

# トルコ共和国ホパ地域 資源開発協力基礎調査報告書 第2年次

平成 16 年 3 月  
(2004年)

独立行政法人国際協力機構  
独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構

鉱調資
CR(2)
04-085

## はしがき

日本国政府は、トルコ共和国の要請に応え、同国の北東部、黒海沿岸に位置するホパ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査及びボーリング調査等の鉱物資源開発に関する調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団（現：独立行政法人 国際協力機構）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、調査の実施を金属鉱業事業団（現：独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構）に委託することとした。

本調査は平成 14 年度を第 1 年次とする第 2 年次にあたり、金属鉱業事業団は 4 名の調査団を編成して平成 15 年 7 月から平成 15 年 12 月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総局（MTA）等の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、本年度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トルコ共和国政府関係機関ならびに外務省、経済産業省、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 16 年 3 月

独立行政法人 国際協力機構  
担当理事 伊 沢 正

独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構  
理事長 大澤 秀次郎

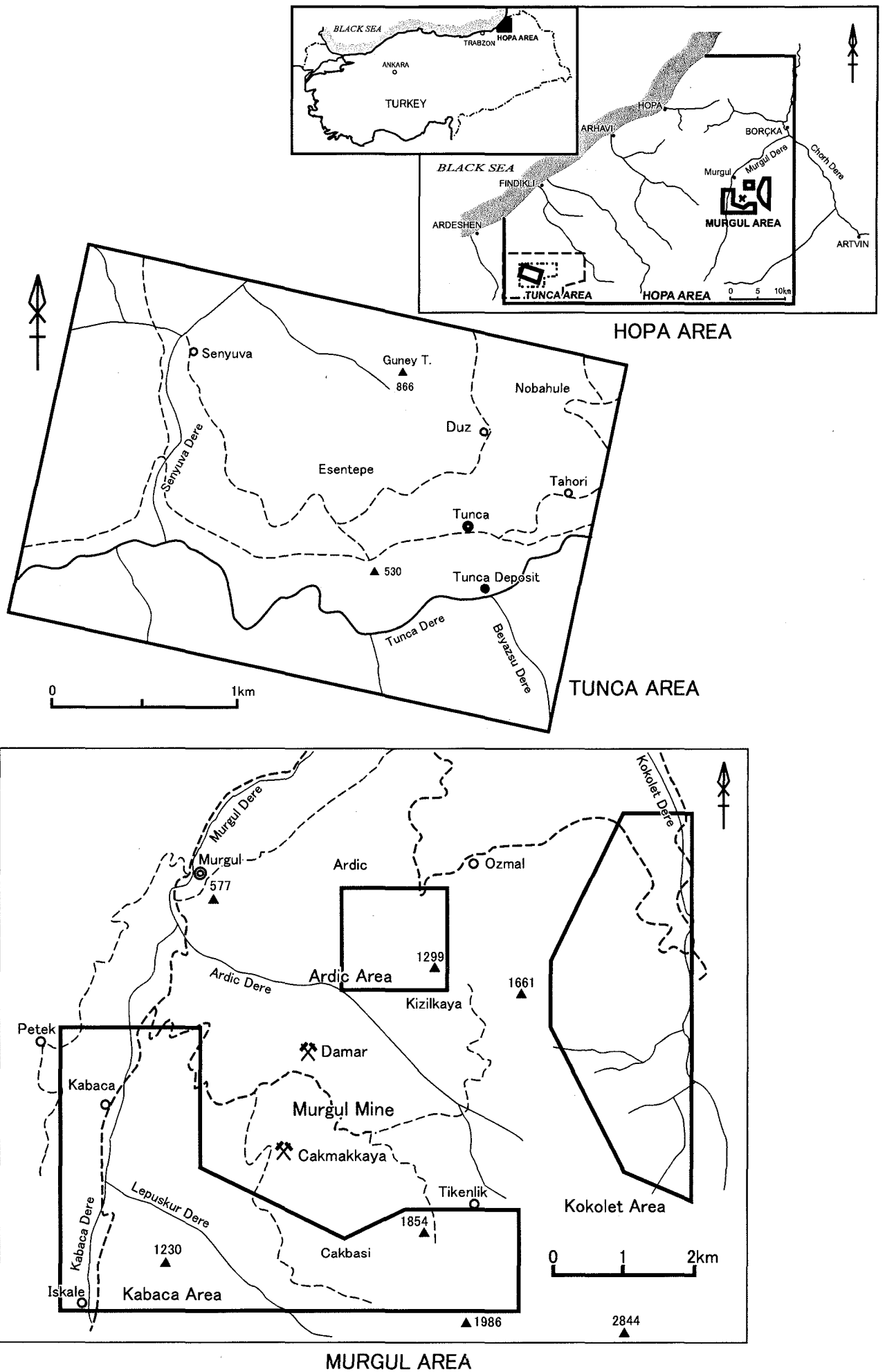


图1 調査地域位置図

## 要 約

本調査は、トルコ共和国ホパ（Hopa）地域を対象とし、地質状況及び鉱床賦存状況の調査・解析を通じ、火山性塊状硫化物鉱床をはじめとする金・銀・銅・鉛・亜鉛等の鉱床胚胎有望地区の抽出、及び相手国機関に対する技術移転を目的として実施された。

本年次は、第1年次調査により抽出され Tunca 地区における地質精査と構造ボーリング調査、及び Murgul 地区における地質調査を実施した。

### [Tunca 地区]

Tunca 地区は石英安山岩類からなる Alemağaç 層、塩基性火山岩類が卓越する Çağlayan 層、堆積岩からなる Sivrikaya 層及び第三系堆積物の Hamidiya 層で構成される。

本地区の火山性塊状硫化物鉱床は、Alemağaç 層の下部石英安山岩が形成する溶岩円頂丘の斜面で水蒸気爆発が起こり、これに伴って熱水活動が生じ、形成された。その直後にパープルデイサイト岩体が貫入し、同岩体末端部の火山碎屑岩類中にも硫化物の鉱染が生じた。これらの鉱化活動は一連のもので、鉱床胚胎層準は下部石英安山岩質火山碎屑岩類の上面から Çağlayan 層下面までの幅を持ったゾーンと考えられる。

ボーリング調査では、各孔井より火山性塊状硫化物鉱化作用に伴う鉱徴が得られた。MJTH-1 孔ではパープルデイサイト中に黄鉄鉱の鉱染が確認され、MJTH-2 孔では下盤石英安山岩質火山碎屑岩類中に微量の黄銅鉱、閃亜鉛鉱の鉱染を確認した。その結果、Tunca 鉱床の本体は Tunca 川の北斜面と、MJTH-2 孔間にあり、あまり規模が大きくないことが推定された。MJTH-3 孔は火山性塊状硫化物鉱床の層準と下部の鉱化・変質帯を捕捉し、変質作用はさらに東へ連続すると考えられる。

### [Murgul 地区]

Murgul 地区は塩基性火山岩類からなる Kabaca 層、石英安山岩類からなる Murgul 層、塩基性火山岩類が卓越する Ardiç 層及び堆積岩からなる Küre 層で構成される。Murgul 層は火山性塊状硫化物鉱化作用を受ける下部層と、その後に堆積した上部層に区分される。本地区に広く分布する石英安山岩類は Karatepe 石英安山岩を除き、いずれも Murgul 層に属し、かつ、多くが火山性塊状硫化物鉱化作用をうけた下部層であることが判明した。

変質鉱物分帯、強変質強度帯の分布はいずれも中心部が Murgul 鉱床群を通り、NE-SW 方向に連続しており、本地区の火山性塊状硫化物鉱化作用はこのゾーンに沿って生じている。鉱床層準は Murgul 鉱床群の南西側はすでに削剥されているが、北東側は Ardiç 層に被覆され、Ardiç 区域と Kokolet 区域間の山塊に連続する。

以上の調査結果を踏まえ、第3年次調査として以下の提案を行う。

### [Tunca 地区]

MJTH-3 孔で捕捉した変質作用の広がりを確認するため、周辺の有望地区に対象を広げて精査を実施する。

- (1) Beyazsu 区域東方でのボーリング調査
- (2) Maganez 周辺での地質調査及びボーリング調査

[Murgul 地区]

北東側に延びる鉍化作用の連続を確認する。

- (1) Ardiç 区域・Kokolet 区域間でのボーリング調査

[その他の地区]

他の有望鉍徴賦存地区に精査範囲を拡大する。

Peronit、Kutunit 及び Syvrikaya 周辺での地質調査及びボーリング調査

## 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

### 第 1 章 序 論

1-1	調査の経緯及び目的	1
1-2	第 1 年次調査の結論と提言	1
1-2-1	第 1 年次調査の結論	1
1-2-2	第 2 年次調査への提言	4
1-3	第 2 年次調査の概要	4
1-3-1	調査地域	4
1-3-2	調査目的	5
1-3-3	調査方法及び内容	5
1-3-4	調査団の編成	7
1-3-5	調査期間	7

### 第 2 章 調査地域の地理

2-1	位置及び交通	9
2-2	地形及び水系	9
2-3	気候及び植生	9
2-4	基盤整備状況	9

### 第 3 章 一般地質

3-1	トルコの地質概要	10
3-2	調査地域の地質概要	10
3-3	地質構造	11
3-4	鉱化・変質作用	11

### 第 4 章 調査結果の総合検討

4-1	地質構造、鉱化作用の特性	16
-----	--------------	----

4-1-1	Tunca 地区	16
4-1-2	Murgul 地区	18
4-2	鉱床賦存のポテンシャル	19
4-2-1	Tunca 地区	19
4-2-2	Murgul 地区	20
第5章	結論及び提言	21
5-1	結論	21
5-1-1	Tunca 地区	21
5-1-2	Murgul 地区	21
5-2	第3年次調査への提言	22

## 第Ⅱ部 各 論

第1章	地質調査	25
1-1	調査位置	25
1-2	調査方法	25
1-3	調査結果	25
1-3-1	Tunca 地区	25
1-3-2	Murgul 地区	47
第2章	ボーリング調査	79
2-1	調査方法	79
2-1-1	概要	79
2-1-2	工法及び使用機材	79
2-1-3	作業形態	79
2-1-4	機材運搬・設営・撤収等	79
2-1-5	掘進状況	79
2-2	調査結果	87

## 第Ⅲ部 結論及び提言

第1章	結論	95
1-1	Tunca 地区	95
1-1-1	地質	95
1-1-2	鉱化作用	95

1-2 Murgul 地区	95
1-2-1 地質	95
1-2-2 鉍化作用	101
第2章 第3年次調査への提言	102
参考文献	103

資 料

- 資料1 偏光顕微鏡結果一覧表
- 資料2 反射顕微鏡観察結果一覧表
- 資料3 鉍石化学分析結果一覧表
- 資料4 岩石化学分析結果一覧表
- 資料5 元素別累積頻度分布・ヒストグラム
- 資料6 全岩分析元素別分布図 (Tunca 地区)
- 資料7 全岩分析元素別分布図 (Murgul 地区)
- 資料8 試料採取位置図 (Tunca 地区)
- 資料9 試料採取位置図 (Murgul 地区)
- 資料10 ボーリング柱状図



## 図 表 一 覧

図 1	調査地域位置図	
図 I-3-1	HOPA 地域リニアメント図	13
図 I-3-2	HOPA 地域周辺の火山性塊状硫化物鉱床	15
図 II-1-1	地質平面図 (Tunca 地区)	27
図 II-1-2	地質断面図 (Tunca 地区)	29
図 II-1-3	地質模式層序図 (Tunca 地区)	31
図 II-1-4	変質分帯図 (Tunca 地区)	39
図 II-1-5	変質強度分帯図 (Tunca 地区)	43
図 II-1-6	地質平面図 (Murgul 地区)	49
図 II-1-7	地質断面図 (Murgul 地区)	51
図 II-1-8	地質模式層序図 (Murgul 地区)	53
図 II-1-9	変質分帯図 (Murgul 地区)	61
図 II-1-10	変質強度分帯図 (Murgul 地区)	65
図 II-1-11	全岩分析解析結果	71
図 II-1-12	鉛同位体比	74
図 II-1-13	上部 Kokolet 鉱徴地の露頭写真	77
図 II-2-1	ボーリング位置図	80
図 III-1	総合解析図 (Tunca 地区)	97
図 III-2	総合解析図 (Murgul 地区)	99
表 I-1-1	調査数量一覧表	5
表 I-1-2	室内試験数量一覧表	6
表 II-1-1	X線回折結果一覧表 (Tunca 地区)	37
表 II-1-2	変質強度 (Tunca 地区)	41
表 II-1-3	X線回折結果一覧表 (Murgul 地区)	59
表 II-1-4	変質強度 (Murgul 地区)	63
表 II-1-5	全岩分析値基本統計量一覧表 (Murgul 地区)	68
表 II-1-6	全岩分析値相関係数表 (Murgul 地区)	69
表 II-1-7	鉛同位体比測定値結果一覧表	74
表 II-2-1	ボーリング調査主要機器一覧表	81
表 II-2-2	使用機器・消耗品一覧表	82
表 II-2-3	ダイヤモンドビット・リーマー使用状況一覧表	82
表 II-2-4	掘進実績表	83
表 II-2-5	掘削工程表	86

表Ⅱ-2-6	X線回折結果一覧表（ボーリング）	88
表Ⅱ-2-7	変質強度（ボーリング）	89

付 図

付図1-1	Tunca 地区 A 区域・地質平面図	(縮尺 1:2,500)
付図1-2	Tunca 地区 B 区域・地質平面図	(縮尺 1:2,500)
付図2	Tunca 地区 地質断面図	(縮尺 1:2,500)
付図3	Murgul 地区 地質平面図	(縮尺 1:10,000)
付図4	Murgul 地区 地質断面図	(縮尺 1:10,000)
付図5	MJTH-1 柱状図	(縮尺 1:200)
付図6	MJTH-2 柱状図	(縮尺 1:200)
付図7	MJTH-3 柱状図	(縮尺 1:200)

第 I 部  
総論

# 第 I 部 総 論

## 第1章 序 論

### 1-1 調査の経緯及び目的

トルコ共和国の黒海沿岸地域は日本の黒鉱鉱床に類似した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り、これまでトルコ鉱物資源総局 (MTA: MADEN TETKİK ve ARAMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ) による鉱床調査が精力的に進められてきた。今回トルコ共和国政府は本地域東部の Hopa 地域において新たな金属鉱物資源調査の実施を計画し、日本国政府に協力を要請した。日本国政府はこの要請に応じて、当地域において地質状況及び鉱床賦存状況の調査・解析を通じ、火山性塊状硫化物鉱床をはじめとする金・銀・銅・鉛・亜鉛等の鉱床賦存有望地区の抽出を目的とした調査の実施とともに、相手国機関に対して技術移転を図った。

### 1-2 第 1 年次調査の結論と提言

#### 1-2-1 第 1 年次調査の結論

第 1 年次調査は既存データ解析、地質調査及び地化学調査 (沢砂、岩石) を実施した。これらの結果は次のようにまとめられる。

#### (1) 地 質

本地域の地質は下位より上部白亜系の Alemağaç 層、Çağlayan 層、Sivrikaya 層及び第三系の Hamidiya 層が分布する。Alemağaç 層は下部の石英安山岩溶岩と上位の同質火砕岩からなり、石英安山岩溶岩は溶岩円頂丘を形成し、火砕岩は溶岩円頂丘の斜面で生じた水蒸気爆発により生成した。Çağlayan 層は塩基性火山活動により特徴づけられ、最下底の赤色石灰質泥岩の薄層を厚い玄武岩溶岩類が被覆する。玄武岩溶岩は狭在する石灰質泥岩及び酸性凝灰岩の薄層により、数層に区分される。Sivrikaya 層は本地域の高所に分布し、酸性凝灰岩類、砂岩及び泥岩類等を主体とする。Hamidiya 層は局所的に分布し、淘汰の悪い火山砕屑岩類からなる。貫入岩類は本地域の各所に石英安山岩や粗粒玄武岩等が分布し、本地域の南部から南東部にかけては始新世の Kaçkar 花崗岩類が貫入する。

#### (2) 地質構造

本地域には NE-SW 系と NW-SE 系のリニアメントが卓越し、環状構造も認められる。環状構造の代表的なものは、Tunca 川と Durak 川の流路が形成する直径約 7km のもので、Alemağaç 層の石英安山岩溶岩はこの環状構造上に噴出した。石英安山岩溶岩は NW-SE 方向に延びる溶岩円頂丘を形成し、上位の地層はこの溶岩円頂丘を取り巻くように、走向及び傾斜を変化させる。溶岩円頂丘を離れるにしたがい、上位の地層は WNW-ESE～

ENE-WSW 走向で 5~20° 程度の緩やかな北傾斜を示すようになる。貫入岩は NE-SW 方向の延びを示す。

### (3) 鉍化作用

鉍床・鉍徴には Alemağaç 層の石英安山岩類中に胚胎する火山性塊状硫化物鉍床及び鉍徴と、貫入岩体の周辺に分布する鉍徴等が認められるが、重要なものは前者である。

#### (a) 鉍化作用と層準

火山性塊状硫化物鉍床は、Alemağaç 層の石英安山岩類の上位に胚胎する。鉍床層準付近には、“Tunca デイサイト” とよばれる凝灰角礫岩や、含まれる軽石片が葉理様構造を示す“レイヤードタフ”も分布する。“Tunca デイサイト”と“レイヤードタフ”は構成物が類似することから、同一のもので、“Tunca デイサイト”が側方変化して“レイヤードタフ”に移化すると考えられる。Tunca 鉍床の上位には Tunca 南部鉍徴地があり、同鉍徴地の岩石が“Tunca デイサイト”に対比されることから、“Tunca デイサイト”は塊状硫化物鉍床の上位に位置する。すなわち、Alemağaç 層の層序は下位より上位に向けて石英安山岩溶岩、石英安山岩質火砕岩、塊状硫化物鉍床、“Tunca デイサイト”（“レイヤードタフ”）となる。

火山性塊状硫化物鉍化作用の生成過程を以下に示す。

- ① 石英安山岩溶岩の噴出と溶岩円頂丘の形成
- ② 溶岩円頂丘の斜面で水蒸気爆発が発生し、石英安山岩質火砕岩の生成。
- ③ 水蒸気爆発に伴い、熱水活動が発生。火山性塊状硫化物鉍床の形成。
- ④ “Tunca デイサイト”の形成

これらの過程は連続的に発生し、時間的な間隙はなかった。

#### (b) 火山性塊状硫化物鉍化作用と鉍床・鉍徴地

Alemağaç 層の分布域にある Tunca 鉍床、Tunca 南部鉍徴地、Muskale 鉍徴地、Şenyuva 鉍徴地、Isina 鉍徴地、Garimani 鉍徴地は一連の火山性塊状硫化物鉍化作用により形成した。Tunca 南部鉍徴地は“Tunca デイサイト”中に存在し、火山性塊状硫化物鉍化作用末期の活動により形成した。Garimani 鉍徴地を除く各鉍床・鉍徴地は同一の石英安山岩溶岩円頂丘に形成し、Garimani 鉍徴地は、この溶岩円頂丘とは別の石英安山岩溶岩に伴う鉛・亜鉛の鉍化作用である。

#### i) Tunca 鉍床

Tunca 鉍床はブロック化した巨大な転石からなる異地性の鉍床で、地すべりにより鉍床本体の鉍石の一部が分離・ブロック化し、現在の場所に運ばれたものである。鉍床本体は北方にあり、その位置は、現在の露頭からあまり離れていないと推定される。

本調査で分析に供した塊状黄鉄鉍は Cu 品位が 0.12~0.28%と低い。しかし、かつて MTA

が実施した試錐では厚さ 7.65m の塊状鉱に着鉱（平均品位：Cu1.43%、Zn1.26%）し、転石の塊状黄鉄鉱中にはこれを切る高品位の Cu・Pb・Zn 石英脈（Cu0.91%、Pb2.18%、Zn13.30%）が存在する。このことから今後の探鉱によって高品位かつ大規模な鉱床本体が発見される可能性は高い。

## ii) Muskale 鉱徴地

本鉱徴地は、おおよそ 1,100×600m の範囲に黄鉄鉱の鉱染や網状脈が認められる。本鉱徴地周辺には広い範囲にわたって石英-絹雲母-緑泥石-（絹雲母/スメクタイト混合層鉱物）帯が分布し、かつ変質強度が 90%以上の高い場所が存在しており、かつて層状鉱床が存在した可能性がある。本鉱徴地の南方の Isina 鉱徴地周辺でみつかった崖錐中の高品位の多金属硫化鉱礫（Todrović et al., 1973. Cu1.8%、Zn25.5%及び Pb1.7%）は Muskale 鉱徴地にあったと推定される層状鉱床の一部の可能性はある。

## (c) 変質

### i) 変質分帯

火山性塊状硫化物鉱化作用に伴って中心部から周辺にかけて 1) 石英-カリ長石-絹雲母、2) 石英-絹雲母-緑泥石-（絹雲母/スメクタイト混合層鉱物）、3) 石英-（緑泥石）-絹雲母/スメクタイト混合層鉱物-（スメクタイト）、4) 石英-（絹雲母）-濁沸石という変質分帯を形成する。Tunca 鉱床と Muskale 鉱徴地は石英-絹雲母-緑泥石-（絹雲母/スメクタイト混合層鉱物）帯に胚胎し、それぞれが独立した NW-SE 方向のトレンドを示す。Tunca 鉱床周辺の変質帯は、Çağlayan 層が被覆する北側へ連続する。

### ii) 変質強度

アルカリ金属の分析値から求めた変質強度 (AI) は、Muskale 鉱徴地周辺では NNE-SSW 方向に、Tunca 鉱床周辺では Tunca 川に沿った EW 方向に高変質強度分布域を形成する。Tunca 鉱床周辺のものは、Çağlayan 層が被覆する北側へ連続する。

### iii) 酸素同位体

鉱化作用に伴う水/岩石間の同位体交換反応のため、Alemağaç 層の石英安山岩類の酸素同位体比 ( $\delta^{18}\text{O}$ ) は、鉱化変質が弱い Tunca 川流域では+12.6~+14.0%を示すのに対し、Tunca 鉱床近傍では+9.2~+11.4%、Muskale 鉱徴地では+8.7~+12.4%と軽くなっている。

## (4) 地化学探査

沢砂地化学探査及び岩石地化学探査の結果、Muskale 鉱徴地から Tunca 鉱床、Şenyuva 鉱徴地にかけて主要元素 (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Ba) の地化学異常が検出された。特に岩石地化学探査では Şenyuva 鉱徴地周辺に主要元素の地化学異常が集中する。Garimani

鉍徴地周辺にも複数の元素の地化学異常が分布する。これらの地化学異常は火山性塊状硫化物鉍化作用に伴うものである。

### 1-2-2 第2年次調査への提言

第1年次調査により、本地域の地質構造と火山性塊状硫化物鉍床の層序、胚胎層準の分布の特徴が把握された。

- ・ Tunca 川と Durak 川の流路に沿って環状構造が存在する。この環状構造上の弱線に沿って Alemağaç 層の石英安山岩溶岩が噴出し、溶岩円頂丘を形成した。その山腹で水蒸気爆発が起こり、同質の火砕岩が形成されるとともに熱水活動が生じ、火山性塊状硫化物鉍床が形成した。
- ・ 本地域西方の Garimani にはこの溶岩円頂丘とは別の、独立した石英安山岩溶岩中に鉍化作用が生じている。
- ・ Tunca 鉍床は地すべりにより運ばれた異地性の鉍床で、鉍床の本体は北方にある。
- ・ Şenyuva 鉍徴地周辺に地化学異常が集中する。

第2年次調査は第1年次の調査結果を受け、Tunca 鉍床の解明を行うとともに、Garimani 鉍徴地及び Şenyuva 鉍徴地周辺の鉍化作用の把握が必要と考えられる。また、南部の Isina 鉍徴地周辺では Todroviç et al. (1973) により報告されている多金属硫化鉍礫の起源が未解決となっており、その調査も必要と考えられる。

以上により、優先順位の高い順に以下の調査を提言する。

#### (1) Tunca 鉍床周辺調査

- ・ Tunca 部落から Tunca 鉍床周辺にかけての IP 調査
- ・ 上盤分布地域での構造ボーリングの実施

#### (2) Garimani 鉍徴地周辺調査

- ・ 地質精査
- ・ 地化学探査

#### (3) Şenyuva 鉍徴地周辺調査

- ・ 地質精査

#### (4) Isina 鉍徴地周辺調査

- ・ 地質精査

### 1-3 第2年次調査の概要

#### 1-3-1 調査地域

第1年次調査結果に基づき提言された地域のうち、ツンジャ (Tunca) 鉍床周辺からシェンユバ (Şenyuva) 鉍徴地にかけての地区 (Tunca 地区) を抽出するとともに、Hopa 地域東部にあるムルグル (Murgul) 鉍床周辺の地区 (Murgul 地区) を新たな調査地として選定した。

### 1-3-2 調査目的

Tunca 地区の地質調査は、第1年次調査により抽出された鉱床賦存可能性地区を精査し、地質状況を詳細に把握するとともに、ボーリング位置の選定を目的とした。ボーリング調査はその結果を受け、地質構造を解明するとともに鉱化状況を把握し、鉱床胚胎の可能性を調べることを目的とした。

Murgul 地区の地質調査は、Murgul 鉱床周辺の地質層序を確立し、火山性塊状硫化物鉱床の胚胎母岩とされる Murgul 層の見直しを行い、新たな鉱床胚胎の可能性を探ることを目的とした。

### 1-3-3 調査方法及び内容

本年度は Tunca 地区において地質調査及びボーリング調査を、Murgul 地区において地質調査を実施した。内容を表 I-1-1 及び表 I-1-2 に示す。

表 I-1-1 調査数量一覧表

調査内容	調査量			
地質調査				
Tunca 地区				
調査面積	6km <sup>2</sup>			
調査ルート長	30km			
地質調査				
Murgul 地区				
調査面積	25km <sup>2</sup>			
調査ルート長	70km			
ボーリング調査 Tunca 地区	孔名	掘進長	傾斜	方位
Şenyuva 区域	MJTH-1	314.15m	-90°	—
Tunca 区域	MJTH-2	401.00m	-90°	—
Beyazsu 区域	MJTH-3	308.40m	-90°	—
総掘進長	1,023.55m			



表 I-1-2 室内試験数量一覧表

室内試験項目	件数
<p>地質調査 (Tunca 地区)</p> <p>① 岩石薄片作成</p> <p>② 鉱石研磨片作成</p> <p>③ 鉱石品位分析(Au,Ag,Cu,Pb,Zn,Ba,S,Ga,Ge,In,As)</p> <p>④ X線回折試験</p> <p>⑤ 全岩分析 (28成分) (Au,Ag,Al,As,Ba,Be,Bi,Ca,Cd,Co,Cr,Cu,Fe,K,Mg,Mn,Mo,Na,Ni,P, Pb,S,Sb,Sr,Ti,V,W,Zn)</p>	<p>30 件</p> <p>10 件</p> <p>10 件</p> <p>30 件</p> <p>60 件 (標準 3 件)</p>
<p>地質調査 (Murgul 地区)</p> <p>① 岩石薄片作成</p> <p>② 鉱石研磨片作成</p> <p>③ 鉱石品位分析(Au,Ag,Cu,Pb,Zn,Ba,S,Ga,Ge,In,As)</p> <p>④ X線回折試験</p> <p>⑤ 全岩分析 (28成分) (Au,Ag,Al,As,Ba,Be,Bi,Ca,Cd,Co,Cr,Cu,Fe,K,Mg,Mn,Mo,Na,Ni,P, Pb,S,Sb,Sr,Ti,V,W,Zn)</p>	<p>30 件</p> <p>10 件</p> <p>10 件</p> <p>30 件</p> <p>60 件 (標準 3 件)</p>
<p>ボーリング調査 (Tunca 地区 : MJTH-1,MJTH-2,MJTH-3)</p> <p>① 岩石薄片作成</p> <p>② 鉱石研磨片作成</p> <p>③ 鉱石品位分析(Au,Ag,Cu,Pb,Zn,Ba,S,Ga,Ge,In,As)</p> <p>④ X線回折試験</p> <p>⑤ 全岩分析 (28成分) (Au,Ag,Al,As,Ba,Be,Bi,Ca,Cd,Co,Cr,Cu,Fe,K,Mg,Mn,Mo,Na,Ni,P, Pb,S,Sb,Sr,Ti,V,W,Zn)</p>	<p>30 件</p> <p>30 件</p> <p>30 件</p> <p>30 件</p> <p>30 件 (標準 2 件)</p>
<p>鉱石同位体測定 鉛同位体測定 (SIMS による測定)</p>	<p>7 件</p>

#### 1-3-4 調査団の編成

本年度調査に参加した調査団員は下記のとおりである。

##### 現地調査団

(日本側)	(担当)	
久谷 公一	団長、地質	ジオテクノス株式会社
宮本 博	地質	ジオテクノス株式会社
西川 拓也	地質	ジオテクノス株式会社
村岡 弘康	地質	ジオテクノス株式会社

##### (トルコ側)

Mr. İskender Kurt	プロジェクト長	鉍物資源総局
Mr. Mustafa Özkan	キャンプ長	鉍物資源総局
Mr. Şenol Karşlı	地質	鉍物資源総局
Mr. Turgut Çolak	地質	鉍物資源総局
Mr. Mustafa Kemal Revan	地質	鉍物資源総局
Mr. Avni Akdeniz	ボーリング	鉍物資源総局
Mr. Resul Varlık	ボーリング	鉍物資源総局
Mr. Ramazan Daştan	ボーリング	鉍物資源総局
Mr. Baki Yılmaz	ボーリング	鉍物資源総局

#### (1) 現地指導監督

金属鉍業事業団海外協力課の高原専門調査員が7月2日～8月1日及び11月14日～17日の間、現地監督を行った。

#### 1-3-5 調査期間

現地調査は下記の工程で実施された。

##### (1) Tunca 地区地質調査

現地滞在期間	: 2003年7月2日～2003年8月1日
現地調査期間	: 2003年7月7日～2003年7月20日
現地解析期間	: 2003年7月21日～2003年7月27日

##### (2) Murgul 地区地質調査

現地滞在期間	: 2003年10月1日～2003年11月16日
現地調査期間	: 2003年10月6日～2003年11月4日

現地解析期間 : 2003年11月5日～2003年11月11日

(3) Tunca 地区ボーリング調査

現地滞在期間 : 2003年9月24日～2003年12月2日

掘削期間 : 2003年10月1日～2003年11月20日

コア検査期間 : 2003年11月21日～2003年11月27日

## 第2章 調査地域の地理

### 2-1 位置及び交通

調査地域を図1に示す。ホパ (Hopa) 地域はトルコ共和国の北東部、グルジア (Georgia) 共和国との国境近くに位置し、おおよそ北緯 41° 20'、東経 41° 30'に位置する。北を黒海に接し、南には標高 3,000m 級の東黒海山脈が NE-SW 方向に連なっている。

本年度の調査は Hopa 地域の南西端に位置する Tunca 地区と、東部に位置するムルグル (Murgul) 地区の 2 地区からなる。本地域の北西部には黒海に面した地方都市のアルハビ (Arhavi) があり、ここをベースキャンプとした。

調査地域へは、首都アンカラ (Ankara) からトラブゾン (Trabzon) まで航空路があり、約 1 時間を要する。Trabzon から Arhavi までは黒海沿いに舗装された国道が通じ、自動車ですら約 3 時間を要する。Arhavi から Tunca 地区及び Murgul 地区へはともに自動車で、約 1 時間 30 分で到達する。

### 2-2 地形及び水系

本地域を含む黒海の沿岸地域は、アルプス造山運動の初期に形成された褶曲山脈の東黒海山脈が海岸近くまで迫り、平野部はほとんどない。このため、東黒海山脈の北麓に位置する本地域は急峻な地形となっている。Tunca 地区は、黒海に注ぐ Durak 川の支流 Tunca 川の流域にあり、標高 300~900m の地となっている。一方、Murgul 地区は、Georgia 共和国のバツミ (Batumi) で黒海に注ぐチョルフ (Çorh) 川支流の Murgul 川流域にあり、標高 500m~2,000m の地となっている。両地区とも水系がよく発達し、年間を通じて河川の流量は豊富である。

### 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遮られるため、四季を通じて降水がみられる。気候はトルコ共和国でも最も降雨・降雪が多い黒海性気候 (金属鉱物探鉱促進事業団、1970) に属し、植生が発達する。9 月から 3 月までは降雨量が多く、Trabzon では 10 月の月平均雨量は 300mm に達する。11 月から雨は雪に変わる。夏の最高気温は 35°C を越えるが、冬の最低気温は氷点下 5°C 前後まで下がる。

植生は日本と同様に針葉樹や広葉樹が繁茂し、草本類も豊富である。Tunca 地区は山地の南斜面を中心に茶畑が発達し、かなり奥地の急傾斜地においても茶畑がみられる。一方、Murgul 地区の東部は原生林で覆われているが、西部の Murgul 鉱山周辺は樹木がほとんどない、露岩地帯となっている。

### 2-4 基盤整備状況

調査のベースとした Arhavi は黒海に面した人口約 1 万人の地方都市で、行政上はアルト

ビン (Artvin) 県に所属する。市街地は Kabisre 川の河口部付近に発達する。海岸線に沿って黒海沿岸の主要都市を結ぶ国道 20 号線が通過し、Ankara や Trabzon、Artvin 等を結ぶ長距離バスの便がある。市内には銀行、郵便局、ホテル等の産業基盤も整備され、製茶業等の産業もみられる。

### 第3章 一般地質

#### 3-1 トルコの地質概要

トルコの位置するアナトリア (Anatolia) 半島はアルプス-ヒマラヤ-インドネシア山系 (Alpine-Himalayan-Indonesian orogene) の一部を構成し、北部から南へポントス帯 (Pontides)、アナトリア帯 (Anatolides)、タウルス帯 (Taurides) 及び周辺褶曲帯 (Border Folds) の 4 つの東西性の構造帯に区分される。アナトリア半島がのるユーラシアプレートに対して、南からアラビアプレート及びアフリカプレートが北上し、アラビアプレートはザグロス断層でユーラシアプレートと接し、アフリカプレートはエーゲ火山弧下へ沈み込んでいる。アラビアプレートの衝突により、北アナトリア断層以南のブロックは押し出され、同断層は第一級の右横ずれ活断層となっている。

これらのプレートの活動は、ジュラ紀初頭から続くアルプス造山運動を引き起こし、特に、古第三紀以降に広域的な造山運動が発生した。このため古生代後期にテチス海の海域であった本地域は火成活動を伴う変動帯として陸化した。

Anatolides は変動帯の中軸をなし、基盤岩及びオフィオライト等からなるブロックを形成する。前弧側の Taurides はテチス海に堆積した石灰岩等の中生界からなる。Pontides はテチス海の収束によって Anatolides、Taurides と接合したブロックであり、基盤岩はデボン紀～石炭紀の変成岩類及びこれに貫入する花崗岩類からなる。その背弧側では白亜紀後期に黒海の拡大があり、背弧海盆には中生界のフリッシュ相の堆積岩が堆積し、海成火山岩類が噴出した。これに伴って火山性塊状硫化物鉱床が黒海沿岸に形成されている。

#### 3-2 調査地域の地質概要

調査地域はトルコ共和国東部の黒海沿岸にあり、地質的には Pontides の北東部に位置する。Pontides の基盤はデボン系～石炭系の片麻岩、片岩等の変成岩類とこれに貫入する古生代の花崗岩類からなり、その上に 6 つの層序学的ユニットが分布する。それらは下位から上部石炭系～下部白亜系、上部白亜系～下部始新統、中部～上部始新統、漸新統～中新統及び鮮新統～第四系からなる。

東部黒海沿岸には上部白亜系～下部暁新統に属する火山岩類が分布し、Murgul、Çayeli、Ceratepe 等で代表される火山性塊状硫化物鉱床を伴っている。

Güven et al (1992) は上部白亜系～下部暁新統を下位から安山岩～玄武岩質火山岩類を

主とするチャタック (Çatak) 層、石英安山岩質火山岩類を主とするクズルカヤ (Kızılkaya) 層、安山岩～玄武岩溶岩と火山砕屑岩類等からなるチャーラヤン (Çağlayan) 層に区分した。Kızılkaya 層、Çağlayan 層は Tunca 地区のアレマーチ (Alemağaç) 層、Çağlayan 層に、また、Murgul 地区の Murgul 層、アルディッチ (Ardiç) 層にそれぞれ対応する。

本地域の南部には、始新世に活動した Kaçkar 花崗岩類が NE-SW 方向に分布する。

### 3-3 地質構造

LANDSAT の TM 画像と、MTA が同画像から抽出 (MTA, 2002) したリニアメントを図 I-3-1 に示す。同図からは本地域を含む Hopa 地域のリニアメントとしては NE-SW 系、NW-SE 系、NNW-SSE 系及び E-W 系のものがあり、NE-SW 系と NW-SE 系のものが卓越する。また、各所に環状構造が認められ、Tunca 地域においても直径が数 km 程度のもので認められる。これらの構造に関し、MMAJ(2001)は NW-SE 系のは本地域の地質構造、すなわち Pontides 帯と Anatriides 帯の境界を反映し、NW-SE 系は黒海沿岸部に広く分布する上部白亜系の火山岩類中に発達するとしている。環状構造の分布をみると、NW-SE 系のリニアメントと同様に主に上部白亜系の火山岩類中に発達する。

日本の黒鉱鉱床と地質構造の関係については、多くの研究者が黒鉱鉱床は陥没構造に伴って分布することを指摘している。トルコにおいても石油公団 (1998) は、衛星データを用いて本地域を含むトルコ東部の黒海沿岸地域の地質構造解析を行い、火山性塊状硫化物鉱床が特定層準の環状構造周辺に分布する確率が高いことを明らかにし、火山性塊状硫化物鉱床探査には環状構造を主とした構造解析が重要であると指摘している。

### 3-4 鉱化・変質作用

Hopa 地域周辺の火山性塊状硫化物鉱床の分布を図 I-3-2 に示す。Hopa 地域及びその周辺地域には Murgul、Cerattepe、Çayeli、Peronit、Kutunit といった数多くの火山性塊状硫化物鉱床が賦存する。これらの鉱床は石英安山岩溶岩及び同質火砕岩からなる上部白亜系の Kızılkaya 層 (Tunca 地区では Alemağaç 層、Murgul 地区では Murgul 層) の上部に胚胎し、下部には硫化物の網状脈～鉱染鉱床が発達する。Sivrikaya 鉱床のように、上部の塊状鉱床を欠いて、下盤の網状脈～鉱染鉱床だけからなる鉱床も存在する。これらの鉱床は上部を Çağlayan 層の石灰質泥岩、玄武岩溶岩等により覆われている。

なお、東部 Pontides の火山性塊状硫化物鉱床については、2 回の鉱化作用があり、Peronit、Kutunit 等の鉱床は Tunca、Murgul、Cerattepe 鉱床等とは関係火成岩及び生成時期が異なるという考えもだされている。

変質作用は Murgul 鉱床周辺ではカオリナイト化、絹雲母化、緑泥石化が認められる。Çayeli 鉱床では鉱床を中心にしてスメクタイト・緑泥石・カオリナイト帯、カオリナイト・混合層粘土・スメクタイト帯、イライト・ナクライト・菱鉄鉱帯が取り巻く (Çağatay, 1993)。

F46-47 PAFTALARININ LANDSAT TM 453 (KYM) GÖRÜNTÜSÜ VE ÇİZİŞİ

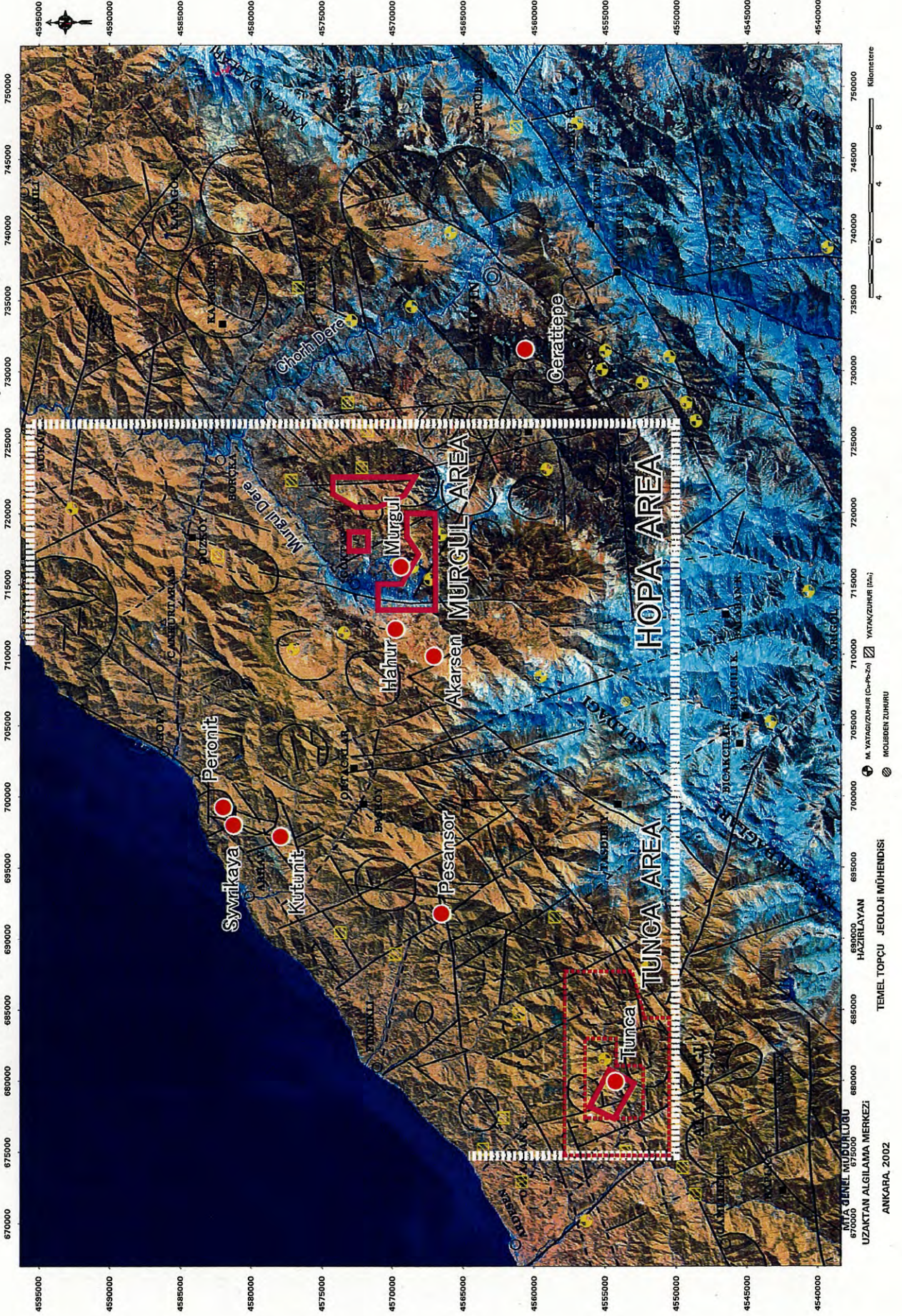


FIGURE I-3-1 HOPA REGIONAL RECONSTRUCTION

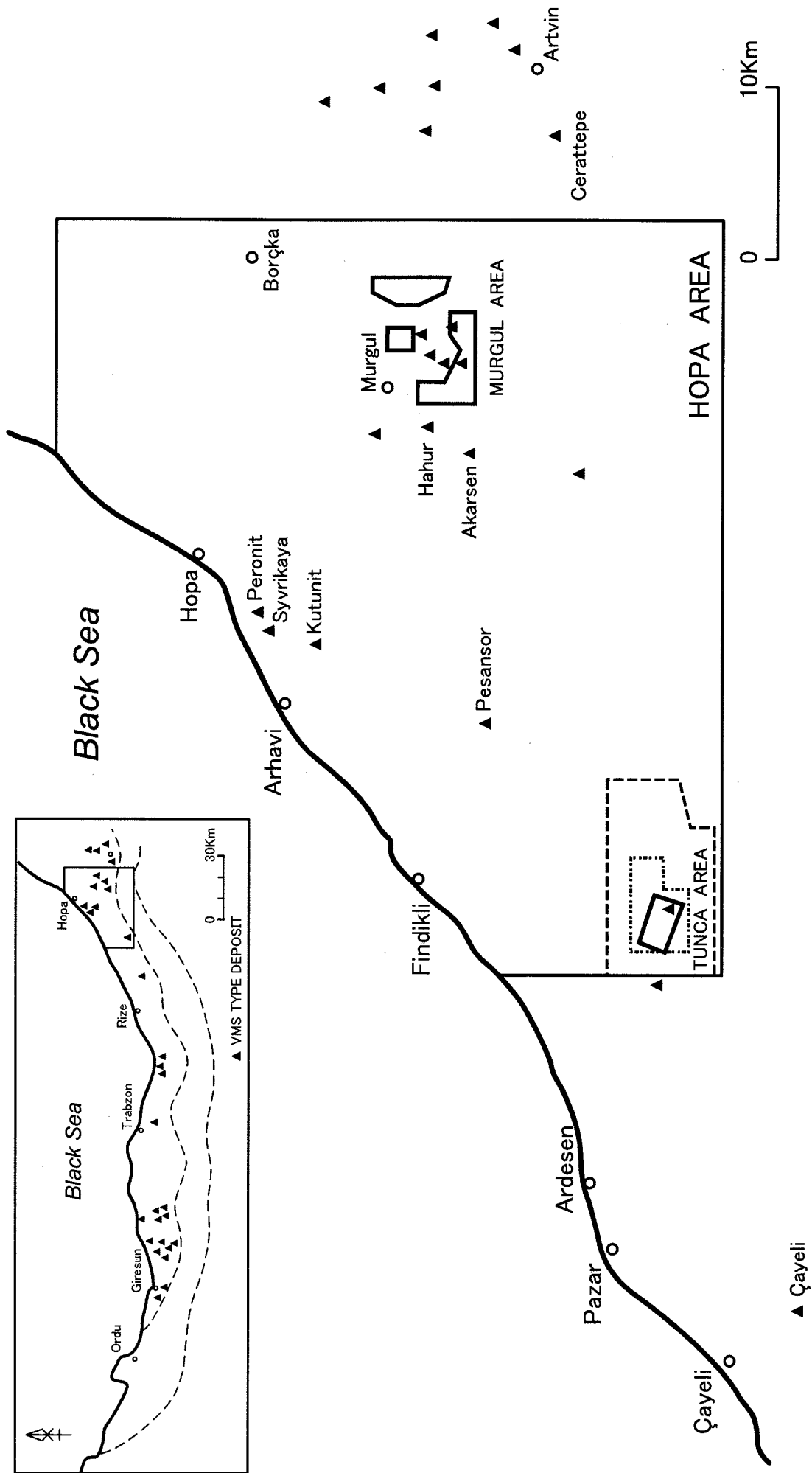


図 I - 3 - 2 HOPA 地域周辺の火山性塊状硫化物鉱床



## 第4章 調査結果の総合検討

### 4-1 地質構造、鉱化作用の特性

本地区はトルコ共和国東部の黒海沿岸にあり、地質的には Pontides の北東部に位置する。

#### 4-1-1 Tunca 地区

##### (1) 地質・地質構造

本地区は下位より上部白亜系の Alemağaç 層、Çağlayan 層、Sivrikaya 層及び第三系の Hamidiya 層が分布する。Alemağaç 層は本地区の最下位層で、東部 Pontides に広く分布し、火山性塊状硫化物鉱床の胚胎母岩である Kızılkaya 層に対比され、石英安山岩溶岩 (Adcl) 及び同質火山碎屑岩類 (Atf)、パープルデイサイト (Adcp)、グリーンデイサイト (Adcg) 及び同質火山碎屑岩類 (Attf) などからなる。石英安山岩溶岩 (Adcl) は本地区南方の Muskale 山を中心に分布して溶岩円頂丘を形成し、同質火山碎屑岩類 (Atf) は溶岩円頂丘の斜面で生じた水蒸気爆発により生成した。パープルデイサイト (Adcp)、グリーンデイサイト (Adcg) 及び同質火山碎屑岩類 (Attf) はその直後に活動した同一の岩体で、それぞれ、貫入岩相がパープルデイサイト、溶岩相がグリーンデイサイト、そして碎屑岩相がグリーンデイサイト質火山碎屑岩類に相当する。Çağlayan 層は優勢な塩基性火山活動により特徴づけられ、最下底の赤色石灰質泥岩層を厚い玄武岩溶岩類が被覆する。Sivrikaya 層は泥岩が卓越し、Hamidiya 層は凝集性の悪い堆積岩からなる。貫入岩類は本地区の各所に石英安山岩や粗粒玄武岩等が分布する。

##### (2) 鉱化作用

本地区内の鉱床・鉱徴地はいずれも火山性塊状硫化物鉱化作用により形成された。

##### (a) 鉱床層準

火山性塊状硫化物鉱化作用は、Alemağaç 層の石英安山岩溶岩 (Adcl) が形成する溶岩円頂丘の斜面で水蒸気爆発が起こり、これに伴って熱水活動が生じたと考えられ、Tunca 鉱床及び Tunca 西部鉱徴地を形成した。熱水活動が弱まりつつある時期にパープルデイサイトが貫入し、グリーンデイサイト質火山碎屑岩類 (Attf) 中にも鉱化作用が生じ、Tunca 南部鉱徴地、Şenyuva 鉱徴地及び Şenyuva 北部鉱徴地を形成したと考えられる。従って、鉱床層準は石英安山岩質火山碎屑岩類 (Atf) 上位から Çağlayan 層最下位の赤色石灰質泥岩堆積直前までの間の幅をもったゾーンと考えられる。なお、Şenyuva 鉱徴地近傍の赤色石灰質泥岩中に酸化マンガン鉱が濃集し、熱水活動に伴う熱水性マンガンの可能性がある。

##### (b) 変質分帯

鉱化作用に伴い、中心部から周辺にかけて 1) 石英・絹雲母・緑泥石・(絹雲母/スメクタイ

ト混合層鉍物) 帯、2) 石英・(緑泥石)・絹雲母/スメクタイト混合層鉍物・(スメクタイト) 帯が分布する。しかしその分布は連続性に欠く。これは本地区には優勢な貫入岩相のパープルデイサイトが発達すること以外に、鉍化作用の勢いが弱い、または、本地区が主要な鉍化作用の中心から離れた周辺部にある、ということが考えられる。

### (c) 変質強度

変質強度 (AI) の値が 90%以上の強変質強度帯は Tunca 鉍床、Tunca 西部鉍徴地及び Şenyuva 鉍徴地周辺にのみ分布し、変質鉍物分帯と同様に、連続性を欠いている。

### (3) ボーリング

#### (a) MJTH-1

本孔は Çağlayan 層の玄武岩 (Cbs) から Alemağaç 層のパープルデイサイトを掘削した。パープルデイサイトは全体にやや強い珪化と絹雲母化、方解石化、粘土化等がみられ、黄鉄鉍が鉍染する。パープルデイサイトの最上部も著しく粘土化し、黄鉄鉍が鉍染しており、Şenyuva 北部鉍徴地の鉍徴が本孔まで延長する可能性がある。これらの鉍化変質は火山性塊状硫化物鉍化作用によると考えられる。

#### (b) MJTH-2

本孔では、地表調査では未確認の 2 種類の石英安山岩質凝灰角礫岩を捕捉した。

石英安山岩質凝灰角礫岩 (Adlh) とその下位の石英安山岩質凝灰角礫岩 (Adlf) は同質であるが、境界付近に赤鉄鉍の網状脈があり、かつ、石英安山岩質凝灰角礫岩 (Adlf) には珪化と微量の硫化物の鉍染が認められ、両者は種類が異なると考えられる。石英安山岩質凝灰角礫岩 (Adlf) は、岩相が MJTH-1 孔でパープルデイサイトに取り込まれた石英安山岩 (Adlv) に類似することから、一連の活動で形成したもので、Alemağaç 層に属すると推定される。上位の石英安山岩質凝灰角礫岩 (Adlh) が未鉍化なのに対し、下位の石英安山岩質凝灰角礫岩 (Adlf) には鉍化が認められ、石英安山岩質凝灰角礫岩 (Adlh) は鉍床層準の上盤で、石英安山岩質凝灰角礫岩 (Adlf) は鉍床層準の下盤と考えられる。下盤の石英安山岩質凝灰角礫岩 (Adlf) は X 線回折の結果、石英、緑泥石とともに一部試料からは濁沸石が同定され、アルバイトも多い。変質強度は 13~40%と非常に低い。

#### (c) MJTH-3

本孔は 247.2m から鉍床上盤の Alemağaç 層の酸性軽石凝灰岩 (Attf) となり、260.2m から鉍床下盤の Alemağaç 層の石英安山岩溶岩 (Adcl) に入った。酸性軽石凝灰岩 (Attf) 及び石英安山岩溶岩 (Adcl) は、両者とも石英・絹雲母・緑泥石・(絹雲母/スメクタイト混合層鉍物) 帯に分類されるが、アルバイトも多い。Na 含有量が高く、変質強度は 1 試料を除いて 27~68%と低い。以上の結果、本孔は火山性塊状硫化物鉍化作用を被るがその程度

はやや弱く、鉍化作用の周辺部をみている可能性が高い。

#### (4) Tunca 鉍床

Tunca 鉍床は塊状硫化鉍のブロックからなり、Tunca 川の北岸に存在する。本鉍床は Tunca 部落の背後の斜面を滑落崖とする“Tunca 地すべり”の末端部に位置し、同地すべりにより、鉍床本体から分離・運搬され、鉍床本体は Tunca 川北岸の露頭と、MJTH-2 孔の間に賦存すると推定される。MJTH-2 孔の鉍化変質状況から判断すると、両者の間には規模の大きな鉍床は期待できないが、鉍床本体の主要部が東方に賦存する可能性がある。

### 4-1-2 Murgul 地区

#### (1) 地質

本地区は下位より下部白亜系の Kabaca 層、及び上部白亜系の Murgul 層、Ardiç 層、Küre 層が分布し、安山岩や粗粒玄武岩、花崗岩類等が貫入岩する。

Kabaca 層は本地区の最下位層で、塩基性火山岩類等からなる。Murgul 層は石英安山岩溶岩及び同質火山砕屑岩類からなる下部層と軽石凝灰岩、細粒凝灰岩等からなる上部層に区分される。Ardiç 層は優勢な塩基性火山活動により特徴づけられ、堆積岩を伴う。Küre 層は堆積岩からなり、調査地区北方に分布する。Karatepe 石英安山岩は Murgul 層及び Ardiç 層に貫入し、Ardiç 層の下部塩基性火山岩の上面を火山砕屑岩となって被覆する。花崗岩類は Kokolet 川流域に分布し、岩株を形成する。

本地区には EW 系の構造が発達し、Ardiç 区域において Murgul 層と Ardiç 層を境する Murgul 断層も ENE-SWS 走向を示す。

#### (2) 鉍化作用

##### (a) 鉍床層準

本地区は Ardiç 区域及び Kabaca 区域の独立した 3 区域からなり、鉍化変質を受けた石英安山岩類が広く分布する。調査は各区域の地質の連続性に注意し、層序の確認を行った。その結果、石英安山岩類は Karatepe 石英安山岩を除き、いずれも Murgul 層に属し、火山性塊状硫化物鉍化作用は、Murgul 層下部層の石英安山岩類中に生じていることが判明した。Murgul 層は、東部 Potides の火山性塊状硫化物鉍床の胚胎母岩である Kızılkaya 層に対比され、Tunca 地区の Alemağaç 層に相当する。

##### (b) 変質鉍物

火山性塊状硫化物鉍化作用の中心部では、石英・カオリナイト・絹雲母帯が認められ、Çakmakkaya 鉍床を通り Kızılkaya 方面へ、北東-南西方向に連続する。同帯の西側には石英・絹雲母・緑泥石帯があり、東側には石英・絹雲母・(絹雲母/スメクタイト混合層鉍物)帯が分布する。変質分帯が鉍化の中心部を境として非対称な分布を示す理由は不明である。

### (c) 変質強度分帯

強変質強度帯 (90%<AI) は Kabaca 区域の Lepüskür 川流域から Çakmakkaya 鉱床南方にかけて、そして Murgul 鉱床群をはさみ Ardiç 区域に分布し、両区域間で連続すると考えられる。さらに、Kokolet 区域北部では AI の 80-90%を示す範囲が Ardiç 層の被覆する西側へ連続し、Ardiç 区域の強変質強度帯は Kokolet 区域方向へ広がっている。すなわち、強変質強度帯は Lepüskür 川流域から、Ardiç 区域と Kokolet 区域間の山塊へ北東-南西方向に連続すると推定される。変質強度は至近距離で急激に変化し、鉱化作用の強弱を鋭敏に反映すると考えられる。

### (d) 地化学調査

地化学調査の結果、Kızılkaya 鉱徴地には Au,Ag,As,Cu,Pb,Sb,Bi の地化学異常が集中する。Karagöl 鉱徴地には Bi、Kokolet 鉱徴地周辺には Ba、Mn の地化学異常が検出された。

### (e) 鉱徴地

本地区内の主要な鉱徴地としては、Lepüskür、Karagöl、Kızılkaya、上部 Kokolet 及び下部 Kokolet の各鉱徴地があり、下部 Kokolet 鉱徴地を除き、いずれも火山性塊状硫化物鉱化作用により形成されたと推定される。Lepüskür 及び Karagöl 鉱徴地は Çarkbaşı 鉱床の近傍にあり、Dardanel 社はかつて Karagöl 鉱徴地で試錐探鉱を、また、Kızılkaya 鉱徴地では地表部の Au を対象とした調査を実施している。Kokolet 鉱徴地は近接して 2ヶ所の鉱徴地があり、上部鉱徴地は Murgul 層下部層の最上部に重晶石、ドロマイトなどからなる鉱層が存在する。本鉱層については、ドロマイトを伴うこと、鉱石分析結果が Ag:0.15g/t と Ag 品位が低いこと、そして、下部鉱徴地が安山岩の貫入に伴う鉱化作用とみられることなど否定要素もあるが、火山性塊状硫化物鉱化作用により形成された“パライト鉱”の可能性が高い。これらの鉱徴地の分布を巨視的にみると、北東-南西方向に連なっている。

## 4-2 鉱床賦存のポテンシャル

### 4-2-1 Tunca 地区

本地区の火山性塊状硫化物鉱化作用は、Alemağaç 層の石英安山岩溶岩 (Adcl) が形成する溶岩円頂丘の斜面で水蒸気爆発が起こり、これに伴って熱水活動が生じ、Tunca 鉱床及び Tunca 西部鉱徴地を形成したと考えられる。さらに、熱水活動が弱まりつつある時期にパープルデイサイトが貫入し、グリーンデイサイト質火山砕屑岩類 (Attf) 中にも鉱化が生じ、Tunca 南部鉱徴地、Şenyuva 鉱徴地及び Şenyuva 北部鉱徴地を形成したと考えられる。

鉱化変質帯はこれらの鉱床・鉱徴地を中心に分布するが、連続性に乏しい。これは優勢な貫入岩相のパープルデイサイトが貫入するという事実に加え、鉱化作用が Murgul 鉱床や Çayeli 鉱床のような大規模鉱床の形成させたものに比べ、規模・強さが劣っていたという

考えと、本地区が鉍化作用の中心を離れた周辺部にあるという考えが成り立つ。ボーリング調査では各孔とも火山性塊状硫化物鉍化作用に伴う鉍化変質・硫化物の鉍染を捕捉したが、その程度は弱く、地表調査と同じ結果が得られた。仮に本地区が主要な鉍化作用の周辺部にあるとした場合、西方には優勢なパープルデイサイトが貫入し、北方は MJTH-2 孔の結果から鉍化作用の中心部とは考えられない。従って、本地区の鉍化作用の中心は、Tunca 鉍床から Beyazsu 地区にかけての東方にあると考えられる。

これらの調査結果を総合すると、本地区内には大規模な塊状硫化物鉍床が胚胎する可能性は低い、本地区の東方にはその可能性が残されている。

#### 4-2-2 Murgul 地区

本地区の火山性塊状硫化物鉍化作用は Murgul 層下部層を胚胎母岩としている。本調査により本地区の鉍化・変質作用に関して、次のような知見が得られた。

- ・ 鉍化変質帯の中央部は石英・カオリナイト・絹雲母帯からなり、Çakmakkaya 鉍床を通り北東-南西もしくは北北東-南南西方向に Kızılkaya 方面へ連続する。
- ・ 変質強度の強変質強度帯 (90%<AI) は Murgul 鉍床群を通る北北東-南南西方向に連続する。
- ・ 巨視的には本地区の鉍徴地は北東-南西方向に連なる。そしてその北東端には Murgul 層下部層の最上部に“バライト鉍”を有する上部 Kokolet 鉍徴地が分布する。

これらの知見は、本地区の火山性塊状硫化物鉍化作用が Murgul 鉍床群を通る北東-南西方向のトレンドを有することを示している。Murgul 鉍床群の南西側はすでに鉍床層準が削剥され、Murgul 層下部層が露出し、地表の鉍徴状況から判断して、これらの場所に規模の大きな鉍染型鉍床が胚胎する可能性は低い。一方北東側、すなわち Ardiç 区域から Kokolet 区域にかけての山塊は、地表を上盤の Ardiç 層の塩基性火山岩類が被覆しており、その下部に大規模な火山性塊状硫化物鉍床が胚胎する可能性は非常に高いと考えられる。

## 第5章 結論及び提言

### 5-1 結論

#### 5-1-1 Tunca 地区

##### (1) 地質

本地区の地質は下位より上部白亜系の Alemağaç 層、Çağlayan 層、Sivrikaya 層及び第三系の Hamidiya 層が分布し、石英安山岩や粗粒玄武岩等が貫入する。

Alemağaç 層は石英安山岩溶岩 (Adcl) 及び同質火山碎屑岩類 (Atf)、パープルデイサイト (Adcp)、グリーンデイサイト (Adcg) 及び同質火山碎屑岩類 (Attf)、石英安山岩質凝灰角礫岩 (Adlh)、石英安山岩質凝灰角礫岩 (Adlf) などからなる。石英安山岩溶岩 (Adcl) は本地区の南方の Muskale 山を中心に溶岩円頂丘を形成し、斜面で水蒸気爆発が起こり、同質火山碎屑岩類 (Atf) を形成した。パープルデイサイト (Adcp)、グリーンデイサイト (Adcg) 及び同質火山碎屑岩類 (Attf) は同一の岩体の岩相変化であり、本地区の南部を中心に広く分布する。石英安山岩質凝灰角礫岩 (Adlh) 及び石英安山岩質凝灰角礫岩 (Adlf) はボーリング調査により捕捉され、Tunca 区域北部の地下に分布する。

##### (2) 鉱化作用

本地区の火山性塊状硫化物鉱床は、Alemağaç 層の石英安山岩溶岩 (Adcl) が形成する溶岩円頂丘の斜面で水蒸気爆発が発生し、それに伴い熱水活動が生じて形成された。その直後の熱水活動が弱まりつつある時期にパープルデイサイトが貫入し、グリーンデイサイト質火山碎屑岩類 (Attf) 中にも同鉱化作用が及んだと推定される。従って、鉱床層準は石英安山岩質火山碎屑岩類 (Atf) 上位から Çağlayan 層最下位の赤色石灰質泥岩堆積直前までの間の幅をもったゾーンと考えられる。

本地区の鉱化作用に関しては、鉱化作用そのものの勢いが弱かったとも考えられるが、本地区が主要な鉱化作用の中心から離れた周辺部に位置するとも考えられ、その場合、パープルデイサイトの賦存位置、MJTH-2 孔の状況及び Tunca 鉱床の形成過程、また、MJTH-3 孔で捉えた鉱徴等を考慮すると、本地区の鉱化作用の中心は本地区の東方にあると考えられる。

#### 5-1-2 Murgul 地区

##### (1) 地質

本地区は下位より、下部白亜系の Kabaca 層、及び上部白亜系の Murgul 層、Ardiç 層、Küre 層が分布し、石英安山岩、安山岩や花崗岩類等が貫入する。Kabaca 層は本地区の最下位層で、安山岩及び同質堆積岩等からなる。Murgul 層は火山性塊状硫化物鉱化作用を受ける下部層とその上位の上部層に区分される。下部層は本地区に広く分布し、石英安山岩

溶岩及び同質火山砕屑岩類 (Mdcl) からなる。上部層は軽石凝灰岩及び細粒凝灰岩等からなる。Ardiç 層は玄武岩や安山岩溶岩の塩基性火山活動により特徴づけられ、塩基性火山岩類は間に挟まれる堆積岩類により、数層に区分される。Küre 層は堆積岩からなり、本地区の北方に分布する。Karatepe 石英安山岩は Murgul 層及び Ardiç 層に貫入し、Ardiç 層の下部塩基性火山岩の上面を火山砕屑岩となって被覆する。花崗岩類は Kokolet 川流域に分布し、岩株を形成する。

## (2) 鉱化作用

本地区は Murgul 層下部層を胚胎母岩として火山性塊状硫化物鉱化作用が認められる。鉱化変質に伴う変質鉱物分帯及び強変質強度帯の分布、及び鉱床・鉱徴地の配列はいずれも Murgul 鉱床群を通る北東-南西方向に連続し、本地区の火山性塊状硫化物鉱化作用はこのゾーンに沿って形成したと考えられる。

Murgul 鉱床群の南西側はすでに鉱床層準が削剥され、Murgul 層下部層が露出するが、北東側、すなわち Ardiç 区域から Kokolet 区域にかけての山塊は、Ardiç 層の塩基性火山岩類の下位に Murgul 層上部層が分布し、大規模な火山性塊状硫化物鉱床が胚胎する可能性は高いと考えられる。

## 5-2 第3年次調査への提言

第2年次調査により、Tunca 鉱床の北東方に火山性塊状硫化物鉱化作用の中心が考えられること、Murgul 地区では Ardiç 区域と Kokolet 区域の間の山塊に火山性塊状硫化物鉱化鉱床の胚胎する可能性が高いことが結論された。

第3年次調査では第2年次調査の結果及び第1年次調査の結果・提案を受け、以下の調査の実施を提案する。

### [Tunca 地区]

#### (1) Beyazsu 区域東方

本地区の火山性塊状硫化物鉱化作用の中心が東方に存在する可能性がある。

- ・ボーリング調査

#### (2) Manganese 周辺調査

- ・地質精査
- ・ボーリング調査

本鉱徴地は第1年次に調査した Tunca 地域の西部にあり、マンガンの鉱徴地が存在する。近くに Alemağaç 層の石英安山岩溶岩 (Adcl) が分布し、黄銅鉱、閃亜鉛鉱が鉱染する。

### [Murgul 地区]

#### Ardiç 区域東方山域

- ・ボーリング

Murgul 鉍床群から続く火山性塊状硫化物鉍床の胚胎する可能性が高い。

#### [その他の地区]

#### Peronit、Kutunit 及び Syvrikaya 周辺

- ・地質調査
- ・ボーリング

MTA による予察調査で有望な鉍徴が得られており、精査範囲を拡大する。