

チュニジア国
農業水資源省
ダム大規模水利施設局

チュニジア国
メジエルダ川総合流域水管理計画調査

最終報告書
第 II 巻
主報告書

平成 21 年 1 月
(2009 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

委託先
日 本 工 営 株 式 会 社

環 境

J R

09-003

序 文

日本国政府は、チュニジア国政府の要請に基づき、メジェルダ川総合流域水管理計画にかかる開発調査を実施することを決定し、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18年11月から平成20年11月まで、日本工営株式会社の川村浩二氏を団長とし、同社から構成される調査団を現地に派遣いたしました。

調査団は、チュニジア国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、本計画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戴いた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成21年1月

独立行政法人国際協力機構
理事 松本 有幸

平成 21 年 1 月

独立行政法人 国際協力機構
理事 松本 有幸 殿

伝 達 状

今般、チュニジア国メジェルダ川総合流域水管理計画調査を完了致しましたので、ここに最終報告書を提出申し上げます。

貴機構との契約に基づき、日本工営株式会社が本調査を平成 18 年 11 月から平成 21 年 1 月までの間に実施してまいりました。

本調査では、メジェルダ川流域の洪水防御に重点を置いた総合流域水管理のためのマスタープランを策定致しました。ここに提出する報告書は、これらの調査結果をとりまとめたものであります。本報告書は、要約、主報告書、附属報告書、データ集で構成されています。

本報告書を提出するにあたり、全調査期間に亘り多大なご指導とご支援を賜った貴機構、国内支援委員会の関係者各位に対し、心から感謝の意を表すものであります。また、農業水資源省ダム大規模水利施設局をはじめとするチュニジア国の関係諸機関、貴機構チュニジア事務所ならびに在チュニジア日本国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します。

川村 浩二
チュニジア国メジェルダ川総合
流域水管理計画調査団長

写真



農業水資源省とのインセプションレポート
協議議事録の調印(2006年12月)



第1回運営委員会
(インセプションレポート協議)
(2006年12月)



カウンターパートとの現地踏査
(2006年12月)



メジェルダ川上流域：
アルジェリア国との国境付近



メジェルダ川の中流域：
河川周辺の繁茂樹木



メジェルダ川下流域：
17世紀に建設された歴史的橋梁



ジェンドウバ市洪水痕跡
(2000年5月 / 2003年1月)



ブサレム市洪水(2003年1月):
家屋の浸水被害の様子



聞き取り調査(2007年9月):
洪水に係る社会的受容



聞き取り調査(2007年9月):
洪水に係る社会的受容



カウンターパート本邦研修(2007年10月):
淀川のスーパー堤防



第2回セミナー(メジェズエルバブ大学、2008年
11月14日): 農業水資源省副大臣による開会の辞

I. 序論

- 1.1 本最終報告書は、「メジェルダ川総合流域水管理計画調査」の全ての調査結果及び成果を記載しており、以下の構成からなる。
- 第 I 巻 要約（英文、仏文、和文）
 - 第 II 巻 主報告書（英文、仏文、和文）
 - 第 III 巻 附属報告書（英文、仏文）
 - 第 IV 巻 データブック（英文）
- 1.2 本調査の目的は以下のとおりである。
- メジェルダ川流域の洪水防御に重点を置いた総合流域水管理のためのマスタープランを策定する。
 - チュニジア国側のカウンターパートに対して、調査やトレーニングプログラムへの直接参加を通して洪水防御に重点を置いた総合流域水管理に関する技術移転を行う。
- 1.3 調査対象地域はメジェルダ川流域全体である。また、水資源管理の観点から同国の最北部地域およびイシュケル湖流域も対象とした。

II. 調査対象地域の現状

自然状況

- 2.1 チュニジア国は北アフリカ沿海諸国のほぼ中央に位置し、その北部と東部は地中海に、南部はリビアに、そして西部はアルジェリアに接している。国土面積は 162,155 km² で、古くはマグレブ国家の一つとして存在した。チュニスに首都を置く。同国は、ヨーロッパとアフリカの間に位置する地中海沿岸地域の東西を結ぶ要衝に位置している。
- 2.2 メジェルダ川は同国において通年で流水を維持する唯一の河川であり、その流路延長は 312 km である。メジェルダ川流域は、そのほとんどが平均年間降雨量 400 mm~600 mm の気候区に区分され、全流域面積 23,700 km² の内 7,870 km²（約 33%）がアルジェリア国に含まれる。
- 2.3 チュニジア国最北部およびメジェルダ川流域が位置する北部地域は、冬季には温暖湿潤、夏季には高温乾燥した気候を示す。年平均降雨量、年平均気温は調査地域内で南に行くにつれてそれぞれ前者が減少、後者が増加する傾向が見られる。調査地域の北西部では、年平均降雨量が 1,000 mm を超え、南部では 300 mm に満たない。通常、気温、蒸発散量、日射時間は 7 月~8 月に最大に達し、一方、湿度と降雨量はこれらの期間に最も小さくなる。調査対象地域の年平均気温は 17 から 20 、年平均湿度は 60% から 68% である。年平均蒸発散量は 1,300 mm から 1,800 mm の間で変化する。

メジェルダ川流域の社会経済状況

- 3.1 メジェルダ川流域内の人口は、2004 年時点で 1,330,000 人と算定されている。同流域は、

チュニジア国土の 9.8%を占めるに過ぎないが、流域内人口はチュニジア国総人口の 13.4%に相当する。同流域の人口密度(84.0 人/km²)は、全国平均 61.1 人/km²を上回っている。主としてメジェルダ川本川沿いの平野部に集中しており、流域内の人口密度は、特にチュニス首都圏、アリアナ県、マヌーバ県といった河口付近の沖積平野で高くなっている。

- 3.2 2004 年に実施された国勢調査によると、チュニジア国における労働者数の内訳は、サービス業 48.8%、製造業 19.4%、その他鉱工業 14.5%、農業部門 16.2%となっている。
- 3.3 農業部門はメジェルダ川流域において経済の中軸を担っており、87,500 人の雇用を吸収している。流域内の農業は、豊富な降雨量と肥沃な農地の恩恵のもと発展してきた。広大な農地は、乾燥地帯 10,392km² の畑地(流域面積の 65.6%)、1,489km² の灌漑地域(同 9.4%)で構成されている。灌漑地域は、主にメジェルダ川流域本川沿いの平地に発達している。

III. 水 文・水 理

主要既往洪水の特性

- 4.1 メジェルダ川流域の洪水特性は、降雨特性に連動した地域別の特徴を有する。南部(右岸側)流域の支川からの洪水は、ピークが尖った波形を示し春(4 月から 5 月)から秋(9 月から 10 月)にかけて発生する。メジェルダ川上流域や北部(左岸側)の支川では、12 月から 2 月、3 月にかけての冬季に降水量が大きいいためこの時期に洪水が起こり易く、右岸側流域よりも継続時間が長くピークの平坦な洪水波形を示す傾向がある。ごくまれに観測されているが、メジェルダ川流域全体に渡る大きな降雨があると大規模な洪水に繋がっている。
- 4.2 1973 年 3 月洪水は、i) 洪水量、降雨とも「大きな単一ピーク」を示し、ii) 流域全体に降った豪雨がメジェルダ川全沿川に大規模な氾濫をもたらした、と特徴づけられる。洪水ピーク流量の確率規模はガルディマウ観測所地点で 1/80、降雨規模は 1/20 から 1/50 程度であった。一方、高水位の継続時間や湛水時間は 1 週間程度以下と短かった。
- 4.3 2000 年 5 月洪水は、シディサレム貯水池の上流域、特にジェンドゥバとブサレム地域で深刻な氾濫をもたらした。この洪水の水文的に顕著な特徴は、i) メレゲ川への尖った単一ピークの洪水流入波形による大きな流入量と、ii) メレゲ川、テッサ川、ラライ川流域における降雨の地域的偏在(3 流域: 1/30 から 1/50、その他の支流: 1/5)であった。ガルディマウ観測所地点のピークが 1/5 から 1/10 に対して、メレゲ川流域の K13 流量観測所地点のピーク流量は 1/80 と算定された。
- 4.4 このようなメレゲ川への急激で大きな洪水流入により、メレゲダムは放流を余儀なくされ、この放流量は下流河道の流下能力を超え氾濫が発生した。
- 4.5 2003 年 1 月洪水は、i) ガルディマウ観測所地点への流入洪水が複数のピーク(長い継続時間)を持つこと、ii) 複数ピークの降雨があったことにより特徴づけられる。2004 年 1 月洪水でも同様な特徴が観察された。ガルディマウ観測所地点での洪水ピーク流量は、1/15 と算定されるが、洪水の総流入量(30 日間に 4 ピークの総計 197 百万 m³)の発生頻

度は 1/70 程度となる。

- 4.6 2000 年 5 月洪水と 2003 年 1 月洪水の比較で見ると、2003 年 1 月洪水の顕著な特徴が指摘できる。下表に見るとおり、この 2 洪水のシディサレム貯水池への最大流入量はほぼ同程度であるが、2003 年 1 月洪水では大流量の継続時間が長かったためこの 2 ケースではダムからの最大放流量に大きな差が生じた。

2003 年 3 月洪水と 2000 年 5 月洪水のシディサレムダム流入量・放流量の比較

洪水	最大流入量 (シディサレム)	総流入量 (ブサレム観測 所地点の 30 日間累計)	放流量 (シディサレム)	ピーク
2000 年 5 月洪水	1022 m ³ /s	157 M m ³	52 m ³ /s	1 回
2003 年 1 月洪水	1065 m ³ /s	827 M m ³	740 m ³ /s	4 回

出典：JICA メジェルダ川調査団

シディサレム貯水池は、第 1・第 2 番目の流入波形を調節することができたが、第 3 番目のピークが到達したことで放流量を 740m³/s まで増加した。流入量と降雨が複数回発生したことにより、シディサレムダムの上流域、下流域ともに湛水期間が長引く結果となった。特に、下流域では 1 ヶ月間またはそれ以上も続いた。

主要既往洪水の水文特性からの示唆

- 5.1 既往洪水は流域内の個別の水文特性によって発生していることがわかった。特に、以下に示す水文現象の組合せが流域の洪水特性を決定づけていると言える。
- アルジェリア国側からメジェルダ川本川（ガルディマウ観測所地点）およびメレゲ川（K13 観測所地点）への流入量
 - メジェルダ川流域のチュニジア国内降雨量（ピーク、総雨量、時間分布、地域的偏向性）
- 5.2 流域左右岸の支川流域からの流出特性の相違は、留意すべきもう一つの水文現象である。
- 5.3 洪水特性と被害の大小は、上記に示した水文現象に加えて以下の流域内水理的条件が影響している。すなわち、i) 貯水池水位、ii) ダムからの放流量、iii) 本川、支川および河川構造物地点の流下能力。

IV. 洪水防御に関する問題・課題の特定および評価

水供給を目的とする貯水池運用

- 6.1 現在、メジェルダ川流域における多数の貯水池は、常時満水位を極力保つように運用されている。また、渇水年の水需要を満足させるために貯水池はできる限り流入量を貯留するように運用されている。洪水調節のための貯水池運用の主たる問題は、水供給を目的とした貯水池運用の操作基準が明確に設定されていないことと関連している。
- 6.2 過去に実施された「Eau 2000」調査および「水資源最適管理調査（GEORE）」において、貯水池の操作規則と水資源の最適配分が試算された。
- 「Eau2000」は、水資源配分の最適化のために確率動的計画（SDP）法を用いた貯水池解析を 1993 年に発表した。この解析の目的は、需要と供給の差の最小化である。しかし、本調査で入手した資料は利水安全度に関する説明がなされていない。加え

て、この調査ではチュニス及びその他主要都市へ水を供給するキャップボン運河の塩分濃度調整は考慮されていない。

- 1980年代後半にドイツ技術協力公社（GTZ）の援助による「水資源最適管理調査（GEORE）」において、コンピュータによる利水のための貯水池運用の最適化モデルが作成されている。しかし、このモデルは新規及び計画中のダムが考慮されていないために使用されていない。

6.3 上記の状況から、本調査では洪水調節容量の検討にあたって最初に所用の利水安全度を満たす貯水池の利水容量を設定する必要があった。農業水資源省の水供給に係る基準などの情報が入手できなかったため、各貯水池で確保すべき貯水容量を算定するために水収支計算を実施した。

6.4 水収支計算は、飲用水および農業用水を供給しているチュニジア最北部・メジェルダ川流域水供給ネットワークシステムの27箇所の貯水池群（既存及び計画）を対象に実施した。計算は、各貯水池における流入量から流出量および損失を差し引いた各貯水池の収支に基づくものである。予備的な水収支計算のために下表に示す5つの渇水シナリオを想定した。

想定される渇水シナリオ

渇水シナリオ	総流入量* 百万 m ³	平均に対する% としての合計**	種類
1: 1年 1960	1,044	55%	Dry
2: 2年 仮定	2,088	55%	Dry
3: 2年 1987-88(歴史的渇水)	1,582	41%	Very dry
4: 3年 仮定	3,132	55%	Dry
5: 3年 1992-94(歴史的渇水)	2,204.5	38%	Very dry

* チュニジア北部地域の27箇所のダムの流入量 **平均流入量 1946-1997=1912 百万 m³/year
出典：JICA メジェルダ川調査団

農業水資源省は水文的渇水を以下のとおり定義している。

- ・ 年流入量が平均の70%未満の年を「dry」とする。
- ・ 年流入量が平均の50%未満の年を「very dry」とする。

1960年の渇水が5年に1度(T=0.2)の頻度の渇水であるため、1960年を標準的な渇水年とした。この頻度は、「Eau2000」調査で用いられた標準渇水年の定義と一致するものである。

また、2年または3年に及ぶ歴史的な渇水は非常に深刻であった。水収支の概略検討結果によると、両渇水期間の水需要を満足するためには、ほぼ全ての貯水池で耕作期前に利水容量の100%を貯水しておく必要がある。さらに、貯水容量の完全な枯渇を避けるためには、2年目と3年目に需要の制限を行う必要がある

6.5 農業水資源省との協議の結果、水収支計算の対象としては次の3つのシナリオが選定された。

水収支計算のために選定された渇水シナリオ

渇水シナリオ	発生確率
1: 1年 標準渇水年	1/5
2: 2年 仮定	1/9*
3: 3年 仮定	1/11**

備考: * 2年周期 ** 3年周期
出典：JICA メジェルダ川調査団

上記の条件とは別に、農業水資源省より 2 年目に灌漑需要を 20% 削減した上で、2 年連続渇水における検討を依頼された。

- 6.6 水収支計算の結果より、チュニジア最北部・メジェルダ川流域の水供給計画では 2 年連続および 3 年連続渇水で水不足が発生することが確認された。これらの水不足の概要を下表に示す。

選択された渇水シナリオにおける水不足の比較結果

渇水シナリオ	需要制限	年	チュニジア北部での不足 (百万 m ³ /年)**		
			2010	2020	2030
1 year	なし	1	0	0	0
2 year	なし	1	0	0	0
	農業の 20%	2	6.0	19.1	68.6
2 year	なし	1	0	0	0
	なし	2	6.7	21.1	75.2
3 year	なし	1	0	0	0
	なし	2	6.7	11.4	62.4
	なし	3	84.5	267.1	377.8

** チュニジア最北部・メジェルダ川流域水供給計画の 27 箇所のダム

出典：JICA メジェルダ川調査団

- 6.7 2 年連続渇水を対象とした場合、渇水の発生は局所的かつ限定的で農業による水需要が貯水池容量を超えるメレゲ 2、ラクメス、シリアナおよび ルミル貯水池で発生する。その他のダムでは、この 2 年連続渇水において水供給に影響を与えずに貯水池の洪水調節容量の追加配分が可能である。本調査では、利水安全度を確保しつつ洪水防御のために常時満水位以下で「追加的洪水調節容量」を設定した。
- 2 年連続渇水のシナリオは現実的かつ受け入れられるリスクである。従って、農業水資源省は、貯水池の利水容量と追加的洪水調節容量の配分設定のためにこのシナリオを用いることに同意した。
- 6.8 3 年連続渇水は、飲用水と農業用水への徹底した需要制限が適用されない限り対応は不可能である。このシナリオにおいて水不足を最小化するためには、多くのダム貯水池で 9 月の始めまでにできる限り満水とする必要がある。そのため、この渇水シナリオでは洪水調節容量を貯水池に追加配分することは難しい。

洪水被害および既存対策

- 7.1 洪水で度々被害を受けている洪水常襲地域は、主にメジェルダ川本川沿いの低平地に位置しているジェンドゥバ、メレゲ川とメジェルダ川の合流点、ブサレム、シディスマイル、スルギア、メジェズ・エル・パブ、エルヘリ、デボルバ、エルバタン、ジェデイダ、エルヘナ、シャフル川とメジェルダ川の合流点およびエルマプトゥである。1973 年 5 月洪水や 2003 年 1・2 月洪水のような大洪水において甚大な被害を被ったことが本調査で明らかになった。
- 7.2 過去の深刻な洪水による被害は農作物、家屋/家財道具、インフラストラクチャーなどの直接被害および商業機会の損失、交通遮断、塩分濃度の悪化などの間接被害である。
- 7.2 農産物の被害は主にオリーブ、穀類、野菜、果物である。家屋に関しては、一般的に窓、壁、屋根、家具、床などが洪水被害を蒙っている。調査地域の平均被害額は次の通りで

ある。

- ・ 農民 : 25,917 ディナール/農民
- ・ 商店 : 5,044 ディナール/店
- ・ 工場 : 10,963 ディナール/工場

- 7.4 メジェルダ川流域の既存洪水防御対策は、主にダムによるものである。これは、メジェルダ川流域の流出特性としてピーク流量が大きく、また流出量が大いことによる。実際に、メレゲダムとシディサレムダムはこれらの下流域における洪水リスク軽減に重要な役割を果たしている。そのため、河川改修を伴う堤防は最小レベルで整備されており、数箇所の短い区間に限られている
- 7.5 ダム以外では、トピラス地区の可動堰がメジェルダ川下流区間と海への放水路との流量調整を行う極めて重要な役割を担っている。放水路は 1950 年代に、また可動堰は 1990 年代に建設された。

洪水調節を目的とした貯水池運用

- 8.1 メジェルダ川流域の貯水池は、その規模や目的が大きく異なることから各貯水池に期待できる洪水調節効果を吟味の上、洪水調節に重要な貯水池として次の 7 貯水池が連携運用に向けた貯水池操作改善の検討などのために選定された。
- 4 既存貯水池：シディサレム、メレゲ、ブヘルトゥマ、シリアナ
 - 3 建設・設計/計画中貯水池：サラ、メレゲ 2、テッサ
- 8.2 ダム操作記録によれば、多くのダムで既往最高水位が一度もサーチャージ水位に到達していない。これは既往洪水（例えば、2003 年洪水）において洪水調節容量が十分に活用されていなかったことを示唆している。
- 8.3 シリアナ貯水池の洪水調節容量の 13%が 2003 年 12 月に洪水調節目的で使用され、またブヘルトゥマ貯水池の洪水調節容量の 18%が 2003 年 1 月に使用されている。両ダムとも洪水調節用の自然越流調節方式洪水吐（ゲート無し）が設置されている。一方、メレゲダムではゲート式洪水吐が設置されており、洪水時のダム（洪水吐、底部放水口など）からの放流が効果的に操作されている。2003 年 12 月には計画洪水調節容量のほぼ全て（98.6 百万 m^3 = 計画洪水調節容量の 96%）が洪水ピーク流量の低減に活用された。
- 8.4 このように、洪水の規模や場所的・時間的な分布など様々な留意事項があるが、メジェルダ川流域では全ダム群の総洪水調節容量の約半分が洪水調節のために使用されているといえる。

河道管理

- 9.1 恒常的な土砂堆積は河川通水断面の著しい減少を招き、河川通水能力の低下をもたらしている。
- 9.2 灌漑、飲用水、発電、洪水防御などを目的とした貯水池の運用による河川流量の調整が、下流河道に長期にわたる流量および流速の減少をもたらしていることから、河道内では河床上昇現象が助長されており、一方、洪水時の貯水池放流によるフラッシング効果によってしばしば堆砂の排除がなされている。

- 9.3 橋梁などの河川横断構造物地点では通水断面が他の地点に比べて狭隘になっている。洪水時にはこの地点がボトルネックとなり、数キロ上流まで水位が上昇する背水現象が発生している。例えば、エルバタンの橋梁やメジェズ・エル・バブのアンダルス橋（次の写真参照）は、多数の橋脚が通水能力に影響を及ぼしている。通水面積の減少が洪水時に頻繁に深刻な洪水被害を招いている。



歴史的橋梁：アンダルス橋（メジェズ・エル・バブ市）

洪水予警報

- 10.1 メジェルダ川流域の洪水予警報（FFWS）は、2002/2003年の大洪水でメジェルダ川流域が深刻な被害を受けたため、フランス開発局（AFD）の水分野投資事業（PISEAU）プログラムによる技術・資金援助でテレメータシステムが整備されたものである。新しいテレメータシステムでは、2007年8月時点でチュニジア国全土に75箇所の観測所を整備しており、現在試験運用段階にある。75箇所の観測所の内56箇所がメジェルダ川流域に設置されている。
- 10.2 洪水予測に関連する主な機関は、農業水資源省下に組織された水資源局、ダム及び大規模水利施設局、農業教育研究所および地方事務所、ならびに気象協会である。また、警報システムに関連する主な機関は、住民保護局、国家公安局、国家警察および内務省の権限下にあるそれらの行政区域レベルの地域部局である。
- 10.3 メジェルダ川流域の新テレメータシステムは、4つの下部システム：すなわち、観測、データ送信、解析および警報伝達システムで構成される。このシステムは設立直後ということもあり、今後の効率的・効果的な機能強化に向けて改善の余地も残ることが指摘される。

避難・水防活動

11. 地域の住民保護局は、国家公安局、警察および軍隊と連携し、地域レベルの避難・水防活動の責任を負っている。軍隊を除き、これらの機関は内務省に属している。また、軍隊は国防省に属している。避難・水防活動に関する課題は以下のとおりである。
- 氾濫発生前に避難が完了したか否かが確認されていない。
 - 住民の中には、財産を移動することが困難であるため避難せずに自宅に留まることを余儀なくされている。
 - 住民に対して、明確で理解しやすい避難計画や避難図が作成されていない。

組織・法制度

- 12.1 チュニジア国では、水法（1975）が水資源管理に係る基本法規である。また、「地中海地域における渇水緩和・適応計画(MEDROPLAN)と題する論文の技術関連補遺（案、2006）」には、チュニジア国における統合水資源管理（IWRM）に係る現在の組織・制度体制に関する基本的な事項が記載されている。この中で、同国には河川工事及び水利施設に関する計画/設計基準、実践マニュアルなどは存在しないと報告されている。また、計画、設計、建設、運用、維持管理およびモニタリングなどの日常業務に適用できる技術的規則や指針類も作成されていない。
- 12.2 農業水資源省は、2001年2月13日付省令第2001-419号の第2条に従って水管理を委託されている。同省の任務は、省令第2001-420号（2001年2月13日付）に規定される法体系の下で各部局により遂行されている。
- 12.3 法規第68-33号（1968年7月2日付）により設立された国家水供給施設会社（SONEDE）は、農業水資源省傘下の自治的な組織で、チュニジア国全体の生活用水および工業その他の水利用（非農業用水）を管理している。
- 12.4 北部水路導水路会社（SECADENORD）は、法規第84-26号（1984年5月14日付）によって設立され、農業水資源省の管轄下で財政上の自立性を保っている。同社は、北西部の導水路ネットワークの維持管理責任を負う。すなわち、北部水路、シディサレムダム・イシュケル湖地域および最北西部から淡水が不足する国内北東部、中央部、南部地域の利水者への導水システムを管理している。
- 12.5 チュニジア国の洪水防御管理は、洪水の状況に応じて随時に行われてきており、組織・制度の視点から、洪水防御に着目した流域計画や管理に関する問題・課題が以下のとおり列挙できる。
- (a) リスクへの対応や洪水の公表を除けば、洪水防御活動/管理の常設部局や官公庁の業務が中央および地方政府機関には存在しない。
 - (b) 洪水防御および水供給の計画/設計や貯水池運用のために文書化された技術ガイドラインや基準がない。
 - (c) 洪水防御への権限が分散している：地方や農村地域は農業水資源省、都市地域は施設省が担当している。
 - (d) 水防活動への権限が分散している：予測および通知は農業水資源省、また警報や水防/避難活動は内務省の住民保護局が担当している。
 - (e) 流域の土砂管理が不十分である：河道内や貯水池の堆砂が洪水の大きな要因となっている。
 - (f) アルジェリア国との河川流域管理の協力が不十分である：洪水予警報のために特に降雨および流量データが必要となっている。

環境社会配慮

- 13.1 ユネスコ（UNESCO）の世界遺産に登録されているイシュケル湖国立公園は、本事業対象地域周辺に位置していないこと、また現状と同等の水量が最北部の飲用水および農業用水の利用者と同様に保証されるのでメジェルダ川の洪水による大きな影響は生じない。
- 13.2 フェイジャ国立公園は、調査対象地域内で唯一の国立公園であるが、メジェルダ川から離れ、また標高が高いことから、メジェルダ川の洪水への不安はないと思われる。しか

- し、急斜面もあり森林火災や地滑りが流域の荒廃やメジェルダ川の堆砂を招くこととなるため森林の減少を防ぐべく注意深い監視が必要である。
- 13.3 国際自然保護連合（IUCN）によると、チュニジア国内には哺乳類 80 種、鳥類 362 種、爬虫類・魚類 500 種以上が生息している。メジェルダ川流域内には絶滅が危惧される動植物の生息は確認されていない。本調査では、多数の魚類が貯水池に放流されていることを確認しており、河川及び貯水池に魚類が生息することは明らかである。
- 13.4 生息魚類は、北アフリカ特有の *Barbus callensis*（コイ科 *Barbus* 属）、ティラピア（*Cyprinus carpio*）数種類のボラとナマズなどである。多くの地域住民が漁業で生計を立てているため、これらの魚類を保護することは重要である。魚類の個体数確保のためにはメジェルダ川の最低限の流量と水質の維持が必要である。
- 13.5 本調査対象地域内には、世界遺産に登録されている歴史的遺産や考古学的遺跡は存在しないが、メジェルダ川には文化的資産となっている古い橋梁がメジェス・エル・バブ市、ジェデイダ市およびビゼルテ市に現存する。

V. マスタープラン策定の基本方針

- 14.1 本調査の主目的は、メジェルダ川における洪水の持続可能な防御および管理のためのマスタープラン策定である。また、本調査の最上位目標は、マスタープランに沿った洪水防御対策の実施により洪水に対する安心・安全を確保し、社会福祉および国家・地方の経済成長による国益の確保である。本調査では、現実的かつ実践的な対策を提案することとした。
- 14.2 このような考えのもと、マスタープランは以下の方針に沿って策定されている。
- (1) 統合洪水管理のコンセプトに基づく包括的な洪水防御アプローチ
- 洪水管理は、これまで防御的な対応が重点的に取り組まれてきたが、近年、防御的な対応から洪水リスクを先取りする管理へのパラダイムシフトが必要であると認知されており、このパラダイムシフトは統合洪水管理（IMF）の実施を推奨している。
- 流域資源の有効活用の最大化を方針とする場合、氾濫原における生産性の維持と増大に努力すべきである。一方、洪水による経済や人的な損失を無視することはできない。洪水を独立した問題として取り扱うことは、必ず部分的で地域的なアプローチに終わることとなる。統合洪水管理は洪水管理の伝統的かつ断片的なアプローチからのパラダイムシフトを求めており、洪水対策の計画に際しては統合した洪水管理を達成する次のアプローチで取り組むこととした。
- 水循環全体の管理
 - 統合的な土地と水の管理
 - 対策の最適な組合せの採用
 - 参加型手法の確保
 - 総合的な危機管理手法の導入
- (2) 水供給の安全確保の優先
- 乾燥地域および半乾燥地域に位置し、一滴の水も無駄にできないチュニジア国において、水資源は限られた貴重な資源である。そのため、同国は水利用を優先した国家水管理計

画を策定している。したがって、メジェルダ川流域を含む北部地域の比較的豊富な表流水を開発して必要な利水量を確保することは極めて重要な課題である。

水供給リスクと洪水防御リスクがトレードオフの関係となるため、メジェルダ川流域の洪水防御計画は水供給の安全を優先しつつ水利用計画との調和を図っていくものとする。

(3) 施設の対策と非施設の対策との役割分担

洪水氾濫の完全な防御は、技術的に実現不可能であり、また経済面や環境面でも実行可能なものではない。そのため、洪水防御対策は洪水被害の軽減を目的とするべきであり、そのためには施設の対策と非施設の対策との適切な組み合わせが重要となる。

施設の対策は計画洪水流量までの治水を主眼とし、技術的に実現可能でかつ経済性や環境面でも妥当なものでなければならない。一方、非施設の対策は超過洪水による洪水被害の軽減を主眼とし、さらに施設の対策の洪水防御機能を維持する役割を担っている。

(4) 洪水防御対策に対する社会的受容への留意

洪水防御対策は、洪水リスクや被害を受けやすい洪水氾濫区域の住民からの要望・期待との調和を図る必要がある。そのため、本調査では洪水リスクの受容についてメジェルダ川流域の上流、中流、下流において住民へのインタビュー調査及び中央/地方政府職員や地元住民を含む関係者とのステークホルダー会議を2回開催した。インタビュー調査及びステークホルダー会議では、洪水防御対策の社会的ニーズ、要望、意見及び支持を聴取し、それらの情報をマスタープラン策定のための意思決定に活用することとした。

VI. マスタープランの骨子

15.1 本調査におけるマスタープラン策定の基本方針に基づき、本調査では、計画目標年次である2030年までに洪水防御事業の確実かつ適時の効果を実現させるために以下の6プロジェクト（2施設の対策および4非施設の対策プロジェクト）から構成される洪水防御マスタープランを提案している。

(1) **施設の対策**：メジェルダ川沿川の市町村地域及び農地を計画洪水以下の洪水に対して防御する。

1-1 貯水池洪水調節機能強化プロジェクト：7箇所の既設ならびに将来貯水池（シディサレム、メレゲ2、シリアナ、その他）について相互の連携運用も図りながら洪水調整の方法を改善して下流河道における洪水ピーク流量の最小化を図る事業。

1-2 河川改修プロジェクト：計画洪水までを河川から越流させず安全に流下させる事業。

(2) **非施設の対策**：超過洪水発生時の減災ならびに施設の対策による洪水防御効果の確実かつ持続的な発現を図る。

2-1 既存洪水予警報システム(FFES)強化プロジェクト：(i) 貯水池洪水調節機能強化プロジェクトおよび(ii) 避難・水防体制強化プロジェクトを効率的、効果的に展開するために必要となる早期の洪水情報提供を行う事業。

2-2 避難・水防体制強化プロジェクト：洪水による人的被害を避け、また資産被害を最小限にする事業。

2-3 組織能力開発プロジェクト：提案された洪水対策を計画・設計から維持管理まで効果的に実施できるように実効性の高い統合された実施体制を構築する

事業。

2-4 氾濫原規制・管理プロジェクト：メジェルダ川沿川の低平地における超過洪水による洪水リスクおよび被害の最小化を図る事業。

上記の 6 プロジェクトは、十分かつ持続的な効果達成のため、相互にかつ密に補完する必要がある。これらのプロジェクトの相互関係を図 15.1 に示すとともに以下に説明する。

15.2 プロジェクト 1-1 およびプロジェクト 1-2：両プロジェクトは、計画対象洪水まで相互に補完し合い洪水氾濫を防止するものとして計画する。プロジェクト 1-1 は、メジェルダ川流域の洪水防御において重要な 4 箇所の既存貯水池（シディスサレム、メレゲ、プヘルトゥマ、シリアナ）と、3 箇所の将来建設予定の貯水池（メレゲ 2、サラ及びテッサ貯水池）の合計 7 箇所の選定された貯水池の洪水防御機能を強化するものである。具体的には、貯水池からの洪水ピークの軽減を図るために、貯水池での洪水時運用ルールを改善する。

しかし、貯水池下流域からの流出があるため、これらの貯水池が下流域の洪水氾濫を完全に防止することはできない。よって、下流の洪水氾濫を防ぐために、プロジェクト 1-2 が必要となる。

15.3 プロジェクト 1-1 およびプロジェクト 2-1：プロジェクト 1-1 で実施する貯水池の洪水防御機能強化は、出来る限り早期に関連する正確な洪水情報を必要とする。よって、プロジェクト 2-1 はプロジェクト 1-1 に既存洪水予警報の機能強化を通しての洪水予測などの情報を提供するために必要である。

15.4 プロジェクト 2-1 およびプロジェクト 2-2：洪水による人的被害の回避策として重要な避難及び水防活動においても、出来る限り早い洪水情報を必要とする。したがって、プロジェクト 2-1 はプロジェクト 2-2 に既存洪水予警報の機能強化を通しての洪水予測などの情報を提供するために必要である。

15.5 プロジェクト 2-3 およびその他のプロジェクト：統合洪水管理の概念において、マスタープラン内の他プロジェクトの計画、設計/施工及び維持管理を支援し適正にプロジェクト効果の持続性を確保するため、組織化された権限のある組織の配置が不可欠である。よって、プロジェクト 2-3 がマスタープランには含まれている。

15.6 施設の対策およびプロジェクト 2-4：施設の対策、すなわちプロジェクト 1-1 及び 1-2 は前述のように計画対象洪水までの洪水を防御するものである。これは、マスタープランの洪水防御計画が超過洪水による氾濫を許容することを意味する。大洪水発生時、メジェルダ川に沿った低平地で洪水氾濫が発生するが、低平地の一部は耕作地や居住地として開発されていることから、氾濫原規制・管理が大洪水時の低平地の洪水リスク・被害軽減のために重要となる。このような観点から、本プロジェクトはマスタープランに組み入れられている。

15.7 図 15.2 に 6 プロジェクトで構成されるマスタープランの概要を示す。

VII. プロジェクト設計

河川改修事業

16.1 河川改修事業の計画では調査対象地域を下流から D2、D1、U2、U1、M の 5 ゾーンに分割している。設計洪水流量として設定した 10 年確率規模 (D2、D1、U1、M ゾーン) または 20 年確率規模 (U2 ゾーン) の流量に対処するため、メジェルダ川流域の河川改修計画は下記に示す構造物によって構成した。

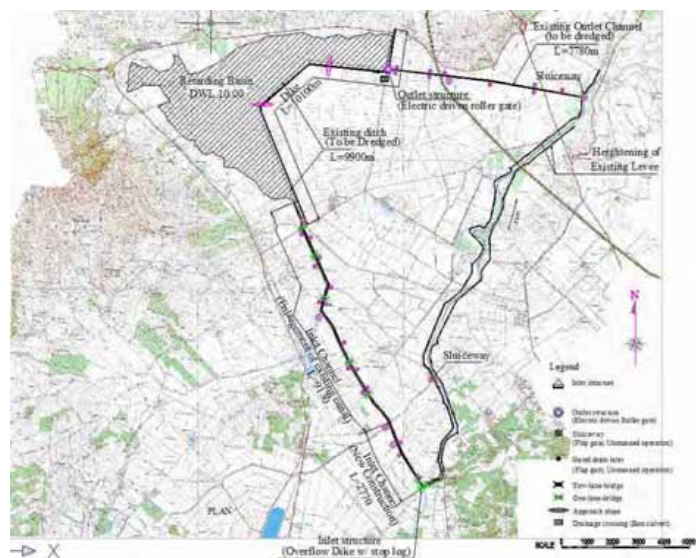
- (a) 河道改修
- (b) バイパス水路
- (c) 遊水地
- (d) 床固工
- (e) 樋管・樋門
- (f) 橋梁
- (g) その他 (護岸工および角落工)
- (h) 河道維持管理

河道改修として、技術的、経済的な観点から最適な計画河道断面が得られるまで試行を重ねた後、河道掘削、河道拡幅、築堤の組合せを提案した。各構造物の主要寸法は、本調査を通じて得られた地形測量結果を元に実施した概略設計に基づき決定した。

16.2 河道流下能力の不足及び河道拡幅の困難さを考慮して、メジェズ・エル・バブ市とブサレム市では 2 本の新規バイパス水路を提案した。メジェズ・エル・バブ市の場合、市街中心部の歴史的な古橋 (アンダルス橋) 地点の流下断面が狭窄部となっている。しかし、ダム及び大規模水利施設局 (農業水資源省) および本調査の中で実施したステーキホルダー会議における要請に従い、橋梁は貴重な歴史的遺産として移設せず現在の状態で保存することとした。

一方、ブサレム市街地はメジェルダ川の両岸に位置している。両岸とも河川改修に可能な空間は非常に限られ、またメジェルダ川に沿ったブサレム市のほとんどが洪水氾濫地域に含まれる。バイパス水路はこのような地形的状況から洪水のリスクを下げるための効果的な対策といえる。このバイパス水路の位置図を河川改修計画全体平面図 (図 16.1 および図 16.2) に示した。

16.3 チュニジア国の穀倉地帯として広く開発されてきたメジェルダ川下流域 (マヌーバ県、アリアナ県、ピゼルトゥ県) を防御するため、エルマプトゥ平野は遊水地を敷設する上で地形的に顕著な利点を持っている。遊水地は、全体面積 2,188 ha、設計容量 50 mil.m³ (ともに計画高水位 NGT.10.0 m のとき) を持ち、860 m³/s の設計流量 (10 年確率) のうち最大 200 m³/s をピークカットする計画である。遊水地の付帯構造物として、流入水路の越流堤、遊水地外縁部の囲い堤防、樋門・樋管等が建設される。遊水地の全体位置図を次図に示す。



エルマブトゥ遊水地の全体配置（出典：JICA メジェルダ川調査団）

- 16.4 改修工事の前後で現況河床勾配を著しく変化させないために、河川改修計画にはショートカット水路は含まれていない。現況河床は堆砂により上昇傾向にあることから、新規バイパス水路の流入部と流出部、エルマブトゥ遊水地の流入地点を除き床固工は計画していない。
- 16.5 最新の横断測量に基づく水理解析の結果から、4箇所の道路橋梁地点、1箇所の歩道橋付水管橋、そして2箇所の鉄道橋が河川改修工事の影響を受けることがわかった。これらの橋梁構造物の上部工の標高が設計高水位よりも下に位置するためである。ジュデイダ（ゾーン D2）の鉄道橋では、その上部工をジャッキアップして押上げ下部工の天端面に追加のコンクリートを打継げば利用可能である。一方、その他6箇所の橋梁はすべて架け替えとなる。
- 16.6 メジェルダ川沿いでは、その高水敷が主として「タマリックス」と呼ばれる樹木で覆われている状況が随所で観察できる。この樹木は、流積を減じ河道内の安定した流れを妨げており洪水防御上深刻な問題である。しかし、その反面、河岸侵食の防御にも幾分貢献しているとも言える。また、タマリックスを現地発生材として有効活用すべく、日本の伝統工法による法面保護工の材料としてメジェルダ川流域では導入可能と考えられる。
- 16.7 河川改修計画で提案している主要構造物の概要を各分割ゾーン毎に表 16.1 に掲載した。

貯水池洪水調節機能強化プロジェクト

- 17.1 メジェルダ川流域における貯水池の洪水調節機能を強化するためには、メジェルダ川のチュニジア国内にあるダム群、特に本調査で選定された洪水防御計画に重要な7貯水池に注意を払いながら1つのシステムとして有機的に運用する必要がある。このため、必要な水供給機能を確保した上で洪水時に最も効果的な最適貯水池運用を実現すべくダム群の連携運用に係る基本的操作規則に基づくシステムを構築することが重要である。
- 17.2 メジェルダ川流域の貯水池運用においては、常時満水位より上に設けられた洪水調節容量を可能な限り有効利用して、ダム下流の洪水ピーク流量を低減することが貯水池の洪

水調節機能強化にとって不可欠である。

- 17.3 この洪水調節容量の有効利用を効果的に実現するため、貯水池洪水調節機能強化プロジェクトをマスタープランに組み込んだ。当該プロジェクトの主なプログラムを以下に示す。

主なプログラム	
1.	貯水池統合運用のシミュレーションモデル改善
2.	主要7貯水池の洪水調節操作規則の改善案作成
3.	貯水池洪水調節操作規則改善案の試験運用(2雨期)、見直し、改善
4.	貯水池洪水調節操作規則の改善に関係する組織間の調整
5.	データ・情報の収集、保管、解析、伝達機能の強化
6.	プロジェクトの効果を持続させるためのモニタリング計画作成

既存洪水予警報システム（FFWS）強化プロジェクト

- 18.1 本調査では、下記の機能を強化・実現すべく既存洪水予警報システム（FFWS）の開発・改良を提案している。

- ・ 前述した施設的対策完成前の洪水リスクを最小化して洪水被害を軽減するための緊急的対策として、
- ・ 超過洪水による被害リスクを最小化して被害を軽減するための対策として、
- ・ ダム群の連携運用のため正確な水文情報を適時に伝える手段として。

このため、メジェルダ川流域では下記を目的とした洪水予警報システムが必要となる。

- 氾濫域の被害を軽減させるためのダム群連携運用を含めた河川構造物の統合管理を実現するための水文情報を提供する。
- 避難・水防活動の意思決定に必要な水文情報を提供する。

- 18.2 既存洪水予警報システムの強化のために本プロジェクトでは下記のプログラムを提案している。

主なプログラム	
1.	既存テレメータシステムへの雨量計および水位計の追加検討
2.	既存テレメータシステムへの雨量計および水位計の追加
3.	洪水予測手法およびモデルに関する調査
4.	洪水予測モデルの構築
5.	ダム放流量測定装置の設置
6.	ダム貯水池洪水調節操作規則改善案の試験運用(2雨期)と見直しの結果に基づく洪水予警報システムの改善
7.	システム操作マニュアルの作成
8.	プロジェクトの効果を持続させるためのモニタリング計画作成

避難・水防体制強化プロジェクト

19. メジェルダ川流域では避難・水防活動は現在でも行なわれているが、下記の点を強化するための改善が必要である。

- (a) 避難・水防活動の適切な開始時期を判断できるように活動開始の基準を明確化すること
- (b) 避難活動に当たって一般住民やコミュニティーの理解と協力が重要であること

とから、被害軽減についての住民意識を啓蒙すること
本プロジェクトでは下記の活動を提案している。

主なプログラム	
1.	洪水災害管理および避難計画に関し、関係機関とコミュニティの間での情報共有システムの改善
2.	避難・水防活動に必要な主要水位観測所の警戒水位に関する調査と設定
3.	避難・水防活動の開始基準の設定
4.	理解が容易な避難手順の作成と試験地域での避難訓練
5.	プロジェクトの効果を持続させるためのモニタリング計画作成

組織能力開発プロジェクト

20.1 本調査で特定された問題、課題の改善に必要な活動を実施するため、メジェルダ川流域の組織・制度強化計画案を作成した。この計画案は下記の 11 プログラムから成っている。

河川管理の統合	計画と実施の統合	運営・管理の統合
1.一流域で一管理 (メジェルダ川)	5. ダム及び大規模水利施設局の下でのプロジェクト運営委員会による、施設的及び非施設的対策の統合された計画	10.既存の水供給システムと大ダムの O&M 強化
2.IFM のための中央及び地方での常設組織の設置	6.農業水資源省による設計から維持管理までの調整能力強化	11.メジェルダ川の河道及び河川構造物の O&M のための組織新設
3.国家水評議会の任務への IFM 追加	7.ダム及び大規模水利施設局の下での PMU による設計・施工の管理と実施	
4.流域環境管理とモニタリング	8.技術ガイドライン、基準、規則の文書化	
	9. 洪水保険の整備	

20.2 チュニジア国における関連機関・組織の治水と河川の維持管理に関する経験が不足しているため、計画案は次のように 3 段階で実施することが現実的であると考えている。

主なプログラム	
第 1 段階	1. ダム及び大規模水利施設局内にメジェルダ川流域を担当する常設部局を設置する検討及び部局の創設
	2. 能力開発に係る 11 提案プログラムの詳細検討
	3. 提案プログラムの開始
	4. 第 2 段階で行なう試験プロジェクトの選定
	5. 技術ガイドライン、基準、操作規則の文書化
第 2 段階	1. メジェルダ川河川改修プロジェクトにおける試験プロジェクトの実施
第 3 段階	1. メジェルダ川の維持管理を担当する組織に関する調査と組織の設置（試験プロジェクトで組織の有効性が確認できた場合）
	2. プロジェクトの効果を持続させるためのモニタリング計画作成

氾濫原規制・管理プロジェクト

21.1 リスクレベルに基づく想定氾濫域における洪水リスクに対する脆弱性軽減のため、メジェルダ川流域では、氾濫原規制・管理が重要である。以下に示す 4 項目を、氾濫原規制・

管理計画のアクションプランとして提案する。

- ・ 氾濫解析の結果、最新の土地利用と人口統計・社会情報等に基づき、浸水区域を明らかにする（洪水危険地図）。その際、本調査で作成した GIS をアップデートして活用することも考えられる。
- ・ 氾濫に対する脆弱性を軽減し農業生産性を向上するため、洪水危険図を基に将来の土地利用計画を検討する。
- ・ 当調査で提案した施設的対策の適切な維持管理を含め、洪水管理を持続させるためのガイドラインを作成する。
- ・ プログラムの1つである訓練・セミナーを通じ、メジェルダ川流域の氾濫原規制・管理の方針を農業水資源省地方事務所及び他の地方政府組織へ普及・促進させる。

プロジェクトを実現化するためのプログラムとしては下記が考えられる。

主なプログラム	
1.	メジェルダ川流域の流出解析、氾濫解析等の詳細検討による浸水区域の設定
2.	現況の作付け情報を基にした GIS データベースのアップデート
3.	リスクレベルごとのゾーニング及び施設計画規制が入った洪水危険図の作成
4.	現況の土地利用に基づいた計画作付体系の改良に関する分析
5.	洪水危険地図作成に関するガイドラインの作成
6.	都市部と地方の土地利用規制強化に関するガイドラインの作成
7.	農業水資源省地方事務所及び他の地方政府組織を対象としたガイドラインの普及、採用、評価、有効化
8.	訓練、セミナー

VIII. 実施スケジュール

22. 洪水防御対策マスタープランの全体実施スケジュール（推奨案）は下記の通りである。

Schemes of Master Plan	Agency	Planning Period																						
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Study on M/P																								
Preparatory activities*																								
(1) Structural Measures																								
1) Strengthening flood control function of reservoirs	MARH																							
2) River improvement	MARH/MEHAT																							
- D2 (River Mouth-Laroussia Dam)																								
- D1 (Laroussia Dam-Sidi Salem Dam)																								
- U2 (Sidi Salem Dam-M/M Confl.**)																								
- U1+M (M/M Confl.*-National Boundary w/Algeria)																								
(2) Non-structural Measures																								
1) Strengthening FFWS	MARH																							
2) Strengthening evacuation & flood fighting system	MOI																							
3) Organizational capacity development	MARH																							
- First stage: Establishment of permanent division/direction																								
- Second stage: Pilot project																								
- Third stage: Establishment of O&M agency																								
4) Flood plain regulation/management	MARH																							
National Development Plan																								

Notes: * including Feasibility & Detailed Studies, fund arrangements, procurement of consulting services, etc. ** M/M Confl.=Mejerda-Mellegue Confluence

IX. 事業費

- 23.1 洪水防御対策マスタープランを構成する各プロジェクトの想定事業費は下表の通りである。

(x10³)

対策項目	チュニジア ディナール	米ドル	円
(1) 施設の対策			
1.1 河川改修プロジェクト			
- Zone D2	133,574	114,068	12,181,000
- Zone D1	173,657	148,298	15,837,000
- Zone U2	186,475	159,244	17,005,000
- Zone U1+M	60,079	51,306	5,479,000
1.1 の小計	553,785	472,916	50,502,000
1.2 貯水池洪水調節機能強化プロジェクト	5,772	4,934	527,000
(1)の合計	559,557	477,850	51,029,000
(2) 非施設の対策			
2.1 既存洪水予警報システム強化プロジェクト	5,592	4,775	510,000
2.2 避難・水防体制強化プロジェクト	2,910	2,485	265,000
2.3 組織能力開発プロジェクト	7,135	6,093	651,000
2.4 氾濫原規制・管理プロジェクト	5,238	4,473	478,000
(2)の合計	20,875	17,826	1,904,000
総計: (1)+(2)	580,432	495,676	52,933,000

出典：JICA メジェルダ川調査団

事業費用は、2008年6月の価格水準、換算レート TND1.0 = JPY91.20 = USD0.854 で見積もっている。

- 23.2 上表の「1.1 河川改修プロジェクト」のコスト内訳は、(i)建設費、用地買収費、事務管理費、コンサルタント費、(ii)物理的予備費・価格予備費、(iii)税金から成る。
- 23.3 見積金額の内、事務管理費は建設費と用地買収費合計の3%、コンサルタント費は建設費の10%として見積もっている。物理的予備費は上記(i)の合計の10%とした。価格予備費は年価格上昇率を外貨分2.1%、内貨分3.2%とし、上記(i)と物理的予備費の合計金額から算定した。
- 23.4 上表のプロジェクト1.2および2.1から2.4のプロジェクト事業費は (i)コンサルタント費、事務管理費、(ii)物理的予備費および価格予備費、(iii)税金から成る。

X. 資金調達計画

河川改修のための初期投資

- 24.1 本マスタープラン調査において提案された洪水防御のための河川改修に必要な初期投資額は554百万ディナールである。その内、実施の優先度が高いゾーンD2およびゾーンU2に必要な総費用はそれぞれ134百万ディナール、186百万ディナールである。また、建設期間中には毎年22~44百万ディナールが必要となる。
- 24.2 このように、河川改修事業には大規模な初期投資が必要となることから、その一部については国際援助機関からの低利の借入で賄うことが期待される。一方、各援助機関の支

援実績および援助方針を調査した限りでは、フランス国政府および日本国政府以外からの借款には多くを期待することは困難であると思われる。

- 24.3 チュニジア国政府が国際援助機関から借款を受けることができる場合でも、同政府は総事業費の約2～3割に相当する年間当たり4～13百万ディナールについては自らの開発予算を割り当てる必要がある。

ソフト・コンポーネントの費用

- 25.1 本マスタープラン調査において提案された洪水防御対策に係るソフト・コンポーネント（貯水池洪水調節機能強化、既存洪水予警報システム強化、組織能力開発、避難・水防体制強化、氾濫原規制・管理）の費用は、合計で約27百万ディナールと見積もられている。
- 25.2 こうしたソフト・コンポーネント事業は技術協力的な活動が中心であり、大規模インフラ事業と異なり多額の初期投資を必要としているわけではない。事業内容および費用が比較的少額なことを勘案すると、同費用は海外援助機関からの無償技術協力事業で賄うことが望ましい。

XI. マスタープランの総合評価

経済評価

- 26.1 各分割ゾーンにおける個別事業および全体事業の経済的内部収益率（EIRR）は下表に示すとおり算定された。経済的内部収益率は12.1%～33.7%で全てがチュニジア国で一般的に使用されている治水分野の「資本の機会費用」12%を越える結果となった。また、12%の割引率を使用して算出した経済的純現在価値（ENPV）および費用便益比率（B/C）はそれぞれ0および1を越える結果となった。これより、提案された各ゾーンの事業および全体事業は全て経済的な観点から経済的に健全であると判断される。

経済評価の結果

	Zone D1	Zone D2	Zone U1+M	Zone U2	全体事業
EIRR	20.5%	33.7%	12.1%	14.6%	25.0%
ENPV (百万ディナール)	19.96	230.31	0.29	13.60	264.16
B/C	2.73	5.83	1.01	1.28	3.04

出典: JICA メジェルダ川調査団

- 26.2 プロジェクトの経済性に悪影響を及ぼす方向で主要な指標を変化させた場合の EIRR 及び ENPV の感度を分析することにより、プロジェクトの経済的な健全性を分析した。また、各プロジェクトの健全性を示す別の指標として、ENPV が“0”つまり EIRR が経済的機会費用 12%になるまで変化させた指標値である分岐値（Switching Value）を算出した。

感度分析の結果

	シナリオ	EIRR	ENPV (百万ディナール)	分岐値 (Switching Value)
Zone D1	ベースケース	20.5%	20.0	-
	a. 初期投資 20% 増加	18.9%	17.7	+ 175%
	b. 洪水防御効果 20% 減	18.5%	13.7	- 63%
	c. GDP 伸び率 - 1% ポイント	18.1%	11.8	-
	d. a+b+c	14.5%	4.8	-
Zone D2	ベースケース	33.7%	230.3	-
	a. 初期投資 20% 増加	30.7%	220.9	+ 487%
	b. 洪水防御効果 20% 減	30.1%	174.7	- 83%
	c. GDP 伸び率 - 1% ポイント	31.9%	185.3	-
	d. a+b+c	25.5%	129.3	-
Zone U1+M	ベースケース	12.1%	0.3	-
	a. 初期投資 20% 増加	10.7%	-4.3	1.4%
	b. 洪水防御効果 20% 減	10.4%	-4.0	1.4%
	c. GDP 伸び率 - 1% ポイント	10.5%	-3.5	-
	d. a+b+c	7.6%	-11.3	-
Zone U2	ベースケース	14.6%	13.6	-
	a. 初期投資 20% 増加	12.6%	3.9	+ 28%
	b. 洪水防御効果 20% 減	12.2%	1.1	- 22%
	c. GDP 伸び率 - 1% ポイント	12.5%	2.2	-
	d. a+b+c	8.7%	-17.8	-
事業全体	ベースケース	25.0%	264.2	-
	a. 初期投資 20% 増加	22.4%	238.3	+ 204%
	b. 洪水防御効果 20% 減	21.8%	185.4	- 67%
	c. GDP 伸び率 - 1% ポイント	23.1%	195.8	-
	d. a+b+c	17.6%	105.0	-

出典: JICA メジェルダ川調査団

- 26.3 感度分析の結果、ゾーン D1、D2 および事業全体の経済的な健全性は指標の設定をプロジェクトにとってマイナス方向に設定した場合でも高い水準で確保できることが判明した。また、ゾーン U2 についても十分に健全性が担保できることが判明した。例えば、分岐値 (Switching Value) 分析では、初期投資額の工事費超過が当初見積額の+28% 以下、または経済的洪水防御便益が想定より - 22% 以内に収まるのであれば経済的健全性が確保されることが判明した。
- 26.4 ゾーン U1+M では、事業費のわずかな増大や便益が想定通りに発現しなかった場合、経済的便益性が確保できなくなることが分かった。このため、ゾーン U1+M の事業開始が予定されている 2027 年より前に対象地域における経済発展および浸水想定地域における資産価値の再評価を行った上で経済評価を再度吟味することが望ましい。

環境評価

27. 施設的対策である河川改修事業を実施することで発生すると考えられる影響を初期環境調査 (IEE) で評価した。初期環境調査の結果、下記の提言が得られている。
- (a) 上流域の河川改修に関して、メレゲ川の河川改修は小規模で環境・社会への影響が小さいことから実施を推奨できる。その他の事業については中程度の影響はあるが、これらは全て軽減対策とモニタリングを適切に行なうことによって防止することが

できるので事業の実施を推奨する。

- (b) 中流域の河川改修については、全ての事業について中程度の影響があるが、これらは全て軽減対策とモニタリングを適切に行なうことによって防止することができるので事業の実施を推奨する。
- (c) 下流域の河川改修についても同様である。

技術的評価

- 28.1 チュニジア国において水資源は限られた貴重な資源であり一滴も無駄にすることができない。そのため、本調査で策定した洪水防御マスタープランは、トレード・オフの関係にある利水と治水のリスクに留意し、求められる利水安全度を満足するための水供給を最優先しつつメジェルダ川流域の水利用計画との調和を図っている。
- 28.2 マスタープランを構成する洪水防御対策は、通常の洪水防御事業で採用されている従来の技術的な知見や手法を原則にして策定している。そのため、事業実施時や運用・維持管理時において対処できないような技術的課題は存在しないと考えられる。
- 28.3 洪水防御対策、特に河川改修プロジェクトと既存洪水予警報システム強化プロジェクトでは、住民の洪水リスク受容に係るインタビュー調査と2回のステークホルダー会議を通して過去に洪水で深刻な被害を受けた住民から得られた技術的な意見や要望を十分に反映させたものとなっている。
- 28.4 河川改修プロジェクトにおいて、本調査では日本国で採用されている木材を用いた伝統的工法を護岸工法として提案している。この工法は、メジェルダ川の高水敷に密集して生育している樹木（タマリックス）を活用してメジェルダ川において適用が可能なものと思われる。この工法によりタマリックスが効果的に活用可能であれば護岸の維持管理費を大幅に削減することも可能となる。さらに、河岸侵食による土地の流失防止を望む住民は、技術的ノウハウを身に着けることで、彼ら自身でタマリックスによる護岸を整備することが可能となる。この工法は、建設工事に大型建設機械を必要としない。このため、河道の維持管理の一部は住民参加型アプローチによる対応が可能である。

結論と提言

- 29.1 メジェルダ川流域の洪水問題を効果的に解決するため、計画目標年次 2030 年を考慮して策定された本マスタープランで提案する洪水対策事業は、特に近年に経験された深刻な洪水被害を緩和できること、そして技術的、経済的、環境的に妥当であると評価される。
- 29.2 主として河道の通水能力不足に起因する深刻な洪水氾濫を頻繁に蒙っている調査対象地域の悲惨な被害の現状を踏まえると、チュニジア国政府が本調査で提案している洪水対策事業の実施に向けて予算の確保、技術支援の要請など今後とるべきアクションを遅滞なく実施することを強く提案する。本提案事業の実現により次の効果が期待できる。
 - ・ 調査対象地域での長期間の洪水湛水による住民の健康への悪影響の改善
 - ・ 水害による経済停滞の改善
 - ・ 水害時の交通遮断に伴う都市機能障害の防止
 - ・ 住環境の改善及び水害リスク軽減による地域経済の活性化提案した事業のうち、以下の4事業を優先事業として可能性調査を実施することが望まれる。

優先事業	事業費 (千ディナール)	実施時期
1) D2ゾーンの河川改修 (メジェルダ川河口～ラルーシア堰間)	133,574	2011～2017年
2) 貯水池洪水調節機能強化	5,772	2011～2013年
3) 既存洪水予警報システム(FWWS)強化	5,592	2011～2013年
4) 避難・水防体制強化	2,910	2013年
	合計	147,848

出典：JICA メジェルダ川調査団

表 16.1 河川改修事業の主要構造物の諸元 (1/2)

Zone D2

I. Mejerda River			
1) Embankment			
a) Length			
Whole river stretches under planning		60,310	m
(Heightening of existing levee)		20,280	m
Actual construction plan of embankment		55,843	m
	(Left bank)	29,365	m
	(Right bank)	26,478	m
b) Height		0.5-2.5	m
2) Channel excavation/widening		Length	63,838 m
		Volume	10.0 mil. m ³
3) Sluice gate			47 Nos.
4) Revetment		Concrete frame type	2,200 m
		Stone pitching type	500 m
		Fascine mattress type	2,400 m
5) Renewal of existing bridge			3 Location
6) Raising of existing railway bridge			1 Location
7) Raising of existing road			4,600 m
II. El Mabtouh Retarding Basin			
1) Inlet channel		Improvement of existing channel	9,130 m
		New channel construction	2,770 m
2) Outlet channel			7,780 m
3) Surrounding dike		Length	10,100 m
		Height	2.0-4.0 m
4) Design storage capacity			50 million m ³
5) Design discharge		Inlet channel	Q=200 m ³ /s
		Outlet channel	Q=50 m ³ /s
6) Overflow dike of inlet channel (with stop log)		Length	80 m

Zone D1

I. Mejerda River			
1) Embankment			
a) Length			
Whole river stretches under planning		79,552	m
Actual construction plan of embankment		70,580	m
	(Left bank)	36,671	m
	(Right bank)	33,909	m
b) Height		0.5-2.5	m
2) Channel excavation/widening		Length	81,224 m
		Volume	9.4 mil. m ³
3) Sluice gate			72 Nos.
4) Revetment		Concrete frame type	1,000 m
		Stone pitching type	500 m
		Fascine mattress type	2,700 m
5) Renewal of existing bridge			1 Location
II. Majez El Bab Bypass Channel			
1) Bypass channel		Length	4,512 m
		Excavation volume	2.7 mil. m ³
2) Channel bottom width			15 m
3) Design Discharge		Mejerda River	Q = 450 m ³ /s
		Bypass channel	Q = 250 m ³ /s

表 16.1 河川改修事業の主要構造物の諸元 (2/2)

Zone U2

I. Mejerda River				
1) Embankment				
a) Length				
Whole river stretches under planning		54,971		m
Actual construction plan of embankment		67,499		m
		(Left bank)	34,833	m
		(Right bank)	32,666	m
b) Height		2.5-4.5		m
2) Channel excavation/widening		Length	42,726	m
		Volume	9.6	mil. m ³
3) Sluice gate			42	Nos.
4) Revetment	Concrete frame type		1,000	m
	Stone pitching type		500	m
	Fascine mattress type		3,300	m
5) Renewal of existing aqueduct with foot bridge			1	Location
II. Bou Salem Bypass Channel				
1) Bypass channel		Length	7,736	m
		Excavation volume	3.5	mil. m ³
2) Channel bottom width			25	m
3) Design Discharge	Mejerda River		Q = 1,140	m ³ /s
	Bypass channel		Q = 700	m ³ /s

Zone U1

I. Mejerda River				
1) Embankment				m
a) Length				
Whole river stretches under planning		5,124		m
Actual construction plan of embankment		5,124		m
		(Left bank)	2,264	m
		(Right bank)	2,860	m
b) Height		1.0-3.0		m
2) Channel excavation/widening		Length	48,217	m
		Volume	4.2	mil. m ³
3) Sluice gate			3	Nos.
4) Revetment	Stone pitching type		250	m
	Fascine mattress type		1,500	m

Zone M

I. Mellegue River				
1) Embankment				
a) Length				
Whole river stretches under planning		8,895		m
Actual construction plan of embankment		7,405		m
		(Left bank)	4,195	m
		(Right bank)	3,210	m
b) Height		1.0-3.0		m
2) Channel excavation/widening		Length	12,871	m
		Volume	0.6	mil. m ³
3) Sluice gate			3	Nos.

図15.1 メジエルダ川流域の洪水防御マスタープランの構成

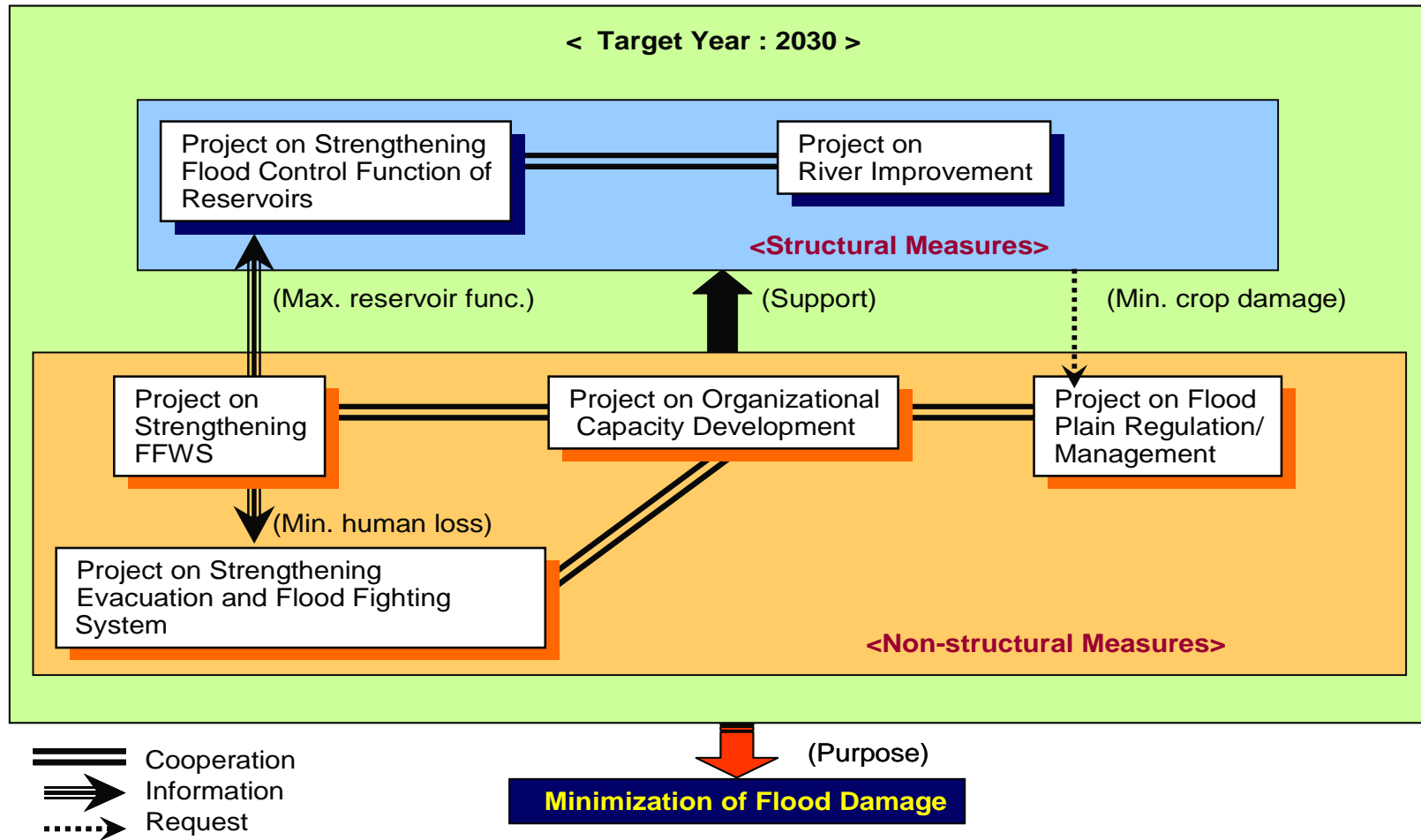


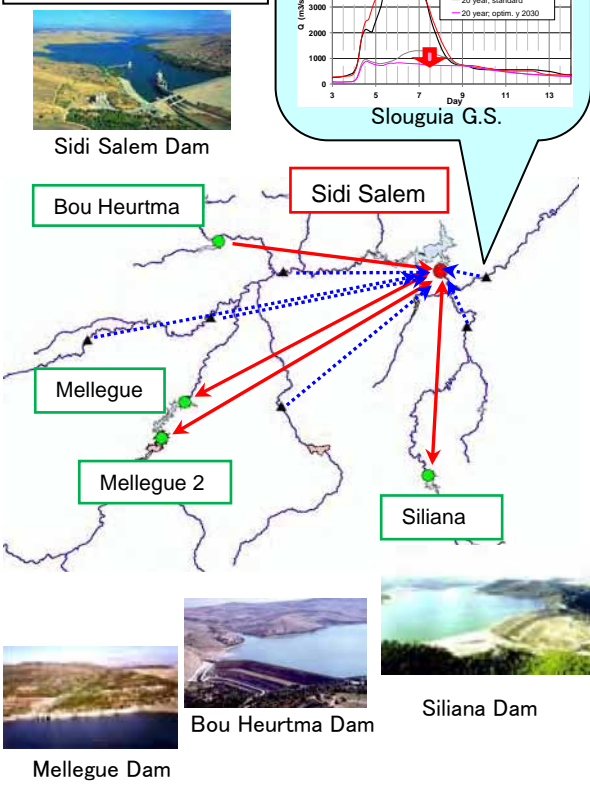
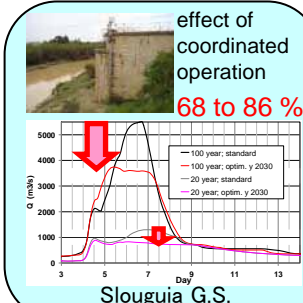
図 15.2 メジェルダ川流域における洪水防御マスタープランの概要

STRUCTURAL MEASURES

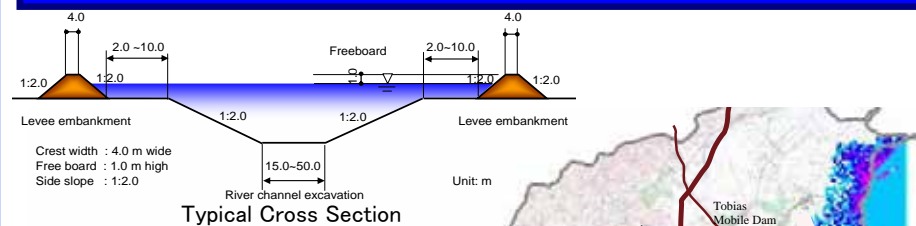
NON-STRUCTURAL MEASURES

Strengthening Flood Control Function of Reservoirs

- Legend:
- Sidi Salem Reservoir
 - reservoirs to be coordinated
 - ▲ discharge reference points



River Improvement



Zone D1: Laroussia Dam to Sidi Salem Dam (Mejerda River)

- Embankment: L=70.6km, H=0.5-2.5m
- Channel excavation/widening: 81.2km
- Sluice gate: 72 nos.
- Revetment
- Renewal of existing bridge: 1 no.

(Majez El Bab Bypass Channel)

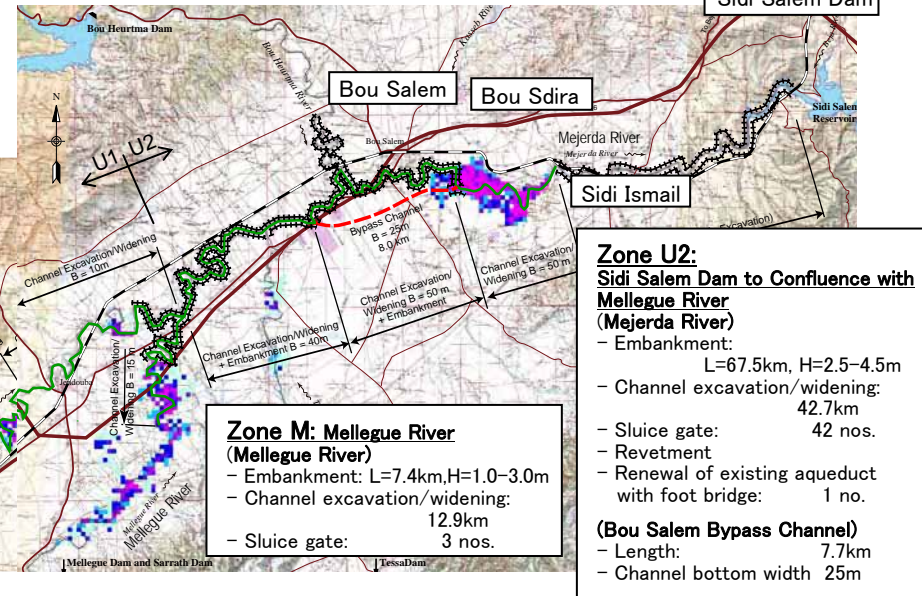
- Length: 4.5km
- Channel bottom width 15m

Zone D2: Estuary of the Mejerda River to Laroussia Dam (Mejerda River)

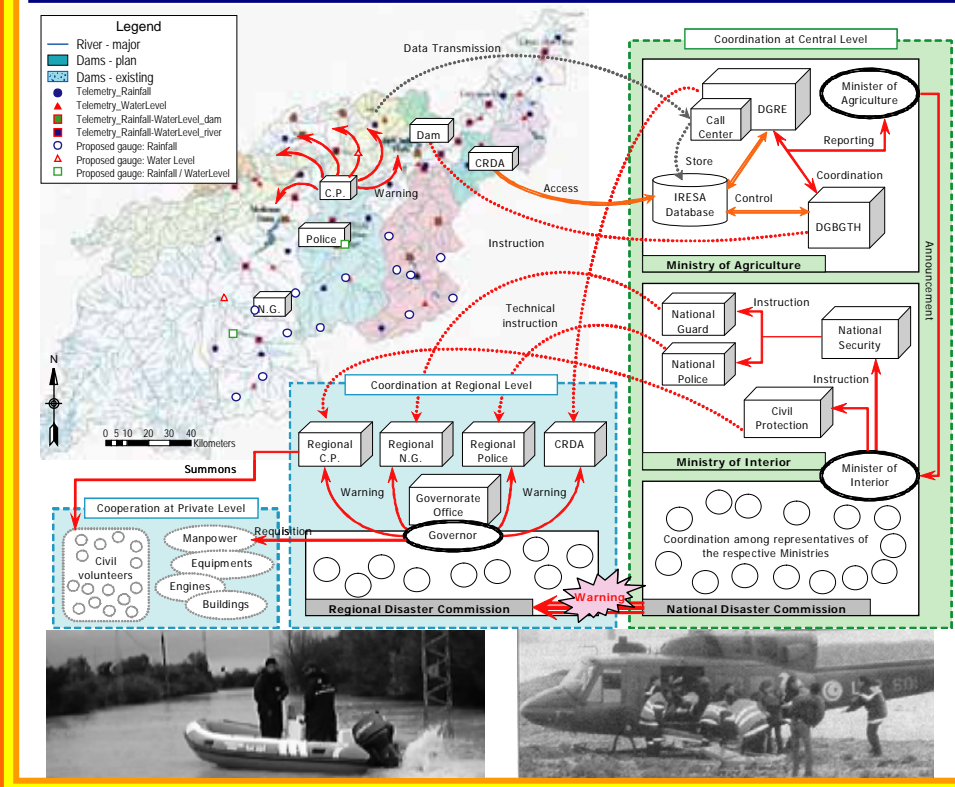
- Embankment: L=55.9km, H=0.5-2.5m
- Channel excavation/widening: 63.8km
- Sluice gate: 47 nos.
- Revetment
- Renewal of existing bridge: 3 nos.
- Heightening of existing railway bridge: 1 no.

(El Mabtouh Retarding Basin)

- Inlet channel: 11.9km
- Outlet channel: 7.8km
- Surrounding dike: L=10.1km, H=2.0-4.0m



Strengthening of Existing FFWS and Evacuation & Flood Fighting System



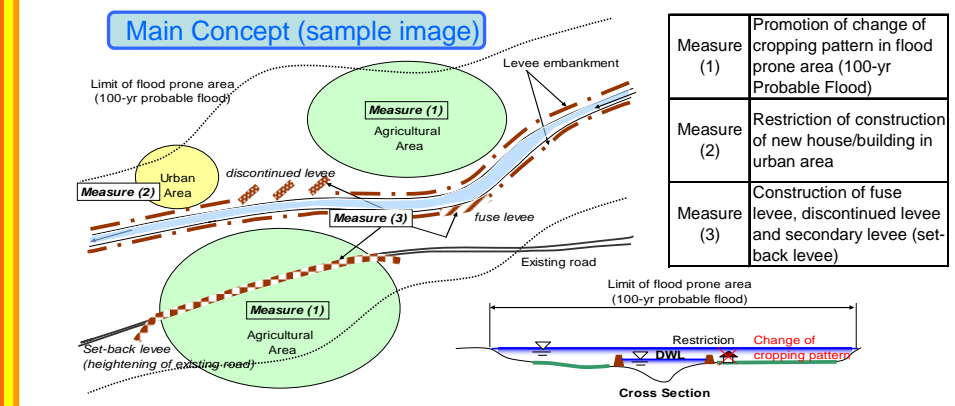
Organizational Capacity Development

To establish new division in charge of Mejerda River Basin under DGBGTH

⇒

- To establish an organizational framework for integrated flood management (IFM)
- To materialize 11 proposed programs for organizational empowerment to promote IFM under the framework

Flood Plain Regulation/Management



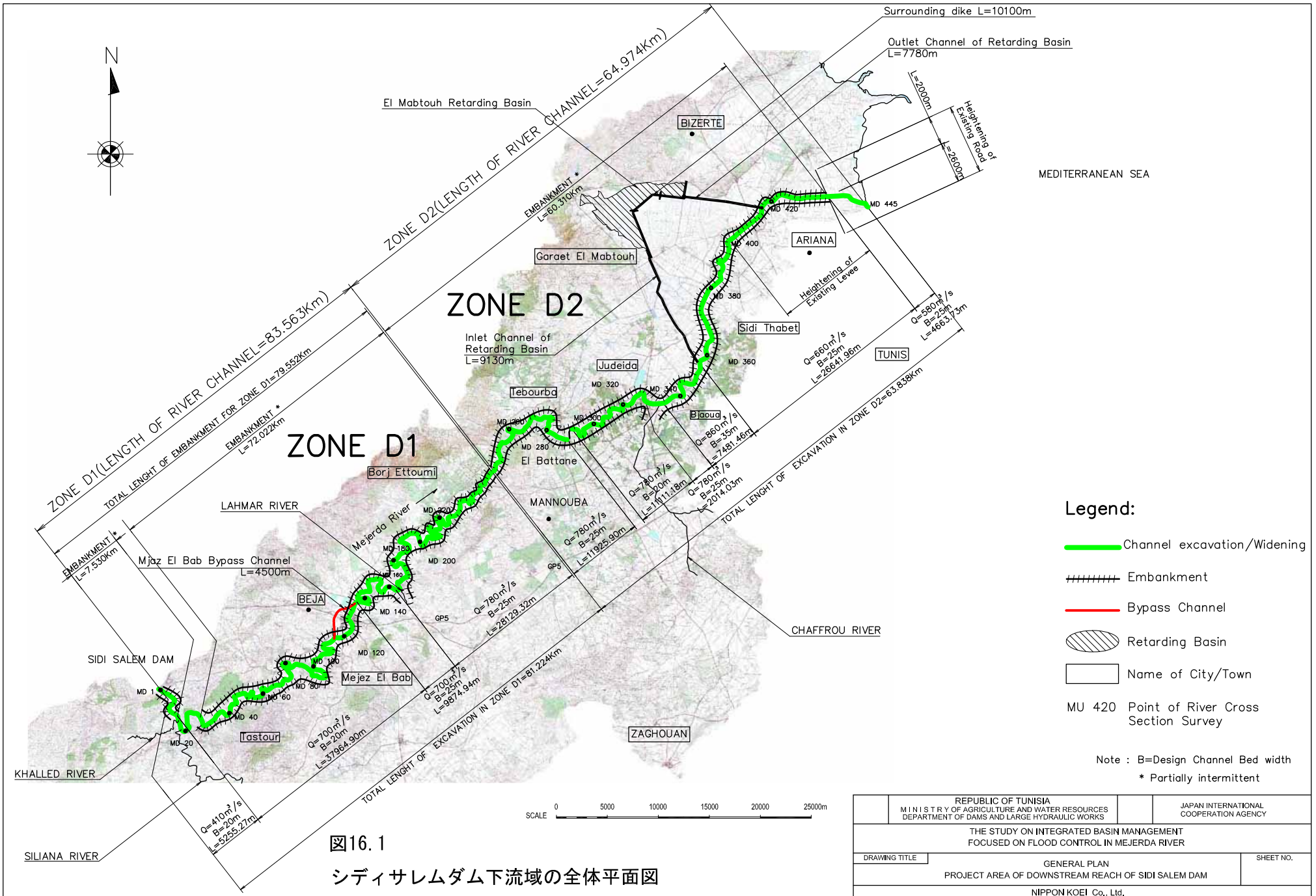


図16.1
シディサレムダム下流域の全体平面図

REPUBLIC OF TUNISIA MINISTRY OF AGRICULTURE AND WATER RESOURCES DEPARTMENT OF DAMS AND LARGE HYDRAULIC WORKS		JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
THE STUDY ON INTEGRATED BASIN MANAGEMENT FOCUSED ON FLOOD CONTROL IN MEJERDA RIVER		
DRAWING TITLE	GENERAL PLAN PROJECT AREA OF DOWNSTREAM REACH OF SIDI SALEM DAM	SHEET NO.
NIPPON KOEI Co., Ltd.		

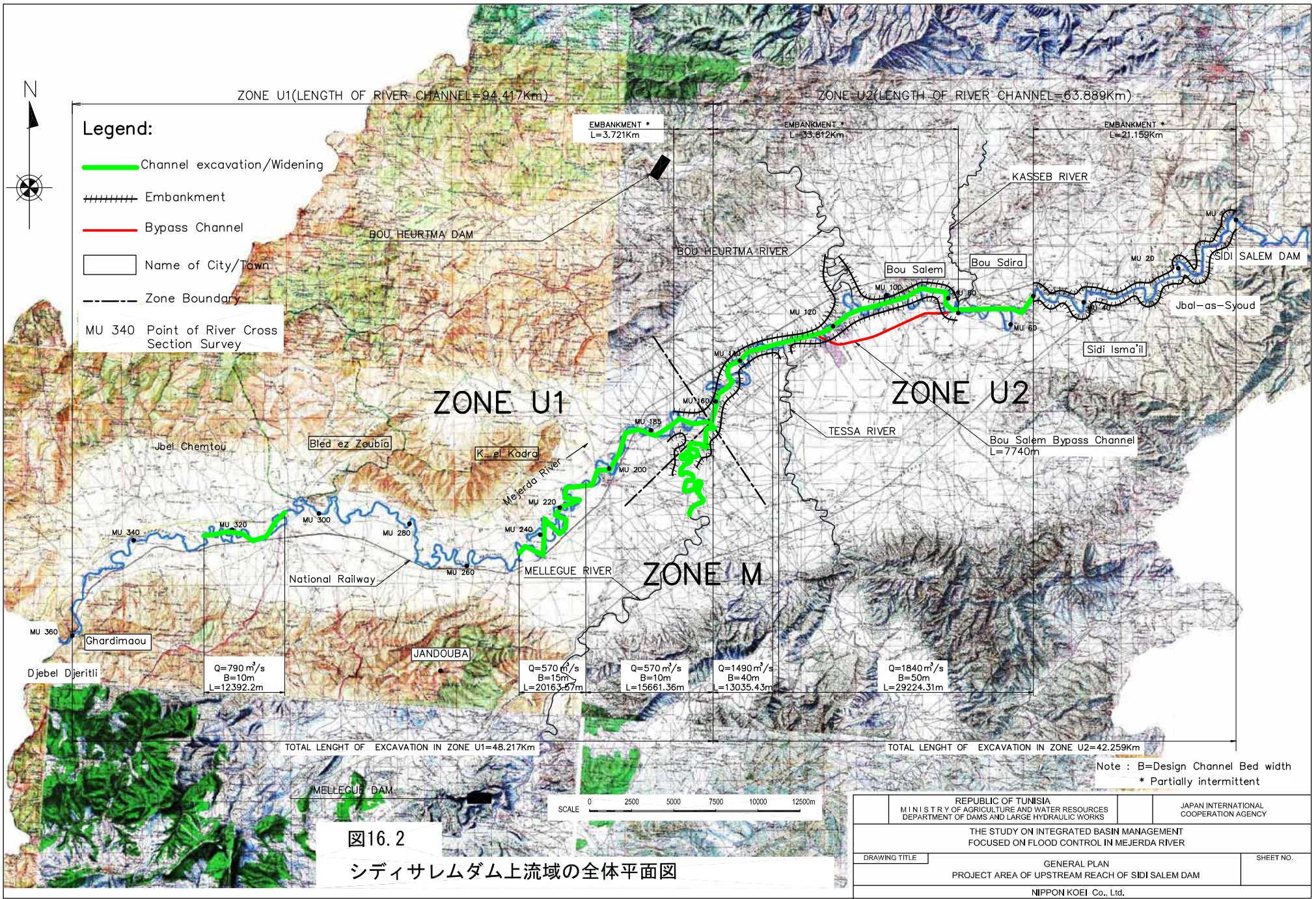


図16.2 シディサレムダム上流域の全体平面図

REPUBLIC OF TUNISIA MINISTRY OF AGRICULTURE AND WATER RESOURCES DEPARTMENT OF DAMS AND LARGE HYDRAULIC WORKS		JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
THE STUDY ON INTEGRATED BASIN MANAGEMENT FOCUSED ON FLOOD CONTROL IN MEJERDA RIVER		
DRAWING TITLE	GENERAL PLAN PROJECT AREA OF UPSTREAM REACH OF SIDI SALEM DAM	SHEET NO.
NIPPON KOEI Co., Ltd.		

略 語

フランスの言語から由来されたチュニジア国の組織名

	英語	フランス語	日本語
AFD	French Development Agency	l'Agence Française de Développement	フランス開発庁
ANPE	National Agency for the Protection of the Environment (Tunisia)	Agence Nationale de Protection de l'Environnement	環境保護庁
CITET	International Centre of Environment Technologies	Centre International des Technologies de l'Environnement	国際環境技術センター
CNE	National Water Committee	Comité National de l'Eau	国家水委員会
CRDA	Regional Commissary for Agricultural Development	Commissariat Régional au Développement Agricole	農業水資源省地方事務所
DGACTA	General Direction of Development and Preservation of Agricultural Lands (under MARH)	Direction Générale de l'Aménagement et de la Conservation des Terres Agricoles (MARH)	農地保全局
DGBGTH	General Direction of Dams and Large Hydraulic Works (under MARH)	Direction Générale des Barrages et des Grands Travaux Hydrauliques (MARH)	ダム大規模水利施設局
DGEQV	General Direction of Environment and Life Quality (under MEDD)	Direction Générale de l'Environnement et de la Qualité de la Vie (MEDD)	生活環境総局
DGF	General Direction of Forests (under MARH)	Direction Générale des Forêts (MARH)	森林局
DGFIOP	General Direction of Financing, Investments and Professional Organisms (under MARH)	Direction Générale du Financement, des Investissements et des Organismes Professionnels (MARH)	財務専門組織局
DGRE	General Direction of Water Resources (under MARH)	Direction Générale des Ressources en Eau (MARH)	水資源局
DHMPE	Direction of Surrounding Hygiene and Environment Protection	Direction de l'Hygiène du Milieu et de la Protection de l'Environnement	衛生環境局
INAT	National Agronomical Institute of Tunisia (under MARH)	Institut National Agronomique de Tunisie	INAT
INM	National Institute of Meteorology (under Ministry of Transportation)	Institut National de la Météorologie (MT)	気象協会
INS	National Statistics Institute	Institut National de la Statistique	国家統計局
IRESA	Institution of Agricultural Research and Education	Institution de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur Agricole	農業研究高等教育局
MARH	Ministry of Agriculture and Hydraulic Resources	Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques	農業水資源省

	英語	フランス語	日本語
MEDD	Ministry of Environment and Sustainable Development	Ministère de l'Environnement et du Développement Durable	環境持続的発展省
MEHAT	Ministry of Equipment, Housing and Country Planning	Ministère de l'Équipement de l'Habitat et de l'Aménagement du territoire	施設省
MF	Ministry of Finance	Ministère des Finances	財務省
ONAS	National Sanitation Agency	Office National de l'Assainissement	下水道施設局
SECADENORD	The North Water Canal, Adductions and System Management Company	Société d'Exploitation, Canalisation et d'Adduction des Eaux du Nord	北部水路導水路会社
SONEDE	Water Exploitation and Distribution National Company (WEDNC)	Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux	国家水供給施設会社
UTAP	Tunisian Agriculture and Fishery Association	Union Tunisienne de l'Agriculture et de Pêche	農水産業連合会

フランスの言語から由来されたチュニジア国の組織名以外の略語

	英語	フランス語	日本語
GEORE	Optimum Management of Water Resources	Gestion Optimale des Ressources en Eau	水資源最適管理事業 (チュニジア国全体の総合水管理プロジェクト)
PHE	Maximum Water Level	Niveau des Plus Hautes Eaux	最高水位

英語由来の略語

	英語	フランス語	日本語
AfDB	African Development Bank	Banque africaine de développement (BAfD)	アフリカ開発銀行
BOD	Biological Oxygen Demand	Demande Biologiste en l'Oxygène	生物化学的酸素要求量
CITES	Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora	Convention de Washington sur le Commerce International des Espèces de Faune et de Flore Sauvages Menacées d'Extinction	ワシントン条約 (「絶滅のおそれのある野生動植物の種の国際取引に関する条約」)
COD	Chemical Oxygen Demand	Demande Chimique de l'Oxygène	化学的酸素要求量
EIA	Environmental Impact Assessment	Evaluation de l'Impact sur l'Environnement	環境影響評価
EIRR	Economic Internal Rate of Return	Taux Interne de Rentabilité Economique	経済的内部収益率
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO)	国際連合食糧農業機関
FFWS	Flood Forecasting and Warning System	Système de prévisions de crue et d'alerte	洪水予警報システム
F/S	Feasibility Study	Etude de Faisabilité	フィージビリティスタディ
GDP	Gross Domestic Product	Produit intérieur brut (PIB)	国内総生産

	英語	フランス語	日本語
GEOSS	Global Earth Observation System of Systems	Système Global d'Observation du globe des Systèmes	全球地球観測システム
GIS	Geographical Information System	Système d'Information Géographique	地理情報システム
G/S	Gauging station	Station de jaugeage	観測所
GSM	Global System for Mobile Communications	Système global pour communications mobiles	GSM 方式
GTZ	German Office for Technical Cooperation (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit)	Coopération Technique Allemande	ドイツ技術協力公社
IEE	Initial Environmental Examination	Examen Initial sur l'Environnement	初期環境影響調査
IFAD	International Fund for Agricultural Development	Fonds International de Développement Agricole (FIDA)	国際農業開発基金
IUCN	The World Nature Conservation Union	Union Internationale pour la Conservation de la Nature	国際自然保護連合
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	Banque Japonaise de Coopération Internationale	国際協力銀行
JICA	Japan International Cooperation Agency	Agence Japonaise de Coopération Internationale	国際協力機構
MDGs	Millennium Development Goals	Objectifs du Millénaire pour le développement (OMD)	ミレニアム開発目標
M/P	Master Plan	Plan directeur	マスタープラン
NGO	Non-governmental Organization	Organisation Non Gouvernementale	非政府組織
O&M	Operation and Maintenance	fonctionnement et Maintenance	維持管理
SMS	Short Message Service	Service de message court	ショートメッセージサービス
TND	Tunisian Dinar	Dinar Tunisien	チュニジアディナール
TOR	Terms of Reference	Termes de Référence	業務指示書
UN	United Nations	Organisation des Nations unies (ONU)	国際連合
UNDP	United Nations Development Programme	Programme des Nations Unies pour le Développement	国連開発計画
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation	Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture	国際連合教育科学文化機関
UNSO	United Nations Sudano-Sahelian Office	Office Soudano-Sahélien des Nations Unies	国連スーダンサヘル局
WB	The World Bank	La Banque Mondiale	世界銀行
WMO	World Meteorological Organization	Organisation Mondiale de la Météorologie	世界気象機関

用語説明

用語	説明
governorate	チュニジア国の行政単位（日本の県にあたる）

単 位

長さ

mm	=	ミリメートル
cm	=	センチメートル (= 10 mm)
m	=	メートル (= 100 cm)
km	=	キロメートル (= 1,000 m)
in.	=	インチ (= 2.54 cm)
ft.	=	foot = 12 inches (= 30.48 cm)
yard	=	3 feet = 36 inches (= 0.9144 m)
mile	=	1760 yards (= 1,609.31 m)

面積

cm ²	=	平方センチメートル(1.0 cm x 1.0 cm)
m ²	=	平方メートル (1.0 m x 1.0 m)
km ²	=	平方キロメートル (1.0 km x 1.0 km)
ha	=	ヘクタール (10,000 m ²)

通貨単位

US\$	=	米国ドル (USD)
¥	=	日本円 (JPY)
TND	=	チュニジアディナール

体積

cm ³	=	立方センチメートル (1.0 cm x 1.0 cm x 1.0 cm or 1.0 m-lit.)
m ³	=	立方メートル (1.0 m x 1.0 m x 1.0 m or 1,000 lit.)
lit.	=	リットル (1,000 cm ³)
cusec	=	ft ³ / sec
lpcd	=	リットル/人/日

重量

g	=	グラム
kg	=	キログラム (1,000 g)
ton	=	トン (1,000 kg)

時間

sec.	=	秒
min.	=	分 (60 sec.)
hr.	=	時 (60 min.)

チュニジア国
メジェルダ川総合流域水管理計画調査

最終報告書

第 II 巻 主報告書

目次

調査対象地区位置図

写 真

要 約

略 語

頁

第1部 概論

第1章	序論	1-1
1.1	調査の背景	1-1
1.2	調査の目的	1-1
1.3	調査対象地域	1-2
1.4	調査の範囲と工程	1-2
1.5	調査実施体制	1-3
1.6	最終報告書	1-3
第2章	調査対象地域の現状	2-1
2.1	自然状況	2-1
2.1.1	地形	2-1
2.1.2	気候	2-1
2.1.3	地質・土壌	2-3
2.2	社会経済状況	2-4
2.2.1	チュニジアの人口	2-4
2.2.2	メジェルダ川流域の人口	2-5
2.2.3	チュニジアのマクロ経済状況	2-5
2.2.4	メジェルダ川流域の経済状況	2-6
2.3	国家開発計画	2-8
2.3.1	第11次国家開発計画の概要と達成目標	2-8
2.3.2	国家開発計画の目標達成に向けた方策	2-9
2.3.3	水分野に係る開発計画	2-9

**第2部 フェーズ1: 調査に係わる現状の把握とマスタープラン
のフレームワークの策定**

第3章	現地調査	3-1
3.1	河川縦横断測量.....	3-1
3.2	洪水氾濫・被害調査.....	3-2
3.3	水管理施設インベントリー調査.....	3-2
3.3.1	概説.....	3-2
3.3.2	調査の内容.....	3-3
3.3.3	施設の運用・維持管理の概要.....	3-4
3.4	洪水リスクに対する社会的受容についての意識調査.....	3-5
第4章	水文・水理	4-1
4.1	水文条件の概要.....	4-1
4.1.1	概説.....	4-1
4.1.2	調査対象地域の降雨特性.....	4-1
4.1.3	洪水流量特性.....	4-4
4.2	水系の現状	4-6
4.2.1	既存水系および河床縦断.....	4-6
4.2.2	現況河道の流下能力.....	4-8
4.3	水文的観点からのメジェルダ川の洪水特性.....	4-8
4.3.1	概説.....	4-8
4.3.2	全体的な特性.....	4-8
4.3.3	1973年3月洪水の水文特性.....	4-9
4.3.4	2000年5月洪水の水文特性.....	4-9
4.3.5	2003年1月洪水の水文特性.....	4-10
4.3.6	2004年1月洪水および2005年洪水の水文特性.....	4-11
4.3.7	過去の主要洪水の水文特性からの示唆.....	4-12
4.4	低水解析	4-12
4.4.1	解析方法および使用データ	4-12
4.4.2	頻度分析.....	4-14
第5章	洪水防御に関する問題・課題の特定および評価	5-1
5.1	水供給を目的とする貯水池運用.....	5-1
5.1.1	背景.....	5-1
5.1.2	表流水.....	5-2
5.1.3	水需要量.....	5-4
5.1.4	貯水池の水収支.....	5-5
5.1.5	貯水池容量配分.....	5-8

5.2	洪水被害および既存の対策.....	5-9
5.2.1	過去の大洪水における洪水被害.....	5-9
5.2.2	既存の洪水防御対策.....	5-11
5.3	洪水調節を目的とした貯水池運用.....	5-11
5.3.1	メジェルダ川流域のダムおよび貯水池の現状.....	5-11
5.3.2	貯水池の効果的な洪水調節能力.....	5-12
5.4	河道管理.....	5-13
5.4.1	河川形態の変化と河川管理.....	5-13
5.4.2	河道の流下能力の低下.....	5-14
5.5	流域保全.....	5-15
5.5.1	流域保全の問題.....	5-15
5.5.2	流域の生産土砂.....	5-15
5.5.3	土砂生産と流域状況の相互関係.....	5-15
5.5.4	流域保全のための表層土壌侵食防止対策.....	5-18
5.6	洪水予警報.....	5-18
5.6.1	概説.....	5-18
5.6.2	現状と課題.....	5-18
5.7	避難・水防.....	5-20
5.8	組織・法制度.....	5-21
5.8.1	統合水資源管理のための現行組織・法制度.....	5-21
5.8.2	組織制度上の問題、ニーズおよび制約条件.....	5-23
5.9	環境社会配慮.....	5-25
5.9.1	現地踏査.....	5-25
5.9.2	法制度と国際協力.....	5-26
5.9.3	調査対象地域およびその周辺の国立公園・自然保護地区.....	5-26
5.9.4	動植物の絶滅危惧種と先住民.....	5-27
5.9.5	歴史遺産および考古学的遺跡.....	5-27
5.9.6	環境保全対策.....	5-28
第6章	洪水防御に重点を置いた総合流域水管理マスタープランのフレームワーク..	6-1
6.1	統合洪水管理の必要性.....	6-1
6.2	計画目標年次.....	6-3
6.3	利水安全度.....	6-3
6.4	治水安全度.....	6-4
6.4.1	チュニジアの法律および基準.....	6-4
6.4.2	洪水防御の計画規模設定の方針.....	6-4
6.5	洪水防御対策.....	6-5
6.5.1	概説.....	6-5
6.5.2	施設の対策.....	6-6

6.5.3	非施設の対策.....	6-9
6.6	組織体制.....	6-11
6.7	環境社会配慮.....	6-13

第3部 フェーズ2: マスタープランの策定

第7章	マスタープラン策定のための水文・水理調査.....	7-1
7.1	概説.....	7-1
7.2	洪水流出解析.....	7-1
7.2.1	基本方針及び基本条件.....	7-1
7.2.2	洪水流出解析.....	7-2
7.3	洪水氾濫解析.....	7-3
7.3.1	概説.....	7-3
7.3.2	解析方法.....	7-4
7.3.3	モデルのキャリブレーション.....	7-7
7.3.4	氾濫解析シミュレーション結果.....	7-7
7.3.5	次段階での氾濫解析のための提案.....	7-10
7.4	土砂解析.....	7-10
7.4.1	概説.....	7-10
7.4.2	メジエルダ川の概算堆砂量.....	7-11
第8章	マスタープランの代替案検討.....	8-1
8.1	マスタープラン策定の基本方針.....	8-1
8.2	洪水防御のための貯水池運用計画.....	8-3
8.2.1	貯水池運用最適化の必要性.....	8-3
8.2.2	最適な貯水池運用の原則.....	8-4
8.2.3	貯水池の洪水防御能力の分析.....	8-5
8.3	河川改修計画.....	8-9
8.3.1	河川改修計画策定の方針.....	8-9
8.3.2	河川改修事業の優先地域.....	8-9
8.3.3	河川改修計画の構成.....	8-10
8.3.4	治水計画規模の選定.....	8-12
8.3.5	最適治水安全度の定義.....	8-14
8.3.6	河川改修による洪水防御便益.....	8-16
8.3.7	河川改修工事の建設費算定.....	8-17
8.3.8	治水安全度.....	8-17
8.3.9	設計洪水流量配分.....	8-19
8.4	流域保全計画.....	8-20
8.4.1	流域保全の必要性.....	8-20
8.4.2	流域保全のための侵食防止対策.....	8-21

8.5	洪水予警報システム計画.....	8-22
8.5.1	概説.....	8-22
8.5.2	既存 FFWS 強化のための提案	8-22
8.6	避難・水防体制計画.....	8-27
8.7	氾濫原の土地利用規制計画.....	8-29
8.7.1	土地利用規制の合理性.....	8-29
8.7.2	河川区域（PHD）の境界設定作業.....	8-30
8.7.3	水資源局（農業水資源省）による河川区域境界線確定作業	8-31
8.7.4	メジェルダ川流域における土地利用規制の基本方針	8-31
8.7.5	計画策定上目標とするリスクレベル.....	8-31
8.7.6	想定氾濫区域の現況土地利用に関する分析.....	8-32
8.7.7	土地利用規制計画.....	8-34
8.8	組織・制度開発計画.....	8-36
8.8.1	概説.....	8-36
8.8.2	統合洪水管理のための組織体系.....	8-36
8.8.3	メジェルダ川流域の組織能力開発計画案.....	8-38
8.9	マスタープランの概要.....	8-41
第9章	プロジェクト設計.....	9-1
9.1	施設の洪水対策.....	9-1
9.1.1	河川改修.....	9-1
9.1.2	貯水池洪水調節機能強化プロジェクト.....	9-11
9.2	非施設の対策	9-12
9.2.1	既設洪水予警報システム（FFWS）強化プロジェクト.....	9-12
9.2.2	避難・水防体制強化プロジェクト.....	9-13
9.2.3	組織能力開発プロジェクト.....	9-13
9.2.4	氾濫原規制・管理プロジェクト.....	9-15
第10章	建設費積算	10-1
10.1	概説	10-1
10.2	工事数量	10-1
10.3	建設単価	10-1
10.4	河川改修工事の直接工事費.....	10-3
第11章	初期環境評価（IEE）.....	11-1
11.1	概説	11-1
11.2	負の環境影響	11-1
11.3	環境影響の評価.....	11-2
11.4	結論および提言.....	11-4

第 12 章	事業実施計画	12-1
12.1	実施計画	12-1
	12.1.1 施設の対策.....	12-1
	12.1.2 非施設の対策.....	12-2
12.2	事業費	12-4
12.3	資金調達計画	12-5
	12.3.1 チュニジア政府の予算配分レビュー.....	12-5
	12.3.2 主要ドナーからの受入援助額.....	12-6
	12.3.3 ドナーの対チュニジア援助政策.....	12-7
	12.3.4 洪水防御事業に必要となる資金ソース.....	12-8
12.4	全体実施スケジュール.....	12-9
第 13 章	マスタープランの総合評価	13-1
13.1	経済評価	13-1
13.2	環境評価	13-3
13.3	技術的評価	13-4
13.4	結論と提言	13-4

表 目 次

	頁
表 1.5.1	JICA 調査団およびチュニジア国カウンターパートのメンバー一覧..... T-1
表 3.3.1	施設運用・管理に関する調査結果(1/2 - 2/2)..... T-2
表 4.1.1	メジェルダ川流域の流域平均年間、2 年間、3 年間降水量..... T-4
表 4.1.2	主要観測所における年最大流量..... T-5
表 4.4.1	年間流入量、2 年間流入量、3 年間流入量..... T-6
表 5.1.1	貯水池開発水量と実施計画..... T-7
表 5.1.2	有効貯水容量の算出..... T-8
表 5.1.3	需要地での塩分濃度の目標値..... T-9
表 5.5.1	分割流域の土砂生産（侵食率）..... T-10
表 5.9.1	環境影響評価に関する法令 No 1999-2005 の別表 1 (1/2 - 2/2)..... T-11
表 5.9.2	環境影響評価に関する法令 No 1999-2005 の別表 2..... T-13
表 7.2.1	確率流域平均 6 日雨量及び既往洪水時の流域平均 6 日間雨量の確率規模 T-14
表 7.2.2	確率洪水流量..... T-15
表 8.1.1	インタビュー調査とステークホルダー会議の結果（1/4 - 4/4）..... T-16
表 8.2.1	洪水時の貯水池運用調整の基本ルール（1/3 - 3/3）..... T-20
表 8.3.1	河川改修事業の建設費の概要（1/2 - 2/2）..... T-23
表 9.1.1	計画された構造物の主要諸元（河川改修事業）(1/3 - 3/3)..... T-25
表 9.1.2	ダム貯水池洪水調節機能強化プロジェクトのアクションプラン..... T-28
表 9.2.1	既存洪水予警報システム(FFWS)強化プロジェクトのアクションプラン..... T-29

表 9.2.2	避難・水防体制強化プロジェクトのアクションプラン	T-30
表 9.2.3	組織能力開発プロジェクトのアクションプラン	T-31
表 9.2.4	氾濫原規制・管理プロジェクトのアクションプラン	T-32
表 11.1.1	洪水防御のための河川改修事業一覧 (1/3 - 3/3)	T-33
表 11.3.1	マスタープラン施設の対策のインパクト・マトリックス (1/3 - 3/3)	T-36
表 11.4.1	マスタープラン施設の対策の評価.....	T-39
表 11.4.2	環境負荷軽減およびモニタリング体制の枠組み (1/2 - 2/2)	T-40
表 12.2.1	河川改修プロジェクトの事業費 (1/4 - 4/4)	T-42
表 12.2.2	貯水池洪水調節機能強化プロジェクトの事業費.....	T-46
表 12.2.3	既存洪水予警報システム強化プロジェクトの事業費.....	T-47
表 12.2.4	避難・水防体制強化プロジェクトの事業費.....	T-48
表 12.2.5	組織能力開発プロジェクトの事業費.....	T-49
表 12.2.6	氾濫原規制・管理プロジェクトの事業費.....	T-50
表 12.3.1	主要な国際開発金融機関のチュニジアに対する援助方針.....	T-51
表 13.1.1	洪水防御事業全体の経済評価.....	T-52

目 次

	頁	
図 4.1.1	主な流量観測所、支川、ダム、都市の位置..... F-1	
図 4.2.1	メジェルダ川流域の河系..... F-2	
図 4.2.2	現況の河道縦断および通水能力(メジェルダ川、シディサレムダム上流)..... F-3	
図 4.2.3	現況の河道縦断および通水能力(メジェルダ川、シディサレムダム下流)..... F-4	
図 4.3.2	1973 年 3 月洪水時の実績氾濫域図..... F-5	
図 5.1.1	メジェルダ川流域のダムおよび導水計画図..... F-6	
図 5.1.2	最北部のダムおよび導水計画図..... F-7	
図 5.5.1	メジェルダ川流域の分割流域図..... F-8	
図 5.6.1	メジェルダ川流域の洪水予警報システム..... F-9	
図 5.8.1	農業・水資源省の組織図..... F-10	
図 7.2.1	流域平均雨量算出のゾーン区分(1/3 - 3/3)..... F-11	
図 7.2.2	流出解析の流域分割..... F-14	
図 7.2.3	確率洪水解析モデル図..... F-15	
図 7.2.4	無次元単位図..... F-16	
図 7.2.5	各流域単位図の例..... F-17	
図 7.2.6	確率洪水分布(1/3 - 3/3)..... F-18	
図 7.2.7	比流量..... F-21	
図 7.3.1	事業実施前、実施後の氾濫(1/3 - 3/3)..... F-22	
図 8.2.1	ダム連携運用の基本計画 (1/2 - 2/2)	F-25
図 8.3.1	エルマブトゥ平原のゾーン区分.....	F-27
図 8.3.2	エルマブトゥ水路の現況樋門.....	F-28

図 8.3.3	エルマブトゥ水路の現況樋門.....	F-29
図 8.3.4	エルマブトゥ水路現況樋門の位置図.....	F-30
図 8.5.1	新たに提案するテレメータ観測所.....	F-31
図 8.5.2	メジェルダ川流域の到達時間.....	F-32
図 8.6.1	ジェディダ市の避難図.....	F-33
図 8.7.1	100年確率洪水の想定氾濫域図(シディサレムダム上流域).....	F-34
図 8.7.2	100年確率洪水の想定氾濫域図(シディサレムダム下流域).....	F-35
図 8.8.1	統合洪水管理の組織体制図(1/2-2/2).....	F-36
図 8.9.1	メジェルダ川流域の洪水防御マスタープランの構成.....	F-38
図 8.9.2	メジェルダ川流域における洪水防御マスタープランの概要.....	F-39
図 9.1.1	シディサレムダム下流域の全体平面図.....	F-40
図 9.1.2	シディサレムダム上流域の全体平面図.....	F-41
図 9.1.3	メジェズエルバブバイパス水路(Zone D1)の平面図.....	F-42
図 9.1.4	メジェズエルバブバイパス水路(Zone D1)の標準断面図.....	F-43
図 9.1.5	メジェズエルバブバイパス水路(Zone D1)の取水施設図.....	F-44
図 9.1.6	メジェズエルバブバイパス水路(Zone D1)の放流施設図.....	F-45
図 9.1.7	メジェズエルバブバイパス水路(Zone D1)の床固工標準図.....	F-46
図 9.1.8	ブサレムバイパス水路(Zone U2)の平面図及び縦断図.....	F-47
図 9.1.9	ブサレムバイパス水路(Zone U2)の標準断面図.....	F-48
図 9.1.10	ブサレムバイパス水路(Zone U2)の取水施設平面図.....	F-49
図 9.1.11	ブサレムバイパス水路(Zone U2)の放水施設平面図.....	F-50
図 9.1.12	エルマブトゥ遊水地(Zone D2)の全体平面図.....	F-51
図 9.1.13	エルマブトゥ遊水地(Zone D2)の取水施設 - 落とし付越流堤標準断面図.....	F-52
図 9.1.14	エルマブトゥ遊水地(Zone D2)の取水施設 - 角落し付越流堤平面図.....	F-53
図 9.1.15	エルマブトゥ遊水地(Zone D2)の取水施設 - 角落し付越流堤縦断図.....	F-54
図 9.1.16	エルマブトゥ遊水地(Zone D2)の取水施設 - 角落し付越流堤横断図(1/2).....	F-55
図 9.1.17	エルマブトゥ遊水地(Zone D2)の取水施設 - 角落し付越流堤横断図(2/2).....	F-56
図 11.1.1	河川改修工事概要図.....	F-57

付 録 目 次

	<u>頁</u>
付録 4.1	既往洪水時に主な観測所、ダム地点で観測された最大流量.....AN-1
付録 A	Scope of Work
付録 B	Minutes of Meeting on Scope of Work