

第Ⅵ部 デックメン地区

第VI部 デックメン地区

第1章 デックメン地区の調査概要

1-1 概要

本地区は第1年次のC地区の南西部に位置する。本地区の基盤岩類は緑色片岩、泥質片岩、結晶質石灰岩からなるエメシエ層で調査地区に広く分布する。本地区の中央部を流れるスーリレック(Sigirirek)沢に沿ってNEN-SWS方向にデックメン花崗岩(貫入の時期は白亜紀から始新世)及び斑岩(デックメン花崗岩よりやや遅れて貫入)がエメシエ層を貫入してきている。これら貫入岩中とその付近でポーフィリーモリブデン型の鉱化作用を把握している。さらに、これら貫入岩類中から周辺部にかけて金・銀を伴う鉱化作用も確認されている。

1-2 調査目的

第1年次の調査で本地区の中央部を流れるスーリレック沢で採取した岩石試料からモリブデン含有の鉱徴が得られたこと、また、スーリレック沢上流で金含有を示す鉱徴も得られた。これらの鉱徴はデックメン花崗岩及び斑岩から周辺部にかけて認められることから、本地区のモリブデン・金鉱化作用を究明すべく第2年次の精査対象地域として選び、地質精査と平行して鉱徴地一帯で地化学探査試料を採取することにより鉱徴の特徴の把握に努めた。本地区で予想される鉱床のタイプとしてポーフィリーモリブデン型が期待されることから物理探査(IP・SIP法)により下部への鉱化帯の広がりを推定するためのデータを得る目的で実施した。

1-3 調査内容

調査内容	室内試験項目	調査数量	分析項目及び成分
地質調査 地化学探査 (12km ²)	地化学探査試料分析	112件	Cu, Pb, Zn, Au, Ag, Mo, Hg, As, F, Ba, Tl, Se
	鉱石成分分析	10件	Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Sb, Hg, Mo
	全岩分析	2件	SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , MnO, MgO CaO, Na ₂ O, K ₂ O, P ₂ O ₅ , LOI, FeO
	岩石薄片作成	2件	
	鉱石研磨片作成	10件	
	X線回折粉末法試験	3件	
	年代測定	2件	K-Ar法
物理探査	IP法(2測線)	4km	測点数 160点
	SIP法(2測線)	4km	測点数 160点
	SIP試験	34件	

第2章 デックメン地区の地質

2-1 地質概要

本地区はC地区の南西部に位置する。基盤岩類は緑色片岩、泥質片岩、結晶質石灰岩からなる三疊紀のエメシェ層で、本地区の南部域に広く分布する。このエメシェ層を不整合に第三紀始新世のカランルック層が堆積している。本層の下位は礫岩層からなるクズルジュク部層で基底礫岩で構成され、上位はシルト岩と砂岩のリズミカルな互層からなるキラズケチット部層で、フリュシュ性堆積岩類かななる。中新世の火山岩類は欠如し、第三紀末期以降の石英安山岩質岩類からなるアッカイラック火山岩類がカランルック層を不整合に覆う。本地区の模式柱状図は第1-5図に、地質平・断面図、及び鉍化・変質帯図は第6-1図及び第6-2図に示した。

2-2 地質層序

2-2-1 エメシェ(Emese)層

分布：調査地区の全域に広く分布する。

岩相及び産状：本層は主として塩基性火山岩類起源の緑色片岩、変はんれい岩、黒色泥質片岩、砂岩及び礫岩からなる変堆積岩類及び結晶質石灰岩(大理石)から構成される。下部層ほど緑色片岩が優勢で上部層になると泥質片岩が多くなる。

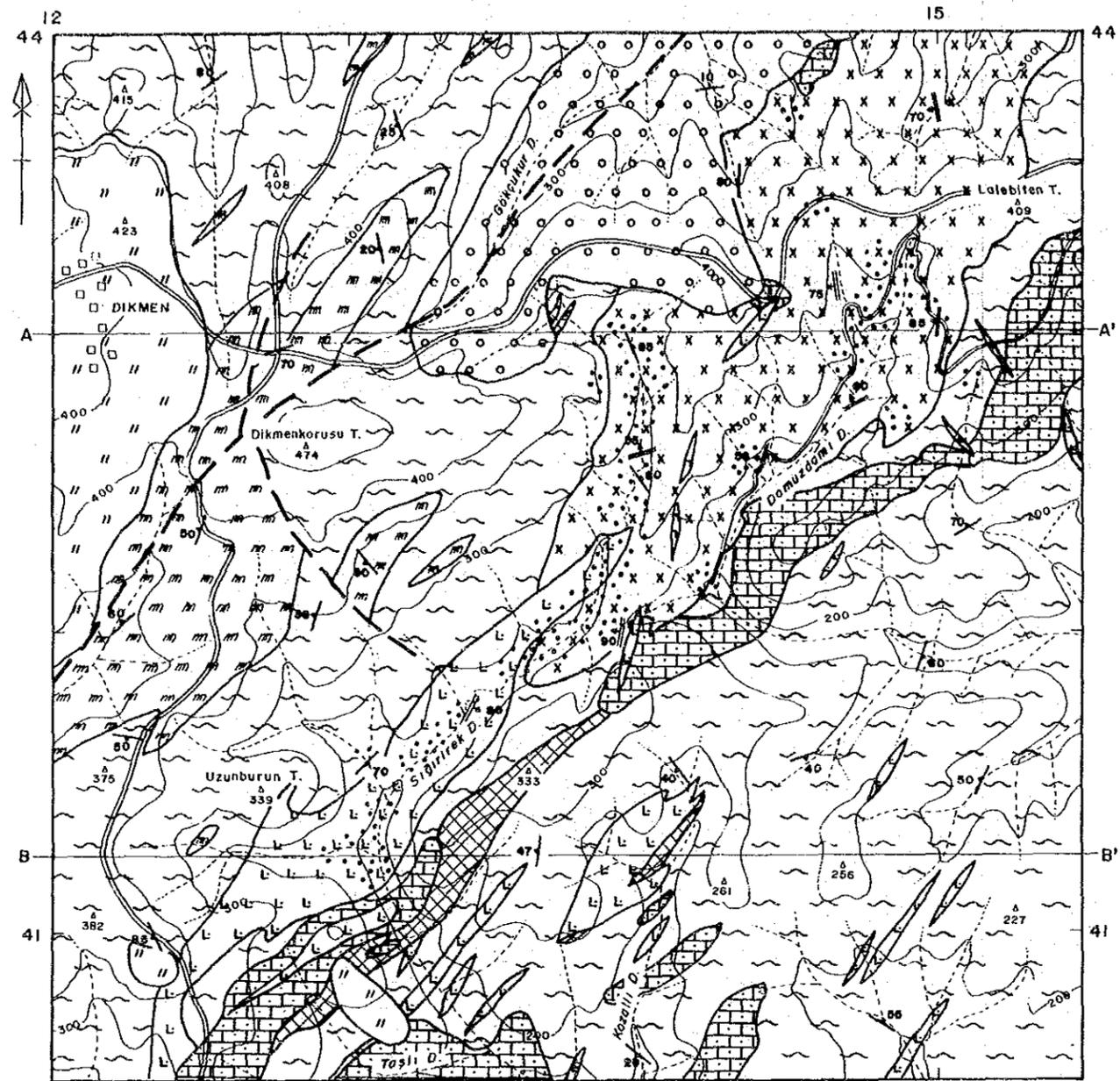
結晶質石灰岩はスーリレック沢以西に分布、一部は下部層から供給されたオストリスと考えられる。デックメン花崗岩の貫入により小規模なルーフペンダントをなし、赤鉄鉱からなるスカルン化が認められる。なお、本地区では化石は発見されなかったが、他の地域では二疊紀を示す化石が確認されている。

本層は変成作用を受けているが、弱く、泥質片岩の片理面は層理面とみなし走向傾斜を測定した結果に基づいて地質図を描くと、一連の褶曲構造として認められ、本地区南部に分布する結晶質石灰岩はすべて関連づけられる。地表調査では塊状部分(オストリス)もあるが、これらも含め同一層準となる。

2-2-2 カランルック(Karanlık)層 (クズルジュク Kızılicık部層)

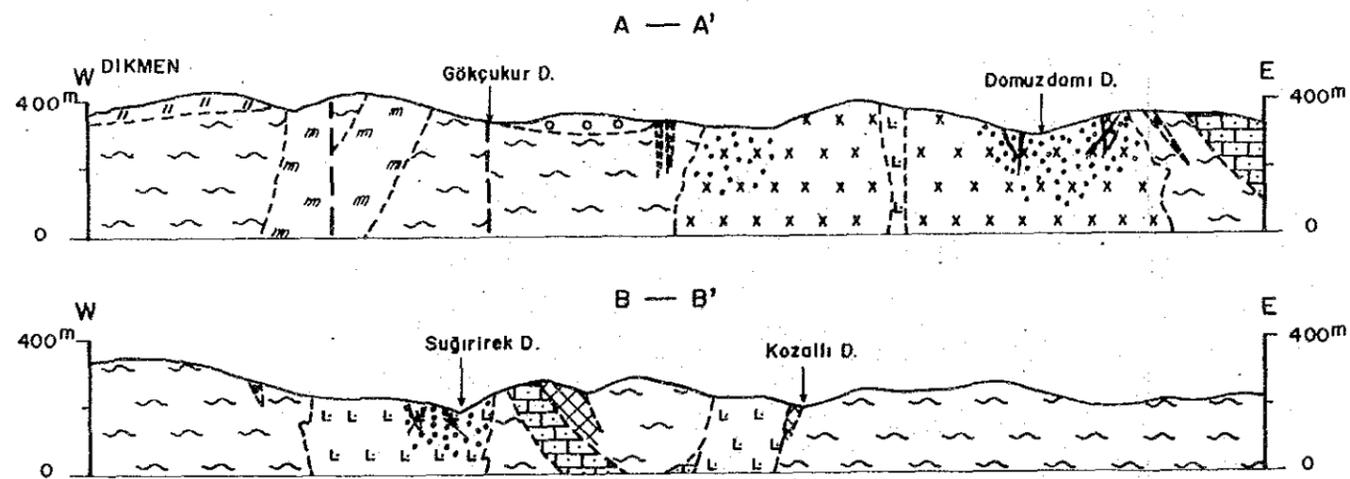
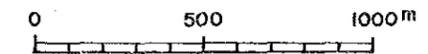
分布：本部層は調査地北部を南西から北東方向に走るギョクチュクル(Gökçukur)沢中流域に分布している。

岩相及び産状：黄土色を呈し、固結度の弱い空隙の多い礫岩からなり、礫径の大きなものは5~50cmで、1mに達するものも見られる。円磨度は中程度で亜角、亜円礫状~板状をなし、層理・淘汰ともに不良である。極めて局所的に層理(N80°W, 10°N)を示すものの、大半は無層理である。風化による酸化変質のため脱色している。構成礫は緑色片岩、変火山岩、大理石、変堆積岩類等か

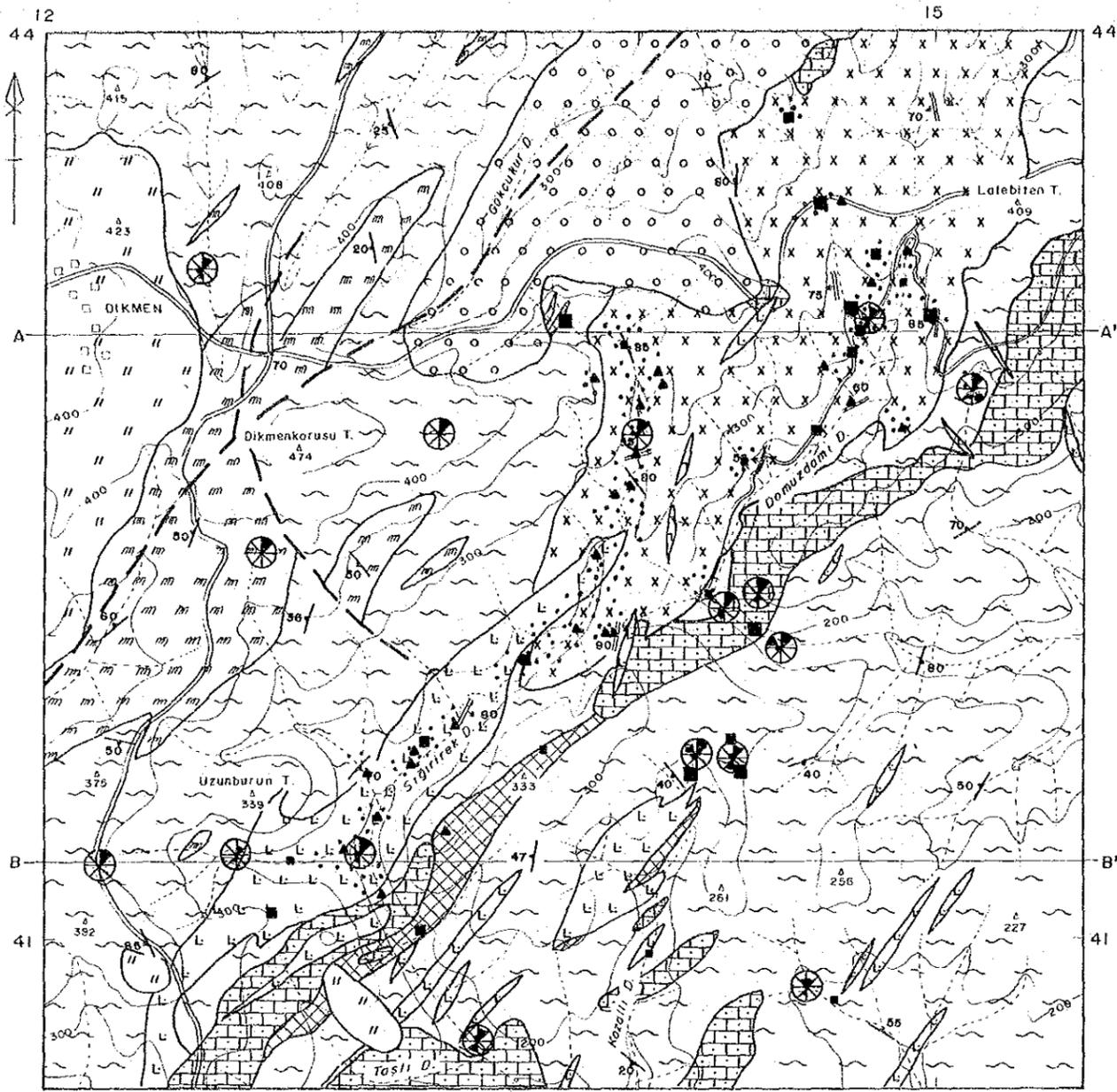


L E G E N D

- | | | | |
|-----------------|------------------------------|--|--|
| Pliocene | Akkayrak Vol. | | Dacite and dacitic tuff |
| Eocene | Karanlık F.
(Kızılıcak M) | | Conglomerate |
| Triassic | Emşe F. | | Marble |
| | | | Meta-volcanics and meta-sediments |
| Intrusive rocks | | | Aplite |
| | | | Porphyry |
| | | | Dikmen granite |
| | | | Serpentinite |
| Mineralization | | | Dissemination and veinlet (Mo, Cp, Py) |
| | | | Skarn (Fe) |
| | | | Probable fault |
| | | | Strike and dip of bedding |
| | | | Strike and dip of schistosity |
| | | | Strike and dip of joint |
| | | | Quartz vein with molybdenite |
| | | | A—A' Profile line |

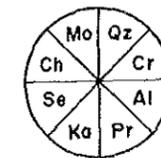


第6-1図 デックメン地区地質断面図

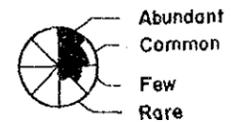


LEGEND

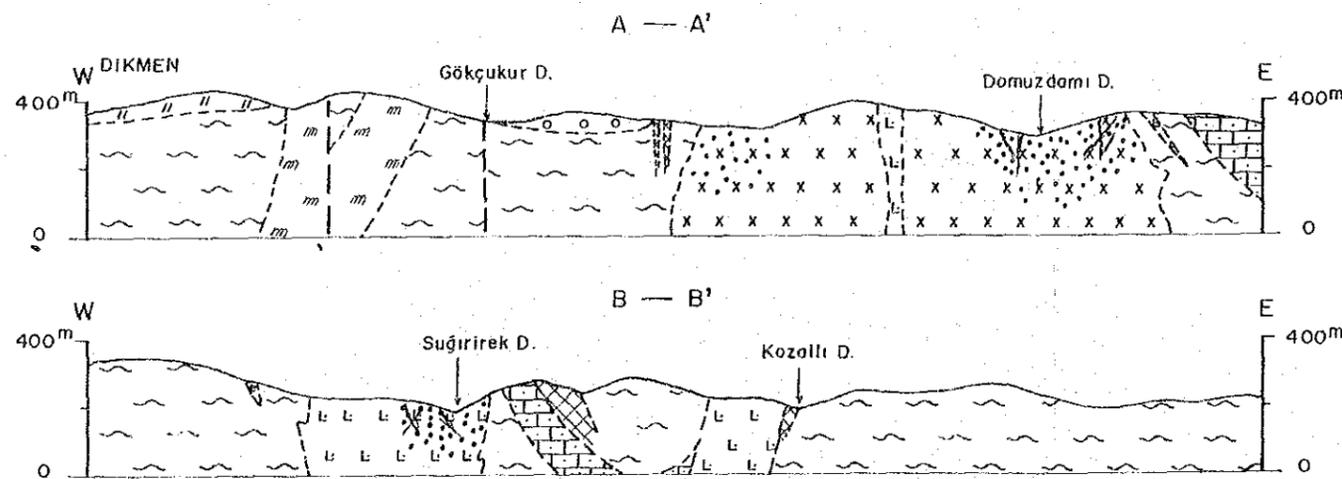
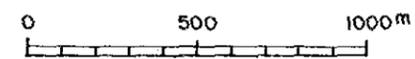
- Pliocene Akkayrak Vol. Dacite and dacitic tuff
- Eocene Karanlık F. (Kızılcık M) Conglomerate
- Triassic Emş e F. Marble
- Meta-volcanics and meta-sediments
- Intrusive rocks Aplite
- Porphyry
- Dikmen granite
- Serpentinite
- Mineralization Dissemination and veinlet (Mo, Cp, Py)
- Skarn (Fe)
- Probable fault
- Strike and dip of bedding
- Strike and dip of schistosity
- Strike and dip of joint
- Quartz vein with molybdenite
- A—A' Profile line



- Qz : Quartz
- Cr : Cristobalite
- Al : Alunite
- Pr : Pyrophyllite
- Ka : Kaoline
- Se : Sericite
- Ch : Chlorite
- Mo : Montmorillonite



- 100^{ppb} > Au ≥ 50^{ppb}
- 500^{ppb} > Au ≥ 100^{ppb}
- 500^{ppb} ≥ Au
- 100^{ppb} ≥ Mo



第6-2図 デックメン地区鉱微地分布図

らなる。膠結質は石英粒，粘土，シルトからなる。

2-2-3 アッカイラック(Akkayrak)火山岩類

分布：デッケメン部落一帯に広く分布，また，ウズンブルン(Uzunburun)山南部の2箇所で小分布している。

岩相及び産状：淡褐色を呈した石英安山岩と同質火砕岩からなる。大部分は灰白色～クリーム色の凝灰岩と溶結凝灰岩とからなり，なかには風化作用あるいは続成作用による変質で全体にわたり粘土化した凝灰角礫岩も見られる。X線回折結果ではモンモリロナイト，カオリン等の粘土鉱物からなる。層理は認められず。本地区の西部から南部にかけて分布する本火山岩類は地形的に高い箇所を占めている。全体の分布状況は馬蹄形をなしピガ川流域は落ち込んでいるものと推定されることから，本地区に分布する本火山岩類の層厚は薄いと推定される。

2-3 貫入岩類

2-3-1 蛇紋岩

本岩は主としてデッケメン断層に沿ってエメシェ層中に貫入している。デッケメンコルス(Dikmenkorusu)山の南西で幅は500mと最大となる。この貫入岩体と平行して規模は小さいが，蛇紋岩の貫入がデッケメン部落北東部及び南東部で認められる。これらの地域では細い岩脈となり分布する。緑色～濃緑色を呈し，剥離性に富み，脆い岩体となっている。尾根沿いに分布しているため，酸化により褐鉄鉱化が進んでいる。走向延長は3km以上にわたり，この類似岩体が調査地域外にも分布していて，貫入の時期は三畳紀末期とされている。

2-3-2 デッケメン花崗岩

デッケメン部落東方のスーリレック沢上流域から北東方向に広がる。スーリレック沢上流域の岩体はデッケメン断層と同じ方向で幅500m，長さ3kmに亘って分布する。北東へ延びるにつれ幅が増大する。デッケメン花崗岩は岩質的には花崗閃緑岩で，灰白色の比較的中粒・等粒な岩体である。鉱化・変質作用は岩体の全域にわたり認められるものの，弱変質部は比較的中粒であるのに対し，変質部では中粒となり黄鉄鉱染及び石英細脈が顕著に発達している。この石英脈に伴って金・輝水鉛鉱・黄鉄鉱(黄銅鉱)が認められる。

貫入の時期は白亜紀末期のメランジ(Melange)を貫き，新第三紀の堆積岩に覆われていることから白亜紀末期から中新世までの時期に貫入したもので，K/Ar法による年代測定でも同じ結果を得ている(46.6 Ma, 51.9 Ma)。肉眼で変質の認められないものでも，鏡下ではカリ長石は著しく変質し緑泥石・緑簾石化している。

デッケメン花崗岩中には極めて小規模な岩脈としてアプライトが分布する。岩質は桃白色質細粒で，デッケメン花崗岩中に多方向の細脈状岩脈(幅15～30cm)として産する。

2-3-3 斑岩

斑岩は本地区南部のスーリレック沢に沿って NEN-SWS方向に貫入している岩体が最も大きく、この貫入岩体と平行に多くの斑岩が発達している。北部のデックメン花崗岩の分布域でも小規模な岩脈が見られ方向はNEN-SWS方向のほか、NWN-SES方向と斜交する岩脈も産する。スーリレック沢付近の中心部では石英の斑晶が多く、石英細脈が発達、この石英脈中に輝水鉛鉱・黄鉄鉱が見られるが、離れるにつれ石英の斑晶、石英脈が減少し、角閃石、斜長石等の斑晶が目立つようになる。一般に変質を受けた斜長石はセリサイト化している。

エメシェ層を貫く、この岩体の貫入時期は明らかでないが、デックメン花崗岩を貫入していることから、デックメン花崗岩の貫入後の近い時期と推定される。

2-4 地質構造

本地区南部に広く分布するエメシェ層はデックメン部落の東部にみられるNEN-SWS方向のデックメン断層を境に西側では西傾斜、東側では東傾斜となり、東側ではほぼ南北方向の褶曲軸をもつ褶曲帯へと移化する。カラナルック層でもデックメン断層以西で緩く褶曲をしている。デックメン断層はランドサット画像解析結果から推定され、地質調査結果からも、この断層に平行してデックメン花崗岩と蛇紋岩が貫入していることから、NEN-SWS方向に潜在する割れ目が発達しているものと推定される。

アッカイラック火山岩類からは直接構造を読み取ることはできないが、トルコ石油公社の地質調査結果を考慮すると第三紀末期の火山活動によりにできた陥没構造の南西端に位置するものと考えられる。

第3章 鉍化変質

デックメン部落東方のスーリレック(Sıgırirek)沢上流域とシェイタン(Şeytan)沢の沢に沿っての2箇所でデックメン花崗岩が分布する。シェイタン沢では鉍化変質は認められないがスーリレック沢では輝水鉛鉱を伴う鉍化作用と酸化銅の転石が認められる(デックメン鉍化帯)。本地区ではこの鉍化帯以外にはデックメン花崗岩と接し平行して広がるスカルン帯があり、岩石試料の分析結果でも局部的ではあるが、かなり高い金品位を示す部分が認められた。

(1) デックメン鉍化帯：スーリレック沢中流から上流域にかけて分布する斑岩及びデックメン花崗岩岩体は、デックメン断層と同じ方向で幅500m、長さ4km以上に互って分布する。この岩体は変質(絹雲母-緑泥石化)により灰白色～淡緑色となり、割れ目が発達し、この割れ目によって石英細脈や黄鉄鉱が認められる。黄鉄鉱は岩体全体に弱く鉍染状に認められる他、デックメン花崗岩に接する絹雲母変質したエメシェ層にも黄鉄鉱の鉍染が認められる。石英脈中には輝水鉛鉱を主として伴い、黄鉄鉱は少ない。黄銅鉱はまれで、また珪孔雀石はスーリレック沢の左岸斜面に

転石として多く見つけられている。この付近は珪化変質が強い割には露出が悪い。岩石試料の分析結果では水銀、バリウムの含有率が高く、ところどころで金含有を示す異常値を得ている。

(2) スカルン帯：本地域のスカルンは暗緑色を呈するグリーンズカルンで主として緑簾石からなり、わずかに緑泥石、方解石、磁鉄鉱、赤鉄鉱を伴っている。野外調査結果では平行するスカルン帯が確認された。これらのうち岩石試料の分析結果からはデックメン花崗岩に近いスカルン帯で局部的ではあるものの高い金品位を示す部分(岩石試料番号 NY032)が見つけられている。この付近のスカルン帯では水銀、アンチモン、バリウム等の微量成分の含有量も高い。

第4章 岩石試料の地化学探査

4-1 試料の採取

第2年次の試料採取対象となったデックメン地区は第1年次でも採取していることから、採取箇所は重複しないようあらかじめ検討して採取した。本地区はポーフィリー銅型モリブデン及び浅熱水性金鉱化作用とが期待されることから、前者にたいしては貫入岩(花崗岩及び斑岩)から、後者にたいしては珪化・粘土化変質帯及び石英脈から採取した。

4-2 化学分析方法

全試料はカナダのChemex Labs Ltd.に送り、金、銀、沸素、水銀、タリウム、セレン、砒素、銅、鉛、亜鉛、モリブデン、バリウムの12成分を分析した。金は乾式分析と原子吸光光度法、沸素は沸酸イオン電極法により、その他の成分については原子吸光光度法で分析した。分析成分と検出限界は第2-1表に示すとおりである。分析結果は巻末資料第4表に示す。

4-3 分析結果の解析

(1) 手法の概要

岩石試料の化学分析値に対して基本統計量及び相関行列を算出し、12成分であることから多変量解析の一手法の主成分分析を行った。

(2) 基本統計量

第1年次の試料157個と第2年次採取した試料112個の合計269個を母集団とする12成分について基本統計量を算出した。なお、12成分中金は検出限界以下のものがあり、5ppb以下は2.5ppbとして計算した。計算結果によると、岩石試料中の12成分のうち、銅、モリブデン、鉛、亜鉛、砒素、水銀、バリウムが高いが、銀、セレン、沸素、タリウムが低い。基本統計量は第6-

1表に示す。

第6-1表 岩石試料基本統計量

(試料数:269)

成分	平均	分散	偏差	最小	最大
Au	6.446	0.470	0.686	2.50	10000.0
Cu	37.369	0.416	0.645	1.00	10000.0
Mo	7.242	0.776	0.881	0.50	3550.0
Pb	19.939	0.791	0.889	1.00	10000.0
Zn	64.625	0.545	0.739	1.00	10000.0
Ag	0.297	0.434	0.659	0.10	153.5
As	34.606	0.582	0.763	1.00	8900.0
Se	0.171	0.052	0.228	0.10	2.0
Hg	609.591	0.615	0.784	10.00	100000.0
F	149.645	0.127	0.356	20.00	2120.0
Ba	179.243	0.296	0.544	20.00	10000.0
Tl	0.244	0.188	0.434	0.05	84.0

(3) 主成分分析

分析限界以下の多い金については基礎統計量解析で扱ったと同様にして計算した。

第1年次の解析と同様に相関行列により、全試料を母集団とする主成分分析を行った。相関行列は第6-2表に示す。累積寄与率70%までとると、固有値が0.79以上であり、寄与率6.6%以上となり、第5主成分までが本地域における主要な変動を要約して表現している。

第1主成分：固有値ベクトルの絶対値の大きな成分は銅、鉛、亜鉛、銀、砒素及び水銀である。

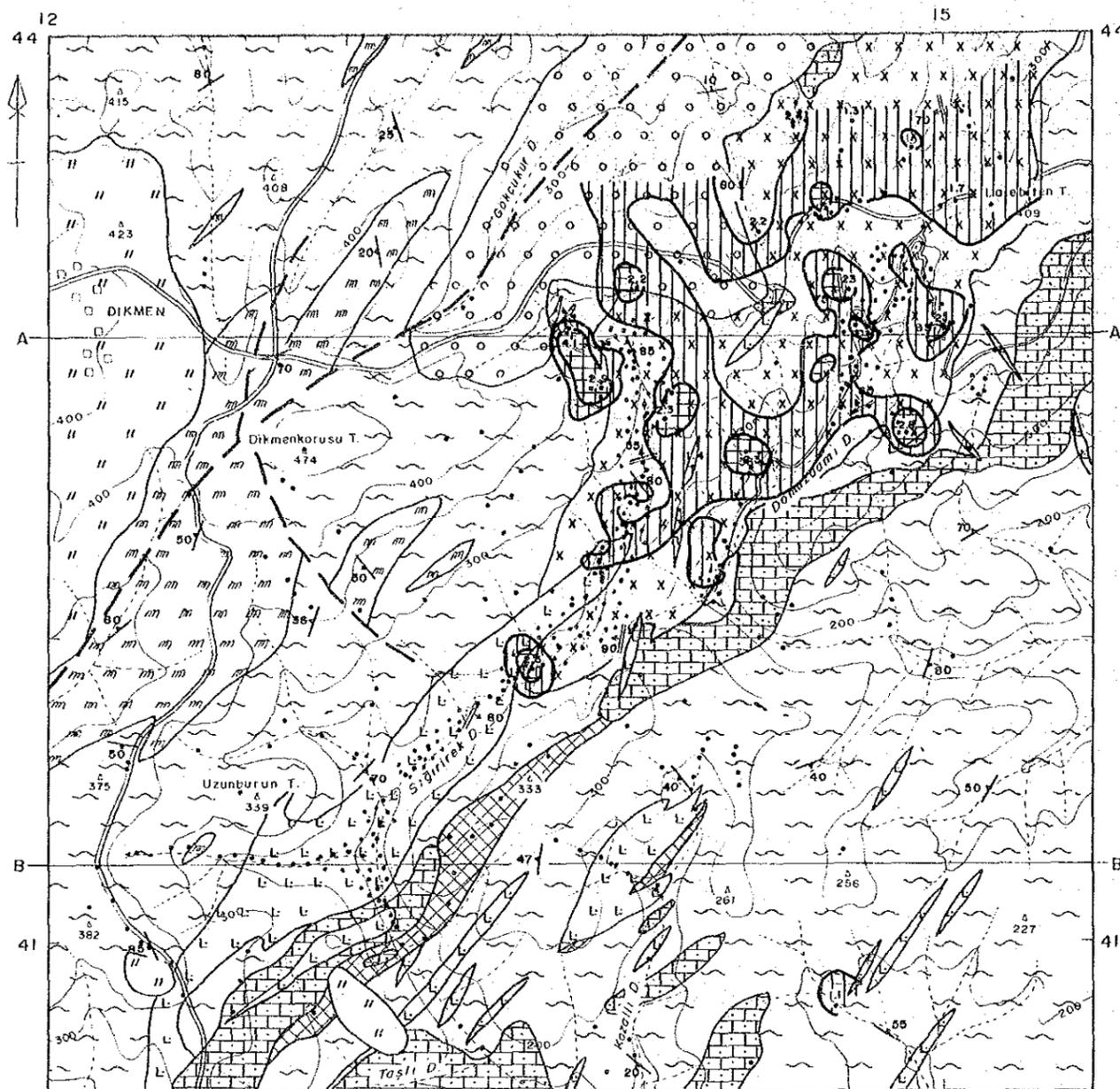
第2主成分：金、モリブデン、銀、バリウムが正の値、亜鉛、砒素が負の値である。

第3主成分：沸素、バリウム、タリウムが正の値を示す。

第4主成分：銅、モリブデン、セレンが正の値、バリウム、タリウムが負の値を示している。

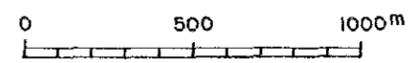
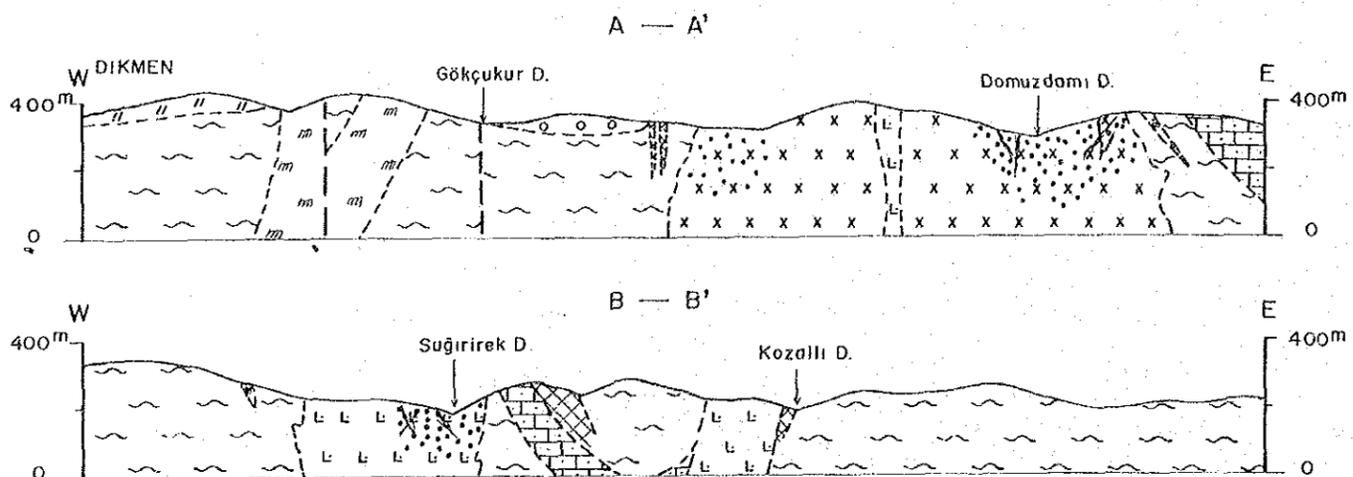
第5主成分：モリブデン、セレンが正の値、金、銅、亜鉛が負の値を示す。

固有ベクトルの絶対値の大きな成分は上記のとおりであるが、この成分の組合せから第1主成分は金属成分であることから浅熱水性鉱化作用による変動を表現しており、これに関与している成分は各地区の地質調査による鉱微地でも高い分析結果が得られた成分である。寄与率はやや小さいものの、固有値が大きい。第2主成分は主として金属成分からなり、珪化・粘土化変質帯地域でスコアが高いことから、本地域の鉱化作用の特徴に起因する変動を表現しているものと推察される。第3主成分は珪化・粘土化変質帯の変動を表現しているものと思われる。第4主成分及び第5主成分は固有値、寄与率共に小さいものの、金属成分を含むことから、鉱化作用の一面を表す変動と考えられる。第2主成分のスコア1以上をスコア分布図に表現すると第6-3図に示したように、デックメン花崗岩及び斑岩に伴う鉱化作用域をカバーする。



L E G E N D

- | | | | |
|-----------------|---------------------------|--|--|
| Pliocene | Akkayrak Vol. | | Dacite and dacitic tuff |
| Eocene | Karanlık F. (Kızılıcak M) | | Conglomerate |
| Triassic | Emşe F. | | Marble |
| | | | Meta-volcanics and meta-sediments |
| | | | Aplite |
| Intrusive rocks | | | Porphyry |
| | | | Dikmen granite |
| | | | Serpentinite |
| Mineralization | | | Dissemination and veinlet (Mo, Cp, Py) |
| | | | Skarn (Fe) |
| | | | Probable fault |
| | | | Strike and dip of bedding |
| | | | Strike and dip of schistosity |
| | | | Strike and dip of joint |
| | | | Quartz vein with molybdenite |
| | | | A—A' Profile line |
| | | | Component Score of Chip Sample |
| | | | Anomalous Area (more than 1) |
| | | | Anomalous Area (more than 2) |



第6-3図 デックメン地区岩石試料によるスコア図

第6-2表 岩石試料の相関(上)と共分散(下)行列表

	Au	Cu	Mo	Pb	Zn	Ag	As	Se	Hg	F	Ba	Tl
Au	0.470	0.349	0.291	0.368	0.180	0.521	0.251	0.056	0.274	0.025	0.180	0.060
Cu	0.155	0.416	0.336	0.201	0.421	0.283	0.436	0.226	0.405	0.232	0.129	0.132
Mo	0.176	0.191	0.776	0.195	-0.128	0.362	0.004	0.074	0.311	0.130	0.194	0.096
Pb	0.224	0.116	0.153	0.791	0.529	0.662	0.587	0.121	0.493	-0.041	0.290	0.241
Zn	0.091	0.201	-0.084	0.348	0.545	0.194	0.661	0.188	0.391	0.079	0.074	0.289
Ag	0.235	0.120	0.210	0.388	0.094	0.434	0.375	-0.023	0.488	0.013	0.428	0.121
As	0.131	0.215	0.002	0.398	0.372	0.189	0.582	0.275	0.575	0.009	0.063	0.375
Se	0.009	0.033	0.015	0.024	0.032	-0.003	0.048	0.052	0.169	0.162	-0.090	0.100
Hg	0.147	0.205	0.215	0.344	0.227	0.252	0.344	0.030	0.615	0.108	0.196	0.293
F	0.006	0.053	0.041	-0.013	0.021	0.003	0.003	0.013	0.030	0.127	0.338	0.355
Ba	0.067	0.045	0.093	0.140	0.030	0.154	0.026	-0.011	0.084	0.066	0.296	0.262
Tl	0.018	0.037	0.037	0.093	0.093	0.034	0.124	0.010	0.099	0.055	0.062	0.188

第6-3表 岩石試料の固有ベクトルと固有値(相関行列)表

	Z(1)	Z(2)	Z(3)	Z(4)	Z(5)	Z(6)	Z(7)	Z(8)	Z(9)	Z(10)	Z(11)	Z(12)
Au	0.27450	0.28178	-0.20152	0.18621	-0.35323	0.28251	0.65288	-0.15606	0.12261	0.29204	0.10861	0.05165
Cu	0.30700	-0.04530	0.09519	0.45005	-0.49816	-0.24424	-0.19821	0.26053	0.18672	-0.30078	-0.22551	0.31770
Mo	0.18687	0.45850	0.09821	0.42062	0.31729	-0.33509	-0.01587	0.30166	-0.36709	0.18814	0.23419	-0.19773
Pb	0.38790	0.00788	-0.25288	-0.25393	0.21421	0.20107	-0.06096	0.09734	-0.45990	-0.03241	-0.05148	0.63744
Zn	0.32147	-0.43439	-0.06761	-0.13722	-0.31935	-0.00840	-0.10312	0.19351	-0.34301	0.41596	-0.21422	-0.44481
Ag	0.35857	0.36113	-0.21774	-0.13005	0.07936	0.16189	-0.06497	-0.13582	0.00700	-0.53718	-0.33041	-0.47300
As	0.38369	-0.36011	-0.12751	-0.05745	0.03918	-0.09657	0.01777	-0.01434	0.15272	-0.29319	0.75313	-0.12523
Se	0.13253	-0.31401	0.17071	0.48955	0.42071	0.61190	-0.03792	0.12413	0.16536	0.03792	-0.12025	-0.05949
Hg	0.37723	-0.02265	-0.03371	0.05812	0.25743	-0.33336	-0.23813	-0.58793	0.30941	0.37446	-0.16719	0.09493
F	0.11728	0.02999	0.09822	0.02072	-0.20968	0.16176	-0.03139	-0.47353	-0.40700	-0.14196	0.12697	0.01165
Ba	0.20309	0.37204	0.31414	-0.38909	-0.10862	0.27355	-0.35873	0.32360	0.38574	0.26262	0.17965	0.01409
Tl	0.22587	-0.14507	0.43820	-0.29578	0.26771	-0.29271	0.57229	0.24736	0.15905	-0.09734	-0.25845	0.02861
固有値	3.94881	1.62137	1.43271	1.18923	0.78651	0.74798	0.62787	0.47918	0.43947	0.32078	0.23301	0.17310
寄与率	0.32907	0.13511	0.11939	0.09910	0.06554	0.06233	0.05232	0.03993	0.03662	0.02673	0.01942	0.01442
累積率	0.32907	0.46418	0.58357	0.68268	0.74822	0.81055	0.86287	0.90280	0.93943	0.96616	0.98558	1.00000

第 5 章 物理探査 (IP 及び SIP法)

5-1 物理探査の概要

5-1-1 探査目的

本地域では第 1 年次の地質調査及び地化学探査によりデックメン花崗岩の貫入に伴うポーフィリーモリブデン(銅)鉱床が把握された。この鉱床タイプの特徴から下部にも広がり、規模の大きい低品位鉱床が期待された。第 2 年次は IP 及び SIP 法を併用することにより地下深部への連続性を解明することを目的として物理探査が実施された。

5-1-2 探査地区

調査対象域はデックメン部落の約 2km 東部のドムズダム沢 (Domuzudamı Dere) 及びスーリレック沢 (Sıgırirek Dere) の周辺域である。

調査位置を第 1-2 図に、調査範囲及び測線配置については第 6-4 図に示す。

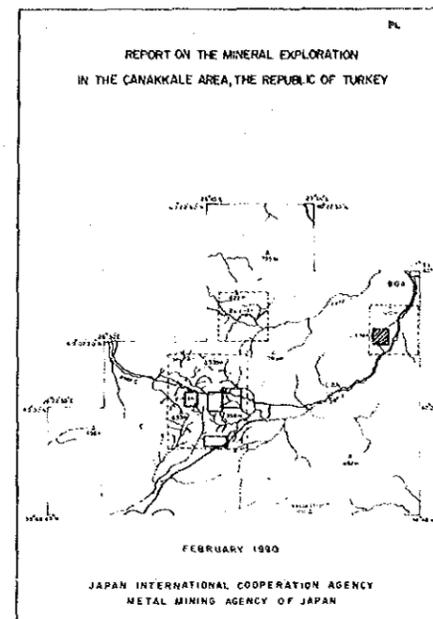
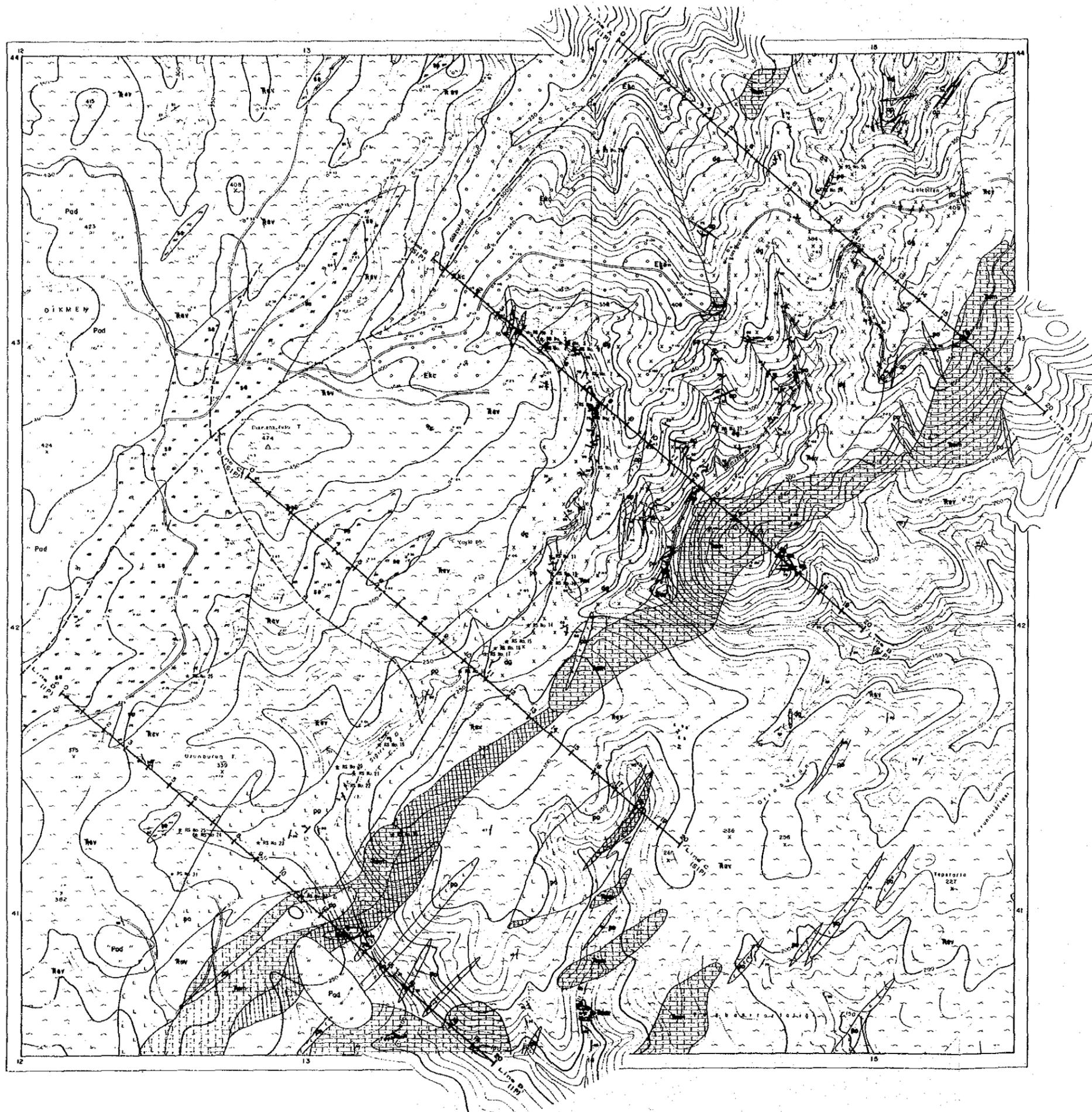
5-1-3 探査仕様

調査に関する測定諸元は下記のとおりである。

- a. 電極配置 : ダイポール・ダイポール配置
- b. 電極間隔 : 水平距離 100m
- c. 電極隔離係数 : $n = 1 \sim 5$
- d. 測線間隔 : 1,000m
- e. 測定方式 : 周波数領域
- f. 測定周波数 : SIP 法 0.125 Hz \sim 88 Hz (18 周波数)
IP 法 0.3 Hz/3.0 Hz
- g. 測線長 : 4 測線 8.0km
SIP 法 2測線 4.0km
B, C 測線 各 2.0km 各 80 測点
I P 法 2測線 4.0km
A, D 測線 各 2.0km

5-1-4 探査方法

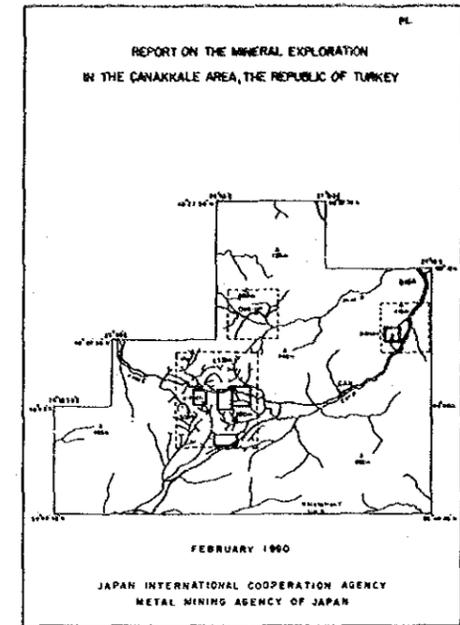
SIP 法は、Spectral Induced Polarization Method の略称で、従来の IP 法が 2つの周波数における比抵抗変化を百分率で表すものであるのに対し、SIP法は、0.01 \sim 100Hz 間の多周波数での比抵抗変化及び位相差等を測定するもので、従来の IP 法と原理的に同じ方法である。測定



LEGEND

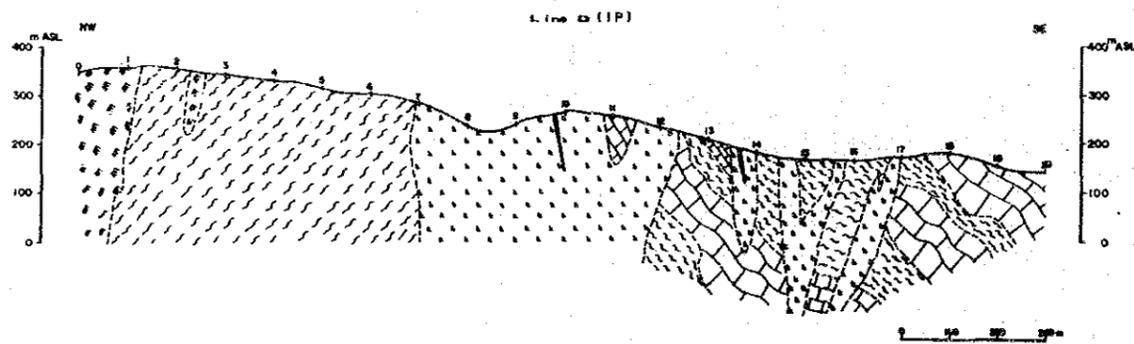
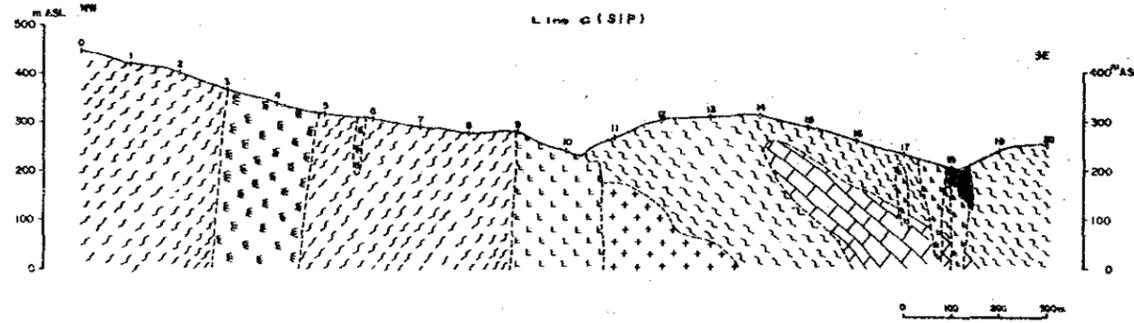
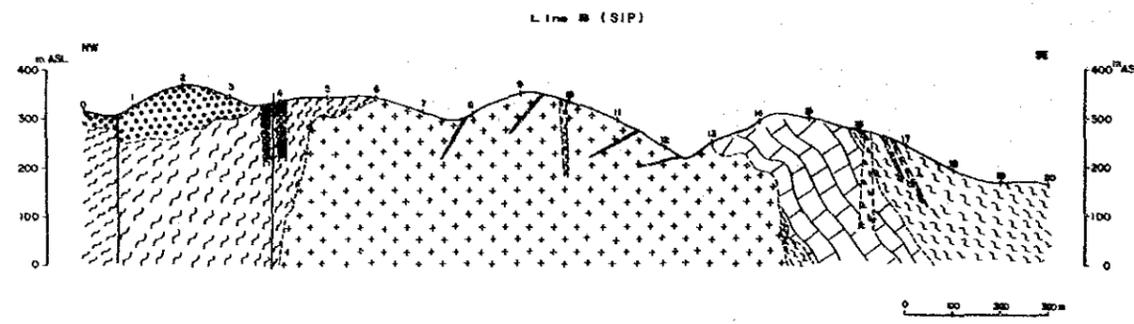
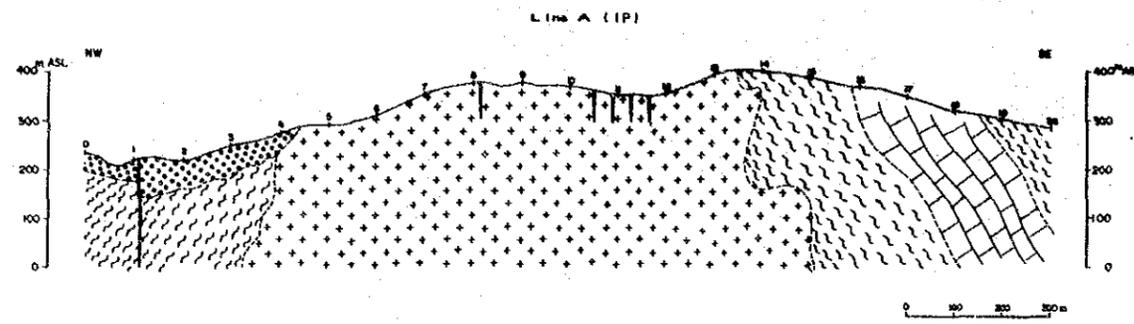
Miocene	Akkoyun Vol.	Pod	Dolomite and dolomite fault
Eocene	Kocaeli F. (Kocaeli M.)	Ekc	Conglomerate
Triassic	Emiş F.	Tam	Marble
		Rev	Meso-volcanics and meta-sediments
Intrusive rocks		ap	Aplite
		po	Pochry
		dg	Diphan granite
		ss	Serpentinite
Mineralization			Dissemination and veins (Mo, Co, Py)
			Skarn zone (Fe)
			Practical fault
			Strike and dip of bedding
			Strike and dip of schistosity
			Strike and dip of joint
			Quartz vein
			Tranah
			Geophysical Survey and Station NO.
			Location of Rock Samples

第6-4図 デックメン地区 測線位置図



LEGEND

- | | | | |
|-----------------|----------------|-----|--------------------------------------|
| Pliocene | Alibeylik Vol. | Pad | Doche and doche tuff |
| Eocene | Karacak F. | Ehc | Conglomerate |
| | | | (Kizilirmak M.) |
| Triassic | Emege F. | Mar | Marble |
| | | Bay | Meta-schists and meta-sediments |
| | | Ap | Aplite |
| Intrusive rocks | | po | Porphyry |
| | | dg | Dikmen granite |
| | | ss | Serpentinite |
| Mineralization | | | Disminution and veinlet (Mo, Co, Py) |
| | | | Shorn zone (Fe) |
| | | | Probable fault |
| | | | Strike and dip of bedding |
| | | | Strike and dip of schistosity |
| | | | Strike and dip of jobs |
| | | | Quartz vein |
| | | | Trench |
| | | | Geophysical line (IP SIP) |
| | | | Profile line |



第6-5図 IP及びSIP測線地質断面図

値は位相差(Phase)及び振幅(Magnitude)のスペクトル図、コール・コール図に表現され、これらの IP 応答を解析することにより、鉱種・鉱床タイプの判別や、電磁カップリング(大地の比抵抗が低い場合や、電極間隔や電極隔離係数が大きくなった場合に生じる)を除去しようとするものである。

本調査では ソング社(米国)の開発したハーモニックシステムを使用した。この装置は 0.125, 1, 8Hz の 3つの基本波に対して、それぞれ3倍, 5倍, 7倍, 9倍, 11倍の高調波を FFT で解析、抽出することにより、0.125Hz ~ 88Hz までの IP 応答を測定するものである。SIP 法では位相差も測定するので、送信機側の波形観測が必要となり、そのために受信機と送信機間を結ぶ信号ケーブル(Communication wire)を、測定する本測線から 25~30m 離して平行に展開する。受信点では飽和硫酸銅溶液-銅棒を用いたポット電極 3個で検出しプリアンプにより信号が増幅される。増幅された信号は信号ケーブルで受信機本体(GDP-12/2GB)へ送られてデータ処理され、プリントアウトされる。

一方、IP法は 0.3Hz 及び 3.0Hz の 2周波数を用いた通常の周波数領域に属する手法である。

5-1-5 測定機器

本調査に使用した測定機器を第6-4表に示す。また、IP 法及び SIP 法の測定機器ブロックダイヤグラムをそれぞれ第6-6図に示す。

5-2 データ処理及び岩石試料の測定結果

5-2-1 IP データ処理

周波数効果(Percent Frequency Effect : PFE)及び見掛比抵抗(Apparent Resistivity: AR)について、各測線毎の断面図を作成し、平面図に関しては電極隔離係数 $n = 1 \sim 5$ の 5 平面図を作成した。

(1) 周波数効果(PFE)は 0.3Hz 及び 3.0Hz における振幅 (Magnitude:M)の値が次式によって計算される。

$$PFE = \frac{M(0.3\text{Hz}) - M(3.0\text{Hz})}{M(3.0\text{Hz})} \times 100 \quad (\%)$$

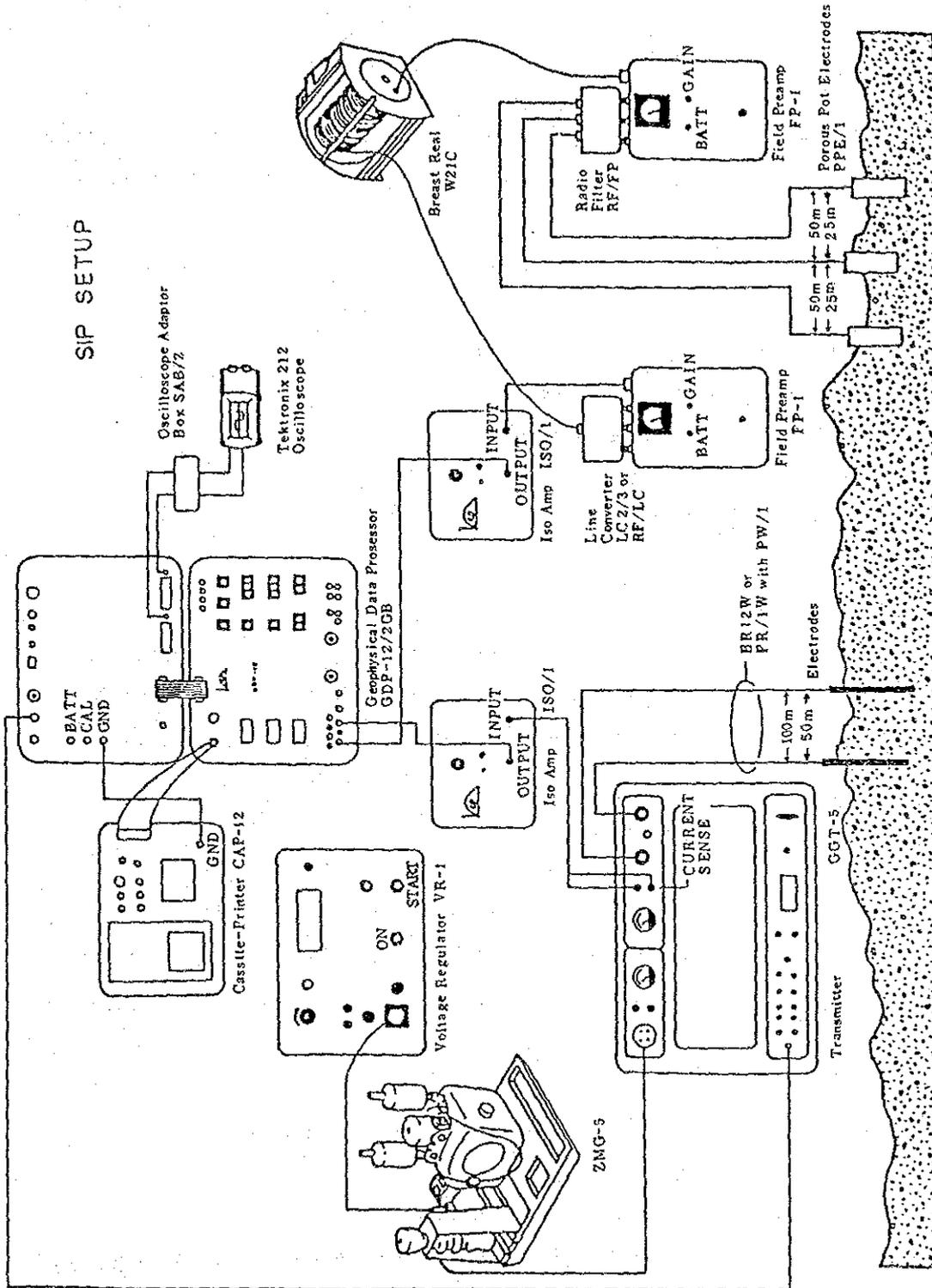
(2) 見掛比抵抗(AR)は 次式によって算出される。

$$AR = \pi a \cdot n (n+1)(n+2) \cdot V / I \quad (\text{ohm-m})$$

ここで a : 電極間隔 (m) n : 電極隔離係数
 V : 受信電圧 (Volt) I : 送信電流 (Amp)

第6-4表 IP, SIP法 測定機器一覽表

ITEM	N A M E	S P E C I F I C A T I O N	QUANTITY
Transmitter System	Chiba Electric CH-86A SIP Transmitter	Output Voltage : 200, 400, 600, 800, 1000V Output Current : 0.2~5.0 A Wave Form : Square wave Frequency : 0.125 Hz~8 Hz Weight : 37 Kg	1
	Zonge XMT-1 Transmitter Controller	Frequency Range : 1/1,024 Hz~2,048 Hz Weight : 5.8 Kg Power : 12V Battery	1
	Chiba Electric Model 8104T IP Transmitter	Output Voltage : 200, 350, 500, 650, 800V Output Current : 0.2~2.5 A Wave Form : Square Wave Frequency : 0.1 Hz~3 Hz Weight : 14 Kg	1
Engine Generator	Zonge ZMG-5 SIP Engine Generator Honda G400	Output Power : 5 KW Frequency : 400 Hz Output Voltage : 115V Engine : 10 HP 4 Cycle	1
	McCulloch MK-II I P Engine Generator	Output : 2 KW Frequency : 400 Hz Output Voltage : 115V Engine : 5 HP 4 Cycle	1
SIP Receiver System	Zonge GDP-12/2GB	Signal Input : 2 Channel Frequency range : 1/8~88Hz (18 Freq.) Sensitivity : 0.2 μ V Weight : 15 Kg Power : 12V Battery	2
	Zonge CAP-12 Mini Cassette/ Tape Recorder	Weight : 6.2 Kg Power : 12V Battery	2
	Laptop Computer NEC PC-9800 LV21	16Bits : 1Mb x2 disket memory : 640K byte	1
	Zonge ISO/ Isolation Amp		3
	Zonge FP-1 Field Preamp.		5
I P Receiver	Chiba Electric Model 8104R IP Receiver	Frequency Range : 0.1 Hz~3 Hz Sensitivity : 10 μ V (1, 10, 100, 1000mV) Weight : 3 Kg Power : 006P Battery 4 pcs	1
Electrode	Current	Stainless ϕ 0.6cm, Length 61cm	200
	Potential	Non Polarizable CuSO ₄ Porous Pot	5



SIP SETUP

第6-6図 SIP 法測定装置ブロックダイヤグラム (Zonge)

本調査では 0.3, 0.375 Hzにおける見掛比抵抗値を計算しており、また、コンピューターを用いた地形補正を実施している。

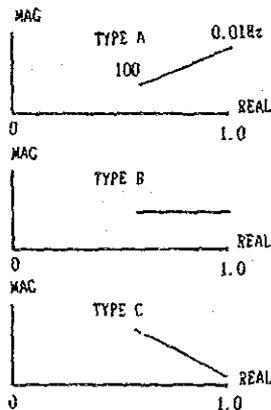
5-2-2 SIP データ処理

フィールド測定で得られるデータは、各周波数における信号の実数成分(Real part)虚数成分(Imaginary part)及び基本波の見掛比抵抗、位相差、入力信号の振幅等である。これらのデータから次の図面が作成される。

- ① コール・コール図 (Cole-Cole Diagram)
- ② マグニチュードスペクトル (Magnitude Spectrum)
- ③ 位相差スペクトル (Phase Spectrum)
- ④ 各周波数毎の位相差断面図 (Raw Phase)
- ⑤ PFE 断面図 (PFE Pseudo-section)
- ⑥ 見掛比抵抗断面図 (Apparent Resistivity Pseudo-section)

以下これらの図面の作成及び解析方法について述べる。

(1) コール・コール図 (Cole-Cole Diagram) ; コール・コール図は、横軸に実数成分、縦軸に



虚数成分をとり、各周波数のプリントアウトデータをプロットしたもので第 6-7 図にその一例を示す。同図における θ_i 及び M_i は、それぞれ位相角(Phase angle), 振幅(Magnitude)と呼ばれている。コール・コール図は、鉱種や岩種などによっては特有なスペクトルを示すことが知られている。

Zonge et alの研究によれば、左図に示すような3つのタイプに分けられる。すなわち、硫化鉱物、強変質、グラファイトでは、右上がり(Type A)、少量の黄鉄鉱を含むもの、中程度の変質では水平(Type B)、弱変質、沖積層、新鮮な火成岩、石灰岩等では右下さがり(Type C)を示す。

本調査でもコール・コール図の判定にはこの種の Type 分けに準拠した。

(2) マグニチュードスペクトル図(Magnitude Spectrum)

マグニチュードとは第6-7図に示す M_i や M_j のことで、フィールドデータの実数成分及び虚数成分から容易に求められる。この値は最低周波数 (0.125Hz)のマグニチュード(M_0)で割算され、正規化される。これらのマグニチュードを縦軸に、横軸には周波数をとってプロットしたものがマグニチュードスペクトル図である (第6-8 図)。マグニチュードスペクトル図では、鉱化作用、

変質のない新鮮な岩石は、ほとんどフラットであり、強変質、硫化鉱物、グラファイト等では高い周波数で下がるスペクトルを示す。

(3) 位相差スペクトル (Phase Spectrum)

位相差スペクトル図は第6-7図の位相角 θ を縦軸に周波数を横軸にプロットしたものである(第6-9図(a))。フィールドで測定されるデータには本来の IP 効果(第6-9図(b)実線A)と電磁カップリングによる偽の IP 効果(同図破線B)が含まれており、両者が合成された同図Cで示される××線がフィールドデータとしてえられる。すなわち、第6-9図(a)のような位相差スペクトルが測定される。

5-2-3 デカップル処理

フィールドデータから電磁カップリングで生じる偽の IP 効果分を除去することをデカップル処理と呼んでいる。本調査では、D、G 及び I 測線の全データについてデカップル処理を行っている。以下電磁カップリング除去法について述べる。

デカップリング除去法

本調査のSTP 測定値に対する電磁カップリングの除去法は、P. G. Hallofと W. H. Pelton の考案した解析法に準じて行った。この解析法の概略を以下に述べる。

SIP 測定で得られる複素インピーダンス $Z\Lambda(f)$ を次式で近似する。

$$Z\Lambda(f) = R_0 \left[1 - m_1 \left(1 - \frac{1}{1 + (i2\pi f \tau_1) c_1} \right) - m_2 \left(1 - \frac{1}{1 + (i2\pi f \tau_2) c_2} \right) + m_3 \left(1 - \frac{1}{1 + (i2\pi f \tau_3) c_3} \right) \right]$$

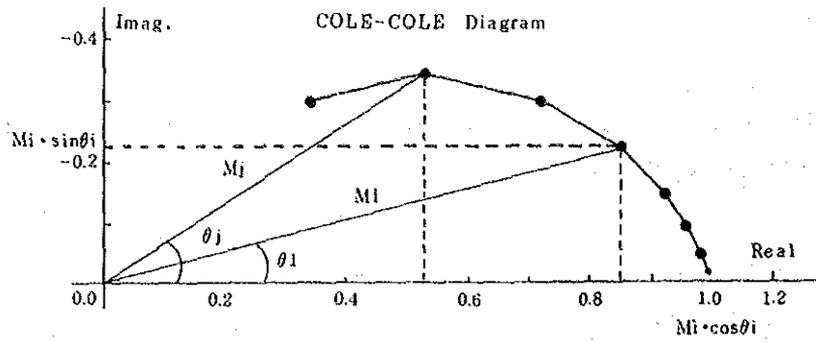
ここに、 m は充電率、 τ は時定数、 C は周波数従属、及び f は周波数である。式は、次の3つの項に分類される。

$$1 - m_1 \left(1 - \frac{1}{1 + (i2\pi f \tau_1) c_1} \right) \quad (i)$$

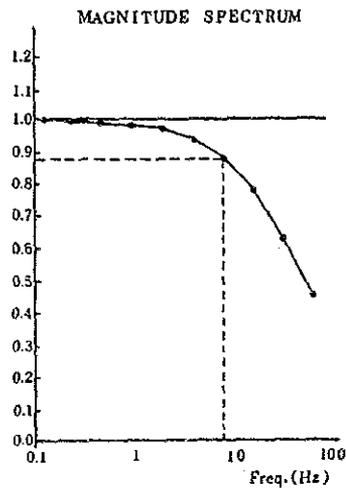
$$- m_2 \left(1 - \frac{1}{1 + (i2\pi f \tau_2) c_2} \right) \quad (ii)$$

$$+ m_3 \left(1 - \frac{1}{1 + (i2\pi f \tau_3) c_3} \right) \quad (iii)$$

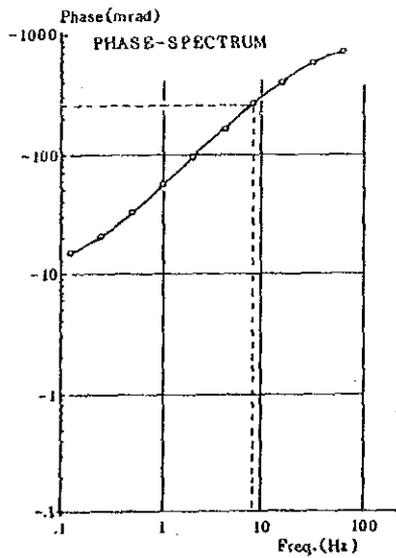
この3つの項はそれぞれ第(i)項は IP 応答、第(ii)項は均質大地による電磁カップリング、



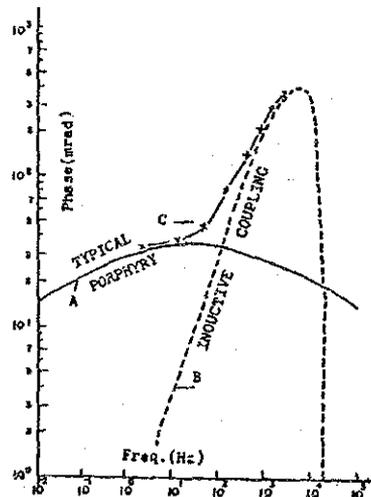
第6-7図 コール・コール図



第6-8図 マグニチュードスペクトル図



(a)



(b)

第6-9図 位相差スペクトル図

及び(iii)項は良電導体による電磁カップリングの量を表現したものである。非線型最小二乗法により、SIP 測定値を用いて上式の 10 個のパラメータ $P(R_0, m_1, \tau_1, c_1, m_2, \tau_2, c_2, m_3, \tau_3, c_3)$ を決定する。上式から電磁カップリングを表現する第(ii)及び第(iii)項を除去し、IP応答だけによる複素インピーダンス $Z_{co}(f)$ を求める。

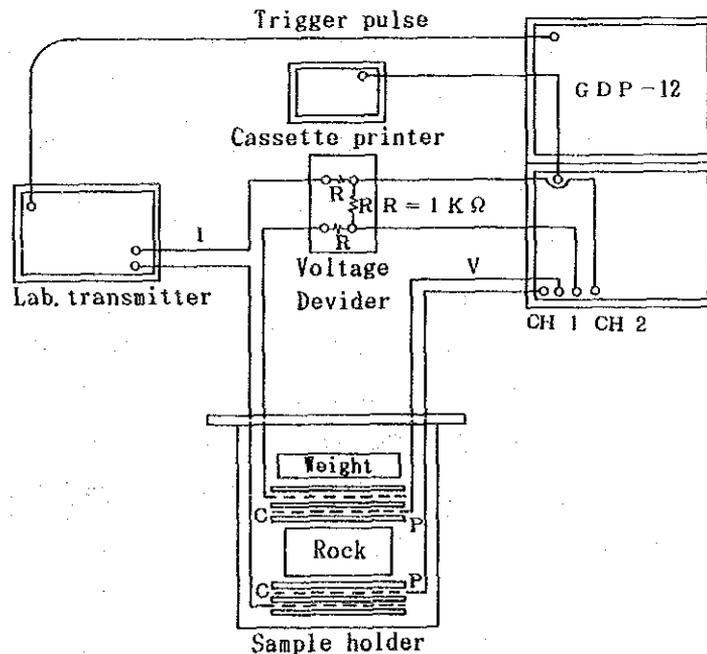
$$Z_{co}(f) = [1 - m_1 \{ 1 - \frac{1}{1 + (i2\pi f \tau_1) c_1} \}]$$

5-2-4 岩石試料の測定

調査域に分布する主要な岩石及び鉱石の SIP 特性を知ることは調査結果を考察するうえで重要なことである。本調査では本地区の地表岩石試料34個についてSIP 測定を行い、位相差及びマグニチュードのスペクトル、PFE及び比抵抗値を調べた。

測定は 次の手順によった。

- ① 試料の整形：標準として1辺が3cmの立方体に整形した。
- ② 水 浸：試料が十分に湿潤状態となるよう、24 時間蒸留水に浸す。
- ③ 測 定：測定装置の概要図を第 6-10 図に示す。実験用送信機 (Laboratory Transmitter)を除き、すべてフィールドと同じ測定機器及び測定方法である。電流値は $50 \mu A$ を標準とした。



第 6-10 図 岩石試験測定装置

岩石試料のSIP 測定結果

測定結果を岩種別にまとめたものを第6-5表に示す。また、岩石の SIP 特性をプロットした結果、位相差スペクトルは第6-11図に示した A, B, C, D, E, F, Gの7種類のスペクトルに分類できる。

これらの表から次の事項が指摘できる。

- ① PFE に関しては、最も高いものは蛇紋岩 5.3%次に大理石、珪化岩主に石英脈がいずれも4%以上で本地域に分布する岩石では高い PFE値を示すグループである。一方 斑岩及び花崗閃緑岩は 2.2%で低い PFE値を示している。本地域に広く分布する緑色片岩は 3.3%で中間的な値をとる。
- ② 比抵抗は全般に高い値を示す試料が多い。石英脈、珪化岩、斑岩及び大理石がいずれも 10,000 ohm-m以上の極めて高い値を示す。一方、低い値を示す試料は蛇紋岩及び緑色片岩で 20~270 ohm-m 程度の値を示す。
- ③ 位相差に関しては 3~30 mradの範囲にあって極端に高い値を示す試料はない。大理石及び斑岩が 20 mrad以上の値を示し、次いで花崗閃緑岩及び緑色片岩が 16 mrad前後、最も低い値は石英脈の 2.9 mradである。位相差は PFE と正の相関があるのが一般的であるが、本地域の試料ではそれが認められない。これは比抵抗が極めて高い試料が多いことによるものと考えられる。一方比抵抗とは負の相関があって比抵抗値が大きいもの程位相差が小さくなる傾向がある。
- ④ 位相のスペクトルについては試料 32に代表される山型のスペクトル(Type A)を示す。一部の試料を除いてほぼ水平に近いスペクトルが支配的であるが、これらのものを除いて分類すれば6種類(Type B~G)に分類できる。

スペクトルのタイプと岩種との関係については関連性がほとんど認められない。

5-3 物理探査結果

調査の結果は次のように取りまとめた。見掛比抵抗、PFE の平面図に関しては各々について隔離係数 $n = 1 \sim 5$ の5平面を作成した。また、各測線毎の擬似断面はパネル図として表示した。なお、見掛比抵抗には地形の起伏による影響が認められたのでコンピュータによる地形補正を実施している。一方、SIP 応答に関しては位相差変化(5周波数)、位相差スペクトル、マグニチュードスペクトル、コール・コール図を各測線毎の擬似断面に図化した。また、デカップル処理後のデータを処理前のものに併記した。

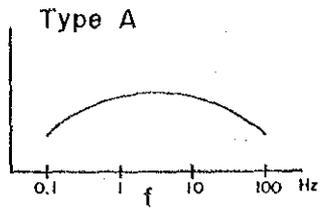
以下これらの図面をもとに測定結果を述べる。

第 6-5 表 デックメン地区 岩石試料 SIP測定結果一覧表

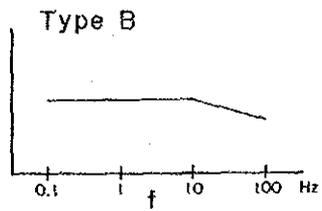
Sample No.	Rock	Resistivity (ohm-m)	PFE (%)	Phase (-m rad)	Spectrum type	Mineralization
1	Silicified Rock	26,650	1.9	11.7	A	
13	Silicified Rock	208,100	6.7	6.4	D	
	Average	117,400	4.3	9.1		
2	Porphyry	5,370	2.7	18.1	B	
11	Porphyry	5,206	2.3	19.7	B	Py imp
12	Porphyry	5,928	2.1	16.5	B	
18	Porphyry	25,200	3.4	16.8	C	
19	Porphyry	62,320	-0.2	13.3	D	Py imp
20	Porphyry	5,645	2.7	16.5	D	Py imp
21	Porphyry	1,273	1.7	9.3	A	Py imp
22	Porphyry	311	2.8	14.8	A	Py imp
23	Porphyry	3,310	2.7	19.2	D	
	Average	12,730	2.2	20.6		
3	granodiorit	2,897	2.4	15.3	A	
4	granodiorit	3,350	1.6	12.7	E	Py
5	granodiorit	9,192	1.3	15.2	E	
6	granodiorit	3,223	1.5	14.0	E	
10	granodiorit	8,055	4.1	23.3	D	Py imp
14	granodiorit	5,026	2.7	18.8	D	
16	granodiorit	14,020	3.0	17.5	B	
27	granodiorit	20,590	2.5	16.9	D	
29	granodiorit	15,070	1.4	15.9	A	
30	granodiorit	2,878	1.1	10.0	A	
	Average	8,140	2.2	16.0		
7	Quartz Vein	249,500	4.3	3.3	F	
8	Quartz Vein	449,300	8.8	5.1	F	Mo rich
9	Quartz Vein	935,900	-0.7	2.0	E	Mo little
15	Quartz Vein	67,260	3.5	1.1	D	Py, Mo imp
	Average	425,490	4.0	2.9		
17	green schist	3,292	3.2	15.9	D	
24	green schist	922	1.8	14.0	A	
25	green schist	85	2.7	17.5	A	
31	green schist	265	3.1	14.2	G	
32	green schist	20.9	5.9	15.7	A	
	Average	917	3.3	15.5		
26	Serpentine	24.4	5.3	33.2	A	
28	Sandstone	2,100	0.3	17.2	C	
33	Marble	123,200	7.4	21.3	C	
34	Marble	44,230	1.4	37.5	A	
	Average	83,710	4.4	29.4		

phase spectrum

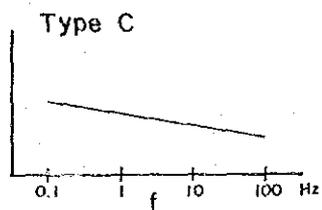
Sample NO.



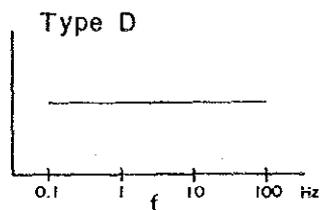
1, 3, 21, 22, 24
25, 26, 29, 30, 32
34



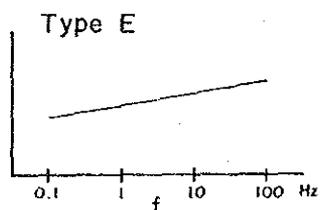
2, 11, 12, 16,



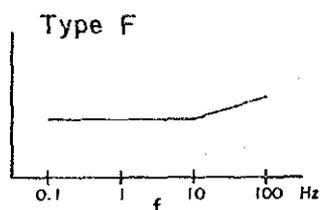
18, 28, 33



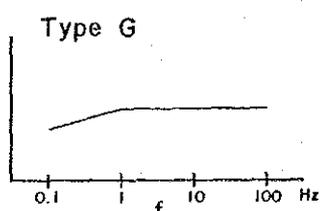
10, 13, 14, 15, 17
19, 20, 23, 27



4, 5, 6, 9



7, 8



31

第6-11図 岩石試料の位相差スペクトルタイプ

5-3-1 見掛比抵抗平面図及び断面図

本地域の見掛比抵抗値は 2 ~ 2,757 ohm-m の範囲にあり、単純算術平均値(M)は 117 ohm-m、常用対数をとった後の標準偏差(σ)は、0.381 である。M+ σ 、M- σ はそれぞれ 171 ohm-m、80 ohm-m となり、これらの値に近いコンター値の 300 ohm-m、30 ohm-m をそれぞれ高比抵抗及び低比抵抗の基準値とした。また、コンター間隔は見掛比抵抗値の範囲が広いので、ほぼ対数等間隔となるように 10、30、100、300・・・で描いた。

本調査の測線間隔は 1,000m であって隣接測線との間隔が大きく比抵抗の広がり、連続性等の平面的な分布を検討するには困難なため、各測線毎の断面図を主体に検討を行った。

見掛比抵抗(第6-12図~17図参照)：本地区の見掛比抵抗は全般に高比抵抗値が卓越しており、B、C、D測線の南東部に比較的広い範囲に分布するが、これらの高比抵抗帯はいずれも石灰岩の分布域と調和している。

一方、低比抵抗はA及びC測線の南東部に小規模な分布が認められる。特に平面図においては極めて限定された分布範囲となっているが、断面図(第6-17図)では A測線の南東部に顕著な低比抵抗が変火山岩類・変堆積岩類分布域に把握されている。また、小規模なものは C測線中央南東部にも検出されている。変火山岩類・変堆積岩類は各測線の北東部にも分布するが低比抵抗帯を形成するまでに至っていない。

見掛比抵抗の分布と地質とを比較すると本地域に分布する主な岩石の見掛比抵抗は概ね次に示す値となっている。

変火山岩類・変堆積岩類	40~ 70 Ohm-m
デックメン花崗岩	50~ 200 Ohm-m
石 灰 岩	200~3000 Ohm-m
蛇 紋 岩	100~ 200 Ohm-m
斑 岩	40~ 200 Ohm-m

変火山岩類・変堆積岩類は各測線の東南部と北西部に分布するが、前者は低比抵抗帯を形成し、後者は中間比抵抗値となっている。

以上見掛比抵抗平面図及び断面図から本地域の比抵抗特性は岩石試験の結果に比べ低く、50~150 ohm-m の中間比抵抗値が比較的多いが見掛比抵抗の分布は、特に石灰岩が高見掛比抵抗帯を形成している。低見掛比抵抗帯に関しては変火山岩類・変堆積岩類の分布によるものと鉱化変質帯と地下水に関連があるものと考えられる。

5-3-2 PFE 平面及び断面

本地区の PFE 値は 0.2~ 5.3% の範囲にあり 単純算術平均値 (M)は 1.51%、標準偏差(σ)は 0.799 M+ σ 、M+2 σ はそれぞれ 1.85%、3.11% である。従って、本調査での PFE異常の判断基準

に関しては 2%以上を弱異常, 3%以上を異常とした。また, 0.5%区間で作成したヒストグラムはほぼ, 対数正規分布を示している。なお, コンター間隔は 0.5%毎に引いた。一方, 岩石試料の測定結果からは, PFE 3%以上の異常値と考えられる PFEを示す試料は全体の 35%を占める12試料である。

PFE 平面図(第6-18図～22図): 弱異常域(PFE 2%以上), 異常域(PFE 3%以上)を抽出すると下記の事項が指摘できる。N=1平面ではB測線の南東部及びC測線の中央～南東部にかけて2%以上のPFE異常が分布する。前者は石灰岩及び変火山岩類・変堆積岩類分布域に検出され, 後者は斑岩分布域に検出されている。N=2平面では前述の異常ゾーンの他にD測線の中央部(斑岩分布域)に弱異常が検出されている。N=3～N=5平面ではこれらの異常域が拡大する傾向が認められる。特にB測線の異常は測線中央から南東側半分が弱異常域となっている。

これらのPFE異常はおおよそNE方向に延びるデックメン花崗岩, 斑岩及び石灰岩の分布に一致しており, デックメン花崗岩及び斑岩の貫入にともなう鉍化作用と考えられる。

PFE断面図(第6-23図)をもとに平面図で把握した高 PFE 異常の深度方向の連続性を検討すると下記の事項が指摘できる。

B測線の南東端及びC測線の中央部に検出されているPFE 異常は地表下浅部に位置する異常源によるものであり, D測線の中央部の弱異常は深部に位置する異常源によるコンターパターンを示す。

B測線の No. 11～19 及び C測線のNo. 9～ 19 に位置する PFE異常は中～深部に位置する複数の異常源に因るものと推定される。

以上本地域の PFEの分布特性から全体として PFE異常は南部では地域の中央部から北東部にかけて帯状末広がり連続して検出されており, 斑岩, 花崗岩及び石灰岩の分布域に調和する。

5-3-3 位相差断面

位相差については 0.125, 0.375, 0.625, 1, 3Hzについて断面表示を行ない位相差の周波数依存性を検討した。また, デカップル処理を実施したのも併せて表示した。

B 測線(第2-24図): 5周波数の各断面を比較検討すると, 全般的には 各断面ともほぼ同じパターン形態を示している。したがって, 全般に電磁カップリングが極めて少ないことが推定できる。周波数が高くなるに従い, 特に1Hz以上では各断面の深部(N=4, 5)では 15 mrad の範囲が拡大する傾向が認められ, 若干の電磁カップリング現象が表われている。全般に本地域の見掛比抵抗分布(第6-12図～17図)からもわかるように 30 ohm-m以下というような低見掛比抵抗値が極めて少なく(全体の 3%以下), また, 岩石試料の比抵抗値も 1,000 ohm-m 以上が 82%を占めていることなどからも言えるように本地域の比抵抗は大きく電磁カップリング

現象がわずかであることが推測できる。

一方デカップル処理を実施した位相差断面図は、5周波数とも全くと言っていい程類似したコンターパターンであり、基本波の0.125Hzの位相差パターンと一致している。したがって1Hz以上の周波数域で認められる若干の電磁カップリングはほぼ完全に除去されていると言える。

C 測線(第6-25図)：本測線でもB測線と同様に周波数の増加に伴い深部(N=4, N=5)で20mradの範囲が拡大しており、1Hz以上で若干の電磁カップリングの影響が認められる。一方、デカップル処理後の位相差断面に関しては、5周波数とも基本波(0.125Hz)の断面と類似しており、デカップル処理の効果が認められる。

5-3-4 各種スペクトル図

位相差スペクトル、マグニチュードスペクトル、コール・コール図に関し擬似断面表示をした。また、デカップル処理後の各種スペクトル図も併せて表示した。以下各測線毎に各種スペクトルの特性を述べる。

B測線(第6-26図)

- (1) 位相差スペクトル：現場測定データの位相は地表下浅部では1~10Hz間で緩やかな増加が認められ10Hz以上では急な上昇勾配をもつスペクトルが認められる。これは測定系の影響が位相差に現れたものと考えられるが、デカップル処理後は全般に水平~右上がりのスペクトルを示している。特徴的なスペクトルを敢えて挙げれば、測点 No. 8~No. 14の下部(N=3, 4)に右上がりに単調増加するスペクトル(Eタイプ)が得られている。しかし、PFE値は1.0%~1.5%のバックグラウンド値の範囲にあって他に比べて異常に高い値となっているわけではない。
- (2) マグニチュードスペクトル：現場測定データのマグニチュードは、0.125~10Hz間はほぼ水平であって、10Hz以上の高い周波数では右下りのスペクトルである。しかし、その傾きは大きくない。デカップル処理後のマグニチュードスペクトルは水平なスペクトルとなっていて特徴的なスペクトルは認められない、しかし若干右下りの傾向が認められるスペクトルが測点 No. 17~No. 19で認められる。
- (3) コール・コール図：周波数の変化に対する位相差が小さいためコール・コールの線分が短くその形状を判定するに至っていない。現場測定データでは測点No. 2~No. 10深部では右下りのCタイプに属するスペクトルが認められる。デカップル処理後のコール・コール図は、全周波数域にわたり位相差がほとんど無いためコール・コールの線分がほとんどないものが多い。

以上のことから、本測線ではスペクトルの異常として指摘できるほどのものは認められない。SIP応答が十分でない理由は、本地域の岩石の比抵抗が高く、また、硫化鉱物の含有量も少ないことに起因するものと考えられる。

C測線 (第6-27図)

(1) 位相差スペクトル：B測線と同様なスペクトルが得られているが、測線の西側の深部には右上がりの単調に増加するスペクトルが多い。デカップル処理後のスペクトルは水平なものが支配的であるが測点No. 15～No. 17の下部では右下がり、No. 11 及び No. 12の浅部には単調増加の右上がりスペクトル(タイプE)が検出されている。

PFE, 位相差の各断面図で高い値を検出している部分(測点 No. 10～No. 16下部)ではスペクトルは外の部分と同じ水平タイプであるがスペクトルのレベルが他に比べ高い。

(2) マグニチュードスペクトル：全般に B測線と同じ傾向の水平スペクトルである。デカップル処理後は殆どが水平スペクトルとなっている。特徴的なマグニチュードスペクトルは認められない

(3) コール・コール図：本図もB測線と同様に周波数の変化に伴う位相の変化が少ないためコール・コール図の線分が極めて短い。デカップル処理後ではさらに位相差が少なくなるためコール・コールの線分が短くなっている。

以上の事から、本測線ではスペクトルの異常として抽出できる箇所はないが、敢えて言えば位相差スペクトルでは測点 No. 13～No. 16の深部に山形のスペクトル、No. 11 の浅部及びNo. 17の中～深部に右上がりのスペクトルが指摘できる。これらの箇所ではいずれも PFE 2% 以上の値を検出している。

5-3-5 デカップル処理

デカップル処理は一般に比抵抗が低い地域での測定で電極間隔が広がった場合、電極隔離係数が大きくなった場合等に電磁カップリング現象が生じ、デカップル処理が有効な手段となるが、本調査では岩石の比抵抗が高く電極隔離係数も N=5程度なためカップリング現象は殆ど認められず、1Hz以上の周波数で若干のカップリング現象が認められる。

デカップル処理を実施した位相差、マグニチュード、コール・コール等については前項で処理前の生のデータとともに表示し、特性について記述したので本項では省略する。

5-3-6 シミュレーション解析

上述の異常は擬似断面上で定性的に評価、判定されたものである。定量的解析としてはモデルシミュレーションにより、異常源の位置、PFE及び比抵抗値などを求めた。モデルシミュレーションは PFE異常を把握した B, C, D測線に関して実施した。

B測線 (第6-28図) : 本測線では、測点No. 10より南東部にPFE異常が把握されている。測点No. 10からNo. 16では深部に弱異常が、南東端では4%以上の高PFE異常が浅部より深部にかけて検出されている。地質分布は測線の中央部で花崗岩が広範囲に分布しその東部には石灰岩、変火山岩類・変堆積岩類が分布し、測線の西部には変火山岩類・変堆積岩類及び礫岩が分布する。シミュレーションモデルでは花崗岩に対しCode 4, 石灰岩に対しCode 2, 変火山岩類・変堆積岩類はCode 1, 鉍化の強い部分を Code 5, 鉍化の弱い部分を Code 8, 測線西部地表付近の礫岩をCode 3で対応させた。それぞれのCode No. に対する比抵抗値, PFE値は第6-28図に示した。

シミュレーション結果は 測定結果と調和する見掛比抵抗, PFEパターンが得られており、設定したモデルは妥当なものであると考えられる。本測線でのPFE異常はCode 5で想定した花崗岩及び石灰岩の境界部(測点No. 14~16), 及び変火山岩類・変堆積岩類(測点No. 16~19)が異常源と考えられる。

C測線 (第6-29図) : 本測線では測点 No. 12~ No. 16の下部に本調査で把握された最も強いPFE異常が検出されている。地質の分布は測線のはほぼ全域に変火山岩類・変堆積岩類(Code 1)が分布し、測点No. 3~5では蛇紋岩 (Code 9), No. 9~11及び No. 17~18では斑岩 (Code 7)が分布する。また、潜頭性の花崗岩及び石灰岩が比抵抗及び周辺地質分布から推定できる。PFEの異常源は地表下深部にあるものと考えられ、Code 5, 8で対応させた。

シミュレーションの結果は比抵抗, PFEとも測定結果に似たパターンを得ているが、PFE値が若干測定値より低い傾向が認められる。

D測線 (第6-30図) : 本測線では、測点No. 4~11の下部に山形をした PFE 2%以上の弱異常が把握されている。分布する岩石は 測線の北西部に変火山岩類・変堆積岩類(Code 1)が、測線の中央部では斑岩(Code 7)が分布し、測線南東では変火山岩類・変堆積岩類及び石灰岩(Code 2)とこれらを一貫する斑岩(Code 7)の分布域である。PFEの高い部分は主として斑岩中に検出されており、一部が変火山岩類・変堆積岩類分布域に及んでいる。この弱PFE異常の部分はCode 5, 6で対応させた。

シミュレーションの結果は見掛比抵抗, PFEとも、ほぼ測定結果と調和する結果を得ている。異常源の位置は測点No. 4~11の地表下200~300mと考えられ、またPFEは3~6%で鉍染状の鉍化作用を受けたものと推定できる。

シミュレーションの結果各測線で得られた PFE異常の位置及び比抵抗, PFE値が推定できた。これらの異常源は下記の特徴を示す。

測線名	位置	深度(地表下) (m)	比抵抗 (ohm-m)	PFE (%)	岩石名
B	No. 14~No. 19	30~300	200	5	石灰岩, 変火山岩類・ 変堆積岩類分布域
C	No. 10~No. 16	60~300	200	5	花崗岩, 変火山岩類・ 変堆積岩類分布域
C	No.16. ~No. 18	100~300	800	8	変火山岩類・ 変堆積岩類分布域
D	No. 4~No. 11	160~500	200	6	斑岩

5-3-7 検 討

本調査は SIP測定(2測線, 4Km)と IP測定(2測線, 4Km)を実施したもので, 測線を 1,000m間隔に配置して鉱化帯の深部への広がり把握した。その結果及び検討事項として下記の事が指摘できる。

(1) 見掛比抵抗分布

本地域の見掛比抵抗は 100~150 ohm-mが支配的ある。低見掛比抵抗帯(30 ohm-m以下)は主にA測線の南東部及びC測線中央東部に検出されている。これらの低見掛比抵抗帯は, 変火山岩類・変堆積岩類と石灰岩の境界域で把握され, 主に粘土化変質と地下水に起因するものと考えられる。

高見掛比抵抗帯はB, C, Dの各測線南東部に比較的広い範囲に検出されている。これらの高見掛比抵抗は主として石灰岩に起因するもので一部は斑岩, スカルンゾーンに因る高見掛比抵抗と推定される。

(2) PFE 分布

PFEに関しては 1.5% 以下の値が 62% 以上を占める。弱異常域として 2%, 高異常域として 3% 以上を抽出すると, B及び C測線の中央南東部にはそれぞれ 4.3%, 5.5%の高 PFE異常が石灰岩及び変火山岩類・変堆積岩類分布域に検出されている。また, D測線には 2.8%の弱異常が斑岩及び変火山岩類・変堆積岩類分布域に検出された。

(3) 岩石物性の測定結果

岩石試料 34個についてSIP測定を実施し, 岩石試料の位相スペクトル, マグニチュードスペクトル及び比抵抗, PFEを測定した。その結果, 比抵抗は全般に高い値を示す試料が多い。大理石,

珪化岩及び石英脈は10,000 ohm-m以上の極めて高い値を示し、一方、低比抵抗としては蛇紋岩及び変火山岩類・変堆積岩類(緑色片岩)が20~270 ohm-mである。PFE値は最大値 8.8%(石英脈)、最小値0.3%(砂岩)であって斑岩、花崗閃緑岩が2.2%、珪化岩、石英脈及び石灰岩(大理石)等が4%以上の高い値を示す。

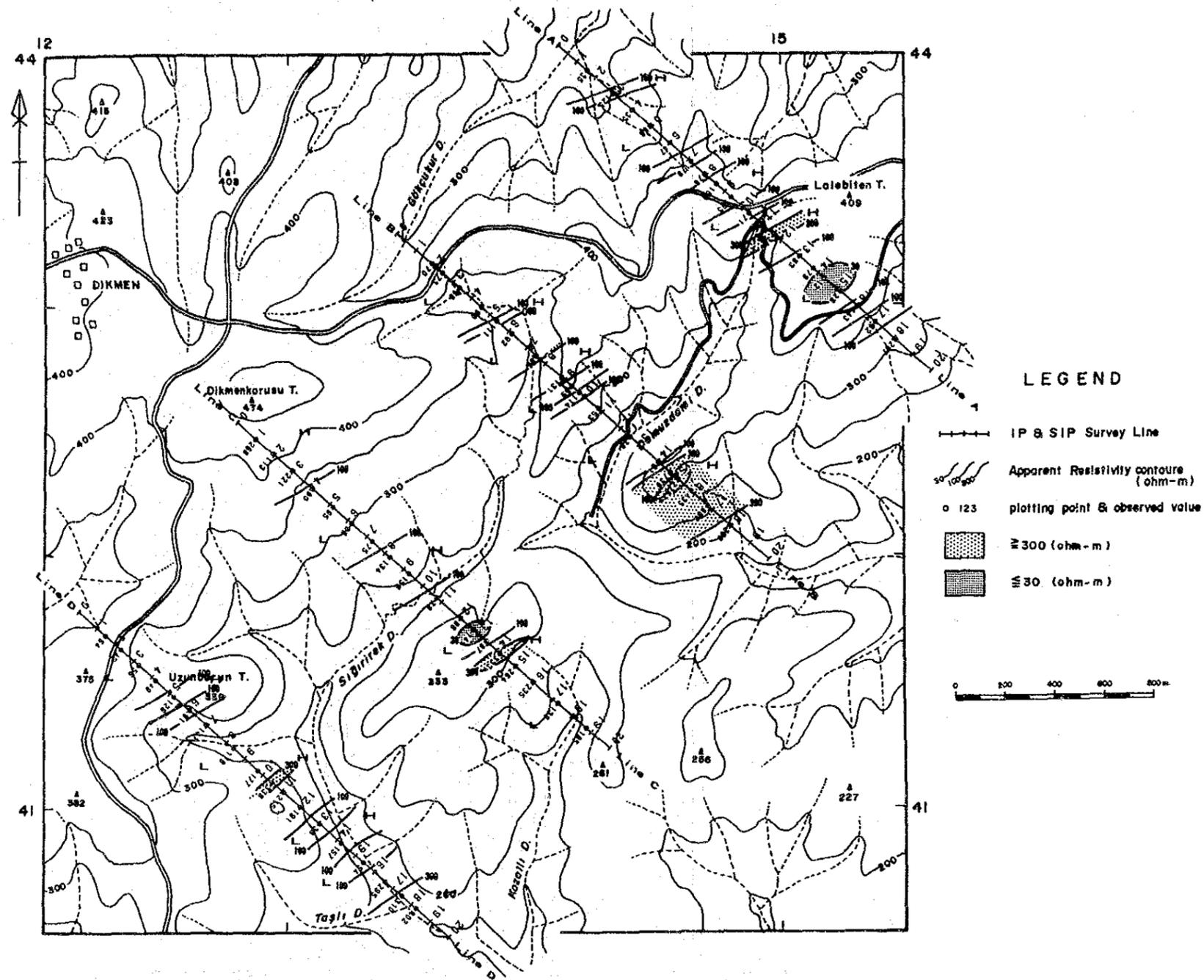
位相スペクトルは山形を示すタイプ Aが特徴的である他はほとんど水平に近いスペクトルが多い。水平に近いスペクトルを分類すると7種類に分類できるが、これらのスペクトルは特定の岩種に特有なスペクトルタイプが得られているとは言えない。また、PFE値や位相値についても特定の関連性が認められない。この理由は本地域に分布する岩石の比抵抗が極めて高いものが多く、また、硫化鉄物の含有量が少ないことに起因するものと考えられる。

(4) B及び C測線で実施したSIP測定の結果では位相差スペクトルはほぼ水平なスペクトルが支配的で、マグニチュードもほとんど水平なスペクトルであった。また、コール・コールは線分が短く、スペクトルを形成するほど周波数による位相差の変化が認められなかった。この原因としては岩石の比抵抗が極めて高いことによりに生じたもので スペクトルIP法をポーヒリリー・カップ型のような高比抵抗ゾーンに於ける鉱床探査に適用するときには一考を要する。

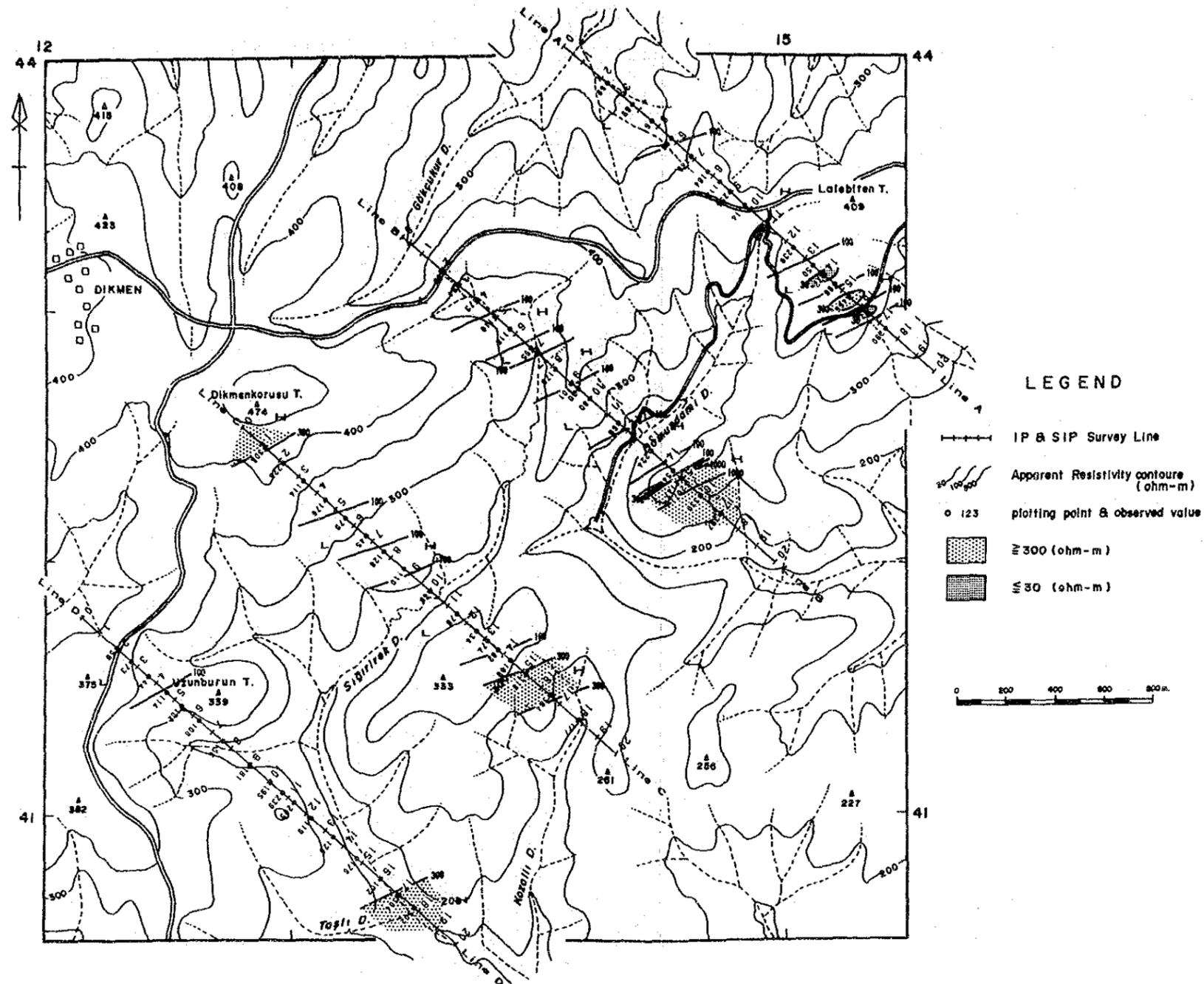
(5) B、C及び D測線で把握した PFE異常に対して実施したシミュレーション解析により各測線のPFE異常源の位置が推定され、その胚胎深度、PFE値及び比抵抗値が推定できた。その結果、これらの異常源は地域南西部から北東方向に分布するデックメン花崗岩、斑岩及びその周辺の変火山岩類・変堆積岩類及び石灰岩分布域に位置し、その胚胎深度は南西部から北東部にかけて浅くなっている。また、PFE値は5~8%と低いことから低品位の硫化鉄鉱が推定される。

(6) 調査の結果を総合して解析図(第6-31図)を作成した。本図にはN=2及びN=5の PFE平面図における2%以上の弱異常帯及び3%以上の高 PFE異常帯を抽出して記載し、さらにシミュレーション解析により推定された PFE異常源の位置を図示した。本調査では測線間隔が 1kmで広すぎるが地質の分布、地質構造より各測線の異常源の連続性が推定できることから異常域の範囲を敢えて図示した。また、地化学探査の結果からスコア 1以上の異常帯も図示したが、PFE異常域とはB測線中央部で重複する程度であり、地化学探査の異常域は主に PFE異常域の北西部に位置している。

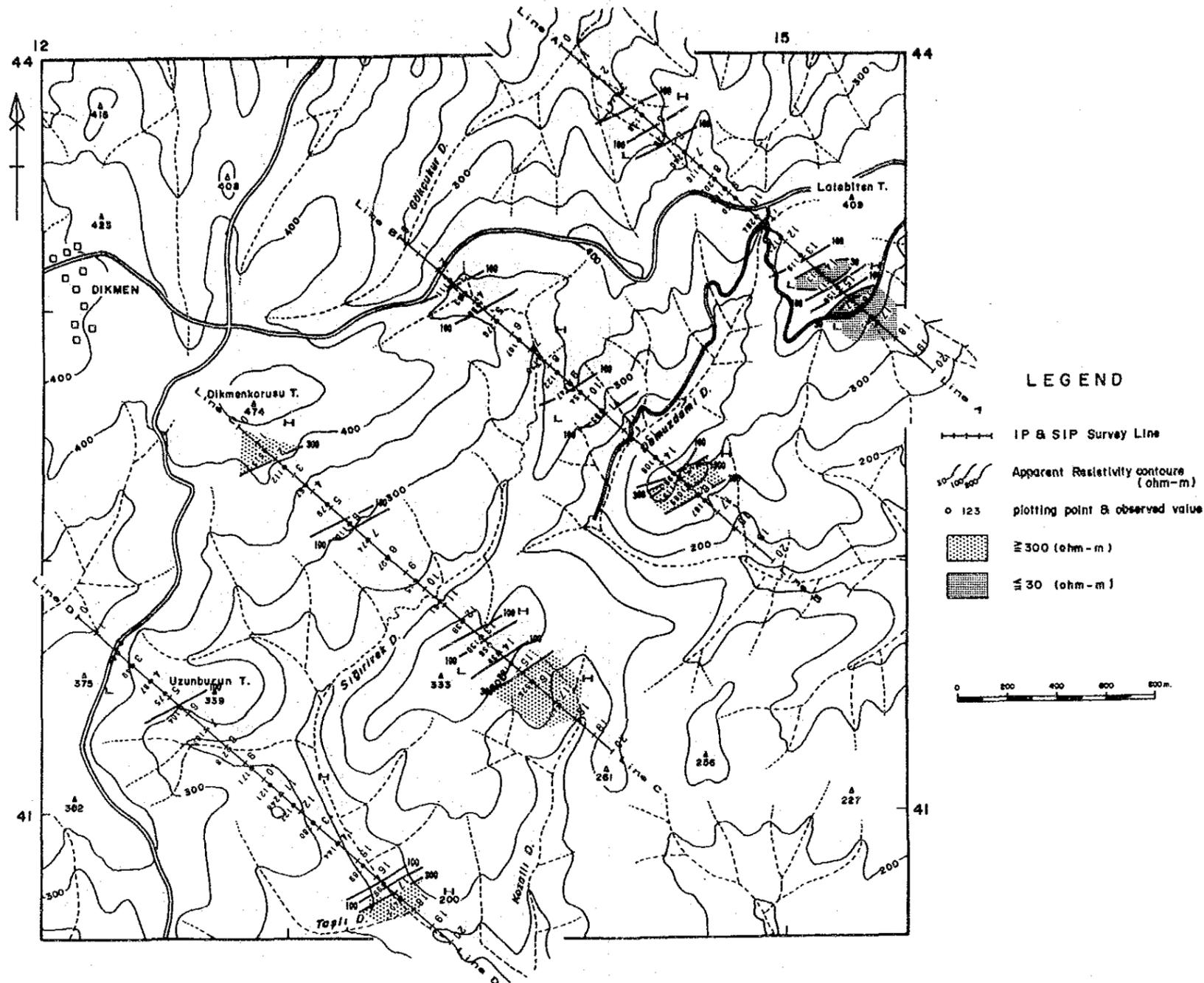
以上(1)~(5)で述べたように、本調査で把握した高 PFE 帯は石灰岩及び変火山岩類・変堆積岩類と貫入岩であるデックメン花崗岩及び斑岩の境界及びその周辺域に位置することから、これらの貫入岩に伴うポーヒリリー・カップタイプの鉱化作用に因る PFE異常と推定できる。探鉱上重要な箇所としては上記事項を踏まえ、地域中央部及び北東部の花崗岩、斑岩及び石灰岩の周辺域が探鉱の重点範囲であると考えられる。



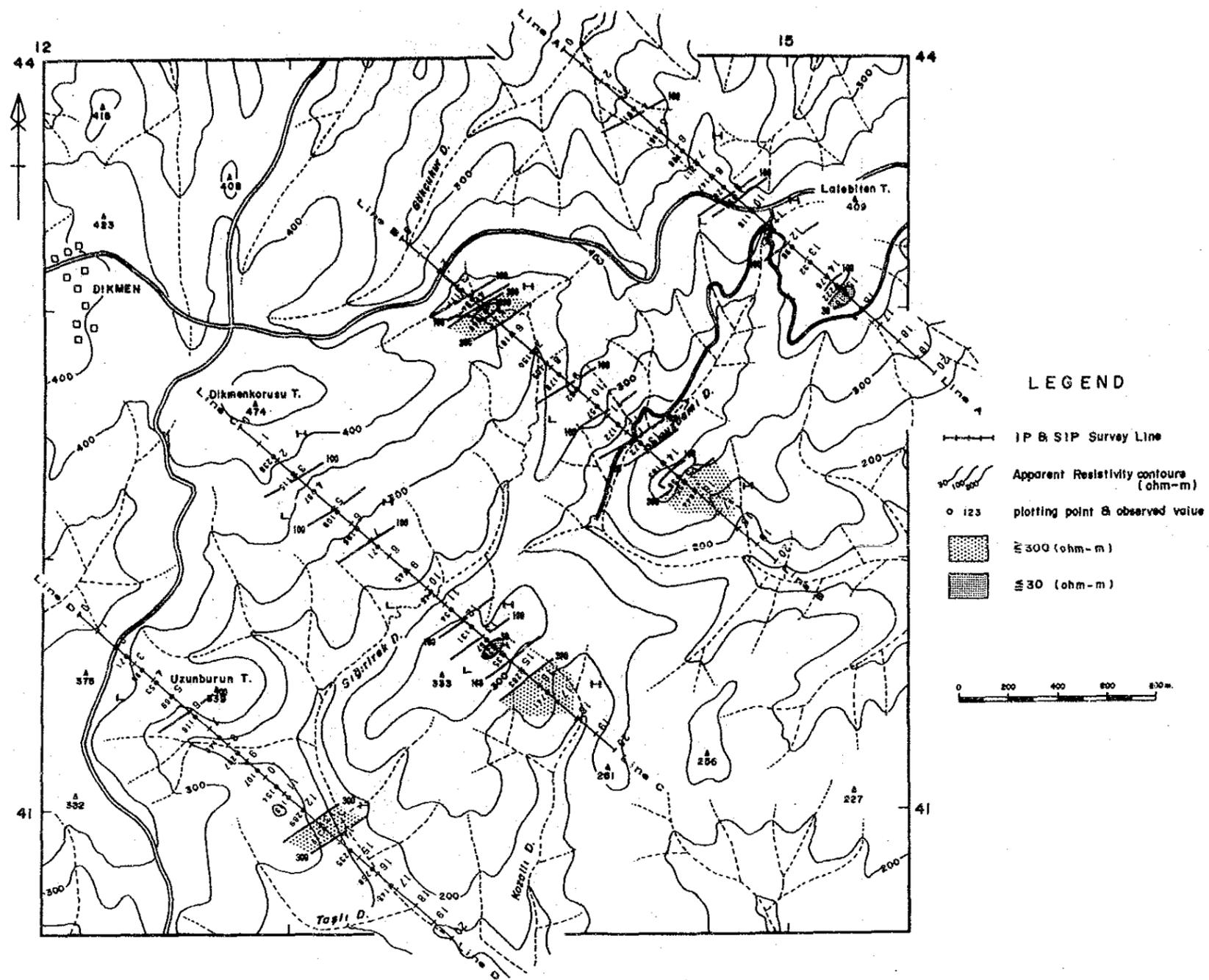
第6-12図 見掛比抵抗平面図 [0.3/0.375 Hz] (n=1)



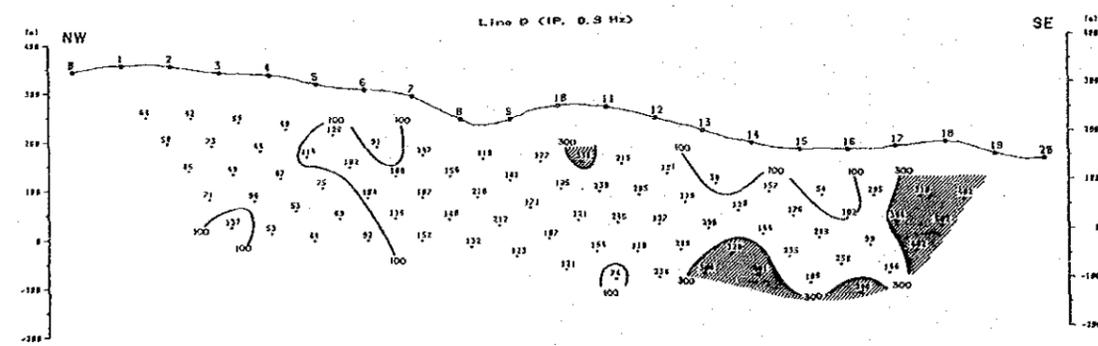
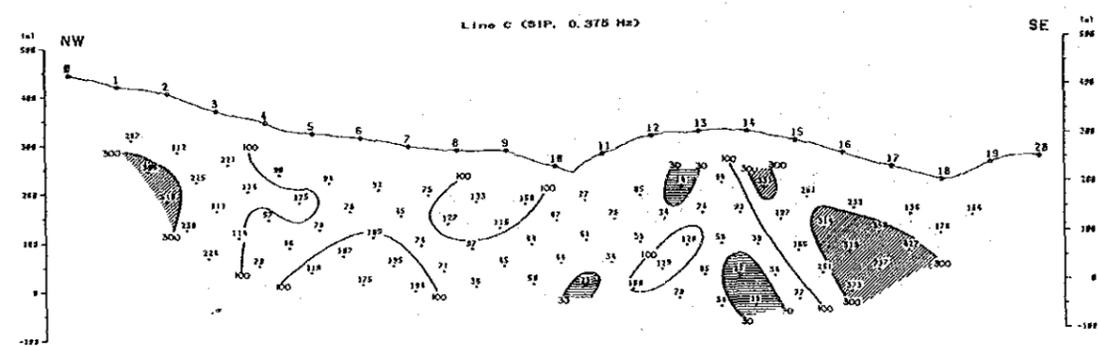
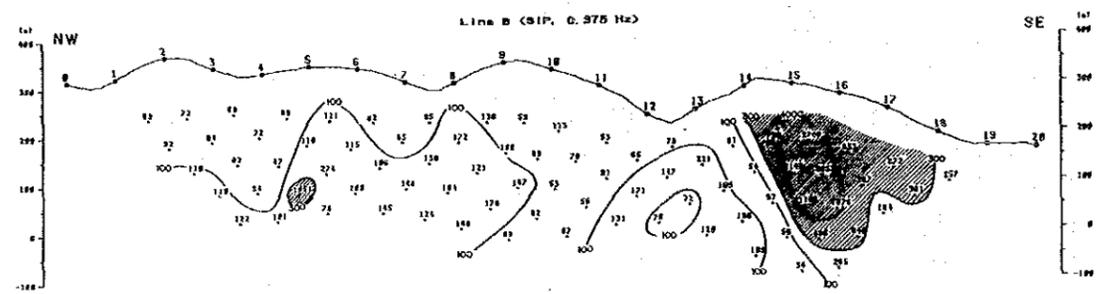
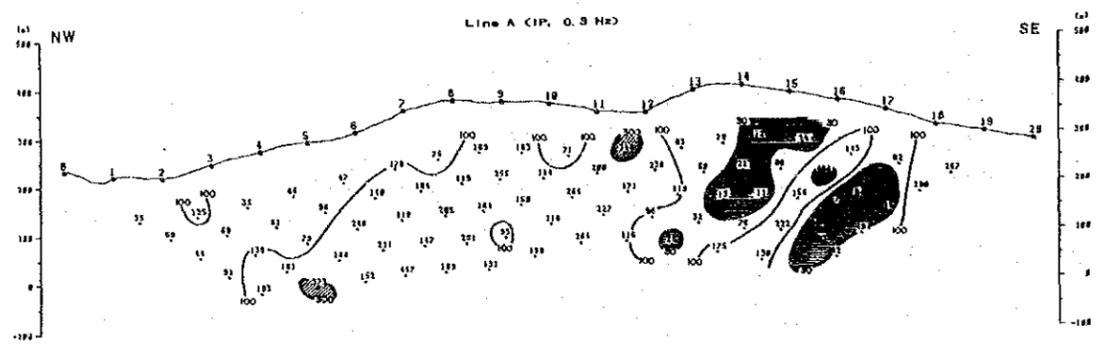
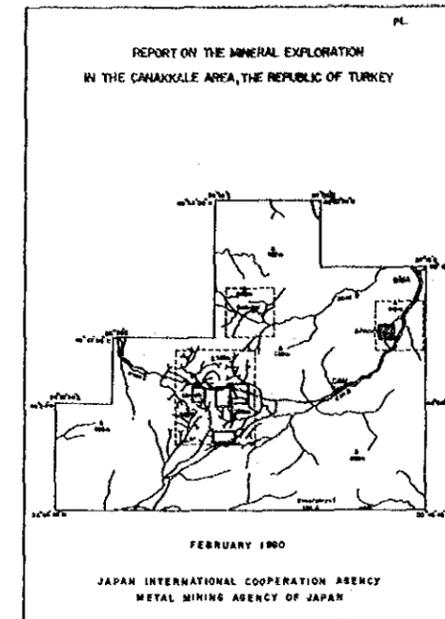
第6-13圖 見掛比抵抗平面圖 [0.3/0.375 Hz] (n=2)



第6-14図 見掛比抵抗平面図 [0.3/0.375 Hz] (n=3)



第6-15图 見掛比抵抗平面图 [0.3/0.375 Hz] (n=4)

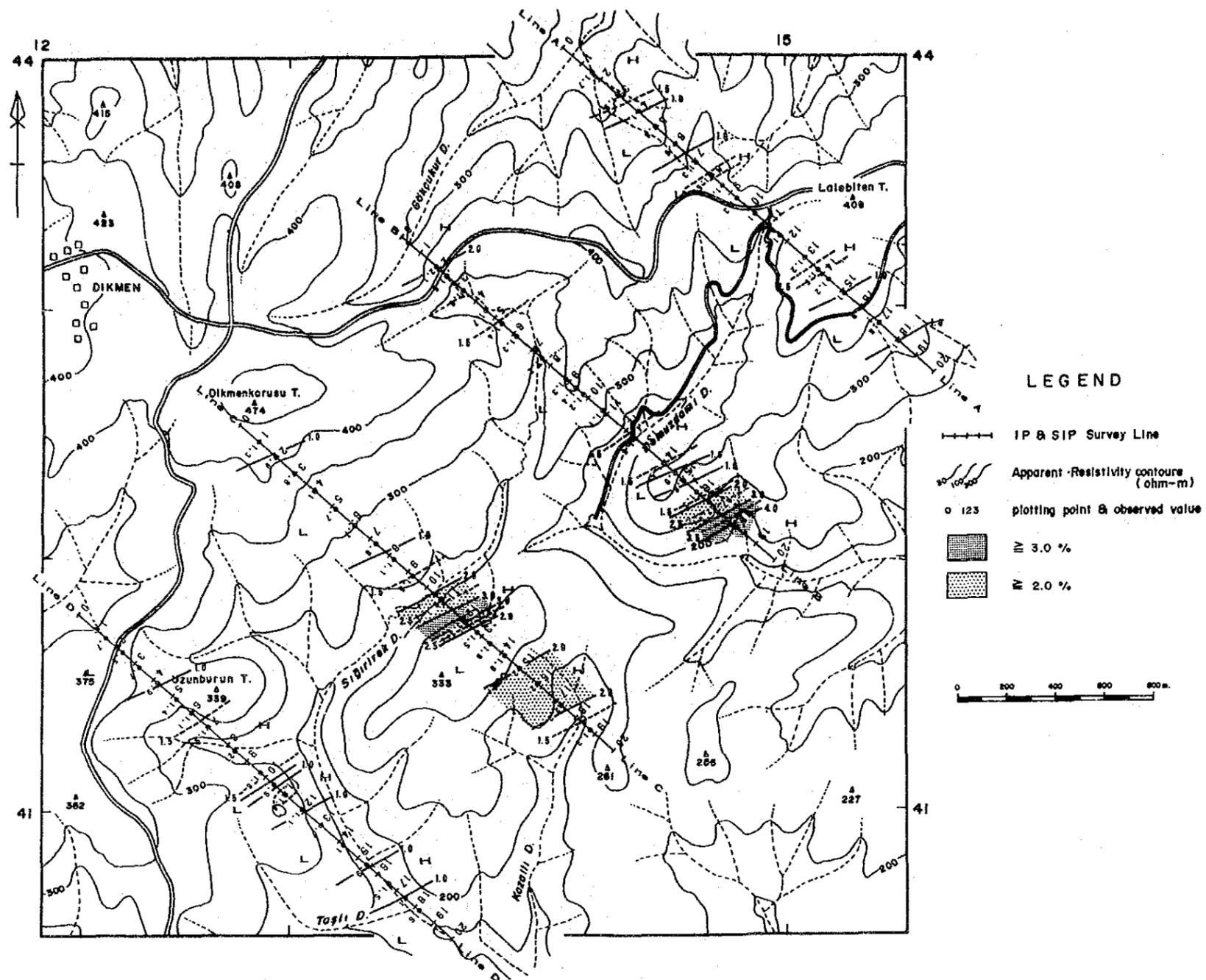


Legend

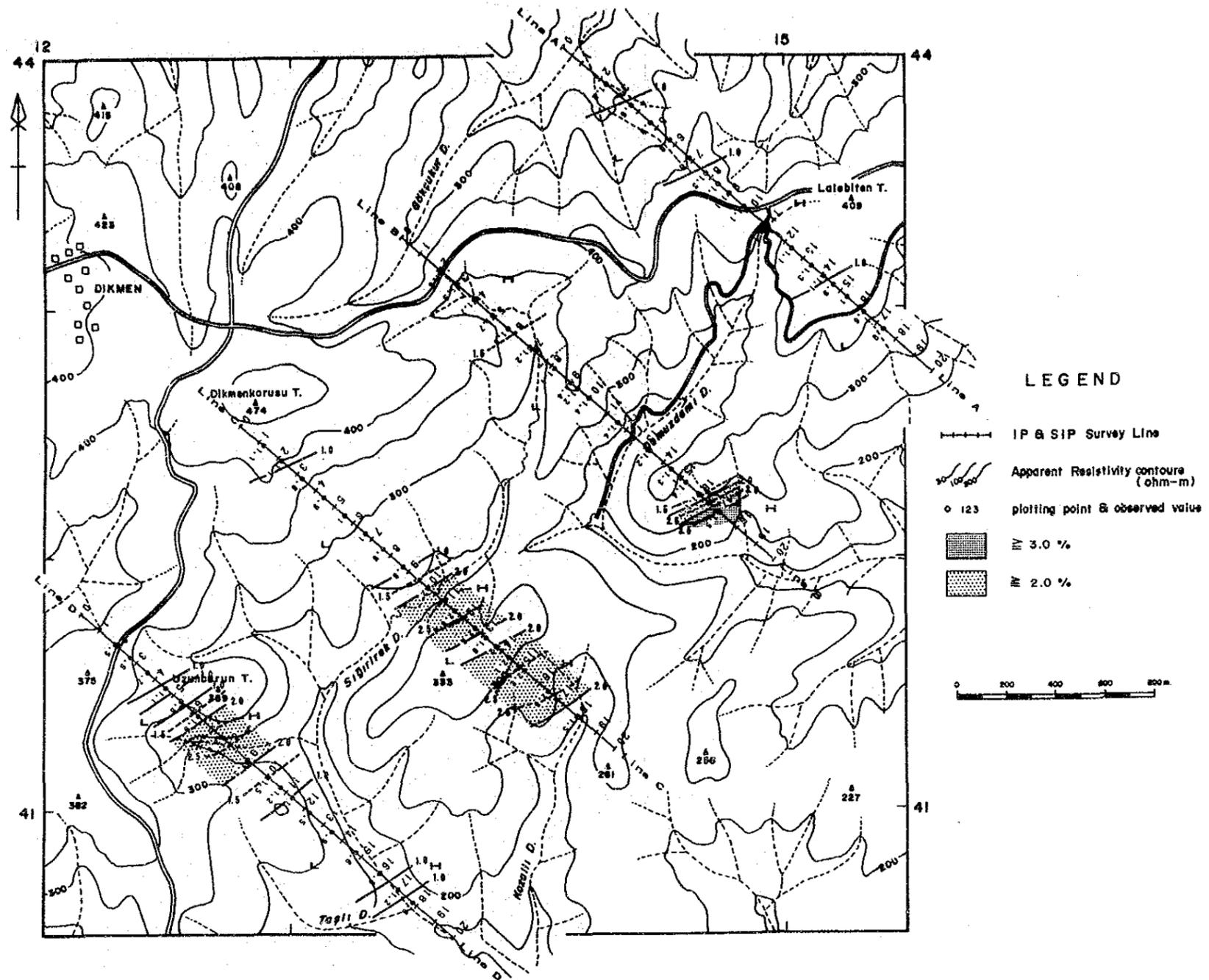
≥ 300 Ohm-m

≤ 30 Ohm-m

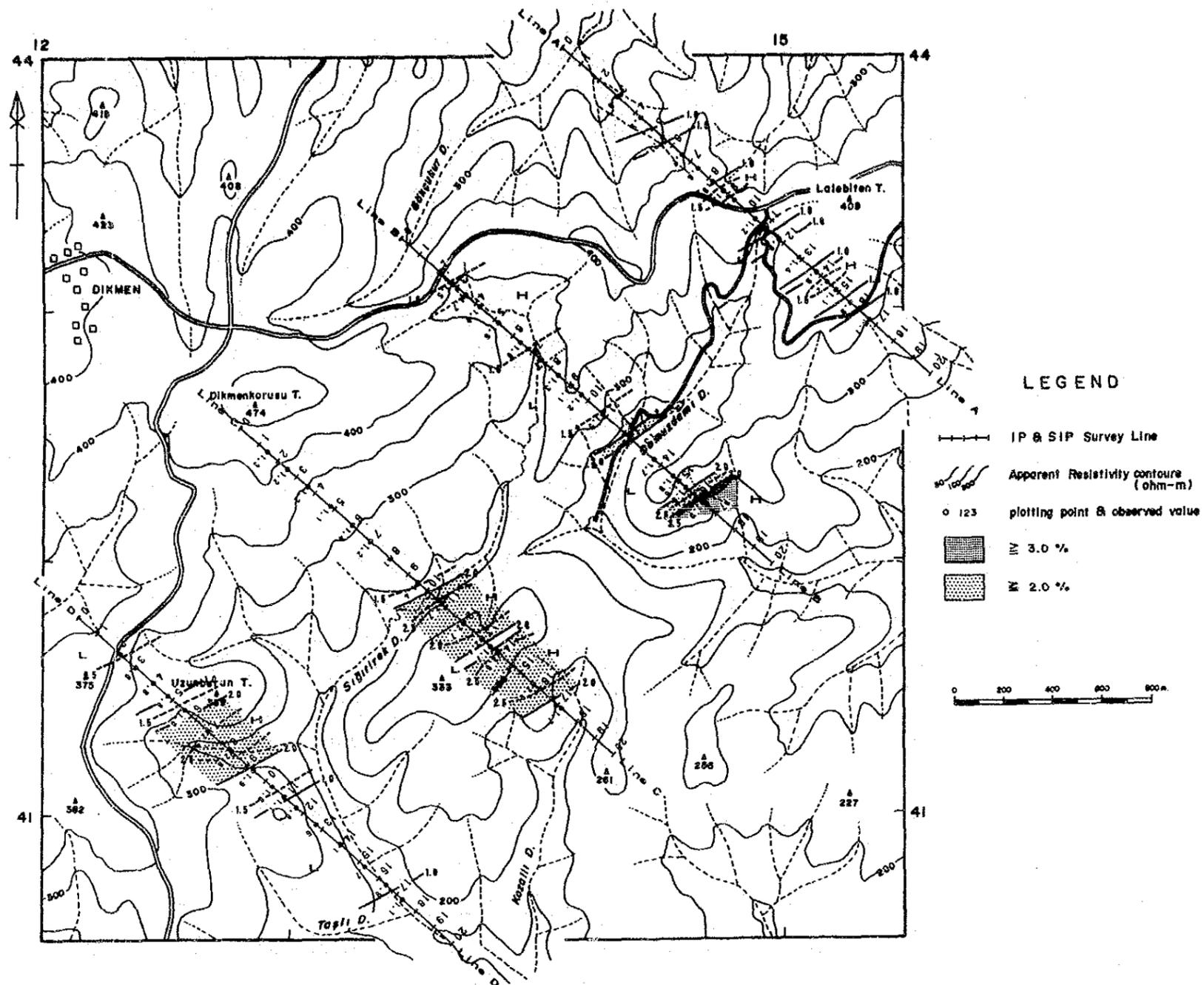
第6-17図 見掛比抵抗断面図 [0.3/0.375 Hz] (Line A~D)



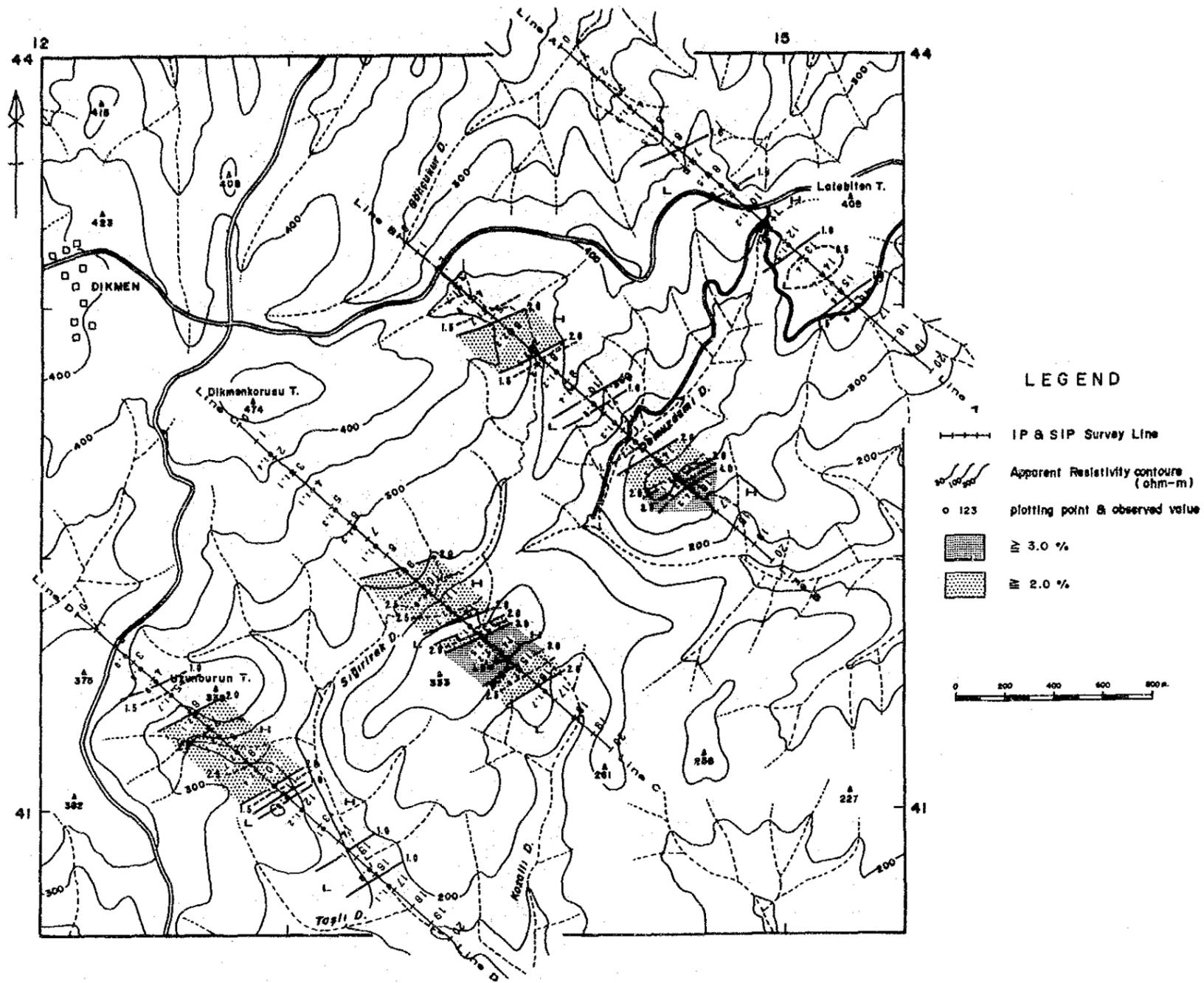
第6-18図 PFE 平面図 [0.3-3.0/0.375-3.0 Hz] (n=1)



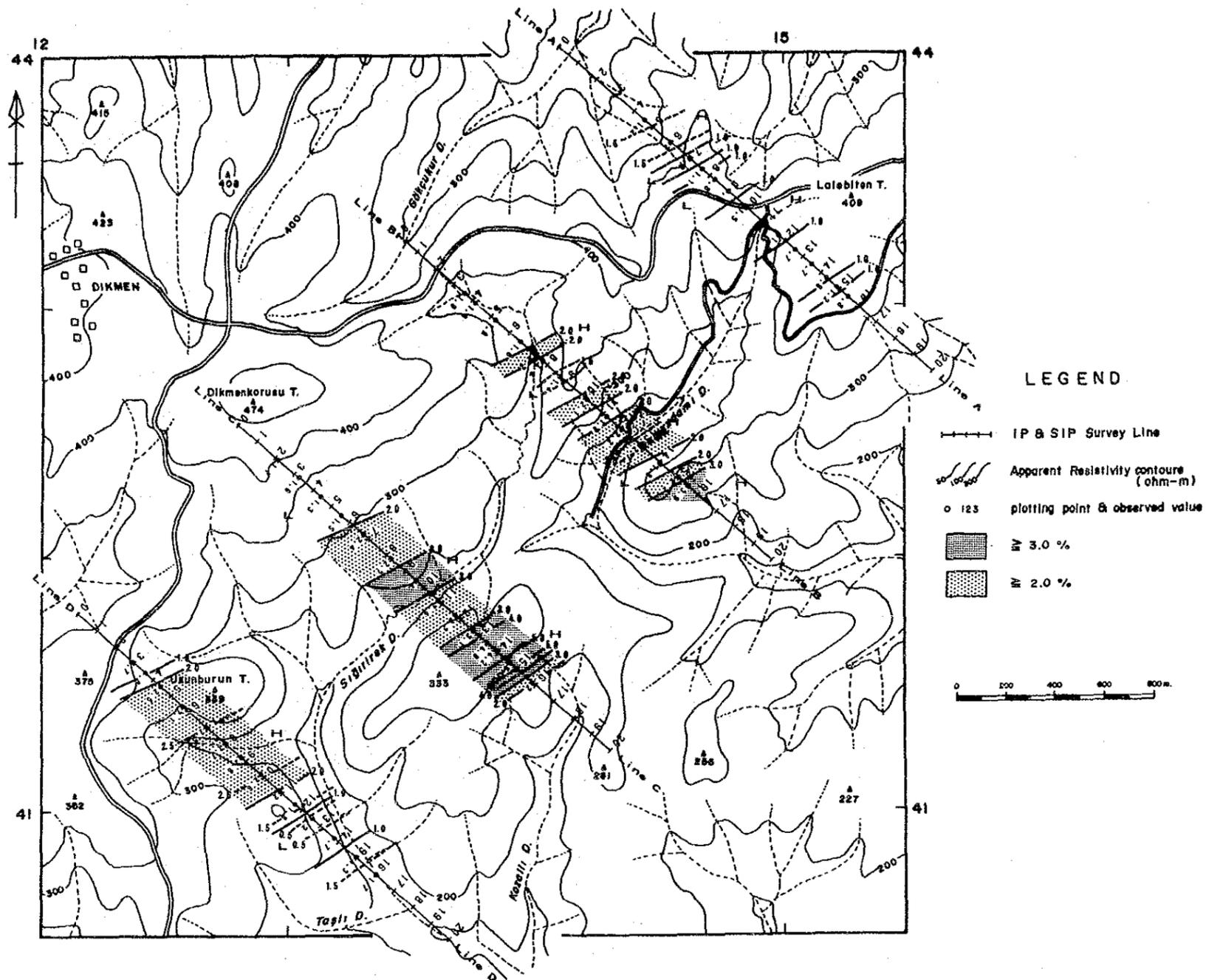
第6-19图 PFE 平面图 [0.3-3.0/0.375-3.0 Hz] (n=2)



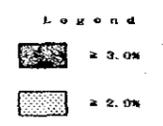
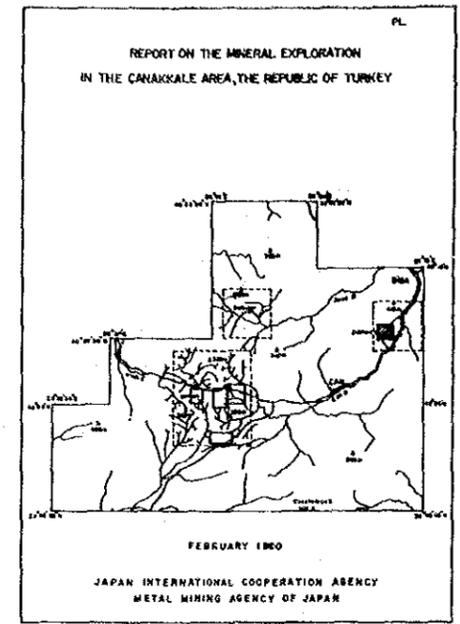
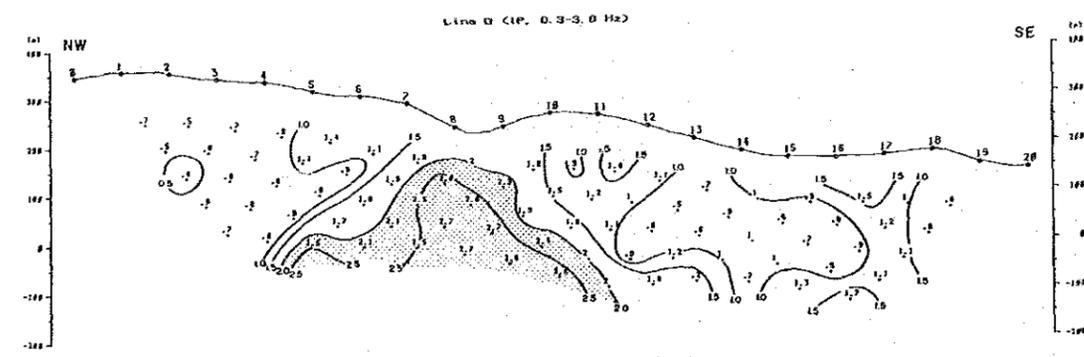
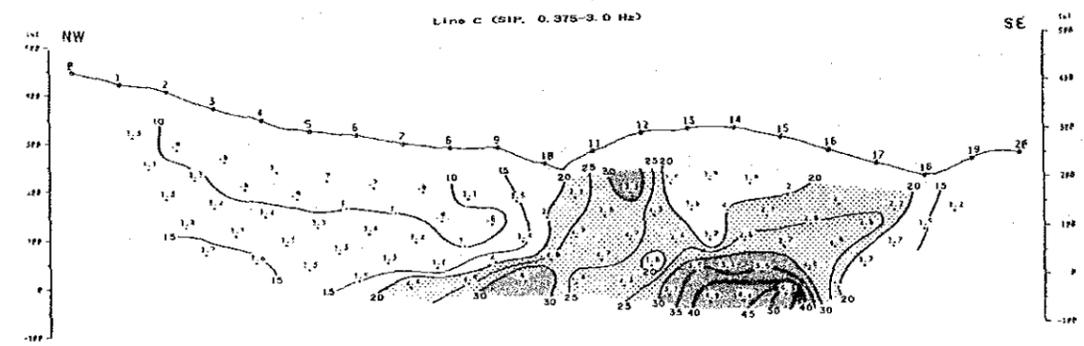
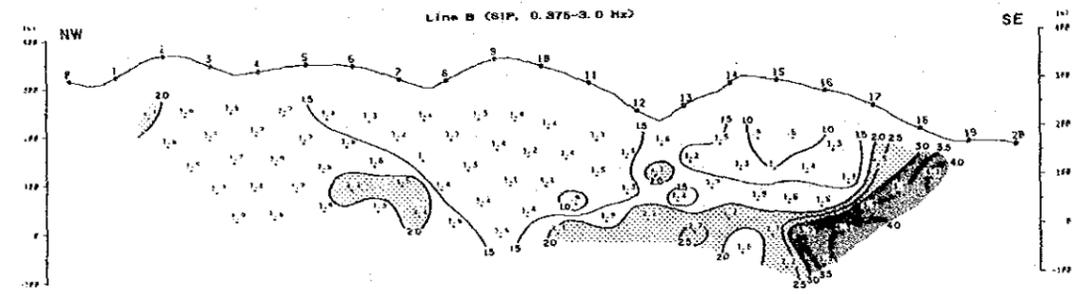
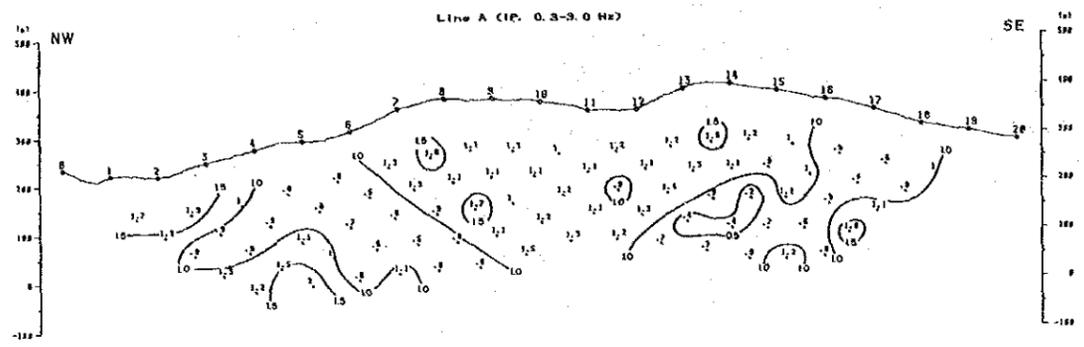
第6-20图 PFE 平面图 [0.3-3.0/0.375-3.0 Hz] (n=3)



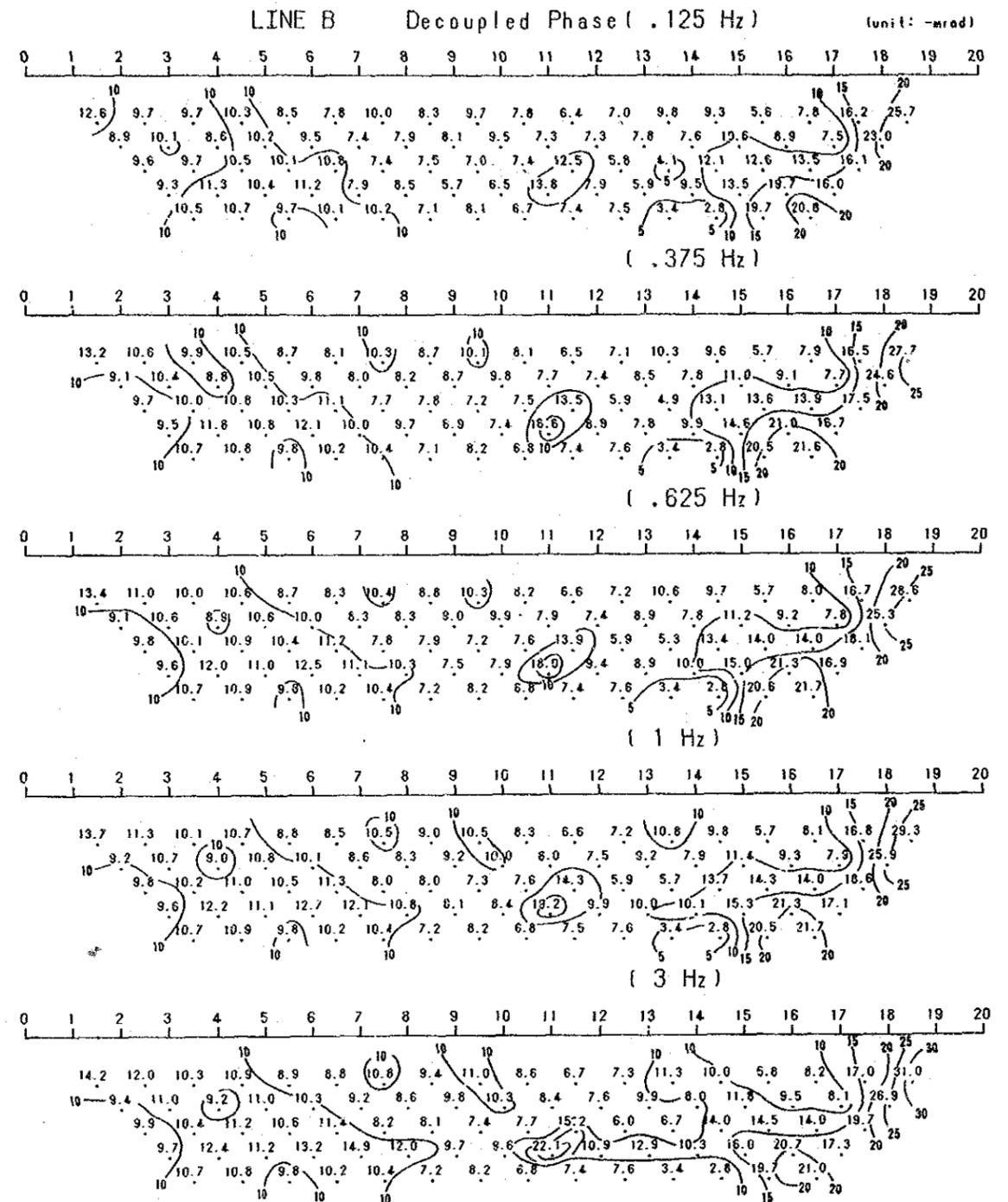
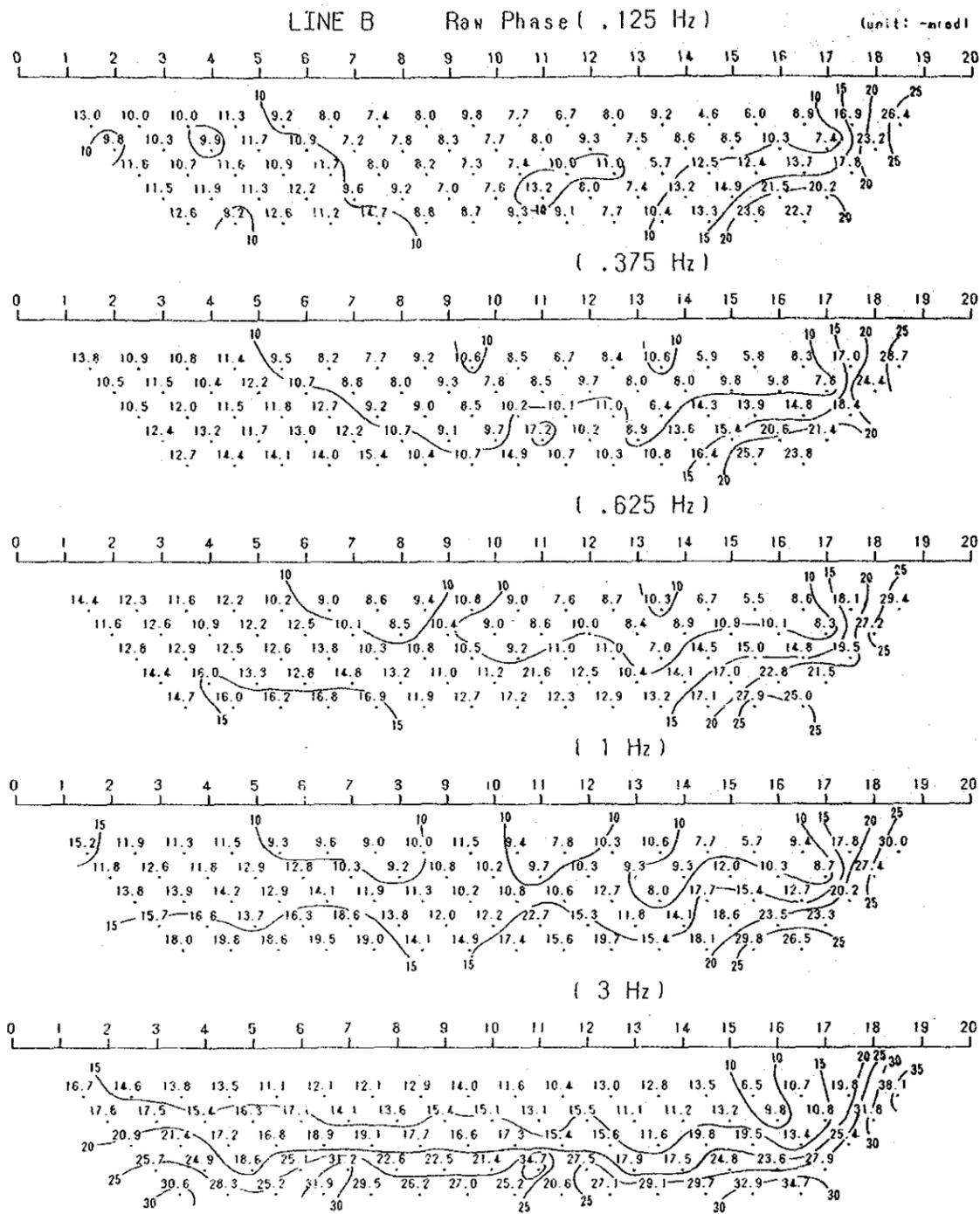
第6-21図 PFE 平面図 [0.3-3.0/0.375-3.0 Hz] (n=4)



第6-22図 PFE 平面図 [0.3-3.0/0.375-3.0 Hz] (n=5)

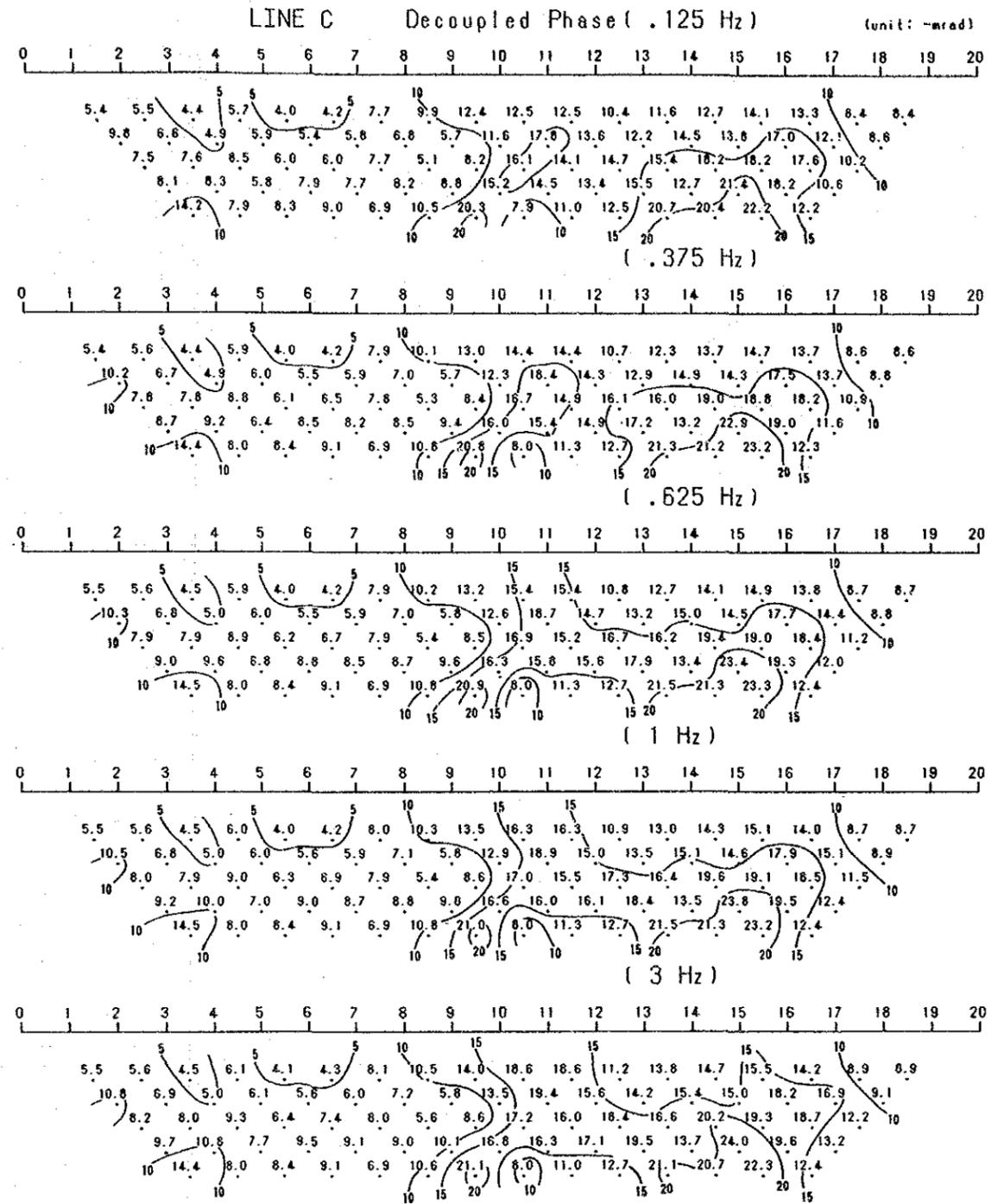
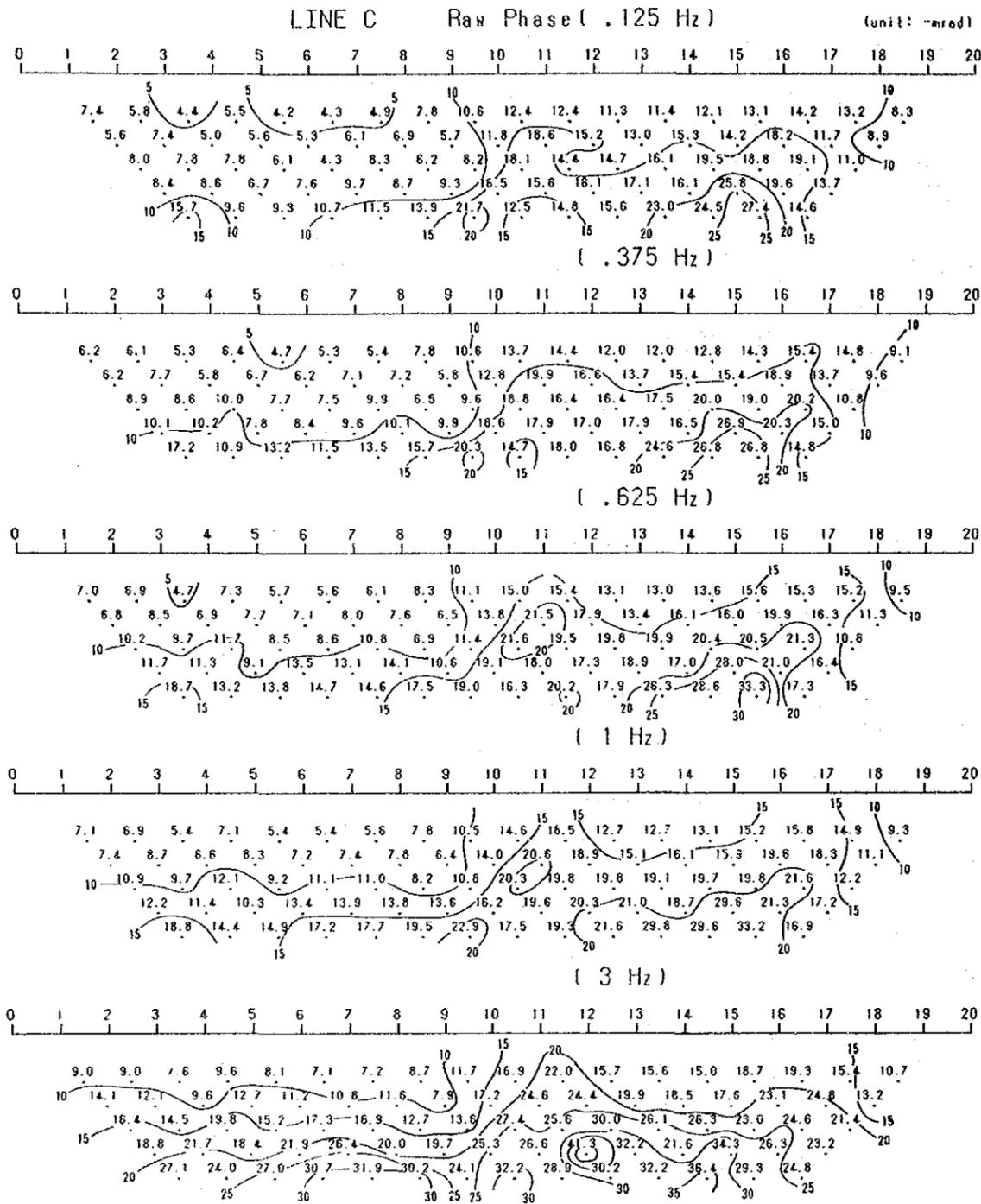


第6-23图 PFE 断面图 [0.3-3.0/0.375-3.0 Hz] (Line A~D)



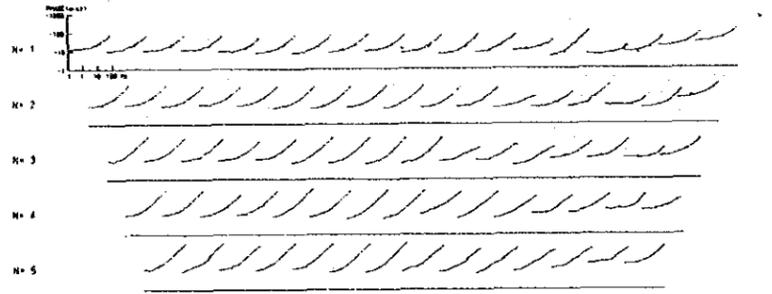
0 100 200 300m

第6-24图 位相差断面图 (Line B)

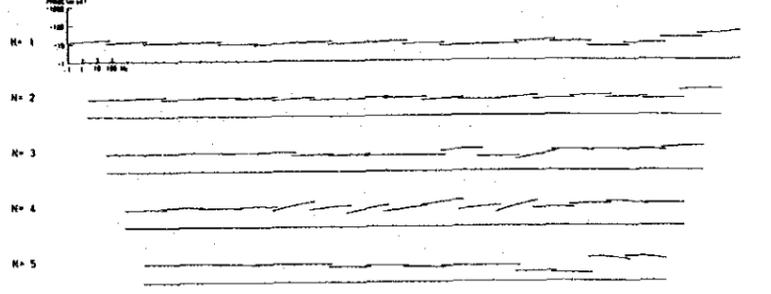


第6-25图 位相差断面图 (Line C)

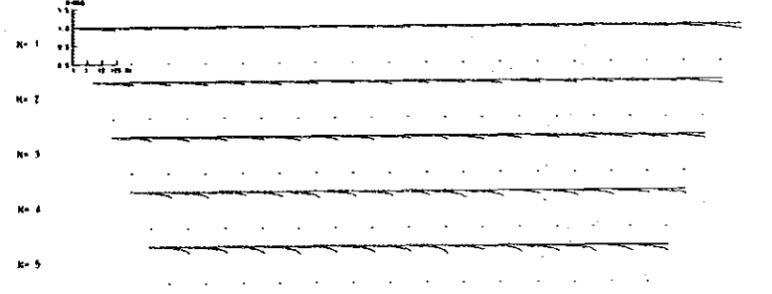
LINE B Phase Spectrum



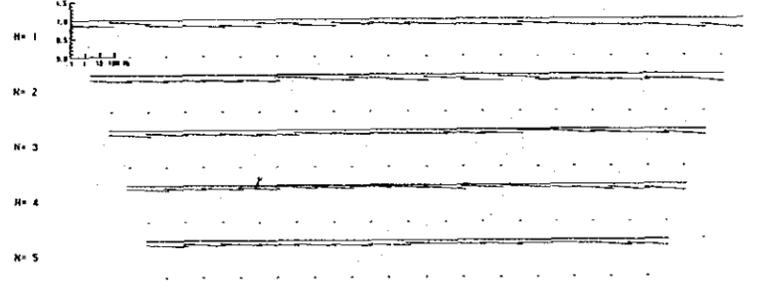
LINE B DeCoupled Phase Spectrum



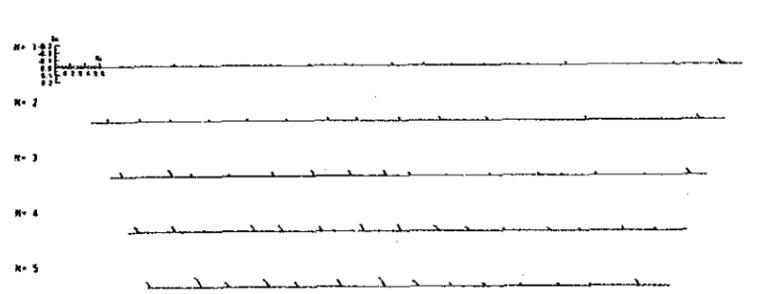
LINE B Magnitude Spectrum



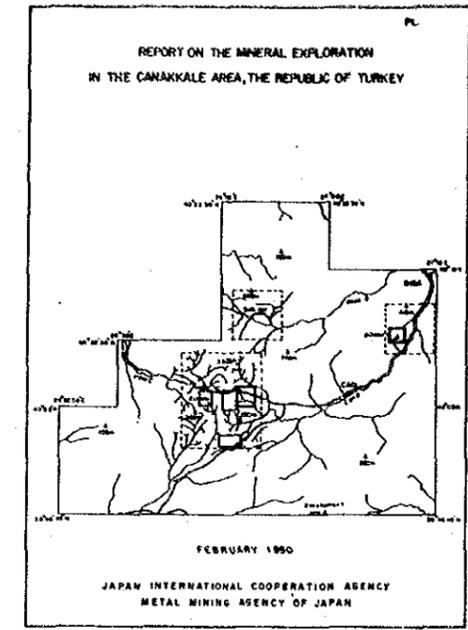
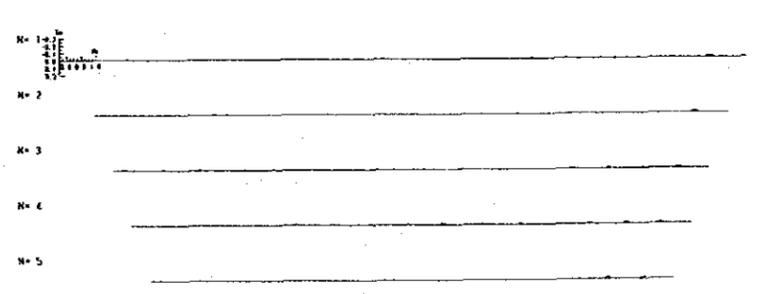
LINE B DeCoupled Magnitude Spectrum



LINE B Cole-Cole Diagram

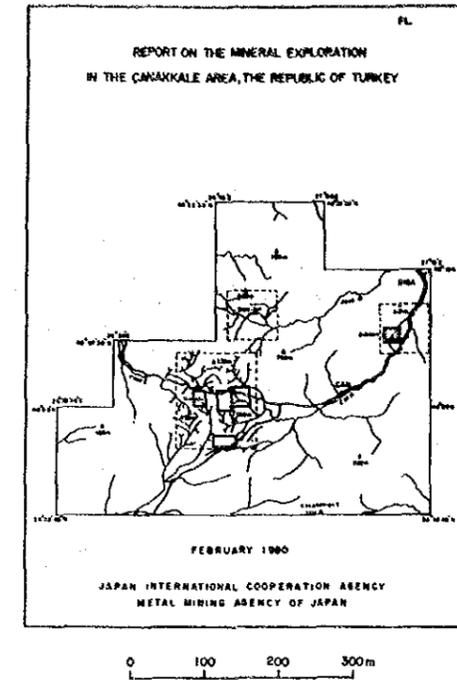
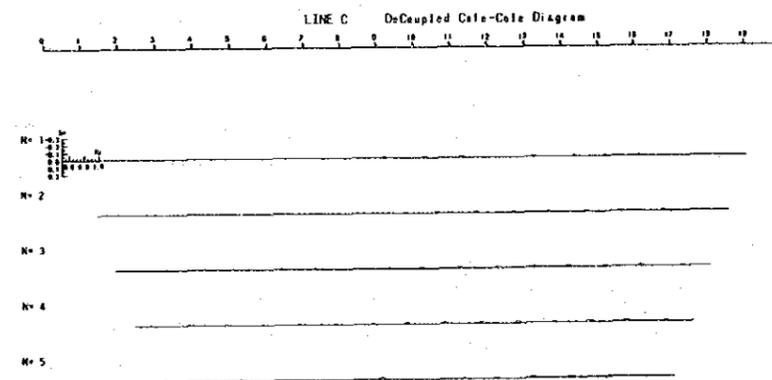
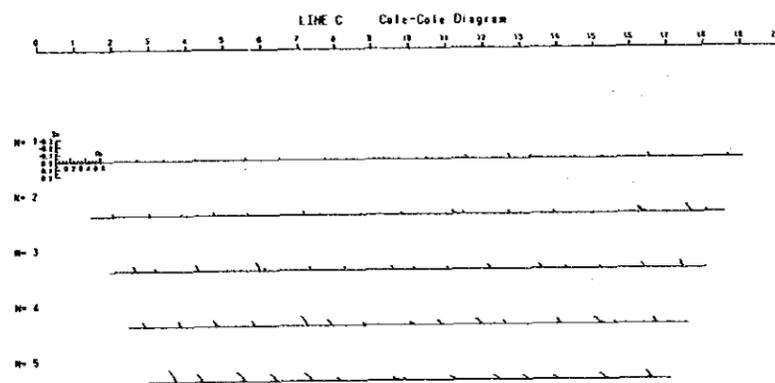
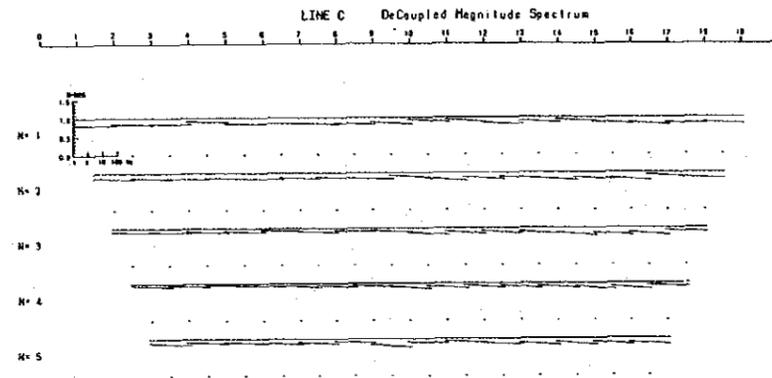
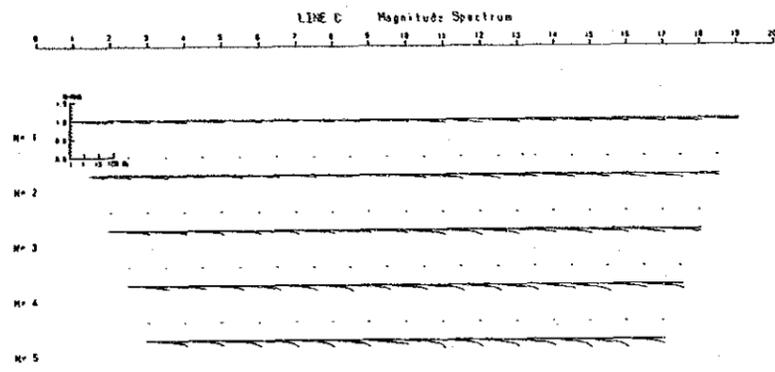
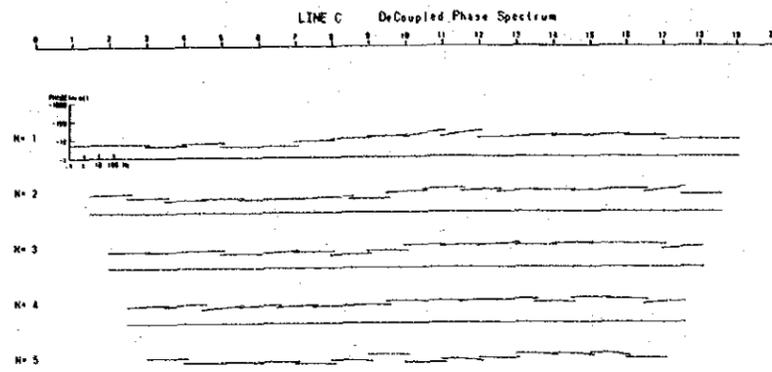
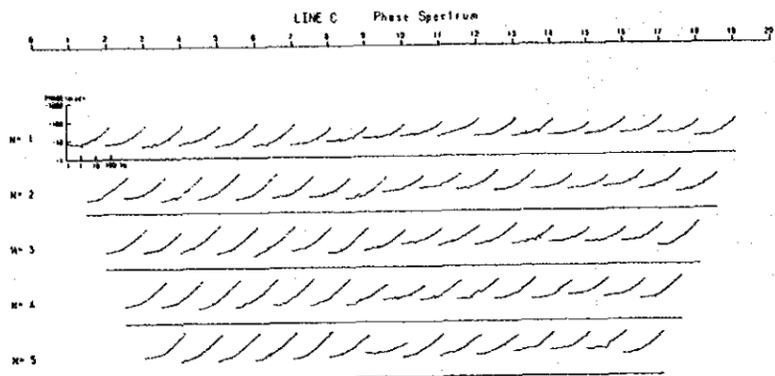


LINE B DeCoupled Cole-Cole Diagram



0 100 200 300m

第6-26図 各種スペクトル図 (Line B)

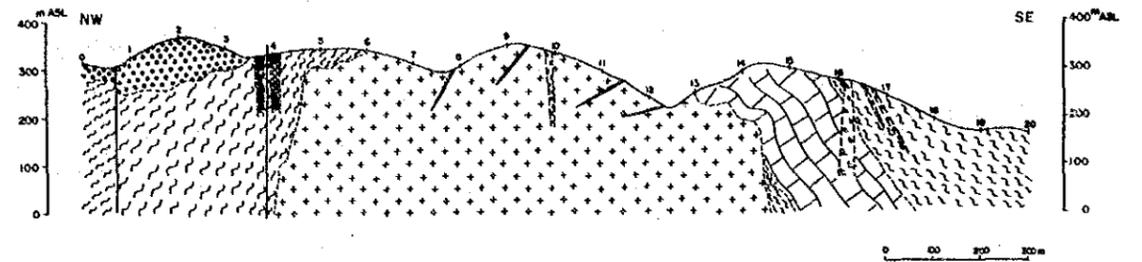


第6-27図 各種スペクトル図 (Line C)

Simulation model

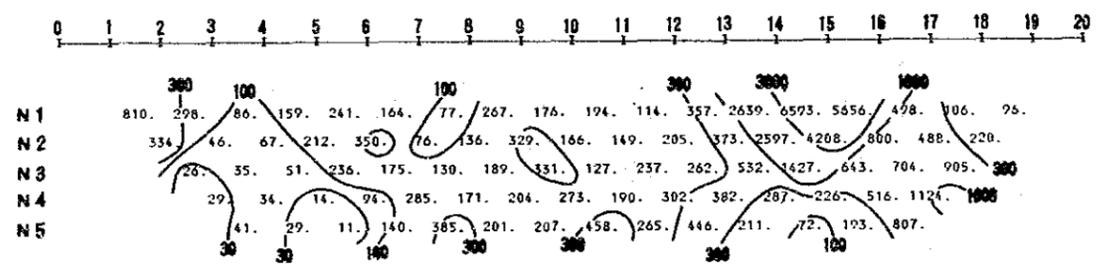
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
100m	1	000	333	333	301	111	114	440	000	444	444	400	000	000	000	000	000	000	000	000	000
	2	333	333	333	318	884	444	444	444	444	446	444	400	000	002	222	222	000	000	000	000
	3	111	333	111	118	884	444	444	444	444	446	444	440	000	222	222	222	701	000	000	000
	4	111	111	111	118	884	444	444	444	444	446	444	444	444	888	822	222	716	110	000	000
	5	111	111	111	118	884	444	444	444	444	446	444	444	444	888	822	222	716	111	111	111
200m	6	111	111	111	111	884	444	444	444	444	446	444	444	444	448	822	222	711	811	111	551
	7	111	111	111	111	884	444	444	444	444	446	444	444	444	448	822	222	721	116	115	551
	8	111	111	111	111	884	444	444	444	444	446	444	444	444	448	822	222	722	116	115	551
300m	9	111	111	111	111	884	444	444	444	444	446	444	444	444	448	822	222	722	111	115	551
	10	111	111	111	111	884	444	444	444	444	446	444	444	444	448	822	222	722	211	155	551
	11	111	111	111	111	884	444	444	444	444	446	444	444	444	448	822	222	722	222	555	111
	12	111	111	111	111	884	444	444	444	444	446	444	444	444	448	822	222	722	222	555	111
	13	111	111	111	111	884	444	444	444	444	446	444	444	444	448	822	222	722	222	555	111
	14	111	111	111	111	884	444	444	444	444	446	444	444	444	448	822	222	722	222	555	111
	15	111	111	111	111	884	444	444	444	444	446	444	444	444	448	822	222	722	222	555	111
	16	111	111	111	111	884	444	444	444	444	446	444	444	444	448	822	222	722	222	555	111

CODE	RESISTIVITY	F.E.
	OHM-M	%
1	100.	1.5
2	5000.	1.7
3	500.	1.5
4	150.	1.1
5	500.	7.0
6	500.	2.0
7	500.	1.0
8	1500.	3.0
9	20.	5.3

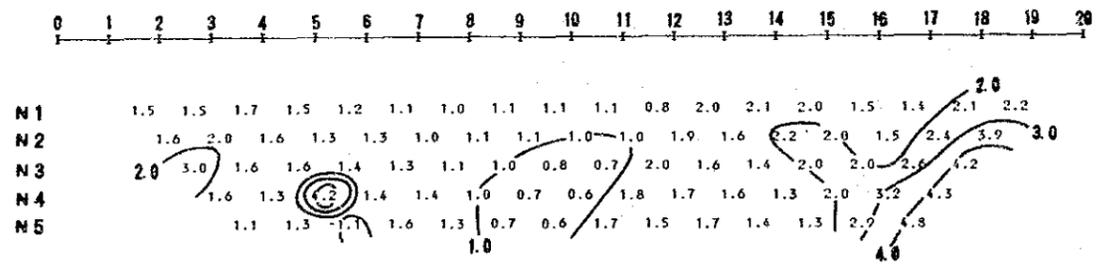


- LEGEND
- Placens Akayak Vol. (Dotted) Ductile and electric hill
 - Escane Herakak F. (Kakak M.) (Cross-hatched) Conglomerate
 - Trizak Enepe F. (Horizontal lines) Thin Marble
 - Thin Metaschists and meta-sediments (Vertical lines)
 - Intrusive rocks (Diagonal lines)
 - Aphe (Stippled)
 - Pachyry (Wavy lines)
 - Diluted granite (Dotted)
 - Serpentinite (Cross-hatched)
 - Discontinuity and vein (Diagonal lines)
 - Thin vein (Diagonal lines)

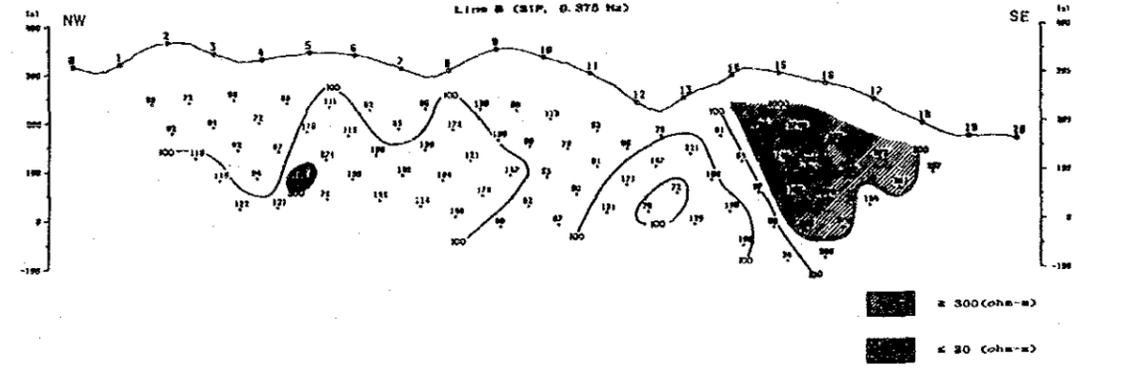
DIPOLE-DIPOLE APPARENT RESISTIVITY PROFILE



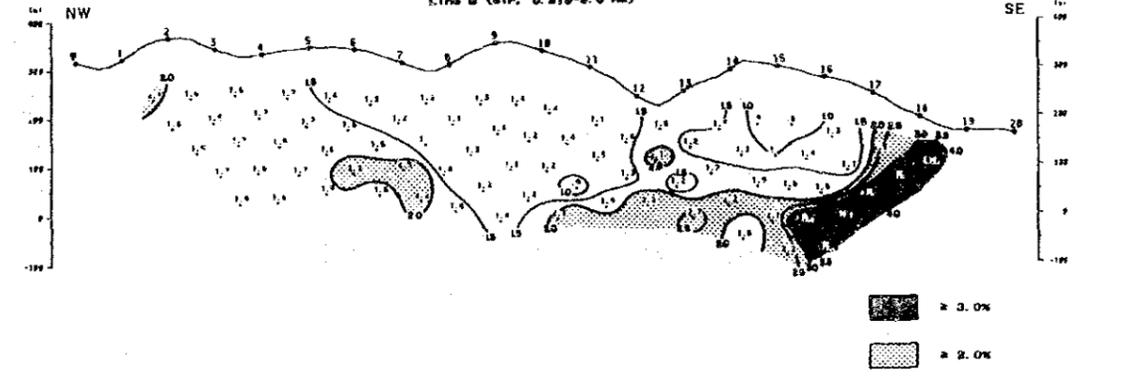
DIPOLE-DIPOLE APPARENT PERCENT FREQ. EFFECT



observed Apparent Resistivity



observed PFE

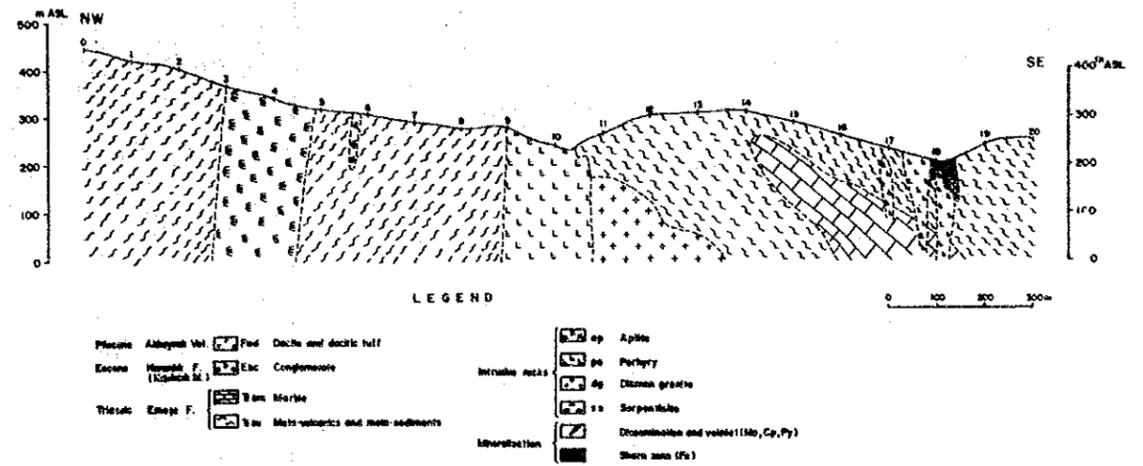


第6-28図 シミュレーション解析図 (Line B)

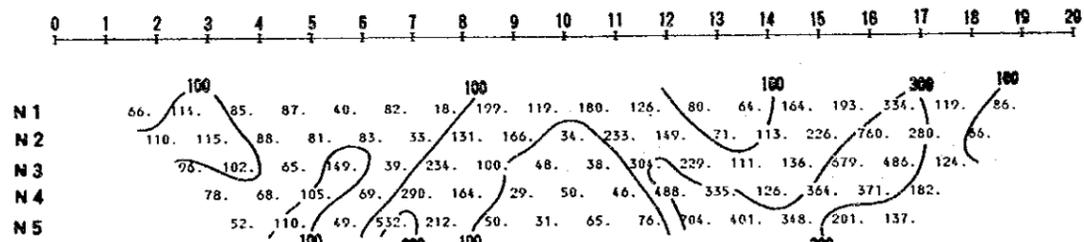
Simulation model

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
100m	1	111	100	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000
	2	111	111	300	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000
	3	111	111	333	300	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000
	4	111	111	999	933	330	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000
	5	111	111	999	999	333	333	333	000	000	000	000	011	111	111	111	000	000	000	000	000
200m	6	111	111	999	999	999	333	333	333	333	770	001	111	111	111	221	111	100	000	000	011
	7	111	111	999	999	999	101	111	111	333	337	777	711	111	111	111	222	111	111	170	001
	8	111	111	999	999	911	101	111	111	117	777	755	111	111	111	122	221	117	181	111	111
	9	111	111	999	911	111	111	111	117	777	755	551	111	111	111	112	222	227	188	811	111
	10	111	111	999	911	111	111	111	117	777	755	555	111	111	111	112	222	222	288	811	111
	11	111	111	999	911	111	111	111	117	777	755	455	511	111	111	122	222	288	811	111	111
	12	111	111	999	911	111	111	111	117	777	755	455	555	555	555	552	288	888	821	111	111
	13	111	111	999	911	111	111	111	117	777	774	444	555	555	555	558	888	888	822	111	111
	14	111	111	999	911	111	111	111	117	777	774	444	444	555	555	558	888	888	822	211	111
	15	111	111	999	911	111	111	111	117	777	774	444	444	441	111	111	122	222	222	221	111
300m	16	111	111	999	911	111	111	111	117	777	774	444	444	441	111	111	122	222	222	222	222

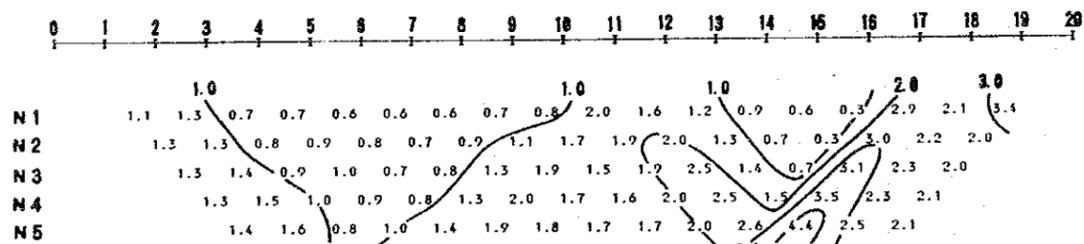
CODE	RESISTIVITY	F.E. %
1	100.0	1.5
2	5000.0	2.0
3	50.0	0.7
4	500.0	4.0
5	200.0	5.0
6	1000.0	2.2
7	500.0	1.0
8	800.0	8.0
9	300.0	1.5



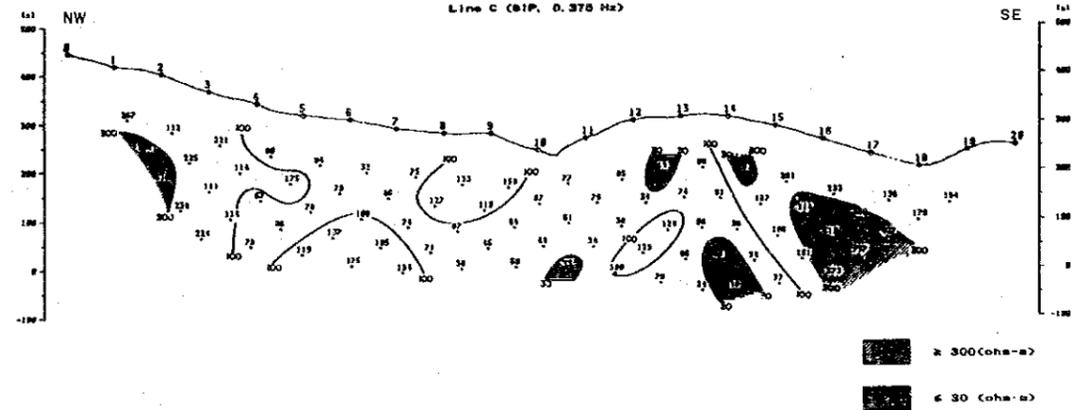
DIPOLE-DIPOLE APPARENT RESISTIVITY PROFILE



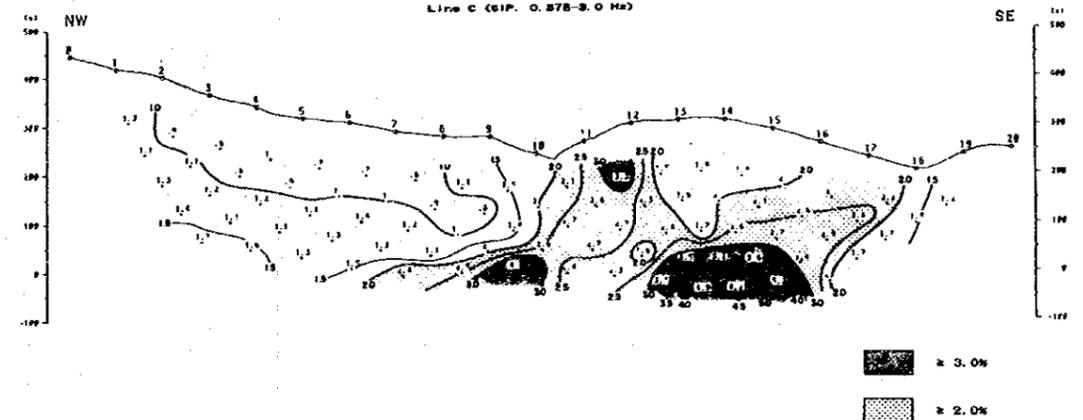
DIPOLE-DIPOLE APPARENT PERCENT FREQ. EFFECT



observed Apparent Resistivity



observed PFE

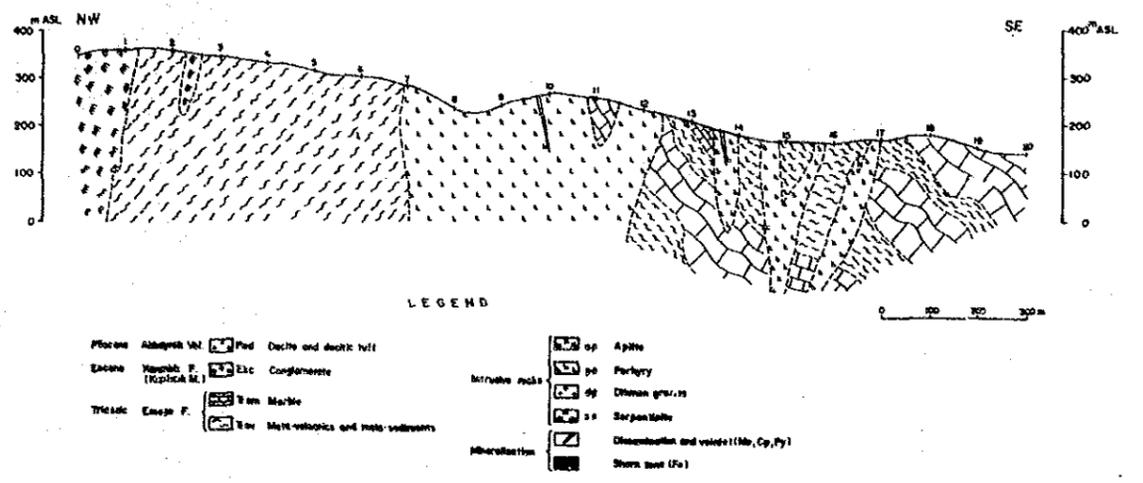


第6-29図 シミュレーション解析図 (Line C)

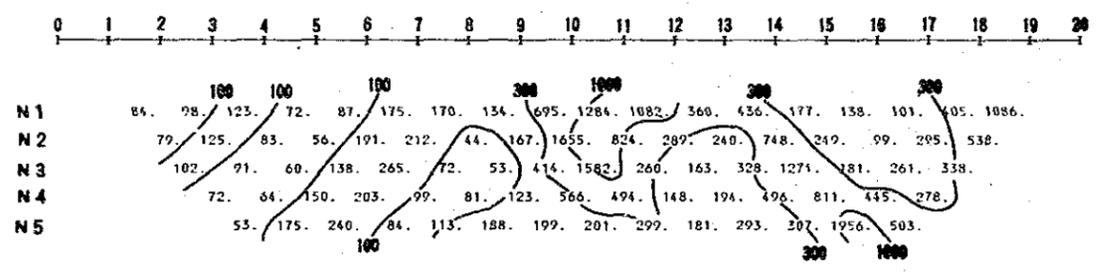
Simulation model

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
100m	1	999	111	111	111	100	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000
200m	2	999	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111
300m	3	999	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111
	4	999	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111
	5	999	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111
	6	999	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111
	7	999	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111
	8	999	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111
	9	999	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111
	10	999	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111
	11	999	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111
	12	999	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111
	13	999	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111
	14	999	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111
	15	999	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111
	16	999	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111

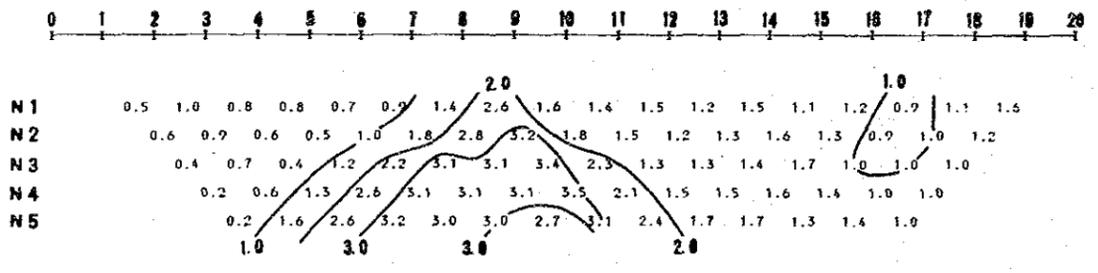
CODE	RESISTIVITY OHM-M	F.E. %
1	100.	1.0
2	5000.	1.7
3	0.	0.
4	0.	0.
5	150.	3.0
6	200.	6.0
7	500.	1.5
8	0.	0.
9	80.	0.5



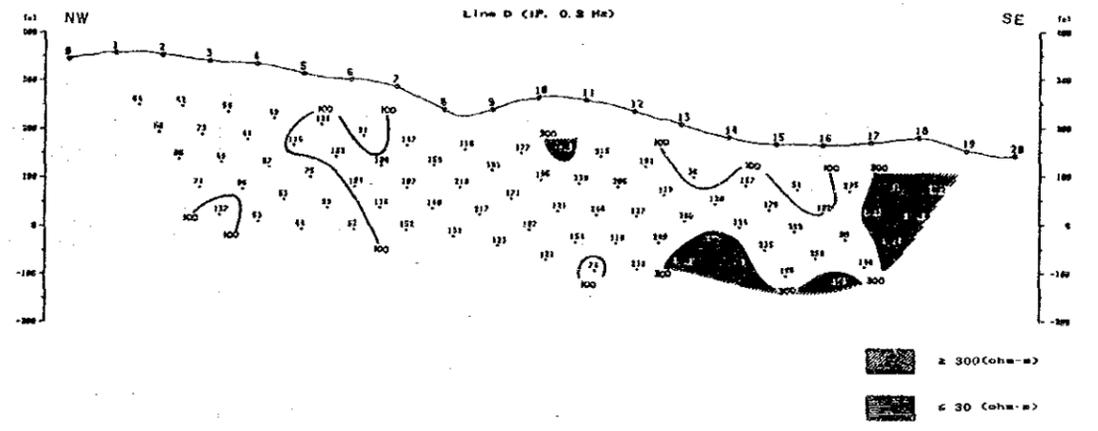
DIPOLE-DIPOLE APPARENT RESISTIVITY PROFILE



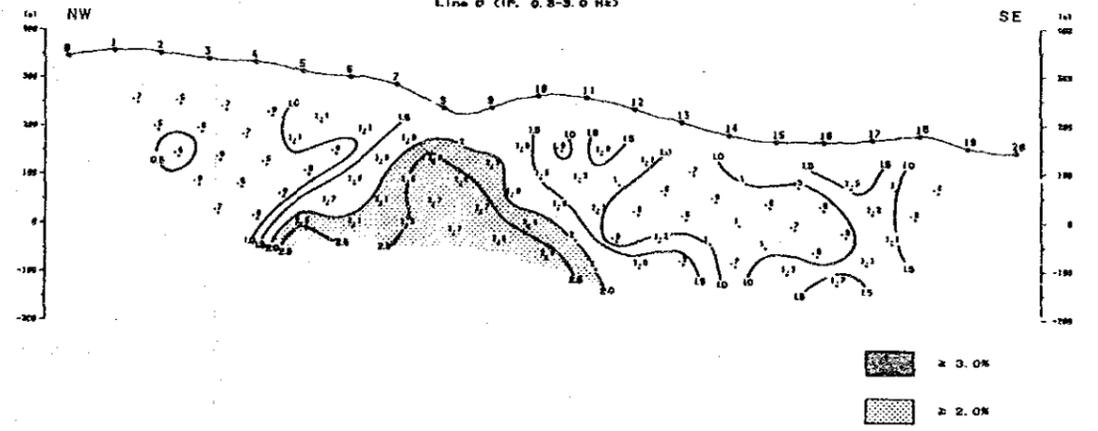
DIPOLE-DIPOLE APPARENT PERCENT FREQ. EFFECT



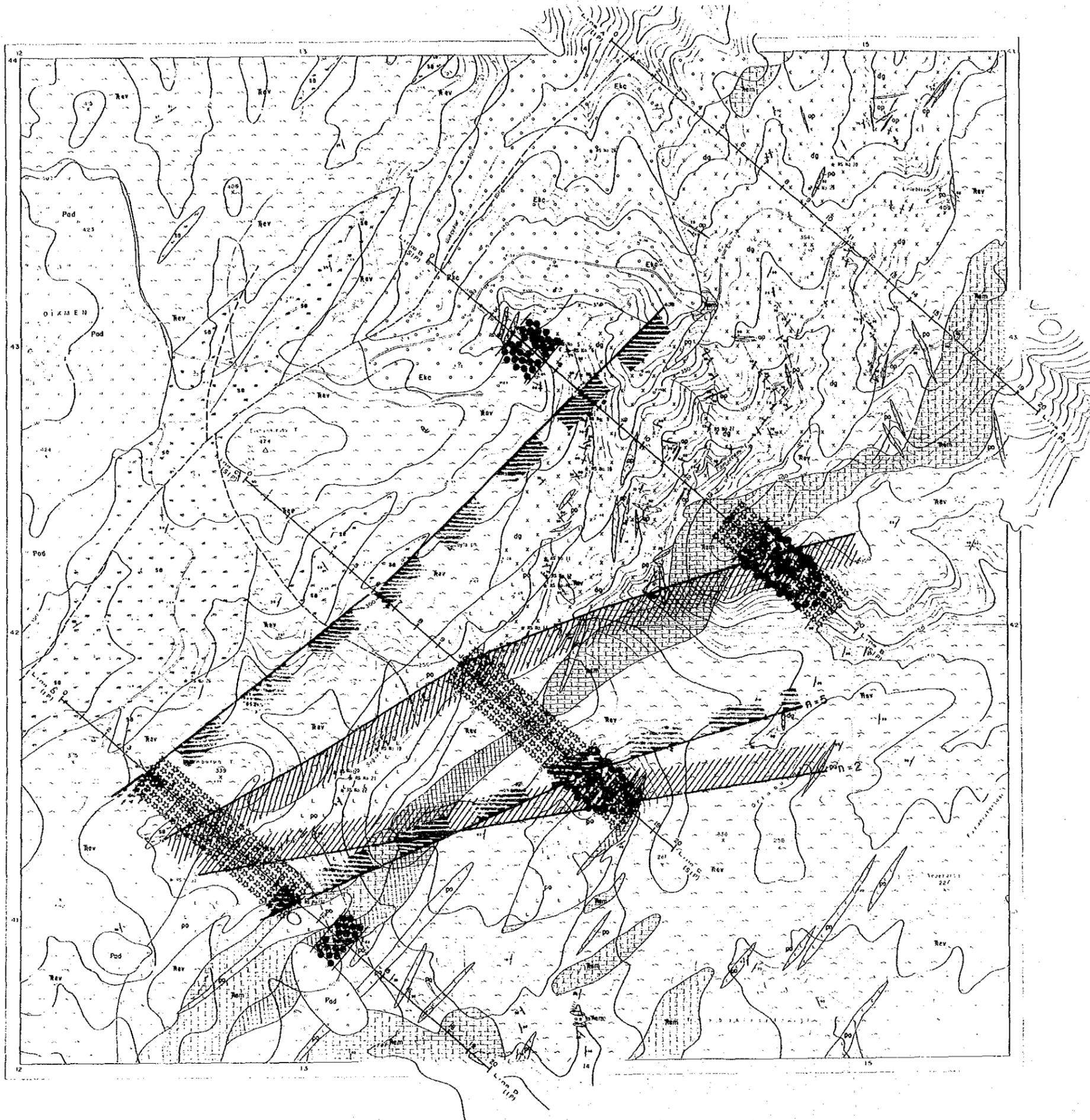
observed Apparent Resistivity



observed PFE



第6-30図 シミュレーション解析図 (Line D)



REPORT ON THE MINERAL EXPLORATION
IN THE CANAKKALE AREA, THE REPUBLIC OF TURKEY

FEBRUARY 1990

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
METAL MINING AGENCY OF JAPAN

LEGEND

- | | | | |
|-----------------|---------------|-----|--------------------------------------|
| Pliocene | Ashyarak Vol. | Pod | Diolite and diolite tuff |
| Eocene | Korenik F. | Etc | Conglomerate |
| Triassic | Emege F. | Rev | Marble |
| | | Rev | Meta-volcanics and meta-sediments |
| Intrusive rocks | op | | Apfite |
| | po | | Porkyrtz |
| | dg | | Dikash granites |
| | ee | | Serpentinite |
| Mineralization | | | Cyanidation and veinlet (Mo, Co, Pb) |
| | | | Stork zone (Fe) |
| | | | Probable fault |
| | | | Strike and dip of bedding |
| | | | Strike and dip of schistosity |
| | | | Strike and dip of joint |
| | | | Quartz vein |
| | | | Trench |
| | | | Geographic Survey and Station NO |
| | | | RS No. 1 Location of Rock Samples |
| | | | PFE plan (n=2) |
| | | | high PFE (≥ 2%) Zone |
| | | | PFE plan (n=5) |
| | | | high PFE (≥ 2%) Zone |
| | | | High Apparent Resistivity Zone (n=4) |
| | | | location of PFE Anomaly Source |

第6-31図 デックメン地区 解析図

第6章 考 察

6-1 金を伴う珪化・粘土化変質帯及び銅・モリブデンを伴う鉍化作用の特徴

本地区ではデックメン花崗岩及び斑岩の貫入に伴うポーフィリーモリブデン(銅)鉍床が発見された。鉍化作用はNEN-SWS方向に伸びるデックメン花崗岩及び斑岩の岩体中から岩体周辺のエメシエ層に及んでいる。鉍化作用の及んでいる部分では白色変質し、石英細脈に伴って輝水鉛鉍、黄銅鉍、閃亜鉛鉍、黄鉄鉍等の硫化鉍物及び微量の鉄マンガン重石が認められる。岩石試料の分析結果(第1-3表)から金、砒素、水銀、バリウム等の成分も伴っていることも明らかになりつつある。X線回折結果では粘土鉍物としてセリサイトの他にカオリン及びモンモリロナイトが同定され、ポーフィリーモリブデン型鉍化作用のあとに浅熱水性鉍化作用の影響が及んでおり、二つの鉍化作用が重複しているものと考えられる。

ポーフィリーモリブデン鉍床は、このタイプの特徴から下部にも広がることが推定され、物理探査結果でも下部でPFEの異常域が把握されたことなどからも規模の大きい低品位鉍床となる可能性が予想される。また、調査が進むにつれ、局部的に金・銀を伴う箇所が増えてきていることから、重複していることが次第に明らかとなり、より重要なターゲットとなってきている。

6-2 地表から下部にかけての珪化び鉍化作用の連続性

物理探査結果によると地表でデックメン花崗岩及び斑岩の発達している地域のやや東側深部でPFE異常値が得られたことから、地表から深部にかけて鉍化作用が連続して続くと推定される。珪化帯については本地区では規模が小さく、IP・SIP法であったことから有効手段ではなく明らかでない。

6-3 分析結果から推定される本地区の金及び銅・モリブデンの鉍化作用

デックメン花崗岩及び斑岩の貫入に伴うポーフィリーモリブデン(銅)鉍床が発見された。鉍化作用はNEN-SWS方向に伸びるデックメン花崗岩及び斑岩中に発達する石英細脈で見られ、鉍石鉍物は輝水鉛鉍、黄銅鉍、黄鉄鉍からなる。このほかに微量の方鉛鉍・閃亜鉛鉍も伴う。岩石試料の分析結果では砒素・水銀・銀・バライト等の成分が他の地区に比して高い品位を示している。

地表では酸化作用・風化作用が進んでいることから品位の低下をきたしているものの、鉍床のタイプは低品位の大規模鉍床と推定される。ただし金・銀を伴う鉍化作用も見られることから、今後のボーリング調査によりどのように展開していく注目される点である。

第7章 結論及び提言

7-1 結論

本地区南部では三畳紀のエメシェ層の分布が卓越している。チャナッカレ地域では広域的にNEN-SWS方向の構造線が走り、この方向にデックメン断層とほぼ平走する潜在性の断層に沿って蛇紋岩が貫入している。白亜紀末期から始新世にかけてのデックメン花崗岩及びやや遅れて貫入した斑岩もやはり同一方向である。この岩体の貫入によりエメシェ層の結晶質石灰岩の一部はスカルン化し、変火山岩は珪化・粘土化変質し、デックメン花崗岩及び斑岩の貫入により生じた割れ目に沿って石英細脈と輝水鉛鋳他の硫化鋳物が認められる。

第三紀になるとチャナッカレ地域では中性火山活動が活発になり始新世から中新世にかけての火山岩の噴出により溶岩と火砕岩が大量に堆積した。第三紀末期から第四紀にかけて珪化・粘土化変質作用に伴う金鋳化作用の時代になっても、引き続きNEN-SWS方向の構造が残っており、この方向に沿って局部的に金含有量の高い部分が認められる。この範囲はNEN-SWS方向に4kmで幅2～3kmの限られた地域である。

物理探査結果ではデックメン花崗岩及び斑岩が南東部に落ち込んでいると推定される部分からの異常源と考えられ、鋳化作用が期待される。

7-2 第3年次への提言

本地区では第1年次の地質調査及び地化学探査、第2年次での地質精査、地化学探査及び物理探査(SP・SIP法)等により、本地区の鋳化状況の分布域が明らかとなり、物理探査でも地質調査結果と符合する箇所でPFEが得られている。このようなことから第3年次ではボーリング調査により、本地区下部の鋳化状況を把握することが効果的である。物理探査により把握された箇所は比較的深いことから、最初はデックメン花崗岩及び斑岩が分布している箇所ではボーリング調査を行い、これらの結果がよければ物理探査で得られた深部探鋳を進めるのが望ましい。

第Ⅵ部 結論及び提言

第Ⅶ部 結論及び提言

第1章 結論

第2年次ではアルルク沢、カライブラヒムレル、ケスタネ岳、ピレン山、デックメンの5地区で地質精査・地化学探査を、デックメン地区ではこれらの他に物理探査を、アルルク沢地区及びピレン山地区ではボーリング調査も実施した。調査結果の総括を第1-15図、第1-16図に、地区別比較表は第1-13表にまとめた。これらの図表から以下のように要約される。

(1) アルルク沢地区

アルルク沢地区の珪化帯・粘土化帯の母岩は主としてシャプチュ火山岩類で、この他にキラール礫岩層にも僅かに及んでいる。コジャタシュ山付近ではシャプチュ火山岩類の下部100mでキラール礫岩層に達するが、サルタシュ山付近では垂直に150mでもシャプチュ火山岩類の珪化・粘土化変質帯は抜けない。

地表では褐鉄鉱を伴った珪化・粘土化変質帯が発達し、黄鉄鉱は殆ど認められないが、地表下ではかなりの細粒黄鉄鉱が認められた。また、MJTC-4号で認められた珪化岩体は褐鉄鉱質で、珪化岩体中で多くの空洞部分が存在することが明らかとなり、このような珪化岩体では金品位は低いとはいえ全体にわたり金含有が確認されたことから、この付近では鉱床賦存の可能性が高いと考えられる。本地区の珪化岩体は下部にはそのまま伸びず、珪化岩体の下部は劣化した珪化岩体となりあたかも粘土化変質帯の中に浮かんでいる感じで、地質断面図で表現すると「クラゲ」状の形態を示す。このような部分で金鉱化帯がもたまってくとみられる。

(2) カライブラヒムレル地区

カライブラヒムレル地区の珪化帯・粘土化帯の母岩は主としてシャプチュ火山岩類で、この他にキラール礫岩層にも僅かに及んでいる。カライブラヒムレル地区付近ではシャプチュ火山岩類の層厚が薄いと推定される。地表では褐鉄鉱・赤鉄鉱を伴った珪化・粘土化変質帯が発達して黄鉄鉱は殆ど認められない。珪化岩は塊状、角礫状及び多孔質からなり、山頂部を中心に広がっている。本地区の珪化岩体も粘土化変質帯の中に浮かんでいる感じで、地質断面図で表現すると「クラゲ」状の形態を示し、珪化岩体の大部分が削剥され、現在は脈状部で、この部分の金品位が低いことから鉱床賦存の可能性は低いと考えられる。

(3) ケスタネ岳地区

ケスタネ岳地区の珪化帯・粘土化帯の母岩は主としてシャプチュ火山岩類で、この他にキラール礫岩層にも僅かに及んでいる。ケスタネ岳地区付近ではシャプチュ火山岩類の層厚が発達していると推定される。地表では褐鉄鉱・赤鉄鉱を伴った珪化・粘土化変質帯が発達して黄鉄鉱は殆ど認められない。珪化岩は塊状、角礫状及び多孔質からなり、山頂部を中心に広がっている。このような部分で金鉱徴が確認されたことから鉱床賦存の可能性が高い。本地区の珪化岩体も粘土化変質帯の中に浮かんでいる感じであるが、脈状珪化帯が認められないことから、地質断

面図で表現すると「キノコ」状の形態を示すと考えられる。

(4) ピレン山地区

ピレン山地区の岩質はすべてシャブチュ火山岩類の安山岩であるが、珪化帯・粘土化帯となると母岩の判別はつかなくなる。変質の弱い安山岩、割れ目の発達した安山岩等も地表下では発達している。基盤岩分布域から離れているため珪化・粘土化変質帯の厚さは比較的厚いと推定されるなどの特徴が明らかとなった。地表では褐鉄鉱を伴った珪化・粘土化変質帯が発達していて黄鉄鉱は殆ど認められないが、地表下ではかなりの細粒黄鉄鉱が認められたこと、MJTC-2号で認められた一見断層帯のような褐鉄鉱質粘土帯などは地表では認められないが金含有が高いこと、MJTC-1号、2号付近の珪化岩体は粘土化変質帯の中に浮かんでいる感じで、地質断面図で表現すると「クラゲ」状の形態を示すことなどから、今後の探鉱によりこのような部分で新鉱床発見の可能性が強いと予想される。

(5) デックメン地区

本地区南部では三疊紀のエメシェ層の分布が卓越している。チャナッカレ地域では広域的にNEN-SWS方向の構造線が走り、この方向にデックメン断層とはほぼ平走する潜在性の断層に沿って蛇紋岩が貫入している。白亜紀末期から始新世にかけてのデックメン花崗岩及びやや遅れて貫入した斑岩もやはり同一方向である。この岩体の貫入によりエメシェ層の結晶質石灰岩の一部はスカルン化し、変火山岩は珪化・粘土化変質し、デックメン花崗岩及び斑岩の貫入により生じた割れ目に沿って石英細脈と輝水鉛鉱他の硫化鉱物が認められる。

第三紀になるとチャナッカレ地域では中性火山活動が活発になり始新世から中新世にかけての火山岩の噴出により溶岩と火砕岩が大量に堆積した。第三紀末期から第四紀にかけて珪化・粘土化変質作用に伴う金鉱化作用の時代になっても、引き続きNEN-SWS方向の構造が残っており、この方向に沿って局部的に金含有量の高い部分が認められる。この範囲はNEN-SWS方向に4kmで幅2~3kmの限られた地域である。

物理探査結果ではデックメン花崗岩及び斑岩が南東部に落ち込んでいると推定される部分からの異常源と考えられ、鉱化作用が期待される。

(1)~(4)は地質調査及び地化学探査結果を総合すると基盤岩類周辺の珪化・粘土化変質帯の中で規模の大きい低品位金鉱床が期待される。(5)のポーフィリーモリブデン鉱床は、このタイプの特徴から下部にも広がり、規模の大きい低品位鉱床となろう。局部的に金・アンチモンを伴うことから、今後の調査で重複している部分でまとまった金を含有していることが明らかとなればより重要なターゲットとなろう。

第2章 第3年次調査への提言

前項の調査結果に基づき、下記の調査を実施することを提言する。

アルク沢地区：本地区では第1年次の地質調査及び地化学探査，第2年次の地質精査，地化学探査及びボーリング調査等により金含有を示す珪化変質帯の分布が明らかとなり，この金を含有する珪化変質帯は本地区の各所に分布，NE-SW系，E-W系の割れ目に沿って広がっていると推定される。第2年次のMJTC-4号のボーリング調査では金含有を示す鉱徴が連続して把握された。これまでの結果は地表で点で示す鉱徴であり，下部への平面的・立体的広がりを探鉱する目的で第3年次はボーリング調査を実施することを提言する。

カライブラヒムレル地区：本地区での珪化・粘土化変質帯の大部分は削剥されているため，金含有を示す珪化岩体の発達が悪く，鉱床胚胎の可能性は低いと考えられ，第2年次で終了する。

ケスタネ岳地区：本地区ではツプラク社(イスタンブールに本社があり母体は石油精製販売会社)が本地区の鉱区を買収後，ドイツの会社と共同探鉱契約を結び，地質精査，地化学探査試料の採取，トレンチ及び物理探査等を実施している。このため第2年次で終了する。

ピレン山地区：本地区で金含有が把握されたのはダブルジュル山とピレン山南東部で，第2年次ではダブルジュル山で2孔のボーリング調査を実施し，その結果MJTC-2号で金含有の鉱徴が得られた。これまでの結果は地表での点で示す鉱徴であり，下部への平面的・立体的広がりを探鉱する目的で，第3年次では引き続きピレン山南東部でボーリング調査を実施することを提言する。

デックメン地区：本地区では第1年次の地質調査及び地化学探査，第2年次での地質精査，地化学探査及び物理探査(S P・S I P法)等により，本地区の鉱化状況の分布域が明らかとなり，物理探査でも地質調査結果と符合する箇所がP F Eが得られている。このようなことから第3年次ではボーリング調査により，本地区下部の鉱化状況を把握することが効果的である。物理探査により把握された箇所は比較的深いことから，最初はデックメン花崗岩及び斑岩が分布している箇所でもボーリング調査を行い，これらの結果がよければ物理探査で得られた深部探鉱を進めるのが望ましい。

エティリ地区：B地区南東部に隣接するエティリ地区の調査依頼がM T Aより提案された。本地区はピレン山地区同様シャプチュ火山岩類が広く分布し，この火山岩類中に珪化・粘土化変質帯が発達している。この地区では温泉水が湧出し治療用温泉として地元の人達に利用されている。この温泉水が湧出している付近で採取した土壌試料を重鉱物調査し金粒を発見している(巻末資料第6表参照)。このことより有望地区と判断され，第3年次では地質調査と平行して岩石試料を採取，有望箇所を抽出後，地質精査を行い，これらの結果に基づいてボーリング調査を実施することを提言する。以上の位置関係は第1-17図の提言図に示す。

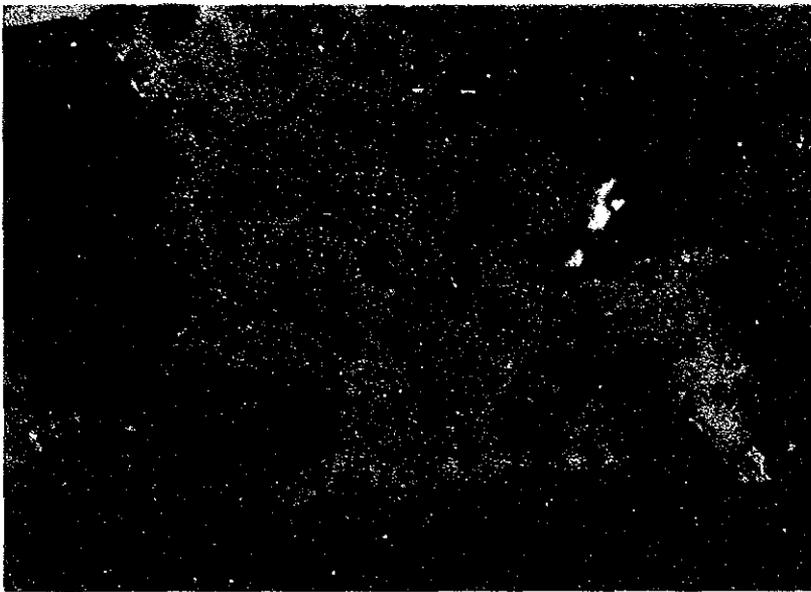
参考文献

- 阿部一郎・鈴木英雄・磯上篤生・後藤寿幸(1986) : 菱刈鉱山の地質と探鉱開発, 鉱山地質, Vol. 36, p. 117-130
- Behçet Akyürex and Yılmaz Soysal(1980) : Biga Yarımadası ve Güneyinin 1/100,000 Ölçekli Kompilasyonu, Report of MTA(unpublished).
- ERSDAC(1988) : ERSDAC-In Search of Mineral Wealth of the Mother Earth from Space-Earth Resources Satellite Analysis Center(ERSDAC), p. 16
- Hayba, D. O., Bethke, P. M., Heald, P. and Foley, N. K. (1985) : Geologic, Mineralogic, and Geochemical Characteristics of Volcanic-Hosted Epithermal Precious-Metal Deposits, Geology and Geochemistry of Epithermal Systems, Vol. 2, p. 129-167
- Hedenquist, J. W. (松下幸敬訳 1987) : 環太平洋地域における火作用に関係した熱水系とそれに伴う金鉱化作用のポテンシャル, 鉱山地質, Vol. 37, p. 347-364
- Higgs, R. (1962) : Kartaldag Gold Prospect, Çanakkale(memorandum).
- Henley, R. W. (1985) : The Geothermal Framework of Epithermal Deposits, Geology and Geochemistry of Epithermal Systems, Vol. 2, p. 1-24
- Ishihara, S. (1977) : The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks, Mining Geology, 27, 293-305
- 石原舜三(1986) : フィリピンの金鉱床: そのタイプと生成モデル, 地質ニュース, No. 384, p. 6-21
- 井沢英二(1985) : 浅成金銀鉱床の変質帯と粘土鉱物-地熱系モデルによる検討, 日本の金銀鉱石第3集, 日本鉱業協会, p. 133-154
- 井沢英二(1986) : 鉱床モデルに関するシンポジウム(マニラ)報告-特に熱水性金鉱床モデルについて-, 鉱山地質, Vol. 36, p. 237-241
- 金属鉱業事業団(1986) : 地質解析委員会報告書-世界の金鉱床- 金属鉱業事業団資源情報センター, p. 65-109
- Mason, B. (1966) : Principle of geochemistry(third edition), John Wiley & Sons, Inc. New York.
- 松下幸敬(1987) : 温泉型金鉱床と地熱系, 地質ニュース, No. 390, p. 20-43
- 松下幸敬, 青木正博(1989) : 浅熱水性金鉱化作用ワークショップ, 地質ニュース, No. 423, p. 44-62
- Maucher, A. (1960) : Report on Gold Occurrence in Çanakkale(memorandum).
- Molly, E. W. (1958) : Türkiye batısı altın mineralizasyonu(memorandum).
- MTA(1964) : Iron Ore Deposits of Turkey, No. 118

- MTA(1965) : Barytes and Fluorite Deposits of Turkey, No.126
- MTA(1965) : Tungsten and Molybdenum Deposits of Turkey, No.128
- MTA(1970) : Arsenic, Mercury, Antimony and Gold Deposits of Turkey, No.129
- MTA(1970) : TÜRKİYE METALOJENİSİ, 1:2,500,000 Ölçekli Türkiye Metalolenik Haritasının İzahı, No.144
- MTA(1972) : Lead, Copper and Zinc Deposits of Turkey, No.133
- MTA(1988) : Çanakkale-Yenice-Hamdibey Ö.I.R. 119 nolu rusat sahası Maden Jeolojisi Ara Raporu.
- 長沢敬之助(1981) : 金銀鉍床に産する粘土鉍物の特徴, p.227-233, 鉍山地質特別号, No.10
- 鹿園直建(1981) : 黒鉍鉍床およびエピサーマル金-銀鉍脈鉍床産 electrumの化学組成とその支配要因, 鉍山地質特別号, No.10, p.259-267
- Shikazono, N and Shomizu, M : Electrum, Chemical Composition, Mode of Occurrence, and Depositional Environment, The University Museum, The University of Tokyo
- 正路徹也(1985) : 金銀鉍脈と水長石, 日本の金銀鉍石第3集, 日本鉍業会, p.113-132
- 浦辺徹郎(1985) : ネバタ州の金銀鉍床-そのタイプとモデル-, 地質ニュース, No.373, p.25-37
- 浦島幸世, 斎藤正夫, 佐藤英太郎(1981) : 岩戸金鉍床, p.1-14, 鉍山地質特別号, No.10
- 脇本和昌・垂水共之・田中豊(1984) : パソコン統計解析ハンドブック, 共立出版, p.160-175

【SIP法関係】

- Dey, A. and Morison, H. F. (1973) : Electromagnetic coupling in frequency and time domain induced polarization surveys over multilayered earth, Geophysics, Vol. 38, P. 380-405.
- Hohmann, G. W. (1973) : Electromagnetic coupling between grounded wires at the surface of a two layered earth, Geophysics, Vol. 38, P. 854-863
- Pelton, W. H., Ward, S. H., Hallof, P. G., Sill, W. R., and Nelson, P. H. (1978) : Mineral discrimination and removal of inductive coupling with Multifrequency IP, Geophysics, Vol. 43, P. 598-609
- Hallof, P. G. and Pelton, W. H. (1980) : The removal of inductive coupling effects from spectral IP data, S. E. G. 50th Annual International Meeting in Houston
- Hallof P. G. and Klein, J. D. (1982) : Electrical parameters of volcanogenic mineral deposits, S. E. G. 52nd Annual International Meeting



Sample No. : K382
Locality : Dikmen
Rock Name : Cu-Pb ore

Sp : sphalerite
Co : covelline
Qz : quartz

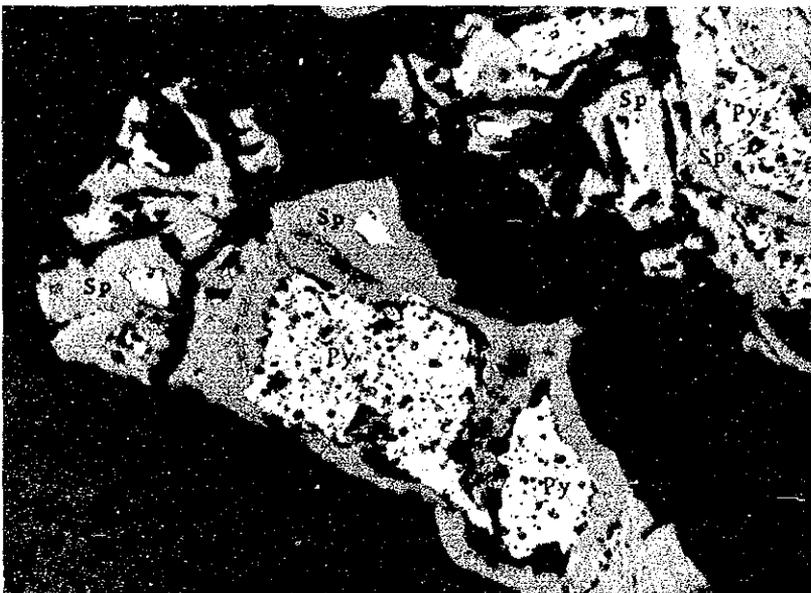
0 0.3mm
└──────────┘



Sample No. : M363
Locality : Dikmen
Rock Name : Mo-Py ore

Sp : sphalerite
Cp : chalcopyrite
Co : covelline
Qz : quartz

0 0.3mm
└──────────┘

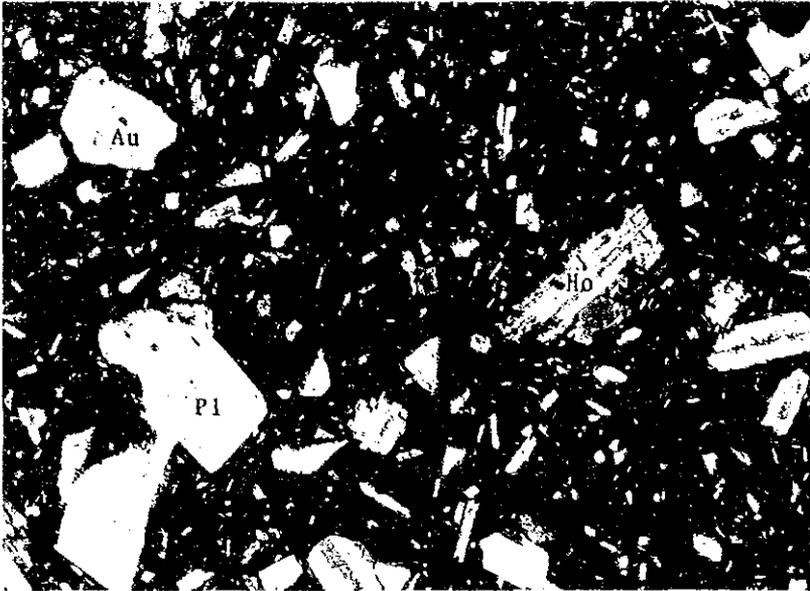


Sample No. : T358
Locality : Dikmen
Rock Name : Cu ore

Sp : sphalerite
Py : pyrite
Qz : quartz

0 0.3mm
└──────────┘

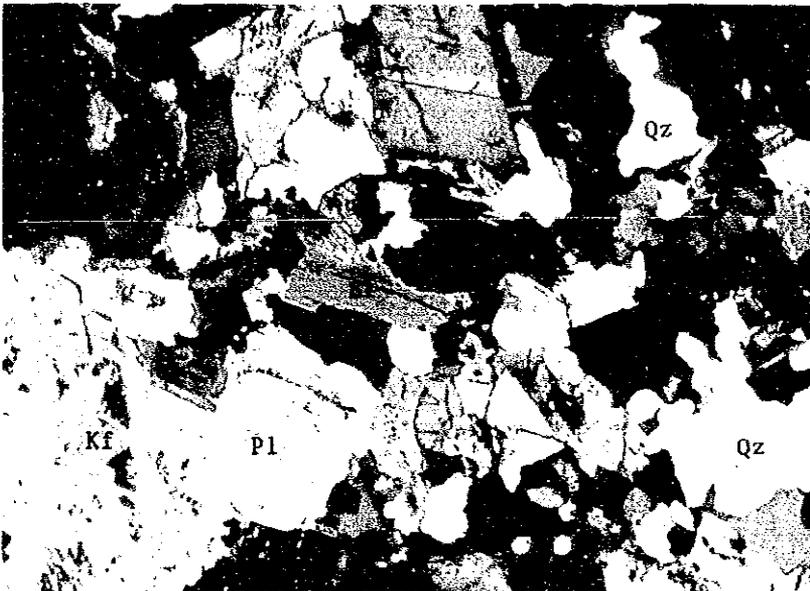
Photo. 1 Microscopic photograph (Polished Section)



Sample No. : S405
 Locality : Arlık Dere
 Rock Name : Andesite
 (Şapçı Volcanics)

Au : augite
 Ho : hornblende
 Pl : plagioclase

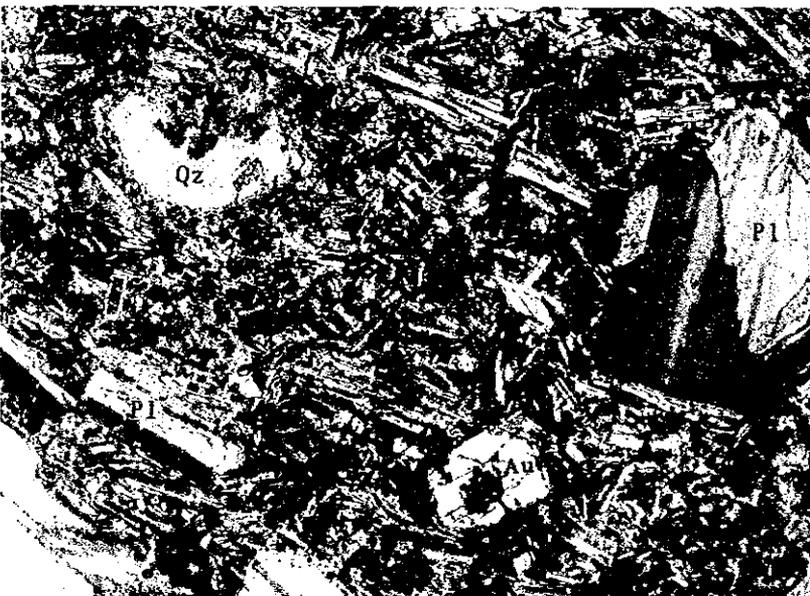
0 0.1mm
 └──────────────────┘



Sample No. : Y309
 Locality : Dikmen
 Rock Name : Granodiorite

Au : augite
 Bi : biotite
 Pl : plagioclase
 Kf : potashic feldspar
 Qz : quartz

0 0.1mm
 └──────────────────┘



Sample No. : 156
 Locality : MJTC-1, 126mm
 Rock Name : Andesite
 (Şapçı Volcanics)

Au : augite
 Qz : quartz
 Pl : plagioclase

0 0.1mm
 └──────────────────┘

Photo. 2 Microscopic photograph (Thin Section)

