

トルコ共和国地熱開発計画 事前調査報告書

1986年3月

国際協力事業団

トルコ共和国地熱開発計画 事前調査報告書

JICA LIBRARY



1029312[4]

1986年3月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '86.6.24	314
登録No. 12791	643
	MPN

トルコ概要図及び調査地域位置図

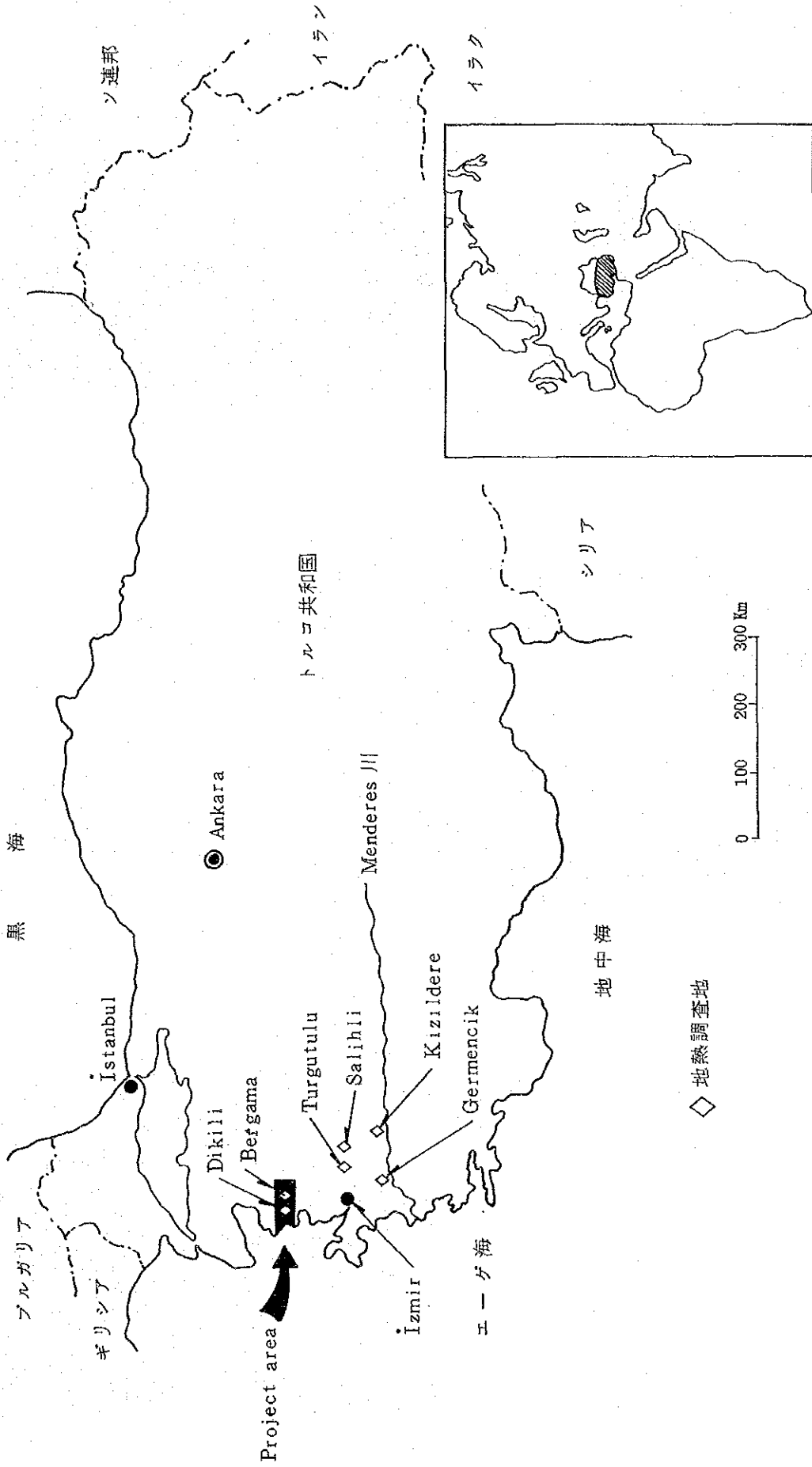




写真1 Dikili-Bergama 地域
地熱地帯地熱貯留層のキャップ
ロックの役割を果たすと考えられ
る第三紀中新世Soma層（湖成
層，最大層厚300m）の露頭。
イズミールーゼイティンタ間

写真2 Dikili 地熱地帯
カイナルジャ温泉湧出地中の
Hot pool



写真3 Dikili 地域と北側前面丘陵



写真4 Bademli 海岸沿い温泉湧出地。
構成地質はユンタ火山岩類

写真5 写真4の近接写真
ユンタ火山岩類は緑色変質
(chlorite)を蒙るとともに
部分的に硅化帯が発達する

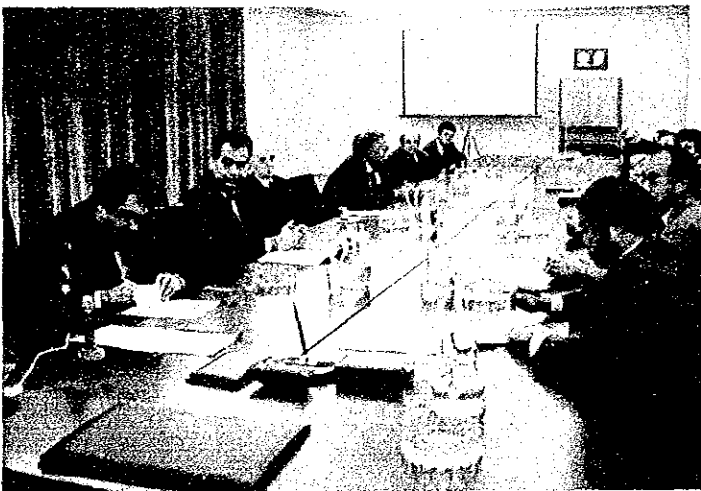


写真6 S/Wの署名
(61年1月29日)

目 次

位 置 図

写 真

1. 総 論	1
(1) 調査の背景と経緯	1
(2) 調査の目的	1
(3) 調査団の構成および調査日程	2
2. 予備調査結果について	4
(1) 対象地域の選定	4
(2) 技術協力案件としての妥当性	4
(3) ミニッツ・オブ・ミーティングについて	4
3. スコープ・オブ・ワーク (S/W) 協議について	14
(1) 予備調査以降の検討経緯	14
(2) S/W協議	15
(3) S/W合意内容	16
4. トルコにおける地熱開発について	30
(1) はじめに	30
(2) トルコにおける地熱開発	31
(3) MTAについて	31
(4) 地熱資源開発に関する問題	36
(5) その他	37
5. 本格調査への提言	39
(1) 地形・地質図と調査の背景事情	39
(2) 地熱地質概要	40
(3) 現地調査概要	42
(4) 地熱開発における CaCO_3 スケール付着について	49
(5) 本格調査実施上の留意点および提言	52
6. 関連事項	63

(1) 面会者およびカウンターパート・リスト	63
(2) 収集資料リスト	68

1. 総 論

(1) 調査の背景と経緯

トルコMTA (General Directorate of Mineral Research and Exploration) は1961年に温泉調査を主体とした地熱開発調査を開始し、その後国内に賦存する莫大な地熱エネルギーをより有効に開発するため、国内に6つの地熱有望地域を選定し、それぞれにおいて組織だった調査を実施してきた。

1963年には最初の地熱調査井がイズミール市の西方バルチョバ (Balçova) 地域で掘削され、40m深度から124℃の熱水まじりの蒸気の噴出をみた。現在では同地域においてホテル、プール、病院等が建設中で地熱エネルギー多目的利用を図ったリゾート地として変身中である。また1968年にはクズルデレ (Kızıdere) 地域が開発され、1984年には設備容量20MWの発電所が建設され現在運開中である。またゲルメンジック (Germencik) 地域においても7本の調査井が掘削され、200℃以上の高温のリザーバーが確認され1987年には国際入札に付されるとのことである。

このようにトルコ国内のいくつかの地域において、エネルギー不足解消のため地熱資源開発が実施されているが、調査井掘削のためのボーリング機材の数が限られているという事情のため、あるいは、地熱探査にコストが非常にかかるという事実のため、開発のペースはスローダウンせざるを得ない状況となった。

そこでこのような状況を打破し、早期に地熱開発を推し進めて行くため、トルコ政府は1984年9月に日本政府に対し調査協力要請を行ったものである。

この要請を受け当事業団は1985年7月鈴木資源調査課長を団長とする予備調査団を派遣し、トルコ側の日本との地熱開発協力調査の大きな期待を確認しつつ、同国西部のディキリーベルガマ (Dikili-Bergama) 地域をその最有望地域として選定した。さらに1986年1月同課長を団長とする事前調査団を編成し、当該地域における地熱開発計画を策定し、トルコ政府機関と Scope of Work の取り決めを行ったものである。

(2) 調査の目的

予備調査はトルコ政府が同国内の地熱有望地域において策定している開発計画に関し、その妥当性と今後の調査協力の可能性も検討することを目的として、下記調査を実施した。

- a) わが国技術協力のスキームを、地熱開発を中心に説明
- b) トルコ政府の要請内容の確認、相手側希望事項の聴取、その背景に関しての事情聴取並びにこれらに関する協議
- c) 対象候補地域における概略現地踏査により地熱ポテンシャルの把握・評価と協力対象地域の選定
- d) エネルギー事情並びに対象地域に関する地熱資料の収集・解析・検討

また事前調査は、上記調査結果により選定されたディキリーベルガマ地域を対象として、地熱開発計画の策定およびトルコ政府機関とのスコープ・オブ・ワークの協議・署名を目的とするものであった。

(3) 調査団の構成および調査日程

予備調査団および事前調査団の構成，調査目的は以下の通り。

i) 予備調査団

鈴木治夫	総括	国際協力事業団 鉦工業計画調査部資源調査課長
長谷紘和	地熱地質	通商産業省工業技術院地質調査所 地殻熱部地殻熱探査課長
村上政美	地熱行政	通商産業省資源エネルギー庁 公益事業部火力課地熱係長
中澤博次郎	地熱工学	財団法人新エネルギー財団 地熱本部本部付部長

日順	月 日	曜日	行 程	交通手段	宿 泊 地	調 査 内 容
1	7/2	火	東京	LH-653	機 中	移 動
2	3	水	フランクフルト → アンカラ	LH-322	アンカラ	"
3	4	木	アンカラ		"	日本大使館，MTA表敬
4	5	金	アンカラ → イズミール	TK-207	イズミール	MTAと協議，移動
5	6	土	イズミール (ディキリ → ベルガマ) → イズミール	車	イズミール	現地踏査
6	7	日		-	"	資料整理
7	8	月	イズミール → サリリ → パミュッカレ	車	パミュッカレ	現地踏査
8	9	火	パミュッカレ → ゲルメンジック → イズミール	車	イズミール	"
9	10	水	イズミール → アンカラ	TK-206	アンカラ	"，移動
10	11	木	アンカラ		アンカラ	MTAと協議，大使館挨拶
11	12	金	アンカラ → フランクフルト	LH-323	フランクフルト	移 動
12	13	土	フランクフルト	JL-446	機 中	"
13	14	日	→ 東京	"	-	"

ii) 事前調査団

鈴木治夫	総括	国際協力事業団 鉦工業計画調査部資源調査課長
秋山伸一	資源開発	国際協力事業団 国際協力総合研修所国際協力専門員
長谷紘和	地熱地質	通商産業省工業技術院地質調査所 地殻熱部地殻熱探査課長
米田一弘	調整	国際協力事業団 鉦工業計画調査部資源調査課

日順	月日	曜日	行 程	交通手段	宿 泊 地	調 査 内 容
1	1.20	月	東京	AF-273	機 中	移 動
2	21	火	→パリ		パ リ	CGG, JICA事務所訪問
3	22	水	パリ→アンカラ	LH-143 LH-322	ア ン カ ラ	移 動
4	23	木	アンカラ		"	大使館, MTA表敬・打ち合わせ
5	24	金	アンカラ		"	MTAにてS/W案の説明, 協議
6	25	土	アンカラ→イズミール	TK-203	イ ズ ミ ー ル	ディキリ, ベルガマ地域地熱微候地を中心とした踏査
7	26	日	イズミール→パミュッカレ	車 輦	パ ミ ュ ッ カ レ	
8	27	月	パミュッカレ→ゲルメンジック→イズミール	"	イ ズ ミ ー ル	グズルデレ発電所, ゲルメンジック地域, パルチョバ地域踏査
9	28	火	イズミール→アンカラ	TK-202	ア ン カ ラ	MTAにてS/W協議
10	29	水	アンカラ		"	MTAにてS/W署名・大使館へ報告, TEK訪問
11	30	木	アンカラ→イスタンブール→ヘルシンキ	TK-105 AY-774	ヘルシンキ	移 動
12	31	金	ヘルシンキ	AY-914	機 中	"
13	2.1	土	→東京			"

2. 予備調査結果について

予備調査団の調査結果は以下の通りである。

(1) 対象地域の選定

結論：本技術協力の対象地域として、ディキリーベルガマ地域を選定したい。

その選定理由は次の通りである。

- i) 当初相手国政府より要請のあった中央アナトリア地域についてはMTAの調査段階も極めて初期のため、資料に乏しく、判定が困難であること、MTAの内部の優先順位も低いことから当初からこれを除外した。
- ii) MTAの希望はディキリーベルガマ地域である。
- iii) 現地調査結果、MTA調査資料、地熱徴候、地質条件等よりみるとディキリーベルガマ地域とサハリヘリートゥルグートゥル地域は、その地熱ポテンシャルについては、地域の広がり異なるため簡単に比較はできないが、まとまった地表徴候では前者のカイナルジャ周辺が優勢である。地化学温度から推定される地熱流体温度では後者のほうが高いものがある。
- iv) 発電所の立地条件等を考慮するとサハリヘリートゥルグートゥル地域は地滑り地帯が発達し不利である。
- v) ディキリーベルガマ地域は電力需要地に近く、かつ交通至便である。

(2) 技術協力案件としての妥当性

結論：本件はわが国の技術協力の主旨にそったものであり、その効果を充分期待しうる。

その理由を取りまとめて列記すると次の通りである。

- i) トルコ政府は地熱開発に極めて意欲的であり、本件プロジェクトについて、わが方の技術協力を切望している。
- ii) 本プロジェクトのポテンシャルは高く、成功の可能性は高い。
- iii) トルコ政府はすでに独自に地熱調査を進めており、すでに2万KWの発電所を建設した如く、関係技術者のレベルは高い。
- iv) カウンターパートとしての人材、組織力等背景も充分備わり、技術移転の効果も期待し得る。MTAは20年も前から、とくに金属鉱物資源の分野で技術協力専門家を受入れており、日本の技術力への信頼が高いうえに、地熱分野の主力の大半がJICA「地熱エネルギー集団研修コース」の帰国研修員である。

(3) ミニッツ・オブ・ミーティング (M/M) について

本件調査の結果選定されたディキリーベルガマ地域における本格調査について、MTAからT/R

として正式に協力要請がありMTA総裁との間でM/Mが取り交わされた。これを次に示す。

MINUTES OF MEETING

Between : The members of "The Preparatory Study Team for Geothermal Development Project in Turkey"

- Mr. H. Suzuki (team leader); Head of Natural Resources Div. Japan International Cooperation Agency (JICA)
 - Mr.H. Hase (Senior Geologist) Geological Survey of Japan, Ministry of International. Trade and Industry (MITI)
 - Mr. Murakami (Geothermal Administrator) Thermal Electric Power Div. Agency of Natural Resources, Ministry of International Trade and Industry (MITI)
 - Mr.H. Nakazawa (Geothermal Engineer) Exploration Dept. Geothermal Energy Bureau New Energy Foundation (NEF)
- (here in after referred to as "Prep.Study Team")

and Mr. M.S.Sancar; General Director
General Directorate of Mineral
Research and Exploration, MTA, Turkey.
(here in after referred to as MTA)

Subject : Japanese - Turkish Cooperation Project in "the Geothermal Development Project in Dikili - Bergama - Izmir Field."

I. The Prep. Study Team could see on a field trip assisted by MTA and their geologists, the two of the most important geothermal fields; Dikili - Bergama, Manisa - Salihli, besides giving a short visit to both Denizli - Kızıldere and Aydın - Germencik.

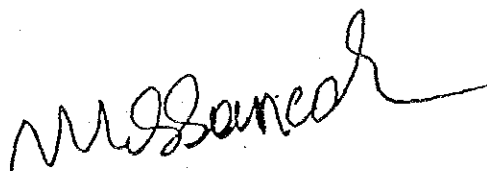
Based on different arguments and discussions besides information given to the Prep. Study Team, MTA proposes to concentrate all further investigations at first on the "Dikili - Bergama" field with regard to the previous data accumulation and work done.

All these phases are given and discussed as in the given Annex "Terms of References" on which both sides agreed on principals.

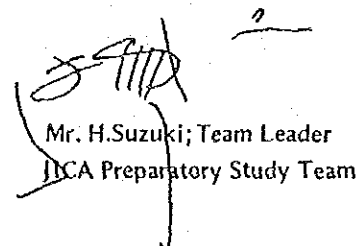
II. With regard to the discussions and advise of the Prep. Study Team, MTA revised the original "Terms of Reference.

The Prep. Study Team stated that they will further discuss the details of possible technical cooperation with authorities concerned, in Tokyo, on the basis of the revised "Terms of Reference" attached herewith.

Signed in Ankara
July, 10, 1985



Mr. M.S. Sancar
General Director, MTA



Mr. H.Suzuki; Team Leader
JICA Preparatory Study Team

TERMS OF REFERENCE

I. Introduction

Geothermal activity in Turkey started in 1961 with preparing the inventory of hot springs. This study was carried out by the Mineral Research and Exploration General Directorate of Turkey, M.T.A..

Subsequent investigation pointed out the great potential of Geothermal Energy in Turkey. To enable full utilization of this potential, Turkey was divided into six geothermal regions which will be individually and systematically developed.

In 1963 the first geothermal exploration drilling took place in the Balçova Field, west of İzmir. At the depth of 40 meters, the well yielded hot water-steam mixture at the temperature of 124°C.

The first geothermal field leading for utilization for electricity generation was explored in Kizildere-Denizli in 1968. The development of this field has continued since then. The first geothermal power plant in Turkey was constructed in Kizildere, and is now operating with a generation capacity of 20MWe.

The Germencik Geothermal Field was explored in 1982, and a water dominated reservoir exists at 1200 meter depth with the temperature of 231°C.

Four deep wells have been drilled upto now, and still being tested. Further drilling and test operations are being carried out for the development of this field. Utilization for electricity generation has also been planned in this field. The first target is considered as 55MWe.

The fields of Afyon and İzmir-Balçova which have low enthalpy are being considered as a source of space heating. These fields are already being operated for both residential and commercial purposes as well as further drilling and test operations for the capacity prediction are now taking place.

Pre-feasibility studies for some of the 15 fields are completed and the rest is still in progress. A detailed exploitation program has been planned for each promising field.

As it is stated above there are many promising fields in Turkey which will help to solve the energy shortage problem of the country.

But the limited number of rigs suitable for geothermal exploratory drilling together with the high costs of geothermal exploration force us to consider these projects one at a time which of course slows down the progress of the geothermal energy.

Exploration phase of development is the longest period in Turkish practices. Japanese aid is very important from our point of view because this aid will shorten this period and the utilization of the explored field will help to eliminate partially the present energy shortage situation. Also the success of Japanese experience in Turkey will accelerate the progress on future geothermal projects which are taken into consideration as Turkish State Energy Policy to overcome the energy deficit.

We would like to introduce the Dikili-Bergama (Izmir) out of our 3 progressive fields [which are Dikili-Bergama (Izmir), Sallihli-Turgutlu (Manisa) and Central Anatolia] with regard to its priority keeping in mind the previous data accumulation and work already being done.

2. DESCRIPTION OF THE FIELD

DİKİLİ – BERGAMA (Izmir)

Dikili-Bergama area is Located in Western Anatolia, 90 km north of the city of Izmir, in the downstream part of Bakırçay Graben.

Geology :

The basement rocks of the area are the Pre-Tertiary rocks (mainly Paleozoic) of marbles and slightly metamorphosed sandstone, siltstone, diabase units.

The overlying Neogen Lacustrine sediments are constituted of clay, marl, limestone, sandstone and tuffs. These units have the properties of cap rock. Alluvials cover the Neogen around Bakırçay river.

Magmatics are very widespread in the region. The oldest one is the Eocene-Oligocene Kozak Granodiorite intrusive. It outcrops at the further north of the graben. Volcanic activities continued from Upper Miocene to Quaternary. Yuntdağı volcanics (Upper Miocene-Pliocene) are very widespread in the area. They are consist of dacite, rhyolite, andesite, agglomerate, tuffs etc. The last stage of volcanism produced Dededağ basalt during Quaternary.

The doming uplift of the Menderes massif which has started particularly, during the Pliocene gave way to the formation of E-W aligned horsts and grabens. Dikili-Bergama graben is one of them. It is about 60 kms long and 15 kms wide.

Geochemistry:

There are many hot spring manifestations in the graben having temperatures up to 90°C. The chemical analyses of all of them are completed. According to the geothermometers, 200°C reservoir temperature is expected. Isotopic studies on the thermal spring have given positive indications of the existence of deep circulations.

Geophysical Survey :

The Gravity survey covers on area of 1100 km². The Bouguer and second derivative maps are prepared.

Both of them reflect the substratum topography underneath of the Neogene sediments, volcanics and alluvium. The shape of the graben can be easily identified in the second derivative map as the second derivative laws.

Two uplifts of Kiroba and Dikili-Çandarlı surround the intense Kiroba thermal manifestations. They can be related to the geothermal water transporting mechanism from the depth.

The resistivity surveys were made over an area covering 250 km², constituted roughly of 400 points. They are made as Wenner and Schlumberger electrical soundings of maximum current electrode separation 6000 meters, and on some points they were increased up to 9000 meters. On the sediments in graben, the types of the curves are high-low-high type; on the volcanics surrounding the graben. They are distorted on have different types. But, most of them are good enough to determine depth of the basement.

The high resistivity basement is interpreted as the Pre-tertiary formations.

There are several low resistivity closures produced by the low resistivity hot waters, placed mainly around hot spring manifestations in the graben. These partially surround the uplifts. Because of these fact, these uplifts are related to the geothermal effluent transporting mechanism from the depth.

The gradient survey is made around Kiroba and Dikili - Çandarlı uplifts. Their existences are revealed by both gravity and resistivity surveys. It is constituted of ten wells with depths varying between 50 and 80 meters.

All the sites are selected mainly outside of alluvials which are widely covered by hot springs and hot pools.

Maximum temperature gradient value of 1.87 °C/10 meter, has been got at DG7, on Dikili-Çandarlı uplift.

Conclusions and recommendations

The geological, geochemical, gravity, resistivity and geothermal gradient studies carried out in Dikili-Bergama geothermal field have proved that all available data consistently support the possibility of geothermal energy in this field.

Any well will be drilled to a depth of 1500 meter in the vicinity of DG-7 well over Dikili-Çandarlı uplift, has the change of hitting a geothermal reservoir of a temperature around 200°C.

Possible cap rock thickness is about 1000 - 1200 m. Main reservoir rocks are Pre-tertiary marbles and limestones.

But to fix the lateral and vertical extensions of the potential areas further geophysical surveys such as magnetotellurics should be done before drillings.

The geothermal fluid might be used in the generation of electricity, greenhouse and domestic heating, textile, drying and canning industry.

I. POSSIBLE DRILLING PROGRAM FOR DIKILI – BERGAMA GEOTHERMAL FIELD

To choose the best program for the rig, it is necessary first to job rate the well. Anticipated well depth, geologic conditions, casing plan and other data influence drilling rig requirements, and analysis of the well will assist in program needs.

Proposed drilling-plan analysis for Dikili are given in Appendix 1. This drilling program is a double purpose. Drilling time and cost would be a little bit higher, but the exploration well could be used as a production well if a discovery was made. In our opinion this program would be an optimum solution and we preferred this program.

The scope of the second program (given Appendix 2) is to drill to 1500 m as quickly as possible. But, in the case of encountering a reservoir the production would be low, therefore the well would not be used as a production well and the investment would be wasted.

II. PREFERRED DRILLING RIG SPECIFICATIONS

– Capacity for handling casing or drill pipe	: 60 tons
– Substructure load - Supporting capacity	: 70 tons
– Maximum pipe setback capacity, 3-1/2" DP	: 1500 m
– Rig hook load capacity	: 60 tons
– Mast nominal capacity	: 70 tons
– Rotary table opening	: 18"
– Slush pumps quantity,	: 2 pcs.
Max. Output at low pressure	: 1325 lt/min (each)
– Drilling string, 3-1/2" OD x 23 kg/m Drill pipe	: 1500 m
– Drill collar, 8" x 2-13/16"	: 72 m
5 - 3/4 x 2 - 13/16	: 110 m
– Drill capacity with a 7 3/8" hole, with 3 1/2 x 15.5 Drill pipe	: 1500 m
– Auxiliary equipments	
. Mud tanks, each 30 c.u.m.	
. Mud mixing equipment	
. Shale shaker	
. Desander	
. Well-Control equipments	
Blow out preventers, ram and annular type	
Drill pipe safety valve	
Kelly cock	
Kelly spinner	

III. MATERIAL LIST FOR THE WELL

. Casing	16"	: 30 m
	11 - 3/4"	: 150 m
	8 - 5/8"	: 800 m
	5 1/2"	: 720 m Slotted liner

- . Casing accessories : float shoe, float collar, plugs, cementing head centralizer
- . Wellhead Equipments : Casing head (1 pc)
Expansion spool (1 pc)
8" gate valve (2 pcs)
- . Mud Materials : 100 tons Gel
: 50 tons Barite
: 20 tons Chrome lignosulfanate
: 10 tons lignite
: 3 tons Soda ash
- . Cement Materials : 100 tons API G CLASS CEMENT
30 tons SILICA FLOUR
- . Rock bit : 1 pc 20"
2 pcs 15"
10 pcs 10 - 5/8"
15 pcs 7 - 3/8"
- . Stabilizers : 3 pcs 10 - 5/8"
3 pcs 7 - 3/8"
- . Other equipments for drilling operations

Proposed Project Staff :

a. Japanese Team

(Unless otherwise proposed)

- Project Manager (1)
- Geologist (1)
- Geochemist (1)
- Geophysicist (1)
- Drilling Eng. (1)
- Test Eng. (1)
- Reservoir Eng. (1)
- Mechanical Eng. (1)

b. Turkish Team

- Project Manager
- Geologist
- Geochemist
- Geophysicist
- Drilling Eng.
- Test Eng.
- Reservoir Eng.
- Mechanical Eng.

Equipment Required

1. Drilling Rig and Accessories (details given in "possible drilling programme)
2. Geophysical Apparatus
 - Equipment for magnetotelluric Surveys
3. Geochemical
 - Portable field lab. kit for "on site analysis of fluids"
4. Testing Apparatus
 - Digital measuring and recording units for temp. and pressure, with necessary 1500 m cables for "in-well measurements"
5. Others; to be specified during field operations, if necessary.

Expected Budget

The activities and the possible work, specified and explained above, is expected to cost for approximately 1.4×10^9 TL (1 US \$ = 550.-TL.), out of which 300.000.000 TL will be met by MTA, in a 3 years programme.

APPENDIX-1

PROPOSED DRILLING - PLAN ANALYSIS (DOUBLE PURPOSE-Exploration and Production)

HOLE AND CASING PLAN

To depth of meter	30	150	800	1500
Hole diameter (in)	20	15	10 5/8	7 3/8
Casing to be run- OD- (in)	16	11 3/4	8 5/8	5 1/2
. Kg/m				
. Amount- m	30	150	800	720
. Weight of String- kg				

DRILL STRING PREFERRED

Drill collar weight in air- ton	4	8	16	16
. Bottom section- ODxbore- in	8x2 13/16	8x2 13/16	8x2 13/16	5 3/4x2 13/16
. Section length- m	18	36	72	110
Drill pipe- OD (in)	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2
. Kg/m	23	23	23	23
. Amount- m	12	114	728	1390
. Weight in air- kg	276	2622	16744	31970
Drill string weight in air- kg	4276	10622	32744	47970
Minimum required hoisting velocity m/min	30	30	30	20

APPENDIX-2

PROPOSED DRILLING PLAN ANALYSIS (Exploration)

HOLE AND CASING PLAN

- To depth of meter	30	150	800	1500
- Hole diameter (in)	17 1/2	12 1/4	8 1/2	6 1/4
- Formation drillability				
- Casing to be run OD (in)	13 3/8	9 5/8	7	4 1/2
. lb/ft	54.5	43.5	26	10.5
. Amount	30 m	150	800	720
. Weight of string in air kg	2430	9695	30905	11233

DRILL STRING PREFERRED

- Drill collar weight in air ton	2	10	15	15
. Bottom section ODxbore (in)	8x3	8x3	6 1/2x2 13/16	4 3/4x2 1/4
. Section length m	18	45	110s	220
- Drill pipe OD (in)	3 1/2	3 1/2	3 1/2	2 7/8
. lb/ft	15.5	15.5	15.5	10.7
. Amount m	12	105	690	1280
. Weight kg	276	2428	15891	20350
- Drill string weight in air kg	2276	12418	30891	35350
- Minimum required hoisting velocity m/min	30	30	30	20

3. スコープ・オブ・ワーク (S/W) 協議について

(1) 予備調査以降の検討経緯

一部既述したとおり、予備調査団はトルコ側 (MTA) T/Rの記述ぶりについていくつか質問をするとともに地熱開発協力のスキームを説明し、その結果、調査対象地域をディキリーベルガマとする新しいT/Rを受取って帰国した。この中でMTAは、当該地域のポテンシャルが高いことは彼らの行った地質学、地化学、重力、比抵抗、測温孔調査の結果あきらかであるとし、他方その有望地点の水平的・垂直的掘り込みを確定するためにはマグネットテリュリック (MT) 法による探査が必要であると述べ、7号測温孔 (DG-7) の近くでの (生産井を兼ねる) 1,500m級調査井掘削をJICAに期待していた。T/Rに添付された工程表では追加的地表調査はすべて1年目に終え、2年目からは右の調査井掘削を開始し、3年目のなかばで報告書を取りまとめることとしていた。

60年8月8日の各省会議において、本件技術協力の妥当性については合意をみたものの、その進め方については部内で議論のうえ、つぎの各省会議において検討することとなった。61年1月16日の各省会議においては基本姿勢として、つぎのことが了解された。

- ① 1,500m級調査井掘削は今回の協力のスコープの範囲外とする。地質・地化学・物理探査、熱流量調査等の調査 (ground surface survey) を通じて、当該地域の地熱ポテンシャル評価を行う。
- ② 調査にあたっては、現在わが国で行われている「概査から精査へ」のオーソドックスな調査手法を用いる。
- ③ 上記の方針をとる背景としては、トルコ側が実施した地質調査、重力探査、比抵抗調査、熱流量調査は手法や測点計画に納得し得ないものがあり、要すれば一層緻密な計画と手順によるべきであるとの判断がある。
- ④ 他方技術移転をより重視し、現地での共同作業期間を長くする。解析のための機器もあり、こうした作業 (ラボラトリー・ワークなど) もトルコにて行うこととする。これにより地形図の持出しが禁止されているという事態にも対処し得よう。

こうした基本姿勢により作成されたS/Wの案文は、MTAの期待に沿っていないとして相当の加筆や訂正を要請してくるとも考えられたが、予備調査を通じて得ていた実務レベルの関係者達の意向は必ずしも「何がなんでもボーリング」というものでもなかったもので、協議の過程で作成する議事録 (ミニッツ・オブ・ミーティング。M/M) の内容としては、

- ① 第1ステージで特定されるべき「有望地区 (Promising prospects)」は100平方km程度の面積の地区であり、その数は3カ所を超えない。
- ② 第2ステージの重力探査では、従来よりも測点がいっそう密な計画をたてることとする。
- ③ 熱流量調査のための測温孔 (Shallow gradient holes) の深さは30mから200mとする。
- ④ ボーリングについては今次プレF/S調査の結果をみたりえ、Further development plan の内容として検討する。なお地熱エネルギーの多目的利用 (発電を含む) について勧告する。

⑤ 機材要請が出た場合これをテイクノートする。研修員の受入れについても同様。

といった解釈条項のみを想定した。なお分析機器等の状況を把握したうえで適当と判断されれば Apperdix II の「地化学・水文調査」の共同作業期間を一カ月程度延長させ得ることも了承された。

こうしたわが方の基本姿勢をとくにMTAの実務レベルに理解させるべく、日本における地熱開発の経験・手順等を紹介する16mm映画、スライドおよびOHPトランスペアレンシーならびにチャートを用意し、また Talking Paper により1月23、24日両日説明会を行った。

ボーリング作業については、表敬訪問した Sancar 総裁から、「願わくばこの協力計画が次の段階に進み、あらたなS/Wによるフイージビリティレベルの開発調査が行えることを期待したい」とのコメントがあった。

事前調査チームが現地踏査を行っている間にMTAの実務レベルの関係者によるS/Wドラフト検討会がもたれ、その検討結果について質疑応答の話し合いが1月28日午後行われた。この場においてチームはあらためて基本姿勢を説明し了解を得、翌29日の署名確約を取付けるに至った。

(2) S/W協議

基本姿勢については前述のメディアにより縷々説明した結果、問題なく了解された。

調査項目・内容については、今回はじめて新しい重力調査結果が得られていることが明らかにされた。これは予備調査時点では「軍機密」となっていたものである。このことも含め、別紙M/Mの順に従い、交渉経緯などを以下に記しておく。

- ① 調査対象地域については「ディキリ、ベルガマ両市を結ぶ道路沿いの地域」として従来漠然と理解されていたが、既存データがカバーしている地域を検討した結果 target area を設定することとし、地質図上明示したうえでM/Mに添付することとなった。図幅全体は関連地域 (Project area) という理解である。
- ② さきの重力図のように、ある内部手続を経たうえで調査団に提示されるデータは今後ともあり得るし、9割方の情報がトルコ語で書かれている事情もあるので、事前調査団はなるべく多くのデータ・資料を持ちかえり、これから編成される本格調査団に検討させ、調査項目毎の作業工程と仕様をそれらにもとづいてインセプション報告書に盛り込むことで合意した。また各報告書の提出の時点で、つぎのフェイズでの作業の細目を協議することとした。
- ③ 調査井の掘削についてはこれまで述べたとおりで、一連の地表調査結果のとりまとめの段階、すなわち最終ドラフト報告書協議の時点で議論することとした。
- ④ 機材については原子吸光分析機器とMT機器および熱水・蒸気の分析キットに強い供与の要望が示された。
- ⑤ これまでの水力発電計画や資源開発基礎調査の前例から予測し得たとおり、地形図、航空写真等 (重力図、ブーゲ異常図) の国外持出しが禁じられているため、これをS/W上の (トルコ側が提供する) 図書・資料のらち外とすることとした。

⑥ 通信機器についてはMTAが関係官庁と協議し、JICAチームによるトランシーバー等の使用に便宜を図ることとなった。

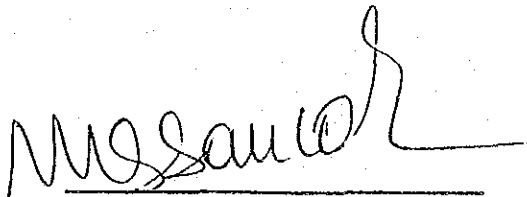
(3) S/W合意内容

29日午前11時にMTA・Sancar 総裁と鈴木団長の間で合意・署名したS/WおよびM/Mを以下に示す。

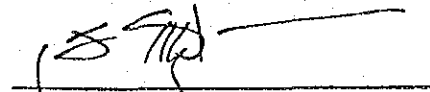
SCOPE OF WORK
FOR
THE PRE-FEASIBILITY STUDY
ON
THE DIKILI-BERGAMA GEOTHERMAL DEVELOPMENT PROJECT
IN
THE REPUBLIC OF TURKEY

AGREED UPON BETWEEN
THE GENERAL DIRECTORATE OF MINERAL RESEARCH AND EXPLORATION
AND
THE JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

ANKARA JANUARY , 1988



M. SITKI SANCAR
GENERAL DIRECTOR,
GENERAL DIRECTORATE OF
MINERAL RESEARCH AND
EXPLORATION



HARUO SUZUKI
LEADER OF THE PRELIMINARY
STUDY TEAM,
THE JAPAN INTERNATIONAL
COOPERATION AGENCY

I . INTRODUCTION

In response to the request of the Government of the Republic of Turkey (hereinafter referred to as "Turkey"), the Government of Japan decided to implement the Pre-Feasibility Study on the Dikili-Bergama Geothermal Development Project (hereinafter referred to as "the Study") in accordance with the relevant laws and regulations in force in Japan.

Accordingly, The Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA"), the official agency responsible for the implementation of the technical cooperation programs of the Government of Japan, will undertake the Study, in close cooperation with the authorities of the Government of Turkey.

The present document sets forth the scope of work with regard to the Study.

II . OBJECTIVE OF THE STUDY

The objective of the Study is to assess the geothermal energy potential in Dikili-Bergama area.

III . SCOPE OF THE STUDY

The Study consists of three stages of exploration. Flow chart of the study is shown in APPENDIX I . The detailed scope of work at the respective stages is itemized as follows :

III-1 First Stage Exploration

In this stage promising prospects are to be identified in the

Project area for the second stage exploration.

This stage includes :

1. Collection and compilation of all existing data, reports and other relevant information on the Project area.
2. Interpretation of geological structure using LANDSAT images and aerial photographs.
3. Geological reconnaissance
4. Preliminary geochemical survey
 - i) Analysis of geothermal fluids
 - ii) Examination of the applicability of trace elements (CO₂, Hg, Rn, etc.) in soils.

III-2 Second Stage Exploration

Among identified prospects the most promising one is selected for the third stage exploration.

This stage includes :

1. Geological measurement
 - i) Petrological analysis
 - ii) Physical properties measurement
 - iii) Age dating
2. Hydrothermal alteration survey
3. Geochemical and hydrological survey
 - i) Chemical and isotope analysis of geothermal fluids
 - ii) Mapping of trace elements in soils, if proved to be applicable.
 - iii) Geothermometry
 - iv) Hydrological modeling
 - v) Scaling chemistry
4. Gravity survey

MSS

90

III-3 Third Stage Exploration

In this stage the geothermal reservoir in the Project area is delineated and the conceptual model of geothermal system is produced. And also further development plan of the Project area is formulated.

This stage includes :

1. Detailed geological mapping
2. Magnetotelluric survey
3. Electrical resistivity survey
4. Thermal gradient survey
 - i) Drilling of shallow gradient holes, which will be specified at the end of the second stage exploration.
 - ii) Temperature logging
 - iii) Stratigraphic, alteration and geochemical studies of chips and/or cores.
5. Assessment of geothermal energy potential

IV. STUDY SCHEDULE

The Study will be conducted in accordance with the tentative time schedule as shown in Appendix II.

V. TECHNICAL UNDERTAKING

The division of technical undertaking by JICA and The General Directorate of Mineral Research and Exploration (hereinafter referred to as "MTA") is detailed in APPENDIX III.

MSS

[Handwritten mark]

VI. REPORTS

JICA will prepare and submit the following reports in English to the Government of Turkey in accordance with tentative time schedule.

1. Inception Report 20 copies
2. Progress Report 20 copies
3. Draft final Report 20 copies
4. Final Report 30 copies

VII. UNDERTAKING OF THE GOVERNMENT OF TURKEY

1. To facilitate smooth conduct of the Study, the Government of Turkey shall take necessary measures:
 - (1) to secure the safety of the Study team,
 - (2) to permit the members of the Japanese study team to enter, leave and sojourn in Turkey for the duration of their assignment therein, and exempt them from alien registration requirements and consular fees,
 - (3) to exempt the members of the Japanese study team from taxes, duties and any other charges on equipment, machinery and other materials brought into Turkey for the conduct of the Study,
 - (4) to exempt the members of the Japanese study team from income tax and charges of any kind imposed on or in connection with any emolument or allowance paid to the members of the Japanese study team for their services in connection with the implementation of the Study,

- (5) to provide necessary facilities to the Japanese study team for remittance as well as utilization of the funds introduced into Turkey from Japan in connection with the implementation of the Study,
 - (6) to secure permission for entry into private properties or restricted areas for the conduct of the Study,
 - (7) to secure permission for the Study team to take all data and documents (including photographs) related to the Study out of Turkey to Japan,
 - (8) to provide medical services as needed. Its expenses will be chargeable on members of the Japanese study team,
 - (9) to facilitate prompt clearance through customs and inland transportation of equipment, materials and supplies required for the Study and of the personal effects of members of the Japanese study team.
2. The Government of Turkey shall bear claims, if any arises against the members of the Japanese study team resulting from, occurring in the course of, or otherwise connected with the discharge of their duties in the implementation of the Study, except when such claims arise from gross negligence or willful misconduct on the part of the members of the Japanese study team.
3. MTA shall act as counterpart agency to the Japanese study team and also coordinating body in relation with other governmental and non-governmental organizations concerned for the smooth implementation of the Study.

4. MTA shall, at its own expense, provide the Japanese study team with the followings, in cooperation with other relevant organizations:

- (1) available data and information related to the Study,
- (2) counterpart personnel,
- (3) suitable office space with necessary equipment both in Ankara and in the vicinity of the project site,
- (4) credentials or identification cards,
- (5) necessary vehicles with drivers, fuel and spare parts for carrying out the field survey,
- (6) communication facilities during the implementation of the Study, such as telephone, telex, transceiver, etc., if necessary.

VIII. UNDERTAKING OF JICA

For the implementation of the Study, JICA shall take the following measures:

- (1) to dispatch, at its own expense, study teams to Turkey,
- (2) to pursue technology transfer to the Turkish counterpart personnel in the course of the Study.

IX. CONSULTATION

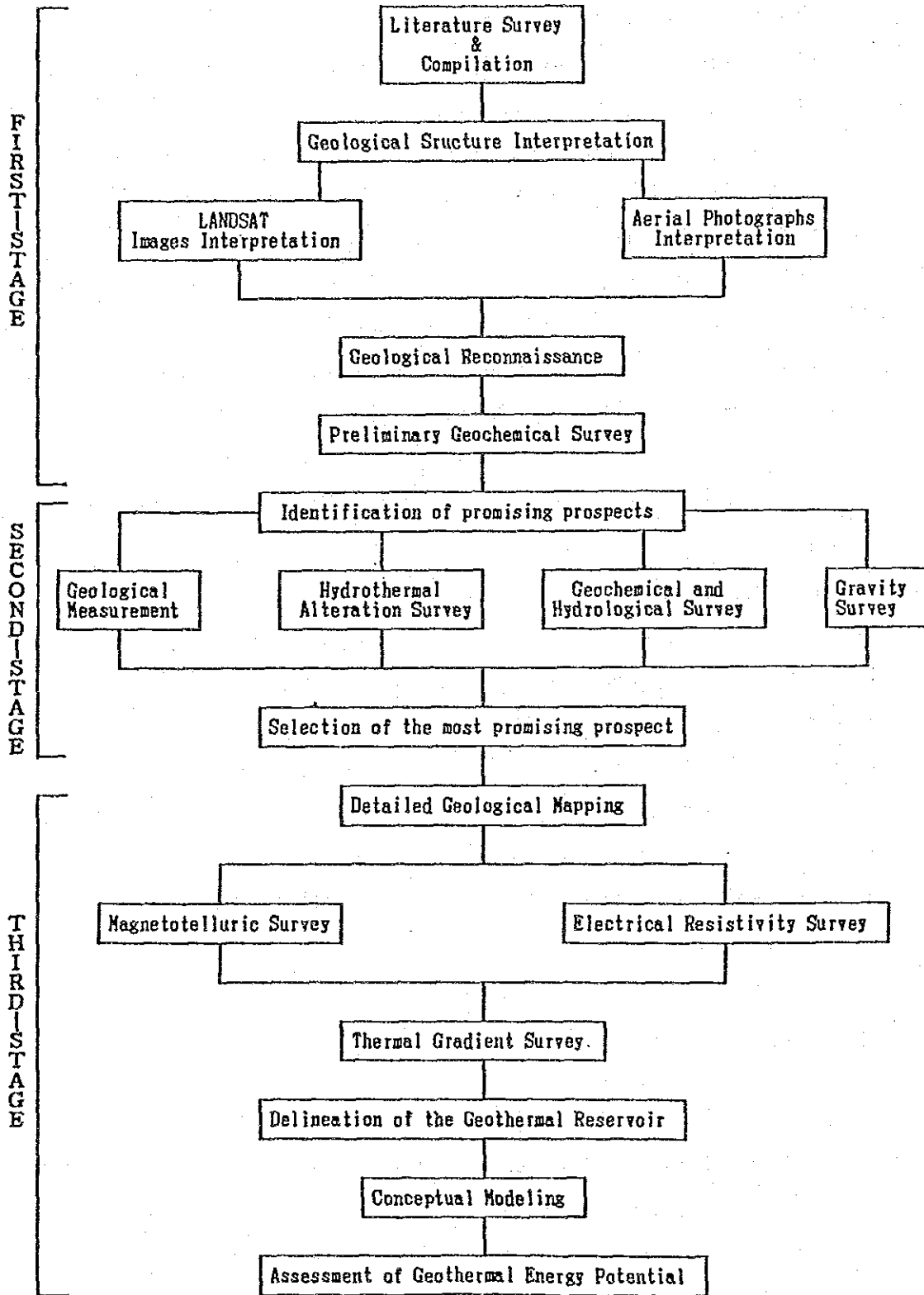
JICA and MTA shall consult with each other in respect of any matter that may arise from or in connection with the Study.

MOS -

3

APPENDIX I

Flow Chart of the Geothermal Study for the Dikili-Bergama area in Turkey



MGS

7/2

	Working Items	Undertaking by JICA	Undertaking by MTA
FIRST STAGE	Literature Survey & Compilation	• Survey and Compilation	• Provision of necessary data, report etc.
	Geological Structure Interpretation	• Provision of LANDSAT images • Interpretation	• Preparation of aerial photographs
	Geological Reconnaissance	• Programing • Field work • Regional evaluation	• Preparation of the existing maps and necessary data • Laboratory tests
	Preliminary Geochemical Survey	• Programing • Field work • Laboratory tests • Analysis	• Preparation of necessary data • Laboratory tests
SECOND STAGE	Geological Measurement	• Programing • Sampling • Laboratory measurement • Analysis	• Preparation of necessary data
	Hydrothermal Alteration Survey	• Programing • Field work • Analysis and evaluation	• Preparation of necessary data
	Geochemical and Hydrological Survey	• Programing • Field work • Laboratory tests • Analysis and evaluation	• Laboratory tests
	Gravity Survey	• Programing • Supervision	• Field work • Data processing • Analysis and evaluation
THIRD STAGE	Detailed Geological Mapping	• Programing • Field work • Analysis and evaluation	• Preparation of necessary data, materials, etc.
	MT Survey Electrical Resistivity Survey	• Programing • Field work • Analysis and evaluation	• Clearance of survey lines • Topographic and leveling survey
	Thermal Gradient Survey	• Programing • Geological and geochemical study • Analysis and evaluation	• Preparation of drilling rigs and materials • Drilling of shallow gradient holes • Temperature logging
	Assessment of Geothermal Energy Potential	• Assessment	

NGG

70

MINUTES OF MEETING

The JICA preliminary study team visited Turkey from 22nd to 30th January 1986 and had a series of discussions with MTA on the Scope of Work for the Pre - Feasibility Study on the Dikili - Bergama Geothermal Development Project (herein after referred to as S/W), draft of which was prepared on the basis of the proposed Terms of Reference by MTA.

The following were confirmed by both MTA and JICA team as the result of the discussions.

1. JICA team stated that, with regard to III-1 of S/W, less than 3 promising prospects would be identified, each of which covers an area of less than 100 km². The attached map shows the Boundary of the project area.

2. JICA team stated that more detailed time schedule and technical specifications of the study would be shown in the Inception report which would be proposed on the basis of the agreed S/W and also they would be slightly modified by the results of each stage of exploration in the course of study

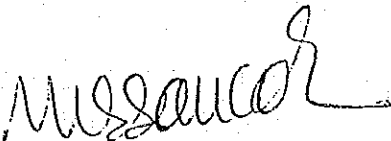
3. MTA asked JICA team about the possibility to conduct drilling of deep exploratory well and feasibility study. JICA team earnestly explained its scheme of drafting S/W. Both sides agreed that further development stage of the Project would be discussed at the time of presentation of draft final report.

4. In connection with the undertaking of JICA, MTA requested for counterpart training in Japan and also for donation of the equipment for atomic-absorption, magnetotelluric survey and portable field lab. kit for "on-site analysis of fluids". JICA team took note of the proposals.

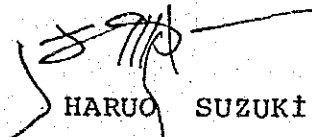
5. MTA stated that, due to its confidential nature, aerial photographs, topographic maps gravity data and Bouguer maps should not be taken out of Turkey. Both sides agreed that these maps are to be excluded from "data and documents" as defined in VII - 1 (7) of S/W

6. MTA stated to take necessary steps though related authorities for securing permission to use transceivers and other wireless telecommunications in case of necessity.

Ankara, 29 January 1986



M. SITKI SANCAR
GENERAL DIRECTOR,
GENERAL DIRECTORATE OF
MINERAL RESEARCH AND
EXPLORATION, MTA.

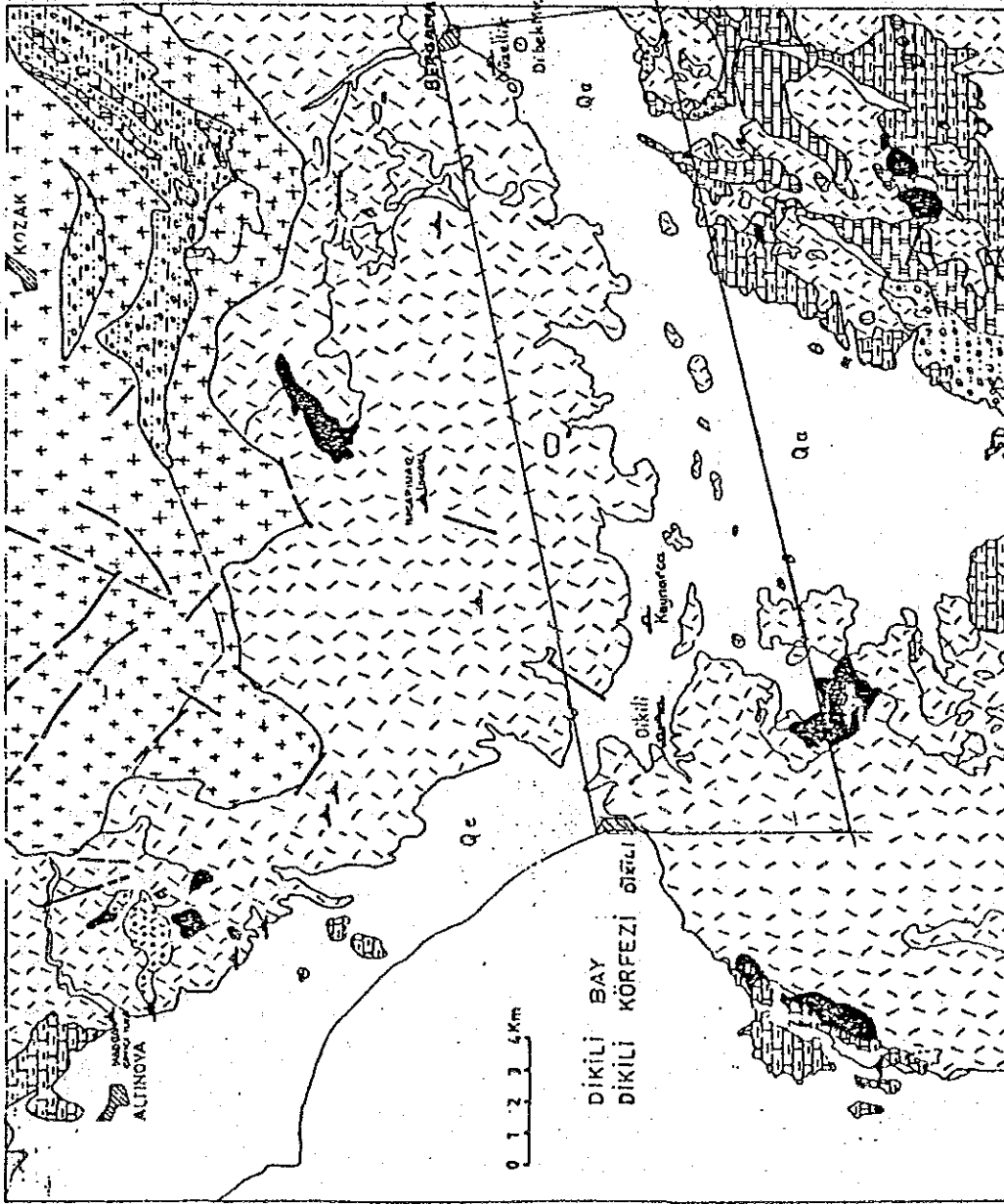


HARUO SUZUKI
LEADER OF THE PRELIMINARY
STUDY TEAM,
THE JAPAN INTERNATIONAL
COOPERATION AGENCY, JICA.



LEGEND:

Qe	Alluvium Alüvyon
	Dədədağ basalt Dədədağ bazaltı
	Rahmanlar agglomerate Rahmanlar aqlomerası
	Yuntdağ volcanics Yuntdağ volkanitləri
	Soma formation Soma formasyonu
	Ballica formation Ballica formasyonu
	Kozak pluton Kozak plütonu
	Kınık formation Kınık formasyonu
	Çamoba formation Çamoba formasyonu
	Contact Dokana k
	Fault Yarılım
	Main Target Area



Form: Akyirek, Seysal (1978)

Figure 2. Geological map of the Dikili - Bergama area

Şəkil: 2. Jeoloji Harita

MSR

4. トルコにおける地熱開発について

(1) はじめに

トルコの1984年の電力消費量は33,166百万 KWH であり、対前年比12.5%の伸びであった。これに対して国内電力供給量は絶対的に不足しており、ブルガリアおよびソ連から2,653百万 KWH の電力を買電することによってその不足を補わねばならなかった。国内電力供給をソース別にみると火力発電によるものが17,187百万 KWH、水力発電によるものが13,426百万 KWHとなっており（表A）、火力の比重が半分以上を占めている。

（表A）トルコ国の電力需給（百万 KWH）

	火 力	水 力	計	買 電		合 計	対前年比%
				ブルガリア	ソ 連		
1970	5,590	3,033	8,623	-	-	8,623	10.0
1971	7,171	2,610	9,781	-	-	9,781	13.4
1973	9,822	2,603	12,425	-	-	12,425	27.0
1975	9,719	5,904	15,623	96	-	15,719	26.5
1977	11,972	8,592	20,504	492	-	21,056	33.9
1979	12,218	10,304	22,522	653	391	23,566	11.9
1983	16,004	11,343	27,347	1,520	701	29,568	12.4
1984	17,187	13,426	30,613	1,981	672	33,166	12.5

（出典：TEK Annual Report 1984）

今後の電力消費量の伸びは年率20%前後と予想されており（表B）、水力発電のポテンシャルはなおあるものの消費地との関係などで限界があり、輸入に依存している石油の代替エネルギーの開発の必要性は極めて高いと言わざるをえない（TEKの Assistant General Manager）状況にある。

（表B）トルコ国における電力供給計画

	地 熱 (GWH/年)	火 力 (GWH/年)	水 力 (GWH/年)	計
1985年1月 操 業 中	120	21,462.8	14,153.0	35,735.8
同上建設中	-	24,390.0	13,508.0	37,898
1990年予定	900	45,852.8	27,661.0	74,413.8

このようなエネルギー不足の現状のなかで1984年2月クズルデレに地熱発電所がトルコにおいてはじめて操業開始されたことは注目に値することであり、今後の地熱発電に対するトルコ政府および国民の期待は大きく、地熱発電はエネルギー供給の安定確保を旨としたトルコ国政府の最重要施策のひとつとなっている。

(2) トルコにおける地熱開発

トルコ国は、全体として、火山活動と地塁地溝構造運動を伴う地質的構造帯に位置しており、地熱資源の高い賦存ポテンシャルを有している。

地熱資源に関する調査は、1961年全国の温泉のインベントリーを作成することから開始され、1963年にはトルコ国で最初の地熱探査のためのボーリングがバルチョバ (Balçova) で掘削された。このボーリングは深度40mの地点から124℃の熱水蒸気を産出して成功、現在ここでは病院、ホテル、ヘルスセンター、農業などの多目的利用のための設備が建設されつつある。

地熱発電を目的とした調査は、1968年クズルデレーデニズリ (Kızıldere-Denizli) 地域で開始され、地質調査、物理探査、ボーリングのあと、0.5MWのパイロット・プラントによる長期の試験期間を経て発電能力20MWの地熱発電所が建設され1984年2月に操業を開始した。またゲルメンジック (Germencik) の地熱徴候地では現在(1986年1月末)までに7本の試錐が掘削されており、いずれも有望な結果を得ていて近く発電所建設のための国際入札がおこなわれる予定である。このほかにもトルコ国には地熱ポテンシャルの高い地域は多数あり調査が行われている。

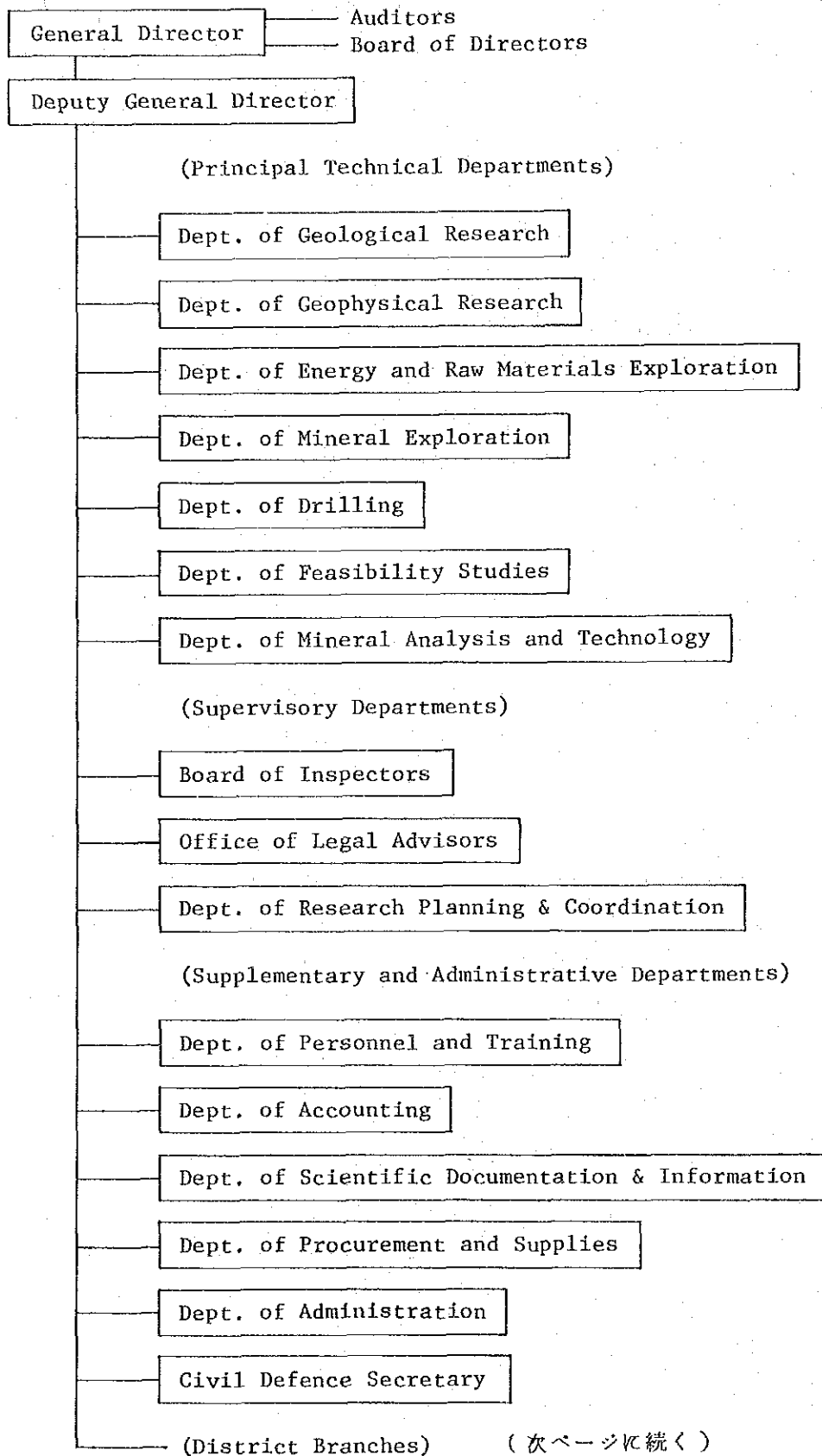
(3) MTAについて

これらの地熱資源開発のための調査はMTA (General Directorate of Mineral Research and Exploration) によって実施されている。MTAは Ministry of Energy and Natural Resources の地質調査および天然資源探査のための機関として設置されている。その組織は表Cのとおりとなっており、その人員構成は表Dのとおりである。

地熱関係の作業はこのうち Department of Energy and Raw Materials Exploration の中の Geothermal Energy Division (地熱課) が実施しており、Department of Geophysical Research (物理探査部) がこれに協力している。

地熱資源開発に関係する組織は図Eに示した。地熱課の人員構成は geologist 20名, chemist 4名, Reservoir engineer 1名, Test engineer 1名, 計26名である。なお、MTAは全国に12の支所をもっており、当該ディキリーベルガマ地域はこのうちイズミール (İ z m i r) 支所の管轄になっている。同支所の概要は図Fのとおりである。

表 C MTA組織図



Eastern Mediteranean Regional Directorate (Adana)
 Northwestern Anatolian " " (Bacikesiz)
 Thrace Regional Directorate (Gorlu)
 Southeastern Anatolian Regional Directorate (Diyerbakir)
 Eggean Regional Directorate (Izmir)
 Central Anatolian I Regional Directorate (Sivas)
 Central Anatolian II " " (Konya)
 Central " III " " (Kizileahamam)
 Central " IV " " (Malatya)
 Eastern Black Sea " " (Trabzon)
 Eastern Anatolian " " (Van)
 Western Black Sea " " (Zonguldak)

(出典： Geothermal Division の資料による)

表 D M T A 人員構成

1. Engineers	2,203人	(Geology, mining, geophysics, chemistry, petroleum, metallurgy, geomorphology, geodesy, physics など)
2. Administrative	1,114人	
3. Specialized workers	2,990人	(drilling, electricity, work machines, work branches, transportation など)
4. その他のLabourers	約 2,600人	
合 計	約 8,907人	(出典： Mr. Ayman, Geophysical Dept. による)

図 E M T A地熱関係部の組織

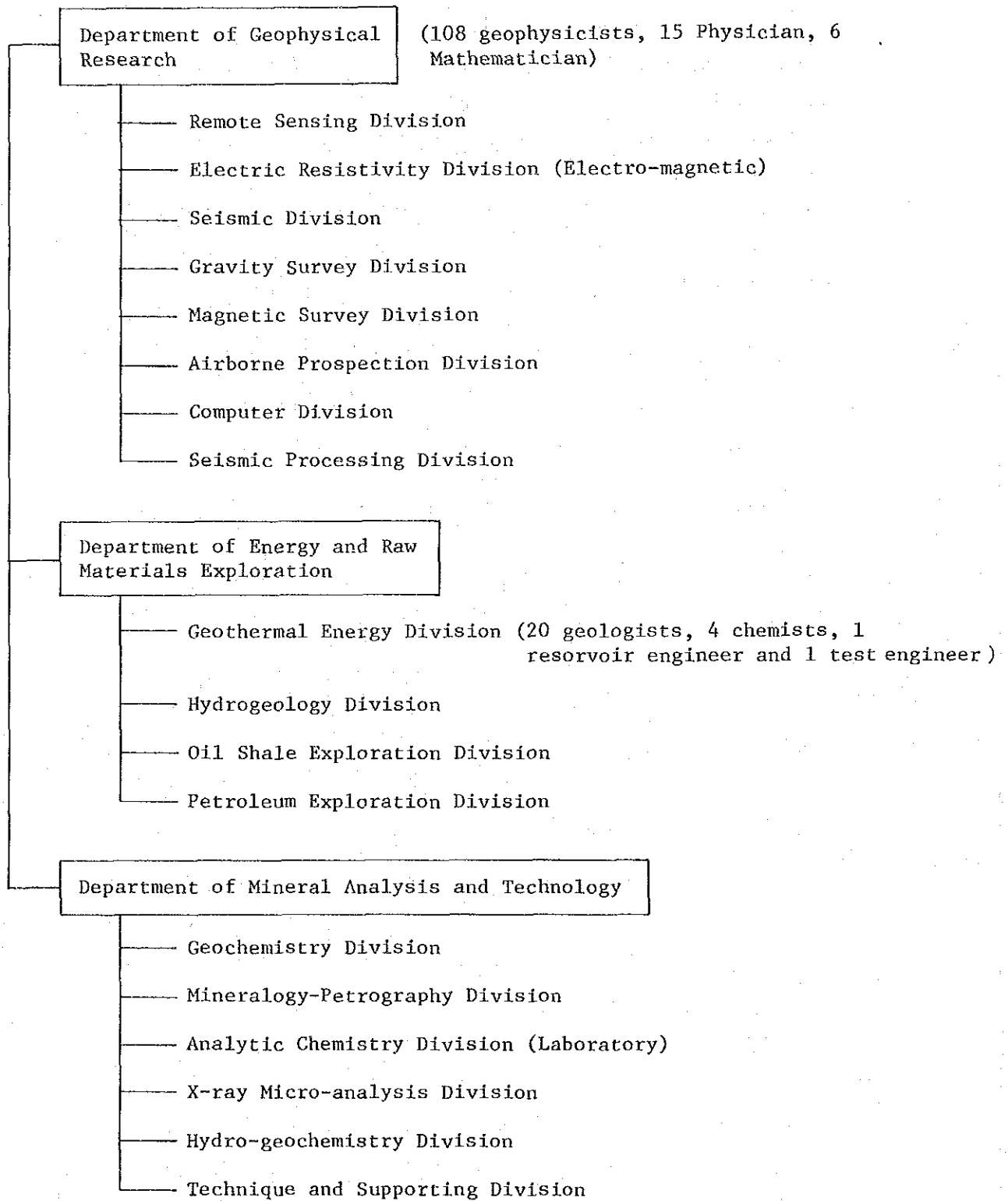
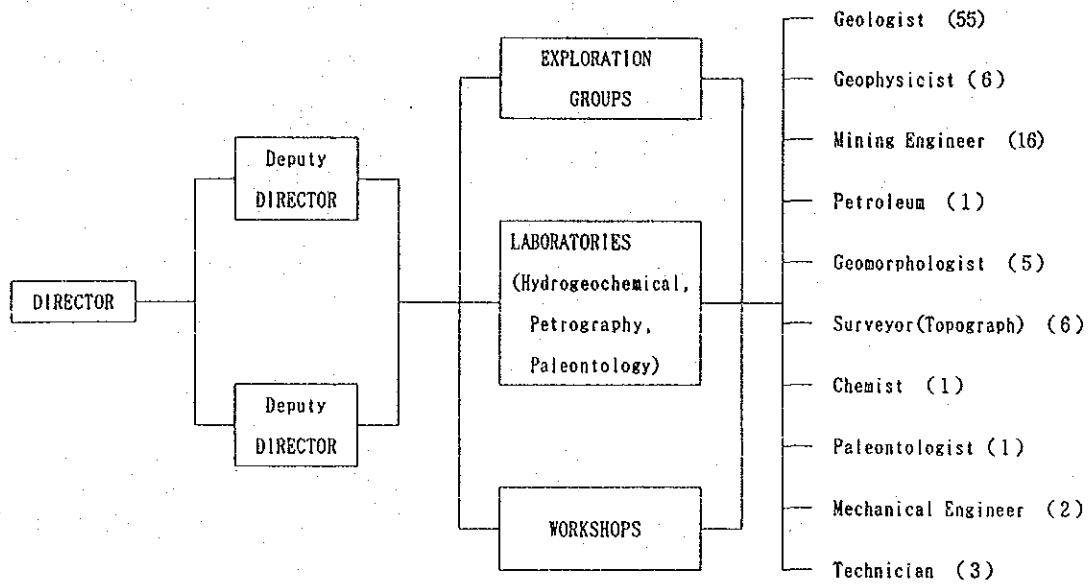


図 F イズミール支所の組織と人員



また、物理探査部は108名の物理探査専門家を有しており表Gに示すと通りの物理探査用機器を保有している。この部にあるリモート・センシング課にはランドサット画像を処理する能力がありTM-imageの解析なども、少なくともディスプレイによる画像処理までは実施している。また物理探査結果のコンピュータ処理は電算課にいる専門家が実施している。

表 G 物理探査関係機器一覧表

1)	SP	(MTA 製)	4
	Resistivity	(MTA 製)	6
	IP	(Geoscience)	3
	Well logging	(Gearthard-Owen)	2
2)	DFS-V + MSP, mini sosie - High Resolution		
3)	Torsion Magnetometer		2
	Proton Magnetometer		2
4)	Worden Master Gravimeter		3

地熱関係の化学分析は Department of Mineral Analysis and Technology の Geochemical Division および Hydro-geochemistry Division が担当している。その保有機器類は表Hに示したとおりである。同表でわかるとおりガス・クロマトグラフィーの機器は有していない。

表 H 化学分析用機器一覧表

Spectro-photometer	{ ultraviolet visible range } >	あり
Emission spectrochemical analysis		あり
X-ray diffractometer for identification of alteration minerals		あり
Gas-chromatography	>	なし
Mass-spectrometer		

ディキリーベルガマ地域では、すでに地質調査のほか空中磁気探査、重力探査、比抵抗調査を実施しているが、これらの調査は、MTA本部の地熱課がイズミール支所の地熱物探関係部門と共同で物理探査部の協力のもとに行われたものである。

(4) 地熱資源開発に関する問題

MTAは地熱資源の賦存調査および地熱貯溜層の確認を目的とした探査等の諸作業を行う。

MTAの実施する作業の範囲は生産井の掘削にまで及んでいるが、地熱貯溜層の規模を確定し、取り出され利用される水蒸気・熱水等の性質などに関する諸調査を含め発電所の規模を決定するに足るだけの資料を得たのちは、当該有望プロジェクトのフィジビリティ・スタディを実施、その結果はトルコ国の電力供給を一元的に担当しているTEK (Turkish Electric Authority) に引き渡される。TEKはMTAによるフィジビリティ・スタディをもとにマスタープランを作成し、これをState Planning Organization (SPO) に提出、その審査を受ける。TEKの投資予算はこのSPOの認可によって決定され執行されることになっているが、先に述べたように電力需給のアンバランスの調整が緊急課題となっているため、TEKの投資は通常、計画された予算を上まわって執行されている(表I)。

表 I TEKによる投資

(単位 千トルコリラ)

	当初予算(A)	改訂予算(B)	実績(C)	実施率(C/B)
1983		210,000,000 (120,800,000)	272,426,132 (173,717,770)	129.7% (143.8)
1984	300,000,000 (140,720,000)	314,850,000 (148,440,000)	399,431,969 (252,816,664)	126.9% (170.3)

(カッコ内は発電のための投資)

(出典: TEK Annual Report 1983, 1984)

地熱発電プロジェクトは、石油代替の意味も含め、政府の重要施策のひとつとされており、MTAによる調査の結果地熱発電がフィージブルであるということを示しているプロジェクトについてはこれを放置することは得策でないと考えられるので、高い優先度をもった投資対象として取上げる筋合いにある。このような背景から、地熱発電を目的とした諸調査に協力することはきわめて有意義なことであると言える。

しかしながら、前述したように、地熱発電はトルコ国ではクズルデレにおいて1984年に開始されたばかりであり、開発体制を整えようとしている段階にある。

すなわち、

- (イ) 生産開始後、必要な生産井をどこにどのように（深度、口径ほか）掘削するか
- (ロ) スケールの付着による生産量の低下にどう対処するか
- (ハ) クズルデレでは還元井を掘削せず近くのメンデレス (Menderes) 川に熱水を放流しているが、地熱開発にからむ公害問題をどのように考え、これをどのように処理するか

などの点において発電所の操業開始後もMTAが関与せねばならぬことが多く、現在はそれぞれの問題について“Contract base”で資源開発にかかる技術的各種作業をMTAが実施するということがすすめられている。それぞれの役割分担や管轄範囲も、MTAとTEKとの間にはっきりした線があるわけではなく、その都度便宜的にきめられているので、現在のところ体制的にはなお不明瞭な状態である。

しかしながら、現在国内の至るところで行われている地熱調査が数多く開発に結びついていけば、確固たる体制が形成される見込みは十分にあり、これらのことは今後ディキリーベルガマ地域の本格調査を通じ、折りをみてMTA、TEKに対し提言していかなければならない事項の一つだろう。

(5) その他

i) 労働関係

- 1日の労働時間 : 8時間
- 休日賃金 : 通常の2倍
- 超過勤務手当 : 通常の50%増
- 最低賃金 : 42,000リラ/日 (調査当時の交換レートは1US\$=584リラであった)

ii) 天候

- 気温 : 最高40℃ 最低-2℃ 平均16℃
- 雨量 : 年間平均 668mm (最高183.1mm /月)
- 季節 :

	雨季 : 秋の中ごろ～春
	乾季 : 夏

iii) 図面類

- 航空写真 : 1/35,000 トルコ全土をカバーしている。
- 地形図 : 1/25,000 でトルコ全土をカバーしているが、国外持出しは禁止
1/25万, 1/50万も全土をカバーしている
- 地質図 : 1/50万は全国をカバー
ディキリーベルガマ地域には1/25,000がある

5. 本格調査への提言

(1) 地形・地質図と調査の背景事情

トルコの地質については、現在縮尺1/50万の地質図が全国土について公刊されている。この地質図は全21葉であり、MTAの主要室内には全土の地質図が張り合わせて掲げている。今回調査対象となった同国西南部イズミール地方の地質は上記地質図シリーズのうち、Izmir 図幅中に示されている。

同国では継続的に地質図の高精度化への努力が払われており、MTAでは設立年の1935年以降、今年で50年の調査データの蓄積がある。イズミール地方の地質は1942年に縮尺1/80万で公刊され、1964年には縮尺1/50万地質図が完成したが、表示の地形図精度が悪く、1973年に同縮尺改訂版が出版された。

現在、地熱地域等では縮尺1/2.5万で地質調査結果がまとめられつつある。この調査結果の基図となる地形図は、トルコでは軍事的理由から一般公開が許可されていないが、現場の地質家が使用している地形図を見た印象では大変良い1/2.5万地形図があるといえる。一般にはこれから手書きで写した地形略図上に地質図を表示しているため、全体に精度が劣る印象を受ける。

地形図は縮尺1/5万分および1/2.5万が完成しており、これを調査の際に利用できるとの説明があった。ただし、国外持出しは不許可である。将来調査が進み、開発段階に入った際には縮尺1/5,000またはそれより大縮尺の地形図作成も可（トルコ側）との説明があった。説明によれば三角点網も完備しているとのことである。

従来の地質図（縮尺1/50万）では、地質構造要素の表示が不十分だが、これは最近の調査結果では相当綿密に調査がなされている。

イズミールにはMTAの支所があり、現場には調査キャンプ（MTAが民家を長期にわたって借り上げているもの）も設置されている。イズミール地方で調査を進めるに当たっての大きな利点の一つには、本地方には地熱に専念する技術者が揃っており、その資質の高いことが上げられる。

地質分野に関しては、現在MTA本部の地熱課長で本技術協力プロジェクトの実施責任者であるDr. Şakir Şimşek は、元イズミール支所で調査に従事した地質技師である。イズミール地方での地質技師については以下の様な専門家がいます（*印は1985年7月の調査団現地調査に同行。**印は1986年1月の調査団現地調査に同行）。

Mehmet E. Özgüler * **.....地球物理

物探総括 (地熱研修コース、イギリスに学ぶ)

Tuncer Esder * **..... (地熱研修コースに学ぶ)

地質総括 イズミール支所の若手育成にも力を入れている

I. H. Karamandersi *広域地熱地質調査に長らく従事

温泉等現場知識は豊富

S. Yilmazer * **.....ディキリーベルガマ地域調査に従事

一支所職員総数は約1,200名（技術職員130～150名，事務職員約250名，補助員約750名）

—Aydin キャンプではラマザン他若手技師が Esder 技師の指導を受けている。

地質専門家に比して物理探査専門家の数は少ない。イズミール支所では Özgüler の他に英語力のあ
る物理探査専門家は少ないようである。しかし，MTA本部の物理探査部で説明があったように，地
球物理専門家はプロジェクトの展開に応じて，本部から参加する形をとっており，物理探査が実施さ
れる折には増員される。現在主力は Klüçak のキャンプで調査中。

流体等地化学専門家は明らかに不足しており，本格的な地化学調査はMTAではなされていない。
イズミールの実験施設も流体化学は不備で女性化学者一名が分析に当たっている。分析は鉱物の成分
分析も兼ねて行っている。地熱流体の一般化学分析はイズミール支所では設備が整っておらず無理と
思われる。ただし本部の施設を利用できる。同位体等の分析は本部でもなされていない。フランスの
ピェールキュリー研究所の協力を得て分析を行った旨が記された文献がある。

(2) 地熱・地質概要

(2-1) 地質・構造概要

トルコの地熱賦存は地質構造との関連が明瞭である点がきわめて特徴的である。最近ではわが国で
も地質構造とくに断裂系の，地熱流体挙動に果たす役割の重要性が再確認されているが，トルコの地
熱徴候はこれを如実に示しているといえる。わが国の場合，断裂の発達地表付近ではとくに顕著
で，このためどの断裂系が主要な寄与をしているかについては明瞭さを欠くが，トルコの地熱地域で
は断裂の原因がわが国に較べて単純でかつ断裂発達頻度も相対的に低いので，地熱徴候と断裂系との
関係が把握し易くなっているものと思われる。

トルコ西南部の地質構造は，ほぼ東西にのびる地壘帯とその間に発達する地溝帯のくり返し配列か
らなり，地壘帯は標高1,000m～1,500mの山地を，地溝帯は幅数km～20km程度の低平地を形成してい
る。この低平地はさらに2段に分かれる。地壘帯を形成するのは古生代～中生代の片磨岩，大理石・
結晶質石灰石等の弱変成岩類で，変成相形成時代は主としてアルプス変動期であるが，それ以前の多
重変成（カレドニア，バリスカン造山等）の影響を蒙っている。

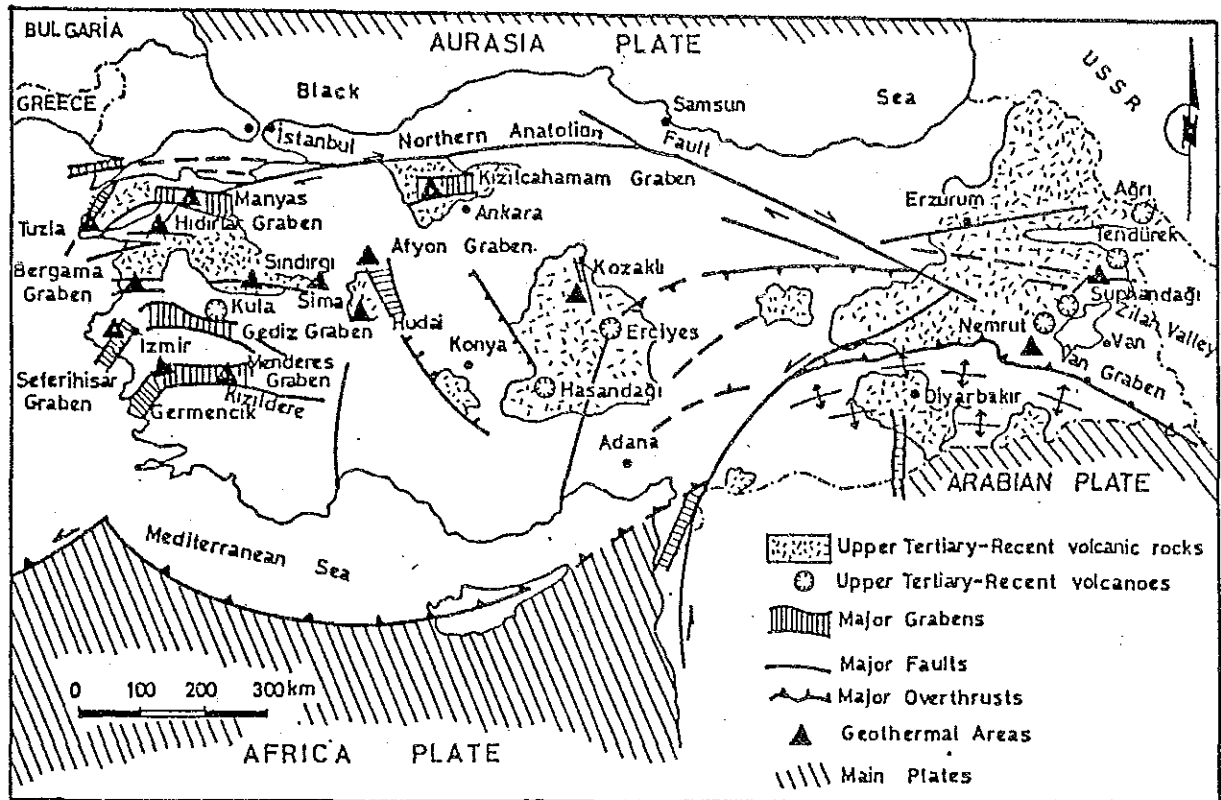
地溝帯の高位段面は第三紀（中新世）の陸源性石灰岩，蒸発岩類，シルト岩，砂岩等からなり，低
位面は沖積面を形成し，砂，シルト，礫等の未固結碎屑岩類から構成される。

このような地形・地質および地質構造上の特徴は，従来は造山運動（Orogeny），造陸運動（Epiro-
geny）の結果として説明されてきたが，最近ではプレートテクトニクスによって説明されている。と
くに今回説明を受けた Özgüler 氏，Esder 氏らは，1970年 McKenzie が Nature 誌に発表した地中海
地方のプレートテクトニクス論に立って，イズミールを中心とする地質・地質構造の枠組の説明をし
ていた。

いずれにせよ，イズミールを中心とする地域の地質構造は，地殻の水平運動成分に比べ，上下方向
の運動成分の大きな構造運動に支配され，地壘，地溝の形成ならびに境界をなす正断層群と地溝帯中

心部ほど落差が大きくなる階段状断層群の発達についての説明は、現地を訪れるとよく納得できる。1973年発行の縮尺1/50万地質図にはこれら断層群の記載がほとんどないが、実際現地を訪れると断層の発達は明瞭である。

第1図に Şimşek によって示されたトルコの火山・構造図を示す。



第1図 トルコの火山・構造図

(2-2) 火山地質概要

わが国の高エンタルピー地熱流体賦存は、第四紀火山地域が第一義に考えられており、地熱流体の熱源としての火山活動は、地熱探査上の大きな指針となっている。しかし、この火山活動と地熱熱源との関係も、マグマの粘性が高く、マグマ溜りが相対的に地下浅所にでき易いと考えられている酸性マグマの場合には比較的良い相関がみられ、火山活動の噴火史が若く、かつ規模が大きい酸性火山は優勢な地熱地帯となっている。

他方、マグマ粘性が低い玄武岩質火山では、噴火史が若くても地表には地熱徴候が発達しないことが多く、地熱熱源と火山活動の関係は良く分っていない。

今回訪れたトルコ西部の地熱地域は、火山活動と地熱活動との関係が明確ではなく、わが国の地熱活動とは別の視点からの評価が必要と思われる。すなわち、イズミールを中心とする地域の最新の火

山活動は、一部は高粘性流紋岩活動もあるが、大部分は玄武岩質火山活動であり、その活動の主期は第三紀中新世と考えられている。

火山活動の年代については、わが国でも地熱調査によって従来の推定噴出年代が大幅に若返り、第三紀中新世とされてきた活動が第四紀更新世にまで訂正された例もあることから、一つには既存資料の吟味という観点から検討する必要があると思われる。

他方、世界の地熱地域の中には、地表には若い火山活動がなくても、優勢な地熱地帯になっているところが多々あり、たとえばイタリアのラルデレロ、米国のインペリアルバレー、ルーズベルト、ディキジバレー等はその例に加えられる。これらの地熱地域では地質構造運動が地熱賦存に大きな役割を果たしており、本地域の地熱活動も、広域地質構造運動に基づき、地下深部での火山性ガス等による熱エネルギーの供給メカニズムが大きな役割を果たしているのかも知れない。

(3) 現地調査概要

現地調査は1985年7月時には、イズミール地域の2つの地熱地域、すなわち

- (1) ディキリーベルガマ
- (2) サアリヘリートウルグートウル

および現在開発中の

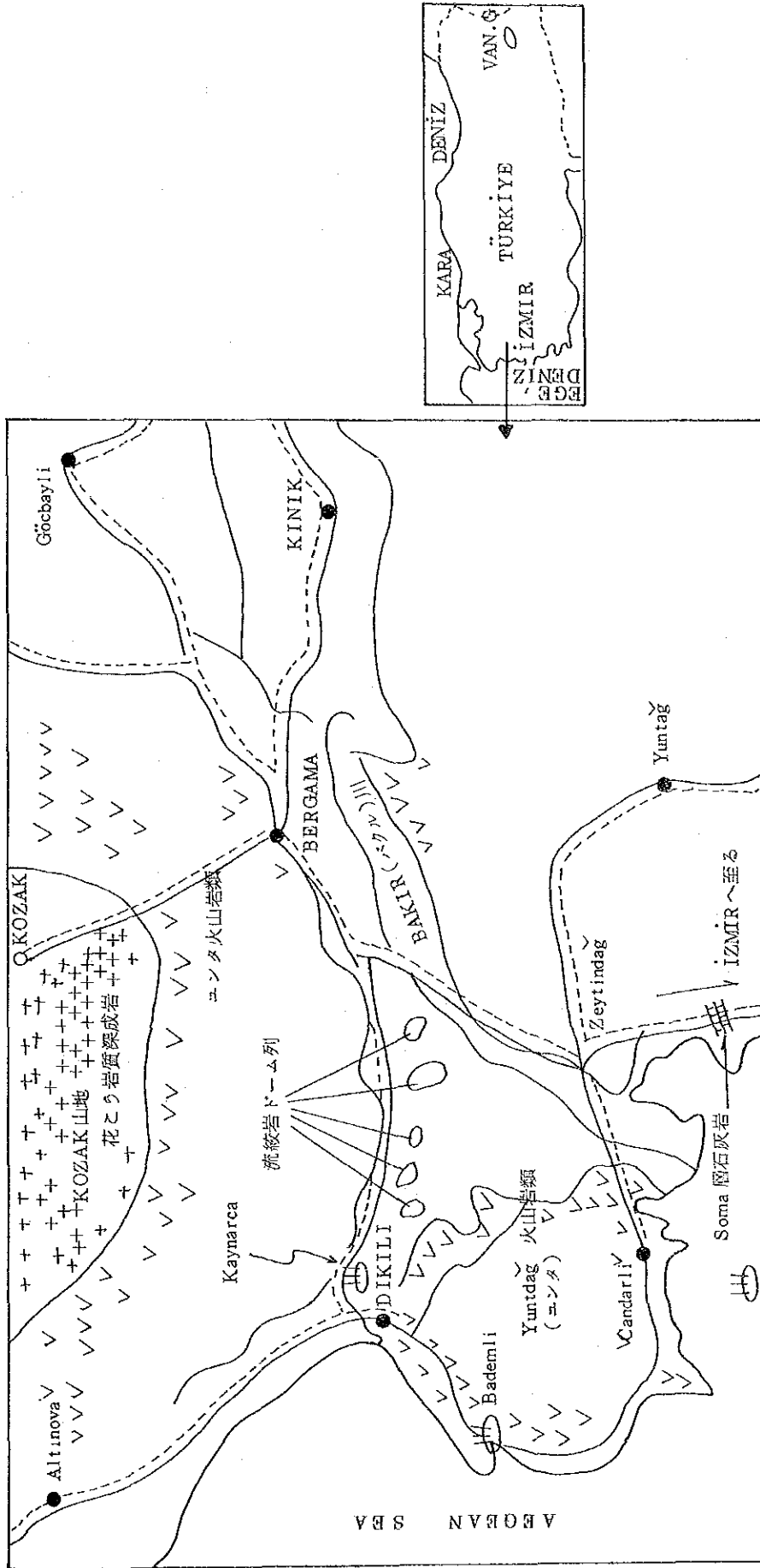
- (3) クズルデレ
- (4) ゲルメンジック

地区の調査が主な内容であった。また、1986年1月時には(1)、(3)、(4)ならびにイズミール市内バルチョバ地区の熱水利用の状況を調査した。

(3-1) ディキリーベルガマ地域

本地域はイズミールから北へ直距離にして75kmの地にあるベルガマと、その西方25kmにあるエーゲ海沿いの小都市ディキリを結ぶ地域である(第2図)。

第2図 プロジェクト・サイト図



本地域の詳細な地熱地質については、Yilmazer (1984), Ercan 他 (1984) に記してある。ここでは本地域の地質・地熱構造について、現地を受けた説明に基づいて述べる。

(3-1) - 1. 現地地質概略

本地域は、現在バクル川が形成する沖積低平地と、その両岸を形成する丘陵～山地に分けられるが、この低平地と山地の形成は、上下方向の地質構造運動に起因するとされ、現在バクル川沿いの低平地はディキリ地溝帯と呼ばれている。ディキリ地溝帯をさらに詳細にみると、東西方向にのびる低平地がディキリーベルガマの中間地点で分岐し、北西方向へはディキリへ至る低平地、南西方向へはチャングダーリへ至る低平地に分かれるが、この2方向に沿って地溝帯が分岐している。したがって、ディキリとベルガマの中間地点では3方向の地溝帯の結合部になっており、この構造特性が地熱賦存に大きく関与していると考えられている(第2図参照)。

本地域を構成する地質は、最下部は古生代～中生代の結晶質石灰岩を主とする堆積岩層からなる地層で、地塁域に比較的狭い分布が見られる。地域北部のコザック(Kozak)山地(7～800m)には第三紀暁新世～始新世にかけて貫入したとされる花こう岩質岩(Kozak Pluton)が30km×20km程度の分布を見せている。これを覆って新第三紀のユンタ(Yuntdag)火山岩層が広く分布し、本地域ではもっとも広い分布を示す。ユンタ火山岩層は湖成の石灰岩質層であるソマ(Soma)層と指交し、当時陸域ではユンタ火山岩層が噴出堆積し、水域(湖水域)ではソマ層が堆積したことを示す。本地域でもっとも活発な火山活動があったのはこのユンタ火山岩層噴出の時代である。ユンタ火山岩層は主に玄武岩質火山岩からなるといわれてきたが、最近では安山岩質火山活動の産物が主体であることが明らかになりつつある(Esder, 口頭)。

最も若い火山活動は第四紀火山岩類とされる玄武岩活動(ババダ火山岩類)で、玄武岩質火山岩脈がユンタ火山岩類中のパーライト質の岩体を切る露頭が国道に沿ってみられる。第四紀のいつの時期に相当するかについては現在判っていない。また、ディキリ周辺ではユンタ火山岩類も酸性岩が多く、デイサイト質～流紋岩質のものが多く、それらの詳細は明らかにされていない。

ソマ層は石灰岩の他に細粒シルト岩、亜炭層を挟む泥岩等からなり全厚は約300mと算定され、葉理の発達した湖成層である(写真1)。地溝帯の縁辺部に分布し、全般には地溝帯の中心部へ向ってゆるく傾斜する。本層中の細粒層は本地域の浅部地熱貯溜部の帽岩の役割を果たしていると考えられている。

(3-1) - 2. 地熱活動

ディキリーベルガマ間の地溝帯に沿って分布する地熱徴候としては、温泉, hotpool, 石灰華マウンド, これに変質帯が上げられる。噴気活動はないが、これは現在開発中のクズルデレ, ゲルメンジックについても同様である。

ディキリ付近ではカイナルジャ, ディキリ温泉群の2地点に温泉徴候が顕著であるが、東のベルガマ周辺では相対的に徴候は少ない。

ベルガマ周辺では自噴泉を利用して農業利用がなされている。泉温は低く、ベルガマの、クレオパトラがかって入浴したとされる温泉の泉温は、実測で35℃（1986年1月25日現在）であった。

ディキリ東部の地溝帯の接合部は沖積平野がとくに広いが、地熱徴候は地溝帯の北側に集中的に分布する。ここでは地溝帯と北側背景の山地とは地形標高としては遷移しているため、地溝帯を限る断層の有無については一見しただけでは分らない。しかし説明によれば、階段状断層が推定できるとのことである。

温泉の湧出に関しては、地溝帯北側コザック山地を形成する第三紀暁新世～始新世コザック深成岩体の周辺には温泉が貫入岩体を取り巻いて分布することが知られている。その南側の分布がディキリ地域の温泉分布と一致する（第2図参照）。また、分岐した地溝帯の東側に当るエーゲ海沿いのバーデムリ（Bademli）やパンシャナ島（Pansana）にも温泉湧出が知られる。1985年7月時の現地調査では、ディキリ東側カイナルジャ温泉湧出地点と石灰華マウンド・変質帯とバーデムリの海岸温泉湧出と変質帯を見学した。

カイナルジャでは現在未利用草地となっている平坦部にいくつかの温泉湧出地点があり、湧出量のもっとも多い地点では直径50～60m、深さ2m以浅程度の hot pool ができている。持参した器具での測定ではこの一帯ではPH 7～8、泉温83.5℃（最高）であった。沸点に近い温泉湧出があるとみてよい。

また、やや標高の高い傾斜面には石灰華マウンド（travertine sinter）が少なくとも2地点以上発達、硫黄の析出した変質帯（ユンタ火山岩類）の露頭もあるが規模は小さい。バーデムリでは一部珪化変質を受けた緑色化変質帯（原岩はユンタ火山岩類）が海岸沿いに50～60m連続し、断裂の間から温泉が湧出している。（写真2、3、4、5参照）。

本地域では縮尺5万分の1地質図、比抵抗図および縮尺5万分の1重力図が完成している。また、本地域では深度50m～80mの測温孔10本から浅地下温度分布が得られており、温泉の化学分析もなされている。それらの詳細は Yilmazer（1984）に記載されている。本地域の温泉湧出は1939年に発生した地震によって発生したとの説明があり、MTA専門家の説明のように浅部地下に浅所熱水貯溜部が存在することが推定される。

本地域の地熱流体の根源熱源については現在のところ不明である。コザック貫入岩体は約79Ma～24Maの年代測定値が得られているが、複合的貫入活動を想定しても、なおその年代は熱源と考えるには古すぎよう。

もっとも優勢な火山活動であるユンタ火山岩類も噴出した活動は中新世とされるが、本地域での噴出中心、年代とも不詳である。また、最も若い火山活動であるババダ火山岩噴出活動についても、現在のところ第四紀という程度にしか分っていない。

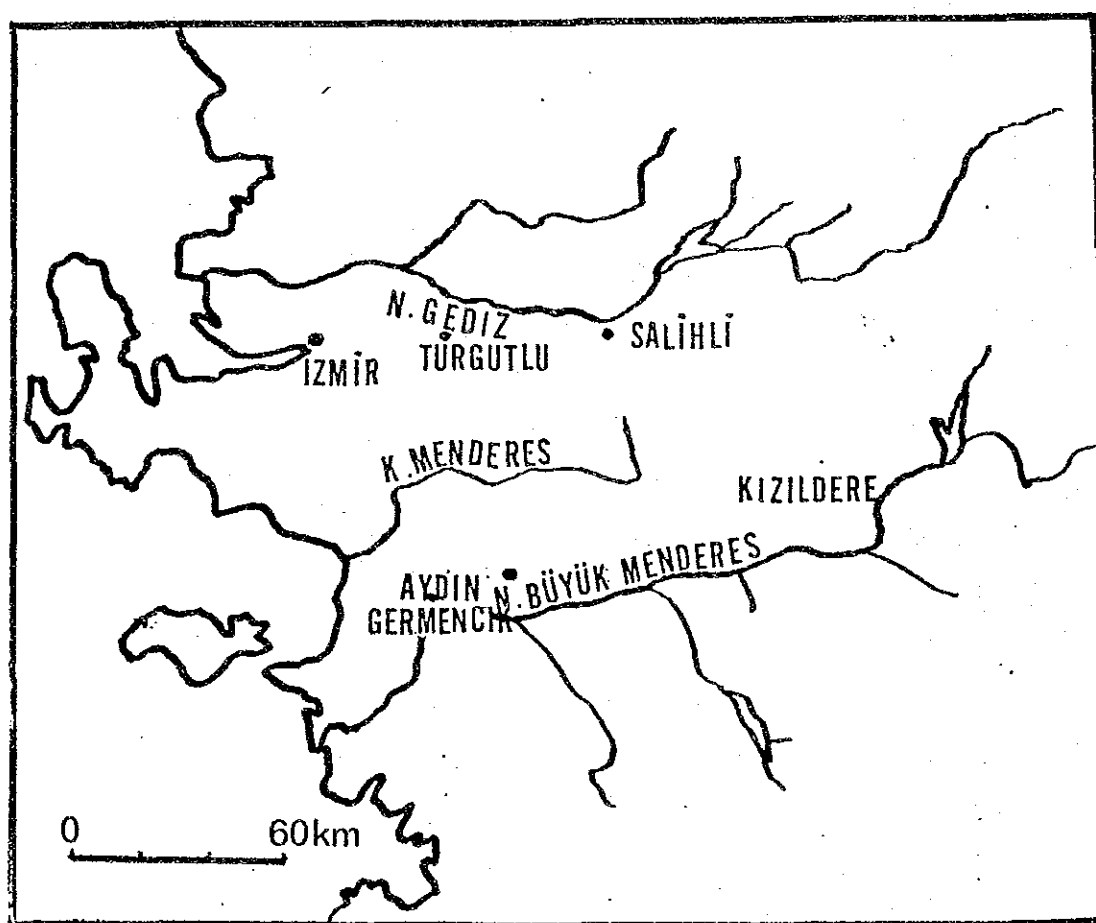
これらの火成・火山活動が、今日の地熱の本源熱源として直接寄与をなしているか否かは、今後の調査結果にまつべき点が多く、MTAの専門家もこの究明を強く希望している（Esder, Özgüler）。

(3-2) サハリヘリートゥルグートゥル地域

本地域はイズミールの東方 Gediz (ゲティス) 川沿いに発達する地熱地域を指し、2つの集落トゥルグートゥル及びサハリヘリの周辺で地熱徴候が知られ、調査が行われている。

トゥルグートゥルはイズミールの東方50km、サハリヘリは85kmの位置にある(第3図)。

現地を訪れる機会があったのは、サハリヘリ周辺の温泉・地熱地域であり、以下サハリヘリ周辺を中心に述べる。なお、我々一行が現地を訪れた際トゥルグートゥルで実施中の電気探査が終了したとの報が入ったところであった。



(3-2)-1. 現地地質概略

イズミールの東方地域は、変成中・古生層が広く分布する山塊となっており、この基盤岩地塊は Menderes Massif と呼ばれている。先第三系基盤岩を覆う地層は第三紀～第四紀にかけての堆積岩で、それらは河谷に沿って分布する。サハリヘリのさらに東方約40kmには第四紀火山として知られる Kula (クラ) 火山があり、周辺にはクラ火山の噴出物が分布するが、その主な分布は本地域には及んでいない。

メンデレス山塊はほぼ東西方向をもち、西流してエーゲ海に注ぐ河川系によって開析され、河

谷に沿って広い平坦部が形成されている。これらの河川系はいずれも構造谷とされ、トゥルグートゥールーサハリヘリを含む河谷域はゲディズ地溝帯と呼ばれる。この地溝帯の南には Küçükmenderez (キュチュクメンデレス) 地溝帯、さらにその南に後述するクズルデレ、ゲルメソジック地熱地帯を含む Büyükenderes (ビュユクメンデレス) 地溝帯が発達している。

第1図の火山・構造図 (Şimşek, 1984) では Küçükmenders 地溝帯は省かれ、Büyükenderes 地溝帯が Menderes 地溝帯として表現されている。

現地調査ではサハリヘリ近辺の2地点での温泉・地熱徴候の観察が主で一般地質については多くを見ることはできなかったが、地壘帯中に発達する低確度の鏡面をもった断層面、断層帯に沿う地すべり地域 (温泉・地熱が要因となっている可能性が強い)、地熱に関連が深い水銀鉱床の採掘跡などを見学する機会を得た。これらの見学を通じ、もっとも印象的であったのは、断層地形がきわめて明瞭であることである。そこでは、先第三系と第三紀礫岩層が断層面を境にして直接接する崖面露頭、鏡面をもった断層面の露出、平地 (地溝帯中央) に向って階段状に標高を減じる平坦面の発達などが観察される。温泉・地熱地域も地壘帯と地溝帯との境界をなす断層帯に沿って発達することは容易に理解できる。

(3-2) - 2. 地熱活動

ゲディズ地溝帯に沿って発達する地熱徴候については、地質構造の規制が明瞭であるのに比して、本源熱源であるマグマ・火山活動については不明である点で特徴的である。以下に現地での調査と説明とに基づいて本地域の地熱活動について記す。

トゥルグートゥール地域には Urganlı (ウルガンル) と呼ばれる地域 (Akköy 近傍) に温泉～鉱泉の湧出が知られているが、現地を訪れる時間はなかった。ウルガンル付近はゲディズ地溝帯中に孤立した地壘状に基盤岩が露出している。MTAの科学者達はゲディズ地溝帯沿いに横ずれ成分の大きい断層運動が連続し、上記小地壘部でその運動がさえぎられて、ここでは地溝帯の幅員が広くなるとともに、断裂が地下深部に達していると考えている。また、この断裂が地下深部からの高温の火山性ガスの上昇を可能にしていると考えている。

サハリヘリ地域の地熱活動はゲディズ地溝帯の南縁を画す東西性の階段状断層に沿って、その徴候がみられる。サハリヘリは人口5万2千人程の都市でぶどうの集散地となっているところであるが、その西南西約7kmの Çamur (チャムール) とサハリヘリの南約3.5kmの Kurşunlu (クルシュンル) に温泉湧出がある。両地点とも、先第三紀基盤岩と第三紀層の境界付近に発達する温泉地熱地域である。ここでは温泉は浴用等に利用されており、クルシュンルでは沸点に近い温泉湧出がある。われわれの温度測定では泉温90℃を得、乳白色硫酸酸性泉の湧出が見られた。

両地域では合計14地点で温泉水の化学調査がなされており、地化学温度計法による推定温度が求められている。これによれば Tsio₂ 法で最高温度182.3℃、Na/K 法で同様275.8℃、Na-K-Ca 法で同様292℃が得られている。

サハリヘリ地域の地熱徴候について、現地訪問の結果をもとに述べれば、本地域の地熱活動が

地溝帯と地壘帯の境界に沿って断層帯に強くその分布が規制されていることは明瞭である。したがって高温の地熱流体の上昇通路は東西性の断層面に沿って発達するのであろう。この断層帯は地形的にも明瞭に認められており、断層崖の一部には地すべり地形も発達する。この地すべり地形が発達する地点には多くの温泉湧出が認められることから、地熱・温泉に要因の深い地すべりである可能性も高い。

地熱調査は、地質調査、地化学（温泉水分析）調査の他に、電気探査（ウェンナー法）、重力調査などが実施されており、本地域の地熱活動は前述のディキリーベルガマ地域のそれと較べて、地表徴候については劣らない。

しかし、地理的にディキリーベルガマ地域に較べて内陸域にあり、かつ地形も相対的に急しゅんな本地域は、地熱開発観点からみた場合、条件は劣る。温泉湧出はチャムールで見たように豊富ではあっても、それがすでに利用されていることも考慮する必要がある。

（3-3）クズルデレーデニズリ地域

本地域はメンデレス地溝帯とゲデイズ地溝帯の交点に位置し、その地熱調査は1965年より開始された。

地質調査、物理探査、地化学探査、108孔に及ぶ測温孔を実施した結果、1969年有望な地熱貯溜層を発見した。

17孔の生産井を掘進して、貯溜層としては浅部層（400m, 198℃）と深部層（450~1,100m, 212℃）を確認した。

現在、20MWの地熱発電所の建設を完了したがカルシウムスケール問題が未解決のためフル操業には至っていない。

現地訪問では発電所の状況把握が目的であり、同地域の地熱活動について詳しくみる機会もなかった。

本地域は Buldan（ブルダン）地壘帯の南縁に発達する地熱地帯であるが、最初の開発地点として選定された理由の一つには、本地域で蒸気の噴気がみられたことがあげられる。これは本格的な噴気現象ではなく、地表水が高い地温によって熱せられて蒸気が立ち昇っていたものであるとの説明があった。

カルシウムスケールの問題点については別項で述べる。今日、カルシウムスケール（ CaCO_3 ）付着に関してはわが国でもサンシャイン計画中の研究開発テーマの一つとしても取り上げられており、技術的克服の見通しも得られている。ただし、この成果をすぐに本発電所に適用するには、生産井の掘削仕様等で制約がありそうである。

なお、1986年1月27日にも再度現地を訪れて現況を見る機会があったが、ここではその内容については省略する。

（3-4）ゲルメンジック地域

本地域はイズミールの南東70km, Büyükenderes 地溝帯の北縁に発達する地熱地帯である。同地

溝帯に発達したアイドゥン市（人口約13万人）の西側20kmにあって、ここでも地熱地帯は地溝帯と地呈帯を限る断層帯に発達する。

本地域では現在生産井の掘削段階に入っており、1985年7月9日現在、6本の生産井が掘削され、7本目が掘削中であった。本地域の地熱地域の広がりには約20km²と考えられ、ここで掘削された6本の坑井からはいずれも地熱流体の噴出を見ている。この中で坑井深度285mで205℃に達した坑井が1本あり、世界でももっとも浅部の地熱貯溜層であろう。本地域の最高温度はこれまでに231℃（1,200m深）が得られている。GE-7坑は掘削途中で、約1,000m程度の深度を掘削中とのことであり、カッティングスは先第三系の黒色をした片岩質岩である。

1986年1月27日、きわめて短時間であったが、再度現地を訪れる機会があった。この時点では7坑の掘削が終了し、リグは8本目の掘削に入る直前であった。詳細は明らかではないが、GE-7坑は2,400m深まで掘削され、温度215℃で235 ton/hrの地熱流体産出（最大量か）を見たという。

(4) 地熱開発における CaCO₃ スケール付着について

トルコの地熱開発における技術的課題の一つとして、地熱流体抽出に伴う CaCO₃ スケール付着の問題について述べる。

1985年7月に調査団が訪れた地熱地域、デイキリーベルガマおよびサテリヘリートゥルグートゥル地域で地表地熱徴候として炭酸石灰華が小丘をなして堆積しているのが認められたことは、この両地域における地熱開発に伴うスケール付着が技術問題として生じ得ることを示唆している。

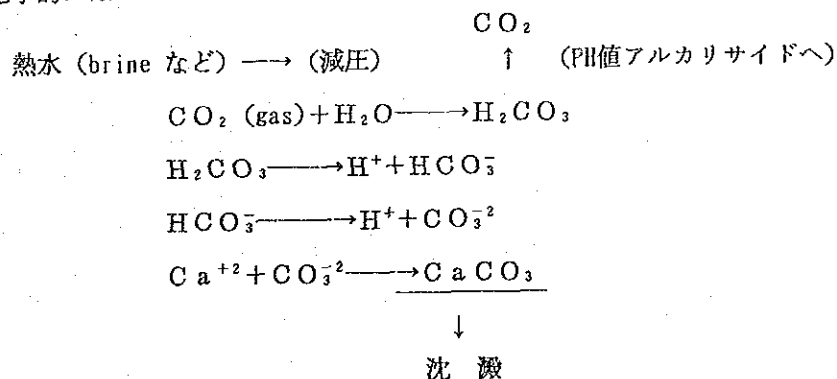
クズルデレ地熱発電所では CaCO₃ スケール付着による問題が生じている。CaCO₃ スケール付着はトルコの地熱利用に関する共通した問題であるとも言えよう。CaCO₃ スケール付着についてはわが国でも北海道森地熱発電所で同様の経験を持ち、技術的に克服されつつある。

(4-1) CaCO₃ スケール発生メカニズム

化学的にはスケール発生メカニズムは次のように考えられている。

地熱流体中の Ca は地下高温高圧下では重炭酸カルシウム Ca(CO₃)₂ として溶けており、流体採取の際の減圧により CO₂ の一部が流体中から分離する際に、流体はアルカリ側に変化し、CaCO₃ が沈澱する。

即ち化学的には



(4-2) スケール付着コントロール

CaCO₃ スケール付着は次のいくつかの化学的方法によって付着防止もしくは軽減がなされており、各地熱サイトに合った方法が適用される。

(1) 化学的方法

- i) ダウンホールポンプ使用による熱水をフラッシングさせないで採取する方法 →主に低温熱水へ適用（わが国ではサンシャイン計画の一環としてNEDOが58年からダウンホールポンプの開発研究を進めている）
- ii) フラッシュした熱水中のCO₂注入による Carbonate 生成阻止
- iii) 弱酸添加によるPHコントロール（わが国では濁川における森地熱発電所配管について実施）
- iv) スケール付着阻止剤混入による坑井管壁への付着阻止（わが国ではサンシャイン計画の一環としてNEDOが研究中であり森地熱発電所で実効を上げている）。その主旨は以下の通りである。

阻止剤のテスト（137種類，ポリアクリル酸系，リンゴ酸系，リン酸系他）を行い，235℃下24時間以内で変化を生じない24種（ポリアクリル酸系19，ポリカルボキシル系4，リン酸系1）が有効であることを確認。

(2) 機械的方法

付着したスケールを機械的に取り除く方法で，坑井内，地上施設の両方に適用される。

(4-3) クズルデレ地熱発電所における対処方針

試験発電後，スケール付着問題が一時深刻化したようであるが，スケール阻止剤テスト，クリーニングテスト等を実施中であり，現状では予備孔掘削を行うとともに，スケール付着坑内部のクリーニングを行うことによって対処しつつある。クリーニングに要する期間は1週間程度である。本問題については技術的対処が可能となり，深刻な問題でないとの報告（Tan, 1985）が学術誌に報告されている。

以下にTan論文の抜粋を示す。

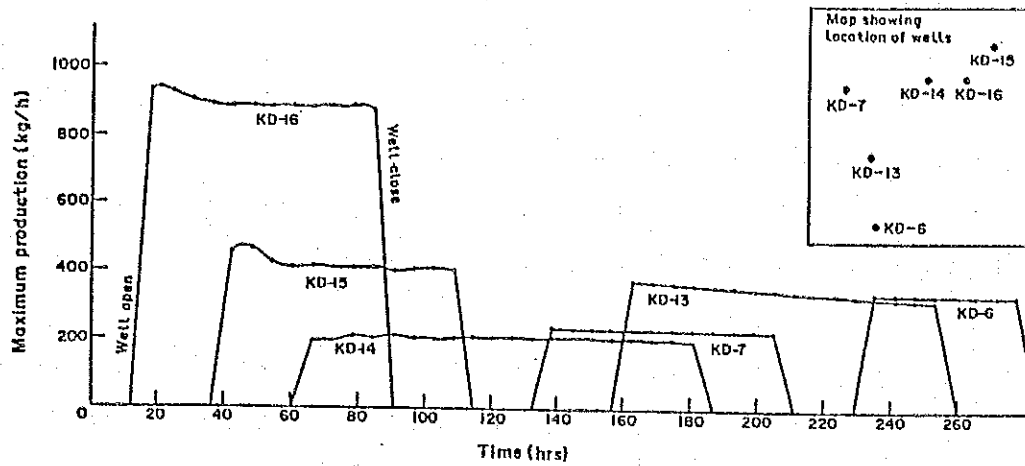
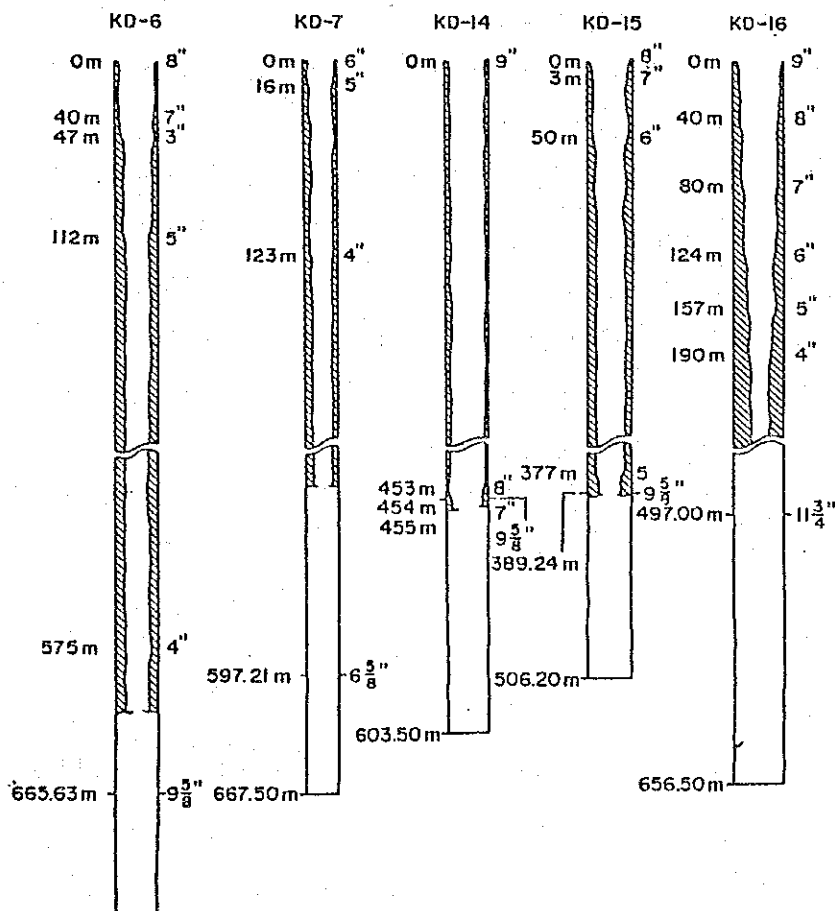


Fig. 3. Interference between KD-16, 15, 14, KD-14, 17, 18 and KD-13, 6.



In order to study the effects of this much scaling and of the reduction in diameters on the maximum production of the wells, with constant reservoir temperatures and pressures, the maximum well flow rates were measured before the production test, after the production test and then after scaling had been removed mechanically. Table 7 shows these maximum productions of the wells before the test, after the test and after de-scaling. The table reveals that flow rate decreases on average by about 50%. The decrease in KD-14 is only about 18%, because of a lower flow rate from the 9" I.D. casing and minor scaling. It decreases by 74% in KD-16, but the production period of this well is 18 months. After scaling has been removed almost all of the wells return to their original production capacity. As de-scaling of one well with a GD-3000 drilling machine usually takes about 1 week, scaling is not a serious problem for the field.

E. Tan (MTA) : Geothermics v.14, 1985 より一部抜ス

(4-4) ディキリーベルガマ地域におけるコメント

調査対象の中心となるディキリ地域の温泉水成分は、組織的にはクズルデレ熱水より含有成分が少いが、温泉水が表層水の稀釈の影響を受けていると考え、本地域でのスケール付着問題が、相対的にクズルデレに比して小さいとは必ずしも言えない。両地域でサンプリング条件が等しい温泉水の成分比較がまず必要である（広域ディキリーベルガマ地域中温泉水にはCaイオンの多いものもある）。

また、本調査が試錐坑掘削へと進んだ場合、その岩芯（またはチップ）を用いて、割れ目を充填しているCaCO₃を分析し、生成温度、圧力条件等の推定が以後の開発計画（発電または多目的利用）策定に必要となろう。このため、クズルデレ井のスケール分析（化学組成、流体包有物）を行い、今後の予測資料とすることも重要であろうと思われる。

スケール付着は貯溜層の地質条件によって大きく変わり、生産井掘削段階ではスケール生成の少ない地熱貯溜層からの流体採取の努力も重要である。

クズルデレでの事例に示されるように、生産井毎のスケール付着速度は大きく異なり、TH-1と呼ばれる坑井（深度615.5m、貯溜層深度300m、同温度116℃）では余りに早いスケール付着のため、使用に耐えなかった（TAN, 1985）。ディキリーベルガマ地域の貯溜層は新第三紀層中の浅部貯溜層と先第三紀層中の深部貯溜層の発達が予想されるが、石灰岩層の発達する浅部貯溜層からの地熱流体採取の場合、スケール付着の問題は相対的に大きくなる。

先第三紀基盤岩中に発達する相対的深部地熱貯溜層からの流体採取は、高エンタルピーであることと、スケール付着軽減の観点から注目され、トルコでの地熱探査指針も深部地熱の採取を指向している。この場合、基盤岩中に挟在する結晶質石灰岩層の多寡が、採取流体のスケール付着に強く関与すると考えられる。

(5) 本格調査実施上の留意点及び提言

1986年1月、アンカラにおいて署名された Scope of Work に従い実施される各種調査について、上記の観点から述べれば次の諸点が上げられる。

(5-1) 調査実施上の留意点

項 目	既 存 資 料	留 意 点
地 形 図	縮尺 1:50,000 " 1:25,000	地形図持出し禁止となっている。MTA側に早急に準備してもらうことが必要。詳細調査、今後の調査展開を考えると1:10,000、又はそれより大縮尺の地形図が必要ではないか。（トルコ側では必要なら1:5,000 地形図作成も可としている）

<p>空中写真</p>	<p>縮尺(約1:33000)</p>	<p>断裂系の把握に利用が望ましい。立体視観察が効果的</p>
<p>衛星画像</p>	<p>NASA/Landsat データ, イタリア Fucino 局を通じて雲のないデータが得られている。 一例として1984年11月26日取得のTM (Thematic Mapper) データ(イズミール〜ディキリ・ベルガマ地域を含む)は解析に適している。 MTA Dept. of Geophysicsでは専用のメモリーをもつ画像解析装置(米国 I₂S 社製)を用いてTMの解析をCRT上にて実施中である。ただし上記シーンのCCTはない)。</p>	<p>Cell 分解能約80mのLandsat MSS (4バンド)データも利用可だが, 同30mのLandsat TM(7バンド)データの利用が望ましい。 磁気テープ(CCT)からのコンピュータ画像処理技術はわが国でも進んでいる(MITI/ERSDAC; STA/RESTEC) Ismail Henden (Head of Remote Sensing Lab. Geophys. Dept.) とコンタクトをとりつつ, MTAでどの程度のことのできるかを明確にしておくことが必要であろう。</p>
<p>地質図</p>	<p>37km(EW)×31km(SN) =1,147km² 縮尺:(1:50,000) 調査者:Akiirek, Soysal(1978) 地熱地質担当者:Yilmazer</p>	<p>岩相分布図に近く, 層序・構造等が読みにくい。今後, 坑井調査等調査の進展を考えると, そのための評価基図として不十分である。 層序・構造:Dikili grabenを横断する測線に沿って層序, 岩相の推定と層厚の算定が必要</p>
<p>地質構造</p>	<p>ほぼ同域の断裂構造図(断層のずれのセンスの記載もあり, graben 中にも推定断裂が引かれている)。</p>	<p>基盤岩中における石灰質岩出現の頻度の推定をしておくことが好ましい。主断層, 副断層等の仕分けと落差, ずれの大きさが分るものについての明確化, 断裂を二次鉱物が埋めているかどうかの判定が必要。</p>

<p>熱源岩調査</p>	<p>年代測定：Kozak 花こう内緑岩 4ケの年代測定あり，隣接岩の測定値1ケ，花こう内緑岩年代は $20.3 \pm 0.9 \text{ Ma} \sim 37.6 \pm 3.3 \text{ Ma}$，隣接岩 $79.8 \pm 8 \text{ Ma}$，一般には古い後者の時代の貫入岩と考えられている。</p> <p>Yuntagi 火山岩類，6ケの年代測定値があり，$16.7 \text{ Ma} \sim 18.5 \text{ Ma}$（中新世初期）。</p> <p>Yuntagi 火山岩類を切る Dededag 玄武岩については測定値なし。</p>	<p>火山岩：Kozak 岩体の貫入時期は年代測定値のバラツキが大きい。岩体を切つての多くの aplite 脈岩の貫入があると記されており，これらは熱源岩としての可能性もある。事実の解明の観点からはこの貫入岩体の年代を明確にすることは寄与が大きかろう。Yuntagi 火山岩類は岩種も多様で時代も更に新しいものがある可能性がある。流紋岩ドームの生成年代は，地熱々源と関連する可能性がある。Dededag 玄武岩も年代測定が可能かもしれない（困難かも知れない。An組成なら可といえる。測定を試みるのが熱源推定上重要と思われる）。</p>
<p>変質帯調査</p>	<p>変質帯のひろがり把握されていない。</p>	<p>変質帯：酸性変質帯の発生は貧弱と思われるがその分布を把握することは重要なため，地質調査の一環として本調査項目を加えることが必要。また Calcareous sinter の分布とその生成鉱物を分析することは熱水挙動把握上からも重要であろう。</p>
<p>温泉・地化学調査</p>	<p>Dikili-Bergama 域で7ケ所の成分分析が実施済み（Yilmazer, 1984）。18成分+温度，PH</p>	<p>測定データの精度に関して，陽イオン群，陰イオン群間のチャージバランスが悪く，疑問が残る（ディキリ CAMUR ILI CAS I(1) < Yilmazer Fig. 5 の両イオン群 K^+, Mg^{+2}, Na^+, Ca^{+2} & HCO_3^-, CO_3^-, SO_4^{2-}, Cl^- のチャージバランス差は 1898% に達する。ふつうはこの差は 0% に近い >。Na 濃度に比し Cl 濃度が低いのも気になるところである。</p> <p>温泉名とその位置が不詳なものが多い。各測定地点を明確にしておく必要あり。テスト的にサンプルチェックを行うのが</p>

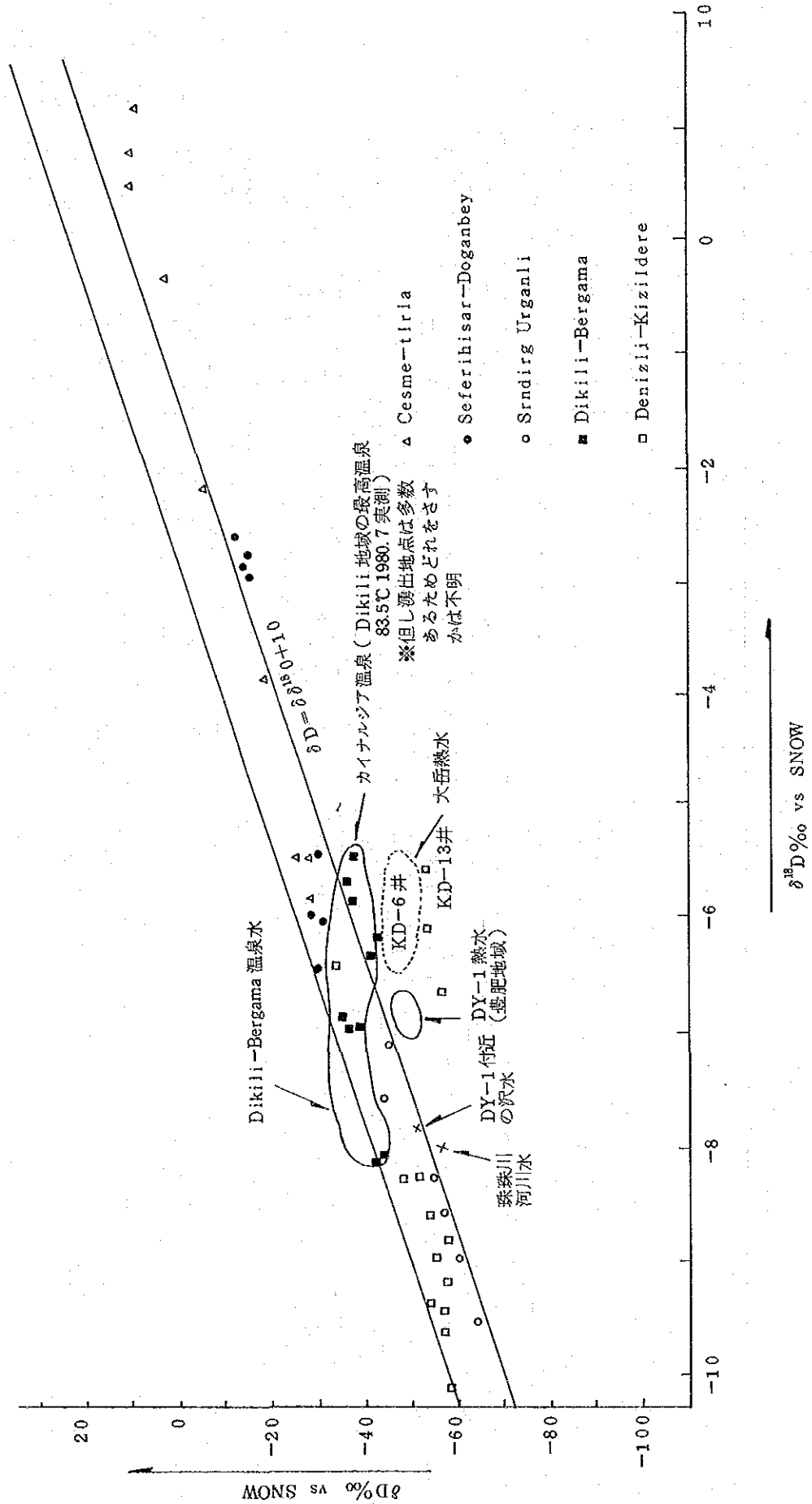
		よいと思われる。この折には、水化学専門家の立合いが望ましい。
水同位体調査	<p>11ヶのサンプルにつきδD, $\delta^{18}O$ (測定: 重水素サクレー(仏), トリチウム, ^{18}O, ^{13}C, P & M キュリー大学)</p> <p>10 温泉水, 1 冷水</p> <p>トリチウム濃度 (Unit) 調査は未実施</p>	<p>Dikili/Bergama の水同位体比からは、同地の温泉水の ^{18}O シフトがプラス側にあり、マグマ水起源の可能性も示唆される結果となっている。同様の傾向はトルコでは Çeşme-Urla, Seferihisar-Doganbay などエーゲ海よりの温泉水にみられる。</p> <p>グズルデレ地熱発電所の坑井水は明らか ^{18}O のプラスシフトが見られる。</p>
地化学調査	実施されていない。	<p>graben 下に発達する断裂系の確認等が対象となろう。断裂帯あるいは地熱貯留部の上部表層には CO_2, Hg, H_2S, CH_4, NH_4 などの濃集が期待されるかも知れない。断裂帯には一般に Rn の濃集も高い。</p> <p>土壌ガス法 (CO_2, Rn, Hg, H_2, He, CH_4, He/Ar, Ne/He, CH_4/CO_2, He/CH_4, Ne/Ar など, CO_2, Rn, Hg は現場測定可), 最近開発された手法として Fingerprint 法 (コロラド鉱山大開発) などの調査手法がある。</p> <p>地化学温度計の適用に当り、間違った式を使っているのが気になる。</p> <p>(Yilmazer, 1984, Fig. 6)</p>
重力調査	<p>縮尺 1:50,000 重力図</p> <p>(測点密度, 均一ではない。ラコステロンバーグ, ウォルドン両重力計使用, 原データはある)</p>	<p>既存データをとりこみ</p> <p>再分析の場合, 10% 程度の重複調査が必要であろう。</p> <p>オリジナルデータの使用について制約条件に注意</p>

<p>磁 力 調 査 弾 性 波 (反 射 ・ 屈 折) 自 然 地 震 空 中 熱 赤 外 流 電 々 位 電 気 探 査 M T 法</p>	<p>実施済み 実施されていない " " " Wenner法Schlumberger法 (MTA自作機), 測線長20km 実施されていない(関心は高い)</p>	<p>※提言をみよ ※ 同 上 (データ解釈に注意)</p>
<p>測 温 調 査 (8 0 m 級)</p>	<p>Dikili 地域に10本掘削, 最高 温度はDG1(58.5m深, 29.5℃)</p>	<p>測温データコンターを抽くには粗すぎる。 測温データの詳細取得の要。</p>

デイキリーベルガマの温泉水の化学成分 (Yilmazer, 1984) から算出したイオンのチャージバランス。一般には土イオンのバランスがとれた結果がでる 3, 4 など良い結果とはいえない。

	K	Na	Ca	Mg	total	チャージバランス
1	33 8440 3.2%	562 24446 9.23%	12 5988 2.3%	7.3 6007 2.3%	264895 276559 541454	2.15%
2	40 10231 3.5%	593 25794 8.71%	40 19960 6.7%	9.7 7982 2.7%	296113 201650 497763	1.898%
3	37 9463 3.3%	590 25664 9.04%	24 11976 4.2%	7.3 6007 2.1%	284086 233330 517416	9.81%
4	33 8440 3.1%	575 25011 9.31%	10 4990 1.9%	6.1 5020 1.9%	268560 361436 629996	1.474%
5	5.4 1381 0.8%	375 16312 9.45%	10 4990 2.9%	3.6 2962 1.8%	172453 175664 348117	0.92%
6	11 2813 1.4%	310 13484 6.689%	118 58882 2.92%	6.1 5020 2.5%	201555 207191 408746	1.38%
7	3.6 0921 0.6%	360 15659 9.40%	16 7984 4.8%	1.2 00987 0.6%	166482 158877 325359	2.34%
	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	Cl		
1	763 12505 4.52%	84 27996 10.1%	474 98691 35.7%	88 24822 9.0%	276559	
2	860 14094 6.99%	54 17997 8.9%	48 9994 5.0%	116 32719 16.2%	20165	
3	520 85222 36.5%	60 19997 8.6%	469 97650 41.8%	108 30463 13.1%	233330	
4	480 78666 21.8%	450 14998 41.5%	505 10515 29.1%	98 27642 7.6%	361438	
5	580 95055 54.2%	45 14998 8.5%	265 55175 31.4%	37 10436 5.9%	175664	
6	150 24583 11.9%	18 05999 2.9%	790 16448 79.3%	43 12129 5.9%	207191	
7	18 2950 1.9%	446 14864 93.5%	35 7287 4.6%	0.0	158877	

Filliz 論文(1984)を統一的に redraw したものの
日本の大岳, 豊肥地熱調査データを入れた



坑井中を液体が上昇し、急激に蒸気分離しつつ断熱冷却した場合の適用式

Na/k/Ca 法

$$t(^{\circ}\text{C}) = \frac{1533.5}{5.768 - \log \text{SiO}_2} - 373.15 \quad (t=125 \sim 275 = \pm 7^{\circ}\text{C}) \quad T(^{\circ}\text{C}) = \frac{1647}{\log(\text{Na}/k) + \beta[\log(\sqrt{\text{Ca}/\text{Na}}) + 2.06]} + 247 - 273.15$$

温泉水の上昇のよりに伝導冷却の場合の適用式

$$t(^{\circ}\text{C}) = \frac{1315}{5.205 - \log \text{SiO}_2} - 273.15 \quad (t=125 \sim 250 = \pm 0.5^{\circ}\text{C})$$

玉髓が存在するよりな比較的低温の場合の適用式

$$t(^{\circ}\text{C}) = \frac{1015.1}{4.655 - \log \text{SiO}_2} - 273.15$$

Na/k (Truesdell)

$$T(^{\circ}\text{C}) = \frac{555.6}{\log(\text{Na}/k) + 0.8573} - 273.15$$

ここで $\beta = \frac{4}{3}, t < 100^{\circ}\text{C}$ のとき

$\beta = \frac{1}{3}, t > 100^{\circ}\text{C}$ のとき

HOT SPRINGS	Na/k GEOTHERMOMETERS L. 855.6 - 273.15 log SiO ₂ (ppm)		SiO ₂ GEOTHERMOMETERS L. 1315 - 273.15 log SiO ₂ (ppm)		Na-K-Ca GEOTHERMOMETERS L. 1647 - 273.15 log (Na/k) + β [log (√Ca/Na) + 2.06]		No. K. Co COTERMOMETERS (L. 1647 - 273.15 log (Na/k) + β [log (√Ca/Na) + 2.06])
	136.5°C	129	142.5	130	132.5	104	
DİKİLİ İLİCASI	136.5°C	129	142.5	130	132.5	104	171.5
DİKİLİ ÇAMUR İLİCASI (1)	148.5	142	142.5	142.5	147.5	121	142.5
DİKİLİ ÇAMUR İLİCASI (2)	142	135	137.5	137.5	141.5	114	154.5
DİKİLİ ÇOBAN İLİCASI	134.5	127	126.5	126.5	128.5	99	172.5
GÜZELLİK İLİCASI	43	32	104.5	104.5	103	71	91
KOCAOBA İLİCASI	102	88	123.5	123.5	125	96	
BERGAMA DUBEK MVK. ARTEZYEN	—	—	134	134	137	135	—

FIG-6 THE RESERVOIR TEMPERATURES WHICH AREA CALCULATED BY USING GEOTHERMOMETERS
SEKİL-6 JETTERMOMETRELERLE HESAPLANAN REZERVUAR SICAKLIKLARI

Yilmazer 論文 (1984, Fig. 6)

クズルデレ 地熱水の化学成分 (Şimsek, 1985)

Well No.	Date	Concentrations in water (ppm)																Concentrations in water (ppm)				Geothermometers	
		pH	Na ⁺	K ⁺	Fe ⁺⁺ (total)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	I ⁻	S ²⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Lab. SiO ₂	NO ₂ ⁻	As (total)	NH ₄ ⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Na-K (°C)	Na-Ca (°C)	
KD 1	14-8-1968		1468	174		2.7	0.72	22.5	120				847	1.0					360	2183	232	232	
KD 2	11-12-1968	8.9	1272	136		2.3	0.48	19.8	142				1015					72	1974	223	221		
TH 1			734.2	30.2		34.5	38.8	0.2					590	1.2	0.0				361	1906	232	261	
KD 1A	31-12-1970		1251	132		0.8	0.8	19.3	123				742		0.0				361	1528	225	256	
KD 3	6-3-1969		1191	130		1.6	0.0	21.5	60.6				887	0.75			4.45	276	1744	201	236		
KD 4	18-7-1969	8.9	1587	131		2.4	0.92	8.25	96.0				847		0.0			424	2043	205			
KD 111	30-9-1971		1040	90		3.2	1.7	16.0	81.0				743				3.6			2043	228	249	
KD 6	4-8-1976		1340	152	0.00	1.4		17.0		0.1			807	0.00	120	0.51	0.78	4.66			228	250	
KD 6 Separator	13-9-1976	8.7	1310	140	0.6	2.6	1.24	19.5	117	2.1	0.2		743		120		0.49	3.0	258	2147	205	181	
KD 9	20-7-1970	8.0	1120	49.8		6.9	10.7	3.05	107				813		248				261	1426	157		
KD 12																							
KD 8	30-9-1971		1492	88		18.0	25.0	6.25	113				782						453	2147	176		
KD 7	22-7-1976		1420	164	0.00	2.2		11.5		1.4			816	0.0	123	0.36	0.71	7.88			230	256	
KD 7 Separator	22-7-1976	8.4	1420	154	0.08	0.8	1.58	24.5	122	1.9	1.6		758		125		0.43	3.7	318	2147	224	268	
KD 13	22-7-1976	8.5	1300	138	0.1	2.0	1.26	20	117	1.7	1.6		773		120		0.46	3.1	360	1880	222	251	
KD 13 Separator	22-7-1976	8.5	1300	136	0.1	1.0	1.1	19.8	116	1.7	1.9		745		128		0.60	2.8	240	2144	222	259	
KD 14	22-7-1976	8.7	1410	132	0.08	2.0	0.0	24.8	125	1.8	1.6		737		125		0.72	3.2	408	1922	224	256	
KD 14 Separator	22-7-1976	8.5	1410	132	0.2	1.7	2.7	25.3	122	1.8	1.9		749		128		0.59	2.4	180	2388	224	228	
KD 15	24-7-1976	8.2	1340	138	0.2	2.0	0.97	22.3	117	2.1	1.3		730		125		0.45	4.8	216	2257	220	251	
KD 15 Separator	24-7-1976	8.9	1340	142	0.06	2.0	0.68	22.8	116	1.8	1.9		750		118		0.62	3.2	324	2368	220	251	
KD 16	22-7-1976	8.8	1400	148	0.06	2.2	0.0	25.5	122	2.9	1.4		714		128		0.71	3.6	336	2117	222	253	
KD 16 Separator	22-7-1976	8.7	1400	146	0.0	1.6	2.7	23.5	123	2.2	1.6		707	0.0	360	0.00	0.37	4.0	198	2385	232	254	
KD 15+16	13-3-1976		1460	164	0.00			26		1.3			830	0.00	130	0.81	0.38	4.34			2729		
KD 14+15+16	13-3-1976	9.0	1473	156	0.0	3.7	2.7	27	136	1.8			913	0.3	37	6.9	0.30	2.0	219	2729			
KD 7+13+14+15+16	13-3-1976	9.0	1440	156	0.0	8.0	3.6	25	133	0.0	4.1	0.0	795	0.6	357	1.63	0.71	3.2	306	2361			
KD 7+13+14+15+16 Dogal Kaynakla	13-3-1976	8.9	1530	147	16.4	4	5.9	22	130		1.5	0.0	882	0.00	140	3.1	0.12	0.60	540	1890			
Menderes N. Sundaj 10 km uzakla	13-3-1976	8.0	39	4.1	0.0	139	64	0.42	25	2.2	0.6	0.0	306	4.8	15	0.23	0.0	0.0	18	305			
Menderes River	13-3-1976	7.7	48	5.50	1.9	75	38	0.5	23				148	1.1	17	0.00	0.00	0.03	0.0	311			

(* B. 20 ~ 30 ppm)

Dikili-Bergama の温泉水の化学成分 (Yilmazer, 1984)

(1)	HOT SPRINGS	T	PH	ION																KARSLI TIRMASI		
				K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Fe ⁺⁺	TOTAL AS	B	SiO ₂	HCO ₃ ⁻	CO ₂	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	I ⁻	F ⁻	S ²⁻		No ₂ ⁻	No ₃ ⁻
(1)	DIKILI ILICASI	51	8.85	33	562	4.9	12	7.3	0	0.30	9.5	92	763	84	474	88	86	4.7	0	0.27	4.8	rNa) rCa) rMg rHCO ₃) rSO ₄) rCl
(2)	DIKILI CAMUR ILICASI (1)		8.45	40	593	0.8	40	9.7	0	0.32	8.8	120	860	54	48	116	0.5	5.0	0.0	0.00	12	rNa) rCa) rMg rHCO ₃) rCl rSO ₄
(3)	DIKILI CAMUR ILICASI		8.7	37	590	1.0	24	7.3	0.0	0.45	9.3	108	520	60	469	108	0.7	5.0	0.0	254	12	rNa) rCa) rMg rSO ₄) rHCO ₃) rCl
(4)	DIKILI COBAN ILICASI		9.1	33	575	7.1	10	6.1	0.0	0.08	9.0	85	480	450	505	98	0.5	5.4	0.0	0.37	0.0	rNa) rCa) rMg rSO ₄) rHCO ₃) rCl
(5)	BERGAMA GÜZELLIK ILICASI		8.9	5.4	375	0.9	10	3.6	0.0	0.08	1.0	51	580	45	265	37	1.3	2.6	0.0	1.8	2.3	rNa) rCa) rMg rHCO ₃) rSO ₄) rCl
(6)	KOCA OBA ILICASI	64	8.85	11	310	0.9	118	6.1	0.0	0.00	0.4	80	150	18	790	43	0.0	4.3	0.0	0.00	0.0	rNa) rCa) rMg rSO ₄) rHCO ₃) rCl
(7)	BERGAMA DÜBEK MVK. ARTEZYENI	60	8.7	3.6	360	1.9	16	12	0.0	0.00	100	370	18	446	35	0.0	4.5	0.0	0.00	0.00	0.0	rNa) rCa) rMg rSO ₄) rHCO ₃) rCl

FIG. 1 CHEMICAL COMPOSITION OF THE HOT WATER DISCHARGED FROM DIKILI-BERGAMA AREA
SEKIL-3 DIKILI-BERGAMA SICAKSULARININ KIMYASAL BİLEŞİMİ

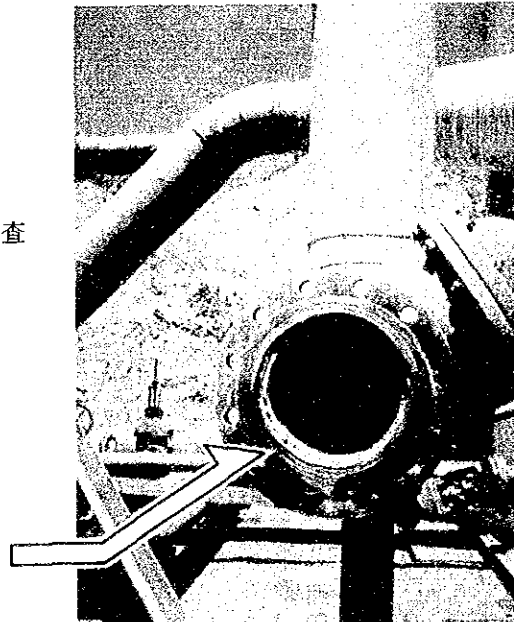
地熱発電所の蒸気成分比較表 (北村, 1983) mol%

発電所名	蒸気成分		ガスの組成				蒸気中の H ₂ S 濃度
	H ₂ O	ガス	H ₂	CO ₂	R	H ₂ S	
松川	99.63	0.37	15.1	82.6	2.3	0.0359	
大浜	99.80	0.20	1.3	95.6	3.1	0.0026	
大野	99.96	0.04	12.6	82.0	5.4	0.0050	
真賀	99.75	0.25	35.7	56.4	7.9	0.0893	
八丁	99.84	0.16	1.3	51.8	46.9	0.00208	
西原	99.94	0.06	24.7	63.9	11.4	0.0148	
ラドレロ	88.0	2.0	1.6	94.1	4.3	0.0320	
ガイザー	99.41	0.59	4.8	55.0	40.2	0.0283	
セロブリエート	99.54	0.46	12.0	87.0	1.0	0.0332	
ワイラケイ	99.94	0.06	4.4	91.7	3.9	0.00277	
泉 (D-3)	94.6	5.4	1.0	97.9	1.1	0.054	

非凝縮性ガスの含有比 (%)*

ラドレロ	4.50-5.00
ガイザー	0.60-1.00
セロブリエート	1.25
ワイラケイ	0.35-0.50
クズルデレ	11-15%

クズルデレ
発電所配管中の
CaCO₃ スケール
付着状態
(1985, 7 予備調査
団訪問時撮影)



(5-2) 提 言

1. ランドサット画像データについて、TMデータに画像鮮鋭化処理をほどこした大縮尺ハードコピーはMTA側でも、1) イズミール支所担当者による構造解釈、2) アンカラ本部におけるプロジェクト説明、の目的のために要望度が強い。MTAには画像処理装置はあるがハードコピー作成はできないので、少なくとも2セットをプロジェクトの一環として下記へ送れば大きな効果を発揮しよう。

1) イズミールでの構造解釈用

同支所長 Özer Ölçer氏

2) プロジェクト説明用

アンカラ本部 Şakir Şimşek氏 地熱プロジェクトリーダー

2. トルコ側が自前で取得した物理探査データ等について、高度の再解析を実施したいという希望がある。その場合、原データの日本への持出しは可であるとのことである。

3. 物理探査についてMT法に対する期待が強い。これは一つには浅所地熱流体採取におけるスケール問題を軽減するため、深部地熱流体採取の重要性に着目していることによる。ただし、MTAは現在MT法について経験がなく、現状ではどのような手法でもその適用に当っては技術学習をしたいという希望がある。

一面、過大な効果期待がある面も否めないのでMT法の効果限界について適切なアドバイスができる調査実施者の選択が重要であろう。

4. 電気探査についてはMTA独自で調査を実施してきた経緯もあり、実施についてはMTA側と測線の設定など十分に討議して進めるのがよい。この場合、MTA側の技術最適任者はイズミール支所の Özgüler 氏である。本人自身もこの点について相談を受けることを望んでいる。

5. 調査法では地化学法（彼らは変質帯調査といっているが内容はより広義である）の適用、技術修得に対する希望が強い。この分野ではわが国の技術も進んでおり、良い効果を発揮できると思われる。

6. 地化学・水化学等の分析はMTAで実施してきているが水の分析は原子吸光法等乾式法によっている（1969年頃に入ったパーキンエルマー370型）、分析は湿式法が精度がよいとされ、MTAにもその設備はあるが地熱目的には使用されていない。サンプル採取用のポリびん等が不足しているようで、消耗品としての補充は歓迎されよう。（イズミールの化学実験室にはさらに物不足、機器不足が印象的であった）。

MTAの測定機器としては日本からの単独機材供与による電導度計。X線回析装置（日本電子製）等が入っており、後者は新しいもので大変役立っていると喜ばれた。

現地での分析等を実施する場合には、実験室の制約から分析結果の精度が落ち得ることも考えておく必要がある。

7. ディキリーベルガマ地域の本源熱源としての火成・火山活動の実態を年代測定法によって明ら

かにしておくことは重要と思われるが、この際測定岩石のサンプリング等に当っては現地技術者と十分打合せて進めることが必要であろう。この場合のMTA側の最適任者はイズミール支所の Esder 氏である。

8. 熱流量図が作成されているが、このために必要な熱伝導率測定はなされておらず、平均値が文献等から引用利用されている。既存データについても原データの質、精度について吟味し、技術協力によって精度向上が見込めるものがあればリファインすることが望ましい。

熱物性等に関してはMTA側の専門家である本部の A. K. Tescan 氏と相談しつつ進めるのが良い。

6. 関 連 事 項

(1) 面会者及びカウンターパートリスト

事前調査団が面会し本プロジェクトについて意見交換したカウンターパート等は以下の通りである。

MEMBERS OF MEETING

i) 大使館との打ち合わせ

DATE : Jan. 23, '86
10:00 ~ 11:00

PLACE: 大使館, Ankara

NAME	TITLE	NAME OF FIRM/ORGANIZATION
川 瀬 正 夫	公 使	在アンカラ日本大使館
勝 亦 孝 彦	技術協力担当書記官	"

ii) MTA 副総裁表敬訪問

DATE : Jan. 23, '86
11:00 ~ 14:00

PLACE: MTA, Ankara

NAME	TITLE	NAME OF FIRM/ORGANIZATION
Orhan Özkogak	Deputy General Director	MTA
Ş. Şimşek	Project Manager	MTA Energy Dept.
Engin Çübükçü	Coordinator	MTA/Dept. of Plan. & Coord.

iii) MTA S/W案協議

DATE : Jan. 23, '86
14:30 ~ 16:00

PLACE: MTA, Ankara

NAME	TITLE	NAME OF FIRM/ORGANIZATION
Ş. Şimşek	Project Manager	MTA Energy Dept.
A.K. Tezcan	Geophysicist	"
A. Koçak	Geologist	"
K. Korul	Petroleum Eng.	"
Engin Çubukçu	Coordinator for Int. Tech. Coop. Dept. of Plan. and Coordination	MTA/Dept. of Planning and Coordination

iv) MTA 総裁表敬DATE : Jan. 24, '86
11:00 ~ 11:30PLACE: MTA, Ankara

NAME	TITLE	NAME OF FIRM/ORGANIZATION
N. Sıtkı Sancar	General Director	MTA
Ş. Şimşek	Project Manager	MTA Energy Dept.
E. Çübükçü	Coordinator	MTA Dept. of Plan. & Coord.

v) S / W 協議DATE : Jan. 24, '86
13:30 ~ 16:30PLACE: MTA, Ankara

NAME	TITLE	NAME OF FIRM/ORGANIZATION
Dr. Ş. Şimşek	Geotng Project Manager	MTA Energy Department
Ali Koçal	Geological Engineer	"
A. Kenan Tezcan	Geophysicist	"
Kadir Karul	Pet. Engineer	"
Engin Çübükçü	Coordinator	Dept. of Planning and Coordination
Ismail Henden	Remote Sensing Project Manager	MTA Geophysical Dept.
Ajilla Ayman	Manager Geophysical Dept.	MTA Geophysical Dept.
Günay Yaldiz	Gravity Project Manager	"
Altan Icerler	Electrical-Electromagnetic vice Project Manager	MTA Geophysical Dept.

vi) クズルデレ発電所視察DATE : Jan. 27, '86
10:00 ~ 11:30PLACE: Kizildere

NAME	TITLE	NAME OF FIRM/ORGANIZATION
Ali Riza Verel	Director	TEK
Ehem Tan	Drilling Engineer	MTA
Kadri Ölçenoglu	"	"

vii) ゲルメンジック調査地域DATE : Jan. 27, '86
15:00 ~ 15:30PLACE: Germencik

NAME	TITLE	NAME OF FIRM/ORGANIZATION
Muhammet Yıldız	Mining (Drilling) Engineer	MTA Germencik Drilling
Süleymon Özudogru	"	"
Coşkun Tari	"	"
Dursun Gürsoy	"	"
Ergün Ataköy	"	"

viii) MTA イズミール支所DATE : Jan. 27, '86
16:20 ~ 16:40PLACE: Izmir

NAME	TITLE	NAME OF FIRM/ORGANIZATION
Özer Ölçer	District Manager	MTA Izmir Branch Office
Mehmet E. Özgüler	Geophysicist	"
Tuncer Esder	Geologist	"
Servet Yilmazer	Geologist	"

ix) Counter-proposal 協議

DATE : Jan. 28, '86
14:00 ~ 15:30

PLACE: MTA, Ankara

NAME	TITLE	NAME OF FIRM/ORGANIZATION
Şakir Şimşek	Geot. Eng. Proj. Man.	MTA Energy Dept.
Vedat Yüksel	Coordinator of Sect. En. Project	MTA Energy Department
Atilla Ayman	Manager of Geophysical Dept.	MTA Geophysics Dept.
Ali Koçak	Geological Engineer	MTA Drilling Department
Abdullah Gülgör	Geothermal Energy Drlg. Project Manager	MTA Onlling Department
Tuğrul Tokgoz	Geophysical Engineer	MTA Geophysics Dept.
Tuncer Ünay	"	"
Allan İçerler	"	"
A. Kenan Tezcan	Geophysicist	MTA Energy Dept.
Tamer Gürsoy	Geophysical Engineer	MTA Geophysics Dept.
Mehmet Emin Özgüler	Geophysical Engineer	MTA İzmir Regional Office
Servet Yılmaz	Geological Engineer	"
Engin Çübükçü	Coordinator	Dept. of Plan & Coordination

x) S/W 署名

DATE : Jan. 29, '86
11:00 ~ 13:00

PLACE: MTA, Ankara

NAME	TITLE	NAME OF FIRM/ORGANIZATION
Mr. M. Sitki Sancar	Gen. Director	MTA
Dr. Orha Özkoçak	Dep. "	"
Mr. Aydın Bircan	Dep. "	"
Mr. Atilla Ayman	Director, Geophysics Depts.	"
Mr. Taoman Özgüven	" , Plan. & Coord. Dept.	"
Mr. Aşkin Volkan	" , Drilling Dept.	"
Mr. Vedat Yüksal	Energy Dept.	"
Dr. Şakir Şimşek	Energy Dept.	"
Mr. Mehmet E. Özgüler	From Izmir Branch Office	"
Mr. Servet Yilmazer		"
Mr. Engin Çubükçü	Plan & Coord. Dept.	"
Mr. Mithat Papila	Director, Lab. Dept.	"
Mr. Abdullah Gülgör	Drilling Dept.	"

(2) 収集資料リスト

- i) 小論文
GEOTHERMAL ENERGY POTENTIAL OF TURKEY AND ELECTRICAL-NON ELECTRICAL USES, 1985
- ii) 小論文
DIKILI-BERGAMA (IZMIR) GEOTHERMAL FIELD OF TURKEY, 1984 by S. Yilmazer
- iii) 小論文
YOUNG TECTONIC MOVEMENTS AND RELATED GEOTHERMAL ENERGY POSSIBILITIES IN GEDIZ VALLEY (MANISA), 1984 by I.H. Karamanderesi and S. Yilmazer
- iv) 小論文
GEOTHERMAL MODEL OF DENIZLI, SARAYKOY-BULDAN AREA, 1984 by S. Simsek
- v) 小論文
DEVELOPMENT OF KIZILDELE GEOTHERMAL FIELD, EXPLORATION OF THIRD RESERVOIR AND ENVIRONMENTAL PROBLEMS
- vi) 小論文
AYDIN-GERMENCİK-ÖMERBEYLİ GEOTHERMAL FIELD OF TURKEY, 1984 by S. Simsek
- vii) 小論文
THE GRAVITY ANOMALIES OF EASTERN MEDITERRANEA AND ANATOLIA AND THEIR SIGNIFICANCE IN THE TECTONIC DEVELOPMENT OF THE REGION by F. Özeici
- viii) ブロッシュャー
GEOTHERMAL ENERJİ 1984 by NTA
- ix) 案内書
GENERAL DIRECTORATE
of MINERAL RESEARCH and EXPLORATION in THE EXPLORATION of MINERAL WEALTH

JICA