

褶曲区のクロム鉄鉱床の地質構造的な位置と成因問題\*

G. G. KRAVCHENKO\*

岸本文男\*\*訳

地向斜区のすべての既知クロム鉄鉱床は、超塩基性岩に胚胎されている。その超塩基性岩の山塊の研究、図幅資料の解析、文献〔2—4, 6, 7, 10, 13, 15—17など〕の検討の結果は、超塩基性岩が深部裂か帯に規制された、狭長な帯状を形づくって分布することを示している。この広域断裂構造は、複背斜と複向斜の境界にそって走り(ウラル地方, アルタイ-サヤン褶曲区, シホテアリン山脈など), 剛性圧密地塊の境界(シベリア卓状地の南側境界, トゥーパ中央山塊の境界, 中国-朝鮮楕状地の境界など), 地塁の境界(クズネツキー-アラタウ帯), 地溝の境界(東サヤン東帯), 地塁-複背斜によって複雑化した、狭長な地溝-複向斜の境界(北サヤン帯から分岐したボルス帯)にそって走っている。西サヤン帯, 東サヤン帯, シホテアリン帯なども、大型断裂の分岐裂かにそってのびている。

環太平洋超塩基性岩帯の北西セグメントは、ベニオフ帯に属する超深部衝上断層に規制され、南西セグメントは深い新生代凹地とより古期の岩石で構成された複背斜との境界にそって分布している。

アルタイ-サヤン地域では、深部規制裂か帯がカレドニア褶曲帯、一般的にはその境界部に、まれには中央部に発達している。

大規模な広域断裂とともに、超塩基性岩山塊の分布を規制するのが局地構造、そのほとんどが背斜褶曲と向斜褶曲である〔1, 5, 12, 19, 20など〕。北アケラ帯(小カフカス山脈)の超塩基性岩山塊は、大規模な複向斜によって複雑化した、背斜の軸部に胚胎されている。背斜構造帯中に分布する超塩基性岩山塊としては、東サヤン山脈, コリヤーク-カムチャツカ褶曲帯, 南ウラル, 中

部ウラル, 中国, プエルトリコ, バングラデシュの諸山塊がある。向斜褶曲中に賦存するものとしては、ウラル山脈のミアス地区とウチャラー地区, ジナリード(ユーゴスラビア), スキンド(インド)などの超塩基性岩山塊がある。

2, 3の超塩基性岩帯の特徴となっているのは、翼部における分岐現象である。とくにジダール帯では、その両翼で超塩基性岩帯が2帯に分岐し、オスパー帯では3帯に、クズネツキーアラタウ帯では地塁状隆起体の境界にそって2帯に分岐している。

まれには、超塩基性岩帯が地向斜帯の外側に伸びていることもある。アルプス-ヒマラヤ帯のいくつかの超塩基性岩帯は前者の境界を横断し、アラビア卓状地縁部に孤立した、狭長な凹地内にまで続いている。このような例は、シベリア南部の諸地区や太平洋西岸地域にもみられる。

いくつかの褶曲帯では、超塩基性岩帯の特定方向への若返り傾向が認められる。アルプス-ヒマラヤ褶曲帯では、その若返りが西から東、南から北の方向に、東サヤン褶曲帯では、その縁部から内部に向かって行われている。

規制断裂構造の主方向の変化にしたがって、超塩基性岩体も湾曲している。そのような、湾曲した形、弧状の形を示すのが、バイカル-ムヤ超塩基性岩帯, サヤン-アルタイ地方の超塩基性岩帯, アルメニアの超塩基性岩帯, ウラル山脈その他多くの地方のいくつかの超塩基性岩帯である。

これら諸帯における超塩基性岩の存在程度とその山塊の規模は、きわめて多様である。その超塩基性岩の分布を規制する構造裂かにそった構造運動は、繰り返し行われ、その繰り返しが同一断層帯内に、時代を異にする超塩基性岩の貫入をもたらしている。その事実、セヴァン-アケラ鉱床分布-構造帯や、ウラル山脈, 南フェルガナーその他の地域にみとめられる。

超塩基性岩山塊は、レンズ状, 脈状, 塊状を呈し、ま

\* Г. Г. Кравченко (1978): Геологоструктурная позиция и вопросы генезиса хромитовых месторождений складчатых областей: «Закономерности размещения полезных ископаемых», том XII, стр. 195-203 (G. G. Kravchenko (1978): Geostructural position and the genesis problems of chromite ore deposits in folding regions: «Distribution regularities of mineral resources», vol. 12, p. 195-203, in russian)

\*\* 鉱床部

れには餅盤、盆盤、ファコリス、アクモリスの形を示すこともある。

深部裂か帯に属する超塩基性岩帯の構成の特徴は、超塩基性岩山塊が一般に狭長な連鎖状生成体として分布するのでなく、幅が数 km、ときには数 10 km にも達する幅広い帯内に散在することを示している。これら断層帯内で、超塩基性岩山塊は地質構造上さまざまな位置を占め、深部裂か帯にそって直接分布することも、同面から離れて分布することもある。

深部裂か帯から遠い山塊の構造の諸特徴と形態を検討した結果は、現在の標高まで「冷固」超塩基性岩の岩体 (protrusion) が貫入したとする見解に照らして、まことに興味深い。例としては、ケンピルサーイ山塊がある(第1図)。この山塊の超塩基性岩は擾乱されてなくて、ただ割れ目が発達するにすぎず、その割れ目としては走向が NE-SW と NW-SE の急傾斜したものが多く、面構造は、おおむねどこでも垂直に近く、線構造は緩やかな傾斜である。この山塊は単一の構造を示し、その中に3体のやや長く伸びたドーム状体と1帯の25 km にわたって伸びる鉱体胚胎帯が認められる。この超塩基性岩の偽層理は山塊の接触面を切ることなく、その面に平行している。山塊接触部の岩石破碎帯の幅は2-3 m をこえない。地球物理探査資料によると、山塊は貫入通路の根を備えた、水平に近い、平らなラコリスの形を示している。以上の事実や資料は、超塩基性岩の「冷固」岩体が深部レベルから貫入して山塊を形づくるとい根拠にはならず、山塊の形成がマグマの分化という方式によることを証明している。類似する一定した地質構造、保存の

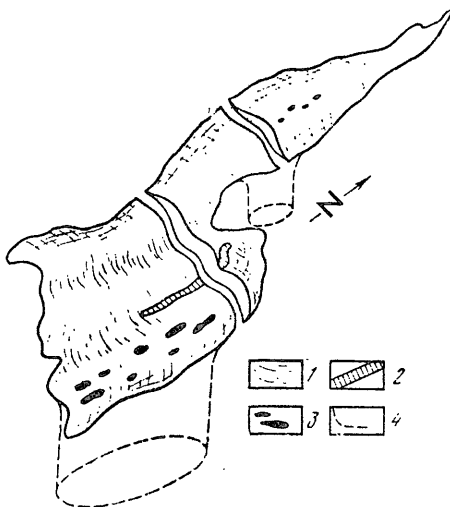
よい岩石構成及びそのほかの特徴は、ケンピルサーイ地域(カザフ共和国)以外の地域のいくつかの超塩基性岩山塊にも共通する。このような山塊も、冷固岩体貫入 (protrusion) に属させることはできない。

多くの超塩基性岩帯に小規模なクロム鉄鉱鉱床が分布し、まれにはかなり大規模な、ある場合には稼行価値の大きいクロム鉄鉱鉱床がみられる。そのクロム鉄鉱鉱床のほとんどすべてがダナイト中に胚胎され、いくつかの鉱床(ウラル地方サラヌイ鉱床、ユーゴスラビアのドゥポシチツァ鉱床、など)がかんらん岩中に賦存するだけである。

多くの研究者は、クロム鉄鉱鉱床が超塩基性岩帯に分布するという一定の法則性を認めている。カザフ地方東部地域とウラル地方南部地域では、もっともクロム鉄鉱鉱体に富んだ超塩基性岩山塊が深部裂かの交差部に、構造相帯の擾乱・湾曲部などに生じている。これらの地域や西サヤン超塩基性岩帯では、クロム鉄鉱鉱石の胚胎性は深部裂か構造分岐部に向って大きくなる。南トウバ超塩基性岩帯では、クロム鉄鉱鉱石胚胎の割合はその翼部に向って高くなり、西トウバ超塩基性岩帯では、その西翼ほどクロム鉄鉱鉱石胚胎度が増大し、クルトッシーンスキー超塩基性岩帯とイリチル-キトイ超塩基性岩帯では東翼に向って、クズネツク-アラタウ超塩基性岩帯ではその中心部に向かってそれぞれクロム鉄鉱鉱石胚胎の割合が大きくなる。アルタイ-サヤン地方の超塩基性岩帯群では、いずれの場合も、クロム鉄鉱が占める割合は超塩基性岩中のダナイトの割合がいちじるしく大きい超塩基性岩部分で最大となり、サライール超塩基性岩帯ではドーム構造の心核部分に存在する岩体をもっともクロム鉄鉱に富んでいる。

ここで注意しなくてはならないのは、場合によっては超塩基性岩帯のクロム鉄鉱鉱石の胚胎程度の評価が大きく変わることがありうるということである。たとえば、最近まで、キューバの延長に富んだ超塩基性岩帯の東部と部分的には中心部の岩体だけクロム鉄鉱に富むとされていたが、最近になって G. G. Kravchenko がその超塩基性岩帯の西部のカハリバン山塊で小型層状クロム鉄鉱鉱体群を発見し、その山塊中にはダナイトが多く分布することを確認した。したがって、今では、キューバの超塩基性岩帯全域にわたってクロム鉄鉱鉱体が分布すると考えられるようになってきた。

さまざまな地域のクロム鉄鉱鉱床について研究した結果は、その鉱床の生成が比較的静かな構造運動条件の中でも、変動の激しい構造運動条件の中でも行われることを示している。比較的変動の激しい構造運動環境の中で



第1図 ケンピルサーイ超塩基性岩山塊の形態  
 1-山塊表面の湾曲線 2-はんれい岩-角閃岩のレリクト  
 3-クロム鉄鉱鉱体 4-マグマ通路の形

生じたクロム鉄鉱床（ケムピルサイ鉱床<sup>1)</sup>、クリューチー鉱床<sup>1)</sup>、ハバルナー鉱床<sup>2)</sup>、アガルダーク鉱床<sup>2)</sup>）では、かんらん岩とダナイトが走向・傾斜のさまざまなレンズ状岩体を形づくり、ところによっては褶曲し、あるいは湾曲していることがある。そして、鉱体も褶曲し、あるいはプーディン化していることがある。また、脈状クロム鉄鉱鉱体が比較的多く生成し、鉱体内角礫（intraore-body breccia）が存在するなど構造的に複雑化している。線構造-面構造（超塩基性岩中の副成クロム尖晶石族と輝石族の連鎖状配列、鉱体中の縞状構造・長延集合体などの定向要素）は、かんらん岩とダナイトの互層に対してそれをきる方向を示している。そのため、このような構造に関する資料は、クロム鉄鉱鉱体や鉱化帯の追跡に利用することができない。実際の探査では、脈状クロム鉄鉱鉱体を考える方が妥当で、その脈状鉱体は多くの場合、潜頭鉱床の直接の指標となりうるのである。

比較的静かな構造運動条件の中で生成したクロム鉄鉱鉱床、たとえば極ウラル地方のライイス鉱床、キューバのカレドニア鉱床、カヨグアン鉱床、アモレス鉱床などはかんらん岩とダナイトの互層中にあり、当該互層の走向・傾斜と厚さは延長数 10 km にわたって安定している。そのクロム鉄鉱鉱体は整合層状鉱体の形で分布する。褶曲、鉱体内角礫の存在などの複雑化要素はみられ

ず、脈状鉱体もわずかである。

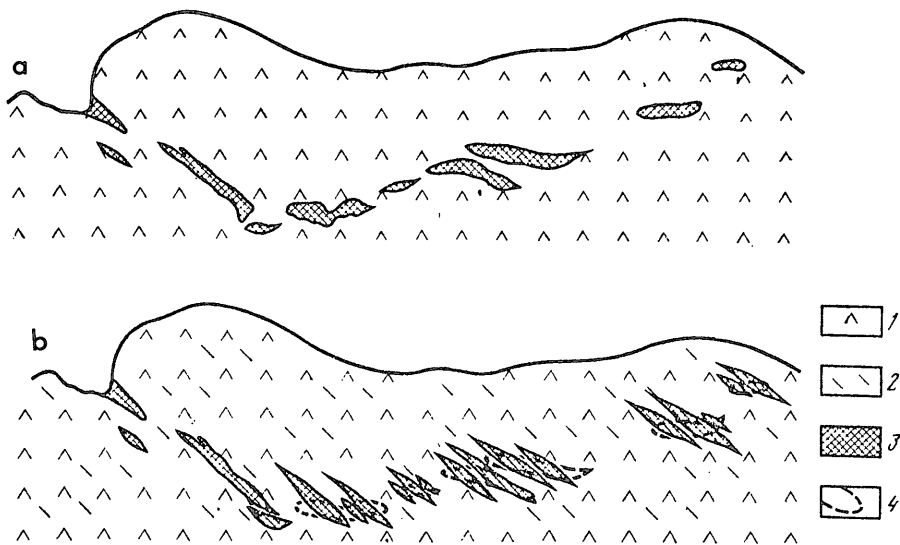
定位構造（線構造と面構造）は超塩基性岩及びそれと整合的に分布するクロム鉄鉱鉱体の偽似層理と一致し、したがって、この定位構造に関する資料は実際の探査に利用することができる。このことについては、キューバのクロミタ鉱床鉱体群を例にして説明することにしよう。同鉱体の場合、その鉱体群の産状は、当初、第 2 図 a のように考えられていた。しかし、鉱床の構造が明らかになってから、鉱床の産状が正確に表現できるようになった。

著者が、キューバ科学アカデミー地質研究所の O. Vaskes と共同・実施した精密調査の結果、超塩基性岩の偽似層理の方向がどこでも同じであること、そして、鉱体も線構造・面構造もそれと方向が一致することが確認できた。このことは、鉱体の走向・傾斜が今までとは違ったパターンになることを示している（第 2 図 b 参照）。

このクロミタ鉱床の鉱体群とその延長線上に存在するカヨグアン鉱床の鉱体群は、平面では、線状に伸びている（第 3 図）。そのため、1942年に始まった探鉱と探鉱は、すべて鉱体群の延長方向に向って実施され、側方は事実上探査されなかった。

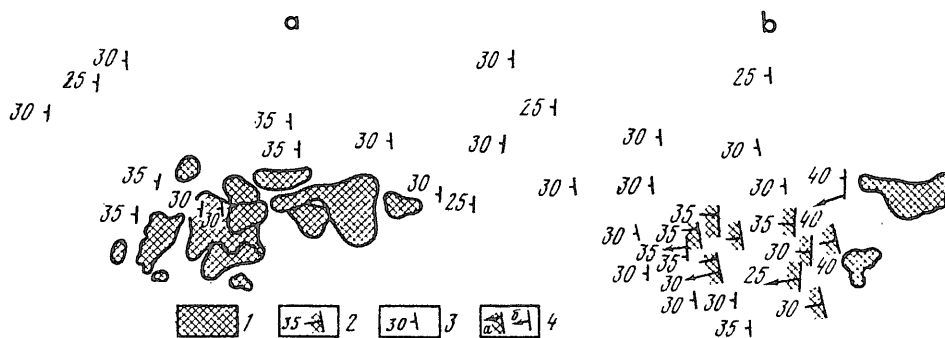
鉱床田の構造と定位性構造の方向を把握することは、当該地区のクロム鉄鉱胚胎状況の判断に新たなアプローチを可能にしてくれるのである。平面で見ると、上記鉱

1) カザフ共和国 2) トゥーバ地方



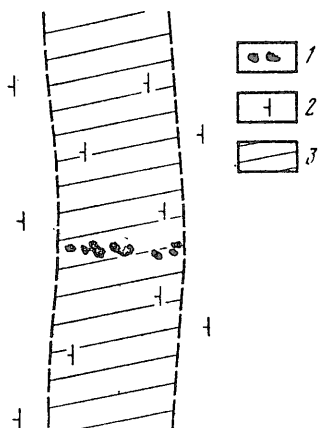
第 2 図 クロミタ鉱床の鉱体分布状況

- a—開坑前の予想分布                      b—著者らによる確定分布  
 1—超塩基性岩                              2—超塩基性岩の層状部の方向と線構造・面構造の方向  
 3—クロム鉄鉱                              4—第 2 図 a に画いた鉱体の形



第3図 クロミタ鉄床(a)・カヨグアン鉄床(b)鉄体群の超塩基性岩の走向と定位構造の方向に対する位置関係

- 1—クロム鉄鉱
- 2—鉄体境界面の確定走向・傾斜
- 3—超塩基性岩層状部の方向と超塩基性岩・クロム鉄鉱鉄体中の線構造・面構造の方向
- 4—a: 鉄体中の線構造の定位 b: 超塩基性岩中の線構造の定位



第4図 クロミタ鉄床—カヨグアン鉄床の鉄体群配列方向と推定鉄床生成帯の走向との関係

- 1—クロム鉄鉱鉄体
- 2—超塩基性岩の分布方向と線構造・面構造の方向
- 3—推定鉄床生成帯

体群は超塩基性岩の偽似層理の走向だけでなく、傾斜方向にもしたが、超塩基性岩及び鉄体中の定位的線構造の方向と一致し、鉄体群自体が大規模な線構造要素ともなっていることが認められる。さらに、鉄体群が分布する全域にわたってダナイトが発達し、そのダナイトは鉄体分布帯の翼ではかんらん岩に変わっている。

調査の結果からすると、クロミタ—カヨグアン鉄床帯の将来性は、鉄体群発達帯の幅のせまさに規制されるだけでなく、ダナイトに富んだ超塩基性岩体の幅にも左右される。ダナイトに富んだ超塩基性岩帯は、鉄体群発達帯の幅とは一致しないが、延長ではほぼ一致する(第4図)。クロム鉄鉱鉄体群発達帯の幅がかなり広いことを考えると、当該鉄体群発達帯は走向方向にも長く伸びてい

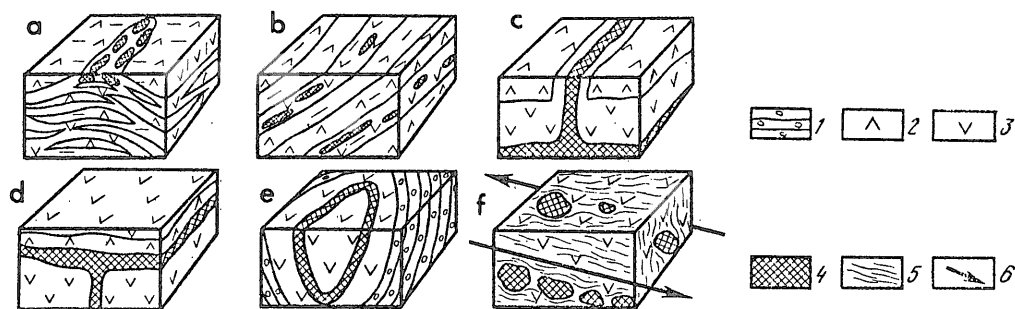
ると期待することができる。今までのすべての調査研究資料は、上記鉄体群からかなり離れたところ(鉄体群発達帯の中)にも、クロム鉄鉱鉄体が存在することを示唆している。この発達帯の未調査部分に新鉄床が存在する可能性は小さくない。

このクロム鉄鉱鉄体群発達帯では、ところどころで、ダナイトが姿を消すか、あるいは沖積層に覆われている。この場合、鉄体群発達帯の追跡は定位性線構造の方向に関する情報を手がかりにすることになるだろう。このような資料は、当該発達帯の位置と伸び方向を、たとえそれが湾曲していても、決定できるものである。

超塩基性岩山塊範囲では、クロム鉄鉱鉄体の産状は同山塊の地質構造上の位置に左右される。超塩基性岩山塊範囲内におけるクロム鉄鉱鉄体の配列や鉄床群の分布を規制した構造は、いくつかのタイプに分類することができる。

ドーム状構造の軸部には、レンズ状クロム鉄鉱鉄体帯がみられる(第5図a)。たとえば、南ウラルのケムピルサーイ山塊の場合がその好例で、同山塊ではクロム鉄鉱鉄体群発達帯は南北に近い方向に25 km 追跡できる。この鉄体群発達帯は、褶曲形態を含む、小規模な、南北性の構造によって複雑になった緩斜ドーム状隆起の軸部に位置している[9, 11, 14ほか]。同帯に胚胎されているレンズ状鉄体は、傾斜が水平に近いものからかなり急傾斜(50-60°)のものまであり、傾斜方向と傾斜角はドーム状隆起中での鉄体の位置に支配されている。そして、この鉄体はいずれも長軸方向(南北に近い方向)に長く伸びている。

かんらん岩中に分離した、厚さと走向・傾斜が一定した層状ダナイトは、クロム鉄鉱鉄床の配列を規制してい



第5図 クロム鉄鉱鉱床及び同鉱体の分布規制構造

- |         |         |           |
|---------|---------|-----------|
| 1—礫岩    | 3—ダナイト  | 5—変形超塩基性岩 |
| 2—かんらん岩 | 4—クロム鉄鉱 | 6—構造転位の方向 |

る（第5図b）. キューバの超塩基性岩山塊群（ピナレス・デ・マヤリ山塊, モア-バラコア地区, カルバナ山塊）, さらに極ウラル地方ライイス山塊鉱体胚胎部分も, これとよく似たクロム鉄鉱鉱体の配列が一つの特徴である. これらの山塊では, 層状に近いクロム鉄鉱鉱体が母岩である層状ダナイトの走向・傾斜にしたがって配列している.

ダナイトに富んだ超塩基性岩帯とその中に胚胎された, 規模がさまざまなクロム鉄鉱鉱体は走向方向にも傾斜方向にもいちじるしく安定しているのが特徴的である. キューバにおける, そのような岩帯の一つは, ほぼ25 km にわたって走向が N60-70°E, 傾斜が30-40°N である.

ほぼ垂直な, 構造地質的には弱い, 狭長な超塩基性岩帯はクロム鉄鉱の移動路となり, 沈殿場所となり, その脈状鉱体を形成する〔9〕. この脈状鉱体の厚さは数 cm から7-8m までさまざまである. 筆者はトゥーバ地方のアガルダーク山塊やキューバの諸山塊などで非常に厚い脈状クロム鉄鉱鉱体を観察したことがあるが, とくに厚くて, 見事なものはケムピルサイ山塊の脈状鉱体群であった. その脈状鉱体群は, 緩傾斜鉱体群から分岐し（第5図c）, その形態は変化に富み, 側岩との境界は不鮮明である. その曲りくねった境界面には, 裂かも沁り面もない. 多くの場合, このような脈状鉱体は潜頭緩斜クロム鉄鉱鉱体の探査の直接指標とすることができる.

組成を異にする超塩基性岩の境界面は, 構造的弱帯にそって上昇した鉱石物質の濃集・晶出場所となることがある〔9〕. 一般にクロム鉄鉱は, 緩斜かんらん岩層・輝石ダナイト層（下部ではダナイトに変わる）の下に緻密な鉱体の形で濃集する（第5図d）. その場合, 脈状クロム鉄鉱鉱体は緩斜鉱体に次第に移り変わり, 緩斜鉱体とながっている. 脈状鉱体産鉱石の構造と組織の特徴は,

緩斜鉱体産鉱石の構造・組織の特徴と全く同じである.

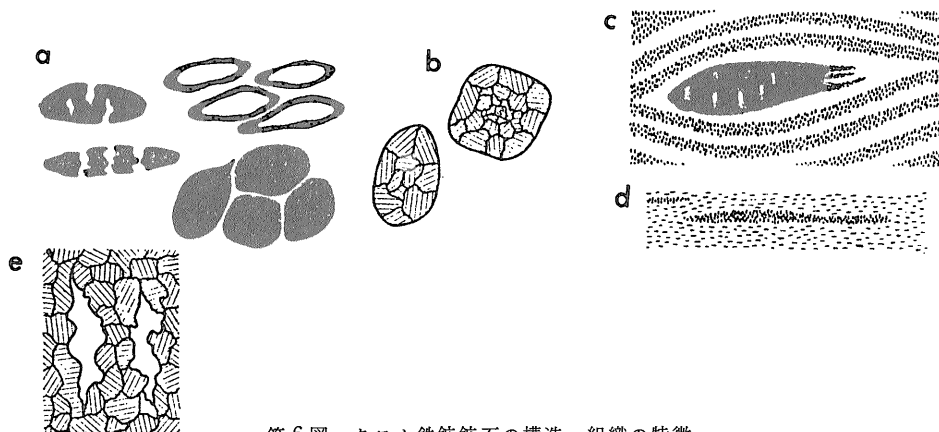
この緩斜鉱体と脈状鉱体の厚さの比率は, さまざまである. 多くの場合, 脈状鉱体が厚ければ, その鉱体は厚い緩斜鉱体に移り変わる. とはいえ, 厚さ10-50 cm の脈状鉱体がいちじるしく厚い緩斜鉱体（厚さ10-12m）に移り変わる例もみられる.

超塩基性岩山塊の境界は, 多くの場合, クロム鉄鉱鉱床の地質構造上の位置とクロム鉄鉱鉱体の形態によって決定することができる. たとえば, インドのオリッサ州スキング鉱床〔18〕の延長の大きい, 断続する緩斜鉱体群の場合, 超塩基性岩の山塊を含めて, 礫岩層中に短向斜褶曲がみられる（第5図e）. その山塊の境界は, 褶曲構造のパターンと一致している. この超塩基性岩山塊の境界面の形に応じて, 層状クロム鉄鉱鉱体が広がっている. 一連の鉱床を見学したとき, 筆者は, 走向方向にも傾斜方向にも局部的に鉱体の厚さがいくらか変化し, 走向・傾斜が少し変わることを観察することができた. クロム鉄鉱鉱体中で定位性線構造及び面構造を識別して, その両構造が鉱体の走向・傾斜と一致することを明らかにすることができた.

後鉱化期の構造転位が, レンズ状などの鉱体が破碎されて生じたクロム鉄鉱産石のブロックを, 連鎖状に長くひきのばした原因である（第5図f）. その連鎖のずれは, 構造運動ベクトルの傾斜角に規制されている.

クロム鉄鉱鉱体の特徴的な構造形態タイプは, トゥーバ地方のアガルダーク鉱床, ユーゴスラビアのリュボテン鉱床で明らかになり, アゼルバイジャン共和国のガイダラ鉱床ではさらに詳しく研究されている〔8〕. 立方体に近いか, あるいはいくらか細長い, 角ばった, まれには丸味を帯びた鉱石ブロックの大きさは, 数 cm から数 m である.

リュボテン山塊の区域では, 後鉱化期の厚い破碎帯



第6図 クロム鉄鈷鈷石の構造・組織の特徴

- a—変形したクロム鉄鈷鈷石
- b—団塊クロム鉄鈷鈷石中の腐食線(細線)
- c, d—縞状鈷石中のクロム鉄鈷鈷石のオリエンテーション
- e—ダナイト(白色)によって隔てられたクロム鉄鈷鈷石中の腐食線(細線)

が比較的大型のクロム鉄鈷鈷石ブロック系からなる鈷床の配列を規制し、ガイダラ山塊とアガルダーク山塊では、破碎帯が比較的小型の角ばった、あるいはやや丸いクロム鉄鈷鈷石ブロックの連鎖状配列を規制している。

ここで、成因の解明に役だつ、クロム鉄鈷鈷石の構造・組織の特徴を簡単にまとめてみたい。鈷体中で、変形したクロム鉄鈷鈷石が認められることが多い(第6図a)。その団塊は、変形した痕跡もないクロム尖晶石族鈷物からなる。鈷石中の腐食させて得た線は湾曲していないし、すべて一定方向をとっている(第6図b)。塊状鈷石のやや細長いブロックでも、団塊でも、鈷染-縞状鈷石でも、延伸構造が認められる。この構造は鈷石鈷物集合の延伸と線構造横断方向の珪酸塩鈷物の分離によるもので、重複変成現象と関係のある構造と考えられる。このような機構は第6図Cにかかげた相互関係でもって或る程度説明できるが、第6図dに示したような相互関係では説明できない。

クロム鉄鈷鈷集合の後鈷化期における延伸の際に個々のクロム鉄鈷粒は押しつぶされたはずであるが、そのような特徴は見当たらない。ダナイトの曲りくねった脈状岩体の両側方のいたるところに、つぶされていないクロム鉄鈷粒が分布している。このことについては、脈状ダナイト岩体の両方の境界にそって分布する各クロム鉄鈷中の腐食線のオリエンテーションが一致しないという事実が証明している(第6図e)。

鈷体の中心部から境界部に向かって、クロム鉄鈷粒の大きさが変わらないことが一つの特徴といえる。この法則性は、クロム鉄鈷鈷体の規模に関係なく、どこでも通

用する。

ケムピルサーイ山塊及び構造・組織の特徴がこれとよく似た山塊の内部と境界部の構造の諸特徴、鈷体の形態、変形したクロム鉄鈷の鈷粒・集合・団塊の内部構造の残存、観察できた延伸構造の構成、クロム鉄鈷鈷体境界部・中心部における鈷粒粒径の不変性は、当該鈷床の生成がマグマの分化によることを示している。鈷石メルトと珪酸塩メルトの晶出期間には、構造変形運動環境の中で、可塑性のある鈷石鈷物体の両配列現象、基本的には晶出を終えた鈷石-珪酸塩メルトの、線構造と横断延伸構造の形成作用を伴った層流現象が進行する。

メルトはさまざまな方向に移動するが、山塊接触部での移動は接触面にそって行われている。とくにその事実を示しているのがケムピルサーイ超塩基性岩山塊の境界接触部付近における定位性構造の方向である。そこでは、深成岩体の側方と頂部の定位性構造の方向が接触面の方向と一致している。

以上のように、超塩基性岩とクロム鉄鈷鈷床の分布及び構造の特徴に大きく影響したのは、地質構造上の位置、そして、超塩基性岩山塊の生成とクロム鉄鈷の晶出の期間に卓越した構造運動環境である。これらの要素は超塩基性岩岩体の形態、走向・傾斜、内部構造にみられる差違の原因となり、鈷体の多様な構造形態が生じる原因となったものと思われる。

## 文 献

1. S. B. Ađovyan (1963): Agic mutual relations of the ultrabasic and basic intrusive rocks

- in the ophiolite formation of Armenia SSR: «Zapiski of Armenian office of All-union mineralogical society», issue 2 (in Russian)
2. O. A. Vorobéva (1963): Gabbro-pyroxinite-dunite belt of middle Ural and a prolem of it's origin: in book "Magmatism, metamorphism, metallogeny of Ural", vol. 1, Sverdlovsk (in Russian)
  3. S. S. Zimin (1965): Dunite-wehrlite formation of Pacific folding belt and the problems of ultrabasic genesis (on the example of intrusives in Sikhote-Alin): in book "Magmatic formations of Altai-Sayan folding region", [Nauka] Press (in Russian)
  4. S. S. Zimin (1973): Paragenesis of ophiolites and upper mantle: [Nauka] Press (in Russian)
  5. S. Karamata, B. Chirich (1973): Ophiolites of Dinarides and their origin: in book "Thesis of speaking of international symposium. [Ophiolites in earth crust]", [Nauka] Press (in Russian)
  6. R. V. Kolbantsev (1971): Characteristics of the structure and mineralogy of Altai-Sayan ultrabasic province: in book "Problems of Siberia geology", Tomsk (in Russian)
  7. R. V. Kolbantsev (1974): Perspectives of chromite-containity of Altai-Sayan ultrabasic province: in book "Chromites of Ural, Kazakhstan, Siberia and Far East: Moskva (in Russian)
  8. G. G. Kravchenko (1969): Genesis of oval chromite bodies of Gaidara ore deposit (Azerbaijan SSR): «Geology of ore deposits», no. 5 (in Russian)
  9. G. G. Kravchenko (1969): Role of tectonics when the crystallization of chromite ores in the Kempirsai pluton: [Nauka] Press (in Russian)
  10. V. A. Kuznetsov, G. V. Pinus (1949): Intrusive complexes of Tuva and fundamental regularities in their manifestations: «Doklady of USSR academy of science», vol. 65, no. 1 (in Russian)
  11. V. P. Loginov, N. V. Pavlov, G. A. Sokolov (1940): Chromite-containity of Kempirsai ultrabasic massif in the Southern Ural: [USSR Academy of Science] Press (in Russian)
  12. A. F. Mikhailov (1960): Some characteristics of the ultrabasic formation geology in the northern part of Koryak-Kamchatka folding region: in book "Magmatism and its relation with mineral resources", [Gosgeoltekhizdat] Press (in Russian)
  13. S. V. Moskaleva (1974): Ultrabasics and their chromite-containity: [Nedra] Press (in Russian)
  14. N. V. Pavlov, G. A. Sokolov (1963): Some distribution regularities of chromite deposits in Kempirsai ultrabasic pluton, including blind ore bodies: in book "Problems of research and prospecting method of blind ore deposits", [Gosgeoltekhizdat] Press (in Russian)
  15. G. V. Pinus, Yu. N. Kolesnik (1963): Dzhida ultrabasic belt; in book "Magmatic complexes of Altai-Sayan folding region", Novosibirsk' (in Russian)
  16. A. D. Smirnov, V. V. Buldakov (1962): Intrusive complexes of Eastern Sayan: [USSR Academy of Science] Press (in Russian)
  17. V. Ye. Khain, K. B. Seslavinskii (1972): Some fundamental problems of structure and tectonic history in north-western segment of Pacific mobile belt: «Vestnik of MGU», no. 6 (in Russian)
  18. P. K. Banerjee (1972): Geology and geochemistry of the Sukinda ultramafic field, Cuttac district, Orissa: «Mem. Geol. Surv. India», 103 (in English)
  19. C. A. Burk (1964): The AMSOC core hole in serpentinite near Mayaguez, Puerto-Rico: Washington, «Nac. Acad. of Sci.» (in English)
  20. F. A. Shams (1964): Structures in chromite-bearing serpentinites, Hindubagh, Zhob Walley, West Pakistan: «Economic geology», vol. 59, no. 7 (in English)