼンチン ラ・リオハ州ファマティナ鉱山の鉱石中に認められる金鉱石中の自然銀のスケルトン構造 Ag:自然銀 Sp:閃亜鉛鉱(H.F. Wetzelar による)

転移点は 573°Cとされている。普通 日本でみられる浅熱水性鉱脈の石英は いずれも573°C以下の α -石英に属する。

いろいろの金鉱脈をみると また その石英にはいろいろの違があることが知られている。

たとえば 色彩からいえば 赤 青 黒 黄 褐 白 など種々さまざまであり また 光沢のあるもの ないもの 透明なものなどその相違は大きい。これらの鉱脈の石英は 同一地域 あるいは同一鉱脈であっても上下 あるいは 中心部と両盤側などいろいろ相違がある。石英の中で最も低温の環境の下でできる蛋白石 玉髓などがある。これらは常に 水を含有する含水珪酸塩で前者は全く非晶質であり 後者の玉髓は石英に移りかわる中間のもので 顕微鏡下では平行あるいは繊維状の集合体からなっている。

温泉沈澱物などとして 岩石の表面を被覆してきている珪華なども これらと同様の含水珪酸塩の一種であり 珪酸溶液から石英が生成される過程の条件の相違によりいろいろの変化がみられる。

このように 蛋白石 玉髓 石英の結晶度などの相違により 逆に金鉱脈生成の条件を推定でき さらにすすんでその鉱山では どのような環境 条件の際に 最も多く 金が沈澱したかをしらべ 肉眼的に認められないような微粒の金が含まれている金鉱脈も 石英の性質から 追跡 探鉱することができる。また 金鉱床にもなう珪酸は微量のアルカリ・アルミナなど他の成分を含み 粘土鉱物として生成することも多い。

関白カオリンのように 金鉱脈周辺地帯にみられるカオリン鉱床は別としても 金鉱脈の周辺では母岩の変質の一つとして カオリンの生成がごく普通に認められている。これは CO_2 ガスを含んだ水によって長石類などからも容易にカオリンが生成されることが知られている。モンモリロナイトのような含水アルミナ珪酸塩であるところの粘土鉱物は 鉱脈中に石英と共に生成されることがある。鹿児島県郡ヶ野鉱山で“ビンツケ”と呼ばれている 青緑灰褐色の種々の色彩を示す粘土はこの一種と推定されるが これらは しばしば 多量の金を含み 探鉱指針となっている。

大口鉱山3号鍾上部でも 鉱脈に沿って白色 灰白色 粘土鉱物が認められ この中に 200~300 g/tの含金品位が認められたことがある。このように鉱脈に共生する粘土に含金の多いことも しばしば知られている。

金鉱脈を探查する上で 鉱脈中の脈石 とくに石英が非常に重要であることは言をまたない。今まで日本に

おいて珪酸質脈石をとまなう鉱脈で よく使用されていた呼称と金の含まれ方を推定してみる。

蛋白石質石英 は一般に低温性環境にて生成されたものであるが その色調も乳白色~黒色まで種々様々である。しかし オーストラリアなど外国の例は別として 日本における鉱床では 金が含まれることは少ない。

玉髓質石英 は日本の鉱床で 比較的良くみられ この中に含まれる自然金は 細粒~微粒で 単独にあるいは微粒の硫化鉱物と共生して出現し コロイド状の縞を形成し 北海道北見地区の鉱床 高玉鉱床などに多く産する。

チャート質石英 は 燧石質石英と共に 一般に母岩の珪化 あるいは母岩など不純物の混在の多い色調の変化の多いもので その性状から自然金を含むことがあっても 低品位である。細粒質石英の例のように チャート質石英すなわち 細粒珪化母岩を挟在するものについては 高品位の部分でも 5~6g/t 以上の含金品位を示すことはほとんどない。

ただし プレスハム状の角礫構造を示すものについて その白色角礫状部が 含金石英脈である場合には品位が高く 10g/t内外に達することも多い。

素焼質石英は 光沢の少ない素焼状外観を示す石英で 細粒質石英の集合よりなるが 含金品位は一般に低い。細粒質石英は日本ではごく普通に分布するもので 串木野 鴻ノ舞など 大鉱床の石英はこの種の石英を主とし 氷長石 方解石などを共生するものである。

粗粒質石英 は上述の細粒質のものと同様で 日本の鉱床には多く この両者が縞状を形成するものもごく普通にみられている。晶洞などを伴う石英脈ではその中に美しい自然金の結晶が単独で 時には他の硫化鉱物や自然銀などと共に認められることがある。

次に 石英と他の脈石鉱物との共生関係から その共生鉱物を主とした分類をしてみると 氷長石 方解石 沸石 緑泥石 その他カオリン セリサイトなど粘土鉱物 柘榴石 輝石 角閃石などを主とするスカルン鉱物など 多種多様であるが 普通 日本における浅熱水性金鉱脈で共生してみられるのは 前者の2~3種のものである。ごく一般的に 石英と共生しているものに氷長石がある。肉眼的に区別するには 石英がやや油脂感をもち その破面が方解石のそれとやや類似した菱面

体の破壊されているような感じでみられるが、硬度や化学的テストで それと異なる反応を示すようなときは氷長石と共生しているといつてよい。

一世紀前の山師は このようなものを鉱石にツヤがあるとか あるいは 生きているとか いろいろの表現をつかって説明しているが このようなものについてはやや当を得たものといえる。

氷長石は Königsberger や Chrovtsoff の実験で知られているように 200°~300°C 前後の生成物であるから 日本の主要金銀鉱脈のような浅熱水性鉱脈には多く かつ普通に伴われるが 逆に深成の古い型の鉱脈には伴われず この場合は曹長石のように 火成岩の構成鉱物に近いものが多くともなわれ アラスカ岩のような一種の火成岩に移り変わっていることもある。

方解石も金鉱脈にはごく普通にともなわれる脈石で 鉱脈中に多量の方解石を伴うものとして 鹿児島県の串木野鉱山 荒川鉱山 北海道の鴻ノ舞鉱山などが上げられる。また 方解石は Fe Mn などの成分の添加により 鉱床によっては 大森銀山の例のように菱鉄鉱としてあらわれるものや 道南の鉱床などのように 菱マンガン鉱を共生してくるものまであり 種々様々であるが 単純な方解石脈の多い鉱脈に比較して Fe Mn などの多いものについては 金のほかに 銅 鉛 亜鉛などの Base Metal を含んでいるのも特長的である。

重晶石 石膏などは黒鉱鉱床のような堆積成の鉱床に多くともなわれているが 自然金の含有される部分とは直接的な関係はない。

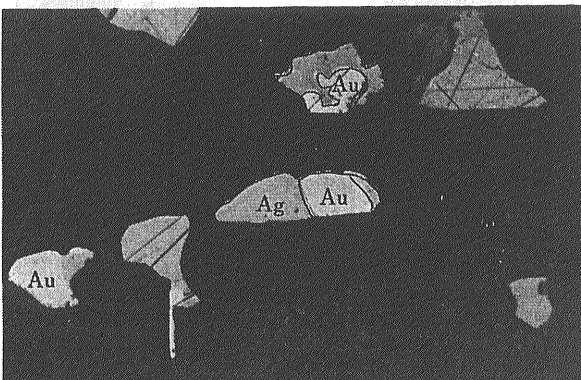
最近 産金対策などの鉱業政策が実施されるにおよんで 金に対する研究も多くなってきている。とくに 鉱石中に含有される微粒の金については 従来の光学顕微鏡ではその内部構造の鑑定までおぼなかつたが 最近のように 研究設備の近代化により E. P. M. A. や X線などが自由に駆使されるにおよんで 自然金粒の内

部の成分比なども出せるにおよんでいる。興味のある点では嶋崎 佐藤等の研究で示されたように 黒鉱中の金粒はその周辺部に Ag が高いというような特長が発表されている。

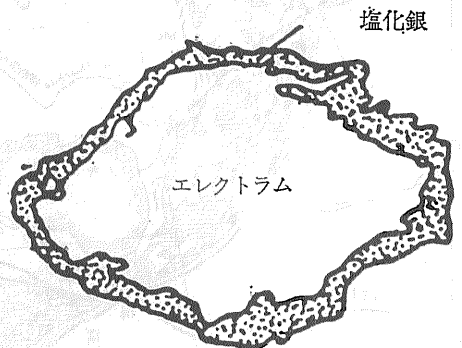
最後に金鉱床の富鉱部についてのべてみると 一般に富鉱部には金鉱床が形成されたときのものと 二次的に形成されたものがある。前者を初生的富鉱部といい 後者を二次的富鉱部というが 前者については鉱液の移動の過程によって 圧力 温度その他鉱液の性質の変化などによって 特殊な場所に濃集するものである。

一般にいわれる“落合直り”は 鉱脈の交差部に形成されるもので このような場合は、物理的な構造上の弱線に影響されたものであるが 化学的要因で富鉱部をつくることも多い。アメリカの Ophir 地方の金鉱脈では 角閃岩中の黄鉄鉱に富む部分を金鉱脈が貫ぬくとき その交合部で富鉱部をつくっているし オーストラリアビクトリア州の金鉱床にあるものは 粘板岩中の炭質物と黄鉄鉱とを伴う地層を切る鉱脈が その交合部において富鉱部を作っている。日本でも 九州地方の山ヶ野鉱山でみられるように 石英細脈が黄鉄鉱微脈を切る部分に 自然金が晶出していることを発見しているが これを鉱夫は“ヨコ”といつて 富鉱部を示す規準にしている。

二次的な富鉱部の最大のもは 酸化帯すなわち露頭部における“焼け”と残積富化などである。最近 ニッケル鉱床の発見されたオーストラリアの有名なカルグーリー金鉱床の一部では テルル金のテルルが溶出し 海綿金 (Sponge gold) が多く含まれ 高品位を示していたといわれている。このような 二次富鉱帯はまた流出されることが多く 河川によって運ばれ堆積が行なわれ その過程の中でいろいろの特長のある富鉱物をつくっている。これらの砂金鉱床については また後日報告することとしたい。(筆者は元所員 現金属鉱物探鉱促進事業団)



黒鉱中に認められる自然金 Au: 金 Ag: 銀 (佐藤技官提供)



塩化銀によりその周囲をコーティングされた酸化帯の金粒 (エレクトラム)