

## 講演要旨(第179回)\*

### 特集 笠間地域レアメタル調査中間報告会 —探査手法の開発に向けて—

#### 潜頭鉱床探査と笠間調査について

石原舜三

花崗岩地域の潜頭鉱床に対する探査システムの確立は、ポーフィリー型 Cu・Mo 鉱床では著しく進展しているものの、レアメタルを対象とした鉱脈型やスカルン型鉱床では遅れている。前者の好例はアメリカのカラマズー(Cu)、ヘンダソン(Mo)鉱床の地表下 400-800 m における発見であり、後者はイギリス南西部、エルツゲビルグなどで経済的な潜頭鉱床が未だに発見されていないことで明らかである。そこで金属鉱業事業団と共同で「笠間調査」を実施し、探査システムの確立をはかっている。

笠間地域に予想されるグライゼン型レアメタル鉱床はこれまでの経常研究の積み上げによって、チタン鉄鉱系の花崗岩で、かつ F, Li などの揮発性成分に富んだ特殊な花崗岩分相の近傍に存在することがわかっている。そこで次の2点を明らかにすることが重要で、そのための要素技術の開発が必要である。

(I) 古熱異常を明らかにし、潜在花崗岩体の位置と深度とを推定する。

(II) レアメタルを伴う化学的に異常な花崗岩キューボラの位置と深度の推定。

(I) に関しては堆積岩地域では(i)炭質物結晶度、(ii)粘土鉱物結晶度、(iii)コノドント色異常などが考えられるが、今回は手法として確立している(i)について適用した。

(II) に関しては測定可能な全微量成分の分析を試み、既知鉱床における異常成分を明らかにすると共に、花崗岩体を遠く離れる場所の異常を知る目的で、鉱液が通り易い破碎帯の岩石の分析を試みた。

一般の地質鉱床調査としては1/5万仕上げを目的とする1/2.5万地質調査、特定の鉱床についてはより高精度の調査が実施されている。これらは最終年度へ向けて総

括されるが、今回は初年度(60年度)の成果をもとに中間報告がおこなわれる。(鉱床部)

#### 笠間地域の地質とタングステン鉱化作用

中嶋輝允\*・南野正彦\*\*・寺岡易司\*\*\*

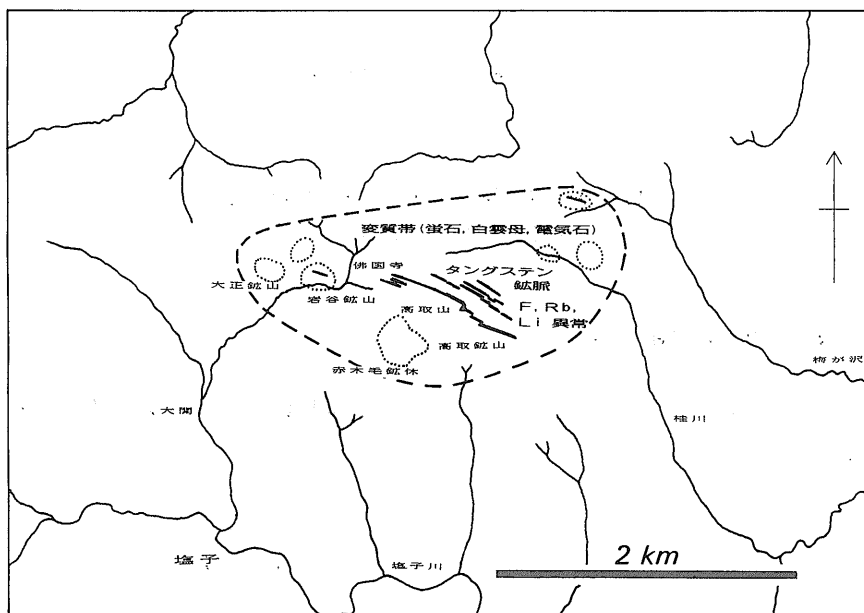
両角春寿\*\*・滝沢文教†

金沢康夫\*・唄中真洋\*\*

笠間地域における主要な鉱床は、高取鉱山に代表される鉱脈型タングステン鉱床で、その鉱化作用は白亜紀末の花崗岩類の活動と密接に結びついていると考えられている。この地域の堆積岩類は三畳-ジュラ紀の砂岩、頁岩、珪質頁岩、チャート、石灰岩、玄武岩などとこれらを不整合に覆って分布する新第三紀の火山岩類(グリーンタフ)と堆積岩類からなる。高取鉱山のタングステン鉱脈の母岩をなすものは前者の三畳-ジュラ紀層である。その地質構造は、走向 NE-SW、傾斜 30°-70° NW の単斜構造で、地質概査の段階では主な岩相によって、地質構造の下部より笠間層(砂岩・頁岩層)、国見山層(砂岩層)、高取層(チャート・砂岩・頁岩層)、鮎田層(砂岩層)の4層に区分された。しかし、微化石のデータと今年度実施された地質精査からは、単斜構造は見掛け上のもので、実際にはチャート層の上下の境など主要な岩相の境界は衝上断層となっていて、全体としては一種のメランジュを形成していることが判明した。

高取鉱床のタングステン鉱脈は、縦鍾(急傾斜、WNW-ESE系)と横鍾(緩傾斜、層理面に平行)の2系統の鉱脈を含むが、主要なものは縦鍾であり、その分布は高取層の2枚のチャート層の間の砂岩層中に限られ、上下盤のチャート層に入ると鉱脈は多数の細脈に分枝・尖滅する。鉱脈はそれに接する母岩に広く変質作用を与え、その結果母岩中には螢石、白雲母、電気石などが生じている。高取鉱山の周囲には、同様のタングステン鉱脈の衛星鉱床がいくつか分布している。それらの変質作用は高取鉱山のものと同じで、全体として本鉱床と衛星鉱床の変質帯が一体となって、東西約 2 km、南北約 1 km

\* 昭和61年10月24日日本所において開催の研究発表会



第1図 高取鉱山付近のタングステン鉱化作用に伴う変質帯

の変質帯を形作っている(第1図)。このような変質帯の識別は、このタイプのタングステン鉱床の探査にとってはきわめて重要なことである。

(\*鉱床部 \*\*金属鉱業事業団 \*\*\*海外地質調査協力室 †地質部)

### 堆積岩中のグラファイトより見た変成作用

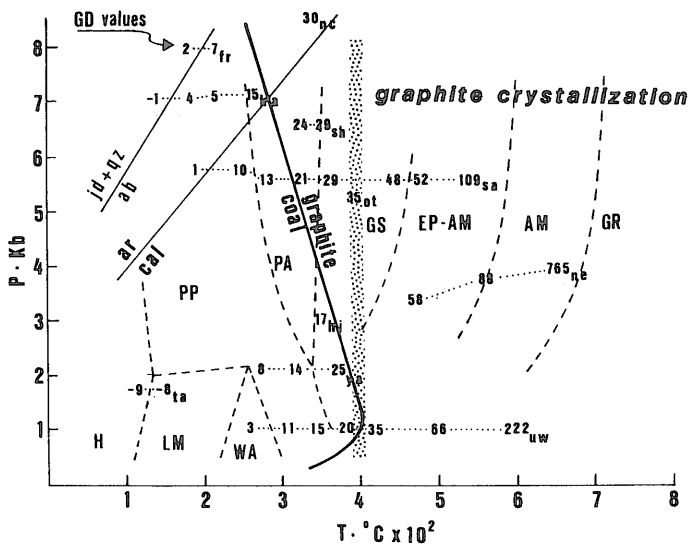
田切美智雄

炭質物のグラファイト化は、主として変成温度とガス分圧(特に酸素分圧)によって大きく変化する。これらのことはフィールドでは、宇和島花崗岩体周囲の接触変成域(TAGIRI, 1981)や三波川変成帯の四国中央部と関東山地(TAGIRI, 1981と1985), アメリカ東海岸ニューイングランドの変成地帯(TAGIRI & OBA, 1986)などでの累進変成作用とグラファイト化度の研究で明らかにされている。また、高圧変成帯や低圧高温変成帯での研究から、グラファイト化度は封圧にほとんど影響されないことがわかっている(TAGIRI & OBA, 1986)。フィールドでの事象からは、グラファイトの生成は約400°Cで起ることが示される(図を参照)。

石炭を出発物質としたグラファイトの合成実験では、グラファイト化は酸素分圧に極めて強く依存しており、

天然の酸素分圧に近い条件下では、約400°Cでグラファイトが生成するのが確認されている(TAGIRI & OBA, 1986)。高分解能電顕での格子像観察でもこれらに矛盾しない結果が考察される(BUSECK & BO-JUN, 1985)。

さて、笠間地域の八溝系堆積岩地帯で得られるグラファイト化度は、変成地域のものに比べると極めて低く、明らかにグラファイトが出現するのは、稲田花崗岩体と谷津及び岩船花崗岩体の周囲のみである。分析点のうちGD>14に着目すると、この地域の温度構造が明らかになる。なお、GD=14は約350°Cの変成温度を示す。GD>14の帯は、稲田花崗岩体の周囲約3km以内に分布し、岩船と谷津岩体の周囲にも約1kmの接触変成域が見られる。これとは離れて、鶏足山周辺、木幡-鮎田、青梅-大開、津室山周辺の四ヶ所に高温の部分が認められる。これらの地区には表層では花崗岩体は確認されておらず、地下に潜在する花崗岩体からの熱の影響と考えられる。特に注目されるのは青梅-大開の高温域である。この高温域は西北西-南南東の走向を示し、高取鉱床内で観察される鉱体の伸びの延長方向に伸びている。現時点では、高取鉱山内や鉱山周辺の分析点がなく、詳細な考察は出来ないが、少なくとも、鉱床と密接に関係した高温域であることを暗示している。高取鉱山周辺及び南方の分析結果に期待したい。(茨城大学)



### 電磁法による浅部比抵抗マッピング

内田利弘・菱田 元

#### 1. 調査の目的

笠間地域は主に中生代の堆積岩(砂岩, 頁岩, チャート)と花崗岩から構成されている。浅部の比抵抗分布を測定することにより, 地層と比抵抗の関係について調べる。また, 高取鉱山を中心に見られる鉱化作用が地層の比抵抗に特徴的な影響を与えているか否かについて調べる。

#### 2. 調査

本地域は地形が比較的急峻で測点は林道に限られる。今回の調査では, 東は花崗閃緑岩の分布する岩船付近から, 西は仏国寺付近まで, 林道沿いに約200m間隔で測点を配置した。1つの測点について, 約10m離れた3点で, VLF法・EM法の各々の測定を行い, 3つの測定の平均をその測点の比抵抗値とした。測点数は186点, 測定日数は8日である。

VLF法・EM法はこれまで活断層等の調査で多く用いられてきた。探査深度は10-100mと浅く, 比抵抗の水平方向の変化を正しく捉えるには, 測点間隔をその比抵抗変化の波長より小さくする必要がある。本調査のように, 中生代の地層がかなり複雑に変化する地域において, 広い範囲の概査が要求される場合, 測点の選定が大きな要素となる。本地域では地質調査が精密に行われており, 測点がどの地層に位置するかについて, 既存のル

ートマップや測点近傍の露頭をチェックすることによってこの問題に対処した。

#### 3. 測定結果

全体的な比抵抗の傾向から, 100Ωm以下を低比抵抗, 100-400Ωmを中比抵抗, 400Ωm以上を高比抵抗とする。比抵抗分布は地層の変化と良い相関を示す。その中で, 相関から外れる比抵抗を示す測点が幾つかあり, それらはなんらかの原因が考えられる。

チャート層は全般的に高比抵抗で, 仏国寺を中心とした高取鉱山の上盤側のチャートに当たる区域や, 下盤側で住谷山を中心とする区域が典型的である。粘土層を挟む層状のチャートが低比抵抗を示す測点もある。

砂岩は高比抵抗から低比抵抗まで大きく変化する。高比抵抗域は高取山から北方に分布する。低比抵抗域は仏国寺の西方と住谷山西方に見られる。下盤のチャートの南東に広がる砂岩(国見山層)は一様に中比抵抗である。砂岩の比抵抗はそれの中に含まれる頁岩, 特に炭質物の量に依存するものと思われる。

頁岩は層厚が薄いため, その中に位置する測点も少ないが, 概ね低比抵抗である。これは頁岩に含まれる炭質物に起因するものである。高取鉱山周辺では珪質頁岩も存在し, 中-高比抵抗のものが見られる。

#### 4. 考察

以上のように, 地層は特徴的な比抵抗を有するが, 高取鉱山周辺では砂岩・頁岩とも高比抵抗になる傾向が見られる。鉱床を胚胎する砂岩層が住谷山西方では低比抵抗を示すことを考慮すると, これは鉱化作用に伴って, 炭質物が消失したことに起因すると考えられる。

VLF法・EM法は浅部比抵抗の水平方向の変化を捉える探査法である。本調査によって笠間地域を構成する八溝層群の比抵抗について、その特徴を知ることができた。鉱床探査として、比抵抗構造解析を目的とするCSAMT法等の調査が行われたとき、その解析にこれらの情報が参考になる。

(物理探査部・金属鉱業事業団)

## 高取鉱山におけるタングステン鉱化作用

円城寺 守

高取鉱山の主要な鉱床は、鉄マンガン重石-錫石-石英脈に代表されるが、この鉱化作用に伴って、母岩には螢石・黄玉・緑廉石・電気石・黒雲母などを伴うグライゼン質変質作用が認められる。また、より後期の硫化物鉱化作用に際しては、白雲母化・黄鉄鉱化・粘土化などの母岩の変質が認められる。これらの母岩の変質は、一般に脈際において顕著な累帯構造として示されるが、この地域に鉱化作用に先立って生じたであろう熱変成作用と重複しており、鏡下でもこれらを区別することはなかなか困難である。

鉱山の坑内各所から採取した脈脈構成鉱物(石英・螢石・錫石・黄玉など)の中の流体包有物を観察し、均質化温度などを測定した。塩濃度5-10 wt.% NaCl eq., 生成圧力1 kbarとして、均質化温度から推定した鉱化流体の温度は、W-Sn 鉱化期では430-370°C、硫化物期では360-300°C程度である。塩濃度と二酸化炭素濃度も比較的高く、鉱化流体の出発場所が現在の鉱床の位置から相対的に余り遠くなかった事が暗示される。

W-Sn 鉱化期のものに限って温度データをプロットすると、主脈七番ヒでは、東部および下部においてやや高い傾向を示す。このことは、鉱化溶液が鉱床の東側下部からもたらされたという可能性を暗示しているようにみえる。15号断層を鉱液の通路とする考え(池田ほか、1983)や、鉄マンガン重石の形成が上部および西部で始まり下部および東部におよんだとする考え(SAKAMOTO, 1985)とは相容れないが、これらの変化の方向がいずれも、鉱床富鉱部の胚胎準と直交する傾向にあるという点で興味ある一致を示している。

鉱山の周辺1 kmの範囲におよぶ地域からの脈脈では、桂沢鉱体および大正鉱山の一部から採取した試料で高い温度データが得られたが、そのほかはあまり高くない。鉱物の性質や組み合わせからみて同一の起源からもたらされたものと考えられるが、これらについては、生成の

深度と剝削の程度を考慮しなければならないであろう。  
(筑波大学)

## 高取鉱床の鉱化作用によって形成された粘土鉱物

丸茂克美

高取鉱床周辺の地表調査および坑内調査で得られた粘土試料をX線回折法、示差熱分析法、および透過型分析電子顕微鏡によって分析した。

鉱床周辺の地表変質帯(石英脈を伴うもの)には、頁岩および細粒砂岩中の雲母粘土鉱物を交代したハロイサイト(チューブ状の形態を有するもの)が産する。石英脈を伴わない、白色変質の見られない頁岩や細粒砂岩にはハロイサイトはまったく含まれず、結晶度の悪い雲母粘土鉱物が卓越する。

雲母粘土鉱物は高取鉱床坑内の細粒砂岩、シルトおよび頁岩にも多産する。しかし坑内産のものは地表に産するものに比べ結晶度が高い(結晶粒径が大きく、かつ厚さが増大する)ことが電子顕微鏡観察により明らかにされた。また坑内産の雲母粘土鉱物のX線回折パターンは2M<sub>1</sub>のポリタイプの雲母のそれと一致する。さらにこれらの粘土の(060)のdスペースの値はdi亜群に特徴的な値(1.500 Å程度)であることは少なく、それより0.005-0.010 Åほど大きい。とくに螢石と共存する雲母粘土鉱物のdスペースは大きく、1.511 Åに達する。なお、こうしたdスペースの増加は結晶中のマグネシウムイオンの増大と関係することが分析電子顕微鏡により認められた。

鉱液に伴われる粘土(いわゆる脈際粘土)の多くも雲母粘土鉱物からなる。これらの鉱物は上述した坑内産雲母粘土鉱物と異なり、いずれも結晶表面がモンモリロナイトによって交代されている。脈際粘土中には雲母粘土鉱物とモンモリロナイトとの混合層鉱物は見いだされない。

以上のことから、高取鉱床の鉱化作用が次のような過程で各種粘土鉱物を晶出させたことが結論づけられる。

- 1) 鉱床の形成に関与した貫入岩からの熱の供給の大きかった時期(おそらく主鉱化期)には、タングステン鉱物や螢石に伴われ、Fに富んだ熱水からMg-richな、結晶度の高い雲母粘土鉱物が晶出した。この時期では、温度の低い部分(鉱床上部およびその周辺)では結晶度の低い雲母粘土鉱物が晶出した。
- 2) 熱源の温度が低下した時期(鉱化作用末期)には、主鉱化期で形成された粘土鉱物を交代して、モンモリロナ

イトが深所で、またハロイサイトが浅所でそれぞれ晶出した。  
(鉱床部)

## 高取鉱床の地化学ハローと生成モデル

石原舜三・小笠原正継

高取鉱床付近には鉱脈脈際のみならず一般の母岩においても、F(37倍)、Li(33倍)、Rb(11倍)、Bi(12倍)、Cd(11倍)、W(10倍)、Sn(10倍)などの著しい化学的異常が認められる。よりくわしくみると、坑内下部ではF、Li、Rbなどの親石元素が、坑内上部では硫化物を作る成分の濃集がみられる。坑外を含めた最外殻の破碎帯にはAu、Hg、Sbなどの濃集が推定される。

これらの異常は熱水の流れによってもたらされたものであり、単なる拡散によるものではないと考えられ、したがって個々の異常の花崗岩からの距離を求めることはボーリングによる実証を待つしかないのが現状である。しかし、F、Li、Rb異常が出現すれば鉱床に近いことを意味するであろう。Au、Hg、Sbなどは遠隔異常と考えられる。

高取鉱床はWNW系の「たて鍾」を主体とするが、母岩の層理面が活動した「よこ鍾」も存在する。よこ鍾は花崗岩体の突き上げと固結収縮による展張割目と考えられ、そのため周囲に広範囲の化学異常を及ぼす可能性がある。上述の親石元素の異常はその様な部分に生じたものであろう。

高取鉱床たて鍾を形成した鉱液の通路については、従来、15号断層などN-S系緩傾斜断層と考えるのが一般的であった。しかし、WNW系破碎帯にみられる化学異常はこの鉱脈方向の裂かそのものが通路であった可能性を示しており、N-S系断層は鉱液の沈殿の場を規制したに過ぎないことを示している。  
(鉱床部)

## 笠間地域の鉱床

豊 遙秋

笠間地域には、北部の鶏足山塊から南西部の筑波山塊にわたって、W、Sn、Cu、Au、Ag、Sb、Mn等の多種多様な金属鉱床が分布している。また、稼行対象にはならなかったが上記の有用金属元素を含む鉱物を産出する地点、即ち鉱徴を示す地点も同様に多数確認された。これらの鉱床及び鉱徴は、中・古生層中に胚胎する層状マンガングル床を除くと、成因的には花崗岩等の酸性貫入岩と関係をもつと考えられ、鉱脈をなすものと、スカルンを形成するものに分けることができる。前者はW-Sn鉱床の高取、大正等、Au-Ag鉱床の金山(かなやま)、小泉、Sb鉱床の茂木、鮎田等で代表され、後者にはW鉱床の加賀田がある。

鉱種別にこれらの鉱床及び鉱徴をまとめると下記のようになる。

本地域に分布する鉱床・鉱徴のうち、特にW-Sn-Moについては、筑波山塊や稲田等で見られる花崗岩類と成因的に密接な関係を有する可能性を示唆している。

### 1) W-Sn(鉄マンガングル床、灰重石、錫石等)

鉱床：高取、大正、岩谷、梅ヶ沢(以上鉱脈)、加賀田(スカルン)

鉱徴：稲田、南指原、東城寺、岩間(以上スカルン)、笠間(マンガンスカルン\*)

### 2) Mo(輝水鉛鉱)

鉱徴：北条(鉱脈)、稲田(スカルン)、長沢(マンガンスカルン)

### 3) Cu(黄銅鉱)

鉱床：笠間(マンガンスカルン)、高取、加賀田

### 4) Au-Ag(エレクトラム)

鉱床：金山、小泉(以上鉱脈)、雪入(?)

### 5) Sb(輝安鉱)

鉱床：茂木、鮎田、鮎田東南(以上鉱脈)

### 6) Mn(菱マンガングル床、テフロ石、バラ輝石等)

鉱床：鷹ヶ峰、川上、高峠、笠間、長沢等(層状マンガングル床) (地質部)

\* 花崗岩類と層状マンガングル床の接触帯に生成したバラ輝石、ざくろ石等を主とする。