

第 1 部

概 論

第 1 部 概 論

1. 序 論

1.1 調査の背景

チュニジア国においては、1970 年台以降、水資源開発マスタープランに基づくダムや河川等の開発が行われてきた。EAU2000 によると、2010 年までに開発可能な水資源の約 95%を開発することとなっている。したがって、水資源関連施設の効率的な管理および経済的な水利用の促進は 2010 年以降も同国にとっての重点課題となるであろう。チュニジア国における水資源管理政策は、伝統的に水量確保へ重点が置かれているため洪水対策は都市部において限定的に実施されてきたのが現状である。

2003 年 1 月にチュニジア国で最大の流域面積を持つメジェルダ川で発生した大洪水では、河川沿いの農地が長期間に亘る浸水で被害を受けた。更には、ムジェズ・エル・バブやチュニスといった大都市においても甚大な社会・経済的被害が発生した。本洪水は農作物への経済被害のみならず、学校や病院を含む社会資本に対しても被害も及ぼすこととなった。

一方で、同地域では 2003 年洪水発生以前に 3 年連続の渇水に見舞われた。このため、メジェルダ川における利水・治水両面のリスクに対処するための包括的な検討の必要性がクローズアップされ、チュニジア国政府は日本国政府に対し、メジェルダ川流域を対象とした洪水対策、土砂対策、環境保全策を含む包括的な水資源管理計画策定のための技術支援を要請した。

同要請を受け、我が国政府は日本国の関連法規に基づき、メジェルダ川総合流域水管理計画調査（以下、本調査）を実施することとした。本調査は、我が国における技術支援実施機関である国際協力機構（以下、JICA）により、チュニジア国側の関連機関との密な協力の下で実施された。

農業水資源省（MARH）内のダム大規模水利施設局（DGBGTH）が本調査のチュニジア国側実施機関であり、本調査に関連のある政府機関や非政府組織との調整も担当した。

1.2 調査の目的

本調査の目的は以下のとおりである。

- (1) 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。
- (2) 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。

本調査においては、i)水資源開発/利用の長期的バランス、ii)土砂流出、および iii)流域

の自然環境を考慮したマスタープランを策定している。

1.3 調査対象地域

メジェルダ川流域全体を調査対象地域とした。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。

1.4 調査の範囲と工程

本調査は2フェーズに分けて実施した。各フェーズの作業項目を以下に示す。

フェーズ1: 調査に関連する現状の把握とマスタープランのフレームワーク策定

- (1) 既存データ/情報の収集・分析
- (2) 現地踏査
- (3) 現地調査（測量、洪水被害、水管理施設インベントリ、環境など）
- (4) 解析（洪水・低水流出、河道流下能力、洪水氾濫、土砂流出・堆積など）
- (5) 洪水被害軽減および水資源管理のための課題の抽出と問題点の特定
- (6) ステークホルダー協議（公聴会）の実施
- (7) 洪水防御に重点を置いた総合流域管理のフレームワーク策定
- (8) 技術移転

フェーズ2: 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策定

- (1) 洪水防御に重点を置いた総合流域水管理計画の代替案検討
- (2) 施設の対策に対する初期環境評価
- (3) マスタープランの策定（水資源の利用と安全かつ信頼性のある洪水防御のバランスの取れた管理計画を目指して施設の及び非施設の対策の両面からの洪水防御に重点を置く）
- (4) ステークホルダー協議（公聴会）の実施
- (5) マスタープランの総合評価（技術面、経済/財務面、社会/自然環境面）
- (6) 優先地域および事業の選定と事業実施計画の策定
- (7) 技術移転

本調査は2006年11月より2008年12月まで、26ヶ月に亘って実施された。

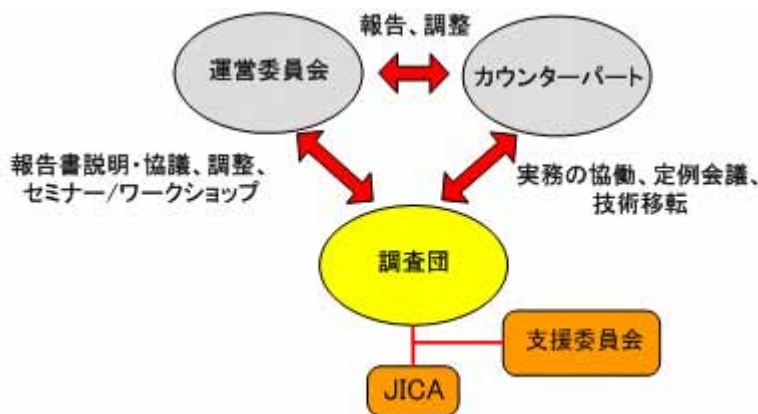


調査工程

1.5 調査実施体制

(1) 組織体制

本調査実施にあたっての組織体制を下図に示す。



組織体制

(2) 運営委員会（ステアリングコミッティ）

本調査を円滑かつ効率的に実施するために、運営委員会が設置された。運営委員会は、2006年6月28日に署名された‘Minutes of Meetings on Scope of Work for the Study’に基づき、以下のメンバーから構成され、農業水資源省が議長を務めた。

- 農業水資源省
 - ダム及び大規模水利施設局
 - 国際協力局
 - 水資源局
 - 農業調査開発局
- 環境持続的開発省
- 施設省
- 外務省

(3) カウンターパートチーム

チュニジア側において、13名のメンバーからなるカウンターパートチームが編成された（表 1.5.1 参照）。

(4) JICA 調査団

JICA 調査団は10名の専門家および1名の業務調整員より構成された（表 1.5.1 参照）。

1.6 最終報告書

最終報告書は、2006年11月の調査開始以降の全ての成果を網羅し、以下の3部構成からなる。

- | | |
|-------|--|
| 第 1 部 | 概 論 |
| 第 2 部 | フェーズ 1: 調査に関連する現状の把握とマスタープラン
のフレームワーク策定 |
| 第 3 部 | フェーズ 2: マスタープランの策定 |

マスタープランのフレームワークについては、2007 年 11 月に提出した中間報告書にて策定されており、これがフェーズ 1 の最終成果である。同フレームワークは 2007 年 11 月 21 日に開催（於チュニス）された運営委員会において承認された。

フレームワーク承認の後、第 3 次現地調査よりフェーズ 2 調査を開始し、マスタープランを策定した。本最終報告書は 2008 年 12 月に終了した第 3 次国内作業までの全成果を記載しており、以下の構成となっている。

- | | |
|---------|----------------|
| 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） |

2. 調査対象地域の現状

2.1 自然状況

2.1.1 地形

チュニジア国は北アフリカ沿海諸国のほぼ中央に位置するマグレブ諸国のひとつであり、北および東側は地中海に面し、南側でリビアと、西側でアルジェリアと国境を接する。国土面積は 162,155 km²、人口は約 1 千万人であり、チュニスに首都を置く。また、同国は北アフリカにおける地中海沿岸地域の東西を結ぶ要衝に位置する。

アルジェリア、リビアとの国境線はそれぞれ 965 km、459 km に及び、地中海に面する海岸線は 1,290 km に及ぶ。チュニジア国は北アフリカの最小国であり、南北方向で約 1,200 km、東西方向で約 280 km に過ぎない。しかしながら、その地理的優位性から地中海沿岸諸国における地域戦略的および商業的に重要な地位を占めてきた。

チュニジア国北部を流れる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。流域面積 23,700 km² のうち約 33% (7,870 km²) はアルジェリア国に属している。流域の年間降雨量は概ね 400 ~ 600 mm である。

2.1.2 気候

(1) 概説

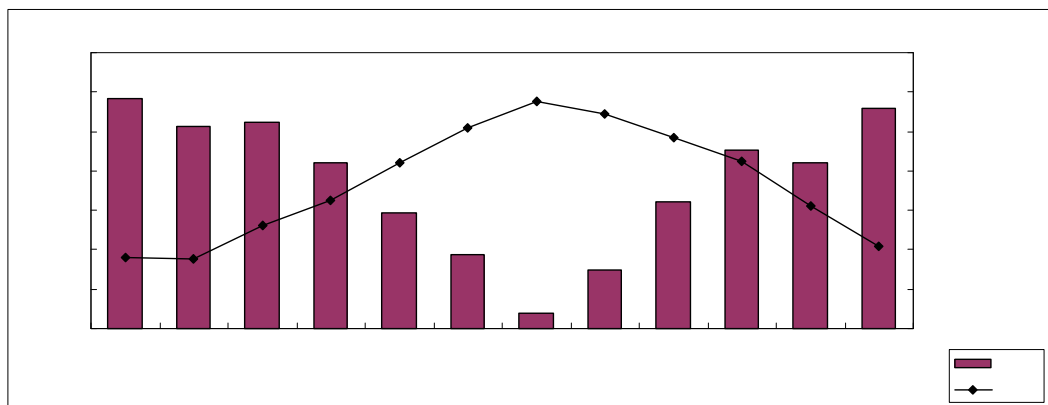
チュニジア国は、南部でサハラ砂漠、北部で地中海に接しており、夏季は亜熱帯サハラ砂漠特有の気候に覆われ、その他の季節は温帯な気候である。

夏季は南からの亜熱帯性高気圧が卓越するため安定した高温・乾燥の気象を呈する。冬季や季節の変わり目には亜熱帯性高気圧が南方へ後退し、国土は温帯気候に覆われることとなる。この時期には各方面からの前線性擾乱や気団の影響に晒されるため、調査対象地域を含むチュニジア国北部では気象が不安定となり降雨も頻繁に観測される。

南へ向かうにつれて年平均降水量は減少し、一方年平均気温は上昇する。

(2) 気象

チュニジア国最北部およびメジェルダ川流域の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が特徴的である。調査対象地域における気温、蒸発量、日照時間は7月から8月にかけて最大となり、湿度および降水量は同時期に最小となる。調査対象地域における気温と降水量の月変動を次図に示す。



出典 : Annual Report 2005 (Almanach 2005), INM

月平均降水量(1961-1990)と月平均気温(2005)

調査対象地域における年平均気温は概ね 17～20 °C である。夏季にあたる 7 月および 8 月の月平均気温は 27～28.5 °C、同期間の最高気温は平均値 32～37 °C である。最大観測値はさらに高く、例えばジェンドゥバ県では 2005 年 7 月の月平均気温 28.8 °C に対し、最高気温 46.8 °C が記録されている。

年平均相対湿度は概ね 60～68% であり、12～1 月にかけて最大 (75～85%)、7 月に最小 (49～60%) となる。

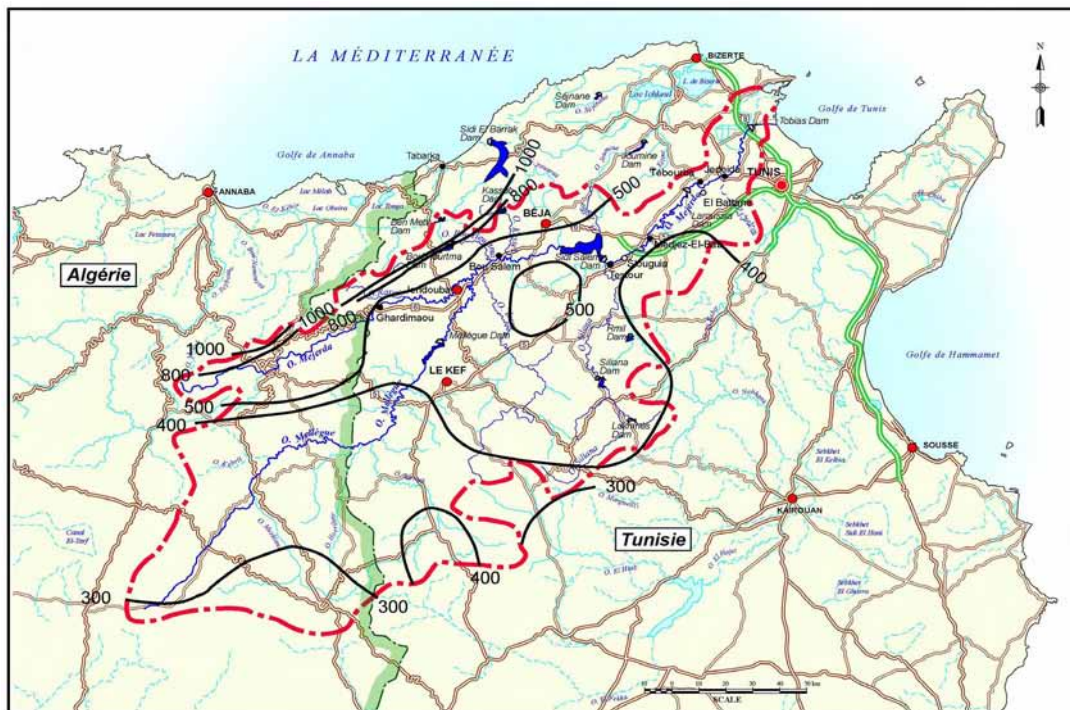
年平均蒸発量は 1,300～1,800 mm であり、月平均風速は概ね 2.0～4.5 m/s である。

(3) 降 水

チュニジア国における降水は主として以下の 3 成因による。

- 地中海西部からの気象擾乱 (北大西洋で発生し地中海へ侵入するものや地中海西部で発生するものがある)。チュニジア国における降水成因の約 2/3 を占める。
- キプロス地域等地中海東部からの気象擾乱。降水成因の約 11% を占める。秋季に多くみられ、比較的強い雨をもたらす傾向にある。
- サハラ北部からの気象擾乱。南西方向から東や北東方向へ進む。この乾燥した気団がチュニジア国を通過し地中海上に停滞することで同国東部での豪雨を誘発する。

チュニジア国における降雨は地域的・季節的な変動が極めて大きい。同国北西端のクミル山地での年平均降水量は 1,500 mm に達するが、南部へゆくほど減少し同国南端での年平均雨量は 100 mm 以下である。下図に示すとおり、調査対象地域内においても降水量の地域的偏りは大きい。



出典: JICA メジェルダ川調査団

メジェルダ川流域の等雨量線図 (年平均降雨量)

調査対象地域北西部の年平均降水量は 1,000 mm を超えるが、南部では 300 mm 程度である。

2.1.3 地質・土壌

(1) 地質

メジェルダ川流域が位置するチュニジア国北部地域の地質の変遷は白亜紀にまで遡る。

最北部の東端から西へと連なる山地の起源は三畳紀にあり、まず白亜紀前期ピチアン期に谷部が大きく形成された。これ以降、谷部に砂質ローム土と石灰岩が堆積し、この深い堆積構造は古代三紀中期ルテシアン期まで維持された。このルテシアン期には、流域右岸支川流域（メレゲ、テッサ、シリアナ）にほぼ一致する大陸塊の形が見られる。メジェルダ川が位置する地域内にある唯一の大陸塊は、碎屑性の堆積物（海もしくは潟の環境下での砂、砂岩、粘土）で覆われている。古代三紀漸新世末期のアルプス造山運動の圧力によりこの大陸塊が隆起し、新第三紀中新世にメジェルダ川の形状ができあがった。造山運動が北東から南西にいたる褶曲軸を形成し、一連の並行状の構造変化がメジェルダ川の流域を限定し河川形状が決定された。新第三紀から第四紀にかかるピアフランカ期の終わりに起こったと考えられる地形変化によって、メジェルダ川はゼルガ川を越えて他の流域につながるという重要な変化が起きた。チュニジア国北部の水系ネットワークはこの時代に最終的な形状ができあがり、それ以降は小さな変化のみが起きたと考えられる。

(2) 土 壤

チュニジアの国土は地中海およびサハラ両地域に跨るため、その土壤には気候的、形態的、地質的多様性が色濃く反映されている。フランスの土壤区分によると、チュニジア国の土壤は、主として 1) ポドゾル性土壤 (podzol) 2) 膨潤性土壤 (vertisoils) 3) 地中海赤色性土壤 (red Mediterranean soils) 4) 石灰-マグネシウム質土壤 (calcic-magnesian soils) 5) 茶色腐植性土壤 (brown and isohumic soils) 6) 塩類ハイドロモルフィック土壤 (saline and hydromorphic soils) 7) 未発達性土壤 (poorly evolved soils) に分類され、石灰-マグネシウム質土壤が顕著である。

土壤の農業適性の観点から、北西の半湿潤地域では林業や牧畜が行われている。森林放牧地域には飼料作物が作付けされている。山麓の斜面やテラスにおいては、樹木作物の作付けのために水分の補給が必要である。

国土の北東に向かって広がる平野部の土壤は、膨潤性土壤と赤色性土壤が主であり、チュニジア国随一の穀倉地帯 (ジェンドゥバ県 - ベジャ県 - エルケフ県 - シリアナ県) を形成している。これらの土壤では輪作によるデュラム小麦、軟質小麦、大麦、オート麦等の栽培に適している。

半湿潤/半乾燥両地域を含むビゼルテ県、アリアナ県、ザグアン県、ネブル県等の北東地域には様々な種類の土壤が分布し、各種農作物、オリーブ、果樹、ブドウ等の栽培に適している。

2.2 社会経済状況

2.2.1 チュニジアの人口

2004 年に実施された人口調査によると、2004 年 6 月におけるチュニジア国全体の人口は 9,910,872 人となっている。また、翌 2005 年における人口は、10,029 千人と推計された。同国の人口増加率は、1980 年代以降急激に低減傾向にある。1984 年～1994 年に 2.35% であった年平均人口増加率は、1994-2004 年には 1.21%、2005 年には 1.10% となっている。

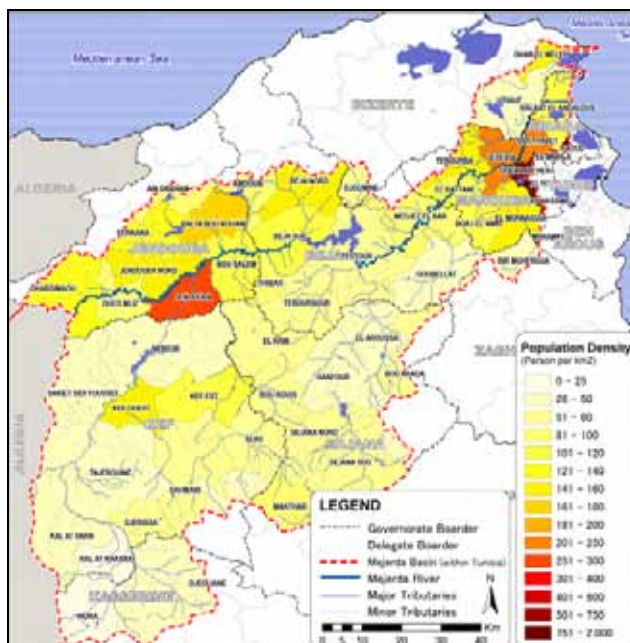
チュニジアの国家統計局および国連事務局経済社会局が別々に実施した人口予測においても人口増加が徐々に低減していくことが予測されている。国連による予測は、国家統計局の予測を約 0.2% ポイント上回っており、2029 年におけるチュニジア国全土の人口は、国連予測で 12,457 千人、国家統計局予測で 11,763 千人とされている。

チュニジアの人口の 4 分の 3 は、メジェルダ川流域を含む北部地域に集中している。南部および中部地域は、国土面積の約 70% を占めているものの乾燥し耕作に適していないこともあり、総人口の 30% 以下の人々が居住しているに過ぎない。チュニジアでは都市化の進展に伴い、地方から都市部への大規模な人口移動が続いている。総人口に占める都市部居住者の人口比率は急激に増加しており、1960 年に 37.5% であった都市人口率は 1980 年に 51.5%、2004 年には 64.8% にまで増加した。国連の予測では、今後も都市化が進展し、2015 年には 69.1%、2030 年には 75.1% の人口が都市部に集中するとされている。

2.2.2 メジェルダ川流域の人口

メジェルダ川流域における人口は、2004 年において 1,330 千人と推定された。この人口は 2004 年人口調査の地区別人口データおよび GIS を使用して算定した各地区の流域内面積・流域外面積の比率を用いて調査団で推定した。メジェルダ川流域は、国土面積の 9.8% を占めるに過ぎないものの全人口の 13.4% が居住している。

流域内の人口密度である 84.0 人/km² は、全国の平均人口密度である 61.1 人/km² を上回っている。右図には、メジェルダ川流域の各市の人口密度を示している。図から分かる通り、メジェルダ川本川沿いに人口が集積しており、特にチュニス県、アリアナ県、マヌーバ県など河口付近の沖積平野に人口が密集している。また、上流部のジェンドゥバ県付近の平野部にも多くの人々が居住している。



出典: 2004 年人口センサスをもとに JICA メジェルダ川調査団が作成
2004 年における人口密度分布

人口密度が高い地区は、ドゥアルヒチュル市 (1,058 人/km²)、ジェンドバ市 (279 人/km²)、ジュデイダ市 (214 人/km²)、シディタベット市 (203 人/km²) などである。一方、流域の南西部に位置するエルケフ県、キャスリン県、シリアナ県の人口密度はきわめて低くなっている。

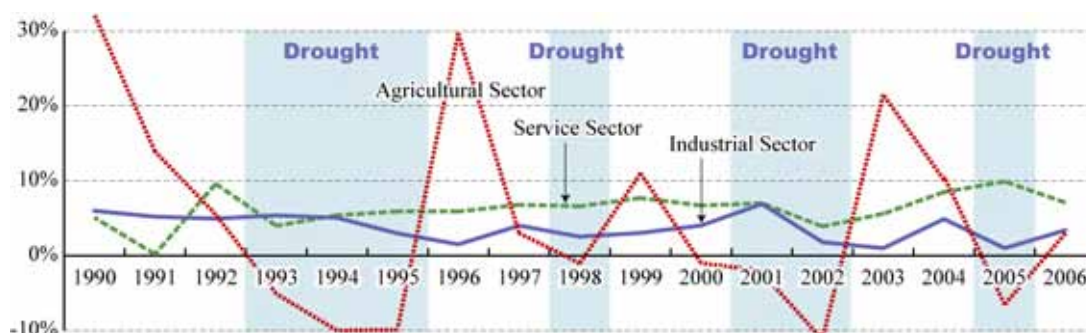
2.2.3 チュニジアのマクロ経済状況

(1) チュニジア経済の動向

チュニジアの経済は、1990 年代中盤以降順調な成長を続けている。過去 10 年間 (1997 ~ 2006 年) における GDP は、実質ベースで年率平均 4.77% で増加し、1997 年の 14,771 百万ディナールから 2006 年には 22,474 百万ディナールにまで増加している (1990 年固定価格による)。こうした急激な経済成長に伴い、一人あたり GDP は 1997 年における 1,976 ドルから 2004 年には 3,081 ドルにまで増加している。チュニジアにおけるこうした経済的・社会的な発展は、慎重なマクロ経済政策および 1987 年に始まり 1990 年代半ばに強化された構造改革によってもたらされた。

GDP に占める農業セクターの割合は比較的小さいものの、チュニジア経済は農業生産および天候に左右されている。次図は、1990 年 ~ 2006 年における旱魃が発生した年と各部門の GDP の実質成長率との関係を示している。図から分かる通り、農業部門は、旱魃が発生した年にはマイナス成長を記録している。また、産業部門、サービス部門についても、旱魃が発生した年あるいはその翌年に伸び率が低下していることが分かる。こ

これは、農業部門におけるマイナス成長が、他の部門（農産加工、運輸、小売業など）にも悪影響を及ぼしているものと推定できる。こうした結果、旱魃が発生した年の GDP 成長率が低減する結果となっている。



出典：国家統計局

1990～2006年における部門別GDPの実質成長率

(2) 産業部門別の経済動向

前述の通り、農業部門は天候に大きく影響されるセクターである。1997～2006年までの10年間に於いて、農業部門がチュニジアのGDP全体に占める割合は14.2%から11.3%に減少している。同期間における農業部門の年平均成長率は2.2%で、1990～1997年における3.1%から更にスローダウンしている。農業部門の成長は、旱魃時にはマイナス成長を記録し、降雨量が豊富な年には大きく伸びるなど不安定な傾向を示している。こうした農業部門の停滞は、第二次産業と第三次産業の成長と相まって、チュニジア国全体の産業構造の変革につながっている。

第二次産業は、過去10年間に於いて年率平均3.8%で増加しており、同期間におけるGDPの平均29%を占めている。第二次産業は、輸出、投資、雇用の全てにおいて重要な役割を担っており重要な産業部門である。しかし、市場開放に伴う経済のグローバル化を鑑みると、民間部門の参入やヨーロッパ以外のマーケットへの参入などビジネス環境の改善が不可欠となっている。

チュニジアの資源は限られているため、政府は人的資源が同国にとっての最も重要な資源であると考えている。こうした背景のもと、第三次産業は過去10年間に於いて年率5.8%の高い成長率を記録している（農業部門：2.2%/年、第二次産業3.8%/年）。同部門は、2006年に於いてGDPの61.4%を占めている（1997年には56.2%）。観光産業は常に第三次産業を牽引する一方で、海外の動向に依存したままでいくつかの問題を抱えている。観光産業は大きな資本が必要になるが、経営者は自己資本に限定されている。

2.2.4 メジェルダ川流域の経済状況

(1) 農業部門

2004年の国勢調査によると、チュニジアの労働者数の内訳は、サービス業48.9%、製造業19.4%、非製造業14.5%、農業部門16.2%となっている。農業部門は、2006年に於いてGDPの11%を占めるに過ぎない。

ただし、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 人もの雇用を吸収している。

メジェルダ川流域の農業は、肥沃な土地と豊富な降雨量の恩恵のもとで発展してきている。広大な農地は、10,392 km²の畑地（流域面積の 65.6%）、1,489 km²の灌漑地域（同 9.4%）で構成されている。灌漑地域は、主にメジェルダ川本川の平地に沿って発達している。

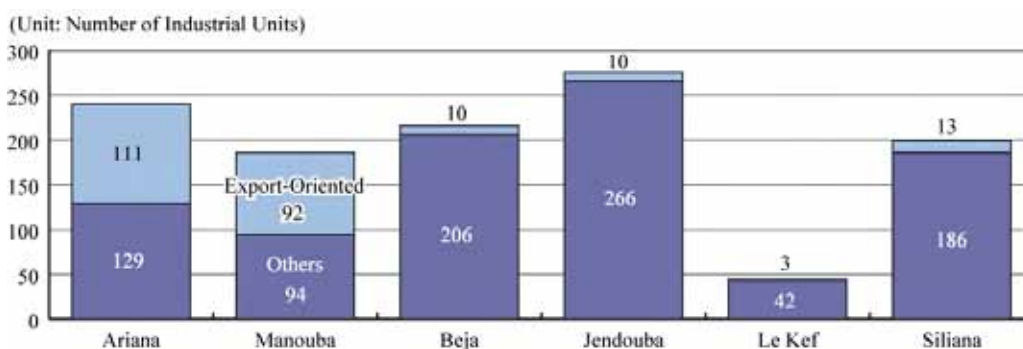
メジェルダ川流域は面積においてチュニジア国全体の 9.7%を占めるに過ぎないが、農業生産・食糧供給に関しては非常に重要な役割を果たしている。2005 年において、同流域は 1,627 千トンの小麦と 465 千トンの大麦を生産している。それらは、全国生産量のそれぞれ 51%および 34%を占めている。

メジェルダ川流域は畜産業の中心でもある。同流域における牛肉、山羊肉、鶏肉の生産量は、全国生産量の 45.4%、45.2%、51.9%を占めている。

また、同流域の内 10.4%（1,646 km²）の土地は森林で覆われている。森林の大部分は国有林で、コルクオーク、パインなどは輸出用のコルクの原料となっている。2005 年における流域のコルク生産量は、5,130 トンで全国生産量の 75.7%を占めている。森林は、周辺の家屋で使用される薪の原料としても貴重な資源となっている。

(2) 鉱工業およびサービス業部門

下図は、メジェルダ川流域の各県における輸出志向型企業およびその他産業の企業数を示したものである。首都であり同国随一の港湾を有するチュニスの近郊に位置するアリアナ県およびマヌーバ県では、輸出志向型企業が全体の約半数を占めている。一方、その他 4 県では、輸出志向型の企業数は限られている。



出典: チュニジア海外投資振興庁

メジェルダ川流域 6 県の企業数

ジェンドゥバ県には、276 の企業が立地しており、そのうち 10 社は輸出志向型の企業となっている。主要産業である食品加工業は、同県の企業数の 51%、投資の 83%、直接雇用者数の 65%を占めている。チュニジア国有数の大企業であるチュニジア製糖会社（"Complexe Sucrier Tunisien"）北西酪農社（"Laiterie du Nord-Ouest"）もジェンドゥバ県に立地している。

マヌーバ県には、92 の輸出志向型企業を含む 186 の企業が立地している。同県の主要産業は、繊維産業、衣類・革製品製造業、食品加工業（特に乳製品、リンゴ・梨加工）、自動車部品を中心とした電気機械産業である。

アリアナ県には、111 の輸出志向型企業を含む 240 の企業が立地している。主要産業は、繊維産業、衣類製造業、農産加工業、電機産業、製菓業、革製品・靴製造業、コンピューター・情報通信産業など多岐に渡っている。

ベジャ県には、216 の企業が立地している。このうち 10 社は、製品の全てを輸出している。また、製造業、サービス業、農産加工業、観光業関連の 16 社の外資系企業が立地している。主要産業は食品加工で、28 社のオリーブ油関連企業、2 社のトマト缶詰製造業に加え、製糖工場、酵母製品製造業、セモリナ粉・小麦粉製粉業、炭酸飲料製造業、乳製品製造業などが立地している。

エルケフ県には、3 社の輸出志向型企業を含む 45 社が立地している。また、製造業、農業、観光業、サービス業など 9 社の外資系企業が立地している。同県では、缶詰、生鮮加工、野菜・果実保管、植物油精製、ミネラルウォーター・ボトリング、乳製品加工などの食品加工業が盛んである。また、木材、大理石、陶器などの建設材料、ガラス・陶磁器工場などの製造業が発達している。

シリアナ県には 13 の輸出志向型企業を含む 199 社が立地している。また、製造業、農業、観光業、サービス業など 12 社の外資系企業が立地している。主要産業は、1) 建設資材（5ヶ所の大理石採石場）、2) 農産加工業（ミネラルウォーター、家畜飼料、缶詰、生鮮野菜・果物、植物油抽出）、3) 繊維産業（主に輸出志向企業）の 3 つに分類することができる。

2.3 国家開発計画

2.3.1 第 11 次国家開発計画の概要と達成目標

第 11 次国家開発計画（2007～2011 年）では、年率 6.5% の経済成長の達成と雇用創出が最重要事項として掲げられている。特に、新卒者に対する雇用創出を行うことにより、失業率を 2005 年の 14.3% から 2011 年には 10～11% に減少させることが目標とされている。こうした目標達成には、製造業、輸出産業の振興および民間部門の参画を通じた経済の多様化が不可欠であるとされている。

主要セクターの目標および活動内容は、以下の通りである。

(1) 農業部門

農業部門は、GDP の 11% を占めている。農業セクターについては、農業の近代化、農産物の品質向上に向けた研究開発の促進が目標とされている。オリーブ油およびバイオ燃料など産業向け作物のヨーロッパ内におけるシェア獲得も重点目標とされている。

また、チュニジア政府は、旱魃などの気候変動のリスクに対応するため灌漑地域を現在より 50% 増加させる計画を策定している。

(2) 鉱工業部門

鉱工業部門は、依然として経済成長の大きな柱となっている。同部門における重要施策は、製品の付加価値を高めて輸出を増大させることにより、外部環境の変動に対処できるようにすることである。現在、チュニジア国の繊維産業では、他国の下請けとしての運営形態から海外企業との共同経営への移行が進んでいる。近年、急速に成長している機械・電子産業についても、こうした産業形態の移行を進めることが目標とされている。政府は、技術開発の中心となるテクノポールおよび民間部門との協力を通じて、農産加工業、化学・バイオ産業及び付加価値の高いその他近代産業の振興を必要としている。

(3) サービス部門

情報通信産業を中心としたサービス部門における雇用創出が期待されており、重要セクターとして認識されている。情報通信部門は、初期投資の負担が比較的少ないことに加え、経済への波及効果も高い。こうした分野の発展に向けて、更なる自由化を進めることが必要となっている。

2.3.2 国家開発計画の目標達成に向けた方策

各部門の開発、特に民間企業的发展をサポートするために、チュニジア政府は以下の方策を打ち出している。

- (i) 投資の事前審査の簡略化、インセンティブ制度の合理化、解雇制度の柔軟化を目的とした労働法の改正とそれに対応する社会的セーフティネットの強化、などを含む更なる自由化・構造改革の推進。
- (ii) 輸出振興
- (iii) 製造業および観光業における改善および近代化プログラムの実施
- (iv) 産業開発促進基金(FOPRODI)、種子資本基金、チュニジア保証公社(SOTUGAR)、中小企業融資銀行(BFPME)など、新規起業に向けた制度および支援基金の設立
- (v) 均衡の取れた地域開発を促進するための税制・金融面でのインセンティブ制度の確立
- (vi) 教育・職業訓練の改革
- (vii) 技術センターの設立

チュニジア政府は、テクノパークの開発と研究開発およびビジネス育成に向けた支援体制の構築を通じて革新的な企業を育成することにより産業の近代化を図るとともに、経済の対外解放に向けた施策として、欧州連合(EU)を中心とした自由貿易地域への参加を目標としている。

2.3.3 水分野に係る開発計画

チュニジア国政府は、第11次国家開発計画において都市部の洪水被害軽減に向けて、排水ネットワークの構築を含む様々な対策を実施する意向を持っている。こうした事業は、洪水対策のみならず都市開発事業、都市交通開発事業との間で相乗効果をもたらすことが期待されている。

水資源に関しては、農業セクターなどからの水需要の増大に対応するため、水質・土壌保全、森林保護、氾濫源管理・防御などを含む水資源管理に高い優先度が置かれている。

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2部 フェーズ1: 調査に関連する現状の把握とマスタープランのフレームワーク策定

3. 現地調査

3.1 河川縦横断測量

治水計画立案に資するために以下の範囲を対象とした河川縦横断測量を実施した。

- (1) メジェルダ川本川（シディサレムダム地点～アルジェリアとの国境）
- (2) 主要支川（メレゲ、テッサ、ブヘルトゥマ、カッセブ、ベジャ他）
- (3) 遊水地、バイパス水路、落差工、橋梁、堤防、護岸等治水施設の設置候補地点

上記(1)は第1次現地調査時に、(2)は第2次現地調査時に実施した。また、上記(3)については第3次現地調査時に実施した。

本測量調査の主な仕様は以下のとおりである。

項目(1)の仕様

測量範囲	メジェルダ川本川（シディサレムダム地点～アルジェリアとの国境）
作業量	1) 河川縦断：約 180 km 2) 河川横断：360 断面 (河道中心線に対し 500 m 間隔、平均断面幅約 330 m)
技術的仕様	1) 各測量地点は既存の 2 万 5 千分の 1 または 5 万分の 1 地形図より設定する。 2) 河道流線（最深部）の縦断を測量する。 3) 各横断面両端に杭標識（木製又はスチール製）を設置する。
成果物	1) 基準点ネットワーク、縦横断測線を示した平面図 2) 河川縦横断図 3) 測量記録および成果報告書 4) 図面は AutoCAD フォーマットで作成 5) 成果物としてハードコピー・ソフトコピー両方を提出

項目(2)の仕様

測量範囲	シディサレム貯水池～ジェンドウバ間に流入するメジェルダ川主要支川（メレゲ、テッサ、ラライ、バジャール、ブヘルトゥマ、カッセブ、ベジャ）
作業量	1) 河川縦断：約 140.6 km 2) 河川横断：476 断面 (河道中心線に対し 250/500 m 間隔、平均断面幅約 300 m)
技術的仕様	1) 各測量地点は既存の 2 万 5 千分の 1 地形図より設定する。 2) 河道流線（最深部）の縦断を測量する。 3) 各横断面両端に杭標識（木製又はスチール製）を設置する。
成果物	1) 基準点ネットワーク、縦横断測線を示した平面図 2) 河川縦横断図 3) 測量記録および成果報告書 4) 図面は AutoCAD フォーマットで作成 5) 成果物としてハードコピー・ソフトコピー両方を提出

項目(3)の仕様

測量範囲	メジェルダ川本川沿いの治水構造物設置候補地点 (河口～アルジェリアとの国境)
作業量	1) 縦断：約 54.8 km 2) 横断：72 断面 (河道/水路中心線に対し 100/250 m 間隔、平均断面幅約 200 m)
技術的仕様	1) 各測量地点は既存の 2 万 5 千分の 1 または 5 万分の 1 地形図より設定する。 2) 流線(河道/水路最深部)の縦断を測量する。 3) 各断面両端に杭標識(木製又はスチール製)を設置する。
成果物	1) 基準点ネットワーク、縦横断測線を示した平面図 2) 河川/水路縦横断図 3) 測量記録および成果報告書 4) 図面は AutoCAD フォーマットで作成 5) 成果物としてハードコピー・ソフトコピー両方を提出

上記測量成果は、特に河道通水能力解析、洪水氾濫解析、河川改修計画立案等に有用な基本データとして活用した。

3.2 洪水氾濫・被害調査

調査対象地域であるメジェルダ川流域における洪水氾濫被害に関するデータ収集を行った。対象として、1973 年、2000 年、2003 年、2004 年および 2005 年に発生した洪水氾濫事象を選定した。

主な作業項目は以下のとおりである。

- ・ 関連政府機関からのデータ/情報収集
- ・ 住民、店舗、農民、製造業従事者へのアンケート

行政側および被災者側両方から情報を収集することで、対象地域における洪水氾濫被害の実態を把握した。アンケート調査の書式については被災者のカテゴリー毎(住民、店舗、農民、製造業従事者)に作成した。全カテゴリー共通の質問項目を以下に列挙する。

- ・ 回答者の基本情報(住所、収入源など)
- ・ 氾濫の状況(日付、水位、氾濫継続時間など)
- ・ 洪水被害とその影響
- ・ 氾濫後の行動など被災時の経験

アンケート調査は、対象とした既往洪水の発生時に大きな被害を受けた都市部の 300 人(サンプル)に対して実施した。洪水氾濫・被害調査の結果は、洪水氾濫解析、治水計画立案、治水対策の経済分析等の基本情報として活用した。

3.3 水管理施設インベントリ調査

3.3.1 概説

メジェルダ川流域内の既存水管理施設を対象に、その基本諸元等を含む情報収集を目的とした聞き取り調査を行った。主な調査項目は下表のとおりである。

区分	調査対象施設・地点
気象水文観測	(A1) メジェルダ川流域内の雨量観測所 (A2) メジェルダ川流域に隣接した流域の雨量観測所 (B) 水位観測所 (C) 洪水警報システムに利用されている観測所 (D) 水質モニタリングの実施地点
水関連施設	(E) ダム (F) 河川横断構造物：橋梁、パイプライン、サイホンなど (G) 堰等の水位調節を目的とした構造物
河道改修に伴う施設	(H) ライニング、分水路、堤防など
侵食対策/ 土砂対策関連施設	(I) 侵食対策用の洪水貯留施設（洪水調整池など） (J) 土壌保全用砂防ダム
灌漑・排水	(K) 水路の呑口/吐口および洪水防御ゲート
地下水資源	(L1) 井戸 (L2) 浅帯水層 (L3) 深帯水層
水利用	(M) 取水施設 (N) 飲料水関連施設（国家水供給施設会社による運用・管理） (O) 上水配水施設（北部水路導水路会社による運用・管理） (P) 灌漑開発地域リスト (Q) 共同体や自治体別人口 (R) 国家水供給施設会社より飲料水供給を受けている都市
水処理	(S) 水処理施設リスト（下水道施設局による運用・管理）
土地利用	(T) 森林の土地利用 (U) 農業用地の土地利用 (V) 支川流域毎の土地利用
環境	(W) 湿地および環境保全地域のリスト

インベントリー調査を通じて収集した資料は、調査対象地域の現状把握や洪水防御および洪水警報システムの改善を主眼に置いたマスタープラン立案の基本情報として活用した。

3.3.2 調査の内容

水管理施設インベントリー調査は2段階に分けて実施した。

(1) 第1次調査

第1次調査では、流域内水管理施設の抽出と関連基本情報（主要諸元など）の収集を行った。これらは主として農業水資源省の GEORE データベースから入手した。同データベースでは、抽出した施設の位置や土地利用に関する情報が UTM 座標系で整理されている。

人口データとその予測は最新（2004年）の統計に基づき、国家統計局より公開されている。市・町・村の境界に関する情報は入手できたが、更に詳細な区域の境界に関する情報は入手できなかった。対象地域では人口統計の存在する最小単位が区域レベルであるが、この入手には防衛省の特別許可が必要であることが判明し入手することができなかった。

堤防の概略位置は農業水資源省によって地形図上に示されていたが、堤防高や現況に関する情報は集積されていなかった。なお、堤防高については並行して実施した河川横

断測量（3.1 節参照）の結果から入手した。

(2) 第2次調査

第2次調査では、洪水対策に重要な既存施設の運用・維持管理に関する情報を入手した。

情報収集はダム及び大規模水利施設局と共同で実施した。施設の運用・維持管理についての信頼できる情報源の確保は困難を極め、情報は限られたものとなった。入手できた情報は、雨量観測所、水位観測所、大規模ダム、水理制御施設、堤防、溜池、および砂防ダムに関するものであった。

3.3.3 施設の運用・維持管理の概要

インベントリー調査の結果、予算不足から施設の定期的な保守・補修はほとんど行われていないことが判明した。また、施設の故障等に対する予防的な保守管理も行われていない。

施設の運用・維持管理に関する調査結果は表 3.3.1 に示すとともに以下のように要約される。

(1) 雨量観測所

農業水資源省によると、雨量観測所の運用・維持管理は深刻な状況にある。この原因は人材と予算の不足である。雨量観測機器内には塵芥や土砂が溜まっており、観測精度に影響を及ぼしている可能性がある。重要観測所についてはデータ記録装置付きの自動観測機器が設置してあるが、電力供給（商用電力、バッテリー、太陽電池など）が不安定である。長期間に亘る電源の不具合によりシステム設定値や雨量データそのものが頻繁に消失している。

(2) 水位観測所

水位観測所についても雨量観測所と同様の状況である。重要観測所についてはデータ記録装置付きの自動観測機器が設置してあるが、電力供給（商用電力、バッテリー、太陽電池など）が不安定である。長期間に亘る電源の不具合によりシステム設定値や水位データそのものが頻繁に消失している。

データ記録装置に保存されているデジタルデータは定期的な吸上げが必要であるが、十分に実施されていない。そのため、機器のデータ記憶領域が一杯になり、新たなデータを保存できず、数日間単位で欠測が見られる水位観測所もある。

(3) 大規模ダム

ダムはコンサルタント等の専門家により毎年点検されている。堤体に設置した測量用標識で沈下を、ピエゾメータで漏水を監視している。また、概ね5年毎に貯水池深淺測量を実施して堆砂状況をモニターするとともに貯水位 - 容量曲線を更新している。

保守作業としては主に以下に対する計画に基づく補修・整備である。

- ゲートやバルブからの漏水
- バルブや放水パイプの錆
- モーター式バルブ操作および制御機器の不具合
- 洪水吐とアバットメントのコンクリート損傷

予防・保守管理はほとんど行われていない。保守にかかる予算は会計年度毎に申請し、承認を得ることになっている。

(4) 水理制御施設（ラルーシアおよびトビアス堰）

次の補修作業が実施されている。

- 堆砂の除去
- ゲート巻上げ機の交換
- 鋼矢板の錆止め
- ゲートや放水バルブの錆止め

(5) 堤防

堤防の点検は豪雨や高水位の発生後に実施されており、その頻度は年間5回程度である。出水時の侵食や人為的な破堤が問題となっている。カラアットアンダルス地点では2005年、2006年、2007年に連続して被災し、その都度修復されている。

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

意思決定の初期段階における住民参画の一環として、洪水リスクに対する社会的受容に関する調査を実施した。このため、メジェルダ川沿いの被災経験を有する地域住民を対象とした詳細な質問票を作成した。本調査では、被害発生が比較的最近であること、および近年で最大の被害をもたらしたことから2003年洪水をその対象とした。質問票を通して、メジェルダ川流域における洪水リスクに対する住民の考え方や意見を把握し、洪水との共生の可能性や住民が洪水をどの程度恐れているのかの聞き取り調査を行った。インドネシア、バングラデシュ、タイ等のアジア諸国では毎年のように洪水が発生し被害をもたらすことから、洪水に対する住民の恐怖感は大い。従って、アジア諸国の住民は洪水防御に関する活動への参加意識は一般に高い。一方、アフリカでは洪水被害が稀であることから、恐怖感も比較的小さいと考えられ、洪水防御活動への積極的な参画や責任感の醸成も容易ではない。

上記のような考察により、対象地域の住民の洪水リスクに対する認識を調査し、実情に即した適切な治水計画立案に資するべく、本調査を実施した。

聞き取り調査にあたり、回答者の基本情報や洪水リスクに対する認識を把握するため、以下の質問項目を用意した。

- 1) 基本情報(問1～問3)
- 2) 回答者のプロフィール(問4)
- 3) 洪水被災経験と被災の種類(問5)
- 4) 洪水への恐怖感(問6)

- 5) 洪水リスクに対する認識(問 7)
- 6) 洪水被害リスクの受容性(問 8)
- 7) 洪水被害軽減のための施設の対策(問 9)
- 8) 洪水被害軽減のための非施設の対策(問 10)
- 9) 洪水被害軽減についての政府への信頼(問 11)
- 10) 洪水被害リスクに対する自己責任に関する認識(問 12)
- 11) 施設の対策と非施設の対策の優先度(問 13)

上記質問項目の設定趣旨は以下に要約される。

- (1) 洪水被害リスクへの受容性を把握することで、治水計画で取扱うべき洪水リスクレベルの設定に役立つ。
- (2) 洪水被害リスクに対する自己責任に関する認識を調査することで、住民の水防活動への参画意欲と責任感の程度を把握でき、必要に応じて自己責任に関する意識向上計画の立案が可能となる。
- (3) 政府機関の努力のみでは稀に発生する洪水から住民を守りきることはできない。治水の観点から住民が政府に対してどの程度の信頼感を持っているのかを把握することは重要である。洪水被害リスク低減のためには、各方面が相応の役割を果たすことが必須である。2003年洪水のような稀な事象に対する効果的な洪水防御の実現には、各方面の能力強化や円滑な調整能力の醸成をも含む適切な計画立案が必要である。

聞取調査結果の詳細は**附属報告書 J** に収録した。また、**表 8.1.1** に主要な調査成果をまとめている。聞取調査の成果は治水計画策定、とりわけメジェルダ川流域において治水計画で対応すべき洪水リスクレベルの設定の際に活用した。

4. 水文・水理

4.1 水文条件の概要

4.1.1 概 説

調査対象地域の現状における水文特性をまとめた。既存案件における水文調査の結果についても確認し、見直した上で本調査に利用している。

メジェルダ川流域および隣接流域の気象・水文データは、農業水資源省及び気象庁から収集した。農業水資源省では、水資源局とダム及び大規模水利施設局が関連データを保有している。主要収集データは、気象データ、日・時間雨量、日・時間流量である。アルジェリア国内の水文データも可能な範囲で収集した。収集した雨量・流量データは精査して信頼性を確認した上で解析に利用した。

4.1.2 調査対象地域の降雨特性

(1) 地域的変動と季節的変動

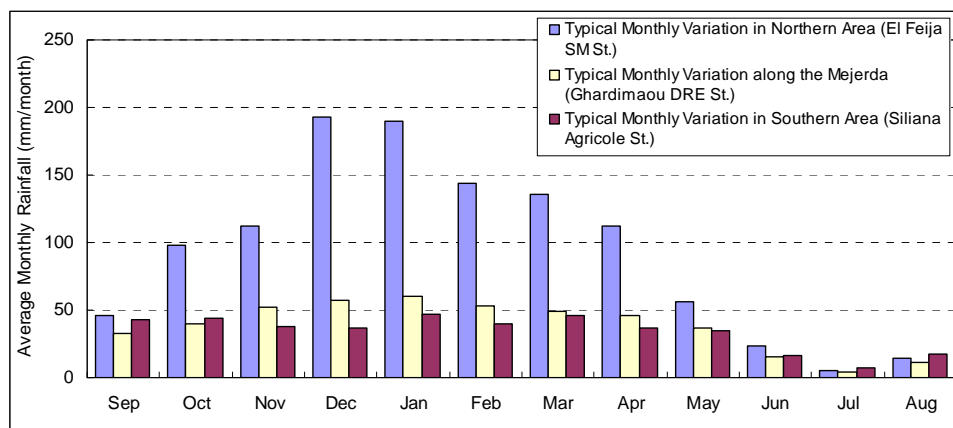
チュニジア国の年平均降水量は、一般的に南の地域ほど少ない傾向にある。チュニジア国の北西端のクミル山地では年平均降水量が 1,500mm に達するのに対し、最南部の地域では 100mm 以下である。調査対象地域内でも同様の傾向が見られ、下記の等雨量線図に示す通り、メジェルダ川流域北部では年平均降水量が 1,000mm を超えるのに対し、南部では約 300mm まで減少する。



出典：JICA メジェルダ川調査団

メジェルダ川流域の等雨量線図（年平均降雨量：1949-2006）

この地域差は、主として雨期(10月から4月)の降水量の地域差による。下図の通り、調査対象地域北部(メジェルダ川左岸側流域)では、雨期には月平均降水量が大幅に増加し、特に12月から1月に顕著なピークが発生する。一方、南部(メジェルダ川右岸側流域)では乾期・雨期の月平均降水量の差が北部ほどは顕著ではない。



出典：JICA メジェルダ川調査団。水資源局からの日雨量データに基づく 1950/51 年から 2005/06 年の平均値

降水量の月変動の地域差

集中豪雨の発生についても地域的な特性が見られる。年最大日雨量の発生日を見ると、北部地域では11月から1月に集中するのに対し、南部地域では9月から6月までの期間に分散している。

(2) 年による変動

表 4.1.1 に 1968/69 水文年から 2005/06 水文年（水文年は9月から8月）の期間の年間降水量、2年間降水量、3年間降水量を示した。期間中、降水量の最も小さかった5カ年は下表の通りであるが、チュニジア国で過去80~90年間で記録的な2大渇水であったといわれている1987-88-89年渇水、1993-94-95年渇水の発生時期と一致している。

小降水量の記録（流域平均雨量。1968/69 - 2005/06）

順位	年間降水量		2年間降水量		3年間降水量	
	期間	mm/年	期間	mm/年	期間	mm/年
1	1993/1994	316	1993年9月 - 1995年8月	675	1992年9月 - 1995年8月	1092
2	1987/1988	347	1987年9月 - 1989年8月	700	1987年9月 - 1990年8月	1113
3	2001/2002	350	1992年9月 - 1994年8月	734	1999年9月 - 2002年8月	1228
4	1988/1989	353	1988年9月 - 1990年8月	766	1991年9月 - 1994年8月	1303
5	1994/1995	359	2000年9月 - 2002年8月	815	1976年9月 - 1979年8月	1319

出典： JICA メジェルダ川調査団

一方、下表の通り同期間で年間降水量が大きかった年は、大規模洪水が記録された年に一致している。

大降雨量の記録（流域平均雨量。1968/69 - 2005/06）

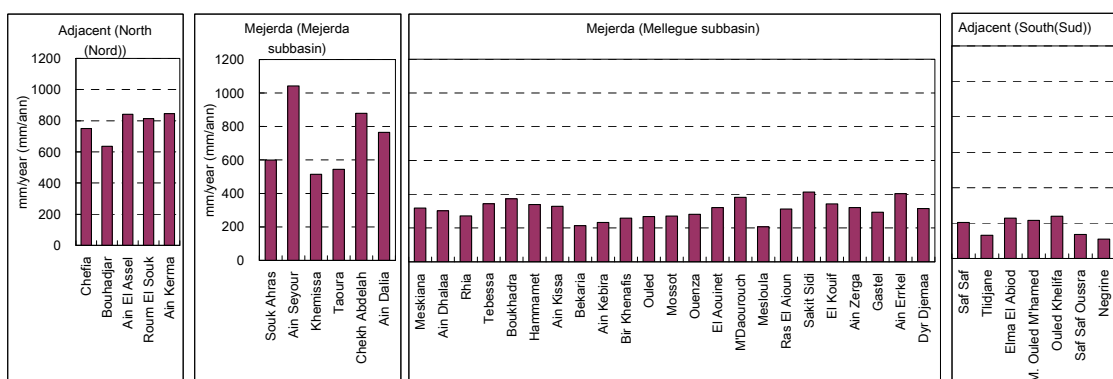
順位	期間	流域年降水量 (mm/年)	期間中に発生した 主要洪水
1	2002/2003	780	2003年1月洪水
2	1972/1973	721	1973年3月洪水
3	2003/2004	701	2004年1-2月洪水
4	1969/1970	691	1969年9-10月洪水
5	1995/1996	676	-

出典： JICA メジェルダ川調査団

(3) アルジェリア国内メジェルダ川流域の月平均降水量、年平均降水量

アルジェリア国内のメジェルダ川流域で観測された月平均・年平均降水量の例を下図に示す。データが限られているため詳細な検討はできないが、入手可能な範囲のデータから、アルジェリア側のメジェルダ川流域内降雨の基本的な特性は下記の通りチュニジア側と類似していると考えられる。

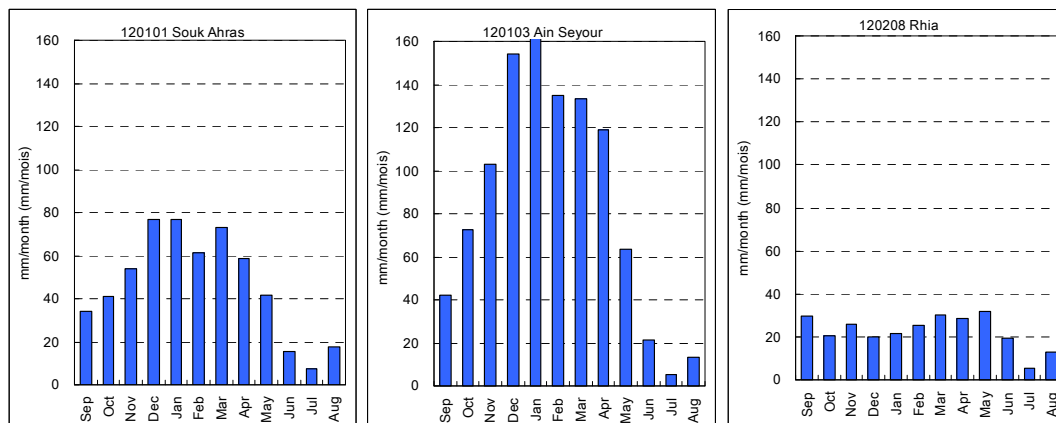
- ・ 年平均降水量は流域最北部で最も大きく、南下するに従い減少する。
- ・ 流域北部に位置する観測所の雨期（10月から4月）の月平均降雨量は南部でのそれとくらべて著しく大きい。



期間： 観測初年 - 2003/2004年（各降雨観測所）

出典： JICA メジェルダ川調査団。MARHより入手した降雨量データに基づく。

アルジェリア国内メジェルダ川流域の雨量観測所地点での年平均降水量



(1)メジェルダ川支流域（中、北部）

(2) メレゲ川支流域（南部）

出典： JICA メジェルダ川調査団。農業水資源省より入手した降雨量データに基づく。

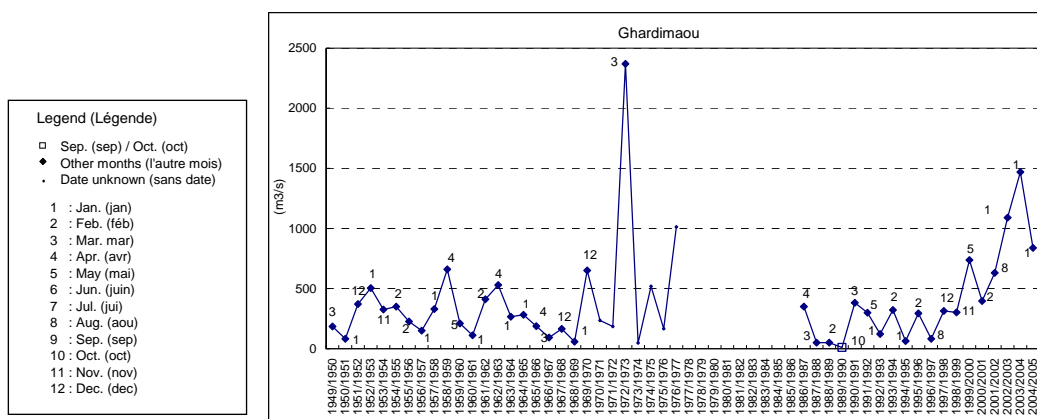
アルジェリア国内メジェルダ川流域の月平均降水量の例

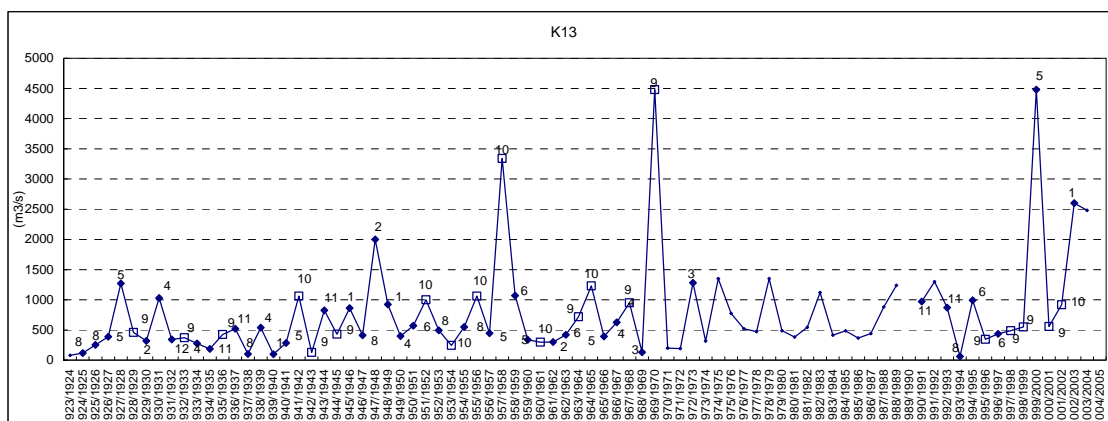
4.1.3 洪水流量特性

調査対象地域で最も重要な流量観測所であるガルディマウおよびメレゲ K13 観測所における年最大流量とその発生月を下図に示す。ガルディマウは調査対象地域北部メジェルダ川本川上流、メレゲ K13 は調査対象地域南部メレゲ川上流に位置する（図 4.1.1 参照）。グラフから以下の特徴が読み取れる。

- ・ ガルディマウ観測所では、9、10月に年最大流量を観測することはほとんどなく、年最大流量の発生は12～2月に集中している（41カ年中24回）。近年の主要洪水をもたらした年最大流量も12～2月に観測している。
- ・ K13 観測所で年最大流量が観測されるのは、9月および10月が多い（60カ年中20回）。ただし、近年の主要洪水をもたらした年最大流量は他の月に観測されている。（例：2003年1月、2000年5月）

下図から分かるように、両観測所で同時期（同一洪水発生期間中）に年最大流量を記録することもある。両観測所地点で同時（同一洪水中）に年最大規模の流量が流入したような場合に、調査対象地域で甚大な被害を及ぼす洪水が発生することになると言える。（例：1973年3月洪水、2003年1月洪水）





出典： JICA メジェルダ川調査団。農業水資源省より入手したデータに基づく。

年最大流量観測値およびその発生月

「水文研究」(“Monographies Hydrologiques”)(1981年刊)では、1975/76年までのデータを基に年最大流量の頻度解析を行なっている。本調査では、近年(1975/76年から2003/04年)のデータを加え超過確率洪水を見直した。この際、1980年代以降に一般的になったGEV(一般化極値分布)などの統計的手法も取り入れた。主要流量観測地点における年最大流量の観測値は表4.1.2にまとめた。

ガルディマウ観測所、K13観測所地点での超過確率洪水算出結果を下表に示す。同2観測所は、チュニジア国内メジェルダ川流域の洪水条件を決定する重要な観測所である。表中の既存調査および本調査の算出値の差は、本調査では近年の観測値を加えていることと新しい分布関数を検討に加えていることによるものである。

確率洪水流量

(単位： m³/s)

再現 期間	ガルディマウ		メレゲ K13	
	既存調査	本調査	既存調査	本調査
2年	250	250	480	470
5年	500	520	1000	940
10年	750	790	1510	1430
20年	1050	1150	2100	2080
50年	1500	1830	3100	3340
100年	1870	2550	4050	4710
分布関数	Log Normal	GEV	Log Normal	GEV
使用データ	'49/50-'76/77	'49/50-'04/05	'24/25-'75/76	'24/25-'03/04

出典： JICA メジェルダ川調査団 及び

既存調査：「水文研究」，“Monographies Hydrologiques”，1981

なお、上表の100年確率流量の値は、一般的な傾向を示す程度の参考値と考えるべきであろう。50-70年間のデータを元に発生確率を算出しているため、小さな発生確率の流量の値の信頼性は高くないことに留意が必要である。

メジェルダ川流域でのもう1つの特性として、右岸側支川(メレゲ川、テッサ川など)で観測される流量波形(ハイドログラフ)はメジェルダ川本川および左岸側支川のものと比較して、ピークが尖ったパルス的な形状を呈することが挙げられる。

4.2 水系の現状

4.2.1 既存水系および河床縦断

(1) 水系および流域面積

メジェルダ川流域の河系図と主要支川名を図 4.2.1 に示す。メジェルダ川本川、メレゲ川、ライ川の上流部はアルジェリア国内に位置する。本川および主要支川の流路長(アルジェリア国内を含む)は下表の通りである。

メジェルダ川本川および主要支川の流路長

河川名(上流部支川名)	延長	河川名(上流部支川名)	延長
メジェルダ	484 km	メレゲ(メスキアナ-メレゲ)	317 km
シリアナ (ルメル-ウサファ-シリアナ)	171 km	テッサ	143 km
ブヘルトゥマ (エルケピル-ルヘザラ-ブヘルトゥマ)	64 km		

出典：JICA メジェルダ川調査団 及び 「水文研究」，“Monographies Hydrologiques”、1981

メジェルダ川は、以前は最下流部が2つに分流し河口を2つ有していた。一方はトビラス地点から北に流れる原河道(自然河道)、もう一方は東に延びるフランス統治時代の1950年代に開削された人口放水路である。しかし、1990年にトビラス地点にトビラス堰(可動堰)が建設された際に原河道(自然河川)側は分岐点で締め切られ、灌漑用水路に転用され河川としての機能を失うことになった。現在のメジェルダ川最下流部の河道は、1950年代に開削された人口放水路である。

流域面積は、25,000分の1および50,000分の1地形図(チュニジア国土地院発行)及びアルジェリア側まで含めたDEMデータをGISに入力し計測した。

各支川の流域面積を下表にまとめる。計測結果から、メジェルダ川の全流域面積のうち、約3分の1がアルジェリア国内に位置していることが分かる。

メジェルダ川流域面積

支川名	流域面積 (km ²)		小計
	チュニジア	アルジェリア	
シャフル	610	0	610
ラメール	530	0	530
シリアナ	2,190	0	2,190
カレド	470	0	470
ゼルガ	220	0	220
ベジャ	340	0	340
カッセブ	280	0	280
ブヘルトゥマ	610	0	610
テッサ	2,420	0	2,420
メレゲ	4,430	6,360	10,790
ライ	310	40	350
その他	3,420	1,470	4,890
合計	15,830 (67%)	7,870 (33%)	23,700 (100%)

出典：JICA メジェルダ川調査団

前述のトビアス地点で締め切られた原河道の河口部分付近の 323km² からの流出は、地形的に現河道に流入できず直接海に流入する。(ただし、上記の 23,700km² にはこの 323km² が含まれている。)

また、メジェルダ川全流域面積 23,700km² の約 80%にあたる 19,400km² は、既存ダムの上流に位置し、「管理された流域」(“controlled catchment area”)と呼ばれている。うち、18,100km² がシディサレムダム、残りの 1,300km² はシリアナダムおよびルミルダムの上流に位置する。

(2) 河床縦断および河床勾配

(i) メジェルダ川上流域：シディサレム貯水池上流端 - アルジェリアとの国境(158 km)

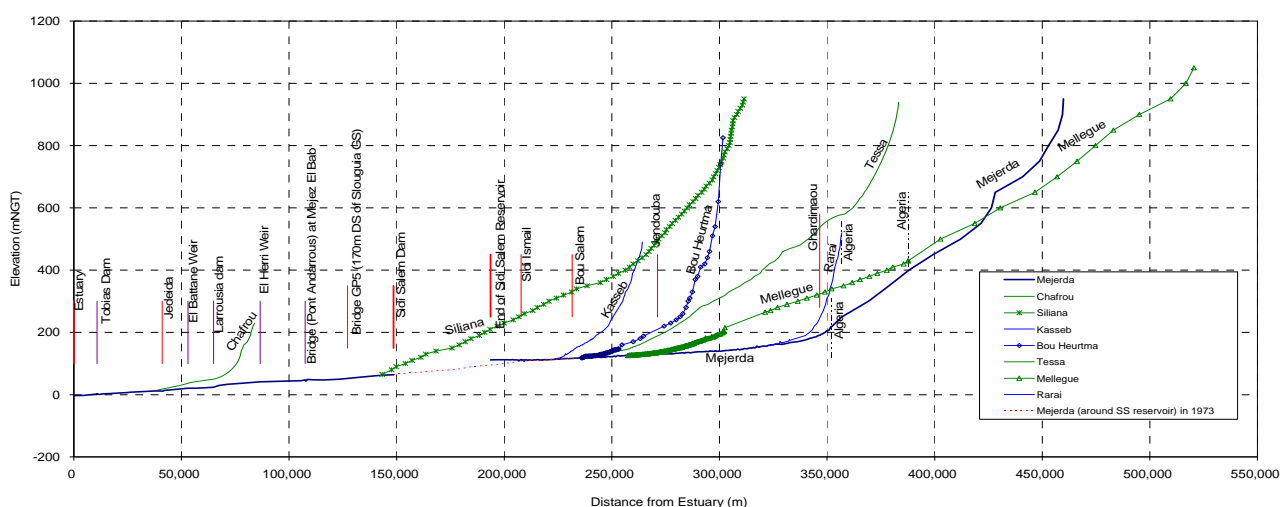
当調査で 2007 年に実施した河川測量結果を基に作成した河床縦断図を図 4.2.2 に示す。縦断図からシディサレム貯水池上流端付近の約 25km の範囲の河床はほぼ水平であり、この区間では顕著な堆砂が発生していることがわかる。

(ii) メジェルダ川下流域：シディサレムダム - 河口(148 km)

農業水資源省が 2007 年に行なった河川測量結果を基に作成したシディサレムダムから河口までの河道縦断図を図 4.2.3 に示す。河床勾配は、概略 1/2,000 から 1/3,000 程度である。縦断図から、ラルーシア堰地点で河床縦断の変曲点が生じており、堰地点上流側の河道区間では河床が高くなっていることが分かる。これは、堰の影響で堆砂が発生しているためと考えられる。ムジェズ・エル・バブ市のアンダルス橋地点、エルバタン市の旧堰地点、およびトビアス堰地点でも河床縦断の変化がみられるが、小規模で局地的な変動に留まっている。

(iii) 支川

メジェルダ川本川および主要支川の河床勾配の概要を下図に示す。上流域に位置する左岸側支川(ラライ川、ブヘルトゥマ川、カッセブ川)が他と比較して急流であることが分かる。



出典： JICA メジェルダ川調査団。2007 年実施の河川測量結果および 1/25,000、1/50,000 地形図に基づく。

メジェルダ川本川および主要支川河床縦断図

4.2.2 現況河道の流下能力

(1) 流下能力算定方法

現況河道の流下能力を不等流計算によって算定した。2007年に調査団および農業水資源省が実施した河川測量結果を河道横断面形状データとして使用した。各横断面地点における満水流量を算出し、各区間の最小値を以って河道区間の流下能力とした。

(2) シディサレムダムよりも上流の地域

図 4.2.2 に算出した流下能力および河床勾配を示す。流下能力は区間によってばらつきがあるが、メジェルダ川本川の流下能力は、概略 $200 \sim 600 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度であるといえる。流下能力の算定値が小さい河道区間は、既往の主要洪水で氾濫が顕著であった地区にほぼ一致する。

(3) シディサレムダムよりも下流の地域

シディサレムダムから下流におけるメジェルダ川本川の流下能力および河床勾配を図 4.2.3 に示す。流下能力が特に小さい箇所は下記の区間である。

- ・ ラルーシア堰の上流(ムジェズ・エル・バブ市を含む) ($150\text{-}400 \text{ m}^3/\text{s}$)
- ・ ジュデイダ市の下流 ($250\text{-}300 \text{ m}^3/\text{s}$)
- ・ トビアス堰の下流 ($150\text{-}300 \text{ m}^3/\text{s}$)

上記の区間も既往の主要洪水で氾濫が顕著であった地区に一致する。

4.3 水文的観点からのメジェルダ川の洪水特性

4.3.1 概 説

メジェルダ川流域はこれまでに多くの洪水に見舞われてきたが、本節では下記に挙げる近年の主要洪水について水文学的観点から見た特性を述べる。

- ・ 1973年3月洪水(1973年3月に発生)
- ・ 2000年5月洪水(2000年5月に発生)
- ・ 2003年1月洪水(2003年1月から2月に発生)
- ・ 2004年1月洪水(2003年12月から2004年2月に発生)
- ・ 2005年洪水(2005年1月から3月に発生)

主な流量観測所地点での洪水波形など上記の洪水に関する水文データは、付録 4.1 およびデータブック A4 に掲載した。

4.3.2 全体的な特性

過去の洪水の発生月を見ると、メジェルダ川流域では、流域平均雨量が最大となる12月から1月のみならず、9月から5月ごろまでのいずれの月にも何らかの被害を生じさせた規模の洪水が発生している。これは、4.1節で述べたように年最大規模の大きな降雨やアルジェリア国側からの流入量の発生時期、降雨・流量の特性が流域南部と北部で大きく異なることによる。例えば、下記の事象が影響している。

- ・ 12月から2月頃の期間は、左岸側流域(北部)の降水量が大きく、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)へ年最大規模の大きな流量が流入してくることも多い。
- ・ 右岸側流域(南部)では、年最大日雨量規模の集中豪雨が年によって9月から5月頃までのいずれの月にも発生がみられる。
- ・ 右岸側流域からの流出は一般的に尖った形状の流量波形を示し、ピークが急激に到達する。

アルジェリア側からメジェルダ川本川(ガルディマウ観測所地点)への流入と左岸地域での降雨のピーク、及びメレゲ川への流入(K13観測所地点)と右岸地域での降雨のピークは発生しやすい時期が異なり、同時に発生しないことが多いが、これらが同時期に発生することがある。こうした場合に、流域では1973年3月洪水や2003年1月洪水のような大規模洪水が発生している。

4.3.3 1973年3月洪水の水文特性

1973年3月洪水はメジェルダ川全区間に渡り、大規模な氾濫をもたらした。同洪水の実績氾濫域図を図4.3.2に示した。1973年当時にシディサレムダムは建設されておらず、また、本川最下流部には原河道とトビアスでの放水路の2つの河口があった。

同洪水は、降雨の時間分布、アルジェリア国からの流入波形、本川での洪水流の波形のいずれもが「大きな単一ピーク」を示したことが特徴である。ガルディマウ観測所地点での最大流量は、80年確率規模であったと推算される。降雨の範囲は流域全体に及んでおり、雨量は流域平均でも15年から25年確率規模(6日雨量)程度に達した。アルジェリアからの急激で大きな流入と流域全体を覆った大規模な集中降雨によってメジェルダ川流域各地で大きな洪水流量が発生することになった。多数の地点で流量が河道の流下能力を超え、各地で大規模な氾濫が発生するに至った。

同洪水の場合は、降雨、高水位の継続時間は短く、氾濫も1週間程度以下とそれほど長くなかったと言われている。

4.3.4 2000年5月洪水の水文特性

2000年5月洪水では、メジェルダ川上流域でのみ氾濫被害が発生した。この洪水の水文的特徴としては下記が挙げられる。

- ・ メレゲ川(K13流量観測所地点)への既往最大規模の大きな流入および尖った単一ピークの流入波形
- ・ 降雨の地域的偏在

K13観測所地点での最大流量は90年確率規模に達したと算定される一方で、ガルディマウ観測所地点でのメジェルダ川本川への流入量は5年から10年確率規模程度である。調査対象地域内の降雨は、メレゲ川、テッサ川、ライ川流域に集中している。

洪水発生が乾期の開始間近の時期であったため水供給に備えてメレゲダムの貯水位が高かったこともあり、上流から洪水流が流入した際に放流せざるを得なかった。メレ

ゲダムからの放流量により下流の河道で流下能力を越え、氾濫が発生した。ただし、シディサレムダムの洪水調節効果により、氾濫が発生したのは同ダム上流地域のみであった。

4.3.5 2003年1月洪水の水文特性

2003年1月洪水の特徴としては、下記が挙げられる。

- ・ ガルディマウ観測所地点、K13観測所地点とも洪水流入波形がピークを複数有する
- ・ 複数ピークの降雨

メジェルダ川本川上流のガルディマウ観測所地点での最大流量は20年確率程度であったが、洪水の総流入量(30日間に4ピークの総計197百万 m^3)の発生頻度確率は1/70程度になる。

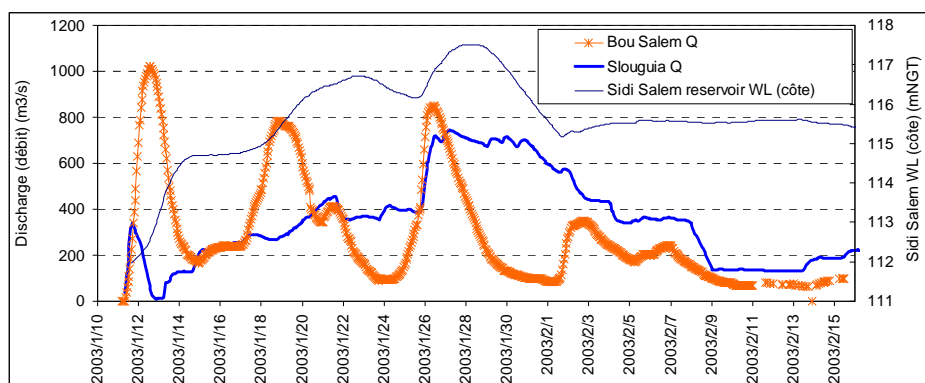
2000年5月洪水と2003年1月洪水の比較から2003年1月洪水の特徴が説明できる。下表の通り、2000年5月洪水と2003年1月洪水のシディサレム貯水池への最大流入量はほぼ同規模である。しかし、ピークが1回であった2000年5月洪水の場合と異なり、4回のピークが連続して発生した2003年1月洪水ではシディサレムダムからの放流量を下流域の無害流量以下に抑えることができなかった。

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)	最大放流量 (シディサレム)	ピーク回数
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

洪水時のブサレム観測所地点およびスルギア観測所地点の流量波形、シディサレムダム貯水位を下図に示す。ブサレム地点の流量波形はシディサレム貯水池への流入、スルギア地点の流量波形は同ダムからの放流量の時間変化に相当する。



出典： JICA メジェルダ川調査団。DGBGTH よび DGRE のデータに基づく。

2003年1月洪水時のシディサレムダム流入量および放流量の流量曲線、貯水位

スルギア地点で1月11日に観測された第1回目のピークはシディサレムダムの下流でメジェルダ川に合流するシリアナ川流域からの流出によるものであり、シディサレム

ダムで制御することはできなかった。その後、上流から第1番目と第2番目の洪水ピークが貯水池に到達したが、ダムの洪水調節効果により放流量は300 - 400m³/s程度に抑えられている。しかし、第3番目のピークが到達したことで放流量を740m³/sまで増加する結果になった。さらに、比較的規模は小さかったものの第4番目のピークが到達したことで放流量の低減が遅れたことがわかる。

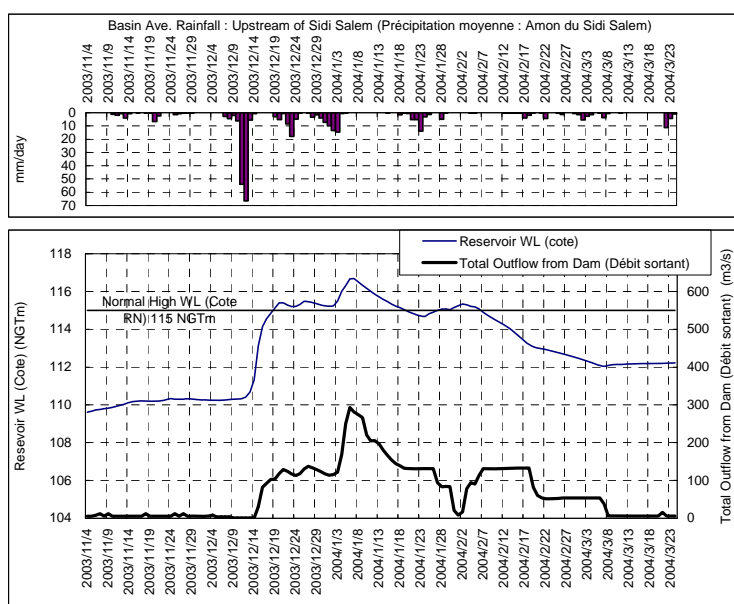
このように、洪水流のピークが複数回発生したことで、シディサレムダム上流地域および下流地域ともに氾濫期間が長引く結果になった。特に下流地域で湛水が長期に及ぶことになり、場所によっては1ヶ月以上も続いた。

4.3.6 2004年1月洪水および2005年洪水の水文特性

両洪水の水文特性としては、下記が挙げられる。

- ・ ガルディマウ観測所地点の洪水流入波形がピークを複数有する
- ・ 複数ピークの降雨

2003年11月から2004年3月の日雨量、シディサレム貯水池水位、放流量を下図に示す。2004年1月洪水では、シディサレムダムの放流量ピークは2004年1月6日に観測されているが、この日の直近には大きな降雨は観測されていない。大きな降雨が観測されたのは2003年12月10日から13日である(シディサレムダム上流域の流域平均6日雨量で50年確率に相当)。この降雨の影響で貯水池の水位が常時満水位まで上がっていたところに、12月29日から1月3日にかけて発生した小～中程度の規模の降雨による流入があり常時満水位を維持するために放流することになった。このため、降雨のピークと放流のピークの発生時期に差が生じ、下流地域では降雨がないのにも関わらず河川水位が上昇し洪水が発生することとなった。2005年洪水の際にも同様の現象が観測されている。



出典： JICA メジェルダ川調査団。農業水資源省のデータに基づく。

2004年1月洪水時の降雨、シディサレム貯水位、放流量

4.3.7 過去の主要洪水の水文特性からの示唆

過去の主要洪水の分析から、メジェルダ川流域では下記の水文現象が甚大な洪水の発生に影響していると考えられる。

- ・ アルジェリア国側からのメジェルダ川本川およびメレゲ川への大規模流入、そしてチュニジア国側流域全体を覆う降雨のうち複数もしくは全てが同時に発生した場合
- ・ 降雨およびアルジェリアからの流入洪水のピークが複数ある場合

さらに、水文条件(自然条件)に加え下記のような水理条件によって洪水の特性つまり被害の大小が左右される。

- ・ 洪水流入時の貯水池水位
- ・ ダム放流量
- ・ 河道および河川構造物(橋なども含む)の通水能力

4.4 低水解析

4.4.1 解析方法および使用データ

(1) 概説

本調査における低水解析の目的は、水供給用に確保すべき貯水池容量を検討するための水需給バランス解析に使用するダム地点での流入量を算定することである。本調査は治水計画策定を目的とした調査であるため、利水に関しては既存計画・方針に従うことを基本としている。既存計画としては”EAU2000”および”GEORE”と呼ばれる2つの調査で策定された計画が挙げられる。

(2) ”EAU2000”および”GEORE”における低水解析手法

EAU2000では、農業水資源省水資源局の観測流量および過去の調査のデータを使用し1946/47年から1989/90年までの期間のダム地点の月間流入量を算出している。

EAU2000では、最北部地域およびメジェルダ川流域(”NORD+Mejerda”地域)に位置し「チュニジア最北部・メジェルダ川流域の水供給ネットワークシステム」を構成する16箇所のダム地点(次表参照)での年間流入量の総計を「水資源量」としている。シリアナダム、ルミルダムのようにメジェルダ川流域に位置していても最北部地域およびメジェルダ川流域ではなく別の地域に算入されたダムもある。また、EAU2000では、(チュニジア最北部・メジェルダ川流域の水供給ネットワークシステムの一部としてではなく)独立してダム地点下流の地域にのみ灌漑用水などを供給しているダム地点での流入量は水資源量として考慮されていない。

水資源供給施設として考慮されたダム名一覧

地域	EAU2000	当調査
メジェルダ川 流域	シディサレム ズイティナ メリタ	ズイティナ サラ メレゲ(または メレゲ 2) テッサ ベンメティール ブヘルトゥマ ポウヘルマ カッセブ ベジャ シディサレム カレド ラクメス シリアナ ルミル
最北部地域	ケビル ゼルガ モウラ シディバラック ジザティヌ ガムゴウム エルハルカ スジェネヌ ドイミス メラ ジュミン ゼザラ ティヌ	ケビル ゼルガ モウラ シディバラック ジザティヌ ガムゴウム エルハルカ スジェネヌ ドイミス メラ ジュミン ゼザラ ティヌ

さらに、EAU2000 では 1946/47 年から 1989/90 年までの年間総流入量(16 ダム地点の流入量の総計)の頻度解析を行い、非超過確率 0.2 の年を「渇水年」と定め、1961/62 年を「標準渇水年」と選定した。

GEORE では、EAU2000 で算出した流入量データに 2003 年までのデータを可能な範囲で追加した。

(3) 本調査におけるダム流入量の算出

本調査では、前述の表に挙げた 26 ダム地点での流入量の総計を調査対象地域の「水資源量」とした。26 ダムは、チュニジア最北部・メジェルダ川流域の水供給ネットワークシステムを構成しているダム及び個別にメジェルダ川流域内で水供給しているダムである。

本調査では、EAU2000 および GEORE のデータを基に 26 ダム地点の月間流入量データを整備した。EAU2000 および GEORE のデータを精査の上、信頼性を確認し、欠測箇所は追加データ、特に水資源局の流量観測値を基に可能な限り補完した。

データの検証と補完作業を通して、最北部地域にあるメラダムでの 1998/1999 年の流入量データに欠測が見つかった(付属報告書 A の表 A4.1.1.参照)が、この欠測は他のダ

ムのデータで補完することはできなかった。

このことから、本調査では 1946/1947 年から 1997/1998 年までの年間流入量データを頻度解析に適用することとした。この期間は以下の事項を考慮すれば本解析の目的を十分満足させ得るものと判断できたからである。

- 50 年以上になる上記の期間は、年間流入量データの頻度解析において十分に長い期間と考えられる。
- この期間には、歴史的な 2 度の深刻な渇水 (1987-88-89 年、1993-94-95 年) が含まれている。
- 4.1.2.節で述べたように、農業水資源省による 2006 年までの降雨データによれば、1997/1998 年以降が比較的豊水の時期であったことを示している。特に 2000 年以降大洪水のあった豊水年には大きな年間流入量が発生している。必要な水供給量を議論するダムへの流入量データの頻度解析の目的を考えると、著しい豊水時期を除いた 1997/1998 年までの期間を使用することで、むしろ安全な計画を策定することができる。

なお、本調査では、EAU2000 では考慮されていなかった 2 年間流入量、3 年間流入量も解析対象にした。

4.4.2 頻度解析

表 4.4.1 に 1946/47 年から 1996/97 年の期間の順位付けされた年間、2 年間、3 年間流入量を列挙した。表中でダム流入量から算出した「水資源量」が特に少なかった年は、チュニジア国で記録的な渇水が発生されたとされる、1987-88-89 年および 1993-94-95 年に一致している。

56 年間の年間総流入量を使用して発生確率を算出した。EAU2000 と同様、非超過確率 0.2 (F=0.2) を渇水年の基準とした。F が 0.2 周辺の値を示した 1960/61、1973/74、1991/92 年の流入量データを精査し、月別流入量や地域的な偏りの有無を調べて 1960/61 年を本調査における「標準渇水年」に選定した。

2 年間流入量、3 年間流入量の非超過確率も解析した。解析結果は表 4.4.1 の通りである。下表は、2 年間流入量が特に小さい 3 ケースをまとめたものである。「合成 2 年連続流入量」(標準渇水年 1960/61 年の年間流入量の 2 倍) は 2,088 百万 m³ であり、平均的に 8.7 サイクルに 1 回の割合で発生する。言い換えると、この量の 2 年間流入量は平均的に 17 から 18 年(2 年 x 8.7 サイクル)に 1 回程度の頻度で発生する。

最小 3 ケースの 2 年間流入量および「合成 2 年連続流入量」の発生頻度

順位	期間	流入量 (M m ³)	F	発生頻度(N サイクルに 1 回*)	発生頻度 (N 年間に 1 サイクル)
1	93 年 9 月 - 95 年 8 月	1219	0.0385	26.0	52
2	87 年 9 月 - 89 年 8 月	1582	0.0769	13.0	26
3	91 年 9 月 - 93 年 8 月	2052	0.1154	8.7	17-18
合成	1960/61 x 2	2088	0.115	8.7	17-18

注： * 1 サイクルは連続した 2 年間 (重複する年、放棄する年が無いよう算出)

5. 洪水防御に関する問題・課題の特定および評価

5.1. 水供給を目的とする貯水池運用

5.1.1 背景

(1) 目的

貯水池の多目的（利水・治水）利用において、貯水池の容量配分が問題となる。利水目的の貯水池運用の面では、渇水年の水不足リスクをできる限り最小とすることが望まれる。一方、治水目的の貯水池運用面では、洪水時の一部あるいはすべての流入量を貯水池に貯留させるために水位を下げておくことが望まれる。このように、目的に応じて貯水容量の運用が相反することとなる。そのため、洪水調節容量とその利用時期を設定するためには季節的な水需要や渇水リスクを明確にする必要がある。

水供給を目的とする貯水池運用を検討する主な目的は以下のとおりである。

- ・ 各貯水池における利水容量の確認
- ・ 農業水資源省が運用に用いている水供給リスク基準の確認
- ・ 各貯水池における洪水調節容量の決定

(2) 水利用に対する現在の貯水池運用

現在、多くの貯水池で常時満水位を極力保つように運用されている。また、連続渇水年の水需要を満足させるため、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。

次の耕作期の必要水量が、複数の農業水資源省地方事務所から同省に毎年3月に提出されている。さらに、国家水供給施設会社によって推定される飲用水需要が、農業需要と合算された後、各貯水池の貯水容量と比較される。この際に、飲用水への供給が優先されている。農業水資源省は各貯水池の水配分計画を策定し、農業分野への需要制限が必要であるか否かを判断している。渇水年の場合には、飲用水需要も需要制限の対象となっている。

(3) 洪水調節運用の制約

洪水調節運用の主な制約は、利水目的の貯水池運用の基準が明らかでないことと関連している。すなわち、

- ・ 利水安全度の基準が存在しない。
- ・ 利水目的のための貯水池運用の操作規則や操作図が存在しない。
- ・ 利水容量と洪水調節容量の容量配分が明確に定義されていない。
- ・ 貯水池放流量と利水リスクが定義されていない。

(4) 既存の調査結果

過去に実施された二つの調査（「Eau 2000」および「GEORE」）において、操作規則と資源の最適配分が試算されている。

Eau2000 は、水配分の最適化のため確率的動的計画 (SDP) 法を用いた貯水池複素解析を 1993 年に発表している。解析の目的関数は、需要と供給の差の最小化である。解析では、2 つの初期貯水池容量シナリオ (貯水池全体の 50% および 0% の状態) と 3 つの年間流入条件 (標準渇水年、平均および標準豊水年) から構成された合計 6 つの流入シナリオに対する月別貯水池開発水量を算出している。本調査で入手した資料では、流入シナリオに関する詳細な説明もしくは定義がされていない。加えて、この分析は水量のみに着目したものであり、キャップボン運河内塩分濃度調整への配慮は考慮されていない。この結果は、時間が経過しているため、農業水資源省の水供給運用には一度も使用されていない。

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 (GEORE) プロジェクト」において、コンピュータによる利水のための貯水池運用最適化モデルが作成されている。しかしながら、モデルが複雑であり、データ集約的であったため、農業水資源省は技術的および財政的理由からこのモデルを活用することができなかった。また、このモデルは、新規に建設されたダムや計画中のダムが考慮されていないため使用することができない状況にある。

Eau2000 と Eau XXI では、将来の水資源開発計画が検討されている。将来の水需要を推定し、表流水および地下水包蔵量と比較している。また、既存の水資源開発計画では十分に将来需要を満足することができないとして、汽水の淡水化や農業への浄化水の再利用など新たな水資源開発も提案している。ただし、これらの調査では水供給のための運用に関する計画や基準は示されていない状況にある。

(5) 調査方法

貯水池における洪水調節容量の検討にあたっては、利水を優先すべくまず貯水池の利水容量を設定する必要がある。農業水資源省の水供給に関する情報が入手できなかったため、本調査では、各貯水池で確保すべき利水容量を算定するために水収支計算を実施した。

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・メジェルダ川流域の水供給ネットワークシステムの 27 箇所の貯水池 (既存並びに計画) を対象に水収支計算を実施した。水収支計算は異なる渇水シナリオに対して実施した。

不足が発生せずに水需要を満足させるために水文年の開始月 (9 月) に必要となる利水容量を算出した。必要な利水容量が常時満水位以下の設計有効貯水容量より小さくなる場合、その差が洪水調節容量への追加可能量となる。

5.1.2 表流水

(1) チュニジア北部水供給計画

調査対象地域が位置するチュニジア北部では、年間を通じて農作物に水を安定的に供給しその他の水需要も満足するためには年間降雨量だけでは十分ではない。そのため、前述の貯水池と導水路による水供給ネットワークシステムを建設し降雨を貯留すると

もに豊水年と渇水年との利用可能水量の差分を埋める必要があることから、そのシステムでは、表流水を可能な限り貯留させるために複数の貯留施設が計画されており、その内の多くが既に建設済みもしくは建設中である。

本調査では、このチュニジア北部におけるネットワークシステムによる水資源開発・導水計画を「チュニジア北部水供給計画」と称する。この計画は、次の二つの地区から構成される：

- i) 図 5.1.1 に示すメジェルダ川流域地区（シディサレム、ベンメティール、カッセブ貯水池を主要供給源とする）
- ii) 図 5.1.2 に示したチュニジア最北部に位置するセジュアン ジュマイン地区（セジュアン、ジュマインおよびシディバラック貯水池を主要供給源とする）

両地区は、チュニス大都市圏や南部乾燥地域（キャップボン、スファックス、サヘルおよびケルアン）に給水しているキャップボン運河へ水を導水している。キャップボン運河が二つの地区から水の供給を受けているため、メジェルダ川流域内の貯水池の利水および治水の容量配分の評価にあたっては、上記計画の全体で考える必要がある。

メジェルダ川流域では、プヘルトゥマ 貯水池の上流に位置するバーバラ川流域（ズイティナダムおよびメリラダム）から流域変更による導水がなされている。また、流域の最下流では、南部乾燥地域の水需要を満足するためにメジェルダ川の水の一部がキャップボン運河にラルーシア堰から導水されている。

(2) 貯水池開発水量と実施計画

ダム及び大規模水利施設局より入手した貯水池開発水量と実施計画を表 5.1.1 に示す。

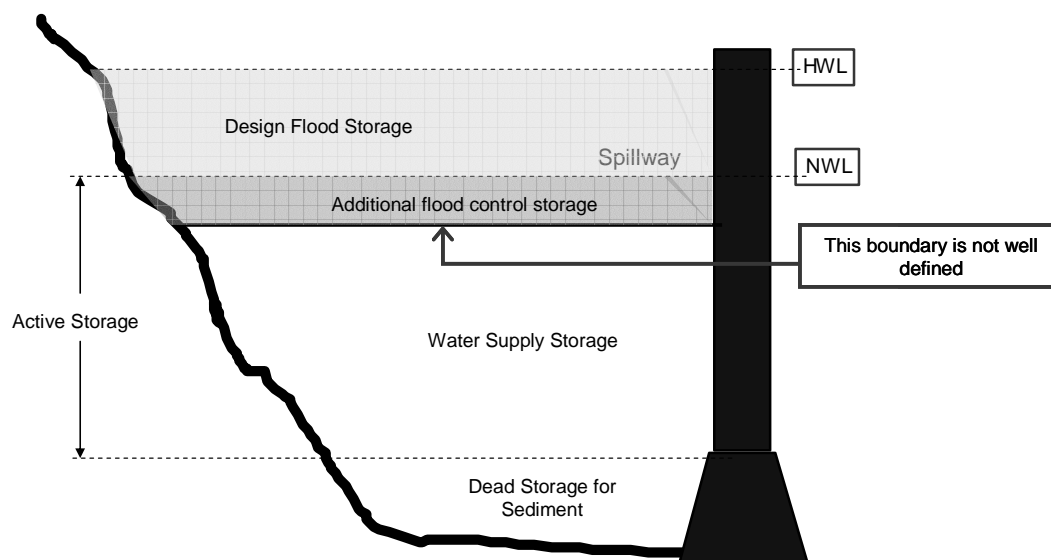
貯水池開発水量の算出根拠に関する情報がなく、また貯水池容量の検討時に作成する開発水量-確率曲線をダム及び大規模水利施設局は保持していない。そのため、多様な渇水リスクに対しての開発水量を評価することが不可能である。表 5.1.1 に示したダム及び大規模水利施設局によって定められている 80%の利水安全度は、他の開発途上国の農業分野において一般的に採用されているものと同水準である。

(3) 貯水池の特徴

現在、運用されているメジェルダ川流域の 8 箇所の貯水池（メレゲ、ベンメティール、ラクメス、カッセブ、プヘルトゥマ、シディサレム、シリアナおよびルミル）では、年間平均約 576 百万 m^3 /年の水量が供給されており、これはチュニジア北部のダムによる総水資源量の 59%を占めている。バーバラコンプレックスからは、さらに毎年 80 百万 m^3 が転流されている。

水供給のためのダム運用においては常時満水位と死水容量の水位との間の容量である有効貯水容量が重要である。

死水容量は、堆砂容量として確保されている。貯水池の水位は、最低水位（死水容量の上端水位）以下には下げることができない。有効貯水容量は、貯水池の堆砂に伴い減少する。



一般的な貯水池容量配分図

チュニジア北部における 27 箇所のダム有効貯水容量の計算結果を表 5.1.2 に示す。

5.1.3 水需要量

(1) 総水需要

チュニジア北部における貯水池システムは、下表の月別水需要を満足する必要がある。

貯水池システムに適用する水需要

(単位： 10^6 m^3)

2010年需要	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
農業	51.2	27.2	15.9	0.9	0.4	7.7	36.2	67.3	123.	88.0	101.	96.2	616.1
飲用水	28.3	28.0	25.5	23.0	22.4	18.0	22.1	22.4	25.5	27.4	34.2	34.2	311.1
環境	0.0	0.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0
合計	79.5	55.2	47.4	29.9	28.8	31.8	64.3	89.7	149.	115.	135.	130.	957.1
2020年需要	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
農業	54.4	29.4	17.1	0.8	0.4	8.3	39.8	74.2	135.	93.8	107.	100.	661.4
飲用水	37.2	36.8	33.6	30.3	29.5	23.7	29.1	29.5	33.6	36.0	45.0	45.0	409.3
環境	0.0	0.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0
合計	91.6	66.2	56.6	37.1	35.8	38.1	74.8	103.	168.	129.	152.	145.	1100.7
2030年需要	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
農業	51.1	27.6	16.0	0.8	0.6	9.3	39.7	72.1	129.	92.2	106.	96.9	641.6
飲用水	46.2	45.7	41.6	37.5	36.5	29.4	36.0	36.5	41.6	44.6	55.8	55.8	507.4
環境	0.0	0.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0
合計	97.3	73.3	63.7	44.3	43.1	44.7	81.7	108.	170.	136.	162.	152.	1179.0

出典：JICA メジェルダ川調査団

総水需要量は、2010年の957百万 m^3 /年から毎年平均1%の割合で増加し、2030年には1,179百万 m^3 /年と推計されている。

現在、飲用水の需要に比べて農業用水の水需要が大きく、2010年時点で飲用水は全体

の32%を占めている。その後、急速な成長に伴い、2030年には飲用水需要が全体の43%と高くなるものと推定されている。飲用水需要の増加により、長期に亘り渇水となる場合は飲用水需要の優先度が高くなるため農業への水供給が制限されることとなる。

(2) 塩分しきい値

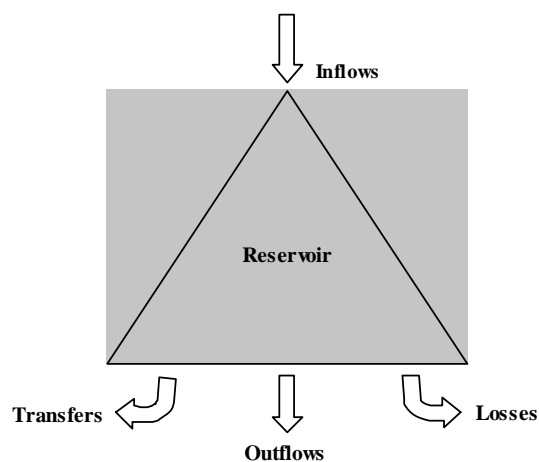
それぞれの需要地では用途に応じて塩水しきい値が異なる。農業水資源省によって規定されている塩分濃度の目標値を表5.1.3に示す。キャップボン運河の塩分濃度は、北部水路導水路会社によって管理されており、ラルーシア堰での塩分濃度を希釈させるために最北部のベジャウアの淡水を大量に混合している。運河の目標塩分濃度は、通常、1.0g/lから1.5g/lの間で管理されており、豊水年の場合は下限値を採用することとしている。

5.1.4 貯水池の水収支

(1) 計算モデル

各貯水池の必要貯水量は水収支計算により算定された。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水資源の収支に基づくものである。貯水池は相互に関連付けられており、上流側の貯水池からの放流量は下流の貯水池の流入量となる。それぞれの計算時間の終わりの貯水量は、下式にて算出される。

$$S_i = S_{i-1} + I_i + Tr_{in} - Tr_{out} - R_i - W_i - L_i - E_i - DS_i$$



水収支モデル

ここで、

S_{i-1} は前計算時間の終わりの貯水量（最初の計算時は初期貯水量とする）

I_i は計算時間 i における自然流入量

Tr_{in} は計算時間 i における上流の貯水池からのパイプラインによる流入量

Tr_{out} は計算時間 i における貯水池からのパイプラインによる送水量

R_i は計算時間 i における下流の水需要のための放流量

W_i は計算時間 i における周辺地域の水需要のための送水量

L_i は計算時間 i における浸透損失量

E_i は計算時間 i における蒸発散損失量（少雨の場合）

DS_i は計算時間 i における排砂のための放流量

(2) 計算方法

計算の時間単位は 1 ヶ月としている。計算対象時間の終わりの貯水量 (S_i) を最大貯水容量 (S_{max}) と比較する。 S_i が S_{max} より大きい場合は、貯水量を最大貯水量とする、

$$S_i = S_{max}$$

余水量（ダムからの越流量）は下式のとおり算出される。

$$S_{pi} = S_{max} - S_i$$

放流量は余水量を合算し、次のようになる。

$$R_i = R_i + S_{pi}$$

貯水量が死水容量より小さい場合は、貯水量は下式のとおり死水容量とする。

$$S_i = S_{min}$$

不足量は次式にて算出される。

$$D_i = (S_{min} - S_i)$$

水収支計算は、次年度の水需要を満足するために各貯水池において貯留すべき水量の算出に用いられる。このようにして決定された貯水容量は、「目標貯水容量」と呼ばれる。水収支計算は、全ての貯水池とネットワークシステムに含まれる全需要地が対象となる。

計算は、水文年の開始時期との整合のため 9 月から開始する。9 月開始は、貯水池容量の目標値を洪水調節が必要となる 12 月から 4 月より前に算出する上でも好都合である。

繰り返し計算の最初の各ダム初期貯水量 S_i は、有効貯水容量の 100% として設定する。

計算は、以下に示す異なる渇水シナリオの流入量を用いて月単位で実施する。

全ての需要が満足された場合は、初期貯水量の値を小さくして同様の計算を行う。計算は、貯水池を完全に枯渇させずに需要を満足させることのできる 9 月の最小初期貯水量を見つけ出すまで繰り返し行う。非常用の備えとして可能な場合は 20% の余裕量を確保する。

(3) 流入量

予備的な水収支計算のため、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 (歴史的渇水年)	1,582	41%	Very dry
4: 3年	仮定	3,132	55%	Dry
5: 3年	1992-94 (歴史的渇水年)	22,04.5	38%	Very dry

* チュニジア北部の27箇所のダム流入量 **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。

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

1946年から1997年までのチュニジア最北部・メジェルダ川流域水供給システムへの平均流入量は年間1,912百万m³である。

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を標準渇水年とした。この頻度は、Eau2000で用いられた標準渇水年の定義と一致している。

また、歴史的な最渇水(1987-88年、1992-94年)は非常に深刻であった。検討結果によると、需要を満足するためにはほぼ全ての貯水池で耕作期の前に利水容量の100%を貯めておく必要がある。さらに、貯水容量の完全な枯渇を防ぐためには2年目と3年目に需要制限を行う必要があった。実際に、2度の歴史的な最渇水において農業水資源省により需要制限が実施されたことが確認されている。

上記の予備的な水収支計算の結果を踏まえて、農業水資源省と協議の上、水収支計算の対象として以下の3つのシナリオを選定することとした。

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	1960	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

上記条件とは別に、農業水資源省より2年次に灌漑の20%の需要制限を行った上で2年連続渇水を検討することが依頼された。

5.1.5 貯水池容量配分

水収支計算の結果より、チュニジア北部水供給計画において2年連続または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

** チュニジア北部水供給計画の 27 箇所のダム

出典：JICA メジェルダ川調査団

2 年渇水を対象とした場合、渇水は局所的かつ限定的で農業による水需要が貯水池容
量を超える以下の貯水池で発生する。

- ・ メレゲ II
- ・ ラクメス、シリアナおよび ルミル

これら以外のダムでは、2 年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
容量への追加配分が可能である。

3 年渇水は、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は対応が不
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、これらのダムでの洪水調
節容量への追加は実際的ではない。

水収支計算によってメジェルダ川流域の各ダム地点における貯水池容量配分と洪水
調節容量を算定した。新たに追加配分できる洪水調節容量は、計画当初の常時満水位と
水収支計算の結果に基づいた必要利水容量の上端水位との間の貯水容量である。

この算定はメジェルダ川流域内で洪水防御に重要なダムとして選定された 7 箇所のダ
ムを対象に実施した：ブヘルトゥマダム、メレゲダム、メレゲ 2 ダム、シディサレムダ
ム、サラダム、シリアナダムおよびテッサダム（5.3 節参照）。各シナリオの 7 箇所のダ
ムの合計洪水調節容量を下表に示す。

渇水シナリオにおける洪水調節容量の比較結果

渇水 シナリオ	需要制限	新たに配分する洪水調節容量 (百万 m ³)**		
		2010	2020	2030
1 year	なし	321	299	215
2 year	2 年次に農業を 20%	169	104	69
2 year	なし	168	99	33
3 year	なし	78	<10	<10

** 洪水防御に重要なメジェルダ川流域の 7 箇所のダム 出典：JICA メジェルダ川調査団

水需要の増加と堆砂による有効貯水容量の減少に伴い、洪水調節容量は減少する。

需要制限による洪水調節容量の増加はわずかであるが農業への悪影響は大きいことから、需要制限は計画上採用しないこととした。

5.2 洪水被害および既存の対策

5.2.1 過去の大洪水における洪水被害

(1) 洪水常襲地域

洪水によって常に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。現地踏査と関係政府機関へのインタビューにより、ジェンドゥバ、メレゲ川合流点、ブサレム、シディスマイル、スルギア、ムジェズ・エル・バブ、エルヘリ、テボルバ、エルバタン、ジェディダ、エルヘナ、シャフル川合流点およびエルマブトゥが洪水常襲地域となっており、1973年5月や2003年1・2月のような大洪水において深刻な被害を被った。

(2) 洪水氾濫・被害調査の結果

(a) 調査の目的および回答者

洪水被害と氾濫発生状況を把握するために、本調査において「洪水氾濫・被害調査」を2006年12月から2007年3月にかけて実施した。調査は、チュニジアのコンサルタント会社であるEco Ressources Inc.に委託した。インタビュー調査票による調査を農家、住民、商店および製造業従事者を対象に行った。直接訪問による口頭インタビューを実施し、合計300人の回答が得られた。調査票は4つの項目から構成している；I：基本情報、II：洪水被害、III：氾濫の経験と教訓、IV：避難と早期警報。調査によって、マスタープラン策定に反映することができる貴重な情報が収集された。対象自治体における回答者数は以下のとおりである：

洪水氾濫・被害調査の対象回答者数

	Name of City	Code	Governorate	Number of Respondents				
				Total	Farmers	Residents	Shops	Industries
1	Nebeur	NB	Le Kef	15	4	11	0	0
2	Jendouba	JN	Jendouba	40	19	16	4	1
3	Bou Salem	BS	Jendouba	40	10	20	8	2
4	Sidi Ismail	SI	Beja	10	10	0	0	0
5	Zone Amont SS	ZA	Beja	5	5	0	0	0
6	Testour	TS	Beja	20	20	0	0	0
7	Slouguia	SL	Beja	30	30	0	0	0
8	Mejez El Bab	MB	Beja	40	7	20	7	6
9	Mouatisse- El Herri	EH	Beja	20	20	0	0	0
10	Tebourba	TB	Manouba	20	9	8	2	1
11	Jedeida	JD	Manouba	20	10	9	1	0
12	El Battane	EB	Manouba	20	15	5	0	0
13	Chaouat - Sidi Thabet	CS	Manouba - Ariana	20	20	0	0	0
	Total			300	179	89	22	10

出典：JICA メジェルダ川調査団

(b) 深刻な洪水被害

最も深刻な洪水について、ジェンドゥバなどの上流地域では、1973年及び2000年洪水との回答を得た。一方、スルギアを除いたブサレムの下流地域では2003年洪水との返答であった。さらに、1973年並びに2003年の洪水が降雨量と流域からの洪水流出量の点からも並外れた洪水であったことが確認された。

最も深刻な洪水被害

Farmers					Residents						
No.	Code	Answers as most severe flood			Total	No.	Code	Answers as most severe flood			Total
		1973	2000	2003				1973	2000	2003	
1	NB	0	1	3	4	1	NB	0	0	11	11
2	JN	9	9	1	19	2	JN	8	7	1	16
3	BS	3	0	7	10	3	BS	2	0	18	20
4	SI	0	0	10	10	4	SI	-	-	-	0
5	ZA	0	0	5	5	5	ZA	-	-	-	0
6	TS	4	0	16	20	6	TS	-	-	-	0
7	SL	21	0	9	30	7	SL	-	-	-	0
8	MB	3	0	4	7	8	MB	7	0	13	20
9	EH	3	0	17	20	9	EH	-	-	-	0
10	TB	5	0	4	9	10	TB	3	0	5	8
11	JD	6	0	4	10	11	JD	1	0	8	9
12	EB	10	0	5	15	12	EB	1	0	4	5
13	CS	6	0	14	20	13	CS	-	-	-	0
Total		70	10	99	179	Total		22	7	60	89
		39%	6%	55%	100%			25%	8%	67%	100%

Shops					Industries						
No.	Code	Answers as most severe flood			Total	No.	Code	Answers as most severe flood			Total
		1973	2000	2003				1973	2000	2003	
2	JN	0	2	2	4	2	JN	0	1	0	1
3	BS	0	0	8	8	3	BS	0	0	2	2
8	MB	0	0	7	7	8	MB	0	0	6	6
10	TB	0	0	2	2	10	TB	0	0	1	1
11	JD	0	0	1	1	Total		0	1	9	10
Total		0	2	20	22						

出典：JICA メジェルダ川調査団

(c) 教訓および洪水防御対策

全ての回答者の70%以上が、最近の破壊的な洪水の後の自助努力に対して否定的な意見を示した。この問題に関連して、住民の多くは将来発生するであろう同規模の洪水による損失や被害、財産への被害に対して恐れを感じていた。

周辺地域に建設された洪水防御のための既存の河川構造物（堤防や捷水路など）について、70%から90%の回答者が全く知らないとの回答をした。さらに、最も重要な洪水防御対策として、「施設の対策の実施」、「早期警報システム」が全体の80%から90%を占めていた。一方、「適切な指導」、「支援要員」、「避難支援」に対する割合は低かった。地域別の傾向は以下のように異なっている。

必要な洪水防御対策と対策を重要と回答した自治体

最も重要な洪水防御対策	洪水防御対策を重要と回答した自治体
施設の対策の実施	ネベウル、ブサレム、ムジェズエルバブ、エルヘリ
早期警報システムの設置	ジェンドゥバ、シディスマイル、テストゥール、スルギア、テブルバ、ジュデイダ、エルバタン

出典：JICA メジェルダ川調査団

5.2.2 既存の洪水防御対策

現在、メジェルダ川流域の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、洪水ピーク流量が大きく洪水流出量も大きいことによる。実際に、メレゲダムとシディサレムダムは下流域の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限の水準となっており数箇所の短い区間に限られている。

ダム以外にも、トビア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、可動堰は1990年代に完成している。可動堰の完成後、メジェルダ川の旧河道はメジェルダ川の流れとは切り離され、コンクリート護岸に覆われた灌漑水路として利用されている。

5.3 洪水調節を目的とした貯水池運用

5.3.1 メジェルダ川流域のダムおよび貯水池の現状

現在、メジェルダ川流域では、8箇所のダム（ラルーシア堰を除く）が運用されている。ラルーシア堰は、メジェルダ川の流れを堰き止めキャップボン運河とメジェルダ川に分流する大型堰である。加えて、流域には現在6箇所のダムが建設中あるいは設計・計画段階にある。下表に洪水防御解析の対象とした14箇所のダム一覧を示す。

メジェルダ川流域の貯水池

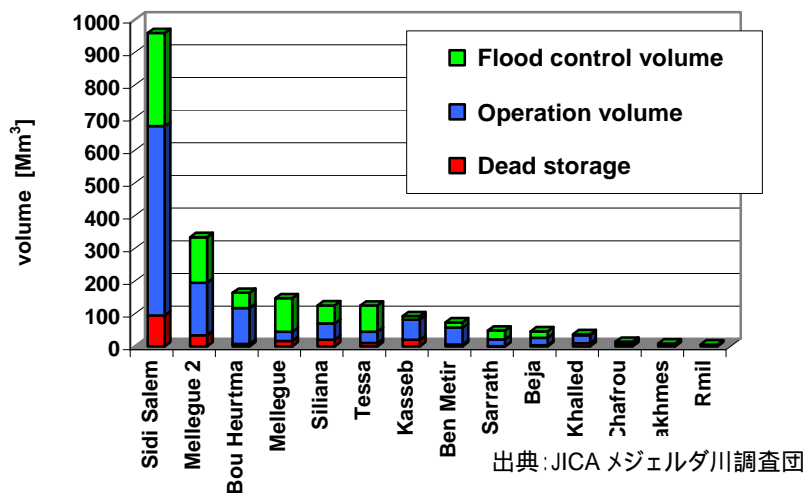
ダム名	流域面積 (km ²)	常時満水位		サーチャージ水位		
		標高 (m)	死水容量+ 利水容量 (Mm ³)	サーチャージ 水位の標高 (m)	サーチャージ 水位での 貯水容量 (Mm ³)	洪水調節 容量 (Mm ³)
シディサレム*	18,191	115.00	674.0	119.50	959.5	285.5
メレゲ 2	10,100	295.00	195.0	304.00	334.0	139.0
ブヘルトゥマ*	390	221.00	117.5	226.00	164.0	46.5
メレゲ*	10,309	260.00	44.4	269.00	147.5	103.1
シリアナ*	1,040	388.50	70.0	395.50	125.1	55.1
テッサ	1,420	361.00	44.4	369.00	125.0	80.6
カッセブ*	101	292.00	81.9	294.40	92.6	10.7
ベンムティール*	103	435.10	57.2	440.00	73.4	16.2
サラ	1,850	546.00	21.0	552.00	48.5	27.6
ベジャ	72	230.00	26.4	234.00	46.0	19.6
カレッド	303	207.00	34.0	213.60	37.0	3.0
シャフル	217	49.00	7.0	51.00	14.0	7.0
ラクメス*	127	517.00	7.2	521.20	8.4	1.2
ルミル*	232	285.00	4.0	288.00	6.0	2.0

備考: * 既存、 出典: 農業水資源省

上表は、計画常時満水位とそれに対応する貯水容量、サーチャージ水位と洪水調節容量を取りまとめたものである。洪水調節容量の大部分はシディサレムダムの上流で確保されており、その容量は729 百万 m³ と全体の91.4%を占めている。

5.3.2 貯水池の効果的な洪水調節能力

各貯水池の容量は、死水容量、利水容量、洪水調節容量に区分される。それぞれの容量を以下に示す。



メジェルダ川流域内貯水池の貯水容量

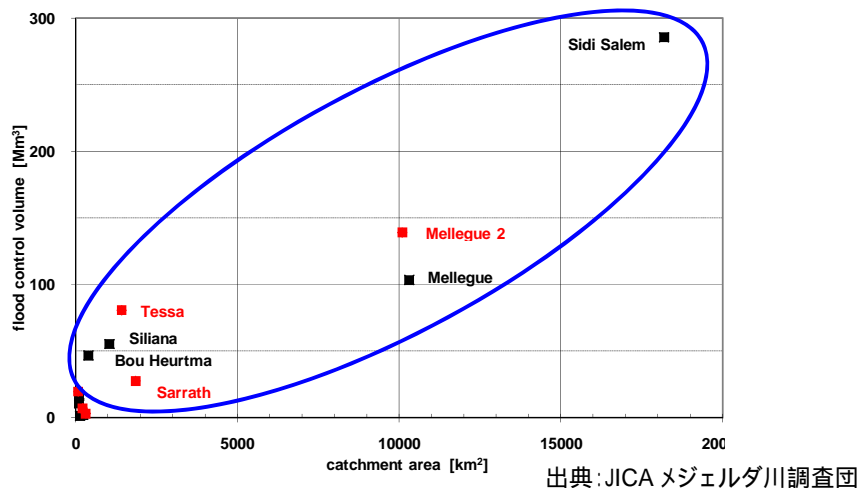
メジェルダ川流域において最も大きな貯水池はシディサレム貯水池であり、サーチャージ水位での総貯水容量は960 百万 m³ である。シディサレム貯水池の洪水調節容量は、286 百万 m³ であり、洪水防御の視点から最も重要である。

(1) 効果的な洪水調節のために重要な貯水池の選定

メジェルダ川流域の貯水池の規模や目的は大きく異なっている。洪水調節機能の効果は、洪水調節と関連する以下の項目から評価できる：

- ・ 貯水池の洪水調節容量
- ・ 貯水池の流域面積
- ・ 効果的な洪水調節のためのダム付帯構造物(ゲート式洪水吐、底部放水口など)

メジェルダ川流域の全ての貯水池の洪水調節容量と流域面積を下図に表示する。洪水防御の視点において最も重要な貯水池は、上部右側に位置することになる。



メジェルダ川流域内貯水池の洪水調節容量と流域面積

上図から、洪水時の貯水池運用の解析と評価の対象として、7 箇所のダムが選定された：4 箇所の既存のダム（シディサレムダム、メレゲダム、ブヘルトゥマダムおよびシリアナダム）と3 箇所の計画中・建設中のダム（メレゲ 2 ダム、テッサダムおよびサラダム）。計画目標年次 2030 年までの貯水池開発を想定すると、これら 7 箇所の貯水池の総洪水調節容量は、メジェルダ川流域の全ての貯水池の洪水調節容量の 91% から 95% に相当する。

(2) 洪水時の貯水池運用の実際

ダム運用記録によると、多くのダムにおいて過去の最高水位が、これまでに一度もサーチャージ水位に達していない。これは、過去の大洪水（例えば、2003 年の洪水）において、洪水調節容量が十分に活用されなかったことを意味している。

操作記録によれば、シリアナ貯水池の洪水調節容量の 13% が 2003 年 12 月に洪水調節目的に使用され、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のために自然越流調節方式の洪水吐が設置されている。シディサレムダムには洪水吐が 2 つあり、主洪水吐は 3 つのゲートによって洪水調節を行っており、副洪水吐は自然越流調節方式（朝顔型）となっている。本ダムでは、2003 年 1 月に比較的大きな洪水調節容量（55%）が貯留された。

一方、メレゲダムではゲート式洪水吐が設置されており、洪水時に洪水吐、底部放水口などからの放流が効果的に調整されている。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%）が洪水のピーク流量を低減させるために活用されている。

このように、洪水の規模や発生位置・時間分布など様々な関連事項があるが、メジェルダ川流域においてはダムの総洪水調節容量の少なくとも約半分が実際の洪水調節のために使用されてきたといえる。

5.4 河道管理

5.4.1 河川形態の変化と河川管理

メジェルダ川とその支川は、土砂流出の影響を受けやすい典型的な沖積河川である。活発な河川形態の変化（河岸侵食、河岸崩壊、土砂堆積など）が特に上流や中流において見られる（下の写真参照）。大量の土砂は、東部アトラス山脈から運ばれたものである。すなわち、メジェルダ川の右支川であるメレゲ川とテッサ川より多量の土砂がメジェルダ川に流れ込んでいる。



テストゥール周辺の河岸崩壊と河道内堆砂

メジェルダ川流域のダム建設、特に 1981 年に完成したシディサレムダムは洪水流出パターンや下流域の流量に影響を与えてきた。例えば、シディサレムダムで 2003 年に記録された最大放流量は $750 \text{ m}^3/\text{s}$ であったが、ダム建設以前の 1973 年には同ダム地点近傍のメジェルダ川中流域で $3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ の流量が観測されている。シディサレムダムの建設に伴い下流河道の流下能力が著しく減少しており、また河床上昇とともに洪水のリスクが変化してきている。

シディサレムダムからラルーシア堰までの区間を調査したところ、1996 年から 2003 年の間に河川横断が大きく変化したことが判明した。シディサレムダムからマティッセ (Matisse) の蛇行区間までで、流送土砂の増大によってこの 7 年間に深刻な河床上昇が発生している。この現象の原因の 1 つは、シディサレムダムの運用により下流で洪水ピークが減少し、土砂堆積を引き起こしたためと考えられる。

ダム建設に伴う長期間に亘る平均流速の減少ならびに不十分な河道の維持管理と集約農業 (河川に化学肥料や栄養素をもたらす) に起因する河道内樹木の繁茂も見られる (写真参照)。



河道内樹林：ブヘルトゥマ川 (ブサレム)

5.4.2 河道の流下能力の低下

恒常的な小流量による河道内土砂堆積は、前述のとおり、河川通水断面の著しい減少を招き、結果として河道の通水能力の低下を引き起こしている。

また、橋梁などの河川横断構造物によって、通水断面が他の区間に比べて小さくなっており、橋梁がボトルネックとなって数キロ上流まで水位を上昇させている。例えば、エルバタンの橋梁やムジェズ・エル・バブのアンダルス橋 (次の写真参照) では、多数の橋脚により流量特性に影響を及ぼしている。通水面積の減少は、洪水時において頻繁に大きな洪水被害を引き起こすこととなる。



ムジェズ・エル・バブの歴史的なアンダルス橋

5.5 流域保全

5.5.1 流域保全の問題

チュニジア国では、天然資源の劣化の進行と並行して農業や放牧に伴う土地の荒廃に起因する表層土壌侵食が、農業生産量の長期的な低下を引き起こすとともに、貯水池の堆砂を招いている。そのため、第10次並びに第11次国家開発計画で定められた2002年から2011年まで期間を対象として、「水資源の有効利用」、「森林および牧草地」、「水・土地の保全」などの天然資源の管理に関する分野における新たな国家戦略の策定が急務となっている。

このような状況の中で、メジェルダ川流域の流域保全に関する課題が、以下のように指摘されている。

- (a) ジェンドゥバ県やベジャ県が位置する北部地域では、農地拡張の開墾や森林内放牧、家庭内利用のための炭焼きや違法かつ無秩序な材木伐採により、過剰な森林伐採が発生し、それに伴い表層土壌侵食や植生破壊が加速している。
- (b) ルケフ県およびシリアナ県の南部では、大規模な機械化農業と小作人による小規模な耕作が共存しており、多くの小作人は、粘土質で急峻な斜面の小さな土地を借用して、穀類を栽培している。耕作している斜面地は、豪雨による侵食に対して脆弱であり、深刻なガリー侵食にさらされている。

5.5.2 流域の生産土砂

メジェルダ川流域の現在の土壌侵食の進行を量的に把握するため、「チュニジアにおける河川の土砂移動」(“Le Transport Solide des Oueds en Tunisie, Apr 2001”)において報告されている7箇所のダムにおける貯水池堆砂データを基に、複数の支川の土砂生産を分析した。7箇所のダムは、貯水池堆砂量の定期観測を行っているシディサレムダム、メレゲダム、ブヘルトゥマダム、ベンムティールダム、カッセブダム、ラクメスダムおよびシリアナダムである。それぞれの位置を図5.5.1に示す。

7箇所のダム流域内土砂生産(侵食率)の計算結果を表5.5.1に示すとともに下表のように整理できる。

	ダム	流域面積 (km ²)	侵食率(mm/yr)
1	シディサレム	18,191	0.2
2	メレゲ	10,309	0.2
3	ブヘルトゥマ	390	0.2
5	ベンムティール	103	0.8
6	カッセブ	101	1.0
7	ラクメス	127	0.2
8	シリアナ	1,040	0.4

出典：JICA メジェルダ川調査団

5.5.3 土砂生産と流域状況の相互関係

土砂生産と流域状況の相互関係について検討した。流域状況には、本調査でデータを入手した地表面の勾配分布、土地利用および河岸侵食の3項目を選定した。

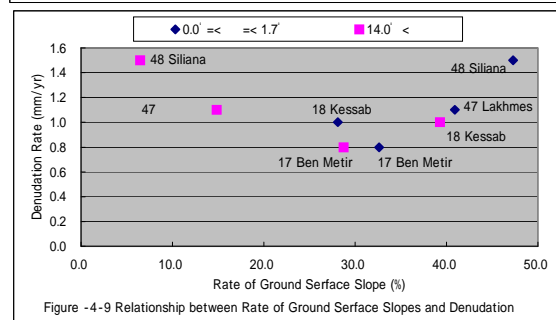
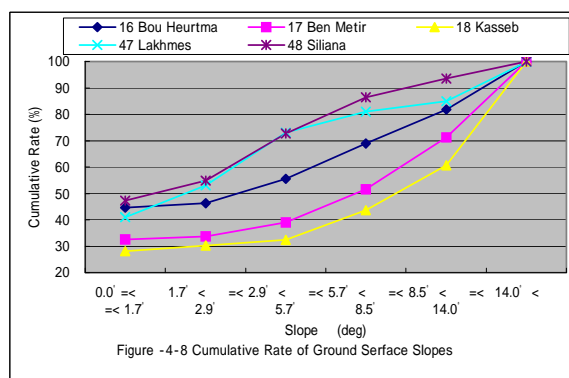
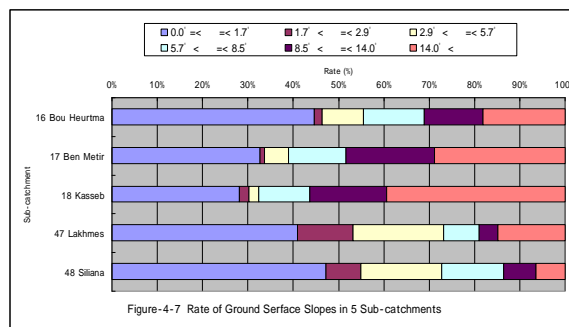
シディサレムダムおよびメレゲダムの流域については、流域面積が非常に大きく流域

状況について明確に特定することが困難であるため、土砂生産と地表面の勾配分布並びに土地利用との相互関係の検討対象からは除外した。

(1) 土砂生産と地表面勾配

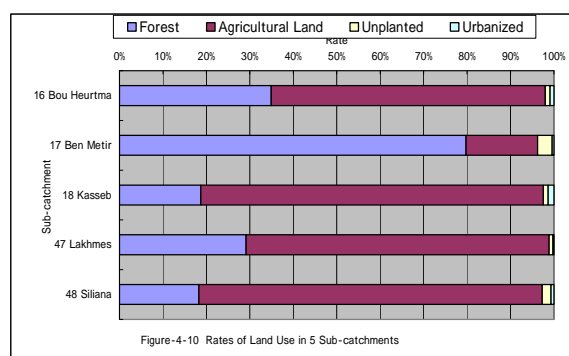
GIS データに基づく 5 箇所のダム流域の地表面勾配の分布を右の上二つの図に示す。これらの図より、以下のことがいえる。

- (a) メジェルダ川の北部に位置する 3 箇所のダム（ブヘルトゥマダム、ベンムティールダムおよびカッセブダム）の流域の地表面勾配の分布の傾向は、急勾配の割合が高く、メジェルダ川の南部に位置する 2 箇所のダム（ラクメスダムおよびシリアナダム）は緩勾配の割合が高い傾向を示している。
- (b) 右図（上から 3 番目）は、侵食率と地表面勾配 1.7°以下並びに 14.0°以上との関係を示したものである。図によると、地表面勾配 1.7°以下の割合が高いほど侵食率が低くなる傾向を示しており、逆に、地表面勾配 14.0°以上の割合が高いほど侵食率が高くなる。したがって、流域の急勾配の比率が高くなるほど流域の侵食率が高くなると言える。



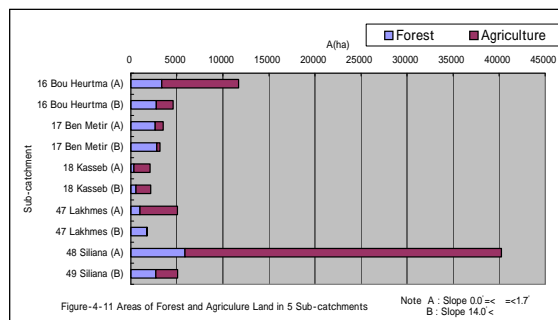
(2) 土砂生産と土地利用

次図（一番下）は、土地利用の分布比を示したものである。土地利用は森林、農地、裸地、市街地の 4 区分としている。図が示しているように、各ダム流域の 95% は森林と農地が占めている。森林および農地で地表面勾配が 1.7°以下と 14.0°以上の面積を次図に示す。この図より、次の点が言える。



出典：JICA メジェルダ川調査団

(a) メジェルダ川の北部ベムティールダムおよびカッセブダムの流域を比較すると、カッセブダム流域は、「 $14.0^\circ < \theta$ 」の農地がベムティールダム流域の「 $14.0^\circ < \theta$ 」の農地より広く、侵食率が1.0 (mm/y)とベムティールダム流域の0.8 (mm/y)より高い。さらに、侵食率が0.2 (mm/y)のラクメスダム流域と侵食率が0.4 (mm/y)のシリアナダム流域を比較した結果、農地で「 $14.0^\circ < \theta$ 」の比率が高いほど、侵食率が高くなることが判明した。このため、急傾斜の土地が農地として利用される場合は、侵食防止対策を実施すべきである。



出典：JICA メジェルダ川調査団

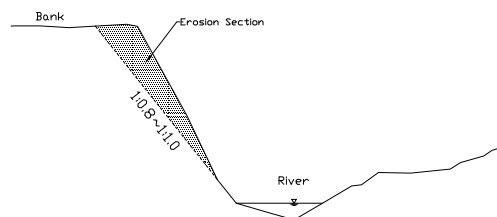
(b) 農地面積が広く侵食率が0.2 (mm/y)のブヘルトゥマダム流域に比べて、森林が大部分を占めているベムティールダム流域は侵食率が0.8 (mm/y)と高くなっている。このことから、地表面またはその付近の下層植生が乏しい場合は、林地においても侵食対策を実施すべきである。

(c) ラクメスダム流域およびシリアナダム流域は、「 $\theta < 1.7^\circ$ 」の農地が大部分を占めている。しかしながら、シリアナダム流域は、「 $\theta < 1.7^\circ$ 」の地域で農地が拡大しており、侵食率が0.4 (mm/y)とラクメスダム流域の0.2 (mm/y)より高い。そのため、緩勾配において農地の場合も何らかの侵食対策を実施すべきである。

(3) 河岸崩壊・浸食による土砂生産への影響

洪水時に生じる河岸崩壊・浸食も、土砂生産に影響を及ぼす。メジェルダ川流域の現地踏査の際に、メジェルダ川本川および支川の大部分の区間の河岸材料は、粘性土またはシルト質土であることが目視によって確認された。そのため、河岸崩壊・浸食による土砂生産量は河岸の安定勾配を1:0.8から1:1.0として算出した。すなわち、河川の生産土砂量は、下図のとおり、安定的な勾配の上部が崩落あるいは侵食されるものとして計算した。

この前提条件に基づく河道中で生産された土砂量は、0.314 百万 m^3 (= 本川から0.19 百万 m^3 + 7つの主要支川から0.124 百万 m^3)となる。また、シディサレムダムの貯水池堆砂量と比較した結果を下表に示す：



シディサレムダムの貯水池堆砂観測が実施された時期	1987年6月	1989年8月	1991年3月	1998年10月
シディサレム貯水池の堆砂量(百万 m^3)	30.6	47.0	52.0	87.5
シディサレム貯水池の堆砂年数: A (年間)	6.0	8.0	10.0	17.0
シディサレム貯水池の年間堆砂量: B (百万 m^3 /yr)	5.1	5.9	5.2	5.1
河岸からの年間土砂量(百万 m^3 /yr) (C)*	0.052	0.039	0.031	0.018
比率 (= C/B×100) (%)	1.0	0.7	0.6	0.4

備考: C = 0.314 (百万 m^3)/A (年数)

出典：JICA メジェルダ川調査団

上表の比率(=C/B)は、各期間(A年間)において河岸から生産される総土砂量を0.314百万 m^3 と仮定し、河岸崩壊・浸食による土砂がシディサレム貯水池に溜まる割合を示している。

上表が示すとおり、河岸からの年間土砂量が貯水池の年間堆砂量に占める比率は1%以下と微小であるため、河岸崩壊・浸食による土砂のシディサレム貯水池の堆砂への影響はわずかであると言える。したがって、降雨による流域生産土砂をできるだけ少なくするための対策がより重要と言える。

5.5.4 流域保全のための表層土壌侵食防止対策

前述のダム流域土砂生産分析に基づく以下の(1)、(2)の評価結果から、流域保全のための地表面土砂侵食を管理するためには、森林および農地として区分される土地で対策が必要である。

- (1) 対象となる流域で急勾配の土地の比率が高いほど侵食率が高くなる
- (2) 以下の土地利用において、地表面侵食管理のための適切な対策が必要となる：
 - 急勾配ならびに緩勾配の農地、
 - 地表面またはその付近の下層植生が乏しい森林地域。

5.6 洪水予警報

5.6.1 概説

メジェルダ川流域の洪水予警報システムは、2002/2003の大洪水においてこの流域が深刻な被害を受けたため、フランス開発局(AFD="l'Agence Française de Développement")の水分野投資事業(PISEAU="Projet d'Investissement dans le Secteur de l'Eau")支援プログラムによる技術・資金援助によって、テレメータ・システムが整備された。

新しいテレメータ・システムは、2007年8月にチュニジア国全土に75箇所の観測所を整備し、試験運用の段階にある。75箇所の観測所のうち56箇所がメジェルダ川流域に設置されている。

洪水予警報システムに関する関連機関内の連携および報告のフローチャートを図5.6.1に示す。洪水予測に関連する主な組織は、農業水資源省内の水資源局、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である。また、警報システムに関連する主な組織は、県庁、住民保護局、国家公安局、国家警察および内務省の組織下にあるそれらの県レベルの地方部局である。

5.6.2 現状と課題

メジェルダ川流域の現状の洪水予警報システムは、大きく4つの下部システムに分割される。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ある。これらの現状と課題は以下のとおりである。

(1) 観測システム

水資源局は、農業水資源省地方事務所と連携し、それぞれの観測所において降雨およ

び水位の観測およびデータ管理を担当している。

メジェルダ川流域には、18の雨量観測所、18の水位観測所、20の雨量・水位観測所の合計56の観測所がある。56観測所のうち、8箇所がダムに設置されている。

観測システムに関する課題は、以下のとおりである：

- i) テレメータ・システムの操作マニュアルが作成されていない。
- ii) 多くの水位観測所で使用されているピエゾ・メータは、洪水時の洗掘による影響を受けやすい。そのため、信頼性の高い観測データを得るために、ピエゾ・メータ式に比べて高価ではあるが、レーダー型水位計が好ましい。
- iii) 観測地域は、現在チュニジア国内に限定されているが、将来的には、全球地球観測システム（GEOSS）などの衛星観測によりアルジェリア国内のメジェルダ川上流域の降雨データも入手することが望ましい。

(2) データ送信システム

各観測所での観測データは、図 5.6.1 のとおり世界移動電話（GSM）通信システムを経由して、水資源局のコール・センターに自動送信される。これらのデータは、水資源局の指示の下、テレメータ・システムのデータ管理と安全管理を担う農業教育研究所が管理するデータベースに保存される。

データ送信システムに関する課題は以下のとおりである。

- i) 世界移動電話通信システムの不具合により、観測データが適切にコール・センターに送信されないことがある。
- ii) 農業水資源省内ネットワーク（AGRINET）のアクセス速度が遅く、適時の洪水解析のためのデータ取得に支障がある。

(3) 解析システム

洪水時の洪水波形予測が、水資源局とダム及び大規模水利施設局の連携により実施されている。両機関は、上流観測所の流量に基づき MS-Excel を用いて各ダムへの流入洪水波形を予測している。現在、降雨データに基づいた洪水流出解析システムは開発されていない。

テレメータ・システムには、警戒水位および河川越流水位が設定されている。水位が警戒水位に達した場合、洪水への対応開始のために、ショート・メッセージ・サービス（SMS）による警戒メッセージが事前に選定された水資源局およびダム及び大規模水利施設局の担当者の携帯電話に自動送信される。

しかしながら、警戒水位および河川越流水位の設定は試行錯誤によるものであり、これらの水位は地盤標高と対応したものではない。

各ダムにおける洪水時の流入量と洪水波形は、ダム及び大規模水利施設局によって推定されている。各ダムの管理事務所は、ダム及び大規模水利施設局からの情報を基に放流量を個別に算出している。

解析システムに関する課題は、以下のとおりである。

- i) 信頼性の高い洪水流出解析システムが未だ開発されていない。
- ii) 各観測所における警戒水位および河川越流水位の設定が未だ試行錯誤によって行われている。
- iii) 氾濫解析モデルが開発されていない。
- iv) ダム群の調整・連携運用が行われていない。

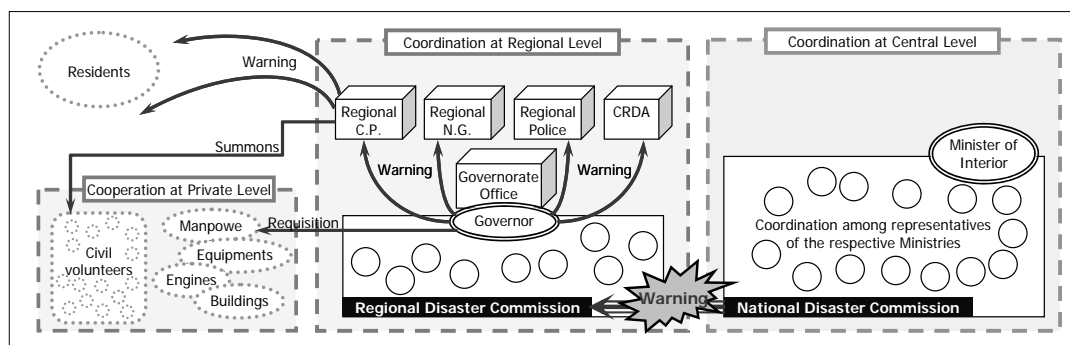
(4) 警報伝達システム

中央政府から河川近傍の影響住民までの警報伝達システムは3段階で行われている。

第1段階では、下図のとおり、内務省長官が議長を務める国家災害委員会が、地域災害委員会の議長である県知事に対して洪水警報を発令する。

第2段階では、県知事が地域レベルの関係機関（住民保護局、国家公安局、警察および農業水資源省地方事務所）に警報を通知する。

第3段階では、地方住民保護局が住民に対して河川周辺の巡回や住居への直接訪問による避難勧告により警報を伝達する。



出典： 農業水資源省へのインタビュー

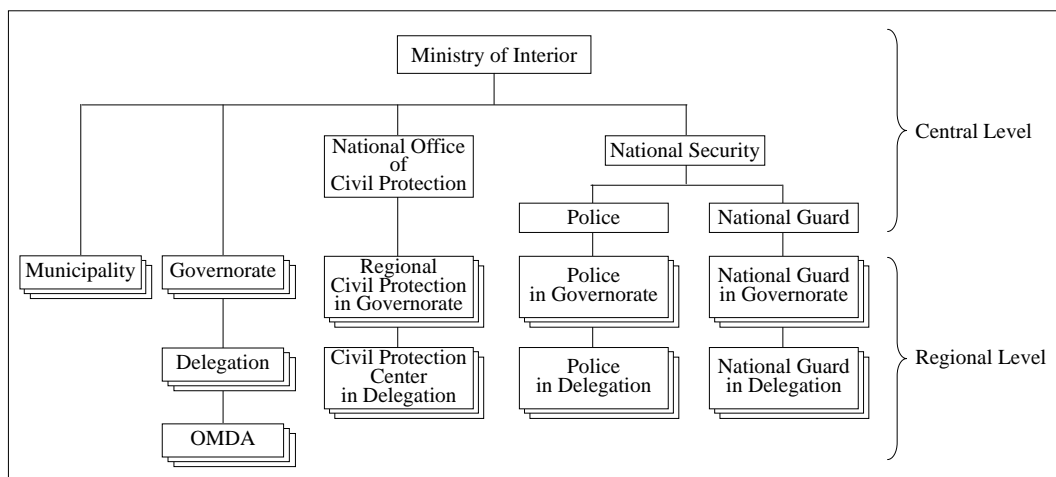
警報伝達システム

警報伝達システムに関する課題は、以下のとおりである：

- i) 洪水警報が一部の住民に周知されていない。また、予測時間が十分でないため、洪水到達時間までに連絡をすることができていない。
- ii) ダムからの放流警報が下流住民に与えられていない。

5.7 避難・水防

地方住民保護局が地域レベルの国家公安局、警察および軍隊と連携して、避難・水防活動の責任を負っている。軍隊を除き、これらの機関は次図のとおり内務省に属している。また、軍隊は国防省に属している。



出典： 農業水資源省へのインタビュー

水防の関連機関

氾濫域周辺の住民へのインタビューの結果、多くの住民は住民保護局の指示に従わずに個々の判断で避難をしていることが分かった。これは、住民に指示が届いていないかまたは時間内に情報が届かないためである。

また、住民保護局より指示を受けた住民も、それぞれの資財を移動することができないことから避難の際に支障が生じている。

住民保護局以外に、市民ボランティアが水防活動を支援している。「市民ボランティアの災害管理活動への関与」を規定した法令 No.2428-1999 (1999年11月1日)によると、市民ボランティアの試験を合格したすべての市民は、市民ボランティアのメンバーとして登録することができる。彼らは、災害時に地域住民保護局によって召集される。

避難・水防活動に関する課題は、以下のとおりである：

- i) 氾濫発生以前に避難が完了したか否かを確認していない。
- ii) 住民の中には資財を移動することができないことから、避難せずに自宅にとどまっている。
- iii) 避難場所が限定されている。
- iv) 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。

5.8 組織・法制度

5.8.1 統合水資源管理のための現行組織・法制度

(1) 農業水資源省の組織体制と権限

(a) 農業水資源省の中央組織

農業水資源省は、2001年2月13日付の法令第2001-419号の第2条に従って、水管理を委託されている。農業水資源省の組織体制は図5.8.1に示すとおりである。同省の任務は、法令第2001-420号(2001年2月13日付)に規定される法体系のもと、個別の局や部組織により遂行されている。

水資源管理分野で広範な権限を持つ中央組織は、ダム及び大規模水利施設局、水資源局、および地方技術開発局からなる。一方、農地計画管理保全局は天然資源の評価と保全ならびに水資源に関連する水文と水文地質的な観点の問題を扱う。

(b) 農業水資源省の地方組織

農業水資源省はあらゆる農業活動に関与する（例えば、天然資源、食料生産、耕作・森林用地、経済的な側面等）が、チュニジア国の地方分権政策の枠組みの中で地方における活動は各県（全 24 県）に委ねられている。その行政上および技術面の組織は農業水資源省地方事務所と呼ばれる。地方事務所は、1989 年 3 月（法規第 88-44 号）、1992 年 10 月、1994 年 10 月と続けて更新された法律に基づき設立された。

各地方事務所は、農業生産活動や地方の農業地域の発展に結びつく新しい農業技術の普及による振興活動を技術、行政、法律、財政面から支援・監理している。地方事務所は中央組織の代表であり、地方での業務として技術上および行政上の公共事業も行っている。

(c) 農業水資源省管轄の組織

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とその他の用途（非農業）を管理している。数部局からなる国家水供給施設会社は、量的、質的双方から管理責任を有する。また、水質浄化（物理、化学、生物および細菌学的見地から）を含む水処理と生活用水分野にかかわるすべての配水ネットワークの開発・維持管理・輸送（転流と導水）とその公平な配分を担う。

北部水路導水路会社は、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。同会社は、チュニジア国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同国内の北東部、中央部、南部地域の利用者への導水システムの管理に当たっている。

(2) 水資源法体系

(a) 水法と統合水資源管理

チュニジア国は、複数年を基本に水資源を調整する方式と流域間および流域内の導水システムによる水管理を重視している。統合水資源管理は、水法（法規第 75-16 号、1975 年 3 月 31 日付）に基づきその法律文書が整えられてきた。

フランス植民地時代（1881-1956 年）に整備された水資源管理に係るすべての法律文書は、管理者と利用者の権限を明らかにするため、また水資源を保全し公平な分配を保障するために 1975 年の水法によって更新された。1975 年以降、水法は、社会経済の発展、水需要の増加、天然資源の保全上求められる環境配慮に係る複数

の法律とその補遺の修正をもって継続的に更新されてきた。最も至近の更新作業は、2001年11月に行われている。

(b) 国家水委員会 (CNE)

水法は、国内の水資源に係るいくつかの権限が国家水委員会にあるものと規定している。同委員会は、水資源に係る計画と管理に関する一般事項を審査、評価する。委員会の議長は、農業水資源大臣が勤め、水資源管理に係る各省の代表者、すなわち法務省、内務省、財務省、施設省、国際開発協力省、公衆衛生省、工業・エネルギー省、通信・技術・運輸省の各大臣がメンバーを構成する（法規第 78-419号、1978年4月15日）。地方委員会は、協議される議事の関係する地域に置かれる。

5.8.2 組織制度上の問題、ニーズおよび制約条件

(1) 水利用管理の問題とニーズ

(a) 水供給マスタープランの策定指針および基準

チュニジア国において1999年以前に取り組みられてきた渇水軽減対応は、基本的には、緊急対応と関連した「適応策」であったと言える。しかしながら、これらの対応は総合的なものではなかった。

1999年にチュニジア国政府は、渇水管理の最初の指針として、「チュニジアにおける渇水管理の実践的ガイド」(“Guide pratique de la gestion de la secheresse en Tunisie”)を作成している。ただし、この指針は連続異常渇水において農民や家畜を救うための緊急対応として、節水、水供給調整、貯水槽からの飲用水の配達、その他救済措置や関係者間の調整を示したものであり、流域や地方水供給の計画策定指針や基準は含まれていない。

(b) 目標とする利水安全度

農業水資源省の渇水管理政策は高い利水安全度を重視している。しかしながら、現在、書面で利水安全度を規定した基準は存在していない。Eau 2000においても利水安全度について計画されていない。

(2) 洪水防御管理の問題とニーズ

(a) メジェルダ川上流および下流における洪水の特徴

チュニジア国の都市部は、歴史的に洪水氾濫原である低平地ではなく、丘陵部に位置している。洪水氾濫の深刻な被害を受けている住民は、橋梁(ジェンドゥバ市やブサレム市)周辺の河川区域内やシディサレムダムの上流のメジェルダ川と支川の合流点(ブサレム市)付近に住んでいることが確認されている。これらの住民は、都市部の人口増大に伴い10年ほど前から河川区域内に違法で家屋を建設している。氾濫原はシディサレムダムの上流域では必ずしも顕著ではないものの農地の一部も洪水氾濫による影響を受けている。

シディサレムダム下流の沖積平野の大部分も洪水氾濫原である。氾濫原の一部は、メジェルダ川のデルタ地帯にある「Sebkhas」と呼ばれる汽水域の湿地でフランス統治時代に開拓された生産性の高い農地である。

河道通水面積や排水路網は、既存の古い橋梁だけでなく都市部と地方部で拡大する道路網により著しく減少しており制約を受けている。河川を横断する道路橋に起因して数多くの洪水による越水が報告されている。既存の排水路網の一部が、湿地や氾濫原に新たに整備された道路網により断絶されたとの報告もある。

(b) 農業資源省による洪水緩和活動

地方部および農地の洪水は、農業水資源省並びに国家委員会によって管理されており、都市部の洪水は施設省によって管理されている。都市部と地方部の行政区画は明確に定義されている。なお、施設省による洪水緩和・防御活動は、都市部の豪雨の洪水管理に限定されている。

(c) 河川区域の強化

水法において、河川区域の定義、保全、水政策が規定されている。第7章「氾濫の防止」第2節の条項に、河川区域の洪水と管理について記載されている。河川区域は、法的な河川の範囲として定義されている。水法は、農業水資源大臣を河川区域の管理者として定めている。しかしながら、実際には、都市部の河川区域の管理や都市部の洪水防御・排水工事は施設省の地方事務所が実施している。チュニジア国において、河川区域の管理は様々な観点から非常に重要な役割を果たしている。以下の要素を網羅した能力向上が有効である：

- 洪水防御
- 土砂管理
- 家庭排水や公共固形廃棄物の管理
- 河川区域を横断する道路・橋梁の管理
- 河川区域に沿った植林

(d) 計画、設計基準および貯水池運用規定の強化

貯水池による洪水防御では、迅速かつ適時の流入量と放流量の運用管理が求められる。これらに関連して、上流域および下流域の降雨の地域的な分布、河道内の洪水流量、上流および下流の貯水池の水位、河道の洪水水位、上流および下流の洪水氾濫域についての情報が必要となる。

洪水防御計画においては流域の利水安全度に加えて、治水安全度の設定が必要となる。さらに、洪水管理においては適切な重点管理項目と計画ならびに設計の条件が必要となる。例えば、雨期の前や大洪水時の貯水池水位や大洪水時の河道の設計高水位（あるいは設計洪水波形）である。

(e) 洪水予測、警報および避難活動

国家の安全保障の一環として、農業水資源省からの洪水流量データや予測情報

の提供、関係省庁・機関・NGO の支援を受け、内務省が洪水警報および避難活動の役割を担っている。コミュニティにおける水防や避難活動は一般的ではない様子である。

(3) 流域管理の課題とニーズ

河道や貯水池の土砂生産・運搬・堆積は、メジェルダ川流域の洪水防御、さらには利水面における河道と貯水池の持続性から非常に重要な課題である。流域管理と河川区域の管理との調和により河道内の土砂管理の改善が可能である。

(4) 国境を越えた連携による河川流域管理

1980年代より、チュニジア国（農業水資源省）とアルジェリア国は、両国の外務省の指揮のもと、共同技術委員会を毎年開催し国境を越える流域の水資源や環境について議論を行っている。同委員会の議題は、基本的に水資源や環境と関連するあらゆる内容についてである。議論の結果について協定を締結することはないが、議事録の署名が行われている。

現在、アルジェリア国内の主要な観測所において毎時観測されている豪雨の雨量データや洪水流量データを、洪水予測や警報のために農業水資源省が適時に利用できていない。これは、技術的および財務的な制約によるものであり、現地の気象水文観測所で、国際電話の利用さらには遠隔通信やコンピュータが整備されていないためである。

5.9 環境社会配慮

5.9.1 現地踏査

メジェルダ川流域の調査対象地域とその周辺において、2007年1月30日から2月1日および2月6日から9日に亘り、調査団によって2箇所の国立公園内にある数箇所の歴史遺跡と主要なダム、および中流域のベジャ市の下水処理施設である下水処理国家サービスオフィスの現地踏査が実施された。現地踏査にて確認された事項は以下のとおりである。

- 1) メジェルダ川は左岸側に比べて右岸側の森林が少ないため、土砂が主に右岸側より運ばれている。
- 2) 石こう堆積物に特徴付けられる地質特性により、メジェルダ川の右岸からの河川水の塩分濃度が左岸に比べて高く、1.0 g/l 以上であるため飲用水よりも農業用水に適している。
- 3) 右岸側のダムは、主に洪水防御と農業用水の役割を担っている。
- 4) 左岸側のダムは、主に洪水防御と飲用水（通常、塩分濃度 1.0 g/l 以下）の役割を担っている。
- 5) ブサレム市は、メジェルダ川上流に合流するブヘルトゥマ川、メレゲ川およびテッサ川の影響により異常洪水のリスクが高い。シディサレム ダムからの背水の影響もある。
- 6) ブサレム市の住民の中には、洪水時に氾濫のリスクがあるにもかかわらず、標高 127m

未満の河川区域から移住することを依然として拒んでいる。同様に、ジェンドゥバの住民の一部も河川区域（標高 126m 未満）に住んでいる。

- 7) 河川の水質汚濁は、メジェルダ川の河岸住民の家庭廃棄物によるものである。
- 8) 水文観測所の一部では、メジェルダ川の水質を自動測定している。
- 9) メジェルダ川の通水能力が堆砂に伴い減少している。
- 10) 河川横断構造物・橋梁等で流速が低下することによる堆砂が問題となっている。
- 11) 下水道施設局の都市排水の浄化により湖沼の富栄養化の軽減が図られている一方で、河岸の住民による家庭廃棄物の増加が著しく、大きな問題となっている。

5.9.2 法制度と国際協力

チュニジア国の環境政策として、環境保護庁（ANPE）の設立直後の 1991 年に、工業、農業、商業を対象とした環境影響評価が実施されるようになった。

環境影響評価を規定している法令の別表 1（表 5.9.1）において、ダム建設事業（リストの第 21 項）はカテゴリー B として、環境影響評価の実施が義務付けられている。

水路建設は、別表 2（表 5.9.2）の第 3 項に掲載されている。

別表 2 に掲載されている事業は、環境への影響は微小であると考えられているため、簡易的な手続きを採ることとなっている。この手続きは、プロジェクトの施主または請願者が従うべき環境保全対策を定めている。環境保護庁が事業の環境への影響を把握し、詳細調査の実施の指示や事業認可を判断するためのプロジェクトの「概略説明」の提出を必要としている。

本調査において提案されている築堤や河床掘削は、法令の別表の対象となっていない。

天然資源の保護・保全に対して様々な法律や法令がある。環境に関する主な法制度（条令や法令）は、借地制度、防災、森林保全、狩猟、大気、廃棄物、水資源、鉱業、漁業など様々である。

チュニジア国は、国際レベルでは、自然・種の保全、海洋環境・有害物質に関する様々な世界・地域・二国間・数国間条約を締結している。これらの中で、特記すべきものは、世界遺産条約、ラムサール条約、生物多様性条約、気候変動枠組条約などである。

国際協力の枠組みにおいて、チュニジア国の環境問題では、砂漠化や土地の荒廃などについて多くの分析が行われている。これらの主な関係者は、国連スーダン・ヘサル局（UNSO）、国連開発計画（UNDP）、ドイツ政府、フランス政府、世界銀行、国際自然保護連合（IUCN）である。

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

ユネスコ（UNESCO）世界遺産に登録されているイシュケル国立公園は、本事業の対象地域の周辺には位置しておらず、また現状と同等の水量が同国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ため大きな影響は生じない。

むしろ、イシュケル国立公園に関する課題は、周辺住民の貧弱な伝統的慣習による湖

沼の長期的な水質の悪化と堆砂である。フランスのエコロジー・持続可能な開発省（MEDD）は、これらの問題が顕在化しつつあり農薬の過度な利用と堆砂が湖沼を悪化させていると主張している。

フェイジャ国立公園は、調査対象地域内の唯一の公園である。フェイジャ国立公園は、メジェルダ川から離れており、また標高も高いためメジェルダ川流域による大洪水への不安はないと思われる。しかしながら、森林火災や地滑りは、メジェルダ川流域の土地の荒廃や堆砂を招くこととなるため、これら森林の減少を防ぐために注意深い監視が必要である。この公園の周辺集落は、持続可能な方法でこれらを緩和する主要な保護活動に関わり、その活動を通じて生計を立てていくべきである。

さらに、貴重な森林保護区域であるアインドゥラハムおよびタバルカの周辺では、開墾、放牧、違法伐採により森林資源が減少し植生が荒廃しつつある。

メジェルダ川の通水能力のさらなる低下を招き、さらに最近の洪水の原因といわれている堆砂に関しては、今後、特に注意していくべきである。

5.9.4 動植物の絶滅危惧種と先住民

チュニジア国内において、現在約 80 種の哺乳類、362 種の鳥類、500 種以上の爬虫類と魚類が国際自然保護連合によって確認されている。一方、絶滅が危惧されている動植物は、メジェルダ川流域の氾濫原や灌漑地区では確認されていない。しかしながら、数箇所のダムにおいて数種類の魚類が調査団により確認されている。したがって、メジェルダ川およびシディサレム貯水池では数種類の魚類が生息していることは明らかであり、それらは、北アフリカ特有のバーベル（*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。多くの人々が生計を立てている漁業において、これらの魚類を保護することが重要である。魚類個体数の確保のためにはメジェルダ川において最低限の流量と水質の維持が必要である。

なお、メジェルダ川流域では、先住民は確認されていない。

5.9.5 歴史遺産および考古学的遺跡

本調査対象地域内に、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ていないが、メジェルダ川に沿って文化資産となっている橋梁が数箇所ある（メジェズ・エル・バブ、ジェデイダおよびビゼルテ）。

2003 年洪水において、これらの橋梁が洪水に悪影響を及ぼしたと考えられている。

ジェンドゥバ県ジェンドゥバ市とムリズ川の間にあるシエムトゥ市には、大昔の大理石採石場として有名な古代ローマ都市の名残が残されている。また、ジェンドゥバとフェルナナの間ブラレジーナには、よく保存された重要な考古学的遺跡がある。さらに、ビゼルトゥ県ウティックでも、考古学的遺跡が発見されている。ただし、これらは全てメジェルダ川から遥か離れている。

5.9.6 環境保全対策

(1) 主要な森林保護地域

調査対象地域とその周辺には保護林が見られる。これらの森林は、環境保全や水資源の涵養、薪利用に非常に重要である。マスタープランで策定する洪水防御対策の選定と持続可能な開発の促進において、これら保護林の保全を考慮することが大切である。

(2) 主要な動植物の保護

メジェルダ川流域の動植物についての包括的な調査は実施されていないが、ダム貯水池内において、数種類の魚類を調査団が確認している。そのため、メジェルダ川およびシディサレム貯水池において、魚類が生息していることは明らかである。それらには、北アフリカ特有のバーベル (*Barbus callensis* (コイ科 *Barbus* 属))、ティラピア (*Cyprinus carpio*)、数種類のボラとナマズがある。多くの人々が生計を立てている漁業において、これらの魚類を保護することが重要である。メジェルダ川における最低限の流量と水質の維持が魚類個体数の確保のためには必要である。

(3) 土壌浸食対策

メジェルダ川の氾濫原に位置する耕作地は、丘陵部に位置する台地に比べて、比較的問題が少ない。耕作可能地の開発と良好な農業事業においては、土壌の保護は重要な問題として考えるべきである。土壌浸食による堆砂を防ぐため、ダムなどの構造物が整備される場所では、植林を進めるべきである。

(4) 農薬の過度な使用からの土壌保全

近代農法の導入により、環境への負荷の大きな伝統的な焼畑農法からの切り替えを行うべきである。農薬の過度な使用による土壌への影響は、河川の水質にも影響を与える。したがって、環境保全のため最小限の農薬利用にとどまるように、効果的かつ推奨できる製品を使用することが望まれる。

(5) メジェルダ川の維持流量

農業用水と工業用水に加えて、河川水は都市や農村地域での生活用水として利用されている。河川の流量の確保が、魚類やその他の生物への影響を考えると重要である。そのため、河川の最低流量は確保すべきである。

6. 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 統合洪水管理の必要性

メジェルダ川流域の洪水管理は、これまで大規模貯水池や堤防の建設など工学的対応によって洪水被害への脆弱性を低減することに主眼を置いてきた。しかし、有害な氾濫を防ぐための洪水防御は、洪水時に必ずしも完全に実現できるわけではない。その結果、氾濫原における洪水被害の軽減は不完全な状態となっている。

このような状態を踏まえて、洪水管理上の課題として下記の点が挙げられる。

(1) 流域的視点の必要性

河川流域は陸と水環境が相互に作用しあい一つのシステムを作り上げている。こうした相互作用には、水だけでなく土壌、土砂、汚染物質、栄養物質など様々な要素が関連しあっている。システムは、時間的、空間的に常に何らかの作用が働いていることから、河川流域の全体としての機能は自然とこうした相互作用によって支配されている。

例えば、農業活動や都市化などの経済活動の増加が森林の減少をもたらし、結果として流域からの土砂流出を招く。また、丘陵部での自然現象または人間活動に起因する地すべりや土壌の流出は河川の土砂濃度を高める。土砂濃度が高くなれば水系も影響を受け、大部分の土砂は海まで到達せず河道内に堆積して河道の流下能力の低下を招く。

大規模な都市化は洪水ピークを増大し、また洪水流出時間を短縮する。これは、都市化による舗装面、屋根などの非透水性面積の増加が、流出量の増加および地下水と蒸発散の減少を招くことによる。低平地や海岸沿いの地域では道路や鉄道の盛土等の構造物が洪水流の流れを妨げ上流での洪水被害を助長する。

以上のように、流域の陸域と水環境の密接な相互作用のために、洪水防御においては流域全体の視点からのアプローチが必要になる。

(2) 洪水被害に対する絶対的安全の非現実性

全ての洪水から完全に流域を守ることは、技術的、経済的に妥当ではなく、また環境面からも好ましくない。絶対的な洪水防御に関する設計基準の設定を考慮することは不可能であり、そのような基準は全洪水を対象とする原則に反するものである。洪水規模の評価は正確にできるものではないし、気候変動などがあれば見直しが必要になる。

大規模洪水に対する防御施設を設置するかどうかについてはある種のジレンマが存在する。滅多にこない洪水の被害を軽減することによって、超過洪水が発生した時の破滅的な被害のリスクが大きくなる可能性がある。計画洪水以下の洪水が発生した場合に構造物が壊れる可能性も考慮に入れる必要もある。堤防、放水路などの構造物は、資金不足や使われない期間が長いなどの理由で維持管理が不十分になり、その結果設計洪水以下の洪水で壊れる可能性もある。

(3) 生計の確保

人口増加による氾濫原での経済活動の活発化やインフラ施設の建設は、洪水被害リスクを増大させる。農業経済が主力の国では、食に対する安全保障は生計に対する安全保障と同義であり、氾濫原はその国の人々の食糧生産や栄養源の安定供給に貢献している。

限られた用地の争奪の中で、氾濫域を使用することになりがちな社会的弱者が、洪水管理対策によってさらに負の影響を被ることがないように、また生計の機会が奪われることのないよう確認する必要がある。

(4) 生態系を重視したアプローチの重要性

河川、湿地、河口などの水環境における生態系は、水や食料の供給、水質浄化、洪水低減、リクリエーションなど、人々に多くの利益をもたらしている。河道内流水の量、質、時期、持続時間に関する変動は河川生態系の維持に重大な影響を与える。

洪水防御の対策が異なれば生態系に与える影響も異なり、同時に生態系の違いが洪水の特徴、河道の動態に影響を与える。洪水防御対策により氾濫原周囲の洪水頻度が減ることで河川生態系に悪影響を与えることがある。氾濫原は度重なる洪水を受けることで動植物の多様性を得ているのである。このような状況を考えると、頻発する洪水における変化は避けることが望ましい。なぜなら、変化により既存の洪水域に広がる生態系に被害を与える可能性があるためである。

生態系を重視したアプローチは、環境保護と持続可能な利用を促進する陸域、水域、生活資源の統合管理のための戦略である。

(5) 関係者の参加

近年、セクターを越えた協力・協調と一般市民参加の必要性がますます進みつつある。洪水防御対策に関連する関係者が幅広く参加することで、洪水によって影響を受けるコミュニティが洪水のリスクレベルを自分たちで選択できるようになるため、住民参加は重要である。政府機関、技術専門家、地域住民が参加して行なうリスクアセスメントは、地域レベル、国レベルでの一般市民参加促進の重要な機能であると認識されるようになってきている。災害管理の参加型計画の重要性が、ここ 10 年間の共通認識となってきた。災害軽減における個人やコミュニティの当事者意識、参加、行動は、適切で革新的かつ実行可能な減災効果を生み出す。こうした効果は、経済的に持続可能なものである。

(6) リスク管理

統合的なリスク管理のアプローチは、洪水リスクが洪水被害に至ることを防ぐ対策を提供する。このアプローチは、準備、応答、修復のサイクルの系統だった行動から成っている。これら一連の行動は、リスクの状況や社会、経済、自然条件に依存しつつ、脆弱性の減少と信頼性の改善を重視して行われる。

前述の通り、メジェルダ川流域での洪水管理はこれまで主として防御事業に主眼が置かれてきた。しかし、洪水管理の世界的な潮流は、防御事業からリスクを積極的に管理する方向へと移行しつつある。こうした潮流は、断片的ではなく統合的に洪水を管理する統合洪水管理の実施を奨励することになる。統合洪水管理は、河川流域の土地と水資源開発の統合を目指し、また洪水による人的被害を最小限にして実質的な便益を最適化するためのリスク管理に基づいた洪水管理を行う。前述の洪水防御に関する課題を解決するために、メジェルダ川流域では統合洪水管理を適用することは重要である。

6.2 計画目標年次

総合流域水管理マスタープラン(MP)策定の計画目標年次は 2030 年とした。この目標年次は、EAUXXI と呼ばれるチュニジア国のメジェルダ川および北部地域の利水マスタープランの目標年次と同じである。これは、本調査におけるマスタープランではメジェルダ川流域における水資源管理計画の点から EAUXXI との整合性を図る必要があるためである。

6.3 利水安全度

農業水資源省によれば、調査対象地域での水資源管理は 2 年連続渇水時の需要を満たすよう行っているとのことであるが、計画の基準となる渇水の深刻さと発生確率の定義は設定されていないとのことである。

農業水資源省が設定している貯水池開発水量は安全度が 80% とのことであるが、この利水安全度と貯水池運用の関係については明らかではない。言い換えると、80% の利水安全度を満たす貯水位が設定されていない。さらに、利水のための貯水池運用の計画が存在せず、したがって各貯水池の貯水容量の目的別配分（利水容量、治水容量等）が明確でない。農業水資源省が示した利水安全度 80% という数字は、途上国における灌漑計画で通常使用される利水安全度と同等である。

貯水池における利水開発水量や貯水池容量の配分が明確でないため、現状における貯水池運用の評価や洪水時の運用の改善点を明確にすることが難しい。

本調査では、洪水防御計画のフレームワークを策定するに当たり、必要な利水安全度を確保するための貯水容量を下記の 3 渇水シナリオで水収支計算を行い検討した。

- ・ 5 サイクル(5 年)に 1 回発生する 1 年渇水
- ・ 9 サイクル(18 年)に 1 回発生する 2 年連続渇水
- ・ 11 サイクル(33 年)に 1 回発生する 3 年連続渇水

上記の 3 渇水条件の水収支結果について、運営委員会会議およびワークショップで討議の上、下記の点で合意された。

- ・ 調査対象地域では通常ダム貯水池のシステムは 2 年程度の経年流入量を調節できるよう設計されることが多いため、1 年以上の期間における水需要を満たせるよう貯水池容量を計画すべきである。したがって、1 年渇水のシナリオで得られる必要利水容量は過小評価であり、このシナリオで貯水池容量配分を計画するのは適切ではない。

- ・ 2年連続渇水のシナリオは現実的で、リスクレベルも容認できる。水需要の制限を行っても必要とされる治水容量はそれほど大きく増加しないので、貯水容量配分を検討する際には需要の制限を考慮に入れるべきではない。需要制限の措置は、実際には計画渇水よりも大規模な渇水が発生した際にとられる対策と位置付けるべきである。
- ・ 3年連続渇水のシナリオは興味深い。水収支計算の結果から3年間の当初に全貯水池に貯水容量満杯の水が確保されていた場合でも、貯水池が空になるのを防ぐためには厳しい水需要の制限を行わなければならないことがわかる。このケースでは、洪水調節容量を現況よりも増やすことはできない。

結論として、農業水資源省は前述の2年連続渇水シナリオを貯水池容量配分の決定に使用することで合意した。洪水時の貯水池運用解析では、全貯水池の洪水調節容量が現況のままの場合（洪水流入開始時の水位が現況の設計常時満水位の場合）と洪水調節容量を追加配分した場合のケースを比較し、洪水調節容量を追加する効果を評価する。

6.4 治水安全度

6.4.1 チュニジアの法律および基準

農業水資源省ダム及び大規模水利施設局および施設省によれば、チュニジア国には現在、洪水防御の計画規模（治水安全度）を設定する法律、基準類が存在しない。ダムや貯水池の建設が計画されると、設計洪水流量の確率規模はそれぞれの施設で独自に決められている。したがって、本調査でも調査目的と調査で設定する洪水防御計画の方針に基づいて、独自にメジェルダ川流域の洪水防御の計画規模を設定する。

6.4.2 洪水防御の計画規模設定の方針

(1) 貯水池運用の改善と河川改修の組み合わせによる洪水防御

洪水防御の施設的対策の計画にあたっては、7ヶ所の選定主要ダムの貯水池運用改善によって貯水池の洪水防御機能を最大限に活かすことを最優先にする（貯水池対応）。そして、貯水池運用改善で必要な洪水防御が達成できない場合には、追加対策として河川改修を適用する（河川対応）。河川改修工事としては、河床掘削、河道拡幅、築堤、バイパス水路、遊水地等が考えられる。河川改修は、下流地域に有害な人口洪水のリスクを発生させないように計画する。

(2) 調査対象地域の分割

調査対象地域（チュニジア国内のメジェルダ川流域）は15,830km²と大きく、地域的な重要度や開発レベル、また洪水の地域特性が一樣ではない。したがって、調査対象地域を分割し、水文、地形、経済、社会条件の違いを考慮した上で各分割ゾーン毎に洪水防御の計画規模を設定することとした。

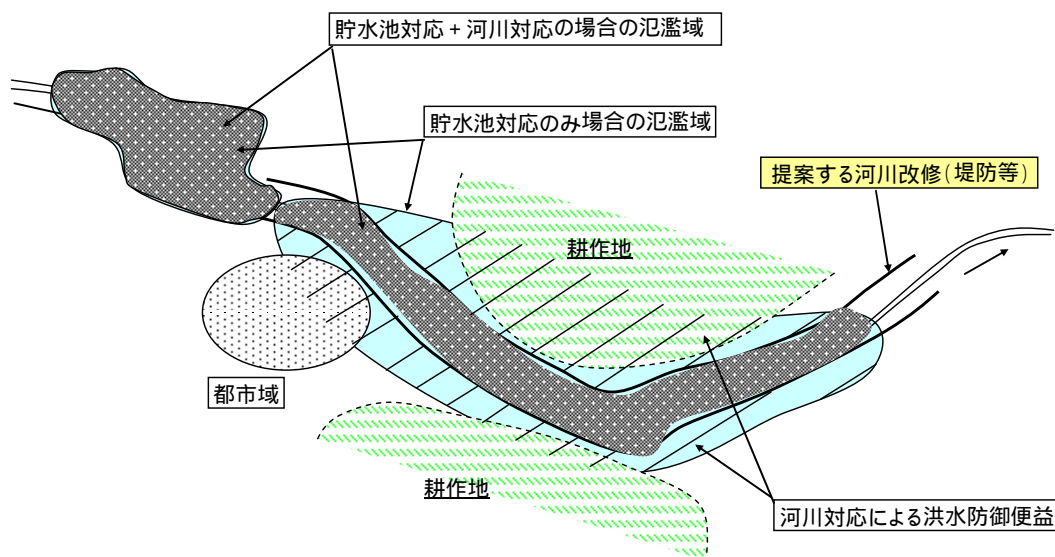
(3) 最適計画規模

それぞれのゾーンについて、費用便益比(B/C)の値が最大となる計画規模(超過確率)を

最適計画規模（最適治水安全度）とした。（B：各ゾーンにおける河川改修事業によって生じる洪水防御便益、C：各ゾーンにおける河川改修事業の直接工事費）

河川改修による便益は下記の通り算定した。

- (i) FD1：洪水による被害額（主要7ダムの貯水池運用改善後）
- (ii) FD2：洪水による被害額（主要7ダムの貯水池運用改善 + 河川改修後）
- (iii) 河川改修による洪水防御便益 = FD1 - FD2（次図参照）



出典：JICA メジェルダ川調査団

河川改修による洪水防御便益の概念図

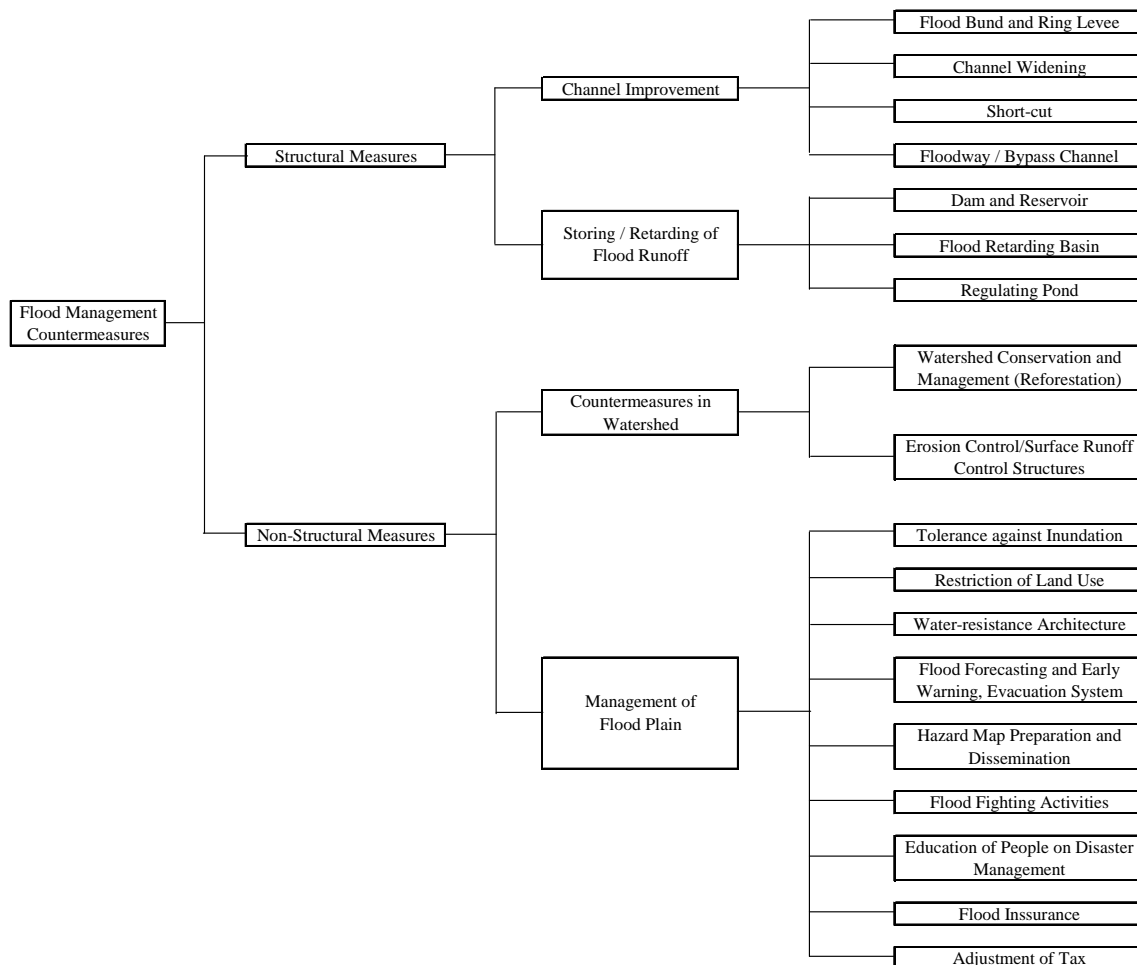
洪水被害は、下記の通り直接被害と間接被害からなる。

- (a) 直接被害：農作物被害、家屋被害、減価償却資産、産業在庫、公共施設等
- (b) 間接被害：商業機会の損失による被害、交通遮断、収入損失、清掃のための人件費等

6.5 洪水防御対策

6.5.1 概説

洪水防御対策は、複数の対策を組み合わせ選定する。この際、地勢、水文、水理、土地利用、被災人口、守るべき資産や公共施設など自然・社会条件に十分考慮する。メジェルダ川流域の場合、水資源のよりよい利用や地域配分を考慮した包括的な管理を基本的に適用する。一般的に洪水防御対策は、次図の通り、施設の対策と非施設の対策に分けられる。



Source: Modified by JICA Study Team based on "Manual for Formulation of River Improvement Plan in Urban Area (Draft), Public Works Research Institute, MLIT", 1998

出典: JICA メジェルダ川調査団、「河川砂防技術基準(案)」(国土交通省)を基に作成

洪水防御対策の区分

現場条件、費用と便益、技術的条件、環境配慮、組織能力等をもとに、複数の代替案を選定する。

6.5.2 施設の対策

(1) 貯水池運用

メジェルダ川流域の既存、建設中、計画中のダムのうち、洪水防御に特に顕著な効果を与える7ダムを主要ダムとして選定した。洪水時の主要ダムの効果的連携運用を洪水防御マスタープランに含める。

主要7ダムは下記の通りである。

洪水防御計画の検討対象に選定されたメジェルダ川流域の7ダム

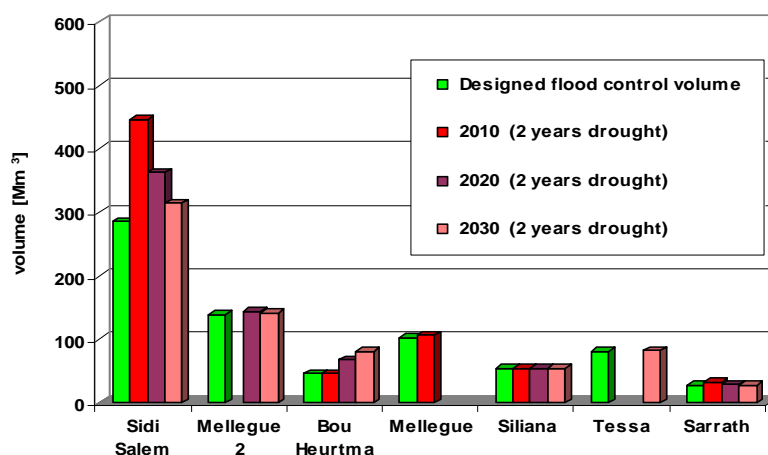
ダム名	流域面積 (km ²)	洪水吐き形式	貯水池				
			設計洪水位 (m)	設計洪水位で の貯水容量(百 万 m ³)	設計洪水調節容量 (百万 m ³)		
					2010年	2020年	2030年
シディサレム*	18,191	cont. / uncont.	119.50	959.5	285.5	285.5	285.5
メレゲ*	10,309	controlled	269.00	147.5	103.1		
シリアナ*	1,040	uncontrolled	395.50	125.1	55.1	55.1	55.1
ブヘルトゥマ*	390	uncontrolled	226.00	164.0	46.5	46.5	46.5
メレゲ 2	10,100	uncontrolled	304.00	334.0		139.0	139.0
テッサ	1,420	uncontrolled	369.00	125.0			80.6
サラ	1,850	uncontrolled	552.00	48.5	27.6	27.6	27.6
合計					517.8	553.6	634.2
メジェルダ川流域全ダム					547.9	583.7	693.9
主要7ダム					95%	95%	91%

注: * 既存ダム 出典: JICA メジェルダ川調査団

7ダムのうち、シディサレム、メレゲ、ブヘルトゥマ、シリアナの4ダムは既存ダム、サラ、メレゲ2およびテッサの3ダムは建設中または計画中のダムである。上表の通り、7ダムの洪水調節容量の合計は、2010年には5億1800万m³、2020年時点で5億5400万m³、2030年には6億3400万m³になる。また、表中に示したとおり、7ダムの洪水調節容量の合計は、メジェルダ川流域の全ダムの総洪水調節容量の91%から95%を占める。

現況では、ほとんどの既存ダムにおいて洪水時でも洪水調節容量の一部しか利用されていない。また、多くのダムで常時満水位が自然越流洪水吐きの越流部分の堤頂標高に設定されているため、貯水容量を治水目的に有効利用することができていない。したがって、貯水池の洪水調節機能を改善するためには、各貯水池の可能な追加洪水調節容量を確保できるかどうか、つまり常時満水位を洪水吐き堤頂の標高よりも低く設定できるかどうかを検討することが鍵となる。

Flood control storages - based on 2 years drought water supply analysis with demand reduction during second year



出典: JICA メジェルダ川調査団

主要7ダムの洪水調節容量の増加可能量

本調査で行なった水収支解析結果によると、利水需要を確保した上で貯水池の洪水調節容量を増加できる余地があることがわかった。2年連続渇水の利水計画に関し、計画目標年次2030年までの主要7ダムの洪水調節容量の増加可能性を上図に示した。現況の洪水調節容量と比較すると、貯水池の洪水調節容量が増加することがわかる。ただし、水需要の増加により、2030年時点で現況よりも洪水調節容量を増加できるのはシディサレム、プヘルトゥマの2ダムのみとなる。7ダムの洪水調節容量の合計は、2010年には6億8,700万 m^3 (現況の33%増)、計画目標年次2030年には7億300万 m^3 (同11%増)となる。

連携運用を考慮した洪水時の貯水池運用シミュレーションによって、7ダムの洪水調節能力機能の強化の可能性を検討する。

これに関連し、貯水池の洪水調節機能目的の最適利用は、河道および氾濫域での適切な対策との組み合わせを考えつつ検討する必要がある。また、この対策の組み合わせは最適な洪水防御の計画規模に基づいて検討する必要がある。なお、貯水池運用およびその他の洪水防御対策は、必要な利水容量をまず確保した上で計画する。

(2) 河川改修

7ダムの洪水調節機能の最適化だけでは、メジェルダ川流域の洪水被害を求められるレベルまで低減することは難しい。これは、既存河道の流下能力が低いことによる。したがって、既存河道を改修し、計画上必要な流下能力を確保する必要している。

本調査では、既存河道の流下能力を算定し、必要な河川改修の施設的対策として下記を計画している。

(a) 洪水ピーク流量低減のための対策

- ・ 遊水地

(b) 河道の流下能力向上のための対策

- ・ 河道の浚渫、掘削、拡幅
- ・ バイパス水路
- ・ 捷水路

(c) 河道沿線の防御のための対策

- ・ 堤防（輪中堤を含む）

メジェルダ川は、ガルディマウ地点からシディサレムダムまでの上流区間に湾曲部があり、既往の比較的大きな洪水時には氾濫水が停留して自然に洪水ピーク流量を低減する効果がある。こうした箇所は、計画上も氾濫させてピーク低減を図る候補地となる。また下流域には、既往洪水の際に氾濫水が広がって天然遊水地として機能している低平地もあり、メジェルダ川では遊水地が洪水防御対策の1つとして有効な対策となり得ることを示唆している。

自然遊水池の洪水調節機能を精査し、遊水地の計画地点を選定するために、地形、土地利用、確率流量、自然環境、氾濫の頻度、経済的妥当性、維持管理などを検討する。

6.5.3 非施設の対策

(1) 流域保全

メジェルダ川流域の地表面侵食を防ぐために対策が必要である。流域で観察される侵食の特徴として下記が挙げられる。

- (a) 流域を区分して見た場合、急斜面の占める割合が高い流域ほど、侵食率が高い傾向がある。
- (b) 下記の土地には何らかの対策が必要である。
 - 急斜面～中程度の斜面に位置する農地
 - 地表の下層植生が貧弱な森林

上記を鑑みると、農地および森林地域での流域保全対策が重要である。

森林破壊が起こっている森林地域および穀物、オリーブ、植林用樹木、牧草の栽培に使用されている土地は雨水によって侵食されやすい。したがって、下記の点に特に留意して流域保全対策を策定する。

- 侵食に対して耐性の高い対策
- 広大な面積を対象にすることを考慮に入れて技術的、経済的に妥当な対策
- 実現可能な対策

(2) 洪水予警報

調査対象地域において、既存の洪水予警報システムについて明らかになった現状と問題点に基づき、下記の項目を含む洪水予警報の改善計画をマスタープランのスキームの1つとして策定する。

a) 観測システム

現況では、近年設置された新テレメータ・システムが機能している。しかし、既存の気象・水文観測システムについて下記の項目を実現し観測機能を強化する必要がある。

- テレメータ・システムの操作マニュアルの作成
- ピエゾ・メータ式に換えてレーダー型水位計適用
- 特にアルジェリア国内に位置するメジェルダ川上流域に関し、降雨の衛星データの適用性についての調査

b) データ伝達システム

観測システムに加えてデータ伝達システムの信頼性を強化するためには、下記を実現する必要がある。

- 通信網の問題解消
- 農業水資源省内ネットワークシステムの通信速度向上
- ダム管理事務所のリアルタイムデータ取得に向けてダム管理事務所の農業水資源省内ネットワークシステム接続

c) 解析システム

洪水の予測・シミュレーションを正確で適時に行うシステムを確立するために、下記の調査を行ない、適切なモデルを作成する必要がある。

- 低水、高水流出解析システムの改良
- 洪水氾濫解析モデルの作成
- 警戒水位を決定するための調査
- ダム連携運用に関する運用規則の作成

上記の流出解析システムおよび洪水氾濫解析モデルを作成することで、的確かつ適時の洪水予報の実現に役立つ。洪水予報システムは、i)洪水警報と避難活動、ii)ダム貯水池の連携運用にも重要である。

d) 警報伝達システム

既存の警報伝達システムを改善するためには、下記の項目の実現が必要である。

- 全関連機関の連携関係と警報伝達システムのフローチャート作成
- 避難活動を円滑にするため想定される氾濫域内の住居把握
- ダム下流の住民に対するダム放流警報の実施

(3) 水防活動

既存の水防活動に関する課題に基づいて、下記の点を実現する改善計画を作成する。

a) 避難、水防活動

既存の避難、水防活動を改善するためには、下記の項目の実現が必要である。

- 県ごとの実情を考慮した避難計画の策定
- 想定氾濫域の避難地図の作成
- 市民ボランティアの事前トレーニング
- 洪水の到来前に全住民の避難を確認するシステムの構築

b) 組織体制

既存の組織体制は、洪水予警報システムおよび避難・水防活動を行なうにあたり重大な欠陥があるとはいえないが、関連機関の職務、役割分担を明確にすることが望ましい。

(4) 氾濫域規制 / 管理

一般には、施設の対策の実現には比較的多額の資金と時間を要する。一方、非施設の対策は必要とされる資金も相対的に大きくない上、施設の対策よりも短期間で実現化が可能である。

特に、洪水のリスクレベルを示すハザードマップの作成は、多くの国で力を入れている。洪水管理に関する最新の EU 通達を見ると、ヨーロッパでも力を入れていることが分かる。また、日本では、1994 年に建設省(現国土交通省)が全地方公共団体に対してハザードマップを作成するよう通達を出して以来、各地でハザードマップが作成されるよ

うになった。ハザードマップは、洪水の発生を完全には防ぐことができないという考えに基づき、住民の避難に重点を置くことによって人的被害を最小限に留めることを目的としている。

メジェルダ川流域では、洪水常襲地域のハザードマップの作成によって、洪水に脆弱な地域を減らす必要がある。特に、マスタープラン策定に当たっては、こうした地域の掲載すべき詳細情報や作成手順などを十分に検討する。さらに、ハザードマップは水防活動に不可欠な道具であり、現実的で効果的な利用が必要である。

(5) 洪水保険

洪水(被害)保険は、財政的、技術的制約からあらゆる洪水氾濫を施設的手段によって完全に守ることはできない場合に適用される非施設的手段の1つである。頻度が小さい洪水に対して、想定氾濫域全体を守る施設を建設するという対策は費用が大きすぎる。洪水保険に必要な基金は、一般的に施設的手段に必要な資金の金額よりも小さい。洪水保険は、基本的に施設的手段を補完するための手法であり、したがって、一般には土地利用規制、用地区分、洪水予警報システム、水防活動計画と共に設定される。

6.6 組織体制

(1) フレームワーク

5.8節で検討した問題点、ニーズ、制約に基づき、必要な組織体制を確立することは、包括的な洪水防御マスタープランの実現にとって重要である。組織体制のフレームワークを実現するために、下記の対策が必要である。

- a) 中央、地方の政府組織内に洪水防御活動・管理のための恒常的な部局を設置
- b) 洪水防御計画・利水計画および貯水池運用規則の計画・設計に関する技術基準・指針の明文化
- c) 河川区域管理および氾濫域管理に関し、農業水資源省と施設省の連携強化(強制移住、橋梁による河川流阻害の回避、高速道路による排水システムへのダメージ回避など)
- d) 市民による水防活動、警報伝達、避難活動を強化するため、農業水資源省が内務省と連携・補助する体制を強化
- e) 河道および貯水池内の堆砂管理活動と流域からの土砂流入管理を強化
- f) 河川流域管理に関してアルジェリア国との協力体制を強化(降雨、流量、貯水池運用、ダム建設計画に関する情報の交換)

(2) 洪水防御管理に関する恒常的な組織

「即時」、「適時」、「効果的」が洪水防御活動の成功の鍵となる言葉である。もし、大規模な洪水が発生した後に必要な組織が設立されても、洪水防御活動は災害発生後の受動的な活動に留まることになる。包括的で合理的な洪水防御計画および管理システムは短期間で構築することはできない。関係する機関の中央および地方両レベルに恒常的な

組織（局、部など）を設立することで、積極的な活動を展開することが可能になる。また、計画-実施-評価サイクルによるフィードバックを用いた管理に基づき洪水防御の計画・活動を継続的に改善していくことが可能になる。国家計画に合致した短期的、長期的な行動計画は、一般的に恒常的な組織によってのみ策定することができる。

(3) 計画・設計の技術指針・基準

(a) 統一、明文化された指針・基準

河川および利水施設の計画、設計、建設、維持管理を効率的かつ効果的に行うためには、統一された計画・設計の指針・基準・実施手順および貯水池運用規則が必要である。

統一された計画・設計の指針・基準および貯水池運用規則を明文化することは、複数の省・組織にまたがって統合的な洪水防御管理や行動を行なうことにも効果的である。

(b) 計画・設計基準の主要項目

利水安全度

乾期の水需要が供給可能量を大幅に上回る乾燥地域においては、利水安全度のリスクレベルを低く設定することは、一般的にコスト面で妥当ではない。利水安全度、非常時の介入・救助プログラム、作物保険などを適切に組み合わせて目標利水安全度を設定する必要がある。この際に、費用、便益、自然条件、社会条件などの地域特性を考慮に入れる必要がある。

計画洪水

設計洪水には2つの種類がある。1つは、ダム堤体の安全から決まる設計洪水で、洪水吐き等の放流施設の設計に使用される。もう一方が、洪水から人的物的資産を守るために河川流域の治水計画を策定する際に必要となる計画高水位（もしくは計画洪水の流量波形）である。

河川維持流量

ヨーロッパ諸国や日本などには、利水マスタープランに最低限必要な流量である河川維持流量を設定する基準がある。こうした流量は、最低流量、環境流量、生態系維持流量などと呼ばれており、各国の環境管理の方針によって設定されている。流量は、各地の条件によって異なる。チュニジアには、現在このような流量は設定されていない。

適用洪水防御計画

洪水防御計画は、計画高水位（計画洪水流量波形）に対して設定されるいくつかの施設や対策が、河川システムを通して技術的・経済的に調和がとれ、計画された機能が発揮できるよう策定する。さらに、洪水防御計画を策定する際には河川の洪水防御、水利用、環境機能を全体的に検討する。

さらに、洪水防御計画においては、下記の3点が明確にされる必要がある。

- i) 超過洪水と発生する被害の発生モデルを予測する。
- ii) 関連する地域社会に対して、洪水防御計画によって対応できる最大限の洪水および洪水対策を明らかにすることで、超過洪水の発生に対して十分な事前施策を行うことができる。
- iii) 技術的、経済的に妥当な範囲で、超過洪水による被害を可能な限り分散する計画を策定する。

全ての人的、物的資産を政府の財政的制約がある中で、施設の洪水対策によって守ることは技術的にも経済的にも妥当ではない。採用する洪水防御計画に対して下記の点も考慮に入れて、適切な組織的フレームワークを設定すべきである。

- 施設の対策、土地利用規制、洪水予警報システム、緊急時の救出、保険、維持管理の適切な組み合わせ
- 費用便益の視点に基づく適用性のある洪水防御の目標計画規模

6.7 環境社会配慮

チュニジアでは、計画段階での環境影響評価(EIA)は法律上必要ではない。しかし、本調査では、JICAの「戦略的環境アセスメント」と「環境社会配慮ガイドライン」に基づいて計画段階の初期環境調査(IEE)を実施する必要がある。初期環境調査は、提案される洪水防御の施策に対して想定される自然・社会環境への影響の最初の調査である。本調査で提案される施設の、非施設の洪水対策は地域住民や環境に対して何らかの負の影響を与える可能性がある。さらに詳細な検討が必要な重要事項を明らかにし、また提案する対策による影響が顕著でない項目を排除する。

戦略的意思決定とJICA「環境社会配慮ガイドライン」にしたがい、住民の意見や治水対策の許容度を調査するために、本調査ではメジェルダ川の上、中、下流域で参加型アプローチである影響を受ける可能性がある住民への聞き取り調査とステークホルダー会議を実施した。治水対策は、想定氾濫域の住民の洪水リスクと被害への対策に関する期待度と整合が取れるよう計画する。参加型アプローチによる成果から、明らかになった問題のうちいずれの問題が解決されるべきかを探ることができる。

第3部

フェーズ2:

マスタープランの策定

第3部 フェーズ2: マスタープランの策定

7. マスタープラン策定のための水文・水理調査

7.1 概説

マスタープラン策定段階では、下記の水文・水理調査を行なった。

- ・ 洪水流出解析：貯水池運用解析および洪水氾濫解析の入力データとするため、6つの確率規模について各流域からの洪水流出ハイドログラフを求めた。
- ・ 洪水氾濫解析：各確率洪水での氾濫の面積、水深、湛水期間を解析した。
- ・ 土砂解析：河川改修計画策定の基本情報として、現況河道の堆砂状況を分析した。

7.2 洪水流出解析

7.2.1 基本方針及び基本条件

(1) 基本方針

再現期間 2、5、10、20、50、100、200 年について、各分割流域及び計画基準点でのハイドログラフを求めた。200 年確率洪水の流出ハイドログラフは、ダム貯水池運用解析の流入量データとして用いた。

既往洪水時に観測された降雨およびハイドログラフのパターンを分析した結果、既往洪水は、全て連続 6 日間以内の降雨で発生していた。このため、本解析には 6 日間雨量を採用した。

図 7.2.1 に示すメジェルダ川流域の流出ゾーン(HY-M, HY-U1, HY-U2, HY-D1 および HY-D2)での洪水規模は、各ゾーンの計画基準点での流域平均 6 日間雨量の超過確率で表した。流出ゾーンは治水計画策定のために設定したものである。既往洪水時の 6 日間雨量を地域的な分布でみると、大規模洪水は局地的な降雨が発生した場合ではなく、流域全体に雨域が広がっている場合に発生しているため、流域平均雨量で洪水規模を表すことが適切であると判断した。既往洪水時の等雨量線図をデータブックの Data 4 にまとめた。

(2) アルジェリア領内からの流入

当洪水解析では、アルジェリア側のメジェルダ川、メレゲ川流域からの流入は境界条件として扱った。本調査では、アルジェリアとの国境での流入流量はチュニジア国側と同一規模の降雨が同時期に発生したという仮定の下で流入量を算出した。

アルジェリアとの国境での確率流量は、メジェルダ川本川ではガルディマウ観測所、メレゲ川では K13 観測所で観測された年最大流量の頻度解析結果から算出した(4.1.3 節参照)。K13 観測所地点の確率流量は流域面積比を基に国境地点 BP-AM (メレゲ川、サラ川合流点。図 7.2.1 参照)に変換した。算出結果を下表に示す。

アルジェリアとの国境地点での確率流量

	CA km ²	確率流量 (m ³ /s)						
		2年	5年	10年	20年	50年	100年	200年
BP-AU1 (ガルディマウ)	1480	250	520	790	1150	1830	2550	3540
BP-AM (メレゲ & サラ合流点)	6230	440	930	1370	2120	3300	4420	6220

出典： JICA メジェルダ川調査団

7.2.2 洪水流出解析

(1) 計画降雨

水資源局管轄の降雨観測所での日雨量データを解析に用いた。この地点雨量データをティーセン法で前述の流出ゾーン毎の流域平均日雨量に変換した。流域平均雨量の年最大6日間雨量の発生頻度を解析し、各流出ゾーン(HY-M, HY-U1, HY-U2, HY-D1 およびHY-D2)の確率6日間雨量を算出した。

算出結果の概要を下表に示す。ゾーン HY-U2、HY-D1 および HY-D2 の流域平均6日間雨量の値には大きな差がないので、簡略化のためゾーン HY-U2 の流域平均6日間雨量をゾーン HY-D1 および HY-D2 にも適用した。また、表 7.2.1 には過去の主要洪水時に観測された6日間雨量とその超過確率を示した。

確率流域平均6日間雨量 (mm)

Zone	HY-M	HY-U1	HY-U2	HY-D1	HY-D2	HYd-Bh
Base Point (Point de base)	Mellgue& Mejerda Conf.	Mellgue& Mejerda Conf.	Sidi Salem Dam (Barrage)	Larrouisia Dam (Barrage)	Estuary (Estuaire)	Bou Heurtma Dam (Barrage)
Catchment Area (Surface du bassin Versa) (km ²)	4561	1154	10414	14172	15968	390
Return period (yr) (Période de retour) (an)						
1.01	25	42	28	28 (24)	28 (23)	86
2	55	75	60	60 (56)	60 (55)	143
5	82	101	84	84 (80)	84 (79)	185
10	104	121	100	100 (98)	100 (96)	215
20	128	141	118	118 (116)	118 (113)	246
30	143	155	129	129 (127)	129 (124)	264
50	164	171	143	143 (141)	143 (137)	289
100	195	196	163	163 (162)	163 (156)	324
200	230	224	184	184 (184)	184 (175)	361
Distribution	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3

注： 使用データ：1968/-2005/06

LP3：ログピアソン III 型

()：当初算出値

出典： JICA メジェルダ川調査団

計画降雨のハイトグラフは、既往洪水(1973、2000、2003、2004年洪水)時に観測された時間雨量のパターンを用いて作成した。

(2) 単位図

図 7.2.2 に流域分割図、図 7.2.3 に洪水解析モデル図をそれぞれ示す。

流域の特性、利用可能なデータ、マスタープラン調査に必要な解析精度などを考慮し、

本解析では無次元単位図法を採用した。対象流域の無次元単位図は、流域内で観測されたハイドログラフから作成することができ、流域の流出特性を反映した単位図となる。既往洪水のハイドログラフでは、ガルディマウ観測所および K13 観測所地点は流域面積が十分に大きいため、両観測所地点のハイドログラフを利用し調査対象地域の無次元単位図を作成した。図 7.2.4 に無次元単位図を示す。

無次元単位図は、洪水到達時間、流域面積など各流域の特性を表す諸元を適用して流域ごとの単位図に変換した。10mm/時間の単位有効降雨に対する単位図の例を図 7.2.5 に示した。

(3) 確率流量

2、5、10、20、50、100 および 200 年確率降雨のハイトグラフから、各分割流域の流出ハイドログラフを求めた。ハイドログラフの例をデータブックのデータ A5、各分割流域のピーク流量を表 7.2.2 に示す。

各分割流域からの流出ハイドログラフを重ね合わせ、本川上の計画基準点でのハイドログラフを求める必要があるが、メジェルダ川では、分割流域からの流出波形は河道の貯留効果のみならずダム貯水池運用の影響も受ける。したがって、計画基準点でのハイドログラフは、河道貯留効果と貯水池運用を同時に解析可能なソフトウェア MIKE BASIN を使用して求めた。図 7.2.6 に計画基準点での確率別ピーク流量を示す。図は、自然流量(ダムが無いと仮定した場合)、現状(現状での標準的な貯水池運用)、最適ダム運用(2030年水需要の場合)のケースの結果を示している。アルジェリア側のメジェルダ川流域からの流入ハイドログラフは、7.2.1 節に述べたとおり観測ハイドログラフから作成している。MIKE BASIN による貯水池運用シミュレーションの詳細は附属報告書 C に述べる。

確率流量の算出結果の妥当性を評価するため、求めた各確率、各計画基準点でのハイドログラフの最大値の比流量を下記の既存調査などにある流量の比流量と比較した。

- ・ 観測値を基に本調査および既存調査(“ Monographies Hydrologiques”、1981 など)で算出した代表観測所地点での確率流量の比流量
- ・ 調査対象地域内の既存ダムおよび計画中・設計中のダムの設計洪水流量の比流量

図 7.2.7 に比流量の値をプロットした。この図から、本調査で算出した洪水流量の比流量は、上記の既存調査の流量による比流量曲線上にプロットされることが確認できる。

また、シミュレーションで得られたハイドログラフの波形と観測波形の比較も行なった。

以上の検討結果から、当解析結果の妥当性が確認できた。

7.3 洪水氾濫解析

7.3.1 概 説

以下を目的として洪水氾濫解析を行なった。

- ・ 氾濫水深、氾濫発生箇所、流向など洪水の発生機構や特徴を明らかにする。
- ・ 各確率規模の洪水について、洪水防御対策実施前、実施後の氾濫状況を比較する。
- ・ 設計水位等、マスタープランレベルの施設設計に必要な水理条件を求める。

貯水池運用の改善と河川改修による効果を分けて評価するため、氾濫解析を下記のケースについて行なった。それぞれのケースについて5段階の確率洪水（5、10、20、50、100年）を流入量として解析した。解析結果を用いて洪水被害（事業による便益）を算定し、洪水防御計画策定の指標とした。

氾濫解析のケース（貯水池運用と河道条件の組み合わせ）

ケース名	貯水池運用の条件	河道の条件
事業実施前： 現況	現況の標準的運用	現況
事業実施後1： 貯水池運用改善	改善後の貯水池運用(2030年)	現況
事業実施後2： 貯水池運用改善 + 河川改修	改善後の貯水池運用(2030年)	河川改修後 (本調査によるマスタープランの設計)

出典： JICA メジェルダ川調査団

上記の貯水池運用および河道の条件の概要を下表にまとめた。附属報告書 C および D に詳述している。

貯水池運用の条件	
現況の標準的運用	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現況で典型的な貯水池運用方法による ・ 選定7ダムのうち既存の4ダム（シディサレム、メレゲ、プヘルトゥマ、シリアナ） ・ 本調査でMIKE BASINによって解析した貯水池運用シミュレーション結果
改善後の貯水池運用(2030年)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 計画目標年次 2030年の水需要での望ましいと推奨される改善後の貯水池運用方法による ・ 選定7つダム(既存および計画)（シディサレム、メレゲ、プヘルトゥマ、シリアナ + サラ、テッサ、メレゲ 2） ・ 本調査でMIKE BASINによって解析した貯水池運用シミュレーション結果
河道の条件	
現況	<ul style="list-style-type: none"> ・ 調査団及び MARH が 2007 年に実施した河川地形測量結果（縦断図及び横断図）
河川改修後	<ul style="list-style-type: none"> ・ 調査団が想定する河川改修案（河道掘削、バイパス水路、調整池など）+ 河川改修は必要でないと判断された区間は現況河道（2007年の河川測量結果）

出典： JICA メジェルダ川調査団

7.3.2 解析方法

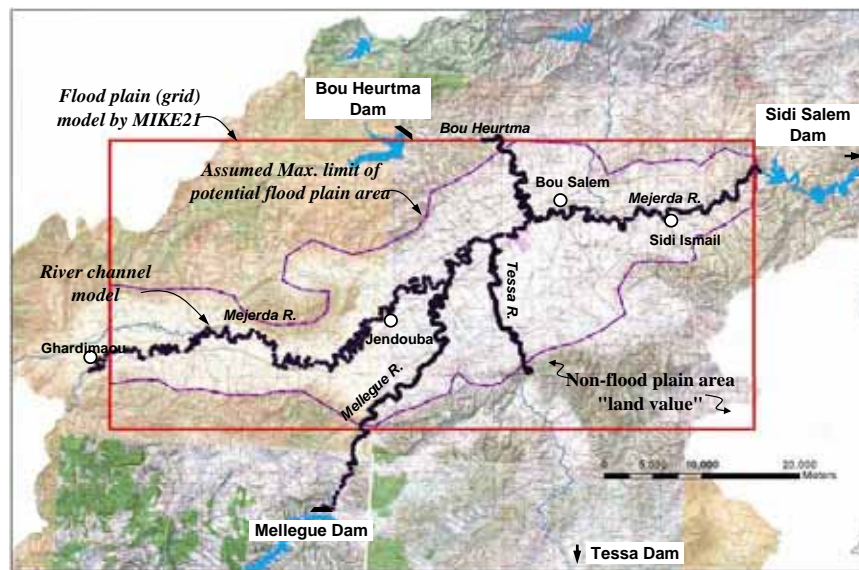
(1) 解析モデルの概要

本調査の氾濫解析には、氾濫面積、氾濫水深、氾濫流量など洪水挙動の時間変化を解析できる非定常二次元解析モデルを採用した。また、調査対象地域では、既往洪水発生

時に特に下流域において氾濫域が広がったことから、二次元解析が適切であると判断した。今回の解析には、DHI 社の氾濫解析ソフト MIKE FLOOD を使用した。同ソフトは河道の一次元解析モデルと氾濫原の二次元解析モデルを組み合わせることでシミュレーションすることができる。

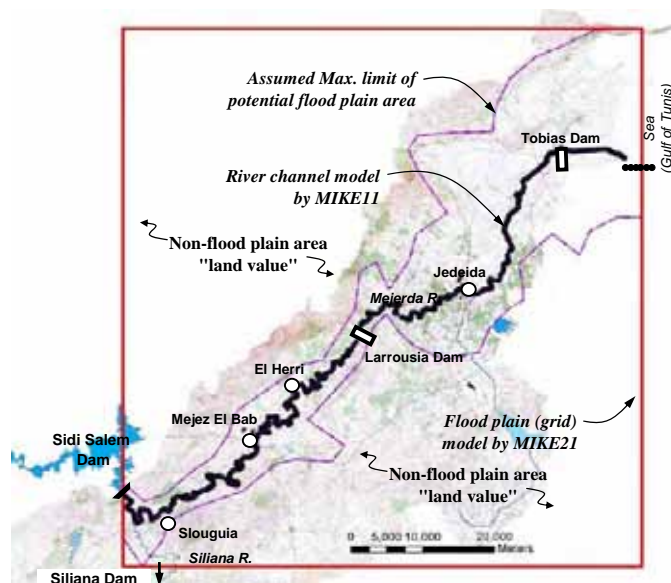
本節ではモデルの概要を簡単に述べる。詳細は、**データブック A6**（トレーニングテキスト：メジェルダ川流域の氾濫解析 MIKE FLOOD モデルの説明資料）に記載した。

氾濫解析モデルは、メジェルダ川流域（チュニジア国内）の氾濫域全体を対象に作成した。ただし、シディサレムダムの効果で上下流の洪水氾濫の水理条件が異なるため、モデルはダム地点で上流モデルと下流モデルに分けた。モデル化の範囲を下図に示す。



出典： JICA メジェルダ川調査団

メジェルダ川上流域モデルの範囲



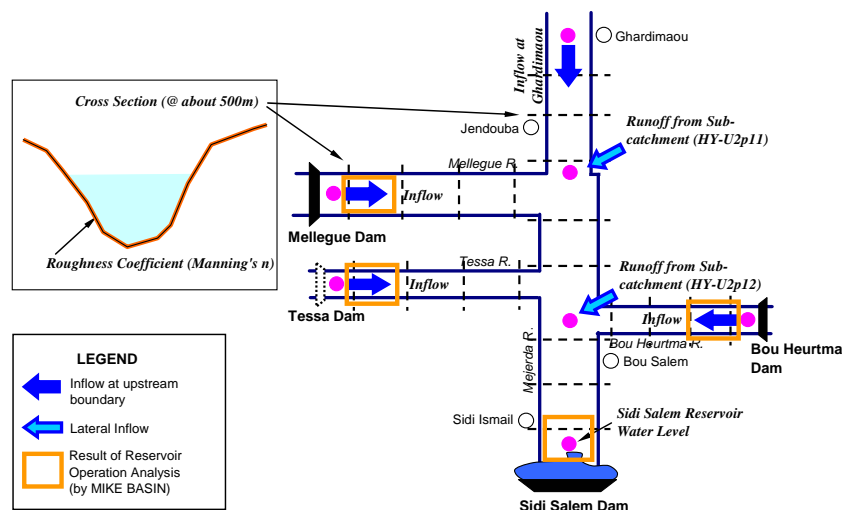
出典： JICA メジェルダ川調査団

メジェルダ川下流域モデルの範囲

メジェルダ川本川および氾濫原上の主要支川の河道を一次元でモデル化した。二次元モデルは、地形メッシュデータ(228x228m)を使用して一次元河道モデル沿いの氾濫原を表現した。メッシュサイズは、マスタープランでの氾濫解析に必要な解析精度及び対応する一次元モデルの横断面の間隔(約 500m)等を考慮して決定した。ただし、ブサレム市付近については、予備解析の結果ブヘルトゥマ川沿いの局地的に低い箇所が氾濫に影響を与えていると考えられたため、地形条件をより詳細に反映できるよう、ブサレム市周辺のみ別途 76m 四方の小さいメッシュサイズの二次元モデルを作成した。

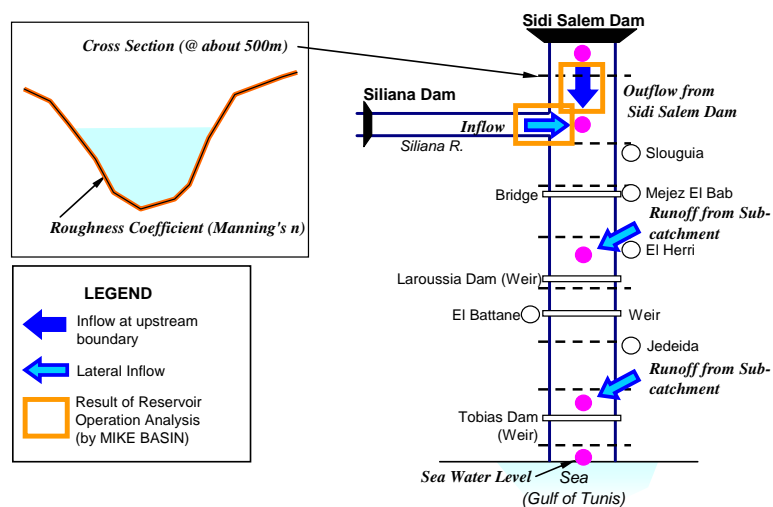
(2) 使用データおよび境界条件

モデル構築に必要な主要データを下図に示した。下図の通り、MIKE BASIN による貯水池運用解析で得られたダム放流量のハイドログラフを氾濫解析モデルのインプットデータ(流入量)として使用する必要がある。



出典：JICA メジェルダ川調査団

メジェルダ川上流域一次元 (MIKE11)モデル



出典：JICA メジェルダ川調査団

メジェルダ川下流域一次元 (MIKE11)モデル

不等流計算での予備解析によって橋梁その他の河川構造物地点の流況を確認したところ、下記の構造物が特に水理的に河川の流況に影響を与えていると判断され、非定常氾濫解析モデルに取り込むこととした。

シディサレムダム上流域	<ul style="list-style-type: none"> • ブヘルトゥマ川のメジェルダ川合流点から約280m 上流に架かる橋梁
シディサレムダム下流域	<ul style="list-style-type: none"> • アンダルス 橋 (ムジェズエルバブ) • ラルーシア 堰 • エルバタン 堰 • ジュデイダの旧橋 • トピアス 堰 • その他の河川横断構造物 (例 エルヘリ ポンプ場地点の堰)

ラルーシア堰およびトピアス堰のゲートは、現況の運用どおり洪水時には共に全開状態であると仮定した。

7.3.3 モデルのキャリブレーション

前述のように本調査における洪水解析においては、MIKE BASIN (貯水池運用解析と確率洪水ハイドログラフ算出) および MIKE FLOOD (洪水氾濫解析) の2種類のシミュレーションモデルを使用した。2つのモデルのシミュレーション結果が大きく異なることの無いよう、観測値を用いてキャリブレーションした。

主要洪水期間中に観測されたハイドログラフ、MIKE BASIN による計算結果、MIKE FLOOD による計算結果を比較した結果、MIKE FLOOD による計算結果は他の2者のものとよく合うことを確認できた。

7.3.4 氾濫解析シミュレーション結果

氾濫解析結果を元に作成した氾濫域図の例を図 7.3.1 に示す。その他のケースを含め、氾濫域図をデータブックのデータ A7 に掲載した。氾濫解析結果からの考察を下記に示す。

(1) 現況 (事業実施前) での洪水氾濫

確率規模 (5 から 50 年) ごとのシミュレーションで算出された氾濫面積を下表にまとめた。氾濫面積が最も大きいのはジュデイダからエルマブトゥ地区を含むゾーン D2 であり、ラルーシア堰上流の河道区間を含む D1、ブサレム周辺を含む U2 がそれに続く。これは実際の洪水時の現象と同様である。

シミュレーションによる氾濫面積（現況）

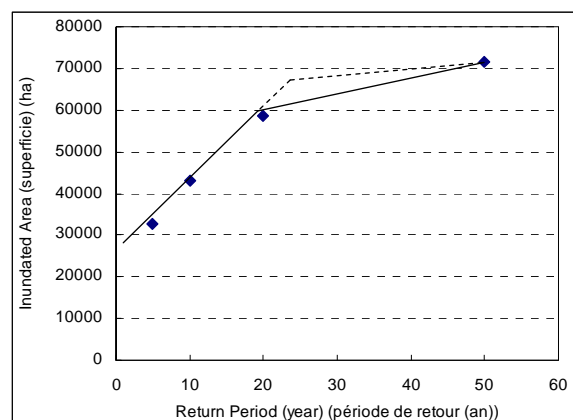
（単位：ha）

ゾーン	5年確率	10年確率	20年確率	5年確率
U1	350	790	1,890	4,960
U2	2,210	4,540	6,670	8,430
M	150	430	1,070	1,590
上流小計*	2,700	5,800	9,600	15,000
D1	2,770	3,960	4,810	5,690
D2	27,080	33,400	44,070	50,810
下流小計*	29,900	37,400	48,900	56,500
合計*	32,600	43,100	58,500	71,500

注；1000の位で切り上げ 出典：JICAメジェルダ川調査団

下図の通り、再現期間の増加（洪水規模の増大）と共に氾濫面積が増加するが、20年確率規模程度よりも洪水が大きくなると、氾濫面積の増加率が低下する。これは、氾濫原の地形的制約に起因すると考えられる。

シミュレーション結果から得られた氾濫特性を以下に示す。全体的にシミュレーション結果は実際の洪水挙動をよく再現していると言える。



氾濫面積（シミュレーション）と再現期間

(i) シディサレムダム上流

全確率洪水に共通

- ・ 下記の河道区間で特に氾濫が発生しやすい。
 - メジェルダ川とライ川の合流点付近
 - メジェルダ川とメレゲ川の合流点付近
 - ブサレム市
 - カッセブ川の合流点付近、特にメジェルダ川の旧河道周辺
- ・ ブサレム市周辺での氾濫は、10年確率規模以上の洪水で発生する。
- ・ ブサレム市周辺の湛水は基本的にブヘルトゥマ川からの氾濫による。ブヘルトゥマ川右岸側河岸の低い箇所では越水が発生している。

(ii) シディサレムダム下流

全確率洪水に共通

- ・ 下記の地域で氾濫が発生する。
 - ジュデイダ市の下流区間（エルヘナ）
 - ムジェズ・エル・バブ市を含むラルーシア堰の上流区間
 - エルマプトゥ地区
 - トピアス堰の下流区間

- ・ ジュデイダ市の下流（エルヘナ）で発生した氾濫は北に位置するエルマプトゥ地区に向かって広がっていく。
- ・ 氾濫の継続時間は一般的に長い。多くの地区で、氾濫は1週間以上続く。

20、50、100年確率洪水

- ・ 洪水の規模が20年確率に達すると、下記の地域でも湛水が起こる。
 - エルマプトゥ地区の北東に位置する低地。氾濫水がエルマプトゥからこの地区に流入する。
 - エルバタンおよびテブルバ地区
- ・ 洪水氾濫は、(i)ラルーシア堰の上流、(ii)ジュデイダ市の下流、(iii) エルバタンおよびテブルバ地区、の順に広がっていく。

(2) 「事業実施後1：貯水池運用改善」の氾濫

「事業実施後」の第1段階として、貯水池の運用は改善されるが河道は現況、というケースを考えた。下表は、「事業実施前」と「事業実施後1：貯水池運用改善」のケースの氾濫面積を比較したものである。

「事業実施前」と「事業実施後1：貯水池運用改善」の氾濫面積

(単位：ha)

ゾーン	5年確率	10年確率	20年確率	50年確率
上流				
事業実施前	2,700	5,800	9,600	15,000
事業実施後1：貯水池運用改善	1,800	4,200	8,900	14,800
下流				
事業実施前	29,900	37,400	48,900	56,500
事業実施後1：貯水池運用改善	20,600	35,900	44,900	55,900
上流 + 下流				
事業実施前	32,600	43,100	58,500	71,500
事業実施後1：貯水池運用改善	22,400	40,100	53,800	70,700

出典： JICA メジェルダ川調査団(シミュレーション結果)

ケース「事業実施後1：貯水池運用改善」での洪水氾濫の主な特徴は下記の通りである。

- ・ 貯水池の運用改善によって放流のピーク流量が小さくなったことにより、氾濫面積が現況よりも減少する。しかし、この効果は再現期間が長く大規模な洪水ほど小さくなる。これは、大規模洪水では貯水池運用を改善したことでのピーク流量の低減が小さいことによる。
- ・ 貯水池運用を改善した後でも氾濫が皆無になるわけではない。
- ・ 氾濫面積は減少するが、氾濫が発生する箇所、氾濫水の進行方向など、氾濫の挙動の一般的な特性は基本的に「事業実施前」のケースと同様である。
- ・ 貯水池運用の改善後、ダム放流量のピークは低減するが、放流の継続時間が長くなるため氾濫の継続時間は長い。特に、シディサレムダムの下流域においてこの傾向が顕著である。

(3) 「事業実施後 2：貯水池運用改善 + 河川改修」の氾濫

事業実施後の第 2 段階は、貯水池の運用改善に加え、河川改修も実施されたケースである。最も効果的な河川改修計画を立案するため、各確率洪水に対して複数の河川改修計画の代替案を考え、各案について洪水氾濫をシミュレーションして比較した。最終的には、U2 ゾーンでは 20 年確率、その他のゾーンでは 10 年確率が最適な河川改修規模と選定された（詳細は 8 章および附属報告書 D を参照）。図 7.3.1 に選定されたケースの事業実施前、事業実施後の氾濫域図を示す。

河川改修実施後もある程度の洪水氾濫が解消されない箇所もあるが、こうした氾濫は下流での有害な人工洪水を避けるべく、下流のピーク流量を低減する効果を取り込んだものである。このような氾濫箇所の位置や規模は河川改修計画上の妥当性から決めたものである。河川改修計画の詳細は 8 章および附属報告書 D に述べる。

7.3.5 次段階での氾濫解析のための提案

本調査における氾濫解析シミュレーションモデル(MIKE FLOOD モデル)は、マスタープラン段階の解析に必要十分な精度で作られたものである。したがって、今後の調査でさらに詳細な氾濫解析を行なう場合には、下記の点に留意する必要がある。

- ・ 本調査の解析モデルでは、河道横断面図の間隔は約 500m、氾濫域の地形データには約 228m 四方のメッシュを使用している。マスタープラン段階での氾濫解析にはこのモデルで十分な精度の結果が得られるが、次段階の調査では、本調査とは異なり局所的な水理現象を解析する必要があるため、地形情報の解像度を上げ（グリッドサイズを小さくし）、横断面図の間隔を小さくする必要がある。
- ・ 本調査では、調査目的に鑑みメジェルダ川全域の氾濫原を含むモデルを作成している。しかし、次段階の調査での解析でグリッドサイズと横断面図間隔を今よりも小さくした詳細モデルを作成する際には、モデルを分割するか対象地域を絞って小さい地域をカバーするモデルを構築する必要がある。
- ・ 将来の解析にあたっては、解析に必要な横断面図の間隔が異なることと堆砂・侵食などにより横断面形状が変わる可能性があることから、新たに河川横断面測量を行なう必要がある。さらに、河道内の植生状況も変わると予想されることから、モデルでの河道の粗度係数も見直す必要がある。

7.4 土砂解析

7.4.1 概説

メジェルダ川の河道で堆砂が浸食よりも卓越する傾向にあれば、設計上の通水能力を維持するためには、定期的なメンテナンス掘削 / 浚渫が必要となる。必要とされるメンテナンス掘削 / 浚渫量の長期的な平均値を求めるため、本調査では、河道の堆砂の一般的傾向を分析した。算出した掘削 / 浚渫量は、維持管理費として洪水防御マスタープラン策定のための経済分析に考慮される。

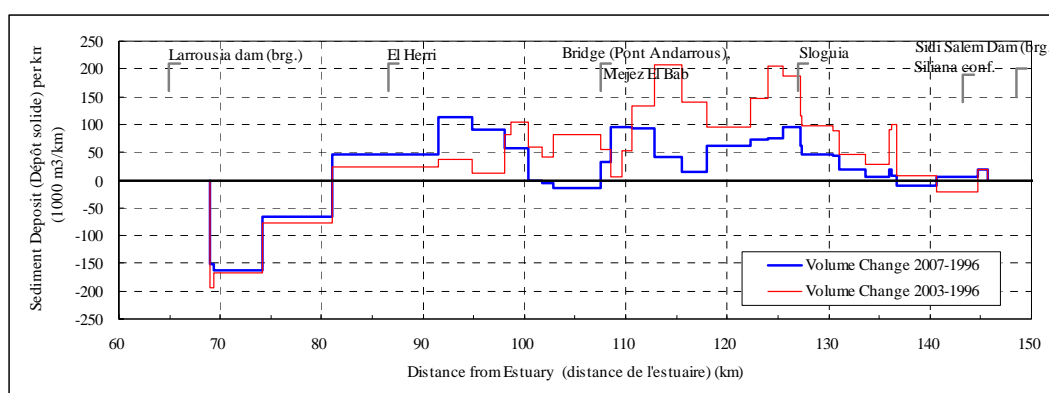
マスタープラン段階での目的と入手可能なデータを考え、今回の調査では、過去の河道横断面図のデータを基に河道での堆砂の一般的傾向を調べることにした。将来の調査で

土砂に関してさらに議論が必要になった場合には、別途詳細な土砂解析を行なう必要がある。

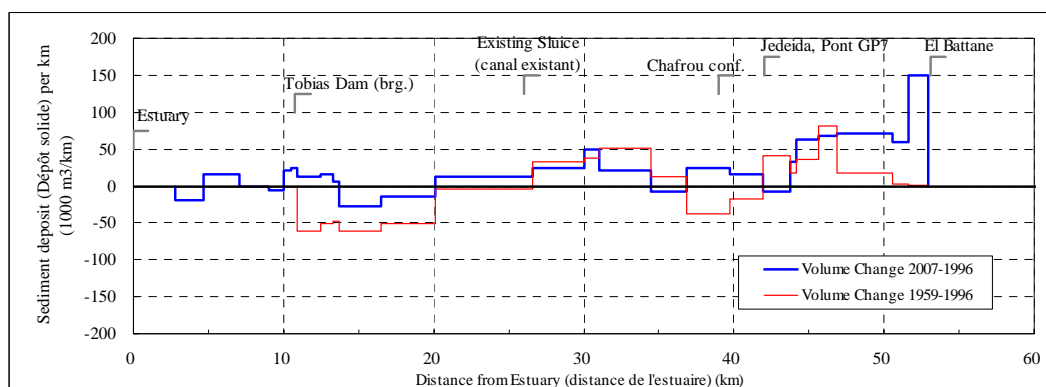
7.4.2 メジェルダ川の概算堆砂量

シディサレムダム下流の河川横断測量は 1996 年、2003 年、2007 年に MARH が実施しており、今回は堆砂量の変化を調べるためにこれらの横断図を比較した。2003 年の横断図は、シディサレムダム - ラルーシア堰区間のみ、他年の横断図はシディサレムダムから河口までの区間のものがある。1959 年の横断図も一部残っているが、数が少なく信頼性も低いと判断されたので今回は使用していない。

堆砂量の経年変化を河道区間毎に調べ、2 期間での堆砂（または侵食）量を次図で比較した。



(a) シディサレムダム - ラルーシア堰



注： 1959 年 - 1996 年の期間は参考値。1959 年の横断図の信頼性は低いと考えられる。

(b) エルバタン - 河口

出典： JICA メジェルダ川調査団

1996 年の河道形状を元にした堆砂（または侵食）量

この結果より以下の考察が得られた。

- 既存データの比較から、河道の流下能力は経年的に単調な低下傾向にあるとは言えない。流下能力の変動は、区間によって異なり、また同じ区間でも期間に

よって堆砂傾向の時期と侵食傾向の時期がある。

- しかし、全体的に長期的には堆砂が侵食よりも卓越しており、河道の流下能力は減少傾向にある。
- メジェルダ川では、河床よりも河岸に堆砂が発生することが多い。その後、流水の作用で河床侵食が発生することもある。したがってメジェルダ川では、堆砂による流下能力の減少は、必ずしも河床上昇を意味するものではない。
- 1996年 - 2003年の堆砂量は1996年 - 2007年の堆砂量よりも大きい。これは、1996年から2002年が渇水傾向にあったのに対し、2003年から2005年は洪水が頻発したことによると考えられる。

検討の結果、本調査では横断図データの信頼性が高くまた洪水期間と渇水期間の両者をバランスよく含んでいる1996年から2007年の年平均堆砂量を、シディサレムダム下流区間の長期的な平均堆砂量とすることとした。

1996年から2007年の平均的な堆砂量を下表にまとめた。

1996年から2007年の期間の推定平均堆砂量

Zone	Section	CA** (bv) km ²	Distance km	Volume 1996-2007 11 years	Volume /km/yr (Volume /km/an)	Volume /yr (Volume /an)	Volume /yr , 20% allowance added (Volume /an, 20% indemnité ajoutée)	Net volume (volume net)*	Equivalent height (Equivalent hauteur)
				1000m ³ /km	1000m ³ /km/yr (1000m ³ /km/an)	million m ³ /yr (million m ³ /an)	million m ³ /yr (million m ³ /an)	million m ³ /yr (million m ³ /an)	mm/yr (mm/an)
D1	Sidi Salem - Testour		10.1	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000
	Testour - Slouguia		11.0	30	2.727	0.030	0.036	0.018	
	Slouguia - Mejez El Bab		19.5	75	6.818	0.133	0.160	0.080	
	Mejez El Bab - MD145, 100 km from estuary (100 km de l'estuaire)		7.9	0	0	0.000	0.000	0.000	
	MD145, 100 km from estuary (100 km de l'estuaire) - 82 km from estuary, near El Herri (82 km de l'estuaire, près d'El Herri)		18.0	70	6.364	0.115	0.137	0.069	
	82 km from estuary, near El Herri (82 km de l'estuaire, près d'El Herri) - Larrouisia Reservoir up end (jusqu'à la fin de Reservoir Larrouisia)		14.7	10	0.909	0.013	0.016	0.008	
	Larrouisia Reservoir up end (jusqu'à la fin de Reservoir Larrouisia) - Larrouisia Dam (barrage)		2.3	0	0	0.000	0.000	0.000	
D1 Subtotal (Total partiel)		2495	83.5			0.291	0.349	0.175	0.070
D2	Larrouisia Dam (barrage) - El Battane		11.9	0	0	0.000	0.000	0.000	
	El Battane - Jedeida		11.4	70	6.364	0.073	0.087	0.044	
	Jedeida - Chafrou		2.7	10	0.909	0.002	0.003	0.002	
	Chafrou - Existing Slouice (Existants canal)		12.9	20	1.818	0.023	0.028	0.014	
	Existing Slouice (Existants canal) - Tobias		15.3	10	0.909	0.014	0.017	0.009	
Tobias - Estuary (Estuaire)		10.8	0	0	0.000	0.000	0.000		
D2 Subtotal (Total partiel)		1475	65.0			0.112	0.135	0.068	0.046
Total (Sidi Salem-Estuary)		3970	148.5			0.403	0.484	0.242	0.061

Note : * Porosity of bed material on downstream of Sidi Selem Dam (Porosité des matériaux du lit en aval du barrage Sidi Selem) 0.5

** Dam catchments are excluded. (Les bassins versants des barrages sont exclus.) (Sidi Salem, Siliiana (and Rmil)

出典： JICA メジェルダ川調査団

以上の検討の結果、メジェルダ川の長期的な平均堆砂除去量として下記を採用した。

ゾーン	集水面積* km ²	河道延長 km	堆砂除去量/年 mil. m ³ /年	堆砂のレート mm/年
U1	1,154	89.1	0.16	0.070
U2	2,395**	63.9***	0.34	0.070
M	405	18****	0.06	0.070
D1	2,495	83.5	0.35	0.070
D2	1,475	65.0	0.13	0.046

注： *： ダムの集水面積は除く
**： シディサレム貯水池面積およびメジェルダ川本川を経ずシディサレム貯水池に直接流入する集水面積は除く。
***： シディサレム貯水池内の河道は除く。
****： メレゲダムよりも下流の区間。

シディサレムダム上流の区間では過去に河川横断測量を実施していないため、流域の地形や土地利用の特性が類似している D1 の値を当該区間の推定堆砂量と仮定した。

なお、今回の検討結果及び現地状況から判断すると、メジェルダ川の通水能力低下は、堆砂だけでなく河道内に繁茂する植生の影響が大きいことに留意すべきである。例えば、「メジェルダ川の流下能力がここ 20-30 年の間に半分以下になった。」という住民等の話をよく聞くが、この意見は堆砂と植生繁茂の両者の影響を区別していないことに留意する必要がある。上記の検討によれば、堆砂量は 20-30 年で流下能力を半減させるほど大きいとは考えられず、植生繁茂の影響も大きいことを示している。植生の繁茂自体が粗度係数を増加させ河道の流下能力を低下させるが、さらに植生が流速の低下をもたらす堆砂をさらに誘発することにつながる。

したがって、メジェルダ川の計画通水能力を維持するためには、堆砂だけでなく植生の除去も重要である。

8. マスタープランの代替案検討

8.1 マスタープラン策定の基本方針

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及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・安全の確保、社会福祉及び国家・地方の経済成長による国益の確保である。本マスタープランは、アクションプランとメジェルダ川における総合的な洪水防御及び管理の進むべき方向性を示すものである。このため、本調査は現実的かつ実践的な対策を提案することとし、以下の方針でマスタープランを策定した。

(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

洪水管理として、これまでは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いる。このパラダイムシフトは、部分的ではなく、統合的な洪水管理へのアプローチと統合水資源管理（IWRM）の理念に沿ったものである。また、河川流域における土地及び水資源開発の統合による洪水管理（IMF）を実施し、氾濫原から最終的に得られる便益を最適化しつつ、洪水での人的被害を最小化するためのリスク管理の原則に基づく洪水管理を推奨している。

流域資源の有効活用の最大化を方針とすれば、氾濫原における生産性の維持と増大に努めるべきだが、洪水氾濫による人的被害や経済的損失は軽視できない。治水を独立した課題として対処すれば、部分的で地域的なアプローチに終わることになりかねない。IFM は洪水管理の伝統的かつ部分的なアプローチからのパラダイムシフトを求めている。

IMF の中で最も重要なキーワードは「統合」であり、その意味は多様に解釈することができる。例えば、統合した対策の組合せとタイミングの選択、対策の種類の統合（施設の対策 / 非施設の対策）、短期的及び長期的な対策の統合、参加型で透明性の高い意思決定手法（特に、所与の組織制度の範囲内での組織統合、意思決定及び実施方法）等である。

これらを踏まえ、統合的な洪水管理計画は、統合水資源管理の理念の下で洪水を管理できることとなる下記5つの視点を主要な要素として取り組むこととなる。

- 水循環全体の管理
- 統合的な土地及び水の管理
- 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

したがって、マスタープランの策定上、統合洪水管理のコンセプトに基づいた包括的なアプローチを採用し、メジェルダ川流域の洪水防御の課題に取り組むこととする。

(2) 水供給の安全性確保の優先

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、同国では水利用を優先とした国家水管理計画を策定し、国全体のシステムとして水需要と供給のバランスや水資源行政を管理している。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性確保を優先する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。

洪水は自然現象であるため異常洪水による被災地およびその周辺の壊滅的な被害は起こりうる。しかし、大規模水害は国家機能を麻痺させるため、河川管理者が負うべき洪水防御の責任範囲を超えるような大規模洪水は、国家の危機管理事項と認識すべきである。この認識の下、本調査では河川管理者の責務の範疇として生起確率 100 年までの洪水に対して非施設の対策のマスタープランを提案する。

(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、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（2 回実施）を開催した。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、それらの情報を計画策定のための意思決定に活用した。

インタビュー調査とステークホルダー会議の成果を表 8.1.1 に示す。

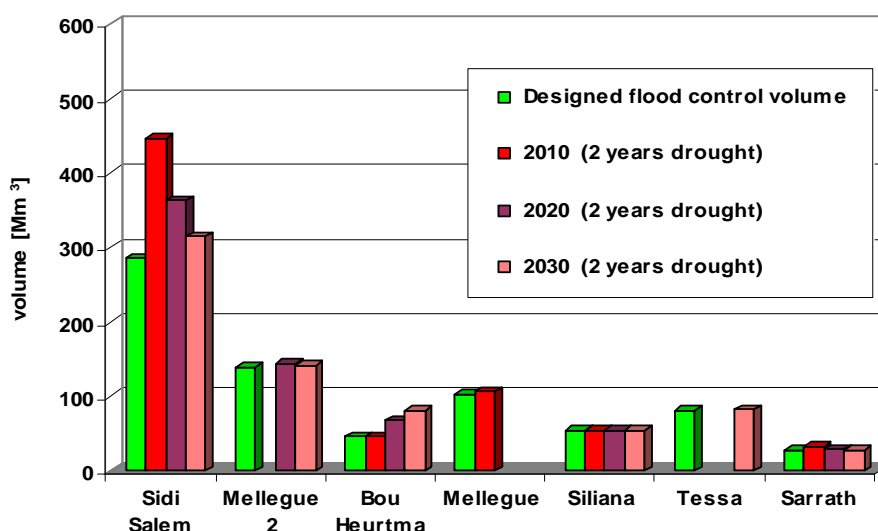
メジェルダ川にはムジェズ・エル・バブ市のアンダルス橋とエルバタン市の古い堰があり、これらは 17 世紀に建設された歴史的価値の高いものであり、注意深い環境社会配慮が必要である。表 8.1.1 に示すとおり、インタビュー調査では住民がこれらの橋や堰を存続させることを希望していることが明らかとなった。また、チュニジア国の国家政策では、歴史的遺跡は移設/改造せずに保存することを求めている。このため、本マスタープランは住民の意見と歴史的遺産への国家政策に十分に留意して策定された。

8.2 洪水防御のための貯水池運用計画

8.2.1 貯水池運用最適化の必要性

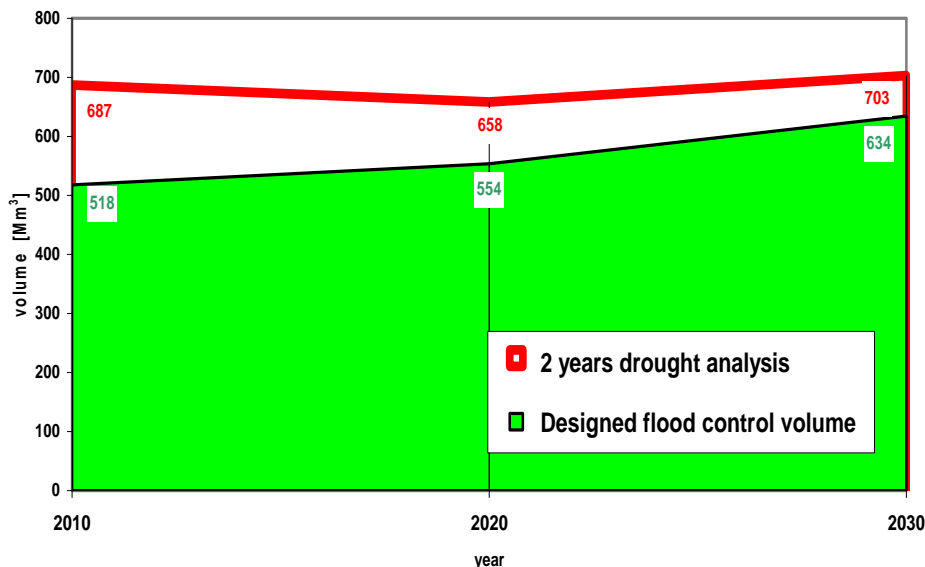
メジェルダ川流域の既存貯水池の多くは洪水調節容量を十分に活用されていない。また、多くの貯水池が自然越流調節型洪水吐（ゲート無し洪水吐）を採用しているため、ゲート操作による柔軟な洪水調節ができていない。

このような状況から、ダムによる洪水防御機能の向上を図る対応として、各々の貯水池における恒久的あるいは一時的な洪水調節容量の加増が挙げられる。洪水吐クレスト敷高以下で追加的に確保できる洪水調節容量は堤体底部放水管の操作で有効利用することができる。



選択された7貯水池の2010年、2020年および2030年の洪水調節容量

本調査では、2010年、2020年及び2030年（本調査の計画目標年次）を対象に、需要・供給の水収支解析（附属報告書B参照）を実施した。解析結果からいくつかの貯水池では洪水調節容量の追加配分が可能であることが確認された。洪水調節容量の追加が可能となる貯水池は7箇所（4箇所の既存の貯水池：シディサレム貯水池、メレゲ貯水池、ブヘルトゥマ貯水池およびシリアナ貯水池、3箇所の建設中あるいは設計/計画段階の貯水池：サラ貯水池、メレゲ2貯水池およびテッサ貯水池）あり、これらはメジェルダ川の洪水防御において重要である。上図に2010年、2020年、2030年の洪水調節容量を示す。この図は、各々の貯水池に対して、計画当初の洪水調節容量（緑色）及び水収支分析より算出した2年連続渇水（9回すなわち18年に一度発生する確率の利水安全度）を満足する利水容量から算定された追加可能な洪水調節容量を含む容量（その他の色）を示している。シディサレム貯水池とブヘルトゥマ貯水池のみにおいて、大幅な洪水調節容量の追加が可能となることが判明した。これら7箇所の貯水池で新たに追加配分可能な洪水調節容量の総量は下図に示すとおりである。総洪水調節容量は、2010年には33%増の687百万 m^3 、計画目標年次である2030年には11%増の703百万 m^3 となる。



選択した7貯水池で新たに追加配分可能な洪水調節容量の合計

貯水池から下流河道の通水能力以下で洪水開始時または事前に放流するというダム最適運用を行うことで、洪水調節容量の追加配分の効果が高められる。

放流時期及び放流量の決定にあたっては、上流からの流入量、下流域の複数の雨量計/水位計、下流部への洪水到達時間等の情報に基づいて最適化が必要となる。また、下流部の洪水ピークの同時生起は避けるべきであり、回避のためにダム操作規則の確立が重要となる。

洪水流出メカニズムや洪水到達時間などのメジェルダ川流域の水文特性から、同流域の洪水防御のために追加容量を含む洪水調節容量の有効利用とダム操作の統合が極めて重要である。

現在、チュニジア国では洪水時の貯水池運用の詳細な操作規則やマニュアルが明文化されていない。1988年にダム及び大規模水利施設局によって「Flood Management of Main Rivers in Tunisia and Operation of Hydraulic Facilities」が作成されているが、現在の洪水関連施設の操作では有効に利用されていない。

また、貯水池運用体制は他のダムの貯水状況や関連する地域の雨量、その他水系の状況などを踏まえ、関係組織間で決定することが一般的であるが、実際の貯水池運用は担当職員の経験と判断次第となっている。

このため、適切な操作規則に基づいたダムの最適操作システムの導入が不可欠であり、メジェルダ川流域の洪水流量の最小化を効率的・効果的に行うためにコンピュータ制御された洪水予測及び貯水池運用の数値シミュレーションモデルが必要である。

8.2.2 最適な貯水池運用の原則

メジェルダ川流域の14箇所の貯水池群（既存8箇所の貯水池と建設中または設計/計画段階の6箇所の貯水池）において水管理体制が構築されている。また、これらの貯水

池群はひとつの統合された連携体制で運用されることが求められる。そのため、最も有効な洪水防御と水供給に向けた基本操作規則を作成し、統合運用を含む最適なダム運用を実現していくことが必要である。

最適な洪水時貯水池運用の主たる目標は、洪水貯水容量をより効果的に活用してダム下流の洪水ピークを低減させることである。したがって、貯水池運用に際しては以下の事項に留意することを原則とする。

(a) 非洪水期：

- 貯水位として、水供給のための常時満水位（正式に承認を得たもの）を維持する。

(b) 洪水期：

- すべてのダム運用において、ダムの安全性を最優先とする。
- 貯水池の事前放流

洪水の到達情報を受信次第、下流河道の通水能力以下で貯水池での想定洪水流量相当の貯水放流を行い貯水位を事前に低下させる。事前放流は、貯水池上流で観測される流量や雨量データに基づく流量予測結果によって決定する。

- 貯水池からの河道通水能力相当の放流

貯水池からの放流により下流河川で長期間氾濫が生じないようにする。

- 洪水ピークの集中回避

下流の流量低減を図る際に、洪水ピークの同時生起を回避すべく、ダム下流の洪水到達時間に関する知見に基づき貯水池からの放流を管理する。

- 連続式貯水池群の運用（例えば、メレゲ・メレゲ2ダム）

上流側の貯水池にまず洪水を貯め、放流は下流側の貯水池から開始する。

- 次の洪水に向けた洪水調節容量の確保

貯水池が最高水位を迎えた後は、洪水調節容量は次の洪水に向けて放流する必要がある。まず、貯水池の流入量を多少上回る程度の流量で放流し徐々に放流量を減少させる。ダム下流の河道通水能力（あるいは、支川の状況に応じて通水能力に近い流量）まで放流量が低下した後は、洪水調節容量が空くまでその流量で放流する。

洪水時には、オンラインの状態で行われるすべての必要な情報（観測所での流量、全ダムの状況と運用状態、流量予測、雨量予測など）に基づく管理センターの決定事項の下で、メジェルダ川流域の全貯水池が運用されることが望まれる。

8.2.3 貯水池の洪水防御能力の分析

(1) 概説

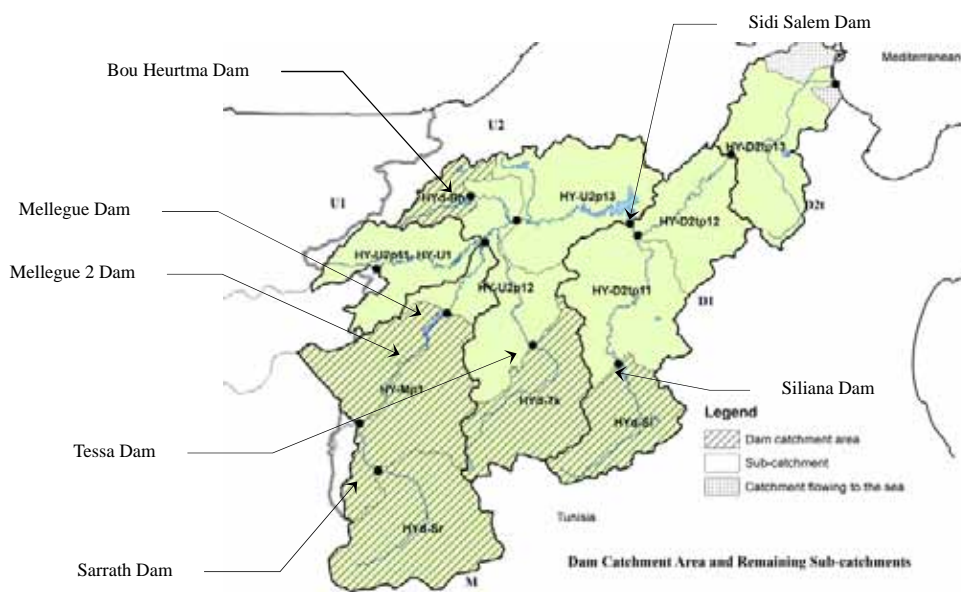
選択された7箇所の貯水池における以下の4段階における洪水調節容量について分析を行った。

段階	洪水調節容量
現在	常時満水位以上の当初計画洪水調節容量 (OFCS)
2010 年時点	OFCS + 2010 年の水需要に対する利水安全度*を満足し、かつ OFCS 以下 (常時満水位以下) で、洪水防御目的として追加可能な容量
2020 年時点	OFCS + 2020 年の水需要に対する利水安全度*を満足し、かつ OFCS 以下 (常時満水位以下) で、洪水防御目的として追加可能な容量
計画目標年次である 2030 時点	OFCS + 2030 年の水需要に対する利水安全度*を満足し、かつ OFCS 以下 (常時満水位以下) で、洪水防御目的として追加可能な容量

備考：*計画の利水安全度は、9 回 (18 年) に一度、発生する 2 年連続の渇水に相当

本分析では、利水安全度の確保を優先させた貯水池運用を行っている。表 8.2.1 に 8.2.2 節の「最適な貯水池運用の原則」に沿って策定した 7 箇所のだムにおける洪水調節の連携貯水池運用ルールを示す。また、連携運用に供されるだム群ならびに流量参照地点の位置を図 8.2.1 に示している。

2 年、5 年、10 年、20 年、50 年、100 年および 200 年確率洪水に対して解析を行った。チュニジア国内のメジェルダ川流域を下図に示す。



分析に用いるチュニジア国内のメジェルダ川流域

チュニジア国内のメジェルダ川流域は、以下の分割流域から構成される。

- 既存または設計/計画中のだム上流に位置する 5 つの分割流域、
- メジェルダ川及び支川のだム下流に位置する 7 つの分割流域、
- アルジェリア国から流入する 2 つの分割流域

(2) 計画目標年次 2030 年の最適貯水池運用下での洪水調節効果

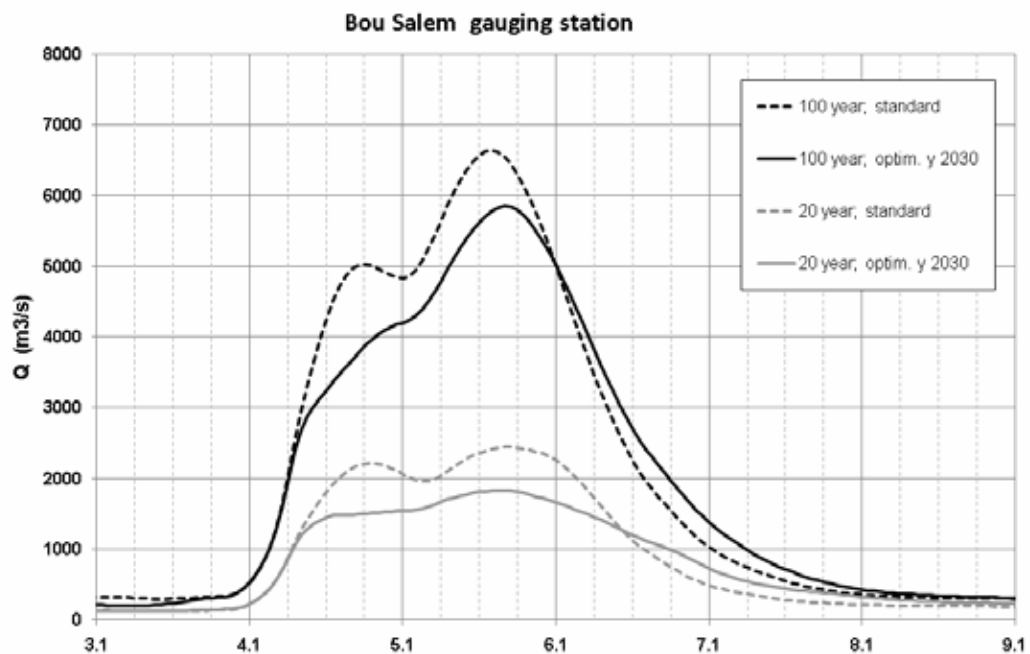
新規建設/計画中の 3 箇所のだム (メレゲ 2 貯水池、サラ貯水池及びテッサ貯水池) を含むだム群によるメジェルダ川の治水への貢献度を評価するため、計画目標年次 2030

年までの貯水池運用分析を行った。また、2010年、2020年、2030年の水需要を満たす洪水調節容量追加可能性を検討の上、7箇所の貯水池の最適な貯水池運用を策定した。

分析には、8.2.2節に記載の最適な貯水池運用の原則を適用した（表8.2.1及び図8.2.1参照）。

解析結果の詳細を**附属報告書C**に示した。計画目標年次2030年における最適貯水池運用による洪水防御能力の分析結果を以下に例示する。

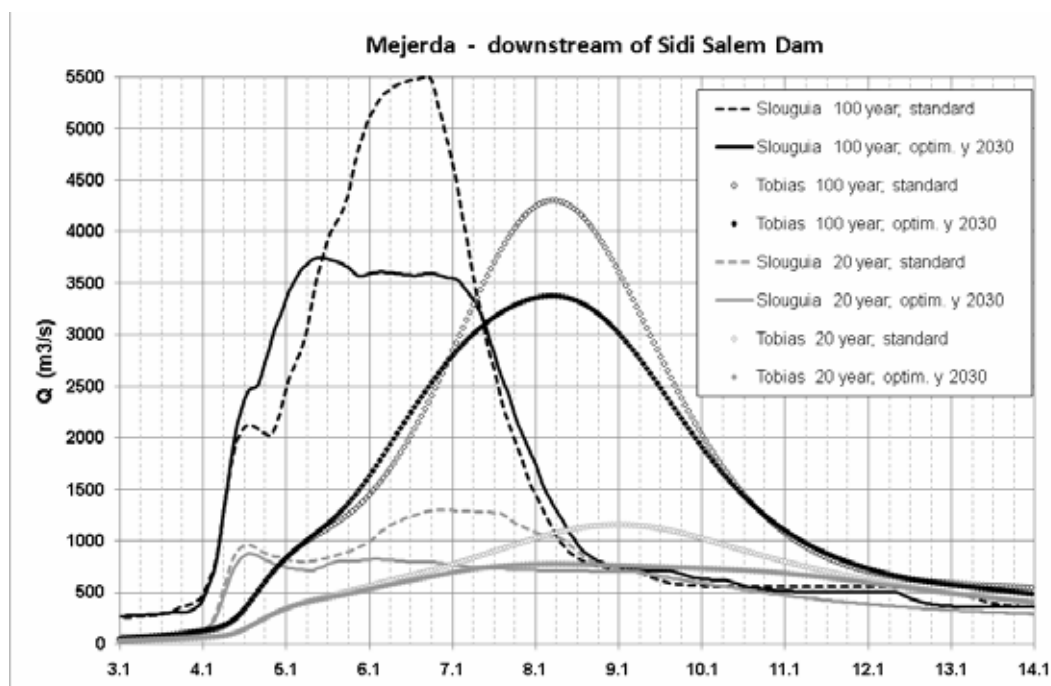
メジェルダ川とテッサ川の合流点下流に位置するブサレム観測所では、初期段階において洪水流量がブヘルトゥマ貯水池により軽減される（下図参照）。貯水池は常時満水位を216.77mまで下げて運用され、これにより自然調節方式洪水吐の敷高以下で3.5千 m^3 の洪水調節容量が追加されている。



ブサレム観測所の洪水軽減効果（2030年）

計画目標年次2030年のシディサレム貯水池は、洪水調節容量が現在の常時満水位以下で2.9千 m^3 追加となること、およびシディサレムダム上流の全貯水池の効果的運用で100年確率洪水においても低減可能である。

以下のハイドログラフは、2030年時点での貯水池運用改善によるシディサレムダム下流での洪水防御効果を示している。



メジェルダ川シディサレムダム下流の洪水軽減効果（2030年）

シディサレムダムにより、100年確率洪水においても下流の洪水流量を大幅に低減でき、現状の貯水池運用に比べて、ピーク流量がスルギアで $1,770 \text{ m}^3/\text{s}$ （ピーク流量の22%）、トビアスで $930 \text{ m}^3/\text{s}$ （ピーク流量の32%）低減されることを確認した。

また、20年確率洪水においては、ピーク流量がスルギアで $420 \text{ m}^3/\text{s}$ （ピーク流量の32%）、トビアスで $385 \text{ m}^3/\text{s}$ （ピーク流量の33%）低減されることが分かった。

さらに、メジェルダ川（チュニジア国内）の連携貯水池運用による洪水調節効果は洪水氾濫面積を用いて評価し、その結果を下表に示した。詳細は前述 7.3.4 節に示した。

貯水池運用の連携前後の洪水氾濫面積

（単位：ha）

洪水再現期間	5年	10年	20年	50年
(1) 連携前	32,600	43,100	58,500	71,500
(2) 連携後	22,400	40,100	53,800	70,700
低減率 = (2)/(1)	69%	93%	92%	99%

出典: JICA メジェルダ川調査団（分析結果）

上表のとおり、貯水池運用の連携により5年確率洪水での氾濫面積が30%、10年から20年確率洪水の氾濫面積が7から8%低減することが確認された。図 7.3.1 に連携前後の氾濫区域を例示する。

以上から、シディサレムダムの貯水池運用改善によりメジェルダ川の水害緩和が図れることが明らかとなった。

8.3 河川改修計画

8.3.1 河川改修計画策定の方針

メジェルダ川流域の施設的対策の優先対策として、選定された7貯水池の計画目標年次2030年における計画洪水調節容量を前提条件とし、貯水池運用規則の最適化検討を実施した。この最適化の検討結果（洪水ピーク流量と総洪水流量）を条件として、河川改修計画の治水安全度を決定するために河川改修の予備検討を行った。

上記の目的に沿って、改修規模（改修河川延長、河道改修幅、堤防高、等）を決定するため、貯水池最適運用規則の下で算定したピーク流量配分に基づき、河川改修に関する以下の方針を適用した。

- (1) 対象とする確率洪水流量を処理するため、経験則（例えば、掘削数量を最小化するために現況の河床勾配にできるだけ近似させるなど）や既往の理論を設計縦断勾配や設計横断形状設定の際に適用すること。
- (2) 洪水氾濫の現況及び河道の流下能力を考慮し、可能な限り水位を低下させるため、土地利用の現況を勘案し一部氾濫を許容すること。
- (3) 上記項目(2)に関連して、上流河道の拡幅や河床低下が下流域の洪水リスクを増加させないよう留意すること。
- (4) 計画断面形状を計画する上で、掘削や堤防の数量を抑えるために既存河道の流下能力を最大限利用すること。
- (5) バイパス水路の新設については、まず既存河道の拡幅を第一優先とすること（既存河道の流下能力を超える超過流量を新規バイパス水路で受け持つ）。
- (6) 維持管理及び既存河道と新規バイパス水路間の適切な流量配分の観点から、新規バイパス水路の建設規模を最小限に抑えること。

特に、ステークホルダー会議での意見は河川改修事業に反映させるべきものである。実際、緊急的な対策として、河川拡幅及び堆砂・植生の除去による河積確保が本会議で提案された。また、住民はムジェズ・エル・バブ市にある古橋などの歴史的遺産の保存を支持しており、この会議で大規模洪水対応としてバイパス水路の建設も提案された。

尚、蛇行部のショートカット案は、河道の安定化及び上流河道の水位を低下させるための一般的な改修工法の一つではあるが本調査では採用していない。ショートカット案は、予期しない河岸浸食のための法面保護工や堤防強化を必要とする場合もあり、得策ではないと判断されたからである。また、ショートカット建設による用地買収費の増加は、提案する河川改修計画の妥当性を損なうものと考えられる。しかし、次段階の調査では、より詳細な水理解析や河川区域の境界線確認、改修工事に伴う社会影響などの検討を通して既存河道のショートカット案の是非を検討する。

8.3.2 河川改修事業の優先地域

上述した河川改修基本方針に従い、既往洪水のレビュー・現地踏査及びステークホルダー会議の結果に基づき以下に示す優先地域を選定した。

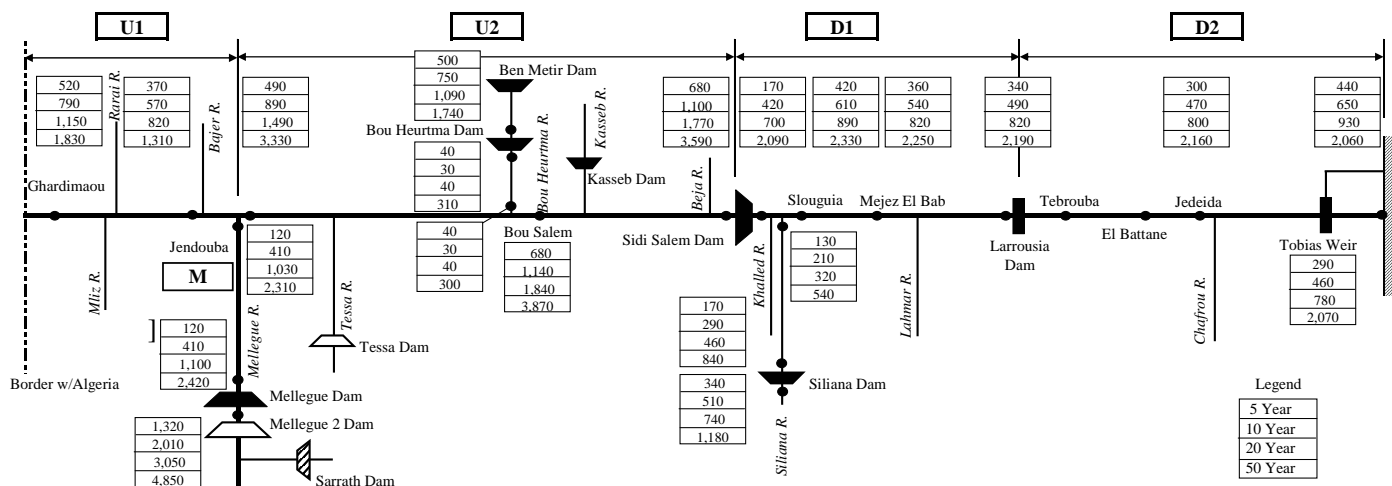
河川改修の優先地域

ゾーン	優先地域
U1	ガルディマウ, ジェンドゥバ
U2	ブサレム, シディイスマイル, シディサレムダム上流
M	メジェルダ川合流点付近のメレゲ川下流
D1	スルギア, ムジェズエルバブ
D2	テブルバ-エルパタン, ジュデイダ, エルマブトゥ-トピラス可動堰, トピラス可動堰-エルフマダ運河(放水路)

記：ゾーンについては、8.3.4 節で詳述
出典：JICA メジェルダ川調査団

8.3.3 河川改修計画の構成

統合的な手法（最適連携運用規則）による貯水池の運用検討結果及び水理/氾濫解析結果から、メジェルダ川流域の各河道区間における確率洪水流量を設定した。治水安全度の検討（8.3.4 節参照）に用いた確率ピーク流量配分図を以下に示す。



出典：JICA メジェルダ川調査団

確率洪水ピーク流量配分図

治水安全度の検討において建設費を概算するために確率規模別ピーク流量に対応する河川改修の主要諸元を以下の方針で設定した。

(1) 計画縦断河床勾配

改修工法として拡幅を伴う河道掘削を優先工法とした。計画河床高は、現況河道の最深河床高での縦断勾配を考慮して設定した。特に、既存横断構造物のシディサレムダムやエルヘリ堰、ラルーシア堰及びトピラス可動堰は河床の固定地点として扱った。

(2) 計画河床幅（定規断面）

河床幅の拡幅は、既存構造物への影響を最小限にするために橋梁地点及び都市地域内の既存河道幅を考慮して決定した。

(3) 支川処理

原則として、支川沿いの地域の防御についてはメジェルダ川本川の(合流地点における)計画高水位と同水位でバック堤の設置を考慮した。

(4) 堤防の平面線形と計画高さ

河道掘削による流下能力の増強が不十分な場合、築堤を計画する。堤防平面線形は、計画掘削線上の河岸法肩の位置を考慮して設定した。また、堤防高については計算洪水水位に余裕高を加えて設定した。

(5) バイパス水路の平面線形

50年確率規模までの洪水流量に対応する河川改修建設費を算定するため、4箇所のバイパス水路を選定した。最適な治水安全度を評価するために、初段階ではジェンドウバ、ブサレム、ムジェズ・エル・バブ、エルバタンにおける4本のバイパス水路を採用した。費用-便益(B/C)の比較検討により各ゾーンの治水安全度を決定した後、ブサレムとムジェズ・エル・バブの2本のバイパス水路を最終的に選定した。

バイパス水路に関する技術的考察を以下に示す。

(a) ブサレムバイパス水路

ブサレム市は、2003年1月-2月洪水で最も甚大な被害を受けた地域の一つである。2007年3月の洪水被害・氾濫調査によれば、約3週間にわたり都市域のほとんどが水没したとされる。本調査の中で、氾濫解析に用いた水理モデルによりこの洪水現象を再現化できた。メレゲ川ならびにブヘルトゥマ川合流点の下流に位置する地理的な位置関係から、この地域は高い氾濫危険性に晒されている。

この水害リスクを緩和するために大規模なバイパス水路が必要である。候補ルートは、ブヘルトゥマ川合流点(横断測量地点 No.MU124)より5.5 km上流を始点として右岸側を流下し、メジェルダ川を横断するブサレム道路橋の下流6.9 kmで本川と合流する。バイパス水路の総延長は8.0 kmで、政府が所有する平坦な灌漑地域を横断する。メジェルダ川に合流するバイパス水路出口の左岸下流域では、蛇行区間内の横断測量地点 No.MU75でカッセブ川が合流する。この蛇行河道区間は、遊水地としての機能が期待できる。

(b) ムジェズ・エル・バブバイパス水路

ブサレム市と同様、ムジェズ・エル・バブ市は2003年洪水において流域内で最も水害を受けた地域の一つである。チュニジア側との合意により、メジェルダ川を横断するアンダルス古橋(17世紀初頭に建設)は現在の状態で保存しなければならない。これは、市街部と歴史的遺産である古橋を洪水氾濫から守るために、別の水路が必要であることを意味する。特に、市街地中心部の地盤標高は極めて低く、これが当地域の洪水防御を困難にしている。

ムジェズ・エル・バブ付近の河道区間では、10年確率規模の洪水発生時に氾濫

すると推測される。提案するバイパス水路ルートは古橋から上流 3.4 km 地点の左岸で分岐し、同橋から 1.9 km 下流地点でメジェルダ川と再合流する。計画ルートの総延長は 4.7 km で、用地の土地利用の現況は主に農業である。4 箇所既設道路を横断するため、同数の新規橋梁の建設が必要となる。

(6) エルマブトゥ遊水地の平面線形

エルマブトゥ地区は、ジュデイダとトピマス可動堰の間、メジェルダ川左岸側に位置し、その北部はビゼルテ県、南部はマヌーバ県に属する。この平原は総面積約 20,000ha で、主にチュニス首都圏の増大する農産物需要に応える穀倉地帯として農業開発が進められてきた。

一方、当該地域の一部は、メジェルダ川から越流した洪水の自然遊水地として利用され、いくつかの制御構造物が残されている。しかし、これらの構造物はかなり損傷して完全に遺棄され、現在では復旧されていない。

既存排水システムを含むエルマブトゥ平野の位置図を図 8.3.1 に示す。また、図 8.3.2～図 8.3.4 にエルマブトゥ排水路沿いの樋門図を示す。

上記情報の整理・統合を通じて、エルマブトゥ遊水地の開発計画を立案した。洪水流量制御の基本構想は以下の通りである。

- 1) シャフル川合流点から約 7.5 km 下流に位置するメジェルダ川左岸、ヘンチールエルヘナ地点で越流を許容すること。
- 2) 洪水流を標高が最も低い地域に一時的に導くこと（現在、牧草地として利用されている部分以外は、ほとんどが放棄されている。湿地帯や塩分土壌の土地なので耕作には適していない）。
- 3) 囲い堤防及び排水路システム（既存排水ネットワークを効率的に連結し、再統合する）によって開発（防御）地域を明確に区分すること。
- 4) 既往洪水によって損壊している既存施設（調節ゲート、水路等）を復旧すること。
- 5) 下流の流下能力（トピマス可動堰）及び上流への背水の影響を考慮して、エルマブトゥ排水路を通じて一時貯留した洪水流をメジェルダ川に安全に戻すこと。

(7) 越流を許容する地域

メジェルダ川で洪水氾濫を許容する河道区域を、その上下流沿いの水理特性や土地利用状況を考慮し、洪水防御の観点から慎重に選定した。

8.3.4 治水計画規模の選定

(1) 概要

設定したマスタープランの枠組みに従って、メジェルダ川流域の河川改修に係る最適治水安全度を検討した。これは本調査の最終目標であるマスタープラン策定の基本的な前提条件の一つである。この観点から、河道掘削、河道拡幅、築堤、バイパス水路、遊

水地等の組み合わせによる河川改修規模を設定し、費用-便益の関係を精査した。言い換えると、治水安全度を検討するために、施設の対策の概算工事費 便益を検討した。

(2) 施設の洪水対策検討の基本的なアプローチ：貯水池対応と河川対応の連携

洪水防御の効果を最大限に発揮することを目的として、下記2段階の対策を適用した。

- (i) 貯水池運用の改善による洪水調節を最優先させる（貯水池対応）
- (ii) 貯水池対応によって洪水防御の目的が達成できない場合は、河川改修によって対応する（河川対応）

(3) 河川改修の基本方針

下記に示す河川改修の基本規則を適用した。

- (i) 過去に深刻な水害を蒙った都市部を重視し、被害を公平に軽減する。さらに沿川耕作地の洪水被害も公平に軽減する。
- (ii) 上流での洪水対策が下流に有害な人工洪水を招くような対策は避ける。

(4) メジェルダ川の流域分割

対象流域（チュニジア国内メジェルダ川流域）は 15,830 km² と広大で、地域の重要度及び開発レベルが様でないことから、対象流域を分割し分割流域ごとに最適治水安全度を設定する。対象流域内ではメジェルダ川本川に建設されたシディサレムダム治水容量（2.9 億 m³）が大規模で洪水調節効果が高く、このダム地点で上・下流域の洪水氾濫現象が不連続となる。このため、対象流域をシディサレムダム地点の上・下流域に2分割する。さらに、シディサレムダムの上・下流域をそれぞれ M、U1、U2 および D1、D2 の合計5流域に細分割する。



治水安全度検討のための流域分割

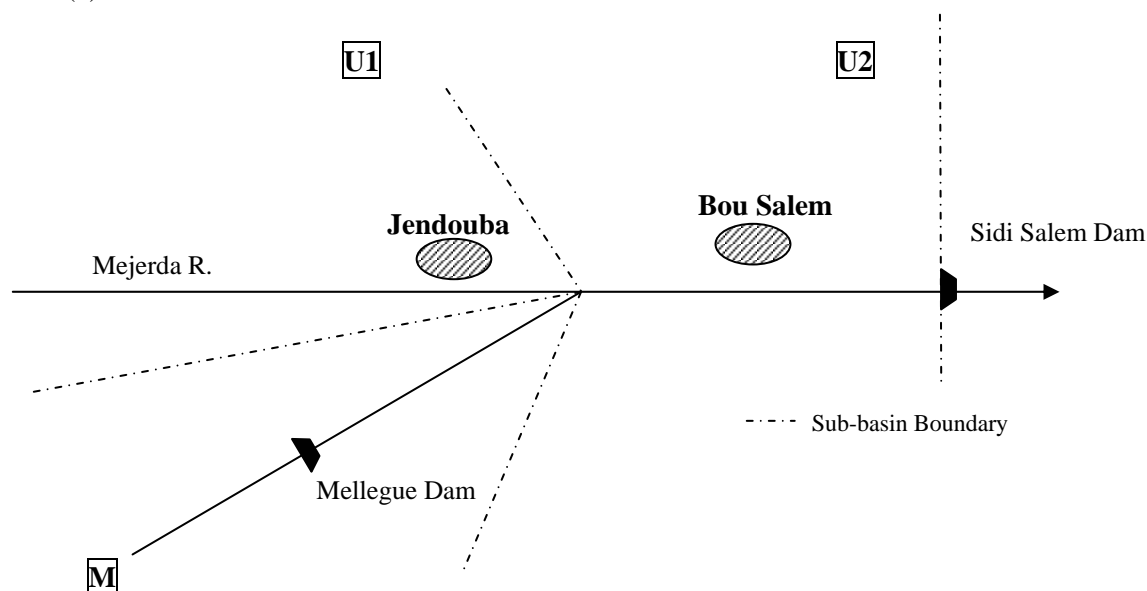
各分割ゾーンの主要情報

コード番号	区間名称	河道区間	延長(km)	河川断面番号
U1	最上流域	アルジェリア国との国境のガルディマウ郊外 - メレゲ川合流点	94.4	MU193-MU360
U2	中流域の上流部分	メレゲ川合流点 - シディサレム貯水池の上流端	63.9	MU1-MU192
M	メレゲ川	メレゲ川流域 (国境からメジェルダ川合流点まで)	45.0 (メレゲダム下流)	MG1-MG114
D1	中流域の下流部分	シディサレムダム下流 - ラルーシア堰	83.5	MD1-MD252
D2	下流域	ラルーシア堰 - メジェルダ川河口部	65.0	MD253-MD447

出典：JICA メジェルダ川調査団

8.3.5 最適治水安全度の定義

(1) シディサレムダム上流域



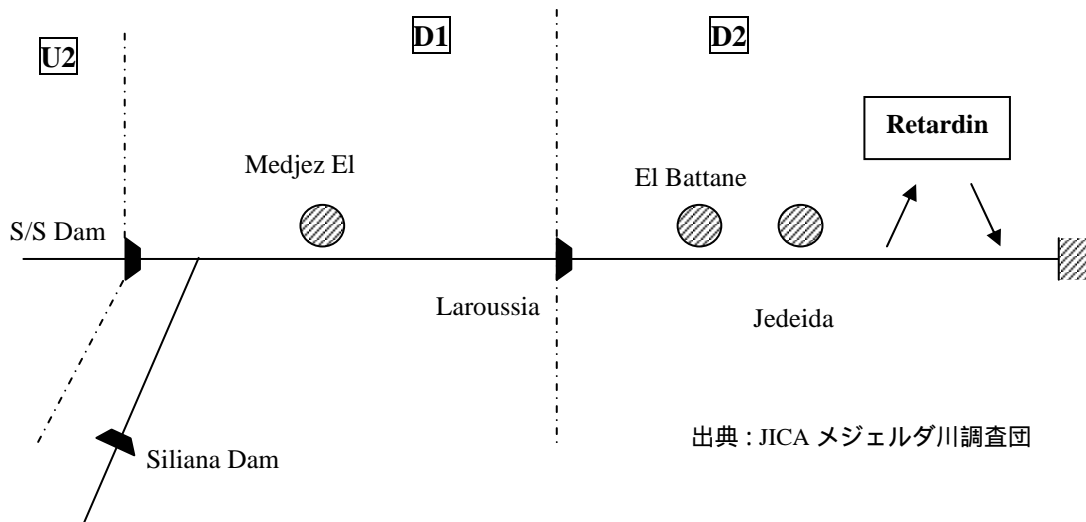
メジェルダ川上流域の模式図

- (a) U1 及び M の最適治水安全度
 - (i) U1 及び M 流域における最適治水安全度として、最大 B/C を与える治水安全度を個別に求める (B : 分割流域内の河川改修に伴う洪水防御便益、C : 分割流域内の河川改修直接工事費)。
 - (ii) 各流域雨量が各ゾーンの B 算定のために用いられる。
- (b) U2 の最適治水安全度
 - (i) U1 及び M 流域においては、(a)で求めた最適治水安全度に対応する河川改修を与条件として、U2 における最適治水安全度を U2 内で最大 B/C を与える治水安全度として求める。
 - (ii) U2 の B 算定のために U2 及びその上流域全体における流域雨量が雨の同時

生起の確保から用いられる。

- (c) (a)で求めた最適治水安全度に対応する河川改修がその下流にある U2 地域に有害な人工洪水を招く場合、これを避けるべく(a)、(b)の作業を見直す。
- (d) 見直しではU1 及び M の河川改修が U2 に有害な人工洪水を招かないようにしつつ、U1、M、U2 における最適治水安全度として最大 B/ C となる治水安全度を求める。

(2) シディサレムダム下流域



メジェルダ川下流域の模式図

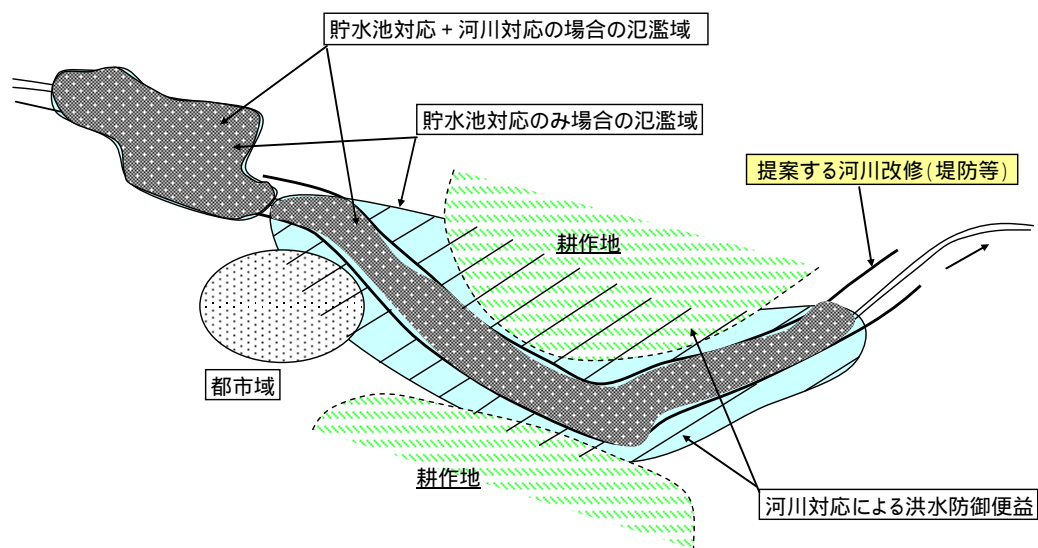
- (a) D1 の最適治水安全度
 - (i) D1 流域における最適治水安全度として、D1 の最大 B/C を与える治水安全度を求める。
 - (ii) D1 の B 算定のために D1 及びその上流域全体における流域雨量が雨の同時生起の確保から用いられる。
 - (iii) D1 上流端にはシディサレムダムで調節された洪水が流入する。
- (b) D2 の最適治水安全度
 - (i) D1 流域では、(a)で求めた最適治水安全度に対応する河川改修を条件として、D2 における最適治水安全度を D2 内で最大 B/C を与える治水安全度として求める。
 - (ii) D2 の B 算定のために D2 及びその上流域全体における流域雨量が雨の同時生起の確保から用いられる。
- (c) (a)で求めた最適治水安全度に対応する河川改修がその下流にある D2 地域に有害な人工洪水を招く場合、これを避けるべく(a)、(b)の作業を見直す。
- (d) 見直しでは D1 の河川改修が D2 に有害な人工洪水を引き起こさないようにしつつ、D1 および D2 における最適治水安全度として最大 B/ C となる治水安全度を求める。

8.3.6 河川改修による洪水防御便益

(1) 便益算定の基本方針

- ・FD1: 貯水池対応、すなわち4既存ダム及び3建設予定ダムにおける洪水調節の改善/最適化を行った場合の洪水氾濫域における被害額を算定する。
- ・FD2: 貯水池対応に加え、河川対応を行った場合の洪水氾濫域における被害額を算出する。
- ・上記二者の差を河川対応の洪水防御便益とする。

河川対応による洪水防御便益 = FD1 (貯水池対応のみの場合の氾濫被害額) -
FD2 (貯水池対応 + 河川対応の場合の氾濫被害額)



河川対応による洪水防御便益

(2) 洪水氾濫被害額の算定

洪水被害項目は、(i)直接被害と(ii)間接被害に分けた。

(i) 直接被害

- 農作物、
 - 家屋、
 - 家庭用品、
 - 事業所の償却・在庫資産、
 - 公共土木施設
- など資産を計上する。

(ii) 間接被害

営業停止損失、家庭、事業所などにおける応急対策費、交通途絶損失など

本概略検討では、アジア諸国における類似調査の経済分析結果を考慮し、間接被害額は直接被害額全体の30%を計上した。適用した各項目の単価及びその内訳を Supporting Report D に示した。

(3) 既往洪水での被害額のレビュー

規模の異なる洪水による被害算定のため、以下のマニュアルと関連情報を参照した。

- (i) 「治水経済調査マニュアル(案)」、国土交通省(MILT)、2005年4月(以下、「日本語版マニュアル」と略称)
- (ii) チュニジア国国勢調査、2004年
- (iii) 地方事務所(住民保護局)から収集した関連洪水被害記録
- (iv) 本調査中「洪水氾濫・被害調査」の結果、エコリソースインターナショナル、2007年3月

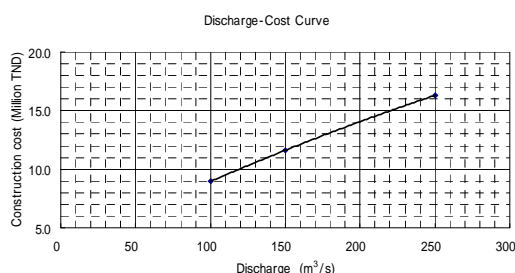
8.3.7 河川改修工事の建設費算定

(1) 建設単価及び数量の算定

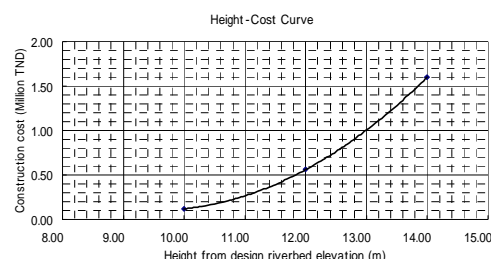
主要工種の建設単価は、農業水資源省と施設省によって実施されている最近のプロジェクトから収集した。これら収集した資料を分析、比較した後、現在価格に補正した。土工数量や構造物の数量は、河道縦横断面図を用いた予備設計に基づき算定した。

(2) 費用積算

合計 50 工種に関して、確率洪水規模の異なる改修規模の数量と費用の関係から費用曲線を作成した。この費用曲線を用いて直接工事費を表 8.3.1 に示すとおり算定した。その一例としてエルマブトゥ遊水地と堤防建設費(MD281-MD251)を以下に示す。



エルマブトゥ遊水地



堤防 (MD281-MD251)

8.3.8 治水安全度

現況の場合と同様の手法により、提案した河川改修実施後の洪水氾濫解析を行った。対策実施前後で算定した洪水被害額の差分(洪水防御便益)を以下に示す。

洪水被害軽減額算定結果

Unit: TND 1,000

Zone	5-Year	10-Year	20-Year	30-Year	40-Year	50-Year
U1	0	3,246	3,690	4,107	4,524	4,941
U2	4,920	11,916	21,619	23,489	25,359	27,229
M	0	1,531	3,026	3,627	4,228	4,829
D1	4,006	6,559	8,102	8,263	8,425	8,586
D2	9,169	23,029	27,604	29,099	30,595	32,090

出典：JICA メジェルダ川調査団

各ゾーンの B/C 算定のために次の条件を適用した。

(1) B/C の算定期間

本調査の目的と類似の洪水防御プロジェクトにおける経済分析手法を勘案し、B/C 評価のための現在価値算定期間は 50 年間とした。

(2) 割引率

便益と費用に関し、現在価格に変換するためにチュニジア国の治水セクターにおける「資本の機会費用」の割引率として 12% を採用した。

(3) 標準的な換算率 (SCF)

経済価格を算定するための標準変換率は 88% を採用した。費用積算における建設単価は付加価値税を含むため 18% (チュニジア内の大半の物品に課せられる税率) を控除した後、この変換率を用いた。

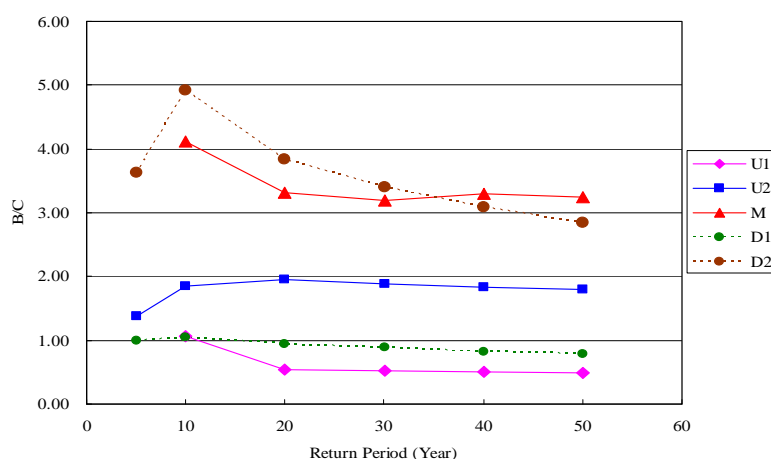
(4) 経済便益及び洪水防御事業費

上記の条件に基づき、各ゾーンでの経済便益及び洪水防御事業費を算定した。

各ゾーンの B/C 計算結果を以下に示す。この結果に基づいて、U1、M、D1 と D2 については、最も高い B/C 値が得られた 10 年確率を最適治水安全度として適用することとした。また、U2 については 20 年確率を適用した。各ゾーンの B/C 算定結果の詳細をデータブック DD1 に掲載した。

設計洪水流量は以下の通りである。

ゾーン U1, M, D1, D2	10 年確率流量
ゾーン U2	20 年確率流量

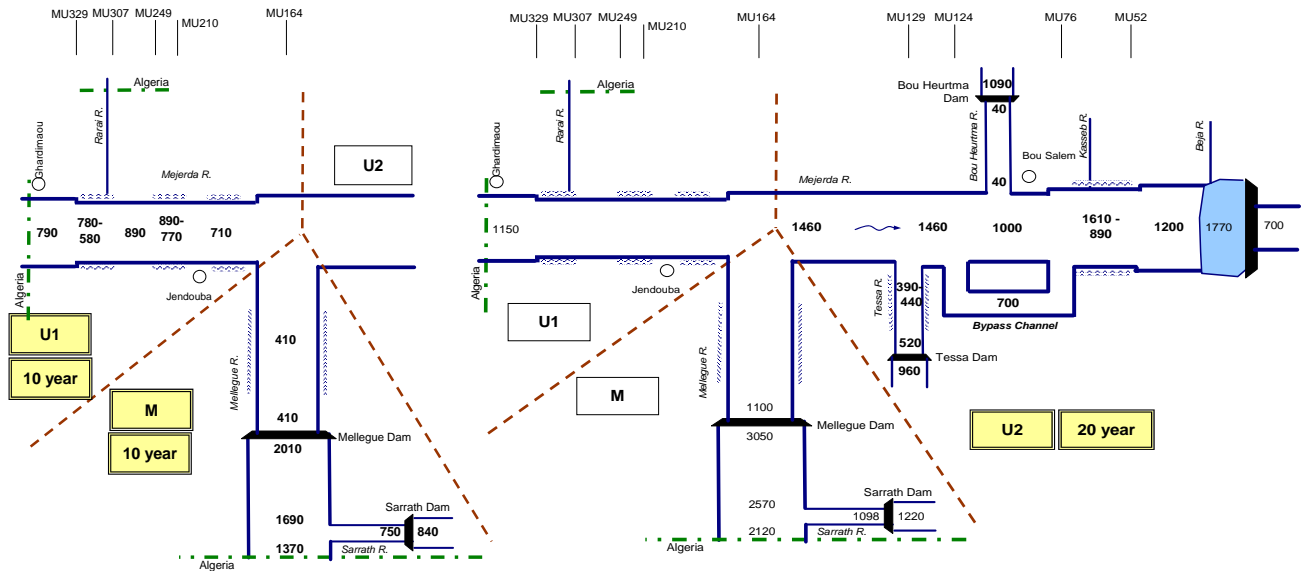


出典：JICA メジェルダ川調査団

各分割ゾーンの B/C と洪水規模の関係

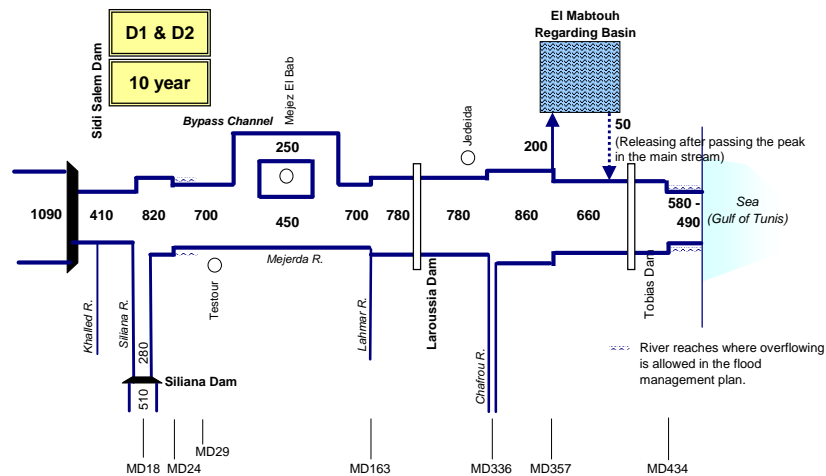
8.3.9 設計洪水流量配分

選択された治水安全度に基づいて、計画高水位を算定するために詳細な水理解析を行った。河川改修の予備設計を行うため、全調査地域の設計洪水流量配分を以下の通り決定した。



ゾーン U1 および M (10 年確率)

ゾーン U2 (20 年確率)



ゾーン D1 および D2 (10 年確率)

出典: JICA メジェルダ川調査団

設計洪水流量配分図

8.4 流域保全計画

8.4.1 流域保全の必要性

チュニジア国では、天然資源の劣化進行と並行して表層土壌浸食が問題となっている。表層土壌浸食は、農業や放牧での土地の荒廃によるものであり、河川や貯水池での堆砂や農作物の生産性の長期的な低下をもたらしている。

そのような状況から、メジェルダ川流域の流域保全に関して指摘されていることを以下に示す。

- (a) ジェンドウバ県やベジャ県が位置する北部地域では、農地拡張の開墾や森林内放牧、家庭内使用の炭焼きや違法かつ無秩序な材木伐採により、過剰な森林伐採が生じており、それに伴い表層土壌侵食や植生破壊が加速している。
- (b) ルケフ県及びシリアナ県南部では、大規模な機械化農業と小作人による小規模な耕作が共存しており、小作人の多くは粘土質で急峻な斜面の小さな土地を借地して穀類を栽培している。耕作している傾斜地は豪雨による侵食に対して脆弱で、深刻なガリー侵食にさらされている。

これらの表層土壌浸食は、河川や貯水池での堆砂をもたらし、以下に例示するように河川の通水能力や貯水池の利水容量に多大な悪影響を与えている。

(1) 河川の通水能力の減少

シディサレムダム上流のブサレム市でメジェルダ川本川を横断する国道橋地点では、多量の堆砂によって1969年には837 m²あった河川の通水断面が、2000年には699 m²まで16%減少している。シディサレムダム下流のムジェズ・エル・バブ市において、メジェルダ川の通水能力は、1981年のダム建設以前には1,000 m³/s以上と評価されていたが約200 m³/sまで大幅に低下している。さらに、メジェルダ川下流のビゼルト橋での通水能力は1980年代に比べて45%程度減少したと報告されている。

(2) 貯水池の堆砂

メジェルダ川流域の既存貯水池において、下表のとおり極めて速い速度で堆砂が進行している。

貯水池名	流域面積 (km ²)	常時満水位での 当初貯水容量: A (百万 m ³)	堆砂率: B (百万 m ³ /year)	A/B (年)
シディサレム	18,191	762	4.5	169
メレゲ	10,309	182	2.8	65
シリアナ	1,040	70	1.1	64

シディサレムダムの場合、建設後100年で当初貯水容量の約60%が堆砂で埋まる恐れがある。また、その他の二つのダムでも60年から65年後には堆砂で完全に埋没する恐れがある。

このような堆砂問題に対して、メジェルダ川流域の河川通水能力や貯水池容量を確保し、これらの持続的な利用を実現するために侵食防止対策が重要である。

8.4.2 流域保全のための侵食防止対策

メジェルダ川流域で確認されている表層土壌浸食の影響の特徴は、以下のとおりである。

- (a) 流域の傾斜勾配が急峻な場合、流域からの生産土砂量が多くなる。
- (b) 以下のような地域で侵食防止対策が必要である。
 - ・ 地表面の下層植生が乏しい森林、
 - ・ 急勾配または緩勾配の農地。

上記の(a)と(b)より、特に降雨侵食への脆弱性を勘案して、以下の土地利用区分を侵食防止の対象地区として選択した。

土地区分	土地利用区分
(a) 森林	1) 森林伐採地/荒地 2) 放牧地
(b) 農地	1) 穀草地 2) 遊休地 3) オリーブ畑 4) 樹木栽培地

また、無秩序な開墾や不法伐採などの問題に対して森林や農地資源の適切な管理計画/体制の実施を前提に、選択した土地利用区分において適用できる侵食防止対策を検討した。

この侵食防止対策は次の点を重視しながら下表に示すとおり策定した。

- 1) 対策は優れた耐侵食性を持つものとする。
- 2) 対策は広大な土地において、技術的にも経済的にも適切なものとする。
- 3) 対策工事は実現性の高いものとする。

土地区分	土地利用区分	対策
森林	森林伐採地/荒地	- 植林
	放牧地	- 関連政府組織、NGO を含む住民や関係者の緊密な調整による、林地での放牧の適切な管理プログラムの具体化
農地	穀草地及び遊休地	- 水平ゾーニング・システムを導入した輪作方法の採用及び、斜面勾配の緩和を目的とした等高線に沿った石積工の建設
	オリーブ畑及び樹木栽培地	- 貧弱な下層植生を改善するための地被植物の導入

本調査で入手した GIS データより算出したメジェルダ川流域（チュニジア国内）の各区分の面積を下表に示す。

森林	農地		合計
森林伐採地/荒地	穀草地及び遊休地	オリーブ畑及び樹木栽培地	
500 (ha)	774,695 (ha)	117,811 (ha)	893,006 (ha)

穀草地及び遊休地がメジェルダ川流域の大部分を占めているため、これに着目した侵食防止計画の策定が重要である。

8.5 洪水予警報システム計画

8.5.1 概 説

メジェルダ川流域では、貯水池運用や河川改修など実現可能な施設的対策による洪水管理が期待されている。しかし、洪水は自然現象であるため計画や設計水準を超過する異常洪水の発生も考えられる。洪水予警報システム（FFWS）は、洪水、特に超過洪水に対して脆弱な地域の生命や財産への被害を軽減させる有効な非施設的対策である。本調査では、マスタープラン策定における関連重要項目を勘案しつつ、以下の視点より既存FFWS強化のための整備や改善計画を提案している。

- 1) 施設的対策の完成までのリスクの軽減や水害緩和のための緊急措置。
- 2) 施設的対策の計画や設計水準を超過する異常洪水によるリスクの軽減や水害緩和策。
- 3) 適時かつ正確な水文情報の提供によるダムとの連携運用に貢献する対策。

メジェルダ川流域の FFWS に関する基本条件を下表に整理するとともに、概略を図 5.6.1 に示す。

システムの構成	- 観測、データ送信、解析及び警報伝達システム
目的	- 氾濫域の被害軽減に貢献するダムとの連携運用を含む、河川構造物の統合管理のための水文情報の提供 - 避難/水防システムで必要な行動を判断のための水文情報の提供
対象地区	- 過去の洪水により深刻な被害が発生した市町：ジェンドゥバ、プサレム、シディスマイル、スルギア、ムジェズエルバブ、エルヘリ、テブルバ、エルバタン、ジュデイダ、エルナ及びエルマバトゥ
責任組織	- 洪水予報：農業水資源省内水資源局、ダム及び大規模水利施設局、農業研究・高等教育局及び農業水資源省地方事務所（CRDA） - 洪水警報：内務省及び住民保護局

8.5.2 既存 FFWS 強化のための提案

(1) 観測システム

(a) テレメータ雨量観測所の追加

メジェルダ川の流域面積が 15,830 km² と広いことを踏まえると、2007 年に設置され水資源局によってテスト運用されている既存テレメータシステムの雨量観測所数が不足していると判断される。特に、同流域南部において数が不足している。本調査では、大被害をもたらした既往洪水に着目し、メジェルダ川流域における適切な雨量観測所数を統計的手法により分析した。分析結果の詳細を**附属報告書 G** に示す。

分析の結果、下表に示すとおり、メジェルダ川のチュニジア国内で合計 37 箇所の観測所（既存観測所：23 箇所、提案する新規観測所：14 箇所）が必要となることが確認された。観測所の位置は**図 8.5.2** に示すとおりである。

テレメータ雨量観測所として必要となる数量および ID 番号

小流域 (グループ)	必要となる雨量観測所									
	数量	観測所の ID 番号* ¹ (既存)					観測所の ID 番号* ¹ (計画)			
G1: 下流	5	50692	51552	52905	56670	57122	-----	-----	-----	-----
G2: シディサレム	5	51403	51672	52864	57018	57643	-----	-----	-----	-----
G3: プヘルトゥマ	1	51403	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
G4: シリアナの下流	6	55080	56757	57558	57646	-----	50568	50591	-----	-----
G5: シリアナの上流	6	54102	56757	-----	-----	-----	53446	54671	56764	56906
G6: テッサ	4	53778	58272	-----	-----	-----	50421	55888	-----	-----
G7: メレゲ	6	53525	53605	55483	55502	-----	56595	57328	-----	-----
G8: サラ	6	55991	57678	-----	-----	-----	50522	53046	53311	53508
合計	37 * ²	23 観測所* ²					14 観測所* ³			

出典：JICA メジェルダ川調査団

備考 *¹: ID 番号は 4 桁目の数字 (流域名) と 5 桁目から 8 桁目まで (観測所の ID 番号) の数字を表す。

*²: 観測所 ID 番号 51403 と 56757 は二つのグループに属しているが、数量としてはひとつの観測所として数えている。

*³: 観測所 ID 番号 53311 は計画されているサラダム地点を示している。この観測所は次節の (b) においても特定されており、雨量と水位観測所の両面を備える観測所である。

大洪水の予測において、上記の 37 雨量観測所は既存 144 箇所の手動式雨量計を備えた観測所と同等の機能を担うことができる。既存テレメータ観測所の一部は、この 37 観測所に含まれていない。しかし、選定されていない既存テレメータ観測所も、中小洪水の予測や水利用管理の判断に必要となる場合があるため引き続き活用することを提案する。

中小洪水予測のために必要となる雨量観測所数については、次の事業段階で検討が必要である。

(b) テレメータ水位観測所の新設

貯水池運用の視点から、特にシディサレムダム上流の水位観測所が重要な役割を担う。また、FFWS による水位予測の対象地区やその直上流の水位観測所では、避難や水防活動の開始を判断する基準水位を設ける必要がある。

以上の点から判断した新設テレメータ水位観測所を下表に示す。観測所の場所は図 8.5.2 に示すとおりである。

提案する新設のテレメータ水位観測所

No.	場所	新設の理由
1	メレゲ川の境界付近	貯水池運用
2	シディスマイル	シディスマイル地区の洪水リスク判断
3	サラダム*	貯水池運用
4	テッサ ダム*	貯水池運用

出典： JICA メジェルダ川調査団

備考： *ダム地点の観測所では、通常のダム運用管理の容易性や便宜の視点から、雨量及び水位観測所を設置すべきである。

(c) 貯水池放流量データの既存テレメータシステムへの組み入れ

貯水池放流の情報は下流に位置するダム運用において重要である。貯水池運用を最適化するため、選択した7つのダム(シディサレム、メレゲ、プヘルトゥマ、シリアナ、メレゲ2、サラ及びテッサダム)の全放流量データを既存テレメータシステムに組み入れるべきである。

(2) データ送信システム

(a) GSM 遠隔通信障害の解決

GSM 遠隔通信の障害により、時折システムが機能せずに水資源局内のセンターへ観測データが送信されないことがある。現在テスト運用されている「Tunisian」と名付けられた GSM プロバイダーは、新しいアンテナの設置や既存アンテナの移動でこの問題の解決に努め、徐々に改善されつつある。

しかし、解決できない遠隔通信障害については、電話、FAX、ラジオ送信など従来のマニュアル送信により補うべきである。

(b) AGRINET ネットワークの改善

ネットワークへ接続可能なダム事務所の数やシステムのアクセススピードなど AGRINET の能力に制限があることから、現在のテレメータシステムはその役割を満足していない。テレメータシステムは、ネットワークの能力拡張改善やアクセス速度の向上(最低限 2.0 Gbps 以上)により効果的に活用されるべきである。

(3) 解析システム

水文データの情報収集システムが改善されても、FFWS は洪水予報に基づく遅れのない確かな水理・水文的判断を可能にする解析システムなしでは効果的に機能しない。したがって、以下のシステム整備を提案する。

(a) 洪水予測モデル/システム

i) シディサレムダム上流

短期計画

洪水予測のための洪水流出解析モデルの開発は、試行錯誤による改善・改良が不可欠であり、膨大な時間が必要となる。そのため第一段階では、洪水予測は上流の水位観測所での水位に基づいた「河川水位相関法」を用いることを提案する。

「河川水位相関法」は、選定地点の洪水ピークの河川水位、流量、時刻等を予測する方法であり、選定地点とその上流数地点での既往洪水データにより水位、流量、到達時間等の相関関係を用いる。

表 8.5.2 に示すように、本調査では既往洪水での洪水到達時間を調べて整理している。この洪水到達時間は、メジェルダ川及びその支川に「河川水位相関法」適用の可否を見極めるものである。

以下に主要観測所間の到達時間を例示している。

主要観測所間の洪水到達時間

観測所	距離 (km)	最短時間 (hr)	最長時間 (hr)
ガルディマウ ~ ブサレム	112	17	22
ブサレム ~ シディサレムダム	55	14	16
シディサレムダム ~ ジュデイダ	108	26	33

出典：水資源局

中期計画（計画目標年次 2030 年までに開発）

計画目標年次 2030 年までに、チュニジア国内のテレメータ雨量データを用いた洪水予測のために洪水流出解析モデルを開発することが提案される。

本調査において、チュニジア国内メジェルダ川流域の洪水流出解析モデルを開発している。このモデルは本調査に求められる解析精度を踏まえて簡略化しているが、流域分割などを改善することにより洪水予測の目的にも利用できる。

長期計画（計画目標年次 2030 年以降）

衛星観測から取得した雨量データ（アルジェリア国内のメジェルダ川流域を含める）も用いた洪水予測のために洪水流出解析による予測モデルを開発すべきである。長期予測が必要となる場合、雨量予測の適用性検討が必須となる。

現在、世界の関連研究所の連携・共同により、GEOSS（全球地球観測システム）の開発が進んでおり、またレーダ雨量観測システムの効果が近年報告されている。このシステムは、将来的に雨量観測所が設置されていない地域における雨量データの収集に貢献するものと期待されている。

ii) シディサレムダム下流

下流域の洪水予測は、初期段階ではシディサレムダム及びシリアナダムからの放流量と下流域からの洪水流出を考慮した河川水位に基づいた、「河川水位相関法」により実施することが提案される。この予測手法は住民の避難に必要な準備時間を十分に確保できる。

中長期的には、上流の場合と同様に洪水予測のために洪水流出解析モデルの開発が必要である。

(b) FFWS の警戒水位設定

主要な水位観測所における警戒水位を設定する目的は、貯水池運用、避難活動、水防活動などの必要な行動を開始する基準水位を示すことである。

メジェルダ川流域の現行システムでは、メジェルダ川の 13 観測所、支川の 17 観測所（附属報告書 G 参照）における警戒水位と溢流水位が経験的に決まっている。しかし、この水位は同国の国家測地標高システムに従っていない。前述の目的

に照らして、上記観測所において溢流水位に到達するまでの段階的な水位を国家測地標高システムと対応させて設定することが不可欠である。

段階的な水位区分及び設定基準は以下のとおりである。

警戒水位と設定基準

段階	水位	設定基準
1	指定水位	•水防団が出動準備を開始する水位
2	警戒水位	•洪水の発生する可能性のある水位 •避難通知が出され、水防団が出動する水位
3	氾濫水位	•洪水による溢水が発生する可能性のある水位 •設計高水位に現場の状況を勘案し設定される水位

出典：国土交通省

(c) 選定された7ダムでの連携運用システム

ダムの全体的な連携を十分に把握するため、選定された7ダムの管理事務所及び提案する DGBGTH 下のコントロールセンターにおいて、以下のテレメータ水文データの共有を図るべきである。

- 選定地点での流量/水位（図 8.2.1 参照）
- 連携を行う他ダムの運用状況（流入及び放流量を含む、図 8.2.1 参照）

これらに関連して、前述のとおり7ダムの管理事務所が AGRINET にアクセスすることが必要である。

提案するコントロールセンターでの貯水池運用の最適解析のためには、事前に水文情報を入手する必要がある。

(4) 警報伝達システム計画

洪水警報は内務大臣によって発令される。地域ベースで委員会が設立された後は、地域災害管理計画で定められた組織構成に基づいて、地域レベルでの連絡を電話、FAX、携帯電話、ラジオ送信などの可能な方法により行う必要がある。

住民への伝達については、主目的が避難であることを踏まえ 8.6 節に記述する。

(5) FFWS 関連の予測時間

FFWS 関連の予測時間として本調査では下記の3種類を定義している。

(a) 必要予測時間

必要予測時間とは、洪水到達の可能性を察知した後に各種の対応活動を完了するまでに必要となる時間である。本調査では、この対応活動を担当する各関係機関に聞き取り調査を行い、下表に示す必要予測時間を暫定的に算定した。

対応活動のための必要予測時間

対応活動	担当機関	対応完了までに必要な時間	
		時間	時間
洪水予測解析*を実施し、洪水警報の発令を判断	水資源局/ダム及び大規模水利施設局/国家委員会	1.5 時間	3.0 時間
警報を住民に伝達	住民保護局	0.5 時間	
最低限必要なものを持って避難	住民保護局	1.0 時間	
家畜の避難	住民保護局	1.5 時間	1.5 時間

出典：水資源局、ダム及び大規模水利施設局、マヌーバ県の住民保護局へのインタビュー結果

備考：* 統合運用の分析を除く

(b) 目標予測時間

目標予測時間は洪水から守られる対象（本調査では人命）に対して FFWS で設定すべき予測時間である。上記の必要予測時間を踏まえ FFWS で確保されるべき目標予測時間は最低でも 3 時間である。この目標予測時間の確保が達成されるように、FFWS は上流の気象水文情報をより早い段階から入手することが不可欠となる。

(c) 可能予測時間

この予測時間は上流域での洪水現象の察知から予測対象地点での洪水発生までの諸対応活動に利用できる時間である。この可能予測時間は、各地域の水文・地形条件によって流域内で変化する。次表は既往洪水の伝達時間に基づく、最小・最大到達時間を示している。表内の観測所は、予測対象地域において洪水現象を上流の河川水位・ダム放流量などによって察知できるように選定されたものである。この表内の到達時間はメジェルダ川に「河川水位相関法」を適用できる可能性があることを示唆している。

対象地域での到達可能予測時間（一例）

対象地域	観測所	現況での可能予測時間 (hr)	
		最小	最大
ジエントカバ	ガレ・イマウ	10	13
ブ・ヘルタマ	ブ・ヘルタマ ダム	7	9
シテ・イサム	ガレ・イマウ	(最低) 17	(最低) 22
スルギア	シテ・イサム ダム	4	6
ムジエス・エル・ハフ	シテ・イサム ダム	8	11
エルハリ	シテ・イサム ダム	14	18
テブルバ	シテ・イサム ダム	(最低) 14	(最低) 18
エル・タン	シテ・イサム ダム	23	29
ジ・ユテ・イダ	シテ・イサム ダム	26	33
エルハナ	シテ・イサム ダム	(最低) 26	(最低) 33
エル・ハフト	シテ・イサム ダム m	(最低) 26	(最低) 33

出典： DGRE から伝達時間は提供

Note: (最低)とは、洪水の伝達時間は正確ではないので、到達可能予測時間は上流観測所の可能予測時間を参考にしたことを意味する。

8.6 避難・水防体制計画

メジェルダ川流域での住民避難及び水防体制の現状は、以下の観点から見直して機能強化を図る必要がある。

- (a) 避難/水防活動開始の適切なタイミングを判断するために、開始の基準を明確化することが重要となる。
- (b) 避難活動では市民やコミュニティの理解と協力が不可欠であるため、住民の災害軽減への意識向上が重要となる。

これらの視点から、避難及び水防体制の強化ための改善計画を以下のとおり提案する。

(1) 情報共有システムの策定

避難体制では、政府と市民双方の関係者が情報及び認識を共有することが重要である。

災害軽減の意識を向上させるために、洪水前及び洪水時に少なくとも以下の情報を市民に通知すべきである。

- 警報/通知の伝達方法と手段、
- 最も近傍あるいは利用可能な避難場所、
- 情報を必要とする住民への支援を提供する主要な連絡先。

これらの情報を避難図に記載し、避難図は想定浸水地区の家庭に配布するとともに行政官庁や市民集会所など人目につきやすい場所に掲示する。

本調査では、図 8.6.11 に示すようにジュデイダ市をモデル地区に選定し、同市の市民保護局との協同で避難図を作成した。

このような避難図は、次の技術的事項に留意して、各県において適切に作成することが必要である。

- 提案される施設の洪水対策の完成前に利用されることも考慮して、施設の洪水対策がない条件で既往最大洪水の洪水氾濫区域を明示すること。
- 洪水氾濫区域外の公共施設の収容能力や利用可能な施設数、移動の容易性などを勘案し、避難場所、移動ルート等を選定すること。
- 避難情報伝達ルート、緊急医療施設、避難・水防活動を担当する地方政府機関等の情報を避難図に記載すること。

(2) 必要な活動の開始基準の明確化

避難や水防など必要な行動を円滑かつ効果的に開始するため、知事は以下の区分で適時かつ段階的に避難通知や水防警報を発表する必要がある。

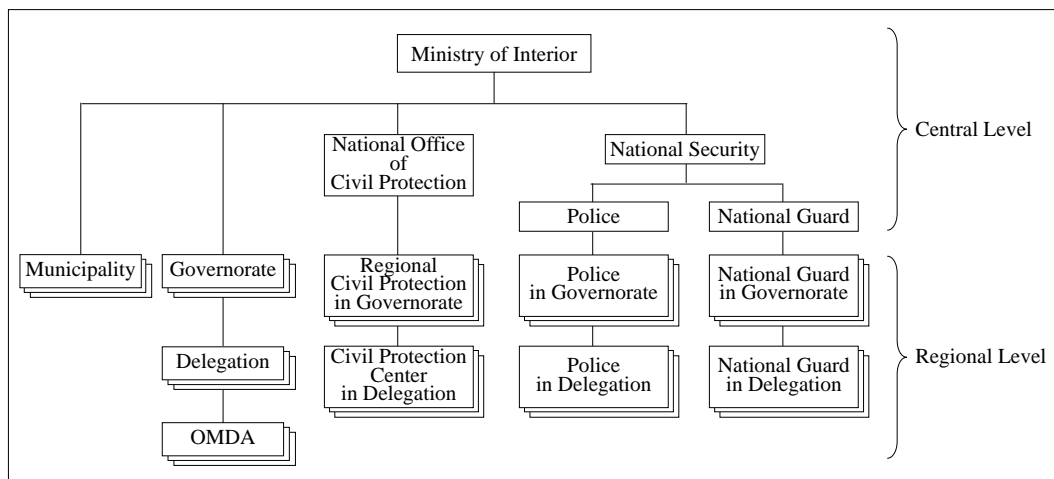
- (a) 避難通知は、主要水位観測所の水位及び洪水防御施設の状態に基づき、3段階で行う：第1段階は避難準備、第2段階は避難勧告、第3段階は避難命令。
- (b) 水防警報は、主要水位観測所の水位（河川溢水水位を含む）に基づき、4段階で行う：第1段階は待機、第2段階は準備、第3段階は出動、第4段階は継続的な警戒。

(3) 避難手順の整備

避難手順は次の3つの視点から、住民保護局・警察・国家保安局の救助隊や市民が理解しやすいことに留意して整備する必要がある。

信頼性の高い普及方法：

- 国営テレビ放送(TV-7, TV-2)、国営ラジオ放送(ラジオヤング、モザイクラジオ)などの報道機関との協定に基づくマスコミによる通知
- 救助隊・警察・軍などの関係機関と協力した住民保護局による拡声器等を配備した車輛などあらゆる方法による通知(下図参照)
- 地域コミュニティの最小単位である Imada のコミュニケーション・ネットワークによる通知



出典: MARH への聞き取り調査

水防活動の関係機関

理解の容易な通知：

- 避難勧告や命令の発表
- 避難勧告や命令の理由
- 避難勧告や命令の対象地域
- 避難場所や避難場所への適切な順路

組織立った避難確認体制：

- 住民の実情に精通している Imada の長である Omda のリーダーシップ活用
- 避難場所内や避難場所までの道のりにおいて、設置したチェックポイントで名簿を用いて避難者のチェック

これらの活動は住民の自主性やコミュニティの協力にも依存していることから各県の詳細な避難計画は、市民の熱意やコミュニティ活動を考慮して策定すべきである。

8.7 氾濫原の土地利用規制計画

8.7.1 土地利用規制の合理性

提案した施設的対策に従って、計画規模すなわち治水安全度は、ゾーン D2、D1、U1 及び M は 10 年確率対応、ゾーン U2 は 20 年確率対応と決定された。しかし、河川改修完成後も設計洪水流量規模を超える超過洪水によって流域内の資産に一定の損害をもたらす可能性はある。

このような超過洪水に適切に対処しつつ氾濫被害を最小限に抑えるために、メジェルダ川流域では、施設の対策とともに有効に機能しうる非施設の対策を積極的に推進すべきと考えられる。しかしながら、特に氾濫原で有効な土地利用を進めるために目標とすべき想定氾濫規模は、チュニジア国だけでなく他の先進国でも明確には定義されていないのが現状である。

そこで 8.1 節で述べたとおり、メジェルダ川流域では河川管理の責任を負う農業水資源省の下で立案されるべき土地利用規制計画での対象地域は 100 年確率洪水による氾濫区域とした。政府関連機関間で責任分担を合理的に決めるため、対象範囲を明確に示すことは極めて重要である。これをメジェルダ川流域の洪水防御の基本理念として取り込むことを強く推奨する。また、超過洪水は河川管理の責任機関が対処しうる範疇を大きく超える国家レベルの災害/リスク管理を行う機関が管轄すべきである。そのような国家の緊急事態ではまず人命の救助が求められ、チュニジア国では内務省または住民保護局が責任を担う。

上記の理念を将来のメジェルダ川流域洪水管理の中心理念に据え、「メジェルダ川洪水防御指針 (Mejerda Directive)」として確立することが望ましい。

一方、チュニジア国では水法の中で河川区域 (PHD) が定義され、農業水資源省の下で境界の確定作業が進行中である。この活動は一種の氾濫区域ゾーニングと理解できるため、メジェルダ川流域の土地利用規制の適切な方向性を決定するために、その活動状況のレビューが最初に求められる。

8.7.2 河川区域 (PHD) の境界設定作業

(1) 河川区域の法律的な定義

「河川区域」は、チュニジア国の「水法」の中で以下の水域と定義されている¹。

- i) すべての水路とその周辺の土地
- ii) 水路の一部を形成する池
- iii) あらゆる湧水
- iv) あらゆる地下水
- v) 湖沼と塩湖
- vi) 導水管、井戸、公共用の水域
- vii) 国家または公共目的で委任を受けた第三者の管理下にある航路、灌漑および排水路とその周辺

また、水法では、水域の境界線は河岸を越流する前の満杯流量に該当する水位と規定している。「緩衝帯」の条項では、水路、湖沼、塩湖沿いに居住する住民に対して、水際から 3 m までを「余裕幅」として規定しており、管理者や機械・機器が出入り出来るようにしている。また、緩衝帯では損害賠償権が認められていない。

¹ 2001 年 11 月 9 日に発布された第 2606 号指令により修正された 1975 年 3 月 31 日付の第 16 号法律により規定された。

さらに、緩衝帯での新規工事や増築、植林は農業水資源省に規制されている。「水法」のコンセプト、とりわけ「河川区域」を実現させるために、農業水資源省は以下の官報を発行した。

- (i) 省令 No.87-1202, 1987年9月4日付：「河川区域」での水路、湖沼等の境界設定手順
- (ii) 省令 No.89-1059, 1989年7月27日付：省令 No.87-1202 の修正
- (iii) 知事及び市長宛て回覧, 2005年10月20日：「河川区域」での水路、湖沼等の境界設定手順についての分類
- (iv) 添付資料：「河川区域境界設定手順」

上記の規制とは別に、「都市・国土計画に関する施行令」(法令 No.2003-78, 2003年12月29日付を加筆修正)が発効されている。同法令では、河川区域から100m以内で都市開発区域に指定されていない区域での建物の建築が禁止されている。一方、河川区域から25m以内では、都市開発区域であっても開発が規制されている。

8.7.3 水資源局（農業水資源省）による河川区域境界線の確定作業

河川区域をより細かく区分出来るように、より正確な境界線の確定を目的とした全体フレームのうち、農業水資源省の水資源局（DGRE）が、国内各地域の水路、塩湖沿いの土地区画調査及び地形測量・測深調査を委任されている。

実際の河川区域境界（メジェルダ川沿いの境界線描画）の確定作業は、国土地理院（OTC）が水資源局との協定に基づいて実施中である。また、水資源局は最近の省通達に従いこの作業を管理している。

水資源局によれば、メジェルダ川沿いの河川区域境界線の確定作業は、2007年までに計292km区間が完了し、2008年にはさらに138kmが実施予定となっている。

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

チュニジア国では、洪水ハザードマップや洪水リスクマップは未だ作成されていない。洪水ハザードマップは、洪水予警報システム及び避難・水防活動に関係する。メジェルダ川流域の場合、地域の洪水氾濫リスクを特定することは想定氾濫区域内の水害への脆弱性を軽減するためのツールの一つとなりえる。特に、農耕地としての土地利用が卓越している点を考慮すると、施設的対策と連携した何らかの土地利用規制や川沿いの河川区域内で新規の建設行為を規制することは必要不可欠である。つまり、土地利用規制の基本方針は、洪水リスクマップの作成・普及により洪水災害管理の観点から想定氾濫区域内の土地利用規制を図ることと言える。

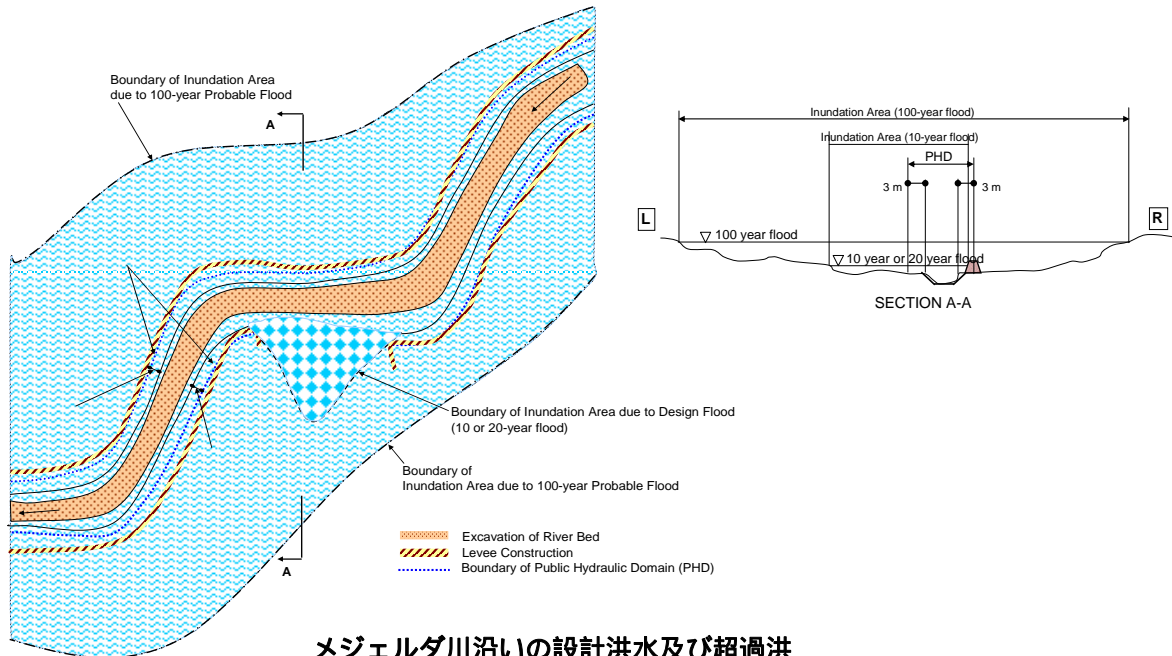
8.7.5 計画策定上目標とするリスクレベル

超過洪水による影響地域の境界線を確定するにあたって、当該地域が国内最大の穀倉地帯である点を考慮し100年確率洪水による氾濫区域を適用した。100年確率洪水発生時には、提案する堤防が洪水越流することなく水路内で流下させることは出来ず、破堤するものと見られる。

また、過去の気象事象のトレンドでは予測できないような地域的な豪雨による大規模

洪水が、主として地球温暖化により世界各地で発生していると報告されている。この観点から、メジェルダ川流域の将来にわたる戦略的な土地利用管理は、持続可能な開発のためにより重要になる。

上記に示した計画対象地域を以下に図示する。



メジェルダ川沿いの設計洪水及び超過洪水による氾濫域

出典：JICA メジェルダ川調査団

8.7.6 想定氾濫区域の現況土地利用に関する分析

(1) 設計洪水流量による想定氾濫区域

(a) 氾濫区域の特徴

設計流量での氾濫解析結果に基づく河川改修計画の中で、下流河道への洪水ピーク流量を抑制する目的から部分的な氾濫を許容する区域を慎重に選定した。これらの地域の水理特性を以下にまとめた。

設計洪水流量による氾濫を許容する地域の水理特性

ゾーン	氾濫を許容させる河川区間	場所	河道区間 (km)	設計洪水防御レベル	設計洪水流量 (m ³ /s)	現況の通水能力 (m ³ /s)
U1	MU228~ MU215	シエドガ川上流	6.4	10年	570	250
U2	MU53~ MU80	カセブ川合流点の下流	10.8	20年	1,840	250
M	ME19~ ME106	メレゲ川下流	20.8	10年	410	200
D1	MD29~ MD24	テスクール川上流	1.7	10年	410	350
D2	MD434~ MD447	放水路の下流 (オット・エルマテウ)	5.2	10年	580	180

出典：JICA メジェルダ川調査団

氾濫解析の結果、5ゾーン内想定氾濫区域は、土地利用区分ごとに下記のとおり集計される。

設計洪水流量による想定氾濫区域

ゾーン	氾濫を許容させる河川区間	農地面積 (非灌漑農地)	農地面積 (灌漑農地)	その他	合計
U1	MU228~ MU215	348	93	31	472
U2	MU53~ MU80	411	614	15	1,040
M	ME19~ ME106	322	317	26	665
D2	MD29~ MD24	3,224	390	2,881	6,495
D1	MD434~ MD447	109	68	10	187

出典：JICA メジェルダ川調査団

超過洪水に対する適切な対策を立案するためには、今後、影響住民数、氾濫水深/時間、流速及び想定氾濫区域内の灌漑施設を精査する必要がある。

(b) 想定氾濫区域で期待される機能

前節で述べたとおり、部分的氾濫を許容する河道区間の沿川上下流での水理条件及び土地利用を考慮すると、洪水防御の観点から流出を遅延させる大きな効果が期待できる。各ゾーンの治水安全度を維持するための機能を以下に示す。

想定氾濫区域で水害軽減が期待される機能（設計洪水流量以下）

ゾーン	氾濫を許容させる河川区間	洪水被害軽減として期待される機能
U1	MU228~MU215	上流の洪水ピーク流量を低減させることで、ジェンドゥバの都市部の洪水被害を軽減させる。
U2	MU53~MU80	ブサレムバイパス水路放流口との合流点において、部分的に氾濫を許容することで、下流へ到達する洪水ピーク流量を低減させる。
M	ME19~ME106	メレゲ川に沿って氾濫を許容することで、メジェルダ川合流点上流での洪水ピーク流量を低減させる。この対策に際しては、ジェンドゥバの都市部の防御が必要となる。
D2	MD29~MD24	エルパタン堰（約 86km 下流）の既存道路舗装の標高（29.1m NGT）まで洪水位を低下させるためにテストゥールの上流では部分的な氾濫を許容する。
D1	MD434~MD447	下流の放水路に設置されている既存橋梁から河口までの区間の洪水氾濫を許容する。これに対応するため、橋梁架け替えと両岸の進入路嵩上げを提案する。

出典：JICA メジェルダ川調査団

(2) 超過洪水による想定氾濫区域（100年確率洪水）

氾濫解析結果に基づき 100年確率洪水による氾濫区域を精査した。図 8.7.1 及び図 8.7.2

にシディサレムダム上下流の氾濫域をそれぞれ掲載する。各ゾーンの氾濫域を4つに土地利用区分し集計した結果を下表に示した。

超過洪水による想定氾濫区域（100年確率洪水）

ゾーン	被害のある都市	現況での洪水氾濫原の土地利用面積(ha)				
		農地面積 (非灌漑農地)	農地面積 (灌漑農地)	都市部	その他	合計
U1	ジェンドゥバ	2,725	1,976	156	130	4,987
U2	ブサレム	4,046	7,810	468	26	12,350
M	ジェンドゥバ	4,160	5,684	660	83	10,587
D1	ムズ・イル・バブ	1,602	4,950	182	42	6,776
D2	テブルバ, エルバタン, ジュデイダ, ディハット	22,771	22,136	390	9,776	55,073

出典：JICA メジェルダ川調査団

上記に示した土地利用分析に加えて、想定氾濫面積と人口密度に基づき各市（Delegation）の影響住民数を算定した。その結果、以下に示すとおりメジェルダ川流域では、計143,000人が想定氾濫区域内（100年確率洪水）に居住していることが判明した。

ゾーン	都市部	地方部	合計
U1, U2 & M	49,474 (34.7%)	32,987 (23.1%)	82,461 (57.8%)
D1 & D2	25,443 (17.8%)	34,870 (24.4%)	60,313 (42.2%)
Total	74,917 (52.5%)	67,857 (47.5%)	142,774 (100.0%)

出典：JICA メジェルダ川調査団

8.7.7 土地利用規制計画

土地利用規制の強化は水害リスクの軽減を目的とするが、潜在的な水害リスクや想定氾濫区域内の持続可能な都市・農業開発に配慮しつつ現況の土地利用を改善する必要がある。前節で説明したとおり、本調査では、100年確率洪水（超過洪水）での氾濫想定区域を計画対象地域に特定した。

超過洪水に対処するために、災害管理の観点から都市・地方における洪水被害の最小化を目指すべきである。同観点から、特定の都市部での洪水リスクを想定し、一定標高以下では建築規制を適用することが有効となる。一方、郊外の氾濫区域では、そのリスクレベルに応じてオリーブや樹木性果実のような洪水に抵抗力のある農産物を奨励する。

そのため、作物選択、植え付け及び収穫時期の類型に焦点を当てたより詳細な土地利用パターンの分析及び土地利用規制が、各ゾーンあるいは市（Delegation）のような小さな行政単位レベルで検討されなければならない。

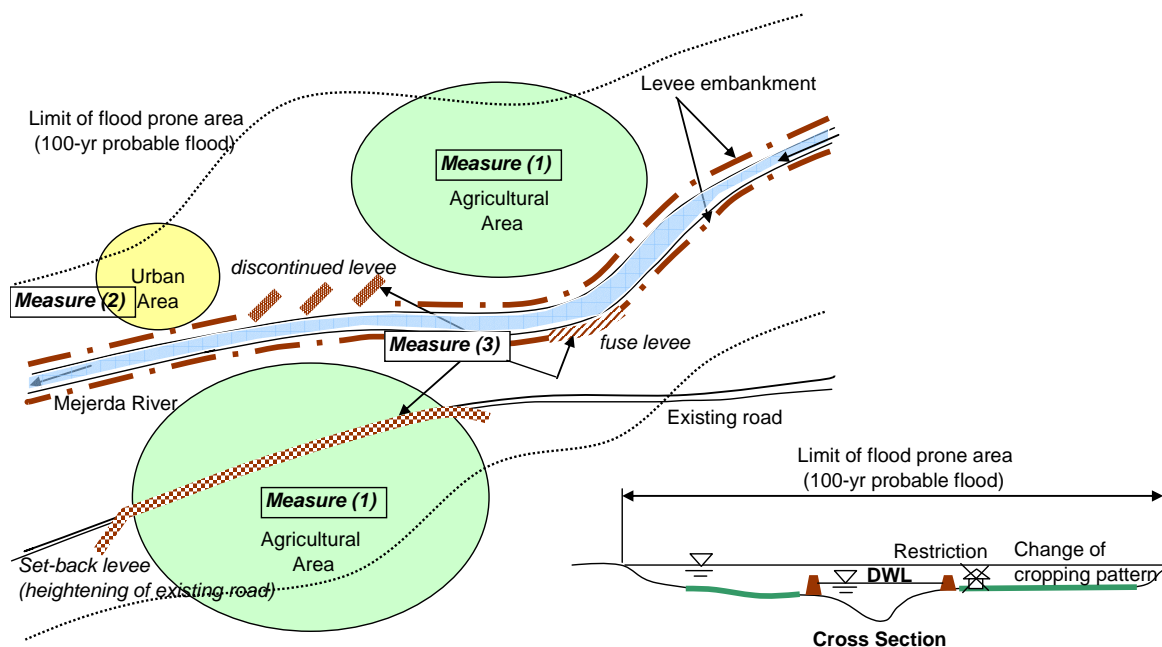
関連する地方事務所や市当局へその実践を普及させるために、適切な土地利用の技術及び方法論を研究してガイドラインを整備しなければならない。一旦、ガイドラインが準備できれば、それに沿って実際的な方法が適用され実施に移行する。さらに、計画の

実効を図る上で、訓練やセミナー等を定期的に企画・実施する必要がある。

洪水氾濫区域における超過洪水での減災を推進するためには、氾濫原の利用規制・管理と同時に洪水氾濫を適切に制御できる特殊堤防の位置を設定すべきである。そのような堤防は従来のものとは異なり、越流後の氾濫水を誘導するものであり、本マスタープランでは、超過洪水での減災策としてこれを提案する。

特殊堤防と氾濫原の利用規制・管理との関係を以下に示す。

対策 (1)	農地での耐洪水性穀物の栽培奨励
対策 (2)	都市区域での新規家屋・建物の建築規制
対策 (3)	二線堤、霞堤、ヒューズ堤（氾濫流制御施設）の築造



洪水氾濫区域での氾濫流制御用堤防の概念図

氾濫原の状況及び 1973, 2003, 2004 年洪水時の洪水挙動から、既設道路の高上げによる二線堤を検討し、その候補地を以下 3 地点選定した。

二線堤候補地

地点	延長 (km)	期待される効果 (超過洪水に対して)
エルマトウ	12.0	越流した洪水から重要な農地を防御する。また、洪水が北側へ流れることを防ぐ。
シイラム	7.0	越流した洪水から農地を防御する。また、洪水が北東側へ流れることを防ぎ、カラト・アンダルス区域を守る。
テブル	3.0	テブルバージェイダ間の農地を洪水から守る。また、メジェルダの都市区域に氾濫水が到達することを防ぐ。

図 8.7.1 に上記候補地の位置図を示す。また、実施にあたっては以下の配慮・課題が挙げられる。

- 排水ポンプや排水路を整備し、下流域での水害を増大させないこと。
- 構造物建設に伴って被害が増加する区域での住民移転、宅地の嵩上げ、洪水保険などの代替案を検討すること。
- 地元住民の合意を形成するために、氾濫区域を明示すること。
- 農地被害の補償制度や洪水保険を導入すること。

従って、今後は各ゾーンにおいて、詳細な解析や調査を実施し、作物や栽培時期の指定などの氾濫原規制・管理を検討するべきである。

8.8 組織・制度開発計画

8.8.1 概 説

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実行されてきた。組織・制度の視点より、洪水防御に着目した流域計画や管理に関する問題・課題は、以下のとおりである。

- (a) 洪水リスクへの対応や洪水警報以外に、洪水防御活動及び管理の常設部局や官公庁が中央および地方に組織されてない。
- (b) 洪水防御及び水供給の計画・設計や貯水池運用のための技術ガイドラインや基準が明文化されていない。
- (c) 洪水防御の権限が分散している：地方や農村地域では農業水資源省、都市地域では施設省が担当している。
- (d) 水防活動の権限が分散している：予報は農業水資源省、警報・水防及び避難活動は内務省の住民保護局がそれぞれ担当している。
- (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主要因の一つとなっている。
- (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降雨及び流量データが必要である。

これらの問題・課題に対し、本調査は様々な施設的対策と非施設的対策から構成される「統合洪水管理 (IFM)」の概念を提案している。本調査で提案している組織・制度の能力開発計画は、この IFM の概念に基づいて、計画段階から管理段階までマスタープランを効果的かつ効率的に実現することを目的としている。

1989 年に地方分権法がチュニジア国で施行された。同国は、1990 年代より地方分権化及び地域組織やコミュニティへの権限委譲政策を進め、中央や地方で小さな政府の設置を目指している。したがって、本調査の能力開発計画は、地方分権政策に沿って出来る限り実用的に既存の組織・制度の枠組みを変更せずに策定した。

8.8.2 統合洪水管理のための組織体系

統合洪水管理の概念に沿った洪水防御対策と河川行政との将来の組織的な統合には、以下 3 つの側面がある。

- 関係組織による洪水防御活動の統合管理
- 関係組織による洪水防御対策の計画・実施の統合
- メジェルダ川流域の運用・管理の統合

適切な組み合わせによる洪水防御対策は、適切に管理された行政組織や異なる組織間の上下及び水平方向での調整によって実施されることが期待される。このため、本調査では、ステークホルダー会議やニーズ調査より、以下 3 つの区分の権限委譲の必要性が確認された：

- 「水法」に関する農業水資源省による河川管理と洪水防御に係る権限委譲
- 効果的かつ効率的な計画及び実施のための組織調整の権限委譲
- メジェルダ川流域の運用及び管理統合の権限委譲

IFM の実現に向けた河川行政の組織的統合を実現するために、洪水防御対策と河川管理の面から次表の通り現在の組織体系の見直しを行った。

対策	管理	河川行政の組織的統合		
	河川区域、河道、水資源の管理の統合	計画・実施の統合	運用・管理の統合	
施設の対策	○	○	○	○
非施設の対策	○	○	○	○

○:統合が必要となるもの

施設の対策及び非施設の対策の属性は、3 つに区分された河川行政の組織的統合に関する属性と相互に関連付けられる。これらは相互に関連しあい、統合されるものである。メジェルダ川の洪水防御のため検討した様々な施設の対策や非施設の対策は以下のとおり区分される。

施設の対策

洪水流量の貯留と調整		河川改修		
a) ダム*及び遊水地の建設	b) 貯水池運用の改善(部分的に非施設の対策)	a) 堤防	b) 河道掘削及び拡幅	c) バイパス水路及び放水路

非施設の対策

流域保全		氾濫原管理		
a) 森林管理*	c) 土壌浸食管理	a) 土地利用規制(ゾーニング)	c) 洪水予測及び警報システム	f) 耐水化(家屋や建物、基礎などの嵩上げ)
b) 土地利用管理		b) 洪水保険、作物保険、税金調整	d) 洪水警報、避難、水防活動	
			e) 市民教育と宣伝	

*: 本調査のマスタープランで網羅していない対策

IFM の実現に向けた将来の組織体系を図 8.8.1 に示す。上記の施設の対策及び非施設の対策の属性と河川行政の組織的属性は、図 8.8.1 の左半分を示したとおり関連付けられる。また関連組織の組織的統合との関係を図 8.8.1 の右半分を示す。

8.8.3 メジェルダ川流域の組織能力開発計画案

メジェルダ川流域の組織能力開発計画は、洪水防御及び河川管理について必要な活動を実現させるため、組織・制度的な問題や課題を（5.8 節参照）慎重に検討して作成されている。計画案は 11 プログラムより構成される。これらは、図 8.8.1 に描いた河川行政の 3 つの組織的属性の点（河川管理の統合、計画及び実施の統合、維持管理（O&M）の統合）から、組織的な権限委譲のために提案されるものである。

河川管理の統合とは、関係組織による洪水防御に関して調和のとれた河川管理のための権限委譲である。計画・実施の統合とは、関係組織による洪水防御対策の効率的・効果的な計画及び実施のための組織的調整の権限委譲である。維持・管理の統合とは、メジェルダ川流域の洪水防御対策に係る持続的で調整のとれた維持・管理の権限委譲である。

プログラムを以下に要約する。

組織的な権限委譲に向けた 11 プログラム

河川管理の統合	計画・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、施設の及び非施設の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の強化	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	

プログラム 1：1 流域で 1 管理

本プログラムの実施は、住民による河川区域内の違法な占有許可問題、河道内の洪水流下を阻害する橋台・橋脚その他河川構造物の建設、道路建設に伴う既存排水施設の機能障害、不十分な河道管理などを解決することが期待される。このような問題は、河川区域、河道、洪水防御（水防）、水利権などに関係している。

「1 流域で 1 管理」の方針による河川管理者（農業水資源省大臣）の権限委譲は、効果的・効率的な河川管理の実現を強化できる。

プログラム 2：IFM のための常設組織の設置

洪水防御活動及び管理のため、中央・地方関係部局に常設組織を設立することで IFM の実現に必要な基盤を整備できる。常設組織は次の権限委譲がなされる。

- a) 河川管理及び既存の諸問題を明確にするために関係機関との日常的な協議・調整
- b) 計画/設計段階から建設/運用管理段階までの継続的な統合一貫管理
- c) 新規の対策や持続的な維持管理に必要な予算の安定確保

プログラム 3：国家水評議会の任務への IFM 追加

国家水評議会は臨時的な組織であり、その主たる任務は助言である。このため、洪水管理を含む流域管理に責任を負っておらず事務局も存在しない。よって、国家水評議会の任務に IFM の遂行を追加することが期待される。

プログラム 4：流域環境管理とモニタリング

洪水防御活動の法的かつ社会的に承認された手続・手順の遵守を確実にするべく、流域環境管理・モニタリングおよび評価制度が必要である。

プログラム 5：施設的及び非施設的洪水対策の統合された計画

洪水防御事業は、事業の準備・計画段階においてダム及び大規模水利施設局または農業水資源省地方事務所の下に設立されたプロジェクト運営委員会（PSC）によって監理されるべきである。プロジェクト運営委員会の役割は、水資源局、農地保全局、森林局、環境保護局、環境省 DGDD、施設省など関係省庁機関間の調整を行い、統合洪水管理を実現することである。また、効果的な組織間の連携のために設計・施工段階でのモニタリングを実施すべきである。

プログラム 6：農業・水資源省による調整能力強化

施設的洪水対策（洪水貯留施設、河川改修）及び非施設的洪水対策（流域保全、洪水氾濫区域管理）などの計画、実施及び維持管理を効率的かつ効果的なものとするためには、農業水資源省による施設省、内務省、気象協会等の関係省庁機関との調整能力強化が必要となる。例えば、土地利用規制、河川区域管理、治水事業、都市・地方排水事業などは、施設省との調整が求められる²。

プログラム 7：ダム及び大規模水利施設局の下、プロジェクト管理組織（PMU）による管理

同国の地方分権政策による現在の組織体制下では、中央政府（農業水資源省）と地方政府（県）の役割は、施設的対策の設計・建設段階で明確に区分されている。ダム及び大規模水利施設局（農業水資源省）は、ダムなど大規模水利施設、複数県にまたがる大規模施設を担当する。一方、地方事務所はその管轄地域内で管理可能な小規模水利施設を担当する。プロジェクト管理組織（PMU）は、日常的な建設工事及び各種の支援業務を管理できるように当該局または地方事務所内に設立されることが求められる。

² 農業水資源省は、地方及び農村地域を管轄し、施設省は都市地域を管轄している。

プログラム 8 : 技術ガイドライン・基準及び規則の文書化

統一的に文書化された技術基準、マニュアル、操作規則などは、計画・設計段階から施工・維持管理段階において、洪水防御事業の効率的・効果的な実施のために農業水資源省の内外で極めて有益である。

施設的・非施設的洪水対策を含む河川管理は相互に密接に関係している。また、これらの対策は複雑かつ高度な技術と管理が求められる。技術基準や規則は、同国の洪水防御計画/管理に係る合理的な実施の方針・方法の基礎を築くものである。

プログラム 9 : 洪水保険の整備

洪水保険制度は施設的洪水対策の補足的な対策に位置付けられ、非施設的対策の 1 つとして導入される。

プログラム 11 : メジェルダ川における河道・河川構造物の維持管理組織の新設

河道及び洪水防御施設

(1) メジェルダ川の維持管理新組織の新設

統合洪水管理の概念に基づく河川流域の維持管理は、「1 組織による 1 元管理」の方針により効率的・効果的に実現できる。メジェルダ川の堤防・河道及びその他洪水防御施設の維持管理のため、ダム及び大規模水利施設局の下に常設の河川流域管理機関を設立することが期待される。現在、メジェルダ川での河川工事の維持管理を全体的に担当する常設機関は存在していない。

メジェルダ川の将来の流域管理組織の役割は、まず河川工事の維持管理、次にステークホルダー（関係省庁、市・町・村、企業、住民など）間で競合する利害の調整である。調整の権限は、農業水資源大臣及び国家水評議会に期待できる。維持管理業務の財政的な安定は、持続的な存続に重要な課題である。公団形式の維持管理費用は、農業水資源省からの補助や、受益者（農業水資源省地方事務所、市・町・村、国家水供給施設会社、北部水路導水管理会社、農民など）からの歳入で賄われる。

(2) メジェルダ川のダム群管理センターの新設

メジェルダ川におけるダム群管理センターによる 1 元管理のもとでの運用がダム堤体の安全を確保し、効果的な洪水防御を実現するとともに、貯水池群の最適連携運用も可能にする。ダム群管理センターは、オンライン情報システムで必要な全ての情報を入手できる必要がある。情報は観測所の流量、全ダム群の状況及び操作情報、流量・雨量予測も含む。

本体制の中では、通常、各ダムの操作担当者はダム地点の地域的な個別条件よりも管理センターからの決定に従いダムを操作する。しかし、オンラインシステムが管理センターと交信不能の場合、ダム操作担当者はダム地点の全ての情報により操作計画を策定する責任を負う。

情報管理システム

(3) 洪水予警報システム

洪水予警報システムの組織強化は、まず予測精度改善のための既存流量・雨量テレメータシステムの機能強化、次に住民保護局（内務省）、農業水資源省地方事務所、気象庁及びその他関係機関と協力し、率的効・効果的な運営に向けて組織及び人的能力を強化することである。

(4) 流域管理に向けたアルジェリアとの協力

農業水資源省は、アルジェリア側の技術的・財政的制約のため、アルジェリア国内主要観測所の流量・雨量データを即座に洪水予測・警報発令に利用することができない。アルジェリア側との協力体制の強化が、雨量・流量管理、貯水池運用及びダム建設計画などの流域管理のために期待される。

8.9 マスタープランの概要

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、前述の 8.2 節から 8.8 節までに記述したとおり、メジェルダ川流域が抱える洪水問題/課題を明らかにした。また、対策/解決策を選定するべく、設定したマスタープランの枠組み内の施設の及び非施設の洪水対策の代替案の検討を行った。本調査では、検討結果を踏まえて計画目標年次である 2030 年までに洪水防衛事業の確実かつ遅れのない効果を実現させるため、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衛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及び農地を計画洪水流量まで防御する。
 - 1-1 貯水池洪水調節機能強化プロジェクト：7つの貯水池（シディスサレム、メレゲ、プヘルトゥマ、シリアナ、メレゲ 2、サラ及びテッサ貯水池）からのピーク放流量を最小化し、下流河道流量を低減させる事業
 - 1-2 河川改修プロジェクト：計画洪水流量を堤防から越流させず、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の効果維持を図る。
 - 2-1 既存洪水予警報システム強化プロジェクト：(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 避難及び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抑える事業
 - 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

上述の 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 8.9.1 に示すとともに以下に説明する。

(1) プロジェクト 1-1 及びプロジェクト 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、既存貯水池での洪水期の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。このため、下流の洪水氾濫を防ぐべく、プロジェクト 1-2 が必要となる。

(2) プロジェクト 1-1 及びプロジェクト 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洪水予測などの情報を提供するために必要である。

(3) プロジェクト 2-1 及びプロジェクト 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洪水予測などの情報を提供するために必要である。

(4) プロジェクト 2-3 及びその他のプロジェクト

統合洪水管理の概念において、マスタープランで提案している他プロジェクトの計画及び設計/施工、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。

(5) 施設の対策及びプロジェクト 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、マスタープランにおける洪水防御計画が超過洪水では氾濫を許容することを意味する。

この超過洪水発生時には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。そのため、氾濫原規制・管理が超過洪水時の低平地における洪水リスク・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。

図 8.9.2 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。

9. プロジェクト設計

9.1 施設の洪水対策

9.1.1 河川改修

(1) 施設設計の基本条件

河川改修工事に係る施設設計を進めるにあたり、以下の基本条件を設定した。

- (a) 技術的な観点から、河道流下能力を最大限に活用するため、堤防建設、河道掘削/浚渫を含む河道改修を優先する。
- (b) 社会環境上の影響を最小限に抑えるため、家屋・構造物の移転は伴わない施設計画とする。したがって、河川改修工事の実施によって影響を受ける住民数は最小レベルとする。堤防建設及び河道拡幅のために十分な土地が確保できない場合、堤防建設は土質材料の代わりに石積みやコンクリート製のパラペットまたは擁壁を採用する。
- (c) それでも不十分な場合、流下能力の不足を補うためにバイパス水路または遊水地の建設を組み合わせる。

(2) 施設設計のための測量データ

施設設計には、本調査で収集した以下の地形測量データを活用した。また、農業水資源省を通じて収集した縮尺2万5千分の1及び5万分の1の地形図と航空写真も参照した。

施設設計に利用した地形測量データ

河川/構造物名	場所	データの種類	距離	横断面数
メジェルダ	上流	縦断面・横断面	L=158.3 km	360
	下流	縦断面・横断面	L=148.5 km	447
シャフル		横断面	L=2.0 km	8
ラメール		横断面	L=2.0 km	8
カリエドゥ		横断面	L=2.0 km	8
シリアナ		横断面	L=2.0 km	8
カッセブ		縦断面・横断面	L=20.3 km	86
ブヘルトゥマ		縦断面・横断面	L=17.3 km	79
テッサ		縦断面・横断面	L=20.3 km	87
メレゲ		縦断面・横断面	L=45.0 km	160
エルマブト遊水地	取水口から 放流口まで	縦断面・横断面	L=29.8 km	9
	遊水地	横断面	varied	7
ムジェズエルバブ バイパス水路		縦断面・横断面	L=4.5 km	14
ブサレムバイパス 水路		縦断面	L=7.7 km	
橋梁の架け替え		横断面	varied	6

出典：JICA メジェルダ川調査団

(3) 設計基準

国家基準・産業局は、設計基準として一般的なチュニジア国内の基準や ISO、フランスの基準等の適用を定めているが、河川改修に関する技術ガイドラインは制定されていない。河川構造物の設計基準類はプロジェクトごとに作成されるのが通例である。

本調査では、現場踏査で現地状況や既設構造物を確認した結果、我が国の設計基準が適用可能と判断されたため、これを参照し河川構造物の諸元を設定した。

わが国の堤防及び河道の設計基準を以下に示す。

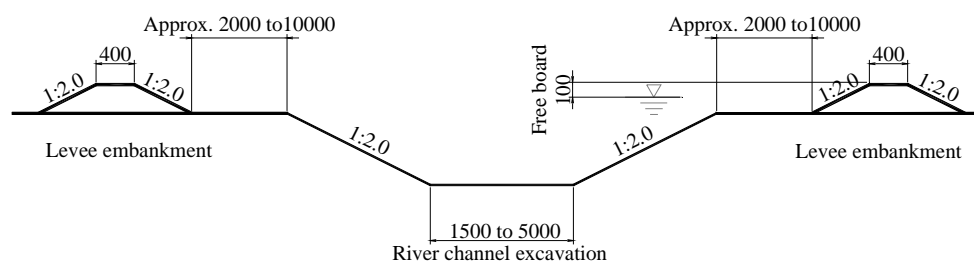
堤防及び計画河道の設計基準

Category No.	1	2	3	4	5	6
Design Discharge Q (m ³ /s)	Q < 200	200 ≤ Q < 500	500 ≤ Q < 2000	2000 ≤ Q < 5000	5000 ≤ Q < 10000	10000 ≤ Q
Free Board (m)	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	2.0
Crest width of levee (m)	3.0		4.0	5.0	6.0	7.0

出典：JICA メジェルダ川調査団

堤防の法面勾配は 1:2 または緩勾配とする。水文解析結果から決定した計画高水流量は調査対象河道区間内で 570 ~ 1,860 m³/s である。したがって、メジェルダ川における堤防及び河道の計画横断面形状は以下のとおりとしている。

- (a) 天端幅 : 4.0 m 幅
- (b) 余裕高 : 1.0 m 高
- (c) 法面勾配 : 1 (垂直) : 2.0 (水平)



河道掘削及び堤防の標準断面

詳細設計では、堤防の各諸元の妥当性を検証するため斜面安定解析を実施する必要がある。河道掘削では、(1)すべりに対する安定性確保のため、現況河岸の勾配より緩勾配とすること、(2)河道の維持管理作業が容易となるように十分な緩勾配とすることなどに配慮して法面勾配を設定する。

現地踏査時の目視により判断したところ、堤防、パイパス水路、樋管等が計画されている対象地点では、設計・施工上問題となる土質基礎はないものと見られる。表層下の地層は、メジェルダ川から運搬され堆積した砂質土・シルトからなる沖積土である。したがって、構造物基礎工設計のために特別な工法の適用は要しない。しかし、可能性調査及び詳細設計段階においては構造物の安定計算のためボーリング調査及び土質試験は必要となる。

(4) 施設設計

(a) 河川改修計画

メジェルダ川の河川改修計画には、以下の3工種の組み合わせを採用する。

- (i) 河道掘削/浚渫、河道拡幅
- (ii) 堤防建設
- (iii) 遊水地の改修

洪水解析にて土地利用及び地形・水理条件を考慮し、全河川延長でこれら対策の組み合わせを精査して最適組み合わせを求めた。水理解析に基づく最終的な最低河床高縦断図をデータブックに掲載している。

河道横断 No.MD29～MD 24、MU 53～MU 79、MU207～MU304 区間では、下流河道への洪水ピーク流量及び洪水ボリューム低減のため、洪水流量の一時的な氾濫を許容した。

現況流下能力と計画高水流量の比較を以下に示す。

河道区間ごとの現況流下能力と計画高水流量の関係

河道区間	流下能力 (m ³ /s)	
	現況流下能力	計画高水流量
メジェルダ川		
ガルディマウ-ライ川との合流	250	250
ライ川との合流点 - ジェンドゥバ	400	790
ジェンドゥバ-メレゲ川合流点	200	520
メレゲ川合流点-テッサ川合流点	250	1480
テッサ川合流点-ブサレム	400	1840 (1140)
ブサレム - シディサレム貯水池上流端	300~350	1840
シディサレムダム - ジェンドゥバ	250~500	410~700
ジェンドゥバ - ムジェズエルバブ	600	700 (500)
ムジェズエルバブ - ラルーシアダム	250	760

出典：JICA メジェルダ川調査団

河川改修計画の全体平面図を図 9.1.1 及び図 9.1.2 に示した。

(b) バイパス水路

現時点における河道流下能力の不足及び河道拡幅の困難さを考慮して、メジェルダ川沿いに位置するエルバタン、ムジェズ・エル・バブ、ブサレム、ジェンドバ市街地及び周辺区域において、バイパス水路の必要性を精査した。水理解析結果を測量図面や土地利用図に照らし検討し、計画高水流量に対しては、ムジェズ・エル・バブ及びブサレム地区におけるバイパス水路のみが必要であるとの結論が得られた。

ムジェズ・エル・バブ地区の場合、歴史的遺産である古橋（アングルス橋）地点は、狭窄部となっている。しかし、チュニジア国側の要請により、この旧橋は移転せずに原位置に保存することが求められた。

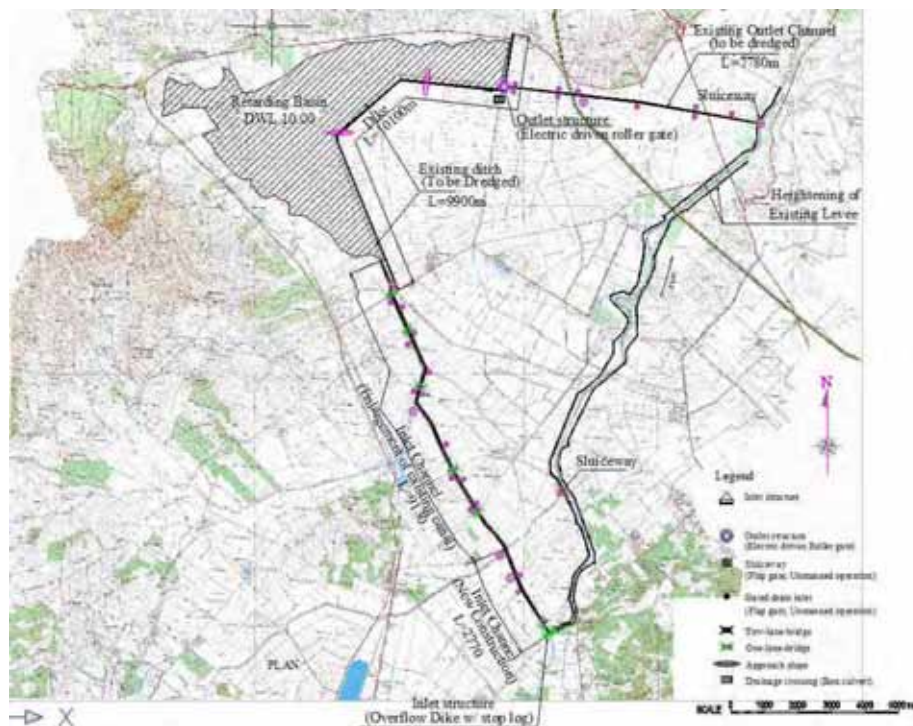
また、ブサレム市はメジェルダ川本川の両岸に発展し、両河岸間での改修のための空間は極めて限られているが、反面同市のほぼ全体が洪水氾濫区域に属している。したがって、地形的に見てバイパス水路が洪水リスクを軽減するための有効な手段であると結論付けた。

ムジェズ・エル・バブ地区のバイパス水路構造図を図 9.1.3 から図 9.1.7 に、また
ブサレム地区のそれを図 9.1.8 から図 9.1.11 に掲載している。

(c) 遊水地

(i) 基本計画と施設配置設計

エルマブトゥ平原には現況において原始的な遊水地システムがあったことから、
既設構造物を更新または改良することで遊水地を建設する上で大きな利点を有す
ると言える。したがって、新規の土地収用を低減することができる。導水路部は
新たに敷設・拡充し、囲い堤防は既存堤防を改修することとなる。一方、排水路
部は浚渫または掘削によって利用可能である。尚、メジェルダ川分水地点の構造
物は新設しなければならない。導水路区間の既設橋梁は架け替え、また導水路及
び排水路沿いの既設排水樋門・排水口も取り壊して新規建設となる。エルマブト
ゥ遊水地の全体平面図を以下に示す。



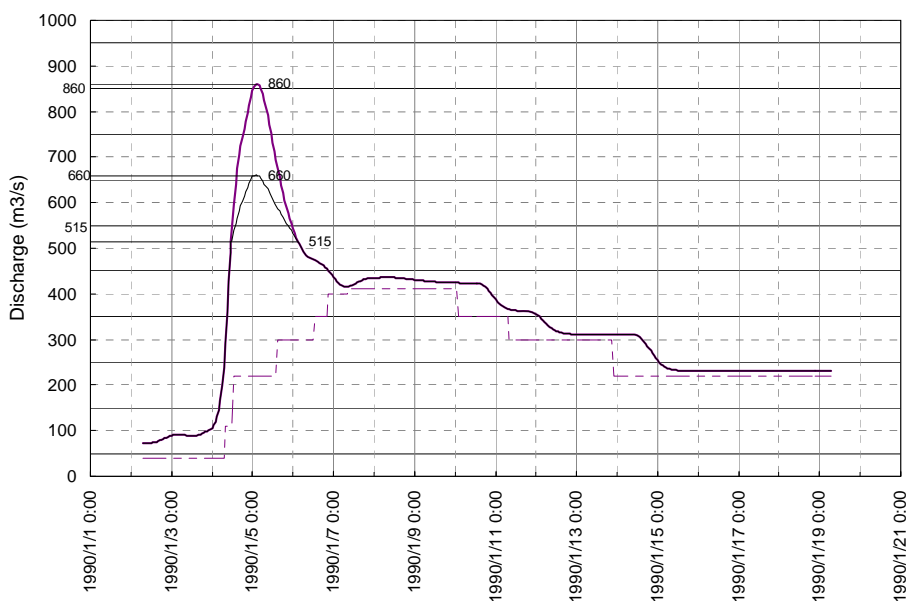
出典：JICA メジェルダ川調査団

エルマブトゥ遊水地全体平面図

(ii) 水理条件

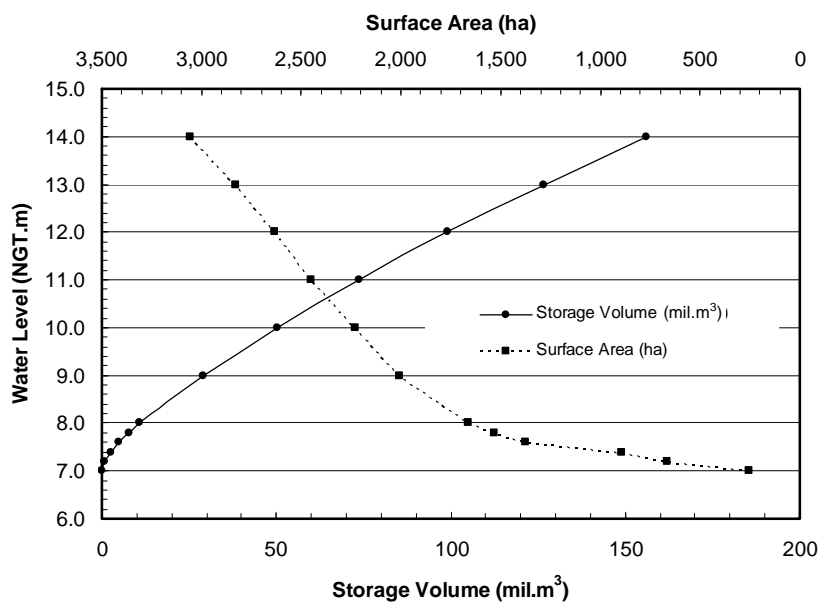
メジェルダ川の遊水地への分水地点上流側のピーク流量 860 m³/s のうち、最大
で 200 m³/s を遊水地に導く計画である。したがって、遊水地への分水後、660 m³/s
が本川下流へ流下することになる。分水構造物は、操作を要しないコンクリート
被覆の越流堤として設計している。分水は分水地点の流量が 515 m³/s を超えた時
点で開始する。分水地点における計画洪水ハイドログラフを以下に示す。遊水地
へ分水される洪水総流入量は 14 百万 m³ である。また、堆砂容量及び自流域から
の洪水流入量を含め、遊水地の総貯留容量は約 50 百万 m³ である。遊水地の水位-
表面積-容量曲線を以下に示す。施設の設計図面を図 9.1.12 から図 9.1.17 に、また

データブックの図面 No.E1-28 から No.E1-35 に掲載した。



出典： JICA メジェルダ川調査団

エルマフトゥ遊水地分水地点直上流における計画ハイドログラフ



エルマフトゥ遊水地 水位 - 表面積 - 谷量田線

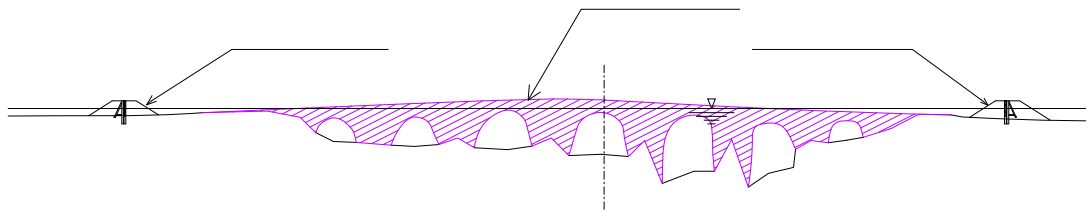
(d) パラペットと擁壁

堤防は基本的に土質材料で建設する。建設予定地が住宅地等で使用可能な土地が限られている場合、コンクリートまたは練石積みによるパラペットが住民移転を回避する一手段となりえる。また、狭い流路で流積を最大化するためには、コンクリート擁壁を用いて低水路を形成するのも一案である。データブックの図面 No.E1-59 から E1-64 に、ジュデイダ及びエルバタン地区の護岸構造物を示した。

(e) 移設可能な橋梁地点閉鎖用構造物（角落しゲート）

橋梁地点が計画高水位以下で水没する場合、必ずしも好ましい手段ではないが、アプローチ道路の低い部分を閉鎖することで洪水氾濫を簡易的に防ぐことも可能

である。ムジェズ・エル・バブに位置する歴史的遺産のアンダルス橋や旧エルバタン堰の両岸は下図のような状況となっている。したがって、橋梁へのアプローチ道路によって堤防が不連続となる箇所に角落しゲートを敷設すれば洪水氾濫を防止できる。扉体部は、切欠きのついた移設可能な柱と鋼鉄製の扉体で構成される。実際の運用上、角落しゲートの取付け、取り外しは警報システムと連携して行わなければならない。データブックの図面 No.E1-69 に構造概要を示している。



出典：JICA メジェルダ川調査団

(f) 法面保護のための護岸構造物

メジェルダ川では小規模の護岸工事のみが行われており、蛇行箇所のほとんどで河岸侵食が起こっている。このため、以下の構造物が隣接している箇所では護岸工を敷設する。

- (i) 浸食による被害を蒙る危険性のある密集住宅地、
- (ii) 浸食された河岸付近に位置する国道、鉄道、その他基幹構造物
- (iii) 構造物の上下流側（必要に応じて）

農地地区での護岸工の必要性は、維持管理期間中に実際の浸食状態に基づいて検討することを提案する。

以下に示す3型式の護岸工型式を本調査では提案している。

(i) コンクリート枠 / 練石積み工

この型式は堅固な構造物で、ブサレムやジュデイダ市などの住宅密集地域に適用する。

(ii) 蛇かご / 捨石工

この型式は堅固な構造物と土堤/河岸の遷移区間に適用する。

(iii) 粗朶沈床 / 牛枠

この型式は浸食された河岸に隣接した公共用地または私有地の保護等に適用する。この適用に関しては E2.5 節で詳述している。

データブックの図面 No.E1-65 から E1-68 に、ブサレム市で用いるコンクリート枠型式護岸工の設計図面を示した。また、粗朶沈床/牛枠の標準設計をデータブックの図面 No.E1-70 から E1-71 に掲載した。

(g) 床固工

床固工は河床を安定化するための対策工である。本調査で提案している河川改修計画は、現在の河床勾配を改修前後で大きく改変しないよう河道のショートカ

ットは計画していない。また、河床は流送土砂の堆積により将来上昇するものと予想される。このため、床固工はバイパス水路内及びその流入地点/排水地点の分岐構造物、ならびにエルマプトゥ遊水地の流入水路地点に計画している。

(h) 樋門・樋管

堤防の建設は、河川に接続している既存排水システムを遮ることになることから樋門・樋管を堤防と排水路の交点に適切に敷設する必要がある。敷設地点の多くは遠隔地域に位置するので、操作の不要な構造を前提としなければならない。このため、ゲートは排水路内外の水位変動に対応して自動的に開閉するフラップ型ゲートを適用する。樋門・樋管の数、形式及び規模は、航空写真に基づいて予備的に決定した。樋門・樋管の標準設計をデータブックの図面 No.E1-79 から E1-88 に掲載した。

(i) 橋梁

最新の河川横断図を用いた水理解析により、4 道路橋、1 歩道付き水管橋、2 鉄道橋が河川改修の影響を受けることが明らかになった。すなわち、これらの橋梁上部工の標高は現在計画高水位より低い位置にある。ジェデイダ（ゾーン D2）の鉄道橋は、上部工をジャッキアップして押上げ下部工上部に追加のコンクリートを継ぎ足して処理することができると判断される。他の 6 橋梁は新規に建設し旧橋と置き換える。道路橋は施設省によって、鉄道橋はチュニジア国有鉄道会社 (SNCFT) によって現在別々に管理されている。

本調査では、100 年確率流量を橋梁設計に適用する。改修を要する既設橋梁は下記リストに示すとおりである。これら構造物の横断図をデータブックの図面 No.E1-72 から E1-78 に掲載した。

河川改修により影響を受ける橋梁一覧

ゾーン	分類	対策		距離 (m)
		架け替え	嵩上げ	
Zone D2	道路橋	MD436		140
	道路橋	MD406		160
	道路橋	MD401		140
	鉄道橋		MD338	75
Zone D1	歩行橋を備えた導水管	MD134		110
Zone U2	鉄道橋	MU40		110
	道路橋	MU153		100

出典：JICA メジェルダ川調査団

(5) 河道の維持管理

メジェルダ川のほぼ全域にわたる河道区間の高水敷上には、「タマリックス」と呼ばれる低木からなる密な植生が広がる。これらは流積を減じ河道内の円滑な流れを妨げ、洪水防御上重大な問題となっている。しかし、一方でそれらは河岸浸食防止にも幾分か貢献していると見られる。

2003 年 1 月から 2 月にかけての甚大な洪水被害発生後、各地方事務所はタマリックス除去の重要性を認識させられた。このため、各地方事務所は河道内からタマリックス

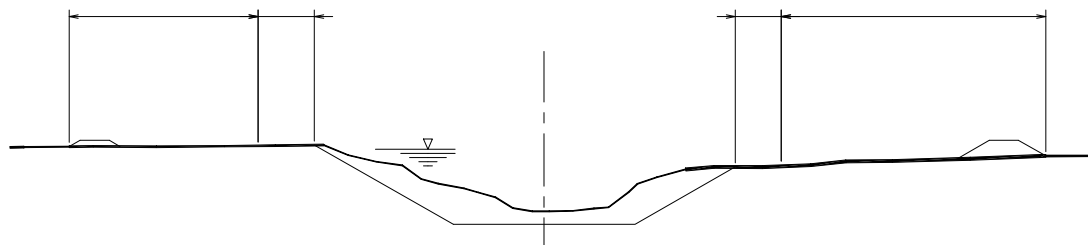
を除去するために予算を充当し、一度は幹を切り倒し、その後焼却した。しかし、マヌーバ地方事務所でのインタビューによれば、残された切り株からまた繁殖してわずか2～3年以内に高さ3～4メートルまでに成長したとのことである。

タマリックスは、根または水没している茎及び種から繁殖できる。根を除去しなければ直ちに元の状態に戻る。右の写真は、わずか2年前に除去したにも関わらず、高水敷がタマリックスで広く覆われてしまった状況を示している。



ジュディダ下流の様子

したがって、タマリックスは根から掘り起こして除去しなければならないが、下図に示すとおり河岸の法肩から5mの範囲は河岸侵食防止の目的から意図的に残す計画としている。



出典：JICA メジェルダ川調査団

河岸保護のためにタマリックスを残すべき範囲

農業水資源省地方事務所によれば、タマリックスはシディサレムダム建設後から高水敷で繁殖が始まったとのこと、タマリックスが堆砂した表面でも急速に成長することを示している。

タマリックスは燃焼すると悪臭を伴うことから、木炭や薪には適さない。合板の原材料として利用は可能であるが、需要は非常に限定されており、また加工工場は調査地域内には存在しない。処分コストは無視できない額で、焼却による処分は環境への悪影響も懸念される。

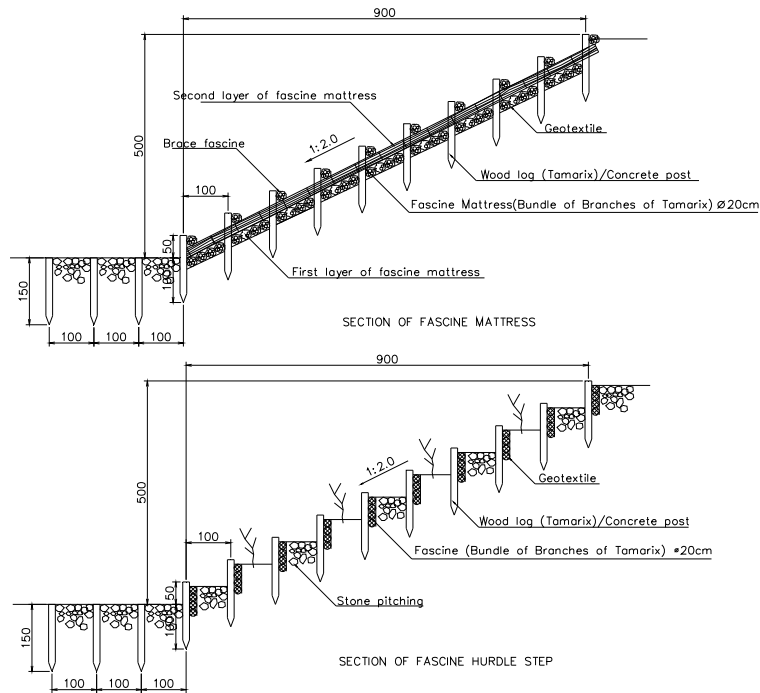


一方、伝統的護岸工法として、広く日本で採用されている木製材料による法面保護工法がある。タマリックスを使用することによって、この建設方法をメジェルダ川に適用できると思われる。現地でのインタビューによれば、多くの場所で河岸保護の要請があるという。タマリックスの切除とともに、この方法が有効に適用可能であれば、維持管理段階の法面保護費用は縮減できる。浸食から土地を守ることを望む住民がその建設技術を習得すれば、彼ら自身でタマリックスを利用した護岸工を作ることも可能となる。工事に重機は必要ないと見られる。

したがって、一定の仕組みが農業水資源省地方事務所と関連都市 / 村の間に構築されれば、地元の人々の直接参加による河道の維持管理作業がある程度は可能になると思われ、また、この手法は地方自治体の限られた維持管理コストの縮減も貢献できると期

待される。上の写真は、木製護岸の材料として利用できると考えられるタマリックスの枝である。

しかし、実用化にはこの工法の効率性と適用性をパイロットプロジェクトで確認する必要がある。丸太と枝で作られる日本の伝統的な斜面保護工の標準断面を次の図面に示した。同様の図面を、データブックの No.E1-70 と E1-71 にも添付している。



出典: JICA メジェルダ川調査団

法面保護工(日本の伝統的工法)の標準断面図

(6) 提案構造物の主要諸元

前章で作成した設計図に従って、本調査で提案する河川改修構造物の主要諸元をゾーン別に下表にまとめた。各構造物のより詳細な諸元は表 9.1.1 に掲載している。

提案構造物の主要諸元

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

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			
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.

9.1.2 貯水池洪水調節機能強化プロジェクト

メジェルダ川流域に位置する貯水池の洪水調節機能を強化するためには、チュニジア国内のメジェルダ川流域にある貯水池群を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貯水池運用を実現するためには、連携運用の基本的操作規則に基づくシステムを構築し、貯水池群を設定された規則に従って運用する必要がある。当該流域では既存のシディサレム、メレゲ、ブヘルトゥマ、シリアナの4貯水池及び建設中・計画中のサラ、メレゲ2、テッサの3貯水池の計7貯水池が洪水防御計画において重要であり運用上特に注意が必要

である。

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確保される洪水調節容量を可能な限り効果的に利用し、ダム下流の洪水ピーク流量を低減させることが貯水池の洪水調節機能強化として不可欠である。そのため、8.2 節で述べたとおり、今後は下記の事項を遵守して洪水期間中の貯水池運用を行なうことが重要となる。

- ・ 特に雨期中には、常時満水位以上には貯水しない。
- ・ 常にダム堤体の安全を最優先する。
- ・ 洪水襲来の情報が届き次第、速やかにダム下流の河川流下能力を超えない範囲で予備放流を行なう。
- ・ ダム下流での河川洪水流量を可能な限り抑えるため、予測される洪水到達時間を充分考慮して複数ダムからの放流ピークが下流河道で重ならないように運用する。

上記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でいる。当該プロジェクトの主要プログラムを下記に示す。

主要プログラム	
1.	貯水池統合運用シミュレーションモデルの改善
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する関係組織間の調整
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

表 9.1.2 に本プロジェクトのアクションプランを示す。プロジェクト期間は 2.5 年、また 7 名の海外専門家を投入する計画としている。

9.2 非施設の洪水対策

9.2.1 既存洪水予警報システム (FFWS) 強化プロジェクト

本調査では、8.5 節で述べたとおり、次の施策を念頭に置いて既存洪水予警報システム (FFWS) の開発・改良を提案する。

- ・ 前に提案している施設の洪水対策の完成前の洪水リスクを最小限に抑え、洪水被害を軽減するための緊急的対策として
- ・ 超過洪水(施設の対策の計画規模を超える洪水)による被害リスクを最小限に抑え、被害を軽減するための対策として
- ・ ダムの連携運用のために正確な水文情報を適時に伝える手段として

したがって、メジェルダ川流域では下記の目的のために洪水予警報システムが必要となる。

- 洪水氾濫域の被害を軽減させるためのダム連携運用を含めた河川構造物の統合管理を実施するための水文情報を提供すること。
- 避難・水防活動の意思決定のための水文情報を提供すること。

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。当プロジェクトのアクションプランは表 9.2.1 の通りである。

主なプログラム	
1.	既存テレメータシステムへの雨量計及び水位計追加の検討
2.	既存テレメータシステムへの追加雨量計及び水位計の設置
3.	洪水予測手法及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.	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

本プロジェクトの実施期間は3年、投入される海外専門家は7名を想定している。

プログラム3と4においては、「河川水位相関法」を用いた洪水予測モデルの検討および構築が第一に提案されている。そして、降雨量を用いた洪水流出解析法による洪水予測モデルに関しては、原型モデルの検討および開発を並行して行うことを提案している。これは、モデルの開発では種々の時間的空間的分布と規模の洪水データに基づいた試行錯誤によるモデルの改良と修正に多くの時間を要することが不可欠となることによっている。

9.2.2 避難・水防体制強化プロジェクト

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、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は、住民やコミュニティの理解と協力が重要であることから、被害軽減についての住民意識を啓蒙すること。

したがって、本プロジェクトでは下記のプログラムを提案している。

主要プログラム	
1.	洪水災害管理及び避難計画に関し、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及び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

表 9.2.2 にアクションプランを示す。プロジェクト期間は1年、4名の海外専門家の投入を計画している。

9.2.3 組織能力開発プロジェクト

メジェルダ川流域の洪水防御に重点を置いた総合水管理のための組織・制度上の問題/課題等は下記の通りである(8.8節参照)。

- (a) 中央及び地方政府機関では、洪水到来の公表業務を除いて洪水防御に関する活

- 動や管理のための常設部局・部署等の設置や業務はなされていない。
- (b) 文書化された治水水計画・設計の技術ガイドライン・基準、ダム貯水池操作規則が無い。
 - (c) 洪水防御の権限が複数の機関に分散している。(農村地域では農業水資源省、都市地域では施設省)
 - (d) 水防活動の権限が複数の機関に分散している。(農業水資源省：予測、伝達、住民保護局(内務省の下部機関)：警報発令、水防、避難活動)
 - (e) 流域の不十分な土砂管理。河道や貯水池の堆砂が洪水発生に大きな影響を与えている。
 - (f) 流域管理に関するアルジェリアとの協調が不十分。特に、洪水予警報に必要な降雨、流量データの提供が不十分。

上記問題/課題の改善に必要な活動を実施するためにメジェルダ川流域の組織能力開発計画を作成した。この計画は次の 11 プログラムから構成される。

河川管理の統合	計画・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、施設の及び非施設の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の強化	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	

チュニジア国の政府関連組織は、概して治水及び河川の維持管理に関する経験が不足しているため、上記のプログラムは次のように 3 段階に分割して実施することが現実的であると考えられる。

主要プログラム	
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ための検討及び部局の設置
2.	11の組織能力開発プログラムの詳細調査
3.	プログラムの順次開始
4.	第2段階で行なう試験プロジェクトの選択
5.	技術ガイドライン、基準、操作規則の作成および文書化
第2段階	
1.	メジェルダ川河川改修プロジェクトにおいて試験プロジェクト(4)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及び組織設置(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

表 9.2.3 に本プロジェクトのアクションプランを示す。プロジェクト期間は 2.5 年(ただし、第 2 段階は除く) 投入海外専門家は 7 名である。

9.2.4 氾濫原規制・管理プロジェクト

8.7 節で検討した方針を踏まえ、下記の 4 点を考慮してプログラムを実施する計画としている。

- ・ 氾濫解析結果、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が考えられる。
- ・ 氾濫に対する脆弱性を軽減し農業生産性を向上させるため、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・管理方針を農業水資源省地方事務所及び他地方政府組織へ普及・促進させる。

プロジェクトを実現するためのプログラムとして下記を計画している。

主要プログラム	
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.	リスクレベル毎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.	都市地域と農村地域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

プロジェクト期間は3年間、8名の海外専門家の投入を想定している。上記のプログラムのアクションプランを表 9.2.4 に示す。このプロジェクトはメジェルダ川流域の既存土壌保全プログラムとの連携を緊密に図りながら実施することが重要となる。

10. 建設費積算

10.1 概説

河川改修計画の概略設計図に基づき各工種の数量を算定した。尚、各工種の建設単価は、主として農業水資源省が実施したこれまでのプロジェクトの入札価格や最近の国内外建設市場における価格に基づき設定した。提案する河川改修工事に係る直接建設費は、ゾーンごとに算定して集計している。

また、土地収用費、技術経費、予備費、税金等、その他関連経費については本報告書の第12章に記載している。

10.2 工事数量

河川改修工事に関する主要工種の工事数量は以下のとおりである。

主要工種の工事数量

No.	工種	単位	ゾーン				
			D2	D1	U2	U1	M
A 土工関係							
(1)	清掃・伐根	1,000m ²	1,921	2,115	3,078	88	18
(2)	表土除去	1,000m ²	1,951	2,115	3,563	206	18
(3)	掘削	1,000m ³	10,138	12,121	12,848	4,234	655
(4)	築堤	1,000m ³	1,735	848	3,395	88	128
(5)	掘削土の廃土	1,000m ³	8,958	11,288	8,671	4,155	410
B コンクリート関連							
(1)	コンクリート	1,000m ³	30	14	24	0.2	0.2
(2)	鉄筋	ton	2,132	724	1,442	12	13
(3)	練石積み	1,000m ³	16	0.0	8	0.0	0.0
C 石工関連							
(1)	蛇籠	1,000m ³	9	11	18	0.2	0.2
(2)	捨石工	1,000m ³	47	74	103	10	1
(3)	粗朶沈床	1,000m ²	72	81	99	45	0
D その他							
(1)	プレストレスコンクリート梁 (L=20m, 25m, 30m)	Unit	120	48	72	0	0
(2)	現場打ちコンクリート杭	Unit	140	30	72	0	0
(3)	鋼矢板	m ²	6,500	3,010	2,560	150	150
(4)	既存鉄道の高上げ	m	1,200	0	3,000	0	0
E 機械関連							
(1)	スライドゲート (Max size W=1.5m, H=1.5m)	ton	34.5	24.7	19.2	0.4	0.4
(2)	スライドゲート/ローラーゲート (Larger than W=2.0m, H=2.0m)	ton	10.8	2.0	0.0	0.0	0.0

出典：JICA メジェルダ川調査団

10.3 建設単価

まず、マスタープラン調査の精度を配慮し、費用算定を合理的に行うために主要工種を選定した。すべての単価は2008年6月時点の単価に調整して用いた。全41工種の単価を検討し、次表のとおり設定した。主要工種の詳細をデータブックに掲載している。なお、土工に係る建設単価は、農業水資源省がこれまでに実施した工事の入札価格に基づいて算出している。

建設費積算用単価一覧

No.	Work Item	Description	Unit	Unit price (TND)
<u>EARTH WORKS</u>				
A1	Clearing and grubbing (Dense bush)	with average hauling distance of 1.00 km	m ²	2.267
A2	Clearing and grubbing (Thin bush)	with average hauling distance of 1.00 km	m ²	1.491
A3	Stripping	with average hauling distance of 1.00 km	m ²	0.267
A4	Excavation for river channel, common soil	with average hauling distance of 0.50 km	m ³	2.300
A5	Excavation for river channel, indurated	with average hauling distance of 0.50 km	m ³	3.840
A6	Excavation for river channel, rock	with average hauling distance of 0.50 km	m ³	8.180
A7	Excavation for Bypass channel, common soil	with average hauling distance of 1.00 km	m ³	2.414
A8	Excavation for structures		m ³	3.580
A9	Embankment	with average hauling distance of 2.00 km	m ³	3.759
A10	Embankment	Directly from excavation site	m ³	2.039
A11	Backfill to structures w/o haul		m ³	4.160
A12	Gravel metalling for inspection roads		m ³	27.310
A13	One-way hauling distance per 1.00 km		m ³	0.477
A14	Disposal of excavated materials	Directly from excavation site	m ³	0.250
A15	Disposal of excavated materials	with average hauling distance of 2.00 km	m ³	1.220
<u>CONCRETE WORKS</u>				
B1	Lean concrete (32/10)	0.1 m ² of form included	m ³	82.000
B2	Concrete Type A (63/17), Plain concrete	0.5 m ² of form included	m ³	114.000
B3	Concrete Type B (32/26), Reinforced concrete	2.5 m ² of form included	m ³	173.545
B4	Concrete Type C (16/26), Reinforced concrete	4.0 m ² of form included	m ³	215.846
B5	Reinforcement - plain round bar		kg	1.791
B6	Reinforcement - deformed bar		kg	1.791
B7	Stone masonry Type A, with 1:3 mortar		m ³	75.386
<u>STONE WORKS</u>				
C1	Gabion mattress		m ³	94.225
C2	Stone pitching (Rough finishing)		m ³	26.822
C3	Stone pitching (Fine finishing)		m ³	42.862
C4	Fascine mattress		m ²	17.907
C5	Cobble stone fill		m ³	16.360
C6	Graded sand and gravel filter		m ³	16.360
C7	Demolition and disposal of existing masonry and concrete		m ³	155.720
C8	Asphalt concrete			250.000
<u>OTHER MAJOR WORKS</u>				
D1	Prestressed concrete beam L=30m		Unit	26,300.000
D2	Prestressed concrete beam L=25m		Unit	20,300.000
D3	Prestressed concrete beam L=20m		Unit	12,700.000
D4	Cast-in place concrete pile with steel pipe pile casing		Unit	6,900.000
D5	Steel sheet pile (Permanent cutoff)		m ²	46.610
D6	Heightening and removal of existing railway		m	400.000
<u>Metal Works</u>				
E1	Slide gate (Manual operation hoist), Max size W = 1.50m, H = 1.50m		kg	4.680
E2	Slide gate/Roller gate (Electric driven hoist), larger than W = 2.00m, H = 2.00m		kg	6.240
E3	Other metal works		kg	3.230
<u>Miscellaneous</u>				
F1	Restoration of affected existing structures, etc.		%	3.000
F2	Miscellaneous works such as drainage crossing, inspection road, Accessories of bridge, Sod facing, etc.		%	7.000

出典：JICA メジェルダ川調査団

10.4 河川改修工事の直接工事費

工事数量及び建設単価に基づき算定した直接工事費の概要を以下に示す。

河川改修工事の直接工事費概要

工種	ゾーン (単位: 1,000 TND)				
	Zone D2	Zone D1	Zone U2	Zone U1	Zone M
土工関連	43,244	49,203	54,093	15,427	2,352
コンクリート関連	9,937	641	7,038	52	52
石工関連	4,656	5,524	7,160	1,182	28
その他	4,273	1,466	3,553	7	7
機械関連	229	128	90	2	2
雑費	6,234	5,996	7,193	1,667	244
合計	68,572	65,958	79,127	18,337	2,685
総計 = 234,679					

出典：JICA メジェルダ川調査団

各ゾーンの工事数量及び直接工事費は、付属報告書 E の表 E3.4.1 ~ 表 E3.4.5 に掲載した。

11. 初期環境評価（IEE）

11.1 概説

チュニジア国では、計画段階での環境影響評価は法的には義務付けられていない。しかし、本調査では JICA の「戦略的環境アセスメント」及び「社会環境配慮ガイドライン」に基づき、調査段階で初期環境評価（IEE）を実施した。IEE は、提案する洪水防御プロジェクトの自然・社会環境面への影響を初期段階で確認するものである。本調査が提案する施設の及ぶ非施設の洪水対策が現地住民や環境に負の影響をある程度与える可能性もある。IEE は事業内容に対して詳細な調査の実施が必要となる重要環境項目を認定し、また影響が小さい項目を除外することが主たる目的である。なお、本調査はチュニジア国における環境影響評価の基本概念や環境に関する法律・制度に規定された手続きに沿って実施した。

本調査で実施した IEE の主な目的は以下のとおりである。

- (1) メジェルダ川流域及び周辺地域の自然・社会・経済状況の把握、
- (2) メジェルダ川の洪水防御マスタープランにおいて、施設の対策として提案されている河川改修工事の実施が自然・社会環境に与える影響の評価、
- (3) マスタープランにまとめられる環境管理計画（緩和策やモニタリング計画などを含む）の骨子作成

IEE に際して、マスタープランで提案される河川改修工事を「洪水防御を実施しない場合」も含めて次の 4 つに分類した。

- ・ 上流域における対策（ジェンドウバ県、レケフ県及びベジャ県の西部）、
- ・ 中流域における対策（ベジャ県の東部）、
- ・ 下流域における対策（アリアナ県、マヌーバ県及びビゼルトゥ県）、
- ・ 洪水防御を実施しない場合。

上述の各地域で提案されている河川改修工事の概要（想定される影響と場所を含む）を表 11.1.1 及び図 11.1.1 に示す。

河川改修工事の詳細とその影響ならびに「環境管理計画」を附属報告書 J に示している。

11.2 負の環境影響

(1) 自然及び生物環境への影響

河川改修工事の自然環境への影響は小さいが、主として工事中に発生することが想定される。構造物が新設される場合、建設現場では土壌かく乱が工事中に発生する。このため、特に乾季には水路内で一時的・部分的に濁度が高くなり、また空気中の粉塵も増加する。工事終了後の長期的な影響はごくわずかである。

バイパス水路の新設により局所的に地形が改変されるが、交通への影響は水路に橋梁

を設置することで緩和される。

植生の除去が必要な新規構造物周辺の河川及び地域では限定的に陸生動植物に影響が生じる。これらの地域では植生を再生させる。さらに工事中に除去された水路・用水路での植生の回復が図られる。

国際自然保護連合によると、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。それらには、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がある。

工事中の河川の濁度やそれ以外の汚染物質(油など)の増加は、魚類などの水中生物に一時的に軽微な影響を及ぼす。ただし、工事完了後には当地域が再び生息地となるものと期待される。

工事用の土取場は、侵食、粉塵、景観などの影響を及ぼす。また、掘削量が盛土量を超える場合、土捨場が必要となる。

(2) 社会経済への影響

河川改修工事は社会経済に大きな影響を及ぼす。構造物の規模によっては、工事実施前に地域住民の不安や論争、反対を招くことがある。また、水路開削で発生した土砂の土捨場を確保する必要がある。さらに、場合によっては土地収用が必要となる。多くの影響は工事実施前に発生する。

加えて、工事期間中は堤防や農作業、放牧に利用している洪水氾濫原への立ち入り制限により、農村地域で一時的に混乱と小さな損失が生じることもある。また、工事現場付近において、道路交通の混雑が部分的に生じることもある。一方、長期的には洪水防御により多大な便益を受けることとなる。

工事期間中、特に重機を利用する場合は現場周辺のコミュニティでの騒音や粉塵など健康や安全への影響も多少は生じる。

なお、計画している洪水対策は、歴史的・考古学的遺跡に影響を及ぼすことはない。

バイパス水路の運用段階には、多量の洪水流量が水路内を流下してメジェルダ川に戻ることから下流域での流量が増加する。そのため、農地や居住地で洪水被害をもたらすことがないように、本事業では適切な対策を講じていく。

11.3 環境影響の評価

施設の対策としての河川改修工事の実施により想定される影響を影響・マトリックスで評価した。影響規模は、構造物の規模と周辺の自然環境より、「無視できる」、「微小な影響」、「中程度の影響」、「深刻な影響」に順位付けする。

評価結果を表 11.3.1 に整理している。また、自然・社会条件の概要と共に評価結果を

上流域、中流域、下流域ごとに以下に概説する。

- (1) メジェルダ川上流域（ジェンドゥバ市、ジェンドゥバ県西部、メレゲ川下流域、ブサレム市及びシディスマイル - ブサレム市間の全地域を含むシディサレムダム上流域）

当該地域は河川上流域の山岳地域であり、メジェルダ川の左岸側は起伏のある高地と森林に覆われている。ジェンドゥバ県周辺の上流域は、シディサレム貯水池やその上流の貯水池、さらにフェイジャ国立公園などの左岸に位置する豊富な保護林により、地下水源が十分に保全されている。フェイジャ国立公園は高地に位置しているため、メジェルダ川の洪水が氾濫することはない。

なお、メジェルダ川流域からは離れているが、シディサレムダム上流域には古代ローマ都市の名残りやジェンドゥバ市周辺の考古学的遺跡も存在している。

メジェルダ川上流域における施設の対策は、河川兩岸の住民や農地の洪水浸水被害、経済損失や人的被害の軽減を目的としている。これらの施設の対策は、「無視できる」から「微小な影響」、「中程度の影響」はあるが、「深刻な影響」ではない。「中程度の影響」は、メレゲ川改修工事を除けば、工事期間の騒音や振動、小規模な捨土において見られる。公共用地を通るブサレム市のバイパス計画水路は、住民の不安という面で「微小な影響」をもたらす。さらに、バイパス水路建設時に流路周辺の水質に「中程度の影響」が予想される。しかし、堤防建設や河川改修工事により土壌侵食の減少が期待され、また工事中における雇用機会の増加による住民所得の増加が期待される。

- (2) メジェルダ川中流域（ベジャ県東部のムジェズ・エル・バブ市を含むメジェルダ川下流域の一部）

当該地域は平地と台地で構成され、農業を主体としている。この中流域の施設の対策はムジェズエルバブ市の水害軽減及び撤去・移設が困難な歴史的遺跡（17世紀の古橋）の保護を目的としている。工事期間には、騒音と振動の面で「中程度の影響」が生じる。さらに、ムジェズ・エル・バブ市で計画されているバイパス水路は、廃棄物、水質、水生生物、土地収用、住民の不安と論争/反対の面で「中程度の影響」が発生する。しかし、堤防建設や河川改修工事により、土壌侵食の減少や工事に伴う雇用機会の増加が期待される。

- (3) メジェルダ川下流域（エルバタン市、ジェデイダ市及びエルマブトゥ平原から河口までのメジェルダ川最下流域）

当該地域は、約 50km 幅で洪水氾濫原の肥沃な沖積地に覆われている。中流域と地中海の間に位置し、河川や海浜からの堆積物によって構成された厚さ 50 m 以上の粘土・シルト層により、洪水流の浸透や地下水涵養がされにくい特徴がある。人口密度は、特に河口周辺の平野部で高い傾向にある。下流域における施設の対策は浸水被害を軽減し、エルマブトゥ地域を含むメジェルダ川下流域の広大な農地を保全するとともに、エルバタン市やジェデイダ市周辺の洪水防御、撤去・移設が困難な歴史的遺跡（17世紀のエルバタン堰）の保護を目的としている。前述の 2 流域と同様に、工事に伴う騒音と振動が

下流域のエルバタン市、ジェデイダ市、エルマブトゥ市で「中程度の影響」を及ぼす。エルマブトゥ遊水池での影響はわずかである。しかし、堤防建設や河川改修による土壌浸食の減少や工事に伴う周辺住民の雇用機会の創出による所得増加が期待される。

河川改修を実施しない場合は、河道の堆砂問題やメジェルダ川の大洪水に対する流下能力不足により多大な経済的損失を招くこととなる。

11.4 結論および提言

IEE では、マスタープランにおける施設の対策である河川改修工事の自然・社会環境面の全影響を工事前、工事中、運用・管理段階で評価している。表 11.3.1 に示すとおり、「無視できる」、「微小な影響」、「中程度の影響」がいくつか確認されている一方で、「事業を実施しない」ことは、現状の侵食や堆砂を進行させ、メジェルダ川の大洪水氾濫に対する脆弱性が大きな経済的損失をもたらすこととなる。

全河川改修工事が自然・社会環境面から評価されており、その結果は表 11.4.1 のとおりである。IEE の結果に基づき以下に結論と提言を述べる。

上流域で計画されている河川改修工事において、メレゲ川改修工事は自然・社会環境への影響が最も微小であり実施が可能で推奨される。その他の工事も「中程度の影響」に対する適切な軽減策やモニタリングにより制御が可能となるため推奨できる(表 11.4.2 参照)。

中流域で計画されている河川改修工事も適切な軽減策やモニタリングを実施することにより、「中程度の影響」を緩和できることから、全ての工事が推奨できる(表 11.4.2 参照)。

下流域で計画されている河川改修工事も同様のことが言える。エルマブトゥ地区改修事業と遊水池建設は、自然・社会環境への影響は小さく他事業に比して軽減策やモニタリングの規模が軽度である。一方、遊水池の建設・運用時には、監視制御システムの厳正かつ確実な操作管理、工事の品質保証、豊水期における上流からの排水管理、貯水池の巡回、問題の早期発見が必要となる。

12. 事業実施計画

12.1 実施計画

12.1.1 施設の対策

(1) 河川改修プロジェクト

調査対象地域（チュニジア国内のメジェルダ川流域）は 15,830km² に及び、地域的な重要度や開発レベルおよび洪水特性が一様ではない。したがって、8章で述べたように調査対象地域を5つのゾーン(D1、D2、U1、U2、M)に分割し、河川改修計画の治水安全度はゾーン毎に設定した。さらに、下記の河川改修の基本方針、経済性及びゾーン U2 に位置するブサレム市での高い水害リスクを踏まえて、河川改修はゾーン D2、ゾーン U2、ゾーン D1、ゾーン U1+M の順で実施することとした。

(a) Sidi Salem ダムの洪水調整容量が大きいため、メジェルダ川に沿った洪水現象の連続性はダム地点上下流で分断される。したがって、調査対象地域はダム地点上流と下流の2地域に大別できる（ゾーン U1、U2、M が上流地域、ゾーン D1、D2 が下流地域）。

ダム上下流それぞれの地域内では、人為的な行為である河川改修が下流の流量を増加させて浸水被害が増大することを防ぐために下流側に位置するゾーンから河川改修に着手する必要がある。

(b) 各ゾーンにおける河川改修の経済的な優先順位を評価するため経済的内部収益率 (EIRR) を算出した。各ゾーンともプロジェクトは同時期（2011年）に開始するとしている。下表の通り、算出結果はゾーン D2 が 33.7% と最も大きな EIRR を示した。次いでゾーン D1（20.3%）、ゾーン U2（12.1%）、ゾーン U1+M（10.0%）の順であった。

経済評価結果（河川改修の開始:2011年）

	Zone D1	Zone D2	Zone U1+M	Zone U2
EIRR	20.3%	33.7%	10.0%	12.1%
NPV (百万 TND)	42.23	230.31	-8.02	1.04
B/C Ratio	2.14	5.83	0.76	1.01

出典： JICA メジェルダ川調査団

注： 純現在価値 (NPV) の割引率 12%

(c) U2、特にブサレム市では水害リスクが極めて高い。これは、これまでに甚大な水害を蒙ってきた3つの主要な支川が同市直上流でメジェルダ川に合流するという地理的・水文的条件によるものである。このため、当該地域における治水対策の早期実施に対する被災住民の強い要望がある。

事業実施計画を次図に示している。本マスタープラン調査の終了後、フィージビリティ調査、環境影響評価、資金調達、コンサルタント調達などの準備作業に2.5年間を計画する。その後、ゾーン D2 に関する詳細設計、入札作業などが実施されることにな

る。プロジェクト期間は 2011 年から 2030 年（本調査の計画目標年次）までの 20 年間である。

Work Item	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)	■	■																					
1. Feasibility Study		■	■	■																			
2. EIA			■	■																			
3. Fund arrangement				■					■						■					■			
4. Procurement of Consulting Services				■	■				■	■					■	■				■	■		
5. D/D and Bidding				■	■	■	■			■	■					■	■				■	■	
6. Construction Works																							
- Zone D2							■	■	■	■	■												
- Zone U2													■	■	■	■	■						
- Zone D1																							
- Zone U1+M																							
7. Land Acquisition						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Source: The Study Team

(2) 貯水池洪水調節機能強化プロジェクト

実施計画を下図に示す。事業実施に先立ち、本マスタープラン調査終了直後の 2009 年から 2010 年の 2 年間で準備作業期間(資金調達、専門家の調達など)と想定している。

当プロジェクトの内容及び活動は、既存洪水予警報システムの強化プロジェクト（12.1.2 節(1)参照）と密接な関連があるため、既存洪水予警報システム強化プロジェクトの「プログラム 3：洪水予報の方法とモデルに関する調査」を実施後、2011 年の後半から開始する計画である。プロジェクト期間は 2.5 年間である。

Main programs and activities	2008	2009	2010	2011	2012	2013
(Study on M/P)	■	■				
(Preparatory activities)		■	■			
1. Improvement of simulation model for coordinated operation of dams				■	■	
2. Drafting improved operation rules of 7 selected reservoirs for flood control					■	
3. Trial application (2 rainy seasons), review and improvement of the draft improved reservoir operation rules for flood control					■	■
4. Coordination of institution arrangements related to improved reservoir operation rules for flood control					■	■
5. Strengthening function of collection, storing, analysis and dissemination of data/information					■	■
6. Preparing monitoring plan to sustain project effect						■

12.1.2 非施設の対策

(1) 既存洪水予警報システム強化プロジェクト

本プロジェクトはチュニジア国側が早期の実施を要望しているため、次図の通り、準備作業（資金調達、専門家調達など）の終了次第、2011 年に開始することを提案している。

当プロジェクトの中で「プログラム 6：洪水調節の貯水池操作規則改善案の試験運用と見直しに基づく既存洪水予警報システムの改善」は、2012 年及び 2013 年に実施される計画としているが、これは 12.1.1 節「(2) 貯水池洪水調節機能強化プロジェクト」中の「プログラム 3：貯水池洪水調節操作規則改善案の試験運用（2 雨期）見直しと改善」を実施後、その結果を踏まえて実施されるためである。

Main programs and activities	2008	2009	2010	2011	2012	2013
(Study on M/P)						
(Preparatory activities)						
1. Scrutiny on additional installation of telemetric rainfall and water-level gauges to existing telemetry system				■		
2. Installation of additional telemetric rainfall and water-level gauges				■		
3. Study on flood forecasting method and model				■		
4. Development of flood forecasting model				■		
5. Installation of measuring device of dam release				■		
6. Improvement of FFWS based on trial application and review of the draft improved reservoir operation rules for flood control					■	■
7. Preparing system operation manual				■		■
8. Preparing monitoring plan to sustain project effect						■

(2) 避難・水防体制強化プロジェクト

当プロジェクトは上記の「(1)既存洪水予警報システム強化プロジェクト」と密接な関連があり、そこで改良された洪水予警報システムを用いて実施する必要がある。したがって、当プロジェクトは、「(1)洪水予警報システム強化プロジェクト」の最終年に当たる2013年に実施することを計画している。

Main programs and activities	2008	2009	2010	2011	2012	2013
(Study on M/P)						
(Preparatory activities)						
1. Improvement of information sharing system among official agencies and communities regarding flood disaster management and evacuation plan						■
2. Study and setting of alert levels at key water-level gauging stations for evacuation/flood fighting activities						■
3. Formulation of precise criteria to commence evacuation/flood fighting activities						■
4. Development of understandable evacuation procedures and drilling at pilot areas						■
5. Preparing monitoring plan to sustain project effect						■

(3) 組織能力開発プロジェクト

次図に示すとおり、本マスタープラン調査終了直後の2009年から2010年に準備作業期間を設定している。

当プロジェクトは、3段階に分けて実施することを想定している。第1段階は準備作業期間直後の2年間、第2段階の組織能力開発は第1段階終了後「河川改修プロジェクト」(12.1.1節)を実施する中に行なう。第2段階の活動を通じてメジェルダ川流域の維持管理を担う新組織の有効性が確認できれば、第3段階を2019年に実施する。

Main Programs and Activities	2008	2009	2010	First Stage		(Second Stage)	Third Stage
				2011	2012		2019
First Stage							
(Study on M/P)							
(Preparatory activities)							
1. Scrutiny and establishment of permanent division or direction in charge of Mejerda River basin inside							
2. Detailed study on 11 proposed programs for organizational capacity development							
3. Initiating the proposed programs							
4. Selection of a pilot project to be conducted in the second stage							
5. Provision of documented technical guidelines, standards and rules							
Second Stage							
Conducting a pilot project under proposed river improvement project of the Mejerda River							
Third Stage							
1. Scrutiny and establishment of an agency in charge of O/M of the Mejerda River basin, if the pilot project justifies the viability of the agency							
2. Preparing monitoring plan to sustain project effect							

(4) 氾濫原規制・管理プロジェクト

河川改修工事と並行してできるだけ早期に本プロジェクトを実施できれば、本プロジェクトの効果を確実かつ最大限に活かすことができる。特に、メジェルダ川沿いの水害脆弱地域を管理する観点から、氾濫原規制・管理は他の非施設の対策と切り離すことができない。進捗を確実にし、チュニジア国側実施機関による評価を随時反映できるよう、当プロジェクトは2011年から3段階に分けての実施を想定している。

Main Programs and Activities	2008	2009	2010	Step 1		Step 2	Step 3
				2011	2012	2013	
(Study on M/P)							
(Preparatory activities)							
1. Delineation of flood prone area through runoff and inundation analyses of the Mejerda River basin							
2. Updating of GIS data base with current cropping information							
3. Preparation of flood risk map with zoning by risk level							
4. Analysis on improved cropping pattern based on current prevailing land use							
5. Preparation of guideline for flood risk mapping							
6. Preparation of guideline for enhanced land use control for urban and rural areas							
7. Dissemination, application, evaluation and validation of the guidelines in target CRDAs and local governments							
8. Training and seminar							

12.2 事業費

各プロジェクトの想定事業費は、表 12.2.1 ~ 12.2.6 に示す通りである。次表に概要をまとめている。

(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

プロジェクト費用は、2008年6月時点の価格水準、換算レート TND1.0 = JPY91.20 = USD0.854 で見積もっている。

上表の「1.1 河川改修プロジェクト」のコスト内訳は表 12.2.1 に示すとおり、(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。

見積金額のうち、事務管理費は建設費と用地買収費の合計の 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。

上表のプロジェクト 1.2 と 2.1 から 2.4 のプロジェクトコストは、表 12.2.2 から 12.2.6 に示したとおり、(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。コンサルタント費は、表 9.1.2 および表 9.2.1 ~ 9.2.4 に示した要員計画から算出した。予備費の算出方法はプロジェクト 1.1 の場合と同様である。

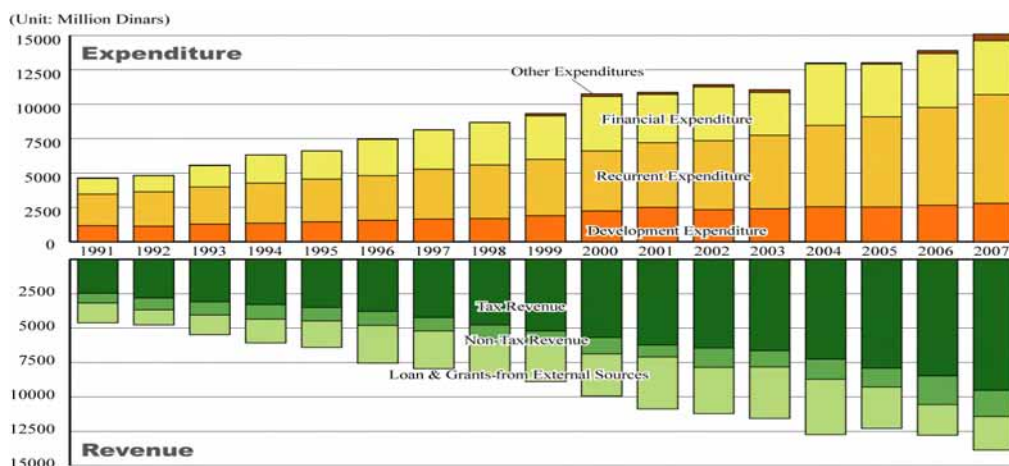
12.3 資金調達計画

12.3.1 チュニジア政府の予算配分レビュー

次図は、1991 ~ 2007 年におけるチュニジア政府の歳入と歳出の推移を示している。チュニジア政府の総歳出額は、2007 年において 151 億ディナールであった。一方、歳入は 139 億ディナールに留まっており、12 億ディナールの財政赤字が生じている。また、プライマリーバランス^{*1}についても、1991 ~ 2007 年は全て赤字となっている。

¹ 国などの財政状況を示す。国債などの借金を除いた歳入と、過去の借金の元利払いを除く歳出を比較し、歳出の方が多ければ赤字となり、将来の借金負担が経済規模に比べ増大することになる。黒字になれば、新たな借金は過去の借金返済に充てられるため、財政が健全であることを示す。

過去 10 年間に於いて、政府の歳入の 57 ~ 69%は税収、7~10%は税金以外の収入、その他の 17 ~ 32% は国債発行や海外援助機関からの無償資金協力及び借入などで賄われている。インフラへの設備投資などの資金を含む開発予算は、歳出の 20 ~ 23%程度を占めている。



出典：Institute National de la Statistique, Tunisia

1991 ~ 2007 年におけるチュニジア政府の歳入・歳出

歳出全体に対する金融費用（国債の償還費用、借入金の元本および利子の返済費用）の割合は、過去 10 年間に 35%（1998 年）から 28%（2007 年）へ大幅に減少している。また、GDP に対する対外借入残高比（長期、短期の双方を含む）も、2002 年の 65%から 2007 年には 55%にまで削減されている^{*2}。チュニジア政府は、第 11 次開発計画の最終年である 2011 年までに、GDP に対する対外借入残高比を 51%に減らすことを目標としている。また、この目標を達成するために、外国からの借入を引き続き妥当な水準に押さえることを目指している。

12.3.2 主要ドナーからの受入援助額

チュニジア国の主要なドナーは、フランス、日本、ドイツ、イタリア及び国際開発金融機関の世界銀行、アジア開発銀行、EU、アフリカ開発銀行などである。当該国がこれらのドナーから受け取った援助額は、2002 年～2006 年までの 5 年間では年間当り 460 ~ 660 百万ドルとなっている。近年の受入援助額を見ると、無償資金（グラント）と有償資金（ローン）の金額はほぼ半々となっている。

フランスは、チュニジア国にとって無償・有償資金協力とも金額面で最大のドナーである。過去 5 年間に於けるフランスの援助額は、有償資金が年間 61 ~ 131 百万ドルで、全有償資金受入額の 25 ~ 41%を占めている。また、無償資金についても、年間 63 ~ 103 百万ドルを供与しており、当該国が受領している無償資金協力全体の 27 ~ 38%を占めている。

日本の過去 5 年間に於ける無償資金供与額は、当該国が受領している無償資金の 3 ~ 7%を占めるに過ぎないが、有償資金供与額は当該国の借款受入額の 17 ~ 41%を占め、フ

² 出典：国際通貨基金（IMF）

ランスに次ぐ重要なドナーとなっている。

フランス及び日本からの有償資金受入総額は、有償資金受入額全体の 53%～74% を占め（2002～2006 年）大規模な初期投資が必要となるインフラ事業等の貴重な資金源であると考えられる。

12.3.3 ドナーの対チュニジア援助政策

(1) 国際開発金融機関

国際開発金融機関からの資金援助は、過去 5 年間で年間当り 100～175 百万ドル程度である。こうした国際開発金融機関からの資金援助のほとんどは無償資金であり、有償資金協力は比較的小規模（合計で年間 8～49 百万ドル）であることから、大規模なインフラ開発事業の資金源としては、あまり期待できないものと思われる。

主な国際開発金融機関の当該国に対する援助方針は、表 12.3.1 にまとめたとおりである。各機関の優先セクターには、災害対策及び洪水対策事業は含まれていない。

(2) フランス

フランスの国際協力・開発関係閣僚委員会（CICID）が作成した、2006～2010 年の対チュニジアパートナーシップ枠組文書（DCP）によると、当該国に対する戦略的支援分野は、1) 産業の近代化と競争力向上（近代化プログラム参加企業への資金貸付、製造業・観光業・農業向け職業訓練の近代化、関連インフラの整備などを含む）、2) 生活水準の向上（下水施設整備を主とした都市開発及び給水事業を主とした農村開発）、3) 持続的環境（天然資源保全、エネルギー資源の保全）である。

(3) ドイツ

ドイツの当該国に対する有償資金供与額は、最近 5 年間で 14～25 百万ドルとなっており、近年増加傾向にある。ドイツ・チュニジア政府間で、2001 年に以下 2 つの重点分野に対する支援が合意されている。

- 1) 環境保護及び資源保全：ゴミ埋立処分地及び下水処理場の建設、水質汚染地域における水質モニタリングシステムの確立、環境対策設備を設置する企業に対するローン融資、浸食防止対策・持続的な農地利用・植林を通じた水源涵養機能の保全。
- 2) 経済開発： 企業の近代化に向けた開発金融借款供与、中小企業に対するコンサルティング

(4) 日本

我が国は、これまで当該国に対して灌漑、通信、運輸、水供給などのセクターを中心とした支援を行ってきた。当該国に対する円借款供与が始まった 1997 年から 2006 年までの円借款の累積支出額は 2240 億円（約 20 億ドル）であり、過去 5 年間の円借款供与額は、年間 65～119 百万ドルである。

我が国の外務省が掲げる対チュニジア国援助政策では、1) 産業競争力の強化、2) 水

資源管理・開発、3) 農業・水産業開発、4) 観光振興、5) 環境対策、6) 地域格差の是正の6点が開発上の課題とされている。

このうち、1) 産業競争力の強化に対する支援、2) 水資源管理・開発への支援、5) 環境への取り組みに対する支援の3点が、中・長期的な視点から見た日本政府のチュニジアに対する重点支援分野として設定されている。

“2) 水資源管理・開発”は、水資源開発に対する支援のみならず、我が国の経験及び技術力を活かして水需給管理、表流水・地下水の管理を含む総合的水資源管理につながる支援を進めることとされている。

チュニジア国の一人あたり国民総所得(GNI)は、2000年の2,090ドルから2006年には2,970ドルにまで増加しており、近い将来中進国(一人あたりGNI: 3,596ドル以上)入りする可能性が高い。

従来の日本政府の方針によると、中進国に対する借款供与分野は「環境」、「人材教育支援」、「地震対策」及び「格差是正支援」に限定されていた。しかし、2007年4月に「地震対策」が「防災・災害対策」と変更されたことに伴い、洪水防御に対する支援も可能になったものと考えられる。

12.3.4 洪水防御事業に必要な資金ソース

(1) 河川改修のための初期費用

本マスタープラン調査において提案された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。そのうち、実施優先度が高いゾーンD2及びゾーン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になると見積もられている。

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及び援助方針をレビューした限りでは、フランス・日本政府以外からのまとまった金額の借款に多くを期待するのは困難であると思われる。

なお、チュニジア政府が国際援助機関からの借款を受けることができた場合も、政府は総事業費の約2～3割にあたる4～13百万ディナール/年については自らの開発予算を割り当てる必要がある。

(2) ソフト・コンポーネントの費用

本マスタープラン調査において提案された洪水防御に係るソフト・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、氾濫源規制・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。

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は異なり、多額の初期投資を必要としない。事業内容及び費用が比較的少

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。

(3) 維持管理費の予算

洪水防御機能を維持し、洪水防御事業の効果を持続させるためには、維持管理活動に対する十分な予算配分が必要となる。土木施設の維持管理、草・樹木の伐採、堆砂の掘削など日常のメンテナンス費は、各ゾーンで年間 0.3~1.1 百万ディナールが必要になると見積られる。これに加えて、5 年に 1 回程度の頻度で河川沿い樹木の除根などの定期的メンテナンス費として 0.01~1.8 百万ディナールが必要となる。

維持管理費は、農業水資源省あるいは同省の各県地方事務所 (CRDA) の経常予算で賄う必要がある。

12.4 全体実施スケジュール

マスタープラン全体の実施スケジュール (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 Confluent

上述する事業実施全体計画推奨案とは別に、2008 年 9 月 1 日にチュニスで開催された第 7 回運営委員会会議において、チュニジア国側より河川改修事業の 2 つのゾーンを同時に実施する複合案 (D2 と U2 をまず同時に実施しその後 D1 と U1+M を実施) の検討が要請された。本複合案の実施計画を次に示している。

また、複合案の事業全体に係る経済的内部収益率 EIRR（下表参照）を見ると、経済性からも劣ることが判明した。

項目	事業全体	
	推奨案 (段階的实施)	複合案 (2ゾーン同時实施)
EIRR	25.0%	23.1%

出典: JICA メジェルダ川調査団

以上の検討結果を踏まえ、本マスタープランの事業実施計画には推奨案が採用された。

13. マスタープランの総合評価

13.1 経済評価

(1) 洪水対策事業の経済評価

洪水防御事業の実施スケジュールは、プロジェクトの経済性に加え河川改修の基本原則及びゾーン U2 に位置するブサレム市での高い水害リスクを考慮して設定した。

事業全体および各ゾーンの経済評価は、この実施スケジュールに従って算定した。評価期間中の経済的費用及び経済的便益を年度別に整理したキャッシュフローを表 13.1.1 に示す(事業全体の場合のみ掲載)。各ゾーンおよび全体事業の経済的内部収益率(EIRR)は、下表に示すとおりに算定された。EIRR 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における資本の機会費用である 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された経済的純現在価値(ENPV)及び費用便益比率(B/C)は、それぞれ 0 および 1 を越える結果となった。

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

こうした結果から、提案された各ゾーンの事業および全体事業は経済的な観点から妥当と判断される。

(2) 感度分析

経済評価に用いた各種のデータは、様々な長期間の予測に基づいて設定されている。しかし、実際にはこうした変数は様々な要因によって変動するため、将来の開発状況等で予測値から大きく乖離する可能性がある。

ここでは、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 が経済的機会費用である 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。

下表に示すとおり、感度分析の結果、ゾーン D1、D2 及び事業全体の経済性は指標の設定を事業にとって不利な方向に設定した場合でも、高水準で経済性を確保できることが判明した。

感度分析結果

	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

また、ゾーン U2 についても十分に経済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、または経済的便益が想定より - 22% 以内に収まるのであれば、経済性が確保されることが判明した。

しかし、ゾーン U1+M では、設定した指標・前提が若干でも不利な方向にぶれた場合、経済性が失われるという結果になった。

(3) 結論

マスタープランで提案した洪水防御事業の全体及び各ゾーンにおける洪水防御事業は、経済的に妥当であり事業実施の価値があると判断された。

また、事業全体及びゾーン U1+M 以外の個別ゾーンでの事業の経済性は、非常に強い耐力があると判断された。ただし、ゾーン U1+M では、事業費のわずかな増大や効果が想定通りに発現しなかった場合、経済性が確保できなくなることが分かった。従って、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及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実施することが提案される。

13.2 環境評価

施設の対策の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評価（IEE）で評価した。評価結果を調査対象地域の上流域、中流域、下流域に分けて下記にまとめている。

(1) メジェルダ川上流地域

上流域での施設の対策の目的は、河川沿いの居住地や農地を洪水から守って湛水被害を軽減し、人的被害及び経済損失を最小限にすることである。施設の対策の負の影響は「ほとんど影響無し」から「中程度」までで、顕著な影響は無いと言える。中程度の影響は、建設工事期間中の騒音・振動及び捨土（捨土量が少ないメレゲ川改修事業は除く）である。さらに、バイパス水路の建設工事中、水質に中程度の影響が出ることが想定される。一方、建設工事期間中の雇用機会の増大による周辺住民の収入増加が正の影響として期待される。

(2) メジェルダ川中流地域

中流域で採用された施設の対策は、撤去・移設が難しい歴史的遺構（17世紀に建設された橋梁）を保存しつつ、河道沿いの洪水被害を軽減することを目的としている。施設の対策は、工事中の騒音と振動に関して中程度の負の影響を与える可能性がある。正の影響としては、建設期間中の雇用機会の増大が挙げられる。

(3) メジェルダ川下流地域

下流域の施設の対策は、洪水氾濫によるメジェルダ川沿川都市地域の被害を軽減すること、最下流部に広がる広大な農業用地を守ること、撤去・移設が難しい歴史的遺構（17世紀建設のエルバタン堰）を守ることが目的である。上流、中流域と同様、下流域でも工事中の騒音と振動が中程度の負の影響である。エルマプトゥ遊水地に関しては、影響は小さいと評価された。下流域でも、工事期間中の雇用機会の増大による周辺住民の収入増加が正の影響として期待できる。

IEEの結果、以下を提言する。

- (a) 上流域の河川改修に関し、メレゲ川河川改修は小規模で環境・社会への影響が小さいため実施を推奨する。その他の事業については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実施を推奨する。
- (c) 下流域の河川改修も同様である。

13.3 技術的評価

- (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、同国は水利用を最優先とした国家水管理計画を策定している。これらを踏まえ、本調査で策定した洪水防御マスタープランは、トレード・オフの関係で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としつつ、メジェルダ川流域の水利用計画との調和を図っている。
- (2) 洪水の完全な防御は技術的にも、経済的にも、環境的にも現実的ではないため、提案する洪水防御マスタープランは、施設の対策と非施設の対策との組み合わせにより洪水被害を最小限にすることを目指している。施設の対策は、計画洪水までの氾濫を防ぎ、非施設の対策は計画洪水以上の洪水の被害を最小限にすることとしている。加えて、非施設の対策は、施設の対策の効果の持続性を確保する役割を担うこととしている。すなわち、本調査で提案している洪水防御計画は、施設の対策と非施設の対策との持続的な効果の十分な発揮のために、各々が効果的に補完するように策定されている。
- (3) 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。
- (4) 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。
- (5) 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が可能となる。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も必要としない。そのため、河道維持管理の一部は、CRDAs や関係市/村による実施体制の構築により、住民参加型アプローチによる対応が可能である。

13.4 結論と提言

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以下の洪水対策事業は、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た。

- (1) 施設の対策
 - 1-1 貯水池洪水調節機能強化プロジェクト
 - 1-2 河川改修プロジェクト

(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
- 2-2 避難・水防体制強化プロジェクト
- 2-3 組織能力開発プロジェクト
- 2-4 氾濫原規制・管理プロジェクト

主として河道の流下能力不足に起因する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予算確保、技術支援の要請など今後のアクションを遅滞なく実施することを強く提案する。本事業の実現により、下記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4つの事業を優先事業とし、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の強化	5,772	2011～2013年
3) 既存洪水予警報システム(FWWS)の強化	5,592	2011～2013年
4) 避難・水防体制の強化	2,910	2013年
合計	147,848	

出典: JICA メジェルダ川調査団

付 表

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

	Positions	Members of JICA Study Team	Tunisian Counterpart Personnel
1	Team Leader/Integrated Basin Management	Koji KAWAMURA	Dr. Louati M.H.
2	Deputy Team Leader/Flood Control Measures	Yoshihiro MOTOKI	
3	Hydrology/Hydraulics/Runoff and Sediment Analyses	Natsuko TOTSUKA	Dr. Bergaoui M. et Mme Abid
4	Water Supply Operation System	Robert DESPAULT	Dr. Louati et un representant de I INAT
5	River Planning/Reservoir Operation	Petr JIRINEC	Mr. Bel Haj et un representant de I INAT
6	Flood Forecasting and Evacuation / Flood Protection Plan	Hikaru SUGIMOTO	Mr. Saadaoui et Dr. Mahjoub
7	Facility Design/Cost Estimates	Atsuro TAKAOKA	Mr. Belgaied T.
8	Organization/Institution/Operation & Maintenance	Yukihiro MIZUTANI	Mr. Daoud A.
9	Economnics/Finance	Takeshi YAMASHITA	Mr. El Euch M.L.
10	Environmental & Social Consideration	Massamba GUEYE	Mme Messai
11	Coodinator/Basin Preservation	Yukari NAGATA/Syunsaku OKAMOTO/ Masahito MIYAGAWA	Un representant de la DGACTA

表 3.3.1 施設運用・管理に関する調査結果(1/2)

Item	Total Number In The Inventory	O&M Data Sheets Collected	O&M Responsibility
Rain gauging	183	20 main stations	CRDA/MARH
O&M Budget	O&M Schedule	Typical Problems	Recent Upgrades
<ul style="list-style-type: none"> 500 TDN per station/year 	<ul style="list-style-type: none"> inspected at 2 month intervals power supply maintained at 6 month intervals 	<ul style="list-style-type: none"> rainwater collection system plugged with dirt power supply system and solar panel damaged serious lack of maintenance caused by shortage of manpower and funds 	<ul style="list-style-type: none"> automation and GSM telemetry in 2003/2004 for improved data acquisition and early flood warning 3000 TDN/station

Item	Total Number In The Inventory	O&M Data Sheets Collected	O&M Responsibility
Stream gauging	71	22 main stations	CRDA/MARH
O&M Budget	O&M Schedule	Typical Problems	Recent Upgrades
<ul style="list-style-type: none"> 1200 TDN per station/year 	<ul style="list-style-type: none"> inspected at 2 month intervals by CRDA inspected at 6 month intervals by DGRE power supply maintained at 6 month intervals 	<ul style="list-style-type: none"> water level probes and data loggers damaged by floodwater power outages resulting in loss of data acquisition insufficient storage space when data loggers are not downloaded at the required interval resulting in loss of data acquisition 	<ul style="list-style-type: none"> automation and GSM telemetry in 2003/2004 for improved data acquisition and early flood warning 5000 TDN/station

Item	Total Number In The Inventory	O&M Data Sheets Collected	O&M Responsibility
Large dams	8 existing	8	6 dams DGBGTH/MARH and 2 dams SONEDE
O&M Budget	O&M Schedule	Typical Problems	Recent Upgrades
<ul style="list-style-type: none"> dam monitoring approx. 10000 TDN per year per dam bathymetric survey: 50,000 TDN per dam operating budget unreported 	<ul style="list-style-type: none"> yearly monitoring program for dam safety bathymetric surveys at 5 year intervals no information on scheduled preventive maintenance 	<ul style="list-style-type: none"> leaking gates and valves corrosion failure of motorized valve operators and controls damaged concrete on spillways and abutments 	<ul style="list-style-type: none"> planned repair/replacement of gates, valves and electrical control equipment as required planned repairs to concrete and hydraulic structures as required budget for planned repair activities varies from year to year 10,000 to 60,000 TDN per dam

表 3.3.1 施設運用・管理に関する調査結果 (2/2)

Item	Total Number In The Inventory	O&M Data Sheets Collected	O&M Responsibility
Control structures	13	2: Laroussia and Tobias	CRDA/ SECADENORD
O&M Budget	O&M Schedule	Typical Problems	Recent Upgrades
<ul style="list-style-type: none"> unreported 	<ul style="list-style-type: none"> no information on scheduled preventive maintenance 	<ul style="list-style-type: none"> sedimentation corrosion failure of motorized valve operators and controls 	<ul style="list-style-type: none"> planned repair/replacement of gates, valves and electrical control equipment as required planned repairs to concrete and hydraulic structures as required dredging corrosion protection for dam sheet piles budget for planned repair activities varies from year to year 10,000 to 60,000 TDN per dam
Item	Total Number In The Inventory	O&M Data Sheets Collected	O&M Responsibility
Levees	5 locations	1 at Pont Bizerte	CRDA/MARH
O&M Budget	O&M Schedule	Typical Problems	Recent Upgrades
<ul style="list-style-type: none"> unreported 	<ul style="list-style-type: none"> inspected about 5 times per year based on flow conditions in river 	<ul style="list-style-type: none"> erosion overtopping man-made breach 	<ul style="list-style-type: none"> repairs to existing levee at Kalaat Andalous in 3 successive years: <ul style="list-style-type: none"> 2005: 5km : 50000 TDN 2006: 7km : 60000 TDN 2007: 10km : 80000 TDN
Item	Total Number In The Inventory	O&M Data Sheets Collected	O&M Responsibility
Small hill dams	68	35	CRDA/CES/MARH
Check dams	496	16	
O&M Budget	O&M Schedule	Typical Problems	Recent Upgrades
<ul style="list-style-type: none"> unreported 	<ul style="list-style-type: none"> inspected monthly and after every large rainfall bottom outlet opened to discharge sediment during peak inflows 	<ul style="list-style-type: none"> erosion of spillway and reservoir embankment sedimentation deposits in the bottom outlet pipe 	<ul style="list-style-type: none"> planned repairs to gates, outlet piping and surrounding earth embankments

表4.1.1 メジエルダ川流域の流域平均年間、2年間、3年間降水量

(1) Annual Rainfall

Year	Annual Rainfall*	% to	Rainfall	% to	Meterological Drougts	
	(mm/y)	Average	deficit	Average	dry	very dry
	a	b (a/Ave.)	c (a-Ave.)	d (c/Ave.)	-50%<d<-30%	d<-50%
1968/1969	389.9	77.6	-112.4	-0.22		
1969/1970	691.4	137.6	189.1	0.38		
1970/1971	563.2	112.1	60.9	0.12		
1971/1972	603.0	120.0	100.7	0.20		
1972/1973	721.1	143.6	218.8	0.44		
1973/1974	390.1	77.7	-112.2	-0.22		
1974/1975	482.5	96.1	-19.8	-0.04		
1975/1976	565.0	112.5	62.7	0.12		
1976/1977	470.5	93.7	-31.8	-0.06		
1977/1978	429.0	85.4	-73.3	-0.15		
1978/1979	419.1	83.4	-83.2	-0.17		
1979/1980	484.6	96.5	-17.7	-0.04		
1980/1981	510.5	101.6	8.2	0.02		
1981/1982	512.5	102.0	10.2	0.02		
1982/1983	460.1	91.6	-42.2	-0.08		
1983/1984	452.8	90.1	-49.5	-0.10		
1984/1985	515.8	102.7	13.5	0.03		
1985/1986	378.8	75.4	-123.5	-0.25		
1986/1987	635.5	126.5	133.2	0.27		
1987/1988	347.0	69.1	-155.3	-0.31	dry	
1988/1989	352.8	70.2	-149.5	-0.30		
1989/1990	412.9	82.2	-89.4	-0.18		
1990/1991	637.5	126.9	135.2	0.27		
1991/1992	569.2	113.3	66.9	0.13		
1992/1993	417.3	83.1	-85.0	-0.17		
1993/1994	316.3	63.0	-186.0	-0.37	dry	
1994/1995	358.6	71.4	-143.7	-0.29		
1995/1996	676.1	134.6	173.8	0.35		
1996/1997	376.7	75.0	-125.6	-0.25		
1997/1998	569.5	113.4	67.2	0.13		
1998/1999	515.3	102.6	13.0	0.03		
1999/2000	412.8	82.2	-89.5	-0.18		
2000/2001	464.9	92.6	-37.4	-0.07		
2001/2002	350.2	69.7	-152.1	-0.30	dry	
2002/2003	779.9	155.3	277.6	0.55		
2003/2004	701.0	139.6	198.7	0.40		
2004/2005	628.2	125.1	125.9	0.25		
2005/2006	526.5	104.8	24.2	0.05		
Ave.	502.3	100.0				
Max.	779.9	155.3				
Min.	316.3	63.0				

(2) 2 and 3 Year Rainfall

Year	2 year Rain (mm)	3 year Rain (mm)
1968/1969		
1969/1970	1081.3	
1970/1971	1254.6	1644.5
1971/1972	1166.2	1857.6
1972/1973	1324.1	1887.3
1973/1974	1111.2	1714.2
1974/1975	872.6	1593.7
1975/1976	1047.5	1437.6
1976/1977	1035.5	1518.0
1977/1978	899.5	1464.5
1978/1979	848.1	1318.6
1979/1980	903.7	1332.7
1980/1981	995.1	1414.2
1981/1982	1023.0	1507.6
1982/1983	972.6	1483.1
1983/1984	912.9	1425.4
1984/1985	968.6	1428.7
1985/1986	894.6	1347.4
1986/1987	1014.3	1530.1
1987/1988	982.5	1361.3
1988/1989	699.8	1335.3
1989/1990	765.7	1112.7
1990/1991	1050.4	1403.2
1991/1992	1206.7	1619.6
1992/1993	986.5	1624.0
1993/1994	733.6	1302.8
1994/1995	674.9	1092.2
1995/1996	1034.7	1351.0
1996/1997	1052.8	1411.4
1997/1998	946.2	1622.3
1998/1999	1084.8	1461.5
1999/2000	928.1	1497.6
2000/2001	877.7	1393.0
2001/2002	815.1	1227.9
2002/2003	1130.1	1595.0
2003/2004	1480.9	1831.1
2004/2005	1329.2	2109.1
2005/2006	1154.7	1855.7
Ave.	1007.0	1503.1
Max.	1480.9	2109.1
Min.	674.9	1092.2

(3) Ranking of Annual, 2 Year and 3 Year Rainfall

Order	1968/1969 to 2005/2006		2 years Rain		3 years Rain	
	Annual Rain*		2 years Rain		3 years Rain	
	Year	mm/year	Year	mm in 2 years	Year	mm in 3 years
1	1993/1994	316.3	1994/1995	674.9	1994/1995	1092.2
2	1987/1988	347.0	1988/1989	699.8	1989/1990	1112.7
3	2001/2002	350.2	1993/1994	733.6	2001/2002	1227.9
4	1988/1989	352.8	1989/1990	765.7	1993/1994	1302.8
5	1994/1995	358.6	2001/2002	815.1	1978/1979	1318.6
6	1996/1997	376.7	1978/1979	848.1	1979/1980	1332.7
7	1985/1986	378.8	1974/1975	872.6	1988/1989	1335.3
8	1968/1969	389.9	2000/2001	877.7	1985/1986	1347.4
9	1973/1974	390.1	1985/1986	894.6	1995/1996	1351.0
10	1999/2000	412.8	1977/1978	899.5	1987/1988	1361.3
11	1989/1990	412.9	1979/1980	903.7	2000/2001	1393.0
12	1992/1993	417.3	1983/1984	912.9	1990/1991	1403.2
13	1978/1979	419.1	1999/2000	928.1	1996/1997	1411.4
14	1977/1978	429.0	1997/1998	946.2	1980/1981	1414.2
15	1983/1984	452.8	1984/1985	968.6	1983/1984	1425.4
16	1982/1983	460.1	1982/1983	972.6	1984/1985	1428.7
17	2000/2001	464.9	1987/1988	982.5	1975/1976	1437.6
18	1976/1977	470.5	1992/1993	986.5	1998/1999	1461.5
19	1974/1975	482.5	1980/1981	995.1	1977/1978	1464.5
20	1979/1980	484.6	1986/1987	1014.3	1982/1983	1483.1
21	1980/1981	510.5	1981/1982	1023.0	1999/2000	1497.6
22	1981/1982	512.5	1995/1996	1034.7	1981/1982	1507.6
23	1998/1999	515.3	1976/1977	1035.5	1976/1977	1518.0
24	1984/1985	515.8	1975/1976	1047.5	1986/1987	1530.1
25	2005/2006	526.5	1990/1991	1050.4	1974/1975	1593.7
26	1970/1971	563.2	1996/1997	1052.8	2002/2003	1595.0
27	1975/1976	565.0	1969/1970	1081.3	1991/1992	1619.6
28	1991/1992	569.2	1998/1999	1084.8	1997/1998	1622.3
29	1997/1998	569.5	1973/1974	1111.2	1992/1993	1624.0
30	1971/1972	603.0	2002/2003	1130.1	1970/1971	1644.5
31	2004/2005	628.2	2005/2006	1154.7	1973/1974	1714.2
32	1986/1987	635.5	1971/1972	1166.2	2003/2004	1831.1
33	1990/1991	637.5	1991/1992	1206.7	2005/2006	1855.7
34	1995/1996	676.1	1970/1971	1254.6	1971/1972	1857.6
35	1969/1970	691.4	1972/1973	1324.1	1972/1973	1887.3
36	2003/2004	701.0	2004/2005	1329.2	2004/2005	2109.1
37	1972/1973	721.1	2003/2004	1480.9		
38	2002/2003	779.9				

Note : * Arithmetic mean of 82 stations in the Mejerda Basin

表4.1.2 主要観測所における年最大流量

Station		Ghardimaou (1 490 km2)			Jendouba (2 414 km2)			Bou Salem (16 483 km2)			Mejez El Bab (21 185 km2)			K13 (9 000 km2)		
Year (Annee)	Dam started Operation (installation des barrages)	Date	Q annual max (instant.) m3/s	Source	Date	Q annual max (instant.) m3/s	Source	Date	Q annual max (instant.) m3/s	Source	Date	Q annual max (instant.) m3/s	Source	Date	Q annual max (instant.) m3/s	Source
1897/1898					1898/3/8	724	1									
1898/1899					1899/3/14	88.4	1									
1899/1900					1900/1/21	521	1									
1900/1901					1900/1/13	275	1									
1901/1902					1902/4/24	142	1									
1902/1903					1903/3/31	136	1									
1903/1904					1904/1/28	184	1									
1904/1905					1905/2/19	94.3	1									
1905/1906					1906/2/8	508	1									
1906/1907					1907/2/17	1610	1									
1907/1908					1908/3/23	639	1									
1908/1909					1908/12/22	508	1									
1909/1910					1910/2/12	335	1									
1910/1911					1910/12/31	159	1									
1911/1912					1911/1/13	105	1									
1912/1913					1913/2/23	617	1									
1913/1914					1914/2/15	171	1									
1914/1915					1915/4/13	199	1									
1915/1916					1915/12/16	203	1									
1916/1917					1916/11/27	405	1									
1917/1918					1917/11/29	191	1									
1918/1919					1919/1/28	292	1									
1919/1920					1920/2/4	159	1									
1920/1921					1921/4/8	125	1									
1921/1922					1922/2/25	381	1									
1922/1923																
1923/1924					1924/1/3	123	1								80	8
1924/1925					1924/12/10	168	1							1925/8/16	118	1
1925/1926					1926/2/12	251	1	1925/9/29	452	1				1926/8/28	253	1
1926/1927					1927/1/11	342	1	1927/1/10	431	1				1927/5/6	388	1
1927/1928					1928/4/4	285	1	1928/4/4	1220	1				1928/5/3	1270	1
1928/1929					1929/2/18	488	1	1929/3/27	1760	1				1928/9/15	460	1
1929/1930					1930/2/17	114	1							1930/2/16	317	1
1930/1931					1931/2/10	311	1	1931/2/10	578	1				1931/4/4	1030	1
1931/1932					1931/12/14	488	1	1931/12/14	2060	1				1931/12/13	341	1
1932/1933					1933/1/23	177	1	1933/1/23	496	1				1932/9/28	371	1
1933/1934					1934/3/5	206	1	1934/3/6	307	1				1934/4/25	277	1
1934/1935					1935/1/3	709	1	1935/1/3	894	1				1934/1/26	186	1
1935/1936					1936/2/15	168	1	1935/9/15	150	1				1935/9/15	425	1
1936/1937					1936/1/16	342	1	1936/1/16	1420	1				1936/1/15	520	1
1937/1938					1938/2/5	140	1	1938/2/5	310	1				1938/8/27	99.8	1
1938/1939					1939/2/28	268	1	1939/2/5	566	1				1939/4/16	539	1
1939/1940					1940/1/26	1400	1	1940/1/26	1780	1				1940/1/26	98.4	1
1940/1941					1941/2/9	140	1	1941/5/24	231	1				1941/5/23	283	1
1941/1942					1942/3/1	1130	1	1942/3/1	943	1				1941/10/3	1060	1
1942/1943					1944/2/17	91.6	1	1943/4/25	150	1				1942/9/18	127	1
1943/1944								1943/1/16	351	1				1943/1/15	825	1
1944/1945					1945/2/7	209	1	1944/9/10	196	1				1944/9/9	431	1
1945/1946					1946/3/18	342	1	1946/1/27	743	1				1946/1/27	863	1
1946/1947					1946/12/17	626	1	1946/12/17	911	1				1947/8/25	412	1
1947/1948					1947/10/12	80.8	1	1947/10/11	1700	1	1947/10/12	1280	1	1948/2/28	2000	1
1948/1949					1949/1/16	331	1	1949/1/7	718	1	1948/11/13	891	1	1949/1/6	923	1
1949/1950		1950/3/4	185	1	1950/3/5	162	1	1950/3/5	383	1	1950/3/5	310	1	1950/4/16	398	1
1950/1951		1951/1/30	82.9	1	1951/5/6			1951/5/6	191	1	1951/5/7	158	1	1951/6/2	569	1
1951/1952		1951/12/30	372	1	1951/12/31			1951/12/31	651	1	1951/10/6	561	1	1951/10/5	1000	1
1952/1953		1953/1/28	504	1	1952/12/7			1952/12/7	904	1	1952/12/8	981	1	1953/8/5	493	1
1953/1954	Mellegue	1953/11/5	326	1	1954/2/22			1954/2/22	478	1	1954/2/22	496	1	1953/10/21	244	1
1954/1955		1955/2/8	350	1	1954/12/15			1954/12/15	322	1	1954/12/15	298	1	1955/8/25	548	1
1955/1956		1956/2/8	226	1	1956/2/8			1956/2/8	465	1	1956/2/8	612	1	1955/10/24	1060	1
1956/1957		1957/1/27	150	1	1957/2/3			1957/2/3	255	1	1957/1/24	241	1	1957/5/2	446	1
1957/1958		1958/1/18	330	1	1958/1/15			1958/1/15	515	1	1957/11/17	632	1	1957/10/6	3340	1
1958/1959		1959/4/2	660	1	1959/3/14			1959/3/14	1140	1	1959/3/15	1490	1	1959/6/7	1070	1
1959/1960		1960/5/5	210	1	1960/5/6			1960/5/6	254	1	1960/5/7	202	1	1960/5/5	336	1
1960/1961		1961/1/27	112	1	1961/1/28			1961/1/28	337	1	1961/1/28	255	1	1960/10/5	297	1
1961/1962		1962/2/19	412	1	1962/2/13			1962/2/13	603	1	1962/2/13	675	1	1962/2/13	300	1
1962/1963		1963/4/20	529	1	1963/4/21			1963/4/21	672	1	1963/4/21	746	1	1963/6/24	418	1
1963/1964		1964/1/30	266	1	1964/1/30			1964/1/30	587	1	1964/1/31	756	1	1963/9/6	720	1
1964/1965		1965/1/22	282	1	1965/1/22			1965/1/22	449	1	1964/10/31	686	1	1964/10/31	1230	1
1965/1966		1966/4/23	188	1	1966/4/23			1966/4/23	685	1	1966/4/24	768	1	1966/5/14	392	1
1966/1967		1967/3/21	93.5	1	1967/3/9			1967/3/9	119	1	1967/2/10	186	1	1967/4/22	627	1
1967/1968		1967/12/13	165	1	1968/1/23			1968/1/23	167	1	1968/1/22	348	1	1967/9/12	950	1
1968/1969		1969/1/4	58.2	1	1969/1/4	106	1	1969/1/4	118	1	1969/1/5	268	1	1969/3/26	130	1
1969/1970		1969/12/25	650	1	1969/12/25	508	1	1969/9/28	1490	1	1969/9/28	1440	1	1969/9/27	4480	1
1970/1971			236	1		220	1		381	1		545	1		199	1
1971/1972			185	1		314	1		174	1		296	1		190	1
1972/1973			2370	1		2420	1		3180	1		3500	1		1280	1
1973/1974			48	1		61	1		86	1		212	1		315	1
1974/1975			518	1		724	1		620	1		689	1		1350	1
1975/1976	Bou Heurtma		167	1		221	1		210	1		428	1		775	1
1976/1977			1013	1		970	1		743	1		880	1		519	8
1977/1978															472	8
1978/1979								1979/4/18	410	2.3					1350	8
1979/1980								1979/11/4	484	2.3					487	8
1980/1981	Sidi Salem							1981/2/7	145	2.3					381	8
1981/1982								1982/3/23	211	2.3					544	8
1982/1983								1982/12/27	327	2.3					1120	8
1983/1984								1984/2/5	583	2.3					415	8
1984/1985								1985/1/1	917	2.3					485	8
1985/1986								1986/3/16	81	2.3					365	8
1986/1987		1987/4/14	350	3	1987/2/14	415	3	1987/2/14	788	2.3					441	8
1987/1988		1988/3/9	51.3	3	1988/3/7	123	3	1988/3/7	152	2.3					881	8
1988/1989		1989/2/16	51.3	3	1989/2/16	31	3	1988/10/7	321	2.3					1240	8
1989/1990		1989/10/8	10.8	3	1990/3/24	16.2	2	1989/9/3	320	2.3						
1990/1991		1991/3/19	382	3	1991/3/19	425	3	1990/11/17	595	2.3	1991/1/29	304	3	1990/11/16	971	3
1991/1992		1992/5/25	300	3	1992/4/11	653	3	1992/5/26	776	2.3					1300	8
1992/1993		1993/1/1	123	2.3	1993/1/1	105	3	1993/1/2	100	2.3	1993/1/14	250	3	1992/11/		

表4.4.1 年間流入量、2年間流入量、3年間流入量

(a) Chroniced Inflow							(b) Ranking																	
year	Inflow						Rank	1 year					2 years (interval)					3 years (interval)						
	1 year	% of ave	Consecutive years		Interval	Interval		N=	52	Thomas		% of	N=	25	Thomas		Interval	**One	N=	17	Thomas		Interval	++One
	M m3	%	M m3	M m3	M m3	M m3		Year	Inflow	T	F	ave	Year	Inflow	T	F	(2 yrs)	cycle once	Year	Inflow	T	F	(3 yrs)	cycle once
							M m3			%	M m3				*	in N years	M m3				+	in N years		
1946	2631.3	137.6					1	1993	504.43	0.9811	0.0189	26.4	1994	1218.6	0.9615	0.0385	1/26.0	52.0	1994	2204.5	0.9444	0.0556	1/18.0	54.0
1947	1690.7	88.4	4322.0				2	1988	616.93	0.9623	0.0377	32.3	1988	1582.1	0.9231	0.0769	1/13.0	26.0	1967	4119.2	0.8889	0.1111	1/9.0	27.0
1948	3351.5	175.3	5042.2	7673.5	5042.2		3	1996	649.65	0.9434	0.0566	34.0	1992	2051.9	0.8846	0.1154	1/8.7	17.3	1961	4230.5	0.8333	0.1667	1/6.0	18.0
1949	1950.6	102.0	5302.0	6992.7		6992.7	4	1994	714.21	0.9245	0.0755	37.4	1968	2114.9	0.8462	0.1538	1/6.5	13.0	1988	4295.7	0.7778	0.2222	1/4.5	13.5
1950	1228.6	64.3	3179.2	6530.7	3179.2		5	1989	789.09	0.9057	0.0943	41.3	1974	2713.3	0.8077	0.1923	1/5.2	10.4	1991	4525.5	0.7222	0.2778	1/3.6	10.8
1951	3051.8	159.6	4280.5	6231.0			6	1968	853.88	0.8868	0.1132	44.7	1966	2858.3	0.7692	0.2308	1/4.3	8.7	1979	4792.3	0.6667	0.3333	1/3.0	9.0
1952	3093.2	161.8	6145.0	7373.7	6145.0	7373.7	7	1987	965.16	0.8679	0.1321	50.5	1960	2893.6	0.7308	0.2692	1/3.7	7.4	1997	4881.4	0.6111	0.3889	1/2.6	7.7
1953	3114.0	162.9	6207.1	9259.0			8	1992	985.85	0.8491	0.1509	51.6	1996	3096.2	0.6923	0.3077	1/3.3	6.5	1976	4920.5	0.5556	0.4444	1/2.3	6.8
1954	1189.4	62.2	4303.3	7396.5	4303.3		9	1985	1004.34	0.8302	0.1698	52.5	1978	3150.8	0.6538	0.3462	1/2.9	5.8	1985	5164.3	0.5000	0.5000	1/2.0	6.0
1955	2824.6	147.7	4013.9	7127.9		7127.9	10	1960	1044.04	0.8113	0.1887	54.6	1950	3179.2	0.6154	0.3846	1/2.6	5.2	1964	6610.5	0.4444	0.5556	1/1.8	5.4
1956	1840.5	96.3	4665.1	5854.5	4665.1		11	1973	1059.56	0.7925	0.2075	55.4	1976	3266.7	0.5769	0.4231	1/2.4	4.7	1982	6613.4	0.3889	0.6111	1/1.6	4.9
1957	2783.1	145.6	4623.6	7448.2			12	1991	1066.03	0.7736	0.2264	55.8	1990	3459.5	0.5385	0.4615	1/2.2	4.3	1949	6992.7	0.3333	0.6667	1/1.5	4.5
1958	2885.2	150.9	5668.2	7508.8	5668.2	7508.8	13	1954	1189.39	0.7547	0.2453	62.2	1962	3665.1	0.5000	0.5000	1/2.0	4.0	1955	7127.9	0.2778	0.7222	1/1.4	4.2
1959	1849.5	96.7	4734.7	7517.8			14	1950	1228.63	0.7358	0.2642	64.3	1986	3717.9	0.4615	0.5385	1/1.9	3.7	1970	7213.0	0.2222	0.7778	1/1.3	3.9
1960	1044.0	54.6	2893.6	5778.7	2893.6		15	1967	1260.97	0.7170	0.2830	65.9	1982	4043.0	0.4231	0.5769	1/1.7	3.5	1952	7373.7	0.1667	0.8333	1/1.2	3.6
1961	1336.9	69.9	2381.0	4230.5		4230.5	16	1966	1327.29	0.6981	0.3019	69.4	1984	4160.0	0.3846	0.6154	1/1.6	3.3	1958	7508.8	0.1111	0.8889	1/1.1	3.4
1962	2328.1	121.8	3665.1	4709.1	3665.1		17	1961	1336.94	0.6792	0.3208	69.9	1980	4211.9	0.3462	0.6538	1/1.5	3.1	1973	8223.1	0.0556	0.9444	1/1.1	3.2
1963	1754.1	91.7	4082.2	5419.2			18	1978	1502.29	0.6604	0.3396	78.6	1964	4282.4	0.3077	0.6923	1/1.4	2.9						
1964	2528.3	132.2	4282.4	6610.5	4282.4	6610.5	19	1965	1530.99	0.6415	0.3585	80.1	1954	4303.3	0.2692	0.7308	1/1.4	2.7	Typical	3132.1		0.09	1/11.1	33.3
1965	1531.0	80.1	4059.2	5813.3			20	1976	1609.05	0.6226	0.3774	84.2	1956	4665.1	0.2308	0.7692	1/1.3	2.6						
1966	1327.3	69.4	2858.3	5386.5	2858.3		21	1979	1641.50	0.6038	0.3962	85.8	1948	5042.2	0.1923	0.8077	1/1.2	2.5						
1967	1261.0	65.9	2588.3	4119.2		4119.2	22	1977	1648.53	0.5849	0.4151	86.2	1958	5668.2	0.1538	0.8462	1/1.2	2.4						
1968	853.9	44.7	2114.9	3442.1	2114.9		23	1974	1653.79	0.5660	0.4340	86.5	1952	6145.0	0.1154	0.8846	1/1.1	2.3						
1969	4208.5	220.1	5062.3	6323.3			24	1975	1657.62	0.5472	0.4528	86.7	1970	6359.1	0.0769	0.9231	1/1.1	2.2						
1970	2150.7	112.5	6359.1	7213.0	6359.1	7213.0	25	1947	1690.69	0.5283	0.4717	88.4	1972	7163.6	0.0385	0.9615	1/1.0	2.1						
1971	1950.8	102.0	4101.4	8309.9			26	1963	1754.11	0.5094	0.4906	91.7												
1972	5212.8	272.6	7163.6	9314.2	7163.6		27	1997	1785.12	0.4906	0.5094	93.4												
1973	1059.6	55.4	6272.4	8223.1		8223.1	28	1983	1804.64	0.4717	0.5283	94.4	Typical	2088.1		0.115	1/8.7	17.4						
1974	1653.8	86.5	2713.3	7926.2	2713.3		29	1956	1840.54	0.4528	0.5472	96.3												
1975	1657.6	86.7	3311.4	4371.0			30	1959	1849.52	0.4340	0.5660	96.7												
1976	1609.0	84.2	3266.7	4920.5	3266.7	4920.5	31	1949	1950.55	0.4151	0.5849	102.0												
1977	1648.5	86.2	3257.6	4915.2			32	1971	1950.75	0.3962	0.6038	102.0												
1978	1502.3	78.6	3150.8	4759.9	3150.8		33	1982	2012.56	0.3774	0.6226	105.3												
1979	1641.5	85.8	3143.8	4792.3		4792.3	34	1981	2030.46	0.3585	0.6415	106.2												
1980	2570.4	134.4	4211.9	5714.2	4211.9		35	1970	2150.67	0.3396	0.6604	112.5												
1981	2030.5	106.2	4600.9	6242.4			36	1962	2328.13	0.3208	0.6792	121.8												
1982	2012.6	105.3	4043.0	6613.4	4043.0	6613.4	37	1984	2355.34	0.3019	0.6981	123.2												
1983	1804.6	94.4	3817.2	5847.7			38	1995	2446.60	0.2830	0.7170	128.0												
1984	2355.3	123.2	4160.0	6172.5	4160.0		39	1964	2528.25	0.2642	0.7358	132.2												
1985	1004.3	52.5	3359.7	5164.3		5164.3	40	1980	2570.40	0.2453	0.7547	134.4												
1986	2713.6	141.9	3717.9	6073.2	3717.9		41	1946	2631.33	0.2264	0.7736	137.6												
1987	965.2	50.5	3678.7	4683.1			42	1990	2670.37	0.2075	0.7925	139.7												
1988	616.9	32.3	1582.1	4295.7	1582.1	4295.7	43	1986	2713.57	0.1887	0.8113	141.9												
1989	789.1	41.3	1406.0	2371.2			44	1957	2783.07	0.1698	0.8302	145.6												
1990	2670.4	139.7	3459.5	4076.4	3459.5		45	1955	2824.55	0.1509	0.8491	147.7												
1991	1066.0	55.8	3736.4	4525.5		4525.5	46	1958	2885.17	0.1321	0.8679	150.9												
1992	985.9	51.6	2051.9	4722.3	2051.9		47	1951	3051.84	0.1132	0.8868	159.6												
1993	504.4	26.4	1490.3	2556.3			48	1952	3093.18	0.0943	0.9057	161.8												
1994	714.2	37.4	1218.6	2204.5	1218.6	2204.5	49	1953	3113.96	0.0755	0.9245	162.9												
1995	2446.6	128.0	3160.8	3665.2			50	1948	3351.47	0.0566	0.9434	175.3												
1996	649.6	34.0	3096.2	3810.5	3096.2		51	1969	4208.47	0.0377	0.9623	220.1												
1997	1785.1	93.4	2434.8	4881.4		4881.4	52	1972	5212.81	0.0189	0.9811	272.6												

Max 5212.81
Min 504.43
Mean 1912.08
Media 1769.61

Max 5212.81
Min 504.43
Mean 1912.08
Median 1769.61

Typical drought 1960	1044.0	Million m3
% of average	54.6	%

Typical	3132.1		0.09	1/11.1	33.3
---------	--------	--	------	--------	------

approximate
+ The amount might not exceeds once in X cycles of 2 years
++This 3 year cycle could occur in average once in N years

*The amount might not exceeds once in X cycles of 2 years
**This 2 year cycle could occur in average once in N years

表 5.1.1 貯水池開発水量と実施計画

Dam	Reservoir Yield 10 ⁶ m ³	Presence (+) or absence (-) of the dam			
		2005	2010	2015-20	2025-30
1. Extreme North					
Zerga	19	+	+	+	+
Sidi El Barrak	167	+	+	+	+
Sejnane	80	+	+	+	+
Joumine	74	+	+	+	+
Ghezala	5.6	+	+	+	+
Kebir	24	-	+	+	+
El Moula	17	-	+	+	+
Ziatine	16	-	+	+	+
Gangoum	6	-	-	+	+
Harka	7	-	-	+	+
Douimis	5	-	-	+	+
Melah	12	-	-	+	+
Tine	13	-	-	+	+
Total Yield 10 ⁶ m ³		345.6	402.6	445.6	445.6
2. Ben M'Tir and Kasseb					
Ben Metir	38	+	+	+	+
Kasseb	34	+	+	+	+
Total Yield 10 ⁶ m ³		72	72	72	72
3. Upper Medjerda					
Zouitina	80	+	+	+	+
Bou Heurtma	75	+	+	+	+
Mellegue	127	+	+	-	-
Mellila	25	-	-	+	+
Mellegue II	107	-	-	+	+
Sub-total 10 ⁶ m ³		282	282	287	287
4. Lower Medjerda					
Sidi Salem	348	+	+	+	+
Lakhmes	4.6	+	+	+	+
Siliana	26	+	+	+	+
R'Mil	7	+	+	+	+
Sarrath	13	-	-	+	+
Tessa	24	-	-	-	+
Beja	14	-	-	-	+
Khaled	13	-	-	-	+
Sub-total 10 ⁶ m ³		385.6	385.6	398.6	449.6
Total Mejerda 10 ⁶ m ³		739.6	739.6	757.6	808.6
Grand Total 10 ⁶ m ³		1085.2	1142.2	1203.2	1254.2

Source: Yields reported by MARH. The yield represents the amount of water that can be withdrawn from the reservoir annually with a 20% risk of deficit (i.e. water supply guarantee of 80%)

表 5.1.2 有効貯水容量の算出

Region	Name of dam	Year	2010			2020			2030			Siltation rate (10 ⁶ m ³ per year)	
		Storage Volume at HWL (Mm3)	Storage Volume at NWL (Mm3)	Dead Storage (Mm3)	Active Storage (Mm3)	Storage Volume at NWL (Mm3)	Dead Storage (Mm3)	Active Storage (Mm3)	Storage Volume at NWL (Mm3)	Dead Storage (Mm3)	Active Storage (Mm3)		
Extreme North	Kebir	65.7	64.40	10.60	53.80	64.40	12.70	51.70	64.40	14.80	49.60	0.21	Eau2000
	Zerga	34.8	22.00	2.00	20.00	22.00	3.28	18.72	22.00	4.56	17.44	0.13	Eau2000
	El Moula	26.3	26.30	7.40	18.90	26.30	9.40	16.90	26.30	11.40	14.90	0.20	Eau2000
	Sidi Barrak	325.0	264.50	39.16	225.34	264.50	57.66	206.84	264.50	76.16	188.34	1.85	Eau2000
	Ziatine	42.0	33.00	9.60	23.40	33.00	11.50	21.50	33.00	13.40	19.60	0.19	Eau2000
	Gangoum	21.2	-	-	-	18.30	4.90	13.40	18.30	5.07	13.23	0.02	Eau2000
	Harka	45.5	-	-	-	30.30	10.00	20.30	30.30	11.20	19.10	0.12	Eau2000
	Sejnane	165.7	137.50	23.92	113.58	137.50	34.42	103.08	137.50	44.92	92.58	1.05	Eau2000
	Douimis	58.0	-	-	-	45.60	4.60	41.00	45.60	5.52	40.08	0.09	Eau2000
	Melah	43.0	-	-	-	41.00	8.70	32.30	41.00	10.40	30.60	0.17	Eau2000
	Joumine	165.8	129.90	8.39	121.51	129.90	11.99	117.91	129.90	15.59	114.31	0.36	DBGTH actual
	Ghezala	16.5	11.70	0.97	10.73	11.70	1.17	10.53	11.70	1.37	10.33	0.02	DBGTH actual
Tine	54.5	-	-	-	34.00	3.20	30.80	34.00	3.84	30.16	0.06	Eau2000	
Mejerda River Basin Study Area	Zouitina	132.7	74.82	15.64	59.18	74.82	16.84	57.98	74.82	18.04	56.78	0.12	Eau2000
	Sarrath	48.53	20.95	0.47	20.48	20.95	4.57	16.38	20.95	8.67	12.28	0.41	study report DGB
	Mellegue	147.5	44.40	16.87	27.53	44.40	44.40	-	44.40	44.40	-	2.81	DBGTH actual
	Mellegue2	334.0	-	-	-	195.00	34.00	161.00	195.00	68.00	127.00	3.40	Eau2000
	Tessa	125.0	-	-	-	44.43	10.10	34.33	44.43	15.30	29.13	0.52	Eau2000
	Ben Metir	73.4	57.20	5.92	51.28	57.20	7.32	49.88	57.20	8.72	48.48	0.14	DBGTH actual
	Bou Heurtma	164.0	117.50	7.70	109.80	117.50	8.90	108.60	117.50	10.10	107.40	0.12	DBGTH actual
	Kasseb	92.6	81.88	19.86	62.02	81.88	21.86	60.02	81.88	23.86	58.02	0.20	DBGTH actual
	Beja	46.0	-	-	-	26.40	3.70	22.70	26.40	7.40	19.00	0.37	Eau2000
	Sidi Salem	959.5	814.00	170.90	643.10	814.00	215.90	598.10	814.00	260.90	553.10	4.50	Eau2000
	Khalled	37.0	-	-	-	34.00	9.50	24.50	34.00	12.70	21.30	0.32	Eau2000
	Lakhmes	8.4	7.22	0.18	7.04	7.22	1.30	5.92	7.22	1.60	5.62	0.03	Eau2000
	Siliana	125.1	70.00	20.14	49.86	70.00	30.74	39.26	70.00	41.34	28.66	1.06	DBGTH actual
Rmil	6.0	4.00	-	4.00	4.00	0.50	3.50	4.00	1.00	3.00	0.35	Note 1	

Note 1: The sedimentation rate reported by Eau2000 would fill the complete reservoir shortly after 2020.

R'Mil does not contribute to downstream demands therefore sedimentation rate has been assumed for clarity of presentation.

表5. 1. 3 需要地での塩分濃度の目標値

Code	Description	Name	Max Salinity g/liter
BA01	Agricultural demand	Mornag CMCB	1.50
BE01	Agricultural demand	Testour	2.00
BE02	Agricultural demand	Tebourba Mjez	2.00
BE05	Agricultural demand	Goubellat	2.00
BE07	Agricultural demand	Sidi Ismail	2.00
BE08	Agricultural demand	Nefza Ouechtata	2.00
BE10	Agricultural demand	Skhira	2.00
BE11	Agricultural demand	El-Herri	2.00
BI02	Agricultural demand	Utique	2.00
BI03	Agricultural demand	Tobias Bizerte	2.00
BI04	Agricultural demand	El Aalia Menzel Jmil	2.00
BI05	Agricultural demand	Cap Serrat	2.00
BI06	Agricultural demand	Ghezela	2.00
BI07	Agricultural demand	Teskraya	2.00
BI09	Agricultural demand	Sejenane (Sidi Barak)	2.00
BI10	Agricultural demand	Mateur	1.00
BI11	Agricultural demand	Ras Jebel - Ousja	1.00
BI12	Agricultural demand	Zouaouine	1.00
JE01	Agricultural demand	Bouhertma sect I et II	1.50
JE03	Agricultural demand	Bouhertma sect IV	1.50
JE04	Agricultural demand	Badrouna	2.00
JE07	Agricultural demand	Bouhertma sect VI	2.00
JE08	Agricultural demand	Sidi Shili	2.00
JE09	Agricultural demand	Tabarka Mekna	2.00
JE11	Agricultural demand	Bouhertma phase III	2.00
JE12	Agricultural demand	Hammam Bourguiba Fernana	2.00
KF02	Agricultural demand	Sidi Khiair	2.00
KF10	Agricultural demand	Nebeur	2.00
LA03	Agricultural demand	Kalaat Landlous	3.00
LA09	Agricultural demand	Borj Toumi Nouveau	3.00
LA34	Agricultural demand	Basse Vallée (ancien)	3.00
LA35	Agricultural demand	Tobias Ariana	3.00
NA03	Agricultural demand	Grombalia	1.50
NA04	Agricultural demand	Nouvelle Sauvegarde	1.50
NA06	Agricultural demand	Soliman-MI Bouzelfa	1.50
NA07	Agricultural demand	Korba Menzel Temim	1.50
NA08	Agricultural demand	Ancienne Sauvegarde	1.50
SL01	Agricultural demand	Lakhmes	1.00
SL02	Agricultural demand	Gaafour-Laroussia	1.00
SL09	Agricultural demand	Rmil	1.00
UBER	Urban water demand	Towns along the pipeline (Ben M'Tir)	1.50
UBIZ	Urban water demand	Bizerte	1.50
UCTU	Urban water demand	Tunis	1.50
UNAB	Urban water demand	Cap Bon (Nabeul)	2.50
USFA	Urban water demand	Sfax & Sidi Bouzid	1.50
USAK	Urban water demand	Sahel & Kairouan	1.50
EN02	Environmental demand	Lake Ichkeul	2.00

表5.5.1 小流域の土砂生産（侵食率）

1	Name of Dam	Sidi Salem					
	Capacity at Normal Water Level (Mm ³)	814.0	Date of Measure	Jun-87	Aug-89	Mar-91	Oct-98
	Catchment Area As(km ²)	18191	Period of Time t(year)	6.0	8.0	10.0	17.0
	Date of Service Start	1981	Sediment Volume (Mm ³)	30.6	47.0	52.0	87.5
	Data Source	① ②	Annual Sediment Volume Md'(Mm ³ /yr)	5.1	5.9	5.2	5.1
			Annual Net Swdiment Volume Md(Mm ³ /yr)	3.3	3.8	3.4	3.3
			Denudation Rate (mm/yr)	0.2	0.2	0.2	0.2
2	Name of Dam	Mellegue					
	Capacity at Normal Water Level (Mm ³)	270.0	Date of Measure	Jun-75	May-80	Dec-91	Jun-00
	Catchment Area As(km ²)	10309	Period of Time t(year)	21.0	26.0	37.5	46.0
	Date of Service Start	1954	Sediment Volume (Mm ³)	54.5	90.0	142.0	179.0
	Data Source	① ②	Annual Sediment Volume Md'(Mm ³ /yr)	2.6	3.5	3.8	3.9
			Annual Net Swdiment Volume Md(Mm ³ /yr)	1.7	2.3	2.5	2.5
			Denudation Rate (mm/yr)	0.2	0.2	0.2	0.2
3	Name of Dam	Bou Heurtma					
	Capacity at Normal Water Level (Mm ³)	117.5	Date of Measure	Mar-93			
	Catchment Area As(km ²)	390	Period of Time t(year)	16.0			
	Date of Service Start	1976	Sediment Volume (Mm ³)	2.0			
	Data Source	① ②	Annual Sediment Volume Md'(Mm ³ /yr)	0.1			
			Annual Net Swdiment Volume Md(Mm ³ /yr)	0.1			
Denudation Rate (mm/yr)			0.2				
4	Name of Dam	Ben Metir					
	Capacity at Normal Water Level (Mm ³)	62.0	Date of Measure	1986			
	Catchment Area As(km ²)	103	Period of Time t(year)	32.0			
	Date of Service Start	1954	Sediment Volume (Mm ³)	4.0			
	Data Source	① ②	Annual Sediment Volume Md'(Mm ³ /yr)	0.1			
			Annual Net Swdiment Volume Md(Mm ³ /yr)	0.1			
Denudation Rate (mm/yr)			0.8				
5	Name of Dam	Kasseb					
	Capacity at Normal Water Level (Mm ³)	82.0	Date of Measure	1986			
	Catchment Area As(km ²)	101	Period of Time t(year)	18.0			
	Date of Service Start	1968	Sediment Volume (Mm ³)	2.8			
	Data Source	① ②	Annual Sediment Volume Md'(Mm ³ /yr)	0.2			
			Annual Net Swdiment Volume Md(Mm ³ /yr)	0.1			
Denudation Rate (mm/yr)			1.0				
6	Name of Dam	Lakhmes					
	Capacity at Normal Water Level (Mm ³)	8	Date of Measure	1975	1991	Jun-00	
	Catchment Area As(km ²)	127	Period of Time t(year)	9.0	25.0	34.0	
	Date of Service Start	Apr-66	Sediment Volume (Mm ³)	2.0	1.2	1.0	
	Data Source	① ②	Annual Sediment Volume Md'(Mm ³ /yr)	0.2	0.0	0.0	
			Annual Net Swdiment Volume Md(Mm ³ /yr)	0.1	0.0	0.0	
			Denudation Rate (mm/yr)	1.1	0.2	0.2	
7	Name of Dam	Siliana					
	Capacity at Normal Water Level (Mm ³)	70.0	Date of Measure	May-94			
	Catchment Area As(km ²)	1,040	Period of Time t(year)	7.0			
	Date of Service Start	Dec-87	Sediment Volume (Mm ³)	4.1			
	Data Source	① ②	Annual Sediment Volume Md'(Mm ³ /yr)	0.6			
			Annual Net Swdiment Volume Md(Mm ³ /yr)	0.4			
Denudation Rate (mm/yr)			0.4				

Data Source

①Le Transport Solide des Oueds en Tunisie, Apr 2001 (The Strong Transportation of the Wadis in Tunisia, Apr 2001)

②Monthly data of dams

■ : The original data are questionable.

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)

APPENDIX 1

Units (facilities and/or projects) obligatorily submitted to an Impact Study on the Environment (EIA).

Category A: Units which require a consulting period which does not exceed 21 working days

- 1) Units of domestic and assimilated waste with a capacity that does not exceed 20 tons per day.
- 2) Units of treatment and manufacture of building materials of ceramics and glass
- 3) Units of drugs manufacturing
- 4) Units of manufacturing non ferrous metals
- 5) Units of metal treatment and surface treatment
- 6) project of exploration and extraction of oil and natural gas
- 7) Industrial quarries of ballast and sand which output do not exceed 300000 tons per year, and the industrial quarries of clay and marble stones.
- 8) Manufacturing unit of sugar refinery and yeast
- 9) Unit of thread textile dyeing, of clothing, knitting and jeans fading and completion
- 10) Project of development of industrial areas the surface of which does not exceed five (5) hectares
- 11) Project of urban allotment which surface is comprised between five (5) and twenty (20) hectares
- 12) Project of development of tourist areas the surface of which is comprised between ten (10) and thirty (30) hectares
- 13) Manufacturing units of mineral fibre
- 14) Units of manufacturing, transformation, conditioning and conservation of foodstuff
- 15) Slaughterhouses
- 16) Manufacturing or construction unit of car, lorries or their motors
- 17) Shipyard projects
- 18) Project of manufacturing and maintenance of aircraft
- 19) Units of shellfish farming
- 20) Water desalination units in industrial and tourist units
- 21) Units of spa and hydrotherapy industry
- 22) Hotel units with a capacity exceeding three hundred beds (300)
- 23) Manufacturing unit of paper and cardboard
- 24) Manufacturing unit of elastomer and peroxide

Source: ANPE, MEDD

表5. 9. 1 環境影響評価に関する法令No. 1999-2005の別表1 (2/2)

Category B: Units which require a consulting period that does not exceed three working months (3 months)

- 1) Unit of raw oil refinery and installation of gasification and liquefaction of at least 500 tons of coal or bituminous schist oil per day
- 2) Unit of electricity manufacturing with at least a capacity of three hundred MW
- 3) Units of domestic and assimilated waste with a capacity that does not exceed 20 tons per day.
- 4) Unit of management of hazardous wastes
- 5) Manufacturing unit of concrete, whitewash and gypsum
- 6) Manufacturing unit of chemicals, pesticides, painting, polish and bleach category 2 according to the nomenclature of establishments known as hazardous, unhealthy and inconvenient.
- 7) Steel units
- 8) Industrial quarries of ballast and sand which output do not exceed 300000 tons per year, and the extraction of water resources.
- 9) Manufacturing unit of paper pulp and treatment of cellulose
- 10) Project of construction of railways, motorways, express roads, bridges and grade separation
- 11) Project of airport construction with a takeoff and landing track longer than two thousand one hundred meter (2100).
- 12) Project of commercial, fishing and pleasure ports
- 13) Project of development of industrial areas with a surface exceeding five (5) hectares
- 14) Project of urban allotment with a surface that does not exceed twenty (20) hectares
- 15) Project of development of tourist areas the surface of which exceeds thirty hectares (30)
- 16) Transport facilities of raw oil and gas
- 17) Units of treatment of urban waste water
- 18) Collective units of treatment of industrial waste water
- 19) Units of tannery and tanning
- 20) Project of irrigated areas through treated waste water
- 21) Projects of big dams
- 22) Aquaculture project not mentioned in category A of Appendix 1
- 23) Desalination unit of drinking water supply in urban areas
- 24) Project of vacation village with a capacity exceeding one thousand bed (1000)
- 25) Units of extraction, treatment, and washing of mineral and non mineral products
- 26) Units of phosphate transformation and its by products

Source: ANPE, MEDD

表5.9.2 環境影響評価に関する法令No. 1999-2005の別表2

APPENDIX II Units (facilities and/or projects) submitted to Terms and Conditions

- 1) Projects of urban allotment with a surface area which does not exceed five (5) hectares and projects of tourist area with a surface area which does not exceed ten (10) hectares
- 2) Projects of construction of schools and teaching establishments
- 3) Projects of construction of canals for water conveyance or diversion
- 4) Projects of energy transport which are not mentioned in Appendix 1 and which do not cross legally protected areas such as natural and significant areas
- 5) Project of costal development not mentioned in Appendix 1
- 6) Oil mil units
- 7) Units of animal and vegetal oil extraction
- 8) Units classified of animal breeding
- 9) Unit of textile industry not mentioned in Appendix 1
- 10) Unit of stamping,, cutting and big metal parts
- 11) Units of storage, hydrocarbon distribution or the stations of washing and greasing vehicles
- 12) Manufacturing units of starchy
- 13) Traditional quarries
- 14) Units of storage of gas and chemical products
- 15) Boiler making industry, tank construction and other parts of sheet-metal works
- 16) Laundries using water for washing clothes and blankets
- 17) Lake occurring between hills
- 18) Manufacturing units of toiletries and vitamins

Source: ANPE, MEDD

表7.2.1 確率流域平均6日雨量および既往主要洪水時の流域平均6日雨量の確率規模

(1) Probable Basin Average 6 day Rainfall (1968/69 - 2005/06) (mm)

Catchment Return Period	HY-M	HY-U1	HY-U2	HY-D1	HY-D2	HYd-Bh
	Mellgue, Mejerda Conf	Mellgue, Mejerda Conf	Sidi Salem	Larroussia Dam	Estuary	BouHeurtma Dam
	4561	1154	10414	14172	15968	390
	km2	km2	km2	km2	km2	km2
2	55	75	60	56	55	143
5	82	101	84	80	79	185
10	104	121	100	98	96	215
20	128	141	118	116	113	246
30	143	155	129	127	124	264
50	164	171	143	141	137	289
100	195	196	163	162	156	324
200	230	224	184	184	175	361
Disribution	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3

Note : Basin average rainfall of HY-U2 will be applied to HY-D1 and HY-D2 as their values are similar.
LP3 : Log Pearson Type III, GEV : Generalized Extream Value

(2) Probable Peak Discharge at K13 and Ghardimaou (m3/s)

K13	Ghardimaou
9000	1480
km2	km2
470	250
940	520
1430	790
2080	1150
2200	1410
3340	1830
4710	2550
6620	3540
GEV	GEV

(3) Basin Average 6 Day Rainfall during Experienced Major Floods

Flood	date		6day rain	HY-M	HY-U1	HY-U2	HY-D1	HY-D2	BouHeurtma
			Return period						
1973 Mar Fl.	6 day rainfall	1973/3/24 to 1973/3/29	mm/6days	115	130	121	120	111	213
			year	15	15	22	25	20	10
2000 May Fl.	6 day rainfall	2000/5/22 to 2000/5/27	mm/6days	74	121	70	62	64	32
			year	4	10	3	2.5	3	<1.01
2003 Jan Fl.	6 day rainfall	2003/1/8 to 2003/1/13	mm/6days	110	89	98	100	94	112
			year	12	4	10	12	10	1.01-2
	6 day rainfall	2003/1/16 to 2003/1/21	mm/6days	27	88	46	41	41	155
			year	1.01-2	4	1.01-2	1.01-2	1.01-2	3
	6 day rainfall	2003/1/22 to 2003/1/27	mm/6days	41	72	62	56	51	121
			year	1.01-2	1.01-2	2	2	1.01-2	1.01-2
	6 day rainfall	2003/1/31 to 2003/2/5	mm/6days	16	61	37	32	31	118
			year	<1.01	1.01-2	1.01-2	1.01-2	1.01-2	1.01-2
2004 Jan Fl.	6 day rainfall	2003/12/8 to 2003/12/13	mm/6days	139	175	139	142	140	223
			year	28	50	40	50	60	13
	6 day rainfall	2003/12/19 to 2003/12/24	mm/6days	28	54	40	32	35	116
			year	1.01-2	1.01-2	1.01-2	1.01-2	1.01-2	1.01-2
	6 day rainfall	2003/12/29 to 2004/1/3	mm/6days	42	51	51	40	43	146
			year	1.01-2	1.01-2	1.01-2	1.01-2	1.01-2	2
	6 day rainfall	2004/1/20 to 2004/1/25	mm/6days	14	24	30	23	23	127
			year	<1.01	<1.01	1.01	1.01	1.01	1.01-2

(4) Peak Discharge at K13 and Ghardimaou (m3/s)

K13	Ghardimaou
1280	2370
8	80
4480	737
90	10
2600	1090
30	18
692	334
3	3
154	419
<1.01	4
80	131
<1.01	1.01-2
2480	938
28	15
-	-
645	1470
3	32
-	190
	<1.01

Note : - : Negligibly small

表7.2.2 確率洪水流量

(1) Runoff Analysis Result : Peak Runoff from Sub-catchments *1

Runoff Zone	CA	Peak Discharge (m3/s)						
	km2	2-y	5-y	10-y	20-y	50-y	100-y	200-y
Dam Sites								
BouHeurtma Dam	390	240	490	745	1083	1731	2427	3391
Siliana Dam	1040	164	334	508	738	1180	1654	2312
Tessa Dam	1420	213	434	660	960	1535	2151	3006
Sarrath Dam (HY-M)	1850	278	567	863	1255	2005	2811	3927
Sarrath Dam (HY-U2)	1850	270	551	838	1220	1950	2733	3818
Runoff from sub Catchment								
HY-U1 (HY-U1)	1154	189	386	587	854	1365	1913	2673
HY-Mp1 (HY-M)	2306	304	621	944	1374	2196	3078	4300
HY-Mp1 (HY-U2)	2306	296	603	918	1335	2134	2991	4180
HY-Mp2	405	63	129	196	284	455	637	890
HY-U2p11 (U2)	1154	158	323	492	715	1143	1602	2239
HY-U2p12	1664	234	478	727	1057	1690	2368	3309
HY-U2p13	1630	195	398	606	881	1409	1974	2759
HY-D2p11	1626	240	490	746	1085	1734	2430	3396
HY-D2p12	1092	134	273	415	604	966	1353	1891
HY-D2p13	1473	188	383	582	847	1354	1898	2652

(2) Probable Flood Calculation Result (No dam, MIKE BASIN simulation Result)

Runoff Zone	CA	Peak Discharge (m3/s)						
	km2	2-y	5-y	10-y	20-y	50-y	100-y	200-y
Bou Salem (Mej&BH conf.)	16500		733	1501	2252	3339	5267	7107
Sidi Salem Dam site	18150		675	1376	2066	3035	4820	6547
Estuary	23397		546	1092	1638	2397	3790	5201

Note : () Basin Average Rainfall Applied

(3) Design Peak Discharges (Inflow from Algeria)

Station	CA	Peak Discharge (m3/s)						
	km2	2-y	5-y	10-y	20-y	50-y	100-y	200-y
BP-AM (Mellegue) *1	6224	470	940	1430	2080	3340	4710	6620
BP-AU2 (Ghardimaou) *1	1507	250	520	790	1150	1830	2550	3540

(4) Probable Peak Discharges in Existing Studies

Station	CA	Peak Discharge (m3/s)								Design flood	
	km2	2-y	5-y	10-y	20-y	50-y	100-y	200-y	1000-y		10000-y
Dam Sites											
BouHeurtma Dam *3	390									(Return period unknown)	3300
Tessa Dam *3	1420			1250			2500		3500	5500	5500
Sarrath Dam *3	1850						3800		8000		8000
Mellegue Dam *3	10309						4500		11300		6000
Siliana Dam *3	1040									(Return period unknown)	5100
Sidi Salem *3	18150									(Return period unknown)	6700
Mellegue 2 *3	10100			1700			5000		11000	25500	11000
estimated upper limit*3	10100			3100			8000		16500	35000	
Gauging station sites											
K13 *1	9000	470	940	1430	2080	3340	4710	6620			
K13 *3	9000			1600			4700		10400	24000	
estimated upper limit*3	9000			2900			7600		15500	33000	
Bou Salem (w/o Mellegue)*1	16330	530	1080	1560	2110	2970	3720	4580			
Bou Salem (w/o Mellegue)*2	16330	556		1625			4050				
Mejez El bab (w/oMellegue)	21008	650		1790			4000				

Source : *1 : Computation by the Study Team

*2 : Monographies

*3 : Various dam data and Existing study reports

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)

(1) Interview Survey on Public Acceptance of Flood Risk

The survey on the acceptance of flood risk was carried out in the Mejerda River basin (upper, middle and lower) with 400 sampled respondents. The major survey results are enumerated below.

- (a) The government provided assistance to the victims of the floods (1973, 2003, etc.); this help was varied, it included compensation in money for the undergone damage but also food, clothes and mobilization of support staff; however, the surveyed people, in their great majority estimate that this help was insufficient and did not satisfy them because it could not cover the total of damage which they suffered.
- (b) Almost all the surveyed people, except 3 people, have declared frightened by return of floods. The imperative reasons of this fear are especially explained by fear that necessary measures have not been taken to protect them. Fears relate to the destruction of property, the destruction of houses and loss of human lives. This fear results in the largely widespread belief (more than 84% of the cases) that serious floods are foreseeable in the future.
- (c) Indeed, 88.3% of the surveyed people believe that there will be risks in future flood. Only a small minority of 5% were quiet because it is persuaded that necessary measures will be taken to face the future floods.
- (d) Questioned on the causes of risk of floods to come, the surveyed people are especially worried because they are in the fear that necessary measures will not be taken (40.7% of the questioned cases) or because there are many houses and cultivated lands in the lower areas. People tend to in general believe that the next flood will be more catastrophic, considering necessary measures are not taken.
- (e) Questioned if they can cohabit with a certain level of risk, the great majority of the questioned people reject this possibility, considering that the tolerance level is equal to zero flood. However, a minority of more than 20% thinks that it can live with a minimum of risk. Thus, the acceptability of risk of floods is very low. The fear of floods and the risk which they generate is dominant in the population.
- (f) People know the majority of structural measures, in particular improvement of riverbeds, dams and levees. However, they know much less about a retarding basin.
- (g) In their great majority, they believe that these measures should be applied. The minority which does not believe in this need considers that it was not convinced of the effects of these measures in the past.
- (h) Those who believe on the contrary in the need for these measures want to live in safety, to reduce flood damage and to preserve their sources of income.
- (i) People know well some non-structural measures and less better some others. They know more about alarm systems and to a lesser extent about the lawful control of land use. They know much less about the system of fighting against floods with participation of population and an insurance flood system.
- (j) An important majority slightly higher than that for the structural measures considers that it is necessary to apply non-structural measures, while a minority of 23% does not see the need of it, convinced of their low effectiveness.
- (k) Questioned if the Government will take necessary measures to protect the population during future floods, a simple majority believe that it will take them. They are persuaded that the Government has budgetary constraint which prevents it from taking such

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 (2/4)

measures.

- (l) Structural and non structural measures shown in the survey are in harmony with the expectation of two thirds of the surveyed people, while the remaining 1/3 estimate that they are not completely in harmony with their expectations and propose supplementary measures, in particular better monitoring of reservoir water level and better help of evacuation.
- (m) People are relying much on the assistance of the Government; this means that they have high hopes on the Government, although they do not have complete confidence in its firm decision to take necessary measures at an appropriate time.
- (n) Half of the people surveyed are laid out to assume a share of responsibility with respect to the danger of future floods, while about the other half is not laid out yet to assume this responsibility. As to what are the reasons for refusal to assume the self-responsibility, more than half of people estimate that the management of floods concerns the Government strictly, while the others estimate that the individuals cannot do anything against the phenomenon of flood.
- (o) The great majority do not want to come to a conclusion about the amount of money which they agree to pay and estimate that they will make the decision at the time of the advent of flood and a minority is laid out to pay less than 100 DT; another minority more than 100 Dinars.
- (p) Concerning structural measures to apply, the surveyed people gave the absolute priority to the improvement of riverbed and the construction of farm roads to avoid being surrounded in the event of floods; they also estimate that the establishment of rules of more rigorous management at the reservoir water level is desirable.
- (q) Concerning non-structural measures, the surveyed people give priority to the regulation which would prohibit construction in low zones to avoid the danger from the floods; they are also persuaded of the importance of alarm system for the evacuation at the time of floods.

People do not seem to be familiar with a hazard map, house resistant to floods, a system of flood fighting with community participation and especially a flood insurance system.

(2) First Stakeholders' Meeting

The stakeholders' meeting was carried out also in the upper, middle and lower regions of the Mejerda River with 138 participants in total. The major discussion results are as enumerated below.

- (a) As regards non-Structural Measures
 - 1) Populations have pointed out insufficiency of flood measures and have suggested that the good management of reservoir water release should not be cumulated with big floods or strong rainfalls considering that the decreased capacity of the Mejerda River could not longer accommodate big discharges, sedimentation being one of the main causes.
 - 2) They have stressed failed civil protection measures, which are too late and slow to act; therefore it needs strengthening and good coordination to help reduce the extent of flood damage.
 - 3) Other non-structural measures to be implemented include development of an

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 (3/4)

optimum level of coordination between various administrations to avoid disorderly and counter-productive actions such as the authorizations delivered by local government to allow building houses, factories or projects in the public hydraulic domains. These measures also include prohibiting plantation of trees in river channels under a pretext of fixing the soil as well as the disorderly construction of dyke in river channels, obstructing the flow and also deteriorating proper function of automatic water level gauges.

- 4) Follow-up measures, such as information of public and sensitization campaigns, would be necessary at the time of major decisions to establish confidence between the administration and the populations.

All of these issues raised suggest that a good organizational and institutional strengthening and capacity building program is necessary in the plan formulation before any sustainable implementation of the measures is ensured.

(b) As regards Structural Measures

- 1) As most urgent structural measures, river widening and river course cleaning to remove sediment and anarchical vegetation growing inside river courses have been suggested. Construction of farm roads or rehabilitation of existing ones, are suggested to prevent people from being surrounded by water during floods. This measure has been an opinion widely expressed in the interview survey and public consultations.
- 2) The construction of a shortcut channel to rectify the route of the Mejerda River has also been suggested to avoid meandering of river which invades cultivated lands and make them easily flooded.
- 3) The construction of a bypass channel to control big discharge during floods has been highly suggested as well.
- 4) The populations are unanimous to preserve the historical monuments and to find a friendly solution so as not to put in danger the historical inheritance of Tunisia, referring particularly to the Muradi bridge (built in 1088; 11th century 1088) of Medjez el Bab. Construction of a bypass channel or a floodway outside of the city has been suggested.
- 5) Most of the populations denounced the anarchical behaviours of people who build in flood prone areas, destroy levees along river channels and throw wastes into rivers. Any implementation of structural measures should first deal with these people and find a way through sensitization or other means to solve these problems, some of which, such as building houses in the hydraulic public domain, are very complex issues considering involvement of some local authorities.

(3) Second Stakeholders' Meeting

The stakeholders' meeting was carried out also in the upper, middle and lower regions of the Mejerda River with 187 participants in total. The major discussion results are as enumerated below.

- (a) A large majority expressed its concern at the impact of the measures on the socio-economic life in particular. Indeed, the farmers and breeders who live on the edge of the Mejerda River are concerned that the construction works related to the measures take too long, which could negatively influence their sources of income that are depending on the water of the Mejerda River: irrigation of agricultural land and water for livestock.

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 (4/4)

- (b) The fear of water pollution is the main source of concern, especially in the middle and lower areas of the Mejerda River basin.
- (c) A large majority gave their approval to the presented structural measures (85%), but 17.7% of them did agree only if there are no serious impact of the planned structural measures.
- (d) It is also important to take into account the 15% minority who refuses the measures or who do not understand them well enough. Their refusal resulted mainly from the fear that compensation would not be applied fairly.
- (e) At the regional level, the understanding and adherence to the structural measures is not homogeneous; there are different levels depending on the locations of meetings. At Bou Salem, the level of understanding and adherence is very satisfactory; it is gratifying at Sidi Thabet and quite satisfying at Testour. This is due to three reasons:
 - 1) First reason: At Testour and Sidi Thabet, it is noted that there are large numbers of farmers and breeders who live mainly on the use of water of the Mejerda River for irrigated agriculture and for livestock. These people are worried about their sources of income which would be affected if the construction works take a long time. At Bou Salem, it is noted that there are large numbers of residents (employees, officials, etc.) who have suffered especially due to the urban flooding destroying their homes.
 - 2) Second reason: At Bou Salem, the participants felt that the structural measures would adequately meet their expectations; to the contrary at Testour and Sidi Thabet, there are localities, such as Slouguia, Mastouta, Sidi Thabet and Kalat Landalous which felt that the measures had not taken into consideration their localities.
 - 3) Third reason: At Testour, some participants felt that in the past they had not been adequately compensated for the construction of the Sidi Salem Dam. They are afraid that the bad experience would be repeated in the future.

表 8. 2. 1 洪水時の貯水池運用調整の基本ルール (1/3)

Dam name	Sidi Salem Dam (Existing)
Dams to be coordinated	Mellegue (Mellegue2), Bou Heurtma and Siliana Dams.
Reference points of discharges	Ghardimaou, Jendouba, Bou Salem, Jebel Laoudj, Gauging Stations (GSs)
Reservoir operation	<ul style="list-style-type: none"> - If the actual water level in the Sidi Salem Reservoir (the Reservoir) is at the normal water level (or close to this level) and the discharge upstream of the Reservoir (e.g. outflow from the Mellegue Dam, at Jendouba or Bou Salem GSs) is higher than the maximum river channel capacity downstream of the Reservoir, it is recommended to pre-release the Reservoir by releasing the maximum river channel capacity. - Pre-release of the Reservoir is limited by the inflow from the Khaled River and the Siliana River. The pre-release must be coordinated with the discharge at Jebel Laoudj GS. - If the outflow from the Mellegue Dam or the discharge at Ghardimaou, Jendouba or Bou Salem GSs increases 3,000 m³/s, it is recommended to immediately and completely open both bottom outlets and one sluice of main spillway. - If the outflow from the Mellegue Dam or the discharge at Ghardimaou, Jendouba or Bou Salem GSs increases 5,000 m³/s and the discharge at such a check point has still an increase tendency, it is recommended to immediately and completely open both bottom outlets and all 3 sluices of main spillway and release as much outflow as possible from to the Reservoir. - As soon as the water level in the Reservoir reaches the maximum high water level (MHWL) = 119.50 m, it is needed to immediately open as many outlets or spillway gates as necessary for stopping increase of water level.
Dam name	Mellegue Dam (Existing)
Dams to be coordinated	Bou Heurtma, Tessa Dams
Reference points of discharges	Border with Algeria, the Sarrath River, K 13 GS, Jendouba GS
Reservoir operation	<ul style="list-style-type: none"> - If the actual water level in the Mellegue Reservoir (the Reservoir) is at the normal water level (or close to this level) and the discharge upstream of the Reservoir (e.g. inflow from Algeria, measured discharge on the Sarrath River or in K 13 GS) is higher than the maximum river channel capacity downstream of the Reservoir, it is recommended to pre-release the Reservoir by releasing the maximum river channel capacity. - Pre-release of the Reservoir must be coordinated with the actual discharge at Jendouba GS and according to flood situation on the Bou Heurtma and the Tessa Rivers, so that the maximum river channel capacity in the Mejerda River reaches from Jendouba to the Sidi Salem Reservoir is not exceeded. - If the discharge upstream of the Reservoir (the Mellegue River at Algerian border, the Sarrath River, etc.) exceeds 1,500 m³/s it is recommended to immediately and completely open both bottom outlets, i.e. to release up to 600 m³/s. - As soon as the water level in the Reservoir reaches MHWL (269.00 m), it is needed to immediately open as many outlets or spillway gates as necessary for stopping increase of water level.
Dam name	Bou Heurtma Dam (Existing)
Dams to be coordinated	Mellegue (Mellegue2), Tessa, Ben Metir, Mellegue Dams
Reference points of discharges	Fernana, Jendouba GSs
Reservoir operation	<ul style="list-style-type: none"> - If the actual water level in the Bou Heurtma Reservoir (the Reservoir) is at the normal water level (or close to this level) and the discharge upstream of the Reservoir (e.g. outflow from the Ben Metir Reservoir or at Fernana GS) is higher than the maximum river channel capacity downstream of the Reservoir, it is recommended to pre-release the Reservoir by releasing the maximum river channel capacity through the bottom outlet. - Pre-release of the Reservoir must be coordinated with the actual discharge at Jendouba GS, releasing of the Mellegue Reservoir and according to flood situation on the Tessa River, so that the maximum river channel capacity in the Mejerda River reaches from Jendouba to the Sidi Salem Reservoir is not exceeded. - As soon as water level in Reservoir reaches the uncontrolled spillway crest (221.00 m), the bottom outlet of the Bou Heurtma Dam is gradually closed to release a constant outflow (equal to the maximum river channel capacity downstream of the Reservoir) as long as possible. The bottom outlet is completely closed during culmination of flood wave.

表 8. 2. 1 洪水時の貯水池運用調整の基本ルール (2/3)

	<ul style="list-style-type: none"> - As soon as the water level in the Reservoir reaches MHWL (226.00 m) it is needed to immediately open the bottom outlets (partly or completely) as necessary for stopping increase of water level. - After water level culmination in the reservoir, it is necessary to release flood control storage. During the first releasing period, the water automatically spills over the uncontrolled spillway. After storage decreasing through the spillway, the water in the Reservoir is released with the maximum river channel capacity in the Bou Heurtma River downstream of the Reservoir. During this second period, the bottom outlet is gradually opened and releasing of reservoir continues until the actual normal water level in the Reservoir is reached (i.e. the flood control storage of the Reservoir is empty).
Dam name	Siliana Dam (Existing)
Dams to be coordinated	Sidi Salem, Lakhmes Dams
Reference points of discharges	Jendouba, Bou Salem, Oussafa, Slouguia GSs
Reservoir operation	<ul style="list-style-type: none"> - If the actual water level in the Siliana Reservoir (the Reservoir) is at the normal water level (or close to this level) and the discharge upstream of the Reservoir (e.g. outflow from the Lakhmes Reservoir or at Oussafa GS) is higher than the maximum river channel capacity downstream of the Reservoir, it is recommended to pre-release the Reservoir by releasing the maximum river channel capacity through the bottom outlet. - Pre-release of the Reservoir must be coordinated with the actual discharge at Slouguia GS and releasing of the Sidi Salem Reservoir, so that the maximum river channel capacity in the Mejerda River downstream of the Sidi Salem Dam is not exceeded. - As soon as the water level in the Reservoir reaches the uncontrolled spillway crest (388.50 m), the bottom outlet of the Siliana Dam is gradually closed to release a constant outflow (equal to the maximum river channel capacity downstream of the reservoir) as long as possible. The bottom outlet is completely closed during culmination of flood wave. - As soon as the water level in the Reservoir reaches MHWL (395.50 m), it is needed to immediately open the bottom outlets (partly or completely) as necessary for stopping increase of water level. - After water level culmination in the reservoir, it is necessary to release flood control storage. During the first releasing period, the water in the Reservoir automatically spills over the uncontrolled spillway. After storage decreasing through the spillway, the water in the Reservoir is released with the maximum river channel capacity in the Siliana River downstream of the Reservoir. During this second period, the bottom outlet is gradually opened and releasing of reservoir continues until the actual normal water level in the Reservoir is reached (i.e. the flood control storage of the Reservoir is empty).
Dam name	Mellegue2 Dam (under detailed design)
Dams to be coordinated	Mellegue, Bou Heurtma and Tessa Dams
Reference points of discharges	Border with Algeria, the Sarrath River, K 13 GS, Jendouba GS
Reservoir operation	<ul style="list-style-type: none"> - The Mellegue 2 and the Mellegue Reservoirs are operated as cascade reservoirs. It is recommended to fill the upper reservoir at first and during the flood descending period to empty also the upper reservoir at first. - If it is necessary to release a big outflow from the Mellegue Reservoir (e.g. in case of huge flood in the Mellegue River catchment), the bottom outlet of the Mellegue 2 Reservoir (the Reservoir) can be open (up to the maximum capacity) during the flood ascending period to support higher releasing discharge from the Mellegue Reservoir. In such a case, it is recommended to completely close the bottom outlet of the Reservoir again at the moment of peak inflow into the Reservoir. This operation enables to use the maximum volume of flood control storage and decrease and postpone a peak outflow from the Reservoir. - As soon as the water level in the Reservoir reaches MHWL (304.00 m), it is needed to immediately open bottom outlets (partly or completely) as necessary for stopping increase of the water level. During this operation, it is needed to consider safety risk of both dams as well. - After water level culmination in the reservoir, it is necessary to release flood control storage. During the first releasing period, water in the Reservoir automatically spills over the uncontrolled spillway into the Mellegue Reservoir and the Mellegue Reservoir is used as a buffer reservoir. After storage decreasing through the spillway, the water level in the Reservoir is released with the maximum river channel capacity in the Mellegue River downstream of the Mellegue Dam. During this second period, water level in the Mellegue Reservoir remains stable: only the Reservoir is

表 8. 2. 1 洪水時の貯水池運用調整の基本ルール (3/3)

	released. Releasing of the Mellegue Reservoir continues after the Reservoir reaches the normal water level (i.e. the flood control storage of the Reservoir is empty).
Dam name	Sarrath Dam (under construction)
Dams to be coordinated	Mellegue (Mellegue 2), Tessa and Ben Metir Dams
Reference points of discharges	Sidi Abdelkader, Sarrath Pont Route, K 13 GSs
Reservoir operation	<ul style="list-style-type: none"> - If the actual water level in the Sarrath Reservoir (the Reservoir) is at the normal water level (or close to this level) and the discharge upstream of the Reservoir (e.g. at Sidi Abdelkader GS or Sarrath Pont Route GS) is higher than the maximum river channel capacity downstream of the Reservoir, it is recommended to pre-release the Reservoir by releasing the maximum river channel capacity through the bottom outlet. - The pre-release must be coordinated with the actual Mellegue inflow from Algeria or according to the actual discharge or the discharge forecasted for K 13 GS and also according to actual situation of the Mellegue (Mellegue 2) Reservoir. - As soon as the water level in the Reservoir reaches the uncontrolled spillway crest (546.00 m), the bottom outlet of the Sarrath Dam is gradually closed to release a constant outflow (equal to the maximum river channel capacity downstream of the Reservoir) as long as possible. The bottom outlet is completely closed during culmination of flood wave. - As soon as the water level in the Reservoir reaches MHWL (552.00 m), it is needed to immediately open bottom outlets (partly or completely) as necessary for stopping increase of the water level. - After water level culmination in the reservoir, it is necessary to release flood control storage. During the first releasing period, water in the Reservoir automatically spills over the uncontrolled spillway. After storage decreasing through the spillway, the water in the Reservoir is released with the maximum river channel capacity in the Sarrath River downstream of the Reservoir. During this second period, the bottom outlet is gradually opened and releasing of reservoir continues until the actual normal water level in the Reservoir is reached (i.e. the flood control storage of the Reservoir is empty).
Dam name	Tessa Dam (under detailed design)
Dams to be coordinated	Mellegue (Mellegue2), Bou Heurtma Dams.
Reference points of discharges	Sers Ville, Jendouba GSs
Reservoir operation	<p>If the actual water level in the Tessa Reservoir (the Reservoir) is at the normal water level (or close to this level) and the discharge upstream of the Reservoir (e.g. Sers Ville GS) is higher than the maximum river channel capacity downstream of the Reservoir, it is recommended to pre-release the Reservoir by releasing the maximum river channel capacity through the bottom outlet.</p> <p>The pre-release must be coordinated with actual discharge at Jendouba GS, releasing of the Mellegue and the Bou Heurtma Reservoirs, so that the maximum river channel capacity in the Mejerda River reaches from Jendouba to the Sidi Salem Reservoir is not exceeded.</p> <p>As soon as the water level in the Reservoir reaches the uncontrolled spillway crest (361.00 m), the bottom outlet of the Tessa Dam is gradually closed to release a constant outflow (equal to the maximum river channel capacity downstream of the Reservoir) as long as possible. The bottom outlet is completely closed during culmination of flood wave.</p> <p>As soon as the water level in the Reservoir reaches MHWL (369.00 m), it is needed to immediately open the bottom outlets (partly or completely) as necessary for stopping increase of the water level.</p> <p>After water level culmination in the Reservoir, it is necessary to release the flood control storage. During the first releasing period, water in the reservoir automatically spills over the uncontrolled spillway. After storage decreasing through the spillway, water level in the Reservoir is released with the maximum river channel capacity in the Tessa River downstream of the Reservoir. During this second period, the bottom outlet is gradually opened and releasing of reservoir water continues until the actual normal water level in the Reservoir is reached (i.e. the flood control storage of the Reservoir is empty).</p>

表8.3.1 河川改修事業の建設費の概要 (1/2)

Scale of River Improvement

Zone	Return period	Peak Discharge (m3/s)	Existing Flow Capacity (m3/s)	River Cross Section No.	Flood Retarding Basin		River Channel Excavation			Embankment				Bypass Channel			Embankment (along Bypass)		Revetment	
					Peak Q (m3/s)	Volume (mil. m3)	Discharge (m3/s)	Bottom width (m)	Length (km)	Left		Right		Discharge (m3/s)	Bottom width (m)	Depth (m)	Height (m)	Length (km)		
										Height (m)	Length (km)	Height (m)	Length (km)							
U1	5-Year	520	200	MU317-MU306	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	5-Year	370	200	MU248-MU211	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	5-Year	370	200	MU210-MU165	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	10-Year	790	200	MU329-MU306	--	--	790	10	12.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	10-Year	570	200	MU248-MU211	--	--	570	15	18.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	10-Year	570	200	MU210-MU165	--	--	570	10	16.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	20-Year	1,150	200	MU329-MU306	--	--	1,150	15	12.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	20-Year	820	200	MU248-MU211	--	--	820	20	18.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	Jendouba B																			
	20-Year	820	200	MU210-MU165	--	--	570	35	16.4	--	--	--	250	25	6.0	--	--	--	--	
	50-Year	1,830	200	MU329-MU306	--	--	1,830	25	12.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	50-Year	1,310	200	MU248-MU211	--	--	1,310	25	18.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	Jendouba B																			
	50-Year	1,310	200	MU210-MU165	--	--	780	50	16.4	--	--	--	530	55	6.0	--	--	--	--	
	M	5-Year	120	120	MG1-MG8	--	--	120	--	1.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10-Year		410	120	MG1-MG52	--	--	410	15	12.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
20-Year		1,100	120	MG1-MG112	--	--	1,100	25	26.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
50-Year		2,420	120	MG1-MG112	--	--	2,420	35	26.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5-Year		490	200	MU123-MU164	--	--	490	20	16.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Bou Salem B	640	400	MU80-MU122	--	--	640	30	14.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5-Year	680	250	MU36-MU79	--	--	680	35	16.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5-Year	680	200	MU1-MU35	--	--	680	--	14.3	○	○	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Bou Heurtma	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10-Year	890	200	MU123-MU164	--	--	890	25	16.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Bou Salem B	1,110	400	MU80-MU122	--	--	810	50	14.9	○	○	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10-Year	1,140	250	MU53-MU79	--	--	1,140	50	10.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10-Year	1,140	250	MU36-MU52	--	--	1,140	--	15.9	○	○	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10-Year	1,140	200	MU1-MU35	--	--	1,140	--	14.3	○	○	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Bou Heurtma	40	--	--	--	--	--	--	--	--	4.6	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	
20-Year	1,490	200	MU123-MU164	--	--	1,490	40	16.6	○	○	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Bou Salem B	1,800	400	MU80-MU122	--	--	1,100	50	14.9	○	○	700	25	8.0	--	--	--	--	--	--	
20-Year	1,840	250	MU52-MU79	--	--	1,840	50	10.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
20-Year	1,840	250	MU36-MU52	--	--	1,840	--	15.9	○	○	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
20-Year	1,840	200	MU1-MU35	--	--	1,840	--	14.3	○	○	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Bou Heurtma	40	--	--	--	--	--	--	--	--	6.9	6.9	--	--	--	--	--	--	--	--	
50-Year	3,330	200	MU123-MU164	--	--	3,330	50	16.6	○	○	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Bou Salem B	3,570	400	MU80-MU122	--	--	1,970	50	14.9	○	○	1,600	50	8.0	○	--	--	--	--	--	
50-Year	3,870	250	MU53-MU79	--	--	3,870	50	10.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
50-Year	3,870	250	MU36-MU52	--	--	3,870	--	15.9	○	○	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
50-Year	3,870	200	MU1-MU35	--	--	3,870	--	14.3	○	○	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Tessa	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	2.0	16.4	--	--	--	--	--	--	--	
Bou Heurtma	300	--	--	--	--	--	--	--	--	8.6	8.6	--	--	--	--	--	--	--	--	

Costruction Cost

Flood Retarding Basin	River Channel Excavation	Embankment	Bypass Channel		Revetment	Total	Economic Cost (0.82*0.88)
			Excavation	Embankment			
			Unit:TND mil.				
--	--	--	--	--	--	0.00	--
--	--	--	--	--	--	0.00	--
--	--	--	--	--	--	0.00	--
--	--	--	--	--	--	0	0.00
--	5.78	--	--	--	--	5.78	--
--	8.66	--	--	--	--	8.66	--
--	15.00	--	--	--	--	15.00	--
--	--	--	--	--	--	29.44	21.24
--	8.52	--	--	--	--	8.52	--
--	12.77	--	--	--	--	12.77	--
--	--	--	22.30	--	--	22.30	--
--	23.40	--	--	--	--	23.40	--
--	11.11	--	--	--	--	66.99	48.34
--	16.66	--	--	--	--	11.11	--
--	--	--	36.00	--	--	16.66	--
--	35.70	--	--	--	--	36.00	--
--	--	--	--	--	--	35.7	--
--	--	--	--	--	--	99.47	71.78
--	0.42	0	--	--	--	0.42	0.30
--	2.82	1.21	--	--	--	4.03	2.91
--	3.64	6.24	--	--	--	9.88	7.13
--	5.46	11.64	--	--	--	17.1	12.34
--	13.27	--	--	--	--	13.27	--
Bou Salem B	10.20	--	--	--	3.00	10.20	--
5-Year	7.13	--	--	--	--	7.13	--
5-Year	0.00	0.91	--	--	--	0.91	--
Bou Heurtma	--	0.05	--	--	--	0.05	--
--	--	--	--	--	--	34.56	24.94
--	19.00	0.00	--	--	--	19.00	--
Bou Salem B	21.71	0.70	--	--	3.40	25.81	--
10-Year	12.10	0.00	--	--	--	12.10	--
10-Year	0.00	0.96	--	--	--	0.96	--
10-Year	0.00	2.93	--	--	--	2.93	--
Bou Heurtma	--	0.10	--	--	--	0.10	--
--	--	--	--	--	--	60.90	43.95
20-Year	26.00	1.94	--	--	--	27.94	--
Bou Salem B	21.71	1.86	28.00	--	3.80	55.37	--
20-Year	12.10	0.00	--	--	--	12.10	--
20-Year	0.00	1.75	--	--	--	1.75	--
20-Year	0.00	4.43	--	--	--	4.43	--
Bou Heurtma	--	1.54	--	--	--	1.54	--
--	--	--	--	--	--	103.13	74.42
50-Year	34.36	3.37	--	--	--	37.73	--
Bou Salem B	21.71	3.27	40.02	3.00	4.20	72.20	--
50-Year	12.10	--	--	--	--	12.10	--
50-Year	0.00	3.97	--	--	--	3.97	--
50-Year	0.00	9.60	--	--	--	9.60	--
Tessa	--	2.92	--	--	--	2.92	--
Bou Heurtma	--	6.36	--	--	--	6.36	--
--	--	--	--	--	--	144.88	104.55

表8.3.1 河川改修事業の建設費の概要 (2/2)

Scale of River Improvement

Zone	Return period	Peak Discharge (m3/s)	Existing Flow Capacity (m3/s)	River Cross Section No.	Flood Retarding Basin		River Channel Excavation			Embankment				Bypass Channel			Embankment (along Bypass)		Revetment
					Peak Q (m3/s)	Volume (mil. m3)	Discharge (m3/s)	Bottom width (m)	Length (km)	Left		Right		Discharge (m3/s)	Bottom width (m)	Depth (m)	Height (m)	Length (km)	
										Height (m)	Length (km)	Height (m)	Length (km)						
D1	5-Year	420	350	MD1-MD-64	-	-	420	10	20.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5-Year	420	350	MD65-MD116	-	-	420	10	17.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mejez El Bab B	360	350	MD117-MD132	-	-	360	20	4.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5-Year	360	180	MD133-MD194	-	-	360	20	19.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5-Year	360	300	MD195-MD252	-	-	360	20	21.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10-Year	610	350	MD1-MD-64	-	-	610	20	20.8	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-
	10-Year	610	350	MD65-MD116	-	-	610	20	17.1	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-
	Mejez El Bab B	540	350	MD117-MD132	-	-	360	20	4.2	○	○	○	○	190	15	-	-	-	-
	10-Year	540	180	MD133-MD194	-	-	540	25	19.3	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-
	10-Year	540	300	MD195-MD252	-	-	540	25	21.2	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-
	20-Year	890	350	MD1-MD-64	-	-	890	25	20.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20-Year	890	350	MD65-MD116	-	-	890	25	17.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mejez El Bab B	820	350	MD117-MD132	-	-	360	20	4.2	-	-	-	-	460	50	-	-	-	-
	20-Year	820	180	MD133-MD194	-	-	820	30	19.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20-Year	820	300	MD195-MD252	-	-	820	30	21.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	50-Year	2,330	350	MD1-MD-64	-	-	2,330	30	20.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	50-Year	2,330	350	MD65-MD116	-	-	2,330	30	17.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mejez El Bab B	2,250	350	MD117-MD132	-	-	540	20	4.2	○	○	○	○	1,710	70	-	-	-	-
	50-Year	2,250	180	MD133-MD194	-	-	2,250	40	19.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	50-Year	2,250	300	MD195-MD252	-	-	2,250	40	21.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D2	5-Year	340	800	MD253-MD281	-	-	340	Non-imp't	9.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	El Battane B	340	700	MD282-MD290	-	-	340	Non-imp't	2.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5-Year	340	350	MD291-MD328	-	-	340	Non-imp't	10.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5-Year	300	250	MD329-MD356	-	-	300	20	9.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	El Mabtough RB	300	250	MD357-MD410	-	-	300	20	18.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5-Year	290	200	MD411-MD433	-	-	200	-	7.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5-Year	440	200	MD434-MD477	-	-	200	-	5.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10-Year	490	800	MD253-MD281	-	-	490	Non-imp't	9.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	El Battane	490	700	MD282-MD290	-	-	490	Non-imp't	2.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10-Year	490	350	MD291-MD328	-	-	490	20	10.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10-Year	470	250	MD329-MD356	-	-	470	25	9.5	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-
	El Mabtough RB	470	250	MD357-MD410	170	86	300	25	18.9	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-
	10-Year	460	200	MD411-MD433	-	-	200	-	7.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10-Year	650	200	MD434-MD477	-	-	200	-	5.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20-Year	820	800	MD253-MD281	-	-	820	Non-imp't	9.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	El Battane	820	700	MD282-MD290	-	-	490	20	2.2	-	-	-	-	330	20	-	-	-	-
	20-Year	820	350	MD291-MD328	-	-	820	25	10.5	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-
	20-Year	800	250	MD329-MD356	-	-	800	30	9.5	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-
	El Mabtough RB	800	250	MD357-MD410	250	86	550	30	18.9	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-
	20-Year	780	200	MD411-MD433	-	-	200	-	7.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20-Year	930	200	MD434-MD477	-	-	200	-	5.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
50-Year	2,190	800	MD253-MD281	-	-	2,190	20	9.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
El Battane	2,190	700	MD282-MD290	-	-	1,470	30	2.2	○	○	○	○	720	50	-	-	-	-	
50-Year	2,190	350	MD291-MD328	-	-	2,190	35	10.5	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	
50-Year	2,160	250	MD329-MD356	-	-	2,160	35	9.5	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	
El Mabtough RB	2,160	250	MD357-MD410	580	86	1,580	35	18.9	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	
50-Year	2,070	200	MD411-MD433	-	-	200	-	7.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
50-Year	2,250	200	MD434-MD477	-	-	200	-	5.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Costruction Cost

Flood Retarding Basin	River Channel Excavation	Embankment	Bypass Channel		Revetment	Total	Economic Cost (0.82*0.88)
			Excavation	Embankment			
			Excavation	Embankment			
-	6.00	-	-	-	-	6.00	-
-	4.00	-	-	-	-	4.00	-
-	2.57	-	-	-	-	2.57	-
-	12.70	-	-	-	-	12.70	-
-	13.80	-	-	-	-	13.80	-
-	-	-	-	-	-	39.07	28.19
-	10.30	0.48	-	-	-	10.78	-
-	7.20	0.18	-	-	-	7.38	-
-	2.57	0.12	11.50	-	-	14.19	-
-	14.00	1.12	-	-	-	15.12	-
-	14.50	0.20	-	-	-	14.70	-
-	-	-	-	-	-	62.17	44.86
-	12.20	-	-	-	-	12.20	-
-	12.00	-	-	-	-	12.00	-
-	2.60	-	17.02	-	-	19.62	-
-	19.10	-	-	-	-	19.10	-
-	19.40	-	-	-	-	19.40	-
-	-	-	-	-	-	82.32	59.40
-	15.00	-	-	-	-	15.00	-
-	14.70	-	-	-	-	14.70	-
-	2.57	2.40	19.20	-	-	24.17	-
-	26.00	-	-	-	-	26.00	-
-	26.50	-	-	-	-	26.50	-
-	-	-	-	-	-	106.37	76.76
-	-	-	-	-	-	0.00	0.00
-	-	-	-	-	0.50	0.50	-
-	-	-	-	-	4.00	4.00	-
-	12.60	-	-	-	-	12.60	-
-	6.00	-	-	-	-	6.00	-
-	-	-	-	-	-	0.00	-
-	-	-	-	-	-	0.00	-
-	-	-	-	-	-	23.10	16.67
-	-	-	-	-	-	0.00	0.00
-	-	-	-	-	0.50	0.50	-
-	6.30	-	-	-	4.70	11.00	-
-	13.80	1.10	-	-	-	14.90	-
12.90	7.00	1.42	-	-	-	21.32	-
-	-	-	-	-	-	0.00	-
-	-	-	-	-	-	0.00	-
-	-	-	-	-	-	47.72	34.43
-	-	-	-	-	-	0.00	0.00
-	1.70	-	8.40	-	0.60	10.70	-
-	7.20	-	-	-	5.30	12.50	-
-	15.40	0.51	-	-	-	15.91	-
16.30	8.30	5.51	-	-	-	30.11	-
-	-	-	-	-	-	0.00	-
-	-	-	-	-	-	0.00	-
-	-	-	-	-	-	0.00	-
-	2.00	-	-	-	-	2.00	-
-	2.40	0.24	11.40	-	1.00	15.04	-
-	8.80	2.80	-	-	6.10	17.70	-
-	17.80	1.13	-	-	-	18.93	-
35.90	9.80	9.47	-	-	-	55.17	-
-	-	-	-	-	-	0.00	-
-	-	-	-	-	-	0.00	-
-	-	-	-	-	-	108.84	78.54

Source: The Study Team

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）

No.	Work Item	Sub Item (Type)	Location/Stretches/Length	Dimension	Unit
Zone U2					
I. Mejerda River					
(1)	River channel length MD447 to MD252		0.00m to 64,974.36 m	64,974	m
(2)	Scope of construction boundary of levee embankment (Left bank and right bank) MD434 to MD252 (Heightening of existing levee) (Actual construction length)	(Left bank) (Right bank)	4667.73m to 64,974.36 m 4667.73m to 24,943.85 m	60,307 -20,280 29,365 26,478	m m m m
Total				55,843	m
(3)	Low water channel excavation MD447 to MD356, B=25 m MD356 to MD329, B=35 m MD329 to MD290, B=20 m MD290 to MD285, No excavation MD285 to MD252, B=25 m		0.00 m to 31,306.69 m 31,306.69 m to 40,801.18 m 40,801.18 m to 51912.36 m 51912.36 m to 53,110.71 m 53,110.71m to 64,974.36 m	31,307 9,494 11,111 11,864	m m m m
Total length of channel excavation				63,776	m
(4)	Sluice gate 2.00x2.00x2 barrels to 2.50x2.50x3 barrels 2.00x2.00x1 barrel to 1.50x1.50x1 barrel 1.00x1.00x1barrel			9 21 17	Nos. Nos. Nos.
(5)	Slope protection	Concrete frame Stone pitching Fascine mattress	Jedeida city (Left bank) Jedeida city (Right bank) El Battane city (Left bank) El Battane city (Left bank)	1,000 1,000 100 100 10,000 72,000	m m m m m ³ m ²
(6)	Reconstruction of existing bridge MD 434 MD 406 MD 401		Road bridge, L=140 m Road bridge, L=160 m Road bridge, L=140 m	1 1 1	Site Site Site
(7)	Heightening of existing railway bridge MD 338		L=90 m	1	Site
(8)	Heightening of existing road Length of heightening		Bituminous pavement	4,600	m
II. El Mabtouh Retarding Basin					
(1)	Inlet channel	Construction of earth canal	Improvement of existing channel New construction	9,130 2,770	m m
(2)	Outlet channel Dredging of existing canal			7,780	m
(3)	Reservoir Surrounding dike Design storage capacity			10,100 50,000,000	m m ³ /s
(4)	Outlet structure Sluice, roller gate	Design discharge Size	3.00x3.00x3nos	Q=50	1 set m ³ /s max
(5)	Inlet structure Overflow dike with stop log	Design discharge Crest length of overflow dike		Q=200 80	m ³ /s m
(6)	Bridge Renewal of existing bridge 25m x 2 spans = 50m	One-lane-type Two-lane-type		6 1	Sites Sites
(7)	Sluice gate Flap gate			5	Sites
(8)	Drain inlet Flap gate			23	Sites
III. Chaffrou River					
(1)	Levee length (Left bank and right bank) CH0 to CH8		0.00 m to 2,000 m	2,000	m

表9.1.1 計画された構造物の主要諸元（河川改修事業）（2/3）

No.	Work Item	Sub Item (Type)	Location/Stretches/Length	Dimension	Unit
Zone D1					
I. Mejerda River					
(1)	River channel length				
	MD252 to MD1		64,974.36 m to 148,537.42	83,563.06	m
(2)	Scope of construction boundary of levee embankment (Left bank and right bank)				
	MD251 to MD29		67,312.99 m to 139,335.82	72,022.83	m
	MD24 to MD0		14,1007.44 m to 148,537.42	7,529.98	m
			Total	79,552.81	m
	Actual construction length	(Left bank)		36,671	m
		(Right bank)		33,909	m
			Total	70,580	m
(3)	Low water channel excavation				
	MD251 to MD135, B=25 m		67,312.99 m to 105,317.25	38,004	
	MD251 to MD1, B=20 m		105,317.25 m to 148,537.42	43,220	m
			Total	81,224	
(4)	Sluice gate				
	2.00x2.00x2 barrels to 2.50x2.50x3 barrels			11	Nos.
	2.00x2.00x1 barrel to 1.50x1.50x1 barrel			27	Nos.
	1.00x1.00x1barrel			34	Nos.
(5)	Slope protection	Concrete frame		1,000	m
		Stone pitching		10,000	m ³
		Fascine mattress		81,000	m ²
(6)	Renewal of existing bridge				
	MD 134		Road bridge, L=140 m	1	LS
(7)	Stop log at Mejez El Bab old bridge			2	Sets
II. Majez El Bab Bypass Channel					
(1)	Bypass channel				
		Length		4512	m
		Channel bottom width		15	m
		Discharge	Mejerda River	Q = 450	m ³ /s
			Bypass Channel	Q = 250	m ³ /s
			side slope	01:02.0	
(2)	Inlet structure			1	Set
(3)	Outlet structure			1	Set
(4)	Ground sill			3	Sites
(5)	Bridge	30m x 2 spans = 60m	Two-lane-type	4	Sites
(6)	Drain inlet			1	Set
(7)	Slope protection	Stone pitching	1 location	1,200	m
III. Lahmer River					
(1)	Levee length (Left bank and right bank)	LA0 to LA8	0.00 m to 2,000 m	2,000	m
Zone U2					
I. Mejerda River					
(1)	River channel length	MU1 to MU164	0.00 m to 63889.42 m	63,889	m
(2)	Scope of construction boundary of levee embankment (Left bank and right bank)				
		MU1 to MU53	0.00 m to 21159.41 m	21,159	
		MU79 to MU172	30,077.29 m to 63,889.42 m	33,812	m
			Total	54,972	
	Actual construction length	(Left bank)		34,833	m
		(Right bank)		32,666	m
			Total	67,499	m
(3)	Low water channel excavation				
		MU53 to MU129, B=50 m	21,159.41 m to 50,385.72 m	29,226	
		MU129 to MU164, B=40 m	50,385.72 m to 63,889.42 m	13,504	
			Total	42,730	
(4)	Sluice gate				
		2.00x2.00x2 barrels to 2.50x2.50x3 barrels		6	Nos.
		2.00x2.00x1 barrel to 1.50x1.50x1 barrel		16	Nos.
		1.00x1.00x1barrel		20	Nos.

表9.1.1 計画された構造物の主要諸元（河川改修事業）（3/3）











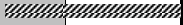
No.	Work Item	Sub Item (Type)	Location/Stretches/Length	Dimention	Unit
(5)	Slope protection		Concrete frame	1,000	m
			Stone pitching	10,000	m ³
			Fascine mattress	99,000	m ²
(6)	Renewal of existing aqueduct with foot bridge				
	MD 134	To be improved to Road bridge, L=110 m		1	
II. Bou Salem Bypass Channel					
(1)	Bypass channel				
		Length		7,736	m
		Channel bottom width		25	m
		Discharge	Mejerda River	Q = 1140	m ³ /s
			Bypass Channel	Q = 700	m ³ /s
			side slope	01:02.0	
(2)	Inlet structure			1	Set
(3)	Outlet structure			1	Set
(4)	Ground sill			8	Sites
(5)	Bridge	30m x 2 spans = 60m	Two-lane-type	5	Sites
(6)	Drain inlet			1	Set
(7)	Slope protection	Stone pitching	3 locations, total length	1,500	m
III. Bou Heurtma River					
(1)	Levee length (Left bank and right bank)	BH0 to BH32	0.00 m to 6,742.34 m	6,742.34	m
IV. Tessa River					
(1)	Levee length (Left bank and right bank)	TS0 to TS24	0.00 m to 4,348.24 m	4,348.24	m
V. Kasseb River					
(1)	Levee length (Left bank and right bank)	KS0 to KS11	0.00 m to 3,056.98m	3,056.98	m
Zone U1					
I. Mejerda River					
(1)	River length	MU164 to MU360	63889.42 m to 158306.49m	94,417.07	m
(2)	Scope of construction boundary of levee embankment (Left bank and right bank)	MU164 to MU172	63889.42 m to 67610.96m	3,721.54	m
		Actual construction length	(Left bank)	2,264	m
			(Right bank)	2,860	m
			Total	5,124.00	m
(3)	Low water channel excavation	MU164 to MU208, B=10 m	63889.42 m to 79550.78 m	15,661	m
		MU208 to MU248, B=15 m	79550.78 m to 99714.35 m	20,164	m
		MU208 to MU248, No excavation		0	m
		MU305 to MU329, B=10 m	128913.2 m to 141842.33 m	12,929	m
			Total	48,754	m
(4)	Sluice gate	1.00x1.00x1barrel		3	Nos.
(5)	Slope protection	Stone pitching		5,000	m ³
		Fascine mattress		45,000	m ²
Zone M					
I. Mellegue River					
(1)	River length for study	MG1 to MU114	63889.42 m to 158306.49m	158,306.00	m
(2)	Scope of construction boundary of levee embankment (Left bank and right bank)	MG1 to MG35	0.00 m to 8895.23m	8,895.23	m
		Actual construction length	(Left bank)		
			(Right bank)		
(3)	Low water channel excavation	MG1 to MG52	0.00 m to 12871.42 m	12,871	m
(4)	Sluice gate	1.00x1.00x1barrel		3	Nos.

Source: The Study Team
















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

Project Title : Project on Strengthening Flood Control Function of Reservoirs in Mejerda River Basin
Country : Tunisia
Project Area : Mejerda River Basin
Project Type : Technical Cooperation Project
Field : Water Resources-Disaster Management-Flood Disaster
Term of Cooperation : 2.5 Years
Implementing Organization : Ministry of Agriculture and Water Resources

Work Schedule

Main Programs and Activities	First Yeay	Second Year	Third Year	Position in Charge
1. Improvement of simulation model for coordinated operation of dams				E2, E3, E4
2. Drafting improved operation rules of 7 selected reservoirs for flood control				E2
3. Trial applicaton (2 rainy seasons), review and improvement of the draft improved reservoir operation rules for flood control				E2, E4
4. Coordination of institution arrangements relateted to improved reservor operation rules for flood control				E6
5. Strengthening function of collection, storing, analysis and dissemination of data/information				E5, E2
6. Preparing monitoring plan to sustain project effect				All

Staffing Schedule (Expatoriates)

Position	First Yeay	Second Year	Third Year	M/M
E1: Team Leader				21
E2: Reservoir Operation				21
E3: Hydrorogy and Hydraulics				2
E4: Flood Forecasting				6
E5: System Management				5
E6: Institutional Arrangement				5
E7: Coordinator				21
			Total	81














 Rainy season




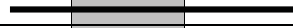


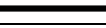



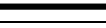





表9.2.1 洪水予警報システム (FFWS) 強化プロジェクトのアクションプラン

Project Title : Project on Strengthening Function of Flood Forecasting and Warning System (FFWS) in Mejerda River Basin
Country : Tunisia
Project Area : Mejerda River Basin
Project Type : Technical Cooperation Project
Field : Water Resources-Disaster Management-Flood Disaster
Term of Cooperation : 3 Years
Implementing Organization : Ministry of Agriculture and Water Resources

Work Schedule

Main Programs and Activities	First Yeay	Second Year	Third Year	Position in Charge
1. Scrutiny on additional installation of telemetric rainfall and water-level gauges to existing telemetry system				E3
2. Installation of additional telemetric rainfall and water-level gauges				E3, E4, E6
3. Study on flood forecasting method and model				E2, E3
4. Development of flood forecasting model				E2, E4, E5
5. Installation of measuring device of dam release discharge				E4, E6
6. Improvement of FFWS based on trial application and review of the draft improved reservoir operation rules for flood control				E2, E5
7. Preparing system operation manual				E2, E4, E5
8. Preparing monitoring plan to sustain project effect				All

Staffing Schedule (Expatriates)

Position	First Yeay	Second Year	Third Year	M/M
E1: Team Leader				16
E2: Flood Forecasting				14
E3: Hydrorogy and Hydraulics				6
E4: System Management				6
E5: Forcasting Model Development				8
E6: Civil works				4
E7: Coordinator				16
			Total	70


 Rainy season

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

Project Title : Project on Strengthening Evacuation and Flood Fighting System in Mejerda River Basin
Country : Tunisia
Project Area : Mejerda River Basin
Project Type : Technical Cooperation Project
Field : Water Resources-Disaster Management-Flood Disaster
Term of Cooperation : 1 Years
Implementing Organization : Ministry of Agriculture and Water Resources

Work Schedule

Main Programs and Activities	First Yeay	Second Year	Third Year	Position in Charge
1. Improvement of information sharing system among official agencies and communities regarding flood disaster management and evacuation plan				E2
2. Study and setting of alert levels at key water-level gauging stations for evacuation/flood fighting activities				E2, E3
3. Formulation of precise criteria to commence evacuation/flood fighting activities				E2
4. Development of understandable evacuation procedures and drilling at pilot areas				E2
5. Preparing monitoring plan to sustain project effect				All

Staffing Schedule (Expatriates)

Position	First Yeay	Second Year	Third Year	M/M
E1: Team Leader				12
E2: Evacuation/Flood Fighting				12
E3: Hydrologist				4
E4: Coordinator				12
			Total	40

Rainy season

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

Project Title : Project on Organizational Capacity Development for Mejerda River Basin
 Country : Tunisia
 Project Area : Mejerda River Basin
 Project Type : Technical Cooperation Project
 Field : Water Resources-Disaster Management-Flood Disaster
 Term of Cooperation : 3 Years
 Implementing Organization : Ministry of Agriculture and Water Resources

Work Schedule

Main Programs and Activities	First Stage		(Second Stage)		Third Stage		Position in Charge
	First Year	Second Year			Last Year		
First Stage							
1. Scrutiny and establishment of permanent division or direction in charge of Mejerda River basin inside DGBGTH	■						E1, E4
2. Detailed study on 11 proposed programs for organizational capacity development	■						E1, E2, E3, E4, E5, E6
3. Initiating the proposed programs		■					E1, E2, E3, E4, E5, E6
4. Selection of a pilot project to be conducted in the second stage				■			E1, E4
5. Provision of documented technical guidelines, standards and rules		■					E1, E2, E3, E4, E6
Second Stage							
Conducting a pilot project under proposed river improvement project of the Mejerda River				■			
Third Stage							
1. Scrutiny and establishment of an agency in charge of O/M of the Mejerda River basin, if the pilot project justifies the						■	E1, E4
2. Preparing monitoring plan to sustain project effect						■	All

Staffing Schedule (Expatriates)

Position	First Year	Second Year			Last Year	M/M
E1: Team Leader/River Management	■	■			■	30
E2: River Facilities	■	■			■	16
E3: Dam Operation/Maintenance	■	■			■	10
E4: Organization and Institution	■	■			■	18
E5: Economics	■	■			■	2
E6: Environmental and Social Consideration	■	■			■	4
E7: Coordinator	■	■			■	18
					Total	98

■ Rainy season

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

Project Title : Project on Strengthening of Flood Plain Regulation/Management (Flood Zoning)
Country : Tunisia
Project Area : Mejerda River Basin
Project Type : Technical Cooperation Project
Field : Flood Plain Management
Term of Cooperation : 3 Years
Implementing Organization : DGBGTH, Ministry of Agriculture and Water Resources

Position	First Year	Second Year	Third Year	M/M
E1: Team Leader	■	■	■	20
E2: Hydrologist	■	■	■	4
E3: GIS Expert	■	■	■	8
E4: Land Use Planner	■	■	■	10
E5: Agroeconomis	■	■	■	6
E6: Institutional Specialist	■	■	■	6
E7: IT Expert/System Engineer	■	■	■	4
E8: Coordinator	■	■	■	16
Total				74

Main Programs and Activities	First Year	Second Year	Third Year	Position in charge
	Step 1	Step 2	Step 3	
1. Delineation of flood prone area through runoff and inundation analyses of the Mejerda River basin	■	■	■	E1, E2, E3
2. Updating of GIS data base with current cropping information	■	■	■	E1, E3, E4
3. Preparation of flood risk map with zoning by risk level	■	■	■	E1, E2, E4
4. Analysis on improved cropping pattern based on current prevailing land use	■	■	■	E1, E4, E5
5. Preparation of guideline for flood risk mapping	■	■	■	E1, E2, E3
6. Preparation of guideline for enhanced land use control for urabn and rural areas	■	■	■	E1, E3, E4, E5
7. Dissemination, application, evaluation and validation of the guidelines in target CRDAs and local governments	■	■	■	E1, E6, E7
8. Training and seminar	■	■	■	All

表11.1.1 洪水防御のための河川改修事業一覧 (1/3)

Location	No.	Zone/area name	River name	Structural measures	Location *1	Target/extent/effect of flood protection	Tentative scale of structural measures (Principal dimensions)		Probable impacts on the environment	Remarks	
Upper Area	A	Jendouba and Upstream	Mejerda (Upper reaches)	River improvement (excavation, revetment works, etc.)	63.9 Km - 158.3 Km	Mitigation of flood inundation damage in Jendouba City proper and its upstream	Length of river improvement	48.8 km	Impacts on river environment due to change of river flow regime, land acquisition, securing appropriate spoil disposal areas		
							River channel width after improvement works (between tops of riverbank slopes on the right and left sides)	70 m			
							Planned dike height	2.0 m			
							Planned dike length (total of right and left river banks)	5.1 km			
		B	Mellegue Lower Reaches	Mellegue (Lower reaches)	Dike construction + river improvement (excavation, revetment works, etc.)	0 Km - 12.9 Km	Protection from flood inundation in the areas along the Mellegue lower reaches (cultivated land spreading in the left low land areas of the river reaches)	Length of river improvement	12.9 m	Impacts on river environment due to change of river flow regime, land acquisition, securing appropriate spoil disposal areas	
								River channel width after improvement works (between tops of riverbank slopes on the right and left sides)	75 m		
								Planned dike height	2.0 m		
								Planned dike length (total of right and left river banks)	7.4 km		
		C	Mellegue Confluence to Bou Salem	Mejerda (Upper reaches)	Bypass channel at Bou Salem, incl. bridge construction	30.5 Km - 47.8Km	Mitigation of flood inundation damage in Bou Salem City and its upstream	Total length of bypass channel	7.7 km	Change of river flow regime, securing appropriate spoil disposal areas	It is expected that the land acquisition will not be required because the land along the planned alignment of bypass channel belongs to the government
									Channel width (between tops of side slopes on the right and left sides)		
							Design discharge (provisional)	700 m ³ /s			
							Excavation volume	3.2 mil.m ³			
				Dike construction + river improvement (excavation, revetment works, etc.)	30.1 Km - 63.9 Km		Length of river improvement	33.8 km	Impacts on river environment due to change of river flow regime, land acquisition, securing appropriate spoil disposal areas	The stakeholder meeting was held in Bou Salem in September 2007.	
							River channel width after improvement works (between tops of riverbank slopes on the right and left sides)	120 m			
							Planned dike height	3.0 m			
							Planned dike length (total of right and left river banks)	31.5 km			
	D	Upstream of Sidi Salem Dam (Up to Bou Salem)	Mejerda (Upper reaches)	River improvement (excavation, revetment works, etc.)	0 Km- 30.1 Km	Protection from flood inundation in the areas along the river reaches suffering from progress of sedimentation adjacently upstream of Sidi Salem Dam (cultivated land along the river reaches)	Length of river improvement	30.1 km	Impacts on river environment due to change of river flow regime, land acquisition, securing appropriate spoil disposal areas		
							River channel width after improvement works (between tops of riverbank slopes on the right and left sides)	200 m			
							Planned dike height	4.0 m			
							Planned dike length (total of right and left river banks)	49.5 km			

表11.1.1 洪水防御のための河川改修事業一覧 (2/3)

Location	No.	Zone/area name	River name	Structural measures	Location *1	Target/extent/effect of flood protection	Tentative scale of structural measures (Principal dimensions)		Probable impacts on the environment	Remarks
Middle Area	E	Downstream of Sidi Salem Dam to Larrouisia Dam	Mejerda (Lower reaches)	Bypass channel at mezej El Bab, incl. bridge construction	105.3 Km - 110.6 Km	Mitigation of flood inundation damage in the zone including Mezej El Bab City proper, conservation of historical property (old bridge dating from the 17th century) of which the destruction or relocation seems difficult)	Total length of bypass channel	4.5 km	Change of river flow regime, land acquisition, securing appropriate spoil disposal areas	The channel passes through mainly agricultural lands, avoiding dwellings and the risks of resettlement
							Channel width (between tops of side slopes on the right and left sides)	60 m		
							Design discharge (provisional)	200 m ³ /s		
							Excavation volume	2.65 mil.m ³		
				Dike construction + river improvement (excavation, revetment works, etc.)	67.3 Km - 148.5 Km		Length of river improvement	81.2 km	Impacts on river environment due to change of river flow regime, land acquisition, securing appropriate spoil disposal areas	
							River channel width after improvement works (between tops of riverbank slopes on the right and left sides)	90 m		
							Planned dike height	1.0 m		
Planned dike length (total of right and left river banks)	70.6 km									
Lower Area	F	El Battane	Mejerda (Lower reaches)	River improvement (excavation, revetment works, etc.)	48.5 Km - 67.3 Km	Mitigation of flood inundation damage in and around El Battane City proper, conservation of historical property (El Battane weir dating from the 17th century) of which the destruction or relocation seems difficult) and its downstream	Length of river improvement	18.8 km	Impacts on river environment due to change of river flow regime, land acquisition, securing appropriate spoil disposal areas	
							River channel width after improvement works (between tops of riverbank slopes on the right and left sides)	95 m		
							Planned dike height	2.0 m		
							Planned dike length (total of right and left river banks)	0.5 km		
	G	Jedeida (up to confluence of Chafrou River)	Mejerda (Lower reaches)	Dike construction + river improvement (excavation, revetment works, etc.)	31.3 Km - 48.6Km	Mitigation of flood inundation damage in and around Jedeida City proper	Length of river improvement	17.3 km	Impacts on river environment due to change of river flow regime, land acquisition, securing appropriate spoil disposal areas	
							River channel width after improvement works (between tops of riverbank slopes on the right and left sides)	110 m		
							Planned dike height	1.0 m		
							Planned dike length (total of right and left river banks)	15.5 km		
H	El Mabtouh - Estuary of Mejerda River	Mejerda (Lower reaches)	Dike construction + river improvement (excavation, revetment works, etc.)	0 Km - 31.3 Km	Mitigation of flood inundation damage in agricultural land spreading along the Mejerda lowest reaches and conservation of the agricultural land	Length of river improvement	31.3 km	Impacts on river environment due to change of river flow regime, land acquisition, securing appropriate spoil disposal areas	The stakeholder meeting was held in Sidi Thabet in September 2007.	
						River channel width after improvement works (between tops of riverbank slopes on the right and left sides)	170 m			
						Planned dike height	2.0 m			
						Planned dike length (total of right and left river banks)	40.3 km			

表11.1.1 洪水防御のための河川改修事業一覧 (3/3)

Location	No.	Zone/area name	River name	Structural measures	Location *1	Target/extent/effect of flood protection	Tentative scale of structural measures (Principal dimensions)		Probable impacts on the environment	Remarks	
Lower Area	H	El Mabtouh - Estuary of Mejerda River	Mejerda (Lower reaches)	Retarding basin	11.8 Km - 31.1 Km	Mitigation of flood inundation damage in agricultural land spreading along the Mejerda lowest reaches and conservation of the agricultural land	Total surface area of retarding basin	2230 ha	Impacts on surrounding agricultural land due to flood inundation (during floods)	The candidate area for retarding basin is pasture land (unused land) and unsuitable for agriculture, which is used currently as a natural retarding basin in a rainy season	
				Planned inundation depth in retarding basin			3.0 m				
				Modification of existing drainage canal to convey some flood water to the retarding basin	11.8 Km - 31.1 Km		Length of new drainage canal	2.77 km	Securing appropriate spoil disposal areas		
				Modification of existing facilities (gates structures, raising bridge)			11.8 Km - 31.1 Km	Length of existing drainage canal to be modified			27.01 km
								Sluice at outlet of drainage canal to be modified	23 sites		Land acquisition for raising bridge
							Raising bridge (incl. raising approach road)	6 bridges			

Note: *1 A, C, D: distance from upper end of Sidi Salem Reservoir, E to H: distance from estuary of Mejerda River, B: distance from confluence of Mellegue River with Mejerda River

表 11.3.1 マスタープランの施設の対策のインパクト・マトリックス(1/3: 建設準備時)

Environment Elements		Physical Environment								Natural Environment			Socio-economic Environment					
		Topography and Geology	Soil Erosion	Waste (Dredged/excavated material)	Groundwater (well water use)	Water quality Mejerda River	Water quality Retarding Basin	Air quality (emission gas, dust)	Noise and vibration	Terrestrial flora and fauna	Aquatic flora and fauna	Protected species and areas	Land acquisition	People's unrest and conflict / opposition	Change of income/livelihood	Impact on agriculture, forestry and fishery	Impacts on downstream area	Traffic and transportation
Project Structural Measures 1) Measures for the upper area (Jendouba, Le Kef Governorates, west part of Beja Governorate)	Measure A: Jendouba & U/s Improvement Works											-1	-1					
	Measure B: Mellegue Improvement Works											-	-					
	Measure C1: Bou Salem Bypass Channel											-1	-1					
	Measure C2: Bou Salem & U/s Improvement Works											-	-					
	Measure D: Improvement Works D/s of Bou Salem up to Sidi Salem Reservoir											-	-					
2) Measures for the middle area (east part of Beja Governorate)	Measure E1: Mez El Bab Bypass Channel											-2	-2					
	Measure E2: Improvement Works D/s of Sidi Salem Dam up to Larrouisia Dam											-1	-1					
3) Measures for the lower area (Ariana, Manouba, and Bizerte Governorates)	Measure F: El Battane Improvement Works											-1	-1					
	Measure G: Jedeida Improvement Works											-1	-1					
	Measure H1: Mabtouh Improvement Works											-1	-1					
	Measure H2: Mabtouh Retarding Basin											-1	-					
4) No Action	No measures applied																	

Note) " -": Negligible negative impact, " -1": Minor negative impact, " -2": Medium negative impact, " -3": Significant negative impact
 "+" Negligible positive impact, " +1": Minor positive impact, " +2": Medium positive impact, " +3": Significant positive impact

表 11.3.1 マスタープランの施設の対策のインパクト・マトリックス (2/3: 建設時)

Environment Elements		Physical Environment								Natural Environment			Socio-economic Environment					
		Topography and Geology	Soil Erosion	Waste (Dredged/excavated material)	Groundwater (well water use)	Water quality Mejerda River	Water quality Retarding Basin	Air quality (emission gas, dust)	Noise and vibration	Terrestrial flora and fauna	Aquatic flora and fauna	Protected species and areas	Land acquisition	People's unrest and conflict / opposition	Change of income/livelihood	Impact on agriculture, forestry and fishery	Impacts on downstream area	Traffic and transportation
Project Structural Measures 1) Measures for the upper area (Jendouba, Le Kef Governorates, west part of Beja Governorate)	Measure A: Jendouba & U/s Improvement Works	-	+1	-1	-	-1		-1	-2	-				-1	+1	-1	-	-1
	Measure B: Mellegue Improvement Works	-	+1	-	-	-1		-1	-1	-				-	+	-	-	-
	Measure C1: Bou Salem Bypass Channel	-1		-2	-	-2		-1	-2		-2			-1	+3	-1	-	-1
	Measure C2: Bou Salem & U/s Improvement Works	-	+1	-2	-	-1		-1	-2	-1				-	+2	-1	-	-1
	Measure D: Improvement Works D/s of Bou Salem up to Sidi Salem Reservoir	-	+1	-2	-	-1		-1	-2	-1				-	+2	-1	-	-1
2) Measures for the middle area (east part of Beja Governorate)	Measure E1: Mez El Bab Bypass Channel	-1		-2	-	-2		-1	-2		-2			-2	+2	-1	-	-1
	Measure E2: Improvement Works D/s of Sidi Salem Dam up to Larrouisia Dam	-	+1	-1	-	-1		-1	-2	-				-1	+1	-1	-	-1
3) Measures for the lower area (Ariana, Manouba, and Bizerte Governorates)	Measure F: El Battane Improvement Works	-	+1	-1	-	-1		-1	-2	-				-1	+1	-1	-	-1
	Measure G: Jedeida Improvement Works	-	+1	-1	-	-1		-1	-2	-				-1	+1	-1	-	-1
	Measure H1: Mabtouh Improvement Works	-	+1	-1	-	-1		-1	-1	-				-1	+1	-1	-	-1
	Measure H2: Mabtouh Retarding Basin			-1		-1	-1	-1	-1					-	+1	-1	-	-1
4) No Action	No measures applied		-3			-3				-3	-3			-3	-3	-3		

Note) " -": Negligible negative impact, " -1": Minor negative impact, " -2": Medium negative impact, " -3": Significant negative impact
 " +": Negligible positive impact, " +1": Minor positive impact, " +2": Medium positive impact, " +3": Significant positive impact

表 11.3.1 マスタープランの施設の対策のインパクト・マトリックス (3/3: 運用時)

Environment Elements		Physical Environment								Natural Environment			Socio-economic Environment				
		Topography and Geology	Soil Erosion	Waste (Dredged/excavated material)	Groundwater (well water use)	Water quality Mejerda River	Water quality Retarding Basin	Air quality (emission gas, dust)	Noise and vibration	Terrestrial flora and fauna	Aquatic flora and fauna	Protected species and areas	Land acquisition	People's unrest and conflict / opposition	Change of income/livelihood	Impact on agriculture, forestry and fishery	Impacts on downstream area
Project Structural Measures 1) Measures for the upper area (Jendouba, Le Kef Governorates, west part of Beja Governorate)	Measure A: Jendouba & U/s Improvement Works		+1											+1			
	Measure B: Mellegue Improvement Works		+1											+			
	Measure C1: Bou Salem Bypass Channel	-1			-						-2			+3	-1	-	-1
	Measure C2: Bou Salem & U/s Improvement Works		+1											+2			
	Measure D: Improvement Works D/s of Bou Salem up to Sidi Salem Reservoir		+1											+2			
2) Measures for the middle area (east part of Beja Governorate)	Measure E1: Mez El Bab Bypass Channel	-1			-						-2			+2	-1	-	-1
	Measure E2: Improvement Works D/s of Sidi Salem Dam up to Larrouisia Dam		+1											+1			
3) Measures for the lower area (Ariana, Manouba, and Bizerte Governorates)	Measure F: El Battane Improvement Works		+1											+1			
	Measure G: Jedeida Improvement Works		+1											+1			
	Measure H1: Mabtouh Improvement Works		+1											+1			
	Measure H2: Mabtouh Retarding Basin						-1							+1			
4) No Action	No measures applied		-3							-3	-3				-3	-3	

Note) " -": Negligible negative impact, " -1": Minor negative impact, " -2": Medium negative impact, " -3": Significant negative impact
 " +": Negligible positive impact, " +1": Minor positive impact, " +2": Medium positive impact, " +3": Significant positive impact

表 11.4.1 マスタープランの施設の対策の評価

1) Measures for the upper area

Structural measures	Negative Impact			Positive Impact	Evaluation
	Pre-construction	Construction	Operation	All stages	
Jendouba & U/s Improvement Works	-1	-2		+1	○
Mellegue Improvement Works	-	-1		+	◎
Bou Salem Bypass Channel	-1	-2	-2	+3	○
Bou Salem & U/s Improvement Works	-	-2		+2	○
Improvement Works D/s of Bou Salem up to Sidi Salem Reservoir	-	-2		+2	○

2) Measures for the middle area

Structural measures	Negative Impact			Positive Impact	Evaluation
	Pre-construction	Construction	Operation	All stages	
Mez El Bab Bypass Channel	-2	-2	-2	+2	○
Improvement Works D/s of Sidi Salem Dam up to Larrousia Dam	-1	-2		+1	○

3) Measures for the lower area

Structural measures	Negative Impact			Positive Impact	Evaluation
	Pre-construction	Construction	Operation	All stages	
El Battane Improvement Works	-1	-2		+1	○
Jedeida Improvement Works	-1	-2		+1	○
Mabtouh Improvement Works	-1	-1		+1	○
Mabtouh Retarding Basin	-1	-1	-1	+1	○

Note) "-": Negligible negative impact, "-1": Minor negative impact, "-2": Medium negative impact, "-3": Significant negative impact, "+" Negligible positive impact, "+1": Minor positive impact, "+2": Medium positive impact, "+3": Significant positive impact
 ○: Recommendable, ◎: Recommended

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)

Project structural measures	Impacts with medium magnitude	Conceivable mitigation measures	Necessary monitoring item
Jendouba and Upstream Improvement Work	Noises and vibrations during construction period	Prohibit transportation of material near localities and sensitive facilities such as school, clinic etc, gear down vehicles, and ban all horn use	Noise and vibration levels along the transportation road and in settlement area.
Bou Salem Bypass Channel	Land acquisition and social problem at pre-construction	Dissemination of necessity of the project. According to relevant regulation and policies, provide adequate compensation fees	Complaint from local people
	People's unrest and conflict/opposition	Dissemination of necessity of bypass channel, including possible impacts and benefits. Compensation for inconvenience of daily life	Comments and complaints from local residents
	Noises and vibrations during construction period	Prohibit transportation of material near localities and sensitive facilities such as school, clinic etc, gear down vehicles, and ban all horn use	Noise and vibration levels along the transportation road and in settlement area.
	Earthwork fill, spoil and oil wastewater will affect the Mejerda water quality during construction	Strengthen environmental management, and reduce disturbance to the water bodies Maintain and clean machinery and vehicles in a fixed area away from the riverbanks. Build simple, seep resistant lavatory and septic tank, and sanitize and clean up refuge. Build an earth bank along the river to prevent wastewater discharge into the river	Water quality in Mejerda River, Impacts on aquatic organisms
	Generation of waste (Dredged/excavated)	Land acquisition with proper method and compensation for procurement of spoil bank area. Proper management for dumped material not to discharge to surrounding area	Condition of spoil bank, Complaint from local residents
Bou Salem and Upstream Improvement Works	Noises and vibrations during construction period	Same as the case of Jendouba Improvement Works	Noise and vibration levels along the transportation road and in settlement area.
	Generation of waste (Dredged/excavated)	Same as the case of Jendouba Improvement Works	Condition of spoil bank, Complaint from local residents

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 (2/2)

Project structural measures	Impacts with medium magnitude	Conceivable mitigation measures	Necessary monitoring item
Improvement Works Downstream of Bou Salem up to Sidi Salem Reservoir	Noises and vibrations during construction period	Same as the case of Bou Salem Improvement Works	Noise and vibration levels along the transportation road and in settlement area.
	Generation of waste (Dredged/excavated)	Same as the case of Bou Salem Improvement Works	Condition of spoil bank, Complaint from local residents
Mez El Bab Bypass Channel	Land acquisition and social problem at pre-construction	Same as the case of Bou Salem bypass channel	Complaint from local people
	People's unrest and conflict/opposition	Same as the case of Bou Salem bypass channel	Comments and complaints from local residents
	Noises and vibrations during construction period	Same as the case of Bou Salem bypass channel	Noise and vibration levels along the transportation road and in settlement area.
	Earthwork fill, spoil and oil wastewater will affect the Mejerda water quality during construction	Same as the case of Bou Salem bypass channel	Water quality in Mejerda River, Impacts on aquatic organisms
	Generation of waste (Dredged/excavated)	Same as the case of Bou Salem bypass channel	Condition of spoil bank, Complaint from local residents
Improvement Works Downstream of Sidi Salem Dam up to Larroussia Dam	Noises and vibrations during construction period	Same as the case of Bou Salem Improvement Works	Noise and vibration levels along the transportation road and in settlement area.
El Battane Improvement Works	Noises and vibrations during construction period	Same as the case of Mez El Bab Improvement Works	Noise and vibration levels along the transportation road and in settlement area.
Jedeida Improvement Works	Noises and vibrations during construction period	Same as the case of El Battane Improvement Works	Noise and vibration levels along the transportation road and in settlement area.

Source: the Study Team

表12.2.1 河川改修プロジェクトの事業費 (1/4): Zone D2 (Financial Cost)

D2

Unit:TND1,000

Description	FC TND	LC TND	Total Cost			2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017	
			TND equiv.	US\$ equiv.	Yen 10 ³ equiv.	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC
(1) Construction cost (Base cost)	27,428,000	41,142,000	68,570,000	58,557,000	6,253,000	0	0	0	0	2,743	4,114	6,857	10,286	8,228	12,343	6,857	10,286	2,743	4,114
1.1 River Improvement	27,428,000	41,142,000	68,570,000	58,557,000	6,253,000	0	0	0	0	2,743	4,114	6,857	10,286	8,228	12,343	6,857	10,286	2,743	4,114
1.2 FFWS																			
(2) Land Acquisition	0	9,265,000	9,265,000	7,912,000	845,000	0	0	0	1,853	0	2,780	0	2,780	0	1,853	0	0	0	0
(3) Government Administration 3% of (1) + (2)	0	2,335,000	2,335,000	1,994,000	213,000	0	117	0	234	0	350	0	467	0	467	0	467	0	234
(4) Engineering Services 10% of (1)	2,743,000	4,114,000	6,857,000	5,856,000	625,000	411	617	686	1,029	274	411	411	617	411	617	411	617	137	206
(5) Subtotal (1)+(2)+(3)+(4)	30,171,000	56,856,000	87,027,000	74,319,000	7,936,000	411	734	686	3,115	3,017	7,655	7,268	14,149	8,640	15,280	7,268	11,370	2,880	4,553
(6) Physical Contingency 10% of (5)	3,017,000	5,686,000	8,703,000	7,432,000	794,000	41	73	69	312	302	766	727	1,415	864	1,528	727	1,137	288	455
(7) Sub-Total (5)+(6)	33,188,000	62,542,000	95,730,000	81,751,000	8,730,000	453	807	754	3,427	3,319	8,421	7,995	15,564	9,504	16,808	7,995	12,507	3,168	5,009
(8) Price Contingency FC:2.1% and LC:3.2% of (7)	5,106,000	14,586,000	19,692,000	16,816,000	1,796,000	29 (.064)	80 (.099)	65 (.087)	460 (.134)	363 (.11)	1,436 (.171)	1,062 (.133)	3,238 (.208)	1,488 (.157)	4,146 (.247)	1,446 (.181)	3,584 (.287)	652 (.206)	1,642 (.328)
(9) Sub total (7)+(8)	38,294,000	77,128,000	115,422,000	98,567,000	10,526,000	482	887	820	3,887	3,682	9,857	9,057	18,802	10,992	20,954	9,441	16,091	3,820	6,650
(10) Taxes	0	18,152,000	18,152,000	15,501,000	1,655,000	0	138	0	243	0	1,723	0	4,299	0	5,283	0	4,579	0	1,887
1) 18% of ((1) x 1.1+(1) x 1.1 x R)	0	16,937,000	16,937,000	14,464,000	1,545,000	0	0	0	0	0	1,589	0	4,100	0	5,078	0	4,367	0	1,803
2) 10% of (((3) + (4))x1.1 +((3)+(4)) x1.1xR)	0	1,215,000	1,215,000	1,038,000	111,000	0	138	0	243	0	133	0	199	0	205	0	212	0	84
R: Rate of price contingency																			
Grand Total	38,294,000	95,280,000	133,574,000	114,068,000	12,181,000	482	1,026	820	4,130	3,682	11,580	9,057	23,101	10,992	26,237	9,441	20,669	3,820	8,537

Note: (a) Exchange rates applied to conversion of the currencies are : US\$ 1 = TND 1.171 = Yen 106.79 based on prevailing rate in June 2008

(b) Proportion of construction cost is : FC : LC = 40 : 60

(c) Base year for counting of price contingency is June 2008.

表12.2. 河川改修プロジェクトの事業費 (2/4): Zone U2 (Financial Cost)

U2

Unit:TND1,000

T-43

Description	FC TND	LC TND	Total Cost			2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024	
			TND equiv.	US\$ equiv.	Yen 10 ³ equiv.	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC
(1) Construction cost (Base cost)	35,607,000	43,520,000	79,127,000	67,572,000	7,216,000	0	0	0	0	3,561	4,352	7,121	8,704	8,902	10,880	8,902	10,880	7,121	8,704	0	0
1.1 River Improvement	35,607,000	43,520,000	79,127,000	67,572,000	7,216,000	0	0	0	0	3,561	4,352	7,121	8,704	8,902	10,880	8,902	10,880	7,121	8,704	0	0
1.2 FFWS																					
(2) Land Acquisition	0	12,724,000	12,724,000	10,866,000	1,160,000	0	0	0	2,545	0	3,817	0	3,817	0	2,545	0	0	0	0	0	0
(3) Government Administration 3% of (1) + (2)	0	2,756,000	2,756,000	2,354,000	251,000	0	276	0	276	0	276	0	413	0	551	0	551	0	413	0	0
(4) Engineering Services 10% of (1)	3,561,000	4,352,000	7,913,000	6,757,000	722,000	534	653	712	870	356	435	356	435	534	653	534	653	534	653	0	0
(5) Subtotal (1)+(2)+(3)+(4)	39,168,000	63,352,000	102,520,000	87,549,000	9,349,000	534	928	712	3,691	3,917	8,880	7,478	13,370	9,436	14,629	9,436	12,084	7,656	9,770	0	0
(6) Physical Contingency 10% of (5)	3,917,000	6,335,000	10,252,000	8,755,000	935,000	53	93	71	369	392	888	748	1,337	944	1,463	944	1,208	766	977	0	0
(7) Sub-Total (5)+(6)	43,085,000	69,687,000	112,772,000	96,304,000	10,284,000	588	1,021	783	4,060	4,308	9,768	8,225	14,707	10,379	16,092	10,379	13,292	8,421	10,747	0	0
(8) Price Contingency FC:2.1% and LC:3.2% of (7)	13,543,000	34,639,000	48,182,000	41,146,000	4,394,000	121	335	181	1,503	1,107	4,045	2,330	6,755	3,220	8,143	3,505	7,367	3,080	6,491	0	0
(9) Sub total (7)+(8)	56,628,000	104,326,000	160,954,000	137,450,000	14,678,000	708	1,356	964	5,563	5,415	13,813	10,555	21,462	13,599	24,235	13,885	20,659	11,502	17,238	0	0
(10) Taxes	0	25,521,000	25,521,000	21,794,000	2,327,000	0	214	0	280	0	2,381	0	4,766	0	6,187	0	6,385	0	5,308	0	0
1) 18% of ((1) x 1.1+(1) x 1.1 x R)	0	23,801,000	23,801,000	20,325,000	2,171,000	0	0	0	0	0	2,215	0	4,573	0	5,899	0	6,088	0	5,026	0	0
2) 10% of (((3) + (4))x1.1 +((3)+(4))x1.1xR)	0	1,721,000	1,721,000	1,470,000	157,000	0	214	0	280	0	166	0	193	0	288	0	297	0	282	0	0
R: Rate of price contingency																					
Grand Total (9) + (10)	56,628,000	129,847,000	186,475,000	159,244,000	17,005,000	708	1,570	964	5,843	5,415	16,194	10,555	26,228	13,599	30,421	13,885	27,044	11,502	22,546	0	0
							2,278		6,807		21,609		36,783		44,021		40,929		34,048		0

Note: (a) Exchange rates applied to conversion of the currencies are : US\$ 1 = TND 1.171 = Yen 106.79 based on prevailing rate in June 2008

(b) Proportion of construction cost is : FC : LC = 45 : 55

(c) Base year for counting of price contingency is June 2008.

表12.2.1 河川改修プロジェクトの事業費 (4/4): Zone U1 + M (Financial Cost)

U1+M

Unit:TND1,000

Description	FC TND	LC TND	Total Cost			2026		2027		2028		2029		2030	
			TND equiv.	US\$ equiv.	Yen 10 ³ equiv.	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC
(1) Construction cost (Base cost)	10,510,000	10,510,000	21,020,000	17,950,000	1,917,000	0	0	0	0	3,153	3,153	5,255	5,255	2,102	2,102
1.1 River Improvement	10,510,000	10,510,000	21,020,000	17,950,000	1,917,000	0	0	0	0	3,153	3,153	5,255	5,255	2,102	2,102
1.2 FFWS															
(2) Land Acquisition	0	2,790,000	2,790,000	2,383,000	254,000	0	0	0	558	0	1,116	0	1,116	0	0
(3) Government Administration 3% of (1) + (2)	0	714,000	714,000	610,000	65,000	0	0	0	143	0	250	0	214	0	107
(4) Engineering Services 10% of (1)	1,051,000	1,051,000	2,102,000	1,795,000	192,000	0	0	315	315	210	210	315	315	210	210
(5) Subtotal (1)+(2)+(3)+(4)	11,561,000	15,065,000	26,626,000	22,738,000	2,428,000	0	0	315	1,016	3,363	4,729	5,570	6,901	2,312	2,419
(6) Physical Contingency 10% of (5)	1,156,000	1,507,000	2,663,000	2,274,000	243,000	0	0	32	102	336	473	557	690	231	242
(7) Sub-Total (5)+(6)	12,717,000	16,572,000	29,289,000	25,012,000	2,671,000	0	0	347	1,118	3,700	5,202	6,127	7,591	2,543	2,661
(8) Price Contingency FC:2.1% and LC:3.2% of (7)	6,902,000	15,258,000	22,160,000	18,924,000	2,021,000	0	0	168	916	1,907	4,565	3,353	7,117	1,474	2,660
						(.454)	(.763)	(.484)	(.819)	(.515)	(.878)	(.547)	(.938)	(.5797)	(.9996)
(9) Sub total (7)+(8)	19,619,000	31,830,000	51,449,000	43,936,000	4,692,000	0	0	515	2,033	5,606	9,767	9,480	14,708	4,018	5,322
(10) Taxes	0	8,630,000	8,630,000	7,370,000	787,000	0	0	0	155	0	2,483	0	4,212	0	1,781
1) 18% of ((1) x 1.1+(1) x 1.1 x R)	0	8,041,000	8,041,000	6,867,000	733,000	0	0	0	0	0	2,344	0	4,032	0	1,664
2) 10% of (((3) + (4))x1.1 +((3)+(4)) x1.1xR) R: Rate of price contingency	0	589,000	589,000	503,000	54,000	0	0	0	155	0	138	0	180	0	116
Grand Total (9) + (10)	19,619,000	40,460,000	60,079,000	51,306,000	5,479,000	0	0	515	2,188	5,606	12,250	9,480	18,920	4,018	7,102
									2,703		17,856		28,400		11,120

Note: (a) Exchange rates applied to conversion of the currencies are : US\$ 1 = TND 1.171 = Yen 106.79 based on prevailing rate in June 2008

(b) Proportion of construction cost is : FC : LC = 50 : 50

(c) Base year for counting of price contingency is June 2008.

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

Unit:TND1,000

Description	FC TND	LC TND	Total Cost			2010		2011		2012		2013		2014		2015	
			TND equiv.	USD equiv.	Yen equiv.	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC		
(1) Engineering Services*	2,842,400	710,600	3,553,000	3,034,000	324,018,000			568	142	1,137	284	1,137	284				
(2) Government Administration 30% of (1)		1,065,900	1,065,900	910,000	97,205,000				213		426		426				
(3) Subtotal (1)+(2)	2,842,400	1,776,500	4,618,900	3,944,000	421,223,000			568	355	1,137	711	1,137	711				
(4) Physical Contingency 10% of (3)	284,240	177,650	461,890	394,000	42,122,000			57	36	114	71	114	71				
(5) Subtotal (3)+(4)	3,126,640	1,954,150	5,080,790	4,339,000	463,345,000			625	391	1,251	782	1,251	782				
(6) Price Contingency FC:2.1% and LC:3.2% of (5)	285,591	277,021	562,612	480,000	51,308,000			40	39	108	105	137	133				
(7) Subtotal (5)+(6)	3,412,231	2,231,171	5,643,402	4,819,000	514,653,000			666	430	1,359	887	1,388	915				
(8) Taxes 10% of (7) for (2)		133,870	133,870	114,000	12,208,000				26		53		55				
Grand Total	3,412,231	2,365,042	5,777,273	4,934,000	526,862,000			666	455	1,359	940	1,388	970				

Notes:

(a) Exchange rates applied to conversion of the currencies are: USD 1 = TND 1.171 = Yen 106.79, based on prevailing rates in June 2008.

(b) Base year for counting price contingency is June 2008.

(c) * Including remuneration and direct cost

表12.2.3 洪水予警報システム強化プロジェクトの事業費

Unit:TND1,000

Description	FC TND	LC TND	Total Cost			2010		2011		2012		2013		2014		2015	
			TND equiv.	USD equiv.	Yen equiv.	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC		
(1) Engineering Services*	2,456,000	614,000	3,070,000	2,622,000	279,970,000			1,842	461	246	61	368	92				
(2) Telemeter Station**	274,000	225,000	499,000	426,000	45,507,000			274	225								
(3) Government Administration 30% of (1)		921,000	921,000	787,000	83,991,000				691		92		138				
(4) Subtotal (1)+(2)+(3)	2,730,000	1,760,000	4,490,000	3,834,000	409,468,000			2,116	1,376	246	154	368	230				
(5) Physical Contingency 10% of (4)	273,000	176,000	449,000	383,000	40,947,000			212	138	25	15	37	23				
(6) Subtotal (4)+(5)	3,003,000	1,936,000	4,939,000	4,218,000	450,415,000			2,328	1,514	270	169	405	253				
(7) Price Contingency FC:2.1% and LC:3.2% of (6)	217,533	215,907	433,440	370,000	39,528,000			150	150	23	23	44	43				
(8) Subtotal (6)+(7)	3,220,533	2,151,907	5,372,440	4,588,000	489,943,000			2,477	1,664	294	192	450	296				
(9) Taxes (18% of (8) for (2)) (10% of (8) for (3))	57,742 (57,742) (0)	161,758 (48,965) (112,793)	219,500 (106,707) (112,793)	187,000 (91,000) (96,000)	20,017,000 (9,731,000) (10,286,000)			58 (58)	132 (49)	0 (0)	11 (0)	0 (0)	18 (0)				
Grand Total	3,278,276	2,313,664	5,591,940	4,775,000	509,960,000			2,535	1,796	294	203	450	314				

Notes:

(a) Exchange rates applied to conversion of the currencies are: USD 1 = TND 1.171 = Yen 106.79, based on prevailing rates in June 2008.

(b) Base year for counting price contingency is June 2008.

(c) * Including remuneration and direct cost

(d) ** Installation of additional rainfall and water level telemeter stations, and measuring device of dam release discharge

表12.2.4 避難・水防体制強化プロジェクトの事業費

Unit:TND1,000

Description	FC TND	LC TND	Total Cost			2010		2011		2012		2013		2014		2015	
			TND equiv.	USD equiv.	Yen equiv.	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC		
(1) Engineering Services*	1,403,200	350,800	1,754,000	1,498,000	159,957,000			0	0	0	0	1,403	351				
(2) Government Administration 30% of (1)		526,200	526,200	449,000	47,987,000				0		0		526				
(3) Subtotal (1)+(2)	1,403,200	877,000	2,280,200	1,947,000	207,944,000			0	0	0	0	1,403	877				
(4) Physical Contingency 10% of (3)	140,320	87,700	228,020	195,000	20,794,000			0	0	0	0	140	88				
(5) Subtotal (3)+(4)	1,543,520	964,700	2,508,220	2,142,000	228,739,000			0	0	0	0	1,544	965				
(6) Price Contingency FC:2.1% and LC:3.2% of (5)	169,021	164,552	333,573	285,000	30,420,000			0	0	0	0	169	165				
(7) Subtotal (5)+(6)	1,712,541	1,129,252	2,841,793	2,427,000	259,159,000			0	0	0	0	1,713	1,129				
(8) Taxes 10% of (7) for (2)		67,755	67,755	58,000	6,179,000				0		0		68				
Grand Total	1,712,541	1,197,007	2,909,548	2,485,000	265,338,000			0	0	0	0	1,713	1,197				

Notes:

(a) Exchange rates applied to conversion of the currencies are: USD 1 = TND 1.171 = Yen 106.79, based on prevailing rates in June 2008.

(b) Base year for counting price contingency is June 2008.

(c) * Including remuneration and direct cost

表12.2.5 組織能力開発プロジェクトの事業費

Unit:TND1,000

Description	FC TND	LC TND	Total Cost			2010		First Stage		2012		Second Stage				Third Stage	
			TND equiv.	USD equiv.	Yen equiv.	FC	LC	FC	LC	FC	LC	*****				2019	
												FC	LC	FC	LC	FC	LC
(1) Engineering Services*	3,438,400	859,600	4,298,000	3,670,000	391,959,000			1,719	430	1,032	258					688	172
(2) Government Administration 30% of (1)		1,289,400	1,289,400	1,101,000	117,588,000				645		387						258
(3) Subtotal (1)+(2)	3,438,400	2,149,000	5,587,400	4,771,000	509,546,000			1,719	1,075	1,032	645					688	430
(4) Physical Contingency 10% of (3)	343,840	214,900	558,740	477,000	50,955,000			172	107	103	64					69	43
(5) Subtotal (3)+(4)	3,782,240	2,363,900	6,146,140	5,249,000	560,501,000			1,891	1,182	1,135	709					756	473
(6) Price Contingency FC:2.1% and LC:3.2% of (5)	414,310	408,134	822,444	702,000	75,003,000			122	117	98	95					194	196
(7) Subtotal (5)+(6)	4,196,550	2,772,034	6,968,584	5,951,000	635,504,000			2,013	1,299	1,233	804					951	669
(8) Taxes 10% of (7) for (2)		166,322	166,322	142,000	15,168,000				78		48						40
Grand Total	4,196,550	2,938,356	7,134,907	6,093,000	650,672,000			2,013	1,377	1,233	853					951	709

Notes:

(a) Exchange rates applied to conversion of the currencies are: USD 1 = TND 1.171 = Yen 106.79, based on prevailing rates in June 2008.

(b) Base year for counting price contingency is June 2008.

(c) * Including remuneration and direct cost

表12.2.6 氾濫原規制・管理プロジェクトの事業費

Unit:TND1,000

Description	FC TND	LC TND	Total Cost			2010		2011		2012		2013		2014		2015	
			TND equiv.	USD equiv.	Yen equiv.	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC
(1) Engineering Services*	2,596,800	649,200	3,246,000	2,772,000	296,021,000			909	227	1,039	260	649	162				
(2) Government Administration 30% of (1)		973,800	973,800	832,000	88,806,000				341		390		243				
(3) Subtotal (1)+(2)	2,596,800	1,623,000	4,219,800	3,604,000	384,827,000			909	568	1,039	649	649	406				
(4) Physical Contingency 10% of (3)	259,680	162,300	421,980	360,000	38,483,000			91	57	104	65	65	41				
(5) Subtotal (3)+(4)	2,856,480	1,785,300	4,641,780	3,964,000	423,310,000			1,000	625	1,143	714	714	446				
(6) Price Contingency FC:2.1% and LC:3.2% of (5)	241,560	233,946	475,506	406,000	43,364,000			64	62	99	96	78	76				
(7) Subtotal (5)+(6)	3,098,040	2,019,246	5,117,286	4,370,000	466,674,000			1,064	687	1,242	810	792	522				
(8) Taxes (10% of (7) for (2))	0 (0)	121,155 (121,155)	121,155 (121,155)	103,000 (103,000)	11,049,000 (11,049,000)			0	41 (41)	0	49 (49)	0	31 (31)				
Grand Total	3,098,040	2,140,401	5,238,441	4,473,000	477,723,000			1,064	728	1,242	859	792	554				

Notes:

(a) Exchange rates applied to conversion of the currencies are: USD 1 = TND 1.171 = Yen 106.79, based on prevailing rates in June 2008.

(b) Base year for counting price contingency is June 2008.

(c) * Including remuneration and direct cost (including software for hydraulic analysis and GIS)

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

	Priority Sectors
World Bank	<ol style="list-style-type: none"> 1) Strengthen the business environment, to support the development of a more competitive, internationally integrated private sector, and improve competitiveness of the Tunisian economy. 2) Enhance skills and employment potential of graduates, and the labor force in a knowledge economy. 3) Improve the quality of social services, through enhanced efficiency of public expenditures. <p>Source: Country Assistance Strategy (CAS) for Tunisia, World Bank, June 2004</p>
EU	<ol style="list-style-type: none"> 1) Creation of the right conditions for private investment, the development of competitive SMEs (small and medium enterprises), growth, a reduction in unemployment and sustainable rural development; 2) Developing education and training, higher education and scientific research as vital building blocks of the knowledge-based society; 3) Facilitating trade in goods and services, approximation of technical regulations and conformity assessment procedures and standards; 4) Developing transport based on safety and security, reinforcing national and regional infrastructures and their inter-connection with the Trans-European Transport Network; developing the energy and information society sectors. <p>Source: Country Strategy Paper 2007-13, EU</p>
African Development Bank	<ol style="list-style-type: none"> 1) The reinforcement of macroeconomic policies and acceleration of reforms addresses the need to improve the business environment and is geared towards consolidating the reform programs. 2) The modernization of infrastructure and consolidation of the productive sector is a strategic option for speeding up growth. 3) The consolidation of human capital focuses on creating employment, in particular by consolidating the linkages between training, research and production; supporting the development of technological centers that give concrete form to such linkages; and ensuring balanced regional development. <p>Source: Country Strategy Paper 2007-11, African Development Bank</p>
Islamic Development Bank	<p>Assistance strategy and priority areas for Tunisia are not clear. Islamic development bank has been providing assistance for industrialization, capacity building for public sector, rural development, agricultural sector, and financial sector.</p>

表 13.1.1 洪水棒行事業全体の経済評価

(unit: 1,000 TND)

	Cost					Benefit					Net Benefit
	D1	D2	U1+M	U2	Total	D1	D2	U1+M	U2	Total	
2008	0	0	309	206	516	0	0	0	0	0	-516
2009	0	0	1,160	1,774	2,935	0	0	0	0	0	-2,935
2010	0	0	2,033	2,353	4,386	0	0	0	0	0	-4,386
2011	1,239	7,248	2,020	2,359	12,866	0	0	0	0	0	-12,866
2012	801	7,702	7,117	5,387	21,007	0	0	0	0	0	-21,007
2013	835	14,856	8,721	6,476	30,888	0	0	0	0	0	-30,888
2014	14	21,840	8,181	5,449	35,484	0	0	0	0	0	-35,484
2015	14	24,552	5,568	7,655	37,789	0	0	0	0	0	-37,789
2016	14	19,380	173	5,491	25,058	0	0	4,211	9,172	13,383	-11,675
2017	14	8,049	173	9,507	17,744	0	0	4,401	9,584	13,985	-3,758
2018	14	647	173	10,237	11,072	0	76,046	4,599	10,016	90,660	79,589
2019	14	647	173	18,565	19,399	0	79,468	4,806	10,466	94,740	75,341
2020	14	647	173	25,167	26,001	0	83,044	5,022	10,937	99,003	73,002
2021	14	647	173	25,036	25,870	0	86,781	5,248	11,430	103,458	77,589
2022	14	750	173	22,695	23,632	0	89,384	5,406	11,772	106,562	82,930
2023	1,242	647	173	18,607	20,669	0	92,066	5,568	12,126	109,759	89,090
2024	3,320	647	173	1,057	5,196	0	94,828	5,735	23,319	123,882	118,685
2025	13,235	647	173	1,057	15,111	0	97,673	5,907	24,019	127,598	112,487
2026	24,144	647	173	1,057	26,020	0	100,603	6,084	24,740	131,426	105,406
2027	23,280	750	1,510	1,057	26,598	0	103,621	6,266	25,482	135,369	108,771
2028	18,613	647	8,498	1,239	28,997	0	106,729	6,454	26,246	139,430	110,433
2029	578	647	13,092	1,057	15,374	31,067	109,931	6,648	27,034	174,680	159,306
2030	578	647	5,182	1,057	7,464	31,999	113,229	6,848	27,845	179,920	172,457
2031	578	647	321	1,057	2,603	32,959	116,626	9,200	28,680	187,465	184,862
2032	578	750	321	1,057	2,706	33,948	120,125	9,476	29,540	193,089	190,383
2033	691	647	321	1,239	2,898	34,966	123,729	9,760	30,427	198,882	195,984
2034	578	647	321	1,057	2,603	36,015	127,440	10,053	31,339	204,848	202,245
2035	578	647	330	1,057	2,612	37,096	131,264	10,355	32,279	210,993	208,382
2036	578	647	321	1,057	2,603	38,208	135,202	10,665	33,248	217,323	214,721
2037	578	750	321	1,057	2,706	39,355	139,258	10,985	34,245	223,843	221,137
2038	691	647	321	1,239	2,898	40,535	143,435	11,315	35,273	230,558	227,660
2039	578	647	321	1,057	2,603	41,751	147,738	11,654	36,331	237,475	234,872
2040	578	647	330	1,057	2,612	43,004	152,171	12,004	37,421	244,599	241,988
2041	578	647	321	1,057	2,603	44,294	156,736	12,364	38,543	251,937	249,335
2042	578	750	321	1,057	2,706	45,623	161,438	12,735	39,700	259,495	256,789
2043	691	647	321	1,239	2,898	46,992	166,281	13,117	40,891	267,280	264,382
2044	578	647	321	1,057	2,603	48,401	171,269	13,511	42,117	275,299	272,696
2045	578	647	330	1,057	2,612	49,853	176,407	13,916	43,381	283,558	280,946
2046	578	647	321	1,057	2,603	51,349	181,700	14,333	44,682	292,064	289,462
2047	578	750	321	1,057	2,706	52,889	187,151	14,763	46,023	300,826	298,120
2048	691	647	321	1,239	2,898	54,476	192,765	15,206	47,404	309,851	306,953
2049	578	647	321	1,057	2,603	56,110	198,548	15,663	48,826	319,147	316,544
2050	578	647	330	1,057	2,612	57,794	204,505	16,132	50,290	328,721	326,109
2051	578	647	321	1,057	2,603	59,527	210,640	16,616	51,799	338,583	335,980
2052	578	750	321	1,057	2,706	61,313	216,959	17,115	53,353	348,740	346,034
2053	691	647	321	1,239	2,898	63,153	223,468	17,628	54,954	359,202	356,304
2054	578	647	321	1,057	2,603	65,047	230,172	18,157	56,602	369,978	367,376
2055	578	647	330	1,057	2,612	66,999	237,077	18,702	58,300	381,078	378,466
2056	578	647	321	1,057	2,603	69,009	244,189	19,263	60,049	392,510	389,907
2057	578	750	321	1,057	2,706	71,079	251,515	19,841	61,851	404,285	401,579
2058	691	647	321	1,239	2,898	73,211	259,060	20,436	63,706	416,414	413,516
2059	578	647	321	1,057	2,603	75,408	266,832	21,049	65,618	428,906	426,304
2060	578	647	330	1,057	2,612	77,670	274,837	21,681	67,586	441,774	439,162
2061	578	647	321	1,057	2,603	80,000	283,082	22,331	69,614	455,027	452,424
2062	578	750	321	1,057	2,706	82,400	291,575	23,001	71,702	468,678	465,971
2063	691	647	321	1,239	2,898	84,872	300,322	23,691	73,853	482,738	479,840
2064	578	647	321	1,057	2,603	87,418	309,332	24,402	76,069	497,220	494,617
2065	578	647	330	1,057	2,612	90,041	318,611	25,134	78,351	512,137	509,525
2066	578	647	321	1,057	2,603	92,742	328,170	25,888	80,701	527,501	524,898
2067	578	750	321	1,057	2,706	95,524	338,015	26,664	83,122	543,326	540,620
2068	691	0	321	1,239	2,251	98,390	0	27,464	85,616	211,470	209,219
2069	578	0	321	1,057	1,956	101,342	0	28,288	88,184	217,814	215,859
2070	578	0	330	1,057	1,965	104,382	0	29,137	90,830	224,349	222,384
2071	578	0	321	1,057	1,956	107,513	0	30,011	93,555	231,079	229,123
2072	578	0	321	1,057	1,956	110,739	0	30,911	96,362	238,012	236,056
2073	691	0	321	1,239	2,251	114,061	0	31,839	99,252	245,152	242,901
2074	578	0	321	0	899	117,483	0	32,794	0	150,276	149,378
2075	578	0	330	0	908	121,007	0	33,778	0	154,785	153,877
2076	578	0	321	0	899	124,637	0	34,791	0	159,428	158,529
2077	578	0	321	0	899	128,376	0	35,835	0	164,211	163,312
2078	691	0	321	0	1,012	132,228	0	36,910	0	169,137	168,126
2079	0	0	321	0	321	0	0	38,017	0	38,017	37,696
2080	0	0	330	0	330	0	0	39,158	0	39,158	38,828

EIRR = 25.0%