

イランイスラム共和国
エネルギー省水資源管理公社

イランイスラム共和国
セフィードルード川流域
総合水資源管理調査

ファイナルレポート

要約

平成 22 年 11 月
(2010 年)



独立行政法人 国際協力機構



株式会社建設技研インターナショナル

環境
JR
10-123

イランイスラム共和国
エネルギー省水資源管理公社

イランイスラム共和国
セフィードルード川流域
総合水資源管理調査

ファイナルレポート

要約

平成 22 年 11 月
(2010 年)



独立行政法人 国際協力機構



株式会社建設技研インターナショナル

セフィードルード川流域総合水資源管理調査
ファイナルレポート

ファイナルレポート(和文)構成

1 主報告書

2 要約

本件調査において使用した通貨換算率は以下の通りである。

1.0 米ドル = 9,553.59 リアル = 105.10 日本円

1 日本円 = 90.91 リアル

1 ユーロ = 14,890.33 リアル

2008年5月31日現在

セフィードルード川の水資源ポテンシャルと水資源開発計画**1 流域の水資源管理の課題**

イランイスラム共和国（以降「イラン国」）は、年平均降水量が約 250 mm、国民一人当たりの水資源利用可能量は約 1,900 m³/年であり(世界平均約 8,600 m³/年/人の約 1/4)、イラン国中央部の砂漠地帯とカスピ海沿岸の温暖湿潤地帯があるなど水資源の偏在は甚だしい。近年、農業、工業などの産業は堅調に発展し人口の増加も著しいため、水需要の増加を招いている。

イラン国は水利用の 55 %を地下水に依存しており、100 m を超える深度からも取水が行われるなど、地下水の過剰揚水により地下水位の低下と地下水資源の枯渇を招いている地域もある。また、河川などの表流水については、水資源の偏在を補うための流域外導水やダムなどによる水資源開発を各州が独自に計画を立てており、統合的な調整が行われていない。

セフィードルード川は、イラン国西北部にあるイラン国有数の大規模河川で、その流域は 8 州にまたがり、流域面積は 59,090 km²である。国内の他の河川に比べて水資源が比較的豊かであり、流域内の人口は約 472 万人で首都テヘランの北西にあることからテヘラン首都圏への水供給源としても期待されている。また、下流域はイラン国随一の稲作地帯を有する地域でもあり、水需要も非常に多い。

このように、セフィードルード川は総合的な水資源開発・管理計画がないまま各州・地域でダムの建設、計画を行っているため、水資源の最適配分・有効利用が喫緊の課題となっている。

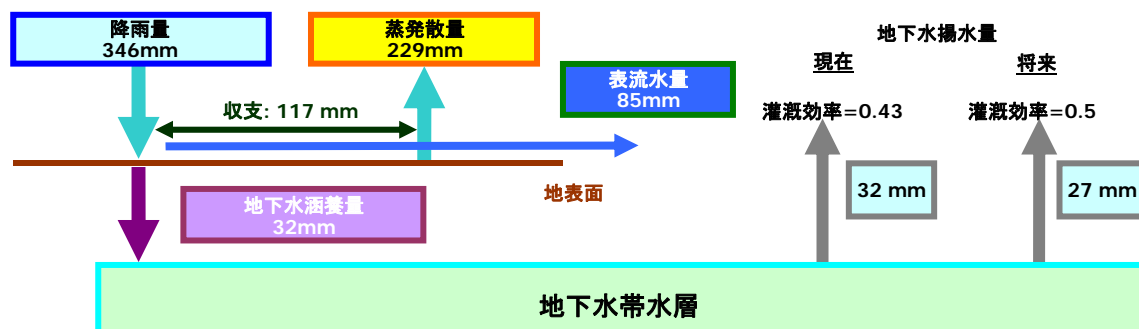
2 流域の水資源ポテンシャル

実績降雨を用いたシミュレーション結果によると、1985 年から 2005 年の流域平均降雨量は 346 mm で、そのうち蒸発散量は 229 mm、地下への浸透量は 32 mm で、残りの 85 mm が表面流出量となる。これを流域全体の表流水に換算すると年間約 50 億 m³ となり、これが表流水のポテンシャルとなる。いっぽう、地下水涵養量は年間約 19 億 m³ と推算される。これらを以下の図表に示す。

表 1 水資源ポテンシャル

年降水量	蒸発散量	水資源ポテンシャル		
		表面流出量	地下水涵養量	合計
346 mm (= 204 億 m ³)	229 mm (= 135 億 m ³)	85 mm (= 50 億 m ³)	32 mm (= 19 億 m ³)	117mm (= 69 億 m ³)

注：降雨データの使用期間は 1985 年から 2005 年



地下水現在: 不足(地下水位低下) 11地下水区中7地区

地下水将来: 不足(地下水位低下) 11地下水区 中5地区



基本方針: 地下水帯水層の保全

図1 水収支と水資源ポテンシャル

3 水需要予測

開発目標年次を、中期 2016 年、長期 2031 年として、水需要量を予測した。中期目標年には現在工事中の 14 ダム、長期目標年には計画中の 21 ダム、Qazvin 導水計画が完成するものと想定している。計算結果は次表に示すとおりである。なお、表に示す灌漑効率は WRMC の目標値を用いたケースを想定して農業水需要量を算定したものである。

表2 水需要予測結果一覧表

目標年	灌漑面積 (ha)	WRMC 目標の灌漑効率 (%)	水需要量 (単位: 百万 m ³)			
			農業	水道	工業	合計
現況 (2006 年)	474,100	33.4	7,074	609	43	7,726
			91.6%	7.9%	0.6%	100.0%
中期 (2016 年)	577,800	40.0	7,068	859	121	8,048
			90.1%	11.0%	1.5%	102.6%
長期 (2031 年)	646,700	50.0	6,714	1,268	204	8,186
			83.9%	15.8%	2.5%	102.3%

なお、灌漑効率は表3に示すように、整備シナリオのパラメータとした。下限が無対策、上限が WRMC の目標値、その間が中間的な値である。これは、灌漑効率の改善事業にも多大な投資を必要とするため、将来の整備シナリオの一つとして考えた。

表3 灌漑効率の想定

対象地区	現況 2006年	中期 2016年	長期 2031年
SIDN地区 (ギラン州水田地区)	42%	42-45-48%	42-51-55%
伝統的灌漑地区 (Manjilダム上流地区)	33%	33-37-40%	33-44-50%

4 水資源開発計画

イランにおける水資源開発計画は、そもそも水資源が潤沢に存在しないため、流況改善施設としてダム建設を軸にした開発計画が進められている。また、調査対象地域における地下水開発は限界状態にあるため、今後の水資源開発計画の対象は表流水で、ダムによる水資源開発が主体となっている。表4に示すように調査対象地域には既設を含む174ヶ所のダムプロジェクトがある。このうち、既設のダムは92ヶ所で総貯水量22.4億 m^3 である。建設中及び調査段階のダムプロジェクトは82ヶ所で総貯水量37.4億 m^3 である。また、5百万 m^3 以上の大ダムは、数では38ヶ所で全体の21.8%であるが、貯水量は58.5億 m^3 と全体の98%を占めている。大ダムの位置は、図2に示すとおりである。

表4 流域内の既設ダムおよびダム開発計画

段階	大ダム		中小ダム		合計	
	(ヶ所)	(百万 m^3)	(ヶ所)	(百万 m^3)	(ヶ所)	(百万 m^3)
既設	3	2,178.1	89	65.2	92	2,243.3
建設中	14	2,344.9	13	21.6	27	2,366.5
計画中	21	1,323.2	34	52.6	55	1,375.8
合計	38	5,846.2	136	139.4	174	5,985.6



図2 既設・建設・計画段階の大ダム位置図

水資源管理に関するコンフリクトマネジメント

1 コンフリクトと調査アプローチ

水資源は、社会の発展に伴う需要の増大によって、より希少な資源となりつつある。しかし、水資源の特性の一つである「地位的な偏在」に起因して、上下流、あるいは都市と農村の間に古くから水争いが発生しており、これに加えて州間、国境間の水利用が争点となり、その解決策として協定締結や総合水資源開発による調整がなされてきた。こうした一般的な水資源管理に係わる背景を踏まえ、本調査では次のようなアプローチを採用する：

- (i) ステークホルダーを含む関係機関やユーザー等の参加によりワークショップを実施し、コンフリクトの背景を把握する（コンフリクトアナリシス）。
- (ii) 外国の事例を参照して、コンフリクトの実態と解決策について議論する。さらに、ステークホルダー間の調整ルールの議論を行う。
- (iii) 水資源管理計画に組み入れられる調整原則の提案を行う。

上記アプローチにより、(i)に関してコンフリクトアナリシス、(ii)に関してステークホルダー会議の一部、(iii)に関してローカルコンサルテーションを計画・実施した。

2 州の特徴

関係する7州の民族的成立ちや社会経済的基盤の違いを整理すると次表のようである。

表5 各州のグループ分け

		農牧業が高い比重	工業・商業が発達
非ペルシア系言語 民が主体	上流	アルデビル州、コルデスタン 州、ザンジャン州	東アゼルバイジャン州
ペルシア系言語民 が主体	下流	ギラン州	—
	その他	—	カズビン州 テヘラン州

3 対立点の整理と対処の方法

このまま上流の州が水利用量を増やすために水資源開発計画を実施した場合、Manjil ダムへの流入量が減少し、下流の灌漑水量も減少する。このため、下流の農業生産高が減少することは明らかである。さらに流量の減少による下流の水質の悪化が懸念される。

コンフリクトアナリシスの結果、各州が協調的行動へ向かわないのは、水資源が公平に配分されていないと考えていることが対立の背景として存在することが明らかになった。そのように感じている理由は、(1)各州は、自分の立場を正当化するために、それぞれ異なった公平性の基準を主張している、(2)各州は、他の州に不信を抱いており、他の州の主張を受け入れないためである。そうした対立点の詳細は、以下の通り整理される。

表6 対立点の整理と対処方法

対立点	上流の意見	下流の意見	対処方法
水利用の権利	水源を所有しているものが第一に利用する権利がある。	既に40年以上水を使っており、既得権とみなされる。	現状より少しでも良い状態を目指して協議する。まず灌漑効率を向上させ、限られた水資源の有効活用を目指す。
経済（生産）効率	上流域は土地の質が良く開発ポテンシャルが高いが、下流域は水利用効率が低い。	国の戦略作物である米を生産しており、ギラン州は最も生産に適している。	国の戦略的作物の米の栽培といえども、効率的な生産努力を続けることが上流域から理解を得られる最短経路である。
公平性／社会的正義	所得が国の平均より低いいため、農業や工業開発をして所得を増やす必要がある。	水不足から農家所得が低下しており、これ以上の低下は社会不安に繋がる。	上記の水利調整の中でのみ解決できる問題である。
情報・データの信頼性	下流の州が提出する情報・データは信頼出来ない。	上流の州が提出する情報・データは信頼出来ない。	流域の統合機関として、流域管理組織(RBO)が責任を持って客観的データを蓄積すべきである。

さらに、本調査において水需要量算出の基礎となる土地利用や水需要原単位に関して、イラン側コンサルタントとともに、解像度の高い衛星画像を用いてこれらの解析を行い、流域関係州の水需要を客観的かつ包括的に評価した。こうした客観性の高いデータ・情報の活用と解析結果は、今後流域関係州相互の信頼醸成やコンフリクト解決に寄与するものと期待できる。

4 水資源管理計画に組み入れられる調整原則の提案

今後州間の対立を生じさせないで水資源開発を行うために、新たな水資源開発計画の提案は、水資源ポテンシャル内に収まるように灌漑効率の向上を含む節水対策の計画を同時に示すこ

とが基本的な条件となる。すなわち、

- 新たな水資源開発計画には同時に節水対策計画を含めなければならない。
- 上記水資源計画は節水対策計画によって現状の充足率を著しく低下させないことをシミュレーションモデル等により全ての関係州の参加を得て検証する。
- 各州は引き続き灌漑効率の向上を含む節水に努力し、毎年モニタリングするものとする。

5 RBO の必要性

コンフリクトの解決のために、ステークホルダー間の協力的なコミュニケーションを促進する目的で常設の組織の設置を推奨する。この場においてステークホルダーは相互理解を促進し、Win-Win アプローチに基づいて解決策を探るものである。この組織には、以下の機能を持たせるものとし、組織構成を図3に示す。

- 流域総合水資源管理マスタープランの実実施計画の調整作業と策定
- 意思決定支援ツールとしての流域モデルの利用・改良と新規動向に対する評価
- 水配分にかかる最終合意案の調整と合意形成
- 水利用にかかる緊急時を含む紛争調停案の調整と迅速な対応

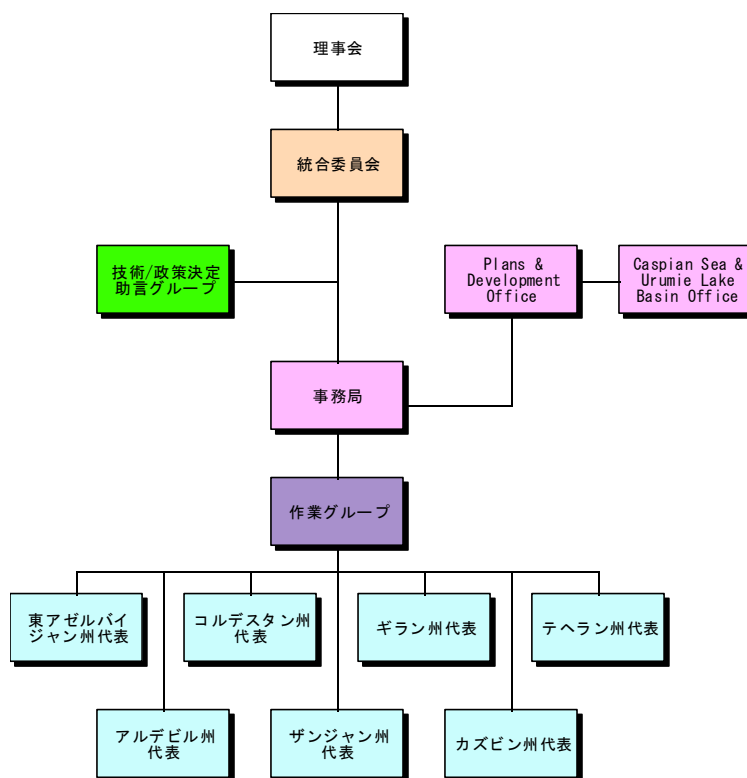


図3 RBO の組織図

さらに、RBO を軸とした将来的な総合的水資源管理プロセスを概念的に示したものが次図である。

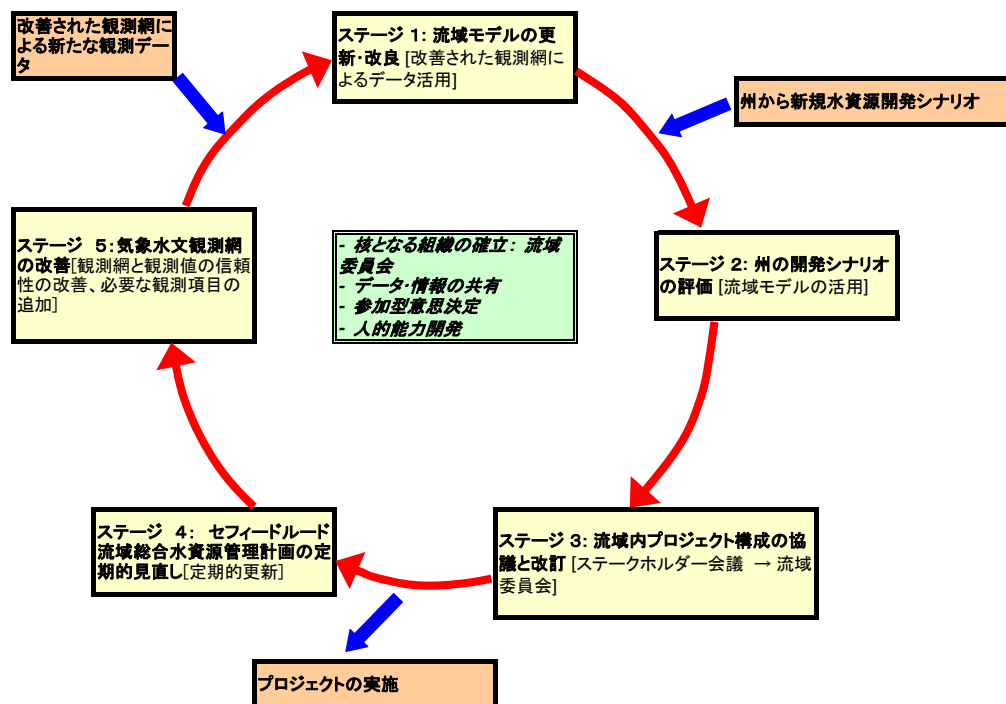


図 4 セフィードロード川流域総合的水資源管理プロセスの概念

総合水資源管理に向けた検討

1 総合水資源管理の基本方針

1) 目標年次

目標年次は、中期目標を 2016 年、長期目標を 2031 年に置く。

2) 水資源開発の基本方針

今後の水資源開発は、表流水による開発、すなわちダム貯水池の建設により改善された流況の取水に主力を置く。さらに地下水資源の保全が必要な地域において、とくに他の用途に比して量的に卓越している農業用水の地下水からの取水は、可能な限り表流水に転換を図る。

3) 水需要の利水安全度

用途別に、優先順位を上水道、工業、農業とし、利水安全度は 5 年渇水確率とする。

4) 農業用水の管理方針

現況の水利用の95%を占めている灌漑水の需要量は、灌漑効率の改善によって大きく変化する。現在の平均0.33の灌漑効率を改善していくことを、シナリオの一つとして検討した。

5) アプローチ

まず、各州による中長期の水資源開発計画による影響を、流域モデルを用いたシミュレーションによって、下流ギラン州および上流の伝統的灌漑区域の水需要の充足状況を評価した。さらに深刻な地下水位低下地域への対応や、環境流量への対応を検討し、中長期の持続的水資源管理のためのマスタープランとした。このアプローチを次図に示す。

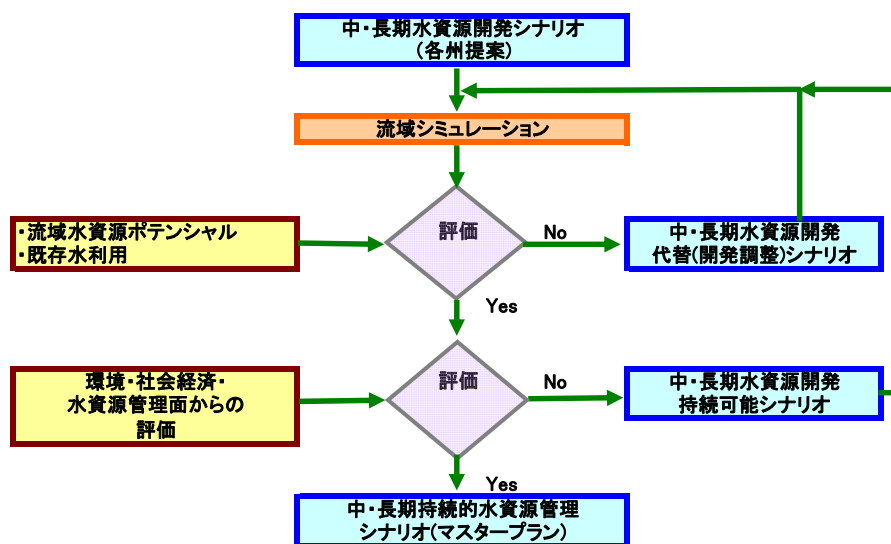


図5 持続的水資源管理シナリオ作成アプローチ

2 総合水資源管理シナリオ

将来の水資源開発と灌漑効率の改善の両者を考慮したシミュレーション結果に基づくと、5年確率の渇水時に上流域の伝統的灌漑区域と下流ギラン州の灌漑区域(SIDN)で、次図のような効果が得られた。

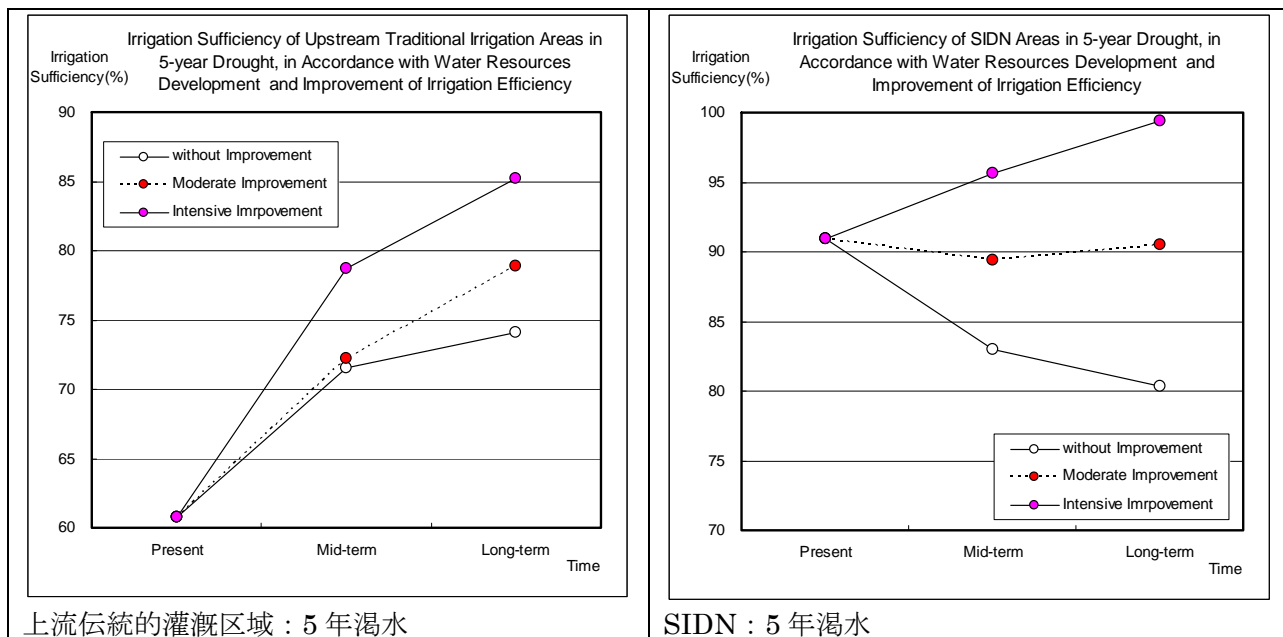


図6 水資源開発と灌漑効率改善に伴う伝統的灌漑区域とSIDNにおける灌漑需要の充足状況

望ましい水資源管理の方向性は、次のようである。

- 上流部は、とくに渇水時に水資源開発の効果が発揮されるとともに、灌漑効率の改善により、充足率はさらに向上する。
- SIDNにおいては、少なくとも中間案程度の灌漑効率の改善(上流：中期 0.37、長期 0.44、SIDN：中期 0.45、長期 0.51)を流域全体で促進する必要がある。

すなわち、セフィードルード川流域全体の水利用に対して、Manjil ダム上下流で対立することなく、両者が地域の社会経済開発のために十分な水を利用するためには、上流の水資源開発とともに、少なくとも上記に示した程度の灌漑効率の改善を実施する必要がある。これによって、流域全体が偏りなく水資源開発の恩恵を受け、併せて節水型の流域が形成されることとなる。

また、地下水位が経年的に低下している地域に対して、表流水転換の可能性を検討し、多くに地域で転換が可能であることが分かった。しかし、一部の表流水資源が逼迫している地域では、流域内での水資源に限りがあり、より詳細な検討が必要なことも明らかとなった。

さらに、環境流量について、WRMC では暫定的指針として年平均流量の 10%をという目標を設定しており、これは水文的手法として世界的に一般に適用されている手法である。水資源開発によって、主要地点における流況が改善されるため、長期計画時点の平水年流況の 90%流量と比較すると、ほぼこれを達成できることが分かった。

水資源開発の社会経済的な効果を、灌漑区域の増大による地域経済の浮揚という観点で整理してみると、とくにこの効果が上流部の各州、コルデスタン、ザンジャン、東アゼルバイジャン、アルデビル州で顕著に現れている。これら上流域では、より換金性の高いアルファルファ

や果樹の栽培により、単位面積当たりの農業生産高が高くなっており、水供給の増加により生産性も増加している。また、伝統的灌漑区域の水需給の充足率を見ると、中期・長期にわたり改善されていき、水資源開発プロジェクトの進捗による流況改善と灌漑効率の改善による水需要の圧縮による相乗効果が発揮されている。

提言

1 流域管理組織(RBO)の設立とその機能的運営

流域内の水資源管理におけるさまざまなコンフリクトに関する協議・調停組織として、流域管理組織(River Basin Organization, RBO)の設立が喫緊の課題である。従来の州単位による水資源開発を、流域トータルで調整する機関として、地下水と表流水を含む水資源のモニタリングとその情報共有を行い、個別の水資源開発プロジェクトが与える水文的・環境的影響を評価する。さらに、RBOにはより広いステークホルダーとして、農業推進省(MOJA)や環境庁(DOE)の参加を求める。

このRBO設立に伴って、その職員は関係RWCから派遣されることになると考えられる。そもそもイランの各州のRWCは、高い技術者のレベルおよび組織運営能力を有している。しかし、上記の業務遂行に当って、職員のモニタリング能力や計画調整能力の向上に関して、更なる支援が必要と思われる。

2 灌漑効率の改善

マスタープランにおける利水シミュレーション結果で明らかのように、今後の水資源管理において、供給サイドと消費サイドの努力はまさに車の両輪である。供給サイドの改善は、ダム貯水池による流況平滑化という限られた水資源の有効活用である。いっぽう、消費サイドの改善は、灌漑効率の改善という水消費面での水資源の有効利用である。

この灌漑効率の改善は、国家の水資源管理戦略の中でも重要課題として取り上げられており、農業推進省においても水不足の解消策として農業インフラの整備事業に取り掛かっている。対象が広域にわたるため時間は掛かるものの、こうした動向に沿って灌漑効率を徐々に改善していくことが水資源の有効利用繋がるものと考えられる。この観点からも、継続的な支援が必要である。

3 流域内地域別課題への取り組み

長期計画の目標年次である2031年に向けて、21基の貯水容量500万 m^3 以上の大ダムの計画が進んでいる。本調査において、流域全体としての評価は実施したが、個別の計画ダムには、貯水効率の悪いものも見受けられる。こうした個別のダムの詳細な評価および計画の見直しが必要である。

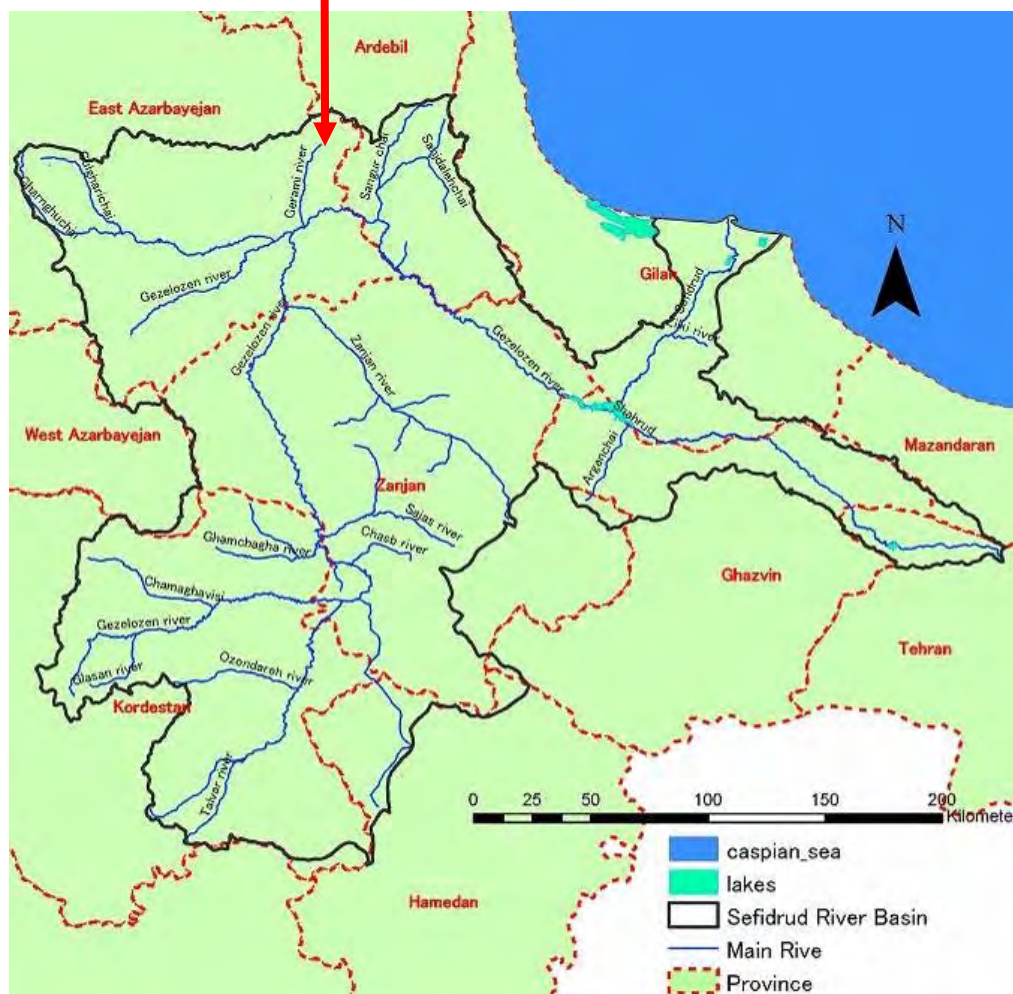
本調査期間中に、本川オストールダムから取水し、流域外のアルデビル平原に導水するアルデビル導水、オストールダムからマンジルダムの間に計画されている発電ダム群の計画が提案された。水文的な影響評価を本調査の中で実施している。しかし、これらの計画はまだ確定したものではないが、流域の水資源管理に大きな影響を与えるため、今後より詳細な影響評価が必要となる。

さらに、環境流量について、主要地点における流況の改善効果と WRMC の暫定的指針である年平均流量の 10%相当流量を比較し、長期計画時点の平水年流況の 90%流量が、ほぼこれを達成できることを示した。しかし、地域的にみると、地質的な要因から塩分濃度の高い区間が存在し、また将来的には都市排水による水質悪化が懸念される。これら水質改善面での困難な課題が残されており、BOD 等の指標を含めた包括的な水質モニタリングの強化を踏まえて、詳細な検討を含めた改善策の検討が必要である。

4 地下水資源の保全

現在、流域内の多くの地下水盆において、降雨・積雪によってもたらされる地下水涵養量を上回る過剰な揚水が行われており、結果として深刻な地下水位の低下を引き起こしている。これらの地下水盆の保全に対する対策は、それぞれの地域の水文特性、地下水盆の構造、産業構造と地下水需要、表流水への転換の可能性と必要な施設等、ほとんどが地域的な特性に基づく課題であり、一律に解決できるものではない。

このため、地下水資源の保全についても、前述の地域別課題と同様にローカル色の強い課題であり、より詳細な調査と実態把握に基づいた課題解決へのアプローチが必要となる。



調査対象地域位置図

略 語

略語	: 正式名称 (英語)	正式名称(日本語)
C/P	: Counterpart	カウンターパート
DB	: Database	データベース
DOE	: Department of Environment	環境庁
DF/R	: Draft Final Report	ドラフトファイナル・レポート
DIC/R	: Draft Inception Report	ドラフトインセプション・レポート
EHC	: Environmental High Council	高等環境議会
F/R	: Final Report	ファイナル・レポート
FAO	: Food and Agriculture Organization	世界食料農業機構
GDP	: Gross Domestic Product	国民総生産
GIS	: Geographical Information System	地球情報システム
GIS-DB	: Geographical Information System Database	地球情報システムデータベース
GRDP	: Gross Regional Domestic Product	域内総生産
IEE	: Initial Environmental Examination	環境影響評価
IC/R	: Inception Report	インセプション・レポート
IRIMO	: Islamic Republic of Iran Meteorological Organization	気象局
IT/R	: Interim Report	インテリム・レポート
IWRM	: Integrated Water Resources Management	総合水資源管理
JICA	: Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
MG	: Mahab Ghodss Consulting Engineering Co.	マハブゴーツ社
MOE	: the Ministry of Energy	エネルギー省
MOJA	: the Ministry of Jihad-e-Agriculture	農業開発推進省
M/M	: Minutes of Meeting	協議議事録
M/P	: Master Plan	基本計画
OMC	: Operation and Management Company	維持管理公社
PANDAM	: Pandam Consulting engineering	パンダム社
P/R	: Progress Report	プロGRESS・レポート
QPIP	: Qazvin Plain Irrigatino Project	ガズビン平野灌漑事業
RBO	: River Basin Organization	流域協議会
Reach	: Catchment Area of Dams (includes Constructed, Under Construction, Under Study)	小流域 R
RWA	: Regional Water Authority	地方水団体
RWC	: Regional Water Company	地方水公社
RWWC	: Rural Water and Wastewater Company	村落上下水道公社
SDC	: Sustainable Development Committee	継続的發展委員会
SEA	: Strategic Environmental Assessment	戦略的環境評価
SIDN	: Sefidrud Irrigation and Drainage Network	セフイードルード灌漑排水ネットワーク
SHM	: Stakeholder Meeting	ステークホルダーミーティング
SRMB	: Sefidrud River Basin Management Beouro	セフイードルード川流域管理局
UWWC	: Urban Water and Watstewater Company	都市上下水道公社
WRC	: Water Research Center	水研究所
WRI	: Water Research Institute (changed to WRC on 2002)	水研究所
WRM	: Water Resources Management	水資源管理
WRMC	: Water Resources Management Company	水資源管理公社
WUA	: Water User Association	水利組合
WWC	: Water and Wastewater Company	上下水道公社

計量單位

(時間)

h, hr : hour(s)
d, dy : day(s)
y, yr : year(s)

(體積)

l, ltr : liter(s)
mcm : million cubic meter(s)
bcm : billion cubic meter(s)

セフィードルード川流域総合水資源管理調査 ファイナルレポート

要約

主要要約

調査対象位置図

略語

計量単位

	頁
1. 序論	1
1.1 調査の背景	1
1.2 調査の目的	1
1.3 調査対象地域	1
1.4 調査工程	1
2. イラン国の社会経済状況	3
2.1 人口	3
2.2 経済—国内総生産(GDP)	3
2.3 水資源管理に係る関連法規、開発戦略および組織	3
2.3.1 法制度	3
2.3.2 開発戦略	4
2.3.3 組織体制	5
2.3.4 水利権	6
2.3.5 環境に係る組織・制度	7
3. 調査対象地域の現状	8
3.1 人口・水料金等	8
3.1.1 調査関連州の人口	8
3.1.2 水料金制度と取水水源	8
3.2 地形・地質	8
3.3 気象	10
3.4 河川・水文	10
3.5 水理地質—地下水	12
3.6 水質	14
3.6.1 表流水の水質	14
3.6.2 地下水の水質	15
3.7 自然・社会環境	15
3.7.1 自然環境	15
3.7.2 社会環境	15
3.8 土地利用	16
3.9 農業	17
3.9.1 調査対象地域の農地および作物	17
3.9.2 作付体系	17
3.9.3 灌漑の現況と改善	19
3.9.4 畜産	20

3.9.5	内水面漁業	21
3.10	水道および工業用水.....	21
3.10.1	上水道使用量	21
3.10.2	産業用水使用量.....	22
3.11	水資源開発施設	22
3.12	流域管理	23
4.	コンフリクトマネジメント.....	25
4.1	序論	25
4.1.1	コンフリクトアナリシスと相互理解.....	25
4.1.2	本調査におけるコンフリクトマネジメントのアプローチ	25
4.2	州間のコンフリクト	26
4.3	対立点の整理と対処の方法	26
4.4	水資源管理計画に組み入れられる調整原則の提案.....	27
4.5	これまでの主な成果と今後への提言	27
4.5.1	これまでの主な成果	27
4.5.2	提言	28
5.	水資源開発計画と水資源ポテンシャル.....	30
5.1	水資源開発計画	30
5.1.1	流域内のダム開発計画.....	30
5.1.2	大ダムの開発段階	31
5.2	水資源ポテンシャル	32
6.	水需要予測.....	33
6.1	予測基本フレーム.....	33
6.1.1	目標年次.....	33
6.1.2	社会経済フレームワーク.....	33
6.2	水需要予測	35
6.2.1	ゾーニング	35
6.2.2	灌漑面積.....	36
6.2.3	水需要の基本条件と予測結果	37
7.	水収支解析.....	41
7.1	モデルの概要及び構築条件・手順	41
7.1.1	セフィードルードモデルの機構.....	41
7.1.2	モデル構築フロー	41
7.2	水収支モデルの構築	42
7.2.1	境界条件.....	42
7.2.2	水収支モデルの定数解析	44
7.3	利水計算モデルの構築	44
7.3.1	計算条件.....	44
7.3.2	検証計算の実施	45
8.	ギラン補足調査.....	46
8.1	調査の背景	46
8.2	SIDN の土地利用	46

8.3	ギラン州の水資源.....	47
8.3.1	セフィードロード川の表流水.....	47
8.3.2	中小河川の表流水.....	47
8.3.3	灌漑施設の改修.....	49
8.3.4	SIDN 地区の地下水利用.....	50
8.4	SIDN 地区の水源別消費水量.....	50
8.5	SIDN 地区の水需要.....	50
8.5.1	農業用水.....	50
8.5.2	養魚用水.....	51
8.5.3	水道用水.....	51
8.6	ギラン州のシミュレーションモデルの追加的構築.....	52
9.	総合水資源管理に向けた検討.....	53
9.1	セフィードロード川流域の総合水資源管理のあり方.....	53
9.1.1	水資源開発管理における課題.....	53
9.1.2	総合水資源管理の基本的考え方.....	55
9.1.3	総合水資源管理の検討アプローチ.....	60
9.2	総合水資源管理計画検討.....	61
9.2.1	計画フレームおよび基本条件.....	61
9.2.2	中長期水資源開発シナリオ検討.....	62
9.2.3	中長期持続的水資源開発シナリオ検討.....	66
9.2.4	環境・社会経済・水資源管理からの評価検討.....	71
9.3	総合水資源管理計画サブ・コンポーネント.....	76
9.3.1	水資源管理計画.....	76
9.3.2	水文モニタリング計画.....	79
9.3.3	流域管理計画.....	82
9.3.4	水資源管理・協議システム強化計画.....	82
10.	衛星画像解析結果に基づいた利水状況.....	86
10.1	衛星画像解析.....	86
10.1.1	衛星画像の撮影時期と撮影範囲.....	86
10.1.2	衛星画像解析の作業工程.....	86
10.1.3	衛星画像の仕様.....	87
10.1.4	リモートセンシングによる土地利用データの作成.....	87
10.2	水需要量の算定.....	88
10.3	利水計算の実施.....	89
10.3.1	計算条件.....	89
10.3.2	利水計算の結果.....	89
10.4	おわりに.....	90
11.	提言.....	91
11.1	流域管理組織(RBO)の設立とその機能的運営.....	91
11.2	灌漑効率の改善.....	92
11.3	流域内地域別課題への取り組み.....	92
11.4	地下水資源の保全.....	93

表 一 覧

	頁
表 2.1	イランにおける GDP の推移ならびに年平均増加率..... 3
表 2.2	水資源管理に関連する主な法律および指針..... 4
表 2.3	イランの水セクターに関する組織体制..... 5
表 3.1	人口の増勢傾向..... 8
表 3.2	水料金制度 8
表 3.3	表流水及び地下水を水源とする取水施設別取水量の割合 8
表 3.4	調査対象地域の地形・地質の概要..... 9
表 3.5	流域の気象概況..... 10
表 3.6	セフィードルード川流域の主要支川の概要..... 11
表 3.7	セフィードルード川流域の主要支川の概要..... 11
表 3.8	Manjil ダム上流域における年流出率 12
表 3.9	地下水盆の概要と地下水観測システム..... 12
表 3.10	セフィードルード川流域の地下水利用量(2003 年) 14
表 3.11	主要作物の作付面積と灌漑率..... 17
表 3.12	主要穀物の作付面積..... 17
表 3.13	流域の灌漑率..... 19
表 3.14	灌漑施設の開発・改善コスト..... 20
表 3.15	Manjil ダムの渇水時における貯水状況 20
表 3.16	チョウザメのための用水量 (2005 年以降) 21
表 3.17	ギラン州の漁獲高・養殖生産高..... 21
表 3.18	セフィードルード川流域における州別上水道使用量..... 21
表 3.19	セフィードルード川流域の産業用水使用量..... 22
表 3.20	現況小規模水源施設一覧表 (2006 年) 22
表 3.21	流域内の大規模ダム..... 23
表 3.22	流域内の既設ダム..... 23
表 4.1	各州のグループ分け..... 26
表 4.2	対立点の整理と対処方法..... 27
表 5.1	流域内の既設ダムおよびダム開発計画..... 30
表 5.2	イラン国における大ダムの開発区分..... 31
表 5.3	調査地域における大ダムの開発段階 (2008 年 5 月現在) 31
表 5.4	水資源ポテンシャル..... 32
表 6.1	目標年における社会経済フレームワーク 35
表 6.2	水需要算定のためのゾーニング..... 35
表 6.3	開発目標年次の灌漑面積..... 37
表 6.4	灌漑効率の想定..... 38
表 6.5	都市給水の給水原単位..... 38
表 6.6	水需要予測結果一覧表..... 38
表 6.7	農業用水需要量..... 39
表 6.8	水源及びゾーン別農業用水需要量..... 39
表 6.9	総合配水損失..... 40
表 6.10	ゾーン別水道用水需要量..... 40

表 6.11	工業用水需要量 (単位:百万 m ³).....	40
表 7.1	水循環モデルのインプットデータ	42
表 7.2	モデルの定数解析結果.....	44
表 8.1	SIDN 地区の土地利用	46
表 8.2	既存 3 堰の取水量.....	47
表 8.3	中小河川の既存水源施設.....	48
表 8.4	実施中の水源施設開発計画.....	48
表 8.5	中小河川でのダム開発計画.....	49
表 8.6	SIDN 地区における地下水利用量	50
表 8.7	SIDN 地区の水源別農業用水利用量	50
表 8.8	灌漑効率.....	50
表 8.9	粗用水量.....	51
表 8.10	養魚用水需要量.....	51
表 9.1	水資源開発ダム計画の一次評価.....	62
表 9.2	灌漑効率の改善設定.....	63
表 9.3	灌漑効率改善シナリオによる農業用水供給改善効果.....	64
表 9.4	地下水位低下地域と水収支.....	66
表 9.5	地下水需要量の表流水転換量.....	67
表 9.6	基準地点の 90% 流況の将来的変化.....	70
表 9.7	既存・計画ダム掛かりの灌漑区域に対する水需要の充足状況.....	74
表 9.8	準地点の 90% 流量の将来的変化.....	76
表 9.9	有効貯水容量 1 億 m ³ 以上のダム.....	77
表 9.10	地下水管理計画.....	78
表 9.11	水質管理計画.....	79
表 9.12	地下水観測システム.....	81
表 9.13	RBO のロードマップ例	83
表 9.14	流域委員会の組織構成.....	84
表 10.1	表流水、堰、ダムがかり灌漑面積、灌漑需要量、灌漑要水量の比較.....	88
表 10.2	利水計算モデルにおける計算条件.....	89
表 10.3	伝統的灌漑エリアの充足率.....	90
表 10.4	SIDN 地区の充足率の変化	90

図 一 覧

	頁
図 1.1 調査工程	2
図 3.1 地形区分図	9
図 3.2 セフィードルード川流域の主要河川網.....	10
図 3.3 Manjil ダム上流の月平均流量(UPSF:Manjil ダムへの流入量).....	11
図 3.4 地下水盆の位置と観測井の分布.....	13
図 3.5 調査対象地域内の天然記念物と保護区.....	15
図 3.6 州別就労比率.....	16
図 3.7 土地利用図	16
図 3.8 流域の作付体系.....	18
図 3.9 カナート施設位置とゾーン区分.....	22
図 3.10 調査対象地域の年間土壌侵食量区分図.....	24
図 4.1 相互理解とコンフリクトの解決.....	25
図 4.2 調査におけるコンフリクトマネジメントの流れ.....	26
図 5.1 既設・建設・計画段階の大ダム位置図.....	30
図 5.2 500 万 m ³ 以上のダムの開発進捗状況.....	32
図 5.3 水収支と水資源ポテンシャル.....	32
図 6.1 対象州における目標年時点までの GRDP 成長パターン	33
図 6.2 セフィードルード川流域とゾーニング.....	36
図 7.1 水収支・利水計算モデル構築およびシミュレーションのフロー	42
図 7.2 小流域 R.....	43
図 7.3 Manjil ダム直上流への年流入量の比較	45
図 8.1 SIDN 地区周辺の堰とローカル河川.....	46
図 8.2 Manjil ダム下流の河川模式図.....	47
図 8.3 Anzali 湿原と集水域	48
図 8.4 Sangar 左岸水路延長計画.....	49
図 9.1 Manjil ダムへの流入量の経年変化	53
図 9.2 流域の水資源ポテンシャルと Manjil ダム上下流の水利用 (左：WRMC 灌漑効率、右： 現況灌漑効率).....	54
図 9.3 セフィードルード川流域総合水資源管理の概念.....	56
図 9.4 総合水資源管理のコンポーネントの相互関係.....	57
図 9.5 セフィードルード川流域総合水資源管理プロセスの概念.....	58
図 9.6 月別必要最小流量の設定概念.....	59
図 9.7 持続的水資源管理シナリオの作成アプローチ	61
図 9.8 ダム集水面積と有効貯水容量の関係.....	62
図 9.9 有効貯水容量と年平均流出量との関係.....	62
図 9.10 水資源開発と灌漑効率改善に伴う伝統的灌漑区域および SIDN 灌漑区域における灌漑 需要の充足状況	65
図 9.11 地下水盆のゾーンおよびサブゾーン区分.....	67
図 9.12 地下水取水量の表流水転換シミュレーション結果(C1 地域、上段：中期、下段：長期)68	68
図 9.13 地下水取水量の表流水転換シミュレーション結果(B3 地域、上段：中期、下段：長期)69	69
図 9.14 環境流量(90% 流況)の経時的変化(5 年渇水確率年).....	70

図 9.15	環境流量(90%流況)の経時的変化(平水年).....	71
図 9.16	現況灌漑区域のサブゾーンに対する面積比率.....	72
図 9.17	灌漑区域の将来における増加比率(左：中期、右：長期).....	73
図 9.18	現況灌漑区域における単位面積当たりの農業生産高の分布.....	73
図 9.19	灌漑区域における将来の農業生産性の増加比率(左：中期、右：長期).....	74
図 9.20	伝統的灌漑区域における現況・将来の水需給の変化.....	75
図 9.21	モニタリング局およびダムの配置.....	80
図 9.22	地下水モニタリング井戸の追加位置.....	81
図 9.23	流域内の侵食特性.....	82
図 9.24	流域調整協議会の組織図.....	84
図 9.25	流域委員会の組織図.....	85
図 10.1	撮影範囲.....	86
図 10.2	衛星画像解析の作業工程.....	87
図 10.3	レベル2土地利用図.....	87
図 10.4	灌漑要求量算定フロー.....	88

1. 序論

1.1 調査の背景

イランイスラム共和国（以降「イラン国」）は、年平均降水量が約 250 mm、国民一人当たりの水資源量は約 1,900 m³/年であり（世界平均約 8,600 m³/年/人の約 1/4）、イラン国中央部の砂漠地帯とカスピ海沿岸の温暖湿潤地帯があるなど水資源の偏在は甚だしい。近年、農業、工業などの産業は堅調に発展し人口の増加も著しいため、水需要の増加を招いている。同国は水利用の 55 % を地下水に依存しており、100 m を超える深度からも取水が行われるなど、地下水の濫用により地下水位の低下と地下水の枯渇を招いている地域もある。また、河川などの表流水については、水資源の偏在を補うための流域外導水やダムなどによる水資源開発を各州が独自に計画を立てており、統合的な調整が行われていない。

セフィードルード川は、イラン国西北部にあるイラン国有数の大規模河川で、その流域は 8 州にまたがり、流域面積は 59,090km² である。国内の他の河川に比べて水資源が比較的豊かであり、流域内の人口は約 472 万人で首都テヘランの北西にあることからテヘラン首都圏への水供給源としても期待されている。また、下流域はイラン国随一の稲作地帯を有する地域でもあり、水需要も非常に多い。このように、セフィードルード川は総合的な水資源開発・管理計画がないまま各州・地域でダムの建設、計画を行っているため、水資源の最適配分・有効利用が喫緊の課題となっている。

イラン国政府は、セフィードルード川流域の総合的な水資源管理計画を策定し、国家計画に位置づけ、流域の 8 州に適切な水資源管理、水資源配分を行うため、日本国政府に対し 2004 年に協力を要請した。これを受けて国際協力機構（JICA）は 2007 年 2 月に事前調査団を派遣し、本格調査に係わる内容・範囲および実施体制等を確認するための協議を行った。その結果を受けて JICA は、2007 年 8 月より調査団をイラン国に派遣した。

1.2 調査の目的

本調査の目的は、次の 2 点である。

- (i) イラン国北西部のセフィードルード川流域における総合水資源管理に係るマスタープランを策定する。
- (ii) 本調査を通じて、イラン国側カウンターパート(以下 C/P)に技術移転を行う。

1.3 調査対象地域

本調査は、ザンジャン、コルデスタン、東アゼルバイジャン、ギラン、ガズビン、アルデビル、ハメダン、テヘランの 8 州にまたがる面積 59,090km² のセフィードルード川流域を対象地域とする。

1.4 調査工程

調査の全体工程を、図 1.1 に示す。

2. イラン国の社会経済状況

2.1 人口

統計によれば、イラン国全土の人口は最初の公的な人口センサスを行った 1958 年以降 1993 年まで飛躍的に増加している。しかし、それ以降は現在まで伸び率は低下している。2006 年時点の人口は 7,050 万人と推定されている。1996 年から 2006 年までの 10 年間における平均的な人口の伸び率は 1.62% となっている。イランの人口は将来もこの水準で伸びると思われる。

2.2 経済—国内総生産 (GDP)

イランは 2008 年現在、2005 年から始まって 2009 年で完了する「第 4 次経済・社会・文化開発計画」の経過中の段階にある。

同国の GDP は名目では年 25.6% の率で成長してきている。しかしながら、実質 (1997 年価格) で見ると、年 4.3% の率で成長しているに過ぎない。これは、現在に至るまで物価上昇がきわめて高かったことを意味している。

表 2.1 イランにおける GDP の推移ならびに年平均増加率

価格区分	(10 億 Rials)							
	1991	1996	2001	2002	2003	2004	2005	年平均 成長率
名目	52,474	261,767	733,909	952,563	1,185,192	1,547,991	1,931,304	25.64%
実質(1997 年価格)	246,726	307,004	366,599	398,003	428,695	455,653	479,974	4.28%

出典: Management and Planning Organization, Iran Statistical Year Book 1385.

GDP に対する寄与率で見ると、「鉱工業」が 2005 年時点の GDP の 21% を占めており、もっとも寄与率が高い。第 2 位、第 3 位は「製造業」と「交通通信・倉庫業」で、それぞれ 15%、12% となっている。「農業」の寄与率は「不動産業」とともに、10% である。

また、イランにおけるインフレ率は、1980 年代から 1990 年代の前半までは対前年比 20% 以上という極めて高いものであった。2000 年以降においては、1980 年代よりも低く 15% 代で推移しているが、それでもまだ高い値を示している。

2.3 水資源管理に係る関連法規、開発戦略および組織

2.3.1 法制度

イラン国内において、水資源管理に係る関連法規及び指針を整理すると表 2.2 のようになる。

表 2.2 水資源管理に関連する主な法律および指針

No.	名称	成立年
1	Fair Water Distribution Act	1983
2	Water Allocation Law	1983
3	Act of the Establishment of Water and Wastewater Companies	1983
4	Maintenance and Fixing of Boundary River Beds	1983
5	The law of Promotion of investment in water Projects in Iran and Enforcing Bylaw	2002
6	Preservation and Maintenance of Ground Water Resource	1966
7	Iran Water Law and the Manner of Water Nationalization	1968
8	Environmental Protection and Enhancement Act	1974
9	Prevention of Water Pollution Regulation	1994
10	Qanat and well Excavation Regulation	1984
11	Long-term Development Strategies of Water Resources	2003
12	The Articles of Association of Iran Water Resources Management Specialized Mother Company	2003
13	Farming Water Fee Law	1980

出典：WRMC

上記法律及び指針で、「Fair water Distribution Act」、「Water Allocation Law」、「The Articles of Association of Iran Water Resources Management Specialized Mother Company」、「Farming Water Fee Law」、「The Law of Promotion of Investment in Water Projects in Iran and Enforcing Bylaw」は、水資源を公平に管理するための極めて重要な法律である。

Fair Water Distribution Act

「Iran Water Law and the Manner of Water Nationalization」は1968年に施行された。イスラム革命の後、1983年に修正され、「Fair water Distribution Act」となり、52条、27注釈から成る。本法律は水資源管理の最も基本的な法律で、他の法律と齟齬がある場合、本法律が優先される。

Water Allocation Law

本法律は「Fair Water Distribution Act」の21、29条及び「Energy Ministry Establishment Law」の1条を基本として、第四次国家開発計画の実施に沿って、1983年に施行された。21条5注釈から成る。

The Articles of Association of Iran Water Resources Management Specialized Mother Company

本法律はMOEの水行政を円滑に行うためにWRMC(水資源管理公社)を設立するためのものである。WRMCは下記の活動を行う。組織、方針、技術、工学、法律に関する活動。関連会社の財政、経営管理のサポート。水資源の研究、開発、保全、管理。水力発電の開発及び管理。本法律は2003年に施行され、21条5注釈から成る。

Farming Water Fee Law

本法律は農業の水利費に関するもので1980年に施行された。水利費は灌漑施設の整備程度によって異なる。本法律は3条2注釈から成る。

The Law of Promotion of Investment in Water Projects in Iran and Enforcing Bylaw

本法律は民間の協力を推進し、上水道、灌漑排水、水と土に関する事業に民間からの投資を促進させるもので、2003年に施行された。民営化は政府の方針であり、水事業に多くの人に参加してもらい、水事業を促進しようというものである。本法律は29条12注釈から成る。

2.3.2 開発戦略

表 2.2 における No.11 のイランの水資源長期開発戦略は、国家水資源管理の基本政策である。この中では下記のような項目も規定されており、本調査では、この戦略を考慮した総合水資源管理マスタープランを策定する。

- (i) 地下水資源の利用は計画に基づいて行わなければならないが、その利用計画については、現状の利用量を超過してはならない。したがって、水利用量の将来的な増加を考慮し、表流水の利用割合を今後20年間に現在の46%から55%に上昇させる。

- (ii) 単位面積当たりの灌漑効率を 2 倍に高め、今後 20 年間に農業用水の比率を現在の 92%から 87%に下げる。水配分の優先順位を(1)生活用水、(2)産業用水、(3)農業用水に改定する。
- (iii) 州の水資源開発計画では、社会経済上の効率的な領域として流域を単位として検討されなければならない。

2.3.3 組織体制

WRMC

エネルギー省(MOE)は水資源管理、電力供給、その他のエネルギー供給、人的資源開発教育、水力・電力産業開発などの業務を行う機関である。MOE の外郭団体として、8 つの機関がある。水資源管理公社(WRMC)、上下水道公社も外郭団体のひとつである。

WRMC は、2003 年の水資源管理公社設置法により MOE の外郭団体として設立された。WRMC の主な業務は、MOE の代理として、全国の水資源の開発計画、水資源の保全、流域管理、水力発電、水資源の研究開発を行い、施行された法律を実施することである。

RWC

WRMC の地方出先機関として各州に地方水公社(RWC)がある。RWC は各州の水資源管理を行う機関である。RWC の事務所は州都に置かれている。州内の水資源管理組織として 2006 年に、地方水団体(Regional Water Authority: RWA)が組織改変され RWC になった。RWC の主な業務内容は、各州の水資源(表流水、地下水)の開発、保存、利用、水利施設の維持管理、水配分の計画策定、水利権の認可、井戸掘削の認可、河川整備および管理等を行うことである。小規模事業で RWC の予算内で実施可能な場合は RWC で裁可される。予算が足りない場合や重要度の高い場合は WRMC で検討される。WRMC の予算では足りない場合、さらに重要度の高い場合は、技術的、経済的、社会的、環境、政治的観点をふまえて MOE で検討される。水利権の付与は、RWC が必要な手続きを行い、最終的には MOE が行う。

RWC は、MOJA、UWWC、RWWC など他の水利用機関と協議し、適正な水配分を行う。セフィードルード川流域内には 8 つの州が関与している。管理境界は州境が基本となっており、それぞれの州が自州の水資源を確保し、利用している。

流域全体の調整、管理が困難な組織形態になっており、上流域と下流域との州間に摩擦が生じる原因ともなっている。MOE に代わり、各州間の利害を調整し、流域全体、国全体の利益を図ることが WRMC の責務となっているが、実際には困難な状況にある。

流域の管理組織

セフィードルード川流域は 8 州に拡がり、各州に下記の組織がある。農業開発推進省においては、セフィードルード川流域調査・調整事務所がザンジャンに置かれている。

表 2.3 イランの水セクターに関する組織体制

中央省庁	担当部局	流域単位	地方省庁	下部組織
エネルギー省(MOE)	WRMC	なし	RWC	WWC, RWWC
農業開発推進省(MOJA)	森林流域管理局	セフィードルード川流域調査・調整事務所	Provincial Jihad Agriculture	Water User Association

イラン国内の河川流域は WRMC 内の流域調整部流域管理局が管理している。全国を 6 つの流域に分け、4 局で管理している。各流域と管理局を下に示す。

- Basin1&2 : Caspian sea, Urumie lake
- Basin3&4 : Gharaghoun & Eastern boundary
- Basin 5 : Central plateau
- Basin 6 : Persian gulf & Oman sea

セフィードルード川もそのうちの一つで Basin1&2: Caspian sea, Urumie lake に属する。本局は計画グループと調整、評価及び監督グループの二つのグループから成っている。流域管理局のTORは19箇条からなっている。それぞれ有用で効果的な条項であるが、特にコンフリクトの解決に関係するものを下に示す。

- RWC間で、流域内の表流水、地下水資源管理の方法と役割について決めること
- 技術的、社会的調査を基に、特に非構造的な手法を用いる、水資源管理の方法を改善すること
- 流域の州単位の活動の結果を組み合わせ、統一する
- 流域の包括的な水資源管理を全体として実施し、調整するために、研究開発プログラムを作成し、実行する
- 地域開発を促進し、流域の総合的な水資源管理のために、上下流の水利権のルールを作る
- 地域の水ポテンシャル、危険地域、優先地域を明確にして、流域の水需要と供給状況を把握する
- 総合的な水資源管理の枠内で、法の批准、新しいガイドライン、現行法及び基準の修正を行う
- 流域内の水配分について、地域の水管理者間の争いを解決する
- 流域の総合管理の概念を計画する

灌漑システムの維持管理

灌漑施設はダム、幹線水路、2次、3次、4次支線水路および付属構造物からなる。各州ほぼ同様であるが、ダム、幹線水路、都市・村落上下水道の導水、処理施設、工業用水施設の導水、処理施設はRWCが建設する。2次支線、3次支線はRWCが行う場合とMOJAが行う場合があり、4次支線はMOJAが行う。井戸の掘削はRWCの許可で所有者が行う。新規のカナートはほとんどないが、工事をする場合はMOJA、または所有者が行う。

ダム、幹線水路、都市・村落上下水道、工業用水の基幹施設の維持管理はRWCが行うが、小規模ダムや2次支線はMOJAが行う場合がある。3次支線、4次支線はMOJAが行う。都市・村落上下水道の配水網はUWWC, RWWCがそれぞれ行うが、処理施設まで含む場合もある。カナートはMOJAが行い、井戸は所有者が行う。

2.3.4 水利権

水利権は慣行水利権と許可水利権とに分類される。

慣行水利権

「Iran water Law and the Manner of Water Nationalization (1968)」が施行される前から伝統的に水利権をしてきている権利である。慣行水利権はほとんどが灌漑用水で「Fair water distribution Act (1983)」の第21条に従い、MOEから付与される。

許可水利権

「Fair water distribution Act (1983)」の第21条に従い、MOEから許可される。水利権はRWCに申請し、最終的にMOEから付与される。「Long-Term Development Strategies for Iran's Water Resources (2003)」に示されるように、水利権の優先度は生活用水、工業用水、農業用水の順となっている。ギラン州では生活用水、農業用水、工業用水である。

河川の上流の住民が下流の住民より優先的に取水できるという法律はないが、習慣的に上流から取水している。水利権を認可されれば、認可された範囲での取水は可能である。近代的な水路が配置されている地区は、ローテーションを行って公平な水配分を行っている。生活用水、農業用水、工業用水ともに水代は毎年更新されるので、契約は毎年更新することになる。

2.3.5 環境に係る組織・制度

イラン国においては環境管理に関する統括的な法制度が整っている。イスラム共和国憲法第 50 条では、環境保護が国民の責務であることを規定し、修復不能な環境負荷を発生させるいかなる活動も禁止している。また憲法により大統領を長とする高等環境議会（Environmental High Council: EHC）が環境政策、戦略の立案を行い、環境基準の承認を行う。また、イラン国における環境保護・管理のための法制度はイスラム共和国憲法及び各種の法令によって形成されている。1994 年に環境庁（Department of Environment : DOE）法令 138 により環境影響評価について骨子が定められた。以下に環境庁および環境影響評価制度の概要を記す。

環境庁(DOE)

Environmental Protection and Enhancement Act (1974)により EHC の監督の下で環境への影響を管理するために DOE が設立された。また DOE は予算的に独立した機関であり副大統領が DOE の長となる。州の環境事務所とともに DOE は環境保護の第一の機関であり、環境政策、関連法、規制の遂行を責務とする。DOE は EHC の事務局としての役割を持つ。

さらに、Environmental Protection and Enhancement Act によると DOE は提案されたプロジェクトが環境関連法規に適合しているかどうか、建設行為、河川等の水質、産業からの排水が法的に順守されているかどうか等を評価する。問題・紛争等が発生した場合にはプロジェクトの履行に関して大統領が最終的な判断を行うこととなる。

環境影響評価（EIA）は Decree138（12/04/1994）によって EHC の監督の下、DOE が管轄機関となることを規定されている。DOE はすべての環境保護、水質管理、排水基準や野生生物の保護に関して責任を負うが、水及び排水に対する DOE の責務は以下のとおりである。

- 環境保護・改善に対する経済的、科学的な調査の実施
- 公害の削減に対する計画立案
- 規制等の執行に関する監視
- 公害管理及び環境バランスのかく乱の防止

環境影響評価

1994 年春、大統領率いる HCE は主要な開発計画（発電施設、石油プラント、製油施設、ダム、貯水施設、空港、工業団地、製鋼所等）に対して、施行前の環境影響評価(EIA)が必須であるとの決定を行った。環境影響評価（EIA）は Decree138（12/04/1994）によって EHC の監督の下、DOE が管轄機関となることを規定されている。同年、第 2 次経済社会文化開発計画 Note82（第三次開発計画 Note 104, 105 で修正）によって施行された。

1997 年 7 月、UNDP との協力によって EIA に関する組織強化プロジェクトが実施され、標準的な EIA の実施手順が 1998 年 1 月に EHC によって承認された。1997 年の EHC ガイドラインによると以下の国家プロジェクトでは、環境評価書作成、フィージビリティ・スタディ、EIA 環境影響評価の実施が義務付けられている。

石油化学工場施設、工業団地、植林計画、高速道路、鉄道施設、火力発電所、空港施設、ダム施設、大規模屠殺施設、鉄鋼産業施設、精製施設、灌漑排水施設、農業及び産業施設、都市ごみ処理施設

基本的に国の機関が事業を行う場合には、EIA を DOE に申請し、州の機関が事業実施機関の場合には、DOE の州事務所に申請を行うこととなる。

3. 調査対象地域の現状

3.1 人口・水料金等

3.1.1 調査関連州の人口

人口センサスは、最近では2006年に行われた。表3.1はその要約を示したものである。この表に示すように、首都テヘランを含むテヘラン州が人口では他州を圧倒していることが分かる。

表 3.1 人口の増勢傾向

州 名	面積 (km ²)	人 口					2006年 人口密度 (人/km ²)
		1976	1986	1991	1996	2006	
		1355	1365	1370	1375	1385	
東アゼルバイジャン	45,650	2,368,252	3,077,882	n.a.	3,325,540	3,603,456	79
アルデビル	17,800	n.a.	1,036,202	1,141,625	1,168,011	1,228,155	69
テヘラン	18,814	n.a.	n.a.	n.a.	10,343,965	13,422,366	713
ザンジャン	21,773	584,823	787,369	857,727	901,724	964,601	44
ガズビン	15,549	536,587	798,898	n.a.	968,252	1,143,200	74
コルデスタン	29,137	782,440	1,078,398	1,230,919	1,346,383	1,440,156	49
ギラン	14,042	1,581,872	2,081,037	2,204,047	2,241,896	2,404,861	171
ハメダン	19,368	1,088,124	1,505,826	1,651,320	1,688,958	1,703,267	88

出典: Iran Statistical Year Book 1385

3.1.2 水料金制度と取水水源

水料金は、「水資源衡平配分法」に規定されており、概ね次のように設定されている。

表 3.2 水料金制度

農業用水	生活用水	産業用水	地下水
近代灌漑：3% 準近代灌漑法：2% 伝統的灌漑法：1%	従量制 村落給水は無料	固定制と従量制の 2通りある	固定制と従量制。 農業用は無料。

いっぽう、表流水と地下水を水源とする取水量の割合は表3.3のようであり、地下水と表流水はほぼ同等の使用状況となっている。

表 3.3 表流水及び地下水を水源とする取水施設別取水量の割合

取水施設	利用形態	取水割合	適用料金体系のタイプ
井戸	農業利用(灌漑用水)	46%	取水費
	非農業利用	4%	取水費
泉等その他の地下水		6%	-
表流水-事業化されているもの	農業利用(灌漑用水)	23%	水利用料金及び認可料金
	非農業利用	1%	水利用料金及び認可料金
その他の表流水		20%	-
合計		100%	

[注] 2006年度における総取水量は90 BCMと推定した。

3.2 地形・地質

イランはユーラシアンプレート内に位置し、アラビアプレートとの境界部に位置する。ザグロス山脈はその境界部に形成された衝上断層山脈で、イラン国内が地震の発生地帯であることと一致する。

調査対象地域（図 3.1 参照）は、カスピ海側の平地とアルボルズ山脈とザグロス山脈に挟まれた標高 1500m～2000m の高原台地状地帯と標高 2500m～3000m の山地から形成される。ザンジャン州の台地状地帯には扇状地、段丘、河川沿いの一部に氾濫原とそれらの堆積物が分布し、山地地形には第三紀の Karaj 層の火砕岩類が分布している。コルデスタン州の山地部には第三紀の堆積岩が分布する。コルデスタン州の南西部の一部は標高 3000m～4000m の山地部で中世代三畳紀から白亜紀の石灰岩類が分布する。

山地において、石灰岩および溶岩の分布地帯は他の岩石分布地帯に較べて降雨の地下浸透性が高い。また平地にあつては第 4 紀の現河床堆積物(Qal)や段丘堆積物・扇状地堆積物(Qt)等の砂礫層から降雨が地下へ浸透する割合が高くなる。

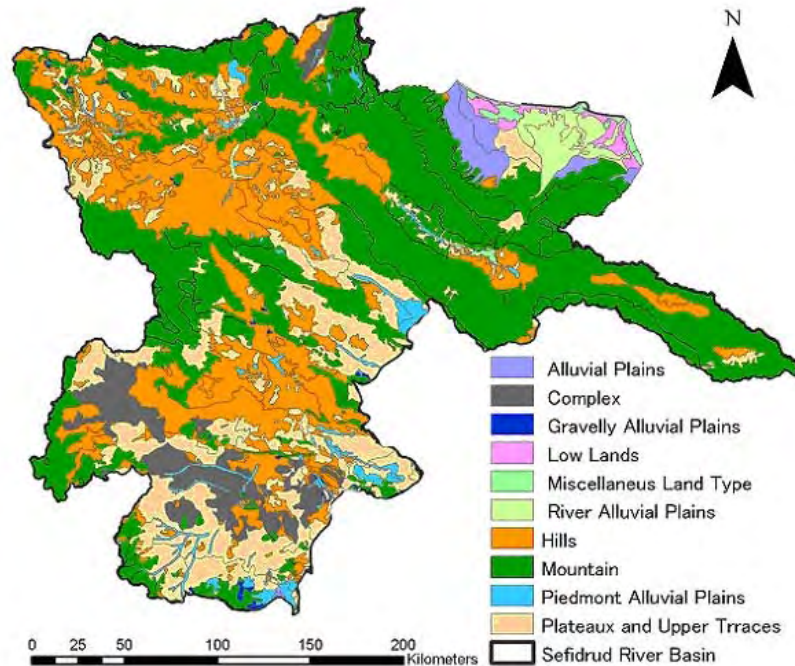


図 3.1 地形区分図

こうした調査対象地域を、大きく 4 区分し地形・地質の特徴をまとめれば表 3.4 のようになる。

表 3.4 調査対象地域の地形・地質の概要

地域区分	対象州	地形	地質
下流域	ギラン	扇状地、沖積平地	第 4 紀の粘性土、砂、礫
中流域 1 (アルボルズ山脈)	アルデビル、東アゼルバイジャン、ギランとザンジャンの境界部	山地で沖積地は河川沿いに限られる。最高点 2,750m	アルボルズ山脈には主に中生代の砂岩、礫岩と石灰岩が分布する。
中流域 2 (アルボルズ山脈の南西部)	ザンジャン、コルデスタン	標高 1500m から 2000m の丘陵から平原と主に 2,500 ～ 3,000m の山地から形成される。	ザンジャン州の山地部には第三紀の火砕岩から構成される Karaj 層および一部花崗岩類や玢岩の貫入岩が分布し、丘陵から平原には第四紀の扇状地・段丘・沖積堆積物が分布する。コルデスタン州の山地部には第三紀の堆積岩が分布する。
上流域 (ザグロス山脈)	コルデスタンの南西部	標高 3000m～4000m の山地から形成される。	第三紀層は少なくなり中生代三畳紀から白亜紀の石灰岩が広く分布する。

3.3 気象

年間降水量については、アルボルズ山脈の北方が 1,000mm 以上となっているが、南方は 200～400mm 程度の半乾燥地域である。アルボロズ山脈以南においては、年間降水量の 90%以上が雨季である 11 月から 5 月に発生する。反対に、アルボロズ山脈以北では、雨季乾季の明確な区別が付けにくい、概ね 9 月から 3 月が比較的多雨期間となる傾向がある。

いっぽう年間蒸発量は、アルボルズ山脈以南では概ね 2,000mm、年間降水量の 4～8 倍に相当する。以北については、1,500mm 以下である。なお、これらの蒸発量は pan によって計測されているため、セフィードルード川流域のような半乾燥地帯では実際の被覆土からの蒸発可能量は最大 70%程度まで減少する。かつ、これらの蒸発効果は地表付近に滞留した水分に対しての効果であるため、全ての降水量が蒸発するというわけではない。これらの流域の気象概況を表 3.5 にとりまとめる。

表 3.5 流域の気象概況

地域	降水量 (mm)	蒸発量 (mm)	気温 (°C)
1) アルボルズ山脈以北 (カスピ海に面す)	1000mm 以上 概ね新暦 9 月から 3 月が比較的多雨期間となる	1,500mm 以下	最低気温：約 8°C(2月) 最高気温：約 25°C(8月)
2) アルボルズ山脈以南	200～400mm 雨季：11 月－5 月 乾季：6 月－10 月	2,000mm	日平均気温は「1)アルボルズ山脈以北」より低い。

3.4 河川・水文

Manjil ダムからカスピ海河口までの 100km の区間がセフィードルード川と称され、Manjil ダム貯水池にはゲゼルオーザン川とシャフルード川が流入する。調査対象地域(セフィードルード川流域)の河川網を図 3.2 に示し、主要支川の諸元を表 3.6 にまとめる。

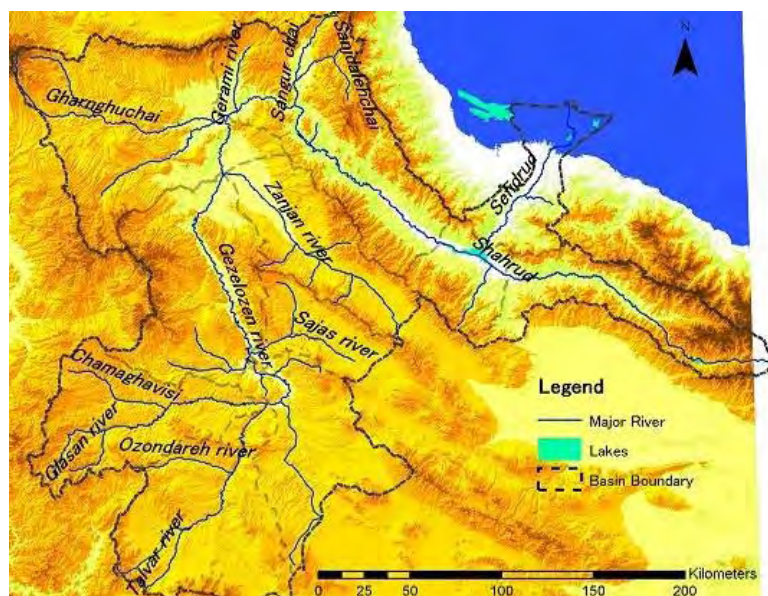


図 3.2 セフィードルード川流域の主要河川網

表 3.6 セフィードルード川流域の主要支川の概要

主要支川・本川	流域面積 (km ²)	河川延長 (km)	平均河川勾配 (距離/高度変化)
シャフルード川 (Loshhan 観測所上流)	4,850	210	1/110
ケゼル・オーザン川(Gilvan 観測所上流)	48,600	670	1/340
ザンジャン川(Sacham 観測所上流)	4,690	150	1/140
タルバール川	5,920	160	1/290
セフィードルード～ケゼルオーザン川	59,090	750	1/360

また、各河川の主要地点における流況を表 3.7 に整理した。本川であるゲゼルオーザン川やシャフルード川においては、渇水期においても水が流れているが、ザンジャン川や Germichay(Gerami)川等の支川においては、渇水期に水の流れない時期があることが分かる。

表 3.7 セフィードルード川流域の主要支川の概要

No.	河川	観測所No.	平均年最大	(m ³ /s)				年平均	統計年数
				豊水	平水	低水	渇水		
1	シャフルード川下流	17-041	224.5	42.4	16.8	10.0	7.0	32.9	34
2	ケゼル・オーザン川流末	17-033	814.9	109.9	60.3	19.1	6.6	105.7	39
3	ケゼル・オーザン川下流	17-029	727.6	92.1	49.2	13.6	2.9	88.4	40
4	ケゼル・オーザン川上流	17-011	377.6	36.0	18.2	4.7	1.3	34.4	28
5	ザンジャン川流末	17-019	70.5	3.9	1.3	0.0	0.0	4.6	31
7	Sajas川流末	17-013	52.0	5.5	3.5	0.5	0.1	4.5	31
8	Garnghuchai川流末	17-026	189.6	17.3	9.4	2.8	0.5	18.1	28
9	Gerami川流末	17-430	40.8	2.1	0.7	0.0	0.0	2.2	10
10	Sangur chai川流末	17-031	50.4	4.9	3.2	1.4	0.2	4.9	9
11	Chamaghavis川流末	17-001	173.7	18.1	8.3	2.4	0.9	17.4	26
12	Talvar川流末	17-007	105.4	9.7	5.9	1.3	0.5	8.5	38

ゲゼルオーザン川とシャフルード川は Manjil ダムに流入する主要な河川である。これらの河川における Gilvan 流量観測所および Loshan 流量観測所における流量ハイドログラフを図 3.3 に整理する。流量は 2 月から増加し始め 4 月がピークを迎えることが分かる。

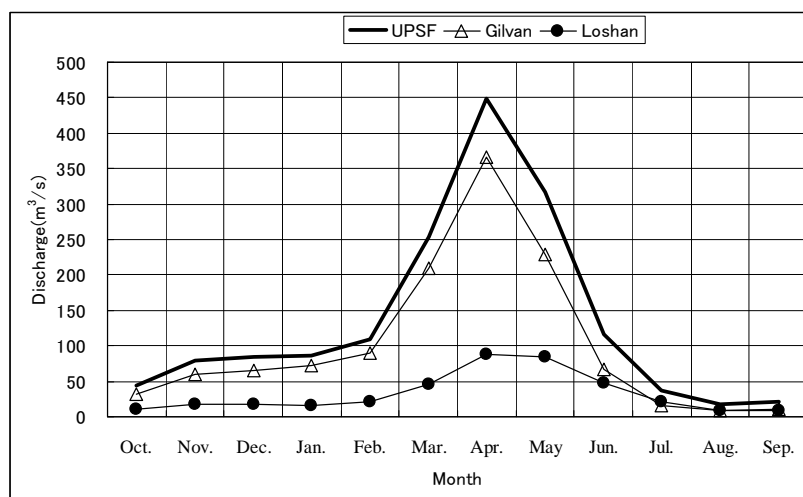


図 3.3 Manjil ダム上流の月平均流量(UPSF:Manjil ダムへの流入量)

Manjil ダム上流域の流出率の平均値は、次表に整理するとおり 0.22 であり、いっぽう、渇水年である 1999 年から 2001 年においては平均値の半分弱となっている。Manjil ダム上流域における流域平均降水量 (ティーセン法によって算出) と流出率の関係に着目すると、年間降水量が 300mm 以下を下回った場合、流出率が格段に下がることが判明している。

表 3.8 Manjil ダム上流域における年流出率

No.	期間	平均年降水量 (mm)	平均年総流出量(MCM)	平均流出率
1	1969～2005	375	4,158	0.22
2	渇水年 (1999 年から 2001 年)	289	1,240	0.09

3.5 水理地質—地下水

本調査対象地域の帯水層となる可能性の有る地層としては、空洞のある石灰岩と砂礫層から構成される第四紀の段丘堆積物、扇状地堆積物、河川堆積物が上げられる。既存の資料によると大半は第四紀堆積物に胎胚する第四紀帯水層で、わずかにガズビンの地下水盆（コード 1310）で古生代二畳紀の Ruteh 石灰岩に空洞の発達認められ Karst 帯水層の可能性があるとされているが詳細は不明である。表 3.9 に、各帯水層の概要を過去の調査結果およびモニタリングシステムから得られた結果をもとに取りまとめた。また図 3.4 に地下水盆の位置と観測井の分布を示す。

表 3.9 地下水盆の概要と地下水観測システム

地下水盆名	地下水盆 code	地下水盆の概要*1	揚水試験	水位観測	水質分析	利用する帯水層	平均揚水量(l/s)	透水量係数*2	生産井戸 ² (l/s)
Astaneh-Kuchesfahan	1301	面積: 1000km ² 深さ: 100-250m。 電気探査の解析結果による。	32	9	32	自由地下水被圧帯水層	45.1	2,025	5.7
Tarom-Khalkhal	1302	Tarom: 329km ² , 深さ 30-75m。 井戸、電気探査 27 側線・解析 Khalkhal: 248km ² , 20-50m。 電気探査解析 42 側線・解析	17	17	17	自由地下水被圧帯水層	19.8	1,545	15.7
Miyane	1303	深さ: 50-250m。 電気探査 25 側線・解析	0	0	0	自由地下水			8.7
Zanjan	1304	東部・北東部: 深さ 150m 中央部: 深さ 100m Sahrin 川: 深さ 100-200m 電気探査解析	59	7	59	自由地下水被圧帯水層	78.7	742	11.1
Mahneshan-Anguran	1305	井戸	0	0	0	自由地下水			5.3
Sujas	1306	井戸	18	6	18	自由地下水	55.9	1,560	6.2
Goltapeh-Zarinabad	1307	データ不明。モニタリング井戸の GIS データベースはある	0	0	0	自由地下水被圧帯水層			6.5
Ghorveh-Dehgulan	1308	Dehgulan: 面積 624km ² , 深さ 56-140m 電気探査解析 44 側線、井戸	16	107	72	自由地下水	58.0	2,850	11.2
Divandareh-Bijar	1309		0	0	0	自由地下水			6.9
Taleghan-Alamut	1310	面積: 243km ² ,	5	22	13	自由地下水 (karst 帯水層)	35.0	1,036	15.9
Manjil	1311	面積: 226km ² , 深さ 5-50m 電気探査解析 19 側線	8	8	8	自由地下水	38.0	903	16.0
合計		注: 井戸とは試験井戸	155	176	219				

出典: WRMC 地下水データ(2001)。

*1: MG 社 「報告書第 2 巻 2-3 地下水編」、*2: m³/day/m、コード 1308 については、WRMC の資料に揚水試験のデータが一つしか見つからなかった。

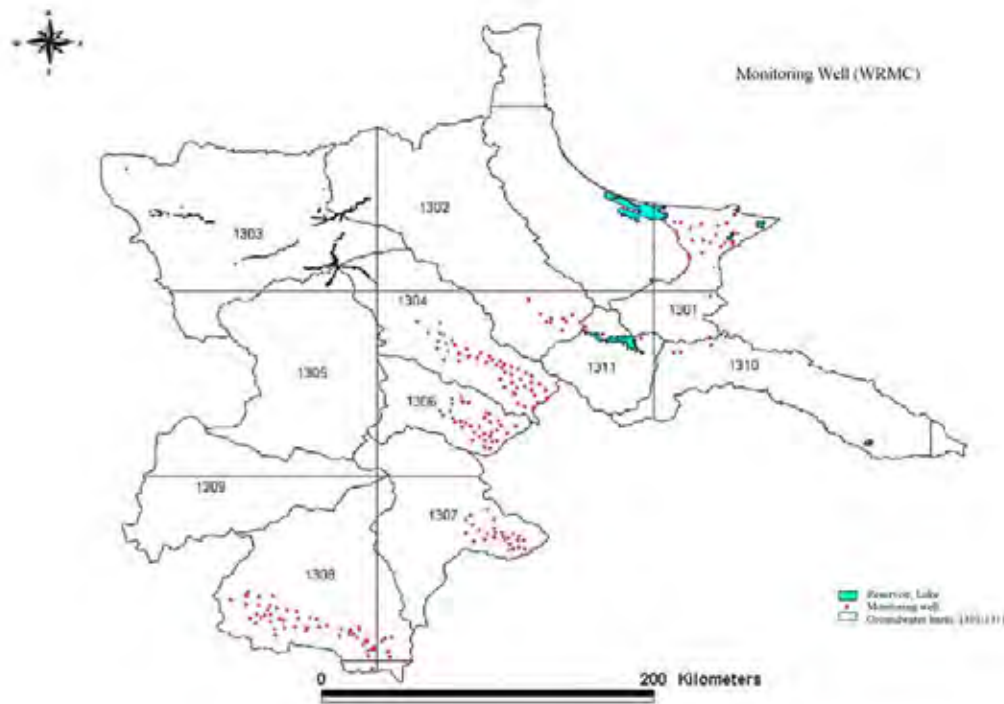


図 3.4 地下水盆の位置と観測井の分布

地下水盆（以後第四紀帯水層を示す）を知るためには、その基本となる次の 3 要素が必要となる。

- (i) 帯水層の大きさ：広がりと深さ方向の形状、
- (ii) 本質的要素：帯水層の構成物質（間隙率、水の流れやすさ）
- (iii) 外的要因：涵養量を計算する基礎資料となる気象資料、水文資料

第四紀帯水層となる第四紀層の広がり、GIS で各帯水層とも概ね判明しており、また、外的要因となる気象資料および降水量は水文解析で各帯水層とも概ね判明している。しかし、各帯水層の深さ方向の形状は、ボーリングや電気探査で調査するが、調査数量が圧倒的に足りず一部を除いて殆ど未解明の状態である。また、本質的要素となる間隙率（水の貯留率）、揚水時の水の流れやすさ、降水の浸透のしやすさを表す貯留係数、透水係数、透水量係数などは試験井戸の揚水試験の解析から得られるが、やはり試験井戸の数量も足りず帯水層の性格は不明である。

また、地下水利用の取水形態は井戸、泉、カナートに分類され、これらの取水量について、マハブゴーズ社が WRMC の資料を更新して 2003 年の井戸の利用状況を纏めたものを次表に示した。井戸とカナートの利用量がわずかに減少しているものの泉の使用量が増加し、2003 年の地下水全体の利用量は WRMC の資料(2001 年)よりも 204 百万 m^3 /年増加している。

さらに、表 3.10 の備考欄に記すように、多くの地下水盆で長期的な地下水位の低下が認められており、地下水涵養量以上の地下水揚水が主要な原因であるが、近年の少雨傾向も拍車を掛けている。

表 3.10 セフィードルード川流域の地下水利用量(2003年)

(百万 m³/年)

地下水盆名		州名	井戸	泉	カナート	計	備考
名称	コード						
Astaneh-Kuchesfahan	1301	ギラン	24.57	25.13	0	49.70	
Tarum-Khakhal	1302	アルデビル	52.50	96.67	2.50	151.67	Ardebil 市周辺の地下水位が低下している情報あり
Miyane	1303	東アゼルバイジャン	61.17	46.86	7.74	115.77	
Zanjan	1304	ザンジャン	234.74	65.36	36.60	336.70	地下水位が 5.2m 低下(1997-2002)
Mahneshan-Anguran	1305	ザンジャン	24.27	86.74	5.47	116.48	
Sujas	1306	ザンジャン	48.20	97.52	37.23	182.95	地下水位が 3.0m 低下(1996-2001)
Goltapeh-Zarinabad	1307	コルデスタン	56.58	91.06	25.02	172.66	
Ghorveh-Dehgulan	1308	コルデスタン	35.5	40.63	11.24	87.37	地下水位の低下(1997-2002) Ghorveh: -5.54m Dehgalan: -9.61m
Divandareh-Bijar	1309	コルデスタン	35.28	23.00	4.38	62.66	
Taleghan-Alamut	1310	ガズビン	8.74	413.59	2.78	425.11	
Manjil	1311	ガズビン	34.57	59.03	1.15	94.75	
セフィードルード川流域合計			616.12	1045.59	134.11	1795.82	
Fumanat	1202	ギラン	57.42	17.65	0	75.07	
Lahijan-Chabuksar	1401	ギラン	41.08	2.0	0	43.08	
小計			98.50	19.65	0	118.15	
総合計			940.86	1,115.71	132.68	2,189.26	

出典：MG社 「報告書第2巻 2-3 地下水編」

3.6 水質

3.6.1 表流水の水質

WRMCによると、河川水質は99の流量観測地点で観測されている。測定項目は次に示すように陽イオン・陰イオンが多い。公共水域の水質指標として一般的に用いられる BOD、COD、DO、SS、大腸菌群、全窒素、全リン、その他有害物質はここでは測定されていない。

水質測定項目：カリウム(K⁺)、ナトリウム(Na⁺)、マグネシウム(Mg²⁺)、カルシウム(Ca²⁺)、硫酸イオン(SO₄²⁻)、塩素イオン(Cl⁻)、重炭酸イオン(HCO₃⁻)、遊離炭酸(CO₃²⁻)、pH 値、電気伝導度(EC)、総溶解固形分(TDS)

pHの測定結果を見ると、アルカリ度が若干高い。農業用水における pHの適正範囲は6.0~7.5であるが、全ての観測地点で pHの平均値が7.5を超えている。

Cl濃度の平均値は概ね10mg/l以下で、多い所でも25mg/l以下である。最大値は全地点において70mg/l以下である。水稻に被害を与える水中Cl濃度は200から250mg/lと言われているため(出典：香川県農業課)、河川水を農業に用いた時の塩害の可能性は低いようである。

浮遊物質であるTDSの観測結果を見ると、平均値が概ね500mg/lを越える値となっている。これが土砂流出による無機物なのか、家庭排水の流入による有機物であるのかは、BODの測定データが無いため判断できない。土砂流出が非常に多い流域である事、また下水処理場の整備率が低く多くの家庭排水が未処理で川に流されている事を考えると、無機物・有機物の両方を含む水質である事が考えられる。

しかし、Cl 濃度の高い観測所が概して TSD 濃度が高く 2,000mg/l をはるかに超える値を示している。これは、Cl 分を溶出させる地質(例えば中流部のマール堆積地域)と大いに関係があると考えられる。

3.6.2 地下水の水質

WRMC による測定項目は、主に陽イオン・陰イオンである。地下水で問題となる事が多いカドミウムや砒素、水銀などの有害物質は測定されていない。観測値を見ると、ナトリウムイオンと塩化物イオンの濃度は、WHO の定める飲用水の基準よりも概して低い。

3.7 自然・社会環境

3.7.1 自然環境

調査対象区域内には、図 3.5 に示すように 4 つの天然記念物、4 つの野生生物保護区、5 つの保護区がある。国立公園は位置していない。



図 3.5 調査対象地域内の天然記念物と保護区

流域内の絶滅危惧種は、ほとんどが鳥類・へび・野生動物であるが、Aghdagh 保護区にギリシャリクガメが生息しており、危急種に指定されている。

魚類については、Manjil ダムの上下流で大きく変化しており、下流にはカスピ海に生息しているコイ、ボラ、ニシン、サケ、カワカマス、そしてチョウザメ等多様な魚類が産卵時に遡上する。いっぽう、Manjil ダム上流においては、コイ目の魚が多く、河川流量が少ない支流もあり、魚類の生息数はダム下流に比して格段に少ない。

3.7.2 社会環境

雇用者数の表を各州の就労比率で示したのが図 3.7 である。農業の就労比率が高いのはギランとザンジャンで、約 40% の人が従事している。また、ギラン州に多い漁業従事者も、全体の割合でみると 1% にも満たない。食品加工等、製造業の従事者も多く、いずれの州でも 10% 前後の人

が従事している。全体的に見るとテヘラン以外の州は第1次・第2次産業の比率が高く、テヘランは第2次・第3次産業の占める割合が圧倒的に多い。

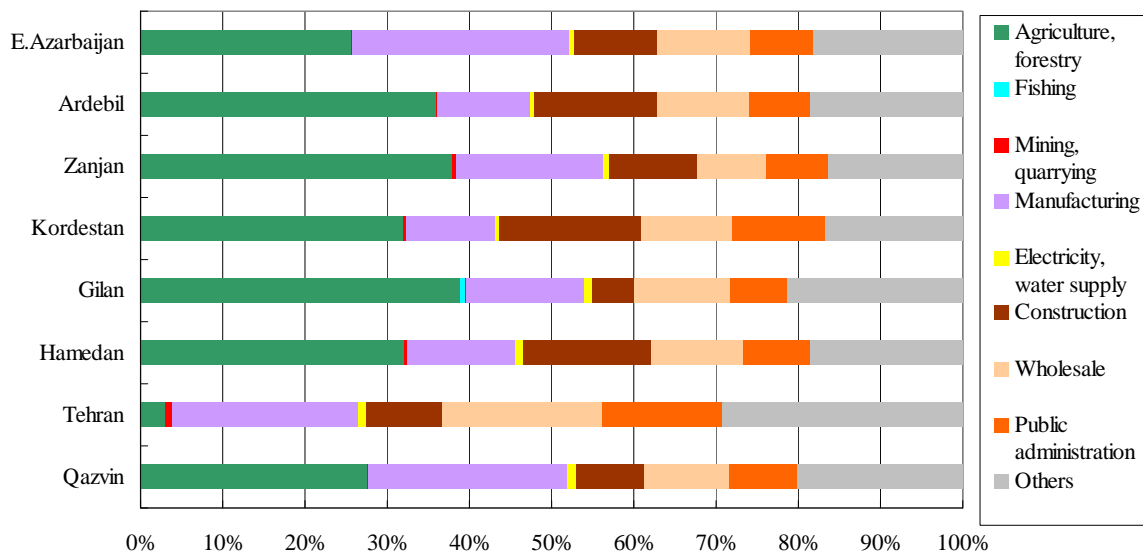


図 3.6 州別就労比率

また、イラン国の高原部では 100 万人の遊牧民が 500 の部族に分かれて生活していると言われていいる。遊牧民は夏と冬に住処を変え、夏は涼しい山の放牧地に、冬は暖かい平地に、ヤギや羊、ラクダを連れて移動し、家畜の飼育や農耕で生計を立てている。調査対象流域の近辺で遊牧民が多いのは、ザグロス山脈と東・西アゼルバイジャンである。

3.8 土地利用

セフィードルード川流域の土地利用を図 3.7 に示す。MOJA の土地利用図を基に 2007 年に撮影した最新の衛星画像(ALOS)を用いて解析したものである。

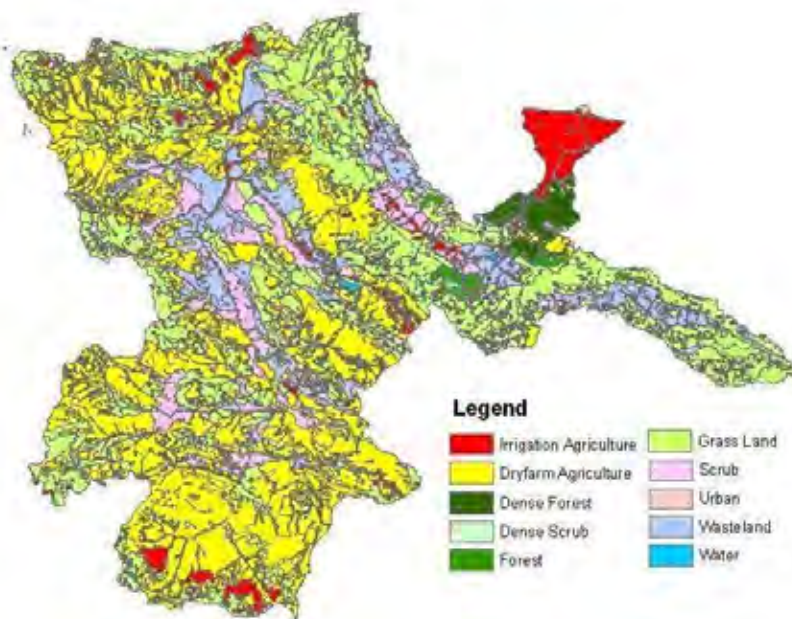


図 3.7 土地利用図

3.9 農業

農業はイラン国経済を支える基幹産業の一翼を担い、非石油輸出の 26%を占めている。国の食料需要の 80%を供給し、全雇用の 33%が農業に従事しており、国の人口 6,850 万人の 33%が農村に居住している。

3.9.1 調査対象地域の農地および作物

調査対象地域では年間の温度、降水量、灌漑施設の格差が大きいことから様々な作物が収穫されている。調査対象地域の灌漑及び天水農地は合計 2,10 万 ha であり、内訳は、小麦及び大麦(67.7 万 ha)、水稲(24.3 万 ha)、豆類(4.0 万 ha)、飼料作物(59.3 万 ha)、果樹(23.7 万 ha)である。

各州の内訳を表 3.11 に示す。

表 3.11 主要作物の作付面積と灌漑率

('000ha)

	アルデビル		東アゼルバイジャン		カズビン		ギラン**		ハメダン		コルデスタン		テヘラン		ザンジャン		合計		
	I*	R*	I*	R*	I*	R*	I*	R*	I*	R*	I*	R*	I*	R*	I*	R*	I*	R*	合計
小麦	4.2	17.0	14.7	115.8	1.2	1.5	0.3	0.5	1.6	13.3	16.6	224.2	14.8	151.8	0.1	0.1	53.6	524.3	577.9
大麦	1.5	6.1	2.5	17.7	0.8	1.1	0.2	0.3	0.4	2.6	8.3	34.5	2.1	20.6	0.1	0.1	16.1	83.0	99.1
水稲	0.3	1.2	2.1	14.8	0.9	1.1	209.0	3.5	0.0	0.0	1.8	7.5	0.03	0.1	0.1	0.1	214.2	28.2	242.5
豆類	0.1	0.5	1.0	7.6	0.4	0.5	0.1	0.1	0.03	0.2	5.0	20.7	0.3	2.9	0.1	0.1	7.1	32.9	39.9
飼料作物	7.7	30.0	21.5	166.5	0.6	0.9	0.2	0.3	1.7	12.0	27.3	114.9	18.6	189.1	0.8	1.0	78.5	514.7	593.1
その他穀物	5.2	21.7	9.7	72.2	3.8	4.7	1.2	38.7	0.7	6.0	15.2	58.2	6.4	65.6	0.6	0.8	42.8	267.9	310.7
穀物合計	19.1	76.5	51.5	394.7	7.7	9.9	211.2	43.4	4.5	34.1	74.2	304.5	42.2	430.1	1.8	2.3	412.2	1,451.0	1,863.2
果樹合計	2.3	9.1	10.2	80.9	0.7	1.0	0.2	37.6	0.5	2.9	11.8	48.9	2.7	26.4	0.9	1.2	29.4	208.0	237.4
合計	21.4	85.6	61.7	475.5	8.4	10.8	211.3	81.0	5.0	37.1	86.0	508.9	45.0	456.5	2.8	3.5	441.6	1,659.0	2,100.6

出典: WRMC, Iranian Statistic Center, MOJA, *: I = 灌漑地, R = 天水地, **: Sefidrud Irrigation and Drainage Network を含む

表 3.12 は調査対象地域と全国の比較であるが、地理的面積は全国の 4%に過ぎないが、流域の水稲の作付面積は国の作付面積の 52%を占めている。とくに、ギラン州の灌漑水稲は 45 年前に完成した Manjil ダムにより灌漑され、国家の食料供給政策の中で早くから特別な配慮がなされてきた。

表 3.12 主要穀物の作付面積

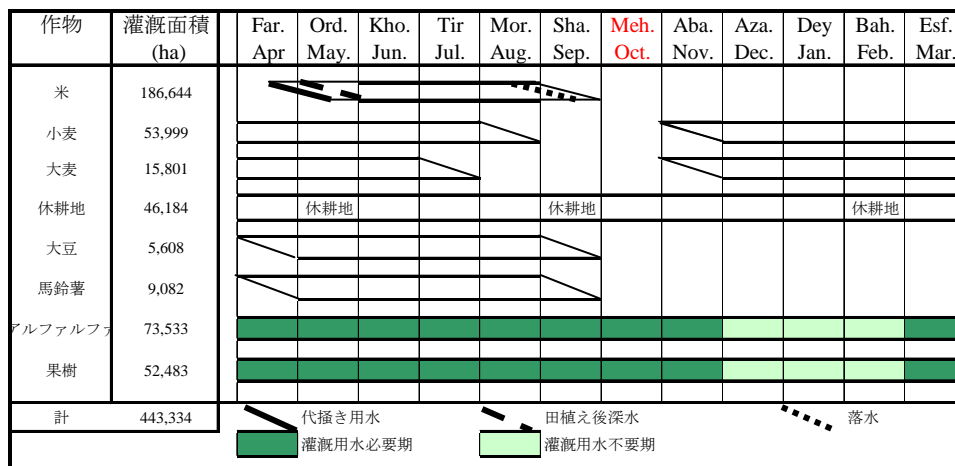
Area	面積(km ²)	小麦(ha)	大麦(ha)	水稲 (ha)
全国	1,628,750	6,941,286	1,817,572	465,453
調査地域	59,090	577,901	99,053	242,463
%	4	8	5	52

出典: WRMC・MG 社報告書 Vo.5, 2007 年、Statistical Year Book 1385

3.9.2 作付体系

流域内の主な灌漑作物の作付け体系を図 3.8 の通り作成した。上流域の作付けパターンは概略同じで、ザンジャン、コルデスタン、東アゼルバイジャン各州のパターンに差異はない。米についてはギラン州のものである。

3. 調査対象地域の現状



出典：WRMC 及び現地インタビュー

図 3.8 流域の作付体系

1) 作付体系

a) 米の作付体系

米は長粒種、短粒種、中粒種、早稲、晩生、ローカル、高収量などがあるが、イラン国の総水田面積の 40%を占めるギラン州の米は依然として美味しいサドリーと呼ばれるローカル、長粒、晩生の品種が多く作付けられている。生育期間は 120-130 日であり、年間必要水量も他の品種に比較し多い。しかし、高収量品種も同程度の生育期間である。

b) 麦の作付体系

麦は基本的に連作は行わず、隔年栽培が行われている。このため麦栽培面積に匹敵する休耕地が灌漑、天水麦に必要である。天水麦は毎年、降雨次第で収量は不安定である。11月に播種し、6-8月に収穫する。

c) アルファルファの作付体系

家畜飼料のアルファルファは流域 8 州で栽培されており、1 年生の作物であるが、85%が灌漑栽培の連作である。収穫は年 3-4 回行われる。

d) 灌漑豆類、馬鈴薯の作付体系

灌漑豆類、馬鈴薯は概ね 100%が灌漑栽培の連作である。4 月播種、9 月に収穫する。他の豆類、野菜類も作物カレンダーは同様である。

e) 果樹の作付体系

果樹は永年作物であるが、育ちすぎると収穫が困難になるため 20 年程度で植え替えが必要である。りんご、オリーブ、アプリコット、なし、さくらんぼ、もも、イチジクなどが灌漑果樹であり、オリーブは雨の豊富なギランで栽培されている。ブドウも 9 割は灌漑栽培による。オレンジ、茶、桑、ナッツ類は天水栽培である。

2) 農業機械

農業の機械化は適切な作付け体系を維持するために重要である。流域関連 8 州の統計によると、トラクターはギラン州で 4ha に 1 台、東アゼルバイジャン、テヘラン、ガズビン各州で 5ha に 1 台、その他の州は 6-8ha に 1 台である。ギラン州は歩行式小型耕運機が普及しており、1ha に 1 台の割合で所有されている。コンバインは 10ha (アルデビル州) から 29ha (ザンジ

ン州)に1台の割合である。ギラン州は機械化が進んでいるが、上流州は遅れている。

3.9.3 灌漑の現況と改善

1) 長期灌漑計画

MOE は 2003 年に、イラン国の水資源長期開発戦略を策定し、この中で、農業目的の水資源配分を現在の 92%から 87%に減少させる 20 年計画を発表している。一方、灌漑サブセクターにおける第 4 次開発 5 年計画は全国で 2 百万 ha の灌漑排水システムの増加を目標としている。この計画の実現には、水などの基本的天然資源の保全、復旧、改善、開発と適切な利用を通して、近代的圧力灌漑の導入を推進することが不可欠であると指摘している。このため、調査対象地域における灌漑施設の適切な改善・開発は調和のある灌漑水使用への改革にとって極めて重要である。

2) 流域の灌漑率

流域農地の総合灌漑率は、休耕地を含めて表 3.13 に示すとおり 21%と低い（休耕地を除外すると 29%）。灌漑率の面からはギラン州は高く（74%）、Manjil ダム上流の東アゼルバイジャン（18%）、ザンジャン(26%)、コルデスタン(12%)などは灌漑水量に制約があり灌漑施設の整備が遅れたことなどから、灌漑率は著しく低い。

表 3.13 流域の灌漑率

条件	流域全体	アルデビル	東アゼル バイジャン	ザンジャン	コルデスタン	ハメダン	ギラン	ガズビン	テヘラン
休耕地含む(%)	21.1	21.1	13.9	19.2	8.7	6.2	72.8	44.5	70.4
休耕地除く(%)	28.6	31.0	18.1	26.0	11.8	8.6	74.0	53.6	69.2

3) 伝統的及び近代的灌漑システムの定義

伝統的灌漑システムと近代的灌漑システムの定義は以下の通りである：

- (i) 伝統的灌漑システム：
 - 取水堰は土石などで築いた仮設的な構造
 - 水路は土水路
 - 圃場での灌漑はボーダー、水盤、畝間灌漑が主
- (ii) 近代的灌漑システム：
 - 取水堰はコンクリートでゲート付きの永久的構造物
 - 水路はコンクリートなどによる舗装、畑作はパイプライン
 - 圃場灌漑・畑作はスプリンクラー、ドリップなどで、水田は水盤法

4) 灌漑効率

Manjil ダム上流の畑作地帯は、ほとんどが伝統的灌漑システムであり、これを近代的な圧力灌漑システム（現況はザンジャンで 7%程度）に改善することで新規に開発水量を生み出すポテンシャルは高い。

灌漑効率については WRMC・MG は 1 年生作物と果樹に対し検討し、各農業区ごとに 0.30 ないし 0.37 と推定している。伝統的システム改善後あるいは圧力灌漑導入後の将来の効率は、0.50 から 0.71 に改善できるとしている。

一方、Manjil ダム下流の水田単作地帯については WRWC・PANDAM による推定を採用し、次の通りとしている。

3. 調査対象地域の現状

- 東ギランと西ギラン（フマナット地区）の近代的灌漑システム： 43%
- 中央ギランの伝統的な灌漑システム： 38%
- 中央ギランの近代的な灌漑システム： 47%

WRMC としては中央地域の伝統的灌漑システム約 5.2 万 ha を現在の総合灌漑効率 0.38 から 0.50 程度まで向上し、これによる余剰水で水不足地域の改善を目指して改善工事を実施している。ギラン州ではこのほか 8 箇所の直接流域に小規模ダムを計画している。

但し、このような灌漑効率の向上には WUA の設立・強化による、組合による自主的水管理の組合への移行が、既存伝統的灌漑施設の近代化とともに不可欠である。

5) 現況灌漑施設の開発・改善の状況

SIDN、QPIP および近年完成あるいは進行中の圧力灌漑を除く大部分の流域内の灌漑施設は、伝統的灌漑施設である。ザンジャン州では毎年平均 1,500ha の圧力灌漑を推進しており、現在までの合計完成面積は約 8,000ha となっている。このような近代的な灌漑システムの完成地区では灌漑効率が著しく向上している。ダムを除く灌漑施設で大規模なものは、ギラン州の水田灌漑施設である。Manjil ダム下流にタリク堰およびフーマントネル（17km、32m³/s）、ガレルード堰（設計取水量 25m³/s）およびサンガール堰（左岸最大 113m³/s、右岸 75m³/s 取水）の 3 基の大型堰が稼働している。

上流州の施設は現況では河川に土石で仮設の堰を毎年築き、土水路とベースン、ボーダー、畝間方式の灌漑施設であり、この改善は早急に行わなければならない。これにより灌漑効率が向上し、発生した余剰水量が新規灌漑に利用され、灌漑区域の拡大に繋がる。

近代的灌漑施設の改善・開発にかかる費用を表 3.14 に示す。

表 3.14 灌漑施設の開発・改善コスト

(\$/ha)

開発・改善	基幹施設	末端施設	維持管理費
畑地灌漑の開発・改善	4,000	2,000	90 (\$6,000 の 1.5 %)
水田灌漑の改善	1,500	500	40 (\$4,000 の 1.0 %)

出典:WRMC

6) 渇水記録

流域の農業用水の渇水記録は流域最下流のギラン州の水資源公社で過去 8 年間の灌漑開始時期における Manjil ダムの貯水量との関係で表 3.15 のとおり記録されている。

表 3.15 Manjil ダムの渇水時における貯水状況

渇水年	灌漑開始時貯水量 (mcm)	渇水状況
1378 (1999)	830	渇水
1381 (2002)	931	渇水
1385 (2006)	1,450	Sangar 東幹線のみ渇水.*1

*1: 地震に伴う地滑りにより東幹線の水路断面が 67m³/s から 40m³/s に縮小

3.9.4 畜産

調査対象地域では全州において畜産が盛んである。対象地域の家畜頭数は各州の流域別面積比率から肉家畜約 5 百万頭、乳家畜約 2 百万頭と推定した。内訳は羊が 69%、ヤギが 16%、牛が 15% である。ほかに同じ程度のニワトリ、数は少ないがラクダ、水牛などもいる。これらの家畜は広大な草地とアルファルファに代表される灌漑作物などを飼料としている。

対象地域では乳家畜は肉家畜（放牧型）の 43% であり、全国平均の 37% よりも放牧型が少なくミルク型が多く、それだけ流域保全には好ましい定着型の畜産が進んでいることを示している。な

お、農村人口一人当たり肉・乳頭数は対象地域 2.2 頭に対し全国平均は 2.8 頭である。年間灌漑粗用水量は ha あたり小麦が 14,000m³/ha、米が 12,000m³/ha に対しアルファルファは 24,000m³/ha と多い。

3.9.5 内水面漁業

イラン国の水産業はペルシア湾などでの年間水揚げ量が 343,500 トン、ギラン州を含むカスピ海沿岸州での水揚げ量が 134,200 トンとなっている。ギラン州には 3,458ha の池があり、温水養殖（コイ、草魚など）が盛んである。上流の 7 州及びギラン州の丘陵地帯では溪流などにおける冷水養殖（ニジマスが主）が行われている。なおイラン国は高品質のキャビアの産出でも有名であるが、漁獲量が 2003-04 で 15% 以上激減し、水質の悪化が懸念されている。

ギラン州 RWC は、Manjil ダムから河口のチョウザメ産卵用水（2.5 ヶ月間の 15-50m³/s）やチョウザメ孵化試験場用水（通年 2.4m³/s）に対し、MOJA の要請により、農業用水より高い優先順位を与え、供給している。

表 3.16 チョウザメのための用水量（2005 年以降）

目的	チョウザメ孵化試験場	河口の産卵場所
堰名	Gelerud Weir Intake	Sangar Weir Release
流量 (m ³ /s)	2.4	15-50
供給期間	12 ヶ月	5 月末から 8 月初旬まで

出典：WRMC およびギラン RWC

ギランでの漁獲高・養殖生産高を見ると、カスピ海での漁獲高と内水面漁業での生産高が約半々で、それぞれ 1.8 万トン、1.99 万トンとなっている。内水面漁業では温水養殖による生産が 86% を占め、1.7 万トンとなっている。冷水養殖の生産高は少なく、千トンに満たない。河川等自然な水域における天然魚の漁獲高は 1.8 千トンで、内水面漁業の 9%、ギラン州の漁業全体の 5% を占める。

表 3.17 ギラン州の漁獲高・養殖生産高

年	合計	カスピ海	内水面漁業			
			計	温水養殖	冷水養殖	河川・湖沼
2005	37,914	18,002	19,900	17,199	866	1,835

(t)

さらに、他州においても、養殖が実施されており、例えば、東アゼルバイジャンの養殖のために Aidagmush ダムは、毎秒 2 トンの水を放流している。

3.10 水道および工業用水

3.10.1 上水道使用量

2006 年における上水道使用量を表 3.18 にまとめた。

表 3.18 セフィードルード川流域における州別上水道使用量

分類	(MCM)							
	ギラン	ザンジャン	コルデスタン	アルデビル	東アゼルバイジャン	テヘラン・カズビン	ハメダン	合計
都市	91.9	25.8	8.0	3.6	7.5	0	0	136.8
村落	7.4	22.1	13.8	4.5	13.5	4.1	2.6	68.1
小計	99.3	48.0	21.8	8.1	21.0	4.1	2.6	204.9

出典：WRMC

3.10.2 産業用水使用量

2006年における産業用水の水使用量を表 3.19 にまとめた。

表 3.19 セフィードルード川流域の産業用水使用量

(MCM)								
ギラン	ザンジャン	コルデスタン	アルデビル	東アゼルバイ ジャン	カズビン	ハメダン	テヘラン	合計
3.2	9.33	0.03	10.00	5.68	2.68	3.88	8.70	43.50

出典：WRMC

3.11 水資源開発施設

調査地域において、多数の小規模水源施設が存在する。そのほとんどのものが、農業用水を目的に設置されており、年間 36 億 m³ 取水されている。全体の 53% にあたる 19 億 m³ が伏流水を含む地下から取水されており、残りの 47% にあたる 17 億 m³ が表流水である。現況小規模水源施設数は表 3.20 に示すとおりである。また例として、カナートの施設位置とゾーン区分を図 3.9 に示す。

表 3.20 現況小規模水源施設一覧表 (2006 年)

ゾーン	表流水施設			地下水施設		
	堰	水路	ポンプ	カナート	井戸	湧泉
A	116	215	618	237	2,708	2,737
B	368	1,768	43	638	6,813	6,115
C	0	2,203	140	37	2,340	8,218
D	0	1,424	48	13	603	12,085
E	26	2	117	0	3,577	404
合計	510	5,612	966	925	16,041	29,559
取水量 (MCM)	9	1,502	205	181	859	827

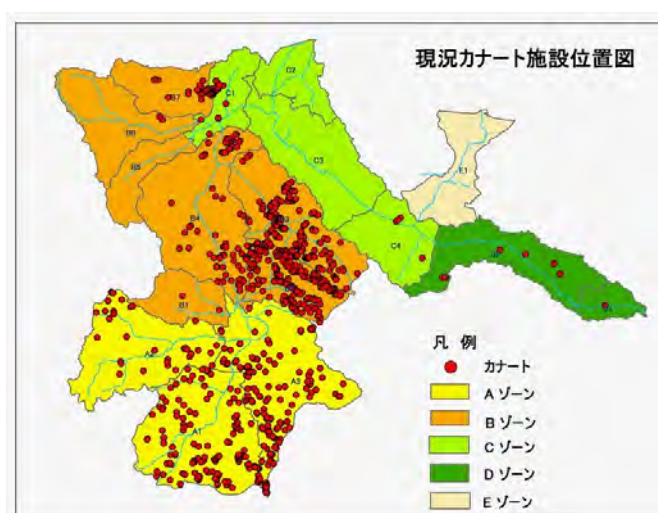


図 3.9 カナート施設位置とゾーン区分

調査地域において、総貯水量 5 百万 m³ 以上の大規模ダム(貯水池)は、建設中、計画中也含めて 36 ダムある。既設ダムは Manjil、Taleghan および Golbolagh の 3 ダムである。建設中のダムは 14 ダムである。Taham ダムはダム工事が完成しているが、下流の浄水場施設が未完成で実用段階に

入っていないため、建設中のダムに分類している。計画中のダムは 19 ダムである。これらの有効貯水容量を整理すると次表のようである。既設ダムで Manjil が圧倒的に大きな有効貯水容量 (1,150MCM) を有しており、これに Ostor(建設中、451MCM)、Talvar(建設中、403.4MCM)、Taleghan(既設、329MCM)、Mushampa(計画中、328MCM)の各ダムが続く。

表 3.21 流域内の大規模ダム

既設		建設中		計画中		合計	
箇所数	有効貯水容量 (MCM)	箇所数	有効貯水容量 (MCM)	箇所数	有効貯水容量 (MCM)	箇所数	有効貯水容量 (MCM)
3	1,485.3	14	1,807.66	19	720.46	36	4,013.42

いっぽう、既設ダムには総貯水容量 5 百万 m^3 以下の小規模ダムが多く存在している。しかし、大規模ダムは、数にして 3% であるが、総貯水容量から見ると 97% を占めており、流域内の水資源開発の動向を把握するのに、これら大規模ダムのみで十分であると判断できる。

表 3.22 流域内の既設ダム

大規模ダム(>5MCM)		小規模ダム		合計	
箇所数	総貯水容量 (MCM)	箇所数	総貯水容量 (MCM)	箇所数	総貯水容量 (MCM)
3	2,228.1	89	65.2	92	2,293.3

3.12 流域管理

調査対象地域の流域管理(流域保全)に係わる業務は、ザンジャン州にある MOJA のセフィードルード川流域管理局(Sefidrud River Basin Management Bureau: SRMB)が担当している。SRMB は 35 年前の 1973 年に開設された MOJA で最も古い流域管理局である。SRMB の活動内容は以下のとおりである。

- 流域管理に係る調査・モニタリング・GIS データベースの更新
- 流域内の土壌侵食、地滑り、洪水対策等に係る計画立案と事業の実施
- 流域保全ダムの建設、地下水涵養施設、植林

SRMB の抱える問題点は以下のとおりである。

- 地域住民の流域保全に係わる意識の低さ(自己中心的な乱開発:土地の不法占拠)
- 要員(専門家)・予算の不足
- 水資源保全に係る効果的かつ経済的な対策が確立されていない。

SRMB/MOJA は調査対象地域の年間土壌侵食量を図 3.10 に示すように 5 段階に分類している。年間侵食量の多い地域は Ostor ダムから Mushampa ダム計画地点までの Qezel Ozan 川中流域で、年間 10,000~100,000 m^3/km^2 の土壌侵食量が推定されている。この地域は泥灰岩(Marl)の分布地域と重なっている。

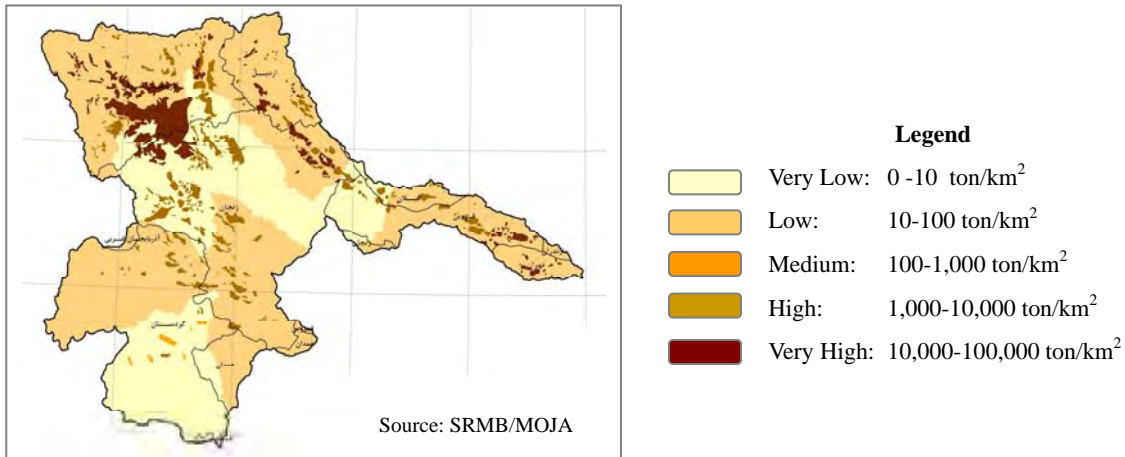


図 3.10 調査対象地域の年間土壌侵食量区分図

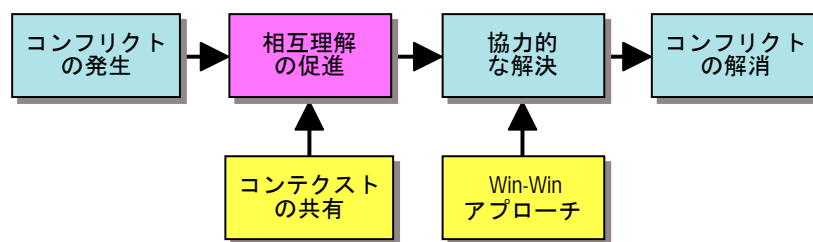
4. コンフリクトマネジメント

4.1 序論

4.1.1 コンフリクトアナリシスと相互理解

ステークホルダー間の差異がコンフリクト発生の原因となる。各々のステークホルダーが各自の価値、目的、観点、思想等に固執しているためにコンフリクトが発生し、さらにその解決を困難なものにしている。従って、コンフリクト解決の第一歩は、コミュニケーションを通じたステークホルダーの相互理解である。ここで、相互理解とは単に情報だけでなく、コンフリクトの背後にあるコンテキスト（各ステークホルダーが依って立つ条件）がステークホルダー間で共有されなければならないことに留意されたい。なぜならば情報は各人が依って立つ条件に基づいて解釈されるからであり、その条件が異なれば情報の持つ意味も異なるからである。従って、各ステークホルダーが依って立つ条件を把握するために実施するコンフリクトアナリシスは、コンフリクトマネジメントに不可欠である。

さらに、ステークホルダーの相互理解が進んだからといって、すぐにコンフリクトが解決するとは限らないことにも留意する必要がある。特に資源が十分でない場合やステークホルダーの目的が互いに競合するような場合（水配分問題が典型的なケースである）は、相互理解だけで解決することはできない。そのような場合、ステークホルダーは各ステークホルダーの利得を最大にするようお互いに協力する、いわゆる「Win-Win アプローチ」を採用して解決策を探る必要がある。そうでなければ、コンフリクトはいつまでも続いて、結局利得の総和だけでなく、自分の受け取る利得もより少ないものになってしまう可能性が高い。Win-Win アプローチでは、協力的なコミュニケーションを通じてステークホルダーが互いの信頼性を醸成し、その結果創造的な解決策のアイデアをもたらすことが可能である。



出典) 堀公俊著「問題解決ファシリテーター」(2003年)、113ページの図を調査団が修正

図 4.1 相互理解とコンフリクトの解決

4.1.2 本調査におけるコンフリクトマネジメントのアプローチ

水資源は、社会の発展に伴う需要の増大によって、より希少な資源となりつつある。水資源は、少雨多雨の気象条件、地質・地形条件等の違いによって、表流水流出と地下水涵養の状況が、それぞれの流域で千差万別である。水利用において上下流間、さらには都市と農村の間に長く水争いが続いていた。これに加えて州間、国境間の水利用が争点となり、その解決策として協定締結や総合水資源開発による調整がなされてきた。こうした一般的な水資源管理に係わる背景を踏まえ、本調査では次のようなアプローチを採用する：

- (i) ステークホルダーを含む関係機関やユーザー等の参加によりワークショップを実施し、コンフリクトの背景を把握する（コンフリクトアナリシス）。
- (ii) 外国の事例を参照して、コンフリクトの実態と解決策について議論する。さらに、ステークホルダー間の調整ルールの議論を行う。
- (iii) 水資源管理計画に組み入れられる調整ルールの提案を行い合意を目指す。

上記アプローチにより、(i)に関してコンフリクトアナリシス、(ii)に関してステークホルダー会議

4. コンフリクトマネジメント

の一部、(iii)に関してローカルコンサルテーションを計画・実施した。調査におけるこれらの活動の流れを下図に示す。

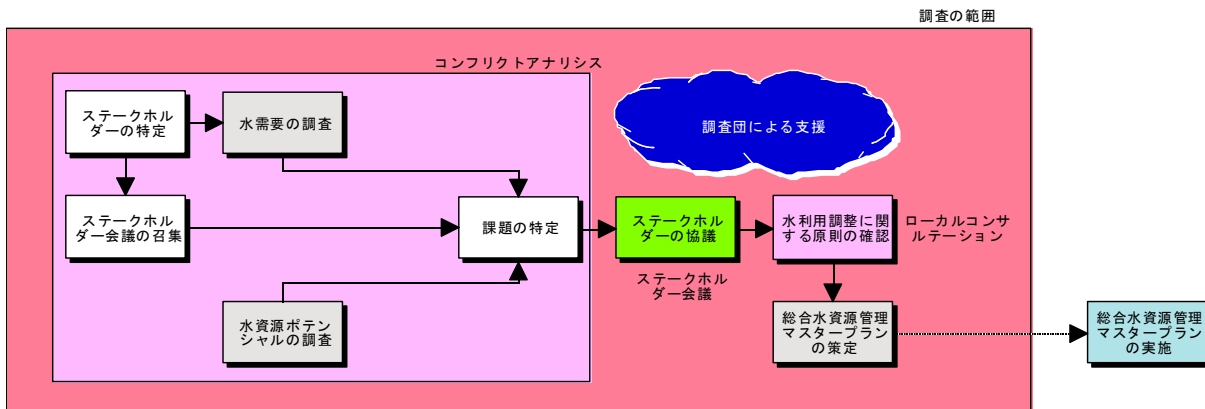


図 4.2 調査におけるコンフリクトマネジメントの流れ

4.2 州間のコンフリクト

関係する州は下記のとおりグループ分けされる。

表 4.1 各州のグループ分け

		農牧業が高い比重	工業・商業が発達
非ペルシア系言語民が主体	上流	アルデビル州、コルデスタン州、ザンジャン州	東アゼルバイジャン州
ペルシア系言語民が主体	下流	ギラン州	—
	その他	—	カズビン州、テヘラン州

上流の州からは将来の開発ポテンシャルに基づいた水配分が要求される一方で、下流の州からは既得権を尊重すべきとの意見が出されており、まさに水配分の対立が明確になっている。このまま上流の州が水利用量を増やすために水資源開発計画を実施した場合、Manjil ダムへの流入量が減少し、下流の灌漑水量も減少する。このため、下流の農業生産高が減少することは明らかである。さらに流量の減少による下流の水質の悪化が懸念される。上流部周辺においては工業開発がそれほど行われていないため、水質に関する最大の問題点は塩分濃度の上昇である。これは、上流部において存在する泥灰岩が原因である。ただし、現時点では水資源配分に関する対立と比べてそれほど深刻化しておらず、水質問題はむしろ各州間の協調ないし総合水資源管理へと導く手がかりになり得るものである。なお、河川の堆砂は州間の問題としてはそれほど強く認識されていない。

コンフリクトアナリシスの結果、各州が協調的行動へ向かわないのは、水資源が公平に配分されていないと考えていることが対立の背景として存在することが明らかになった。各州がそのように考えているのは、以下の原因によるものと考えられる。

- 各州は、自分の立場を正当化するために、それぞれ異なった公平性の基準を主張している。
- 各州は、他の州に不信を抱いており、他の州の主張を受け入れない。

こうした対立を解消して、水資源開発計画を協調的に推進するために総合水資源管理の立場からの調整が図られる必要がある。

4.3 対立点の整理と対処の方法

各州から提出された水に関する問題点を整理した結果、各州は水資源が公平に配分されていないと感じていることが明らかになったが、そうした対立点の詳細は、以下の通り整理される。

表 4.2 対立点の整理と対処方法

対立点	上流の意見	下流の意見	対処方法
公平性／社会正義	所得が国の平均より低い ため、農業や工業開発をして 所得を増やすことは公平性に かなう。	既に水不足から農家所得が低 下しており、これ以上低下す ると大きな社会不安をもたら す。	下記の水利用調整を通じて対 立を解消する。
水利用の権利	水源を所有しているものが第 一に利用する権利がある。	既に 40 年以上水を使ってい るのであり、既得権がある。	すべての州にとって現状より も良い状況をめざして協議を 開始する。 灌漑効率を向上して効率的な 水利用を達成する。
経済（生産）効 率	上流域は土地の質が高く開発 ポテンシャルがある。下流は 効率の悪い水利用をしてい る。	国の戦略作物である米を生産 しており、ギラン州は最も生 産に適した土地である。	国の戦略作物である米の生産 についても水利用を効率化す る。
情報・データの 信頼性	下流の州が提出する情報・デ ータには信頼性がない。	上流の州が提出する情報・デ ータには信頼性がない。	流域管理組織において信頼性 の高いデータを保有する。

なお、テヘラン州とそれに隣接するカズビン州については地理的条件に加え従来から優先的に水が配分されてきた経緯があるため、対立を見まもるという位置にある。

4.4 水資源管理計画に組み入れられる調整原則の提案

本件調査の結果、長期計画時点（2031 年）までの間、Manjil ダム上流域の水資源開発と下流ギラン州のセフィード扇状地の水利用の両者が、灌漑効率の向上に見られる節水対策に支えられながら、水資源ポテンシャル内に収まる可能性が明らかになった。したがって、今後州間の対立を生じさせないで水資源開発を行うために、新たな水資源開発計画の提案は、水資源ポテンシャル内に収まるように灌漑効率の向上を含む節水対策の計画を同時に示すことが基本的な条件となる。すなわち、

- 新たな水資源開発計画には同時に節水対策計画を含めなければならない。
- 上記水資源計画は節水対策計画によって現状の充足率を著しく低下させないことをシミュレーションモデル等により全ての関係州の参加を得て検証する。
- 各州は引き続き灌漑効率の向上を含む節水に努力し、毎年モニタリングするものとする。

具体的な水資源開発可能な水量については、調査団が作成したシミュレーションモデルによって検討しなければならないが、今後各州から集められたエンジニアによっていっそう精緻化されることが期待される。こうした点から、今後の各州の協力体制の強化が望まれるところである。

4.5 これまでの主な成果と今後への提言

4.5.1 これまでの主な成果

本件調査に関しては、ギラン州の資金に基づく調査が各州から反発を受けたことから、各州から中立的立場にある第三者による調査が各州を協調へ向かわせるものになると期待された。しかし、当初は、各州のステークホルダーが外国による無償の援助になじみがないことから、本件調査団が WRMC により雇用された民間のコンサルタントという誤解がされていた。このため、各州に出向いた際には、まず本件調査の説明だけでなく、日本の援助や JICA のあり方について正しく理解してもらうことから始めた。ステークホルダー会議では、調査団はどの州に対してもわかりやすい説明に努め、また各州代表からの質問やコメントに対してひとつづつ丁寧に回答した。他方、コンフリクトマネジメント担当者だけでなく、その他の調査団員も各州に赴き、直接関係者にインタビューを行ったり、現場の担当者とともに現地踏査を実施している。加えて、シミュレ

ーションモデルについては各州からエンジニアを集め、技術移転ワークショップを集中的に実施した。このように本件調査においては、調査活動全体として現地の関係者との連携が深まることに留意しつつ活動をしてきた。この結果、調査団がステークホルダーからの公平な立場にあるとの信頼を得ることによりかなりの程度成功したと判断している。また、土地利用調査に関して各州の恣意性による影響が排除できるということでイラン側から強い要望があった衛星画像データが JICA から供与された。そうした中立的なデータを調査結果に反映できたことも結果に大いに貢献したと判断される。

こうして、本件調査が開始されてから、これまで3年以上が経過し、その間ステークホルダー会議が何度も開催されているが、その州にとってたまたま特別な行事が重なったという例外的なケースを除き、すべての州からの参加を得て議論が行われ、調査も最終的な段階を迎えることができた。

コンフリクトマネジメント活動は、実はコンフリクトマネジメント担当者がステークホルダーに対して直接行う活動だけでなく、各調査団員がそれぞれの州に対しても公平に責任を果たして彼らに中立的であると信頼されることも含まれる。こうして、ステークホルダーが会議の場に出席し続けたことをひとつの成果とするならば、ステークホルダーからの信頼を得たことが大きかったのではないかと思われる。もちろん、土地利用を明らかにするための衛星画像データの供与も大きく影響しており、そうした中立的なデータの存在の重要性は高いが、その供与の実現にあたって、イラン側が熱心に要請し、日本側がその期待に応えられたという点も見逃すことができない。それを以下の事実が裏付けている。すなわち、当初天候不順により衛星による撮影が遅れたため、イラン側による衛星画像データの解析の終了が大幅に遅延するのではないかと危惧されたが、イラン側の努力によって期限内に終了することができた。既に日本側との間の信頼関係があったため、イラン側もそれを維持・発展させようと努力したものと思量されるのである。

その他の主な成果として考えられるものを含め整理すると以下の通りである。

- 調査に対する信頼を得ることが出来た。
- 各州が協調して問題解決に当たろうとする機運が生まれた。
- コンフリクトの背景と実態が明らかにされた。
- コンフリクト解決策（灌漑効率の向上に見られる実施可能な節水対策により、流域内における将来の水需要を水資源ポテンシャル内に収める）が検討され提案された。
- ステークホルダー間の調整ルールが提案された。

4.5.2 提言

前項で述べたとおり、現段階において日本側とイラン側との信頼関係が構築され、また、ステークホルダーの間の信頼関係醸成への機運も出始めたところである。少なくとも、参加者からはステークホルダー会議をここで解散させるべきとの意見は出ていない。また、現在でもいくつかの州からは新たな水資源開発計画が持ち上がっており、引き続き協議の場を必要としており、水資源コンフリクトの解決のために依然として重要な役割を有している。これまでに得られた調査結果を踏まえて、今後ステークホルダー間の協調関係を発展させるために、州間の水利用を調整し、合意形成を促進する場として、また総合水資源管理の実施主体であるべき流域管理組織を見据え、ステークホルダー会議を拡大発展させていくことを提言する。拡大ステークホルダー会議は例えば3ヶ月ごとに会合を開き、政策、戦略、データ共有の手順、流域全体のモデル構築やその他のシステム上の課題や、行政上の境界を越えて影響を及ぼす運用上のルール、さらに顕在化・潜在化しているコンフリクトについて協議する。このようにステークホルダー会議を核として将来の流域管理組織を形成させる。組織の具体的なありについては後の章に譲るが、ここでは発展の基本的方向として垂直展開と水平展開にわけて考えてみたい。

垂直展開とは、会議における協議内容の深化である。今後、総合水資源管理計画を実施していくためには、これまでのような調査内容に対する提案や調整だけにとどまらず以下を含めていく必要がある。

- 水やその他の資源や環境に関するデータの収集と分析
- 水文・水質モニタリングの準備
- 水資源開発計画の検討
- 必要な資金の検討
- マスタープランの実施計画の策定
- シミュレーションモデルの運用
- 水利用調整の暫定的ルールに関する関係州間の合意
- 渇水時の緊急協力体制の検討・暫定的試行
- 職員のキャパシティ・ディベロップメントの計画・暫定的な実施

水平展開とは、会議参加者の拡大である。現状では RWC の代表者が正式メンバーであり、参考意見を述べるローカルコンサルタントの出席もある。調査の結果、水利用調整にとって灌漑効率の改善がきわめて重要なファクターであることがわかった。このため、第3次以下の灌漑用水路の管理主体である MOJA の参加が必要である。加えて環境流量の維持の観点から環境省、水質の面からは保健省のそれぞれの代表者の出席が必要となろう。また、行政機関の代表だけでなく農民などユーザーの代表の参加の検討も必要である。

5. 水資源開発計画と水資源ポテンシャル

5.1 水資源開発計画

5.1.1 流域内のダム開発計画

イランの水資源開発計画は、そもそも水資源が潤沢に存在しないため、流況改善施設としてダム建設を軸にした開発計画が進められている。また、調査対象地域における地下水開発は限界状態にあるため、今後の水資源開発計画の対象は表流水でダムによる水資源開発が主体となっている。表 5.1 に示すように調査対象地域には既設を含む 174 ケ所のダムプロジェクトがある。このうち、既設のダムは 92 ケ所で総貯水量 22.4 億 m³ である。建設中及び調査段階のダムプロジェクトは 82 ケ所で総貯水量 37.4 億 m³ である。また、5 百万 m³ 以上の大ダムは、基数では 38 ケ所で全体の 21.8% であるが、貯水量は 58.5 億 m³ と全体の 97.7% を占めている。大ダムの位置は、図 5.1 に示すとおりである。

表 5.1 流域内の既設ダムおよびダム開発計画

段階	大ダム		中小ダム		合計	
	(ヶ所)	(百万 m ³)	(ヶ所)	(百万 m ³)	(ヶ所)	(百万 m ³)
既設	3	2,178.1	89	65.2	92	2,243.3
建設中	14	2,344.9	13	21.6	27	2,366.5
計画中	21	1,323.2	34	52.6	55	1,375.8
合 計	38	5,846.2	136	139.4	174	5,985.6

出典: WRMC 報告書 Vo.2, 2007 年



図 5.1 既設・建設・計画段階の大ダム位置図

5.1.2 大ダムの開発段階

MOE の Water Engineering Standard によれば、ダムの開発段階は表 5.2 に示す 5 段階に区分されている。

表 5.2 イラン国における大ダムの開発区分

No.	区 分		内 容
1	Phase-0	立案調査	<ul style="list-style-type: none"> 既存資料調査および現地調査を行い、開発を実施する場所を検討し、ダムサイトを特定する。 概算事業費・事業便益を検討し、他の事業と比較し、事業の重要性や優先順位を記載する。 今後どのような調査が必要か検討する。
2	Phase-1	可能性調査 (F/S)	<ul style="list-style-type: none"> 事業実施の可能性を検討する F/S 調査を行う。 最適な事業規模・工事方法等を検討し、事業費を算定する。 環境影響調査、経済評価等を行い、事業実施の正当性を検討する。
3	Phase-2	詳細設計 (D/D)	<ul style="list-style-type: none"> 各計画の詳細設計を行う。 施工計画を検討する。 数量計算、事業費積算を行う。 技術仕様書、入札書類を作成する。
4	Phase-3	入札及び工事	<ul style="list-style-type: none"> 応札者の事前資格審査(P/Q)、入札を行い業者と契約を結ぶ。 施工監理業務を行う。
5	Phase-4	運用と維持管理	<ul style="list-style-type: none"> 完成した施設を運用する。 施設の維持管理を行う。

出典：WRMC

2008年5月末時点でWRMCに確認したところ、調査地域の38大ダムの開発段階は表5.3のとおりである。完成ダム(Phase-4)が6ダム、建設中(Phase-3)が13ダム、詳細設計段階(Phase-2)が8ダム、F/S段階(Phase-1)が11ダムとなっている。Phase-4に分類されているTaham、Aydughmush及びSahandの3ダムは下流の浄水施設や灌漑施設が完成しておらず実用段階に入っていないため、本調査では建設中のダムとして分類する。

表 5.3 調査地域における大ダムの開発段階（2008年5月現在）

段 階	対象ダム名				
Phase-4	Manjil	Golblagh	Taleghan	Taham	Aydughmush
	Sahand				
Phase-3	Shahre-Bijar	Germichay	Golabar	Givi	Ostor
	Talvar	Sange-siah	Sural	Siyazakh	Kalghan
	Befrajerd				
Phase-2	Sheikhe besharat	Alan	Gezel Tapeh	Babakhan	Mehtar
	Ramin	Mushampa	Alehdare		
Phase-1	Chesb	Khoresh Rostam(Hst2)	Tirtizak	Niakhoram	Sangabad
	Sir	Burmanak	Mondagh	Zardekamar	Songhor
	Hasankhan	Marash	Ghareh Darangh		

出典：WRMC

州別に5百万m³以上のダムの開発進捗状況を貯水量で整理すると図5.2のとおりである。ギラン州が圧倒的に貯水量で凌駕している現況に対して、徐々に将来は上流部のザンジャン州、東アゼルバイジャン州、そしてコルデスタン州の貯水量が増加していくことが分かる。

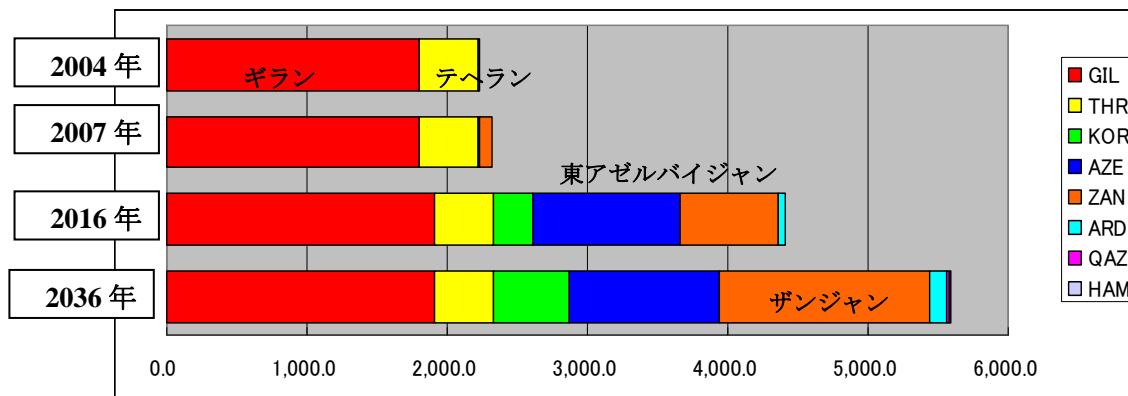


図 5.2 500 万 m³ 以上のダムの開発進捗状況

5.2 水資源ポテンシャル

調査対象地域における表流水のポテンシャルは、MIKE SHE により降雨量から求められる。1985 年から 2005 年の流域平均降雨量は 346mm で、そのうち蒸発散量は 229mm、地下への浸透量は 32mm で、残りの 85mm が表面流出量となる。これを流域全体の表流水に換算すると年間約 50 億 m³ となり、これが表流水のポテンシャルとなる。いっぽう、MIKE-SHE による地下水の水資源ポテンシャル(地下水涵養量)は年間約 19 億 m³ と推算される。

以上より、流域の平均年における水資源ポテンシャルは、MIKE-SHE を使って次のように推定される。

表 5.4 水資源ポテンシャル

年降水量	蒸発散量	水資源ポテンシャル		
		表面流出量	地下水涵養量	合計
346 mm (= 204 億 m ³)	229 mm (= 135 億 m ³)	85 mm (= 50 億 m ³)	32 mm (= 19 億 m ³)	117mm (= 69 億 m ³)

注：降雨データの使用期間は 1985 年から 2005 年

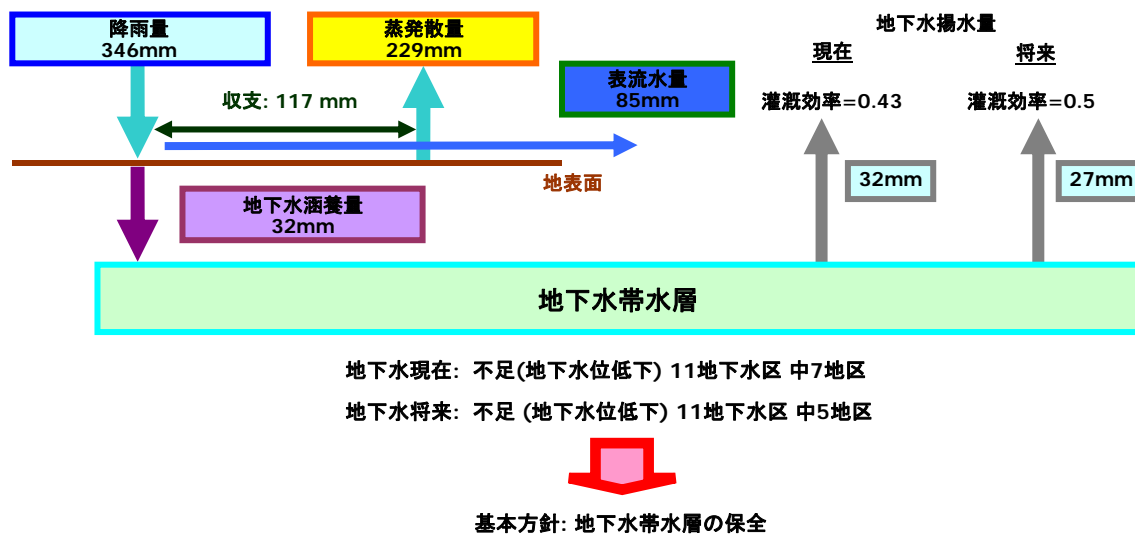


図 5.3 水収支と水資源ポテンシャル

6. 水需要予測

6.1 予測基本フレーム

6.1.1 目標年次

本調査の開発目標年次を以下のように設定した。

- (i) 中期目標年: 2016年 (イラン暦: 1395年)
- (ii) 長期目標年: 2031年 (イラン暦: 1410年)

6.1.2 社会経済フレームワーク

国家開発計画、長期水資源開発戦略等を検討し、WRMCと協議を重ねた結果、目標年における社会経済フレームワークを以下のように設定し、これをまとめて表6.1に示す。

1) 目標年次における人口

対象域内の人口は近年の増勢傾向を勘案して設定した。

2) 国内総生産(GDP)及び対象州全域の域内総生産(GRDP)

第4次開発5ヵ年計画によれば、2009年までの伸びとして、8%を数値目標として掲げている。当該第4次5ヵ年計画の基礎は、2004年時点の社会経済状況であり、この年のGDPの対前年成長率は8.03%を記録しているため、上記数値目標はこの数値が反映しているものと考えられる。しかし、この成長率が中期目標年の2016年ないしは長期目標年の2031年まで同水準で推移することは難しい。そこで、長期目標年の2031年時点の平均的な対前年成長率を、(1)高度の成長を遂げた場合で7%と抑え、これとは別に過去の成長傾向を参考にして、(2)中程度の成長の場合で5%、(3)低成長の場合で3%と設定することとした。

中期目標年の2016年においては平均的な対前年成長率をそれぞれ長期目標年における成長率の半分と想定して、(1)高度の成長を遂げた場合で7.5%、(2)中程度の成長の場合で6.5%、(3)低成長の場合で5.5%とした。

以上の想定の下に、2016年の中期目標年、2031年の長期目標年時点における対象州全域の域内総生産は、厳密にはイラン国全土のものとは異なるが、上述のイラン国全土における成長パターンと同様の成長パターンをたどると想定し算出した(図6.1参照)。この想定の中で中程度の成長ケースを社会経済フレームに用いている。

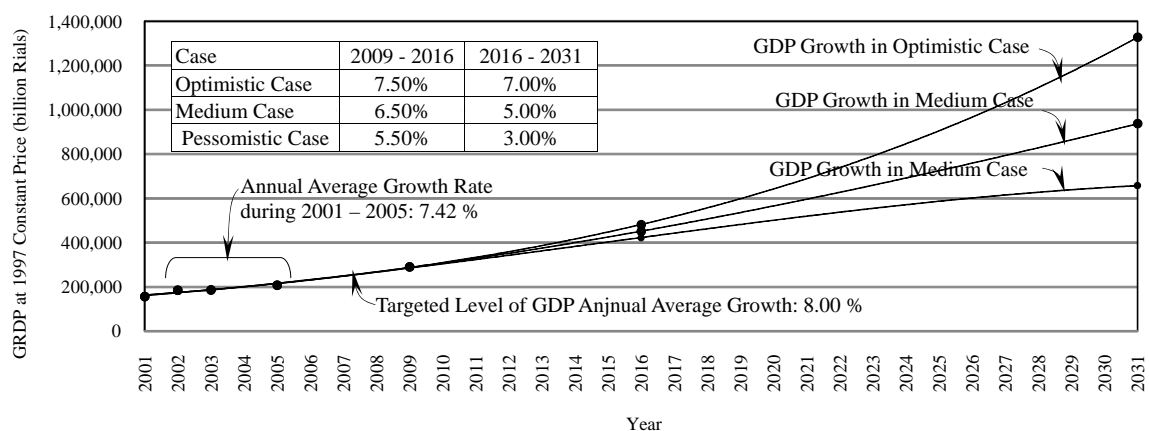


図 6.1 対象州における目標年時点までの GRDP 成長パターン

3) 域内工業生産の伸び

GRDP の総額に対する工業セクター(鉱工業、製造業、建設業)のシェア率(寄与率)が増加すれば、それはこのセクターの活動が増大したことを意味する。

近年の工業生産の推移から、長期目標年の 2031 年時点における工業セクターの GRDP 総額に占める割合(寄与率)は、(1)高度の成長を遂げた場合(Optimistic Case)で 40%、(2)中程度の成長の場合(Medium Case)で 34%、(3)低成長の場合(Pessimistic Case)で 31%に達していると設定する。また中期目標年の 2016 年時点における寄与率はそれぞれ、35%、31%、29%に達していると想定した。こうした想定の下に、中間的な成長を目途とし、年平均成長率は、長期目標年の 2031 年時点で 1.86%、中期目標年時点で 2.06%とした。

4) 域内農業生産の伸び

工業セクターの場合と同じく、GRDP の総額に対する農業セクター(農業、狩猟、森林業、漁業)寄与率が増加すれば、それはこのセクターの活動が増大したことを意味する。

対象 8 州のうちテヘラン州を除く 7 州は、全国土の 80%近くが乾燥地帯である同国にあって、マザンダラン州、ゴレスタン州に次ぐ数少ない穀倉地帯であるといえる。ギラン州ではコメを戦略作物と位置づけて力を入れており、またアルデビル州では主力換金作物は小麦であり、加えてジャガイモ等の野菜類、牧畜、それに伴うアルファルファ等の牧草類、養蜂等に力を入れており、いずれも GRDP 総額に対して高い寄与率を示している。アルデビル州では 2003 年において、寄与率 30%を示している。これは、将来において適切な水配分が行われれば、いずれの州においてもかなりの農業生産の活性化が期待できることを意味している。

農業セクターの振興に伴い、輸送・倉庫業を含む交通・通信セクター、市場活動を含む商業セクターも同時に活性化するため、農業セクターの寄与率だけが無制限に高まるという事ではない。しかしながら、GRDP 総額に対する農業セクターの寄与率 35%程度までは実現し得ると考えられる。当然のことながら、前記第 4 次開発 5 カ年計画における投資成長率の数値目標に示されている施策の効果も期待できる。

以上の考察から、長期目標年の 2031 年時点における農業セクターの GRDP 総額に占める割合(寄与率)は、(1)高度の成長を遂げた場合(Optimistic Case)で 35%、(2)中程度の成長の場合(Medium Case)で 31%、(3)低成長の場合(Pessimistic Case)で 29%に達していると設定する。また中期目標年の 2016 年時点における寄与率はそれぞれ、31%、28%、27%に達していると想定した。こうした想定の下に、中間的な成長を目途とし、年平均成長率は、長期目標年の 2031 年時点で 2.06%、中期目標年時点で 2.29%とした。

5) 上工水の送配水ロスの軽減ならびに灌漑効率の改善

工業セクター、農業セクターの成長は、適切な水配分の上に成り立つ。それとともに効率的な水利用によるところ極めて大である。政府の調査によれば、上工水の送配水ロスは現状で 30%ということである。このロスの改善は、中期目標においては困難と判断し、長期において 25%に減少させるものとした。

また、現行の灌漑効率は伝統的な灌漑方式の場合で 33%、圧力化などが施された近代的灌漑方式の場合で 50~76%であるとのことである。伝統的灌漑区域の灌漑効率の改善は、大きく水利用に影響を与えること、しかしいっぽうでは事業費の投入が必要なことから、第 9 章のマスタープランの検討において、灌漑効率改善を将来シナリオの一つのパラメータとして検討するものとした。

表 6.1 目標年における社会経済フレームワーク

No.	項目		開発目標年			
			現況	中期	長期	
			2006/1385	2016/1395	2031/1410	
1	人口	都市	人口	1,959,778	2,339,086	3,016,174
			年間平均成長率		(1.79~1.78%)	(1.74~1.67%)
	地方	人口	2,767,549	3,384,897	4,560,110	
			年間平均成長率		(2.04~2.02%)	(2.01~1.99%)
	合計	人口	4,727,327	5,723,983	7,576,284	
				(1.94~1.92%)	(1.90~1.83%)	
2	GDP年間平均成長率			8.0	6.5	5.0
3	工業セクターの年間平均成長率(中間ケース)			1.1	2.1	1.9
4	農業セクターの年間平均成長率(中間ケース)			1.7	1.6	1.4
5	水道・工業用水の総合搬送損失			0.30	0.30	0.25
6	灌漑効率	伝統的	0.33	0.33	シナリオ設定検討	
		近代的	0.50~0.76	0.50~0.76	0.50~0.76	0.50~0.76

6.2 水需要予測

6.2.1 ゾーニング

水需要の分析は、流域を以下に示すゾーンとリーチ(小流域)に分割して行った。なお、これらの図表にはギラン州のSIDN(Sefidrud Irrigation and Drainage Network)の主要部分は含まれておらず、これについては8章で述べる。

表 6.2 水需要算定のためのゾーニング

ゾーン	小ゾーン	面積(km ²)	含まれる小流域								
A	A-1	6,446	R43	R44	R45	R47	R48	R50	R51	R52	R67
	A-2	5,073	R37	R40	R41	R42	R46	R65			
	A-3	6,004	R38	R39	R49	R66					
	Sub-total	17,522									
B	B-1	1,818	R34	R35	R64						
	B-2	2,395	R29	R30	R63						
	B-3	4,591	R20	R24	R27	R28	R31	R33			
	B-4	6,527	R17	R22	R26						
	B-5	1,629	R18								
	B-6	3,540	R08	R10	R60						
	B-7	2,145	R04	R05	R09						
Sub-total	22,644										
C	C-1	1,761	R02	R06	R11						
	C-2	1,679	R01	R03	R07	R12	R14	R59			
	C-3	5,021	R15	R16	R61	R13					
	C-4	2,763	R21	R32							
Sub-total	11,224										
D	D-1	943	R36								
	D-2	3,909	R25								
	Sub-total	4,852									
E	E-1	1,043	R53								
	E-2	1,805	R19	R23	R62						
	Sub-total	2,848									
Total	59,091										

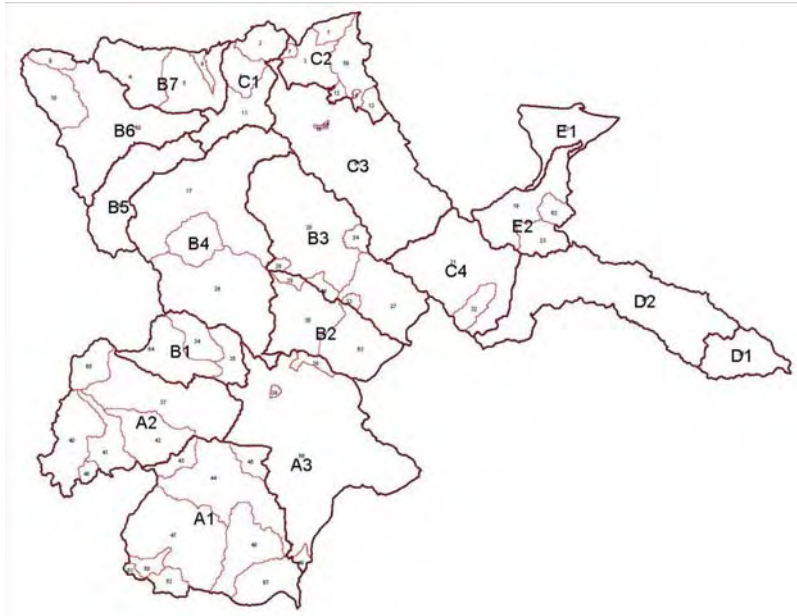


図 6.2 セフィードルード川流域とゾーニング

6.2.2 灌漑面積

水需要予測に際し、灌漑面積は以下の方針で推定した。

- (i) 現況の灌漑面積は WRMC 提供の Mahab Ghodss 調査報告書改定版(2008 年 11 月)の小流域 R 毎に集計された灌漑面積を基礎とした。
- (ii) ギラン州の灌漑面積は、Pandam 調査報告書のデータを基に推定した。
- (iii) 灌漑面積は、(1)Manjil ダム上流部の小流域リーチ、(2)堰がかりの SIDN の小流域リーチ(3ヶ所:R53, R54, R55)、(3)SIDN 地区上流の小流域リーチ(2ヶ所:R56, R57)、(4)ダムがかりの受益地に区分して集計した。
- (iv) 表流水、地下水がかり別の灌漑面積は、上記データに記載されている現況の取水量比で配分した。不明な小流域 R については、小流域 R 内の井戸、湧泉の数と平均取水量から、地下水掛りの取水量を求め地下水がかりの面積を推定した。
- (v) 中期目標年(2016年)の灌漑面積には、現在工事中の 13 ダムの開発面積を考慮した。
- (vi) 長期目標年(2031年)の灌漑面積には、工事中の 13 ダムに加え、計画中の 20 ダムの開発面積を考慮した。
- (vii) ダム開発計画以外の新規灌漑開発面積はないものとした。

上記の基本方針を基に開発目標年次の灌漑面積を整理すると表 6.3 に示すとおりである。

表 6.3 開発目標年次の灌漑面積

目標年	水源	区分	灌漑面積 (ha)					計
			A	B	C	D	E	
現況 (2006年)	表流水	小流域R	11,991	74,393	31,909	1,209	8,253	127,755
		ギラン州R	0	0	0	0	22,997	22,997
		堰掛り	0	0	0	0	155,963	155,963
		ダム掛り	800	0	0	30,000	0	30,800
		小計	12,791	74,393	31,909	31,209	187,213	337,515
	地下水	小流域R	41,306	45,261	21,261	6,815	562	115,205
		ギラン州R	0	0	0	0	21,405	21,405
		小計	41,306	45,261	21,261	6,815	21,967	136,610
	合計		54,097	119,654	53,170	38,024	209,180	474,125
中期 (2016年)	表流水	小流域R	11,045	70,903	28,482	1,209	8,253	119,892
		ギラン州R	0	0	0	0	22,997	22,997
		堰掛り	0	0	0	0	155,963	155,963
		ダム掛り	56,900	23,190	32,227	30,000	0	142,317
		小計	67,945	94,093	60,709	31,209	187,213	441,169
	地下水	小流域R	41,306	45,261	21,261	6,815	562	115,205
		ギラン州R	0	0	0	0	21,405	21,405
		小計	41,306	45,261	21,261	6,815	21,967	136,610
	合計		109,251	139,354	81,970	38,024	209,180	577,779
長期 (2031年)	表流水	小流域R	9,482	64,992	26,156	1,209	8,253	110,092
		ギラン州R	0	0	0	0	22,997	22,997
		堰掛り	0	0	0	24,194	155,963	180,157
		ダム掛り	83,082	64,244	39,732	13,065	0	200,123
		小計	92,564	129,236	65,888	38,468	187,213	513,369
	地下水	小流域R	38,000	45,254	21,261	6,815	562	111,892
		ギラン州R	0	0	0	0	21,405	21,405
		小計	38,000	45,254	21,261	6,815	21,967	133,297
	合計		130,564	174,490	87,149	45,283	209,180	646,666

6.2.3 水需要の基本条件と予測結果

水需要量の予測に際しては、RWCからのコメント、イラン側関係者との協議及びギラン州補足調査結果(8章)等を受けて、計算条件を設定している。主要な事項を整理すると以下のとおりである。

- 灌漑面積、灌漑効率等の基礎条件は、ギラン州は Pandam 調査報告書、その他の地域は WRMC から提供された Mahab Ghodss 調査報告書改訂版(2008年11月)のデータを引用している。
- Mahab Ghodss 調査報告書の純用水量は National Water Document に基づいて計算されているが、実態より過大な値となっている。このため、WRMC はじめイラン国側関係者と協議し、過大な値の出ている小流域については、修正係数を設定し、下方修正している。
- 灌漑効率は表 6.4 のように、整備シナリオのパラメータとした。下限が無対策、上限が WRMC の目標値、その間が中間的な値である。

表 6.4 灌漑効率の想定

対象地区	現況 2006年	中期 2016年	長期 2031年
SIDN 地区 (ギラン州水田地区)	42%	42-45-48%	42-51-55%
伝統的灌漑地区 (Manjil ダム上流地区)	33%	33-37-40%	33-44-50%

- 水道用水については、水源から受益者間の総合配水損失を、浄水場が設置されている表流水水源については 48%、水質条件の良い地下水水源については 35%とした。
- 都市給水の給水原単位については、RWC からのコメントを受け、州間のバラツキを調整し、表 6.5 の値を採用した。

表 6.5 都市給水の給水原単位

人口	給水原単位 (lpdc)		
	現況	中期	長期
30 万人以上	230	245	260
5~30 万人	200	215	230
5 万以下	175	188	200

- 人口予測については、2006年センサスをベースに算定すべきであるというコメントがあったが、イラン側へ請求している調査対象地域内の地方都市の 2006年人口および人口増加率に関するデータが得られなかったため、1998年センサスに基づく推定人口を採用している。
- 都市給水の水源は基本的には表流水であるが、情報のない小都市については地下水とした。
- 地方給水、工業用水の水源については、地下水とし、総合配水損失は 35%とした。
- その他、各 RWC から修正要求があり、JICA 調査団として受け入れられるものは反映されている。

以上の計算条件に基づき、現況、中期目標年、長期目標年の 3 ケースにおける水需要量を検討した。なお、中期目標年には現在工事中の 14 ダムが完成するものとし、長期目標年には計画中の 21 ダム、Qazvin 導水計画が完成するものと想定している。計算結果は表 6.6 に示すとおりである。なお、以下に示す灌漑効率は WRMC の目標値を用いたケースを想定して農業水需要量を算定したものである。

表 6.6 水需要予測結果一覧表

目標年	灌漑面積 (ha)	WRMC 目標 の灌漑効率 (%)	水需要量 (単位: 百万 m ³)			
			農業	水道	工業	合計
現況 (2006年)	474,100	33.4	7,074	609	43	7,726
			91.6%	7.9%	0.6%	100.0%
中期 (2016年)	577,800	40.0	7,068	859	121	8,048
			90.1%	11.0%	1.5%	102.6%
長期 (2031年)	646,700	50.0	6,714	1,268	204	8,186
			83.9%	15.8%	2.5%	102.3%

1) 農業用水需要量

農業用水需要量について、ここでは、現況の伝統的灌漑地区の灌漑効率 33.4%が、中期目標年(2016年)までに 40%に、長期目標年(2031年)までには 50%に改善されるという前提に基づき予測した結果をまとめている。ゾーン別に予測量を集計すると表 6.7 に示すとおりである。また、水源及びゾーン別需要量は表 6.8 に示すとおりである。

表 6.7 農業用水需要量

(百万 m³)

ゾーン	現況 (2006年)	中期目標年 (2016年)	長期目標年 (2031年)
A	1,012	1,336	1,309
B	2,095	1,757	1,773
C	762	943	890
D	457	428	480
E	2,748	2,604	2,262
合計	7,074	7,068	6,714

表 6.8 水源及びゾーン別農業用水需要量

目標年	水源	区分	ゾーン別水需要 ('000m ³)					計
			A	B	C	D	E	
現況 (2006年)	表流水	小流域R	228,050	1,322,471	460,356	22,544	164,963	2,198,384
		ギラン州R	0	0	0	0	298,146	298,146
		堰掛け	0	0	0	0	2,019,037	2,019,037
		ダム掛け	6,586	0	0	310,000	0	316,586
		小計	234,636	1,322,471	460,356	332,544	2,482,146	4,832,153
	地下水	小流域R	776,886	772,423	302,098	124,578	11,190	1,987,175
		ギラン州R	0	0	0	0	254,980	254,980
小計		776,886	772,423	302,098	124,578	266,170	2,242,155	
合計	1,011,522	2,094,894	762,454	457,122	2,748,316	7,074,308		
中期 (2016年)	表流水	小流域R	195,624	1,001,627	346,019	18,312	136,211	1,697,793
		ギラン州R	0	0	0	0	260,878	260,878
		堰掛け	0	0	0	0	1,768,025	1,768,025
		ダム掛け	432,653	149,776	343,338	310,000	0	1,235,767
		小計	628,277	1,151,403	689,357	328,312	2,165,114	4,962,463
	地下水	小流域R	707,592	605,234	253,755	100,035	9,245	1,675,861
		ギラン州R	0	0	0	0	223,107	223,107
小計		707,592	605,234	253,755	100,035	232,352	1,898,968	
合計	1,335,869	1,756,637	943,112	428,347	2,397,466	6,861,431		
長期 (2031年)	表流水	小流域R	134,196	732,193	257,002	14,648	108,967	1,247,006
		ギラン州R	0	0	0	0	227,675	227,675
		堰掛け	0	0	0	250,045	1,541,810	1,791,855
		ダム掛け	655,638	557,155	429,650	135,005	0	1,777,448
		小計	789,834	1,289,348	686,652	399,698	1,878,452	5,043,984
	地下水	小流域R	518,985	484,098	203,004	80,025	7,395	1,293,507
		ギラン州R	0	0	0	0	194,712	194,712
小計		518,985	484,098	203,004	80,025	202,107	1,488,219	
合計	1,308,819	1,773,446	889,656	479,723	2,080,559	6,532,203		

2) 水道用水需要量

水道用水需要量は、WRMC から提供された Mahab Ghodss 調査報告書旧版の人口予測等を基に算定した。水源から受益者までの総合損失は、表 6.9 のように設定した。

表 6.9 総合配水損失

水源	浄化損失	送水損失	総合排水損失
表流水	0.2	0.35	0.48
地下水	-	-	0.35

ゾーン別に水道用水需要量を集計すると表 6.10 に示すとおりである。

表 6.10 ゾーン別水道用水需要量

(単位:百万 m³)

開発目標	区分	水源	A	B	C	D	E	合計
現況 (2006年)	地方給水	地下水	35.2	41.9	12.2	4.1	113.0	206.4
		地下水	20.3	6.1	9.9	0.0	22.2	58.5
	都市給水	表流水	0.0	55.1	14.0	150.0	124.8	343.9
		小計	20.3	61.2	23.9	150.0	147.0	402.4
	合計		55.5	103.1	36.1	154.1	260.0	608.8
中期 (2016年)	地方給水	地下水	54.0	62.0	17.8	5.6	150.3	289.7
		地下水	27.7	7.8	13.4	0.0	22.4	71.3
	都市給水	表流水	95.0	70.2	17.9	150.0	164.8	497.9
		小計	122.7	78.0	31.3	150.0	187.2	569.2
	合計		176.7	140.0	49.1	155.6	337.5	858.9
長期 (2031年)	地方給水	地下水	82.2	92.3	26.1	7.9	206.3	414.8
		地下水	42.4	10.8	9.8	0.0	31.1	94.1
	都市給水	表流水	95.0	8.5	24.6	310.0	320.7	758.8
		小計	137.4	19.3	34.4	310.0	351.8	852.9
	合計		219.6	111.6	60.5	317.9	558.1	1,267.7

3) 工業用水需要量

工業用水の需要量は、WRMC 提供資料(3章参照)を基に需要量を推定するとともに水源から受益者までの総合搬送損失を 0.35 と想定して予測した。ゾーン別に工業用水需要量を集計すると表 6.11 に示すとおりである。

表 6.11 工業用水需要量 (単位:百万 m³)

(単位:MCM)

ゾーン	現況 (2006年)	中期目標年 (2016年)	長期目標年 (2031年)
A	6.5	24.2	41.9
B	17.0	57.0	107.9
C	9.1	16.6	24.1
D	4.1	13.5	17.8
E	6.2	9.3	12.5
合計	42.9	120.6	204.2

7. 水収支解析

7.1 モデルの概要及び構築条件・手順

本検討で使用される水収支モデル(MIKE SHE)は、決定論的(次のステップが必ず一つに選択される)アルゴリズムのプログラムで構築された物理学ベースの分布型モデルであり、蒸発散、表面流出、中間流出、地下流出、河川流出及び、それらの相互作用を含む水循環の主要な現象を表現する機能を有している。また、水の適正配分を検討するために、MIKE BASIN を使用して、水収支モデルのデータ、河川構造物、水需要データなどを入力して利水計算モデルを構築した。

7.1.1 セフィードロードモデルの機構

セフィードロード川流域の水収支モデル(MIKE SHE)によって、自然状態の表流水(Runoff)、地下水涵養量(Recharge)を算出し、利水計算モデル(MIKE BASIN)はその値を境界条件として使用する。地下水涵養量は表層を通過し地下に浸透する水のことであり、そのため表層についての詳細な情報が必要になる。

セフィードロードの水収支モデルにおいては、一辺 2040m のメッシュで東西に 210、南北に 165 個に区切り、これら個々のメッシュに物理的データを入力している。入力データは、様々なフォーマットで属性付けられており、それらデータの空間的配置の変更が容易になるように、シミュレーション実施時に、初めてデータが各数値メッシュに自動的に入力される仕様となっている。

河川網については、地形図および調査団が購入した ASTER のデジタルエレベーションモデル (DEM) を使用して作成した。水収支および利水計算モデルの流域間の流水の移動は、主にこの河川網を通じて行われる。水収支モデルでは、河道の流れについては、MIKE11 の機能を使用しており、任意の地点において各メッシュから流入してきた流量が算出できるため、流量観測地点における観測値と計算値を比較することでキャリブレーションが実施される。両モデルともに地下水の流域間のやりとりは行われない。

以上の現象の表現については、調査の目的や、データの有効性、モデル構築にかかる時間等に応じて、現象毎に異なったレベルの空間分布や詳細さを設定することが重要である。つまり、物理モデルの適用においては複雑性と計算時間のバランスを考慮する必要があり、時には簡易な数値処理手法を選択することが実用的なモデルの構築につながる。セフィードロードモデルの場合は、計算の集計結果が小流域 R 毎に保存されるが、65 個の小流域 R に関する 30 年間の計算時間は合計約 6 時間程度になる。

また、水収支モデルで算出した表流水・地下涵養水に関する時系列データは、利水計算モデルである MIKE BASIN の入力データとなる。利水計算においても水収支モデルと同様に 65 個のダム建設・計画地点上流域である小流域 R 毎に結果が算出され、各小流域 R の水の移動は河道を通じて行われる。なお、利水計算モデルは GIS ソフトの ARCMAP の画面上にスキマティックに構築できる。具体的には、流域、河道、ダムおよび水利用者等のモジュールを画面に貼り付け、そのモジュールをクリックして開いたウィンドウにデータあるいはデータの保存場所を入力・指定することによって構築される。なお、利水計算モデルにおいても、表流水と地下水涵養量とのバランスを調整するために地下タンクのパラメータの調整が必要になる。

7.1.2 モデル構築フロー

モデルの構築の流れは図 7.1 のとおりである。

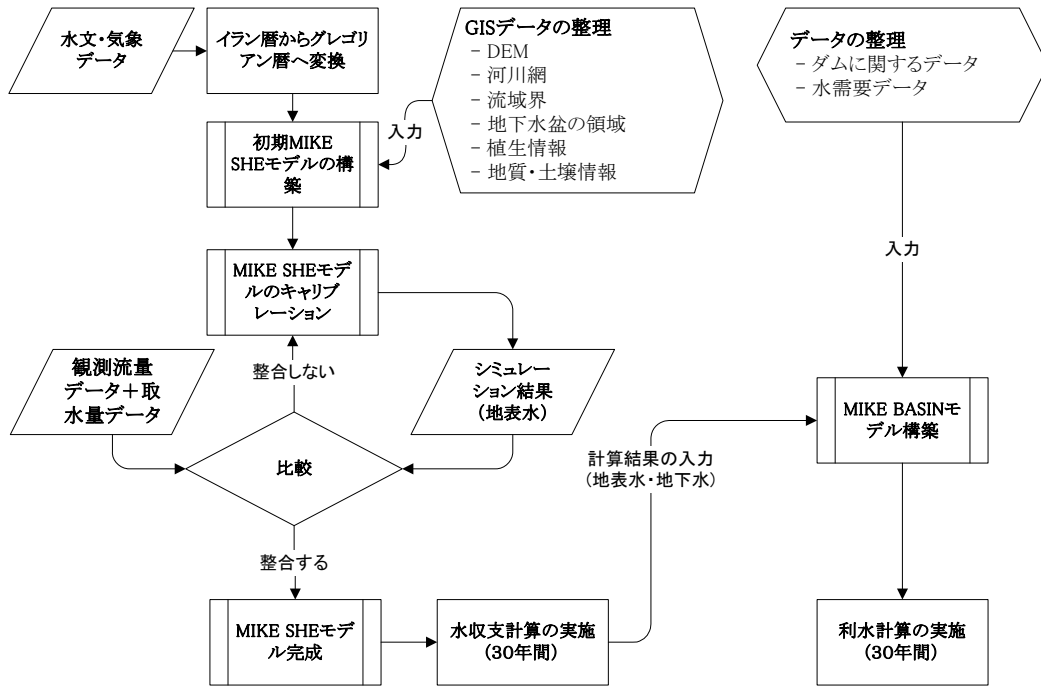


図 7.1 水収支・利水計算モデル構築およびシミュレーションのフロー

7.2 水収支モデルの構築

7.2.1 境界条件

水収支モデルの構築のために、下記に整理するとおり、蒸発量、気温、河川流量等の水文時系列データおよび土地被覆状況、表層地質等の面的情報を収集した。これらのデータをソフトウェアのデータベースに入力することにより初期モデルを構築した。以下に検証計算条件について述べる。

表 7.1 水循環モデルのインプットデータ

	項目	期間・内容	備考
観測データ	雨量(日データ)	1975～2005	WRMC167 から選択
	蒸発量(日データ)	1975～2005	WRMC47 観測所から選択
	気温(日データ)	1975～2005	気象庁のデータを使用
	河道の横断面図	近年	現在は NASA の 90mDEM による河川横断面データを使用
地理情報	土地利用	2002 年-	MOJA から入手
	土壌・地質図	2005 年	MG 社より入手
	DEM	2007 年	ASTER 衛星画像より構築(JICA 調査団購入)
	流域界	-	地形図から作成
	小流域界	ダム開発計画をベースにした小流域	既設・建設中・計画ダム地点より上流
	地下水盆地境界	表面流出の流域界を基に設定	モデルを構築しながら再設定
	河川網	主要河川	地形図および DEM により作成
	観測所位置	水文・気象観測所	WRMC および気象庁、ライセンポリゴン作成のため

1) 計算範囲

水収支モデルの計算範囲は、セフィードルード川流域とギラン州の灌漑エリア集水域を含む合計面積約 64,000km² の範囲である。この計算範囲は、分布モデルで計算するために一辺 2,040m の正方形のメッシュに区切られ、最大で東西に 210 列、南北に 16 列の配列となっている。

る。メッシュの大きさは、数値解析にかかる時間と、ASTER の数値標高データのメッシュの大きさ(60m)の倍数となることを考慮して設定している。

2) 流域区分

流域区分の最小単位は、WRMC から入手した小流域 R (イラン側は“Reach” と称している) としている。この小流域 R は、主に既存・建設中・計画段階のダム流域と残流域のことを示し、計算範囲内には 65 個存在する。モデル内の中間流や表面流はこの小流域 R で制限され、それぞれの小流域にリンクしている河川あるいは地下へと流れ込むように設定している。なお、WRMC から入手した取水量や水需要量についても、この小流域 R 単位でまとめられているため、水収支解析は、この小流域 R 単位で実施することが妥当である。

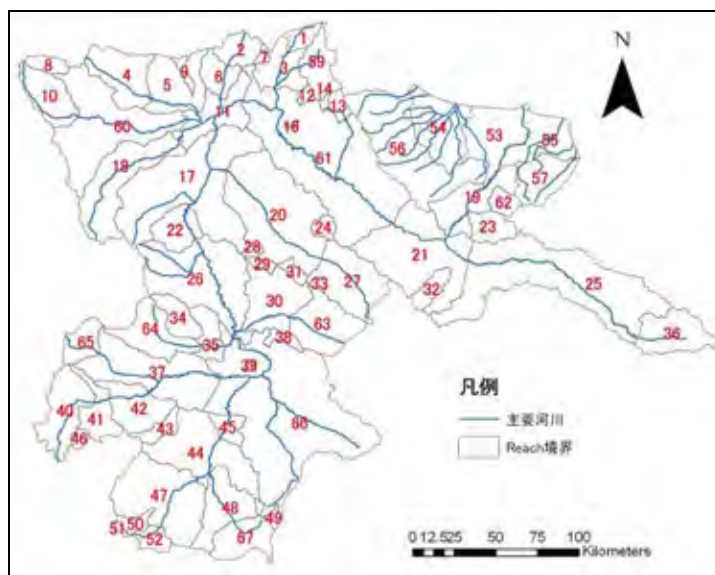


図 7.2 小流域 R

3) 標高データ

モデルの標高は 1)項で述べたように、ASTER 衛星画像から作成された 60m サイズの数値標高データを使用している。この数値標高は、気温、降水量の高度補正や流水の流向判別に用いられる。

4) 水文・気象データ

水文・気象の観測状況に関するインベントリー調査の結果、セフィード川流域においては、降水量(39 観測所)、蒸発散量(31 観測所)、気温(18 観測所)が日単位で観測されており、その中の一部は、観測期間や継続性から見て 30 年間の水収支解析モデルに使用できる状態にあることが確認されている。モデル構築の際には、欠測補填による誤差を小さくするため、なるべく観測期間が長く、欠測の少ない観測所を選別している。なお、分布型モデルである水収支モデルの各メッシュへの水文・気象データの分布は、ティーセン分割法によって行った。

5) 融雪量の算定手法

本モデルは、気温を指標として積雪および融雪を考慮しており、気温が摂氏 0 度以下になった場合は、降水量は積雪量として計算され、摂氏 0 度以上になった場合は、地表に累積した積雪が 2mm/度/日の割合で融けて表流水と変換されるように設定している。

6) 土地利用

対象範囲の土地利用は、8 種類(草地、低木地、都市、農地、湖・池、森林、濃密度の森林、果樹園)にまとめた。

7) LAI 指数と植生の根の長さ

土地利用（植生）情報を入力した場合、植生の葉が地面を覆う割合を指標として蒸発散量を算定するために LAI(Leaf Area Index)指数、および地面から植生が水分を吸い上げる量を算定するために植生の根の長さを入力する必要がある。これらに関しては、デフォルト値を初期値として、キャリブレーションによって設定した。

8) 河川網

本川および主な支川については、GIS データベース上の河川のポリラインから 37 個を選択し、小流域 R にリンクさせた。これにより、各メッシュ上の表流水や中間流は数値標高モデルの傾きによって流向を変えながらも最終的にはリンクさせた河川へと流入し、河川水として下流の流域に流れることとなる。つまり、流域間の表流水の移動は河川水によるものだけとなり、メッシュ上の表面を流れる水流が、そのまま下流域へ流入することはない。

7.2.2 水収支モデルの定数解析

モデルの定数解析は、表流水（河川流量）のボリューム・波形に関するシミュレーション結果と実測値の同定によって実施している。表 7.2 は、セフィードロード～ケゼルオーザン川本川の主要地点における表流水の同定結果である。このダムや堰を考慮しない自然状態の水文量（表面流出量と涵養量）を利水計算モデルに入力する。

表 7.2 モデルの定数解析結果

地点名	計算結果	自然流量	対象地点上流 の取水量	(MCM/year)	
				流量観測値	期間 (Year)
Gilvan (17-033)	4,759	4,414	1,147	3,267	20
Oster (17-029)	4,376	3,926	1,132	2,794	20
Pole.D.M. (17-021)	2,877	2,705	956	1,749	20
Mah. N. (17-015)	2,305	1,467	411	1,056	9
Ghare G. (17-011)	1,660	1,282	139	1143	19
Loshan (17-041)	1,328	1,185	245	943	20

7.3 利水計算モデルの構築

以下に MIKE BASIN を用いて構築した利水計算モデルの検証計算条件および検証結果について概説する。

7.3.1 計算条件

1) 計算年数

水収支解析モデルと同様に 1985 年から 2005 年の 20 年間とした。

2) 計算最小単位と境界条件

計算最小単位は小流域 R 毎に実施する。その位置、領域及び面積は水収支解析モデルと同じであり、水収支解析モデルから算定した表面流出量と地下水涵養量を利水計算モデルの小流域毎に入力している。

3) 取水量

河川からの取水量については、WRMC から入手した情報をもとにモデルの小流域 R 単位およびダム、堰地点において入力する。ここで、小流域 R 毎に入力する取水量とは、すなわち伝統的灌漑エリアのための取水量であり、表流水および地下水にわけて入力している。

4) ダムの初期条件

シミュレーション開始時の初期条件として、ダム水位の設定が必要である。これについてはシミュレーション開始時に有効貯水容量の70%が貯留されているものとして、この貯水量に応じた水位を初期値として与えた。また、ダム湖面からの蒸発量については、近隣観測所の値を用いて設定している。

7.3.2 検証計算の実施

MIKE BASIN では、地下水・表流水に対する水需要量を、各小流域 R それぞれの地下水タンクおよび河道から差し引き、地表面流出量と地下浸透量の収支計算が流域別のタンクで実施される。モデルの重要なキーポイントである Manjil ダム上流においては、計算値の平均年総流出量が約4,000 百万 m³ となり、観測値との整合性が高く、さらに Manjil ダム上流の Gilvan および Loshan 観測所の流量ヒドログラフの波形についても観測値と計算値は概ね合っている。また、図 7.3 にキャリブレーション期間（20 年間）において時系列に整理したが、実績値と比較すると高い整合性が見られることが判る。

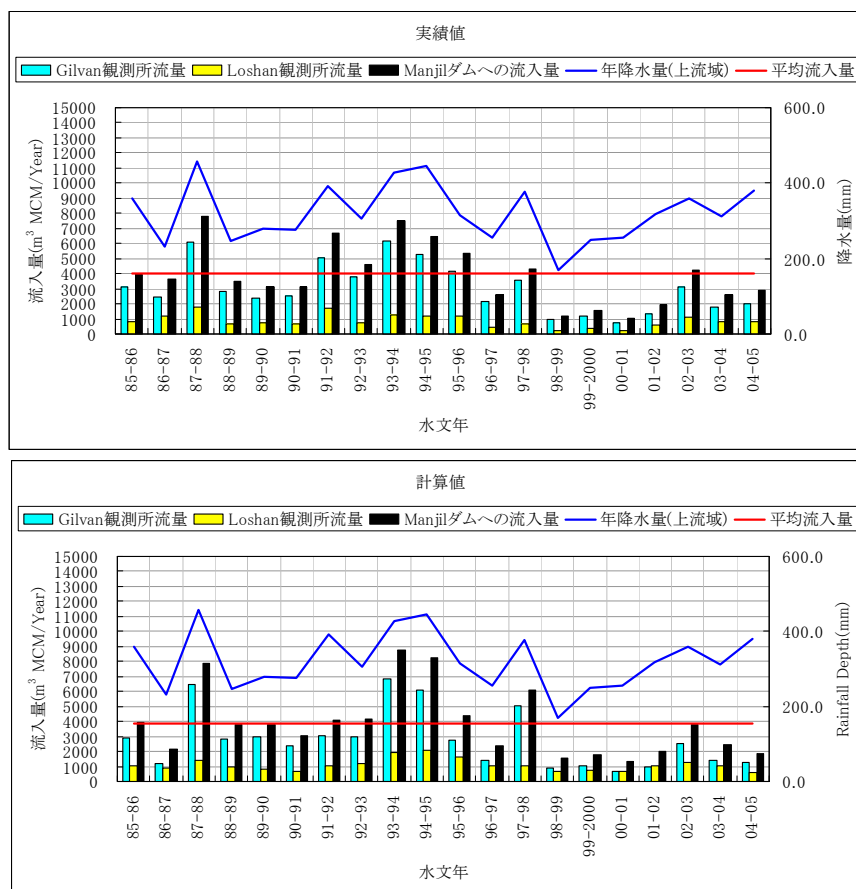


図 7.3 Manjil ダム直上流への年流入量の比較

8. ギラン補足調査

8.1 調査の背景

セフィードルード川下流部の両岸に位置し、ギラン州の代表的稲作地域である Sefidrud Irrigation and Drainage Network (以下 SIDN と称す)の一部地域は、JICA の調査対象地域(Sefidrud 川直接流域)から外れている。このため、2008 年 6 月イラン政府は SIDN 地区全域とその集水地域を JICA の調査対象地域に含め、SIDN 地区全域を含めた水収支解析モデルの構築と水収支シミュレーションの実施を要請した。本補足調査は、この要請を受け、2008 年 9 月から 11 月にかけて実施されたものである。調査区域は図 8.1 のとおりである。



図 8.1 SIDN 地区周辺の堰とローカル河川

8.2 SIDN の土地利用

既往の調査報告書によると、SIDN 地区の総面積は約 284,000ha で 17 の開発地区(Development Unit)に分けられている。SIDN 地区の土地利用は表 8.1 に示すとおりで、水田面積は約 19 万 ha (Gross)である。このうち、近代的灌漑農地は 10 万 ha、伝統的灌漑農地は 9 万 ha である。

表 8.1 SIDN 地区の土地利用

(単位: ha)

No.	区分	Fumanat 地区 (R54)	Central Gilan 地区 (R53)	East Gilan 地区 (R55)	合計
1	水田	54,556	78,503	56,775	189,833
2	その他作物	1,687	2,700	804	5,191
3	茶	1,531	725	1,578	3,834
4	桑	12,327	16,040	11,808	40,175
5	森林	2,082	1,395	7,305	10,783
6	牧草地/藪地	615	3,173	614	4,402
7	氾濫地域	1,063	1,085	246	2,393
8	自然貯水池	3,292	1,466	714	5,472
9	人工貯水池	311	2,536	610	3,458
10	居住地	4,151	10,627	3,665	18,444
	合計	81,615	118,250	84,118	283,984

出典: Pandam 調査報告書

8.3 ギラン州の水資源

8.3.1 セフィードルード川の表流水

Manjil ダム下流のセフィードルード川には、Tarik、Gelerud および Sangar の 3 堰があり、SIDN 地区の灌漑用水を取水している。各堰における取水量は表 8.2 に示すとおりである。3 堰の平均取水量は現況の計画水需要量の約 80% となっている。

表 8.2 既存 3 堰の取水量

(単位: MCM)

取水量	Tarik 堰	Galerud 堰	Sangar 堰		合計
			左岸取水	右岸取水	
年平均取水量 (1988-2006)	304.6	115.7	823.5	470.0	1,679.0
計画水需要 (2006)	437.4	94.2	955.3	589.4	2,076.3
	69.6%	122.8%	86.2%	79.7%	80.9%

出典: WRMC

Manjil ダムから Sangar 堰までの間で、セフィードルード川に流入する支流の年平均流量は、合計で 470MCM 程度である。現在、セフィードルード川支流でダム建設が行われているのは Zilkirud 川水系の Shahreh Bijar 川の Bijar ダムのみである。セフィードルード川支流は、年間 1,500mm を超える降雨に恵まれ、流域面積は小さくとも年間降雨量 300mm 前後の Manjil ダム上流域に比べれば、水資源開発ポテンシャルは非常に大きい。

また図 8.2 に示す模式図のように、Sangar 堰の下流放流量は、年平均 41.7 億 m³/年である。これに関して Sangar 堰下流への環境維持流量や Manjil ダムの非灌漑期の発電計画もあるため、必ずしも無効放流とは言えない部分があるが、Manjil ダムと主要 3 堰の放流を統合管理することにより、カスピ海への無効放流を最小限に抑える方策が必要である。



図 8.2 Manjil ダム下流の河川模式図

8.3.2 中小河川の表流水

JICA の Anzali 湿原技プロの資料によると、図 8.3 に示すように Anzali 湿原には年間約 24 億 m³ の水が流入している。セフィードルード川右岸の SIDN に流入する中小河川も考慮すると開発ポテンシャルは 30 億 m³ 近くと想定される。

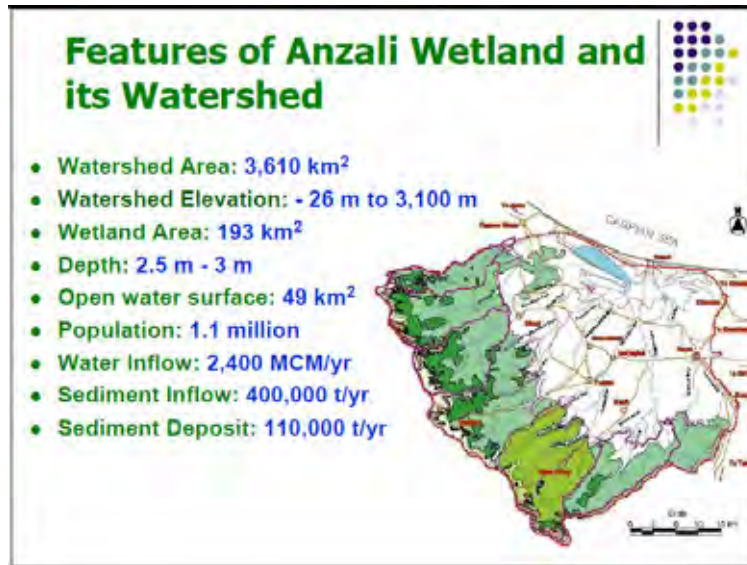


図 8.3 Anzali 湿原と集水域

現地調査で確認した SIDN 地区に流入する中小河川での中規模以上の水源開発施設は表 8.3 に示す 3 堰のみで、利用量は非常に少ない。

表 8.3 中小河川の既存水源施設

堰名	河川名	受益地区 (Reach)	計画取水量 (m ³ /s)	形式
Pasikhan	Siah Mazgi	R53	4.0	固定堰
Shakhazar	Shakhazar	R54	2.0	固定堰
Ghavam	Disam	R55	40.0	ゲート式

出典: Pandam Report

また、ギラン州 RWC から聴取した実施中の水資源開発計画は表 8.4 に示すとおりである。いずれも、SIDN 地区の東西両端に位置し、灌漑用水は SIDN 地区の外へ供給される計画なので、本計画の対象外となる。

表 8.4 実施中の水源施設開発計画

No.	計画名	河川名	目的
1	Shafarud ダム開発	Shafarud	灌漑, 水道, 環境
2	Polerud ダム開発	Polerud	灌漑, 水道

SIDN 地区への灌漑目的の水資源開発計画としては、表 8.5 に示すダム開発計画の存在を確認した。水資源開発ポテンシャルの面からは魅力的な計画ではあるが、計画そのものがダム候補地点の水文調査という基礎調査であることと Anzali 湿原の環境への配慮の問題もあるため、本マスタープランへの組入れは行わないものとする。

表 8.5 中小河川でのダム開発計画

No.	ダム名	河川名	流域面積 (km ²)	年間降雨量 (mm)	比流量 (L/s/km ²)	年間流出量 (MCM)	受益地区 (Reach)
1	Lasak	Chubarrud/Pasikhan	112	1,780	37.64	132.9	R53
2	Agha Rabi	Siahrud	125	1,572	17.51	69.0	R53
3	Aziz Kian	Gohar Rud	119	1,500	46.22	173.5	R53
4	Shalkeh II	Siah Mazgi	170	2,135	45.15	242.1	R53
5	Pirsara	Gasht Rudkhan	79	1,900	29.61	73.8	R54
6	Nazar Alat	Ghaleh Rudkhan	82	2,068	30.28	78.3	R54
7	Sholem	Gazrudbar	44	1,268	66.66	92.5	R54
8	Sakheh Bon	Masoleh Rudkhan	178	953	19.66	110.4	R54
9	Maleki Nesa	Masal	197	647	22.17	137.7	R54
10	Shahrvar	Morghak	216	713	18.41	125.4	R54
合計						1,235.5	

出典: Hydrological Study Report in Gilan Province/ Pandam Consultant

8.3.3 灌漑施設の改修

1) SIDN 灌漑施設の改修計画

間接的な水資源開発として考えられるのは、老朽化した SIDN の灌漑排水施設のリハビリテーションによる灌漑効率の改善である。ギラン州 RWC は、2004 年に灌漑効率の改善を目的に SIDN 地区の 1 次・2 次水路施設の改修計画の調査を実施している。調査を担当した Pandam Consultant によれば、この改修工事により現況の灌漑効率(総合:42%)が 15~20%改善され、48~50%になると予想している。これにより、SIDN 地域の水需要量は 2,045 MCM から 1,740~1,640 MCM に軽減され、年間で 3~4 億 m³ が節水されることになる。



図 8.4 Sangar 左岸水路延長計画

2) Sangar 堰左岸水路延長計画

現在、Tarik 堰から配水されている Fumanat 地区(R54)は、堰直下流のトンネル通水能力の制限により、ピーク時には需要を満たさない地域が発生している。この状況を改善するために、ギラン州 RWC は図 8.4 に示すように Sangar 堰の左岸幹線水路を延長し、Fumanat 地区の一部を Tarik 堰がかりから Sangar 堰がかりに変更する Sangar 堰左岸水路延長計画を実施中である。

8.3.4 SIDN 地区の地下水利用

既往調査報告書をもとに、開発ユニット別の地下水利用量を整理すると表 8.6 のようであり、単位用水量から地下水がかりの水田面積(Net)を求めると 1,945ha である。これは、全水田面積の約 1.2%に相当する。

表 8.6 SIDN 地区における地下水利用量

灌漑地区	地下水利用量 ('000m ³)						1ha当り 単位水量 (m ³ /ha)	換算水田 面積(ha)
	4月	5月	6月	7月	8月	合計		
Fumanat (R54)	1,670.1	2,337.8	4,453.4	4,340.9	2,337.8	15,140.0	11,392	1,329.0
Central Gilan (R53)	488.1	714.0	1,773.1	1,391.5	714.0	5,080.7	10,480- 12,780	473.9
East Gilan (R55)	20.1	175.4	641.1	641.1	175.4	1,653.1	11,645	142.0
合 計	2,178.3	3,227.2	6,867.6	6,373.5	3,227.2	21,873.8		1,944.8

出典：Pandam 調査報告書(Vol.4)

8.4 SIDN 地区の水資源別消費水量

SIN 地区全体の水資源別農業用水利用量を整理すると表 8.7 のとおりで、全水田の 93.1%(約 155,600ha)がセフィードルード川に依存している。その他、中小河川に 3.4%、溜池に 1.9%、地下水に 1.5%を依存している。

表 8.7 SIDN 地区の水資源別農業用水利用量

(単位:'000m³)

区分	Fumanat (R54)	Central Gilan (R53)	East Gilan (R55)	合計	割合 (%)	推定面積
Sefidrud 川	432,610	597,840	415,440	1,445,890	93.1	155,595
中小河川	35,970	5,610	11,290	52,870	3.4	5,689
貯水池	3,385	8,213	18,442	30,040	1.9	3,233
地下水	16,698	5,188	1,763	23,559	1.5	2,535
合 計	488,663	616,851	446,845	1,552,359	100.0	167,052

出典：Pandam 調査報告書

8.5 SIDN 地区の水需要

8.5.1 農業用水

1) 灌漑効率

Pandam 報告書では、SIDN 地区における灌漑効率を表 8.8 のように設定し、灌漑用水量を求めている。加重平均で求めた地区全体の灌漑効率は 42.0%である。

表 8.8 灌漑効率

項 目	Fumanat 灌漑地区	Central Gilan 灌漑地区		East Gilan 灌漑地区	合 計
		近代的灌漑	伝統的灌漑		
純水田面積 (ha)	48,009	23,368	45,714	49,961	167,052
灌漑効率 (%)	43.0	47.0	38.0	42.5	42.0

出典: Pandam 調査報告書/ Vol.4

2) 粗用水量

粗用水量は純用水量を灌漑効率で割ることにより求められる。SDIN 地区では Pandam Consultant が表 8.9 のように整理している。

表 8.9 粗用水量

灌漑地区	灌漑効率 (%)	粗用水量(m ³ /ha)					
		4月	5月	6月	7月	8月	
純用水量		690	1780	980	980	820	
Fumanat (R54)		43.0	1,605	4,140	2,279	2,279	1,907
Central Gilan (R53)	近代的灌漑	47.0	1,468	3,787	2,085	2,085	1,745
	伝統的灌漑	38.0	1,816	4,684	2,579	2,579	2,158
East Gilan (R55)		42.5	1,624	4,188	2,306	2,306	1,929

出典: Pandam 調査報告書/ Vol.4

8.5.2 養魚用水

S(IDN 地区内)には、530 の養魚池が存在し、月別単位用水量を基に、養魚用水の月別水需要を求めると表 8.10 のようである。

表 8.10 養魚用水需要量

灌漑地区 (Reach)	開発ユニット	総貯水池面積 (ha)	月別需要量 ('000m ³)												合計	
			Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.		
単位用水量 (m ³ /ha)			2,257	11,750	15,140	3,020	2,900	2,600	2,220	1,960	1,860	1,830	1,870	2,258		
Fumanat (R54)	F1	287.5	649	3,378	4,353	868	834	748	638	564	535	526	538	649	14,279	
	F2	269.5	608	3,167	4,080	814	782	701	598	528	501	493	504	609	13,385	
	F3	21.2	48	249	321	64	61	55	47	42	39	39	40	48	1,053	
	F4	18.4	42	216	279	56	53	48	41	36	34	34	34	42	914	
	F5	13.6	31	160	206	41	39	35	30	27	25	25	25	31	675	
	小計	610.2	1,377	7,170	9,238	1,843	1,770	1,587	1,355	1,196	1,135	1,117	1,141	1,378	30,306	
Central Gilan (R53)	G1	126.2	285	1,483	1,911	381	366	328	280	247	235	231	236	285	6,268	
	G2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	G3	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	G4	91.2	206	1,072	1,381	275	264	237	202	179	170	167	171	206	4,529	
	G5	52.5	118	617	795	159	152	137	117	103	98	96	98	119	2,607	
	G6	2,197.1	4,959	25,816	33,264	6,635	6,372	5,712	4,878	4,306	4,087	4,021	4,109	4,961	109,119	
	G7	69.0	156	811	1,045	208	200	179	153	135	128	126	129	156	3,427	
	小計	2,536.0	5,724	29,798	38,395	7,659	7,354	6,594	5,630	4,971	4,717	4,641	4,742	5,726	125,950	
East Gilan (R55)	D1	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	D2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	D3	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	D4	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	D5	311.4	703	3,659	4,715	940	903	810	691	610	579	570	582	703	15,466	
	小計	311.4	703	3,659	4,715	940	903	810	691	610	579	570	582	703	15,466	
合計			3,457.6	7,804	40,627	52,348	10,442	10,027	8,990	7,676	6,777	6,431	6,327	6,466	7,807	171,722

出典: Pandam 調査報告書 (Vol.4) 及び Mahab Ghodss調査報告書

8.5.3 水道用水

SIDN 地区内には Sangar 浄水場があり、州都の Rashit を含め 8 都市に給水している。その概要は以下のとおりである。

- Sangar 浄水場へ供給される原水は Shahr Bijar 堰と Galerud 堰から供給されている。
- Sangar 浄水場は現在 8 都市に配水しているが、拡張計画が実施されれば 5 都市が加わり 13 都市に配水される。拡張工事は 2016 年までに完成する予定である。
- 現在の Sangar 浄水場には 3,750 Liters/s の原水が供給され、3,000 Liters/s の浄水が生産されている。
- 浄水場から各家庭までの送水ロス率は 35% である。

- Sangar 浄水場の受益都市以外の水源は地下水である。
- 深井戸の処理は原水の水質により、必要な処理が実施されている。深井戸から各家庭までの送水ロス率は 35% である。

8.6 ギラン州のシミュレーションモデルの追加的構築

今後の調査において、SIDN 地域に関する水収支についての検討が必要となったため、MIKE-SHE および MIKE-BASIN に SIDN 地域を組み込んだ。Manjil ダム下流に SIDN 地区を追加するとともに、SIDN 地域の水収支解析に影響するであろうギラン州の 13 河川についても表面流出量を把握するための河川モジュールとしてモデルに組み込んだ。

9. 総合水資源管理に向けた検討

9.1 セフィードルード川流域の総合水資源管理のあり方

総合水資源管理は、世界水パートナーシップ(GWP)によれば、次のように定義されている。

「水、土地ならびにそれらに関連する資源について、調整の取れた管理および開発を促進するプロセスであり、欠かすことのできない生態系等の持続性が損なわれないようにしつつ、結果として得られる経済的・社会的福利を公平な形で最大化することを目指すものである。」

このように、総合水資源管理を通じた持続可能な開発は、公平、安全および選択の自由のある環境下において、すべての市民の生活状況が持続的に改善されることを目的としており、このためには、土地と水の管理の調和と同様に、自然と人間のシステムの調和が必要となる。したがって、総合水資源管理はこれらを達成するための調整プロセスとも捉えられ、さまざまな利害関係者の利害を調整しながら持続的な水資源の管理を目指すダイナミックなプロセスである。

セフィードルード川流域における総合水資源管理を実現するに当たって、まず現在流域が抱える課題を以下に整理し、それを踏まえた総合水資源管理のあるべき姿を以下に述べる。

9.1.1 水資源開発管理における課題

現地調査および種々の検討・解析を経て、セフィードルード川流域の水資源開発管理についての課題を以下に整理する。

1) 水資源ポテンシャルと開発レベル

セフィードルード川流域の上流域で地域経済開発が活発化しており、それに伴う水需要の増加が見込まれている。これに対応してダム建設を主体とした多くの水資源開発計画が、提案されており、水資源ポテンシャルが限られていることと相まって、今後水不足の深刻化が予測される。調査対象地域の下流に位置する Manjil ダムへの流入量は、次図に示すように過去38年間の平均で45億 m³/年から近年9年の平均では25億 m³とほぼ半減しており、これは近年の渇水傾向によるものである。

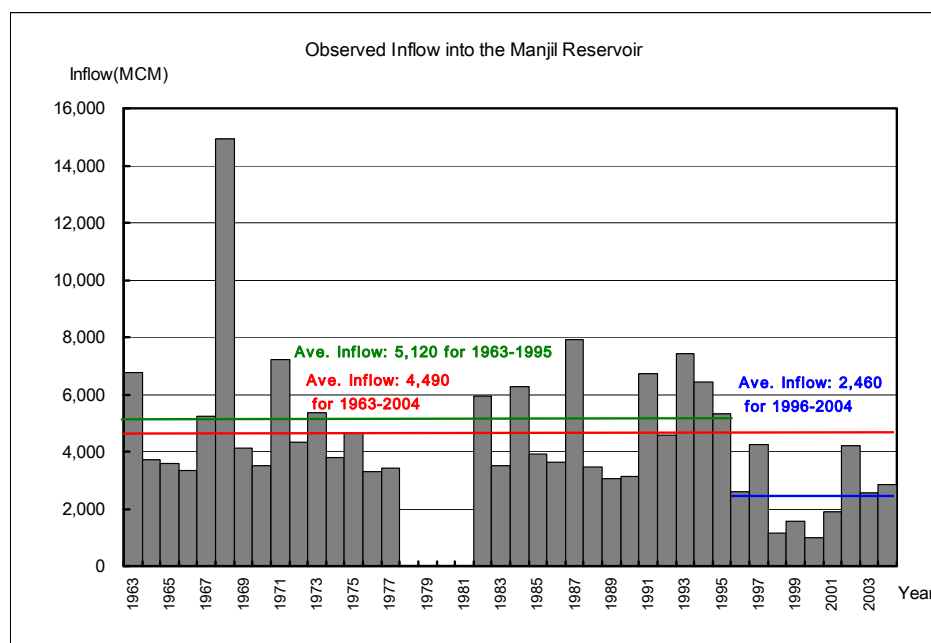


図 9.1 Manjil ダムへの流入量の経年変化

9. 総合水資源管理に向けた検討

現時点では、事業費の嵩む表流水の開発はそのポテンシャルに対して進んでいないので、問題は発生していない。しかし今後多くのダム開発が計画されており、本調査で推算した水資源ポテンシャルによると、これらの開発水量はポテンシャルを上回っている。

こうした観点に立って、Manjil ダム流入量に対して、上流部での水利用と下流扇状地部での水利用を比較したものが次図である。30年間のシミュレーション結果に基づくものであり、5年確率の渇水年(1998/99年)と平均年(1991/92年)の年流況を示している。なお、左図は中長期において節水対策を施したケース(灌漑効率を後述するWRMC案にまで改善)のシミュレーション結果を示し、右図は灌漑効率が現況のまま推移したケースの結果を表す。

この図に示すManjil ダム地点での自然状態での水資源ポテンシャルは、1/5 渇水確率年で3,892MCM、平水年で6,865MCMである。いっぽう水需要量は同様にManjil ダム地点上流域で、単純合計すると現況4,712MCM、中期5,097MCM、長期5,354MCMとなり、現況ですら1/5 渇水確率年の水資源ポテンシャルを上回っていることが分かる。さらに、灌漑効率を改善しない場合も示しているが、より水資源が逼迫し、平水年の長期においてすら、水資源ポテンシャルを上回ることが想定される。このように、今後、州間、上下流間の水資源争奪(コンフリクト)の深刻化が予測される。

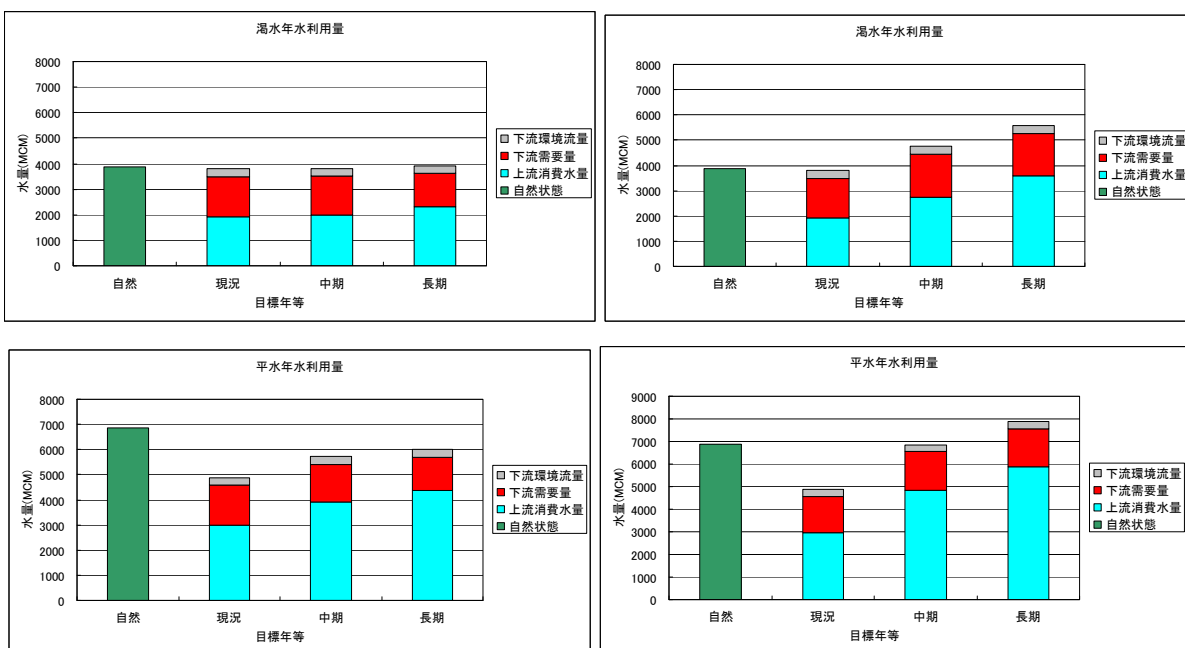


図 9.2 流域の水資源ポテンシャルと Manjil ダム上下流の水利用

(左：WRMC 灌漑効率、右：現況灌漑効率)

上図は、各州提案による中長期ダム計画に沿った水資源開発計画による結果であり、長期計画時点(2031年)まで、Manjil ダム上流域の水資源開発と下流ギラン州のセフィード扇状地の水利用の両者が、灌漑効率の向上に見られる節水対策に支えられながら、水資源ポテンシャル内に収まる可能性を示唆している。換言すれば、これら節水対策がなければ、各州別個による水資源開発計画が開発限界を超えていることを示している。

また今までのイラン国側の開発調査ではザンジャン州やコルデスタン州の一部地区では、5年間に地下水位が3.2mから9.0m低下していることが観測されている。地下水のポテンシャルに対して、井戸による地下水の過剰揚水が原因である。

2) 適切な組織・制度の不在

セフィードルード川流域の水資源開発は、流域を構成する主として7州のRWCが立案・実施している。イラン国の水資源長期開発戦略では、水はマクロ的視点で管理されなければならないとされているが、実態は流域全体の調整がなされておらず、調整の必要性を具体的に計量するツールも開発されていない状態にある。さらに、このマクロ的視点で管理すべき主体

である調整機関も実質的に存在していない。

3) ステークホルダーの意識の未統一

本調査のステークホルダーは各州の RWC であり、RWC は自州の社会経済開発を担うべく水資源の面から手当てをする。このため、究極の状態になって初めて、水資源が枯渇していることに気付くといった最悪のシナリオに突き進む恐れもある。また、上記 2) で述べたように、適切な調整の場がないため、こうした最悪のシナリオを回避し、流域全体で皆が恩恵を受ける「ウィン・ウィン」ないし互いに譲歩する「フィフティ・フィフティ」といった理想的な管理戦略を模索することが出来ない。

4) モニタリングシステムとデータの低い信頼性

流域内に今後多くのダム貯水池が建設されることとなるが、気象・水文・水質の基礎データとダム貯水池の水位・放流量等の一元的な管理がなされていない。このように渇水時等の不測の事態に即座に対応できるシステムが構築されていない。さらに、高い精度と信頼性の置ける気象・水文データの観測・蓄積が不十分である。

9.1.2 総合水資源管理の基本的考え方

冒頭に述べた総合水資源管理の定義を踏まえ、前節で整理したセフィードロード流域の水資源を取り巻く課題を受けて、以下の基本的な考え方にに基づき、あるべき水資源管理を検討するものとする。総合水資源管理を十全に実施するために、次のような主要施策を設定する。これらが相互に作用して、総合的な水資源管理の実現を支援する。

流域総合水資源管理のための主要施策

施策の三本柱

- 流域モデリングを介して水資源の利用可能性、開発プロジェクト相互の水収支的影響、灌漑効率の向上等の改善対策の効果等を定量的に把握し、流域内水資源の持続的開発のための適正な水配分とそれに基づく表流水・地下水の開発計画を提案する。
- 開発計画に沿った持続的水資源開発の進行に関する監視とその評価・修正等を行う管理計画を策定する。さらに、気象水文モニタリングに基づいて、渇水時のタイムリーな調整を行うような緊急時の計画も併せて立案する。また、水資源涵養の観点から重要である流域管理についても MOJA の流域管理計画に沿った計画を提案する。
- 流域の十全な総合水資源管理を、水配分や開発プロジェクトおよび渇水時の州間調整を実施し、継続的な監視・評価活動が可能な組織と、そのための人材育成と維持運営に関する計画を提案する。

これら、ゴールと主要施策ならびに関連セクター等の関係を概念的に示したのが次図である。

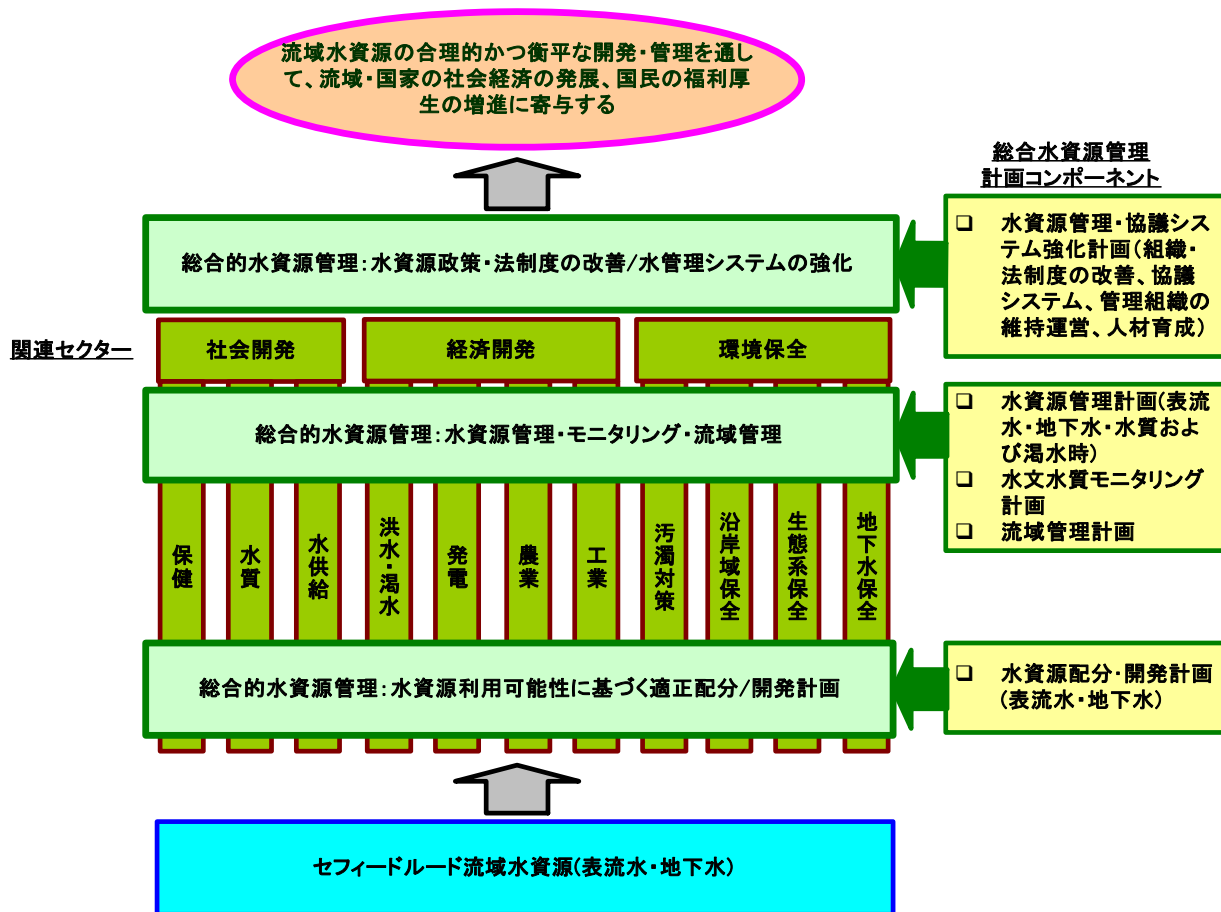


図 9.3 セフィードルード川流域総合水資源管理の概念

上図に示すように、総合水資源管理は次のようなプロセスを辿って管理システムが構築される。

- 1) 流域内の各関連セクターにおける開発計画や整備計画に基づく水需要量およびそれを充足させる水資源開発計画を評価する。この際、重要となるのは、水資源ポテンシャル、既存の水利用等とのバランスに基づいた流域全体での評価である。これには、地下水を含む複雑な水収支と水利用や水資源開発施設を組み込んだ流域モデルが重要な役割を果たす。
- 2) 水資源管理の面において、まず基礎データとして観測・収集・データベース化すべき気象・水文・水質モニタリングがあり、これに基づいて流域モデルも改良される。さらに流域からの土砂流出ならびに塩分流出の抑制が流域管理の大きな課題である。また、表流水・地下水の量的・質的管理ならびに渇水時の対応を織り込んだ管理計画が必要である。
- 3) 総合水資源管理を十全に機能させるためには、調整・管理の中心となる組織の立上げや法制度の改善が必要となる。さらにどのような事項を対象として、いつ、如何に協議を進めていくかという協議・調整システムの確立および中心となる組織の維持運営方法や構成人員の人材育成といった計画が必要となる。

さらに、施策を構成するコンポーネントも上図に示しているが、これらコンポーネント(サブ計画)の相互関係を示したのが次図である。コンポーネントは、技術的な対応策のレベルと計画調整・意思決定に係る政策調整レベルに大きく分かれる。これらコンポーネントについては、9.3において述べる。

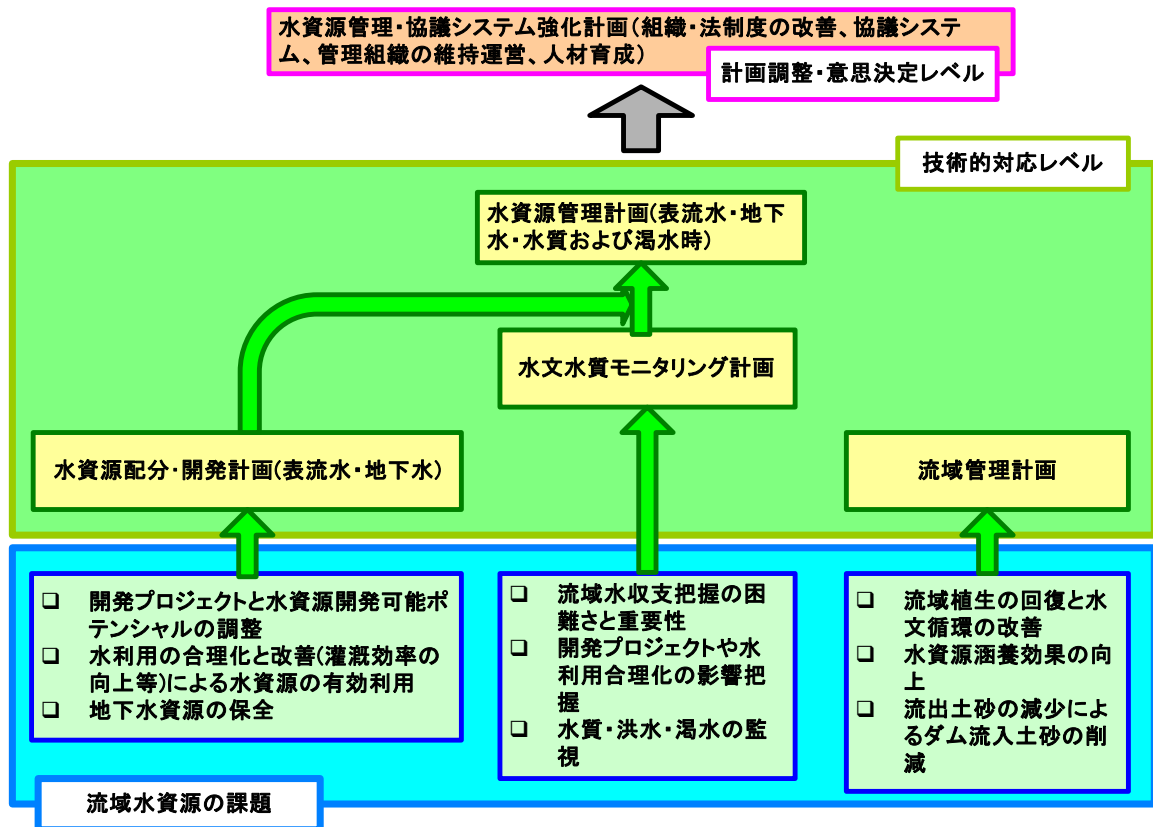


図 9.4 総合水資源管理のコンポーネントの相互関係

次に、総合水資源管理における基本方針を整理し、これに基づいて、各コンポーネントの計画を立案する。

1) 総合水資源管理の目標年次

総合水資源管理の目標年次は、中期目標を 2016 年、長期目標を 2031 年に置く。2007 年から 2016 年までの 10 年間を中期、2016 年から 2031 年まで 15 年間を長期の 2 期に区分し、期間毎の管理計画をコンポーネント毎に提案する。

2) 水資源開発の基本方針

地下水資源は、上工水用の良質な水源として利用されているが、地域性が強く、過剰揚水により地下水位の低下が著しいため、開発よりもむしろ保全の方針を立てる方が適切な地域が多く存在している。

今後の水資源開発は、表流水による開発、すなわちダム貯水池の建設により改善された流況の取水に主力を置くものとする。さらに地下水資源の保全が必要な地域において、とくに他の用途に比して量的に卓越している農業用水の地下水からの取水は、可能な限り表流水に転換を図る。

3) 水供給の優先順位および利水安全度の考え方

MOE の長期水資源開発戦略に規定されている水供給の用途別優先度に準じて、上水道、工業、農業の順とする。また、それぞれの利水が有すべき安全度は、5 年渇水確率を想定する。

4) 農業用水の管理方針

灌漑用水は、現況の水利用において量的に 95% を占めている。この灌漑用水の需要量は、灌漑効率の改善によって大きく変化する。この灌漑効率は、配水路、灌漑地内水路および灌漑

方法の各要素の効率により決定される。MOE は長期戦略において、「20 年以内(2023 年まで)に現状の灌漑効率を 2 倍に改善する」という目標を立てている。しかし、伝統的灌漑地区の灌漑効率を、現状の平均 0.33 から、一気に約 2 倍に改善 (WRMC の目標値) することは、多額の投資を伴い、さらに各州で実施したローカルコンサルテーションにおけるコメントによっても困難と考えられる。したがって、現在の平均 0.33 の灌漑効率を改善していくことを、中期(2016年)および長期(2031年)の計画におけるシナリオの一つとして検討する。

総合水資源管理プロセス

セフィードルード川流域における総合水資源管理プロセスを概念的に示したものが次図である。

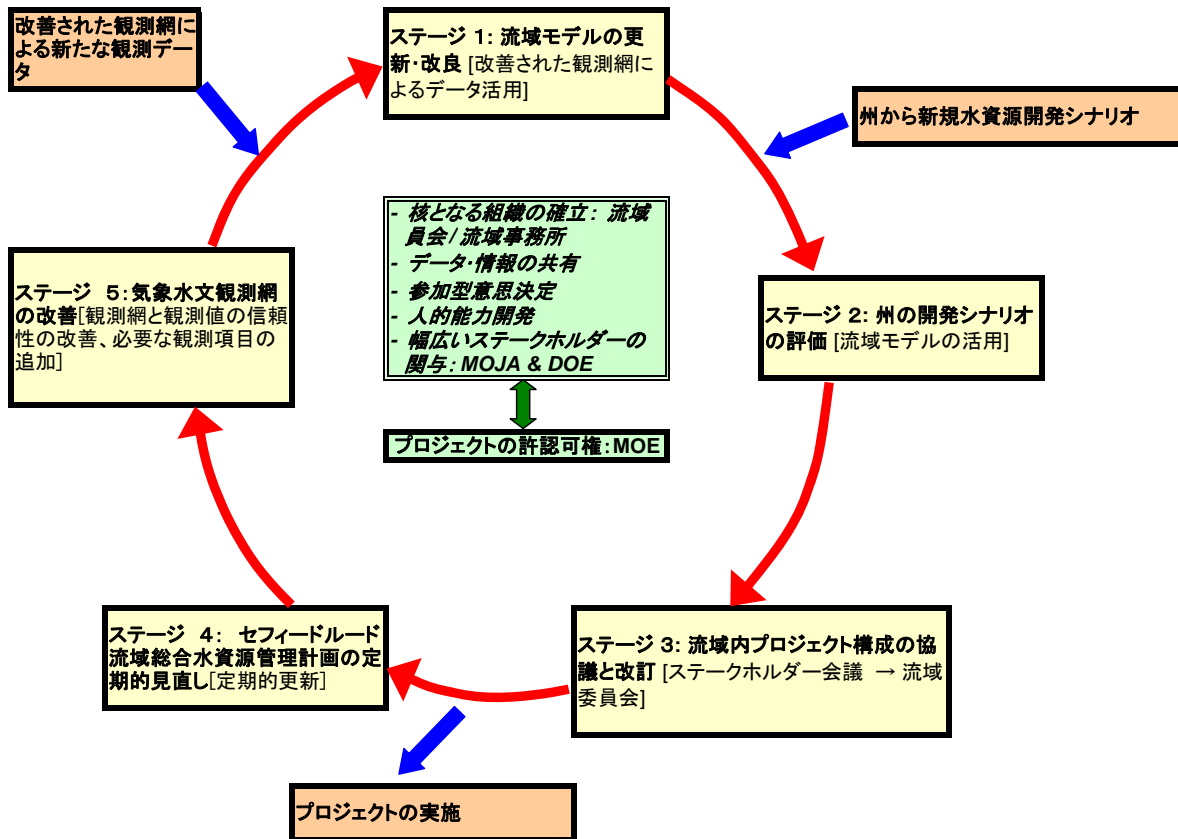


図 9.5 セフィードルード川流域総合水資源管理プロセスの概念

上図に示すようにセフィードルード川流域における総合的水資源管理の要点は、次のとおりである。

- 今後、とくに長期計画における水資源開発シナリオが実現に近くなるにつれて、計画の見直しあるいは新規計画の追加等も出てくることが予想される。
- こうした見直し・追加に関して、その核となる組織は、中央の WRMC および各関係州の RWC 間で構成される流域委員会(RBO)である。
- この流域委員会の中で、流域モデルを活用して、水資源開発計画を評価し、従来のプロジェクトの構成(水資源管理シナリオ)を改訂しながら、全体計画の定期的な見直しを行う。
- これと同時に、認定されたプロジェクトは、実施段階に移る。
- 流域委員会と州の RWC が共同で気象水文モニタリング・ネットワークの改善に努め、この結果をもとに流域モデルの改良を行う。

こうした継続的なプロセスが、セフィードロード川流域における総合水資源管理の目指すところである。

総合水資源管理を進める上での課題

さらに、総合水資源管理プロセスの判断基準となるのが、基準点における必要最小流量の設定である。必要最小流量は、一般に下流の水需要と環境面の両者に規定され、とくに農業の水需要に応じて適切な期間毎に設定される。しかし、一般に必要最小流量の設定には、次のような困難さが伴う。

- 基準点は主要流路に沿って、主要な観測所や重要なダム等の水利施設地点に設定すべきであるが、水利用は還元水も含め複雑な形態を取っており、それぞれの基準点における必要最小流量の設定は困難である。
- 水資源開発の活発な流域においては、ダム開発の進行に伴って水収支が変化し、さらに灌漑効率の改善によって水需要も変化する。このため、必要最小流量の設定が一層困難となる。

以上のような困難さに加えて、次図に示すように必要最小流量は、水需要と環境需要に基づいて、理論的には下流より順次設定できるが、次のような課題を含んでいる。

- 伝統的灌漑区域での取水可能性と取水後の還元率という不確定な要因を含んでの推算となる。
- 本調査におけるダム計画は、ダムに関連する開発区域が必要とする水量の補給のために計画されており、下流基準点の月別必要最小流量を確保するには計画されていない。つまり、ダム地点では貯水可能な水すべてを貯水する計画になっており、下流での水利用のための放流は無視されている。この点が大きな課題である。したがって、水資源管理上、基準点の月別必要最小流量は事後確認的な意味しか持っていない。
- 上流のダム群は並列および直列配置となっており、これらの合理的運用ルールについて、水資源開発計画では検討されておらず、管理面でのルール確立は極めて困難である。
- 多くの基準点において月別必要最小流量を提案した場合、ステークホルダー間のコンフリクトがさらに表面化し、議論が収集できなくなる恐れがあり、より長期間の調整を余儀なくされる。

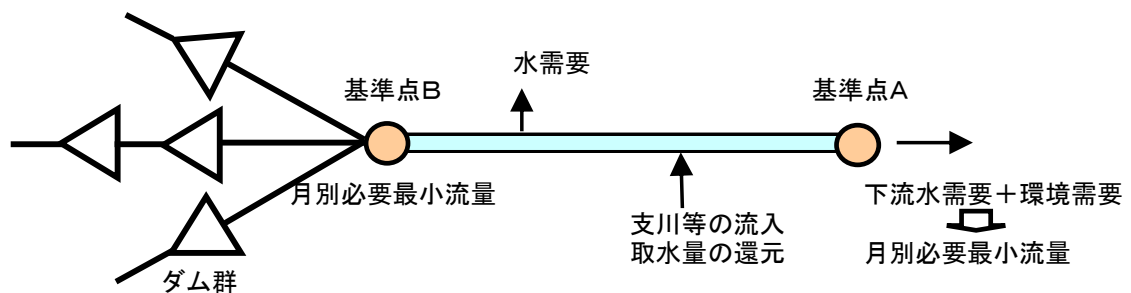


図 9.6 月別必要最小流量の設定概念

さらに、セフィードロード川流域において総合水資源管理を検討するには、さらに次のようなデータや情報が欠如している。

- 水資源開発計画：ダム毎の F/S レポート(水文計画、給配水計画、貯水池運用計画、ダム諸元等)
- 灌漑開発計画：灌漑区域、水源(ダム、堰)、灌漑水路系統、作付作物
- 地下水盆情報：地下水盆構造(広がり、深さ、横断構造)、経年的な取水量と地下水位変動

ダム計画の F/S レポートの入手困難は、ダム集水域の水文計画やダム貯水池運用計画を明らかに出来ず、ダム計画の個別評価を困難にした。また、灌漑区域の広がりや取配水系統が不明なため、ダムや取水堰と農地との関係を明確に出来なかった。同様に、地下水盆情報の欠如は、流域水収支の精度を落としており、今後この種の情報整備が、流域モデル改良の大きな鍵となる。

こうした情報の不足によって、ダム計画の個別評価や必要最小流量の設定等をより難しくしているため、次に示すようなアプローチを取らざるを得なかった。

9.1.3 総合水資源管理の検討アプローチ

中期目標として 2016 年、長期目標として 2031 年までを対象として、各州においてダム建設を主体とした水資源開発計画が立案されている。これをまず、中・長期水資源開発シナリオとする。この水資源開発シナリオを、流域シミュレーションによって、次のような手順により評価する。

- (i) 流域の水資源ポテンシャルを上下流問題の大きな争点である **Manjil** ダム地点で、その放流量が如何にシナリオによって変化するかで評価する。ここでは、必要最小流量の設定を行わず、**Manjir** ダムからの月別放流量と、設定した下流の月別水需要量を比較し、充足率として評価する(充足率=放流量/水需要)。
- (ii) 第一段階として、各州から提案されているすべての中期、長期開発計画を流域シミュレーションによって評価する。これら各州の計画は、長期の計画年次である 2031 年における各州の開発ニーズに基づいたもので、これが中期および長期の開発限界に近いものと判断できる。
- (iii) いっぽう、**Manjil** ダム下流には、ギラン州のセフィード灌漑システム(SIDN)があり、この需要量を同時に満たすことが、水資源ポテンシャルの観点からは、重要な評価項目となる。
- (iv) シナリオの初期条件として、灌漑効率の向上に関する灌漑システムの改善を考慮せず、現状の灌漑効率を適用させる。その後、灌漑効率の改善効果を検証し、灌漑効率の改善方策を一つの代替シナリオとして検討する。
- (v) この後、流域内の衡平性や経済的な合理性等を考慮し、**Manjil** ダム上流および下流の水需要のバランスを考慮した開発シナリオの調整過程に入り、水資源開発代替シナリオを検討する。ここで上下流双方が譲歩するという「フィフティ・フィフティ」戦略と双方とも敗者にならない「ウィン・ウィン」戦略の可能性が把握できる。
- (vi) さらに、流域水資源ポテンシャルから評価した中・長期水資源開発シナリオに対して、環境、社会経済・水資源管理のそれぞれの面から詳細に評価し、課題を抽出し提言としてとりまとめる。具体的には深刻な地下水位低下地域への対応や環境流量への対応を検討する。こうした評価を経て、中・長期の持続的水資源管理シナリオが構成され、これを将来の総合水資源管理に向けた提案とする。

これらの評価プロセスを整理したのが、次図である。

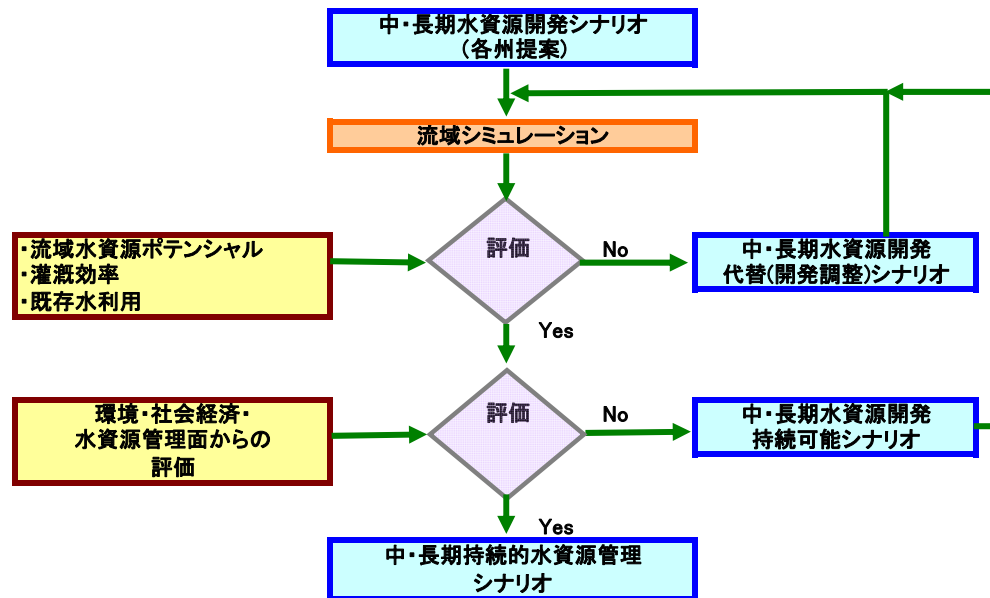


図 9.7 持続的水資源管理シナリオの作成アプローチ

これらの一連のシミュレーションを経て、試行を繰り返しながら最適なシナリオを作成することが本計画のアプローチである。

9.2 総合水資源管理計画検討

9.2.1 計画フレームおよび基本条件

目標年次を中期 2016 年、長期 2031 年に置いている。関係州の経済開発計画に基づいて、水需要の増大に対処するため、各州で水資源開発計画が立てられている。これを中期・長期に分けて流域水資源開発シナリオとして評価する。

1) 水需要量

本来、水需要量は、計画目標年次において、想定される開発計画や社会経済フレームをもとに上水道・工業用水・農業用水のそれぞれの利用状況を検討した上で設定されるものである。しかし、本検討の前提は、先行するマハーブ・ゴーツ社(MG 社)から検討結果を受けて、これを検証しながら利用するという手順である。したがって、水需要量は MG 社から受けたものを用いており、この結果は 6 章に記載している。

2) 灌漑効率

流域内の最大の水需要者は農業であり、灌漑用水の需要量は灌漑水路や灌漑方式の整備、すなわち灌漑効率の向上に応じて大きく変化する。この灌漑効率向上が大きく将来の水利用に影響することを考慮して、本検討では灌漑効率の向上を開発シナリオの一つとして組み込む。まず第 1 ステップとして、6 章における検討結果を踏まえて、現況の灌漑効率が将来的にも継続する、すなわち灌漑効率改善を考慮しないケースを想定する。

- 伝統的灌漑区域：現況 0.33
- 下流ギラン州のセフィード灌漑排水区域：0.42
- 建設・計画ダムによる灌漑区域：0.60

3) ダム計画

本検討で対象とする水資源開発施設としてのダムは、現況 3 ダム、中期計画 14 ダム、長期計画 19 ダム(後に 2 ダム追加)である。こうしたダムの一次評価を行ったものが、図 9.8 および図 9.9 である。

これらを整理すると表 9.1 のようになり、流域面積に比して有効貯水容量が大きく、かつ年平均流出量に比しても有効貯水容量が大き過ぎるダムが長期計画になるにつれ増加しており、適切なダムサイトの不足に起因していると考えられる。これらの関係は図 9.8 に示すとおりである。

さらに図 9.9 に示すように、年平均流出量を上回るダムも半数程度あり、経年貯留タイプのため一概には論じられないが、やはり年流出量に対する貯水効率が低く、なかなか満水を迎えることのできないダムが増えてくると考えられる。

表 9.1 水資源開発ダム計画の一次評価

ダム名	ステージ	集水面積から見た有効貯水容量 (相当雨量換算)	年平均流出量から見た有効貯水容量
Taleghan	既設	400mm 相当	
Shahreh	中期	400mm 相当	
Taham	〃	400mm 以上	年流出量を大幅に超過
Siazakh	〃	200-400mm	
Sural	〃	200-400mm	
Mendagh	長期	400mm 以上	年流出量を大幅に超過
Sangabad	〃	400mm 相当	年流出量を大幅に超過
Sir	〃	200mm 相当	年流出量を大幅に超過
Alebdare	〃	200mm 相当	
Ramin	〃		年流出量を大幅に超過

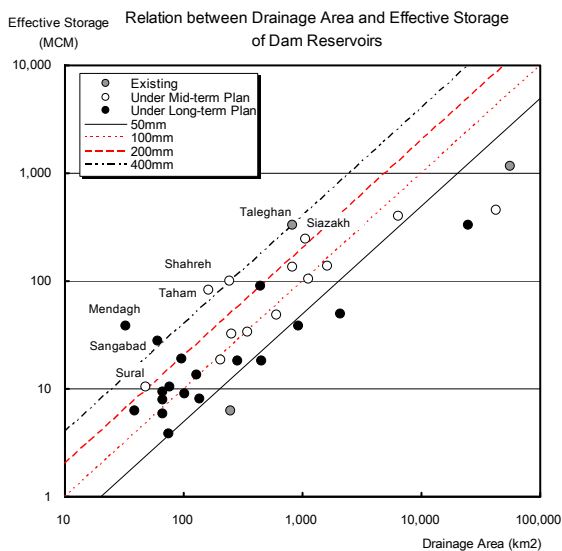


図 9.8 ダム集水面積と有効貯水容量の関係

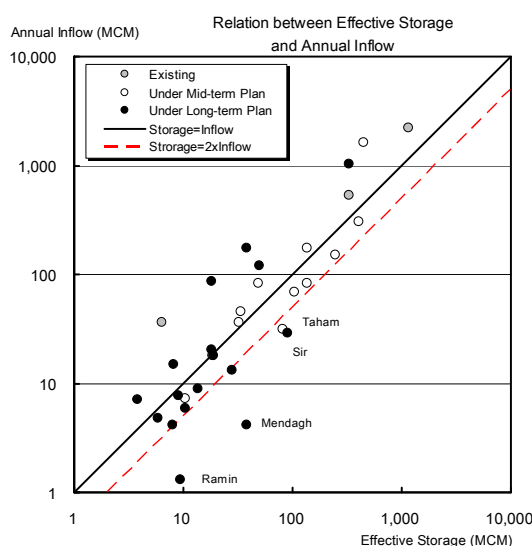


図 9.9 有効貯水容量と年平均流出量との関係

9.2.2 中長期水資源開発シナリオ検討

シナリオ評価は、次のような評価基準を設ける。

- (i) Manjil ダム下流の水需要(本川掛かりの上水、農業用水、チョウザメの産卵のための環境維持用水)を満足できるか否かを評価する。
- (ii) 上流部の伝統的灌漑区域の水需要を満足できるか否かを評価する。

これに対して、水資源開発シナリオとして、次の3ケースを想定する。

- (i) シナリオ 1：伝統的灌漑区域および SIDN の灌漑効率の改善を実施せずに、各州提案の中長期水資源開発計画を実施する。
- (ii) シナリオ 2：伝統的灌漑区域および SIDN の灌漑効率を WRMC の想定(シナリオ 3)と現状(シナリオ 1)の中間的な改善を行い、各州提案の中長期水資源開発計画を実施する。
- (iii) シナリオ 3：伝統的灌漑区域および SIDN の灌漑効率を WRMC の想定に沿って改善し、各州提案の中長期水資源開発計画を実施する。

1) 灌漑効率の設定

これらシナリオごとの灌漑効率は表 9.2 のように設定した。

表 9.2 灌漑効率の改善設定

シナリオ	時点	灌漑効率		備考
		伝統的灌漑区域	ギラン州 SIDN	
1	現況(2007)	0.33	0.42	現状維持 (改善無し)
	中期(2016)	0.33	0.42	
	長期(2031)	0.33	0.42	
2	現況(2007)	0.33	0.42	シナリオ 1 と 3 の 中間的改善計画
	中期(2016)	0.37	0.45	
	長期(2031)	0.44	0.51	
3	現況(2007)	0.33	0.42	WRMC 改善計画
	中期(2016)	0.40	0.48	
	長期(2031)	0.50	0.55	

2) 灌漑効率改善シナリオの比較検討

ダムによる水資源開発計画と需要側での灌漑効率改善の両者の相互効果を整理すると、表 9.3 および図 9.10 のようになる。

表 9.3 灌漑効率改善シナリオによる農業用水供給改善効果

灌漑効率改善シナリオ		現況(改善なし)	中間案	WRMC 改善計画案
灌漑効率	上流地域	0.33	0.37(中期)0.44(長期)	0.40(中期)0.50(長期)
	SIDN	0.42	0.45(中期)0.51(長期)	0.48(中期)0.55(長期)
水文条件	水資源開発/地域	上流伝統的灌漑区域・SIDN 水需要充足状況(%)		
5年喝水	現況			
	上流地域	60.8	60.8	60.8
	SIDN	90.9	90.9	90.9
	中期			
	上流地域	71.5	72.2	78.7
	SIDN	83.0	89.4	95.6
長期	上流地域	74.1	78.9	85.2
	SIDN	80.3	90.5	99.4
平水年	現況			
	上流地域	89.7	89.7	89.7
	SIDN	100.0	100.0	100.0
	中期			
	上流地域	90.9	91.6	94.3
	SIDN	100.0	100.0	100.0
長期	上流地域	89.9	93.0	95.4
	SIDN	83.3	100.0	100.0

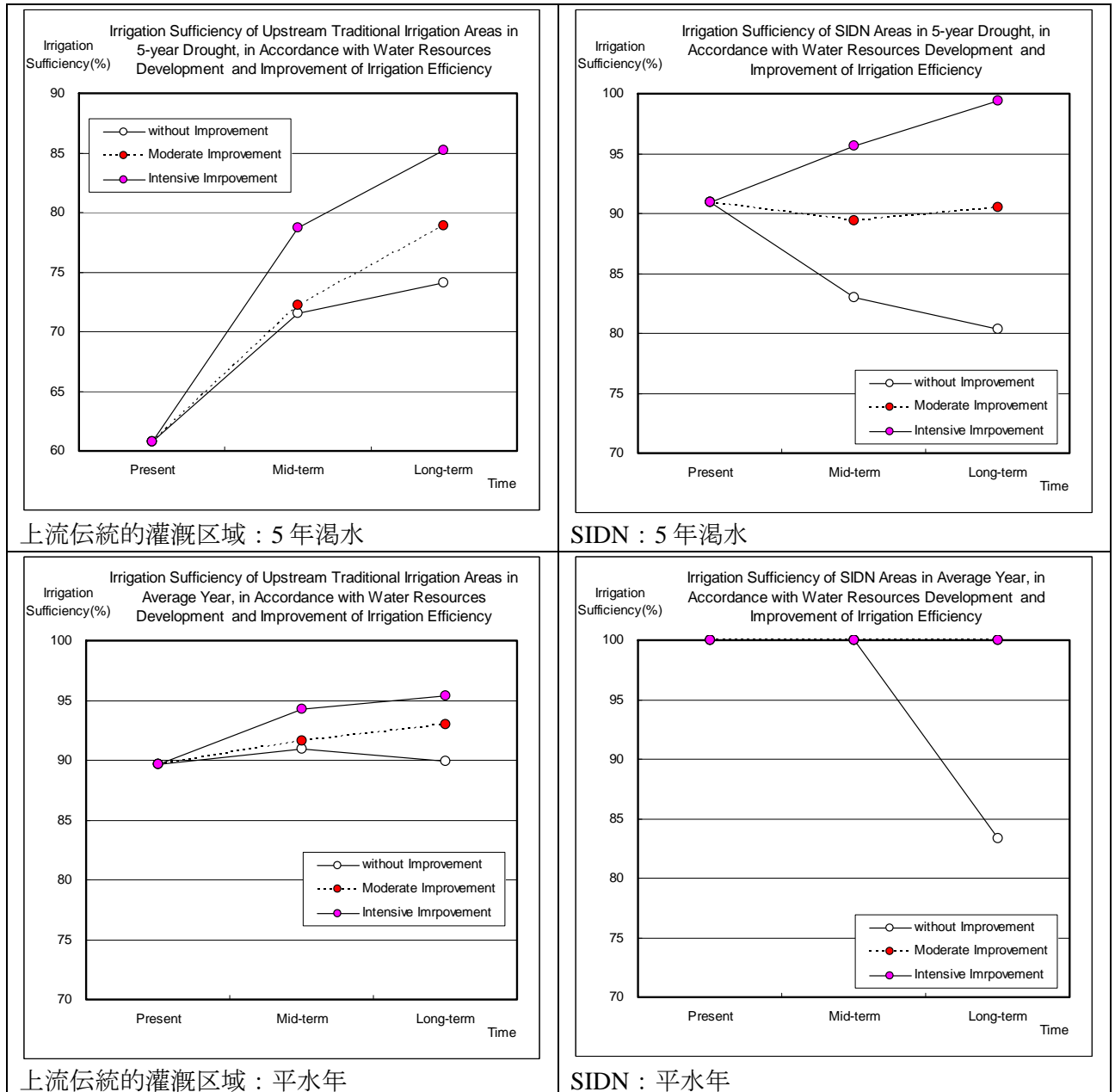


図 9.10 水資源開発と灌漑効率改善に伴う伝統的灌漑区域および SIDN 灌漑区域における灌漑需要の充足状況

これらの検討結果から、水資源開発ならびに灌漑効率改善の相互効果をまとめると次のようになる。

- 上流の伝統的灌漑区域は、平水年で現況から将来に至り、約 90%から 95%程度の充足率を確保できる。
- 同様に 5 年渇水では、現況 60%程度の充足率が、中期には 72%から 79%、長期には 74%から 85%に伸びる。この充足率の伸びについては、水資源開発と灌漑効率改善によるが、これらはほぼ同等の寄与が期待される。
- Manjil ダム下流の SIDN では、平水年では 100%の充足率がほぼ満たされる。しかし、灌漑効率が改善しない場合、長期では 83%に低下する。

- 同様に5年渇水では、将来の灌漑効率の改善度合いに大きく左右されることが分かる。現状の90%の充足率から、灌漑効率を改善しない場合には中期に83%、長期には80%と充足率が低下する。いっぽう、灌漑効率を改善すれば、中期に89%から96%程度、長期には91%から99%まで向上する。

以上の考察から、次のような水資源開発および灌漑効率改善の特性および基本的な方向性が明らかとなる。すなわち、(1)上流部は、とくに渇水時に水資源開発により充足率の向上が図られる。灌漑効率の改善により、充足率はさらに向上する。(2)SIDNについては、渇水時に現状の充足率を維持するためには、少なくとも中間案的な灌漑効率改善を流域全体で促進する必要がある。

したがって、セフィードルード川流域全体の水利用に対して、Manjil ダム上下流で対立すること無く、両者が地域の社会経済開発のために十分な水を利用するためには、上流の水資源開発計画(中期・長期)を実施するとともに、少なくとも中間案程度の灌漑効率の改善を行う必要がある。換言すれば、Manjil ダム上流の水資源開発により上流区域の水需要は改善するが、反面、下流部での流況の悪化により Manjil 下流の水需要に悪影響を及ぼす。これを補完し、上流の充足率をさらに高め、かつ下流の充足率を保証するのが灌漑効率の改善であるといえる。

9.2.3 中長期持続的水資源開発シナリオ検討

前節で検討した結果をまとめると次のようである。

- 中長期において、各州から提案された水資源開発計画をすべて考慮する。
- さらに灌漑効率を改善する必要がある、少なくとも中間案(上流域中期：0.37、長期：0.44、SIDN 中期：0.45、長期：0.51)程度の改善が必要である。

前節で提案した中長期水資源開発シナリオを一步進めて、水環境面における配慮を加え、将来的な持続可能なシナリオを検討する。ここで、考慮すべき項目は次の2点であり、ここではWRMC提案の灌漑効率改善案に基づく中長期水資源シナリオを基本にして、以下に検討する。

- (i) 地下水位低下地域への対策
- (ii) Manjil ダム上流部における環境流量の検討

1) 地下水位低下地域への対策

地下水位が低下している地下水盆を抽出し、水収支を整理したものが表9.4であり、地下水盆の位置を示したものが図9.11である。

表9.4 地下水位低下地域と水収支

ゾーン	サブゾーン	面積 (km ²)	地下水盆コード	関連州	年平均降水量*1 (mm/y)	年平均蒸発散量 (mm/y)	地下水涵養量*2 (MCM/y)	現況地下水需要量 (MCM/y)	水収支 (MCM/y)
A	A-1	6,445.5	1308	コルデスタン	285	195	220	468	-248
	A-3	6,004.0	1307	コルデスタン	251	177	163	182	-19
B	B-2	2,395.4	1306	ザンジャン	324	221	39	100	-61
	B-3	4,590.6	1304	ザンジャン	324	228	73	314	-241
	B-4	6,527.1	1305	ザンジャン	268	196	128	206	-78
C	C-1	1,761.2	1302	アルデビル	378	247	29	109	-80
	C-2	1,679.3		アルデビル	522	371	39	71	-32
	C-4	2,763.3	1311	ギラン(ダムより上流)	259	222	9	44	-35
合計		32,166.4					700	1,494	-794

注) *1: 降水量資料は1985年から2005年の20年間 *2 シミュレーション結果より推算

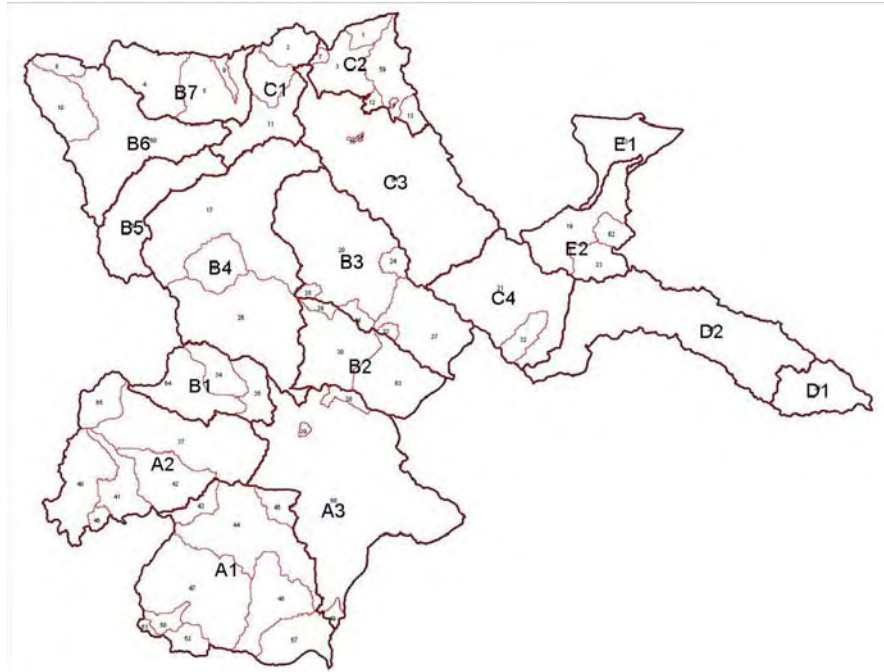


図 9.11 地下水盆のゾーンおよびサブゾーン区分

現況、中期、長期における地下水掛かりの水需要と上表の地下水涵養ポテンシャルを比較し、地下水涵養ポテンシャルを上回る水需要量に対し、表流水への転換の可能性について検討した。この転換量を概算した結果を、表 9.5 に示すが、地下水需要量から地下水涵養量を引いたものを転換量としている。これによって、少なくとも現在進行している地下水位の低下は防止することが可能となる。

表 9.5 地下水需要量の表流水転換量

ゾーン	サブゾーン	面積 (km ²)	地下水盆コード	関連州	地下水涵養量 (MCM/y)	地下水需要量 (MCM/y)			地下水から表流水への転換量 (MCM/y)		
						現況	中期	長期	現況	中期	長期
A	A-1	6,445.5	1308	コルデスタン	220	468	446	371	248	226	151
	A-3	6,004.0	1307	コルデスタン	163	182	178	174	19	15	11
B	B-2	2,395.4	1306	ザンジャン	39	100	78	67	61	39	29
	B-3	4,590.6	1304	ザンジャン	73	314	279	285	241	206	212
	B-4	6,527.1	1305	ザンジャン	128	206	170	144	78	42	16
C	C-1	1,761.2	1302	アルデビル	29	109	95	82	80	66	53
	C-2	1,679.3		アルデビル	39	71	61	44	32	22	5
	C-4	2,763.3	1311	ギラン(ダムより上流)	9	44	44	44	35	35	35
合計		32,166.4			700	1,494	1,351	1,211	794	652	511

この地下水取水の表流水転換については、今後表流水取水のための堰や配水路等の施設も必要となるため、現況で即時に対応するのは困難である。したがって、中期、長期を対象に、前項と同様なシミュレーション計算を実施した。

このシミュレーション結果から、地下水盆それぞれに対して、次のような類型化が図れることが分かった。これに応じて、対応策も異なってくる。

概ね水需要を満たす地域：A3, B2, B4, C1, C2, C4

水需要量に対して地下水・表流水ともに完全ではないが、ほぼ需要を満たしており、表流水転換が容易に実施できそうな地域である。例として C1 の計算結果を示す。

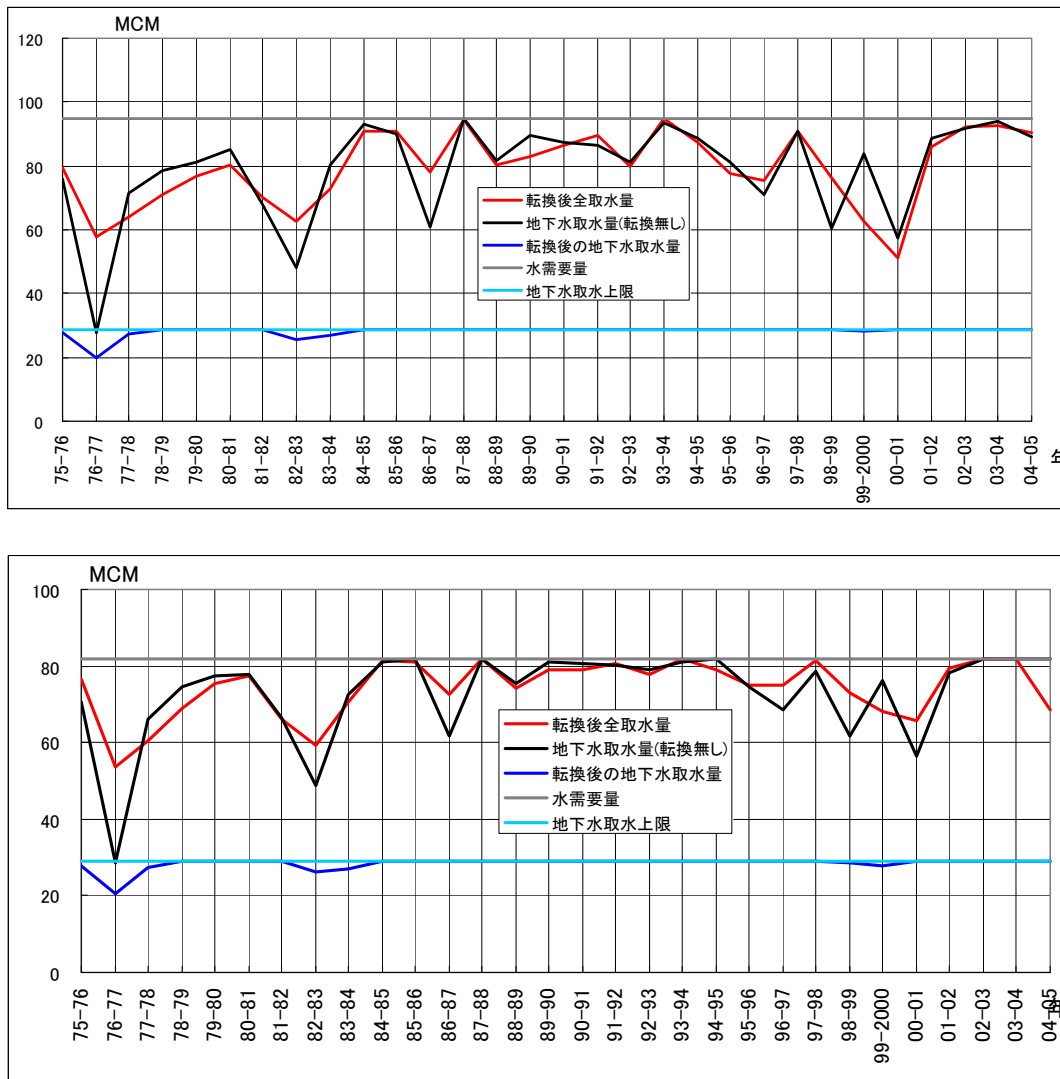


図 9.12 地下水取水量の表流水転換シミュレーション結果(C1 地域、上段：中期、下段：長期)

水資源ポテンシャルが低く、水需要を満たことが出来ない地域：A1, B3

本来的に地下水・表流水ともに開発ポテンシャルが低く、表流水転換の可能性も低く、本質的に水需要を満足できない地域である。例として B3 の計算結果を示す。

表流水転換が水資源ポテンシャル的に可能な A3, B2, B4, C1, C2, C4 の 6 地域については、表流水転換を実現するための取水施設や配水路等の施設計画を検討し、具体化に進んでいくべきである。いっぽう、水資源開発ポテンシャルの低い Talvar ダム上流域 A1, Zanjan 川流域 B3 の両地域については、(1) 水需要量を抑制するような作物転換や節水灌漑、(2) 灌漑水路や施設の近代化に伴う灌漑効率の向上、(3) 流域外等からの導水の可能性等を総合的に検討すべきである。その結果に基づいて、それぞれの地下水低下区域に適した対策を策定すべきである。

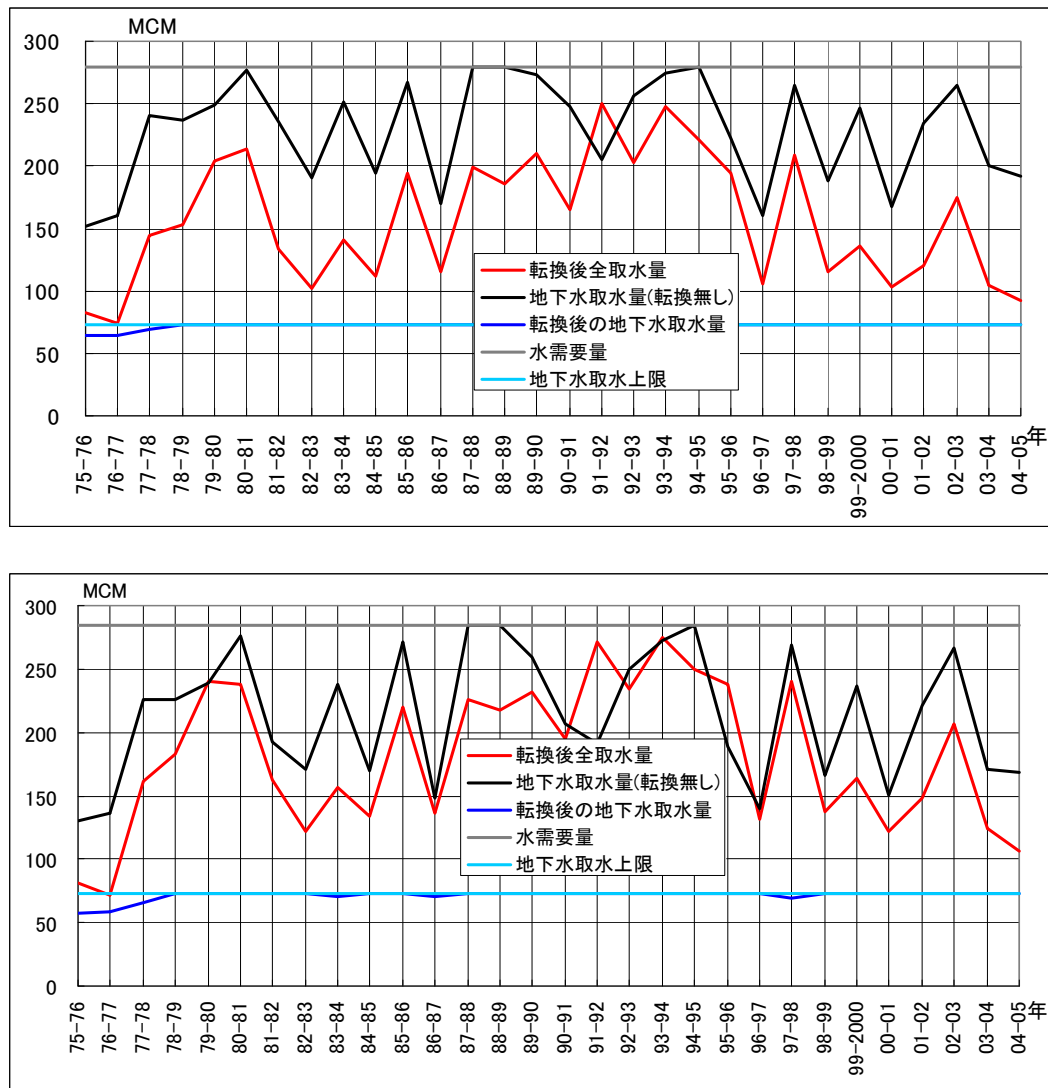


図 9.13 地下水取水量の表流水転換シミュレーション結果(B3 地域、上段：中期、下段：長期)

2) Manjil ダム上流部における環境流量の検討

環境流量に関する事項であるが、Manjil ダム下流においては、シミュレーション計算の中でチョウザメの産卵のための流量を考慮している。したがって、環境流量を検討すべき対象区間は、Manjil ダム上流域に限定される。上流域においては、淡水魚類の移動や産卵等の環境流量を設定するための指標動植物、さらに保護対象となる水生動植物の貴重種が居ない現状から、最も簡易に検討できる水文的手法によって環境流量を検討した。

水文的指標として、流況曲線における 90%流況の低水流量を目安に、これが 5 年確率渇水年と平水年において、現況から中期、長期と移行するにつれて、どう変化するかを検討した。この結果を表 9.6 に整理し、これを図化したものが図 9.14 及び図 9.15 である。これらの検討結果から次のことが分かる。

- 現況において、とくに下流部の Pole Dokhtar Mianeh, Ostor, Gilvan が上流部に比して、流況が悪いことが分かる。
- しかし、中期にオストールダムが完成し、発電放流を流すことにより流況が大きく改善されることが分かる。

- いっぽう、Pole Dokhtar Mianeh は、5 年渇水確率年では余り流況は改善されないが、平水年では流況改善効果が見られる。

表 9.6 基準地点の 90%流況の将来的変化

基準地点 (観測所コード：集水面積)	5年渇水確率流量 (m ³ /s)			平水年流量(m ³ /s)		
	現況	中期	長期	現況	中期	長期
Talvar (17-007: 5,920 km ²)	0.06	0.10	0.11	1.07	1.08	0.99
Ghare Goony (17-011: 19,340 km ²)	2.48	3.20	1.47	6.45	5.93	3.65
Mah Neshan-lailan (17-015: 24,219 km ²)	2.19	1.47	0.73	5.89	5.69	4.85
Pole Dokhtar Mianeh (17-021: 32,853 km ²)	0.13	0.20	0.16	0.66	1.89	2.83
Ostor 上流 (17-029: 41,980 km ²)	1.46	1.75	1.97	7.48	7.68	8.63
Ostor 下流 (17-029: 42,600 km ²)	0.12	10.34	10.34	2.11	10.34	10.34
Gilvan (17-033: 48,629 km ²)	0.01	5.35	5.68	0.53	8.00	10.82
Loshan (17-041: 4,852 km ²)	10.73	13.43	5.56	17.63	18.03	12.46

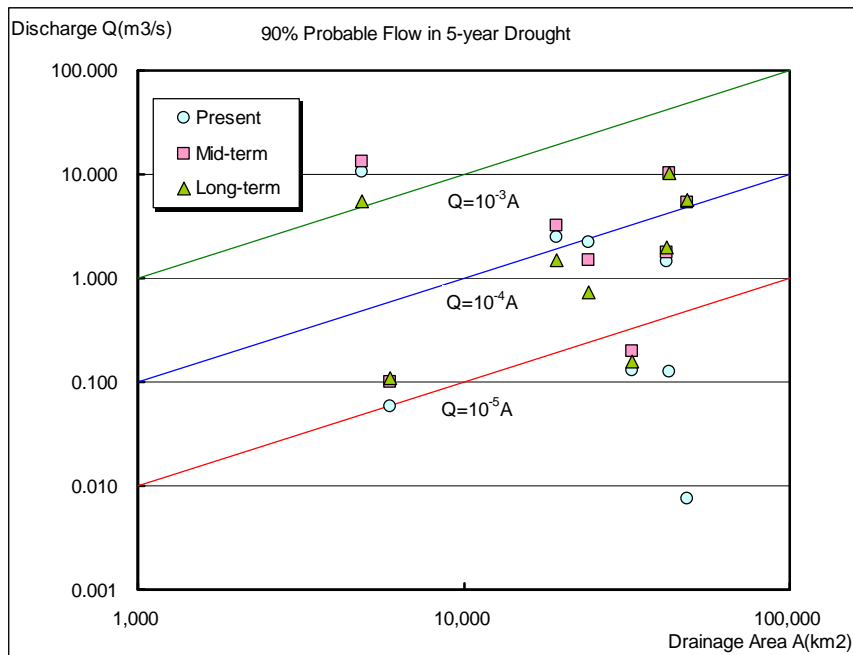


図 9.14 環境流量(90%流況)の経時的変化(5年渇水確率年)

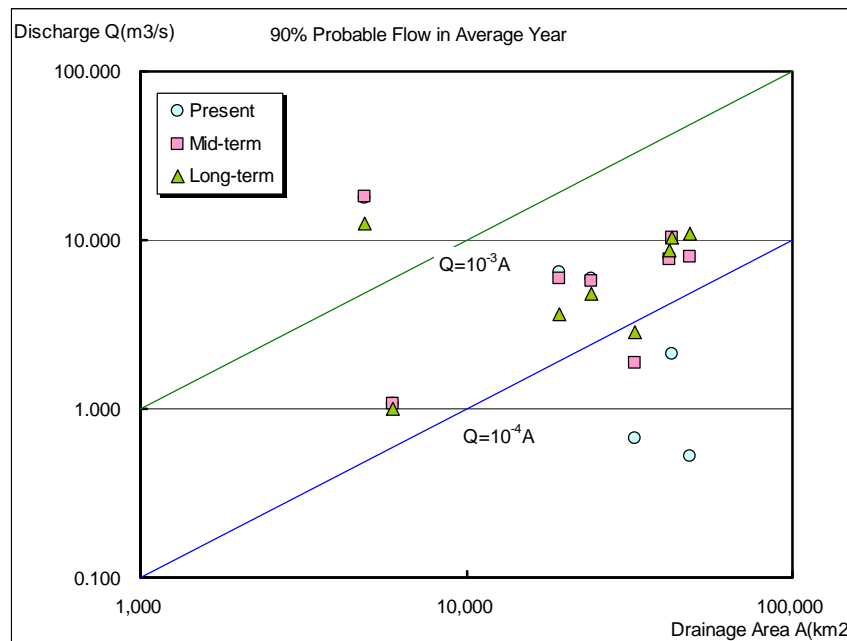


図 9.15 環境流量(90%流況)の経時的変化(平水年)

これらの検討結果から次のことが分かる。

- 現況において、特に下流部の Pole Dokhtar Mianeh, Ostor, Gilvan が上流部に比して、流況が悪いことが分かる。
- しかし、中期に Ostor ダムが完成し、発電放流を流すことにより流況が大きく改善されることが分かる。
- いっぽう、Pole Dokhtar Mianeh は、5年渇水確率年では余り流況は改善されないが、平水年では流況改善効果が見られる。

このように、水資源開発施設の整備によって、ある程度上流部の低水流況も改善されることが分かる。また、水資源開発によって流況が悪化している地点もあるが、これらの地点はむしろ流域面積から見て、比較的流況が良好な地点に属している。しかしここでは、具体的に環境流量を設定し、ダムからの放流量に加える方式は、現段階では採らない方が妥当であろう。何故なら、下流ギラン州の水需要量をほぼ供給できる見通しがある中で、さらに放流量を上積みすると、Manjil ダムからカスピ海への無効放流を助長し、限りある水資源を無駄にする危険性があるからである。

また、ダム放流量に関わる環境流量の設定については、水質や水生および沿岸域の動植物の生態調査、幅広いステークホルダーからの意見聴取と合意形成、流況が悪化する区間の把握と周辺環境への影響度合いに関する現地調査等のより詳細な調査が必要である。

9.2.4 環境・社会経済・水資源管理からの評価検討

1) 環境面からの評価

総合的な水資源管理計画を検討するに当たって、流況の改善効果を明らかにしたところ、水環境面で悪化するよりもむしろ改善方向にあることが分かった。Manjil ダム下流においては、チョウザメの産卵に資する環境流量の季節的放流も確認された。いっぽう、Manjil ダム上流については、具体的な環境流量の定量的設定について、前述のようにより詳細な検討が必要となるし、水資源の利用が限界に近いことから、慎重な意思決定のもとに決められるべきである。

さらに、水資源管理とも深く関連するが、地下水の過剰汲み上げによる地下水位の低下問題

がある。これに対しても、前節で検討したが、水資源ポテンシャル的に不十分なコルデスタン州の A1 滞水層およびザンジャン州の B3 滞水層以外は、表流水への転換の可能性があることが分かった。しかし、この両滞水層を含め、まず地下水取水から可能な限り表流水への取水転換を図ることが肝要である。この実現のためには、次のような方策が必要となる。

- 地下水の取水・配水システムに対する合理的な取水施設と配水システムの施設設計
- 地下水依存の受益者への表流水転換に関する理解醸成と合意形成
- 合意形成後に取水施設と配水システムの建設
- 地下水位モニタリングシステムの確立と監視活動

2) 社会経済面からの評価

流域の経済が農業に依存しており、さらに灌漑需要が現況の水需要の 95%を占めていることを踏まえ、社会経済面から水資源開発を評価するため、まず今後どのように灌漑農地面積が増大するかを整理してみる。次図は、サブゾーン毎に現況の灌漑区域面積が、ゾーン全体の面積に対する比率を示したものである。ギラン州下流の灌漑区域面積比率が非常に高く、現況では既に開発がかなり進んでいることが分かる。

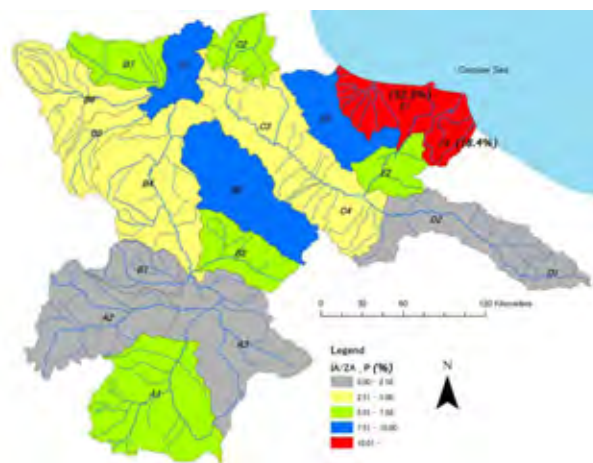


図 9.16 現況灌漑区域のサブゾーンに対する面積比率

これに対して、将来、灌漑区域がどのように増大していくか、これはまさに水資源開発の実施の影響といえるものであるが、各サブゾーン毎に現況の灌漑区域からの面積増分比率で示したものが次図である。これらの図から分かるように、水資源開発計画の主たる目的が、灌漑区域を増大させて、地域の経済を浮揚させようという意図が明瞭であり、とくに上流部のコルデスタン、ザンジャン、東アゼルバイジャン、アルデビルの各州では顕著である。

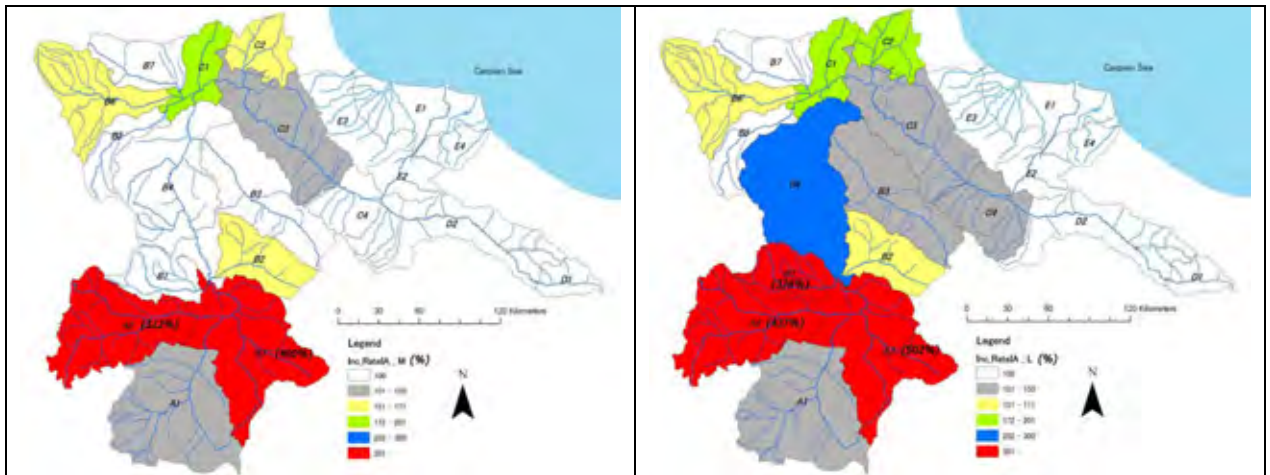


図 9.17 灌漑区域の将来における増加比率 (左：中期、右：長期)

次に、こうした灌漑農地面積の増加とともに、水供給の増加に伴う農業生産性の増大効果が考えられる。まず図 9.18 は、現況の灌漑区域の農業生産性を、農業生産高を灌漑面積で除して表したものである。ギラン州において農業生産性が低いのは、伝統的に国策として稲を栽培しているためである。いっぽう、上流部ではより換金性の高いアルファルファや果樹の栽培により、生産性を高めているため、単位面積当たりの農業生産高が高くなっている。この単位面積当たりの農業生産高を基準として、中期、長期においてどうその生産性が改善されていくかを示したものが、図 9.19 である。水供給の増加により、生産性も増加していくことが分かるが、水供給の困難な Talvar ダム上流域 A1 においては、生産性の向上が難しいことが分かる。当地域は、地下水取水の表流水への転換においても同様であり、基本的にセフィードロード流域の最上流部で、水資源開発ポテンシャルが極めて低い地域である。コルデスタ州に位置しているが、今後の当地域の経済の浮揚策について、さらなる検討が必要となる。

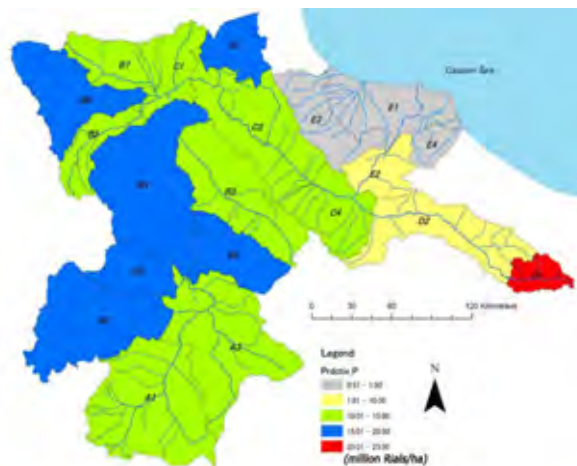


図 9.18 現況灌漑区域における単位面積当たりの農業生産高の分布

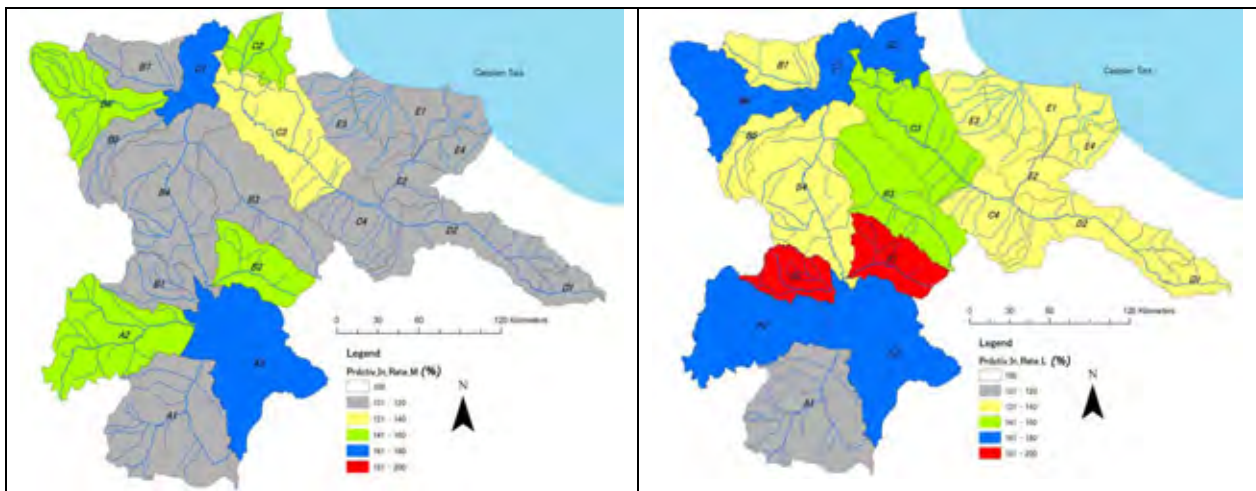


図 9.19 灌漑区域における将来の農業生産性の増加比率(左：中期、右：長期)

3) 水資源管理面からの評価

まず、伝統的灌漑区域において水需要に対しどの程度取水が出来ており、これが水資源開発施設の整備や灌漑効率の改善によって、将来的にどう変化するかを検討する。まず、伝統的灌漑区域における水需給の充足率の変化を見たものが図 9.20 である。平水年では、Talvar ダムの上流域を除き、ほぼ 75%以上の充足率が達成されるのに比して、5 年確率の渇水年においては、改善効果は見られるものの、未だ充足率が 75%未満の区域が中上流部に残されている。

しかし全体的として、伝統的灌漑区域の水需給の充足率は、中期、長期と改善されており、これは水資源開発プロジェクトの進捗による流況改善と灌漑効率改善による水需要の圧縮による効果である。

次に、中期および長期に計画されているダム(現況も含め)が供給対象としている灌漑区域への、水供給状況を検討した。30 年間のシミュレーションをもとに、灌漑需要に対しその 75%を満足出来ない頻度を整理したものが表 9.7 である。すでに述べたように、立地条件の悪いダムが存在するが、シミュレーション結果でもダム掛かりの灌漑区域への充足状況の悪いダムが存在することが分かった。これらの計画ダムについては精査し、水供給の充足率をより高めることが望まれる。

表 9.7 既存・計画ダム掛かりの灌漑区域に対する水需要の充足状況

計画期間	水需要の75%を満足できない確率	ダム数	該当ダム名
中期	1/5 未満	6	Golbolagh, Manjil, Ostor, Sange Siah, Sahand, Taleghan
	1/5～1/2	8	Aydughmush, Givi, Golabar, Kalghan, Shahreh Bijar, Siazakh, Sural, Talvar
	1/2 以上	3	Germichay, Befrajerd, Taham
長期	1/5 未満	14	Alan, Aydughmush, Chesb, Ghezel Tapeh, Golabar, Golbolagh, Manjil, Mushampa, Ostor, Sahand, Shahreh Bijar, Sheikh Bashara, Taleghan
	1/5～1/2	14	Germichay, Givi, Hasankhan, Kalghan, Mahtar, Niakhoram, Ramin, Sange Siah, Siazakh, Songhor, Sural, Tabrirzak, Talvar, Zardekamar
	1/2 以上	8	Alehdare, Befrajerd, Burmanak, hashtjin-2, Mendagh, Sangabad, Sir, Taham

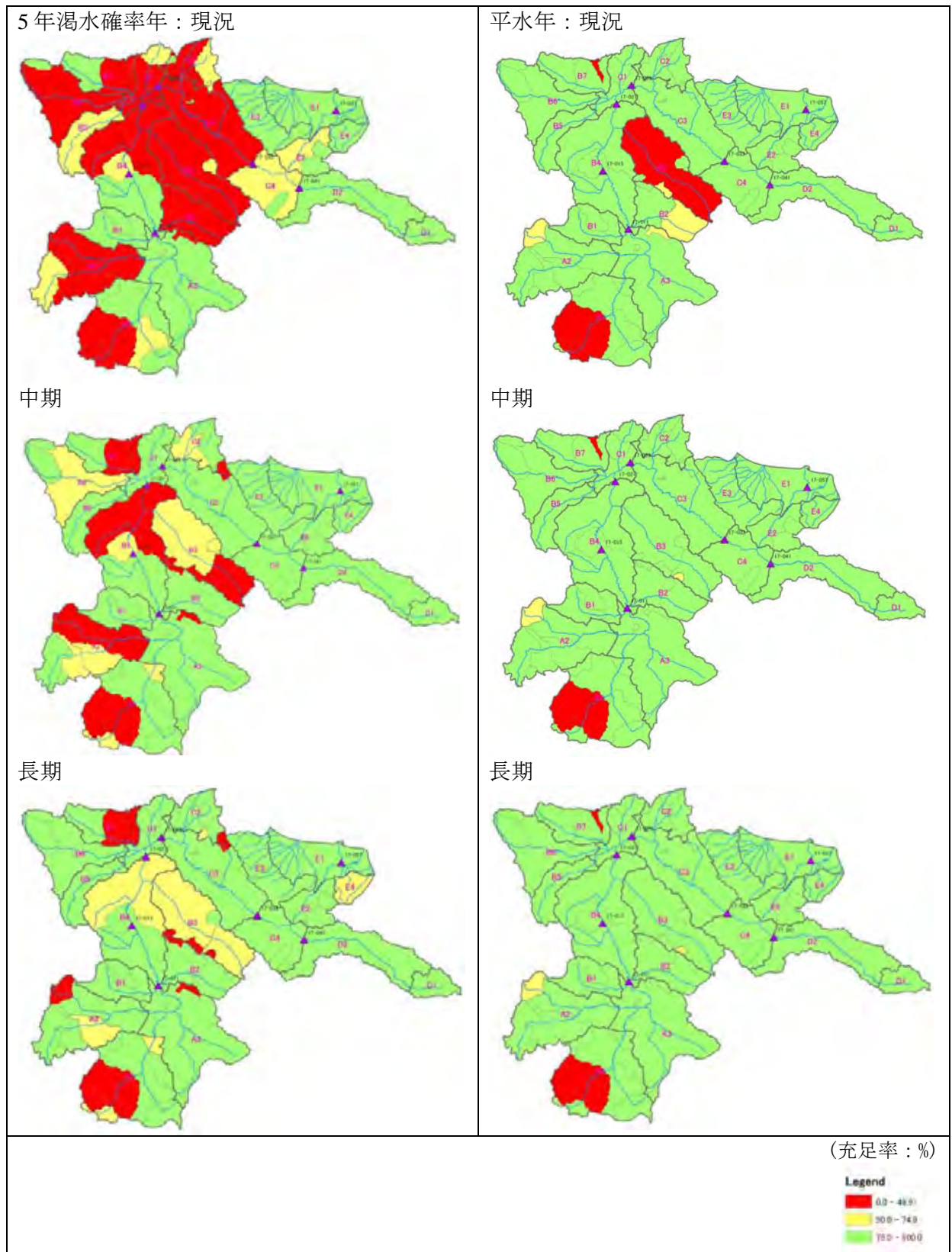


図 9.20 伝統的灌漑区域における現況・将来の水需給の変化

9.3 総合水資源管理計画サブ・コンポーネント

9.3.1 水資源管理計画

1) 表流水管理計画

表流水の管理として、セフィードルード川流域で関心の高い項目が環境流量である。さらに将来大規模なダムが順次建設された場合、とくに渇水時の管理が大きな課題となる。これらの課題について、その計画の方向性を提案する。

環境流量

環境流量については、WRMC の暫定的な指針として平均流量(Average Annual Flow, AAF)の10%という目安が出されている。これは、環境流量設定法のなかの水文的手法(Hydrological Method)として世界で最も一般に適応されている手法である。通常 AAF の 60-100% が最適な範囲と言われている。いっぽう、WRMC で提案されている 10% は最小範囲と位置付けられているが、半乾燥地帯を持ち、季節的に水が流れる河川を多く持つイランでは、この 10% は妥当と考えられる。

9.2.3 で検討した水資源開発計画が流況を改善する効果に基づいて、主要地点におけるこの 10% AAF との比較を行ったのが表 9.8 である。5 年確率渇水流況においては 10% AAF の確保は厳しいが、平水年流況の長期において、ほぼ達成できることを示している。

表 9.8 準地点の 90% 流量の将来的変化

基準地点 (観測所コード：集水面積)	10% AAF (m ³ /s)	5 年確率渇水流況 (m ³ /s)			平水年流況 (m ³ /s)		
		現況	中期	長期	現況	中期	長期
Talvar (17-007: 5,920 km ²)	0.8	0.06	0.10	0.11	1.07	1.08	0.99
Mah Neshan-lailan (17-015: 24,219 km ²)	3.0	2.19	1.47	0.73	5.89	5.69	4.85
Pole Dokhtar Mianeh (17-021: 32,853 km ²)	5.0	0.13	0.20	0.16	0.66	1.89	2.83
Gilvan (17-033: 48,629 km ²)	10.0	0.01	5.35	5.68	0.53	8.00	10.82
Loshan (17-041: 4,852 km ²)	3.0	10.73	13.43	5.56	17.63	18.03	12.46

次に 10% AAF をどの程度の確率(渇水確率)および期間(年間どの程度)で確保するのかを決定する必要がある。上表では、平水年であるから概ね 2 年確率で 90% 流況まで確保できることとなる。環境流量の安全度は、一般に利水安全度よりは低く設定される。したがって、5 年の利水安全度を考えているため、2 年確率は妥当であろう。また日本では水質等の低水管理においては 75% 流量(低水流量)を用いているが、90% 流量はこれよりも厳しい基準であり、環境流量に対して 90% 流量を設定することは妥当と考えられる。

以上は本川系統の環境流量であるが、ローカルコンサルテーションにおいて、いくつかの州から環境流量の設定に関する要望が出された。このような地域のニーズに対応する環境流量の設定については、次のようなより詳細な検討が必要である。

- 地域の生態系の重要性と感応性に関する評価
- 地域の気象水文特性
- 水理面での河川内生態系へ及ぼす影響
- 河川および川辺の生態系を管理する上での河川形態学的調査
- 河川と相互作用を及ぼす諸要素の調査：水質、植生、水生生物、地下水

渇水時の管理

今後、中期、長期にわたって多くのダムが建設予定である。これらのダムのうち有効貯水容量が1億 m³を超えるものが、表 9.9 に示すように既設も含め 9 基存在する。渇水時の流水管理に関して、すべてのダムを対象とするのは実務上困難であり、容量が大きく、流水管理面での効果も大きいこれら 9 基のダムが管理の対象となろう。

表 9.9 有効貯水容量 1 億 m³ 以上のダム

Name of Dam	Timetable	Catchment Area (km ²)	Purposes of Water Use	Effective Storage (MCM)	Province
Siazakh	Mid-term	1,058	I&D	245	Kordestan
Talvar	Mid-term	6,441	I&D	403	Zanjan
Golabar	Mid-term	1,131	I&D	105	Zanjan
Mushampa	Long-term	24,860	I&D&P	328	Zanjan
Sahand	Mid-term	820	I&D	135	E. Azerbaijan
Aydughmush	Mid-term	1,625	I	137	E. Azerbaijan
Ostor	Mid-term	42,600	I&P	451	E. Azerbaijan
Taleghan	Operation	828	I&D&P	329	Tehran
Manjil	Operation	56,200	I&D&P	1,150	Gilan

今後、9.3.4 で述べる水資源管理・協議システムの強化策として流域管理組織(RBO)の確立に向けた努力が必要であるが、その RBO の活動の一環として渇水時の管理も含まれる。表 9.9 に示す 9 つの大ダムが 5 州の管轄となっているため、その統合的運用は極めて困難と思われるが、一つ一つ流域内の水管理の統合化を図っていくことが肝要である。具体的には、次のようなシステム作りやルール作りを進めていく必要がある。

- 流域内の気象水文状況把握のためのテレメータ化：雨量・水位・流量
- 流域内主要ダムの運用状況の情報共有：貯水池水位と貯留容量、放流状況
- 流域内主要ダムからの用水補給状況：農業・上水・発電等
- 流域内主要地点の流況予測
- 渇水時操作に関する協議とルールの確立：渇水の定義、協議会構成、調整ルール等

2) 地下水管理計画

現在、ザンジャン州の Zanjan 地区と Sujas 地区、コルデスタン州の Ghorveh-Dehgalan 地区の 3 地区で地下水位の低下がイラン国の開発調査資料で明らかにされている。過去 5 年間に 3m から 9m の低下である。これ以外にも、アルデビル州のアルデビル市やガズビン州のガズビン平野で地下水位の低下が報告されているがデータはない。調査地域が広く、地下水観測井戸の少ないことが、地下水位の変動実態が明らかでない原因である。したがって、地下水管理計画を策定するためにはまず、地下水観測モニタリングシステムの確立が必要である。以下優先順位に従って地下水管理計画を一覧表にまとめる。優先順位は、予算化措置の順位と時間的対応の順位を示す。

表 9.10 地下水管理計画

項目	対応 1 (緊急、優先順位 1 位)	対応 2 (優先順位 2 位)
1.緊急対応 現時点での地下水位低下地域	<ul style="list-style-type: none"> 新規井戸開発の規制 地下水位が回復するまで早急に揚水規制を行う。 地下水盆コード：1304、1306、1308 が該当する。時間的には数年以内に対応する。	<ul style="list-style-type: none"> 安全揚水量を既存井戸の揚水試験結果から決定し、論理的な揚水規制を行なう。 代替水源の可能性の検討：表流水、導水、人口涵養の検討を行う。 Karst 帯水層の調査
2.井戸台帳の整備 (井戸仕様、地質柱状図、孔内水位、水質、揚水試験結果)	大規模井戸の台帳 (概ね整備済み。その確認)	<ul style="list-style-type: none"> その他井戸の台帳作成。 無届井戸をなくす。
3.地下水盆(帯水層)の確定		
(1) 面的な広がり	設定済(1301-1311)	設定済(1301-1311)
(2) 深度方向の形状 (第四紀層の深さと形状：中心部と周縁部の深さの変化)	<ul style="list-style-type: none"> 電気探査を実施して全般の地質構造を確認する。 既存井戸の井戸台帳から地質を確認する。 Karst 帯水層の調査も並行して実施する。 	<ul style="list-style-type: none"> 不足箇所は新たにボーリング調査を実施し地質を確認する。これらのボーリングは、将来項目 4.のモニタリング井戸へと転用する。 Karst 帯水層の調査
(3) 本質的要素 (間隙率、透水係数、透水量係数等)	既存井戸の揚水試験結果を確認する。	ボウリング時に揚水試験を実施して把握する。
(4) 外的要因(気象・水文資料)	降水量は概ね収集済	降水量は概ね収集済
4.モニタリング井戸の設置 測定項目：水位、水質、揚水量 不圧帯水層と被圧帯水層に分けて測定する。 観測：水位は毎月、その他は乾季 1 回、雨季 1 回	既存生産井戸の一時的転用：生産井戸がある地域でモニタリング井戸が無い地域(右地域参照)はすべて一時的に配置する。既存モニタリング井戸：271 本。転用井戸 200 本。	新設：約 250 本 配置計画：1302 北西部、1303、1304 北西部、1305、1306 西部、1307 中央部から西部、1308 中央部から北部、1309、1310、1311
5.組織の強化	地下水盆単位と州単位での人材育成と強化。 データ処理	流域単位・監視組織。 流域協議会(RBO: River Basin Organization)の設置
6.データベース化	自由帯水層・被圧帯水層 夫々の水位・水量・水質・水理定数他	自由帯水層・被圧帯水層： 夫々の水位・水量・水質・水理定数他
7.水収支シミュレーション MIKE-SHE を使う	1.地下水賦存量の算出 2.地下水涵養量の算出 3.データ追加ごとの毎年の更新	1.地下水賦存量の算出 2.地下水涵養量の算出 3.データ追加ごとの毎年の更新
8.揚水規制地域の区分	対策・規制地域(低下地域)の設定	監視地域(利用の多い地域)の設定
9.地下水低下地域の利用規制順位の確定	農水	農水・工水
10.渇水対策－雨量データベース (1)平水年 (2)低渇水年:規制レベル 1 (3)高渇水年:規制レベル 2	(1)揚水規制なし (2)灌漑井戸：25%揚水規制 (3)灌漑・産業井戸：50%規制	(1)揚水規制なし (2)規制なし (3)水道井戸 10%規制
11.法制度と罰則規定の整備	現行法の見直し	罰則規定の強化
12.利用者意識の向上と節水対策	節水意識の向上と上水の節水。 節水灌漑。	工水再利用、下水の再利用

3) 水質管理計画

現在水質モニタリングが実施されている農業用水項目を対応 1、新規モニタリングである有害物質・健康項目を対応 2 として、水質管理計画を表 9.11 にまとめる。

表 9.11 水質管理計画

優先順位	対応 1(優先順位 1 位)	対応 2(優先順位 2 位)
目的	農業関連項目(塩類)	有害物質・健康項目
水質管理指標	(水質指標策定済み)	BOD、SS、重金属等、水域別・用途別に設定
環境基準	(ガイドライン策定済み)	水域別・用途別に設定
モニタリング	地下水観測井の整備、河川観測は継続	年 2 回(雨季と乾季)、河川 10 地点、地下水 50~100 地点で観測、主要ダム、飲料水ダム
水質分析能力の向上	地下水観測の分析精度の向上	分析精度、結果の評価・考察、機器の維持管理能力の向上
組織の連携	モニタリング結果を MOJA や農業組合と共有し灌漑に利用する	関連する組織の横断的な取り組み、責任の分担
データの整備	WRMC のデータを MOJA・農業組合の関係者間で共有できるデータ整備、高濃度の時の警報システム整備	データの一元管理、統一フォーマットでの管理、単位記載の徹底
対策	節水灌漑、リーチング水による塩類の溶脱	下水道の整備、土地利用の管理・制限、罰則の強化
環境流量	水文学的手法のみならず、生態や水理的要素を考慮して複合的に検討する	

9.3.2 水文モニタリング計画

1) 表流水モニタリング計画

表流水モニタリング計画では、後述する流域協議会の活動を支援するための基礎データを提供するとともに、渇水時や水質事故時に必要な調整に十分耐えうる迅速な情報提供システムを考える。したがって、ここで提案する水文モニタリングシステム整備の基本は、(1)通常の観測所網の中から、より重要度の高いものを選定し、(2)施設の改善を図るといものである。水文水質モニタリングシステムについて下記のように提案する。

モニタリングデータの共有

モニタリング観測所は、(1)順次テレメータ化を図り、(2)後述する流域管理委員会（以下 RBO と称す）にデータをリアルタイムで集約し、(3)最終的にはテヘラン WRMC 本部にデータを配送するシステムを構築する。渇水時の迅速な対応等には各州の RWC が RBO を通じて情報を共有し、同一の認識の下に、調整作業に入ることが肝要である。したがって、ここでいうモニタリングシステムは、リアルタイムのテレメータ化を目指したシステムであり、具体的には次に示す 2 点を目的とする。

- 流域関係 RWC が RBO を通じてデータの共有を通じ、渇水時や水質事故時の調整・緊急活動に資すること。
- ダム開発が進むにつれて、いずれダム群の統合的運用による水資源利用効率の最大化を目指す必要が生じるため、こうしたダム統合運用の基礎データとすること。

表流水モニタリング局の選定

表流水の流量観測に関するモニタリング局については、次の二つの要件を満たす既存の観測

所について次図のように選定した。なお、図中の流域の色は各大ゾーンを示す。

- ゾーンあるいは小ゾーンの下流端、主要支川合流点の上下流、ダム貯水池の流入量と放流量が分かる地点等、水資源管理上の重要地点に位置する観測所
- 既に長期観測を継続している観測所

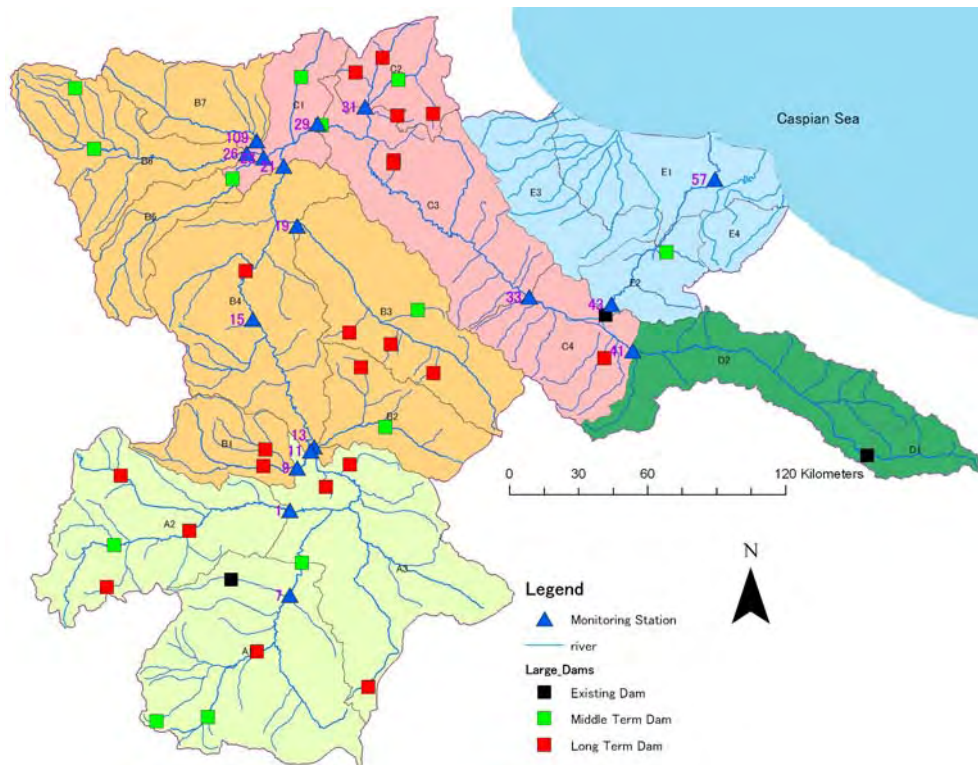


図 9.21 モニタリング局およびダムの配置

イラン国における現実的な観測所網のテレメーター化としては、主に VHF/UHF ラジオコミュニケーションシステムと GSM と呼ばれるモバイル電話回線を導入することが考えられる。

2) 地下水モニタリング計画

モニタリング井戸の本数については、セフィードルード川の流域面積が $59,090 \text{ km}^2$ であるのに対して少なすぎる。しかし、モニタリング井戸の配置は生産井戸が分布する平野部に限定すると、調査対象地の平野部の面積は全体の約 31% に当たる $18,039 \text{ km}^2$ である。適正なモニタリング井戸の本数は決めがたいが、ここでは同様な規模で揚水規制を実施して成功した関東平野の例を参考にモニタリング井戸の本数を決定する。関東平野は、面積約 $17,000 \text{ km}^2$ を有し、地下水の過剰揚水で地盤沈下に悩まされていた。そこで 1955 年から 1986 年の約 30 年間に 450 本の地下水観測井戸を配置しモニタリング・データベース化・地下水シミュレーション・地下水安全揚水量決定を実施して成功裏に終了している。これを参考にすると、約 40 km^2 に 1 本のモニタリング井戸を配置することになるが、既存のモニタリング井戸が多すぎる地下水盆 1308 があるので新しい地下水モニタリング井戸は最終的には合計 254 本を配置することを提案する(表 9.12 参照)。なお、これらの井戸は図 9.22 に示す地域(Additional monitoring area)に配置し、既存の生産井戸が転用できるものはそれらを利用する。ただし、転用する井戸は地質柱状図、揚水試験の記録が残されているものとする。また、新たに追加するモニタリング井戸の周辺では電気探査を実施して、地質構造を明確にすることが必要である。

モニタリング項目

モニタリング項目と時期は次のとおりである。

観測項目：孔内水位、水質、揚水量

観測帯水層：不圧帯水層と被圧帯水層に分けて実施する。

観測時期：水位は毎月実施。水質および揚水試験は毎年乾季 1 回と雨季に 1 回実施する。

表 9.12 地下水観測システム

地下水盆名	地下水盆 code	流域面積 (km ²)	平野部面積 (km ²)	モニタリング井戸	揚水試験	水位観測	水質分析	適正井戸数	追加井戸数
Astaneh-Kuchesfahan	1301	1,923	991	32	32	9	32	25	0
Tarom-Khakhal	1302	8,604	1,085	17	17	17	17	27	10
Miyane	1303	9,226	1,607	0	0	0	0	40	40
Zanjan	1304	4,672	2,368	59	59	7	59	59	0
Mahnesan-Anguran	1305	7,172	2,598	0	0	0	0	65	65
Sujas	1306	2,497	1,715	18	18	6	18	43	25
Goltapeh-Zarinabad	1307	5,131	2,093	0	0	0	0	52	52
Ghorveh-Dehgulan	1308	7,284	2,807	134	1*	1*	134	70	0
Divandareh-Bijar	1309	5,385	2,225	0	0	0	0	56	56
Taleghan-Alamut	1310	4,864	358	3	3	0	3	9	6
Manjil	1311	2,261	192	8	8	8	8	5	0
その他	-	71	0	0	0	0	0	-	-
合計		59,090	18,039	271	138	48	271	450	254

出典：WRMC 地下水データ(2001)。

*: コード 1308 については、揚水試験・水位試験の資料が一つしか見つからなかった。

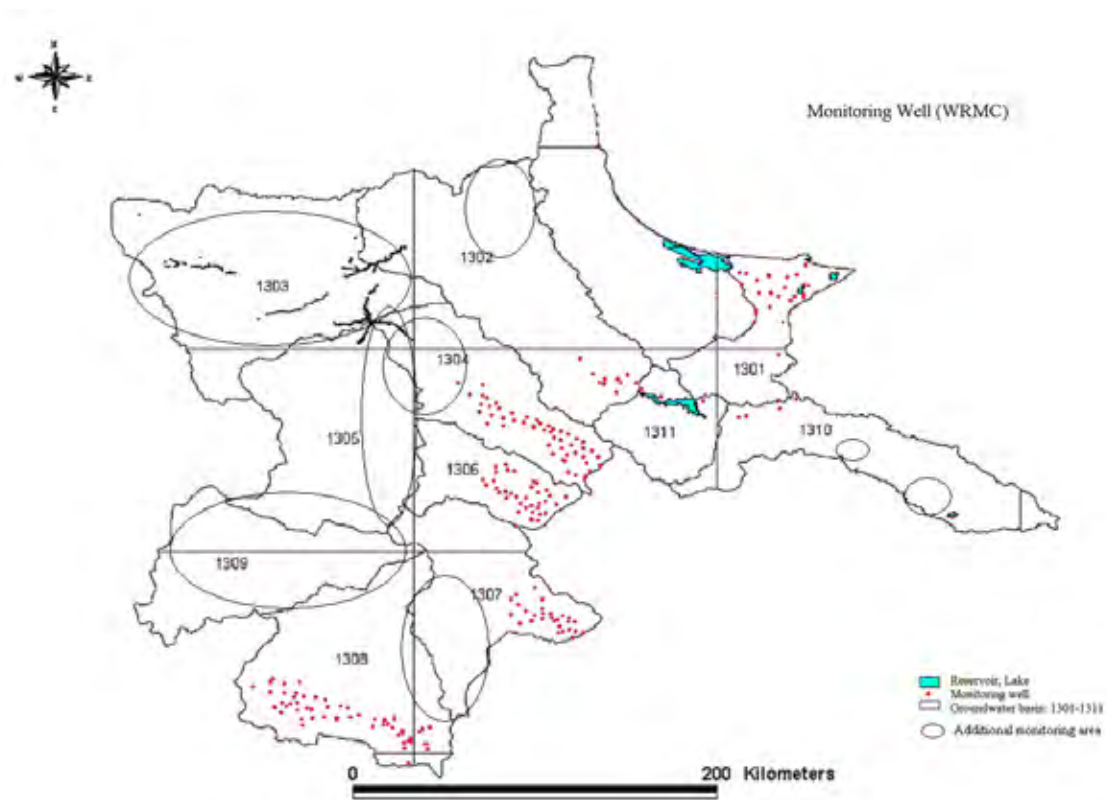


図 9.22 地下水モニタリング井戸の追加位置

9.3.3 流域管理計画

流域管理は、流出土砂の多い荒廃流域を対象に、各種対策工(テラス工、バンケット工、植林等)による流域の保全を行い、地域の経済発展に資することを目的に実施されている。この結果、流出土砂量が軽減され、ダム流入土砂軽減、ダム湖の寿命延伸という効果が見込まれる。流域管理計画の立案と実施は、農業開発推進省(MOJA)が実施しており、こうしたダム貯水池の保全という観点から、MOJA との連携は不可欠である。

1) 流域内の侵食特性

セフィードルード川の流域管理に関しては、MOJA のセフィードルード流域管理局が統括的に管理している。流域内の侵食特性を示したものを次図に示すが、とくに流域内には土壤浸食に極めて弱い泥灰岩(Marl)が分布しており、図中の本川中流部の赤い区域(Erosion が severe な区域)に相当している。

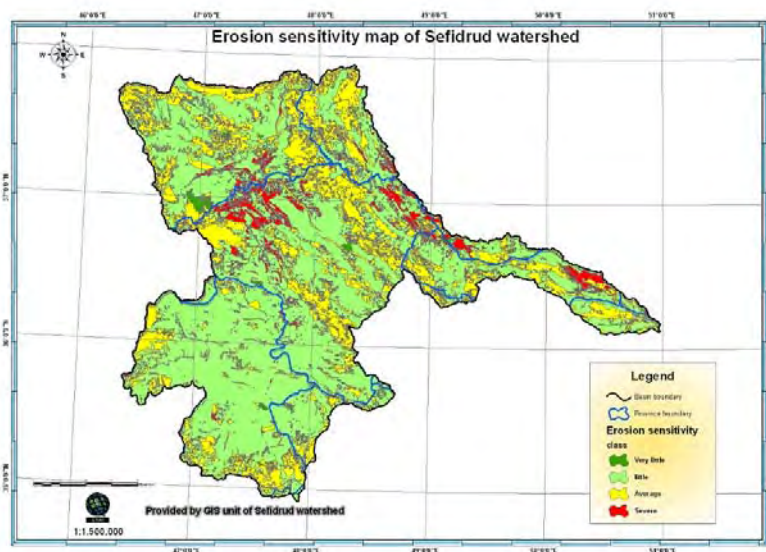


図 9.23 流域内の侵食特性

2) 流域管理プロジェクト

Manjil ダム周辺の侵食が激しい区域には、MOJA による流域管理プロジェクトが集中しており、いっぽう、セフィードルード川中流部の泥灰岩堆積地域においては、対策の困難さからプロジェクトの調査および実施が見送られている。

この中流部泥灰岩堆積地帯の侵食および水質悪化対策に関して MOJA と協議したが、こうした広大な地域における地質的脆弱性に対する対策は極めて困難とのことである。流域的広がりからの対応が困難な場合、この地帯から溶出する塩分に対する水質および水利用面での課題の重要性に応じて水路工的対応も今後検討していく必要があるかも知れない。

9.3.4 水資源管理・協議システム強化計画

1) RBO 設立の目的

これまでの調査の結果、セフィードルード川流域の現況における基本的な課題は、1)関係州が承認したマスタープランに従って、開発、利用、保全を含む水資源の管理を流域全体の見地から調整すること、2)マスタープランに従って、水利用の調整について関係州が合理的に合意すること、そして 3)そのマスタープランで使用されるデータや情報の信頼性を高めることで

ある。このため、以下の目的により、セフィードルード川流域に RBO が設置されることを提案する。

- 流域総合水資源管理 M/P の実施計画の調整作業と策定
- 意思決定支援ツールとしての流域モデルの利用・改良作業と新規動向に対する評価
- 水配分にかかる最終合意案の調整と合意形成
- 水利用にかかる緊急時を含む紛争調停案の調整と迅速な対応

2) RBO のロードマップ

RBO 設立のための議論の開始時点から、組織がどのような形態で設立され、その後どのような進化発展を遂げるかを明らかにしておくべきである。そうしたロードマップ例を下表に示す。

表 9.13 RBO のロードマップ例

調査終了後からの経過年数	組織形態	活動の目的	具体的活動内容
0 - 5	拡大ステークホルダー会議 (初期段階)	流域調整協議会の 設立準備	<ul style="list-style-type: none"> ● メンバーに MOJA、環境省及び保健省の代表を加える ● 水やその他の資源や環境に関するデータの収集と分析 ● 水文・水質モニタリングの準備 ● 水資源開発計画の検討 ● 必要な資金の検討 ● マスタープランの実実施計画の策定 ● シミュレーションモデルの運用 ● 水利用調整の暫定的ルールに関する関係州間の合意 ● 渇水時の緊急協力体制の検討・暫定的試行 ● 職員のキャパシティ・ディベロップメントの実施
5 - 15	流域調整協議会の設立（成長段階）	水利用調整の恒久的ルールに関する関係州間の合意と流域委員会の設立準備	<ul style="list-style-type: none"> ● 農民などユーザーの代表を加える ● 参加型アプローチによる水資源管理の検討 ● ユーザーへの啓発活動 ● 水文・水質モニタリングの実施 ● 各州間の費用負担についての検討 ● 基金設置の検討 ● マスタープランの見直し ● シミュレーションモデルの修正 ● 渇水時の緊急協力体制の構築・実施 ● 職員のキャパシティ・ディベロップメントの見直し
15 -	流域委員会の設立（成熟段階）	流域内で統合化された水資源管理の実施	<ul style="list-style-type: none"> ● 流域内の経済、社会、環境問題に関する共通戦略の策定と共同実施のモニタリング ● 参加型アプローチによる水資源管理の実施 ● 基金の設置 ● シミュレーションモデルの改良 ● 水利用調整の恒久的ルールに関する関係州間の合意の見直し ● 渇水時の緊急協力体制の見直し

3) 流域調整協議会の設立

関連組織の現状や政府組織のスリム化政策を考慮した場合、流域委員会モデルを最初から立ち上げるのは困難であろう。したがって、セフィードルードの RBO は、現行の関係州の RWC の代表がメンバーであり、WRMC が主催しているステークホルダー会議の名称を変更して、流域調整協議会モデルを採用して最初は立ち上げるべきである。

RBO の組織は下図の通りである。中央からは WRMC に加え、MOJA や環境省、保健省の代表を加える。

なお、各州の代表として、RWC に加え、MOJA や環境省、保健省の代表、また重要なユーザ

ーとして農民の代表を加える必要がある。

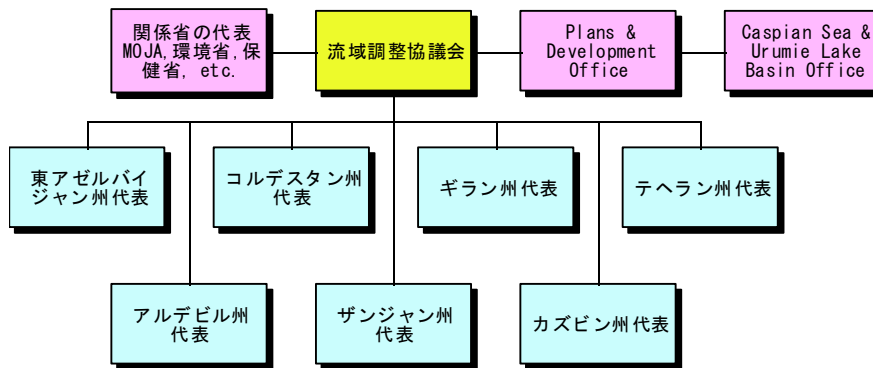


図 9.24 流域調整協議会の組織図

4) 流域委員会への RBO の改編

流域調整協議会型 RBO の設立後十分な年数が経過した時点で、流域委員会型の RBO への改編について流域調整協議会で検討されるべきである。このため、流域調整協議会は以下の作業を実施する。

関係州の知事やエネルギー省大臣が流域委員会型 RBO 設立について合意することが望ましい。RBO の組織の構成は以下の通り提案する。

表 9.14 流域委員会の組織構成

組織のユニット	機 能	構成メンバー
理事会	<ul style="list-style-type: none"> セフィードルード川流域の RBO と総合水資源管理にかかる政策・戦略を策定する。 関係州の多数に影響を与える統合委員会の重大な決定を承認する。 	関係州の知事、エネルギー省大臣
統合委員会	<ul style="list-style-type: none"> 複数の州に影響を与える案件の決定を行う。 作業グループの重大な決定を承認する。 RBO の予算を承認する。 	関係州の RWC、MOJA、環境省、保健省及び WRMC のトップ
事務局	<ul style="list-style-type: none"> 他のユニットの活動の支援と調整を行う。 RBO の予算案を作成する。 RWCs 及び WRMC 職員の総合水資源管理にかかる能力開発の調整を行う。 RBO の窓口としての機能を行う。 	関係州の RWC と WRMC から派遣された職員
作業グループ	<ul style="list-style-type: none"> 関係州の RWC と協力してマスタープランの実施計画を策定する。 マスタープランの実施に関して調整を行う。 シミュレーションモデルの利用と改良を行う。 関係州間の水利用調整を行う。 総合水資源管理のためのデータ・情報システムの改善を行う。 	流域調整協議会を基本にしてメンバーを拡大する。
技術／政策決定助言グループ	<ul style="list-style-type: none"> 他のユニットに対して専門的見地から助言を行う。 	大学または研究機関の水資源管理に関する学識経験者

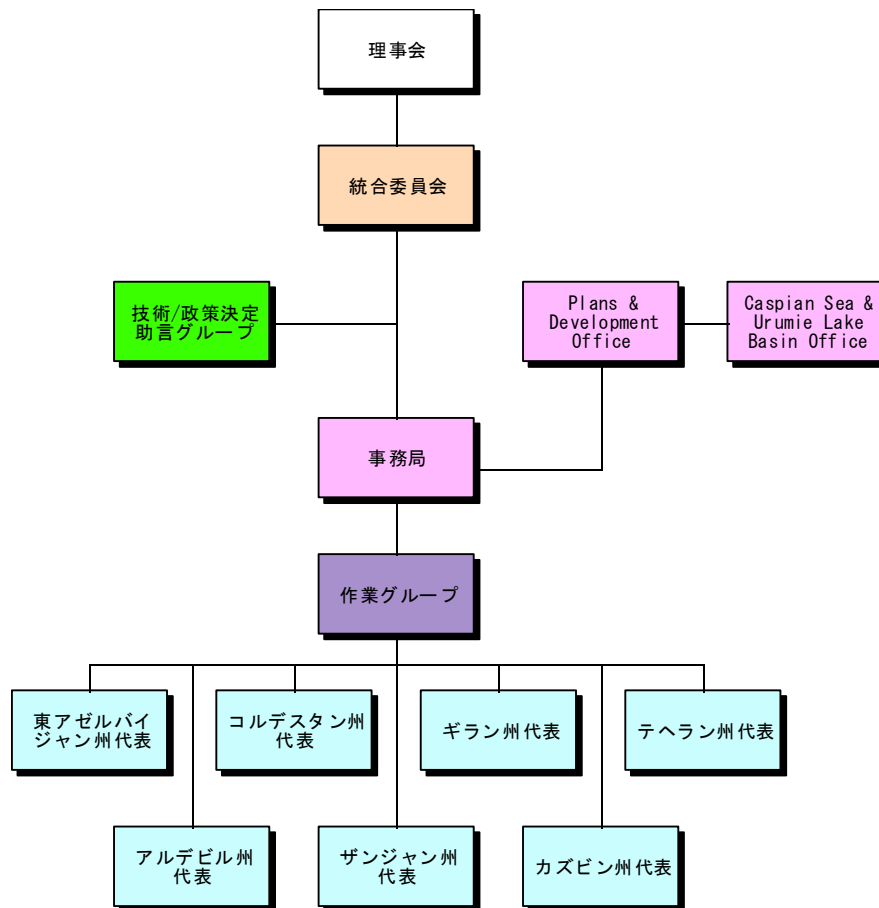


図 9.25 流域委員会の組織図

10. 衛星画像解析結果に基づいた利水状況

衛星画像を用いた土地利用図作成については、7月21日の議事録において懸案事項となっていたが、その後の一連の協議により、日本側が1/25,000レベルの土地利用図が作成できるレベルのSPOT衛星画像を供与し、その衛星画像を用いてWRMC主導で衛星画像解析を用いた土地利用図の作成が行われることとなった。つまり、WRMCとJICAは、ステークホルダーのコンフリクトを解消する一つの方法として、科学的かつ精度の高い灌漑用水の必要量を求めることを目的に、新規に撮影した衛星画像を用い、詳細な土地利用を把握することに合意した。本章においては、これらの衛星画像撮影から、土地利用図作成、現況水需要量推算およびそれらを用いた利水計算の結果についてとりまとめている。

10.1 衛星画像解析

調査団、WRMC および関連機関による一連の協議の結果、対象地域の農作物のクロッピングパターン、画像解析精度、および作業時間等の制約条件を考慮して5m解像度を持つSPOT5を二時期に分けて撮影することになった。その後、主に本調査中に撮影した対象地域の衛星画像を用いて、WRMC および関連機関主導のもとで、衛星画像解析により農作物別の土地利用図を作成した。以下に衛星画像撮影から、土地利用図の作成までのプロセスおよび結果について説明する。

10.1.1 衛星画像の撮影時期と撮影範囲

衛星SPOTは、任意の撮影時期と撮影範囲を指定することが出来るシステムを有する。本調査においては図10.1に示す緑枠にあわせ、二時期について衛星画像を撮影した。撮影期間については、第一期目は2009年4月16日から6月30日までとし、二期目は2009年7月1日から9月30日までと計画していた。

撮影範囲は、全流域ではなく、灌漑農地の分布密度とWRMC関連機関が保有している衛星画像のアーカイブの範囲を考慮して決定した。撮影範囲以外の箇所は、WRMCに現存する画像を用いるものとした。なお、図中の青線は調査対象流域を示している。



図 10.1 撮影範囲

10.1.2 衛星画像解析の作業工程

衛星画像解析における作業工程および手順を図10.2以降に示す。下記の通り衛星画像の撮影については、4月に発注・シミュレーションを行い、8月に2期分の撮影が終了した。

No.	検討内容	担当	2009										2010				
			4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3			
1	SPOT画像の発注、シミュレーション	調査団	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	画像の事前処理	調査団・WRMC	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	GPSサンプリング調査	WRMC	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4	土地利用解析	WRMC	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5	土地利用データの改良	WRMC	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	純灌漑要求量の検討	WRMC	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7	現地におけるインタビュー調査	WRMC	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
8	純灌漑要求量の推定	WRMC	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
9	灌漑要求量の算出	WRMC	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

▲は衛星画像をイラン側に部分的・全体的に供与した時期を示す。

図 10.2 衛星画像解析の作業工程

10.1.3 衛星画像の仕様

SPOT 画像 1 枚の対象面積は 3,600km² (60km²×60km²) で、解像度は 2.5m から 20m である。これらはそれぞれ、詳細検討 (1/10,000) から地域レベルの検討 (1/100,000) に適する解像度である。本調査では、時間や精度の制約条件から、解像度 5m のものを使用し、1/25,000 レベルの土地利用図を作成するものとする。

10.1.4 リモートセンシングによる土地利用データの作成

流域範囲が約 64,000km² と広域にわたるため、土地利用データの作成を二段階に分けて精度を高めることとした。まず一段階目として、USGS が示すレベル 2 に準じた土地利用図を作成した (次図参照)。なお、レベル 2 の土地利用分類は 1) 岩場、岩層地帯、2) 草地 (Weak)、3) 草地 (Medium)、4) 森林、5) 天水農地、6) 灌漑農地、7) 建造物、8) 河川、9) 果樹園、10) 工業地帯、11) 自然、人工の湖沼、海洋等の 11 種である。第二段階目としては、同基準が示すレベル 4 に準じた土地利用図を作成した。ここでは、本調査で最も重要となる灌漑農地の分布に関する分析を実施し、この分析結果として主要農作物についての要水量算出の基礎情報となる作物別灌漑農地面積を得る。なお、レベル 4 で扱う作物種は、1) 米、2) 小麦および大麦、3) アルファルファ、4) 野菜、5) 工芸作物 (industrial cultivate)、6) とうもろこし、7) 果樹の 7 種である。

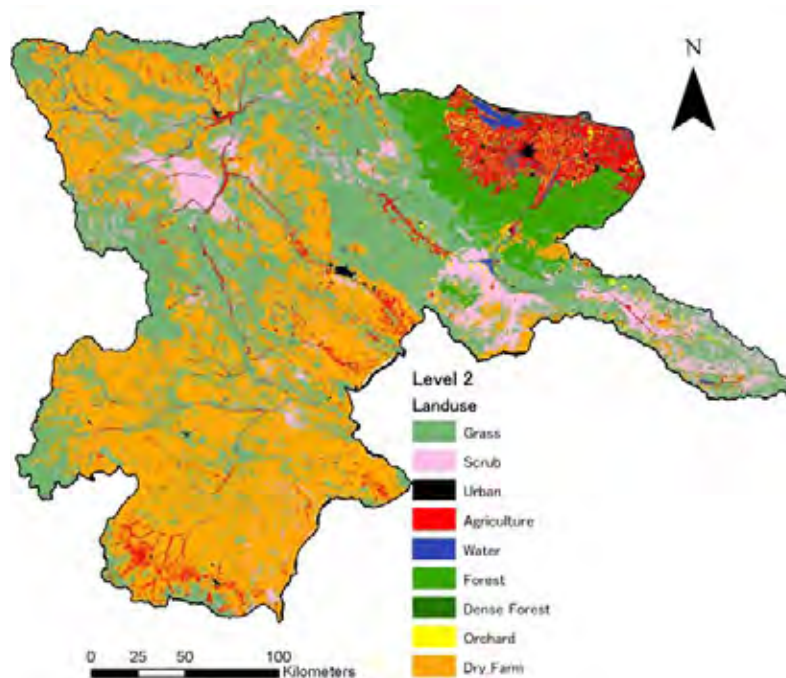


図 10.3 レベル 2 土地利用図

10.2 水需要量の算定

小麦、豆類、アルファルファ、りんご等の月別・作物別要水量と土地利用図から月別・小流域別純灌漑要水量（穀物・果樹別）について、WRMCがFAOプログラムを用いて集計した。このデータを6章と同様の灌漑効率で除し、月別・小流域別灌漑要水量（穀物・果樹別）算出し、さらに、6章と同様のコンセプトでそれらを合算し、修正係数を乗じて月別・小流域別灌漑要水量（小流域でひとまとめの値）

を算出した。さらに、MIKE BASINによる利水計算のために、これらに実際の水使用量を適用して、表流水掛りと地下水掛りの要水量に区分した。上記の手順をフローにして、図10.4に示す。また、6章に示した灌漑面積および灌漑需要量と、本章にて推算した灌漑面積および灌漑要水量を、ゾーン別にまとめて表10.1に整理した。なお、ここで算定した要水量は、対象地域における農地全体に必要な送水量を推算しているため、事実上、現況の農業水需要と等しいと考える。

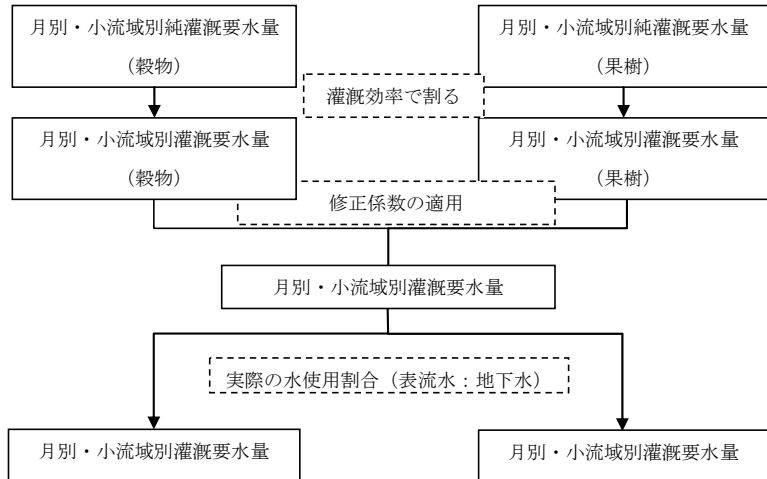


図 10.4 灌漑要求量算定フロー

表 10.1 表流水、堰、ダムがかり灌漑面積、灌漑需要量、灌漑要水量の比較

(左：表流水、右：地下水)

Zone	Sub-Zone	Water Demand in Chapter 6		Water Requirement		備考
		Area (ha)	Total (000m ³)	Area (ha)	Total (000m ³)	
セフィードルード川より取水						
A	A-1	7,500	141,764	12,353	211,867	
	A-2	3,976	76,528	2,612	51,211	
	A-3	515	9,758	716	13,113	
Total in A		11,991	228,050	15,681	276,191	
B	B-1	2,120	41,769	3,385	65,354	
	B-2	8,065	146,579	8,441	156,889	
	B-3	18,922	298,761	15,640	283,162	
	B-4	14,475	263,539	12,142	226,123	
	B-5	4,816	87,642	3,051	55,790	
	B-6	13,410	254,098	11,619	226,863	
	B-7	12,585	230,083	13,003	242,779	
Total in B		74,393	1,322,471	67,281	1,256,960	
C	C-1	8,410	132,485	7,671	139,864	
	C-2	5,741	86,856	4,559	76,485	
	C-3	12,797	182,992	15,157	286,011	
	C-4	4,961	58,023	9,478	169,884	
Total in C		31,909	460,356	36,865	672,244	
D	D-1	751	14,257	1,727	29,280	
	D-2	458	8,287	1,656	28,316	
Total in D		1,209	22,544	3,383	57,596	
E	E-2	8,253	164,963	21,690	214,632	
	Total in E		8,253	164,963	21,690	214,632
取水合計		127,755	2,198,384	144,900	2,477,623	
セフィードルード川より取水(ダム)						
A	A-1*	800	6,586	800	6,586	
D	D-1*	30,000	310,000	30,000	310,000	流域外へ導水
ダム取水合計		30,800	316,586	30,800	316,586	
セフィードルード川より取水(堰)						
E	E-1*	113,474	1,581,583	113,474	1,581,583	
	E-2*	42,489	437,454	42,489	437,454	
堰取水合計		155,963	2,019,037	155,963	2,019,037	
セフィードルード川以外から取水						
E	E-1	8,706	119,426	8,706	119,426	
	E-3	12,904	161,360	12,904	161,360	
	E-4	1,387	17,360	1,387	17,360	
他河川合計		22,997	298,146	22,997	298,146	
全取水合計		337,515	4,832,153	354,660	5,111,392	
各小流域Rで取水						
A	A-1	26,461	494,199	39,796	676,276	
	A-2	5,595	107,597	4,017	74,961	
	A-3	9,250	175,090	16,127	285,465	
Total in A		41,306	776,886	59,940	1,036,702	
B	B-1	36	709	51	983	
	B-2	5,753	104,531	6,162	112,251	
	B-3	21,174	332,005	17,559	318,485	
	B-4	12,009	217,962	10,047	184,167	
	B-5	130	2,364	82	1,499	
	B-6	3,280	62,069	2,801	52,233	
	B-7	2,879	52,783	3,365	62,813	
Total in B		45,261	772,423	40,607	732,431	
C	C-1	7,467	114,381	6,303	114,809	
	C-2	5,458	77,158	4,633	72,292	
	C-3	4,982	71,322	5,961	112,116	
	C-4	3,354	39,237	6,010	107,965	
Total in C		21,261	302,098	22,907	407,182	
D	D-1	1,540	29,210	3,540	60,020	
	D-2	5,275	95,368	19,068	326,056	
Total in D		6,815	124,578	22,608	386,076	
E	E-1	2,385	34,398	2,385	34,398	
	E-2	562	11,190	1,380	14,491	
	E-3	5,890	56,244	5,890	56,244	
	E-4	13,130	164,338	13,130	164,338	
Total in E		562	11,190	1,380	14,491	
全取水合計		125,908	2,114,665	157,605	2,704,372	

10.3 利水計算の実施

第9章までは、WRMCから提供された水需要量（農業台帳ベース）を使用して利水計算を実施し、その結果をとりまとめてきたが、本項の利水計算においては、衛星画像解析によって新たに推算された灌漑用水の水需要を用いて各エリアの需要量に対する供給量の充足度について調査した。

10.3.1 計算条件

下表の計算条件において、現況シミュレーションを実施した。

表 10.2 利水計算モデルにおける計算条件

項目	内容
基本条件	モデルは第7章で構築された現況モデルをベースとし、水需要量については、伝統的灌漑エリアの灌水需要量についてのみ10.2.2節で整理した衛星画像から得られたものを用いる。その他の水需要量は変更しない。
計算年数	1985年9月から2005年8月の20年間（水文年で数えて）のMIKE SHEによって算出した自然流量を用いて利水計算を実施する。
灌漑効率	各Reachにおける伝統的灌漑エリアとManjilダム下流の灌漑エリアにおける水需要量（取水量）の設定に必要な灌漑効率については、現況灌漑効率を使用する。
水需要量	本調査においては、水需要量を農水、上水、工水に分けているが、農水については、衛星画像解析から得られた灌漑農水の水需要量を現況利水計算モデルに入力し、その他の水需要量については、現況利水計算モデルで用いた値を使用する。また、各々の水需要量は、前項で述べたように地下水および地表水に分けて算出しており、モデルにおいても地表水および地下水は区分されている。
環境流量	Manjilダム下流に下記の環境流量を設定する。この流量は、Sangar堰下流に生息するチョウザメの産卵のために必要な流量である（3.10節参照）。
ダムの初期値等	現況モデルにおいては、Manjil、Golboragh、Taleghanダムが組み込まれるが、これらのダムにおける初期水位は有効貯水容量の70%の水位とした。また、ダムの水位がサーチャージ水位を超過した場合、余剰水は洪水吐きから、流入＝流出の関係で放流される設定とする。
マンジルダムの操作	Manjilダム下流には、取水堰が3基（Gelerud、Tarik、Sangar堰）設置されており、実際は堰の取水量を考慮して放水している。また、放水に際してはSangar堰から下流においては6)項のチョウザメの産卵のために必要な環境流量についても考慮されている。利水計算モデルでは、これらの水需要にあわせて放流するための適切なダムゲートの操作ルールを表現するために、Sangar堰およびSangar堰下流に、それぞれ農水および環境流量を維持するコントロールポイント（適正な流量になっているか判断する計算地点）を設け、本支川からの流入量を合わせて、コントロールポイントにおいて必要な流量を満たすように放水するアルゴリズムを構築してダムの放水量をコントロールしている。

10.3.2 利水計算の結果

下記に、1) 伝統的灌漑エリアの充足率、2) SIDN地区の充足率について、①農業台帳による水需要を使用したモデル（以下旧モデルと称す）と②衛星画像による水需要を入力したモデル（以下新モデルと称す）で実施したシミュレーション結果を比較し、下記に整理する。

1) 伝統的灌漑エリアの充足率（図表）

旧モデルと新モデルにおける伝統的灌漑エリアの充足率は、流域全体で見ると、渇水年および平水年において微増となっている。また、ゾーン別に見ると、最も表流水水需要の増加が大きいCゾーンについては、充足率が減少しているが、その他のゾーンについては、微増となった。

表 10.3 伝統的灌漑エリアの充足率

ゾーン	5年渇水年		平水年	
	旧モデル	新モデル	旧モデル	新モデル
A	57.8	62.1	85.8	87.0
B	56.1	59.2	87.5	89.3
C	58.0	54.6	96.0	93.6
D	100.0	100.0	100.0	100.0
全体	60.8	62.7	89.7	90.4

2) SIDN 地区の充足率

表 10.4 に示すように、渇水年の SIDN 地区の充足率は、上流部の水需要量の増加に伴う Manjil ダムへの年間流入量の減少により 3.5%減少する。一方で、平水年においては、どちらのモデルにおいても 100%充足する。なお、渇水時の不足分 13.6%の水需要を対象地域内のギラン州の余剰表流水で、貯留施設がない状態で賄えるかどうかモデル上で確認したところ、下表のように水需要を満足できるという結果になった。

表 10.4 SIDN 地区の充足率の変化

河川名	旧モデル	新モデル
平水年	100%	100%
渇水年	90.9%	87.4%
渇水年（ギラン州の余剰表流水考慮）	100%	100%

10.4 おわりに

今回の衛星画像解析に基づく現況水需要量は、農業台帳に基づく水需要量よりも全体的に 1 割程度増加したものの、各エリアの充足率については当初の解析と大きな違いはない結果となった。なお、水需要が増加しても、上流の伝統的灌漑エリアへの充足率が増加しているゾーンがあるが、これは LEVEL 4 の衛星画像解析を通じて、より現実的に近い水需要の時間分布を設定できたことによると推測される。具体的には、今回の利水計算の実施により、水需要が増加しているにもかかわらず充足率が増加している地域が多数あり、このような地域の水需要の変化をみると、メインの農作期（4月から9月）の水需要が減少し、その他の時期の水需要が増加していることがわかる。今後は、このようなパターンが現実的であるか等も確認して、台帳とも照らし合わせながら、水需要量の確認が必要となろう。

これまでのステークホルダー会議などの経緯から、セフィードロード川流域のように各州間にコンフリクトが生じている流域では、農業台帳からのみではなく、このような科学的根拠に基づく客観的な手法を用いて、水需要量を確認し同一の見解を持つというスタートラインに立つことは、コンフリクトを解決するための一つの糸口になると考えられる。今後は、水需要の確認において、インタビュー・アンケート形式で得られる農業台帳や科学的な衛星画像解析の実施によって推算する場合のそれぞれのメリットやデメリットを考慮しつつ、セフィードロード流域にあった水需要量の確認手法を構築することが重要である。

11. 提言

11.1 流域管理組織(RBO)の設立とその機能的運営

流域内の水資源管理におけるさまざまなコンフリクトに関する協議・調停組織として、流域管理組織(River Basin Organization, RBO)の設立が喫緊の課題である。従来の州単位による水資源開発を、流域トータルで調整する機関として、地下水と表流水を含む水資源のモニタリングとその情報共有を行い、個別の水資源開発プロジェクトの与える水文的・環境的影響を評価する。さらに、RBOにはより広いステークホルダーとして、農業推進省(MOJA)や環境庁(DOE)等の参加を求める。

このRBO設立に伴って、その職員は関係RWCから派遣されることになると思われる。そもそもイランの各州のRWCは、高い技術者のレベルおよび組織運営能力を有している。しかし、上記の業務遂行に当って、職員のモニタリング能力や計画調整能力の向上に関して、更なる支援が必要と思われる。

「4. コンフリクトマネジメント」では、各州のローカルコンサルテーションを経て、各州の水利用における利害対立の構図を整理している。ここでまとめられた結論は次のとおりである。

現段階において日本側とイラン側との信頼関係が構築され、また、ステークホルダーの間の信頼関係醸成への機運も出始めたところである。少なくとも、参加者からはステークホルダー会議をここで解散させるべきとの意見は出ていない。また、現在でもいくつかの州からは新たな水資源開発計画が持ち上がっており、引き続き協議の場を必要としており、水資源コンフリクトの解決のために依然として重要な役割を有している。これまでに得られた調査結果を踏まえて、今後ステークホルダー間の協調関係を発展させるために、州間の水利用を調整し、合意形成を促進する場として、また総合水資源管理の実施主体であるべき流域管理組織を見据えたうえでステークホルダー会議を拡大発展させていくことを提言する。拡大ステークホルダー会議は例えば3ヶ月ごとに会合を開き、政策、戦略、データ共有の手順、流域全体のモデル構築やその他のシステム上の課題や、行政上の境界を越えて影響を及ぼす運用上のルール、さらに顕在化・潜在化しているコンフリクトについて協議する。このようにステークホルダー会議を核として将来の流域管理組織を形成させる。ここで、発展の基本的方向として垂直展開と水平展開にわけて考えてみる。

垂直展開とは、会議における協議内容の深化である。今後、総合水資源管理計画を実施していくためには、これまでのような調査内容に対する提案や調整だけにとどまらず以下を含めていく必要がある。

- 水やその他の資源や環境に関するデータの収集と分析
- 水文・水質モニタリングの準備
- 水資源開発計画の検討
- 必要な資金の検討
- マスタープランの実施計画の策定
- シミュレーションモデルの運用
- 水利用調整の暫定的ルールに関する関係州間の合意
- 渇水時の緊急協力体制の検討・暫定的試行
- 職員のキャパシティ・ディベロップメントの計画・暫定的な実施

水平展開とは、会議参加者の拡大である。現状ではRWCの代表者が正式メンバーであり、参考意見を述べるローカルコンサルタントの出席もある。調査の結果、水利用調整にとって灌漑効率の改善がきわめて重要なファクターであることがわかった。このため、第3次以下の灌漑用水路の管理主体であるMOJAの参加が必要である。加えて環境流量の維持の観点から環境省、水質の面からは保健省のそれぞれの代表者の出席が必要となろう。また、行政機関の代表だけでなく農

民などユーザーの代表の参加の検討も必要である。

さらに「9. 総合水資源管理に向けた検討」の中で、「9.3.4 水資源管理・協議システム強化計画」において、具体的な流域管理組織(RBO)の概要と設立に向けたロードマップを提案している。

11.2 灌漑効率の改善

マスタープランにおける利水シミュレーション結果で明らかなように、今後の水資源管理において、供給サイドと消費サイドの努力はまさに車の両輪である。供給サイドの改善は、ダム貯水池による流況平滑化という限られた水資源の有効活用である。いっぽう、消費サイドの改善は、灌漑効率の改善という水消費面での水資源の有効利用である。

この灌漑効率の改善は、国家の水資源管理戦略の中でも重要課題として取り上げられており、農業推進省においても水不足の解消策として農業インフラの整備事業に取り掛かっている。対象が広域にわたるため時間は掛かるものの、こうした動向に沿って灌漑効率を徐々に改善していくことが水資源の有効利用に繋がるものと考えられる。この観点からも、継続的な支援が必要である。

「9. 総合水資源管理に向けた検討」において、将来の流域内の水資源管理の在り方を述べている。限られた水資源を有効に利用するためには、供給サイドの流況の平滑化を目指したダム貯水池による水資源開発と消費サイドの節水的視点による水利用の効率改善は、いわば車の両輪にあたる。イラン MOE の長期戦略において、「20 年以内(2023 年まで)に現状の灌漑効率を 2 倍に改善する」という目標を立てている。しかし、伝統的灌漑地区の灌漑効率を、現状の平均 0.33 から、一気に約 2 倍に改善することは、多額の投資を伴い、さらに各州で実施したローカルコンサルテーションにおけるコメントによってもかなりの困難を伴う事業であると認識している。

今後、こうした灌漑効率の改善事業は、上述のように MOE のみならず MOJA と協力して、近代的節水農業への脱皮を図るべく、継続的な自助努力とともに我が国の技術支援が必要と考えられる。

11.3 流域内地域別課題への取り組み

長期計画の目標年次である 2031 年に向けて、21 基の貯水容量 500 万 m^3 以上の大ダムの計画が進んでいる。本調査において、流域全体としての評価は実施したが、個別の計画ダムには、貯水効率の悪いものも見受けられる。こうした個別のダムの詳細な評価および計画の見直しが必要である。

本調査期間中に、本川オストールダムから取水し、流域外のアルデビル平原に導水するアルデビル導水、オストールダムからマンジルダムの間に計画されている発電ダム群の計画が提案された。水文的な影響評価を本調査の中で実施している。しかし、これらの計画はまだ確定したものではないが、流域の水資源管理に大きな影響を与えるため、今後より詳細な影響評価が必要となる。

さらに、環境流量について、主要地点における流況の改善効果と WRMC の暫定的指針である年平均流量の 10%相当流量を比較し、長期計画時点の平水年流況の 90%流量が、ほぼこれを達成できることを示した。しかし、地域的にみると、地質的な要因から塩分濃度の高い区間が存在し、また将来的には都市排水による水質悪化が懸念される。これら水質改善面での困難な課題が残されており、BOD 等の指標を含めた包括的な水質モニタリングの強化を踏まえて、詳細な検討を含めた改善策の検討が必要である。

流域内の地域別課題は、大きく分けて次のような三項目に分けられる。

1) 個々のダム計画の評価

「9. 総合水資源管理に向けた検討」の「9.1.2 総合水資源管理の基本的考え方」に述べているように、本調査ではダム開発計画の F/S レポートが入手困難であったが、今後さらに評価を進めるには、こうした個々のダム計画の詳細なデータを整理していく必要がある。

2) 新規提案の水資源開発計画の評価

主報告書の「付録 1 補足検討」に述べているように、本調査の途中で、本川マンジルダムとオストールダムの間に発電 3 ダムの建設事業が提案されており、さらにオストールダムからアルデビル平原に導水するアルデビル導水事業計画が提案された。これらの計画の水文的影響を評価したが、今後ともこうした水資源開発事業が提案される可能性は多々あり、時宜を得た詳細な評価が必要となる。

3) 環境面での詳細な評価

「9. 総合水資源管理に向けた検討」の「9.3.1 水資源管理計画」に述べているように、環境流量の概略検討を行った。しかし、ローカルコンサルテーションで、いくつかの州から環境流量の設定に関する要望が出された。このような地域のニーズに対応する環境流量の設定については、次のようなより詳細な検討が必要である。

- 地域の生態系の重要性と感応性に関する評価
- 地域の気象水文特性
- 水理面での河川内生態系へ及ぼす影響
- 河川および川辺の生態系を管理する上での河川形態学的調査
- 河川と相互作用を及ぼす諸要素の調査：水質、植生、水生生物、地下水

11.4 地下水資源の保全

現在、流域内の多くの地下水盆において、降雨・積雪によってもたらされる地下水涵養量を上回る過剰な揚水が行われており、結果として深刻な地下水位の低下を引き起こしている。これらの地下水盆の保全に対する対策は、それぞれの地域の水文特性、地下水盆の構造、産業構造と地下水需要、表流水への転換の可能性と必要な施設等、ほとんどが地域的な特性に基づく課題であり、一律に解決できるものではない。

このため、地下水資源の保全についても、前述の地域別課題と同様にローカル色の強い課題であり、より詳細な調査と実態把握に基づいた課題解決へのアプローチが必要となる。

「3. 調査対象地域の現状」の「3.5 地下水」に記述しているように、流域内の地下水盆の多くで、地下水位の低下問題を生じている。このため、「9. 総合水資源管理に向けた検討」の「9.2.3 中長期的持続的水資源開発シナリオ検討」の中で、こうした地下水盆に対して、表流水転換の可能性を検討した。持続可能な水資源管理において、地下水位の回復、枯渇防止は重要な課題と認識したためである。しかし、マクロ的な水資源の賦存面からの検討に引き続き、具体的な表流水転換計画が必要となり、現在の地下水需要地域、表流水の取水地点および導水施設等の詳細な情報収集と施設計画が必要となる。これも、ローカル色の強い課題である。

また、地下水盆に関するデータも不足していることから、「9.3.1 水資源管理計画」の中で、「2) 地下水管理計画」として井戸情報の整理、地下水盆の確定、地下水観測体制の強化等を整理している。