

## 後マグマ性鉱床・同潜頭鉱体に対する気液包有物利用探査法\*

N. L. ERMAKOV\*

岸本文男\*\*訳

## 本方法の物理的—地球化学的な原理と本問題の歴史

ペグマタイト、スカルン、グライゼンおよび熱水起源の単源 (monogenetic) 鉱床の地質—成因に関する総合的な研究は、応用的な鉱床成因論の多くの問題を解決するためには、鉱物中の、地球化学的媒質の保存体である気液包有物の研究も同時に行なえば、より完全なものになるであろう。その場合、まず第一に、包有物のタイプと種類による成因情報を有効に利用すること、鉱床田および鉱床の古気温帯区分が可能か否かを明らかにすること、鉱化作用の段階性および母岩貫入体と鉱化作用との関係を確かめ、岩脈と鉱化作用との相対地質年代を決めること、垂直温度累帯配列を明らかにし、深部における鉱石の鉱物組成の変化状況を予測すること、側岩の変質期と稼行可能な鉱体の鉱化期との関係を明らかにすること、そして、鉱石内移動 (intraore movement) の量を調べることが必要である。これらの問題を客観的に解くことおよびこの新しい物理的—地球化学的な方法を利用することは、実際の探査効果をいちじるしく高めるに違いない。

1963年の特別シンポジウムで述べられた鉱物中の気液包有物を有効に利用するすべての問題について詳しく述べることは紙数が許さない。そのため、ここでは、後マグマ性鉱床および同鉱体に対する2種の探査法についてだけ一般的な形で触れてみることにする。成長した結晶中の包有物によって得られたデータが探査に有効に利用できることは、すでに著者によって明らかにされている注1)。すなわち、1949年から著者らが発展させた、微小な包有物の形でよく保存されている地球化学的な鉱化媒体の研究によって、新しい探査法に必要な理論的な根拠が与えられ、技術的な可能性が明らかになったのである (Yermakov, 1949<sub>3</sub>; 1950<sub>1</sub>; 1957<sub>1</sub>; Dolgov, 1953)。

第1の方法の根拠となっているのは、生成される鉱体の傾斜に沿った上方、あるいは上盤側の岩石中に拡散されながら鉱物中に保持され、同生の初成蒸化ハロー (スチーミング・ハロー) として定着し、鉱体そのものや肉眼的に認め得る側岩の変質ハローよりも肉眼では見えないが量的には多量の「生の」鉱化溶液および再生溶液の包有物が存在することで、それを精密探査に利用しようというわけである。

第2の方法はルーズな物質の2次ハローを用いるもので、その根拠となっているのは、鉱床の機械的分解生成物 (原地砂礫層・斜積層・崖錐層・漂砂層) を水洗・選鉱して得た軽分離物の脈石鉱物の碎屑中の気液包有物が上記と同じ意味をもつことが実験的に明らかにされたことである。

かくして、気液包有物は全く新しい鉱床探査指標となった。ある地区に熱水性鉱床や気成鉱床が存在するか否か、あるいは現世ないし古期の削剝地域の深部に鉱体をなお残しているか、それとも機械的分解作用によって目的鉱物が分散してしまったかを知る示徴に用いることができるのである。

著者らの最初の方法論的および技術的な研究は、ザバイカル地方の鉱脈、アルダン地方の含水晶鉱脈、ボルニニ地方のペグマタイト起源埋没原地砂礫性モリオン水晶鉱床などの砂質分離物を用いて行なわれた。鉱化作用の影響を受けていない新鮮な花崗岩の石英の場合と違って、気液包有物を伴う熱水性および気成の石英はすべて加熱するときさまざまな温度範囲で激しく破裂する。しかも、熱水鉱脈そのものの石英と同鉱脈の分解生成物としての石英とが全く同じ性質を示している。花崗岩のマグマ分化性石英

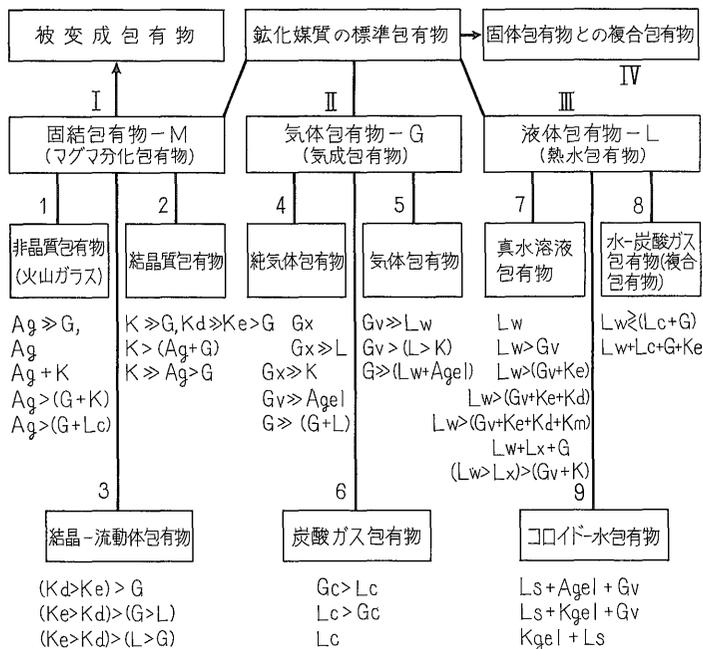
\* Н. П. Ермаков (1966) : Методы использования газово-Жидких включений при поисках и разведке постмагматических месторождений и слепых рудных тел, советская геология, No. 9, Стр. 79~90.

\*\* 鉱床部

注1) 「第3回全ソ結晶成長関係学会報告」, ナウカ出版, 1965参照.

第1表 包有物系の相的変種

地球化学的な鉱化煤質の組成と状態による包有物の分類表



M: マagma分化メルト-溶液包有物相 A: 非晶質相 K: 結晶相 G: 気相 L: 水溶液相 w: 水包有物 c: 炭酸ガス相 v: 水蒸気相 g: ガラス gel: ゲル s: ソル e: 易溶性ハロゲン塩 d: 難溶性珪酸塩 m: 金属鉱物 x: 成分不詳の気体混合物もしくは液体 ローマ数字: 族 アラビア数字: 種 族・種・変種の記載は、筆者がすでに行なっている通り (Yermakov: モスクワ大学通報, 地質シリーズ, No. 6, 1965).

からなる砂は、いうまでもなく、その中にメルトが固結した初成包有物だけを保持するにすぎず (第1表), 気液包有物を欠き、加熱しても 700°C以下では破裂しない。しかし、それに気成鉱床か熱水鉱床産の石英粒を加えると、この混合試料は常に 700°C以下で破裂音を発するようになった。

かつて筆者は鉱床の探査に気液包有物が利用できることを理論的に予見した (Yermakov, 1950, p. 421) が、実際にこの探査法を開発し始めたのはそのほぼ5年後のことである。この包有物を研究するための実験室がなく、専門家が居なかったこと、探査の目的に適した携帯用電子機器を開発する必要があったことなどの事情がその検討と適用を基本的に妨げたのである。

全ソ鉱物学・地球化学会議 (1954年4月) における講演で、筆者は、Yu. A. Dolgov と L. D. Raikher が筆者の指導を受けて製作した automatic thermo-sound register を用いて、「初成鉱化作用とペグマタイト鉱体の発見に、変質しているが肉眼的にはそれとわからない母花崗岩の石英中の2次包有物を利用すること」を提起した (Yermakov, 1957<sub>2</sub>)。その実験の結果は、ペグマタイト鉱体近辺の花崗岩は「破裂音に富み」、同鉱体から遠ざかるにつれて母花崗岩中の石英は「破裂しなくなり」、また、機械的に分解したペグマタイト鉱体周辺の石英砂は「破裂音に富み」、古期削剥面のペグマタイトを欠くところの石英砂は「破裂音を出さない」(コロステン・プルTONの例) ことを示している。

しかし、「埋没性モリオン水晶砂鉱の発見に、ボレイニ地方のペグマタイト周辺に広く分散した石英質砂礫」中に保持されている気液包有物を利用すること、および、「鉱化作用の気成段階と熱水段階のものあらわれを thermo-sound-gramm によって判断すること」(Yermakov, 1957<sub>2</sub>) は、多くの実験を要したし、なお今後とも必要としている。この種の方法上の研究は、いろいろな地質条件のところで実験

される段階に来ている。一方、この新しい探査法により広範な地質学者の注目を集めることが必要となり、この方法の科学的な原理を普遍的なものとして、またその有効な利用についても特徴づけなくてはならない段階に来ている。

### 潜頭鉱体・鉱床のデクレピテーション探査法<sup>注2)</sup>

潜頭鉱体や潜頭鉱床を探査するという困難な問題およびその分布条件に関係ある諸問題について基本的な地質学的展望を与えたのは V. I. Smirnov で、彼は、「多くの鉱床生成区に賦存する鉱体の数量は、おそらく、地表で発見される鉱体の数量をはるかに越え……。それを明らかにする試みはまだきわめて限られたもので、この種の研究の厳密な方法論はまだ組み立てられていない。そのため地表に露出していない鉱体の合理的な探査法をあらゆる努力を傾けて開発することがもっともさし迫った探査作業への課題となっている」(Smirnov, 1955)、という結論をひき出している。さらに彼は、「地質構造の諸要素は、それだけで、本来、深部鉱体の直接もしくは間接の指標となるものではない」ことを正しく指摘し、地質構造による潜頭鉱体探査の研究は深部鉱化作用の別の指標の研究と併せ行なわなくてはならないことを強調している。そのようなもっとも重要な地質学的・鉱物学的指標といえるのは一般に地殻中の断裂と関連して発達する熱水変質岩で、その熱水変質岩帯は気液鉱化溶液の顕在的あるいは潜在的な作用と成因上密接な関係をもっているのである。

鉱脈周辺の岩石に特有な変質は、その岩石に深部鉱化溶液が作用したことを直接に物語っている。しかし、岩石の巨視的な変質のハローとその中に分散している新生鉱物のハロー（鉱物ハロー<sup>注2)</sup>）は造鉱溶液の滲透・拡散ハローよりもはるかにいちじるしく、後者（造鉱溶液の滲透・拡散ハロー）は肉眼でももちろん通常の化学分析によっても確認し得ないのが普通である。この後者の拡がりを我々は「スチーミング・ハロー」（第1回気液包有物研究シンポジウム、ソビエト地質学、第12号、1963）と呼んでいる。上記2種のハローの間には、造鉱溶液中に移動し易い指示元素が存在する場合、分光分析法によって中間的な分帯、すなわち、初成微量元素分散ハローがはっきりと認められることがあり、そのハローは「地球化学的ハロー」と略称されている（第1図）。これら3種の相互に成因上関係の深いハローのうち、精密探査に有効に利用されてきたのは鉱物ハローと地球化学的ハローだけである。

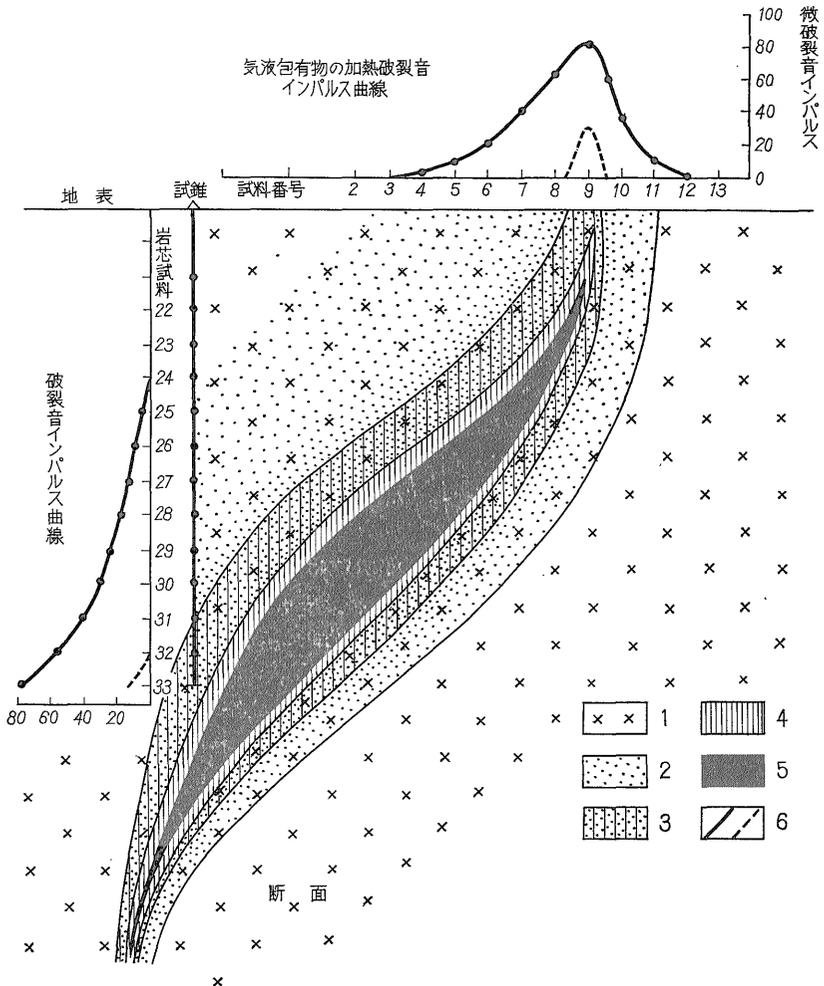
デクレピテーション法は、鉱体周辺の岩石の鉱物学的・岩石学的研究でも、詳しい分光学的研究でも明らかにすることができない同生スチーミング・ハローの一般に比較的幅広いハローを確認することに基礎をおいた方法である。この方法が原則的に新しいものであることは、鉱物自体の物性、岩石や鉱石の物性および化学組成上の特徴と直接関係のない現象を利用する点にある。

鉱体生成場所でその大量の鉱物集合体から離れた気液熱水溶液は側岩中に滲透し、その鉱体の近くに鉱物ハロー中の鉱染鉱化体を作るまで強く変質した部分を生成する。さらに、この気液熱水溶液は地球化学的ハロー中に定着している造鉱物質および随伴物質の供給者となって、それらの物質すべてを失なう。このようにして気液熱水溶液は作用を終えるが、なおその先にも滲透し、弱いながらも岩石鉱物を溶解・再生して微細な割れ目を充填するだけの十分なエネルギーをもっていることがある。その場合、主として2次性および初成-2次性気液包有物の形でこの溶液の顕微鏡的な点滴が保存される(Yermakov, 1949)。鉱体が鉱石供給路に近ければ近いほど、この気液熱水溶液は強く作用し、一般により多量（単位体積当たり）の包有物が側岩の構成鉱物中に保存されている。鉱体そのものを構成する鉱物中の初成包有物のすべての研究法、たとえば筆者が開発した微温度測定分析法（1950<sub>1</sub>）はこの種の包有物の研究にも利用できる。

鉱石の供給・胚胎路となった割れ目に直角な断面での温度分析結果は2次性液体包有物の均質化温度（またはデクレピテーション温度）が鉱体に向かって高くなることを示す。したがって気液熱水溶液は上記の割れ目から遠ざかるにつれて熱を多量に失ない、活性を低下するわけである。しかし、通常の、加熱による液体包有物均質化法とその液体包有物の比重変化測定法と無水造岩鉱物の灼熱減量法ははず

注2) 本方法の命名は、均質化温度以上に加熱したときに気液包有物が発する破裂音のことを考えた結果である。

注3) mineral halo.



1: 花崗岩類 2: 気液包有物を伴ったスチーミング・ハロー 3: 微量元素を伴った地球化学的ハロー  
 4: 岩石の巨視的変質のハロー 5: 熱水性潜頭鉱体 6: 微破裂音曲線と微量元素量曲線

第1図 潜頭鉱体周辺の初成分散ハロー配列模式図

れも莫大な労力を要し、実験測定に利用されるにすぎない(Yermakov, Myaz', 1957; Kostlyeva, 1964). 鉱体が近くに賦存することを明らかにするためには、現在までに鉱物学的温度測定学領域で発達した包有物のデクレピテーション法の方がはるかに能率的である (Yermakov, 1950, 1965). 周知のように、この方法は微粉碎鉱物の気液包有物の微破裂音効果集中点を求めるというものである。

デクレピテーション用の岩石試料は、天然露出、坑道、鉱床や鉱体の賦存予想地区で行なった試錐の岩芯から採取した。デクレピテーション試験に供した試料数は多くないが、その重さは十分正確に量り、その中に保存されているすべての、もしくはほとんどすべての気液包有物を破裂させるのに十分な温度、すなわち 700°C まで熱した。その各気液包有物の破裂はマイクロフォンを通して伝えられ、パルス・カウンターに直接接続するか、もしくはオッシログラフ・テープに自動的に記録させた。モスクワ大学地質学部微温度測定研究室で作製した携帯式・半携帯式野外用装置がこの測定にはもっとも適している。

実際の測定結果では、花崗岩、珪岩、砂岩の場合に好結果であった。花崗岩の場合によい結果が得られるのは火成源の石英が存在するため、その石英粒は $\alpha$ - $\beta$ 転移をすると体積を減少し、きわめて微細な割れ目を生じ、その中に滲透する初生熱水溶液によって割れ目自体が充填されて多数の2次性包有

物を生じやすい。花崗岩の鉱物の場合、700～800℃まで熱しても壊れないマグマ分化メルトの固結した固体包有物は初成のものである。つまり、新鮮な花崗岩はデクレピテーション活性が小さいか、全然「無音」というわけである。しかし、熱水性鉱化帯および鉱体からいちじるしく離れたところ（数10mから数100m）に現われている微弱な熱水溶液の影響は、2次性液体包有物の破裂によって確かめることができる。ガス状気成流動体が岩石中に滲透すると、比較的粘性の大きい熱水溶液に較べてはるかに均質的で広いハローを作る。密度が小さい気体包有物は一般に500～700℃ないしそれ以上にならないと破裂しないので、均質化温度以上に過熱する必要がある。

目的地での探査研究は、初生溶液の単純循環帯に直角な断面、すなわち、構造割れ目帯・片理帯・角礫化帯が既知鉱体翼部に直角な断面（この断面に平行な断面を幾つか設定する）で行なう。そのような断面が得られないときには、推定鉱体賦存区域をグリッド網で分画し、その交点から岩石試料ないし残留した礫試料を採取する。1ないし2交点から得た試料で、鏡下の気液包有物、何よりもまず第一に石英粒中の気液包有物を確認するための、厚めの薄片を作製する。この薄片観察は、熱水溶液によって再充填されたことのない鉱物中の気液包有物の立体的配列と相状態ないしその存否を明らかにする上で有効である。各試料はそれぞれ粉碎し、0.5～1.0ないし0.25～0.5 mmのものに篩分ける。そして、そのうちの1ないし2 grが測定に供される。岩石の破裂程度が弱い場合には、改めて試料を大量に用いるか、石英単体分離物を用いる。

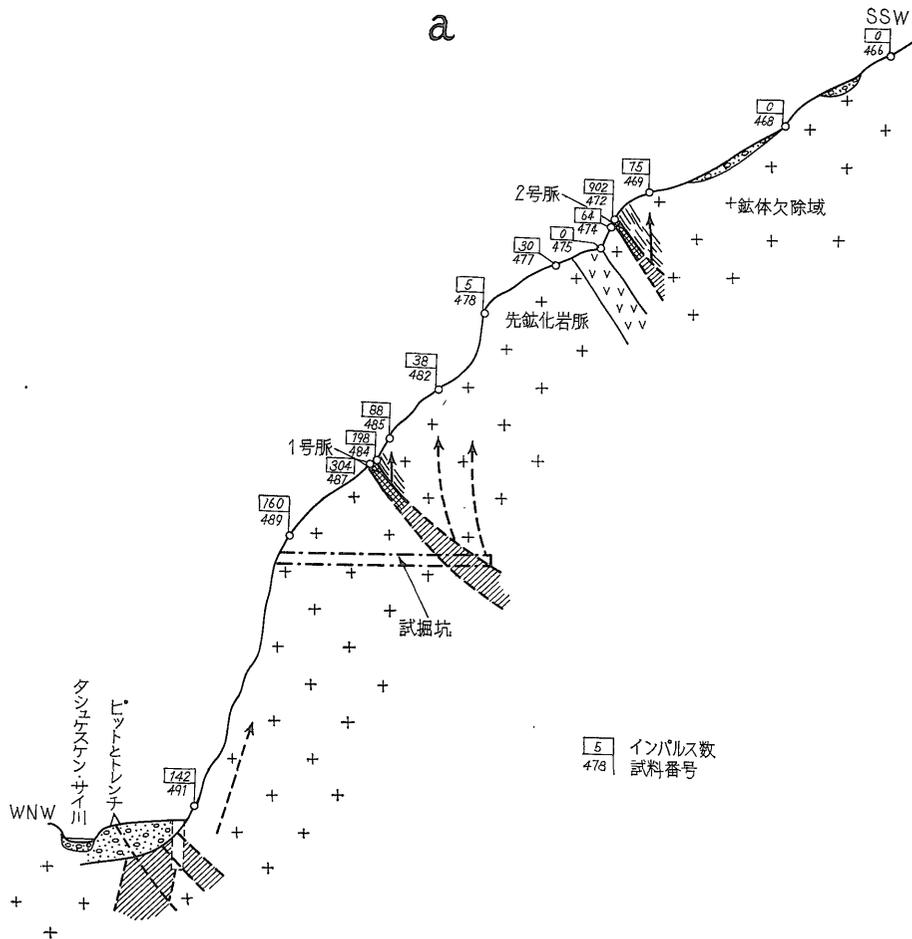
得られた多鉱物分離体もしくは単鉱物分離体は、温度10～20℃おきか50℃おきにパルス・カウンターはいしオシログラフ上に破裂を自動的に記録させるという方式で、破裂程度の測定に供される。鉱床上に広いスチーミング・ハローがあれば、この方法で明らかにできるが、さらに、その結果を解釈する際には母岩のデクレピテーション活性のバックグラウンドを配慮しなくてはならない。総破裂数の増大方向と破裂温度の相対的上昇方向は鉱体に近づきつつあること、すなわち、鉱石の供給・分配・胚胎路に近づきつつあることを示す。岩芯を用いた測定の結果（デクレピテーション検層）は、その試錐孔の破裂度曲線で表わすことができる。

グリッド交点で採取した重量の等しい試料の破裂数の差から等破裂度線図が作られる。鉱床田区域に及ぶこのような精密探査作業を筆者はデクレプト測定投影<sup>注4)</sup>と呼んでいる。この投影を行なう際には、鉱体賦存位置の構造の成因的特徴（Yermakov, 1962）、岩石の割れ目が多く発達した経緯、先鉱化期の割れ目の性質—熱水溶液の通路となった可能性—が明示されなくてはならない。岩石の鉱物組成の差異およびとくに鉱体被覆層準（その下位で破裂度が異常に高いことがある）も配慮しなくてはならない。クレピテーション測定投影の場合、母岩鉱物中の2次性液体包有物の加熱による普通の均質化<sup>注5)</sup>もしくは破裂度の温度間隔法を用いて得られた試料採集地域の空間的古温度測定データと先に得たデクレピテーション測定データとを比較検討することも必要である。

1963年、筆者はV. S. Polykovskiiと、中央アジアの諸鉱床でデクレピテーション探査法を実地に試みた。その結果によると、螢石鉱床においては、厚さの薄い鉱体（20 cm前後）の場合にはその熱水鉱脈の周辺10～15mの範囲で、厚い鉱体（40～50cm）の場合にはその熱水鉱脈の上盤から35～45mの範囲で、母岩である花崗岩中の2次性包有物がそれぞれ明瞭に破裂した（第2図、a）。この螢石鉱脈がもっとも具合の悪い位置、すなわち垂直に位置するとき（実例では厚さが1 m）、そして母岩である砂岩が水平に分布するときには、造鉱溶液が鉱脈の両側に拡がり、肉眼的非変質岩中に確実なスチーミング・ハローを作っている。モスクワ大学大学院生A. M. Rakhmanovのデータによって作られたデクレピテーション・グラフでみると、同鉱脈から17～18m離れたところでも試料の破裂度が高いようである（第3図）。

試錐の岩芯、とくに鉱体を切っていない岩芯であっても、デクレピテーション測定によって深在鉱体を発見しやすくなることができる。ケンコール鉱床を胚胎している花崗岩の場合は潜頭多金属鉱脈（厚さ1 m以下、傾斜50°）の上盤際から50～60mにわたって岩芯試料の破裂が明瞭で、その強さと傾度は鉱石胚胎割れ目—鉱液通路に向かって急激に増大する（第2図、b）。タコフ螢石鉱床では、厚さ1.5mの螢石鉱体を取りまく花崗岩のスチーミング・ハローの外側境界（鉱体から49～50m）が岩芯によって

注4) 訳者註：日本ではデクレピテーション測定投影という方が通用するであろう。



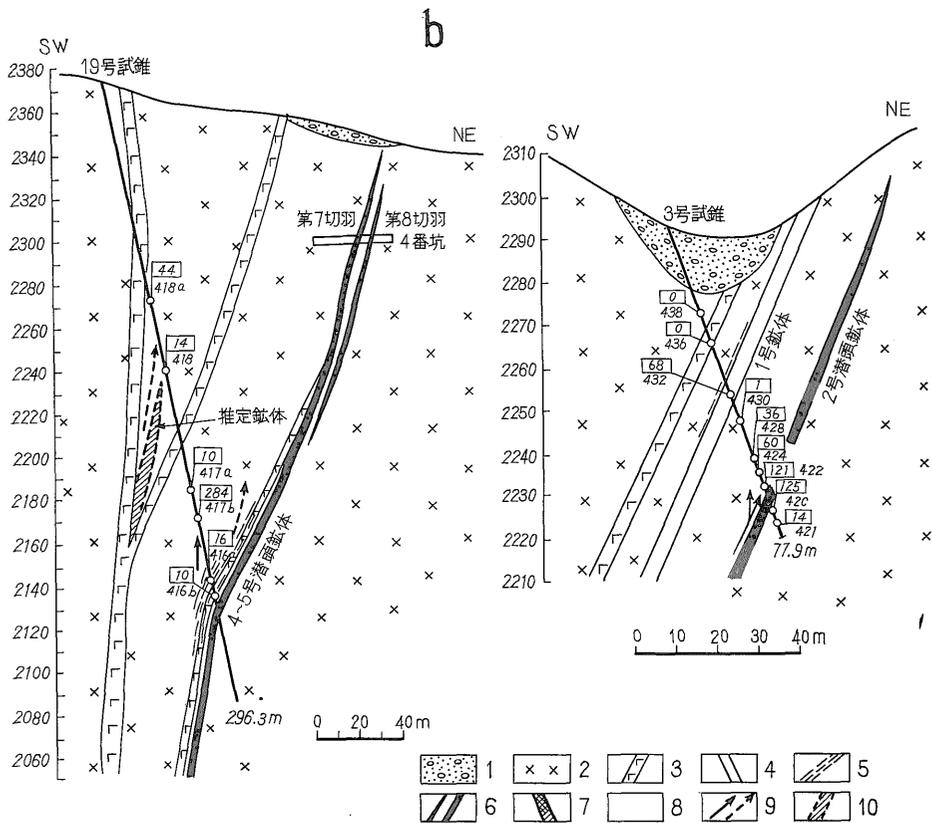
第2図 ベシューブラック螢石鉱床(a)とケンコル鉛・亜鉛鉱床(b)におけるピット・岩芯サンプルのデクレピテーション研究結果図

確認済みである。

上記の諸事実から判るように、「デクレプト検層」を利用することによって鉱床田区域内の試錐作業を実施しながら試錐データの有効な補正を行なうことができるわけである。国産のデクレピテーション測定装置とマルチチャンネル・オッシログラフを用いれば、同時に12個の試料を処理することが可能で、1日当たり90個の試料の破裂データをとることができる。

初成ハローにもとづくデクレピテーション探査法と岩石化学的探査法との組合せ実施についても詳述する必要がある。この組合せは同一試料から得たサーモサウンドグラムと分光写真の比較検討、さらに同一鉱床田で作製したデクレピテーション分布図と金属元素分布図との比較検討というやり方で行ない、きわめて適中率が高い。

鉱石の主要構成元素および副成分元素は、各内因性地球化学的ハローの2次液体包有物中にも集まっている。その元素は内因性地球化学的ハローの範囲外、すなわち「作用ずみ」の溶液が主として作用したスターミング・ハロー中では固定そのものの意味を失っている。したがって、サーモサウンドグラムと分光写真を比較検討することは、まず第一に、本質において分光分析感度内で決定するほかない成因的に同じ意味をもったハロー間の境界を明らかにし得るわけである。もし鉱化溶液中に「移動し易い」

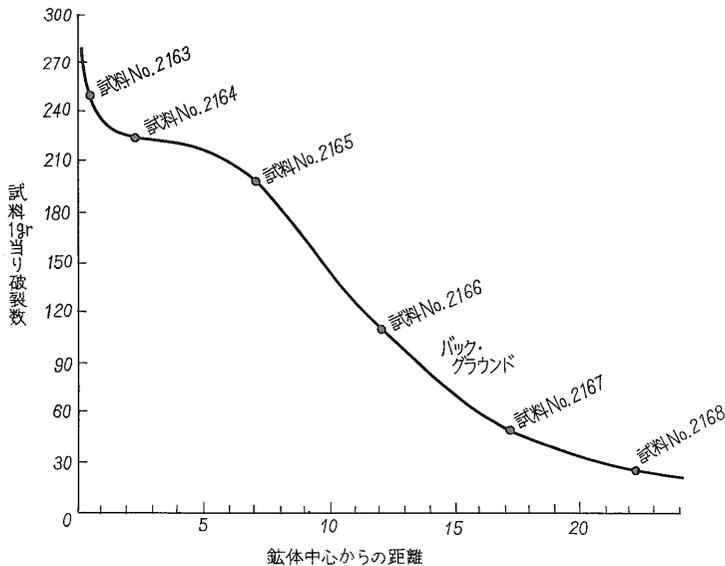


1: 第四紀沖積層 2: 中粒質花崗閃緑岩 3: 石英花崗斑岩岩脈 4: 露頭鉱脈 5: 岩石の褪色・破砕帯  
 6: 潜頭多金属-石英-重晶石鉱脈 7: 石英-螢石鉱脈 8: 重さ 2g/当たりインパルス数 (上側) 9: 熱水性スチーミング方向  
 a: 確定 b: 推定 10: 推定潜頭鉱脈ないし推定鉱化帯。

元素が存在していなかった場合には、デクレピテーション法によれば鉱体を取りまいてスチーミング・ハローだけが固定されるにすぎないだろう。逆に、沃素・砒素・水銀のような移動し易い元素が造鉱溶液中に存在していた場合には、地球化学的ハローはスチーミング・ハローとほぼ一致する可能性がある (第1図参照)。

簡単にいえば、地質学者と地球化学者—包有物の研究者—たちは、岩石と組成・状態・熱力学的パラメータの異なる地球化学的溶液が作用した結果生じるすべての初成ハローの生成態 (genetic appearance) を明らかにするための共通の大きな研究課題に直面している。この課題は、深部潜頭鉱体の賦存可能場所だけでなく、予想組成の決定に初成ハローがもっている意味を説明するという逆の課題の解決を確実に進めることにもなる。それと平行して、各種の物理的状態と化学組成の溶液に対する岩石の物理化学的性質と滲透性の実験研究も含め、初成ハローの地質学的生成環境を詳細に研究する必要がある。このように、初成ハローを明らかにすることが、純粋な技術的課題 (デクレピテーション, 分光分析) にすりかえられてはならない。

包有物の破裂度が数値で表わされるので、デクレピテーション法の使用結果を処理するには数学機器と電子計算技術 (散布度分析法など) の導入が必要であり、さらに鉱体からの距離、包有物のデクレピ



第3図 垂直な熱水性鉱脈の側岩(砂岩)のデクレピテーション変化曲線

テーションの温度間隔, 包有物の相組成その他の多くの要素と岩石の破砕度の函数的関係が考慮されなくてはならない. デクレピテーション法の今後の開発には, さまざまな見地に立った地質学的・地球化学的問題の解決が必要である. なかでも, 各種の地質学的状態の中で作用し, 鉱体生成時に時間的および空間的な変質作用をもたらした造鉱溶液の2次包有物(ハロー中の)と初成包有物(鉱体中の)とを綿密に比較検討しなくてはならない.

#### スライム・デクレピテーション探査法の基礎

地質学的な鉱床探査法の一つとして, 1905年以来, 系統的かつ成功裡にスライム法<sup>注5)</sup>が用いられている. しかし, この方法は, V. I. Krasnikov (1959, p. 226) が指摘しているように, 「……最近20年間ほとんど進歩しなかったし, 今では近代科学技術のレベルと生産施設の要求に追いつかず, 明らかに取り残されてしまった」. さらに Krasnikov は, 「……今日では, 問題は河川網を利用した新しい総合的鉱床探査法の組み立てという所にきている. しかも, 最近では, そのような方法で古い重鉱物分布投影全域, とくに有望地域をおおう必要が生れている」と正しく指摘している. この種の組み合わせ探査法として, 目新しい方法ではないが V. I. Krasnikov は重鉱物の一般鉱物学的研究と軽鉱物・粘土の地球化学的解析との組み合わせを提起した. しかし, そのような組み合わせは当該地域で初成鉱床や砂鉱床を見逃さないだろうという十分な確度をもっていない. 鉱床賦存地域で行なわれる地質図幅調査や探査研究の過程で年々採取されている大量のスライム試料の処理を抜本的に改善することもまた必要である. 筆者の考えでは, これは, スライムの記載を云々することなく, その中の鉱石鉱物を綿密に同定しなくても, 基本的に新しい方法, すなわちそれぞれのスライム試料中の軽分離物測定実験法を駆使することで十分な筈である.

周知のように, 普通のスライム法の本質はスライム中の化学的に安定な重い(比重3以上の)有用鉱物を見つけ出す, ということにつきる. このような鉱物は M. V. Lomonosov の時代から河谷の傾斜沿い上流の関連鉱体の存在を示す直接の指標として登場している.

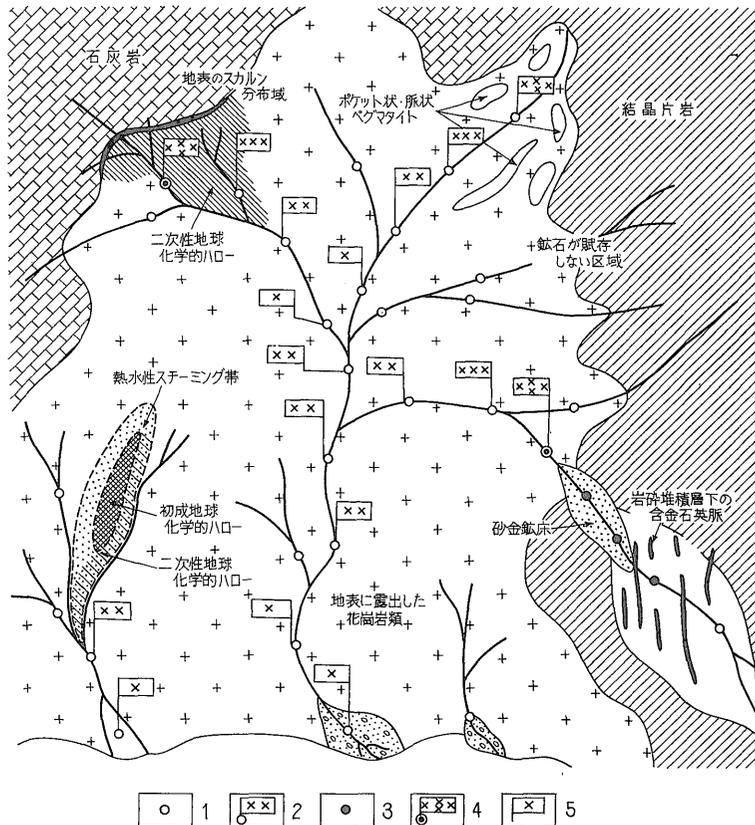
圧倒的大多數の熱水性金属鉱床は, 外因性地質作用条件下できわめて分解しやすくして重淘汰鉱物として保存されない(安定な辰砂を除く)硫化物および砒化物からなっている. しかし, 通常, これらの鉱

注5) 挽かけ法, 重鉱物淘汰法ともいえる: concentrating method.

石鉱物は石英などの軽いがきわめて安定な脈石鉱物と共存している。それらの鉱石随伴鉱物はスライム水洗の際に流出して、探査目的にほとんど供し得ない。

気成-熱水性鉱床のスライム・デクレピテーション探査法は、反対に、主としてスライムの軽い方の分離鉱物を測定に供し、計算することをその基礎としている。中でももっとも大きな価値があるのは、石英のような比較的普遍的に賦存する軽鉱物である。気体ないし液体の包有物だけからなる微細な造鉱溶液滴のような鉱物は、このスライム・デクレピテーション探査法には用いない。熱水起源の石英その他の脈石鉱物の砂粒には大量の液体包有物が、気成鉱物中には気体包有物が大量に包有されている(表参照)。このような地質学的鉱化環境のタイプを示す包有物は、油浸液を用いた顕微鏡下でスライムの軽い方の分離物のものを観察・研究すればよい。そのようにして、各砂粒の生成上の性質が明らかになり、熱水性もしくは気成の石英と他の成因の石英との100分比が確かめられる(Yermakov, 1950, p. 422)。

一方ここで、加熱破裂による鉱物粒中の気液包有物の存在を自動的に確認することが各破裂をパルス・カウンターないしループ・オッシログラフ上に記録することで済ませられるか否かという難かしい問題に行き当たる。初歩的な普通の点検(スライムの軽い方の分離物の破裂の点検)をするには、マイクロサーモチャンバー(microthermo chamber)中の軽分離物粒を肉眼観察するだけでも可能で、その軽分



1: 不毛スライム, 破裂しないもの 2: 破裂する脈石鉱物軽分離体を随伴した不毛スライム 3: 有用成分を有する含鉱石性スライム 4: 鉱石鉱物を随伴したスライム, 強く破裂するもの 5: ×印 1点: スライム 1gr 当たり破裂数=100

第4図 鉱床精密探査のためのスライム・デクレピテーション・データ, 地球化学的分散ハロー, 砂鉱床の一般的総括図

離物粒は包有物が破裂することによって跳ね、動く (Yermakov, 1950<sub>2</sub>)。この探査法をうまく活用するためには、鉱物温度測定学分野でデクレピテーション分析に用いる特製携帯用ないし室内用機器が必要である。

スライム・デクレピテーション探査法では灰色ないし淡灰色および白色のスライムが用いられ、そのスライムから重液で脈石鉱物、とくに石英を分離し、一定重量 (一般に 1 gr) を秤りとりて測定に供される。スライムの軽分離物は、その鉱物粒中に造鉱溶液の気液包有物がなく、700°Cまで熱せられても破裂しない。たとえば、熱水作用を受けなかった花崗岩もしくは花崗斑岩中の石英は 700°Cまで熱しても、その中にはマグマ・メルトの固結した包有物だけが包有されているので、破裂効果を生じない (Yermakov, 1957<sub>1</sub>)。逆に、分解した熱水性石英脈 (ないし気成石英脈) から生じたスライム中の砂粒は、その中に大量の微小な気液包有物が包有されているので (1 mm<sup>3</sup> 当たり数 10~100 数 10個)、大きな破裂度を示す。

熱水性石英の賦存源点に近い所でスライム試料が採取されていればいるほど、より多量の砂粒の破裂がみられるようになる。簡単にいえば、後マグマ性初成鉱床もしくは初成鉱脈に近いほど、スライムの軽分離物の単位重量当たり破裂数は増大し、鉱床に近ければ、それをおおう岩砕堆積層でもその単位重量当たり破裂数は最大となるだろう (1 gr 当たり破裂数が数 100、さらに数 1,000)。すでに実施された別の探査法と組み合わせて、このスライム破裂法の使用効果を検証するためにまとめた一般的総括図が第 4 図である。この総括図は詳しい説明を要しないだろう。図に現われている検証の幾つかの重要な事例だけを挙げることにする。

本流の河口から上流に主流に沿って採取したスライムには鉱石鉱物を含有したものが見当たらず、これらのスライムを地質学者が一般鉱物学的に研究するだけであれば、この流域に鉱微がないという結論が簡単に出されてしまうだろう。だが実際は、河口 (図の) からすぐ始まるスライム軽分離体の破裂現象が鉱微なしとする結論を阻んでいる。

本流左岸最初の 1 支流から採取した、鉱石鉱物を随伴していないスライムの破裂数が急激に増し、砂金鉱床の直ぐ近くで金の賦存徴候を伴った最初のスライムが発見され、次いでさらに含金石英脈も認められるに至ったのである。スライム軽分離体のデクレピテーションを行なわないスライム試料の一般的な検討でも、底質粘土の地球化学的な研究によってみても、スライム・デクレピテーション法を用いた場合のようなよい効果は得られていない。

そして、左岸側 2 番目の支流のスライムは、花崗岩の石英が気液包有物を含んでいないし、そこに鉱脈が賦存しないため、そのスライム軽分離体の破裂現象も認められない。

本流東側のスライム中には鉱石鉱物が見当たらないし、底質粘土の研究結果も金属含有量の上昇を示していない。しかし、源流を遡上って行くにつれて、そのスライムの石英中の気液包有物の破裂数は次第に多くなる。この石英は、花崗岩山塊の内接触部 (endocontact) の鉱石成分を随伴していないが、石英を含有したペグマタイトから供給されたものである。

本流西側源流の底質粘土中では、高い鉛と亜鉛の含有が認められている。だが、その硫化物は分解し易いので、スライムそのものは鉱石鉱物を含有していない。しかし、そのスライムの磁選分離物中の輝石・角閃石・ざくろ石の量は下流側から上流側に向かって増大して、スカルンの存在を証明している。同じくその下流側から沢頭側に石英の破裂数が多くなることはスカルンに重なって熱水鉱化現象があったことを教えている。この場合、3種の探査法全部が互いに補ない合い、そのどの方法でも岩砕堆積物下に潜頭したスカルン中の多金属鉱体の存在を明らかにし得るようである。

図の主流河口から東側の小さな谷で採取した不毛のスライムは多量の石英粒を含んでいるが、その破裂現象は認められない。また西側の谷 (東側の上記の谷の場合と同様に花崗岩岩体を切っている) のスライムは、花崗岩の石英に富んでいて鉱石鉱物を随伴していないが、その軽分離物は破裂する。これらの谷には地表に露出した熱水性石英脈や他の鉱体は賦存していないが、西側の谷には潜頭熱水性鉱体上盤岩石の初成スチーミング・ハローが認められている。このハローは、花崗岩の石英中のごく微細な割れ目が 2 次気液包有物としての溶液の顕微鏡的な微滴分離物を包有したことに原因している。これを均

質化温度以上に熱すると、鉱体の初成包有物の場合と同じような破裂現象が生ずるわけである。

今までのスライム淘汰法（椀掛け法）やこの新しいスライム・デクレピテーション法の利用にも欠陥と限界のあることを述べておかねばならない。すなわち、一般に行なわれている椀掛け法はどちらかといえば地表条件下で安定かつ比重の大きい鉱物からなるスライムを少量採取して試料とすることになるので（25～30の鉱物種・変種）、14～15種の金属鉱物と7～8種の非金属鉱物の探査を可能にするにすぎない。粘土を用いた地化学探査は、鉱物としてスライム中に含まれていない9～10種の金属について椀掛け法では避けられない欠陥を補なってくれる。

スライム・デクレピテーション法は後マグマ性起源のほとんどすべての金属・非金属鉱床に適用できるが、マグマ分化鉱床や一部の堆積性鉱床の探査には適しない。

以上のように、前記の諸方法を別個に用いるか、あるいは前二者だけを組み合わせて探査するのでは、地表に露出したり、岩砕堆積物の下に潜頭しているすべての鉱床を発見できる保証とはならない。一部崩壊した鉱床から供給されるストリーム・セジメントによって鉱床賦存予想地域をもっとも効果的に探査するには、前記3種の方法を総合的に用いる必要があり、その中でスライム・デクレピテーション法が重要な役割を果たすことになるだろう。

#### 文 献

- Грицаенко Г. С. (1954) : Совещание по минералогии и геохимии (全ソ鉱物学・地球化学会議) : ЗВМО, ч. 83, No. 3.
- Долгов Ю. А., Райхер Л. Д. (1953) : Автоматический термовзвешиватель (自動サーモサウンドレコーダー) : Минер. сб. Львовск. геол. об-ва, No. 7.
- Ермаков Н. П. (1949<sub>1</sub>) : О первично-вторичных включениях в минералах (鉱物中の初成・2次性包有物について) : Минер. сб. Львовск. Геол. об-ва, No. 3.
- Ермаков Н. П. (1949<sub>2</sub>) : Критерии познания генезиса минералов и среда рудообразования (鉱物の成因認識の基準と鉱化作用の環境) : Минер. сб. Львовск. Геол. об-ва, Отдельное Прил. 1 к No. 3.
- Ермаков Н. П. (1950<sub>1</sub>) : Исследования минералообразующих растворов (造鉱溶液の研究) : Изд. Харьковского Гос. ун-та.
- Ермаков Н. П. (1950<sub>2</sub>) : Метод растрескивания в минералогической термометрии (鉱物学的温度測定における破裂法) : Минер. сб. Львовск. Геол. об-ва, No. 4.
- Ермаков Н. П. (1957<sub>1</sub>) : Значение исследований включений в минералах для теории рудообразования и учения о минералообразующей среде (鉱床成因論・鉱化媒化学に対する鉱物包有物研究の意義) : Тр. ВНИИП. т. 1, вып. 2.
- Ермаков Н. П. (1957<sub>2</sub>) : Включения маточных растворов в минералах и их значение для теории и практике (鉱物中の鉱化母液包有物と理論および実際に対するその意義) : Тр. ВНИИП, т. 1, вып. 2.
- Ермаков Н. П., Мязь Н. И. (1957<sub>3</sub>) : Влияние жидких и газовых включений на величину потерь при прокалывании минералов (鉱物を灼熱する場合の減量値に対する気液包有物の影響) : Тр. ВНИИП, т. 1, вып. 2.
- Ермаков Н. П. (1962) : Структуры локализации полезных ископаемых (有用鉱物胚胎組織) : Тр. ВНИИП, т. VII.
- Ермаков Н. П. (1965) : Термометрия глубинных процессов рудообразования (深部鉱化過程の温度測定) : В сб. «Минералогическая термометрия и барометрия». Изд. «Наука».
- Костылева Е. Е. (1964) : Некоторые методы изучения жильного кварца (脈石英の諸研究法) : Изд. «Наука».
- Красников В. И. (1959) : Рациональные поиски рудных месторождений (鉱床の合理的な探査) :

Госгеолтехиздат

Крейтер В. М. (1960) : Поиски и разведки полезных ископаемых (有用鉱物の調査・探鉱) : т. 1, Госгеолтехиздат.

Первый симпозиум по изучению газово-жидких включений в минералах (鉱物気液包有物研究 第 1 回シンポジウム) : Советская Геология, No. 12, 1963.

Смирнов В. И. (1955) : Проблемы поисков рудных месторождений, не имеющих выхода на поверхности земли (地表に露頭を有しない鉱床の探査問題) : Советская геология, сб. 49.