

第5章 計画地域の自然条件

5.1 実施した現地調査

5.1.1 現地調査の範囲と工程

追加詳細調査の対象サイトは、第4章で述べた予備検討の結果に基づいて選定した。I-Cダムサイトが、そのカルスト性石灰岩を通じた漏水は技術的に対処可能との仮定条件付きで、最も有望なダムサイトとして選定された。I-Bダムサイトは、調査の途中でI-Cサイトに予期せぬ地質問題が発見され、I-Cサイトを放棄せざるを得なくなるような事態に備えて保留し、その計画のために必要となる盛立て材料の調査等は追加詳細調査に含めることとした。

結局、調査の対象サイトは次のとおりとした。

- (1) ギョルメル峡谷内のI-Cダムサイト
- (2) I-Bダムサイト左岸アバットメントの地すべり地
- (3) ダムサイト周辺のロック材および盛立て材の採取地
- (4) I-Cダムサイトから放水路トンネル出口までの水路ルート
- (5) 地下発電所サイト
- (6) エリク導水計画の取水ゼキサイトから発電所までの水路のルート

これらのサイトでの追加詳細調査の内容は、本調査以前にE I Eが実施済みであったものを参照し、また本調査開始時に実施中であったものを継承して、調査内容に反映させた上で計画した。追加詳細調査は、いくつかの地質調査を除いて1989年11月末までに完了した。地質調査は、ダムサイト右岸と地下発電所サイトに計画された深尺ボーリングの終了により、1990年5月に完了した。

5.1.2 地形測量

地形測量および図化作業は、E Ⅰ Eの計画局測量部によって1989年6月中旬から11月末にかけて実施され、E Ⅰ Eが本調査以前に作成済みであった地形図に加えて、本調査に必要な地形図が作成された。これらの地形図は次表に示すとおり。

サイト	縮尺	測量面積	地形図枚数
<u>本調査以前に作成された地形図</u>			
計画地域全体	1/5,000	—	42
I-Bダムサイト	1/1,000	—	5
<u>本調査で作成した地形図</u>			
I-Cダムサイト	1/1,000	115ha	4
屋外開閉所とトンネル坑口	1/500	21.25	3
放水路トンネル出口部	1/500	21.00	3
エリク取水ゼキ	1/500	6.75	1
合計		164.00	58

I-BおよびI-Cダムサイト周辺の4ヶ所において、E Ⅰ Eが河川横断測量を実施した（図5.1参照）。

5.1.3 地質調査

計画対象地域、貯水池予定地域、I-Cダムサイト、エリク取水ゼキサイトの地質平面図を作成した（第G1図～G3図、G22図参照）。

本調査以前にE Ⅰ Eによって総延長7,438.75mの地質調査ボーリングが実施されており、本調査でさらに総延長2,327.70m分を追加実施した（表5.2参照）。ボーリング孔の位置を第G2図に示す。これらのボーリング孔内での透水試験は、本調査以前に968回、本調査で223回、合計1,191回実施された。

本調査以前の1987年にはI-Bダムサイトで、1988年にはI-Cダムサイトおよび導水路トンネルルートにおいて、合計31測線の物理探査と同193測点における電気探査がE1Eによって実施されており、その結果はE1Eの報告書にとりまとめられている。本調査では9測線、総延長9,360mの物理探査を屈折法により実施した。これらの測線と測点の位置を第G2図に示す。解析結果は各々の測線沿いの地質断面図に示してある。

I-Bダムサイトで延長42mの試掘横坑が本調査以前に掘削されていた。本調査では総延長231.2mのアクセストンネルと試掘横坑を掘削した（第G2図参照）。

I-Cダムサイトのボーリング孔SK-302、307、313のコアから標本を採取し、岩石の強度試験を行った。試験結果を表5.5に示す。

調査団は、E1Eの地質・ボーリング調査局が作成した物理探査報告書を見直し、一部改訂した。

計画地域内の石灰岩ブロックの地質年代を確認するために、本調査以前に現地において53個の標本を採取し、微化石および鉱物学的調査が実施されていた。本調査では、4個の標本を採取し、鉱物学的試験を行って岩析の膨潤性を調べた。

5.1.4 材料試験

建設材料の採取候補地の位置、工学的物性値、賦存量を確認するために、現地調査と室内試験を行った。

本調査以前に28ピット、本調査で16ピットを掘削し、室内試験のための標本を採取した。ピットの深さと標本数を表5.2に示す。各ピットの位置を第G27図に示す。試験用の標本はこれらのピットとボーリングコアから採取した。試験項目、数量、および試験結果を表5.3に示す。

ロック材採取候補地において、2本、総延長109mのボーリング孔SK-311と312を掘削して、岩石の物性値試験を行うとともに、可採量を推定した。ボーリング孔の位置を第G28図に示す。

5.1.5 その他の調査

(1) 水文調査

E I Eの水文調査局は、ダムサイト周辺の4ヶ所の測水所において1989年3月から1990年8月まで、河川の流量測定を実施した。

(2) 送電線ルート踏査

1989年11月に、エルマネック～セイデイシェヒル間の送電線ルートを4輪駆動車で走行して、地形、地覆等の条件を調査した。

(3) 補償物件調査

本計画の補償物件調査は、E I Eによって、次の法律およびマニュアルに従って実施された。

(A) 法律番号6200：DS I 設立法

DS Iは、かんがい、水力発電および都市用水供給計画の実施を目的として、1953年に設立された。法律番号6200の第2条は、これらを目的とする諸開発計画の実施のために必要となる私有地を購入・収用する権限をDS Iに与えている。

(B) 法律番号6830：土地収用法

同法は、私有地や私有不動産を国有化もしくは国の使用に供するための手続を規定している。

(C) DS Iのマニュアル

本調査の補償物件調査は、DS Iの計画・解析課が1984年に作成した「土地収用調査マニュアル」に従って実施された。

エルマネック貯水池地域内の補償物件調査は、本調査以前の1988年9月に、標高650m以下の範囲に対してE I Eによって実施されていた。本調査の予備検討の結果、エルマネック貯水池の最適満水位が標高650mを越えることが判明したため、1989年8月から9月の追加詳細調査時に、標高650mから750mの範囲に対する追加調査を実施した。補償物件調査は、標高510mから750m間の合計7,367haの面積を対象とした。

調査団は、E I Eの調査結果のレビューと一部の補足調査を行った。

(4) 環境影響調査

環境影響調査は、主として既存の資料と調査報告書に基づき、限られた現地調査により補足した。現地調査は1989年10月30日から11月3日の期間に実施した。エルマネック郡および市役所から追加資料を収集した。環境面のうち特に生態系については、ハチエテペ大学の専門家の見解を聴取した。

(5) 施工計画・積算調査

工事用電力および通信手段に関する情報を入手した。労働者、材料および建設機械の市場実勢価格を調査し、工事単価を検討した。類似計画の概要と工事記録を調査した。また、計画地域周辺の道路網を1989年11月に踏査した。

5.2 エルマネック流域

エルマネック川は、トロス山脈の標高2,500m地点に源を発し、初め南下した後、東方に向きを変え、ギョクデレ、クチュクス、ゼイベ、エリク川等の支流を集めた後、ムット付近の標高100m地点でギョクス河に合流する（第P1図参照）。

エルマネック川の流域面積はギョクス河との合流点で3,621km²である。流域の境界は、特に広く平坦な石灰岩台地からなる南部境界において不明瞭である。流域中の最高地点の標高は2,877mであり、ダムサイトの河床標高は約500mである。ダムサイトから上流域の平均標高は1,600mである。

流域の約半分は主として西洋松に覆われている。エルマネック川からの特別な取水は存在しない。

5.3 地質

5.3.1 計画地域の地形

ギョクス河流域は、地中海沿岸線に沿って走る中部タウルス山脈（中部タウリデス）の中央部に位置する。中部タウルス山脈は南東アナトリアに

おけるタウルス・ベルトの地理学的な副区分である。

タウルス・ベルトは、西部、中部、東部タウルス山脈の3地域に区分される。それらの地域は二つの主要な地質構造により区分されている。西部と中部タウルス山脈はアランヤ市の西部にてNW-SE走向の構造により、また中部と東部タウルス山脈はアダナ市近くのNE-WS走向の構造（エシェミス断層）によって各々区分されている（図5.3参照）。

本計画地域はエルマネック川の中流域に位置している。ダムサイト予定地点はエルマネック市の南方のギョルメル橋近くに位置する。発電所予定地点はダムサイトより約10km下流に位置する。エリク取水ゼキサイトは、エルマネック川との合流点から約4km上流に位置する。

エルマネック川流域周辺部の地形は、標高1,500~2,200mの比較的なだらかな高原から成る。その高原は第三紀中新世エルマネック層の石灰岩により形成されている。

貯水池予定地域の主要部であるゼイベ川とクチュク川の間地域では、その両岸は比較的なだらかな傾斜を呈し、その基盤岩はマールを主とする第三紀ギョルメル層から成っている。両岸、特に左岸においては、古い地すべりの形跡がいくつか見られる。現在はそれらは安定しており、地すべりの活動は貯水池地域では見られない。

クチュク川の上流域とゼイベ川の下流域では、両岸は急峻な山岳地形を呈し、その基盤岩は主に白亜紀のエルマネック・オフィオリティック・メラランジェ層から成る。河道が石灰岩ブロック内に形成された渓谷を通る所では、その両岸は非常に狭くかつ高い峡谷を形成している。

エルマネック川の流量のほとんどは、貯水池予定地域の上流側に位置しているカピズ源泉とナディレ源泉からの湧水である。最上流部は石灰岩の高原に位置する。各支流もまたそれらの水源はバルクサン、ゼイベ、エリク等の源泉である。それらの源泉より上流域では、特に乾期には一般に流量は非常に少ないか、またはほとんど流れていない。これらの源泉は、エルマネック・オフィオリティック・メラランジェ層中の石灰岩ブロック内、

あるいは兩岸の流域界上の高原の頂部に分布する中新世石灰岩からなる急崖の基部に見られる。

5.3.2 計画地域の一般地質

貯水池予定地域内に分布する各地層を表5.1および第G1図に示す。

上部白亜紀のエルマネック・オフィオリティック・メランジェ層が、計画地域の基盤岩として広く分布している。本層は石炭紀～上部白亜紀にかけての堆積岩類から成る異なる性質を持つブロック（主に石灰岩）と、マトリクス層とから成っている。マトリクス層は、ダイアベース、蛇紋岩質ペリドタイト、ガプロ、グレーワッケ、グレーワッケ質砂岩、シスト、礫岩等から成る。

新生代第三紀層としては、下部中新世のギョルメル層、中部中新世のエルマネック層等が本地域に分布する。

ギョルメル層は主にマールから成り、一部に泥岩、砂岩、粘土質～砂質石灰岩、礫質石灰岩、礫岩等を含む。本層中には石炭層がいくつかあり、エルマネック市南西方のクチュク川右岸側に炭鉱が存在する。

ギョルメル層は下位層のエルマネック・オフィオリティック・メランジェ層と傾斜不整合で接し、また、エルマネック層にも傾斜不整合にて覆われている。

エルマネック層は計画地域の北部と南部の比較的高い所に、エルマネック溪谷に沿って急崖を成して分布する。本層は主に石灰岩から成り、一部に砂質石灰岩、砂岩、マール等を含む。本層は、アラダグ層、エルマネック・オフィオリティック・メランジェ層、ギョルメル層等を傾斜不整合で覆う。

段丘、崖錐等の第四紀堆積層は河沿いの斜面上に広く分布する。

最も最近の主要な地質構造的変異は、第三紀の暁新世から中新世にかけて生じた。その後、本地域は造陸運動により上昇し、膨大な量の浸食が第三紀後期から第四紀の初めにかけて生じ、現在の本地域の地形が形成され

た。

数本の断層が、ナディレ、アジテペ、ククルセ等のメランジェ中の石灰岩ブロック内に見られる。しかし、それらのほとんどは地質的にみて小規模なものである。大きな断層構造は、ギョルメル、エルマネック層においては確認されなかった。

アラダグ層がエルマネック・オフィオリティック・メランジェ層に対して押しかぶさっている。衝上断層が計画地域の西部、ナディレ付近に見られる。この断層の活動時期は第三紀暁新世と推定される。

5.3.3 計画サイトの地質

(1) ダムサイトI-B

(A) 地質状況

代替ダムサイトI-Bの地質断面図を第G4図に示す。左岸の標高550m以上の部分は非常に厚い地すべりの堆積物（部分的には50m又はそれ以上）から成っている。代替サイトI-Bにおけるダム軸はこの地すべり堆積物地域の直上流に位置する。基盤岩は第三紀ギョルメル層のマールであり、10～30mの厚さの河床堆積層等に覆われている。河床部の基盤岩もマールである。右岸はマールを主とし、ギョルメル層の砂岩、礫岩等の薄層を数層含んだ地質である。大規模な断層構造は本地域では見られない。

(B) マールの岩質

ダムサイト全体における基盤岩は主に典型的な軟岩であるマールである。弱風化および新鮮岩におけるマールはCMクラスに相当する（菊池、他による岩盤等級、表5.4参照）。

マールの岩質は以下のとおりに推定する。

岩盤等級 : CM (軟岩)

圧縮強度 : 100～200kg/cm²

静的弾性係数 : 10,000～15,000kg/cm²

粘着力 : 10~15kg/cm²

内部摩擦角 : 30~40°

静的ポアソン比 : 0.15~0.2

(C) 透水性

ダム軸における基盤岩はすべてギョルメル層のマール、砂岩、礫岩等の不透水性基盤であるので、重大な漏水問題は無いであろう。

(D) 基礎処理

カーテン、ブランケット、コンソリデーションの各グラウトが、不透水性コアゾーンの下、ダム軸沿い、および洪水吐きの基盤岩等に対して必要と考える。その目的は、基盤岩の透水性の改良と、岩盤の一体化を図ることにある（グラウト計画は英文Volume 3 ANNEX-A参照）。

(E) スレーキング

マールは新鮮岩であっても、空気にさらされるとスレーキングを容易に起こす性質を持っている。したがって、何らかの特別な対策が、不透水性コアゾーンの盛立て中に必要となろう。

(2) ダムサイトI-C

(A) 地質状況

3つの代替ダム軸、すなわちI-Ca、I-Cb、I-Ccが狭い溪谷内にある（第G3図参照）。それぞれの地質状況を地質図および地質断面図に示す（第G5、G6、G7図）。代替ダム軸はすべてエルマネック・オフィオリティック・メランジェ内の上部ジュラ紀～白亜紀の石灰岩ブロック内に位置する。堅硬、均質であるが多数の溶食空洞を持っている。

地表踏査によりF-1、F-2、F-3の3本の断層がこの石灰岩ブロック中に確認されている（第G3図参照）。ボーリングSK-310の結果から、河床部における断層は存在しないと推定した。

地下水位は、左岸では石灰岩とメランジェのマトリクス層との境界に沿って山側へと上昇しており、右岸では非常にゆるい傾きで山側へと高くなっている（第G13図参照）。

各代替ダム軸における主要なジョイント系は以下のとおりである。

(a) ダムサイト I-Ca、I-Cb

Ja : NS-10°E/垂直 : 1～3 m 間隔

連続性は低い

Jb : N70°E-EW/90～70°NE : 1～3 m 間隔

連続性は中程度

Jc : N40～80°E/30～40°NW : 間隔は10m又はそれ以上

連続性は高い

調査横坑内

N70°W/65°N

N30～40°/20～35°N (Jc)

N35～40°/60～65°N (Jc)

(b) ダムサイト I-Cc

Je : N10～30°W/垂直 : 1～3 m 間隔

連続性は低い

Jf : N70°E-EW/90～70°NE : 1～3 m 間隔

連続性は高い

Jg : NS-30°E/50～70°NE : 間隔は10m又はそれ以上

連続性は高い

(B) 右岸における透水性

右岸における透水性を第G12、G13図に示す。その状況は以下のとおり要約される。

— 地表から標高500m位までの部分は高透水性の溶食の発達した石灰岩である。

— 標高およそ500mから400mにかけての部分には低透水性石灰岩が分布するが、部分的に溶食空洞が発達している可能性がある。

— 標高およそ400m以深は低透水性石灰岩であり、溶食空洞の発達の可能性は非常に低い。

ボーリングSK-316とSK-314では、標高約350m位まで比較的高透水性の石灰岩であり、溶食空洞も見られる。

(C) ダムサイトI-Cに関する地質工学

(a) 基礎岩盤

石灰岩の弱風化-新鮮岩は、岩盤等級（菊池、他）においてB-CHクラスに相当するので、高いアーチダムの基礎岩盤としての強度上の問題はないと考えられる（表5.5参照）。基礎岩の掘削深度は、堤頂付近で両岸ともにおよそ30~40m、河床部において5~10mと推定される。

弱風化岩および新鮮岩における（CH-Bクラス）岩質は、以下のよう
に推定する。

岩 盤 等 級 : CH-B（堅硬岩）

圧 縮 強 度 : 700~800kg/cm²

静的弾性係数 : 80,000~200,000kg/cm²

粘 着 力 : 40~50kg/cm²

内 部 摩 擦 角 : 40~55°

静的ポアソン比 : 0.25~0.3

(b) 基礎処理

コンソリデーショングラウトとグラウトカーテンが、基礎岩盤の一体化と透水性の改良を図るために必要であろう。コンソリデーショングラウトは10~20mの深度、2~4mの孔間隔にてダム基礎全域に対して必要と考える。

(c) グラウトカーテン

グラウトカーテンの左右両岸の端部は、ギョルメル層のマールおよびメランジェ層のマトリクス層等へと接続することが可能である。左岸では石灰岩層は上流へ向かって薄くなっている。石灰岩の下部は低透水性のオフィオライト質岩であるので、グラウトカーテンの下端を石灰岩の底部に沿って上昇させることができる。右岸ではグ

ラウトカーテンを水平に延長し、マールあるいはオフィオライト質岩へと接続できる（第G12図参照）。

(d) 断層F-2の処理

I-Ccダムサイトにおいては、その右岸でグラウトカーテンが断層F-2と交差することになるので、この断層の処理が標高およそ400m位の深部まで必要となろう。

(3) 発電所

発電所地点の地質状況を第G15、G16図に示す。ボーリングSK-102の結果によると、(a)地表から深度156m（標高469m）までの区間、および深度263.2m（標高361.8m）～286.55m（標高338.45m）区間は石灰岩から成る。(b)孔底深度341.6m（標高283.4m）までのその他の区間は、オフィオリティック・メランジェ層のマトリクス層から成る。(c)地下水位は、ボーリング掘進中の測定ではおよそ深度120m（標高505m）にある。

ボーリングSK-108bによると、(a)深度5mから196.75m（標高299.31m）までの区間は石灰岩から成る。(b)深度196.75mから201.20m（標高295.12m）区間はルマネック・オフィオリティック・メランジェ層のマトリクス層である。

マトリクス層はD、CL-CMクラスの岩盤である。このような岩盤は一般に地下発電所サイトとして不相当である。地下発電所建設に適した岩質を持つ岩盤は本地域内では石灰岩のみである。

発電所の位置は標高にして309m～349m間に想定されている。ボーリングSK-108bの位置では、石灰岩ブロックの底面は深度196.75m、その標高は299.31mである。エリク川の河床部に位置するボーリングSK-106地点では、石灰岩の厚さは186.70mであり、石灰岩ブロックの底面標高182.85mである。これらSK-108b、SK-106における石灰岩ブロックの底面標高は、発電所基部の標高（309m）より低い。したがって、ボーリングSK-108bとSK-106の間の石灰岩ブロック内に、地下発電所を配置することは可能であろう。

この石灰岩の岩質はI-Cダムサイトの石灰岩とほぼ同様と推定する
(4.3.2項参照)。

(4) 導水路トンネル

(A) トンネル沿いの地質

トンネルの総延長は約9,042m、その内径は6.1mである。導水路トンネル沿いの地質の概要を第G14図に示す。

本トンネルのルートでは、石灰岩の区間が約6,300m、エルマネック・オフィオリティック・メランジェ層のマトリクス区間が約2,700mである。石灰岩はすべてエルマネック・オフィオリティック・メランジェ層中のブロックであり、メランジェ層のマトリクス層はシスト、砂岩、シルト岩、礫岩、オフィオライト、蛇紋岩等から成っている。

石灰岩はすべて堅硬、均質な岩質であり、弱風化岩および新鮮岩では岩盤等級（菊池、他）におけるGH-Bクラスに相当する。マトリクス層は中硬岩～軟岩であり、その新鮮岩ではCM-CHに相当する。ボーリングコアには一般に亀裂が多く、一部では破砕状態にある（表5.5参照）。

緑色シスト、蛇紋岩についてX線解析により鉱物鑑定を行った。目的は膨潤性を有する鉱物の有無の確認である。標本はボーリングSK-102および発電所サイト周辺の露頭から採取した。その結果膨潤性を有する鉱物はほとんど含まれないことが判明した。

(B) 地下水位

導水路トンネルの取水口が位置するナディレ層の石灰岩ブロック内における地下水位は、ほとんど川の水と同じである（標高約500m）。他の地下水位測定値はボーリングSK-101、SK-102地点で得られる。SK-101で地下水面までの深度約20m（標高960.61m）、SK-102で同約115m（標高500m）である。

多数の湧水がトンネルのルート沿いに見られる。それらの湧水の水源はエルマネック層の石灰岩であると推定される。その石灰岩はこのトンネルルートの南側の、より高い山岳地上に広く分布している。そ

これらの湧水が存在することから、地下水位は一般に高く、また流域の南方の高原へ向かって地表と平行して上昇していると考えられる。しかし、石灰岩ブロック内の地下水位は、そのカルト性のために、マトリクス層中における地下水位と比べるとより低いと考えられる。石灰岩ブロックとエルマネック層の石灰岩とが直接接していない場合には、たとえマトリクス層中の地下水位が高くともブロック中の地下水位は非常に低いであろう。

(5) 調圧水槽および圧力シャフト

調圧水槽サイトはナディレ層の石灰岩ブロック中に位置する。その石灰岩は、弱風化～新鮮岩では岩盤等級（菊池、他）においてCH-Bに相当する。基礎岩盤は、弾性波速度が4.5km/秒の弱風化岩～新鮮岩である。上部はCH-CM級、弾性波速度で3.1～3.3km/秒および2.0～2.3km/秒の岩盤であろう。

圧力シャフトは、その最上部と最下部ではナディレ層の石灰岩、中間部ではエルマネック・オフィオリティック・メランジェ層のマトリクス層を通過することになる。岩盤は全区間にわたり弱風化岩および新鮮岩であろう。

(6) 放水路トンネル

放水路トンネル沿いの地盤を第G17、G18図に示す。このトンネルルート
の地盤は、発電所から約1,050mまでの区間では石灰岩、次の約150m
区間ではマトリクス層、残りの放水口までの区間ではマールである。測
線PCの弾性波探査によると、石灰岩は全区間にわたり弱風化岩～新鮮
岩（弾性波速度4.5km/秒）であり、マトリクス層とマールは放水口付近
以外では新鮮岩（3.6～3.7km/5秒）である。マールはスレーキングを
起こす性質を持つため、その区間では中程度～密な支保工が必要となろ
う。放水口近くの約10mの区間では密な支保工が必要となろう。

(7) ダムサイトI-B左岸の地すべり地域

弾性波探査測線LA、LB、LCに沿う地質断面図を第G19、G20、G21図にそれぞれ示す。一般にダムによる貯水に伴って地すべりが発生する主要な原因あるいは状況は次のように言われている。

(渡、日本地すべり学会会長)

(A) 地形・地質状況が過去に地すべりが起きたことを示唆している。

(B) 急傾斜地形。過去の多数の例では斜度 20° 以上の傾斜地で一般に地すべりが発生している。

(C) 貯水池の急激な水位低下。過去のほとんどの例では貯水池水位の低下速度が $2.0\text{m}/\text{日}$ 以上の水位低下時に地すべりが発生している。

本地域の地形・地質は過去に地すべりが発生したことを示唆してはいるが、斜面の傾斜は平均約 10° であり、さらに貯水池水位の低下速度はおよそ $0.1\text{m}/\text{日}$ と推定される。この速度は上述の $2\text{m}/\text{日}$ と比べると非常に小さい。したがって、大規模な地すべりは初期湛水中および貯水後も発生しないであろう。

(8) エリク取水ゼキ、導水トンネルおよび発電所

(A) エリク取水ゼキ

エリク取水ゼキサイトはエリク川上流部に存在する地すべり地の直上流に位置する。地質状況を第G22図に示す。取水ゼキ地点は堅硬、均質なエルマネック・オフィオリティック・メランジェ中のククルセ層石灰岩から成る。中程度に風化した岩盤等級CH-CMクラスのこの石灰岩は取水ゼキの基礎岩盤として十分な強度を有している。深度 $1\sim 3\text{m}$ の掘削によりCM-CHクラスの岩盤が得られるであろう。河床部は数メートルの厚さで砂礫層に覆われている。これらの堆積層は、取水ゼキ建設に当たり取り除く必要があろう。

(B) エリク導水トンネル

現在活動中の地すべり地をさけるために、エリク導水トンネルのルートは比較的地山深部に計画されている。概略の地質状況を第G23図に

示す。岩盤はメランジェ層の石灰岩とマトリクス層である。トンネル掘削において、マトリクス層の区間では軽～中程度の支保工、また石灰岩の区間では無支保工又は軽支保工が必要であろう。

(C) エリク発電所

発電所はマトリクス層の地域に位置する。地表は薄い崖錐堆積層(1～3 m)に覆われている。基盤岩は砂質石灰岩とシルト岩の互層から成り、まれにシスト、砂岩、礫岩を含む。それらの岩盤の強度は発電所の基礎として十分と推定する。発電所の上部の斜面、およそ標高740m以上はアジテペ層の堅硬な石灰岩の良好な露頭が見られる。ヘッドタンク、導水トンネル坑口等はこの石灰岩上に計画されている。

(9) 貯水池予定地域

(A) 全般の状況

貯水池予定地域の地質は、そのほとんどの部分が第三紀ギョルメル層のマール、砂岩、礫岩等の堆積岩から成り、一部でエルマネック・オフィオリティック・メランジェ層のマトリクス層と石灰岩ブロックから成っている。石灰岩ブロックを除くその他の岩盤は一般に低透水性を呈し、溶食空洞の発達は見られない。これらメランジェ層のマトリクス層およびギョルメル層分布域では漏水問題は無い。

本地域内では石灰岩は貯水池の上流端地域とダムサイトにあるのみである。ダムサイトにある石灰岩はダムのグラウトカーテンで処理可能であろう。

貯水池の周辺は一般に緩斜面であるので、斜面安定上の問題は無いであろう。

(B) 貯水池上流端地域からの漏水の可能性

層厚約100mの互層(シルト岩、砂岩、泥岩、石灰岩)がおおよそEW/20～40°Nの走向傾斜でエルマネック川の右岸側に分布する。これらの互層は一般に低透水性岩盤である。右岸ではこの層が地下水の南方への流れに対して遮蔽層として働くであろう。

川の北部地域は標高1,000 m以上の非常に広大な山岳状高原となっており、そこでは石灰岩ブロックはマトリクス層に囲まれており、さらに第三紀カルスト性石灰岩によって覆われている。また、多数の湧水が広くこの地域に分布している。この地域の地下水の賦存量は相当大きいと推定する。

石灰岩ブロックの上流側にはナディレ、カピズ等の湧水があり、これらはこの地域の地下水賦存量が大きいことを示している。また、これら湧水の直上流側には衝上断層が南北方向で走っていると考えられ、その断層は地下水の西方への流れに対する遮蔽物として働くであろう。

結論として、兩岸における地下水位は一般に貯水池の計画満水位よりも高いと推定できる。したがって、この石灰岩による漏水の可能性は非常に低いであろう。

5.3.4 地震

アナトリア半島には、北部、南東部、中部、およびエーゲ～マルマラの4つの地震帯が存在する（図5.4参照）。本計画地域は中部地震帯の南方に位置し、アナトリア半島において最も地震活動の低い地域である。

1901年から1987年におけるマグニチュード4.5以上の計695ケースの地震資料をイスタンブール・ボスボラス大学から得た。それらの震源は本計画サイトを中心とする半径約500km以内に位置する。震源を図5.5に示す。地震に関する検討は以下の3通りの方法で行った。すなわち、(a)プロジェクト地域周辺における地震発生の可能性、(b)河角の方法、(c)可能最大地震による検討。

(1) 計画地域周辺における地震発生の可能性

マグニチュード4.5および7.2の地震について、最小二乗法により地震発生頻度および特定期間における発生確率を推定した。マグニチュード7.2の地震は回帰年193年に相当し、100年間にその起こる可能性は41パーセントである（英文Volume 3 ANNEX-A参照）。

これらの推定はまた他の確率計算によっても行った。その結果、マグニチュード7.2の地震の発生頻度は回帰年56年に相当し、100年間に起きる確率は83パーセントである（同ANNEX-A参照）。

(2) 河角の方法による可能最大加速度

計画地域における可能最大加速度を、河角の方法により計算した。回帰年100年に対する可能最大加速度は以下のように推定される。

$$A = 12 \text{ gal} = 0.01 \text{ g}$$

(3) 可能最大地震

設計震度を求めるために7ケースの可能最大地震を想定した。それらの最大加速度は、(a)エスティバの方法、(b)コーネルの方法、(c)河角の方法により推定した。結果を表5.6に示す。想定加速度はプロジェクト地震を除き、すべて0.0141gである。プロジェクト地震ではその値は最大となり、0.036～0.29gである。

(4) 設計震度

河角の方法による、回帰年100年に対する可能最大加速度は0.01gである。また、可能最大地震の検討によると、プロジェクト地震においてその値は最高値を示し、0.036～0.29gである。以上を総合して、本計画の設計震度として0.05～0.1gが妥当と判断する。

(5) 貯水池の湛水に伴う地震

貯水池の湛水に伴って発生する地震は、一般に水深100mを超える貯水池で観測されている。これらの地震は一般に中・小規模であり、その震度は6以下であった。

エルマネック貯水池の水深は約180mとなるので、このような湛水に伴う地震を誘発する可能性は否定できないであろう。しかし、このような地震によってダムサイトで引き起こされる地盤加速度は、最大可能地震時のものよりも小さくなるものと考えられる。したがって、設計震度の検討にあたって貯水池の湛水に伴う地震を特別考慮することは不要であろう

5.4 建設材料

5.4.1 コア材料

コア材採取候補地として調査された地域は第G27図に示すように、エルマネック川本流沿いのAa、Ab、Fa、Fb、C、D、B、I等であり、ゼイベ川沿いではEa、Eb、Ec等である。室内試験結果を表5.3に示す。各地域の賦存量は総計770万 m^3 と推定する（英文Volume 3 ANNEX-B参照）。

候補地域Fa、Fb、C、D、I、Ea、Eb等における材料は、一般のコア材および着岩材として使用可能である。Ecの材料は一般のコア材としては適当であるが材としては不適当である。AaとAbの材料はコア材として使用不適と考える。

候補地域EaとFaはそこからの運搬距離が他の地域からよりも短いので、一般コア材および着岩材等の採取地点として最良である。EcとCは雨期における採取地として考えるべきであろう。

コア材の設計値は以下のように推奨する。

湿潤密度	1.90 t / m^3
飽和密度	1.95 t / m^3
粘着力	
C _{uu}	6.0 t / m^3
C'	1.5 t / m^3
内部摩擦角	
Θ_{uu}	10°
Θ''	28°
透水係数	$1 \times 10^{-5} \text{ cm / s}$

5.4.2 コンクリート骨材

フィルタ材、コンクリート骨材等の可能採取地域として、Ga、Gb、Gc、Gd、Geを調査した。それぞれ第G27図に示されるように、エルマネック川に沿う沖積段丘、河床堆積層等である。試験結果を表5.3に示す。採取可能量

総計110万 m^3 と推定する（同ANNEX-B参照）。

上記すべての候補地域における材料はフィルタ材およびコンクリート骨材として材質上使用可能である。しかし、適当な粒度調節、洗浄等は必要であろう。

5.4.3 ロック材

原石山の位置を第G27図に示す。採取可能量はコンクリート骨材として200万 m^3 、ダム盛立材として1,350万 m^3 と推定される。原石山の岩石に関する室内試験結果の概要を表5.3に示す。

この試験結果から、原石山の岩質は一般に建設工事に使用可能といえる。この岩石材料は、ロック盛立材、トランジション材、フィルタ材、コンクリート骨材等様々な材料として使用可能である。

5.5 水文

5.5.1 気候の特徴

ギョクス河流域およびその周辺における気候概況は以下のようにまとめられる。

- (1) 地中海沿岸地方と内陸の中央高原地方とは著しい気候の違いが見うけられる。一般的に地中海沿岸地方では降雨の季節変動パターンは地中海性気候によるので、雨および雪などの降水は主に低気圧が発達する冬および春に集中し、夏の気候は非常に乾燥している。トルコ中央部の高原地帯では大陸性気候のため、冬に寒波あるいは吹雪などが発生し、一方夏の気候は高温・乾燥である。
- (2) ギョクス河流域における主な降雨原因は、地中海からの西方低気圧によるものである。この西方低気圧には2種類あり、トルコ山岳地域の南側を急速に通過するものと、キプロス島付近をゆっくり通過あるいは停滞するものがある。前者は主に冬に発生し、後者は春に発生する。
- (3) エルマネック川流域においては下流の低標高地域ではいわゆる地中海

性気候が支配的である。上流部に向かうにしたがって標高が急激に上昇するので、流域内の気候は標高の変化に大きく影響されると考えられる。流域平均標高(1,600m)から見て、エルマネック川流域は地中海性気候から大陸性気候への遷移気候に属すると考えられる。

(4) 地中海沿岸に沿った地域で多くの降雨があり、年平均1,000mmから1,600mm程度記録されている。エルマネック川流域の南側に地中海沿岸部の山岳地域があるため、南西および北西風の影響を受けにくい。したがってエルマネック川流域内の測候所における平均年雨量は500から900mm程度である。また、年降雨はエルマネック川に沿って西方に向かうほど多い。流域内における降雨のこのような面的変化は、流域における降雨時の南および北西卓越風の方向、および流域の地形特徴と一致している。平均年雨量の地域分布を第2図に示す。

(5) 過去20年間ににおけるムット気象観測所における最大風速は23m/秒である。支配的な風の方向は北西である。流域内の気温は年間を通じて大きく変動する。年平均気温は11.8℃、最高気温および最低気温はそれぞれ6月の39℃、1月の-15℃である。本流域における気候の特徴を図5.6および図5.7に示す。

5.5.2 降雨

(1) 流域平均年降雨量

エルマネックダム地点でのエルマネック流域の年降雨量は、1965年から1987年までの23年間の平均で946mmと求められる。エルマネック川流域の月別降雨量の分布を図5.8に示す。年全体の降雨量のおよそ80パーセントが12月から5月までの冬季および春季に降る。

(2) 豪雨時の降雨

ギョクス河流域における既往最大の豪雨は1975年1月30日から31日にかけて記録された。降雨時間は約48時間であった。流域面積2,156km²をもつエルマネックダム地点での24時間雨量は102mmと推定される。

5.5.3 流量

(1) 測水所

D S Iの測水所17-14は1965年から運用されているが、1969年から1971年までの3年間は観測が停止されている。量水標がギョルメル橋に設置され、1日1回午前8時に水位が観測されている。しかし、測水はギョルメル橋上流1.75kmに位置するチャウシュケユ村近傍で行われている。

E I Eは1985年に測水所17-14近傍に新たに測水所1723（チャウシュケユ）を開設した。水位観測は同地点で1日2回午前8時および午後4時に行われている。測水所位置を図5.12に示す。

(2) 融雪による測水所17-14および1723での水位の日変動現象

水位、流量、水位-流量曲線およびギョクス河流域の雨量記録のレビューを行った。その結果、次のような問題点が明らかになった。

(A) 1965年から1987年までの23年間の流量記録に基づき、エルマネック川流域の流出率を求めると、下記に示すとおり測水所17-14上流部と下流部の流出率に大きな違いがみられた。

— 測水所17-14（ダムサイト）地点	: 0.81
— ダムサイトからギョクス河合流点	: 0.39
— 合流点でのエルマチック川全体	: 0.67
— 合流点でのギョクス支川全体	: 0.59
— ギョクス河全体	: 0.57

測水所17-14での高い流出率（0.81）と17-14下流部での低い流出率（0.39）は、測水所17-14での流量資料に過大評価があることを示唆している。

(B) 1985年から1987年まで最近3年間の平均流量を測水所17-14および1723について求めると、17-14の平均流量が1723の平均流量より約19パーセント高い。

(C) しかしながら、測水所17-14および1723での水位-流量曲線はほとんど同一の流量を与え、高い信頼性を有すると判断される。

(D) 測水所1723における水位は3月から5月にかけての春季に一日のうちで大きく変動している。午前水位は午後水位より高い値を示す。この日変動は時には一ヶ月にわたり連続して観測されたこともあるが、6月以降は消滅する。これは春季において24時間周期を持った水位の変動があることを示唆している。

この水位日変動現象を確認するため、ギョルメル橋とI-Caダムサイト間に設置したE I Eの量水標上での水位観測を1990年4月より連日行った。図5.13に示すとおり、水位は明らかに24時間周期の変動を持つ。

したがって春季の融雪期においてはダムサイトにおける水位が融雪流量の影響を受け、その結果午前水位が午後水位より高くなったものと判断した。

測水所17-14の日水位は1日1回午前8時に観測されたものであり、春季において過大評価されていたと判断する。

測水所17-14の観測流量を、測水所1723の流量記録に基づいて0.84倍に割り引いた。この結果、測水所17-14における補正後の流出率は0.73となり、新たに算出されたダムサイト下流域の流出率0.59や他の中間流域の流出率との比較において妥当な値と考える。

月別流量および降雨量のパターンを図5.8に示す。同図から3月、4月、5月の流出の大部分が融雪水であることがわかる。

(3) 月流量シリーズの延長

(2)において補正された1965年から1968年および1972年から1987年までの合計20年間の流量シリーズを、さらに3年間の欠測期間(1969-1971)に対して補填して、23年分の月別流量シリーズを得た。エルマチック貯水池への平均流入量は1965年から1987年までの23年間で $47.5\text{m}^3/\text{秒}$ と推定した。

一方、ギョクス河流域で最も長期間の流量記録を有し、ギョクス支流の下流部に位置する測水所1720では、1946年から1987年までの42年間の

流量記録が得られるが、下に示すとおり、上記の23年間はそれ以前の19年間(1945-1946)と比較して豊水期であったことが分かる。

期 間	年 数	平 均 流 量	
		m ³ /秒	(%)
1946-1964	19	41.2	88
1965-1987	23	51.1	110
1946-1987	42	46.6	100

長期間に対する平均流入量を過大評価する危険性を避けるために、ダム地点に対して求めた23年間の流入量シリーズを、測水所1719および1703(キルクヤラン)の流量記録を基にして、1984年以前の19年間の乾燥期に対して推定・延長した。

1946年から1987年までの期間における長期平均流入量は、最近23年間の推定値47.5m³/秒のおよそ91パーセントと推定した。この年平均流入量の経年変化を図5.14に示す。

(4) エリク川の年平均流量を1966年、1970年および1971年3年間の測水所17-14および1715(エリク測水所)の月平均流量の相関関係によって推定した。この年流量から、3年間のうちで渇水期が最もきびしい1970年の月流量のパターンを用いて月流量を推定した。

5.5.4 洪水

測水所17-14における18年間の年最大洪水記録を表5.17に示す。年最大洪水のピーク流量と、1日、2日、3日、5日、7日および10日間の年最大洪水ボリュームに対する確率計算を行った。確率計算は対数ピアソンIII型(Log Pearson Type III)法によった。確率計算の結果を表5.18および表5.19に示す。年最大洪水のピーク流量に対する確率計算の結果は次のとおり。

再現期間 (年)	ピーク流量 (m ³ /秒)
2	600
5	900
10	1,100
20	1,400
30	1,500
50	1,700
100	2,000
200	2,200

図5.15に示す流域面積—比流量図に基づいて、エリク取水ゼキ地点での100年確率洪水は400m³/秒と推定した。

5.5.5 可能最大洪水 (PMF)

ギョクス河流域においては融雪と降雨の複合現象による洪水が起こり得るので、降雨による洪水だけでなく、融雪と降雨による洪水のピーク流量およびボリュームの検討が必要である。雨が多く、基底流量が少ない冬季においては豪雨が可能最大洪水 (PMF) の原因となる。春季においては融雪による基底流量と豪雨が重なってPMFをもたらす。したがってPMFを冬季および春季の2つの洪水季節について求めた。

PMFは、可能最大降雨 (PMP) をユニットグラフ法によって洪水ハイドログラフに変換し、さらに季節に応じた基底流量を追加することによって推定した。

(1) 冬季のPMP

流域面積2,156km²を持つエルマネックダム地点でのエルマネック川流域に対するPMPは、1975年1月の既往最大豪雨の降雨量－流域面積－継続時間（DAD）関係を最大化することによって求めた。湿気最大化係数は1.8と推定した。詳細を英文Volume 4 ANNEX-Cに示す。

得られたエルマネック川流域のPMPは以下のとおりである。

継続時間(hr)	1975年豪雨のDD(mm)	PMP(DD×1.8)(mm)
1	22	40
6	68	122
12	90	162
24	102	184
48	162	292
96	253	455

(2) 春季のPMP

春季の流域平均日最大降雨の包絡線（詳細は同ANNEX-C参照）に基づいて、1月のPMPを割り引いて、代表的融雪月である4月のPMPを求め、これを春季のPMPとした。4月のPMPは1月のPMPのおよそ75パーセントに相当する。

(3) ユニットグラフ

エルマネック川流域のユニットグラフを無次元グラフ法によって求めた。ユニットグラフはエルマネックダム貯水池の建設後の状態に対して求めた。貯水池が存在する場合、洪水の到達時間が通常短くなるため、自然の状態に比べて洪水ピークが増加する。

無次元グラフは1971年1月と1975年2月に測水所1714（カイラクテペダムサイト）で観測された2つの洪水ハイドログラフから求めた。また、1980年3月27日から4月7日の間セイハン川のセイハンダムで観測され

た洪水ハイドログラフから別の無次元グラフを求めた。この洪水は過去地中海に面する流域で観測された洪水の中で著しく大きなものであった。

ユニットグラフは単位降雨1mm単位時間1時間に対して求めた。この単位時間は推定した小流域の遅れ時間の範囲が2.5時間から10.5時間であったことを参考にして選択した。これらの遅れ時間は3つの洪水に対して3つの小流域について求めた。結果は以下のとおり。

水流域	$L \cdot I / S^{0.5}$	流域到達時間 $t'p$ (hr)		
		測水所1714 1975年2月	測水所1714 1971年1月	セイハンダム 1980年3月
A	129	10.5	8.5	5.5
B	53	6.5	5.5	3.5
C	14	5.5	4.5	2.5

上記の遅れ時間を図5.16においてリンスレイの経験式と比較する。セイハン川での洪水から求めた遅れ到達時間でさえ決して短いとは言えない。しかしながら本調査においては、測水所1714における1971年1月洪水から求めた遅れ時間を採用して、ユニットグラフを作成した。その理由は、この洪水が本流域内で観測されたこと、および1975年2月洪水より遅れ時間が短いため、洪水のピーク流量上安全側であることである。

本流域のユニットグラフは図5.17に示すとおり3つの小流域に対するユニットグラフを重ね合わせて作成した。

(4) 損失雨量

降雨の初期損失は無視した。これは、PMPのように大きい降雨の場合には、エルマネック川流域全体が先行降雨によってすでに飽和状態にあるという仮定による。資料が無いため、飽和後の損失は一定と仮定し、2.00mm/時とした。

(5) 基底流量

測水所17-14における日流量に基づいて、冬季における最大基底流量は $100\text{m}^3/\text{秒}$ と推定した。

(6) 春季における融雪流出

融雪流出量およびその最大流出率は degree-day method により E I E によってすでに検討されている。その結果のレビューの後、本 P M F 検討に用いた。

(7) 可能最大洪水 (P M F)

96時間の継続時間に対する P M P から、降雨のピークがその終わりから4分の1の時点に位置するようにして、時間降雨ハイエットグラフを作成した。このとき、降雨量-継続時間関係は保たれている。

1月および4月の P M P と、変換された P M F を図5.18および5.19に示す。そのピーク流量は次のとおり。

(単位： $\text{m}^3/\text{秒}$)

月	P M P	融雪流出量+基底流量	合計
1月	5,800	100	5,900
4月	4,100	1,300	5,400

5.5.6 堆砂

E I E は1985年以降、測水所1723 (チャウシュケユ村) において浮流砂量の測定を行っている。

浮流砂量-流量関係は図5.20に示すように、一般に両対数紙上で回帰直線として表わせる。この直線は次式で与えられる。

$$Q_s = 0.405 Q^{1.65}$$

エルマネック川の浮流砂量は上記の浮流砂量-流量直線を用いて、測水所1723における1985年から1988年までの日流量記録に基づき、さらに種々の要素に対する補正を加えて求めた。

エルマネック貯水池に流入する掃流砂を含む平均流入土砂量は $830\text{m}^3/\text{日}$ あるいは $130\text{m}^3/\text{km}^2/\text{年}$ と推定した。この平均年流入土砂量は年平均 0.13mm の流域の土砂生産に相当する。

エルマネック貯水池の年堆砂量は、その貯水池の容量が大きいことから貯水池による流入砂の捕捉率を100パーセントと仮定して、 30万m^3 と計算される。エルマネック貯水池を100年間運用後の全堆砂量は $3,000\text{万m}^3$ となり、貯水池の死水容量 $11\text{億}9,000\text{万m}^3$ と比べて無視できるほど小さい。

5.5.7 水質

E I Eは1985年以来測水所1723において、水質分析のため流水のサンプリングを行っている。エルマネック川流域の水質は平均pH値8.0であり弱アルカリ性である。

日本における水力発電所について行ったpH値と発電所の金属物の腐食に関する調査によれば、4.5以下のpH値をもつ発電所においては多くの場合金属の腐食が発生している。したがって、本計画の水車は腐食に関する問題がないと判断できる。

5.6 計画サイトへのアクセス

5.6.1 既存の港湾

エルマネック計画サイトの周辺には、地中海に面したメルシンおよびアンタリヤの2つの国際港がある。港湾からエルマネックサイトまでの道路延長の点でメルシン港が有利である。

メルシン港は、ケバン、カラカヤ、アタチュルク水力発電計画の輸入重量物の陸揚げに利用されており、またカイラクテペ計画でも利用が予定されている。メルシン港の港湾設備は本計画のために輸入される重量機器の陸揚げ等に十分な能力を有する。

5.6.2 既存の道路網

既存道路網は第P1図およびP29図参照。次の道路は、自重を含めた全重量36トンの車両条件に対し設計されている。

メルシン～シリフケ	(84km)
シリフケ～ムット～エルマネック	(171km)
シリフケ～ギェルナール～エルマネック	(158km)
シリフケ～アナムール～エルマネック	(226km)

5.6.3 道路輸送ルート

建設工事用資機材を計画サイトまで運搬するために、荷物の積み込み地点と荷降し地点により次の2つのルートが考えられる。

(1) メルシン港からエルマネック発電所サイトへ

発電機や変圧器のような輸入品はメルシン港で陸揚げされた後、メルシン～シリフケ～ムット～エルマネック道路とアクセス道路を通して輸送されよう。このアクセス道路は、ムット～エルマネック道路の途中から分岐して、エルマネック川を渡って発電所入口まで建設される。発電所までの道路の総延長は234kmである。

(2) メルシン港からエルマネックダムサイトへ

輸入建設資機材の内ダムサイト周辺で使用するものは、道路延長の短いメルシン～シリフケ～ギェルナール～エルマネック道路を経由して輸送されることになろう。ダムサイトまでの道路延長は約220kmである。

5.6.4 道路の必要な改良工事

シリフケ～ムット～エルマネック道路およびシリフケ～ギェルナール～エルマネック道路の状況を表5.20および5.21に示す。

ムット～エルマネック道路は、発電機や変圧器を計画サイトまで運搬するために次の改良工事が必要となろう。

(1) ムットから6 kmの地点にある橋と、同8 km地点のカディ橋において川を横断する迂回路の建設

(2) ムットから35 km地点と45 km地点の間の総延長約2 kmの区間の線形改良および拡幅工事

ギェルナール～エルマネック道路は、オルクブナール橋の北西部の数 kmの区間で、カーブの線形と急勾配部の改良工事が必要となろう。

第6章 環境と補償費

6.1 現在の環境条件

6.1.1 人口

コンヤ、カラマン、イチエル、アンタリヤ県の人口密度はトルコ全体と比べて低いが、近年の急速な都市化に伴って増加しつつある。1985年におけるギョクス河流域の人口は250,000人、人口密度は24人/km²であり、またエルマネック川流域では70,000人、29人/km²と極めて低く、エルマネック、ハディム、ボツキル、カラマン、ムット、ギェルナル、シリフケといった若干の小都市があるのみである。

6.1.2 経済

1986年における1人当たり地域総生産(GRDP)は、コンヤ県(1989年にコンヤ県とカラマン県に分離)でTL552,000、イチエル県でTL951,000、アンタリヤ県でTL670,000であり、トルコ全体ではTL757,000であった。イチエル県のGRDPが高いのはメルシンにおける製造業の貢献によるものであり、3県全体としては農業に依存している。

これらの県においては小麦が最も一般的な作物である。地中海沿岸地方の綿花が農産物加工業の重要な原料となる一方、内陸部ではぶどう、りんご、なし、桃、チェリーなどが生産されている。

家畜は広い地域にわたって放牧されているが、個々の農家による小規模な飼育も行われている。ギョクス河流域では松や他の植林材による小規模な製材業が見られる。

エルマネック貯水池の予定地域周辺に褐炭鉱山がある。アクブナル露天掘り鉱山では標高760~820mの地帯で採炭しているが、数ヶ月中に閉山の予定である。エルマネック川とクチュク川の合流点の北西2kmに位置するコムル・イスレトメリ炭鉱では、標高600m地点に積み込み口を有する立坑を用いて操業しているが、やはり今後10年以内に閉山の予定である。

トルコ石炭公社は218名の労働者と6名の職員を雇用して、埋蔵量800,000トンの炭層から毎年55,000トンを生産している。現在、坑道は地表の標高700mから標高300mの深部まで及んでいる。

シリフケにはコンクリート製品工場、精糖会社、製紙工場等がある。セイディシェヒルにはアルミニウム精錬所が、またコンヤ市にはセメント工場がある。

ギョクス河流域はトルコ国内の一般的な観光ルートから外れているため、まれに観光客が訪れる程度である。

6.1.3 土地利用

イチェル・アンタリヤ両県の半分以上の土地が森林で覆われており、一方コンヤ・カラマン両県ではそのほとんどが農業に利用されている。1988年におけるエルマネック地区の土地利用は、表6.1に示すように森林が全体の69.4パーセント、耕作地が13.8パーセント、牧場が13.5パーセントを占めている。

6.1.4 公共医療

エルマネック市にある病院は1988年時点で50床のベッドを保有し、ベッド占有率は71パーセントであった。また6ヶ所の保健所で外来患者の治療や予防注射を行っている。コンヤとメルシンには大病院がある。エルマネック病院における1989年1月から10月までの入院患者の記録を表6.2に示す。

6.1.5 公衆衛生

ギョクス河流域では良質の湧水や地下水が豊富であり、飲料水のほとんどをまかなっている。エルマネック市では公共水道により湧水を2,796世帯へ供給しており、一日の水消費量は一人当たり50リットルと推定されている。ギョクス河流域には下水道施設はない。

6.1.6 地形・地質

エルマネック川流域は、標高1,500mから2,000mのタウルス山脈に囲まれている。エルマネック渓谷はエルマネック市の下方700mの谷底から上方300mの丘までの高さに及ぶ。下部中新世のギョルメル層が貯水池予定地域の広い谷を形成し、上部中新世エルマネック層が空洞や泉を伴う石灰岩質の台地や崖を成している。上部白亜紀エルマネック・オフィオリティック・メランジェ層における古い石灰岩層が深いギョルメル峡谷を形成している。

エルマネック川の上流域では、石灰岩が露頭している所を除いて、良好な植生が見られ、低標高地域のほとんどが小規模ポプラ農園や、オリーブ、桃、りんご、いちじく、ぶどう等の果樹園として利用されている。

6.1.7 地表水

エルマネック川の大部分の支川の流水のかなりの量は泉からの湧出水である。降水の流出率は60~70パーセントである。岩の多い地形と良好な植生により、流砂量はきわめて少ない。表6.3に示す水質資料によると汚濁はほとんど認められないが、石灰岩が広く分布しているためCa/Mg、CO₃、HCO₃濃度が比較的高い。

6.1.8 陸生動植物

トルコ国には約120種に上る哺乳動物が生息しているが、エルマネック川流域では限られており、もぐら、うさぎ、ねずみ、野ねずみ、リス等が生息する。

森林管理委員会のエルマネック地区事務所によって存在が確認されている鳥類の種を表6.4に示す。

エルマネック川流域ではポプラが最も一般的な広葉樹である。針葉樹としては黒松やさまざまな西洋松が方々に見受けられる。前述の事務所により流域内で確認された樹木の種類を表6.5に示す。

6.1.9 水生動植物

ギョクス河水系に生息していると考えられる魚類の種を表6.6に示す。エルマネック川には湿地帯やよどみがほとんど無いので、計画地域における水生植物はごく限られている。したがって植物プランクトンの数も少ないと考えられる。

6.2 補償物件調査の結果

6.2.1 調査規準

エルマネック貯水池の予定地域の補償物件調査は、エルマネック地区や農林省の農業技術者の支援を得て、法番号6200および6830の条項に基づいて1984年にD S I が作成した土地収用調査マニュアルに従って、E I E が実施した。調査範囲は標高510mから750mまでの7,367ヘクタールにわたっている。

6.2.2 人口と土地利用

エルマネックダム の 堤 頂 標 高 は 680m であり、標高675mの満水時の貯水池表面積は4,843ヘクタールに上る。水没地域の内、ポプラ林を含む農地は低標高地域に位置し、その総面積は844ヘクタールである。森林は標高600m以上に見られ、2,086ヘクタール、すなわち全貯水池面積の43パーセントを占める。残りの1,913ha (40%) は水面、不毛地、および集落である。ダムにより影響を受ける人は総数約500人で、内約200人がチャウシュケユ村に、残りは散在する小集落に居住している。

6.2.3 地価と補償費

1988年における貯水池予定地域の平均地価は1ヘクタール当りTL800万～1,500万、あるいは4,760～8,920米ドル相当であった (US\$ 1.00 = TL 1,681.61、1988年為替レート)。代表的家屋は木枠に石を積み上げ、固めた泥で屋根をふくといったものである。また、モスク、小学校、チャウシ

ユケユ森林管理委員会の建物等がある。

住民の主要な経済活動は畜産と農業であり、エルマネック市や炭鉱に就職しているものもいる。住民の所得はほとんどは農業生産による。1ヘクタール当りの収入は果樹園と野菜畑が最も高い。水没予定地域内の農業の総純収益は、さまざまな用途に利用されている農地の収益率に基づいてTL14.5億/年、86万米ドル相当と推定した。

動産を除く土地収用費はTL228億、980万米ドル相当と推定した。

6.3 予見される環境影響

6.3.1 社会経済への影響

本計画の実施に当たっては、エルマネック貯水池予定地域内の約500人の住民の移転が必要となる。過去における政府の土地収用に伴う移転例では、ほとんどの人が地域から転出した後、最終的には都市住民となっている。

特に1950年代の初期以降のように移転住民がまずその集落周辺の小都市へ移住し、ついでイスタンブール、アンカラ、イズミール、アダナといった大都市へ再移動する例が一般的となっている。エルマネックダム completionに伴い移転が必要となる約500人の内、約200人はチャウシュケユ村の住民である。現地調査および地方政府関係者との面接調査によると、12才以上の労働者は194人と推定され、彼らのほとんどが自営農地で働いており、その他に褐炭鉱山や、エルマネックの地方自治体で働く者もいる。

地域の労働市場がこれらの移転労働者を吸収できるであろうと考える。計画地域周辺にはコンヤ、アンタリヤ、メルシン、タルススといった大都市があるので、これら移転労働者の受け入れ上特別な支障はないと見られる。また過去の例に準じて、移転住民の内にはブルサ、アダナ、イズミール、アンカラ、イスタンブールといった大都市へ再移動する者も出てこよう。

本計画の実施は、準備工事段階から運転段階まで、特に建設期間中に単純労働者の雇用機会を創出するので、貯水池地域からの移転者の就業の場

となろう。サービス業や他の商業活動においても、労働力の流入により準備工事期間中と、特に本工事の期間中に好景気をもたらすであろう。これらの影響はエルマネック、ハディム、ムット、シリフケ、メルシン、カラマン、コンヤ等の都市において顕著であろう。

農地収用や貯水池地域からの住民の移転は農業生産高の低下につながるが、この地域全体の農業生産規模からみた場合その影響は小さく、またこの逸失農業生産による経済的損失は、貯水池地域からエルマネック市や他の都市へ移住した人々の商業およびその他の経済活動により一部回復されるだろう。

本計画の目的である電力供給はコンヤ・カラマン両県における工業および地域開発に大きく貢献するであろう。

エルマネック貯水池は水産養殖の機会を提供し、便利で安価な湖面輸送は交易活動の振興に貢献しよう。観光開発も進められよう。

農耕従事者の移転は土地所有権問題を生ずるだろう。衛生条件は、湖岸部での貯留水に誘引される病原発生の多少の可能性を除いて、変化しないと予想される。

6.3.2 物理的影響

エルマネック貯水池の湛水に伴い大きな滞留水が出現するので、環境にさまざまな影響が生じよう。

貯水池による気候への影響は仮にあるとしても無視できる程度のものとなろう。また貯水池による河川水の調節効果により乾季の流量が増強され、洪水被害は軽減されるので、下流地域の経済活動にとって便益となろう。

地下水および泉の湧出量は貯水池周辺で変化するかもしれない。石炭公社所有の坑道の最深部は現在でも地下水位より300 m以上も下方にあるが、出水問題は生じていない。この坑道は将来地下水位の上昇による影響を受けるかもしれないが、その損失はTKI 鉱山の産出量と比較して問題にならない程度の量であろう。

貯水池内の貯留水の有機成分含有量は、流入または沈澱している有機物の分解により増加し、プランクトンや他の水生生物が増殖する一つの要因となる。水質は汚濁しておらず、また水生植物もまばらであることから判断すると、上記の変化はきわめて緩慢な進行を示すと考えられる。1984年から運転しているオイマプナール貯水池では上述のような変化は観測されていない。一般に貯水池への流入土砂はダムの下流部における濁水の継続時間を長くする可能性があり、魚養殖に影響を及ぼすこともあり得る。しかし本計画の場合堆砂量はきわめて少なく、この類の問題は発生しないであろう。

エルマネック貯水池周辺の斜面は一部に古い地すべりの跡があるものの、すでに緩い勾配を成しており、また貯水池の水位変動も非常に緩慢と予測されるため、貯水池の湛水により地すべりが発生することはないと考えられる。

アクセス道路、原石山、宿舎、土捨て場等の建設活動、および貯水池の湛水による水没の結果計画地域の植生にある程度の影響が生じよう。

本計画地域の渓谷景観は貯水池景観へと変わる。ある人々はこれをより美しいと感じ、他の人々は逆の印象を持つかもしれない。

貯水池の富栄養化については、都市化が将来急速に進む場合には問題となるかもしれない。

6.3.3 生態系への影響

貯水池の形成が小さな哺乳動物のテリトリーや鳥類の繁殖に影響を与えるといったことの他に、陸生動物や植物に対し若干の影響は予想される。

ダムの建設は魚類に対しても影響を与える。しかし本計画地域に関しては、ゲゼンデダム建設により既に影響が及んでいるので、本計画による新たな影響はほとんどないと見られる。

水生植物は繁茂するであろうが、現在のところ流入水は汚濁していないので、その変化は緩慢であろう。

6.3.4 環境リスク予備評価マトリクス

前項までに述べた本計画の環境影響をマトリクス形式に整理した（表6.8参照）。このマトリクスは、本計画が各種環境に与える可能性のある影響を準備工事、本工事、運転の各段階別に表わす。この影響は次の記号によって表わされる。

- : 影響なし
- ＋ : 好影響
- － : 悪影響
- ± : 中立／複合影響

すなわち、この環境面では変化が生ずるかもしれないが、総合的な生態系の観点から見た場合、それが有害とも無害とも言えないようなケース。

- × : 未判定

すなわち、何らかの影響が発生する可能性はあるが、現時点で得られる資料からはそれがどうなるか予測できない場合を指す。

6.4 法律

環境に関わる規制は憲法や他の法律によって規程されている。1983年に公布された環境法No.18132の第3条は、環境保護および環境汚染防止に関する一般原則を示している。その副条項C)は「土地および資源の利用に關与する開発計画を評価し、決定を下す権限を授けられた公共機関が、環境保護および汚染防止の目的を果たすと同時に、開発を遅滞させないよう配慮すべし。」としている。

1983年以降関連する法律および法令がいくつか公布されている。それらは、文化財および国有資源保全法No.118113、国有関係法No.18132、ボスフォラス法、環境総局の設立およびその機能に関する法令No.18435、建築規約（官報

No.18749) である。

1971年に公布された水産物法No.13799は、ダムに直接関連する次の規定を含んでいる。

ダムおよび人造湖に講ずる処置

第8条： ダム貯水池または他の人造湖の湛水をする場合、水産物に関し講ずる必要のある対策を決定するため、関係当事者は事前に農業省に申請書を提出しなければならない。そして同省が必要と認定した処置は遵守されなければならない。

水産物被害を防ぐ処置

第9条： かんがいや発電等を目的として陸水を使用する際、関係当事者がそこに存在する水産物の生命、繁殖、保存および生産を保護するのに必要な処置を講ずることを条件とする。農業省は講ずるべき処置を決定しなければならない。

6.5 対策

6.5.1 決定プロセス

土地収用、施設配置、輸送、その他環境上の問題に関与する地域の住民から反対の声が上がるかもしれない。

どの国においても持続できる開発というものは、環境問題に対しても適用できる原則である。しかし環境というものはさまざまな側面を合わせ持っており、経済分析における金銭価値のように1つの指標では分類・評価できない。さらにある国または地域における環境問題は、通常その国や地域の社会、経済、文化的条件と密接な関わりを持つものであり。したがって対策の決定においては、早期の段階から関係当事者間で論議を尽くし、コンセンサスを得るように努めなければならない。

6.5.2 移転計画

本計画実施のための土地収用は、影響をこうむる人々に対して妥当な額の補償金を支払うことにより完了できると考えるが、若干の土地所有権問題が生ずるかもしれない。この場合、従前の生活の質や快適性を維持するという原則の下に、移転計画を作成すべきである。

6.5.3 施設設計における環境影響の考慮

本計画は、環境影響を最小限にとどめるという基本思想の下に策定した。例えば発電所や大部分の水路構造物は地下式とした。詳細設計や建設時におけるアクセス道路の路線決定、工事中施設やプラントの位置の選択、骨材プラントの据え付けといった際にもこういった配慮をすべきである。これらの考慮は景観保護、大気・水質・土壌の保全、騒音の抑制、安全性の確保、住民との対話などにも払われねばならない。

6.5.4 法律・制度

大きな貯水池の形成により水質汚染や富栄養化が進行するといった問題は、主として上流域の都市化によって増大した窒素、リン、重金属が貯水池に流入することに起因する。これらの問題が発生した場合決定的な解決手段はほとんどないので、貯水池や上流の河川への好ましくない物質の排出・投棄に関する重罰付きの法律的制限を設け、人間の社会的活動のある限度内に抑えるため、地域総合計画を策定すべきである。

6.6 今後必要な調査

現在までの調査結果に基づいて本計画の主要な環境影響を評価し、その対策を提案した。どの貯水池計画にも共通することだが、詳細な社会および自然環境調査を実施して、予見される将来の問題点についてあらかじめ対策をたてることにより、その影響を軽減もしくは回避するよう努めることが重要である。この環境調査には、生物種調査、水産養殖および観光開

発調査、地域住民への質問票調査と協議を含めるべきである。

第7章 最適開発計画

7.1 計画上の背景

1988年の総発電量の60パーセントを水力が占め、次いで褐炭火力が25パーセントを占めた。褐炭火力発電所は1980年代に盛んに建設されたが、その総発電電力量に占めるシェアは1986年に47パーセントのピークを記録した後、カラカヤ・アルティンカヤ両水力発電所の発電設備の順次運転開始に伴って、低下を続けている。トルコ国内の褐炭の可採埋蔵量は限られており、増大する電力需要を満たすために輸入石炭による火力発電所の新設も計画されている。

トルコでは、特に多くの家庭で暖房のために褐炭を燃やす冬季の大気汚染が懸案となっている。この汚染状態を改善するため、政府は褐炭から輸入石炭や輸入天然ガスへの燃料シフトや、水力発電計画の一層の推進といった努力を継続している。

トルコ国の経済的包蔵水力1,210億kW時のうち20パーセントがすでに開発され、13パーセントが建設中である。トルコ国の経済活動の成長を支えるために、残りの67パーセントの開発を着実かつ継続的に進めることが緊要となっている。

このような背景の下、本計画は次の自然および社会経済的条件に恵まれていることから、本フィージビリティスタディ段階に進められたものである。

- (1) エルマネック川は流域内の多数の泉からの湧出水を源とするため、流況が比較的安定している。この泉群は主としてエルマネック川流域の南側の境界上の融雪により涵養されている。
- (2) エルマネック川はダムサイトの下流側では平均勾配1/72の急流を成し、上流側には広い谷が開けている。このような地形はダム水路式計画にうってつけである。
- (3) 計画サイトが地域の電力需要センターに近接しているため、送電線の建設費が低く、ピーク電力供給時にも送電損失が小さいという長所を有する。

(4) 本計画サイトの下流でゲゼンデダム水力発電所が建設中である。その貯水池容量が小さいため、機能上は流れ込み式と言える。本計画の実施によりその常時出力の大幅な増強を期待できる。この増強効果はまた、下流のギョクス河本流に計画されているカイラクテペ発電所に対しても期待できる。

(5) 貯水池予定地域周辺では満水位より高い山腹に多数の泉が存在し、また大部分の集落はこれらの泉のまわりに位置しているため、水没予定地域内の人口は少ない。水没予定地域内の農地や住民に与える本計画の負の効果は比較的小さいと見られる。

7.2 計画作業の手順

追加詳細調査の結果に基づいて、I-Cダムサイトの石灰岩は地下水面以下ではカルスト化の程度が低下しているため、石灰岩ブロックを通る漏水はグラウトカーテンにより防止可能と判断した。したがってこの時点で、保留していた次善案であるI-Bダムサイトのフィルダム案は以下の検討対象から除外した。

また、地下発電所を計画した石灰岩ブロックの底面の標高が、ボーリング孔SK-102、106、108によって明らかにされた。その結果、地下発電所はこの石灰岩ブロックの内部に配置可能と判断した。

このようにして4.3節で地質の条件付きで導かれた暫定結論を変更する必要のないことが確認された。すなわち、本計画の最も有望な開発方式は、I-Cダムサイトのアーチダムによる1段のダム水路式であり、発電所は地下式とし、エリク溪流取水計画を加えたものである。

この基本計画に基づいて最適開発計画を策定した。作業の手順は次のとおり（図7.1参照）。

(1) 仮定と準備作業：(A)エルマネック貯水池の初期湛水計画の作成。(B)ダムサイトの石灰岩中に存在するかもしれない未処理の漏水径路に伴うリスクの評価。(C)本計画の発電量と便益の評価。(D)施工方法の概略検討と工

事単価の推定。

- (2) 本計画の開発計画のより詳細な検討：(A)I-Cダムサイト内での最適ダム軸の選定。(B)エリク導水計画の基本計画。(C)地下発電所の位置の検討。(D)エリク発電所を追加する場合の経済性の検討。
- (3) 洪水吐きの型式と設計流量、貯水池の利用水深、水路の内径、導水路トンネルのルート、放水口の位置、エリク導水計画の設計取水量と水路の型式等の、主要構造物の最適諸元とパラメータの検討。
- (4) 最適開発規模の選定。

本調査では、最適開発規模をエルマネック貯水池の常時満水位で表わすこととした。満水位は、ダムの洪水容量や余裕高、またダム基礎の掘削深等に左右されないパラメータであることから、ダム高とかダム堤頂標高の代わりに採用した。常時および2次電力量は満水位の従属関数である。発電設備容量は常時発電電力量に対する設備利用率を33パーセントとして決定する(3.5.2節参照)。したがって、本計画の開発規模は満水位という一つのパラメータの最適問題として取り扱うことができる。

7.3 仮定と準備作業

7.3.1 貯水池の初期湛水計画

エルマネック貯水池が、満水位標高675mの場合の総貯水容量が35億 m^3 と大きいために、本計画の最適開発規模は貯水池の初期湛水に要する期間の長短により影響を受ける。このサイズの貯水池の湛水には、エリク川の流水を含めて合計14.66億 m^3 /年(=46.5 m^3 /秒)の平均流入量が続くと仮定した場合、約2.4年を要する。

初期湛水の期間中はゲゼンデ発電所の出力を低下あるいは停止せざるを得ない。エルマネック発電所はこの初期湛水の完了後初めて計画通りの発電が可能となる。

この初期湛水の負の効果が最適開発規模に与える影響を評価するために、次の仮定と手順に基づいてエルマネック貯水池の初期湛水計画を作成した。

- (1) 初期湛水期間中を通じて平均流入量が続くものと仮定する。
- (2) L W Lまで貯水する第1次湛水を以下の工事が完了した時点で開始する。L W Lまでのダムとカーテングラウト工事、取水口、底部放流管およびトンネル式洪水吐き。
- (3) 第1次湛水期間中を通じて、ゲゼンデ発電所の常時電力量（原計画値）の発電のために必要最小限の水量をエルマネックダムから補給する。
- (4) ダム工事の完了以前に貯水池水位がL W Lに到達した場合には、底部放流管とトンネル式洪水吐きを操作して、貯水池水位の上昇速度を制御しながら徐々に上昇させる（第2次湛水）。
- (5) ダムおよびカーテングラウト工事が完了した後、常時電力量の50パーセントの発電による第3次湛水を開始する。
- (6) 有効貯水容量の半分が貯水されるまで第3次湛水を継続する。それ以降計画通りの発電を開始する。

各代替満水位の初期湛水の期間を図7.3に示す。満水位標高675mの場合初期湛水の期間は24.8ヶ月であり、L W Lまでの貯水池水位の平均上昇速度は0.31m/日、L W Lから上では同0.16m/日となる（図7.4参照）。

7.3.2 漏水リスクの評価

一般に、カルスト性石灰岩地帯におけるダム建設のための地質調査はフェージビリティスタディで完了するものではなく、詳細設計、さらに建設期間中も継続される。グラウト用トンネルとグラウト孔の掘削目的はグラウト注入だけでなく、石灰岩内のすべての潜在的な漏水径路やカルスト性空隙をくまなく探すことである。このような地質調査は貯水池の初期湛水の完了を待って初めて完結するものである。

石灰岩ブロックの内には多かれ少なかれ漏水径路やカルスト性空隙が存在していると考えて良い。漏水のリスクは多分ダム高とグラウトカーテンの所要面積に比例して増大すると考えられる。より高いダムはより高い漏水のリスクを持つ。このような漏水のリスクを考慮に入れるため、石灰岩ブロックを通ずる漏水量を以下に述べるように仮定した。

世界の石灰岩基礎の上に建設されたダムのほとんどに、次表に示されるように多かれ少なかれ基礎からの漏水がある。

石灰岩基礎からの漏水量

ダム名	ダム高 (m)	初期		補助カーテン設置後	
		水頭 (m)	漏水量 (cc/s/m ²)	水頭 (m)	漏水量 (cc/s/m ²)
チコアセン	262	252	0.8	補助カーテンなし	
ケバン	211	202	130	204	15
オイマブナール	185	183	1	補助カーテンなし	
クレマスタ	160	145	50		
カネリエス	151	85	200	138	0.4
プエブロヴィエホ	140	135	0.04	135	0.03
ドカン	120	80	14	118	0

出展： Dam foundations on karstic formations, 1985, Commission
Internationale Des Grandes Barrages

このような漏水量の記録を参照して、作用水頭100mの下での単位漏水量をグラウトカーテン面積1m²当り1.0cm³/秒と仮定した。満水位標高675mの場合の漏水量は1.0m³/秒と想定した。ただし、この漏水量は発電便益の算定にあたってこのリスクに対する余裕を見込むために想定したものであり、実際にこれだけの漏水量の発生が予測されるということではない。

7.3.3 貯水池運用シミュレーションと発電便益の評価

各代替開発案について貯水池運用シミュレーションを行って発電電力量を推定した。エルマネック川上に直列に連なる発電所群、すなわちナディレ、エルマネック、II-AもしくはII-Bの第2発電所、ゲゼンデ発電所の発電電力量は、直列貯水池群の統合シミュレーションにより求めた（貯水池の運用ルールは英文Volume 4 ANNEX-D参照）。

シミュレーションには1946年から1987年までの42年間の月流入量シリーズを用いた。ただし、シミュレーション期間の最後に貯水池水位が満水位に復帰できるように、この流量シリーズを次の順番に並べ替えた。

1982年～1987年 + 1946年～1981年

貯水池表面からの蒸発損失は蒸発計の記録の70パーセントと仮定して、1,380mm/年と推定した。7.3.2項で述べた漏水量は、シミュレーションに際してはエルマネック貯水池から漏水した後、ダム下流側で再び全量湧出してゲゼンデ貯水池に流入するものとした。

3.5.2項で述べたように、エルマネック発電所の発電設備容量は常時発電電力量に対する設備利用率が33パーセントになるように決めた。

ここに常時電力量とは、42年間の流入量シリーズの期間中を通じて100パーセント確保される年発電電力量と定義した。90パーセント保証ピーク出力は、42年間の流入量資料のシミュレーションによって得られた504個の毎月のピーク出力をシリアル法で並べ替えて求めた。

各代替開発案の発電便益は、kW価値121米ドル、常時kW時価値2.68米セント、2次kW時価値2.33米セントにより評価した（3.6節参照）。kW便益は90パーセント保証ピーク出力に対して求めた。ゲゼンデ発電所の常時出力増強便益も同じ規準により評価した。

エリク発電所は流れ込み式のためベース運転となるので、石炭火力を代替設備と想定して、常時出力に対してkW価値159米ドル、kW時価値2.33米セントによりその発電便益を評価した。

7.3.4 建設単価

最適開発計画の検討作業は、本計画の有望な開発規模である満水位標高675mに対して作成した施工計画、建設工程、および工事単価に基づいて実施した（詳細は第9章参照）。

7.3.5 建設支出計画と割り引き率

最適開発計画の検討作業は純便益最大の規準に従って、さまざまな代替案の純便益の現在価値を比較することによって実施した。各代替案の純便益を図7.2に示す手順に従って算定した。詳細設計の開始年から60年間の評価期間中の年純便益を割り引き率9.5パーセントで現在価値に換算した。この割り引き率はトルコ国のエネルギーセクターの資本の機会費用（OCC）として、EIEから調査団に提示されたものである。

本計画の経済費用は、第P8図に示す建設工程に基づいて作成した年次別支出割合によって、各年に割り振った。

年	年支出	年	年支出
1	0.5%	6	11.0
2	1.9	7	12.0
3	5.8	8	20.7
4	3.1	9	25.8
5	7.8	10	11.4

7.4 基本計画の検討

7.4.1 I-Cダムサイト内のダム軸の選定

ギョルメル峡谷内に3つの代替ダム軸を想定した。これらを上流から下流に向かって順にI-Ca、I-Cb、I-Ccと呼ぶことにする（第A34図参照）。これらのダム軸の地質断面図を第G5～G7図に示す。

I-Caダム軸は峡谷の入口部に位置する。このサイトへのアクセスは3つの代替軸のうちで最も容易である。谷は、標高590mより下方の部分ではV字形状を成すが、標高650m以上では斜面の勾配が緩くなり谷幅も広がる。中間の標高帯は遷移部である。このダム軸は、比較的低いダム高の場合には、その狭い谷形状と良好なアクセス条件を活用できるので、有利である。

I-Cbダム軸はI-Ca軸の約80m下流に位置する。谷の肩部の標高が約670mと高くなる点を除き、谷形状はI-Caに類似している。I-Cb軸の右岸にはジョイントJc-1が存在する（第G6図参照）。このジョイントの上方の岩塊は、ダムを建設する場合には取り除く必要がある。このダム軸へのアクセスは主として峡谷の上流側からとなろう。

I-Ccダム軸は断層F-2の約150m下流に位置する。ギョルメル峡谷はこのダム軸周辺で最も狭くかつ高くなり、イタリアのバイオントダムサイトに類似したV字谷を形成する。河床標高は約497.5mと推定した（図5.1）。谷の肩部標高は約720mと高いため、地形状は高さ200m超のダムも考えられる。このダム軸へのアクセスは主として峡谷の下流側からとなろう。

ダム軸の下流側から進入するようなアクセストンネルは貯水池の湛水後も使用することができる。3つの代替ダム軸すべてが石灰岩ブロック内に位置しているので、初期湛水開始後の漏水監視、補助グラウトカーテンの追加作業のために、湛水開始後もアクセストンネルを使用できることは必須の条件である。上流側のダム軸I-CaとI-Cbの場合には、建設工事のためのアクセストンネルに加えて、このような湛水開始後のアクセスのための何らかの特別な施設が必要となろう。

5.3節で述べたように、ギョルメル峡谷内のI-Cダムサイトに想定された3つの代替ダム軸のいずれにおいても、その岩盤上に高いアーチダムを建設することは可能であり、また、カルスト性石灰岩ブロックを通ずる漏水はグラウトカーテンにより技術的に防止可能と判断された（グラウト計画は第P14図参照）。

最少費用の規準によってダム軸を選定するために、次の9ケースの代替ダム軸とダム頂標高についてダムを概略設計した。

I-Caダム軸 : 640、660、670m

I-Cbダム軸 : 640、660、670m

I-Ccダム軸 : 660、680、700m

これらのダム頂標高は、最適標高が650~700mの範囲内に得られようとの予備検討時の暫定結論に基づいて選んだものである。

各代替ダムは放物線型のアーチダムとして設計した。9つの代替ダムの平面図、クラウン片持バリ、上・下流面展開図を第A35図~A37図に示す。ダム体積は次のように算定された。

ダム頂標高	ダム体積 (1,000m ³)		
	代替ダム軸		
	I-Ca	I-Cb	I-Cc
640m	213	165	—
660	374	288	233
670	517	400	—
680	—	—	270
700	—	—	335

ダム高~ダム体積曲線、ダム高~掘削量曲線、およびダム高~ダム建設費曲線を図7.6に示す。I-Ccダム軸で最少ダム体積、最少掘削量、最少建設費となる。I-Ca軸ではダム体積が最大となり、I-Cb軸では掘削量が最大となる。

I-Ca軸のダムは堤頂が最も長くなり、その結果ダム体積が最大となった。I-Cb軸では右岸の厚い風化層を取り除くために掘削量が最大となった(第G6図参照)。

ダムコンクリートの単価は、I-Cc軸のダム頂標高680m、ダム体積27万 m^3 の数量に基づいて、1 m^3 当り130米ドルと推定した。岩石の掘削単価は1 m^3 当り10米ドルと見積もった。

ダム頂標高670mの場合、最少費用のダム軸I-Ccと次善のI-Cb軸間のダム建設費の差は2,700万米ドルに上る(図7.6参照)。この差はI-Cc軸のダムの建設費4,100万米ドルの66パーセントに相当する。したがって、I-Cb、I-Cc軸との相対的な下記の長所・短所を考慮しても、I-Cc軸の優位性は動かない。(1)I-Cc軸では導水路トンネルの延長が多少短い。(2)I-Cc軸に対するグラウトカーテンの総面積は多少広い。(3)I-Cc軸へのアクセストンネルの総延長が多少長い。(4)I-CaとI-Cb軸の工事数量が大きいので、実際にはその工事単価が多少低下する。

I-Ccダム軸のこの優位性は、狭く急な谷形状と、厚い風化層のない岩盤条件によるものである(第G7図参照)。

代替ダム軸I-CaとI-Cbはこの段階で棄却した。

7.4.2 エリク導水計画の経済性

エリク川の平均流量は3.5 m^3 /秒であり、その流量はきわめて安定している(図7.11参照)。通水容量6.0 m^3 /秒のトンネルを建設することにより、このエリク川の流水の大部分を転流して、本計画の導水路トンネルに注入することができる。

取水ゼキサイトは標高700m前後のエリク川上に当初想定した。この地点からは延長約1,500mのトンネルにより導水可能である。しかし、追加詳細調査時にこのサイトの上流部に大規模でかつ進行中の地すべりが存在することが判明したため、取水ゼキのサイトを地すべり地の上流側に位置するエリク源泉の近くに移動することとした。

エリク導水計画なしの場合と、本計画に加える場合の経済比較を行った。この比較は、エルマネック貯水池の有望な満水位標高675mに対して実施した。7.4.4項で述べるエリク発電所はこの検討ではないものとした。

両代替案の主要諸元と経済指標は下表のとおり（詳細は英文Volume 4 ANNEX-D参照）。

No.	項目	単位	エリク計画なし	エリク計画あり
(1)	発電設備容量	MW	300	320
(2)	90%保証ピーク出力	MW	290	294
(3)	年発電電力量	GW時		
	ー常時		865	925
	ー2次		78	97
	合計		943	1,022
(4)	経済費用	百万米ドル	336.3	342.3
(5)	年経費	百万米ドル	33.0	33.6
(6)	エルマネック発電所の年発電便益	百万米ドル	60.0	62.5
(7)	年純便益	百万米ドル	27.0	28.9

年経費は4.3.3項で述べた方法により求めた。

上表に示されるように、エリク導水計画は常時電力量を年に0.60億kW時、2次電力量を0.19億kW時、年純益を190万米ドル分各々増大させる。エリク導水計画を本計画に加えるべきと判断した。

7.4.3 地下発電所の妥当性

満水位標高675mの場合について、地上式と地下式の鉄管路と発電所案の経済比較を行った。放水路トンネルを有する地下式案の放水位は標高333m、放水路トンネルを持たない地上式案では同337mと想定した。

地上式案の平面図と縦断図を第A29図に、地下式案を第P17図～P19図に示す。経済比較の結果は次のとおり。

No.	項目	単位	地上式	地下式
(1)	鉄管路延長	m	1,035	440
(2)	発電設備容量	MW	315	320
(3)	90%保証ピーク出力	MW	294	294
(4)	年発電電力量	GW時		
	ー常時		911	925
	ー2次		97	97
	合計		1,008	1,022
(5)	経済費用	百万米ドル	341.5	342.3
(6)	年経費	百万米ドル	42.3	42.4
(7)	エルマネック発電所 の年発電便益	百万米ドル	62.1	62.5
(8)	年純便益	百万米ドル	19.8	20.1

地上式案の方が多少高い純便益を与えるが、両案の経済性にはほとんど差がないと言える。しかしこの結論は、発電所の型式に直接由来するものではなく、本計画の地下式案の場合には4mの落差を余分に利用できることから得られたものである。

地下式案の鉄管路延長が1,035mに上るのに対して、地下式案の圧力シャフトの延長は440mに短縮できるので、地下式案は発電時の運転特性上の長所を有する。地下式案はまたそのルート上の環境に影響を与えないし、斜面保護工も必要としない。したがって、地下式の圧力シャフトと発電所を本計画に採用した。

7.4.4 エリク発電所の経済性

エリク源泉近くに取水ゼキサイトを選定したため、取水水位は標高815m前後となり、エルマネック貯水池の満水位標高675mより140m上方となる。

計画取水量 $6.0\text{m}^3/\text{秒}$ は満水位の上方で $8,200\text{kW}$ のポテンシャルエネルギーを持つ。したがって、この水をエルマネック導水路トンネルに注入する前にエネルギーを減勢するための何らかの施設が必要となる。減勢効果は発電機を設置することによって得ることも可能である。

エリク導水計画にエリク発電所を加える場合、その発電設備容量は $6,700\text{kW}$ 、年発電電力量は 0.319 億 kWh となる。この場合エリク川の水は、エリク発電所で総落差 145m 、エルマネック発電所で同 342m 、合計 487m に対して発電に利用されることになる。

エリク発電所の年発電便益は 139 万米ドル、年経費 29 万米ドル、年純益 110 万米ドルと推定した。エリク導水計画に発電所を加えることとした。

7.5 主要施設の最適諸元

(1) 洪水吐きの放流能力

洪水吐きの放流能力を大きくすると、常時満水位の上方に確保すべき洪水容量を小さくできるので、ダム高が低くなる。この場合洪水吐きの建設費は増大するがダム費は低下する。洪水吐きを小さくすればダムが大きくなる。

最少費用の規準により、洪水貯留容量と洪水吐きの放流能力を比較検討し、最適な組み合わせを求めた。ただし、洪水吐きの放流能力を極めて小さく選定するような事態を避けるため、ダム放流設備の最少放流能力という規準を導入した。この最少能力は $1/200$ 年確率洪水として $2,200\text{m}^3/\text{秒}$ と設定した。この洪水確率は、日本の洪水吐き設計流量の規準に準じて選定したものである。

常時満水位標高 675m に対して、最少放流能力以上でかつ最少費用となる洪水吐き放流能力とダム設計洪水位を求めた。最適な組み合わせは次のとおり（詳細は英文Volume 4 ANNEX-D参照）。

—最大放流量 : 2,600m³/秒

—常時満水位上の設計洪水深 : 3.3m

(2) 貯水池の利用水深

5つの代替利用水深の経済性を比較検討した。検討は満水位標高675mについて行った。各代替案の主要諸元と経済指標は次のとおり。

No.	項目	単位	代替利用水深				
			30m	45m	60m	75m	90m
(1)	LWL	m	645	630	615	600	585
(2)	有効貯水容量	百万m ³	1,329	1,879	2,339	2,715	3,009
(3)	有効貯水容量—	%	91	128	160	185	205
	平均年流入量比						
(4)	42年のシミュレーション期間の平均貯水池水位	m	668	664	660	648	644
(5)	発電設備容量	MW	273	297	320	328	331
(6)	90%保証ピーク出力	MW	260	276	294	274	272
(7)	年発電電力量	GW時					
	—常時		825	892	925	950	952
	—2次		179	127	97	52	43
	合計		1,003	1,018	1,022	1,002	995
(8)	経済費用	百万米ドル	322.0	335.8	342.1	348.6	351.8
(9)	年経費	百万米ドル	40.5	42.3	43.1	43.9	44.3
(10)	ゲゼンデ常時出力増強便益を含む年便益	百万米ドル	73.3	76.1	78.8	76.9	75.6
(11)	年純便益	百万米ドル	32.7	33.8	35.7	33.0	31.3

上表および図7.7に示されるように、年純便益は利用水深60mで最大となる。その結果貯水池の利用水深は60mに決定した（詳細は英文Volume 4 ANNEX-D参照）。

(3) 導水路トンネルの内径

F. Fahlbuschは世界の394例に基づいて、発電用水圧トンネルの内径を求める経験式を次のように誘導した（Water Power & Dam Construction、1987年2月号）。

$$D_c = 0.62Q^{0.48}$$

満水位標高675m、最大使用水量116.6m³/秒の場合、内径は6.1mと算出される。この内径の場合、トンネルの粗度係数 $n = 0.012$ に対して動水勾配が1/747となり、水圧トンネルの動水勾配として妥当な値と言える。

上式の本計画への適用の妥当性をさらに確認するために、導水路トンネル内の損失水頭による発電損失を費用の一部と考えて、最少費用の規準により経済径を求めた。最大使用水量116.6m³/秒、粗度係数 $n = 0.012$ に対する最少費用の内径は6.3mと算定された。しかし、内径6.0mから6.6mの範囲内の年経費の差は10万米ドル未満と小さく、上式による値6.1mはこの範囲内にある。したがって、上式は本計画に適用可能と判断した。

(4) 導水路トンネルの最適ルート

第A30図～A32図に示す導水路トンネルの5つの代替ルートの経済性を比較検討した。代替ルートAは取水口とサージタンク間を直線でつなぐものである。このルート沿いの地形の関係上このルートの場合には総延長3,360mに上る作業横坑が必要となる。

導水路トンネルと作業横坑の総建設費に、導水路トンネル内の損失水頭による発電便益の減少分を費用として加えた総経費を最少にするものとして、経済的なルートを求めた。5つの代替ルートはいずれも満水位と等しい等高線よりも常に山側を通過するように選定した。

年経費を図7.8に示す。同図からルートBbを最少費用として選定した。

(5) 圧力シャフトの内径

圧力シャフトのトンネル内に埋設する内張り鋼管の内径を、1条および2条の2ケースについて求めた。

(A) 1条の圧力シャフトの場合

前述のF. Fahlbuschは圧力シャフトに埋設する鋼管径についても次の経験式を導いている。

$$D_s = 1.12H^{-0.12}Q^{0.45}$$

上式は設計流量116.6m³/秒に対し内径4.9mを与える。導水路トンネルの内径の場合と同様にして、上式を本計画に適用可能と判断した（詳細は英文Volume 4 ANNEX-D参照）。

(B) 2条の圧力シャフトの場合

1条の場合と同様にして、2条の場合の圧力シャフトの内径は3.6mと決定した（詳細は同ANNEX-D参照）。

(C) 選定した圧力シャフトの条数と内径

1条と2条の経済性を比較した結果を次表に示す。

No.	項目	単位	1条案	2条案
1.	内径	m	4.9	3.6
2.	トンネル建設費	百万米ドル	1.43	1.99
3.	内張り鋼管建設費	百万米ドル	15.81	14.95
4.	合計	百万米ドル	17.24	16.94
5.	年経費	百万米ドル	1.90	1.86
6.	年発電損失	百万米ドル	0.33	0.42
7.	年総経費	百万米ドル	2.22	2.28

上表に示されるように、2条案に比べて1条案は建設費は高いが、発電損失が小さく、その結果年総経費も小さい。しかし、年総経費の差は6万米ドルと小さい。

1条案の場合、鋼管外周の所要スペース0.3mと余掘り0.2mを含めた最大掘削径は5.9mとなり、45°の斜坑内における天端までの鉛直高さは8.3mに達するため、工世上多少の困難が予想される。2条案の場合には同高さは6.5mになる他、斜坑掘削用の機械を1条案の2倍の延長に対して使用することになるので、機械の減価償却を高められる。

以上の結果と判断に基づいて本計画の圧力シャフトは2条とし、その内径は3.6mとした。

(6) 放水路トンネル出口の最適位置

第A33図に示される放水路トンネルのルートと出口の位置について4つの代替案を想定して、その経済性を比較した。放水口周辺のエルマネック川の縦断形状を図7.9に示す。同図に示されるように落差約2mの瀬があり、代替ルートBはこの瀬の直下流に位置する。

各代替ルートの主要諸元と経済指標を、代替ルートAとの相対的な値で下表に示す。

No.	項目	単位	代替ルート			
			A	B	C	D
(1)	放水路トンネル 総延長の増分	m	0	+513	+638	+1,098
(2)	総落差の増分	m	—	+7.0	+8.0	+10.0
(3)	年経費の増分	百万米ドル	—	0.29	0.36	0.63
(4)	年便益の増分	百万米ドル	—	0.76	0.77	0.78
(5)	年純益の増分	百万米ドル	—	0.35	0.26	-0.08

上表および図7.10に示されるように、B地点直上流に瀬があることにより、年便益はルートAからルートBに向かって急増するが、それより下流側まで延長しても便益はほとんど増えない。一方、年経費と損失水頭による発電損失は放水路トンネルの総延長に比例して増大する。その結果、ル

ートBが4つの代替ルートのうちで最少費用となるので、ルートBを選定した。

(7) エリク導水計画の設計流量

1965/1966、1969/1970、1970/1971の3つの水文年（10月から翌年9月）のエリク川の日流量資料から流量持続曲線を作成した（図7.11参照）。

第P22図に示す施工上の最小断面を持つ無圧トンネルは、粗度係数0.014、動水勾配1/1,000の条件下で通水能力6.0m³/秒を持つ。この流量は、流量持続曲線上で超過確率4パーセントに相当する。すなわち、このトンネルを建設した場合、取水ゼキからの無効放流はほとんど生じない。取水ゼキの下流部でエリク川の流水に依存している農地や集落はない。したがって、エリク導水計画の設計流量は6.0m³/秒に決定した。

(8) エリク導水トンネルの型式

エリク導水トンネルの型式として無圧式と圧力式が考えられるが、次表に示すように無圧式が経済的と判明した。

（単位：百万米ドル）

項目	無圧式	圧力式
トンネル掘削費用	1.64	1.76
覆工コンクリート費用	1.29	1.57
コンソリデーショングラウト費用	-	0.38
合計	2.93	3.71

さらに、無圧式トンネルの輓型断面は小断面トンネルの建設上好ましい。以上の結果、無圧式トンネルを採用した（詳細は英文Volume 4 ANNEX-D参照）。

(9) エリクヘッドタンクへの余水吐きの追加

エリクヘッドタンクに余水吐きと、鉄管路に平行する余水路を設置しない場合には、エリク発電所の点検・修理期間中は、エルマネック発電所に

においてエリク川の水を発電に利用できなくなる。定期点検を年に7日、さらに7年に1回のオーバーホールを30日間と想定して、エリク発電所の運転停止期間中のエルマネック発電所の損失発電便益を年57,000米ドルと推定した。

地表式の余水路を設けた場合、エルマネック発電所はエリク発電所の運転停止期間中もエリク川の流水を利用できる。この余水路の年経費は約30,000米ドルで、損失便益57,000米ドルより小さいので、エリク水路系に余水路を加えることとした。

(10) エリク発電所の放水位

エリク発電所の放水位は次の理由からエルマネック貯水池の満水位あるいは上方に設定することが望ましい。(A)小規模水車への大きな押し込み水圧による悪影響。(B)点検のために放水庭を空にすることが難しくなる。

エルマネック導水路トンネルのサージングによりエリク放水庭内の水位も変動する。最高上昇水位はエルマネック貯水池の満水位から約18m上方となる。放水位をエルマネック貯水池の満水位と等しく設定した場合、放水庭の高さは約25mとなる。この放水庭の建設費は約20万米ドルに上るが、エリク発電所の常時放水位を低下できるので、その発電に貢献する。放水位を10m高くすると、年発電便益は約120万米ドル減少する。したがって、放水位は望ましい範囲内の最低水位、すなわちエルマネック貯水池の満水位と一致させることにした。

7.6 最適開発計画

標高645mから695mまで5m間隔で11ケースの代替満水位の経済性を比較検討した。前節で述べた主要構造物の予備設計に基づいて、各代替案の発電便益と建設費を推定した。これらを、代替満水位を横軸にして図7.12と7.13に示す。

割り引き率9.5パーセントで求めた便益の現在価値は、満水位標高675mでピークに達し、それ以降緩やかに減少を始める。このピークは、初期湛水の

負の効果によるものである。一方、費用は満水位にほぼ比例して増大する。その結果、満水位標高675mで純便益が最大となる。

本計画の開発規模は結局満水位標高675mと決定した。発電設備容量は、常時電力量9.25億kW時とそれに対する年設備利用率33パーセントから、32万kWと決定した。常時電力量は1946年から1987年まで42年間の水文条件に関しては100パーセント確保されるが、長年にわたる渇水期には貯水池水位が定格水位より下方に下がるため出力が低下し、90パーセント保証ピーク出力は29.4万kW、すなわち設備容量の92パーセントとなる。

7.7 2 段式開発案に対する優位性

4.3.3項で述べたように、1 段式開発案の優位性は代替満水位標高645mについて確認されている。この経済的優位は、下記の理由から最終的に選定された満水位675mに対しても変わらない。

- (1) 満水位を30m上昇させることによる発電出力と便益の増分は、1 段式開発案、下流第2ダムを持つ2 段式開発案ともほぼ同じである。
- (2) 1 段式の水路トンネル内径が5.6mから6.1mに大きくなる結果、水路延長の長い1 段式の建設費の増分が、2 段式の増分を約600万米ドル上回る。しかし、4.3.3項で述べた5,600万ドルに上る1 段式の経済的優位から見れば、この程度の相対的建設費上昇は無視できる。
- (3) したがって、満水位標高675mの場合でも1 段式が優位である。

第8章 計画施設

8.1 河川の仮排水工

ダムタイプがコンクリート薄肉アーチであることから、仮排水工の設計流量は5年確率洪水の $900\text{m}^3/\text{秒}$ とした。設計洪水ハイドログラフは、1971年12月11日から12日にかけて測水所1714（カイラクテベダムサイト）にて記録されたピーク流量 $940\text{m}^3/\text{秒}$ の洪水を基にして作成した。この洪水は、他の洪水記録に比べて総流出量の大きい洪水であった。

仮排水工は、1本の仮排水路トンネルと、上下流のコフアーダムから成る。仮排水路トンネルは長さ約365m、内径7.0mの標準馬蹄形（第P12図参照）であり、右岸側に設ける。上下流のコフアーダムは盛土タイプの1次コフアーをそれぞれ含む。

設計洪水が発生すると仮排水路トンネルからの最大流出量は $650\text{m}^3/\text{秒}$ 、上流側の最高水位は534.3m、仮排水路出口の最高河川水位は515.9m（図8.2参照）となる。これら標高に基づいて、コフアーダムのクレスト標高、河床からの高さを次のように設定した。

No.	コフアーダム	ダムタイプ	クレスト標高	ダム高
1.	上流1次コフアーダム	アースフィル	510m	12.5m
2.	上流コフアーダム	コンクリートアーチ	535	37.5
3.	下流1次コフアーダム	アースフィル	505	7.5
4.	下流コフアーダム	コンクリート重力式	516	18.5

下流コフアーダムは全工事終了後も副ダムとして使用する。この副ダムは、底部放流管あるいはクレスト洪水吐きからの放流水に対する減勢工としてプランジプールを形成する。

8.2 ダム

(1) ダム諸元と形状

エルマネックダムはコンクリート薄肉アーチ式である。ダム諸元は以下のとおり（第P10図参照）。

(1) ダムクレスト標高	:	680.0 m
(2) 設計洪水位 (DFWL)	:	678.3 m
(3) 満水位 (HWL)	:	675.0 m
(4) 最低水位 (LWL)	:	615.0 m
(5) ダム基礎標高	:	490.0 m
(6) 設計洪水位上の余裕高	:	1.7 m
(7) 利用水深	:	60.0 m
(8) ダム高 (H)	:	190.0 m
(9) クレスト長 (L)	:	165.8 m
(10) L/H	:	0.87
(11) ダム体積	:	27万 m ³

工費の見積りおよび施工計画のために必要となる掘削量とコンクリート量を算出することを主眼として、ダムの概略設計を行った。

ダムの幾何形状は、1969年以来日本において開発され、10ヶ所のダムで採用されている放物線タイプとした。曲率半径はアーチクラウン部からアバットメントに向けて変化し、アーチクラウン部で最小、アバットメントで最大となる。このタイプの大きな特徴は、これまでの日本での経験によると中心角を約75°まで減じることができることである。これによりアーチクラウン部で発生する応力を良好に保つ一方、アーチ推力の方向をアバットメントの深奥部へ向けることが可能となるため、アバットメントの安定性を増すことができる。

しかし、本計画サイトの谷の底幅が非常に狭いため、現時点では中心角を暫定的に110°とし、ダム厚が大きくかつアーチライズが小さくなる基礎に近い部分でもアーチアクションを生ずるようにした。

ダムの応力は、常時および地震時に対し試算荷重法で解析した。設計地震係数は $K_h=0.10$ とした。コンクリート薄肉アーチダムであることから、サイトでの可能最大地震の2倍として求めたものである。

水平および鉛直方向応力を第P11図にそれぞれの条件について示す。発生応力はほぼ許容応力内に収まっている。許容応力は常時において以下のとおり設定したが、地震時にはその値を20パーセント割り増すものとした。

項 目	許容応力
<u>一般</u>	
・ 圧縮	70kgf/cm ²
・ 引張り	-7
<u>特別 1)</u>	
・ 底部に近い上流面での鉛直方向引張力	-30
・ 底部に近い上流面での鉛直方向圧縮力および下流面での水平方向圧縮力	50

1) 試算荷重法はある特別な計算誤差を含むが、これによる計算結果を吟味するために調整した許容値。

第P11図にアーチ推力に対するアバットメントの所要堅岩線を示す。アバットメントの上流端から描かれた円弧はすべて推定堅岩線の内側に入っており、ダムアバットメントの根入れは十分深く、安定であるといえる。アバットメント掘削面の最急勾配は、コンクリート打設前の斜面の保護工事

等を考えて1:0.3とした。その結果、上部アーチのアバットメント部では多量の掘削が必要となっている。

上記のダム設計は、特に(A)中心角と低標高部のダム厚の減少、(B)アバットメントの最急勾配の2点において、詳細設計時に十分な検討が必要である。

(2) ダム設計流量

可能最大洪水(PMF)は本調査以前にE I Eによって推定されていたが、調査団による見直しの結果、次の2つに改訂された。PMF-1は1月に対するものであり、PMF-2は4月に対するものである。

	単位	オリヅナ	PMF-1	PMF-2
1. ピーク流量	m ³ /秒	3,700	5,900	5,400
2. 融雪を含む基底流量	m ³ /秒	1,300	100	1,300

(3) ダムの設計余裕高

ダムクレスト標高は設計洪水位上に1.7mの余裕高を加えて決めた。この余裕高は以下の事項を考慮して採用した。

(A) 最大波高は、10分間平均の風速20m/秒に対し、SMB法により約1.6mと算定される。この風速は、1966年から1986年までの21年間にムットで観測された瞬間最大風速23.2m/秒に基づいて想定した。なお卓越する風向は北西である。

(B) エルマネックの北部に位置するオイマブナルアーチダムは、満水位上に1.4mの余裕高を持ち、パラベットを含むと2.4mである。

8.3 洪水吐き

(1) 洪水吐きのタイプ

エルマネックダムは、底部の谷幅が5mから20mの狭いV字谷に建設されるため、底部放流管、トンネル式洪水吐きおよび自由越流型洪水吐きの

組み合わせを採用した。

この洪水吐きシステムからトンネル式洪水吐き除くことにすると、設計洪水位を678.3mに抑えるためには自由越流型洪水吐きの容量を約 $1,600\text{m}^3/\text{秒}$ とすることが必要となる。例えば越流幅40mとすれば越流水深が7.4mとなり、越流長1m当りの単位越流量は $40\text{m}^3/\text{秒}$ となる。このように大きい単位流量は、高く薄いアーチダムに危険をもたらす可能性がある。越流長を長くすれば単位流量は減るが、越流水ジェットの多くは両側の谷壁に衝突し、壁面から谷底に向かって流下することになる。このような流況は斜面の安定上好ましくない。エルマネックダムでは、越流型洪水吐きは限定された越流頂長さを持つ2次的な洪水吐きとして位置づけた。

(2) 洪水吐きシステム

底部放流管はダム堤体内に設置する。放流ゲートは幅2.5m、高さ4.0mで、中心線標高は545mである。放流容量はLWLで $670\text{m}^3/\text{秒}$ 、HWLで $940\text{m}^3/\text{秒}$ である。底部放流管は次の目的のために操作する。(A) 初期湛水時において貯水池水位の上昇速度を制御し、漏水発見時には水位を下げる。(B) 他の洪水吐きと一緒に流入洪水を放流する。(C) 発電所を通じた放流以外に必要な場合、下流域に水を供給する。

トンネル式洪水吐きがエルマネックダムの主放流施設であり、次の目的を持つ。(A) 洪水をダム基礎から下流側の遠方へ放流する。(B) 底部放流管とともに使用することにより、ダム完成前に湛水開始を可能にする。

トンネル式洪水吐きは長さ263m、内径9.0mの円形断面であり、入口の敷高は標高630.42m（第P13図参照）である。入口から73m下流に2門の高圧ゲートが設置される。ゲートはそれぞれ3m幅、7m高であり、その中心標高は630mである。

越流頂長さ40mの自由越流型洪水吐きを2次的な常用洪水吐きとして設置する。越流頂標高はHWLと等しい675mとする。越流水深3.3mで $500\text{m}^3/\text{秒}$ の放流能力を有する。越流幅40mは、谷底の幅を考慮して決めたものである。

上記の常用洪水吐きシステムに加え、常用越流頂の両側に越流頂長さ各30mの自由越流型の非常用洪水吐きを設ける。この非常用洪水吐きの越流頂標高は、通常の越流水を常用洪水吐き内に限定するために、HWLの3m上方の標高678mとした。この非常用洪水吐きは、トンネル式洪水吐きと底部放流管の合計4門のゲートのうちのいずれか1門の故障時に備えるものである。

この常用および非常用洪水吐きの合計越流幅は100mとなるが、これはダム頂延長165.8mとの関連において決めたものである。

(3) 洪水時ゲート操作ルール

本計画の目的は発電だけなので、基本的には流入量＝流出量、すなわち、できる限りHWLを保つようなゲート操作とする。

(4) 設計洪水位

設計洪水位は、初期水位をHWLと仮定して、2つのPMFに対し洪水調節計算を行い、678.3mと設定した。PMFが生じた場合、貯水池水位が676mを越えるような洪水状態は約2.5日間継続すると予想される。

8.4 グラウトカーテン

グラウトカーテン工が本計画の鍵となる。第P14図に示すようにグラウトカーテンは、石灰岩ブロックの標高400m以上の全鉛直面に計画した。右岸側の右端部約540mの区間では標高350mまでさらに深部まで延長する。左岸側のグラウトカーテンはエルマネック・オフィオリティック・メランジェ層のオフィオリティック岩に、右岸側のグラウトカーテンはギョルメル層のマールに連結する。左岸側の石灰岩は上流に向かって薄くなっており、石灰岩ブロックの下部は低透水性のオフィオリティック岩なので、グラウトカーテンの下端は石灰岩ブロックの底部に沿って上昇させる。

グラウトカーテン工は総延長13,580mのグラウト用トンネル、386,000mのグラウト孔、およびセメント量にして39,000トンのグラウト注入工事から成る。グラウトカーテン工の目的はグラウト注入だけでなく、トンネル掘削・

グラウト削孔を通して石灰岩内のカルスト性空隙や潜在的な漏水径路の調査を含む。

グラウト範囲内の石灰岩のカルスト化の程度差とダム付近での止水工の重要性を考慮して、次の3種類のグラウトパターンを計画した。

パターン1 : 2 m間隔に2列
(平均グラウト孔密度は $1.00 \text{ m}^2/\text{m}^2$)

パターン2 : 2 m間隔に1列
(平均密度 : $0.50 \text{ m}^2/\text{m}^2$)

パターン3 : 4 m間隔に1次孔1列、および全範囲の2/3に対し1次孔の中間に2次孔
(平均密度 : $0.25 \times 1/3 + 0.50 \times 2/3 = 0.42 \text{ m}^2/\text{m}^2$)

パターン1はダムから水平距離にして300m以内の範囲に適用する。ルジオン値の改良目標は1.0以下とする。

左岸側の残りの範囲はパターン2を適用し、右岸側の残りの範囲では、カルスト性石灰岩である標高510m以上の部分にはパターン2を、それ以下ではパターン3を適用する。パターン3の範囲では、その2次孔は主に、グラウトカーテンを標高350mまで延長する右端部において、削孔することになる。パターン2と3のグラウトの目的は、湛水後に多量の漏水の原因となりそうな空隙を充填することにある。目標とするルジオン値は10である。

ダム堤体およびアバットメント基礎の揚圧力を減ずるため、排水システムをグラウトカーテンの下流側に設ける。排水孔はまた漏水量の測定にも使用する。排水孔は主にグラウトトンネルから削孔する。排水孔の水平間隔はダム付近で10mピッチ、その他の部分で10~20mピッチとする。

グラウトトンネルは内径3.5mであり、左岸では標準鉛直間隔40mで6段とする。最下段のトンネルの敷高標高は465mである。ダム基礎と最下段トンネルの天端の間隔は21mである。右岸では、カーテンの右端下部のグラウト工

のため、もう1段のグラウト用トンネルを標高425mの位置に設ける。グラウト用トンネルは、最上段のGTL-6とGTR-6を除きすべてコンクリートで覆工する。

グラウト用トンネルへのアクセスのために、峡谷の左岸下流側から5本のアクセストンネルを掘削する。このトンネルは高さ2.5m、幅2.6mの幌型断面で、レール輸送方式とする。

右岸側では5本のアクセストンネルのうち、上段の2本は上流側から掘削し、湛水前に閉塞する。この目的は次のとおり。(1) 導水路および洪水吐きトンネルとの交差を避ける。(2) 下流側から掘削する案に比べてトンネル長を短縮する。

下方の3段のアクセストンネルは、峡谷の下流側から掘削する。

3本のエレベーターシャフトを設ける。1号シャフトはダム左岸アバットメントに位置し、2号はダム右岸アバットメントから約180m南方に、3号は2号からさらに1,160m南方に位置している。これらシャフトの寸法は次のとおり。

シャフトNo.	内径 (m)	シャフト高さ (m)
1号	4.0	215
2号	4.0	275
3号	6.0	255

1号、2号シャフトは、作業員の出入りおよび軽量材料の輸送に用いるほか、換気用風管とその他の配管類の設置空間として使う。3号シャフトは最下段グラウトトンネルGTR-0の掘削ズリ出し、覆工、グラウト割孔および注入に使用する。工事完了後は維持管理用に用いる。

8.5 水路系

本計画の水路系は取水口、導水路トンネル、導水路サージタンク、2条の圧力シャフト、放水路サージタンク、放水路トンネル、および放水口から成る（第P15図参照）。

(1) 取水口

取水口はシャフト式である。呑口敷高はLWLより15m低い標高600mとした。スクリーンは設置するが、除塵装置は、利用水深が60mあること、および取水口の標高が河床から100m上方にあることから、設置しない。ゲート立坑は掘削径10m、高さ80mである。ゲートの点検・修理のためストップログを用意する。

(2) 導水路トンネル

導水路トンネルは圧力式で、内径6.1mの円形断面を持つ。トンネル延長は9,042m、平均勾配は1/396であり、全区間をコンクリートで覆工する。設計覆工厚は0.4mであるが、0.2mの余掘りを考慮している。工事数量・費用見積りには、この余掘りに対する掘削量、コンクリート量を算入してある。

トンネルは岩盤状態に応じて、NATMあるいは鋼製支保工を用いて掘削する。石灰岩の区間では無支保か粗な支保工で十分であろう。マトリクス層区間では密な支保工が必要となろう。

(3) 導水路サージタンク

導水路サージタンクは水室式である。この形式は、342mの高落差および60mに上る大きな利用水深を考慮して採用した。ライザーシャフトの内径は11mであり、定常運転時の水面の安定条件を満たしている。

上部、下部水室とサージング水位を第P17図に示す。上部水室にはライザーシャフトとの境界部に高さ5mの越流壁を設ける。上部水室の他方の端は換気トンネルに接続し、建設中はアクセストンネルとして使用する。

サージング波形曲線を図8.3に示す。

サージタンクゲートは設置しない。水路の点検・維持管理はエルマネック・エリク両発電所を完全に停止させてから行う。

(4) 圧力シャフト

圧力シャフトはサージタンクから60m下流で2条に分岐する。圧力シャフトの水平長は488m、上流端でのシャフトの中心線標高は580m、下流端で320mである。このシャフトは45°の斜坑で、斜坑部の長さは368mである。内径は1条部で4.9m、2条に分岐後3.6mとなる。入口弁を各シャフトの下流端に設置する。

(5) 放水路サージタンク

放水路トンネルの延長が1,764mに上るので、放水路サージタンクを水車の80m下流地点に設置する。このサージタンクは制水口式である。第P17図に寸法を、図8.4にサージング波形曲線を示す。

8.6 発電所

発電所は地下式であり、エルマネック川とエリク川の合流点付近に位置する石灰岩ブロック内に建設する。第P18図にアクセストンネルの配置を、第P19図に発電所のレイアウトを示す。

水車中心線標高は放水位より13m低い320mに設定した。ドラフトチューブの下側の最深部掘削面の標高は310.5mであり、石灰岩の底部より6.5m上方となる。

地下発電所の空洞は、高さ38.5m、幅27.0m、長さ98.0mであり、コンクリート覆工なしのNATM工法により建設する。ドラフトチューブゲート室を発電所と放水路サージタンクの間設ける。

8.7 エリク導水計画

エリク導水計画は取水ゼキ、沈砂池、導水トンネル、余水吐き付ヘッドタンク、鉄管路、発電所、注水用斜坑、空気除去室、および連絡トンネルから成る。

(1) 取水ゼキ

エリク取水ゼキサイトは石灰岩ブロックの渓谷内に位置している（第P21図）。ここから約100m下流の左岸側に進行中の大規模地すべりがある。この地すべりは、大雨時にすべり、エリク川をせき止めることが予想される。その場合、せき止められた水により自然破堤した後、土石流が下流に突進することになる。このような土石流からセキを守るため、取水ゼキサイトを地すべり地の上流側に選定した。

エリク取水口は、セキ頂に設置されたスクリーン上の越流水を落下させて取水するチロリアンタイプである（第P21図参照）。設計流量は $6\text{ m}^3/\text{秒}$ 、取水ゼキはコンクリート重力式、設計洪水量は100年確率洪水の $400\text{ m}^3/\text{秒}$ である。セキの越流頂標高は820mで、エリク源泉の標高より約3m高い。このクレスト標高は、沈砂池に堆積した砂を洗い流すために必要な水頭を持たせるべく暫定的に設定したものである。セキ上の橋は、セキの設計洪水時には潜ることになる。

(2) 沈砂池

1989年7月の現地踏査時に、石灰岩が露頭する河床上に玉石が見られた。エリク源泉の湧出水は約 11°C と冷たく、澄んでいる。しかし、洪水時や融雪時の流送土砂に関する資料はない。

洪水時および融雪期の浮流砂を考え、現時点では沈砂池を設置する計画とした。サイトの地形からこの沈砂池は地下式となる（第P21図参照）。

エリク川の流水は取水ゼキで取水された後、連絡トンネルを通過して地下の沈砂池へ入る。連絡トンネルには取水ゲートと余水用の横越流ゼキを設ける。沈砂池の底に沈澱した土砂は、沈砂池末端の排砂ゲートを手動で操作し、流水により排除する。排砂トンネルは余水吐きトンネルと共用である。沈砂後、沈砂池末端のセキを越流した流水は、エリク導水トンネルに流れ込む。上述の地すべりが発生した場合でも、電気機械類の水没と導水トンネルへの過大な流入を防ぐため、排砂トンネル内にもゲートを設置する。このゲートと取水ゲートはエルマネック発電所から遠隔監視・操作す

る。

(3) エリク導水トンネル

エリク導水トンネルは無圧式である。断面は楕型で、幅2.2m、高さ2.3m、トンネル延長3,580mである。トンネルルートは地すべり地を迂回するように選定した(第P22図)。トンネル内の水深は、勾配1/1,000、粗度係数 $n=0.014$ 、設計流量 $6\text{ m}^3/\text{秒}$ に対し約1.6mである。水面とトンネル天端との余裕は0.7mである。

(4) ヘッドタンクと余水吐き

ヘッドタンクは流水が鉄管路に流れ込む前に自由水面を与えるものである。表面積は設計流量の10倍として 60 m^2 、有効容量は設計流量の20倍として 120 m^3 とした。HWLは812m、LWLは810m、利用水深は2mである(第P23図参照)。

余水路を鉄管路に平行して設ける(第P24図参照)。この余水路によりエリク発電所の停止時にも流水を放水庭に導く。余水はヘッドタンクの横越流せきから越流する。せきのクレスト標高は812m、クレスト長12m、設計越流水深0.4m、設計流量 $6\text{ m}^3/\text{秒}$ である。ヘッドタンクの最高水位は、越流せきからの最大越流時に812.4mとなる。この水位に対して、導水トンネル内の水面と天端との間にまだ0.3mの余裕がある。

(5) エリク鉄管路

鉄路管は地表式で、長さ240m、内径1.2mである。

(6) エリク発電所

発電所は地上式(第P25図)で、幅18.5m、長さ18.2m、高さ24.5mであり、1基の発電機を格納する。放水位は675mで、エルマネック貯水池の満水位に等しい。水車中心線標高は674.40mである。

エリク放水庭の水位は、エルマネック導水路のサージングの影響を受ける。全負荷遮断時の最高水位は693.93mで、半負荷急増時の最低水位は592.08mである。放水庭の天端標高は1.57mの余裕をみて695.5mとした。放水庭は基礎から25m高、地上から12.5m高、内径8mの円筒型タワーで

ある。

(7) 注水用斜坑

注水用斜坑は45°の傾斜角を持ち、斜坑部の高さは90.43 mである。断面は幌型で、幅3.5 m、高さ3.5 m、斜坑底部での敷高は578.62 mである。

空気除去室をエルマネック導水路との連結部の水平連絡トンネル内に設置する。導水路トンネルとの合流部の直前に、サージング時の斜坑への逆流量を低減させるために絞り弁を設ける。

8.8 鋼構造施設

本計画の鋼構造施設工事はゲート、角落し、スクリーン、鉄管から成る。その位置は各構造物の図面に示してある。

(1) ゲート、角落し、スクリーン

ゲートのタイプは、寸法、作用水圧、要求される機能と費用に応じてローラーゲートとスライドゲートから選定した。

(2) 圧力シャフトの鉄管

水撃圧による圧力上昇を考慮して、鉄管の厚さを検討した。次の鋼材を想定した。

<u>分 類</u>	<u>許容応力 (kgf/cm²)</u>
JIS SM41	1,300
JIS SM50	1,750
JIS SM58	2,400

鉄管の厚さは作用圧に応じて18mmから38mmと算定した。鋼構造物の総重量は約3,600トンとなる。

(3) 鋼構造施設の諸元

(A) ダムおよび取水施設

(a) 仮排水工のゲート

タイプ : スライドゲート

量 : 1セット

寸法 : 7.0m幅×7.0m高

設計水頭 : 50m

(b) トンネル式洪水吐きゲート

タイプ : 高圧ローラーゲート

量 : 2セット

寸法 : 3.0m幅×7.0m高

設計水頭 : 45m

付属設備 : 角落し 1セット

鉄管 1セット

(c) 取水ゲート

タイプ : 高圧ローラーゲート

量 : 1セット

寸法 : 6.1m幅×6.1m高

設計水頭 : 75m

付属設備 : 固定スクリーン 1セット

除塵装置なし

角落し 1セット

(d) 底部放流管

主ゲート

タイプ : 高圧スライドゲート

量 : 2セット

寸法 : 2.5m幅×4.0m高

設計水頭 : 130m

予備ゲート

タイプ : 高圧スライドゲート
量 : 2セット
寸法 : 2.5m幅×4.0m高
設計水頭 : 130m
付属設備 : 鉄管 2セット

(B) 圧力シャフト埋設管

タイプ : 埋設型内張り鋼管
量 : 2条
寸法 : 径3.6m
設計水頭 : 水車中心で415m

(C) 発電所施設

(a) ドラフトチューブゲート

タイプ : スライドゲート
量 : 2セット
寸法 : 5.5m幅×5.0m高
設計水頭 : 30m

(b) 放水路ゲート

タイプ : スライドゲート
量 : 1セット
寸法 : 6.1m幅×6.1m高
設計水頭 : 8m

(D) エリク導水計画

(a) 取水ゼキスクリーン

タイプ : 固定式スクリーン
量 : 1セット
寸法 : 7.0m幅×4.0m長
設計水頭 : 4.5m

(b) 取水ゲート

タイプ : ローラーゲート
量 : 1セット
寸法 : 2.2m幅×2.3m高
設計水頭 : 30m

(c) 排砂ゲート

タイプ : ローラーゲート、手動
量 : 1セット
寸法 : 2.0m幅×2.0m高
設計水頭 : 5.0m

(d) 排砂トンネル閉塞ゲート

タイプ : ローラーゲート
量 : 1セット
寸法 : 2.0m幅×2.0m高
設計水頭 : 35m

(e) ヘッドタンクスクリーン

タイプ : 固定スクリーン
量 : 1セット
寸法 : 4.0m幅×5.4m高
設計水頭 : 6m

(f) ヘッドタンク排水ゲート

タイプ : ローラーゲート
量 : 1セット
寸法 : 1.0m幅×1.0m高
設計水頭 : 6m

(g) 水圧鉄管

タイプ : 露出タイプ水圧鉄管
量 : 1条

寸 法 : 1.2m 径

設計水頭 : 水車中心で151m

8.9 発電設備

(1) 発電所の配置

2組の水車発電機、昇圧用変圧器、および付属機器は地下発電所の中に設置する。一方、38万Vの開閉機器は屋外開閉所に設置し、地下発電所と屋外開閉所はアクセストンネル沿いに設置する38万Vの電力ケーブルで結ぶ。発電所の結線図を第P27図に示す。地下発電所の機器の配置を第P19図に、屋外開閉所の機器配置を第P28図に示す。

水車、発電機、主変圧器等の発電所の重量機器の据付け、保守を行うために、地下発電所には2台の135トン容量の天井クレーンを取り付ける。

(2) 発電機器の台数

定格落差308m・全設備容量32万kWに対する発電機器のユニット台数は、下記の考え方により2台とする。

- (A) 総建設費は発電機器の台数が少ない程安い。1台の場合が一番安い。
- (B) 発電所の運転上の観点からは、機器の台数は2台またはそれ以上にした方がよい。フランス水車の最少運転出力は、通常、定格出力の40パーセント程度であり、1台設置の場合には最少運転出力が大きすぎ（ $32\text{万kW} \times 0.4 = 12.8\text{万kW}$ ）、特にオフピーク時の出力調整に難がある。さらに1台案の場合には、その1台が脱落すると全発電力が脱落することになる。
- (C) トルコ全体の電力系統、また近隣地域の電力系統も十分に容量が大きく、3台またはそれ以上の発電機器を必要としない。

(3) 水車

作用する水頭および出力から考えて、水車の型式は立軸のフランス水車とし、その詳細は下記のとおりとする。

3-1 水理的条件

一貯水池水位

最高水位 : 675m

最低水位 : 615m

基準水位(平均水位、

超過確率65%) : 660m

一放水位 : 333m

一総落差

最大 : 342m

最少 : 282m

定格 : 327m

一定格有効落差 : 308m

一最大使用水量 : 116.6m³/秒

3-2 水車

一型式 : 立軸、フランス

一定格落差 : 308m

一台数 : 2

一定格出力 : 163.5MW

一回転数 : 333rpm

水車は落差が定格値より大きい時に、5パーセントまでの過負荷に耐えるように設計する。

(4) 発電機

発電機は立軸交流発電機で、上記の水車と主軸で直結運転する。詳細は下記のとおり。

一型式 : 立軸、回転界磁、3相、交流同期発電機

一台数 : 2

一励磁方式 : 静止型、サイリスター

一定格出力 : 180MVA

- 一定格電圧 : 14.4kV
- 一定格力率 : 88.9% 定格運転時
93.3% 5%過負荷運転時
- 一回転数 : 333rpm

(5) 主変圧器

発電機出力電圧を38万V送電電圧に昇圧するための主変圧器には、輸送重量を減らすため単相変圧器を採用する。3台の単相変圧器を近接して配置し、3相1バンクを構成する。主変圧器の詳細は下記のとおり。

- 型式 : 単相、2巻線
- 冷却方式 : 水冷、強制油循環
- 容量 : 60MVA
- 台数 : 6(3台×2バンク)
- 電圧比 : 14.4/380kV
- タップ切替え : 無負荷、±10%

(6) 電力ケーブル

C V (架橋ポリエチレン絶縁PVCシース)型または油入の38万V電力ケーブルをアクセストンネル内に敷設し、地下発電所内の主変圧器と屋外開閉所を接続する。

(7) 屋外開閉所

送電線に接続するための38万V開閉機器は、アクセストンネルの入口の近くに位置する屋外開閉所に配置する。この開閉所のブスは切替え母線付き2重母線方式とする。

(8) 制御方式

発電機器の運転には1人制御方式を採用する。地下発電所内の発電機器および屋外開閉所の38万V開閉機器を含めて、地下の配電盤室で制御する。配電盤室は地下の機器がよく見えるように、主機室の床より高い位置に設置する。

38万V開閉機器の制御機器および継電器類を収納し、また試験、保守時に

機器を制御するために、屋外開閉所にも制御室を設置する。通常運転時には38万V開閉機器は地下の制御室で監視、制御するので、ここには通常は運転員を置かない。地下の配電盤室と屋外の制御室の間のデータ通信は、光ケーブルを通して行う。

8.10 送電線

3.5.1項で述べたとおり、この計画で建設する送電線はエルマネック発電所とセイデイシェヒル変電所との間の38万V送電線である。セイデイシェヒル側では、38万V送電線は既設変電所の38万V母線に接続する。

この送電線に使用する電線は954MCM (483.4mm²) のACSR 3 導体であり、これはトルコの主要380kV送電線の標準電線サイズである。この線の電流容量は約2,600Aで、限界容量は約170万kVAになる。

セイデイシェヒル変電所近傍のごく一部を除き、送電線路は国道沿いの山岳地帯を通ることになる。しかし、山岳はそれ程急峻ではなく、ルートのおよそほとんどの地点に自動車で到達することができる。送電線路の全長は約160kmであり、想定される送電線路ルート図を第P31図およびP32図に示す。

送電線の保護方式には、異なる種類の静止型リレーを使用する、2つの完全に独立した距離継電方式を適用する。第1主保護には方向比較抑制保護方式、第2主保護には内部方向転送引き外し保護方式を使用する。

送電線による音声およびデータの通信には電力線搬送(PLC)方式を適用する。

8.11 エリク発電所の発電設備

(1) 全体的配置

エリク水力発電所の発電機器は、小型の天井クレーンを装備した地上式の発電所建屋の中に据え付ける。昇圧用変圧器と34.5kVの開閉機器は建屋に近接した屋外に設置する。配置図を第P25図に示す。

(2) 水車発電機の台数

この発電所の最大使用水量 $6.0\text{m}^3/\text{秒}$ に対して、90パーセント保証流量は $2.85\text{m}^3/\text{秒}$ (47.5%) であり、最少流量は $2.14\text{m}^3/\text{秒}$ (35.7%) である。この流量の変動範囲は1台のフランス水車でカバーできる。発電所の出力 $6,700\text{kW}$ に対して、主機を1台とした場合の建設費は、2台とした場合より大幅に低い。したがって、この発電所の据付台数は1台とする。

(3) 水車

発電所建屋内に立軸フランス水車を1台据え付ける。

3-1 水理的条件

- 取水ゼキ水位 : 820 m
- 放水路水位 : 675 m
- 総落差 : 145 m
- 定格落差 : 133 m
- 最大使用水量 : $6\text{m}^3/\text{秒}$

3-2 水車の詳細

- 型式 : 立軸フランス
- 出力 : 6,950kW
- 回転数 : 750rpm

この取水水位は当初、エリク源泉の標高より約2m低い標高815mと設定したが、沈砂池内に堆積した土砂を清掃するために必要十分な水頭を得るために、5m上げて標高820mとした。その結果、定格落差を上記133mから約138mに大きく設定することも可能である。

エリク発電所の落差および出力に対しては横軸型も考えられるが、立軸型の方が所要建屋面積が狭いので、現時点では立軸を採用した。

これらの事項は、詳細設計の際に十分な見直しと検討が必要である。

(4) 発電機

発電機は上記の水車と主軸で直結する。その詳細は下記のとおり。

- －型式 : 立軸、回転磁極、3相交流同期発電機
- －励磁方式 : 静止型、サイリスター
- －相数 : 3
- －出力 : 8,375kVA
- －定格力率 : 0.8
- －端子電圧 : 6.6kV
- －回転数 : 750rpm

(5) 発電所制御

エリク発電所はヘッドタンクの水位に従って自動運転されるので、通常運転時には制御操作はほとんど不要である。したがって、この発電所はエルマネック発電所から遠方監視・制御する。監視・制御に必要なデータおよび信号は電話ケーブルを通して伝送する。

しかしながら、試験および保守時にこの発電所において運転制御を行うために、手動の制御装置も設置する。

(6) その他の電気設備

発電機電圧を34.5kV線電圧に昇圧するための6.6/34.5kV、8,375kVA変圧器および34.5kVの開閉機器は建屋に近接した屋外に設置する。エリク発電所からの34.5kV線はエルマネック発電所とエルマネックダム・エリク取水ゼキをつなぐ34.5kV線に接続する。この線はさらにエルマネック～カザンチ間の既設34.5kV線に接続して、一般需要に電力を供給する。エリク発電所の接続方式を第P27図のエルマネック発電所の結線図中に示す。

第9章 施工計画および積算

9.1 施工計画

9.1.1 建設工事の実施形態

本計画の建設工事は下記の工区に分け、建設業者または機材納入業者による国際競争入札を行った後に実施するものと想定した。

(1) 準備工事

施主およびエンジニア用の仮建物およびその電気・給水設備、付け替え道路、工事用道路等

(2) 土木工事

(A) 建設業者および機材納入業者用の仮建物およびその電気・給水設備、工事用動力・給水設備、仮設プラントおよびその他の仮設備

(B) 工事用トンネル、仮排水路トンネル、コファーダム、ダム、トンネル式洪水吐き、取水口、導水路トンネル、導水路サージタンクおよび換気用トンネル、グラウト用トンネルおよびグラウトカーテン、圧力シャフト、地下発電所、放水路トンネル、放水路サージタンクおよび換気用トンネル、放水口、屋外開閉所

(C) エリク取水ゼキ、エリク沈砂池、エリク導水トンネル、エリクヘッドタンク、エリク鉄管路、エリク余水路、エリク発電所、エリク注水用斜坑、エリク空気除去室、連絡トンネル

(3) 鋼構造物の納入および据え付け

(4) 発電機器の納入および据え付け

(5) 送電線および変電所機器の納入および据え付け

9.1.2 準備工事

準備工事は、工事初期段階における仮建物、付け替え道路、工事用道路、工事用電力および給水設備、通信設備等の建設工事から成る。付け替え道路および工事用道路は全体工期を短縮するため、主要土木工事の開始前に

国内業者による施工するものと想定した。

(1) 付け替え道路および工事用道路

付け替え道路 延長 約13.5km (幅6m)

工事用道路

新設 延長 約42.0km (幅6m)

改良 延長 約10.0km (幅6m)

橋梁 2橋

(2) 仮建物

(A) 施主およびエンジニア用建物

仮建物の総面積は概略3,400m²で、その内訳は事務所420m²、車庫180m²、倉庫600m²、宿舍1,900m²、およびその他300m²である。

(B) 建設業者用建物

これらの面積は建設業者の施工計画によって異なるものだが、工事費積算を目的として、その床面積を推定した。仮建物の総面積は概略8,450m²で、その内訳は事務所770m²、各工事サイトの詰め所計450m²、倉庫およびセメント倉庫810m²、修理工場および車庫780m²、宿舍5,420m²、およびその他220m²である。

(3) 用水供給設備

工事用および宿舍用の給水にはエルマネック川の流水を使用する。主要工事箇所および宿舍付近に各々ポンプを設置し、汲み上げ後必要に応じて浄化する。

用水供給設備の所要能力は全体で13.5m³/分で、その内訳は骨材洗浄用4.0m³/分、宿舍用0.2m³/分、ダム工事用5.0m³/分、発電所等水路工事用4.3m³/分である。

(4) その他

緊急治療施設および消火設備を設け不時の災害に備える。

9.1.3 建設用プラント、機械、材料

(1) 建設用プラント

本計画には約711,000m³のコンクリート骨材が必要となる。これらに要する原石は、ダムサイト左岸側に採石場を開き、供給する。

280トン/時の能力の骨材製造プラント1基を設置し、各種骨材を生産する。コンクリート製造プラントはダムサイト左岸バンカーライン(標高675.0m)上に主ダム用として45m³/時、また導水路トンネル中央部付近にトンネルおよび地下発電所用として100m³/時、準備工事およびグラウト用として45m³/時の能力のものを各々1基ずつ設置する。

ダムコンクリートの冷却のためのパイプクーリング用水、プレクーリング用水を生産するために、冷却プラント(370RT、1.0m³/分)を1基設置する。

(2) ダム用ケーブルクレーン

ダムコンクリート打設用として両端走行ケーブルクレーン(9.5トン吊り)を、また掘削時等の補助資材運搬用として両端固定ケーブルクレーン(5トン吊り)を各々1基ずつ設置する。

(3) その他の主要建機

下記の建機が必要となる。

機 械 名	能力又は規格	台数
クローラドリル	非搭乗式65φ	10
ホイールローダ	3.2m ³ 積み	4
ホイールローダ	2.1m ³ 積みサイドダンプ	6
ジャンボドリル	2ブーム	12
ブルドーザ	43トン級	1
ブルドーザ	32トン級	4
ブルドーザ	24トン級	4
バックホー	0.6m ³ 積み	6

機 械 名	能力又は規格	台数
ロードホイールダンプ	3.8m ³ 積み	1
ロッカーショベル	レール走行コンベア付き0.4m ³ 積み	12
バッテリーロコ	6～4トン	12
吹付機		6
立坑用スcafford		2
斜坑用クライマー		1
コンクリートポンプ車	65m ³ /時	4
トラックミキサ車	4.5m ³	20
ボーリングマシン		40
グラウトポンプ		60

(4) 主要材料

本計画に必要な主要材料の数量は概略次のとおりである。

(A) セメント	267,000トン
(B) 鉄筋	14,700トン
(C) 鋼製支保	410トン
(D) ロックボルト	205,500m
(E) PCアンカー	30,400m
(F) ダイナマイト、ANFO	1,700トン

9.1.4 工事用電力供給および通信設備

(1) 工事用電力供給

必要な最大電力量は約14,250kVAで、その内訳は工事用プラントおよび建機用14,000kVA、宿舍用250kVAである。

イエルキョプリュ発電所からエルマネックを通過してカザンチに至る既設34.5kV線路が、I-Ccダム地点でエルマネック川を横切っている。ダム工事開始前にこの送電線を付け替えることが必要である。この線路から

の分岐線がムット〜エルマネック間の国道沿いを通っている。この線は将来ゲゼンデ発電所に接続される予定である。ゲゼンデ計画の完成後、エルマネックおよびカザンチ地域への電力供給は、ゲゼンデ側からの供給により増強されるであろう。

ところで、本計画の各設備の運転維持管理、およびエリク発電所を電力系統に接続するために次の2ルートの34.5kV送電線が必要となる。エルマネック発電所からエリク発電所を経てエルマネックダムに至るルート1と、エリク発電所からエリク取水ゼキに至るルート2。この2つの送電線は本工事開始前に本計画の永久構造物として建設する。工事用動力はこの2つの送電線から、必要な地点毎に電力計量装置を設置して、受電する。停電に備えて、地下工事現場の安全確保上最小限必要な照明、換気、排水設備等に電力を供給するため、ディーゼル発電機を設置する。

(2) 建設工事用の通信システム

この計画の建設期間中、建設現場では下記の2種類の通信手段を設置する。

- ー 公衆電話回線を通しての通信（電話だけでなく、ファクシミリおよびテレックスも含める。）
- ー 政府の本部への直通無線通信

公衆電話システム

P T Tのエルマネック電話局は、2ギガヘルツのマイクロ回線でシリフケを経由して国家の電話網に接続されている。この電話局では、一般電話回線および多重搬送電話回線共に十分な量のものが利用可能である。本計画には後者の搬送多重回線が適切と考える。

外部公衆回線との交信、内線どうしの電話、工事業者との電話等のために、ダムサイトの建設事務所内にデジタルの自動電話交換機を設置する。この交換機を発電所の運転管理目的に使用するため、工事完成後エルマネック発電所に移設する。

短波通信システム

アンカラにある政府の本部との緊急連絡用に、短波無線装置を設置する。通信方式は1チャンネルのプレス・トゥ・トーク方式とする。

9.1.5 仮排水工

アクセストンネルDA-1の建設後、標高515mの高さに峡谷を渡る仮橋を設置する（第P10図参照）。右岸側より仮橋をわたって、仮排水路トンネルの敷高まで径4.0m、長さ80m、下り勾配7パーセントの工事用トンネルを掘削し、ここより上下流に向かって同時に掘進する。トンネル掘削には全断面工法を採用し、2ブームジャンボドリル、2.1m³積みホイールローダ（サイドダンプ）および11トン積みダンプトラックを使用する。掘削後速やかに吹き付けまたはコンクリート覆工を行い地山を安定させる。

仮排水路トンネルが完成した後、次の4段階の作業により河川を転流する。(A)ギョルメル橋の上流側で盛土により一時的に河川をせき止める。(B)その後ただちに上流の一次仮締切堤を盛り立てる。(C)この仮締切堤が高さ約10mまで上った時点で、上流ギョルメル橋近くの盛り土を徐々に取り除き、河川水を仮排水路トンネルに導水する。(D)転流後、下流側の1次締切堤を建設する。

1次仮締切堤は上下流側ともに土砂で盛り立てる。上流側2次仮締切は高さ37.5mのコンクリートアーチダムであり、バックホーとブルドーザにより基礎の掘削、清掃の後にコンクリートを打設する。約1,300m³のダムコンクリートはアクセストンネルDA-1を通して搬入する。高さ18.5mの下流側のコフアーダムはコンクリート重力式であり、そのダム体積は約2,600m³である。

コフアーダム建設用の資機材は、アクセストンネルDA-1を通して搬入する。このトンネルのダムサイトへの出口の標高は505mであり、河床から約7mの高さに位置する。コンクリートの打設作業には、バケット容量2m³、40トン級のトラッククレーンを用いる。コンクリートは3号コンクリート

プラントから輸送する。

9.1.6 主要構造物の施工計画

(1) ダムおよびトンネル洪水吐き

ケーブルクレーン走行路およびバンカー線より上部標高の岩掘削を完了した後、堤体掘削約570,000m³を施工する。掘削には主として1ブームクローラドリルを用い、ベンチ高5.0mのベンチカット工法を採用するが、急崖部ではベンチ高を2.5mに減じ、レグドリルを使用する。

バンカー線より上部標高の掘削ズリは、ダンプトラックにより両岸の土捨場に運搬する。

運搬路として、左岸には標高735m、右岸には標高720mに仮設通路を設け、仮設通路上部の掘削にはこの仮設通路を使用し、それ以下の低標高部の掘削にはダムクレストに通ずるアクセストンネルを使用する。

堤頂以下の掘削ズリは河床部で集めた後、内径7.0m、長さ690mのアクセストンネルDA-1を通して、ダム下流左岸側の土捨場に運搬する。掘削完了後コンクリート打設前に、河床部コンソリデーショングラウトを施工する。

ダムコンクリートは、標準ブロック幅15m、リフト高2.0mで打設する。運搬には9.5トン吊りケーブルクレーン（3m³バケット）を使用する。コンクリートの冷却には、河川水を用いてパイプクーリングを行い、2次冷却およびプレクーリングには冷却プラントによる冷水を使用する。

カーテングラウト孔は、ダム両岸で延べ386,000mであり、グラウト用トンネル内から、ダム周辺部はロータリボーリングマシン、その外周を主にパーカッションボーリングマシンで削孔し、パッカーグラウティング法でミルク注入を行う。

グラウト用トンネルは、内径3.5mで左岸側に6段・総延長3,730m、河床部1段・延長130m、右岸側7段・総延長10,300m、合計14,160mであり、最上段を除きコンクリートで巻き立てる。左右岸とも、ダム下流

側よりアクセス道路、および3パーセント勾配のアクセストンネル（ $B=2.5\text{m}$ 、 $H=2.5\text{m}$ ）をレール工法、ロッカーショベルで各段のグラウト用トンネルに取り付ける。ただし、右岸側の上部2段は上流側から進入する。

各段のグラウト用トンネルをレール工法、ロッカーショベル（ 0.4m^3 級）で掘進、コンクリート覆工、インバート打設後、カーテングラウトを行う。カーテングラウトは、左右岸側ともダム の 堤 体 打 上 が り に 従 っ て 下 段より仕上げる。

主洪水吐きとして右岸側に内径 9.0m 、長さ 263m のトンネルを設ける。このトンネルの掘削は、下流側から全断面工法で行い、2ブームクローラジャンボドリル、 2.1m^3 積みホイールローダ（サイドダンプ）および11トンドンプトラックを使用する。掘削したズリは工事用道路SATを通過して搬出する。掘削完了後ただちにロックボルト、吹き付けおよびコンクリート覆工を施工する。

ゲートシャフトの掘削は、先ず下方よりレッグドリル、クライマーを用いて 2m 角の導坑で切り上がり、上端に到着後1ブームドリルおよび 0.6m^3 積バックホーで全断面に切り広げる。ズリは導坑よりトンネル内に落とし、外部に搬出する。掘削完了後、ロックボルトおよびコンクリート覆工を行う。

(2) 導水路トンネルおよびサージタンク

導水路トンネルの内径は 6.1m 、延長は $9,042\text{m}$ である。その中間に径 7.0m の作業横坑を4本設け、3切羽より同時に掘進する。掘削工法はトンネル式洪水吐きと同じである。テレホーム型セントル（1基の長さ 15m ）を用いてコンクリート覆工を施工する。覆工完了後グラウティングを行う。

導水路サージタンクの掘削は2段階に分けて施工する。先ず下方よりレッグドリル2台およびクライマーを用いて 2m 角の導坑で切り上がり、上端に到着後1ブームドリルおよび 0.6m^3 積みバックホーで全断面に切り

広げる。ズリは導坑より導水路トンネルに落とし、ここで11トンダンプに積み込み5号作業横坑より搬出する。掘削完了後ロックボルト、吹き付け、コンクリートライニングおよびグラウトを施工する。

(3) 圧力シャフト

圧力シャフトは上部水平坑、斜坑および下部水平坑より構成される。上下部水平坑の施工法は導水路トンネルと同様である。斜坑は2段階に分けて掘削する。先ず下方よりレグドリル2台およびクライマーを用いて2m角の導坑を切り上がり、上端に到達後全断面に切り広げる。ズリは導坑より下方に落とし、11トンダンプトラックに積み込み地下発電所のアクセストンネルを通り搬出する。

掘削完了後導水路トンネル側より内張用鋼管を搬入して斜坑内に下ろし、下部より上部に向かってセットしていく。セットされた長さ分ずつ填充コンクリートを打設する。

(4) 放水路トンネルおよびサージタンク

放水路トンネルの内径は6.1m、延長は1,764mである。上下流側より同時に施工するが、工法は導水路トンネルと同様である。サージタンクは導水路トンネルのサージタンクと同様の工法で施工する。

(5) 地下発電所

地下発電所用として全体で長さ約1,350mのアクセスおよび工事用トンネルを設ける他、600mの換気用トンネルも発電所の工事に利用する。これらのトンネルは分岐して、アーチ部、発電機室床部および発電所底部へ到達できるように配置する。掘削はアーチ部と躯体部に分けて施工する。

アーチ部では先ず頂設導坑（断面約50m²）および側壁導坑（断面約10m²）を掘り、速やかにロックボルトおよび吹き付けを施工して岩盤を安定させた後、側方に切り広げ同様の処置をしながらアーチ部の全断面を掘削する。これらの掘削には2ブームジャンボドリル、2.1m³積みホイールローダ（サイドダンプ）、11トン積みダンプトラックおよび3.8m³積

みロードホイールダンプを使用する。

躯体部では先ず発電機室盤と発電所底部に水平横坑を掘り、これらをつなぐ縦坑を設ける。そして上方よりベンチ高2mのベンチカット工法で切り広げる。使用機械は1ブームクローラドリル、3.8m³積みロードホイールダンプおよび3.2m³積みトラクタショベルである。またズリは縦坑より下方に落とし、各水平導坑で11トンダンプトラックに積み込み搬出する。

躯体切り広げの完了した部分から側壁にPCアンカー、ロックボルトおよび吹き付けを施工し岩盤を安定させる。

9.1.7 エリク導水計画

導水トンネルの断面は梶型で幅2.2m、高さ2.3m、また延長は3,580mである。トンネル掘削は上下流端より同時に掘進する。地形上の理由で中間に作業横坑を設けることが難しく、かつ小断面であるので、レール工法による全断面掘削とする。使用機械は0.2m³積みロッカーショベル（レール走行）、4トンバッテリー機関車、および2.0m³積み・サイドダンプ型のズリ車（3両編成）である。掘削完了後、上記の機械を坑外に搬出し、コンクリートで覆工する。掘削に要する時間は月進約70mのペースで30ヶ月（1ヶ月の段取りを含む）である。またコンクリート覆工にはアーチ部および側壁部が月進約150mで15ヶ月（1ヶ月の段取りを含む）、インパートが月進約200mで10ヶ月、併せて25ヶ月を要する。

9.2 建設工程

本計画の建設計画は、詳細設計の開始年を基準とし、準備工事は国内入札、本体工事は国際入札を想定して作成した。

第P8図に示すように、詳細調査設計と本体工事の入札図書作成に約3.5年を要する。基準年から数えて第2年次と3年次に国内業者がアクセス道路とトンネルを建設する。一方、第3年次中に本工事の業者を決定する。本

工事は第4年次に開始し、河川水の切替えは第5年次初めに実施する。鋼構造物、発電設備、および38万V送電線の納入、設置工事は第8年次に開始する。本工程を支配している石灰岩ブロック内のカーテングラウト工事が第10年次半ばに終了した時点ですべての建設工事が完了し、発電機器等の試験を開始する。

第8年次後半にダム工事がLWLの標高615mまで完成した時点で仮排水路トンネルを閉鎖し、貯水池の初期湛水を開始する。ダム本体の工事は第9年次後半に完了する。第10年次後半に有効貯水容量の半分まで湛水した時点で、発電を開始する。

主な工事工程を下記に示す。

		工事着工よりの月数
付け替え道路、一般工事用道路	着工	12ヶ月（2年目初）
	完工	24ヶ月（2年目末）
ダムサイトへの工事用道路 およびトンネル	着工	25ヶ月（3年目初）
	完工	36ヶ月（3年目末）
ダイバージョントンネルへの 工事用道路およびトンネル	着工	25ヶ月（3年目初）
	完工	36ヶ月（3年目末）
ダイバージョントンネル	着工	37ヶ月（4年目初）
	完工	48ヶ月（4年目末）
転流		49ヶ月（5年目初）
ダム掘削（仮設備）	着工	47ヶ月（4年目11ヶ月）
	完工	51ヶ月（5年目3ヶ月）
ダム掘削（堤体）	着工	53ヶ月（5年目4ヶ月）
	完工	68ヶ月（6年目8ヶ月）
ダムコンクリート	着工	69ヶ月（6年目8ヶ月）
	完工	104ヶ月（9年目8ヶ月）

	工事着工よりの月数	
グラウト用トンネル	着工	49ヶ月 (5年目初)
	完工	106ヶ月 (9年目10ヶ月)
カーテングラウト	着工	61ヶ月 (6年目初)
	完工	114ヶ月 (10年目6ヶ月)
湛水開始		96ヶ月 (8年目11ヶ月)
導水路トンネル	着工	59ヶ月 (5年目11ヶ月)
	完工	114ヶ月 (10年目6ヶ月)
ペンストック	着工	60ヶ月 (5年目11ヶ月)
	完工	94ヶ月 (8年目10ヶ月)
放水路トンネル	着工	85ヶ月 (8年目初)
	完工	114ヶ月 (10年目6ヶ月)
地下発電所	着工	68ヶ月 (6年目7ヶ月)
	完工	114ヶ月 (10年目6ヶ月)
運転開始		

9.3 建設費

9.3.1 見積条件と仮定

本計画の建設費は1989年11月の価格水準で推定した。当時の為替レートは1.00米ドル=2,300トルコリラ=143円であった。

請負業者の一般管理費および利益率は、直接工事費の25パーセントと仮定した。本計画はトルコ政府の奨励策を受けて、輸入関税は免除されるものと仮定した。10パーセントの付加価値税は算入した。

大部分の建設機械は西欧もしくは日本から輸入すると仮定した。購入価格は市場実勢価格、または公表価格の80~85パーセントとした。購入価格の5パーセントを輸送・保険費として加えて、サイト価格を求めた。

建設機械の原価償却の概念と条件は国によって異なる。外国の業者はその自国の減価償却システムを持っているだろう。トルコ国における減価償

却システムを見直した後、建設機械の償却費用は、減価償却の期間と非稼働時間の費用の点で日本の標準を参照して多少の調整を加えて、推定した。

河床堆積物や原石山からの材料採取に課されるかもしれない権利金等の間接費や、通行料は見積りに含めない。

建設期間中の利子（IDC）を推定するため、公共体による事業の実施形態を想定し、国際低利ローンと商業銀行ローンを得られるものと仮定した。

この2つのローンの償還条件は次のように仮定した。

(1) ローン1

次の条件の国際ローンを、ローン1に対するIDCを含めて外貨で受ける。

－ローン金額：政府職員の通常人件費や税金等を除いたエリジブルな投資額の75パーセント

－金利：年2.9パーセント

－償還期間：10年の猶予期間を含めて30年

－償還猶予期間：建設期間と同じ10年

(2) ローン2

総投資額からローン1を差し引いた残額について、ローン2に対するIDCを含めて商業ローンを受ける。

－金利：年8.0パーセント

－償還期間：10年の猶予期間を含めて20年

－償還猶予期間：10年

9.3.2 建設費

積算に用いた労働力、建設機械、材料の基本単価を表9.1～9.3に示す。本計画の総投資額一覧を表9.4に、その内訳を表9.5に示す。

建設期間中の利子は表10.4で算出してあり、ローン1に対し5,160万米ドル、ローン2に対し5,450万米ドルと見積った。

本計画の総投資額は、約4,100万米ドルの付加価値税と1億600万米ドルの建設期間中の利子を含めて、約5億5,200万米ドルと推定した。次表に示

されるように、この内約3億3,600万米ドル相当、7,730億トルコリラは内
 貨分であり、約2億1,600万米ドルは外貨分である。

(百万米ドル、1989年11月価格)

項 目	外資分	内資分	合 計
1. 土地収用・補償費	0.21	11.52	11.73
2. 直接建設費	139.73	176.51	316.24
3. 管理およびエンジニアリング費	15.45	21.41	36.86
4. 予備費	14.59	26.00	40.59
建設費合計	169.98	235.44	405.42
5. 付加価値税	17.00	23.54	40.54
6. 建設期間中利子	28.90	77.20	106.10
総投資額	215.88	336.18	552.06

第10章 エルマネック計画のフィージビリティ

10.1 ゲゼンデ発電所の常時出力増強効果

4.2節および7.1節で述べたように、本計画は下流の発電所に対し常時出力増強効果と、初期湛水期間中のマイナス効果を持つ。これらの効果はゲゼンデ発電所に対してだけ評価し、最適開発規模に反映させた。カイラクテベ発電所は未だ建設段階に入っていないので、これらの効果を考慮しなかった。

ゲゼンデ発電所に対するこれらの効果は、エルマネック貯水池の満水位標高675mの場合に次表のように評価された。

No.	項目	単位	ゲゼンデ単独	エルマネック完成後	増分
<u>常時出力増強効果</u>					
(1)	常時電力量	GW時	118	526	408
(2)	2次電力量	GW時	448	115	-333
(3)	年合計	GW時	566	641	75
(4)	90%保証ピーク出力	MW	41	150	109
(5)	年便益	百万米ドル	18.6	34.9	16.3
<u>初期湛水期間中のマイナス効果</u>					
(1)	常時電力量	GW時	118	118	-
(2)	2次電力量	GW時	448	71	-377
(3)	年合計	GW時	566	189	-377
(4)	90%保証ピーク出力	MW	41	41	-
(5)	年便益	百万米ドル	18.6	9.8	-8.8

上表に示されるように、本計画の初期湛水期間中にはゲゼンデ発電所において年に880万米ドル相当の発電損失が発生する。しかしこの初期湛水の完了以降は、ゲゼンデ発電所の発電便益は年に1,630万米ドル相当増強される。

10.2 経済評価

(1) 経済費用

本計画の総投資額は9.3節で述べた方法により求められた。経済費用はこの投資額を基にして、以下の調整を加えて求めた。

(A) 物価変動予備費は、発電便益に含まれていないので、経済費用にも含まれない。

(B) 移転補償費用はトルコの国民経済内部の移転支出なので除外する。貯水池予定地域内には農地以外には価値ある不動産はほとんどない。農地の逸失生産便益は貯水池の初期湛水開始年から発生すると想定し、割引率9.5パーセントによりこの開始年の価値に換算した。

(C) 上記2つの調整に加えて、輸出できない財の価格は経済費用に、輸出可能財の価格は国境価格に変換した。この変換は、内貨分費用に標準変換係数(SCF)0.8を乗ずることによってなされた。このSCFの値は、トルコの国民経済に対する世界銀行の推定値に準じて採用したものである。

以上の調整の結果、経済費用を次のように評価した。

- (A) 建設費 : 3億4,640万米ドル
- (B) 逸失経済便益 : 660万米ドル
- (C) 運転維持管理費用 : 71万米ドル/年

(2) 経済便益

本計画の経済的発電便益は、3.6節で述べた電力価値を用いて7,993万米ドル/年と推定した。このうち1,629万米ドルまたは20パーセントはゲゼンデ発電所の常時出力増強便益である。エルマネック貯水池の初期湛水期間中のゲゼンデ発電所に対するマイナス効果のため、初期湛水開始以降の発電便益は次のようになる。

年	年発電便益 (百万米ドル)
1	-2.20
2	-8.79
3	10.77
4	79.93
.	.
.	.
50	79.93

(3) 経済的内部収益率 (EIRR)

電力価値は割引率9.5パーセントを用いてすでに評価された (3.6節参照)。この割引率はトルコのエネルギーセクターにおける資本の機会費用 (OCC) とされるものである。年次別支出計画は第P8図に示される建設工程に従って推定した (7.3.5項参照)。評価期間は詳細設計および建設工事の期間合計10年を含めて60年とした。

発電便益および経済費用の流れを表10.1に示す。割引率9.5パーセントで換算された詳細設計の開始年の位置における総純便益は3億5,050万米ドル、費用は1億9,860万米ドル、純便益は1億5,190万米ドルと評価され、便益-費用比 (B/C) は1.76と算定された。

本計画の経済的内部収益率は14.9パーセントと評価され、これは資本の機会費用9.5パーセントを大きく上回る。

(4) EIRRの安定性

本計画の経済性を、次の5ケースのより悪条件下の経済費用と便益の組み合わせについて検討した。

- ケース1 : 経済費用10パーセント増
 ケース2 : 経済費用20パーセント増
 ケース3 : エネルギー資源価格の他の一次産品価格に対する相対的価格上昇率が基本ケースの想定値30パーセントに達せず、20パーセントに留まった場合
 石炭 52 → 48米ドル/トン
 天然ガス 130 → 120米ドル/1,000m³
 ケース4 : ケース1 + ケース2
 ケース5 : ケース2 + ケース3

ケース3、4、5の場合の電力量価値は、常時電力量が6.27米セント/kW時、2次電力量が2.15米セント/kW時となる。

以上の5ケースに対する経済的内部収益率は次のとおり。

ケース番号	経済費用 (百万米ドル)	燃料費 (米ドル)	経済的内部収益率 EIRR (%)
基本ケース	346.4	Coal 52, NG 130	14.9
ケース	381.0	Coal 52, NG 130	13.9
ケース	415.7	Coal 52, NG 130	13.0
ケース	346.4	Coal 48, NG 120	14.5
ケース	381.0	Coal 48, NG 120	13.6
ケース	415.7	Coal 48, NG 120	12.7

本計画はすべてのケースに対し資本の機会費用9.5パーセントを超える高い経済的内部収益率を有する。したがって本計画の高い経済性は、将来の経済条件に変化が生じても大きな影響を受けない。

10.3 財務分析

本計画の総投資額は、物価変動予備費と輸入関税を除いて推定した（9.3節参照）。

(1) 物価変動予備費

トルコ経済は1980年代に激しいインフレーションに陥った。同期間にトルコ政府は、国民経済の動向を市場原理に委ねるとの長期政策を打ち出した。1983年に選出された現政府の最初の政策の一つは、為替レートを徐々に切り下げ、ほとんどの政府補助金を削減、廃止することであった。

国家統計庁（S I S）の卸売物価指数に基づいて、さらに物価上昇率を徐々に低下させるというトルコ政府の長期政策目標に沿って、インフレーションの将来動向の一予測を試みた。物価上昇率が今後10年間に段階的に低下し、1990～1994年の期間には毎年20パーセントの割合で、さらに1995～1999年の期間には同10パーセントの割合で改善され、2000年には卸売物価上昇率を年率10パーセントまで沈静化できるものと仮定した。

この試算結果を表10.2に示す。それによると、本計画の10年に上る実施期間中の物価上昇率は820パーセントという高いものになる。したがって、このフィージビリティスタディ段階では物価変動予備費を計上する代わりに、すべての費用と電気料金を1989年11月の価格水準で表わしておくのが賢明な方法と考えられる。

(2) 政府の奨励策

トルコ国政府は、「外国投資規程と申請様式、国家企画庁、外国投資総局」というタイトルの外国投資奨励策を毎年改訂、出版している。これら奨励策の決定の実施は国家企画庁の所管事項である。

奨励策の最新版は1989年5月に発行されたものである。奨励策の内容に大きな変更がなされる訳ではないが、見直し・改訂は頻繁に行われる。

最新の奨励策によると、国家企画庁の「奨励策適格認定書」の交付対象となる投資計画は、開発優先地域では1億5千万トルコリラ（1989年半ばで6.5万米ドル相当）以上の総投資額の諸計画であり、その他の地域では

7億5千万トルコリラ（同32.6万米ドル相当）以上の投資計画である。

エネルギー関連投資計画は「奨励策適格認定書」の非対象リストに含まれていないので、本計画への投資はトルコ政府の奨励策を受けられるものと見られる。

エネルギー関連投資に供与される奨励策の主な形態は次のとおり。

(A) 必要な機械および設備の輸入関税の100パーセント免除

(B) 投資期間中の付加価値税の納付猶予。ただし投資期間の満了後累積された付加価値税が一括課税される。

したがって、輸入関税は投資額に含めない。10パーセントの付加価値税は、猶予条件等が明確でないので投資額に含める。

(3) 電気料金と売電収入

電気料金はインフレーションに対処するためにしばしば改訂されてきた。最新の料金は1989年9月1日に改訂されたものである。平均売買単価は消費kW時当り131.23トルコリラであり、これは5.7米セント/kW時に相当する（1米ドル=2,300トルコリラ）。この平均料金は火力発電所の発電原価と同水準にあり、やや低いとみられる。送配電費用と本社経費を加えると、火力発電所の単位売電量の費用はこの平均料金を上回るとみられる。

しかし、本計画の売電収入は5.7米セント/kW時の最新の電気料金によって推定した。売電収入は、発電電力量から発電所内部消費量と送電損失として合計12パーセントを差し引いたものを売電量と仮定し、これに料金を乗じて算出した。この損失率は、電力系統全体の平均損失率14.5パーセントを基にして、本計画が需要地に近接していることに対する調整を加えて算出した。

ゲゼンデ発電所に対するプラス、マイナス両面の効果については、財務分析上は考慮しない。

結局、本計画の売電収入は年に5,290万米ドル相当と見積った。

(4) 財務的内部収益率 (FIRR)

財務的な収入・支出フローを表10.3に示す。建設期間中の支出計画は20パーセントの前渡金と10パーセントの契約履行保証金を想定して作成した。財務的内部収益率は8.7パーセントと評価された。これは資本の経済的機会費用よりやや低い。本計画は高い経済効果を有するが、財務上は低利ローンの用意等の何らかの手当が必要と考えられる。

トルコ国政府は、その民営化政策の一環として、エネルギー関連開発計画をBOT方式 (Build-Operate-Transfer) によって推進するとの政策を打ち出している。しかし本計画は上述のように何らかの財務上の手当が必要なので9.3.2項に述べたような公共事業主体による実施形態を想定した。なお、この公共事業方式の場合でも奨励策以外には政府予算からの支出はないものと想定している。

本計画の資金の収支のフローを表10.4に示す。建設期間中の利子を含めたローン1の総額は3億8,600万米ドル、ローン2は同1億6,600万米ドル、合計で5億5,520万米ドルに上る。このローン全額を売電収益金の範囲内で遅滞なく償還できる。さらに、ローン1の償還を完了した時点で、総額2億7,000万米ドル相当の剰余金が累積する。

本計画が公共事業主体により低利ローンを得て実施されるならば、現行電気料金5.7米セント/kW時の下でも十分な財務的健全性を有すると判断される。

第11章 今後必要な調査

11.1 実施形態の決定

10.3節で検討したように、本計画を公共事業主体により低利ローンを得て実施する場合には、その発電原価はTEKが受け入れるに足る安価なものとなる。トルコ国政府が本計画の実施形態を早期に決定し、資金調整に着手できるようにすることを推奨する。

11.2 地質調査

石灰岩地域においてダム貯水池計画の安全で経済的な設計を実現するためには、さらに地質調査が必要である。エルマネック右岸のグラウトカーテンの右端下部における石灰岩ブロックとギョルメル層の境界ゾーンと、断層とジョイント系の地下の状態を解明することが必要である。地下発電所サイトの石灰岩ブロックについても、そのブロックの地下部分の広がり、溶解の程度、および力学的物性値を、コアボーリング、試掘横坑、原位置岩盤試験により調査することが必要である。

ボーリング調査は次の各構造物サイトでも必要となる。水路ルート of 作業横坑の坑口、放水路トンネルの放水口、屋外開閉所、エリクヘッドタンク、鉄管路、発電所、注水用斜坑等。

本調査の結果判明した地質上の問題点を解明するためにEIEがある程度の追加地質調査を実施中ではあるが、詳細設計のために必要な情報を得るためにはまだ長い期間を必要としよう。実施中の地質調査を継続するとともに、詳細地質調査計画を作成することを勧める。

11.3 水文調査

エルマネックダムサイト上流に1990年7月に設置された自記水位計による観測を継続して、融雪による河川水位の日変動の実態を解明し、また洪水ハイドログラフの波形に関する情報を収集・分析することが必要である。エル

マネック流域内に自記雨量計を設置し、24時間未満の短い継続時間に対する降雨特性と、洪水の遅れ時間を解明すべきである。またエリック取水ゼキサイトにおいて浮流砂量を測定すべきである。

11.4 設計

エリック導水計画の構造物の配置・設計はプレフィージビリティ段階に留まっているので、さらに詳しい検討が必要である。全体工程の早期に計画されているアクセス道路等の準備工事を予定通りに開始するためには、本計画の詳細設計の早期着手が必要である。

11.5 環境影響評価

現在までの調査結果に基づいて主要な環境影響を評価し、その対策を提案した。未判明の問題を明らかにし、科学者や関係者の検討に供する図書を作成するために、生物種調査と水産養殖および観光開発計画を含めた詳細な環境影響調査の実施を推奨する。

11.6 エルマネック川上流計画への影響

エルマネック貯水池はナディレダムサイトを越えて、エルマネック川とギェンデル川との合流点の下流約3 km地点まで達することになる。したがって、エルマネック川の標高675 m以上の上流域の包蔵水力については新規の計画作業が必要である。

水文および地質調査いずれも未だ実施されていないので、エルマネック川の上流域で想定される水力開発計画の一試案を、今後の踏査計画作業の参考のために第A38図に示す。

参考資料リスト

1. Main Economic Indicators, Turkey, SPO, January 1989
2. Statistical Yearbook of Turkey, SIS, 1987
3. Census of Population, 20.10.1985
4. 5th Five Year Development Plan (1985-1989), SPO
5. Long-term Generation-Consumption Study (1994-2010), TEK, 1988
6. Long-term Development Plan of Generating Facilities for the Period up to 2010, TEK
7. World Development Report, World Bank, 1989
8. Reconnaissance Report of Göksu Branch of Göksu River, EİE, 1984, (in Turkish)
9. Revised Reconnaissance Report of Dam and HPP on the Ermenek-Göksu River Upstream of Gezende Dam (330-600 m AMSL), EİE, 1985, (in Turkish)
10. Ermenek Stream Basin, the Preliminary Feasibility Report of Ermenek Dam and HPP, EİE, September 1987, (in Turkish)
11. Engineering Hydrology Report for Görmel Dam on Ermenek River in Göksu River System, EİE, 1985, (in Turkish)
12. Interim Geotechnical Report for Ermenek Dam Site, EİE, September 1987
13. Geophysical Report of Ermenek Dam Site, April 1987, (in Turkish)
14. Geophysical Study Report of Tunnel Route of Ermenek HES Project, May 1988, (in Turkish)
15. Feasibility Study of Gezende Barajı Ve Hidroelektik Santrali, EWI and DOLSAR, 1976
16. Göksu-Kayraktepe Dam and Hydroelectric Power Plant Project, Feasibility Report, EPDC Japan, SE-İŞ, TMB, SU-YAPI, 1982
17. Stratigraphy and Tectonic Evolution of the Central Taurides, Necdet Özgül, International Symposium on the Geology of the Taurus Belt, 1983

18. Earthquakes in Turkey, Emin Ilhan, Consulting Geologist, Ankara, Turkey
19. A Probabilistic Assessment of the Seismic Hazard in Turkey, K.Edrik, V.Doyuran, N.Akkaş and P.Gülkan, Earthquake Engineering Research Center, Middle East Technical University, Ankara, Turkey
20. Manual for Expropriation Studies, Planning and Analysis Division, DSI, 1984
21. Price Prospects for Major Primary Commodities, 1988-2000, Volume I, Summary, Energy, Metals and Minerals, the World Bank, Feb. 1989
22. Foreign Investment and Application Forms, Foreign Investment Directorate, SPO, Ankara, Turkey, May 1989