

アルジェリア民主人民共和国(オラン市域)

海水淡水化計画調査報告書

要 約

昭和 59 年 9 月

国際協力事業団

401
65.8
MPI

アルジェリア民主人民共和国(オラン市域)

海水淡水化計画調査報告書

要 約

JICA LIBRARY



1029361E13

昭和 59 年 9 月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 61.7.28	401
登録No. 12940	65.8
	MPI

要 約

目 次

1. 諸論	5
2. オラン市域の概要	6
3. 水需給予額と海水淡水化プラント規模	7
4. プラントサイトの選定	8
5. プラントの計画条件	10
6. 蒸発法海水淡水化プラント(MSF)の概念設計	11
7. 逆浸透法海水淡水化プラント(RO)の概念設計	12
8. 既設水道施設への接続	13
9. 総所要資金と運転費用	14
10. 財務分析	15
11. 経済分析	17
12. 最適プロセスの選定	17
13. 総合評価およびプロジェクト計画	18

要 約

1. 緒 論

1.1 調査の経緯

アルジェリア国のオラン市域（アルズー市等を含む）は、近年、人口の急激な増大と工業の著しい発展によって、深刻な水不足状況にあり、大幅な給水制限を余儀なくされている。

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、オラン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、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

オラン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、オラン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. オラン市域の概要

2.1 自然条件

オラン市は首都アルジェ市のほぼ西南西約400kmの距離にある。

オラン市域の海岸線はごく一部を除いて断崖で、地域によっては標高数百mの丘陵が迫っている。オラン市からアルズー市までの内陸部は標高100m程度のゆるやかな起伏が続く丘陵地帯である。

本地域は典型的な地中海性気候で、平均気温は17°C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。

オラン県は水資源に恵まれておらず、県内には十分な供給能力を有する表流水源がなく、地下水源は全給水量の30%以下しか賄えない。従って、残りの70%以上は県外の川からの遠距離導水によって賄われているが、オラン市域の急増する水需要に対応した水源の開発は容易ではなく、深刻な水不足が続いている。アルジェリア国当局の試算によれば、1984年の不足水量は日量平均約74,000m³、1990年には日量平均約202,700m³に達すると見込まれている。

2.2 社会、経済条件

1981年のオラン県の人口は約83万人強であり、その人口密度は461人/km²と高く、また、1966年から1981年までの同県の人口の年平均増加率はオラン市域への人口の集中を反映して3.91%と、極めて大きい。

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。

本市域の東部にはアルズー工業地帯が形成され、250万トンの年間精製能力をもつ石油精製プラント、年間総処理能力224億m³の天然ガス精製プラントのほか、石油ガス液化プラントおよび化学肥料プラントが立地している。

3. 水需給予測と海水淡水化プラント規模

3.1 将来需要水量

オラン市域の将来需要水量を推定すると表1の通りとなる。

表 1 将来需要水量の推定

項 目	年	1983	1990	2000
オラン県全県推定人口 (人)		880,200	1,093,100	1,406,000
都市給水圏推定人口 (人)		716,000	931,300	1,254,100
家庭・商業用水需要量 (m ³ /日)		81,500	148,100	263,300
工業用水需要量 (m ³ /日)		33,500	64,800	80,000
公共用水需要量 (m ³ /日)		20,000	34,000	50,000
家庭、商業、工業、公共各需要計 (m ³ /日)		135,000	246,900	393,300
漏水率 (%)		35.0	30.0	20.8
需要水量合計 (m ³ /日)		207,700	352,700	496,600

3.2 不足水量の推定

現在、Tafna 川からの導水計画が検討されている。すなわち、第 1期として1988年中に 100,000m³/日、第 2期として1993年中に 130,000m³/日、合計 230,000m³/日を導水するよう計画されている。

この導水計画を考慮してオラン市域の不足水量を推定すると表2の通りとなる。

表 2 不足水量の推定

単位：千m³/日

項 目	年	1983	1987	1988	1990	1992	1993	2000
需要水量合計		207.7	292.8	313.4	352.7	386	401.5	496.6
平均給水可能量		150	150	250	250	250	380	380
(既存水源給水可能量)		(150)	(150)	(150)	(150)	(150)	(150)	(150)
(Tafna 系給水可能量)		(-)	(-)	(100)	(100)	(100)	(230)	(230)
不足水量		57.7	142.8	63.4	102.7	136	21.5	116.8

3.3 海水淡水化プラントの規模

表2 に示す通り、第 1期 Tafna 導水完成前年の1987年の不足水量は 142,800m³/日、同計画完成年度の1988年前期において 163,400m³/日である。また第 2期 Tafna 導水完成前年の1992年の不足水量は 136,000m³/日、1993年完成直前において 151,500m³/日ということになる。また、Tafna 川からの導水計画がすべて完成したとしても、今回の調査の対象年次である2000年において、不足水量は 116,600m³/日となる。さらに、2000年以降も不足水量は毎年 1万m³/日強、対前年不足水量との比率で2%程度ずつ増加する見通しである。

なお、最も水が不足するのは当然のことながら Tafna川からの第 1期導水計画が実現する直前で、供給水量は需要水量の約 50%を賄うだけという深刻なものである。

これらを総合的に考慮すれば、海水淡水化プラントの規模は 150,000m³/日程度とすることが妥当と思われる。

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、オラン市を中心に西方Les Andalouse から、東方 Port aux Poulesに至る約100km の沿岸部 3地点について現地踏査し、比較検討した。

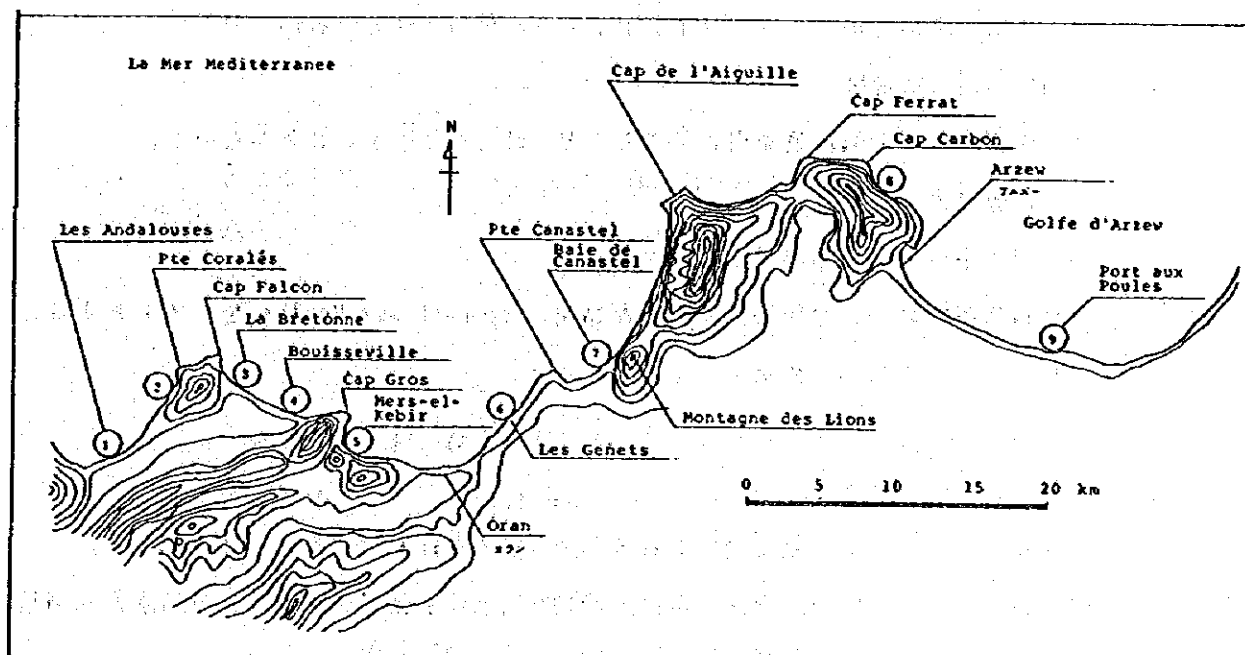


図 1 サイト候補地位置図

この 9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排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か。

(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、大気汚染を引き起こしたり、騒音が発生することがないか。

(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、⑨のPort aux Poules をサイトとするこ
ととし、オラン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 : 150,000 m³/日
- (3) プラントサイト : Port aux Poules
- (4) 生産水の水質 : WHO ガイドライン
- (5) 原海水水質 : Port aux Poules 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 : 9,400 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 × 5ユニット		
水バランス	海水取水量	1,248,000m ³ /日	
	生産水量	150,000m ³ /日	
	排水量	1,098,000m 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	58,500m ³ /時		
電力	2,250kW		
薬品	スケール抑制剤	72.9	kg/時
	消泡剤	1.215	kg/時
	石灰石	375	kg/時
	ソーダ灰	9.4	kg/時

(3) 所要面積

105,800m² (約400m × 250m + 100m × 100m)

(4) 建設工程

1985年初頭工事契約完了として

1987年	4月初め	第1基プラント送水開始	(累計 30,000m ³ /日)
同	5月中旬	2	" (累計 60,000m ³ /日)
同	7月初め	3	" (累計 90,000m ³ /日)
同	8月中旬	4	" (累計 120,000m ³ /日)
同	10月初め	5	" (累計 150,000m ³ /日)

(5) 運営組織

工場長	1名
運転要員	47名
保守 "	14名
事務および管理者	11名
計	73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	一段脱塩	
ユニットの規模	逆浸透設備	15,000m ² /H×10ユニット
および基数	前処理設備	107,000m ² /H×4ユニット
水バランス	海水取水量	461,000m ³ /日
	生産水量	150,000m ³ /日
	排水量	311,000m 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	38,000kW
硫酸(98%)	1,071kg/時
塩化第二鉄(40%)	207.5kg/時

(3) 所要面積

71,700m² (230m×290m+100m×50m)

(4) 建設工程

1985年初頭工事契約完了として

1987年4月初め3ユニット送水開始(累計45,000m³/日)

同 5月中旬 3ユニット // (累計90,000m³/日)

同 7月初め4ユニット // (累計150,000m³/日)

(5) 運営組織

工場長	1名
運転要員	28名
保守 //	14名
事務および管理要員	11名
計	54名

8. 既設水道施設への接続

オラン市域の東系列の計画水源拠点はGambetta配水池であるので、生産水はプラントサイトに設置した浄水池から既設のGambetta配水池へ送水する。送水管ルートは図2の通りである。

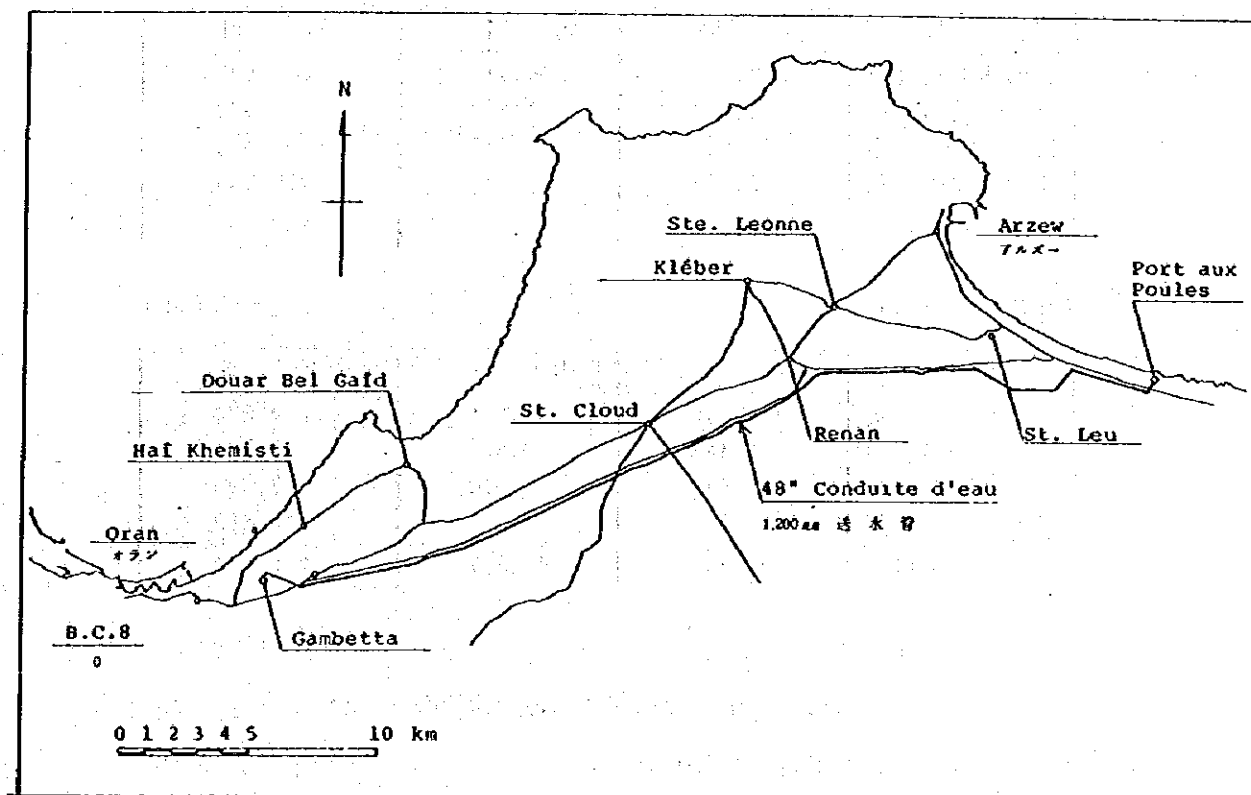


図2 送水管ルート図

送水管に関する仕様は下記の通りである。

管 径	1,200mm
管 種	タールエポキシライニング鋼管
延 長	40km

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	350m
駆動機出力	1,800kW
台 数	常用 5 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	232,460	34,175	266,635
操業前費用	2,502	3,868	6,370
初期運転資金	7,019	492	7,511
建設期間中金利	16,739	-	16,739
所要資金総計	258,720	38,535	297,255

[ROプロセス] (千USドル)

項目	外貨	内貨	合計
プラント建設費	210,630	37,294	247,924
操業前費用	1,493	2,388	3,881
初期運転資金	6,458	625	7,083
建設期間中金利	13,182	-	13,182
所要資金総計	231,763	40,307	272,070

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=4.80A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 ² 当たりコスト (USセント)
変動費	14,154	28.60
固定費	9,128	18.44
合計	23,282	47.04

[ROプロセス]

項目	年間費用 (千USドル)	1m ² 当たりコスト (USセント)
変動費	11,850	23.94
固定費	10,433	21.08
合計	22,283	45.02

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0.75DA/m³とする。
- (6) 有収率を70%とする。

10.3 財務分析結果

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	MSF	RO
総投資額	297,255	272,070
資金計画		
自己資本	89,177	81,621
借入金	208,078	190,449
販売収入 (1m ² 当たり収入 DA/m ²)	5,414 (0.75)	5,414 (0.75)
必要補助金額 (1m ² 当たり金額 DA/m ²)	44,188 (6.12)	40,405 (5.60)
合計 (生産水コスト DA/m ²)	49,602 (6.87)	45,819 (6.35)
キャッシュフロー (年平均値)	5,954	5,450
キャッシュフロー (プロジェクト期間総計)	89,319	81,750
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/m²)

項 目	MSF	RO
総生産水量当たり	100.19 (4.81DA/m ²)	92.55 (4.44DA/m ²)
有取水量当たり	143.12 (6.87DA/m ²)	132.21 (6.35DA/m ²)

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44,188千USドル(MSFプロセス)および40,405千USドル(R0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65%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、まず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。経済面については、総所要資金および造水コストはR0プロセスがMSFプロセスより若干低い値になっている。しかしこのほかにも考慮する要素があるため、この理由だけで結論づけることは危険である。

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) 大規模適性： プラント容量は15万 m^3 /日と大規模であるので、大型プラントに適したプロセスであることが要件である。スケールメリットがあり、1基当たりの容量が大きくできるプロセスであることが重要である。

(4) 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、建設期間の短縮、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。

稼働実績の要件を除けば、どちらも採用可能なプロセスである。稼働実績については、アルジェリア当局において最も重視する要素としており、この稼働実績に重点をおけば、MSFプロセスが好ましいプロセスであるといえる。

以上の検討の結果、本プロジェクトではMSFプロセスを選定するのが妥当と判断される。

なお、ROプロセスはまだ実績が少ないものの、現在技術が急速に発展している方式で、スケールアップも着実に進んでおり、将来性あるプロセスである。今後計画されるプロジェクトにおいては、ROプロセスについても十分な検討評価の対象とすることが必要である。

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。オラン市域はTafna 導水完成後でも、不足水量が生じ、水需給の逼迫の度合は年ごとに強まることが予想される。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-

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、多段フラッシュ蒸発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。

(1) 建設工程	:	1985年初頭	工事契約完了
		1985年初め～1987年 9月末	プラント建設工事
		1987年10月	全プラント操業
(2) プラントサイト	:	Port aux Poules	
(3) 淡水生産能力	:	150,000 m ³ /日	
(4) ユニット規模および基数	:	30,000 m ³ /日× 5ユニット	
(5) 所要面積	:	105,800 m ² (約400mL × 250mW + 100mL×100mW)	
(6) 既設水道設備との接続地点	:	Gambetta配水池	
(7) 送水管径および送水距離	:	1200mmφ×40km	
(8) 運営組織 (要員数)	:	工場長	1名
		運転要員	47名
		保守要員	14名
		事務および管理要員	11名
		合計	73名
(9) 総所要資金 (試算)	:	外 貨	258,720千USドル
		内 貨	38,535 "
		合 計	297,255 "

(10) 年間運転費用 (試算) : 変動費 14,154千USドル

固定費 9,128 //

合計 23,282 //

(11) 年間生産水量 : $49,500 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{年}$ (年間 330日稼働)

(12) 生産水コスト (試算) : 143.15USセント/ m^3 (6.87DA/ m^3)

(有収率 70%)

(13) 資金調達計画 (試算)

投資額 : 自己資本 (30%) 89,177千USドル

長期借入 (70%) 208,078 //

プロジェクト運営資金 : 水道料金徴収額 5,414 //

(年平均値) 必要補助金額 44,188 //

短期借入金 41,964 //

JICA