

3.2 地下水源

一方、西部首都圏の平野部 8,830km² の地域には周辺山岳部の約 12,500km² の流域より流下する小河川群により涵養されている大地下水層 8,230km² が横たわっている。

JICA 調査団による既存地下水資料の解析に基づくと、地下の賦存量は 420 億 m³ と莫大な埋蔵に達している。しかし、表流水、その他による年間の地下水涵養量は 31 億 m³ で、JICA による既存地下水データの解析に基づく地下水の現況は下表に示す通りである。

現在の地下水状態

単位：MCM

	テヘラン市	Region					計
		テヘラン	カラジ	ハシドゲルト	ガスビン 北部	ガスビン 西部	
(1) 支配面積 km ²	530	1,290	940	780	1,650	3,040	8,230
(2) 飽和滞水層容量	700	3,300	5,600	2,100	10,200	20,500	42,400
(3) 不飽和滞水層容量	830	2,660	3,120	1,970	2,890	5,590	17,060
(4) 年間涵養量	640	620	330	200	530	780	3,100
(5) 年間損失量	640	640	450	250	820	1,050	3,860
(6) 収支 (4) - (5)	0	-20	-120	-50	-290	-270	-760

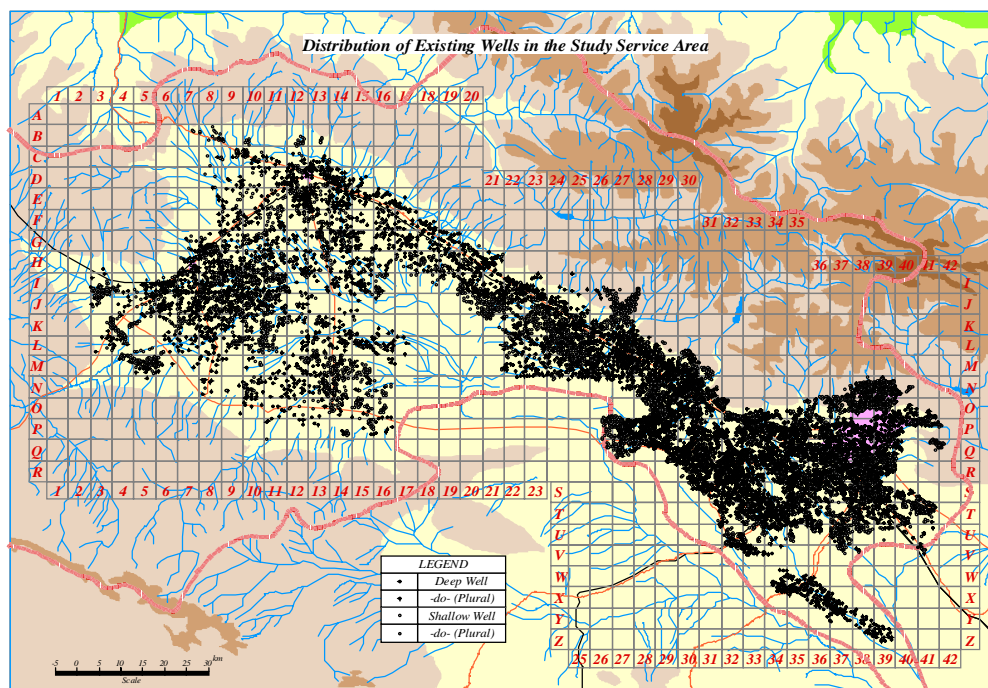
- 全域で約 595 億 m³ の地下水滞水層があり、その中 171 億 m³ は空虚となっているが、424 億 m³ と莫大な量の地下水が未だ残されている。この地下水層への表流水その他の涵養量は 31 億 m³ であるが、揚水量、その他による損失量は 38.6 億 m³ で、年平均 7.6 億 m³ が減少していると推定されている。この状態が続くと何れ地下水は涸渇すると思われる。

地下水は約 15,000 本の浅井戸と 11,000 本の深井戸により開発、利用されてきており、その総利用水量は上工水に対し 9.6 億 m³、農業に対し 23.3 億 m³、計 32.9 億 m³ と莫大な量に達している。しかし、カラジ、ハシドゲルト地区では過剰な地下水利用により、著しい水位低下や揚水量の減少が起きてきている。なお、既存の井戸の中、井戸やポンプの破損や水位低下の原因で機能していない井戸が数多くあるが、その実勢は調査されていない。

地区別の地下水の利用現況は下表に示す通りである。また、次図に地下水井戸(深井戸及び浅井戸)の分布を示した。

地区別地下水利用現況

		テヘラン市	テヘラン地区	カラジ 地区	ハシドゲルト 地区	ガスビン 地区	計
1.井戸本数(本)	浅井戸	6,800	2,500	1,800	2,100	1,900	15,100
	深井戸	2,400	3,800	1,400	900	2,400	10,800
	計	9,200	6,300	3,200	3,000	4,300	26,000
2.利用量(10 ⁶ m ³)	上工水	270	150	415	30	90	955
	農業	0	540	430	290	1,070	2,330
	計	270	690	845	320	1,160	3,285



地下水の分布図

首都圏全域を 5km×5km の格子網に区分し、各格子網ごとの地下水揚水量を解析した結果を Fig-9 に示す。テヘラン市の中央部、カラジ地区、ハシュトゲルド地区、ガズビン平野のガズビン市及びタキスタン市などでは GRID 当たり 3～4 千万 m³ の地下水を揚水しており、それは 100～160 万 m³/km² に相当し、莫大な揚水量となっている。従ってこれらの地域の地下水位は年々低下してきている。各地区の地下水の水位低下状況は Fig-10 に示す通りである。

第4章 水需要量予測

(1) 上工水需要量

Fig-4 に示す人口予測と Fig-24 に示す消費水量の原単位に基づく水需要量の予測値は下表に示すとおりである。

現在及び将来の人口と水需要量

	テヘラン市	テヘラン地区	カラジ地区	ハシドゲルド地区	ガスビン地区	計
1.人口 (10 ³)						
現在 (2001)	7,500	1,000	2,100	300	800	11,700
将来 (2021)	10,700	1,400	3,300	800	1,200	17,400
増加率	1.43	1.40	1.57	2.67	1.50	1.44
2.上工水需要量 (10 ⁶ m ³)						
現在 (2001)	910	150	415	30	90	1,595
将来 (2021)	1,230	190	600	120	180	2,320
増加率	1.35	1.27	1.45	4.00	2.00	1.45

(注：イラン国マスタープランによる)

- 2021年の上工水需要量は人口の多いテヘラン市の都市用水が12.3億m³、テヘラン市の衛星地域カラジ地区の上工水が6.0億m³と大きく、この両者の水需要量は全需要量の80%に達する。
- ハシドゲルド地区の上工水は現在3千万m³と少ないが、新住宅地域、工業団地に指定されたため、将来の上工水の需要量は1.2億m³と現在の4倍に増大する。ガスビン地区は農業地域であるが、多くの小都市が発展すると共に新工業地区が設置され、上工水需要量は現在の2倍に達する。

(2) 灌漑用水需要量

一方、現在(2001年)と将来(2021年)における西部首都圏の各地区の灌漑面積及び灌漑用水の需要量をまとめると下表の通りである。また面積、用水量変化をFig-5に示す。

現在(2001年)及び将来(2021年)の灌漑面積及び用水需要量

	テヘラン地区	カラジ地区	ハシドゲルド地区	ガスビン地区	計
灌漑面積					
現在 2001	64.5	51.4	31.9	132.3	280.1
(10 ³ ha)					
将来 2021	79.1	40.0	23.7	158.2	301.0
灌漑用水需要量					
現在 2001	710	565	350	1,455	3,080
(10 ⁶ m ³)					
将来 2021	870	440	260	1,740	3,310
増加率	1.23	0.78	0.74	1.20	1.07

(注：調査団作成)

- テヘラン地区は将来テヘラン市の処理された下水用水を再利用する計画で灌漑面積が増加していく。
- カラジ、ハシドゲルド地区は都市、工業人口への農地及び用水の転換で将来の灌漑面

積、灌漑用水は共に減少する。

- ガズビン地区は 2001 年現在現在 13.2 万 ha の灌漑面積を有し、14.65 億 m³ の用水を利用する西部首都圏の中で大灌漑農業地域を形成している。2021 年には Almount 導水や地下水開発により面積は 15.8 万 ha、農業用水需要量は 17.4 億 m³ に増加していく。

(3) 総用水需要量

西部首都圏の総水需要量及び水源についてまとめると次表及び Fig- 6 に示す通りである。

西部首都圏の総水需要量と水源

単位: 10⁶m³

	テヘラン市	テヘラン地区	カラジ 地区	ハドゲルト 地区	ガズビン 地区	計
現在 (2001)						
上工水						
表流水	640	-	-	-	-	640
地下水	270	150	415	30	90	955
小計	910	150	415	30	90	1,595
農業						
表流水	-	170	135	60	385	750
地下水	-	540	430	290	1,070	2,330
小計	-	710	565	350	1,455	3,080
計						
表流水	640	170	135	60	385	1,390
地下水	270	690	845	320	1,160	3,285
計	910	860	980	380	1,545	4,675
将来 (2021)						
上工水						
表流水	980	-	-	-	-	980
地下水	250	190	600	120	180	1,340
小計	1,230	190	600	120	180	2,320
農業						
表流水	-	420	265	60	590	1,335
地下水	-	450	175	200	1,150	1,975
小計	-	870	440	260	1,740	3,310
計						
表流水	980	420	265	60	590	2,315
地下水	250	640	775	320	1,330	3,315
計	1,230	1,060	1,040	380	1,920	5,630

- 将来の総水需要量は 56.3 億 m³ で現在の量に比べて 9.55 億 m³ 増加する。その増加量は Taleghan、 Almount 川の表流水源開発と下水処理水の再利用によるものである。将来の地下水利用量は全域で 33.15 億 m³ で現在の量とほとんど変わらない。ただし、カラジ、ハシュトゲルト地区の地下水量は減少し、ガズビン地区が増加する。また上工水用の地下水利用量が増加し、農業用は減少する。
- テヘラン市上工水の増量は、新規に建設される Taleghan ダムの用水 3.1 億 m³ でカバーする。
- テヘラン、カラジ、ハシュトゲルト地区では上工水に対する地下水利用が増加するが、農業用地下水の利用を少なくして地下水のバランスをとる。

- ガズビン平野では Alkout やその他の表流水が新規に導入されるため、地下水のリチャージ量が増加し、その利用量も増加する。

第5章 用水操作及び水配分計画

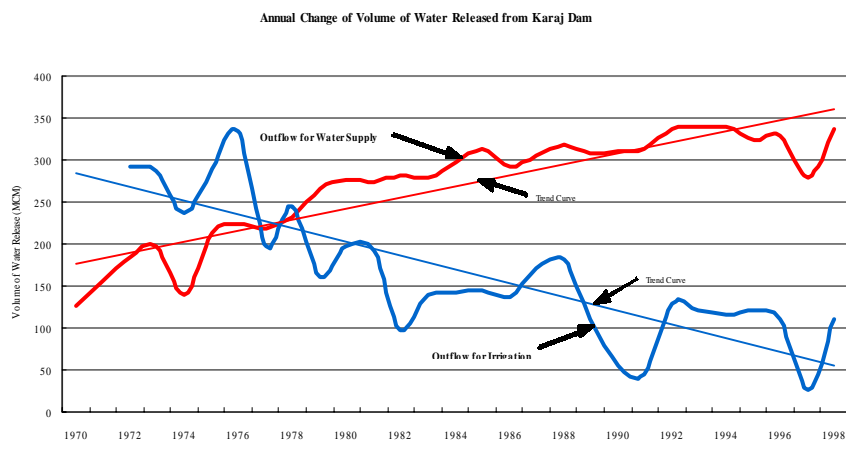
5.1 表流水操作

カラジダムのおペレーション



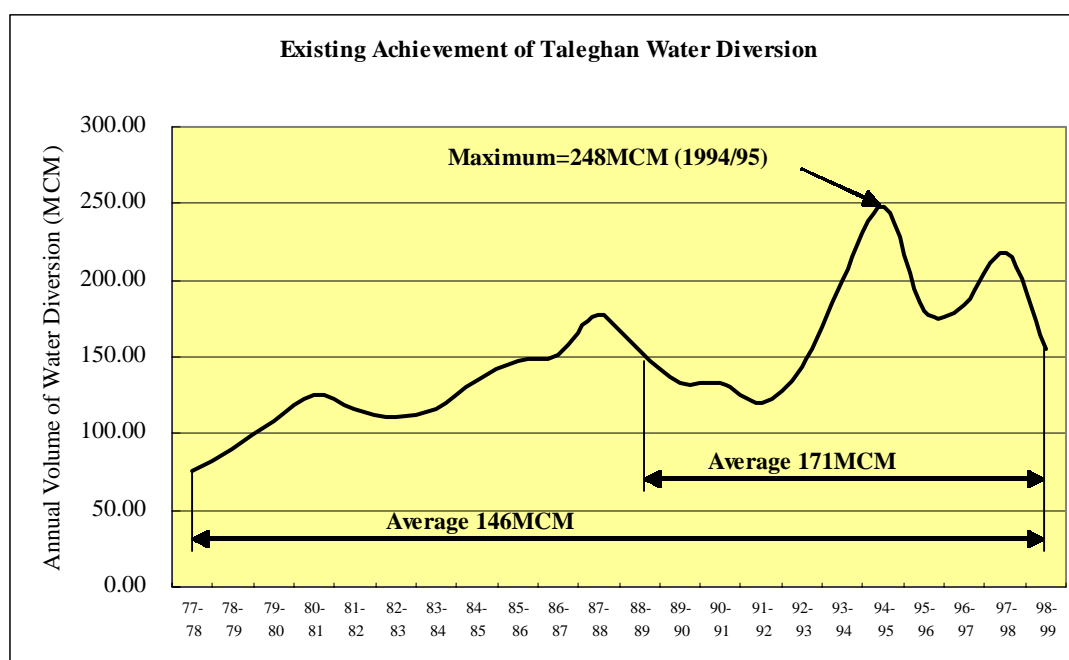
特別な操作ルールは適用されていないものの、カラジダムの操作は1980年代までは総じて良好に行われていた。以降、貯水池操作に乱れが認められるが、これは放流量のパターンが変化してきたことに起因するものと考えられる。ダムからの放流量は4.3億 m^3 前後でほぼ一定しているが、テヘラン市における人口の急増に伴って、農業用水が急激に都市用水に転換されてきた。後述の水配

分計画では2016年にはカラジダムの貯水は2.7億 m^3 がテヘラン市における都市用水に配分され、残りの1.65億 m^3 がカラジ地区の農業用水に配分されることになる。仮に現行通りの操作が継続されるとすれば、カラジダムは2年に1回程度の頻繁な水不足に見舞われることになり、しかも深刻なのはその不足は都市用水部門に集中することになる。すなわち、操作ルールがない場合、貯水池に水がある限り農業用水にも無条件で水配分がなされることとなり、それは貯水量の減少を促進し、次期の都市用水の不足となって現れるからである。従って貯水位の変化に伴って農業用水への利用を制限し、都市用水への利用分を確保するための操作ルール（Lower Rule Curve）をFig-19に示すように提案した。



タレガン頭首工(既設)のオペレーション

既存のタレガン導水のオペレーション記録によると、1977/78年から1998/99年までの平均値として1.46億 m^3 、また最近10年間(1989/90~1998/99)の平均値として1.71億 m^3 の年間導水量が達成されている。過去最大値は1994/95の2.48億 m^3 である。一方、近年の急激な人口増に伴う上水需要量の増加に対応するための緊急策として、現在ガズビン平野の灌漑に供されているタレガン用水の一部をテヘラン西部首都圏に利用すべく、タレガントンネル出口とカラジ川のビレガン地点を結ぶパイプラインが着工に移され、現在既に完工している。



タレガン川には未だ頭首工の下流へ無効に放流されている残水があり、既存の施設規模の範囲内での取水可能量を下記のように検討した。

Fig-20 に示すように、タレガン用水利用の優先権が西部首都圏での都市用水に与えられた場合、平均値で1.4億 m^3 、最小でも1.2億 m^3 のタレガン用水が現在建設中のジアラン~カラジ間パイプラインを通じてカラジ地区へ配水される(水配分の短期計画:シナリオ1)。一方ガズビン平野には平均で1.7億 m^3 、最小で1.2億 m^3 のタレガン用水が配分される。このカラジ方面への配水可能量の最小値1.2億 m^3 は10年に1回程度の渇水年における配水可能量であり、従ってこれが安全利用量となる。ガズビン平野への平均年における配水量1.7億 m^3 は過去のタレガン用水利用の実績1.73億 m^3 (最近14年間の平均値)に匹敵するものである。

タレガン貯水ダムへのオペレーション

イラン国のマスタープランによれば2021年の計画目標年にはタレガン用水4.5億 m^3 のうち3.1億 m^3 がテヘラン市の都市用水に、また残りの1.4億 m^3 がガズビン平野に配分される。しかしながら、この利用量4.5億 m^3 はダムへの年間流入量4.9億 m^3 と比較してあまりにも過大であるため、頻繁な水不足が生じることが容易に想像される。現実に貯水池操作のシミュレーションによれば、3年に1回程度の水不足が生じ、しかもそれは都市用水の不足となって現れる。従ってこのダムでもカラジダムにおけると同様に貯水池の操作ルールを与えて、渇水年における農業用水への利用を制限し、都市用水量の確保が図られねばならない。操作ルールを提案し、Fig-21に示した。

アルムート頭首工へのオペレーション

頭首工には貯水機能がないため、取水は河川流量の範囲で需要量に応じた取水を行うことになるが、頭首工地点における河川流量、下流への必要放流量(河川維持用水、環境用水、下流域における農業用水等)を考慮のうえ、導水施設の容量が許す限度内で極力取水・導水し、需要を上回る余剰水をガズビン平野などの地下水涵養水として利用し、渇水年における地下水の過剰揚水に備える努力が必要である。

5.2 地下水操作

地下水資源の利用可能性を評価するために数学モデルによる地下水シミュレーションを実施した。水配分計画(後述)のシナリオ2(中期計画)及びシナリオ3(長期計画)が想定する地下水揚水量が実行された場合の地下水低下(もしくは上昇)量をシミュレートした結果によると、シナリオ2の揚水の場合経済的に揚水が可能と思われる地下水位(地表面下100m~150m)以下に水位が低下する地域がカラジやハシュトゲルドを中心として出現する。さらにシナリオ3が想定する地下水揚水を継続した場合、シナリオ3ではシナリオ2よりも揚水量が減っているにもかかわらず、限度以上の地下水位低下を呈する地域がさらに拡大し、テヘラン市南部にまで至る。このことは、近い将来地下水取水に対する何らかの規制が要求されるか、さもなければ地下水涵養を積極的に進める必要があることを示しているが、それも、少なくともマスタープランが想定する地下水利用量が最大限度であるとして、将来これを超えるような地下水利用がないことが前提条件である。

5.3 水配分計画

テヘラン市の都市用水需要量は2001年現在9.1億 m^3 であり、カラジダム、ラチアンダム(ラールダム含む)及び地下水によって補給されている。No.1~No.4の浄水施設で処理された後各需要地に配水されている。現況の浄水施設や給水網はフルに利用されており、新たな追加水を処理する能力はない。

需要量は 2006 年には 10.2 億 m^3 に増加する。しかしながらこの増加分は既存の施設では処理できない。仮に現在工事中のタレガントンネル出口～カラジ川間のパイプライン第 1 期工事が 2001 年中に完成し、タレガン用水約 1.2 億 m^3 がカラジ川まで導水されたとしても、2006 年時点ではカラジダム～テヘラン市内 No.6 浄水場間の導水施設が完成しない限りこの水をテヘラン市で利用することは出来ない。したがって短期的な措置として、この期間はカラジダムからの給水量を 3.4 億 m^3 に増強し、併せて地下水利用をも 3.4 億 m^3 として乗り切る必要がある。

需要量は徐々に増加し、2021 年には 12.3 億 m^3 となる。新規の導水施設（カラジダム～No.6 浄水場もしくはピレガン取水工～No.6 浄水場）が 2011 年には完成可能であるため、カラジダムの水は新規の導水施設を経由し、3.1 億 m^3 のタレガン用水は既存のピレガン～No.1 及び No.2 浄水場を経由してテヘラン市に配水されることになる。

テヘラン市周辺域においては、2001 年現在の需要量は生活用水・工業用水として 1.5 億 m^3 、農業用水として 7.1 億 m^3 である。前者は地下水によって供給され、後者は 1.7 億 m^3 の小河川水利用と 5.4 億 m^3 の地下水利用である。水需要量は 2021 年には生活用水・工業用水が 1.9 億 m^3 、農業用水が 8.7 億 m^3 に増大するが、前者は現状と比較してさほどの増加ではなく、地下水利用で対応可能であると判断される。一方農業用水の需要増はかなりの量であるが、テヘラン市からの下水の処理水約 2.5 億 m^3 が利用可能となるため地下水利用が現状の 5.4 億 m^3 が 4.5 億 m^3 に減少することになる。これらテヘラン市及びテヘラン周辺域における水配分計画を Fig-11 に示す。

カラジ地区においては、2001 年現在の水需要量は都市用水 4.15 億 m^3 、農業用水 5.65 億 m^3 の計 9.8 億 m^3 であり、このうち 86% に相当する 8.45 億 m^3 が地下水利用であるため、深刻な地下水位低下を招いている。表流水利用はカラジダムから供給され、シャリヤール地域の農業に利用されている 1.35 億 m^3 に過ぎない。かつてシャリヤール農業地帯にはカラジダムの水が 3 億 m^3 供給されていたが、テヘラン市の人口急増に伴い、カラジダムの水はテヘラン市への都市用水に転換されてきた。

2006 年の需要量も 9.8 億 m^3 であり、現状と変わりない。しかしながら、タレガン用水の 1.2 億 m^3 が本地区の農業に利用されることになり、カラジダムの水が更に緊急的にテヘラン市の都市用水に転換されても農業用水のうち表流水が占める割合が 2.15 億 m^3 となる。これによりシャリヤール農業地帯の地下水に若干の好影響を与えることになる。

本地区においては総水需要量は 2011 年においても 2021 年においても現状維持の 9.8 億 m^3 であるが、内訳としては都市用水は 2011 年の 5 億 m^3 が 2021 年には 6.0 億 m^3 に増加し、反面農業用水は 4.8 億 m^3 から 4.4 億 m^3 に減少する。表流水減がないため、都市用水の 6.0 億 m^3 と農業用水のうちの 1.75 億 m^3 は地下水に依存せざるをえない。農業用水の残り 2.65

億 m^3 はカラジダムからの 1.65 億 m^3 とテヘラン市の下水再利用の 1 億 m^3 でカバーされる。

本地区においては 2001 年から 2021 にかけて継続的に 8.45~7.75 億 m^3 の地下水が使用されることになり、地下水資源の枯渇化が懸念される。したがってこの利用計画には地下水保全対策が伴わなければならない。カラジ地区の水配分計画 Fig-12 に示す。

ハシュトゲルド地区の水需要量は現在、将来ともに 3.8 億 m^3 である。水源は大半が地下水であり、表流水としてはコルダン川の水が約 0.6 億 m^3 、小規模な灌漑に利用されているだけである。新都市や工業地帯建設のために地下水が過剰揚水されており、そのために本地区の地下水位も年々低下している。年間約 1.2 億 m^3 のコルダン川の河川水は現在大半が豊水期に Salt Marsh に利用されずに流下しており、この水を地下水涵養に役立てる等の方策が必要である。この状況は Fig-12 に併記されている。

ガズビン平野の 2001 年現在の水需要量は生活用水・工業用水として 0.9 億 m^3 、農業用水として 14.55 億 m^3 である。タレガン用水の 2 億 m^3 及び小河川利用の 1.85 億 m^3 を除き、全て地下水利用である。

2011 年には近日着工予定のタレガン貯水ダムが完成し、利用可能量 4.5 億 m^3 のうちテヘラン市へ配水される 1.5 億 m^3 を除いた 3.0 億 m^3 がガズビン平野に供給され、新たな灌漑施設が平野中央部に整備されて配水される。

2016 年にはタレガン用水のうち 3.1 億 m^3 がテヘラン市に導水される必要があるため、その代替としてアルムート用水が開発される必要がある。アルムート川からは年間約 2.5 億 m^3 の導水が可能であり、主としてガズビン中部平野に給水される。1.4 億 m^3 のタレガン用水は従来通り北部平野の既存灌漑地に配水される。

マスタープランによれば現在、将来とも 10.7 億 m^3 の地下水がガズビン平野の農業用水として利用されることになるが、将来はタレガン用水の追加分やアルムート用水の配水、さらには Khah-rud 川や Haji Arab 川流域における地下水涵養施設の整備などによって将来の地下水利用可能量は増加するものと考えられる。この水配分計画を Fig-13 に示す。

2021 年の計画目標年に向けて、地下水保全の観点から地下水利用量を極力現状程度に止める水配分計画であるが、それでも 2021 年には 33 億 m^3 の地下水利用が避けられない。一方、表流水の利用はタレガンダムの建設やアルムート導水の実施によって、また下水の再利用計画の進展によって増大する計画である。

シナリオ 0(現況)

Fig-14 に水配分計画のシナリオ 0 (現況) を示した。カラジダム用水は 3.0 億 m^3 がテヘ

ラン市へ配水され、1.35 億 m³ がカラジ地区の農業用水として使用される。タレガンの既存施設からの導水 2.0 億 m³ はガスピン平野の灌漑に利用されている。

シナリオ 1(短期計画：2006 年)

Fig-15 にシナリオ 1 (短期計画：2006 年) を示す。カラジダム用水は現況の施設能力が許す最大限度の 3.4 億 m³ がテヘラン市に配分される。

タレガン導水の現況施設で導水可能な 2.9 億 m³ のうち 1.2 億 m³ はカラジ地区へ配水され、シャリヤール農業地帯の灌漑用水として利用されるが、一方残りの 1.7 億 m³ はガスピン平野の灌漑用水として供給される。ガスピンへの供給量は現在量 2.0 億 m³ と比較して 0.3 億 m³ 少なくなることになるが、これは既存灌漑施設のリハビリによって損失量が減る分に相当している。加えて現在タレガン用水 2.0 億 m³ のうち 0.3 億 m³ が地下水涵養の目的で利用されているが、これらも小河川の表流水によって代替される。

シナリオ 1(中期計画：2011 年)

Fig-16 にシナリオ 2 (中期計画：2011 年) を示す。この時点ではカラジダム直下流とテヘラン市の No.6 浄水施設を結ぶ導水トンネルが完成する。ただし No.6 浄水施設は第 1 期工事のみの完成で、したがって 1.5 億 m³ のカラジ用水がこれらの施設を經由してテヘラン市に配水される。カラジダム用水の残り 1.7 億 m³ とタレガン用水の 1.5 億 m³ はビレガンを經由して既存のパイプラインで No.1 及び No.2 浄水施設に導水される。カラジ地区のシャリヤール農業地帯にはカラジダム用水の 1.15 億 m³ に加えて、テヘラン市からの下水再利用水 1.0 億 m³ が配水される。

タレガン貯水ダムが完成した後はダムからの利用可能水量が 4.5 億 m³ に増加するが、1.5 億 m³ をテヘラン市に配水した残りの 3.0 億 m³ はガスピン平野にて利用される。このうち 1.3 億 m³ はガスピン平野中央部の新規灌漑地区にて利用される。ガスピン平野北部の小河川及び南部平野の 3 河川を水源とする地下水涵養計画が促進され、ガスピン平野における地下水利用可能量の増加が期待される。

シナリオ 3(長期計画：2021 年)

Fig-17 にシナリオ 3 (長期計画：2021 年) を示す。テヘラン市の No.6 浄水施設の第 2 期工事が完了し、カラジダム用水 2.7 億 m³ が導水トンネルを經由してテヘラン市に配水される。タレガン用水の 3.1 億 m³ もビレガンを經由して既存のパイプラインによってテヘラン市に導水される。

アルムート用水の 2.5 億 m³ が新たに開発され、ガスピン平野中央部に配水される。タレ

ガン用水の残り 1.4 億 m³ はガズビン平野の既存の北部灌漑地区に配水される。

第 6 章 水源開発及び水利用施設計画

本報告書 3.1 項で述べたように、調査対象地域内の表流水源の賦存量は年間 24.6 億 m³ であり、そのうち 13.9 億 m³ は既に開発され、利用されている。計画目標年である 2021 年までに利用可能となる水源量は総計で 19.65 億 m³ と評価されている。しかしながらこの水量を利用可能とするためには、下表の水資源開発、水利用計画が維持管理され、或いは新規に調査・着工されなければならない。

水源開発及び水利用施設計画の概要

事業	現況	概要
1. 水源事業		
カラジダム	運用中	ア-ダム、堤高 180m、総貯水量 2.05 億 m ³ 、利用可能量 4.35 億 m ³
タレガン導水	運用中	サングバン堰、外ガントネル 9km、ジアラン分水ダム、利用可能量 2.0 億 m ³
タレガンダム	施工中	アルムダム、堤高 104m、総貯水量 4.2 億 m ³ 、利用可能量 4.5 億 m ³
アルムート導水	計画	アルムート堰、導水トンネル 33.8km、利用可能量 2.5 億 m ³
2. 送水事業		
カジ - テハラン No.1 & No.2 送水	運用中	鉄管路、延長 40km、設計流量 No.1 2.7m ³ /sec、No.2 8.0 m ³ /sec
カジ - テハラン No.6 送水	計画	トンネル 24km あるいは鉄管路 60km 及び 200m 揚程のポンプ、流量 15m ³ /sec
外ガン - カジ 第一期送水	工事完了	鉄管路 5 m ³ /sec
外ガン - カジ 第二期送水	計画	鉄管路 5 m ³ /sec
3. 上下水事業		
テハラン浄水施設	運用中	No.1 ~ No.4 プラント、処理能力 18.7m ³ /sec、年間生産量 5.35 億 m ³
テハラン No.5 浄水施設	施工中	処理能力 6.75m ³ /sec
テハラン No.6 浄水施設	計画	処理能力 12.0m ³ /sec
テハラン下水施設	計画	処理能力 No.1 9.5m ³ /sec、No.2 13.9m ³ /sec
4. 灌漑事業		
カラジ灌漑	運用中	幹線水路 38km、灌漑面積 20,000ha
コルダン灌漑	運用中	取水堰、幹線水路 12km、灌漑面積 5,000ha
ガズビン北部灌漑	運用中	幹線水路 94km、灌漑面積 48,200ha
ガズビン中部灌漑	計画	幹線水路 125km、灌漑面積 53,000ha
5. 地下水開発		
浅井戸及び深井戸	運用中	浅井戸 1,500 本、深井戸 1,100 本、揚水量 33 億 m ³
地下水涵養	計画	地下水涵養池、ダム及び地下ダム
6. リハビリテーション		
ガズビン北部灌漑地区	計画	水路沿いのコンクリート構造物及びゲート
既設タレガン導水	計画	タレガントネル、ジアランダム、遠隔操作システム
テハラン市給水網	計画	8000km のパイプライン網の漏水防止

タレガン用水

既存のタレガン導水施設はタレガン川に建設されたサングバン頭首工、延長 9km のタレガントネル及びガズビン側のジアラン川に建設されたジアラン調整池よりなる。施設的位置を Fig-18 に示す。施設は設計断面 30m³/sec で設計されており、現在年間約 2.0 億 m³ のタレガン用水がガズビン北部灌漑地区に配水されている。この施設は 1970 年代以来 30 年間に亘って運用されており、老朽化も激しく、リハビリを要している。このリハビリ工事

は現在着工されようとしているタレガン貯水ダムの完成前に終了される必要がある。

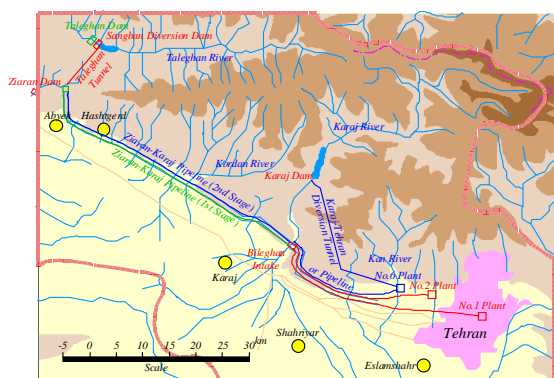
既存のタレガントネルの出口とカラジ川のビレガン地点を結ぶパイプラインの第 1 期工事が実施中であり、2001 年中には完成の見込みである。このパイプラインはタレガン用水の一部をテヘラン市に給水する目的で建設されており、延長 60km、径 1.8m、設計流量 $5.0\text{m}^3/\text{sec}$ の諸元を持っている。マスタープランではこの水配分計画が 2006 年に実施されることになっているが、しかしながら既存のビレガン～No.1、No.2 浄水施設間のパイプライン、浄水施設ともに追加水量に対応する能力が無いため、この計画は現時点では不可能であり、カラジダム～No.6 浄水施設間の導水施設の完成を待たなければならない。

有効貯水量 3.5 億 m^3 のタレガン貯水ダムは現在着工に向けて準備中であり、2006 年には完工が期待されている。ダム完成の暁には 4.5 億 m^3 のタレガン用水がテヘラン市とガズビン平野に分配される。本調査による提案では、タレガン用水の配分については短期計画と長期計画と異なっている。ガズビン平野には現在 2 億 m^3 のタレガン用水が供給されているが、この量は短期計画(2006 年)では 1.7 億 m^3 に、中期計画(2011 年)では 3.0 億 m^3 に、また長期計画(2021 年)では 1.4 億 m^3 に修正される。ダム完成後の維持管理については、貯水池域の推移変動に伴う法面崩壊とそれによる堆砂、貯水池内の水位と連動した高エネルギーを殺すようなトンネルへの導水操作、ダム下流の既存水利用、河川維持、環境保全等を考慮した放流操作に十分留意する必要がある。

タレガントネル出口とビレガンを結ぶパイプラインの第 2 期工事はタレガンダムが完成した後に着工されよう。これによって 2016 年には 3.0 億 m^3 超のタレガン用水がテヘラン市に供給されることになる。

カラジ用水

現在、年間約 3.0 億 m^3 のカラジ用水がカラジ川のビレガン取水工から取水され、テヘラン市の No.1 及び No.2 に導水されている。両浄水施設は夫々 $2.7\text{m}^3/\text{sec}$ 、 $8.0\text{m}^3/\text{sec}$ の容量を持つが、カラジダムからの水を処理するために現在フルに稼働している。カラジダムの残



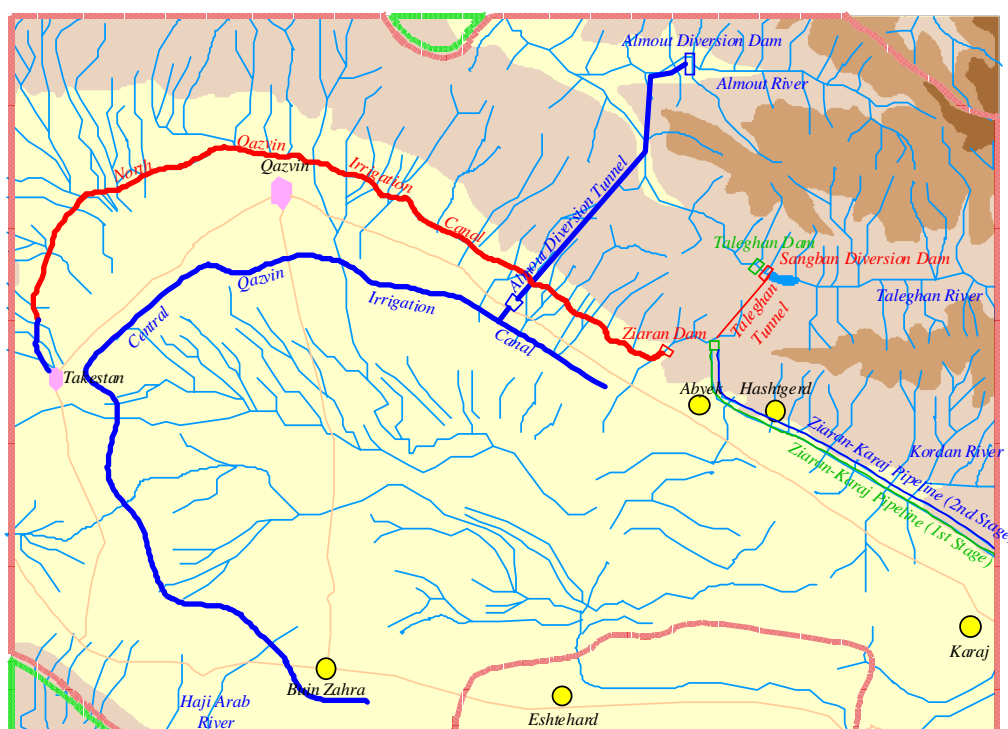
水 1.35 億 m^3 はビレガン取水工の直下流から左右岸の灌漑水路に分水され、シャリヤール農業地帯で利用されている。しかしながらこの水量では同地帯 $30,000$ ha の灌漑には不足しており、慢性的な水不足に悩んでいる。

カラジダムと No.6 浄水施設を結ぶ導水路としては、ダム直下流の Khuzan Kola

地点と浄水場を結ぶ導水トンネル案と一旦カラジ川に放流した水をビレガン取水工地点で取水し、新たなパイプラインを敷設して浄水場まで導水する案があるが、後者は 200m 以上のポンプ揚水が必要となる。この導水計画の実施が遅れるとシナリオ通りの水配分利用が出来ないことになる。

アルムート用水

タレガン用水の開発は元来ガズピン平野における灌漑用水供給が目的であったが、テヘラン市の人口急増に伴う逼迫した水需給は、タレガン用水の一部もしくは将来においては大半を利用せざるを得ない状況に追い込まれている。このため、タレガン用水の補償としてアルムート用水の開発が課題となっている。調査の結果では、本事業は技術的にも可能であり、経済的にも妥当性が認められるため、速やかに F/S が実施される必要がある。



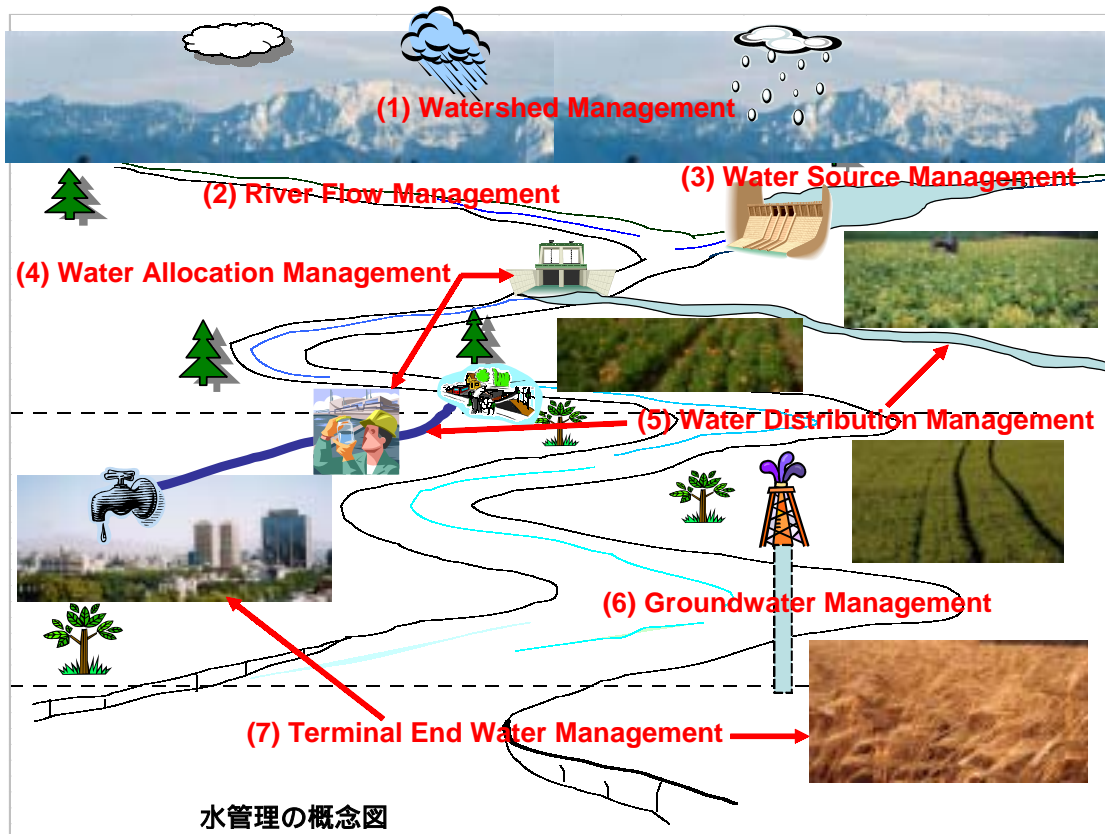
以下に緊急に調査され、実施されるべき事業を列記する。

- 上記の運用施設の中、Taleghan 導水施設やガズピン北部灌漑施設は老朽化している箇所があり、リハビリテーションを必要としている。
- 上記事業の中、カラジよりテヘラン市の No.6 浄水地への送水施設は早急に建設される必要がある。Taleghan トンネルよりカラジへの用水 1.5 億 m³ は 2001 年末にはカラジ側に到達するが、その水をテヘランへ送水する施設は未完である。
- Almuot 導水とガズピン南部灌漑計画とは密接な関係あり、両者についての F/S を行う

必要がある。

- 西部首都圏には地下水開発として浅井戸、深井戸約 26,000 本が設置されている。しかしこれらの井戸の中、老朽化してリハビリを要するもの、水位及び揚水量の低下により機能を失ってきている井戸がかなり多く、それらのインベントリー調査を行うと共にリハビリ計画を策定する必要がある。

第7章 水管理の改善



調査対象地域では表流水源、地下水源ともに開発・利用が可能な量には制限があり、しかもその上限に達しようとしている。アルムート川は恐らく地区近傍に残された最後の表流水源であろう。地下水源もすでに減少の傾向を呈しており、解析結果によると年間約 7 億 m^3 超の資源の食いつぶしが生じている。適切な措置を行わない限り、近い将来資源は枯渇しよう。有限な資源量の範囲内で地域が持続的に発展するためには、資源は適切かつ有効に管理されなければならない。そのための手段としては、1)水不足のリスクを最小にするような水源施設の管理手法の設定、2)用水を効果的かつ合理的に配分するための表流水源と地下水源の連携利用、3)水利用者間で公正かつ妥当な水配分を行うためのルールの設定、及び 4)水利用の損失を最小にするための水利用の最末端での施設やマナーの改善が挙げられる。西部首都圏で重要と思われる水管理業務は以下に示す項目よりなり、T.R.W.B の政府

下部組織や水管理会社で管理されているが、多くの改善すべき問題を抱えている。

- (1) 流域管理 (Watershed Management); Taleghan 及び Almut 流域とも地滑りや土壌侵食地域が多く、河川流量には多くの堆砂を含んでいる。羊等の放牧により草地も失われつつあり、水資源を涵養する流域保全が必要である。
- (2) 河川流況管理 (River Flow Management); 表流水資源は限られており、貴重なものであり、その監視と評価を強化する必要がある。また、年々変化する利用可能量を適切に把握する必要がある。
- (3) 水源管理 (Water Sources Management); Karaj 及び Taleghan 貯水池はかつての灌漑中心の運用から水道中心の運用に変更されるので、貯水池の運用ルールを改善する必要がある。Karaj 及び Taleghan の都市用水をベースとした貯水池運用ルールについて検討した結果を Fig-19, 20, 21 に示す。
- (4) 水配分管理 (Water Allocation Management); 西部首都圏の表流水の各地区への配分量は水需要と水源の利用可能量に基づいて年々変化して行く。この配分量については T.R.W.B 水管理会社、水利用者代表が協議して適正かつ公平に決定することが重要である。また表流水と地下水の配分量、上工水と農業の配分量を十分に配慮する必要がある。
- (5) 地下水管理 (Groundwater Management); 地域の地下水は過剰揚水により水位低下や揚水量を招いている地区がかなりある。モニタリング井戸は数多く設置されているが、老朽化により機能を失っているものが多く、またその監視、評価も不十分で生産井戸の規制も行われていない。地下水管理を全面的に改善する必要がある。
 - モニタリング井戸の分布及び地下水涵養能力の検討結果を Fig-22, 23 に示す。
- (6) 灌漑用水管理 (Irrigation Water Management); Karaj, Qazvin 灌漑地区における灌漑効率は 40 ~ 30% と低く水損失が多い。リハビリを含めて、水路システムの水管理、また農民組織による圃場レベルでの水利用管理を改善する必要がある。
- (7) 上水利用管理 (Domestic Water Management); テヘラン市及びその他都市の浄水利用では、給水管の老朽化によるロス、利用者の不注意によるロスなどあり、そのロス率は 30 ~ 40% に達しており、早急に改善する必要がある。各都市の 1 人当たりの消費水量及びロスを Fig-24 に示す。

第 8 章 アルムート導水事業

(1) 導水事業概要

将来のテヘラン都市用水の増加量を満足させるためには、タレガン貯水池より 3.1 億 m^3 の用水供給を必要としている。しかし、タレガン用水は今日までガズビン平野の灌漑農業

に利用されており、また将来も利用されるので、その転用にはタレガン用水の代替水源としてアルムート導水事業によるガズビン平野への灌漑用水供給を必要としている。

換言すれば、アルムート導水事業なしには将来のテヘラン都市用水の確保は困難で、首都圏の社会、経済の発展及び首都機能に大きな支障をきたすことになる。従って、本事業についてプレ F/S レベルでの調査を技術、経済、環境の観点より行った。本事業は 34km の長距離トンネルを有するものの事業の実現可能性は高い。

アルムート導水の頭首工及び導水トンネルについては幾つかの代替案を比較して最適案を抽出したが、その際特に考慮した点は以下の通りである。

- ・ 頭首工地点の選定に当たっては、可能な限り多くの水量がアルムート川から取水でき、かつ重力で導水できるような地点であること、
- ・ 導水トンネル路線の選定に当たっては、可能な限り路線延長が短く、かつトンネルの入口と出口は地形的、地質的に優れていること、及び
- ・ 導水トンネルがタレガン川と交差する地点が標高的に暗渠構造（サイホンや水路橋構造ではなく）が採用できること。



Proposed Site of Dam at Dozdaksar

最終的に Dozdaksar 村落地点が頭首工建設適地として選択された。この地点より年間平均 2.5 億 m^3 の水が取水され、重力でガズビン平野に導水される。計画の概要は以下の通りである。

(1) 水文諸元

水源河川	流域面積 (km ²)	年間流出量 (MCM)	取水可能量 (MCM)
アルムート川	475	250	210
アンダー支流	112	60	40
計	587	310	250

年間流出量と取水可能量との差 60 MCM は年間流出量の約 20% に相当するが、これは下流での灌漑等への水利用や河川維持用水など、下流へ放流する水量である。なお、アンダー支流の位置は Fig-25 に示している。

(2) 事業施設と工事費

事業施設の主要諸元と工事費は下記の通りである。

- アルムート取水堰（コンクリート堰、堤高 10m、堤長 56m）
- アルムート送水管路（鉄管路、延長 6.0km、通水容量 22.5m³/sec）
- アルムート導水トンネル（径 4.0m、延長 33.8km）
- 事業費（US\$123,600,000、水価 US\$0.05/m³）

本導水事業では、アルムート川沿いに地形、地質条件、水没村落、農地が多いこと、また下流灌漑地域への責任放流量が多いこと等を考慮して、貯水ダムの建設は不可能と判断され、取水堰で導水する計画とした。取水堰でも 22.5m³/sec の導水施設を計画すれば、河川流量約 3.1 億 m³ の中 2.5 億 m³ の取水が可能である。アルムート導水計画の代替案を Fig-25 に、また最適案として選択された C-1 案の概要を Fig-26 に示す。なお、33.8km の長距離トンネルは 4 工区に分割して施工可能であり、うち最も長いトンネルは 1 工区 12km である。

Construction Plan of Dam and Tunnel

Description	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1. Diversion Dam & Pipeline Works						
(1) Diversion Dam			[Red bar]			
(2) Pipeline Works			[Grey bar]			
2. Tunnel Works						
(1) Tunnel Division 1 8,000m						
Temporary Works		[Blue bar]				
Excavation Works (32months)			[Purple bar]	250m/month		
Concrete Works				[Yellow bar]		
(2) Tunnel Division 2 12,000m						
Temporary Works	[Blue bar]					
Excavation Works (48months)			[Brown bar]	250m/month		
Concrete Works				[Yellow bar]		
(3) Tunnel Division 3 11,400m						
Temporary Works	[Blue bar]					
Excavation Works (45months)			[Brown bar]	255m/month		
Concrete Works				[Yellow bar]		
(4) Tunnel Division 4 2,400m						
Temporary Works		[Blue bar]				
Excavation Works (24months)				[Brown bar]	100m/month	
Concrete Works					[Yellow bar]	

第 9 章 アルムート川流域の環境調査



アルムート川流域において、自然環境、生態系環境、農村社会・経済環境などの調査を行い、アルムート導水事業が与えると思われる EIA 調査を行った。本事業は取水堰で取水するため、水没補償や住民移転などの大きな環境問題はない。また、取水された水は標高 2,500m 級の山岳

地の地下をトンネルによって導水されるため、周囲の環境に与える影響はほとんどない。

アルムート川の左右両岸は土砂崩壊や土壌浸食を起こしやすい地形・地質を呈しており、貯水ダムを建設した場合貯水池内の水位の変動によって貯水池敷きの法面が容易に崩壊し、大量の土砂が貯水池内に堆積することになるため、貯水ダムの建設は得策ではない。また、取水堰建設予定地点では河床勾配が 1.5% から 2.0% であり、流水による法面崩壊や河床洗掘を防止するための河川改修や堆積した土砂を排除するための施設が必要である。流域内には植物種や野生動物の希少種の存在が認められるが、それらは高原部に生息しており、取水堰の建設予定地点を含めて導水に關与する河川沿い、もしくは低位部にはそれらの種は存在せず、従って本導水計画の影響はない。河川は既に下流部に建設されたマンジルダムによってカスピ海と遮断されており、魚の貴重種の存在も現地調査では確認されなかった。

一方、流域の河川沿いには多くの集落が点在し

ており、住民の多くは灌漑水稻農業に従事している。従って水没による住民移転や補償が必要となる貯水ダムの建設は望ましくなく、かつ導水計画の前提としてそれら先住民が必要とする生活用水や農業用水、また環境や河川を維持するための用水を残すことも必要である。

なお、本流域は水を供給するドナー流域となるので流域住民のために道路、灌漑、水道などの地域開発を緩和対策として実施する必要がある。アルムート川流域の環境概況を Fig-27 に、生態系概況を Fig-28 に示す。

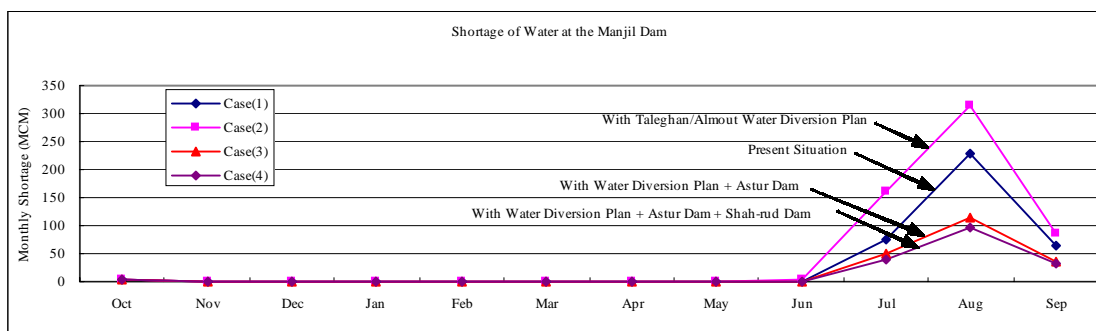
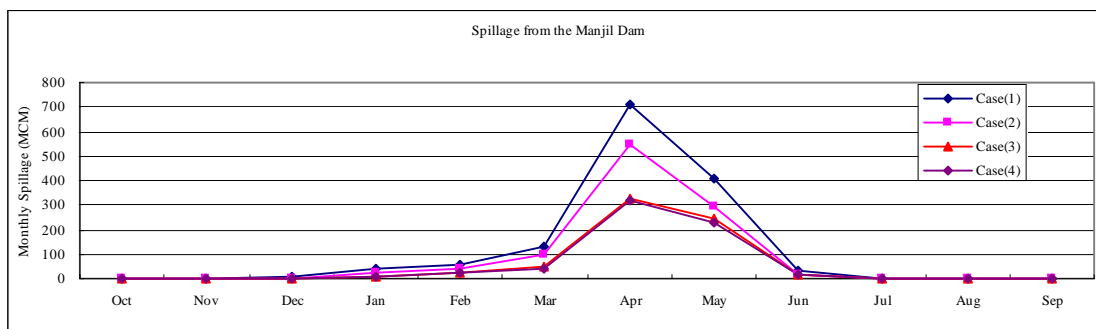
タレガン及びアルムート導水が両河川の下流に存在するマンジルダムの操作に与える影響については、予備的な水収支解析に結果、影響は否定できない。導水計画の実施に伴い、マンジルダムへの流入量は年間 5.6 億 m^3 減少し、その結果マンジルダムにおいては無効放流量が 3.7 億 m^3 減少し、不足量が 2.0 億 m^3 増加する。この 2.0 億 m^3 のうち、アルムート導水の影響は 0.7 億 m^3 、タレガン導水の影響は 1.3 億 m^3 と評価される。

- ・ マンジルダムへの平均年間流入量 45.4 億 m^3 のうち、35.5 億 m^3 (78%) が Qezel Ozan 支川から、9.9 億 m^3 (22%) が Shah-rud 支川からもたらされる。マンジルダムの有効貯水量は、1970 年代初めの貯水池の運用が開始された当時は 16.7 億 m^3 であったが、その後大量の土砂の堆積によって、現在は 11.3 億 m^3 に減少している。
- ・ マンジルダムを擁する Sefid-rud 流域では、マンジルダムの上流域に 10 箇所の貯水ダムが計画されており、その中の幾つかは現在建設中である。これらのダム群のうち、



Astur ダム(未だ実施に移されていない)はダム自体の独自の受益を持たず、マンジルダムの操作を補強する機能を持ったダムであり、現在 4 月から 5 月にかけて多量に発生しているマンジルダムからの無効放流量を減少させることによってダムの有効性を高めることが期待され、非常に有用なダムである。

- Sefid-rud 川及びマンジルダムが属するギラン州の公式データによれば、ダムにおける用水需要量は灌漑用水 26.68 億 m^3 、養魚用水 2.0 億 m^3 、生活用水 1.74 億 m^3 、工業用水 0.2 億 m^3 、環境用水 5.82 億 m^3 の計 36.44 億 m^3 である。
- 上記の水需要量に基づく水収支解析結果によれば、タレガン及びアルムート導水を考慮しない現況においてもマンジルダムには頻繁な水不足が発生することになる（現実には、慢性的な水不足は現場からは報告されていない）。また、ダムの有効貯水量を建設当時の 16.7 億 m^3 に戻したケースにおいてもダムには年間平均 0.97 億 m^3 の不足が発生する。このことは水需要量が過大に評価されている可能性を示唆している。また、この比較解析の結果としては、マンジルダム貯水池への大量の土砂堆積の影響としては、有効貯水量減の結果、無効放流量及び不足量がそれぞれ 2.7 億 m^3 増加した。
- 導水計画の実施に伴い、マンジルダムへの流入量は年間 5.6 億 m^3 減少し、その結果マンジルダムにおいては無効放流量が 3.7 億 m^3 減少し、不足量が 2.0 億 m^3 増加する。導水計画のマンジルダム操作に与える直接的な影響は 2.0 億 m^3 と評価される。



- Astur ダムの建設は、こうした状況の改善に大きく貢献することになる。すなわち、タレガン及びアルムート導水の実施によってマンジルダムでの水不足量は 5.67 億 m^3

に達するが、Astur ダムの建設によって不足量は 2.02 億 m³ に減少する。Astur ダムの建設によってもマンジルダムにおける水不足量は完全に解消できるわけではないが、ダム建設後の水不足量 2.02 億 m³ は、現況（タレガン及びアルムート導水なし）における不足量 3.71 億 m³ をも大幅に下回るものである。

- ・ Astur ダムの建設に加えて、もう一方の支流である Shah-rud 川に貯水ダムを建設する案は、マンジルダムの操作に更に若干の改善効果を与えるが、ダム建設コストに見合う効果は期待できない。

第 10 章 ガズビン灌漑農業開発計画

(1) 事業概要

ガズビン平野は 35 万 ha の農地を有し、2021 年には 1,700 万人を擁すると推定されるテヘラン首都圏の食糧供給基地としての機能をもった重要な農業地区である。現在の有力な農業地域であるカラジ、ハシュトゲルド地区においては、将来都市化や工業地域への転換で農地が減少していかざるを得ないことを考えると、ガズビン農業地域の安定は首都圏にとって極めて重要となる。

将来、アルムート導水や南部地域小河川や地下水の開発により灌漑面積を拡大する必要がある。調査団により検討された灌漑農業の開発構想をまとめると以下の通りである。

(2) 灌漑受益地域

タレガン及びアルムート導水計画の実施によって得られる水量に見合う灌漑受益面積は下表のように評価される。

現況及び将来の灌漑受益面積

Unit: ha

区分	灌漑受益面積 (ha)	現況		将来計画		増加面積 (ha)	水源
		面積 (ha)	灌漑率 (%)	面積 (ha)	灌漑率 (%)		
1. 既存北部地区							
北部高位部	38,600	24,200	63	28,900	75	4,700	Taleghan
北部低位部	38,100	24,000	63	28,500	75	4,500	Almout
小計	76,700	48,200	63	57,400	75	9,200	
2. タケスタン地区	9,000	6,000	67	6,700	75	1,700	Taleghan
3. 中央平野部	60,900	27,000	44	45,500	75	17,500	Almout
計	146,600	81,200	55	109,600	75	28,400	

- ・ 既存の北部灌漑地区のうち、標高 1,250m 以上に展開する高位部はタレガン導水によって灌漑される。一方 1,250m 以下の低位部はアルムート導水によって灌漑される。
- ・ 現況の灌漑率は平均 55% であるが、将来計画ではこれが 75% に改善される。これに

伴う灌漑面積増は 28,400ha である。中央平野部は既存の北部灌漑地区に比べて塩分土壌を持った農地も存在しているが、現在井戸(地下水)によって灌漑されているが、水不足を生じている地区を灌漑する計画である。ガズビン平野の農民に対する平等な水配分を考慮して、いずれの地区も灌漑率を 75% と設定した。もちろんこの面積は構想レベルのものであって、将来 F/S レベルの土地利用計画を策定する必要がある。

(3) 灌漑用水量

灌漑用水量の需給は下表のように取りまとめられる。

灌漑用水量の需給

地区	純灌漑面積 (ha)	水需要量 (MCM)	水源別供給量 (MCM)			
			タレガン導水	アルムート導水	地下水	計
1. 現況						
(1) 北部灌漑地区						
高位部	24,200	266	80	-	190	270
低位部	24,000	264	60	-	210	270
小計	48,200	530	140	-	400	540
(2) タケスタン地区	6,000	66	0	-	70	70
(3) 中央平野部	27,000	297	0	-	340	340
計	81,200	893	140	0	810	950
2. 計画						
(1) 北部灌漑地区						
高位部	28,900	318	130	-	190	320
低位部	28,500	314	-	90	230	320
小計	57,400	632	130	90	420	640
(2) タケスタン地区	6,700	74	10	-	70	80
(3) 中央平野部	45,500	501	-	120	380	500
計	109,600	1,207	140	210	870	1,220
地下水涵養水	-	-	-	40	-	40

- ・ 現在タレガンから導水されている灌漑用水は 1.4 億 m³ で、そのうち 0.8 億 m³ が北部灌漑地区高位部で、また 0.6 億 m³ が低位部で利用されている。この水は将来、1.3 億 m³ が高位部で、また残りの 0.1 億 m³ は既存の北部幹線水路の延長によってタケスタン地区で利用される。北部灌漑地区高位部では現在の灌漑率 63% が将来は 75% に改善される。
- ・ 北部灌漑地区の低位部は現在タレガン用水によって灌漑されているが、この地区は標高 1,250m 以下に展開しており、アルムートからの重力導水によって配水が可能であり、将来はアルムート導水の一部 0.9 億 m³ によって灌漑される。灌漑率は現在の 63% が将来は 75% に改善される。
- ・ 現在、タケスタン地区は地下水によって灌漑されているが、近年地下水位の低下が顕著である。将来は既存の北部幹線水路の延長によって 0.1 億 m³ のタレガン用水が配水される。

- 中央平野部は現在地下水のみに頼っているが、慢性的な水不足に悩んでいる。将来はこの地区の灌漑用水として 1.2 億 m^3 のアルムート用水が配水され、現在の灌漑率 44% を将来は 75% に改善する計画とする。
- 地域全体として、現在 8.3 億 m^3 の地下水が灌漑のために揚水されているが、将来はアルムート導水の結果として灌漑用水増による地下水涵養量増が期待され、地下水揚水量は 8.7 億 m^3 が見込まれる。

(4) 既存北部灌漑システムの改修

既存の北部灌漑システムは 1970 年代から運用されており、老朽化が著しい。限られた水資源量の有効な活用のためには、水利用効率の最大化が求められており、従って老朽化した灌漑施設からのロスを少なくするために下記の改修が計画される。改修計画の詳細は JICA 調査団がラルールコンサルタントを雇用して実施し、その報告書を別途に TRWB に提出している。

北部灌漑システムの改修工事

改修を要する施設	数量	摘要
コンクリート構造物の改修	588 箇所	コンクリートによる補強
ゲートの改修		
- ゲート本体の修理や付替え	133 箇所	修理、付替え
- アーチゲートの付替え	250	50 lit ~ 1,000 lit
- その他ゲートの付替え	200	
- ゲートフレームの付替え	200	

資料: JICA のインベントリー調査 (2000)

(5) 中央灌漑水路の予備設計

年間 2.5 億 m^3 のアルムート用水を北部灌漑地区の低位部と中央平野部に配水するための中央灌漑水路(新設)の概要は下記の通りである。

- アルムート導水トンネル出口での設計水位は 1,250m である。
- アルムート導水トンネルの出口は既存の北部幹線水路の第 2 支線の下流部、鉄道沿いに位置するが、そこに調整池を設け、中央幹線水路はそこから出発する。
- 中央幹線水路の設計縦断勾配は 1/5000 であり、ガスビン平野中央部を極力大きく重力でカバーできる路線を選定した。
- 幹線水路の設計断面は $22.5m^3/sec$ である。
- 幹線水路には計 10 本の支線水路が付属する。
- 幹線、支線水路ともコンクリート舗装水路である。

- ・ 幹線水路の末端はブインに達し、総延長は 125km である。
- ・ 比較的高位部に位置する支線水路の末端には地下水涵養池が設置され、残水や余剰水が地下水に涵養される構造である。

既存の北部灌漑システム及び新設の中央灌漑システムの概要を下表に取りまとめた。また、これら灌漑システムの概略平面を Fig-29 に示した。

ガズビン平野灌漑システムの概要

項目	既存北部灌漑システム		計画中央灌漑システム	
1. 灌漑面積 (ha)	北部高位部	38,600	北部低位部	38,100
	タケスタン	9,000	中央平野部	60,900
	計	47,600	計	99,000
2. 純灌漑面積 (ha)	北部高位部	28,900	北部低位部	28,500
	タケスタン	6,700	中央平野部	45,500
	計	35,600	計	74,000
3. 灌漑率 (%)	75		75	
4. 灌漑用水供給量 (MCM)				
タレガン用水	140		-	
アルムート用水	-		210	
地下水	260		610	
計	400		820	
5. 地下水涵養量	-		40	
6. 灌漑水路				
幹線水路	Q=30m ³ /sec, L = 94km		Q=22.5m ³ /sec, L=125km	
支線水路	12 units, L = 220km		10 units, L=150km	
7. 地下水生産井戸	800units		1,600units	

(6) 事業費

水路の事業費は、US\$41,500,000 でアルムート導水事業の費用を加えた全事業費は US\$165,100,000 である。(123,600,000 + 41,500,000)

(7) 事業便益

事業便益は灌漑による農業生産増便益のみを計上しており、Financial で 810 億リアル(約 1 千万ドル)、Economic で 1,470 億リアル(約 1,840 万ドル)である。

(8) 経済評価

事業費と事業便益に基づき算定した NPV は 948 億リアル(約 1,185 万ドル)、B/C Ratio は 1.3、EIRR は 14.5%と高い価を示す。なお、ha 当たりの投資額は 5,900 ドル/ha である。

(9) 財務評価

タレガン及びアルムート用水による受益者はガズビン平野における農業従事者であり、農家の財務状況を分析した結果によれば、現在の世帯当たり収入 480 万リアルが灌漑農業の拡大により 680 万リアルに達し、収入は 1.4 倍に向上する。

第 11 章 地下水涵養構想

ガズビン北部水路では春期の余剰表流水や冬期の利用しない表流水をリチャージポンドに入れ、地下水涵養に利用している。過去の実績によると滞水層の涵養能力が大きいので、良い効果を上げてきている。将来、Khah-rud 川や Kordan 川において地下ダムや涵養ダムを建設し地下水涵養を促進させる可能性があり、JICA 調査団の過去の経験に基づきその構想を提案している。Fig-30 にその構想を示した。

第 12 章 水資源開発、水管理計画の実施工程

上記に述べてきたよう、西部首都圏の将来の水需要を満足させるためには、種々の水資源開発と水管理を実施していく必要がある。主な開発、管理に関し、実施工程案を策定すると下表の通りである。

テヘラン西部首都圏水管理事業の実施工程表（案）

項目	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017	2019	2021
1.新規事業											
タレガンダム		■									
アルムート導水		■								
カジ - テヘラン No.6 送水施設		■									
ジ'アラン - カジ 第 2 期送水管				■						
テヘラン No.6 浄水プラント		■								
テヘラン下水システム		■									
ガズビン中央部灌漑		■								
2.水管理事業											
タレガン導水リハビリ		■									
ガズビン北部水路リハビリ		■									
カラジ用水運用		▨									
タレガン用水運用		▨									
アルムート用水運用								▨			
テヘラン上下水運用		▨									
ガズビン灌漑運用		▨									
地下水運用		▨									

注: Feasibility Study and Detailed Design □ CO., Construction ■
 Water operation Test Water Management ▨

第 13 章 結論と勧告

13.1 結論

テヘラン西部首都圏では 2001 年現在 46.75 億 m³/年の用水が消費されており(表流水 13.9 億 m³、地下水 32.85 億 m³: 都市用水へ 15.95 億 m³、農業用水へ 30.8 億 m³)、イラン国政府の首都圏への人口吸収政策に基づけば水需要は 2021 年には 56.3 億 m³(表流水 19.65 億 m³、下水再処理水 3.5 億 m³、地下水 33.15 億 m³: 都市用水へ 23.2 億 m³、農業用水へ 33.1 億 m³)

にまで増大する計画である。一方、地域内では表流水源、地下水源ともに開発・利用が可能な量には制限がある。タレガン及びアルムートの両河川を含んで年間 24.6 億 m^3 の表流水源賦存量に対して現在の利用は 13.9 億 m^3 (賦存量の 57%) に達しており、将来更に開発されるとしても 19.65 億 m^3 (賦存量の 80%) が最大限度であると考えられる。一方、現在 32.85 億 m^3 /年消費している地下水源も既に減少の傾向を呈しており、年間約 7 億 m^3 の資源の引き出しが生じていると判断される。水源管理上の適切な措置を講じない限り、近い将来地下水資源は枯渇化しよう。有限な資源量の範囲内で地域が持続的に発展するためには、資源は適切かつ有効に管理されなければならない。

テヘラン市の都市用水はカラジダムとラチアダム(ラールダムからの導水を含む)からの導水(共に流域変更導水)及び地下水に依存しているが、表流水源の供給可能量は 1993 年以降限界に達しており、地下水への過剰な依存が深刻化してきている。テヘラン西部首都圏近傍における表流水源は既にその一部が利用されているタレガン川とその北に隣接するアルムート川しか残されておらず、イラン国政府は首都圏の水不足に緊急に対応するため、タレガン用水の一部をテヘラン市に導入すべく、タレガン貯水ダムの建設が現在既に着工され、既存のタレガン導水トンネルの出口とカラジ川を結ぶパイプライン(第 1 期)の建設も完了したばかりである。しかしながらタレガン、アルムート両河川ともガズビン州に属しており、しかも現在ガズビン平野の灌漑に供給されているタレガン用水を一部といえどもテヘラン首都圏に導水するためには、アルムート用水を開発することによってその代替がなされなければならない。またアルムート用水の一部を利用してガズビン平野における灌漑農業を拡大する等の対策を講じない限り、ガズビン州の資産であるタレガン用水を首都圏に導入することは困難であろう。こうした対策は導水事業の実施による社会的便益を広く公平に分配するためにも必要である。幸い、アルムート導水計画のプレ F/S によれば計画の実施は技術的に可能であり、経済的にも妥当である。

さらに、2021 年の計画目標年に向けて増大する水需要量にタイムリーに対処するためには、既存導水施設のりハビリ、カラジ～テヘラン間の導水施設、タレガントンネルとカラジを結ぶパイプラインの第 2 期工事などが適宜に計画、実施されなければならない。このため、以下に述べる総合水管理プログラム、表流水資源の開発、地下水管理が早急に実施に移される必要がある。地域においては、都市用水や灌漑用水の給水事業や下水処理事業は民間企業に移管され、料金徴収を含めて事業は極めて良好に運営されている。今後の地域の発展に伴って増大する水需要に対応するため、水資源の開発と管理がより重要となってくるが、しかしながらそうした努力にも限界がある。2021 年以降をより長期的に展望した場合、首都圏地域への人口流入の抑制等、水需要量を抑制する方策が視野に入れられなければならない。

13.2 総合水管理プログラム

西部首都圏の将来の水資源利用可能量は、表流水 23 億 m^3 、地下水 33 億 m^3 、計 56 億 m^3

と評価されたが、この量は将来の種々の水需要量に必ずしも満足を与えるものではない。首都圏の人口一人当たりで換算すると利用可能量は僅かに 320m^3 で世界の平均に比べると著しく少ない。従って開発された水資源を有効かつ持続的に利用する総合水管理計画を緊急に実施する必要がある。総合水管理計画の実施にあたっては、特に下記の諸点に十分な考慮を払う必要がある。

- ・ 貯水池の運用と運用された水の有効利用方法
- ・ 表流水と地下水の組み合わせによる春期、夏期の有効水利用方法
- ・ 地下水資源の適正評価と管理のためのモニタリング及びデータ管理方法の改善
- ・ 適切かつ公平な水配分基準の設定とそれに基づく水配分の実施方法
- ・ ロスを少なくするような受益レベルにおける水利用方法

13.3 表流水資源の開発

調査対象地域の表流水資源は 24.6 億 m^3 と評価されており、このうち 2021 年には 19.65 億 m^3 が開発・利用される見込みである。将来に向けて増加する地域の水需要を満足させるには、以下の表流水資源開発が計画されたスケジュール(実施工提案)通りに完成されることが前提である。

- (1) 計画されたタレガン用水のテヘラン首都圏での利用を可能にするためには、カラジ川からテヘラン市への新規の導水施設の建設が必要不可欠である。テヘラン市に新規に計画されている No.6 浄水プラントとカラジ間を結ぶ導水施設の新設が最も有効であり、その導水事業の調査設計と建設が緊急課題であり、第 1 優先である。導水計画案としては導水トンネル 24km もしくはパイプラインと高圧ポンプの組み合わせ案が考えられる。
- (2) 建設中のタレガン貯水ダムを工期通りに完成し、その水配分計画を確定することが必要である。また関連して、タレガンダム完成後は既存のタレガン導水トンネルを利用することになっているが、タレガントンネルは既に運用開始後 25 年以上を経過しており、老朽化が著しい。ダム完成後はトンネル内には通年の通水が予定されており、しかも今後更に数十年に亘っての運用が期待されることから、ダム完成までに冬季の無通水期間を利用しての改修が必要である。
- (3) 現在ガズビン平野の灌漑に利用されているタレガン用水のテヘラン首都圏での利用を実現するためには、その代替としてアルムート導水事業及びガズビン中央部灌漑事業の調査設計と建設を計画通りに実施することが必要である。幸い、本調査で実施されたアルムート導水事業に係るプレ F/S では、同事業の妥当性が技術的かつ経済的に高いことが示されている。技術的側面では、同導水事業に含まれている延長 33.8km の導水トンネルが最も困難でありかつ地質調査等に時間を要することから、今後の詳細調

査が緊急に実施されることが必要である。

13.4 地下水管理

調査対象地域で現在生活用水、工業用水、或いは灌漑用水として利用されている地下水は 33 億 m³ に達しており、表流水利用の 19.65 億 m³ と比較してきわめて大きい。この地下水利用量は、地域における降水量、河川水、各種水利用等からの涵養量を考慮すれば上限に達していると考えられる。したがって地下水を将来に向けて効率的かつ持続的に利用する地下水管理計画を実施することが必要である。その際、下記の諸点を十分に配慮する必要がある。

- ・ 地下水の監視、評価システム、方法を強化すること
- ・ 特に Hashtgerd 地区のコルダン川やガズビン平野の Khah-rud 川における地下ダムによる地下水涵養計画を検討し、実施すること。

13.5 情報公開の促進

本調査のドラフトファイナルレポートの公式説明は、2001 年 8 月 20 日にテヘランにおいてセミナーの形式で実施された。セミナーには駐イ日本大使、イラン国会議員やエネルギー省次官を筆頭に政府ならびに民間の技術者、行政官など約 150 名が出席、翌 21 日に「トンネル施工の最新技術」、「地下水調査、解析、管理」、「総合水管理の概要」をテーマとして実施されたワークショップには 50 名の技術者が参加し、セミナー、ワークショップともに成功裏に終了した。

地域資源の開発・管理には、特に当該地域のように資源量の需給の関係が逼迫している場合には地域の枠を超えた取り組みが要求される。ドナー流域と受益者との間の相互の理解と信頼がない限り地域内で最も有効な資源管理には到達できない。その相互の理解と信頼には、事業に対する正確な認識が必要である。事業に対する情報公開を促進し、濃度のある議論の中から合意の形成を促すことが最も早道であり、本調査が示した情報公開の手法を今後も大いに活用してもらいたい。