

卜 丹 之 興 和 國

以 丹 之 興 和 國 為 鐵 道 發 達 之 實 驗

調 査 報 告 書

第 一 卷

平 成 2 年 12 月

國 際 協 力 事 業 團

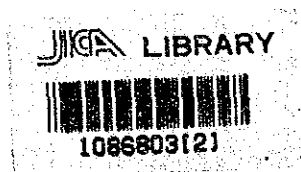
CR 4

トルコ共和国

エルマネック水力発電開発計画

調査報告書

要約



21826

平成2年12月

国際協力事業団

報告書の構成

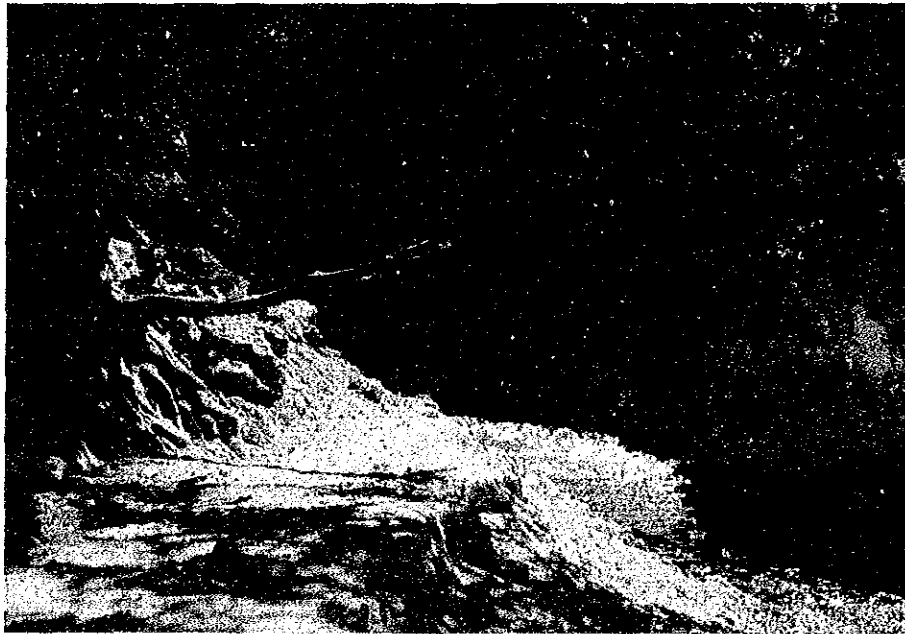
要 約
主 報 告 書
図 面 集

国際協力事業団

21826



A distant view of the Görmel Gorge, in which Ermenek dam site is located, viewed from upstream (July 1989)



Erik intake weir site viewed from downstream (July 1989)



THE REPUBLIC OF TURKEY
ELEKTRİK İŞLERİ ETÜD İDARESİ
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

ERMENEK HYDROELECTRIC POWER
DEVELOPMENT PROJECT

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

TITLE

写真(1/3)



I-Cc dam site, looking downstream from the left bank
(July 1989)



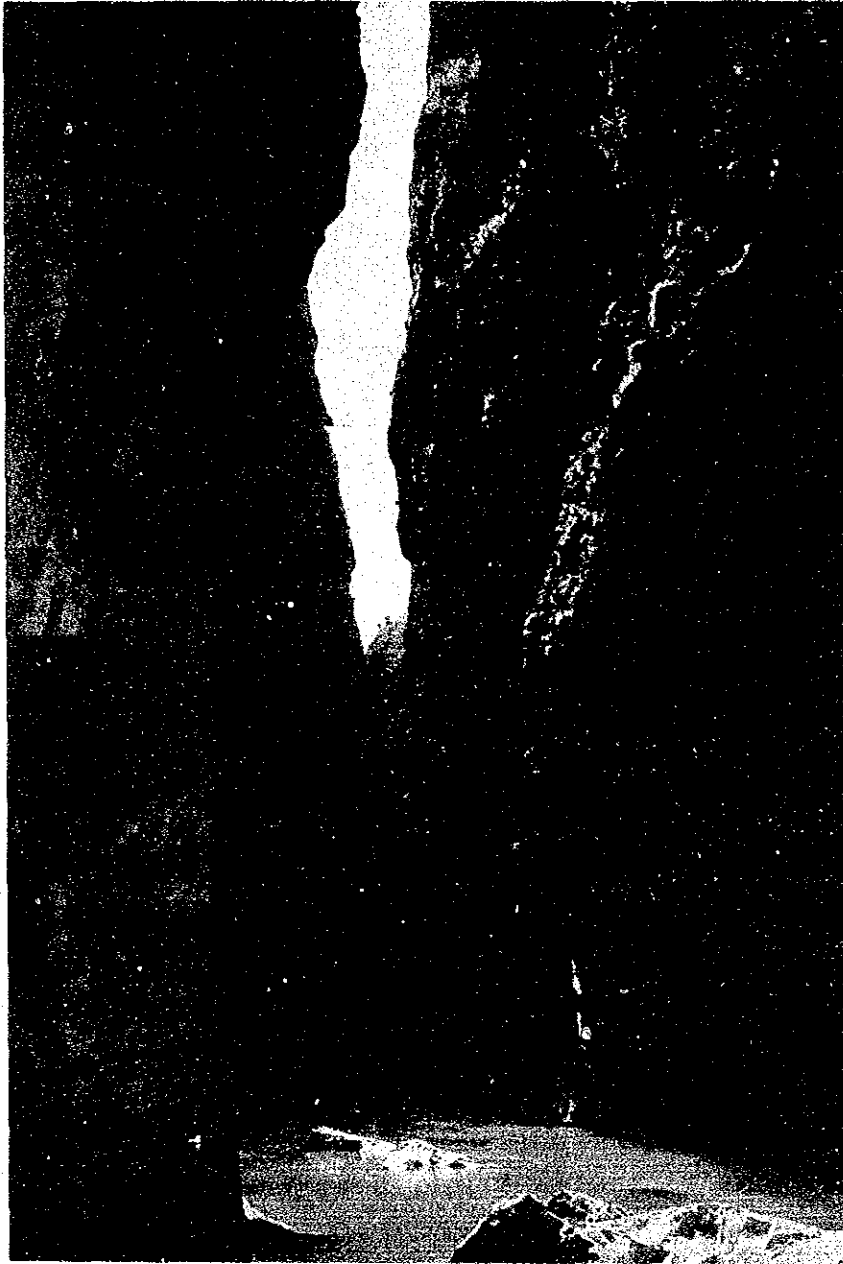
THE REPUBLIC OF TURKEY
ELEKTRİK İŞLERİ ETÜD İDARESİ
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

ERMENEK HYDROELECTRIC POWER
DEVELOPMENT PROJECT

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

TITLE

写真 (2/3)



I-Cc dam site viewed from downstream (July 1989)



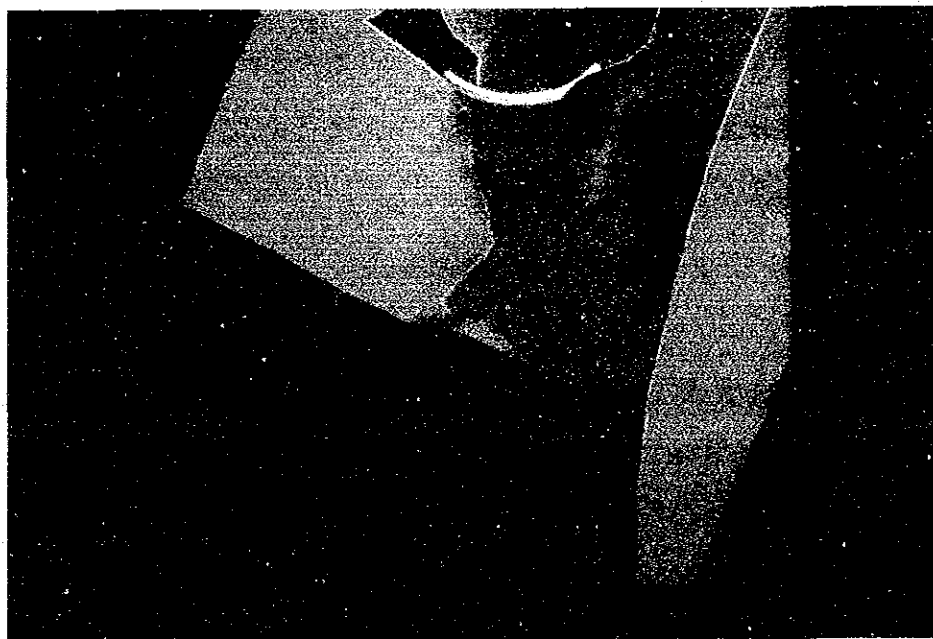
THE REPUBLIC OF TURKEY
ELEKTRİK İŞLERİ ETÜD İDARESİ
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

ERMENEK HYDROELECTRIC POWER
DEVELOPMENT PROJECT

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

TITLE

写真(3/3)



HWL: 675 m Dam height: 190 m
P: 320 MW Annual energy: 1,054 GWh



THE REPUBLIC OF TURKEY
 ELEKTRİK İŞLERİ ETÜD İDARESİ
 GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

**ERMENEK HYDROELECTRIC POWER
 DEVELOPMENT PROJECT**

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

TITLE

エルマネックダムの鳥瞰図

計 画 諸 元

(1) 水文および貯水池

1.1 流域面積	:	2,156km ²
1.2 平均年流入量 (含むエリク0.35)	:	14.66億m ³ (=46.5m ³ /秒)
1.3 常時満水位 (HWL)	:	675m
1.4 貯水池利用水深	:	60m
1.5 貯水池表面積	:	48.4km ²
1.6 有効貯水容量	:	23.39億m ³

(2) ダム

2.1 ダム型式	:	コンクリートアーチ
2.2 ダム高	:	190m
2.3 カーテングラウト孔総延長	:	386km
2.4 グラウト用トンネル総延長	:	13.58km

(3) 水路

3.1 設計流量	:	116.6m ³ /秒
3.2 導水路トンネル	:	内径6.1m×延長9,042m
3.3 圧力シャフト	:	内径3.6m×延長553m×2条
3.4 放水路トンネル	:	内径6.1m×延長1,764m

(4) 発電所

4.1 発電所型式	:	地下
4.2 主発電機	:	16万kW×2台=32万kW
4.3 エリク発電所	:	6,700kW×1台
4.4 年発電電力量	:	10.54億kW時

(エルマネック10.22 + エリク0.32)

4.5 ゲゼンデ発電所に対する常時出力増強効果

ー 常時電力量	:	1.18	→	5.26億kW時
ー 2次電力量	:	4.48	→	1.15
合 計		5.66	→	6.41

(5) 送電線

5.1 38万V送電線(セイディシエヒル) : 160km

5.2 34,500V送電線(ダムサイト等) : 16km

(6) 総投資額(1989年価格、単位百万米ドル)

	外貨	内貨	合計
6.1 総建設費	: 170	235	405
6.2 税金	: 17	24	41
6.3 建設期間中利子	: 29	77	106
合 計	216	336	552

(7) 建設期間

7.1 詳細設計および準備工事 : 3年

7.2 本体工事 : 7年

合 計 : 10年

目 次

報告書の構成

I-Ccダムサイト写真

エルマネックダムの鳥瞰図

計画諸元

	頁
1. 序	1
2. 計画の背景	2
3. 電力調査	3
4. 既存計画のレビュー	7
5. 計画地域の自然条件	10
6. 環境および移転補償費用	14
7. 計画施設	16
8. 建設工程と費用	22
9. 計画のフィージビリティ	24
10. 今後必要な調査	27

付 図 目 次

- 第1図 位置図
- 第2図 計画地域近傍図
- 第3図 ギョクス河全体開発計画、平面
- 第4図 ギョクス河全体開発計画、縦断
- 第5図 エルマネック川上流域の開発試案
- 第6図 代替開発計画案一般配置図
- 第7図 ダムサイト周辺の地質調査位置図
- 第8図 発電所周辺の地質調査位置図
- 第9図 エルマネック計画一般配置図
- 第10図 ダム一般配置図
- 第11図 グラウトカーテン計画図
- 第12図 電力需要・供給計画
- 第13図 建設工程

(1) トルコ国内機関

DMİ : 気象庁
 DSİ : 国家水利庁
 EİE : 電力調査庁
 SİS : 国家統計庁
 SPO : 国家企画庁
 TEK : トルコ電力公社

(2) 海外機関

JICA : 国際協力事業団

(3) 計量単位

長さ

mm : ミリメートル
 cm : センチメートル
 m : メートル
 km : キロメートル

面積

km² : 平方キロメートル

体積

MCM : 百万立方メートル
 m³ : 立方メートル

電気

V : ボルト
 kW : キロワット
 MW : メガワット
 kWh : キロワット時
 MWh : メガワット時
 GWh : ギガワット時

貨幣

TL : トルコリラ
 US\$: 米ドル
 US¢ : 米セント
 ¥ : 日本円

重量

kg : キログラム

ton : トン

時間

sec, s : 秒

min : 分

hr : 時

yr : 年

その他

% : パーセント

° : 度

' : 分

" : 秒

m³/s : 立方メートル/秒

(4) 経済・財務

EIRR : 経済的内部収益率

FIIRR : 財務的内部収益率

FC : 外貨

LC : 内貨

GDP : 国内総生産

GNP : 国民総生産

GRDP : 地域総生産

OMR : 運転・維持管理・設備更新

LS : 一括

(5) 標高

EL : 標高

HWL : 常時満水位

FWL : 洪水位

LWL : 低水位

(6) 為替レート (1989年11月)

US\$1.00 = TL2,300 = ¥143

本文

1. 序

エルマネック水力発電開発計画のフィージビリティスタディは、日本国政府の技術協力計画の公的实施機関である日本国際協力事業団（JICA）と、トルコ電力調査庁（EİE）の間で、1988年9月22日にアンカラにおいて合意された調査仕様書に従って実施された。

本調査は、エルマネック水力発電開発計画の最適計画を策定し、その技術・経済・財務的フィージビリティを評価することを目的とし、JICA調査団がEİEのカウンターパートとの協力の下に、1988年3月から1990年12月までの期間に実施した。

本調査の実施中に種々の支援と協力を頂いたトルコ共和国政府の関係各位と個人、また本調査実施のために尽力頂いた日本国政府の関係各位に、さらに種々の困難を克服して現地調査作業を遂行し、調査団に対し全面的な支援を頂いたEİEのカウンターパート諸氏に対し、調査団は深い感謝の意を表したい。

2. 計画の背景

国土面積78.1万平方キロメートルのトルコは、アナトリア半島とトラキアの一部から成り、東西1,600km、南北650kmにわたる。沿岸地域は大陸性の温暖気候に属し、内陸の高原は乾燥している。

トルコの総人口は1985年には5,030万人であり、その成長率は2.5パーセントであった。人口の大部分はトラキア部とアナトリア半島の沿岸地域に集中しており、1985年における都市人口は全体の53パーセントを占めた。

国土面積7,810万ヘクタールの内、3,630万ヘクタール(46.5%)は農地、2,020万ヘクタール(25.9%)は森林、残りの2,160万ヘクタール(27.6%)はその他の土地と水面である。

第5次5ヶ年計画(1985-1989)において打ち出された政策は、経済活動への行政関与の程度の軽減、国営企業の民営化、BOT方式(Build-Operate-Transfer)と外国からの投資の奨励、輸出志向型産業の振興であり、この政策は第6次5ヶ年計画(1990-1994)においてさらに強調されている。

3. 電力調査

3.1 組織

トルコ電力公社 (TEK) はトルコ全国電力系統の運転、拡張、および地方電化を担当する。水力発電を目的とする諸開発計画については、EİEが企画・調査・計画・設計を担当する。建設工事管理は国家水利庁 (DSİ) が担当する。

3.2 既存の電力系統

トルコの1988年時点の総発電設備は1,452万kWであり、この内622万kW (42.8%) が水力であり、830万kW (57.2%) が火力であった。1975年から1980年までの期間には電力需要が供給力の増強ペースを上回って伸びたため、ソ連およびブルガリアからの電力輸入が増加した。その後の褐炭火力および水力の開発により、この供給力不足は解消した。さらに、カラカヤおよびアルティンカヤ発電所の発電設備の順次運転開始に伴い、1987年からは火力発電設備の稼働率を下げる余裕がでてきた。

1988年の発電電力量は480億kW時であり、この内191億kW時 (40%) が火力であり、289億kW時 (60%) が水力であった。同年の最大ピーク負荷は761万kWであり、年負荷率は72パーセントであった。年発電電力量の伸び率は1979年から1988年までの平均で8パーセントを記録した。

全国送電系統は、総延長7,202kmの38万V送電線と、同18,832kmの15.4万V送電線から成る。

トルコ全土の35,167集落の内、34,834ヶ所 (99.1%) は1988年までに電化されている。

電力の料金体系は、契約kWと消費kW時に基づく2値料金と、消費kW時だけによる1値料金から成り、1989年の平均売電単価はkW時当たりTL131.23 (5.7米セント相当) であった。

3.3 電力系統の長期拡張計画

1988年にTEKによって作成された「長期電力需給計画（1994-2010年）」には、長期需要予測と電力系統拡張計画が示されている。

長期電力需要予測は高・低2つのシナリオに対して作成されている（付図12参照）。この予測の基準年である1989年の電力需要は、高シナリオでは579億kW時、低シナリオでは555億kW時と想定している。2000年の電力需要は高シナリオでは1,668億kW時、低シナリオでは1,565億kW時と予測しているが、2010年には高シナリオで3,239億kW時、低シナリオでも3,233億kW時と、両シナリオともにほとんど同じ値を予測している。低シナリオによる電力需要予測は政府により承認済みであり、1989年から2010年までのその平均伸び率は8.7パーセントと想定されている。

2010年までの予測電力需要を満たすため、長期電力系統拡張計画では種々のシナリオを想定・検討している。同計画の骨子は次のとおり。(1) 水力・火力のバランスのとれた開発。(2) 水力の目標構成比を2000年に46パーセント、2010年に36パーセントとする。(3) 本エルマネック計画は21世紀初頭に運転開始を目指す発電所グループに編入する。(4) 石油および「モトリン」を燃料とする火力の新設はみあわせ、褐炭火力の新・増設ペースを低下させ、今後建設する主要火力は、輸入石炭による火力と輸入天然ガスによるガス複合サイクル火力とする。(5) トルコの第1号原子力発電所を2010年までに建設する。

3.4 エルマネック計画の電力供給地域

トルコでは、ケバン（出力133万kW）、カラカヤ（同180万kW）、アタチュルク（同240万kW）の各水力発電所と、エルピスタン褐炭火力（同136万kW、612万kWまで拡張可能）という大型発電所群が国土の東半分に位置する一方、イスタンブール、アンカラ、イズミール等の主要電力消費地は西半分に位置しているため、トルコ全国電力系統内の主な潮流は東から西の方向に向かう。したがって、エルマネック計画がその東方に位置するアダナやメルシンに電力を供給する必要性は認められない。イチェル県の西部地域は、アクユ原子力発電所とカイラクテペおよびゲゼンデ水力発電所から将来供給を受けることになろう。したがって、本計画

の電力供給地域はコンヤおよびカラマン両県になるとみられる。

コンヤ・カラマン両県の1988年の一般電力量需要は6.71億kW時、ピーク需要は14万kWであった。セイディシエヒルにあるアルミニウム精練工場は、1989年に11.14億kW時、14.6万kWの電力を消費した。コンヤ・カラマン両県の総電力需要は、2000年に35.44億kW時・64.1万kW、2010年に63.14億kW時・122.2万kWに達すると予測される。

3.5 エルマネック発電所の発電パターン

本計画地域周辺で2010年までに運転開始が予定されている発電所は、本エルマネック水力(32万kW)の他に、カイラクテベ水力(42万kW)、コンヤ・イルグン褐炭火力(30万kW)およびアクユ原子力(100万kW)である。この内2つの水力発電所はピーク負荷を、火力と原子力はベース負荷を分担することになる。TEKの1988年改訂版長期電力需給計画では、諸水力発電計画の設備利用率を平均40パーセント、常時電力量に対する設備利用率を20～30パーセントとしている。本エルマネック計画は延長約9kmの導水路トンネルを持つダム水路式であり、一方、カイラクテベ計画はダム式水力であるため、その常時電力量に対する設備利用率が17パーセントのピーク発電所として計画されている。したがって、資本の効率的利用の観点から、本計画の設備容量は常時の利用率を33パーセントと高めに設定して、中間ピーク負荷を分担することを推奨する。

3.6 電力価値

本水力計画の電力価値は、TEKの長期電力系統拡張計画を参照し、最少費用の代替発電設備として、石炭火力とガス複合サイクル火力の組み合わせを想定し、1989年11月の価格水準で評価した。この代替火力の建設単価は、石炭火力820米ドル/kW、ガス複合火力500米ドル/kWと仮定した。運転開始年の燃料費は、世界銀行の「主要1次産品の物価予測、1988-2000」に基づいて1989年価格水準で、熱品位5,800kcal/kgの石炭が52米ドル/トン、同8,500kcal/m³の天然ガスが1,000 m³当たり130米ドルと推定した。kW価値は121米ドル、kW時価値は2.68米セントと

なり、設備利用率33パーセントに対する総合エネルギー価値は6.47米セント/kW
時と評価した。

4. 既存計画のレビュー

4.1 ギョクス河流域

ギョクス河は、アランヤの北方約60km・標高2,200mのトロス山脈に源を發し、東～南東方向に流下し、ムット、シリフケを経て地中海に注ぐ。エルマネック川はギョクス河の最大の支川であり、トロス山脈の標高2,500m地点から南下した後、東方に向きを変え、ムット付近の標高100m地点でギョクス河に合流する。(付図1の流域図参照)。エルマネック川の流域面積は3,621km²である。

ギョクス支川の上流部には設備容量1.1万kWのイェルキョプリユ水力発電所があり、1959年から運転している(付図3の位置図参照)。ギョクス河との合流点から29km上流のエルマネック川では、設備容量15万kWのゲゼンデ水力発電所が現在建設中である。ギョクス河本流の設備容量42万kWのカイラクテベ水力発電所は、詳細設計が既に完了しているが、建設工事の入札は延期されている。

DS Iは1990年中の完了を目標として、コンヤ内陸流域の転流計画のフィージビリティスタディを実施中である。同計画は、コンヤ流域の都市およびかんがい用水供給を目的として、ギョクス支川上流部の流水4.9億m³/年(平均15.5m³/秒)を転流しようとするものである。この計画が実施されると、イェルキョプリユ発電所とカイラクテベ発電所の発電電力量は減少する。

4.2 ギョクス河流域の水力開発マスタープラン

E I Eの水力開発マスタープラン(案)によると、ギョクス支川に4ヶ所の候補地点があり、イェルキョプリユ発電所からエルマネック川との合流点までの落差の総合開発が検討されている。総出力は5.7万kWと推定されている(付図4参照)。エルマネック川については、ダラン、ギユンデール(ギョクテベ)、ドゥムルギョゼ、ベレム、ギョクデレの5つの水力計画が想定される(付図5参照)。E I Eはこのマスタープランを1990年末までに作成完了の予定である。

4.3 エルマネック計画の開発構想

エルマネック溪谷は、エルマネック川とクチュク川・ゼイベ川との2つの合流点にはさまれた中流部の区間では勾配が緩く谷も開けているが、その下流側のゲゼンデ貯水池までの区間では平均勾配が約72分の1の急流となり、谷は深く狭くなる。本計画の開発構想は、中流部の平坦な谷に貯水池を建設して河川水を調節し、ゲゼンデ貯水池の末端近くに位置するエリク川との合流点までの落差を利用して発電しようとするものである。主な代替開発案を付図6に示す。E↑Eの過去の検討では、本計画は次の構造物から構成されるダム水路式としていた。コンクリートアーチもしくはフィルダム、右岸側の延長約11kmの導水路トンネル、地表式鉄管路、および地上式発電所。これに対する代替案として、エリク川との合流点の上流もしくは下流側の代替ダムサイトII-BもしくはII-Aに第2のダムを建設することにより、上流側の第1発電所の導水路の長さを短縮し、あわせて流水の調節能力を増強しようとする案も検討された（付図6参照）。エルマネック貯水池の上流側の包蔵水力開発のためにナディレダム計画も検討したが、建設費が割高となるため除外した。

エルマネック貯水池建設のため、3つの代替ダムサイトI-A、I-B、I-Cを当初想定したが、主として基礎の地質上の問題からI-Aサイトは除外した。ギョルメル橋の下流側の石灰岩の峡谷に位置するI-Cサイトはコンクリートアーチダムに適した地形を持つが、石灰岩の透水性について慎重な調査が必要である。このサイトから約2km上流のI-Bサイトはフィルダムに適しているが、そのダム頂標高は左岸アバットメント部の地すべり堆積物の制約上、標高600m程度が限界である。

調査検討作業の進展につれて、I-Cサイト内に3つの代替ダム軸I-Ca、I-Cb、I-Ccを想定した。かなり高いダムが建設可能であると考えられた。またエリク川の流水を転流して、エルマネック発電所で利用する案が経済的に有望と考えられた。

追加詳細調査の対象範囲を限定することを目的とした予備経済比較の結果、下流のダムサイトII-AおよびII-Bは棄却し、地下式の圧力シャフトと地下発電所、およびゲゼンデ貯水池の満水面まで放水路トンネルを延長する案を選定し、さら

にエリク川導水計画も採用した。

5. 計画地域の自然条件

5.1 実施された現地調査

E Ⅰ Eは本計画の予備検討の段階で既に次の現地調査を実施していた。貯水池および代替ダムサイトI-Bの地形測量、種々のサイトでの総延長5,111mに上るコアボーリング、ダムサイトおよび導水路トンネルルートにおける31測線の弾性波探査、1本の試掘横坑、地質図作成作業、水文観測および解析、その他である。

追加詳細調査もまたE Ⅰ Eのカウンターパートによって実施された。調査は、地形測量および図化、総延長2,328mのコアボーリング、総延長9,360mの弾性波探査、ギョルメル峡谷内へのアクセストンネルと試掘横坑の掘削、建設材料のサンプル採取および室内試験、補償物件調査、環境調査、およびその他の関連作業から成る。地質調査の位置を付図7と8に示す。

5.2 地質

基盤岩として上部白亜紀エルマネック・オフィオリティック・メランジェ層が、計画地域の広範囲に露頭している。本層は石炭紀-上部白亜紀の石灰岩を主とする多様な岩質の堆積岩ブロックとマトリクス層とから成る。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。

本地域の新生代第三紀層では、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優勢である。ギョルメル層は主にマール、一部泥岩、砂岩、粘土質-砂質石灰岩、礫岩等から成る。エルマネック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。

段丘、崖錐堆積層等の第四紀堆積層は川沿いの斜面上に多数見られる。

代替ダムサイトI-Cはギョルメル峡谷内に位置する。この峡谷は上部ジュラ紀-白亜紀の石灰岩ブロックから成っている。このブロックは堅硬、均質な岩盤であり、高いアーチダムの基礎として十分な強度を有する。この石灰岩ブロックは、左岸ではエルマネック・オフィオリティック・メランジェ層の低透水性オフィオ

ライト質岩に接し、右岸ではギョルメル層の低透水性マールに接している。この石灰岩は標高約500m以上では多数の溶食空洞を有するが、低標高へ向かうほど溶食作用は減少している。漏水はカーテングラウトにて処理可能と判断される。

代替ダムサイトI-Bの基盤岩はギョルメル層の低透水性岩盤であるマールが主である。この岩盤は軟岩であるが、高いフィルダムの基礎として十分な強度を有する。ダムサイトI-Bの左岸には古い地滑りの形跡が見られる。しかし、その斜面の傾斜がゆるいこと、貯水池水位の低下速度が遅いと想定されることから、初期湛水中あるいは貯水中における大規模な地滑りは発生しないと考えられる。

貯水池地域のほとんどはギョルメル層の堆積岩、一部メランジェ層のマトリクス層等から成り、それらは低透水性岩盤である。貯水池地域内では石灰岩は最上流部にのみ見られる。それらは低透水性マトリクス層に取り囲まれており、また地下水位は山腹に沿って浅い所にあると見られる。したがって、貯水池からの大きな漏水は生じないと考える。

導水路トンネルのルートは、石灰岩の区間が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層の区間が2,700mと推定される。調圧水槽、圧力シャフトは石灰岩およびマトリクス層中に位置する。これらの岩盤は弱風化岩～新鮮岩であると推定される。放水路トンネルは石灰岩区間1,050m、マトリクス層区間150m、マール区間550mと推定される。トンネル掘削に当たって特にマトリクス層、マールの区間で支保工が必要となろう。

発電所地点の石灰岩は、ダムサイトI-Cにおける地質状況とほぼ同様であり、地下発電所のための空洞建設は可能と考える（その位置は付図8参照）。

エリク取水ゼキ地点は堅硬、均質な石灰岩中に位置する。導水路トンネルおよびエリク発電所は石灰岩およびメランジェ層のマトリクス層等の内に位置する。これらの構造物地点に関しては地質上の問題点は特に認められない。

計画地域はアナトリア半島における地震帯の外側に位置する。本計画における設計震度は0.05～0.1gが妥当と考える。

5.3 建設材料

エルマネック川、セイベ川沿いの11ヶ所の土石採取候補地の内の7ヶ所でコア材の採取が可能と考える。採取可能量は総計500万 m^3 以上と推定する。フィルター材、コンクリート骨材の採取候補地はエルマネック川沿いの河床堆積層、沖積段丘堆積層等である。その採取可能量は総計100万 m^3 と推定する。ダムサイトI-Cの近くの原石山の岩石は、盛立材、トランジション材、フィルター材、コンクリート骨材等に使用可能である。その埋蔵量は総計1,000万 m^3 以上と推定される。

5.4 気象水文

エルマネック川の下流域においては地中海性気候が支配的である。一方、上流域は、トルコ中央部の高原地帯で見られる大陸性気候への遷移気候に属すると考えられる。ダム地点の上流域における平均年降雨量は約950mmである。年降雨量の約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。

流域内の気温は年間を通じて大きく変動し、年平均気温はエルマネック気象観測所において11.8 $^{\circ}C$ と観測されている。最高気温および最低気温は、それぞれ6月の39 $^{\circ}C$ 、1月の-15 $^{\circ}C$ である。ムット気象観測所における過去最大の風速は23m/秒であり、支配的な風の方向は北西である。

エルマネック貯水池への流入量は、1946年から1987年までの42年間の平均で43.0 m^3 /秒と推定された。これに加えて、流域面積239 km^2 を有し、発電所サイトの下流でエルマネック川と合流するエリク川の平均3.5 m^3 /秒の流量が利用できる。エルマネック川の流水は2つのピークを有する季節的変動パターンを持つ。すなわち、春季の融雪による4月の第1ピークと、冬季の降雨による1月の第2ピークである。河川流量は9月に最少となる。

エルマネック川流域においては、冬季の豪雨と、春季の降雨と雪解けの複合現象によって洪水が発生する。ダムサイトにおける既往最大の洪水はそのピーク流量が1,200 m^3 /秒、継続時間は48時間であった。100年確率洪水はダムサイトで2,000 m^3 /秒、エリク取水ゼキ地点で400 m^3 /秒と推定した。ダム設計のために2つの可能最大洪水(PMF)を推定した。1月の冬季PMFとしてピーク流量が

5,900m³/秒および2日間の洪水ボリュームが4.4億m³、4月の春季PMFとしてピーク流量5,400m³/秒、同ボリュームが5.1億m³と推定した。

エルマネック貯水池への流入土砂量は年平均130m³/km²/年と推定した。100年間の運用後の全堆砂量は3,000万m³と推定されるが、これは貯水池の死水容量11.9億m³と比べると無視できるほど小さい。

エルマネック川の水質は、pH値が平均8.0の弱アルカリ性である。したがって、本計画の水車および他の鋼構造物には特別な腐食問題は生じないと考えられる。

5.5 計画地域へのアクセス手段

本計画地域の近傍図を付図2に示す。本計画のために輸入される建設資機材は、地中海沿岸のメルシン国際港で荷揚げされ、延長234kmのメルシン～シリフケ～ムット～エルマネック発電所サイト道路、もしくは同220kmのメルシン～シリフケ～ギェルナル～エルマネックダムサイト道路を経由して輸送されることになる。ムット～エルマネック道路とギェルナル～エルマネック道路は一部の区間で改良工事が必要であり、また発電所およびダムサイトに進入する新規アクセス道路の建設が必要となる。

6. 環境および移転補償費用

6.1 環境条件の現況

ギョクス河流域の人口は1987年に25万人、人口密度は24人/km²であった。農業が地域の経済を支えているが、経済的生産活動は全国水準よりも低位にある。エルマネック貯水池の近傍に褐炭の鉱山がある。トルコ石炭公社が標高300mの地下に達する立坑を保有して、操業している。エルマネック郡の土地面積の69.4パーセントは森林であり、農耕地が13.8パーセント、牧場/牧草地が13.5パーセントを占める。大部分の支川は泉からの湧出水を源流とし、その水質は清浄である。

エルマネック川流域には限られた種類の哺乳動物が棲息する。鳥類では、わし、たか、こうのとり、黄金ひわが生存する。エルマネック川流域ではポプラが主要な硬質材となっているが、針葉樹も方々に見受けられる。魚類はうなぎ、ます、こい、まぼらを含む22種に上る。

6.2 補償物件調査の結果

4,843ヘクタールのエルマネック貯水池予定地域は、844ヘクタールの農地、2,086ヘクタールの森林、および1,913ヘクタールのその他の土地および水面から成る。人口は約500人であり、この内約200人はチャウシュケユ村民である。動産を除く土地収用費は980万米ドル相当と見積った。

6.3 予測される環境影響

本計画による電力供給はコンヤおよびカラマン両県の工業と地域振興に大きく貢献しよう。貯水池地域から移転する住民の大部分は、周辺諸都市の労働市場に吸収されると予想される。本計画は特にその建設期間中に雇用機会を創出する。都市部のサービス業は大量の労働者の流入により潤うだろう。貯水池予定地域内の農業生産力の逸失は地域農業に対する悪影響となるが、エルマネック郡全体からみればその度合いは小さい。貯水池の水面は漁業および観光資源を創出し、湖

面輸送は運送・商業活動振興に貢献しよう。移転農民の内、多少の人々は金銭補償よりも代替農地への移住を望むだろう。地域の衛生状態にはほとんど影響がないだろう。

河川水、特に洪水の調節は下流住民にとって大きな便益となろう。貯水池周辺の地下水位が上昇し、近辺の泉の湧出量を増加させることになる。しかし、石炭公社の立坑が、この地下水位上昇によって影響を受けるかもしれない。貯水池の富栄養化は極めて軽微で遅いだろう。貯水池周辺部で地すべりが発生する可能性はほとんどない。植生は建設工事および湛水により多少影響を受けよう。

陸上動物群と植物群に対する影響はほとんどないと考えられるが、広い貯水池水面は野生生物の何らかの面に変化をもたらすかもしれない。ダム建設が魚類に与える影響は既に下流のゲゼンデダムによって生じており、エルマネックダムによる新規の影響はないだろう。水草・藻類は増えるとみられるが、その速度は極めて遅いものとなろう。

6.4 対策

今日において社会・経済および文化上の変化を生ずることは、たとえそれがどのようなものであっても、地域社会のいくらかの人々にとっては心配の種となる。このような人々に対して事前に計画内容を説明し、その意見を考慮することが極めて重要である。

金銭補償を受けるより、現在の農耕生活を継続することを望む人々に対しては、移転計画を作成することを勧める。

詳細設計においては、景観の保存、大気・水および土壌の性質の保全、安全確保、および住民との対話に関し常に考慮を払うことが必要である。

貯水池の水質悪化を防止するために、好ましくない物質の貯水池や上流河川への廃棄を禁止するための行政措置が必要であり、また人間の諸活動を好ましい限度内に抑えるために地域総合計画を策定するべきである。

7. 計画施設

7.1 最適開発計画

最適開発計画は、最大純便益の基準により、種々の代替案の純便益の現在価値の比較を通して選定した。評価期間は詳細調査の開始年から60年間とし、割引率はトルコのエネルギーセクターの資本の機会費用とされている9.5パーセントを用いた。

本計画の最適開発計画の検討に先だって、主要構造物の型式、主要諸元、その他のパラメータについて検討し、以下に記す最適諸元を求めた。

- 洪水吐きシステムの総設計放流量 : 2,600m³/秒
- 設計洪水位 : 満水位の3.3m上方
- 貯水池の利用水深 : 60m
- 導水路トンネルの内径 : 6.1m
- 圧力シャフトの内径 : 3.6m×2条
- エリク導水計画の設計取水量 : 6.0m³/秒
- エリク導水トンネルの型式 : 無圧トンネル
- エリク発電所の放水庭水位 : エルマネック貯水池の満水位と同一

最適開発規模を決定するため、標高645mから695mまで5m間隔で11ケースの代替常時満水位を想定し、比較検討した。

純便益の現在価値は、代替満水位675mまでは満水位の増加にほぼ直線的に比例して増大するが、それ以上の満水位に対しては、貯水池の初期湛水期間が次第に長くなるために発電開始が遅れる結果、純便益の現在価値は減少する。したがって、本計画の最適開発規模は、常時満水位標高675m、発電設備容量は32万kWと決定した。本エルマネック計画の一般平面図を付図9に、主要構造物を付図10と11に示す。

7.2 河川の仮排水工

仮排水工は、延長約365m、内径7.0mの仮排水路トンネルと、上・下流のコフアーダムから成る。仮排水工の設計洪水 $900\text{m}^3/\text{秒}$ が発生した場合、トンネルの最大流量は $650\text{m}^3/\text{秒}$ に上り、上流側の水位は標高534.3mに達する。

7.3 ダム

エルマネックダムは放物線型のコンクリート薄肉アーチタイプである。放物線型ダムは日本で開発され、1969年以来日本の10ヶ所のダムに採用されている。この型式の場合、アーチ中心角を75度程度まで狭めることが可能となり、アーチ推力をアバットメントの地山内部に向かわせるという大きな長所がある。基礎岩盤上の最大ダム高は190mであり、ダム頂標高は680mである。設計洪水に対する余裕高は1.7mである。ダム頂の長さは165.8mであり、ダム体積は $27\text{万}\text{m}^3$ である。

7.4 洪水吐き

ダムの洪水放流設備は、2条の底部放流管、1条のトンネル式洪水吐き、自由越流型常用洪水吐き、および非常用越流頂から構成される。この洪水吐きシステムの、ダム設計洪水水位678.3mにおける総放流能力は $2,600\text{m}^3/\text{秒}$ である。

2条の放流管が標高545mのダム堤体内に設置される。各放流管には高さ4m、幅2.5mのゲートが設置される。貯水池水位が低水位615mにある時の放流能力は $670\text{m}^3/\text{秒}$ であり、必要が生じた場合貯水池水位を低水位以下に下げる目的も持つ。

洪水の主放流設備は右岸のトンネル式洪水吐きである。トンネル延長263m、トンネル内径9.0mであり、高さ7m、幅3mの高圧ローラーゲート2門が設置される。このゲートの中心線標高は630m（満水位の45m下方）であり、トンネル入り口から73m下流地点に設置される。トンネル式洪水吐きの放流能力は $1,160\text{m}^3/\text{秒}$ である。

自由越流型常用洪水吐きはダム頂中央に設置される。越流頂の長さは40m、その標高は満水位と同じ675m、放流能力は $500\text{m}^3/\text{秒}$ である。

さらに、全部で4門ある上記洪水吐きシステムのゲートのいずれかひとつが故障した場合に備えて、非常用洪水吐きをこの洪水吐きシステムに加える。この非常用洪水吐きは2つの自由越流頂から成り、常用越流頂の左右に各一基設置される。各越流頂は延長30m、標高678mであり、この越流頂は満水位および常用越流頂より3m上方にある。

7.5 グラウトカーテン

グラウトカーテンを石灰岩ブロックの標高400m程度の深部まで設置する。このグラウトカーテンの左岸端はエルマネック・オフィオリティック・メランジェのオフィオリティック岩に、右岸端はギョルメル層のマールに接続される（付図11参照）。

グラウトカーテンは、総延長13,580mのグラウト用トンネルと、総延長386kmのグラウト孔から成る。グラウト注入のために39,000トンのセメントが必要となる。グラウトカーテンは、グラウト注入だけではなく、石灰岩ブロック内のカルスト性の空隙や潜在的な漏水経路を探查することを目的とする。

左岸では、内径3.5mのグラウト用トンネルを鉛直方向の標準間隔40mで6段に設置する。最下段のトンネルの敷高は標高465mである。右岸では7段に設置し、その最下段の標高を425mとし、石灰岩ブロック右岸端部における深部グラウトに用いる。

グラウト用トンネルへのアクセス手段として、合計10本のレール用アクセストンネルを、一部を除いて峡谷の下流側から掘削する。さらにダム左岸アバットメントに1号立坑、右岸アバットから南方180m地点に2号立坑、さらに1,160m南方の右岸に3号立坑を設ける。1号・2号立坑は、主として作業員の移動、軽量資器材の輸送に用いるとともに、換気用ダクトとその他の配管類の設置空間として利用する。3号立坑は、右岸の最深部グラウト用トンネルの掘削、コンクリート巻立て、ボーリング、およびグラウト注入工事に用いる。工事完了後、これらの立坑およびトンネルは漏水モニタおよび維持管理目的に使用する。

7.6 水路

水路系は取水口、導水路トンネル、導水路調圧水槽、2条の地下式圧力シャフト、放水路調圧水槽、放水路トンネル、および放水口によって構成される。

取水ゲート立坑は掘削径10m、高さ80mである。導水路は圧力トンネルであり、内径6.1m、延長9,042mである。導水路調圧水槽は水室型であり、そのライザーシャフトの内径は11mである。圧力シャフトは調圧水槽の下流60m地点で2条に分岐し、傾斜角45度、斜坑部分の長さは各368m、1条部分の内径4.9m、2条部分の内径3.6mである。各シャフトの下流端に入口弁を設置する。制水孔型の放水路調圧水槽を水車から80m下流側に設置する。放水路トンネルは内径6.1m、延長1,764m、出口部敷高325mである。

7.7 発電所

発電所は地下式であり、高さ38.5m、幅27.0m、長さ98.0mの地下空洞が、石灰岩ブロック内にNATM（オーストリア式新トンネル工法）に準じて、巻立てコンクリートなしで掘削される。水車の中心線標高は常時放水位333mより13m低い320mとした。ドラフトチューブ下部の最深部の掘削面は標高310.5mであり、石灰岩ブロックの底面まで6.5mの余裕を持つ。ドラフトチューブゲート室は発電所と放水路サージタンクの間に設置する。

7.8 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、ヘッドタンク、余水吐き、鉄管路、エリク発電所、注水用斜坑、空気除去室、および連絡トンネルから成る。取水ゼキはコンクリート重力式であり、その越流頂標高は820mである。設計洪水は100年確率洪水として求め、 $400\text{m}^3/\text{秒}$ とした。洪水時および融雪期間中の浮流砂を除去するために沈砂池を設置する。サイトの地形上この沈砂池は左岸の地下に建設する。エリク導水トンネルは無圧式であり、幅2.2m、高さ2.3m、延長3,580mである。導水トンネルと鉄管路の接合部にヘッドタンクを設ける。鉄管路は地表式で、延長240m、内径1.2mである。鉄管路と平行して余水吐きを設

ける。

エリク発電所は地上式で、幅18.5m、長さ18.2m、高さ24.5mであり、1台の発電機を格納する。放水庭は地上からの高さ25m、内径8mのタワーとなる。水車中心線標高は674.4mである。放水庭のタワーの上端標高は、エルマネック発電所のサージング時の最高上昇水位に1.57mの余裕高を持たせて685.5mとした。注水用斜坑は、傾斜角45度を持ち、幅3.5m、高さ3.5m、斜坑の高さ90mである。空気除去室は、エルマネック導水路トンネルに接続する水平連絡トンネル内に設置する。サージング時の逆流量を減少させるために、連絡トンネルの最下流端にスロットル板を設置する。

7.9 鋼構造施設

主要鋼構造物はゲート、ストップログ、トラッシュラック、内張り用鉄管およびペンストックである。圧力シャフトの内張り管の厚さは、作用圧力に応じて18～38mmである。鋼構造物の総重量は約3,600トンである。

7.10 発電設備

2セットの水車・発電機・変圧器および付属機器を地下発電所内に据えつける。38万Vの開閉器は地表の屋外開閉所に設置し、38万V線により地下発電所内の変圧器と結ぶ。吊り上げ能力135トンの天上走行クレーン2台を発電所に設置する。

水車は立軸フランス型式で、定格水頭308m、最大流量116.6m³/秒、定格出力163,500kW、回転数333/分である。発電機は立軸交流型で、水車と直結型であり、定格出力180,000kVA、定格電圧14,400Vである。主変圧器は単層・2巻線型であり、3台の単相変圧器が1バンクを構成する。2バンクのために60,000kVAの単相変圧器6台を設置する。屋外開閉所機器は切替え母線付き2重母線方式である。

発電機器は一人制御方式により運転する。発電設備と38万V開閉器はともに、地下発電所内の運転管理室から制御する。

7.11 送電線

38万V、延長160kmの送電線をエルマネック発電所とセイディンシェヒル変電所間に建設する。電線はトルコの38万V幹線の標準である945MCMのACSR3導体とする。電力線搬送(PLC)方式の通信システムを設置する。

7.12 エリク発電所の発電設備

小型天井走行クレーンを含む発電設備一式を地上式発電所内に設置する。昇圧用変圧器と34.5kV開閉器は発電所の屋外に設置する。水車は立軸フランシス型式であり、定格水頭133m、最大流量6.0m³/秒、定格出力6,950kW、回転数750/分である。発電機は水車直結型、3相、定格出力8,375kVA、定格力率0.8、端子電圧6.6kVである。変圧器は電圧6.6/34.5kV、容量3,375kVAである。エリク発電所は、エルマネック発電所とダムサイトの間に建設する34.5kV送電線に接続する。この送電線はさらにエルマネック市とカザンチ村を結ぶ既設34.5kV送電線に結合する。

エリク発電所はエルマネック発電所の制御室において、1人制御方式により運転する。

8. 建設工程と費用

8.1. 建設工程

建設工程は詳細設計の開始年を基準とし、準備工事は国内入札方式、本体工事は国際入札を想定して、検討した。

付図13に示すように、詳細設計、入札図書作成作業に3.5年を必要とする。国内請負業者が第2および第3年度にダムサイトへのアクセス道路とトンネルを建設する一方、本体工事は請負業者が、基準年から数えて第3年度中に選定される。本体土木工事は第4年度から開始され、河川の仮締め切りは第5年度初めに実施される。鋼構造物、発電設備、および送電線の建設工事は第8年度に開始される。全ての建設工事は、第10年度の半ばに本工程を支配している石灰岩ブロックのケーシングラウト工事が完成した時点で完了し、発電設備の試験が開始される。

第8年度後半にダム工事が低水位である標高615mまで進んだ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年度後半に完了する。第10年度後半に貯水池はその有効貯水容量の50パーセントまで湛水される見込みであり、発電所の運転が開始される。

8.2 建設費用

建設費用は1989年11月価格で推定した。当時の換算レートは1米ドル = TL 2,300 = ¥143であった。費用には土地収用・補償費、直接建設費、管理およびエンジニアリング費、物理的予備費、付加価値税10パーセント、建設期間中の利子を含むが、物価上昇に対する予備費と輸入関税は含まない。

建設期間中の利子は、公共体による事業実施形態を想定し、国際ソフトローンと商業銀行ローンの組み合わせを想定して、推定した。ローンの償還条件は次のように仮定した。

ローン1：金利が年2.9パーセントの国際ローン。返済猶予期間中のローン1に対する利子を含めた総投資額内の融資対象適格費用の75パーセントに対して融資を受ける。返済猶予期間10年を含む償還期間は30年。

ローン2：金利が年8.0パーセントの商業ローン。返済猶予期間中のローン2に対する利子を含めた総投資額からローン1の融資分を差し引いた残額全体に対し、融資を受ける。10年の返済猶予期間を含む償還期間は20年。

結局総投資額は次のように推定した。

(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

9. 計画のフィージビリティ

9.1 発電出力

エルマネック発電所の年発電電力量は、1946年から1987年まで42年間の流量資料に基づいて、常時9.25億kW時、2次電力量0.97億kW時と推定した。最大出力はほとんどの期間に対し設備容量である32万kWが確保されるが、貯水池水位が定格水位を下回った場合には低下する。42年間の長期にわたる運転期間の90パーセントに対し、出力29.4万kW（設備容量の92%）は確保される。

エリク発電所の発電電力量は常時0.19億kW時、2次電力量0.13億kW時である。常時出力は3,000kWであり、平均設備利用率は55パーセントである。

ゲゼンデ発電所は年平均5.66億kW時を発電できるが、この内常時は1.18億kW時にすぎず、設備利用率33パーセントに対する常時ピーク出力は4.1万kWである。エルマネック貯水池の流水調節機能により、このゲゼンデ発電所の運転状況は大幅に改善される。本計画の実施により、ゲゼンデ発電所の常時発電電力量は5.26億kW時、2次電力量1.15億kW時、合計6.41億kWに改善され、常時ピーク出力も設備容量そのものの15万kWに増強される。

エルマネック貯水池の初期湛水期間中は、ゲゼンデ貯水池の流入量が一時的に減少する。この初期湛水期間中は、ゲゼンデ発電所の本来の常時電力量1.18億kW時の発電に必要な流量だけ供給するものと仮定した。ゲゼンデ発電所の2次電力量の発電停止期間は、平均流入量が続くという想定条件下で、エルマネック発電所の運転開始前2年間に及ぶものとみられる。

9.2 経済評価

総投資額から土地収用費、付加価値税および建設期間中の利子を除外して、経済費用を推定した。

本計画の経済便益は、エルマネックおよびエリク両発電所の発電便益と、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の2次発電量の減少分は、マイナス便益として計上した。エルマ

ネック貯水池内に水没する農地の逸失生産高もまたマイナス便益として計上した。

本計画の経済的内部収益率は14.9パーセントに上り、これは資本の機会費用9.5パーセントを大きく上回る。割引引き率9.5パーセントでの便益-費用比(B/C)は1.76である。

想定した費用および便益と比べてより悪条件の下での本計画の経済性を検討した結果は次のとおり。

	経済的内部収益率(%)
基準ケース	14.9
ケース1 : 費用10%増	13.9
ケース2 : 費用20%増	13.0
ケース3 : 代替火力の燃料費低下 (石炭52 → 48米ドル/トン 天然ガス130 → 120米ドル/1,000m ³)	14.5
ケース4 : ケース1 + ケース3	13.6
ケース5 : ケース2 + ケース3	12.7

以上の全てのケースの経済的内部収益率は、資本の機会費用9.5パーセントを大きく上回る。

9.3 財務評価

本計画の売電量は、発電電力量からその12パーセントを発電所内部消費量と送配電損失として差し引いて求め、1989年の平均売電単価TL131.23/kWh (=5.7米セント) を乗じて売電収入を求めた。

財務的内部収益率は8.7パーセントと算定された。これは資本の経済的機会費用よりやや低く、低利のローン等の財務的措置が必要なことを示唆している。

8.2節で想定した2つの低利ローンを得て、公共事業主体によって本計画を実施する場合には、両ローンともに現行電力料金による売電収益によって償還するこ

とが可能であり、さらにローン1の返済完了時点までに2.7億米ドル相当の剰余金を蓄積できる。

10. 今後必要な調査

トルコ政府が本計画の実施形態と資金の調達方法を早急に決定し、資金準備を早期に開始できるようにすることを推奨する。

石灰岩地域に位置する本計画の詳細設計のためには、地質条件を十分詳細に解明することが必要であり、その現地調査は長い時間を要する。E I Eが現在実施中の調査を継続するとともに、この地質調査の詳細な実施計画を作成することが必要である。

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、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。

エリ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。アクセス道路や仮設備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。

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。