

チュニジア共和国
農業省 ダム大規模水理施設総局

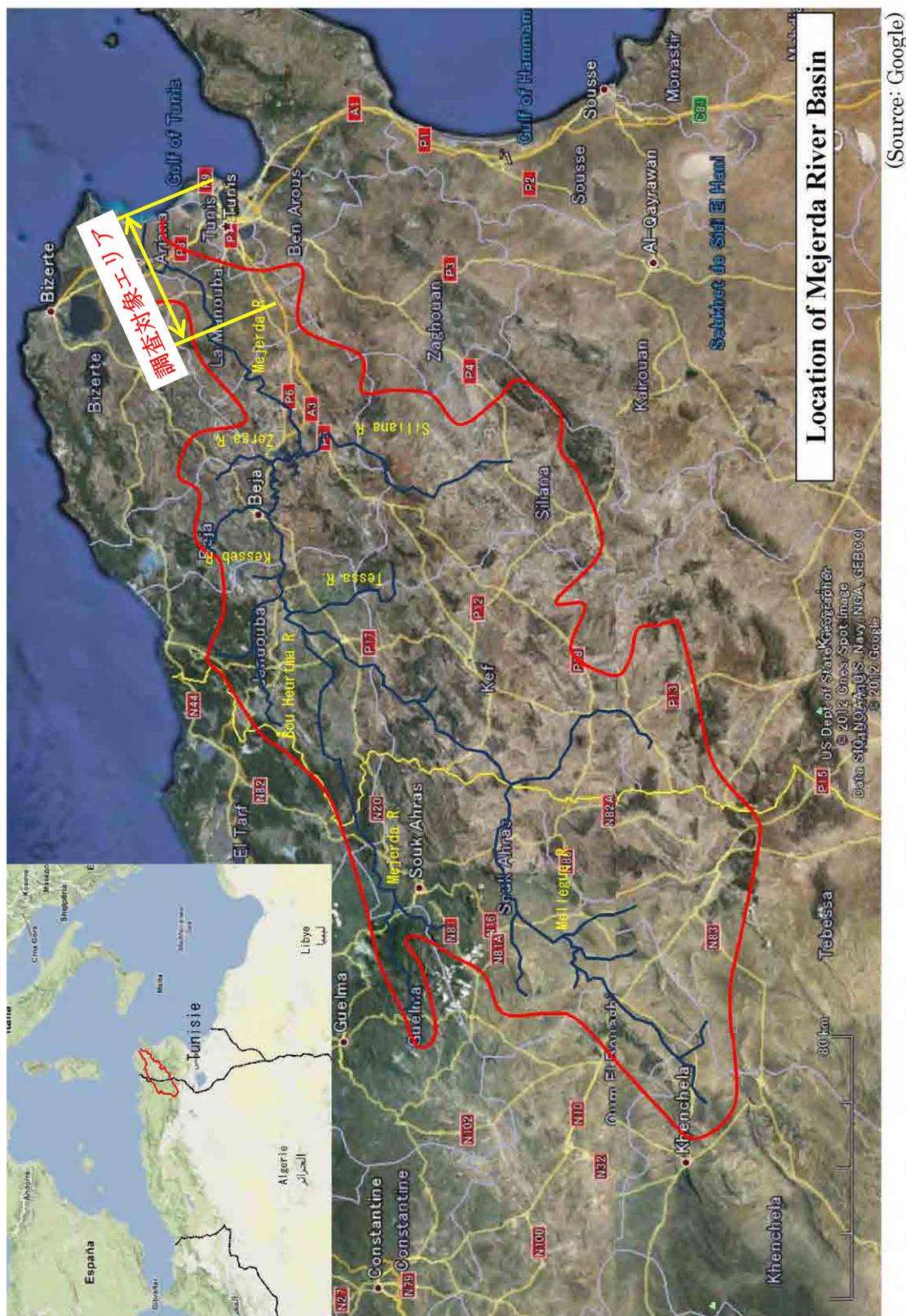
チュニジア共和国
メジェルダ川に係る
気候変動影響を考慮した
統合流域管理・洪水対策検討調査
最終報告書

平成 25 年 3 月
(2013 年 3 月)

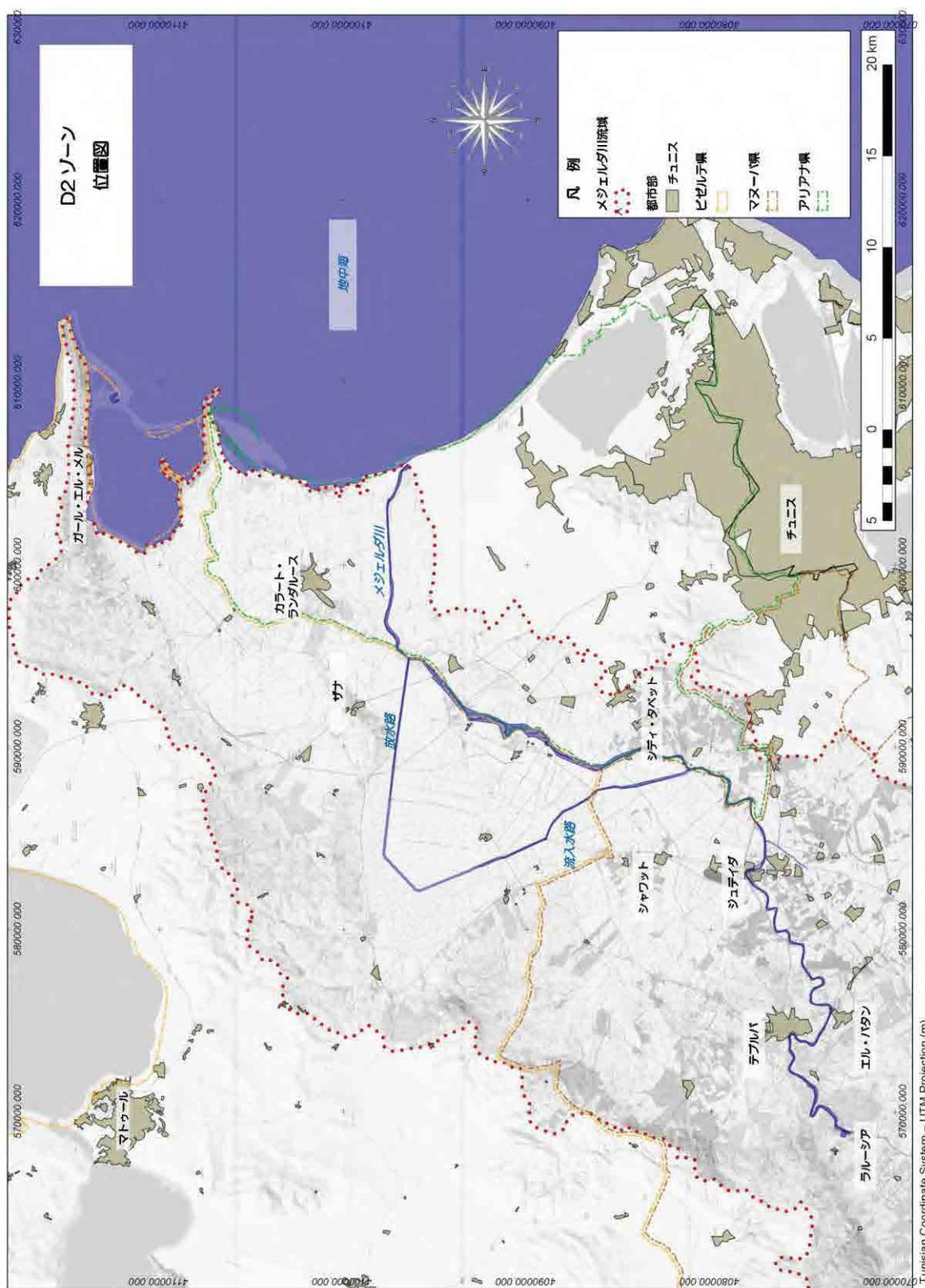
独立行政法人 国際協力機構
(JICA)

八千代エンジニアリング株式会社

環境
CR(6)
13-116



流域および調査対象エリア位置図



D2ゾーン概要図



写真位置図

	
<p>01.農業水資源省とキックオフミーティング (2012.08)</p>	<p>02.シディサレムダム (2012.08)</p>
	
<p>03.エルヘリ農業用水取水場 (メジェルダ川から取水 (2012.08))</p>	<p>04.カウンターパートとの現地調査 (2012.08)</p>
	
<p>05.エルバタン橋 (2012.08)</p>	<p>06.エルバタン橋 (2012.08)</p>

<p>07.エルバタン橋 橋脚の状況 (2012.08)</p>	<p>08.ジュデイダ GP7号橋上流右岸 の築堤状況 (2012.08)</p>
<p>09.ジュデイダ古橋 (2012.08)</p>	<p>10.ジュデイダ古橋 橋脚の状況 (2012.08)</p>
<p>11.ジュデイダ 新・古橋付近右岸堆砂状況 (2012.08)</p>	

<p>12.メジェルダ川とシャフル川の合流地点 (2012.08)</p>	<p>13.シャフル川合流点上流河道状況 (2012.08)</p>
<p>14.ジュデイダ鉄道旧橋 (2012.08)</p>	<p>15. ジュデイダ鉄道新橋 (2012.08)</p>
<p>16.メジェルダ川取水地点から遊水地 方向を見る (2012.08)</p>	<p>17.C50 道路橋から南側に排水路 を見る (2012.08)</p>

	
<p>18.エルマブトゥ遊水地の排水路 (2012.08)</p>	<p>19.エルマブトゥ遊水地 (2012.08)</p>
	
<p>20.遊水地ゾーン2とゾーン1の境界にある調節ゲートでの排水路 (2012.08)</p>	<p>21. メジェルダ川との合流地点直上流の排水路(012.08))</p>
	
<p>22.排水路のメジェルダ川への流入地点の樋門 (2012.08)</p>	<p>23.排水路のメジェルダ川への流入地点 (2012.08)</p>



24. トビアス可動堰直上流の橋
 (2012.08)



25. トビアス可動堰
 (Mejerda 川下流) (2012.08)



26. トビアス堰からの導水路
 (2012.08)



27. デルタ橋下流
 (2012.09)



28. デルタ橋下流右岸の築堤状況
 (2012.09)

	
<p>29.メジェルダ川 河口付近の湿地帯 (2012.08)</p>	<p>30.メジェルダ川 河口部 (2012.08)</p>
	
<p>31. 農業省水資源総局聞き取り (2012.08)</p>	<p>32. アリアナ県庁 聞き取り (2012.09)</p>
	
<p>33. JICA との打合せ (2012.09)</p>	<p>34.農業省関係者と計画案協議 (2012.09)</p>

チュニジア共和国
メジェルダ川に係る気候変動影響を考慮した統合流域管理・洪水対策検討調査

目 次

流域位置図
流域概要図
D2 ゾーン概要図
写真
目次
資料編目次
図リスト
表リスト
略語・用語表
要約

第1章 序論 1-1
1.1 調査の背景と目的..... 1-1
1.1.1 背景 1-1
1.1.2 目的 1-1
1.2 調査の基本的枠組み..... 1-1
1.2.1 調査対象地域..... 1-1
1.2.2 活動・成果・目標の整理..... 1-2
1.2.3 コンサルタント団員構成と作業工程..... 1-3
1.2.4 チュニジア側実施体制..... 1-4

第2章 流域の概要と洪水被害状況 2-1
2.1 流域の概要..... 2-1
2.1.1 地形、地質及び地盤..... 2-1
2.1.2 気象・水文..... 2-4
2.1.3 治水・利水施設 2-7
2.1.4 社会経済..... 2-9
2.2 D2 ゾーンの概要 2-11
2.2.1 河道 2-11
2.2.2 河道内施設..... 2-12
2.3 洪水被害状況..... 2-21
2.3.1 主要洪水の水文的特性..... 2-21

2.3.2	既往洪水のまとめ	2-28
第3章	洪水対策の現状	3-1
3.1	洪水対策に関する政策・組織体制	3-1
3.1.1	政策	3-1
3.1.2	法的枠組み	3-1
3.1.3	行政の取組み	3-3
3.1.4	行政機関	3-3
3.2	既往の洪水対策事業の概要	3-12
3.2.1	河川事業	3-12
3.2.2	ダム事業	3-14
3.2.3	水文情報の収集システムと洪水予測	3-17
3.2.4	洪水緊急対応の現状	3-23
3.2.5	河道維持管理	3-29
3.2.6	エル・マブトゥ遊水地の機能と土地利用規制	3-30
3.3	水資源管理に関するドナーの活動	3-33
3.3.1	ドナーの活動	3-33
3.3.2	本事業と我が国対チュニジア援助政策との関連	3-36
3.4	メジェルダ川 D2 ゾーンでの開発計画	3-37
3.5	事業の必要性和位置づけ	3-37
3.5.1	事業の必要性	3-37
3.5.2	事業の位置づけ	3-38
第4章	河川改修計画	4-1
4.1	河道改修計画の基本条件	4-1
4.1.1	治水安全度	4-1
4.1.2	構造物対策	4-1
4.2	基本高水流量	4-2
4.3	計画高水流量	4-3
4.4	河道特性	4-3
4.4.1	河道横断及び縦断図	4-3
4.4.2	現況流下能力の把握	4-4
4.5	河道計画	4-10
4.5.1	メジェルダ川河川改修	4-10
4.5.2	蛇行部のショートカット	4-16
4.5.3	支川シャフル川	4-17
4.6	エル・マブトゥ遊水地計画	4-19
4.7	氾濫解析	4-22

4.7.1	氾濫解析モデル	4-22
4.7.2	氾濫解析モデルの作成	4-24
4.7.3	2003年洪水の再現	4-34
4.7.4	築堤案断面及び掘削案断面における内水氾濫状況の比較	4-36
4.7.5	確率規模別氾濫解析結果	4-38
第5章	施設設計と非構造物対策	5-1
5.1	河道改修と河川構造物	5-1
5.1.1	河道改修と河川構造物の概要	5-1
5.1.2	河道横断形状の諸元	5-2
5.1.3	護岸・床固め工	5-11
5.1.4	樋管	5-14
5.2	遊水地	5-17
5.2.1	遊水地計画の概要	5-17
5.2.2	遊水地への分流堰	5-19
5.2.3	放水路・排水路	5-23
5.2.4	水路付帯構造物	5-32
5.2.5	その他付帯施設	5-33
5.2.6	遊水地管理施設	5-33
5.2.7	基礎構造の概略検討	5-43
5.3	非構造物対策	5-52
5.3.1	非構造物対策の必要性	5-52
5.3.2	実施されるべき非構造物対策	5-52
5.3.3	洪水予測警報システム(SYCOHTRAC)の改善案	5-54
5.3.4	ダム洪水管理システム	5-56
5.3.5	洪水避難、水防活動	5-58
5.3.6	組織、制度の強化並びに能力開発	5-61
5.3.7	メジェルダ川洪水制御事業における非構造物対策	5-62
第6章	橋梁	6-1
6.1	既存橋梁の現況および河川改修に伴い不足する性能の把握	6-1
6.1.1	既存橋梁の現況	6-1
6.1.2	橋梁地点での現況の流下能力	6-11
6.1.3	現状の問題	6-12
6.2	改修方針選定フロー	6-13
6.2.1	改修方針の選定フロー	6-13
6.2.2	橋梁改修方針選定結果	6-16
6.2.3	新設橋梁の計画	6-16

6.2.4	整備の必要な橋梁一覧（橋梁改修・新設整備）	6-18
6.3	既存橋梁改修計画	6-20
6.3.1	No.1 K.LANDAOUS BRIDGE	6-20
6.3.2	No.3 TOBIAS OLD BRIDGE	6-21
6.3.3	No.4 GP8 BRIDGE OVER OUED MEJERDA	6-22
6.3.4	No.8 JEDEIDA RAILWAY OLD BRIDGE	6-23
6.3.5	No.9 JEDEIDA RAILWAY BRIDGE	6-25
6.3.6	No.12 JEDEIDA BRIDGE ON GP7	6-25
6.3.7	No.15 GP7 BRIDGE ON CHAFUROU	6-26
6.3.8	No.16 GP7 OLD BRIDGE ON CHAFUROU	6-27
6.3.9	No.17 EL H'BIBIA BRIDGE	6-28
6.3.10	No.18 Bridge on the local road , No.22 MC50 EL MABTOUH BRIDGE	6-29
6.3.11	No.19～21 FARM BRIDGE	6-31
6.3.12	No.27 GP8 BRIDGE AND ROAD OVER Mabtough	6-33
6.4	新設橋梁の計画	6-34
6.4.1	橋梁施工実績調査	6-34
6.4.2	上部構造	6-35
6.4.3	下部構造	6-38
6.4.4	基礎構造	6-39
6.4.5	新設橋梁計画	6-40
6.5	設計基準	6-40
6.5.1	道路橋	6-40
6.5.2	鉄道橋	6-43
6.5.3	耐震規定	6-43
第7章	施工計画と事業費積算	7-1
7.1	工事概要並びに補償概要	7-1
7.1.1	工事内容	7-1
7.1.2	施工工区	7-3
7.1.3	工事数量	7-5
7.1.4	補償数量	7-6
7.2	施工計画	7-6
7.2.1	主要工種の施工方法	7-6
7.2.2	施工計画	7-8
7.3	事業費の積算	7-23
7.3.1	事業費の積算体系	7-23
7.3.2	事業費の積算単価	7-24
7.3.3	工事数量表	7-29
7.3.4	事業費積算	7-41

7.4	本邦技術の活用.....	7-45
7.4.1	橋梁.....	7-45
7.4.2	ダムの洪水管理操作.....	7-51
第8章	社会環境配慮.....	8-1
8.1	チュニジアの環境社会配慮に関する法制度・国際条約と実施状況.....	8-1
8.1.1	チュニジアの環境に関する法令.....	8-1
8.1.2	環境社会配慮に関する手続きとフロー.....	8-6
8.1.3	自然環境に関する国際条約と国内法規.....	8-7
8.2	対象地域の社会自然環境の現況.....	8-9
8.2.1	社会環境の現況.....	8-9
8.2.2	社会環境調査結果.....	8-12
8.2.3	自然環境の現況.....	8-25
8.3	プロジェクトによる環境への影響の検討.....	8-36
8.3.1	代替案の検討.....	8-36
8.3.2	スコopingおよび環境社会配慮の TOR.....	8-37
8.3.3	影響の評価の結果.....	8-47
8.3.4	緩和策の検討.....	8-56
8.4	環境管理およびモニタリング計画.....	8-63
8.4.1	環境管理計画.....	8-63
8.4.2	環境モニタリング計画.....	8-67
8.4.3	環境管理・環境モニタリングの実施責任機関・予算・財源.....	8-72
8.5	総合評価.....	8-75
8.5.1	JICA ガイドラインによる環境カテゴリーおよび提言.....	8-75
8.5.2	影響の総合評価.....	8-75
8.5.3	環境チェックリスト.....	8-76
8.6	環境アセスメント (EIA) 報告書案の作成支援.....	8-83
8.6.1	環境アセスメント (EIA) 報告書案の作成.....	8-83
8.6.2	チュニジア側環境アセスメント実施の想定スケジュール.....	8-84
8.7	ステークホルダー協議実施支援.....	8-85
8.7.1	これまでの実施状況と協議概要.....	8-85
8.7.2	新規ステークホルダー協議の必要性について.....	8-88
8.7.3	新規ステークホルダー協議の概要と開催スケジュール.....	8-88
第9章	用地取得と住民移転.....	9-1
9.1	チュニジアにおける用地取得・住民移転に関する法制度と実施状況.....	9-1
9.1.1	チュニジアにおける水域の境界画定に関する法制度と実施状況.....	9-1
9.1.2	チュニジアにおける用地取得・住民移転に関する法制度.....	9-4

9.1.3	チュニジアにおける用地取得・住民移転の実施体制	9-5
9.1.4	非自発的住民移転政策に関する JICA の基本原則	9-13
9.1.5	チュニジアでの住民移転関連法規と JICA ガイドラインとの比較・対照	9-14
9.1.6	本計画における用地取得・住民移転方針	9-17
9.2	プロジェクトによる用地取得と住民移転の必要性と規模	9-18
9.2.1	本計画地域内の住民	9-20
9.2.2	人口センサス調査	9-21
9.2.3	財産・用地調査	9-21
9.3	簡易住民移転計画書（案）作成支援	9-22
9.3.1	補償・支援の具体策	9-22
9.3.2	苦情処理メカニズム	9-24
9.3.3	社会的弱者への配慮	9-25
9.3.4	実施スケジュール	9-25
9.3.5	費用と財源	9-26
9.3.6	用地取得と住民移転のモニタリング	9-26
9.3.7	住民協議	9-29
第 10 章	事業実施計画	10-1
10.1	事業目的	10-2
10.2	対象地域	10-2
10.3	事業概要	10-2
10.3.1	全体事業計画の概要	10-2
10.3.2	建設工事の内容	10-2
10.3.3	コンサルティングサービスの内容	10-5
10.4	事業費と資金計画	10-8
10.4.1	事業費の算出	10-8
10.4.2	資金計画	10-9
10.5	事業実施スケジュール	10-11
10.6	調達方法	10-13
10.6.1	コンサルタントの調達	10-13
10.6.2	建設業者の調達	10-13
10.7	事業実施体制	10-13
10.7.1	借入人	10-13
10.7.2	事業実施機関	10-13
10.7.3	事業管理組織(PMU)	10-16
10.8	維持管理体制	10-17
10.9	業績指標	10-17

第 11 章 経済評価.....	11-1
11.1 経済評価の目的.....	11-1
11.2 前提条件.....	11-1
11.3 事業費用.....	11-2
11.4 便益.....	11-3
11.4.1 便益の算定方法.....	11-3
11.4.2 資産データ収集整理.....	11-3
11.5 被害額算定.....	11-10
11.5.1 被害額算定方法.....	11-10
11.5.2 直接被害.....	11-10
11.5.3 間接被害.....	11-12
11.5.4 年平均被害軽減期待額.....	11-16
11.6 経済評価.....	11-17
11.7 感度分析.....	11-18
11.7.1 感度分析の目的.....	11-18
11.7.2 感度分析の検討内容.....	11-19
11.7.3 感度分析結果.....	11-19
11.8 運用・効果指標の選定.....	11-20
第 12 章 対象地域における気候変動に係る考察.....	12-1
12.1 気候変動影響を考慮した河川流出解析結果.....	12-1
12.2 気候変動が流域の社会環境に及ぼす影響.....	12-8
12.3 今後の対象地域における河川計画において留意すべき事項.....	12-9

図リスト:

図 1-1	流域分割図	1-2
図 2-1	メジェルダ川流域の地形 (チュニジア内)	2-1
図 2-2	チュニス (ウティカ) 湾の海退経緯	2-2
図 2-3	メジェルダ川本川沿い下流部土層縦断面図 (軟弱層表示)	2-4
図 2-4	チュニスの年平均気温及び降水量	2-5
図 2-5	メジェルダ川流域の等雨量線図(年平均降水量)	2-6
図 2-6	月平均降水量地域差	2-6
図 2-7	チュニジアのメジェルダ流域におけるダム位置図	2-8
図 2-8	主な水流測定所、支流、ダム、都市の配置図	2-9
図 2-9	代表的河道断面	2-11
図 2-10	左：ラルシア堰の全景／右：下流側全景	2-12
図 2-11	左：転倒ゲート2門(手前側)と固定堰状況／右：直上流左岸側の 取水施設のポンプ機場	2-12
図 2-12	現状橋梁位置図	2-14
図 2-13	改築・新設橋梁位置図	2-16
図 2-14	河川改修により改築が予想される樋門位置図	2-18
図 2-15	エルマブドゥ遊水地地区及びシャフル川内の主要施設	2-20
図 2-16	1973年3月洪水 ハイドログラフ	2-22
図 2-17	2000年5月洪水 ハイドログラフ	2-23
図 2-18	2003年1月洪水 シディ・サレムダム流入量・放流量及び貯水位	2-24
図 2-19	2004年1月洪水 シディ・サレムダム水位・放流量	2-25
図 2-20	2009年4月洪水 シディ・サレムダム放流量・貯水位	2-26
図 2-21	2009年4月洪水 主要観測所ハイドログラフ	2-26
図 2-22	2012年2月洪水 シディ・サレムダム流入量・放流量及び貯水位	2-27
図 2-23	2012年2月洪水 主要観測所ハイドログラフ	2-27
図 3-1	都市開発計画位置図	3-4
図 3-2	農業省 組織図	3-5
図 3-3	ダム・大規模水理事業総局 (DGBGTH) 組織図	3-8
図 3-4	DGRE (水資源総局) 組織図	3-10
図 3-5	排水路の建設ルート	3-13
図 3-6	1952年以降の下流部の工事概要	3-14
図 3-7	シディ・サレムダム平面	3-16
図 3-8	シディ・サレムダム縦断	3-16
図 3-9	シディ・サレムダム放流設備縦断	3-17
図 3-10	メジェルダ川における SYCOHTRAC 観測システム (現況配置)	3-19
図 3-11	マスタープランで提案された雨量観測システム (現況配置+増設提案)	3-20

図 3-12	マスタープラン及び水資源総局によって提案された水位観測システム	3-22
図 3-13	災害管理組織と災害情報伝達システム(Blue Plan)	3-25
図 3-14	洪水時の浸水箇所(El Battan Delegation, Manuba Blue Plan2011)	3-26
図 3-15	洪水時の浸水箇所(Jedeida Delegation, Manuba Blue Plan2011)	3-26
図 3-16	洪水時の浸水箇所(Tebourba Delegation, Manuba Blue Plan2011)	3-27
図 3-17	洪水時の警報発令系統図 (国→県→地区→住民)	3-28
図 3-18	洪水避難に関連するマヌーバ県の地区の位置	3-28
図 3-19	タマリクス繁茂状況 (2012年9月)	3-30
図 3-20	エル・マブトゥ遊水地放水路のメジェルダ川合流地点とゲート設備	3-31
図 3-21	エル・マブトゥ遊水地放水路のゾーン区分	3-31
図 3-22	越流堰(ゾーン3から2)と流入水路右岸堤防	3-32
図 3-23	ゾーン3から2へのゲート付き越流堰	3-33
図 3-24	ゾーン3から1へのヒューズ堤	3-33
図 3-25	流量調節ゲート	3-33
図 3-26	ゾーン2での耕作地の様子	3-33
図 3-27	排水樋管出口のフラップゲート	3-33
図 3-28	ボックスカルバート構造の排水樋管	3-33
図 3-29	チュニス市北西部洪水対策調査の対象地域	3-35
図 4-1	主要地点ハイドログラフ	4-1
図 4-2	マスタープランにおける計画高水流量配分	4-1
図 4-3	主要地点ハイドログラフ	4-2
図 4-4	基本高水流量配分図	4-2
図 4-5	計画高水流量配分図	4-3
図 4-6	本検討対象区間 (D2区間)	4-4
図 4-7	マスタープランにおける計画縦断	4-6
図 4-8	代表断面	4-7
図 4-9	現況縦断及び現況断面水位計算結果	4-8
図 4-10	現況流下能力図	4-9
図 4-11	20.105km 地点 計画断面比較	4-11
図 4-12	39.404km 地点 計画断面比較	4-12
図 4-13	ケース1 築堤案 縦断図	4-13
図 4-14	ケース2 掘削案 縦断図	4-14
図 4-15	ケース3 掘削+築堤案 縦断図	4-15
図 4-16	湾曲部位置図	4-16
図 4-17	ショートカット案	4-16
図 4-18	シャフル川不等流計算結果及びバック堤設定結果	4-18
図 4-19	エル・マブトゥ平野既存ゾーン区分	4-19
図 4-20	越流堰平面図	4-20

図 4-21	越流地点横断図	4-20
図 4-22	エル・マブトゥ遊水地全体図	4-21
図 4-23	平面 2 次元不定流モデルの概要	4-23
図 4-24	地形データ補正イメージ	4-25
図 4-25	氾濫原横断図作成箇所	4-26
図 4-26	氾濫原横断図	4-27
図 4-27	メッシュ平均地盤高	4-29
図 4-28	土地利用図	4-31
図 4-29	土地利用分類図 (粗度係数の設定)	4-32
図 4-30	2003 年洪水再現計算結果	4-35
図 4-31	内水氾濫状況の比較	4-37
図 4-32	確率規模別ハイドログラフ(ラルーシアダム地点)	4-39
図 4-33	氾濫解析結果(現況河道 1/5 年確率)	4-40
図 4-34	氾濫解析結果(現況河道 1/10 年確率)	4-41
図 4-35	氾濫解析結果(現況河道 1/20 年確率)	4-42
図 4-36	氾濫解析結果(現況河道 1/50 年確率)	4-43
図 4-37	氾濫解析結果(現況河道 1/100 年確率)	4-44
図 4-38	氾濫解析結果(計画河道 1/10 年確率)	4-45
図 4-39	氾濫解析結果(計画河道 1/20 年確率)	4-46
図 4-40	氾濫解析結果(計画河道 1/50 年確率)	4-47
図 4-41	氾濫解析結果(計画河道 1/100 年確率)	4-48
図 5.1-1	改修範囲全体図	5-1
図 5.1-2	標準断面[1/2] (0~32.35km Q=600m ³ /s)	5-4
図 5.1-3	標準断面[2/2] (32.35~64.97m Q=800 m ³ /s)	5-5
図 5.1-4	標準断面 (シャフル川)	5-6
図 5.1-5	河岸掘削 (法高 8m、勾配 1:2、小段幅 3m) の最小安全率計算	5-9
図 5.1-6	築堤盛土の沈下検討模式図	5-10
図 5.1-7	河道内平均流速 (不等流計算結果より)	5-11
図 5.1-8	改築する樋管一般構造図 (φ 800 断面)	5-15
図 5.1-9	改築する樋管一般構造図	5-16
図 5.2-1	エル・マブトゥ遊水地計画図	5-18
図 5.2-2	エル・マブトゥ遊水地計画模式図	5-19
図 5.2-3	遊水地への分流堰一般平面図	5-20
図 5.2-4	遊水地への分流堰正面図及び A-A 断面図	5-21
図 5.2-5	遊水地への分流堰 B-B 断面及び C-C 断面図	5-22
図 5.2-6	放水路及び排水路縦断図	5-23
図 5.2-7	Point⑦付近施設配置説明図	5-25
図 5.2-8	放水路標準横断図	5-28

図 5.2- 9	①～⑥区間の放水路標準断面	5-29
図 5.2-10	⑥～⑦区間の放水路標準断面図	5-30
図 5.2-11	⑦～⑩区間現況水路断面	5-31
図 5.2-12	放水路越流堤一般図	5-35
図 5.2-13	放水路越流堤一般図	5-36
図 5.2-14	ゲート付越流堰及びビューズ堤	5-37
図 5.2-15	流量調節施設一般図(1) 平面図	5-38
図 5.2-16	流量調節施設一般図(2) 放水路ゲート	5-39
図 5.2-17	流量調節施設一般図(2) 内側水路ゲート	5-40
図 5.2-18	合流点付近の水路と新設排水門断面と構造一般図	5-41
図 5.2-19	その他付帯施設位置図	5-42
図 5.2-20	計画施設と土質調査位置	5-45
図 5.2-21	推定土層図 (分水越流堰位置)	5-47
図 5.2-22	推定土層図 (流量調節施設位置)	5-49
図 5.2-23	推定土層図 (放流施設位置)	5-51
図 5.3- 1	SYCOHTRAC の全体概念図 (現状)	5-54
図 5.3- 2	ダムの洪水調節の手順	5-57
図 5.3- 3	避難マップ (ジュデイダ)	5-60
図 6.1- 1	現状橋梁位置図	6-3
図 6.1- 2	TOBIAS BRIDGE 現存図面	6-6
図 6.1- 3	JEDEIDA BRIDGE 現存図面	6-7
図 6.1- 4	JEDEIDA RAILWAY BRIDGE 現存図面	6-8
図 6.1- 5	重要文化財指定建造物登録表示板の写真	6-9
図 6.2- 1	橋梁改修方針選定フロー	6-13
図 6.2- 2	洪水時に確保する路線	6-14
図 6.2- 3	分類 A の橋梁の概要	6-15
図 6.2- 4	分類 B の橋梁の概要	6-15
図 6.2- 5	新設橋梁の必要な箇所	6-17
図 6.2- 6	改築・新設橋梁位置図	6-19
図 6.3- 1	K.Landans 橋の現況 (2012.8)	6-20
図 6.3- 2	K.LANDAOUS BRIDGE 架け替え諸元	6-21
図 6.3- 3	Tobias Old Bridge の現況 (2012.8)	6-21
図 6.3- 4	橋脚位置	6-22
図 6.3- 5	GP8 Bridge Over Oued Mejerda 橋の現況 (2012.8)	6-22
図 6.3- 6	損傷状況	6-23
図 6.3- 7	Jedeida Railway Old Bridge 橋の現況 (2012.8)	6-24
図 6.3- 8	橋脚位置	6-24
図 6.3- 9	Jedeida Railway Bridge 橋の現況 (2012.8)	6-25

図 6.3- 10	Jedeida Bridge on GP7 橋の現況 (2012.8)	6-26
図 6.3- 11	GP7 Bridge on Chafurou 橋の現況 (2012.8)	6-26
図 6.3- 12	GP7 Old Bridge on Chafurou 橋の現況 (2012.8)	6-27
図 6.3- 13	橋脚位置	6-28
図 6.3- 14	El H'Bibia Bridge 橋の現況 (2012.8)	6-28
図 6.3- 15	2003 年 1 月 13 日のエル・ヒビビア橋からの写真	6-29
図 6.3- 16	No.18, 22 橋梁位置図	6-30
図 6.3- 17	分類 A の橋梁の概要	6-31
図 6.3- 18	No.19~21 橋梁位置図	6-32
図 6.3- 19	分類 B の橋梁の概要	6-33
図 6.3- 20	GP8 Bridge and Road Over Mabtough 橋の現況 (2012.8)	6-33
図 6.3- 21	既存堤防	6-34
図 6.4- 1	The cross section of a bridge(Span length=25.0m)	6-36
図 6.4- 2	The cross section of a bridge(Span length=30.0m)	6-37
図 6.4- 3	The cross section of a bridge(Span length=35.0m)	6-37
図 6.4- 4	The cross section of a bridge	6-38
図 6.4- 5	The wall type pier	6-39
図 6.5- 1	チュニジア耐震規定に関する案	6-43
図 7- 1	工区区分図	7-4
図 7- 2	工事用道路	7-10
図 7- 3	仮栈橋	7-11
図 7- 4	鋼矢板による締切り	7-12
図 7- 5	河川横断用工事用道路	7-12
図 7- 6	掘削要領	7-13
図 7- 7	積み込み運搬要領	7-13
図 7- 8	盛土要領	7-14
図 7- 9	構造物基礎掘削要領	7-14
図 7- 10	構造物コンクリート打設要領	7-15
図 7- 11	場所打ち杭施工要領	7-15
図 7- 12	PC 桁架設要領	7-16
図 7- 13	橋梁嵩上げのためのジャッキアップ設備、調整受け台の配置例	7-16
図 7- 14	橋梁嵩上げのためのジャッキ配置例 (横断図)	7-17
図 7- 15	橋梁嵩上げのためのジャッキ配置例 (詳細図)	7-17
図 7- 16	土捨場候補地	7-18
図 7- 17	技術概要図	7-45
図 7- 18	上床エレメント牽引水推進状況(3)	7-47
図 7- 19	掘削完了状況	7-47
図 7- 20	技術概要図	7-48

図 7-21	従来工法との比較 左：従来工法 右：提案工法	7-50
図 7-22	シディサレムダム現行洪水管理(ゲート操作)概念図	7-52
図 7-23	シディサレムダム洪水管理システム (現行改善案と将来システム)	7-52
図 8-1	EIA 手続き開始から事業実施までのフロー	8-7
図 8-2	社会経済調査対象地区・セクターの位置図	8-11
図 8-3	セクターごとの平均世帯規模 (人数)	8-13
図 8-4	2004 年性別、産業部門ごとの調査区域各地区の就労人口の分類	8-13
図 8-5	地区ごとの世帯平均収入分類 (調査世帯%)	8-14
図 8-6	2004 年調査区域 (DZE) 各地区及びチュニジア における世帯家財設備率の比較	8-16
図 8-7	持ち家世帯の割合 (セクターごと%)	8-19
図 8-8	DGF から国有財産省へ提案されたエル・マブトゥウ湿地 国有地放牧地域見取り図・確定図 (作成最終段階)	8-22
図 8-9	エル・マブトゥウ湿地国有地における放牧の状況 (2010 年 11 月)	8-23
図 8-10	2003 年の洪水被害に対する地区ごとの世帯補償手当種別分類	8-25
図 8-11	メジェルダ川周辺の湿地位置	8-26
図 8-12	ガール・エル・メル・ラグーン及びメジェルダ川三角州の ラムサール条約登録範囲	8-28
図 8-13	メジェルダ川下流域のラムサール条約登録範囲	8-29
図 8-14	本事業実施範囲および	8-29
図 8-15	エル・マブトゥウ湿地の境界図	8-30
図 8-16	エル・マブトゥウ湿地北側の全景写真 (左は 2011 年 5 月、 右は 2010 年 11 月撮影)	8-30
図 8-17	メジェルダ川高水敷のタマリクス (ギョリュウ)	8-33
図 8-18	当該プロジェクト用地におけるエル・マブトゥウ湿地内の 不法工業廃棄物投棄場	8-34
図 8-19	メジェルダ川流域における水質モニタリング観測所位置図	8-72
図 9-1	各都市における都市計画対象地域図	9-3
図 9-2	公共地境界面定に係る手順	9-4
図 9-3	用地取得・住民移転における関係機関	9-6
図 9-4	公益性宣言政令の実例 (上段が原文、下段が英訳)	9-12
図 9-5	非自発的住民移転政策における JICA の基本方針	9-13
図 9-6	本事業における用地取得・住民移転方針	9-18
図 10-1	計画高水流量配分(D 2 Zone :Larousia Dam- Kalaat Andalous Bridge)	10-3
図 10-2	河川改修、遊水地事業の実施区域(工区区分と橋梁位置)	10-4
図 10-3	ダム・大規模水理事業総局 (DGBGTH) 組織図	10-15
図 10-4	PMU 組織と機能	10-16
図 11-1	想定氾濫域内土地利用図	11-10

図 11-2	氾濫解析結果図 (10 年確率規模洪水、現況河道)	11-22
図 11-3	氾濫解析結果図 (10 年確率規模洪水、計画河道)	11-23
図 12-1	手法別将来確率雨量	12- 2
図 12-2	確率降雨変化の地域分布	12- 3
図 12-3	手法別将来月平均雨量	12- 4
図 12-4	降雨量変化の地域分布	12- 5
図 12-5	年平均雨量	12- 6
図 12-6	平均最長連続無降雨日数	12- 7
図 12-7	手法別基本高水流量算定結果	12- 8

表リスト:

表 1-1	活動・成果・目標	1-2
表 1-2	調査団員構成と作業工程計画	1-3
表 2-1	調査地 (D2 ゾーン) メジェルダ川周囲の地形的特徴	2-1
表 2-2	メジェルダ川流域ダム特性	2-7
表 2-3	既存橋梁	2-13
表 2-4	河川改修により改築・新設が予想される橋梁一覧表	2-15
表 2-5	河川改修により改築が必要とされる樋門一覧表	2-17
表 2-6	The list of major facilities in El Mabtouh area and Chafrou river	2-19
表 2-7	メジェルダ川流域における既往洪水	2-21
表 2-8	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	2-23
表 2-9	主要洪水の概要	2-28
表 2-10	1900 年代以降の洪水記録	2-29
表 3-1	ダム・大規模水理事業総局人員一覧表	3-7
表 3-2	既往の河川事業の概要	3-12
表 3-3	ダム事業の概要 (洪水調節)	3-15
表 3-4	SYCOHTRAC 観測所とその観測要素(DGRE)	3-18
表 3-5	追加観測所を含めたメジェルダ川の降雨観測所数と観測所 当たりのカバー面積	3-19
表 3-6	メジェルダ川の水位観測所の配置状況と増設観測所	3-20
表 3-7	メジェルダ川の水位観測所の増設観測所	3-21
表 3-8	洪水の伝搬時間 (シディ・サレムダム基準)	3-22
表 3-9	SYCOHTRAC におけるシステム上、保守管理上の課題とその対応	3-23
表 3-10	国家災害委員会の構成メンバー	3-24
表 3-11	水位観測所の警報レベル	3-27
表 3-12	メジェルダ川洪水避難に関連する洪水避難所数と収容人員	3-29

表 3-13	洪水避難、警報発令、伝達における課題	3-29
表 3-14	チュニスベイ ファイナンシャルハーバー計画の概要	3-37
表 4-1	河道測量データ	4-3
表 4-2	水理計算条件	4-4
表 4-3	構造物諸元	4-5
表 4-4	水理計算条件	4-17
表 4-5	氾濫解析手法	4-22
表 4-6	地形データ	4-24
表 4-7	メッシュ作成諸元	4-28
表 4-8	建物占有率の設定の凡例	4-33
表 4-9	計算条件	4-36
表 4-10	計算条件	4-38
表 5.1-1	Free board and Crest width	5-2
表 5.1-2	軟弱層の分布	5-7
表 5.1-3	計画掘削勾配の安全率（常時のみ検討）	5-8
表 5.1-4	法高 5m で勾配を変えた場合の安全率（常時のみ検討）	5-8
表 5.1-5	築堤盛土の沈下概略検討（カラート・ランダウース橋箇所）	5-10
表 5.1-6	築堤盛土の沈下概略検討（G P 8 道路橋箇所）	5-10
表 5.1-7	護岸工選定表	5-12
表 5.1-8	改築（新設）樋門の断面	5-14
表 5.2-1	放水路及び排水路縦断計画	5-23
表 5.2-2	流量調節ゲートの開度計算	5-32
表 5.3-1	JICA 既往調査における非構造物対策	5-52
表 5.3-2	SYCOHTRAC 追加水文機器の費用	5-55
表 5.3-3	ダム管理システムの改良費用	5-55
表 5.3-4	SYCOHTRAC の改善案のための設計プログラム	5-55
表 5.3-5	シディサレムダムの洪水管理システム	5-57
表 5.3-6	警報システムの改善、水防意識向上のためのプログラム	5-61
表 5.3-7	組織・制度の改編、能力開発のためのプログラム	5-61
表 5.3-8	組織・制度の改編、能力開発のためのプログラム	5-62
表 5.3-9	メジェルダ川洪水制御事業で実施される非構造物対策	5-62
表 6.1-1	既存橋梁	6-2
表 6.1-2	橋梁や構造物を管理する機関	6-4
表 6.1-3	橋とそれぞれの担当機関のリスト	6-4
表 6.1-4	設計図の確認できた橋梁	6-5
表 6.1-5	重要文化財指定建造物指定橋梁	6-9
表 6.1-6	各橋梁の現状	6-10
表 6.1-7	現況橋梁の流下能力照査結果	6-11

表 6.1-8	現況橋梁の問題点	6-12
表 6.2-1	新設橋梁の分類	6-14
表 6.2-2	改修方針選定結果	6-16
表 6.2-3	整備の必要な橋梁一覧	6-18
表 6.2-4	橋梁数一覧	6-18
表 6.4-1	Superstructure construction results (PCI girder)	6-35
表 6.4-2	Abutment Types and Standard Height	6-38
表 6.4-3	支持層	6-39
表 6.5-1	コンクリート設備の設計に関する規定	6-41
表 6.5-2	橋の水理設計に関する規定 (SETRA ガイドより)	6-42
表 6.5-3	余裕高の定義の仕方 (日本基準)	6-42
表 7-1	メジェルダ川河川改修事業の工事内容	7-1
表 7-2	工区分割	7-3
表 7-3	工区ごとの主要工種	7-5
表 7-4	河川工事工種数量	7-5
表 7-5	用地取得費用が必要となる面積の内訳	7-6
表 7-6	住民移転補償数量	7-6
表 7-7	土捨場候補地 No.1	7-19
表 7-8	土捨場候補地 No.2	7-19
表 7-9	土捨場候補地 No.3	7-20
表 7-10	河川工事 I 工区の工程表	7-21
表 7-11	河川工事 II 工区の工程表	7-21
表 7-12	河川工事 III 工区の工程表	7-22
表 7-13	外貨、内貨区分の主要工種別比率(JBIC,SAPROF)	7-25
表 7-14	工事費積算のための単価一覧(1)	7-26
表 7-15	工事費積算のための単価一覧(2)	7-27
表 7-16	工事費積算のための単価一覧(3)	7-28
表 7-17	工事費積算のための工事数量一覧(工区 I(1))	7-29
表 7-18	工事費積算のための工事数量一覧(工区 I(2))	7-30
表 7-19	工事費積算のための工事数量一覧(工区 I(3))	7-31
表 7-20	工事費積算のための工事数量一覧(工区 II(1))	7-32
表 7-21	工事費積算のための工事数量一覧(工区 II(2))	7-33
表 7-22	工事費積算のための工事数量一覧(工区 II(3))	7-34
表 7-23	工事費積算のための工事数量一覧(工区 II(4))	7-35
表 7-24	工事費積算のための工事数量一覧(工区 II(5))	7-36
表 7-25	工事費積算のための工事数量一覧(工区 II(6))	7-37
表 7-26	工事費積算のための工事数量一覧(工区 III(1))	7-38
表 7-27	工事費積算のための工事数量一覧(工区 III(2))	7-39

表 7-28	工事費積算のための工事数量一覧(工区 III(3))	7-40
表 7-29	工事費積算のための工事数量一覧(工区 IV)	7-40
表 7-30	プロジェクト総事業費	7-41
表 7-31	工区別の事業費(River Improvement Section I)	7-42
表 7-32	工区別の事業費(River Improvement Section II)	7-42
表 7-33	工区別の事業費(River Improvement Section III)	7-43
表 7-34	工区別の事業費(Gate Works)	7-43
表 7-35	土地取得費	7-44
表 7-36	コンサルティングサービス費	7-44
表 7-37	従来工法と提案工法との比較	7-48
表 7-38	従来工法と提案工法との比較	7-50
表 7-39	日本の小規模ダムにおけるダム洪水管理システムソフトウェア費用	7-53
表 8-1	EIA 政令第 2005-1991 号	8-1
表 8-2	森林法および国土整備・都市計画法における環境配慮概要	8-5
表 8-3	自然環境保護に関する国内法規と国際条約	8-8
表 8-4	基準・セクターごとの調査区域区画リスト	8-10
表 8-5	セクターごとの調査世帯地理的分布及び調査世帯が占める割合	8-11
表 8-6	社会環境調査項目	8-12
表 8-7	地区ごとの世帯収入源の分類(収入のある就労人口の割合(%))	8-14
表 8-8	各セクターの世帯ごとの家畜頭数	8-15
表 8-9	セクター・地区ごと飲料水供給方法及び電気普及率(%)	8-16
表 8-10	メジェルダ川沿い農地のセクターごとの用地所有(回答世帯数)	8-18
表 8-11	メジェルダ川の高水敷あるいは近郊で農業を営む世帯数	8-19
表 8-12	ワジから 150m 未満に位置する住居のセクターごとの分布(世帯数)	8-20
表 8-13	2003 年洪水での浸水と継続時間	8-23
表 8-14	セクターごとの洪水発生区域・整備区域の住居分布(世帯数)	8-24
表 8-15	2003 年の洪水による損害概算額と補償を受けた世帯数	8-24
表 8-16	評価対象地域に生息する野鳥種及びその生物学的な重要性の特徴づけ	8-31
表 8-17	メジェルダ川に生息する在来魚種とその生物学的な重要性の特徴付け	8-32
表 8-18	代替案の検討	8-36
表 8-19	環境社会配慮スコアリング結果	8-38
表 8-20	環境社会配慮調査実施事項(TOR)	8-45
表 8-21	環境社会への影響の評価結果	8-48
表 8-22	環境管理計画	8-59
表 8-23	掘削土再利用の可能性のある土木工事計画の検討	8-65
表 8-24	環境モニタリング計画	8-68
表 8-25	JICA ガイドラインに含まれる環境管理項目とチュニジアの 既存指標の対比	8-71

表 8-26	環境および水質の関するモニタリングフォームと基準値 及びモニタリング費用	8-73
表 8-27	本事業の環境影響評価一覧(まとめ)	8-75
表 8-28	環境チェックリスト	8-77
表 8-29	EIA 調査開始から承認までの一般的なスケジュール	8-85
表 8-30	第一回協議の日程	8-85
表 8-31	第一回協議の参加者	8-86
表 8-32	第三回協議参加者	8-87
表 9-1	公共水域及び地役権設定地の定義	9-2
表 9-2	用地所有形態別の用地取得に係る手続	9-7
表 9-3	補償と移転に関するチュニジア法制度と JICA ガイドライン の比較・対照表	9-14
表 9-4	本事業での移転対象家屋	9-19
表 9-5	Number of Project Affected Units (PAUs) and Affected Persons (APs)	9-21
表 9-6	影響を受ける土地	9-21
表 9-7	影響を受ける建物	9-22
表 9-8	エンタイトルメント・マトリックス (JICA ガイドライン)	9-24
表 9-9	用地・財産取得及び住民移転の日程(案)	9-26
表 9-10	用地取得・住民移転に係るモニタリング計画	9-27
表 9-11	用地取得・住民移転モニタリングフォーム例	9-28
表 10-1	メジェルダ川洪水制御事業の対象地域	10-2
表 10-2	メジェルダ川洪水制御事業の河川事業、遊水地事業の概要	10-3
表 10-3	メジェルダ川洪水制御事業で実施される非構造物対策の内容	10-4
表 10-4	コンサルティングサービスチームの編成概要	10-5
表 10-5	メジェルダ川洪水制御事業コンサルティングサービスのスケジュール	10-7
表 10-6	メジェルダ川洪水制御事業の総事業費 (FC&Total: Million JPY, LC: Million TND)	10-8
表 10-7	メジェルダ川洪水制御事業の資金計画	10-9
表 10-8	年度別のプロジェクト費用とその内訳(Million JPY (& Million TND))	10-9
表 10-9	年度別のプロジェクト費用の内訳 (2013-2016,FC: Million JPY, LC: Million TND)	10-10
表 10-10	年度別のプロジェクト費用の内訳 (2017-2022,FC: Million JPY, LC: Million TND)	10-10
表 10-11	主要工程の必要期間とその内容	10-11
表 10-12	メジェルダ川洪水制御事業 実施工程	10-12
表 10-13	メジェルダ川洪水制御事業の主要工程の実施時期	10-12
表 10-14	近年農業省によって PMU が設置されたプロジェクトの事例	10-13
表 10-15	本事業の運用・効果指標	10-14

表 10-16	DGBGTH におけるプロジェクトの実施実績	10-14
表 10-17	近年農業省によって PMU が設置されたプロジェクトの事例	10-17
表 10-18	本事業の運用・効果指標	10-18
表 11-1	標準変換係数	11-2
表 11-2	事業費用	11-3
表 11-3	3 都市（ジュデイダ、テブルバ、カラート・アンダルース）内 サンプル区域内家屋数	11-4
表 11-4	3 県別の平均的家屋面積	11-4
表 11-5	3 県別平均家屋価格	11-4
表 11-6	想定氾濫域内 3 県別家屋数及び家屋資産額	11-5
表 11-7	1 世帯当たり家庭用品評価額	11-5
表 11-8	想定氾濫域内 3 県別世帯数及び家庭用品評価額	11-5
表 11-9	3 県別 1 就労者当たり償却・在庫資産額	11-6
表 11-10	3 県別償却・在庫資産額	11-6
表 11-11	1 農漁家当たり償却・在庫資産額	11-7
表 11-12	3 県別償却・在庫資産額	11-7
表 11-13	3 県別主要農作物作付け面積	11-8
表 11-14	主要農作物単位面積当たり収穫量	11-8
表 11-15	想定氾濫域内主要農作物額	11-8
表 11-16	想定氾濫域内土地利用内訳	11-9
表 11-17	想定氾濫域内において算定する被害項目	11-11
表 11-18	浸水深別被害率	11-11
表 11-19	浸水深別被害率	11-12
表 11-20	浸水深別被害率	11-12
表 11-21	浸水深別被害率	11-12
表 11-22	浸水深別被害率	11-13
表 11-23	3 県別付加価値額	11-13
表 11-24	営業停止・停滞日数	11-14
表 11-25	清掃費用	11-14
表 11-26	清掃延べ日数	11-14
表 11-27	浸水深別代替活動等支出負担単価	11-15
表 11-28	浸水深別代替活動等支出負担単価	11-15
表 11-29	3 県別被害額一覧（Without Project 1/5 年確率）	11-16
表 11-30	3 県別被害額一覧（Without Project 1/10 年確率）	11-17
表 11-31	年平均被害軽減期待額	11-17
表 11-32	経済評価結果	11-18
表 11-33	キャッシュフロー	11-19
表 11-34	感度分析の検討ケース	11-20

表 11-35	感度分析結果	11-20
表 11-36	治水分野における代表的な運用・効果指標	11-21
表 11-37	本事業の運用・効果指標	11-21

略語・用語表

略語

1- チュニジア側機関名(主要なプロジェクト関連機関については、日本語名で示す)		
略 語	フランス語	英 語
ANGED(廃棄物管理庁) (MEn)	Agence Nationale de Gestion des Déchets	National Agency for Waste Management
ANPE(環境保護庁) (MEn)	Agence Nationale de Protection de l'Environnement	National Agency for the Protection of the Environment
BIRH (MA)	Bureau Inventaires et Recherches Hydrauliques	Office of Hydraulic Inventories and Research
BPEH	Bureau de Planification et des Equilibres Hydrauliques	Bureau of Water Planning and Hydraulic Equilibriums
CNE(国家水委員会)	Comité National de l'Eau	National Water Commission
CRDA(地方農業開発事務所) (MA)	Commissariats Régionaux au Développement Agricole	Regional Offices of Agriculture Development
CTV (MA)	Cellule Territoriale de Vulgarisation	Territorial Extension Unit
DGACTA(計画管理・農地保全総局) (MA)	Direction Générale de l'Aménagement et de la Conservation des Terres Agricoles	Directorate General of Planning, Management and Conservation of Agricultural Lands
DGBGTH ダム 大規模水理施設総局(MA)	Direction Générale des Barrages et des Grands Travaux Hydrauliques	Directorate General for Dams and Major Hydraulic Works
DGCES(農地開発保全総局) (MA)	Direction Générale de la Conservation des eaux et du sol	Directorate General of Water Conservation and Soil
DGEQV (MEn)	Direction Générale de l'Environnement et de la Qualité de la Vie	Directorate General of Environment and Quality of Life
DGF(森林総局) (MA)	Direction Générale des Forêts	Directorate General of Forests
DGGREE(農村工学・水開発総局) (MA)	Direction Générale du Génie Rural et de l'Exploitation des Eaux	Directorate General of Rural Engineering and Water Exploitation
DGPA(漁業・水産養殖総局) (MA)	Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture	Directorate General of Fishing and Aquaculture
DGRE(水資源総局) (MA)	Direction Générale des Ressources en Eau	Directorate General of Water Resources
DMER (MA)	Direction de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural	Directorate of Hydraulics and Rural Equipment
DSE (MA)	Direction du Développement Socio-Economique	Socio-Economic Development Department
DSP	Direction du Sylvopastoralisme	Sylvopastoralism Department
DVPPA	Division pour la Vulgarisation et la Promotion de la Production Agricole	Division for Extension and the Promotion of Agricultural Production
ERI	Eco-Ressources International	Eco-Ressources International
ESIER	Ecole Supérieure des Ingénieurs de l'Equipement Rural	Rural Equipment Engineering School
INAT (MA)	Institut National Agronomique de Tunisie	National Institute of Agronomy of Tunisia
INM(気象研究所) (MT)	Institut National de la Météorologie	National Institute of Meteorology

1- チュニジア側機関名(主要なプロジェクト関連機関については、日本語名で示す)		
略 語	フランス語	英 語
INS (統計研究所) (MDCI)	Institut National de la Statistique	National Institute of Statistics
IRESA (作物研究所) (MA)	Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie	National Institute of Agronomical Research of Tunisia
MA(農業省)	Ministère de l'Agriculture	Ministry of Agriculture
MDEAF(国有地・土地事業省)	Ministère des Domaines de l'Etat et des Affaires Foncières	Ministry of State Domains and Land Affairs
MEEn(環境省)	Ministère de l'Environnement	Ministry of Environment
MEq(設備省)	Ministère de l'Équipement	Ministry of Equipment
MF(財務省)	Ministère des Finances	Ministry of Finance
MDCI(開発・国際協力省)	Ministère du Développement et de la Coopération Internationale	Ministry of Development and International Cooperation
MICI(投資・国際協力省)	Ministère de l'Investissement et de la Coopération Internationale	Ministry of Investment and International Cooperation
MT(運輸省)	Ministère des Transport	Ministry of Transport
ONAS (下水道委員会) (ME)	Office National de l'Assainissement	National Sewerage Board
ONPC (国家住民保護局)	Office National de la Protection Civile	National Protection Civil Office
OTC (測量地籍庁) (ME)	Office de la Topographie et du Cadastre	Topography and Cadastral Office
SECADENORD (北部かんがい導水公社)	Société d'Exploitation du Canal et des Adductions des Eaux du Nord	North Water Canal, Adductions and System Management Company
SNCFT (チュニジア鉄道)	Société Nationale des Chemins de Fer Tunisiens	Tunisian Railways
SONEDE (水道公社) (MA)	Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux	National Water Distribution Utility
ULAP	Union Locale des Agriculteurs et des Pêcheurs	Local Union of Farmers and Fishers

2- その他機関名		
略語	フランス語	英 語
AAO	Association Amis des Oiseaux	Friends of the Birds Association
AfDB	Banque africaine de développement (BAfD)	African Development Bank
AFD	Agence Française de Développement	French Development Agency
ANRH (Algeria)	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques	National Agency of Water Resources
BEI	Banque Européenne d'Investissement	European Investment Bank
EU	Union Européenne	European Union
GETU	Géotechnique Tunisie	Tunisia Geo-technology

2- その他機関名		
略語	フランス語	英語
GIZ	Agence Allemande de Coopération Internationale	German Agency for International Cooperation
IBRD	Banque internationale pour la reconstruction et le développement	International Bank for Reconstruction and Development
JBIC	Banque Japonaise de Coopération Internationale	Japan Bank for International Cooperation
JICA	Agence Japonaise de Coopération Internationale	Japan International Cooperation Agency
NEPAD	Nouveau Partenariat pour le Développement de l'Afrique	The New Partnership for Africa's Development
UNDP	Programme des Nations Unies pour le Développement	United Nations Development Program
FAO	Organisation pour l'alimentation et l'agriculture	Food and Agriculture Organization
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
WB	La Banque Mondiale	The World Bank

3- その他		
略語	フランス語	英語
APS	Avant Projet Sommaire	Basic Design
BM	Bassin de la Mejerda	Mejerda River Basin
EIA	Etude d'Impact sur l'Environnement	Environmental Impact Assessment
EIRR	Taux Interne de Rentabilité Economique	Economic Internal Rate of Return
F/S	Etude de Faisabilité	Feasibility Study
FFWS	Système de prévision des inondations et d'alerte	Flood Forecasting and Warning System
FFWRS	Système de prévision des inondations, d'alerte et de réponse	Flood Forecasting, Warning And Response System
GEOSS	Système mondial des systèmes d'observation de la Terre	Global Earth Observation System of Systems
GIC	Groupement d'Intérêt Collectif	Collective Interest Group
GIS	Système d'Information Géographique	Geographic Information System
GDP	Produit intérieur brut (PIB)	Gross Domestic Product
GFAS	Système d'alerte des inondations mondial	Global Flood Alert System
GPRS	General Packet Radio Service	General Packet Radio Service
GSM	Groupe Spécial Mobile	Global System for Mobile Communications
HWL	Niveau des Plus Hautes Eaux	High Water Level
IEE	Examen Initial sur l'Environnement	Initial Environmental Examination
IFAS	Système intégré d'analyse des inondations	Integrated Flood Analysis System
ITS	Services des Technologies de l'Information	Information Technologies Services
IWRM	Gestion Intégrée des Ressources en Eau	Integrated Water Resources Management

3- その他		
略語	フランス語	英語
JORT	Journal Officiel de la République Tunisienne	Official Journal of the Republic of Tunisia
MDGs	Objectifs du Millénaire pour le Développement	Millennium Development Goals
M/P	Plan Directeur	Master Plan
NGO	Organisation Non Gouvernementale	Non-governmental Organization
NWL	Retenue Normale	Normal Water Level
O&M	Exploitation et Maintenance	Operation and Maintenance
OMB	Bassin de la Mejerda	Mejerda River Basin
ORSEC	Organisation de la Réponse de Sécurité Civile	Civil Security Response Organization
PHD	Domaine Public Hydraulique	Public Hydraulic Domain
SMAG	Salaire Minimum Agricole Garanti	Guaranteed Minimum Agriculture Wage
SMIG	Salaire Minimum Interprofessionnel Garanti	Guaranteed Minimum Wage
SMS	Short Message Service	Short Message Service
STEG	Société tunisienne de l'électricité et du gaz	Tunisian Society of Electricity and Gas
SYCOHTRAC	SYstème de COLlecte des mesures Hydrologiques en Temps Réel et Annonce des Crues des oueds tunisiens	Real-time Hydrological Information Collecting Measurement and Flood Announcement System in Wadis
TICAD	Conférence Internationale de Tokyo pour le Développement de l'Afrique	Tokyo International Conference on African Development
TND	Dinars tunisiens	Tunisian Dinar
TOR	Termes de Référence	Terms of Reference
ZICO	Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux	Important Bird Area

用語

名称	説明
Garaet	低湿地
Gouvernorat (仏) 、 Governorate (英)	チュニジア国政府の下にある地方自治体単位
Sebkha or sebkhat	乾期以外は湿地となる地帯

チュニジア国地名のアルファベット表記

アルファベット表記	アラビア語表記	アルファベット表記	アラビア語表記
Ain Ghelal	عين غلال	Kairouan	قايروان
Ariana	الاريا	Kalaat El Andalous	قلاعة الاندلس
Bach Hamba	باش حامبة	Kasseb	كاساب
Barbara	باربارة	Lakhmes	لكخميس
Bejaoua	بيجاوة	Laroussia	لاروسيا
Ben Metir	بن مطير	Manouba	منوبة
Besbassia	بسباسية	Mejerda	مجردة
Bizerte	بنزرت	Mejez El Bab	مجازال باب
Borj Ettoumi	بورجال تومي	Mellegue	ملاق
Bou Heurtma	بو وطمه	Mellila	مليلة
Bou Salem	بوسلام	Mongi Slim	لمنجي سليم
Cap Bon	الوطنال قبلي	Ouenza	ويزة
Chafrou	شرفل رو	Rmil	رميل
Chaouat	شعواط	Sahel	ساحل
Chorfech	شرفش	Sejnane	سجنين
Djebel Chakir	جبل شكير	Sfax	صفاقس
El Battan	البطان	Sidi Bahroun	سيديبحرون
El Henna	الحننا	Sidi El Barrack	سيديالبراق
El Herri	الحرري	Sidi Othman	سيديعثمان
El Mabtough	المبطوح	Sidi Salem	خزان سيديسلام
Ellil	الليل	Sidi Smail	سيدياسماعيل
Garaet El Mabtough	قرعةالمبطوح	Sidi Thabet	سيديثابت
Ghar el Melh Lake	بحيرة غورال ملح	Siliana	سيليلة
Ghardimaou	غار دماء	Slouguia	سلقية
Ghezala Dam	غزالة	Souani	السواني
Henchir Tobias	قشيري طوبياس	Sousse	سوسة
Hir Tobias	قيري طوبياس	Tebourba	طببة
Ichkeul	اشكل	Utique	وتيكة
Jedeida(Jedaïda)	الجيدة	Zerga	زرقة
Joumine	جوميين	Zouitina	زويتنة

換算レート(2012年度円借款事業 審査共通事項(案)2012年11月6日):

1.0 TND (チュニジアディナール) = 49.0 ¥ (日本円 JPY)

1.0 US\$ = 79.0¥

第1章 序論

1.1 調査の背景と目的

1.1.1 背景

メジェルダ川はアルジェリアとチュニジアの両国を流れる国際河川であり、流路延長 460km、流域面積 23,700km²、このうちチュニジア領土内では流路延長 312km (68%)、流域面積は 15,830 km² (67%) で同国最大の流域面積を有する。メジェルダ川が流れる同国北部では9月～3月が雨季で、この間に洪水が発生するため、氾濫原となる下流域では従来、土地利用が進まなかった。

このような下流域での洪水対策として1981年にシディ・サレムダムが建設され、その効果により洪水の発生が抑制され、同域ではシディ・サレムダム建設以来22年間、ダム下流における洪水の発生がなかった。この間国内では比較的豊富な降雨量と肥沃な農地を背景に、同下流域では農業開発が進展して地域経済の軸としての発達を見た。しかしながら、2003年にダム放流に起因する洪水が発生した。被害の内容は死者6名、避難者27,000名、湛水期間が1か月以上、であり、農作物・家屋の被害と交通遮断、など大きな被害が発生した。以降、2004、2005、2009、2012年に同様にシディ・サレムダム放流による洪水が発生して、社会・経済的損害が生じ、貧困の増加も誘発しており、同国が持続的な発展を達成するうえで阻害要因となっている。一方既存の洪水防御対策は低水準に止まっており、包括的な洪水対策への取り組みが急務となっている。

このような状況を改善するため、チュニジア政府の要請に基づき JICA は「メジェルダ川総合流域水管理計画調査」(以下、開発調査)を2006～2008年の26か月間にわたり実施した。開発調査では堤防・遊水池などの構造物対策と洪水予警報・避難水防体制・組織能力開発・氾濫原土地利用規制管理などからなる非構造物対策による、同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が策定された。2009年にはチュニジア政府より同調査において提案されたプロジェクトに関するフィジビリティ調査(FS調査)が要請され、「メジェルダ川総合流域管理・洪水対策事業準備調査」(以下、準備調査)が2010年9月～2012年5月まで実施された。準備調査では同マスタープランでもっとも経済効果が高いとされる最下流域(D2ゾーン)を対象として、基礎情報の収集と基本的な対策案の検討が行われた。

1.1.2 目的

準備調査の結果を踏まえ、別途行われる「気候変動影響評価」の結果に基づき、メジェルダ川総合流域水管理・洪水対策事業に関するフィジビリティスタディを実施することにより、本事業の実現に資することを目的とする。本調査は同準備調査内容を補完して完成させることとされている。

1.2 調査の基本的枠組み

1.2.1 調査対象地域

マスタープランにおいて、調査対象地域をメジェルダ川の下流から、D2、D1、U2、U1、Mの5ゾーンに分割している(下図参照)。本調査における調査対象地域は、メジェルダ川の最下流域にあたるD2ゾーンである。D2ゾーンはラルシアダム～河口の間に位置し、マスタープランにおいて事業実施の優先順位が最も高いとされた。D2ゾーンはアリアナ県、マヌーバ県、ビゼルト県

	5) 気候変動対策を考慮した洪水対策を立案する。 6) 本事業のコンサルティングサービスの内容を立案する。 7) 本事業の実施スケジュールを策定する。 8) 本事業の実施体制と維持管理体制を確認する。 9) 本事業の EIRR の検討を行い、運用効果指標を提案する。 10) 追加情報・データの収集を行う。 11) ステークホルダー協議実施に必要な支援を行う。
--	--

1.2.3 コンサルタント団員構成と作業工程

現地調査に参加するコンサルタント団員の氏名、担当分野、派遣期間および調査団としての作業内容は下表に示すとおりである。現地調査に参加する団員数は16名、事前準備開始から最終報告書提出までに要する時間は約9か月である。作業工程は以下のように区分される。

- 1) 2012年7月中旬～29日：国内準備作業、インセプション・レポート作成。
- 2) 7月30日～9月15日：現地調査
- 3) 8月20日～10月28日：国内解析・取りまとめ・ドラフトファイナル・レポートの作成
- 4) 11月4日～11月11日：ドラフトファイナル・レポートの現地中間説明
- 5) 2013年1月下旬：ドラフトファイナル・レポートの現地説明
- 6) 2013年3月下旬：ファイナル・レポート提出

この作業工程に従って実施された協議議事録および官ベース調査団のメンバー・調査日程は資料編に添付した。

表 1- 調査団員構成と作業工程計画

項目	氏名	2012年 H24					2013年 H25												
		7	8	9	10	11	12	1	2	3									
[専門家/現地雇人の配置]																			
<専門家>																			
1 総括/河道計画	横倉 順治	30	19	2	15			4	11										
2 水文調査	佐藤 忠文	30	19					4	11			29	7						
3 地形・地質・地盤解析	大浦 寿	30	19																
4 水理解析	北野真広	2	19																
5 流域管理/治水計画	高橋 亨	2	19		15							29	7						
6 橋梁設計	伊藤 均			27	19							29	7						
7 河川構造物設計1	神宮 保			30	13			4	11										
8 河川構造物設計2	八峠 雅一			27	13														
9 設計/積算補助	中田 裕士			27	14														
10 経済・財務分析/組織制度	金村 秀敏	2			11							29	7						
11 治水経済調査1	福田 絹代			23	15														
12 治水経済調査2	矢部 義夫		10	19															
13 環境社会配慮1	飯島 伸幸			27	15							29	7						
14 環境社会配慮2	松尾 唯以	2			15							29	7						
15 業務調整/治水計画補助	Ru Ying	2			15							29	7						
16 業務調整	染谷 亨	30	19																
<本邦雇用>																			
通訳1	鈴木源太郎	30	15					4	11										
通訳2	井口 憲彦																		
<現地雇用>																			
通訳2												29	7						
通訳3																			
現地雇人(3名)																			
[作業種別・期間/報告書提出時期]																			
国内作業1		7																	
現地調査			7	15															
国内作業2																			
DFR中間報告																			
国内作業3																			
DFR説明																			
国内作業4																			

1.2.4 チュニジア側実施体制

チュニジア側の本調査実施機関は投資・国際協力省と農業省とされている。調査の直接のカウンターパート機関は農業省ダム・大規模水利施設総局である。チュニジア政府内には、本調査に関するテクニカルコミティが2010年11月26日、農業省令 No. 3436 により設置された。またステアリングコミティも同日、大規模水利施設総局長通達 No. 4516 により設置された。両コミティの構成メンバーは同じで、それぞれ以下のとおりである。

<委員長>

農業省ダム・大規模水利施設総局長：DGBGTH (Directeur Générale des Barrages et des Grands Travaux Hydrauliques, Ministère de l'Agriculture)

<メンバー>

- 1) 環境省代表者：Un représentant du Ministère de l'Environnement
- 2) 運輸省気象局代表者：INM (Institut National de la Météorologie, Ministère de Transport)
- 3) 設備省代表者：Ministère de l'Équipement
- 4) 農業省水資源総局長：DGRE (Directeur Générale des Ressources en Eau, Ministère de l'Agriculture)
- 5) 農業省農地保全総局長またはその派遣者：DGACTA (Directeur Générale de l'Aménagement de Conservation des Eaux et des Sols, Ministère de l'Agriculture) or his delegate
- 6) 農業省研究開発総局長：Directeur Générale de la Recherche et Développement Agricole, Ministère de l'Agriculture
- 7) 農業省森林局またはその代表者：DGF (Directeur Général de Forêts, Ministère de l'Agriculture) or son representant
- 8) Ariana 県農業省地方事務局所長：Directeur du CRDA Ariana
- 9) Manouba 県農業省地方事務局所長：Directeur du CRDA Ariana
- 10) Bizerte 県農業省地方事務局所長：Directeur du CRDA Ariana
(CRDA = 地域農業開発委員：Comité Régional au Développement Agricole)
- 11) 農業省 ダム・大規模水利施設総局 ダム管理局長：Directeur de Barrages Operation, DGBGTH, Ministère de l'Agriculture

<事務局>

農業省 ダム・大規模水利施設総局 水資源運用調査局長：Directeur des Etudes de Mobilisation des Eaux, DGBGTH, Ministère de l'Agriculture

委員長は以上のほか、当該委員会の活動に参加することが有益と思われるメンバーを招致することができる。

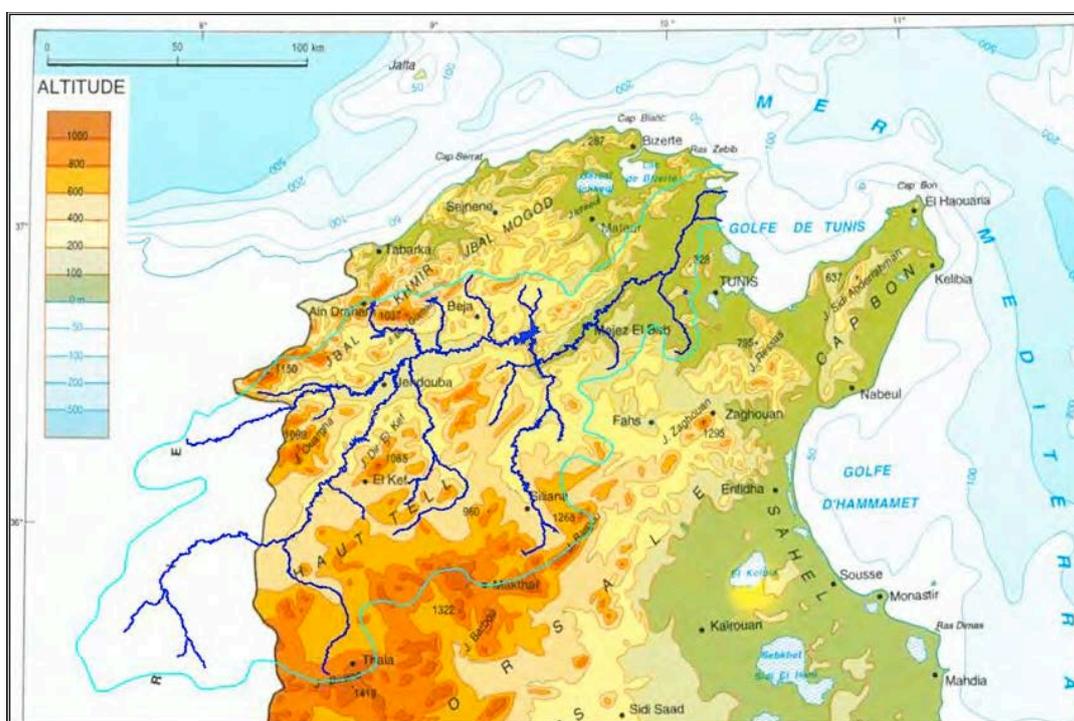
第2章 流域の概要と洪水被害状況

2.1 流域の概要

2.1.1 地形、地質及び地盤

(1) 地形

メジェルダ川は、アトラス山脈北東部に源を発し、アルジェリア北東部からチュニジア北部を流れ、チュニス湾に注ぐ国際河川である。流路長は460km、流域面積は23,700km²、このうちチュニジア内における流路長は312km、流域面積は15,830km²であり、チュニジアでは最長河川である。その流域には農耕地が広がり、農業用水の主要供給河川であり、また流域及びチュニスを含む周辺都市用水の主要供給河川となっている。メジェルダ川流域（チュニジア側）の広域地形を下図に示した。



出典：国立気象研究所資料

図 2- メジェルダ川流域の地形（チュニジア内）

調査地（D2ゾーン）では、下表に示すような地形的特徴を示す。ラルーシアダム～テボルバ下流付近までは、山間平野、ジュデイダ下流では後氷期に海退により形成された平野である。ジュデイダ下流では、メジェルダ川は主に自然堤防により両岸が高まり、その周辺の氾濫原低地で標高が低くなる傾向を示す。D2ゾーンの流路の長さは64.97kmである。

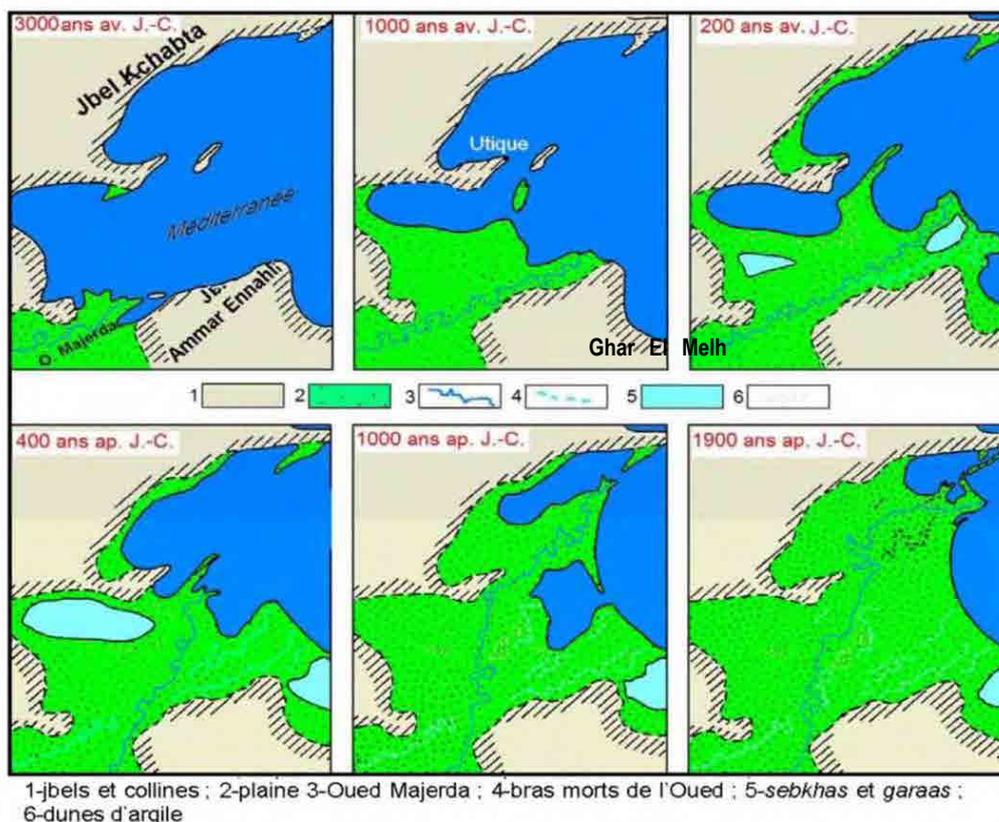
表 2- 調査地（D2ゾーン）メジェルダ川周囲の地形的特徴

区域	メジェルダ川周囲	低地・平野	周辺山地・丘陵
ラルーシアダム～テボルバ下流	メジェルダ川は山間低地を下刻して流下する。	低地の幅2～3km。 (標高20～60m)	周辺は山地（アトラス山脈北東端部）
テボルバ下流～ジュデイダ	自然堤防及び人口堤防部がやや高く、周囲氾濫原低地部が低く	山間低地からの出口から海岸平野へと低地部が広がる。メジ	周辺に山地の延長部、丘陵部（カラート・エルアン

～トビアス堰	なっている箇所がある。低地部は北側で広い。	エルダ川は南寄りを下り、北側に低地部が広がる。 (標高 6～20m、エル・マブトゥ低地部は標高 4-6m)	ダールス付近 標高 36m、 ポートビル付近 標高 26m 等) が残る。
トビアス堰 ～河口	人工開削による放水路が現河川となっている。トビアス堰により、旧河川の必要水量が分流されている。旧河川は自然堤防、人工堤防部が高く、周囲の氾濫原低地が低くなっている。	広い海岸平野。北側の海岸部に潟湖が残る。 (標高 0～6m、左岸低地部 0～4m)	山地・丘陵は見られない。

D2 ゾーンの地形的特徴をより明らかにするために、その形成過程を説明する。ウティカ（チュニス）湾の海退のプロセスは、考古学的資料から下図に示すように推定されている。ウティカ湾は氷河期後の約 6,000 年前の海進により形成され、その後、メジェルダ川からの河川堆積物が徐々に湾の北部を満たした。その後海退とともに湾の南部は古代末には埋め立てられ、中世から現代にかけて現在の海岸が形成された。ガール・エル・メール・ラグーン (Ghar El Mehl Lagoon) はウティカ湾の最後の痕跡である。

地形測量データと座標系を資料編 2.1、2.2 に記した。



(出典： 準備調査報告書、原典：PASKOFF R. & TROUSSET P. (1992)- L'ancienne Baie d'Utique : du témoignage des textes à celui des images satellitaires ; Revue MAPPE MONDE, n°1)

図 2- チュニス（ウティカ）湾の海退経緯

(2)地質および地盤

- 1) メジェルダ川は、主に、広域構造帯区分のダイアピル・ゾーン (Diapir Zone) に位置し、帯の境界に北西側から南東側に押し上げる衝上断層が存在する。その間では、南西―北東方向に伸びる褶曲構造が発達している。山地・丘陵の稜線部が背斜となる傾向がある。メジェルダ川流域の地質は、山地及び丘陵部においては、中生代三畳紀、白亜紀、新生代暁新世、始新世、漸新世、中新世、鮮新世の堆積岩 (石灰岩、ドロマイト、層灰岩、砂岩、頁岩、蒸発岩) からなり、低地部では第四紀更新世、完新世の砂、粘土等の堆積層が分布している。骨材採取対象となる硬質岩は、中生代以前の石灰質岩のみであり、分布は限られる。
- 2) チュニジアでは、1980年以降、地震被害は発生していない (Prevention Web 資料)。文献では、M7以上の歴史地震 (412年、856年、1724年) の記録が報告されている。
- 3) メジェルダ川 D2 ゾーンの地盤は、準備調査で実施された土質調査結果から、主に、シルト質粘土、砂質粘土、泥質粘土、砂から構成される。ジュデイダ鉄道橋より下流では、ほとんどが前三者の粘土からなり、稀に砂の薄層が挟在される。ジュデイダ橋より上流では、砂層が厚くなると推定される。なお、ジュデイダ橋箇所では、深度 13m 以深より基盤岩 (砂岩及び砂岩・頁岩互層風化部) が確認されている。粘土は、90%以上が統一土質分類 (USCS) の CH (高塑性粘土) である。砂は、50%が SM (シルト質砂) 残りが SP (分級の悪い砂) 及びそれらの中間である。
- 4) 軟弱層 (粘土質土で、標準貫入試験の N 値が 4 以下、または、孔内載荷試験のクリープ圧力 5bar 以下、限界圧力 10bar 以下、変形係数 100bar 以下) が、高速道路橋箇所～カラート・アンダールス橋箇所まで連続して確認される。上部土層下の深度 5m 以深において層厚 15-27m を示し、下流側で厚くなる傾向を示す。エル・マブトゥ遊水地においても、中央部上流寄りで深度 10~20m に確認されており、トビアス橋付近から連続し、上流部で薄くなり、消滅していると推定される。トビアス橋下流よりカラート・アンダールス橋の河床～左岸では、表層土層 (層厚 1-2m) 直下に位置し、表土を取ると軟弱層が地表に出現する。
- 5) 後述するように、河川拡幅における掘削勾配は 1:2 勾配 (高さ 1: 水平距離 2) で、高さ 5m に幅 3m の小段を設ける計画となっている。高さ 8m の掘削法面の円弧すべり最小安全率計算から、軟弱層を除く砂質粘土及びシルト質粘土では、準備調査の土質調査で得られた最小せん断強度であっても安全率が大きく、乾期の水面上部の掘削では、安定している。また、法高 5m で勾配を変えての安全率計算においても、軟弱層・砂層以外は、乾期の水面上部の掘削では、勾配を急にしても安全である。表層土層直下に軟弱層が存在する場合の築堤盛土 (法高 3m 及び 5m、上面 10m、法勾配 1:2) の円弧すべりに対する安定性を検討すると、盛土高 7m を超えると不安定となる。
- 6) 軟弱層が厚い箇所では築堤盛土を行った場合の沈下量及び沈下時間の概略検討結果は、
 - i) カラート・アンダールス橋箇所：沈下量 88.4cm、沈下時間 309 ヶ月 (圧密度 90%)
 - ii) GP8 道路橋箇所：沈下量 45.3cm、沈下時間 246 ヶ月 (圧密度 90%)(盛土高 5m、上面 10m、下面 30m の台形盛土、交通荷重 $1\text{tf}/\text{m}^2$ ($9.8\text{kN}/\text{m}^2$)、台形中央直下 (オスターベルグ影響係数適用) の沈下量及び時間を正規圧密、両面配水条件で計算)
- 7) 構造物の基礎となる支持層 (粘土層で N 値 20 以上) は、カラート・アンダールス橋箇所及びエル・マブトゥ遊水地箇所では確認されていない。橋梁改修または設置で杭基礎が必要となる場合

には、さらに深部の確認が必要である。

- 8) 構造物骨材候補地について、アリアナ及びテボルバの採石場を訪問した結果、何れも必要骨材の調達は可能である。ただし、調査地周辺の採石場では主に層灰岩、一部石灰岩を採石しており、層灰岩は摩り減りが大きくやや軟質で割れやすい傾向を示す。高強度を必要とする場合、より硬質な石灰岩の採石場から入手するか、使用骨材の選別などの品質管理を厳しくする必要がある。

以上に関して、詳細は地質は資料編 2.3 に、地盤は同 2.4 に記述した。

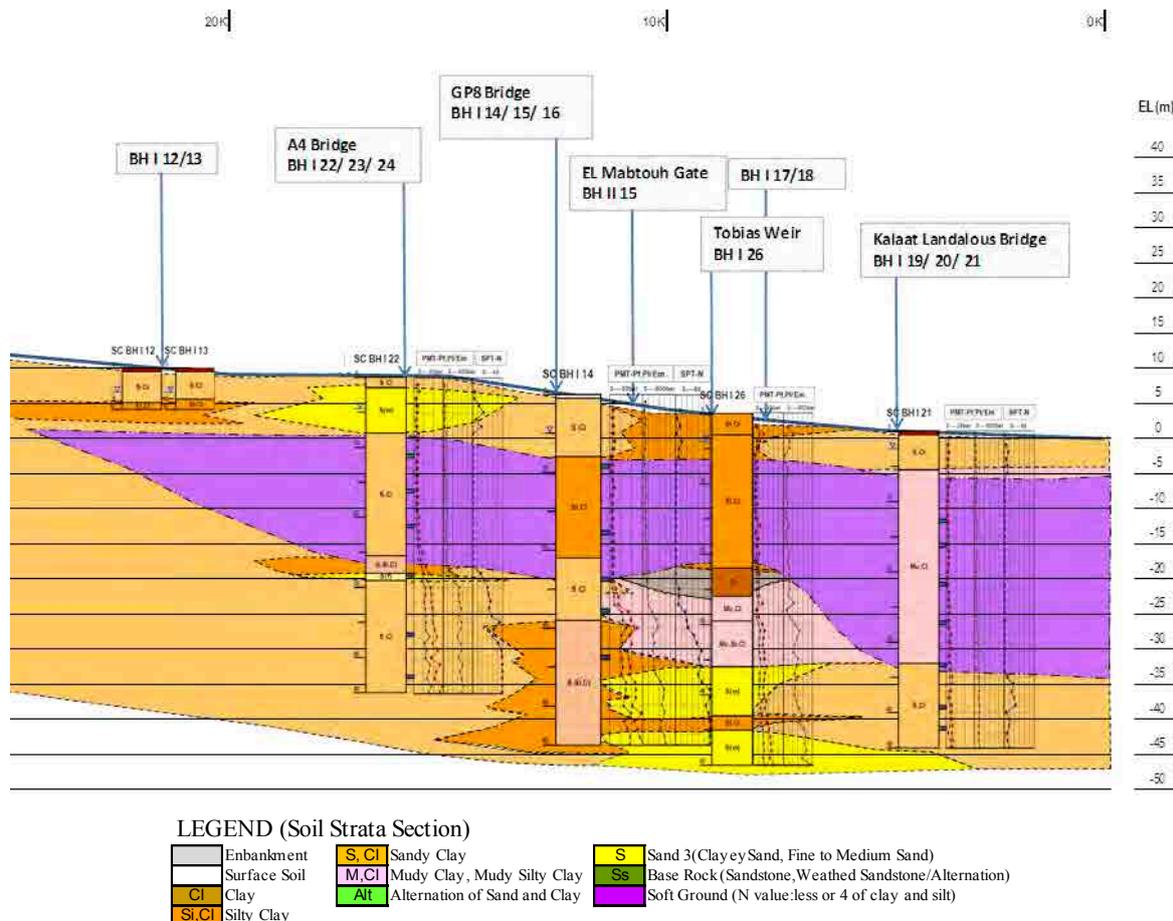


図 2- メジェルダ川本川沿い下流部土層縦断面図（軟弱層表示）

2.1.2 気象・水文

(1) 気象概要

チュニジアは北アフリカの地中海沿岸に位置し、サハラ砂漠に属する南部を中心に国土の大部分が砂漠気候やステップ気候といった乾燥地帯が占めるが、北部地中海沿岸は地中海性気候となっている。

7月を中心とする夏季は南からの亜熱帯高気圧が卓越し、高温・乾燥の気象を呈する。1月を中心とする冬季や季節の変わり目には亜熱帯性高気圧が南へ後退し、温暖な気候に覆われる。この時期には前線性上欄や気団の影響により、調査対象地域を含む北部では気象が不安定となり降雨が頻繁に観測される。南部に向かうにつれ、砂漠気候が強まるため年平均降水量は減少し、年平均気温は上昇する。

(2) 気象

調査対象地域の位置するチュニジア北部地域は、夏季には高温乾燥、冬季には温暖湿潤な気候が特徴である。気温、蒸発散量、日照時間は7～8月に最大となり、湿度及び降水量は最小となる。

調査対象地域における年平均気温は概ね 17～20℃であり、7～8月の月平均気温は 27～29℃、平均最高気温は 33～34℃となる。

年平均相対湿度は 60～68%であり、雨期の 12～1月に 75～85%と最大になり、7～8月に 49～60%と最小になる。また、年平均可能蒸発量は 1,300～1,800mm である。

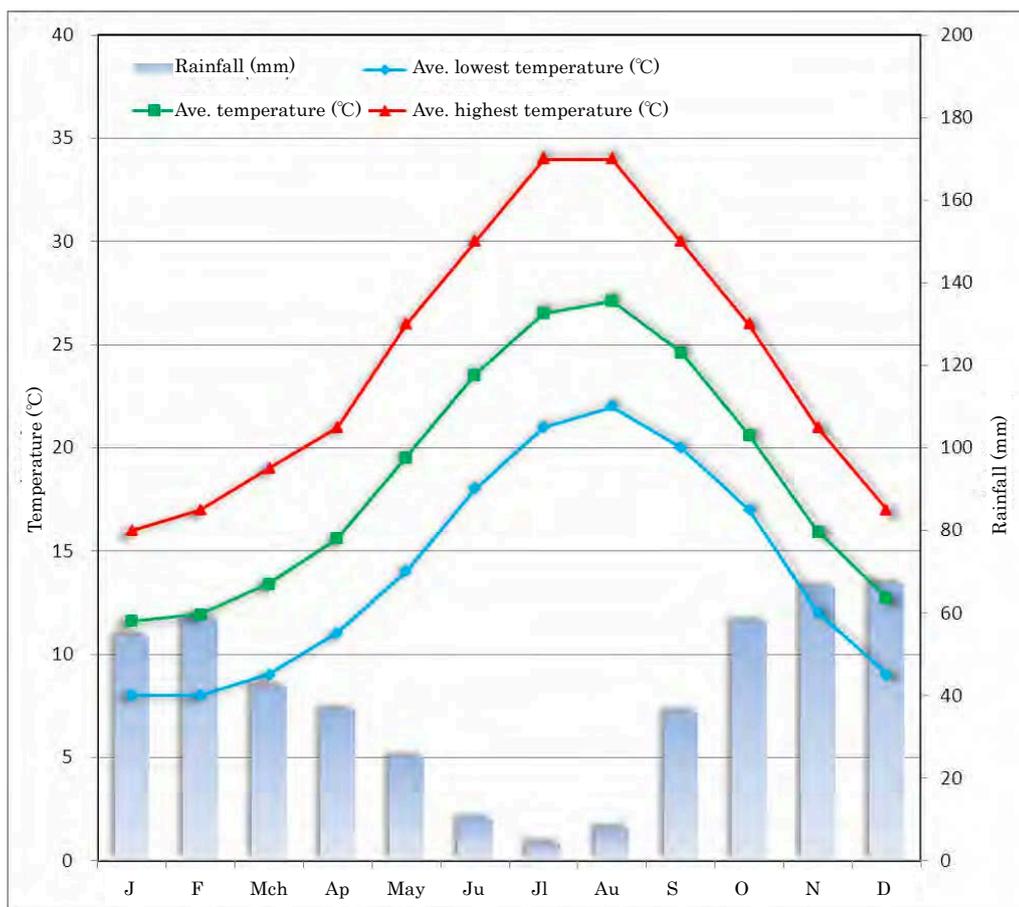


図 2- チュニスの年平均気温及び降水量

(3) 降雨

チュニジアにおける降水の主成因は以下のものである。

- 1) 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地中海西部からの気象擾乱があり、チュニジアにおける降水成因の約 2/3 を占める。
- 2) 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。
- 3) サハラ北部からの気象擾乱は南西方向から東や北東方向へ進み、この乾燥した気団がチュニジア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（地図）に示すとおり、メジェルダ川流域においても降水量の地域的偏りは大きい。この地域差は、主として10～4月の降水量の地域差による。下図（グラフ）の通り、調査対象地域北部(メジェルダ川左岸側流域)では、10～4月には月平均降水量が大幅に増加し、特に12～1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)では年間の月平均降水量の差が北部ほどは顕著ではない。調査対象地域の年平均降水量は概ね400～500mm程度である。

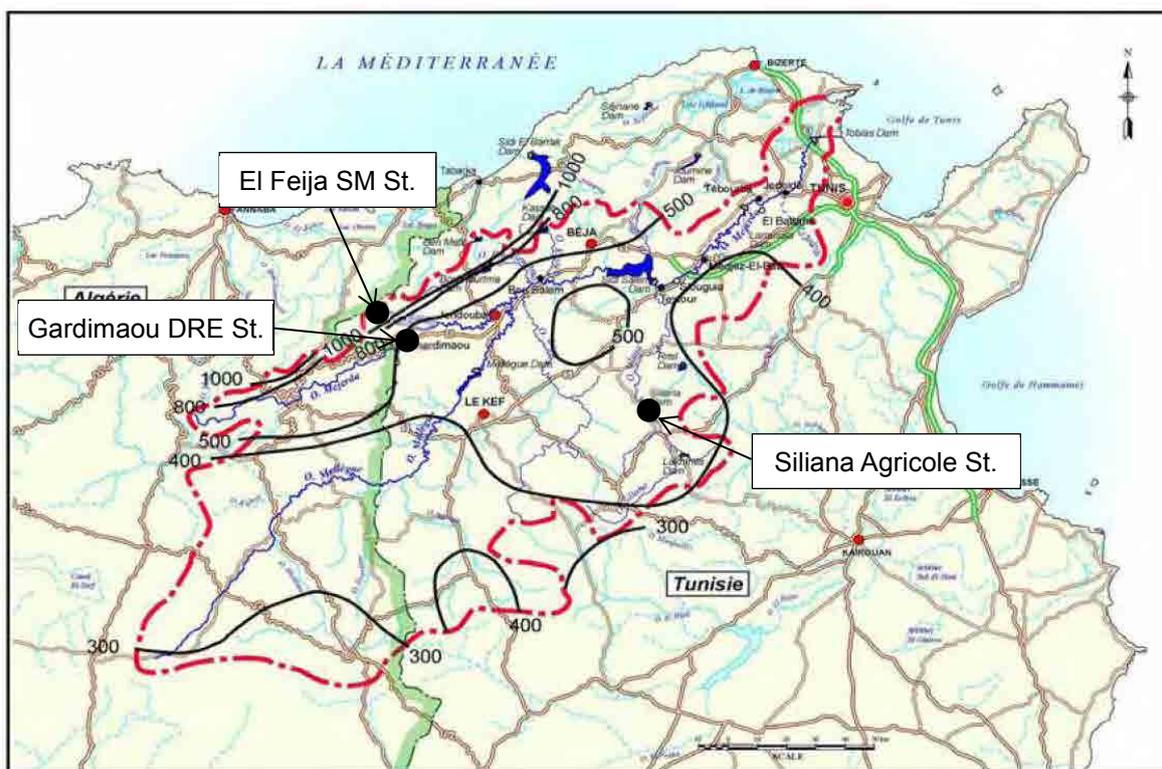


図 2- メジェルダ川流域の等雨量線図(年平均降水量)

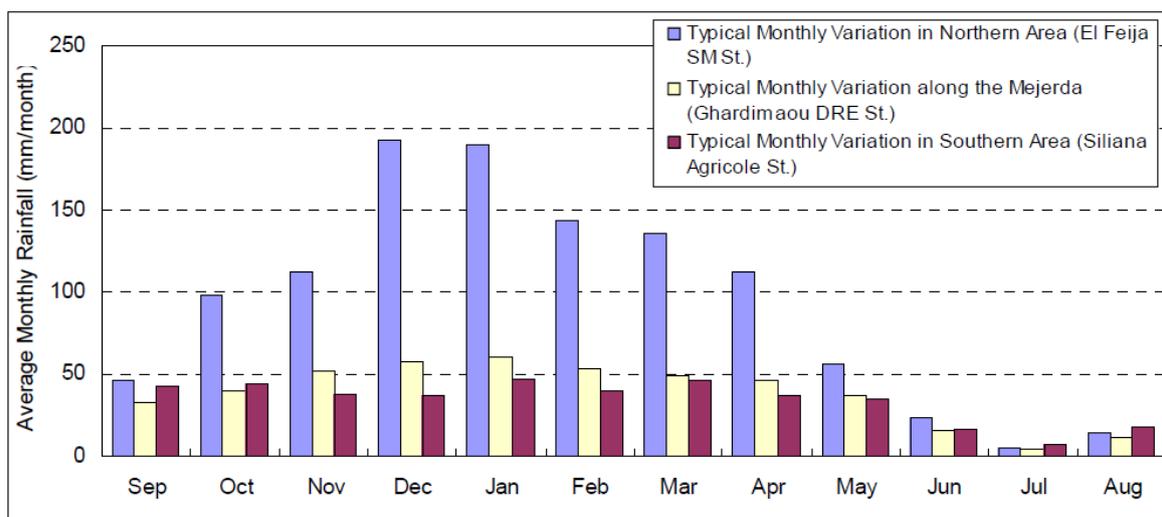


図 2- 月平均降水量地域差

2.1.3 治水・利水施設

チュニジアは水資源の乏しい国であり、降雨量は地域的・時間的に大きく変動している。北部の年間降雨量は1,500mm前後であり、南部砂漠地帯では年間50mm未満まで低下するので、地域的には幅広い変動性を示している。年間総降雨量は、農産物に1年中安定した水源提供し、その他の水需要をも満たすほど十分なものではない。

そのため、ダム貯水池を建設し、地表流出水を貯めて水需要を満たしてきた。チュニジア北部では長年にわたって貯水池・導水施設が建設され、雨水を貯めて豊水年と渇水年のギャップを埋めてきた。地表流出水をできるだけ多く貯めるためにさらなる施設が建設中または計画中である。

メジェルダ川流域において現在稼働中のダムは9基であり、建設中または、設計・計画段階にあるものは6基である。それらの概要と位置を以下に示した。この他、ラルシア堰はキャブ・ボン運河に導水するための取水施設であり、またトビアス堰も同様に取水施設として機能している。

表 2- メジェルダ川流域ダム特性

ダム	集水面積 (km ²)	最高水位総貯水容量 (100万 m ³)
シディ・サレム (Sidi Salem)	18,191	959.5
メレゲ 2 * (Mellegue 2)	10,100	334.0
ブ・ヘルトマ (Bou Heurtma)	390	164.0
メレゲ (Mellegue)	10,309	147.5
シリアナ(Siliana)	1,040	125.1
テッサ(Tessa)*	1,420	125.0
カセブ (Kasseb)	101	92.6
ベン・メティール(Ben Metir)	103	73.4
サラート* (Sarrath)	1,850	48.5
ベジャ*(Beja)	72	46.0
カレド(Khalled)*	303	37.0
シャフル* (Chafrou)	217	14.0
ラクメス(Lakhmes)	127	8.4
ルミル(Rmil)	232	6.0

注 * : 建設中または、設計・計画段階



図 2- チュニジアのメジェルダ流域におけるダム位置図

下図には、ダム、取水堰、支流、主要水文観測所、および都市の配置を示した。

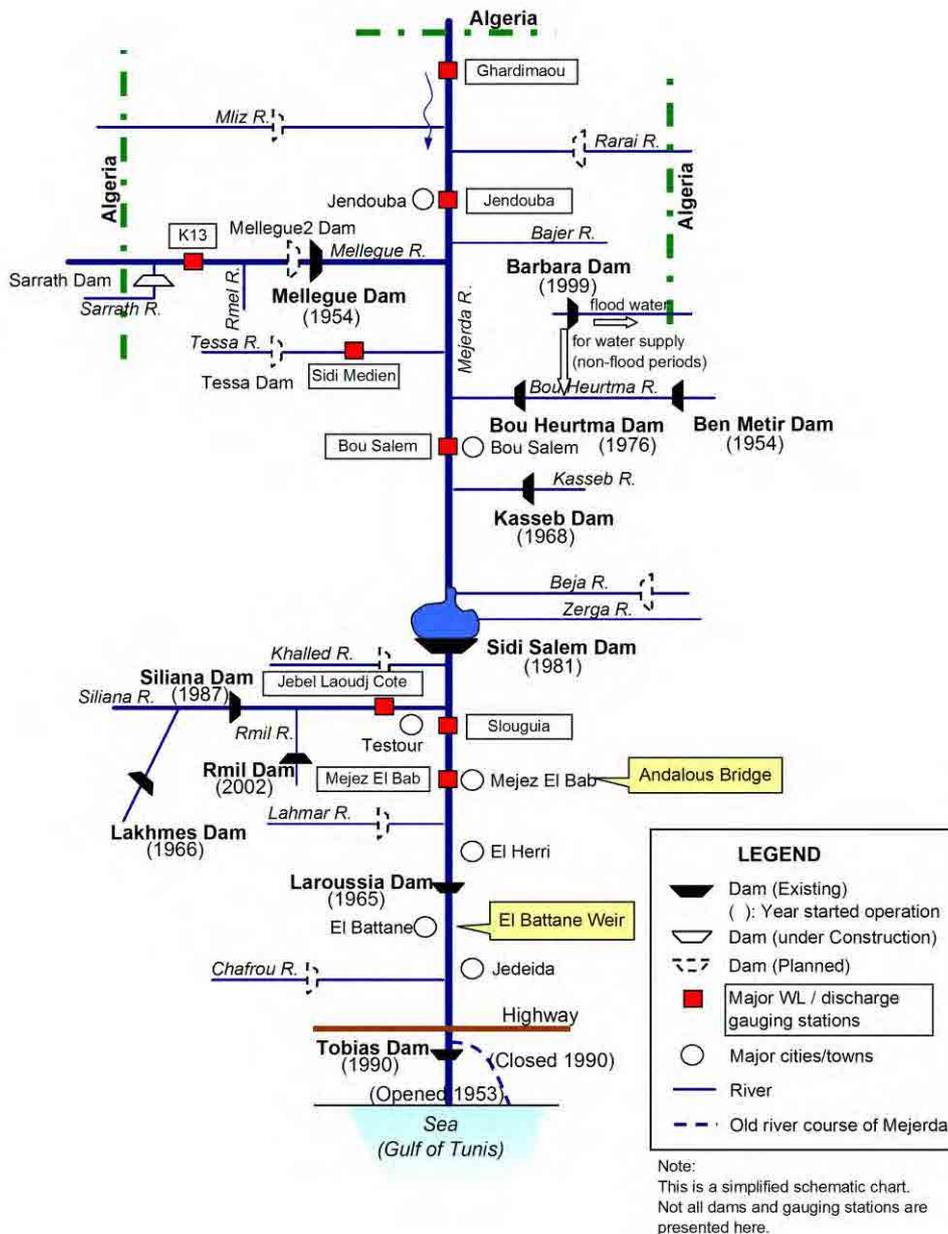


図 2- 主な水流測定所、支流、ダム、都市の配置図

2.1.4 社会経済

(1) 人口と人口密度

2004 年の国勢調査によれば、チュニジアおよびメジェルダ川流域での人口と人口密度に関しては、以下のとおりである。国土全体の 30%を占める北部地域に全人口の 3/4 が住んでいる。メジェルダ川流域においては、国土面積の 9.8%に全人口の 13.4%が居住している。国全体としては、メジェルダ川本川沿いに人口が集中する傾向があるといえる。メジェルダ川流域内では、マヌーバ県 (201~220 人/km²) とアリアナ県 (161~180 人/km²) のように、河口付近の沖積平野での人口密度が高い。両県はともに D2 ゾーンに位置する。

チュニジアの人口	9,910,872 人(約 991 万人)
チュニジアの人口密度	61.1 人/km ²
チュニジアの人口増加率	1.10%
チュニジアの都市居住者の人口比率	64.8%
メジェルダ川流域の人口	約 133 万人 (国全体の人口の 13.4%)
メジェルダ川流域の人口密度	84.0 人/km ²

出典：2004 年国勢調査

(2) 経済

1) 農業分野

農業部門がチュニジアの GDP 全体に占める割合は、1997～2006 年までの 10 年間で 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%からさらに落ち込んでいる。また 2004 年の国勢調査によれば、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%に比べて農業分野は 16.2%を占めるに過ぎない。しかしメジェルダ川流域は国内の農業生産において重要な役割を果たしており、農業分野は流域経済の中核を担っている。その概要は以下のようなものである。

メジェルダ川流域面積	15,830km ² (全国土面積の 9.8%)
流域内の畑地 (非灌漑) 面積	10,392km ² (流域面積の 65.6%)
流域内の灌漑農地面積	1,489 km ² (流域面積の 9.4%)
流域内農畜産物	
小麦生産	162.7 万 t (全国生産量の 51%)
大麦生産	46.5 万 t (全国生産量の 34%)
牛肉生産	全国生産量の 45.4%
ヤギ肉生産	全国生産量の 45.2%
鶏肉生産	全国生産量の 51.9%
流域内コルク生産	全国生産量の 75.7%

出典：国家統計局

2) 製造業とサービス業分野

上述のように 2004 年の国勢調査によれば、全国の労働者数の内訳は、サービス業 48.9%、製造業 19.4%、となっている。製造業は 2000～2009 年の 10 年間に於いて年平均 3.8%で増加しており、同期間における GDP の 29%を占めている。サービス業は同期間で年平均 5.8%の高い成長率を示しており、2006 年における GDP の 61.4%を占めている。

以下の表に、マヌーバ県とアリアナ県に存在する製造業とサービス業関連企業の現状を整理した。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両県では、輸出志向型企業が全体の約半数を占めており、これらの企業を洪水被害から守ることは国家経済に裨益すると考えられる。

	マヌーバ県	アリアナ県
全企業数	186 社	240 社
輸出志向型企業数	92 社	111 社
企業の内訳	繊維、衣類・革製品、食品加工 (乳製品、リンゴ、梨)、自動車部品を中心とした電気機械産業	繊維、衣類・革製品、農産加工、電機、製薬、コンピュータ・情報通信産業

出典：チュニジア海外投資振興庁

2.2 D2 ゾーンの概要

2.2.1 河道

メジェルダ川の最下流域 D2 ゾーンはラルーシアダムから河口まで約 65km の区間である。D2 ゾーンの上流部のラルーシアダム～ジェディダでは、なだらかな丘陵地帯において、掘り込み河道となっており、掘り込みの深さは 10m 以上であり、ジェディダに向かって次第にその深さは減少する。中流部のジェディダ～トビアス間では、沖積平野を流れており、途中で右岸にシャフル川が合流している。現状では 2m 程度の築堤が実施されている区間もあるが、基本的には、低水路（滯筋）と高水敷から成る複断面の掘り込み河道である。河道内

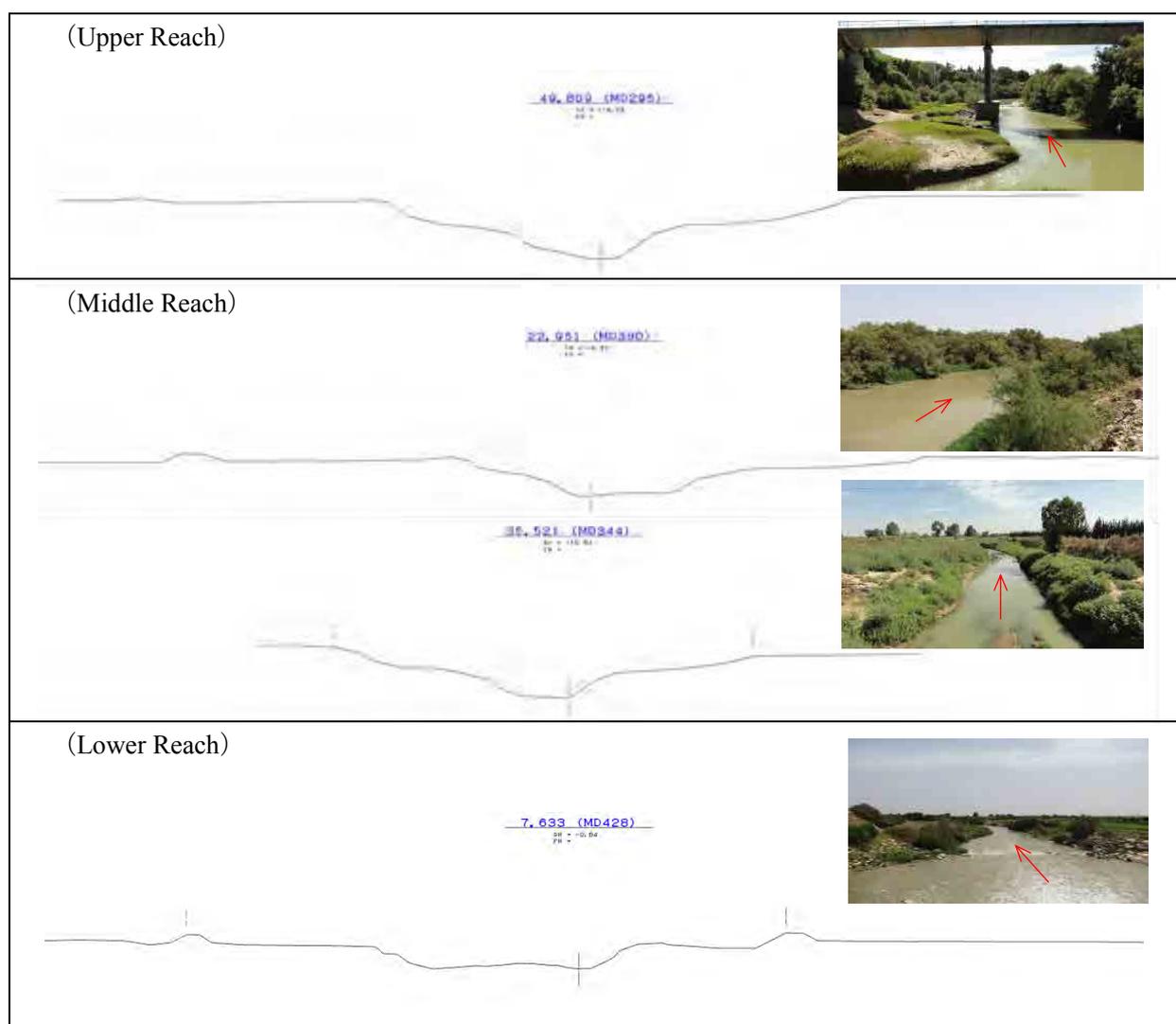


図 2- 代表的河道断面

には樹木（タマリクス）が繁茂している状況が見られる。トビアス堰から下流では、平坦な地形の中に直線的に掘削された流路が河口まで続いている。流路両岸は築堤されており、右岸側には二線堤が設置されている。河口閉塞は見られない。D2 ゾーンの代表的な断面を上図に示した。資料編 2.5 に河道の状況を表した詳細写真を整理した。

2.2.2 河道内施設

(1) 堰

ラルシア堰とトビアス堰の概要を以下に説明する。

1)ラルシア堰

ラルシア堰はメジェルダ川の河口から約65km地点に設置されている。設計貯水容量200万 m^3 、取水・発電施設を設けている。主な機能は以下の通りである。

- 1) 堰直上流の左岸側に Chouigui かんがい地区へ給水のため、ポンプ場が設置されている。
- 2) 堰左岸側に水力発電用のゲートを設置しており、発電量は4Mw/hである。
- 3) 堰右岸側に洪水放流用のスルースゲート3門を設置している。
- 4) 堰直上流の右岸側に取水施設を設置しており、Medjerdah low valley への導水能力は最大13 m^3/s 、Medjerdah Cap-Bon への導水能力は最大16 m^3/s である。

詳細写真は資料編 2.6 に整理した。



図 2- 左：ラルシア堰の全景／右：下流側全景

2)トビアス堰

メジェルダ川の11km地点にトビアス堰が建設されている。灌漑用水の取水を行っている。トビアス堰は左岸側に転倒ゲート（幅：15.0m、高さ：2.0m）2門を設置しており、平水時には転倒ゲートが上げられ、取水位が保持されている。右岸側には固定堰（幅：35.0m）が設置されている。トビアス堰直上流左岸に取水施設として揚水ポンプ場が設置されている。詳細写真及び堰構造一



図 2- 左：転倒ゲート2門(手前側)と固定堰状況／右：直上流左岸側の取水施設のポンプ機場

般図は資料編 2.6 に整理した。

(2) 橋梁

D2 区間には現状では、下表に示すように 29 か所に架橋されている。資料編 2.7 に代表的な橋梁について現地踏査にて確認した写真および各橋梁諸元を整理した。

表 2- 既存橋梁

No.	Bridge Name	Channel		Route	Remarks
		Name	Distance		
1	K.LANDAOUS BRIDGE	Medjerda	4.664	Rue Sadok Belhadi	
2	TOBIAS BRIDGE	Medjerda	10.828	MC50	
3	TOBIAS OLD BRIDGE	Medjerda	10.836	MC50	新橋と橋脚位置が不一致
4	GP8 BRIDGE OVER OUED MEJERDA	Medjerda	13.728	GP8	
5	A4 MOTORWAY BRIDGE	Medjerda	16.017	MOTORWAY A4	
6	FOOTBRIDGE	Medjerda		Sidewalk	木製吊り橋
7	WATER PIPE BRIDGE	Medjerda	34.440	Water supply	
8	JEDEIDA RAILWAY OLD BRIDGE	Medjerda	37.848	RAILWAY	新橋と橋脚位置が不一致
9	JEDEIDA RAILWAY BRIDGE	Medjerda	37.834	RAILWAY	桁に洪水時の堰上げ跡有り
10	JEDEIDA BRIDGE	Medjerda	41.071	RVE507	
11	JEDEIDA OLD BRIDGE	Medjerda	41.091	RVE507	Historical bridge,河道狭窄
12	JEDEIDA BRIDGE ON GP7	Medjerda	41.926	GP7	
13	EL BATTAN BRIDGE	Medjerda	53.111	MC64	Historical bridge
14	TEBOURBA IRRIGATION CANALS BRIDGE	Medjerda	56.899	IRRIGATION CANALS	
15	GP7 BRIDGE ON CHAFUROU	Chafourou		GP7	橋台が高水敷に位置している
16	GP7 OLD BRIDGE ON CHAFUROU	Chafourou		GP7	新橋と橋脚位置が不一致
17	EL H'BIBIA BRIDGE	Chafourou		Local Road	
18	Bridge on the local road	Driving		Local Road	
19	FARM BRIDGE ON Driving CHANNEL	Driving		Farm Road	小規模農道橋
20	FARM BRIDGE ON Driving CHANNEL	Driving		Farm Road	小規模農道橋
21	FARM BRIDGE	Driving		Farm Road	小規模農道橋
22	MC50 EL MABTOUH BRIDGE	Driving		MC50	
23	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh		Farm Road	小規模農道橋
24	A4 BRIDGE OVER Mabtouh	Mabtouh		MOTORWAY A4	
25	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh		Farm Road	小規模農道橋
26	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh		Farm Road	小規模農道橋
27	GP8 BRIDGE AND ROAD OVER Mabtouh	Mabtouh		GP8	
28	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh		Farm Road	小規模農道橋
29	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh		Farm Road	小規模農道橋

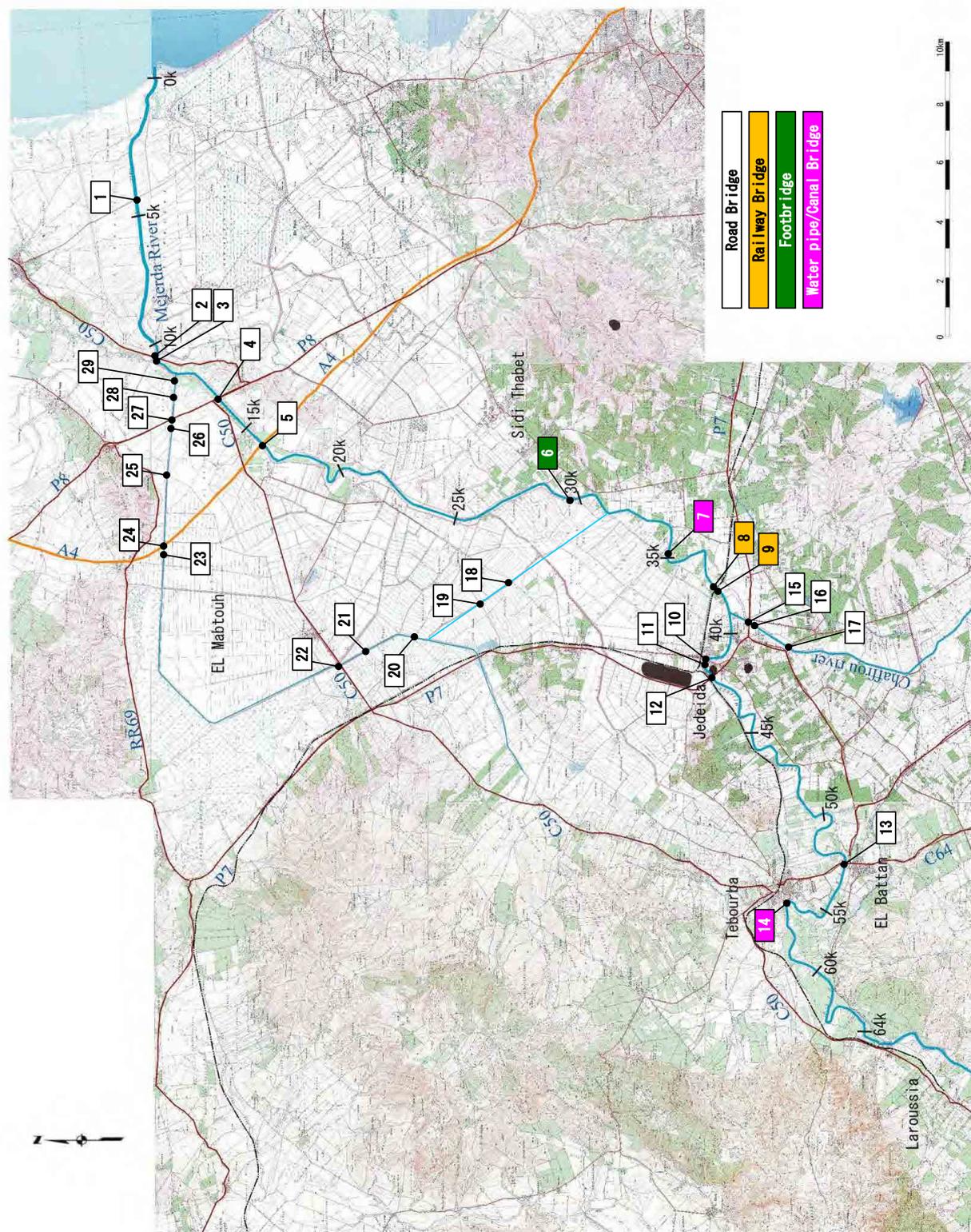


図 2- 現状橋梁位置図

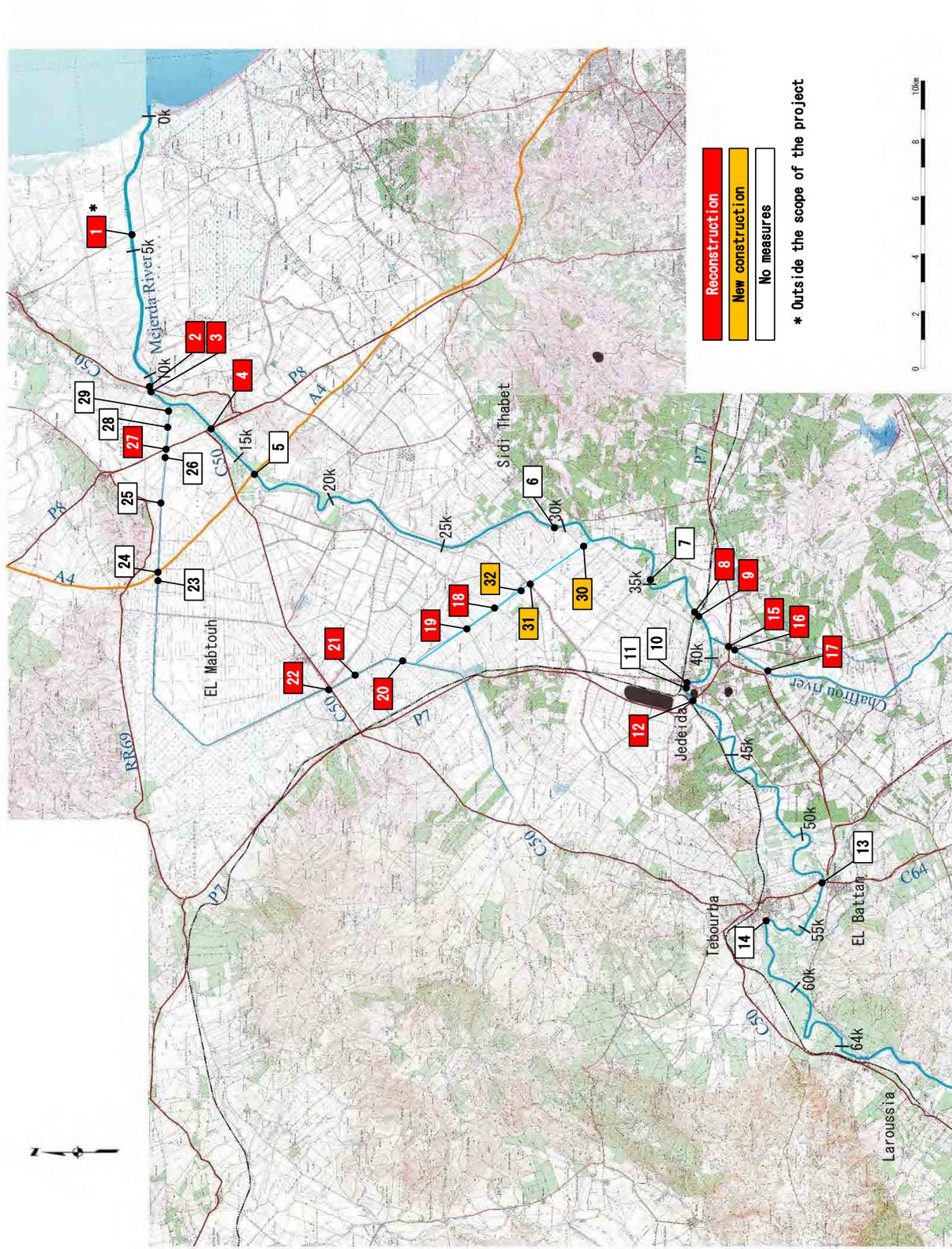
河川改修においては河道の拡幅が想定されることから、現地で現在供用されている橋梁について、機能の補償として、架け替え、嵩上げ、橋梁延長変更等の改築が必要となる。

今回の河川改修により改築が予想される橋梁のリストを以下に示す。既存 29 橋のうち改築が必要となるのは 15 橋、新設は 3 橋である。なお、最下流のカラート・アンダウス橋については、河道改修に伴う改築が必要となるが、道路事業での対応が想定されるため、本事業では対象外とした。

表 2- 河川改修により改築・新設が予想される橋梁一覧表

No.	Bridge Name	Channel		Route	Reconstruction	Construction
		Name	Distance			
1	K.LANDAOUS BRIDGE	Medjerda	4.664	Rue Sadok Belhadi	○ *	
2	TOBIAS BRIDGE	Medjerda	10.828	MC50	○	
3	TOBIAS OLD BRIDGE	Medjerda	10.836	MC50	○	
4	GP8 BRIDGE OVER OUED MEJERDA	Medjerda	13.728	GP8	○	
5	A4 MOTORWAY BRIDGE	Medjerda	16.017	MOTORWAY A4		
6	FOOTBRIDGE	Medjerda		Sidewalk		
7	WATER PIPE BRIDGE	Medjerda	34.440	Water supply		
8	JEDEIDA RAILWAY OLD BRIDGE	Medjerda	37.848	RAILWAY	○	
9	JEDEIDA RAILWAY BRIDGE	Medjerda	37.834	RAILWAY	○	
10	JEDEIDA BRIDGE	Medjerda	41.071	RVE507		
11	JEDEIDA OLD BRIDGE	Medjerda	41.091	RVE507		
12	JEDEIDA BRIDGE ON GP7	Medjerda	41.926	GP7	○	
13	EL BATTAN BRIDGE	Medjerda	53.111	MC64		
14	TEBOURBA IRRIGATION CANALS BRIDGE	Medjerda	56.899	IRRIGATION CANALS		
15	GP7 BRIDGE ON CHAFUROU	Chafurou		GP7	○	
16	GP7 OLD BRIDGE ON CHAFUROU	Chafurou		GP7	○	
17	EL H'BIBIA BRIDGE	Chafurou		Local Road	○	
18	Bridge on the local road	Driving		Local Road	○	
19	FARM BRIDGE ON Driving CHANNEL	Driving		Farm Road	○	
20	FARM BRIDGE ON Driving CHANNEL	Driving		Farm Road	○	
21	FARM BRIDGE	Driving		Farm Road	○	
22	MC50 EL MABTOUH BRIDGE	Driving		MC50	○	
23	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh		Farm Road		
24	A4 BRIDGE OVER Mabtouh	Mabtouh		MOTORWAY A4		
25	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh		Farm Road		
26	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh		Farm Road		
27	GP8 BRIDGE AND ROAD OVER Mabtouh	Mabtouh		GP8	○	
28	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh		Farm Road		
29	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh		Farm Road		
30	FARM BRIDGE(NEW)	Driving		Farm Road		○
31	FARM BRIDGE(NEW)	Driving		Farm Road		○
32	FARM BRIDGE(NEW)	Driving		Farm Road		○

* Outside the scope of the project



(3) 本川の既存排水樋門

本川の排水樋門については、農業省から提示されたリストに基づき現地調査を行なった。現地で存在を確認できなかったものも含めて、その諸元と位置図を下表・下図に整理した。後述の河川改修においては河道の拡幅が想定されることから、現地で現在供用されている樋門については機能の維持が必要となる。そのため、既設を撤去して新設する。ただし、現地で存在が確認できなかったもの、および現地で存在は確認できたが使用されていないものについては、改築は不要とした。今回の河川改修により改築が必要とされる樋門を以下の表に示した。なお、最下流のトビラス堰の取水樋門については、施設規模が大きいことから既存施設をそのまま使用する。資料編 2.9 に現地調査結果の調書を添付した。

表 2- 河川改修により改築が必要とされる樋門一覧表

No	Name	Accumulative distance(km)	現地確認	改築有無	内水域面積(km ²)	既設断面／用途／土地利用
1	P71 Left	52.2	×	—	1.44	
2	P84 Left	48.8	×	—	3.95	
3	P110 Left	42.9	○	×	0.85	
3-1	P110 Left-2	L 41.7	○	○		Φ500／排水／市街地
4	P84 Right	R 48.8	○	○	3.47	Φ800 程度想定／排水／農地
5	P105 Right	R 44.4	○	○	2.58	-
6	P110 Right	42.9	×	—	1.85	
7	P116 Right	R 41.7	○	○	0.20	Φ800 程度想定／排水／市街地
8	P119 Right	38.6	○	×	0.42	
9	P132 Right	36.5	×	—	26.26	
10	P146 Right	R 33.7	○	○	6.72	2Box-3.2mB×1.2mH／排水／農地
11	P160 Right	R 30.8	○	○	18.42	U-1.04m×0.8mH (Drainage)／農地
11-a	P160 Right	R 30.2	○	○		U-1.0m×1.0mH (Drainage 想定)／農地
12	P169 Right	R 28.4	○	○	7.01	2Box-2.2mB×1.2mH／排水
13	PoMejCher Right	23.7	○	×	19.71	
14	PA4Mejam Left	L 16.7	○	○	0.70	Φ800 程度想定／排水／農地
15	PA4Mejav Left	L 15.7	○	×	0.80	
16	PoMejProt Right	12.9	○	×	7.65	
17	PoMejTobias Right	10.7	○	×	0.40	
18	PTobias Left	10.6	○	×	0.63	現施設をそのまま使用／取水／農地

※・上表の距離標欄の距離数字前の L、R は、それぞれ左岸側、右岸側を示す。内水域面積の出典：JIVA Study Team

- ・現地確認欄の○は今回の調査で確認できた施設、×は出来なかった施設を示す。
- ・改築有無欄の—は現地確認が出来ないため現時点で改築の必要性が判断できない施設、×は現地確認の結果、現在使用されていない施設で改築（撤去のみ）が不要の施設、○は使用されており改築が必要な施設を示す。

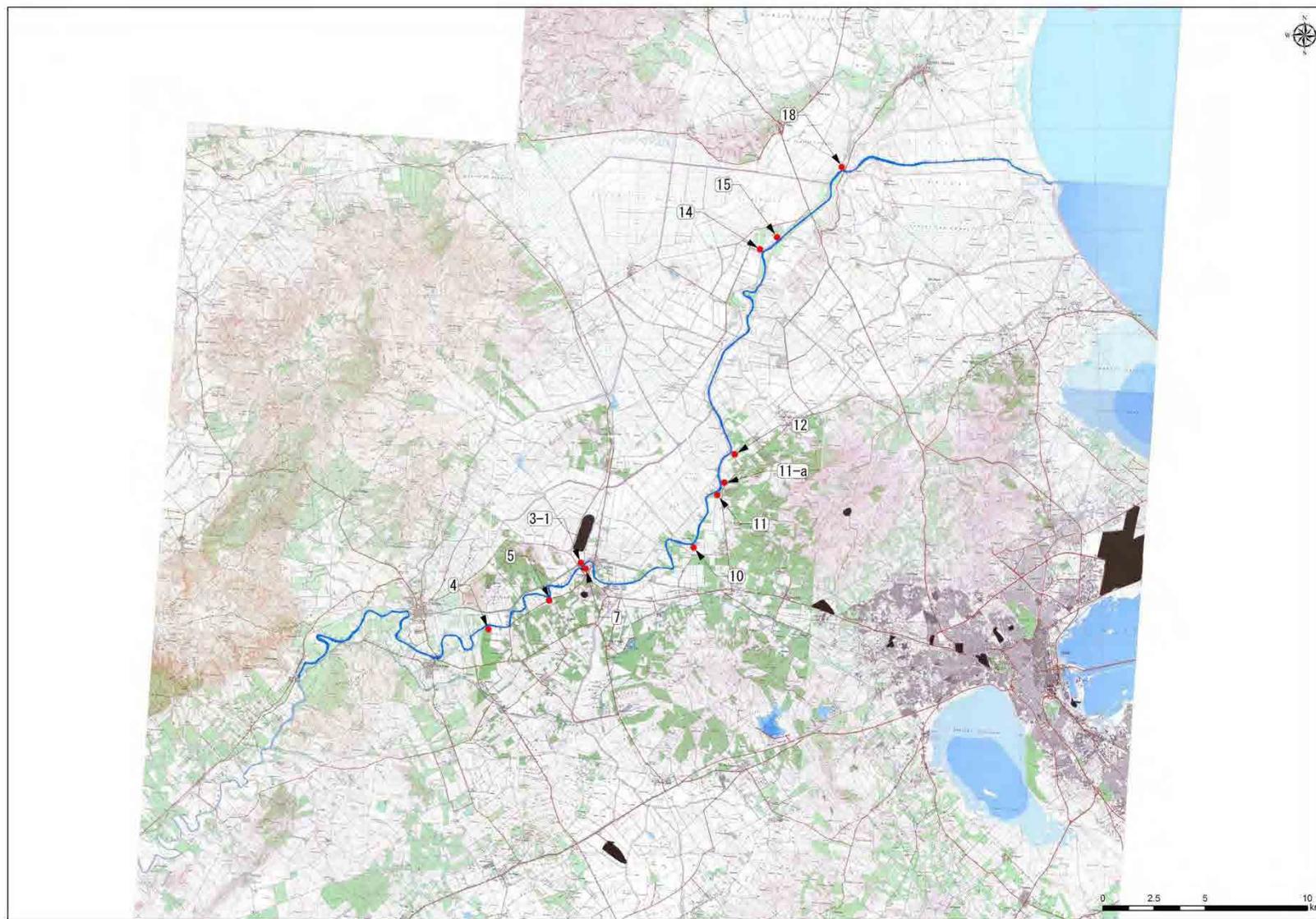


図 2- 河川改修により改築が予想される樋門位置図

(4) エル・マブトゥ遊水地の水理構造物

エル・マブトゥ遊水地計画地区のリスト、位置、及び構造物について以下の表・図に整理した。
 各構造物の写真は資料編 2.8 に添付した。

表 2- The list of major facilities in El Mabtouh area and Chafrou river

No	Name	Functions
1	放水路 Inlet channel	ゾーン3からの水を受けて排水する
2	横越流堰 Overflow dike	ゾーン3→ゾーン2の洪水の越流
3	ゲート付越流堰 Control gate for overflow	ゾーン3→ゾーン2の洪水越流の調整
4	ヒューズ堰 Fuse dike	ゾーン3→ゾーン1の洪水の緊急的排水
5	流量調整ゲート Flow control gate	ゾーン3→ゾーン1、ゾーン2→ゾーン1への貯留水の排水
6	排水路 Box culvert crossing the highway	ゾーン1～3からの排水、高速道路横断地点付近
7	ボックスカルバート Box culvert crossing the highway	ゾーン1からの排水、排水路が高速道路を横断
8	排水路 Outlet channel crossing the road	ゾーン1～3からの排水、一般道路横断地点付近
9	排水水門(1) Outlet gate (1) to Mejerda river	メジェルダ川合流点での排水調節
10	排水水門(2) Outlet gate (2) to Mejerda river	メジェルダ川合流点での排水調節
11	スルースゲート/フラップゲート Drain Culverts / Flap gates along the channel	放水路、排水路へのゾーン1、2からの排水

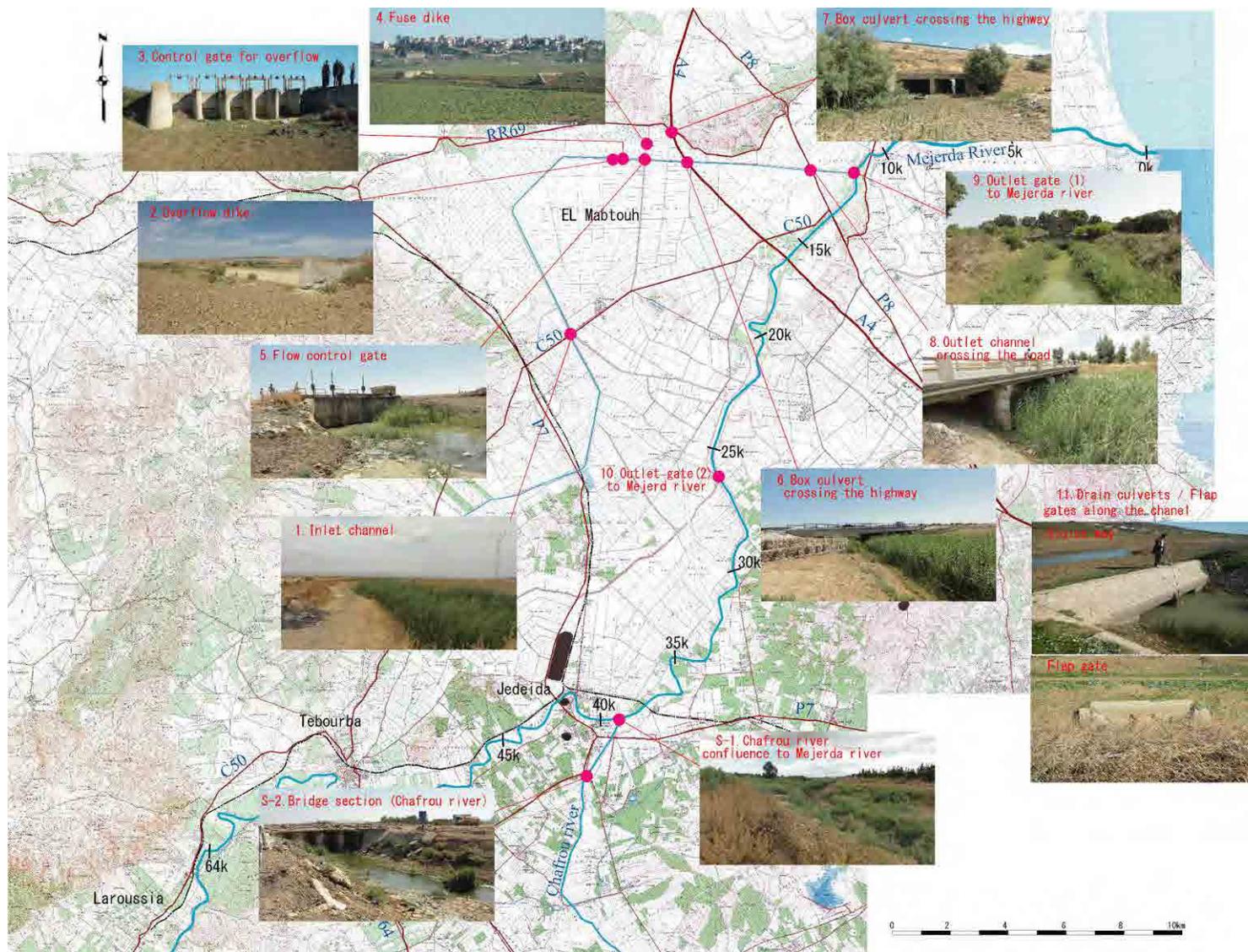


図 2- エルマブドゥ遊水地地区及びシャフル川内の主要施設

2.3 洪水被害状況

2.3.1 主要洪水の水文的特性

メジェルダ川流域における 1900 年以降の既往洪水と主要観測所におけるピーク流量は以下のとおりである。

表 2- メジェルダ川流域における既往洪水

Flood	Peak Discharge(m ³ /s)						
	Mellegue(K13)	Ghardimaou	Jendouba	Bou Salem	Slouguia	Mejez Elbab	Jedeida
Feb 1907	-	-	1,610	-	-	-	-
Feb 1928	-	-	-	1,220	-	-	-
Mar 1929	-	-	-	1,760	-	-	-
Dec 1932	-	-	-	2,060	-	2,250	-
Jan 1940	-	-	-	1,780	-	-	-
Oct 1947	-	-	-	1,700	-	1,280	-
Nov 1948	-	-	-	851	-	891	-
Jan 1952	-	-	-	904	-	981	-
Mar 1959	-	-	-	1,140	-	1,490	-
Sep 1969	4,480	-	-	1,485	-	1,440	-
Mar 1973	-	2,370	2,420	3,180	-	-	-
1976	-	1,013	970	-	-	-	-
1981	Sidi Salem Dam Completed						
Dec 1984	600	570	750	900	-	-	-
Jul 1989	-	-	-	-	470	-	-
May 2000	4,480	736	327	977	-	-	-
Jan 2003	2,600	1,090	1,070	1,020	744	730	-
Jan 2004	2,480	1,470	1,024	889	-	-	-
Jan 2005	-	838	616	529	-	224	-
Apr 2009	-	-	-	-	365	262	-
Feb 2012	-	-	-	-	-	-	324

メジェルダ川流域は上述のように、これまでに多くの洪水に見舞われてきたが、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。

- (1) 1973 年 3 月洪水 (1973 年 3 月発生)
- (2) 2000 年 5 月洪水 (2000 年 5 月発生)
- (3) 2003 年 1 月洪水 (2003 年 1～2 月発生)
- (4) 2004 年 1 月洪水 (2003 年 12 月～2004 年 2 月発生)
- (5) 2005 年 1 月洪水 (2005 年 1～3 月発生)
- (6) 2009 年 4 月洪水 (2009 年 4 月発生)
- (7) 2012 年 2 月洪水 (2012 年 2～3 月発生)

メジェルダ川流域では、上述のように雨期 (12～5 月) に大洪水が発生している。この原因として、12～1 月における大量の降雨が考えられるが、比較的小流域において、春と秋に集中豪雨

により洪水が観測されることもあり、以下の水文特性が関連していると考えられる。

- 1) 左岸側支流とメジェルダ川本川（ガルディマウ観測所地点）からの大洪水は、雨季にメジェルダ川左岸側流域において降水量が大幅に増加することに伴い、12～2月に生起する傾向がある。
- 2) 右岸側支流では、秋から春にかけて集中豪雨が発生する傾向がある。
- 3) 右岸側支流では、シャープなヒドログラフを示す洪水が発生する傾向がある。

アルジェリア内のメジェルダ川本川へのピーク流入量とメレゲ川へのピーク流入量、さらに、チュニジア側の流域における大量の降雨発生が重なると、1973年3月洪水や2003年1月洪水のような壊滅的な洪水が発生することになると考えられる。

以下文中のダム、河川、観測所及び主要都市の位置は巻頭「メジェルダ川流域位置図」及び「D2ゾーン概要図」を参照。

(1) 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。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つの河口が存在した。

同洪水は、降雨の時間分布、アルジェリアからの流入波形、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。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。しかしながら同洪水の場合は、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。

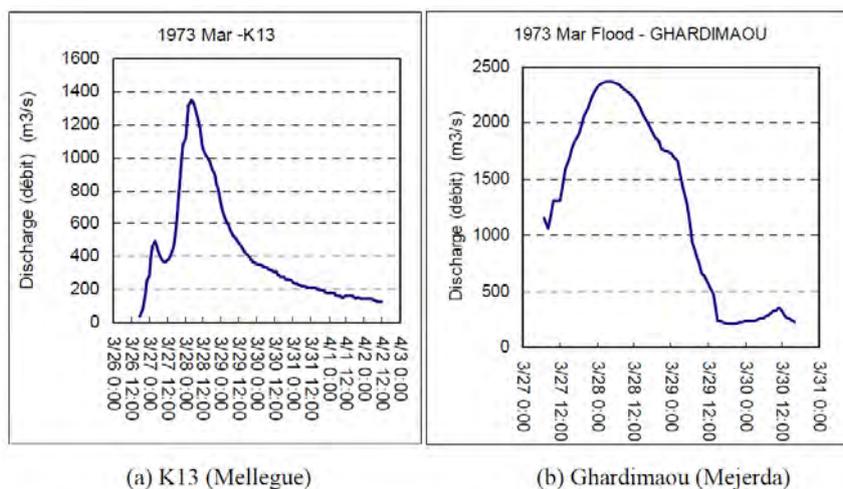


図 2- 1973年3月洪水 ハイドログラフ

(2) 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以下の点が挙げられる。

- 1) 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、及び尖った単一ピークの流入波形
- 2) 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貯水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。

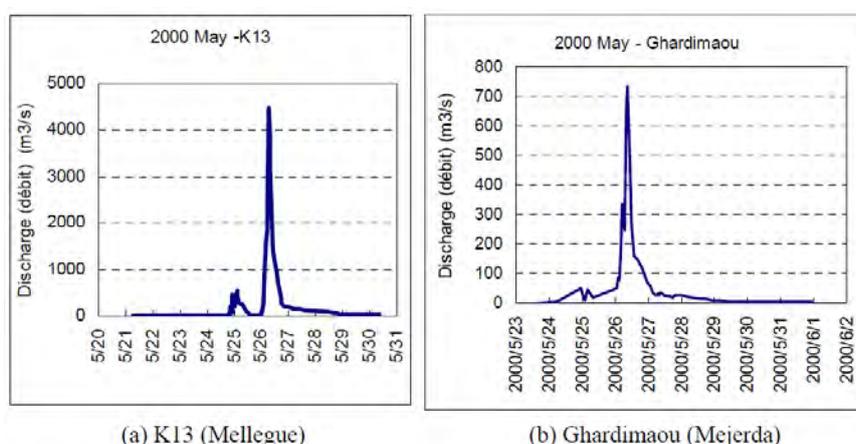


図 2- 2000 年 5 月洪水 ハイドログラフ

(3) 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。

- 1) 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
- 2) 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 月洪水の特徴を説明する。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 月洪水では洪水の全ボリュームが 2000 年 5 月のその 5 倍を超えており、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。

表 2- 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

Flood	Maximum Inflow (m^3/s)	Total inflow (Mm^3)	Maximum Outflow (m^3/s)	Peak
May 2000	1,022	157	52	1
Jan 2003	1,065	827	740	4

洪水時のブサレム観測所地点とスルギア観測所地点の流量波形、及びシディ・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概ね相当するといえる。

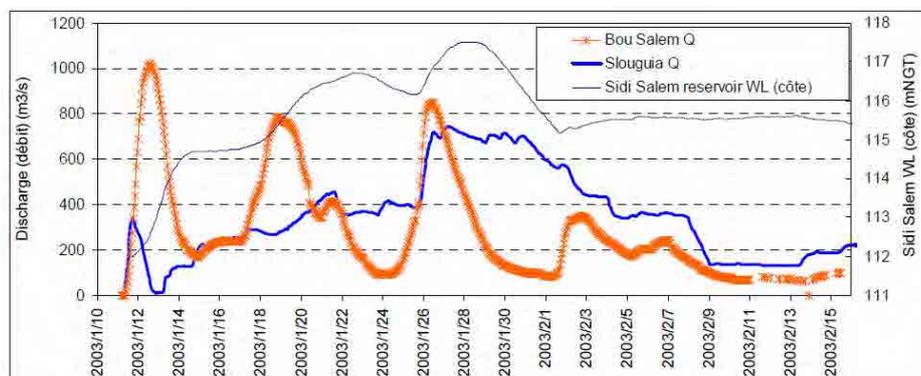


図 2- 2003 年 1 月洪水 シディ・サレムダム流入量・放流量及び貯水位

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 $300\sim 400\text{m}^3/\text{s}$ 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 $740\text{m}^3/\text{s}$ 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) 2004 年 1 月洪水 及び (5) 2005 年 1 月洪水の水文特性

両洪水の水文特性としては、以下の点が挙げられる。

- 1) 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
- 2) 複数ピークの降雨

2003 年 11 月～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 10～13 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 年確率に相当する。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～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。

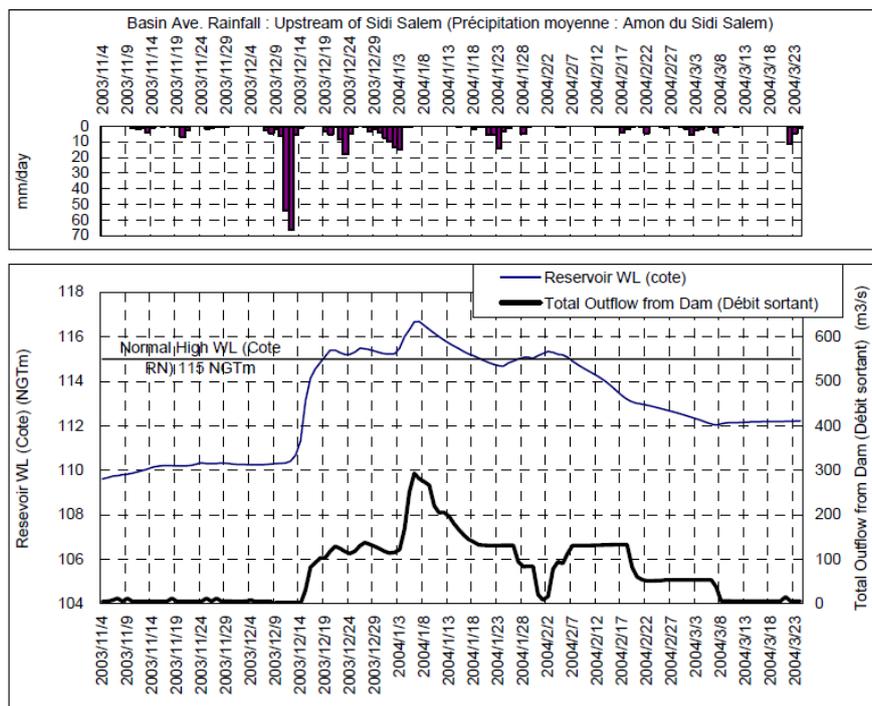


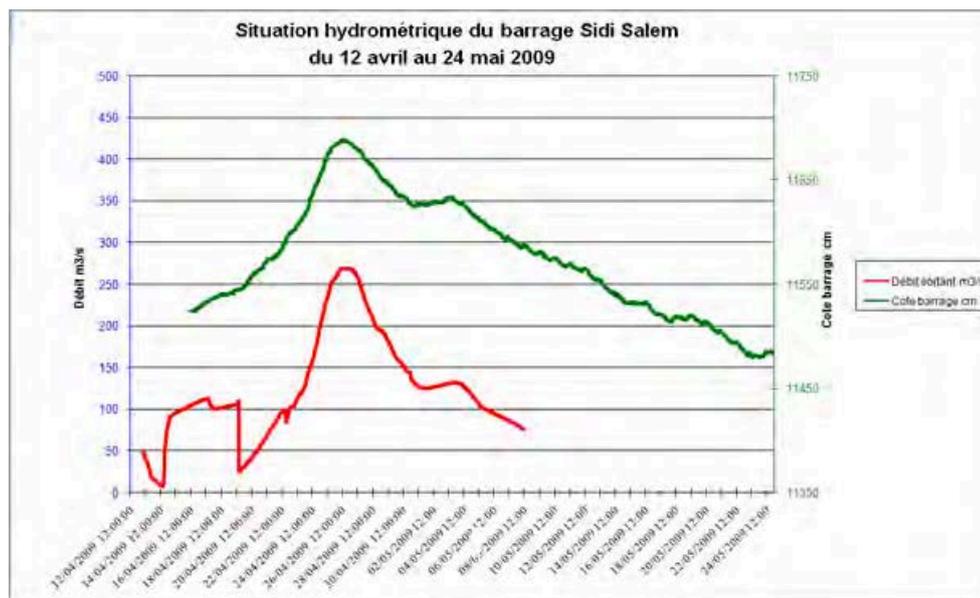
図 2- 2004 年 1 月洪水 シディ・サレムダム水位・放流量

(6) 2009 年 4 月洪水の水文特性

2009 年 4 月の洪水は、4 つの連続した降雨により発生した（4 月 2～5 日、4 月 8～9 日、4 月 13～18 日、4 月 18～22 日）。4 月全体で測定された積算降雨量は約 100mm（ジュデイダでは 104mm、テブルバでは 112mm）であった。4 月 2～5 日の降雨はエル・バタンの南で発生し、その他の降雨は集水域全体で広く生じた。

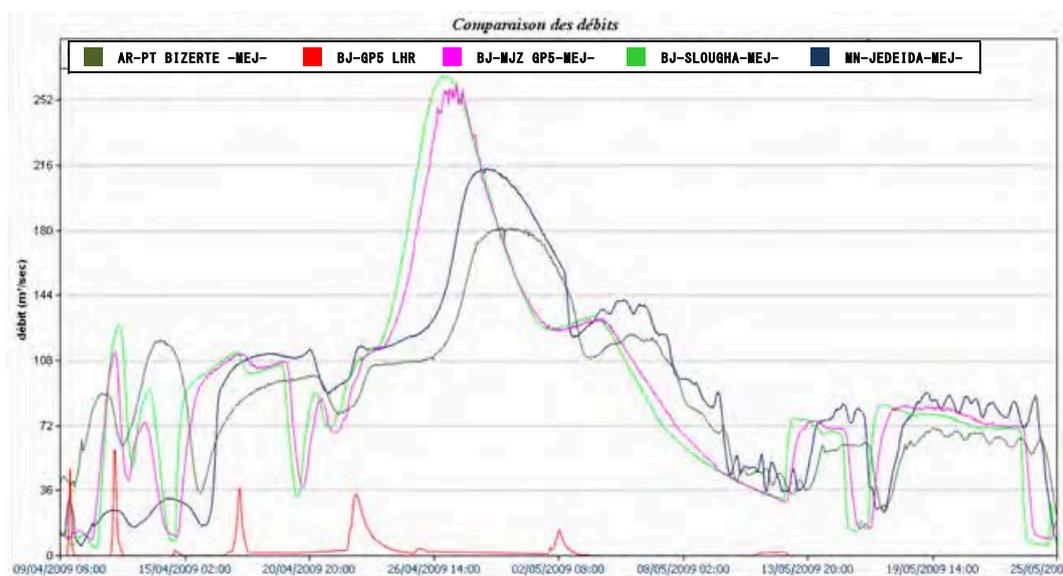
DGRE（農業省水資源総局）によると、この降雨は 2～5 年の再現期間であったとされる。

シディ・サレムダムでは複数の流入ピークが発生した。最初のピーク流入量は $182\text{m}^3/\text{s}$ であり、この時、貯水池水位は比較的高く $90\text{m}^3/\text{s}$ の放流を行っている。次の流入ピークで、貯水位は 116mNGT を越え、最大 $269\text{m}^3/\text{s}$ の放流を行った。



出典：農業省水資源総局

図 2- 2009 年 4 月洪水 シディ・サレムダム放流量・貯水位

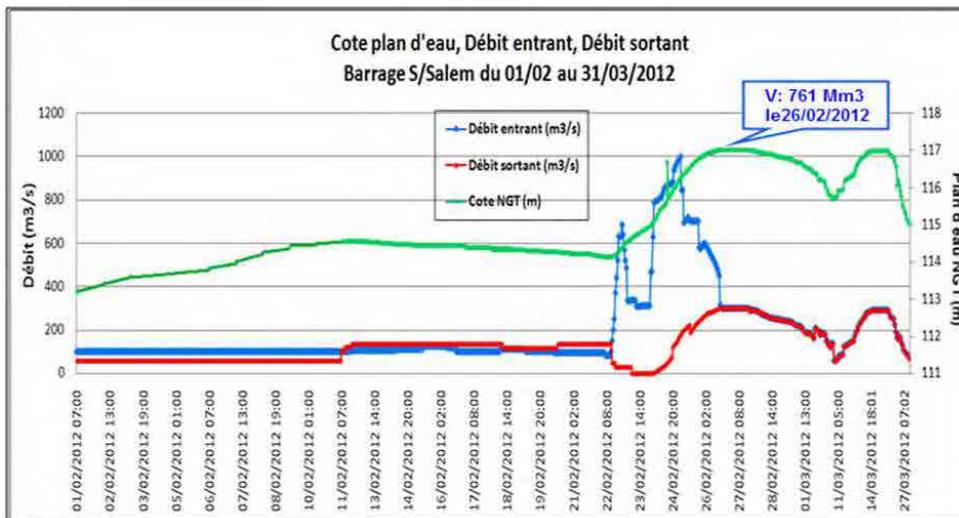


出典：農業省水資源総局

図 2- 2009 年 4 月洪水 主要観測所ハイドログラフ

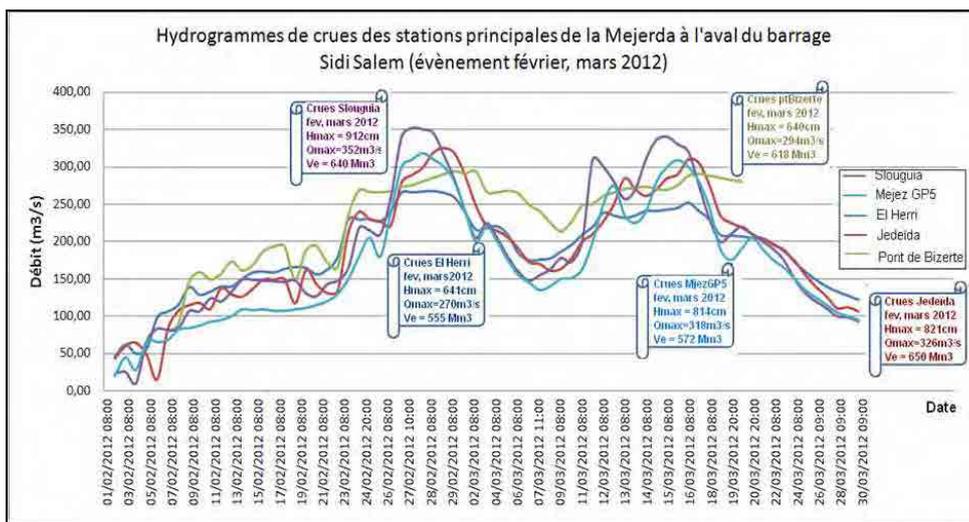
(7) 2012 年 2 月洪水の水文特性

2012 年 2 月の洪水は、2 月 22～23 日の降雨により発生した。この降雨はメジェルダ川流域の中下流域及び、支川シリアナ川流域を中心に発生した。シディ・サレムダム流入量においては、2 度のピークが発生した。一度目の流入ピーク(約 700m³/s)ではほとんど放流を行わず、2 度目の流入ピーク(約 1,000m³/s)により貯水位が上昇し 116NGTm を越えるあたりから徐々に放流を増加させ、2 月 26～27 日にかけて最大放流量で 299m³/s の放流を行っている。



出典：農業省水資源総局

図 2- 2012 年 2 月洪水 シディ・サレムダム流入量・放流量及び貯水位



出典：農業省水資源総局

図 2- 2012 年 2 月洪水 主要観測所ハイドログラフ

2.3.2 既往洪水のまとめ

下表に上述主要洪水の概要を示す。

表 2- 主要洪水の概要

No.	洪水名	洪水及び被害概要
1	1973年3月洪水	メジェルダ川における主要洪水流域全体に大規模な浸水被害をもたらした洪水である。この時点においてシディ・サレムダムは存在せず、メジェルダ川河口部には2つの流路(旧河道とトピラス放水路)があった。本洪水の特徴は、大きな一山のピーク降雨量、流入量及び流出量にある。本洪水において、降雨及び高水位の継続時間は短く、氾濫も1週間程度以下と長期ではなかったと言われている。
2	2000年5月洪水	メレゲ川流域とメジェルダ川上流域に深刻な浸水をもたらした洪水である。本洪水の特徴は以下のとおりである。 ・アルジェリア側からメレゲ川(K13)への一山の大洪水量の流入 ・メジェルダ川流域上流部での局地的集中豪雨 この時点においてシディ・サレムダムは既に建設されており、ダム洪水調節効果によりダム下流では氾濫被害は発生していない。
3	2003年1月洪水	2003年1～2月にかけて、極めて広範囲に被害をもたらした洪水である。本洪水の特徴は以下のとおりである。 ・メジェルダ川本川のガルディマウ観測所及びメレゲ川のK13観測所における複数の大きいピーク流入量 ・複数の大きいピーク降雨量 2003年1月の洪水流入量は、複数の大きいピークを示し、2005年5月洪水とは異なり、シディ・サレムダムの上・下流のメジェルダ川沿いに長期間にわたる浸水をもたらし、特に、下流では1ヶ月以上にも及んだ箇所もあり、全世界の60%に被害が及び6名の死者を出した。
4	2004年1月洪水	中規模の洪水が複数回発生し、シディ・サレムダムが常時満水位を保つために放流を行ったことにより下流で浸水被害をもたらした洪水である。本洪水の特徴は以下のとおりである。
5	2005年洪水	・ガルディマウ観測所における複数の中規模なピーク流出量 ・複数のピーク降雨量
6	2009年4月洪水	シディ・サレムダム放流と堤防破堤により、灌漑農地及び灌漑施設に浸水被害をもたらした洪水である。本洪水の特徴は以下のとおりである。 ・ガルディマウ観測所とラガイ観測所におけるふた山洪水量 ・メジェルダ川流域下流部にあるマヌーバ県とアリアナ県における局地的集中豪雨
7	2012年洪水	ジュデイダ近傍において大きな浸水被害をもたらした洪水である。本洪水の特徴は以下のとおりである。 ・ジュデイダ観測所におけるふた山洪水量 メジェルダ川における浸水面積は2,216haで、ジュデイダにおける浸水農地は700ha

以下に 1900 年代以降の洪水記録を示す。

表 2- 1900 年代以降の洪水記録

No.	洪水	洪水記録等	備考
1	1907 年 2 月洪水	14 日間の増水。洪水量は約 3.55Mm ³ 、ジェンドゥバで記録されたピーク流量は 1,610m ³ /s、メジェズ・エル・バブで浸水被害誘発	
2	1928 年 2 月洪水	ブサレムでのピーク流量 1,220m ³ /s	
3	1929 年 3 月洪水	ブサレムでのピーク流量 1,760m ³ /s	
4	1931 年 12 月洪水	60 年間の観測中、最も激しい洪水。11 日間の洪水量は 3.36Mm ³ 。ブサレムでのピーク流量 2,060m ³ /s、メジェズ・エル・バブでのピーク流量 2,250m ³ /s	
5	1940 年 1 月洪水	ブサレムでのピーク流量 1,780m ³ /s	
6	1947 年 10 月洪水	ブサレムでのピーク流量 1,700m ³ /s、メジェズ・エル・バブでのピーク流量 1,280m ³ /s	
7	1948 年 11 月洪水	ブサレムでのピーク流量 851m ³ /s、メジェズ・エル・バブでのピーク流量 891m ³ /s	
8	1952 年 1 月洪水	ブサレムでのピーク流量 904m ³ /s、メジェズ・エル・バブでのピーク流量 981m ³ /s	
9	1959 年 3 月洪水	ブサレムでのピーク流量 1,140m ³ /s、メジェズ・エル・バブでのピーク流量 1,490m ³ /s	
10	1969 年 9 月洪水	ブサレムでのピーク流量 1,485m ³ /s、メジェズ・エル・バブでのピーク流量 1,440m ³ /s、メレゲ (K13) でのピーク流量 4,480m ³ /s	
11	1973 年 3 月洪水	ガルディマウでのピーク流量 2,370m ³ /s、ブサレムでのピーク流量 3,180m ³ /s、ジェンドゥバでのピーク流量 2,420m ³ /s	
12	1976 年洪水	ガルディマウでのピーク流量 1,013m ³ /s、ジェンドゥバでのピーク流量 970m ³ /s	
13	1984 年 12 月洪水	ブサレムでのピーク流量 900m ³ /s、ジェンドゥバでのピーク流量 750m ³ /s、ガルディマウでのピーク流量 570m ³ /s、メレゲ (K13) でのピーク流量 600m ³ /s 以上	1981 年 ジェディ・サレム ダム建設
14	1989 年 7 月洪水	シリアナ・ラワジュ観測所でのピーク流量 940m ³ /s、スルギアでのピーク流量 470m ³ /s、ルミル観測所でのピーク流量 600m ³ /s	
15	2000 年 5 月洪水	メレゲ (K13) でのピーク流量 4,480m ³ /s、ガルディマウでのピーク流量 736m ³ /s、ブサレムでのピーク流量 977m ³ /s、ジェンドゥバでのピーク流量 327m ³ /s	
16	2003 年 1~2 月洪水	メレゲ (K13) でのピーク流量 2,600m ³ /s、ガルディマウでのピーク流量 1,090m ³ /s、ジェンドゥバでのピーク流量 1,070m ³ /s、ブサレムでのピーク流量 1,020m ³ /s、スルギアでのピーク流量 744m ³ /ss、メジェズ・エル・バブでのピーク流量 730m ³ /s	
17	2003 年 12 月~ 2004 年 2 月洪水	メレゲ (K13) でのピーク流量 2,480m ³ /s、ガルディマウでのピーク流量 1,470m ³ /s、ジェンドゥバでのピーク流量 1,024m ³ /s、ブサレムでのピーク流量 889m ³ /s	
18	2005 年 1~3 月洪水	ガルディマウでのピーク流量 838m ³ /s、ジェンドゥバでのピーク流量 616m ³ /s、ブサレムでのピーク流量 529m ³ /s、メジェズ・エル・バブでのピーク流量 224m ³ /s	
19	2009 年 4~5 月洪水	スルギアのピーク流量 265m ³ /s、メジェズ・エル・バブでのピーク流量 262m ³ /s	
20	2012 年 2~3 月洪水	ジュデイダでのピーク流量 324m ³ /s	