

# 鉍床田の構造と鉍床の構造を研究する 内容と方法

翟裕生<sup>1)</sup>著 梁一鴻<sup>2)</sup>・島津光夫<sup>3)</sup>訳 岸本文男<sup>4)</sup>監訳・補筆

## はじめに

この一文は1981年に北京の《地質出版社》から刊行された論文集「鉍田構造と成鉍」中の翟裕生の論文「鉍田鉍床構造的研究内容と研究方法」を梁一鴻が島津光夫の協力を得て共訳し、岸本文男が島津光夫の依頼を受けてその完成原稿を翟裕生の原文と照合しながら監訳した上で筆を加え、さらにそれを島津光夫が閲読・修正したものである。

この一文を掲げる理由は、これによって中国での鉍床学的研究の一つの動向がうかがい知れるだけでなく、日本の鉍床学でもっとも弱いといえる分野が幸いにも取り扱われているところにある。

そもそも地質構造が鉍床の生成と分布を決める主要素の一つであることは、以前から鉍床の探査や鉍山地質の研究にたずさわる人々に重視されてきた現象の一つである。近年、それぞれのタイプを代表する鉍床の詳しい研究や鉍床予測の展開および成因論の追究によって鉍床田の構造(以下、鉍床田構造とよぶ)の研究はいちじらしい進展をみせてきた。因に、鉍床田とはロシア語の *рудное поле* に由来する用語で、同種の鉍床が数  $\text{km}^2$ —数 $10\text{km}^2$  という比較的せまい範囲に集中している地域の名称である。翟裕生の述べているところによると「最近はこの鉍床田構造についての論文が次第に多くなってきたし、多数の資料にもとづいた総合的な研究が強められ、いくつかの新しい研究方向がきり開かれ、系統的な研究内容と研究法が登場している。現在すでに鉍床田構造学ともよぶべき学問領域が鉍床学と構造地質学との学際的分野になりつつあるし、鉍床の成因についての理論的な研究と鉍物資源探査での実際問題の解決に重要な役割を果しつつある。

そこで、実際の調査研究の経験と関係文献を学んだ結果にもとづき、内因性金属鉍床を主な対象にして、鉍床田構造と鉍床の構造(以下、鉍床構造とよぶ)に関する研究の主な内容と方法について検討することとした。

## I. 鉍床田構造の研究の意義

鉍床田構造とは鉍床田の範囲内で鉍床の生成と分布を規制するすべての地質構造のことであり、鉍床構造とは鉍床中での鉍体の分布規則性、鉍体の形態や産状の特徴を決めるすべての地質構造のことであり、なお、鉍床は一般に鉍体群で構成され、鉍体は有用鉍物集合体の最小単位のことであるが、とくに「鉍石からなる」ということもできる。ときには、ただ一つの大規模鉍体で構成された鉍床が存在することもある。

さて、鉍床田構造と鉍床構造の研究内容には、構造地質現象と岩石組織・構造の特徴との関係を明らかにすることも、構造規制をもたらす機構とその発達史も含まれる。さらに、もし地体構造にもとづく鉍床と鉍床田の構造規制の研究が広域・広範囲での鉍床の生成と分布の規則性を明らかにして、その鉍床の探査と発見に役立つものであれば、鉍床田構造と鉍床構造の研究も、鉍床と鉍体の生成や変化(変質・変成・再生など)産状や分布を規制する地質構造上の要因を解明することができ、その鉍床および鉍体の精査・探鉍・採掘にも重要な意味をもつはずである。

内因性鉍床の場合、その鉍化作用に対する構造の規制作用は、以下の7点に要約できる。

(1) 構造運動によって生じた各種の割れ目・空洞・孔隙・高滲透帯などが岩石中に含鉍流動体の移動する通路(鉍石供給路または鉍石分配路)になること。

(2) 上述の構造成の各種の割れ目・空洞・孔隙などが造鉍物質の沈殿場所(鉍石胚胎場)となり、したがってそれらが鉍床や鉍体の空間的分布・形態・産状に影響すること。

(3) 構造運動が鉍液の集中と移動の原因および動力の一つで、とくに地殻深部の構造運動が固体岩石を烈しく変成してマグマに変え、さらに岩層中に分散する水分を集めて熱水に変えるなどの過程に重要な役割を果すこと。

(4) 多くの鉍床の生成が一つの長期にわたる地質学的

1) 中華人民共和国武漢地質学院鉍床教研室  
3) 新潟大学理学部教授(元地質調査所所属)

2) 新潟大学理学部研究生(長春地質学院講師)  
4) 地質調査所地質相談所

な過程であり その鉱床生成期間内における構造運動が鉱床田範囲での鉱床生成期と鉱床生成段階を区分する基礎になり 鉱床と鉱体の範囲内での鉱化作用の程度の非均等性と鉱石分帯を形づくる一つの重要な要素となること。

(5) 鉱床生成時の構造条件が異なることによってたらされる酸化-還元ポテンシャルの変化が 常に異なる鉱物共生組合せと異なる鉱石タイプをつくる重要な原因であること。たとえば 同じ鉱床の場合 構造がそれほど複雑でない条件下では一般に酸化物が形成され 構造が複雑で かつ張力がわずかしか働らいていない環境では 酸化物が硫化物にとってかえられ 大規模に密集した断裂とそれに伴う第2オーダの断裂が明瞭な構造張力を現わしている地区では 硫化物とともに硫酸塩鉱物 炭酸塩鉱物 硫酸塩鉱物などが沈殿する。

(6) 鉱床生成後の構造がその鉱体を破壊し 採鉱の難度を増すことがあり 或る種の層状鉱床 (たとえば 堆積変成鉄鉱床) が褶曲して厚くなり (とくにその向斜の部分で) 単位面積当りの鉱量を増し そのため開発上有利になる場合があること。地表に露出し あるいは地表に近い部分の構造 (断裂帯 破碎帯) は地表水と地下水の滲透に適し それが鉱石と側岩の酸化を促し 初成鉱石を酸化鉱石に変え 二次富化鉱などに変える。

(7) 近年来 重複鉱化作用と再生鉱化作用が重視されるようになってきたが これらの鉱化作用がいずれも構造運動と関係があること。重複鉱化作用は早期の鉱化作用を受けた部分に含鉱流動体が入っていくことのできる通路を必要とし 再生鉱床はつねに好適な構造部分に賦存し 造鉱物質の供給源となった岩層中のその造鉱物質の活化・移動と局部的濃集が小規模構造 (初成と二次成) に非常に大きく規制される。

以上の諸点で明らかのように 構造運動は鉱床生成作用の基本的な条件および構成要素の一つで 構造は各種の成因の鉱床に対して一定の規制作用を行う。また構造は鉱床の生成・発展の各段階にそれぞれ影響を与えるだけでなく その影響は多面的である。その影響は大は鉱床の地殻中における賦存位置から 小は鉱体の形態・産状および鉱石のタイプの変化にいたるまでさまざまである。したがって 鉱床田構造の研究と鉱床構造の研究が 鉱床の成因を深く理解し 鉱床の探査や評価あるいは開発を行う上で重要な意味を備えていることは いうまでもないだろう。

## II. 鉱床田構造の研究の基本的な内容

鉱床田構造学は 構造地質学と鉱床学の原理と方法を

応用して地質構造と鉱床生成作用の関係を研究する学問で その基本課題は 鉱床田および鉱床の生成と変化の地質構造上の条件を明らかにし それでもって鉱床の分布の規則性を把握することである。

さしあたって 鉱床田構造の研究課題は 以下のいくつかにまとめることができる。

### 1. 岩石の物理的・力学的性質の研究

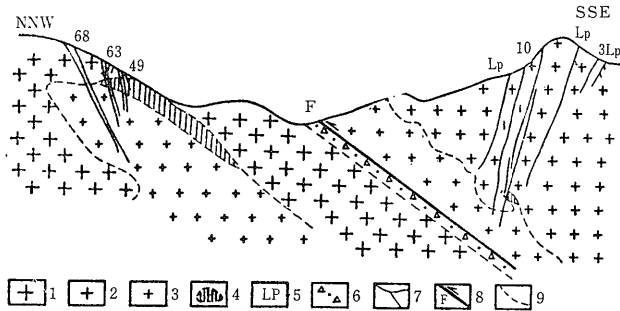
近年来 鉱床田構造の観点による岩石の物理的・力学的性質の研究は 以下の主として4分野に集中している。

(1) 岩石の力学的性質の 岩石の変形と鉱化体の分布に対する影響 すなわち鉱床側岩のいくつかの性質 (たとえば 強度・弾性・塑性・脆性・孔隙率・透水性など) の鉱液の移動と鉱化体の分布に対する直接的ないし間接的影響

(2) 変成後の岩石の力学的性質の 鉱化体の分布に対する影響 すなわち岩石が接触変成作用 動力変成作用ないし熱水変質作用などを受けたのちに その初成物質の物理的・力学的性質に変化が生じて いくつかの新しい性質が生まれ そのことが鉱床の生成に好適ないし不利な影響をもたらすこと。たとえば 可塑性を備えた岩石が珪化されて脆性岩石になり それが力学的な作用を受けると 破断されて網状もしくは細脈状の割れ目をつくりやすく そのような条件下ではそれぞれに対応したタイプの鉱化体が形成される。また たとえば 炭酸塩岩中での選択交代作用 これは同一成分の岩石の中で生じる現象であるが それは歪みが不均等に分布し 歪みを受けた部分の岩石が歪みを受けていない同種の岩石の部分よりも交代作用を受けやすいからである。

(3) 各種の深度 各種の応力条件下における同種岩石の 物理的・力学的性質の差別的変化とその鉱床生成作用に対する影響の研究

(4) 地質断面中の岩石の組合せと岩石の強度差の 変形特性に対する影響の研究。たとえば 噴出岩層系中の石灰岩間層が褶曲する際には その石灰岩は可塑性の岩石として変形するが 石灰岩が泥質岩層中に間層を形づくっている場合には 石灰岩は相対的に脆性岩として挙動し 破断構造を形成する。またたとえば 火山岩系中の割れ目が密集・発達する溶岩角礫岩は一般に鉱体胚胎層となり 比較的孔隙率が低く 可塑性が高い溶岩および泥質岩は遮蔽層となる。A. V. コロレフと P. A. シェフトマン (1965) は タイプを異にする岩層の組み合わせの構造変形時における性質と特徴を研究し さらにその性質と特徴の鉱体賦存位置と鉱体の形態に対する規制について研究した。この種の研究は 鉱床規制構造のタイプとそれに関係ある鉱体化の規模を予測するのに役立つ。



第1図 多重貫入花崗岩体と鉍床の生成との関係  
(湖南省南部の或る 鉄マンガン重石鉍床：地質調査隊による)

- 1—変斑状黒雲母花崗岩 2—中粒両雲母花崗岩
- 3—細粒白雲母花崗岩 4—ペグマタイト様岩
- 5—ランプロファイアー 6—断層角礫岩帯
- 7—鉄マンガン重石-石英脈及び番号 8—断層
- 9—地質体境界線

近年来 1 鉍床田における岩石の各種の力学的な性質を 総合的に研究する傾向がみられるようになってきた。V. I. スタロスチン (1978) が 断裂 割れ目 空隙 定向配列鉍物 岩石の非均質性などの総合的な研究を基礎に 硫化鉄鉍型鉍床田を引張り域に賦存するものと圧縮域に賦存するものとに分け 両域がそれぞれ異なる古構造応力場およびそれに応じた鉍床分布上の特徴を備えている と結論づけたのは その好例である。

2. 各種の鉍床規制タイプの研究

各種の構造形態の発生と発展の歴史およびそれらと鉍床の生成時期・生成空間・成因の関係を研究し それによって鉍床形成の構造規制の要素を明らかにすることが鉍床田構造の研究の主な内容になっている。この分野でもっとも深く研究されているのが変形構造 すなわち褶曲 断裂 割れ目などである。

褶曲構造に対しては その成因的タイプと形態的タイプが詳細に分類され それぞれの鉍床を規制する好適な部分 たとえば褶曲のヒンジ帯 プランジング冠部 背斜軸の虚脱部および翼部の滑動裂か構造などの鉍床を規制する作用が系統的に研究されてきた。そして その実際の大量の資料は 褶曲構造とさまざまな規模の断裂・裂かが組み合っ て 造鉍物質の沈殿条件と鉍体の形態上の特徴を規制することを明らかにしている。

断裂・裂か構造は内因性金属鉍床を規制するもっとも重要な構造タイプで 断裂の規模・産状・形成序列・発達史および規模・形成序列を異にした断裂の組み合わせ状況に対して多くの研究が行われ とくに断裂の内部構造の変化とその鉍化作用に対する影響 たとえば断裂の相対的な引張り部分と相対的な圧縮部分は鉍化体の分布に違った作用をするといったことが注目されている。そして 鉍床田および鉍床の分布位置を決める上で 深在断裂が重要な役割を果していることも明らかにされた。

マグマ活動によって引き起される岩石の変形と変成は一つの複雑な しかも特殊な構造型式であって 一般的には深成マグマ成構造と火山-地下火山成構造に分ける

ことができる。深成(または中-深成)マグマ成構造では 貫入岩体の初生構造と接触帯構造が研究の重点となっている。中国の接触交代型鉍床の分布はきわめて広く そのため系統的に貫入岩体とその接触構造が研究できる条件が整っており すでにいくつかの法則性も総括されている。その中でも 接触帯構造体系と接触帯構造の各分帯性・各段階性および接触変成構造・熱変成構造・動力変成構造の特徴とその鉍床規制上の意義などについて とくに詳しい研究が行なわれてきた。

タングステン・錫・ニオブ・ベリリウム・タンタルを含有する酸性複合岩体中での岩体の数次貫入構造は 多期・数次のマグマ貫入活動があったことをはっきりとあらわしている。江西省の西華山鉍床 湖南省の鄧埠仙鉍床 同じく湖南省の安化県司徒鋪鉍床などの資料によると 鉍化作用は主として複合岩体後期の中-細粒質白雲母花崗岩と関係がある。その鉍脈は 主として この中-細粒質白雲母花崗岩の岩脈(もしくは小岩株)の上縁部と上位被覆層(または前期の火成岩ないし堆積-被変成岩)の割れ目に賦存する。したがって このような鉍床の鉍床規制構造の指標を研究する場合 複合岩体全体の上部の接触帯を区別することなく研究を進めてはならず 複合岩体全体の中から鉍化作用に関係した岩体を識別すべきであり さらにその形態・産状と接触帯構造を明らかにして 好適な構造部分で未知の鉍体を探索しなくてはならない。

火山-地下火山に由来する鉍床の経済的価値が日を追って増大してきたため 火山-地下火山成構造も日を追って人々の注目を集めるようになってきた。この種の構造は マグマとそれに伴われた気体・液体物質が地殻の或る深さのところ(極端な場合には上部マントル)から地表に向って激しく噴出し あるいはごく浅いところに貫入して形づくられたもので さまざまな形式があり その形成機構は独特である。そのうちのカルデラ 火山ドーム 火山岩筒およびそれらに伴われた環状断裂ないし放射状断裂などは 一般に熱水鉍化作用に適した空間となり 火山-地下火山成熱水鉍床に対して明白な

規制作用をすることもある。中生代—新生代の陸相の火山岩分布地域では火山—地下火山成構造の保存が比較的良好である。たとえば中国の寧蕪(南京—蕪湖)火山岩盆地では深在断裂の交叉部が常に火山噴火の中心となり、鉱体を胚胎する地下火山岩体が貫入した構造部分ともなっている。そして地下火山岩体の初成割れ目と二次割れ目、鐘状構造、角礫岩体の構造は特徴的な鉱床胚胎構造となっている。そのほか海底の火山噴気および同じく温泉活動と関係のある硫化鉄鉱型多金属鉱床と黒鉄型多金属鉱床の形成・分布は海底火山活動の中心の位置に規制されている。最近では何人かの学者たちは海底カルデラを塊状硫化物鉱床の形成の一つのキーポイントと考えている。

ここで指摘しておかねばならないことは古火山の骨格が形づくられた後に、鉱化作用・変質作用・重複構造運動・風化剝削作用の影響を受けて、その古火山が初めて岩石の構成と構造を複雑なものにされ、本来の姿を変えてしまうことである。そのため具体的に古火山の火口や火道を確定するには、多面的に観察し、論証することに注意しなくてはならない。

角礫岩筒は多くの場合、浅成ないし浅成鉱床区域の中では鉱体を伴わない。その岩筒は熱水鉱床に対して明瞭な規制作用を行っている。南北両アメリカ大陸の58の斑岩銅鉱床ではその約70%が角礫岩筒と関係をもっている。近年中国では多くの地域で角礫岩筒と関係のある鉄、銅、モリブデン、亜鉛、金、銀などの鉱床が発見されている。現在のところ角礫岩筒は多くの鉱種の鉱床の形成と分布を規制する重要な構造様式と考えられる。その角礫岩筒の成因は複雑かつ多様である。高温の含鉱流動体(気体を主とするもの)が地殻の浅い部分で潜頭性の爆発作用を行い、それによって生じた潜頭爆発角礫岩もあり(常に火山底性熱水鉱化作用の一つの構成要素になる)地下浅部のマグマ溜り中の気体が裂かに沿って「溶出」してできた角礫岩もあり、岩体が冷却・収縮することによって当該岩体の頂部と周縁部に空洞が生じ、そのために上位の岩石が重力によって落ちこんで形成された陥没角礫岩もある。また相対的な引張り条件下で岩石が干渉—振動作用を受け、それによって網状角礫岩が生じたと説明する人もいる。最近T. ホブウッドは脆弱な岩石中の網状の角礫岩が岩石中の圧縮不可能な孔隙水(孔隙流動体)の水力圧砕作用による生成体という考えをうち出している。

そのほか断層角礫岩、貫入角礫岩、火山爆発角礫岩、岩塩・石膏溶解角礫岩などもある。ある大型鉱床ではその鉱化角礫岩は成因的には複合型に属している。

上記の鉱床規制構造型を除けば、最近では帯状構造  
1986年4月号

環状構造、重力構造の鉱床規制作用に注目する人々が多くなっている。

帯状構造は断層と完全には同じものではないが、地殻内の一種のきわめて深く、広い脆弱な構造帯である。これはおおむね潜頭性で、くり返し活動し、しかも広域にわたり、はなはだしいものは一大陸を貫ぬくほどの規模に達している。一般に帯状構造の交会部ないし分岐部が形成している。きわめて深い脆弱帯は、深部の造鉱物質が地殻の浅部に移動する重要な通路と理解されている。

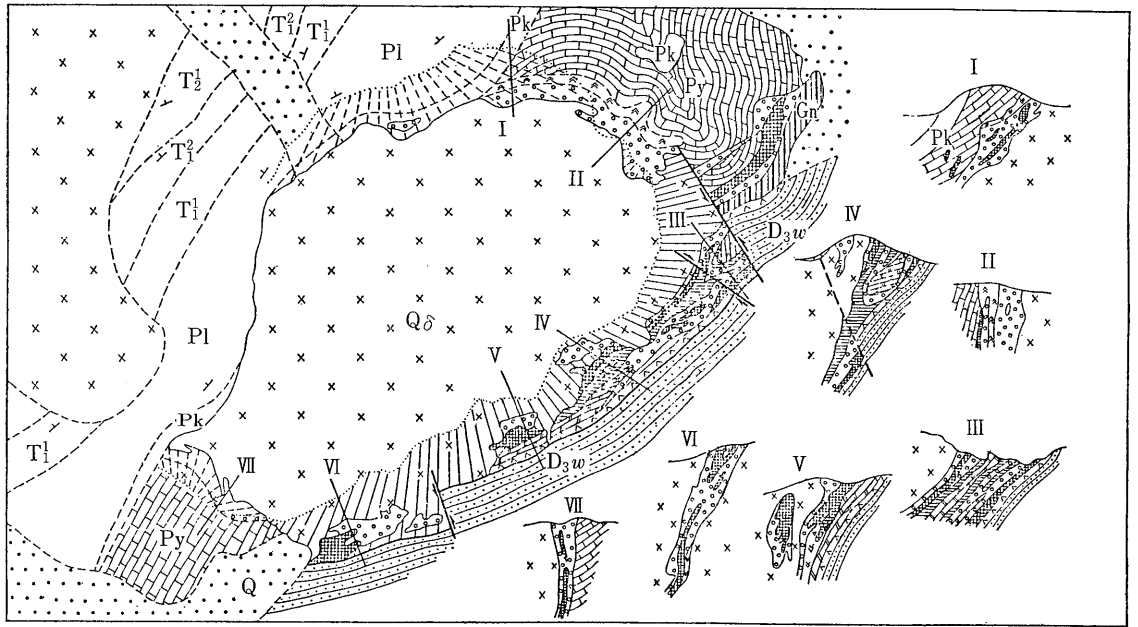
環状構造は堅硬な地塊中につねにみられる一種の構造型式で、衛星写真に比較的鮮明に写しだされるものである。環状構造に關係ある鉱床は中心型マグマ岩体内の、たとえばマグマ分化銅・ニッケル鉱床、内因性カーボナタイト中の隣—ニオブ—希土類鉱床及び或る種のスカルン鉱床と熱水性鉱床である。たとえばカナダのケベック地方に賦存する塩基性—超塩基性岩体中の17の銅—ニッケル鉱床は、そのうち13鉱床が環状構造と關係を有する。

現在のところ環状構造については潜頭岩体であるとか、回転ねじり構造であるとか、活構造岩体の周縁断裂であるとか、火山成構造であるとか、天体衝突構造であるとか、さまざまな説明がなされている。

重力構造は地殻の運動過程で重力ポテンシャルが失われた場合に生ずる構造のタイプである。馬杏垣らが中国の第2回全国構造地質学術会議で発表した高山地域の震旦系の重力滑動構造の詳細な研究によると、重力滑動が地質作用の中で重要な役割を果たすこと、すなわち堆積被覆層とミグマタイト化作用、火成活動が比較的よく発達している基盤岩層では、重力構造のタイプとして崩落、山崩れ、地汙り、ナッペ、スキージング、ダイアピルなどがあることが明らかになった。油田地域では重力構造が、たとえば堆積作用時に生じた断層が石油や天然ガスの移動と集積に重要な働きをすることはすでに広く注目を集めているところである。また内因性鉱床の形成過程における重力構造の規制作用については、ある含鉱陥没角礫岩の形成に関連して、すでに報告が出されている。

### 3. 鉱床規制構造体系と構造分帯性の研究

鉱床田構造の研究では、以前は単一の構造形態(断層割れ目、褶曲など)の鉱床規制に比較的多くの関心が集められ、しかもその構造形態を鉱床規制構造タイプの区分の基本としてきた。これは鉱床田構造に関する文献でかなり多く見られることで、実際の地質調査や鉱床探査の中でも広く応用されている。しかしこの程度の研



- |    |    |                |    |                |    |                |    |    |    |    |    |    |   |   |   |    |    |    |
|----|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----|----|----|----|----|---|---|---|----|----|----|
| Q  | 1  | T <sub>2</sub> | 2  | T <sub>1</sub> | 3  | T <sub>1</sub> | 4  | Pl | 5  | Pk | 6  | Py | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 13 | 14 | 15             | 16 | 17             | 18 | 19             | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |    |   |   |   |    |    |    |

第2図 銅官山岩体接触帯地質構造図

I—筆山西 II—筆山東 III—老廟基山 IV—小銅官山 V—老山 VI—宝山 VII—白家山 (以上は地名)

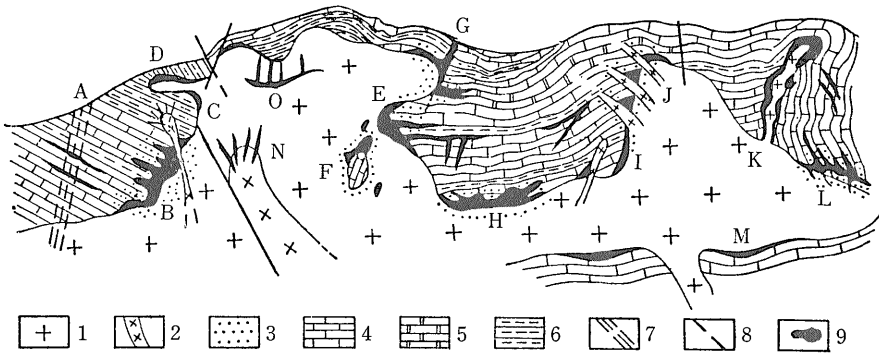
1. 完新統堆積層 2. 3. 4—“青竜”石灰岩 5—“竜潭”石炭地層系 6—弧峰層 7—“陽新”石灰岩 8—苦灰岩 9—大理石 10—珪岩及びシルト岩 11—石英閃緑岩 12—柘榴石スカルン 13—透輝石スカルン 14—磁鉄鈹鈹体 15—磁硫鉄鈹鈹体 16—蛇紋岩或いは蛇紋石化透輝石スカルン 17—ゴッサン 18—主な断層 19—岩層産状 20—地質境界線 21—岩体 (-135M) 境界線 22—岩体方向へ傾斜する接触帯 23—外へ傾斜の接触帯 24—断面線

究でとどまっているなら 構造と鈹化作用との関係を全面的に解明することは困難である。李四光は 地質構造の発達と相互関係から出発して 構造体系という概念を提起した。構造体系は それぞれの規模が異なり地殻に影響を与える深さも異なるので 鈹床の分布に対する規制作用も異なるはずである。中国の非常に多くの地質研究者たちは鈹床の探査に当り 構造体系という考え方をを用いて鈹床の分布に対する構造の規制を研究し 次第に構造体系の多元的な鈹床規制作用 構造体系が複合した鈹床規制作用 構造体系のさまざまな部分での鈹床規制作用 さらに回転ねじり運動構造による流動体鈹物資源の移動・集中などの規則性が総括されるようになってきた。その規則性を活用した鈹床予測の研究では いくつかの成果があげられ 加えて実際の地質調査・鈹床探査の中で多くの経験が積み重ね さらに研究・調査が深まっている。また国内でも国外でも 構造応

力場の理論を用いて構造形成機構及び構造要素間の関連を説明することが多くなった。それは総合的な変形過程の中で構造体系が生じたことを強調しているのである。全体的にみれば 構造体系と鈹床分布との関係についての研究はまだ初期の段階にあるといわねばならないが 実際の調査研究の結果が明らかにしているように この種の研究は一つの重視すべき方向である。

そのほか 鈹床学の研究そのものからみれば 現在は一つ一つの鈹床 一つ一つの鈹床タイプを研究することを基礎にして その上に鈹床生成系列 鈹床の組合せの研究を進展させていく段階にある。鈹床生成系列の生成条件を説明するためには それにふさわしく 系統的に鈹床規制構造体系を研究することが必要になる。

断裂構造と褶曲構造に関係のある構造体系については関連文献がすでにかなり多くのことを述べている。貫入岩体と関係のあるスカルン-熱水型の鈹床については



第3図 貫入接触構造において鉱体を規制する種々地質構造要素

A—割目帯近くの鉱体 B—熱水変質帯中の鉱体 C—舌状岩体下の鉱体 D—岩体頂部の鉱体 E—オーバーラップ部の鉱体 F—捕獲岩周辺の鉱体 G—接触～断裂帯中の鉱体 H—岩体凹部の鉱体 I—急斜接触帯の鉱体 J—岩体と岩脈の交叉部の鉱体 K—背斜軸部の鉱体 L—接触層間破砕帯中の鉱体 M—底部接触帯の鉱体 N—複貫入岩体を伴う鉱体  
 O—岩体初生割目中の鉱体  
 1—貫入岩 2—後期貫入岩及び岩脈 3—スカルン及び他の変質岩 4—石灰岩 5—苦灰石質石灰岩 6—頁岩 7—割目帯 8—断層 9—鉱体

その鉱床を規制する構造体系をどのように理解するかを筆者らは《銅官山鉱床の構造規制》(1965) という論文ですでに初歩的な説明を行っている。その後もこの問題に関連した論文の中で 筆者らが接触帯構造体系という概念をはっきりと提起した接触帯構造体系とは 一つの接触面とその形態・産状だけでなく マグマの貫入に伴う熱エネルギー作用と動力作用によって生じた塑性変形断裂割れ目 破砕角礫 さらに岩体の初生・次生構造と捕獲岩構造など一連の構造要素を総合した体系のことである。これらの構造要素は空間的に規則的な配列をしていることがあり 時間的にも一定の生成・発展の順序を有し 形成機構上も一体のものである。事実が明らかにしているように このような接触構造を一体として理解することは この種の構造と鉱化作用との一体的関係を全面的に理解するのに役立つ。

構造体系の概念の中には 構造の累帯性という内容も含まれている。構造累帯性とは 異なる構造要素が空間的にも時間的にも規則的に分布することである。それらの構造要素は 断裂(断層) 裂か 褶曲 変質帯 断裂内部構造 岩石の物理・力学的性質その他を含んだものである。鉱床田構造と鉱床構造のそれぞれの累帯性を研究することは したがって鉱床の空間的分布を理解する上できわめて重要な意味をもち 一つの重要な研究課題となる。近年 鉱山開発が進み 深部試錐 地球物理探査が発展してきたことによって 地下深部の鉱化作用と構造との関係に関する資料がますます多くなってきて この分野の総合的な研究ができるようになって 1986年4月号

きた。

構造体系の研究のなかで 鉱床を規制する構造に等距離的な性質があることが広く重視されてきた。この等距離的な性質(略して等間隔性)とは 鉱床生成帯と鉱床生成帯 鉱床田と鉱床田 鉱床と鉱床 鉱体と鉱体の間の間隔がそれぞれ空間的に大体等しいということである。その等間隔性は直線距離で表わすこともできるし 弧状の曲線距離で表わすこともある。このような鉱化体の等間隔分布という現象は中国国内およびその他の国々の多くの鉱床生成区 鉱床田あるいは鉱床で認められるが その中でも等間隔の鉱脈とか 等間隔の含鉱貫入岩体は とくによく認められるものである。

しかしながら 一つの地域でもその岩石構成は不均一であり 力学的性質を異にする岩石が組み合って分布することが多く このことは応力の性質と分布に影響し どの地点でもその性質と分布が同じとはなり得ない。したがって 近似的な等間隔が成り立っているだけである。硬い岩体が応力を阻害する地域では 等間隔性が大きく損なわれ また早期に形成された構造の等間隔性がその後の地質作用によって壊されることもしばしばである。

#### 4. 鉱床規制構造の発達段階の研究

地質構造は鉱床の産状を決定するが その形成過程は鉱床の形成過程よりもはるかに長い時間を要している。現在 地質構造の発達過程に照して鉱床田構造を研究するという方法が広く採用され 一般に鉱床規制構造が発

第1表 銅官山鉱床の鉱化段階と初成分帯の総合表

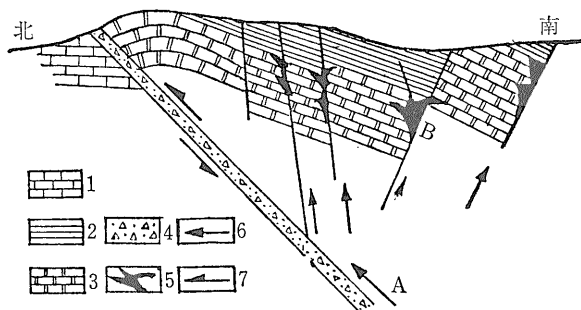
鉱化段階	主要鉱物	接触 変成	気成— 高温熱水	中— 低温熱水	表成 作用	変質 閃緑岩	ざくろ石 スカルン	輝石・ ざくろ石 スカルン	ざくろ石 スカルン	大理石	ざくろ石 スカルン	蛇紋石・ 透輝石 スカルン	ホルンフェ ルス化シ ルト岩
接触 変成	珪灰石 透角閃石 石英 絹雲母												
珪 酸 塩	透輝石 ざくろ石 磁鉄鉱 透輝石 ざくろ石												
酸 化 物	磁鉄鉱 緑簾石 陽起石 蛇紋石 灰重石 電気石												
硫 化 物	石英 黄鉄鉱 輝水鉛鉱 緑泥岩 磁硫鉄鉱 黄銅鉱												
後 期 硫 化 物	閃亜鉛鉱 コロホム状黄鉄鉱 —白鉄鉱 黄鉄鉱 白鉄鉱 黄銅鉱 石英 方解石												
表 成	褐鉄鉱 赤鉄鉱 輝銅鉱 孔雀石												
タイポモルフ元素	Si, Ca, Al	Al, Si, Ca, Fe, Mg	S, Fe, Cu, Mo, Pb, Zn	Fe, O, Cu, Ca	磁鉄鉱—黄銅鉱 磁硫鉄鉱—黄銅鉱 コロホム状黄鉄鉱—白鉄鉱—黄銅鉱 コロホム状黄鉄鉱—白鉄鉱—黄銅鉱 閃亜鉛鉱—方鉛鉱								
鉱石組織	残留組織	葉片状、コロホム状、乳濁状、交代変晶、交代残留、自形・半自形、周期的縞状	塊状、脈状、網状、鉱染状	皮殻状、コロホム状、蜂巢状	蛇紋石—磁鉄鉱—黄銅鉱								
鉱石構造	角礫状 脈状 塊状				磁鉄鉱—黄銅鉱 磁硫鉄鉱—黄銅鉱 コロホム状黄鉄鉱—白鉄鉱—黄銅鉱 閃亜鉛鉱—方鉛鉱								

注：{ は構造運動が激しかった期間

達する長い歴史は3種の段階 すなわち先鉱化段階 内鉱化段階 後鉱化段階に区分されている。

鉱床規制構造のなかで 内因性鉱床の分布にもっとも重要な役割を果しているのは 断裂構造である。そのため 専門家たちは断裂構造の生成・発展の歴史をかなり詳しく研究している。曾慶豊は 鉱床を胚胎する裂

かの発達過程を生成・開口充填・破壊の3段階に区分した。そのうちの前二者の段階は 鉱床の生成と密接な関係を有する。この二つの段階はくりかえし出現し何回も活動し いうなれば脈動的な性質をもっている。この鉱床規制構造の脈動的な性質は 鉱床生成作用の脈動的な性質をもたらす基本的な要素で 非常に多くの熱



第4図 1水銀鉍床帯の鉍石誘導路(A)・鉍石胚胎路(B)の構造組み合わせ断面図

- 1—オルドビス系石灰岩 2—カンブリア系頁岩
- 3—カンブリア系苦灰岩 4—構造性角礫岩 5—鉍体
- 6—鉍液の流動方向 7—断層の運動方向

水性鉍床にその現象ははっきり現われている。

多くの実例が示しているように 鉍床を胚胎する裂かの生成は主として水平ないし水平方向に近い応力作用の結果で 裂かの開口と鉍液による充填は張力作用下で生じ 圧縮と引張りは一般にくりかえされ 脈動的である。

中国内外のいくつかの詳しく研究された鉍床では 鉍床生成期の各段階における構造応力場の変化が図解され 鉍床規制構造の時間的変化の状況も図で説明される場合が常である。

5. 鉍液の流動方向と造鉍物質移動構造の研究

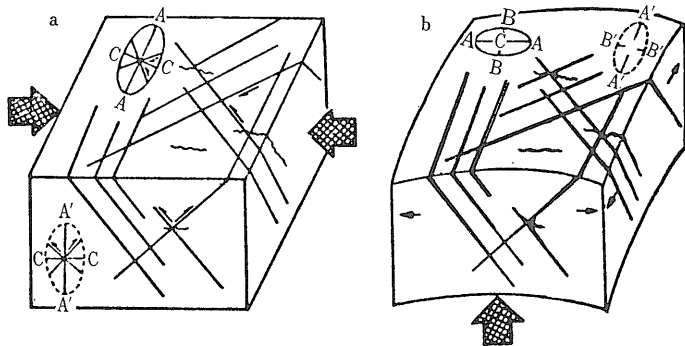
鉍床の生成には 多くの有利な条件の組み合わせが必要である。内因性鉍床の生成の過程では 含鉍マグマもしくは鉍液が鉍石胚胎路に侵入することが鉍床生成の根本的な前提である。だからこそ 或る鉍床田では一般的に鉍床の生成に有利な構造条件があるにもかかわらず 実際には鉍体がなく 反対にあまり有利でもない構造部分に鉍体が賦存する場合があるわけである。福建省南平県の葫蘆山スカルン型鉄鉍床田はそのよい例である。

鉍液が移動した通路を解析するために 一般的には鉍液が移動する作用をもたらした構造と 鉍液から鉍石鉍物が沈殿する作用に役だった構造という考え方にもついて それぞれ鉍石供給路構造と鉍石胚胎路構造に区分されている。 鉍石供給路構造は鉍液がその供給源から鉍床の範囲まで侵入する通路の構造のことである。 鉍石胚胎路構造は 鉍体を胚胎し その形態・産状・内部構造の特徴を決めている構造である。 ある研究者 (V.I. Smirnov, 1976) は 鉍石分配路という構造をこれに加え

それを鉍石供給路と鉍石胚胎路の中間にあつて 両者を結ぶ構造と説明している。 しかし 実際には鉍石供給路と鉍石分配路とは区別し難い。 それどころか ある状況下では 鉍石供給路構造と鉍石胚胎路構造さえ一致する場合がある。 たとえば いくつかの断裂 裂か 不整合面などがそうで これらは鉍石供給路ともなるし 鉍石胚胎路ともなる。 したがって このような区分は相対的なものにすぎず 実際には具体的な鉍床区域の実状にもついで分析し 区分しなくてはならない。 実際の調査研究に当っては 地質構造の観察と熱流動体 (たとえば鉍液) の運動力学的な分析が 鉍石供給路構造と鉍液の移動方向とを明らかにする主な方法の一つになる。 鉍液が移動する場合 その存在場所での圧力の状態が非常に大きな意味をもっている。 鉍液はすべて 高圧力帯から低圧力帯に向つて移動し 低圧力帯はさまざまな成因の引張り割れ目帯 破碎帯 角礫岩帯 断裂の彎曲部と交叉部 褶曲剝離部分 高渗透性岩帯に相当する。 鉍液は一般に これらの低圧力帯に集中し 鉍石鉍物を沈殿する傾向がある。

地質現象が複雑なため 鉍体の産状・形態の測定などを含めた地質構造の観察だけでは 鉍液の移動方向を明らかにすることができない。 そこで最近では 構造地球化学法というべき方法が多く用いられるようになってきた。

鉍液が深部から上昇する際には その温度と受ける圧力が次第に下がり 充填・交代作用が間断なく進行する



第5図 鉍脈貫入断裂の発達段階解析図 (曾慶豊「脈状鉍田構造基本問題」により) a—形成期、水平圧縮により 平面と断面に形成した断裂系を表示する。 b—引張り と貫入段階、隆起による引張り作用 (かならずしも背斜軸部ではない) によって断裂系が開き 鉍脈の侵入を受ける。



ため 鉱液の成分が断えず変化していく。そのことによって 鉱液がその通路に沿って下部から上部に 中心部から両側部に移動するにつれ 側岩の変質と鉱化作用のタイプ及びそれに関連する元素の含有率と組み合わせの状態も変化する。したがって 下記のような指標を用いれば 鉱液の移動構造と移動方向が判断できる。

- ① 鉱化作用のタイプ・強さの変化
- ② 側岩の変質のタイプ・強さの変化 変質分帯の特徴
- ③ 鉱石の構造・組織のタイプの変化
- ④ 鉱物分散ハローと鉱物結晶形態の変化
- ⑤ 元素（主要元素または微量元素）の含有率ないし元素含有比の変化 一般的には  $WO_3/Sn$   $Zn/Pb$   $V_2O_5/総Fe$  などの比を用いる。通常 鉱液が移動するにしたがって温度が低下し これらの比の値が次第に小さくなるので それによって鉱液の移動方向と通路を明らかにすることは可能である。
- ⑥ 鉱物の生成温度といくつかの鉱物のタイポモルフ特性の変化

鉱化作用は一般に脈動的（多段階性）で 重複作用や再生作用が加わることもある。このような場合には 鉱液の移動方向はさらに複雑になるので 一層慎重な研究が必要になってくる。

### 6. 鉱石が沈殿する構造トラップ条件（鉱床生成構造トラップ）の研究

鉱液が地殻中を移動して 或る特定の空間に達した場合 その鉱液の温度 圧力 濃度などは明らかに変化して造鉱物質を大量に沈殿し 鉱石を形づくるまでになる。その特定の空間を構成する諸要素のなかで 重要な役割を演じるのが地質構造である。鉱液を閉じこめ局部的に造鉱物質を濃集させる構造作用と構造要素は 鉱床生成構造トラップとよぶことにする。この種の構造トラップは相対的と言うべきもので これに関与する要素はつねに地質構造と岩質で 両者が共同して作用する。したがって 実際上は地質構造—岩質トラップなのである。

鉱床生成構造トラップは その地質構造のタイプと強さからすると 次のように区分することができる。

- (1) 断層トラップ（断裂トラップ）：単一の断層（断裂）の湾曲部分 くり返し活動部分（破断—引張り開口部分） 主断層と副断層の交叉部 2組の断層の交叉部 断層の分岐部 断層と鉱化作用に適した岩石との接触部など。
- (2) 褶曲トラップ：背斜軸部の剝離帯 同じく軸部の

遮蔽層下位の鉱化作用に適した岩石 背斜の末端部 褶曲翼部の湾曲部 向斜軸部の張力裂か部 褶曲と各種断裂の交会部など。

(3) 貫入接触トラップ：接触帯のオーバーハング部分 接触面の凹部 接触冷固収縮裂か帯 接触面と断裂との交会部 接触面と岩脈の交会部 接触捕獲岩体構造部 遮蔽層下のドーム状隆起部 接触帯と第2オールドの褶曲との交会部など。

(4) 地層トラップ（堆積トラップ）：地層の傾斜不整合面・平行不整合面・整合面 地層内のレンズ状好適層 層間裂か 層間角礫岩層 遮蔽層下位のカルスト空洞 岩層中の岩質の明瞭な変化部分など。

(5) 複合トラップ：上記の各種のトラップが組みあって生じたトラップで たとえば断層—地層トラップとか 接触—断層トラップなどがそうである。この種のトラップは規模が一般に大きく つねに大型鉱床の生成に適した条件を備えている。

構造トラップの空間形態は多種多様であり しかもその形態は鉱体の形態や産状に直接影響する。単一の巨大なトラップの空間には大型の鉱体が形成されやすく 断層—接触帯構造中の鉄鉱体（たとえば程潮鉄鉱床）はそのよい例である。多数・密集した断裂裂か中には 互に平行し合った鉱体群をつくりやすい。透水性が大きい 塊状岩体のドーム状部分の網脈状裂か帯では 面状の広がりをもった鉱染状の鉱化・変質帯がつくられやすく しかも鉱化現象は比較的均等に広がっている。断裂 網脈状裂か 高透水性岩などの多種にわたる要素が組み合ったトラップ系では 産状の複雑な 不均等な鉱化帯や鉱体がつくられやすい。

以上のように 構造トラップは鉱石鉱物の沈殿にもっとも重要な外的条件を形づくり 鉱床生成の基本的パラメータ（圧力・温度・濃度・pH・Ehなど）の変化に影響を与え したがって 鉱床生成過程にも影響し 鉱床の成因の特徴にも影響を与える。そのため 構造トラップは鉱床田構造を研究する場合の基本的な内容の一つになる。

### 7. 各タイプの鉱床の規制構造条件の研究

成因を異にする鉱床の規制構造条件と構造タイプの研究も 鉱床田構造の当然な研究内容の一つである。鉱床のタイプの区分が今までの鉱化作用の区分方式によることはもちろんであるが さらに鉱化作用の地質構造条件に従うこともできる。それによって さまざまなタイプの鉱床の地質構造条件とその発達史を研究することは 当該鉱床の鉱化作用を規制する要素を深く理解し

その鉱床の成因を明らかにし、さまざまなタイプの鉱床の分布規則性を把握し、探査方針をうちだすことを容易にする。この種の研究方法は、前述の構造タイプによる各種の地質構造の鉱床規則の研究と補ない合う性質のものである。

熱水性鉱床の構造の研究は早くから人々の注目をひき、それがそのまま鉱床田構造の研究の重点的な課題となり、この分野ではすでに豊富な経験と資料が蓄積されている。最近では、マグマ分化鉱床、火山源鉱床、斑岩鉱床、変成鉱床、層準規制鉱床の構造についての研究が重視されてきた。それは、これらの鉱床の巨大な経済価値が日々明らかになってきたためである。紙数に限りがあるので、この報告では、各タイプの鉱床の構造規制の特徴を一つ一つ挙げるのができないので、この分野での研究の動向を検討するにとどめる。

鉱床の生成タイプは多種多様で、地質構造の鉱床規制作用もまた全く同じというわけではない。そのため、一生成タイプごとの鉱床の構造の特徴を研究する場合には、それぞれの生成タイプの鉱床の主な特徴を注意深く把握し、鉱床の生成を規制する要素が何であるか、地質構造がその中でどんな作用をしたか、鉱床生成作用の1段階ごと、鉱床の部分ごとに地質構造がどのような役割を果たしたかなどを研究し、具体的な分析を進め、キーポイントをつかみ、目的とした構造規則の問題を解決しなくてはならない。また同時に、数多くの研究成果が明らかにしているように、造鉱物質の起源、鉱床の生成方式、鉱床の生成に適した構造の条件を結びつけた研究を行い、鉱床の生成タイプを正確に見きわめ、鉱床を規制する基本的な諸要素をすべて把握してこそ、具体的に、あいまいさのない鉱床規制構造の指標が指摘できるようになるのである。

たとえば、雲南省中部の層状銅鉱床はかつては熱水性鉱床に属するものとされ、探鉱は断裂帯とその交叉部に集中されたが、長年にわたって成果は微々たるものであった。その後、物理化学的な鉱床生成条件が詳細に研究されて、これが堆積鉱床であり、あとで熱水溶液が加って再成され、局所的な富化現象がもたらされたものと判ってきた。そのため、探鉱方針は層準規制を考え、含鉱層の構造に注目し、断裂帯が二次的な役割しか果たしていないというように改められた。このようにして、成果はすぐに現われてきた。層状鉱床を研究する場合、整合層状構造と交叉構造の結合を考えて分析する方法をとれば、一般に効果的である。

またたとえば、楊子江中・下流地方の鉄・銅鉱床の造鉱物質の起源は同じではなく、鉱床生成方式も異なり、そのため、鉱床規制構造にも違いがある。いくつかの鉱

床の鉄分は付近の含鉄母岩に由来し、接触帯近くの鉱床の生成に適した層準部分で鉱床が形成され、その際、鉱床規制構造となったのは岩体の初成割れ目帯、接触帯、層間割れ目帯などであり、形成された鉱床は接触帯によって分布するという特徴を備えている。しかし、いくつかの鉱床の造鉱物質の起源は深部鉄マグマで、その鉱床規制構造は主として深在断裂（深部裂か）とその分岐裂かであり、これらの断裂と裂かは接触帯と重なることもあるし（構造-接触帯）、接触帯と或る間隔をおくこともある。その鉱化体は貫入型の高品位鉄脈が主体で、その縁部にはしばしば角礫状鉄石が認められる。またいくつかの鉱床では、一部の造鉱物質が初成堆積鉄層もしくは普通の岩層からもたらされ、局部的に接触変質作用を受け、鉱化作用は総じて層準規制を受けた可能性が大きい。このような状況のもとでは、断裂と接触帯は副次的な役割しか果たしていない。

実際の調査・研究の経験が示しているように、鉱床規制構造の条件の研究は、鉱床の物理化学的生成条件の研究と結びつけて行われる必要があり、鉱床の成因の研究とも結びつけて行われる必要があり、そうすれば、努力に比して倍増の成果を挙げることができる。したがって、我々は可能な限り、鉱床田構造の研究と鉱床の成因の研究を結合して行う必要がある。鉱床地質の研究にあつては、鉱床の成因の研究は全体であり、鉱床規制構造の研究は部分である。全体は部分を統括し、部分は全体に影響するのである。

鉱床学の発達史の一片からみると、鉱床規制構造の条件の研究は、鉱床の成因の研究動向に左右されることがある。今世紀の前半は、主としてマグマから上昇した熱水による鉱化作用の意義が強調され、造鉱物質はおおむね深部からもたらされたと考えられていた。これを基本的な考え方として、断裂割れ目が鉱床を規制するという概念がうちたてられ、鉄石供給路、鉄石分配路、鉄石胚胎路などが強調された。現在では、多数の層状鉱床が開発され、地球科学が発展したことによって、同生鉱化作用、重複鉱化作用などの観点が広まっている。このいくつかの観点は、非常に多くの鉱床の造鉱物質がその鉱床の賦存場所近くからもたらされたことを強調することになる。したがって、鉱床規制構造の研究内容もそれ相応に変化し、一つには、含鉄層（含鉄層）の変形の特徴と空間的位置を研究し、それでもって、鉱床の分布規則性を把握し、そして一つには、細かな初成構造と二次成構造が造鉱物質のアクチビゼーションと移動を規制する現象について、また造鉱物質の再濃集に適した空間について注目し、それぞれ探査方針の確定に役だてようとしているのである。

さらにいくつかの複雑な大型鉱床についての研究結果が示しているように、そのいくつかの鉱床の造鉱物質は多源成で、鉱床の生成方式も多様であり、生成過程も多段階である。これらの鉱床はいずれも多成因成鉱床に属する。したがって、鉱化作用の構造規制は一そう複雑なものとなり、研究の内容もさらに広く、深くならざるを得なくなっている。

総じて言えば、鉱床の成因は複雑で、造鉱物質は多源成、鉱床の生成環境も生成方式も多様であり、そして鉱床生成構造は種々さまざまである。したがって、脈状鉱床の地質構造に注目するだけでは済まず、層準規制鉱床の地質構造も重視されなくてはならないし、また、後生鉱床の地質構造に注目するだけでは足りず、同生鉱床の地質構造も重視しなくてはならない。さらに上述の相反する一方にだけ目を向けてはならないのである。キーポイントは、具体的な状況を具体的に分析し、鉱床規制構造の研究と鉱床の成因の分析を密接に結びつけることによって、構造の鉱床規制の奥義に入りこむことができるということである。

## 8. 鉱床構造の特徴と広域構造の関係の研究

鉱床田と鉱床の形成は、鉱床田が存在している地域の広域地質作用の過程の一部である。鉱床構造は広域地質構造の一部で、明らかに広域地質構造の発達過程と構造体系の規制を受ける。そのため、鉱床田構造を研究する場合には、研究する鉱床が存在する地域全体の広域構造の研究にどうしても注目しなければならず、鉱床田および鉱床と周囲の地質構造環境との空間的・時間的関連性の研究に必ず注目して、全面的に鉱床の時・空的分布規則性を把握する必要があるわけである。このように、点と面を結びつけ、一部と全体を結びつける研究方法は、鉱床田構造を研究する重要な原則の一つである。

鉱床構造と広域構造の関係についての研究は、一般に次のいくつかの面から進められている。

(1) 広域構造体系とその中で、の鉱床規制構造の位置の研究。

広域構造体系は地域の地層、岩石、地質構造、マグマ活動など諸要素の総合作用による産物（総体）で、地質構造の調査とそのいくつかのキーポイントをテーマとした研究によって、その認識はさらに深まる。同時に、鉱床田構造と鉱床構造の詳細な研究は、関連する広域構造のいくつかの情報を与えてくれる。

(2) さまざまな造構造層準中の鉱床規制構造の特徴の研究。

多くの地域には数層準の造構造層準があり、各造構造層準はそれぞれその岩石構成、物理的性質、化学的性質

変成度、マグマ活動などの特徴を異にし、したがって、鉱床規制構造にも違いがある。一般に、下部造構造層準の結晶基盤岩層中では、広域変成作用が広く発達し、岩石が強く圧砕・褶曲し、その中の熱水性鉱床は長く延び、その規模が比較的大きい。古卓状地区の被覆層すなわち、中性代・新生代の造構造層準では、変成作用を欠き、構造変形と断層割れ目が主で、張力性割れ目の発達がその特徴であり、一般に中温・低温性脈型、網状脈型、角礫岩筒型の鉱床が多く形成され、鉱石成分は多いが、鉱体の垂直延長は長くない。陸成相の火山ないし火山堆積岩で構成された造構造層準では、小貫入岩体の冷固割れ目、揮発成分の遮蔽爆発割れ目、火山爆発構造が主な役割を果し、一連の特有な鉱床規制構造タイプを形づくっている。

各造構造層準中の鉱床規制構造に注目するほか、造構造層準間の境界面の性質と構造、たとえば不整合面、非整合面、さらに断層の接触関係などにも注目する必要があり、それらの境界面は一般に温度・圧力・濃度などの鉱床生成パラメータの急激な変化帯で、その鉱床規制作用は注目に値するものと思われる。

(3) 異なる造構造層準を貫通する断層がもたらした鉱化現象の差違に注目すること。

鉱床を規制する断層が異なる造構造層準と異なる岩層を切る場合、岩石の性質と組織が異なるため、同じ金属鉱物が異なる場所で成因と形態を異にする鉱床を生じることがある。たとえば、江西省東北部の贛東北深在断層帯にそった同じ有色金属鉱床生成帯で、板溪層群（前震旦系）の弱変成岩中に斑岩型銅・モリブデン鉱床と脈状鉛・亜鉛鉱床が、古生界上部系の石灰岩中にスカルン型銅・鉄鉱床が、ジュラ紀と白亜紀の火山岩中に脈型と角礫岩筒型の鉛・亜鉛・銀鉱床がそれぞれ生成しているのである。鉱床規制構造のタイプと鉱体の形態には、それぞれ特色がある、ということである。

(4) 広域鉱化深度と広域鉱化垂直累帯性の研究。

鉱床胚胎構造の形成に対する深度の作用は、専門家が熟知しているところであり、他の条件が同一の場合には、地表近くの鉱床は一般に網状構造を示し、鉱化作用は割れ目の充填が主体で、鉱石は一般に角礫構造などを備えている。比較的深い所に生じた鉱床では、鉱体は一般に脈状を呈し、鉱化作用はさまざまな間隔をもった剪断割れ目に沿って行われ、交代鉱化作用が重要な役割を果している。さらに深いところでは、塑性変形が明瞭で、片理化帯が形づくられ、一般にペグマタイト型の鉱床と高温熱水型の鉱床が形成され、各鉱床とも比較的大きい垂直延長を備えている。

鉱床の形成深度と鉱床構造の特徴との関係を研究し

さらに各種の深度条件下での鉱化構造モデルを組み立てることも、深部の鉱床の広域的な展望と評価にとって必要不可欠なことは疑いない。

垂直広域鉱床帯性は、垂直広域構造帯に大きく左右される。垂直広域構造帯は、褶曲のタイプ、断裂の強さと内部構造、岩石の割れ目の特徴とその物理的性質・力学的性質の深度による変化、さらに温度と圧力、岩石の年代、岩石の変形と変成度の深さによる変化に現われてくる。また、垂直構造帯は断裂構造にもはっきり現われる。地殻の上部レベルでは、断裂が構造粘土帯・ミロナイト帯・角礫岩帯、さらに細かな密集した割れ目帯を混えた高透水性帯となり、一般に小型の断裂および大型の割れ目に内因性鉱床が生じている。

反対に、下部構造層準では、断裂が低透水性帯になり、内因性鉱床は一般にかなり大規模な断裂中に、希れには深在断裂帯中に賦存している。

寧蕪地域（南京-蕪湖地域）で進められていた総合的な研究の結果として提起された、鉱化作用の“三階建て”モデルは、陸成相火山岩区を代表する垂直広域鉱化帯モデルである。このモデルは、寧蕪地域における深部探査に重要な役割を果たすようになっている。

上述の8項は、鉱床田構造の研究の基本内容であるが、構造地質学と鉱床成因論の発展に伴って、また新しい技術と方法の採用に伴って、新たな研究内容と研究方法がでてくるに違いない。

### III. 鉱床田構造の研究手法

上述の鉱床田構造の研究内容の検討を通じて、当該構造（主として内因性鉱床田の場合）の特殊性をみてとることができる。その特殊性は、次のように表現できる。

(1) 鉱床田構造の主体は、鉱床規制構造が鉱床を胚胎し、あるいは鉱液（含鉱流動体）を通す場所ということである。これはいずれも、造鉱物質およびそれに関係した流動体に利用され、変化させられ（構造形態、側岩の組成・組織など）“顕在化”した構造となる。

(2) 含鉱流動体の作用下で、冷固収縮割れ目、潜頭・遮蔽角礫岩筒といった、新たな構造型式が一部に生じることがあり、いずれも、鉱床に関係の深い、重要な鉱床規制構造になり、その特殊な形成機構および鉱石との関係の密接さは、一般の地質構造と区別されるべきものである。

(3) 鉱床田構造は、鉱床田全体の地質作用過程の1構成部分で、独立したものでなく、他の鉱床生成要素ときり離すことができないものである。多くの内因性鉱床における鉱床規制構造の形成と変化は、全体的ないし部

分的に含鉱流動体の活動と密接な関係を有する。地層の構造と造鉱物質の活動は相補ない、有機的なつながりを有する。これらの構造要素は、鉱液との相互関係の中で、相互作用の過程の中で、鉱床規制作用を行う。このように、鉱床の生成と地質構造の有機的な関連を理解することは、鉱化作用が局部的に濃集する原因を説明するのに役立つ。かつての鉱床田構造の研究では、両者がきり離され、考え方としては多くの場合、地質構造が好適な位置を選んで形成され、それから鉱液がこれを充填したとされ、両者の連関が無視され、鉱床規制構造の特殊性に思いがいたらず、倍増の探査効果を挙げることは困難であった。

このように、鉱床田構造学と一般構造地質学は、同一の面と異なる面を有する。鉱床田構造学は、すでに構造地質学の基本原理と方法を用いて、鉱床田構造の地質的背景と構造的基本を研究しているが、これは両学問領域の共通性を示している。一方、鉱床田構造学は、鉱液の濃集と移動、造鉱物質の沈殿過程で、地質構造が果たす役割を含めた、鉱床生成作用と地質構造との関係、地質構造と鉱化作用の時間的関係、地質構造帯と鉱床帯およびさまざまな成因の鉱床の規制構造タイプなどを詳しく研究しなくてはならないが、それは、鉱床田構造学の特殊性を示すものである。以上の二つの面に相応するのは、鉱床田構造の研究手法が、構造地質学的方法にもとづいた面と特殊な方法にもとづいた面の二つの面である。第一の面は共通の問題を解決し、第二の面は特殊な問題を解決するためのものである。これらの関連しあった方法は、すでに研究の内容を述べた際に、或る程度述べてあるので、ここでは、概括的に説明を加えるにとどめる。

小縮尺の地質調査とそれに関連した基礎的な地質の課題の研究は、鉱床田構造を研究するに当たっての基本的な方法になっていて、絶えず完全さとレベルアップを要求され、次第に深部図化、立体図化、さらに各種の特殊図の図化に発展し、その中に、鉱床を規制する地質境界面の形態の調査や図化なども含まれるようになってきた。そして、このような発展は、鉱床学、構造地質学、岩石学などの多くの基本的な研究手段にまで及ぶようになった。この分野の状況は、V.M. クレイテル、A.V. コロレフ、A.V. ピーク、F.I. オリフソンらのそれぞれの著作で、また陳國達氏の「成鉱構造研究法」で系統的に記述されているところである。

ファブリック解析（マイクロ構造解析）は、小縮尺での地質構造調査の補助手段になり、いくつかの巨視的には解決することが難しい問題に対して特別な価値をもっている。ファブリック解析を行えば、鉱体を胚胎する褶

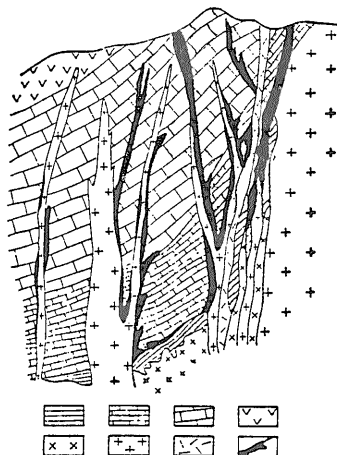
曲 断層 割れ目の成因を確定できるだけでなく 先鉱化期 内鉱化期 後鉱化期の構造変形を区分し 鉱液の移動の性質と 移動の方向を決めるのにも役立つ。

近年 地球物理探査と地球化学探査の理論と方法が急速な発展を遂げ 地球物理探査法は鉱床田構造と鉱床構造の研究にすでに広く応用されている。これは ただ 鉱床田と鉱床の範囲内の或る程度の地質と地球物理の性質を把握するために必要なだけでなく 合理的に地球物理探査法を用い その地球物理探査資料とそして地質の資料を総合して比較分析を行えば すぐれた効果が得られることにもなる。中国の多くの金属鉱床では 地球物理探査法を用いて 潜頭断裂 潜頭含鉱岩体およびその形態・産状の変化 岩体の鉱体胚胎ポテンシャルが明らかにされ さらにそれは鉱床田構造と鉱床構造の特徴を解明する上で役立っている。この分野では 中国はかなり豊かな経験をすでに蓄積している。

地球物理探査法に比較すると これまで地球化学探査法は鉱床田構造の研究にあまり役立ってこなかったしそれほど広く応用されてもこなかった。しかし最近では 地球化学探査の分析技術が改良され 飛躍的に向上したので 今ではストリームセジメント 二次分散ハロー 初成分散ハローなどの研究法として広く利用され 鉱石供給構造と鉱石胚胎構造の解明に役立っている。

近來 ガス地球化学探査法の発達は目ざましく 現在採用されているパスファインダーとしては Hg Rn As Sb SO<sub>2</sub> H<sub>2</sub>S CO<sub>2</sub> O<sub>2</sub> ハロゲン 水素化合物などがあり その中でも Hg ハローがもっとも広く用いられている。中国内外での適用結果が示しているように地質調査と組み合わせて実施されるガス地球化学探査は ルーズな堆積物に被覆された鉱床 規制 断裂 含鉱圧碎帯 鉱化濃度に適した断裂交叉帯などの解明を助け 極端な場合には ガス異常帯の形や幅・延長によって断裂の形態と産状をかなりの確に判断することもできる。

1970年代に入って以降 リモートセンシングの技術(人工衛星撮像 レーダー 赤外線撮像など)は 広域地質と広域鉱床分布を調査する場合に 重要な鉱床規制構造を判別し あるいは鉱床生成区の範囲を画くなどの分野で 大きな効果を挙げている。たとえば パルーでは人工衛星撮像によって銀鉱床と関係のある多数の環状構造を発見し ソ連では 航空写真・宇宙撮像の研究を利用して3体の含ダイヤモンドキンパーライト岩筒を発見し ナイジェリアのアチャソン地区では 人工衛星撮像の解釈にもとづいてウラン鉱床を規制する大規模な断裂構造が発見され すでにウラン鉱床も探り当てられている。中国の新疆ウィグル族自治区東部では 東西性構造線に沿って10数か所に鉄鉱床が分布し 西南地方の



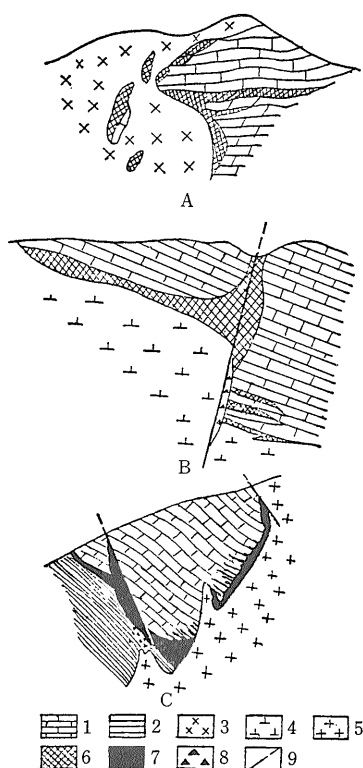
第6図 繰返し貫入接触帯およびそれと関係のある鉱体 (ソ連アルトゥイーントプカン多金属鉱床)  
1—火山源堆積岩 2—苔岩 3—石灰岩  
4—凝灰岩 5—花崗閃綠岩 6—花崗閃綠斑岩  
7—花崗斑岩 8—スカルン鉱体

或る断裂交叉部では クロム鉱床が賦存することが明らかにされたが これらはいずれも航空写真と人工衛星撮像の解読によって発見されたものである。航空写真と人工衛星撮像を利用し さらに地質図幅をそれらに組合せて鉱床田構造を研究すれば とくに鉱床田が存在する地域の広域地質構造という背景を併せ研究すれば かなりよい成果を得ることが可能である。

電子計算機が普及するにしたがって 数値解析と電子計算技術を用いて定量的に地質構造による鉱床規制の内容が研究され 統計的予測が行われるようになり それが人々に重視されるようになってきた。1974年に武漢地質学院の教官と学生たちは 安徽省馬鞍山地域での研究の際に 統計法を用いて北北東側に主断裂(鉱石供給路)から2km 距てた範囲内に鉱床がもっとも多く集中し その範囲が鉱床の生成に適したところという結論を引きだした。これは地質調査の結果とよく一致している。この数年来 統計分析法を広く用いて 鉱床の地質構造を研究する傾向が強まっている。

そのほか 地質の研究を基礎とした地質構造モデル実験法を用いて 鉱床田構造と鉱床構造の形成機構を研究する方法も注目に値する。オーストラリア西部のカンパルダ鉱床の構造の研究(《国外地質科技動態 1974 7期》)は その一つの好例である。

現在 岩石・鉱石・鉱物の同位体年代資料を用いて 鉱床田構造と鉱床構造の発達史を組み立て 地質構造と鉱化作用の時間的關係を分析する方法は すでに日程のぼってきている。たとえば寧蕪地域などでは 正に今



第7図 複合接触構造帯中の鉍体 (断面図)

凡例

A—湖北省銅山口銅鉍床 B—河北省鎮会二鉍床

C—カナダのイメラト タングステン鉍床

1—石灰岩 2—黒色粘板岩 3—花崗閃緑斑岩

4—変質閃緑岩 5—花崗岩 6—鉍体

7—交代鉍石と 膠結角礫鉍石 8—角礫岩 9—断層

資料を系統的に収集・整理しつつあるところである。

最近になって 構造地球化学的方法と水理地質条件の研究が 鉍床生成時における鉍液の通路と流動方向を検討し 鉍石鉍物の沈殿場所を明らかにし とくに潜頭性鉍床規制構造を把握する上でかなり有効なため この方法と研究は重視され始め 鉍床田構造と鉍床分布の規則性を研究する有力な手段になろうとしている。

以上のように 鉍床田構造の研究が断えず深められるにしたがって その研究内容は次第に拡がり 研究方法は日々改善され 新しい技術が導入されている。上述の不完全ながら分析したことから明らかなように 現在の鉍床田構造・鉍床構造の研究の方向と主な課題は

(1) 典型的な鉍床田の形成と鉍床の形成の地質構造要素を深く研究し この種の研究と鉍床生成区の構造ない

1986年4月号

し地殻の深部構造の研究を結びつけること

(2) 鉍床規制構造の要素とその他の鉍床規制要素を総合的に研究することを重視し 時間と空間 物質の移動の3点を有機的に結合し 全面的・歴史的に地質構造と岩石の生成作用 鉍床の生成作用との関係を研究すること

(3) さまざまな深度条件下での鉍床生成作用の地質構造条件 水理力学的条件 物理化学的条件の関係を研究すること

(4) 数学 物理学 力学 地球化学などの学問の方法を用いて 鉍床田構造の研究方法を改善し 精度と定量化の程度を高め 地質構造の解析を基礎にして 鉍床田と鉍床の展望を定量的に予測する方法を改善することである。

鉍床田構造の研究方法では 実際の研究結果が証明しているように 以下の3点を堅持することが有益である。

(1) 基礎的な地質研究を強め 鉍床を規制する各種の要素と鉍床地質の特徴を詳しく考察し その知識を深め 鉍床田構造の研究の前提および基礎を整える。

(2) 地質の研究を基礎として 目的を定め 適宜に各種の専門的な方法を選んで活用し 各手段の密接な組合せを重視する。

(3) 鉍床規制構造の研究と鉍床の成因の研究を緊密に結合し 鉍床生成作用に対する地質構造の各種の規制作用を全面的かつ深く認識し さらに鉍床の成因と分布の規則性に対する理解を深め 鉍床の探査と採掘を効果的に指導する。

おわりに

これからは 読者たちの感想である。

我が国で鉍床規制構造の研究が盛んに行われた時期は 1955—1965年といったところであろうか。そしてその研究内容や研究方法は万全であったか？ 否である。その不完全さの最大の要因は 全面的な解析 総合的な分析という観点が不足し 多面的なアプローチ 研究手段の結合という方法がとられなかったことにあると読者たちは考えている。

監訳者(岸本)は かつて「鉍床の構造規制」を研究し 地質調査所報告にその研究結果をまとめたことがある一人であり 省みてその内容の不足を痛感している。

このような視点が当たっているとすれば 翟裕生の論文は日本の専門家にとって有益ということになる。その有益であることを願いながら稿を閉じる。