

(仮訳)

Key Issues :

- 11 : 発電による便益
- 14 : 地域産業の振興

気候区分 :

Bsk : ステップ気候

主題 :

- 大規模多目的ダム開発

効果 :

- 水力発電
- 貯水池での漁業
- 舟運
- 洪水調節
- 地域産業の振興



Keban Dam

プロジェクト名 : Kebanダムおよび水力発電所

国名 : トルコ

実施機関 / 実施期間 :

- プロジェクト : State Hydraulic Works (DSI)
1975年 (建設完了) -
- Good Practice : State Hydraulic Works (DSI)
1975年 (運転開始) -

キーワード :

電力供給、多目的ダム、産業振興

要旨 :

Keban水力発電所は、トルコのエネルギー問題に対する極めて大きな経済的解決策として、1975年にEuphrates川に建設された。エネルギー問題は、1960年代初頭のトルコにおいて最も一般的な課題のひとつであった。このプロジェクトの最も重要な特色は、トルコ国民の福利改善のため、天然資源利用についての計画立案・工学技術をもたらしたものであり、1930年代以降の最初の大きな成果といえる。このダムの発電、貯水池での漁業、乾季における灌漑などへ多目的の利用を通じて当該地方の住民は自信を高めることとなった。このダムは、トルコ国内の他の水資源開発プロジェクトの開発促進に新たな展望を与えた。

1. プロジェクトの概要

効率的な方法で水資源を利用し、かつ最も緊急な課題のひとつとして特に関心の的であった電力需要に対応する
とら決定を受けて、国内の未開発包蔵水力からエネルギーを生産するために、電力調査局 (Electricity Survey
Administration; EIE Idaresi) が1936年に設立された。電力調査局は、"Kebanプロジェクト" において集中的な予備調
査を開始した。Euphrates川の様々な状況についての調査を実施するために、電力調査局は、河川に沿って様々な
地点に水位観測所を設置した。Kebanの狭隘な河川域の地形・地質調査は1938年に開始された。その後の1950
年から1960年にかけては、EIEの視点が、Euphrates川とTigris川との貫通に変わった。その後、新規の目的により別の

(仮訳)

機関である the State Hydraulic Works (DSI)が1954年に設立され、Keban水力発電所の開発の責務を引き継いだ。DSIによる建設が1965年に開始し、1975年に運転を開始した。建設合弁企業は、Compagnie de Constructions Internationales, Impresit-Girola-Lodigiani, Compagnie Française d'EnterprisesおよびARI Constructionで構成された。Keban水力発電所は、Elazの北西45km、Malatyaの北東65kmに位置し、Karasu川とMurat川の合流点から10kmに、またElaz 県Kebanから3km上流に位置する。Keban貯水池には、流域面積64,100 km² 幅150 km 長さ425 kmの流域からKarasu川とMurat川の合流点を通して水が流れ込む。

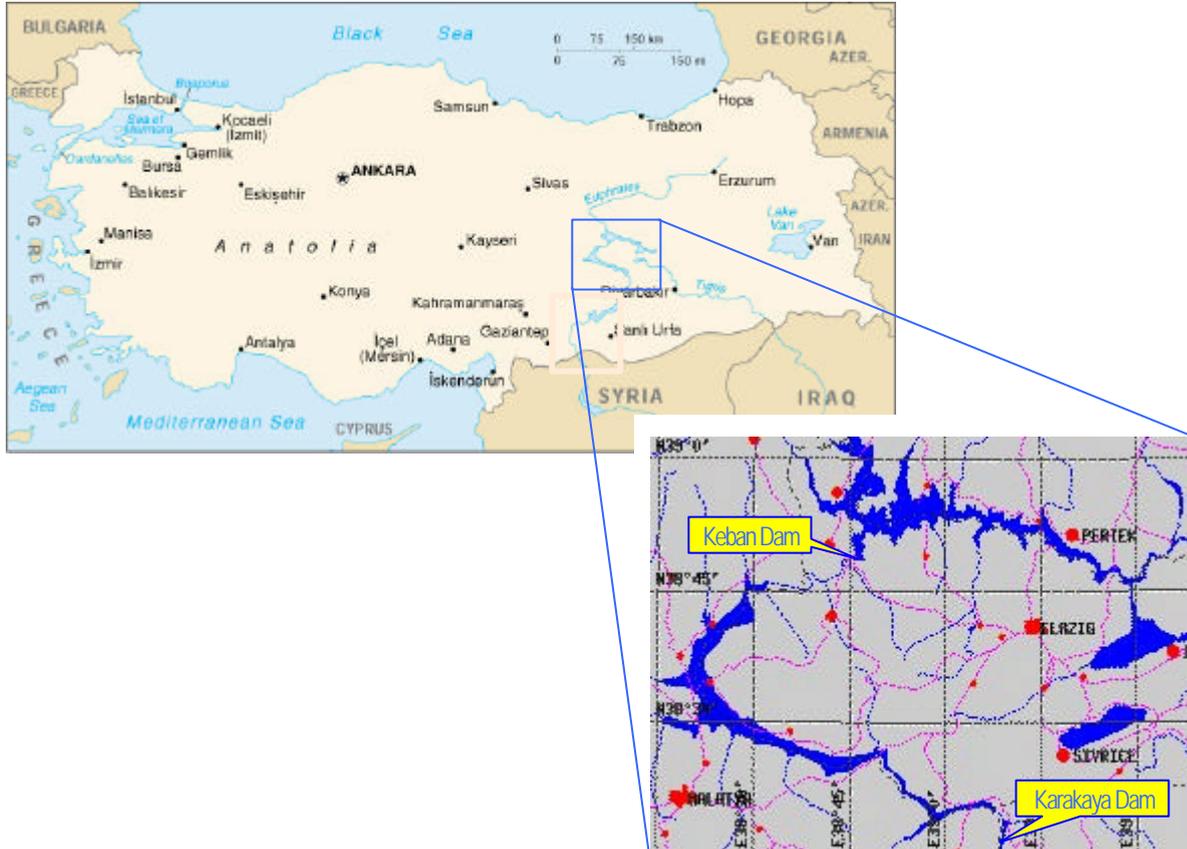


図- 1: Keban 水力発電所位置図

このダムは、数多くの地殻運動の影響を受けた古生代の変成岩を基盤岩としている。その表面には白とピンク色をしたカルスト地形に似た石灰岩と大理石が、その下には石灰質片岩とドロマイト質の黒色石灰岩層が露頭している。地層は多くの断層や破碎帯によって変形している。断層の中の1つが約110m程の地盤の陥没を引き起こし、そこに深くて狭い谷を形成している。以上の理由から、Keban ダム貯水池の水面からの蒸発量は、広大な貯水池水面を持つダムからの蒸発量よりかなり小さなものとなっている。このダムは、2つの異なるダム形式(ロックフィルダムとコンクリート重力式ダム)から成る混成構造となっている。ロックフィル部分がダムの主要部を構成している。この部分は、右岸の岩盤表面から北側の重力式ダムまで延長601.00mである。コンクリート部分が取水口と洪水吐を含み、延長524.00mである。堤頂長は合計1,125.00mである。ロックフィルの部分は粘土コア部と転圧岩石部とで構成され、高さは基礎から211mである。粘土部分の上下流部では、それぞれ4m厚の細かいフィルターと粗いフィルターが設けられている。ロックフィルの外側には内側に細かい岩石と外側に粗い岩石により勾配が付けられており、これらがトランジションを構成している。ロックフィルダムの断面図を図-2に示す。

仮排水路トンネル、取水設備および洪水吐は、谷の左岸側に配置されている。発電用取水口、洪水吐および重力ダムは、構造基準を満足させるように設計され、また地形に順応するように設計された。除塵構造物は、発電用取水口ブロックの上流側に配置されている。洪水吐は合計17,000 /secの放流能力を有する6つのラジアルゲートを装備している。洪水吐を通る放流水は幅124m、長さ400mの洪水吐とその末端にある減勢池を通して下流に放流される。

(仮訳)

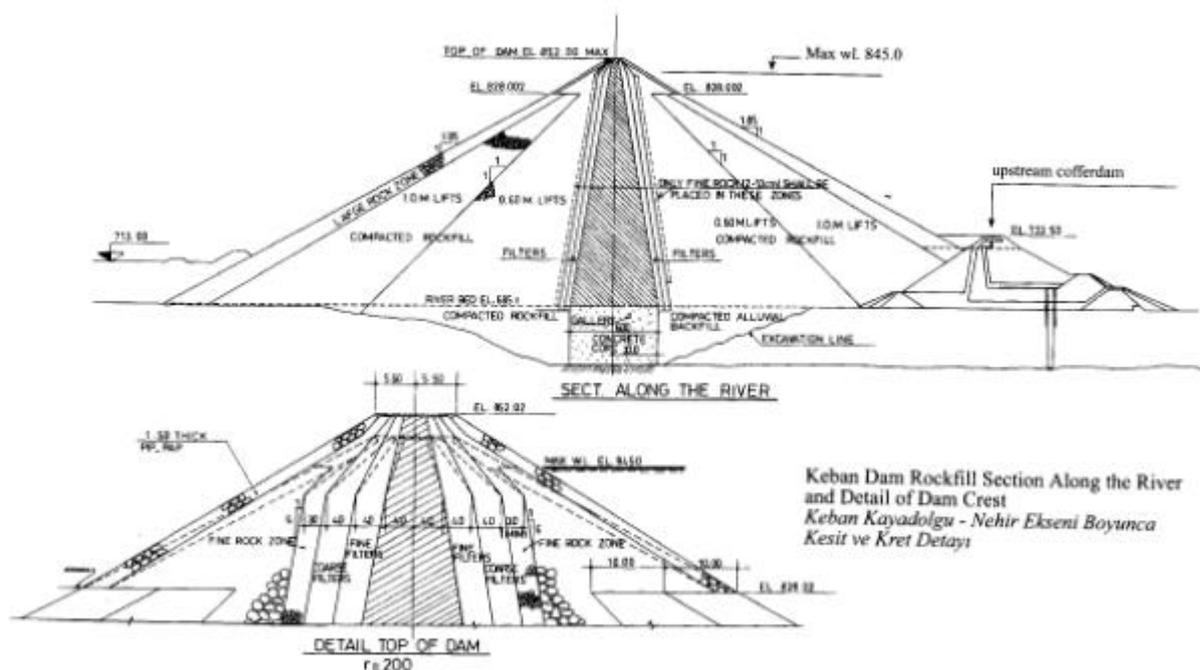


図- 2: ロックフィルダム横断面図

発電所は、8台の発電機からなり、1,330 MWの総設備容量を有する。最初の4台はそれぞれ157.5 MWであり、後に設置された他の4台はそれぞれ175 MWの発電能力を持っている。1975年に発電を開始し、現在までに約176,400百万kWhを発電してきた。Keban水力発電所の主要諸元は、表- 1に示す通りである。

表- 1: Keban 水力発電所の仕様

項目		諸元
発電所	運転開始年	October 1975
	年間発電電力量	6,000 GWh
	最大出力	1,330 MW
	最大使用水量	135.32 /sec
	有効落差	145 m
ダム	ダム型式	Centralized Clay Rockfill+Concrete
	堤頂長	1,125.72 m
	ダム高	210.86 m
	堤体積	15,585,000
	計画洪水流量	17,000 /sec
貯水池	流域面積	64,100 km ²
	湛水面積	675 km ²
	総貯水容量	30.6 billion
	最高水位	845.00m
	最低水位	800.00m

(仮訳)

2. プロジェクト地域の特徴

この流域は、ErzurumからのKarasu 支流、高さ約4,500mのArarat山からのMurat 支流及びEuphrates 川の上流流域を含んでいる。この流域での河川延長2,800mの流路における平均勾配は1km当たり12mである。この地域の地形は変化に富んでいる。プロジェクト地点に到達する前ではEuphrates谷は広くて浅いものであるが、Keban渓谷近づいたとたんに谷が狭くなり谷の両岸はかなり深くなっている。ダム地点の左右両岸とも露出した非常に険しい岩盤から構成されている。ダム軸において沖積層の厚さは約45mとなっている。



図-2 Euphrates川の上流水系

ダム地点は、Elazığ 県Kelban 町の上流3kmでKarasu支流、Munzur支流及びより小さなPeri川とMurat川が合流しEuphrates川となることから、地質学的観点から最も適した場所であるといえる。この合流点からシリア国境までのEuphrates川の延長は、1,263 kmである。

Euphrates川は、一年を通して流況が大きく変化する。平均流量は635 /secであり、年間の河川流量の70%は融雪期である3月から6月のものである。最大流量は4月と5月に観測される。この2ヶ月間の流量の集中は、大規模な春季の洪水をもたらすだけでなく夏季における灌漑や発電目的の大きな水需要への不均衡をもたらしている。シリア国境近くのBirecik 水位観測所の観測結果によると、長期観測による年平均流量は31,600百万 である。この地域の気候は亜乾燥、ステップ気候に属する。この地域での年間平均降水量は436 mmであり、年間気温は、1月の平均気温-1.5 から7月の平均気温27.2 まで変化する。

プロジェクト地域における人口は、1964年のダム建設と道路の供用が開始されたことによって増加した。そして建設期間中、その人口は10,000人に達した。しかしダム完成後人口は減少し、現在のKeban地方の人口は4,000人である。ダム建設前と建設期間中にKeban地方の中心にSimli Lean Enterprise鉛山会社があった。しかし原石の埋蔵量が十分でなかったために1980年に閉鎖された。事業の閉鎖後、その建物はFirat大学に譲渡された。プロジェクト地域は未開発のままであり、全ての開発権限において国内の他地方よりも大きく遅れていた。Keban水力発電所及びその後のSoutheastern Anatoliaプロジェクトの実施によって、この地域の経済や生活様式は大きく改善された。この地域の産業基盤は農業である。Keban 周辺の多くの都市には食肉、砂糖及びセメント工場がある。MalatyaとBitlisのタバコ、Elazığ の肥料、そしてErzurumと Malatyaの皮革産業は独自に発展してきた。MalatyaとErzincanには織物や紡績工場が置かれている。Kebanの鉛工場、Divriğiの製鉄所そしてElazığ の鉄クロム工場は電力消費を伴い、地域の産業発展に重要な企業となっている。

3. 便益

3.1 発電

トルコにおける1956年と1962年間の電力必要量は18,153GWhであった。電力必要量は毎年13%の伸びを示し、1963-1973年においては必要量は82,025GWhになると想定された。この理由により、Keban水力発電所はトルコにとって電力供給の観点から非常に重要なプロジェクトである。

表-2 Keban 水力発電所の年間発電電力量

年	Keban 発電所の 発電電力量 (GWh)	トルコの総発電電力量 (GWh)	割合 (%)
1976	4,485	18,282	25
2000	5,000	124,920	4
2001	3,648	122,725	3
2002	5,100	129,400	4
2003	6,025	140,580	4
2004	7,900	151,306	5

1975年からの合計エネルギー供給量は176,400GWhであり、年平均供給量は6,000GWhである。Kebanダムの供用開始後はエネルギー供給量の増分は年間6,000GWhである(2000年までの平均供給量)。

Keban水力発電所の建設と並行してKeban, Arnkara およびIstanbul を接続するために380kmに及ぶ送電線が建設された。電力供給は地方だけではなく国全体の経済発展に貢献した。

3.2 漁業

貯水池は、その広大な面積と巨大な生産性の点からトルコの主要な漁業資源のひとつとなっている。これらの開かれた水系は、少ない資本や環境費用で急激な捕獲量の増加をもたらし、またこれら巨大な水域での漁業の発展は社会の最も脆弱な部分に直接利益をもたらしている。これらの利益は、漁獲量の増加により生じており、それによって貧しい漁業従事者の生活水準が向上している。収入が限られた投資者間で分配される養殖漁業と違って、貯水池での漁業においては増加した漁獲量の利益は多かれ少なかれ漁民に公平に分配されている。地域社会を機軸とした開発プロセスは、地方経済に直接的な収穫をもたらしている。

Kebanダム貯水池はトルコの最大の人工湖のひとつであるが、湛水に先立って行われた貯水池野外調査と陸水学調査が、1970年代と1980年代に完了している。貯水池での養殖は1982年以降続けられている。DSI Keban魚類孵化施設において増殖したいくつかの暖かい水域に生息する魚種の約1,200万匹が貯水池に放流された。貯水池での商業的な漁業容量は4,000トンであり、その市場価値はUS\$ 約6Mである。漁業部門において900人の雇用が予想されている。舟運目的として、貯水池内でいくつかのフェリーが就航している。



写真-1 孵化施設

3.3 灌漑

Keban ダムの供用に先立つ1937年から1993年の間に、2回の干ばつが発生していた。最初の干ばつは1958年から1962にかけて発生した。1961年におけるトルコ・シリア国境での河川流量は、14,900百万 まで減少した。この総流量は、長期間にわたる年平均流量の47%に等しい。

2度目の干ばつは1970年に始まり1975に終わった。この間で最も干ばつがひどかったのは1975年であった。年間総流量は18,800百万 まで減少した。この総流量は長期間にわたる年平均流入量の59%である。この2回に干ばつ時にはKebanダムは建設中であったために、その影響は避けることができなかったが、ダム完成後は、トルコだけでなくシリアやイラクにおいても干ばつによる悪影響が減少した。例として1989年において(比較的水不足の年) もしKebanダムが建設されていなかったとした場合、年間20,800百万 の水が国境を越えて流下していたであろう。この総流量は、ダムの調整効果によって4,700百万 の増加となり、25,700百万 に達した。

Ey pba 灌漑計画は1987年に運用を開始した。この計画で必要とされる灌漑用水のほとんどがKebanダムから供給されている。1987年のこの計画による灌漑面積は2,000haであった。灌漑面積は年々増加し、2003年には9,537haに達した。灌漑地域での主要な作物は、砂糖きび、綿、それにメロンである。数年間のこれら作物の耕作面積は表-3、図-3に示すとおりである。

表-3: 主要作物の灌漑面積

Years	Net Irrigated Area (ha)				
	Irrigated	Sugar beet	Fruit	Cotton	Melons
1988	1,836	548	71	787	77
1993	2,951	1,559	138	330	252
1998	3,098	1,793	293	311	262
2003	1,905	918	275	138	176

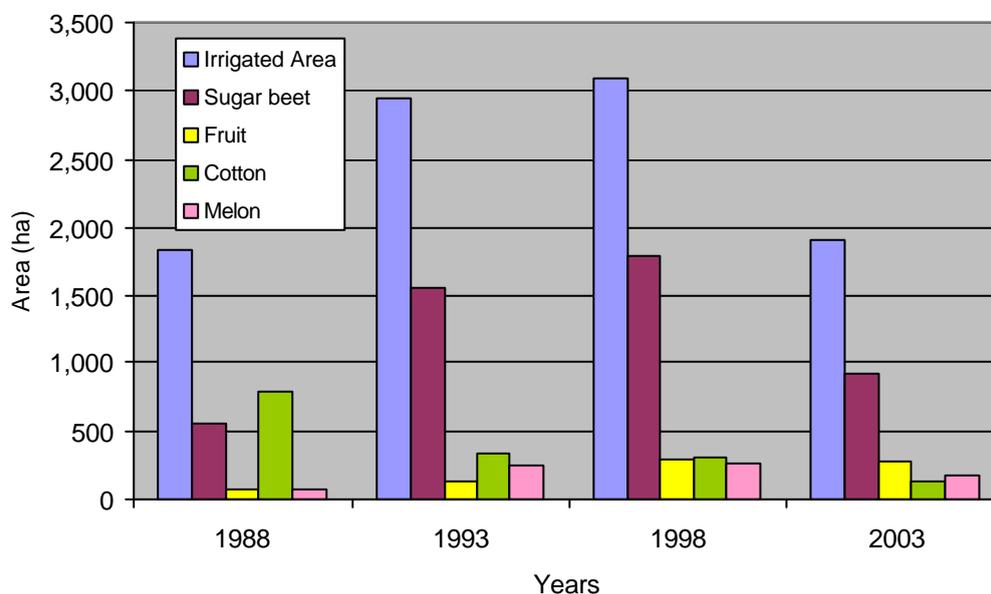


図-3: 耕地面積と収穫量の変遷

表-3と図-3に示すように、砂糖きびは、Ey pba 灌漑計画において48%の収穫を占める主作物である。灌漑区域では、果物が14%、メロン9%、綿が7%、その他の作物が22%の割合で栽培されている。

DSIが開発したプロジェクト灌漑区域における灌漑率は、第2番目の収穫区域と計画外の灌漑区域を含め、20%であった。

(仮訳)

灌漑による単位面積当たりの収穫量の増加は、農業生産高や付加価値を高めるためのユニークな要素である。Ey pba 灌漑計画における収穫量の増加について、計画がなかった場合と比較した結果は以下のとおりで、それぞれ穀物は190%、メロンは250%、綿は204%そして砂糖きびは56%である。生産高及び灌漑地域から得られる農業国民総生産(GNAP)の増加は、農業従事者にとって非常に重要である。過去4年間のこれら指標の増加については表- 4に示すとおりである。

表- 4: Ey pba 灌漑計画による便益効果

Years	Revenue	Without Project (USD/ha)	With Project (USD/ha)	Revenue Increase (USD/ha)
2000	Production Value*	58	1,585	1,527
	GNAP**	41	1,125	1,084
2001	Production Value	97	2,421	2,324
	GNAP	69	1,719	1,650
2002	Production Value	129	3,202	3,073
	GNAP	92	2,273	2,182
2003	Production Value	200	5,179	4,979
	GNAP	142	3,677	3,535

2003年の穀物収穫量と価格によると、灌漑区域1ha当り4,979ドルの生産高の増加となっている。GNAPについてもまた灌漑がなされなかった場合と比較増加している。そして灌漑区域1ha当り3,535ドルのGNAPの増加となっている。雇用に対する灌漑計画の貢献もまた地方および国内経済に対して顕著なものとなっている。灌漑区域1haの開発は2名の雇用増をもたらす。したがって、この計画による灌漑面積は、約20,000人の雇用機会を確保すると想定される。利益/費用の比率は、灌漑計画の有効性を示す指標である。最も最新のデータによると、この計画における利益/費用の比率は、1.15である。

* 生産高とは、単位耕作面積あたりの1年間に生産される穀物収穫高に作物の市場価格を乗じた値である。

** GNAPとは、単位耕作面積あたりの家族労働力、税金、割賦弁済金および運転費用が、生産高に含まれる。

4. 便益の効果

上に述べたように、Keban水力発電所は年間6,000GWhの電力を生産し、このことは現在までに建設費用の7回分を回収したことを意味している。このプロジェクトは、発電はもちろん、55,755 haの灌漑区域と年間約1,000トンの漁獲をもたらした。

ダムの供用開始前には、上流域での2回の干ばつによる悪影響を、シリアとイラクの流域カ国に与えた。ダムの建設後は、ダムはEuphrates川の調整機能を担っている。Kebanダムは、Euphrates川の上流に位置していることから、運転中あるいは建設中の下流のダムを洪水から保護している。加えて、労働者や技能職員は、ダム建設期間中に技能を修得し職を得た。

5. 成功の要因

水力発電所プロジェクトは、周辺地域に利益をもたらすように、そして当該利益が大都市に偏らないように計画されるべきである。Keban水力発電所による経済的活動と活気は、地域全体を結集する要因となった。上述のとおり、Kebanダムは、水力発電、洪水調節そして当該周辺だけでなく地方のためのレクリエーションの機会を創出した。

(仮訳)

Kebanプロジェクトの実現は、Elaz 空港の延長、Elaz の都市における新たな道路建設、セメント工場の増設、そして多くの公共建築プロジェクトをもたらした。貯水池により水没する道路や鉄道の移設は全てKeban プロジェクト予算の範囲内で全て資金調達された。

6. 第三者のコメント

GAPプロジェクトに関する新聞や雑誌による具体的な外部コメントは、次のとおりである。

THE CLAIRE FOSS JOURNAL

“1980年代に、KfWは開発銀行と輸出信用銀行の機能を統合した。第二次世界大戦後の西ドイツ経済の再建についての幅広い経験を活用して、KfWは、第三世界でのエネルギー、水、交通設備、農業開発、産業創出といった無数のプロジェクトに融資または協賛融資を行った。この中にはインドにおけるRourkela製鉄所設備、アルゼンチンにおける原子力発電所Atucha I、トルコにおけるKebanダム、トーゴにおけるLome 港、モザンビークにおけるCabora Bassa水力発電所、スーダンにおけるRoseires ダム他といったいくつかの著名なプロジェクトも含まれている。またここには道路建設、灌漑システムまたは工場設備といった数え切れない無数の小さなプロジェクトもある。

7. 詳細情報の入手先等

7.1 参考文献

- 1) AKARUN Refik, A Large Dam on Difficult Foundation: Keban Dam, September 1999.
- 2) ALTINBILEK Dogan, Development and Management of the Euphrates-Tigris Basin, Water Resources Development, Vol. 20, No. 1, 15-33, March 2004.
- 3) ALTINBILEK Dogan, The Role of Dams in Development,, Water Resources Development, Vol. 18, No. 1, 9-24, 2004.
- 4) OZGEN Nusret, Keban Dam and History published by DSI, No:1, Ankara, 2000.
- 5) DEMIR Abdullah, Water and The History of DSI published by DSI, Ankara.
- 6) BILEN Ozden, Water Problems in Middle East and Turkey, published by TESAV, Ankara, 2000.
- 7) Web Site

DSI: <http://www.dsi.gov.tr/enghm.htm>

GAP: <http://www.gap.gov.tr/gapeng1.html>

Ministry of Foreign Affairs: <http://www.mfa.gov.tr/mfa>

7.2 問い合わせ先

General Directorate of State Hydraulic Works

Address : Ismet Inonu Bulvarı Yucetepe/ANKARA

Tel: +90 312 418 34 09

Fax: +90 312 418 24 98

e-mail: foraffairs@dsi.gov.tr