

トルコ共和国 エスピーエ地域

資源開発協力基礎調査報告書

第 1 年 次

平成 8 年 3 月

JICA LIBRARY



f 1131765 [8]

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

鉱業資

CR(3)

96-048

トルコ共和国 エスピーエ地域

資源開発協力基礎調査報告書

第 1 年 次

平成 8 年 3 月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

0



1131765 (8)

0

0

## は し が き

日本国政府はトルコ共和国政府の要請にこたえ、同国の北東部、黒海沿岸に位置するエスピーエ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、既存データ解析、地質調査、物理探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。本調査は、平成7年度を第1年次とし、金属鉱業事業団は7名の調査団を編成して平成7年9月5日から平成7年12月7日まで現地に派遣した。

現地調査は、トルコ共和国政府機関、トルコ共和国エネルギー天然資源省鉱物資源調査総局などの協力を得て予定どおり完了した。本報告書は、本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、本調査の実施に当たってご協力いただいたトルコ共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在トルコ共和国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るものである。

平成8年3月

国際協力事業団

総裁 藤田 公郎

金属鉱業事業団

理事長 清 瀧 昌三郎

Faint, illegible text at the top of the page, possibly a header or introductory paragraph.

Main body of faint, illegible text, appearing to be several paragraphs of a document.

0

0

0

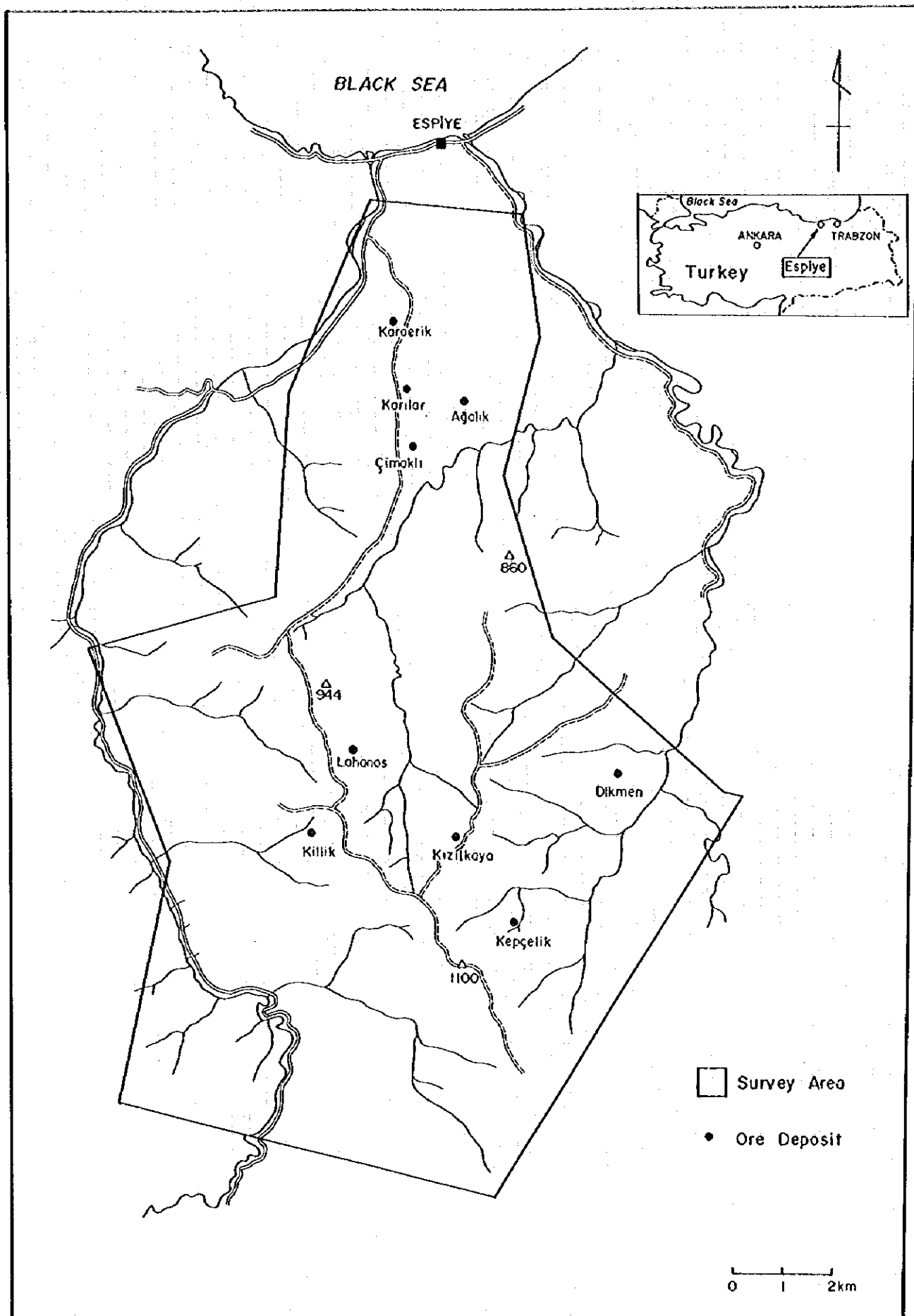


图 1-1 调查地域位置图

0

0

0

## 要 約

本調査は、トルコ共和国エスピーエ地域において、地質状況及び鉱床賦存状況を解明することにより、新鉱床を発見することを目的として実施した。

第1年次にあたる本年次は、既存データ解析、地質調査及び物理探査を実施した。既存データ解析では、地質や鉱化状況をコンパイルするとともに、本地域に胚胎する塊状硫化物鉱床や網状～鉱染状鉱床の特徴を把握し、新鉱床賦存の可能性の高い地域を抽出した。地質調査では、岩石や土壌による地化学探査も合わせて実施し、鉱化作用に関連する地化学異常を捕捉した。物理探査は重力法とIP法により実施した。IP法では、鉱床ポテンシャルの高い地区で実施し、鉱化作用に関係するIP異常を捕捉した。

地質は白亜系のÇatak, Kızılkaya, Çaglayan各層や貫入岩からなる。Çatak層は安山岩類を主とし、Kızılkaya層とÇaglayan層は石英安山岩類を主とする。

南部～西部はÇatak層の隆起域、中央部～北部はKızılkayaやÇaglayan層の沈降域からなる。Kızılkaya層石英安山岩は、Çatak層の北東と南東系の断裂に規制され、地域中央部の沈降域で噴出している。Çaglayan層石英安山岩の噴出場所は地域北部に移動し、北北西、北東や東西系の断裂に規制され噴出している。短波長重力図では、南部に高重力部、中央部と北部に低重力部が発達し、中央部から北部にかけての低重力部には南北方向の高重力配列が見られる。LahanosやKillik鉱床などの塊状硫化物鉱床は低重力から高重力部への遷移帯に分布し、KaraerikやKarılar網状～鉱染状鉱床は高重力部の縁辺部に分布している。

LahanosやKillikなどの塊状硫化物鉱床は、Kızılkaya層の最上部に、層準に規制され胚胎している。KaraerikやKarılar網状～鉱染状鉱床は、Çaglayan層に胚胎している。塊状硫化物鉱床の鉱石は黄鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱を主とし、方鉛鉱、四面銅鉱、金・銀鉱物を伴う。網状～鉱染状鉱床の鉱石は黄鉄鉱を主とし、黄銅鉱や閃亜鉛鉱を伴う。塊状硫化物鉱床の鉱体規模や鉱石品位は、網状～鉱染状鉱床のものより優勢である。

中性～アルカリ性の広域的な変質作用のほか、中性から酸性の鉱化作用に伴う変質作用が認められる。塊状硫化物鉱床のLahanos鉱床周辺では、酸性で白色の強変質帯が形成され、カオリナイトなどが生成している。KillikやKızılkayaなどの、その他の塊状硫化物鉱床周辺では、中性で白色の強変質帯が形成され、セリサイトなどが生成している。網状～鉱染状鉱床のKaraerikやKarılar鉱床周辺では、酸性の白色～赤褐色の強変質帯が形成され、カオリナイトや赤鉄鉱などが生成している。

地化学探査によれば、Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Fe, Moは連動性が高く、またバックグラウンド値より高い値を示すことが多いため、鉱化作用により添加したものと考えられる。高異常帯は、既知鉱床付近の鉱微や変質帯の分布とよい対応を示している。また、この地化学異常周辺で、塊状硫化物や網状～鉱染状鉱微と対応する低比抵抗帯やIP異常を、Kızılkaya層やÇaglayan層で捕捉した。

これらの結果を総合解析し、Lahanos～Killik鉱床間、Killik～Kepçelik鉱床間、Çalkaya～Taflancık間、Çimaklı～Karaerik鉱床間、Dikence地区を、次年度探鉱有望地区として抽出した。これらの地区は、塊状硫化物鉱床を胚胎するKızılkaya層が、Çaglayan層に覆われて分布するとともに、鉱化・変質作用が良好で、地化学異常やIP異常も認められる。しかし、本年次の調査では、調査精度の粗いところもあるので、ボーリング調査のほか、土壌地化学探査や物理探査を併用し、探鉱精度を上げることが望まれる。



0

0

0

# 目 次

	頁
はしがき	
調査地域位置図	
要 約	
第 I 部 総 論	1
第 1 章 序 論	1
1-1 調査の経緯及び目的	1
1-2 調査の範囲及び調査の概要	1
1-3 調査団の編成	3
1-4 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 地形及び水系	4
2-3 気候及び植生	4
第 3 章 一般地質	4
3-1 地質概説	4
3-2 地質構造	5
3-3 鉍化・変質作用	5
第 4 章 調査結果の総合検討	6
4-1 地質構造、鉍化作用の特性と鉍化規制	6
4-2 地化学異常と鉍化作用との関係	6
4-3 物理探査異常と鉍化作用との関係	8
4-4 期待鉍床賦存のポテンシャル	8
第 5 章 結論及び提言	10
5-1 結論	10
5-2 第 2 年次調査への提言	12
第 II 部 各 論	15
第 1 章 既存データ解析	15
1-1 調査方法	15
1-1-1 調査目的	15
1-1-2 収集資料	15
1-2 調査結果	15
1-2-1 地 質	15
1-2-2 鉍 床	16
1-2-3 重力法	17
1-2-4 I P 法	17
1-3 考 察	19

	頁
第2章 地質調査 .....	23
2-1 調査方法 .....	23
2-2 調査結果 .....	23
2-2-1 地質概要 .....	23
2-2-2 地質各論 .....	23
2-2-3 地質構造 .....	27
2-3 考察 .....	27
第3章 鉍微地・変質帯調査 .....	29
3-1 調査方法 .....	29
3-2 調査結果 .....	29
3-2-1 鉍化作用 .....	29
3-2-2 変質作用 .....	35
3-3 考察 .....	36
第4章 地化学探査 .....	39
4-1 探査方法 .....	39
4-2 探査結果 .....	39
4-2-1 岩石地化学探査 .....	39
4-2-2 土地地化学探査 .....	43
4-3 考察 .....	45
第5章 物理探査重力法 .....	115
5-1 調査方法 .....	115
5-1-1 現地調査 .....	116
5-1-2 データ処理方法 .....	119
5-1-3 解析方法 .....	124
5-2 調査結果 .....	126
5-2-1 密度測定結果 .....	126
5-2-2 重力異常分布 .....	126
5-2-3 2次元解析結果 .....	147
5-3 考察 .....	153
5-3-1 重力異常と地質との関係 .....	153
5-3-2 重力異常と鉍床分布 .....	154
5-3-3 日本の黒鉍地帯の重力分布との比較 .....	154
第6章 物理探査IP法 .....	158
6-1 調査方法 .....	158
6-1-1 調査内容 .....	158
6-1-2 調査測定方法 .....	158
6-1-3 解析方法 .....	161
6-2 調査結果 .....	162
6-2-1 調査結果 .....	162

	頁
6-2-2 岩石及び鉱石の物性	185
6-2-3 解析結果	185
6-3 考察	193
第Ⅲ部 結論及び提言	195
第1章 結論	195
第2章 第2年次調査への提言	198
参考文献	201
卷末資料	

図		
図1-1	調査地域位置図	
図1-2	既存資料解析結果図	20
図2-1	地質平面図	49
図2-2	地質断面図	50
図2-3	地質模式層序図	52
図2-4	試料採取位置図	53
図3-1	鉱微地・変質帯分布図	54
図4-1	地化学探査試料採取位置図	55
図4-2	地化学探査解析結果図(岩石)	57
図4-3	地化学探査解析結果図(土壌)	95
図5-1	重力調査のフローチャート	115
図5-2	重力測点位置図	117
図5-3	等重力線図( $\rho = 2.20\text{g/cm}^3$ )	131
図5-4	等重力線図( $\rho = 2.40\text{g/cm}^3$ )	132
図5-5	等重力線図( $\rho = 2.60\text{g/cm}^3$ )	133
図5-6	表層密度分布図	135
図5-7	等重力線図(バリエブルデンシティ)	137
図5-8	広域等重力線図( $\rho = 2.67\text{g/cm}^3$ )	139
図5-9	1次傾向面図	140
図5-10	1次傾向面図残差図(バリエブルデンシティ)	141
図5-11	長波長重力図	143
図5-12	短波長重力図	145
図5-13	重力断面解析図(A-A')	149
図5-14	重力断面解析図(B-B')	151
図5-15	重力断面解析図(C-C')	151
図5-16	広域傾向面残差	156
図5-17	日本の黒鉱地帯の重力図	157
図6-1	測線位置図	159
図6-2	測定概念図	160

	頁
図 6 - 3	計測方法概図 ..... 160
図 6 - 4	見掛比抵抗・充電率断面図 (A 測線) ..... 165
図 6 - 5	見掛比抵抗・充電率断面図 (B 測線) ..... 167
図 6 - 6	見掛比抵抗・充電率断面図 (C 測線) ..... 169
図 6 - 7	見掛比抵抗・充電率断面図 (D 測線) ..... 171
図 6 - 8	見掛比抵抗・充電率断面図 (E 測線) ..... 173
図 6 - 9	見掛比抵抗・充電率断面図 (F 測線) ..... 175
図 6 - 10	見掛比抵抗・充電率断面図 (G 測線) ..... 176
図 6 - 11	見掛比抵抗・充電率断面図 (H 測線) ..... 177
図 6 - 12	見掛比抵抗平面図 (n = 1) ..... 179
図 6 - 13	見掛比抵抗平面図 (n = 2) ..... 180
図 6 - 14	見掛比抵抗平面図 (n = 3) ..... 181
図 6 - 15	充電率平面図 (n = 1) ..... 182
図 6 - 16	充電率平面図 (n = 2) ..... 183
図 6 - 17	充電率平面図 (n = 3) ..... 184
図 6 - 18	岩石及び鉱石の見掛比抵抗と充電率の関係 ..... 188
図 6 - 19	2次元シミレーション解析図 (A 測線) ..... 189
図 6 - 20	2次元シミレーション解析図 (D 測線) ..... 190
図 6 - 21	2次元シミレーション解析図 (E 測線) ..... 191
図 6 - 22	2次元シミレーション解析図 (G 測線) ..... 192
図 6 - 23	電気探査解析図 ..... 194
図 7 - 1	総合解析図 ..... 199

表

表 1 - 1	調査数量一覧表 ..... 2
表 1 - 2	既存調査一覧表 (収集資料一覧表) ..... 21
表 1 - 3	既存資料解析結果一覧表 ..... 22
表 2 - 1	岩石検鏡結果一覧表 ..... 108
表 3 - 1	鉱石化学分析結果一覧表 ..... 109
表 3 - 2	鉱石検鏡結果一覧表 ..... 110
表 4 - 1	化学分析値基本統計量一覧表 ..... 111
表 4 - 2	相関係数一覧表 ..... 112
表 4 - 3	主成分分析結果一覧表 ..... 114
表 5 - 1	岩石密度測定結果一覧表 ..... 127
表 5 - 2	岩石平均密度表 ..... 130
表 6 - 1	電気探査方法及び内容 ..... 158
表 6 - 2	サンプリングタイム一覧表 ..... 160
表 6 - 3	測定装置、機材一覧表 ..... 161
表 6 - 4	IP 調査結果一覧表 ..... 164

	頁
表 6 - 5 岩石及び鉱石の物性試験一覧表 .....	186
表 6 - 6 電気探査結果総括表 .....	187

卷末資料

A - 1 調査地域写真	
A - 2 X線回折結果一覧表	
A - 3 化学分析結果一覧表	
A - 4 化学分析値の度数分布図及び累積度数分布図	
B - 1 基点の点の記、及び写真	
B - 2 重力成果一覧表	
B - 3 地形補正值一覧表	
B - 4 ブーゲー異常値一覧表	

別添図

図 2 - 1 地質平面図	
図 2 - 2 地質断面図	
図 2 - 4 試料採取位置図	
図 4 - 1 地化学探査試料採取位置図	



第 I 部  
総論



## 第1章 序論

### 1-1 調査の経緯及び目的

本調査は平成7年度から3年間継続するもので、今年度はその第1年次にあたる。調査の対象となったトルコ共和国エスピーエ地域は、多金属元素を含む塊状硫化物鉱床の賦存ポテンシャルの高い地域である。しかし、これらの鉱床については開発が進んでいなく、これらの鉱床に関する探鉱及び鉱床評価が急務とされている。したがって、トルコ共和国政府は本地域における資源開発協力基礎調査を日本国政府に要請した。日本国政府はこの要請に応じて、本年度は既存データ解析、地質調査、及び物理探査を実施し、本地域での新鉱床発見のための基礎調査を行うとともに、トルコ共和国への技術移転を図った。

### 1-2 調査の範囲及び調査の概要

調査位置を図1-1に示す。本調査は既存データ解析、地質調査、物理探査、及び現地解析作業からなる。各調査の概要は次のとおりである。

#### 1-2-1 既存データ解析

本地域の地質、鉱徴地や物理探査等に関する資料を、トルコ共和国エネルギー天然資源省鉱物資源調査総局（以下MTAと称する）のアンカラ本部やトラブゾンにあるMTA黒海支所で、収集・解析し、本地域の地質状況、鉱化作用の特徴、及び既往探査状況の把握を行い、塊状硫化物鉱床等の鉱床賦存の可能性の高い地域を抽出するとともに、現地の調査方針や本調査の解析に資した。

#### 1-2-2 地質調査

地質調査は地質踏査と地化学探査からなる。本地域は既存資料から塊状硫化物鉱床の胚胎が期待できるため、実際の地質踏査により、詳細な地質状況や鉱化状況を把握し、鉱石分析試料やX線分析試料などを採取するとともに、鉱床賦存のポテンシャルを検討し、有望地の抽出を行った。また、現地調査結果を物理探査（IP法）の測線設定に資した。地質踏査結果は1万分の1のルートマップに取りまとめた。

地化学探査では岩石試料と土壌試料を採取した。岩石試料は露岩の発達するところ、土壌は表土の発達するところで採取した。岩石・土壌試料とも、地質踏査の結果明らかになった鉱床胚胎付近では密な、その周辺では粗い試料採取間隔とした。

調査内容は、表1-1に示すとおりである。

#### 1-2-3 物理探査

物理探査は重力法調査とIP法調査からなる。塊状硫化物鉱床の分布を規制する地層の起伏状況や地下構造を把握するため物理探査重力法調査を実施した。また、既存資料解析や地質調査結果を基に、物理探査IP法調査の測線を設定し、鉱化作用に関係するIP異常を抽出した。

表1-1 調査数量一覧表(1)

調査内容		調査数量
既存データ解析		収集解析日数 : 7日間 調査員 : 2名
地質調査		調査面積 : 150 km <sup>2</sup> 踏査延長 : 100 km
物理 探査	重力法	調査面積 : 170 km <sup>2</sup> 測点数 : 265 点
	I P 法	測線延長 : 23.3 km 測定点数 : 1,031 点

表1-1 調査数量一覧表(2)

分析項目及び成分		数量
地 質 調 査  物 理 探 査	① 岩石薄片作成	20 件
	② 鉱石件磨片作成	30 件
	③ X線回折試験	200 件
	④ 化学分析(岩石) : Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Mn, Fe, Mo, Ba, SiO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MnO, CaO, MgO, Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , LOI	550 件
	⑤ 化学分析(岩石) : La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, U, Th	50 件
	⑥ 化学分析(鉱石) : Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Fe, Mn, Mo, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, U, Th	50 件
	⑦ 化学分析(土壌) : Mn, Fe, Cu, Zn, As, Ag, Mo, Sb, Ba, Au, Pb	250 件
物理探査	① 密度測定	112 件
	② 比抵抗及び分極率測定	45 件

### 1-3 調査団の編成

本調査推進のため、調査計画、協定の折衝及び調査に参加した調査団員は下記のとおりである。

調査計画及び折衝：

日 本 国 側		トルコ共和 国 側	
富永 潤一	金属鉱業事業団	Yehmet BALCI	MTA <sup>*(1)</sup>
高橋 健一	国際協力事業団	Yavuz ULTURK	MTA
佐藤 直樹	金属鉱業事業団	Ramazan DOGAN	MTA
岡本 孝	金属鉱業事業団	Murat ER	MTA

\* (1): MTA (General Directorate of Mineral Research and Exploration)

現地調査団：

日 本 側		トルコ共和国側	
伊達 二郎 (地質調査)	同和工営(株)	Murat ER (JYM)	MTA
金龍 之緒 "	"	Nevsat KARABALIK (JYM)	MTA
宮本 博 "	"	Husein YILMAZ (JYM)	MTA
石川 潤一 "	"	Kemal OZDOGAN (JYM)	MTA
森林 成生 (物理探査)	"	Mustafa KURCELİK (JYM)	MTA
岩城 倉榮 "	"	Ali FAİK ALTINBS (JYM)	MTA
杉浦 則清 "	"	Turgut COLAK (JYM)	MTA
		Mustafa DEMIRHAN (Jeofz)	MTA
		Hasan SOYLU (Jeofz)	MTA
		Kadir DEMİR (Jeofz)	MTA
		Ethem OFLU (Bolge)	MTA
		Erdem OZBAYRAK (Bolge)	MTA

現地指導監督

岡角春寿

金属鉱業事業団

### 1-4 調査期間

調査は下記の工程で実施された。

契 約 期 間	： 1995年 8月29日～1996年 3月 1日
現 地 調 査	： 1995年 9月 5日～1995年12月 7日
既存データ解析	： 1995年 9月 7日～1995年 9月15日
地質調査	： 1995年 9月16日～1995年11月27日
物理探査	： 1995年10月 8日～1995年11月11日
現地解析	： 1995年11月28日～1995年12月 4日

## 第2章 調査地域の地理

### 2-1 位置及び交通

調査地域位置を図1-1に示す。本地域は黒海沿岸のトラブゾン市より西方約100kmに位置する。本地域の北方には、黒海沿岸に面した町エスピーエがあり、ここをベースキャンプ地とした。

トラブゾンからエスピーエまでは舗装道路で、車では約2時間を要する。ベースキャンプ地から本地域までは未舗装で、本地域南端までは約2時間を要する。

### 2-2 地形及び水系

黒海沿岸部に属する本地域には、東黒海山脈と称される、アルプス造山運動初期に形成された褶曲山脈(井上, 1970)が海岸近くまで迫っており、平野は少ない。このため、本地域の標高は数十m~約1,400mで、地形は比較的起伏に富む。本地域の北部は、丘陵地形を呈し、河川沿いを除いてはなだらかであるが、中央部から南部にかけては山岳地形を呈し、斜面は急峻である。調査地域の北部から南部にかけて次第に地形標高が高くなる。

地形は地質を反映し、北部は軟質の火砕岩が、中央部から南部は硬質の火山岩が卓越する。特に、山頂部の多くは石英安山岩などの硬質な貫入岩からなる。

本調査域の中央部及び、東・西端付近には、ほぼ南北に流れる河川が発達している。水系の発達をよく、年間を通して河川水は豊富である。

### 2-3 気候及び植生

本地域では、黒海からの湿潤な風が黒海山脈にぶつかるため、気候はトルコでも最も降雨・降雪の多い、黒海性気候に属する(金属鉱物探査促進事業団, 1970)。このため、植生の発達がよい。9月から3月までが降雨量が多く、トラブゾンでは10月の月平均雨量が300mmに達する。また、11月からは雪に変わる。月平均気温は8月で24℃と最大になり、2月で6℃と最低になる。

植生は多湿なため、樹木及び灌木が多く見渡しは良くない。本地域はヘーゼルナッツや茶の産地であるため、山岳斜面までこれら樹木で覆われている所が多く見られる。

## 第3章 一般地質

### 3-1 地質概要

地質学的にトルコは北部のPontides, 中部のAnatolides, 南部のToridesの3地域に大分される(Kormaz et al. 1992)。本地域はPontides地域の北東部に位置する。Pontides地域の基盤は変成岩と花崗岩類からなり、その上位に6つの層序学的ユニットが分布する。それらは下位から古生界、前期ジュラ系~前期白亜系、後期白亜系~前期暁新統、中期暁新統~後期始新統、中新統~鮮新統、及び鮮新統~第四系からなる。

本調査地域には、後期白亜系~前期暁新統のユニットに属するチャタック(Çatak)層、クズルカヤ(Kızılkaya)層、チャグラヤン(Çaglayan)層及びこれら貫く貫入岩類が分布する。

Çatak層は、暗緑色~淡緑色を呈する自破砕化作用を蒙った安山岩溶岩、及び同質火砕岩からなり、緑泥石化作用及び緑れん石化作用が特徴的である。本層の分布域は、調査地域の南部で卓越する。

Kızılkaya層は、淡灰色~淡緑色の破砕化の激しい石英安山岩溶岩、及び同質火砕岩からなり、緑泥石化作用と絹雲母化作用が普遍的に認められる。調査地域の中部で卓越し、その層厚は500m以上にも達する。

Çağlayan層は、灰白色～淡緑色の白破砕化の激しい石英安山岩溶岩及び同質火砕岩及び泥質岩からなる。本層の変質上の特徴は、広くモンモリロナイト化作用が認められることである。泥質岩は灰色で層理が発達し、本層最下部に分布する。本層は調査地域の北部や、中央部の高所に卓越している。

貫入岩類は、種々の岩相を示す石英安山岩類及び花崗岩類が認められる。野外調査の結果、下記の石英安山岩類が認められる。石英安山岩類は斑状石英安山岩、赤色石英安山岩、粗粒付質石英安山岩、黒雲母石英安山岩などからなる。

### 3-2 地質構造

本地域は、南部から西部に位置する隆起域と、中央部から北部に位置する沈降域からなる。隆起域には安山岩溶岩を主とするÇatak層が、沈降域では石英安山岩溶岩や同質火砕岩を主とするKızilkaya層やÇağlayan層が堆積している。

Çatak層との境界部付近では、Kızilkaya層は南西部では北東走向、南東部では北西走向を示し、いずれも北傾斜の地質構造を有し、地域中央部で厚く堆積している。Kızilkaya層より上位のÇağlayan層は、地域中央部では薄く、地域北部では厚く堆積している。Kızilkaya層の上部層やÇağlayan層には、Çatak層に見られる北東系や北西系の地質構造は弱くなり、ほぼ東北東の走向で北に緩傾斜の地質構造と、Çağlayan層の溶岩の噴出中心や、貫入岩の貫入方向を規制した北北西や北北東方向の地質構造が優勢である。

つまり、火成活動の中心は、時代が新しくなるに従い、地域南部から北部に移動するとともに、優勢な地質構造も北西・北東系から北北西・北北東に変化している。

本地域の塊状硫化物鉱床は、Çatak層沈降域に噴出したKızilkaya層の酸性火成活動末期に形成されている。網状～鉱染状鉱床は、Kızilkaya層に引き続くÇağlayan層の酸性火成活動中に形成されている。

### 3-3 鉱化・変質作用

本地域にはLahanos(ラハノス)、Kızilkaya(クズルカヤ)、Killik(キリク)、Kepçelik(ケプチェリク)、Dikmen(ディクメン)、Agalık(アガリク)、Çimaklı(チマクリ)、Karılar(カリエル)、Karaerik(カリエリク)の各鉱床がある。

Lahanos鉱床、Killik鉱床やKepçelik鉱床などは地域中央部に位置し、Kızilkaya層が厚く堆積している。これら鉱床は、母岩との関係、胚胎層準、構成鉱物の組織などから、Kızilkaya層中に胚胎する塊状硫化物鉱床である。これら鉱床は、Kızilkaya層の石英安山岩を下盤とし、Kızilkaya層の最上部に胚胎し、Çağlayan層の泥質岩あるいは火砕岩を上盤としている。鉱床と下盤や上盤とは調和的である。一方、Karılar鉱床やKaraerik鉱床は、地域北部に位置し、Çağlayan層の石英安山岩溶岩の噴出中心部付近に胚胎している網状～鉱染状の鉱床である。網状鉱床の一部には塊状の硫化鉄が濃集している。

変質作用は、Kızilkaya層に胚胎する塊状硫化物鉱床のうち、Lahanos鉱床周辺では酸性変質作用のカオリナイト化作用が卓越し、KillikやKepçelik鉱床では中性変質作用のセリサイト化作用が優勢である。一方、Çağlayan層中に胚胎する網状～鉱染状鉱床のKarılar鉱床やKaraerik鉱床付近ではカオリナイト化作用、セリサイト化作用と赤鉄鉱化作用で特徴づけられる。

## 第4章 調査結果の総合検討

### 4-1 地質構造、鉍化作用の特性と鉍化規制

本地域に分布する地層は火成岩を主とすることから、火成活動の活発な地域であると判断される。下位層のÇatak層では安山岩が、中位～上位層では石英安山岩が卓越し、塊状硫化物鉍床は、中位層のKızılkaya層最上部に胚胎し、網状～鉍染状鉍床は上位層のÇağlayan層に胚胎する。両鉍床タイプとも石英安山岩の噴出活動に関係して生成し、下位層の安山岩の噴出活動に伴う鉍化作用は、規模が小さい。

塊状硫化物鉍床の生成に関係した、Kızılkaya層の酸性火成活動は、その下位のÇatak層の地質構造に規制されていると考えられる。つまり、本地域南部のÇatak層隆起域の東南部では、同層は北東走向・北西傾斜で、南西部では北西走向・北東傾斜を有している。このことから、Çatak層隆起域の北側、つまり本地域の中央部で、これらの方向に規制された沈降構造が形成され、そこに塊状硫化物鉍床の生成に関係した酸性の火成活動が活発化し、Kızılkaya層が堆積したと考えられる。

重力解析結果によれば、本地域中央部に北東方向の低重力部が位置し、これがKızılkaya層の分布域と対応し、かつ粘土化変質作用により本層が低密度化していることから、この低重力部が沈降構造の中心部の一つであり、本層の酸性火成岩を厚く噴出した場所であると判断される。LahanosやKepcecikなどの主要な塊状硫化物鉍床は、沈降構造の中心部付近で、本層が厚く堆積した場所に形成されていると考えられる。

地質構造と重力分布から、Çatak層の沈降構造は北西方向の張力場で形成され、Kızılkaya層は同方向の圧縮場で噴出したと考えられる。

Kızılkaya層噴出の最末期に塊状硫化物鉍床を堆積後、層厚5～10m前後の泥質岩の堆積間隙を有し、再び酸性の火成活動が活発になり、Çağlayan層を噴出した。地層の層厚や溶岩の分布から、噴出の中心はさらに北側、つまり本地域の北部に移動したと考えられる。

Çağlayan層には、下位層の地質構造を反映して、東北東走向・北北西傾斜を有するところもあるが、本地域西部で見られるような北西～北北西走向・北東～東北東傾斜を示すところも認められる。また、北部の同層には北北西系の逆断層が認められることから、同層堆積時には本地域は東北東系の圧縮場が変わったと考えられる。同層堆積時はこのような圧縮場で北北西方向の隆起構造や、北東ないし東西方向の断裂が発達し、その断裂に沿って酸性火成岩が噴出したと考えられる。

地域北部のÇağlayan層の石英安山岩溶岩噴出部付近には、網状～鉍染状のKarılarやKaraçirik鉍床が分布している。また、地域中央部や東部でも、塊状硫化物鉍床時より新しい鉍化作用による、鉍染状の鉍徴がÇağlayan層中に認められる。

### 4-2 地化学異常と鉍化作用との関係

本地域は火成活動が卓越し、熱水が活発であったため、広域的な変質作用を被っている。特に、本地域南部から西部の安山岩質なÇatak層には、中性～アルカリ性の緑色変質帯が形成され、緑泥石(Mg)、曹長石(Na)、緑れん石(Ca, Fe, Mn)やモンモリロナイト(Ca, Mg, Na)などが生成している。地域中央部の石英安山岩質なKızılkaya層には、中性の白色～淡緑色変質帯が形成され、石英(SiO<sub>2</sub>)、緑泥石(Mg)、セリサイト(K)などが生成している。地域北部の石英安山岩質なÇağlayan層には、中性の淡黄色～淡緑色変質帯が形成され、モンモリロナイト(Ca, Mg, Na)やクリストパライト(SiO<sub>2</sub>)などが生成している。

一方、これら広域的な変質作用のほかに、Kızılkaya層には塊状硫化物鉍床の鉍化作用に伴い、ま

たÇaglayan層には網状～鉍染状の鉍化作用に伴う強変質帯が、それぞれ形成されている。塊状硫化物鉍床のうち、Lahanos鉍床周辺では酸性で白色の強変質帯が形成され、石英(SiO<sub>2</sub>)、カオリナイト(Al)、明ばん石(K)、セリサイト(K)、黄鉄鉍(Fe)などが生成している。KillikやKızilkaya鉍床などの、その他の塊状硫化物鉍床周辺では、中性の強変質帯が形成され、石英、セリサイトや黄鉄鉍が生成している。また、KarılarやKaraerik鉍床などの網状～鉍染状鉍床周辺でも、白色～赤褐色の酸性～中性変質帯が形成され、石英、カオリナイト、セリサイト、黄鉄鉍や赤鉄鉍(Fe)が生成している。

岩石の地化学探査によれば、既知鉍床周辺でAu, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Mo, Baなどの金属元素が、一般の含有量より高い分析値を示すため、鉍化作用により添加されたと考えられる。

SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>Oは岩質による違いもあるが、鉍化作用や変質作用により添加されている。つまり、安山岩質なÇatak層では、これら成分が少なく、Kızilkaya層やÇaglayan層の石英やセリサイトからなる中性変質帯では、これら成分が多い。

CaO, Na<sub>2</sub>O, U, Thや希土類元素も岩質により違いがあるが、鉍化作用により溶脱もされている。つまり、Caは安山岩質なÇatak層で、またNaは緑泥石化や曹長石したÇatak層や石英安山岩質なÇaglayan層で多いが、Kızilkaya層などの強変質帯では溶脱されて、一般的な含有量よりも減少している。

また、Mn, Fe, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>やMgOも岩質による違いがあるが、鉍化作用により溶脱もしくは添加されている。Mn, Fe, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgOは緑泥石化した安山岩質なÇatak層で多いが、Kızilkaya層のセリサイトの優勢なところではMgOが少なく、緑泥石の優勢なところではMgOが多い。MnO, FeO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>も変質作用により溶脱されたり、黄鉄鉍やマンガン鉍物や明ばん石などの生成により添加されている。

このように分析元素は、岩質による含有量の違いのほか、鉍化作用による溶脱や添加があるので、統計解析の主成分分析により、元素間の連動性を解析した。

その結果、第1主成分はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O, CaO, MgO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, LOI, Cu, Pb, Zn, Mn, Fe間の、第2主成分はAu, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Fe, Mo間の連動性が、それぞれ高い。つまり、第1主成分は造岩鉍物元素の大部分と、金属元素の一部が連動して増加または減少する傾向を説明している。一方、第2主成分は金属元素が連動して増加または減少するとともに、金属元素が増加すれば造岩鉍物元素が減少する傾向を説明している。このことから、第2主成分の高得点を示すところが、鉍化作用により金属元素が添加されたと判断される。

第2主成分の高得点帯は、調査地域中央部のLahanos鉍床、Killik鉍床や北部のKarılar, Karaerik鉍床など既知鉍床周辺に分布する。これら金属元素は、鉍床により濃集に元素の組合わせにわずかな差があるものの、鉍化作用により添加された一連の元素であると判断される。

土壌地化学探査は本地域の中央部で実施した。この区間にはLahanos鉍床やKillik鉍床などの塊状硫化物鉍床はKızilkaya層に胚胎するほか、その上位のÇaglayan層にも、黄鉄鉍を主とする網状～鉍染状の鉍微が、石英・セリサイトを主とする中性の白色強変質帯を伴って認められる。

岩石成分と同じように、分析元素の連動性を調べるため主成分分析を実施した。これによれば、第1主成分ではAu, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Mn, Mo, Baの金属元素が連動し、第2主成分ではCu, Fe, Mnの元素グループが連動している。

第1主成分の高得点帯はLahanos鉍床やKillik North鉍床など塊状硫化物鉍床分布域付近で高得点を示していることから、塊状硫化物鉍床の鉍化作用により生じた地化学異常と判断される。

一方、第2主成分の高得点帯はÇaglayan層中の網状鉍化変質帯分布域付近で高得点を示す。つまり、Kızilkaya層より新しいÇaglayan層に胚胎する網状鉍化帯に関係した地化学異常と判断される。

#### 4-3 物理探査異常と鉍化作用との関係

重力法調査に基づく短波長重力図によれば、地域南部は高重力部、中央部は低重力部、北部は低重力部中の高重力配列と、それぞれ特徴づけられる。

地域南部の高重力部にはÇatak 層及びKızılkaya 層が分布し、高重力部は全体的にはÇatak 層の分布と調和するものの、高重力異常と一義的な関係にある特定の岩層は見当たらない。中央部の低重力部にはÇatak 層からÇağlayan層までの地層が分布するが、低重力部との関係が比較的明瞭なのは北東部のÇağlayan層である。北部の低重力部にはÇağlayan層が広く分布し、高重力部にはKızılkaya 層、Çağlayan層及び貫入岩類が分布する。北部ではÇağlayan層と低重力部との関係、Kızılkaya 層及び貫入岩類と高重力部との関係が密接である。

以上の事実は、Çağlayan層と貫入岩類については重力異常と比較的密接な関係にあるが、Çatak層とKızılkaya 層については重力異常との関係がやや希薄であり、その分布域では貫入岩体や変質帯の存在が重力分布に強く影響していることを示唆している。

中央部の北東部及び北西部の低重力部は、南部のÇatak 層の北西及び北東方向の地質構造に規制されており、この部分では火砕岩や粘土化変質作用により低密度化したKızılkaya 層が比較的厚く堆積している可能性がある。

Lahanos 鉍床やKillik鉍床などの塊状硫化物鉍床は、低重力部から高重力部への遷移帯から高重力部にかけて分布しており、鉍床周辺から低重力部にかけて分布するKızılkaya 層は広域的な中性粘土化変質を強くこうむっている。

一方、北部の北北東方向の高重力部の伸びは、Çağlayan層時代の石英安山岩溶岩を噴出した断裂の方向やそれ以降の貫入岩の分布に一致している。この高重力部に沿っては、Çağlayan層中のKartılar鉍床やKaraerik鉍床が分布している。

電気探査（IP法）は、地質調査や重力法調査により得られた鉍床有望2地区、Lahanos~Killik鉍床間とÇalkaya~Taflancık間、に設定した。両区間では、塊状硫化物鉍床鉍床を胚胎するKızılkaya層が、Çağlayan層に覆われ、かつ両層に鉍化作用や変質作用が認められる。

Lahanos~Killik鉍床間では、充電率が6mV/V以上の強IP異常や、4~6mV/Vの弱IP異常が広範囲に検出されている。これらIP異常は主に、Kızılkaya層とÇağlayan層との境界部付近や、Kızılkaya層中に分布しているため、塊状硫化物鉍床に關係した鉍徴に起因すると考えられる。一方、低比抵抗帯もIP異常箇所付近に分布するが、地表付近に達するものも認められる。地表付近の低比抵抗帯は、Çağlayan層中の粘土化変質帯に対応していると考えられる。

Çalkaya~Taflancık間でも、強IP異常や弱IP異常が検出されている。これらIP異常も、Kızılkaya層とÇağlayan層との境界部付近や、Kızılkaya層中に平板状に分布しているため、塊状硫化物鉍床に關係する鉍徴に起因すると考えられる。一方、低比抵抗帯もIP異常箇所付近に分布するが、地表付近にも脈状に広く認められる。地表付近の低比抵抗帯は、Çağlayan層中の鉍染状鉍化帯や粘土化変質帯に対応していると考えられる。

#### 4-4 期待鉍床賦存のポテンシャル

本地域には塊状硫化物タイプと網状~鉍染状タイプの鉍床が認められる。塊状硫化物鉍床はKızılkaya層に胚胎する。鉍石は黄鉄鉍、閃亜鉛鉍、黄銅鉍を主とし、金・銀鉍物、方鉛鉍、四面銅鉍などを伴う。一方、網状~鉍染状鉍床はÇağlayan層に胚胎する。鉍石は黄鉄鉍を主とし、閃亜鉛鉍伴う。



本地域北部に位置するKarılarやKaraerik鉱床は、Çağlayan層に胚胎する網状～鉱染状鉱床で、鉱体の一部に塊状の硫化鉱を伴うが、本地域中央部に位置するLahanos鉱床やKillik鉱床などの塊状硫化物鉱床と比較して、鉱体の規模が小さく、鉱石の品位も低い。従って、本地域で期待される鉱床は塊状硫化物鉱床である。

しかし、塊状硫化物鉱床はKızıl kaya層の最上位に、層準に規制されて胚胎するため、Çağlayan層が削剥されKızıl kaya層が地表に露出しているところでは、鉱床塊状部本体が削剥され、Kızıl kaya鉱床のように、下部珪鉱帯や網状～鉱染状鉱体部が残存するだけで、鉱体の規模が小さい。従って、Kızıl kaya層がÇağlayan層に覆われ、かつ鉱微や変質作用を伴っているところが、潜頭的な新規の塊状硫化物鉱床胚胎の可能性が高い。

地質調査の結果、Lahanos鉱床やKillik鉱床を胚胎するKızıl kaya層は、その下位のÇatak層の構造に規制されて噴出している。つまり、Çatak層堆積後に発達した北東及び北西方向の断裂に規制された沈降帯に、石英安山岩溶岩などが噴出し、Kızıl kaya層を堆積した。

重力法調査でも、本地域中央部のKızıl kaya鉱床付近から、北東方向及び北西方向に伸びる低重力部が抽出されており、この低重力部が沈降構造の中心部の一つであり、Kızıl kaya層の酸性火成岩を厚く噴出した場所であると判断される。Lahanos、KillikやKepçelikなどの主要な塊状硫化物鉱床は、沈降構造の中心部付近で、本層が厚く堆積した場所や、その周辺に形成されていると考えられる。

従って、Çağlayan層に覆われ、かつKızıl kaya層の噴出物が厚いと予想される、地域中央部のLahanos～Killik～Kepçelik既知鉱床区間や、地域東部のÇalkaya～Taflancık間が、新規鉱床胚胎の可能性が高い。

地表踏査によっても、Lahanos～Killik間のBitene地区では、硫化鉱の鉱微が確認されている。変質帯調査によっても、両地区に酸性～中性の良好な変質帯が形成されている。

地化学探査成分の統計解析でも、岩石ではAu, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Fe, Mo で指示される第2主成分の、土壌ではAu, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Mn, Mo, Baで指示される、第1主成分の、それぞれ高得点帯が、既存のLahanos鉱床やKillik鉱床のほか、上記地区に北東方向や北西方向に配列して分布している。この地化学異常の配列は、下位のÇatak層の沈降構造に関連した北東方向や北西方向の断裂に規制されていると考えられる。

I P法調査でも、強変質帯や地化学異常に対応し、Kızıl kaya層上部に低比抵抗帯やI P異常を両地区で捕捉した。

従って、Lahanos～Killik～Kepçelik既知鉱床区間や、地域東部のÇalkaya～Taflancık間が、地質、地質構造、強変質帯分布、地化学異常、低重力分布、I P異常から、最も塊状硫化物鉱床胚胎の可能性が高い。

## 第5章 結論及び提言

### 5-1 結 論

本調査は既存データ解析、地質調査（地質調査と地化学探査）と物理探査（重力法・IP法）からなる。これら調査結果の結論を次に述べる。

#### 1. 地 質

地質は下位より、後期白亜系～前期晩新統のÇatak層、Kızılkaya層、Çağlayan層及び貫入岩類からなる。Çatak層は安山岩溶岩と同質火砕岩を主とし、泥質岩を伴う。Kızılkaya層やÇağlayan層は石英安山岩溶岩と同質火砕岩を主とする。Kızılkaya層とÇağlayan層は岩質的に類似するが、両層の境界に泥質岩を挟在する。これらの地層を赤色石英安山岩や黒雲母石英安山岩などが貫入している。

#### 2. 地質構造

南部～西部の隆起域と中央部～北部の沈降域からなる。隆起域にはÇatak層が、沈降域にはKızılkaya層とÇağlayan層が堆積している。

Kızılkaya層石英安山岩は、Çatak層の北東系と南東系の断裂に規制された地域中央部の沈降域に噴出している。Çağlayan層石英安山岩の主要噴出場所は地域北部に移動し、北北西、北東や東西系の断裂に規制され噴出している。

#### 3. 重力解析

短波長重力図によれば、南部に高重力部、中央部と北部に低重力部が発達し、中央部から北部にかけての低重力部中には南北方向の高重力配列が見られる。南部から西部に広く分布するÇatak層は全体的に高重力部に調和している。中央部の北東及び北西の低重力部は、南部のÇatak層の地質構造に規制された沈降構造部であると判断される。LahanosやKillik鉱床などの塊状硫化物鉱床は、低重力や周辺の高重力部との間の遷移帯に分布している。この低重力部付近のKızılkaya層は、広域的な中性の粘土化変質を強く被っている。

#### 4. 鉱 床

塊状硫化物鉱床と網状～鉱染状鉱床がある。Lahanos鉱床やKillik鉱床などの塊状硫化物鉱床は、Kızılkaya層の最上部に層準に規制され胚胎している。Karaçirik鉱床やKarılar鉱床などの網状～鉱染状鉱床は、Çağlayan層に胚胎している。

塊状硫化物鉱床の鉱石は黄鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱を主とし、方鉛鉱、四面銅鉱、金・銀鉱物を作る。網状～鉱染状鉱床の鉱石は黄鉄鉱を主とし、黄銅鉱や閃亜鉛鉱を作る。塊状硫化物鉱床の鉱体規模や鉱石品位は、網状～鉱染状鉱床のより優勢である。

#### 5. 変 質 帯

中性～アルカリ性の広域的な変質作用のほか、中性～酸性の鉱化作用に伴う変質作用が認められる。

塊状硫化物鉱床のLahanos鉱床周辺では、酸性で白色の強変質帯が形成され、石英、カオリナイト、明礬石、黄鉄鉱などが生成している。KillikやKızılkaya鉱床などの、その他の塊状硫化物鉱床周辺では、中性で白色の強変質帯が形成され、石英、セリサイト、黄鉄鉱などが生成している。

網状～鉍染状鉍床のKaraerikやKarilar鉍床周辺では、酸性～中性の白色～赤褐色の強変質帯が形成され、石英、カオリナイト、セリサイト、赤鉄鉍などが生成している。

## 6. 地化学探査

岩石や土境地化探分析値を、主成分分析により統計処理した。その結果、岩石地化探の第2主成分はAu, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Fe, Mo間の連動性が高く、かつバックグラウンド値より高い値を示す場合が多いため、鉍化作用による元素の添加に起因すると考えられる。第2主成分の高得点帯は、Lahanos鉍床など塊状硫化物鉍床付近やKaraerik鉍床などの網状～鉍染状鉍床付近に分布し、既知鉍床付近の鉍微や変質帯の分布とよい対応を示している。

土境地化探の第1主成分はAu, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Mn, Mo, Ba間の連動性が高く、第2主成分ではCu, Fe, Mn間の連動性が高い。第1主成分の高得点帯はLahanos鉍床やKillik North鉍床などの塊状硫化物鉍床周辺に分布することから、塊状硫化物鉍床の鉍化作用により生じた地化学異常と判断される。第2主成分の高得点帯はÇağlayan層中の鉍化帯付近に分布することから、Çağlayan層に胚胎する網状～鉍染状の鉍化帯に関係した地化学異常と判断される。

## 7. IP異常

IP法電気探査を鉍床有望2地区、Lahanos～Killik鉍床間とÇalkaya～Taflancık間で実施した。地質調査によれば、両区間とも、塊状硫化物鉍床を胚胎するKızilkaya層がÇağlayan層に覆われ、かつ両層に鉍化作用や変質作用が認められる。

両区間とも、充電率が6mV/V以上の強IP異常や、4～6mV/Vの弱IP異常が広範囲に検出されている。これらIP異常は主に、Kızilkaya層とÇağlayan層との境界部付近や、Kızilkaya層中に平板状に分布しているため、塊状硫化物鉍床に関係した鉍微に起因すると考えられる。一方、低比抵抗帯もIP異常箇所付近に分布するが、地表付近に脈状に達するものも認められる。地表付近の低比抵抗帯は、Çağlayan層中の鉍染状鉍化帯や粘土化変質帯に対応していると考えられる。

## 8. 探鉍有望地区

既知鉍床の地質、鉍微、変質帯、地化学異常やIP異常と比較し、次の新規地区を探鉍有望地区として抽出した。

### (1) Lahanos～Killik鉍床間

LahanosやKillikの塊状硫化物鉍床を胚胎するKızilkaya層が、Çağlayan層に覆われて分布する。Lahanos鉍床南方のBitene地区には硫化鉍の鉍微が認められる。Kızilkaya層には、Lahanos鉍床のようなカオリナイトを含む酸性変質帯が形成されている。Çağlayan層にも黄鉄鉍を主とする鉍染状の鉍微や、セリサイトを含む中性変質帯が形成されている。Kızilkaya層にAu, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sbの高異常帯が分布する。IP異常が広範囲に分布するが、IP測定間隔が粗い。

### (2) Killik～Kepçelik鉍床間

塊状硫化物鉍床を胚胎するKızilkaya層が、Çağlayan層に覆われて分布する。Kızilkaya層には、Killik鉍床のようなセリサイトを含む中性変質帯が形成されている。Çağlayan層の一部にも、黄鉄鉍を主とする鉍染状の鉍微や、セリサイトを含む中性変質帯が形成されている。Kızilkaya層にAu,

Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sbの高異常帯が分布する。土地化学探査とIP調査は未実施である。

### (3)Çalkaya～Taflancık間

Kızılkaya層がÇağlayan層に覆われて分布する。Kızılkaya層には、カオリナイトやセリサイトを  
含む酸性～中性変質帯が形成されている。Çağlayan層の一部にも黄鉄鉱を主とする鉱染状の鉱微や、  
セリサイトを含む中性変質帯が形成されている。Kızılkaya層にAu, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sbの高異常帯が  
分布する。測線の一部でIP異常を捕捉している。土地化学探査は未実施で、IPの測定間隔も  
粗い。

### (4)Çimaklı～Karaerik鉱床間

Kızılkaya層がÇağlayan層に覆われて分布する。Kızılkaya層には、セリサイトを  
含む中性変質帯が形成されている。Çağlayan層にもKarılar鉱床のような、黄鉄鉱を主とする  
鉱染状鉱床や、セリサイトを  
含む中性変質帯が形成されている。Kızılkaya層やÇağlayan層に、Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sbの高  
異常帯が分布する。土地化学探査とIP調査は未実施である。

### (5)Dikence地区

Kızılkaya層がÇağlayan層に覆われて分布する。Kızılkaya層は地表に露出していないが、Çağlay  
an層には黄鉄鉱を主とする鉱染状鉱床や、セリサイトを  
含む中性変質帯が形成されている。Çağlay  
an層にAu, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sbの高異常帯が分布する。土地化学探査とIP調査は未実施である。

## 5-2 第2年次調査への提言

第1年次の調査結果とその検討によって得られた結論に基づき、第2年次では次の調査の実施を  
提言する。

地質、鉱微地・変質帯、重力分布、地化学異常やIP異常から、次の新規地区を探鉱有望地区と  
して抽出するとともに、これら有望地区に対応する調査方法を提言する。

### 調査地区

(1)Lahanos～Killik鉱床間

(2)Killik～Kepçelik鉱床間

(3)Çalkaya～Taflancık間

(4)Çimaklı～Karaerik鉱床間

(5)Dikence地区

(1)Lahanos～Killik間では、IP異常帯を捕捉した場所では、ボーリングを実施するとともに、  
IP測定間隔が粗く、鉱化帯が絞り込まれていないところでは、第1年次測線を補完するIP法に  
よる精査を実施する。

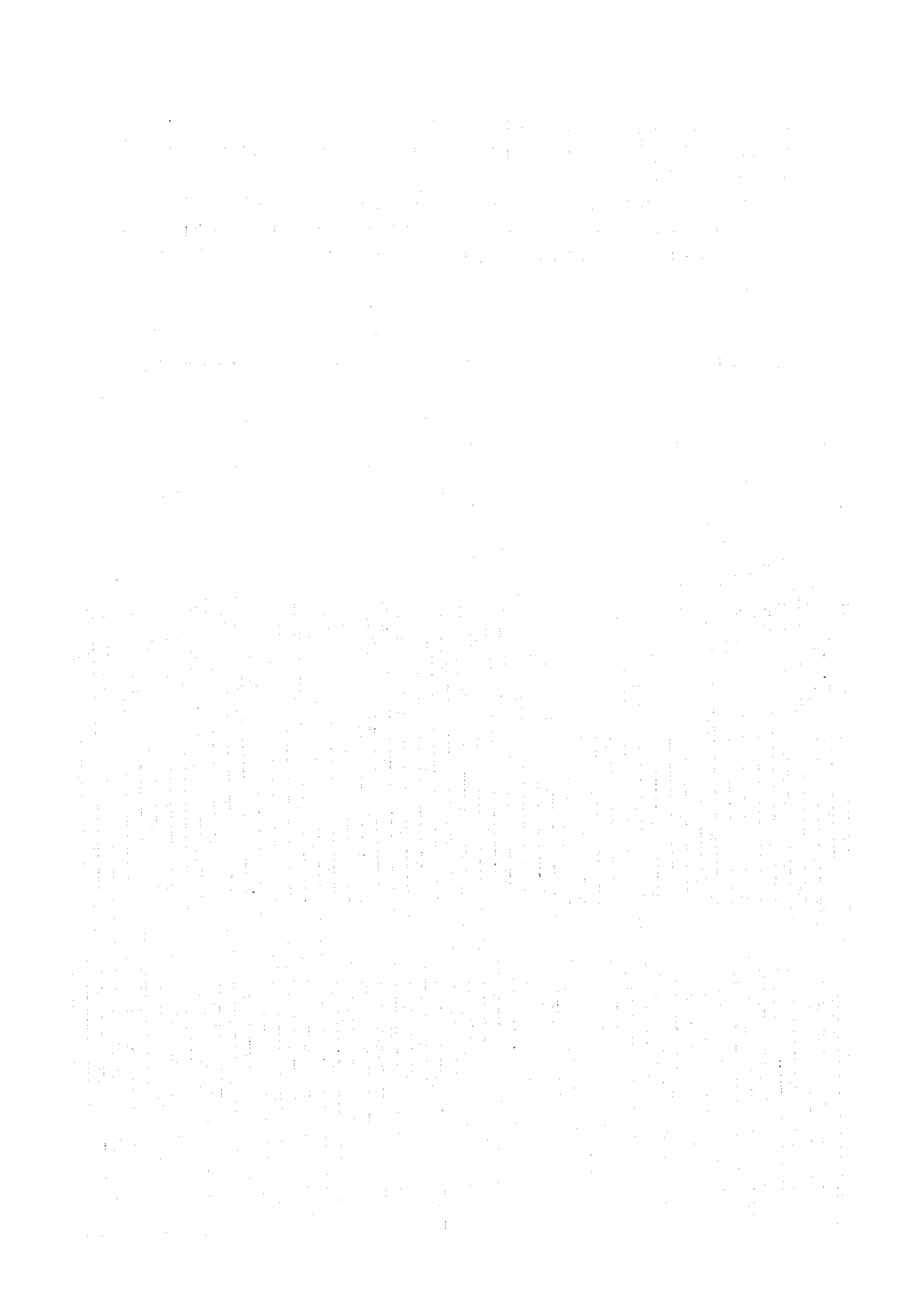
(2)Killik～Kepçelik鉱床間では、岩石地化探や変質帯調査によって、鉱微の一部を捕捉したので、  
土地化学探査と物理探査IP法により、鉱微の分布を絞り込む。

(3)Çalkaya～Taflancık間では、岩石地化探、変質帯調査やIP法調査により捕捉した鉱微地でボ  
ーリングを実施する。しかし、地化学探査、物理探査の調査精度が粗いので、土地化学探査、物

理探査による精査を実施し、鉍微地を絞り込む。本地区は塊状硫化物鉍床の胚胎するKızılkaya層が、Çağlayan層に層厚200～300mで覆われるところもあるので、物理探査はIP法と電磁法を組み合わせて実施する。

(4)Çimaklı～Karaçerik鉍床間では、岩石地化探、変質帯調査で、おおよその鉍微地を捕捉したので、土地化学探査と物理探査による精査を実施し、鉍微地を絞り込む。本地区も塊状硫化物鉍床の胚胎するKızılkaya層が、Çağlayan層に層厚300mほどで覆われているので、物理探査は電磁法で実施する。

(5)Dikence地区は岩石地化探、変質帯調査で、おおよその鉍微地を捕捉したので、土地化学探査と物理探査による精査を実施し、鉍微地を絞り込む。本地区も塊状硫化物鉍床の胚胎するKızılkaya層が、Çağlayan層に層厚300mほどで覆われているので、物理探査は電磁法で実施する。



第 II 部  
各 論

## 第II部 各 論

### 第1章 既存データ解析

#### 1-1 調査方法

##### 1-1-1 調査目的

当調査地域は古くから鉍山地帯として有名であったが、現存する主たる調査資料は1939年以降の物である。1939年以降、当調査地域内においてはMTA, ETI Bank (含むKBI, Demir Export) による地質調査、物理探査、試錐探鉍等が多数実施されており、それらをまとめた報告書が多数存在するので、それらを収集・解析する事により今回の調査の参考に供した。また既存資料を解析する事で、現存する問題点も明白となり、大いに調査の参考となった。

##### 1-1-2 収集資料

収集資料一覧表を表1-2として示したので参照されたい。著者が不明の資料や作成年度が不明の資料等も存在したが、出来得る限り多数の資料を収集した。

#### 1-2 調査結果

##### 1-2-1 地 質

黒海沿岸地方を構成する東部Pontides地域の基盤は変成岩とそれを貫く花崗岩から成っており調査地域外の南方約70kmの所に分布している。時代としてはデボン紀～前期石炭紀とされている。

基盤岩の上位に不整合にハムルケセン層、その上位に整合的にマデンラール層、さらにその上位にベルディーガ層が存在する。ハムルケセン層は安山岩・玄武岩及び同質火山砕屑岩、砂岩、泥岩、礫岩よりなりその層厚は約750mである。時代はジュラ紀と思われる。マデンラール層は砂岩、礫岩、石灰岩等を主とし玄武岩溶岩を夾在する。その層厚は約150mで時代はやはりジュラ紀と考えられる。ベルディーガ層は凝灰岩質石灰岩よりなりその層厚は約200mである。時代は後期ジュラ紀～前期白亜紀と考えられる。これら3層は当調査地域外の南方約60km近辺に分布している。

当調査地域内には下位からチャタック層、クズルカヤ層、チャグラヤン層が分布しそれらの時代は後期白亜紀～暁新世と考えられている。チャタック層はベルディーガ層上に整合的に存在し、安山岩・玄武岩溶岩及び同質火山砕屑岩、砂岩、シルト岩、石灰岩より成っている。その層厚は、約1,500mであり、調査地域内の南部に分布する。その上位にクズルカヤ層が整合的に存在し、石英安山岩・流紋岩溶岩及び同質火山砕屑岩より成っている。その層厚は約500mで、地域内中央部に分布する。また本層の最上部が塊状硫化物鉍床（黒鉍々床）の胚胎層準とされている。さらにその上位に整合的にチャグラヤン層が地域内北部を中心として分布している。その岩相は玄武岩・安山岩溶岩及び同質火山砕屑岩を主とし砂岩、泥岩、石灰岩を随所に夾在するとされているが、当調査地域内では泥岩及び石英安山岩質火山砕屑岩に富み、石英安山岩溶岩も夾在する。層厚は約1,000mである。

調査地域外の北東部に安山岩・玄武岩及び同質火山砕屑岩より成るカバキョイ層が約750mの層厚を持って分布している。時代は始新世と考えられ、下位層との関係は不整合である。

貫入岩体としては後期白亜紀の花崗岩質岩、始新世の閃緑岩、石英閃緑岩が調査地域周辺で認められる。



## 1-2-2 鋳床

当地域の塊状硫化物鋳床はクズルカヤ層最上部の酸性火山砕屑岩中に層状に胚胎され、チャグラヤン層最下部の泥岩または凝灰岩の直下に存在する。これら塊状硫化物鋳床はその産状は生成時代に関する以外は、わが国の黒鋳々床に極めて酷似している。以下に各鋳床及び鋳徴につき説明をする。図1-2（既存資料解析結果図）及び表1-3（既存資料解析結果一覧表）を参照のこと。

### (1) ラハノス (Lahanos) 鋳山

エスピーエ町の南方約15kmに位置する稼行鋳山である。MTAが1958～1960年に2ヶ所で探鋳坑道、10孔の坑内試錐、67孔の坑外試錐を実施し、鋳量230万トン（Cu 3.59%, Zn 2.34%）を推定した。その後、Demir Export Co.（トルコの有力財閥の鋳業部門）が粗鋳権を獲得し、1989年には8孔の坑外試錐（総掘進長784m）を実施した。1995年4月から粗鋳500t/day（Cu 3.8%, Zn 3.2%）、銅精鋳70t/day（Cu 22%, Zn 4%, Pb 2%）、亜鉛精鋳10t/day（Zn 50%, Cu 5%）を生産している。銅精鋳はサムスン市のKBIの製錬所へ、亜鉛精鋳はドイツ（Metallgesellschaft）へ売鋳している。従業員は探査、採鋳、選鋳、工務部門合わせて約100名。採鋳の能力が選鋳のそれを上回っており、粗鋳の貯鋳が増加すると採鋳を一時中断して、人員を選鋳へ配置している。

鋳床は黄鉄鋳・黄銅鋳に富み少量の閃亜鉛鋳を含む塊状黄鋳で、その下位の石英安山岩中には粘土化、珪化、角礫化、黄鉄鋳の鋳染及び網状脈が認められる。鋳体の厚さは最大15m、平均的には5～6m、数鋳体が同一層準にレンズ状に胚胎されている。

### (2) クズルカヤ (Kizilkaya) 鋳床

エスピーエ町の南方約20kmに位置し、MTAが1967～1970年の間、地質調査、物理探査、試錐探鋳を実施している。その結果、推定鋳量189万トン（平均銅品位1.14%）と推定鋳量193万トン（平均銅品位0.8%）の2鋳体の存在が確認されているが、ETI Bankは継続調査を実施している。鋳床は黄鉄鋳・黄銅鋳を主とする塊状鋳体と同じく黄鉄鋳・黄銅鋳を主とし少量の閃亜鉛鋳を含む網状及び鋳染状鋳体より成っている。塊状鋳体は石英安山岩質火山砕屑岩中に胚胎されているが、網状及び鋳染状鋳体はその下位の強く珪化作用を蒙った石英安山岩溶岩中に存在する。

### (3) キリック (Kilic) 鋳床

エスピーエ町の南方約17kmに位置している。MTAが1977～1982年の間、地質調査及び物理探査を行い、KBIが継続調査（試錐調査）を実施し、1988年には採掘を行ったと言うが現在は鋳量9万トンを残して休山している。採掘量は5,000t/year（平均品位；Cu 1.14%, Zn 2.5%, Pb 0.7%）である。鋳床は塊状鋳体と網状及び鋳染状鋳体より成っている。

### (4) ケプチェリック (Kepecelik) 鋳床

エスピーエ町の南方約20kmに位置するYeniyolbasi丘の西斜面にあるが、ここは古い鋳山跡であるのでいくつかの坑道及びトレンチの跡が認められる。ETI Bankが1960年代から地質調査、物理探査と試錐調査を行い、引き続きMTAが1976年と1978年に地質調査を行っているが、今回地質調査報告書を発見する事は出来なかった。鋳床は黄鉄鋳、黄銅鋳、閃亜鉛鋳、方鉛鋳より成り、スポットサンプルの分析値としてCu 9.4%, Zn 31.3%なる値を得ている。

### (5) ディックメン (Dikmen) 鋳床

エスピーエ町の南方約18kmに位置する。MTAが1960・1970年代に地質調査、物理探査及び試錐調査により探鋳を行った。その後、ETI Bankが1972年に5ヶ所で試錐を、2ヶ所でトレンチを実施し、鋳量30万トン（Cu 0.9%）を予想した。主要鋳物は黄鉄鋳・黄銅鋳であり、形状は塊状である。

#### (6) カラエリック (Karaerik) 鉱床

エスピーエ町の南方約4kmに位置するCibri村の近くにある。この周辺には古い鉱山活動に伴うと思われる坑道跡やカラミが多く認められ、特にカラミの堆積量は約40万トンと推定されている。第1次世界大戦の前にイギリス人とイタリア人が開発のため300mに及ぶ坑道を開削したと言うが、現在は崩壊している。MTAは1950年に3ヶ所で試錐を実施し、黄鉄鉱、黄銅鉱及び閃亜鉛鉱を主とし重晶石を含む多金属鉱床を発見した。その後ETI Bankが1970年に試錐調査を実施したが、経済性のある鉱床を発見出来なかった。

#### (7) カルラール (Karılar) 鉱床

エスピーエ町の南方約5kmの所にあつて、カラエリック鉱床の南に隣接している。ここには多くの古い坑道跡があり、約15万トンのカラミが残存している。MTAが1960年代に試錐調査及び坑道探鉱を実施し、鉱量10万トン (Cu 2%) の塊状鉱床を確認した。ETI Bankが1970年に再度試錐探鉱を実施したが経済性のある鉱床は発見出来なかった。

#### (8) アガーリック (Ağalık) 鉱床

エスピーエ町の南方約6kmの所に位置し、カルラール及びカラエリック両鉱床の近くに存在する。古い鉱山活動による旧坑と約6万トンのカラミが認められる。MTAとETI Bankが1960年代に探鉱を行ったが、経済性のある鉱床は発見出来なかった。しかし形状としては塊状鉱床を予想している。

#### (9) チマクル (Çimaklı) 鉱床

エスピーエ町南方約6kmに位置し、周辺には旧坑とズリ堆積場が存在する。ETI Bankが1960年代に数本の試錐を実施し、さらにMTAが1982～1986年に地質調査、物理探査及び試錐調査を行ったが共に経済性のある鉱床の発見には至らなかった。主要鉱物は黄鉄鉱と黄銅鉱で、母岩の石英安山岩溶岩中にはカオリン化作用 ( $Al_2O_3$ , 34%) が認められる。しかし鉱床の形状としては塊状と予想されている。

### 1-2-3 重力法

調査地域周辺の既存重力データとしては、MTAが長年にわたってトルコ共和国全域を対象に実施してきた広域調査によるものがある。この調査は測点の間隔が5～10kmのきわめて粗い調査で、いわゆる概査に属するものであるが、国土の全域をほぼカバーしており、広域的な重力分布の傾向を知る上では極めて有用である。但し重力データは、地形図と同様に軍事機密扱いとなっているため、生データの形で入手する事はできず、コンター図の形でMTAから提供を受けた。提供された当調査地域周辺のコンター図はブーゲー異常図、残差図等で、60km×70kmの範囲を縮尺約1/500,000で図化されている。その一部を第5章・物理探査重力法の中で、図5-8・広域等重力線図及び図5-16・広域重力残差図として示しており、本調査の中で重力トレンドの抽出や、調査地域周辺部の重力分布の概要を知るためなどに利用した。

### 1-2-4 IP法

収集文献毎に表1-2の番号に基づき以下のごとく説明する。しかしラハノス鉱山周辺のCSAMT、IPデータについては著者、発行年度等が不明のため同表中に記載されていない。すなわち、番号なしである。

X0-Number; ラハノス (Lahanos) 鉱床上で測定したCSAMT、IPの断面図。

鉍床分布深度は約30~100m程である。

CSAMTの2断面は、IPと比較できる。

CSAMTに関しては構造解析を行っていない。疑似断面上の低比抵抗帯と鉍床に、明瞭な関係は認められない。

IP異常には「ハの字」型に近い異常が認められる。

充電率は最大30mV/Vである。

No. 7(1960); キリック山 (Killik Tepe) を中心にしたSchlumberger又は、Venner法による比抵抗調査。

調査面積 0.25km<sup>2</sup>

一次元の比抵抗解析を行っている。

地表下約100~200mに数Ω・mの連続した低比抵抗層が解析されている。

No. 22(1987); キリック (Killik) 鉍床周辺のIP調査。

調査面積 1.8km<sup>2</sup>

調査地区中央の西側の沢に鉍石の転石有り。

転石付近の石英安山岩質火砕岩及び調査域北東部で高IP効果を示す。

IPの最大値は9%程で貫入岩分布域である。

地上の鉍化に対応したIP異常(最大5%)が認められる。

No. 10(1967); クズルカヤ (Kızılkaya) 鉍床上のSP調査。

調査面積 0.9km<sup>2</sup>

鉍床形状に沿って負のSP異常が認められる。最大-340mVの異常

No. 17(1970); カルラル (Karılar) 周辺のIP調査。

地表の鉍化変質に対応した強いIP異常が認められる。

調査範囲 0.45km<sup>2</sup> 延測線長10.2km 最大9%のIP効果 電極間隔50m n=1~4

No. 23(1989); チマクル~カルラル (Çimaklı~Karılar) 間のIP調査。

延測線長26.8km 調査範囲3.6km<sup>2</sup>

カルラル鉍床北西約500mの田鉍付近で明瞭なIP異常が認められる。

調査地域北東から中央にかけ連続したIP異常帯が分布する。

測定不十分な測点が多い。

IP効果の最大は8%程である。

Nos. 13, 14 & 15(1970); ケプチェリック (Kepçelik) 周辺のIP調査。

13測線 延測線長12.5km 調査範囲6km<sup>2</sup>

ケプチェリック周辺

チャルテベの北西1kmの沢沿いに弱い鉍化帯がある。鉍化帯に対応したIP異常。

チャルテベ (Çal Tepe) 周辺

チャルテベの北西500m中腹の鉍化帯に対応したIP異常及び深部にもIP異常あり。

最大8%程のIP効果である。

チャルテベの北西500m中腹の鉍化帯の延長部であるチャルテベ南西側(地形は非常に険しい)

は未調査。2本のボーリング調査で北西側の鉍化帯は確認済み。

MTAはこの付近の再調査を望んでいる。

No. 26(1992); カラエリック (Karaerik) 周辺のCSAMT。

使用周波数 0.25~8.192Hz

調査範囲 0.3km<sup>2</sup> 延測線長1,030.5m

疑似断面のみで比抵抗構造解析を行っていない。

詳細な地質図があるので比抵抗構造解析が必要。

No. 8(1960); キリック (Killik) 周辺のEM調査。

調査面積 1.4km<sup>2</sup>

沢沿いに弱いEM異常があるが、地形の影響と思われる。またSP異常及び鉍化帯と対応しない

No. 20(1982); キリック (Killik) 周辺のSP調査。

調査範囲 0.32km<sup>2</sup>

地表鉍化帯付近で-260mVの異常。

SP異常は地表鉍化範囲だけである。

No. 18(1975); ディックメン (Dikmen) 周辺のIP調査。

調査範囲 3.5km<sup>2</sup>

コズキョイ (Kozköy) からクルケブル (Kuruköprü) 付近にIP異常が認められる。本年度の調査測線 (D測線) のIP異常と同一のものである可能性がある。

最大7%のIP異常。

No. 16(1970); アガーリック (Ağalık) 周辺のIP調査。

延測線長 7.0km

地上の鉍化に対応した明瞭なIP異常。

深部にも明瞭なIP異常が認められる。

No. 11(1969); カラエリック (Karaerik) 周辺のIP調査。

延測線長 19km

地表の鉍化に対応した明瞭なIP異常

深部にIP異常無し

最大10%のIP異常

No. 12(1970); クズルカヤ (Kızılkaaya) 周辺のIP調査。

調査範囲 2.5km<sup>2</sup>

クズルカヤ鉍床上で最大数十%の強いIP異常。

### 1-3 考察

今回の調査の主目的の1つは塊状多金属鉍床の胚胎層準であるクズルカヤ層最上部を層序学的に追跡する事である。既存資料は当調査地域内のすべての鉍床及び鉍徴が同一層準内に胚胎されているとしているが、そのような見解が事実か否かが今回の調査で明らかにされるであろう。

既存の鉍床、鉍徴及び物探による異常帯のほとんどは地表に露出する鉍徴から連続するものであり、今後はそれらの下部及び側方延長と潜頭鉍床の探査が主目的となろう。

調査地域内南部に分布する安山岩質火山砕屑岩をMTAの地質図はチャタック層 (鉍床層準より下位) とし、Demir Export Co.の地質図ではカバキョイ層 (鉍床層準より上位) に対比されている。探査範囲を検討するためには、この問題も解決する必要がある。

既存の試錐岩芯の観察は本年は不可能であった。位置の明瞭な試錐の岩芯を観察する事は重要と考える。

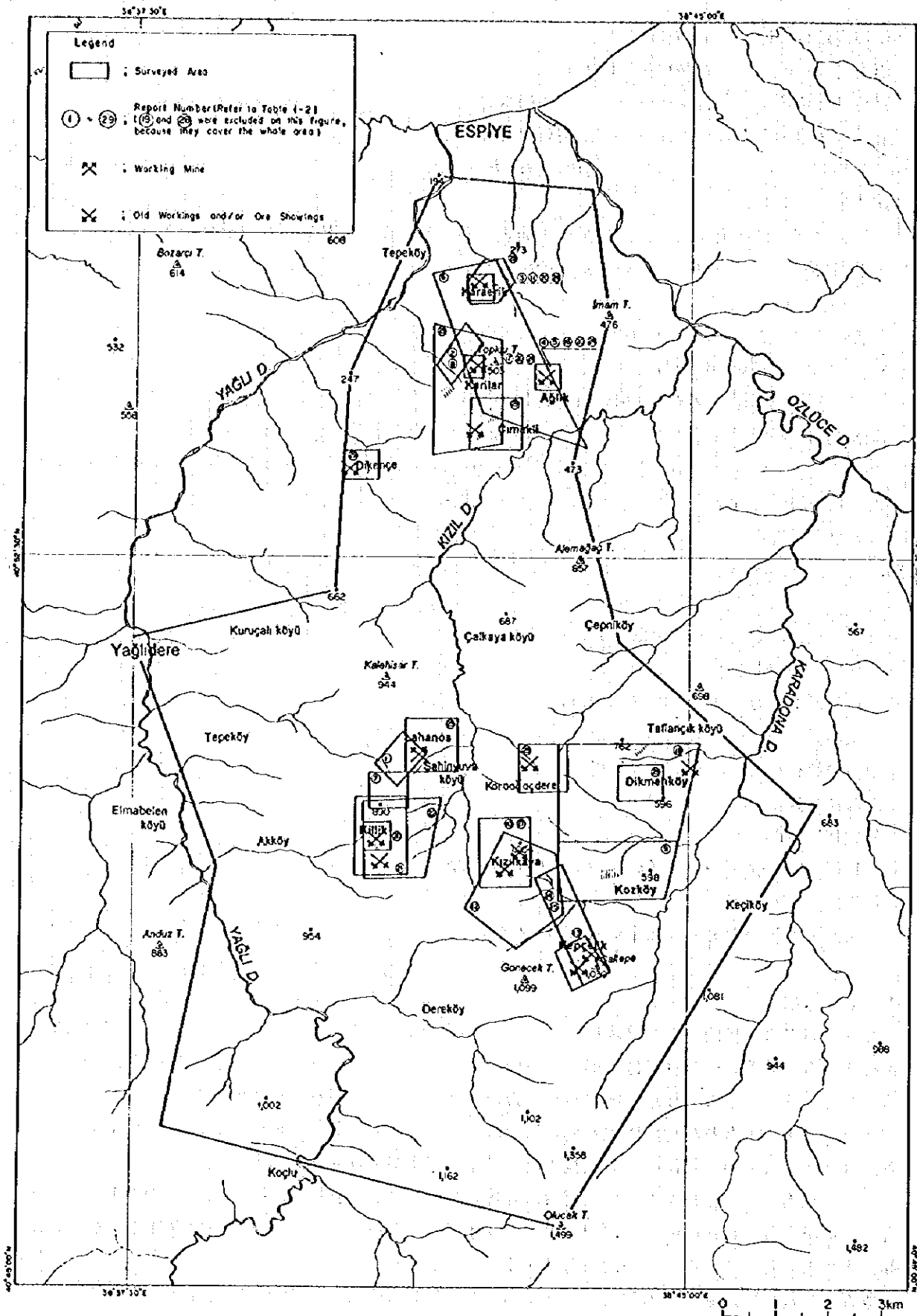


图 1 - 2 既存資料解析結果図

表 1 - 2 既存調査一覽表 (收集資料一覽表)

Document Number	Author	Age	Title
01	Unidentified	1939	Electro-magnetic Data in Giresun-Espiye-Gol Area.
02	Unidentified	1939	Geophysical Data in Giresun-Espiye-Karilar Area.
03	Eksper Muh and Breusse, J. J.	1940	Espiye-Israii Mintakasinda Yapilan Elektrik Prospeksiyonuna Muteallik İkinci Rapor.
04	Muh. Jeol V. Kovenko	1940	Aglikmaden(Espiye) Ocaginın Ml Topografya Noktası(Rakım Takriben 926m) Altında Cevher Mevcudiyeti İnanlarına Muteallik Not.
05	Ragib Gencer	1940	Aglik(Espiye) P. S. Etudu Hakkında Not.
06	Unidentified	1949?	Geophysical Data in Giresun-Espiye-Agalik Area.
07	Ahmet Acar	1950	Lahanos İle Kilitik Arasındaki Sahanın Rezistivite Etudu.
08	Unidentified	1950	Electro-magnetic Data in Giresun-Espiye-Karilar Area.
09	Unidentified	1961	Electro-magnetic Data in Giresun-Espiye-Yozkoy Area.
10	Unidentified	1967	Eti Bank Espiye Santiyesi Giresun Vilayeti Lahanos Maden Kizilkaya Sahasi Jeofizik Etudu Raporu.
11	Ugur Kaynak	1969	Karaerik Bakirli Pirit Zuhuru Induced Polarization Etudu Hakkında Rapor
12	Sinasi Apaydin	1970	Giresun-Espiye-Kizilkaya Bakir Aramalari Jeofizik I.P. Etudu Raporu.
13	Ugur Kaynak	1970	Eti Bank 1970 Kocelik I.P. Etudu Raporu.
14	Ugur Kaynak	1970	Eti Bank 1970 Kizildere I.P. Etudu Raporu.
15	Ugur Kaynak	1970	Eti Bank Giresun Espiye 1970 Kizildere I.P. Etudu Raporu.
16	Ugur Kaynak	1970	Eti Bank Maden Aramalar Subesi Agalik 1970 IP Etudu Raporu.
17	Ugur Kaynak	1970	Eti Bank Maden Aramalar Subesi Espiye Karilar Pirit Maden 1970 I.P. Etudu Raporu.
18	Unidentified	1975	Geophysical Data in Giresun-Espiye-Dikmen area.
19	Karaman, I.	1981	Geologic Research Front Report of Giresun-Espiye area.
20	Emin Hokelekli and Recal Boynukalin	1982	Israildere-Karilar-Karaerik-Kilitik Madeni Dogal Potansyel Calismalari.
21	Mustafa Cakir and Yusuf Cekic	1982	Giresun-Espiye Kilitik Yoresinin Jeoloji Raporu.
22	Seyran Sardar and Mustafa Demirhan	1987	Giresun-Espiye-Kilitik-Sahasi Bakir-Kursun-Cinko Aramalari Jeofizik Induklem Polarizasyon(I.P.) Etudu.
23	Mustafa Demirhan	1989	Giresun-Espiye-Cinakli-Karilar Sahasi Bakir-Kursun-Cinko Aramalari Induklenmis Polarizasyon(IP) Etudu.
24	Demir Export A.S.	1990	16.03.1988 Tarihli Anlasma Kapsamında Giresun-Espiye Guneyi Sahalarında 1989 Yilinda Yapilan Arama Calismalariyla İlgili Faaliyet Raporu.
25	Demir Export A.S.	1990	Lahanos Bakir-Cinko Yatagında Yapilan Arama ve Degerlendirme Calismalari.
26	Demir Export A.S.	1992	16.03.1988 Tarihli Anlasma Kapsamında Giresun-Espiye ve Tirebolu Sahalarında 1991 Yilinda Yapilan Arama Calismalariyla İlgili Faaliyet Raporu.
27	Demir Export A.S.	1993	Giresun-Espiye-Kizilkaya Cu-Zn Yataginın Jeoloji Raporu.
28	Demir Export A.S.	1994	16.03.1988 Tarihli Anlasma Kapsamında Giresun-Espiye ve Tirebolu Sahalarında Yapilan Arama Calismalariyla İlgili Faaliyet Raporu.
29	Demir Export A.S.	1995	16.03.1988 Tarihli Anlasma Kapsamında Giresun-Espiye Sahalarında Yapilan Arama Calismalariyla İlgili Faaliyet Raporu.

表 1 - 3 既存資料 (地質) 解析結果一覽表

Document Number	Author	Age	Area	Analytical Result
19	Karaman, I.	1981	Whole area	Explanation for the geological map drawn by MTA.
21	Mustafa Cakir and Yusuf Cektic	1982	Kililik	Six drill holes (massive sulfide Cu ore with Sp), shallower than 200m.
24	Demir Export A.S.	1990	Karilar	Several short drill holes. Massive pyrite ore & disseminated ore in Karilar.
			Agalik	Several short drill holes. Massive pyrite ore & disseminated ore in Agalik.
			Karaerik	Several drill holes. Disseminated ore in Karaerik.
25	Demir Export A.S.	1990	Lahanos mine	Many short (around 100m deep) drill holes. Massive sulfide ore & disseminated ore.
26	Demir Export A.S.	1992	Karaerik	CSAMT, resistivity & many drill holes. Disseminated sulfide ore & Mn oxide deposits (veinlet).
27	Demir Export A.S.	1993	Kizilkaya	Many short (around several tens meters deep) drill holes. Massive sulfide ore & disseminated ore.
28	Demir Export A.S.	1994	Whole area	Explanation for the geological map drawn by Demir Export
29	Demir Export A.S.	1995	Cimakli	Several drill holes. Massive sulfide ore & disseminated ore in Cimakli.
			Dikence	Disseminated ore in Dikence.
			Dikmen	Several drill holes. Massive sulfide ore & disseminated ore in Dikmen.
			Karaagacdere	Disseminated ore in Karaagacdere.

Document numbers are quite same as Table 1-2.

## 第2章 地質調査

### 2-1 調査方法

本地域の地質調査は地質踏査と地化学探査からなる。本地域では塊状硫化物鉱床の賦存が期待できるので、地質踏査により、詳細な地質状況と鉱化・変質状況を把握した。

地質踏査に当っては縮尺2万5千分の1の地形図を1万分の1に拡大し、これを使用してルートマップを作成した。踏査ルートは既存資料を解析し、最適などころを選定した。

塊状硫化物鉱床はある特定の層準に規制されて胚胎することから、地層区分には特に注意を払った。この鉱床の上・下盤はともに石英安山岩質で、類似した岩質を示すので、両者の区分のため、上・下盤の境界に狭在する泥質岩を鍵層とし追跡した。

踏査結果は、既存地質図と対比・補完することにより、新たな地質図に反映させた。代表的な岩種や岩相を示すものは顕微鏡による検討を行った。

地質平面を図2-1に、地質断面を図2-2に、地質模式層序を図2-3に、試料採取位置を図2-4に示す。岩石の顕微鏡観察結果を表2-1に示す。

### 2-2 調査結果

#### 2-2-1 地質概論

調査地域の地質は下位より、後期白亜系～前期暁新統に属するÇatak層、Kızılkaya層、Çağlayan層及び貫入岩類から構成されている。これら地層名はGüven et al. (1992)のトルコ北部の地質層序表に拠った。

#### 2-2-2 地質各論

##### 1. Çatak層

本層は、自破砕化作用を蒙った安山岩溶岩(Çad)及び同質火砕岩(Çif)を主とし、泥質岩～石灰質岩(Çms)を狭在する。西部及び南部のYağlı川流域に広く分布し、その層厚は1,000mを越える。緑泥石化作用及び緑簾石化作用が特徴的であり、広域的な熱水～低温変成変質作用を被っているが、強い変成作用は認められない。

安山岩溶岩(Çad)は暗緑色～淡緑色を呈する。安山岩質火砕岩薄層を狭在する。粒径1～2mmの長石を普通に含み、粒径が5～10mmの長石を含むところも認められる。有色鉱物は緑泥石に交代している。また石基や空隙には緑簾石や沸石が晶出している。顕微鏡観察(表2-1)によれば、斑晶は斜長石や普通角閃石からなり、石基はガラス、斜長石、鉄鉱物からなる。変質作用により石英、黄鉄鉱、緑泥石、セリサイト、方解石、緑簾石などからなる。

安山岩質火砕岩(Çif)は暗緑色～淡緑色の凝灰岩～凝灰角礫岩からなる。凝灰岩は層理が明瞭である。火砕岩の礫は木質礫からなる。層厚は200m以下である。鏡下では礫は安山岩の木質礫からなり、基質はガラスや斜長石からなる。変質作用により石英、粘土鉱物、方解石が生成している。

泥質岩(Çms)は灰緑色～灰褐色を呈し、層理が明瞭である。層厚は50m以下である。石灰質岩は灰色～灰白色を呈し、花崗岩貫入部付近では再結晶し、大理石化している。

Demir Export社の調査では、Çatak層相当層はÇağlayan層の上位層と位置づけられているが、本調査の結果、調査地域の西部のYağlı川流域で観察される本層とKızılkaya層の関係から、本層はKızılkaya層の下位層であることが判明した。



## 2. Kızılkaya層

本層は、自破砕化の激しい石英安山岩溶岩(Kdc)及び同質火砕岩(Kt1, Kt2)からなる。本地域の中央部Kızıl川流域や北部のYağlı川流域に広く分布する。特に中央部では地表に露出し、北部では上位層のÇağlayan層に覆われる場合が多い。

本層最上部にLahanos鉱床・Killik South鉱床（地域中央部）やAgalık鉱床（地域北部）などの塊状硫化物鉱床が胚胎する。Lahanos鉱床やその北方のÇalkaya地区ではその層厚を増し、1,000m以上にも達する。

本層には緑泥石化作用と絹雲母化作用が普遍的に認められ、広域的な熱水変質作用を被っているが、変成作用は認められない。特に、塊状硫化物鉱床周辺では、広域的な熱水変質作用のほか、鉱化作用に伴う白色粘土化変質作用が著しい。

石英安山岩質火砕岩(Kt1)は本層の最下位に位置する。緑色から淡緑色を呈する。層理の発達した凝灰岩～凝灰角礫岩からなる。火砕岩の礫は本質礫からなる。石英や長石を普通に含む。鏡下では、礫は石英安山岩の本質礫からなり、基質はガラス、斜長石、輝石や不透明鉱物などからなる。変質作用により、石英、黄鉄鉱、緑泥石などの粘土鉱物や方解石が生成している。

石英安山岩溶岩(Kdc)は緑色から淡緑色を呈する。石英安山岩質火砕岩の薄層を挟在する。長石や有色鉱物は緑色～白色の粘土鉱物に交代している。地区により岩質変化が若干認められる。つまり、石英や斜長石などの含有量に差があり、特に、Agalık鉱床・Killik South鉱床下盤を形成する石英安山岩溶岩は、Lahanos鉱床下盤のものより石英含有量が多い。鏡下では、斑晶は石英、斜長石や鉄鉱物からなり、石基はガラス、斜長石、輝石や不透明鉱物などからなる。変質作用により石英、黄鉄鉱、緑泥石やセリサイトなどの粘土鉱物や方解石などからなる。

石英安山岩質火砕岩(Kt2)は本層の最上位に位置する。緑色から淡緑色の凝灰岩を主とする。塊状硫化物鉱床と同層準である。塊状硫化物鉱床生成時に形成された赤褐色の鉄石英帯を伴う。鏡下では、基質はガラス、石英、斜長石や鉄鉱物などの不透明鉱物からなる。変質作用により石英、黄鉄鉱、緑泥石などの粘土鉱物や緑簾石が生成している。

## 3. Çağlayan層

本層は、自破砕状～塊状の石英安山岩溶岩(Cdp, Cdc)、石英安山岩質火砕岩(Clf)、ネバダイト質火砕岩(Cnv)、及び泥質岩(Cms)からなる。調査地域の北部に広く分布するとともに、中央部では、特に、高所にKızılkaya層を覆い分布している。地域北部では最大500～800mほどの層厚を有し、特に、北に向かうに従って層厚を増す。中央部のLahanos鉱床周辺では最大300m、Çalkaya地区周辺では最大500～800mの層厚を有する。広くモンモリロナイト化などの続成変質作用が認められるとともに、貫入岩付近では網状の鉱化作用に伴って、白色～赤褐色の熱水変質帯も認められる。

本層の石英安山岩溶岩(Cdp, Cdc)は、Kızılkaya層（鉱床層準）の石英安山岩(Kdc)と岩相的に類似している場合もある。従って、このような場所では、同層最下部の層理の発達した泥質岩(Cms)を鍵層として追跡し、両層を区分した。

石英安山岩溶岩は灰白色～淡緑色を呈する。粒径1～2mmの石英や長石の斑晶を含む斑状石英安山岩溶岩(Cdp)や、これら斑晶の少ない石英安山岩溶岩(Cdc)に分けられる。斑状石英安山岩はÇağlayan層の下位に比較的多く分布する。これら石英安山岩溶岩は、一般には灰白色～赤灰色を呈するが、変質作用を被った場所では、白色～淡緑色を呈する。特に赤鉄鉱化作用を強く受けているところでは赤色～褐色も呈する。

石英安山岩質火砕岩(Clf)は淡緑色～淡黄色を呈する。粒径1～2mmの石英や長石の斑晶を含む場合と含まない場合がある。変質作用を被った場所では白色～赤褐色を呈する。鏡下では、礫は石英安山岩本質礫からなり、基質はガラス、石英、斜長石からなる。変質作用により石英、粘土鉱物や、鉄鉱物が生成している。

ネバダイト質火砕岩(Cnv)は淡緑色～淡黄色～灰白色を呈する。粒径3～5mmの石英や長石の斑晶を普通に含み、固結度が低い。弱い層理が認められる。

泥質岩(Cms)は白色～緑灰色を呈し、層理の発達する泥岩、凝灰質泥岩や凝灰岩からなる。層厚は30m以下で、Çağlayan層の最下位に位置する。

#### 4. 貫入岩類

貫入岩類は、花崗質岩(Gr)、安山岩(Ad)や粗粒玄武岩(Do)のほか、種々の岩相を示す石英安山岩類が認められる。石英安山岩類は、野外調査に基づき、赤色石英安山岩(Dh)、斑状石英安山岩(Dp)、ネバダイト質石英安山岩(Nd)や黒雲母石英安山岩(Db)に区分される。

##### (1)花崗質岩(Gr)

本地域の南端に、直径1kmの小岩体の一部が分布する。灰白色を呈し、粒径1mm前後の等粒状の石英、長石や有色鉱物からなる。本岩体の熱変成作用により、Çatak層との接触部付近では、泥質岩はホルンフェルス化し、石灰岩は大石化している。

##### (2)安山岩(Ad)

本地域中央部のLahanos鉱床南方に小岩体として分布する。ほぼ東西方向に細長く分布し、長径は1.8km、短径は0.4kmである。Çağlayan層や赤色石英安山岩(Dh)を貫く。暗灰色を呈し、粒径1mm前後の長石や輝石の斑晶を含む。変質作用はほとんど被っていない。柱状節理をともなう。

鏡下では、斑晶は斜長石、普通角閃石や鉄鉱物からなり、石基はガラス、斜長石や不透明鉱物などからなる。変質作用により石英、緑泥石や方解石が生成している。

##### (3)粗粒玄武岩(Do)

本地域の東部、北部や南西部に小岩体として分布する。本岩体はÇağlayan層を貫き、ネバダイト質石英安山岩(Nd)に貫かれる。東部の岩体は東西や北北西方向に、北部や南西部の岩体は北北東方向に細長く分布する。長径は1km以下、短径は300m以下である。黒色から暗緑色を呈する。変質作用よりは風化作用を強く受け、砂岩状の岩相を呈する場合がある。

鏡下では斜長石、普通輝石やかんらん石からなり、石基はガラス、斜長石、輝石や不透明鉱物からなる。

##### (4)赤色石英安山岩(Dh)

本岩は主に、本地域の中央部に分布する。Çağlayan層を貫き、安山岩(Ad)に貫かれる。Lahanos鉱床やKillik鉱床周辺の本岩は、Kızılkaya層とÇağlayan層の境界や、Çağlayan層中の石英安山岩溶岩と火砕岩の境界に、地層と整合的に進入している。

本岩は溶岩円頂丘や小貫入岩体状に分布する。溶岩円頂丘状岩体は直径1km以下で、Lahanos鉱床南方やÇalkaya地区に分布している。小貫入岩体は細長く、主に北東方向を示すものが多いが、北北

東から北北西方向を示すものも認められる。

全般に赤灰色～赤褐色を呈し、鉄酸化物の含有量が多い(含有量5%程度)。塊状で節理の発達しているものが多い。石英や長石の斑晶は肉眼ではほとんど認められないが、径1mm前後の長石が認められる場合がある。鏡下では、斑晶は斜長石、普通角閃石や鉄鉱物からなり、石基はガラスからなる。変質作用により石英、黄鉄鉱、緑泥石などの粘土鉱物や赤鉄鉱が生成している。

変質作用を強く受けているところでは、白色から灰色粘土化帯を形成するとともに、赤鉄鉱の鉱染により赤褐色を呈するところも認められる。

#### (5)斑状石英安山岩(Dp)

本岩は主に、地域北部に小岩体状に分布する。Çağlayan層やネバダイト質石英安山岩(Nd)を貫く。北北東や北北西の方向に細長く貫入し、長径は1km以下、短径は300m以下である。灰白色～茶灰色を呈し、粒径1～2mmの石英や長石を普通に含むのが特徴である。岩質は、全般的には緻密・堅硬であり、塊状で節理が発達する。貫入岩には熱水変質作用は伴わない。

鏡下では、斑晶は石英、斜長石、黒雲母や鉄鉱物からなり、石基はガラス、石英、鉄鉱物からなる。変質作用により石英、緑泥石やセリサイトなどが生成している。

#### (6)ネバダイト質石英安山岩(Nd)

本岩は地域南部から北東部にかけて大規模岩体～小岩体として分布する。Çağlayan層を貫き、斑状石英安山岩(Dp)に貫かれる。北東部Çalkaya地区には、直径5km以上の円形状大規模貫入岩体に属する一部が分布し、中央部から南部にかけては小岩体が多数分布する。この小岩体は北東方向を示す場合が多く、北北東を示すものも認められる。

灰白色～灰色を呈し、粒径5mm程度の大型の石英及び斜長石を普遍的に含む。岩質は、全般的に緻密・堅硬であり、塊状を呈する。

鏡下では、斑晶は石英、斜長石、黒雲母や鉄鉱物からなり、石基はガラス、石英、斜長石や不透明鉱物からなる。変質作用により石英、緑泥石、セリサイトや緑簾石などが生成している。

Çalkaya地区に分布する本岩のÇağlayan層との境界部付近は、粘土化作用や赤鉄鉱化作用などの変質作用を被っているが、それ以外の地域での変質作用は小さい。

既存資料(DEMIR EXPORT, 1993)によれば、Çalkaya地区の本岩はKızılkaya層に区分されていたが、本岩体がÇağlayan層へ貫入している野外産状から、貫入岩に区分した。

#### (7)黒雲母石英安山岩(Db)

本岩は地域中央部に比較的大きな岩体から小岩体として分布する。本岩体はÇağlayan層を貫き、赤色石英安山岩(Dh)の捕獲岩を含む。貫入方向は北西ないし北北東を示し、大きな岩体は長径5km、短径1kmの規模であるが、小岩体は長径1km以下、短径200m以下である。

灰色～灰黒色を呈し、径1～2mm程度の長石や黒雲母が普遍的に認められる。岩質は、全般的には緻密・堅硬であり、しばしば流理構造が認められる。

Çağlayan層との境界部付近で白色の粘土化作用や赤褐色の赤鉄鉱化作用が認められたり、風化により砂状を呈するところ以外は、概ね新鮮である。

鏡下では、斑晶は石英、斜長石、黒雲母、普通角閃石や燐灰石からなり、石基はガラス、石英、斜長石や不透明鉱物からなる。変質作用により石英、黄鉄鉱や緑泥石などの粘土鉱物が生成してい

る。

### 2-2-3 地質構造

Çatak層分布域のうち、南東部では走向は北東、傾斜は北西方向を示す。南西～西部では走向は北西～北北西、傾斜は北東～東北東方向を示す。従って、Kızılkaya層は北東と北西～北北西の構造に規制され、かつ北に開いた盆状構造の中に堆積している。

Kızılkaya層分布域のうち、地域西部の最下位層分布域では、Çatak層と同様な北北西の走向と東北東の傾斜を有するが、地域中央部の同層上位層分布域では北北西の走向、東北東の緩傾斜か、北北東の走向、西北西の緩傾斜を示す場合が多い。つまりÇatak層中の盆状構造を埋めるように火山活動が活発化し、Kızılkaya層を堆積している。

Çağlayan層分布域のうち、地域中央部ではKızılkaya層と同様な堆積方向を有しているが、北部では東北東の走向、北北西の緩傾斜を示している。Çatak層からÇağlayan層に渡って、これら地層が北側に傾斜していることから、これら地層の堆積時代を通して、南部地域が相対的に隆起したことを示している。

貫入岩類はこれら地質構造を反映した貫入方向を示す。つまり、地域南部のÇatak層分布域では、主構造の北東方向と同方向の貫入方向を示すものが多い。地域中央部～北部のKızılkaya層とÇağlayan層分布域では、北東、北西方向のほか、北北西、北北東方向の貫入方向を示す。

本地域には連続性のある大規模な断層は認められないが、地域南部には北西と北東方向の断層が認められる。これら断層はともに高角の逆断層である。また、地域中央部Çalkaya地区のÇağlayan層中には、北東の走向を有する右横ずれ断層が、地域北部のÇağlayan層中には、北北西の走向方向を有する逆断層が認められる。

### 2-3 考 察

本地域の地質は白亜系に属し、下位よりÇatak層、Kızılkaya層、及びÇağlayan層からなる。これら地層は、主に火山岩及び火山砕屑岩からなり、これら地層の堆積の中心は、Çatak層が地域南部、Kızılkaya層が地域中央部、Çağlayan層が地域北部である。これら堆積物が主に火山性噴出物であるので、火山活動の中心も時代が新しくなるにつれて、南から北に移っている。

一方、地域南部のÇatak層は北東系と北西系の、中央部のKızılkaya層下位層は北西～北北西系と北東系の、中央部のKızılkaya層上位層とÇağlayan層は北北東と北北西の、また北部Çağlayan層は北東系の走向方向を有し、これら地層が北落としの傾斜を有することから、これら地層の堆積時代を通じて、南部のÇatak層分布域が相対的に隆起し、その北方の沈降域には、Kızılkaya層やÇağlayan層が厚く堆積したと考えられる。特に、Lahanos鉱床などの塊状硫化物鉱床は、Kızılkaya層を噴出し堆積した沈降域の中心部やその周辺に位置していると考えられる。

地域南部のÇatak層には北西と北東方向の高角逆断層が認められ、また中央部Çalkaya地区のÇağlayan層中には、北東の走向を有する右横ずれ断層が、北部のÇağlayan層中には、北北西の走向方向を有する逆断層が認められる。これらの断層のうち北東系の逆断層は、Çatak層の隆起とともに、北西～南東方向の圧縮場で、一方、北西系の逆断層や北東系の右横ずれ断層は東北東～西南西方向の圧縮場で形成されたと考えられる。

つまり、これらの地質構造現象から、地質構造発達履歴を考察すると

#### Çatak層噴出時

応力場：北西方向の引張り場

地質構造：北東方向の陥没構造

北東方向の断裂

#### Kızılkaya層噴出時

応力場：北西方向の圧縮場

地質構造：北東方向の隆起構造

北西方向の断裂

#### Çağlayan層噴出時

応力場：東北東方向の圧縮場

地質構造：北北西方向の隆起構造

北東ないし東西方向の断裂

#### 貫入岩形成時

応力場：南北方向の圧縮場

地質構造：北北西と北北東方向の断裂に沿う貫入

それ以前の断裂（北東と北西方向）に沿う貫入

と考えられる。

### 第3章 鉍微地・変質帯調査

#### 3-1 調査方法

本地域にはLahanos鉍床やKillik鉍床などの塊状硫化物鉍床が多数存在する。同タイプの新鉍床を発見するため、地質踏査により鉍化・変質状況を把握した。

調査方法は、まず既存資料により既知鉍床の鉍化・変質状況を解析し、それに基づき地質踏査ルートを選定した。これにより、既知鉍床の鉍化・変質状況をモデル化した。

その後、既知鉍床周辺や、地質踏査に基づき鉍床賦存ポテンシャルの高い地区に調査を広げ、塊状硫化物鉍床の胚胎する可能性の高い鉍化・変質帯を抽出した。

鉍化・変質帯調査に際しては、代表的な鉍石を採取するとともに、変質状況を明らかにするため変質岩を採取した。採取した鉍石は鉍石研磨片鑑定や化学分析に、変質岩はX線分析に供した。鉍石の化学分析元素はMn, Fe, Cu, Zn, Ag, Ba, Au, Pb, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, U, Th の18元素である。

鉍微地・変質帯の分布を図3-1に、鉍石分析結果を表3-1に、鉍石研磨片の顕微鏡観察結果を表3-2に、変質岩のX線回折結果を巻末資料A-2に示す。これら試料の採取位置を図2-4に示す。

#### 3-2 調査結果

##### 3-2-1 鉍化作用

###### 1. 既知鉍床

調査地域の既知鉍床としてはLahanos (ラハノス), Killik (キリック), Keçelik (ケプチェリク), Kızılkaya (クズルカヤ), Dikmen (ディクメン), Ağalık (アーリック), Çimaklı (チマクル), Karılar (カルラール), Karaerik (カラエリク) などの鉍床が知られている。Lahanos鉍床は現在稼行されているが、その他の鉍床は休止中である。

これら鉍床のうち、Lahanos鉍床からKızılkaya鉍床までは調査地域中央部に、Dikmen鉍床は地域東部に、またAğalık~Karaerikまでは地域北部に位置する(図3-1)。なお、Killik鉍床は隣接した2地区に分かれて分布するので北側の鉍床をKillik North, 南側の鉍床をKillik South鉍床と呼称する。各鉍床の特徴を次に述べる。

###### (1) Lahanos鉍床

本鉍床は調査地域の中央部に位置する。現在、Demir Export Coが坑内採掘を行っている。Demir Export(1990)によると、ボーリング14箇所、総掘進長1,315mの探鉍で、推定鉍量は230万トン、平均品位Cu3.6%, Zn2.3%の鉍体を捕捉している。

本鉍床はKızılkaya層石英安山岩溶岩(Kdc)の最上部に胚胎する塊状硫化物鉍床である。鉍床層準タフ(Kt2)には、1m以下の鉄石英帯が認められる。鉍床の上盤はÇağlayan層の泥質岩(Cms)や石英安山岩溶岩(Cdc), 火砕岩(Ctf)などである。また、鉍床上盤の一部では赤色石英安山岩(Dh)が鉍体と上盤の境界部に沿って進入しているところも認められる。

鉍体の厚さは最大15m, 平均3~5mである。鉍石は塊状・礫状の黄鉍・半黒鉍を主とし、珪鉍や硫化鉍を作る。顕微鏡観察(表3-2)では、黄鉍質鉍石では黄鉄鉍, 黄銅鉍, 閃亜鉛鉍, 重晶石を主とし, 方鉛鉍, 四面銅鉍, 斑銅鉍や硫砒鉄鉍などを伴う。半黒鉍質鉍石は黄鉄鉍, 閃亜鉛鉍, 黄銅鉍を主とし, 方鉛鉍, 四面銅鉍や重晶石を伴う。硫化鉍は黄鉄鉍を主とし, 閃亜鉛鉍, 黄銅鉍, 方鉛鉍や四面銅鉍を伴う。脈石鉍物では, 重晶石のほか石英, セリサイト, 炭酸塩鉍物も報

告されている。鉱石には黄鉄鉱、黄銅鉱や閃亜鉛鉱によるコロフォーム組織が顕著に観察され、フロンボイダルな黄鉄鉱も認められる。

本調査による化学分析(表3-1)ではAu0.4~6.3g/t, Ag7~490g/t, Cu0.28~24.20%, Pb<0.01~3.64%, Zn0.31~20.00%, Fe9.61~45.80%, Mn<0.01~0.08%, Ba0.01~21.60%, La<1~3ppm, Ce1~13ppm, Nd<5ppm, Sm<1~7ppm, Eu<1ppm, Tb<1~2ppm, Yb1ppm, Lu<1ppm, U<1~10ppm, Th<1~1ppmである。

黄鉱ではAu, Ag, Cuの含有量が高く、半黒鉱ではAu, Ag, Znの含有量が高い。硫化鉱ではこれら分析元素の含有量が低い。Baは黄鉱や半黒鉱の一部では、含有量が10%を越える。

鉱床の下盤のKızılkaya層は、強い白色粘土化変質作用を主とし、一部で珪化や黄鉄鉱鉱染の強いところも見られる。上盤のÇağlayan層も、塊状硫化物鉱床生成後の新しい熱水変質作用により、粘土化や赤鉄鉱化作用を受けている。

## (2) Killik North及びKillik South鉱床

本鉱床はLahanosの南方2km(Killik North)と、3km(Killik South)に位置する。ボーリング27本、総掘進長2,440mの探鉱により、推定鉱量17万2千トン、平均品位Cu1.1%, Zn2.5%, Pb0.7%の鉱体を捕捉したが、9万トンの鉱量を残して休止している。

両鉱床とも塊状硫化物鉱床である。Killik North鉱床の下盤は、塊状硫化物鉱床の層準タフである、Kızılkaya層の石英安山岩質火砕岩(Kt2)で、上盤はÇağlayan層の泥質岩(Cms)や石英安山岩質火砕岩(Ctf)である。安山岩が鉱体を分断するように貫入している。

Killik South鉱床の下盤は、Kızılkaya層の石英安山岩溶岩(Kdc)や同質火砕岩(Kt2)で、上盤はÇağlayan層の泥質岩(Cms)や石英安山岩質火砕岩(Ctf)である。石英安山岩溶岩は粒径2~3mmの石英や斜長石を普通に含み、斑状であり、Lahanos鉱床の下盤石英安山岩溶岩の無斑晶質な岩質と異なる。

塊状・礫状の黄銅質鉱石・半黒銅質鉱石・硫化鉱や、網状の珪鉱が認められる。鏡下では、黄銅質鉱石は黄銅鉱、黄鉄鉱、閃亜鉛鉱を主とし、方鉛鉱、四面銅鉱や重晶石を伴う。半黒銅質鉱石は黄鉄鉱、重晶石、閃亜鉛鉱、黄銅鉱からなる。硫化鉱は黄鉄鉱と重晶石を主とし、閃亜鉛鉱、黄銅鉱や四面銅鉱を伴う。珪鉱は石英、黄鉄鉱を主とし閃亜鉛鉱を伴う。脈石鉱物では重晶石のほか石英、セリサイト、炭酸塩鉱物も報告されている。鉱石には黄鉄鉱によるコロフォーム組織が顕著に観察される。

化学分析では、Au0.08~6.98g/t, Ag2~132.0g/t, Cu0.02~16.20%, Pb<0.01~2.22%, Zn0.02~5.79%, Fe6.10~29.80%, Mn<0.01%, Ba0.29~17.50%, La<0.1~8ppm, Ce1~19ppm, Nd<5~9ppm, Sm<1~2ppm, Eu<1ppm, Tb<1~2ppm, Yb1~2ppm, Lu<1ppm, U<1~6ppm, Th≤1ppmである。

黄鉱ではAu, Ag, Cu, Znの含有量が高く、珪鉱ではこれら分析元素の含有量が低い。Baは硫化鉱や黄鉱の一部で10%を越える。

## (3) Keçcelik鉱床

本鉱床は調査地域の東南部に位置する。Etibankの探鉱ボーリング(2箇所)が実施され、鉱体延長部が捕捉されている。

本鉱床は、Kızılkaya層最上部に胚胎する塊状硫化物鉱床で、下盤はKızılkaya層の石英安山岩質火砕岩(Kt2)で、上盤はÇağlayan層の泥質岩(Cms)や石英安山岩質火砕岩(Ctf)である。斑状石英安山岩(Dp)や赤色石英安山岩(Dh)が鉱体と上盤の境界部に沿って侵入している。

鉱石は半黒銅質鉱石、硫化鉱や珪鉱などからなる。鏡下では、半黒銅質鉱石は閃亜鉛鉱、黄鉄鉱

や黄銅鉱を主とし、方鉛鉱、四面銅鉱や石英を伴う。一部黄鉄鉱にコロフォーム組織が観察される。珪鉱は石英、黄鉄鉱を主とし、閃亜鉛鉱や石英やセリサイトなどの脈石鉱物を伴う。

化学分析では、Au0.01~3.75g/t, Ag2~281g/t, Cu0.02~24.50%, Pb<0.01~10.50%, Zn0.44~31.20%, Fe7.75~32.20%, Mn<0.01~0.03%, Ba0.02~1.07%, La<1ppm, Ce<1~7ppm, Nd<5ppm, Sm<1ppm, Eu<1ppm, Tb≤1ppm, Yb<1ppm, Lu<1ppm, U<1~4ppm, Th<1ppmである。

黄鉄鉱ではAu, Ag, Cu, Pb, Znの含有量が高く、珪鉱ではこれら分析元素の含有量が低い。Baの含有量は1%以下である。

#### (4) Kızılkaya鉱床

本鉱床は調査地域の中央部に位置する。過去に大規模に採行され、Demir Exportによる探鉱ボーリング(37箇所、総掘進長1,741m)によれば、残存の鉱量は32万トン、品位はCu3.5%, Zn2.8%, Pb0.7%, Ag77g/tである。

本鉱床には、Kızılkaya層中の珪化した網状や鉱染状鉱体や、Kızılkaya層の石英安山岩溶岩(Kdc)を下盤、Çağlayan層の泥質岩(Cms)や石英安山岩質火砕岩(Clf)を上盤とする塊状硫化物鉱体がある。網状~鉱染状鉱体は1km×1kmと分布が広く、珪化のほか粘土化や赤鉄鉱作用も強く受けている。また、この珪化作用は鉱床周辺のÇağlayan層にも強く及んでいる。網状~鉱染状鉱体には塊状の硫化物鉱物が濃集する箇所も報告されている。

鉱石には塊状の黒鉄質鉱石、硫化鉱や網状の珪鉱などからなる。鏡下では、黒鉄質鉱石は閃亜鉛鉱と方鉛鉱を主とし、黄鉄鉱、黄銅鉱や四面銅鉱を伴う。硫化鉱は黄鉄鉱と重晶石を主とし、閃亜鉛鉱や黄銅鉱を伴う。脈石鉱物として、重晶石のほか石英、炭酸塩鉱物(菱鉄鉱、アンケライト、菱マンガン鉱)やセリサイトが報告されている。酸化帯には二次鉱物の褐鉄鉱、赤鉄鉱、斑銅鉱、銅藍が認められる。黄鉄鉱にコロフォーム組織が普通に観察される。

化学分析では、Au0.09~3.71g/t, Ag2~212g/t, Cu<0.01~0.08%, Pb<0.01~14.7%, Zn<0.01~4.26%, Fe1.20~33.20%, Mn<0.01%, Ba0.01~33.90%, La<0.1~6ppm, Ce<1~13ppm, Nd<5~5ppm, Sm<1~1ppm, Eu<1ppm, Tb≤1ppm, Yb<1ppm, Lu<1~2ppm, U<1~2ppm, Th<1~2ppmである。

黒鉄質鉱石ではAu, Ag, Pb, Znの含有量が高いが、硫化鉱や珪鉱ではこれら分析元素の含有量が低い。Baの含有量は、黒鉄や硫化鉱の一部で30%を超える。

#### (5) Dikmen鉱床

本鉱床は調査地域の東部に位置する。Etibankの探鉱ボーリング(5箇所、層掘進長600m)によれば、推定鉱量は30万トンで、品位はCu0.9%である。

本鉱床は、Kızılkaya層最上部に胚胎する塊状硫化物鉱床で、下盤はKızılkaya層の石英安山岩溶岩(Kdc)や同質火砕岩(K12)で、上盤はÇağlayan層の泥質岩(Cms)や石英安山岩質火砕岩(Clf)である。

鉱石は塊状~礫状の硫化鉱や網状の珪鉱などからなる。鏡下では、硫化鉱は黄鉄鉱を主とし、閃亜鉛鉱を伴う。四面銅鉱、石英や炭酸塩鉱物の随伴も報告されている。

化学分析では、Au0.01~0.17g/t, Ag1~30g/t, Cu<0.1~1.28%, Pb<0.01~0.62%, Zn<0.01~7.51%, Fe2.91~23.10%, Mn<0.01%, Ba0.01~0.08%, La<1~5ppm, Ce2~10ppm, Nd<5ppm, Sm<1ppm, Eu<1ppm, Tb<1ppm, Yb<1ppm, Lu<1ppm, U≤ppm, Th≤ppmである。

珪鉱の一部ではZnの含有量の高いものもあるが、硫化鉱や珪鉱ではこれら分析元素の含有量が低い。Baの含有量も、これら鉱石では1%以下である。



#### (6) Ağalık 鉱床

本鉱床は調査地域の北部に位置する。MTAやEtibankにより探鉱が実施され、推定鉱量140万トン、品位Cu0.6%, Zn2.0%, Ag96g/tの鉱体を捕捉している。

本鉱床はKızılkaya層最上部に胚胎する塊状硫化物鉱床で、下盤はKızılkaya層の石英安山岩溶岩(Kdc)で、上盤はÇağlayan層の石英安山岩質火砕岩(Ctf)である。石英安山岩溶岩はKepçelik鉱床の下盤と同様に、粒径2~4mmの石英や斜長石を普通に含み、斑状であり、Lahanos鉱床の下盤石英安山岩溶岩と無斑晶質な岩質と異なる。

鉱石は塊状~礫状の硫化鉱を主とする。鏡下では、硫化鉱は黄鉄鉱と閃亜鉛鉱を主とする。重晶石と黄銅鉱の随伴も報告されている。

化学分析では、Au0.72~0.78g/t, Ag16~31g/t, Cu<0.01~0.05%, Pb0.02%, Zn0.08~0.18%, Fe44.2~44.5%, Mn<0.01%, Ba0.10~0.93%, La<0.1ppm, Ce2~3ppm, Nd<5ppm, Sm<1ppm, Eu<1ppm, Tb<1ppm, Yb<1ppm, Lu<1ppm, U<1ppm, Th<1ppmである。分析試料は硫化鉱でAu, Ag, Cu, Pb, Zn, Baの含有量が低く、Feの含有量が高い。

#### (7) Çimaklı 鉱床

本鉱床は調査地域の北部に位置する。MTAやEtibankにより探鉱ボーリング(5箇所、総掘進長845m)などが実施された。

本鉱床はKızılkaya層最上部に胚胎する塊状硫化物鉱床で、下盤はKızılkaya層の石英安山岩溶岩(Kdc)で、上盤はÇağlayan層の石英安山岩質火砕岩(Ctf)である。石英安山岩溶岩はKepçelik鉱床やAğalık鉱床の下盤と同様に、粒径2~4mmの石英や斜長石を普通に含み、斑状であり、Lahanos鉱床の下盤石英安山岩溶岩の無斑晶質な岩質と異なる。赤色石英安山岩(Dh)が鉱体と上盤の境界部に沿って進入しているところも報告されている。

鉱石は珪鉱や硫化鉱を主とする。鏡下では黄鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱を主とし、四面銅鉱、方鉛鉱、銀鉱物を随伴することが報告されている。脈石鉱物は石英、重晶石、セリサイトや炭酸塩鉱物からなる。石英安山岩溶岩(Kdc)の粘土化が激しく、カオリン化作用を被っている。

#### (8) Karılar 鉱床

本鉱床は調査地域の北部に位置する。MTAやEtibankにより探鉱ボーリング(3箇所、総掘進長325m)などが実施され、推定鉱量10万トン、品位Cu0.5~1.1%, Zn0.7~2.5%, Pb1.0%, Ag50~69g/t, Fe46.2%が捕捉されている。

本鉱床は、Çağlayan層中の石英安山岩質火砕岩(Ctf)や石英安山岩溶岩(Cdc)中に胚胎する網状~鉱染状の鉱体からなる。網状鉱体中には塊状の硫化鉱が濃集するところも報告されている。

鉱石は網状や鉱染状の珪鉱や、塊状の硫化鉱を主とする。鏡下では硫化鉱は黄鉄鉱と閃亜鉛鉱を主とし、黄銅鉱や石英を伴う。脈石鉱物では石英のほか、重晶石や炭酸塩鉱物も報告されている。

化学分析では、Au0.07g/t, Ag1~2g/t, Cu<0.01~0.05%, Pb<0.01%, Zn0.02~0.03%, Fe44.60~46.50%, Mn<0.01%, Ba≤0.01%, La≤1ppm, Ce3~6ppm, Nd<5ppm, Sm<1ppm, Eu<1ppm, Tb<1ppm, Yb<1ppm, Lu<1ppm, U<1ppm, Th<1ppmである。化学分析試料は硫化鉱でAu, Ag, Cu, Pb, Zn, Baの含有量が低く、Feの含有量が高い。

### (9) Karaerik 鉍床

本鉍床は調査地域の北部に位置する。MTAやEtibankにより探鉍ボーリング（7箇所、総掘進長1,030m）などが実施され、網状から鉍染状鉍体が捕捉された。

本鉍床は、Çağlayan層中の石英安山岩質火砕岩(Ctf)や石英安山岩溶岩(Cdc)中に胚胎する網状～鉍染状の鉍体からなる。網状鉍体中には塊状の硫化鉍が濃集するところも報告されている。鉍体周辺では斑状石英安山岩(Dp)の貫入も報告されている。

鉍石は網状や鉍染状の珪質～硫化鉍を主とし、塊状の硫化鉍を伴う。鏡下では硫化鉍は黄鉄鉍を主とし、閃亜鉛鉍を伴う。黄銅鉍、石英、重晶石や炭酸塩鉍物の随伴も報告されている。また貫入岩の境界部にはマンガン酸化物細脈も報告されている。網状鉍体周辺は変質作用により珪化、セリサイト化、褐鉄鉍化を受けている。

化学分析では、Au0.55g/t, Ag2g/t, Cu0.025%, Pb<0.01%, Zn0.01%, Fe46.60%, Mn<0.01%, Ba<0.01%, La<1ppm, Ce<1ppm, Nd<5ppm, Sm<1ppm, Eu<1ppm, Tb<1ppm, Yb<1ppm, Lu<1ppm, U1ppm, Th<1ppmである。化学分析試料は硫化鉍でAu, Ag, Cu, Pb, Zn, Baの含有量が低く、Feの含有量が高い。

## 2. 新規鉍化帯

本格的な探鉍が実施されておらず、塊状硫化物鉍床を胚胎するKızılkaya層の鉍化・変質作用が強く、さらに同層が上盤のÇağlayan層に覆われている、次の2地区が、新規鉍化帯として有望である。

### (1) Bitene地区

本地区は調査地域中央部に位置する。Lahanos鉍床とKillik鉍床の中間に位置する。MTAにより調査がなされたこともあるが、本格的な探鉍はまだ実施されていない。

鉍化・変質帯はKızıl川枝沢に広く分布し、鉍石の転石も確認される。野外調査により、本鉍徴からはKızılkaya層最上部に胚胎する塊状硫化物鉍床が期待でき、下盤はKızılkaya層の石英安山岩溶岩(Kdc)で、上盤はÇağlayan層の石英安山岩質火砕岩(Ctf)と予想される。石英安山岩溶岩はLahanos鉍床の下盤石英安山岩溶岩のような無斑晶質な岩質である。赤色石英安山岩(Dh)が鉍徴と上盤の境界部沿って進入しているところもある。安山岩(Ad)がさらにこれら岩体や鉍徴を分断して貫入している。

鉍石（転石）は塊状の半黒鉍質鉍石や硫化鉍からなる。半黒鉍質鉍石は縞状構造を有する。鏡下では硫化鉍質鉍石は黄鉄鉍、閃亜鉛鉍、重晶石を主としている。黄鉄鉍にはフランボイダルな形状のものも認められる。脈石鉍物では石英とセリサイトも報告されている。

鉍石の化学分析では、Au<0.01~0.20g/t, Ag1~3g/t, Cu<0.01~0.06%, Pb≤0.01%, Zn≤1%, Fe5.22~31.20%, Mn<0.01%, Ba0.04~0.58%, La2~5ppm, Ce5~8ppm, Nd<5ppm, Sm<1~2ppm, Eu<1ppm, Tb<1~2ppm, Yb2ppm, Lu<1ppm, U3~13ppm, Th3~4ppmである。分析した硫化鉍と珪鉍試料ではAu, Ag, Cu, Pb, Zn, Baの含有量が低い。

### (2) Çalkaya~Taflancık köyü地区

本地区は調査地域の東部に位置する。本地区では本格的な探鉍は実施されていない。

鉍化・変質帯がKızılkaya層の石英安山岩溶岩(Kdc)やÇağlayan層の石英安山岩質火砕岩(Ctf)に認められる。珪化や粘土化変質が強く、黄鉄鉍の鉍染も認められる。しかし、Çağlayan層の石英安山岩

溶岩(Cdc)等がKızılkaya層を厚く被覆し、赤色石英安山岩(Dh)等で貫入されているところは、Kızılkaya層の鉍微は地表からは直接確認できなかった。

Çağlayan層に覆われる箇所ではIP法調査を実施した結果、Çağlayan層の石英安山岩質火砕岩(Ctf)や斑状石英安山岩溶岩(Cdp)や、Kızılkaya層との境界部付近IPに異常が認められ、Kızılkaya層の最上部に塊状硫化物の鉍化帯の分布が予想される。

化学分析では、Au2.74g/t、Ag21g/t、Cu0.01%、Pb0.09%、Zn0.08%、Fe9.05%、Mn<0.01%、Ba0.01%、La4ppm、Ce8ppm、Nd<5ppm、Sm<1ppm、Eu<1ppm、Tb<1ppm、Yb<1ppm、Lu<1ppm、U1ppm、Th<1ppmである。分析した珪質鉍石試料ではAuを含有する。

### 3. その他鉍化帯

上記鉍化帯の他に、次に述べるような、規模の小さいKızılkaya層やÇağlayan層中の鉍化帯がある。

#### (1) Dikence鉍化帯

本鉍化帯はLahanos鉍床とÇimaklı鉍床の中間に位置する。MTAの探鉍ボーリング（1箇所、層掘進長150m）が実施され、小規模の鉍化帯が捕捉された。

鉍化帯はÇağlayan層の石英安山岩溶岩(Cdc)や石英安山岩質火砕岩(Ctf)中にある。周辺には赤色石英安山岩(Dh)や黒雲母石英安山岩(Db)などが貫入している。鉍床は小規模の網状から層状の鉍体からなる。鉍石鉍物は黄鉄鉍、閃亜鉛鉍、黄銅鉍からなり、脈石鉍物は石英、セリサイト、重晶石などからなることが報告されている。

#### (2) Karaağaç地区

本鉍化帯はKızılkaya鉍床の1.5km北方に位置する。MTAにより、既知鉍化帯の延長部で探鉍ボーリング（3箇所、層掘進長500m）が実施されたが、鉍床は捕捉されなかった。

鉍化帯はKızılkaya層最上部に胚胎する塊状硫化物鉍床に関係すると予想され、下盤はKızılkaya層の石英安山岩溶岩(Kdc)で、上盤はÇağlayan層の泥質岩(Cms)や石英安山岩質火砕岩(Ctf)である。周辺には粗粒玄武岩(Do)などが貫入している。

本鉍化帯はKızılkaya層の網状～鉍染状鉍体からなる。鉍石鉍物は黄鉄鉍、黄銅鉍、閃亜鉛鉍、方鉛鉍からなり、脈石鉍物は石英、セリサイト、重晶石などからなる。

#### (3) その他

Lahanos鉍床とKillik鉍床間や、Killik鉍床とKepçelik鉍床間のÇağlayan層や貫入岩分布域には鉍化帯が分布する。珪化、粘土化や赤鉄鉍化作用により生成された変質帯中に黄鉄鉍や閃亜鉛鉍などの鉍染が認められる。

また、Kızılkaya層の広く分布する地域中央部のKızıl川流域や、地域東部のKozköy地区では石英安山岩溶岩(Kdc)中に黄鉄鉍や閃亜鉛鉍などからなる、鉍染～網状の鉍化帯が認められる。化学分析では、Au0.01～0.05g/t、Ag1g/t、Cu<0.01%、Pb<0.01%、Zn<0.01%、Fe20.70～36.40%、Mn<0.01%、Ba0.02～0.04%、La<1～16ppm、Ce2～38ppm、Nd<5～20ppm、Sm<1～2ppm、Eu<1ppm、Tb<1～2ppm、Yb<1ppm、Lu<1ppm、U1ppm、Th<1ppmである。分析した硫化鉍質鉍石試料では、これら分析元素の濃集は認められなかった。

### 3-2-2 変質作用

変質岩石などのX線分析により石英(20.8), クリストバライト(21.8), トリディマイト(20.7), 斜長石(27.7), 曹長石(28.0), カリ長石(27.5), ハロイサイト(9.5), モンモリロナイト(6.0-7.0), セリサイト(8.8), 緑泥石(12.4), カオリナイト(12.3), ディッカイト(12.3), パイロフィライト(9.5), 明礬石(30.0), 方解石(29.5), 苦灰石(30.8), 菱鉄鉱(32.0), 緑簾石(17.6), 斜プチロル沸石(9.7), モルデン沸石(9.7), 濁沸石(9.4), 東沸石(9.6), 方沸石(15.8), フェリエライト(10.4), 黄鉄鉱(33.2), 閃亜鉛鉱(28.4), 方鉛鉱(30.0), 赤鉄鉱(33.7), 褐鉄鉱(21.3), 重晶石(26.0), 硬石膏(25.6), 黒雲母(8.7), コランダム(36.7), 鋭錐石(25.3)が同定された。

X線分析結果(巻末資料A-2)には, カッコ内の2θ値(CuKα使用)のピーク強度(2,000cpsを100とする)を用いて表示した。

変質作用を広域変質作用と鉱化変質作用の2タイプに区分した。変質帯の分布や変質の状況は次の通りである。

#### 1. 広域変質作用

Çatak層は安山岩溶岩や同質火砕岩を主とし, 野外観察では全般的に緑色の変質を披っている。本調査域南部のÇatak層は, 変質作用により長石, 有色鉱物やガラスが変質鉱物で交代されている。変質鉱物としては, 主に石英, 曹長石, 緑泥石が生成し, 方解石, モンモリロナイト, 黄鉄鉱や沸石鉱物(東沸石, 濁沸石)などを伴っている。鉱化帯の付近ではセリサイトも随伴する。

調査域西部のÇatak層は, 南部より変質の程度が低い。つまり, 斜長石の曹長石化があまり進行していないため, 主にモンモリロナイトや, モンモリロナイト/セリサイト混合層鉱物が生成し, 石英, 黄鉄鉱, 曹長石, 方解石や沸石(モルデン沸石)などを伴っている。

Kızılkaya層は石英安山岩質溶岩や同質火砕岩などを主とし, 最上位に塊状硫化物鉱床を胚胎している。本層は調査域の中央部から北部にかけて広く分布し, 広域的な中程度から強い変質作用を受け, 淡緑色から灰白色を呈している。変質作用により原岩の長石やガラスは大部分が変質鉱物で交代されている。変質鉱物は石英, 曹長石, セリサイトや緑泥石を主とし, 黄鉄鉱, モンモリロナイトや菱鉄鉱などの炭酸塩鉱物を伴っている。

Çağlayan層は石英安山岩質溶岩や同質火砕岩などを主とする。本調査域の北部は, 野外観察によれば, 広域的な強い変質は受けていないため, 溶岩部では原岩の色彩をとどめていることも多い。しかし, 火砕岩は続成作用や弱い変質作用により, 淡黄色, 淡緑色や淡青色を呈するものが多い。また, 鉱化帯から離れているところでは, 原岩の長石やガラスなどが未変質で残存している場合が多い。変質鉱物はモンモリロナイトを主とし, モンモリロナイト/セリサイト混合層鉱物, クリストバライトやトリディマイトを随伴している。

一方, 調査域中央部は, 下位のKızılkaya層にLahanos鉱床などの鉱化帯を伴っているため, 北部より変質の程度が強く, 淡緑色を呈する場合が多い。原岩の長石やガラスなどの変質も北部より進行している。変質鉱物は曹長石, モンモリロナイト, モンモリロナイト/セリサイト混合層鉱物やクリストバライトなどからなっている。

貫入岩類は, 境界部に沿う強い鉱化変質部を除き, 広域的な変質作用の影響は弱く, モンモリロナイトが僅かに生成している程度である。

## 2. 鉍化変質作用

上述した広域的な変質作用のほか、鉍化作用に伴った変質作用が認められる。しかし、Çatak層分布域には大規模な鉍化変質作用は認められない。貫入岩の境界部周辺で鉍化変質作用が認められるところでは、曹長石-緑泥石変質帯中にセリサイトの強変質部が狭く分布する。

Kızılkaya層には塊状硫化物鉍床が胚胎するため、鉍床周辺には強変質帯が形成されている。特に、地域中央部のLahanos鉍床や隣接のBitene鉍化帯周辺、さらに地域東部のÇalkaya~Taflancık地区の鉍化変質体では石英、セリサイトのほかカオリナイト、ディッカイト、黄鉄鉍が多く生成し、明礬石、パイロフィライトやセリサイト/モンモリロナイト混合層鉍物などを随伴している。

一方、地域中央部のKillik鉍床、Kızılkaya鉍床、地域東南部~東部のKepçelik鉍床、Dikmen鉍床、や地域北部のAgalık鉍床やÇimaklı鉍床などの既知鉍床周辺では、中性環境下の変質鉍物である石英、セリサイトや黄鉄鉍を多く生成し、重晶石などを随伴しているが、カオリナイトなどの酸性環境下の鉍物を伴っていない。

Çağlayan層にも網状~鉍染状鉍床が胚胎するため、鉍床周辺には強変質帯が形成されている。地域中央部のLahanos~killik間や、Killik~Kepçelik間のÇağlayan層分布域には、網状~鉍染状の鉍化作用が断続的に分布し、その周辺は強変質帯を形成している。この鉍化変質帯には石英やセリサイト、黄鉄鉍が多く生成し、カオリナイトが随伴することもある。

また、同じく、地域東部のÇalkaya~Taflancık地区や、北部のKaraerik鉍床やKarılar鉍床周辺のÇağlayan層も鉍化変質作用により石英やセリサイト、黄鉄鉍が多く生成し、カオリナイト、赤鉄鉍が随伴している。

貫入岩周辺の強変質帯には石英やカオリナイトのほか赤鉄鉍など生成しているが、その分布範囲は狭い。

## 3-3 考察

### 1. 鉍床胚胎層準

本調査域の鉍床は、Kızılkaya層の最上位に胚胎する鉍床と、Çağlayan層中に胚胎する鉍床がある。野外調査や既存資料から、Kızılkaya層の最上位の鉍床は、層準に規制されていることから、堆積性の塊状硫化物鉍床と判断される。Çağlayan層中の鉍床は、下位のKızılkaya層やÇağlayan層を切っていることから、後生的な網状~鉍染状鉍床と判断される。

既知鉍床のうち、地域中央部のLahanos、Killik、Kızılkaya鉍床、南東部~東部のKepçelik、Dikmen鉍床や、北部のAgalık、Çimaklı鉍床は、Kızılkaya層の最上位に胚胎する塊状硫化物鉍床タイプである。一方、KarılarやKaraerik鉍床はÇağlayan層中に胚胎する網状~鉍染状鉍床タイプである。

### 2. 鉍床の形態、鉍石、鉍物、品位

塊状硫化物鉍床タイプは塊状~礫状の硫化鉍、黄鉄鉍、半黒鉍を主とする。下部には網状から鉍染状の珪化帯や、広範囲は粘土化帯を伴っている。網状~鉍染状鉍床タイプでは、珪化・粘土化帯中に硫化鉍を主とする網状~鉍染状の鉍体が胚胎している。網状鉍体の硫化鉍の一部は塊状を呈する。

塊状硫化物鉍床タイプの鉍石は黄鉄鉍、閃亜鉛鉍、黄銅鉍を主とし、方鉛鉍、四面銅鉍を伴う。脈石鉍物は重晶石を主とし、石英や粘土鉍物を伴う。黄鉄鉍にはコロフォーム組織が普通に認められる。

鉍石の化学分析の結果、LahanosやKillik鉍床の黄鉄質鉍石はAu、Ag、Cu、Pb、Znに富み、硫化鉍質鉍

石はFeに富み, Au, Ag, Cuを伴う傾向にある。Lahanos, Killik, Kızılkaya, Keçcelik鉱床の黒鉱～半黒鉱質はAu, Ag, Pb, Zn, を主とし, Cuを伴う傾向にある。一方, 珪鉱や硫化鉱はこれら分析元素に乏しい。

網状～鉱染状鉱床タイプの鉱石は黄鉄鉱を主とする硫化鉱で, 閃亜鉛鉱や黄銅鉱を微量に伴う。脈石鉱物は石英と粘土鉱物を主とする。黄鉄鉱にはコロフォーム組織は認められない。

鉱石の化学分析から, KarılarやKaraerikの硫化鉱は, Fe以外の分析元素の濃集は認められない。従って, 鉱石タイプ, 鉱物組合せや化学組成から, 網状～鉱染状鉱床より塊状硫化物鉱床のほうが品位的に期待できる。また, 塊状鉱体の規模も塊状硫化物鉱床の方が大きく, 経済的な価値が大きい。

### 3. 変質作用

広域的な変質作用と鉱化作用に伴う変質作用の特徴を層準別に下記にとりまとめた。

層 準 名	変 質 の タ イ プ	変 質 作 用
貫入岩類	①広域的変質:	未変質～弱変質作用 ・モンモリロナイト
	②鉱化変質: 貫入部付近 白色+赤色変質帯	中～強変質作用 酸性変質作用 ・石 英 ・カオリナイト ・赤鉄鉱/黄鉄鉱
Çağlayan層	①広域的変質: 淡緑色変質帯	弱変質作用 ・モンモリロナイト ・クリストパライト
	②鉱化変質: 白色+赤色変質帯 網状～鉱染状鉱床	中～強変質作用 酸性～中性変質作用 ・石 英 ・カオリナイト ・セリサイト ・黄鉄鉱/赤鉄鉱
Kızılkaya層	①広域的変質 淡緑色変質帯	中～強変質作用 中性変質作用 ・セリサイト ・緑泥石
	②鉱化変質: 白色変質帯 塊状硫化物鉱床	強変質作用 中性～酸性変質作用 ・石 英 ・セリサイト ・カオリナイト
Çatak層	①広域的変質 緑色変質帯	弱～中変質作用 中性～アルカリ性変質作用 ・緑泥石化 ・緑れん石化 ・沸 石

既知鉱床周辺の変質状況は次のような傾向を有する。つまり、Kızılkaya層に胚胎する塊状硫化物鉱床タイプのうち、Lahanos鉱床周辺はカオリナイト、ディッカイトまたは明礬石などからなる酸性変質帯を、一方、Killik, Kızılkaya, Kepçelik, Dikmen, AğalıkやÇimaklı鉱床周辺はセリサイトなどからなる中性変質帯を形成している。

Çağlayan層に胚胎する網状～鉱染状鉱床タイプのKaraerikやKarılılar鉱床周辺はカオリナイトやセリサイトなどからなる中性～酸性変質帯を形成している。

また、塊状硫化物鉱床付近の、Kızılkaya層を覆うÇağlayan層は、塊状硫化物鉱床生成後の後鉱化作用や貫入活動により、セリサイトなどからなる中性変質帯を形成している。

#### 4. 新規鉱化帯

既知の鉱化帯のほか、今回の調査で、Bitene地区、Çalkaya～Taflancık地区などの新規鉱微地や変質帯の状況が明らかになった。

Bitene地区はLahanos鉱床とKillik鉱床間に位置し、Lahanos鉱床のように、カオリナイトなどを含む酸性変質帯が発達しており、塊状硫化物タイプの硫化鉱や半黒鉱質鉱石も認められる。

Çalkaya～Taflancık地区は未探鉱地区である。本地区のKızılkaya層やÇağlayan層にもカオリナイトやセリサイトを含む中性～酸性の強変質帯が生成しており、変質のタイプから、Kızılkaya層には、Lahanos鉱床のような鉱微が期待できる。

また、Lahanos～Killik間やKillik～Kepçelik間のÇağlayan層も鉱化作用によりセリサイトなどの中性変質帯が生成している。既知の塊状硫化物鉱床周辺では、上盤のÇağlayan層も、後鉱化作用により、変質を受けている場合が多く、これら区間のÇağlayan層に覆われるKızılkaya層中にも塊状硫化物鉱床の鉱微が期待できる。

## 第4章 地化学探査

### 4-1 探査方法

地質踏査や鉍微地・変質帯調査により明らかになった鉍床賦存の高ポテンシャル地区で、新鉍床の示徴となる地化学異常帯を抽出するため、地化学探査を実施した。

地化学探査では岩石試料と土壌試料を採取した。岩石試料は主に、露岩発達地域でかつ、鉍床賦存の可能性の高いKızılkaya層とÇağlayan層分布域である、本地域中央部から北部地区で採取した。土壌試料は、表土の発達し、付近に既存の塊状硫化物鉍床が位置するÇalkaya~Lahanos~Killik間で採取した。採取間隔は鉍床高ポテンシャル地区で密に、その周辺で粗に採取した。土壌試料は土壌中で最も粘土化し、各種元素が濃集しているB層から採取し、これを風乾した後フルイにかけ、80メッシュ以下の土壌粒子試料に調整した。地化学探査で採取した岩石及び土壌試料は、化学分析に供した。

岩石の分析試料数は560試料である。岩石の化学分析元素(指示元素)はAu, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Mn, Fe, Mo, Ba, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, MnO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, LOIの23元素で、一部試料(50試料)で希土類元素(La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu)やU, Thなど10元素を追加した。

土壌の分析試料数は255試料である。土壌の化学分析元素はAu, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Mn, Fe, Mo, Baの11元素である。化学分析結果から各分析元素の基本統計量を算出するとともに、主成分分析を行い、塊状硫化物鉍床に関係する元素をグルーピングし、次年度の探鉍ボーリング箇所選定や地化学探査方法の指針とした。

地化学探査試料採取位置を図4-1に、地化学探査解析結果(岩石)を図4-2に、地化学探査解析結果(土壌)を図4-3に、化学分析値の基本統計量を表4-1に、化学分析値間の相関計数を表4-2に、主成分分析結果を表4-3に、化学分析値一覧表を巻末資料A-3に、また化学分析値の度数分布及び累積度数分布を巻末資料A-4に示す。

### 4-2 探査結果

#### 4-2-1 岩石地化学探査

岩石の化学分析値の基本統計量(表4-1)に示すようにAu, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Feは、算術平均も幾何平均も、岩石のバックグラウンド値(Rose, W. et al., 1979)よりも高い。Sb, Mn, Mo, Baのこれら平均値は、岩石のバックグラウンド値程度であるが、高濃度試料も認められる。一方、Ba, U, Thや希土類元素(La, Ce)のこれら平均値はバックグラウンド値よりも低い。

つまり、累積度数分布図(巻末資料A-4)に示すように、各元素の、一般的な岩石のバックグラウンド値より高濃度な試料数の割合(%)はAu(52%), Ag(91%), Cu(91%), Pb(100%), Zn(71%), As(80%), Sb(33%), Mn(43%), Fe(62%), Mo(18%), Ba(7%), La(0%), Ce(0%), U(0%), Th(6%)である。

各元素間の相関係数(表4-2)を、危険率1%で有意検定した。この時 $R(0.01)=0.16$ となり、これと各元素間の相関係数を比較すると、AuはCu, Pb, As, Sb, Moと正の相関があり、特にAs, Moとは $r=0.3$ 以上の相関を示す。一方、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, CaO, MgO, MnOとは負の相関がある。AgはCu, Pb, As, Sbと正の相関があるが、特に強い相関がある元素はない。

CuはAu, Ag, Pb, Zn, As, Sb, Fe, Mo, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, LOIと正の相関があり、特にPb, Zn, As, Sb, Feと高い。一方、SiO<sub>2</sub>とは $r=-0.3$ 以下の負の相関を示す。PbはAu, Ag, Cu, Zn, As, Sb, Fe, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, LOIと正の相関があり、特にCu, Zn, Sb, Fe, LOIと高い。一方、SiO<sub>2</sub>とは負の相関が高い。ZnはAg, Cu, Pb, Mn, Fe, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, CaO, MgO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, LOIと正の相関があり、特にCu, Pb, Mn, Fe, LOIと高い。一方、SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>Oとは負の相関があり、



特にSiO<sub>2</sub>と高い。

AsはAu, Ag, Cu, Pb, Zn, Sb, Mo, Baと正の相関があり、特にAu, Cu, Pb, Sb, Moと高い。一方、TiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O, CaO, MgOとは負の高い相関を示す。SbはAu, Ag, Cu, Pb, As, Mo, Baと正の相関があり、特にCu, Pb, As, Moと高い。一方、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, MgOとは負の相関が高い。MnはZn, Fe, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O, CaO, MgO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, LOIと正の相関が高い。一方Au, As, Sb, Mo, Ba, SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>Oとは負の相関があり、特に、As, Sb, Mo, SiO<sub>2</sub>とは高い。

FeはCu, Pb, Zn, Mn, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, CaO, MgO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, LOIと正の高い相関があり、Ba, SiO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とは負の高い相関がある。MoはAu, Cu, As, Sb, SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>Oと正の相関があり、特にAu, As, Sbと高い。一方、Mn, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O, CaO, MgO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, LOIとは負の相関があり、特にMn, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, CaO, MgOと高い。BaはMo, SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>Oと正の相関があり、特にSiO<sub>2</sub>と高い。一方、Zn, Mn, Fe, CaO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, LOIと負の相関を示し、特にFeと高い。

各元素の化学分析値の分布図を図4-2に示す。各元素の鉱化作用による溶脱・添加や岩質による変化が判るように、幾何平均 ( $\mu$ ) や標準偏差 ( $\sigma$ ) を基準に分析値を次のように区分し、分布図を作成した。

- |                                       |   |  |
|---------------------------------------|---|--|
| ① $\mu \sim \mu + 0.5\sigma$          | } | Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Mn, Fe, Mo, Ba,  |
| ② $\mu + 0.5\sigma \sim \mu + \sigma$ |   | SiO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , K <sub>2</sub> O, MgO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| ③ $> \mu + \sigma$                    |   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , LOI, La, Ce, U, Th   |

- |                                       |   |  |
|---------------------------------------|---|--|
| ① $\mu \sim \mu - 0.5\sigma$          | } | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub> , Na <sub>2</sub> O, CaO, MgO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| ② $\mu - 0.5\sigma \sim \mu - \sigma$ |   | MnO, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , LOI   |
| ③ $< \mu - \sigma$                    |   |  |

各元素の分布の特徴は次の通りである。

#### (1)Au

高濃度部は、Karaerikを除く、Lahanos, Killik, Kepçelik, DikmenやKarılarなどの既知鉱床周辺や、Lahanos~Killik間のBitene地区に分布する。これら高濃度部の基盤は、塊状硫化物鉱床を胚胎するKızılkaya層であるが、Dikence~Karaerik間では、Kızılkaya層の上位層であるÇağlayan層にも濃集部が認められる。地域南部及び西部でのÇatak層の一部でも濃集部が認められる。

#### (2)Ag

高濃度部はLahanos, Killik, Kızılkaya, Dikmen, ÇimaklıやKaraerikなどの既知鉱床周辺やLahanos~Killik間のBitene地区に分布する。しかし、Auのような高濃度分布のまとまりがなく、既知鉱床周辺以外でも、Çatak層~Çağlayan層のどの層にも高濃度部が広く分布している。

#### (3)Cu

高濃度部は、Ağalıkを除く、Lahanos, Killik, Kızılkaya, Kepçelik, DikmenやKaraerikなどの既知鉱床周辺に分布する。これら高濃度部は、主にKızılkaya層に認められる。

既知鉱床周辺以外では、調査地域東部のÇalkaya~Taflancıklı間や、地域中央部のLahanos~Dikence間の、Kızılkaya層やÇağlayan層に、高濃度部が分布している。

また、上記地区より弱い、調査地域の南部から西部縁辺のÇatak層にも濃集が認められる。

(4)Pb

高濃度部は、地域北部のAgalık, ÇimaklıやKaraerikを除く、Lahanos, Killik, Kızılkaya, Kepçelik, Dikmenなどの既知鉱床周辺に分布する。これら高濃度部は、主にKızılkaya層に認められるが、一部ではÇağlayan層にも及んでいる。

既知鉱床周辺以外では、Bitene地区のKızılkaya層や、地域中央部のLahanos～Dikence間のÇağlayan層に高濃度部が分布している。

また、上記地区より弱い、調査地域の南部から西部縁辺のÇatak層にも濃集が認められる。

(5)Zn

高濃度部は、Kızılkaya, Agalık, Karaerikを除く、Lahanos, Killik, Kepçelik, Dikmenなどの既知鉱床周辺に分布する。これら高濃度部は、主にKızılkaya層に認められるが、一部ではÇağlayan層にも及んでいる。

既知鉱床周辺以外では、Bitene地区のKızılkaya層や、Lahanos～Dikence, Killik～Kızılkaya, Çalkaya～Taflancık間のÇağlayan層に高濃度部が分布している。

また、上記地区より弱い、調査地域の南部から西部縁辺のÇatak層にも濃集が認められる。

(6)As

高濃度部はLahanos, Killik, Kızılkaya, Kepçelikなどの既知鉱床周辺すべてに分布する。これら高濃度部は、主にKızılkaya層に認められるが、一部ではÇağlayan層にも及んでいる。

既知鉱床周辺以外では、Bitene地区のKızılkaya層や、Lahanos～Dikence, Killik～Kepçelik, Çalkaya～Taflancık間のÇağlayan層に高濃度部が分布している。

(7)Sb

高濃度部は、Agalıkを除く、Lahanos, Killik, Kızılkaya, Kepçelikなどの既知鉱床周辺に分布する。これら高濃度部は、主にKızılkaya層に認められるが、一部ではÇağlayan層にも及んでいる。

既知鉱床周辺以外では、Lahanos～Dikence, Killik～Kepçelik, Çalkaya～Taflancık, Çalkaya～Kızılkaya間のÇağlayan層に高濃度部が分布している。

(8)Mn

高濃度部は調査地域南部～西部のÇatak層安山岩分布域や、北部の変質の弱いÇağlayan層分布域に認められる。LahanosやKızılkaya鉱床などの既知鉱床周辺のKızılkaya層では低濃度（溶脱部）で、Çağlayan層（マンガン酸化物鉱染部）では高濃度である。

(9)Fe

高濃度部は調査地域南部～西部のÇatak層安山岩分布域や、北部の変質の弱いÇağlayan層分布域に認められる。LahanosやKızılkaya鉱床などの既知鉱床周辺では低濃度部（溶脱部）と高濃度部（黄鉄鉱鉱染部）がともに分布する。

(10)Mo

高濃度部は、Karaerikを除き、Lahanos, Killik, Kepçelik, Kızılkayaなどの既知鉱床周辺に分布する。これら高濃度部は、主にKızılkaya層に認められるが、一部ではÇağlayan層にも及んでいる。

既知鉱床周辺以外では、Bitene地区のKızılkaya層や、Lahanos～Dikence, Çalkaya～Taflancık間のÇağlayan層に高濃度部が分布している。

#### (11)Ba

高濃度部はKillik, Kepçelik, Kızılkaya, Dikmen, Çimaklı鉱床などの既知鉱床周辺に分布する。これら高濃度部は、主にKızılkaya層に認められるが、一部ではÇağlayan層にも及んでいる。Lahanos鉱床周辺やBitene地区では濃集していない。

既知鉱床周辺以外では、Lahanos～Dikence, Killik～Kepçelik, Çalkaya～Taflancık間のÇağlayan層に高濃度部が分布している。

#### (12)SiO<sub>2</sub>

高濃度部はLahanos, Killik, Kepçelik, Kızılkaya鉱床など、すべての既知鉱床周辺に分布する。これら高濃度部は、主にKızılkaya層に認められるが、一部ではÇağlayan層にも及んでいる。

既知鉱床周辺以外では、Lahanos～Dikence, Killik～Kepçelik, Çalkaya～Taflancık間のÇağlayan層に高濃度部が分布している。

#### (13)TiO<sub>2</sub>

高濃度部は調査地域南部～西部のÇatak層安山岩分布域や、北部の変質の弱いÇağlayan層分布域に認められる。LahanosやKarılar鉱床などの既知鉱床の一部では周辺に高濃度部が残存しているが、その他の鉱床周辺では低濃度である。

#### (14)Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

高濃度部は調査地域南部～西部のÇatak層安山岩分布域や、中央部～北部のÇağlayan層分布域に認められる。LahanosやKarılar鉱床などの既知鉱床周辺では、一部を除き低濃度である。

#### (15)Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

高濃度部は調査地域南部のÇatak層安山岩分布域や、北部のÇağlayan層分布域に認められる。LahanosやKarılar鉱床などの既知鉱床周辺では、Kızılkaya層とÇağlayan層に低濃度部と高濃度部がともに分布する。

#### (16)CaO

高濃度部は調査地域南部～西部のÇatak層安山岩分布域や、北部のÇağlayan層分布域に認められる。すべての既知鉱床周辺のKızılkayaやÇağlayan層では低濃度である。

#### (17)MgO

高濃度部は調査地域南部～西部のÇatak層安山岩分布域や、北部の変質の弱いÇağlayan層分布域に認められる。すべての既知鉱床周辺のKızılkayaやÇağlayan層では低濃度である。

(18)Na<sub>2</sub>O

高濃度部は調査地域南部～西部のÇatak層安山岩分布域や、中央部～北部のÇağlayan層分布域に認められる。すべての既知鉱床周辺では低濃度である。

(19)K<sub>2</sub>O

高濃度部は、DikmenやKaraerikを除く、Lahanos, Killik, Kepçelik, Çimaklı, Karılar鉱床などの既知鉱床周辺に分布する。これら高濃度部は、主にKızılkaya層に認められるが、一部ではÇağlayan層にも及んでいる。

既知鉱床周辺以外では、Lahanos～Dikence, Killik～Kepçelik, Çalkaya～Taflancık間のÇağlayan層に高濃度部が分布している。

(20)P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

高濃度部は調査地域南部～西部のÇatak層安山岩分布域や、北部のÇağlayan層分布域に認められる。LahanosやKepçelik鉱床周辺では、Kızılkaya層とÇağlayan層に高濃度部が分布するが、その他の鉱床周辺では高濃度は認められない。

既知鉱床周辺以外では、Bitene地区のKızılkaya層や、Lahanos～Dikence, Killik～Kepçelik, Çalkaya～Taflancık間のÇağlayan層に高濃度部が分布している。

(21)LOI

高濃度部は調査地域西部のÇatak層安山岩分布域や、北部のÇağlayan層分布域に認められる。Lahanos, Kepçelik鉱床やBitene地区周辺でも、Kızılkaya層とÇağlayan層に高濃度部が分布するが、その他の鉱床周辺では高濃度部は認められない。

(22)La, Ce

Lahanos～Bitene間で分布傾向を検討した。変質の強いKızılkaya層とÇağlayan層で低濃度で、変質の弱いKızılkaya, Çağlayan層や貫入岩分布域で高濃度である。

(23)U, Th

Lahanos～Bitene間で分布傾向を検討した。Lahanos鉱床周辺のKızılkaya層やÇağlayan層で高濃度である。

4-2-2 土壌化学探査

土壌の化学分析値の基本統計量(表4-1)に示すようにAu, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Feは算術平均も幾何平均も土壌のバックグラウンド値(Rose, W. et al., 1979)よりも高い。Sb, Mn, Mo, Baのこれら平均値は土壌のバックグラウンド値程度であるが、高濃度試料も認められる。つまり、累積度数分布図(巻末試料A-4)に示すように、各元素の一般的な土壌のバックグラウンド値より高濃度な試料数の割合(%)はAu(75%), Ag(82%), Cu(95%), Pb(100%), Zn(96%), As(89%), Sb(13%), Mn(51%), Fe(75%), Mo(41%), Ba(34%)である。

各元素間の相関係数(表4-2)を、危険率1%で有意検定した。この時 $R(0.01)=0.25$ となり、これと各元素間の相関係数を比較すると、AuはAg, Cu, Pb, As, Sb, Fe, Baと正の相関があり、特にPb, A

sとは $r=0.4$ 以上と高い。AgはAu, Cu, Pb, As, Sb, Baと正の相関があるが、特に強い相関がある元素はない。CuはAu, Ag, Pb, Zn, As, Sb, Fe, Baと正の相関があり、特にPb, Zn, As, Feと高い。PbはAu, Ag, Cu, Zn, As, Sb, Fe, Mo, Baと正の相関があり、特にAu, Zn, As, Sb, Feと高い。ZnはCu, Pb, As, Sb, Mn, Feと正の相関があり、特にCu, Pb, Mn, Feと高い。AsはAu, Ag, Cu, Pb, Zn, Sb, Fe, Mo, Baと正の相関があり、特にAu, Cu, Pb, Sb, Baと高い。SbはAu, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Fe, Mo, Baと正の相関があり、特にPb, Asと高い。MnはZn, Feと正の相関があり、Moと負の相関がある。FeはAu, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Mnと正の相関があり、特にCu, Pb, Znと強い。MoはPb, As, Sbと正の相関があり、Mnと負の相関があるが、特に高い相関のあるものはない。BaはAu, Ag, Cu, Pb, Asと正の相関があり、特にAsと高い。

各元素化学分析値の分布図を図4-3に示す。分布図には、分析値の幾何平均値( $\mu$ )以上を、標準偏差( $\sigma$ )を基準に、 $\mu \sim \mu + 0.5\sigma$ ,  $\mu + 0.5\sigma \sim \mu + \sigma$ ,  $\mu + \sigma$ 以上の3区分で表示した。各元素の分布の特徴は次の通りである。

#### (1)Au

高濃度部はLahanos North, Lahanos South, Bitene, DikenlidüzやKillik North地区に分布する。これら高濃度部の基盤は、塊状硫化物鉱床を胚胎するKızılkaya層であるが、Lahanos south~Killik North地区間ではKızılkaya層の上位層であるÇağlayan層にも濃集部が認められる。

低濃度部はToroman Tepe, GüzlekやMizuran地区の、特にÇağlayan層や貫入岩分布域に認められる。

#### (2)Ag

高濃度部はLahanos North, Lahanos South, DikenlidüzやKillik North, Killik South地区に分布する。これら高濃度部は主にKızılkaya層に認められるが、Lahanos south~Killik North地区間やKillik SouthではÇağlayan層にも濃集している。

低濃度部はToroman Tepe, Mizuran地区のÇağlayan層や貫入岩分布域や、GüzlekやBitene地区のKızılkaya層分布域に認められる。

#### (3)Cu

高濃度部はLahanos North, Lahanos South地区, Killik North~Toroman Tepe地区に分布する。これら高濃度部はKızılkaya層とÇağlayan層の両層に認められる。

低濃度部はGüzlek, Mizuran地区のÇağlayan層や貫入岩分布域に認められる。

#### (4)Pb

高濃度部はLahanos North, Killik North地区に分布する。これら高濃度部はKızılkaya層に認められる。

低濃度部はGüzlek, MizuranやToroman Tepe地区のÇağlayan層や貫入岩分布域に認められる。

#### (5)Zn

高濃度部はLahanos North, Lahanos South, Güzlek, BiteneやKillik North地区に分布する。これら高濃度部は主にKızılkaya層に認められるが、GüzlekではÇağlayan層や貫入岩付近にも濃集している。

低濃度部はMizuranやToroman Tepe地区のÇağlayan層や貫入岩分布域に認められる。

(6)As

高濃度部はLahanos North, Lahanos South, Güzlek, BiteneやKillik North地区に分布する。これら高濃度部は主にKızılkaya層に認められる。

低濃度部はやMizuranやToroman Tepe地区のÇağlayan層や貫入岩分布域に認められる。

(7)Sb

高濃度部はLahanos North~Killik North地区間やKillik South地区に分布する。これら高濃度部はKızılkaya層とÇağlayan層に認められる。

低濃度部はやMizuran, GüzlekやToroman Tepe地区のÇağlayan層や貫入岩分布域に認められる。

(8)Mn

高濃度部はやLahanos South~Güzlek~Killik North~Toroman Tepe地区のÇağlayan層や同層とKızılkaya層との境界部付近に広く分布する。

低濃度部はLahanos North, DikenlidüzやKillik South地区に分布する。なお、これら低濃度部はKızılkaya層分布域に認められる。

(9)Fe

高濃度部はやKillik North~Güzlek~Bitene~Toroman Tepe地区やLahanos North地区のÇağlayan層や同層とKızılkaya層との境界部付近に広く認められる。

低濃度部はDikenlidüzやLahanos South地区に分布する。これら低濃度部はKızılkaya層分布域に認められる。

(10)Mo

高濃度部はLahanos North, Lahanos South, Bitene, DikenlidüzやKillik North, Killik South地区に分布する。これら高濃度部はKızılkaya層とÇağlayan層の両層に認められる。

低濃度部はToroman Tepe, Güzlek地区のÇağlayan層や貫入岩分布域に認められる。

(11)Ba

高濃度部はLahanos North, Bitene, Dikenlidüz, やKillik North, Killik South地区に分布する。これら高濃度部は主にKızılkaya層に認められる。

低濃度部はToroman Tepe, Güzlek, Mizuran地区のÇağlayan層や貫入岩分布域に認められる。

4-3 考 察

1. 岩石地化学探査

各元素は岩質、鉍化作用や変質作用により含有量に違いが生じるので、バックグラウンド値や、高濃度あるいは低濃度分布状況から、次のように区分される。

①鉍化作用により、岩石に添加される元素

Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Mo, Ba

②岩質による含有量の差を示す元素

(鉍化作用による添加も示す元素)

SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, LOI

③岩質による含有量の差を示す元素

(鉍化作用による溶脱も示す元素)

TiO<sub>2</sub>, CaO, U, ThやLa, Ceなどの希土類元素

④岩質による含有量の差を示す元素

(鉍化作用により溶脱または添加も示す元素)

Mn, Fe, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, Na<sub>2</sub>O

岩石地化学探査範囲にはLahanos, Killik, Kepçelikなどの塊状硫化物鉍床のほか, KarılarやKa raerik鉍床などの網状~鉍染状鉍床が分布している。塊状硫化物鉍床はKızılkaya層上部層に胚胎し、網状~鉍染状の鉍徴はÇağlayan層堆積時の火成活動時に形成されたため、Kızılkaya層とÇağlayan層両層にわたって胚胎している。

鉍化作用により添加される元素のうち, Au, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Moは、これら塊状硫化物鉍床や網状~鉍染状鉍床周辺で濃集する傾向にある。特にAsはすべての既知鉍床周辺で濃集がみられる。また変質作用により添加される元素のうち, SiO<sub>2</sub>とK<sub>2</sub>Oは既知鉍床周辺で濃集するが、上記金属元素より濃集部の分布範囲は広くなる傾向を有する。変質作用により溶脱される元素のうち, Na<sub>2</sub>OとCaOは既知鉍床周辺で減少するが、SiO<sub>2</sub>やK<sub>2</sub>Oと同じように、減少部の分布範囲が広くなる傾向を有する。これらの現象はKızılkaya層で著しいが、鉍化作用の及んでいるÇağlayan層でも認められる。

また、その他の元素分布の特徴として、特に、SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, LOIは、中性の岩石(Çatak層)で少なく、酸性の岩石(Kızılkaya層やÇağlayan層)で多い傾向を有するとともに、珪化や粘土化作用(セリサイト化、モンモリロナイト化)などの変質作用で増加している。

Mn, Fe, MgO, Na<sub>2</sub>Oのうち、一般に、Mn, Fe, MgOは中性の岩石(Çatak層)で多く、逆に、Na<sub>2</sub>Oは酸性の岩石(Kızılkaya層やÇağlayan層)で多い傾向を有するが、本地域では、Çatak層が変質作用により黄鉄鉍化、緑泥石化や曹長石化しているため、Mg, FeのほかNaにも富む。また、Kızılkaya層やÇağlayan層でも変質作用により、マンガン酸化物や黄鉄鉍、緑泥石や曹長石が生成しているところでは、NaのほかMn, Fe, MgOに富むところも認められる。

これら元素の濃集部は、特徴のある方向性を有する。Auの濃集部はLahanos, Kepçelik, Killik鉍床を中心に、NNW方向やNNE方向に配列している。一方、Cu, Pb, Zn, As, Moの濃集部は、NW方向やNE~ENE方向に配列している。

分析元素を主成分分析した結果を表4-3に示す。希土類元素を含まない23元素(557試料)によると、第1主成分と第2主成分の寄与率はそれぞれ29%と16%を示すが、第3成分以下の寄与率は7%以下と低い。つまり、第1主成分と第2主成分で元素間の変動関係の45%を説明できる。

第1主成分はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O, CaO, MgO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, LOI, Cu, Pb, Zn, Mn, Feの因子負荷量(係数)が高く、As, Sb, Mo, Ba, SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>Oの因子負荷量が低い。第2主成分はAu, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Fe, Moの因子負荷量が高く、Mn, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, CaO, MgOの因子負荷量が低い。つまり、第1主成分は造岩鉍物元素の大部分と、金属元素の一部が連動して増加または減少する傾向を説明している。一方、第2主成分は金属元素が連動して増加または減少するとともに、金属元素が増加すれば造岩鉍物元素が減少する傾向を説明している。

第1主成分の高得点帯は、調査地域南部や西部のÇatak層や、北部のÇağlayan層に、低得点帯はKızılkaya層や既知鉱床周辺に分布する。従って、第1主成分の高得点帯はÇatak層やÇağlayan層の分布や、これら地層中の弱い鉱化作用を説明している。

第2主成分の高得点帯は、調査地域中央部や北部の既知鉱床周辺に分布する。これら金属元素は、鉱床により濃集に元素の組合わせにわずかな差があるものの、鉱化作用により添加された一連の元素であると判断される。

既知鉱床以外で、第2主成分が高得点帯を形成している地区は、Lahanos鉱床南方のBitene地区、Lahanos~Killik間、Çalkaya~Taflancık間、Killik~Kepçelik間やLahanos~Dikence間であり、Lahanos鉱床などの既知鉱床と同様な鉱徴が期待できる。高得点帯の方向性は、地域中央部ではLahanos鉱床を中心に、NW~NNW系とNE~ENE系を示す。地域北部ではKaraerik鉱床を中心に、NW系やENE系を示す。

La, Ceなどの希土類元素やU, Thを含む33元素(50試料)の分布傾向は、Lahanos~Bitene間に範囲を限定して検討した。これら元素による第1主成分と第2主成分の寄与率はそれぞれ19%と15%を示すが、第3成分以下の寄与率は10%以下と低い。つまり、第1主成分と第2主成分で元素間の変動関係の34%を説明できる。

第1主成分はSiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, CaO, MgO, U, Thなどの造岩鉱物元素やLa, Ceなどの希土類元素の因子負荷量(係数)が高く、Cu, Pb, Znなど金属元素の因子負荷量が低い。つまり、これら造岩鉱物元素と希土類元素が連動し、鉱化作用によりCu, Pb, Znなどが添加される場所では、造岩鉱物元素や希土類元素が低く、鉱化作用の弱い場所では、逆に高くなることを示している。

Lahanos鉱床周辺やBitene地区では、Kızılkaya層の第1主成分の低得点帯を形成しているため、鉱化作用により形成されたアノマリーと考えられる。

第2主成分はSiO<sub>2</sub>, Mo, Baの因子負荷量が高く、Pb, Zn, MnやCaO, MgOなどの造岩鉱物元素や希土類元素の因子負荷量が低い。つまり、珪化作用や重晶石の鉱化作用が強い場所では、造岩鉱物元素や希土類元素が低くなることを示している。

Lahanos鉱床からKillik Tepeにかけては、第2主成分の高得点帯がNE方向で分布している。これは珪化作用や重晶石の鉱化作用に関係したアノマリーと考えられる。

## 2. 土地化学探査

土地化学探査地区は、調査地域中央部のKuruculu~Lahanos~Killik間で実施した。この区間には、Lahanos鉱床やKillik鉱床のような塊状硫化物鉱床や、網状~鉱染状の鉱徴が認められる。塊状硫化物鉱床はKızılkaya層上部層に胚胎し、網状~鉱染状の鉱徴はÇağlayan層堆積時の火成活動時に形成されたため、Kızılkaya層とÇağlayan層両層にわたって胚胎している。

両タイプの鉱化帯が胚胎するこの地区で、Pb, Zn, As, Baは主にKızılkaya層に濃集する。Au, Ag, Cu, As, MoはKızılkaya層で高濃度だが、Çağlayan層にも濃集する。一方、Mn, FeはÇağlayan層に主に濃集する。このように、Kızılkaya層とÇağlayan層堆積時の両鉱化作用には、数種の元素で濃集程度に差が認められる。

これら元素の濃集部は、地区毎に特徴のある方向性と元素の組合わせを有する。つまり、Lahanos NorthやLahanos South地区では、Mnを除く元素がENE方向の高濃集部を形成している。Killik North~Bitene間ではCu, Zn, BaがNE方向で、Lahanos~Killik North地区間ではAu, Ag, Cu, Mo, Fe, MnがNNE方向で、Dikenlidüz~Güzlek地区間ではAu, AgがNNW方向で、Killik North~Mizuran地区間では



SbがNNE方向でそれぞれ濃集部を形成している。

Lahanos NorthとLahanos South両地区ではKızılkaya層からÇağlayan層堆積時まで、ENE方向の地質構造（断裂系）に関係して、塊状硫化物鉱床と網状鉱床に関連した両鉱化作用が重複したと考えられる。一方、Bitene～Killik間ではKızılkaya堆積時はNE方向の塊状硫化物鉱床と関係した、Çağlayan層堆積時にはNNWやNNE方向の網状鉱床と関係した鉱化作用が発達し、上述した元素の組合わせを有する濃集部を形成したと考えられる。

分析元素を主成分分析した結果（表4-3）、第1主成分と第2主成分の寄与率はそれぞれ38%と16%を示すが、第3成分以下の寄与率は8%以下と低い。つまり、第1主成分と第2主成分で元素間の変動関係の54%を説明できる。

第1主成分はAu, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Mn, Mo, Baの因子負荷量（係数）が高く、これらの元素グループは連動して増加または減少する傾向を説明している。第2主成分はCu, Fe, Mnの元素グループが連動している。

第1主成分の高得点帯はLahanos North, Lahanos South, Killik North, Bitene, Dikenlidüz地区などのKızılkaya層中に認められ、特にLahanos鉱床やKillik North鉱床など塊状硫化物鉱床分布域付近で高得点をしめす。このことから、第1主成分は塊状硫化物鉱床に関係して生じた地化学異常と判断される。従って、土地化学探査からは、第1主成分の高得点を示すLahanos South～Killik North間のNE方向のゾーンやKillik South～Bitene間のENE方向のゾーンの、Çağlayan層に覆われるKızılkaya層最上位層に、Lahanos鉱床のような塊状硫化物鉱床の胚胎が期待される。

一方、第2主成分の高得点帯はMizuran, GuzlekやToroman Tepe地区などのÇağlayan層中や、Lahanos North, Lahanos SouthやKillik North地区などのKızılkaya層中に認められ、特にGuzlekやToroman Tepe地区のÇağlayan層中の網状鉱化変質帯分布域付近で高得点を示す。つまり、Kızılkaya層より新しいÇağlayan層に胚胎する網状鉱化帯に関係した地化学異常と判断される。従って、土地化学探査からは、第2主成分の高得点を示すToroman Tepe～Guzlek地区のNNE方向のゾーンは、塊状硫化物鉱床より新しい網状鉱床の胚胎が期待される。

38°37'30"E

38°45'00"E

**Legend**

- |                     |                                    |
|---------------------|------------------------------------|
| Intrusive Rocks     | <b>Db</b> Diabase Dacite           |
|                     | <b>Nd</b> Nevaditic Dacite         |
|                     | <b>Dp</b> Dolerite                 |
|                     | <b>Ad</b> Andesite                 |
|                     | <b>Dp</b> Porphyritic Dacite       |
|                     | <b>Dh</b> Hornblende Dacite        |
| <b>Gr</b> Granite   |                                    |
| Çığılayın Formation | <b>Cnv</b> Nevaditic Pyroclastics  |
|                     | <b>Cif</b> Dacitic Pyroclastics    |
|                     | <b>Cdc</b> Aphyric Dacite Lava     |
|                     | <b>Cdp</b> Porphyritic Dacite Lava |
|                     | <b>Cma</b> Pallitic Rocks          |
| Kızılkaya Formation | <b>Kfa</b> Dacitic Pyroclastics    |
|                     | <b>Kdc</b> Dacite Lava             |
|                     | <b>Kfi</b> Dacitic Pyroclastics    |
| Çatık Formation     | <b>Cma</b> Pallitic Rocks          |
|                     | <b>Çif</b> Andesitic Pyroclastics  |
|                     | <b>Çod</b> Andesite Lava           |
|                     | <b>10</b> Strike and Dip           |
|                     | --- Fault                          |
|                     | X Active Mine                      |
|                     | ⊗ Suspended Mine                   |
|                     | ⊗ Mineralization Zone              |

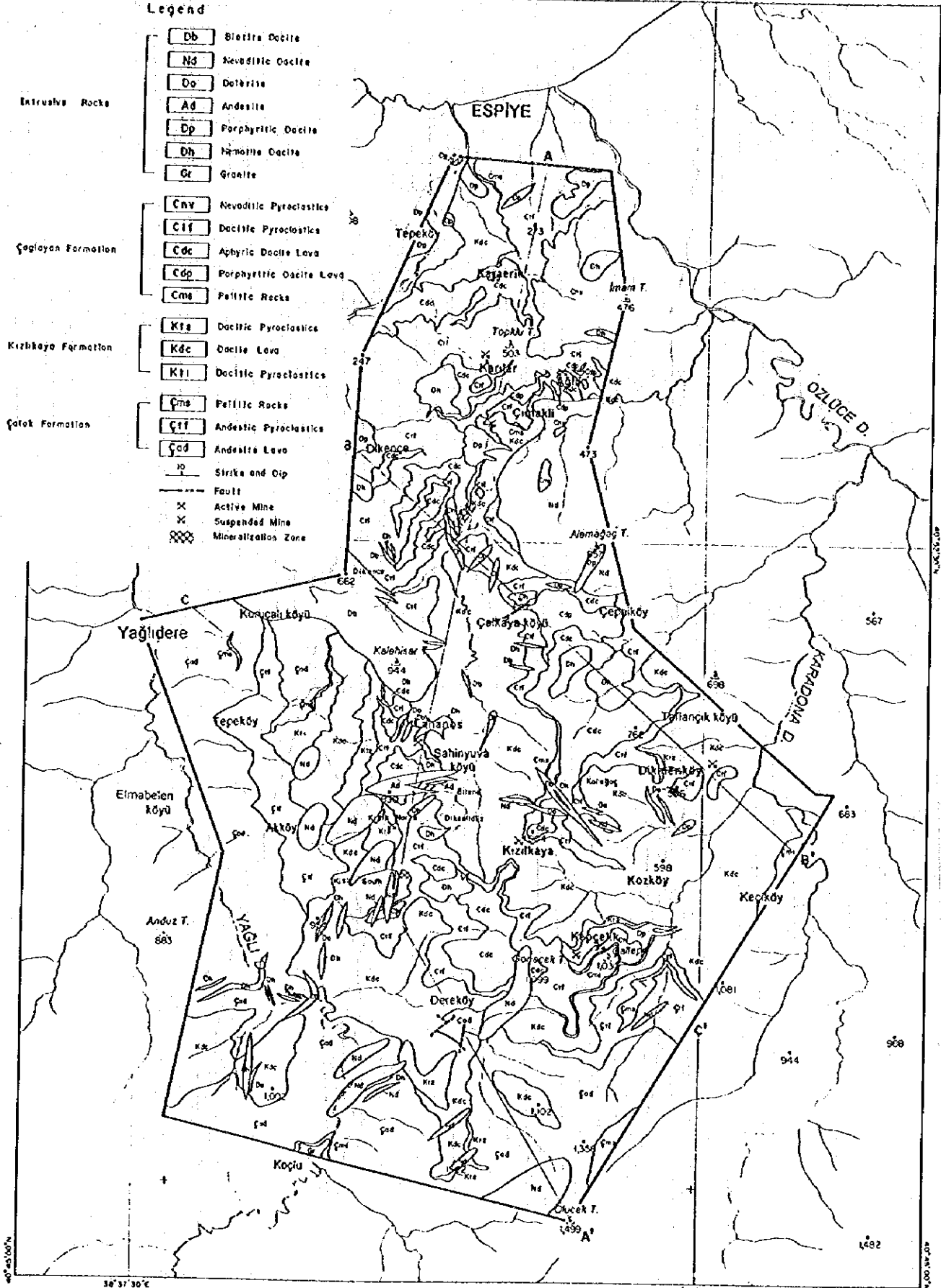


图 2 - 1 地質平面图

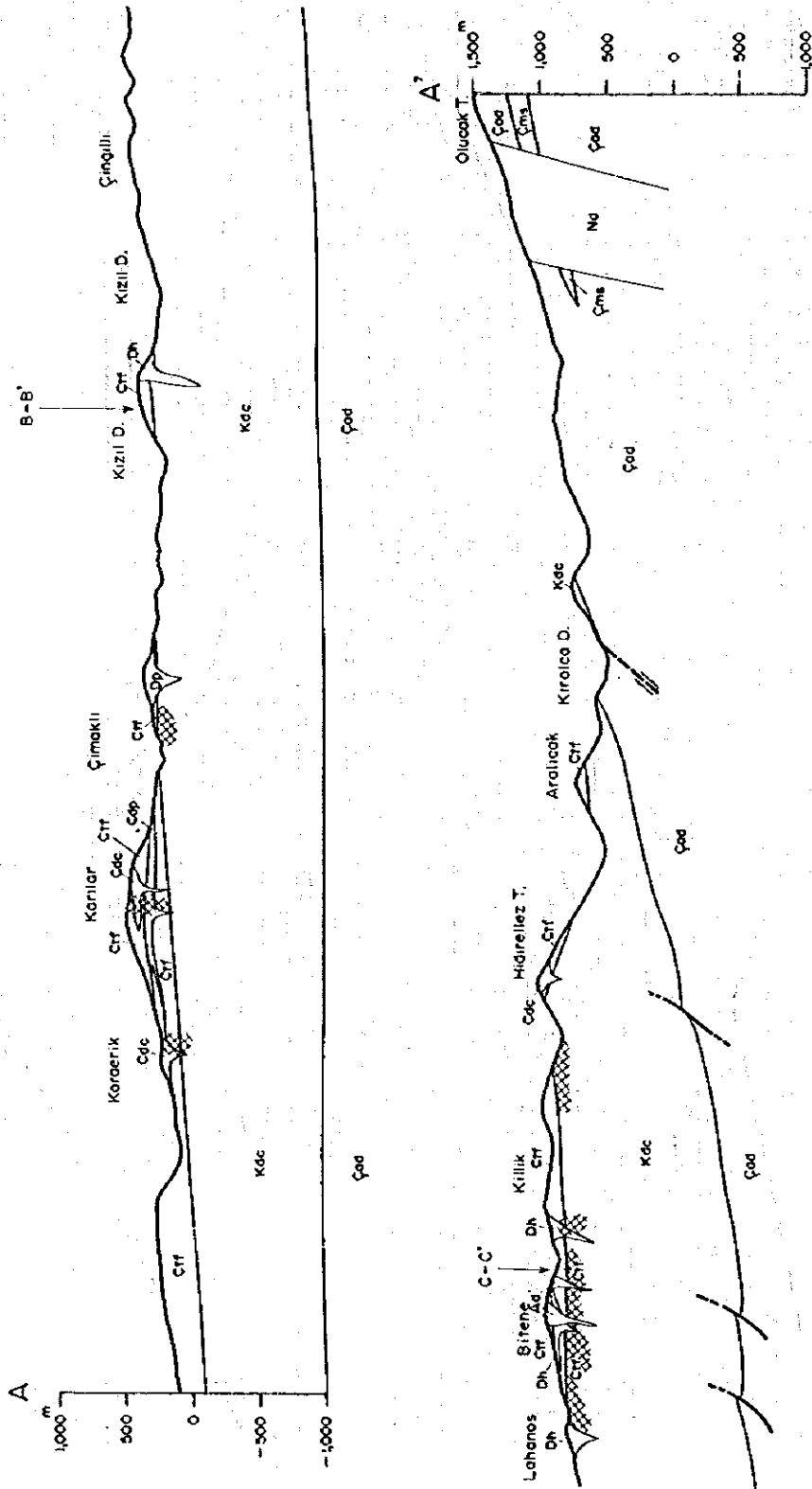


图 2 - 2 地质断面图 (1)

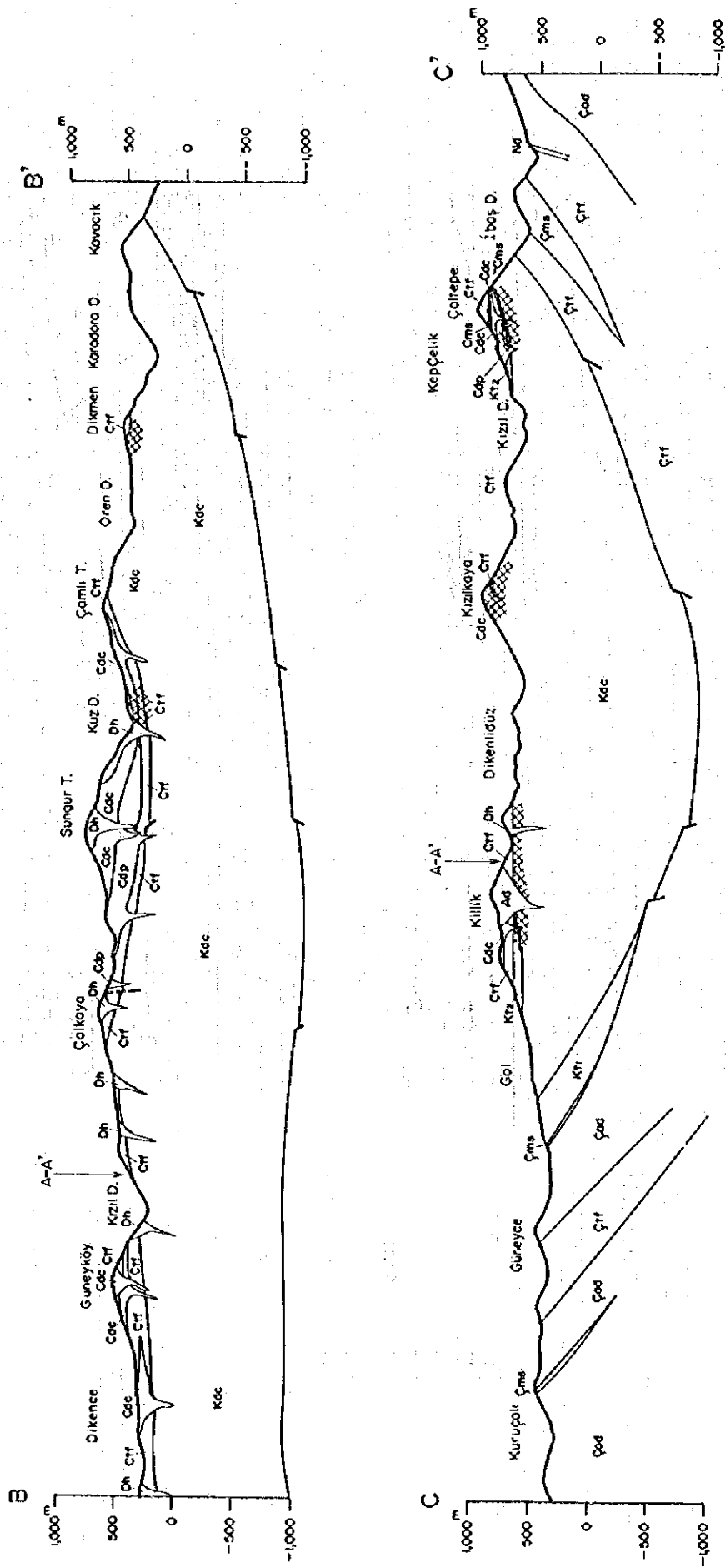


图 2 - 2 地质断面图 (2)

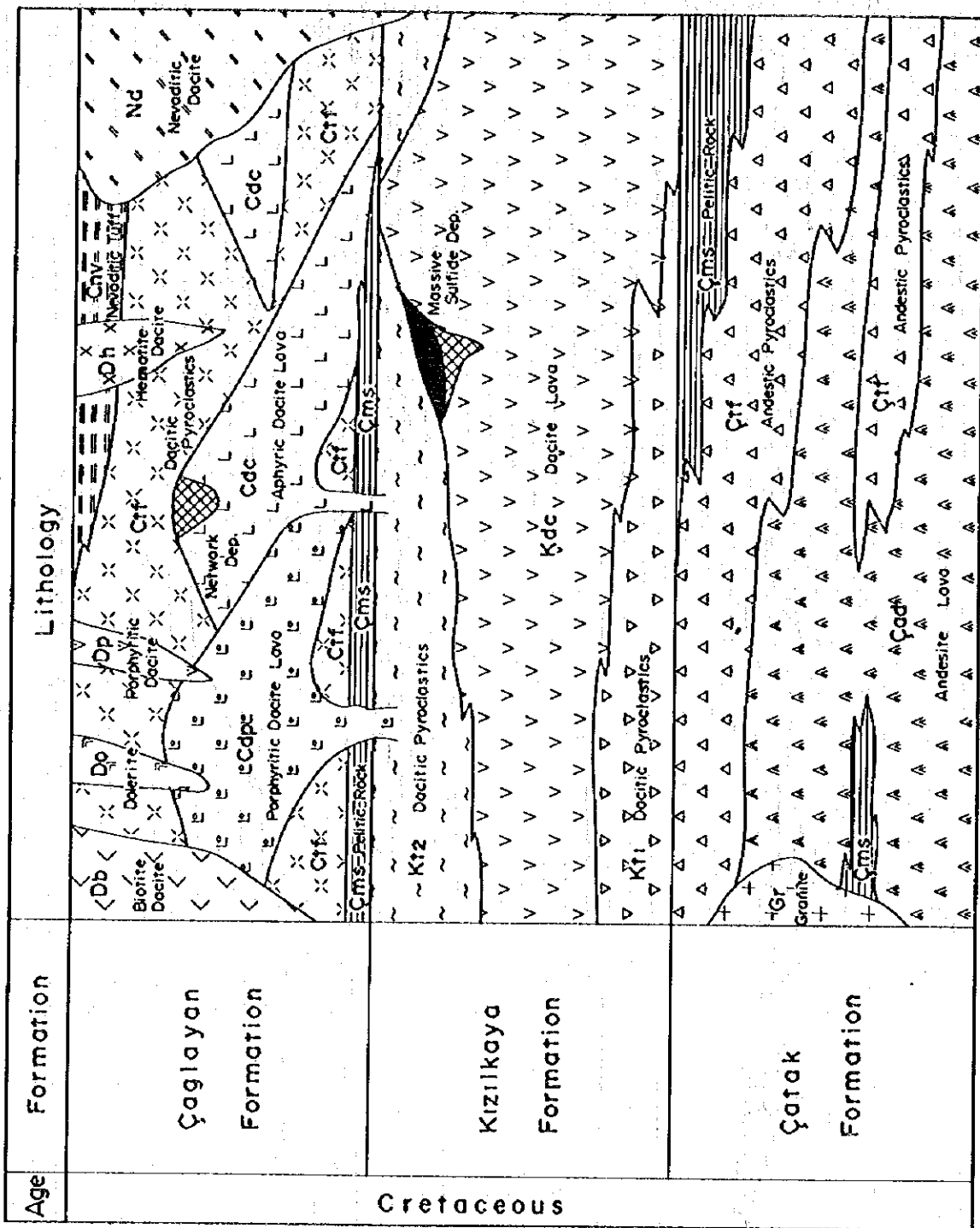


图 2-3 地質模式層序图

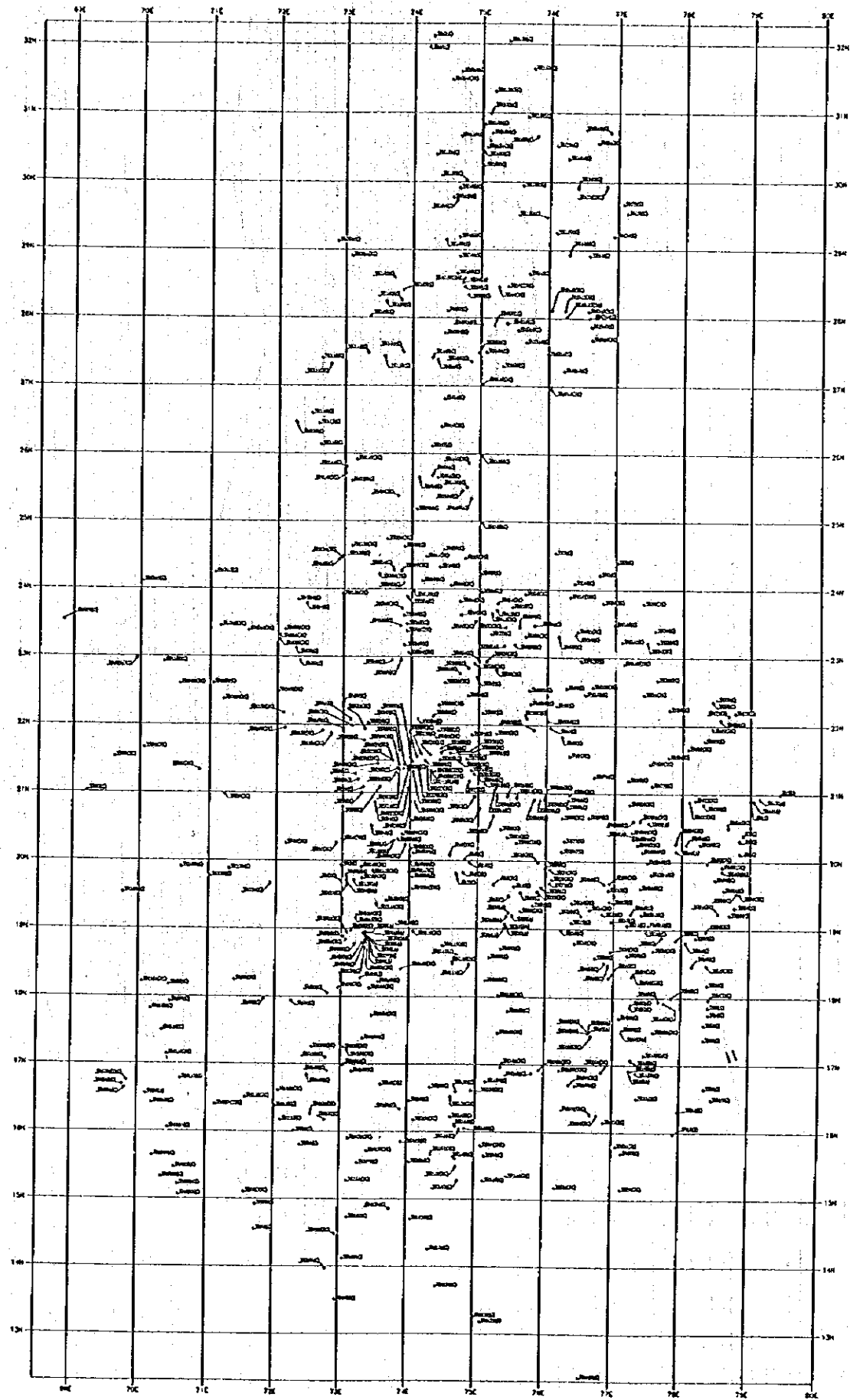


图 2 - 4 試料採取位置図

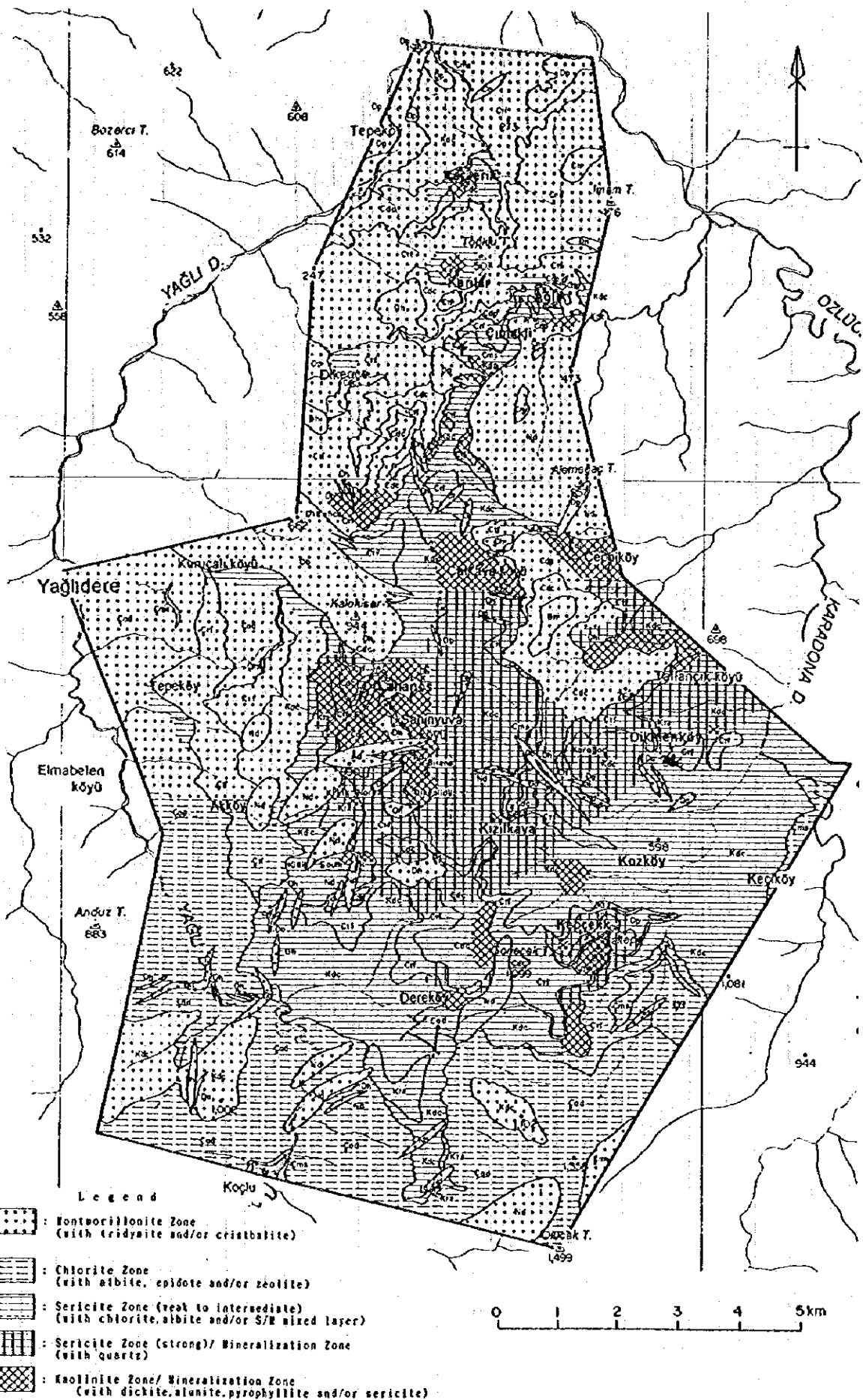


図3-1 鉍微地・変質帯分布図

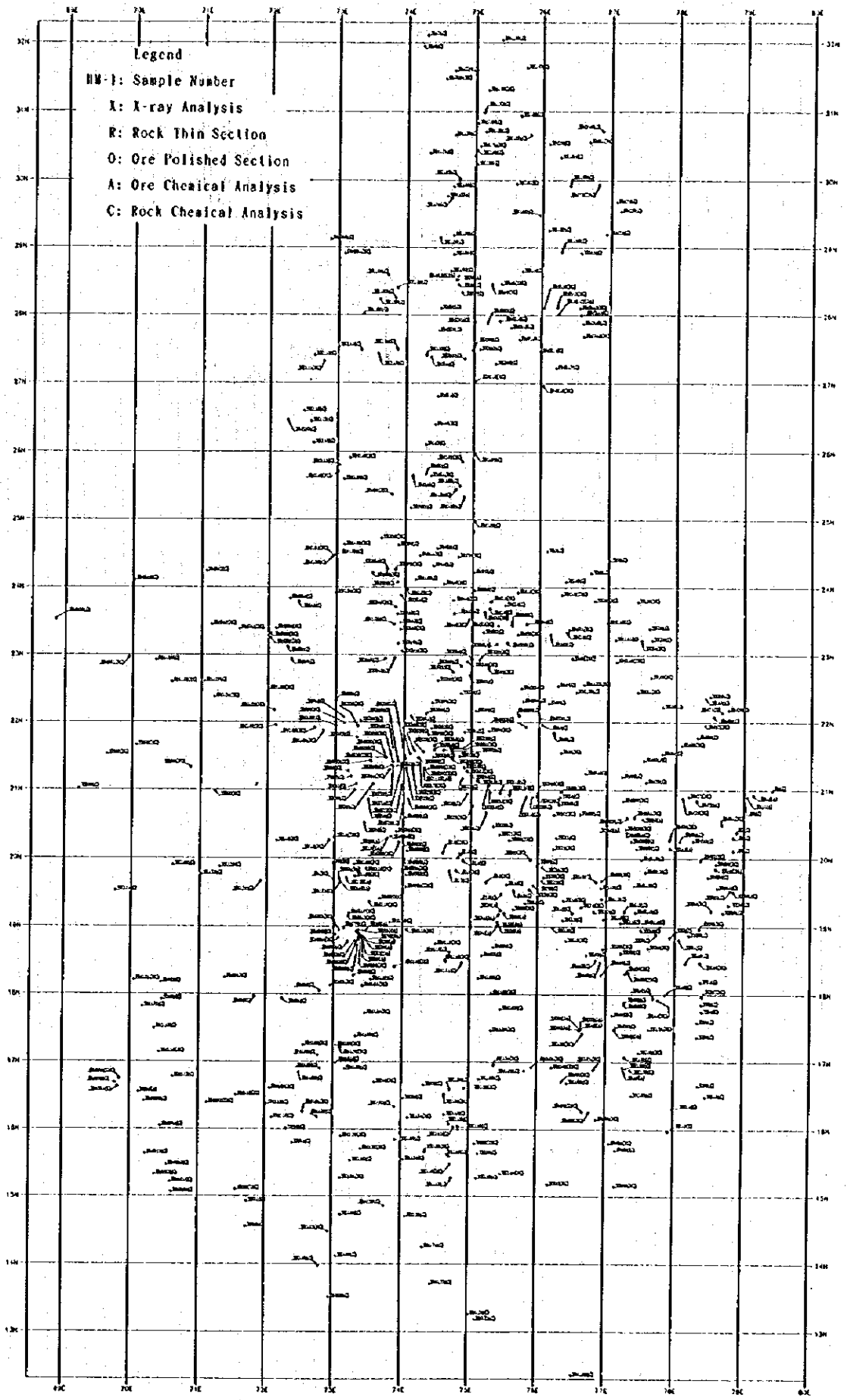


图 4 - 1 地化学探查試料採取位置图 (岩石)



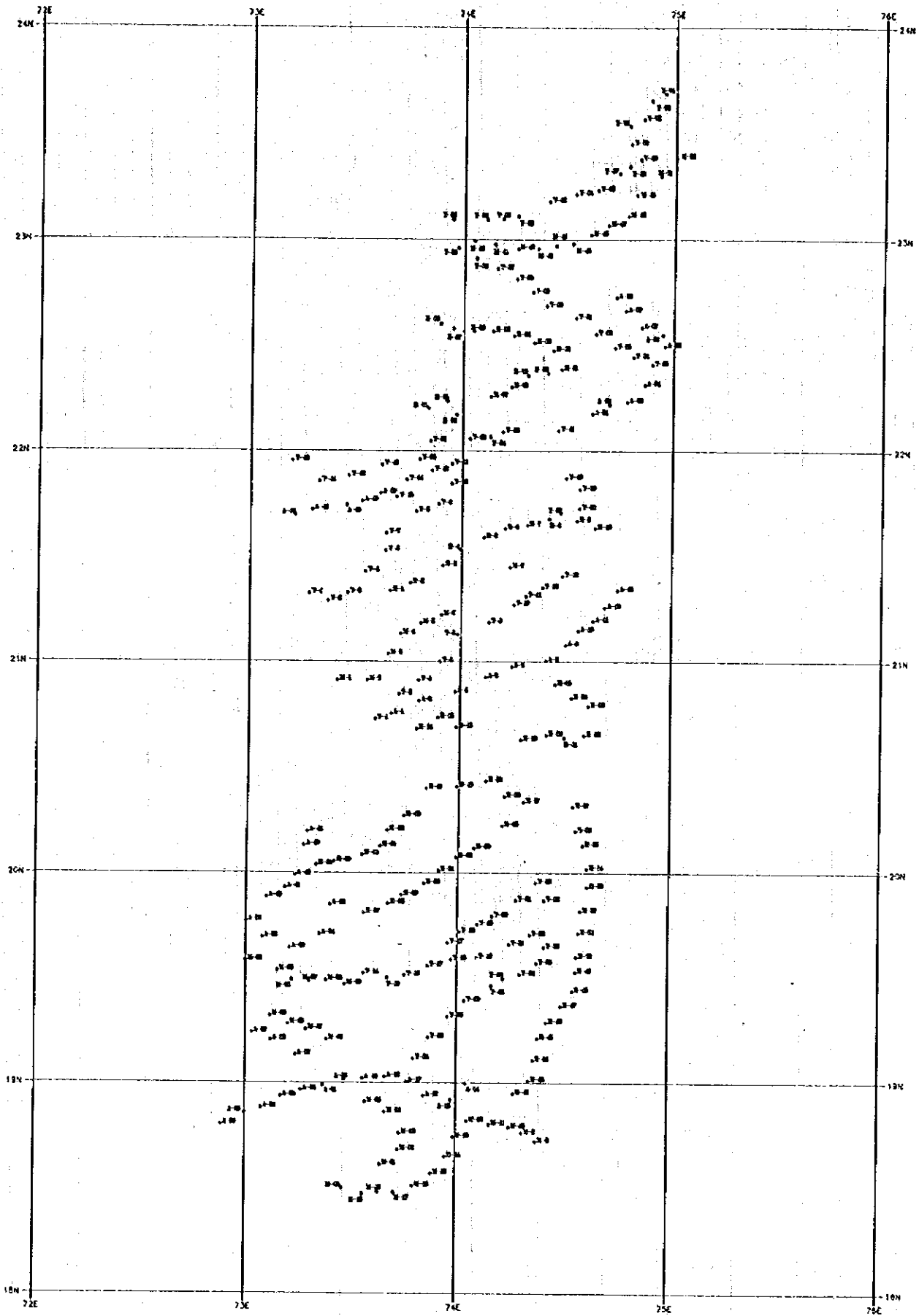


图 4 - 1 地化学探查試料採取位置图 (土壤)

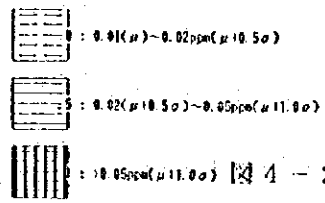
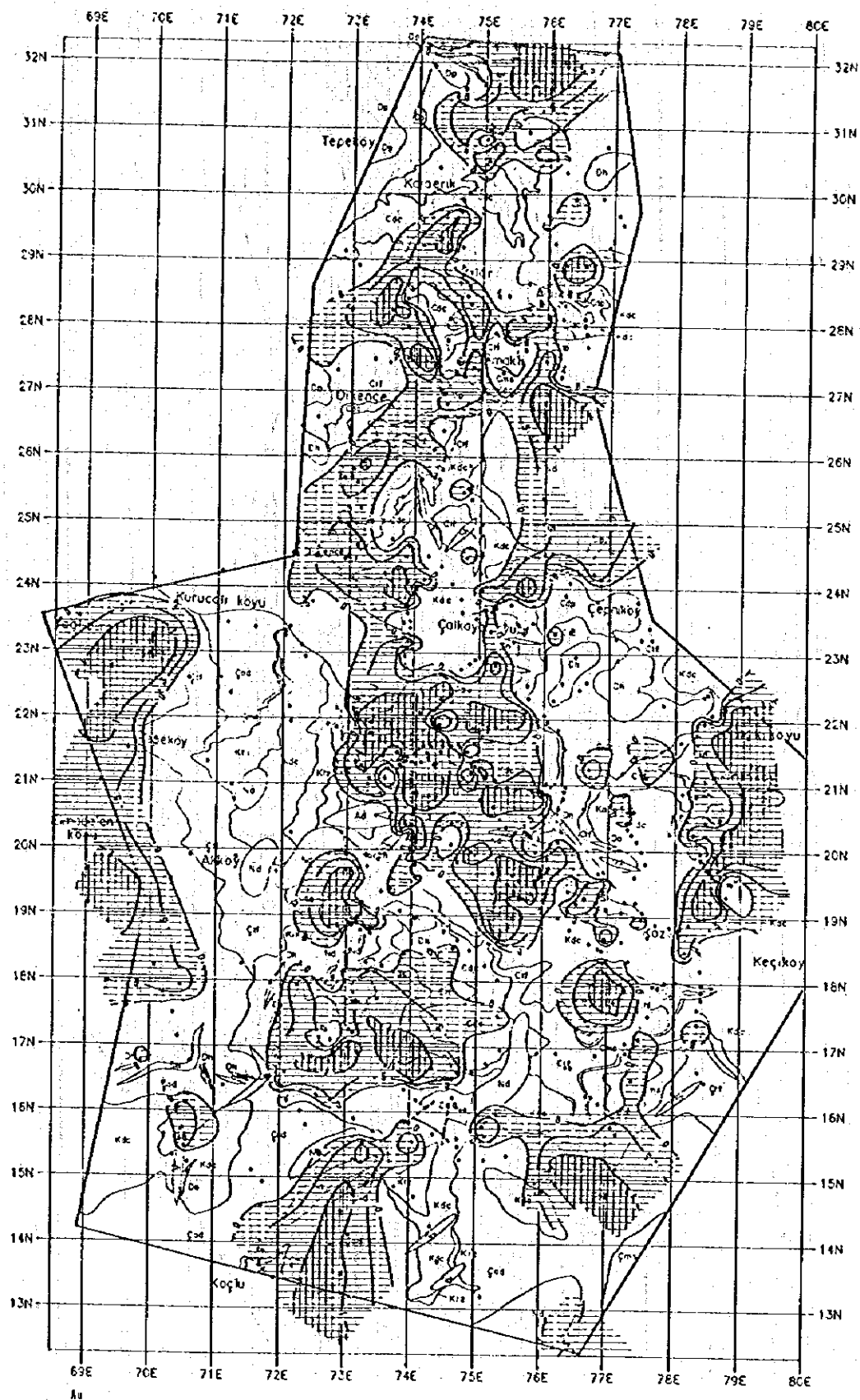


图 4-2 地化学探查解析结果图 (岩石, Au)

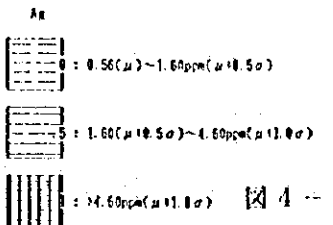
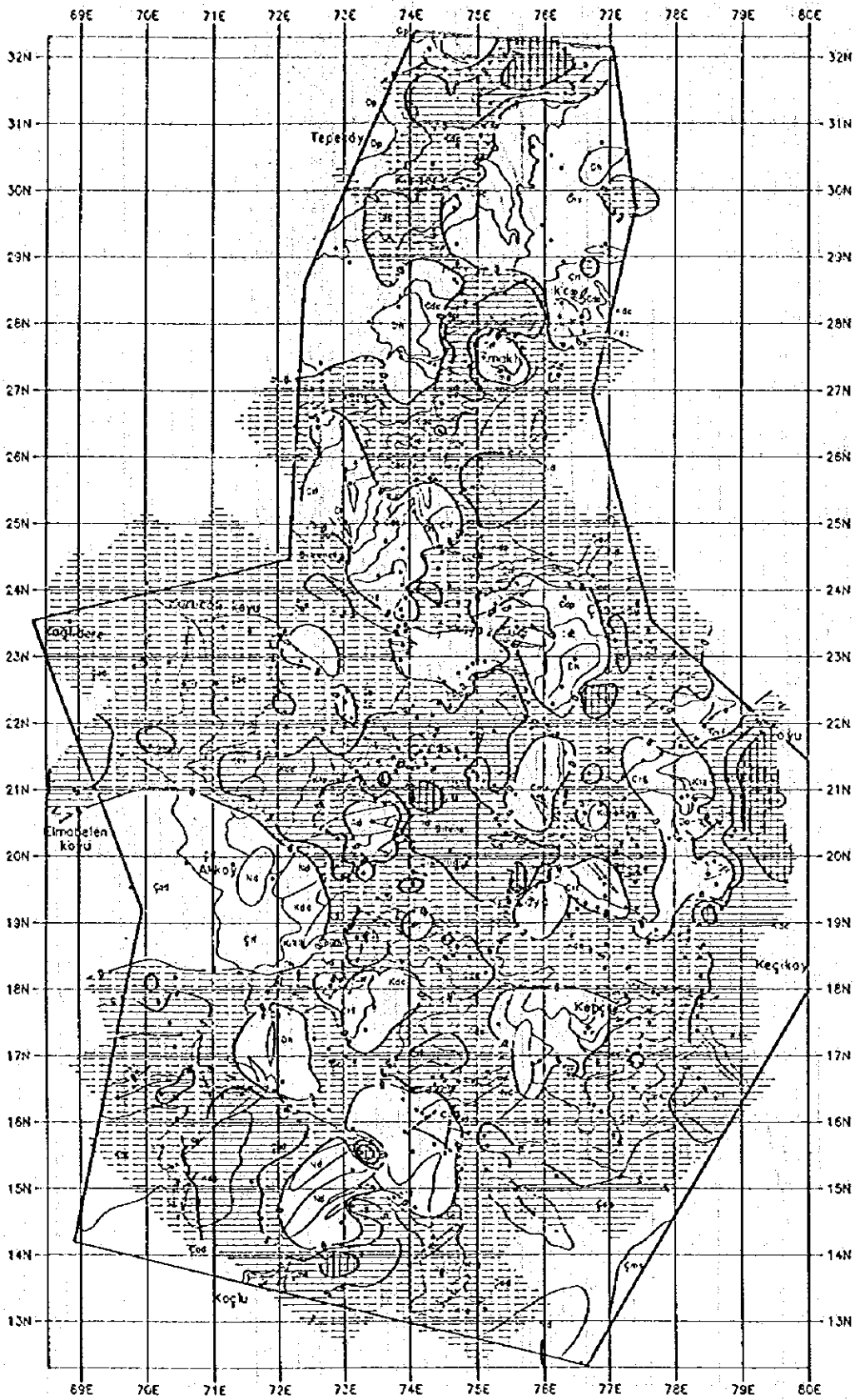


图 4-2 地化学探查解析結果图(岩石, Ag)

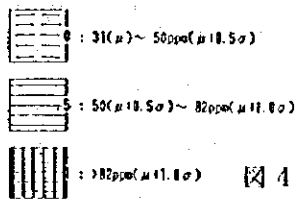
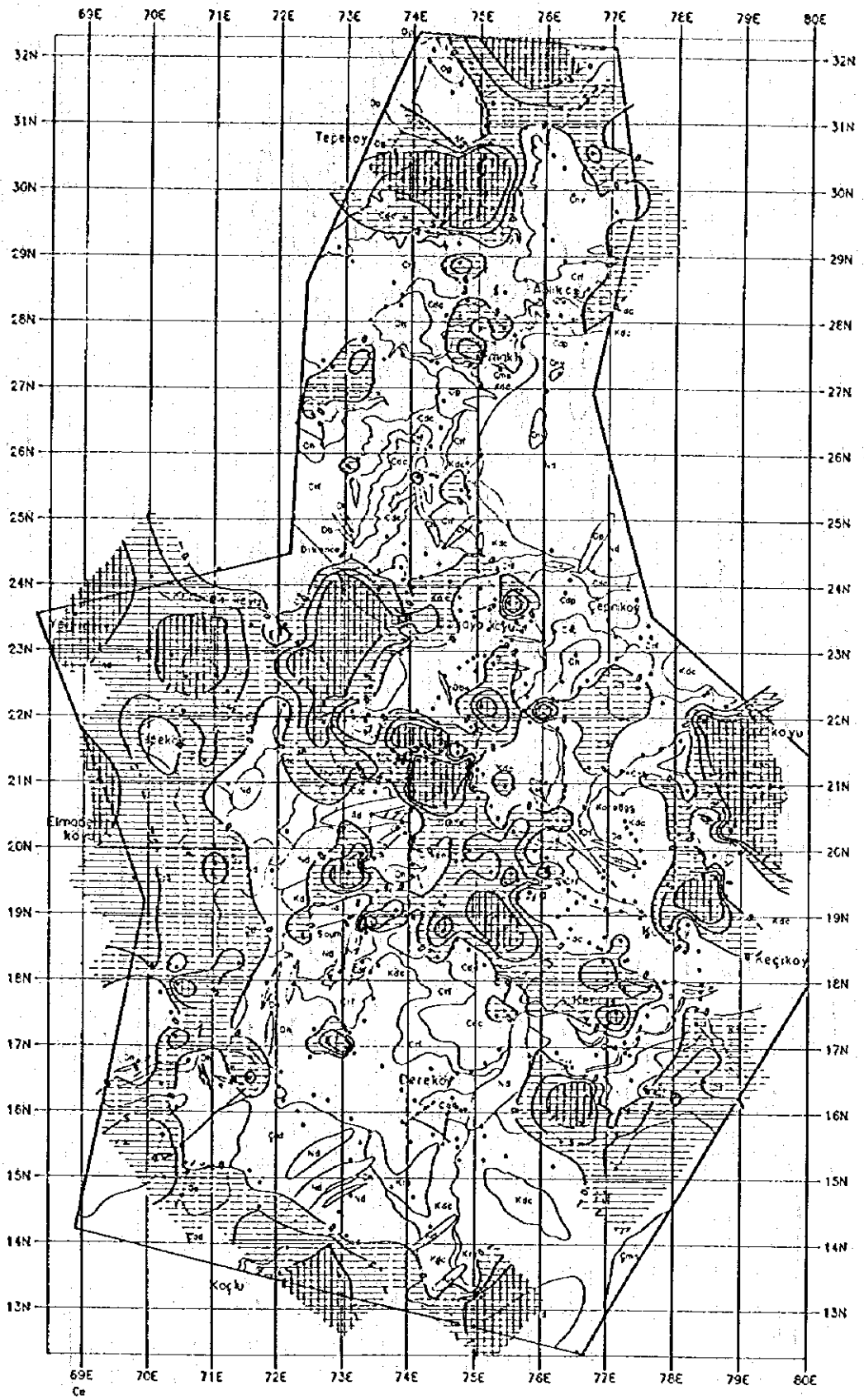


图 4 - 2 地化学探查解析结果图 (岩石, Cu)

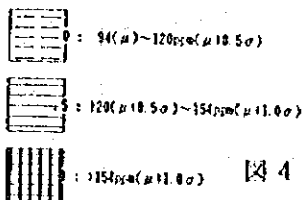
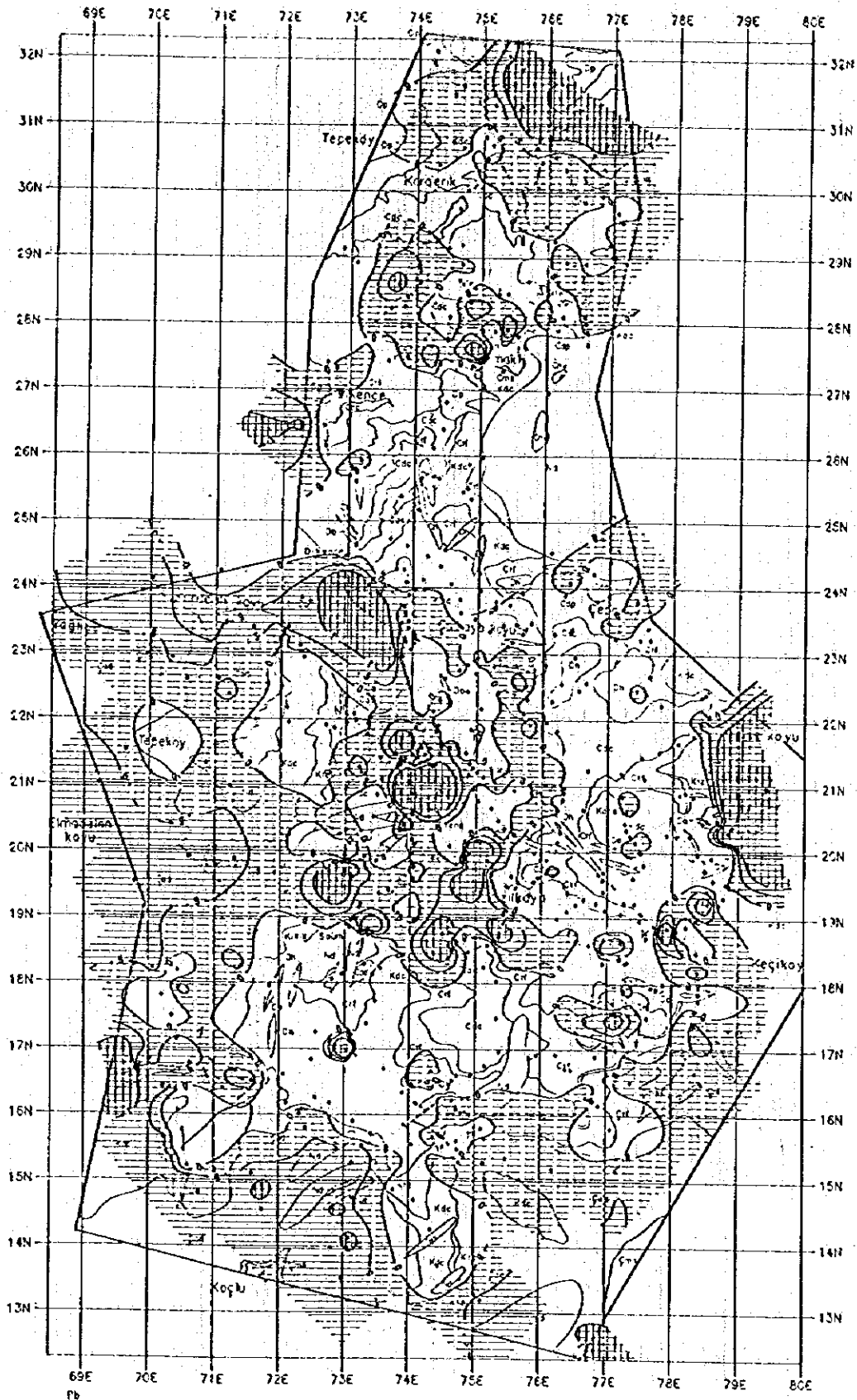


图 4-2 地化学探查解析结果图 (岩石, Pb)

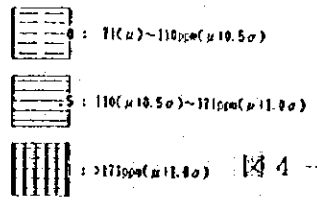
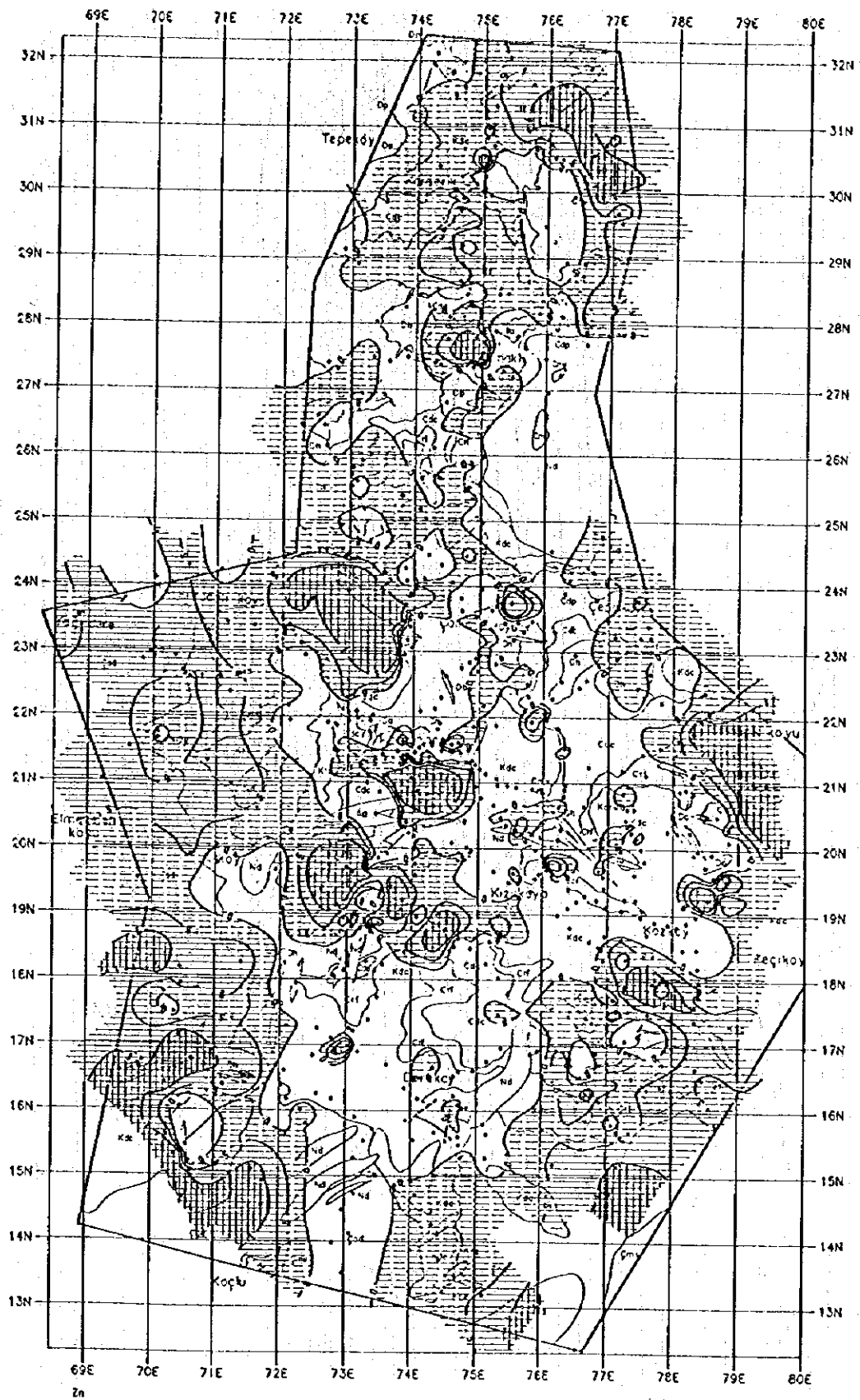
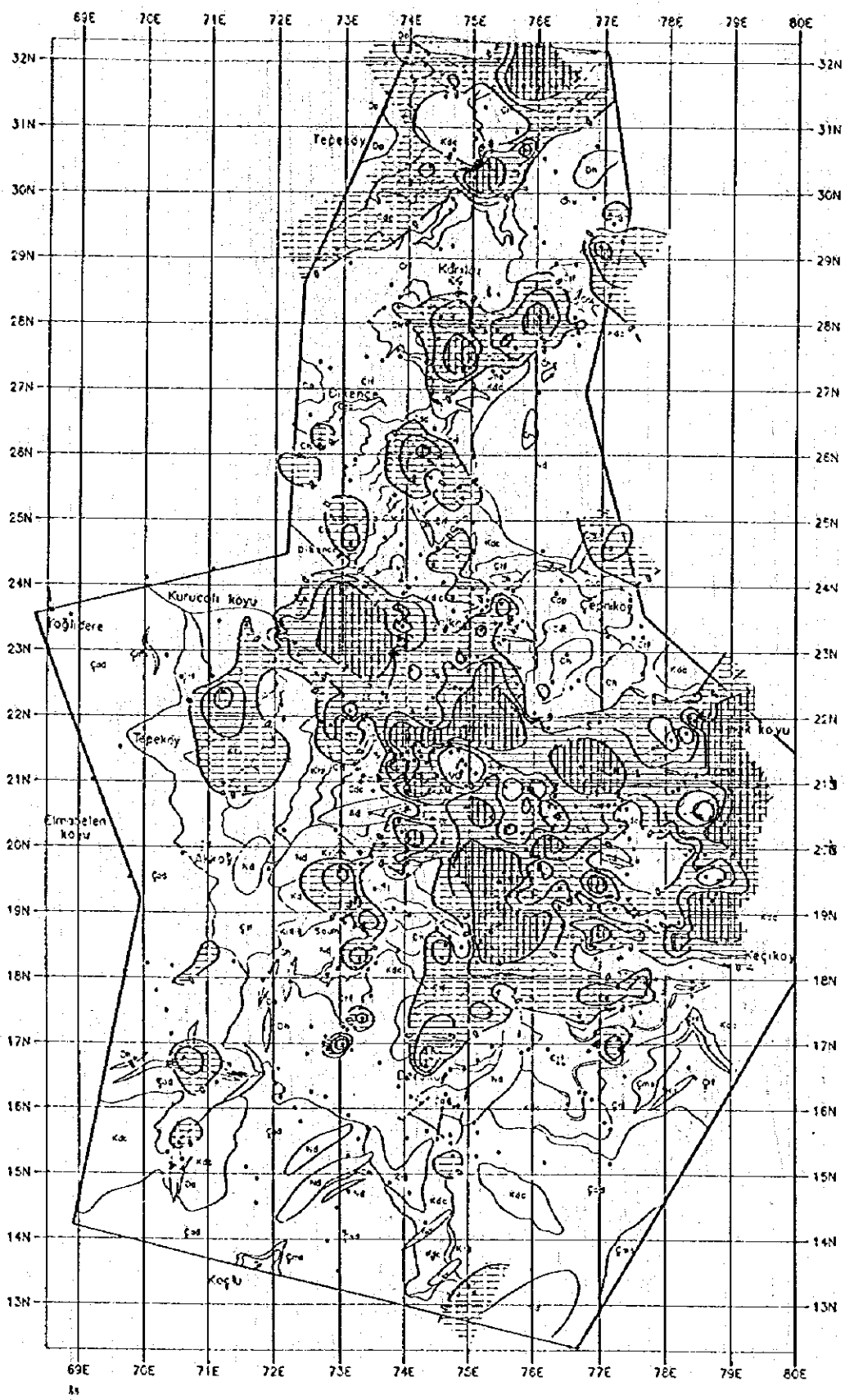


图 4 - 2 地化学探查解析结果图 (岩石, Zn)






-  :  $6(\mu) \sim 12ppm(\mu \pm 0.5\sigma)$
-  :  $12(\mu \pm 0.5\sigma) \sim 26ppm(\mu \pm 1.0\sigma)$
-  :  $>26ppm(\mu \pm 1.0\sigma)$

图 4-2 地化学探查解析结果图 (岩石, As)