

アルジェリア民主人民共和国(モスタガネム市域)

海水淡水化計画調査報告書

要 約

昭和59年11月

国際協力事業団

JICA
401
658
MPI
LIBRARY

統計
84-179

アルジェリア民主人民共和国(モスタガネム市域)

海水淡水化計画調査報告書

要 約

JICA LIBRARY



1029357[9]

昭和 59 年 11 月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '86. 3. 27	401
登録No. 12537	65.8
	MPI

要 約

目 次

1. 緒論	1
2. モスタガネム市域の概要	2
3. 水需給予測と海水淡水化プラント規模	2
4. プラントサイトの選定	3
5. プラントの計画条件	5
6. 蒸発法海水淡水化プラント(MSF)の概念設計	6
7. 逆浸透法海水淡水化プラント(RO)の概念設計	7
8. 既設水道施設への接続	7
9. 総所要資金と運転費用	9
10. 財務分析	10
11. 経済分析	12
12. 最適プロセスの選定	12
13. 総合評価およびプロジェクト計画	13

要 約

1. 緒 論

1.1 調査の経緯

アルジェリア国のモスタガネム市域は水資源に恵まれず、人口の増加により慢性的な水不足が続いており、市民生活、産業活動に大きな影響を及ぼしている。

この事態に対処するため、アルジェリア国政府は1983年10月日本国政府に対し、モスタガネム市域における海水淡水化プラント建設計画に関するF/S について技術協力を要請した。これを受けて、日本国政府は、国際協力事業団（JICA）の事前調査団をアルジェリア国に派遣し、同年12月18日アルジェリア国政府とF/S の実施に関する合議書（Implementing Arrangement）に調印した。

1.2 調査の目的

モスタガネム市域の水需給予測に基づき、蒸発法および逆浸透法の両海水淡水化プロセスの概念設計を行うとともに、技術的、財務的ならびに経済的観点から検討を加えて、最適プロセスを選定し、さらに一連の要素を総合的に評価して、モスタガネム市域における海水淡水化計画実現の可能性を見極めることが本F/S の目的である。

1.3 調査の内容

現地調査は村山義夫を団長とする現地調査団15名により1984年 2月 8日から 3月 3日まで実施し、帰国後、国内において主として次の事項について詳細な調査検討および設計作業を行った。

- (1) 収集した情報、資料の分析および評価
- (2) 最適開発計画の策定
- (3) 本プロジェクトに適した海水淡水化プロセスの検討
- (4) 蒸発法および逆浸透法海水淡水化プラントの概念設計
- (5) 財務分析、経済分析
- (6) 最適海水淡水化プロセスの選定

2. モスタガネム市域の概要

2.1 自然条件

モスタガネム市は首都アルジェ市のほぼ西南西約350kmの距離にある。

モスタガネム市周辺地域の海岸線はこの地域を流れるChelif川、Macta川の河口を除いて断崖が続いている。

モスタガネム市は港を中心に海岸からほぼ1~1.5kmの同心円上の地点が標高約100mの台地となり、海岸から2km地点になると標高約150~160m程度、7~8kmのところは標高200~230m程度となっている。

モスタガネム市域は北北東から南南西にのびる海岸線に沿って地中海に面しており、この海岸線と直角の方向を軸として内陸部に伸びている。

現在の市街地は海岸から2km程度までであるが、東から南南西の方向に伸びる街路に沿って新市街地が形成されつつある。

本地域は典型的な地中海性気候で、平均気温は17℃程度である。年間降雨量は400mm程度で、冬季のみ降雨があり、夏季はほとんど降雨がない。

モスタガネム市域は水資源に恵まれず、水道の水源はすべて湧水およびさく井などの地下水源である。しかし、渇水時の取水可能量の減少、停電による取・送水ポンプの運転停止などによって、水道の給水量は不安定な状況である。

2.2 社会、経済条件

1981年のモスタガネム県の人口は85万人弱、近年人口増加率が高く、人口密度は114人/km²で、全国第8位である。本調査の対象であるモスタガネム市域の人口は約13万4千人(1981年)である。

アルジェリア国は1980年から1984年までの新5カ年計画(総投資額4,000億DA)を実施中で、国民所得総収入を1979年の651億DAから1990年には1,661億DAに引き上げるとしている。計画実現の三大戦略目標の一つとして「国民の社会的ニーズの充足」を掲げている。

3. 水需給予測と海水淡水化プラント規模

3.1 年次別需給水量と不足水量

モスタガネム市域の水道水源の公称取水可能量は現在16,400m³/日である。しかし、既存の湧水水源は汚染のため廃止し、新しい湧水水源を1984年中に完成させるとともに、さく井からの取水量を多少減少させ、17,300m³/日の取水を確保するよう計画されている。

また、モスタガネム市域にある工場は現在独自に約30,000m³/日の工場用水を取水しているが、このうち12,000m³/日を1987年から水道水に切り換えるよう計画されている。

これらの要素を考慮して年次別需給水量と不足水量を推定すると表 1の通りとなる。

表 1 年次別需給水量と不足水量

事 項 \ 年	1984	1985	1987	1990	2000
人 口 (人) (注 1)	148,110	153,290	164,210	182,060	256,820
1人 1日需要量 (l/人/日)	110	116	128	146	210
需要量 (m ³ /日)	16,290	17,780	21,020	26,580	53,930
漏水率 (%) (注 2)	36.4	35.2	32.8	29.2	17.4
供給必要水量 (m ³ /日)	25,610	27,440	31,280	37,540	65,290
工業用水 (m ³ /日)	-	-	12,000	12,000	12,000
合計需要水量 (m ³ /日)	25,610	27,440	43,280	49,540	77,290
給水可能量 (m ³ /日)	16,400	17,300	17,300	17,300	17,300
差引不足水量 (m ³ /日)	9,210	10,140	25,980	32,240	59,990

注 1: 人口の増加率は年3.5%とする。

注 2: 漏水率を年1.2%ずつ改善する。

3.2 海水淡水化プラントの規模

表 1に示す通り、モスタガネム市域の2000年の不足水量は、59,990m³/日と推定されるので、海水淡水化プラントの容量を60,000m³/日とした。

4. プラントサイトの選定

本F/Sにおける海水淡水化プラントのサイト候補地として図1に示す通り、モスタガネム市を中心に北東のCap Iviから、南西のLa Mactatに至る約50kmの沿岸部 8地点について現地踏査し、比較検討した。

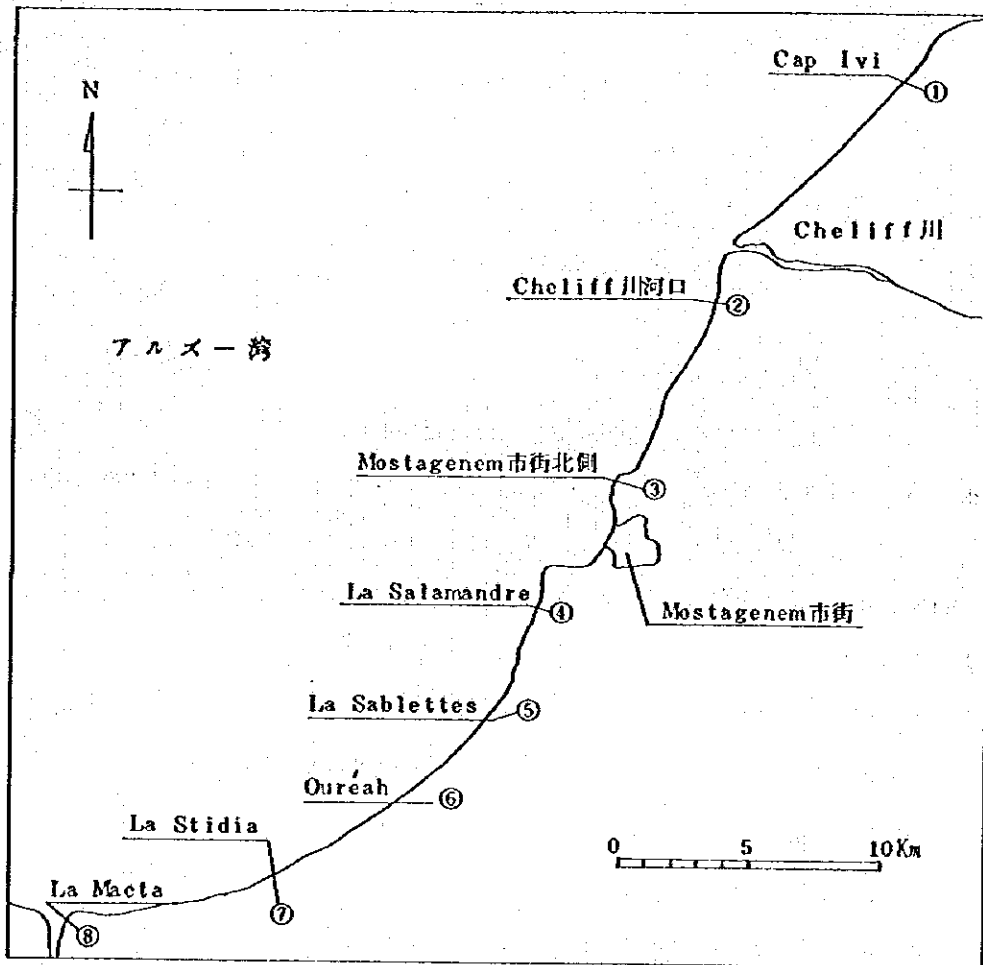


図 1 サイト候補地位置図

この 8地点について、下記に示す自然および社会条件を比較、検討した。

自然条件

(1) 陸上部自然条件

地形、地盤、気象などの条件はプラント建設に困難はないか。

(2) 海洋条件

海底の地形、地盤、海象などの条件は取揚水設備建設に困難はないか。

(3) 原海水の水質、水温

海水の水質、水温は淡水化の原水として適当か。

社会条件

(4) 用地取得

用地の取得、所要スペースの確保について制約はないか。

(5) 生産水の供給条件

既設配水池への接続に困難はない。

(6) ユーティリティの供給条件

必要な電気、燃料の供給は容易か。

(7) 建設資機材、薬品等の輸送条件

道路、港湾等のインフラストラクチャーが整備されているか。

(8) 環境への影響

水質汚濁、大気汚染、騒音等による問題や周辺の景観を損なうことはないか。

(9) 労働力

周辺地域で労働力が得られるか。

これら諸条件について比較、検討した結果、⑥のOureahをサイトとすることとし、モスタガネム県水利局と協議のうえ合意を得た。

5. プラントの計画条件

海水淡水化プラントの概念設計を行うため、計画条件として次の通り設定した。

- (1) 範 囲 : 海水の取排水設備、海水淡水化プラント、既設給水系への接続設備
- (2) プラントの規模 : 60,000m³/日
- (3) プラントサイト : Oureah
- (4) 生産水の水質 : WHO ガイドライン
- (5) 原海水水質 : Oureah沖において採水した海水の分析値
- (6) 電 力 : 60kV、50Hz、料金16.5サンチーム/kWh
- (7) 燃 料 ガ ス : 3,400 kcal/Nm³、供給圧力4Bar、
料金1.22サンチーム/1,000kcal
- (8) 薬 品 : 単価はプラントサイトでの入手可能価格
- (9) 環 境 保 全 : 排水についてはアルジェリアの基準。排ガス、および騒音については最も厳しい日本の規制値を満足するものとする。

- (10) その他： ①運転開始および停止時を除いて全自動制御とする。
 ②重要な回転機器については、最低 1基の予備を設ける。
 ③運転予備品は 2年分を保有する。

6. 蒸発法海水淡水化プラント(MSF)の概念設計

(1) 仕様

方式	長管式多段フラッシュ蒸発法、単一目的プラント		
ユニットの規模			
および基数	30,000m ³ /日 × 2ユニット		
水バランス	海水取水量	499,000m ³ /日	
	生産水量	60,000m ³ /日	
	排水量	439,000m ³ /日	
造水比	8.0		

(2) ユーティリティおよび薬品使用量

燃料ガス	23,400m ³ /時	
電力	1,170kW	
薬品	スケール抑制剤	29.2 kg/時
	消泡剤	0.486kg/時
	石灰石	150 kg/時
	ソーダ灰	3.8 kg/時

(3) 所要面積

37,200m² (300m × 122m + 30m × 20m)

(4) 建設工程

1985年初頭工事契約完了として

1987年 5月中旬 第 1基プラント送水開始 (累計 30,000m³/日)

同 8月初め 2 " (累計 60,000m³/日)

(5) 運営組織

工場長	1名
運転要員	31名
保守 "	10名
事務および管理者	9名
計	51名

7. 逆浸透法海水淡水化プラント(RO)の概念設計

(1) 仕様

方式	一段膜塔
ユニットの規模	逆浸透設備 15,000m ³ /日 × 4ユニット
および基数	前処理設備 32,500m ³ /日 × 2ユニット
水バランス	海水取水量 185,000m ³ /日
	生産水量 60,000m ³ /日
	排水量 125,000m ³ /日
運転条件	圧力 60~65kg/cm ²
	回収率 35%

(2) ユーティリティおよび主要使用薬品

電気	15,000kW
硫酸(98%)	428.5kg/時
塩化第二鉄(40%)	83 kg/時

(3) 所要面積

25,000m² (100m × 250m)

(4) 建設工程

1985年初頭工事契約完了として

1987年7月初め全ユニット送水開始(累計60,000m³/日)

(5) 運営組織

工場長	1名
運転要員	21名
保守 "	9名
事務および管理要員	9名
計	40名

8. 既設水道施設への接続

生産水はプラントサイトに設置した浄水池から El Djénavef 配水池へ送水する。送水管ルートは図 2 の通りである。

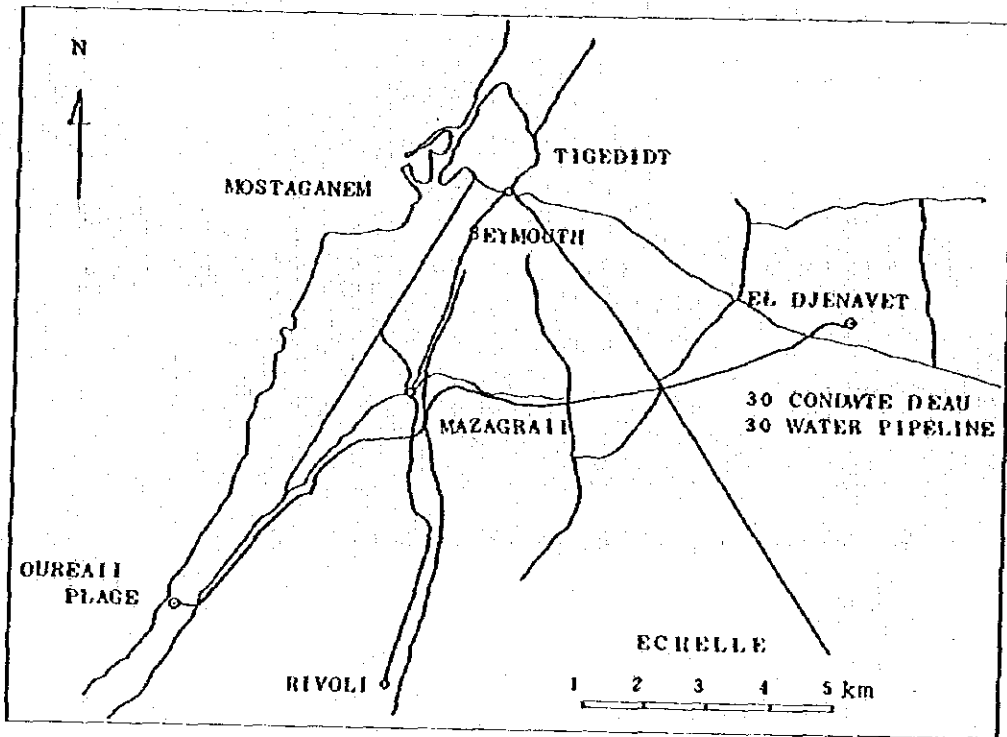


図 2 送水管ルート図

送水管に関する仕様は下記の通りである。

管 径 750mm
 管 種 タールエポキシライニング鋼管
 延 長 14km

また、送水ポンプの仕様は下記の通りである。

形 式 両吸込うず巻ポンプ
 全 揚 程 340m
 駆動機出力 1,600kW
 台 数 常用 2台
 予備 1台

9. 総所要資金と運転費用

海水淡水化プラント建設の総所要資金を表 3に示す。

表 3. 総所要資金

[MSFプロセス]			(千USドル)
項 目	外 貨	内 貨	合 計
プラント建設費	131,211	15,384	147,195
操業前費用	1,328	1,668	2,996
初期運転資金	4,148	288	4,436
建設期間中金利	7,535	--	7,535
所要資金総計	144,222	17,940	162,162

[ROプロセス]			(千USドル)
項 目	外 貨	内 貨	合 計
プラント建設費	115,646	16,984	132,630
操業前費用	1,098	1,270	2,368
初期運転資金	3,710	289	3,999
建設期間中金利	6,662	--	6,662
所要資金総計	127,116	18,543	145,659

注 1: 1984年価格

注 2: 電気、ガスのサイトまでの引き込み設備は含まない。

換算レートは、1.00USドル=4.8DA とした。

償却費用、借入金の返済、支払金利、税金等を除いた直接年間運転費用を表 4に示す。

表 4 年間運転費用

〔MSFプロセス〕

項 目	年間費用 (千USドル)	1m ³ 当たりコスト (USセント)
変 動 費	5,735	28.97
固 定 費	5,497	27.75
合 計	11,232	56.73

〔ROプロセス〕

項 目	年間費用 (千USドル)	1m ³ 当たりコスト (USセント)
変 動 費	4,777	24.13
固 定 費	5,348	27.01
合 計	10,125	51.14

10. 財務分析

10.1 財務分析の方法

本プロジェクトにより生産される水のコストは、現行料金より相当高価になることが予想される。アルジェリア当局は、住民の福利厚生重視の観点から、現行の水料金の値上げなしに本プロジェクトを遂行する意向であり、予想される資金不足に対しては補助金を供与することを考えている。このような本プロジェクトの特有性を考慮し、プロジェクト実施のために投資した自己資本のみを回収する財務状況（自己資本内部収益率IRROE=0.0%）を想定して財務分析を実施した。

10.2 財務分析の主要前提条件

財務分析の前提条件の概要は次の通りである。

- (1) 稼働率は操業初年度から100%とし、年間稼働日数を 330日とする。
- (2) 価格ベースは1984年固定価格とする。
- (3) 自己資金30%、長期借入金70%とし、借入金の年利は8.0%、返済は元本定額とする。

(4) 操業期間中に生ずる資金不足に対しては補助金および短期借入金を導入する。

(5) 販売収入は現行の水料金体系、すなわち0.60DA/m³とする。

(6) 有収率を70%とする。

10.3 財務分析の結果

財務分析の結果の要約を表5に示す。

表5 財務分析結果サマリー

(千USドル)

項 目	プロセス	MSF	RO
総投資額		162,162	145,659
資金計画			
自己資本		48,649	43,698
借入金		113,513	101,961
販売収入 (1m ³ 当たり収入 DA/m ³)		1,732 (0.60)	1,732 (0.60)
必要補助金額 (1m ³ 当たり金額 DA/m ³)		23,986 (8.31)	21,145 (7.32)
合計 (生産水価格 DA/m ³)		25,718 (8.91)	22,877 (7.92)
キャッシュフロー (年平均値)		3,248	2,918
キャッシュフロー (プロジェクト期間総計)		48,725	43,767
IRROE (自己資本内部収益率)		0.00%	0.00%
投下資金回収年		15.0年	15.0年

生産水コストは表6の通りである。

表6 生産水コスト

(USセント/m³)

項 目	MSF	RO
総生産水量当たり	129.87 (6.23DA/m ³)	115.52 (5.54DA/m ³)
有収水量当たり	185.52 (8.91DA/m ³)	165.03 (7.92DA/m ³)

1.1. 経済分析

経済的キャッシュフローおよび算定された経済的内部収益率から判断すると、本プロジェクトの経済的効果は高く、その実施の妥当性を示唆している。すなわち、財務分析結果では、プロジェクト全期間を通じて初期投下資金の回収のみが図られる前提においても、毎年23,986千USドル(MSFプロセス)および21,145千USドル(ROプロセス)におよぶ補助金の導入が必要とされるが、本経済分析結果では、投下された自己資本を回収したうえ、さらに便益を生ずる経済的キャッシュフローが生じ、高い経済的収益率を示している。これは、慢性的に継続すると予測される深刻な水不足状況を解決する本プロジェクトの実施価値が高く評価されたためである。

本経済分析では、水不足が深刻な状態である充足率55%の時の経済価値プレミアムを3.0～5.0の範囲と想定して試算を行った。そして、本経済分析による便益量の試算値が妥当と判断されるならば、本プロジェクトの経済効果は大きく、社会への貢献が高いと評価される。さらに、衛生、生活環境の改善、地域経済への波及効果等の計測できない社会経済的便益を考慮すると、財務分析に示された多額の補助金を供与しても、本プロジェクトの実施は有意義なものであると判断される。

1.2. 最適プロセスの選定

これまでの調査結果を総合し、両プロセスについて比較検討すると、技術面については両プロセスともそれぞれ特徴を有し、一概に優劣はつけがたいが、経済面については、ROプロセスがMSFプロセスより有利な結果となっている。

両プロセスのコスト差20.49USセント(0.99DA)は、現行水道料金0.8DAの1.6倍に相当する。また、両プロセスの総所要資金額の差および必要補助金額のプロジェクト期間中の合計金額は59,122千USドル(283,786千DA)となる。

一方、本プロジェクトにおいて要求されている特有の条件についてみると次の通りである。

- (1) 建設期間： 現在水需給は極めて逼迫しており、できるかぎり早期のプラント完成が優先事項であるので、納期の短いことが選定において重要な要件である。
- (2) 稼働実績： 本プロジェクトの成否は市民の生活存立の基盤を左右することになるものであるだけに、リスクは避けなければならない。従って、稼働実績が豊富で技術的に完成した信頼性のあるプロセスであることが重要な要件である。

(3) 運転管理の容易性： プラントの運転、維持管理の熟練者が極めて少ないと思われるため、できるかぎり運転、維持管理が容易で自動化されたプロセスが望ましい。

前記の要件に重点を置いて両プロセスの評価を行うと、大型プラントの稼働実績ではMSFプロセスが大きな優位性を有している一方、経済性、運転および維持管理の容易性の面ではROプロセスが有利である。

アルジェリア政府当局は最近プロジェクト実施において稼働実績を最も重視する要素としているが、最近の逆浸透法の技術進歩は目ざましいものがあり、経済的に見ても逆浸透法が好ましいプロセスであるといえることができる。

以上の検討の結果、本プロジェクトにおいては逆浸透法を選定するのが妥当と判断される。

13. 総合評価およびプロジェクト計画

13.1 本プロジェクトの実施の妥当性

本プロジェクトの実施によって、これまでの深刻な水不足は一挙に解消され、これまで被っていた水不足による社会的経済的な莫大な損失が回避される。

このため、建設期間が短く、直ちに送水が可能で、天候に左右されることなく安定した水供給が行える海水淡水化は重要な水資源対策としてその意義が大きい。

本プロジェクトはアルジェリア国における低エネルギー価格、大型プラントのスケールメリット、プラントの合理化等により、他の同種の海水淡水化プロジェクトに比べて経済性の面において遜色がなく、魅力のあるプロジェクトである。

本プロジェクトの経済効果は深刻な水不足状況下における生産水の経済価値をいかに評価するかにより大きく左右される。経済分析で仮定した生産水に対する経済価値が妥当であるならば、本プロジェクトの経済効果は大きく、また、本プロジェクトの実現により期待される他の社会的経済便益（衛生事情の改善、生活環境の向上、地域社会の経済効果、雇用機会の増大等）を考慮すると社会への貢献は極めて高い。

13.2 プロジェクト計画

本プロジェクトは、逆浸透法によって海水淡水化を実施する。プラントの早期完成のために、建設工事契約は遅くとも1985年初頭までに完了する必要がある。

プロジェクト計画の要目は次の通りである。

- | | | | |
|------------------|---|-----------------------------------------------------|--------------|
| (1) 建設工程 | : | 1985年初頭 | 工事契約完了 |
| | | 1985年初め~1987年6月末 | プラント建設工事 |
| | | 1987年7月 | 全プラント操業開始 |
| (2) プラントサイト | : | Oureah | |
| (3) 淡水生産能力 | : | 60,000m ³ /日 | |
| (4) ユニット規模および基数 | : | 15,000m ³ /日×4ユニット | |
| (5) 所要面積 | : | 25,000m ² (100m×250m) | |
| (6) 既設水道設備との接続地点 | : | El Djenavel | |
| (7) 送水管径および送水距離 | : | 750mmφ×140km | |
| (8) 運営組織(要員数) | : | 工場長 | 1名 |
| | | 運転要員 | 21名 |
| | | 保守要員 | 3名 |
| | | 事務および管理要員 | 9名 |
| | | 合計 | 40名 |
| (9) 総所要資金(試算) | : | 外貨 | 127,116千USドル |
| | | 内貨 | 18,543 " |
| | | 合計 | 145,695 " |
| (10) 年間運転費用(試算) | : | 変動費 | 4,777千USドル |
| | | 固定費 | 5,348 " |
| | | 合計 | 10,125 " |
| (11) 年間生産水量 | : | 19,800×10 ³ m ³ /年 (年間330日稼働) | |
| (12) 生産水コスト(試算) | : | 185.03USセント/m ³ (7.92DA/m ³) | |

(有収率 70%)

(13) 資金調達計画 (試算)

投資額	:	自己資本 (30%)	43,698千USドル
		長期借入 (70%)	101,961 "
プロジェクト運営資金 (年平均値)	:	水道料金徴収額	1,732 "
		必要補助金額	21,145 "
		短期借入金	21,876 "

JICA