



短時間雨量は、10分間で18.5mm、30分間で46.3mm、60分間で80.8mmであった(図PI.18参照)。このように強い強度の降雨があり、さらに当初の4時間に総雨量の76%が集中した。

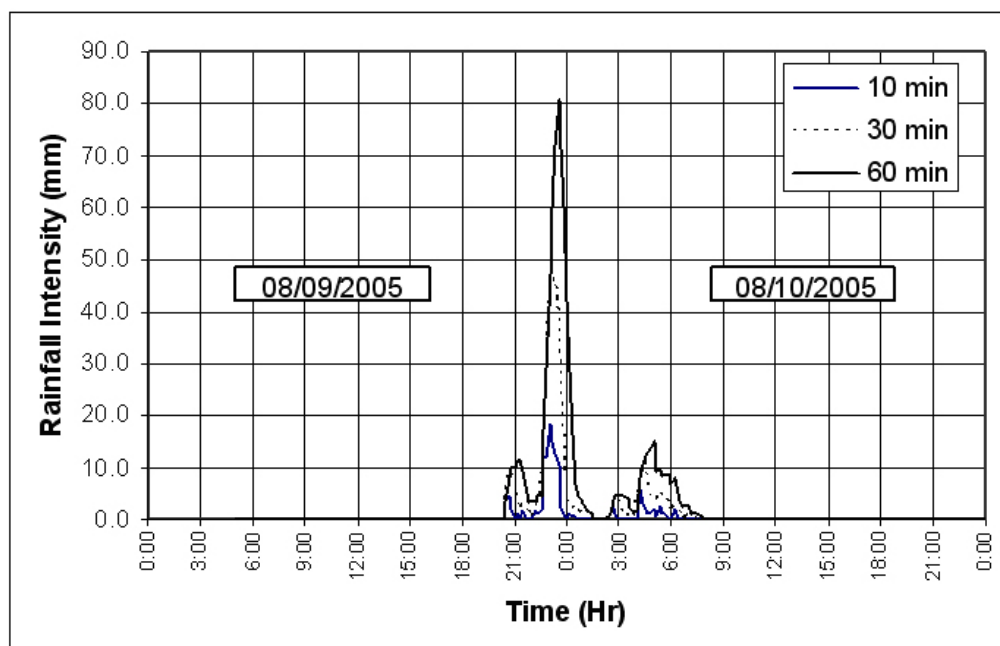


図 PI.18 タングラー観測所の短時間雨量(2005年洪水)

### (3) 2005年洪水のダシュト観測所における流量算出

2005年洪水では、ダシュト橋観測所で時間水位データが観測されていた。洪水波形は図PI.19に示すように、極めてシャープな立ち上がりを有するハイドログラフを形成している。流量は水位データから広頂堰の公式に基づいて算出したものである。ちなみにピーク流量は $725\text{m}^3/\text{s}$ と推算された。

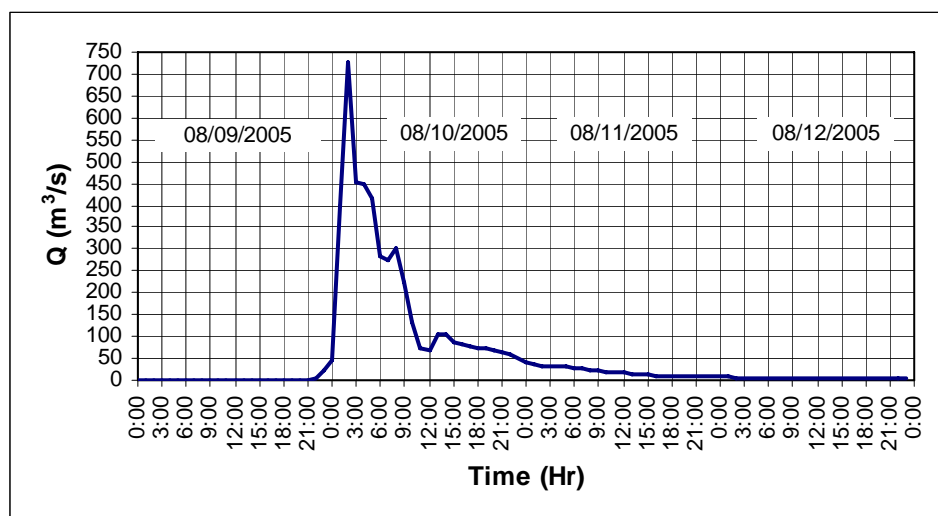


図 PI.19 2005年洪水におけるダシュト橋観測所の洪水流量波形

### 2.4.3 流域平均雨量の算定

次のような手順で、流域平均雨量を算出した。

- (1) 代表観測所の選定：雨量観測所の空間分布と観測期間を考慮して、10 観測所を選定した。
- (2) ティーセン係数の算定：選定した観測所の雨量データの具備状況を勘案し、次の3 期間を設定して、それぞれのティーセン係数を算出した。
  - 第1期：1974-1996 年、6 観測所
  - 第2期：1997-2000 年、8 観測所
  - 第3期：2001-2005 年、10 観測所
- (3) 年最大流域平均2 日雨量の算定：流域全体の年最大平均2 日雨量を算定し、さらに各小流域の平均2 日雨量も併せて算出した。これを次表に示す。

表 PI.10 年最大流域平均2 日雨量

Year	Date	Basin	Sub - basins							
			1	2	3	4	5	6	7	8
1974	27-28 Nov	36	34	11	31	54	53	50	49	21
1975	29-30 Nov	30	27	15	20	36	35	46	33	57
1976	24-25 Apr	20	18	2	9	38	36	35	24	6
1977	21-22 Apr	26	23	12	20	42	41	41	8	27
1978	2-3 May	33	33	12	33	53	51	49	9	32
1979	13-14 Sep	23	23	4	18	40	39	36	18	13
1980	29-30 Dec	15	15	3	13	27	27	22	8	1
1981	6-7 Oct	20	19	3	15	37	36	31	7	5
1982	24-25 Jun	20	20	5	19	33	32	28	9	9
1983	12-13 Dec	28	33	17	38	21	22	29	29	59
1984	6-7 Oct	34	37	19	36	52	51	41	10	10
1985	11-12 Oct	26	20	5	12	43	41	51	25	48
1986	3-4 Aug	37	31	15	24	58	55	59	51	35
1987	20-21 Mar	41	33	8	20	65	62	75	57	63
1988	1-2 Apr	54	46	4	24	100	95	98	56	40
1989	5-6 Jan	30	40	27	56	30	32	15	8	4
1990	15-16 Mar	30	28	19	23	37	36	42	22	46
1991	4-5 May	38	42	34	41	35	35	37	34	48
1992	13-14 May	77	62	28	45	105	101	131	102	146
1993	15-16 Feb	18	13	7	6	29	28	36	13	35
1994	5-6 Jan	30	23	7	14	46	44	53	45	42
1995	22-23 Jun	34	30	17	25	45	44	50	43	45
1996	25-26 Jun	31	27	5	18	57	55	56	15	27
1997	6-7 Nov	16	11	17	1	8	18	31	9	41
1998	18-19 Mar	13	16	23	2	11	7	9	11	5
1999	12-13 Jul	20	24	10	10	25	14	27	13	53
2000	7-8 Feb	17	17	0	10	22	23	31	21	29
2001	10-11 Aug	97	94	41	147	165	152	115	53	22
2002	12-13 Aug	45	36	8	56	88	64	73	25	96
2003	24-25 May	44	32	22	41	51	75	75	51	27
2004	19-20 Sep	21	8	4	13	5	50	55	27	18
2005	9-10 Aug	75	72	40	102	107	118	93	37	10

### 2.4.4 確率雨量の推算

表 PI.10 に示す 32 年間の年最大流域平均2 日雨量を用いて、さまざまな確率分布関数を適用

して、その適合度を検討した(図 PI.20 参照)。この結果、対数ピアソン 3 型分布が最も実測値と適合度が良いことが分かり、これを採用した。対数ピアソン 3 型分布を用いて、表 PI.11 に示すように、確率規模別の流域平均 2 日雨量を推算した。また、水文計画策定のため、既往の代表洪水として、1988 年、1992 年、2001 年、2002 年、2005 年の 5 洪水を選定し、これらの 25 年、50 年、100 年確率における各分割流域の流域平均 2 日雨量を実績に基づいて、その引き伸しにより推算した(表 PI.12 参照)。こうした雨量は、後述する MIKE-SHE 水文モデルへのインプットデータとなり、確率洪水流量算出の基礎データとなる。

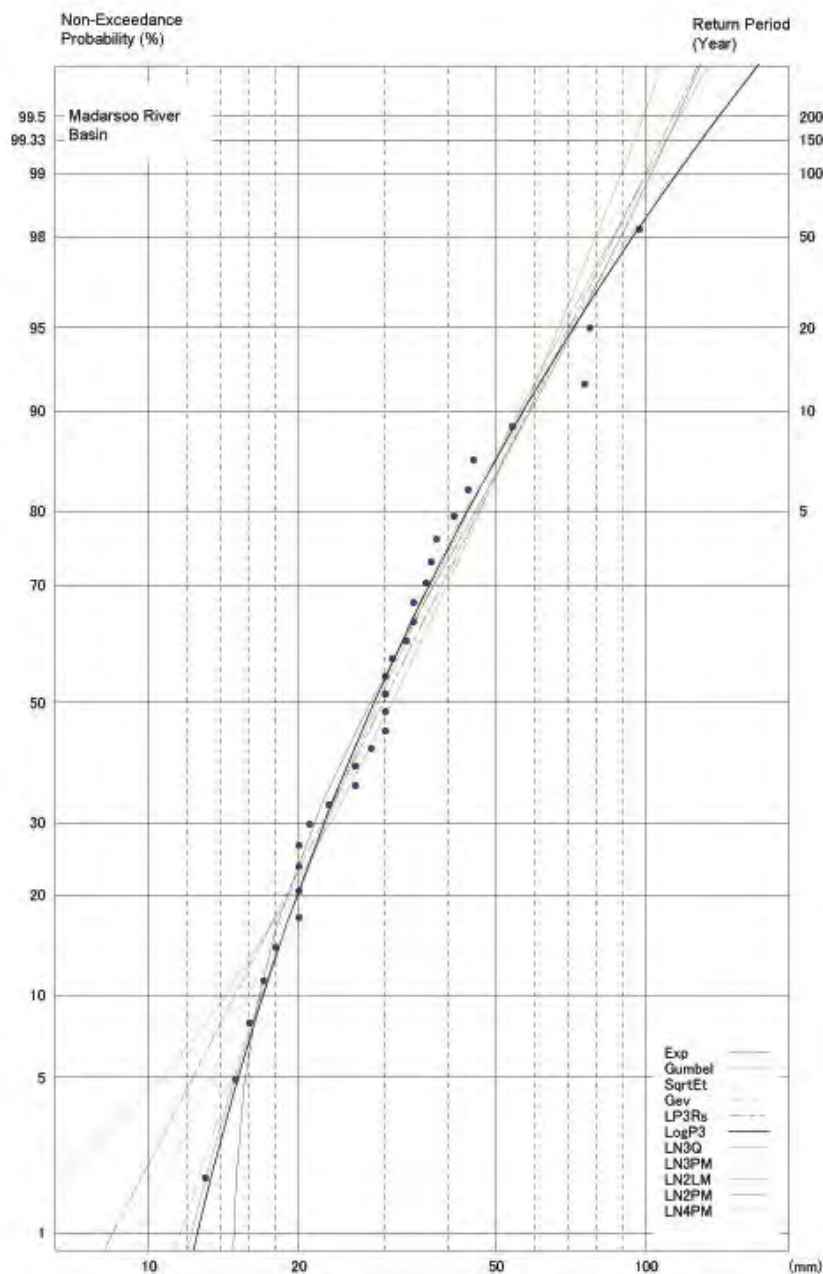


図 PI.20 確率分布関数と年最大流域平均 2 日雨量の関係

表 PI.11 流域平均確率 2 日雨量

Item	Return Periods									
	2 - Years	5 - Years	10 - Years	20 - Years	25 - Years	30 - Years	50 - Years	80 - Years	100 - Years	200 - Years
Probable 2-day basin rainfalls (mm/2day)	28.3	43.6	56.5	71.2	76.1	80.9	94.4	108.3	115.4	139.8

表 PI.12 代表洪水における分割流域の流域平均確率 2 日雨量

Return Period	Flood Type	Probable Aerial Rainfalls (mm/2day)									
		Basin	Sub-basin 1	Sub-basin 2	Sub-basin 3	Sub-basin 4	Sub-basin 5	Sub-basin 6	Sub-basin 7	Sub-basin 8	
25 Years	1988	76.1	65	6	34	141	134	139	80	56	
	1992		61	28	44	104	100	130	101	145	
	2001		73	32	115	129	119	90	41	17	
	2002		60	14	94	147	106	122	42	161	
	2005		74	41	104	109	120	95	37	10	
50 Years	1988	94.4	81	7	42	175	167	172	99	69	
	1992		76	34	55	128	124	161	125	180	
	2001		91	39	143	160	148	112	51	22	
	2002		74	17	117	183	132	152	53	200	
	2005		92	51	129	136	149	117	46	12	
100 Years	1988	115.4	99	9	51	214	204	211	121	85	
	1992		93	42	67	157	151	197	152	220	
	2001		111	48	174	196	181	136	63	26	
	2002		90	21	143	223	161	186	64	244	
	2005		112	62	157	166	182	144	57	15	

確率解析の結果、近年の洪水に関する確率評価を、流域平均 2 日雨量で行うと次のようである。

- 2001 年洪水(97mm) : 55 年
- 2002 年洪水(45mm) : 5 年
- 2005 年洪水(75mm) : 25 年

2001 年洪水の直後には、かつてこうした洪水に匹敵する豪雨の観測データが無かったため、極めて異常な洪水であったと評価され、数千年の確率規模であったと言われた。しかし、引き続き発生した 2002 年、2005 年の洪水を経験し、こうした水文データの蓄積が例え 2001 年洪水でも、さほど異常な洪水では無かったことが明らかになった。このように、2001 年から 2005 年の 5 年間のうちに、水文計画に必須の短時間雨量や確率雨量はドラスティックに変化した。しかし、未だこうした突如とした変化が、何によってもたらされたものか、地球温暖化の所作なのか否か、明らかではない。今後の調査研究に待つしかない。

## 2.4.5 水文モデリング

### (1) モデルの選定

MIKE-SHE 水文モデルは、統合分布型の水文シミュレーションモデルである。このモデルは、流域管理の実績、土地利用の変化、土壌タイプ、地形特性、流出抑制対策等のさまざまな影響を評価できるため、本調査では適用を試みた。また、MIKE-SHE モデルは、河道網に関しては MIKE11 の一次元水理モデルを組み込んでいる。流域の流出量は、表面流、中間流、ならびに基底流量に分け計算が可能である。

### (2) モデルの同定

モデルの同定は、時間雨量ならびに時間流量データのある 2005 年洪水を対象とした。図 PI.21

にダシュト橋のシミュレーション結果を示すが、ピーク流量ならびに洪水波形の形状ともにモデルは良好に再現出来ていると判断できる。この流域全体の再現計算結果は、すでに図 PI.13 に示している。

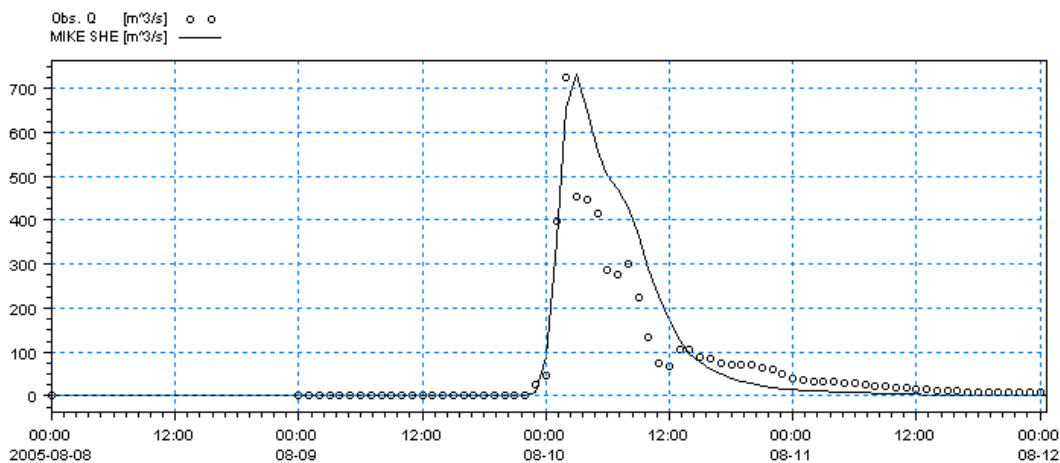


図 PI.21 ダシュト橋におけるモデル同定結果(2005年8月10日)

### (3) モデルの検証

次にモデルの同定結果を用いて、2001年洪水によるモデルの検証計算を行った。

2001年洪水に対してタングラの洪水波形が推算されており、これとシミュレーション結果を比較したものが次図である。全般的には適合度は良好であるが、若干異なる大きな原因は、推算されていた洪水波形がもともと誤差を含んでいること、および2001年洪水は時間雨量が観測されておらず、時間的なズレが生じたことの二者によるものと考えられる。

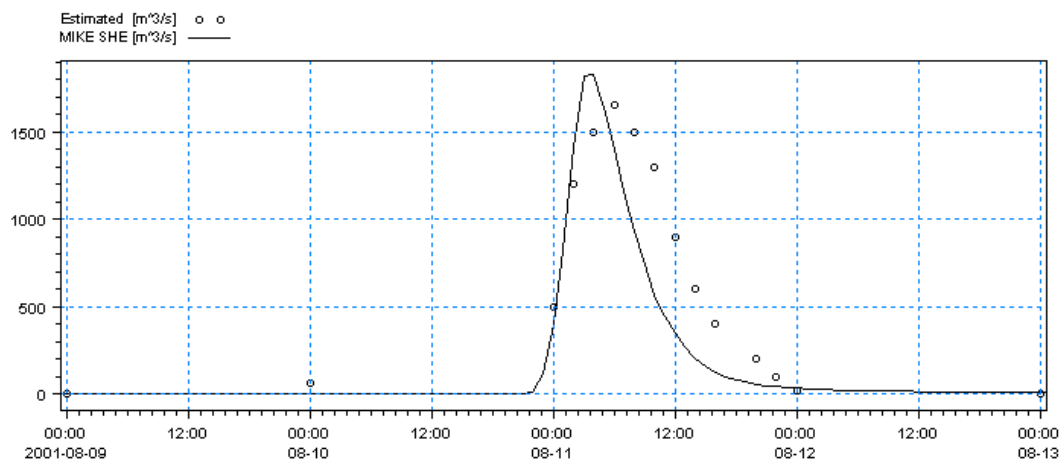


図 PI.22 タングラーにおけるモデルの検証結果(2001年8月11日)

さらに、ゴレスタンダム流入量から、ガリケシュとホジ・ゴサンの洪水流量を差し引き、マダルス川からの流入量を推定したものととの比較を行った。これを次図に示す。タングラ一

様、時間的なズレはあるものの、再現精度は良好と判断できる。この流域全体の再現計算結果は、2005年洪水同様、すでに図PI.13に示している。

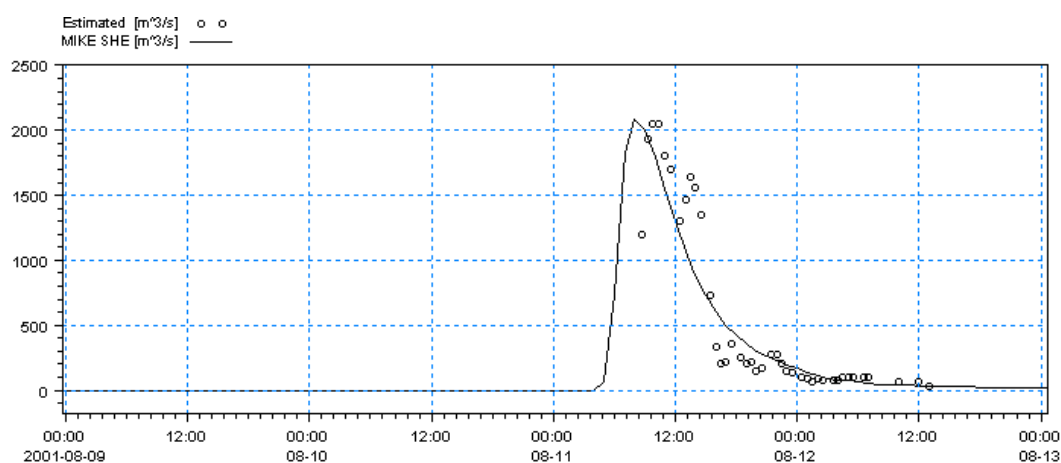


図 PI.23 マダルス川のゴレスタンダム流入量によるモデルの検証結果(2001年8月11日)

## 2.5 関連プロジェクト

### 2.5.1 緊急河川復旧計画

マダルス川のさまざまなインフラ関連施設は、2001年と2002年に連続して発生した洪水によって被災し、甚だしい損傷を受けている。こうした被災施設の復旧ならびに再発防止のための計画と実施が関係機関によって進められている。これらは、主としてエネルギー省、道路交通省、農業推進省が、それぞれの管轄施設の復旧計画と工事を担当している。これら三者が対象とする施設は一般に次のように区分されている。

- 農業推進省：流域管理関係の洪水防御、侵食防止対策、土石流・土砂流出抑制対策
- エネルギー省：河川改修関係の洪水防御、河岸侵食対策
- 道路交通省：被災した道路・橋梁の復旧

#### (1) 農業推進省の緊急プロジェクト

農業推進省は、マダルス川流域を含むゴレスタンダム集水域全体のマスタープランを作成しているが、この計画は、次のような観点でとりまとめられている。

- 自然状態を保全・復旧すること
- 社会経済活動における持続的開発を促進すること
- 自然環境と人間活動を水災害から防護すること
- 洪水流出を減少・制御すること

このマスタープランに基づいて、農業推進省は、マダルス川流域の5小流域の洪水土石流対策を主体とした緊急対策の実施を決定した。これらのプロジェクトの目的は、次のとおりである。

- 計画対策工の洪水貯留効果により洪水流出を低減させる。
- 計画対策工の雨水貯留効果により降雨の地下浸透を促進させる。
- 斜面に設置する計画対策工により侵食を制御する。

2001年洪水の後、2002年に緊急対策計画が策定され、2005年9月時点でその一部が完成している。これらの緊急対策に関する位置図を次図に示す。

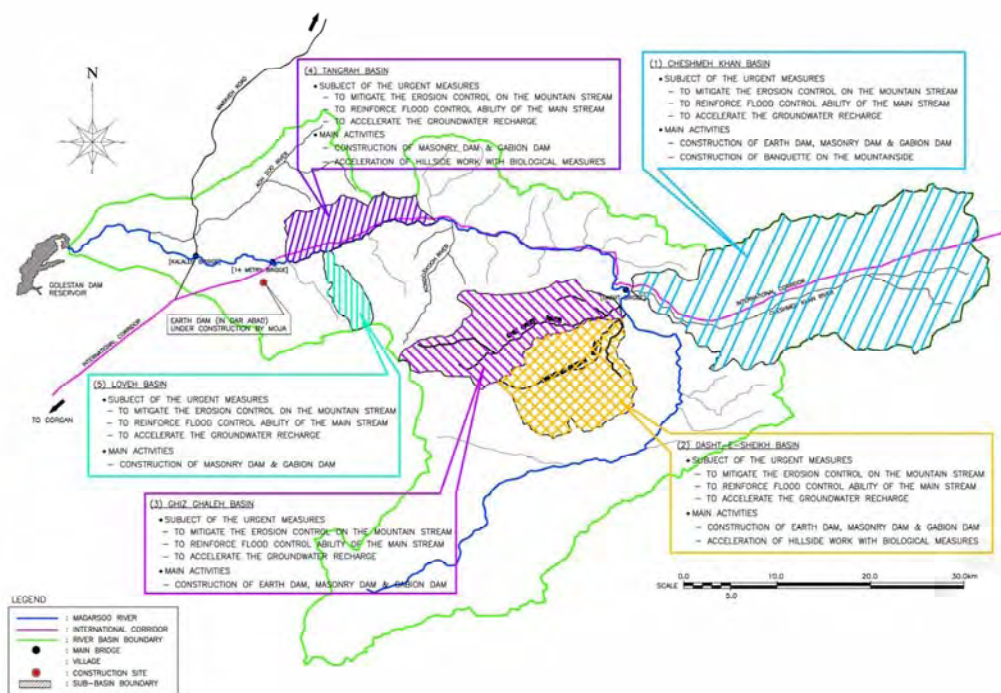


図 PI.24 農業推進省の緊急対策計画区域位置図

## (2) エネルギー省の緊急プロジェクト

2001年洪水により、道路・橋梁・河川施設が深刻な被害を受けたため、エネルギー省は、河川改修の緊急プロジェクトを実施した。改修対象区間は、カラレ橋からダシュト橋までの約65kmである。マダルス沿川の主要構造物の緊急復旧計画として、エネルギー省は9地点の施設を選定した。この計画は、計画洪水を処理する河道拡幅のみならず道路交通省の既設道路の復旧改良も含んでいる。さらにエネルギー省は、同時にゴレスタンドム流域のマスタープランを100年確率の整備水準で策定中である。

しかし2005年8月に発生した洪水は、マダルス沿川でエネルギー省や道路交通省によって実施されていた緊急復旧施設をことごとく破壊した。このため、エネルギー省はマスタープランと緊急計画の水文水理条件、河川構造物の強化と構造物配置についての見直しを行わざるを得なくなった。

次図は、2005年洪水発生以前に緊急計画として計画された9地点の位置図である。



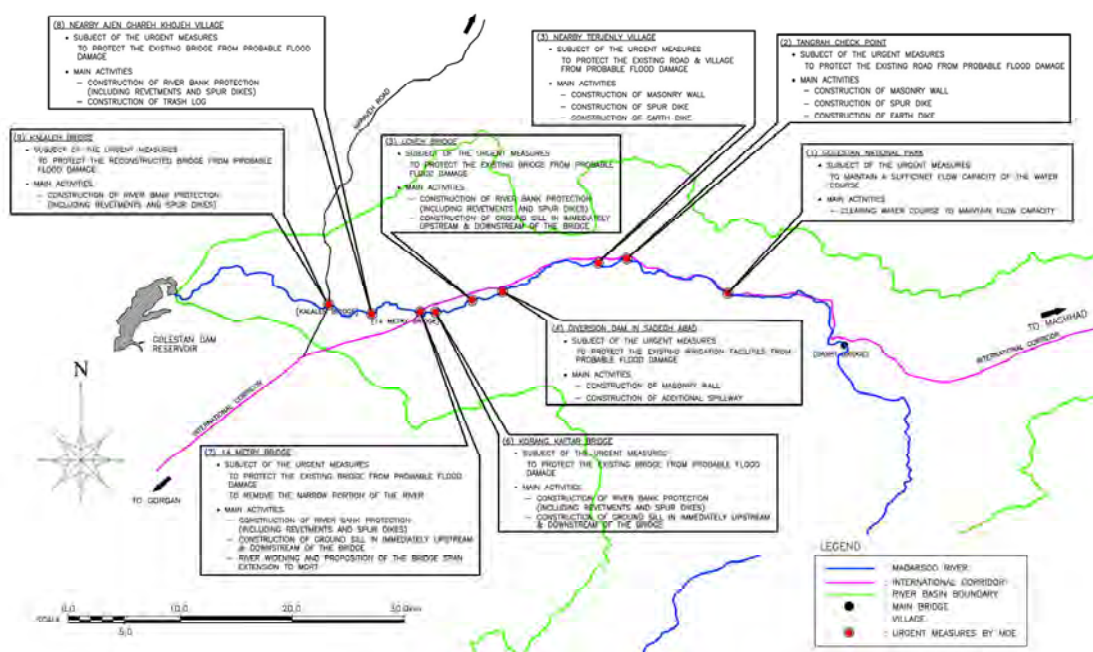


図 PI.25 エネルギー省の緊急計画の位置図

## 2.5.2 道路網整備

### (1) ゴレスタン州の道路網の現状

1990年代以降、自動車の普及が進み、交通量は年々増大している。1998年以前には、ゴレスタン州の道路は2車線の貧弱なもので、交通量は道路網の能力をはるかに超えていた。1998年に国道改修計画が始まり、サリ-ゴルガン道路、ゴルガン-アリアバド道路といった主要道路網の道路幅拡張と橋梁整備に着手した。図 PI.26 に主要道路網の現状を示すが、4車線のハイウェイは近年の5年間に整備されたものである。

### (2) ゴレスタン州で実施中の道路整備プロジェクト

上記の道路幅拡張計画に引き続き、ゴルガン-アリアバド間等で国道改修計画が引き続き実施されている。この位置図を図 PI.27 に示す。

### (3) ハイウェイ網の拡張計画

さらに道路交通省は、マダルス沿川の道路(ガリケシュ-カラレ合流点-タングラ-ゴレスタンの森)の拡張計画を策定した。これはハイウェイ網整備計画の拡張である。この最終目標は、ゴレスタン州の州都ゴルガンとホラサン州の州都マシャドを結ぶ4車線道路の整備であり、交通需要を満たし地域開発を促進する目的がある。しかし、この道路は2001年および2002年の洪水によって深刻な被害を受けた。



図 PI.26 ゴレスタン州の主要道路網の現状(2004年)

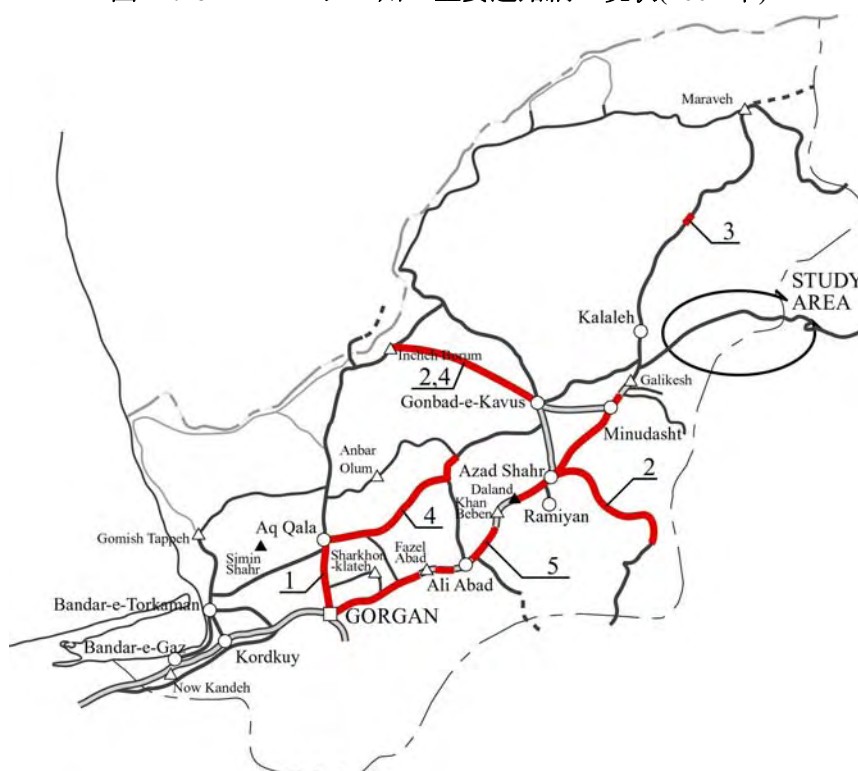


図 PI.27 ゴレスタン州における実施中の道路改修プロジェクト(2004-2005年)

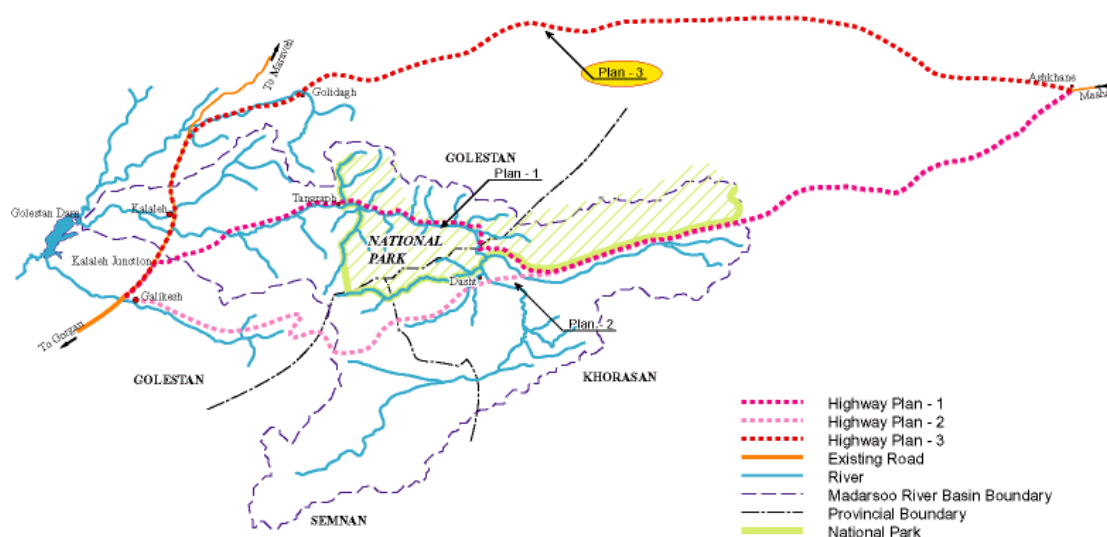
2002年の洪水後に、道路交通省は暫定道路で復旧工事を行った。いっぽう、道路交通省、エネルギー省、環境庁、計画管理庁およびその他関連機関を含め、ゴレスタンの森を通る道路の将来的整備方針について協議した。この結果、2005年1月に基本的な合意が得られ、その主要

な事項は次のとおりである。

- ゴレスタンの森の道路復旧は、交通安全と制限に関連した損失を削減するため、2 ヶ年以内に完了させること。さらに復旧工事中の環境への悪影響は最小限に抑えること。
- ゴレスタン州と北ホラサン州は、ゴレスタンの森の外側を通るルート(カラレ-ゴリダ-アシュハネ)で結ぶこと。道路交通省は、このルートのフィージビリティ調査を実施し、調査後に現存道路の拡幅工事に着手すること。
- ゴレスタンの森内部の道路は、自然環境保全、観光、限定された地域振興のための公園道路として復旧すること。
- マダルス川の洪水防御のための水文・水理解析およびフィージビリティ調査は、道路の復旧工事と同時に完了すること。

ここで指摘している新たなルートは、次図の Plan 3 に当たり、このルートは現存する約 8m 幅の地方道に沿ったものである。

New Highway Plan proposed by MORT (as of February 2005)



The route of Plan - 3 was proposed as the final.

図 PI.28 北ホラサン州とゴレスタン州を結ぶ新たなハイウェイ計画(Plan 3)

#### (4) その他の課題

道路交通省は、マダルス川流域の道路の復旧は緊急を要することを強調している。緊急に改善すべき重要箇所も多く指摘している。しかし、最近の出水の状況を見ると、数多くの橋梁について、スパンをより長く取って架け替える必要があり、さらには道路盛土の川側の法面補強を行うべきであると考えられる。

## 2.5.3 流域管理

### (1) 計画の概要

マダルス川の流域管理計画は、2003年に策定されており、この計画は、地質、地形、土壌、植生等に関する基礎調査に基づいて作成されている。この計画の中で、優先順位付けに基づく実施計画が定められている。

マダルス川では次の5小流域が優先され、それぞれの小流域ごとに計画が立てられている：  
1)チェシュメハン、2)ダシュトシェイク、3)ギズガレイ、4)タングラー、5)ロベ。

計画の構成は一般に次のとおりである。

- 洪水緩和のための砂防ダムの建設
- 土壌浸食を防止するためのテラス建設
- 森林および放牧地の復旧と改良
- 過剰放牧対策
- プロジェクトの円滑な実施に向けた教育・トレーニング
- 費用積算

### (2) 生物的対策

上記小流域のうち、ダシュトシェイクとタングラー流域に、主として生物的対策が導入されている。これらの概要は次表のとおりである。

表 PI.13 生物的対策

Dasht-e-Sheikh sub-basin	1) Planting+fertilizing 2) Planting banquet +seeding +fertilizing 3) Planting banquet +fertilizing 4) Terracing 5) Hill planting + fertilizing 6) Seeding + fertilizing 7) Fertilizing
Tangrah sub-basin	1) Irrigated farmland-strip sodding 2) Irrigated & non-irrigated farmland, strip sodding 3) Terraced farmland not to be Irrigated 4) Forestation on the terraced farmland 5) Planting on the grassland 6) Planting on the mountainside 7) Recovery planting with seeding on the mountain side 8) Available rangeland to be fertilized

### (3) 森林管理

#### ロベ森林計画区域

ロベ森林計画区域は、流域の西部に位置し、天然資源公社(NRGO)によって管理されている。

現在、営業権を受けた一つの法人が森林を管理している。ロベの森林では、ナラの林の自然再生システムを考慮しながら、生産林として運営を続けている。

森林は、ナラ、シデ、プラム、ニレ、カエデ等の樹木から構成されている。林の下生えの状況はまれである。こうした状況は、発芽後の苗付けに適している。落葉や枯れ枝が地表に積み重なり、土壌は厚さを増し、かつ柔らかくなっている。

### 管理システム

当地域での栽培活動は、すでに40年間続けられており、計画も20年ごとに見直しされている。保護伐採システムという植林方法の一つが管理システムとして採用・実施されており、伐採期間は樹齢150年を基準としている。保護伐採システムは次のようである。

- 伐採のための区域の選定
- 母樹を除く伐採
- 苗床の準備
- 植林(再生)：20,000-30,000本の苗付け/ha
- 若木の増加
- 枝打ちと間引き
- 最終伐採：250本/ha

森林管理計画は、計画区域の概要、森林・地形・土壌の条件、樹木数量、森林蓄積量、道路・管理等の主題図から構成されている。

### ゴレスタン州の天然資源公社

天然資源公社は、農業推進省の下での政府組織の一つであり、1929年に設立されている。ゴレスタン州の公社は、1950年代に設立され、ディストリクトと村にそれぞれ支所が設けられている。公社は、総務、技術、土地保全の各部から成り、それぞれ部はいくつかの課から成る。技術部の下には、森林管理課、植林課、放牧地管理課がある。

森林管理計画の策定と実施に関して、公社はコンサルタントを選定し、フィージビリティ調査を行う。この調査結果に基づいて、業務を明確化し、営業権を与える業者を選定する。業者は20から30年の営業権を与えられ、後者の監理の下に計画を実施する。

### 森林計画の課題

天然資源公社によると、本調査区域の森林管理についての課題は以下のようである。

- 石油や天然ガスのパイプライン敷設に伴う森林の伐採
- 農地開発に伴う森林の減少
- 放牧による森林での不法行為

## 2.6 災害管理

### 2.6.1 洪水監視・警報システム

#### (1) 現在の警報システムに関わる組織

州の災害管理の責任機関は、州災害管理委員会(PDMC)である。州知事がこの委員会を組織するが、このメンバーには計画管理庁(MPO)、エネルギー省(MOE)、気象庁(MET)、道路交通省(MORT)、農業推進省(MOJA)および赤新月社等の 27 の組織が参加している。

次図に現在の洪水情報の流れを示すが、すべての情報は、州災害管理委員会に集中している。委員会は、必要な指示や命令を災害発生地域の住民ならびに関係機関に発令する。気象庁は、洪水関連の基礎情報を、気象報告や洪水警報通告の書式で委員会に送り、委員会はすべての関係機関に洪水に対して取るべき方策を通知する。

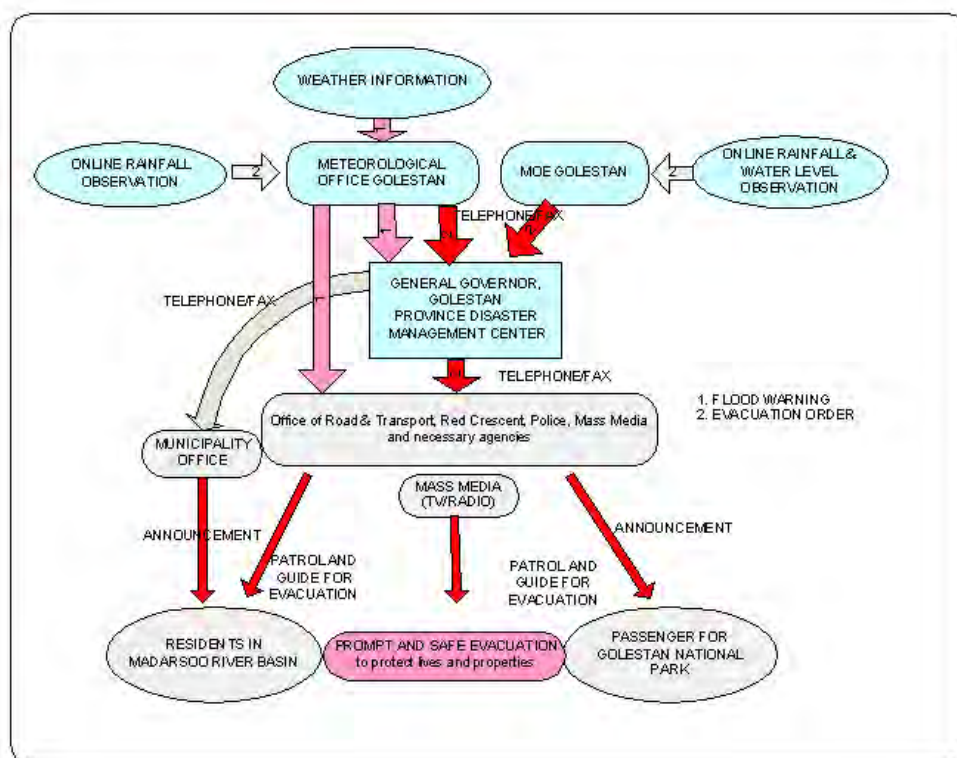


図 PI.29 現在の洪水情報の流れ

#### 州災害管理委員会

防災活動の中心的組織は州知事の下にある州災害管理委員会である。委員会は、防災対策アクションプログラムに基づいて構成メンバーによる防災対策の実施を意思決定する機関である。しかし、実質的には委員会事務局は4名の常駐スタッフにより構成されているが、洪水警報・水防活動・災害復旧の関係機関間での調整を主たる業務としている。委員会スタッフは、災害発生に対し、常に待機の状態を取っている。

委員会と気象庁の間では、電話回線、携帯電話およびファクシミリを情報伝達的手段に用いている。いったん委員会が関係機関に洪水対策をとることを指示すれば、関係機関はその指示に従うこととなる。同時に、この情報は内務省に伝えられ、近傍河川流域における洪水警戒態勢にも一役買う。洪水の状況がより深刻になると、委員会はゴルガン市あるいは災害現地に対策本部を設置し、十分な対策を講じるために関係機関を集め協議する。2005年8月9-10日の洪水においては、委員会はとくに赤新月社、警察および道路交通省に防災対策を取ることを指示した。彼らは、訪問者・キャンパーをゴレスタンの森から退避させるため、道路を封鎖し、パトロール活動を行った。この結果、2005年洪水ではマダルス川流域で死者は出なかった。

### 気象庁

気象庁は、2種類の気象情報を州災害管理委員会、関係機関ならびに市民に提供する。気象報告と洪水警報通告であるが、後者が洪水予警報に近い。しかし、これも広域の気象予報に基づいたもので、その的中精度は低い。こうした予測精度・信頼性を高めるためには、レーダ雨量計の導入なども有効である。

### 赤新月社

赤新月社は災害防止・軽減対策で最も組織化が進んでおり、力を持っている組織である。そして、経験豊富なスタッフを有し、救援物資も保有している。ゴレスタンの赤新月社は、災害発生の前後および最中に必要な防止・避難・救援の各対策についての責任を持っている。ゴレスタンの赤新月社の道路センターは、ゴルガン市に本部、州の各町に支部を持ち、日常は主として交通事故の救援に当たっている。このセンターは、災害時には地域の救援センター的役割も果たしている。

赤新月社は、気象庁から気象報告と洪水警報通告を受信し、州災害対策委員会より命令が出れば、救助部隊を災害現地に派遣する。災害現地に近い支部のスタッフは、ボランティアも含め、災害現地で村長等と連携を取って、避難活動や災害防除活動を行う。この中では、若いボランティアが活発に活動している。ボランティアの活動強化のため、1家族1ボランティアといった計画を進めている。

## (2) データ収集・伝送・処理システムの現状

### データ収集システム

ゴレスタンの気象庁は、気候観測所および雨量観測所、合計3カ所を公共電話回線に接続して監視できるように改良している。この3カ所のうち、2観測所がマダルス川流域内に位置している。さらに気象庁にはこうした監視網を拡充する計画があり、さらに4カ所のオンライン化を考えている。

いっぽうエネルギー省は、2001年と2002年の洪水後に、洪水の監視と警報のために、マダルス川流域の2カ所の雨量計と2カ所の水位計をオンライン監視網として整備した。これらも気象庁同様、公共電話回線でゴルガン市のエネルギー省の事務所に接続されている。

### データ伝送システム

観測されたデータは、公共電話回線で伝送される。しかし、実際にはこれに加えて、近年整備の著しい携帯電話回線も利用可能である。気象庁は、現在の公共電話回線接続から、モデムを介して携帯電話回線への接続に代えていく計画を持っている。

### データ処理システム

気象庁とエネルギー省はともにパソコンによるデータ処理システムを採用している。

気象庁のオンラインデータ収集システムでは、ドイツ・メビス社製の UMAD というソフトウェアによって、自動監視システムを管理している。この一つの機能が、必要に応じた呼び出しによってデータ収集が可能となる機能である。さらにデータ観測・収集間隔も設定できる。実際には 1 時間間隔でのデータ収集を行っている。

エネルギー省では、ドイツ・オットー社製のソフト HIDLAS を導入しているが、まだ活用できる段階に至っていない。

## (3) システム運用状況

### 気象庁

気象庁のデータ収集は WMO の基準に沿っており、3 種類の観測所の観測方法は次表のとおりである。

表 PL.14 気象庁における観測時間間隔

Type of station	Data collection interval	Observation time
Synoptic	24 times a day	Every one hour
Climatologic	Three times a day	6:30, 12:00, 18:30
Rain gauge	Once a day	18:30

上記観測所の中で、オンライン観測所のみ、気象庁の事務所からモデムとダイヤルアップの公共電話回線を通して一定時間間隔でデータ収集が可能である。

データ伝送においては、公共電話回線と雨量計のデータロガーが十分機能し合わないという課題が残されており、気象庁は携帯電話回線への変更を計画している。しかし、現状の携帯電話回線網はマダルス川流域全域に及んでおらず、こうした区域では依然として公共電話回線を使わざるを得ない。

### エネルギー省

エネルギー省のオンライン監視によるデータ収集間隔は 2 時間であり、なおかつ午後 2 時以降の豪雨の際は、事前に豪雨の襲来が予測されていない場合、翌朝の 8 時まで職員は不在となる。洪水予警報システムの観点から評価すると、エネルギー省のデータ収集システムでは、十分な機能が期待できない。



#### (4) システム維持管理状況

一般に気象情報サービスは、24時間運用体制が要求されている。それ故、気象庁は、雨量計も含めた気象観測機器の修理が可能な維持管理チームを擁している。しかし、現状では定期的かつ日常的な機器の保守管理体制は確立されていない。何か現場の観測所で問題が発生した場合のみ、維持管理チームが出かけるようなシステムとなっている。

いっぽうエネルギー省は維持管理チームを有しておらず、問題が発生した場合には、データ収集システムのオペレータが現地に向う。もし彼が解決できない場合、機器の供給元に修理を依頼する。

#### (5) 2005年洪水における教訓

2005年8月9日から10日に発生した洪水は、沿川のインフラ施設に多大な被害をもたらしたが、早期洪水予警報システムの確立に向けて、次のような教訓を与えてくれた。

- 気象庁は避難に要する十分な時間的余裕のある洪水警報通告を発令した。
- 関係する警察、道路交通省、赤新月社、環境庁ゴレスタンの森管理事務所は、24時間体制で十分な災害防除のための活動を実施した。
- 早期に気象水文情報を得るというシステムの要件からは、エネルギー省の観測網はデータが得られず、気象庁もタングラの雨量計がオンラインでデータが得られたのみであった。こうした状況について、早急な改善が必要である。

### 2.6.2 村落単位の災害管理

#### (1) 社会構造

マダルス川流域の30村を対象に村落社会調査を実施したが、これらの村の総世帯数は6,894家族、総人口32,449人である。平均的な家族構成は4.7人/世帯で、村の人口は193人から3,200人まで広く分布し、平均的には1,082人/村であった。

人口の年齢別比率は、0歳から14歳までが34.0%、15歳から64歳までが60.5%、65歳以上が5.5%となっている。15歳以下の子供が災害から被害を受け易いグループとみなされるが、これらは人口全体の1/3を占めている。表PI.15に流域内の家族の平均的指標をまとめる。

家族の大部分は核家族化しており、約半分の家族に4人以上の子供がおり、28%の家族に6人以上の子供がいる。家の大きさは、ほとんどが100m<sup>2</sup>より広く、平均で235m<sup>2</sup>である。90%以上の家屋が1階建てである。96%の家族が自分の土地を保有しており、月の収入は50万リアルから150万リアルの幅を持っている。民族構成は、トルクメンの人々がほぼ半分を占め、ペルシャが1/4、続いてクルドが1/8である。

村人のほとんどが、農業従事者で、羊や牛の放牧に従事しているものが8%、教師を含む公職にあるものが6%、そして5%が定職のない人々である。流域内のかなりの村人が、かつての遊牧民であったが、1962年の農地改革と1979年のイスラム革命によって、定住化が促進され

た。この結果、村で農業に従事しているが、近年は都市化の影響も徐々に受け始めている。

表 PI.15 流域内の家族の平均的指標・特徴

Category	Characteristics
Family type	Nuclear of Children 4 plus (50%)
Housing unit	235 m <sup>2</sup> (average) Single-floor (90 %)
Land ownership	Self-own (96 %)
Monthly Income	500,000-1,500,000 Rials
Ethnic group	Turkmen (47 %) Fars (23.5 %) Kurd (13.0 %)
Occupation	Farming Animal husbandry

## (2) 村の組織構成と結束

### 組織構成

村の組織の主要なものは、農業協同組織、Basij、ホメイニ財団、赤新月社である。これらは、いずれも全国的組織であり、村の末端まで及んでいる。これらの組織は、救援救助活動において、重要な役割を演じている。

### 集会所

村の通常の集会施設はモスクである。個人的な小さな集りには、村の長老やカウンスルメンバーの家が使用される。村人のためのワークショップ用に、モスクにはスクリーン、音響施設、くつろげる施設が準備されている。

### 相互協力

家族や近所の繋がりは固い。村人は、お互いを十分知っており、どこに、誰が住んでいるか、年寄りや身体障害者がどこに住んでいるかを知っている。日常の活動の中で、お互いに情報を共有し、助け合っている。洪水時には、村の高い所の家に避難し、お互いに助け合って災害が過ぎるのを待つ。

### 村の中心人物

村の意思決定に関わる中心人物は、村のカウンスルのメンバー3人である。この他に、白髭の長老、モスクのイمام、教師、教育を受けた若者等が、村の中で影響を持つ人たちである。

### 意思決定システム

村のカウンスルが、村での最高決定機関である。白髭の長老、モスクのイمام、教師はさまざまな協議を行う際に尊敬を受ける人たちである。最近では、長老も、教育を受けた若者等からの意見も聴取するようになっている。カウンスルは、毎年、年次会議を開催する。

### (3) 災害の経験と知識

#### 過去の災害(2001年洪水)時の対応

多くの住民はテレビニュースによって情報を得ており、さらにバイクによって各住民に伝達された。村のカウンシルの議員は、危機的状況に陥る前に、村人に洪水が差し迫っていることを伝えた。しかし、停電のためモスクの拡声器は使用できず、避難の指示は出されず、自身の判断により住民は高い地区に避難した。村のカウンシルの議員は、関係政府機関に災害の状況を報告し、救助を要請したが、道路・橋梁が不通となっているため、即座に救助に迎えなかった。豪雨のためヘリコプターによる救助も難しく、結局救助隊が現地に到着したのは翌朝であった。

#### 情報伝達

通常の情報伝達の方法はモスクの拡声器である。村人の口伝えの情報伝達も非常に有効である。過去の洪水では、あるカウンシルの議員は異常事態を知らせるために鉄砲を使った。

#### 避難

大部分の住民(約90%)は、災害時にどこに避難すべきかを知っており、数パーセントの人々はこれを知らないという結果が出ている。ある人は、川まで洪水の状況を見に行き、村人にそれを伝えた。早期洪水予警報は、村人にとっても緊急に整備してほしい防災手段である。

### (4) 住民参加

約80%の住民が災害リスク管理活動に参加したいと考えている。彼らの想定している活動とは、救助隊の一員になること、救助・避難活動の訓練を受けること、地域の災害対策委員会の一員となること等、極めて積極的である。

## 2.7 環境

### 2.7.1 環境スコーピング

JICAの環境社会配慮ガイドラインは2004年4月に改訂され、ここでは、原住民の人権侵害や強制的な移住といった社会的インパクトのみならず、大気、水、土壌、生態系、動植物への環境的なインパクトを考慮すべきことが述べられている。ガイドラインではプロジェクトを次のように分類区分している。

表 PI.16 JICA ガイドラインによるプロジェクトの分類

Category	Description
A	Projects likely to have significant adverse impacts on the environment and society. Projects in sensitive sectors with characteristics liable to cause adverse environmental impacts, as well projects located in or near sensitive areas are also fall in category A
B	Projects are classified as category B if their potential adverse impacts on the environment and society are less adverse than those of category A. Most of impacts are site-specific and reversible through normal mitigation measures
C	Projects with minimal adverse impacts on the environment and society are in category C.

JICA ガイドラインでは、とくに情報の開示、地元の関係者との協議、プロジェクトへの住民の参画等が強調されている。

いっぽうイランの環境庁は 2003 年秋に環境ガイドライン・基準を改訂した。ガイドラインでは、環境調査の実施に基づく環境影響評価の実施を定めており、社会・環境に大きな影響を与えるであろう 18 種類のプロジェクトに対して、環境影響評価を行うことを指示している。

環境スコーピングの文書は、データ収集、現地調査、農業推進省のカウンターパートとの協議、環境庁との協議を経て作成された。本計画調査は、カテゴリーB に分類できる。その詳細は次のとおりである。

- 本計画調査は、洪水・土石流による被害の軽減、土壌浸食・土地の劣化の防止、その結果として生態系の改善を主目的とする災害軽減管理を目指したものである。こうしたプロジェクトは、環境に優しく、住民等に受け入れられ易く、限られた区域での小規模な工事が主体である。したがって、環境や社会に対して負の影響は限られたものとなる。
- 災害を受けやすい地域に計画されている構造的対策は、物理的・生物的環境の劣化を防止し、地域社会の安全度を増すように計画されている。
- 調査区域にゴレスタンの森が位置しているが、構造的対策は計画されていない。その代わりに、訪問客やキャンパーに、洪水の発生の警報と避難活動を促進するような、早期洪水予警報システムの確立が提案されている。
- イランにおける環境関係の法制度によれば、大規模なプロジェクトのみ環境影響評価の実施が要求されており、災害軽減と管理を目指す本プロジェクトのような小規模なものは対象外とされている。
- 本プロジェクトは、強制的な移転や既存の制度や習慣に対する変化を要求しておらず、円滑な実施が期待できる。

## 2.7.2 環境面での現況

### (1) イランの環境

#### 自然環境および生態系

イランは、北緯 25° 03' から 39° 47'、東経 44° 14' から 63° 20' にまたがり、温帯の中の北部に位置している。イラン高原を取り囲むように、アルボルツ山地が北部に、ザグロス山地が西部に、他の山地がホラサンからバルチェスタンまでの東部に広がり、その中央部のほとんどは砂漠である。多くの高山が存在するが、その中でもダマバンドは標高 5,671m で、テヘランの北東に位置し、イラン最高峰の山嶺である。中央部には二つの主要な砂漠があり、ダシュト・ルートとダシュト・カヴィルであり、合わせて面積は 36 万 km<sup>2</sup> に及ぶ。これらの砂漠地帯は、世界でも有数の灼熱乾燥地帯である。国土の平均標高は 1,200m である。

イランには 8,200 種の植物があり、そのうちの 2,500 種は固有種である。イラン北部の森林

は、ブナ、クルミ、イチジク等が主であり、いっぽう西部のザグロス山地ではナラが主体である。また、砂漠の植生は、低木や灌木、塩分の高い土壌で生育が可能なほうれん草科の草等から成る。多くの野生の薬草やハーブはイラン全土で生育しており、国内で利用されるとともに輸出され外貨獲得に一役買っている。

動物は、広範な種類が生息し、現在約 160 種の哺乳類、164 種の爬虫類、500 種の鳥類が確認されており、これらのいくつかは固有種である。多くは、アルボルツ、ザグロス山地ならびにカスピ海沿岸域が生息地となっている。

### 自然保護区

人間の活動や天然資源の過剰採取等による自然環境の劣化は、影響を受け易い動植物の種の絶滅に結びつく。こうした環境の劣化を食い止めるため、環境庁によって自然保護区が定められている。これらは、総面積 1,170 万 ha に上り、全国土の 7.2% を占めている。

イランには 100 以上の大規模な湿地が存在する。このうちの 21 は世界的にも重要で、ラムサール条約に登録している。さらに多くの自然の景勝地等があり、年間を通して国内外の旅行者や自然愛好家が訪れている。

### 環境関連の法制度

イラン国は、総合的な環境法制度を確立している。これらは、イラン憲法ならびにイスラムの文化と英知に根ざしている。憲法 50 条、イスラム刑法(Taazirat)684 条から 688 条、560 条、558 条は、国家の環境関連法制度の基礎と成っており、それらを強化するよう機能している。これらの関連法制度の概要を表 PI.17 に整理する。

イランの環境全般を管理しているのは環境庁である。環境庁は大統領府直属の機関であり、大統領が直接、その長官を任命する。環境庁は、各州に総局長を置き、州レベルでの環境プログラムの実施、環境の監視を行っている。

表 PI.17 イランの環境関連の法制度

Legislation	Brief Content
(1) Civil laws	
Law of nationalization of water-1968	Designation of water as a national resource
Environmental protection and enhancement law- 1974 (amended in 1992)	Protection and enhancement of ecosystem
Law on conservation and utilization of Forests and rangeland- 1975	Sustainable and wised utilization of forest and rangeland
Law of just distribution of water-1982	Definition of pollution and prohibition of water pollution
Law on prevention of water pollution-1994	Prevention of water pollution
Law of third five-year socio-economic and cultural development plan of Iran- 2000	Requirement of EIA for large production and service providing projects
Law of fourth five-year socio-economic and cultural development plan of Iran- 2004	Necessity of conducting EIA on large projects, in accordance with guidelines provided by DOE
Environmental Guidelines and Standards, published by DOE in the year 2003	Itemization of projects requiring EIA, and guidelines for conducting EIA
Regulation on limits of bed and banks of rivers, stream, wetlands, and water supply and irrigation/drainage networks- 2000	Identification and delineation of limits of river banks
Regulation concerning the requirement of environmental impact assessment (EIA) in developmental projects- 1994	Mandatory of conducting EIA for large projects
Regulation for conducting EIA-1997	Preparation of EIA in accordance with the guidelines of Department of the environment
(2) Islamic Laws	
Islamic punishment law (Taazirat)- 2005.	Punishment for causing environmental pollution, damaging public facilities (dam, canal), and destroying cultural/historical heritages.

## (2) ゴレスタン、セムナン、ホラサン各州の環境

### ゴレスタン州

ゴレスタン州はイランの北東部に位置する。北にトルクメニスタン、南にセムナン州、東にホラサン州、西にカスピ海ならびにマザンダラン州と接している。州の面積は 20,438km<sup>2</sup>、人口密度は 81 人/km<sup>2</sup>である。ゴレスタン州は、中央アジアにカスピ海ならびに陸路で繋がった地政学的に要衝の地である。

2005 年のゴレスタン州計画管理庁の推計によれば、州人口は 170 万人で、そのうち 80 万人 (46.8%)が都市域に住み、90 万人(53.2%)が田園地域に住んでいる。

調査区域の一部はカラレとミヌダシュトのディストリクトに該当しており、これらのディストリクトの人口の分布は次表のとおりである。

表 PL.18 カラレとミヌダシュト・ディストリクトの人口

District	Total population	Urban population	Rural Population
Kalaleh	163,579 (100 %)	40,370 (24.7 %)	123,209 (75.3 %)
Minu Dasht	157,270 (100 %)	53,193 (33.8 %)	104,077 (66.2 %)

ゴレスタン州では、農業が重要な産業で、92種類の作物が栽培されており、その主要なものは、綿花、脂肪種子、小麦、米、ジャガイモ、タバコ、大麦である。畜産と漁業も広く行われており、地域経済に寄与している。

2003年の失業率は13.7%であり、就業者の産業別割合は、農業34.3%、鉱工業24.8%、サービス業40.9%であった。

放牧地は112.6万ha、森林は43万ha、農地や果樹園は58万haに上っている。年間降水量は、地形ならびに地域によって200mmから700mmである。ゴレスタンの森は、UNESCOに最初に登録した国立公園であり、その他、次表に示すような自然保護関係の区域が指定されている。

表 PL.19 ゴレスタン州の自然保護区域

Type	Number	Area (ha)	% of Reserve Area	% of Province
National Park	1	88,576	61.1	4.3
Wildlife Habitat	3	56,318	38.9	2.7
Protected Area	0	0	0	0
Natural Monument	0	0	0	0
Total	4	144,894	100.0	7.0

Source: JICA Study Team- 2005, based on documents of Department of the Environment (DOE), Iran.

### セムナン州

セムナン州の面積は95,815km<sup>2</sup>、東にホラサン州、北にマザンダランとゴレスタン州、西にテヘランとコム州、南にエスファハンとヤズ州に接している。当州は、アルボルツ山地の南側に位置し、山地域は寒冷・温暖、平地域は暑い気候である。州の自然は、河川、泉、森林、高い山嶺と大きな洞窟を有する山地といった自然に恵まれており、観光資源の豊富な州である。こうした自然を保護するため、次表のような自然保護区域が指定されている。

表 PL.20 セムナン州の自然保護区域

Type	Number	Area (ha)	% of Reserve Area	% of Province
National Park	2	674,017	28.5	7.03
Wildlife Habitat	2	506,111	21.4	5.28
Protected Area	3	1,183,418	50.1	12.35
Natural Monument	0	0	0	0
Total	7	2,363,546	100.0	24.67

Source: JICA Study Team- 2005, based on documents of Department of the Environment (DOE), Iran.

2003年の州人口は56.8万人、42.1万人(74%)が都市域に住み、14.7万人(26%)が田園地域に住んでいる。人口密度は5.9人/km<sup>2</sup>である。

## ホラサン州

ホラサン州の面積は 247,618km<sup>2</sup>、人口は 657.1 万人で、都市域に 395.8 万人(60%)、田園地域に 261.3 万人(40%)が住んでいる。ホラサン州にも、次表に示すように多くの自然保護区域が指定されており、薬草等の栽培も盛んで、研究・遺伝子学的保全も、その目的の一つとなっている。

表 PI.21 ホラサン州の自然保護区域

Type	Number	Area (ha)	% of Reserve Area	% of Province
National Park	3	50,717	11.0	0.20
Wildlife Habitat	3	150,356	32.5	0.61
Protected Area	7	261,833	56.6	1.06
Natural Monument	0	0	0	0
Total	13	462,906	100.0	1.87

Source: JICA Study Team- 2005, based on documents of Department of the Environment (DOE), Iran.

ホラサン州は 2004 年に、北ホラサン、ラザビ・ホラサン、南ホラサンの 3 州に分割された。しかし、本調査期間においては、地図や統計資料等が未整備であったため、本調査ではホラサン州として一括で整理している。

### 2.7.3 調査区域の環境・社会配慮

調査区域であるマダルス川流域は、カスピ海に注ぐゴルガン川の 1 支川である。ゴレスタンの森の主要部分が、流域内に位置している。マダルス川は、セムナン州ナルディン村近辺の山地に源を発し、ホラサン州ダシュト村を通り、ゴレスタンの森を経て、ゴレスタンダム貯水池でゴルガン川に合流する。

2005 年時点の流域内人口は 93,141 人、人口密度は 0.39 人/ha、平均的家族構成は 6.5 人である。マスタープランの環境・社会配慮については、次章に述べる。

## 2.8 その他

### 2.8.1 組織・法制度

#### (1) 関連法制度

洪水災害軽減に関連するイランの法令を整理したものが表 PI.22 である。環境管理に関する法令は長い歴史を有しており、それらのほとんどは 1960 年代に制定されている。とくに環境保護は、長い間、社会経済・文化の開発計画に盛込まれるのみならず、イランの憲法にも定められている。こうした環境政策は第二次国家開発計画(1995-2000 年)にも定められており、とくに大気と土壌の汚染に関して環境保護の重要性を強調している。第三次国家開発計画(2001-2004 年)では第 12 章の環境政策、第四次国家開発計画(2005-2010 年)では第 2 部第 5 章に環境保護でそれらの重要性を述べている。

水の公平な分配等についての資源管理に関する法令は、1980 年代に制定された。ここで水資源管理におけるエネルギー省の責任範囲が明確にされた。



災害対策に関しては、1992年に制定され、さまざまな災害に対する関連機関の協力が定められている。近年、統合的防災計画が2003年に制定され、関係機関の役割と防災対策の手順が明示されている。

第三次社会経済・文化開発計画の181条において、「政府は、予測不能な事態による被災区域の復旧・再建にあたり、災害防除と救援に関する必要な基金を本計画期間中に確立する必要がある。」と規定している。この条文は、第四次計画においても、第10章「国家の安全保障」で更新されている。

しかし、イランの法令の中で、洪水は災害として定義されていない。例えば、「洪水防御」は「地表あるいは地下で水を貯留すること」と、「公平な水の配分法」の第29条に定義されている。同様に、「流域管理」は「持続的な利用のための管理という最善の目的を達成するため、流域の環境の管理」と、「河川の河床と河岸の防護と安定のための実施令」に定められている。

表 PI.22 イランにおける洪水関連の法令

Year	Area	Name of Law
1963	Forest	National Forest Law
1967	Environment	Game and Fish Law
1968	Forest	Protection and Utilization of Forest and Range
1975	Environment	Protection and Enhancement of Environment Law
1979	Environment	Constitution, article 45 and 50
1983	Water	Fair Distribution of Water
1984	River	Protection and Stabilization of Riverbed & Banks of River that Pass from Border of Iran Country
1986	Insurance	Agriculture Production Insurance Fund Law
1989	Development	The First Socio-Economic and Cultural Development Plan
1992	Disaster	Organizing National Committee to Decrease Effect of Natural Disaster
1995	Development	The Second Socio-Economic and Cultural Development Plan
2000	Development	The Third Socio-Economic and Cultural Development Plan
2000	Watershed	Establishment of MOJA
2003	Disaster	The Integrated Disaster Plan of Iran
2005	Development	The Fourth Socio-Economic and Cultural Development Plan

## (2) 洪水防御

上記のように法令では明確に述べられていないが、イランでは多くの機関が洪水災害防除のための努力を行っている。それぞれの省には、州レベルの事務所があり、中央政府から任命された州知事の下に、これらの事務所が州政府を形づくる。こうした関係の下に、実際の事業は州レベルで実施される。

各省庁の防災分野に対する役割を整理すると次表のようである。

表 PI.23 関係省庁の防災への責任範囲

	Forest	Water	Road	Disaster
MOJA	Exploitation Forestation	Watershed management		Recovery
MOE		Water Resources, River		Recovery
MORT	Exploitation	Road protection	Road construction	Warning (IRIMO)
DOE	Environmental Protection			Recovery
MPO	Development			Recovery
MOI	Prevention			Response

### (3) その他

#### 流域管理

農業推進省は、洪水防御に関連して、構造的対策と生物的対策の二つの対策を取っている。州レベルでは、天然資源公社(NRGO)が植林等の生物的対策の責任主体であり、いっぽう流域管理部が、砂防ダム建設等の構造的対策の責任主体である。中央政府レベルでは、これらは森林・牧野・流域管理機構(FRWMO)に統合されている。

#### 農業共済保険

イランでは農業共済保険の歴史は1970年にさかのぼるが、実際には1984年より運用が開始されている。保険の基金は、テヘランの本部、29州の局および1,750を超える農業銀行の支店を通して運営されている。農業大臣が、基金の長を兼務しており、共済保険運営の責任を有している。農業共済保険への加入は任意であるが、加入促進のため政府は保険料支払いの補助を行っている。保険の対象とされる災害・危難は、洪水、雹、嵐、暴風、豪雨、霜、凍傷、そして地震である。

基金は当初2州であったが29州すべてに広がり、区域も1984年の9万haから現在6百万haに拡大している。農業・園芸生産物の幅も、綿花と砂糖大根から、家畜、林業、牧草を含む25の主要産物まで対象が広がっている。

#### 開発規制

計画管理庁は(MPO)、計画・予算機構(PBO)と管理・雇用機構(SOAE)の合併により、2000年3月に設立され、実質的に2000年7月に機能し始めた。計画管理庁は、大統領の責務を実現するため、さらには国家のマクロ的管理の統合機関としての機能発揮を目指して設立された。

計画管理庁は、州知事とともに各省庁の州機関への予算配分を行い、州のプロジェクトの予算は計画管理庁との協議によって決定される。現在、州予算の半分は中央政府から拠出され、残り半分は州の歳入から賄われている。

住宅・都市開発省(MOHUD)は、都市部の土地管理と開発誘導・規制に責任を持っている。いっぽう、田園地域では、住宅財団が住宅開発の責任を負っている。

## 災害管理

1992年に自然災害軽減のための国家委員会の設立に関する法律が制定された。この目的は、自然災害の被害軽減に向けた調査や研究に関する情報交換、論理的解決策の探求等である。異なった災害形態には、相応したメンバーを充てるよう「自然災害軽減のための国家委員会設立に関する執行規則」に定められている。洪水、潮位の変動、河川の乱流に対しては、エネルギー省が責任を持つこととされている。洪水に対する関係機関は、内務省、エネルギー省、農業推進省、道路交通省、住宅・都市開発省、建築・家屋研究所、ラジオ・テレビ機構、気象庁、地質機構、電気通信省である。

この執行規則によれば、中央と地方レベルの関係省庁は、災害対策活動について定期的な会議を開催することとされている。この会議の主要課題は、州事務所から上がってくる新たなプロジェクトの予算措置である。ゴレスタン州の2001年洪水後においては、農業推進省の運営による洪水委員会が組織された。その後、この委員会は州の災害管理委員会に吸収された。

### 2.8.2 GIS データベース構築

#### (1) GIS データベースの設計

洪水防御計画策定のためのGISデータベースは、ハザードマップを作成する目的もあり、高い精度を有する高品質が要求される。まず、次図にGISデータベースの地図構成を示す。

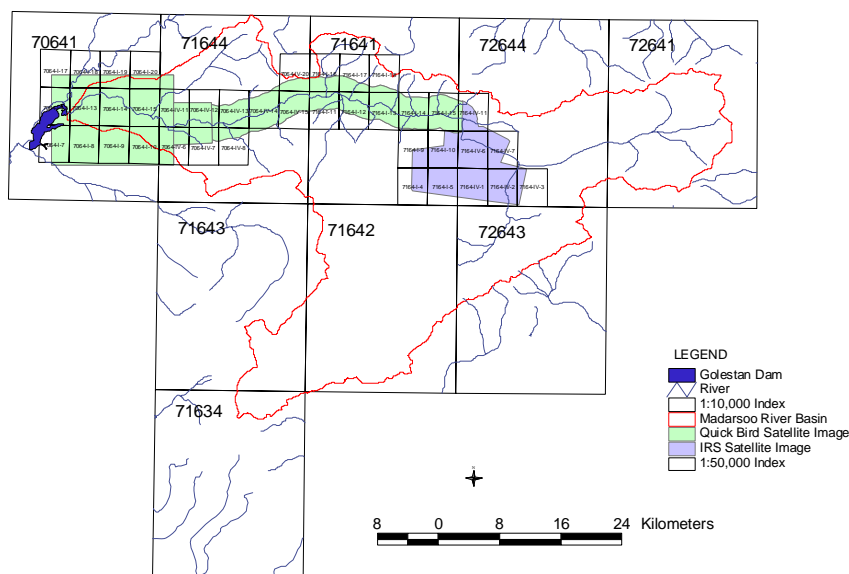


図 PL30 GIS データベース構築のための地形図の構成

マダルス川全域をカバーできる地形図は、1:50,000のものであり、上図に示すように9枚の地形図によって包含できる。データベース構築のために有用な情報は、1)基礎データ、2)地形データ、3)自然環境データ、4)社会経済データ、5)災害関連データに分類できる。

マダルス川の氾濫区域では、大縮尺1:10,000のGISデータベースを構築する。これは、クイ

ックバード衛星画像をベースとする。データベースのレイヤー構造は、地形情報、家屋、住民情報等を含む、次のような情報から構成される。

表 PI.24 1:10,000 スケールの GIS データベースの情報

Data Content	Data Description
1:10,000 Topographic Map Features	According to USGS design, 2.0m interval contour line and 1.0m interval sub-contour line, roads and their widths, bridges and their lengths and widths, buildings, rivers, irrigation canals, vegetation covers, specified areas, etc.
Building and Residence Information	Height, material, construction year, type of building, owner, residence number, phone number, etc.

## (2) GIS データベースの調整

調査期間中に、さらに 1:25,000 地形図を収集した。これは、河口のゴレスタンダム付近の下流部を除き、全域を包含している。したがって、1:50,000 地形図情報よりも精度の高い 1:25,000 地形図を用いたデータベース構築に修正したが、このインデックスならびにデータベース構成を以下の図表に示す。

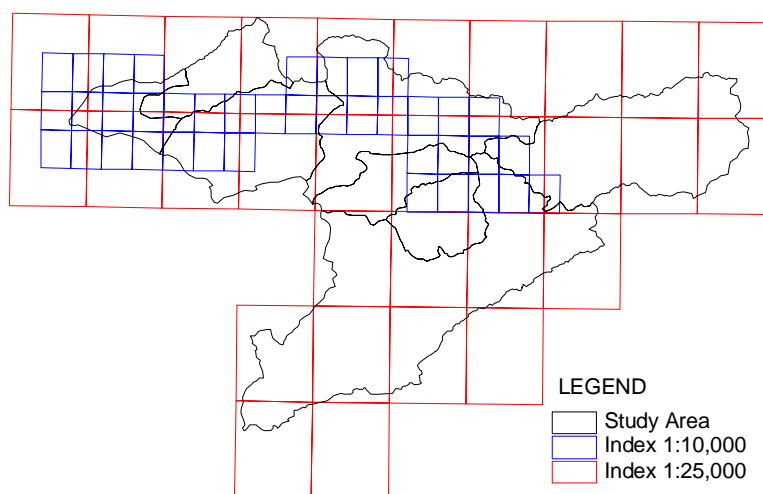


図 PI.31 GIS データベースのインデックスマップ

表 PI.25(1/2) GIS データベースの構成

Category	Layer	Data Type	Data Source	Attributions
Data Source Preparation	LANDSAT ETM+	Image	Satellite	8 Band
	IRS LIC	Image	Satellite	4 Band
	IRS PAN	Image	Satellite	1 Band
	QuickBird	Image	Satellite	5 Band
	Stereo Arial Photo 1:40,000 scale	Arial photos	Stereoscope interpretation	Panchromatic
	Topographic Map 1:50,000 scale	Scan Map		
	Topographic Map 1:25,000 scale	Scan Map		
	Geology Map 1:100,000 scale	Scan Map		
	GPS Point	Point	Field Survey	X, Y, Z
Administration and Basin Boundary Data	Administration boundaries	Polygon, Line	Topographic Map (1:25,000)	Statistics data
	Basin boundaries	Polygon	River and Contour (1:25,000)	Name, ID
Social Economy Data	River Structures	Line and Point	Topographic Map (1:25,000)	Name, Type and Built Date
	Rainfall and Hydrological Stations	Point	Existing Map	Name and Type
	Historic, Cultural and Tourism Points	Point	Existing Map	Name and Type
	Land Use	Polygon	Land Sat ETM, IRS-LISSIII and PAN; Land Use Map (1:250,000)	Type and Name
Natural Environment data	Soil Distribution	Polygon	Soil Map (1:250,000)	Soil Type, Label and Describe
	Natural Protect Area	Polygon	Natural Protect Map (1:500,000)	Name and Type
	Rainfall Distribution	Polygon	Rainfall Map (1:500,000)	Average Rainfall per month
	Geology and Fault Line	Polygon, Line	Geological Map (1:100,000)	Geological Classification
Topographic Data	Road Network	Line	Topographic Map (1:25,000)	Name and Payment Condition Code
	River Network	Line	Topographic Map (1:25,000)	Name, River Class, STR-order
	Water Body	Polygon	Topographic Map (1:25,000)	Name and Type
	Build up area	Polygon	Topographic Map (1:25,000), Satellite Image	Name and Type
	AS-BUILD-LINE	Polyline	Topographic Map (1:25,000)	ID, Describe

表 PI.25(2/2) GIS データベースの構成

Category	Layer	Data Type	Data Source	Attributions
Topographic Data	Villages	Point	Topographic Map (1:25,000)	Name, Type and Statistic Data
	Contours	Line, Point	Topographic Map (1:25,000), Topographic Map (1:50,000)	Elevation
Topographic Map Data (1:10,000)	Land Cover	Polygon	Quick Bird Satellite Image	Type
	Contour Lines	Line	DEM and Field Point Survey	Elevation
Hazard Map Generation Data	Flood Event in Past Years	Text Doc, Photos and Videos Album	Survey Data and Existing Map	Record and coordination of every flood event
	Flood Simulation for 25 and 100-year Flood	Polygon	Mark 11 Simulation with DEM and other GIS data	
	Landslide Disaster Data	Polygon	Land Classification	Code, Class Name

### (3) ハザードマップ作成のための GIS データ

既往洪水の情報を現地調査等によって収集すると同時に、ハザードマップ作成のために、洪水氾濫シミュレーション結果を GIS データベース上で表現できるように調整を図った。

#### 既往洪水

現地におけるインタビュー調査、洪水情報収集を通して、洪水災害の現地での発生状況に関する情報をデータベース化した。これらは、写真や洪水のビデオも含んでおり、こうした情報は学校等での防災教育用に有用である。

#### 洪水氾濫シミュレーション(25年・100年確率)

関係者にそれぞれの地域の洪水危険度を容易に認識させるため、25年および100年確率洪水を用いた氾濫シミュレーション結果を、クイックバード衛星画像の GIS データベースと重ね合わせたものを作成した(図 PI.32 参照)。この図を、ハザードマップの原型とし、住民に洪水危険度を理解させる一助とするものである。

#### 地形分類図からの地すべり危険地域等の情報

空中写真判読によりゴレスタンの森および上流のギズガレイ流域の地形分類図を作成したが、これをさらに GIS データベース化した。この地形分類の中で、防災面でとくに有用なのが地すべり地域の分布状況である。住民が容易に判断できると同時に、農業推進省の流域管理においても極めて有用である。これを図 PI.33 に示す。



図 PI.32 25年および100年確率洪水による浸水氾濫区域

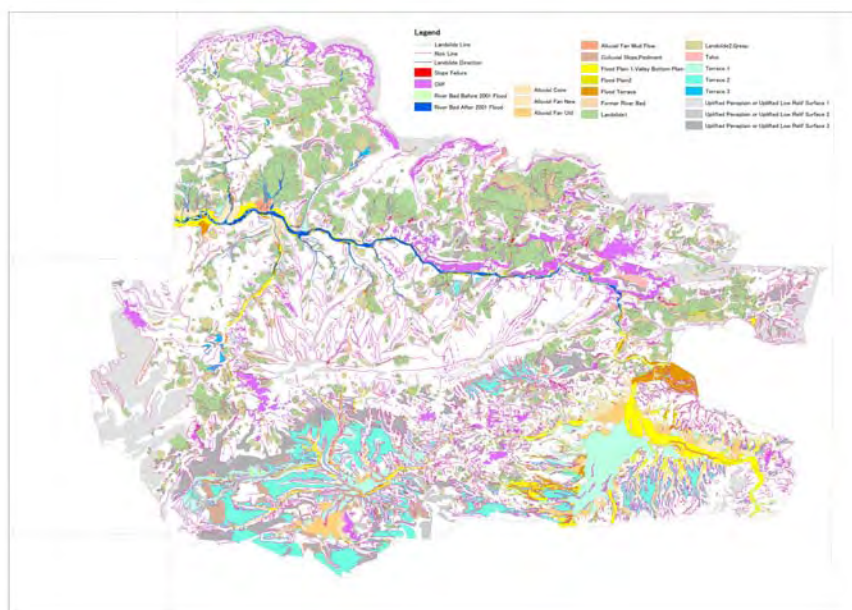


図 PI.33 流域地形分類図

## 2.8.3 水理モデリング

### モデル構築

水理シミュレーションプログラムである MIKE11 を用いて、さまざまなシミュレーション計算を実施した。ここで、水理モデル構築の要点を整理すると、次のようである。

- デジタル標高(DEM)は、クイックバード衛星画像、1:25,000 地形図、現地測量等を加味した標高データを用いた。

- 河道横断面は上記 DEM から抽出した。
- マダルス川の水路網については、デジタイザーを用いて作成したデータを用いた。
- 25 年、50 年、100 年確率の洪水を対象とした。
- 橋梁断面も、上記 DEM から抽出した。
- 氾濫計算の同定に基づき、マンニングの粗度係数 0.2 を用いた。

#### シミュレーション結果

25 年、50 年、100 年確率の洪水氾濫シミュレーションを行った。図 PI.34 に 2001 年洪水タイプを用いた氾濫シミュレーション結果を、8 月 10 日の 22 時から 8 月 11 日の 22 時まで 2 時間おきに示す。この背景はランドサット衛星画像である。

さらに洪水ハザードマップを作成するためには、最大浸水域を包絡したものを作成する必要がある。この例を図 PI.35 に示す。

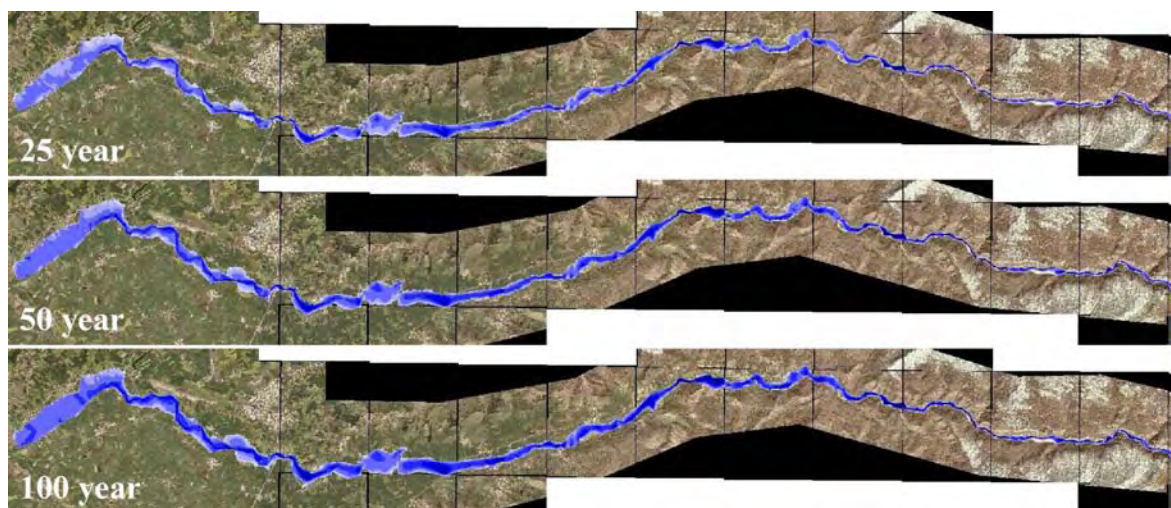


図 PI.35 最高水位時の氾濫区域図(25 年、50 年、100 年確率洪水)



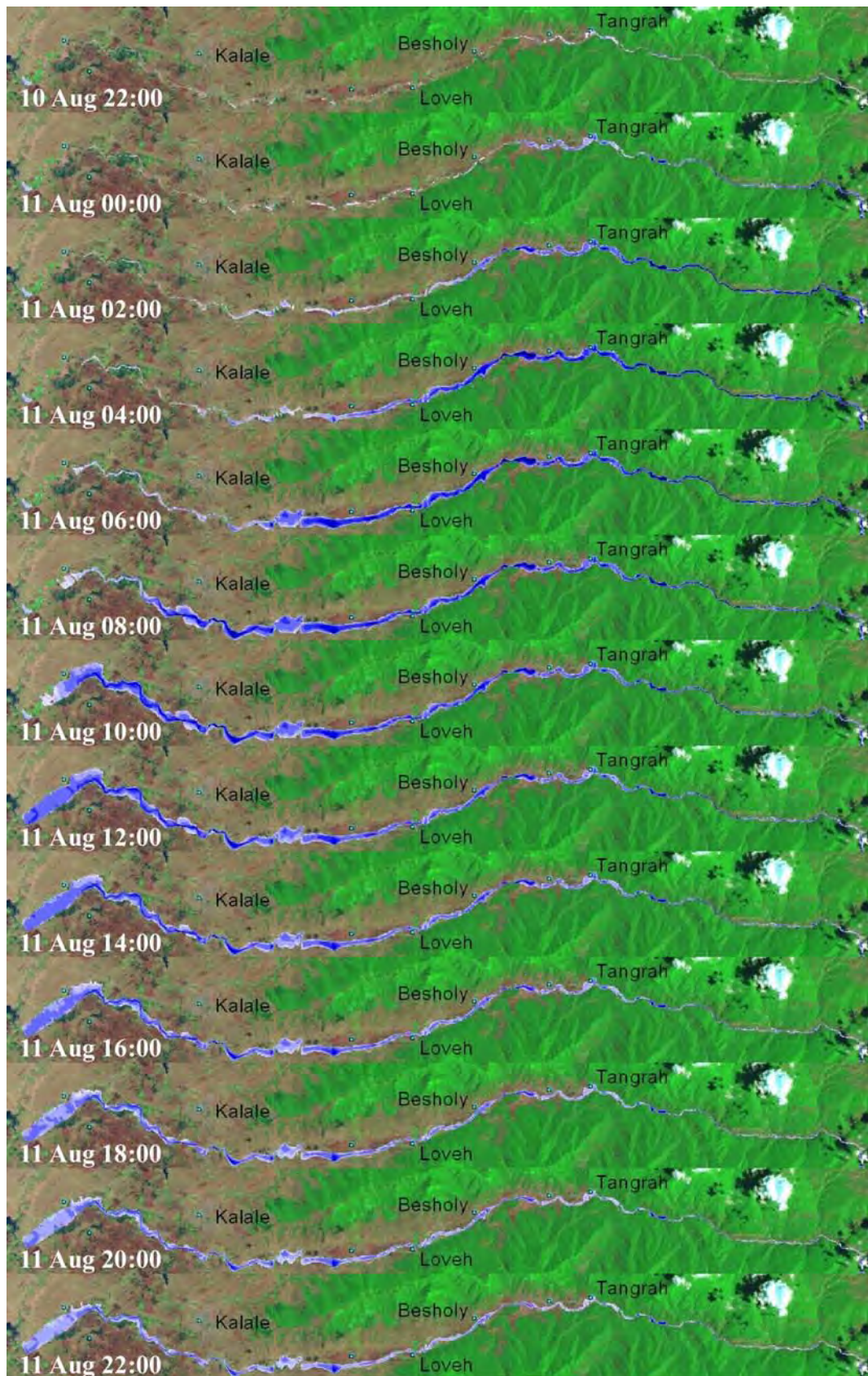


図 PL34 洪水氾濫シミュレーション結果(100年洪水、背景：ランドサット画像)

### 第3章 マスタープランの策定

#### 3.1 マスタープランの基本構成

##### 3.1.1 最終目標と目的

連続した2001年と2002年および最近の2005年に発生した洪水は、マダルス川流域に深刻な被害をもたらした。とくに2001年8月の豪雨によって生じた大出水と土石流は、沿川の住民のみならずゴレスタンの森の訪問客を巻き込み、かつて経験したことのないような被害をもたらした。これらかけがえのない重要な学習の後、ゴレスタン州では関係機関主導の下に防災面で多くの改善・改修が実施されている。

洪水・土石流災害の軽減・管理のためのマスタープランは、防災全般を広くカバーすべきものであり、かつ関係機関の努力を統合すべきものである。したがって、マスタープランは災害管理の全体過程のすべてを包含する総合的なものであるべきである。すなわち、準備、早期対応、復興・開発、防除・軽減といったサイクルである。

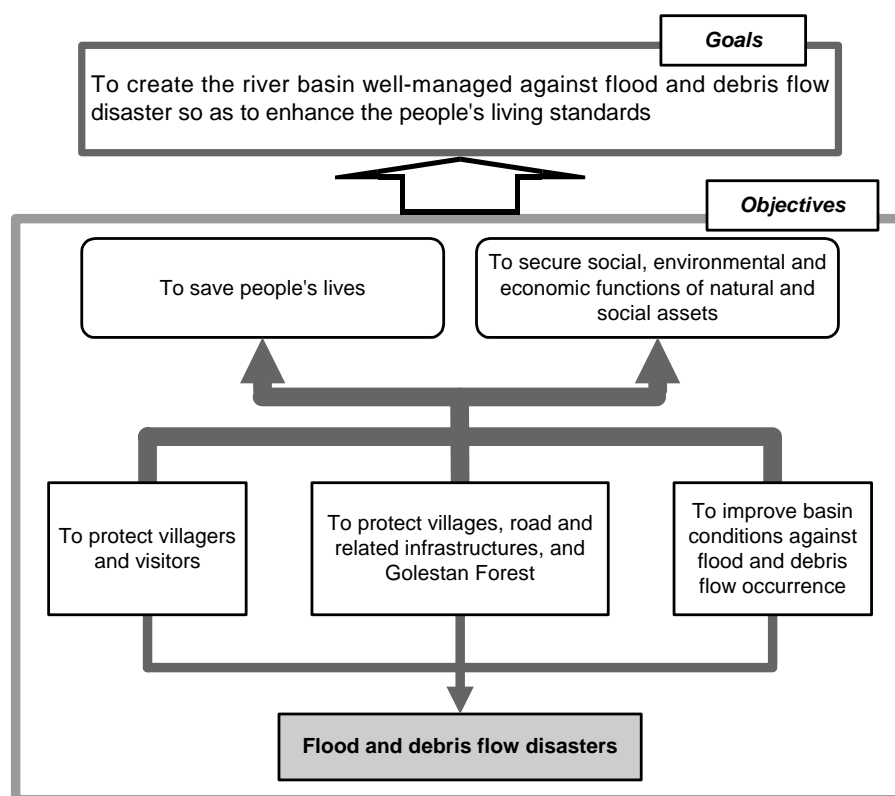


図 PI.36 マスタープランの最終目標と目的

マスタープランのコンセプトを上図に示すが、その最終目標は、「洪水・土石流災害に対し、十全に管理された河川流域を創り上げ、人々の生計向上を図る」ことである。このために、計画洪水時において、最小限許される被害を許容しつつ、少なくとも次のような目的を達成するよう、マスタープランを策定する。

- 村人や観光客の人命を守ること
- 自然・社会的な資産のさまざまな機能を洪水・土石流による破壊から防護すること

こうした最終目標と目的に沿って、マスタープランは、洪水・土石流災害に対して時間的および空間的に広い分野で対応し、防御・修復・改善といったさまざまな対策を統合した計画とする。

### 3.1.2 目標年次および段階的整備

2003年9月に行われたS/W協議において、マスタープランの目標年次は2025年と合意された。これに基づいて、優先プロジェクトの選定を含む段階的な整備も併せて提案する。

### 3.1.3 治水安全度

イランにおける計画基準に従えば、洪水防御計画において、都市域で50年あるいは100年確率洪水、田園地域で25年確率洪水の安全度を確保することとなっている。こうしたエネルギー省の計画基準に則して、水文計画基準を次のように設定する。

- 農地および農村の防御：25年確率洪水
- 幹線道路・橋梁等の重要構造物ならびに市街の防御：100年確率洪水

### 3.1.4 マスタープラン構築のための基本的考え方

まずマスタープラン構築のため、流域の特性、適した対策工(構造物・非構造物)、さらにそれらの効果を整理したものが次表である。

表 PI.26 総合的な洪水・土石流の軽減・管理対策

Area	Natural/Social Features	Suitable and Effective Measures	Additional Effects
Headwaters	Small amount of rain	Source control (rain, soil)	-Groundwater recharge
	Mild mountain slope	-Land treatment	-Increase of crop yields
	Mild declining plain	-Biological measures	-Increase of husbandry capacity
	Rural villages	-Flood retention	
Mountain Valley	Large amount of rain	Source control (rain, soil)	-Protection of natural forests and land use
	Steep mountain slope	-Land treatment	-Reduction of traffic damages
	Narrow valley-bottom	-Biological measures	
	Golestan Forest National Park	-Sediment/debris control	-Groundwater recharge
	Many visitors and campers	Flood control	
Floodplains	Intermediate amount of rain	-Bank protection	-Avoidance of extreme damages
	Mild or no hilly area	-Protection of infrastructure	-Accumulation of resident's knowledge
	Flat and wide terracing	Floodplain management	
	Villages in upper terrace	-Land use control	
	Granary in both terraces	-Flood hazard map	
Entire Basin		Flood Preparedness -Early warning dissemination -Placement for evacuation -Training for emergency	-Continuing education for disaster preparedness

いっぽう、災害の要因である豪雨の発生から、災害発生および復旧までを視野に入れて、時間的・空間的に災害発生の過程を包括的に対処していく方策をマスタープランのコンポーネントとして組み込んでいく必要がある。こうした概念を横軸に空間軸を、縦軸に時間軸を取って整理したものが次図である。

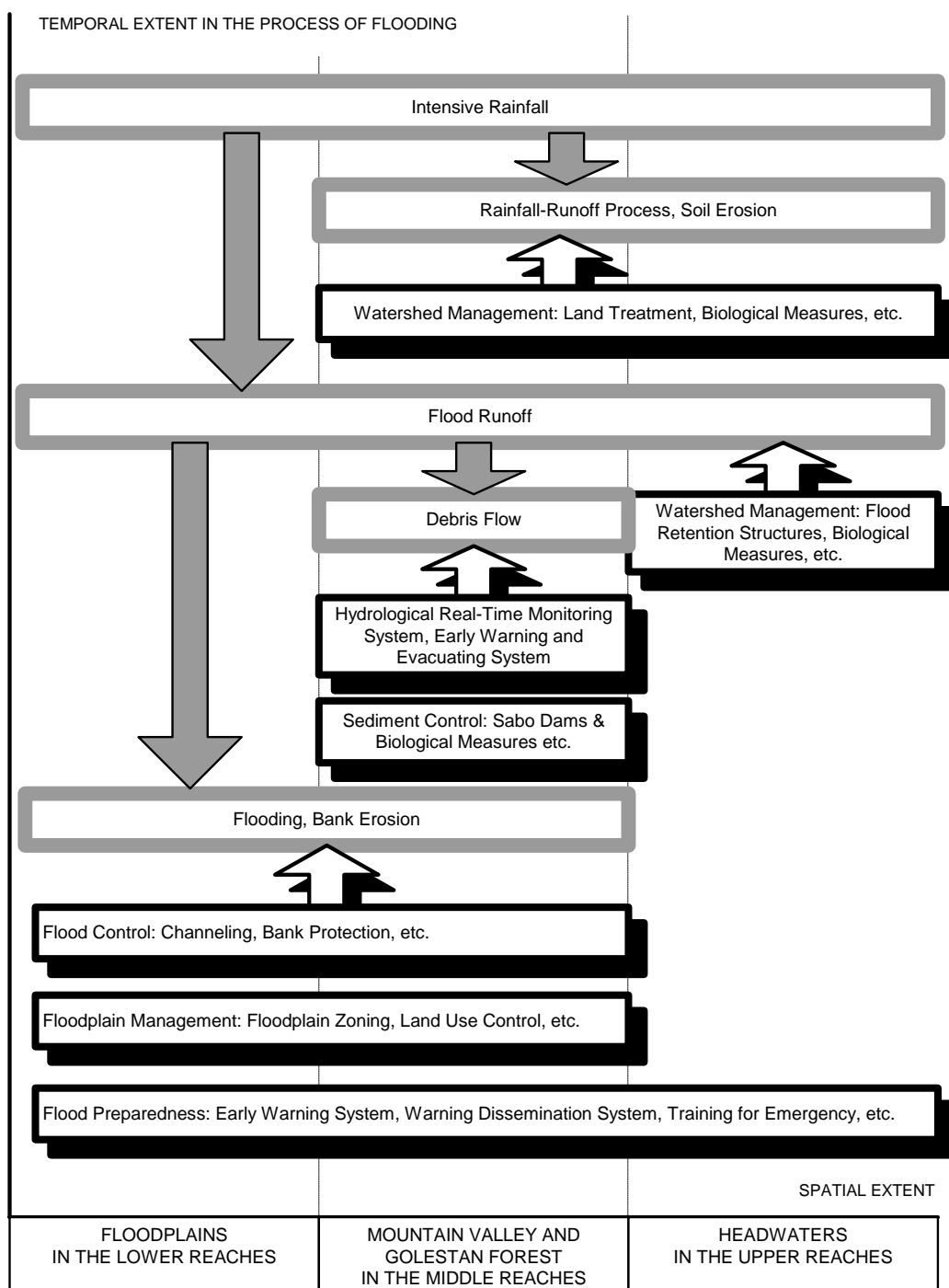


図 PI.37 洪水・土石流災害に対する時空間的対応策の整理

### 3.1.5 マスタープランの構成

これまで検討してきた対策案を組み合わせて、マスタープランを支えるべき基本構成とし、理解が容易なように、上流から下流へと地域別に計画を整理する。このまとめを次図に示し、それぞれの計画概要を以下に整理する。

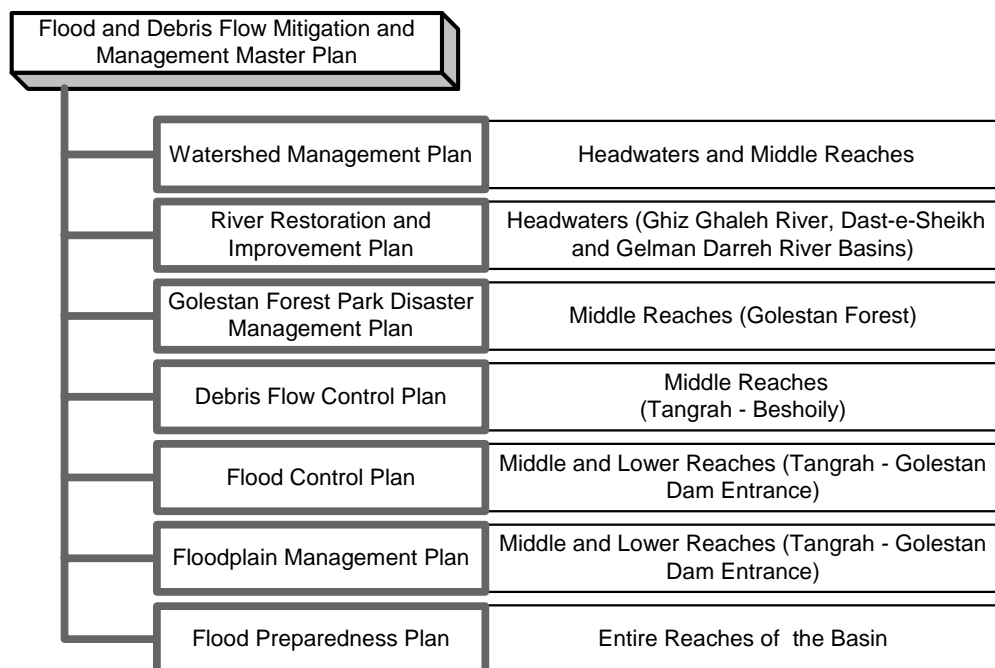


図 PI.38 マスタープランの基本構成

#### (1) 流域管理計画

マダルス川の源流部は、4小流域に分けることが出来る。これらは、東からチェシュメハン、ナルディン-セフィドダレイ-ゲルマンダレ、ダシュトシェイク、ギズガレイの各小流域である。これらに加えて、ダシュト村から丘陵地帯の終わる区間までの中流域の山地・丘陵地が流域管理計画の対象となる。本計画は、農業推進省によって策定された流域管理計画の見直しとカウンタパートとの相互協議により作成される。

洪水防御の観点からは、流域管理は、浸透能の増加と雨水貯留機能の増大の両者によって、洪水ピーク流量と流出量の低減作用および洪水到達時間の遅延作用が期待できる。さらに土石流出抑制の観点からは、土石流等の供給源となる土砂生産量を低減することから、本計画は、土石流等の土砂量の低減に寄与する。

#### (2) 河川復旧改良計画

チェシュメハンやナルディン-セフィドダレイ-ゲルマンダレの小流域に較べて、ダシュトシェイクやギズガレイの小流域は、相対的に降雨量が多い。さらに、それぞれの流域でダムが2基ずつ、2001年洪水で破壊され、これらの土砂・洪水調節機能が完全に失われている。

こうした観点から、破壊されたダムに貯留されていた土砂の固定、ゲルマンダレ川も含めた

新たな河道網による洪水の安全流下、地下水や表流水の浸透・地下水涵養の促進を目指したダシュト村で復旧改良計画が必要である。この計画には、農業推進省の協力・調整作業が不可欠である。

### (3) ゴレスタンの森公園災害管理計画

ゴレスタンの森国立公園は、2001年洪水により明らかにされたように、マダルス川流域の中で最も洪水被害を受け易い危険性の高い地域である。2001年洪水では、約200人の観光客が被害に遭い、命を落とした。多くのキャンプ場が土石流堆積物の平坦な地形上に立地しており、さらに渓谷の約15kmにわたって観光客やキャンパーが休息を取りながら自然に親しんでいる。こうした状況の中で2001年洪水が発生し、キャンプ場を土石流が襲い、未曾有の洪水が渓谷を流れ下り、観光客のみならず河畔林も洗い流した。

空中写真判読による地形解析結果から、ゴレスタンの森の支溪流流域には多くの地すべり地が広く分布していることが確認された。これらの区域では、土石流の土砂供給源となる土砂が生産されている。この結果から、ほとんどの支溪流が土石流発生の危険性が高いことが判明した。

こうした状況を勘案すると、ゴレスタンの森での災害管理計画は、少なくとも次のような改善を盛り込むべきである。

- 観光客やキャンパーに対して早期警報・避難システムを確立する。
- 道路交通に対する安全を確保する。

最近の2005年8月洪水においては、事前に気象庁が気象予報の一環として、洪水通報を出しており、警察と環境庁はゴレスタンの森の観光客を外側に避難させ、交通を遮断した。この結果、ゴレスタンの森では全く死傷者が出なかった。この事実は、ゴレスタンの森災害管理計画の在り方について、その妥当な方向性を示すものと考えられる。

### (4) 土石流制御計画

ゴレスタンの森国立公園下流側の入り口であるタングラより下流域には、土石流の発生の危険性を有する支溪流がいくつかある。事実、2001年洪水時には、5つの支溪流で土石流が発生し、タルジェンリ村では3人の死者が出た。

土石流制御計画は、流域管理計画と協調して、土石流危険溪流で制御施設の計画を立てるものである。この計画については、農業推進省のカウンタパートとの協働が不可欠である。

### (5) 洪水防御計画

洪水防御は、タングラからゴレスタンダムまでの区間について、とくに集落周辺の河岸防護工、橋梁の上下流の河岸防護工を重点的に計画すべきである。洪水防御計画は、エネルギー省と道路交通省によって策定される緊急復旧計画、洪水防御長期計画および道路改修計画を包括したものとなる。

## (6) 氾濫原管理計画

マダルス川の気象水文的特性は、通常年と洪水年との年最大洪水流量の差の大きさである。ちなみに、タングラ観測所で見ると、通常年の年最大洪水流量は 20-100m<sup>3</sup>/s であるが、洪水年である 2001 年には 1,650m<sup>3</sup>/s、2002 年には 700m<sup>3</sup>/s、2005 年には 1,060m<sup>3</sup>/s であり、オーダー的に異なっている。

さらに地形的には、ゴルガン平野では、マダルス川の自由蛇行に沿って、河岸段丘が形成されている。これは、マダルス川のみならずゴルガン本川においても広大な段丘面が形成されている。村々と灌漑農地は洪水を全く受けない上位面に位置し、下位面には河道と粗放的農地が存在している。こうした住み分けは、人口圧が低く、土地が広大なため可能となったと考えられる。しかし、ゴレスタンダム下流のゴンバデカブス市街地の中には、下位の段丘面に広がっている部分もあり、洪水危険度の高い地域といえる。

このような特性を踏まえれば、次のような洪水処理が適切と判断できる。

- 河道は通常年の洪水を流下させる。
- 低位段丘面を高水河道として洪水年の洪水を流下させる。

事実、現在の河道は、1970 年から 2002 年までの 33 年間の年最大洪水流量のうち、31 年間(2001 年と 2002 年を除く)の年最大洪水流量は無理なく流下させる能力を持っている。

こうした洪水処理を、人的被害を生じることなく行うためには、次のような氾濫原管理計画を立案・実施する必要がある。

- 100 年確率洪水による浸水氾濫区域を災害危険区域として線引きする。
- この災害危険区域内の土地利用を規制する。
- 早期洪水警報を含む洪水事前準備計画を策定・実施する。

## (7) 洪水事前準備計画

早期洪水警報システムの確立を含む洪水事前準備計画は、住民等の人命損傷を防ぐことを第一義として、洪水・土石流に対して被害を軽減するために不可欠である。この計画は、次のような対策から構成される。

- 気象水文監視網の整備
- 早期洪水警報システムの確立
- 警報伝達システムの整備
- 緊急時の防災訓練

この計画も、地域の特性に応じて、次のような他の計画と連携を取りながら実施されなければならない。

- ダシュト地区の河川復旧改良計画
- ゴレスタンの森災害管理計画
- タングラー、タルジェンリ、ベシュオイリ村における土石流制御計画
- 下流氾濫原における氾濫原管理計画

### 3.1.6 社会経済フレームの予測

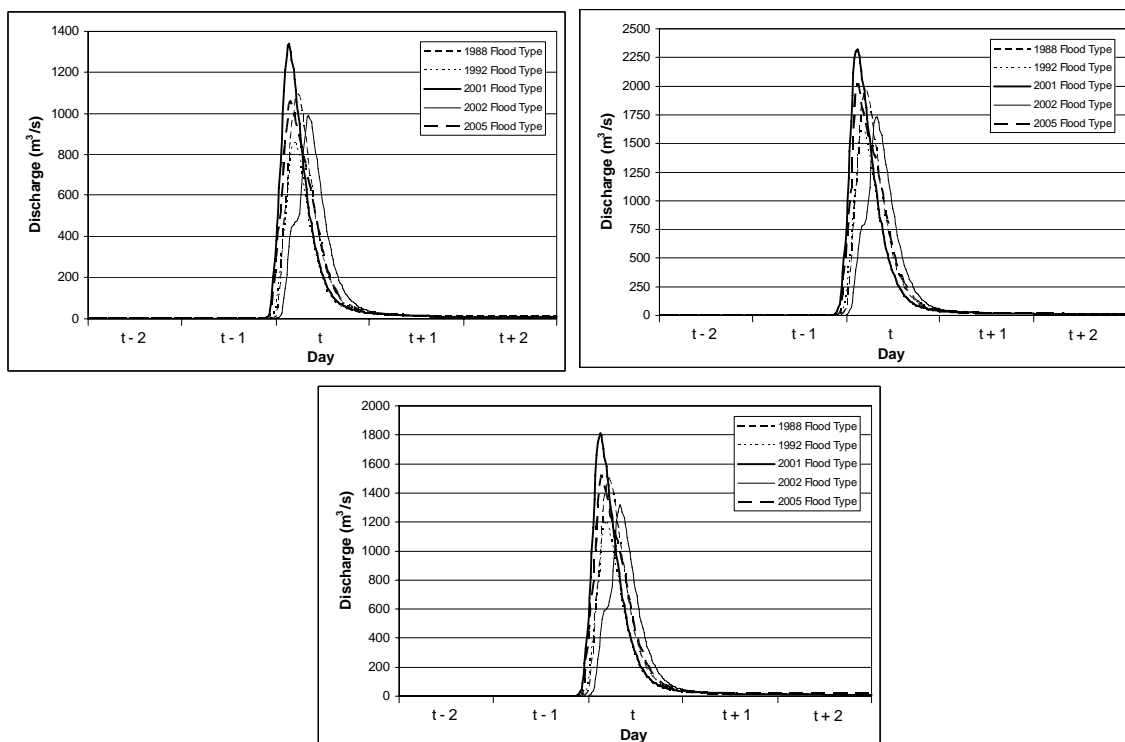
2025年を目標年次とする社会経済フレームの予測については、すでに2.2節で検討しており、表PI.4に人口、表PI.7に土地利用の予測結果を掲載している。

### 3.1.7 水文計画

2.4.5で述べた水文モデルを用いて、3.1.3に述べた治水安全度に沿って、計画洪水流量を推算する。

#### (1) 計画洪水流量(対策なし)

既往の著名5豪雨を選定し、これら降雨の地域分布・時間分布パターンを用いて、確率洪水流量を推算する。選定した豪雨は、1998年、1992年、2001年、2002年、2005年の5洪水である。タングラー地点における5洪水の25年、50年、100年確率洪水のハイドログラフを、次図に示す。

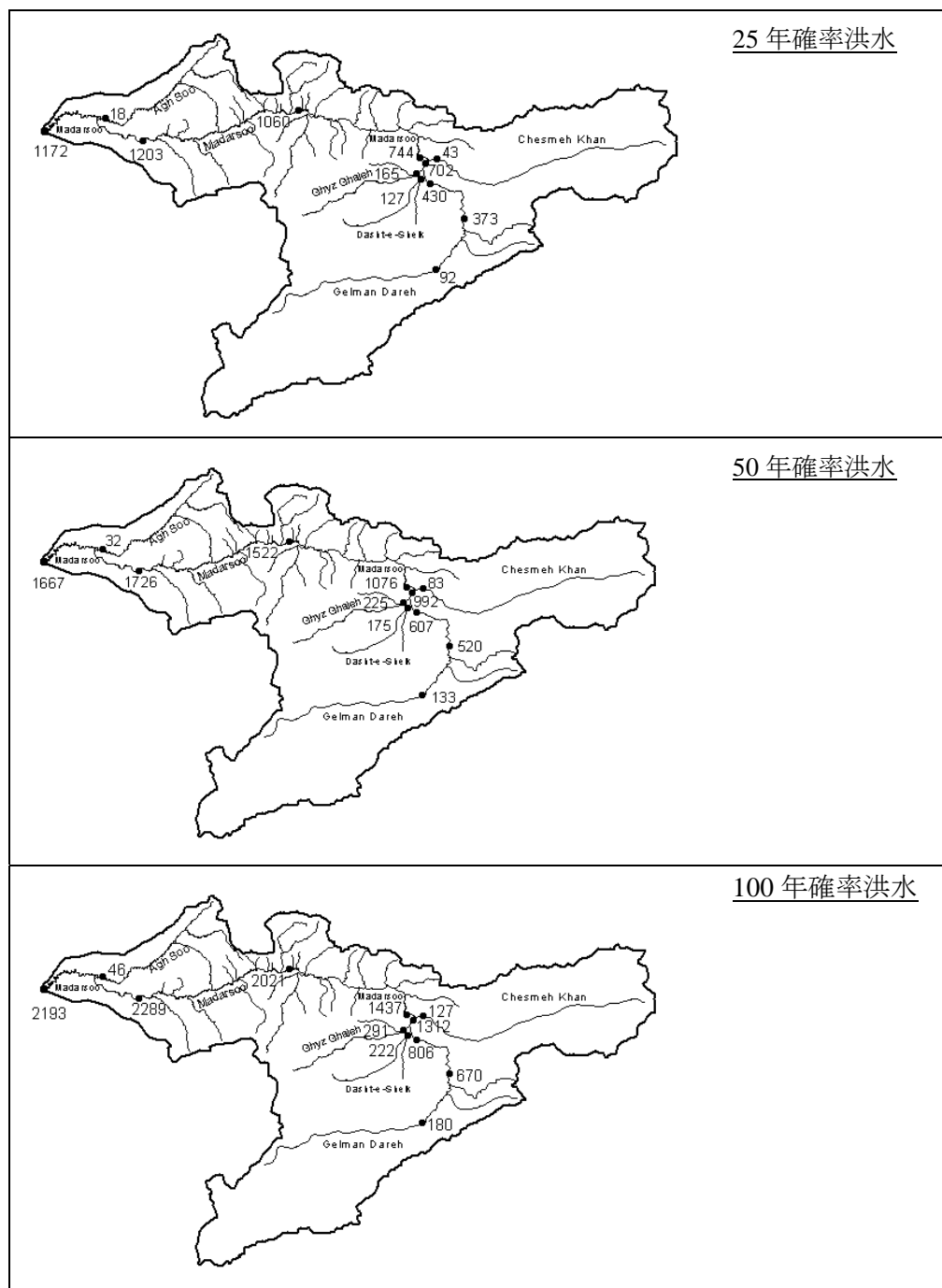


図PI.39 タングラー地点の確率洪水ハイドログラフ(25年、50年、100年確率)  
(確率洪水は左から25年、50年、下へ100年の順)



推算された洪水流量は、5洪水パターンのうち、2001年洪水型が最も大きい、図PI.39に示すように、波形がシャープでかつ他に比して大きすぎるきらいがある。さらに次に大きい1988年洪水は、5洪水のうち最も年代が古いこともあり、使用している降雨観測所の数が少ないため、降雨量の信頼性が低くなる。第3位は2005年洪水型で、日雨量のみならず時間雨量も観測されており、データの信頼性は最も高い。したがって2005年洪水型によるハイドログラフをマスタープランの計画洪水波形とする。

2005年洪水型による確率洪水流量の推算結果をマダルス川全域で示したものが次図である。



図PI.40 確率洪水流量の推算結果(対策なし、2005年洪水型)

(2) 計画洪水流量(流域管理計画の効果考慮)

テラス、バンケット、あぜ工や苗木の植栽等による流域管理の実施による効果をモデルを用いて検討した。この確率流量推算結果を次図に示す。

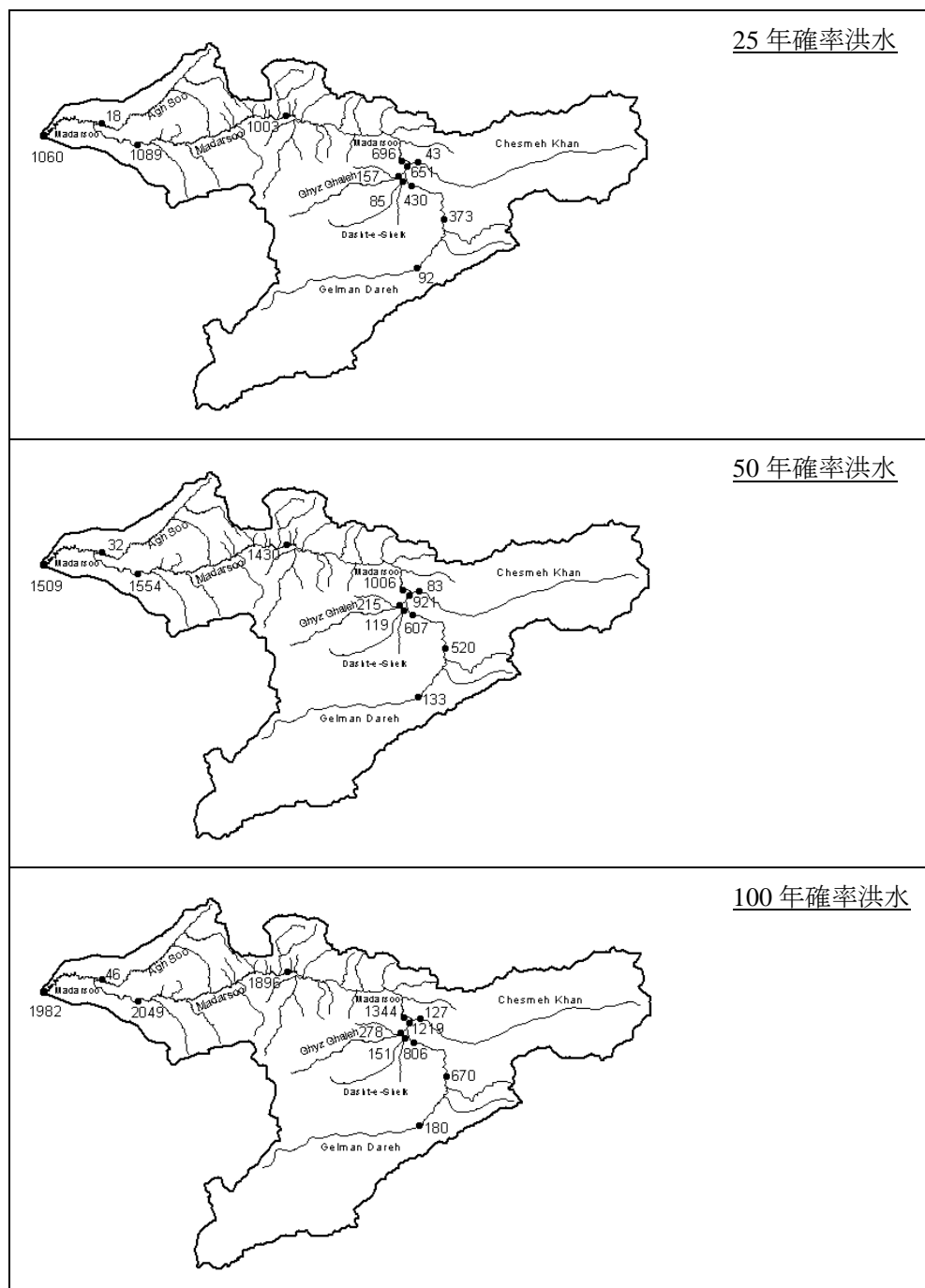


図 PI.41 確率洪水流量の推算結果(流域管理対策あり、2005年洪水型)

流域管理計画において適用される種々の工法とその面積を次表に示す。こうした対策区域の位置と広がりが MIKE SHE モデルの入力条件となる。モデルのパラメータは、粗度係数、貯留能、浸透能等を、対策工種に応じて調整することとなる。ここで推算した確率流量は、河川復

旧改良計画等の計画洪水流量となる。

表 PI.27 流域管理計画における計画区域面積

Item	Dasht-e-Shiekh	Ghyz Ghale	Tangrah	Chesmeh Khan
Terracing (Ha)	120	125	200	
Banquet (Ha)	1360	180	1740	145
Furrow (Ha)	2850		2650	
Plantation (Ha)		25	150	

## 3.2 流域管理計画

### 3.2.1 マダルス川流域管理の基本方針

#### (1) 実施計画の背景

2001年および2002年の両洪水の後、農業推進省は専門家をゴルガン川流域に派遣し、洪水被害の実態を調査させ、当流域の復興および洪水防御の課題を整理させた。この調査結果に対応して、農業推進省は、組織した洪水防御委員会の下で、ゴルガン川流域で最も被害が深刻であったマダルス川流域を対象に、流域管理計画を策定した。

マダルス川流域の中から、洪水被害・土壌浸食の深刻さ等を勘案して5つの小流域を抽出し、実施計画を策定した。この概要を次図に示す。

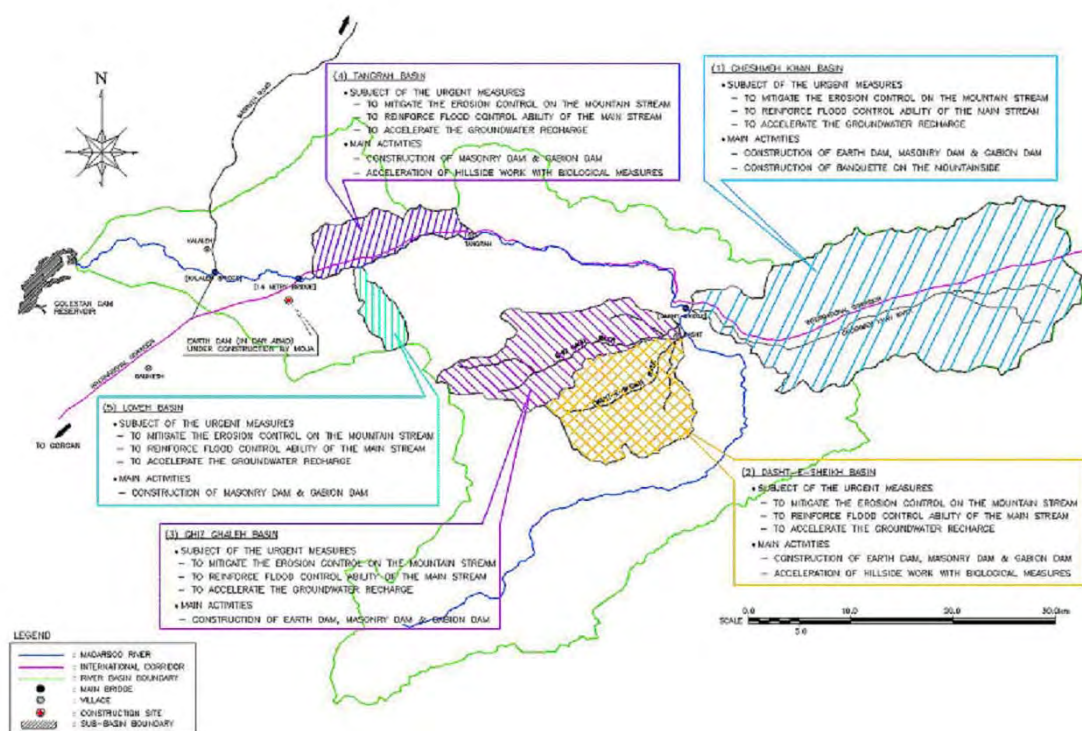


図 PI.42 農業推進省の中期流域管理計画における対象区域と対策

## (2) 目的および目標

実施計画における目的と目標をまとめると次表のようになる。

表 PI.28 流域管理計画の目的と目標

Purpose of Planning	Goal of Planning
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Increasing infiltration rate &amp; decreasing runoff</li> <li><input type="checkbox"/> Increasing the vegetation cover in range land &amp; forest areas</li> <li><input type="checkbox"/> Decreasing peak discharge of floods</li> <li><input type="checkbox"/> Soil conservation</li> <li><input type="checkbox"/> Improvement of life condition of people &amp; increasing their income</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Flood control and decreasing flood damage</li> <li><input type="checkbox"/> Sediment and soil erosion control</li> </ul>

上記の目的と目標に沿って、実施計画は最大限の効果を発揮するよう計画されているが、代表的工種は次のように4分類できる。

- 構造物的対策：蛇籠ダム、練石ダム、アースダム、河道改修
- 生物的・構造物的対策：テラス、バンケティング、あぜ工
- 生物的対策：乾燥地農業の転換、帯状栽培、牧野の施肥・播種、大量播種、森の監視と植樹
- 防止活動：施工区域の立入り規制の強化、森林区域から羊群の追出し、村人の教育・訓練

### 3.2.2 中期流域管理計画

流域管理計画の施工期間は、9年間とされている。プロジェクトの概要を小流域ごとに整理すると、以下の3表のようになる。

表 PI.29 中期計画の中の構造物的対策計画

Counter Measures	Dasht-e-Sheikh	Ghiz Ghaleh	Tangrah	Loveh	Cheshmae Kahn
Earth dam	7N: Storage= 2.8x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	18N: Storage= 2.8x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>			5N: Storage= 0.7 x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Gabion dam	36N: 3,249 m <sup>3</sup>	49N: 2,213 m <sup>3</sup>	42N: 2,728 m <sup>3</sup>	21N: 954 m <sup>3</sup>	21N: 1,330 m <sup>3</sup>
Masonry dam	35N: 24,105 m <sup>3</sup>	25N: 38,659 m <sup>3</sup>	9N: 5,700 m <sup>3</sup>	6N: 2,595 m <sup>3</sup>	36N: 1,276 m <sup>3</sup>
River engineering			900 m		

表 PI.30 中期計画の中の生物的・構造物的対策および生物的対策計画

Counter Measures	Dasht-e-Sheikh	Ghiz Ghaleh	Tangrah	Loveh	Cheshmae Kahn
Terracing	120 ha	125 ha	200 ha		
Banquette	1,360 ha	180 ha	1,740 ha		145 ha
Furrow	2,850 ha		2,650 ha		
Changing dry farming	140 ha	500 ha			300 ha
Supporting drinking water for sheep	32 N	9 N			10 N
Fertilizing in rangeland	6,000 ha	2,700 ha			
Seeding in rangeland	4,200 ha	2,700 ha			
Mass seeding	240 ha	70 ha	180 ha		2,939 ha
Planting	4,104 ha	380 ha	180 ha		2,630 ha
Tending forest		60 ha	767 ha		
Cleaning (forest)		30 ha	42 ha		
Seeding (forest)		60 ha	35 ha		
Planting (forest)		25 ha	150 ha		

表 PI.31 中期計画の中の防止活動計画

Counter Measure	Dasht-e-Sheikh	Ghiz Ghaleh	Tangrah	Loveh	Cheshmae Kahn
Training and extension	Farmers, range-men	1,000 person	1,200 person	1,250 person	
Enforcement of closures and maintenance	Implementati on project area	85 ha of forest	4,350 ha		9,418 ha
Fence in forest		28 km	15 km		
Building a channel		2 km	6 km		
Improving forest roads			28 km		
Existing sheep from forest area			6,000 head		

### 3.2.3 プロジェクトコストおよび実施計画

各小流域の流域管理計画に要する工種を、9年間の施工期間に応じて割り振り、コストを整理したものが次表である。総事業費は793.7億リアルである。

表 PI.32 小流域ごとのプロジェクトコスト

Year	Dasht-e-Sheikh	Cheshmae Khan	Ghiz-ghaleh	Tangrah	Loveh	Total
1	10,110.7	349.4	8,373.1	9,621.7	1,114.5	29,569.4
2	3,459.6	804.4	4,767.5	1,592.5	62.5	10,686.5
3	3,151.7	445.3	7,338.2	1,077.2	62.5	12,074.9
4	3,848.3	845.7	3,000.8	1,215.5	62.5	08,972.8
5	5,121.1	575.3	3,222.5	1,557.2	62.5	10,538.6
6	2,717.0	372.2	-	1,050.5	-	4,139.7
7	180.2	465.0	-	888.0	-	1,533.2
8	180.2	323.3	-	1,160.0	-	1,663.5
9	-	194.9	-	-	-	194.9
Total	28,768.8	4,375.5	26,702.1	18,162.6	1,364.5	79,373.5

unit: million Rial

### 3.2.4 対策の評価と提言

現地調査ならびに農業推進省のカウンターパートとの討議を踏まえ、対策の評価と助言を行った。

#### (1) テラス工

乾地農業におけるテラス工は村人に対して余り一般的ではない。これは、テラス工に関する知識がないこと、普及員や技術者が村を訪れていないこと、村人は保守的で自分達の経験に頼っていること等の理由による。村人は、テラス工よりも従来の農法の方が経済的であると信じている。

こうした課題を克服するには、次のような点を考慮し改善する必要がある。

- 収入源および斜面侵食の防止のため、テラスの間の斜面に、家畜飼料用の樹木等の多年生作物を栽培すること。
- 村人へテラス工の紹介・理解のため、農業普及員・技術者を派遣し、協力して進めること

#### (2) バンケット工

ダシュトシェイク小流域のバンケット工には、ガリ侵食が発生していた。ガリ侵食は、不適切な設計と不十分な維持管理が原因である。こうした課題に対処するためには、次のような事項に留意すべきである。

- 貯留能力のチェック：計画降雨が適正に設定されているか。越水等、雨水の過度の集中が起きないように等高線に沿って適正な区分けが出来ているか。
- バンケット工の適正密度：バンケット工の設計で地形と勾配を的確に計測し、適正な密度で計画しているか。

#### (3) 立入り規制と維持管理の強化

イランの北東部では、自然再生が森林管理の重要な要素である。しかし、過放牧、農作物の栽培、違法伐採が行われる下で、林野再生や森林管理は極めて困難である。最終的に貧しい植生は、土壌の侵食に繋がっている。こうした課題に対処するためには、次のような対応策をとる必要がある。

- 森林管理の派遣：専門家を派遣し、天然資源公社と村人は森林の維持管理に関する合意を取り付けるべきである。この森林の維持管理には、森林パトロール、除草、枝打ち等の作業が含まれる。さらに、天然資源公社は、村人に森林で燃料材を採取する権利を与えるといった権利の付与も有効である。
- 村人との協力：村人の教育・訓練活動を通して、森林のさまざまな機能の理解を深める必要がある。また、村人に森林管理の方法を実地に示すことも重要である。

#### (4) 持続的森林管理

イランの森林資源の最近傾向は、天然資源・生物多様性・水資源涵養としての森林機能の保全に着目しており、木材生産は減少を続けている。

- 持続的利用に関する目標の設定：木材生産から適正なゾーニングによる水と土壌の保全を目指した森林管理の目標を設定する。
- 選択伐採のための樹木密度管理：ロベ地区で、天然資源公社は選択伐採システムを導入して、新たな森林管理を模索している。このモデルプロジェクトを通して、水と土壌の保全を目指す再生方法、密度管理に基づく選択伐採方法を確立する必要がある。

#### (5) 訓練の拡大

村人は農業推進省の開催するトレーニングに参加しているが、未だ流域管理に関する理解は浅い。このため、次のような活動が継続的に必要である。

- 各小流域における問題の整理と解決策の検討：参加型問題解決手法を用いて、生活状態、水資源管理、土壌保全に関する村人の抱える問題を明らかにし、その解決策を探る。
- 農業指導員との協力：農業指導員は常に村人と接触しながら、生活レベルの向上を図っている。流域管理事務所は、こうした農業指導員と連携を取りながら業務を進めるべきである。

#### (6) 他機関との協力

実施計画は、ゴレスタン、北ホラサン、セムナンの3州にまたがって実施されるので、これら3州の担当者は相互に連携を取って事業を進めるべきで、その際の留意点は次のとおりである。

- 洪水防御委員会：2001年および2002年両洪水の後、洪水防御委員会が設置され、州レベルの農業推進省、天然資源公社、環境庁、道路交通省、エネルギー省等が構成メンバーとなっている。その議長はゴレスタン州の農業推進省の長になっており、こうした機関を通して、他の関係機関との協力調整を図るべきである。
- 保全活動における協力：農業推進省の流域管理事業と環境庁の自然環境保全は、極めて関連が深いため、両者の協力体制が必要である。

### 3.3 河川復旧改良計画

#### 3.3.1 取り組むべき課題

ダシュト地区の平坦な盆地で3河川が合流する。これらは、ゲルマンダレ(集水域:787km<sup>2</sup>)、ダシュトシェイク(集水域:125km<sup>2</sup>)、ギズガレイ(集水域:126km<sup>2</sup>)の3河川である。ダシュト地区では、2001年洪水時に次のような災害が発生した。

- (1) ギズガレイでは、ダシュト村の4km上流に位置するアースダムが、豪雨により増大した洪水流によって流失した。洪水流は、ダムに貯留されていた土砂を巻き込みながら、村

に向って押し寄せた。2001年の洪水後、洪水流が直接村を襲うのを防ぐため、村の西と南側に囲い堤が建設された。

- (2) ゲルマンダレから、より大きく継続時間も長い洪水が到達し、ダシュトの谷底平野に広がる畑・果樹園の作物や果樹を根こそぎ洗い流した。
- (3) 支溪流からの土石流の堆積によると思われるダムアップとその自然ダムの崩壊といった急激な水理条件の変化が、その上流区間で河床洗掘と河岸侵食を引起し、最終的にはダシュト村で口付近の谷頭侵食となった。

こうした洪水時の状況を勘案して、次のような復旧改良を実施し、ダシュト村の安全度の向上を図り、農業生産基盤を高めることにより、経済的發展を促すものとする。

- ギズガレイにおける流失したダムの復旧
- 河道整備による洪水防御
- 侵食防止工設置による谷頭侵食の解消

### 3.3.2 河川復旧改良計画

本計画は、前述のように農地および農村を防護するため、25年確率の整備水準とする。この計画洪水流量は次表のとおりである。

表 PI.33 25年確率の計画洪水流量

River	Design Discharge	Remarks
Gelman Darreh	430	
Dasht-e-Sheikh	90	
Ghyz Ghaleh	160	
Madarsoo	660	After confluence of the above three rivers

単位：m<sup>3</sup>/s

河道計画は、計画洪水流量を安全に流下させるように、河道の流下能力を増大させ、併せて洗掘や河岸侵食に耐え得るように河道の安全を確保する。対象河川は、上記の3河川である。計画施設の基本構成を図PI.43に示し、その概要を以下に記す。

#### (1) ゲルマンダレ-マダルス川

計画対象区間は、チェシュメハンとの合流点のマダルス川から、6.5km上流のゲルマンダレと農道が交差する地点までとする。

谷頭侵食の防止のためには、下流河道の維持を考慮し、上流から流送されてくる土砂を下流に供給するため、流路工を提案する。もし貯砂能力のある砂防ダムを計画した場合、下流河道に河床低下を引起す可能性があり、護岸等の河川構造物が基礎の安定性を欠くために損傷する危険性がある。

ゲルマンダレ-マダルス川の改修は、主として河道の拡幅と掘削によるものであり、河道幅は64.0mから46.2m、計画洪水位は可能な限り現況地盤面とする。計画河道法線は、現況河道が盆地の最も低い所を流れ、洪水の集水も容易なことから、現況河道に沿う線形とする。図PI.44



に計画横断面と護岸計画図を示す。

## (2) ダシュトシェイク川

ダシュトシェイクの改修区間は、河川からの洪水氾濫から農地を防護するため、ダシュト村付近から 5.1km 区間を考える。

ダシュトシェイクの河道改修についても、主として河道の拡幅と掘削によるものとし、河道幅は 58.2m から 21.7m、計画洪水水位は可能な限り現況地盤面とする。図 PI.45 に計画横断面を示すが、護岸計画図は図 PI.44 に示したものと同タイプである。

計画に沿うと、大量の掘削土砂(約 400 万  $m^3$ )が発生するが、計画河道のすぐ南側における土地造成に活用することを提案する。この約 110ha の土地は、過去の洪水で荒廃しているが、農地として開発の可能性が高く、ダシュト村の経済力向上にも寄与するものと思われる。

## (3) ギズガレイ川

ギズガレイにおいては、洪水のみならず土砂流出も激しく、分流施設による新たな河道の設定と砂防ダム復旧の 2 種類の構造物が必要である。これらの配置図を図 PI.46 に示す。

### 分流施設の新設

計画分流施設は、洪水が直接ダシュト村に向うのを回避するため、稜線を越えてダシュトシェイクに合流させようと計画したものである。計画洪水流量は 25 年確率で  $160m^3/s$  である。

この分流施設は図 PI.46 に示すように、流失したアースダムの下流 1.5km 右岸にある天然資源公社のプランテーションを通り、稜線鞍部を越えてダシュトシェイク流域に洪水を放流するものである。

### 砂防ダムの復旧

2001 年洪水で破損した砂防ダムを復旧し、貯留された土砂の二次流出を防止し、新たな流出土砂を調節する役割を期待する。洪水吐の計画流量は、100 年確率洪水を対象とし、洪水吐の高さは現況の堆積土砂面と同一とする。この計画砂防ダムの主要断面を図 PI.47 に示す。

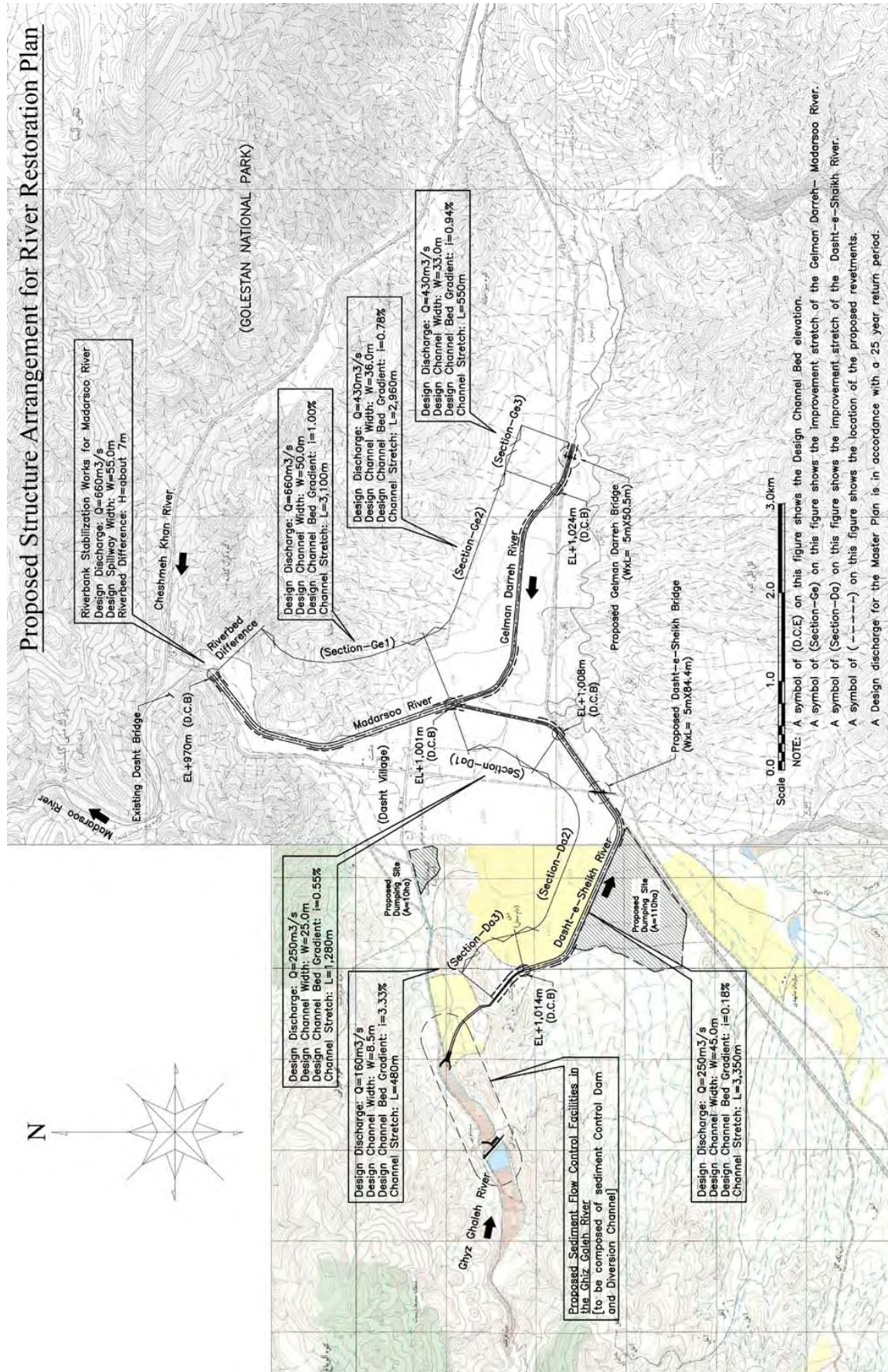


図 PL.43 河川復旧改良計画の施設配置計画

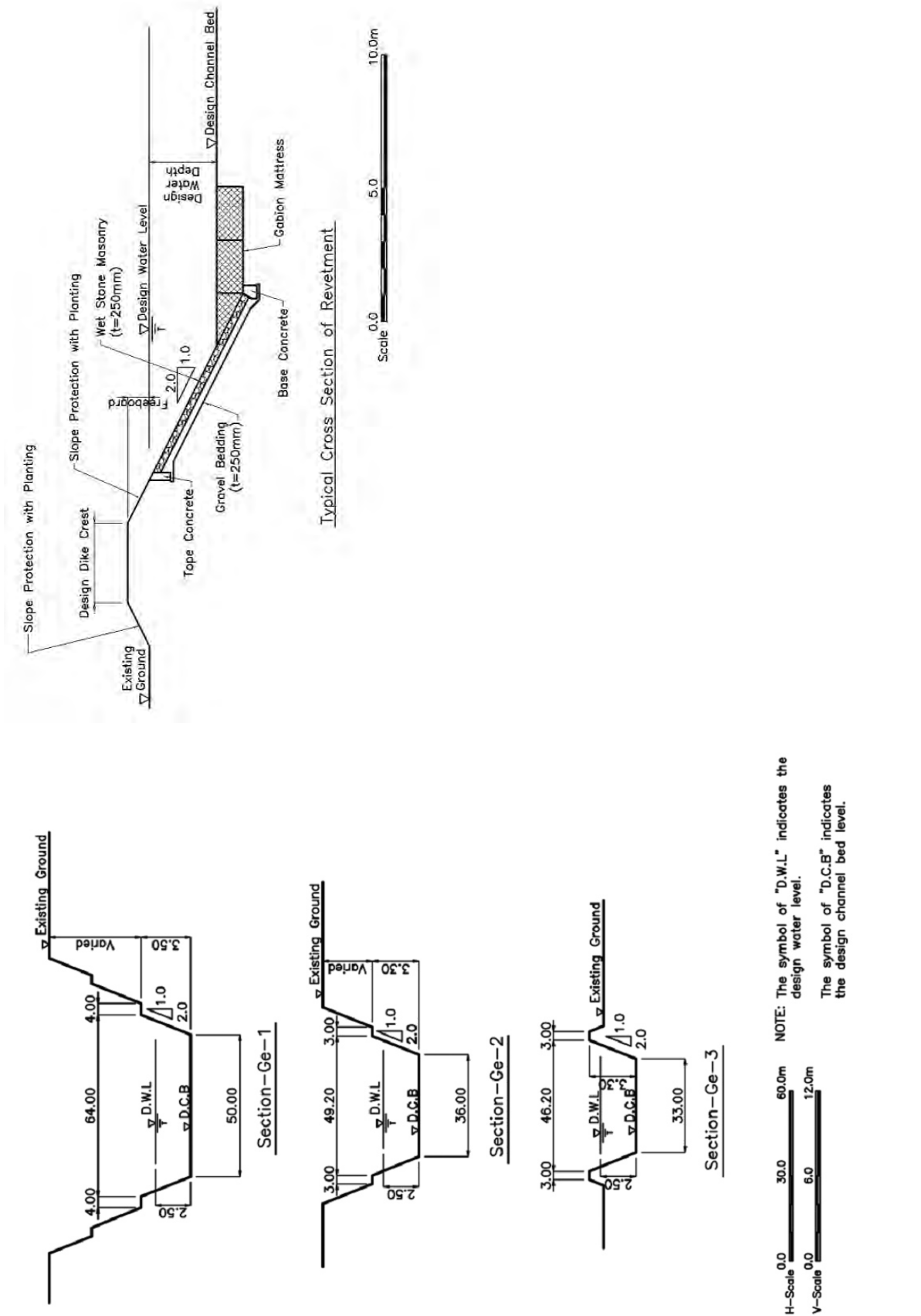
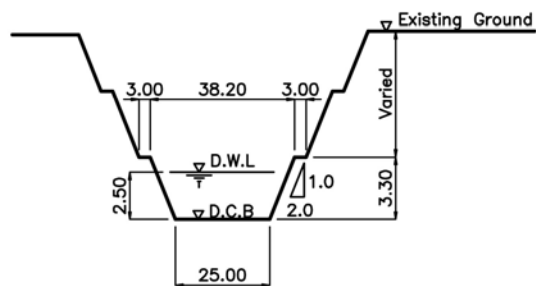
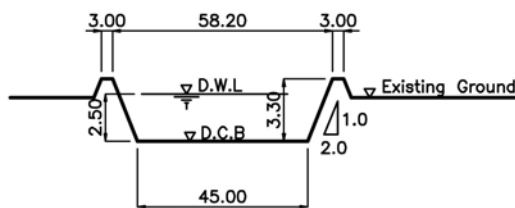


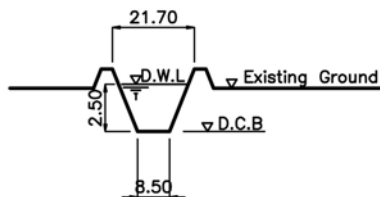
図 PI.44 ゲルマンダレ-マダラス川改修における計画横断面と護岸計画



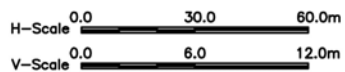
Section-Da-1



Section-Da-2



Section-Da-3



NOTE: The symbol of "D.W.L" indicates the design water level.  
The symbol of "D.C.B" indicates the design channel bed level.

図 PI.45 ダシユトシェイク川改修における計画横断面

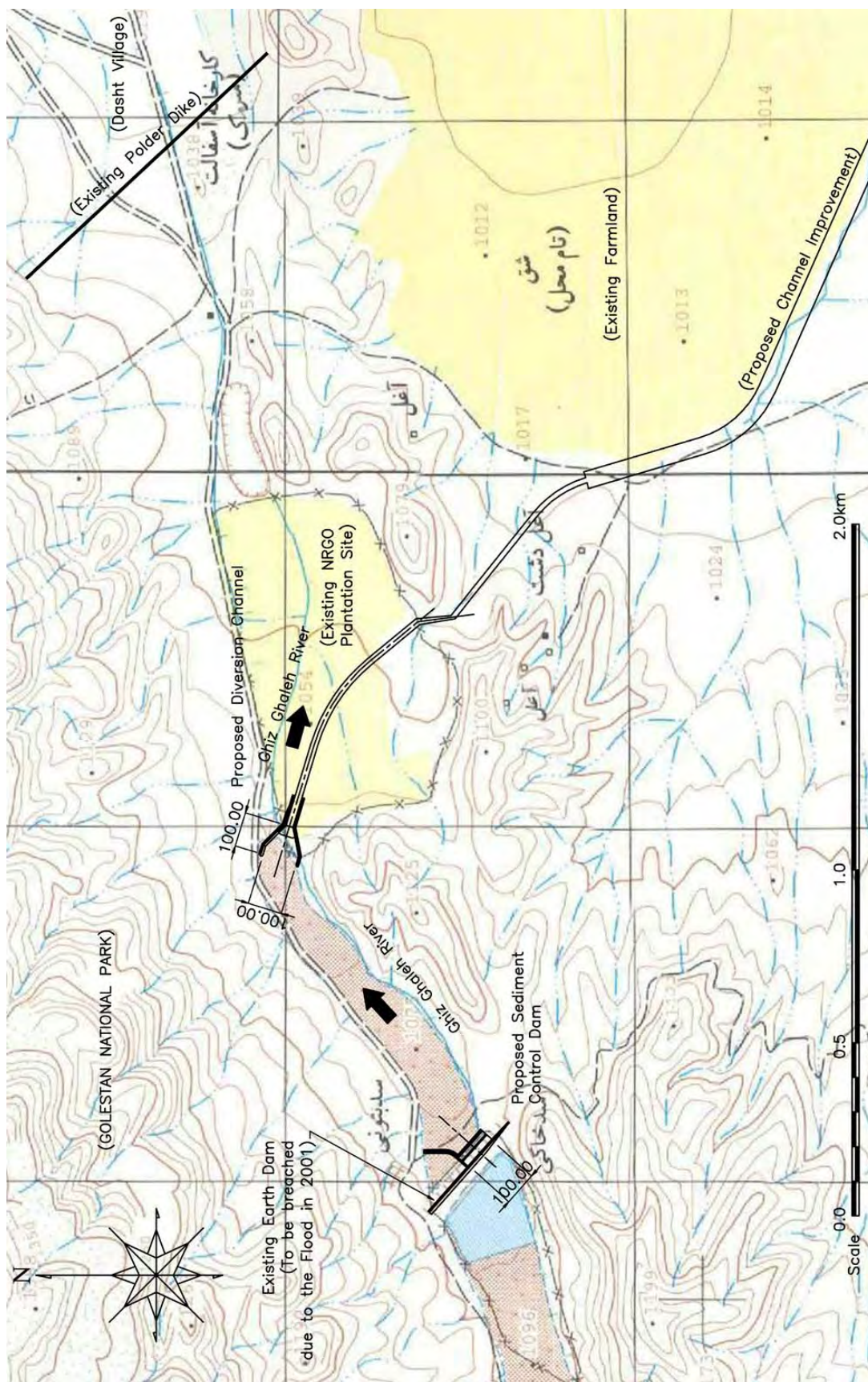


図 PI.46 ギズガレイ川改修の施設配置計画

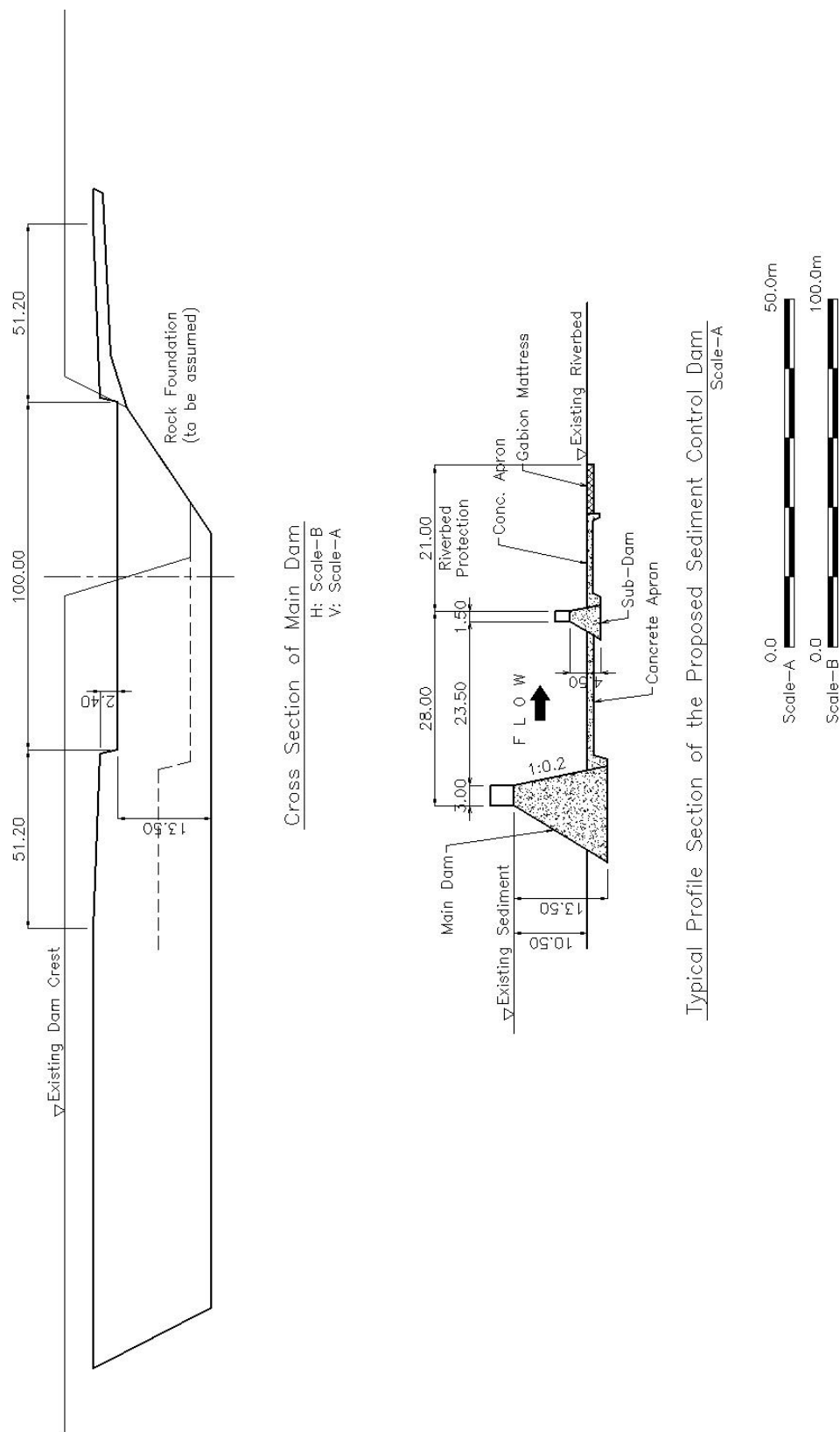


図 PI.47 砂防ダム復旧計画断面図

### 3.3.3 コスト積算および実施計画

#### (1) プロジェクトコスト

河川復旧改良計画のコストを積算すると、2,532 億リアル(2,820 万米ドル)となる。ゲルマンダレとダシュトシェイク、およびギズガレイの改修費をそれぞれ整理したものが次表である。

表 PI.34(1) プロジェクトコスト(ゲルマンダレおよびダシュトシェイク)

Work Item	Quantity	Unit	Amount (1,000 Rials)
I. Construction Base Cost			<b>138,453,000</b>
1. Preparatory Works	1	l.s.	12,587,000
2. Channel Works	1	l.s.	125,866,000
II. Land Acquisition Cost			<b>3,442,000</b>
III. Administration Cost (5% of Item I)	1	l.s.	<b>6,923,000</b>
IV. Engineering Cost (10% of Item I)	1	l.s.	<b>13,846,000</b>
V. Physical Contingency (20% of Item I + II + III + IV)	1	l.s.	<b>32,533,000</b>
VI. Total			195,197,000
Round Total			<b>195,200,000</b>
		in accordance with (as of August 2005)	US\$21,699,000

表 PI.34(2) プロジェクトコスト(ギズガレイ)

Work Item	Quantity	Unit	Amount (1,000 Rials)
I. Construction Base Cost			<b>40,500,000</b>
1. Preparation Works	1	l.s.	3,682,000
2. Diversion Channel Works	1	l.s.	20,170,000
3. Sediment Control Dam Works	1	l.s.	16,648,000
II. Land Acquisition Cost			<b>0</b>
III. Administration Cost (5% of Item I)	1	l.s.	<b>2,025,000</b>
IV. Engineering Cost (10% of Item I)	1	l.s.	<b>4,050,000</b>
V. Physical Contingency (20% of Item I + II + III + IV)	1	l.s.	<b>9,315,000</b>
VI. Total			55,890,000
Round Total			<b>55,890,000</b>
		in accordance with (as of August 2005)	US\$6,213,000

#### (2) 実施計画

ギズガレイの破損したダムは、依然として貯留した土砂を上流に堆積させており、今後の二次移動が危惧され、洪水と土砂がダシュト村の囲い堤を襲うこととなる。こうした事態を避けるため、この破損したダムの復旧を第一に考える。それに引き続き、三川の河川改修に着手するのが適切と考えられる。作業・工事の流れと作業量を勘案し、次図に示すような実施計画を提案する。

表 PI.35 河川復旧改良計画の実施計画

Year	Sediment Control Dams		River Improvement
1st		Detailed Design	
2nd		Construction (4 years)	
3rd			
4th			
5th			Detailed Design
6th			Construction (5 years)
7th			
8th			
9th			
10th			

### 3.4 ゴレスタンの森公園災害管理計画

#### 3.4.1 取り組むべき課題

2001年洪水では、ゴレスタンの森国立公園では、観光客とキャンパーを含め約200名の死者を出した。多くのキャンプ場が土石流堆積物の平坦な地形上に位置していたし、通常観光客は約15kmの長区間にわたってそれぞれが憩いの場所で休息を取っている。こうした状況の中で、2001年豪雨が襲来し、6つの支流で土石流が発生したが、そのうちの5溪流が下流にキャンプ場が広がっており、容易にキャンパーを土石流が巻き込んで行った。さらに大規模な未曾有の洪水が上流から到達し、河岸沿いの河畔林のみならず観光客やキャンパーをことごとく巻き込みながら洪水が流下した。このように、2001年洪水が示すように、当国立公園は、流域の中でも最も洪水危険度の高い地域であると言える。

最近の2005年8月に再々度、規模の大きな洪水がマダルス川で発生し、復旧途中の道路や橋梁・護岸をことごとく破壊した。気象庁は、事前に気象予報の一環として洪水警報を出し、警察や公園関係者は道路を閉鎖して、公園内から観光客等を退避させた。この結果、ゴレスタンの森ではこの洪水による死傷者は皆無であった。

この2005年洪水における活動を見直し、現在の予警報に関わるシステムの課題を整理すれば次のようである。

(1) 気象水文データ収集システムの改善

現在の気象水文データ収集システムは、このシステムがそのまま洪水予警報システムに用いられるとすると、さまざまな課題を抱えており改善が必要である。

(2) 洪水予警報のための責任ある組織作り

気象水文データを統合的に管理し、それらを解析し、洪水警報の通報の決定を支援し、かつ州の災害管理委員会によるさまざまな決定をサポートする組織が無い。洪水予警報センターがこれに相当し、早急に確立すべきである。

(3) 避難に向けた円滑かつ効果的な緊急対策



現在まで、気象庁により作成される気象報告が、唯一洪水災害に対する初動の基礎情報となっている。この気象報告は、広域の気象情報を与えるもので、正確な降雨情報に基づくものではない。この結果、予測的中率は極めて低い。しかし、2005年洪水において、ゴレスタンの森公園では事前の避難が有効であることが証明された。したがって、予測的中率の向上を目指して、予警報システムを改善していくことが肝要である。

### 3.4.2 災害管理計画

#### (1) 洪水予警報の改善に関する基本的考え方

現状のシステムを踏まえ、気象庁(MET)は気象報告および洪水警報通告を発信する。さらに、洪水予警報システムを可能な限り現状の機器等を活用しながら改善していく。気象庁は、既設ならびに新規に設置すべき雨量観測所からのデータをオンラインで取り込み、デジタル電話回線を用いて洪水予警報センターに配信する。エネルギー省(MOE)も同様である。

洪水予警報センター(FFWC)は、2006年3月のテクニカルコミティ会議で提案されたように、州の災害管理委員会(PDMC)に設立する。FFWCは洪水予測と警報発令のためのデータ処理と編集を行い、関係機関はそうした洪水情報にインターネットを介してアクセスする。洪水予警報システムの改善と、FFWCおよびPDMCを軸とした一連の洪水情報の流れをまとめたものが次図である。

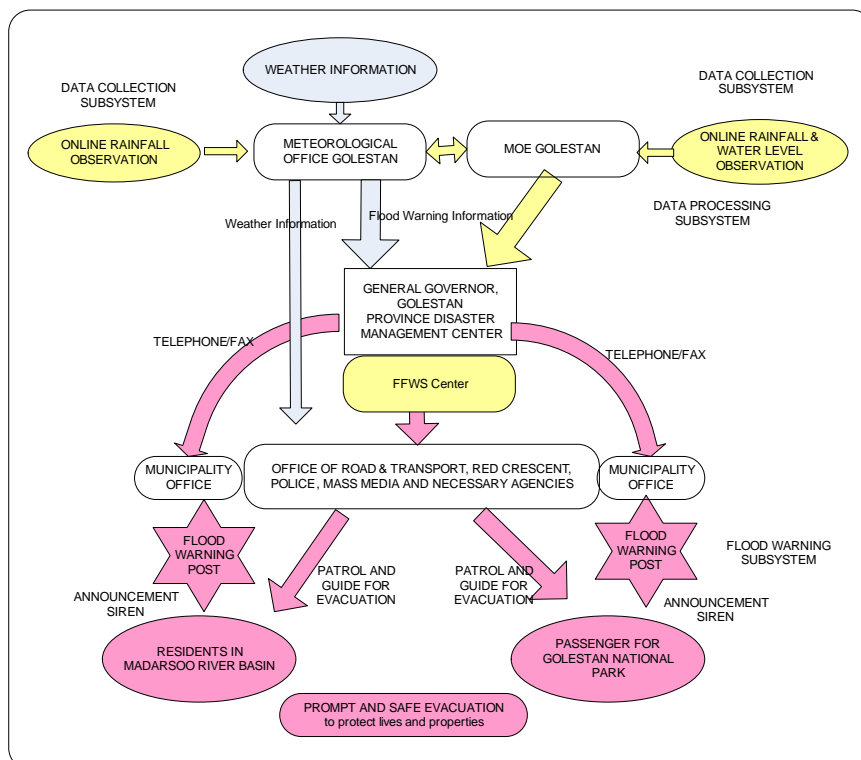


図 PL48 洪水予警報システム改善後の必要情報の流れ

PDMCは、関連自治体ならびに関係機関に対し、電話回線やファックスを用いて警報や避難命令を通告する責任主体である。洪水警報ポストが設置される自治体(村)の役人は、警報を受

け取った際には、手動によって洪水警報装置を起動させる責任を持っている。ゴレスタンの森公園では、現在実施しているのと同じ方法で、警察が両側の出入口の道路を封鎖し、パトロール車両を用いて内部にいる観光客・キャンパー・車両を早急に公園外に退避させる。

現在、PDMCには、気象水文データを解析し、雨量や水位によって危険レベルを認識することの出来る気象・水文の専門家が配置されていない。そこで、FFWCがPDMCに設置された場合、こうした人材の補充が必要となる。

## (2) 気象水文観測網の改善

すでに2.3.2の図PI.13に示したように、上流のゲルマンダレ流域から大きな洪水が到来している。緊急対応のためのリードタイムを稼ぐには、こうした洪水の発生を素早く感知し、洪水到来を予測しなければならない。そのためには、上流域に次のようなオンラインの観測所を設置する必要がある。

- 水位観測所：2基、ゲルマンダレおよびギズガレイに建設(復旧)予定の砂防ダム
  - 雨量観測所：4基、ナルディン、ソウダグレン、ハカイハジェ、セフィド・ダレイ
- これら新たに設置すべきオンラインの気象水文観測所の位置を次図に示す。

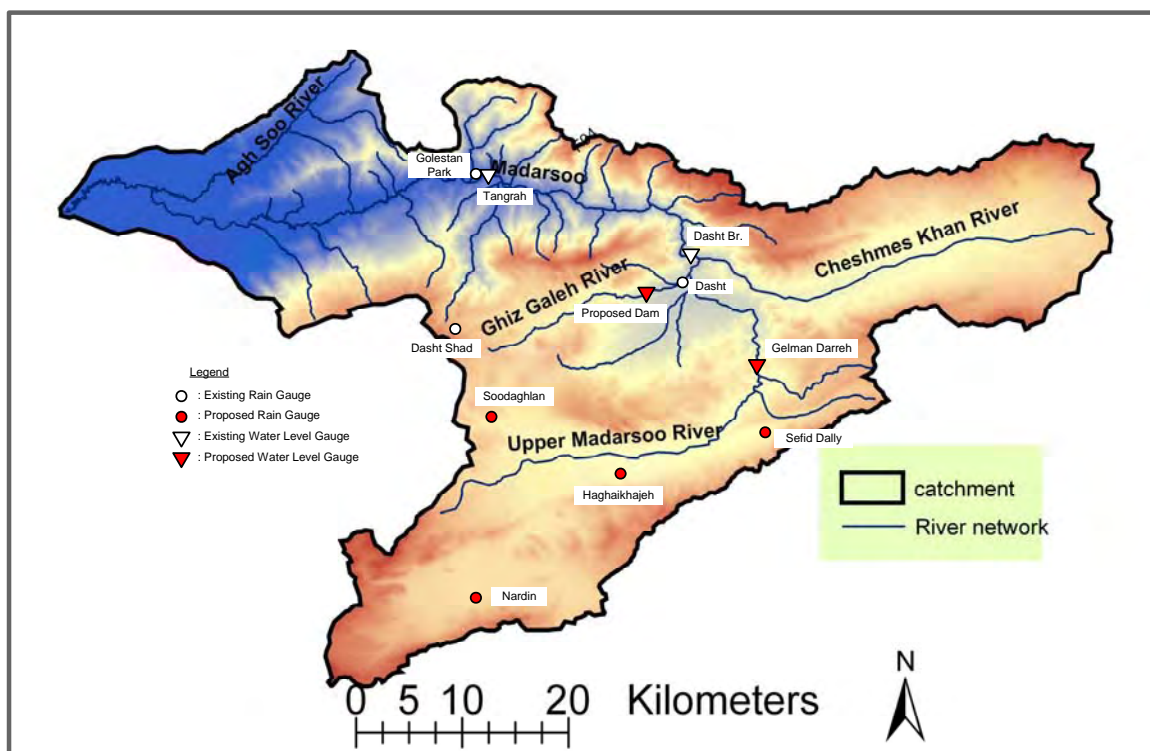


図 PI.49 オンライン気象水文観測所の新設提案

## (3) データ収集・編集システムの改善

データ収集システムは、遠隔地からデータを収集するというテレメータの技術を活用するもので、いくつかの情報伝達経路が存在する。それらは、1)公衆電話回線、2)GSM 携帯電話回線、国際協力機構 (株)建設技研インターナショナル

3)無線テレメータである。現状では GSM がテレメータには最も適していると考えられるが、災害発生時および発生直後には通信回線が飽和状態となり、接続が極めて困難となる。いっぽう、無線テレメータは、一般的に信頼性が最も高く、災害時においてもその信頼性は保たれる。しかし、初期投資が高く、周波数割当時に往々にして利用者間のトラブルが発生し、さらには機器設定が難しく、山間部からの送信には中継施設の建設も必要となる。

これらの比較を次表に整理する。現在設置されている気象水文観測機器と MET ならびに MOE の受信装置も視野に入れて改善の容易さを勘案すると、モデムを装備して GSM 携帯電話回線を利用する方法が、最も適切かつ容易であると判断できる。

表 PI.36 データ収集ネットワークの比較

Transmission Method	Advantage	Disadvantage
Dial-up Telephone Line	<input type="checkbox"/> Easy installation by user side <input type="checkbox"/> No own maintenance work	<input type="checkbox"/> Low transmission speed <input type="checkbox"/> Taking long time for restoration in trouble <input type="checkbox"/> Monthly payment of due for subscription.
Dedicated Exclusive Telephone Line	<input type="checkbox"/> Continuous obtaining online data from the observation station <input type="checkbox"/> High line quality and reliability	<input type="checkbox"/> Higher telephone subscription <input type="checkbox"/> Taking long time for restoration in trouble
GSM MODEM	<input type="checkbox"/> Easy installation by user side. <input type="checkbox"/> No own maintenance work	<input type="checkbox"/> Working within GSM service coverage <input type="checkbox"/> Monthly payment of due for subscription <input type="checkbox"/> No connection during traffic congestion time such as floods
VHF/UHF Radio Link	<input type="checkbox"/> Continuous obtaining online data from the observation station <input type="checkbox"/> Stable and reliable data transmission <input type="checkbox"/> No communication charge	<input type="checkbox"/> Complicated process for frequency application <input type="checkbox"/> High installation cost including repeater station <input type="checkbox"/> Necessity of own maintenance work

データ処理システムに関しては、まず何らかの改良を施して、現在用いているデータ処理のソフトウェアを引き続き活用する。つぎにデータ配信システムについては、イランにおいても ISDN や ADSL のようなデジタル電話回線がすでに有用となっている。こうした現状を踏まえて、ADSL ないし ISDN 回線で PDMC-FFWC、MET、MOE 等の関係機関を結ぶようなネットワークを考える。この配置計画を図 PI.50 に示す。

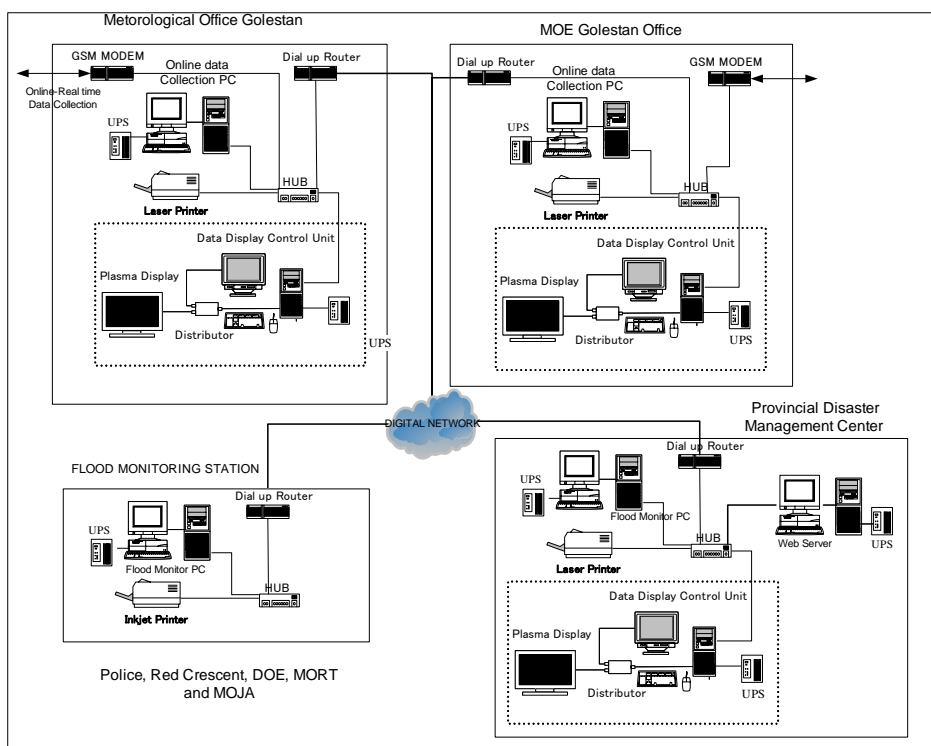


図 PL.50 データ処理・配信システムの配置計画

#### (4) 情報伝達ならびに警報システム

マダルス沿川の浸水危険性のある村に、警報ポストの設置を計画する。このポストに設置されるスピーカは、通常時には住民への広報活動にも利用が可能である。ゴレスタンの森災害管理計画のみならず、流域全体の洪水事前準備計画も勘案し、合計 26 の警報ポストの設置を計画する。この警報ポストは、各村の村長ないしそれに準じる者の家、あるいはモスクに設置されるのが適当と考えられる。

#### 3.4.3 実施計画とプロジェクトコスト

実施計画は段階的な整備を念頭に置きながら、次のように設定する。

表 PL.37 洪水予警報システム構築のための実施計画

No.	Work Item	Necessary Period (year)	Remarks
1.	Improvement of monitoring system	1	4 rain and 2 water level gauges
2.	Improvement of data collection system	1	
3.	Improvement of data processing and transmission system	2	including establishment of FFWS Center
4.	Installation of data dissemination and warning system	1	24 warning posts (excluding Dasht and Terjenly villages)

この実施計画に則して、プロジェクトコストを概算する。この結果を次表に示すが、これは流域全体(中流部から下流部まで)に警報ポストを設置する場合のコストである。

表 PI.38 洪水予警報システム構築のためのプロジェクトコスト(全体システム)

Work Item	Amount (1,000 Rials)
1. Improvement of monitoring system	994,600
-1 Furnishing Works	420,000
-2 Others	574,600
2. Improvement of data collection, processing and transmission system	1,740,500
-1 Furnishing Works	735,000
-2 Others	1,005,500
3. Installation of data dissemination and warning system	3,836,200
-1 Flood Warning Post	1,620,000
-2 Others	2,216,200
Total	6,571,300
Round Total	6,600,000

Others include the costs for preparatory works, installation works, administration, engineering, physical contingency, and miscellaneous.

いっぽう、ゴレスタンの森公園の災害管理にのみ着目すれば、中下流の警報ポストを省くことが出来、このコストを概算したものが次表である。

表 PI.39 洪水予警報システム構築のためのプロジェクトコスト(ゴレスタンの森災害管理)

Work Item	Amount (1,000 Rials)
1. Improvement of monitoring system	994,600
-1 Furnishing Works	420,000
-2 Others	574,600
2. Improvement of data collection, processing and transmission system	1,740,500
-1 Furnishing Works	735,000
-2 Others	1,005,500
3. Installation of data dissemination and warning system	479,500
-1 Flood Warning Post (3 places)	202,500
-2 Others	277,000
Total	3,214,600
Round Total	3,300,000

Others include the costs for preparatory works, installation works, administration, engineering, physical contingency, and miscellaneous.

## 3.5 土石流制御計画

### 3.5.1 土石流制御計画の現状

2001年洪水時に、タングラ下流の5溪流で土石流が発生した。これらは、1)タングラ村1溪流、2)タルジェンリ村2溪流、3)タルジェンリとグーグル・ボゾルグの間1溪流、4)新ベシユオイリ村1溪流であった。2001年洪水では、タルジェンリ村で3名が避難ミスのため土石流に巻き込まれ死亡した。

これらの溪流は、農業推進省が計画している流域管理計画(3.2参照)の中のタングラ小流域に位置している。現在までに構造的対策として各種砂防ダム、生物的・構造的対策として

テラス工等の建設を進めている。

### 3.5.2 改修の方向性

調査団は、調査期間全般にわたって農業推進省のカウンターパートと土石流制御計画の主として構造面での議論を行った。これらに基づいて、農業推進省も対策工を検討ないし修正し、計画の実施を進めている。

#### (1) 計画降雨および計画流量の算定法

2001年洪水から始まり2005年洪水に至る豪雨は、当地域でかつて経験したことの無い(記録されていない)激しいものであった。したがって、過去のデータの統計処理に基づいて設定されている計画降雨や計画洪水流量は、この一連の洪水に比して大幅に小さな値であり、ダムの洪水吐は上流から押し寄せる洪水に対処できず、堤体を越流するような事態も発生した。さらに、こうした洪水の発生した山地部において、現在に至るまで全く短時間の降雨観測がなされておらず、ゴルガンの観測データを使うには余りにも降雨強度が違いすぎる事が判明した。





今後適切な施設を設計するに当たって、最も重要なことは、短時間降雨データの蓄積であり、それに基づく時間-降雨強度関係を作成し、より合理的な水文設計を行うことである。このために、農業推進省は気象庁と協力して、タングラとダシュトの短時間雨量のデータ蓄積および解析を実施することを提言する。これら観測所のデータは、地形的にも今後の流域管理計画の合理的策定に大いに役立つと判断できる。

こうした時間-降雨強度の関係を確立するには、今後10年以上のデータの蓄積が必要である。その間の暫定的な降雨強度算定法を、本調査で収集した雨量データをもとに検討し、農業推進省ゴレスタン事務所に提案した。この結果は、メインレポートの Anex に掲載している。

#### (2) 土石流危険渓流における対策工

タングラ下流の土石流危険渓流における対策の方針を、農業推進省のカウンターパートとの協議を通してとりまとめたものが次表である。

表 PI.40 土石流危険渓流の整備方針

Site Photo	Necessary Improvement Works
	<p><b><u>Tangrah</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Construction of debris flow deposition basin immediately upstream of village</li> <li><input type="checkbox"/> Channeling works from basin to outfall</li> </ul>
	<p><b><u>Terjenly (two streams)</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Channeling works, in particular downstream of road crossing</li> <li><input type="checkbox"/> Installation of drainage culvert under the road</li> </ul>
	<p><b><u>between Terjenly and Google Bozorg</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Construction of debris flow deposition basin immediately upstream of the road</li> <li><input type="checkbox"/> Channeling works from basin to outfall including drainage culvert under the road</li> </ul>
	<p><b><u>Beshoily</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Construction of a series of sabo dams</li> <li><input type="checkbox"/> Closure of another stream at the bifurcation</li> </ul>

### (3) 土石流ハザードマップの準備

土石流に対して村人が緊急に避難するための土石流ハザードマップを準備した。タングラ村とタルジェンリ村は、いずれも扇状地地形の上、すなわち土石流や洪水氾濫の堆積物の上に

形成されている。したがって、村人は近くの一段高い段丘面に避難すべきである。

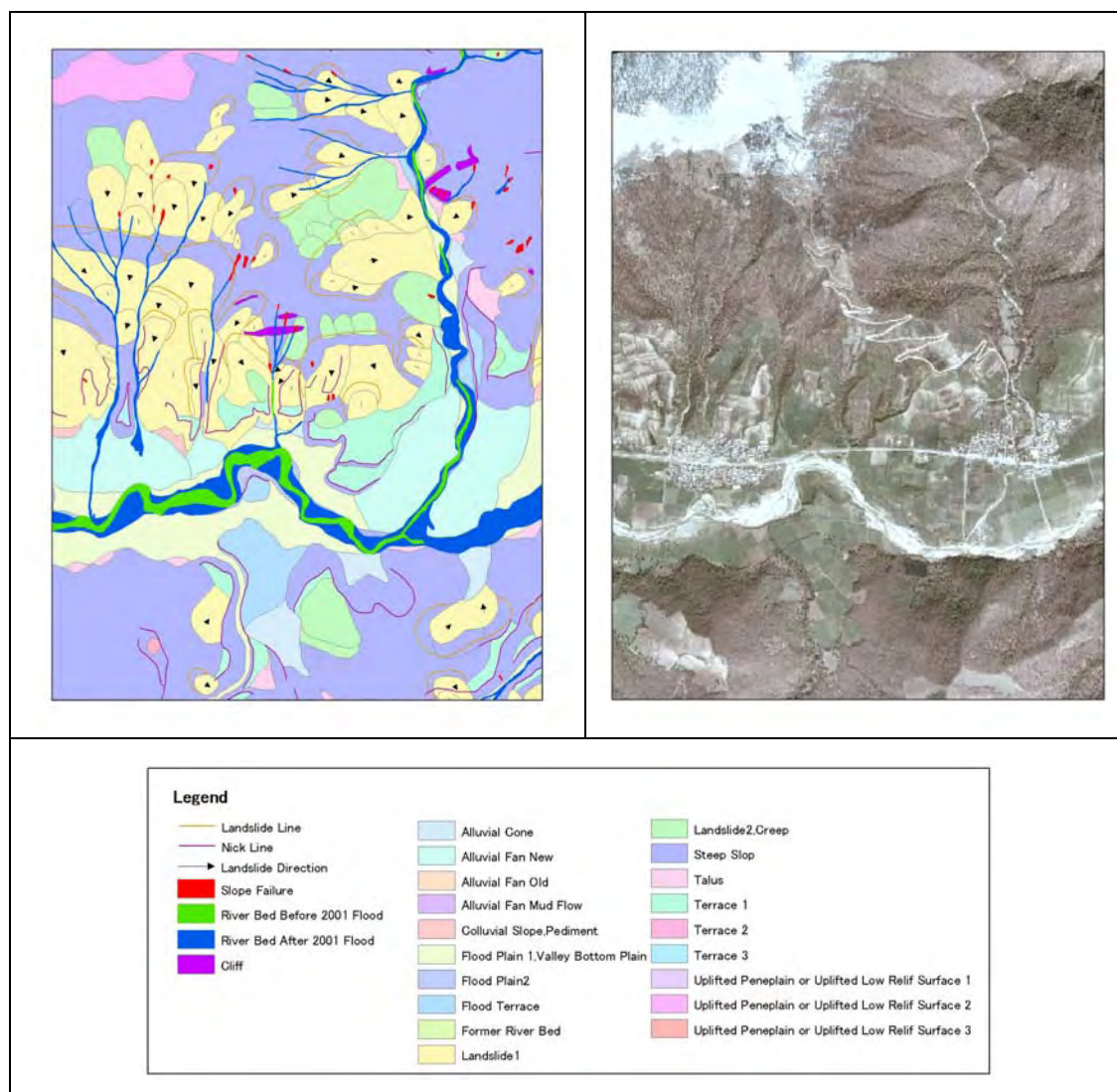


図 PI.51 土石流ハザードマップ

(空中写真判読による地形分類調査によって作成)

## 3.6 洪水防御計画

### 3.6.1 現状

2001年洪水により道路および河川構造物が破壊された後、エネルギー省(MOE)と道路交通省(MORT)は、被災構造物に対して緊急復旧を実施した。MOEは洪水防御に関する水文水理解析の責任主体であり、緊急対策ならびに長期計画の2段階の計画を策定している。

#### (1) 緊急対策

緊急対策の主目的は2001年洪水で被害を受けた構造物の復旧であった。対象区間は、カラレ橋からダシュト橋まで延長65kmである。

MOEは、次の9地点を主たる復旧対象として選定した。それらは、1)ゴレスタンの森国



立公園、2)タングラー・チェックポイント、3)タルジェンリ村、4)サデ・アバド分流工、5)ロベ橋、6)コラン・カフタール橋、7)14 メトリ橋、8)アジェン・カルホジェ村、9)カラレ橋である。

復旧工事は、ほとんどの地点で 2005 年洪水が襲来する前に完了していた。

## (2) ゴレスタンダム流域の長期計画

同時に MOE はマダルス川流域を含むゴレスタンダム流域を対象に、100 年確率洪水を安全率として用いる長期計画を策定中である。

こうした状況下に 2005 年洪水が襲来した。それまでに復旧していた構造物や新たに設置した構造物も含め、完成して 1-2 年の構造物がことごとく破壊した。

この洪水の後に、MOE は、被災経験に基づいて彼らの復旧計画を修正した。さらに長期計画も、2005 年洪水が加わることによって統計諸量が変わるため、その修正が必要となった。JICA 調査団は、こうした動きを踏まえ、MOE の計画立案の精度向上を補助し、MOE と MORT の計画する構造物の強化を促すため、技術的および災害管理の観点から提言を行った。

### 3.6.2 洪水防御に対する提言

以下は、MOE の緊急復旧対策と長期計画ならびに MORT の道路改修計画に対する提言である。

#### (1) 水文設計

従来の MOE の緊急復旧計画によると、計画洪水流量はゴレスタンの森で  $250\text{m}^3/\text{s}$ 、下流部で  $400\text{m}^3/\text{s}$  であった。しかし、2005 年 8 月洪水は、25 年確率に相当し、図 PI.13 に示した洪水解析結果によると、ダシュト橋で  $750\text{m}^3/\text{s}$ 、タングラーで  $1,060\text{m}^3/\text{s}$ 、14 メトリ橋で  $1.210\text{m}^3/\text{s}$  であった。

さらに、2001 年洪水は 55 年確率に相当しており、100 年確率洪水はさらに大きな計画洪水流量となる。こうした水文設計における確率洪水流量の取り扱いを十分吟味して、計画を立案すべきである。

#### (2) 構造物への配慮

緊急復旧による構造物は、河床より 1.5m の深さに構造物の基礎を設定していたが、2005 年洪水で発生した局所洗掘によって、構造物の基礎が洗われ、多くの護岸が倒壊した。マダルス川のような急流河川においては、急勾配と早い流速によって、とくに湾曲部の外岸側では、激しい局所洗掘が発生する。それゆえ、構造物の根入れは、過去の測量成果と災害後のものとを比較し、慎重に設定すべきである。

#### (3) マダルス川の危険箇所

MOE の実施した河道横断測量成果に基づいて、現況河道の流下能力を検討した。図 PI.52 は低水路河道の川幅を縦断的に整理したものである。この図に示すように、マダルス川中流部で

は、14 メトリ橋やベシュオイリ橋が河道の狭窄部を形成していることが分かる。2005 年洪水においても、こうした橋梁部の上下流で深刻な洪水氾濫が発生しており、橋梁を含めた河道断面の拡幅が必要である。

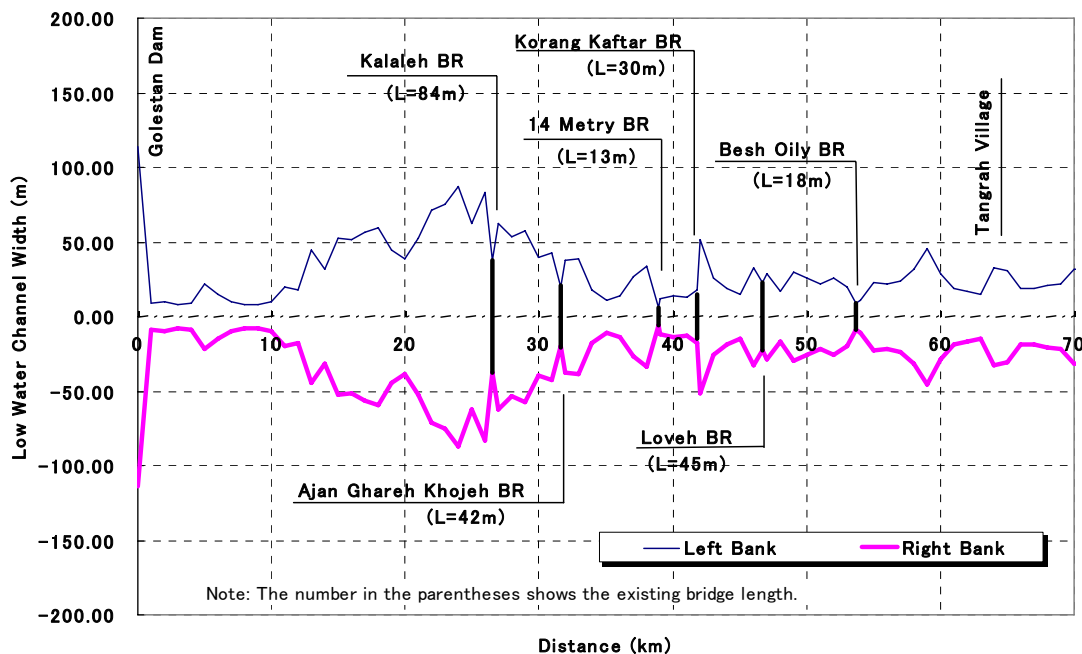


図 PI.52 現況低水路河道幅の縦断的分布

#### (4) 緊急支援活動のための道路改修

2001 年洪水ではマダルス川の氾濫および支溪流からの土石流の発生によって、カラレからタングラに繋がる幹線道路が寸断され、ゴレスタンの森での死傷者救援活動に大幅な遅れを生じた。災害管理の観点からは、救援活動に支障が無いよう、こうした洪水時およびその直後においても、少なくとも 14 メトリ橋からタングラ間の幹線道路の交通は確保すべきである。

浸水の危険性の高い区間は、嵩上げによって道路を洪水氾濫から防護し、救援活動を円滑に実施できるよう改修すべきである。こうした観点から、100 年確率洪水による氾濫シミュレーションを実施し、危険箇所を抽出したものが図 PI.53 である。これらの箇所は、シミュレーションによると 3-4m の湛水深となり、嵩上げが必要である。