

氏 名	むら まつ よう いち 村 松 容 一
授 与 学 位	工 学 博 士
学位授与年月日	昭和52年3月25日
学位授与の根拠法規	学位規則第5条第1項
研究科，専攻の名称	東北大学大学院工学研究科 (博士課程) 資源工学専攻
学位論文題目	高温交代鉱床の鉱化過程に関する研究
指 導 教 官	東北大学教授 南部 松夫
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 南部 松夫 東北大学教授 堀部 富男 東北大学教授 早川 典久 東北大学教授 下飯坂潤三

論 文 内 容 要 旨

第1章 緒 論

高温交代鉱床にはクロム・アンチモン・水銀を除く殆どすべての金属鉱物の鉱床が知られているが、なかでも多いのは鉄・銅・鉛・亜鉛・コバルト・タングステン・モリブデンなどの鉱床で、金属資源の立場から見て、極めて重要な地位を占めている。したがって、この型式の鉱床に関する研究は、世界を通じて、古くから活発に行われ、これまでに膨大な資料の蓄積がある。しかし、これらの大部分は鉱床の地質学的研究ないしその形態に関する記載に重点を置いた研究で、鉱床の生成過程に関する研究は甚だ少なく、今後の進展が期待されている現状である。

以上の観点から、本論文においては、本邦の代表的な高温交代銅鉄鉱床である赤金・八茎・釜石3鉱山の鉱床を研究対象として選び、鉱床生成過程の解明を行い、併せて、得たる知見に基づいた鉱床探査指針の策定を意図したものである。

第2章 地質および鉱床の概要

本章では、赤金鉱山宝住・栄両鉱床、八茎鉱山第1鉱体および釜石鉱山日峰鉱床の賦存形態・鉱石鉱物と脈石鉱物の種類などについて述べ、同時に従来報告されている諸研究の結果を緯とし、著者による調査結果を経として、3鉱山およびその周辺地域の地質・火成岩類ならびに鉱床の概要を記し、火成活動とスカルン化作用ならびに鉱石化作用との関係を明確にした。とくに、著者の調査研究によって、赤金・釜石両鉱山では、従来単一時期の生成とされていたスカルン化が2期に分けられた。すなわち、赤金鉱山においては斑れい岩と花崗斑岩、釜石鉱山においては閃緑ひん岩と蟹岳花崗閃緑岩の貫入によって生成されたことが明らかとなった。

第3章 スカルン鉱物の共生と分布

本章では、高温交代鉱床の探査において、極めて重要な役割を演じているスカルン鉱物の種類と共生関係およびその分布状態を詳細に検討した結果を述べると共に、スカルンの生成機構を考察した。

赤金鉱山栄鉱床においては、磁硫鉄鉱・黄銅鉱・黄鉄鉱・磁鉄鉱などからなる鉱石鉱物を伴う後期スカルンと鉱石鉱物を伴わない早期スカルンに大別出来る。早期・後期両スカルンの構成鉱物はそれぞれ特徴があり、著しい対立を示している。すなわち、早期スカルンは主として珪灰石・フオシャグ石・ティレー石・ゲーレン石・灰ばんざくろ石・ハイドログロッシュラー・単斜輝石・備中石・黒ざくろ石・楔石・ベスブ石・ザンソフィル石などの鉱物群によって構成されているのに対し、後期スカルンは灰鉄ざくろ石・単斜輝石・角閃石・緑れん石・緑泥石・石英・方解石などを主要構成鉱物としている。鉱床内において、両スカルンは一般に別個の場所で石灰岩を交代しており、そのうち早期スカルンは斑れい岩側から石灰岩側へ向かって、一般に斑れい岩→ざくろ石帯→ベスブ石帯→ティレー石帯→石灰岩の帯状配列をなしているが、場所によってはティレー石帯あるいはベスブ石帯とティレー石帯を欠き、また斑れい岩とざくろ石帯の間に長石帯が発達することもある。この帯状配列は斑れい岩の貫入によって形成されたものと判断される。他方、赤金鉱床群の後期スカルンは花崗斑岩（大畑野岩体および山神社岩体）を囲繞して分布しており、古地磁気学的研究の結果などを勘案すると、早期スカルンの生成後、花崗斑岩の貫入によって生成されたものと考えられる。したがって、栄鉱床に分布するスカルンは生成時期を異にする2種に区別出来ることが明らかとなった。

赤金鉱山宝住鉱床・八茎鉱山第1鉱体および釜石鉱山日峰鉱床で現在認められるスカルンはいずれも鉱石鉱物と密接な共生関係をもつ後期スカルンであり、かつ、これらの鉱床における後期スカルンの構成鉱物は類似し、前述の赤金鉱山栄鉱床の後期スカルンと同じ様な性格をもってい

る。

釜石鉱山新山鉱床においては、早期・後期両スカルンを産出し、それらの構成鉱物は赤金鉱山栄鉱床の両スカルンと類似する。早期スカルンは閃緑ひん岩を圍繞して帯状配列を示し、閃緑ひん岩の貫入によって生成されたものと判断される。釜石鉱床群の後期スカルンは蟹岳花崗閃緑岩の周囲に分布しており、地質学的観察などの結果を勘案すると、早期スカルンの生成後、蟹岳花崗閃緑岩の貫入によって生成されたものと考えられる。したがって、赤金鉱山栄鉱床と同様に、釜石鉱山新山鉱床に分布するスカルンも生成時期を異にする2種に区別出来ることが明らかとなった。

赤金・釜石両鉱山を通じて、早期スカルン鉱物としてティレー石などの炭酸鉱物とベスブ石・ザンソフィル石・フォシャグ石などの含水鉱物を産出する。高温交代作用の初期に石灰岩が分解し、多量のCO₂が放出されてCO₂分圧が高まる一方、H₂O分圧が減少し、引き続き後退変質作用に際しては、温度の低下によってCO₂分圧が減少する一方、H₂O分圧が上昇すると考えられることから、早期スカルン化は次の過程を経て行われたと推定される。すなわち、まず赤金鉱山における斑れい岩および釜石鉱山における閃緑ひん岩の貫入による早期の高温交代作用によって灰ばんざくろ石や単斜輝石、あるいはティレー石などの炭酸鉱物が生成され、その後次第に温度が低下し、既成スカルン鉱物の一部は後退変質し、ベスブ石・ザンソフィル石などの含水鉱物が生成された。赤金鉱山では、各イオンのイオン半径と移動距離との間に逆比例の関係が認められ、したがって早期スカルンの生成にイオンの拡散が重要な役割を果たしていることが判明した。

第4章 Fe-S系鉱物の分布と共生

Fe-S系鉱物は研究対象とした3鉱山の鉱床を通じて、普遍的に分布している。本章では、各鉱床から万遍なく鉱石試料を採取し、磁硫鉄鉱の鉱物組成・化学組成・分布などに重点を置いて、Fe-S系鉱物全体の出現頻度・分布・共生関係などを述べ、Fe-S系の鉱化を明らかにした。

各鉱床を通じて、主要なFe-S系鉱物は中間型磁硫鉄鉱・単斜型磁硫鉄鉱・黄鉄鉱であり、赤金鉱山宝住・栄両鉱床では他にトロイライトも比較的多く分布する。中間型磁硫鉄鉱は4.7.3～4.7.7 atom.% Feなる組成範囲を占め、トロイライトと共存する中間型磁硫鉄鉱の化学組成は上述の範囲のうち、最も鉄分に富む4.7.7 atom.% Feである。

Fe-S系鉱物の鏡下での共生組織によれば、主要なFe-S系鉱物の鉱化は中間型磁硫鉄鉱→単斜型磁硫鉄鉱→黄鉄鉱の順序で進展し、単斜型磁硫鉄鉱の殆どは末期の黄鉄鉱鉱化に伴う既存中間型磁硫鉄鉱の単斜型磁硫鉄鉱化によって生成したことが明らかとなり、この系の鉱物の鉱化は温度に依存していたことが推論された。

Fe-S系鉱物の分布と化学組成について、鉱床ごとに特徴が認められる。八釜山第1鉱体と釜石鉱山日峰鉱床では単斜型磁硫鉄鉱と黄鉄鉱が多く、赤金鉱山宝住・栄両鉱床ではそれらの鉱

床と比較して中間型磁硫鉄鉱とトロイライトが多い。また、中間型磁硫鉄鉱の化学組成は前者よりも後者で鉄分に富む傾向にある。このように、Fe-S系鉱物の分布と化学組成は八基・釜石両鉱山の鉱床で近似し、赤金鉱山の鉱床で異なるが、これは主に一連のFe-S系の鉱化末期に位置づけられる黄鉄鉱鉱化が八基・釜石両鉱山の鉱床でとくに著しかったことに起因する。

Fe-S系鉱物の鉱床内における分布状況を仔細に検討すると、八基鉱山第1鉱体と釜石鉱山日峰鉱床では上方から下方へ向けて単斜型磁硫鉄鉱と黄鉄鉱が増加し、赤金鉱山宝住・栄両鉱床ではそのような傾向を認め難く、とくに栄鉱床では水平方向でFe-S系鉱物の分布に差が認められる。したがって、Fe-S系鉱物の鉱化が赤金鉱山では主として水平方向に、八基・釜石両鉱山では主として上下方向に進行したことが明らかとなった。

第5章 流体包有物の充填温度と塩濃度

本章では、前章のFe-S系鉱物の分布と共生に関する研究結果から得られた推論を実験的に確認し、さらに鉱床の生成温度を推定する目的で、加熱顕微鏡を用いて流体包有物の充填温度の測定を行った結果を述べ、併せて、鉱化溶液の性質に関する情報を得るため、冷却顕微鏡を用いて流体包有物の塩濃度の測定を行った結果を記した。

流体包有物の充填温度と塩濃度の測定は、磁硫鉄鉱や黄銅鉱などと密に共生し、硫化鉱物の鉱化最盛期の産物である早期石英・早期方解石と、しばしば黄鉄鉱と共生し、硫化鉱物の鉱化末期の産物である後期石英・最末期方解石を試料に用いた。流体包有物の充填温度は3鉱山の試料を採取できた鉱床を通じて、早期石英は260～320°C、後期石英は230～290°C、最末期方解石は210～240°Cであって、これらの鉱床の生成温度は極めて近似していたことが判明した。さらに、黄銅鉱・中間型磁硫鉄鉱を含む主要硫化鉱物の鉱化温度として260～320°C程度が、また黄鉄鉱および交代生成の単斜型磁硫鉄鉱を含む末期硫化鉱物の鉱化温度として210～290°C程度が与えられ、前章で推論したFe-S系鉱物の鉱化の温度依存性が実験的に立証された。

早期石英中に含まれる流体包有物の塩濃度は八基・釜石両鉱山の鉱床で7.1～9.2 wt. % (NaCl相当)とほぼ一定し、赤金鉱山の鉱床ではさらに高塩濃度を有し、宝住鉱床で12.5～13.3 wt. %、栄鉱床で18.6～21.4 wt. %にある。この結果から、八基・釜石両鉱山の鉱床を生成させた鉱化溶液中の塩濃度は大凡等しく、赤金鉱山の鉱床を生成させた塩濃度はさらに高かったことが明らかとなった。また、武内(1975)の研究を参考にすると、赤金鉱山宝住・栄両鉱床は花崗斑岩の貫入に伴う初期高塩濃度溶液が漸次濃度を低下させる過程で生成されたものと推定される。

第6章 高温交代鉱床の探査指針

本章では、本邦の代表的な高温交代鉱床である赤金・八茎・釜石3鉱山の鉱床を対象として行ったスカルン鉱物およびFe-S系鉱物の研究によって得られた知見に基づき、これらの鉱床における探査指針を提示した。

スカルン鉱物の探査への活用：赤金鉱山栄鉱床および釜石鉱山新山鉱床では早期スカルンと後期スカルンの2種類を産出する。このうち、早期スカルンは磁硫鉄鉱・黄銅鉱・黄鉄鉱・磁鉄鉱などの鉱石鉱物を伴わず、後期スカルンは鉱石鉱物を密に伴い、灰鉄ざくろ石・単斜輝石・角閃石・緑れん石・緑泥石・石英・方解石などを主要構成鉱物としている。赤金鉱山宝住鉱床・八茎鉱山第1鉱体および釜石鉱山日峰鉱床から産出するスカルンは鉱石鉱物を伴ういわゆる鉱石スカルンであって、早期スカルンを伴わず、その主要構成鉱物は赤金鉱山栄鉱床の後期スカルンと類似する。したがって、スカルン鉱物を赤金・八茎・釜石3鉱山の高温交代鉱床の探査に用いる場合、スカルンの種類に留意し、後期スカルンを産出する地域に探査の重点を置く必要があることが判明した。

Fe-S系鉱物の分布の探査への活用：Fe-S系鉱物の鏡下における共生組織によって、単斜型磁硫鉄鉱と黄鉄鉱がこの系の鉱化の比較的末期に生成したことが明らかとなった。したがって、Fe-S系鉱物の分布を高温交代鉱床の探査に用いる場合、それぞれの鉱床についてFe-S系鉱物の鉱物種・分布・量比などを詳細に検討して、この系の鉱化が温度の低下とともに中間型磁硫鉄鉱→単斜型磁硫鉄鉱→黄鉄鉱の順に移化することに着目し、問題とする鉱床が如何なる鉱化期に相当するか判断することによって探査方針を樹立し得ることが明らかとなった。

第7章 結 論

本章では、本論文における各章の論旨を要約した。

審 査 結 果 の 要 旨

高温交代鉱床は銅、鉄など各種金属鉱石の供給源の一つとして極めて重要で、これまで多数の研究が行われているが、それらの殆どは鉱床の地質学的記載を主としたもので、鉱床の生成過程解明の研究は甚だ乏しい。従って、合理的な探鉱方針の樹立上欠ける憾みがあった。著者はこの点に着目して、本邦の代表的な高温交代銅鉄鉱床である赤金、八基、釜石 3 鉱山の鉱床を対象とし、綿密な坑内の地質調査を行って採集した多数の試料に基づき、鉱床の鉱化過程を解明し、併せて、この成果により鉱床探査指針を提示した。本論文はそれらをまとめたもので、全文 7 章よりなる。

第 1 章は緒論である。

第 2 章では、上記 3 鉱山の地質と鉱床の概略を述べ、とくに八基鉱山を除いた赤金、釜石両鉱山では、スカルン形成に関係する火成岩に 2 種あることを示している。

第 3 章はスカルンの組成、分帯などに関する研究で、赤金および釜石の両鉱山においては、スカルンが灰ばんざくろ石などで特徴づけられる早期スカルンと、灰鉄ざくろ石などで特徴づけられる後期スカルンとに区別され、かつ鉱化作用は後者に引続いて行われたことを明らかにしている。これは著者の精細な調査研究によってはじめて明らかにされたもので、重要な知見である。

第 4 章は Fe-S 系鉱物の組成、晶出順序などに関する研究で、温度の低下に伴い中間型磁硫鉄鉱、単斜型磁硫鉄鉱、黄鉄鉱の順に生成されたことを推論すると共に、この鉱化が赤金鉱山では、主として水平方向に、八基、釜石両鉱山では、主として上下方向に進行していることを見出しているが、これは貴重な成果で、鉱体内探査に一つの示唆を与えるものである。

第 5 章では、上述の結果を実験的に立証する手法として Fe-S 系鉱物に伴う石英および方解石中の流体包有物の充填温度を測定した結果を述べ、早期の石英と方解石における充填温度が後期のそれらにおけるよりも高いことから、Fe-S 系鉱物の鉱化が温度に依存するとの推論の妥当性を立証している。

第 6 章では、前章までに述べた成果に基づいて、高温交代鉱床の探査指針を示している。

第 7 章は結論である。

以上要するに本論文は、本邦の代表的な高温交代鉱床の鉱化過程を解明すると共に、これに関与するスカルンの識別などを行って、探査指針を提示したもので、応用地質学ならびに資源工学に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。