社会開発調査部報告書

No. 2

国際協力事業団

テュニジア共和国
設備住宅省

テュニジア国
都市洪水対策計画調査

最終報告書

要約

平成6年3月

日本工営株式会社

社調二
JR
94－025

国際協力事業団
テュニジア国 都市洪水対策計画調査
最終報告書
要約
417
617
SSS

国際協力事業団

テュニジア共和国
設備住宅省

テュニジア国
都市洪水対策計画調査

最終報告書

要　約

JICA LIBRARY
1121154171
28113

平成6年3月

日本工営株式会社

国際協力事業団
28113

序文

日本国政府はテュニジア共和国政府の要請に基づき、同国の都市排水対策計画にかかるマスタープラン調査およびフィージビリティ調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成５年２月から平成六年２月までの間、２回にわたり、日本工営株式会社の佐藤秀樹氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

調査団はテュニジア政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

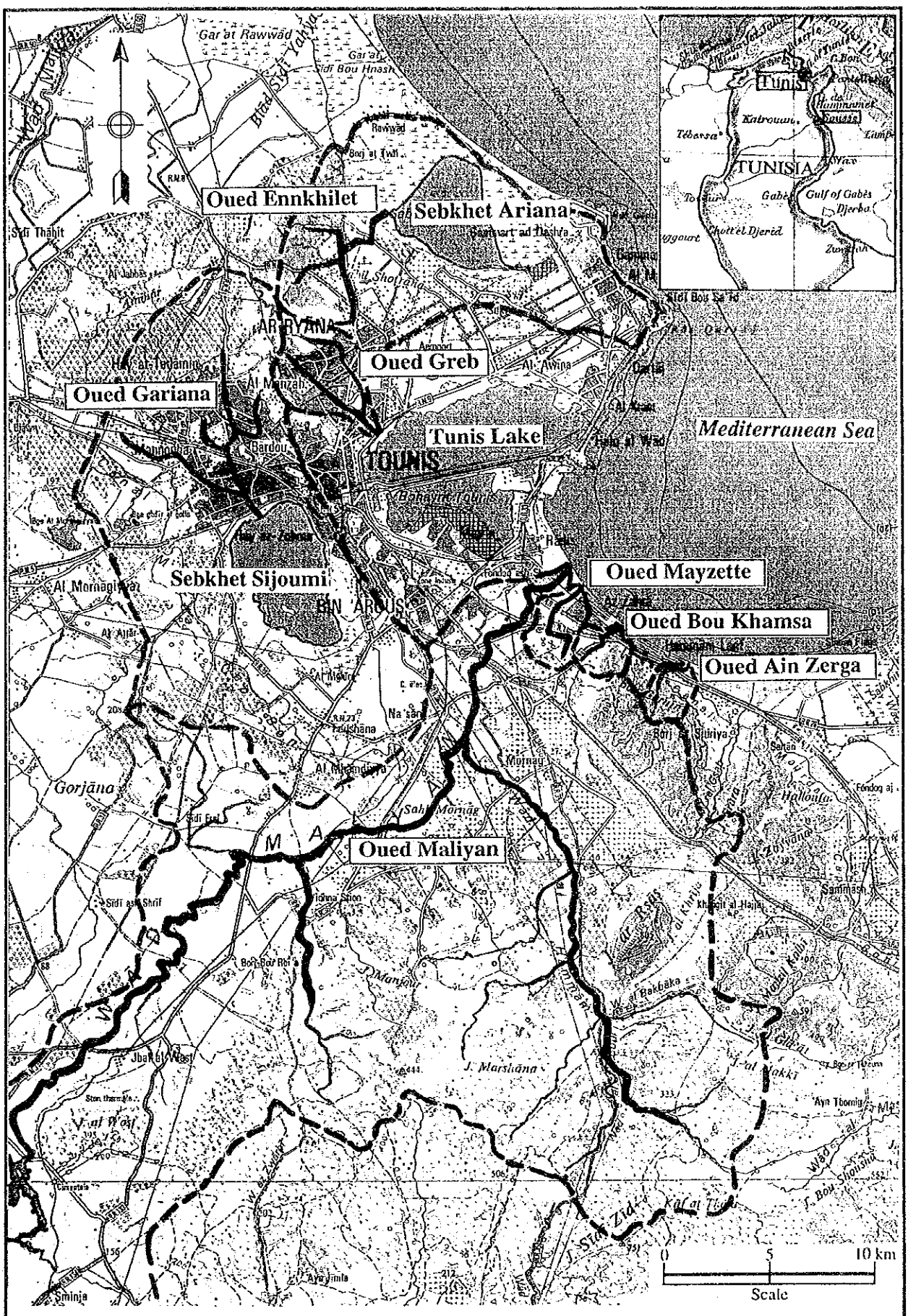
終りに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成６年３月

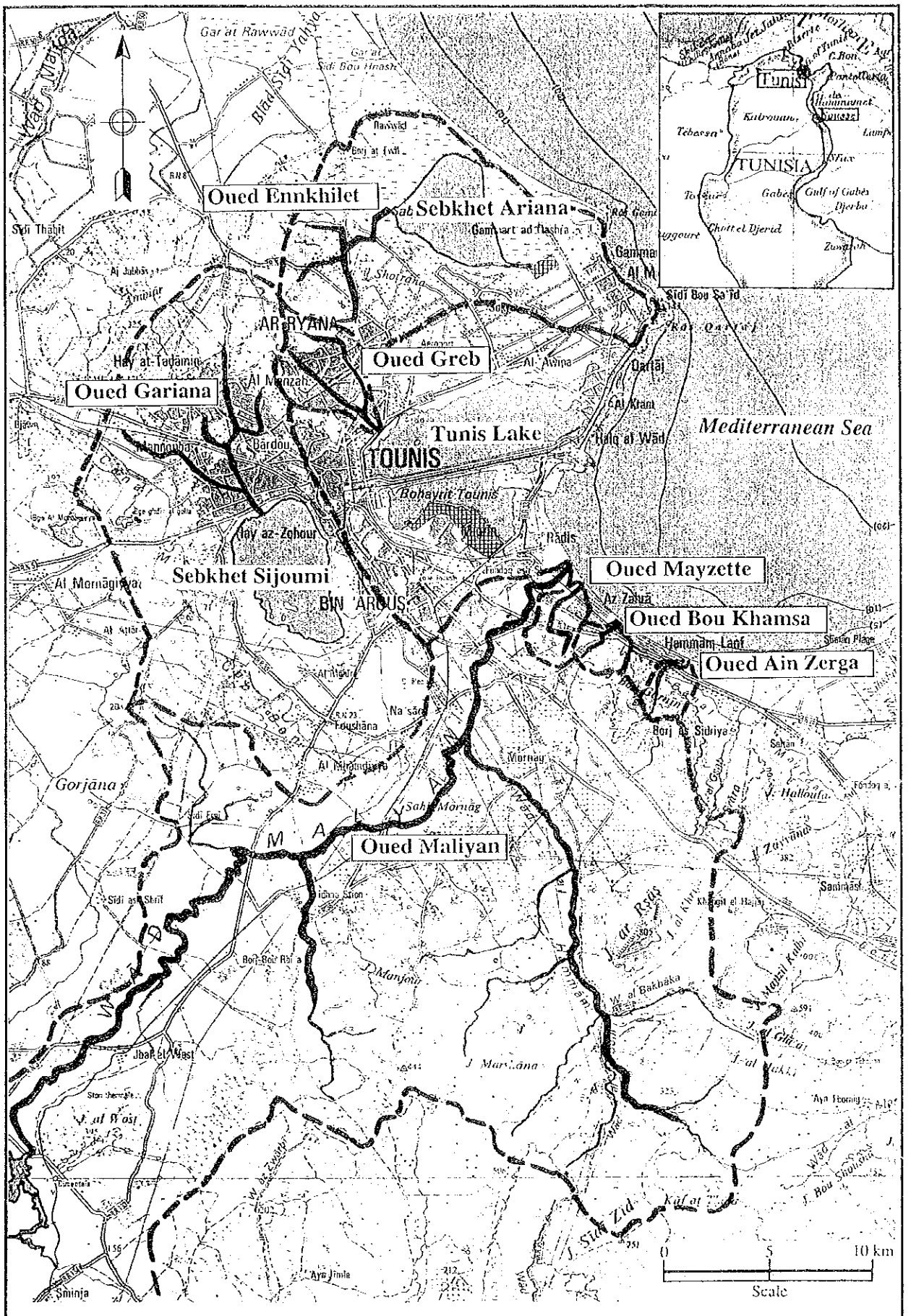
国際協力事業団

総裁　柳谷謙介

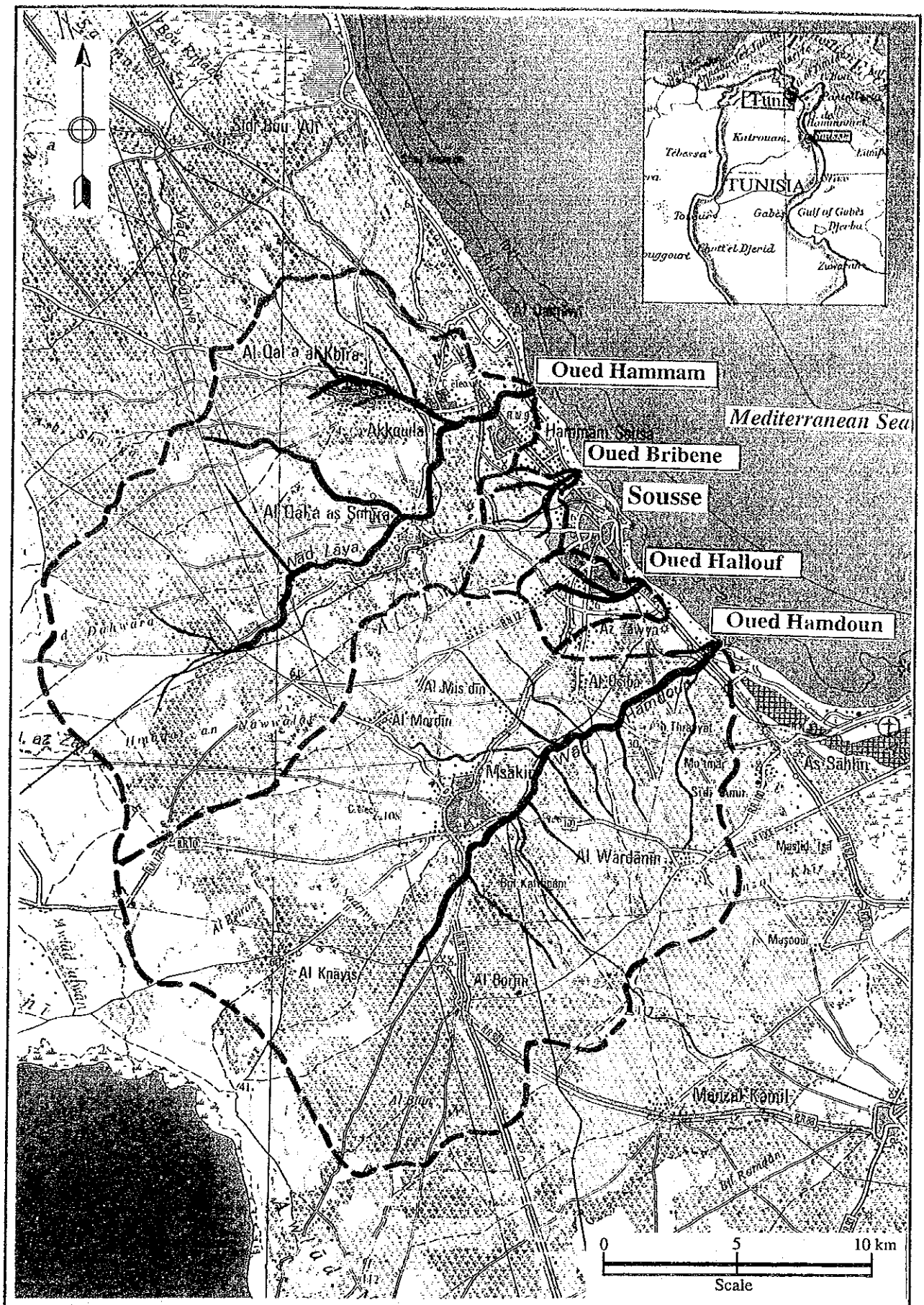
柳谷謙介



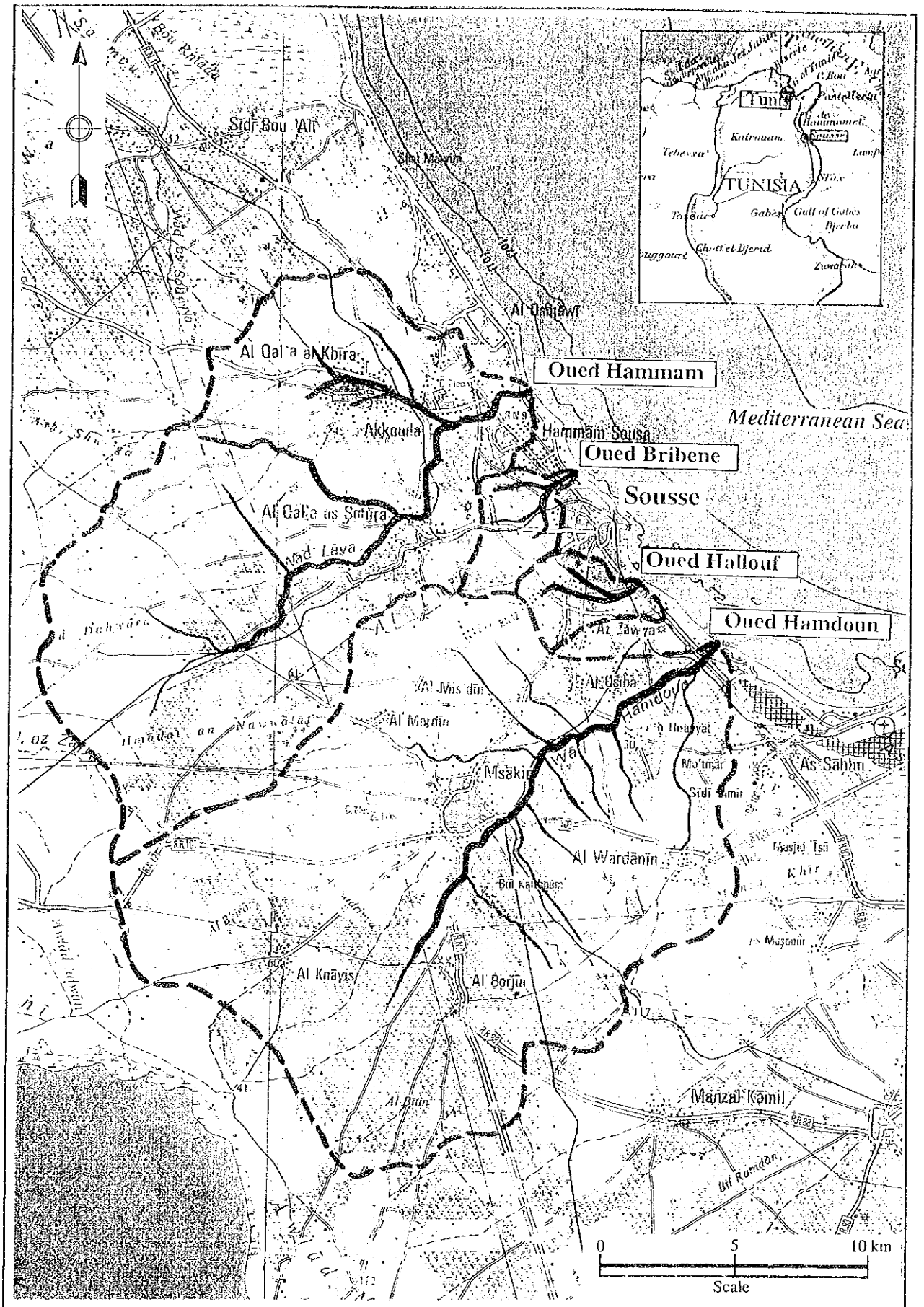
テュニス圏内調査河川位置図



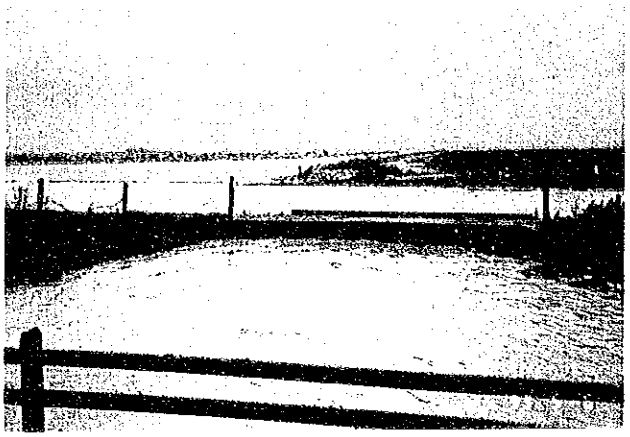
テュニス圏内調査河川位置図

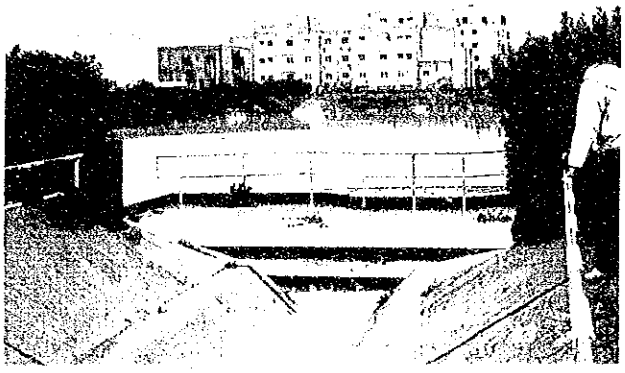


スース圏内調査河川位置図



スース圏内調査河川位置図

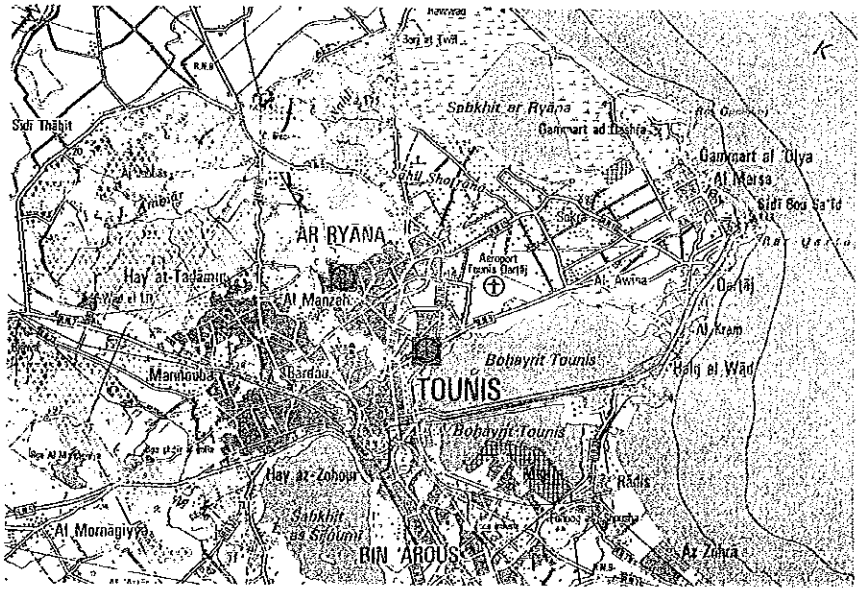




① グレブ川、L.N.S.道路から下流を見る

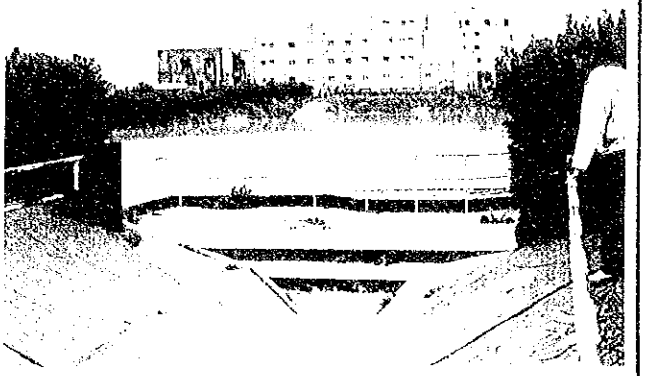
② グレブ川、遊水地 "ERO-3B" の放流口

これらの写真はテュニスの中心部において１９９３年５月５日から６日にかけて発生した洪水を捕えたものである。このときの雨量は５月５日の２２時から５月６日の１７時にかけて９７.５mmであった。この雨量は調査団により新たにECOLE NATIONALE D'INGENIEURS DE TONIS に設置された雨量計で記録された。



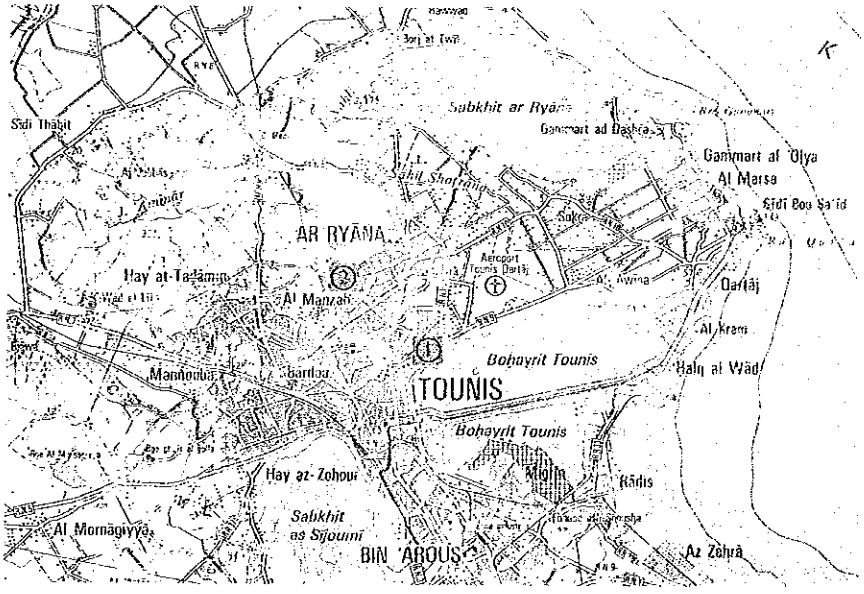
位置図

① グレブ川、L.N.S.道路から下流を見る



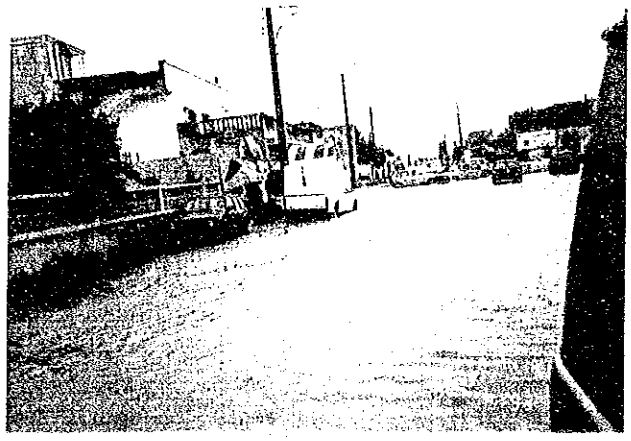
② グレブ川、遊水地 "ERO-3B" の放流口

これらの写真はテュニスの中心部において１９９３年５月５日から６日にかけて発生した洪水を捕えたものである。このときの雨量は５月５日の２２時から５月６日の１７時にかけて９７.５mmであった。この雨量は調査団により新たにECOLE NATIONALE D'INGENIEURS DE TONIS に設置された雨量計で記録された。

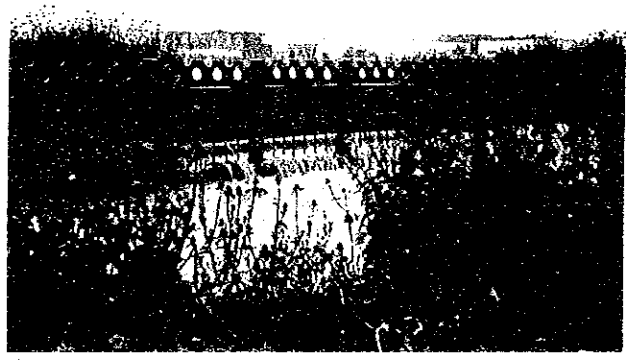


位置図

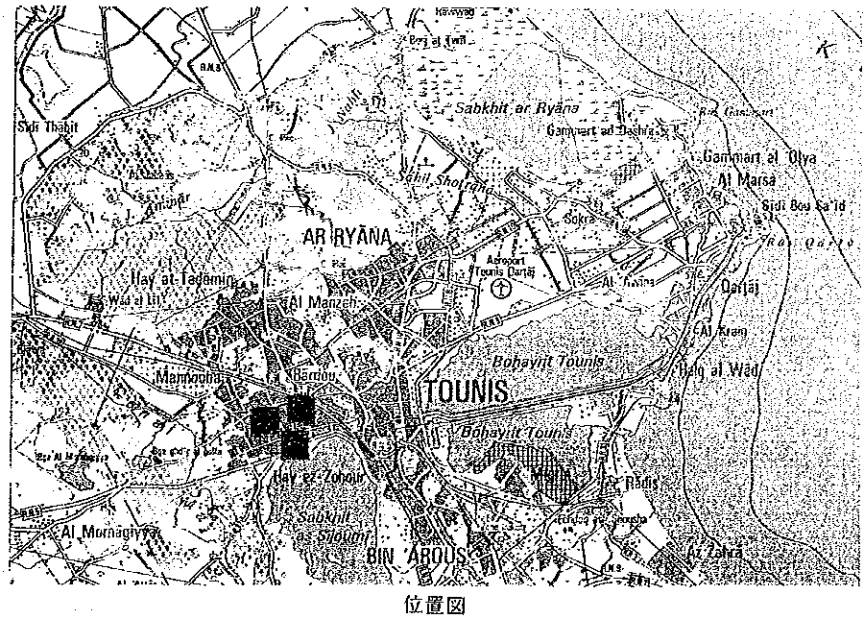
③　ガリアナ川、GP-5 道路から上流を見る



④　ガリアナ川、遊水地 "EBA-1"付近の道路冠水状況

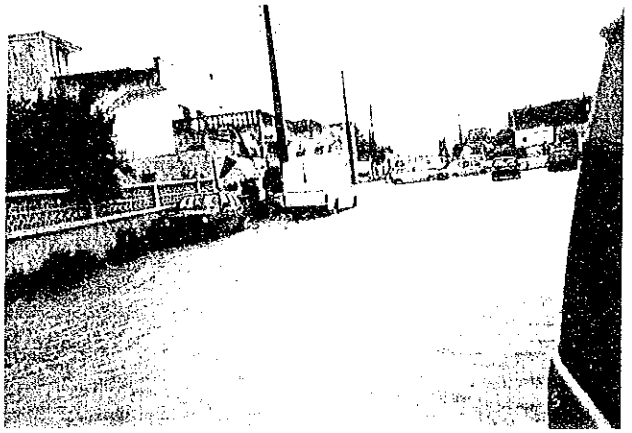


⑤　ガリアナ川、遊水地 "EBA-1"の洪水吐からの越流水

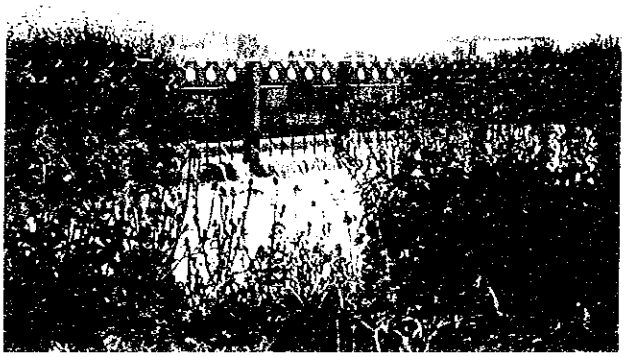


位置図

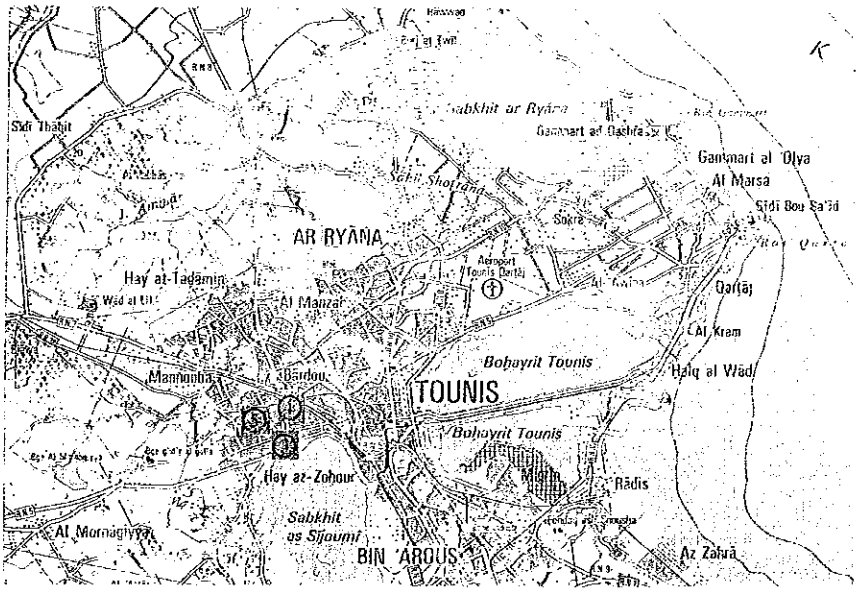
③　ガリアナ川、GP-5 道路から上流を見る



④　ガリアナ川、遊水地 "EBA-1"付近の道路冠水状況



⑤　ガリアナ川、遊水地 "EBA-1"の洪水吐からの越流水

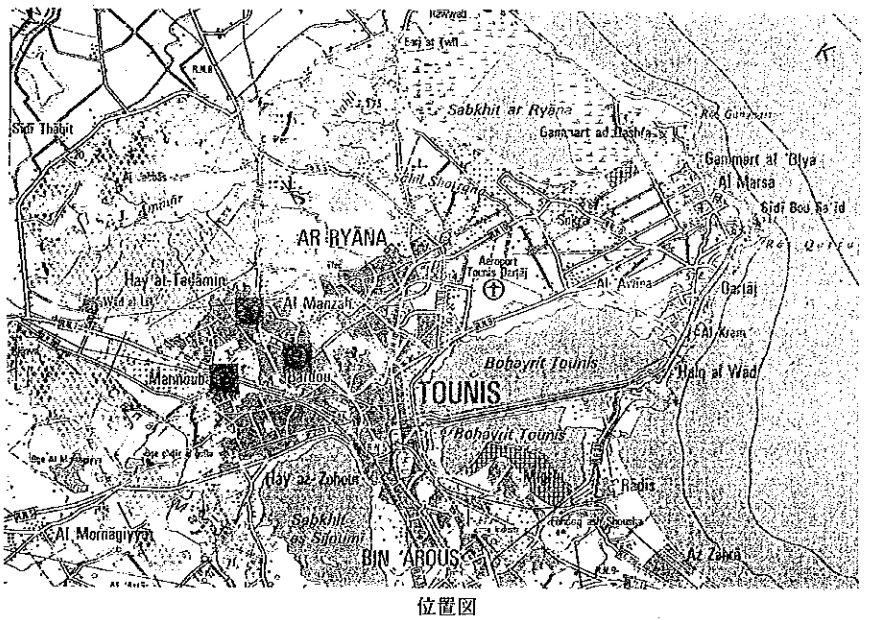


位置図

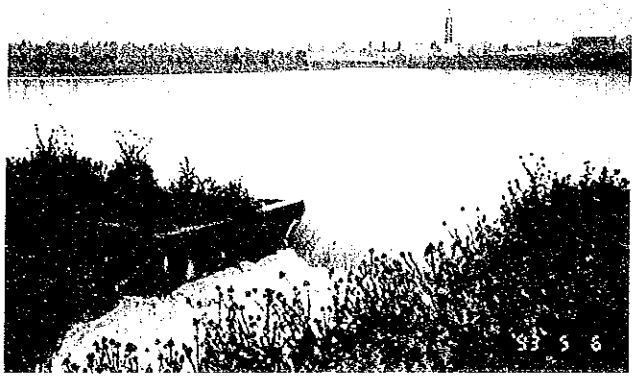
⑥　ガリアナ川、遊水地 "EBA-3"の洪水吐からの越流水

⑦　ガリアナ川、エタダメン付近の道路冠水状況

⑧　ガリアナ川、遊水地 "EBA-4"付近の道路冠水状況



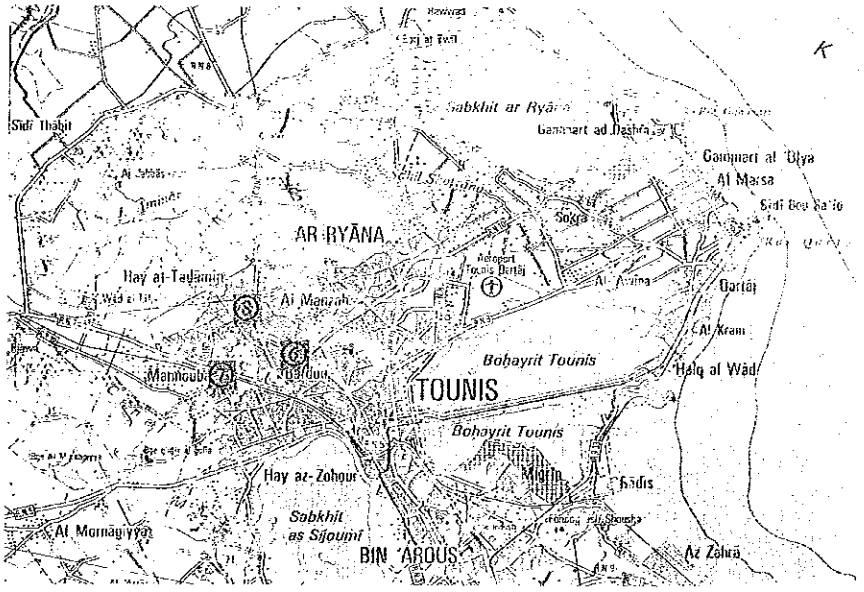
位置図



⑥　ガリアナ川、遊水地 "EBA-3"の洪水吐からの越流水

⑦　ガリアナ川、エタダメン付近の道路冠水状況

⑧　ガリアナ川、遊水地 "EBA-4"付近の道路冠水状況



位置図

テュニジア国

都市洪水対策計画調査

要約

1．本調査の概要

本調査の目的は、テュニジア国の首都であるテュニスを中心としたテュニス圏、およびテュニスから南へ約150キロのところにある観光地スースを中心としたスース圏における合計11のウエド（涸川）の洪水対策のためのマスタープランを策定するとともに、優先プロジェクトを選定してそのフィージビリティ調査を実施すること、および調査を通じてカウンターパートへの技術移転を行うことにある。

作業は三段階に区分して実施された。第一段階は平成五年二月下旬より五月中旬迄で、国内準備作業に引き続き第一次現地調査を行なった。第一次現地調査の成果は「プログレス・レポート」に取り纏めテュニジア国の設備住宅省に提出した。第二段階は洪水対策マスタープランの策定作業で、第一次現地調査の成果を踏まえて平成五年五月中旬より八月中旬まで東京にて実施し、作業の成果を「インテリム・レポート」として取り纏めた。第三段階は優先プロジェクトのフィージビリティ調査で「第二次現地作業」および「第二次国内作業」とから成る。第一段階、第二段階、および平成五年九月下旬から平成六年二月上旬に亘る第二次現地作業までの成果は「ドラフト・ファイナル・レポート」に取り纏めた。その後、テュニジア側より出されたコメントの内容を吟味したうえで、本「最終報告書」を作成した。

2．マスタープランの概要

各河川毎に作成した図－２から図－８に示す洪水対策代替案を技術的および経済的な見地から吟味して、最も有望であると思われる案を選定した。その概要は下記の通りである。尚マイゼット川、ボーハムサ川、ブリベーン川及びハルーフ川はその流域が小さく遊水池候補地点も無いことから、河川改修のみで洪水対策を検討した。

河川名	選定された洪水対策計画の概要
<<テュニス圏>>	
ーエンクヒレット川／アリアナ湖	：アインスヌーシ・ダムおよび遊水池Ａを含む河川改修（ENK-１案）／EIRR＝12%
ーグレブ川	：既存の遊水池、ダムの改修あるいは拡幅および新規計画の遊水池を含む河川改修（GB-３案）／EIRR＝８％
ーガリアナ川／シジュミ湖	：既存の遊水地の改修あるいは拡幅および新規計画の 遊水地を含む河川改修（GR-２案）／EIRR＝４％
ーマリヤン川	：既存のダムおよび新規計画のハンマダムを含む河川改修（ML-２案）／EIRR＝12%
ーマイゼット川	：河川改修のみ／EIRR＝10%
ーブーハムサ川	：河川改修のみ／EIRR＝７％
ーアインゼルガ川	：遊水池Ａを考慮した河川改修（AZ-２案）／EIRR＝10%
<<スース圏>>	
ーハンマム川	：河川改修のみ（HM-１案）／EIRR＝18%
ーブリベーン川	：河川改修のみ／EIRR＝５％
ーハルーフ川	：河川改修のみ／EIRR＝13%
ーハムドウン川	：河川改修のみ（HD-１案）／EIRR＝５％

３．優先プロジェクトの選定

優先プロジェクトの選定は、主として技術的および経済的な見地から行った。その結果テュニス圏における最優先案として「マリヤン川」、スース圏では「ハンマム川」が選定された。しかし設備住宅省より、エンクヒッレト川はマリアン川と同様に経済性（EIRR）が高く、また流域がしばしば氾濫し都市生活が脅かされ緊急性が高いということから、エンクヒッレト川の選定を強く要請された。調査団は関係者と協議した結果、設備住宅省の強い意向を考慮し、テュニス圏については２番目の優先案である「エンクヒレット川」、スース圏では「ハンマム川」をフィージビリティ調査における優先プロジェクトとして採り上げることとなった。またエンクヒレット川が流入するアリアナ湖についても、洪水時の水位変動のみに関し検討することとなった。

４．フィージビリティ調査の概要

４．１　治水計画の各種代替案の比較／検討結果

（１）エンクヒレット川

エンクヒレット川の洪水対策計画を立案するに当たり、代替案の比較検討は10年確率洪水を対象として行

い、100年計画は選定された治水計画について立案した。また代替案の作成に当たっては、河川改修のみならず転流路や遊水池の検討も行った。検討の結果、転流路No.３とNo.４、遊水池Ａ，Ｇ，ＩおよびＪ１を組み合わせた計画案が最も経済的となった。またこの計画を採用すれば、将来においても10年確率洪水に対し殆どの既存カルバートを改修せずに利用する事が可能となり、現実的かつ合理的な計画であると言える。河川改修事業の区間を図－２９と図－３０に示す。また計画の主要諸元を表－３に示す。

（２）アリアナ湖

湖の周辺部に洪水被害が出ている主たる原因は、この湖と地中海を結ぶアウトレットが漂砂により度々閉塞し、湖に流入した洪水がスムーズに海へ吐けないことによる。現時点においてこの問題に対する最も簡単で確かな方法は、定期的な水路のメインテナンスの実施である。湖の横断測量の結果に基づいて行った流出解析よると、100年確率洪水時の水位上昇は最高でEL.0.7m程度であることから、定期的なメインテナンスを実施することで湖岸への悪影響を避けることが出来るものと思われる。

（３）ハンマム川

マスタープランにおいて、ハンマム川上流域における遊水池の建設は効果が少ないことが判明した為、フィージビリティ調査では河川改修計画のみを検討した。対象河川を9区間に分割し、各区間の組み合わせによる代替案を作成して、技術的および経済的な見地から最も有効と思われる洪水対策案を検討した。その結果、図－３３と図－３４に示すごとく中流域にある湿地区域とライア川以外の河川区間を対象とした改修案が選定された。改修区間は約4,450mであり４つの橋梁の新設または改修を含んでいる。計画の主要諸元を表－４に示す。

４．２　洪水被害額

（１）エンクヒレット川

この流域内では都市化の進展により、洪水被害のおよそ60%は建築物への被害であり、これに次ぐものとしては交通への被害が見込まれる。各確率年の洪水被害額は次のごとく算定された。

（単位：1,000DT）

洪水確率	被害額	
	現況土地利用	将来土地利用
100年	6,266	33,776
10年	2,830	15,597
1年	1,054	5,344

（2）ハンマム川

この流域には幹線道路が数本あり洪水による交通遮断に起因する被害が大きい。算定された洪水被害額は次の通りである。

（単位：1,000DT）

洪水確率	被害額	
	現況土地利用	将来土地利用
100 年	6,805	15,306
10 年	2,636	6,244
1 年	431	952

4．3　本プロジェクトの事業費

（1）エンクヒレット川

エンクヒレット川およびその周辺流域の治水計画は、テュニジア政府によって１０年確率洪水を対象として計画がなされ一部が実施に移されている。テュニジア政府との協議の結果、これらの既存計画との整合性を取るために、本計画調査においても緊急案件として１０年確率洪水を対象とした事業を第１期工事として計画し、将来における基本計画としては通常諸外国の主要都市河川においてよく採用されている100年確率洪水を対象とした事業を第２期工事として計画することとなった。1994年１月時点において算定した両事業費を下記に示す。

エンクヒレット川改修計画の財務的事業費

（単位：1,000 DT）

費用項目	第１期工事	第２期工事
直接工事費	6,502	7,467
土地利用・補償費	3,738	0
政府管理費	325	373
技術経費	975	1,120
価格予備費	1,712	-
物理的予備費	1,841	-
総事業費	15,094	8,960 *

*：第２期工事の施工時期を想定出来ない為、予備費は算出していない。

（2）ハンマム川

ハンマム川の改修計画に係わる事業費を下記の様に算定した。

ハンマム川改修計画の財務的事業費

（単位：1,000 DT）

費用項目	第１期工事	第２期工事
直接工事費	6,323	656
土地利用・補償費	362	0
政府管理費	316	33
技術経費	948	98
価格予備費	1,228	-
物理的予備費	1,235	-
総事業費	10,413	787 *

*：第２期工事の施工時期を想定出来ない為、予備費は算出していない。

４．４　経済評価

（１）エンクヒレット川

100年確率洪水を対象とした第二期工事では、現在設備住宅省による工事中のものを含めた全河川区間改修となり、施工時期を想定できないため、緊急案件である10年確率洪水を対象とした第一期工事のみの経済評価を行った。その結果、経済費用は DT12,475,000、現況土地利用における年平均便益はDT1,447,000、将来土地利用のもとでは DT7,721,000 と算定された。また経済評価は以下の仮定に基き、経済的内部収益率（EIRR）を指標として行った。

i)　プロジェクトライフを50年とした。

ii)　工事実施計画を詳細に積み上げた結果、施工期間は財源措置、詳細設計、入札等の事前作業を含め1994年から1998年までの５年間とした。

iv)　本プロジェクトにより発生する経済便益は、土地利用の変化による洪水被害の増大に伴い工事終了後から2020年までは直線的に伸び、その後は一定とした。

iii)　維持管理費用は直接工事費の２％とした。

以上の仮定に基づいた場合のEIRRは24.6% となった。また以下に感度分析の結果を示す。

ケース１	20% のコスト増	EIRR = 21.4%
ケース２	20% のコスト減	EIRR = 29.1%
ケース３	20% の便益増	EIRR = 28.4%
ケース４	20% の便益減	EIRR = 20.6%
ケース５	ケース１とケース４の組み合わせ	EIRR = 18.0%

これらの結果よりエンクヒレット川の洪水対策工事の実施は、経済的に妥当であると判断された。マスタ

ープラン時と比べ経済的内部収益率が高くなったがその理由としては、（1）フィージビリティ調査では流域外への転流案を採用することによって事業費が軽減できたこと、（2）エンクヒレット川からの洪水がエンクヒレット川流域のみならず隣の流域まで影響している事が新たに判明し、事業を実施することによりこの便益も取り込むことができたことがあげられる。

（2）ハンマム川

ハンマム川においてもエンクヒレット川と同様の条件の基で経済評価を実施した。その結果、第一期工事の経済費用は DT8,368,000 、年平均被害軽減額は現況の土地利用で DT1,015,000 、将来の土地利用では DT2,328,000 、EIRRは17.4% となった。また以下に感度分析の結果を示す。

ケース１	20% のコスト増	EIRR = 14.8%
ケース２	20% のコスト減	EIRR = 21.4%
ケース３	20% の便益増	EIRR = 20.9%
ケース４	20% の便益減	EIRR = 14.0%
ケース５	ケース１とケース４の組み合わせ	EIRR = 11.9%

これらの結果よりハンマム川の洪水対策工事の実施は、経済的に妥当であると判断された。

5．結論と提言

両河川において策定された洪水対策計画は、技術的にも経済的にも事業化することは問題ないと判断された。近年のこれらの流域内での都市化、それに伴う洪水被害の増加を考えれば、テュニジア政府による早急な対応が望まれる所である。本計画で建設を推奨された遊水池の用地確保は急務であると考えられるので、都市化による宅地開発に遅れをとらない為にも早い時期に何らかの手段を講ずることが必要であろう。

また今回検討された洪水対策施設は、環境面からは何ら問題はないものと判断できる。但し流域全体の環境保全の観点から、計画的な土地利用，水質汚染防止の手段の検討，アリアナ湖の生態系の監視，地下水汚染の監視、それに環境に関する住民の啓蒙をも併せて考慮することが推奨される。

テュニジア国
都市洪水対策計画調査

要約

目次

頁

1．序文 …… 1

1）全体の作業工程 …… 2

2）報告書の提出 …… 2

2．第一段階、第二段階での作業の概要 …… 5

1）データの収集／分析 …… 5

2）現場踏査 …… 5

3）現地調査 …… 5

4）調査結果 …… 7

5）代替案の比較およびマスタープランの策定 …… 9

3．第三段階での作業の概要 …… 11

1）データの収集／分析 …… 11

2）現場踏査 …… 11

3）現地調査 …… 11

4）治水計画の各種代替案の比較／検討 …… 12

5）調査及び比較／検討の結果 …… 14

4．設備住宅省からの便宜供与 …… 15

5．分野別のスタディ結果の要約 …… 17

1）社会／経済 …… 17

2）地形／地質 …… 17

3）水理／水文 …… 19

4）土地利用計画 …… 21

5）都市排水 …… 22

6）環境 …… 23

頁

7）河川および洪水 …… 26
8）代替案の比較検討 …… 28
9）選定された治水計画案 …… 30
10）洪水被害の算定 …… 31
11）事業費積算及び施工計画 …… 32
12）経済評価 …… 34
6．結論と提言 …… 37

表目次

		頁
表－1	エンクヒレット川の遊水池の比較検討	T - 1
表－2	エンクヒレット川の各種治水計画案の比較検討	T - 2
表－3	エンクヒレット川治水計画の諸元（１／１３）～（１３／１３）	T - 3
表－4	ハンマム川治水計画の諸元（１／３）～（３／３）	T - 16
表－5	洪水被害算定における単価（エンクヒレット川）	T - 19
表－6	エンクヒレット川、現況土地利用下における洪水氾濫域内の土地利用	T - 20
表－7	エンクヒレット川、将来土地利用下における洪水氾濫域内の土地利用	T - 20
表－8	洪水被害算定における単価（ハンマム川）	T - 21
表－9	ハンマム川、現況土地利用下における洪水氾濫域内の土地利用	T - 22
表－10	ハンマム川、将来土地利用下における洪水氾濫域内の土地利用	T - 22
表－11	ハンマム川、100年洪水における洪水被害額	T - 22
表－12	ハンマム川、１年および10年洪水における洪水被害額	T - 22
表－13	エンクヒレット川治水計画の経済費用と便益収支表	T - 23
表－14	ハンマム川治水計画の経済費用と便益収支表	T - 24

図目次

		頁
図－1	作業の流れ図（1／3）～（3／3）	F - 1
図－2	エンクヒレット川及びアリアナ湖改修計画代替案	F - 4
図－3	グレブ川改修計画代替案	F - 5
図－4	ガリアナ川及びシジュミ湖改修計画代替案	F - 6
図－5	マリヤン川改修計画代替案	F - 7
図－6	アインゼルガ川改修計画代替案	F - 8
図－7	ハンマム川改修計画代替案	F - 9
図－8	ハムドゥーン川改修計画代替案	F - 10
図－9	アリアナ地域現況土地利用	F - 11
図－10	アリアナ地域将来土地利用	F - 12
図－11	ハンマム川流域現況土地利用	F - 13
図－12	ハンマム川流域将来土地利用	F - 14
図－13	エンクヒレット川流域区分図	F - 15
図－14	アリアナ湖流域内河川の貯留施設が無い場合における流量配分図	F - 16
図－15	エンクヒレット川の現況流下能力（1／2）～（2／2）	F - 17
図－16	現況施設におけるエンクヒレット川の洪水水位（1／2）～（2／2）	F - 19
図－17	エンクヒレット川およびショウトラナ流域の想定洪水氾濫域	F - 21
図－18	ＭＯＥＨによるエンクヒレット川の現況施設および将来改修計画	F - 22
図－19	ハンマム川流域区分図	F - 23
図－20	ハンマム川流量配分図	F - 24
図－21	ハンマム川の現況流下能力	F - 25
図－22	現況施設におけるハンマム川の洪水水位	F - 26
図－23	1969年洪水による氾濫域	F - 27
図－24	ハンマム川流域の想定洪水氾濫域	F - 28
図－25	ＭＯＥＨによるハンマム川の現況施設および将来改修計画	F - 29
図－26	エンクヒレット川の転流計画代替案概念図	F - 30
図－27	エンクヒレット川上流域の遊水池計画代替案概念図	F - 31

頁

図－28　エンクヒレット川下流域の遊水池計画代替案概念図 …… F - 32
図－29　エンクヒレット川第１段階改修事業の位置図 …… F - 33
図－30　エンクヒレット川第２段階改修事業の位置図 …… F - 34
図－31　ハンマム川の河道区分図 …… F - 35
図－32　ハンマム川治水計画代替案概念図 …… F - 36
図－33　ハンマム川第１段階改修事業の位置図 …… F - 37
図－34　ハンマム川第２段階改修事業の位置図 …… F - 38
図－35　エンクヒレット川改修計画縦断図（１／３）～（３／３） …… F - 39
図－36　エンクヒレット川改修計画横断図（１／４）～（４／４） …… F - 42
図－37　遊水池Ａ計画 …… F - 46
図－38　遊水池Ｇ計画 …… F - 47
図－39　遊水池Ｉ計画 …… F - 48
図－40　遊水池Ｊ１計画 …… F - 49
図－41　ハンマム川改修計画縦断図 …… F - 50
図－42　ハンマム川改修計画横断図（１／２）～（２／２） …… F - 51

1．序論

調査団は平成五年二月末より平成六年三月中旬までの約一年に亘り、テュニジア国の首都であるテュニス圏および、テュニスから南へ約150キロのところにある観光地スースを中心としたスース圏にある合計11におよぶワディ（涸川）の洪水対策につき計画、調査を行なってきた。作業は三段階に区分して実施された。第一段階は平成五年二月下旬より五月中旬迄で、国内準備作業に引き続き第一次現地調査を行なった。第一次現地調査の成果は「プログレス・レポート」に取り纏めテュニジア国の設備住宅省に提出された。第二段階は洪水対策マスタープランの策定作業で、本作業は第一次現地調査の成果を踏まえ、東京にて実施された。作業の成果は「インテリム・レポート」として取り纏められた。第三段階は優先プロジェクトのフィージビリティ・スタディで「第二次現地作業」および「第二次国内作業」とから成る。第二次現地作業は平成五年九月末より現地にて開始された。作業の開始に当たり、調査団は設備住宅省の関係者に「インテリム・レポート」の内容を説明し、選定された優先プロジェクトとして、テュニス圏ではマリヤン川、スース圏ではハンマム川につきフィージビリティ・スタディを実施したい意向である事を相手側に伝えた。これに対し設備住宅省はハンマム川については異論はないが、テュニス圏ではマリヤン川の代わりにエンクヒレット川およびアリアナ湖を採用して欲しいと強く主張した。主たる理由はエンクヒレット川の流域は人口密集地で近年とくに洪水被害が発生し、設備住宅省としても早急に手段を講じなければならない。これまでも散発的に洪水対策を実施してきたが、結果的に期待した効果をあげていない。一方マリヤン川については、下流域の洪水対策が必要であることは認めるが、農業省が別途に支流のハンマ川にダムを計画中であり、これが実施に移されれば下流域の洪水被害は軽減されると期待している。マスタープラン・レベルでは技術的および経済的評価の面からこの二案には大きな差異は認められない事から、調査団としては国際協力事業団および作業監理委員の方々と協議の結果、相手側の要求を受け入れることにした。

本報告書「テュニジア都市洪水対策計画調査」は、第一段階、第二段階、および第三段階の第二次現地作業までの成果は「ドラフト・ファイナル・レポート」として取り纏められた。調査団は第二次現地作業を終えてテュニスを離れるにあたり、本報告書の内容について設備住宅省の関係者に説明をし、基本的に了解を得た。その後、本報告書はテュニジア側によりレビューされた。調査団はテュニジア側より出されたコメントの内容を吟味したうえで本「最終報告書」を作成した。

1）全体の作業工程

本調査は次の三段階に分けて実施された。各段階での主たる作業項目は下記の通りである。作業の流れを図－1に示す。

第一段階：基礎調査（平成五年二月二十一日から五月十四日まで）
- 基礎データの収集および分析
- 現場踏査
- 現地調査
- 「プログレス・レポート」の作成

第二段階：洪水対策M／Pの策定（平成五年五月十五日から八月十九日まで）
- 収集したデータ類の分析
- 計画の基本的な枠組みの検討
- 既存の計画／施設等の評価
- 代替案の検討
- 第一次環境影響評価
- 費用／便益の算定
- 最適案の抽出
- マスタープランの策定
- F／Sの対象となるプロジェクトの選定
- 「インテリム・レポート」の作成

第三段階：優先プロジェクトのF／S（平成五年九月二十八日から平成六年三月十五日まで）
- 「インテリム・レポート」の説明
- 追加現地調査
- F／Sレベルでの設計
- 対象プロジェクトの維持管理方式の検討
- 費用／便益の算定
- 環境影響評価
- プロジェクトの総合評価
- プロジェクトの実施計画の策定
- 「ドラフト・ファイナル・レポート」および「ファイナル・レポート」の作成

2）報告書の提出

（a）<u>インセプション・レポート</u>

調査団は平成五年二月二十六日に設備住宅省に「インセプション・レポート」を提出し、国際協力事業団と調査団の間で合意されたスコープ・オブ・ワークの従って今後どのように作業を進めていくかを説明した。設備住宅省は「インセプション・レポート」の記述内容につき基本的に合意した。議事録の調印は三月一日に調査団の佐藤団長と設備住宅省のハラット局長の間で行なわれ、この調印には作業監理委員長の生嶋氏、作業監理委員の中安氏、ならびに国際協力事業団の村上氏が立ち会った。

（b）プログレス・レポート

第一段階の現地作業の成果は「プログレス・レポート」に取り纏められ平成五年五月三日に設備住宅省に提出、説明された。報告書の説明の席で調査団は設備住宅省に対し、未だ完了していない地形測量、水位計および雨量計の設置、追加資料／データの収集を急ぐようお願いした。設備住宅省の関係者は調査団の意向に沿うよう努力することを約束した。

（c）インテリム・レポート

調査団は現地作業を終えて帰国後、直ちにマスタープラン・スタディに着手した。第一段階、第二段階のスタディの成果（平成五年八月十九日現在）を取り纏めた「インテリム・レポート」を国際協力事業団に提出した。この報告書の内容についての設備住宅省の関係者への説明は、調査団が平成五年九月末に現地へ再度乗り込み後に行なはれた。第三段階でのフィージビリティ・スタディの対象となるプロジェクトの選定につき調査団と設備住宅省との間で意見が一部分かれた。スース圏のF/S対象プロジェクトはハンマム川ですんなり合意を得たが、テュニス圏のF/S対象プロジェクトについて調査団がマリヤン川を推奨したのに対し、設備住宅省側はエンクヒレット川を優先してやってもらいたいとの強い意向を表明した。調査団は国際協力事業団並びに作業監理委員と相談し、諸般の事情を勘案してマリヤン川に代わってエンクヒレット川をF/S対象プロジェクトとすることで合意した。

（d）ドラフト・ファイナル・レポート

平成五年九月末より現地にて実施されたテュニス圏のエンクヒレット川およびアリアナ湖、スース圏のハンマム川のフィージビリティ・スタディの成果は第一段階及び第二段階の作業成果と共に「ドラフト・ファイナル・レポート」に取り纏められ、平成六年二月初旬に設備住宅省に提出、説明された。

2．第一段階、第二段階での作業の概要

1）データの収集／分析

S/Wミッションが平成四年十月に現地を訪問した際に収集した資料／データ類は全て調査団に供与された。調査団はこれらの資料／データをレビューした結果、マスタープラン・スタディにはこれ以外にも必要な資料／データがあることが分かった。調査団は設備住宅省のカウンターパートの協力を得て追加資料／データの収集にあたった。訪問した主たる政府関係機関は、Ministry of Agriculture (MOA)、Office de la Topographie et de la Cartographie (OTC)、National Sanitation Agency (ONAS)、Water Authority (SONEDE)、Institute of National Statistics、Provincial Government Office、等であった。このほか今回のスタディの対象地域で同様のプロジェクトを手掛けているローカルコンサルタントも訪問し関連情報の収集を行なった。収集された資料／データ類としては、報告書、パンフレット、年鑑、図面集、写真、それに地形図などである。

2）現場踏査

調査団は平成五年二月下旬に現地に到着後、ただちに現場踏査を開始した。調査団は「インセプション・レポート」の説明に先立ち、取り急ぎテュニス圏ならびにスース圏の対象河川を見てまわり、スコープ・オブ・ワークスに従って作業を実施することに特別に問題がないことを確認した。三月初旬に調査団員がほぼ出揃ったのを機に本格的な現場踏査を設備住宅省のカウンターパートと共に開始した。設備住宅省のカウンターパートの協力を得て現場踏査は平成五年四月末までにほぼ完了した。

3）現地調査

収集した資料／データおよび現場踏査の結果を踏まえて、調査団は設備住宅省の関係者とも相談し現地調査の計画を立てた。現地調査の開始に先立ち、調査団は設備住宅省の関係者に調査の目的、方法などを説明した。現地調査は次の四項目について実施された。

（a）　水文調査

（b）　土質／地質調査

（c）　地形測量

（d）　環境影響調査

水文調査はｉ）データの収集／分析、ii）水位計、雨量計の設置および既存のゲージのチェック、iii）水文解析ならびに水文測定法に関する技術移転からなる。気温、湿度、日照時間、雨量、等の　データは気象庁および農業省から入手した。日雨量記録はテュニス圏では57地点、スース圏では15地点で過去８年間のものが利用できた。一方、河川の水位記録となると記録の蓄積が非常に乏しく、テュニス圏、スース圏あわせて11の対象河川のうち、水位記録があるのはマリヤン川とハンマム川のみである。現場踏査により今回あらたに設置する雨量計および水位計の設置場所を選定した。既存のステーションの配置をも考慮し、また設備住宅省および農業省の関係者とも意見の交換を行なった。その結果、水位計はテュニス圏に４地点、スース圏に１地点、また雨量計はテュニス圏に４地点、スース圏に２地点設置することとした。設置作業は設備住宅省の手で行なわれ、平成五年八月末までに全ての設置作業を完了した。

洪水対策の手段として考えられるダム、遊水池、捷水路、放水路、それに築堤等の構造物の建設に関連して、各計画地点での土質／地質調査もあわせて実施された。調査地点および調査項目の選定は調査団の専門家によりおこなわれ、現地での調査作業ならびに採集したサンプルの室内試験は現地の業者に委託して実施された。第一次の調査は平成五年四月中旬より五月初旬にかけて行なわれ、所期の成果を得た。

地形測量は第一次の調査では河川の縦、横断測量が主で調査団の測量専門家により計画が立てられ、現地での測量作業は設備住宅省が現地業者に委託して実施された。現地の測量業者は規模の小さいものが多く、テュニス圏の７河川は３業者に、スース圏の４河川は１業者に分割して発注された。平成五年四月初旬に開始された測量作業は五月初旬までの約一ケ月間で完了し、その成果は調査団でチェックのうえ、その後のスタディに利用された。

環境影響調査は自然環境ならびに社会環境の両面から行なわれ、当プロジェクトの実施がどのような環境面への影響を及ぼすかが検討された。現場踏査は主として下記の点に注目して行なわれた。

- 過去の洪水の発生の頻度、大きさが環境面でどのような影響を及ぼしたか、
- 現在の状況および将来プロジェクトが実施された場合の影響評価、
- 収集されたデータを補足するための水質調査、ならびに
- 洪水対策手段のうち、既存のもの、既に計画中のもの、および今回計画するものに関する現地の状況。

水質調査は調査団の専門家がサンプリング地点を選定し、現地での採水および室内分析は "National Institute of Engineer、Sfax (ENIS)" に委託して行なわれた。テュニス圏では10地点、スース圏では９地点でサンプリングが行なわれ、その分析結果は平成五月初旬までに得られた。

4）調査結果

（1）洪水対策／都市排水の問題点

現場踏査、収集した資料／データの検討および分析、それに政府関係機関の担当者およびローカルコンサルタントとの面談を通じて、洪水対策と都市排水に関して次のような問題点があることがわかった。

- 洪水対策および都市排水に係わる政府関係機関として設備住宅省、農業省、それに都市衛生局があるが、作業の分担あるいは地域的な割り振りが明確ではない。例えば、エンクヒレット川については、設備住宅省と都市衛生局の両方で事業を並行して行なっている。同じようなケースは他の都市部の河川でも見受けられる。
- これまでに築造された洪水対策施設は散発的なものが多く、システムとしてうまく機能していない。一つの例として、スース圏のハンマム川の最下流部に最近造られた堤防が上げられる。新しい堤防は河口から観光道路迄で、その上流側は何ら手がつけられておらず堤防が不連続になったままである。
- これまでに複数の政府関係機関により実施された洪水対策／都市排水施設の「設計基準」あるいは「設計指針」といったものが統一されていない。
- 洪水被害に関するデータの蓄積が非常に乏しい。過去の洪水に関して、内務省および農業省から若干の資料は入手出来たが、必要な洪水の時間的推移、被害額、被害地域などの資料が保存されていない。
- 調査対象河川をカバーする雨量計、水位計は量的には充分であり気象庁および農業省により維持管理が行なわれている。しかし、データの管理方法に問題があり必要なデータの抽出にかなりの時間を要する。
- 調査対象地域内の河川のほとんどが維持管理がなされないままに放置されている。地元の住民は河川内に塵芥を投棄し、また近くからの生活排水、産業排水が未処理のまま川に流入しており悪臭を放っている。また河川敷内にオリーブの木が植えられているところも見受けられた。
- テュニス圏には三つの湖、すなわちテュニス湖、アリアナ湖それにシジュミ湖があるが、管理主体がそれぞれ別々である。テュニス湖は公社、アリアナ湖は設備住宅省、そしてシジュミ湖は農業省により管理されている。これらの湖は洪水対策や都市排水と密接な関係にあるにも拘わらず、関係機関が明確な開発計画をいまだ作成していないように見受けられる。

（2）考えられる洪水対策の代替案

今回のスタディで考えられる洪水対策の代替案としては、i）河川改修、ii）遊水池、iii）ダム、iv）捷水路、およびそれらの組み合わせが考えられる。代替案の作成にあたっては農業省や都市衛生局により維持、管理されている既存の洪水対策施設についての詳細な情報が不可決であるが、調査団が考えていたほどには情報が収集出来なかったので、他の類似プロジェクトを参考にしてある程度の仮定を行なわざるを得なかった。代替案についての基本的な考え方は「マスタープラン・スタディ」の第八章に記述してあるが、各河川毎に作成した洪水対策代替案を図－2から図－8に示す。なお、マイゼット川、ボーハムサ川、ブリベーン川及びハルーフ川はその流域が小さく遊水池候補地点も無いことから、河川改修のみで洪水対策を検討した。今回考慮した代替案の数は次の通りである。

河川名	代替案の数
テュニス圏	
ーエンクヒレット川／アリアナ湖：	4
ーグレブ川：	3
ーガリアナ川／シジュミ湖：	4
ーマリヤン川：	5
ーマイゼット川：	1
ーブーハムサ川：	1
ーアインゼルガ川：	4
スース圏	
ーハンマム川：	7
ーブリベーン川：	1
ーハルーフ川：	1
ーハムドウン川：	4

注）代替案の数が一つの河川は、河川改修のみが考慮されるものを意味する。

（3）河川毎に選定された洪水対策計画

前述の代替案を技術的および経済的な見地から充分に吟味して、各河川毎に最も有望であると思われる洪水対策計画案が選定された。その概要は下記の通りである。

河川名		選定された洪水対策計画の概要
<< テュニス圏 >>		
ーエンクヒレット川／アリアナ湖	：	アインスヌーシ・ダムおよび遊水池Ａを含む河川改修（ENK-１案）／EIRR = 12%
ーグレブ川	：	既存の遊水池、ダムの改修あるいは拡幅および新規計画の遊水池を含む河川改修（GB-３案）／EIRR = ８％
ーガリアナ川／シジュミ湖	：	既存の遊水地の改修あるいは拡幅および新規計画の 遊水地を含む河川改修（GR-２案）／EIRR = ４％
ーマリヤン川	：	既存のダムおよび新規計画のハンマダムを含む河川改修（ML-２案）／EIRR = 12%
ーマイゼット川	：	河川改修のみ／EIRR = 10%
ーブーハムサ川	：	河川改修のみ／EIRR = ７％
ーアインゼルガ川	：	遊水池Ａを考慮した河川改修（AZ-２案）／EIRR = 10%
<< スース圏>>		
ーハンマム川	：	河川改修のみ（HM-１案）／EIRR = 18%
ーブリベーン川	：	河川改修のみ／EIRR = ５％
ーハルーフ川	：	河川改修のみ／EIRR = 13%
ーハムドウン川	：	河川改修のみ（HD-１案）／EIRR = ５％

5）代替案の比較およびマスタープランの策定

調査団は平成五年五月中旬にテュニジアより全員帰国し、その後ただちに第二段階の作業、すなわち洪水対策のマスタープランの策定に着手した。収集したデータおよび資料類を基に、各対象河川毎に考えられる洪水対策の代替案の検討を行なった。各河川はテュニスおよびスースの都市部を流れており、これまでに設備住宅省、農業省、それに都市衛生局の手により幾つかの洪水対策施設が造られてきた。しかしこれらの洪水対策施設は都市の主要部を洪水から充分に守っているとは言いがたい。調査団は考えられる各種の代替案について、技術的、社会的、経済的ならびに環境の面から総合的にその優劣を吟味した。しかしこれまで過去に発生した洪水に関する情報が充分ではなく、調査団のこれまでの諸外国での経験に照らしあわせて、過去の洪水の規模、被害額等を推定した。

代替案の比較検討により、各河川での最も効果的と思われる案の選定は主として技術的および経済的な見地からなされた。その結果、テュニス圏では最優先案として「マリヤン川」、これに次ぐものとして「エンクヒレット川」が選定された。「マリヤン川」の洪水対策は支川である「ハンマ川」上の洪水調節ダムと、中流域から下流にかけての河川改修の組み合わせが考えられた。一方スース圏では「ハンマム川」が最も優先度の高い川として選ばれ、二番目は「ハルーフ川」となった。しかし前述のごとく設備住宅省の意向を考慮して、調査団は国際協力事業団、および作業監理委員と協議した結果、テュニス圏については「マリヤン川」ではなくて、この代わりに「エンクヒレット川」を採り上げることにした。

3．第三段階での作業の概要

1）データの収集／分析

調査団は前回の現地調査時に収集したデータや資料以外に必要と判断される追加資料類の収集を継続した。主として、環境、都市開発計画、それに建設費用の積算に必要な資料類を、設備住宅省のカウンターパートの協力を得て収集にあたった。

2）現場踏査

調査団は平成五年十月初旬に作業監理委員と共に、フィージビリティ・スタディの対象として今回選定されたテュニス圏のエンクヒレット川及びスース圏のハンマム川の流域を踏査して、現況を再確認するとともに今後の作業の進め方についての方針を立てた。その後の室内作業による計画立案に並行して、その都度現場を訪れて確認を行なった。テュニス圏のエンクヒレット川およびアリアナ湖については、国土地理院(OTC)により最近新たに作成された縮尺五千分の一の地形図を入手することが出来て、これらの地形図は大いに現場踏査に役立った。

3）現地調査

テュニス圏のエンクヒレット川及びスース圏のハンマム川を調査対象区域に絞って、次の三項目について現地調査を実施した。

（a）　土質／地質調査

（b）　地形調査

（c）　環境影響調査

土質／地質調査は前回の現場調査の結果を十分に検討、分析したうえで、今回さらに詳しく調査が必要と思われる地点を図上検討並びに現場踏査により選定した。サイトの選定は調査団の専門家により、F/S 対象の二河川で洪水対策の手段として比較検討されるダム、遊水池、捷水路、放水路、それに築堤等の構造物を考慮に入れて行なわれた。選定されたサイトでの現場作業並びに採集されたサンプルの室内試験は現地の業者に委託して平成五年十月から十一月にかけて行なわれ、調査団がこの監督にあたり調査結果はその後の計画、検討に考慮された。

地形調査はエンクヒレット川およびハンマム川の河川縦断、横断測量と橋梁や遊水池等の構造物の予定地点での平板測量、それにアリアナ湖の横断測量で、作業は設備住宅省が現地の業者に委託して実施された。作業は平成五年十月後半から十二月にかけて行なわれ調査団の専門家がこの現場作業を監督した。河川の縦断、横断測量および平板測量はほぼ予定期限内に完了することができたが、アリアナ湖の横断測量はアクセス不良により予定通りには進捗せず、平成五年十二月末になってようやく完了した。

環境影響調査はF/S対象河川の流域内の予想される洪水に関して、今回検討された洪水対策計画／施設が流域全体にどのようなプラスおよびマイナスの効果をもたらすかを主眼において実施された。テュニス圏のアリアナ湖については、この湖の生態系の保護が非常に重要であるという判断に基づき現場踏査ならびに関連機関からの情報収集により慎重なる検討を加えた。

4）治水計画の各種代替案の比較／検討

<u>エンクヒレット川</u>

エンクヒレット川の治水計画を立案するに当たり、基本的な代替案として以下の３案を採用した。

（1）洪水を流域内で貯留せず、現況河道を改修して流下させる。この場合現在工事が完了しているカルバートの全面改修となる。

（2）洪水を流域内で貯留せず、転流路(Diversion)を導入し他の流域へ流出させるか支川などに転流 し、本川の負担を軽減させる。この場合一部の既存のカルバートは改修する必要がなくなる。

（3）洪水を流域内の遊水池で貯留させて流出を減じ、更に転流路と組み合わせて出 来るだけ本川の既存のカルバートの改修が生じないようにする。

なお今回の調査団による100年確率洪水流出計算の結果を見ると、流域内での貯留を考慮に入れても残流域からの流出が既存のカルバートの流下能力の約3m3/sを上回り既存のカルバートを改修せざるを得なくなる。また、今まで設備住宅省が実施してきたカルバートは10年確率の洪水に対して計画されているので、今回の代替案の比較検討は10年確率洪水を対象とし、100年計画はこの選ばれた治水計画について立案する。尚、小河川または一部分のみ改修が必要な支川は、治水計画の対象から除外した。

この基本的な考え方に基づき、地形図および現地踏査によって遊水池および転流路候補地点を選定した。その結果、図－13 に示すごとく16ケ所の遊水池と５本の転流路 が選ばれた。遊水池は山地部からの出口にダム式の遊水池を、平地部の特に本川流入直前に堀込み式の遊水池を選んだ。平地部の遊水池候補地点は未利用地または農耕地である。転流案は No.3 以外はすべてエンクヒレット川流域内での転流である。転流路

No.3 は隣のショウトラナ川流域への転流である。上流側はほとんどが新川改削となるが、下流には既存のONAS の水路があり、これを利用することになる。なお転流路 No.1 であるが、調査がかなり進んだ時点で転流先の遊水池候補地点 J2 が宅地開発として利用されることが明かとなり、今後の計画にこの転流路 No.1 と遊水池 J2 を組み込むことは難しいと判断し、除外することにした。

J2 を除く計15ケ所の遊水池の候補地点を全て治水代替案に組み込み、その優劣を判断するには多くの組み合わせとなり作業も莫大なものとなるので、まず有望な候補地点を選定することにした。方法は遊水池各単独案を採用した場合の、遊水池工事費（土地収用費を含む）と遊水池による下流工事軽減費を比較した。このうち明らかに経済的ではないと判断出来る 9 地点を取り除くことにした。なお遊水池 I、L、M はやや経済的に劣っているが、上下流の遊水池および転流路との組み合わせによっては浮上してくる可能性もあるので以降の代替案の中に組み込むことにした。

スクリーニングで選ばれた遊水池の候補地点、計 7 ケ所（既存のアインスヌーシ・ダムを含む）と転流路 5 本で治水計画代替案を策定することにした。これらの候補施設を前述の考え方に従って図－27 から図－29 に示すような治水計画代替案に組み込んだ。Alt.Div.O は転流路無しの既存水路改修案であり、他は転流案である。転流することによりエンクヒレット川の一部において既存水路の流下能力が計画流量より上回るようになり、この区間の改修は不必要となる。転流路無しのAlt.Div.O が最も工事費が高い。単独転流案の中では Alt.Div.3 が最もよく、他と組み合わせると転流路No.3、No.4 と No.5 の 3 本を取り入れた Alt.Div.3、4 & 5 が有望である。いずれにしても転流路 No.3 の効果は大きく、この転流案抜きでより経済的な治水計画は成り立たないものと判断される。次に遊水池で貯留し、エンクヒレット川本川の改修を極力おさえた代替案を検討した。これらの代替案では転流路 No.3 が治水計画上不可欠であるものとし、この転流路を組み込んで策定した。図－13 に示すごとく、転流路No.3より上流では遊水池 G、I および J1 の 3 つの遊水池によって既存のカルバートの改修が不必要となり、更に流量が減ることにより転流路の工事費も減少する。その結果、転流路No.2を含めないAlt.U-1 案が経済的である。転流路No. 3 より下流で検討された 6 つの代替案の中では、転流路 No.4 と遊水池Aを含むAlt.D-5が最も経済的である。そしてこの Alt.D-5 と上流側の Alt.U-1 を組み合わせた代替案がすべての代替案の中で最も経済的である。この計画を採用すれば、将来における10年洪水に対しても既存のカルバートをほとんど改修せずにすむ。

アリアナ湖

アリアナ湖周辺の雨水排水計画は今回のスタディには含めないが、湖に流入している小河川からの流入量の算定は行ない、洪水時に湖の水位がどれくらい上昇するかを検討した。今回あらたに実施した湖の横断測

量の結果並びに流出解析より、洪水時の水位上昇は最高で El.0.7m 程度であり、これは前回のマスタープラン時に推定した値とほぼ同じである事が分かった。湖の周辺部に洪水被害が出ている主たる原因は、この湖と地中海を結ぶアウトレットが漂砂により度々閉塞し、湖に流入した洪水がスムーズに海へ吐けないことによる。現在 設備住宅省 により必要に応じてこのアウトレットの堆砂の除去が行なわれているが、この問題に対処するには、(i) 突堤（Jetty）を設ける、(ii) ゲート及びポンプの組み合わせにより閉塞土砂を洗い出す（Sand Flashing System）、および (iii) 定期的に水路のメインテナンスを行う、等が考えられる。建設費用および環境等より判断し、現時点で最も簡単で確かな方法である定期的な水路のメインテナンスの実施が効果的と思われる。

ハンマム川

前回のマスタープラン・スタディにより、ハンマム川上流域の遊水池計画はあまり効果が無いことが分かったので、今回のフィージビリティ・スタディでは河川改修のみを検討することにした。尚、小河川または一部分のみ改修が必要な支川は、治水計画の対象から除外した。対象河川を図－31 に示すごとく 9 区間に分割して、各区間でどのような洪水対策対策が必要であるかを検討した。その結果、図－32 に示すような次の三つの代替案が考えられた。

- 代替案 1 ：ハンマム川の 4 区間（H-1 - H-4）およびケビル川の 5 区間（K-1 - K-5）の全てについての河川改修を考慮する。
- 代替案 2 ：代替案 1 から中流域にある湿地区域を除いたもの。
- 代替案 3 ：代替案 2 とほぼ同じであるが、H-4 区間の改修区域が短いもの。

これらの代替案は技術的ならびに経済的な見地から検討が加えられ、その結果、代替案 3 が最も有望な計画であることが分かった。

5）調査及び比較／検討の結果

調査及び比較、検討の結果については、後述の 5．分野別スタディ結果の要約のところで述べる。

4．設備住宅省からの便宜供与

テュニジア国の設備住宅省は調査団の受け入れ機関となり、作業が円滑に進行するよう他の政府関係機関や民間団体からの資料／データの収集や聞き取り調査において調査団を手伝ってくれた。調査団の要請に対し、設備住宅省はカウンターパートのチームを編成してくれ、現地調査の全期間（平成五年二月下旬から五月中旬、および平成五年九月下旬から平成六年二月初旬まで）に亘り、彼らは調査団員とともに資料の収集や現場踏査、現地調査にあたり全面的に協力してくれた。

設備住宅省が調査団に行なった便宜供与の主たるものは次の通りである。

- 関連資料類の提供
- 調査対象地域をカバーする地形図（縮尺二十万分の一、五万分の一、二万五千分の一、五千分の一）の提供
- 調査対象地域をカバーする航空写真（縮尺八万分の一）の提供
- 合計十三名からなるカウンターパートの提供
- テュニスでのオフィス・スペースの提供
- 身分証明書の発行

5．分野別のスタディ結果の要約

1）社会／経済

（1）エンクヒレット川流域及びアリアナ湖周辺

エンクヒレット川流域はアリアナ県の北部アリアナ地区に属し、人口はその約三分の一を占めている。この地域はテュニス圏でも都市化の目覚ましい地区でここ数年では都市部の面積が年々 6.4% の率で増加しているが、無計画な都市開発が大きな問題となっている。西暦 2020 年には人口が 358,000 人になると推定される。経済活動は商業が主体となっている。洪水被害を受けやすい地域に工業団地の開発が一部見受けられ、近くには大規模なシャルギア工業団地がある。就業人口の面から見ると、サービス業の 47% に次いでは工業の 36% となっている。一方、農業は都市化と土壌の塩害により年々先細りで、西暦 2020 年には洪水被害地の農地はほとんど姿を消してしまうであろう。この地域を通過する幹線道路としては、GP-8 および RVE-533 があり交通量は多く洪水被害を受けやすい。

（2）ハンマム川流域

この流域はスース県の北部に位置しており、一般的な経済、社会指標はマスタープラン・レポートの第一章に記述してある。ハンマム川流域の人口は現在スース県の総人口の約四分の一に当たる 102,000 人であり、西暦 2020 年には 250,000 人を越えるものと推定される。この下流域は有名な観光地となっており、年々都市化の傾向にあり従って河川沿いの農地も減少傾向にある。上流域のカラア・ケビーラでは無計画な宅地開発が問題となっている。

2）地形／地質

（1）エンクヒレット川およびアリアナ湖の流域

エンクヒレット川流域の地形は大まかに二つに区分される。すなわち緩い起伏のある丘陵地と、沖積地とからなっている。丘陵地の最も高いところの標高は海抜240メートルくらいである。丘陵地の地質は、泥灰土、粘板岩、石灰岩、それにこれらの風化した土で白亜紀から新第三紀のものと考えられる。沖積地は数十

センチから数メートルの厚さの粘性土により被覆された砂層よりなっている。

現地踏査を通じてボックス・カルバートのような構造物に対しては、基礎には特に問題はないと思われるので、地質調査は主としてダムおよび遊水地の基礎、および築堤材料の調査に主眼をおいた。その結果、ダム基礎として２地点のボーリング・サイト、堤体材料のサンプリング・スポットとして３地点、築堤材料のサンプリング・スポットとして３地点が選定された。２地点のボーリング・サイトでは深度10メートルのボーリングをそれぞれ３本穿孔した。現場透水試験および標準貫入試験も同時に実施された。調査の結果、ボーリング・サイトでの地質は、崖錐や薄く石灰岩の層を挟んだ粘性土と判明した。透水試験の結果、どの箇所でも透水係数は10^{-5}cm/sec よりも小さい。粘土層の厚さは数十センチから数メートルで標準貫入試験のN値はほぼ30以上であった。これより地耐力および透水性の面からは、当サイトはフィルタイプ・ダムの築造には問題ないと思われる。他のダム候補地点のダム地質も、地形や露頭した地質から判断して、これと似かよったものであろう。

堤体材料および築堤材料の試験のための撹乱試料は合計６地点で採取され、透水性や各種材料特性がテストされた。そのうち３地点から採取された堤体材料はＡＳＴＭの土壌分類基準で「ＣＬ」に分類されるもので、自然含水比は３％から12%であった。この自然含水比はこの材料の最適含水比よりも低めであり、また透水係数は10^{-6}cm/sec よりも低い。これより含水比の調整は必要であるが、これらの材料は堤体材料として利用可能であると判断される。一方、築堤材料の試験結果では、一試料はＡＳＴＭの「ＳＰ」に分類され自然含水比は最適含水比より９％ほど高めで、透水係数は10^{-5}cm/sec より低め、他の二試料はＡＳＴＭの「ＣＨ」に分類され自然含水比は最適含水比より４％から10% 高めで、透水係数は$7x10^{-4}$cm/secより低めであった。これらの数値から判断して「ＳＰ」に分類される材料は築堤材料として適せず、このほかの材料は含水比の調整は必要であるが築堤材料として利用出来よう。砂粒分は侵食を受けやすく築堤に用いる場合は粘土によりライニングを施さねばなるまい。

（２）ハンマム川流域

調査対象地域内の地形は第四紀のなだらかに起伏した沖積地からなる。比較的高い丘陵地が河口近くの右岸側に見受けられる。地質は砂層と粘土層が互層をなす沖積土で、その下はやはり似かよった砂と粘土の互層による河床堆積物が続いている。河口近くの高台では泥灰土の露頭が見える。

ハンマム川の洪水対策としては、河川改修のみが考えられるので地質調査は築堤材料の調査に主体がおかれた。現場踏査により、川沿いの４地点がサンプリング・スポットとして選定された。４地点より採取された撹乱試料について透水性や各種材料特性がテストされた。テストの結果、試料はＡＳＴＭの基準で「ＣＬ」

と「ＳＭ」にそれぞれ分類される。これらの試料の自然含水比は７％から12％で、最適含水比よりも高い値を示している。一方、沖積層から採取された試料は「ＳＰ」に分類され自然含水比は約６％で最適含水比よりも低くなっている。透水性については、沖積土では10^{-5}cm/sec、河床堆積土では$3x10^{-3}$cm/sec より小さな数値を示す。これらの試験結果より、沖積土は若干の含水比の調整は必要だが、築堤材料として利用することに問題はあるまい。また河床堆積土は表面近くのものは侵食を受けやすく築堤に用いた場合、粘土質の土によるライニングが必要であろうと判断される。

河川改修の一部として、ハンマム川が横切る観光道路や「ＧＰ－１」道路で、橋梁の新設が必要となる。橋脚基礎部の地質については、これまでに設備住宅省や都市衛生局によって建設された橋の地点における調査結果に関するデータを収集し吟味した。その結果によれば、沖積層の厚さは地表から10メートルから15メートルで、コーン貫入抵抗値は3-40kg/cm2、あるいは弾性係数で10-60kg/cm2 の範囲にあることがわかった。これらの値はＮ値にして５から10 に相当し橋脚の基礎としては地耐力が不足である。さらにこの層の下にはＮ値で30から40 のよく締まった河床堆積層があり橋脚基礎として充分な地耐力を期待できよう。従って今回あらたに橋梁を計画する場合、深度15-20メートル程度の杭基礎を考える必要がある。

３）水理／水文

（１）データの収集

テュニス圏とスース圏の気象、水文に関するデータおよび資料、それに関連する報告書類を収集してその内容を吟味して今回の水文解析、とりわけ洪水流出解析に供した。

（２）気象

テュニス圏

調査対象地域は北緯36度から37度、東経９度30分から10度20分に位置している。月平均気温はテュニス圏の「テュニス－カルターシュ」観測所で一月が11.6度、八月が27.6度で、スース圏の「シリアナ」観測所で一月が8.7度、七月が27.0度となている。月平均の相対湿度は「テュニス－カルターシュ」で七月が61.3%、一月が81.3%、そして「シリアナ」では七月が45.0%、十二月が79.1%となっている。日照時間は冬期で130-138 時間、夏期で320-330 時間程度である。年間の蒸発散量は1,200mm 程度で、八月頃が最も多く188mm で最も少ないのは十二月から一月にかけてで45mm 程度となっている。年平均降雨量は380-540mm で、これ

までの記録では平均日最大降雨量は29mm から108mm である。一方、既往日最大降雨量は1969年の十月に「シディアダブト」観測所で記録された252.5mm となっている。

スース圏

調査対象地域は北緯35度35分から35度55分、東経10度20分から10度40分に位置している。月平均気温は「モナスティール」観測所で一月が12.1度、八月で27.9度となっている。月平均の相対湿度は、おなじ観測所で七月が63.4%、一月が72.4% である。日照時間は十二月で158 時間、七月で343 時間である。年平均蒸発散量は984mm で、最大月は七月で141mm、最小月は一月で 42mm となっている。年平均降雨量は 330-340mm で、平均日最大降雨量は23-164mm が記録されている。

（3）ゲージの設置

調査対象地域内の既設の雨量および流量観測所の分布をレビューしたうえで、今回あらたに設置する雨量計と流量計の場所を決定した。雨量計はテュニス圏に 4 箇所、スース圏に 1 箇所、それに流量計もテュニス圏に 4 箇所、スース圏に 1 箇所とした。計器の設置は調査団の専門家の監督のもとに設備住宅省の手で行なわれた。その後、計器は順調に作動しており雨量と流量の記録がとれている。

（4）マスタープラン・スタディ時の流出解析

調査対象流域の特性、データの蓄積、既存の洪水対策施設、等を考慮に入れて、マスタープランの洪水解析には次の三つの計算モデルを使用した。

- 合理式：小さい流域で既存あるいは計画の遊水地、あるいは貯水池がない河川。
- 単位図法と合理式によるピーク流量：既存あるいは計画中の遊水地／貯水池がある中、小流域をもつ河川。
- 貯留関数法：既存あるいは計画中の遊水地／貯水池がある流域で、計算モデルによるアウトプットの検定が可能な水文資料の蓄積のある河川。

（5）フィージビリティ・スタディでの流出解析の見直し

フィージビリティ・スタディにおいては、流出解析の計算モデルはマスタープランで用いたものを、エン

クヒレット川／アリアナ湖、それとハンマム川に適用した。合理式は流域の規模および水文データの蓄積を考慮にいれて、基本高水の計算に利用された。一方、単位図法と合理式によるピーク流量は、既存の洪水対策施設の貯留計算および洪水被害の算定に用いた。流出係数は流域内の詳細な土地利用計画を参照しながら見直しを行なった。流出解析のために流域モデルは、現況の河川と今回検討された代替案を考慮にいれて見直され一部修正を行なった。

4）土地利用計画

（1）エンクヒレット川流域及びアリアナ湖周辺

近年この地域では都市化が急速に進展し、住宅の新規開発がここかしこに見受けられる。問題はこれらの開発が無秩序に行なわれていることである。都市化の拡がりに従って、従来洪水により冠水しやすい低地部まで利用されるようになり、これが洪水時の被害を招来している。今回のスタディでは西暦2000年と2020年を目標に今後の土地利用がどのようになされ、ひいては洪水対策にどのような配慮がなされるべきかを主たる目的とした。調査対象地内には湖水面積が約37km2もあるアリアナ湖があり、この湖と地中海を繋ぐアウトレットが漂砂により度々閉塞して洪水時に湖の水位が上昇し、湖の周辺の低地部が一部冠水して被害がでている。アリアナおよびエルメンザはテュニス圏でも有数の都市化の進んだ地域である。この周辺部にショウトラナ、ラオード、スークラというまだ比較的農地の多いコミュニティがあるが、ここも近年の都市化の波を受けている。設備住宅省により計画されたこの地域の土地利用計画図をレビューしたものを図－9に示す。現況から判断して、将来の土地利用計画には次の諸点を考慮に入れる必要があろう（参照：図－10）。

－これまでの土地利用計画を見直して新たなゾーニングを考える。

－農地の保護の観点から無秩序、無計画な宅地開発を規制すること。

－散発的な宅地開発を規制するために公共住宅の建設を考慮すること。

－雨水排水施設、下水処理施設の整備、および洪水対策対策の確立。

（2）ハンマム川流域

流域内の主たる人口密集地はハンマム・スース、アコウダ、カラア・ケビーラそれにカラア・スギーラが挙げられる。この流域内での問題点は前述のエンクヒレット川流域のそれと似通ったものである。西暦

2000年および2020年での土地利用計画図の作成には、現状での諸問題点ならびにテュニジア側が考えている将来計画を考慮にいれた。この地域はスース圏の北部に位置し、近年の地中海沿岸部の観光開発によりインフラの整備や宅地開発、リゾート開発が急である。またこの地域には幹線道路のGP-1やGP-1バイパスが通っており交通網は比較的良く発達している。しかし標高の高い土地の値段が騰貴しており、これが農耕地や低地部での宅地化を促し、ひいては洪水被害の増加を招来している。農業はまだこの地域では主要な産業であり、オリーブ、野菜類、果物類の生産が顕著である。この地域の土地利用計画には次の事項を考慮する必要がある。

－旧市街地の整備。

－ゾーニングの検討。

－不法住宅の締め出し、並びに公共住宅の建設。

－雨水排水施設、下水施設、および洪水対策施設の修復や新規建設。

－良いアクセスを考えたインダストリアル・ゾーンの配置。

－スース圏でのこの地域の位置づけ。

現況ならびに将来の土地利用計画を図－11および図－12に示す。

5）都市排水

（1）エンクヒレット川流域

調査対象地域内には雨水排水施設と下水施設とがある。テュニス圏の全域の雨水排水及び下水施設の現況に関する資料／情報のレビューならびに現場踏査の結果から、調査対象地域内では降雨時の主要幹線道路の冠水が最も問題となっていることがわかる。この地域内のこれらの施設の拡充は、これまで主としてONASによって行なわれて来た。しかし、これと並行して設備住宅省も流域内の雨水排水施設の建設を手掛けている。現在ONASによりマスタープランの見直しが行なわれているが、最終報告書は未だ公表されていない。今回の調査で明らかになった点としては、次の四点があげられる。

－流域内での雨水排水施設の修復あるいは新設が都市衛生局と設備住宅省の両者によりこれまで行なわれて来たが、両者間の作業区分が明確でない。同じ地域で並行して工事が行なわれている所も見受けられる。

－テュニス圏には合計四ケ所の下水処理施設がある。この流域からの下水は合流式と分流式の併用で、アリアナ湖の南岸にある処理場へ導かれている。処理水は湖岸の水路を経てアリアナ湖の北側より地

中海に放流されている。エンクヒレット川への流入は非常に少ないものと考えられる。

－雨水排水施設はその大部分が地下構造物であり敷設時の図面を参考にしないと、なかなかその概要を把握することが難しい。しかし流入口などの明かりの部分では流木や塵芥により閉塞されており、これが降雨時の雨水排水が困難な原因の一部をなしている。

－1993年５月に小洪水が発生したおりにはアリアナ湖周辺の農地が数センチから数十センチ冠水したが、時間的には短いものであった。流域内の遊水池は洪水のピーク流量を低減させるのにうまく機能している。

流域内の都市化が進んでいる地域では降雨時の道路の冠水が頻繁であり、今後 設備住宅省 の協力を得て都市衛生局 により雨水排水施設の拡充が望まれる。今回の調査ではこれらの施設に関する諸情報が充分に提供されず、基本計画を立案するまでには至らなかった。

（２）ハンマム川流域

雨水排水施設並びに下水施設の現況はテュニス圏のそれと似通ったものである。都市衛生局 によりこれまで諸施設が建設されてきた。ハンマム川流域はスース圏のシステムの北端に位置している。現地踏査により明らかになった点としては、

－スース圏には二ケ所の下水処理施設があり、ハンマム川流域の下水は下流の右岸側に位置するスース北下水処理場に集められている。この処理場では処理能力が不足しており、下水の一部が未処理のまま地中海に流れ込んでおり周囲に悪臭を放っている。

－雨水排水上の問題はあまり起こっていない。都市衛生局 の関係者の話によると、雨水排水の問題があるのはスース圏の中心部を流れるマウアー川流域だとのことである。

スース圏全体を考慮にいれた雨水排水整備計画のマスタープランが 都市衛生局により見直しが行なわれており、ハンマム川流域もこの一部に取り込まれている。前述のごとく当流域内では降雨時に道路が短時間冠水する程度で、雨水排水施設の整備、拡充は必要であろうが差し迫った問題にはなっていない。

６）環境

（１）目的

環境影響評価はマスタープランおよびフィージビリティ・スタディにより選定される優先プロジェクトに

対して行なわれる主要な作業の一部をなしている。対象河川の流域内の洪水に関し、今回検討される洪水対策計画／施設が流域全体にどのようなプラスおよびマイナスの効果を招来するかを検討する。その後、もしマイナス効果が想定される場合には、これらの洪水対策施設と抱き合わせでマイナス効果を軽減、あるいは無くすような非施設的対応 (Non-structural measures) を検討する。

（2）評価の手法

基礎調査および洪水対策M／Pの策定の段階（フェーズ1および2）では、テュニス圏とスース圏の対象全河川に対して初期環境評価を行なった。これに必要な既存の報告書、パンフレット、図面類が収集され、また現地および関係者へのインタビューも行なわれた。当国の環境に関する制度、法制、規則などの検討も並行して実施した。下記の点を明らかにするために現場踏査を行なった。

- 流域内でのこれまでの洪水の規模、原因と、環境面での影響度。
- 環境的見地からの対象流域の評価。
- 既存の水質に関する資料の確認のための対象流域内での水質検査。
- 既存あるいは計画中の洪水対策施設の概要。

マスタープランの初期環境評価は、先ず各河川の現況を調査し、それから基本的な評価に入った。ステップとしては、主要な環境要素の認識、その現況の評価、そして新たに事業が将来的に実施されなかった場合の推移の予測、などを含む。初期環境評価の結果はマトリックスとして、各河川別に事業が実施された場合と、されなっかた場合の両方について取り纏められている。

第三段階でのフィージビリティ・スタディの対象となる河川の環境影響評価 (EIA) は、初期環境評価の結果をもとに、より詳細に問題点を検討しながら行なわれた。各代替案につき、環境評価の面からの優劣が検討され、事業を実施した場合の環境へのマイナス効果を最小限にとどめる手段が何であるかを検討した。

（3）結果

テュニス圏およびスース圏の各河川の環境の現状はそれぞれ異なるが、程度の差こそあれ次のような共通した問題点が見受けられた。

- ここかしこで進行中の宅地開発事業。
- 河川敷内の密な埴生による富栄養化現象。
- 河川敷内への塵芥の投棄、未処理の生活排水および工業排水のたれ流し。

－　流下能力を妨げるような河川敷内での不法建築。

－　土地利用計画によらない農地の宅地への転用。

－　排水施設、衛生設備の不備。

環境影響評価によれば、今後何らかの洪水対策施設を考えないと、洪水被害が将来も引き続いて発生し経済的な損失および社会的な困難を来たすであろうことが予測される。河川敷内の埴生および構造物は洪水流下能力を弱め、ひいては洪水を助長することになる。このほか洪水による交通遮断、汚水の氾濫による病疫の蔓延などマイナス面での影響が非常に顕著である。今回のスタディで検討された種々の洪水対策施設は、色々な面でこうしたマイナス効果を無くす、あるいは軽減することが期待出来よう。テュニス圏のアリアナのスークラ／ショウトラナ地区では、洪水被害を受けやすい低地部での宅地開発が盛んに行なわれており、このままにしておくと将来的に洪水被害額が増大することになる。これらを規制する何らかの法的処置が必要である。

第一段階の基礎調査の時点では、生態系およびテュニス圏の三つの湖の飛来する鳥類にかんするデータは充分に収集出来なかったが、これらは各代替案の評価に必要であるので、引き続きフィージビリティ・スタディでも情報の収集にあたった。

初期環境評価の結果では、各河川毎に選定された洪水対策計画は環境の面からは容認できるものであることがわかった。その後の環境影響評価の段階では、選ばれたエンクヒレット川／アリアナ湖、それにハンマム川について下記の点について検討を加えた。

<u>エンクヒレット川／アリアナ湖</u>

－　物理的な環境：地形、位置、傾斜度、地下水、排水状況、等。

－　生態系の環境：アリアナ湖およびその周辺での陸生の動物相と植物相。

－　人的生活環境：市街化、農業、既存の生活基盤から来る、あるいは生活基盤の不足から来る問題点。

<u>ハンマム川</u>

－　物理的な環境：一般地勢、侵食問題、富栄養化問題。

－　人的生活環境：急激な都市化と周辺部の一体化、生活排水／工業排水の処理施設および排水施設の不備、塵芥の河川敷内への投棄。

エンクヒレット川流域での洪水被害は、現状および将来の土地利用形態のもとで、住宅地とそれに付随する諸施設への被害と交通遮断に起因する収入の減少が大部分を占める。事業が実施されなかった場合の農業への被害も顕著である。この他にはアリアナ湖の北側では衛生設備が整備されていないので病疫の発生が心配される。アリアナ湖およびその周辺の生態系や動物相、植物相に関する見地から、とりわけ多数飛来する鳥類の保護は地域レベルのみならず国家レベルでも大切なものと考えられ、この湖の現状のままでの保存が

推奨され、湖の部分的な干拓は行なうべきではなかろう。都市部の遊水地は非洪水時には、何らかのレクレーションに利用可能であろう。また河道の整備は景観や水はけの改良をもたらし、川に沿った遊歩道の建設や近隣の住宅地／商業地の開発に効果が期待出来る。洪水対策施設の工事期間中には若干の土壌流出が懸念されるが、これは適当な手段で防ぐことが出きる。このように、今回検討された洪水対策施設は環境面からは何ら問題はないものと判断できる。但し、これらの構造物のみによるのではなくて、例えば計画的な土地利用、水質汚染防止の手段の検討、アリアナ湖の生態の監視、地下水汚染の監視、それに環境に関する住民の啓蒙をも併せて考慮することが推奨される。

スース圏のハンマム川は中流域で支流のケビル川が合流する付近で河道が狭まっており、この下流域で頻繁に洪水が発生している。洪水被害地域は年々増加の傾向にある。従って今後何らかの洪水対策手段を考えなければ、洪水による被害は益々増大しよう。今回検討された洪水対策施設は、遊水地は考慮せず下流域の河川改修のみである。これらは富栄養化している河道の改善もさることながら、周囲の景観の改善にも効果が期待出来よう。構造物による洪水対策以外にも、環境保護の見地から、計画的な土地利用、水質汚染の防止、洪水警報設備の設置、それに地元住民の啓蒙活動などが望まれる。

7）河川および洪水

（1） エンクヒレット川

エンクヒレット川は図－13 に示す如くアリアナ湖流域の西に位置している。都市化が進んでおり、特にGP-8 およびRVE-533 沿いで著しい。エンクヒレット川はルーエルヘレイグ山脈からの水を集め、RVE-533 に沿って流下後アリアナ湖へ注いでいる。その河川長は約 8 kmである。左岸側からの支川は川幅が約 2－3 mで河川勾配が 1/50－1/150 と急であるが、本流は河川勾配が 1/800－1/1500 と比較的おだやかである。本流の上流域はボックスカルバート等の改修事業が設備住宅省により実施されているが、下流域は幅10 m程の浅い水路があるのみである。

流域内では住宅等の開発が進んでいるが、これら急激な都市化による流出係数の増加に伴い洪水流量の増加が想定される。流出解析の結果によるとエンクヒレット川の洪水流量は将来（2020 年）には約 1.8 倍になり、隣のショウトラナ流域でも約 1.7 倍になるものと見込まれる。

現在の河川がどの程度の流下能力を持っているかを図－14 に示した流量配分図の流量と比較してみると図－15 および図－16 に示す如く、本流では将来毎年発生するであろう洪水も処理できないということが明らかとなった。流域では宅地化が急激に進んでおり、早急な対策が必要である。

流出解析、現況流下能力、地形および現地踏査を基に、図－17に示す如く洪水氾濫域を想定した。洪水氾濫域は大きく２つに分けられ、１つはエンクヒレット川流域内の氾濫であり、他方はショウトラナ川流域内の氾濫である。後者の氾濫は自流域のみならずRVE-533を越流してくるエンクヒレット川からの洪水による影響も大きい。

これらエンクヒレット川流域の洪水問題に対処するため、設備住宅省は図－18に示す如く上流域よりコンクリートパイプまたはカルバートを主体とした河川改修事業を実施中である。これらの河川改修事業とは別に農業省は、支川に治水用のダムとしてアインスヌーシ・ダムを最近建設している。

設備住宅省は1991年エンクヒレット川の改修計画を立案し上述の如く工事を実施中である。基本的にはコンクリートカルバートを採用している。これ以外に都市衛生局もこのエンクヒレット川の10年確率洪水を対象とした改修計画を検討している。このように一つの流域内で、設備住宅省、農業省および都市衛生局の三政府機関による治水計画が別途に立案されさらに実施に至っている。これら政府機関の密接なる調整が必要である。

（2）ハンマム川

ハンマム川流域はスース圏の北西および西に位置しその流域面積は約222km2である。ハンマム川の流域は羽状をなし、図－19に示す如く北西をシャベットエルメンドラ丘陵で区分され、南東はハムドゥン川流域と接している。ハンマム川の中上流はライア川とその名前を変えているが、このライア川はその源をヘンチーチンチョー地区に発し、南西から北東へ約30km流下後地中海へ注いでいる。上流域は平らな農地が広がっており河道もはっきりしていない。この河川勾配は上流から下流に向かって約1/400、1/550および1/750と変わっている。カラアスリラの町の上流に10m－20m程の谷が連続しているが他はあまり深くない。GP-1道路から下流は河川改修事業が実施されているがそれ以外は自然の状態のままである。

現在および将来の土地利用を基に洪水流量を求めると図－20に示す如く、ムダレジ川、セギル川およびケビル川からの洪水が将来約１.４倍に増加するもとの算定された。これはこれらの地区の都市化が著しいことを示している。一方ライア川流域の土地利用は将来もさほど変わらないものと考えられ、従って洪水流量の増加もほとんど無い。

ハンマ川の現況流下能力を等流および不等流計算を基に求めた。その結果を図－21および－22に示す。ハンマム川のGP-1道路から下流は両岸に堤防があり、100年確率洪水にも対処出来るが、他の区間は１年から５年の流下能力しかないので早急な対策が望まれる。

近年における最も大きな洪水は1969年に発生している。その洪水氾濫域を図－23に示す。この1969年洪

水氾濫域、地形および水理計算を基に図－24に示す如く各確率洪水に対する想定氾濫域を求めた。図から明らかの如く下流域で洪水氾濫域が広がっており、この地域の治水対策が急がれる。さらにケビル川流域の開発が進んでおりこの地域の対策も必要である。

前述の如くGP-1道路から下流は設備住宅省の指導のもとに、観光省によって改修事業が実施されており、その延長は約1,860mある。観光道路から下流約350mは直径1－2mの大石が敷き詰められており汚水等を見えなくしている。

設備住宅省は1990年にハンマム川の改修計画を立案している。その概要を図－25に示す。上流に3つのダム計画も検討されているが、これらのダムについては本調査のマスタープランにて再検討した結果、経済的ではないと判断されフィージビリティ・スタディでは採り上げていない。

8）代替案の比較検討

（1） エンクヒレット川

現在のエンクヒレット川は小規模な洪水に対しても充分な排水能力を有していない。しかし特にエンクヒレット本川上流部におけるRVE-533道路沿いのカルバート水路は最近改修されたばかりであり、またこの道路の拡幅も計画されているためこれを再度改修することは困難と思われる。この既存カルバートの再修復を避けるには転流路のみならず複数の遊水池の設置が必要となる。また今まで設備住宅省はカルバート等の改修に当たり、10年確率洪水を対象とした設計・工事を実施しているので、今回の代替案の比較検討においても10年確率洪水を対象とし、100年計画はこの選ばれた治水計画について立案する。

縮尺1：5000の地形図による検討および現地踏査の結果、図－16に示す如くA-N2の15サイトの遊水池およびNo.2－No.5の4ルートの転流路を代替案作成のための候補地点とした。このうち丘陵部にある7箇所の遊水池に対し、調整容量を算定するため平面測量を実施した。

15サイトの中から代替案に用いる効果的な遊水池を選定するため、各遊水池の建設費とこれを設置した場合に軽減される河川改修費用の比較によるスクリーニングを行った。これを表－1に示す。この結果、遊水池A、G、I、J1、LおよびMを代替案に用いることとした。

エンクヒレット川の洪水対策計画の代替案は、この7箇所の遊水池と4ヵ所の転流路を用いた以下の3つの基本案に基づき、10年確率洪水を対象として形成した。

i) 河川改修のみによる洪水対策計画 ：1案

ii) 河川改修および転流路を用いた洪水対策計画 ：7案

iii) 河川改修および転流路と遊水池を用いた洪水対策計画 ：9案

これらの代替案を図－26から－28に示す。各代替案における施設の配置計画に基づき、流量配分を計算し洪水対策費用を概算した。これを表－2に示す。

表より遊水池A、G、I、J1および転流路No.3、No.4を用いた案が最も経済的であることが判明した。またこの洪水対策案によれば、ほとんどの既存カルバート水路は再改修を免れることができるため、最も現実的かつ合理的な案と言える。第一次（10年洪水）、および第二次（100年洪水）の洪水対策計画の位置図を図－29および－30に示す。

（2）ハンマム川

マスタープランにおいてハンマム川の洪水対策を検討した結果、遊水池の設置が効率的ではないことが判明したため、これを含まない河川改修の計画が最終的に選定された。従って、フィージビリティ・スタディにおける代替案の検討は河川改修のみの計画に対し実施した。尚、小支川または一部分のみ改修が必要な支川は、治水計画の対象から除外した。

洪水被害額算定の結果に依ると、いくつかの河川区間に於ける被害は極めて少ない。10年確率洪水に対する対策計画の代替案はハンマム川、ライア川、ケビル川を9区間に分割し（図－31参照）、改修区間を選択することで以下の様に作成した。これを図－32に示す。

代替案1：H-1からK-5の全9区間の改修を行う。この案はK-2＆K-3区間やH-3区間の湿地帯に対する改修も含む。

代替案2：H-1、H-2、湿地帯を除くH-3、H-4、K-1、K-4＆K-5区間に対して改修を行う。この案はK-2＆K-3区間やH-3区間の湿地帯に対する改修は含まない。

代替案3：H-1、H-2、湿地帯を除くH-3、H-4、K-1、K-4＆K-5区間に対して改修を行う。この案はH-4区間において、ケビル川との合流地点付近に対してのみ改修を行う。

この3代替案の経済性の比較検討は、公共事業の経済指標の1つである経済的内部収益率（EIRR）により行った。工事計画の仮定の基づいてキャッシュフローを作成し、各代替案のEIRRを算出した結果、代替案3が最も経済的であると判明した。尚、ケビル川最上流区間のK－4とK－5は、この区間単独で改修を実施しても経済的ではない。しかし住宅地域の中を流下しており、また最近完成した多くの新しい橋を防護する必要もあることから、本改修計画に含めることとした。第一次および第二次洪水対策計画の位置図を図－33から－34に示す。また、この代替案3の改修計画に含まれない区間はいわば自然遊水地であり、これによる上流域への水理的な悪影響もしくは社会的問題は発生し得ないものと思われる。

9）選定された治水計画案

（1）エンクヒレット川

代替案を比較検討した結果、転流路No.3 とNo.4 および遊水池 A、G、I、とJ1 を含む河川改修計画がエンクヒレット川の治水計画として提案された。この治水計画案の予備設計を進めるに当たり、下記の基本設計条件を設定した。

（a）本川および主要支川は基本高水として 100 年確率洪水を採用する。

（b）排水路等、二次支川は 10 年確率洪水を適用する。

（c）以下なる段階施工を考える。

i) 第一段階として 10 年確率洪水に対する改修計画を考える。

ii) 河川および水路の幅は将来の 100 年確率洪水を対象とした改修計画に十分なものとする。

iii) 改修区間の選定に当たっては下流域に悪影響を及ぼさないようにする。

（d）橋梁やONAS の下水路等、横断構造物は第一段階でも 100 年確率洪水を対象とする。

（e）土地収用および補償は第一段階でも 100 年確率洪水を対象とする。

（f）築堤が必要な場合、第一段階でも 100 年確率洪水を対象とした場所に配置する。

（g）工事が完了しているコンクリートカルバートは出来るだけ残すものとする。計画流量が現況の流下能力の二倍以下の場合には、追加のカルバートを併設する。一方、二倍以上の場合には既存のカルバートを取り壊して新たなカルバートを設置する。

各々の水路に上記の条件および流量配分を適用して施設設計を行なった。計画概要平面図、縦断図および横断図を図－29、－30 、－35 および－36 に示す。また遊水池 A、G、I、およびJ1 の施工計画を図－37 から－40 に示す。また、これらの主要諸元を表－3 に纏めた。

アリアナ湖の水位に関し、100 年確率洪水を用い検討を加えた。その結果、将来土地利用が進んでも、湖と地中海との間の水路の維持、監理を十分に行なえば、洪水位はEl.0.72m までしか上昇せず、湖岸に影響を及ぼさないものと判断される。更にアリアナ湖が上流からの土砂で埋まり、100年確率洪水によって湖岸に氾濫の問題が生じるまでには200年以上かかると予想される。

（2）ハンマム川

代替案を比較検討した結果、ハンマム川の観光道路から GP-1 のバイパス道路までと、ケビル川の下流域

および上流端の計三地点の改修計画をハンマム川の治水計画案とした。

前述の基本設計条件、土地利用計画及び地形条件を考慮に入れて、施設設計を実施した。図-33、-34、-41、および-42に計画概要平面図、縦断図および断面図を示す。更にその主要諸元を表－4に示す。

１０）洪水被害の算定

（1）エンクヒレット川

流域内の洪水被害を受ける地域を六区域に分割して、洪水被害の算定を行なった。現況の土地利用での洪水被害、ならびに将来での土地利用での洪水被害をそれぞれ見積り、当事業の実施による便益の算定根拠とした。この流域内の都市化の進展により洪水被害のおよそ60%は建築物への被害であり、これに次ぐものとしては交通への被害が見込まれる。100年確率洪水を考えた場合の洪水被害額は次のごとく算定された。

区域	現況の土地利用での被害額	将来の土地利用での被害額
直接洪水被害地域	5,493,000 DT	32,049,000 DT
間接洪水被害地域	773,000 DT	1,707,000 DT
合計：	6,266,000 DT	33,776,000 DT

また1年および10年確率洪水での被害額は次ぎの通り。

区域	現況の土地利用での被害額		将来の土地利用での被害額	
	1年	10年	1年	10年
直接洪水被害地域	921,000 DT	2,499,000 DT	4,998,000 DT	14,712,000 DT
間接洪水被害地域	133,000 DT	331,000 DT	346,000 DT	885,000 DT
合計：	1,054,000 DT	2,830,000 DT	5,344,000 DT	15,597,000 DT

（2）ハンマム川

洪水被害を受ける地域の分割はエンクヒレット川のそれと同じ考え方により行なった。この流域には幹線道路が数本あり洪水による交通遮断に起因する被害が大きい。算定された洪水被害額は次ぎの通り（詳細は表－9から－12に示す）。

確率洪水	現況の土地利用での被害額	将来の土地利用での被害額
100年	6,805,000 DT	15,306,400 DT
10年	2,636,000 DT	6,244,000 DT
1年	431,000 DT	952,000 DT

１１）事業費積算及び施工計画

（1）エンクヒレット川

事業費

エンクヒレット川およびその周辺流域の治水計画は、テュニジア政府によって10年確率洪水を対象として計画がなされ一部が実施に移されている。テュニジア政府との協議の結果、これらの既存計画との整合性を取るために、本計画調査においても緊急案件として10年確率洪水を対象とした事業を第１期工事として計画し、将来における基本計画としては通常諸外国の主要都市河川においてよく採用されている100年確率洪水を対象とした事業を第２期工事として計画することとなった。1994年１月時点において算定した両事業費を下記に示す。

エンクヒレット川改修計画の財務的事業費

（単位：1,000 DT）

費用項目	第１期工事	第２期工事
直接工事費	6,502	7,467
土地収用・補償費	3,738	0
政府管理費	325	373
技術経費	975	1,120
価格予備費	1,712	-
物理的予備費	1,841	-
総事業費	15,094	8,960 *

*：第２期工事の施工時期は仮定できない為、予備費は算出していない。

施工計画／工程

エンクヒレット川の第一期工事は1994年－1998年を実施期間とし、本工事の工期30ケ月を含む約４年半で策定された。第二期工事は2020年迄に実施、完了されるものとする。建設工事はテュニジア国家予算及び外国政府又は機関による支援借款による融資で、国際入札により選定された請負業者により実施される。事業の実施機関は設備住宅省、実施主体は同省の都市水利局となる。工事区域が都市部に位置することより、工事実施に際しては、i）観光客に悪影響を与えないこと、ii）環境保全、及び、iii）交通混雑を起こさぬこと、を基本的考慮、留意点とする。エンクヒレット川の改修第一期工事は、全体工期を30ケ月として策定する。工事は財源措置、詳細設計、入札等の事前作業の後、1996年の年央に着工されるものとして計画された。エンクヒレット川の改修と転流路No.3は、施工の初期段階に着手し並行作業として下流側より上流側へと進め

られる。小水路、遊水池及びNo.4転流路工事は、労務と施工機械を転用し段階的に実施する。公共横断構造物の付替え、移設は本事業がその経費を負担し、実施は各々所轄の機関が行なうものとする。

（2）ハンマム川

事業費

ハンマム川の改修計画に係わる事業費は、1994年１月時点で下記の様に算定された。

ハンマム川改修計画の財務的事業費

（単位：1,000 DT）

費用項目	第１期工事	第２期工事
直接工事費	6,323	656
土地収用・補償費	362	0
政府管理費	316	33
技術経費	948	98
価格予備費	1,228	-
物理的予備費	1,235	-
総事業費	10,413	787 *

*：第２期工事の施工時期は仮定できない為、予備費は算出していない。

施工計画／工程

ハンマム川の第一期工事は1994年－1998年を実施期間とする約四年半の実施工期で策定された。本工期は30ケ月の本工事と着工前作業が含まれる。第二期分については、2020年迄に実施、完了されるものとする。建設工事はテュニジア国家予算及び外国政府又は機関による支援借款による融資で、国際入札により選定された請負業者により実施される。事業の実施機関は設備住宅省、実施主体は同省の都市水利局となる。工事区域は観光地に位置することより、i）観光客に対して悪影響を及ぼさないこと、ii）環境の維持、保全、及び、iii）交通混雑を起こさないこと、を工事実施にあたっての基本的考慮事項とする。ハンマム川の第一期改修工事は、作業区間を数区に分割して下流側より上流側に向けて施工を行なう。下流区間では湿地型施工機械、クラムシェルによる水路掘削が必要となる。観光道路、GP-1道路及びMC-48道路の架橋工事はハンマム川改修計画のクリティカルパスと思われる。橋梁工事の実施にあたっては、交通に対して注意深い対処が必要となる。