

中華人民共和国レアメタル総合開発調査  
資源開発協力基礎調査報告書

黒竜江北西部地域

第5年次

平成4年2月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団



中華人民共和国レアメタル総合開発調査  
資源開発協力基礎調査報告書

黒竜江北西部地域

第 5 年 次

JICA LIBRARY



1099152(9)

26092

平成 4 年 2 月

国 際 協 力 事 業 団  
金 属 鉍 業 事 業 団

国際協力事業団

24052

## は し が き

日本国政府は中華人民共和国政府の要請に応え、同国北部に位置する黒竜江北西部地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査、地化学探査、物理探査、ボーリング調査などの鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は、本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。本年度調査は第5年次にあたり、金属鉱業事業団は3名からなる調査団を編成して、現地に派遣した。

現地調査は平成3年6月16日に開始され、中華人民共和国政府関係機関、中華人民共和國有色金属工業総公司黒竜江地質勘査局の協力を得て平成3年8月10日予定どおり完了した。

本報告書は、第5年次の調査結果をとりまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。おわりに、本調査の実施にあたってご協力いただいた中華人民共和国政府関係機関、ならびに、外務省、通商産業省、在北京日本国大使館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表すものである。

平成4年2月

国際協力事業団

総 裁 柳 谷 謙 介

金属鉱業事業団

理事長 福 原 元 一



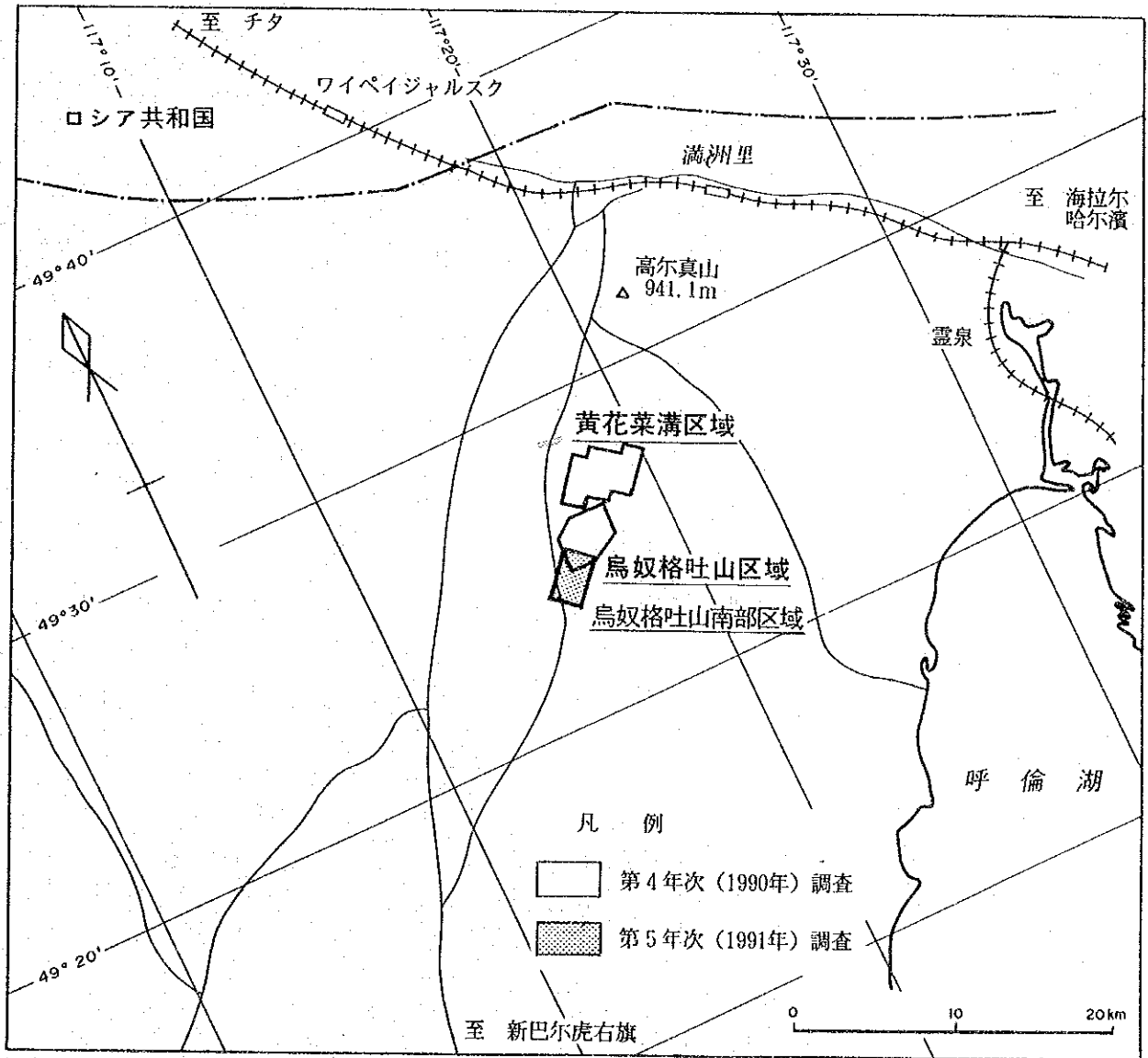
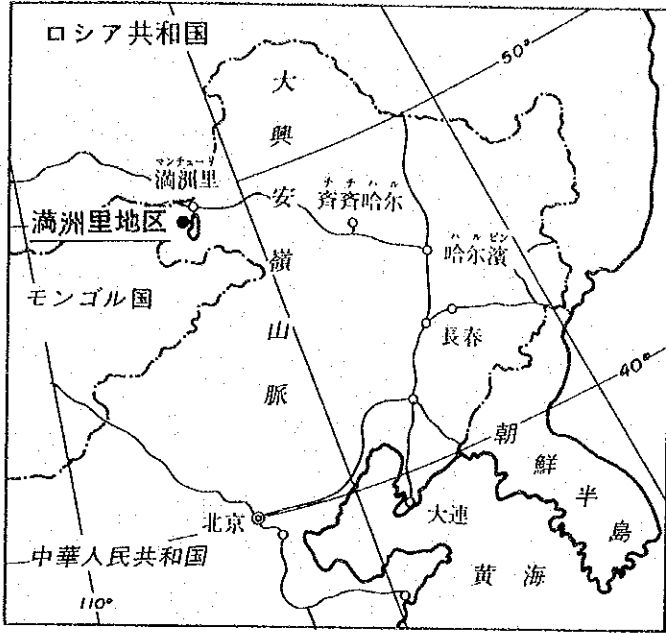


図1 調査地域位置図





# 要 約



## 要 約

第4年次(1990年)調査は、満洲里地区烏奴格吐山区域及び同地区黄花菜溝区域の調査を行い、烏奴格吐山区域の烏奴格吐山北鉱床が億t級の低品位大規模斑岩型銅・モリブデン鉱床であること、黄花菜溝区域には北鉱床級の大型鉱床の存在を期待し難く、今後の追加探鉱の必要性は極めて少ないことが判明した。一方、当時、烏奴格吐山区域には、北鉱床に断層で南接し、既に200m×200m格子ボーリングで一部が探鉱されている烏奴格吐山南鉱床(斑岩型銅・モリブデン鉱床)が胚胎し、さらにその南に地化学・物理探査異常を示す烏奴格吐山南南区が認められていたが、南鉱床及び南南区の調査水準はこれらを評価するためには、不十分であった。そこで、本区域を総合的に評価し、これら鉱床の将来の開発のための比較優位を明らかにするために、第5年次は南鉱床及び南南区を烏奴格吐山南部区域として、地質調査及びボーリング調査を行った。地質調査面積は5km<sup>2</sup>、ボーリング調査量は深掘り12本、5,701.31m、浅掘り5本289.87mの合計17本、6,001.18mであった。

烏奴格吐山南鉱床は北鉱床と同様に燕山晩期の花崗斑岩の貫入と密接に関係した斑岩型銅・モリブデン鉱床であるが、花崗斑岩は北鉱床では岩株であるのに対し、南鉱床では地下深所の岩体が浅所へ向って小岩体状に分岐するように貫入していることが判明した。鉱化変質作用はこれらの小岩体と被貫入岩の燕山早期の黒雲母花崗岩に生じ、全体として南北850m、東西1,600mの楕円状で地表下600m程度まで続く鉱化帯を形成している。鉱化作用は両岩種の接触部に輝水鉛鉱(少量の黄銅鉱・黄鉄鉱を伴う)・石英細脈～網状脈が発達し、その外側に黄銅鉱・黄鉄鉱が鉱染し、それぞれモリブデン鉱化帯及び銅鉱化帯を形成している。変質作用は小岩体を中心にカリ変質帯、フィリック帯、粘土化変質帯に区分され、モリブデン鉱化帯はカリ変質帯に、銅鉱化帯はフィリック帯にほぼ一致する。鉱床は地表から60m～70mまでが溶脱帯、酸化帯、二次硫化物富化帯で、それ以深は初生鉱化帯が続く。さらに、南鉱床の200m×200m格子のボーリング資料の地質統計学的検討では、その出鉱量に見合った品位推定誤差は15.8%～12.5%であり、追加ボーリングを実施しても、それは10%前後にしか向上しないことがわかった。ボーリング孔を中心とする鉱画法では、南鉱床は低品位ながら数千万t級となるが、その鉱化作用が複数の小岩体に伴うものであり、カットオフ品位の上昇につれて鉱体が分散し、鉱床としてのまとまりを欠くことが考えられる。

南南区は烏奴格吐山南鉱床に南接する地域である。本区には南鉱床から派生するように貫入し、北東-南西方向に伸長した小岩脈状花崗斑岩が分布し、これに伴う狭小な鉱化変質作用が生じているが、銅・モリブデン鉱化作用は微弱で、細脈状鉛・亜鉛鉱化作用が希に認められた。このような花崗斑岩の産状と鉱化作用から、本区は南鉱床を中心とする鉱化変質累帯の外側部分に相当し、大規模鉱床胚胎の可能性は極めて低いと判断される。

以上のような第5年次調査結果と第4年次のそれとを併せ考えると、将来の開発計画調査の対

象となり得る鉱床は、烏奴格吐山北鉱床と考えられる。北鉱床は、第4年次に200m×100m格子ボーリングが完成しており、地質統計学的解析では大型採掘を想定した場合の出鉱量に見合う品位推定に十分なボーリング密度と考えられる。従って、今後の調査は北鉱床の将来の開発を検討するための資料を得る調査を行うことが望ましい。そのためには、選鉱試験用試料を採取するためのボーリング調査、コア試料を用いた選鉱試験、及び本鉱床の開発に関する技術的・経済的評価を含む開発計画調査の実施が求められる。

# 目 次

はしがき

調査地域位置図

要 約

目 次

図表一覧

第I部 総 論 .....	1
第I章 序 論 .....	1
1.1 調査経緯 .....	1
1.2 第4年次調査の結論と提言 .....	1
1.3 第5年次調査の概要 .....	1
1.3.1 調査地域 .....	1
1.3.2 調査目的及び調査内容 .....	1
1.3.3 調査団の編成 .....	3
1.3.4 調査期間 .....	3
第2章 調査地域の地理 .....	4
2.1 位置及び交通 .....	4
2.2 地 形 .....	4
2.3 気候及び植生 .....	4
第3章 一般地質 .....	6
3.1 黒竜江北西部地域の地質構造 .....	6
3.2 満洲里地区の地質概要 .....	7
3.3 満洲里地区の地質構造上の位置 .....	7
第4章 調査結果の総合検討 .....	9
4.1 烏奴格吐山南部区域 .....	9
4.2 満洲里地区烏奴格吐山鉱床 .....	12
第5章 結論及び提言 .....	14
5.1 結 論 .....	14

5.2 提 言 .....	15
第II部 各 論 .....	17
第1章 満洲里地区烏奴格吐山南部区域 .....	17
1.1 調査方法 .....	17
1.2 地 質 .....	17
1.2.1 地質概要 .....	17
1.2.2 地質層序 .....	23
1.2.3 貫入岩類 .....	23
1.2.4 地質構造 .....	25
1.3 鉍 床 .....	26
1.3.1 初生鉍化作用 .....	26
1.3.2 変質作用 .....	40
1.3.3 二次富化作用 .....	56
1.4 地質統計学的手法によるボーリング密度の検討 .....	59
1.4.1 検討資料 .....	59
1.4.2 南鉍床のバリオグラムの検討 .....	59
1.4.3 烏奴格吐山鉍床のバリオグラムと推定誤差 .....	60
1.5 烏奴格吐山南鉍床の鉍量試算 .....	62
1.5.1 銅鉍体とモリブデン鉍体 .....	62
1.5.2 銅換算鉍体 .....	63
1.5.3 カットオフ品位・可採厚の変化と鉍量・品位 .....	64
1.5.4 北鉍床と南鉍床 .....	65
1.6 考 察 .....	69
1.6.1 地質と鉍化作用 .....	69
1.6.2 鉍床の賦存状況 .....	69
1.6.3 ボーリング密度 .....	70
1.6.4 鉍量試算 .....	70
1.6.5 ま と め .....	70
第2章 烏奴格吐山区域全体の考察 .....	71
2.1 地質鉍床 .....	71
2.2 鉍量・品位 .....	71
2.3 ま と め .....	72

第Ⅲ部 結論及び提言 .....	73
第1章 結 論 .....	73
第2章 提 言 .....	75

文 献

資 料

- 資料1 烏奴格吐山南部区域試料採取位置図
- 資料2 岩石薄片鑑定結果一覧表
- 資料3 鉍石研磨片鑑定結果一覧表
- 資料4 烏奴格吐山南部区域トレンチ調査スケッチ図
- 資料5 微量分析結果一覧表
- 資料6 比重測定結果一覧表

## 図 表 一 覧

図1 調査地域位置図 .....	巻頭
図2 東アジア大陸地質構造概略図 .....	6
図3 満洲里地区地質概略図 .....	8
図1-1 烏奴格吐山区域トレンチ・ピット位置図 .....	18
図1-2 烏奴格吐山区域ボーリング位置図 .....	19
図1-3 烏奴格吐山区域地質模式層序図 .....	20
図1-4 烏奴格吐山区域地質鉱床図 .....	21
図1-5 烏奴格吐山南鉱床地質断面図 .....	22
図1-6 烏奴格吐山南鉱床地質・鉱床平面図 (700ML) .....	27
図1-7 烏奴格吐山南鉱床地質・鉱床平面図 (500ML) .....	28
図1-8 烏奴格吐山南鉱床断面図 .....	29
図1-9 均質化温度及び塩濃度の分布 (測線G480) .....	34
図1-10 流体包有物の均質化温度 .....	35
図1-11 流体包有物の塩濃度 .....	36
図1-12 硫黄同位体組成の頻度分布 .....	39
図1-13 硫黄同位体組成変動 .....	39
図1-14 南南区土壌試料単一変量解析結果図 .....	43
図1-15 南南区岩石試料単一変量解析結果図 .....	45
図1-16 $K_2O - Na_2O$ ダイアグラム .....	52
図1-17 $K_2O - Na_2O - CaO$ 三角ダイアグラム .....	52
図1-18 烏奴格吐山区域総合解析図 .....	55
図1-19 Eq. Cu 品位垂直方向のバリオグラム (南鉱床) .....	61
図1-20 Eq. Cu 品位垂直方向のバリオグラム (南北両鉱床) .....	61
図1-21 品位断面図 (可採厚15m) .....	67
表1 調査内容と調査量 .....	2
表2 月間平均気温 .....	5
表3 月間降水量 .....	5
表1-1 流体包有物測定結果一覧表 .....	33
表1-2 流体包有物統計量 .....	37
表1-3 硫黄同位体測定結果一覧表 .....	39
表1-4 土壌試料単一変量解析統計量 .....	42



表 1 - 5	土壤試料における各元素間の相関係数	42
表 1 - 6	岩石試料単一変量解析統計量	42
表 1 - 7	岩石試料における各元素間の相関係数	42
表 1 - 8	X線回折条件	47
表 1 - 9	X線回折結果一覧表	48
表 1 - 10	絹雲母の変質帯別ポリタイプ出現頻度及び結晶度	49
表 1 - 11	絹雲母のポリタイプ別結晶度	49
表 1 - 12	分析方法と検出限界	50
表 1 - 13	全岩分析結果一覧表	51
表 1 - 14	各成分間の相関係数	52
表 1 - 15	烏奴格吐山鉍床変質帯総括表	54
表 1 - 16	物相分析結果一覧表	58
表 1 - 17	銅鉍体とモリブデン鉍体 (南鉍床)	63
表 1 - 18	銅換算鉍体 (南鉍床)	63
表 1 - 19	北鉍床と南鉍床 (銅鉍体・モリブデン鉍体, 可採厚15m)	66
表 1 - 20	北鉍床と南鉍床 (銅換算鉍体, 可採厚15m)	66
表 2 - 1	烏奴格吐山鉍床周辺の鉍床・鉍徴	72

付図 1 烏奴格吐山区域地質鉍床図 (縮尺 1 : 5,000)

付図 2 烏奴格吐山区域地質鉍床断面図 (縮尺 1 : 5,000)



# 第 I 部 総 論



# 第 I 部 総 論

## 第 1 章 序 論

### 1.1 調査の経緯

日本国政府は、中華人民共和国政府の要請に基づき、黒竜江北西部地域のレアメタル総合開発調査の実施を決定し、1987年7月3日、本調査の実施に関する口上書を中華人民共和国政府と交換した。同日、日本国政府が中華人民共和国政府へ発した口上書及び中華人民共和国政府の口上書による回答に基づき、日本側国際協力事業団及び金属鉱業事業団と中国側中国有色金属工業総公司是、調査の実施を定め調印した。本調査は、締結された実施細則に基づき、資源開発協力基礎調査・レアメタル総合開発調査中華人民共和国黒竜江北西部地域の第5年次として実施されたものである。

### 1.2 第4年次調査の結論と提言

第4年次の調査は満洲里地区烏奴格吐山区域（9km<sup>2</sup>）、特にその北鉱床、及び同黄花菜溝区域（14km<sup>2</sup>）について、地質状況を解明し、鉱床賦存状況を把握すること及び既存調査資料を検討し、有望地域を抽出することを目的として実施された。その結果、烏奴格吐山北鉱床は億t級の大型斑岩型銅・モリブデン鉱床であること、そして黄花菜溝区域は大型鉱床の存在が期待し難い区域であることとの結論に達した。さらに烏奴格吐山区域の既存調査資料からは、本区域内には北鉱床と断層で南接する斑岩型銅・モリブデン鉱床の南鉱床が胚胎し、さらにその南に地化学探査・物理探査異常の認められる南南区が位置するが、これらの調査水準は北鉱床のそれと比較して一段と低いことが判明した。今後、烏奴格吐山区域を総合的に評価して将来に備えるためには、これら南鉱床及び南南区の調査を早急に進めることが望ましいと提言された。

### 1.3 第5年次調査の概要

#### 1.3.1 調査地域

本調査は、第4年次の調査結果に基づき、烏奴格吐山南鉱床及び南南区を含む満洲里地区烏奴格吐山南部区域を対象地域としている（図1）。

#### 1.3.2 調査目的及び調査内容

##### (1) 調査目的

調査は、満洲里地区烏奴格吐山南部区域において、地質状況を解明し、鉱床賦存状況を把握した上で、有望地域を抽出することを目的として実施された。

##### (2) 調査内容

調査内容と調査数量及び室内試験の項目・数量を表1に示す。

表1 調査内容と調査量

調査内容		調査量
地質調査	面積 (km <sup>2</sup> )	5
	ルート長 (km)	53.5
	ピット調査 (箇所)	300
	トレンチ調査 (m <sup>2</sup> )	5,009
	既存ボーリングコア調査 (m)	13,220
ボーリングコア調査	深掘ボーリング (本, m)	12本 5,701.31
	浅掘ボーリング (本, m)	5本 299.87
	計 (本, m)	17本 6,001.18
室内試験	1) 岩石薄片作成・鑑定 (枚)	50
	2) 鉱石研磨片作成・鑑定 (枚)	12
	3) ボーリングコア分析 (件)	2,435
	4) X線回折 (件)	50
	5) 全岩分析 (件)	33
	6) 岩石分析 (件)	300
	7) 土壌分析 (件)	323
	8) 流体包有物試験 (件)	36
	9) 物相分析 (件)	40
	10) 比重測定 (件)	30
	11) 微量分析 (件)	10
	12) 硫黄同位体 (件)	10

ボーリングコア分析 : Cu, Pb, Zn, Mo, Au, Ag, S の7成分

岩石分析・土壌分析 : Cu, Pb, Zn, Mo, Au, Ag, As, Hgの8成分

微量分析 : Cu, Pb, Zn, Ag, Co, Sn, Mo, V, Ti, Ni, Cr, Mn, B, Bi, Ga, As, Ba, Sb, W, Na, Cd, In, Pt, Ge, La, Re, Au, Li, Sr, Be, Nb, Ta, Ce, Os, Te, Hf, P, Th, Hg, Kの40成分

### 1.3.3 調査団の編成

第5年次調査団は以下の調査員から構成された。

#### (1) 協定折衝及び現地指導監督

##### (a) 日本側

清水 浩 (金属鉱業事業団)  
石田 真 ( " )  
小山 恭一 ( " )  
逆瀬川敏夫 ( " )  
小澤 悦夫 ( " )  
目次 英哉 ( " )  
荻津 毅 ( " , 北京連絡員)

##### (b) 中国側

陳鉄生 (中国有色金属工業総公司)  
劉善方 ( " )  
湯全洪 ( " )  
袁傳盛 ( " )  
崔虎林 ( " )  
王 勇 ( " )  
房学增 (黒竜江地質調査局)  
金昌斗 ( " )  
顔 平 ( " )

#### (2) 現地調査

##### (a) 日本側

富沢尚明 (海外鉱物資源開発株式会社)  
久米敏夫 ( " )  
久谷公一 ( " )

##### (b) 中国側

李長珠 (黒竜江地質調査局, 702隊)  
孫希濂 ( " )  
韓春甫 ( " )  
王曰川 ( " )  
蔵延平 ( " )

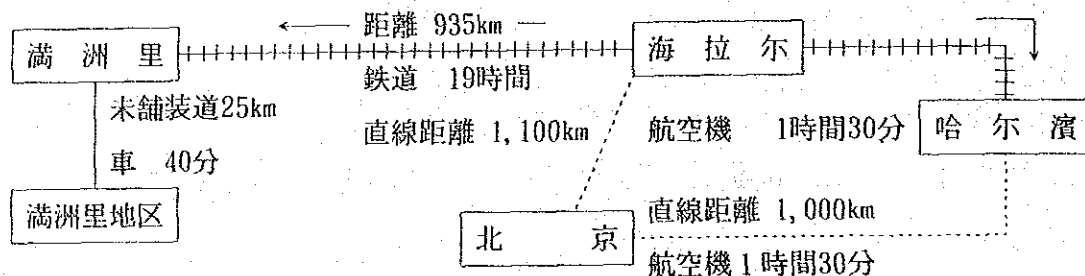
### 1.3.4 調査期間

現地調査及び現地解析期間は1991年6月16日から同年8月10日まで(56日間)である。

## 第2章 調査地域の地理

### 2.1 位置及び交通

満洲里地区は、中華人民共和国北部のおおよそ北緯49° 25′，東経 117° 15′，モンゴル国及びロシア共和国との国境付近に位置し、行政上は内蒙古自治区新巴尔虎右旗<sup>シンバグ ホーユーチ</sup>に属する。位置交通関係は次のとおりである。



調査地域内は、やや起伏のある丘陵地となっているが、一面の草原地であるため自動車の走行に支障はない。

### 2.2 地形

本地区は呼倫貝爾<sup>フンブイル</sup>大草原の一角にあり、標高 750m～900m、比高 100mから 150m程度のやや起伏のある緩やかな老年期の地形を呈する。地区内に常時水の流れている川はない。樹木は1本もなく高さ20cm～30cmの草が地表全体を覆っている。調査区域の最高点は烏奴格吐山南部区域の南鉞床頂部（海拔 862.8m）である。

### 2.3 気候

満洲里地区の気候は、中国自然地理図集（1984）によれば中温帯亜乾燥大区（Ⅱ<sub>3</sub>）に区分され、厳しい冬が長く夏春秋が短い。満洲里市における気象統計によると気温は年平均-1.2℃、夏は7月で月平均19.6℃、最高37.9℃（1981年）、冬は1月で平均-23.8℃、最低-42.7℃（1960年）の記録がある。降水量は年平均 298.2mmと少ないが、夏雨集中型で6月～8月に年間の約70%の降水量がある。3～6月には南西風（20～30m/秒）の暴風雪となることがある。



表 2 月間平均気温 (満洲里市 : 1973~1982)

気 温 (°C)													
月 年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
73	-23.7	-20.9	-10.4	0.3	9.8	18.9	19.9	14.9	11.9	-1.0	-10.0	-17.2	-0.6
74	-23.1	-20.9	-11.5	0.6	8.9	16.9	20.7	17.8	9.9	-2.7	-14.9	-22.1	-1.7
75	-22.1	-20.5	-7.7	2.9	12.1	17.9	18.9	18.5	10.1	0.3	-9.6	-19.4	0.1
76	-20.0	-17.9	-11.5	0.4	9.5	15.3	20.3	14.5	10.6	-1.9	-13.8	-23.7	-1.5
77	-27.2	-22.9	-10.3	0.7	9.9	16.6	19.2	16.8	9.7	0.4	-11.3	-22.3	-1.7
78	-23.1	-20.7	-10.6	1.8	9.8	17.4	17.8	17.0	9.9	-1.4	-11.1	-22.4	-1.3
79	-23.1	-19.6	-10.2	1.3	14.2	20.6	21.6	17.5	10.4	3.2	-13.4	-20.1	0.2
80	-25.8	-21.0	-12.9	-2.4	9.1	19.1	21.3	18.3	8.8	-2.5	-9.7	-24.6	-1.8
81	-25.1	-23.0	-10.4	5.1	9.7	16.4	21.7	15.1	9.7	-2.3	-15.8	-17.9	-1.4
82	-22.9	-16.6	-10.9	4.0	9.1	19.8	19.2	17.7	8.1	-2.3	-11.2	-18.5	-0.4

表 3 月間降水量 (満洲里市 : 1973~1982)

降 水 量 (mm)													
月 年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
73	0.1	1.4	1.4	3.1	37.0	53.7	143.3	74.9	24.7	4.1	1.1	0.2	345.0
74	0.3	0.3	5.6	4.2	9.0	32.1	132.1	53.4	17.6	3.9	1.0	0.9	260.4
75	0.3	3.0	0.6	11.3	23.7	52.7	69.6	29.1	54.6	3.1	0.9	0.1	349.0
76	0.0	1.0	6.2	6.3	17.4	63.0	69.6	81.9	7.5	0.1	0.1	0.9	251.0
77	1.6	0.7	1.2	4.0	15.6	107.7	248.2	36.9	10.8	0.5	0.6	6.8	434.6
78	0.3	0.0	4.4	9.4	12.8	99.1	59.1	34.8	25.6	0.0	3.2	1.0	249.7
79	0.8	3.0	1.7	15.7	20.2	87.1	80.2	85.9	7.3	0.0	6.8	0.1	308.8
80	0.1	0.0	0.1	7.0	44.1	14.1	67.4	4.8	98.9	1.8	0.7	3.8	243.1
81	0.0	1.2	1.3	27.2	18.8	18.2	43.7	67.0	4.7	4.6	1.6	0.8	189.1
82	0.0	0.0	1.5	0.0	15.7	38.5	137.5	91.8	58.1	4.1	1.2	0	348.4

### 第3章 一般地質

#### 3.1 黒竜江西北部地域の地質概要

本地域はシベリア卓状地南東縁に発達したカレドニア造山帯、その外縁のバリスカン造山帯及びバリスカン造山運動で付加した小さなアムリア地塊よりなる。その地質は付加地塊の存在により、アムリア地塊及びその東西両側の3つの部分に分けて考えることができる。

中央のアムリア地塊は結晶片岩類よりなる先カンブリア系基盤と、それを広く覆う陸性堆積物よりなる中・新生界で構成され、平坦な地形を呈する。

本地塊の西側は大興安嶺から満洲里に至る地域で、カレドニア・バリスカン両造山帯及び燕山期造山運動時の各種の岩石からなる。地質構造はカレドニア造山運動時のNE-SW方向が基本で、それ以降の活動を規制している。カレドニア造山帯は陸化・削剝され、主に先カンブリア系変成岩類よりなる褶曲帯である。バリスカン造山帯には地向斜性堆積物のほか、造山運動時貫入の花崗岩類が多数分布する。本帯は古生代末までに陸化し、風化削剝を受けたのち、ジュラ紀の火山活動による酸性溶岩・火砕岩類に覆われた。燕山期にはこれら両造山帯に花崗岩、閃緑岩など種々の火成岩類が貫入しており、Cu・Mo、Pb・Zn、Agなどの鉱化作用を伴うものもある。

アムリア地塊の東側はバリスカン造山帯の一部であるが、本地域は西側地域と異なり三畳紀の海成堆積物が分布し、中生代前期までは海域であったことを示している。燕山期には西側地域と同様に、種々の火成活動があった。

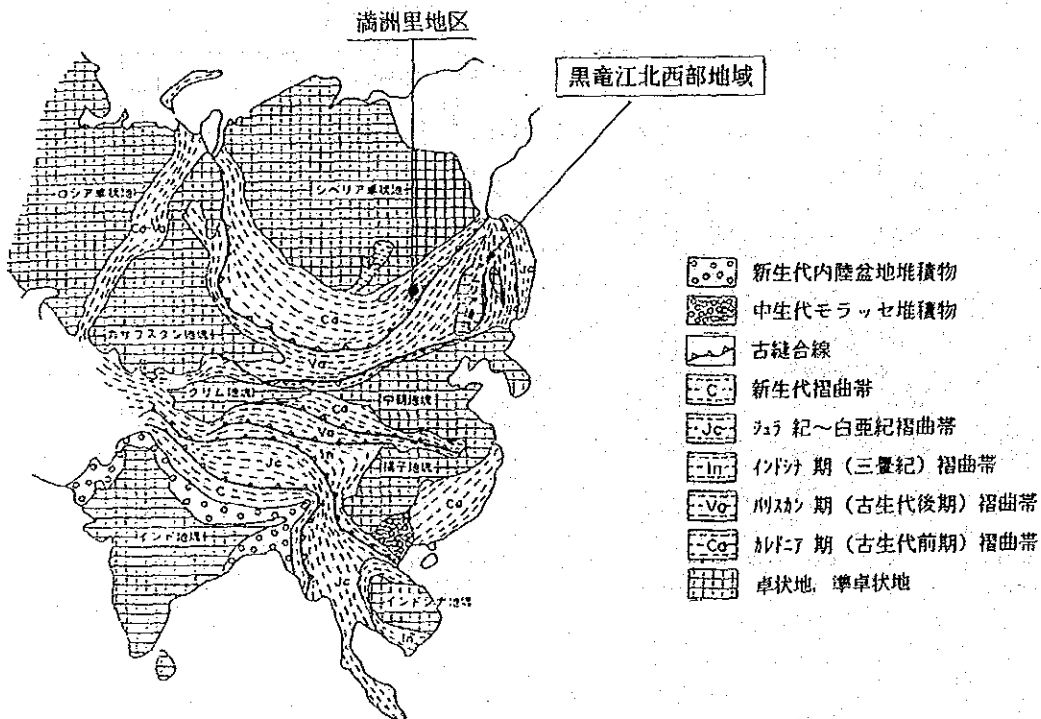


図2 東アジア大陸地質構造概略図(丸山・酒井1986を簡略化)

### 3.2 満洲里地区の地質概要

満洲里地区はカレドニア造山帯中であり、かつバリスカン造山帯の活動が重複した地域に属する。本地区の地質は古い順に以下のように構成されている。基盤は先カンブリア系の結晶片岩類で、地区の北部に分布している。これを覆ってバリスカン造山帯に属する古生界デホン系・二疊系の堆積岩類・火山岩類が北東部と南西部に分散して露出し、これらにバリスカン期花崗岩類（海西期）が貫入しているが、その貫入活動は黒竜江北西部地域の他の地区のそれと比較して極めて小規模である。本地区の大部分の地域はバリスカン造山運動後に陸化し、三疊系を欠いてジュラ系の陸成層によって広く覆われている。この上に白亜系の陸成堆積物が部分的に分布している。これらに中生代末燕山期花崗岩類が貫入している。いずれもカレドニア造山帯以降の構造及び古生代末期花崗岩類の貫入配列の方向とほぼ一致するNE-SW系に沿って点在している。新生界は第三系の湖成堆積物及び第四系の現世河床堆積物で、いずれも低地を埋めて分布している。

### 3.3 満洲里地区の地質構造上の位置

本地区は、地質構造の上ではシベリア卓状地の南東縁に形成されたカレドニア造山帯の「<sup>アル</sup>額爾古納カレドニア褶曲帯」に属し、先カンブリア系結晶片岩類を基盤としている。地質構造は本造山運動のNE-SW方向が基本で、本褶曲帯の東縁にはNE-SW方向の深部に達する「<sup>アル</sup>額爾古納-<sup>フロン</sup>呼倫湖断裂帯」が走り、東方の大興安嶺地区と境している。大断裂帯を含むNE-SW方向の構造は、長期に持続し、その後の造山運動を規制している。古生代後半のバリスカン造山運動は、この基本構造に規制されて生じたが、本地区付近では小規模であった。中生代後半からの燕山造山運動は両地塊に変位差を生じながら全体を沈降させるようなブロック運動を生じ、NE-SW系の深断裂帯の引続く活動及び地殻深部からのマグマの上昇とマグマ溜りの形成を促した。さらにこの運動によりNE-SW方向の基本構造に斜交するNW-SE方向の二次構造が形成された。その後、この二次構造は長期の脈動活動を続け、基本構造との斜交部を中心に、二次構造に沿った鉱化作用を規制した。烏奴格吐山南部区域は、これらの両方向の構造の斜交部近くに位置し、鉱床形成に有利な条件を備えているといえる。

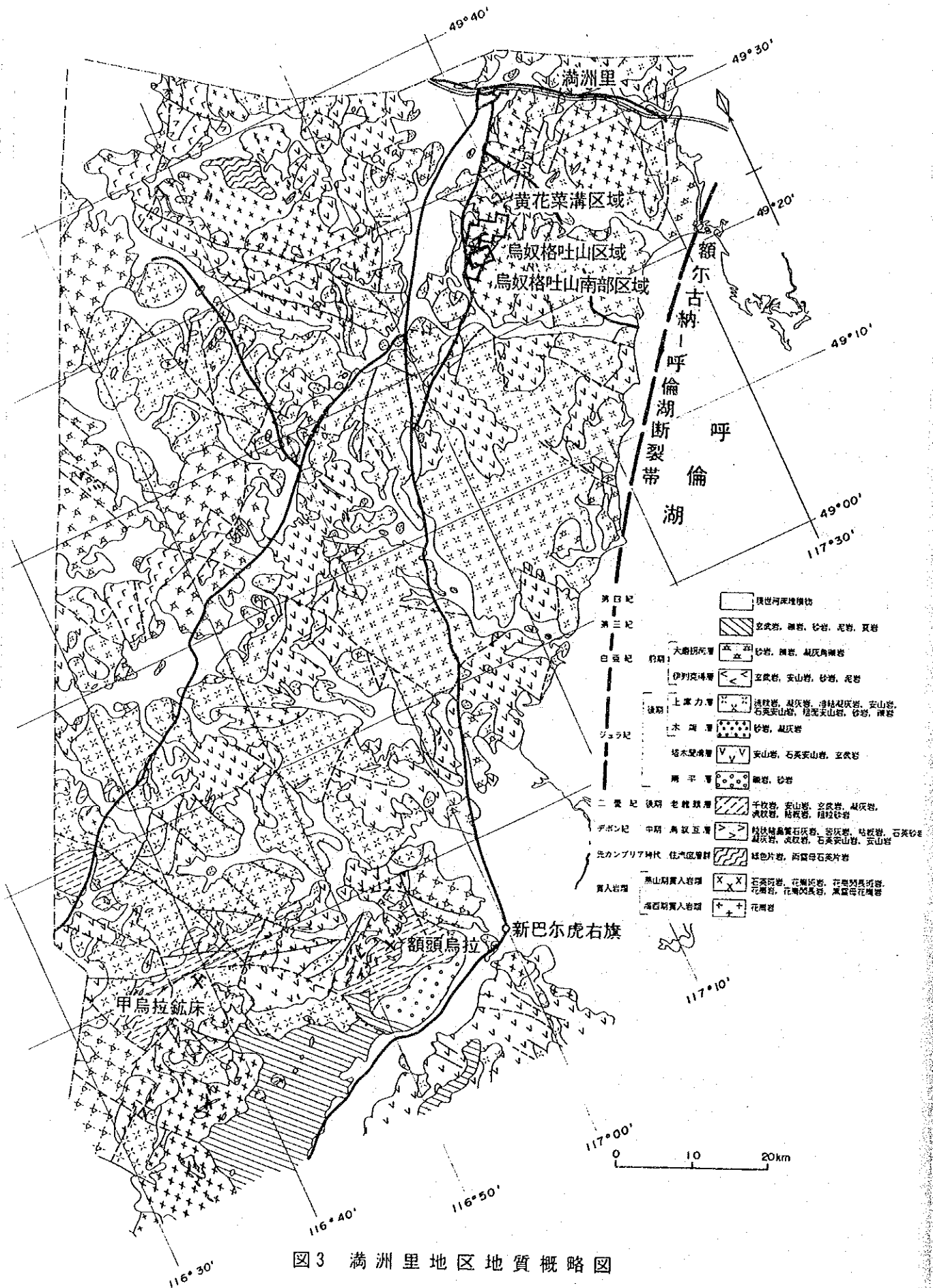


图3 滿洲里地区地質概略图

## 第4章 調査結果の総合検討

### 4.1 烏奴格吐山南部区域

#### (1) 調査概要

烏奴格吐山鉱床は、大型の斑岩型銅・モリブデン鉱床で、そのほぼ中央部をWNW-ESE走向に横切るF7断層により、南・北両鉱床に分断されている。第5年次調査は南鉱床及び南西に広がる南南区に対するボーリング調査が主体で、ボーリング孔は200m格子以上に配置された。

#### (2) 地質鉱床

本区域の地質は主として石炭系とこれを貫く燕山早期及び燕山晩期の貫入岩類、そしてこれらを被覆する第四系から構成されている。烏奴格吐山鉱床は南北2,000m、東西2,500mの範囲に分布し、そのうちF7断層以南の南鉱床は南北850m、東西1,600mの範囲に分布し、東西方向に伸びた楕円形を呈している。そして中央部をNW-SE走向のF8断層により分断されている。

烏奴格吐山鉱床は燕山晩期の花崗斑岩を鉱化関連火成岩とし、被貫入岩との境界部付近、特に燕山早期の黒雲母花崗岩中に胚胎する。南鉱床の場合、花崗斑岩は地下深部で1つの岩体だったものが、地表に向かうにつれて分岐し、地表では径200m程度の複数の小岩体を形成している。南鉱床はこの小岩体ごとに鉱化作用が生じ、これらが合体して、全体として1つの鉱床を形成している。

鉱床は地表より下部へ溶脱帯(厚さ20~30m)、酸化帯(約20m)及び二次硫化物富化帯(約20m)が分布し、その下に初生鉱化帯が深度600mまで確認されている。

南南区では南鉱床の南縁から本区にかけて花崗斑岩がNE-SW方向に伸びた小岩脈状を呈し、鉛・亜鉛の鉱化作用を伴っている。この鉛・亜鉛の鉱化作用をもたらした花崗斑岩は、南鉱床を形成した花崗斑岩と同一のものであることから、鉛・亜鉛の鉱化作用は烏奴格吐山南鉱床の鉱化作用と一連の活動で、烏奴格吐山南鉱床を中心とする鉱化累帯の外側の鉛・亜鉛帯と考えられる。

#### (3) 鉱化変質

初生鉱化帯は銅及びモリブデン品位により、銅鉱体(0.2%Cu以上)とモリブデン鉱体(0.02%Mo以上)に区分され、モリブデン鉱体は鉱床の内半部に、銅鉱体は外半部に分布する。鉱床内には鉱床品位に達しない弱鉱化帯が広く分布する。

銅の鉱化作用は深度の増加に伴い弱くなるのに対し、モリブデンの場合は上下方向による品位の変動が小さく、深度600m以深まで連続している。銅鉱体、モリブデン鉱体はともに低品位鉱体(銅鉱体:0.2%Cu~0.4%Cu、モリブデン鉱体:0.02%Mo~0.05%Mo)の占める割合が高く、高品位鉱体(銅鉱体:0.4%Cu以上、モリブデン鉱体0.05%Mo以上)は小規模に発達するにすぎない。

初生硫化物は黄銅鉱、輝水鉛鉱、黄鉄鉱を主とし、少量の閃亜鉛鉱、方鉛鉱、そして微量の四面銅鉱などを伴う。産状的には主として鉱染状ならびに細脈状の場合が認められ、鉱床内半部の

モリブデン鉱体では輝水鉛鉱、黄鉄鉱、石英の細脈～網状脈が発達し、外半部の銅鉱体では鉱染状の黄銅鉱、黄鉄鉱が発達する。そして鉱床の外側から外部にかけて黄銅鉱、輝水鉛鉱とも減少し、粗粒の黄鉄鉱脈が目だつようになる。南鉱床の鉱化作用は北鉱床よりも劣勢で、黄銅鉱、輝水鉛鉱とも少なくなっている。

南鉱床の縁辺から南南区にかけて分布する鉛・亜鉛の鉱化帯には閃亜鉛鉱、方鉛鉱を主とする鉱脈状のものが発達し、少量の黄銅鉱、黄鉄鉱、石英を伴っている。

南鉱床及び鉛・亜鉛帯を構成する硫化鉱物について硫黄同位体組成 ( $\delta^{34}\text{S}$ ) を測定したところ、 $\delta^{34}\text{S}$  値はいずれも熱水性・マグマ性硫化物の範囲内であり、各鉱物の硫黄はいずれもマグマ起源の可能性が強いと判断された。

変質作用は石英、カリ長石、絹雲母、加水雲母、モンモリロナイト、カオリン、方解石などの変質鉱物の組合せによりカリ変質帯（カリ長石）、フィリック帯（石英、絹雲母）、粘土化変質帯（加水雲母、モンモリロナイト、カオリン）の3つの変質帯に区分できる。モリブデン鉱体は主としてカリ変質帯に、また銅鉱体はフィリック帯に分布している。粘土化変質帯の外側に沿って緑泥石化変質を認めることがあるが、プロピライト帯として区分するほどの顕著な変質は生じていない。

南鉱床の生成温度は、流体包有物の均質化温度からカリ変質帯（平均 267°C）、フィリック帯（平均 254°C）そして粘土化変質帯（平均 237°C）と外側へ順次低下し、北鉱床と同じ傾向を示している。しかし、その値は北鉱床に比べると各々 100°C 以上低くなっている。同様に塩濃度も南鉱床の測定値（平均 6.1wt%）は北鉱床の値（平均 11.1wt%）より低く、半分程度になっている。

絹雲母のポリタイプ及び結晶度は変質累帯に対応し、変質中心のカリ変質帯から外側の粘土化変質帯にかけて低温型のポリタイプが卓越するようになるとともに、結晶度が悪くなる傾向を示している。

全岩分析（黒雲母花崗岩、花崗斑岩）では鉱床近傍での  $\text{K}_2\text{O}$  含有量の増加と  $\text{Na}_2\text{O}$  含有量の減少傾向が認められる。また、 $\text{CaO}$  含有量は鉱床との距離にかかわらず高い値を示している。 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  及び  $\text{CaO}$  含有量をもとに算出した変質指数 ( $\text{K}_2\text{O} \times 100 / (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO})$ ) は南鉱床では 60～90 の範囲に、北鉱床では 85～95 の範囲に、また黄花草溝では 25～50 の範囲にそれぞれ分布している（表 1-15）。このことから南鉱床の鉱化作用は北鉱床より劣勢であったことが推定され、流体包有物の測定結果及び鉱石の品位分析結果とも一致している。

南鉱床の風化帯は上部から下部にかけて溶脱帯、酸化帯、二次硫化物富化帯と移化している。溶脱帯は厚さ 20～30m 程度で多量の褐鉄鉱、赤鉄鉱によって特徴づけられる。酸化帯は平均厚さ 20m 程度でくじゃく石を主とし、少量の藍銅鉱、珪くじゃく石を伴っている。二次硫化物富化帯は平均厚さ 20m 程度で、輝銅鉱、銅藍、斑銅鉱の存在によって特徴づけられる。二次硫化物富化帯は下位の初生硫化帯と比較して銅品位が 1.5～3 倍程度高くなっている。南鉱床の酸化帯及び

二次硫化物富化帯は北鉱床のものと発達すると発達が悪くなっているが、これは初生鉱体の銅品位が低いことを反映していると考えられる。

(4) 地質統計学的手法によるボーリング密度の検討

地質統計学的手法（クリッキング法，kriging法）により，まず南鉱床のボーリング密度を，次いで南・北鉱床を含めた鉱床全体のボーリング密度を検討した。その結果，南鉱床は 200m×200 m格子の場合，年間出鉱量 520万 tまたは 1,170万 tに見合う品位推定誤差を求めたところ，15.8%または12.5%と見込まれ，今後さらにボーリングを追加しても推定誤差は10%前後にしか向上しないことが判明した。さらに，南鉱床は数個の小岩体の貫入に伴う鉱体でまとまりに欠けるので，追加ボーリングにより鉱量が減少することも考えられる。北鉱床のボーリング調査は 200 m× 100m格子が行われており，品位推定誤差は11.2%または 7.7%である。今後， 100 m× 100m格子にしたとしてもその誤差は10.6%または 6.9%までにしか向上せず，北鉱床全体を 100m× 100m格子で精密探鉱する必要性は極めて低い。

(5) 鉱量試算

南鉱床の銅鉱体・モリブデン鉱体別及び銅換算品位鉱体(Eq. Cu% = Cu% + 2.5×Mo%) について，ボーリングを中心とする四角形を鉱画(200m× 200m) として鉱量試算を行った。その結果をカットオフ品位及び可採厚（鉱画の高さ）別に示す。

		カットオフ 0.2%Cu	カットオフ 0.4%Cu
銅 鉱 体	可採厚 2 m	232百万 t (0.336%Cu)	43百万 t (0.632%Cu)
	可採厚15m	234百万 t (0.295%Cu)	28百万 t (0.510%Cu)
		カットオフ0.02%Mo	カットオフ0.05%Mo
モリブデン鉱体	可採厚 2 m	331百万 t (0.036%Mo)	51百万 t (0.072%Mo)
	可採厚15m	356百万 t (0.033%Mo)	22百万 t (0.063%Mo)
		カットオフ 0.2%Eq. Cu	カットオフ 0.4%Eq. Cu
銅 換 算 鉱 体	可採厚 2 m	408百万 t (0.329%Eq. Cu)	72百万 t (0.605%Eq. Cu)
	可採厚15m	434百万 t (0.297%Eq. Cu)	55百万 t (0.503%Eq. Cu)

南鉱床と第4年次（1990年）に調査した北鉱床とを比較するために，これらが低品位大型鉱床であり，将来の開発方式は露天掘りなどの大型採掘法が考えられるので，可採厚15mの場合について比較・検討した。

銅鉱体・モリブデン鉱体別の場合，カットオフ品位を高く取ると南鉱床の鉱量は対北鉱床で銅鉱体が57%，モリブデン鉱体が9%となる。また銅換算品位鉱体では同じく50%である。品位は銅，モリブデンともに南鉱床の方がわずかに高い傾向を示す。

	北 鉍 床	南 鉍 床
銅 鉍 体 (カット品位 0.4%Cu)	55百万 t (0.480%Cu)	28百万 t (0.510%Cu)
モリブデン鉍体 (カット品位0.05%Mo)	234百万 t (0.069%Mo)	22百万 t (0.063%Mo)
銅 換 算 鉍 体 (カット品位0.05%Mo)	111百万 t (0.490%Eq. Cu)	55百万 t (0.503%Eq. Cu)

このように、南鉍床の規模は北鉍床の約50%程度で、品位はほぼ同程度であるが、鉍化範囲が数個の小岩体の貫入に伴うもので鉍体としてのまとまりを欠いているため、将来の開発を考慮した場合、採掘に有利な条件を備えているとは言い難い。それは可採鉍量が少なく、ずり混入率が高いことが予想され、可採粗鉍品位がかなり低くなるとみられるからである。一方、北鉍床は億t級でまとまりのある鉍床で、南鉍床に比較して将来の開発に有利な条件を備えた鉍床と考えられる。

#### 4.2 満洲里地区烏奴格吐山鉍床

黒竜江北西部地域満洲里地区の烏奴格吐山鉍床周辺には、北東から南西に、黄花菜溝区域、烏奴格吐山北鉍床、同南鉍床及び南南区の鉍床・鉍徴が延長約9kmの間にみられる。これらについて、将来の開発の比較優位を明らかにするために、第4年次(1990年)には黄花菜溝区域及び烏奴格吐山北鉍床を、第5年次(1991年)には同南鉍床及び南南区をそれぞれ調査した。

本地区にみられるこれらの鉍床・鉍徴は、燕山晩期の花崗斑岩の貫入と密接に関係する斑岩型銅・モリブデン鉍化作用によりもたらされたもので、鉍石鉍物は、黄銅鉍、輝水鉛鉍、黄鉄鉍を主とし、閃亜鉛鉍、方鉛鉍を伴う。変質作用は貫入岩体を中心に、カリ変質帯、フィリック帯、粘土化変質帯に累状分帯する。これら鉍化変質作用の強度は、関係火成岩体の貫入規模・形態に左右されている。

黄花菜溝区域では、4箇所の鉍徴・変質帯が抽出されたが、地化学異常値が低いこと、IP異常源も深いこと、ならびにボーリング調査(深度200~370m)の結果も思わしくなかったことから、本区域に大型鉍床の存在を期待し難く、今後の探鉍価値は極めて小さいと判明した。

北鉍床は200m×100m格子の深掘りボーリング72本により、億t級で鉍体にまとまりのある低品位大型鉍床であることがはっきりした。

南鉍床は200m×200m格子の深掘りボーリング32本により、低品位ながら数千万t級の鉍床と判明したが、鉍化関連火成岩体が数個の小岩体よりなることから、鉍体としてのまとまりを欠くと考えられる。

南南区は、深掘りボーリング7本により、小岩脈状貫入岩体とこれに伴う狭小な変質帯及び、鉛・亜鉛細脈が認められたが、これら小岩体を離れると鉍化変質は急激に弱くなり、今後の探鉍



価値は極めて小さいと考えた。

このように、第4年次及び第5年次の調査結果から、将来の開発に対して比較優位にある鉱床は、烏奴格吐山北鉱床と考えられる。これまでの北鉱床に対する深掘りボーリング調査は200m×100m格子状に行われていたが、この密度は地質統計学的解析によれば大型採掘を想定した場合の品位推定には十分な密度（誤差11.2%～7.7%）と言える。

従って、今後の調査は北鉱床の将来の開発の可否を検討するための資料を得る調査を行うことが望ましい。そのためには、選鉱試験用試料を採取するためのボーリング調査、コア試料を用いた選鉱試験及び本鉱床の開発に関する技術的・経済的評価を含む開発計画調査を行うことが考えられる。

## 第5章 結論及び提言

### 5.1 結論

#### 5.1.1 烏奴格吐山南部区域

第5年次の地質調査、ボーリング調査により、本区域内の烏奴格吐山南鉱床及びその南の南南区の地質、鉱化変質作用が明らかにされた。

南鉱床は燕山晩期の花崗斑岩の貫入と密接に関連する斑岩型銅・モリブデン鉱床である。花崗斑岩岩体は地下深所より浅部へ小岩体状に分岐するように貫入しており、これら小岩体と被貫入岩の燕山早期の黒雲母花崗岩に鉱化変質作用がみられる。鉱化作用はこれら両岩種の接触部に輝水鉛鉱（少量の黄銅鉱・黄鉄鉱を伴う）・石英細脈が発達し、その外側に黄銅鉱・黄鉄鉱が鉱染し、それぞれモリブデンを主とする鉱化帯と銅を主とする鉱化帯を形成している。変質作用は花崗斑岩小岩体を中心にカリ変質帯、フィリック帯、粘土化変質帯に区分され、モリブデン鉱化帯はカリ変質帯に、銅鉱化帯はフィリック帯にほぼ一致する。鉱床規模はこれら小岩体に伴う鉱化変質帯がまとまって、全体では南北 850m、東西 1,600mの楕円形を呈する。地表より溶脱帯（厚さ20m～30m）、酸化帯（20m程度）、二次硫化物富化帯（20m程度）、そして初生鉱化帯が認められる。

南鉱床の 200×200m格子ボーリング資料の地質統計学的解析では、品位推定誤差は15.8%～12.5%と見込まれ、今後さらにボーリングを追加しても、それは10%前後にしか向上しないことが判明した。鉱量規模はボーリング孔を中心とする鉱画で試算したところ、低品位ながら数千万t級となるが、鉱化作用が小岩体に伴うものであり、カットオフ品位を上げると鉱体としてのまとまりを欠くことが考えられる。

南南区は、南鉱床に南接する地域である。本区には南鉱床から派生するように北東-南西方向に伸長した小岩脈状花崗斑岩が貫入し、これに伴う狭小な鉱化変質作用が認められる。銅・モリブデン鉱化作用は微弱で、細脈状鉛・亜鉛鉱化作用が希に認められた。変質作用は岩脈を離れると急激に弱くなる。このような花崗斑岩の産状と鉱化変質作用から、本区は南鉱床を中心とする鉱化変質累帯の外側部分に相当し、大規模鉱床胚胎の可能性は極めて低いと判断される。

#### 5.1.2 満洲里地区烏奴格吐山鉱床周辺の評価

以上に述べたように、第5年次は、烏奴格吐山南鉱床及び南南区を調査し、南鉱床は数千万t級〔55百万t、0.503%Eq. Cu(カットオフ品位 0.4%Eq. Cu)〕の低品位斑岩型銅・モリブデン鉱床であり、南南区はその外側変質帯に相当し、大規模鉱床胚胎の可能性は極めて低いと評価した。一方、第4年次には黄花菜溝区域及び烏奴格吐山北鉱床を調査し、黄花菜溝区域の今後の探鉱価値は極めて低いこと、北鉱床は億t級〔111百万t、0.490%Eq. Cu(カットオフ品位 0.4%Eq. Cu)〕の低品位大規模な斑岩型銅・モリブデン鉱床であると評価されている。

このような第4年次及び第5年次の調査結果から、本地区において、さらに一步進めた開発計画調査の対象となり得るのは、烏奴格吐山北鉱床であると考えられる。

## 5.2 提 言

第5年次までの調査結果から、烏奴格吐山鉱床周辺で将来の開発計画調査の対象と考えられる烏奴格吐山北鉱床は、これまでに200m×100m格子ボーリングが終了している。ボーリング密度は地質統計学的解析では、大型採掘を考えた場合の鉱量に見合った品位推定誤差は小さく、十分な密度と言える。従って、今後の調査は北鉱床の将来の開発を検討するための資料を得る調査を行うことが望ましく、次の通り提言する。

- (1) ボーリング調査：選鉱試験用の試料を採取することを目的とする。
- (2) 選鉱試験：コア試料を用いて選鉱試験を行う。
- (3) 開発計画調査：技術的・経済的に北鉱床開発の場合の評価を行う。そして、本区域を含む総合評価に資する。



## 第Ⅱ部 各 論



## 第Ⅱ部 各 論

### 第 1 章 満洲里地区烏奴格吐山南部区域

#### 1.1 調査方法

本区域では地質調査、ボーリング調査のコア鑑定及び既存探査資料の収集検討を行った。

地質調査は縮尺 1 : 2,500 の地形図を使用して行った。本区域は緩やかな草原地となっており、地表を厚い表土が被覆している。そのため、調査ルートは中国側が掘削したトレンチ・ピットを結んで設定した。トレンチ・ピット位置図を図 1-1 に示す。

ボーリング調査のコア鑑定は、烏奴格吐山鉞床南鉞床のボーリングについて実施した。ボーリング位置図を図 1-2 に示す。コア鑑定に際してはデータのコンピュータ入力を考慮して、岩石名や鉞物の量比など記載内容を極力記号化し、縮尺 500 分の 1 の柱状図を作成した。そして、鑑定したボーリングのコアから必要に応じて室内試験用の試料採取を行った。各調査量は表 1 に示してある。

#### 1.2 地 質

##### 1.2.1 地質概要

烏奴格吐山区域<sup>\*1</sup>の地質は主として石炭系とこれを貫く燕山早期及び燕山晩期の貫入岩類、そしてこれらを被覆する第四系から構成されている。地質模式層序図を図 1-3 に、地質鉞床図を図 1-4 に、そして地質断面図を図 1-5 に示す。

石炭系は砂岩、石灰岩からなり、区域南東部の狭い範囲に分布する。燕山早期貫入岩類は黒雲母花崗岩、アプライトからなる。黒雲母花崗岩は本区域内に広く分布し、烏奴格吐山鉞床の主要な鉞床母岩となっている。燕山晩期貫入岩類は流紋岩、花崗閃緑岩、花崗斑岩、石英安山岩、グラノファイアー、斑状流紋岩、安山岩などからなり<sup>\*2</sup>、本鉞床は花崗斑岩の貫入に伴って熱水活動が生じ、形成したと考えられる。

本区域は額爾古納褶曲帯に属し、NE-SW 方向の構造が発達する。一方、主構造の NE-SW 系に斜交する NW-SE 系や WNW-ESE 系の構造も認められる。

---

\*1 本章では、烏奴格吐山南部区域及び第 4 年次に調査した烏奴格吐山区域を統合し、烏奴格吐山区域と再定義して表現する。今後、本区域と表現する場合はこの烏奴格吐山区域をさす。

\*2 流紋岩、石英安山岩は本来火山岩であるが、ここでは中国側の分類に従って貫入岩とする。

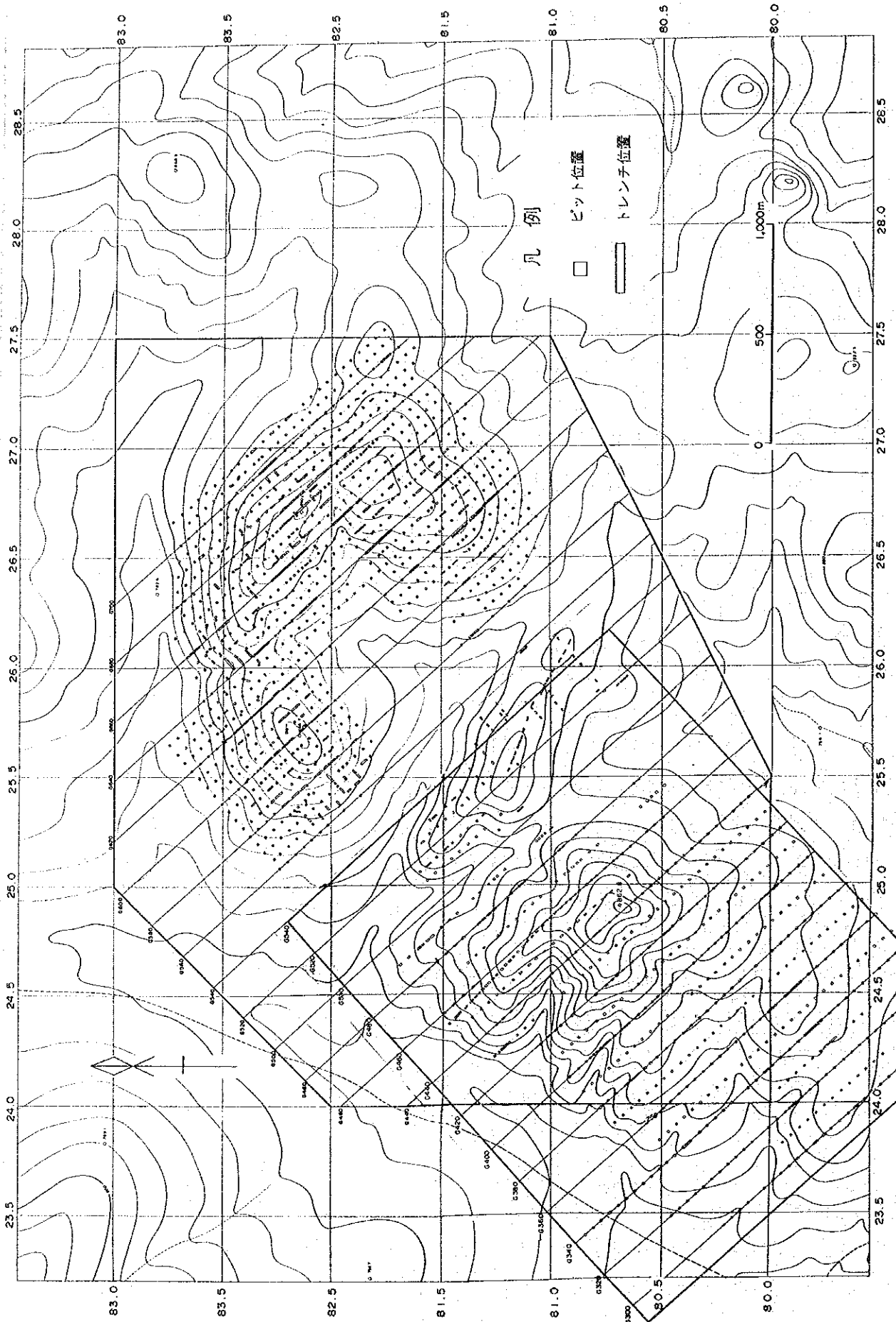
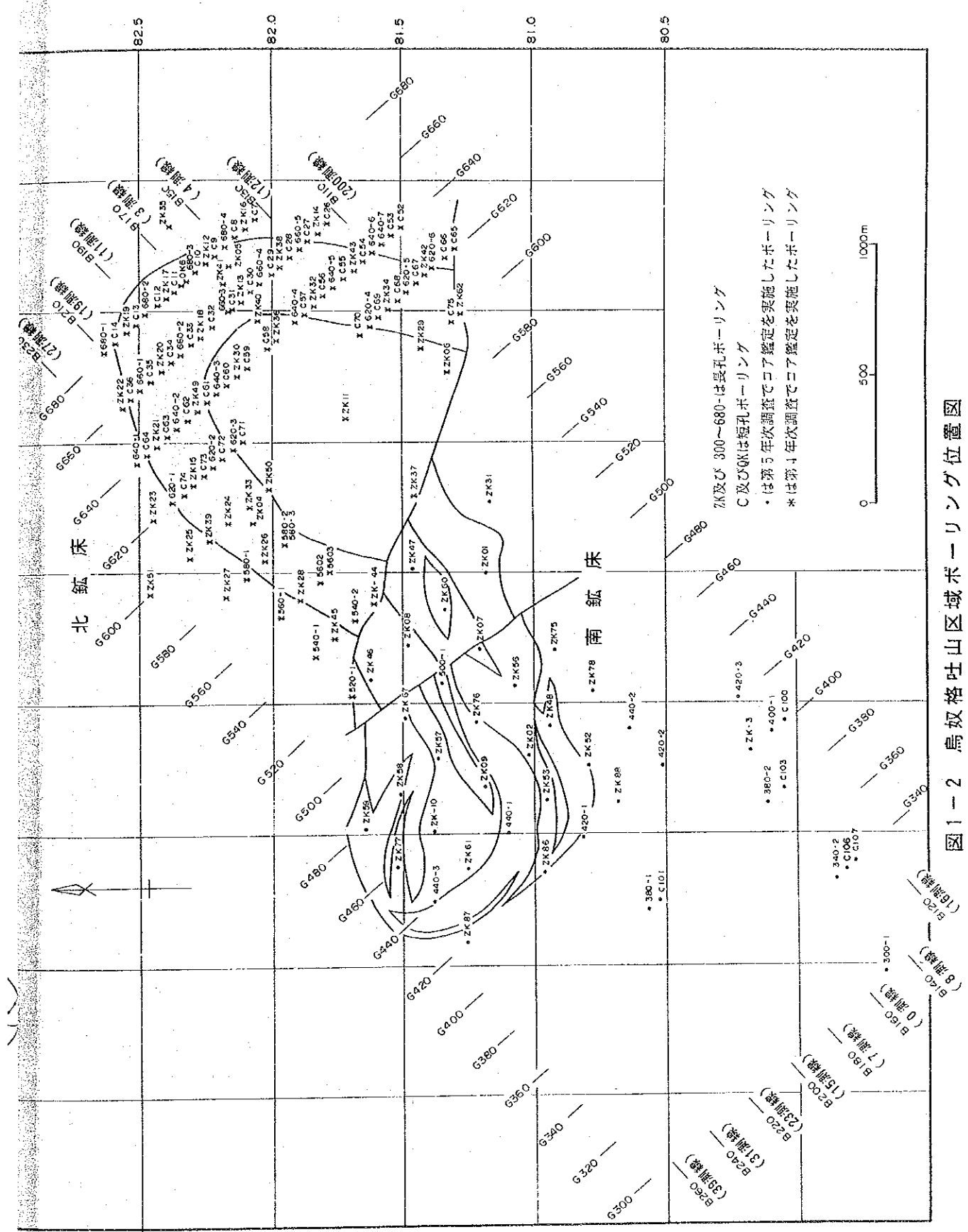


図1-1 烏奴格吐山区トレンチ・ピット位置図





ZK及び300~680-は長孔ボーリング  
 C及びQは短孔ボーリング  
 ・は第5年次調査でコア鑑定を実施したボーリング  
 ＊は第4年次調査でコア鑑定を実施したボーリング

図1-2 烏奴格吐山区ボーリング位置図

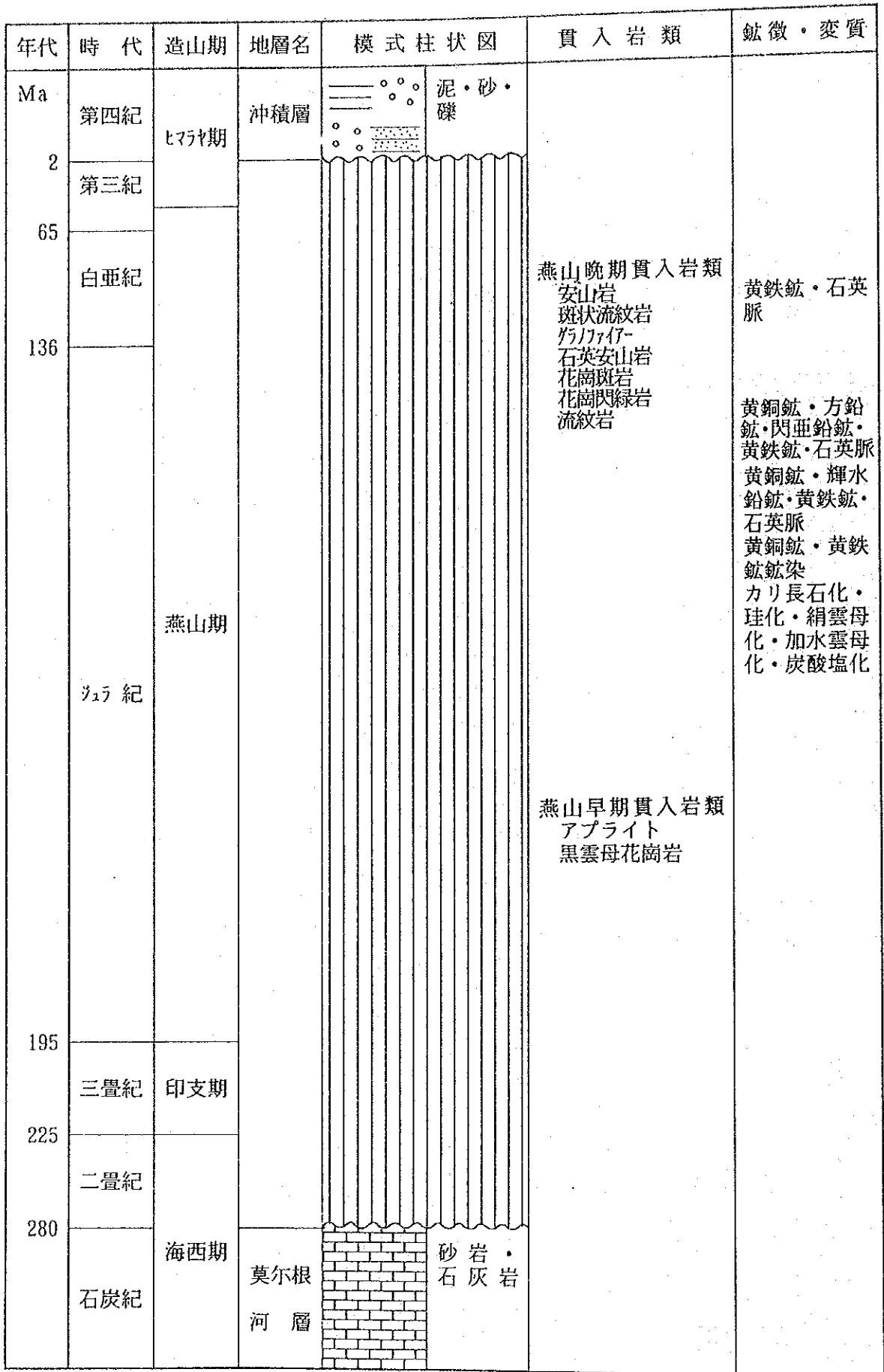
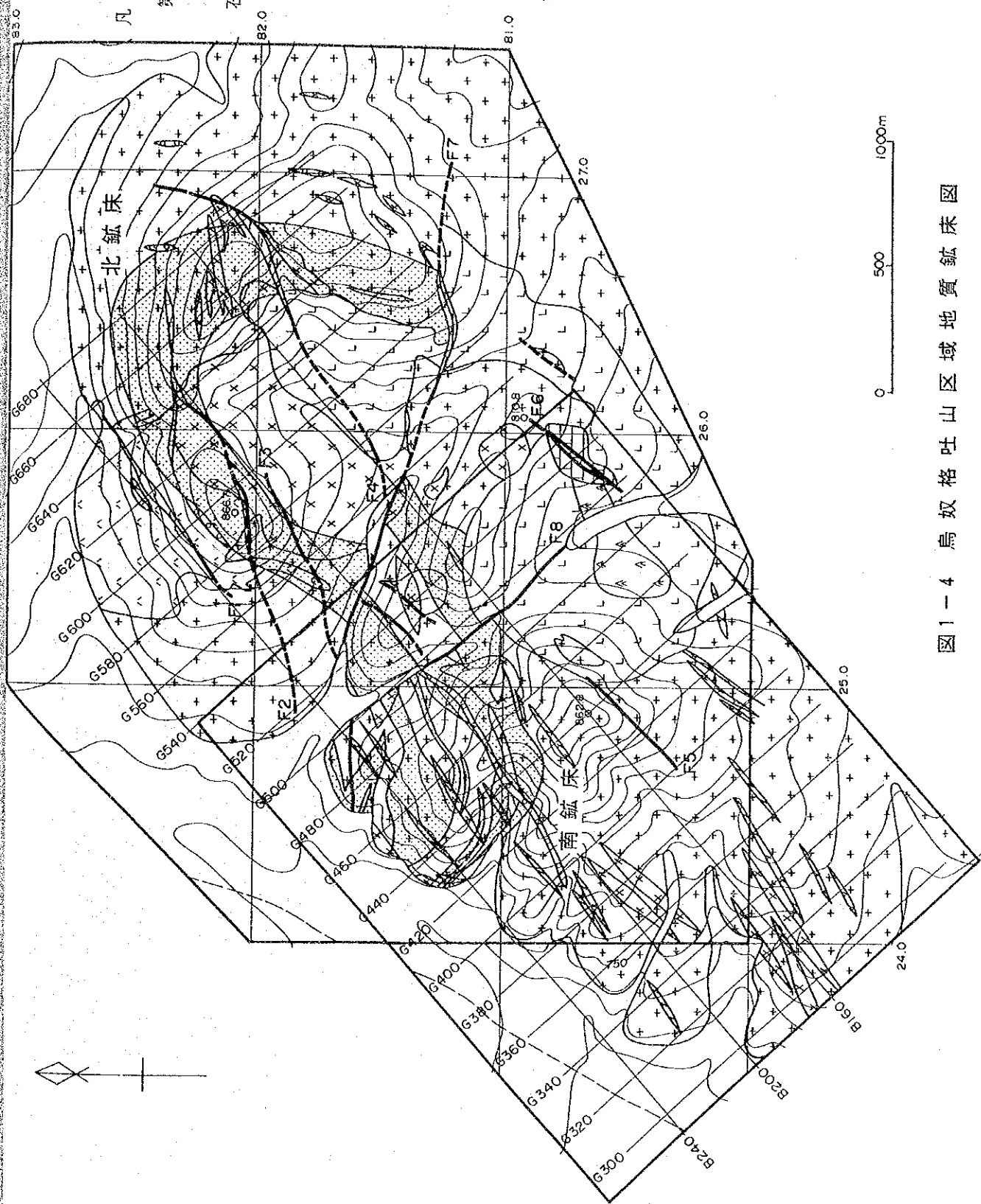


图1-3 烏奴格吐山区域地質模式層序図



凡例

第四系



現世河床堆積物

石炭系



砂岩・石灰岩

燕山晚期貫入岩類



安山岩



燕山早期貫入岩類

黑雲母花崗岩

破砕帶

實在斷層

推定斷層

鉢床

图1-4 烏奴格吐山区地質鉢床圖

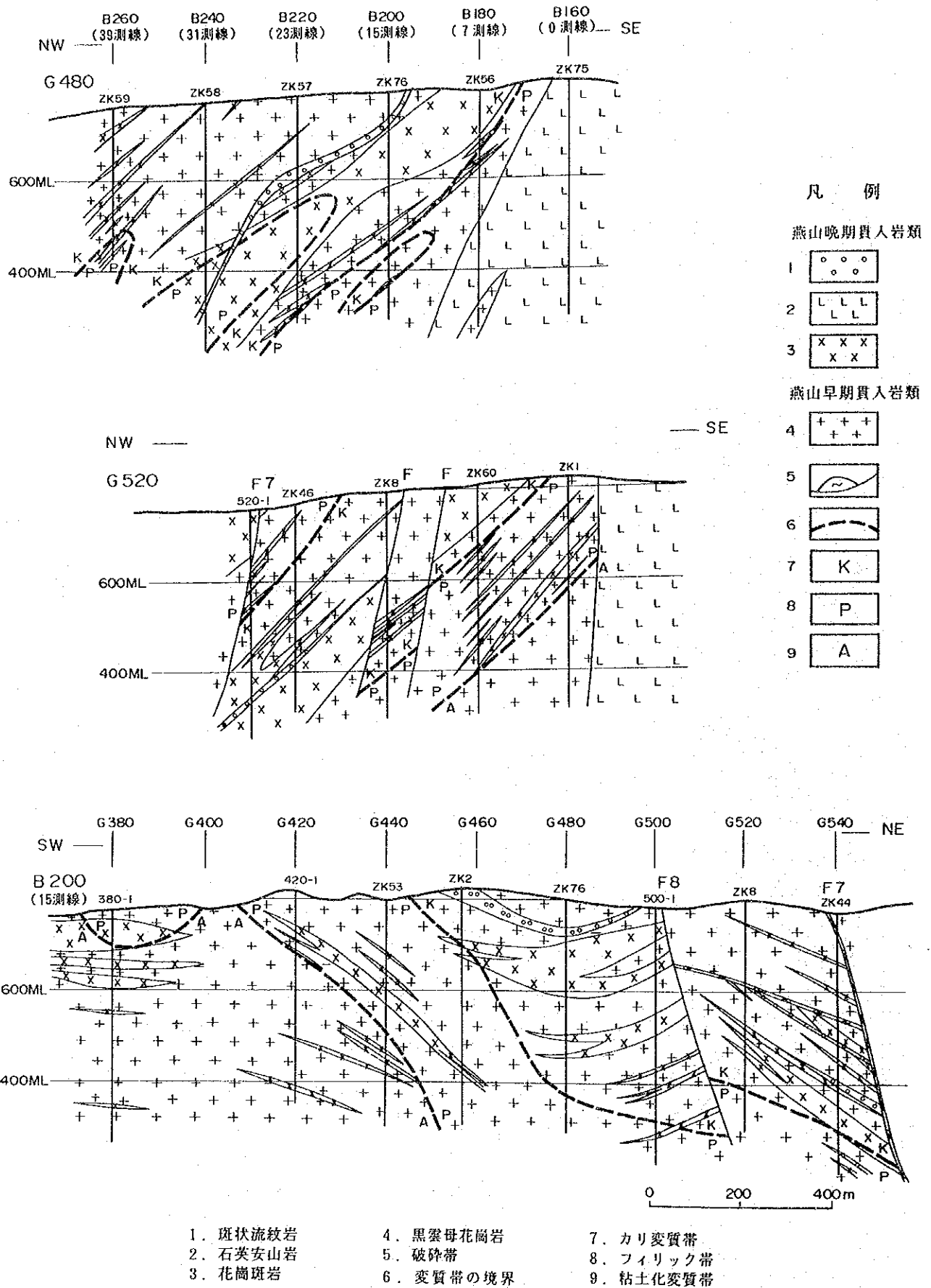


図1-5 烏奴格吐山南鉱床地質断面図

## 1.2.2 地質層序

### (1) 石炭系

砂岩及び石灰岩からなり、本区域南東部の狭い範囲に分布する。砂岩は暗青灰色を呈し、安山岩、流紋岩などの礫を含む。石灰岩は白色～淡灰色を呈し、黒雲母花崗岩との接触部付近には柘榴石、緑レン石及び磁鉄鉱などからなる小規模なスカルン帯が生じている。本層は烏奴格吐山区の最下層に相当し、本区域の北東部に分布する莫尔根河層に対比されると考えられる。本層はその分布から、黒雲母花崗岩貫入時の捕獲岩体と推定される。

### (2) 第四系

現世の河川堆積物で、礫、砂、シルトなどからなる。厚いところでは10m以上に達する。

## 1.2.3 貫入岩類

本区域に分布する貫入岩類はその貫入時期により、燕山早期の貫入岩類と燕山晩期の貫入岩類に大別される。

### (1) 燕山早期貫入岩類

燕山早期の貫入岩類は黒雲母花崗岩及びアプライトからなる。

各岩石の特徴は次のとおりである。

#### (a) 黒雲母花崗岩

本区域に広く分布し、烏奴格吐山鉍床の主要な鉍床母岩となっている。本区域周辺に露出する黒雲母花崗岩は烏奴格吐山岩体と呼ばれ、広域的にはNE-SW方向に分布している。

本岩は灰白色～紫紅色を呈し、完晶質で中粒～粗粒の等粒状組織を示す。構成鉍物は石英・カリ長石、斜長石を主とし、少量の黒雲母そして微量の燐灰石、ジルコン、金紅石、磁鉄鉱などからなる。鉍床近傍では鉍化変質を受け、黒雲母や斜長石は絹雲母化、モンモリロナイト化、加水雲母化、白雲母化しており、特に黒雲母は絹雲母化、白雲母化が著しく、ほとんど認められない。

鉍床を離れるに従い、鉍化変質は弱まり、南南区\*1では本岩中に新鮮な黒雲母が認められるようになる。

本岩は断層付近では圧砕され、広い範囲にわたってマイロナイト化している。

#### (b) アプライト

数10cm～数m程度の脈状をなし、黒雲母花崗岩中に貫入している。灰白色～淡桃色を呈する細粒堅硬な岩石で、等粒状組織を示す。石英、斜長石を主とするが、鉍化変質を受け斜長石は絹雲母に変質している。

### (2) 燕山晩期貫入岩類

燕山晩期の貫入岩類は流紋岩、花崗斑岩、花崗閃緑岩、石英安山岩、グラノファイアー、斑状

\*1 本章では烏奴格吐山南鉍床より南側、測線G400以南を南南区と表現する。

流紋岩、安山岩などからなる。

各岩石の特徴は次のとおりである。

(a) 流紋岩

本区域の北部，主として測線G540～G640の北西部に分布する。灰色～灰褐色の岩石で貫入岩と考えられるが，一部は火山砕屑岩相を呈する。鏡下では斑状組織を示す。斑晶は石英，カリ長石，斜長石を主とし，黒雲母，金紅石，ジルコンなどを伴う。本岩は烏奴格吐山鉾床の鉾床母岩の1つであり，鉾化変質を受け，斜長石，黒雲母は絹雲母化，加水雲母化，カリ長石化，白雲母化している。

(b) 花崗閃緑岩

本区域の西部，測線B220～B260(23測線～39測線<sup>\*1</sup>)にかけて分布する。本岩は幅10m程度の岩脈状を呈し，黒雲母花崗岩中に貫入する。

暗緑色を呈し，斜長石，黒雲母が卓越し，カリ長石，石英そして微量の燐灰石，金紅石を伴う。本岩は鉾化変質を受け，黒雲母は緑泥石に，斜長石，カリ長石は絹雲母にそれぞれ変質している。

(c) 花崗斑岩

F7断層以北の北鉾床では東西1,000m，南北900mの範囲に分布する比較的規模の大きな岩株状を呈するが，同断層以南の南鉾床では小岩体として点在する。南鉾床の地表では径200m程度の規模でZK67，ZK60，ZK56の各ボーリング孔付近にみられるが，深部に向かうにつれて大きくなり，400m付近では合体して1つの岩体を形成するようである。また，南鉾床南端部から南南区には，NE-SW方向に伸長する小岩脈状を呈し分布している。本岩は烏奴格吐山鉾床の鉾化関連火成岩であり，他の岩石との接触部付近に硫化物を沈殿させ，斑岩型銅・モリブデン鉾床を形成させている。

淡灰色～淡黄褐を呈し，斑状構造を示す。鏡下では斑状組織を示し，斑晶は石英，斜長石を主とし，少量の黒雲母そして微量の金紅石からなる。斑晶の石英は高温型はβ-石英を示す。基質は石英，斜長石及び少量のカリ長石からなる。鉾床近傍では鉾化変質のため，斜長石は絹雲母化，加水雲母化，カリ長石化していることが多い。

(d) 石英安山岩

本区域の中央部から南部にかけて分布し，岩株状を呈する。本岩体はF7断層により北鉾床と南岩体に分断されている。見かけ上，北岩体は馬蹄型を呈する烏奴格吐山北鉾床の中央付近に，また，南岩体は南鉾床の南東部に貫入している。

---

\*1 測線B160は中国側の0測線に相当する。中国側のNE-SW測線の付番方法は，0測線を基準にNW方向は50m毎に奇数番号を付番する。一方，SE方向へは偶数番号を付番する。したがって，測線B200は中国側の7測線に，また測線B140は8測線にそれぞれ相当する。

本岩は貫入に際して黒雲母花崗岩や花崗斑岩などの下位の岩石を異質礫として取り込み一見、角礫パイプ状を呈する。一部には銅・モリブデンの鉱化した礫も認められる。異質礫は地表に近いほど多く、海拔 400m（以下 400MLと表現する）以深ではほとんど認められなくなる。

淡緑色～緑灰色を呈し、斑状構造を示す。斑晶は石英、斜長石、正長石を主とし、微量の金紅石を含む。本岩は弱いながら絹雲母化、加水雲母化、炭酸塩化している。径 1～3 mmの六面体を呈する黄鉄鉱を伴うことが多い。

(e) グラノファイアー

石英安山岩中に貫入し、F 8断層により分断されている。淡紅色を呈し、斑状構造を示す。鏡下では斑状組織を示し、斑晶は斜長石、カリ長石からなる。基質は石英、カリ長石からなり、不規則に連晶して微文象組織を示す。新鮮な岩石で、変質はわずかにカオリン化が認められるだけである。

(f) 斑状流紋岩

幅数m程度の岩脈をなし、断層に沿って貫入することが多い。淡灰白色を呈し、緻密な岩石である。鏡下では斑状組織を示し、斑晶は少量の斜長石、黒雲母からなる。

(e) 安山岩

斑状流紋岩と同様に幅数m程度の岩脈をなしている。濃緑色～紫灰色を呈し、杏仁構造を示す。鏡下では斑状組織を示し、斑晶は少量の斜長石、石英からなり、杏仁核は炭酸塩鉱物に充填されている。基質は斜長石、緑泥石からなる。絹雲母化、炭酸塩化などの変質が認められる。

#### 1.2.4 地質構造

本区域を含む一帯はロシア共和国との国境付近に発達する額尔古納褶曲帯に属し、すぐ東側を呼倫湖を通り、NE-SW系の額尔古納-呼倫湖断裂帯（古生代から現在まで活動中で、中生代に最も活発に活動した）が通っている（図3）。

本区域は同断裂帯の活動に支配され、NE-SW系の構造が発達している。NE-SW系の構造は烏奴格吐山鉱床の関係火成岩である花崗斑岩や、石英安山岩などの燕山晩期の貫入岩類の配列、そして断裂系に明瞭に認められる。また、黒雲母花崗岩も広域的にはNE-SW方向に分布している。一方、主構造のNE-SW系に斜交するNW-SE系やWNW-ESE系の構造も認められる。これらの構造は主として鉱床形成後の断層として認められ、その代表であるF 7断層はWNW-ESEの走向を示し、烏奴格吐山鉱床を大きく北鉱床と南鉱床に分断している。F 7断層は落差数 100mに達する逆断層で、上盤側の北鉱床は南鉱床に比べ、相対的に上昇している。南鉱床は中央部をNW-SE方向のF 8断層により、分断されているが、同断層による転移はほとんどないと考えられる。

### 1.3 鉍 床

烏奴格吐山鉍床は南北 2,000m, 東西 2,500mの範囲に分布する斑岩型銅・モリブデン鉍床で, 中央部を通るWNW-ESE走向のF7断層により北鉍床と南鉍床に分断されている。地質・鉍床図を図1-4及び付図1に示す。

本年度, 調査に重点をおいた南鉍床は南北 850m, 東西 1,600mの範囲に分布し, 東西方向に延びた楕円形を呈している。そして中央部をNW-SE走向のF8断層により分断されている。

南鉍床は花崗斑岩の小岩体及びその周囲に分布する黒雲母花崗岩を母岩とし, 主として黒雲母花崗岩中に胚胎している。

本鉍床は地表から下部にかけて溶脱帯, 酸化帯, 二次硫化物富化帯, 初生鉍化帯と移化している。

南鉍床の縁辺から南南区にかけては鉛・亜鉛の鉍化作用が認められる。これは烏奴格吐山鉍床の鉍化作用に伴って生じた一連の活動と考えられ, 烏奴格吐山鉍床を取りまくように分布している。

#### 1.3.1 初生鉍化作用

南鉍床の初生鉍化帯は黒雲母花崗岩, 花崗閃緑岩, 花崗斑岩を母岩とし, 主として黒雲母花崗岩中に胚胎している。鉍化関連火成岩の花崗斑岩は 400ML以深では1つの岩体を形成しているが, 地表に向かうにつれて分岐し, 小岩体～岩脈となって黒雲母花崗岩中に貫入している。この花崗斑岩の貫入に付随して変質作用を伴う熱水活動が生じ, 被貫入岩との境界部付近, 特に黒雲母花崗岩中に硫化物の沈殿を引き起こしたと推定される。鉍化作用は分岐した各小岩体ごとに生じ, これらが集合して南鉍床を形成している。

##### (1) 初生鉍化帯

初生鉍化帯は銅及びモリブデン品位により高品位銅鉍体, 低品位銅鉍体, 高品位モリブデン鉍体, 低品位モリブデン鉍体の4種類に分類される\*1。700ML及び500MLの地質・鉍床平面図を図1-6及び図1-7に, また鉍床断面図を図1-8に示す。

各鉍体の分布をみると鉍床の内側から外側へ, モリブデン鉍体, 銅鉍体と累帯分布している。初生鉍化作用は北鉍床に比べて弱く, 鉍床内には鉍床品位に達しない弱鉍化帯が広く分布して

---

\*1 各鉍体の区分は下記のとおりである。

高品位銅鉍体: Cu品位 0.4%以上

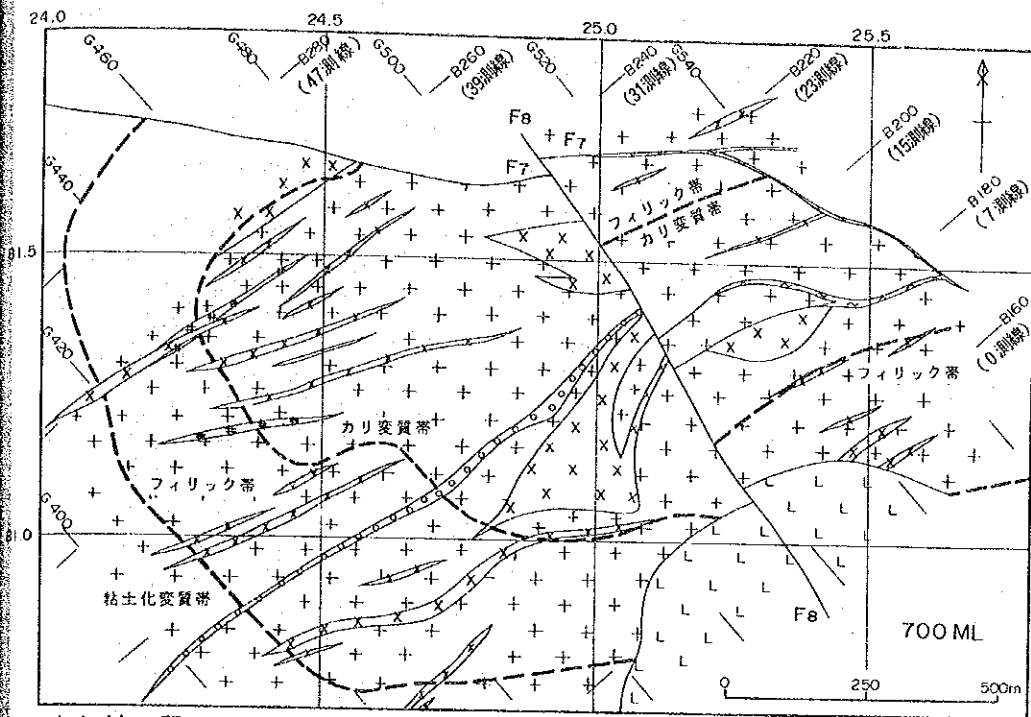
低品位銅鉍体: Cu品位 0.2%以上 0.4%未満

高品位モリブデン鉍体: Mo品位 0.05%以上

低品位モリブデン鉍体: Mo品位 0.02%以上0.05%未満

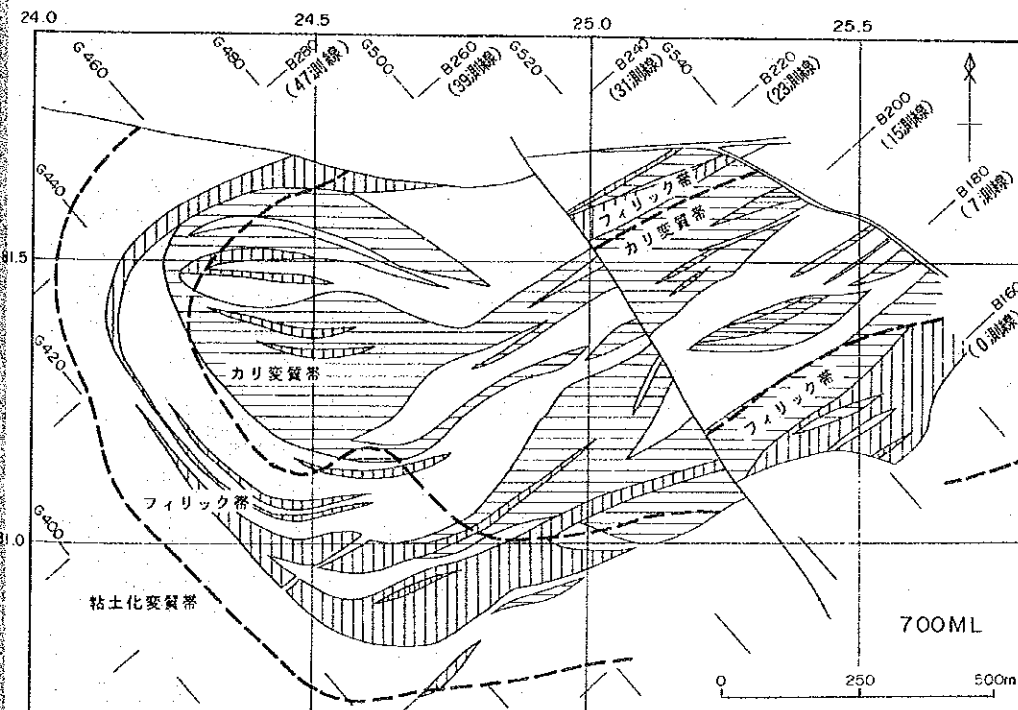
鉍体を区分するときはCu品位がMo品位に優先する。





- 凡 例
- 燕山晚期貫入岩類
  - 安山岩
  - 斑状流紋岩
  - 石英安山岩
  - 花崗斑岩
  - 花崗閃綠岩
  - 燕山早期貫入岩類
  - 黒雲母花崗岩
  - 破碎帯
  - 断層
  - 変質境界

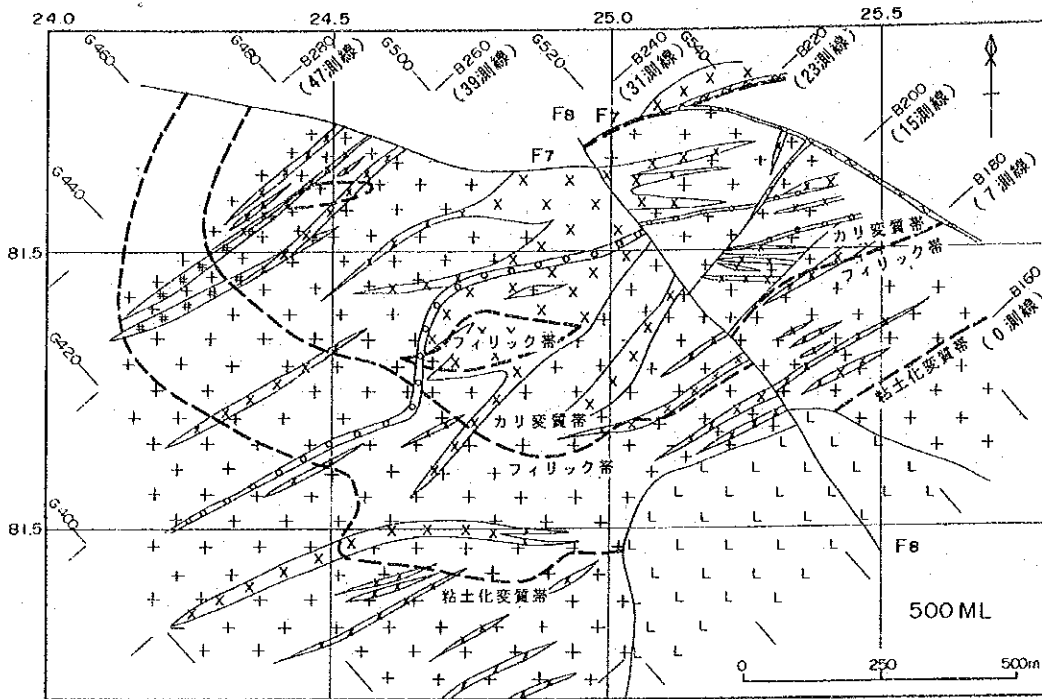
(A) 地質図



- 凡 例
- 高品位銅鉱体  
( $Cu \geq 0.4\%$ )
  - 低品位銅鉱体  
( $0.2\% \leq Cu < 0.4\%$ )
  - 高品位モリブデン  
鉱体  
( $Mo \geq 0.05\%$ )
  - 低品位モリブデン  
鉱体  
( $0.02\% \leq Mo < 0.05\%$ )

(B) 鉱床図

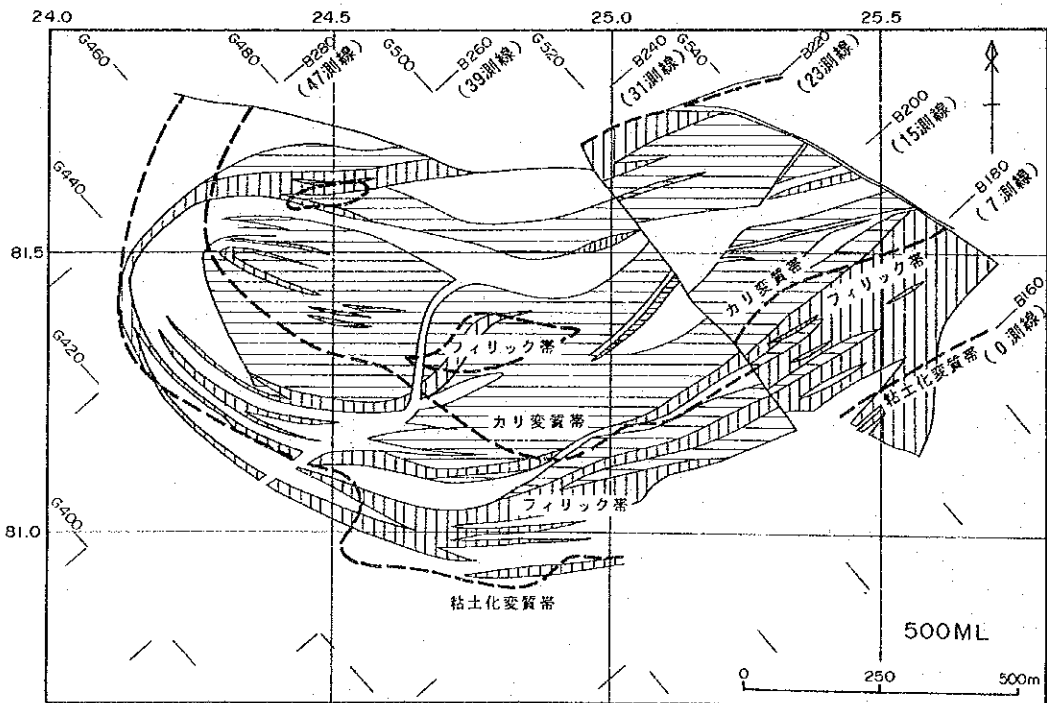
図1-6 烏奴格吐山南鉱床地質・鉱床平面図(700ML)



(A) 地質図

凡例

- 燕山晚期貫入岩類
- 安山岩
- 斑状流紋岩
- 石英安山岩
- 花崗斑岩
- 花崗閃綠岩
- 燕山早期貫入岩類
- 黒雲母花崗岩
- 破碎帯
- 断層
- 変質境界

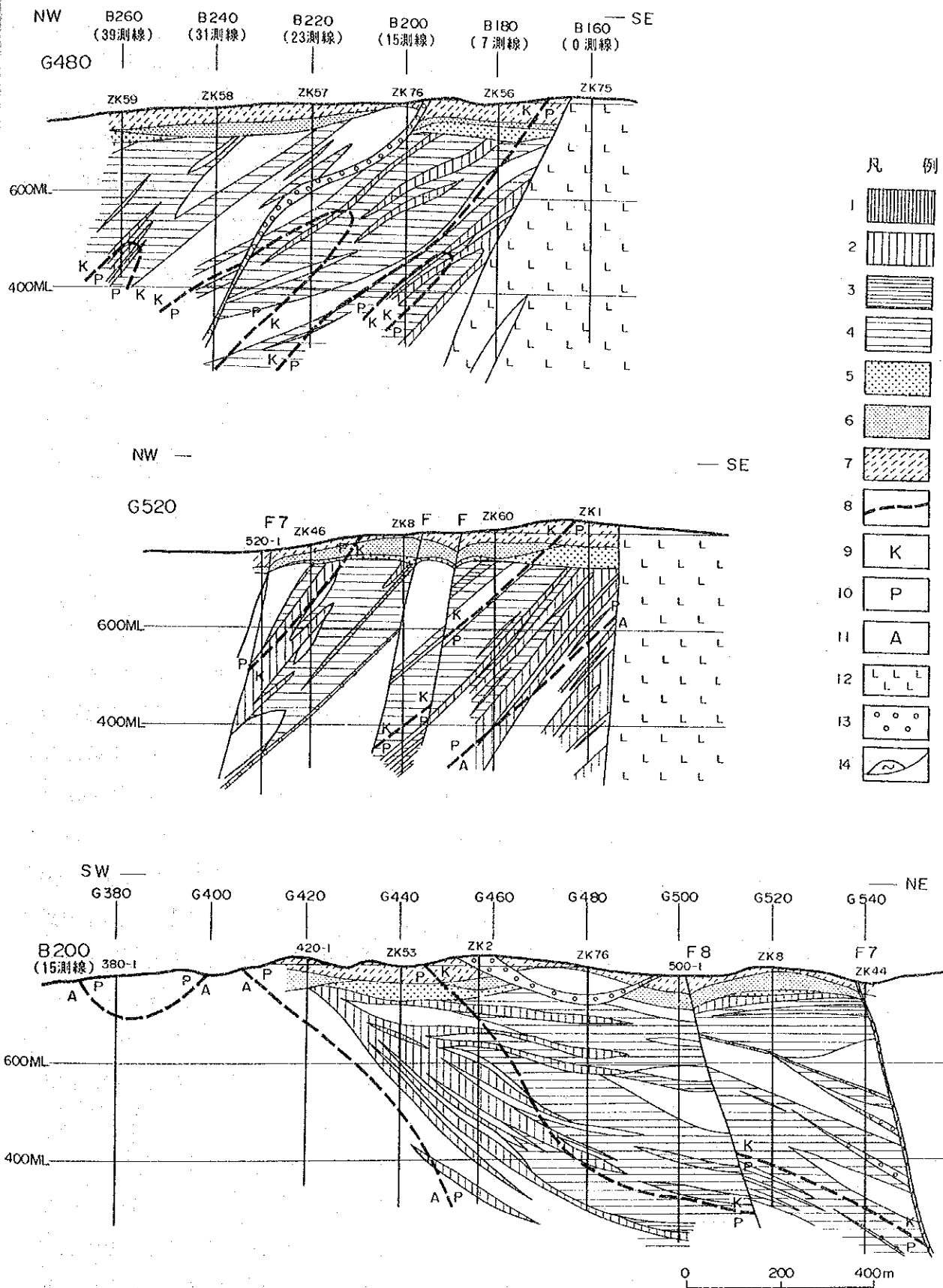


(B) 鉱床図

凡例

- 高品位銅鉱体 (Cu ≥ 0.4%)
- 低品位銅鉱体 (0.2% ≤ Cu < 0.4%)
- 高品位モリブデン鉱体 (Mo ≥ 0.05%)
- 低品位モリブデン鉱体 (0.02% ≤ Mo < 0.05%)

図1-7 烏奴格吐山南鉱床地質・鉱床平面図(500ML)



- |                                    |            |            |
|------------------------------------|------------|------------|
| 1. 高品位銅鉱体 (Cu ≥ 0.4%)              | 6. 酸化帯     | 11. 粘土化変質帯 |
| 2. 低品位銅鉱体 (0.2% ≤ Cu < 0.4%)       | 7. 溶脱帯     | 12. 石英安山岩  |
| 3. 高品位モリブデン鉱体 (Mo ≥ 0.05%)         | 8. 変質帯の境界  | 13. 斑状流紋岩  |
| 4. 低品位モリブデン鉱体 (0.02% ≤ Mo < 0.05%) | 9. カリ変質帯   | 14. 破碎帯    |
| 5. 二次硫化物富化帯                        | 10. フィリック帯 |            |

図1-8 烏奴格吐山南鉱床断面図 注) 12~13は鉱床形成後の貫入岩

いる。

(a) 銅 鋳 体

銅鋳体は烏奴格吐山鋳床の外半部を構成し、変質累帯でみると主として後述するフィリック帯に胚胎している。この銅鋳体はほとんどが低品位銅鋳体からなり、高品位銅鋳体は測線 G520 の南東部で小規模に発達するにすぎない。銅の鋳化作用は深部に向かうにつれて弱くなる傾向にある。

(b) モリブデン鋳体

モリブデン鋳体は南鋳床の内半部を構成し、主として後述するカリ変質帯に胚胎している。このモリブデン鋳体は銅鋳体の場合と同様に、低品位モリブデン鋳体の占める割合が高く、高品位モリブデン鋳体は小規模に分布するにすぎない。モリブデンの鋳化作用は銅の場合とは異なり、上下による品位の変動が小さく、低品位ながら地表下 600m(200ML) 以深まで連続している。

(2) 鉛・亜鉛の鋳化作用

南鋳床の縁辺から南南区にかけて実施されたボーリングで鉛・亜鉛の小脈が認められた。これらは主として細粒の閃亜鉛鋳、方鉛鋳からなる鋳脈状のもので少量の黄銅鋳、黄鉄鋳、石英を伴う。脈幅は一般に 1~10cm 程度である。特に、本地域の西部から南西部のボーリング孔、ZK77 の深度 250~300m、ZK53 の深度 50~350m、ZK440-2 の深度 250~300m、ZK420-2 の深度 100~250m、そして ZK380-2 の深度 100~150m ではやや優勢な鉛・亜鉛の鋳化作用が認められる。鉛・亜鉛脈には珪化、絹雲母化などの変質が認められる。

鉛・亜鉛脈は岩脈状の花崗斑岩の貫入に伴って形成されている。これらの岩脈は烏奴格吐山南鋳床をもたらした岩体から分岐していることから、鉛・亜鉛の鋳化作用は烏奴格吐山南鋳床の鋳化作用と一連の、烏奴格吐山南鋳床を中心とする鋳化累帯の外側の鉛・亜鉛帯と考えられる。

(3) 鋳石鋳物とその産状

南鋳床を形成する初生鋳石鋳物は黄銅鋳、輝水鉛鋳、黄鉄鋳、少量の磁鉄鋳及び微量の四面銅鋳など伴う。産状的には主として鋳染状ならびに細脈状の場合が認められる。前者は径 1mm 前後の細粒状を呈するもので、黄銅鋳及び黄鉄鋳からなるが、黄鉄鋳が卓越している。後者は主に輝水鉛鋳・黄鉄鋳・石英脈からなり、少量の黄銅鋳を伴う。この細脈は脈幅が 5mm 以下のものが多く、脈際に沿って鱗片状の輝水鉛鋳が晶出している。産状としては上記以外にも岩石の割れ目に沿って黄銅鋳、黄鉄鋳（輝水鉛鋳）が晶出したり、黄鉄鋳、黄銅鋳からなる幅 1~3mm 程度の細脈が認められることがある。

産状を巨視的にみると北鋳床と同様に鋳物の累帯分布が認められる。鋳床の内側では輝水鉛鋳・黄鉄鋳・石英の細脈~網状脈が発達しているが、これは外側に向かうにつれて減少し、鋳染

状の黄鉄鉱，黄銅鉱が増加する。そして鉱床の外側から外部にかけては黄銅鉱，輝水鉛鉱ともに減少し，粗粒の黄鉄鉱脈が目だつようになる。

南鉱床は北鉱床に比べると初生鉱化作用は弱く，黄銅鉱，輝水鉛鉱ともに少なくなっている。

一方，南鉱床の縁辺から南南区にかけて分布する鉛・亜鉛の鉱化帯には閃亜鉛鉱，方鉛鉱を主とする鉱脈状のものが発達し，少量の黄銅鉱，黄鉄鉱，石英を伴う。各鉱物は細粒のことが多く，塊状を呈している。

次に各鉱物について記載する。

#### (a) 黄銅鉱

輝水鉛鉱，黄鉄鉱とともに本鉱床の主要鉱物の1つである。鉱床全体に分布するが，比較的外半部に多く，黄銅鉱に富むところは銅鉱体を形成している。通常，黄鉄鉱とともに径1mm前後の細粒をなし，岩石中に鉱染している。また少量ながら輝水鉛鉱・黄鉄鉱・石英脈に伴う場合もある。鉱染状に分布する黄銅鉱はその産状から鉱化作用の前期に形成したと考えられる。

鉛・亜鉛帯に産するものは，細粒で黄鉄鉱の粒間を埋めて閃亜鉛鉱，方鉛鉱とともに晶出している。

#### (b) 四面銅鉱

閃亜鉛鉱・方鉛鉱・黄鉄鉱脈中に産する。閃亜鉛鉱，方鉛鉱と共生し，一部は閃亜鉛鉱の割れ目に沿って細脈状を呈する。

#### (c) 閃亜鉛鉱

南鉱床の縁辺から南南区にかけて，方鉛鉱とともに鉱脈状を呈して分布する。方鉛鉱，黄鉄鉱とともに径1mm以下の細粒状をなして産することが多い。また，微量ながら岩石中に鉱染状に存在することもある。

#### (d) 方鉛鉱

閃亜鉛鉱と密接に伴って産する。

#### (e) 輝水鉛鉱

本鉱床の主要構成鉱物の1つである。鉱床の内側に多く分布し，輝水鉛鉱に富むところはモリブデン鉱体を形成している。通常脈幅5mm以下の細脈～網状脈を呈する石英脈中に存在し，脈幅の広い石英脈中にはほとんど産しない。輝水鉛鉱は石英脈の脈際に沿って晶出し，少量の黄銅鉱，黄鉄鉱を伴う。また，まれに単独で細脈を形成したり，岩石中に鉱染状に存在することもある。

輝水鉛鉱を伴う石英脈は黄銅鉱，黄鉄鉱の鉱染部を明らかに切っており，輝水鉛鉱の晶出時期は黄銅鉱，黄鉄鉱の晶出時期より遅いことを示している。

#### (f) 黄鉄鉱

本鉱床の主要構成鉱物の1つである。鉱化作用の全期間を通して生成している。黄銅鉱に伴うことが多く，岩石中に鉱染したり，岩石の割れ目に沿って晶出している。また，輝水鉛鉱に

伴って石英脈中に産する。鉍床の外側～外部にかけては粗粒となり、脈状を呈する。

鉛・亜鉛帯では他の鉍物に先がけて晶出し、自形を呈することが多い。

地表付近では、黄鉄鉍は酸化溶脱したり、褐鉄鉍になっていることが多い。

#### (g) 磁鉄鉍

鉍床内部の石英脈中に板状を呈し、黄銅鉍・黄鉄鉍に伴って産する。また、石炭系の石灰岩と黒雲母花崗岩との接触部付近に柘榴石、緑レン石などからなる小規模なスカルン帯が存在し、このスカルン帯に磁鉄鉍が認められる。鏡下では粒状を呈し、少量の赤鉄鉍を伴っている。

#### (4) 流体包有物

烏奴格吐山南鉍床における鉍化作用の特性を調べるため、流体包有物による均質化温度、塩濃度の測定を行った。試料の採取にあたっては本鉍床は代表する断面として測線G480及びB200(7測線)を選定し、本年度に鑑定した9本の長孔ボーリングから700MLを基準に100m間隔で36試料を採取した。測定した鉍物はすべて石英である。測定結果を表1-1に示す。

##### (a) 均質化温度

測線G480沿いの温度分布を図1-9(A)に、また鉍体別・変質帯別の均質化温度を図1-10に示す。

測線沿いの温度分布をみると、花崗斑岩の岩株を中心として両側へ順次温度の低下する傾向が読みとれる。また、温度分布は各岩体の傾斜方向などの地質構造とほぼ一致している。

鉍体別の均質化温度をみると、モリブデン鉍体が184～310℃の範囲で平均265℃、銅鉍体が244～279℃の範囲で平均258℃、そして鉍体外では224～297℃の範囲で平均255℃となっており、均質化温度は鉍床の内側から外側へ順次低下する傾向にあるが、顕著な温度差は認められない。変質帯別にみるとカリ変質帯が196～305℃の範囲で平均267℃、フィリック帯が184～310℃の範囲で平均254℃、そして粘土化変質帯が227～256℃の範囲で平均237℃となっており、外側へ向けて均質化温度は順次低下している。

表1-2に示すように、烏奴格吐山北鉍床と南鉍床の均質化温度を比較すると、北鉍床は308～445℃の範囲で平均372℃であるのに対し、南鉍床は184～310℃の範囲で平均261℃と、100℃以上の温度差が生じている。したがって、南鉍床の生成温度は北鉍床に比べると非常に低温であったことが推定される。

烏奴格吐山鉍床形成時の圧力については、およそ50～1,000barの範囲で、主として50～300barと考えられている(叶ほか, 1989)。いま、本鉍床形成時の圧力を300barと仮定すると、塩濃度、均質化温度の関係から南鉍床の生成温度は200～300℃と推定される。

##### (b) 塩濃度

測線G480沿いの塩濃度分布を図1-9(B)に、また鉍体別・変質帯別の塩濃度を図1-11に示す。なお、塩濃度はNaCl相当濃度(wt%)で表示してある。

表 1-1 流体包有物測定結果一覽表

番号	ネリツグ名	採取深度 (m)	レベル (ML)	変質帯 # 1	試料	随伴鉱物 # 2	測定 鉱物	塩濃度 (wt%)	均質化温度 (°C)
1	ZK59	160.0	600	K	黒雲母花崗岩中の石英脈	Mo	石英	6.8	196
2	"	260.0	500	K	"	Mo	"	5.8	230
3	"	338.0	400	P	"	Mo	"	6.7	184
4	ZK58	74.0	700	K	"	Mo	"	5.5	262
5	"	174.0	600	K	"	Mo	"	6.2	276
6	"	272.5	500	K	"	Mo	"	5.8	257
7	"	368.0	400	P	花崗斑岩中の石英脈	Mo, Py	"	5.3	262
8	"	474.0	300	P	"	—	"	4.8	250
9	"	543.0	200	P	"	Py	"	6.8	272
10	ZK57	120.0	700	K	黒雲母花崗岩中の石英脈	—	"	4.9	254
11	"	212.0	600	K	"	Mo	"	4.8	291
12	"	315.1	500	P	花崗斑岩中の石英脈	Py	"	4.5	310
13	"	413.0	400	K	黒雲母花崗岩中の石英脈	Py	"	4.4	264
14	"	496.0	300	K	"	Mo, Py	"	5.5	275
15	ZK76	82.5	700	K	"	Sph, Cp, Py	"	7.1	244
16	"	199.0	600	K	花崗斑岩中の石英脈	Mt	"	8.3	305
17	"	309.0	500	K	黒雲母花崗岩中の石英脈	Cp, Py	"	7.1	282
18	"	395.5	400	K	"	—	"	8.2	298
19	"	496.2	300	P	"	Mo, Py, Fe	"	6.6	251
20	ZK56	95.0	700	K	花崗斑岩中の石英脈	Mo	"	5.9	277
21	"	193.0	600	P	"	Mo	"	5.0	246
22	ZK53	100.0	700	P	黒雲母花崗岩中の石英脈	Mt, Py	"	5.5	264
23	"	198.0	600	P	花崗斑岩中の石英脈	Mo, Py	"	6.1	279
24	"	300.5	500	P	黒雲母花崗岩中の石英脈	Py	"	6.3	250
25	"	401.0	400	A	"	Py	"	5.8	227
26	420-1	108.0	700	P	"	Py	"	5.4	224
27	"	221.7	600	A	"	Py	"	5.8	228
28	"	309.1	500	A	"	Sph, Py	"	5.2	256
29	500-1	74.5	700	K	"	—	"	5.6	230
30	"	175.4	600	K	"	Py	"	6.2	254
31	"	275.3	500	K	"	Py	"	6.4	297
32	"	375.5	400	K	"	—	"	5.2	256
33	ZK8	103.4	700	K	"	Mo	"	7.7	275
34	"	225.0	600	K	"	—	"	8.4	286
35	"	306.0	500	K	"	—	"	7.4	281
36	"	404.7	400	K	"	Py	"	7.2	290

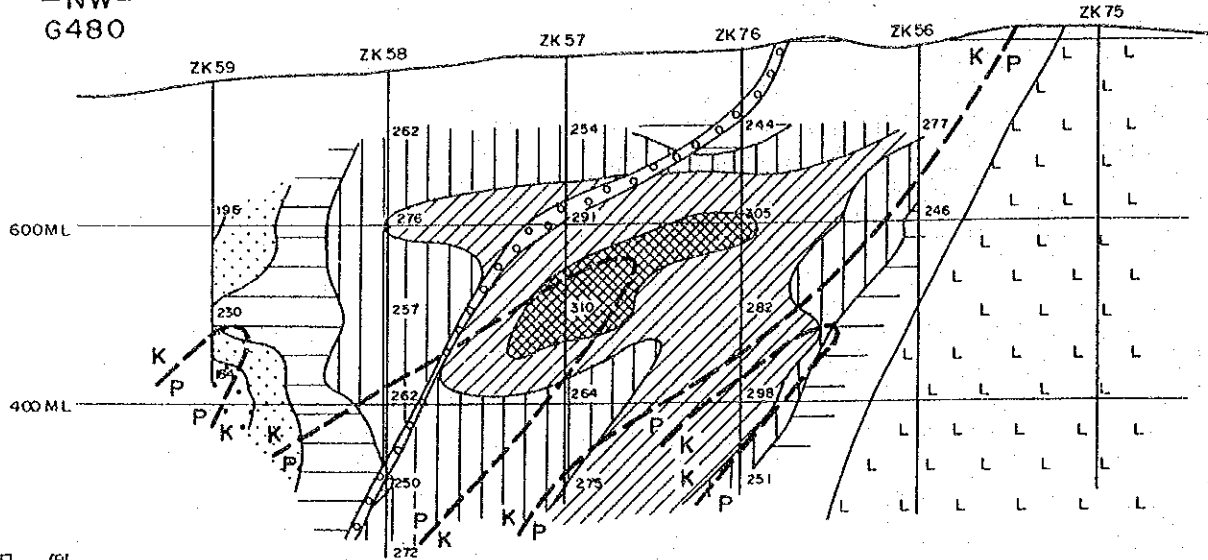
\*1 変質帯 K:カリ変質帯 P:フィリック帯 A:粘土化変質帯

\*2 Cp:黄銅鉱, Sph:閃亜鉛鉱, Mo:輝水鉛鉱, Py:黄鉄鉱, Mt:磁鉄鉱, Fe:螢石

(A) 均質化温度

- SE -

- NW -  
G480



凡例

均質化温度 (°C)



鉱床形成後の貫入岩



変質帯

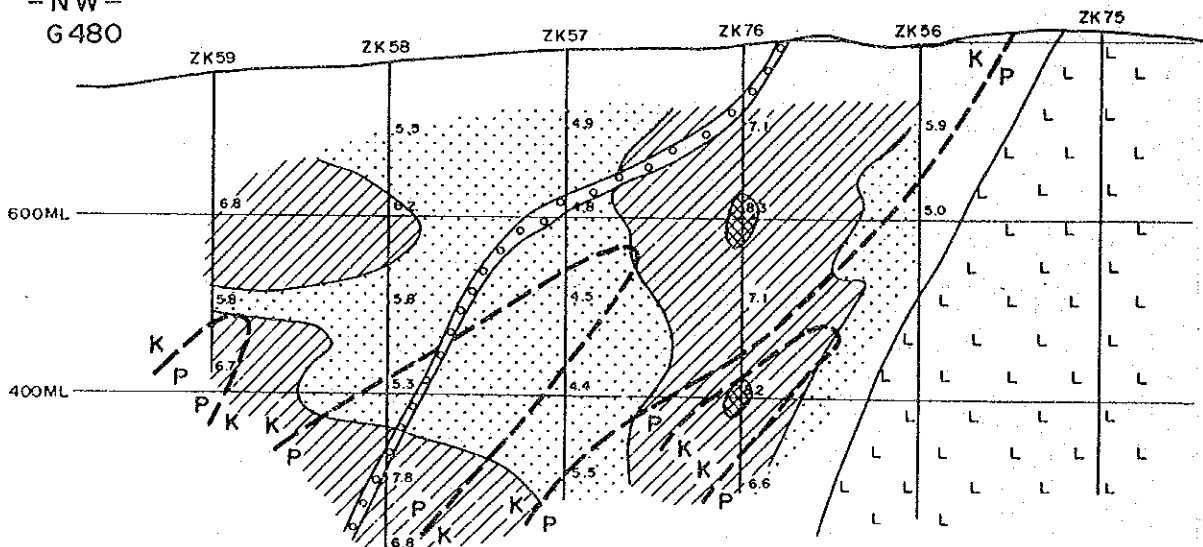
K : カリ変質帯    P : フィリック帯    A : 粘土化変質帯    - - : 変質境界

数字は測定値

(B) 塩濃度

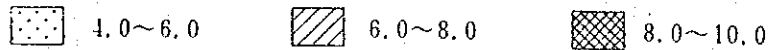
- SE -

- NW -  
G480

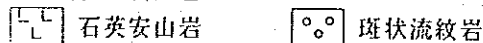


凡例

塩濃度 (wt%)



鉱床形成後の貫入岩



変質帯

K : カリ変質帯    P : フィリック帯    A : 粘土化変質帯    - - : 変質境界

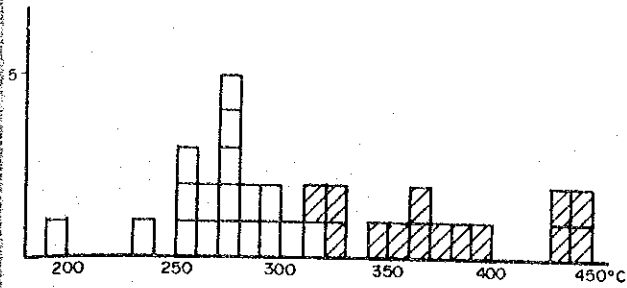
数字は測定値

図1-9 均質化温度及び塩濃度の分布 (測線G480)

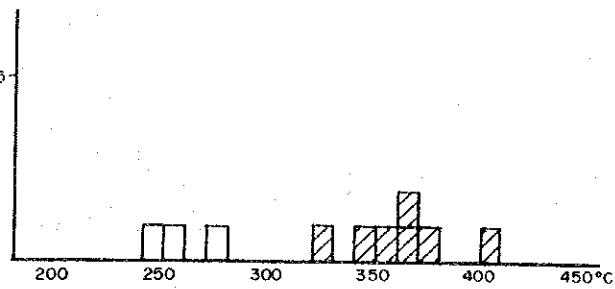


(A) 鉍体区分による均質化温度

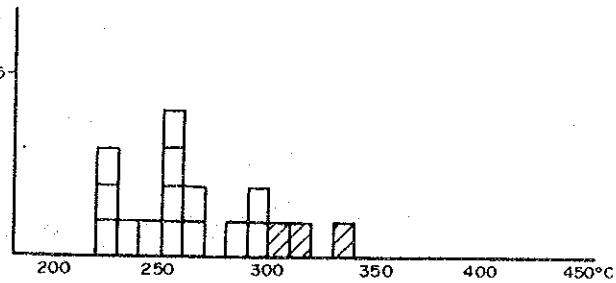
(1) モリブデン鉍体 (n=33, 南鉍床19, 北鉍床14)



(2) 銅鉍体 (n=10, 南鉍床3, 北鉍床7)



(3) 鉍体外 (n=17, 南鉍床14, 北鉍床3)



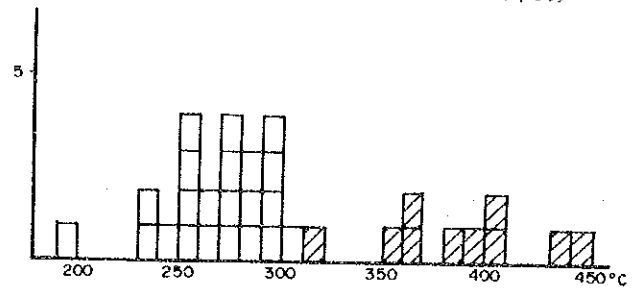
凡例

□ 南鉍床

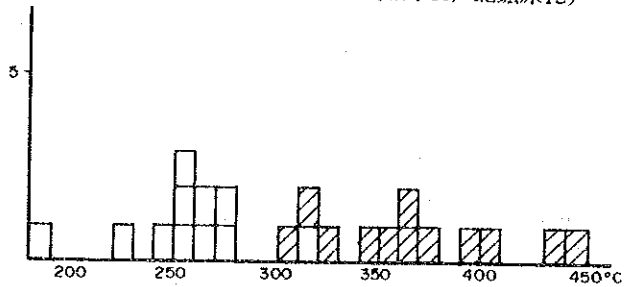
▨ 北鉍床 (第4年次調査結果)

(B) 変質帯区分による均質化温度

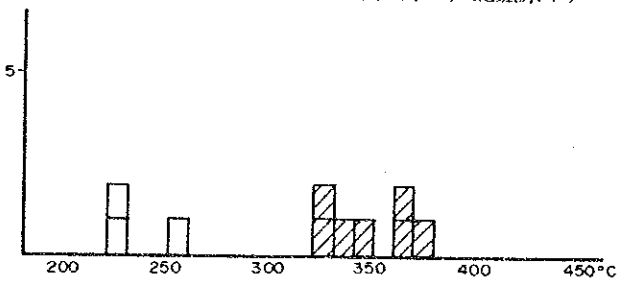
(1) カリ変質帯 (n=32, 南鉍床22, 北鉍床10)



(2) フィリック帯 (n=23, 南鉍床11, 北鉍床12)



(3) 粘土化変質帯 (n=10, 南鉍床3, 北鉍床7)



(4) 全体 (n=65, 南鉍床36, 北鉍床29)

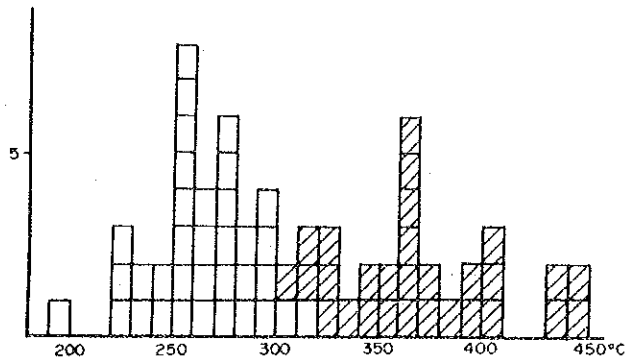
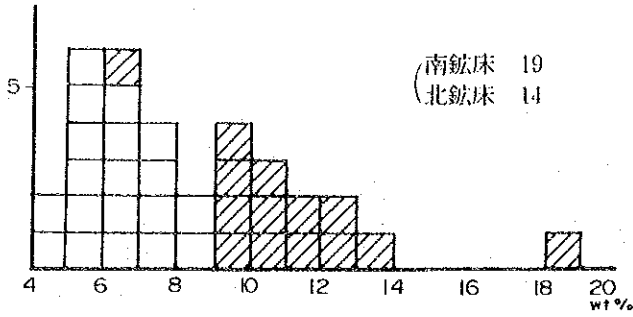


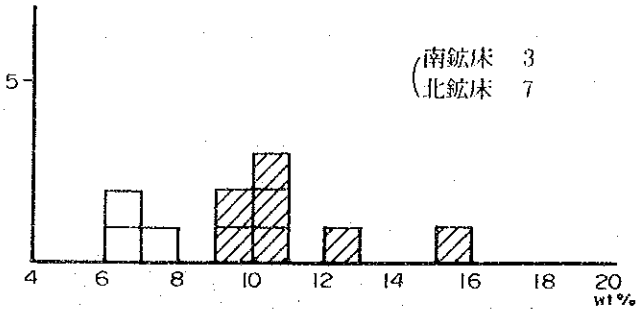
図1-10 流体包有物の均質化温度

(A) 鉱体区分による塩濃度

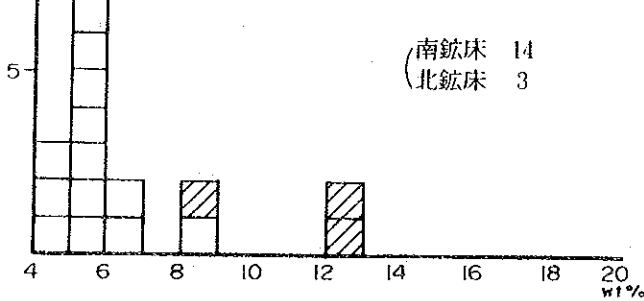
(1) モリブデン鉱体 (n=33)



(2) 銅鉱体 (n=10)



(3) 鉱体外 (n=17)



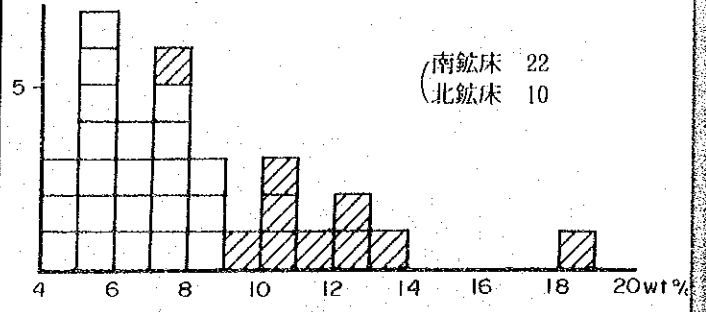
凡例

□ 南鉱床

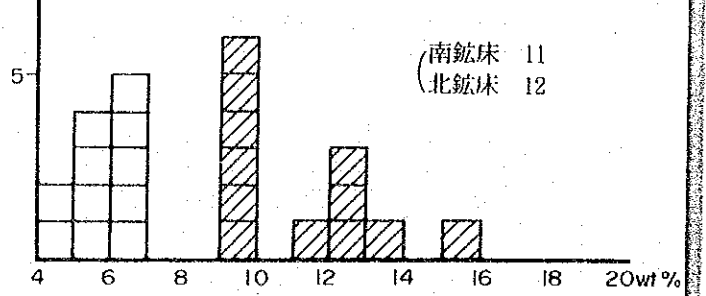
▨ 北鉱床 (第4年次調査結果)

(B) 変質帯区分による塩濃度

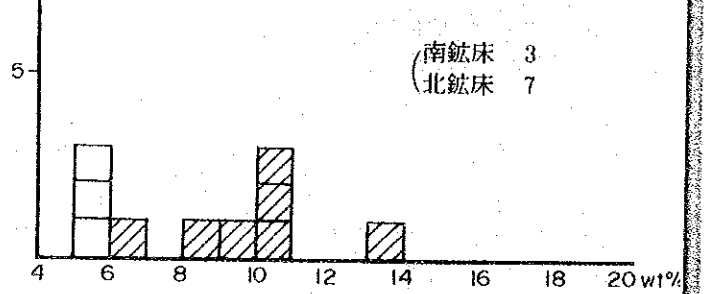
(1) カリ変質帯 (n=32)



(2) フィリック帯 (n=23)



(3) 粘土化変質帯 (n=10)



(4) 全体 (n=65)

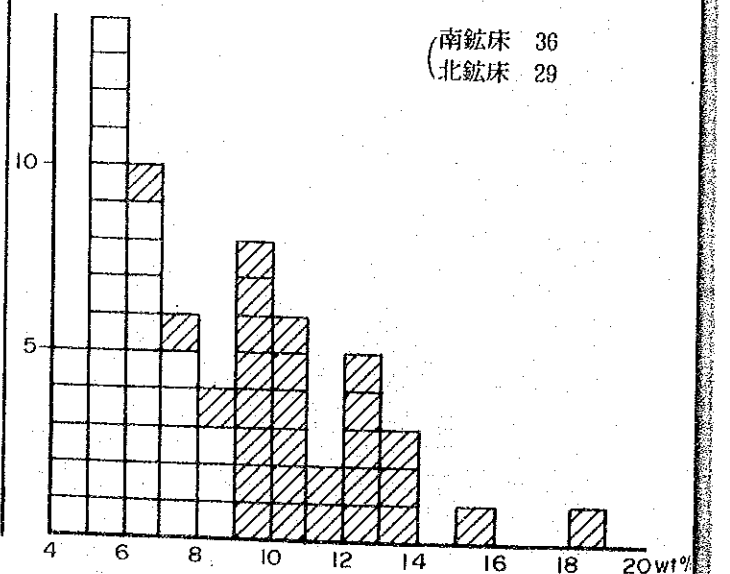


図1-11 流体包有物の塩濃度

表1-2 流体包有物統計量

(A) 鉍体区分

	鉍体名	試料数	均質化温度			塩濃度		
			測定値 (°C)			測定値 (wt%)		
			最低	最高	平均	最低	最高	平均
南 鉍 床	モリブデン鉍体	19	184	310	265	4.5	8.3	6.4
	銅 鉍 体	3	244	279	258	6.1	7.1	6.6
	鉍 体 外	14	224	297	255	4.4	8.4	5.7
北 鉍 床	モリブデン鉍体	14	317	445	380	6.8	18.1	11.1
	銅 鉍 体	7	324	410	364	9.4	15.5	11.2
	鉍 体 外	3	308	337	319	8.5	12.8	11.3

(B) 変質帯区分

	変質帯名	試料数	均質化温度			塩濃度		
			測定値 (°C)			測定値 (wt%)		
			最低	最高	平均	最低	最高	平均
南 鉍 床	カリ変質帯	22	196	305	267	4.4	8.4	6.4
	フィリック帯	11	184	310	254	4.5	6.8	5.7
	粘土化変質帯	3	227	256	237	5.2	5.8	5.6
	南鉍床全体	36	184	310	261	4.4	8.4	6.1
北 鉍 床	カリ変質帯	10	317	442	388	7.3	18.1	11.6
	フィリック帯	12	308	445	371	9.4	15.5	11.4
	粘土化変質帯	7	324	380	350	6.8	13.2	9.8
	南鉍床全体	29	308	445	372	6.8	18.1	11.1
全 体		65	184	445	311	4.4	18.1	8.3

注) 北鉍床の値は第4次調査(1990年度)の測定値

烏奴格吐山南鉍床の鉍化作用に伴う流体包有物中の塩濃度は比較的変動幅が小さく、全て4～9wt%の範囲内に納まっている。

鉍体別の塩濃度をみるとモリブデン鉍体が4.5～8.3wt%の範囲で平均6.4wt%、銅鉍体が6.1～7.1wt%の範囲で平均6.6wt%、そして鉍体外では4.4～8.4wt%の範囲で平均5.7wt%と、鉍体外でやや低い値を示す以外は差異は認められない。同様に変質帯別にみても、カリ変質帯が4.4～8.4wt%の範囲で平均6.4wt%、フィリック帯が4.5～6.8wt%の範囲で平均5.7wt%、そして粘土化変質帯では5.2～5.8wt%の範囲で平均5.6wt%と、カリ変質帯でやや高い値を示す以外は差異は認められない。

表1-2に示すように烏奴格吐山北鉍床と南鉍床の塩濃度を比較すると、北鉍床は6.8～18.1wt%の範囲で平均11.1wt%であるのに対し、南鉍床は4.4～8.4wt%の範囲で平均6.1wt%と北鉍床の値のほぼ半分となっている。

一般に銅をはじめとする重金属類は鉍液中では塩素と結びついたクロロ錯体の形で存在し、その溶解度は鉍液の温度及び塩濃度が高いほど大きくなることが知られている。そのため、南鉍床を形成した鉍液は北鉍床のそれに比べて温度及び塩濃度ともに低いことから、銅の溶存量は北鉍床に比べて少なかったと推定される。これは南鉍床の銅・モリブデン鉍化作用が北鉍床よりも劣勢であること意味している。

#### (5) 硫黄同位体組成

本年度に掘削したボーリングから10試料を採取し、硫化鉍物の硫黄同位体組成( $\delta^{34}\text{S}$ )を測定した。測定した鉍物は黄銅鉍1試料、閃亜鉛鉍2試料、そして黄鉄鉍7試料で、これらの鉍物の母岩はすべて黒雲母花崗岩である。

硫黄同位体組成の測定結果を表1-3に、硫黄同位体組成の頻度分布を図1-12に、そして硫黄同位体組成変動を図1-13に示す。

表1-3より閃亜鉛鉍の $\delta^{34}\text{S}$ 値は4.74～8.90%と3鉍物中で最も高い値を示すのに対し、黄銅鉍は1試料ながら0.65%と低い値を示している。一方、黄鉄鉍の $\delta^{34}\text{S}$ 値は0.58～4.79%と変動幅が大きいことが判明した。これらの値はいずれも図1-13に示すように熱水性・マグマ性硫化物及び花崗岩質岩の $\delta^{34}\text{S}$ 値の範囲内であり、各鉍物の硫黄はいずれもマグマ起源の可能性が強い。

表 1-3 硫黄同位体組成測定結果一覧表

No.	ボーリング名	採取深度		測定鉱物	測定値 (%)
		自 (m)	至 (m)		
1	340-2	278.07	280.07	黄銅鉱	0.65
2	440-1	142.40	144.40	黄鉄鉱	1.26
3	420-2	121.28	123.28	閃亜鉛鉱	4.74
4	380-1	509.00		黄鉄鉱	4.79
5	380-1	360.19	362.19	黄鉄鉱	1.70
6	380-1	316.19	318.19	黄鉄鉱	0.58
7	420-1	89.97	91.68	黄鉄鉱	3.39
8	400-1	180.00		閃亜鉛鉱	8.90
9	400-1	201.00		黄鉄鉱	0.80
10	400-1	283.00		黄鉄鉱	2.19

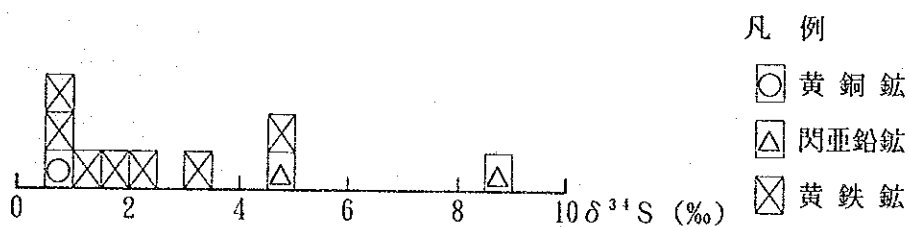


図 1-12 硫黄同位体組成の頻度分布

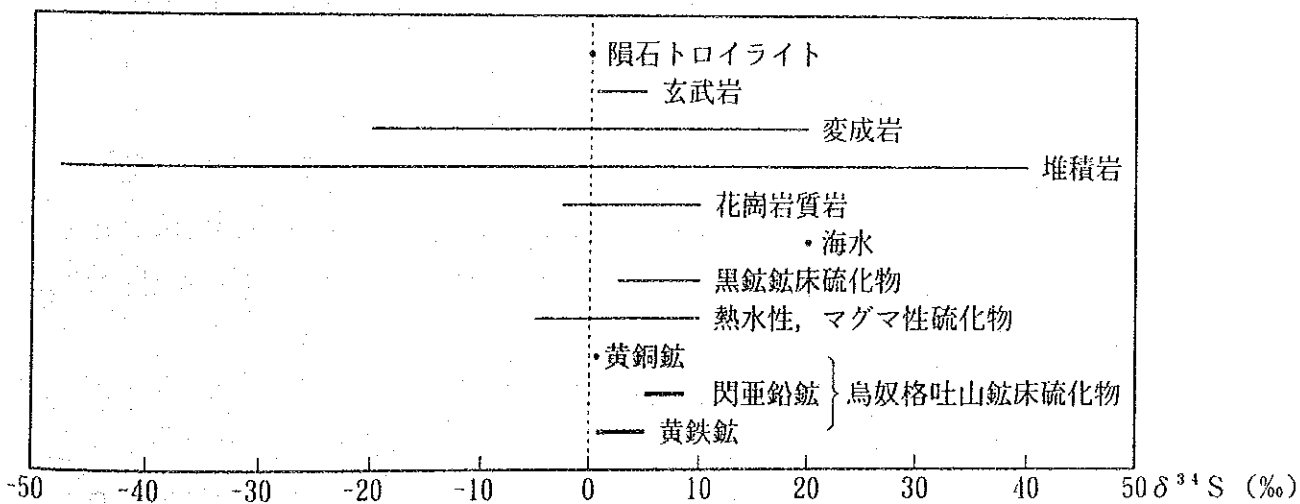


図 1-13 硫黄同位体組成変動

### 1.3.2 変質作用

鳥奴格吐山南鉱床周辺では熱水活動に伴い、珪化、絹雲母化、加水雲母化、カリ長石化、炭酸塩化、カオリン化などが認められる(資料2)。変質鉱物としては石英、カリ長石、絹雲母、加水雲母、モンモリロナイト、カオリン、方解石、苦灰石などが認められ、初生鉱物を交代したり、岩石を細脈状に切って存在する。

これらの変質鉱物のうち、石英、カリ長石、絹雲母、加水雲母は普遍的に認められる。各鉱物の産状をみると、カリ長石は変質帯累帯構造の中央部付近に多く認められ、斜長石を交代し、一部では細脈状を呈している。石英は珪化岩や石英脈として存在する。石英脈は鉱床の内側では細脈～網状脈として発達するが、外側に向かうにつれて徐々に減少する。絹雲母や加水雲母は斜長石、黒雲母を交代し、岩石の割れ目や鉱物の粒間を埋めて存在する。炭酸塩鉱物は方解石、苦灰石として細脈状あるいは岩石の空隙を埋めて存在し、南鉱床では鉱化変質の中心であるカリ変質帯から外側の粘土化変質帯まで広く分布している。石こうは鉱床の内側に分布し、岩石の割れ目に沿って存在する。

変質は鉱物の組み合わせにより、(1)カリ変質帯、(2)フィリック帯、(3)粘土化変質帯の3つの帯に区分することができる。これらは花崗斑岩岩株を中心として(1)～(3)の順で外側に向けてひろがっている。

南鉱床では粘土化変質帯の外縁に沿って肉眼的に黒雲母花崗岩中の黒雲母が緑泥石化している場所が存在する。しかし、それは局所的であり、プロピライト帯として新たに区分するほどの変質は生じていない。

南鉱床の変質は関連火成岩の規模に比例するかのようになり、肉眼的には北鉱床のものより弱くなっている。

南鉱床の縁辺から南南区にかけては各所で絹雲母化、珪化した変質帯が認められ、NE-SW方向に分布している。この変質帯は花崗斑岩の岩脈が貫入した際に生じたと推定され、銅や鉛・亜鉛の鉱化作用を伴うことが多い。この変質帯は変質鉱物の組み合わせから斑岩鉱床のフィリック帯に対比される。

#### (1) 変質帯

##### (a) カリ変質帯

本帯は次生カリ長石の存在により特徴づけられ、累帯分布を呈する変質帯の最も内側に存在する。次生カリ長石は斜長石や初生カリ長石を交代して、その周囲を縁どったり、細脈として存在する。石英が普遍的に存在し、少量ながら石こうを伴う。

モリブデン鉱体は本帯中に賦存することが多い。

##### (b) フィリック帯

本帯は石英、絹雲母の組み合わせにより特徴づけられる。石英は珪化岩として存在するほか、細脈状に存在する。絹雲母は母岩中に含まれる斜長石、カリ長石、黒雲母を交代して生成し、

本帯の内側で卓越している。

石英、絹雲母の鉱物組み合わせは鉛・亜鉛の鉱化作用に伴っても認められ、斑岩型鉱化作用に伴うフィリック帯と重複することも多い。

本帯はカリ変質帯を幅 200～300m程度の規模で取り巻いて分布するが、測線 B160(0測線)に沿っては鉛・亜鉛の鉱化作用に伴うフィリック帯と重複し、SW方向へ幅 700mにわたって広がっている。また、南南区では花崗斑岩の岩脈に伴ってNE-SW方向に延びるフィリック帯が発達している。

銅鉱体及び鉛・亜鉛の鉱化作用は本帯中に賦存する。

#### (c) 粘土化変質帯

本帯は絹雲母、加水雲母、モンモリロナイト及びカオリンの組み合わせにより特徴づけられる。なお、モンモリロナイト、カオリンを欠く場合もある。本帯は烏奴格吐山鉱床形成に関わる鉱化変質帯の最外部に相当する位置を占めている。本帯は鉱床の外周に沿って分布するが、南南区ではSW方向へ伸長し、調査範囲の外側へと連続している。

#### (2) 土壌及び岩石試料の分析

第4年次に南南区において捕捉した地化学探査及び物理探査異常を解明するため、土壌及び岩石試料分析による調査を実施した。

土壌試料は測線 G300～G420 までの 200m間隔の G測線上で 50m間隔に 323個の試料を採取し、分析に供した。また、土壌分析を補完するため、測線 300～G440 までの G測線上で、本年度に掘削したトレンチ、ピットから 300個の試料を採取し、分析に供した。土壌及び岩石試料の採取位置を資料 1 に示す。分析元素は土壌、岩石ともに Cu, Pb, Zn, Mo, Ag, Hg, As, Au の 8 元素である。

土壌試料分析による変量解析統計量を表 1-4 に、各元素間の相関係数を表 1-5 に、そして単一変量解析結果を図 1-14 に示す。

また、岩石試料分析による変量解析統計量を表 1-6 に、各成分間の相関係数を表 1-7 に、そして単一変量解析結果を図 1-15 に示す。

図 1-14 及び図 1-15 に示すように、土壌試料と岩石試料はほぼ同様の挙動を示している。そして各元素の異常値 ( $\bar{x} + 1.0\sigma$ ) の分布域は大きく次の 3 つの地域に区分できる。

- ① 測線 B160～B120(0測線～16測線)に沿った地域
- ② 測線 B240～B200(31測線～15測線)に沿った地域
- ③ 南鉱床の縁に沿った地域(862.8高地周辺)

これらの地域と各元素の分布をみると①、②の地域には Cu, Pb, Zn, Ag, As, Au の各元素が異常値域を形成し、③の地域には Mo, Hg の各元素が異常域を形成している。上記した地域は地質調査で確認した鉱化変質帯とおおむね一致している。

表1-4 土壤試料単一変量解析統計量

	平均値 ( $\bar{x}$ )	標準偏差 ( $\sigma$ )	$\bar{x} + 1.0\sigma$	$\bar{x} + 1.5\sigma$	$\bar{x} + 2.0\sigma$	黄花草溝区域(第4年次)	
						平均( $\bar{x}$ )	$\bar{x} + 2.0\sigma$
Cu	46.7	54.5	100.4	127.6	154.8	15.9	42.6
Pb	54.8	74.0	128.8	165.8	202.8	31.8	67.4
Zn	103.3	124.2	227.5	289.6	351.7	45.6	77.7
Mo	1.7	2.4	4.1	5.3	6.5	1.0	1.9
Ag	0.43	0.53	0.97	1.24	1.51	0.08	0.33
Hg	1.07	1.00	2.07	2.57	3.07	0.16	0.56
As	20.7	11.8	32.5	38.4	44.3	13.4	32.5
Au	1.4	2.7	4.2	5.6	7.0	0.9	3.9

単位 (Au : ppb, その他 ppm) (n = 323)

表1-5 土壤試料における各元素間の相関係数

〈相関係数〉

	Cu	Pb	Zn	Mo	Ag	Hg	As	Au
Cu	1.00	0.24	0.40	0.10	0.24	0.03	0.22	0.04
Pb	.....	1.00	0.23	0.01	0.49	0.00	0.46	0.23
Zn	.....	.....	1.00	0.07	0.09	-0.00	0.12	0.17
Mo	.....	.....	.....	1.00	0.11	0.22	0.18	0.01
Ag	.....	.....	.....	.....	1.00	0.20	0.45	0.19
Hg	.....	.....	.....	.....	.....	1.00	0.22	-0.13
As	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1.00	0.12
Au	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

表1-6 岩石試料単一変量解析統計量

	平均値 ( $\bar{x}$ )	標準偏差 ( $\sigma$ )	$\bar{x} + 1.0\sigma$	$\bar{x} + 1.5\sigma$	$\bar{x} + 2.0\sigma$	黄花草溝区域(第4年次)	
						平均( $\bar{x}$ )	$\bar{x} + 2.0\sigma$
Cu	149.0	250.6	399.6	524.9	605.2	62.5	295.0
Pb	198.6	609.7	808.2	1113.0	1417.8	53.9	244.0
Zn	300.1	496.5	796.5	1044.7	1292.9	93.8	356.0
Mo	7.1	16.6	23.7	32.0	40.3	5.2	31.6
Ag	1.83	5.22	7.05	9.66	12.27	0.41	2.60
Hg	0.13	0.22	0.35	0.46	0.57	0.07	0.21
As	67.3	110.17	177.5	232.6	287.7	28.2	140.0
Au	3.4	8.1	11.4	15.4	19.4	2.4	21.6

単位 (Au : ppb, その他 ppm) (n = 300)

表1-7 岩石試料における各元素間の相関係数

〈相関係数〉

	Cu	Pb	Zn	Mo	Ag	Hg	As	Au
Cu	1.00	0.27	0.46	0.01	0.08	0.10	0.45	-0.04
Pb	.....	1.00	0.07	0.05	0.49	0.15	0.31	0.52
Zn	.....	.....	1.00	-0.06	-0.04	-0.03	0.16	0.01
Mo	.....	.....	.....	1.00	0.16	0.12	0.07	0.02
Ag	.....	.....	.....	.....	1.00	0.51	0.54	0.41
Hg	.....	.....	.....	.....	.....	1.00	0.34	0.14
As	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1.00	0.41
Au	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....



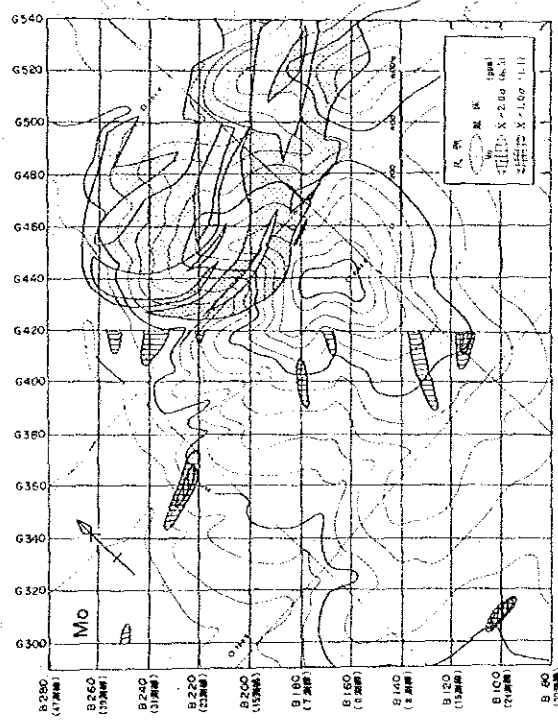
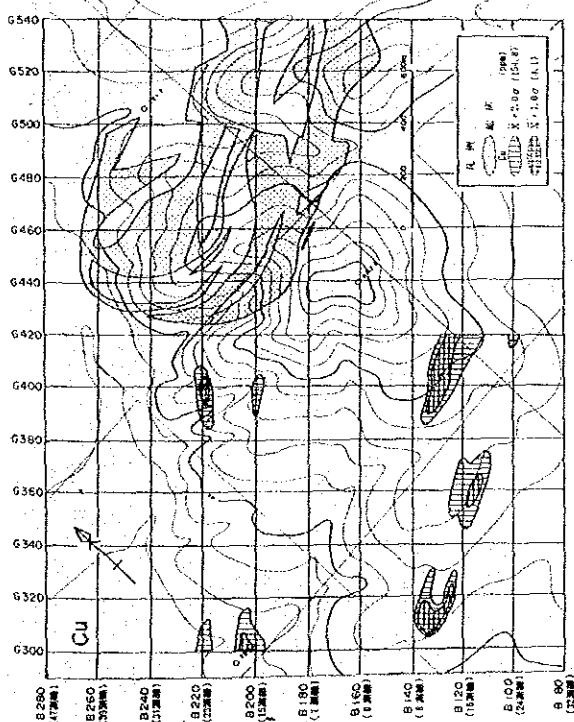
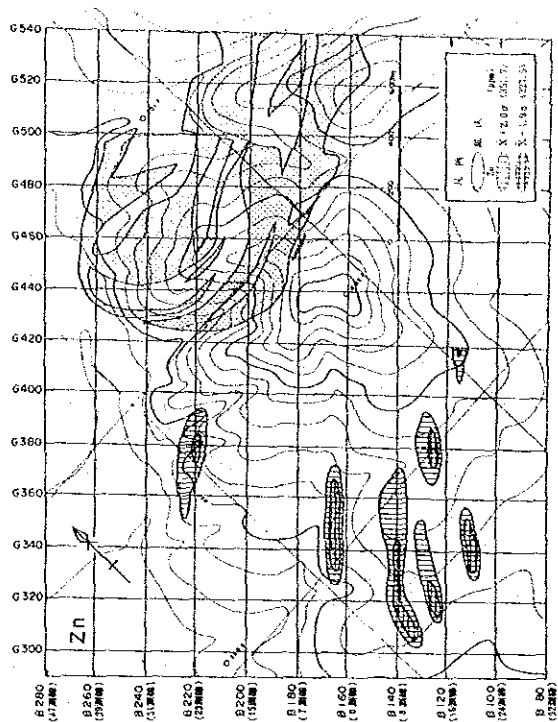
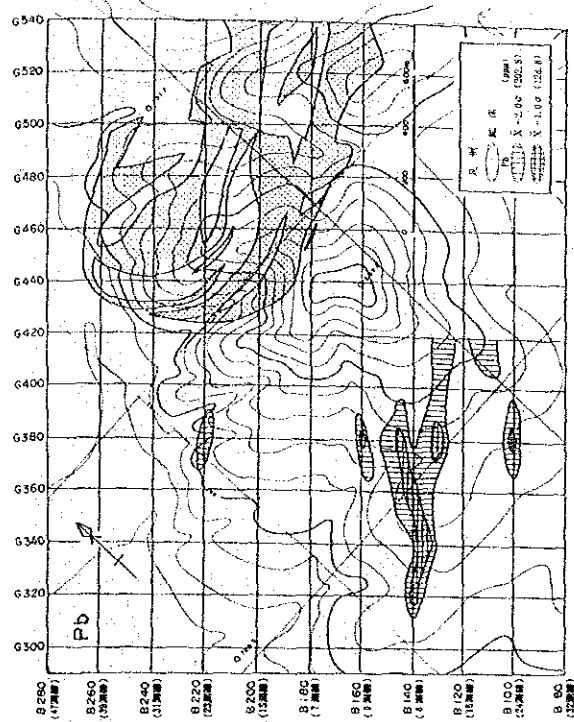


図 1-14 南南区土壤試料単一変量解析結果図 (その 1)

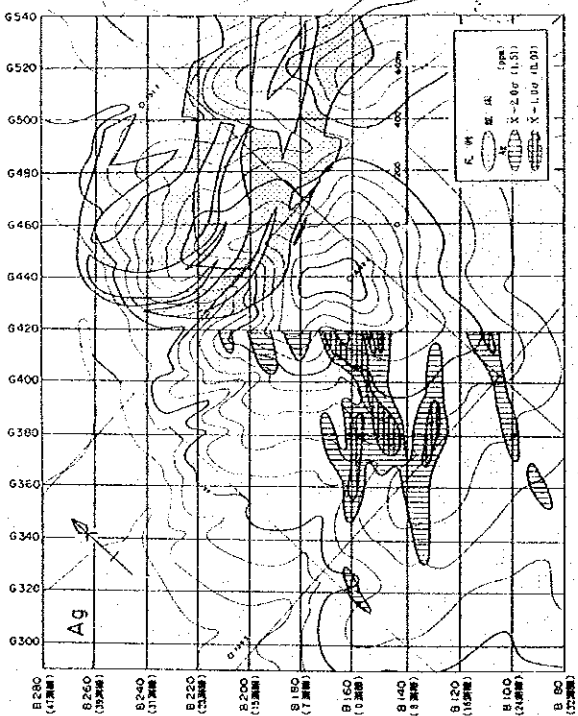
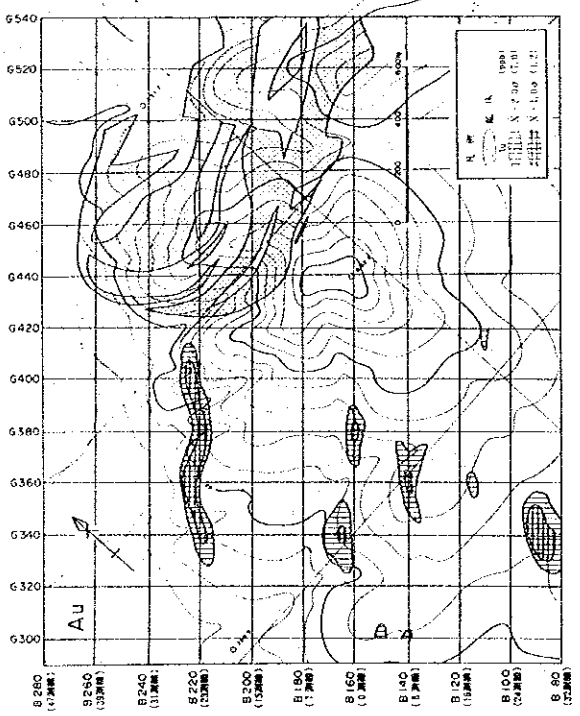
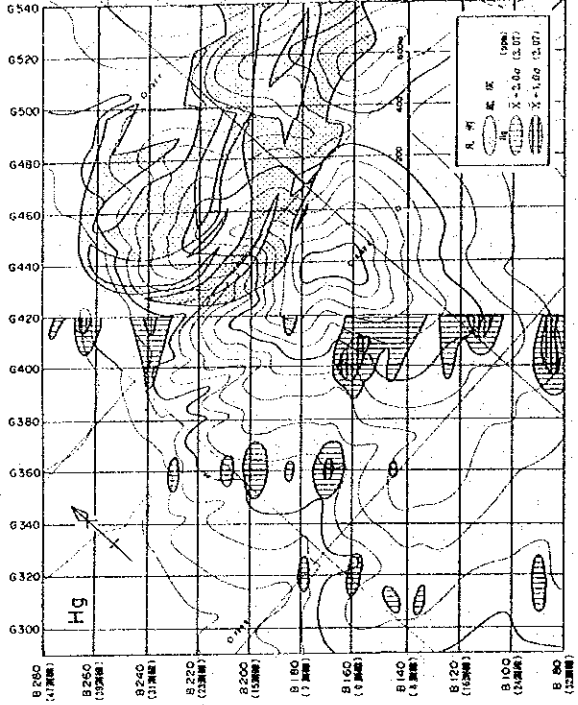
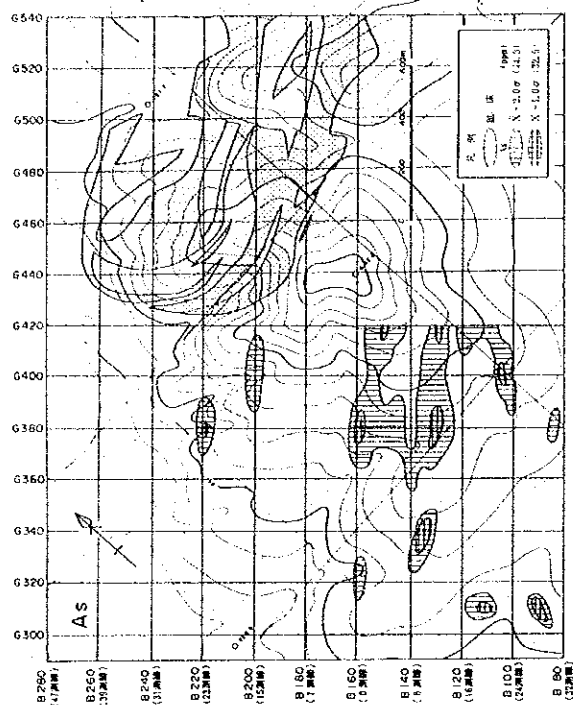


図1-14 南南区土壌試料単一変量解析結果図 (その2)

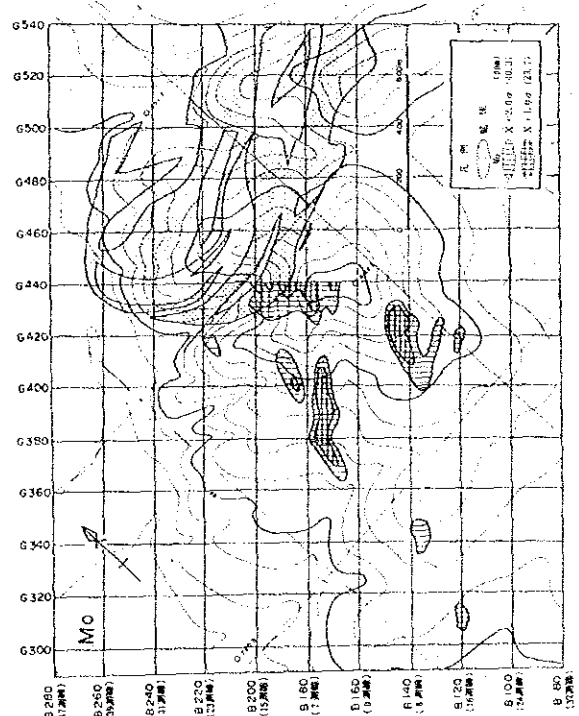
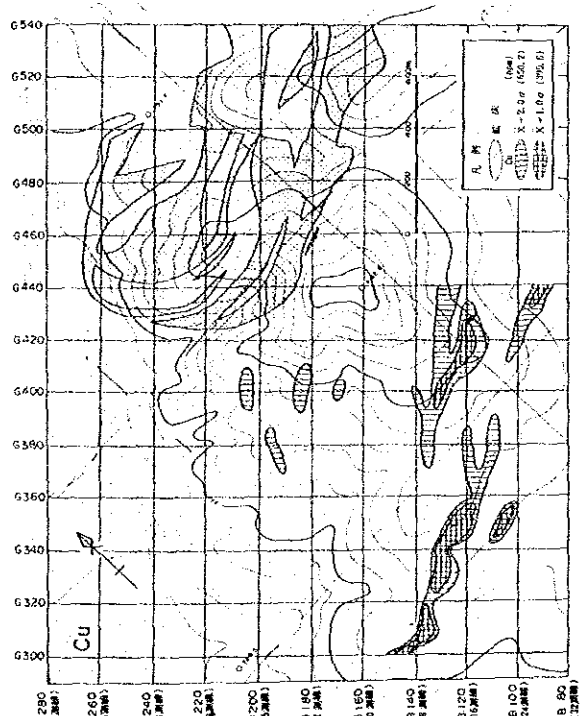
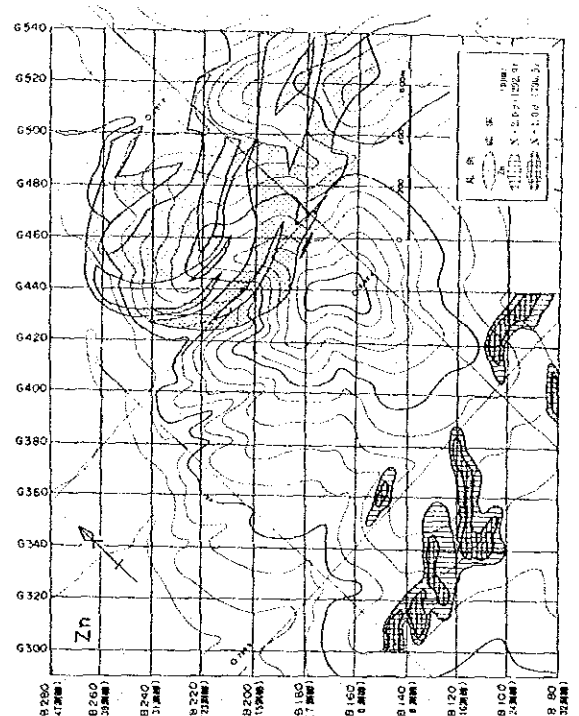
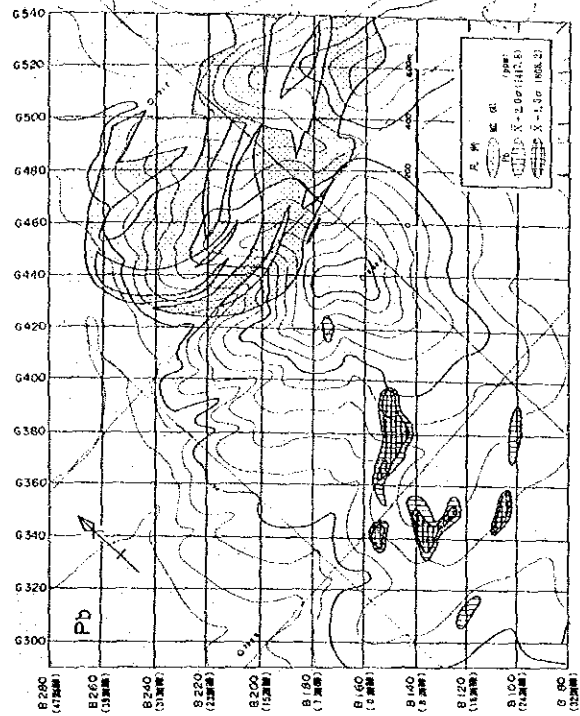


図1-15 南南区岩石試料単一変量解析結果図(その1)

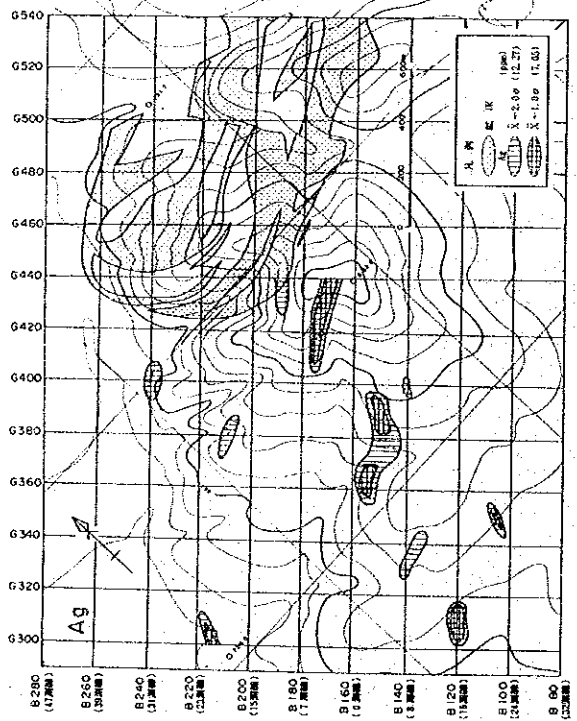
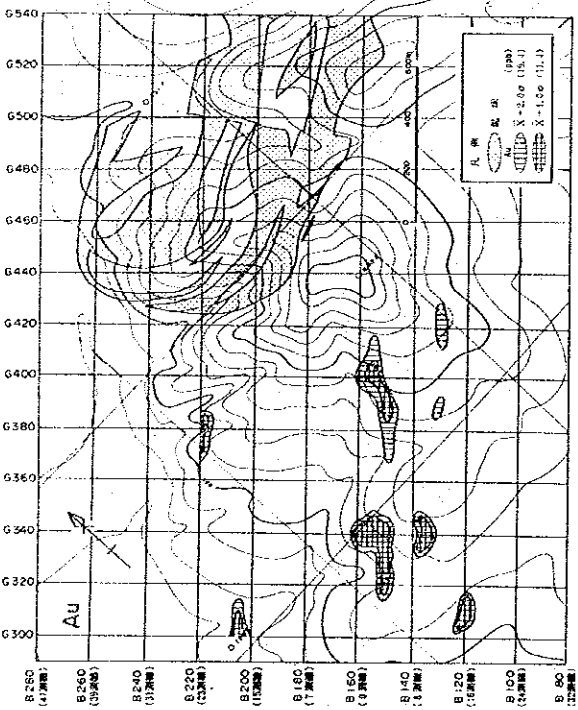
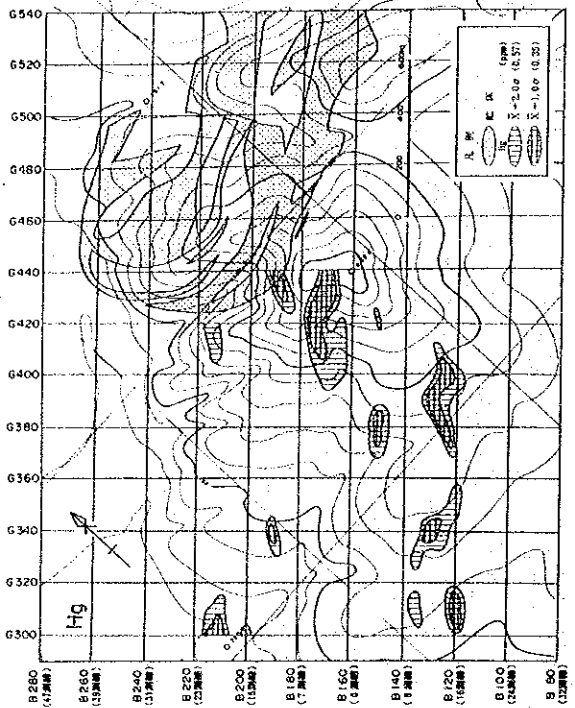
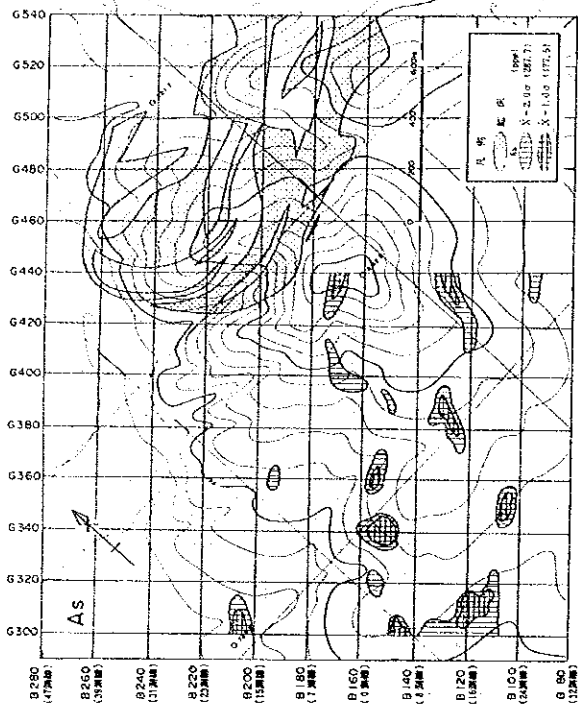


図 1-15 南南区岩石試料単一変量解析結果図 (その2)