

# イラン国 ゴレスタン州洪水・土石流対策計画調査

## 最終報告書 要約

平成18年10月  
(2006年)

独立行政法人 国際協力機構

|        |
|--------|
| 環境     |
| JR     |
| 06-061 |

イラン国

ゴレスタン州洪水・土石流対策計画調査

最終報告書

要約

平成18年10月  
(2006年)

独立行政法人 国際協力機構

## ファイナルレポートの構成

|              |  |
|--------------|--|
| Volume I     | Main Report                            |
| Volume II    | Summary                                |
| Volume III-1 | Supporting Report 1: Master Plan       |
| Volume III-2 | Supporting Report 2: Feasibility Study |
| Volume IV    | Data Book                              |

|                |      |
|----------------|------|
| Volume II (和文) | 和文要約 |
|----------------|------|

本報告書では、事業費を 2005 年 8 月価格で見積もり、現地貨で表示した。

1 米国ドル=8,996 イラニアンリアル

100 円=8,025 イラニアンリアル

(2005 年 8 月時点の通過換算率)

## 序文

日本国政府はイラン・イスラム共和国政府の要請に基づき、同国のゴレスタン州洪水土石流対策計画調査にかかる開発調査を行うことを決定し、独立行政法人国際協力機構がこの調査を実施いたしました。

当機構は、平成16年10月から平成18年7月の約1年9ヵ月の間に、4回にわたり、森下甲子弘氏を団長とする株式会社建設技研インターナショナルによる調査団を現地に派遣しました。

また当該期間に、長野県土木部砂防課長の原義文氏を委員長とする国内支援委員会を設置し、本件調査に関し専門的かつ技術的な見地から検討・審議が行われました。

調査団は、イラン・イスラム共和国の政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書がゴレスタン州の洪水・土石流対策計画業務の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成18年10月

独立行政法人国際協力機構  
理事 松本 有幸

平成 18 年 10 月

独立行政法人国際協力機構  
理事 松本 有幸 殿

## 伝達文

今般、イラン・イスラム共和国ゴレスタン州洪水・土石流対策計画調査を完了しましたので、ここに最終報告書を提出申し上げます。

本調査の目的は、(i) 2001 年に激甚な洪水災害を受けたマダルス川流域において洪水土石流災害を防止軽減するため、2025 年を目標とする長期計画の策定、(ii) 長期計画の中から緊急性の高い優先プロジェクトを選定し、実施可能性を調査、(iii) マダルス川のみならずカスピ海沿岸域の類似河川に適用可能な洪水・土石流対策の技術基準・ガイドラインの作成、(iv) 洪水・土石流災害の軽減・管理に向けた計画・設計に関し、調査期間を通して、カウンターパートに対する技術移転を実施、の 4 点に置かれました。

調査におきましては、フェーズ I で現状把握のための基礎調査を実施し、フェーズ II で上記の目的に沿った長期計画を策定し、フェーズ III にて優先プロジェクトの実施可能性を調査しました。ここに提出する報告書は、これらすべての調査段階の成果をとりまとめたものであります。

本報告書が、今後のゴレスタン州のみならずカスピ海沿岸域の洪水・土石流対策等の防災業務の強化に資することを願うものであります。提案するハードとソフトの各種対策を総合的に実施することにより、州政府からコミュニティに至る幅広い防災力の向上が長期的に図られ、ひいては観光客の安全が確保され、流域内住民の社会福祉や生活環境の改善に資するものであることを確信いたします。

本報告書を提出するにあたりまして、全調査期間にわたり多大なご指導とご支援を賜った貴機構の関係者各位および国内支援委員会に対し、心から感謝の意を表すものであります。また、農業開発推進省流域管理局(カウンターパート機関)をはじめとするイラン国の関係諸機関、貴機構イラン事務所ならびに在イラン日本大使館の関係者各位から調査期間中に頂いたご協力とご助力に対して深い感謝の意を表す次第です。

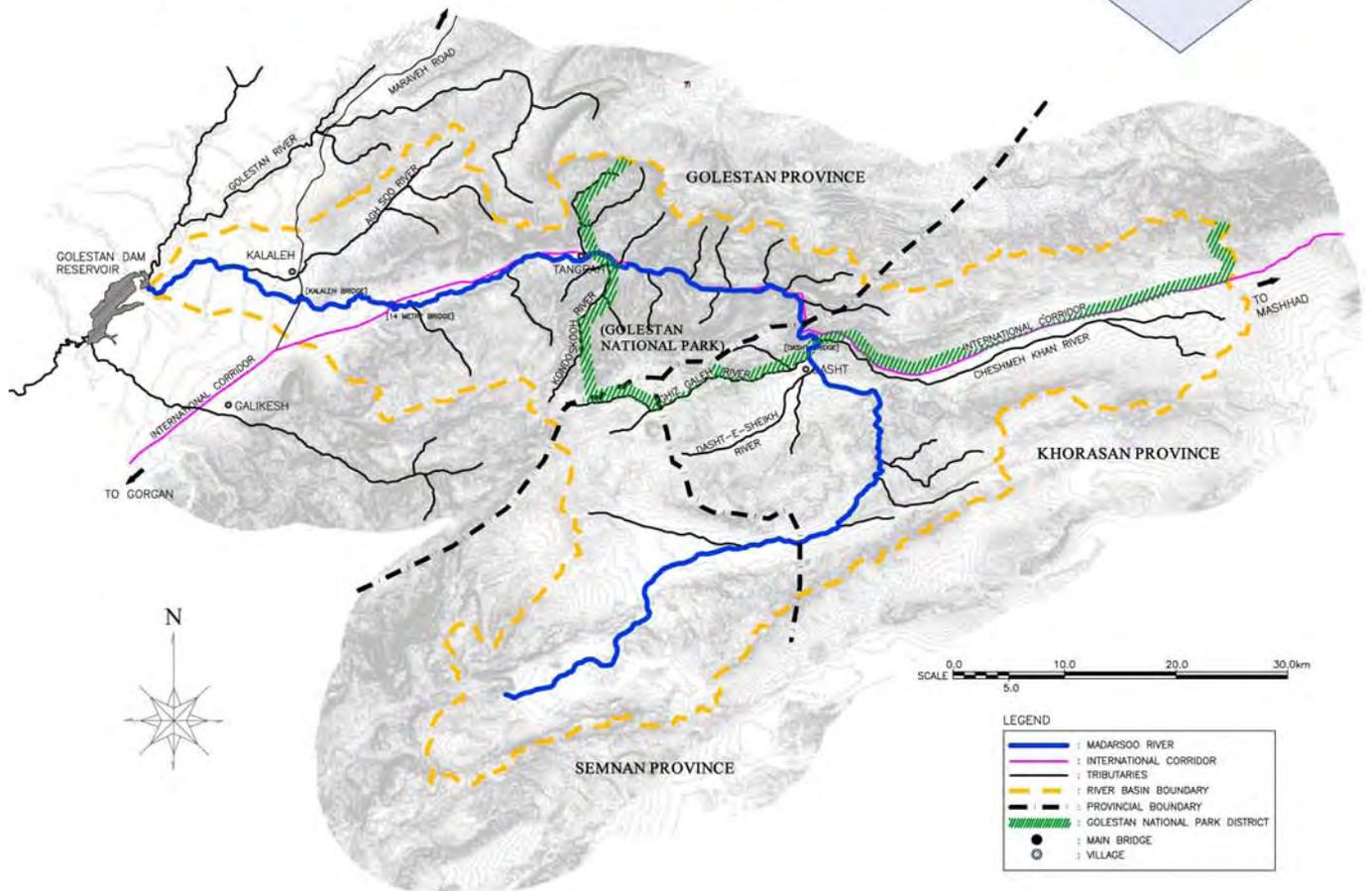
森下 甲子弘

総括

イラン国ゴレスタン州  
洪水・土石流対策計画調査団



The Islamic Republic of Iran



The Madarsoo River Basin

对象区域图

## 長期計画(マスタープラン)

### 1 マスタープランの考え方

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。

マスタープランの最終目標は、「洪水・土石流災害に対して、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、最小限の被害を許容しつつ、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。なお、マスタープランの目標年次は 2025 年とする。さらに、マスタープランの整備水準は、農地や田園地域の防護に 25 年確率規模、幹線道路・橋梁等の重要社会インフラや都市域の防護に 100 年確率規模とする。

### 2 マスタープランの構成

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。こうした対策案を組み合わせ、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。

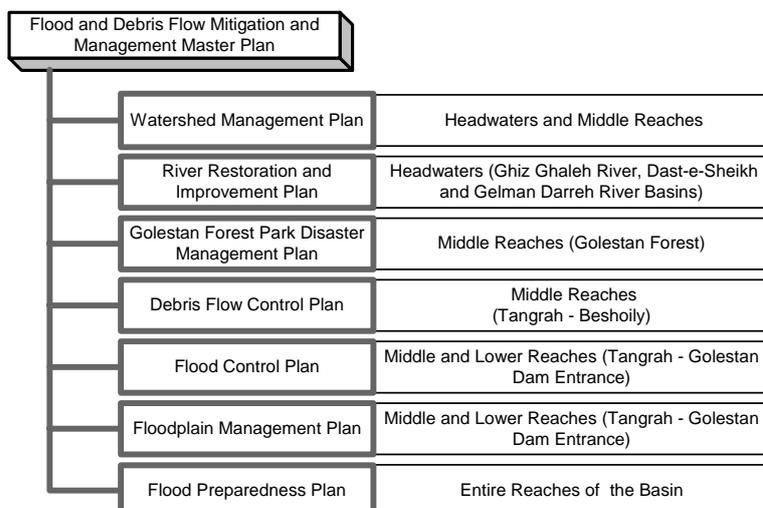


図 1 洪水土石流軽減管理計画の基本構成

### 3 事業費と計画の評価

マスタープランにおけるコンポーネントの必要な事業費と概要について総括的にとりまとめたものが次表である。マスタープランは新規に提案した計画と現在進行している計画を統合している。これらはすべて密接に関係しあっており、一体として計画目標を達成していく性格のものである。現在進行している計画としては、農業推進省の流域管理計画(土石流制御計画を含む)、およびエネルギー省と道路交通省の洪水防御計画がある。

表1 マスタープランのコンポーネントの概要とりまとめ

| Master Plan Component |  | Sub-Scheme                           | Component/Scheme Digest  | Project Cost (million Rials) |
|-----------------------|--|--------------------------------------|--|------------------------------|
| 1                     | Watershed Management Plan                | 5 sub-basins                         | Conducting improvement measures combining mechanical, bio-mechanical and biological engineering measures   | 79,374                       |
| 2                     | River Restoration and Improvement Plan   | Ghiz Ghaleh                          | Rehabilitating the damaged earth dam to consolidate stored sediment and constructing channel system in Ghiz Ghaleh   | 55,890                       |
|                       |  | Gelman Darreh and Dasht-e-Sheikh     | Constructing channel system in three rivers of Gelman Darreh and Dasht-e-Sheikh  | 195,200                      |
| 3                     | Golestan Forest Disaster Management Plan | Flood forecasting and warning system | Improving existing meteo-hydrologic monitoring system, data transmission and processing system to utilize real time data for flood forecasting, and installing warning posts | 3,300                        |
| 4                     | Debris Flow Control Plan                 | Assistance for MOJA activities       | Constructing sediment control structures and channeling works in debris flow affected villages   | -                            |
| 5                     | Flood Control Plan                       | Recommendation to MOE and MORT plans | Rehabilitating damaged structures in both of the 2001 and 2005 floods and establishing the master plan for the Golestan dam basin  | -                            |
| 6                     | Floodplain Management Plan               | Publication of flood hazard map      | Publishing the flood and debris flow hazard map and utilizing it for evacuation activities and land use management   | -                            |
| 7                     | Flood Preparedness Plan                  | Extension of flood warning system    | Installing warning posts at villages located in the middle and lower reaches to announce the flood warning to the villagers  | 3,300                        |
|                       |  | Educational assistance               | Conducting education and awareness of flood hazard and training exercise for evacuation in the villages  | -                            |

表2に示す2つのコンポーネントに対し定量的な経済評価を行った。これらは、算定したEIRRと災害管理の基本的性格を勘案すれば、いずれも実施可能性は高いと判断された。

いっぽう社会・環境面では、マスタープランのコンポーネントは、地域社会から受容され好ましいプロジェクトであると評価された。

表2 マスタープラン・コンポーネントの経済評価の概要

|  | Under Present Condition | Under Year 2025 Condition |
|--|-------------------------|---------------------------|
| River Restoration and Improvement Plan   | 8.86 %                  | 9.38 %                    |
| Golestan Forest Disaster Management Plan | 10.47 %                 | 15.06 %                   |

## フィージビリティ調査

### 1 優先プロジェクト

プロジェクト実施地域の重要性、短期間で有意な効果の発現、高い経済性、技術移転について適した課題等の選定基準を設け、マスタープランのコンポーネントの中から、次の3プロジェクトを優先プロジェクトとして選定した。

- 河川復旧計画：破損した砂防ダムの復旧と谷頭侵食に対する河岸侵食防止対策
- ゴレスタンの森災害管理計画：早期かつ正確な洪水予警報システムの確立
- 洪水事前準備計画：ハザードマップの作成・配布と村落単位の災害管理

### 2 プロジェクトの概要

#### (1) 河川復旧計画

河川復旧計画は、砂防ダム復旧と河岸侵食防止工の二つから構成されている。

砂防ダム復旧は、2001年洪水で流失破損したダムの復旧で、ダム貯水池に貯留された土砂の2次流出の防止、ギズガレイの下流河道の安定を目的としたものである。ダムタイプと余水吐水路の位置を比較検討し、左岸に余水吐水路を持つアースダムタイプに決定した。この建設事業費は120.6億リアルである。この計画平面を図2に示す。

いっぽう河岸侵食防止工は、ダシュト村下流に発生した谷頭侵食対策であり、構造物で河岸を固定し、進行するガリー侵食から農地を防護することを目的としている。コンクリートダムタイプと流路工タイプおよび折衷案の比較検討を行い、折衷案である落差工とコンクリートダムを組み合わせた対策工を最適案として選定した。建設事業費は118.9億リアルである。この計画平面を図3に示す。

建設工事に要する期間はともに2年半である。経済的側面からは、EIRRが現況で18.7%、2025年時点で19.2%を示しており、実施可能性の高さを示している。

社会・環境的観点からは、負のインパクトは工事期間内の限定的なもので、対策は容易であり、回復可能な程度のインパクトである。したがって、これらは社会的に積極的に受容されるプロジェクトである。

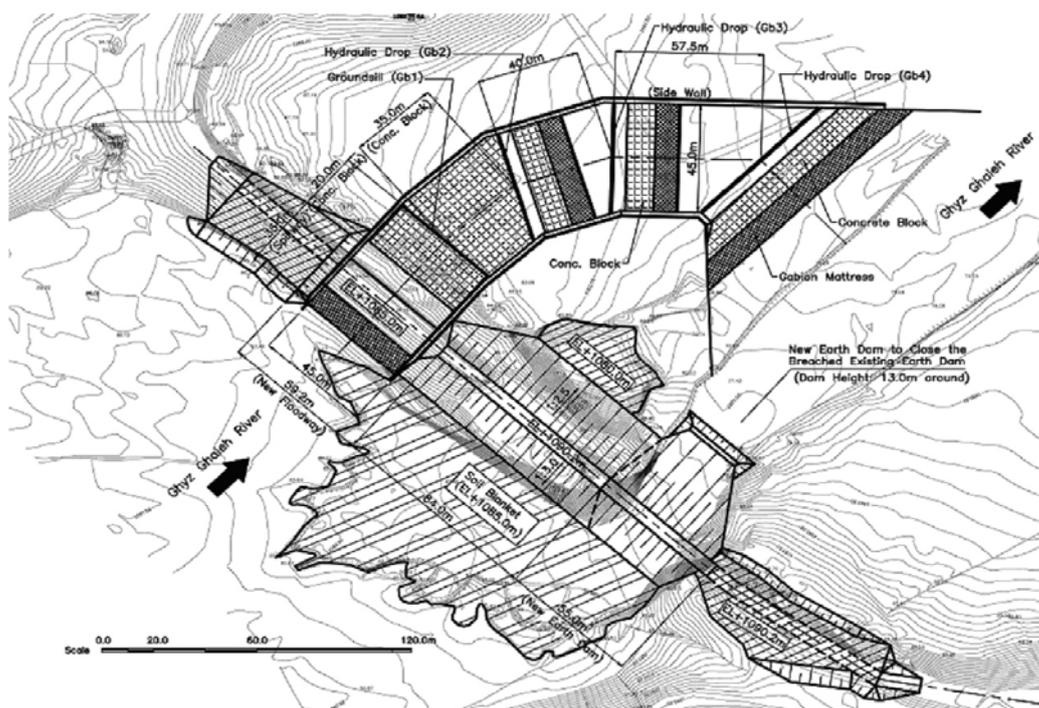


図 2 砂防ダム復旧計画平面図

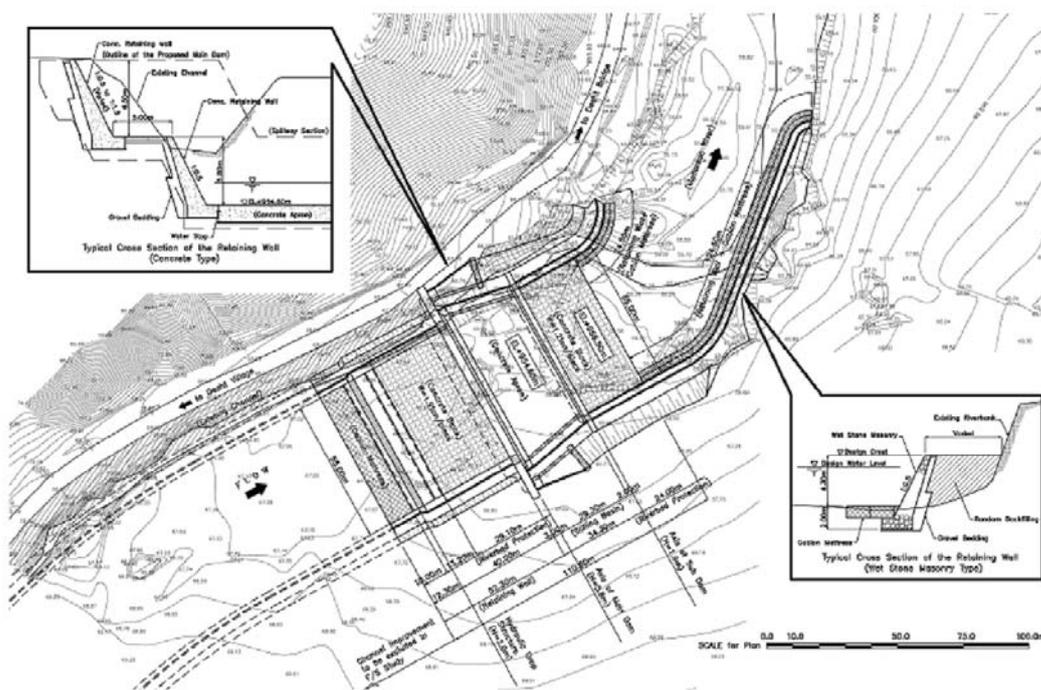


図 3 河岸侵食防止工計画平面図

## (2) ゴレスタンの森公園災害管理計画

2001年および2002年洪水において、災害による死者はゴレスタンの森国立公園に集中した。彼らの多くは、観光客とキャンパーであった。人命を洪水災害から守ることを目的として、早期かつ信頼性の高い洪水予警報システムを提案した。

計画の主眼は、気象水文観測網を含む既設洪水予測警報システムの改善方策の提案である。マニュアル方式、半自動システム、完全自動システムの組合せの中から、最適組合せを比較検討により決定した。これらは、半自動によるデータ集システム、完全自動によるデータ処理システム、マニュアルによる警報システムの組合せである。

事業費は、42.82 億リアルで、システム構築に2年を見積った。経済的側面からは、EIRR が現況で 7.2%、2025 年時点で 13.7%を示しており、実施可能性は高いと判断される。社会・環境的観点からは、本プロジェクトは、建設工事が極めて最小限に限られており、環境に優しいプロジェクトであり、社会的に積極的に受容されるプロジェクトである。

次図に提案した洪水情報の流れを示す。

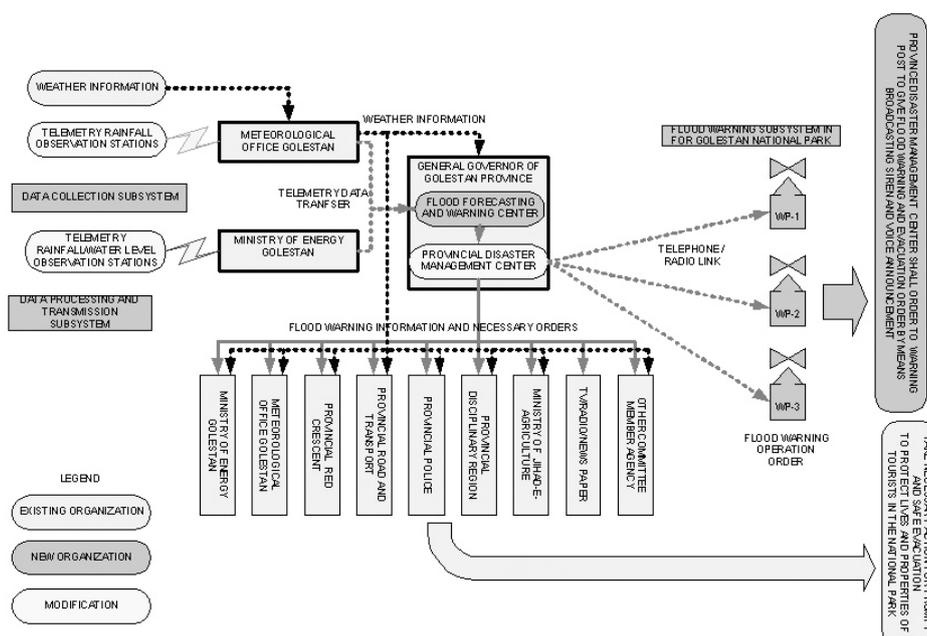


図4 提案した洪水情報の流れ

### (3) 洪水事前準備計画

洪水事前準備計画は、住民の洪水災害に関する知識の蓄積、避難救助の訓練、村落レベルの災害管理の強化を含む包括的な計画である。フィージビリティ調査の期間に、ハザードマップを作成し、この地図と避難場所と避難経路を掲載したニュースレターを作成配布した。いっぽう、パイロット活動のために選定したタルジェンリ村とダシュト村において、一連のトレーニング・ワークショップを開催した。

構造的対策と非構造的対策の適切な組合せが、洪水災害から安全な流域を創出する。まず第1のプロジェクトである河川復旧計画は、純粋な構造的対策である。第2のゴレスタンの森災害管理計画は、非構造的対策との中間に位置する。第3の洪水事前準備計画は、純粋

な非構造的対策である。このように、トップダウン方式(構造的対策)とボトムアップ方式(非構造的対策)の組合せによって、総体として洪水災害に対して最も有効な災害管理の枠組みを提供することが可能となる。

## 提言

マダルス川流域の洪水土石流に対する災害軽減・管理のさらなる進捗を推し進めるため、本調査を踏まえて次のような提言を行う。

### (1) 河川復旧計画の早期実施

本計画設計は概略設計レベルであり、実施に向けて精度を上げるための詳細設計が必要である。この際には、詳細な測量、地質・土質調査に基づいた計画設計を行うが、最終成果として、詳細設計図書、入札図書、技術仕様書等を取り揃えなければならない。

地質調査結果によれば、マダルス川とギズガレイ川の河床は、厚い粗砂で覆われており、カンブリア紀かジュラシックの古い堆積物であるため、コンクリートの骨材としては良質とされている。詳細設計時に、現地骨材をコンクリート用骨材として活用するための適用調査を実施することを提案する。

もし現地発生した粗砂がコンクリート骨材として活用できるならば、掘削土が建設骨材として利用でき、土捨て等の費用が削減できる。こうしたソイルセメントの適用の可能性が高いと考えられる。さらにこのような調査研究活動は、イランにおけるソイルセメント適用についての技術的ガイドラインの作成につながり、本調査で提案した施設が実現すればモデルケースとなる。

### (2) 洪水予警報センターと予警報システムの早期確立

2005年洪水で経験したように、早期の洪水予警報は、ゴレスタンの森の観光客やキャンパーの生命を守るのに極めて有効な手段である。本調査では、既設の洪水予警報システムを踏まえて、実現可能な改善方策を提案している。また、2006年3月のテクニカル・コミッティの討議に基づき、洪水予警報センターを州の災害管理委員会の下に設立することを提案している。

この洪水予警報センターは、マダルス川のみならず実質的にゴレスタン州の洪水災害の管理を受け持つ責任主体となることから、可能な限り早期に設立すべきである。この設立と並行して、洪水予警報システムの改善を進めるべきである。さらにこうした組織とシステムは、イランのモデルケースとなり、とくに同様な災害に悩むカスピ海沿岸域の洪水対策への適用も可能である。

### (3) ゲルマンダレダム計画に対する慎重な調査アプローチ

河岸侵食防止対策工が完了した後、ダシュト村の洪水被害軽減のため、早急にゲルマンダレの改修に着手すべきである。さらに、エネルギー省の北ホラサン州事務所は、ゲルマンダレの

ダシュト盆地への入り口付近に洪水調節用ダム計画の調査を開始している。この大規模な洪水調節施設は、河川改修の代替案の一つとなる。しかし、こうした施設は、環境面での影響が大であり、水文・環境さまざまな面での基礎情報が不足しているため、技術的に的確な調査を継続的に実施し、計画を慎重に検討することを提言する。

#### (4) 現地調査・研究活動の必要性

農業推進省は、長期間にわたり流域管理におけるさまざまな対策を実施している。しかし、計画面から見ると、これら流域管理による気象水文的效果が不明確である。将来に向けた流域管理の普及のために、対策とその物理的效果の関係を明らかにすべきである。そのためには、流出試験地の設置と気象水文パラメータの継続的観測といった基礎的な活動が不可欠である。

さらに、短時間雨量の観測データの蓄積に合わせて、砂防ダムや水路計画といった流域管理施設の水文設計に必要な降雨強度曲線の改訂や新設も今後の課題である。これは、流域や州を包括する短時間雨量データの蓄積と解析といった、いわば長期間を要する作業となる。マダルス川では、2001年洪水の後に、短時間雨量の観測が開始されたばかりである。

#### (5) 土砂監視活動の必要性

ギズガレイ川流域は、マダルス川流域の中でも土砂生産の多い小流域の一つであるため、調査団は2001年洪水で破損したダムの復旧に高い優先度を与えている。流出土砂量は、25年確率洪水時に、ダムサイトで20~40万 $\text{m}^3$ と推算される。しかし、こうした流出土砂の推算には、通常多くの不確実な要素が含まれており、過大な流出土砂の適切な管理のためには、復旧工事後、現地での土砂監視活動が不可欠である。

これらの監視活動は、ダム上流の貯砂域のみならず下流域においても、土砂の堆積状況を定期的に監視すること、流域に実施されるであろう流域管理のための構造物対策や生物的対策による効果等の実態を季節的に監視すること等から構成される。この監視活動の成果を踏まえて、農業開発推進省は上流部における砂防ダムの必要性を決定できる。とくに科学的・工学的な情報が不足しており、かつ土砂流出の多い流域に対しては、こうした段階的な整備が適しており、そのための監視活動が肝要である。

## イラン国ゴレスタン州洪水・土石流対策計画調査

### 最終報告書

### 和文要約

### 目次

対象区域図

主要要約

### 第 I 部 長期計画

|       |                       |       |
|-------|-----------------------|-------|
| 第 1 章 | はじめに.....             | PI-1  |
| 1.1   | 調査の背景.....            | PI-1  |
| 1.2   | 調査の目的.....            | PI-1  |
| 1.3   | 調査区域.....             | PI-2  |
| 1.4   | 調査行程.....             | PI-2  |
| 第 2 章 | 調査区域の現状分析と解析.....     | PI-3  |
| 2.1   | 流域の自然特性.....          | PI-3  |
| 2.1.1 | 地理および河川形態.....        | PI-3  |
| 2.1.2 | 地形・地質.....            | PI-4  |
| 2.1.3 | 気象.....               | PI-6  |
| 2.2   | 流域の社会経済的特性.....       | PI-9  |
| 2.2.1 | 社会経済.....             | PI-9  |
| 2.2.2 | 社会経済フレームの予測.....      | PI-11 |
| 2.2.3 | 土地利用.....             | PI-12 |
| 2.3   | 洪水災害.....             | PI-15 |
| 2.3.1 | 洪水被害および被災の原因分析.....   | PI-15 |
| 2.3.2 | 洪水災害の原因.....          | PI-16 |
| 2.3.3 | 土砂流出および河道形態の変化.....   | PI-18 |
| 2.4   | 水文.....               | PI-20 |
| 2.4.1 | 水文観測網.....            | PI-20 |
| 2.4.2 | 近年の洪水における気象水文データ..... | PI-20 |
| 2.4.3 | 流域平均雨量の算定.....        | PI-22 |
| 2.4.4 | 確率雨量の推算.....          | PI-22 |
| 2.4.5 | 水文モデリング.....          | PI-24 |
| 2.5   | 関連プロジェクト.....         | PI-26 |
| 2.5.1 | 緊急河川復旧計画.....         | PI-26 |
| 2.5.2 | 道路網の整備.....           | PI-28 |
| 2.5.3 | 流域管理.....             | PI-31 |

|       |                     |       |
|-------|---------------------|-------|
| 2.6   | 災害管理                | PI-33 |
| 2.6.1 | 洪水監視・警報システム         | PI-33 |
| 2.6.2 | 村落単位の災害管理           | PI-36 |
| 2.7   | 環境                  | PI-38 |
| 2.7.1 | 環境スコーピング            | PI-38 |
| 2.7.2 | 環境面での現況             | PI-39 |
| 2.7.3 | 調査区域の環境・社会配慮        | PI-43 |
| 2.8   | その他                 | PI-43 |
| 2.8.1 | 組織・法制度              | PI-43 |
| 2.8.2 | GIS データベース構築        | PI-46 |
| 2.8.3 | 水理モデリング             | PI-50 |
| 第3章   | マスタープランの策定          | PI-53 |
| 3.1   | マスタープランの基本構成        | PI-53 |
| 3.1.1 | 最終目標と目的             | PI-53 |
| 3.1.2 | 目標年次および段階的整備        | PI-54 |
| 3.1.3 | 治水安全度               | PI-54 |
| 3.1.4 | マスタープラン構築のための基本的考え方 | PI-54 |
| 3.1.5 | マスタープランの基本構成        | PI-56 |
| 3.1.6 | 社会経済フレームの予測         | PI-59 |
| 3.1.7 | 水文計画                | PI-59 |
| 3.2   | 流域管理計画              | PI-62 |
| 3.2.1 | マダルス川流域管理の基本方針      | PI-62 |
| 3.2.2 | 中期流域管理計画            | PI-63 |
| 3.2.3 | プロジェクトコストおよび実施計画    | PI-64 |
| 3.2.4 | 対策の評価と提言            | PI-65 |
| 3.3   | 河川復旧改良計画            | PI-66 |
| 3.3.1 | 取り組むべき課題            | PI-66 |
| 3.3.2 | 河川復旧改良計画            | PI-67 |
| 3.3.3 | コスト積算および実施設計        | PI-74 |
| 3.4   | ゴレスタンの森公園災害管理計画     | PI-75 |
| 3.4.1 | 取り組むべき課題            | PI-75 |
| 3.4.2 | 災害管理計画              | PI-76 |
| 3.4.3 | 実施計画とプロジェクトコスト      | PI-79 |
| 3.5   | 土石流制御計画             | PI-80 |
| 3.5.1 | 土石流制御計画の現状          | PI-80 |
| 3.5.2 | 改修の方向性              | PI-81 |
| 3.6   | 洪水防御計画              | PI-83 |
| 3.6.1 | 現状                  | PI-83 |
| 3.6.2 | 洪水防御に対する提言          | PI-84 |

|        |                     |        |
|--------|---------------------|--------|
| 3.7    | 氾濫原管理計画             | PI-86  |
| 3.7.1  | 氾濫原管理の基本的考え方        | PI-86  |
| 3.7.2  | マダルス川氾濫原とその管理フレーム   | PI-87  |
| 3.7.3  | 洪水ハザードマップの作成        | PI-88  |
| 3.8    | 洪水事前準備計画            | PI-88  |
| 3.8.1  | 洪水事前準備の必要性          | PI-88  |
| 3.8.2  | 洪水事前準備活動            | PI-89  |
| 3.9    | マスタープラン・コンポーネントのまとめ | PI-90  |
| 3.9.1  | マスタープランで提案したコンポーネント | PI-90  |
| 3.9.2  | 実施計画                | PI-91  |
| 3.10   | プロジェクト評価            | PI-92  |
| 3.10.1 | 経済的評価               | PI-92  |
| 3.10.2 | 環境社会評価              | PI-97  |
| 3.11   | 優先プロジェクトの選定         | PI-99  |
| 3.11.1 | 優先プロジェクト選定基準        | PI-99  |
| 3.11.2 | 優先プロジェクト            | PI-100 |

## 第II部 フィージビリティ調査

|       |                     |        |
|-------|---------------------|--------|
| 第1章   | 優先プロジェクト対象区域の現状     | PII-1  |
| 1.1   | ダシュト地域              | PII-1  |
| 1.1.1 | 地形特性                | PII-1  |
| 1.1.2 | 洪水・土砂流出に関する課題       | PII-3  |
| 1.2   | ゴレスタンの森国立公園         | PII-5  |
| 1.2.1 | 地形特性                | PII-5  |
| 1.2.2 | 洪水・土砂流出に関する課題       | PII-6  |
| 1.3   | マダルス川の谷底平野およびゴルガン平野 | PII-6  |
| 1.3.1 | 地形特性                | PII-6  |
| 1.3.2 | 洪水・土砂流出に関する課題       | PII-7  |
| 第2章   | ダシュト地区における河川復旧計画    | PII-9  |
| 2.1   | 砂防ダム計画              | PII-9  |
| 2.1.1 | 設計の基本条件             | PII-9  |
| 2.1.2 | 比較検討                | PII-9  |
| 2.1.3 | 砂防ダムの概略設計           | PII-12 |
| 2.1.4 | 結論および提言             | PII-14 |
| 2.2   | 河岸侵食防止施設計画          | PII-16 |
| 2.2.1 | 計画の基本条件             | PII-16 |
| 2.2.2 | 比較検討                | PII-17 |
| 2.2.3 | 河岸侵食防止工の概略設計        | PII-20 |

|       |                        |        |
|-------|------------------------|--------|
| 2.2.4 | 提言                     | PII-23 |
| 第3章   | ゴレスタンの森公園災害管理計画        | PII-25 |
| 3.1   | 洪水予警報システムの改善計画         | PII-25 |
| 3.1.1 | システム改善の基本的考え方          | PII-25 |
| 3.1.2 | 比較検討                   | PII-29 |
| 3.2   | 機器設置計画                 | PII-32 |
| 3.2.1 | システムのまとめ               | PII-32 |
| 3.2.2 | システム構成                 | PII-32 |
| 3.3   | コスト概算                  | PII-35 |
| 3.4   | 実施計画                   | PII-35 |
| 3.5   | 維持管理                   | PII-36 |
| 第4章   | 洪水事前準備計画               | PII-38 |
| 4.1   | 洪水事前準備計画の一般的概念         | PII-38 |
| 4.1.1 | 村落単位の災害管理の原則           | PII-38 |
| 4.1.2 | 基本戦略                   | PII-38 |
| 4.2   | ハザードマップの作成             | PII-39 |
| 4.2.1 | ハザードマップの作成過程           | PII-39 |
| 4.2.2 | ハザードマップから見た地域特性        | PII-39 |
| 4.2.3 | 避難経路                   | PII-41 |
| 4.3   | パイロット活動                | PII-42 |
| 4.4   | 村落単位の災害管理の枠組み          | PII-44 |
| 第5章   | 事業費積算および実施計画           | PII-45 |
| 5.1   | 事業費積算                  | PII-45 |
| 5.1.1 | 河川復旧計画における事業費          | PII-45 |
| 5.1.2 | ゴレスタンの森公園災害管理計画における事業費 | PII-47 |
| 5.2   | 実施計画                   | PII-48 |
| 第6章   | 事業評価                   | PII-50 |
| 6.1   | 経済評価                   | PII-50 |
| 6.1.1 | 河川復旧計画                 | PII-50 |
| 6.1.2 | ゴレスタンの森公園災害管理計画        | PII-52 |
| 6.1.3 | 洪水事前準備計画               | PII-53 |
| 6.2   | 社会環境評価                 | PII-53 |
| 6.2.1 | 初期環境影響評価               | PII-53 |
| 6.2.2 | インパクト評価                | PII-53 |
| 6.2.3 | 代替案                    | PII-54 |
| 6.2.4 | インパクトの軽減策              | PII-55 |
| 6.2.5 | 公聴会の開催                 | PII-55 |

---

|                |        |
|----------------|--------|
| 6.2.6 結論 ..... | PII-55 |
| 第7章 結論 .....   | PII-57 |

## 表 目次

### 第I部 長期計画

|         |                                    |       |
|---------|------------------------------------|-------|
| 表 PI.1  | イランの主要社会指標 .....                   | PI-10 |
| 表 PI.2  | ゴレスタン州の主要社会指標 .....                | PI-10 |
| 表 PI.3  | GDP 将来予測(1997 年価格) .....           | PI-11 |
| 表 PI.4  | マダルス川流域内の現況および将来人口 .....           | PI-12 |
| 表 PI.5  | 1960 年代の流域内土地利用 .....              | PI-13 |
| 表 PI.6  | 現在(2005 年)の流域内土地利用 .....           | PI-13 |
| 表 PI.7  | 流域内土地利用の将来予測(2025 年) .....         | PI-14 |
| 表 PI.8  | 2001 年および 2002 年洪水による被害 .....      | PI-15 |
| 表 PI.9  | 洪水による死者とその原因 .....                 | PI-15 |
| 表 PI.10 | 年最大流域平均 2 日雨量 .....                | PI-22 |
| 表 PI.11 | 流域平均確率 2 日雨量 .....                 | PI-24 |
| 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 .....    | PI-24 |
| 表 PI.13 | 生物的対策 .....                        | PI-31 |
| 表 PI.14 | 気象庁における観測時間間隔 .....                | PI-35 |
| 表 PI.15 | 流域内の家族の平均的指標・特徴 .....              | PI-37 |
| 表 PI.16 | JICA ガイドラインによるプロジェクトの分類 .....      | PI-38 |
| 表 PI.17 | イランの環境関連の法制度 .....                 | PI-41 |
| 表 PI.18 | カラレとミスダシュト・ディストリクトの人口 .....        | PI-42 |
| 表 PI.19 | ゴレスタン州の自然保護区域 .....                | PI-42 |
| 表 PI.20 | セムナン州の自然保護区域 .....                 | PI-42 |
| 表 PI.21 | ホラサン州の自然保護区域 .....                 | PI-43 |
| 表 PI.22 | イランにおける洪水関連の法令 .....               | PI-44 |
| 表 PI.23 | 関係省庁の防災への責任範囲 .....                | PI-45 |
| 表 PI.24 | 1:10,000 スケールの GIS データベースの情報 ..... | PI-47 |
| 表 PI.25 | GIS データベースの構成 .....                | PI-48 |
| 表 PI.26 | 総合的な洪水・土石流の軽減・管理対策 .....           | PI-54 |
| 表 PI.27 | 流域管理計画における計画区域面積 .....             | PI-62 |
| 表 PI.28 | 流域管理計画の目的と目標 .....                 | PI-63 |
| 表 PI.29 | 中期計画の中の構造物的対策計画 .....              | PI-63 |
| 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 .....  | PI-64 |
| 表 PI.31 | 中期計画の中の防止活動計画 .....                | PI-64 |
| 表 PI.32 | 小流域ごとのプロジェクトコスト .....              | PI-64 |
| 表 PI.33 | 25 年確率の計画洪水流量 .....                | PI-67 |
| 表 PI.34 | プロジェクトコスト .....                    | PI-74 |
| 表 PI.35 | 河川復旧改良計画の実施計画 .....                | PI-75 |
| 表 PI.36 | データ収集ネットワークの比較 .....               | PI-78 |

|         |   |        |
|---------|---|--------|
| 表 PI.37 | 洪水予警報システム構築のための実施計画                       | PI-79  |
| 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)          | PI-80  |
| 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<br>(ゴレスタンの森災害管理) | PI-80  |
| 表 PI.40 | 土石流危険渓流の整備方針                              | PI-82  |
| 表 PI.41 | 氾濫原管理の枠組み                                 | PI-86  |
| 表 PI.42 | マダルス川における氾濫原管理の枠組み                        | PI-87  |
| 表 PI.43 | マスタープランのコンポーネントの概要とりまとめ                   | PI-91  |
| 表 PI.44 | マスタープランのコンポーネントの実実施計画                     | PI-92  |
| 表 PI.45 | 洪水災害による年平均被害額・軽減額の算定結果                    | PI-93  |
| 表 PI.46 | 土砂災害による年平均被害額・軽減額の算定結果                    | PI-94  |
| 表 PI.47 | 谷頭侵食による年平均被害額・軽減額の算定結果                    | PI-94  |
| 表 PI.48 | 事業費と年別支出計画                                | PI-95  |
| 表 PI.49 | 河川復旧改良計画の経済評価結果                           | PI-95  |
| 表 PI.50 | 年平均被害額の算定結果(ゴレスタンの森の観光客)                  | PI-96  |
| 表 PI.51 | ゴレスタンの森災害管理計画の年別支出計画                      | PI-96  |
| 表 PI.52 | ゴレスタンの森災害管理計画の経済評価結果                      | PI-96  |
| 表 PI.53 | マスタープラン・コンポーネントと優先プロジェクト                  | PI-101 |

## 第II部 フィージビリティ調査

|          |                          |        |
|----------|--------------------------|--------|
| 表 PII.1  | ゴレスタンの森における洪水の流下状況       | PII-6  |
| 表 PII.2  | 代替案の比較検討結果               | PII-11 |
| 表 PII.3  | 砂防ダム復旧計画のプロジェクトコスト積算結果   | PII-15 |
| 表 PII.4  | 計画洪水流量に対応した計画余裕高         | PII-16 |
| 表 PII.5  | 河床勾配-計画水深 H-計画余裕高 h の関係  | PII-16 |
| 表 PII.6  | ダシュト橋から谷頭侵食箇所までの河道条件     | PII-17 |
| 表 PII.7  | ダシュト橋から谷頭侵食箇所までの水理計算結果   | PII-17 |
| 表 PII.8  | 谷頭侵食より上流河道の水理計算結果        | PII-17 |
| 表 PII.9  | 代替案の施設諸元の概要              | PII-18 |
| 表 PII.10 | 河岸侵食防止対策工の代替施設案の比較       | PII-20 |
| 表 PII.11 | 河岸侵食防止対策工の諸元             | PII-21 |
| 表 PII.12 | 河岸侵食防止施設計画のプロジェクトコスト積算結果 | PII-23 |
| 表 PII.13 | 洪水情報/通告の内容と配布先機関         | PII-27 |
| 表 PII.14 | 洪水警報の定義                  | PII-28 |
| 表 PII.15 | 洪水予警報システム改善の代替案          | PII-29 |
| 表 PII.16 | システムのとりまとめ               | PII-33 |
| 表 PII.17 | 洪水予警報システム改善のためのコスト概算結果   | PII-35 |
| 表 PII.18 | 洪水予警報システム改善のための実施計画      | PII-36 |
| 表 PII.19 | システム維持管理に関する必要事項         | PII-36 |

---

|          |                                    |        |
|----------|------------------------------------|--------|
| 表 PII.20 | 河岸侵食防止工の事業費積算結果.....               | PII-45 |
| 表 PII.21 | 砂防ダム復旧の事業費積算結果.....                | PII-45 |
| 表 PII.22 | 河川復旧計画の事業費配分スケジュール.....            | PII-47 |
| 表 PII.23 | ゴレスタンの森災害管理計画の事業費積算結果.....         | PII-48 |
| 表 PII.24 | ゴレスタンの森災害管理計画の事業費配分スケジュール.....     | PII-48 |
| 表 PII.25 | 砂防ダム復旧に関する年平均被害軽減額.....            | PII-51 |
| 表 PII.26 | 河岸侵食防止工に関する年平均被害軽減額.....           | PII-51 |
| 表 PII.27 | 河川復旧と流域管理の両計画の事業費と年次別支出スケジュール..... | PII-51 |
| 表 PII.28 | 河川復旧計画の経済評価結果.....                 | PII-52 |
| 表 PII.29 | ゴレスタンの森災害管理計画の事業費と年次別支出スケジュール..... | PII-52 |
| 表 PII.30 | ゴレスタンの森災害管理計画の経済評価結果.....          | PII-53 |

目次

第I部 長期計画

|         |   |       |
|---------|---|-------|
| 図 PI.1  | 調査スケジュール                                    | PI-2  |
| 図 PI.2  | マダルス川流域分割                                   | PI-3  |
| 図 PI.3  | マダルス川本川の河床縦断                                | PI-4  |
| 図 PI.4  | 斜面勾配の分布                                     | PI-5  |
| 図 PI.5  | 地質概要図                                       | PI-5  |
| 図 PI.6  | 月降水量と雨期・乾期の区分                               | PI-6  |
| 図 PI.7  | 日雨量(2001年8月11日)の等雨量線図                       | PI-7  |
| 図 PI.8  | 日雨量(2002年8月13日)の等雨量線図                       | PI-8  |
| 図 PI.9  | 日雨量(2005年8月10日)の等雨量線図                       | PI-8  |
| 図 PI.10 | 年降水量の等雨量線図                                  | PI-9  |
| 図 PI.11 | GDP 予測(世銀の予測を実績で修正)                         | PI-11 |
| 図 PI.12 | 流域の現況土地利用(2005年)                            | PI-14 |
| 図 PI.13 | 水文解析による2001年と2005年洪水のピーク流量                  | PI-17 |
| 図 PI.14 | マダルス川中流域における2001年洪水による土石流の発生溪流              | PI-18 |
| 図 PI.15 | ダシュト村周辺の状況(衛星画像)                            | PI-19 |
| 図 PI.16 | タングラー観測所の横断面の経年変化                           | PI-19 |
| 図 PI.17 | 水文観測所位置図                                    | PI-20 |
| 図 PI.18 | タングラー観測所の短時間雨量(2005年洪水)                     | PI-21 |
| 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                  | PI-21 |
| 図 PI.20 | 確率分布関数と年最大流域平均2日雨量の関係                       | PI-23 |
| 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)                | PI-25 |
| 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)               | PI-25 |
| 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<br>(2001年8月11日) | PI-26 |
| 図 PI.24 | 農業推進省の緊急対策計画区域位置図                           | PI-27 |
| 図 PI.25 | エネルギー省の緊急計画の位置図                             | PI-28 |
| 図 PI.26 | ゴレスタン州の主要道路網の現状(2004年)                      | PI-29 |
| 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)        | PI-29 |
| 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)          | PI-30 |
| 図 PI.29 | 現在の洪水情報の流れ                                  | PI-33 |
| 図 PI.30 | GIS データベース構築のための地形図の構成                      | PI-46 |
| 図 PI.31 | GIS データベースのインデックスマップ                        | PI-47 |
| 図 PI.32 | 25年および100年確率洪水による浸水氾濫区域                     | PI-50 |
| 図 PI.33 | 流域地形分類図                                     | PI-50 |
| 図 PI.34 | 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)          | PI-52 |
| 図 PI.35 | 最高水位時の氾濫区域図(25年、50年、100年確率洪水)               | PI-51 |

|         |                                      |       |
|---------|--------------------------------------|-------|
| 図 PI.36 | マスタープランの最終目標と目的                      | PI-53 |
| 図 PI.37 | 洪水・土石流災害に対する時空間的対応策の整理               | PI-55 |
| 図 PI.38 | マスタープランの基本構成                         | PI-56 |
| 図 PI.39 | タングラール地点の確率洪水ハイドログラフ(25年、50年、100年確率) | PI-59 |
| 図 PI.40 | 確率洪水流量の推算結果(対策なし、2005年洪水型)           | PI-60 |
| 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)       | PI-61 |
| 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            | PI-62 |
| 図 PI.43 | 河川復旧改良計画の施設配置計画                      | PI-69 |
| 図 PI.44 | ゲルマンダレ-マダルス川改修における計画横断面と護岸計画         | PI-70 |
| 図 PI.45 | ダシュトシェイク川改修における計画横断面                 | PI-71 |
| 図 PI.46 | ギズガレイ川改修の施設配置計画                      | PI-72 |
| 図 PI.47 | 砂防ダム復旧計画断面図                          | PI-73 |
| 図 PI.48 | 洪水予警報システム改善後の必要情報の流れ                 | PI-76 |
| 図 PI.49 | オンライン気象水文観測所の新設提案                    | PI-77 |
| 図 PI.50 | データ処理・配信システムの配置計画                    | PI-79 |
| 図 PI.51 | 土石流ハザードマップ                           | PI-83 |
| 図 PI.52 | 現況低水路河道幅の縦断的分布                       | PI-85 |
| 図 PI.53 | 現在の幹線道路の浸水危険度                        | PI-86 |
| 図 PI.54 | 氾濫原管理の枠組みとマスタープランの関係                 | PI-88 |
| 図 PI.55 | マスタープランの構成要素と調査団による洪水事前準備活動          | PI-89 |
| 図 PI.56 | 簡易公聴会の開催(2005年9月)                    | PI-90 |

## 第II部 フィージビリティ調査

|          |                                   |        |
|----------|-----------------------------------|--------|
| 図 PII.1  | ダシュト盆地の地形分類                       | PII-1  |
| 図 PII.2  | 2001年および2005年洪水のピーク流量(シミュレーション結果) | PII-4  |
| 図 PII.3  | 25年確率洪水流量の流量配分                    | PII-4  |
| 図 PII.4  | ゴレスタンの森における地形分類                   | PII-5  |
| 図 PII.5  | カラレ空港付近のマダルス川と低位段丘                | PII-7  |
| 図 PII.6  | 砂防ダム復旧のための代替案(余水吐の縦断)             | PII-10 |
| 図 PII.7  | 余水吐水路の保護工の縦断的配置                   | PII-12 |
| 図 PII.8  | 砂防ダム計画 ダム軸横断面図                    | PII-12 |
| 図 PII.9  | 砂防ダム計画平面図                         | PII-13 |
| 図 PII.10 | 余水吐水路計画縦断面図                       | PII-13 |
| 図 PII.11 | 砂防ダム計画 断面図                        | PII-14 |
| 図 PII.12 | 河岸侵食防止対策工の代替施設案                   | PII-19 |
| 図 PII.13 | 河岸侵食防止対策工の計画平面図                   | PII-21 |
| 図 PII.14 | 河岸侵食防止対策工の縦横断面図                   | PII-22 |
| 図 PII.15 | 計画河道横断面図                          | PII-22 |
| 図 PII.16 | 現地発生材料が活用可能な断面部分の例                | PII-24 |

|          |                                   |        |
|----------|-----------------------------------|--------|
| 図 PII.17 | 洪水情報の在るべき流れ                       | PII-25 |
| 図 PII.18 | 洪水警報の発令の流れ                        | PII-28 |
| 図 PII.19 | データ収集サブ・システムの概念                   | PII-30 |
| 図 PII.20 | データ処理サブ・システムのシステム構成               | PII-31 |
| 図 PII.21 | 警報伝達サブ・システムの概念                    | PII-32 |
| 図 PII.22 | 洪水予警報システムの全体構成                    | PII-34 |
| 図 PII.23 | 災害管理に向けた公共機関、共同体、個人の協力体制          | PII-38 |
| 図 PII.24 | マダルス川の 100 年確率洪水のシミュレーション結果       | PII-39 |
| 図 PII.25 | ゴレスタンダムとカラレ橋の区間の 100 年確率洪水による氾濫区域 | PII-40 |
| 図 PII.26 | カラレ橋からロベ村の区間の 100 年確率洪水による氾濫区域    | PII-40 |
| 図 PII.27 | 避難場所と避難経路の例(ダシュト村)                | PII-41 |
| 図 PII.28 | パイロット活動実施の枠組み                     | PII-42 |
| 図 PII.29 | パイロット活動の概要                        | PII-43 |
| 図 PII.30 | 村の防災能力の向上課程                       | PII-44 |
| 図 PII.31 | 河岸侵食防止工の施工スケジュール                  | PII-46 |
| 図 PII.32 | 砂防ダム復旧の施工スケジュール                   | PII-47 |
| 図 PII.33 | 優先プロジェクトの実施計画                     | PII-49 |

## 付録

「Scope of Work」 および 「Minutes of Meetings」

---

---

第I部  
長期計画

---

---

## 第1章 はじめに

### 1.1 調査の背景

イラン国北部を占めるカスピ海沿岸地域は、ギラン、マザンダランおよびゴレスタンの各州を包括するが、しばしば洪水および土石流の災害を被っている。マダルス川流域では、当地域の洪水災害を受け易い流域の一つであるが、2001年と2002年の夏季に発生した洪水・土石流のため、それぞれ260名と60名の死者が出た。さらに、多数の家畜にも被害が及び、道路や橋梁といったインフラの多くが流失した。

マダルス川流域は、ゴレスタン、北ホラサン、セムナンの各州に跨っている。川はアルボルズ山脈の北側斜面にその源を發し、その後、東から西に流れてゴルガン川に合流し、最後はカスピ海に注いでいる。マダルス川の流域面積は2,360km<sup>2</sup>で、流路長は約100kmである。流域内人口は約6万人で、年間降水量は概ね400-500mmである。河川と並行して走る道路は国際幹線道路として重要であり、隣接するトルクメニスタンやアフガニスタンと繋がっているのみならず、イスラム教シーア派(イランの多数派)の聖地の一つであるマシャドに至る道路でもある。この道路の交通密度はピークで25,000台/日である。

さらに当地域では、マダルス川同様、気象や地形の面から災害に脆弱なくつかの流域がある。例えば、マザンダラン州のネカ川や、ギラン州のマスレ川も同様な状況にある危険な河川流域である。

こうした災害に脆弱なカスピ海沿岸域において、未だ効果的な対策が実施されていない。さらにイラン国は、さまざまな構造的対策と非構造的対策を組み合わせた合理的かつ統合的な災害軽減管理のための長期計画を策定するに至っていない。それ故、カスピ海沿岸域においては、基礎的調査や他流域に適用可能な技術基準に基づくマダルス川流域における災害対策の長期計画の策定とこれらの技術移転が急がれていた。

こうした背景のもと、イラン政府の正式要請を受けて、国際協力機構(以下 JICA)は、原義文氏を団長とする事前調査団を2003年8月末にイランに派遣した。調査団とイラン政府の継続的な討議の末、2003年9月3日、業務計画(S/W)に関する合意が得られ、さらにS/Wに関する相互理解のための議事録が交わされた。

こうしたS/Wと議事録に基づいて、JICAは「イラン国ゴレスタン州洪水・土石流対策計画調査」の着手を決定し、2004年10月末に調査団をイランに派遣した。

### 1.2 調査の目的

本調査の目的は次のとおりである。

- (1) マダルス川流域における洪水土石流災害を防止軽減するため、2025年を目標とする長期計画を策定する。
- (2) 長期計画の中から緊急性の高い優先プロジェクトを選定し、実施可能性を調査する。

- (3) マダルス川のみならずカスピ海沿岸域の類似河川に適用可能な洪水・土石流対策の技術基準・ガイドラインを作成する。
- (4) 洪水・土石流災害の軽減・管理に向けた計画・設計に関し、調査期間を通して、カウンターパートに対して技術移転を図る。

これらの目的に沿いながら実施される調査を通じて、本調査では最終的に次のような到達点を目指す。

- (1) 本調査で提案されるであろうプロジェクトが円滑に実施され、洪水・土石流災害が軽減される。
- (2) カスピ海沿岸域の州事務所が、洪水・土石流災害の軽減に向けて、必要な対策の計画と設計を十分実施できる能力を有する。

### 1.3 調査区域

調査区域は約 2,300km<sup>2</sup> の集水区域を持つマダルス川流域である。さらに、例えばマザンダラン州のネカ川、ギラン州のマスレ川等、カスピ海沿岸域の類似河川を包括する。

### 1.4 調査工程

図 PI.1 に本調査のスケジュールを示す。調査は、2004 年 10 月の国内作業を皮切りに開始され、最終的に 2006 年 9 月までの 2 カ年の工程で実施された。

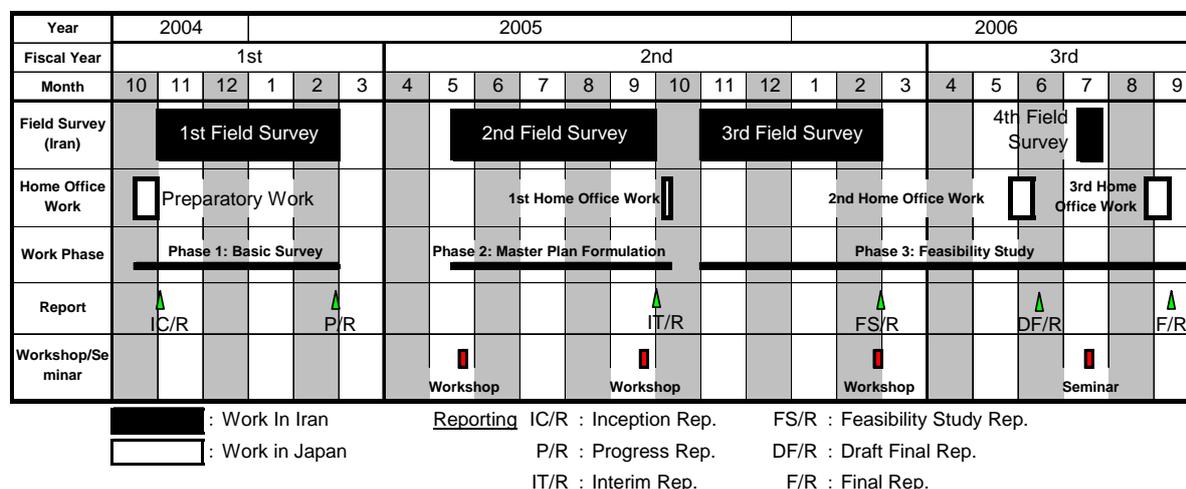


図 PI.1 調査スケジュール

## 第2章 調査区域の現状分析と解析

### 2.1 流域の自然特性

#### 2.1.1 地理および河川形態

##### (1) 地理的特性

マダルス川は、セムナン州のナルディン村の山稜に発し、北ホラサン州のダシュト村を通り、ゴレスタン州ミスダシュトのガルカーでゴルガン川に合流する。集水面積は2,340km<sup>2</sup>で、東経55° 21' から56° 28'、北緯36° 58' から37° 30' に位置している。

マダルス川流域は、主として地形的特性から次図に示すように8小流域に分割できる。

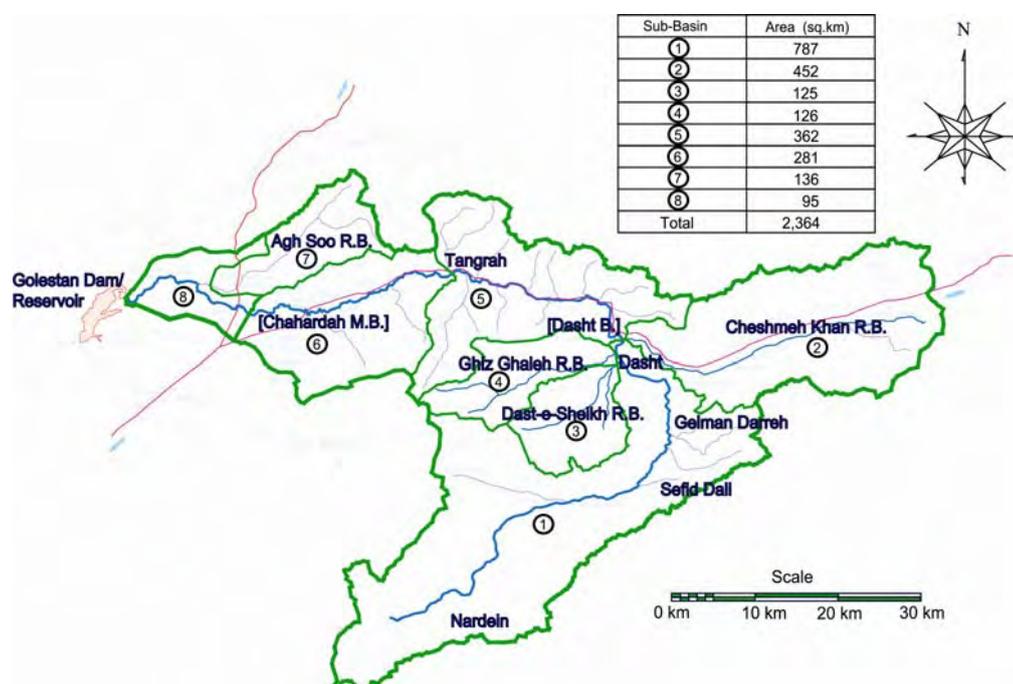


図 PI.2 マダルス川流域分割

##### (2) 河川形態的特性

マダルス本川の河道の縦断形状を、50,000分の1地形図より整理したものが図PI.3である。河道延長は142kmで、平均河床勾配は1.4%と急流である。この河床勾配の縦断的分布は、ナルディン付近の水源部で4.8%、ナルディン-セフィド・ダレイ平原で0.6%、セフィド・ダレイからダシュト橋まで1.2%、ゴレスタンの森(ダシュト橋-タングラ)で1.9%、タングラからゴレスタンダムまでが0.7-1.1%である。

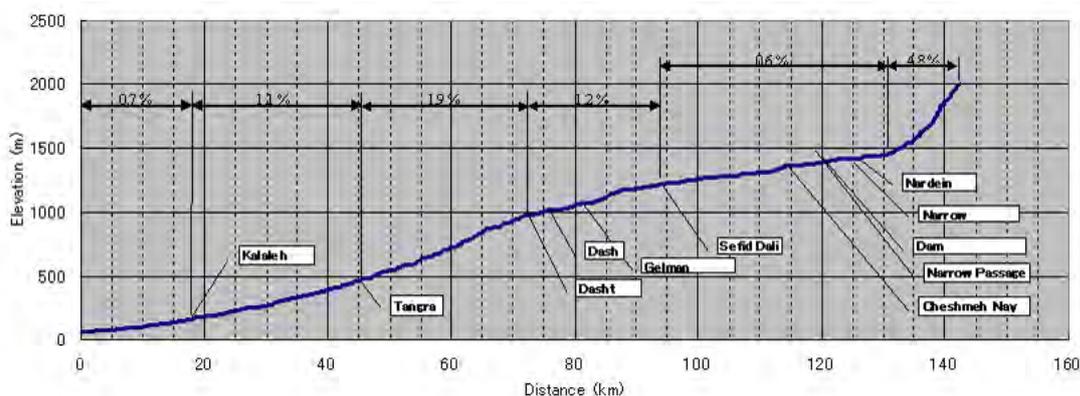


図 PI.3 マダルス川本川の河床縦断

## 2.1.2 地形・地質

### (1) 地形

流域の主要な地形について以下に整理し、流域内の傾斜分布を図 PI.4 に示す。

#### 沖積地

沖積地は、上流のナルディンでは標高 1,430m から 1,415m、チェシュメナイからセフィド・ダレイまで 1,400m から 1,300m、チェシュメ・ハンからロバト・ガラビルまで 1,500m から 1,200m、ダシュト盆地で 1,200m から 1,000m、タングラから下流で 500m から 65m に至る区域で広範囲に分布している。沖積地形は、河床、氾濫原、扇状地、自然堤防等さまざまな地形要素から構成されている。

#### 丘陵

丘陵は山地と沖積地の間に分布し、とくにスタラン、ゴルディン、コランケ、ダシュトシャッド各村周辺の流域界西側に分布している。また、丘陵には崖錐堆積物、第三紀層、風化の進んだ岩等が分布している。

さらに丘陵は、河岸段丘や古期の地形の上に乗った緩やかな地形を呈し、支川の排水パターンは並列で、溪床勾配 1/10 から 1/20 の比較的緩やかな谷を構成している。当地域では、軟らかく壊れ易い岩の特性のため、ガリ侵食が卓越し、乾地農業や放牧に主として利用されている。

#### 山地

ダシュト村からテルジェンリ村までの中流部に分布し、河床部 500m から流域界 1,700m から 2,300m までに至る地形を構成している。白亜紀の石灰岩の分布区域では、崖を伴うゴツゴツした急斜面を呈している。小規模な崩壊が至るところに見られる。

排水パターンは樹枝状であり、溪流は急勾配である。植生はゴレスタンの森を除いて貧弱であり、とくにナルディンの源流部やロバト・ガラビル付近で顕著である。ゴレスタンの森は、中流部に位置し、豊かな自然林に恵まれている。

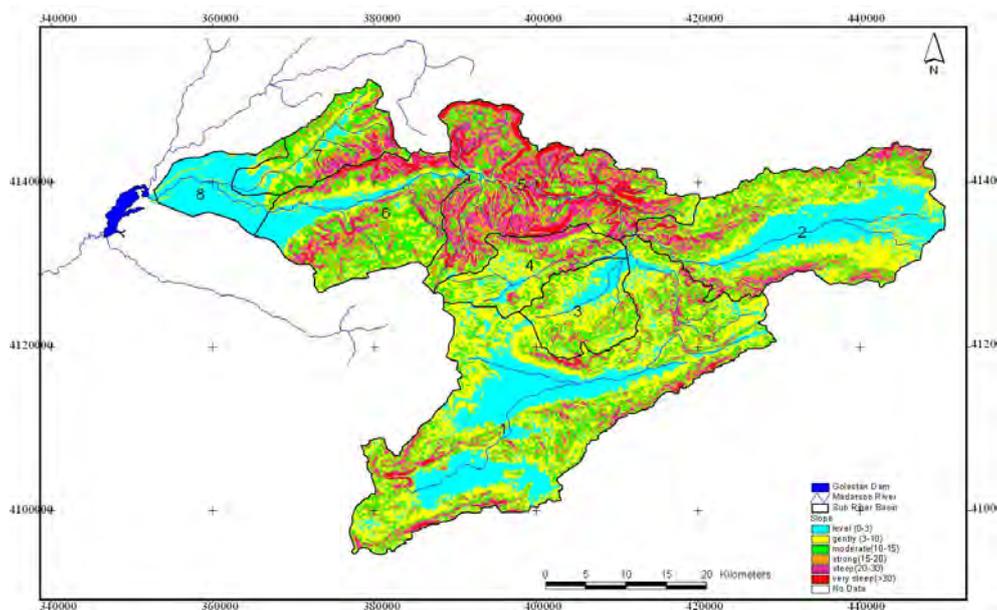


図 PI.4 斜面勾配の分布

## (2) 地質

調査区域は、活発な地震活動に特徴のあるトルコのアナトリア山地に繋がるアルボルツ山地に位置している。また、当区域は東アルボルツ構造帯とコペ・ダ構造帯の遷移域に位置しており、これらの構造帯はタングラー村からロバト・ガラビル村付近で境界を成している。原生代以降の堆積岩は、調査区域内で火成岩とともに分布しており、これらは激しい褶曲と断層運動を受けている。これらの基岩の上に、第四紀の崖錐、段丘、扇状地やレスが載っている。第四紀堆積物はナルディンからセフィド・ダレイ、チェシュメ・ハン、ダシュト・シェイク、ギズ・ガレの各支川流域ならびに本川の下流域に広く分布している(図 PI.5 参照)。

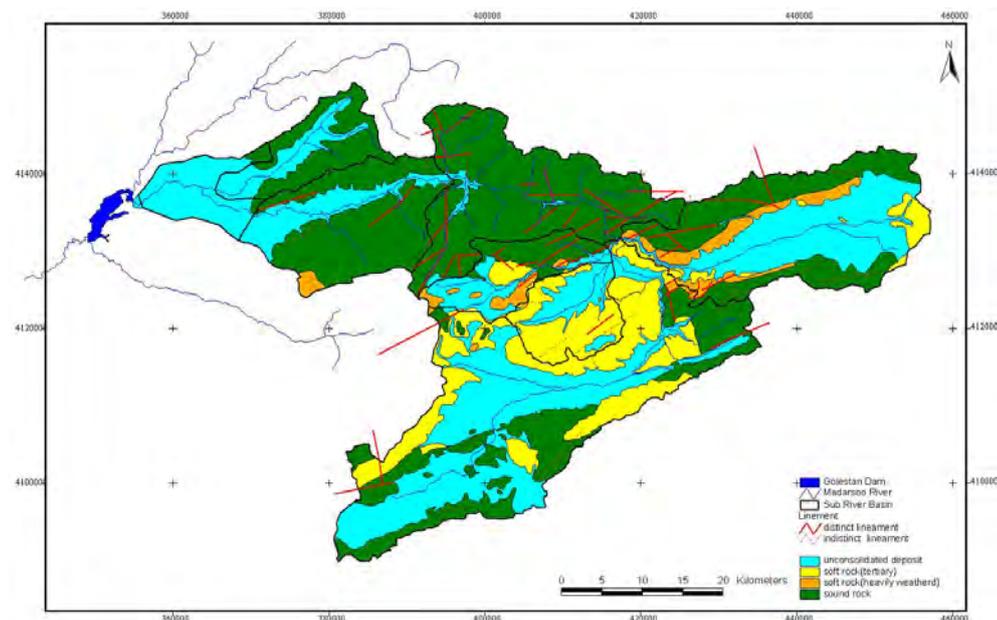


図 PI.5 地質概要図

## 2.1.3 気象

### (1) 流域の気象

マダルス川流域の降雨は、半乾燥地域タイプの特徴を示している。例えば、タングラー、ダシュトシャッド、ロバト・ガラビルの年降水量は、それぞれ 695mm、357mm、198mm である。同様に月降水量の最も多い3月の降水量を見ると、それぞれ 99mm、45mm、30mm である。月降水量の月別分布から見ると、次図のように11月から5月が雨期、6月から10月が乾期といえる。降雨は、対流性、地形性、サイクロン、モンスーン等さまざまな要因で発生している。

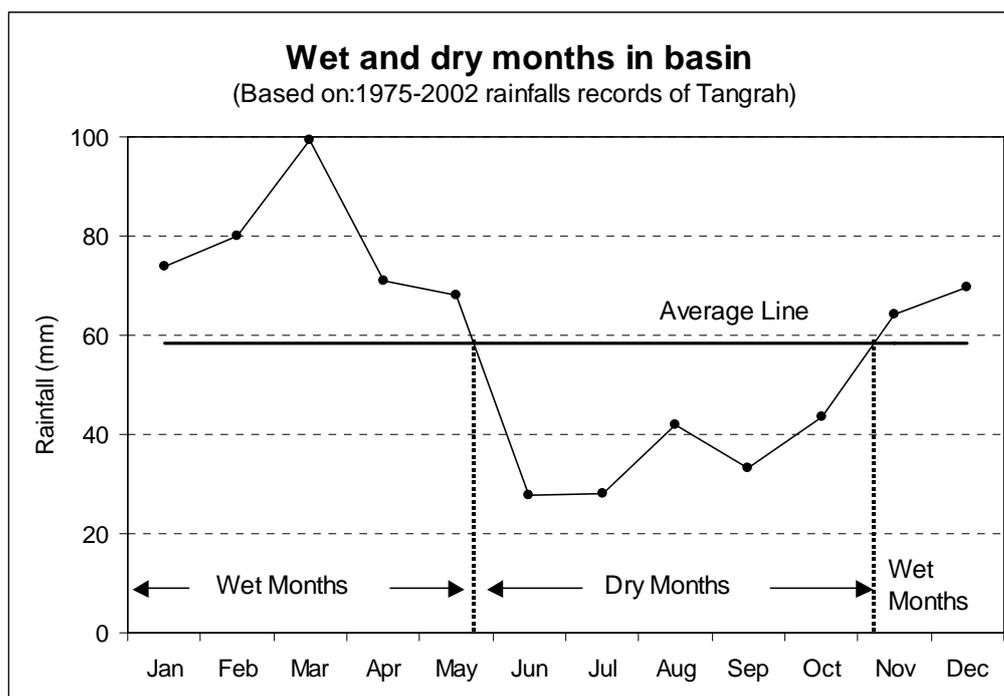


図 PI.6 月降水量と雨期・乾期の区分

### (2) 2001 年および 2002 年洪水における気象状況

降水量、湿度、気温、風速等の気象パラメータを 2001 年および 2002 年洪水時および洪水 1 日前に関して整理検討した。以下とくに降水量に着目して、洪水の気象特性を記述する。

2001 年洪水の前日(8月10日)、流域内ではわずかにダシュトカルポシュで 50mm の降雨があったのみである。しかし、洪水当日(8月11日)には、ダシュトシャッド 176mm、タングラー 150mm、ソダグレン 117mm、ダシュトカルポシュ 100mm、チェシュメハン 84mm と、広く流域各所で豪雨が観測されている。図 PI.7 に洪水当日の日雨量の等雨量線を示すが、流域中央部を中心として、流域の約 50% が日雨量 80mm から 176mm の雨域に入っていることが分かる。流域のその他は、20mm から 80mm の雨域に入っている。2001 年洪水の主要因は、非常に激しい短時間降雨によるものとしばしば言われているが、短時間雨量の観測データが無いので、因果関係を解析されていない。さらに推定値であるが、タングラーの洪水波形は急激に立ち上がっており、流域内で激しい短時間降雨が降ったことを示している。同様に、テルジェンリ村でのガリ侵食



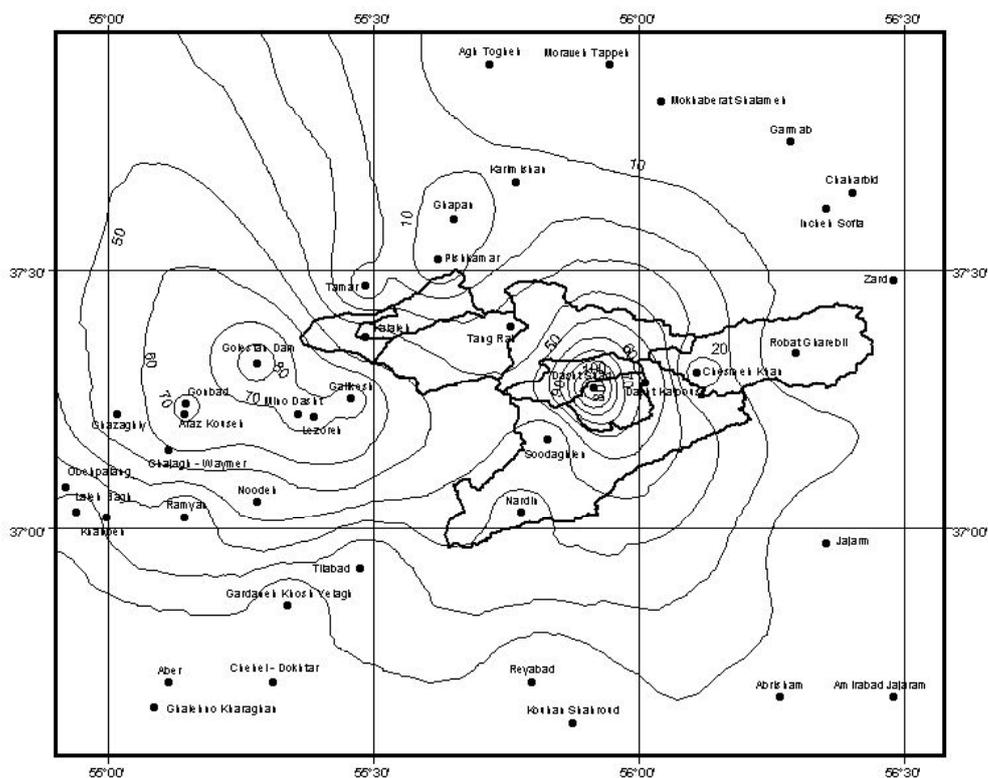


図 PI.8 日雨量(2002年8月13日)の等雨量線図

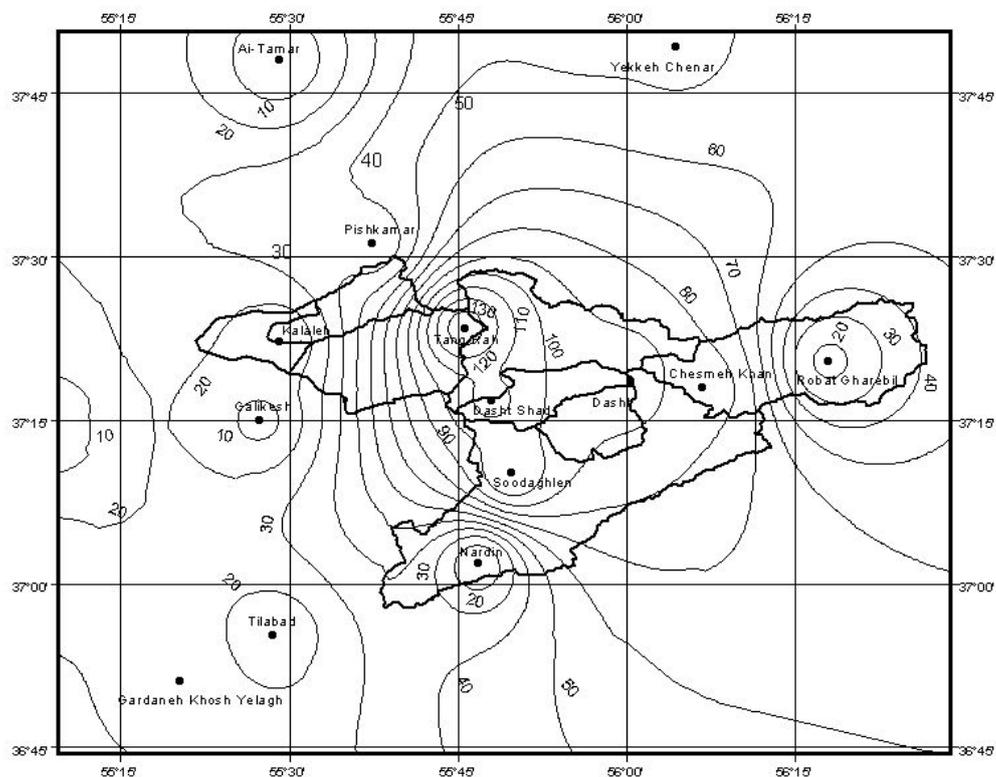


図 PI.9 日雨量(2005年8月10日)の等雨量線図

#### (4) 月ならびに年降水量

月降水量から見ると、3月の降水量が最も多く、3月にはマダルス川流域の中下流部(タングララーからゴレスタンダムまで)にわたり、80mm から 99mm 程度の降雨が見られる。さらにこの3月の降水量は、下流域が最も多く、中流域に向かうにつれて減少する。いっぽう、年降水量は図 PI.10 に示すように、タングララー周辺の中流域が最も多い。年降水量は、下流域で 500mm、これより上流に向けて増加し、タングララーで 695mm となる。タングララーより上流に行くにつれ、降水量は減少していき、ロバト・ガラビルで 198mm、ダシュトカルポシュで 139mm となる。

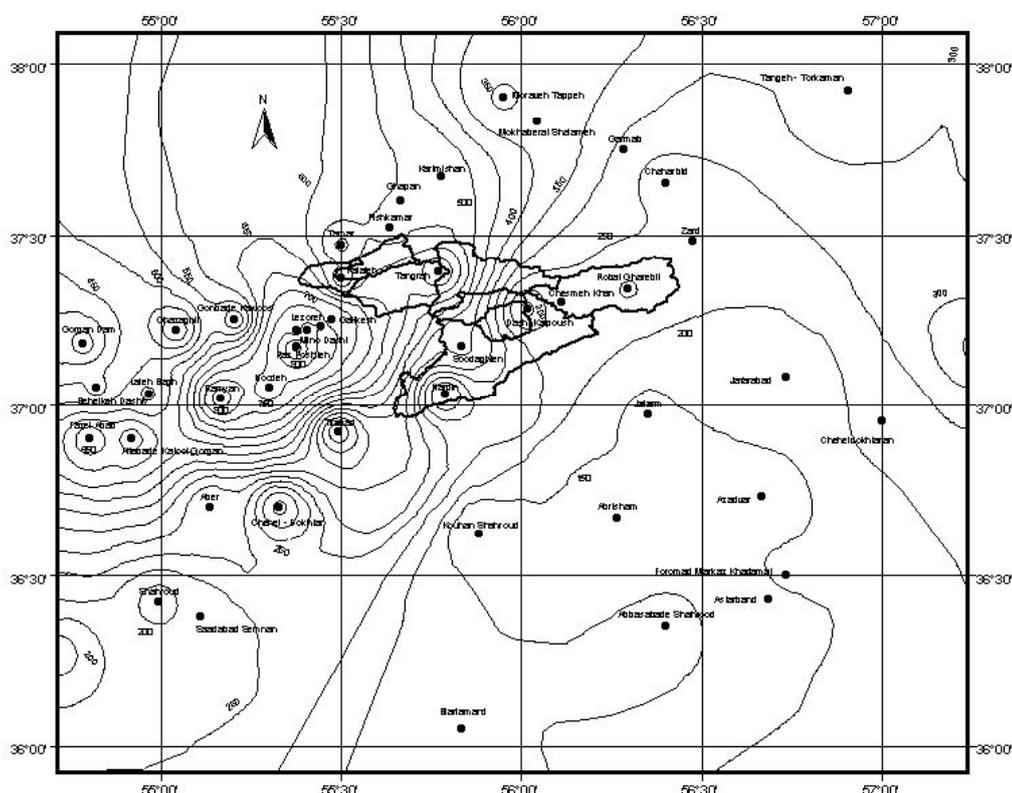


図 PI.10 年降水量の等雨量線図

## 2.2 流域の社会経済的特性

### 2.2.1 社会経済

#### (1) イランの社会経済

##### 人口

イラン全体の人口は、世銀の報告によると 2003 年時点で、6,640 万人、その伸び率は 1.5% である。中東ならびに北アフリカ地域では、エジプトに次ぐ人口規模を有する国である。

##### その他の指標

表 PI.1 は、社会指標として、平均寿命、乳児死亡率、安全な水源の利用率、初等教育受講率

について、イランと中東・北アフリカ、および低・中所得国と比較したものである。この世銀レポート(2004年9月)によれば、イランの健康と教育に関する指標は、当該地域で一番である。さらにイランでは、十分な教育を受けた多くの女性が、労働市場や市民社会の各層への参加の機会を伺っているとのことである。これは、イラン社会政策が成功している一面を物語っている。政府は経済と社会の安定化を目指して、新たな挑戦をする時期に差し掛かっている。

表 PI.1 イランの主要社会指標

|  | Iran | Middle East & North Africa | Lower-middle Income |
|--|------|----------------------------|---------------------|
| <b>Ave. Annual Growth (1997-2003)</b>                          |      |                            |                     |
| Population (%)   | 1.5  | 1.9                        | 0.9                 |
| Labor force (%)  | 2.9  | 2.9                        | 1.2                 |
| <b>Most recent estimate (latest year available, 1997-2003)</b> |      |                            |                     |
| Poverty (%of population below national poverty level)          | 21   | -                          | -                   |
| Urban population (% of total population)                       | 67   | 58                         | 50                  |
| Life expectancy at birth (years)                               | 71   | 69                         | 69                  |
| Infant mortality (per 1,000 live birth)                        | 30   | 44                         | 32                  |
| Child malnutrition (% of children under 5)                     | 11   | -                          | 11                  |
| Access to an improved water source (% of population)           | 99   | 88                         | 81                  |
| Illiteracy (% of population age 15+)                           | 15   | 31                         | 10                  |
| Gross primary education enrolment (% of school-age population) | 98   | 96                         | 112                 |
| Male   | 102  | 100                        | 113                 |
| Female   | 95   | 92                         | 111                 |

出典: World Bank

## (2) ゴレスタン州の社会経済

### 人口

人口の伸び率は、都市域と田園地域では、異なった様相を呈している。都市域ではすでに伸び率は減少傾向であるが、田園地域では変動が激しい。また、かつては都市域の家族構成員数が田園地域のそれよりも上回っていた。しかし、1976年の統計を境に逆転している。都市化の進展により都市住民の家族構成が核化したこと、農業生産性の向上により田園地域での家族構成員数の増加が可能となったことが、その要因として考えられる。

### その他の指標

ゴレスタン州は 28 ある州のうち、ほぼ中間にランクされている。小麦の生産は、非常に高いレベルにあるが、人口当たりの医療ベッド数は最低ランクにある(表 PI.2 参照)。

表 PI.2 ゴレスタン州の主要社会指標

|            | Area (sq km) |      | Population in 1996 |      | Average Production of Wheat 2000-01 (1,000 tons) |      | Manufacturing Establishments with 10 or More Workers in 2000 |      | Number of Medical Beds per 100,000 in 2001 |      | Government Budget (Current + Development) in 2000 |      |
|------------|--------------|------|--------------------|------|--|------|--|------|--|------|---|------|
|            |              | Rank |                    | Rank |  | Rank |  | Rank |  | Rank |   | Rank |
| Golestan   | 20,893       | 19   | 1,426,288          | 15   | 723  | 4    | 159  | 17   | 115  | 27   | 667,861   | 16   |
| Tehran     | 19,196       | 22   | 10,343,965         | 1    | 194  | 15   | 2,716  | 1    | 279  | 1    | 3,203,868   | 1    |
| Iran Total | 1,629,805    |      | 60,055,488         |      | 9,458  |      | 11,200   |      | 182  |      | 26,850,497  |      |

Source: Iran Statistical Year Book, 2001

## 2.2.2 社会経済フレームの予測

### (1) GDP 予測

経済状況の将来予測を行うため、まず比較検討により GDP 成長率を決定する。このために、(a)過去の実績データのトレンドを用いた GDP 予測、(b)世銀予測の修正による GDP 予測の両者を比較した。統計資料によれば、2002 年の GDP 成長率は 7.83%である。いっぽう世銀の予測による年平均成長率は、2002 年 7.4%、2003 年 6.6%、2003 年から 2007 年までが 5.7%となっている。ここで世銀の 2002 年の予測値 7.4%は、実績値を下回っている。

実績データに基づく予測では、2003 年から 2005 年までが 8.43%となり、世銀の予測に比して過大な予測といえる。したがって、次図に示すような世銀の予測に 2002 年の実績を加味した予測を行い、将来の GDP 予測を行った(表 PI.3 参照)。

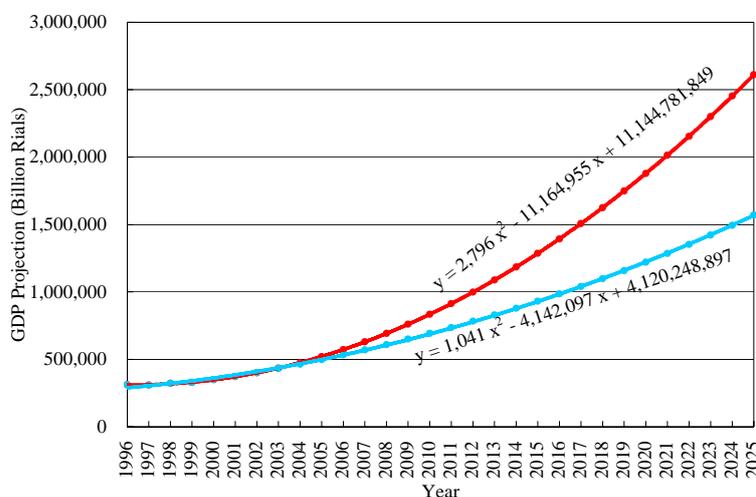


図 PI.11 GDP 予測(世銀の予測を実績で修正)

表 PI.3 GDP 将来予測(1997 年価格)

| (GDP in Total: Billion Rials) |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|-------------------------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Year                          | 1996    | 1997      | 1998      | 1999      | 2000      | 2001      | 2002      | 2003      | 2004      | 2005      |
| GDP in Total                  | 312,531 | 311,123   | 322,701   | 329,103   | 350,910   | 372,685   | 401,874   | 432,587   | 464,861   | 498,726   |
| Growth                        |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Rate against Previous Year    |         | -0.45%    | 3.72%     | 1.98%     | 6.63%     | 6.21%     | 7.83%     | 7.64%     | 7.46%     | 7.29%     |
| Year                          | 2006    | 2007      | 2008      | 2009      | 2010      | 2011      | 2012      | 2013      | 2014      | 2015      |
| GDP in Total                  | 534,211 | 571,348   | 610,164   | 650,691   | 692,962   | 737,010   | 782,872   | 830,587   | 880,197   | 931,751   |
| Growth                        |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Rate against Previous Year    | 7.12%   | 6.95%     | 6.79%     | 6.64%     | 6.50%     | 6.36%     | 6.22%     | 6.09%     | 5.97%     | 5.86%     |
| Year                          | 2016    | 2017      | 2018      | 2019      | 2020      | 2021      | 2022      | 2023      | 2024      | 2025      |
| GDP in Total                  | 985,300 | 1,040,903 | 1,098,625 | 1,158,537 | 1,220,720 | 1,285,264 | 1,352,269 | 1,421,848 | 1,494,125 | 1,569,237 |
| Growth                        |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Rate against Previous Year    | 5.75%   | 5.64%     | 5.55%     | 5.45%     | 5.37%     | 5.29%     | 5.21%     | 5.15%     | 5.08%     | 5.03%     |

Source: Data from 1996 to 2002 is excerpted from the Iran Statistical Year bBook 1382.

## (2) 人口

2005年に本調査で集計した流域内人口は93,141人である。これに対して、計画目標年次が2025年であることから、5年間隔で人口を予測する。将来予測に当たっては、次式を適用する。

$$Fp = Pp \times (1+pgr)^n$$

ここに、 $Fp$ : 将来人口、 $Pp$ : 現在人口、 $pgr$ : 年平均人口増加率(%)、 $n$ : 予測間隔(年)である。予測は今後の20年間で、5年間隔であるため  $n=5$ 、年平均人口増加率は次の根拠から1.80%を用いた。

- ゴレスタン州の長期にわたる人口増加率は1.72%である(都市域2.30%、田園地域1.14%)。調査区域は都市域と田園地域の両者を含み、ゴレスタン州が多くを占めているため、将来予測に1.72%は妥当である。
- マダルス川流域のMOJAの計画に1.80%が将来想定として使用されている。
- 国全体の長期の人口予測に1.80%が用いられている。

こうした比較検討の結果、1.80%を用いた将来人口の予測を行ったが、その結果を次表に示す。

表 PI.4 マダルス川流域内の現況および将来人口

|                                 | Present | Future  |         |         |         |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                 | 2005    | 2010    | 2015    | 2020    | 2025    |
| Population                      | 93,141  | 101,831 | 111,332 | 121,719 | 133,075 |
| Population Density (Persons/ha) | 0.39    | 0.43    | 0.47    | 0.51    | 0.56    |

Sources: JICA Study Team, Survey for Environmental and Social Considerations, October 2004 – June 2005.  
Statistical Yearbook of Golestan Province, Management and Planning Organization of Golestan- 2003

### 2.2.3 土地利用

表 PI.5 に1960年代の土地利用を示すが、当時から放牧地と森林が多くを占めていたことが分かる。これは、人口が比較的少なく、天然資源の利用に対する圧力も比較的小さかったためと考えられる。ゴレスタン州に森林は集中し、ホラサンとセムナンの両州に放牧地が分布している。灌漑農地は主としてマダルス川下流域に分布している。

表 PI.6 に現在の土地利用を示す。これは最近(2002年)の衛星画像をもとに、その後の現地調査により修正した土地利用図(図 PI.12 参照)から算出したものである。ここで、1960年代と現況の比較をすると次のようである。

- 減少：裸地と森林がわずかに減少し、放牧地は流域全体の約8%減少した。
- 増加：灌漑農地が約7%、乾地農業地が約4%増加した。

表 PI.5 1960年代の流域内土地利用

| Land Use  | Area (ha) | % of Total |
|---|-----------|------------|
| Afforestation   | 1,814     | 0.77       |
| Bare Lands  | 5,502     | 2.33       |
| Desert  | 1,067     | 0.45       |
| Dry Farming   | 30,748    | 13.01      |
| Forest  | 67,473    | 28.54      |
| Irrigated Farming   | 14,865    | 6.29       |
| Lake  | 115       | 0.05       |
| Rangeland   | 114,552   | 48.45      |
| Mixed Dry Farming and Rangeland   | 10        | 0.00       |
| Residential (Urban)   | 254       | 0.11       |
| Others (limits of sites for structures, roads, observatory stations, etc) | -         | -          |
| Total   | 236,400   | 100.00     |

Source: Ministry of Jihad-e-Agriculture (MOJA), GIS Division.

表 PI.6 現在(2005年)の流域内土地利用

| Land Use  | Area (ha) | % of Total |
|---|-----------|------------|
| Afforestation   | 1,830     | 0.77       |
| Bare Lands  | 2,693     | 1.14       |
| Desert  | 1,078     | 0.46       |
| Dry Farming   | 39,276    | 16.61      |
| Forest  | 64,781    | 27.40      |
| Irrigated Farming   | 30,703    | 12.99      |
| Lake  | 126       | 0.05       |
| Rangeland   | 94,709    | 40.06      |
| Mixed Dry Farming and Rangeland   | 938       | 0.41       |
| Residential (Urban)   | 266       | 0.11       |
| Others (limits of sites for structures, roads, observatory stations, etc) | -         | -          |
| Total   | 236,400   | 100.00     |

Source: Golestan Provincial Jihad-e-Agriculture Organization, GIS Section, with collaboration of JICA Study Team- September 2005.

こうした結果を踏まえて、次のような点に留意しながら将来(2025年)の土地利用を予測した。この結果を表 PI.7 に示す。

- 持続的な開発と自然資源の賢明かつ有効な利用に注力する。
- 国立公園や歴史的遺産等の保全に留意する。
- 流域内の生物的潜在能力を高める観点から、こうした項目について、過去の1960年代の土地利用に復元する。
- 灌漑農地については、水利用の適正化を考慮して、農地の拡大よりもむしろ生産性の増大と農作業の改善を目指す。

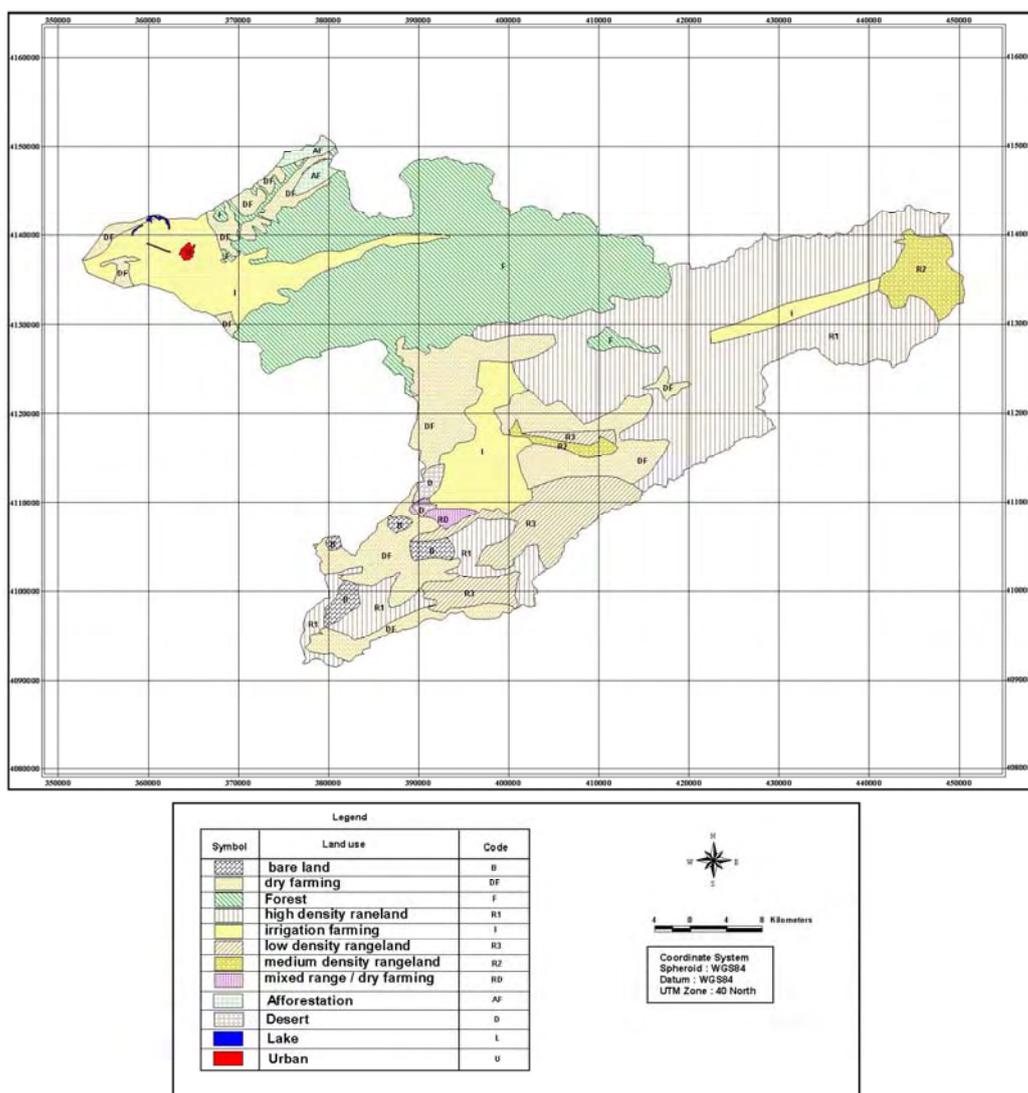


図 PI.12 流域の現況土地利用(2005年)

表 PI.7 流域内土地利用の将来予測(2025年)

| Land Use  | Area (ha)      | % of Total    |
|---|----------------|---------------|
| Afforestation   | 1,840          | 0.79          |
| Bare Lands  | 1,616          | 0.68          |
| Desert  | 647            | 0.27          |
| Dry Farming   | 34,095         | 14.42         |
| Forest  | 67,371         | 28.50         |
| Irrigated Farming   | 30,703         | 12.99         |
| Lake  | 126            | 0.05          |
| Rangeland   | 98,970         | 41.87         |
| Mixed Dry Farming and Rangeland   | 141            | 0.06          |
| Residential (Urban)   | 741            | 0.31          |
| Others (limits of sites for structures, roads, observatory stations, etc) | 150            | 0.06          |
| <b>Total</b>  | <b>236,400</b> | <b>100.00</b> |

Source: Golestan Provincial Jihad-e-Agriculture Organization, GIS Section, with collaboration of JICA Study Team- September 2005

## 2.3 洪水災害

### 2.3.1 洪水被害および被災の原因分析

イラン北部に位置するカスピ海沿岸域のゴレスタン、マザンダラン、ギランの各州は、頻発する洪水・土石流災害に悩まされている。マダルス川はその代表的河川であり、2001年および2002年の洪水で多大な被害が発生した。これら両洪水の被害を次表に示すが、これらは物理的・経済的な被害であり、これに加えて災害が被災住民に与えた精神的・感情的なストレスも計り知れないものがある。

表 PI.8 2001年および2002年洪水による被害

| Type of Damage                           | Damage in 2001    | Damage in 2002    |
|--|-------------------|-------------------|
| Road demolished                          | 194 km            | 182 km            |
| Farms and orchards demolished            | 15,000 ha         | 400 ha            |
| People wounded                           | 200 people        | 5 people          |
| People killed and missing                | 254 people        | 54 people         |
| Livestock lost                           | 6,000 heads       | 1,000 heads       |
| Forest demolished                        | 5,500 ha          | -                 |
| Rangeland demolished                     | 10,000 ha         | 10,000 ha         |
| Vehicles destroyed                       | 130 units         | 9 units           |
| Residential/business building demolished | 3,000 units       | 1,810 units       |
| Telephone office demolished              | 7 units           | 5 units           |
| Estimated Economic Damages               | 580 billion Rials | 213 billion Rials |

既往洪水は、常に8月に発生しており、イランにおいては夏季の旅行シーズンに当たり、マダルス川もゴレスタンの森の川沿いに多くのキャンパーや訪問客で賑わっている。突如として発生する豪雨を引き金として発生する洪水・土石流は、マダルス沿川の住民のみならず、ゴレスタンの森への訪問客の生命を奪い去っている。

次表に示すように2001年洪水の死者の70%は、ゴレスタンの森の訪問客・キャンパーであった。同様に2002年洪水でも80%がそれに該当する。

表 PI.9 洪水による死者とその原因

| Cases of Casualty/Places                                      | Casualties |            |            |
|---|------------|------------|------------|
|   | 2001 Flood | 2002 Flood | 2005 Flood |
| Rolling-down incident to the mainstream in Dasht village      | 26         | -          | -          |
| Camping sites in the Golestan Forest                          | 194        | 44         | -          |
| Debris avalanche in Terjenly village                          | 3          | -          | -          |
| Bank erosion in Loveh village                                 | 24         | -          | -          |
| Rolling-down incident to the mainstream in the middle stretch | 7          | 6          | -          |
| Others (workers for road rehabilitation)                      | -          | 4          | -          |
| Total   | 254        | 54         | 0          |

こうした2001年と2002年の災害とは対照的に、2005年洪水では、復旧ないしその途上であった道路・橋梁等のインフラの多くが破壊されたが、死者は全く出なかった。これは、前出の2洪水の学習効果が、政府関係機関ならびに沿川住民の行動に現れた結果と考えられる。ゴレ

スタン州の気象庁の天気予報に基づく警報により、ゴレスタンの森では、洪水が発生する前に、すべての訪問客等は退避させられていた。

表 PI.9 は、洪水軽減・管理の方向性を見定める上で有用な情報を提供してくれている。以下は、2001 年洪水において経験された事実である。

- ダシュト村では、26 人の村人がトラクターに載って河川沿いを避難しようとしていたが、誤ってトラクターごと濁流に転落した。もし的確な洪水と避難経路の情報が村人に事前に与えられていたら、こうした事故は発生しなかったであろう。
- ゴレスタンの森は、幅 60m から 200m 程度の狭く急峻な溪谷によって形成されており、洪水位の急激な上昇を伴う濁流が通過する際には、訪問客やキャンパーは逃げ場を失ってしまう。彼らは、濁流に飲み込まれて流される以外、なすすべもない。
- ゴレスタンの森のキャンプ場の多くは、土石流堆積物の平坦な地形上に立地しているため、溪流で発生した土石流は、キャンプ地に滞在しているキャンパーを容易に押し流した。
- タルジェンリ村では、二人の子供が洪水から逃げるため、沢の近くの木に登り、これを追いかけた母親も同様に木に登った。最終的に木もろとも土石流に押し流され命を失った。この事実も、的確な土石流の危険と避難経路・場所の情報が村人に事前に与えられていたら、こうした事故は発生しなかったであろうことを示している。
- ロベ村においては、河岸侵食により河岸にあった家屋が倒壊し、熟睡していた住民は倒壊した家屋とともに濁流に流された。
- これと対照的に、ロベ村より 5km 上流に位置していたベシュオイリ村では、村人の一人がジェット機の爆音のような異常な音が近づいているのを感知し、村人に危険の接近を伝え、すぐに村人全員が裏山に避難した。この結果、洪水流により村のほとんどの家屋は倒壊したにもかかわらず、一人の死者も出さなかった。
- 2001 年と 2002 年の両洪水で、中下流部で数人の死者が出ている。彼らは、農民、羊飼い、主婦であったが、川縁に洪水を見に行き濁流に落ちるといふ事故死に近い状況であった。彼らにも洪水の危険性なりの十分な情報が提供されていれば、こうした事故は未然に防げたものと思われる。

以上の事実は、事前に洪水に関する知識が培われ、早期警報と十分な避難指示が伝達されていれば、これらの死を未然に防げたものばかりであったことを物語っている。

### 2.3.2 洪水災害の原因

2001 年の洪水災害の原因に関して、洪水後にさまざまな議論が行われた。主要な提議は、流域の荒廃と不法かつ過剰な伐採を原因としたものであった。しかし、データ収集と水文解析を通して、2001 年洪水の主原因が次のような事象にあることを明らかにした。

- 過去に類を見ない激しい豪雨が流域に襲来した。
- 本川の大出水とともに、多くの溪流で土石流が発生した。

これらについて、以下に概説する。

### (1) 降雨

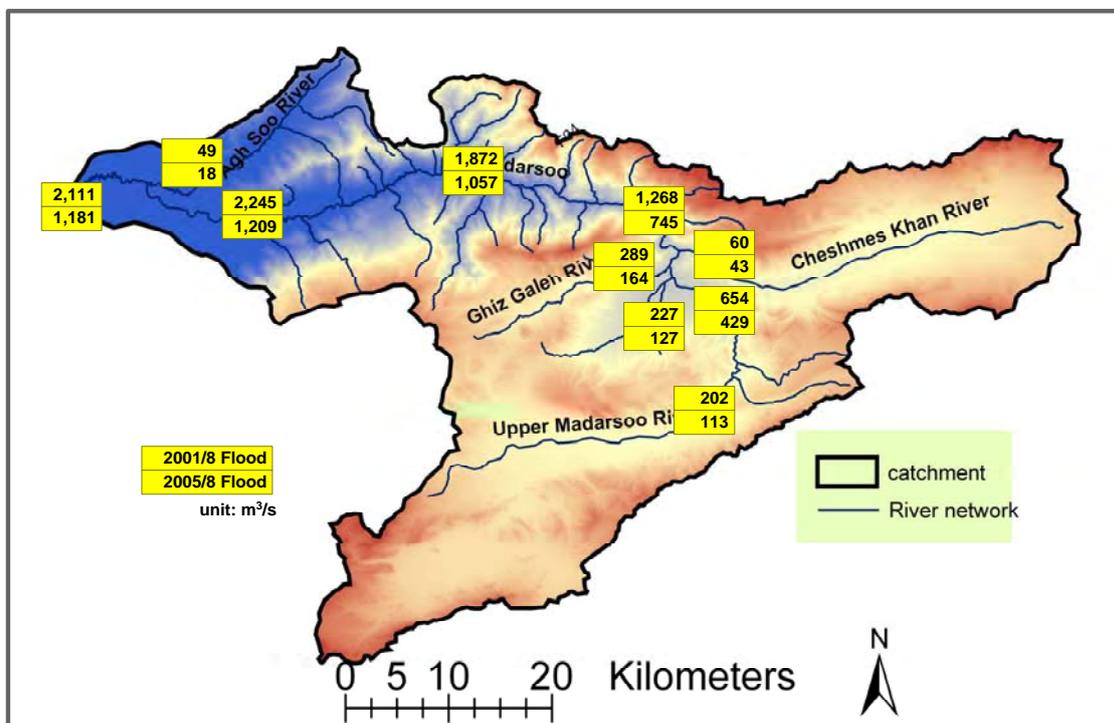
降雨は2001年8月10日に降り始め、翌日の8月11日にピークに達した。日雨量は図PI.7に示したように、ゴレスタンの森を中心に150mmから180mmの降雨が観測された。

いっぽう、2005年洪水はマダルス川流域で時間雨量が観測された最初の洪水である。2001年洪水後、気象庁とエネルギー省はそれぞれオンラインの水文気象観測網を整備した。これら4カ所の雨量観測所のうち、最も激しい降雨域の存在したタングラ観測所のみ、時間雨量観測に成功した。他の観測所は、レコーダーやデータ・ロガーの不具合によって、観測値が得られなかった。

この2005年洪水の日雨量分布は図PI.9に示しており、ゴレスタンの森を中心に100mmから130mmの降雨が観測された。タングラ観測所では、時間雨量80mm/hrが観測され、短時間の非常に高い降雨強度の存在が、初めて確認された。

### (2) 洪水流量

次節2.4に記すように、2001年と2005年洪水を対象に、洪水シミュレーションモデルの同定作業を行い、この結果をもとにピーク流量を整理したものが次図である。



図PI.13 水文解析による2001年と2005年洪水のピーク流量

2001年洪水の大きな痕跡の一つが、ギズ・ガレイ川の壊れたアースダムである。しかし、図PI.13に示したように、大きな洪水は本川上流部のゲルマン・ダレ川から来ており、こうした $1,000\text{m}^3/\text{s}$ 内外の大洪水がゴレスタンの森の峡谷部を流下し大きな被害を発生させている。このゲルマン・ダレ川からの大洪水の流下は、ダシュト村の幹部やゲルマン・ダレ川の河原を耕作している農民からの聴き取り結果と一致する。

ゴレスタンの森に到達した洪水は、溪流からの洪水を加えながら流下し、最終的にゴルガン平野で $2,250\text{m}^3/\text{s}$ (2001年)ないし $1,200\text{m}^3/\text{s}$ (2005年)に達する。

### 2.3.3 土砂流出および河道形態の変化

#### (1) 土石流

2001年洪水において、次図に示すように、中流部の多くの溪流で土石流が発生した。こうした溪流は、この洪水で最も激しい降雨が発生したタングラーを中心に分布しており、降雨の激しさに対応して土石流も発生していることが分かる。

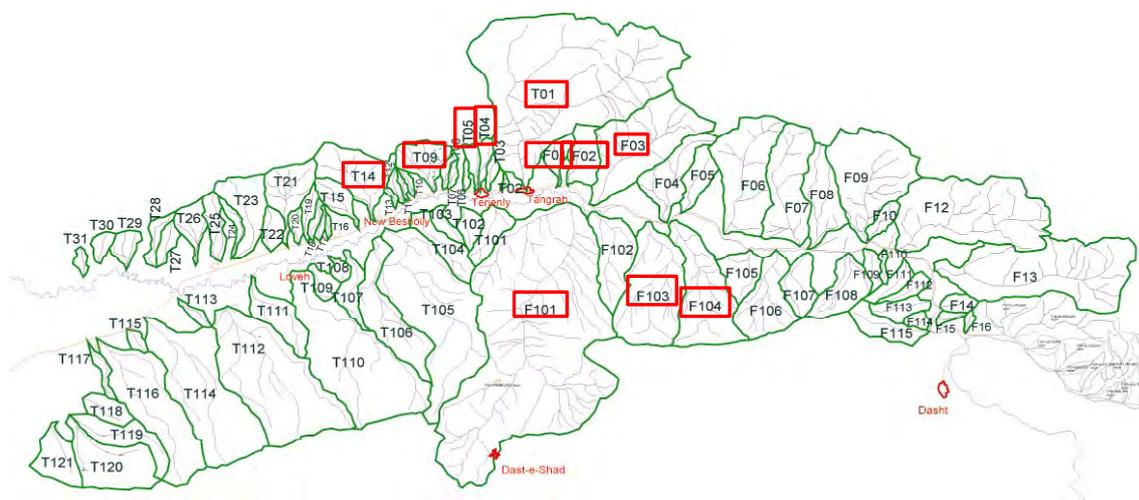


図 PI.14 マダルス川中流域における 2001 年洪水による土石流の発生溪流

注：赤枠が土石流の発生した溪流

#### (2) 土砂の流送

2001年洪水における土砂の流送状況を、現地調査と水理解析に基づいて概略整理すると次のようである。

- マダルス川上流域から流送された土砂は、ダシュト盆地に入ると、平坦な地形による洪水流速の減少のため、当地域で堆積を開始する。ゲルマン・ダレ、ダシュト・シェイク、ギズ・ガレイのそれぞれの河川から流出した土砂がそれぞれの谷の出口から盆地面で堆積する。この堆積の痕跡は、ダシュト村の囲み堤付近やゲルマン・ダレに沿う農地に見られる。
- ダシュト盆地で拡散した洪水は、村下流部で合流し、チェシュメハン川合流点付近では、激しい浸食に転じる。同時に、ゴレスタンの森上流部の本川における天然ダムの形成と

その崩壊に伴う急激な水理条件の変化が、ダシュト村の出口における高低差 5m 程度の谷頭侵食を生じさせた。

- 洪水流がゴレスタンの森の峡谷部に入ると、河畔林や支川扇状地の先端部をまるごと洗い流しながら、堆積と侵食を繰り返し、下流に流木と土砂を流送した。環境庁によると、この洪水で流失した森林は、500ha、3万5千本に達するとのことである。
- ゴレスタンの森下流部では、湾曲部で激しい河岸侵食を発生させ、侵食と堆積を繰り返しながら、洪水流はゴレスタンダムに流入した。

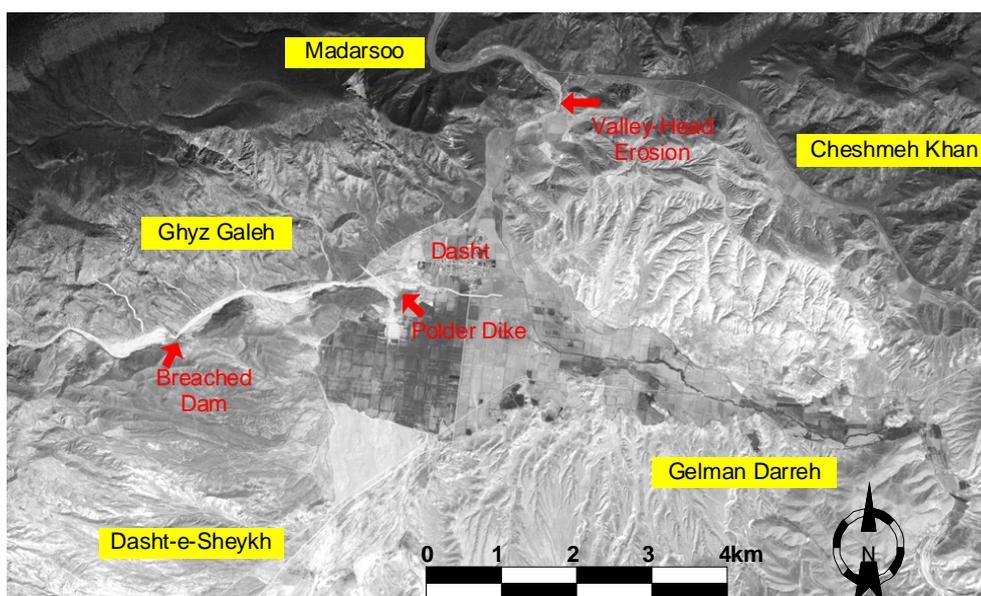


図 PL.15 ダシュト村周辺の状況(衛星画像)

次図は、エネルギー省タングラール水位観測所の横断面の経年的な変化を示したものである。標高の精度には問題があるが、洪水前後、川幅が 20m から 100m に大きく拡大している。

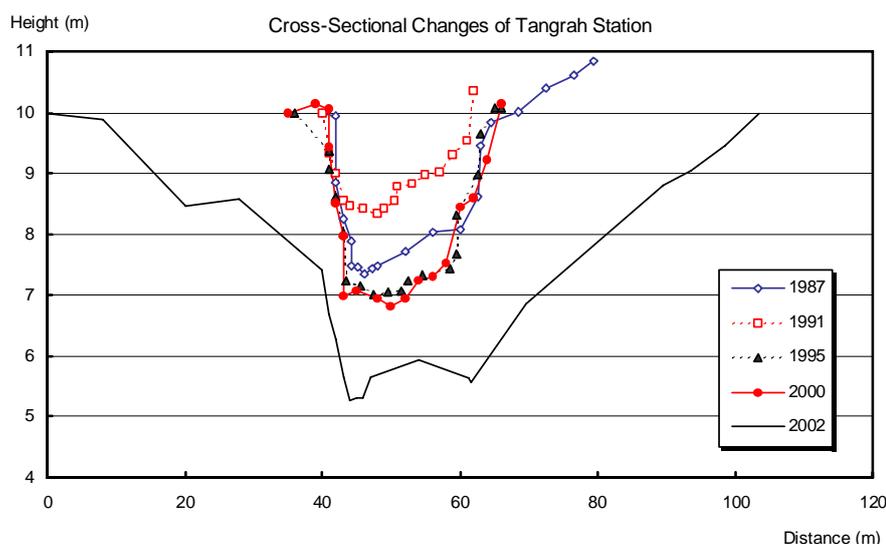


図 PL.16 タングラー観測所の横断面の経年変化