

第7章 水収支解析・利水計算モデルの構築

本章においては、水収支シミュレーション(MIKE SHE を用いる)の構築と、その計算結果である表流水および地下水に関する時系列データを入力して構築した利水計算モデル(MIKE BASIN を用いる)に関して説明する。

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 節にセフィードロードモデル(水収支解析モデルと利水計算モデル)の役割と両モデルの関係を説明する。

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、自然状態の表流量(Runoff)、地下涵養水量(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。地下涵養水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 165 および南北に 210 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マップ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水の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。双モデル共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る。時には簡易的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 の画面上にスキー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、表流水と地下涵養水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 モデル構築に関する基本条件

次表の基本条件を基に水収支解析モデル(SHE)および利水計算モデル(BASIN)を構築した。

表 R 7.1.1 モデル構築条件

モデル	計算内容	水文・水需要データ入出力形式	計算期間
水収支解析モデル (MIKE SHE)	気象・水文データ及び土地利用・被覆情報等から表流水・地下水量を算出する。	入出力 西暦 日時系列データ 3/21 スタート (イラン暦 1/1)	1) 検証期間 20 年間 -1985/3/21-2005/3/21 -Manjil ダム上流の既設ダムが無い期間を選定 2) 計算期間 30 年間 - 利水計算の流況作成
利水計算モデル (MIKE BASIN)	水需要や水収支解析結果のうちの表面・地下水流出量を用いて水配分の検討を実施する。	入力 (同上) 出力 西暦 月時系列データ 3/21 スタート (イラン暦 1/1)	1) 30 年間 -1975/3/21-2005/3/21

7.1.3 モデル構築フロー

モデルの構築の流れは図 R 7.1.1 のとおりである。

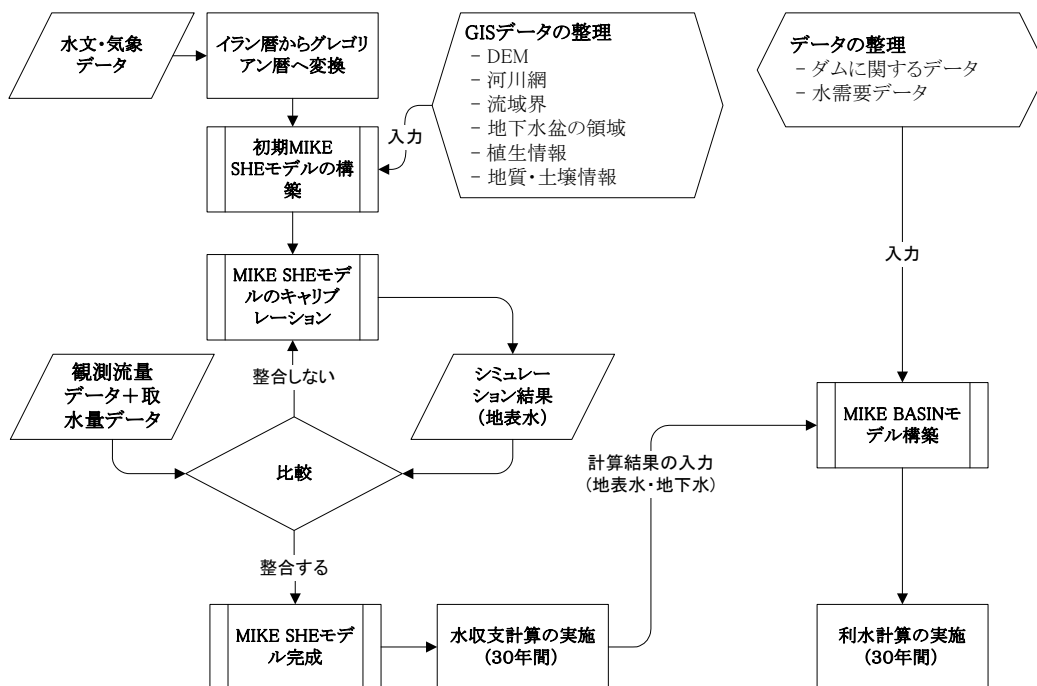


図 R 7.1.1 水収支・利水計算モデル構築およびシミュレーションのフロー

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。下記に検証計算条件について述べる。

表R 7.2.1 水循環モデルのインプットデータ

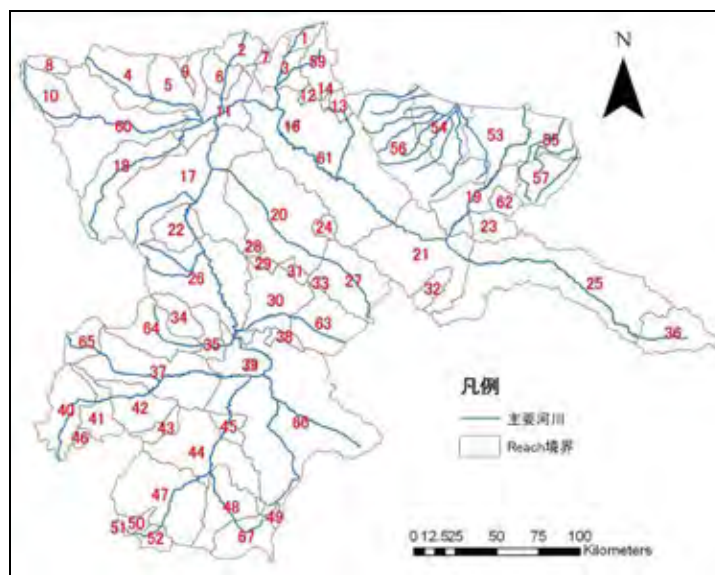
項目	期間・内容	備考	
観測データ	雨量(日データ)	1975～2005	WRMC167 から選択
	蒸発量(日データ)	1975～2005	WRMC47 観測所から選択
	気温(日データ)	1975～2005	気象庁のデータを使用
	河道の横断面図	近年	現在は NASA の 90mDEM による河川横断面データを仕様。
地理情報	土地利用	2002 年-	MOJA から入手
	土壌・地質図	2005 年	MG 社より入手
	DEM	2007 年	ASTER 衛星画像より構築(JICA 調査団購入)
	流域界	-	地形図から作成
	小流域界	ダム開発計画をベースにした小流域	既設・建設中・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、ティセ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 64000km² 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 2040m 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。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 (60 m) の倍数となることを考慮して設定している。

2) 流域区分

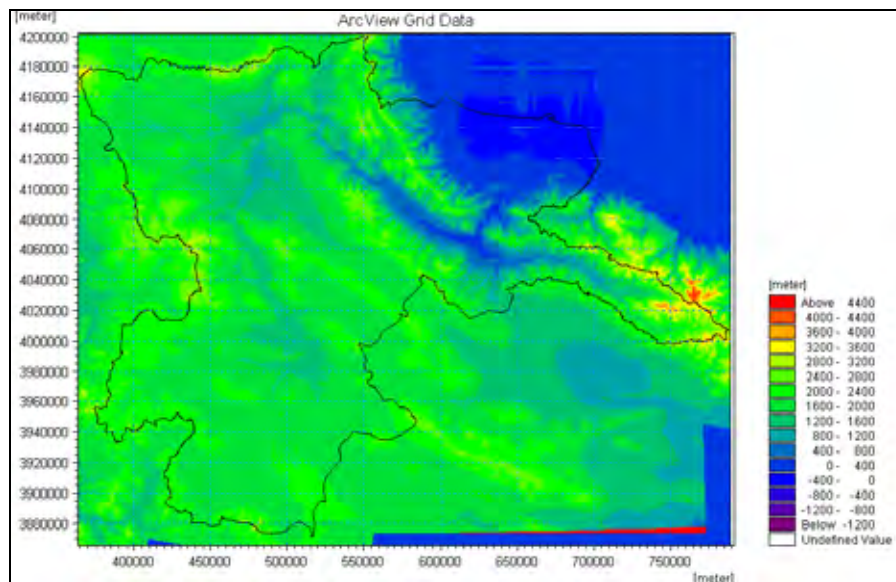
流域区分の最小単位は、WRMC から入手した小流域 R (イラン側は“Reach”と称している) としている。この小流域 R は、主に既存・建設中・計画段階のダム流域と残流域のことを示し、計算範囲内には 65 個存在する。モデル内の中間流や表面流はこの小流域 R で制限され、それぞれの小流域にリンクしている河川あるいは地下へと流れ込むように設定している。なお、WRMC から入手した取水量や水需要量についても、この小流域 R 単位でまとめられているため、水収支解析は、この小流域 R 単位で実施することが妥当である。



図R 7.2.1 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。これは、本分布モデルのメッシュ(2,040m)よりも小さい。このサイズの違いにより、1メッシュの中に数値標高が 1156 個(34x34)含まれることとなるため、メッシュの標高としては 1156 個のデータの中央値を使用するように設定している。なお、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。



図R 7.2.2 数値標高の様子

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調査の結果、セフィール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1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。

a) 降水量

WRMC から入手した 167 観測所のうち、長期間観測している 39 観測所を選出した(これらの観測所位置および No については図R 7.2.3 参照)。なお、欠測補填は相関係数の高い観測所の値を用いて実施している。加えて、本分布モデルの各メッシュに与える平面的な降雨分布については図R 7.2.3 のティーセン分割図を用いて与えた。

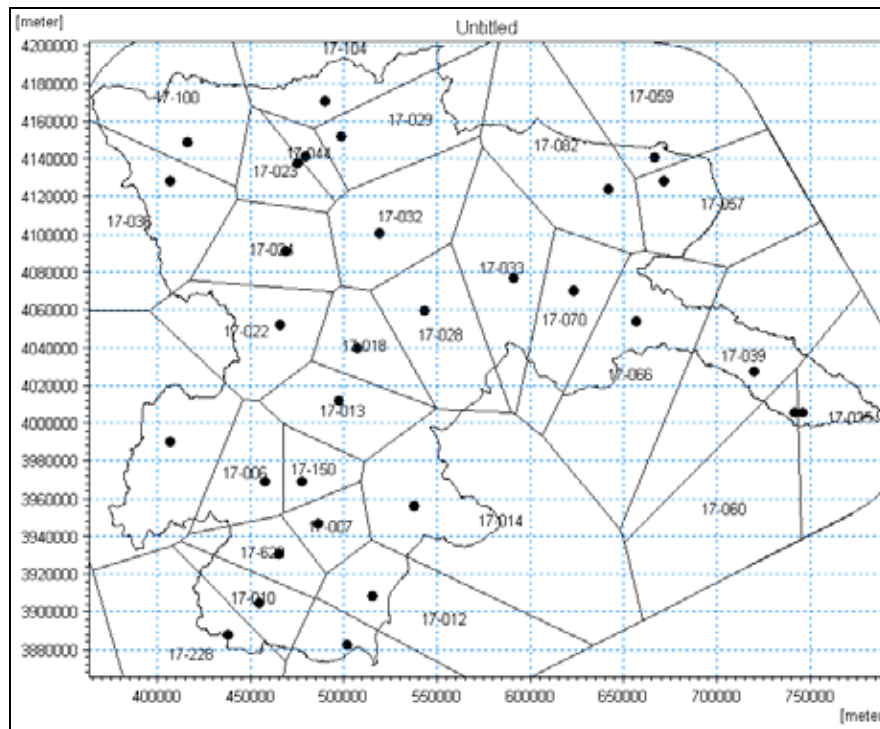
降水量の高度補正值は、元来地形、風向等によって影響を受けるが、詳細な現地の状況がないため、全ての観測所について適用はせず、検証計算を通じて補正が必要と思われる一部の観測所のデータについて実施している。また、後の 5) 項においても述べているが、降水量は、摂氏 0 度を境に降雪と降雨に判別され、融雪の計算にはデイリーデグリ一法を使用している。



図R 7.2.3 観測所分布とティーセン分割(降水量観測所)

b) 蒸発量と蒸発散布量

蒸発量データは、下図に示すように WRMC で管轄している 31 観測所において観測されているものを用いた。これらの観測データの欠測補填は降水量と同様に相関係数の高い観測所の値を用いて実施し、データのメッシュへの分布はティーセン分割法を用いている。

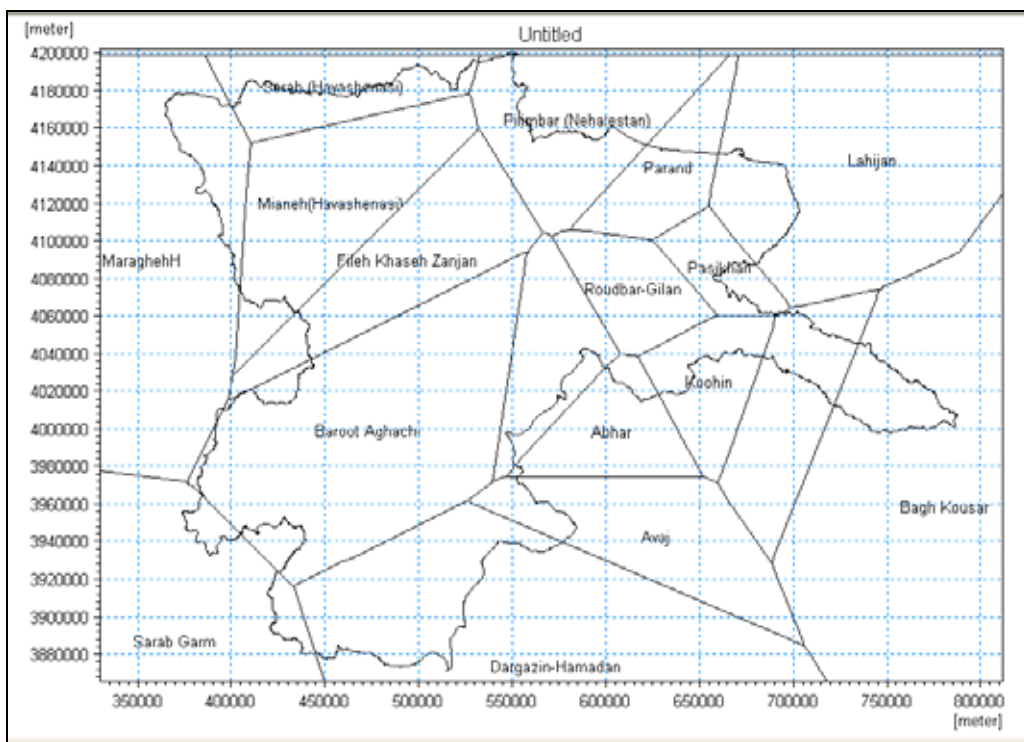


図R 7.2.4 観測所分布とティーセン分割 (蒸発量観測所)

また、この蒸発量データは本水収支解析モデルにおいて、蒸発散量を算定する際の参照データ(crop reference ET)として活用されるが、実際にはパンで観測した蒸発量は、土壌水分が限られた実現象よりも大きい値となるため、観測データにパン修正係数を乗じることによって実現象に近い波形に修正している。この修正係数は厳密に言えば、植生、相対湿度、風向、風速に左右されるが、一般にセフィードルード川流域のような半乾燥地域では、0.5 から 0.9 の範囲にあると言われている。本水収支解析においては、解析対象域における蒸発散量に関する具体的な研究成果や、各地点の風向、風速、相対湿度等の情報を入手できなかったことから、中間値の0.7を使用している。

c) 気温

気温データは、主に融雪量の算定に使用され、数値標高モデルに基づき-0.649 度/100m の高度補正がかけられる。なお、観測所の選別については、長期観測および継続性という観点から、気象庁から入手したうち下図に示す 18 観測所のものを用いることとした。



図R 7.2.5 観測所分布とティーセン分割(気温)

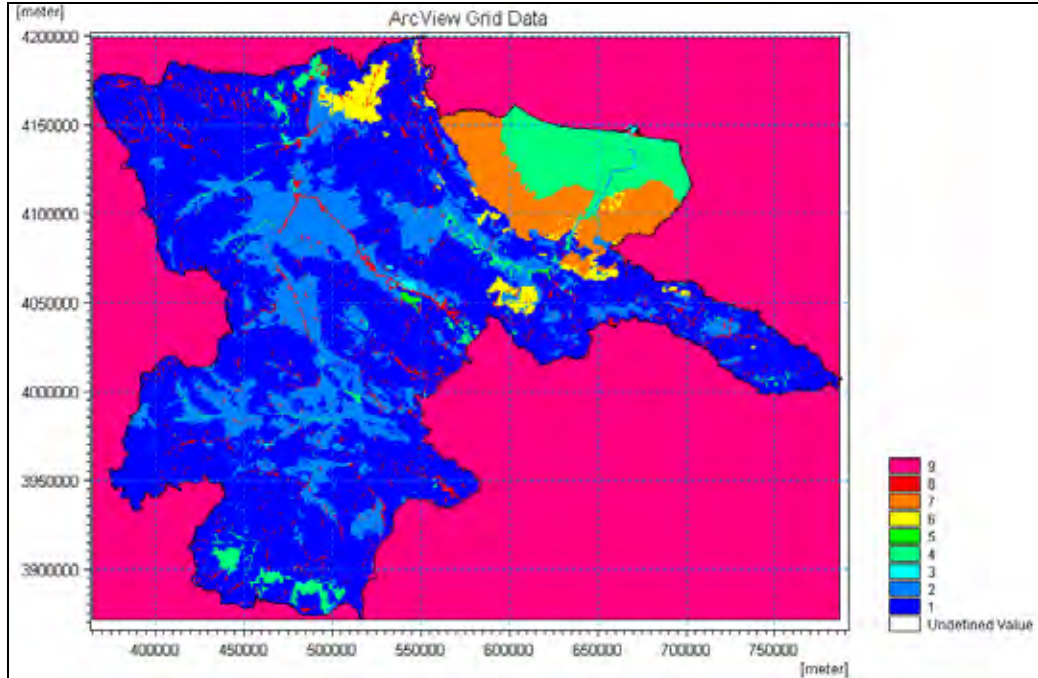
5) 融雪量の算定手法

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、デイリーデグリー法により、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) 土地利用図

対象範囲の土地利用は、3 章に記述している通り WRMC を通じて農業省から入手した。オリジナルの情報においては、土地利用のポリゴンの種類が 76 種に上ったが、これらの個々のポリゴンは、同一の支配的な土地利用をもちながら、土地利用の混合割合によって種類を変えているものが多数見られた。よって、各ポリゴンの中で最も支配的な土地利用を代表種とし、下図に示すように最終的に 8 種類（草地、低木地、都市、農地、湖・池、森林、農密度の森林、果樹園）の土地利用にまとめた。

図中の1から8までの判例は、順番に草地、低木地、都市、農地、湖・池、森林、農密度の森林、果樹園を示しており、0と9は計算対象外のエリアを示している。なお、これらの土地利用図は、モデル上はポリゴンではなく510m間隔のドットで入力されているため、モデルの1メッシュ(2040m)は16個の土地利用データを含むことになる。このためモデル上の1メッシュの土地利用を設定する際には、最も支配的な土地利用を代表させて計算するように設定している。



図R 7.2.6 モデルに用いた土地利用図

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)指数を、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。

表R 7.2.2 水循環モデルのインプットデータ

土地利用	LAI	根の長さ(mm)
草地	1	300
低木地	0.5	600
都市	0	0
農地	4	1000
湖・池	0	0
森林	5	1200
密度の大きい森林	6	2000
果樹園	5	2000

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。

河川流量についてはキネマティックウェーブ法を用いて下流へ流れる量を計算できる仕様になっているが、ここでは、波形の変化はないものとして、ある地点の流量がそのまま下流にながれるように設定している。これは、日データを使用しているということや、河道貯留の効果を把握できるほどの河川の横断面情報が非常に乏しいためである。なお、キャリブレーション結果から見ると、日データで計算していることとあいまって計算値と観測地の間における貯留効果による顕著な波形のずれは見られなかった。

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R 7.2.3、図R 7.2.7および図R 7.2.8は、セフィードルード〜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R 7.2.3 モデルの定数解析結果(MCM/year)

地点名	計算結果	自然流量	対象地点上流の取水量	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

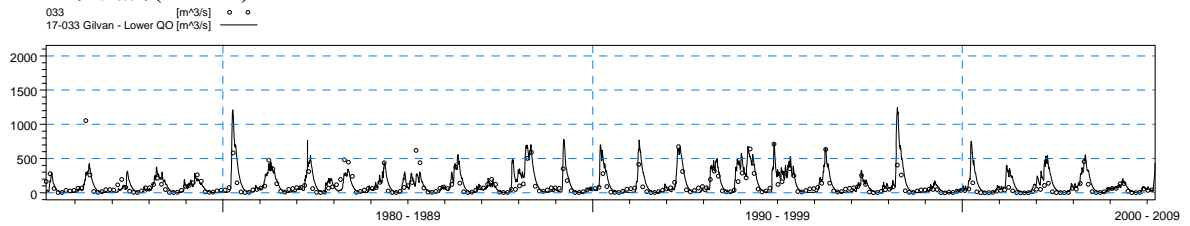


図R 7.2.7 水循環モデルキャリブレーション結果

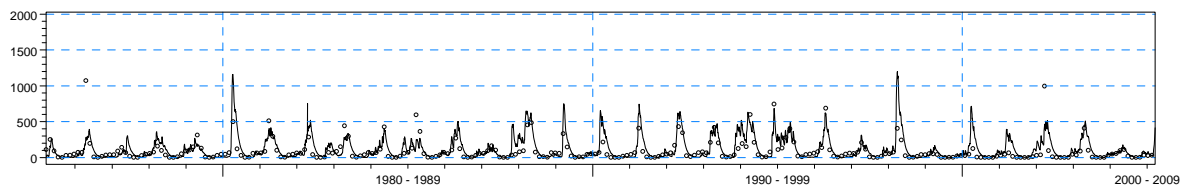
ただし、基準地点では高い整合性がみられるものの、MIKE-SHE は広域モデルであるため、局所的な降雨による流出量への反応は鈍いと考えられる。今後モデルの精度を向上させるためには、例えば、解析対象となっている上流のダム建設地点に近い高高度の地点において降雨観測所を設置し、そのデータを MIKE-SHE における流出解析時に使用するか、高高度の雨量データを含めて高度に応じた補正値を算出し、高度に応じて雨量の補正を実施していく必要がある。ただし、降雨補正は、地形や風向にも影響され、海に面した斜面等単純な地形ではその算出が比較的簡単であるが、セフィードルード川流域のような山脈に囲まれた地域での高度補正は非常に難しいと

考えられるため、高度補正值自体をキャリブレーションの繰り返しによっても吟味していく必要がある。

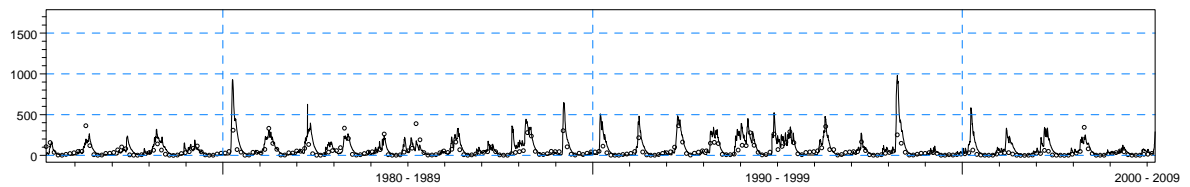
Gilvan 観測所(17-033)



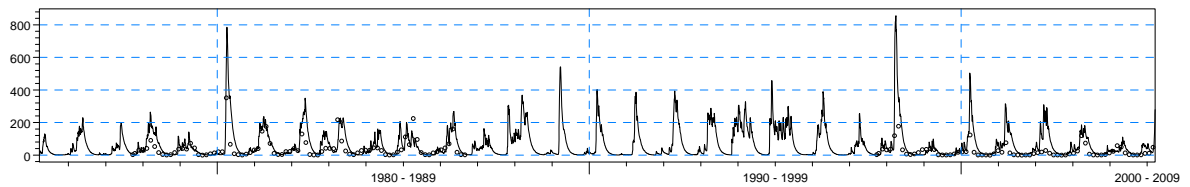
Oster 観測所(17-029)



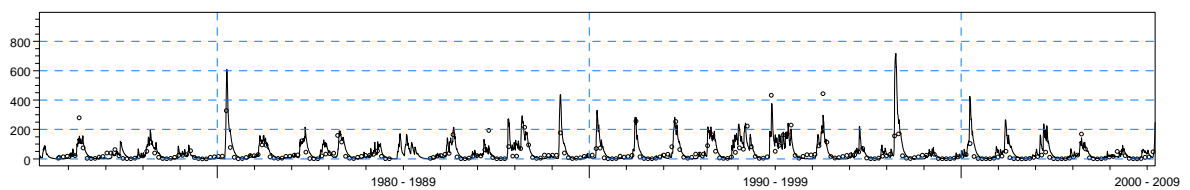
Pole.D.M 観測所(17-021)



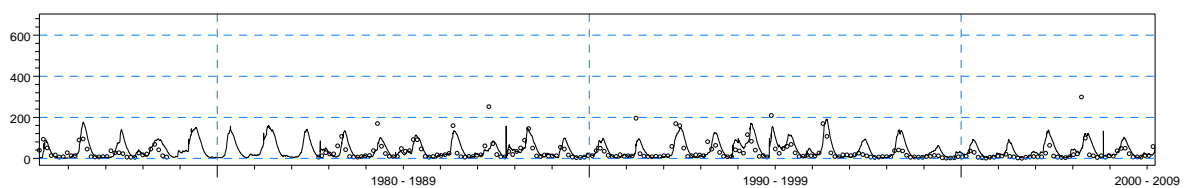
Mah.N 観測所(17-015)



Ghare G 観測所(17-011)



Loshan 観測所(17-015)



図R 7.2.8 水循環モデルキャリブレーション結果

7.3 利水計算モデルの構築

下記に 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説明する。

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等とし、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。なお、計算対象年に建設されていたダムは Manjil ダムと Golbolagh ダムのみである。

7.3.2 検証計算の実施

7.2 節の実施方針に従って、ダム・水需要に関するデータを利水計算モデルに組み込み、適正な水配分を考察するための基礎資料を作成する。

1) データ入力とモデルの整合性の確認

a) モデルの整合性

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かれ、地表面流出量(Runoff)と地下浸透量(Recharge)の収支計算が流域別のタンクにより実施される。このため、利水計算モデルにおいてもタンクモデルのパラメータを設定し、表流水の観測流量と計算値の時系列のおよび量的な合致について再度確認した(図 R 7.3.1)。

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 m^3 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 観測所の流量ハイ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た。また、図 R7.3.2 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、実績値と計算値を比較すると高い整合性が見られることが判る。さらに、他の支川の表流水の計算値についても量的および波形的に観測値と概ね整合する結果となった。

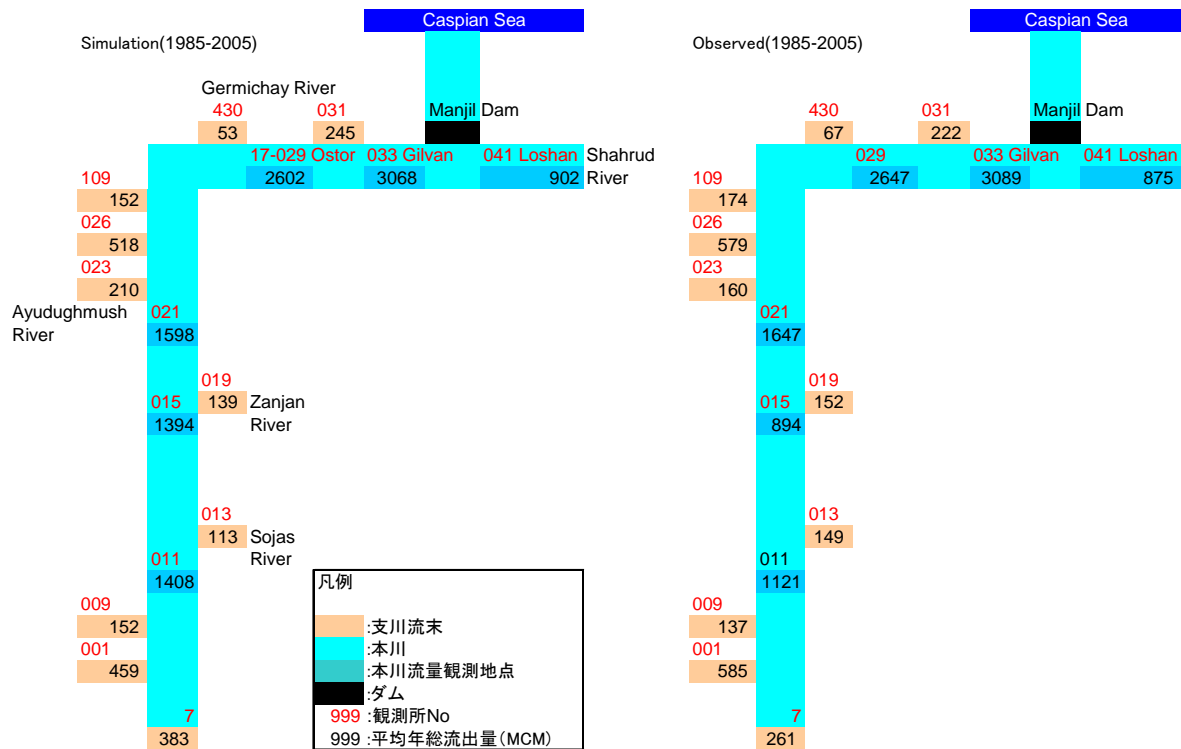
ゲゼルオーザン本川中流部の観測所 No.015 の観測値においては、地形と高い取水量が影響していると考えられる流出量の低減が起こっている。本川中流部近傍は、川幅も広く(広いところで川幅約 1km、自然堤防)、両脇に水田が広がった広い氾濫原となっているため、幅広く浅くなった表流水が地下へ多大に涵養している可能性が高く、さらに表流

水に対する水需要量も非常に高い(河川水のポンプアップも行われている)。利水計算モデルにおいても、この地点の表流水の水使用量が高いことから総流出量において若干の低減が見られる。

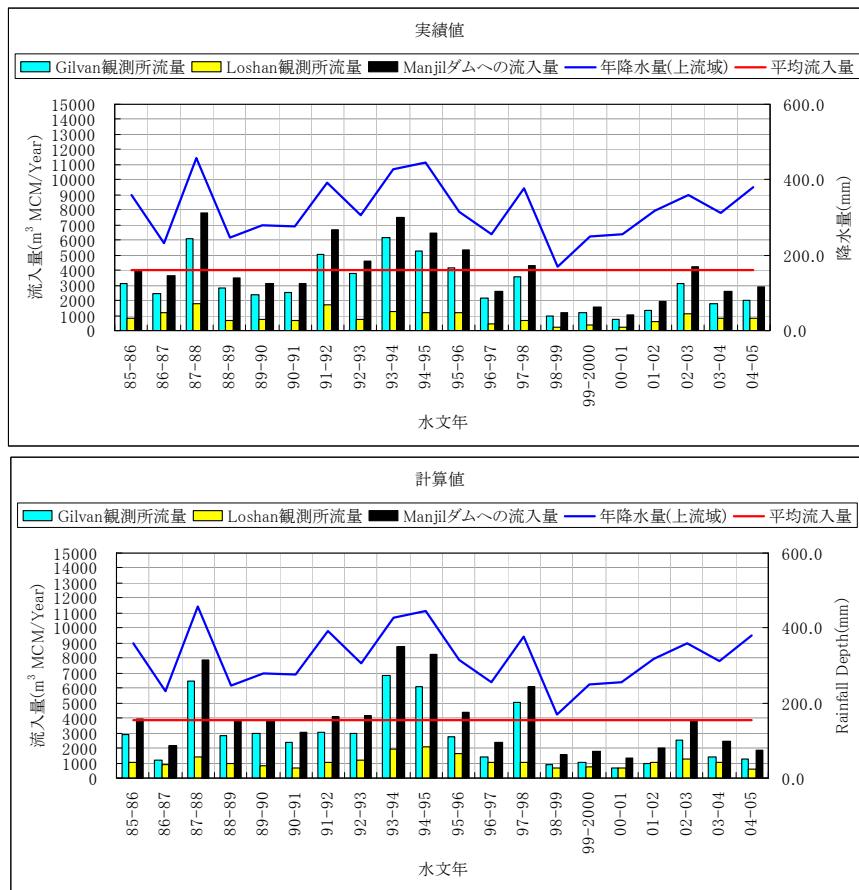
b) 課題

No.015 の総流出量は、実績値と計算値と比較すると、比較地点の中で最も差分が多い地点である。No.015 と No.021 観測値の流出量を比較すると、ザンジャン川の合流分と残流域分を加味しても、No.015 から No.021 にかけての急激な増加については、現在の情報では説明が付きにくい。また、No.015 の観測所については、他の観測所に比べて、観測期間が短く、データの欠測が多いため、今後データを蓄積し、現在の観測手法が当地に適合しているか検討し、十分な観測を実施した上で検証計算に用いる必要であろう。

以上で説明したように、本件等で構築した利水計算モデルにおいては、計算値と観測値の整合性が高いと考えられるため、このモデルを用いてセフィードルード川の利水計算を実施する。



図R 7.3.1 総流出量の比較 (左：計算値、右：観測値)



図R 7.3.2 Manjil ダム直上流への年流入量の比較

7.4 利水計算の実施

上記モデルを用いて現況、中期(2016)、長期(2031)の各目標年において利水計算を実施した。シミュレーションにおける計算条件については、9.2.1 節と下記に示す通りである。なお、シミュレーション結果は、9章の統合水利用管理の考察に用いられる。

1) 計算期間と自然流量

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。

2) 水利用施設の状況

シミュレーションモデルは、下表に示すような各目標年の状況におけるダム、取水堰、送水プロジェクト等の水利用施設を表現するモジュールが組み込まれている。

表R 7.4.1 水理小施設の状況

目標年	ダム	その他の施設
現況 (2006)	3	Tarik, Bijar, Galerud and Sangar 取水堰
中期 (2016)	17	Tarik, Bijar, Galerud and Sangar 取水堰
長期 (2036)	38	Tarik, Bijar, Galerud and Sangar 取水堰, Alamut 流域間導水プロジェクト

Note: アルデビル導水については巻末の補足調査にて検討している。

3) 水需要データ

シミュレーションモデルに入力する上工水および農業に関する水需要量は、地表水および地下水掛かりに分けられ、水供給は、流域モジュール、ダム・堰モジュールから実施される。

a) 河川水・地下水掛りの水需要

それぞれの Reach における河川水・地下水掛りの水需要は第 6 章に整理されている。これらの水需要データは、各 Reach の地表水および地下水に対して設定されている。

b) ダム掛りの水需要

シミュレーションモデルは、表 R.7.4.1 に示すダムが目標年に応じて組み込まれている。これらのダムに掛かる水需要については、6.2.4 節に整理している。

c) 堰掛りの水需要

堰掛りの水需要量については、Manjil ダム下流の Tarik 堰、Gelerud 堰、Sangar 堰から、SIDN エリアの農水および都市部の上水の利用のために取水している。これらの月別の水需要量は、6.2.4 節に整理されている通りである。

4) 水需要と灌漑効率

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、各目標年に応じて次表に示す灌漑効率を使用する。なお、各目標年において、9 章で設定した 3 つのシナリオにあわせた灌漑効率を設定している。

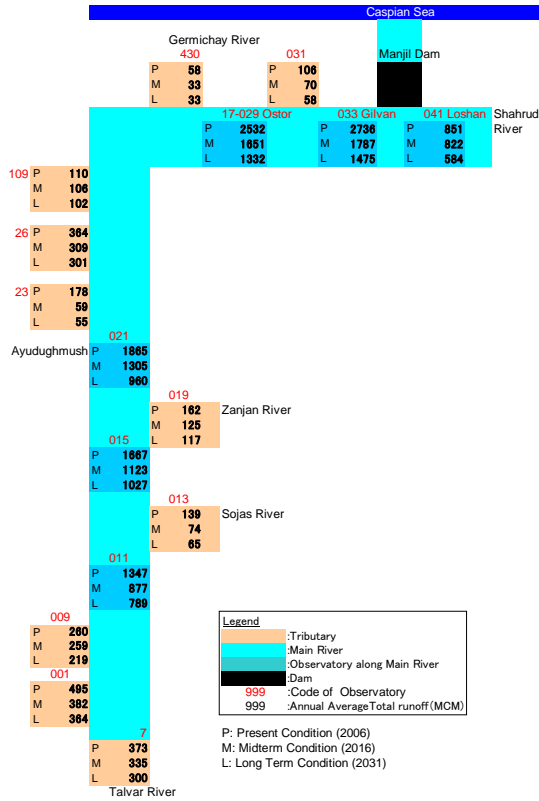
表 R 7.4.2 灌漑効率の設定

灌漑効率シナリオ	SIDN地区			伝統的灌漑エリア		
	現況 (2006)	中期 (2016)	長期 (2036)	現況 (2006)	中期 (2016)	長期 (2036)
現況レベル	0.42	0.42	0.42	0.33	0.33	0.33
中間（現況と WRMC 目標の中間値）	0.42	0.45	0.51	0.33	0.37	0.44
WRMC 目標値	0.42	0.48	0.55	0.33	0.40	0.50

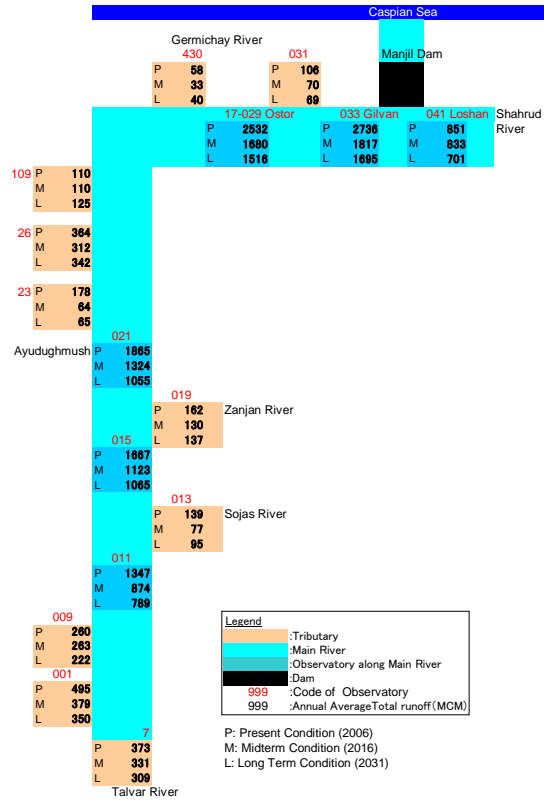
5) 流量模式図

シミュレーション結果に基づいて表 R.7.4.2 に示す各灌漑効率シナリオ別に、各目標年における対象河川の主要地点における流量について図 R.7.4.3 に示す。

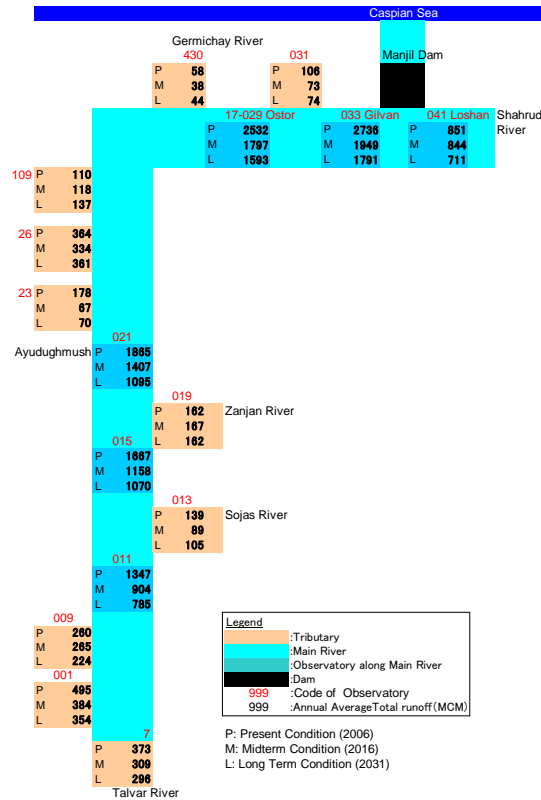
(灌漑効率：現況値)



(灌漑効率：中間値)



(灌漑効率：WRMC 目標値)



図R 7.4.1 灌漑効率シナリオ別流量図

第8章 ギラン州補足調査

8.1 調査の背景

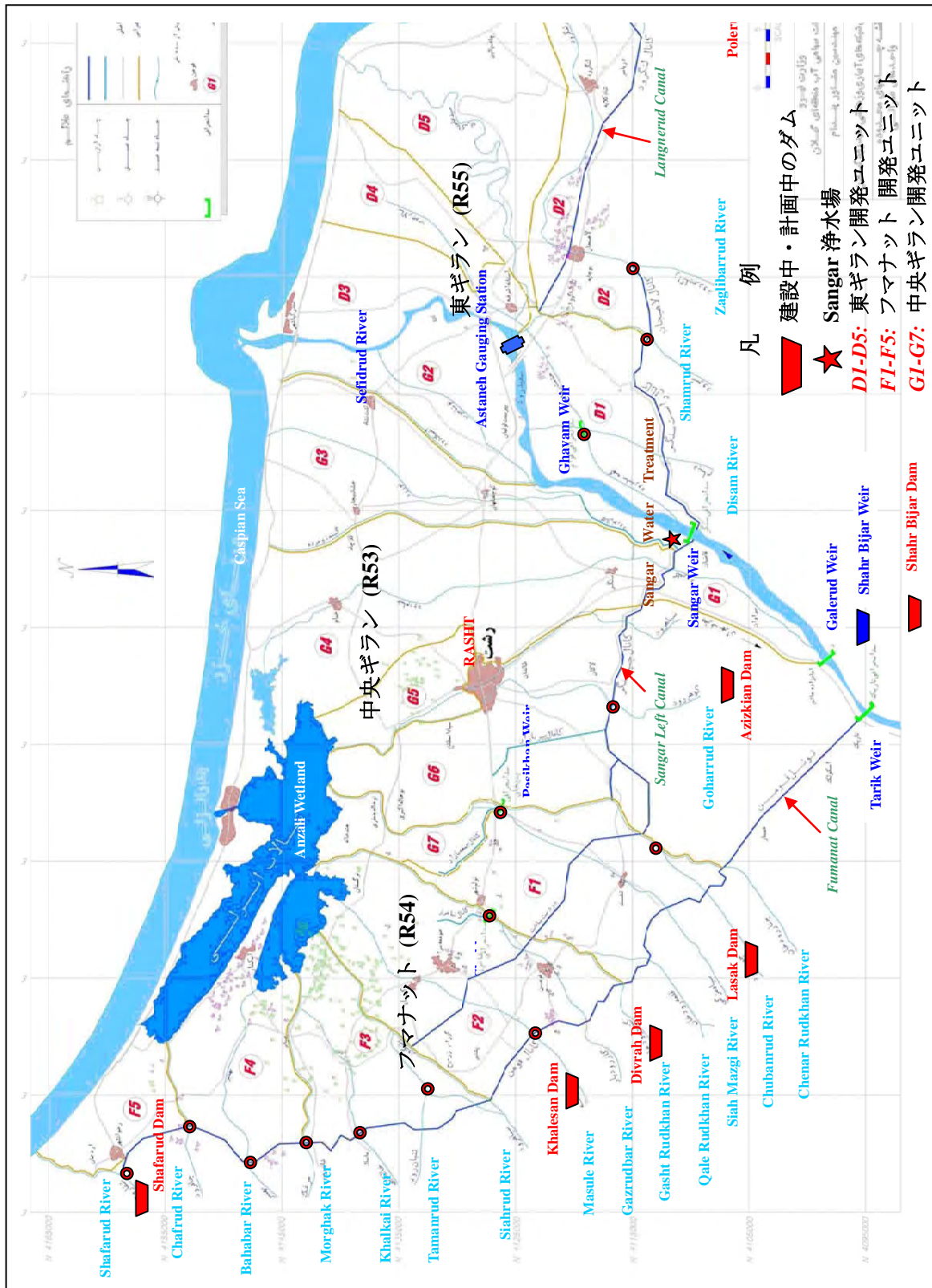
セフィードルード川下流部の両岸に位置し、ギラン州の代表的稲作地域である Sefidrud Irrigation and Drainage Network (以下 SIDN と称す)の一部地域は、JICA の調査対象地域(セフィードルード川直接流域)から外れている。このため、2008年6月イラン政府は SIDN 地区全域とその集水地域を JICA の調査対象地域に含め、SIDN 地区全域を含めた水収支解析モデルの構築と水収支シミュレーションの実施を要請した。本補足調査は、この要請を受け、2008年9月から11月にかけて実施されたものである。

8.2 収集資料

ギラン州補足調査に引用した関連資料及び現地収集資料は表R 8.2.1に示すとおりである。

表R 8.2.1 関連収集資料

No.	資料名	製作者	年度	言語	内容
1	Studies on Reform of Sefidrud Irrigation and Drainage Network in Gilan: Vol.26: Summary Report	Pandam Consultant	2004年 3月	ペルシア語	SIDN に係る調査報告書のサマリーレポート
2	Studies on Reform of Sefidrud Irrigation and Drainage Network in Gilan: Vol.4: Available Water Sources and Requirement	Pandam Consultant	2004年 3月	ペルシア語	SIDN に係る水資源と水需要に関するサポーティングレポート
3	Sefidrud-Ghezel Ozan Water Resources Planning Coordinate Studies: Vol. 3.3: Drinking and Industry	Mahab Ghodss Consultant	2007年 7月	ペルシア語	ギラン州の水道・工業用水に関する調査報告
4	Gilan Province Urban Water & Wastewater Company の関連ニュース	Tehran Times	2008年 5月	英語	ギラン州の都市用水の現状
5	Sefidrud Irrigation Network 土地利用 GIS データ	Gilan RWC		ペルシア語	
6	Bijar Dam 関連資料	Gilan RWC		ペルシア語	Powerpoint によるダム概要説明資料、HV 曲線、ダム諸元
7	Study on Revision of Qazvin Irrigation & Drainage System (Vol.4: Irrigation Efficiency, Cropping Pattern & Water Demand)の一部	Pandam Consultant	2005年 3月	ペルシア語	ガズビン州における灌漑用水計算事例
8	Hydrological Study Report in Gilan Province	Pandam Consultant	1994年	ペルシア語	ギラン州中小河川のダム候補地点における水文解析



図R 8.2.1 ギラン州補足調査位置図

8.3 SIDN 地区の土地利用

Pandam 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 R 8.3.1 に示すとおりで、水田面積は約 190,000ha (Gross)である。

表 R 8.3.1 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

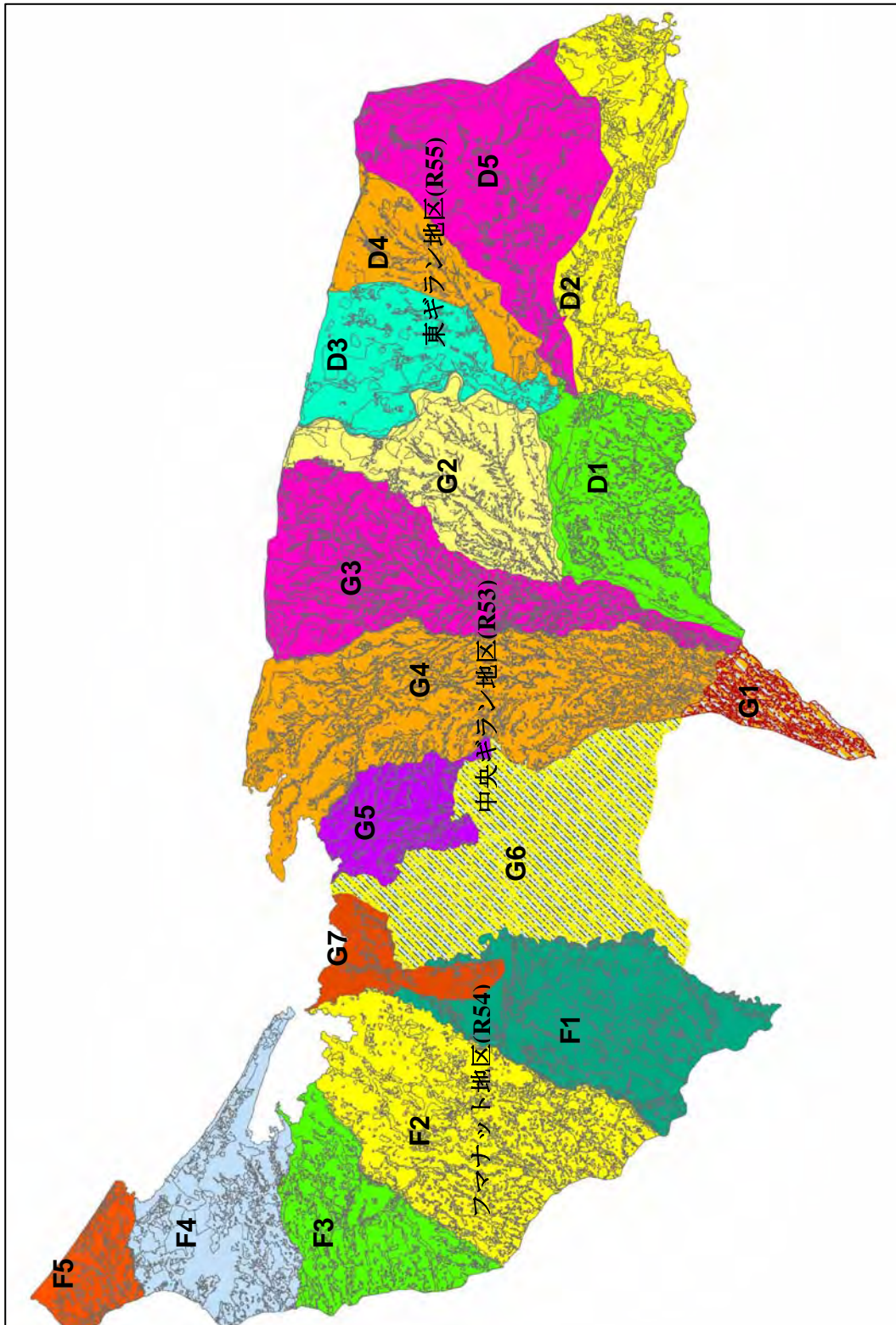
出典: Pandam 調査報告書

水田面積を開発ユニット単位で集計すると表 R 8.3.2 のとおりである。純水田面積(Net)は総水田面積(Gross)の 88%となっている。

表 R 8.3.2 開発ユニット別水田面積

区分	開発 ユニット	水田面積 (ha)	
		Gross	Net
近代的灌漑地区	D1	12,412	10,923
	D2	9,286	8,172
	D3	7,800	6,864
	F1	16,468	14,492
	F2	19,684	17,322
	F3	9,208	8,103
	G1	3,110	2,737
	G5	5,666	4,986
	G6	13,229	11,642
	G7	4,549	4,003
	小計	101,412	89,243
伝統的灌漑地区	D4	6,875	6,050
	D5	18,183	16,001
	F4	7,987	7,029
	F5	3,427	3,016
	G2	10,499	9,239
	G3	17,018	14,976
	G4	24,431	21,499
	小計	88,420	77,810
合計		189,832	167,052

開発ユニットの位置図は図 R 8.3.1 に示されている。開発ユニット単位の土地利用は、表 R 8.3.3 に示すとおりである。



図R 8.3.1 開発ユニット位置図

表 R 8.3.3 SIDN 地区の土地利用

開発 ユニット	水田		その他の作物		茶		桑		森林		牧草地/藪地		氾濫地域		天然貯水池		人口貯水池		居住地		合計
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	
D1	12,412	71.5	0	0.0	471	2.7	2,963	17.1	0	0.0	276	1.6	878	5.1	0	0.0	0	0.0	360	2.1	17,360
D2	9,286	53.2	0	0.0	1,060	6.1	4,774	27.3	1	0.0	95	0.5	0	0.0	206	1.2	0	0.0	2039	11.7	17,461
D3	7,800	59.7	1,515	11.6	0	0.0	1,076	8.2	1,551	11.9	136	1.0	185	1.4	197	1.5	0	0.0	615	4.7	13,075
D4	6,875	77.5	161	1.8	0	0.0	1,097	12.4	119	1.3	86	1.0	0	0.0	330	3.7	0	0.0	202	2.3	8,869
D5	18,183	73.2	11	0.1	0	0.0	2,416	9.7	411	1.7	22	0.1	0	0.0	2,560	10.3	311	1.3	935	3.8	24,851
小計	54,556	66.8	1,687	2.1	1,531	1.9	12,327	15.1	2,082	2.6	615	0.8	1,063	1.3	3,292	4.0	311	0.4	4,151	5.1	81,615
G1	3,110	65.7	0	0.0	0	0.0	1,184	25.0	0	0.0	9	0.2	0	0.0	9	0.2	126	2.7	294	6.2	4,732
G2	10,499	65.0	1,011	6.3	0	0.0	2,611	16.2	0	0.0	450	2.8	637	3.9	343	2.1	0	0.0	613	3.8	16,164
G3	17,018	72.1	0	0.0	0	0.0	3,207	13.6	605	2.6	288	1.2	439	1.9	637	2.7	0	0.0	1,418	6.0	23,612
G4	24,431	73.4	0	0.0	0	0.0	6,485	19.5	326	1.0	61	0.2	0	0.0	11	0.0	91	0.3	1,869	5.6	33,275
G5	5,666	73.6	12	0.2	0	0.0	971	12.6	14	0.2	53	0.7	0	0.0	10	0.1	53	0.7	917	11.9	7,697
G6	13,229	48.1	1,660	6.0	725	2.6	1,389	5.1	381	1.4	2,294	8.3	9	0.0	394	1.4	2,197	8.0	5,225	19.0	27,504
G7	4,549	86.4	17	0.3	0	0.0	193	3.7	70	1.3	17	0.3	0	0.0	62	1.2	69	1.3	292	5.5	5,268
小計	78,503	66.4	2,700	2.3	725	0.6	16,040	13.6	1,395	1.2	3,173	2.7	1,085	0.9	1,466	1.2	2,536	2.1	10,627	9.0	118,250
F1	16,468	76.3	75	0.4	941	4.4	1,379	6.4	1,258	5.8	103	0.5	125	0.6	34	0.2	287	1.3	898	4.2	21,568
F2	19,684	70.3	368	1.3	637	2.3	4,814	17.2	81	0.3	190	0.7	121	0.4	135	0.5	270	1.0	1,713	6.1	28,013
F3	9,208	67.5	14	0.1	0	0.0	3,049	22.4	896	6.6	57	0.4	0	0.0	51	0.4	21	0.2	345	2.5	13,641
F4	7,987	50.1	321	2.0	0	0.0	1,503	9.4	4,815	30.2	249	1.6	0	0.0	370	2.3	18	0.1	688	4.3	15,952
F5	3,427	66.7	25	0.5	0	0.0	1,063	20.7	255	5.0	14	0.3	0	0.0	125	2.4	14	0.3	22	4.2	4,944
小計	56,775	67.5	804	1.0	1,578	1.9	11,808	14.0	7,305	8.7	614	0.7	246	0.3	714	0.8	610	0.7	3,665	4.4	84,118
合計	189,833	66.8	5,191	1.8	3,834	1.4	40,175	14.1	10,783	3.8	4,402	1.6	2,393	0.8	5,472	1.9	3,458	1.2	18,444	6.5	283,984

出典: Pandam調査報告書(Study on Rehabilitation of Sefidrud Irrigation Network in Gilan Province), Pandam Consultant 2004

8.4 ギラン州の水資源

8.4.1 表流水

1) セフィードルード川

SIDN 地区の主要水源は Manjil ダムから放流される河川水で、セフィードルード川の Tarik, Galerud および Sangar の3堰で取水されている。灌漑期(4月～9月)における取水量は表R 8.4.1に示すとおりである。灌漑期には、最大 23.9 億 m³、平均 16.8 億 m³、最少 7.6 億 m³の用水が Manjil ダムから供給されている。

表R 8.4.1 主要3堰における灌漑期の取水量

(単位: MCM)

年度	Tarik 堰	Galerud 堰	Sangar 堰		合計
			左岸取水	右岸取水	
1988	355.1	0.0	835.1	446.5	1,636.7
1989	314.5	0.0	901.2	486.5	1,702.0
1990	347.9	0.0	854.6	443.1	1,645.6
1991	313.1	0.0	931.9	511.8	1,756.8
1992	373.2	0.0	997.5	548.0	1,918.7
1993	406.3	0.0	946.6	619.7	1,972.6
1994	456.0	149.0	1,113.0	672.0	2,390.0
1995	389.2	218.3	882.9	678.0	2,168.4
1996	288.6	88.9	788.9	383.2	1,549.7
1997	378.5	186.1	1,037.9	590.6	2,193.0
1998	142.9	49.1	382.6	184.4	759.1
1999	248.9	86.2	771.0	390.6	1,496.7
2000	146.9	113.6	435.1	269.3	1,651.8
2001	263.7	112.0	682.4	401.6	1,459.7
2002	275.8	142.1	823.7	410.2	1,651.8
2003	249.2	113.8	713.7	408.6	1,485.3
2004	276.6	101.3	803.5	501.6	1,683.1
2005	315.5	126.3	867.9	498.3	1,808.0
2006	245.8	50.0	877.1	486.1	1,659.0
平均	304.6	115.7	823.5	470.0	1,679.0

出典: WRMC

2) セフィードルード川以外の中小河川

SIDN 地区に流入する中小河川は、西から、Shafrud, Morgkak, Khalkai, Palangvar, Masuleh Rudkhan, Gaz Rudbar, Shakhazar, Pasikhan, Goharrud, Disam, Shamrud および Zaklebarrud 等である。これらの中小河川の利用状況を整理すると表 R 8.4.2 に示すとおりである。また、ギラン州 RWC のインタビュー調査で確認したところ、これら中小河川の中で表 R 8.4.3 に示す既存水源施設と水源開発プロジェクトがある。

表 R 8.4.2 SIDN 地区における中小河川利用状況

灌漑地区 (Reach)	河川名	開発 ユニット	平均利用水量 (mcm)						合計
			Apr.	May	Jun	Jul	Aug.	Sep	
Fumanat (R54)	Shafarud	F5	3.58	1.96	3.26	2.48	0.00	0.00	11.28
	Chafrud		0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
	Chafrud	F4	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
	Morghak		0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70
	Khalkaei	F3	3.83	0.00	1.79	0.78	0.00	0.00	6.40
	Palangvar		0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11
	Palangvar	F2	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
	Masuleh Rudkhan		3.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.47
	Gazrudbar		0.03	0.00	0.67	0.32	0.00	0.00	1.02
	Ghale-Rudkhan		1.18	0.00	0.26	0.32	0.00	0.00	1.76
	Gasht- Rudkhan		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Gasht- Rudkhan	F1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Ghale-Rudkhan		0.98	0.00	0.22	0.27	0.00	0.00	1.47
	Siyamezgi		2.55	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	2.82
Chobar		2.81	0.47	0.72	2.16	0.00	0.00	6.16	
	小計		20.00	2.43	7.19	6.33	0.00	0.00	35.95
Central Gilan (R53)	Siyamezgi	G7	0.71	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.78
	Chobar		0.78	0.13	0.20	0.60	0.00	0.00	1.71
	Goharrud	G6	0.58	0.24	0.48	0.64	0.00	0.00	1.94
	Siyahrud	G5	2.14	0.38	0.58	0.57	0.00	0.00	3.67
		小計		4.21	0.75	1.33	1.81	0.00	0.00
East Gilan (R55)	Disam	D1	2.93	0.02	1.29	2.02	0.00	0.00	6.26
	Shamrud	D2	2.91	0.00	0.46	1.66	0.00	0.00	5.03
		小計		5.84	0.02	1.75	3.68	0.00	0.00
合計			30.05	3.20	10.27	11.82	0.00	0.00	55.34

表 R 8.4.3 ギラン州中小河川における水源施設

施設の名称	区分	河川名	Reach 番号	取水量	放流先
Shakhazar 堰	既設	Shakhazar	R54	2.5 m ³ /s	Shakhazar Channel
Pasikhan 堰	既設	Pasikhan	R53	4.0 m ³ /s	Jomeh Bazar Channel
Ghavam 堰	既設	Disam	R55	40.0 m ³ /s	Heshmat Rod
Shafrud ダム	入札	Shafrud	R56	灌漑用水は SIN 地区外	
Polrud ダム	計画	Polrud	R57	灌漑用水は SIN 地区外	
Divrash 堰	計画	Divrash	位置、計画諸元を請求中		
Azizkian 堰	計画	Goharrud	同上		
Khalesan 堰	計画	Masuleh Rudken	同上		
Lasak ダム	計画	Chubarrud	同上		
Nilrud 堰	計画	Talesh	同上		

出典: ギラン州 RWC

8.4.2 SIDN 地区の地下水利用状況

Pandam 調査報告書(Vol.4)を基に、開発ユニット別の地下水利用量を整理すると表R 8.4.4に示すとおりである。単位用水量から地下水掛りの水田面積(Net)を求めると 1,945ha である。全水田面積の約 1.2%に相当する。

表R 8.4.4 SIDN 地区における地下水利用量

灌漑地区	開発ユニット	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)	F1	2.9	54.7	210.1	210.1	54.7	532.5	11,392	46.7
	F2	545.0	672.2	1,053.8	1,053.8	672.2	3,997.0	11,392	350.9
	F3	900.9	928.8	1,125.0	1,012.5	928.8	4,896.0	11,392	429.8
	F4	202.4	623.3	1,886.0	1,886.0	623.3	5,221.0	11,392	458.3
	F5	18.9	58.8	178.5	178.5	58.8	493.5	11,392	43.3
	小計	1,670.1	2,337.8	4,453.4	4,340.9	2,337.8	15,140.0		1,329.0
Central Gilan (R53)	G1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10,480	0.0
	G2	8.3	33.3	108.3	108.3	33.3	291.5	12,780	22.8
	G3	0.0	1.1	4.4	4.4	1.1	11.0	12,780	0.9
	G4	0.0	33.4	133.6	133.6	33.4	334.0	12,780	26.1
	G5	297.2	370.9	591.8	591.8	370.9	2,222.6	10,480	212.1
	G6	102.8	191.7	840.0	458.4	191.7	1,784.6	10,480	170.3
	G7	79.8	83.6	95.0	95.0	83.6	437.0	10,480	41.7
小計	488.1	714.0	1,773.1	1,391.5	714.0	5,080.7		473.9	
East Gilan (R55)	D1	0.9	29.6	115.5	115.5	29.6	291.1	11,645	25.0
	D2	19.2	144.5	520.4	520.4	144.5	1,349.0	11,645	115.8
	D3	0.0	0.3	1.2	1.2	0.3	3.0	11,645	0.3
	D4	0.0	0.4	1.6	1.6	0.4	4.0	11,645	0.3
	D5	0.0	0.6	2.4	2.4	0.6	6.0	11,645	0.5
	小計	20.1	175.4	641.1	641.1	175.4	1,653.1		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

8.5 SIDN 地区の水源別消費水量

8.5.1 フマナット灌漑地区(R54)

Pandam 調査報告書(Vol.4)を基に、フマナット灌漑地区(R54)の開発ユニット別の水源別消費水量を整理すると表R 8.5.1に示すとおりである。フマナット灌漑地区では、88.5%の灌漑用水をセフィードロード川に依存している。その他中小河川に7.4%、溜池に0.7%、地下水に3.4%を依存している。

表R 8.5.1 フマナット灌漑地区(R54)の水源別農業用水利用量

開発 ユニット	水源	利用水量 (MCM)							摘要
		Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	合計	
F1	セフィードロード川	19.530	37.150	31.760	24.540	12.410	0.000	125.390	
	中小河川(A)	6.340	0.470	1.210	2.430	0.000	0.000	10.450	
	貯水池 (B)	0.019	0.037	0.056	0.046	0.028	0.000	0.186	
	A+B	6.359	0.507	1.266	2.476	0.028	0.000	10.636	
	地下水	0.003	0.055	0.210	0.210	0.055	0.003	0.535	
	小 計	25.892	37.712	33.236	27.226	12.493	0.003	136.561	
F2	セフィードロード川	23.350	44.410	37.960	29.340	14.830	0.000	149.890	
	中小河川(A)	4.740	0.000	0.930	0.640	0.000	0.000	6.310	
	貯水池 (B)	0.008	0.015	0.023	0.090	0.012	0.000	0.148	
	A+B	4.748	0.015	0.953	0.730	0.012	0.000	6.458	
	地下水	0.545	0.672	1.054	1.054	0.672	0.545	4.542	
	小 計	28.643	45.097	39.967	31.124	15.514	0.545	160.890	
F3	セフィードロード川	10.930	20.770	17.760	13.730	6.940	0.000	70.130	
	中小河川(A)	3.950	0.000	1.790	0.780	0.000	0.000	6.520	
	貯水池 (B)	0.028	0.057	0.085	0.071	0.043	0.000	0.284	
	A+B	3.978	0.057	1.875	0.851	0.043	0.000	6.804	
	地下水	0.901	0.929	1.013	1.013	0.929	0.901	5.684	
	小 計	15.809	21.756	20.648	15.594	7.912	0.901	82.618	
F4	セフィードロード川	9.480	18.020	15.400	11.910	6.020	0.000	60.830	
	中小河川(A)	1.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.200	
	貯水池 (B)	0.207	0.414	0.621	0.518	0.311	0.000	2.071	
	A+B	1.407	0.414	0.621	0.518	0.311	0.000	3.271	
	地下水	0.202	0.623	1.886	1.886	0.623	0.202	5.423	
	小 計	11.089	19.057	17.907	14.314	6.954	0.202	69.524	
F5	セフィードロード川	4.070	7.730	6.610	5.110	2.850	0.000	26.370	
	中小河川(A)	3.790	1.960	3.260	2.480	0.000	0.000	11.490	
	貯水池 (B)	0.070	0.139	0.209	0.174	0.104	0.000	0.696	
	A+B	3.860	2.099	3.469	2.654	0.104	0.000	12.186	
	地下水	0.019	0.059	0.179	0.179	0.059	0.019	0.512	
	小 計	7.949	9.888	10.258	7.943	3.013	0.019	39.068	
合 計	セフィードロード川	67.360	128.080	109.490	84.630	43.050	0.000	432.610	88.5%
	中小河川(A)	20.020	2.430	7.190	6.330	0.000	0.000	35.970	7.4%
	貯水池 (B)	0.332	0.662	0.994	0.899	0.498	0.000	3.385	0.7%
	A+B	20.352	3.092	8.184	7.229	0.498	0.000	39.355	8.1%
	地下水	1.670	2.338	4.341	4.341	2.338	1.670	16.698	3.4%
	合 計	89.382	133.510	122.015	96.200	45.886	1.670	488.663	

出典: Pandam Report Vol.4

8.5.2 中央ギラン灌漑地区 (R53)

Pandam 調査報告書(Vol.4)を基に、中央ギラン灌漑地区(R53)の開発ユニット別の水源別消費水量を整理すると表R 8.5.2に示すとおりである。中央ギラン灌漑地区は 97%の灌漑用水をセフィードルード川に依存している。その他中小河川に 0.9%、溜池に 1.3%、地下水に 0.8%を依存している。

表R 8.5.2 中央ギラン灌漑地区(R53)の水源別農業用水利用量

開発 ユニット	水源	利用水量 (MCM)							合計	摘要
		Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.			
G1	セフィードルード川	3.690	7.020	6.000	4.640	2.340	0.000	23.690		
	中小河川(A)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
	貯水池 (B)	0.005	0.010	0.014	0.012	0.007	0.000	0.048		
	A+B	0.005	0.010	0.014	0.012	0.007	0.000	0.048		
	地下水	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
	小 計	3.695	7.030	6.014	4.652	2.347	0.000	23.738		
G2	セフィードルード川	12.450	23.690	20.250	15.650	7.910	0.000	79.950		
	中小河川(A)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
	貯水池 (B)	0.192	0.384	0.576	0.480	0.288	0.000	1.920		
	A+B	0.192	0.384	0.576	0.480	0.288	0.000	1.920		
	地下水	0.008	0.033	0.108	0.108	0.033	0.008	0.300		
	小 計	12.650	24.107	20.934	16.238	8.231	0.008	82.170		
G3	セフィードルード川	20.190	38.400	32.810	25.370	12.830	0.000	129.600		
	中小河川(A)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
	貯水池 (B)	0.357	0.714	1.071	0.893	0.536	0.000	3.571		
	A+B	0.357	0.714	1.071	0.893	0.536	0.000	3.571		
	地下水	0.000	0.001	0.004	0.004	0.001	0.000	0.011		
	小 計	20.547	39.115	33.885	26.267	13.367	0.000	133.182		
G4	セフィードルード川	28.990	55.130	47.100	36.420	18.420	0.000	186.060		
	中小河川(A)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
	貯水池 (B)	0.006	0.013	0.019	0.016	0.010	0.000	0.064		
	A+B	0.006	0.013	0.019	0.016	0.010	0.000	0.064		
	地下水	0.000	0.033	0.134	0.134	0.033	0.000	0.334		
	小 計	28.996	55.176	47.253	36.570	18.463	0.000	186.458		
G5	セフィードルード川	6.720	12.780	10.930	8.450	4.270	0.000	43.150		
	中小河川(A)	2.140	0.380	0.580	0.570	0.000	0.000	3.670		
	貯水池 (B)	0.006	0.010	0.017	0.014	0.008	0.000	0.055		
	A+B	2.146	0.390	0.597	0.584	0.008	0.000	3.725		
	地下水	0.297	0.371	0.592	0.592	0.371	0.297	2.520		
	小 計	9.163	13.541	12.119	9.626	4.649	0.297	49.395		
G6	セフィードルード川	15.700	29.850	25.510	19.720	9.970	0.000	100.750		
	中小河川(A)	0.580	0.240	0.480	0.640	0.000	0.000	1.940		
	貯水池 (B)	0.221	0.442	0.663	0.553	0.332	0.000	2.211		
	A+B	0.801	0.682	1.143	1.193	0.332	0.000	4.151		
	地下水	0.103	0.192	0.458	0.458	0.192	0.103	1.506		
	小 計	16.604	30.724	27.111	21.371	10.494	0.103	106.407		
G7	セフィードルード川	5.400	10.260	8.770	6.780	3.430	0.000	34.640		
	中小河川(A)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
	貯水池 (B)	0.034	0.069	0.103	0.086	0.052	0.000	0.344		
	A+B	0.034	0.069	0.103	0.086	0.052	0.000	0.344		
	地下水	0.080	0.084	0.095	0.095	0.084	0.080	0.517		
	小 計	5.548	10.482	9.071	7.047	3.618	0.080	35.845		
合 計	セフィードルード川	93.140	177.130	151.370	117.030	59.170	0.000	597.840	96.9%	
	中小河川(A)	2.720	0.620	1.060	1.210	0.000	0.000	5.610	0.9%	
	貯水池 (B)	0.821	1.642	2.463	2.054	1.233	0.000	8.213	1.3%	
	A+B	3.541	2.262	3.523	3.264	1.233	0.000	13.823	2.2%	
	地下水	0.488	0.714	1.391	1.391	0.714	0.488	5.188	0.8%	
	合 計	97.169	180.106	156.284	121.685	61.117	0.488	616.851		

出典: Pandam Report Vol.4

8.5.3 東ギラン灌漑地区(R55)

Pandam 調査報告書(Vol.4)を基に、東ギラン灌漑地区(R55)の開発ユニット別の水源別消費水量を整理すると表R 8.5.3に示すとおりである。東ギラン灌漑地区は、セフィードルード川に 93.0%の灌漑用水を依存している。その他中小河川に 2.5%、溜池に 4.1%、地下水に 0.4%を依存している。

表R 8.5.3 東ギラン灌漑地区(R55)の水源別農業用水利用量

開発 ユニット	水源	利用水量 (MCM)							概要
		Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	合計	
D1	セフィードルード川	14.730	28.000	23.920	18.500	9.360	0.000	94.510	
	中小河川(A)	2.930	0.020	1.290	2.020	0.000	0.000	6.260	
	貯水池(B)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	A+B	2.930	0.020	1.290	2.020	0.000	0.000	6.260	
	地下水	0.001	0.029	0.116	0.116	0.030	0.001	0.292	
	小計	17.661	28.049	25.326	20.636	9.390	0.001	101.062	
D2	セフィードルード川	11.020	20.950	17.910	13.840	7.000	0.000	70.720	
	中小河川(A)	2.910	0.000	0.460	1.660	0.000	0.000	5.030	
	貯水池(B)	0.116	0.232	0.348	0.290	0.174	0.000	1.160	
	A+B	3.026	0.232	0.808	1.950	0.174	0.000	6.190	
	地下水	0.019	0.145	0.520	0.520	0.145	0.019	1.368	
	小計	14.065	21.327	19.238	16.310	7.319	0.019	78.278	
D3	セフィードルード川	9.250	17.600	15.040	11.630	5.880	0.000	59.400	
	中小河川(A)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	貯水池(B)	0.110	0.220	0.330	0.275	0.165	0.000	1.100	
	A+B	0.110	0.220	0.330	0.275	0.165	0.000	1.100	
	地下水	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.003	
	小計	9.360	17.820	15.371	11.906	6.045	0.000	60.503	
D4	セフィードルード川	8.160	15.510	13.250	10.250	5.180	0.000	52.350	
	中小河川(A)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	貯水池(B)	0.185	0.370	0.555	0.463	0.278	0.000	1.851	
	A+B	0.185	0.370	0.555	0.463	0.278	0.000	1.851	
	地下水	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	
	小計	8.345	15.880	13.807	10.715	5.458	0.000	54.205	
D5	セフィードルード川	21.570	41.030	35.060	27.100	13.700	0.000	138.460	
	中小河川(A)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	貯水池(B)	1.433	2.866	4.299	3.583	2.150	0.000	14.331	
	A+B	1.433	2.866	4.299	3.583	2.150	0.000	14.331	
	地下水	0.000	0.001	0.002	0.002	0.001	0.000	0.006	
	小計	23.003	43.897	39.361	30.685	15.851	0.000	152.797	
合計	セフィードルード川	64.730	123.090	105.180	81.320	41.120	0.000	415.440	93.0%
	中小河川(A)	5.840	0.020	1.750	3.680	0.000	0.000	11.290	2.5%
	貯水池(B)	1.844	3.688	5.532	4.611	2.767	0.000	18.442	4.1%
	A+B	7.684	3.708	7.282	8.291	2.767	0.000	29.732	6.7%
	地下水	0.020	0.175	0.641	0.641	0.175	0.020	1.673	0.4%
	合計	72.434	126.973	113.103	90.252	44.062	0.020	446.845	

出典: Pandam Report Vol.4

8.5.4 SIDN 地区全体

SIN 地区全体の水源別農業用水利用量を整理すると表R 8.5.4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農業用水を依存している。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R 8.5.4 SIDN 地区の水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
セフィードルード川	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

8.6 SIDN 地区の水需要

8.6.1 農業用水

1) 純用水量

純用水量はFAOが1992年に推奨しているPenman Mantis法により求められている。Sefidrud Irrigation Networkの純用水量は、表R 8.6.1に示すとおりである。

表R 8.6.1 純用水量

調査機関	項目	水量 (単位: mm)						合計
		Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	
Water & Soil Research Institute	蒸発散量	0	49	117	134	126	0	426
	有効雨量	0	24	32	44	47	0	147
	純用水量	0	25	85	90	79	0	279
National Water Document	蒸発散量	0	60	119	128	113	27	447
	有効雨量	0	28	22	30	42	16	138
	純用水量	0	32	97	98	71	11	309
Pandam Consultant	蒸発散量	0	39	129	148	135	34	485
	有効雨量	0	14	46	39	48	17	164
	純用水量	0	25	83	109	87	17	321

出典: Pandam 調査報告書/ Vol.4

2) 灌漑効率

Pandam 報告書では、SIDN 地区における灌漑効率を表R 8.6.2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R 8.6.2 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

3) 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。SIDN 地区では Pandam Consultant が表R 8.6.3のように整理している。

表R 8.6.3 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

4) 中央ギラン地区 (R53)の農業用水需要量

中央ギラン地区の Reach 番号を新たに R53 と設定する。Pandam 調査報告書の資料を基に R53 地区の農業用水需要量を計算すると表R 8.6.4に示すとおりである。なお、農業用水には養魚用水も含まれている。

表R 8.6.4 中央ギラン地区 (R53)の農業用水需要量

(1) 開発ユニット別農業用水需要量 ('000m ³)															
開発ユニット	区分	面積 (ha)	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	合計
水稲単位用水量 (m ³ /ha)			1,468	3,787	2,085	2,085	1,745								11,170
G1	水稲	2,737	4,018	10,365	5,707	5,707	4,776	0	0	0	0	0	0	0	30,572
	養魚	126	285	1,483	1,911	381	366	328	280	247	235	231	236	285	6,268
	小計		4,303	11,848	7,618	6,088	5,142	328	280	247	235	231	236	285	36,840
G5	水稲	4,986	7,319	18,882	10,396	10,396	8,701	0	0	0	0	0	0	0	55,694
	養魚	53	118	617	795	159	152	137	117	103	98	96	98	119	2,609
	小計		7,437	19,499	11,191	10,555	8,853	137	117	103	98	96	98	119	58,303
G6	水稲	11,642	17,090	44,088	24,274	24,274	20,315	0	0	0	0	0	0	0	130,041
	養魚	2,197	4,959	25,816	33,264	6,635	6,732	5,712	4,878	4,306	4,087	4,021	4,109	4,961	109,480
	小計		22,049	69,904	57,538	30,909	27,047	5,712	4,878	4,306	4,087	4,021	4,109	4,961	239,521
G7	水稲	4,003	5,876	15,159	8,346	8,346	6,985	0	0	0	0	0	0	0	44,714
	養魚	69	156	811	1,045	208	200	179	153	135	128	126	129	156	3,426
	小計		6,032	15,970	9,391	8,554	7,185	179	153	135	128	126	129	156	48,140
水稲単位用水量 (m ³ /ha)			1,816	4,684	2,579	2,579	2,158								13,816
G2	水稲	9,239	16,778	43,275	23,827	23,827	19,938	0	0	0	0	0	0	0	127,646
	養魚	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	小計		16,778	43,275	23,827	23,827	19,938	0	0	0	0	0	0	0	127,646
G3	水稲	14,976	27,196	70,148	38,623	38,623	32,318	0	0	0	0	0	0	0	206,908
	養魚	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	小計		27,196	70,148	38,623	38,623	32,318	0	0	0	0	0	0	0	206,908
G4	水稲	21,499	39,042	100,701	55,446	55,446	46,395	0	0	0	0	0	0	0	297,030
	養魚	91	206	1,072	1,381	275	264	237	202	179	170	167	171	206	4,530
	小計		39,248	101,773	56,827	55,721	46,659	237	202	179	170	167	171	206	301,560
合計	水稲	69,082	117,321	302,619	166,619	166,619	139,428	0	0	0	0	0	0	0	892,605
	養魚	2,536	5,724	29,799	38,396	7,658	7,714	6,593	5,630	4,970	4,718	4,641	4,743	5,727	126,313
	合計		123,045	332,418	205,015	174,277	147,142	6,593	5,630	4,970	4,718	4,641	4,743	5,727	1,018,918
(2) 水源別農業用水需要量 ('000m ³)															
水源	区分	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	合計	
表流水	Sefidrud川 (97.0%)	水稲	113,801	293,540	161,620	161,620	135,245	0	0	0	0	0	0	0	865,827
		養魚	5,724	29,799	38,396	7,658	7,714	6,593	5,630	4,970	4,718	4,641	4,743	5,727	126,313
		小計	119,525	323,339	200,016	169,278	142,959	6,593	5,630	4,970	4,718	4,641	4,743	5,727	992,140
	中小河川 (2.2%)	水稲	2,581	6,658	3,666	3,666	3,067	0	0	0	0	0	0	0	19,637
		養魚	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		小計	2,581	6,658	3,666	3,666	3,067	0	0	0	0	0	0	0	19,637
合計		122,106	329,997	203,682	172,944	146,027	6,593	5,630	4,970	4,718	4,641	4,743	5,727	1,011,777	
地下水 (0.8%)	水稲	939	2,421	1,333	1,333	1,115	0	0	0	0	0	0	0	7,141	
	養魚	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	小計	939	2,421	1,333	1,333	1,115	0	0	0	0	0	0	0	7,141	
(3) Galerud堰およびSangar堰掛り農業用水量 ('000m ³)															
堰名	開発ユニット	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	合計	
Gelerud	G1	4,303	11,848	7,618	6,088	5,142	328	280	247	235	231	236	285	36,840	
Sangar-Left	G2-G7	115,222	311,491	192,398	163,190	137,817	6,265	5,350	4,723	4,483	4,410	4,507	5,442	955,300	
合計		119,525	323,339	200,016	169,278	142,959	6,593	5,630	4,970	4,718	4,641	4,743	5,727	992,140	

注: 近代的灌漑地区 (G1, G5, G6 and G7)の灌漑効率は47.0%、伝統的灌漑地区(G2, G3 and G4)は38.0%

中央ギラン灌漑地区(R53)の年間農業用水需要量は約 10 億 2000 万 m³ である。水源別に整理すると 9 億 9000 万 m³(97.0%)がセフィードルード川から、約 2000 万 m³(2.2%)が中小河川から、残りの約 700 万 m³(0.8%)が地下水から供給されることになる。開発ユニット別に見ると G1 ユニットが Gelerud 堰から、残りの G2 から G7 が Sangar 堰の左岸取水工から供給されている。

5) フマナット地区 (R54) の農業用水需要量

フマナット地区の Reach 番号を新たに R54 と設定する。Pandam 調査報告書の資料を基に R54 地区の農業用水需要量を計算すると表 R 8.6.5 に示すとおりである。

表 R 8.6.5 フマナット地区 (R54) の農業用水需要量

(1) 開発ユニット別農業用水需要量 ('000m ³)															
開発ユニット	区分	面積 (ha)	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	合計
水稻単位用水量 (m ³ /ha)			1,605	4,140	2,279	2,279	1,907								12,210
F1	水稻	10,923	17,531	45,221	24,894	24,894	20,830	0	0	0	0	0	0	0	133,370
	他作物		4,070	10,371	5,053	5,878	1,446	0	0	0	0	0	0	0	26,818
	養魚	288	649	3,378	4,353	868	834	748	638	564	535	526	538	649	14,280
	小計		22,250	58,970	34,300	31,640	23,110	748	638	564	535	526	538	649	174,468
F2	水稻	8,172	13,116	33,832	18,624	18,624	15,584	0	0	0	0	0	0	0	99,780
	他作物		12,796	32,691	17,366	18,152	10,994	0	0	0	0	0	0	0	91,999
	養魚	270	608	3,167	4,080	814	782	701	598	528	501	493	504	609	13,385
	小計		26,520	69,690	40,070	37,590	27,360	701	598	528	501	493	504	609	205,164
F3	水稻	6,864	11,017	28,417	15,643	15,643	13,090	0	0	0	0	0	0	0	83,809
	他作物		1,075	2,944	1,406	1,543	1,309	0	0	0	0	0	0	0	8,277
	養魚	21	48	249	321	64	61	55	47	42	39	39	40	48	1,053
	小計		12,140	31,610	17,370	17,250	14,460	55	47	42	39	39	40	48	93,140
F4	水稻	6,050	9,710	25,047	13,788	13,788	11,537	0	0	0	0	0	0	0	73,871
	他作物		788	2,117	973	1,206	923	0	0	0	0	0	0	0	6,007
	養魚	18	42	216	279	56	53	48	41	36	34	34	34	42	915
	小計		10,540	27,380	15,040	15,050	12,513	48	41	36	34	34	34	42	80,792
F5	水稻	16,001	25,682	66,244	36,466	36,466	30,514	0	0	0	0	0	0	0	195,372
	他作物 (5%)		1,284	3,312	1,823	1,823	1,526	0	0	0	0	0	0	0	9,769
	養魚	14	31	160	206	41	39	35	30	27	25	25	25	31	675
	小計		26,997	69,716	38,496	38,331	32,079	35	30	27	25	25	25	31	205,816
合計	水稻	48,010	77,056	198,761	109,415	109,415	91,555	0	0	0	0	0	0	0	586,202
	他作物		20,013	51,435	26,622	28,603	16,197	0	0	0	0	0	0	0	142,870
	養魚	611	1,378	7,170	9,239	1,843	1,769	1,587	1,354	1,197	1,134	1,117	1,141	1,379	30,308
	小計		98,447	257,366	145,276	139,861	109,522	1,587	1,354	1,197	1,134	1,117	1,141	1,379	759,380
(2) 水源別農業用水需要量 ('000m ³)															
水源	区分	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	合計	
表流水	Sefidrud川 (88.5%)	水稻	68,195	175,904	96,832	96,832	81,026	0	0	0	0	0	0	0	518,789
		他作物	17,711	45,520	23,560	25,313	14,335	0	0	0	0	0	0	0	126,440
		養魚	1,378	7,170	9,239	1,843	1,769	1,587	1,354	1,197	1,134	1,117	1,141	1,379	30,308
		小計	87,284	228,594	129,631	123,989	97,130	1,587	1,354	1,197	1,134	1,117	1,141	1,379	675,537
	中小河川 (8.1%)	(m ³ /s)	32.6	85.3	48.4	46.3	36.3	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	
		水稻	6,242	16,100	8,863	8,863	7,416	0	0	0	0	0	0	0	47,482
		他作物	1,621	4,166	2,156	2,317	1,312	0	0	0	0	0	0	0	11,572
		養魚	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	7,863	20,266	11,019	11,179	8,728	0	0	0	0	0	0	0	0	59,055	
地下水 (3.4%)	合計	95,146	248,860	140,650	135,168	105,858	1,587	1,354	1,197	1,134	1,117	1,141	1,379	734,591	
	水稻	2,620	6,758	3,720	3,720	3,113	0	0	0	0	0	0	0	0	19,931
	他作物	680	1,749	905	972	551	0	0	0	0	0	0	0	0	4,858
	養魚	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	3,300	8,507	4,625	4,693	3,664	0	0	0	0	0	0	0	0	24,788	

注) Fumanat灌漑地区の灌漑効率は43.0%

フマナット灌漑地区(R54)の年間農業用水需要量は約 7 億 6000 万 m³ である。水源別に整理すると約 6 億 7500 万 m³(88.5%)がセフィードルード川から、約 6000 万 m³(8.1%)が中小河川から、残りの約 2500 万 m³(3.4%)が地下水から供給されることになる。セフィードルード川がかりの用水は全て Tarik 堰から導水される計画である。

しかし、問題は Tarik 堰直下流のトンネルの通水能力が 32m³/s と需要量に対して極めて小さいことである。このため、水稻の灌漑期間は表 R 8.6.6 に示すように用水が不足し、代掻き期(5月)で約 34,500ha の水田に用水が供給されない計算となる。

表R 8.6.6 Tarik トンネルの通水能力の制約による不足水量

No.	項目	単位	Apr	May	Jun	Jul	Aug
1	Tarik堰掛り計画需要量	1,000m ³	87,284	228,594	129,631	123,989	97,130
2	Tarikトンネル最大通水量	1,000m ³	85,709	85,709	85,709	85,709	85,709
3	不足水量 (1-2)	1,000m ³	1,575	142,885	43,923	38,280	11,421
4	ha当月間水稲需要水量	m ³ /ha	1,605	4,140	2,279	2,279	1,907
5	用水が供給されない水田面積	Ha	981	34,513	19,273	16,797	5,989

注) Tarik トンネルの最大通水能力は 32m³/s (月間 85.7MCM)

この問題を解決するためには、ギラン州 RWC は Sangar 左岸水路を延長し、フマナット地区の一部を Sangar 堰掛りに変更する Sangar 左岸水路延長工事を実施している。現在工事は中断しているが 2016 年までには完成させるということである。このため、JICA 調査で実施するシミュレーションは 2016 年までに Sangar 左岸水路が完成するものと想定し、表 R 8.6.7 に示す方針で実施する。

表R 8.6.7 シミュレーションにおける対処方針

ケース	Sangar 左岸水路	対処方針
現況 2006	未完	Tarik 堰地点からフマナット灌漑地区(R54)を分水される水量は計画需要量を与えず Tarik トンネルの最大通水容量(32m ³ /s)に制限する。
中期 2016	完成	Tarik 堰地点からフマナット灌漑地区(R54)を分水される水量は計画需要量を与えず Tarik トンネルの最大通水容量(32m ³ /s)に制限する。不足分を Sangar 堰からの取水量に上乘せする。
長期 2031	完成	Tarik 堰地点からフマナット灌漑地区(R54)を分水される水量は計画需要量を与えず Tarik トンネルの最大通水容量(32m ³ /s)に制限する。不足分を Sangar 堰からの取水量に上乘せする。

6) 東ギラン地区 (R55) の農業用水需要量

東ギラン地区の Reach 番号を新たに R55 と設定する。Pandam 調査報告書の資料を基に R55 地区の農業用水需要量を計算すると表 R 8.6.8 に示すとおりである。

表R 8.6.8 東ギラン地区 (R55)の農業用水需要量

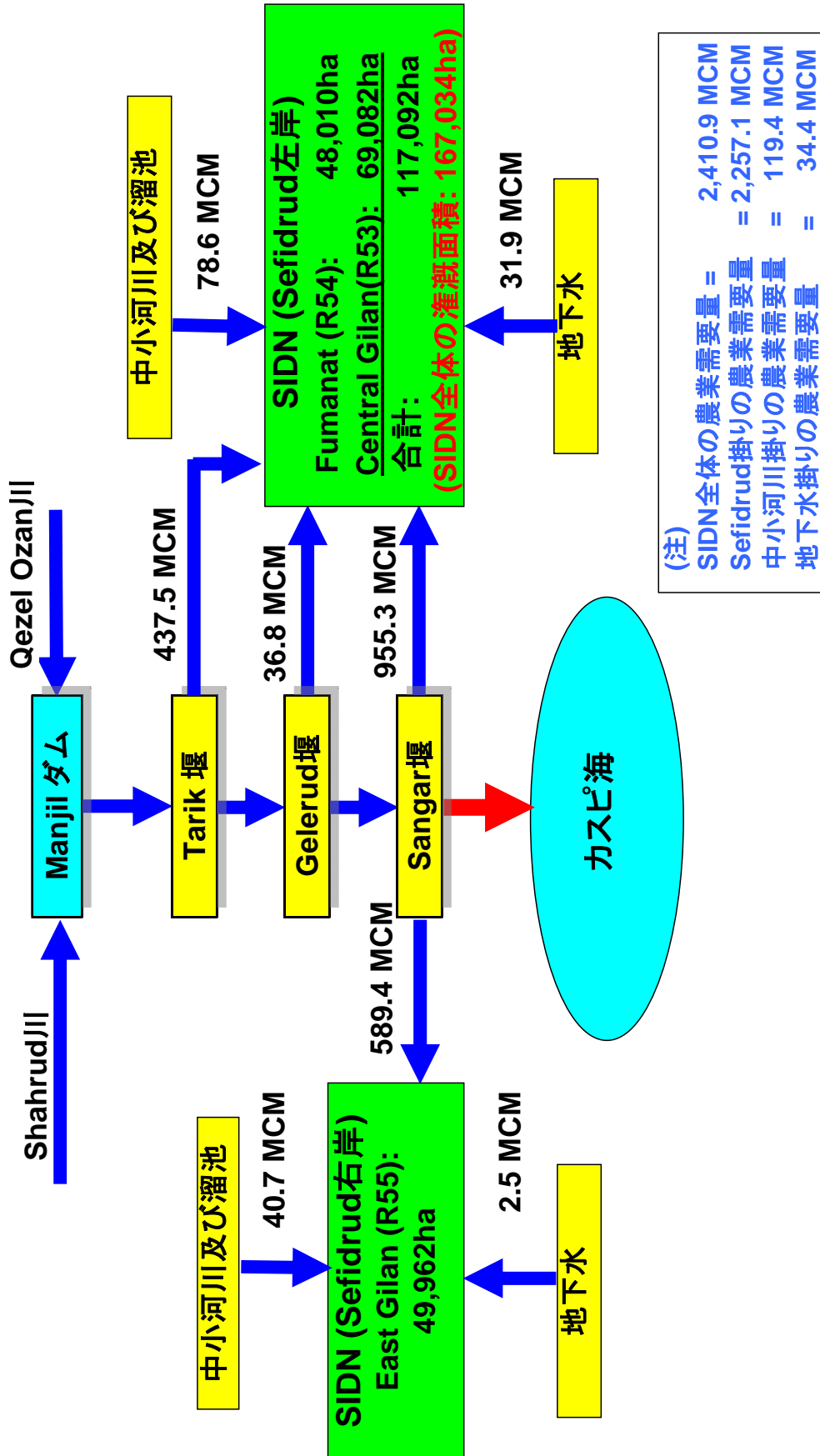
(1) 開発ユニット別農業用水需要量 ('000m ³)															
開発ユニット	区分	面積 (ha)	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	合計
水稻単位用水量 (m ³ /ha)			1,624	4,188	2,306	2,306	1,929								12,353
D1	水稻	14,492	23,535	60,692	33,419	33,419	27,955	0	0	0	0	0	0	0	179,020
	養魚	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	小計		23,535	60,692	33,419	33,419	27,955	0	0	0	0	0	0	0	179,020
D2	水稻	17,322	28,131	72,545	39,945	39,945	33,414								213,979
	養魚	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	小計		28,131	72,545	39,945	39,945	33,414	0	0	0	0	0	0	0	213,979
D3	水稻	8,103	13,159	33,935	18,686	18,686	15,631								100,096
	養魚	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	小計		13,159	33,935	18,686	18,686	15,631	0	0	0	0	0	0	0	100,096
D4	水稻	7,029	11,415	29,437	16,209	16,209	13,559								86,829
	養魚	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	小計		11,415	29,437	16,209	16,209	13,559	0	0	0	0	0	0	0	86,829
D5	水稻	3,016	4,898	12,631	6,955	6,955	5,818								37,257
	養魚	311	703	3,659	4,715	940	903	810	691	610	579	570	582	703	15,465
	小計		5,601	16,290	11,670	7,895	6,721	810	691	610	579	570	582	703	52,722
合計	水稻	49,962	81,138	209,241	115,212	115,212	96,377	0	0	0	0	0	0	0	617,181
	養魚	311	703	3,659	4,715	940	903	810	691	610	579	570	582	703	15,465
	小計		81,841	212,900	119,927	116,152	97,280	810	691	610	579	570	582	703	632,646
(2) 水源別農業用水需要量 ('000m ³)															
水源	区分	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	合計	
表流水	Sefidrud川 (93.0%)	水稻	75,459	194,594	107,148	107,148	89,630	0	0	0	0	0	0	0	573,978
		養魚	703	3,659	4,715	940	903	810	691	610	579	570	582	703	15,465
		小計	76,162	198,253	111,863	108,088	90,533	810	691	610	579	570	582	703	589,443
	中小河川 (6.6%)	水稻	5,355	13,810	7,604	7,604	6,361	0	0	0	0	0	0	0	40,734
		養魚	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計		81,517	212,063	119,467	115,692	96,894	810	691	610	579	570	582	703	630,177	
地下水 (0.4%)	水稻	325	837	461	461	386	0	0	0	0	0	0	0	0	2,469
	養魚	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	小計	325	837	461	461	386	0	0	0	0	0	0	0	2,469	

注) East Gilan灌漑地区の灌漑効率は42.5%

東ギラン灌漑地区(R55)の年間農業用水需要量は約 6 億 3500 万 m³ である。水源別に整理すると 5 億 9000 万 m³(93.0%)がセフィードルード川から、約 4100 万 m³(6.6%)が中小河川から、残りの約 250 万 m³(0.8%)が地下水から供給されることになる。Sangar 堰の右岸取水工から供給されている。

7) SIDN 地区農業用水需要の総括表

以上の計算結果を基に、図R 8.6.1に示すように SIDN 地区の水源別灌漑需要量模式図を作成した。また、現況(2006年)、中期目標年(2016年)及び長期目標年(2031年)の農業用水需要量を表R 8.6.9および表R 8.6.10のとおり整理した。なお、将来灌漑効率は、中期目標年で0.48、長期目標年において0.55と想定した。



図R 8.6.1 SIDN地区の現況農業用水需要量

表R 8.6.9 SIDN 地区の現況農業用水需要量 (2006年)

(1) SIDN地区全体の農業用水需要量 ('000m ³)															
灌漑地区 (Reach)	面積 (ha)	(%)	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	合計
R53	69,082	100.0	123,045	332,418	205,015	174,277	147,142	6,593	5,630	4,970	4,718	4,641	4,743	5,727	1,018,918
R54	48,010	100.0	98,447	257,366	145,276	139,861	109,522	1,587	1,354	1,197	1,134	1,117	1,141	1,379	759,380
R55	49,962	100.0	81,841	212,900	119,927	116,152	97,280	810	691	610	579	570	582	703	632,646
合計	167,054		303,333	802,684	470,218	430,290	353,943	8,990	7,675	6,777	6,431	6,328	6,466	7,809	2,410,944
(2) Seftdruud川掛りの農業用水需要量 ('000m ³)															
R53	67,009	97.0	119,525	323,339	200,016	169,278	142,959	6,593	5,630	4,970	4,718	4,641	4,743	5,727	992,140
R54	42,489	88.5	87,284	228,594	129,631	123,989	97,130	1,587	1,354	1,197	1,134	1,117	1,141	1,379	675,537
R55	46,465	93.0	76,162	198,253	111,863	108,088	90,533	810	691	610	579	570	582	703	589,443
合計	155,963		282,971	750,186	441,510	401,354	330,622	8,990	7,675	6,777	6,431	6,328	6,466	7,809	2,257,119
(3) 中小河川および溜池掛りの農業用水需要量 ('000m ³)															
R53	1,520	2.2	2,581	6,658	3,666	3,666	3,067	0	0	0	0	0	0	0	19,637
R54	3,889	8.1	7,863	20,266	11,019	11,179	8,728	0	0	0	0	0	0	0	59,055
R55	3,297	6.6	5,355	13,810	7,604	7,604	6,361	0	0	0	0	0	0	0	40,734
合計	8,706		15,799	40,733	22,289	22,449	18,156	0	0	0	0	0	0	0	119,426
(4) 地下水掛りの農業用水需要量 ('000m ³)															
R53	553	0.8	939	2,421	1,333	1,333	1,115	0	0	0	0	0	0	0	7,141
R54	1,632	3.4	3,300	8,507	4,625	4,693	3,664	0	0	0	0	0	0	0	24,788
R55	200	0.4	325	837	461	461	386	0	0	0	0	0	0	0	2,469
合計	2,385		4,563	11,765	6,419	6,486	5,165	0	0	0	0	0	0	0	34,398
(5) セフィードルード川堰地点におけるシミュレーション入力需要量 ('000m ³)															
堰名	項目		Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	合計
Tanik (F1-F5)	計画水需要量		87,284	228,594	129,631	123,989	97,130	1,587	1,354	1,197	1,134	1,117	1,141	1,379	675,537
	トンネルによるカット水量		1,575	142,885	43,922	38,280	11,421								238,083
	シミュレーション入力値		85,709	85,709	85,709	85,709	85,709	1,587	1,354	1,197	1,134	1,117	1,141	1,379	437,454
Galerud (G1)	シミュレーション入力値		4,303	11,848	7,618	6,088	5,142	328	280	247	235	231	236	285	36,840
	計画水需要量		115,222	311,491	192,398	163,190	137,817	6,265	5,350	4,723	4,483	4,410	4,507	5,442	955,300
	調整量		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sangar-Left (G2-G7)	シミュレーション入力値		115,222	311,491	192,398	163,190	137,817	6,265	5,350	4,723	4,483	4,410	4,507	5,442	955,300
	シミュレーション入力値		115,222	311,491	192,398	163,190	137,817	6,265	5,350	4,723	4,483	4,410	4,507	5,442	955,300
	調整量		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sangar-Right (D1-D5)	シミュレーション入力値		76,162	198,253	111,863	108,088	90,533	810	691	610	579	570	582	703	589,443
	シミュレーション入力値		281,396	607,301	397,588	363,075	319,201	8,990	7,675	6,777	6,431	6,328	6,466	7,809	2,019,037
	調整量		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

注: Sangar left canal extension works is incompleteness.

出典: Pandam Study Report/ Vol.4

表R 8.6.1.0 SIDN地区の中期目標年農業用水需要量 (2016年)

(1) SIDN地区全体の農業用水需要量 ('000m ³)															
灌漑地区 (Reach)	面積 (ha)	(%)	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	合計
R53	Central Gilan	69,082	107,664	290,866	179,388	152,492	128,749	5,769	4,926	4,349	4,128	4,061	4,150	5,011	783,889
R54	Fumanat	48,010	86,141	225,196	127,116	122,378	95,831	1,389	1,185	1,047	992	977	998	1,207	578,316
R55	East Gilan	49,962	71,611	186,287	104,936	101,633	85,120	709	605	534	507	499	509	615	481,954
合計	167,054		265,416	702,349	411,440	376,503	309,700	7,866	6,716	5,930	5,627	5,537	5,658	6,833	1,844,159
(2) Sefidrud川掛りの農業用水需要量 ('000m ³)															
灌漑地区 (Reach)	面積 (ha)	(%)	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	合計
R53	Central Gilan	67,009	104,585	282,922	175,014	148,118	125,089	5,769	4,926	4,349	4,128	4,061	4,150	5,011	763,538
R54	Fumanat	42,489	76,373	200,020	113,427	108,490	84,989	1,389	1,185	1,047	992	977	998	1,207	514,721
R55	East Gilan	46,465	66,641	173,471	97,880	94,577	79,217	709	605	534	507	499	509	615	449,121
合計	155,963		247,599	656,413	386,321	351,185	289,295	7,866	6,716	5,930	5,627	5,537	5,658	6,833	1,727,380
(3) 中小河川および灌漑掛りの農業用水需要量 ('000m ³)															
灌漑地区 (Reach)	面積 (ha)	(%)	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	合計
R53	Central Gilan	1,520	2,258	5,825	3,207	3,207	2,684	0	0	0	0	0	0	0	14,924
R54	Fumanat	3,889	6,880	17,733	9,642	9,782	7,637	0	0	0	0	0	0	0	44,793
R55	East Gilan	3,297	4,686	12,084	6,654	6,654	5,566	0	0	0	0	0	0	0	30,956
合計	8,706		13,824	35,642	19,503	19,643	15,887	0	0	0	0	0	0	0	90,674
(4) 地下水掛りの農業用水需要量 ('000m ³)															
灌漑地区 (Reach)	面積 (ha)	(%)	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	合計
R53	Central Gilan	553	821	2,118	1,166	1,166	976	0	0	0	0	0	0	0	5,427
R54	Fumanat	1,632	2,888	7,443	4,047	4,106	3,206	0	0	0	0	0	0	0	18,802
R55	East Gilan	200	284	732	403	403	337	0	0	0	0	0	0	0	1,876
合計	2,385		3,993	10,294	5,617	5,676	4,519	0	0	0	0	0	0	0	26,105
(5) セフィードルード川灌漑点におけるシミュレーション入力需要量 ('000m ³)															
堰名	項目	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	合計	
Tank (F1-F5)	計画水需要量	76,373	200,020	113,427	108,490	84,989	1,389	1,185	1,047	992	977	998	1,207	591,094	
	トンネルによるカット水量	0	114,311	27,718	22,781	0	0	0	0	0	0	0	0	164,810	
Galerud (G1)	シミュレーション入力値	76,373	85,709	85,709	85,709	84,989	1,389	1,185	1,047	992	977	998	1,207	426,284	
	シミュレーション入力値	3,765	10,367	6,665	5,327	4,499	287	245	216	206	202	207	249	28,470	
Sangar-Left (G2-G7)	計画水需要量	100,820	272,555	168,349	142,792	120,590	5,482	4,681	4,133	3,923	3,859	3,944	4,762	735,068	
	調整量	0	114,311	27,718	22,781	0	0	0	0	0	0	0	0	164,810	
Sangar-Right (D1-D5)	シミュレーション入力値	100,820	386,866	196,067	165,573	120,590	5,482	4,681	4,133	3,923	3,859	3,944	4,762	1,000,697	
	シミュレーション入力値	66,641	173,471	97,880	94,577	79,217	709	605	534	507	499	509	615	449,121	
合計		247,599	656,413	386,321	351,185	289,295	7,866	6,716	5,930	5,627	5,537	5,658	6,833	1,904,573	

注: Sangar left canal extension works is complete.

出典: Pandam Study Report/ Vol.4

表 R 8.6.1.1 SIDN 地区の長期目標年農業用水需要量 (2031 年)

(1) SIDN地区全体の農業用水需要量 ('000m ³)															
灌漑地区 (Reach)	面積 (ha)	(%)	Apr.	May	Jun	Jul	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	合計
R53	69,082	100.0	93,962	253,846	156,557	133,084	112,363	5,035	4,299	3,795	3,603	3,544	3,622	4,373	684,121
R54	48,010	100.0	75,177	196,534	110,938	106,803	83,635	1,212	1,034	914	866	853	871	1,053	504,713
R55	49,962	100.0	62,497	162,578	91,581	88,698	74,286	619	528	466	442	435	444	537	420,614
合計	167,054		231,636	612,959	359,075	328,585	270,284	6,865	5,861	5,175	4,911	4,832	4,938	5,963	1,609,448
(2) Setidrud川掛りの農業用水需要量 ('000m ³)															
灌漑地区 (Reach)	面積 (ha)	(%)	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	合計
R53	67,009	97.0	91,274	246,914	152,740	129,267	109,169	5,035	4,299	3,795	3,603	3,544	3,622	4,373	666,360
R54	42,489	88.5	66,653	174,563	98,991	94,682	74,172	1,212	1,034	914	866	853	871	1,053	449,211
R55	46,465	93.0	58,160	151,393	85,422	82,540	69,135	619	528	466	442	435	444	537	391,960
合計	155,963		216,087	572,869	337,153	306,489	252,475	6,865	5,861	5,175	4,911	4,832	4,938	5,963	1,507,532
(3) 中小河川および溜池掛りの農業用水需要量 ('000m ³)															
灌漑地区 (Reach)	面積 (ha)	(%)	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	合計
R53	1,520	2.2	1,971	5,084	2,799	2,799	2,342	0	0	0	0	0	0	0	13,025
R54	3,889	8.1	6,004	15,476	8,414	8,537	6,665	0	0	0	0	0	0	0	39,092
R55	3,297	6.6	4,089	10,546	5,807	5,807	4,857	0	0	0	0	0	0	0	27,017
合計	8,706		12,064	31,106	17,020	17,143	13,865	0	0	0	0	0	0	0	79,134
(4) 地下水掛りの農業用水需要量 ('000m ³)															
灌漑地区 (Reach)	面積 (ha)	(%)	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	合計
R53	553	0.8	717	1,849	1,018	1,018	852	0	0	0	0	0	0	0	4,756
R54	1,632	3.4	2,520	6,496	3,532	3,583	2,798	0	0	0	0	0	0	0	16,409
R55	200	0.4	248	639	352	352	294	0	0	0	0	0	0	0	1,637
合計	2,385		3,485	8,984	4,902	4,953	3,944	0	0	0	0	0	0	0	22,783
(5) セフィードルード川堰地点におけるシミュレーション入力需要量 ('000m ³)															
堰名	項目	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	合計	
Tarik (F1-F5)	計画水需要量	66,653	174,563	98,991	94,682	74,172	1,212	1,034	914	866	853	871	1,053	515,864	
	トンネルによるカット水量		88,854	13,282	8,973										111,109
Galemud (G1)	シミュレーション入力値	66,653	85,709	85,709	85,709	74,172	1,212	1,034	914	866	853	871	1,053	404,755	
	シミュレーション入力値	3,286	9,048	5,817	4,649	3,927	250	214	189	179	176	180	218	24,847	
Sangar-Left (G2-G7)	計画水需要量	87,988	237,866	146,922	124,618	103,242	4,784	4,085	3,607	3,423	3,368	3,442	4,156	641,514	
	調整量	0	88,854	13,282	8,973	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sangar-Right (D1-D5)	シミュレーション入力値	87,988	326,720	160,205	133,591	105,242	4,784	4,085	3,607	3,423	3,368	3,442	4,156	840,611	
	シミュレーション入力値	58,160	151,393	85,422	82,540	69,135	619	528	466	442	435	444	537	391,960	
合計		216,087	572,869	337,153	306,489	252,475	6,865	5,861	5,175	4,911	4,832	4,938	5,963	1,662,173	

注: Sangar left canal extension works is complete.

出典: Pandam Study Report/ Vol.4

8) SIDN 地区上流域 (R56, R57) の農業用水需要量

SIDN 地区上流域をセフィードルード川の左岸と右岸の2つの Reach に分割し、左岸側の Reach 番号を R56、右岸側を R57 と設定した。Pandam 資料を基に R56 および R57 の農業用水需要量を求めるとは表 R 8.6.1 2 のとおりである。

表 R 8.6.1 2 SIDN 地区上流域 (R56, R57) の農業用水需要量

Reach 番号	面積 (ha)	農業用水需要量 ('000m ³)												
		Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	合計
R56	12,904	0	0	0	0	0	0	21,660	55,980	30,510	30,860	22,350	0	161,360
R57	1,387	0	0	0	0	0	0	2,340	6,020	3,280	3,320	2,400	0	17,360
合計	14,291	0	0	0	0	0	0	24,000	62,000	33,790	34,180	24,750	0	178,720

出典: Pandam 調査報告書

8.6.2 養魚用水

1) 養魚池の数量調査

SIDN 地区における養魚池の数量、面積および容量は表 R 8.6.1 3 に示すとおりである。

表 R 8.6.1 3 養魚池の数量調査

灌漑地区 (Reach)	開発 ユニット	貯水池数	総貯水池面積 (ha)	総貯水池容量 (MCM)
Fumanat (R54)	F1	190	287.5	5.75
	F2	32	269.5	5.39
	F3	4	21.2	0.42
	F4	5	18.4	0.37
	F5	1	13.6	0.27
	小計	232	610.2	12.20
Central Gilan (R53)	G1	4	126.2	2.52
	G2	0	0.0	0.00
	G3	0	0.0	0.00
	G4	71	91.2	1.82
	G5	6	52.5	1.06
	G6	205	2,197.1	43.90
	G7	11	69.0	1.38
小計	297	2,536.0	50.68	
East Gilan (R55)	D1	0	0.0	0.00
	D2	0	0.0	0.00
	D3	0	0.0	0.00
	D4	0	0.0	0.00
	D5	1	311.4	6.23
小計	1	311.4	6.23	
合計		530	3,457.6	69.11

出典: Pandam 調査報告書/ Vol.4

2) 養魚池の単位用水量

Mahab Ghodss 報告書より、養魚池の月別単位用水量(m³/ha)を整理すると表 R 8.6.1 4 に示すとおりである。

表 R 8.6.1 4 養魚池の月別単位用水量 (m³/ha)

項目	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	合計
1. 蒸発量	-	1,000	1,640	1,520	1,400	1,100	720	460	360	330	370	-	8,900
2. 漏水量	-	750	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	-	14,250
3. 貯水池注水量	-	10,000	12,000	0	0	0	0	0	0	0	0	-	22,000
合計	2,257	11,750	15,140	3,020	2,900	2,600	2,220	1,960	1,860	1,830	1,870	2,258	49,665

出典: Mahab Ghodss Report/ Table4-14

3) 養魚用水需要量

上記の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R 8.6.15のとおりである。

表R 8.6.15 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

8.6.3 水道用水

インテリムレポートでは都市用水の全ての水源は河川水と想定していたが、表R 8.6.16に示すように、Sangar 浄水場から供給される都市以外は地下水を利用している。

表R 8.6.16 ギラン州の都市用水の水源

No.	都市名	Mahab Ghodss社の人口予測					Reach 番号	サブブ ーン	水源
		2006	2016	2026	2031	2036			
現在Sangar浄水場から供給されている都市									
1	Rasht	495,181	585,527	687,266	734,068	797,900	R53	E-1	Sangar浄水場 (河川水)
2	Bandar Anzali	116,809	138,121	162,121	173,096	188,148	R53	E-1	
3	Astaneh	39,659	46,895	55,044	58,770	63,880	R55	E-1	
4	Lahijan	62,968	74,457	87,394	93,311	101,425	R55	E-1	
5	Langroud	67,114	79,360	93,149	99,455	108,103	R55	E-1	
6	Kiashahr	16,752	19,809	22,251	24,824	26,983	R55	E-1	
7	Khomam	10,176	12,032	14,123	15,080	16,391	R53	E-1	
8	Siahkol	6,075	19,008	22,311	23,822	25,893	R57	E-4	
	小計	814,734	975,209	1,143,659	1,222,425	1,328,723			
現在は個別に地下水を水源としているがSangar浄水場拡張計画が完了するとSangar浄水場から供給される都市									
1	Khoshkebijar	8,001	9,460	11,104	11,856	12,887	R53	E-1	深井戸
2	Lasht Nesha	12,784	15,116	17,743	18,944	20,591	R53	E-1	深井戸
3	Kochesfahan	10,093	11,934	14,008	14,956	16,257	R53	E-1	深井戸
4	Sangar	8,229	9,731	11,422	12,196	13,256	R53	E-1	深井戸
5	Komleh	6,779	8,015	9,408	10,045	10,919	R57	E-4	深井戸
	小計	45,886	54,256	63,685	67,997	73,910			
その他調査対象地域に含まれる都市									
1	Some Sara	34,847	41,205	48,364	51,639	56,129	R54	E-1	深井戸
2	Fooman	37,150	43,928	51,561	55,051	59,838	R54	E-1	深井戸
3	Roudsar	40,548	47,946	56,277	60,087	65,312	R57	E-4	Spring
4	Rezvanshahr	10,520	12,439	14,600	15,588	16,944	R54	E-1	深井戸
5	Masal	18,612	22,008	25,832	27,581	29,979	R56	E-1	深井戸
6	Shaft	5,970	7,059	8,286	8,848	9,617	R54	E-1	深井戸
7	Masoleh	785	929	1,090	1,164	1,265	R56	E-3	Spring
8	Amlash	16,903	19,987	23,460	25,048	27,226	R57	E-4	井戸/Spring
9	Roudbar	14,109	16,683	19,582	20,908	22,726	R21	E-2	深井戸
10	Manjil	17,399	20,574	24,149	25,784	28,026	R21	E-2	深井戸
11	Loshan	16,376	19,364	22,729	24,268	26,378	R21	E-2	深井戸
	小計	213,219	252,122	295,930	315,965	343,440			
調査対象地域外の都市									
2	Astara	36,350	42,982	50,450	53,866	58,550			地区外
3	Hashtpar	69,875	47,150	55,343	59,089	64,227			
4	Parehsar	8,317	9,835	11,544	12,325	13,397			
4	Parehsar	8,317	9,835	11,544	12,325	13,397			
25	Kalachai	16,504	19,516	22,907	24,457	26,584			
26	Vajargah	7,357	8,699	10,211	10,902	11,850			
27	Rahimabad	9,633	11,391	13,370	14,275	15,516			
28	Chaboksar	12,619	14,921	17,514	18,700	20,326			

また、ギラン州 RWC で収集した都市給水対象人口、給水量は表R 8.6.17に示すとおりである。2006年人口に差異があるのは、表R 8.6.16は1998年の人口センサスからに推定しているのに対し、表R 8.6.17は2006年人口センサス結果を引用しているためである。

表R 8.6.17 ギラン州の都市人口と Sangar 浄水場の給水計画量

区分	No.	都市名	全人口 (A)	Sangar 浄水場 の受益人口	給水率 (%)	配水量 (m ³)	給水原単位 (lpcd)	参考 Mahab Ghodss 報告書の 2006年予測人口 (B)	人口予測誤差 (%) ((A-B)/A)*100
JICA調査 対象地域内	1	Anzali	110,643	108,651	98.2	7,121,946	179.6	116,809	-5.57
	2	Rezvanshahr	12,453	12,079	97.0	1,117,645	253.5	10,520	15.52
	3	Somesara	37,437	36,276	96.9	3,434,750	259.4	34,847	6.92
	4	Rasht	557,366	555,694	99.7	51,334,525	253.1	495,181	11.16
	5	Kochesfahan	8,402	8,066	96.0	767,837	260.8	10,093	-20.13
	6	Sangar	6,404	6,154	96.1	614,310	273.5	8,229	-28.50
	7	Lashtenesha	10,876	10,474	96.3	1,072,234	280.5	12,784	-17.54
	8	Khoshkebijar	7,485	7,201	96.2	418,840	159.4	8,001	-6.89
	9	Khomam	12,909	12,406	96.1	940,601	207.7	10,176	21.17
	10	Rudsar	35,338	34,667	98.1	3,514,001	277.7	40,548	-14.74
	11	Rudbar	11,558	11,281	97.6	1,324,551	321.7	14,109	-22.07
	12	Lowshan	14,606	14,285	97.8	1,436,741	275.6	16,376	-12.12
	13	Manjil	17,179	16,973	98.8	1,854,495	299.3	17,399	-1.28
	14	Siyahkal	15,658	15,345	98.0	1,417,239	253.0	6,075	61.20
	15	Shaft	6,163	5,916	96.0	48,440	22.4	5,970	3.13
	16	Astaneh	36,363	35,527	97.7	3,116,099	240.3	39,659	-9.06
	17	Kiyashahr	13,772	13,345	96.9	812,343	166.8	16,752	-21.64
	18	Amlash	15,079	14,566	96.6	1,466,117	275.8	16,903	-12.10
	19	Masal	11,021	10,712	97.2	1,109,103	283.7	18,612	-68.88
	20	Lahijan	74,623	73,429	98.4	5,759,210	214.9	62,968	15.62
	21	Langerud	68,362	67,063	98.1	5,171,777	211.3	67,114	1.83
	22	Komleh	5,713	5,462	95.6	607,154	304.5	6,779	-18.66
	23	Fuman	28,014	27,146	96.9	2,325,106	234.7	37,150	-32.61
	24	Masuleh	559	547	97.9	107,657	539.2	785	-40.43
小計			1,117,983	1,103,265		96,892,721	240.6	1,073,839	3.95
JICA調査 対象地域外	25	Astara	41,062	39,953	97.3	4,674,798	320.6		
	26	Lavandil	6,372	6,130	96.2	212,066	94.8		
	27	Talesh	41,658	40,408	97.0	3,613,893	245.0		
	28	Asalem	9,277	8,943	96.4	208,891	64.0		
	29	Lisar	2,610	2,511	96.2	252,347	275.3		
	30	Havigh	2,612	2,510	96.1	124,295	135.7		
	31	Parehsar	7,893	7,633	96.7	868,621	311.8		
	32	Gurabzarmikh	4,191	4,049	96.6	184,601	124.9		
	33	Tolamshahr	6,804	6,586	96.8	519,140	216.0		
	34	Chaboksar	7,915	7,693	97.2	407,259	145.0		
	35	Rahimabad	7,007	6,755	96.4	893,127	362.2		
	36	Kalachay	11,315	10,896	96.3	1,331,900	334.9		
	37	Vajargah	2,977	2,861	96.1	361,810	346.5		
	38	Barehsar	1,659	1,604	96.7	91,720	156.7		
	39	Rustamabad	12,110	11,735	96.9	1,275,444	297.8		
	40	Jirandeh	2,792	2,700	96.7	310,478	315.0		
	41	Totkabon	1,671	1,609	96.3	200,715	341.8		
	42	Deylaman	1,455	1,426	98.0	159,908	307.2		
	43	Ahmadsargurab	2,278	2,182	95.8	181,231	227.6		
	44	Rankoh	964	921	95.5	167,900	499.5		
	45	Shanderman	3,974	3,847	96.8	319,328	227.4		
	46	Rudbaneh	3,594	3,472	96.6	162,517	128.2		
	47	Shalman	5,655	5,474	96.8	486,801	243.6		
	48	Otaghur	1,542	1,479	95.9	87,640	162.3		
小計			189,387	183,377	96.8	17,096,430	255.4		
合計			1,307,370	1,286,642		113,989,151	242.7		

出典: Gilan RWC

その他、ギラン州 RWC および都市用水供給公社(UWWC)で確認された情報は、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 浄水場は現在表R 8.6.16 に示すように 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は35%である。
- Mahab Ghodss 社の人口予測は下請けコンサルにより実施されており、信憑性が低いとのことである。表R 8.6.17のようにギラン州のJICA調査対象地域内で約4%の誤差が出ている。

8.6.4 工業用水

ギラン州 RWC に確認したところ、工業用水に水道水は使用されておらず、使用者が RWC に井戸および河川水使用の認可を得て使用しているとのことである。工業地域、水源、使用量などに関する情報は得ることができなかった。

8.7 ギラン州シミュレーションモデルの構築

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。本章においては、SIDN 地域をモデルに組み込むまでの過程およびキャリブレーション結果について説明する。

8.7.1 小流域Rとギラン州ローカル河川の追加

Manjil ダム下流の小流域 R 区分は、R19、R23、R53、R62 のみであったが、SIDN 地域の解析を実施するために図R 8.7.1のように、新たに R54、R56、R57 の3つの小流域 R を加えた。また、SIDN 地域の形に合わせて、R53 および R19 流域も新たに境界を切りなおしている。

また、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。



図R 8.7.1 ギラン州における小流域Rおよび主要河川

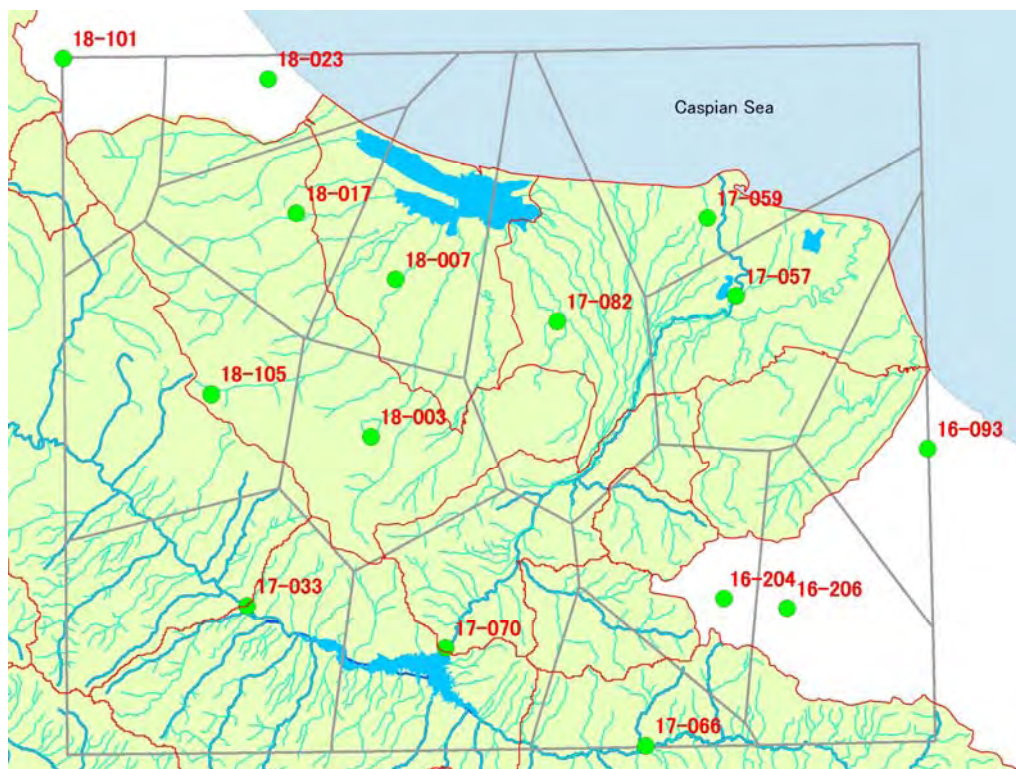
8.7.2 データの追加収集

シミュレーションモデルのデータベースに必要な入力情報としては、主に水文情報、地質情報、土地利用情報が必要である。この中でも、SIDN 地域においては、地質情報と水文情報の一部(蒸発量及び気温)が収集済みであったため、今回は、水文情報(降水量及び流量)と土地利用情報を入手してモデルに入力した。下記に、それら追加情報の内容を記述する。

1) 降水量データとティーセン分割

ギラン州内の降水量の入力においては、欠測補填による誤差を最小にするために、観測期間が長く、シミュレーション対象期間(1975年～2005年)において欠測の少ない観測所を選定した。それらの観測所のNo.および位置は図R 8.7.2の通りである。

なお、分布型モデルである MIKE-SHE の各グリッド(約 2km×2km)に入力する降水量データを作成するために、各観測所の降水の影響範囲をティーセン分割法によって下記のように設定した。このデータを基に対象地域内のギラン州の 30 年間の平均年降水量を MIKE-SHE によって算出したところ約 1,050mm となった。



図R 8.7.2 ティーセン分割法による観測所の影響範囲

2) 流量データ

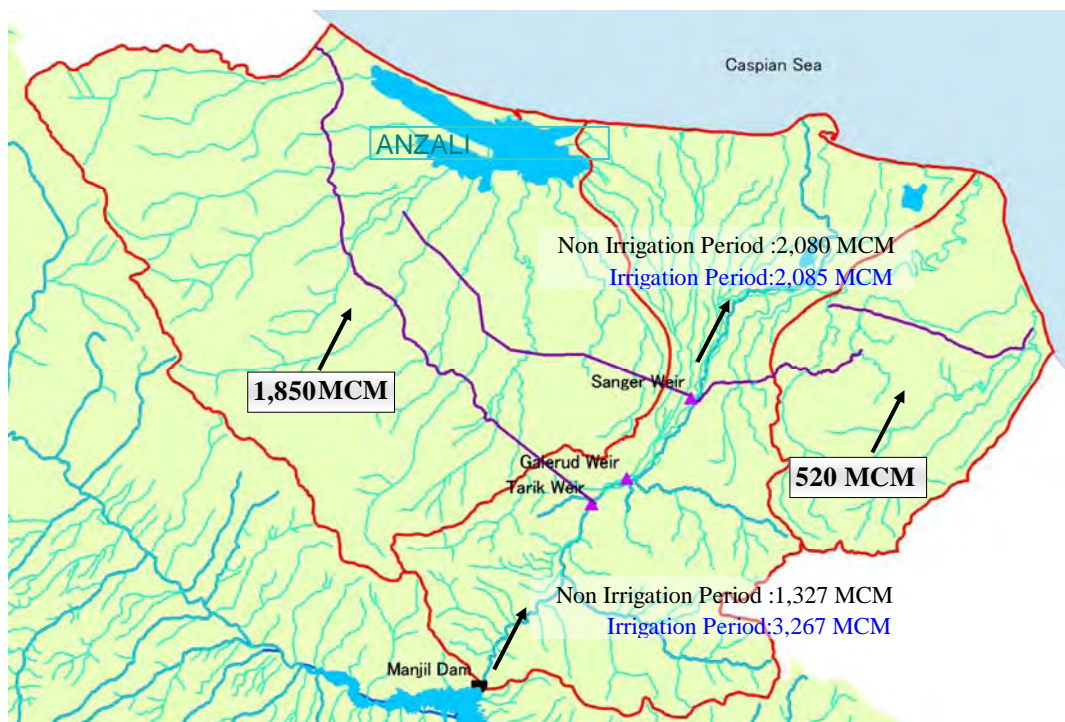
モデルキャリブレーションに必要な各主要河川の流量データに関しては、表R 8.7.1に整理した観測所について収集・整理した。

表R 8.7.1 流量データ収集観測所一覧

地区	コード	河川名	観測所名	集水面積(km ²)
セフィードルード川左岸	18-083	Shakhratz	Laskar	429.3
	18-081	Pasikhan	Nokhaleh	751.2
	18-021	Shafarood	Ponel	344.3
	18-019	Chafroud	Rudbarsara	131.7
	18-095	Bahmber	Aghamahaleh	150.6
	18-067	Morghak	Imamzadeh Shafi	235.7
	18-065	Khalkai	Toskooh	215.9
	18-089	Palangvar	Kalsar	227.0
	18-063	Masulehroudkhan	Kamadol	223.7
	17-053	Siahroud	Behdan	147.2
セフィードルード川右岸	17-055	Nisam/Disam	Pashaky	143.3
	16-063	Shamrud	Golnaran	162.5
	16-099	Langarrudkhan	Anzalimahale	254.0

これら収集した各観測所の流量データから、セフィードルード川の左岸側と右岸側の SIDN 地域における平均年総流出量は図R 8.7.3の通りとなる。

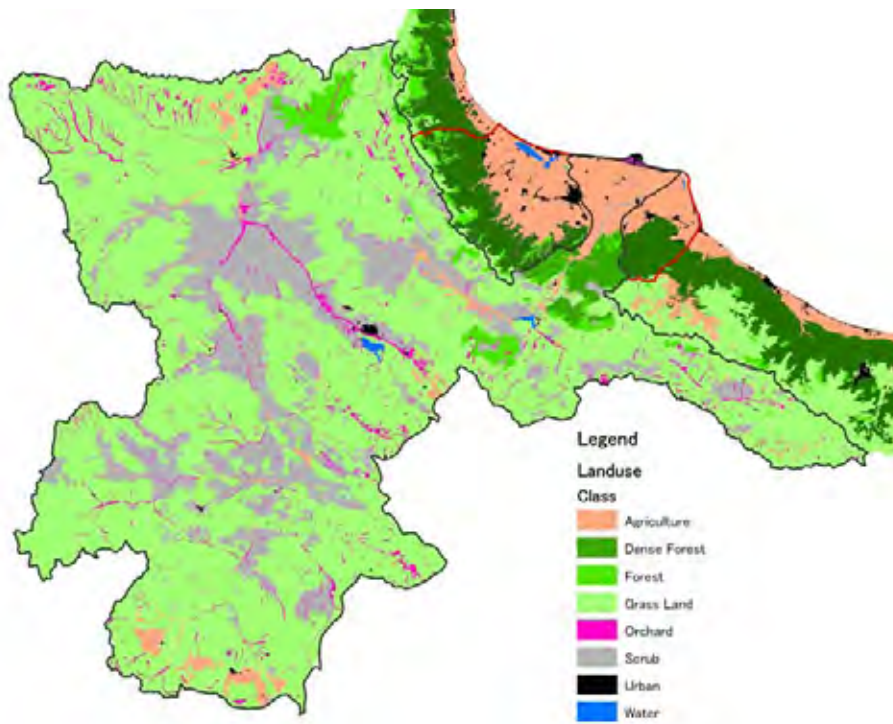
MIKE-SHE および MIKE-BASIN に関するシミュレーションモデルのパラメータについては、これら両サイドの SIDN 地域からの実績の平均年総流出量と計算値の整合をとるように設定している。



図R 8.7.3 SIDN 地域の平均年総流出量

3) 土地利用データ

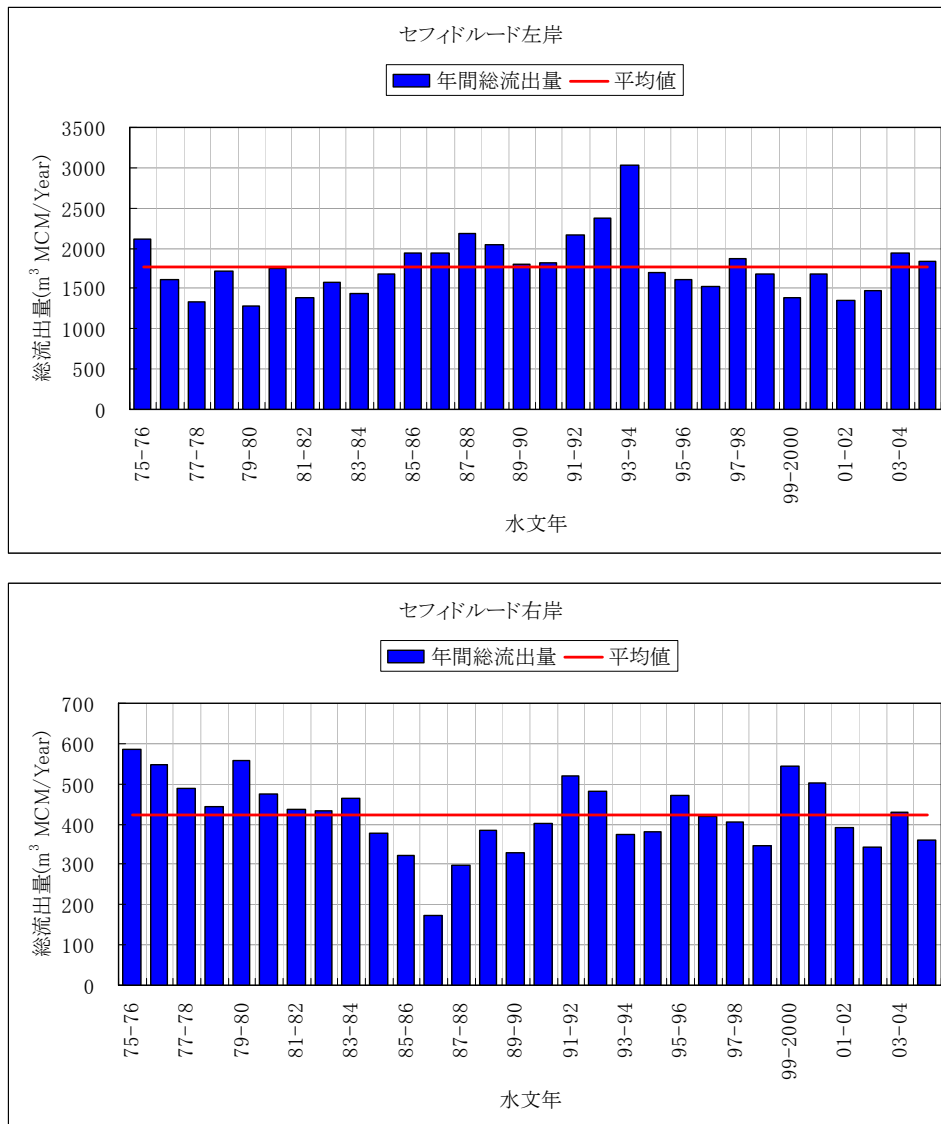
SIDN 地域の土地利用図については、上流域と同様に WRMC を通じて MOJA から収集した。図中の黒実線が以前収集した範囲であり、今回の解析では赤実線のエリアまで拡張した土地利用データを使用している。



図R 8.7.4 土地利用図

8.7.3 キャリブレーション結果

前節までに整理した条件に基づいて、MIKE-SHE によって算出した自然状態の表面流出量および地下水涵養量を MIKE-BASIN によって平均年総流出量を計算したところ、図R 8.7.5 に示すように、9.8.2 節において算定した実績値と概ね整合がとることができた。ギラン州の流量データは、長期観測しているところが少ないため、実績値と計算値について経年的な比較を実施することは困難であるが、上流域に比べて欠測の少ない降雨資料が得られていることや、観測所の分布密度がセフィード全域に比べて高いため、上流域のモデルと同等以上の精度で利水計算を実施できると考えられる。



図R 8.7.5 キャリブレーション結果(計算値)

なお、セフィードルード右岸側のシミュレーションの流出量が実績値と比較して低めに算出されている。このような計算値と実測値のギャップはギラン州における境界条件の設定の複雑さに起因すると考えられる。今後ギラン州の水収支解析の精度を高めるためには、扇状地の扇頂部と扇端部の流量観測を長期間実施し、表流水と伏流水の量を観測した上で、実現象の水流の流れのメカニズムを把握した後に、モデルのパラメータを調整していく必要がある。

第9章 総合水資源管理に向けた検討

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

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。

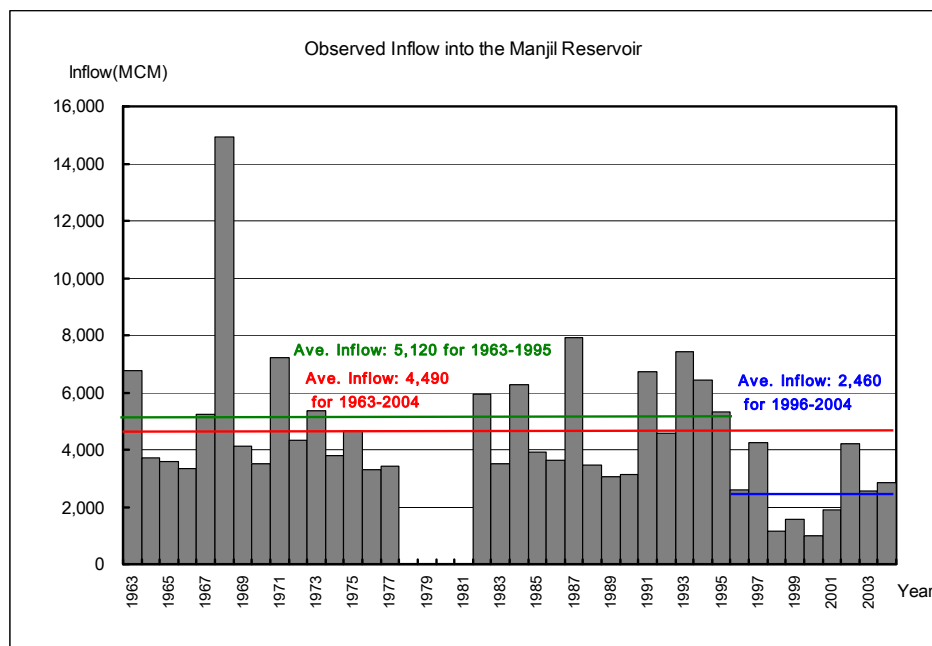
セフィードロード川流域における総合水資源管理を実現するに当たって、まず現在流域が抱える課題を以下に整理し、それを踏まえた総合水資源管理のあるべき姿を以下に述べる。

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、セフィードロ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

セフィードロ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 m^3 /年から近年9年の平均では25億 m^3 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。

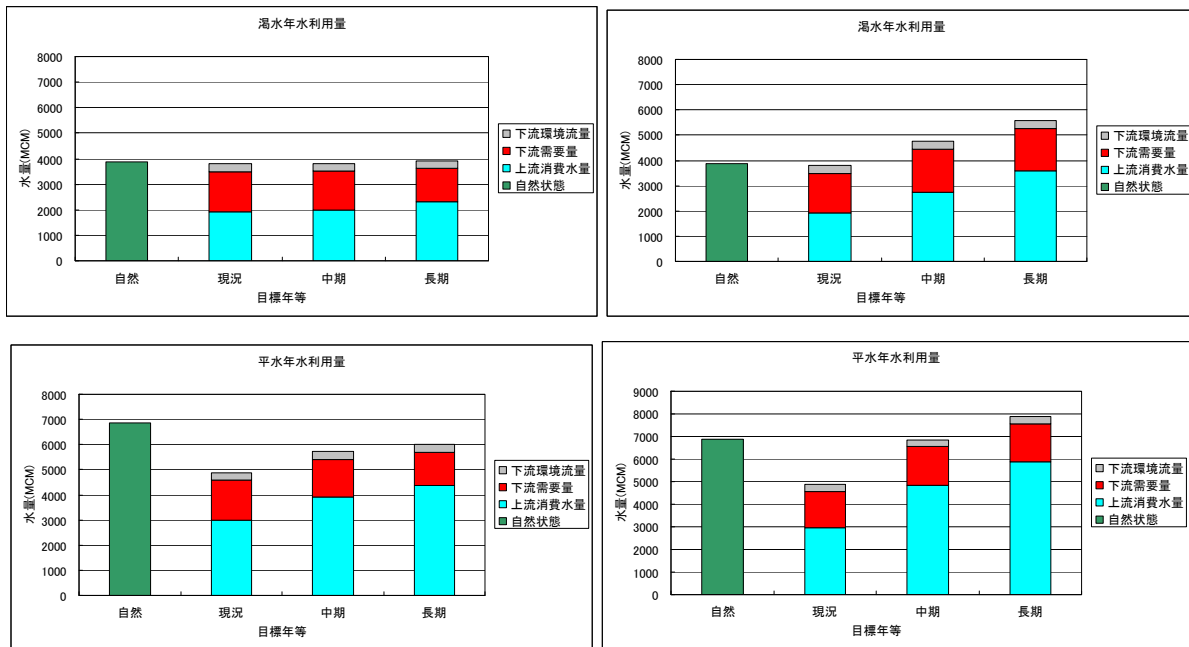


図R 9.1.1 Manjil ダムへの流入量の経年変化

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R 9.1.2 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

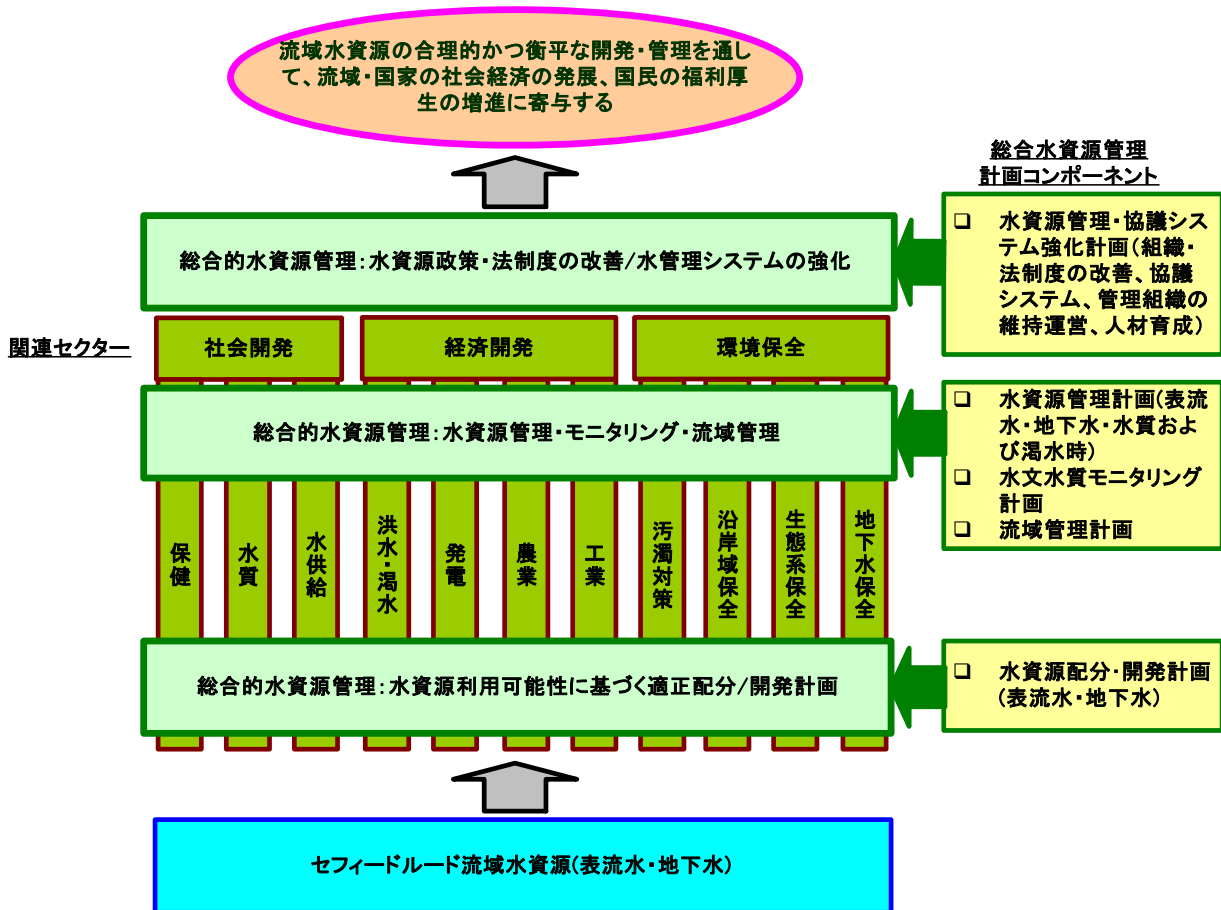
冒頭に述べた総合水資源管理の定義を踏まえ、前節で整理したセフィードロード流域の水資源を取り巻く課題を受けて、以下の基本的な考え方に基づき、あるべき水資源管理を検討するものとする。総合水資源管理を十全に実施するために、次のような主要施策を設定する。これらが相互に作用して、総合的な水資源管理の実現を支援する。

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。

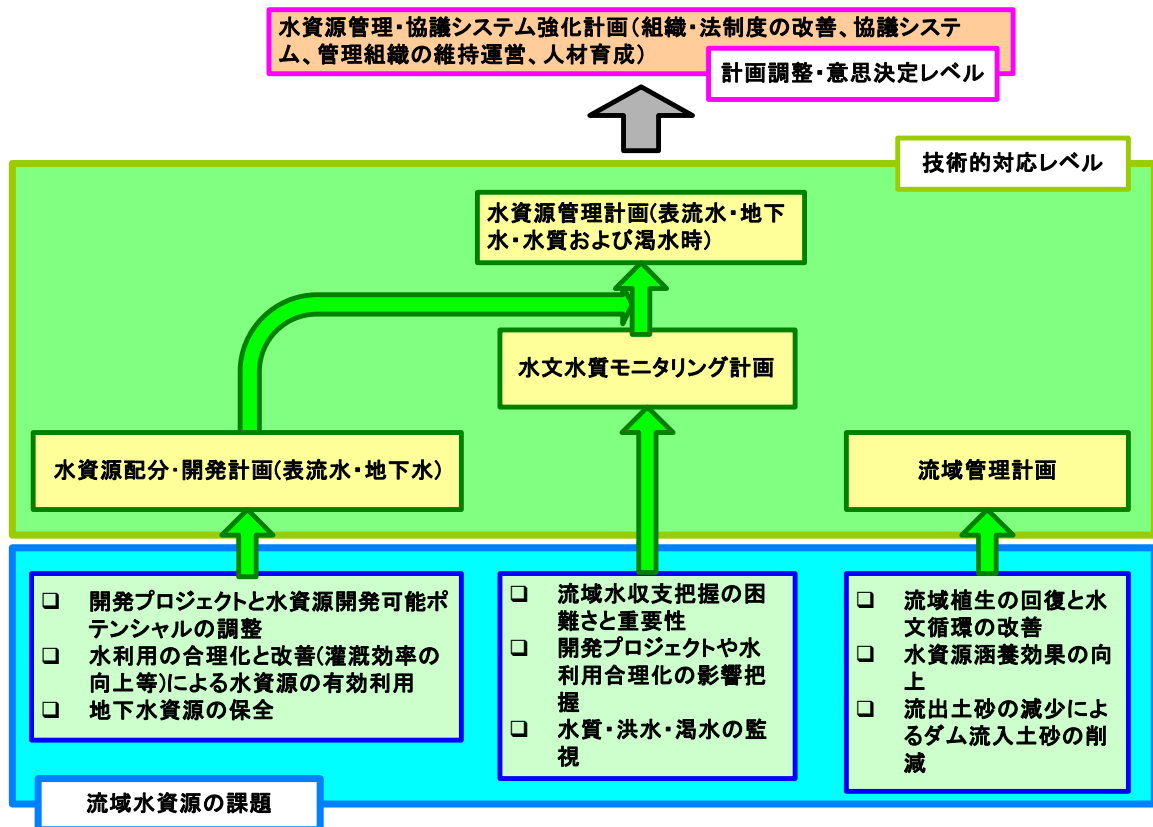


図R 9.1.3 セフィードルード川流域総合水資源管理の概念

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R 9.1.4 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。

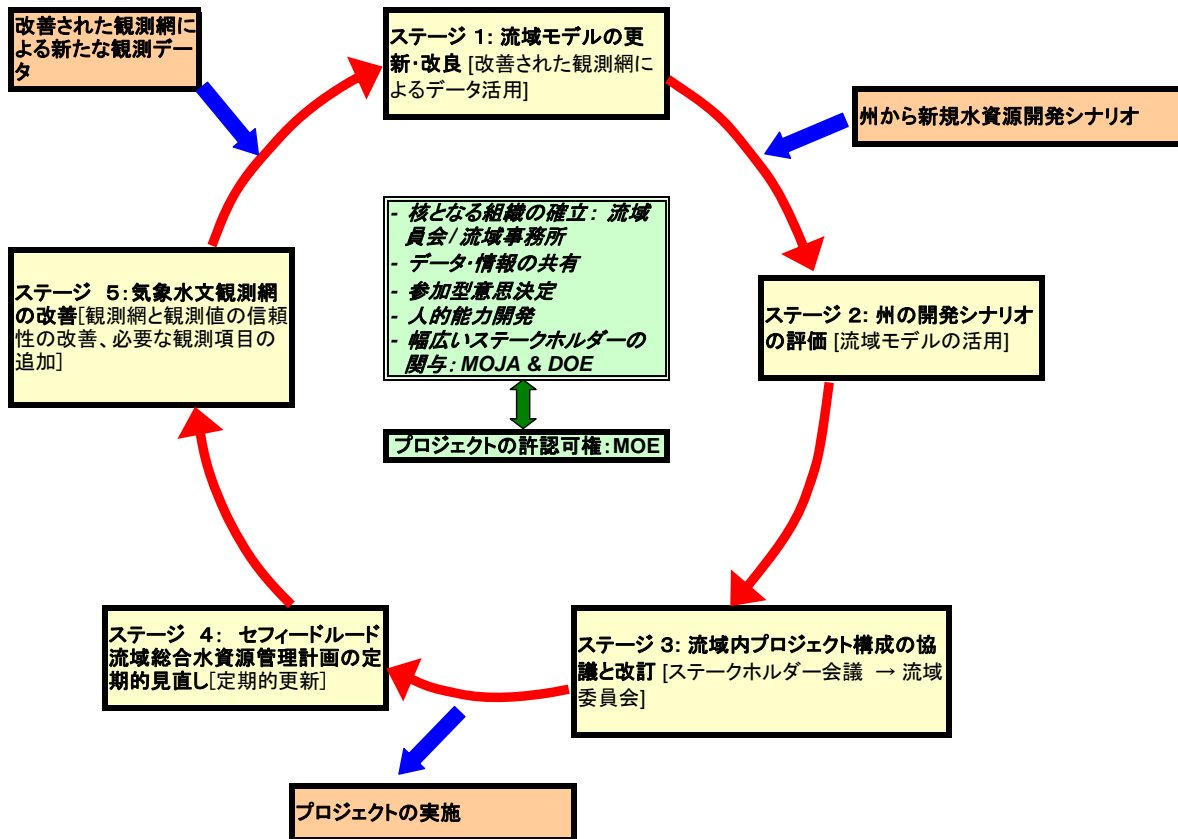
4) 農業用水の管理方針

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R 9.1.5 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。

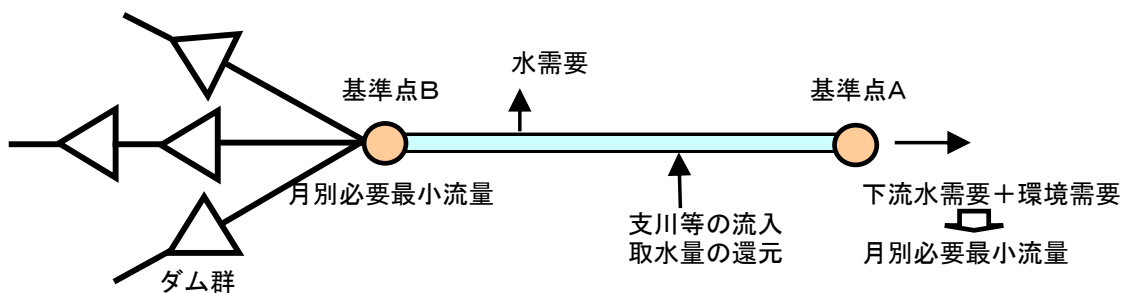
総合水資源管理を進める上での課題

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。
- 本調査における計画ダム群は、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は全て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R 9.1.6 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。

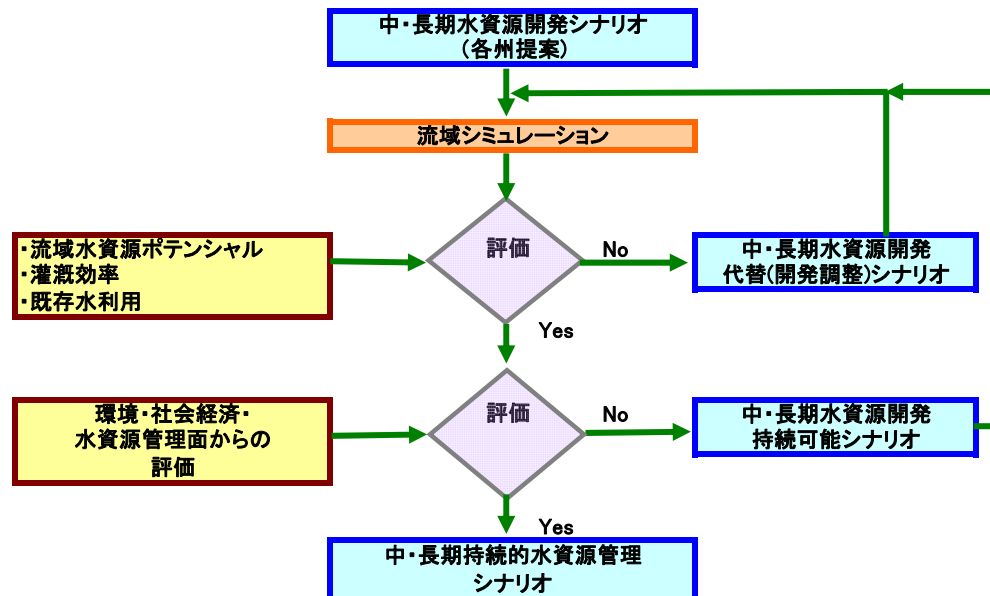
こうした情報の不足によって、ダム計画の個別評価や必要最小流量の設定等をより難しくしているため、次に示すようなアプローチを取らざるを得なかった。

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R 9.1.7 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

各州が提案している中長期水資源開発については、詳細を5章に掲載しているが、本検討で対象とする水資源開発施設としてのダムは、表R 9.2.2のとおりである。ここで、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)がリストアップできる。こうしたダムの一次評価を行ったものが、図R 9.2.1および図R 9.2.2である。

これらを整理すると表R 9.2.1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R 9.2.1に示すとおりである。

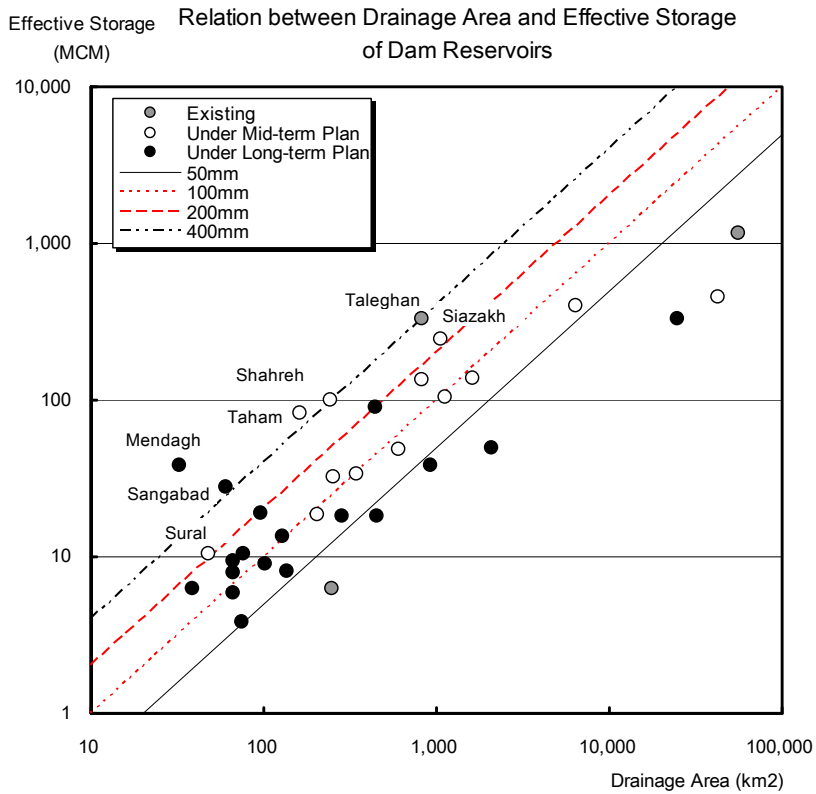
さらに図R 9.2.2に示すように、年平均流出量を上回るダムも半数程度あり、経年貯留タイプのため一概には論じられないが、やはり年流出量に対する貯水効率が低く、なかなか満水を迎えることのできないダムが増えてくると思われる。

表R 9.2.1 水資源開発ダム計画の一次評価

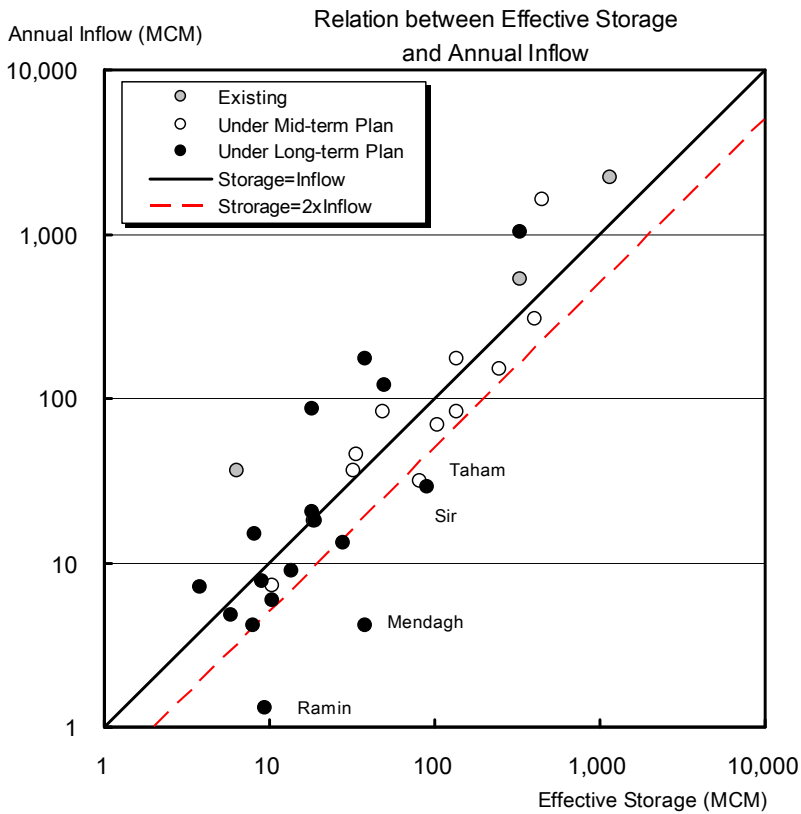
ダム名	ステージ	集水面積から見た有効貯水容量 (相当雨量換算)	年平均流出量から見た有効貯水容量
Taleghan	既設	400mm 相当	
Shahreh	中期	400mm 相当	
Taham	〃	400mm 以上	年流出量を大幅に超過
Siazakh	〃	200-400mm	
Sural	〃	200-400mm	
Mendagh	長期	400mm 以上	年流出量を大幅に超過
Sangabad	〃	400mm 相当	年流出量を大幅に超過
Sir	〃	200mm 相当	年流出量を大幅に超過
Alebdare	〃	200mm 相当	
Ramin	〃		年流出量を大幅に超過

表R 9.2.2 各州の水資源開発ダム計画

建設時期	No.	ダム/貯水池	州名	流域面積 (km ²)	有効貯水容量 (MCM)	ダムへの年平均 均流入量 (MCM)	計画灌漑用 水量(MCM)
現況	1	Manjil	GIL	56,200	1,150.00	2,218.12	1,723.62
	2	Golblagh	KOR	250	6.30	36.09	6.59
	3	Taleghan	THN	828	329.00	531.40	135.00
中期	4	Siazakh	KOR	1,058	245.00	150.50	142.39
	5	Sange siah	KOR	255	32.30	36.49	32.24
	6	Sural	KOR	48	10.50	7.23	8.12
	7	Ostor (Shahriar)	EAZ	42,600	451.00	1,619.44	72.58
	8	Sahand	EAZ	820	135.00	83.79	70.83
	9	Aydughmush	EAZ	1,625	136.60	175.61	138.61
	10	Germichay	EAZ	344	33.80	45.85	37.00
	11	Kalghan	EAZ	203	18.50	18.07	18.12
	12	Golabar	ZAN	1,131	105.00	68.81	57.54
	13	Taham	ZAN	161	82.00	31.37	57.54
	14	Talvar	ZAN	6,441	403.40	307.92	190.47
	15	Givi	ARD	600	48.86	83.00	83.86
	16	Bijar	GIL	242	99.40	73.25	0.00
	長期	17	Hasankhan	KOR	2,487	17.50	59.93
18		Aleh dare	KOR	96	19.00	17.90	20.05
19		Zardekamar	KOR	2,075	50.00	120.06	48.54
20		Sir	KOR	444	90.00	28.94	62.70
21		Chasb	ZAN	135	8.10	15.05	10.35
22		Mendagh	ZAN	33	38.00	4.12	0.44
23		Alan	HAM	67	5.85	4.80	3.29
24		Sheikh Besharat	KOR	451	18.00	85.71	12.35
25		Babakhan	KOR	924	38.20	175.90	49.39
26		Songhor	ZAN	102	9.05	7.71	8.45
27		Ghezel Tapeh	ZAN	75	3.80	7.14	4.43
28		Mehtar	ZAN	128	13.60	8.98	7.68
29		Ramin	ZAN	67	9.40	1.30	2.01
30		Mushampa	ZAN	24,860	328.00	1,029.38	323.19
31		Sangabad	ARD	61	27.96	13.25	24.18
32		Tabrizak	ARD	66	7.90	4.16	6.52
33		Niakhoram	ARD	76	10.33	5.94	9.78
34		Befrajerd	ARD	39	6.30	1.88	0.00
35	Khoresh Rostam	ARD	88	42.00	3.86	55.42	
36	Burmanak	QAZ	282	18.31	20.33	29.53	



図R 9.2.1 ダム集水面積と有効貯水容量の関係



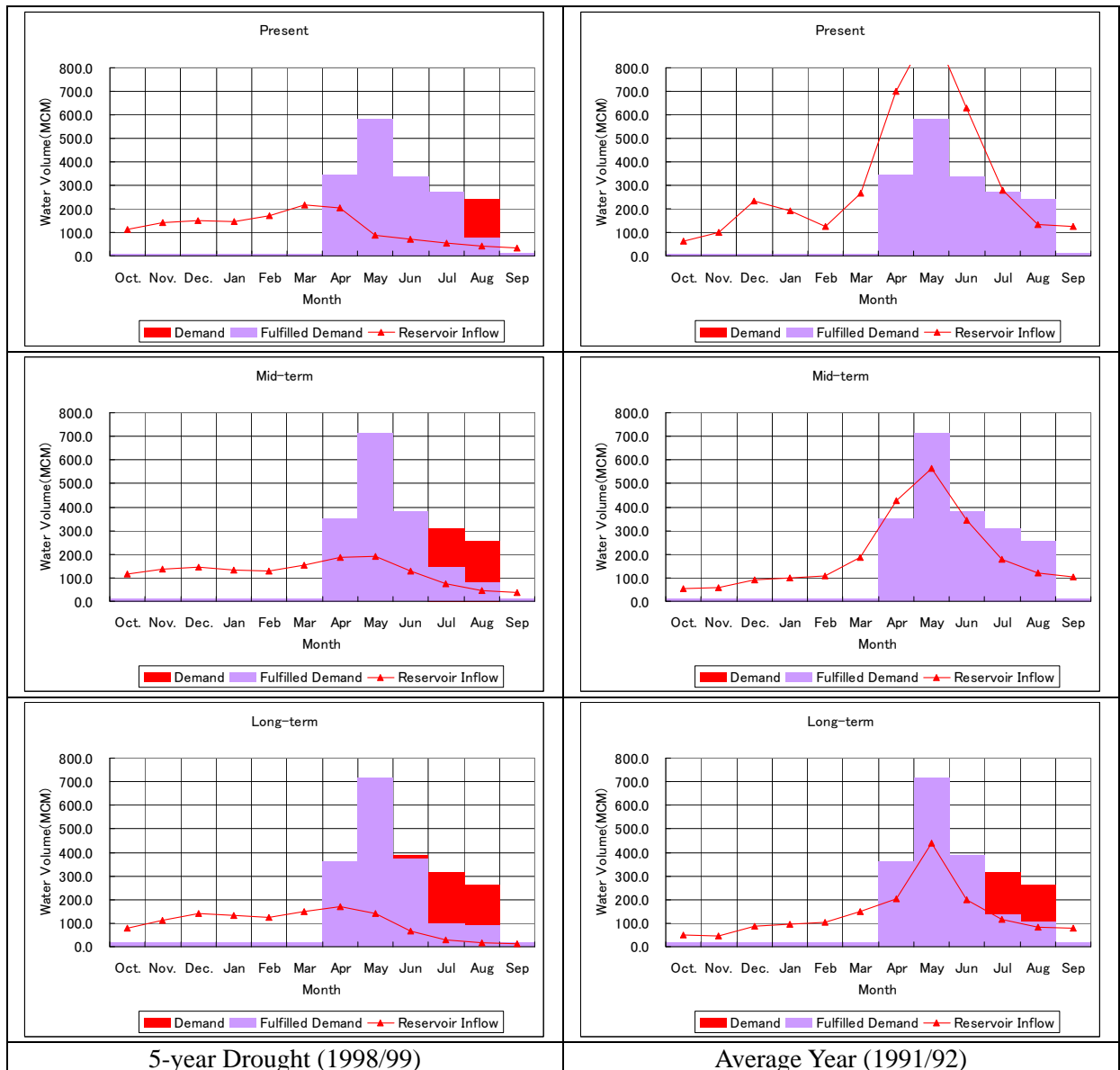
図R 9.2.2 有効貯水容量と年平均流出量との関係

9.2.2 中長期水資源開発シナリオ検討

本節では、図R 9.1.7に示したような評価手順を取るものとする。また、条件は9.2.1に示したとおりである。まずシナリオ評価は、基準点をManjilダムとして、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第1の評価基準とする。

1) 第1シナリオ：伝統的灌漑区域の灌漑効率の改善を実施せずに、各州提案による中長期水資源開発計画を実施した場合の評価

検討の第1ステップとして、各州提案の水資源開発計画に沿って、それぞれのダムがダム掛りの水需要を満たすように運用し、仮設的な構造物で河川から取水し、土水路を經由して圃場に配水する伝統的灌漑区域の灌漑効率の改善を実施しない場合のシミュレーションを行った。この結果を、整理したものが図R 9.2.3である。



図R 9.2.3 各州提案による中長期水資源開発(灌漑効率改善無し)シナリオの評価結果(マンジルダム地点)

シミュレーション結果をもとに、この基本的なシナリオが、Manjil ダム下流の水需要に対して、どの程度充足するかを示したものが表R 9.2.3である。

表R 9.2.3 Manjil ダム下流の水需要量の充足状況

時点	5年渇水年	平水年
現況	90.9 %	100.0 %
中期計画	83.0 %	100.0 %
長期計画	80.3 %	83.3 %

表R 9.2.3に示すように、伝統的灌漑区域の灌漑効率を向上させなくても、Manjil ダム下流の水需要に対して、かなりの充足状況を示している。いっぽう、上流の伝統的灌漑区域の灌漑需要に対する充足率をゾーン、サブゾーン毎に上記3時点で算出したものが図R 9.2.4である。

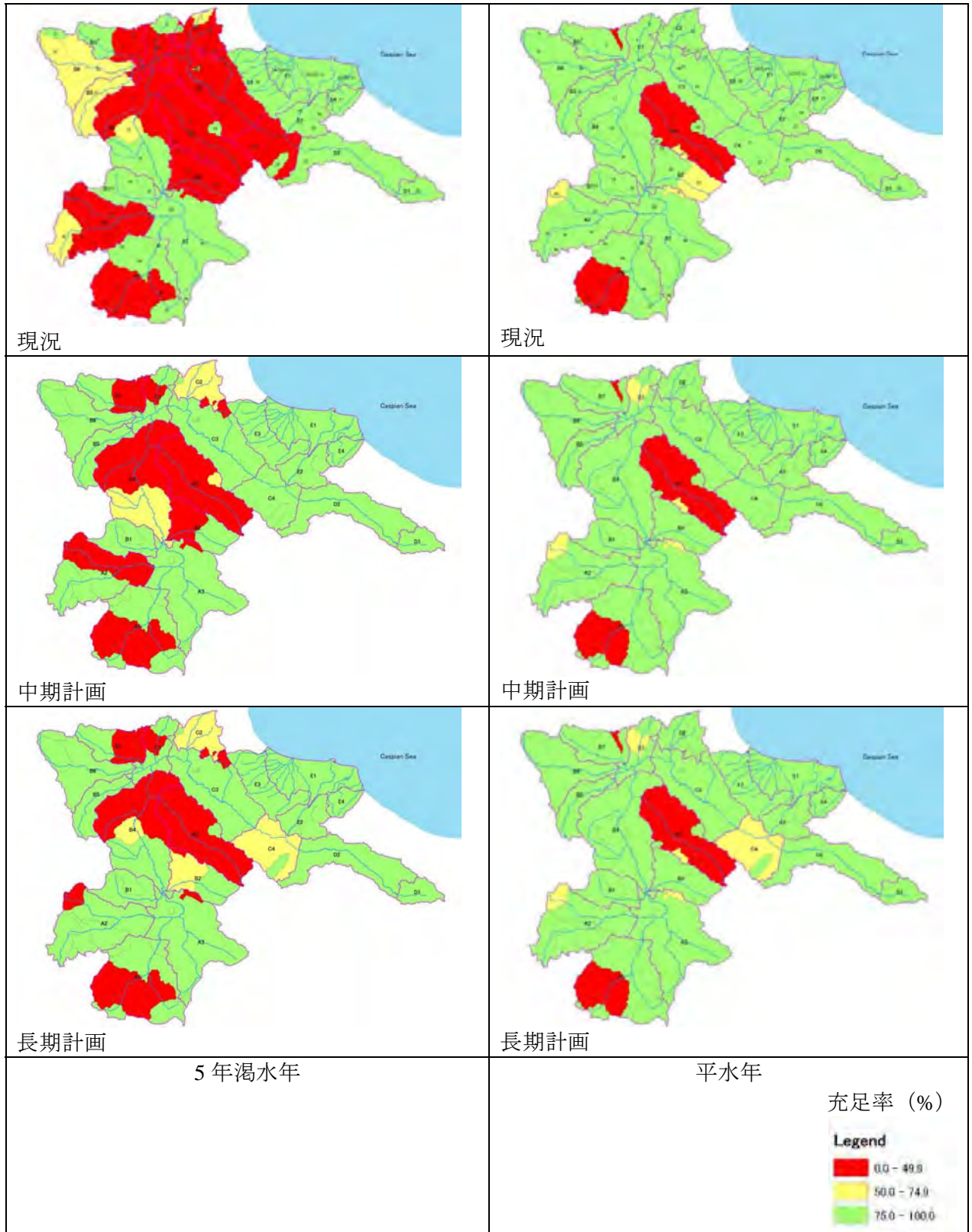
表R 9.2.4 Manjil ダム上流の伝統的灌漑区域の水需要量の充足状況

(単位：%)

ゾーン	サブゾーン	5年渇水年			平水年		
		現況	中期	長期	現況	中期	長期
A	A-1	57.1	72.4	72.4	74.4	79.3	79.3
	A-2	31.7	76.6	85.3	92.6	93.9	94.2
	A-3	80.7	80.7	80.7	92.2	92.2	92.2
	小計	57.8	76.4	79.0	85.8	88.0	88.0
B	B-1	91.9	91.9	91.9	100.0	100.0	100.0
	B-2	28.4	60.6	64.2	80.9	94.5	94.6
	B-3	37.0	35.1	37.1	67.9	66.5	66.2
	B-4	59.2	47.3	64.8	99.0	100.0	99.2
	B-5	73.7	89.6	95.5	100.0	100.0	100.0
	B-6	73.0	87.5	87.1	100.0	100.0	100.0
	B-7	47.1	47.1	47.1	61.5	61.5	61.5
小計	56.1	59.1	65.3	87.5	89.0	88.7	
C	C-1	52.6	74.7	77.4	93.7	90.9	91.1
	C-2	49.4	59.8	60.5	97.3	97.3	97.7
	C-3	56.5	75.5	74.6	94.1	94.1	94.1
	C-4	69.9	90.3	75.2	100.0	100.0	79.8
	小計	58.0	76.4	72.9	96.0	95.6	90.7
D	D-1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	D-2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	小計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
上流域平均		60.8	71.5	74.1	89.7	90.9	89.9

表R 9.2.4に示すように、現況のまま灌漑効率の改善の努力を行わず、現況のまま推移すると上流側の伝統的灌漑区域の充足率は、Manjil ダム下流の灌漑区域の充足率をはるかに下回る結果となる。したがって、ダム開発のみならず、灌漑効率の改善による水利用の効率化を考慮した場合の評価を次に行う。

なお、上流の灌漑効率が、現況、中期、長期にかけて、同等か、改善方向に向かっているが、この理由は、伝統的灌漑エリア(灌漑効率0.33)の一部が、ダム掛りのエリア(灌漑効率0.6)に転換されたためである。農地の面積の推移については、表R 6.1.9を参照されたい。



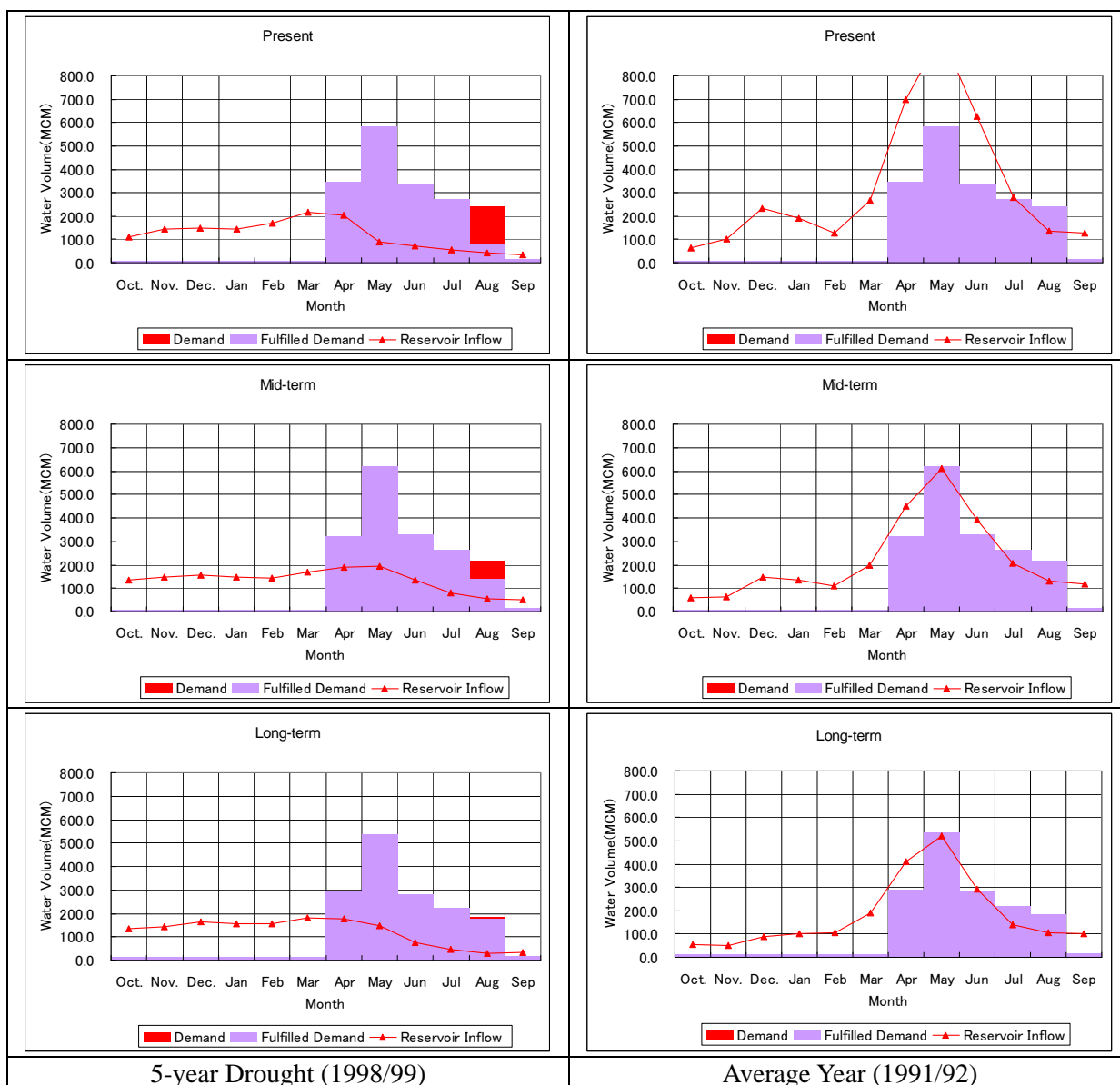
図R 9.2.4 伝統的灌漑区域における灌漑需要の充足状況(灌漑効率改善無し)

2) 第2シナリオ：伝統的灌漑区域の灌漑効率を WRMC の想定に沿って改善し、各州提案による中長期水資源開発計画を実施した場合の評価

次に当初 WRMC の指導の下に想定した次表のような灌漑効率の改善方針に沿って、灌漑効率を改善した場合の水需給状況を検討する。1)と同様に Manjil ダム下流の充足状況を図R 9.2.5に示す。

表R 9.2.5 灌漑効率の改善設定

時点	上流伝統的灌漑区域		ギラン州 SIDN	
	現状	改善計画	現状	改善計画
現況(2007)	0.33	0.33	0.42	0.42
中期(2016)		0.40		0.48
長期(2031)		0.50		0.55



図R 9.2.5 各州提案による中長期水資源開発(灌漑効率改善有り: WRMC 提案)シナリオの評価結果

シミュレーション結果をもとに、この灌漑効率改善シナリオが、Manjil ダム下流の水需要に対して、どの程度充足するかを示したものが表R 9.2.6である。

表R 9.2.6 Manjil ダム下流の水需要量の充足状況

時点	5年渇水年	平水年
現況	90.9 %	100.0 %
中期計画	95.6 %	100.0 %
長期計画	99.4 %	100.0 %

上表に示すように、伝統的灌漑区域および SIDN の灌漑効率を向上させると、Manjil ダム下流の水需要を、中期長期においては、ほとんど 100% 近く充足することを示している。いっぽう、伝統的灌漑区域の灌漑需要に対する充足率を上記 3 時点で算出したものが図 R 9.2.6 である。

さらに、この上流の伝統的灌漑区域の充足率をゾーン、サブゾーン毎に整理したのが表 R 9.2.7 である。

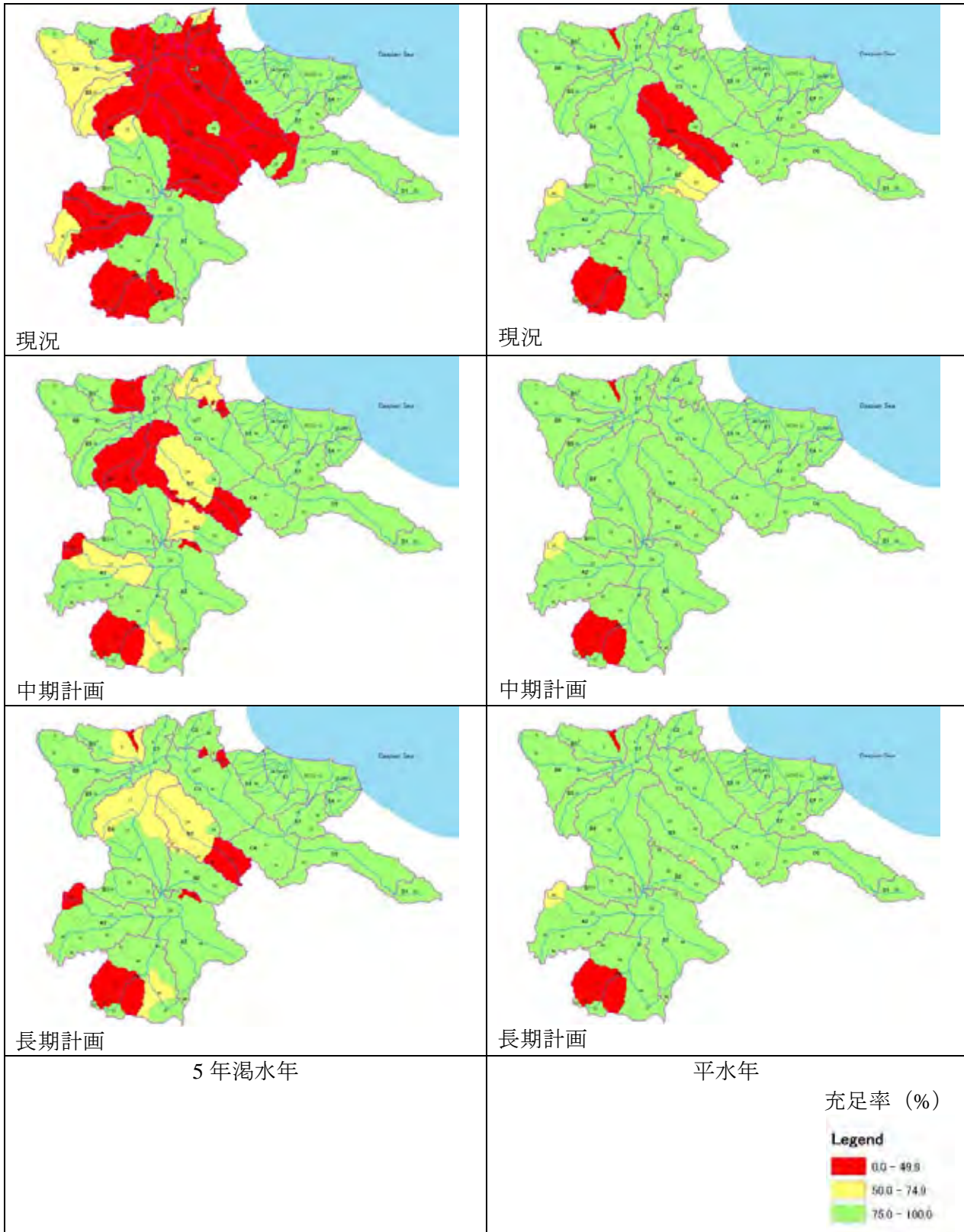
表R 9.2.7 Manjil ダム上流の伝統的灌漑区域の水需要量の充足状況

(単位：%)

ゾーン	サブゾーン	5年渇水年			平水年		
		現況	中期	長期	現況	中期	長期
A	A-1	57.1	78.3	78.9	74.4	81.6	84.4
	A-2	31.7	77.6	85.9	92.6	94.5	95.5
	A-3	80.7	81.4	82.2	92.2	94.2	94.5
	小計	57.8	79.2	82.1	85.8	89.7	91.1
B	B-1	91.9	95.7	99.2	100.0	100.0	100.0
	B-2	28.4	72.5	84.0	80.9	99.1	100.0
	B-3	37.0	50.5	58.6	67.9	91.4	95.2
	B-4	59.2	62.7	89.7	99.0	100.0	100.0
	B-5	73.7	97.2	100.0	100.0	100.0	100.0
	B-6	73.0	96.3	98.8	100.0	100.0	100.0
	B-7	47.1	52.1	57.9	61.5	67.1	73.0
	小計	56.1	70.6	82.7	87.5	95.0	96.5
C	C-1	52.6	97.1	100.0	93.7	100.0	100.0
	C-2	49.4	70.6	77.4	97.3	99.4	100.0
	C-3	56.5	78.1	82.1	94.1	94.8	95.6
	C-4	69.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	小計	58.0	85.2	88.5	96.0	97.6	98.1
D	D-1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	D-2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	小計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
上流域平均		60.8	78.7	85.2	89.7	94.3	95.4

表R 9.2.7 に示すように、灌漑効率をほぼ最大限の努力を持って改善した場合、上流側の伝統的灌漑区域の充足率は、Manjil ダム下流の灌漑区域の充足率を下回るが、長期に向けて大きく改善されることが分かる。しかし、ローカルコンサルテーションによれば、各州および担当部局によって、灌漑効率の改善の可能性に対する見通しは大きく異なっている。

各州からは目標値が出されていない現状を考えると、この灌漑効率の改善についての将来的な想定を行うのは極めて難しい。そこで、これまで検討した改善なしと最大限の改善努力の 2 案の中間案を次に検討する。



図R 9.2.6 伝統的灌漑区域における灌漑需要の充足状況（WRMCの指導に沿った灌漑効率改善）

3) 第3シナリオ：伝統的灌漑区域の灌漑効率を WRMC の想定および現状と比較し、その中間的な改善を行い、各州提案による中長期水資源開発計画を実施した場合の評価

灌漑効率の改善程度を WRMC の想定と現状の中間的な灌漑効率によって改善した場合の水需給状況を検討する。1)、2)と同様に Manjil ダム下流の充足状況を図 R 9.2.7 に示す。

表 R 9.2.8 灌漑効率の改善設定

時点	上流伝統的灌漑区域		ギラン州 SIDN	
	WRMC 改善計画	中間的改善計画	WRMC 改善計画	中間的改善計画
現況(2007)	0.33	0.33	0.42	0.42
中期(2016)	0.40	0.37	0.48	0.45
長期(2031)	0.50	0.44	0.55	0.51

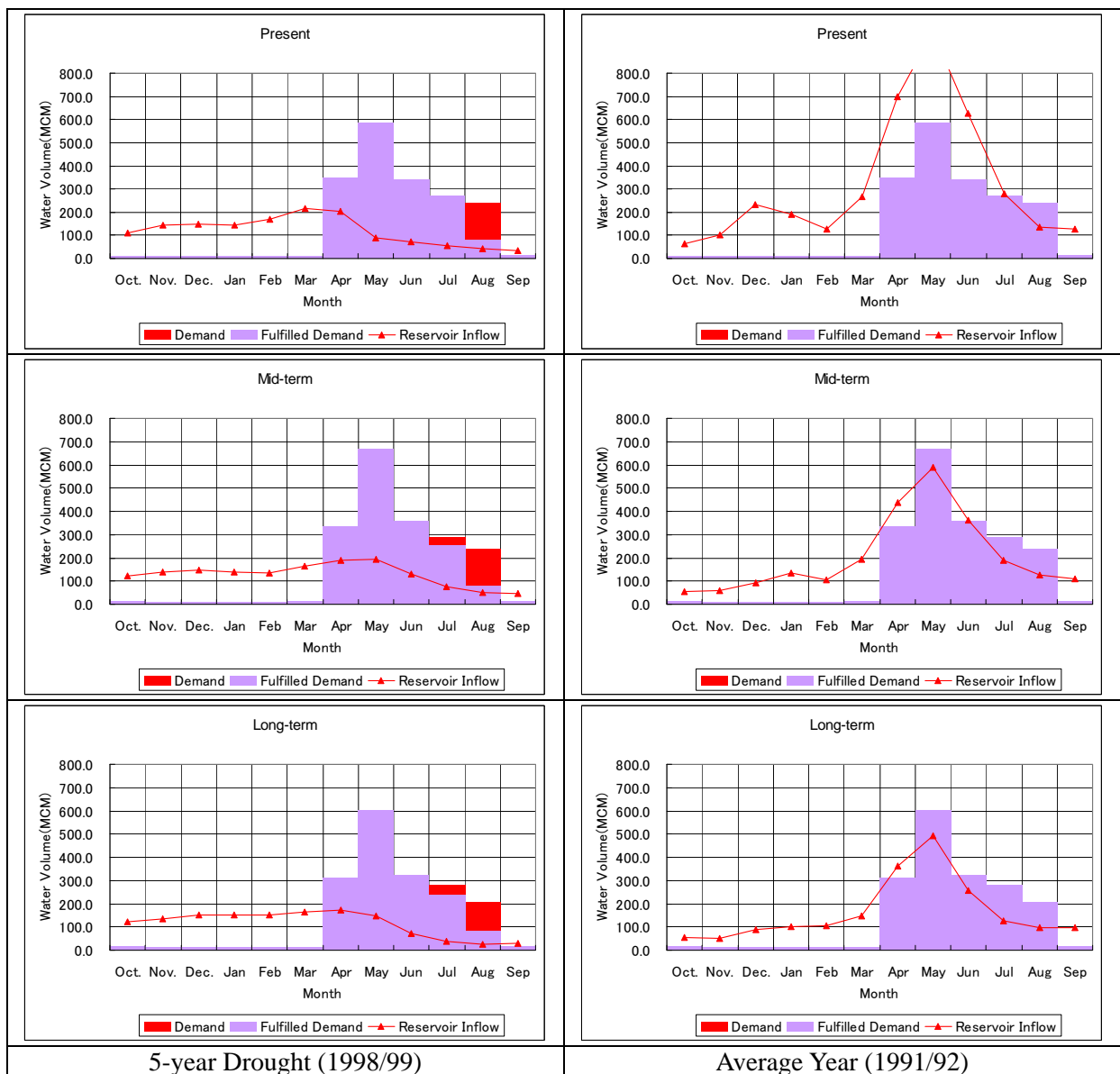


図 R 9.2.7 各州提案による中長期水資源開発(灌漑効率改善有り：中間的改善計画)シナリオの評価結果

シミュレーション結果をもとに、この灌漑効率改善シナリオが、Manjil ダム下流の水需要に対して、どの程度充足するかを示したものが表R 9.2.9である。

表R 9.2.9 Manjil ダム下流の水需要量の充足状況

時点	5年渇水年	平水年
現況	90.9 %	100.0 %
中期計画	89.4 %	100.0 %
長期計画	90.5 %	100.0 %

第2シナリオで検討したように、伝統的灌漑区域および SIDN の灌漑効率を向上させると、Manjil ダム下流の水需要を、中期長期において、かなり改善されることが分かる。いっぽう、伝統的灌漑区域の灌漑需要に対する充足率を上記3時点で算出したものが図R 9.2.8である。

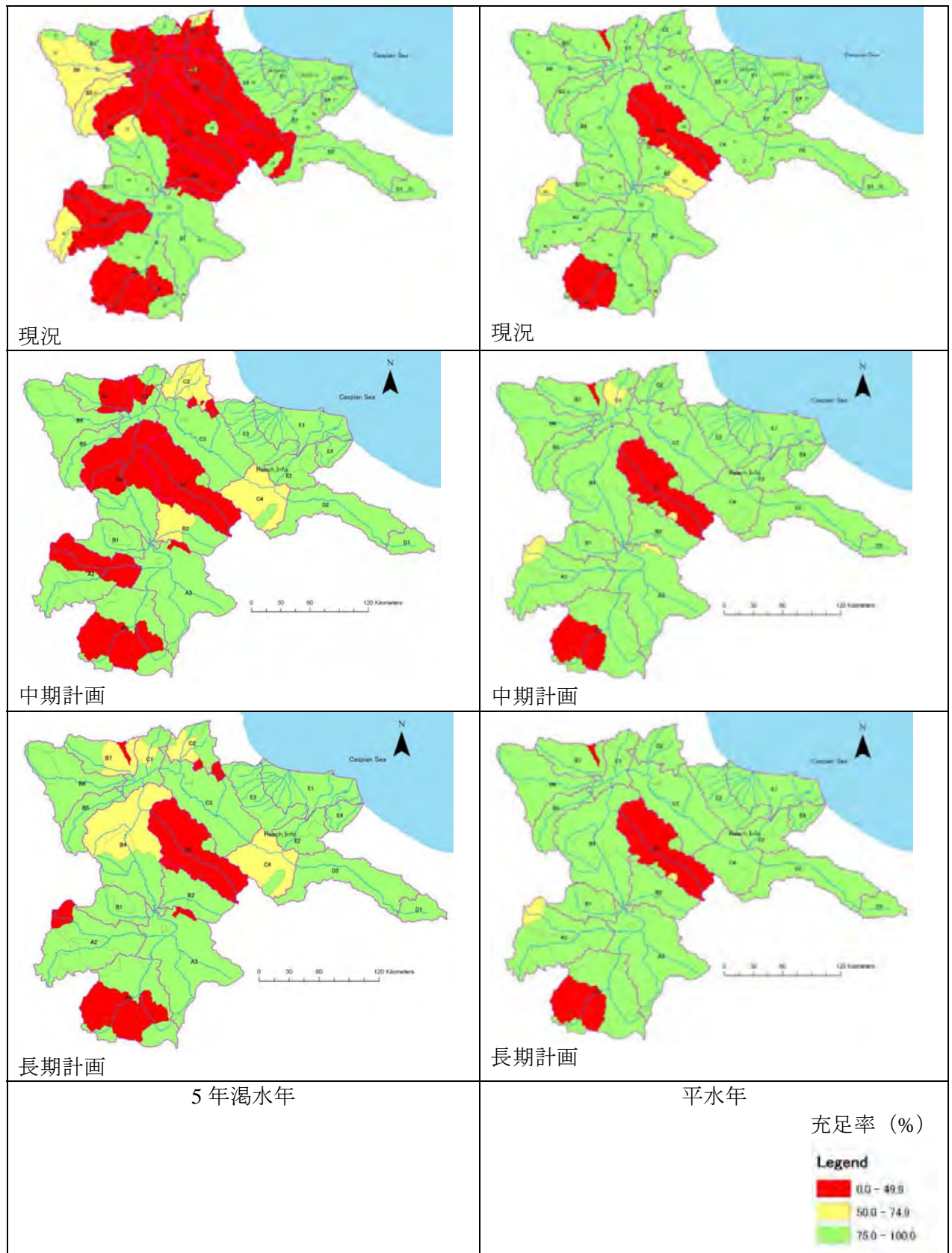
さらに、この上流の伝統的灌漑区域の充足率をゾーン、サブゾーン毎に整理したのが表R 9.2.10である。

表R 9.2.10 Manjil ダム上流の伝統的灌漑区域の水需要量の充足状況

(単位：%)

ゾーン	サブゾーン	5年渇水年			平水年		
		現況	中期	長期	現況	中期	長期
A	A-1	57.1	72.1	73.1	74.4	79.1	81.6
	A-2	31.7	75.2	85.5	92.6	93.6	95.0
	A-3	80.7	81.0	81.6	92.2	93.0	94.2
	小計	57.8	76.0	79.6	85.8	88.0	89.8
B	B-1	91.9	94.1	97.3	100.0	100.0	100.0
	B-2	28.4	64.7	75.0	80.9	97.1	97.2
	B-3	37.0	38.7	43.5	67.9	71.0	74.9
	B-4	59.2	52.9	72.9	99.0	100.0	100.0
	B-5	73.7	96.5	100.0	100.0	100.0	100.0
	B-6	73.0	92.7	97.2	100.0	100.0	100.0
	B-7	47.1	50.0	54.3	61.5	64.4	69.8
小計	56.1	63.6	73.1	87.5	90.4	91.8	
C	C-1	52.6	75.4	88.8	93.7	91.4	97.7
	C-2	49.4	61.9	69.8	97.3	97.4	99.6
	C-3	56.5	75.0	81.2	94.1	94.1	94.9
	C-4	69.9	79.8	79.8	100.0	100.0	100.0
	小計	58.0	74.0	80.1	96.0	95.7	97.4
D	D-1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	D-2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	小計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
上流域平均		60.8	72.7	78.9	89.7	91.6	93.0

上記2表に示す結果は、第1シナリオと第2シナリオの中間的な位置付けである。中期2016年と長期2031年の状況は、第1シナリオ(灌漑効率が現況のまま)と第2シナリオ(灌漑効率がWRMCの想定どおり改善)の両者の間に存在するであろうし、第3シナリオの想定は現実に近いものと考えられる。



図R 9.2.8 伝統的灌漑区域における灌漑需要の充足状況(中間的な灌漑効率改善)

4) 灌漑効率改善方策の比較検討

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相互効果を整理すると、表R 9.2.11のようになる。さらに、これらの関係を図示したものが、図R 9.2.9である。これらの図表より、次のことが分かる。

- 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、水資源開発によるものと灌漑効率改善によるが、WRMC改善計画案で見ると、それぞれの寄与率は中期で59%と41%、長期で55%と45%と見積ることができる。
- 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、灌漑効率を改善しない場合、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。

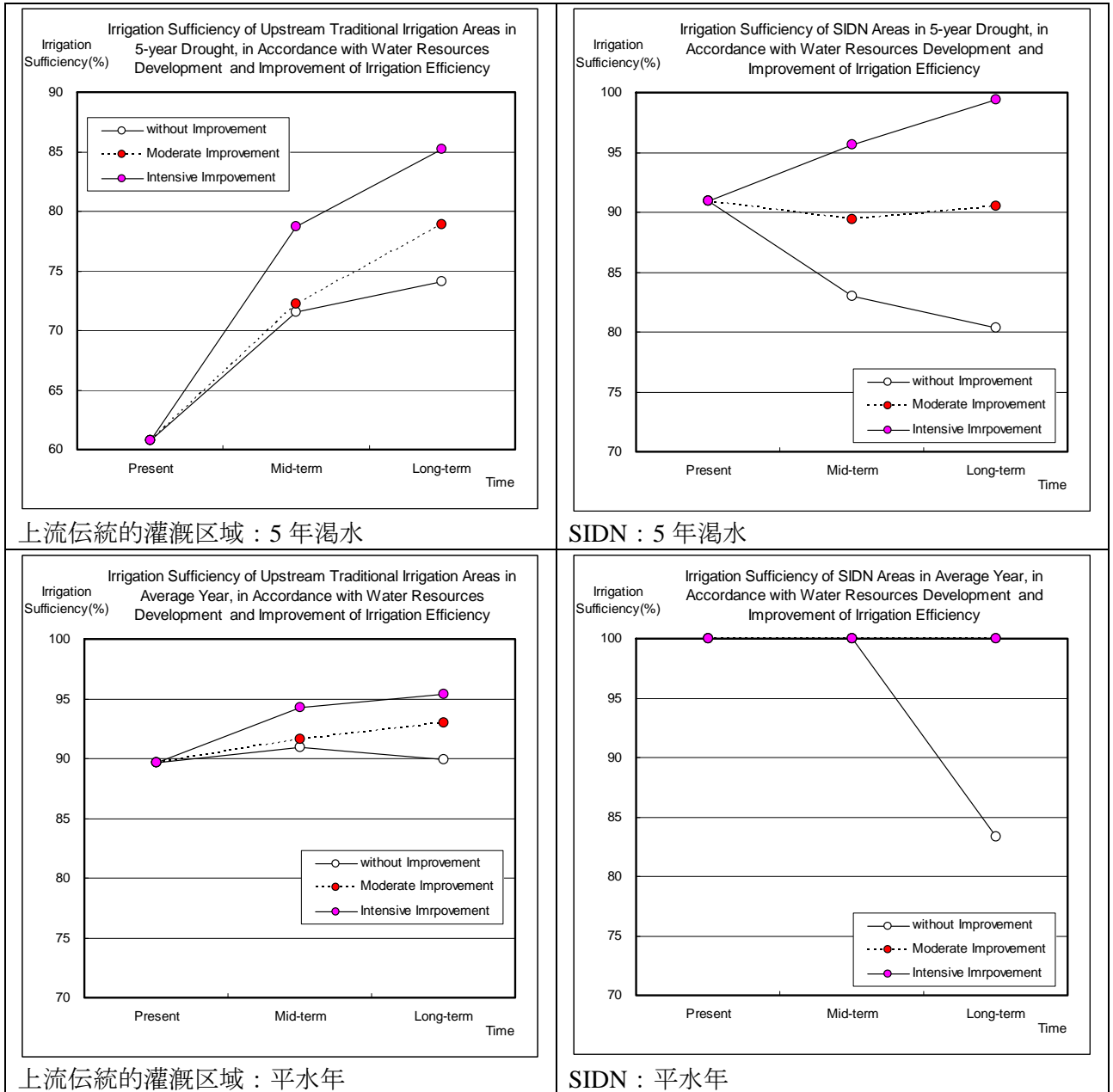
表R 9.2.11 灌漑効率改善シナリオによる農業用水供給改善効果

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年渇水	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
	現況			
	上流地域	89.7	89.7	89.7
平水年	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	

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、セフィードロ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。



図R 9.2.9 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

9.2.3 中長期持続的水資源開発シナリオ検討

9.1.1の課題で述べたように、イラン側の調査において、ザンジャン州やコルデスタン州の一部地域では、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。地下水の賦存量と涵養量を上回る過剰揚水が原因であり、こうした地下水位の低下に対して、持続的水資源管理という観点から、表流水転換等の施策が必要である。

いっぽう、環境面からの表流水保全の意識も高まっており、環境流量に関しても検討を加える。しかし、保全すべき明確な動植物等の対象がなく、ダム貯水池も環境流量用に容量を確保していない現状を考慮し、水資源開発に伴う流況変化について検討するものとする。

まず、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、考慮すべき項目は前述のように次の2点であり、ここでは地下水資源の保全および環境面での表流水への配慮については、長期的取り組みが必要であり、灌漑効率の改善案もWRMCの長期戦略に対応した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

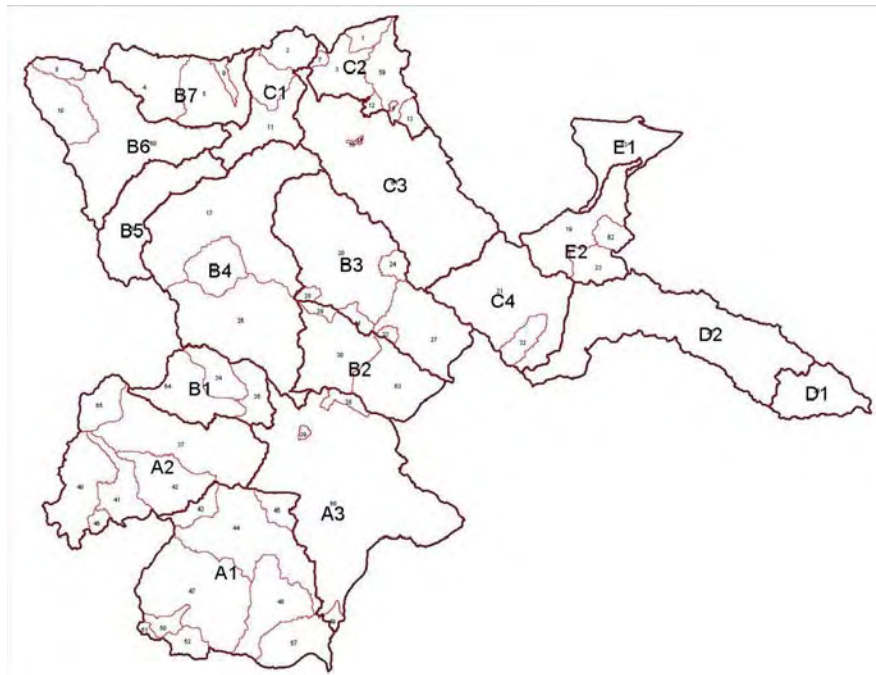
1) 地下水位低下地域への対策

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R 9.2.12であり、地下水盆の位置を示したものが図R 9.2.10である。

表R 9.2.12 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R 9.2.10 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する。この転換量を概算した結果を、表R 9.2.13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R 9.2.13 地下水需要量の表流水転換量

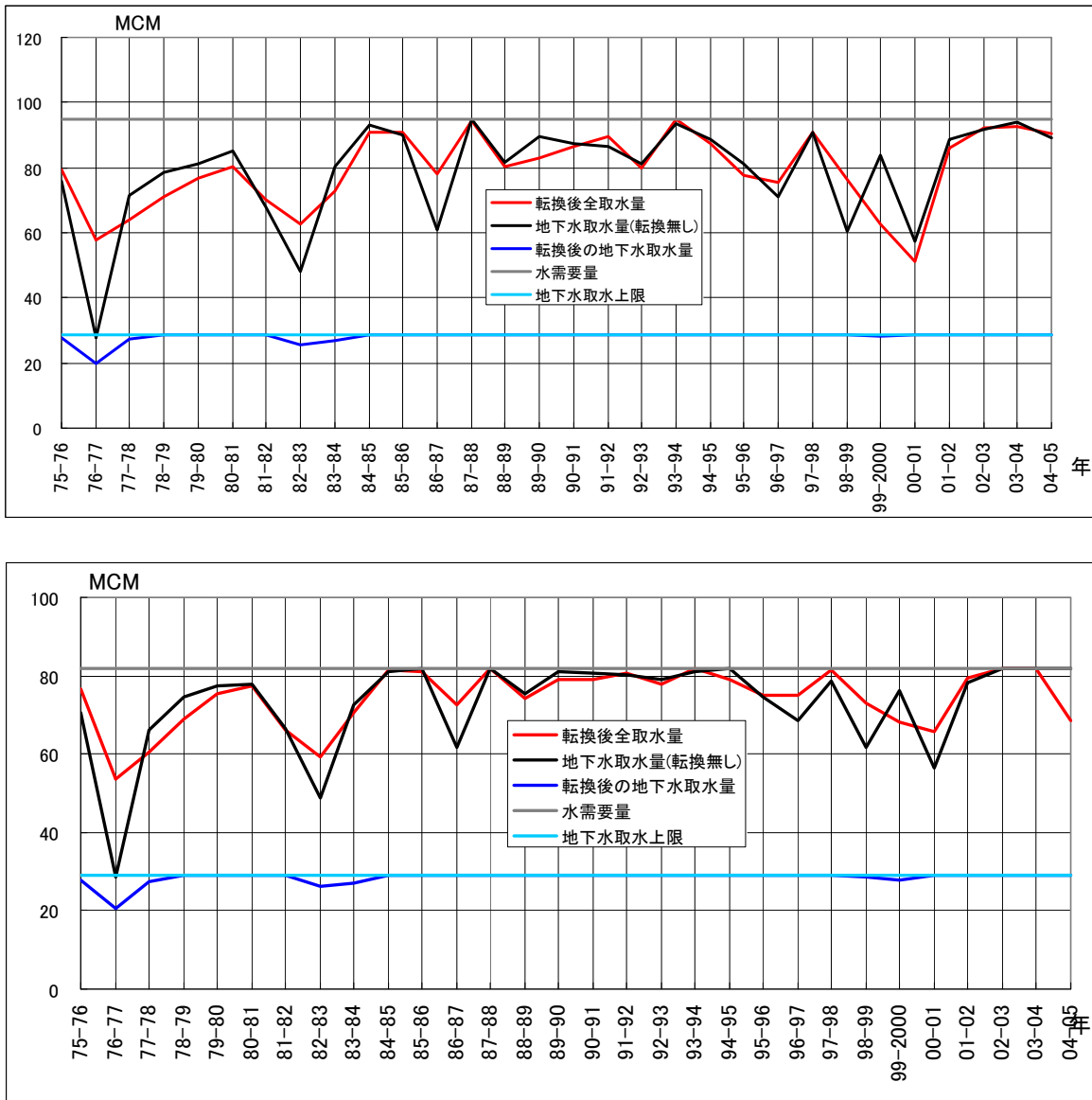
ゾーン	サブゾーン	面積 (km ²)	地下水盆コード	関連州	地下水涵養量 (MCM/y)	地下水需要量 (MCM/y)			地下水から表流水への転換量 (MCM/y)		
						現況	中期	長期	現況	中期	長期
A	A-1	6,445.5	1308	コルデスタン	220	468	446	371	248	226	151
	A-3	6,004.0	1307	コルデスタン	163	182	178	174	19	15	11
B	B-2	2,395.4	1306	ザンジャン	39	100	78	67	61	39	29
	B-3	4,590.6	1304	ザンジャン	73	314	279	285	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

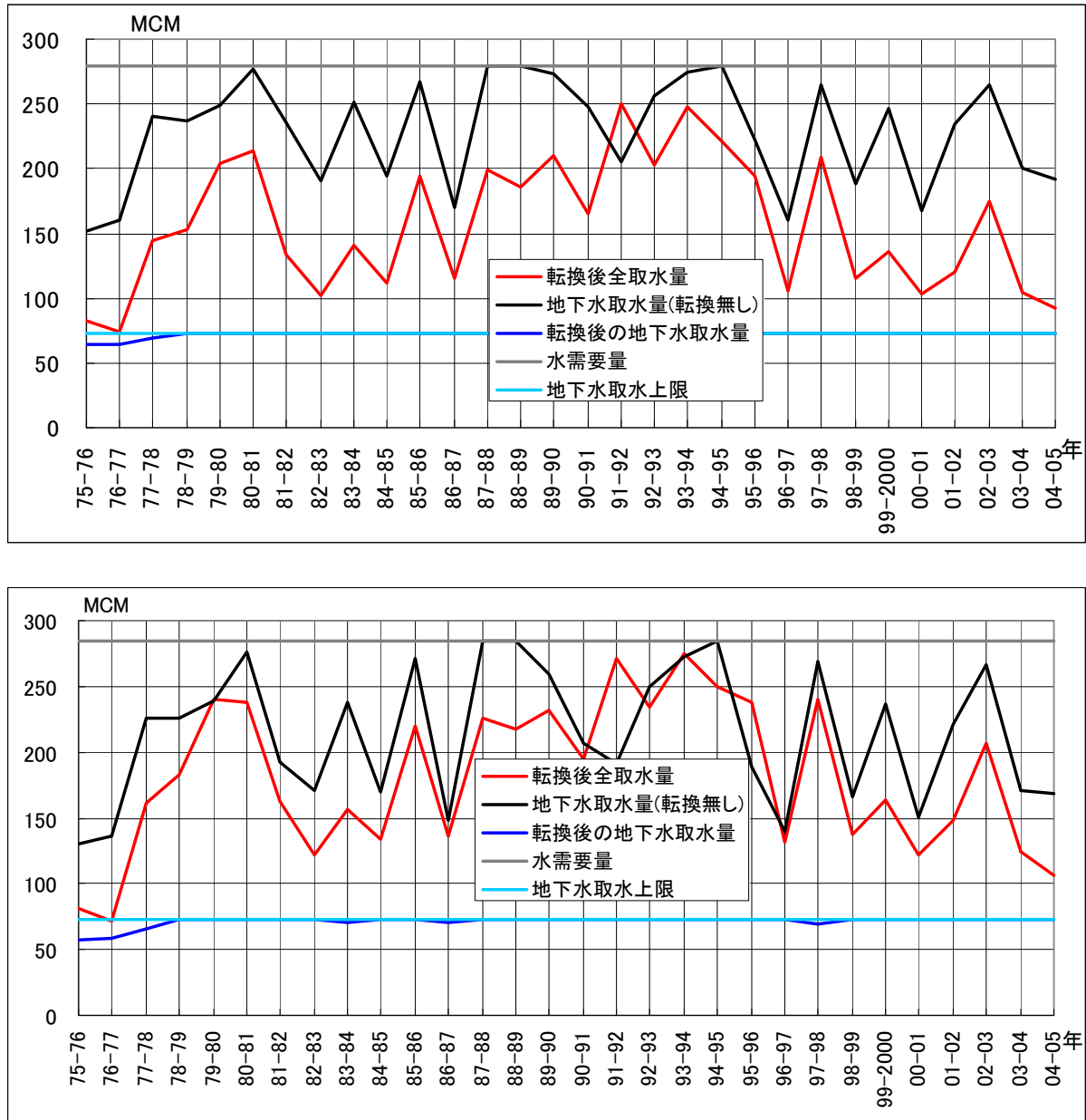
水需要量に対して地下水・表流水ともに完全ではないが、ほぼ需要を満たしており、表流水転換が容易に実施できそうな地域である。例としてC1の計算結果を示す。



図R 9.2.1 1 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、表流水転換しようが、地下水取水に依存しようが、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。



図R 9.2.1 2 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)

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。

2) Manjil ダム上流部における環境流量の検討

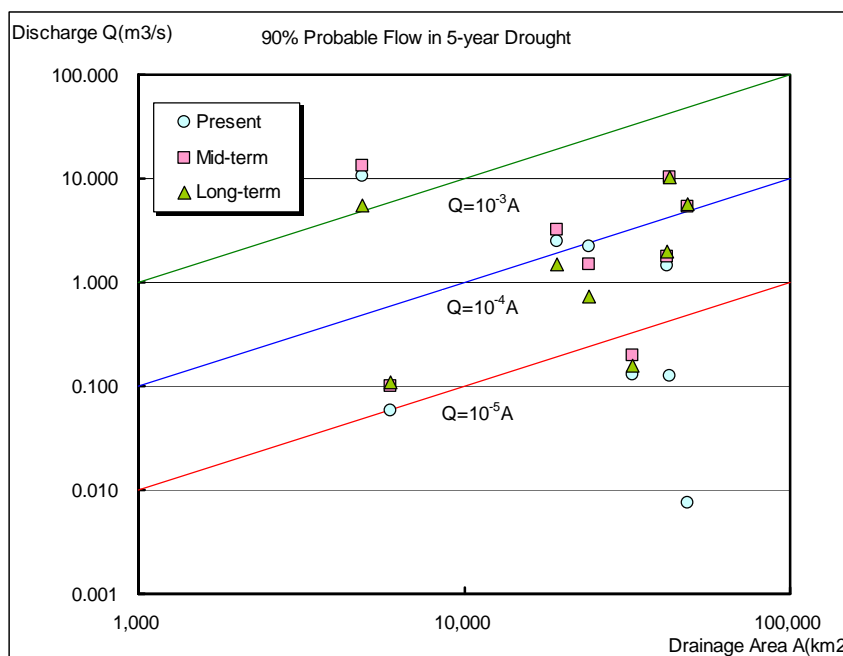
環境流量に関する事項であるが、Manjil ダム下流においては、シミュレーション計算の中でチョウザメの産卵のための流量を考慮している。したがって、環境流量を検討すべき対象区間は、Manjil ダム上流域に限定される。上流域においては、淡水魚類の移動や産卵等の環境

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する。

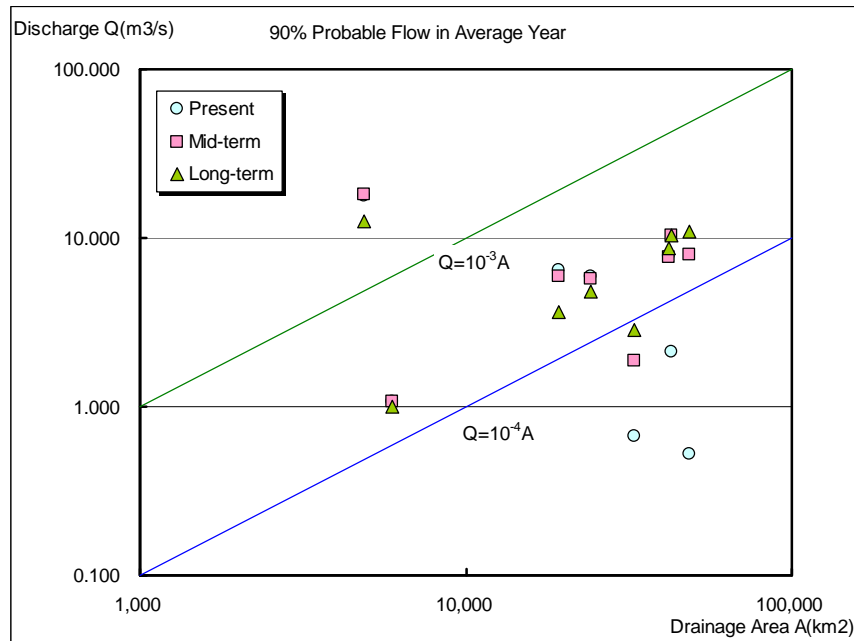
水文的指標として、流況曲線における90%流況の低水流量を目安に、これが5年確率渇水年と平水年において、現況から中期、長期と移行するにつれて、どう変化するかを検討した。この結果を整理したものが表R 9.2.1 4であり、これを図化したものが図R 9.2.1 3及び図R 9.2.1 4である。

表R 9.2.1 4 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R 9.2.1 3 環境流量(90%流況)の経時的変化(5年渇水確率年)



図R 9.2.14 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に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、水環境面で悪化する地点もあるが、むしろ全体で見ると改善方向にあることが分かった。また、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。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の評価をするため、まずどのように灌漑農地面積が今後増大するかを整理してみる。図 R 9.2.1 5 は、各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。

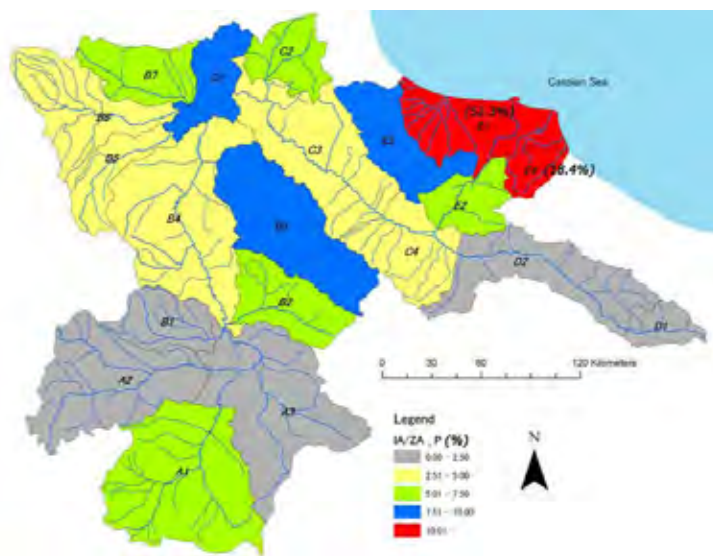
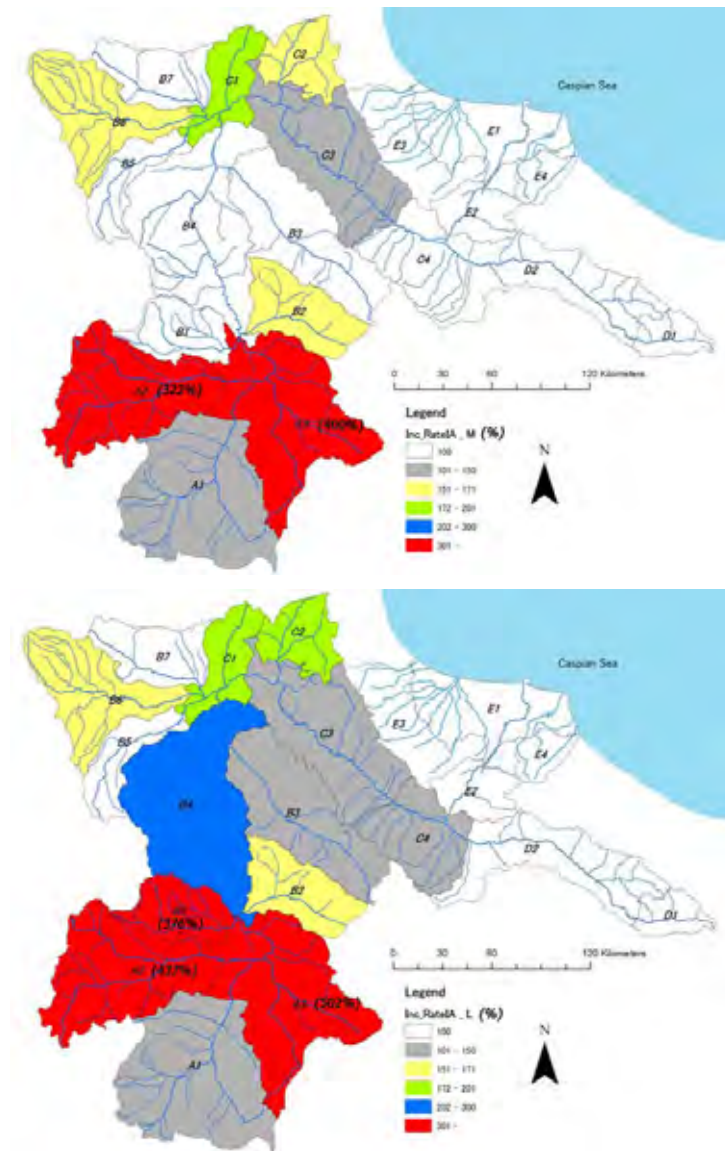


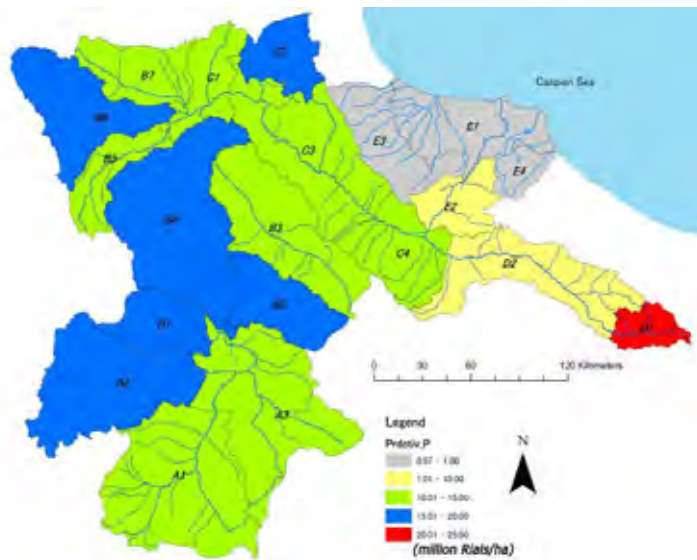
図 R 9.2.1 5 現況灌漑区域のサブゾーンに対する面積比率

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図 R 9.2.1 6 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。

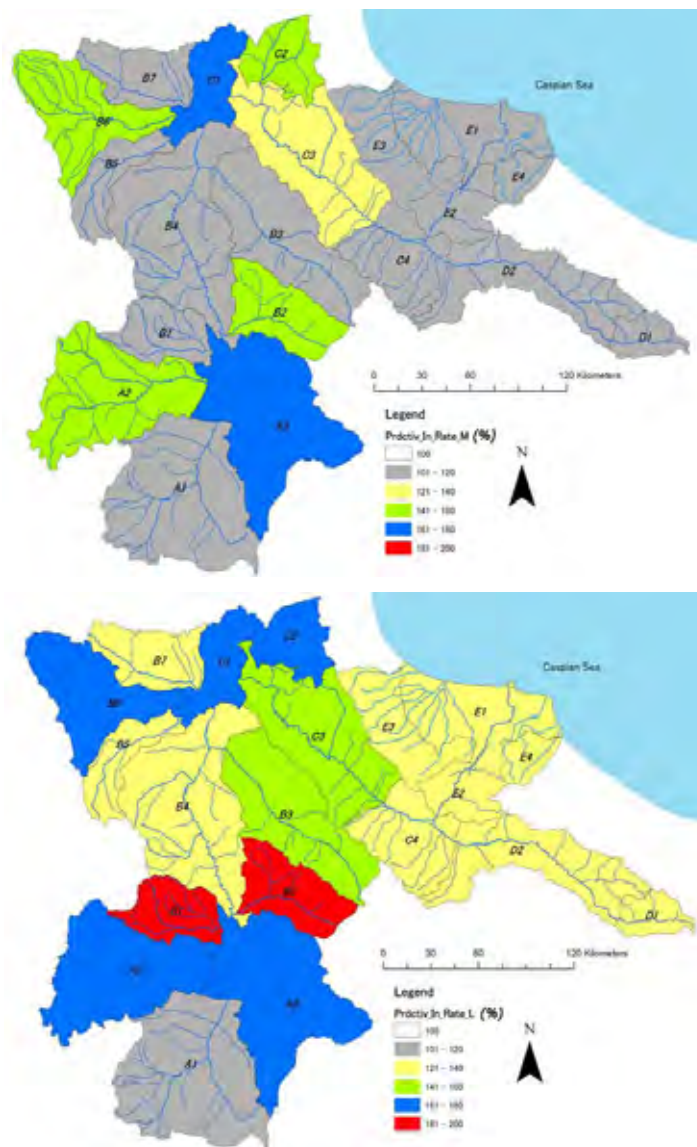


図R 9.2.16 灌漑区域の将来における増加比率（上段：中期、下段：長期）

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R 9.2.17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、広い灌漑区域面積にかかわらず、農業生産高が他の地域より低く、概ね60万リアル/ha程度に留まっている。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、概して1,000-1,500万リアル/ha程度の高い生産性を示している。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R 9.2.18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ル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。コルデスタン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ろう。



図R 9.2.17 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R 9.2.18 灌漑区域における将来の農業生産性の増加比率（上段：中期、下段：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R 9.2.1 9である。

ちなみに、水需要に対する充足率は一般化されておらず、これらは作物により異なる。とくに作物が最も水を必要とする時期に水ストレスがかかると、収量は大幅に減少する。例えば、水稲であれば、活着、開花、穂ばらみの期間が重要であり、それ以外の時期は、枯死しない限り、少し成長が遅れても大きな収穫減には繋がらない。

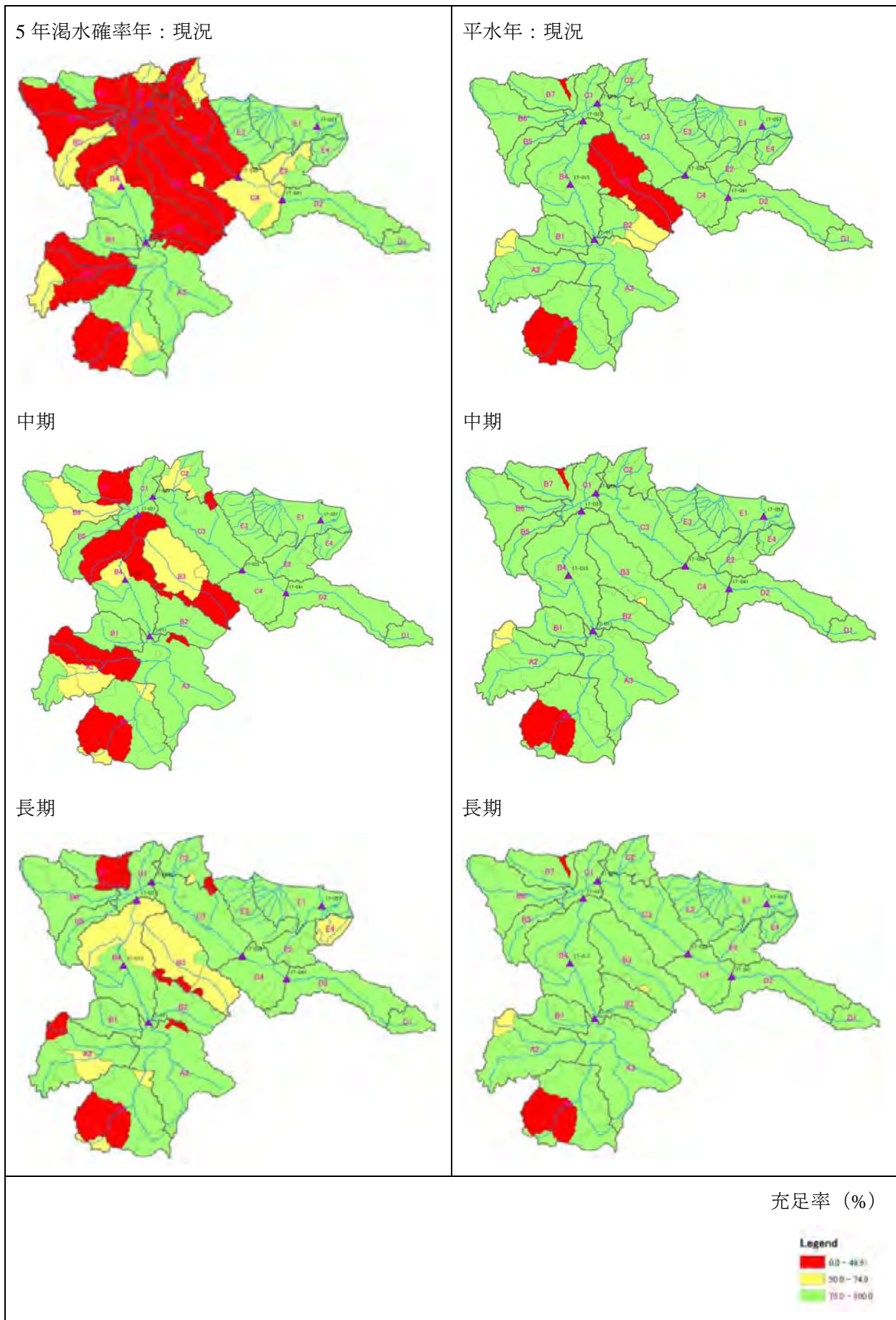
したがって、マクロ的な定量化は困難であり、時期的な水の不足が大きく影響するのが事実である。しかし、節水間断かんがいにより、20-30%の節水で減収も起こらない事実からすると、十分な水管理を行う前提のもと、イランのような総じて水の不足している地域においては、75%の充足率というの一応の目安となるであろう。

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、水供給状況を検討する。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R 9.2.1 5である。すでに図R 9.2.1 及び図R 9.2.2で述べたように、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R 9.2.1 5 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, Tabrizak, Talvar, Zardekamar
	1/2 以上	8	Alehdare, Befrajerd, Burmanak, hashtjin-2, Mendagh, Sangabad, Sir, Taham



図R 9.2.19 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年平均流量(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。テナント法(モンタナ法)によると、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次表である。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R 9.3.1 基準地点の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。

なお、テナント法(モンタナ法)に則して、AAFの比率の増大(環境流量の増加)と平水年流況における充足度を検討した。この結果、上表の各地点毎の流況に大きなばらつきがあるものの、Loshan地点を除き、他の地点では10%AAFで環境流量を設定するのが妥当と判断できる。それ以上環境流量を増加させても、平水年流況の期間的充足度が下がるばかりである。したがって、半乾燥地帯が流域内の多くを占めるセフィードルード川流域では、最小範囲と考えられる10%が妥当であろう。

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、次表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 R 9.3.2 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。上表に示す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R 9.3.3 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。	ボー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

a) 緊急対応

ザンジャン州の地下水盆 1304Zanjan、1306Sujaş、コルデスタン州の地下水盆 1308Ghorveh および 1308Dehgulan においては、資料のある 1996 年から 2002 年にかけて地下水位が 3m から 9m も低下している。従って、これらの地域においては揚水規制を実施すべきであるが詳しい資料が無いので取敢えず地下水が回復するまで、灌漑用井戸について緊急対応として総量の 20%、40%と水位が回復するまでそれぞれ 1 乾季ずつ継続する。それと並行して短期的な地下水涵養量のシミュレーションおよび地下水揚水試験を実施し、安全揚水量を算定してより論理的な揚水規制を行なう。しかし、これはあくまでも短期的な対応であり、データベースが整備された段階でより厳密なシミュレーションが実施されるべきである。

b) 井戸台帳の整備

モニタリング井戸に関しては、掘削年、座標、孔口標高、井戸の仕様(深さ、口径、ケーシング口径)、自記記録水位計の設置の有無、揚水試験結果・解析、帯水層、孔内水位、対象地層は記載されている。その他井戸については、今回収集できた資料のうち地下水盆 1301 の井戸 67 本(浅井戸で井戸の深度は高々 15m)、地下水盆 1304 の井戸 87 本(井戸の深さは 50-100m の範囲に多く分布する)について定期的に水位を観測している井戸についてその内容を調べた。これらについては、座標(UTM)、標高、井戸の深さ、孔内水位は判明しているもののそれ以外の井戸台帳に記載すべき内容は不明であった。

従って、調査対象地域内の井戸台帳を整備し、揚水帯水層(不圧帯水層、被圧帯水層の区別)、揚水量を明解にして地下水管理の基礎資料とする必要がある。

c) 地下水盆(帯水層)の確定

面的な拡がり、既に調査されている。しかし、深さ方向の資料は非常に不足しているので形状はまず電気探査で大きな構造(岩盤と未固結堆積物の境を知る)を捕らえ、さらに試験井戸によって詳細な形状を捕えるとともに、その試験井戸で揚水試験を実施してその帯水層の本質的な要因である、水の流れやすさ(透水係数)、水の溜まりやすさ(間隙率、貯留係数)、帯水層の拡がりをあらわす(透水量係数)などを把握するとともに、不圧帯水層や被圧帯水層の区別があるならばそれを調査する。

d) モニタリング井戸の設置

前述の試験井戸および既存井戸を転用してモニタリング井戸を設置し、次に掲げる項目の調査を実施する。短期的対応としては、既存モニタリング井戸 271 本の継続観測および既存井戸の転用約 200 本が優先される早急に実施する。

将来的対応としては、既存のモニタリング井戸 271 本および新設試験井戸約 250 本で実施する。モニタリングの詳細については、3.3.3 に記載する。

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。

e) 組織の強化

短期的には、州単位での水資源管理に係る人材育成を始める。最初の指導項目は、水資源管理の重要性とそれを知るためのモニタリング井戸のデータ管理とする。次に、各州で育成された人材は流域単位の流域協議会の設立時に中心的な役割を果たすものとする。

f) データベース化

モニタリング井戸で収集された資料は不圧帯水層、被圧帯水層ごとに整理する。

データベースは、掘削年、座標、孔口標高、井戸の仕様(深さ、口径、ケーシング口径)、帯水層、孔内水位、対象地層、透水係数、透水量係数、降水量、河川流量、土地利用他とする。データは毎年更新する。

g) 水収支シミュレーション

データベースを元に、地下水賦存量、地下水涵養量の算出を毎年更新されるデータをもとに毎年行なう。この結果をもとに、地下水揚水量の決定を行なう。例えば、渇水年であれば地下水揚水量を規制する等の措置を講ずる。

h) 揚水規制地域の区分

揚水規制をする場合、その程度に応じて2段階の規制地域を設ける。

優先的な対応としては、現在地下水が低下している地域(地下水盆コード 1302、1304、1306、1308)については「揚水対策・規制地域」とする。現在利用量が多く、将来地下水低下が懸念される地域(1305、1307、1310)については「監視地域」とする。前者については、緊急的な揚水規制区域、後者については他地域に較べて優先的にモニタリングを開始する地域とする。

i) 地下水低下地域の利用規制順位の確定

現在地下水低下地域については、緊急的に灌漑用井戸の揚水規制を行なう。次に、産業用井戸の揚水規制を行なう。今後も、地下水が低下した場合には、この順序で揚水規制を行なう。

j) 渇水対策

渇水時の対策は、降水量のデータベースを参考に実施する。降水量は、地下水への涵養量の一つの要素である。平水年時は、地下水への涵養量も変化が無いので揚水規制は行わない。

渇水年は次の2ケースに分けて行なう。

低渇水時:規制レベル1 ; 灌漑用井戸の揚水量を該当年から翌水文年にかけて25%規制する。その他は規制しない。

高渇水時:規制レベル2 ; 灌漑用井戸・産業用井戸の揚水量を50%規制し、水道用井戸の揚水量を10%規制する。

k) 法制度と罰則規定の整備

法制度については、概ね整備されているのでその見直しを行なう。次の対応としては、罰則規定を強化し法制度の運用を効果的にする。

l) 利用者意識の向上と節水対策

有限な水資源に対する住民の意識向上キャンペーンを実施する。指導者は組織の強化の項で指導を受けたRWCの職員があたり、上水道、農業用水の節水意識改革を住民に指導する。その上で、上水の節水法、節水灌漑の導入を試みる。次に、工業用水や下水の再利用方法を検討し導入する。

表R 9.3.4に地下水管理計画の実施予定表を示した。

表R 9.3.4 地下水管理計画スケジュール

年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	現地下水低下地域の揚水規制																			
2	井戸台帳整備																			
3	地下水盆地調査																			
4	観測井戸設置と観測																			
5	組織強化																			
6	データベース化																			
7	水収支シミュレーション																			
8	揚水規制地域区分																			
9	地下水利用規制順位確定																			
10	渇水対策																			
11	法制度と罰則規定整備																			
12	利用者意識向上と節水対策																			

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R 9.3.5にまとめる。

表R 9.3.5 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	

a) 対応 1 (優先順位 1 位)

河川水・地下水のいずれも 8 割以上が農業用水として使われるため、農業用水としての適正を監視することは非常に重要である。

i) 水質管理指標・環境基準・モニタリング

水質管理指標およびガイドラインは策定済みであり、現在実施しているモニタリングを継続していく。河川の測点は十分あるが、地下水の観測地点は増やす必要がある。地下水観測が不十分である1303、1304、1305、1306、1307の観測井を最優先とする。新設の観測井は地下水管理計画に記載した井戸を水質監視用にも用いる事とするが、観測井数は予算及び汚染の状況と併せて総合的に決めることとする。

ii) 分析能力の向上

地下水分析結果を見ると、区画1302、1304、1306、1307、1309、1310の精度があまり高くない。分析機器の維持管理を含め、水質分析能力の向上が望まれる。

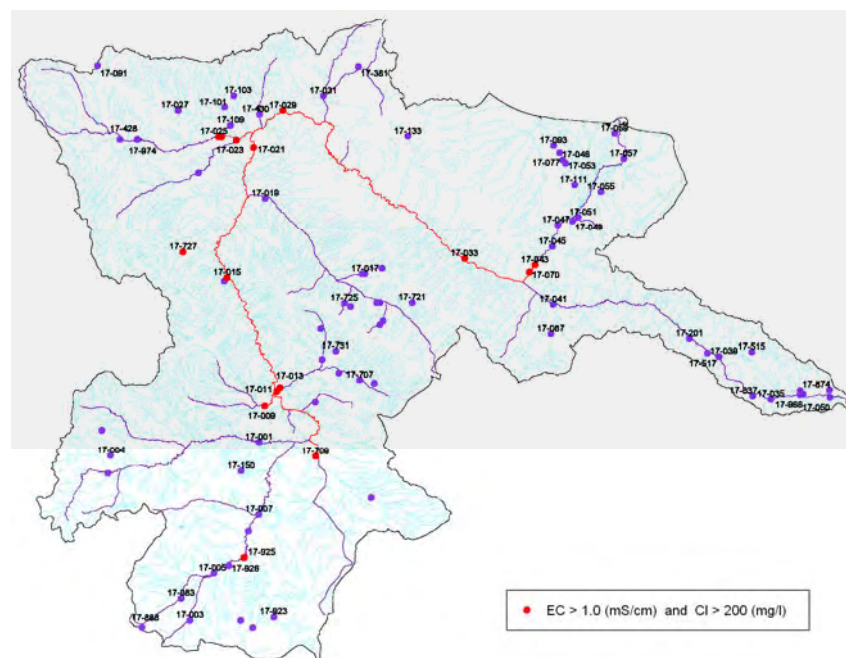
iii) 組織の連携・データの整備

塩分濃度の高い水を灌漑に用いる場合、特に少雨乾燥地域では維持管理が重要となる。WRMCが測定した水質データを一元管理し、MOJAの担当者や農業管理組合が必要な時に閲覧できるよう情報を公開する、高い塩類濃度（例：EC>1mS/cm, Cl>200mg/l）が観測された時に農業関係者に警戒を促す仕組み作りが必要である。

iv) 対策

塩分は自然の含有物が降雨や土砂流出に伴い水中に混入するため、発生源対策は難しい。また溶存イオンは除去が困難であるため、飲料水用にイオン交換・蒸留等で除去する以外、灌漑用水用に水質改善することは現実的ではない。そこで、塩分交じりの灌漑用水に適切に対処する事が重要となり、高濃度時の警報システム整備、点滴灌漑等による用水の節約、リーチング水による塩類の溶脱を推進することが望まれる。

図R 9.3.1に赤色で示す地点は塩類濃度の高い地域であるため、特に注意が必要である。データのある地点でしか状況を把握していないため、これら地点の上下流を含む広い範囲で注意が必要である。



図R 9.3.1 塩類濃度の高い河川

b) 対応2 (優先順位2位)

河川水・地下水の水質モニタリングでは有害物質が測定されていないため、長期的な視野で、有害物質の管理計画についてまとめる。

i) 水質管理指標

イラン国における水質監視項目は次表における4無機物・土砂および8その他(塩分)の二項目である。飲料水基準はあるが、水源となる河川や地下水に対して水質を定期的に監視している状況ではない。

表R 9.3.6 水質汚濁の原因と現象

	原因物質	現象	水質指標	制御方法
1	病原菌	伝染病	大腸菌群数、一般細菌数	消毒
2	急性有毒物質	魚類の斃死	フェノール、シアン	排出規制・生物分解
3	酸・アルカリ	配管の腐食	pH、アルカリ度、酸度	中和
4	無機物・土砂	濁り	浮遊物質、濁度、透明度	沈殿、ろ過
5	有機物・尿尿	DOの欠乏、魚類の斃死	DO、BOD、COD、TOC、TOD	生物処理
6	無機栄養塩(リン・窒素)	富栄養化、赤潮	全窒素、アンモニア、亜硝酸、硝酸、リン	硝化脱窒
7	重金属等難分解性物質	慢性毒	アルキル水銀、総水銀、カドミウム、クロム、PCB、DDT等	クローズドシステム
8	その他	塩害、スケールの発生	水温、塩素、イオン、硬度、電導度	

地下水は飲料水としても用いられるため、飲料水水源に対して飲料水基準に沿ったモニタリングが望ましい。それ以外の地点では、現在の測定項目(塩類)に加え、以下の項目を測定することが望ましい。

ii) 大腸菌群数、砒素・フッ素等の重金属、亜硝酸性窒素

河川水質は一部飲料水として用いられているため、飲料水取水ダムでは飲料水基準に沿ったモニタリングが望ましい。飲料水として利用せず灌漑・漁業用水のみの利用である場合は、現在測定している項目に加え、公共水域の健全性を示す以下の項目を測定することが望ましい。

iii) BOD、SS、DO、大腸菌群数

ダム湖ではCOD、SS、DO、大腸菌群に加えて全窒素および全リンの測定が望まれる。調査対象流域のダムでも水が緑色になり富栄養化が発生しているケースが見受けられる。

iv) 環境基準の設定

環境基準は公共水域の基準(河川、湖沼、海洋、地下水)、飲料水基準、農業用水基準、水産用水基準、排水基準等、用途や目的に応じて各種設定される。イラン国ではこのうち、飲料水基準、農業用水ガイドライン、排水基準(産業排水基準、公共水域への排出基準)が設定されている。

現在の農業用水ガイドラインに沿った管理に加えて、河川や湖沼についても水質管理指標に示した項目(BOD 等)について、用途に応じた環境基準を設定し管理することが望ましい。

v) モニタリング

前述の水質指標に沿って地下水・河川・ダム湖の水質を監視するために、モニタリングを実施する必要がある。現在のモニタリングは継続的に実施し、新規監視項目については以下の頻度・地点で監視する事が望ましい。

観測頻度は年 2 回、雨季と乾季に実施する。表流水の水質モニタリング地点は概ね 10 箇所、本川の主要地点および支川の合流地点から選択する。地下水の観測地点は各区画(1301～1311)から各々5～10 地点、全域で 50～100 地点選択し、汚染が懸念される集落や工業地帯の周辺を広くカバーするように配置する。ダム湖では主要なダムと飲料水取水ダムをモニタリング地点として設定する。

vi) 水質分析能力の向上

新規にモニタリングを開始する水質指標については、事前に分析能力・結果の評価能力・分析機器の維持管理能力を高める必要がある。収集した既存のデータを見る限り、BOD と DO の相関が不適切である等、分析結果の信頼性はあまり高くない。

vii) 組織間の連携

現在は WRMC が水資源の調査・現状把握を行い、MOE が汚染防止策を実施する管理体制にあるが、有害物質が観測されていないため、MOE が水質モニタリング結果を見ても現状が把握できない状況にある。新規項目に対してモニタリング・水質管理を行うに当たって、関連組織の横断的な取り組みと責任の負担が重要となる。

viii) データの整備

WRMC が実施したモニタリング結果はまとめて管理されているが、各州の RWC(Regional Water Company)や MOE が分析したデータは各組織に問い合わせる必要があり、入手が困難な状況にある。WRMC は MOE など一つの機関が水質分析結果を一元管理することが望ましい。また、水質データには単位が記載されていない、単位が誤りである等の不具合もあるため、観測結果は統一されたフォーマットに沿って単位と共に管理される必要がある。

ix) 対策

水質に関する環境基準を達成するために、通常、排水規制、下水道の整備、土地利用計画の施策が行われる。

排水規制はイラン国に既に実施されているため、特定規模以上の業者に対して立ち入り検査を実施する等、基準の遵守を徹底するよう努める。また、河川水量に対して汚水の流入量が多い地域では上乘せ基準を策定する等、継続的な監視と対策が必要である。下水道の整備はコストが高いため、特に汚染の著しい人口密集地域など優先順位の高い地域から着手する必要がある。土地利用計画では取水堰の近くに工場やゴミ処理場を誘致しない等、汚染を未然に防ぐ目的で計画的な配置が望まれる。

x) 環境流量の設定について

Ministry of Energy によると、現在対象流域で採用されている環境流量設定手法はテナント法、流量曲線法、テキサス法、ベース流量法と、いずれも水文的手法である。これらは最も簡便な方法で、雨季と乾季の流況の変化を考慮できないため、水理学的手法等の他の手法と併せて生息動物の生態や水運等を考慮して総合的に判断する必要がある。

9.3.2 水文・水質モニタリング計画

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うものである。ここでは、まずモニタリングの現状を整理し、次に計画を提案する。

a) 表流水モニタリングの現状

i) 流量観測に関する WRMC の基準

セフィードルード川流域においては、表流水のモニタリングはダム の 建設 計画 策定 や ダム 群 の 統合 管理 計画 の み ならず、総合的な水資源管理を実施するために必要である。WRMC は、この重要性を考慮して、観測に関する指示書”Directive of Statistical Study of Water Resources Measurement Tools and method”において、流量観測所の設置場所の選定、観測手法、データの記録方法などについて基準を設けている。

ii) 流量観測の状況

WRMC が管理する流量観測所は図 R 9.3.2 に示すように流域内に 90 ヶ所ある(そのうち 4 観測所は位置情報が不明のため特定できていない)。

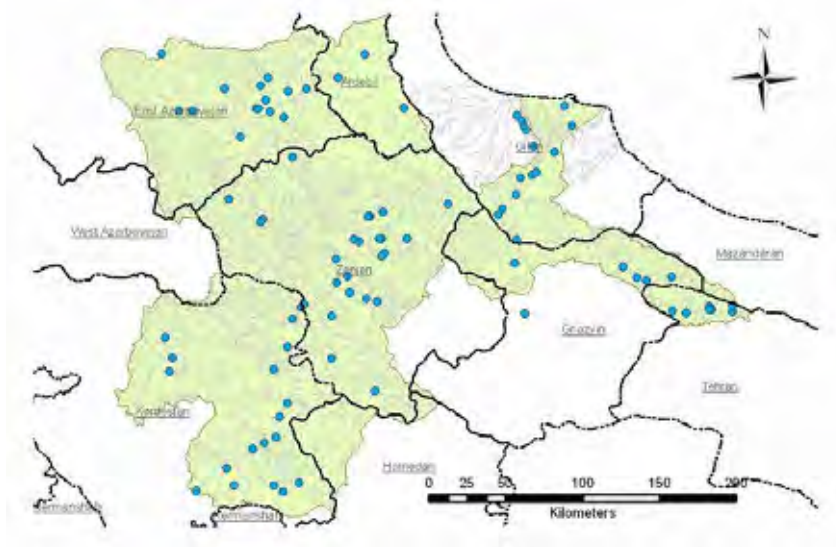


図 R 9.3.2 流量観測所の配置図

iii) データ収集整理の体制および観測機器

WRMCによると日流量は、日々観測される水位と水位流量曲線を用いて算出される。また、流速測定による流量観測は、標準的な地点では月2回、ダムや地理的に重要な地点では月10回実施され、水位流量曲線は毎年更新される。また、RWCが記録した全ての日、月、年単位のデータは、WRMCへ水文年の終わり（西暦の9月）に提出され、WRMCにおいて流量値が算定される。

上述した指示書によると、流量観測所の資器材について、WRMCは観測所の重要度に応じて、次表のように観測機器を設置し、全ての観測所においてベンチマークを設置して零点高を測定できるように指示している。

表R 9.3.7 重要度に応じた観測機器の設定

観測所のレベル	観測機器	観測内容
レベル1	水位標尺、リムノグラフ、ケーブルウエイ(流速観測用)	年中水流が途絶えない河川の水量を記録する観測所
レベル2	水位標尺、ケーブルウエイ	洪水流量を観測する目的の観測所。
レベル3	水位標尺、リムノグラフ	流速や流量を算定する観測所。
レベル4	水位標尺	水位から流量に変換しやすい水路の水位を記録する観測所。

iv) 流量観測に関する課題

これまでの調査結果や流量資料のインベントリ調査結果を基に、セフィードロード川の表流水モニタリングの課題について下記に整理する。

表R 9.3.8 現在の流量観測における問題点

項目	問題点
観測地点	- ダム建設予定地に流量観測所が無い。
基礎情報	- 記録シートに河川名が記録されていない。 - 支川に関する情報が少なく、観測所位置の特定が困難である。 - 観測所の緯度経度情報が”分”までであるため GIS データベース化しても位置が河川からずれる。 - インベントリ表や観測所の諸元に関する情報が未整理
観測記録	- 欠測あるいは0m/sであったのかが不明瞭 - 疑わしい流量観測記録の存在

b) 表流水水文モニタリングシステムの構築

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。

i) 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。

ii) 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図 R 9.3.3 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

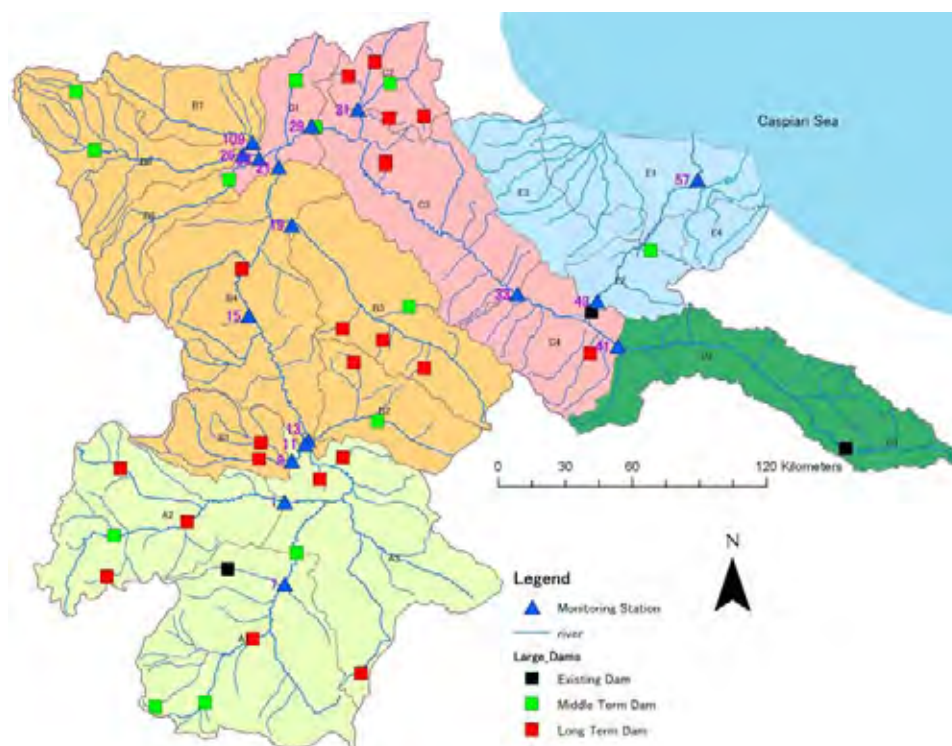


図 R 9.3.3 モニタリング局およびダムの配置

選定されたモニタリング局の概要は表 R 9.3.9 の通りである。

表R 9.3.9 モニタリング局概要

観測所コード	観測所名	観測年数	河川(ゾーン)	摘要
17-057	Astaneh	25	セフィードルード川(Eゾーン)	セフィードルード川の下流部に位置し、上流3堰からの取水後の流量を観測する。環境流量の維持に必要である。
17-042	Roodbar	38	セフィードルード川(Eゾーン)	Manjil ダムからの放流量を確認する。17-057 地点の流量や3堰取水量から、セフィードルード本川への残流域からの流入量の傾向も把握できる。
17-041	Loshan	35	シャフルード川(Dゾーン)	シャフルード川の末端部に位置し、DゾーンからManjil ダム湖に流入する量を観測する。
17-033	Givan	39	ゲゼルオーザン川(Cゾーン)	ゲゼルオーザン川本川の末端部に位置し、Manjil ダム湖への流入量を観測する。
17-029	Ostor	40	ゲゼルオーザン川(Cゾーン)	ゲゼルオーザン川本川中流部において建設中のOstor ダムの上流側に位置する。
17-021	P. D. Mianeh	40	ゲゼルオーザン川(Bゾーン)	本川沿いBゾーンの末端部に位置する。建設予定である本川ムシャンバダム放流量や、ザンジャン川および残流域からの流入量の合計が確認できる。
17-015	M. N. Lailan	18	ゲゼルオーザン(Bゾーン)	本川沿いBゾーンの中流部に位置する。将来はムシャンバダムへの流入量が観測されるが、他の観測所と比較して欠測が多いため、ダム建設までに観測精度を向上する必要がある。
17-011	G. Goony	30	ゲゼルオーザン(Aゾーン)	本川Aゾーンの末端部に位置する。Aゾーン上流では2031年において12基のダムが建設される。
17-109	Mianeh	30	ミヤネ地区上流の支川(Bゾーン)	西部Bゾーンの主要3支川の末端部に位置する。026, 023観測所の上流部にはそれぞれ1基のダムが建設中である。
17-026	M. Gharangho	29		
17-023	Motorkhaneh	40		
17-019	Sarcham	32	ザンジャン川、サジャス川等(Bゾーン)	上流部に建設中ダムおよび建設予定ダムを持つ主要支川の流末に位置する。
17-013	Y. Kand	32		
17-009	H. Joft	32		
17-001 17-007	Binloo S. Abad	28 39	タルバール川等(Aゾーン)	Aゾーン内において上流に建設中のダムを持つ主要支川の末端部に位置する。なお、007下流にはAゾーン中最大規模のタルバールダムが建設中であり、上流には建設中のダムが2基あり、建設予定ダムが1基存在する。

iii) モニタリングシステム案

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。下記に両システムそれぞれをテレメータ化のために導入した場合の長所短所を整理する。

なお、イラン気象庁においては、GSM 方式による雨量テレメータの導入を 2000 年代前半に始めており、モバイル回線を利用するため、この導入は容易かつ廉価である。また、洪水管理の比重が低く、緊急性やデータ搬送の信頼性もさほど高いものが必要とされていない低水管理においては、この方式は適していると判断できる。

GSM 方式携帯電話によるテレメータ化

携帯電話回線を用いたシステムは、設置後に通信料が必要であるものの、ラジオコミュニケーションシステムに比べて安価でメンテナンスが用意であるため、電話網が発達した国においては、テレメータ化のために導入されることが多い。

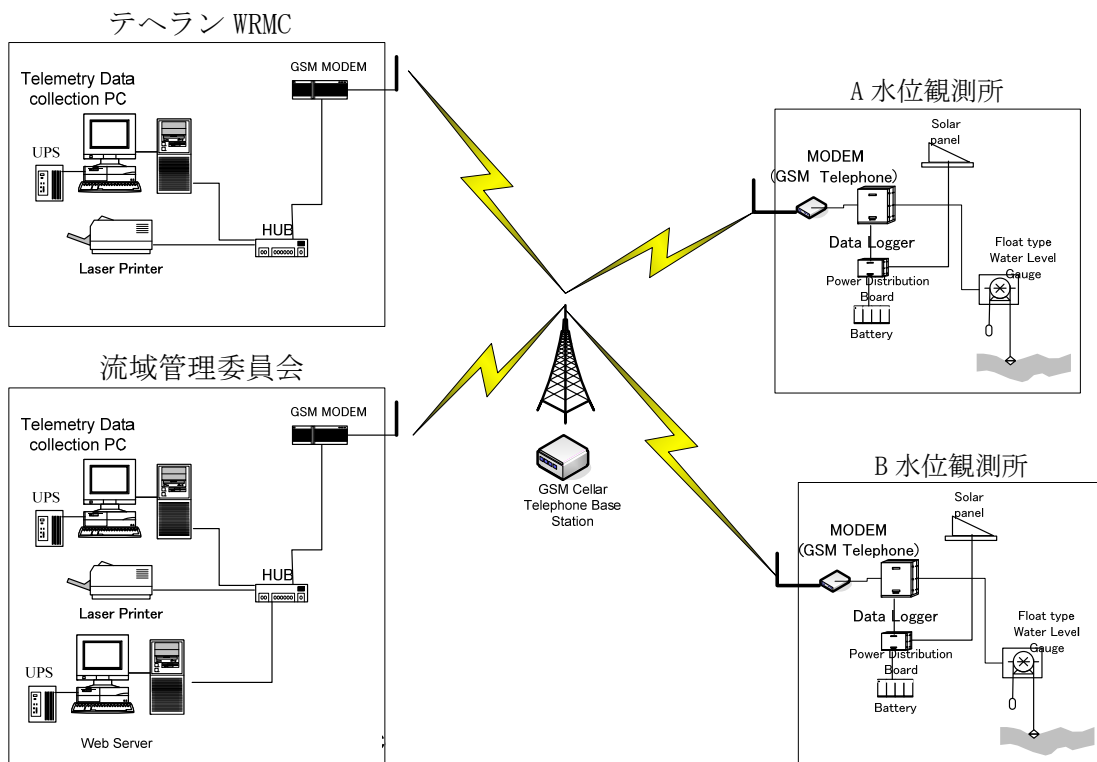
ここイラン国においても、電話通信はイラン国営電話会社の元で国営事業として運営管理されており、中でもモバイル回線は、国営電話会社傘下の複数のプロバイダ

ーによって管理されており、モバイル電話の普及率は非常に高い。しかしながら、近年 GSM のカバーレージは急速に広まりつつあるものの、2008 年時点においては、セフィードルード川全域を網羅していない (図R 9.3.4 参照) ため、導入時には、詳細なカバーレージエリアの調査が必要である。



図R 9.3.4 GSM の受信可能範囲

なお、GSM 携帯電話回線を用いたセフィードルード川のモニタリングシステム (案) を模式化すると図R 9.3.5 のようになる。



図R 9.3.5 GSM モニタリングシステム模式図

また、図R 9.3.5で提案したモニタリングシステム構築に必要な機器及びその機能概要について整理すると表R 9.3.10の通りである。なお、このモニタリングシステムに必要なコストは約42百万円である。

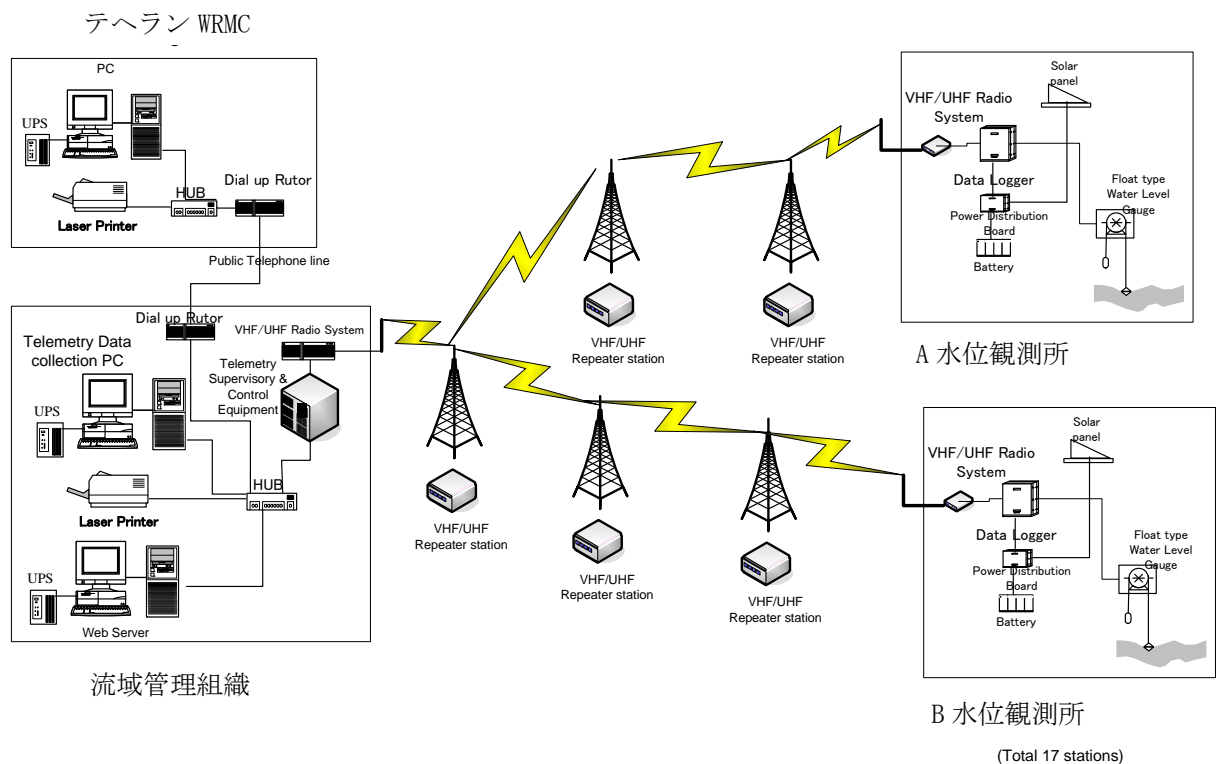
表R 9.3.10 モニタリング局概要 (GSM方式)

モニタリング局	観測機器	機能
テヘラン WRMC 流域管理委員会事務所	情報収集機器(GSM モデム、PC、UPS 等) 情報表示ソフトウェア	GSM 網を通じたリアルタイムデータ収集 データ集積・変換処理・表示 Web サイトへの入力
流量観測所	太陽電池式自動水位観測所(ソーラーパネル、データロガー、GSM データ送信機器等)	水位観測(フロートタイプ) データ保存・送信

ラジオコミュニケーションによるテレメータ化

ラジオコミュニケーションシステムは、VHF/UHF ラジオの無線通信ネットワークを利用してデータを送信するシステムである。このシステムはインストール後には通信料が必要なく通信信頼性が高いという利点があるが、初期投資が GSM システムより高く、メンテナンスには専門技術が必要であるというデメリットもある。

なお、VHF/FM 無線通信の限界距離(40km)を超える場合や、直進する電波を阻害する障害物がある場合はリピーターステーションでの中継が必要となる。対象地域の地形と観測所の位置を考慮すると、本地域に無線通信システムを導入する場合は、約10基のリピータースステムが必要となる。このような条件下で、本地域においてラジオコミュニケーションによるテレメータ化を実施した場合には、おおよそ98百万円の初期投資が必要となる。



図R 9.3.6 VHF/UF ラジオによるモニタリングシステム模式図

各観測所や、テヘラン WRMC および、流域管理委員会における主な必要機材は表 R 9.3.1 1 の通りである。

表 R 9.3.1 1 モニタリング局概要 (ラジオコミュニケーション)

モニタリング局	観測機器	機能
テヘラン WRM 流域管理委員会事務所	情報収集機器(VHF/UHF ラジオシステム、PC、UPS、HUB 等)、テレメーター監視装置、情報表示ソフトウェア等	ラジオネットワークを通じたリアルタイムデータ収集 データ集積・変換処理・表示
流量観測所	太陽電池式自動水位観測所(ソーラーパネル、データロガー、VHF/UHF ラジオシステム)	水位観測(フロートタイプ) データ保存・送信

2) 地下水モニタリング計画

a) 地下水モニタリングの現状

地下水管理計画で述べたように、地下水位変動の実態把握が不十分であり、観測モニタリングシステムの改善が今後の地下水管理計画の中で重要な位置を占める。現在 11 地区中 8 地区で地下水観測システムが設置され、地下水位が継続的に観測され、水質試験と揚水試験が定期的に行われている。

モニタリング井戸は、「第 3 章 3.6.1 水理地質」で述べたように地下水盆: 1301, 1302, 1304, 1306, 1308, 1310, 1311 において 271 孔ある。しかし、地下水盆コード 1303 については、WRMC は調査を実施していないが他機関が電気探査を実施している。また、地下水盆コード 1305 については、WRMC は調査を実施していないが他機関が試験井戸を実施している。さらに、地下水盆コード 1307 については、WRMC の GIS データベースにモニタリング井戸が存在する。従って、モニタリング用の井戸は実際には他機関あるいは未整理のものも含めるとさらに多くある。しかし、現在は一元的に管理された資料はない。

b) 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 59,090km² 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 18,039km² 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 17,000km² 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 40km² 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 本を表 R 9.3.1 2 のように配置することを提案する。なお、これらの井戸は図 R 9.3.7 の地域(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を次に記載する。

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 R 9.3.1 2 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-Kuchefahan	1301	1,923	991	32	32	9	32	25	0
Tarom-Khakhhal	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
Mahneshan-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。

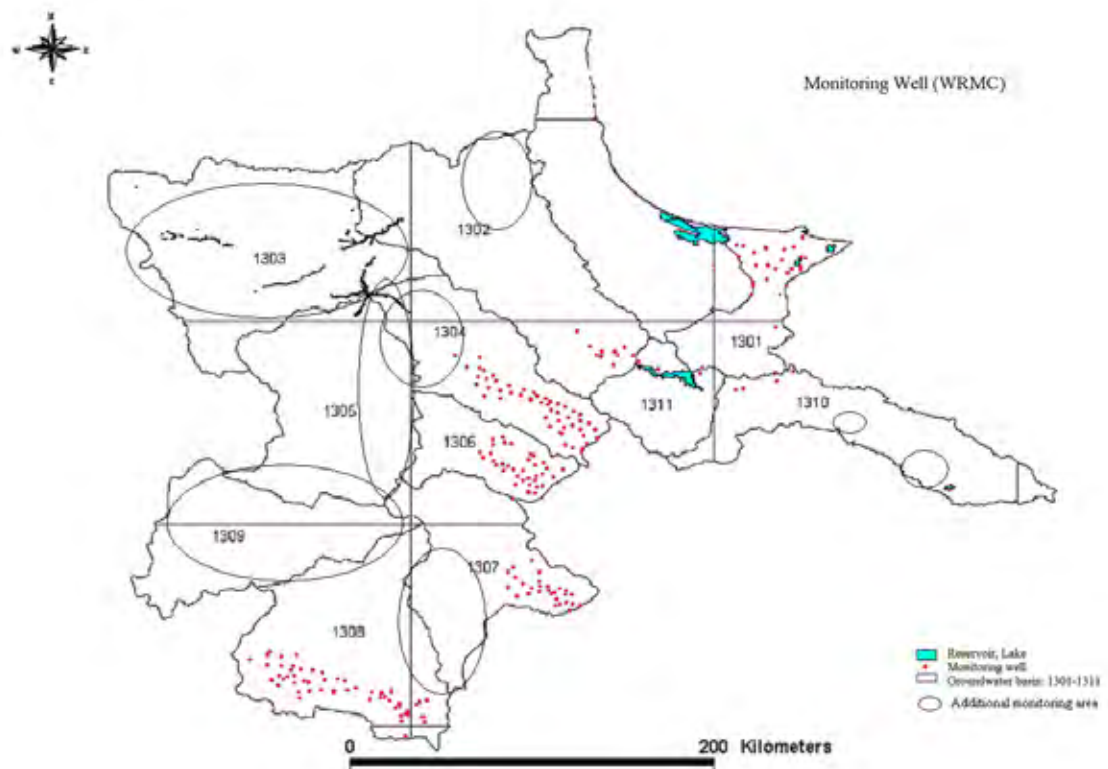


図 R 9.3.7 地下水モニタリング井戸の追加位置

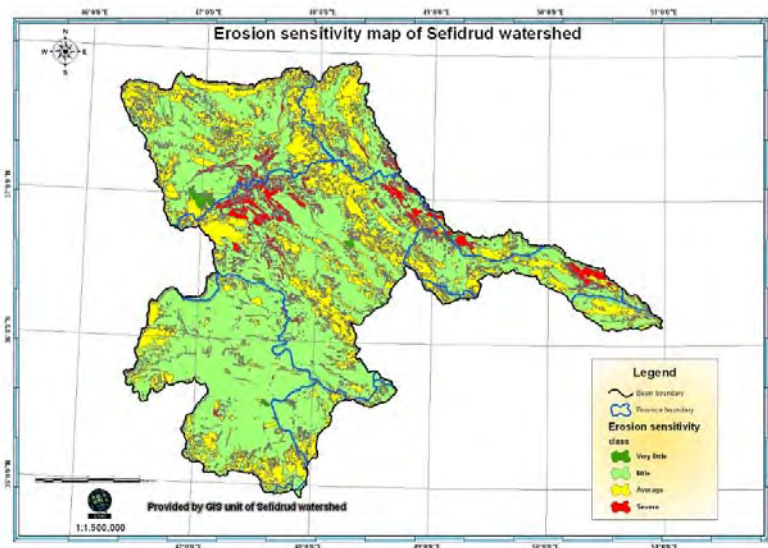
9.3.3 流域管理計画

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。

とくに Manjil ダムにおいては、総貯水容量 1,750MCM に対して、かつて 45 年間で 720MCM(=1,900 百万トン)が流入堆積している。この内 450MCM(=1,200 百万トン)相当を排砂し、270MCM(=700 百万トン)が依然としてダム堆砂量として残っている。

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図R 9.3.8に示すが、とくに流域内には土壌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。

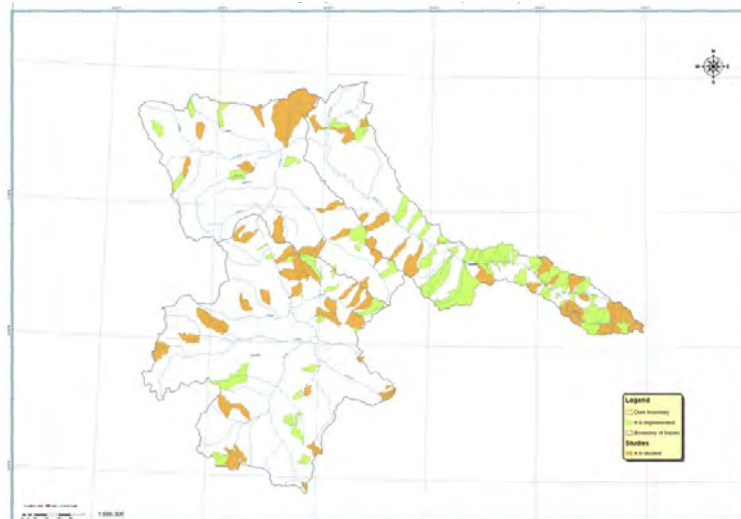


図R 9.3.8 流域内の侵食特性

2) 流域管理プロジェクト

MOJA による流域管理プロジェクトの対象小流域の位置図を次図に示す。これらは、実施中の区域(緑)と調査区域(黄土)に分かれている。表R 9.3.8に示す侵食が激しい区域と対応させると、Manjil ダム周辺の侵食が激しい区域には、これらのプロジェクトが集中していることが分かる。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。



図R 9.3.9 MOJAによる流域管理プロジェクト

9.3.4 水資源管理・協議システム強化計画

1) 流域管理組織 (RBO) の基本概念

水資源管理関係機関の現行体制は、各州の RWC では管轄する州内の管理のみを行い、他方国レベルでは当該流域内の RWC の活動の調整を専門に行っている機関がないため、統合水資源管理を実施するにあたって適切でない。流域全体の見地から水資源管理を行う流域管理組織 (RBO) の設置が総合水資源管理を実施するうえで有効な方法である。

世銀の報告書”Integrated River Basin Management Briefing Note 1, 2006”によれば、流域管理組織には大きく 1)流域調整協議会、2)流域委員会、3)流域公社の 3 つのタイプがある。それらの詳細を表R 9.3.13にまとめた。

表 R 9.3.13 3つのモデル

モデル	前提条件	組織形態
流域調整協議会	<ul style="list-style-type: none"> 流域における既存の組織が効果的に運用されている。 重要なデータネットワークのほとんどが設置され、品質の高いデータや情報が得られている。 優先度の高い水関連プロジェクトのほとんどが建設されている。 流域内の国家間や州間における資源利用の競合の問題が解決している。 	<ul style="list-style-type: none"> 流域内で活動している各国、各州その他における主な水関連組織の大臣や上級の代表者から構成される。 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。 実施上の権限を有していないため、構成メンバーの組織の役割や活動に取って代わるものではない。 調整のための機関を発展させる上での最初のステップとしても採用される。
流域委員会	<ul style="list-style-type: none"> 流域において重要な開発計画が議論になる。 水利用のコンフリクトが重要な問題となっている。 資源の公平な共有と資源利用が悪影響を及ぼさないことを保障するための情報や政策をさらに充実させる必要がある。 望ましい環境価値を保全するためにさらに開発を進めるか、抑止するかについて、水資源計画や管理の詳細が決まられていない。 シミュレーションモデルやそれに使用するデータが用意されていない、または一層の整備が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 通常は流域協議会モデルに比べてより正式な組織として設置される。 組織の目的、最終目標、政策や戦略を策定する理事会が置かれる。 水、天然資源、社会経済計画、マネジメントの専門家による支援組織が置かれる。 場合によっては、最高の権威を付加するため、委員会を統轄する閣僚協議会が置かれることもある。 効果的に職務が履行できない場合を除いては、通常、日常の水資源管理業務は既存の管理組織に任される。 州レベルでの水配分量の設定、水使用量の監視を行う。
流域公社	<ul style="list-style-type: none"> 都市、工業、農業分野でのより大規模な水資源開発があった50年前の時代にはより一般的であった。 水資源ポテンシャルの10%以下しか開発されていないアフリカの一部の国では、このモデルは依然として有効であり、流域委員会モデルは最適の選択でない可能性がある。 歴史的、地理的、政治的に非常に複雑な流域では適切でない。 	<p>このモデルは通常以下の2つの形態をとる：</p> <ul style="list-style-type: none"> 水力発電や航行といった、特定の使命を有した多くの専門分野にまたがる組織。例：Tennessee Valley Authority（米国）、Snowy Mountains Authority（豪州） 実質的に他の組織の全ての水資源に関わる機能を吸収する機関。この場合巨大で強力なものとなる。 <p>このモデルは巨大な民間企業と類似している。</p>

注) 組織形態は同じでも、実際の組織の名称はモデルと異なることがある。

流域管理組織の役割や機能は、設立の方式・目的によって異なり、また、それらは通常、活動の進展によって進化していくものである。

2) セフィードルード川流域 RBO の提案

a) 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

b) Caspian Sea & Urumie Lake Basin Office

Caspian Sea & Urumie Lake Basin Office (CUBO)は、流域内の水資源の課題を調整する目的で 2008 年に設立された。したがって、CUBO はセフィードルードの RBO と密接な関連性を有しており、それらを明らかにしておく必要がある。CUBO の管轄はイランの北部に位置する全ての流域で、12 の州にまたがり、セフィードルードの流域も含まれる。CUBO は、2009 年からセフィードルードのステークホルダー会議に似た委員会を立ち上げて Atrak 川の水配分に関わる調整を開始している。これにはステークホルダーとして 3 つの州 (Gorestan, North Khorasan, Semnan) が関係している。CUBO の General Director は、2009 年からフィードルードのステークホルダー会議に参加しており、調査の結果を待っているとのことである。

CUBO の General Director は、水配分の調整には非常に長い時間がかかり、ゆっくりと進める必要があると述べている。また、現在イラン政府は組織のスリム化を図っており、まったく新しい組織の設置はあまり良い考えでないとのことである。

c) 流域調整協議会モデルによる RBO

提案される RBO は、本来は下記の理由により、上述の流域委員会モデルを若干修正したものを採用すべきである。

- 流域において大規模なダムの建設が検討の対象となっている。
- 関係州の間における水配分にかかる調整が重大な意味を持っている。
- データや情報のシステムを改善する必要がある。
- 調査団が作成したシミュレーション・モデルは、調査終了後に関係州の密接な協力の下で改善される必要がある。

上述の世銀の報告書にあるとおり、本モデルにおいては、既存の水関係機関がうまく運用されている場合、RBO はそれらの機関が実施している管理の役割を直接取って代わる必要はない。RBO は流域全体に関わる調整を実施し、計画を策定する。さらに、そこで使用されるツール、システム、モデルを開発し運用する。

しかし、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。流域調整協議会は、以下の使命を持つ。

- 調査団が策定した流域総合水資源管理マスタープランの実実施計画を策定する。
- 調査団が作成したシミュレーションモデルの運用計画を策定する。
- 州の間でデータ／情報を共有する。
- 河川維持流量、水配分計画等、水資源管理の基本に係わるルールを策定する。
- 緊急時の渇水調整ルールを策定する。
- 農民などのユーザーのための参加型アプローチの採用について計画を策定する。

RBO の組織は図 R 9.3.10 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。

さらに、各州の代表として、RWC に加え、MOJA や環境省の代表、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。

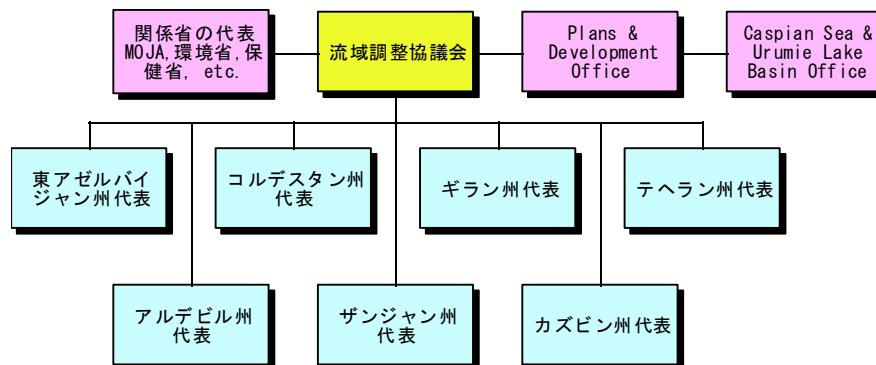


図 R 9.3.10 流域調整協議会型 RBO の組織図

d) 流域委員会への RBO の改編

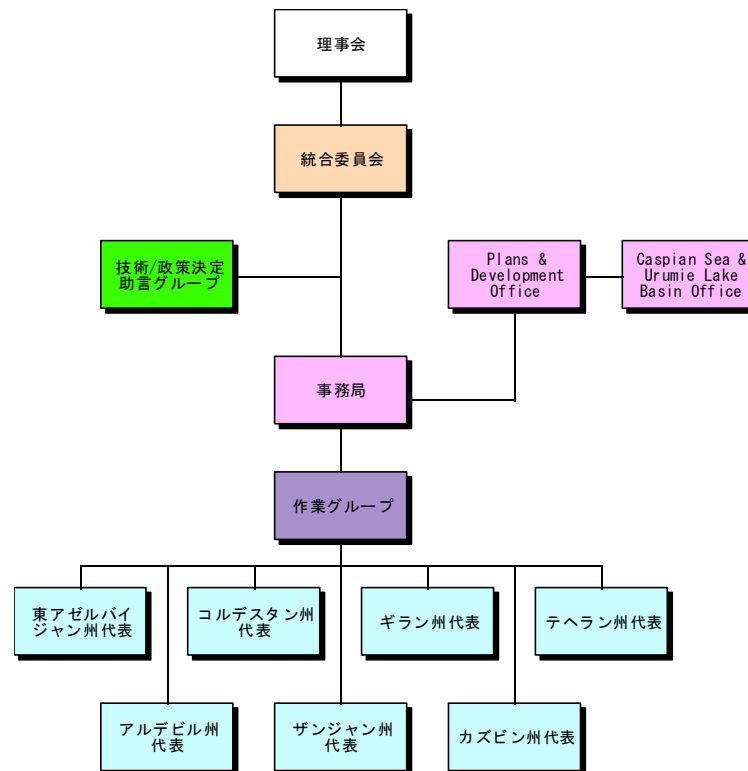
流域調整協議会型 RBO の設立後十分な年数が経過した時点で、流域委員会型の RBO への改編について流域調整協議会で検討されるべきである。このため、流域調整協議会は以下の作業を実施する。

- RBO の詳細（メンバー、職務、予算等）を議論する。
- RBO の必要性とその詳細を関係州に説明する。
- 関係州が締結する RBO の合意書案を作成する。

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 の組織の構成は表 R 9.3.14 の通り提案する。

表 R 9.3.14 提案される RBO 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"> • セフィードロード川流域の 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R 9.3.1 1 流域委員会型 RBO の組織図

e) RBO による総合水資源管理のためのキャパシティ・ディベロップメント

キャパシティは、個人の知識・技量・モチベーション、それを支援する所属組織のシステム、及び所属組織を取り巻く環境（ルールや習慣を含む）であると捉えられている。したがって、キャパシティ・ディベロップメントは以下の3つの次元で促進される必要がある。

- 人材の育成と管理システムの強化
- 組織制度の整備
- 適切な方針と法制度による能力環境開発環境の整備

人材育成に関しては、RBOの指導による総合水資源管理のためにRWCの担当者は以下の職務が行えるよう十分な能力を有する必要がある。

- 水文水質モニタリングシステムの運用及び管理
- モニタリングシステムのテレメータ化に係わる計画とその後の運用及び管理
- 水文水質モニタリングシステムのデータベース化と共有化
- 流域モデルの利用・改良・更新作業と種々の水資源開発計画の評価
- ルール案作成と合意形成に向けた協議の支援
- 計画実現に向けた公聴会等の開催支援

f) RBO の財政

RBOの費用は関係州によって水配分量に応じて負担されなければならない。また、RBOの財政基盤を安定させるために関係州、国庫、さらに大口の水使用者（大規模製造業、電力会社など）から資金を募って基金を創設することを提案する。

財務計画の作成や会計管理はRBOの事務局が行い、毎年統合委員会に財政報告が行われる。

3) RBOの法的枠組み

RBOの役割と権限及び既存の管理組織との間の関係は明確に規定される必要がある。流域委員会の段階で提案されるRBOは、既存の水資源管理法令と組織を前提にしているため、設立のために特定の実施規則を制定するだけでよい。RWCの活動を調整して総合水資源管理を実施するため、以下の規定を規則に含めなければならない：

準備的条項（目的、定義など）、組織のフレームワーク、調査・測定・モニタリング、水資源計画と管理（水量と水質）、施設の建設・運用・維持の権限と責任、水の配分と共有（水利用調整）、洪水管理、集水域の管理、河口・河岸地帯の管理、財務会計、紛争解決、意識向上・教育・参加、報告、罰則、付則

4) 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表R 9.3.15に示す。

表R 9.3.15 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	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や環境省の代表を加える ● 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

5) 今後の具体的活動

セフィードロード川流域総合水資源管理へ向けて今後は以下の具体的な活動が必要である。

表R 9.3.1 6 今後の具体的活動

上位目標：セフィードロード川流域の効果的かつ持続的な水資源管理が実施され、カウンターパートに総合水資源管理に関する技術が移転される。		
プロジェクト目標	プロジェクトの成果	具体的活動
流域の表流水及び地下水資源管理のためのモニタリングシステムが改善される。	流域の表流水及び地下水資源管理のための気象・水文モニタリングネットワークが改善される。	<ul style="list-style-type: none"> 気象・水文データ及びの見直しと表流水及び地下水資源管理のための気象・水文モニタリングネットワークの見直し リアルタイム通信システムを含むモニタリングシステムの改善と必要な観測機器の設置 GIS データベースシステムの構築
表流水及び地下水資源を統合した管理が実施される。	表流水及び地下水に関する定期的な統合管理のシステムが改善される。	<ul style="list-style-type: none"> 地下水に関する基礎データの収集 地下水本の規模の同定と水収支バランスの計算 適切な地下水取水量と代替水資源の検討 法規制の検討
水資源に対する効果的な水利用調整の仕組みが強化される。	効果的な水利用の調整に関するガイドラインが作成される。	<ul style="list-style-type: none"> 作物ごとの灌漑方法の確認 作物ごとの適切な灌漑方法の検討と衛星画像利用を含む新技術による灌漑効率の改善の検討 法規制の検討 水利用マニュアルの作成
水関連の問題やプロジェクトの調整のための協議を行えるようデータ／情報の共有の方法が改善される。	関係各州が水関連の問題やプロジェクトの調整のための協議を行えるようデータ／情報の共有のメカニズムが改善される。	<ul style="list-style-type: none"> 水資源に関する問題とその解決のための関係州による協議の定期的な開催 関係州による紛争調整のための定期的な協議と総合水資源管理に向けての方向付けの協議の実施 流域管理組織（RBO）設立のための具体的な検討
主要なダムに関して統合的な管理の仕組みが確立される。	主要なダムに関する統合運用マニュアルが整備される。	<ul style="list-style-type: none"> 主要なダムに関する統合運用マニュアルの整備 洪水及び渇水管理マニュアルと渇水期における統合運用マニュアルの作成
水資源シミュレーションモデルが改善される。	関係州間における協調の仕組みを支援するための水資源シミュレーションモデルが改善される。	<ul style="list-style-type: none"> 新たなデータによるモデルの改善 技術移転ワークショップの開催
環境管理にかかる問題が改善される。	水質及び水環境が改善される。	<ul style="list-style-type: none"> 汚染源による水質への影響の評価 処理水の再利用の検討 法規制の検討

第10章 衛星画像解析結果に基づいた利水状況

7月21日の議事録において、衛星画像を用いた土地利用図作成については、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主導のもとで衛星画像解析を実施して土地利用図を作成することとなった。また、その土地利用図を用いてWRMC主導で水需要量が算定され、調査団はその水需要量に基づき利水計算を実施し、9章で用いたモデルによる結果と比較した。本章においては、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る。

10.1 衛星画像解析

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、流域内で同一尺度で評価でき、科学的かつ精度の高い灌漑用水の必要量を求めるため、WRMCとJICAは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同意した。調査団、WRMCおよび関連機関による数回の協議の結果、対象地域の農作物のクロッピングパターン、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、本調査中に撮影した衛星画像を用いて、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R 10.1.1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。当初の撮影シミュレーションの結果からは、1回目の撮影は5月中には終了すると期待されていたが、統計とは違う雨・曇りの日が続いたため結局7月前半に終了した。

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				■				■							

図R 10.1.1 衛星画像解析の作業工程

衛星画像解析の手順を記述する。

- (i) 撮影範囲の設定および撮影発注：灌漑地域と平原を対象として、セフィードルード川流域の農地分布密度が高い主要箇所において、SPOT画像を2期分発注する。範囲はSPOT画像20枚分(10.1.2節参照)にあたり、2期分で総枚数40枚となる。ここで言及した主要箇所以外の部分、例えばギラン平原や流域の東部においては、既存のASTER情報を活用するものとする。なお、ギランについては、ローカルコンサルタントによる同じレベルの既存の解析結果があるのでその結果の確認に留める。
- (ii) 画像の事前処理：SPOT画像の入手後、リモートセンシング作業に取り掛かる前に、事前処理として幾何補正(衛星画像上の位置とデータベース上の位置を合わせる)と、

ラジオメトリック補正（センサー感度特性に起因する歪の補正）を実施する。

- (iii) GPS サンプリング調査：現地における±3mの位置精度のGPS サンプリング調査および画像のスペクトル解析を実施する。1フレームについて作物種ごとに30点をサンプリングする。
- (iv) 土地利用解析：サンプリングのデータを活用し、プログラムを用いたリモートセンシング解析によって作物の種類を区分する。これが第一段階目の土地利用情報となる。
- (v) 土地利用情報の改良：リモートセンシング解析によって分別された土地利用情報と現地調査結果とを比較し、アルゴリズムの修正や直接の修正によって土地利用情報を改良する。これが最終的な土地利用情報となる。

10.1.2 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R 10.1.2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R 10.1.2 撮影範囲

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。衛星画像の仕様を表R 10.1.1に示す。

表R 10.1.1 衛星画像の仕様

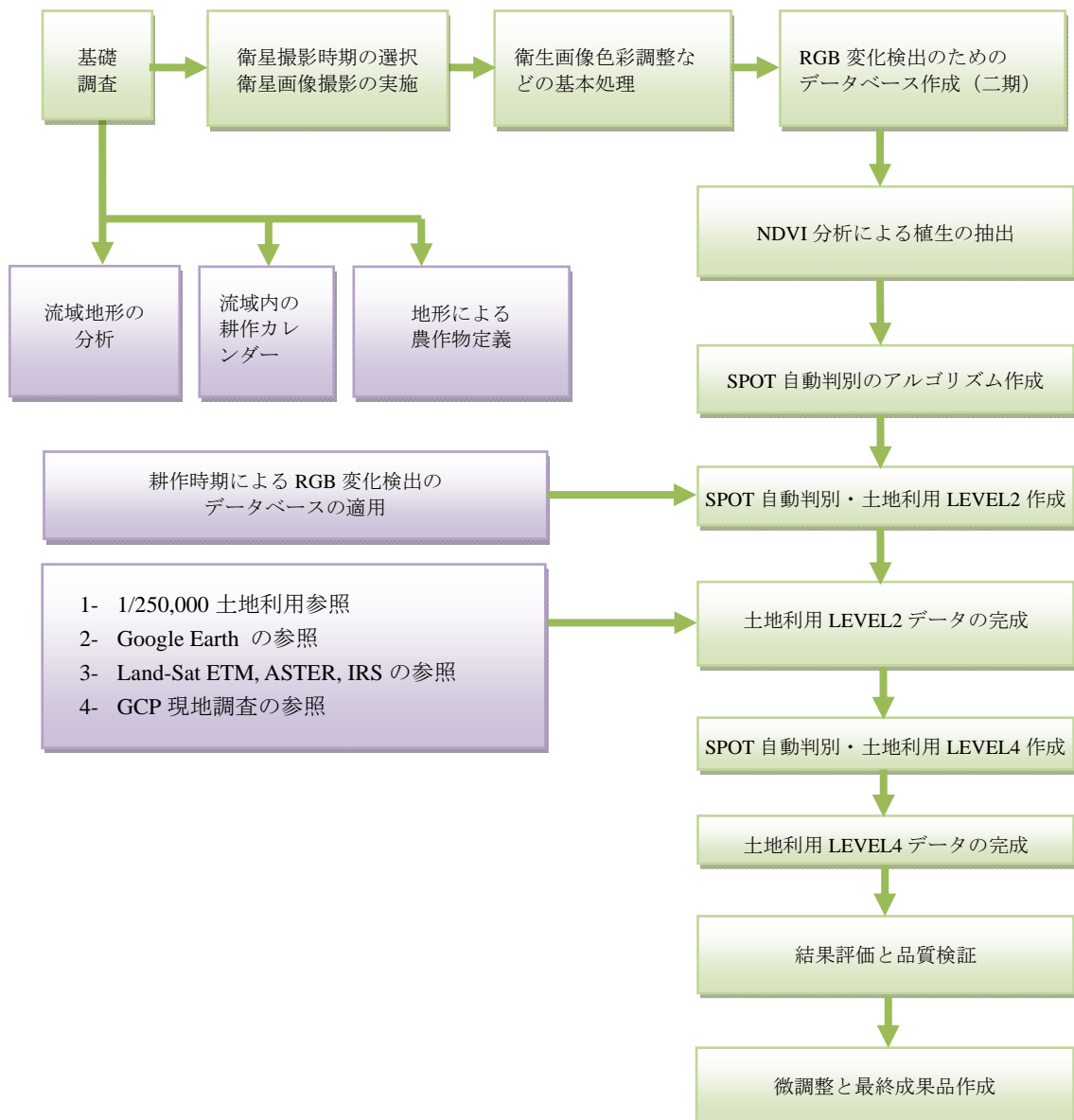
項目	仕様
製品	パノラマチック: 5 m マルチスペクトル: 10 m 調色後
スペクトル領域	P (パノラマ); B1 (緑); B2 (赤); B3 (近赤外線); B4 (SWIR: 短波長赤外線)
対象範囲(1枚)	60 km x 60 km
期間	1.2009年4月16日-6月30日 2.2009年7月1日-9月30日
カメラの角度	軌道交差角: +/- 27° Forward/backward stereo-viewing (SPOT 5)
精度	30 m (1σ) 以下 (SPOT 5)
製品の処理レベル	1A, 2A

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

1) 手法の決定

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。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) どうもろこし、7) 果樹の7種である。

上記レベル2およびレベル4の土地利用データは最終的にGISに入力され、作物別の要水量を乗じて、流域全体および小流域 R 毎の要水量が算出される。これらの手順をフローにし、図R 10.1.3に示す。



図R 10.1.3 土地利用データ作成フロー

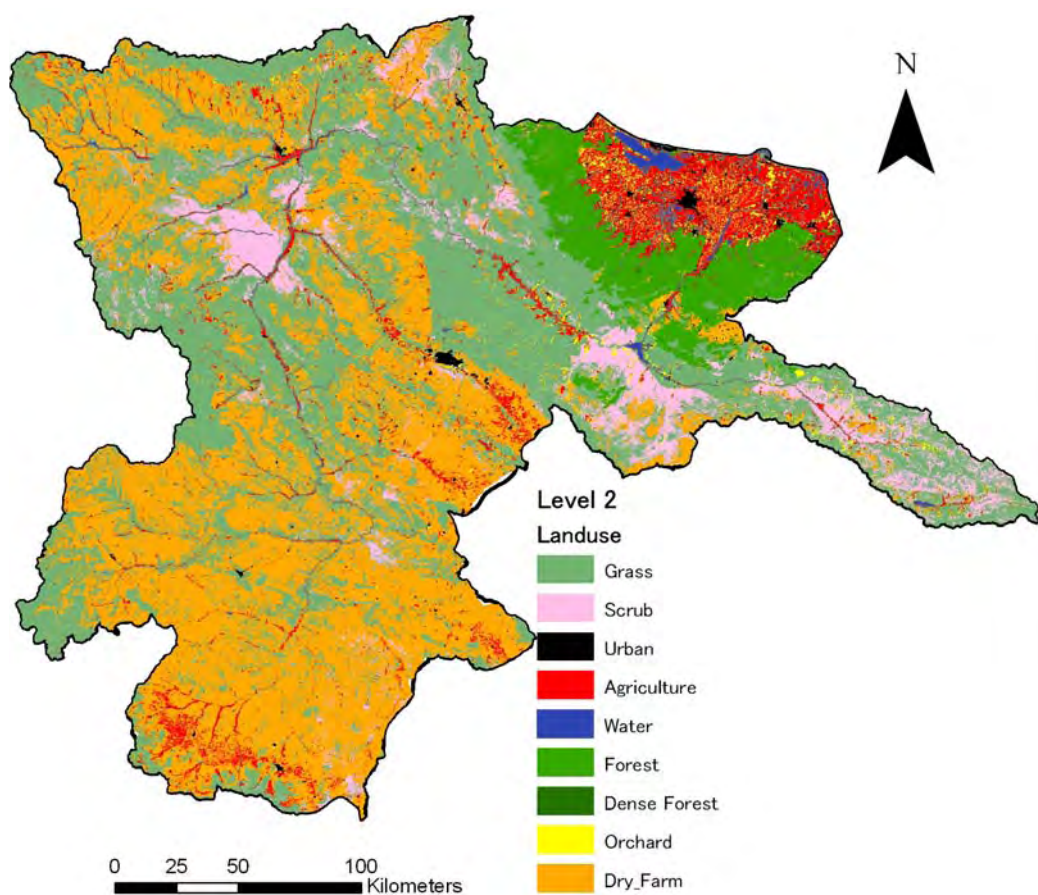
2) 土地利用の検証

本調査では、衛星画像解析において、現実の土地利用を最も精度よく反映できる手法によって解析を実施する必要がある。このため、様々な手法が吟味・試用されたが、最終的に次に示す手法が選択された。

- 基礎情報として、対象時期に近い SPOT、ASTER、IRS、Land-Sat 画像のアーカイブデータを作物種判別に利用する。
- 土地利用判別者が判別しやすいように、複数のサンプリングポイントで現地の土地利用状況を確認する。
- スペクトル解析の精度を上げるため、フレーム毎に微気候による輝度への影響を確認する。
- 地域の作付体系に関する情報を入手し、作物種の判別に役立てる。
- 天水農地と灌漑農地を区分するため、1/25,000 や 1/250,000 の地図を利用し、傾斜分布図を作成する（一定値以上の傾斜地は天水農地として認識するアルゴリズムを組み込むため）。

3) 解析結果

レベル2の基準に準じて作成した土地利用図を図R 10.1.4に示す。なお、レベル4の土地利用図は、各小流域Rにおける灌漑用水量の算定に用いられた。



図R 10.1.4 レベル2土地利用図

10.2 水需要量の算定

10.1 節で作成した土地利用情報をもとに WRMC との協議を経て農作物の要水量を推算・整理した。下記に農作物の要水量の作成手順を記述する。

10.2.1 作物別要水量の算定

作物別要水量は、個々の作物が正常に生育するための純要水量である。10.1 節において区分けされたレベル4の作物別毎に、作物別要水量を下記の手順で算定している。

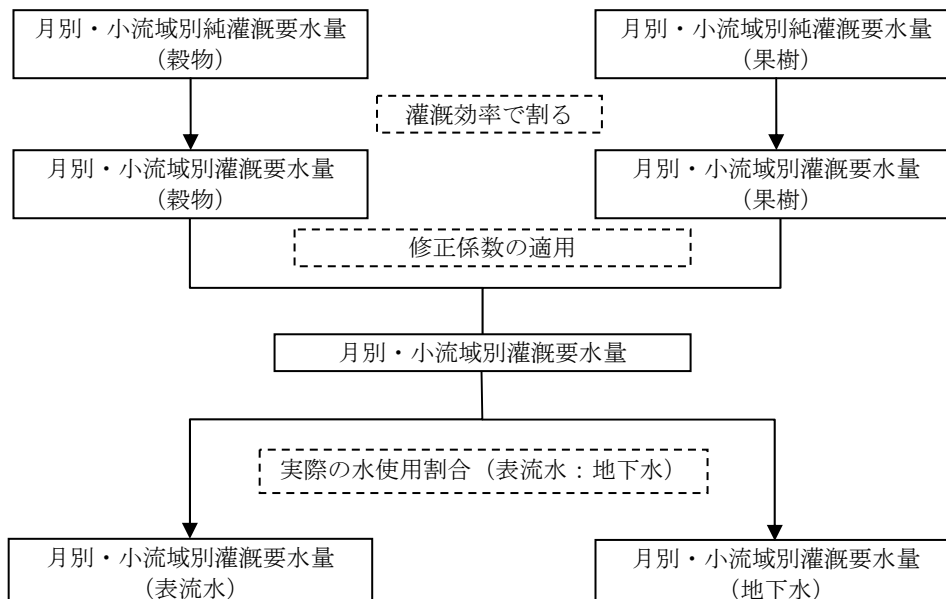
- (i) 作物別要水量算定に必要な蒸発散量の設定：主要作物の正常な生育に必要な水量を算定するための ETC（作物蒸発散量）と ETO（基準蒸発散量）を設定し、ナショナルドキュメントと比較した。
- (ii) 農地の現地調査とインタビュー：より精度の高い農業要水量の算出のため、農地調査チームを派遣し土地所有者を対象に農水使用量についてのインタビューを実施した。
- (iii) 作物別要水量の算定：ETO、降雨量、作物種、地質情報を元に、FAO プログラムを用いて月別・作物別要水量を推算した。

10.2.2 農業（灌漑）要水量の算定

10.2.1 節の手順で、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）が WRMC により集計された。

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）算出した。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。なお、MIKE BASIN による利水計算のために、これらに実際の水使用量率を適用して、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 R 10.2.1 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 R 10.2.1 と表 R 10.2.2 に整理した。また、表 R 10.2.3 と表 R 10.2.4 には、月別・小流域別灌漑要水量（水源別）を整理した。なお、これらの本章にて算定された灌漑要水量は気別の衛星画像の土地利用を考慮して作成されているため、Chapter6 で算定された予測値とは若干異なる。



図R 10.2.1 灌漑要求量算定フロー

なお、上記フローに基づいて得られた要水量は、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。よって次節以降、灌漑の要水量は水需要と称する。

表R 10.2.1 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

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	

表R 10.2.2 地下水がかり灌漑面積、灌漑需要量、灌漑要水量の比較

Zone	Sub-Zone	Water Demand in Chapter 6		Water Requirement		備考
		Area (ha)	Total ('000m ³)	Area (ha)	Total ('000m ³)	
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	40,067	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	

表R 10.2.3 現況表流水がかり小流域別灌漑要水量 (2006)

小流域	灌漑面積 (ha)	修正係数	現況表流水がかり小流域別灌漑要水量 (unit: '000m ³)												年合計	単位水量 (m ³ /ha)	更新
			Meh.	Aba.	Aza.	Dey.	Bah.	Esf.	Far.	Ord.	Kho.	Tir.	Mor.	Sha.			
			10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月			
1	303	1.00	237	37	0	16	58	117	279	504	871	806	809	529	4,263	14,063	Yes
2	2,686	0.86	2,423	1,945	262	140	536	1,468	3,081	6,072	7,738	9,428	9,731	6,363	49,187	18,312	Yes
3	1,467	1.00	1,286	177	0	74	274	553	1,321	2,456	4,498	4,413	4,464	2,995	22,511	15,344	Yes
4	3,187	0.80	2,925	2,183	347	148	628	1,866	3,880	7,086	9,425	11,366	11,855	7,707	59,416	18,643	Yes
5	8,092	0.80	6,420	6,568	892	476	1,825	5,003	10,472	20,013	24,324	28,205	28,539	17,941	150,678	18,621	Yes
6	1,594	0.90	1,232	1,261	171	91	350	961	2,011	3,842	4,669	5,412	5,476	3,443	28,919	18,144	Yes
7	198	1.00	160	24	0	10	38	76	180	344	604	574	577	376	2,963	14,962	Yes
8	0	0.88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18,201	Yes
9	1,724	0.83	1,521	1,349	182	97	373	1,022	2,143	4,165	5,197	6,200	6,348	4,088	32,685	18,959	Yes
10	4,955	0.67	4,604	3,544	651	223	1,057	3,377	6,983	11,635	15,831	18,516	19,381	12,420	98,222	19,823	Yes
11	3,391	0.85	2,220	2,941	402	215	823	2,256	4,713	8,780	10,223	11,288	11,179	6,718	61,758	18,213	Yes
12	190	0.96	182	36	0	5	33	78	199	351	620	695	720	490	3,409	17,943	Yes
13	423	1.00	381	64	0	10	57	137	351	646	1,265	1,494	1,552	1,073	7,030	16,615	Yes
14	36	0.91	35	7	0	1	6	15	38	67	118	132	136	93	648	17,946	Yes
15	0	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	Yes
16	0	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,250	Yes
17	9,162	0.79	5,750	8,459	1,119	634	2,365	6,348	13,465	24,672	27,887	30,802	31,781	19,041	172,323	18,808	Yes
18	3,051	0.84	3,068	1,550	682	498	1,028	2,622	5,358	8,576	9,645	8,353	8,457	5,953	55,790	18,286	Yes
19	21,079	1.00	1,237	221	0	82	620	1,287	25,805	61,229	37,102	39,644	34,211	4,286	205,724	9,760	Yes
20	6,022	0.94	5,265	1,764	753	524	1,090	2,868	6,094	13,052	18,930	21,108	21,487	14,181	107,116	17,787	Yes
21	8,744	0.89	9,947	4,457	1,384	1,006	1,562	2,798	5,636	13,989	24,498	33,159	34,218	24,422	157,076	17,964	Yes
22	1,307	0.84	2,080	773	465	390	529	1,096	2,370	3,842	4,138	2,833	2,931	2,118	23,565	18,030	Yes
23	431	1.00	208	31	0	9	60	100	522	861	868	1,163	1,140	602	5,564	12,914	Yes
24	640	0.92	769	123	52	36	75	198	422	1,047	1,871	2,421	2,544	1,830	11,388	17,795	Yes
25	1,656	0.98	1,753	827	216	169	285	541	1,179	2,788	4,181	5,757	5,953	4,667	28,316	17,100	Yes
26	1,673	0.90	2,583	903	535	441	596	1,253	2,703	4,531	5,216	4,098	4,274	3,022	30,235	18,072	Yes
27	7,603	0.87	5,533	2,592	1,005	712	1,577	4,121	9,773	19,295	28,043	26,638	26,431	14,317	140,037	18,419	Yes
28	265	0.91	302	56	24	17	35	91	193	460	780	983	1,031	731	4,703	17,747	Yes
29	352	0.87	359	74	27	20	53	132	265	636	1,085	1,324	1,417	980	6,372	18,107	Yes
30	4,741	0.76	5,072	1,822	661	414	1,118	3,055	5,809	10,047	15,034	16,651	17,847	12,754	90,284	19,043	Yes
31	728	0.95	682	170	73	52	108	279	594	1,515	2,267	2,675	2,750	1,916	13,081	17,970	Yes
32	734	0.97	1,003	213	79	54	76	129	342	848	1,940	2,785	2,954	2,385	12,808	17,450	Yes
33	382	0.93	462	77	33	22	47	124	262	634	1,122	1,446	1,516	1,092	6,837	17,900	Yes
34	837	0.74	872	514	240	162	263	651	1,370	2,292	2,896	2,499	2,593	1,823	16,175	19,324	Yes
35	1,196	0.82	1,271	669	280	173	269	709	1,670	3,036	4,077	3,701	3,863	2,758	22,476	18,793	Yes
36	1,727	1.00	1,263	1,995	241	308	677	1,396	2,961	4,274	3,517	4,378	4,618	3,652	29,280	16,955	Yes
37	1,127	0.77	1,282	703	276	147	224	667	1,546	2,682	3,773	3,702	3,883	2,808	21,693	19,248	Yes
38	381	0.83	394	163	58	32	73	219	502	902	1,278	1,260	1,317	938	7,136	18,730	Yes
39	0	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	Yes
40	214	0.74	261	138	52	25	38	122	284	485	721	755	795	584	4,260	19,909	Yes
41	615	0.79	777	445	169	82	123	397	909	1,522	2,188	2,230	2,344	1,702	12,888	18,638	Yes
42	482	0.81	523	306	121	65	99	292	677	1,149	1,570	1,496	1,566	1,122	8,986	18,642	Yes
43	224	0.85	222	143	60	37	58	152	357	606	749	616	639	443	4,082	18,228	Yes
44	2,096	0.98	1,927	903	321	268	465	1,330	3,190	5,418	6,983	5,631	5,807	3,875	36,118	17,232	Yes
45	68	0.92	65	44	18	11	17	46	109	182	222	179	186	128	1,207	17,758	Yes
46	26	0.77	32	17	6	3	5	15	34	58	83	86	91	67	497	19,078	Yes
47	6,873	0.99	3,294	2,121	796	741	1,296	3,419	8,347	16,056	25,496	22,523	22,803	9,862	116,754	16,987	Yes
48	1,946	0.97	1,448	523	194	180	316	832	2,043	4,252	7,187	6,919	7,110	3,694	34,698	17,831	Yes
49	0	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,707	Yes
50	758	1.00	364	231	87	81	141	372	908	1,750	2,783	2,464	2,496	1,085	12,762	16,833	Yes
51	156	1.00	74	47	17	16	28	75	183	353	562	499	506	220	2,580	16,532	Yes
52	216	1.00	98	61	23	21	37	99	241	464	739	656	665	290	3,394	15,713	Yes
53	1,520	1.00	0	0	0	0	0	0	2,581	6,658	3,666	3,666	3,067	0	19,637	12,918	No
54	3,889	1.00	0	0	0	0	0	0	7,863	20,266	11,019	11,179	8,728	0	59,055	15,186	No
55	3,297	1.00	0	0	0	0	0	0	5,355	13,810	7,604	7,604	6,361	0	40,734	12,354	No
56	12,904	1.00	0	0	0	0	0	0	21,660	55,980	30,510	30,860	22,350	0	161,360	11,578	No
57	1,387	1.00	0	0	0	0	0	0	2,340	6,020	3,280	3,320	2,400	0	17,360	12,516	No
59	2,365	0.94	2,328	389	0	60	354	840	2,149	3,959	7,706	9,033	9,381	6,492	42,691	18,051	Yes
60	6,664	0.76	7,227	4,548	741	307	1,320	3,962	8,209	14,499	19,494	24,354	26,177	17,803	128,641	19,304	Yes
61	14,734	0.78	9,042	6,442	1,016	1,480	3,232	6,590	13,185	28,461	48,694	63,590	63,390	33,859	278,981	18,935	Yes
62	180	0.81	2	6	0	4	38	77	523	1,050	561	573	487	23	3,344	18,585	Yes
63	3,348	0.88	2,663	1,267	524	425	1,078	2,589	5,065	8,290	11,276	9,681	10,248	7,127	60,233	17,991	Yes
64	1,352	0.73	1,495	875	362	217	337	908	2,130	3,706	4,820	4,268	4,447	3,138	26,703	19,750	Yes
65	148	0.75	182	84	32	15	23	74	174	310	485	530	561	417	2,887	19,504	Yes
66	335	0.95	275	140	55	39	87	225	527	934	1,188	928	957	622	5,977	17,839	Yes
67	16	0.99	8	5	2	2	3	8	19	37	59	53	53	23	272	17,051	Yes
	167,897		107,088	67,027	15,706	11,487	27,883	70,037	213,554	443,443	485,176	529,602	521,598	283,168	2,775,769	17,032	Yes

表R 10.2.4 現況地下水がかり小流域別灌漑要求量 (2006)

小流域	灌漑面積 (ha)	修正係数	現況地下水がかり小流域別灌漑要求量 (unit: '000m ³)												年合計	単位 水量 (m ³ /ha)	更新
			Meh.	Aba.	Aza.	Dey.	Bah.	Esf.	Far.	Ord.	Kho.	Tir.	Mor.	Sha.			
			10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月			
1	1,023	1.00	798	126	0	52	195	393	940	1,702	2,941	2,721	2,730	1,787	14,385	14,063	Yes
2	1,599	0.86	1,443	1,158	155	83	319	874	1,834	3,615	4,607	5,613	5,793	3,788	29,282	18,312	Yes
3	2,417	1.00	2,118	292	0	121	451	910	2,177	4,046	7,411	7,270	7,354	4,935	37,085	15,344	Yes
4	1,596	0.80	1,465	1,093	174	74	314	935	1,943	3,549	4,720	5,692	5,936	3,860	29,755	18,643	Yes
5	1,419	0.80	1,126	1,152	157	83	320	877	1,836	3,509	4,265	4,946	5,005	3,146	26,422	18,621	Yes
6	2,175	0.90	1,681	1,721	234	125	479	1,311	2,744	5,243	6,371	7,385	7,473	4,698	39,465	18,144	Yes
7	226	1.00	183	27	0	12	43	86	206	392	690	654	658	430	3,381	14,962	Yes
8	1,682	0.88	1,405	1,122	206	71	335	1,069	2,211	3,662	4,950	5,749	6,008	3,826	30,614	18,201	Yes
9	350	0.83	309	274	37	20	76	207	435	846	1,055	1,258	1,289	830	6,636	18,959	Yes
10	29	0.67	27	21	4	1	6	20	41	68	92	108	114	73	575	19,823	Yes
11	2,529	0.85	1,656	2,193	301	160	614	1,683	3,515	6,548	7,625	8,419	8,338	5,010	46,062	18,213	Yes
12	127	0.96	122	24	0	3	22	52	133	235	414	465	481	328	2,279	17,943	Yes
13	280	1.00	251	43	0	6	38	90	232	427	837	988	1,028	710	4,650	16,615	Yes
14	1	0.91	1	0	0	0	0	0	1	2	3	3	4	2	16	17,946	Yes
15	0	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	Yes
16	28	1.00	24	4	0	1	3	8	21	39	77	90	94	66	427	15,250	Yes
17	3,593	0.79	2,255	3,317	438	249	927	2,489	5,281	9,676	10,936	12,079	12,464	7,467	67,578	18,808	Yes
18	1,093	1.00	64	12	0	5	33	66	1,338	3,174	1,924	2,056	1,774	222	10,668	9,760	Yes
19	82	0.84	82	41	18	14	28	70	144	231	259	225	227	160	1,499	18,286	Yes
20	7,684	0.94	6,718	2,251	960	668	1,391	3,660	7,776	16,654	24,155	26,933	27,418	18,094	136,678	17,787	Yes
21	6,010	0.89	6,837	3,064	952	692	1,074	1,923	3,873	9,616	16,838	22,791	23,519	16,786	107,965	17,964	Yes
22	1,188	0.84	1,891	703	423	354	481	996	2,154	3,492	3,761	2,575	2,664	1,925	21,419	18,030	Yes
23	267	1.00	129	20	0	6	37	63	324	533	538	721	706	373	3,450	12,914	Yes
24	58	0.92	70	11	4	4	7	18	38	95	170	220	230	166	1,033	17,795	Yes
25	19,068	0.98	20,184	9,525	2,493	1,945	3,287	6,226	13,579	32,098	48,139	66,291	68,547	53,742	326,056	17,100	Yes
26	5,266	0.90	8,132	2,843	1,684	1,390	1,877	3,942	8,508	14,261	16,420	12,898	13,452	9,763	95,170	18,072	Yes
27	9,720	0.87	7,074	3,314	1,285	910	2,016	5,268	12,494	24,668	35,852	34,055	33,791	18,304	179,031	18,419	Yes
28	0	0.91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,747	Yes
29	79	0.87	81	16	7	5	12	30	60	142	244	297	318	220	1,432	18,107	Yes
30	1,315	0.76	1,407	505	183	115	310	848	1,611	2,786	4,170	4,618	4,950	3,538	25,041	19,043	Yes
31	71	0.95	67	16	7	5	11	27	58	148	221	261	269	187	1,277	17,970	Yes
32	0	0.97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,450	Yes
33	26	0.93	32	5	2	2	3	9	18	43	76	98	103	75	466	17,900	Yes
34	23	0.74	24	14	7	5	7	18	37	63	80	68	71	50	444	19,324	Yes
35	14	0.82	15	8	3	2	3	8	20	36	48	43	45	32	263	18,793	Yes
36	3,540	1.00	2,588	4,088	495	632	1,388	2,863	6,069	8,760	7,210	8,974	9,467	7,486	60,020	16,955	Yes
37	1,710	0.77	1,946	1,066	419	222	339	1,011	2,345	4,070	5,725	5,617	5,892	4,261	32,913	19,248	Yes
38	290	0.83	300	124	44	24	56	167	382	686	973	959	1,003	714	5,432	18,730	Yes
39	0	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	Yes
40	149	0.74	181	96	37	18	27	85	198	338	502	525	554	406	2,967	19,909	Yes
41	768	0.79	777	445	169	82	123	397	909	1,522	2,188	2,230	2,344	1,702	12,888	18,638	Yes
42	1,044	0.81	1,133	664	261	140	214	633	1,466	2,489	3,400	3,240	3,392	2,430	19,462	18,642	Yes
43	224	0.85	222	143	60	37	57	152	357	606	750	617	640	443	4,084	18,228	Yes
44	1,986	0.98	1,826	856	304	253	441	1,260	3,023	5,134	6,617	5,335	5,502	3,672	34,223	17,232	Yes
45	514	0.92	492	329	138	85	132	349	821	1,375	1,678	1,356	1,405	968	9,128	17,758	Yes
46	38	0.77	46	24	9	4	7	22	49	84	122	126	133	98	724	19,078	Yes
47	20,270	0.99	9,715	6,256	2,347	2,185	3,822	10,083	24,617	47,353	75,194	66,426	67,252	29,085	344,335	16,987	Yes
48	2,687	0.97	1,999	722	267	249	436	1,150	2,821	5,871	9,924	9,553	9,818	5,101	47,911	17,831	Yes
49	601	1.00	186	202	97	97	210	452	1,102	1,910	2,069	829	806	278	8,238	13,707	Yes
50	2,212	1.00	1,061	673	252	235	411	1,085	2,651	5,106	8,120	7,190	7,282	3,166	37,232	16,833	Yes
51	143	1.00	68	42	16	15	26	68	167	323	515	457	464	202	2,363	16,532	Yes
52	2,632	1.00	1,190	746	280	261	456	1,201	2,933	5,658	9,009	7,992	8,099	3,533	41,358	15,713	Yes
53	553	1.00	0	0	0	0	0	0	939	2,421	1,333	1,333	1,115	0	7,141	12,918	No
54	1,632	1.00	0	0	0	0	0	0	3,300	8,507	4,625	4,693	3,664	0	24,788	15,186	No
55	200	1.00	0	0	0	0	0	0	325	837	461	461	386	0	2,469	12,354	No
56	5,890	1.00	0	0	0	0	0	0	7,550	19,512	10,635	10,757	7,790	0	56,244	11,578	No
57	13,130	1.00	0	0	0	0	0	0	22,152	56,988	31,050	31,429	22,720	0	164,338	12,516	No
59	839	0.94	826	138	0	22	125	298	763	1,404	2,734	3,205	3,328	2,303	15,146	18,051	Yes
60	1,090	0.76	1,182	744	122	51	216	648	1,343	2,372	3,188	3,984	4,282	2,912	21,044	19,304	Yes
61	5,653	0.78	3,469	2,472	390	568	1,240	2,528	5,059	10,920	18,683	24,398	24,321	12,991	107,039	18,935	Yes
62	20	0.81	0	1	0	1	5	8	58	117	63	64	54	2	373	18,585	Yes
63	4,768	0.88	3,792	1,804	747	605	1,535	3,686	7,213	11,807	16,059	13,786	14,594	10,150	85,778	17,991	Yes
64	14	0.73	15	9	4	2	4	10	22	38	50	44	46	32	276	19,750	Yes
65	308	0.75	378	175	66	32	47	155	363	645	1,009	1,103	1,167	867	6,007	19,504	Yes
66	15,236	0.95	12,485	6,382	2,486	1,782	3,942	10,228	23,953	42,493	54,032	42,202	43,516	28,294	271,795	17,839	Yes
67	9,128	0.99	4,573	2,788	1,046	975	1,706	4,496	10,985	21,239	33,878	30,087	30,488	13,381	155,642	17,051	Yes
	168,307		118,121	65,904	19,790	15,760	31,684	77,211	209,516	422,184	521,685	526,561	524,376	299,070	2,831,862	17,032	Yes

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、第9章までの結果と比較する。基本的には、第7章で構築した現況利水計算モデルに、10.2.2節で整理した野灌漑の水需要量を各リーチ別に入力し、利水シミュレーションを実施する。下記に計算実施に必要なモデルの計算条件について記述する。

10.3.1 計算条件

1) 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。

2) 計算年数および自然流量

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。

3) 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、次表に示す現況灌漑効率を使用する。

表R 10.3.1 灌漑効率

灌漑効率ケース	Manjil 下流の灌漑エリア			伝統的灌漑エリア		
	現況	中期	長期	現況	中期	長期
現況	0.42	0.42	0.42	0.33	0.33	0.33
中間案	<u>0.42</u>	0.45	0.51	<u>0.33</u>	0.37	0.44
WRMC 案	0.42	0.48	0.55	0.33	0.40	0.50

4) 水需要

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。

a) 河川及び地下水から取水する小流域R別水需要量

河川および地下水掛りの水需要量を小流域R別に集計し、次表に整理した。なお、この小流域R別水需要量は、農水(伝統的灌漑エリア)、上水、工水の水需要量を含んでいる。

表 R 10.3.2 小流域 R 別水需要量 (伝統的灌漑エリア)

Zone	Sub-zone	Area (km2)	Category	Reach										Remarks	
				R43	R44	R45	R47	R48	R50	R51	R52	R67	Total		
A	A-1	6,445.5	Reach											Total	
			Surface	3.7	33.1	1.1	105.4	31.2	11.6	2.4	2.8	0.2	191.5		
			Ground	4.1	34.2	8.8	316.2	54.3	34.0	2.2	34.5	139.7	628.1		
			Total	7.9	67.2	9.9	421.6	85.5	45.6	4.6	37.3	139.9	819.5		
	A-2	5,072.9	Reach	R37	R40	R41	R42	R46	R65					Total	
			Surface	20.1	3.9	11.9	8.3	0.5	2.6					47.3	
			Ground	40.2	4.4	15.4	19.3	0.8	6.2					86.4	
			Total	60.3	8.4	27.3	27.5	1.3	8.9					133.7	
	A-3	6,004.0	Reach	R38	R39	R49	R66							Total	
			Surface	6.5	0.0	0.0	5.4							11.9	
			Ground	5.2	0.1	11.4	264.2							280.9	
			Total	11.7	0.1	11.4	269.6							292.8	
Sub-total	17,522.4												1,246.0	SW Total: 250.7 GW Total: 995.3	
B	B-1	1,817.6	Reach	R34	R35	R64							Total		
			Surface	14.4	20.5	23.9								58.7	
			Ground	1.1	1.0	1.7								3.8	
			Total	15.5	21.4	25.6								62.5	
	B-2	2,395.4	Reach	R29	R30	R63								Total	
			Surface	5.7	82.3	53.0								141.0	
			Ground	1.5	25.3	79.9								106.8	
			Total	7.2	107.6	132.9								247.8	
	B-3	4,590.6	Reach	R20	R24	R27	R28	R31	R33					Total	
			Surface	151.7	10.2	123.0	4.2	11.8	6.1					307.0	
			Ground	143.7	1.3	160.5	0.2	1.4	0.5					307.7	
			Total	295.5	11.5	283.5	4.4	13.2	6.6					614.7	
	B-4	6,527.1	Reach	R17	R22	R26								Total	
			Surface	157.5	21.4	26.2								205.2	
			Ground	67.5	20.7	87.8								176.0	
			Total	225.0	42.2	114.0								381.2	
	B-5	1,628.5	Reach	R18										Total	
			Surface	47.0										47.0	
			Ground	4.0										4.0	
			Total	51.0										51.0	
	B-6	3,540.0	Reach	R08	R10	R60								Total	
			Surface	0.0	89.9	116.9								206.8	
			Ground	28.2	1.8	28.5								58.6	
			Total	28.2	91.8	145.4								265.4	
B-7	2,145.1	Reach	R04	R05	R09								Total		
		Surface	54.7	135.6	29.0								219.2		
		Ground	29.1	26.2	6.1								61.3		
		Total	83.7	161.7	35.0								280.5		
Sub-total	22,644.3												1,903.1	SW Total: 1,184.9 GW Total: 718.2	
C	C-1	1,761.2	Reach	R02	R06	R11							Total		
			Surface	43.4	25.7	68.3								137.4	
			Ground	26.5	35.8	48.9								111.3	
			Total	69.9	61.6	117.2								248.7	
	C-2	1,849.7	Reach	R01	R03	R07	R12	R14	R59					Total	
			Surface	3.6	20.1	2.6	2.9	0.6	38.8					68.6	
			Ground	12.3	32.1	3.0	2.0	0.0	18.6					68.1	
			Total	15.9	52.2	5.6	5.0	0.7	57.4					136.7	
	C-3	4,850.4	Reach	R13	R15	R16	R61							Total	
			Surface	5.8	0.0	0.0	226.8							232.6	
			Ground	4.0	0.0	1.0	92.5							97.5	
			Total	9.9	0.0	1.0	319.2							330.1	
C-4	2,763.3	Reach	R21	R32									Total		
		Surface	143.4	11.5									154.9		
		Ground	108.2	0.2									108.5		
		Total	251.6	11.7									263.3		
Sub-total	11,224.6												978.9	SW Total: 593.5 GW Total: 385.4	
D	D-1	942.8	Reach	R36									Total		
			Surface	20.5									20.5		
			Ground	42.8									42.8		
			Total	63.3									63.3		
	D-2	3,909.3	Reach	R25										Total	
			Surface	24.4										24.4	
Ground			288.0										288.0		
Total			312.3										312.3		
Sub-total	4,852.1												375.6	SW Total: 44.9 GW Total: 330.7	
E	E-1	3,192.6	Reach	R53	R54								Total		
			Surface	42.1	44.3									86.5	
			Ground	39.6	46.9									86.5	
			Total	81.8	91.2									173.0	
	E-2	1,632.3	Reach	R19	R23	R62								Total	
			Surface	163.3	4.7	2.7								170.7	
			Ground	22.4	9.0	3.5								34.9	
			Total	185.7	13.7	6.2								205.7	
	E-3	2,479.9	Reach	R56										Total	
			Surface	124.0										124.0	
			Ground	76.1										76.1	
			Total	200.1										200.1	
E-4	788.2	Reach	R57										Total		
		Surface	13.3										13.3		
		Ground	144.7										144.7		
		Total	158.0										158.0		
Sub-total	8,092.9												736.8	SW Total: 394.5 GW Total: 342.2	
Total	64,336.3	Surface											2,468.4		
		Ground											2,771.9		
		Grand Total											5,240.3		

b) ダム掛り

現況モデルには Manjil ダム、Taleghan ダム、Golbragh ダムの3つのダムが組み込まれているが、このうち Manjil ダム掛の水需要量としては、下記 C)の堰掛りとしてモデルに組み込んでいる。残りの2ダムについては、表 R 10.3.3 に整理した現況ダム掛り農水および上水の水需要量を設定している。ちなみに Taleghan ダム掛りについては、農水および上水の水需要があり、Golboragh ダムについては農水のみである。

表 R 10.3.3 ダム掛りの水需要量 (MCM)

ダム名	農水	上水	工水
Manjil	C)参照		
Taleghan	310.0	150.0	0
Golboragh	6.6	0	0

c) 堰掛り

堰掛りの水需要量については、次表に整理する通り、Manjil ダム下流の Tarik 堰、Gelerud 堰、Sangar 堰から、SIDN エリアの農水および都市部の上水の利用のために取水している。これらの月別の水需要量は、6章の表 R.6.2.20 に整理されている通りである。

表 R 10.3.4 ダム掛りの水需要量 (MCM)

河川名	堰名	農水	上水	工水
Sefidrud 本川	Tarik	437.5	0	0
	Gelerud	36.8	57.3	0
	Sangar	1544.7	0	0
右支川	Sahre Bijar	6.6	57.3	0

5) 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。各ダムの諸元については下表の通りである。

表 R 10.3.5 現況ダム諸元 (MCM)

ダム名	小流域 R	集水面積 (km2)	敷高 (m)	低水位 (m)	常時満水位 (m)	計算初期水位 (m)	有効貯水容量 (MCM)
Manjir	R53	56,019	191	259	272	271.7	1,150
Taleghan	R36	828	1,688	1,740	1,780	1812	329
Golbolagh	R43	250	1,793	1,808	1,814	1768	6

6) 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)。

表 R 10.3.6 ダム掛りの水需要量 (環境流量)

月	5月	6月	7月	合計
流量(MCM)	133.9	133.9	40.2	308

7) Manjil ダム下流のコントロールポイント

4)項で述べた通り、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水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 シミュレーションの実施および結果

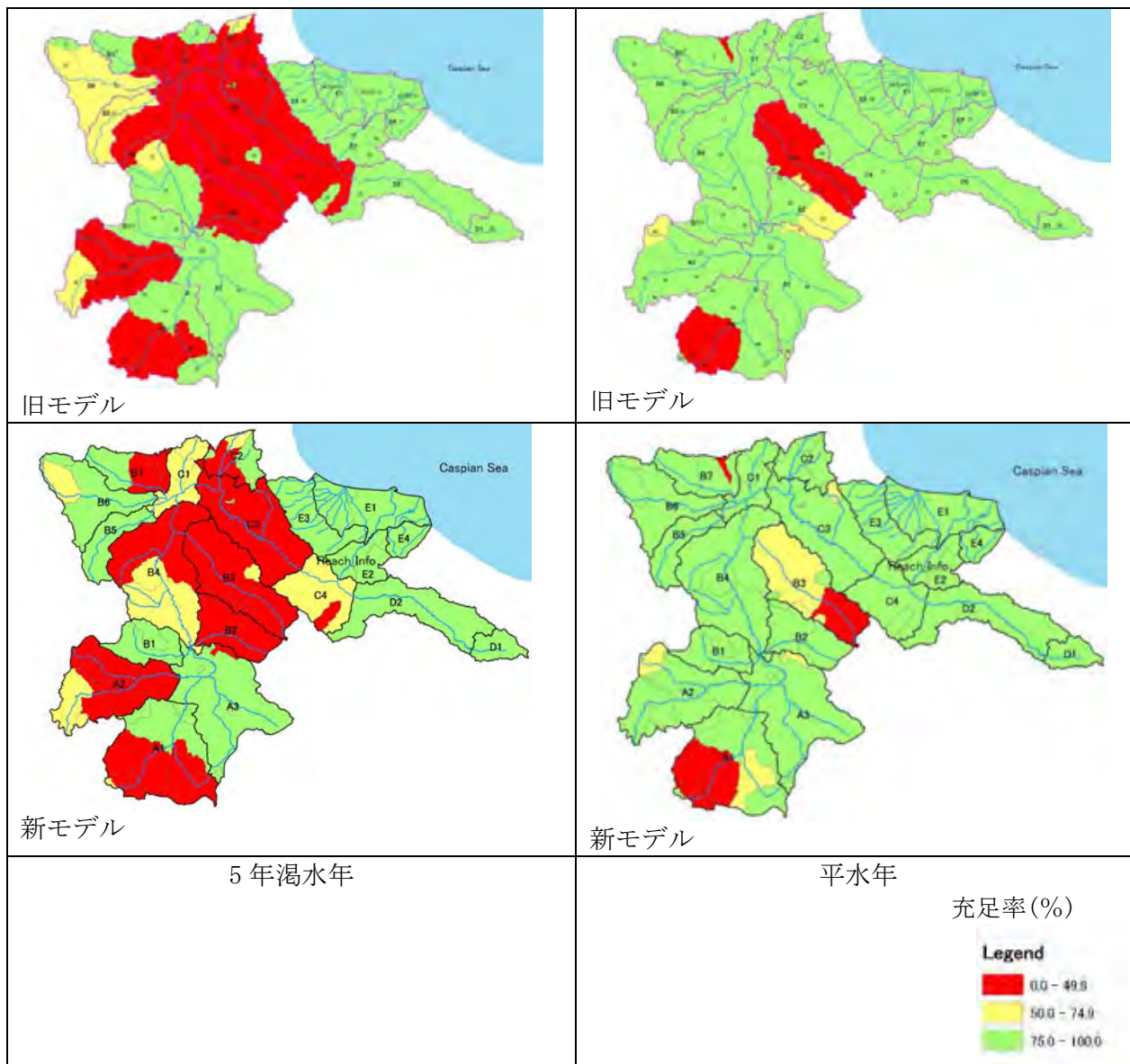
10.3.1 節で整理した条件で現況モデルの利水計算を実施した。下記に、1) 伝統的灌漑エリアの充足率、2) SIDN 地区の充足率について、①農業台帳による水需要を使用したモデル（以下旧モデルと称す）と②衛星画像による水需要を入力したモデル（以下新モデルと称す）で実施したシミュレーション結果を比較し、下記に整理する。

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。なお、旧モデルおよび新モデルにおけるリーチ別充足率については、次図に図示した。

表R 10.3.7 伝統的灌漑エリアの充足率

ゾーン	サブゾーン	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	A-1	57.1	59.4	74.4	73.5
	A-2	31.7	42.1	92.6	97.4
	A-3	80.7	81.8	92.2	92.7
	小計	57.8	62.1	85.8	87.0
B	B-1	91.9	93.6	100.0	100.0
	B-2	28.4	37.1	80.9	84.4
	B-3	37.0	39.0	67.9	71.8
	B-4	59.2	55.2	99.0	100.0
	B-5	73.7	100.0	100.0	100.0
	B-6	73.0	79.3	100.0	100.0
	B-7	47.1	46.3	61.5	64.7
	小計	56.1	59.2	87.5	89.3
C	C-1	52.6	59.5	93.7	92.8
	C-2	49.4	57.3	97.3	98.8
	C-3	56.5	60.5	94.1	88.3
	C-4	69.9	39.4	100.0	100.0
	小計	58.0	54.6	96.0	93.6
D	D-1	100.0	100.0	100.0	100.0
	D-2	100.0	100.0	100.0	100.0
	小計	100.0	100.0	100.0	100.0
上流域平均		60.8	62.7	89.7	90.4



図R 10.3.1 リーチ別充足率

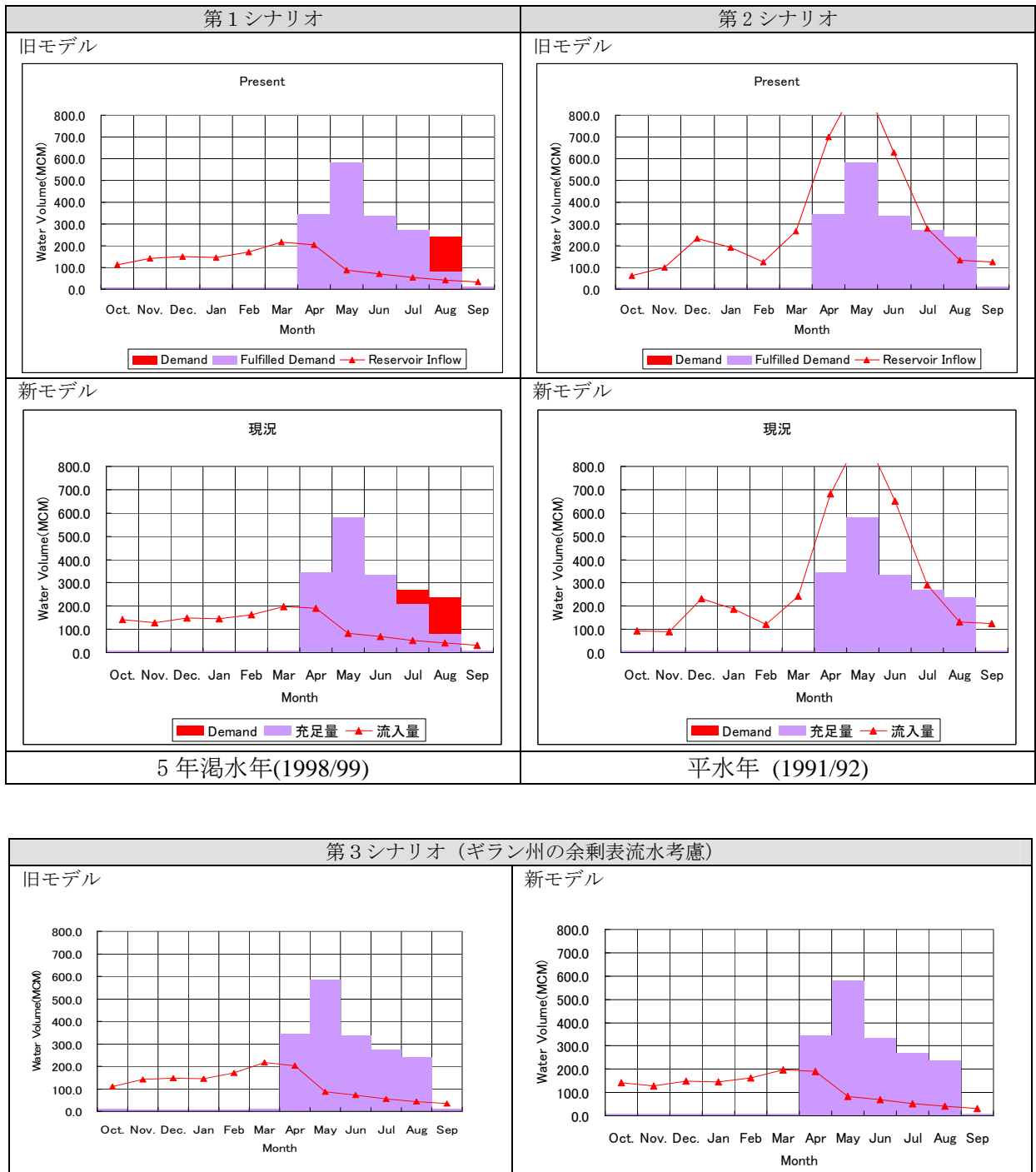
2) SIDN 地区の充足率

表R 10.3.8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結果になった。

表R 10.3.8 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%

次図に、旧モデルおよび新モデルによる SIDN 地区の充足率を月別に示す。ケースは①渇水年、②平水年、③ギラン州表流水で不足分を賄った場合（渇水年）の3ケースである。



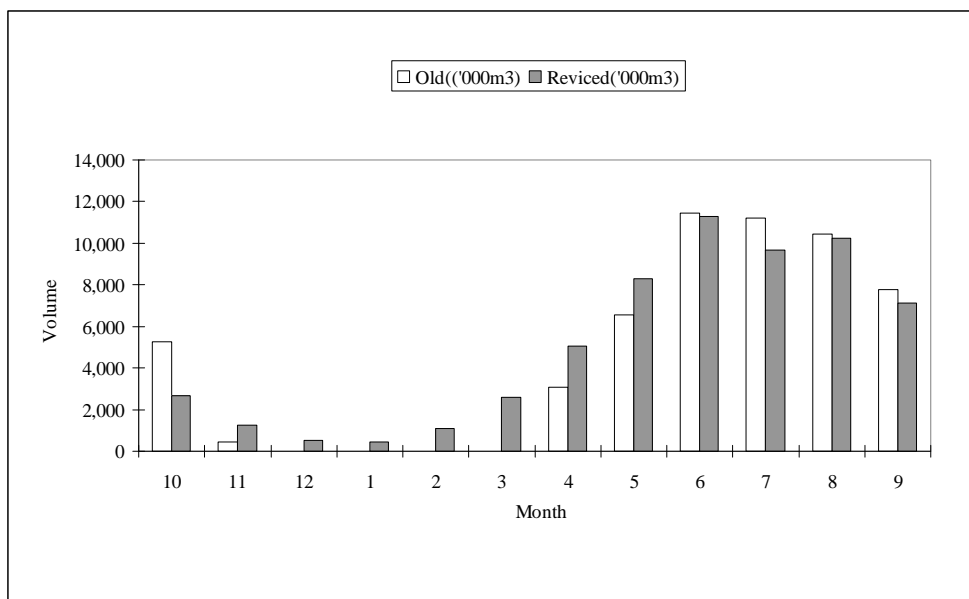
図R 10.3.2 SIDN 地区月別充足率

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。

セフィードル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、今後の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、セフィードル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。なお、衛星画像解析の精度を上げるには、撮影回数の増加や教師付き分類のサンプリング数の増加などが挙げられるが、撮影回数が増えるほど資金と時間がかかるため、農業台帳との併用が望ましいと考えるが、今後は台帳作成時の手順や集計における問題点をクリアにして、ステークホルダーが納得できるプロセスを踏んで作成していく必要がある。

なお、水需要が増加しても、上流の伝統的灌漑エリアの充足率が増加している地域については、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ものと推測される。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、下図のようにメインの農作期（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。



図R 10.4.1 水需要グラフ

第11章 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。

「第4章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「第9章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。

「第9章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 m³ 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上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

「第9章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

「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

「第9章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和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。

「第3章 調査対象地域の現状」の「3.6 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、「第9章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。

