

#### 4-4 トルコ側による揚水発電所に係る検討のレビュー

##### 4-4-1 揚水ポテンシャル地点の選定方法

###### (1) 揚水候補地点の選定基準について

トルコ側が実施した揚水ポテンシャル地点の選定基準は原則以下のとおりである。

- ① 大量の電力需要に近い地域を選定する。
- ② 水路延長が2km以下である。
- ③ 有効落差は250m以上である。
- ④ 地質に問題がない（地震の影響を含む）。
- ⑤ 既設送電線までが近い。
- ⑥ 既存の貯水池が利用できる（下部貯水池として発電用ダム、天然の湖が利用できる）。
- ⑦ 500MW以上の出力である。
- ⑧ 自然環境と社会経済（土地取得・住民移転等）への影響が小さい。

EIEではこれらの条件を満足する地点を、2万5,000分の1の地形図及び地質図による机上検討に加え、現地踏査、地表踏査を行って図4-23に示す17の揚水ポテンシャル地点を選定している。現在、17地点のうち、12地点の予備調査レポート（Preliminary Study Report、トルコ語）が作成されており、残りの5地点は作成中とのことであった。本調査団は12地点のレポートを入手した。

揚水ポテンシャル地点の選定基準についてのコメントをまとめると以下のとおりである。

- 1) 揚水発電所は、一般水力と異なり発電用の水をポンプアップする費用が必要となることから、効率的なサイトを選定し、kWあたりの工事費を抑えて経済性を確保しなければならない。このため、 $L/H = (\text{水路長}/\text{落差})$ を小さくする必要がある。EIEの選定基準では $L/H = 2000/250 = 8$ であり、妥当な数値と判断される。ちなみに、実績では400~500mの高落差では $L/H = 10 \sim 12$ 、200mまでの低落差では $L/H = 4 \sim 5$ までが最大許容値として推奨されている。
- 2) 需要地までの距離は基準には含まれていないが、送電ロスを考慮すれば200km以内が適当である。既設送電線までの距離は5~50kmとなっている。
- 3) 発電継続時間の条件はないが、EIEでは2、3時間及び5時間とさまざまな時間が選ばれている。また、出力規模については500~1,600MWと範囲が大きい。ただしEIEが設定した数値の根拠は特にない。将来の需要に見合った最適な発電継続時間、出力規模を検討し設定する必要がある。場合によっては、将来的に貯水池拡張計画を含むような検討も必要となる。
- 4) トルコは地震の多発国であることから、以下の地質に係るリスクの高い要因について地表踏査等で確認する必要がある。
  - サイト周辺に活断層、大規模な断層が存在しない。
  - 活動する可能性のある火山が周辺に存在しない。
  - 貯水池予定地及び周辺に漏水の原因となる石灰岩等の分布がない。
  - サイト周辺は大規模な地滑り地域でない。
- 5) 上部または下部貯水池に既設の貯水池、天然の湖・池が利用できることは一般的には経済性が高いといえる。しかし、以下の理由から、必ずしもダムを構築し新規に貯水池

を造るよりも経済的に有利であるとはいえない。貯水池として利用する既設貯水池において、放水口工事における遮水のための仮設備工事が大規模となり高価となる場合がある。さらに、既設貯水池に治水、灌漑、発電の機能が備わっていれば、揚水発電の運用に制限がかかる可能性がある。したがって、ダムにより上部及び下部貯水池を設けるケースも検討するものとする。なお、すでに開発計画のある貯水池の利用については、実施の可能性、時期について照査する必要がある。

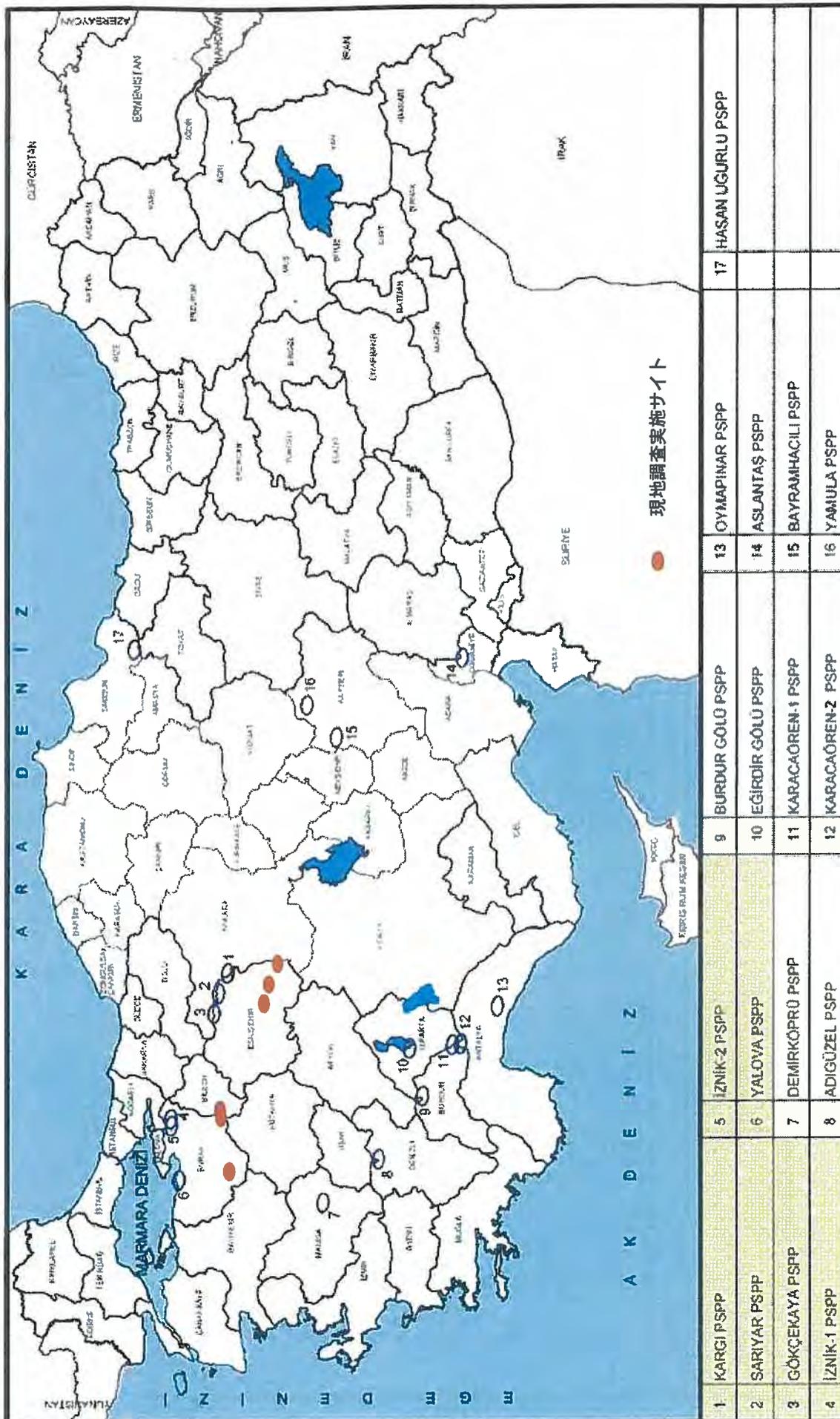


図 4-23 EIE が選定した揚水ポテンシャル 17 地点の位置図

(2) 電力の需要地

トルコ全土の地域別の電力需要を表4-12にまとめる。電力の大消費地はトルコ西南部のイスタンブール、サカリヤ、アンカラ地域に集中しており、この地域で全土の45%強を占めている。選定された17地点は、これらの地域と南西部のイズミールをピーク電力供給の対象地域としている。

表4-12 2006年の各地域の電力需要とその割合<sup>12)</sup>

	地域	電力需要 (2006年)	割合 (%)	備考
1	TRAKYA YTM	28,685,957 MWh	17.5%	イスタンブール
2	KBA YTM	38,000,502 MWh	23.2%	サカリヤ
3	BA YTM	26,714,501 MWh	16.3%	イズミール
4	KEPEZ YTM	5,685,063 MWh	3.5%	
5	KDA YTM	6,190,957 MWh	3.7%	
6	DA YTM	2,798,322 MWh	1.7%	
7	OA YTM	17,698,267 MWh	10.8%	アンカラ
8	ÇUKUROVA YTM	12,226,383 MWh	7.4%	
9	GDA YTM	25,694,923 MWh	15.7%	
	Total	163,694,487 MWh	100%	

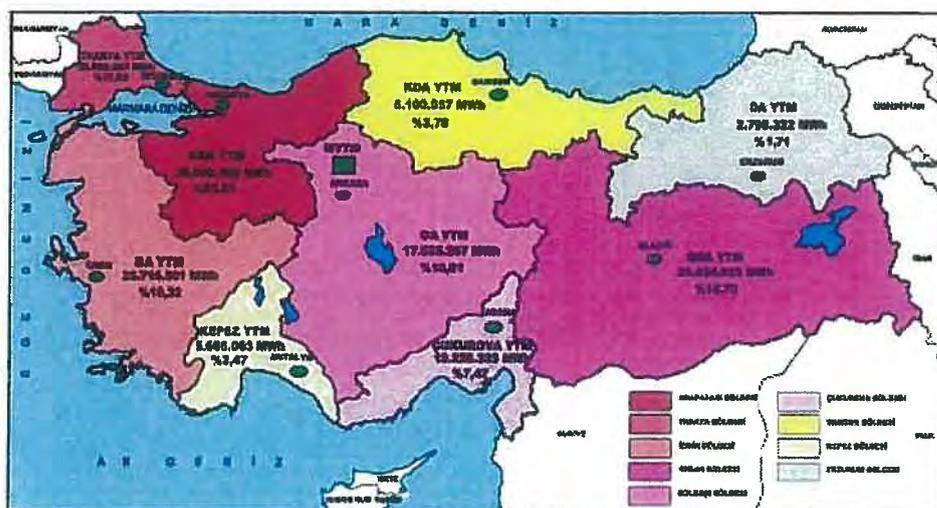


図4-24 トルコの地域別の電力需要状況<sup>12)</sup>



図4-25 トルコの大電力需要地域<sup>12)</sup>

#### 4-4-2 揚水ポテンシャル地点選定に係る情報

##### (1) 地形データ

トルコ全土には2万5,000分の1地形図が整備されている(図4-26参照)。この上の縮尺は10万分の1地形図がある。2万5,000分の1地形図のコンターは10mであり、概略レイアウトは同地形図上で検討されている。

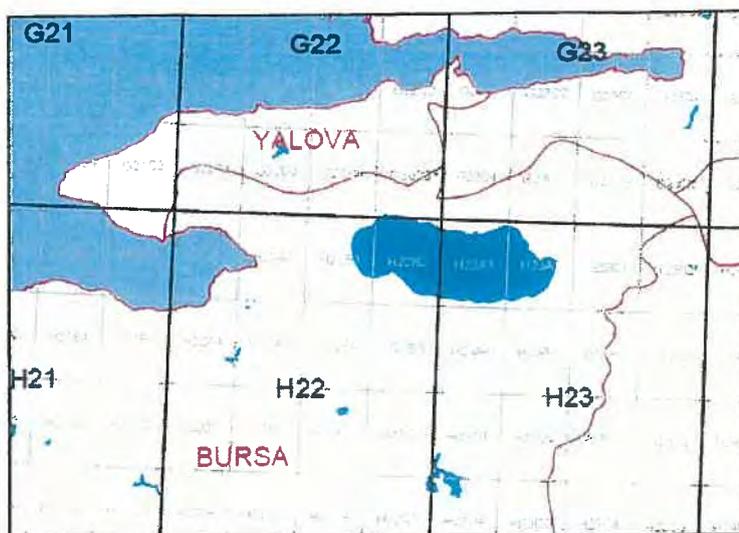


図4-26 Bursa 近傍の2万5,000分の1地形図

##### (2) 地質データ

トルコ全土の地質図は10万分の1が整備されている(図4-27参照)。また、非公開ではあるが、詳細の2万5,000分の1地質図が作成されており、EIEはこの資料も利用している。

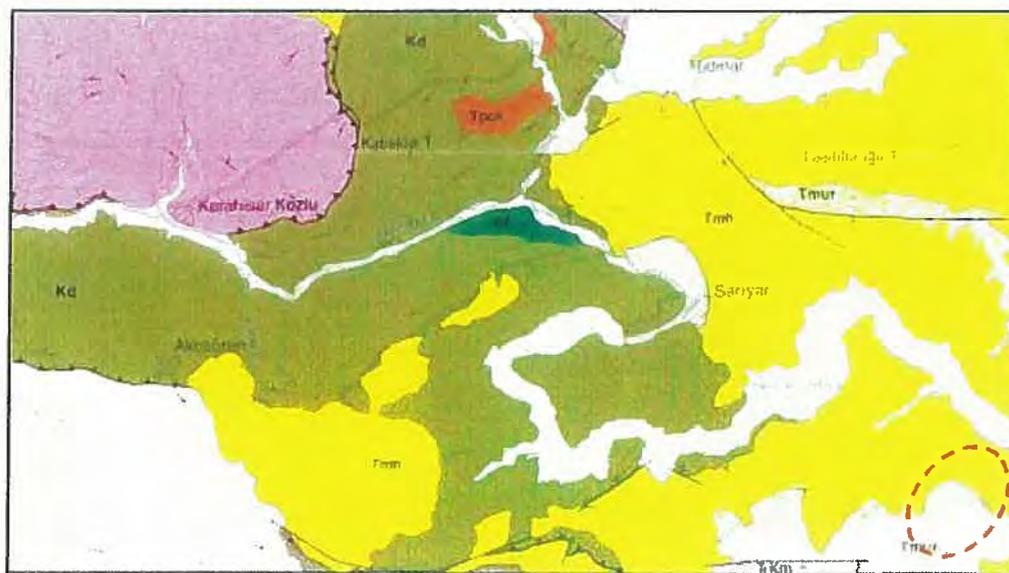


図4-27 Sariyar 近傍の10万分の1地質図<sup>13)</sup>

(3) 気象水文データ

気象水文資料のうち、河川流量は EIE、DSI 及びトルコ気象庁 (AGI : Turkish State Meteorological Service) が測定を行っている。現在、約 300 の測水所で測定が継続されている。また、堆砂観測は EIE (Department of Hydrological Department) で行われている。

表 4-13 流量測水所一覧表 (月流量測定)

No	流域名	計	閉鎖	稼働中
1	Meriç	14	8	6
2	Marmara	16	9	7
3	Susurluk	32	22	10
4	Ege	12	8	4
5	Gediz	26	16	10
6	Küçük Menderes	2	1	1
7	Büyük Menderes	40	26	14
8	Batı Akdeniz	19	12	7
9	Orta Akdeniz	27	15	12
10	Burdur Gölü Kapalı Havzası	4	3	1
11	Afyonkarahisar Kapalı Havzası	9	7	2
12	Sakarya	58	43	15
13	Batı Karadeniz	54	32	22
14	Yeşilirmak	38	21	17
15	Kızılırmak	46	34	12
16	Orta Anadolu Kapalı Havzası	22	16	6
17	Doğu Akdeniz	39	21	18
18	Seyhan	37	19	18
19	Hatay	10	6	4
20	Ceyhan	26	18	8
21	Fırat	89	57	32
22	Doğu Karadeniz	62	42	20
23	Çoruh	44	24	20
24	Aras	22	15	7
25	Van Gölü Kapalı Havzası	11	7	4
26	Dicle	39	22	17
	Total	798	504	294

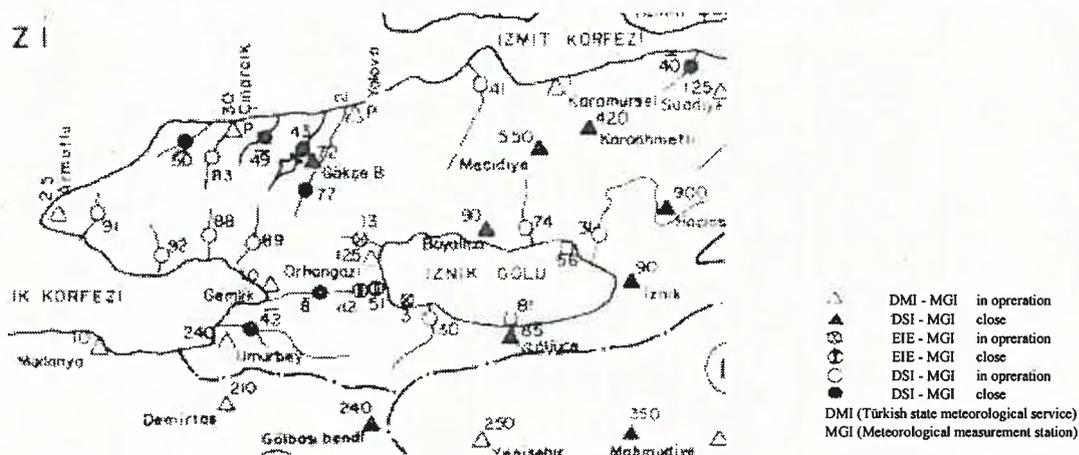


図 4-28 Bursa 近傍の流量測水所位置図

#### (4) 地震データ

トルコは日本と同じように地震の多発国である。トルコ北部には、ほぼ東西に1,200kmにわたって北アナトリア断層が走り、東部には東アナトリア断層が走っている。エーゲ海に面した地域にも中小の活断層が存在している。

最近では1999年8月17日に北アナトリア断層西端付近でマグニチュード(M)7.4の地震(イズニット地震)が発生し大きな被害がでた。この断層沿いでは過去に被害地震が多発しており、1939年にはこの断層の東端でM7.8の大地震が発生し、犠牲者は3万人を超えた。この断層は今回の調査地点のIznik湖の南側を走っている。

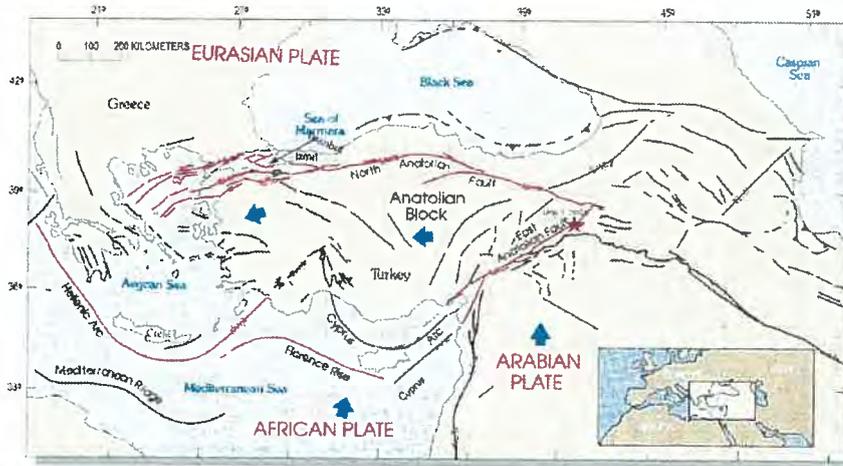


図4-29 トルコの活断層分布<sup>14)</sup>

トルコの地震危険度は、図4-30に示すようにI~V段階に分類されている。北及び東アナトリア断層沿いの地域は、最も危険度の高いIの領域である。

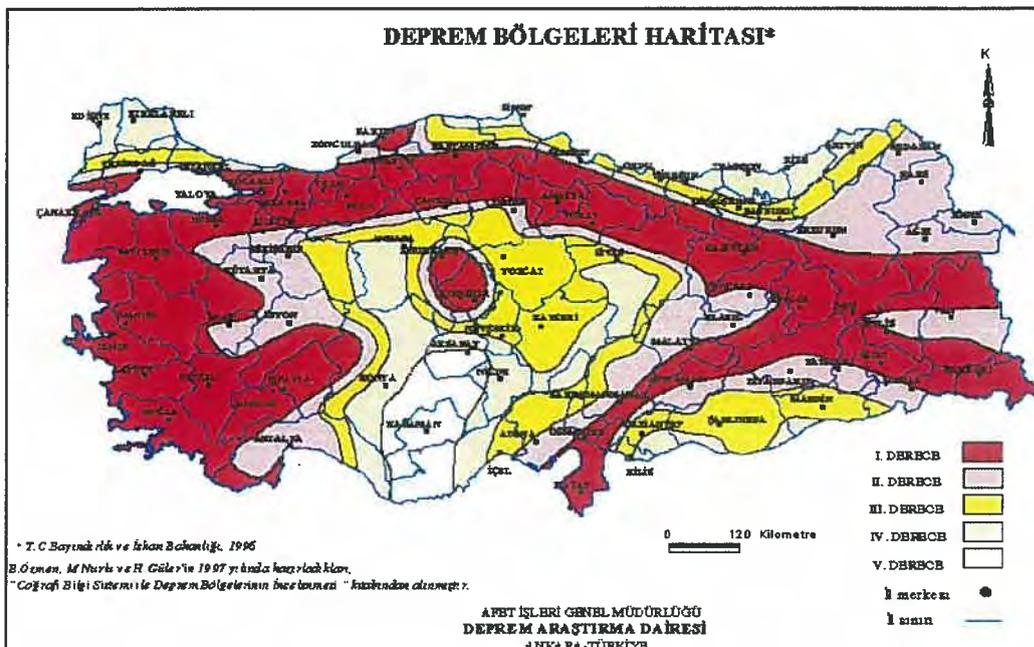


図4-30 トルコ全土の地震危険度<sup>14)</sup>

#### 4-4-3 揚水ポテンシャル地点の現地調査結果

揚水ポテンシャル地点の現地調査は、11月13、14日に Beypazari 地区（Ankara 近傍）の3地点及び11月20、21日に Yalova 地区（Barsa 近傍）の3地点の計6地点で実施した（図4-31 参照）。これらの地点は、有望地点として EIE より提案されたものであり、すべての地点は EIE により予備調査が実施されている。

現地調査は、EIE の調査チームと JICA 調査団で実施した。

##### Beypazari 地区（Ankara 近傍）

- Sariyar PSPP
- Gokcekaya PSPP
- Kargi PSPP

##### Yalova 地区（Barsa 近傍）

- Iznik-1 PSPP
- Iznik-2 PSPP
- Yalova PSPP

これらの6地点のうち、Sariyar PSPP と Iznik-2 PSPP の2地点については有望地点として概略の現地調査を実施した。各地点の現地写真を章末に添付する。



図4-31 現地調査を実施した揚水ポテンシャル6地点

##### (1) Beypazari 地区の Sariyar 揚水ポテンシャル地点

Sariyar PSPP 地点は、アンカラから西に約155kmのマハムトヒサル村近傍に位置する。車で約3時間程度を要する。

上部貯水池は、標高約900mの平地を約20m掘り下げて総貯水容量340万 $m^3$ の貯水池を計画している。貯水池予定地は、低木がわずかに茂る草地であり、森林もなく、農地としても利用されていない荒地となっている。貯水池の地質は風化岩で透水性が高く、周辺の地下水位も低いと想定されることから、漏水対策が必要であろう。

下部貯水池は、発電専用の既設のサリヤル貯水池を利用する。サリヤル発電所は最大出力160MW、発電流量は $60\text{m}^3/\text{秒}$ で、年間400GWhの電力を供給する。放水口設備の工事期間中、貯水池水位を下げることは発電に影響を与えるため困難である。したがって、仮設備工事の規模は大きくなると思われる。放水口の位置は、押込み水頭を考慮して、将来予測される堆砂標高より高い位置で、ポンプアップによる渦防止のために十分な水深を確保するよう決定する必要がある。

サリヤル貯水池は最大水位475m、最小水位462mと13mの水位変動がある（図4-32参照）。放水口の位置は最小水位から、渦を発生しない水深を確保して決める。図4-33の深淺図（5mコンター）によると湖岸の勾配は比較的きつい。しかし、構造物の基礎工事を考慮すると仮締切工事は、河岸より約300m沖合で、20~30mの水深で行う必要があり、大規模な仮設備工事が必要となる。

地下発電所の予定地点については、近傍には岩盤の露頭も見られず、尾根がやせていることもあり、発電所の空洞掘削に必要な堅硬な岩盤を地表踏査等で確認する必要がある。

地形的には、短い水路長で高落差を得られる非常に経済的なサイトと判断される。ちなみに $L/H=1797\text{m}/434\text{m}=4.1$ （L:水路長、H:落差）である。

水路のレイアウトについては、地下発電所の最適位置を決め、最短距離で結ぶ水路ルートを選定する。トンネルまたは露出型鉄管路のうちで経済的な水路形式を選ぶ。

2万5,000分の1地形図を用いて検討されたトルコ側の予備調査の揚水計画の平面図、縦断図を図4-34、図4-35に示す。

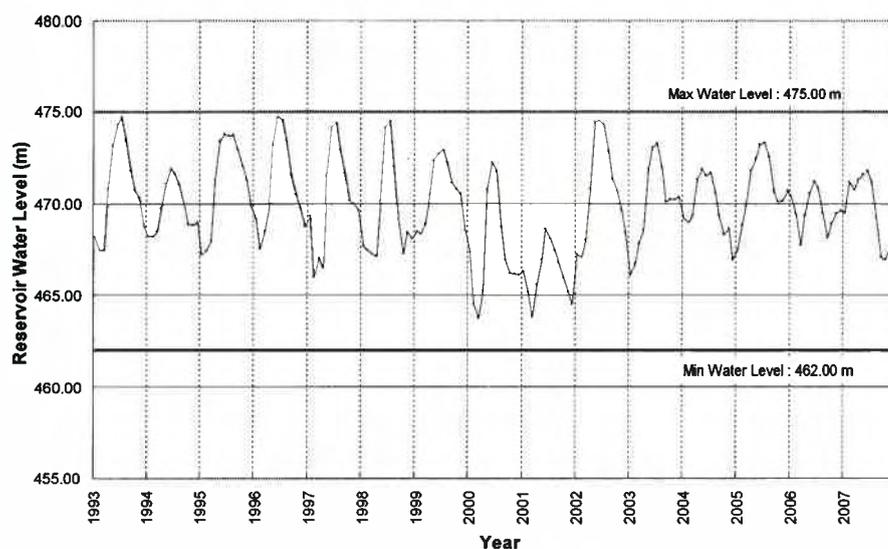


図4-32 Sariyar 貯水池の水位変化

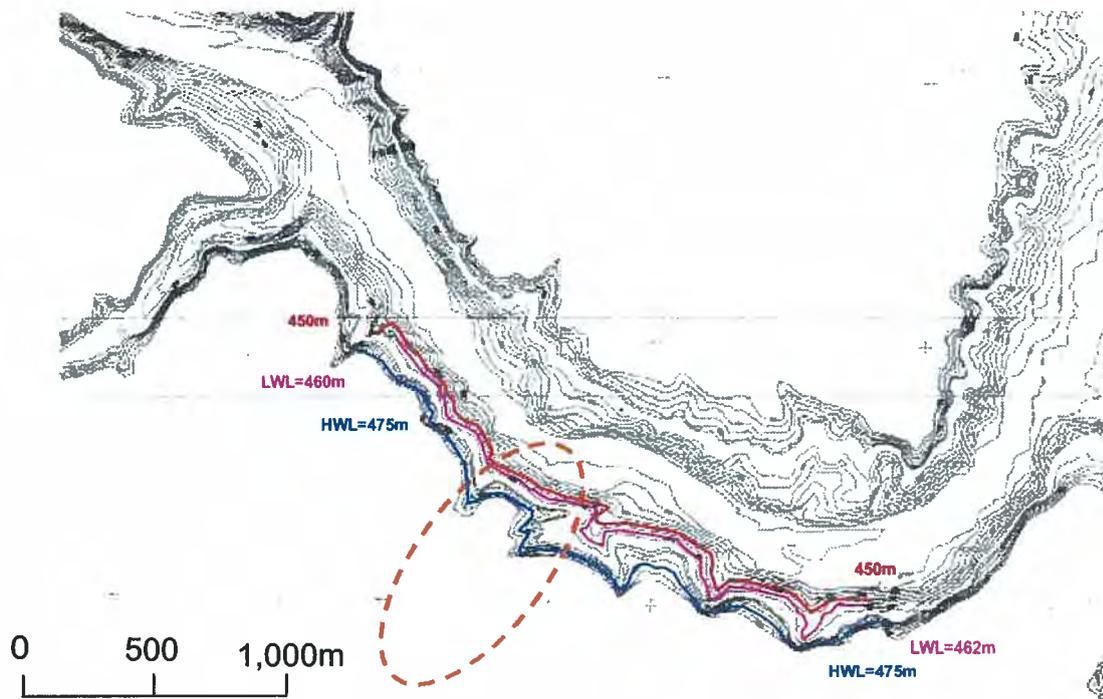


图 4-33 Sariyar 貯水池 深淺圖

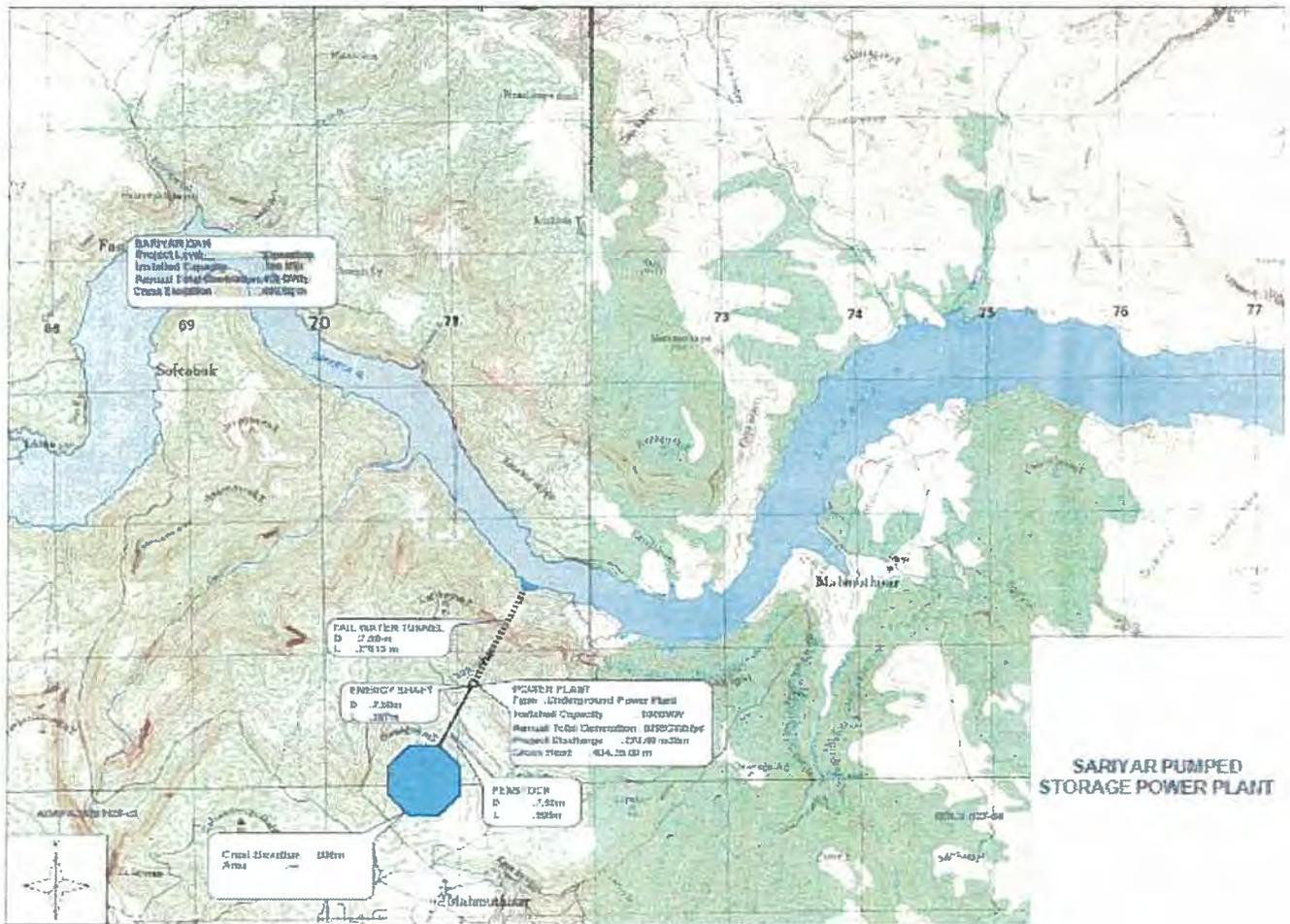


图 4-34 Sariyar PSPP 平面图<sup>15)</sup>

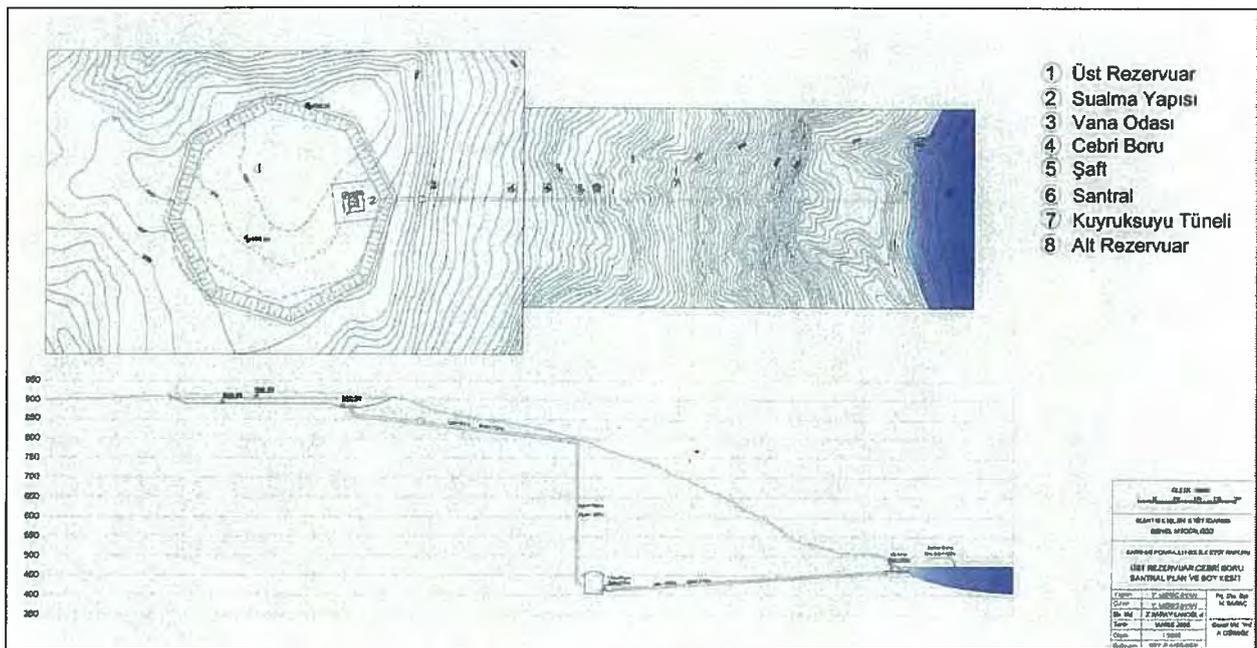


図 4-35 Sariyar PSPP 縦断面図<sup>15)</sup>

(2) Yalova 地区の Iznik-2 揚水ポテンシャル地点

Iznik-2 サイトは、ブルサから北東に約 100km のイズニック湖の北側の湖沿いに位置する。湖の南側は北アナトリア断層が横切っている。

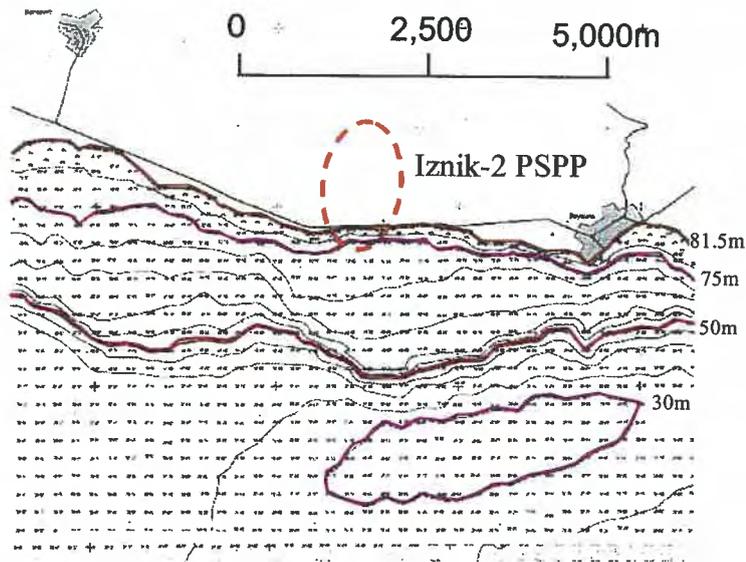


図 4-36 Iznik-2 計画地点近傍の Iznik 湖の深淺図

上部貯水池は、標高約 350m の山頂を約 20m 掘り下げて建設される計画である。貯水池予定地は低木と草が茂っている。山麓ではオリーブが栽培されているが、計画地点の山頂付近には人家、農地等は存在しない。

下部貯水池は、貯水面積約 308km<sup>2</sup> の天然湖であるイズニック湖を利用する計画である。1955～2007 年の湖の平均水位は EL84.7m であり、最大水位 EL85.66m、最低水位 EL84.01m と水位変動は 1.65m となっている。発電所の計画地点であるイズニック湖の北側は図に示すように遠浅で、泥質堆積物も多いと予想されるため、放水口の位置は、将来予測される堆砂標高、揚水時の渦防止のために十分な水深を確保するとともに構造物の基礎の深さ等を考慮する必要がある。工事中にイズニック湖の水深を下げることは不可能であり、これらの条件を勘案すると、放水口設備建設の作業箇所の水深は約 20～30m、湖岸からは約 1.5～2km 沖合となることが予想される。このような状況下では、遮水のための仮設備工事の規模が大きくなりすぎると想定される。

地下発電所の位置は、十分な深さの堅硬な岩盤を選ぶ必要がある。一帯は石灰岩地帯であり、岩盤にはクラックが発達していると推定されている。水路のレイアウトについては、地下発電所の最適位置を決め、最短距離となる水路ルートを選定する。

地形的には、短い水路長で高落差を得られる非常に経済的なサイトと判断される。ちなみに L/H=935m/265m=3.5 (L:水路長、H:落差) である。

イズニック湖の南側には、北アトリア断層が横切っており、湖の北側に位置する揚水地点を含む地域一帯を含め、最も地震危険度の高い I 段階に属している (図 4-37 参照)。サイト周辺において、活断層、大規模な断層及び大規模な地滑り地域の有無を地表踏査によって確認し、地震によるリスクを評価することは非常に重要である。

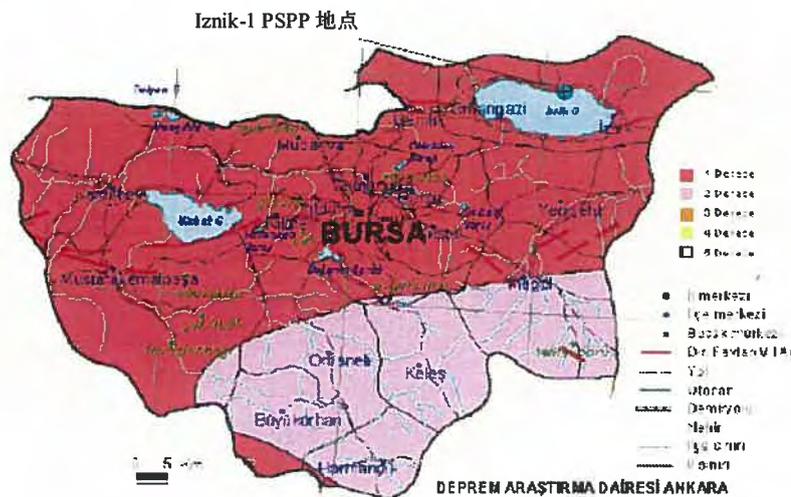


図 4-37 Iznik-2 PSPP 地点周辺の地震危険度 14)

トルコ側が 2 万 5,000 分の 1 地形図を用いて検討した予備調査の揚水計画の平面図を図 4-38 に示す。

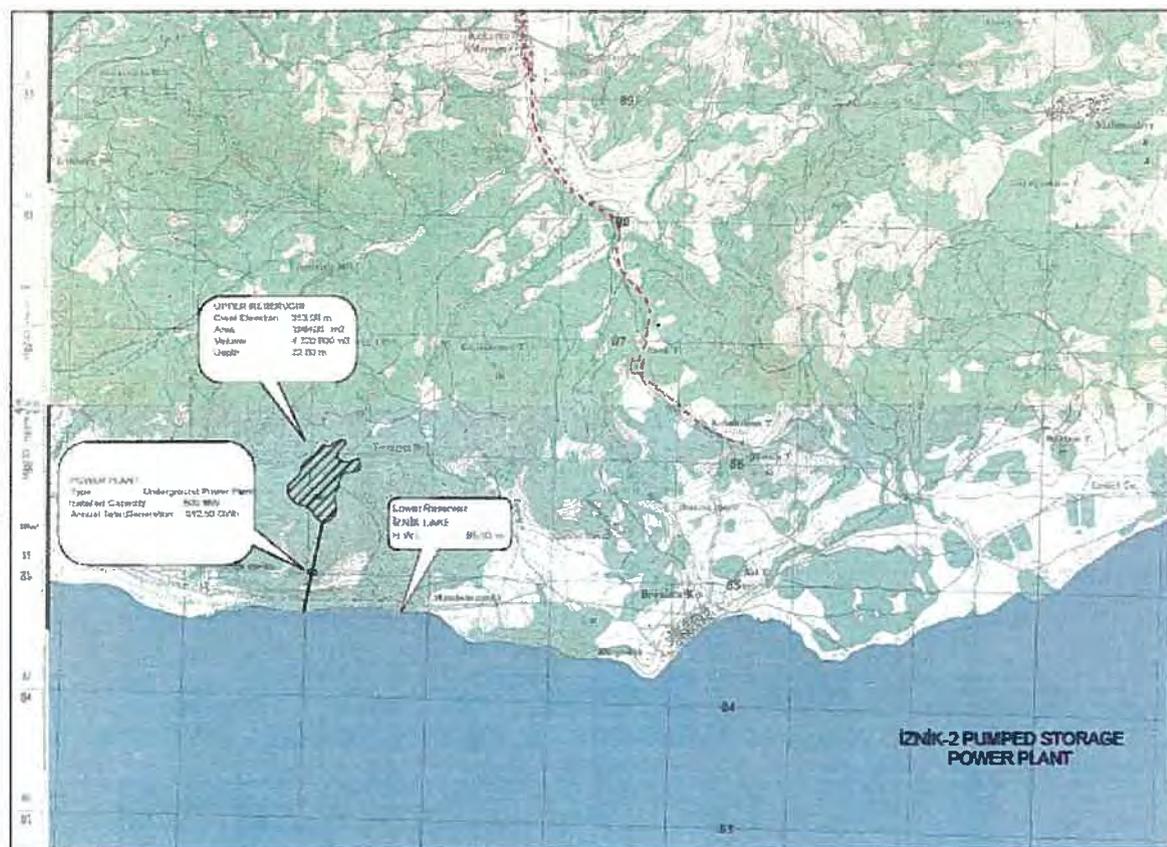


図 4-38 Iznik-2 PSPP 平面図

#### 4-4-4 トルコ側の揚水地点検討結果のレビュー

表 4-15 に揚水ポテンシャル 6 地点の現地調査概要をまとめるとともに、表 4-14 には各構造物の方式及び技術的制約及び問題点を整理した。

上記 6 地点の現地調査を行った結果の所見を以下にまとめる。

- 下部貯水池として既設の貯水池、天然湖等を利用することは、経済的に有利なことが多いが、以下のような問題点を検討する必要がある。
  - 既設の貯水池の水利用状況を反映して揚水発電計画を立てる必要があり、利用可能な貯水容量が不足しないかを確認する。
  - 放水口の仮締切り工事中に、水位の低下ができないため大規模な仮設備工事が必要となる。
  - 遠浅な地形の場合、放水口の十分な水深を確保するために、放水口の位置がかなり沖合となり、遮水工事が非常に困難となる。
  - 貯水池、天然湖の放水口地点において、現状及び将来推定される堆砂対策が必要となる。
- 上部及び下部の 2 つの貯水池を新規に建設することは、経済的にも、社会環境面からも不利となることが考えられるが、サイト選定でこれらの条件がクリアできれば、検討を行うのが良い。

- 上部貯水池については、掘り込み式の採用が多いが、山頂を掘削するような掘り込み式は、岩掘削量が多くなること、岩盤クラックによる漏水対策等で工事費が高くなる場合がある。
- 掘り込み式貯水池に比べて、ダム式貯水池は、住民移転、農地喪失、森林伐採等の社会環境問題の生じる可能性は高いといえるが、サイト選定においてこれらの問題がクリアされるのであれば、ダム式貯水池の採用を検討する。
- 落差が 1,000m の地点の大落差地点計画が含まれているが、現在、揚水発電所で主流となっている可逆ポンプ水車の最大落差は 700～800m であり、技術的に適用は困難である。
- 下部貯水池には、現在、計画中の水力発電用貯水池が含まれている。同水力建設は民間投資案件で、工事の時期が決定されておらず、貯水池の諸元、運用計画等も決定されていない状況であることから、優先地点とは判断できない。
- レイアウト、トンネル諸元について技術的検討が十分されていない箇所が多々見られる。
  - 鉄管、コンクリートトンネルの規模 - 露出式または埋設式鉄管、トンネル区間
  - 取放水口（上部及び下部貯水池）の水深
  - 発電所形式、地下発電所の位置
  - 導水路及び放水路サージタンクの必要性、位置
- 揚水発電所は、ダム、貯水池等の地表構造物に加え、トンネル、地下発電所等の地下構造物の割合が多い。したがって、予備調査とはいえ、地質評価の重要性が高いと考える。地表踏査により、地表だけでなく地下の地質状況に関しても評価を行う必要がある。
- 地下発電所の位置、トンネルのレイアウトの検討に際しては、地表踏査等で得られた地質情報を反映する必要がある。
- 揚水発電所も水力発電所と同様に、地点の特性が大きく、レイアウト、最適地点の選定には、基本的な揚水技術が必要になる。トルコ側の予備調査等をレビューしたが、基本技術がまだ十分でないと判断される。
- 貯水池の水位変動が大きな場合には、貯水池の斜面の安定性に影響するため、大きな水位変動、急激な水位変動は望ましくない。
- 地震の危険度が高い地域に揚水地点が選定されているケースも見られる。専門家による現地踏査により、影響のあるサイト周辺の活断層等の確認が必要である。

表 4-16 には、現地調査を実施した揚水ポテンシャル 6 地点の諸元を、表 4-17 には、現地調査を実施していない揚水ポテンシャル地点の諸元を整理した。

表 4-14 各構造物に対する技術的制約及び問題点

構造物	各方式の特徴	技術的な制約条件・問題点等	Sariyar PSPP	Kargi PSPP	Gokcekaya PSPP	Yalova PSPP	Iznik-1 PSPP	Iznik-2 PSPP
上部貯水池 下部貯水池	掘り込み式 ・コンクリート ・表面遮水 ・アスファルト ・表面遮水 ・土質フランケット	<ul style="list-style-type: none"> <li>大規模な岩盤、土砂掘削が必要となる。</li> <li>地質状況により大規模な漏水対策が必要となる。</li> <li>急激な水位変動等に対する斜面滑り対策が必要となる。</li> <li>地震危険地域では止水構造物の地震対策が必要となる。</li> </ul>	上部			Alt-1 上部	上部	
	ダム式 ・ロックフィルタイプ ・コンクリートタイプ ・アースタイプ	<ul style="list-style-type: none"> <li>急激な水位変動等に対する斜面滑り対策が必要となる。</li> <li>漏水対策、ダム基礎がラウト工事が必要となる。</li> <li>地形・地質状況により大規模ダム、複数のダムが必要となる。</li> <li>将来予測される堆砂量の検討が必要となる。</li> <li>地震危険地域ではダムの地震対策が必要となる。</li> </ul>		上部	上部	下部 Alt-2 上部	上部	
	既設貯水池利用 ・発電専用 ・多目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>地形・地質状況により放水口工事の遮水工事のための仮設備工事が大規模となる。</li> <li>他の水利用による取水、水位制限を考慮した検討が必要となる。</li> <li>現状及び将来推定される堆砂状況を考慮した検討が必要となる。</li> </ul>	下部	下部	下部			
	天然湖利用	同上					下部	下部
発電所	・地下式	<ul style="list-style-type: none"> <li>大規模な地下空洞掘削が必要となる。</li> <li>地質状況により大規模な支保工、地下水処理が必要となる。</li> </ul>	○	○	○	○	○	○
	・半地下式 (シャフト式)	<ul style="list-style-type: none"> <li>既設貯水池、天然湖を下部貯水池として利用する場合、遮水工事のための仮設備工事が大規模となる。</li> <li>押し込み水深を得るために大規模な岩盤掘削が必要となる。</li> <li>地震危険地域では地震対策が必要となる。</li> </ul>						
水路	・トンネル	<ul style="list-style-type: none"> <li>地質状況により大規模な支保工、地下水処理が必要となる。</li> </ul>	○	○	○	○	○	○
	・露出型鉄管路	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震危険地域では地震対策が必要となる。</li> <li>地質状況により大規模な岩盤掘削、支保工が必要となる。</li> </ul>	○			○		
取水口	側壁式/モーニング グローリー型	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震危険地域では地震対策が必要となる。</li> </ul>	○	○	○	○	○	○
放水口	側壁式/モーニング グローリー型	<ul style="list-style-type: none"> <li>既設貯水池、天然湖を利用する場合、遮水工事のための仮設備工事が大規模となる。</li> </ul>	○	○	○	○	○	○
取水路/放水路 サージタンク	・地下式	<ul style="list-style-type: none"> <li>地質状況により大規模な支保工、地下水処理が必要となる。</li> </ul>						
	・半地下式	<ul style="list-style-type: none"> <li>大規模な岩盤掘削が必要となる。</li> <li>地震危険地域では地震対策が必要となる。</li> </ul>						

表 4-15 揚水ポテンシャル6 地点の現地調査概要

揚水地点名	上部貯水池	下部貯水池	水路	地下発電所	問題点	評価
Sariyar PSPP	新規に掘り込み式貯水池を建設する。平坦な地形であり、大規模な岩盤掘削等による困難は予想されない。岩盤基礎面からの漏水処置が必要となる。	既存の Sariyar 貯水池を利用する。利水は発電専用であり、揚水に係る制約は少ない。放水口設備の工事は水位の低下も困難なため、大規模な仮設備工が必要である。	取水口から直接、明りまたは、トンネル（シャフト）ルートが可能である。水路延長が短く経済的である (L/H=4.1)。	周辺には基岩の露頭が見られず、発電所地点は尾根自体が覆せている。地下発電所は十分被りの深い岩盤内に設置が必要である。	地下発電所地点において堅硬な岩盤が存在する必要がある。Sariyar 貯水池の放水口地点において十分な水深を確保するために放水口が沖合に設置される可能性がある。この場合、工事中には水位を下げる等して仮締切工事の規模が大きくなるようにする。	○
Kargi PSPP	新規に貯水池を建設する。くぼ地形であるため、貯水ダムが必要である。	計画中の Kargi 貯水池 (194MW) を利用する計画である。Kargi ダム上流に Cursogut ダム (242MW) が計画されている。	取水口から直接、明りまたは、トンネル（シャフト）ルートが可能である。水路延長が短く経済的である (L/H=4.7)。	十分深く、堅硬な岩盤内に設置する。	水力計画中の下部貯水池を利用することを想定しているが、完成見込みの時期、貯水池運用計画は不確定である。現時点では、この貯水池を利用する計画は難しいと考える。	×
Gokcekaya PSPP	新規に貯水池を建設する。くぼ地形であるため、貯水ダムが必要である。	既設の Gokcekaya 貯水池を利用する。	水路延長が短く経済的である (L/H=2.7)。なお、落差が 960m である。	現在、可逆式ポンプ水車の最大の程度は 700m 程度であるが、本計画は総落差が約 1,000m であり、技術的には困難である。	現在、可逆式ポンプ水車の適用は 700m 程度が最大であり、同地点での同機器の適用は困難である。	×
Yalova PSPP	新規に貯水池を建設する。山頂を掘り込むケースと貯水ダムを建設する 2 つのオプションが計画されている。	新規に貯水池を建設する。地形上から貯水ダムが必要である。	掘り込み式の場合、水路延長が短く経済的である (L/H=2.8)。	十分深く、堅硬な岩盤内に設置する。	上部及び下部貯水池の両方を新設する必要がある、経済性と社会環境面問題を検討する必要がある。	△
Iznik-1 PSPP	新規に貯水池を建設する。貯水池面積は 0.4km <sup>2</sup> で、地形上より複数のダムが必要である。	天然の Iznik 湖を利用する。放水口設備の工事は湖が遠浅地形であるためかなり大規模な仮設備工が必要である。	落差に比べ水路長が長い (L/H=9.6)。湖周辺では平坦な地形であり放水路トンネルは開削となるであろう。	十分深く、堅硬な岩盤内に設置する。	Iznik 湖の放水口地点において十分な水深を確保するために放水口が湖のかなり沖合に設置される可能性がある。この場合、工事中には水位を下げることで、仮締切工事の規模が大きくなる。上部貯水池には地形条件より複数のダムが必要になる。	×
Iznik-2 PSPP	新規に掘り込み式貯水池を山頂に建設する。表土が浅く、大規模な岩盤掘削が予想される。	同上	放水路トンネルは既存の道路、地形を考慮して、十分な岩盤を確保する必要がある。水路延長が短く経済的である (L/H=3.5)。	周辺に分布する石灰岩の場合、空洞、クラック等の可能性がある。	Iznik 湖の放水口地点において十分な水深を確保するために放水口が湖の沖合に設置される可能性がある。この場合、工事中には水位を下げることで、仮締切工事の規模が大きくなる。	△

出典：Preliminary Study Report, EIE

表 4-16 揚水ポンプシヤル6地点の諸元 (現地調査を実施した6地点)

Name	units	1	2	3	4	5	6
		Kargi PSPP	Sariyar PSPP	Gokcekaya PSPP	Iznik-1 PSPP	Iznik-2 PSPP	Yalova PSPP
City		Ankara	Ankara	Eski.ehir	Bursa	Bursa	Yalova
Province		Beypazari	Nallihan	Mihaliccik	Iznik	Iznik	Cinarcik
Installed capacity	MW	1,000	1,000	1,600	1,500	500	500
Annual Generation	GWh	1,825	1,095	2,920	2,738	913	550
Power Discharge	m <sup>3</sup> /s	238	270	193	697	221	147
Gross head	m	496.40	434.35	962.00	255.31	265.31	400.00
Net head	m	491.95	431.60	952.55	249.37	263.71	398.00
Upper reservoir HWL	m	1,049.00	905.00	1,350.00	340.00	350.00	850.00
Upper reservoir LWL	m	1,030.00	890.00	1,330.00	320.00	330.00	830.00
Upper reservoir		New Reservoir	New Reservoir	New Reservoir	New Reservoir	New Reservoir	New Reservoir
Upper reservoir area (HWL)	10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup>	0.297	-	-	0.395	0.196	0.150
Upper reservoir effective vol.	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	4.850	3.300	4.077	12.540	3.976	1.800
Lower Reservoir		New Reservoir (Final design, Kargi dam)	Sariyar Reservoir (Existing Reservoir)	Gokcekaya Reservoir (Existing Reservoir)	Iznik Lake (Natural lake)	Iznik Lake (Natural lake)	New Reservoir
Lower reservoir HWL	m	557.50	475.00	388.00	85.00	85.00	450.00
Lower reservoir LWL	m	552.60	462.00	376.50	83.30	83.30	430.00
Lower reservoir area (HWL)	10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup>	2.090	84.000	20.000	1,235.000	1,235.000	0.430
Lower reservoir volume	m <sup>3</sup>	9,430	940,000	214,000	12,204,000	12,204,000	6,042
Num./Length of Upper Tunnel	m	1 line / 950m	1 line / 387m	1 line / 2,145m	2 lines / 1,089m	1 line / 420m	line / m
Diameter of Upper Tunnel	m	7.1	7.5	6.4	8.0	7.5	-
Num. / Length of Shaft	m	1 line / 470m	1 line / 595m	line / m	2 lines / 374m	1 line / 165m	1 line / 800m
Diameter of Shaft	m	7.1	7.5	-	8.0	7.5	7.0
Num. / Length of Lower Tunnel	m	1 line / 920m	1 line / 815m	1 line / 465m	2 lines / 990m	2 lines / 350m	1 line / 300m
Diameter of Lower Tunnel	m	7.1	7.5	6.4	8.0	7.5	7.0
Length of T/L	km	50	20	13	35	35	40
Unit	No.	4	4	4	4	2	2
Peaking Hour	hour	5	3	5	5	5	3
Construction Cost	10 <sup>6</sup> US\$	657.5	644.6	959.4	937.4	324.2	319.3
Construction Period	year	2	2	2	2	2	2
Unit Construction Cost	US\$/kW	657	645	600	625	648	639
Reconnaissance by JICA		2008/11/14	2008/11/13	2008/11/14	2008/11/21	2008/11/21	2008/11/20
Total length of Waterway	m	2,340	1,797	2,610	2,453	935	1,100
L/H		4.71	4.14	2.71	9.61	3.52	2.75

出典 : Preliminary Study Report, EIE

表 4-17 揚水ポテンシャル地点の諸元 (現地調査を実施していない)

Name	units	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Demirkopru PSPP			Adiguzel PSPP	Burdur PSPP	Egirdir PSPP	Karacauren-1 PSPP	Karacauren-2 PSPP	Oymapinar PSPP	Aslantas PSPP	Bayramhacili PSPP	Yamula PSPP	Hasan Ugurlu PSPP
City		Manisa	Denizli					Antalya	Osmaniye	Kayseri	Kayseri	Samsun
Province		Salihli	Gutney					Alanya	Duzici		Yamula	Ayvack
Installed Capacity	MW	300	1,000					500	500	1,000	500	1,000
Annual Generation	GWh	329	1,095					548	548	1,095	548	1,095
Power Discharge	m <sup>3</sup> /s	165.92	484					156	379	720	228	204
Gross head	m	213.00	241.70					372.00	154.00	161.00	260.00	570.00
Net Head	m	210.23	240.00					369.30	151.40	160.50	255.90	567.20
Upper Reservoir HWL	m	450.00	680.00					550.00	300.00	1,150.00	1,349.18	760.00
Upper Reservoir LWL	m	435.00	655.00					540.00	285.00	1,140.00	1,340.00	745.00
Upper reservoir area (HWL)	10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup>	0.078						0.186	0.400	0.778	0.246	0.221
Upper reservoir effective vol.	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	1.831	5.235					1.680	4.100	7.777	2.460	2.201
Lower Reservoir		Demirkopru reservoir (Existing reservoir)	Ad.guzel reservoir (Existing reservoir)					Oymapinar reservoir (Existing reservoir)	Aslantas reservoir (Existing)	Bayramhacili reservoir (Existing reservoir)	Yamula reservoir (Existing reservoir)	Hasan Ugurlu reservoir (Existing reservoir)
Lower Reservoir HWL	m	244.20	454.50							981.00	1,100.00	190.00
Lower Reservoir LWL	m	221.80	406.00							975.00	1,070.00	150.00
Lower reservoir area (HWL)	10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup>	50.500	26.410					4.640	49.120			22.660
Lower Reservoir Volume	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	900.000	811.000					76.420	610.000	81.200	2,025.000	661.550
Num./Length of Upper Tunnel	m	1 line / 473m	1 line / 216m					line / m	line / m	line / m	1 line / 1540m	line / m
Diameter of Upper Tunnel	m	6.5	10								7.6	
Num./Length of Shaft	m	1 line / 157m	1 line / 303m								1 line / 80m	1 line / 635m
Diameter of Shaft	m	6.5	10					6	7	9.6	8.5	8.1
Num./Length of Lower Tunnel	m	2 lines / 832m	1 line / 447m					1 line / 500m	2 lines / 225m	2 lines / 160m	1 line / 300m	1 line / 965m
Diameter of Lower Tunnel	m	6.5	10					6	7.8	9.6	8.5	8.1
Length of T/L	km	5	50					35	30	40	35	30
Unit	No.	2	4					2	4	4	2	4
Peaking Hour	hour	3	3					3	3	3	3	3
Construction Cost	10 <sup>6</sup> US\$	220	633					319	410	648	429	658
Construction Period	year	2	2					2	2	2	2	2
Unit Construction Cost	US\$/kW	735	633					639	819	648	858	658
Preliminary Report		0	0					0	0	0	0	0
Remarks												
Total length of Waterway	m	1,462	966					919	1,100	465	1,920	1,600
L/H		6.86	4.00					2.47	7.14	2.89	7.38	2.81

出典 : Preliminary Study Report, EIE

## 4-5 水力発電に係る技術移転

### 4-5-1 EIE の概要

EIE は、エネルギー天然資源省 (MENR) に属し、水力発電所の計画、調査、設計を行う機関である。Preliminary Study、Master Plan 及び Feasibility Study までを行い、Web Site で民間投資家に情報を提供し水力開発の促進を図っている。2003 年から始まった電力市場自由化までは、EIE では Final Design も実施していたが、2003 年以降は行わず、代わってプロジェクトを実施する民間が行うことになった。

EIE の Department of Design では、Master Plan 及び FS を年に数件程度のペースで実施している。また Preliminary Study も行っている。EIE レポートは古いものも多く、プロジェクト費用は Update されていない等のため民間投資家がすぐに活用できるようにはなっていない。

EIE の組織を図 4-39 に、人員構成を表 4-18 に示す。4 つの技術部門から成る。水力発電所の計画、調査、設計は Department of Design が行っている。

本格調査の主な C/P 先と予定されている Department of Design は、図 4-40 に示すように 6 つの課より構成されており総勢 63 名である。揚水ポテンシャル地点の予備調査レポートは、Pumped-storage PP Section が主要メンバーとなり作成された。

表 4-18 EIE の人員構成<sup>8)</sup>

(単位：名)

		CENTER	LOCAL	TOTAL
Officer	Technical	218	16	234
	General management	175	2	177
	Sub-Total	393	18	411
Employee	Permanent	177	-	177
	Temporary	74	209	283
	Sub-Total	251	209	460
Total		644	227	871

### 4-5-2 揚水発電のケーススタディについて

トルコでは、揚水発電所を建設・運用した経験がなく、EIE は、将来的に揚水発電開発を進めていく計画をもち、独自に揚水ポテンシャル 17 地点の予備調査を実施しており、このうち 12 地点については既に予備調査報告書として成果が整理されている。日本は揚水発電に関して 50 年以上の経験があり、先進国の中でもトップレベルの技術を有している。トルコ側は日本政府に対し揚水発電開発の支援の要請をしており、2007 年度には JICA-NET を活用した揚水発電セミナーを開催している。

トルコ側の技術者は、水力開発の調査、計画、設計に携わった経験を有している者もいるが、揚水発電技術に関する基礎知識は十分でない。本格調査では、トルコ側の実施した揚水ポテンシャル地点予備調査の検証 (レビュー)、本格調査団による新規ポテンシャル地点の選定、有望ポテンシャル地点の現地踏査、優先揚水地点の基本検討の一連のケーススタディを通じて、揚水発電開発に係る特有の調査・計画・設計に関する技術移転を行うことを目的としており、トルコ側が揚水発電の関連技術を十分理解して、自立的に能力向上が図れるよう支援する意義は大きいと考える。さらに、揚水発電技術の本邦研修を行うことにより、設計・施工の一連の

わが国の揚水発電技術体系を習得する機会をもつことができれば、技術移転の効果がより高まると考える。

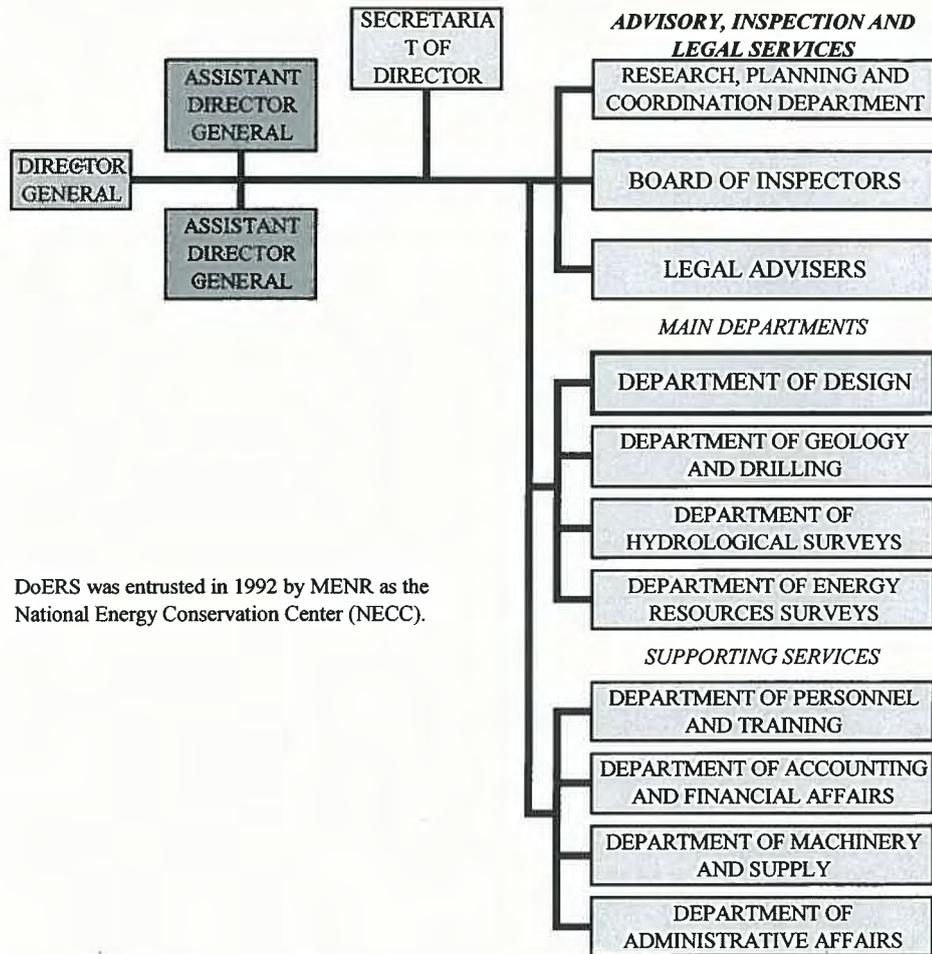


図 4-39 EIE の組織<sup>8)</sup>

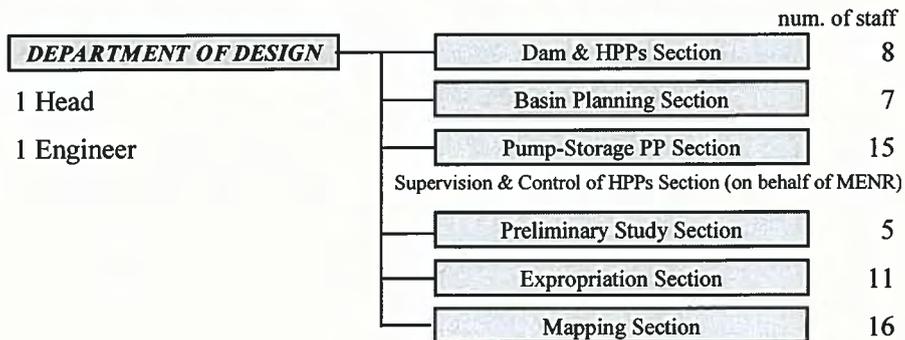


図 4-40 Department of Design の組織と人員構成

### 4-5-3 EIE の人材について

EIE より要望のあった C/P 候補は、Department of Design を中心に揚水ポテンシャル予備調査に係わった技術者を主要メンバーとし、18 名がリストアップされた。年齢別及び専門分野の内訳を図 4-41 に示す。年齢別では 30 歳以下が 10 名と半分以上を占めている。専門分野では土木が 8 名と最も多く、地質は 3 名、電気及び機械は各 2 名と続く。

18 名の候補者の詳細データを表 4-19 にまとめる。18 名中の半数強の 10 名が揚水ポテンシャル地点の現地踏査、概略調査に従事した実績がある。

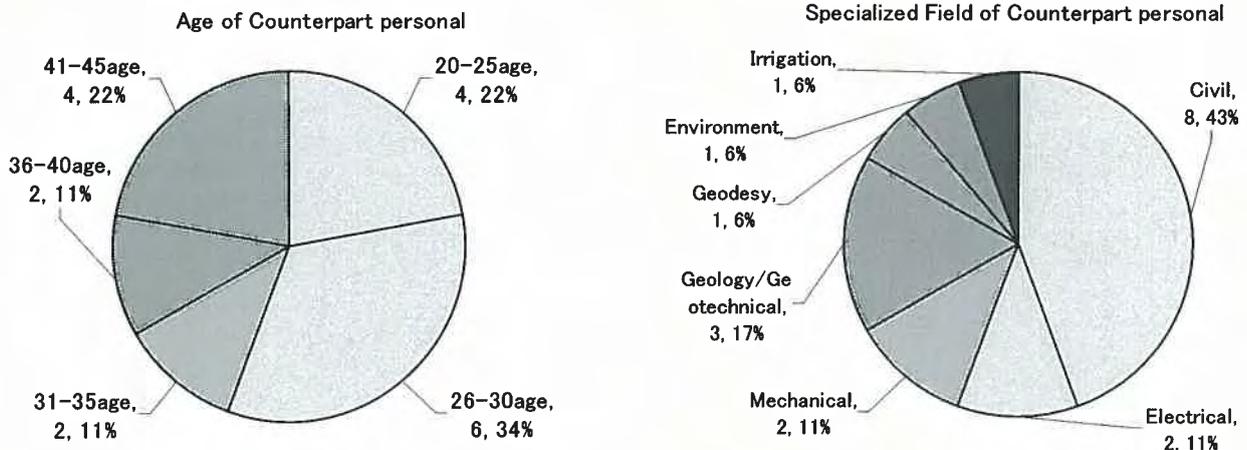


図 4-41 C/P 候補者の年齢と専門分野の分布

表 4-19 C/P 候補者のデータベース

	年齢	最終学歴	学科	専門分野	異動時期	所属	語学能力	類似経歴
1	25	大学	電気	電気工学	Oct-08	Hydro Project Division	中程度の上	
2	23	大学	機械	機械工学	Oct-08	Hydro Project Division	中程度	
3	31	大学	測量	測地学、 写真測量学	Sep-05	Hydro Project Division	初歩程度	Netcad 5.0 GIS
4	27	大学	土木	土木工学	Jan-05	Basin Planning Division	優良	Feasibility Report
5	25	大学	機械	機械工学	Oct-08	Hydro Project Division	中程度	
6	44	大学	地質	地質工学	Dec-87	Geology & Drilling Dep.	不良	Rock & Slope Stability
7	28	大学	土木	土木工学	Sep-07	Hydro Project Division	優秀	Inspection & PSPP works
8	29	大学	土木	土木工学	Sep-07	Hydro Project Division	n/a	Inspection & PSPP works
9	29	大学院	土木	土木工学	Jan-05	Dams and HPP's Section	n/a	Inspection & PSPP works
10	30	大学	土木	土質/土木工学	Aug-07	Dams and HPP's Section	中程度の上	Inspection & PSPP works
11	25	大学院	土木	土木/機械工学	Aug-07	Basin Planning Division	良好	Inspection & PSPP works
12	44	大学	農学	灌漑工学	May-89	Expropriation Division	n/a	
13	27	大学	土木	土木工学	07	HPP Control & PSPP Dep.	中程度	
14	39	大学	電気・電子	電気・電子工学	07	Hydro Project Division	中程度	Inspection & PSPP works
15	31	大学院	土木	土木/機械工学	Jan-05	Dams and HPP's Section	良好	Inspection & PSPP works
16	40	大学	地質	地質工学	Jan-97	Geology & Drilling Dep.	良好	Inspection & PSPP works
17	41	大学院	環境	環境工学	90	Dams and HPP's Section	優秀	Inspection & PSPP works
18	43	大学院	土木	土木/土質工学	Oct-90	Hydro Project Division	中程度	Inspection & PSPP works

Project	<i>SARIYAR Pumped Storage Power Project Site (1/2)</i>		
Location	Upper Reservoir, Penstock	Date	2008.11.14



*Photo-1 Upper Reservoir Site*



*Photo-2 Upper Reservoir Site*



*Photo-3 Penstock route*



*Photo-4 Penstock route*



*Photo-5 Penstock route.*



*Photo-6 Penstock route.*

Project	<b>SARIYAR Pumped Storage Power Project Site (2/2)</b>		
Location	Powerhouse, Lower Reservoir	Date	2008.11.14



**Photo—7 The mountain where Underground P/H is to be located**



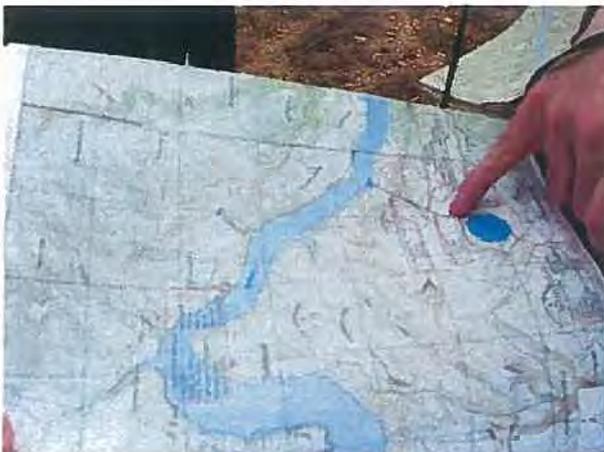
**Photo—8 View of the mountain where Underground P/H is to be located**



**Photo—9 Lower Reservoir Sariyar Reservoir**



**Photo—10 Lower Reservoir Sariyar Reservoir**



**Photo—11 Location Map (Scale 1:25,000)**



**Photo—12 Site Reconnaissance Team (EIE & JICA)**

Project	<b><i>KARGI Pumped Storage Power Project Site</i></b>		
Location	Lower Reservoir, Powerhouse	Date	2008.11.14



***Photo-1 Upstream Reservoir site***



***Photo-2 Penstock route***



***Photo-3 The mountain where Underground P/H is to be located***



***Photo-4 View of the mountain where Underground P/H is to be located***



***Photo-5 Tailrace route***



***Photo-6 Lower reservoir Site (Planned Kargi reservoir)***

Project	<b><i>Gokcekaya Pumped Storage Power Project Site</i></b>		
Location	Upper Reservoir, Lower reservoir etc.	Date	2008.11.14



***Photo-1 Upper reservoir site***



***Photo-2 Upper reservoir site***



***Photo-3 Upper reservoir site***



***Photo-4 The mountain where Underground P/H is to be located***



***Photo-5 Site Reconnaissance***



***Photo-6 Location Map.***

Project	<b><i>YALOVA Pumped Storage Power Project Site</i></b>		
Location	Upper Reservoir, Penstock etc.	Date	2008.11.21



***Photo-1 Alt. 1 Upper Reservoir Site***



***Photo-2 Alt.2 Dam Site of Upper Reservoir***



***Photo-3 View of the mountain where Underground P/H is to be located***



***Photo-4 Lower Dam Site***



***Photo-5 Lower Reservoir Area (Poundage type)***



***Photo-6 Water level gauge & Discharge measurement (downstream of Lower dam)***

Project	<b><i>IZMIK-1 Pumped Storage Power Project Site</i></b>		
Location	Upper Reservoir, Penstock etc.	Date	2008.11.21



***Photo-1 Upper Reservoir Site***



***Photo-2 Upper Reservoir Site.***



***Photo-3 Upper Reservoir Site***



***Photo-4 Headrace Tunnel route***



***Photo-5 View of Lower Reservoir (Izunik Lake)***



***Photo-6 Site Reconnaissance (EIE & JICA)***

Project	<b><i>IZMIK-2 Pumped Storage Power Project Site</i></b>		
Location	Upper Reservoir, Penstock etc.	Date	2008.11.21



***Photo—1 Upper Reservoir Site.***



***Photo—2 Upper Reservoir Site***



***Photo—3 Penstock route***



***Photo—4 The mountain where Underground P/H is to be located***



***Photo—5 View of Lower Reservoir (Iznik Lake) from Upper Reservoir Site .***



***Photo—6 Tailrace route & Lower Reservoir (Iznik Lake)***

## 引用文献

- 1) DSI in Brief-2007
- 2) EUAS HYDRO POWER PLANTS 2005
- 3) TÜRKİYE ELEKTRİK ENERJİSİ 10 YILLIK ÜRETİM KAPASİTE PROJEKSİYONU (2008 – 2017), TEIAS
- 4) Turkey's Hydroelectric Potential, <http://www.dsi.gov.tr/english/service/enerjie.htm>
- 5) Dam Engineering in Turkey, Turkish National Committee on Large Dams, TRCOLD, 1999
- 6) Hydroelectric Power Project of which Engineering Services have been completed by EIE, February 2007, EIE
- 7) <http://www.epdk.org.tr/english/default.asp>
- 8) Brief of Electrical Power Resources Survey and Development Administration (EIE), 2008
- 9) <http://www.dsi.gov.tr>, DSI Turkey, 2007
- 10) H.D. Altınbilek, Middle East Technical University, Turkey, Hydropower & Dam Issue 5 2002, Hydropower development in Turkey
- 11) Norconsultant A.S., May 1981, Feasibility Report for YAMULA Dam and Hydroelectric Powerplant
- 12) Maksut SARAC, Head of Project Department EIE, Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrallar
- 13) Geological Map of Turkey, General Directorate of Mineral Reserch and Exploration
- 14) General Directorate of Disaster Affairs, Earthquake Reserch Department, <http://angora.deprem.gov.tr/>
- 15) Preliminary Study Report of Sariyar Pumped Storage Power Plant, May 2008