

# 「きん」のはなし

④

高島 清

きん は自然金として 海岸や河川 あるいは地表の砂・礫 などと混在して産出する砂金 あるいは岩石中に他の鉱物と共生して 鉱石として採掘され 製錬や精製を物理的 化学的方法をもって行ない 金としてとられるばあいがある。

現在のように 科学の進歩や知識のなかった時代には すべて 砂金として簡単に分離されるものが主として稼行されたが 近世に入って 科学の進歩とともに 岩石中の鉱石が採掘され これから金がとられるようになり さらに のちには 銅 鉛 亜鉛などの 他の鉱石中に含有される金も 回収される時代となってきた。

最近では 製錬技術の進歩と共に 他鉱種の鉱石中から回収される量も多くなり 日本のように 単純な金銀鉱脈からの産金が少なくなり 銅 鉛 亜鉛などの他鉱種の鉱石からの 産金が増加している例も世界的な傾向である。

さて きんを含む鉱床には どのようなものがあるか ということを考えてみると ほとんど すべての鉱床に金が含まれている といっても過言ではない。

鉱床には 単純な1種類の鉱物よりなる場合もあるが 普通は多種類の鉱物の集合で 複雑な鉱物組成をしている

る。そして 現在のような科学の進歩した時代では 選鉱・製錬技術も 高精度の回収を行なうことができ また複雑な鉱物組成をもつ鉱石であっても その鉱石の大部分の元素を回収できる時代になってきている。

このような時代では 現在 世界で稼行されている金属鉱床はすべて 含金鉱床といわざるを得ないが しかし 経済的に稼行され 回収されるとなると 自然 一定の規準が生じてくるのは当然であり 日本 の例から推定すると 金を主とする場合には 最低品位 6~7g/t 特殊な用途として指定された枠内の珪酸鉱では 3~4g/t さらに 副産物として含有されている金が 回収される場合には 0.1g/t以上など種々様々である。したがって このような現状から きんの鉱床を考察してみる。

鉱床は元来 その形や大きさは 成因によって種々様々であるが 鉱床の周囲の岩石との関係から 同生鉱床と後生鉱床とに大別されている。

## ① 同生 鉱床

母岩の生成時代と同時期に形成された鉱床であるが その母岩が火成岩の場合と 堆積岩の場合とでは その形態に相異がある。火成岩の生成時にできた鉱床はその母岩中に不規則な塊状 レンズ状など 母岩との境界の明瞭でない形でみられ 塩基性火成岩中に胚胎するクロム鉄鉱や 含チタン鉄鉱 磁鉄鉱などの例が多いが金が岩漿(マグマ)からの初生鉱物として晶出する例は非常にまれで ベックによって 初生鉱物とされた角閃石中に包裹されて 認められた金粒とか メキシコにおいて発見された 花崗岩中の石英 長石などに包裹される金粒などが知られているが いずれも稼行価値のあるものはない。

堆積岩ともなるものは 一般に層状またはレンズ状をなし 鉱層とよばれているものも多い。上下の地層とは ほぼ整合関係を示している。鉱床の形成当時 水平であったものが 後期の地殻変動で褶曲 あるいは断層により切られたり 変形を示すことが多い。最近 東北地方で 組織的探鉱が行なわれている黒鉱々床なども この代表的な例といえる。

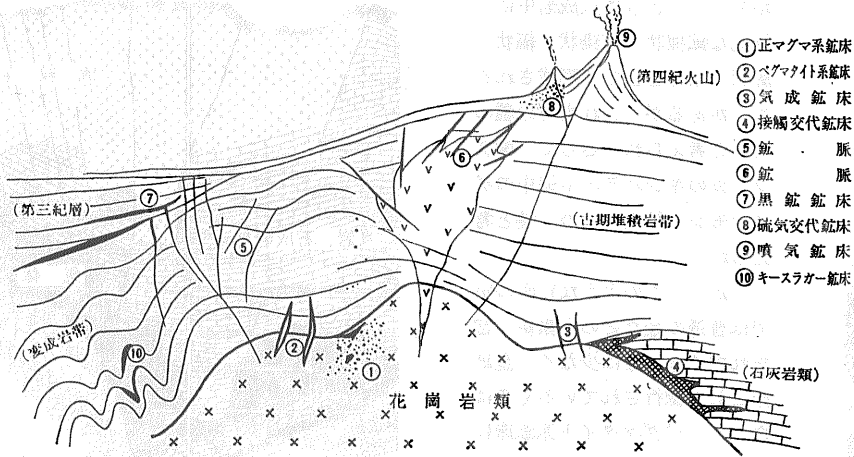
## ② 後生 鉱床

母岩の形成された後に二次的な要因により形成された

日本における鉱床のタイプ別含金品位

	代表的鉱床の例	含金品位*	主要対象鉱種
正マグマ系鉱床	幌蒲 赤石 (サッドベリー)	0.1 以下	鉄 ニッケル クロム
ペグマタイト系 鉱床	小馬木 大東	0.1 以下	タングステン モリブデン ベリル ウラン ト リウム
気成 鉱床		0.05~0.1	タングステン モリブデン 錫
接触交代鉱床	釜石 赤金 大 峯 八重 吉原 都 神岡 中 茂 電	0.1~1.3	鉄 硫化鉄 銅 鉛 亜 鉛 錫 タングステン モリブデン 金
鉱 脈	中瀬 生野	0.1~1.0	銅 鉛 亜鉛 アンチモ ン 水銀 ウラン 金 銀
鉱 脈	足尾 尾去沢 大江	0.2~1.6	金 銀 銅 鉛 亜鉛
黒 鉱 鉱 床	小坂 花岡	0.2~2.1	金 銀 銅 鉛 亜鉛 石膏 硫化鉄
硫黄交代鉱床	松尾	—	硫黄 硫化鉄 褐鉄鉱
噴 気 鉱 床		—	硫黄
キースラガー鉱 床	別子 佐々連 大久喜 日立 横峰 (河山 柵原)	0.1~0.6	銅 硫化鉄

\* 1965年の鉱山製錬所月報の生産統計による



鉱床でこれを細分すると 鉱脈型 鉱染型 交代型にわけられる。

一般的な形は鉱脈型で 日本における大部分の金銀鉱山はこの型に含まれる。規模の大きなものは 走向延長数km 傾斜延長で 1kmに達するものもあり 脈幅も普通は 1m内外であるが レンズ状 塊状の肥大部分を形成するものでは 脈幅 数m~30mにも達するものがある (たとえば 串木野鉱山のような場合には鉱脈の脈石として 方解石が共生することが特長的で 肥大部は60mにも達している)。また 鉱脈は群をなし その地域の裂かの形成機構に支配され 平行状 雁行状 網状などを示すことも多い。

岩石が粗鬆質 あるいは空洞の多い場合 また その造岩鉱物の一部を置換して 金 銀 銅 鉛 亜鉛などの有用鉱物が 散点的に無数に 生成されていることがある。この場合は 鉱染型に属し 鉱脈型から移行する場合も多い。そして 母岩を置換 交代して形成される交代型のものがある。

このような鉱床の分類法とは別に 鉱床をつくりだした源から 次のような分類が行なわれている。

- ① マグマの固結に関係のある鉱床 (マグマ系)
- ② マグマの固結に無関係の鉱床 (堆積系)
- ③ ①②の鉱床が変成して形成された鉱床 (変成系)

① マグマ系鉱床

地球の内部に存在するマグマは非常に高温 高圧の状態にあり いろいろの珪酸塩が互いに溶けあつてきている 複雑な組成をもつ溶融体で その中には  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $FeO$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $K_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $H_2O$ ,  $HF$ ,  $HCl$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $B_2O_3$ , ハロゲン化物のよ

うな揮発性物質まで含まれ さらにこれらの他に 少量の重金属の酸化物や 硫化物などが含まれている。

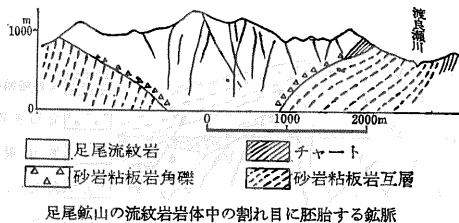
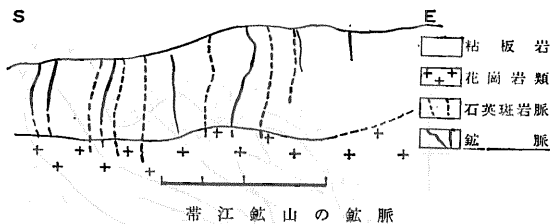
これらの成分を含むマグマは固結冷却の過程でいろいろの分化が行なわれ その範囲も千数 $100^{\circ}C$  から $100^{\circ}C$ 以下まで 地下 16km の深所から地表までの圧力変化に応じて 種々様々の鉱床を形成している。

普通の状態では マグマの冷却固結していく過程は 重力の場で行なわれるから 晶出結晶の比重の小さなものは マグマの溜りの上部にうかび その大きなものは 下底に沈むことは当然で これらの晶出の過程で 残液がしぼり出されたり マグマの周辺の岩石を取りこんで 同化したりして 多種多様の火成岩を形成するとともに マグマの残液が 進化するとともに 種々様々の金属鉱物など 有用鉱物が晶出し これらが 岩石の割目 空隙 多孔質の岩石など 入りやすい場所に選択的に集合して 鉱床を形成する。このようなマグマから ひきだされた鉱床がマグマ系鉱床で 普通の金鉱床はすべてこの中に含まれる。

マグマ系鉱床はまた その生成の過程から 正マグマ系鉱床 ペグマタイト系鉱床 気成鉱床 接触交代鉱床 熱水鉱床 火山性噴気鉱床 などに細分される。

正マグマ系鉱床は マグマが固結する過程で 早期の火成岩が形成される時期のものを指し これらの火成岩にともなって生成される鉱床で カナダの世界最大のニッケル供給源として有名なノーライト岩体中のサッドベリー鉱床なども マグマ中のニッケル 銅 鉄などの比重の大きい元素が 硫化物溶融体として マグマの下底に沈降濃集して生成したものと考えられており 日本でも 北海道の幌満鉱床などもこれに類似している。さらに 磁鉄鉱 含チタン鉄鉱 クロム鉄鉱 など中国





する特徴的な鉱物が生成される。

この場合 W Mo Au Cu Zn Pb Feなどの金属元素を主とする鉱物を生成することも普通で、北上山地の六黒見、赤金などの鉱床、さらに、秩父鉱山の例に知られるように、これらのスカルン鉱床にともなって金が含まれていることは衆知のことである。

六黒見鉱山の例では、花崗閃緑岩と石灰岩との境界部に形成されたスカルン帯中の磁鉄鉱濃集部に 80g/tにも達する含金量があり、明治から大正年代にかけて採掘されたことがあり、その周辺のスカルン帯中にも数 g/t ~ 10g/t の含金量を認めるところがあるといわれている。この隣接の日本最大の接触交代型磁鉄鉱床である釜石鉱山では、黄銅鉱の共生の多い緑簾石、柘榴石スカルン中に含金量があり、この浮選精鉱中に数 g/t の金が含まれている。

また、福島県小倉鉱山の接触交代型の磁鉄鉱床には、磁鉄鉱中に 20g/t におよぶ含金量が認められたという事実もあり興味がある。このような型の鉱床で、金が多く含まれているのはメキシコ、北アメリカ、カナダおよび朝鮮などの鉱床である。

熱水鉱床は、金鉱床では最も重要な形式の鉱床の一つである。マグマは温度が低下し、水の臨界温度 (374°C) 以下になると、高温の熱水液となる。この熱水液の中には、少量の珪酸や金属の炭酸塩、硫酸塩、硫化物などが溶けこんでおり、周囲の岩石の割目や空隙に移動し、温度・圧力の低下にともない種々の鉱物、たとえば、石英、方解石、重晶石や黄鉄鉱、黄銅鉱などの金属硫化物や砒化鉱物を沈澱して、鉱脈を形成する。このような熱水溶液の注入にともない、周囲の岩石とくに石灰岩や苦灰岩が存在するときは、激しく交代作用が行なわれ、熱水性塊状交代鉱床を形成す

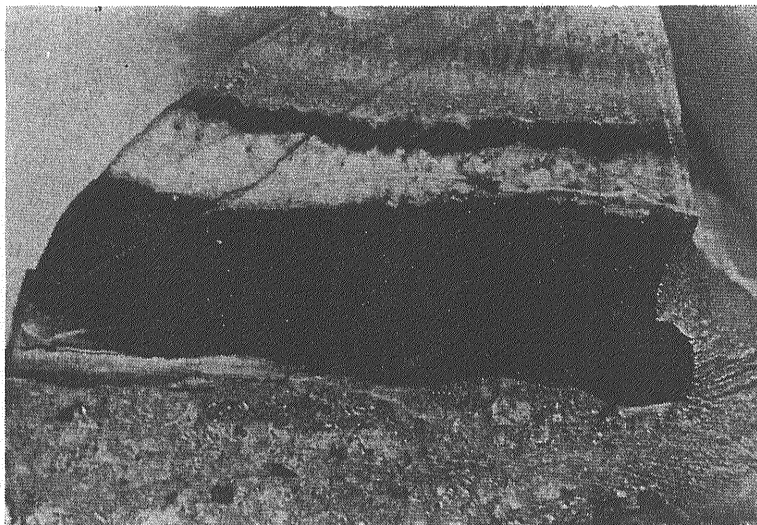
る。このような熱水鉱床は、含有されてくる金属元素の種類も多く、鉱床として重要で、金、銀をはじめとして、銅、鉛、亜鉛、アンチモン、水銀、ウランなどを含むものは、世界各地で発見され、採掘されている。

朝鮮式金鉱床として有名な雲山、大楡洞など、朝鮮の金鉱床、北アメリカのマザーロード、グラスバリーの金鉱床、アラスカ、カナダの金鉱床などもよく知られ、日本では大谷鉱山や大萱生鉱山の金鉱脈が有名である。

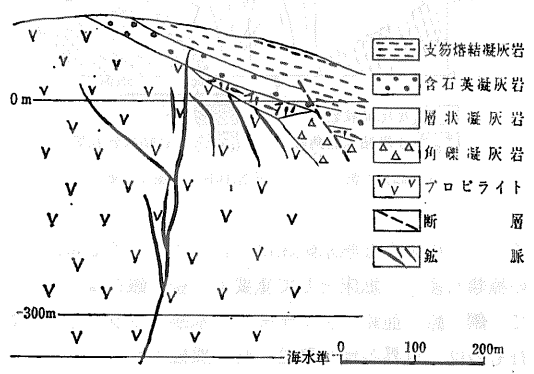
熱水鉱床には、マグマが地殻浅所、せいぜい地表下 5 ~ 600m 以下で、固結する場合に形成される鉱床として、浅熱水鉱床として、特別にあつまっているものがある。

このような場合、マグマは比較的急激に固結するために、半深成岩あるいは火山岩型の岩石がつくられるが、このような状態のもとでは、一般に温度、圧力が急激に変化するので、残液の成分変化も著しい。したがって、晶出、生成される鉱石も、テレスコープ型のものが、発見されることも多い。このような鉱床では、角礫状構造、晶洞もよく発見される。

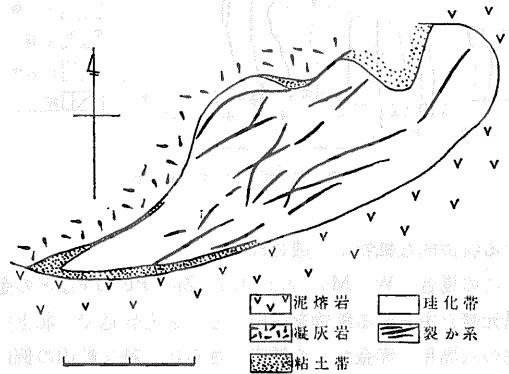
日本においては北海道から東北地方、伊豆半島、九州にわたって分布する、鴻ノ舞、高玉、清越、串木野、鯛生などの金鉱脈はいずれもこの型のものであり、北アメリカのクリップルクリーク、コムストックロードなども



鴻の舞鉱山のギンゴロ



千歳鉱山大黒鍾 (NS断面)



赤石鉱山珪化帯中の金鉍床

同様である。

特殊な例としては 東北地方や山陰地方にみられる黒鉄々床は 浅熱水海底堆積型鉍床と考えられるもので 海底火山活動による放出金属成分により生成される。

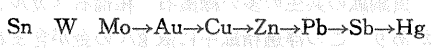
このような特殊な環境の下で形成されたために 含有される金も やや鉍脈型のものとは異なった産状を示している。日本の第三紀の火山活動に関連して生成された鉍床にはこのようなものが多く 多金属元素鉍物よりなる鉍床が その胚胎の場所の状況如何により 鉍脈塊状 レンズ状などの形態 さらに 鉍染状 交代型の鉍床として形成されている。

熱水性鉍床の中で 最も浅所 火山性噴気鉍床に関連する鉍床中にもまれに 金がともなわれることがある。

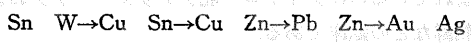
日本における 南九州の春日 赤石鉍床の例を考えてみると これらの鉍床には鉍染 交代状に少量の自然硫黄をともっており また自然金は 褐鉄鉍混り土状の温泉沈澱物にも濃集しており 興味がある。

結論的に考えてみると このような鉍床は 金属鉍床の源であるマグマの成分 位置的関係などから 種々の形の鉍床をつくっており マグマの中心と考えられる火

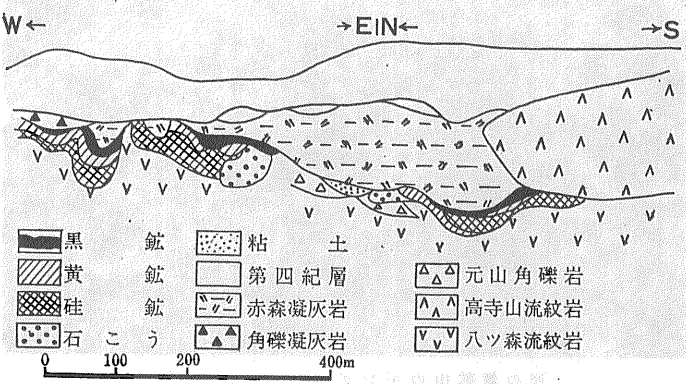
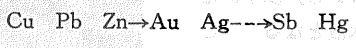
成岩 (古くは運鉍岩とよばれた) と周辺の岩石中に胚胎する鉍床の金属元素を 広域的に調べてみると いろいろの形の帯状分布を示していることが多い。たとえば模式的に一例を示すと 花崗岩のような深成岩から 火山岩に近い岩石に伴う鉍床の主元素の変化に類似する帯状分布が示される。



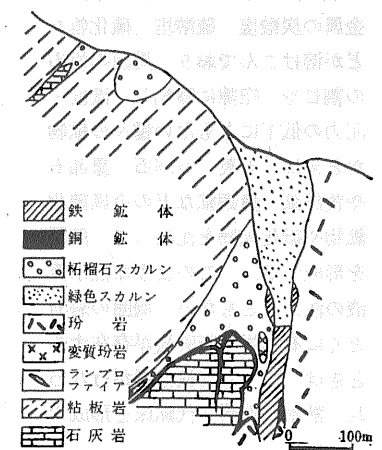
しかし 一つの鉍床地区で このような理想的な型の帯状分布を示すところはない。日本の例では 明延鉍山のように 鉍化作用の中心から外帯にわたって



という 変化を示しているが このような例は 日本でも 珍しく 普通は 日本でも



小坂鉱山内の袋鉍床 (鉍山原図)



釜石鉱山新山鉍床東西断面図 (鉍山原図)



のような 型の場合が多い。

従来 金鉱山として稼行されていたものが 下部に開発が進むにつれて 銅 鉛 亜鉛鉱山に移りかわって行ったという例は多く 鉱床の上下 あるいは周辺に対する帯状変化についての研究は数多い。

台湾の金瓜石鉱山の例をとってみても 上部から 下部に向かって Cu が多くなっているし また東北地方の尾去沢 荒川 畑などのように金山から 銅 鉛 亜鉛に移りかわった鉱床の数は多く知られている。

次に 堆積鉱床として 金鉱床は古くから知られている。堆積鉱床は マグマには関係がなく 風雨 地表水 地下水などの力で 既にできている岩石が分解 とう汰され 礫 砂 粘土となる際 この中に含まれている 金属鉱物が堆積して 形成される鉱床で 金が粒状となり 河床の一部に濃集し砂金層を形成するものであり 金を含む鉱床地帯に多く知られている。

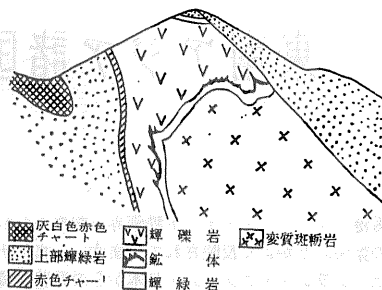
とくに 金は白金 ダイヤモンドなどと同様に 地表で岩石の風化分解の中にあっても安定であるところから砂鉱床をつくることが多く 古い時代の砂金から 現在の河川砂礫や 海岸砂礫中に含まれる砂鉄まで その分布の範囲は広い。

九州や東北 北海道などの砂鉄産地で 近くに 金銀鉱床があるような場合には 砂鉄中に砂金が発見されることも多い。

以上のような鉱床の他に 一度生成された鉱床が地殻深部に押込まれて 再度高温のマグマに熱せられたりして 鉱物組成の変化や組織構造を変えて 変成鉱床をつくることがある。この様な場合 金は他の鉱物に比較して安定度が高いため 初生の鉱床を形成する鉱床中に金が含まれている場合には 変成されてできた鉱床の中にも 金が含まれている。

日本の例では 別子 佐々連などのような 結晶片岩帯中の含銅硫化鉄鉱床に微量ではあるが 0.2~1g/t内外の含金が認められる。種々の成因論から 結晶片岩中のこのような含銅硫化鉄鉱は 古期の黒鉄鉱床が変成されたものであるという考え方もあるが 黒鉄々床と含銅硫化鉄鉱床の鉱床構成元素の類似点も多く したがって黒鉄と同様に若干の含金が考えられることは当然である。興味のある事実としては このような含銅硫化鉄鉱床中 四国の大久喜や次郎鉱山のように 比較的銅品位が高く かつ塩基性岩石に関係づけられるようなものに 含金品位の高いものが多いことである。

金鉱床に対する地化学探査法で 水銀分散法が研究されている。



大久喜鉱山  
模式断面図  
(鉱山原図)

地質ニュース119号にのべたような探査理論は Au Hg などの元素は 同一の源から みちびきだされたという仮定にたった上での 元素の分散理論の応用である。

四国地方の キースラガー-鉱床中でのこのような 塩基性岩体に関連の深いものに 金の含有が多いということは Au Hg などの元素が Mg Ca K Na などの元素を含む 鉱液の環境下で 安定度が高いためとも考えられる。

以上にのべたような鉱床が 空気 水および熱などの二次的な作用で 分解 破砕され これらの中に含まれている金が 二次的に濃集したものが砂金鉱床である。

砂金鉱床は その形成される場所により 残溜型 斜面堆積型 洪積堆積型 沖積堆積型 海浜堆積型 水積型 風成型などに分類されている。

北海道の枝幸地方の砂金産地のように 海浜堆積型 沖積堆積型 (河川堆積物中の砂金) 斜面堆積型 さらに進んで残溜型 露頭というように探鉱された結果 発見された北見 石狩地方の金鉱床は有名である。

砂金鉱床では アラスカ カナダ シベリア オーストラリアなどが有名であるが しかし これらの砂金は生成時代が必ずしも現世のものとは限られていない。

砂金鉱床は その生成時代から 現世鉱床と古期鉱床とに普通分類されている。

アメリカでは カンブリア紀の含金砂礫層であるところの デコタ州のブラック・ヒル砂金層や第三紀含金砂礫層の胚胎するテーブル・マウンテンなどが有名である。

日本の例として 猪苗代湖東岸で渡辺万次郎博士によって研究された 第三紀層中の含金角礫層が知られている。(未了)

(筆者は元所員 現金属鉱物探鉱促進事業団)