

アルジェリア民主人民共和国海水淡水化計画
調査報告書

昭和 58 年 9 月

国際協力事業団

鉦計工

J R

83--109

JICA LIBRARY

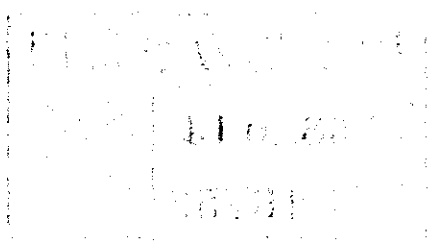


1061616[9]

アルジェリア民主人民共和国海水淡水化計画

調査報告書

昭和 58 年 9 月



国際協力事業団

国際協力事業団

受入 84. 4. 21
月日

401

登録No. 03653

61.7

MPI

は し が き

日本国政府は、アルジェリア民主人民共和国政府の要請に基づき、同国アルジェ市域に於ける海水淡水化プラント建設計画に関するフィージビリティ調査を行うこととし、その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は、村山義夫氏（財団法人造水促進センター）を団長とする調査団を編成し、1983年3月12日より20日間にわたり現地調査を行った。調査団は、アルジェリア政府及び関係機関の協力を得て、プロジェクト関連地域の現地踏査、関係資料の収集等の現地調査を実施し、そのうち、同調査によって得られた結果及び資料に基づき、データの検討、解析等の国内作業を行った。本報告書はこの成果を取りまとめたものである。

本報告書がアルジェリア経済の発展に貢献し、さらに日本・アルジェリア間の友好関係の発展に資することができれば幸いである。

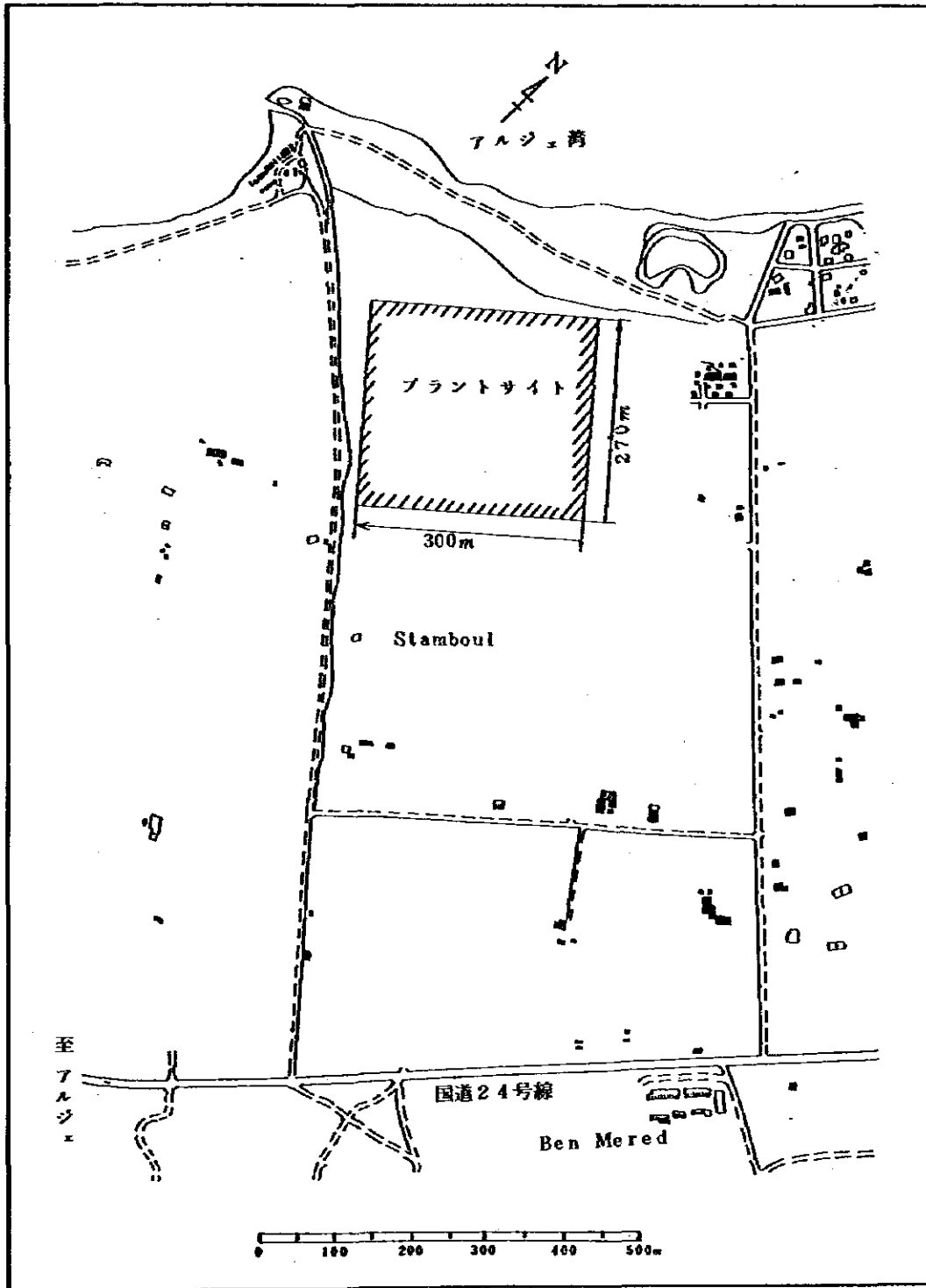
終りに、本調査の任に当たられた団員各位の労を多とするとともに、調査に際し多大の協力をいただいたアルジェリア政府、在アルジェリア日本国大使館、外務省及び通産省の関係各位に対し、衷心より感謝の意を表するものである。

1983年9月

国際協力事業団

総 裁 有 田 圭 輔





プラントサイト位置図

目 次

	ページ
要 約	1
表 一 覧	(4)
図 一 覧	(7)
略号一覧	(10)
第1章 緒論	
1.1 調査の経緯	1
1.2 調査の目的	1
1.3 調査の内容	2
第2章 大アルジェ圏の概要	
2.1 位置	7
2.2 自然条件	8
2.3 社会、経済条件	9
第3章 大アルジェ圏の水道事業の現状と水需給予測	
3.1 大アルジェ圏の水道事業の現況	13
3.2 大アルジェ圏の水需給予測	16
3.3 海水淡水化プラントの規模	18
第4章 海水淡水化プロセス	
4.1 各種海水淡水化プロセスの概要	27
4.2 大規模プロジェクトに適する海水淡水化プロセス	35
4.3 海水淡水化の実施状況	43
第5章 プラントサイトの選定	
5.1 大アルジェ圏周辺の自然環境条件	47
5.2 候補地の立地条件	53
5.3 候補地の比較検討と最適候補地の選定	55
第6章 プラントの計画条件	
6.1 プラント能力	59
6.2 プラントサイト	59
6.3 生産水の水質	60

6.4	原海水水質		61
6.5	用役および薬品類		62
6.6	環境保全対策		63
6.7	その他プラント計画において配慮すべき事項		66
第7章	蒸発法海水淡水化プラントの概念設計		
7.1	一般仕様		67
7.2	プロセスの概要		68
7.3	機器の仕様		79
7.4	プラント配置		88
7.5	建設工程		90
7.6	運営組織および要員計画		93
第8章	逆浸透法海水淡水化プラントの概念設計		
8.1	一般仕様		99
8.2	プロセスの概要		100
8.3	機器の仕様		115
8.4	プラント配置		123
8.5	建設工程		125
8.6	運営組織および要員計画		127
第9章	既設給水系への接続		
9.1	送水管		129
9.2	浄水池		133
9.3	送水ポンプ		133
9.4	配水地		134
9.5	混合水の水質		135
第10章	総所要資金と運転費用		
10.1	総所要資金		137
10.2	運転費用		141
10.3	年間運転費用		145
第11章	財務分析		
11.1	総論		147

11.2	財務分析の主要前提条件	147
11.3	プロジェクトの収益性	151
11.4	プロジェクトの運営計画	152
11.5	財務分析の方法	155
11.6	財務分析結果	156
11.7	感度分析	164
11.8	財務分析結果の評価	166
第12章	経済分析	
12.1	経済分析の目的	179
12.2	本プロジェクトの経済的便益	180
12.3	本プロジェクトの経済的費用	183
12.4	経済的内部収益率	188
12.5	経済分析結果の評価	188
第13章	最適プロセスの選定と総合評価	
13.1	技術的評価	193
13.2	経済的評価	196
13.3	最適プロセスの選定	197
13.4	本プロジェクト実施の妥当性	199
ANNEX I 海象・気象条件		
I-1	水質分析結果（水資源省による分析）	
I-2	水質分析結果（JICAによる分析）	
I-3	気象観測データ	
ANNEX II 二重目的プラント		
ANNEX III 財務分析諸表（計算機アウトプット）		
ANNEX IV 多段フラッシュ蒸発法プロセスと逆浸透法プロセスとの比較分析		

表一覽

		本誌掲載記事の目次(目録)	1
		巻頭言(イサノミツロウ)	1
表 1. 1	現地調査団メンバー	現地調査団メンバー	3
表 1. 2	現地調査の詳細スケジュール	現地調査スケジュール	3
表 1. 3	調査団メンバー	現地調査団メンバー	5
表 1. 4	調査スケジュール	現地調査スケジュール	6
		2. 現地調査の概要(目録)	7
表 2. 1	大アルジェ圏の気象データ	現地調査	9
		現地調査の概要	11
表 3. 1	1980年のSEDA Lの給水状況	現地調査	16
表 3. 2	将来需要水量の推定	現地調査	17
表 3. 3	年次別需給水量と不足量	現地調査	19
表 3. 4	充足率の見通し(%)	現地調査	18
表 3. 5	夏期における水不足率と水不足評価	現地調査	23
表 3. 6	海水淡水化プラントの通水による大アルジェ圏の水需給見通し	現地調査	24
		3. 現地調査の概要	25
表 4. 1	海水淡水化プロセスの分類	現地調査	27
表 4. 2	大容量多段フラッシュ法海水淡水化プラント一覽表	現地調査	45
表 4. 3	大型逆浸透法海水淡水化プラント一覽表	現地調査	46
		4. 現地調査の概要	47
表 5. 1	水深別海水の温度実測値 (5月～11月)	現地調査	51
表 5. 2	底質分析結果 (5月～11月)	現地調査	52
表 5. 3	サイト候補地比較表	現地調査	57
		5. 現地調査の概要	58
表 6. 1	アルジェリアの水質基準(公布予定)	現地調査	60
表 6. 2	WHOの水質基準	現地調査	61
表 6. 3	原海水水質	現地調査	62
表 6. 4	受電条件および料金	現地調査	62
表 6. 5	燃料ガスの供給条件および料金	現地調査	63

		ページ
表 6. 6	薬品の仕様および単価 (1) 多段フラッシュ蒸発法プロセス (2) 逆浸透法プロセス	64
表 6. 7	排水の水質基準	64
表 6. 8	環境基準	65
表 7. 1	多段フラッシュ蒸発法プラント運営組織	95
表 7. 2	要員の資格条件 (多段フラッシュ蒸発法プラント)	96
表 8. 1	逆浸透法海水淡水化プラント運営組織表	128
表 9. 1	送水管の水理計算	133
表 9. 2	混合水の水質 (多段フラッシュ蒸発法)	135
表 9. 3	混合水の水質 (逆浸透法)	136
表 10. 1	総所要資金サマリー (MSFプロセス) (ROプロセス)	137
表 10. 2	プラント建設費	138
表 10. 3	操業前費用 (MSFプロセス) (ROプロセス)	139
表 10. 4	総所要資金の出費スケジュール (MSFプロセス) (ROプロセス)	141
表 10. 5	変動費	142
表 10. 6	固定費	142
表 10. 7	単価および原単位 (MSFプロセス) (ROプロセス)	143
表 10. 8	人件費	143
表 10. 9	工場管理費	144
表 10.10	年間運転費用 (MSFプロセス) (ROプロセス)	145

		ページ
表 11. 1	販売計画	152
表 11. 2	総所要資金	153
表 11. 3	総所要資金の出費スケジュール (MSFプロセス) (ROプロセス)	153
表 11. 4	運転費用サマリー	154
表 11. 5	財務分析結果サマリー	157
表 11. 6	造水コスト (MSFプロセス) (ROプロセス)	159
表 11. 7	操業期間中の資金バランス (MSFプロセス) (ROプロセス)	162
表 11. 8	主要財務指標 (MSFプロセス) (ROプロセス)	165
表 11. 9	感度分析結果サマリー (MSFプロセス)	167
表 11.10	感度分析結果サマリー (ROプロセス)	168
表 11.11	プロジェクトの収益性感度分析サマリー	172
表 11.12	生産水価格の低減案	174
表 11.13	必要補助金量 (全額自己資金案) (MSFプロセス) (ROプロセス)	175
表 11.14	必要補助金量 (短期借入金を補助金で賄う案)	176
表 12. 1	生産水の経済的便益量	182
表 12. 2	コミッショニング期間中の生産水の経済価値	183
表 12. 3	プロジェクト所要資金の経済価値 (MSFプロセス) (ROプロセス)	186
表 12. 4	生産費用の経済価値 (MSFプロセス) (ROプロセス)	187
表 12. 5	経済的内部収益率 (EIRR) の算定 (MSFプロセス)	190
表 12. 6	経済的内部収益率 (EIRR) の算定 (ROプロセス)	191

図一覽

		ページ
図 2. 1	アルジェリア国位置図	7
図 2. 2	大アルジェ国概要図	8
図 3. 1	水道施設の現況	14
図 3. 2	需給水量の季節変動 (1980年)	15
図 3. 3	将来の水需給見通し	18
図 3. 4	給水制限と解除後の需要回復状況 (日本における渇水時の例)	21
図 3. 5	水不足評価とプラント規模の関係	23
図 3. 6	大アルジェ国の水需給見通し	25
図 4. 1	多段フラッシュ法 (貫流式) の原理図	28
図 4. 2	水平管式堅型多重効用法原理図	29
図 4. 3	逆浸透法の原理図	31
図 4. 4	逆浸透法プロセスフロー概要図	31
図 4. 5	電気透析法の原理図	32
図 4. 6	LNG直接接触冷凍法実験プラントのフローシート	33
図 4. 7	太陽熱集熱装置と多重効用法との組合せ図	34
図 4. 8	海水の飽和蒸気圧曲線と水の蒸発熱	36
図 4. 9	ブライン循環式多段フラッシュ型海水淡水化装置動作図	38
図 4.10	多段フラッシュ型造水装置の構造 (長管式の場合)	39
図 4.11	多段フラッシュ型造水装置の構造 (短管式の場合)	39
図 4.12	スパイラル型モジュール構造図	40
図 4.13	中空系型モジュール構造図	41
図 4.14	逆浸透法海水淡水化プラントのフローシート	42
図 5. 1	サイト候補地位置図	47
図 5. 2	Sidi Ferruch沖採水・採泥箇所	48

図 5. 3	Stamboul沖採水・採泥箇所	48
図 5. 4	アルジェ湾の汚染状況	49
図 5. 5	アルジェ湾の塩分濃度分布および予想潮流	49
図 5. 6	アルジェ湾の月別海水温度	51
図 7. 1	多段フラッシュ蒸発法海水淡水化プラント プロセスフローシート (50,000m ³ /日)	74
図 7. 2	多段フラッシュ蒸発法海水淡水化プラント ヒートマスバランス (50,000m ³ /日)	75
図 7. 3	多段フラッシュ蒸発法海水淡水化プラント ユニット配置図 (50,000m ³ /日)	76
図 7. 4	多段フラッシュ蒸発法海水淡水化プラント 取排水設備	80
図 7. 5	多段フラッシュ蒸発法海水淡水化プラント プラント全体配置図	89
図 7. 6	多段フラッシュ蒸発法海水淡水化プラント 建設工程表	91
図 8. 1	逆浸透法海水淡水化プラント プロセスフローシート	101
図 8. 2	逆浸透法海水淡水化プラント 水収支 (マスバランス)	103
図 8. 3	逆浸透法海水淡水化プラント 前処理設備図	108
図 8. 4	逆浸透法海水淡水化プラント 逆浸透設備図 (15,000m ³ /日)	110
図 8. 5	逆浸透法海水淡水化プラント 取排水設備図	113
図 8. 6	逆浸透法海水淡水化プラント プラント全体配置図	124
図 8. 7	逆浸透法海水淡水化プラント建設工程表	126

		ページ
図 9. 1	生産水の分水と送水管接続計画の概念図	130
図 9. 2	El HarrachとフッキングポイントNo.2との間の送水管	130
図 9. 3	送水管ルート図	132
図 11. 1	プロジェクトスケジュール	148
図 11. 2	財務分析結果サマリー (キャッシュフローの内訳)	158
図 11. 3	造水コストの内訳 (MSF/RO 基本ケース)	161
図 11. 4	感度分析 (プロジェクト収益性)	169
図 11. 5	感度分析 (プラント稼働率/プラント建設費/ 借入金金利/借入金・自己資本比率)	170
図 12. 1	生産水の経済価値プレミアム	180

略号一覧

SEDAL	アルジェ水道公社
SONELGAZ	電気・ガス公社
SS	懸濁物質
PH	ピー・エッチ (水素イオン濃度)
TDS	全溶解性固型分
MSF	多段フラッシュ蒸発法
RO	逆浸透法
F/S	フィージビリティ・スタディー (可能性調査)
BOD	生物化学的酸素要求量
COD	化学的酸素要求量
FI	汚れ指数
DCF法	Discounted Cashflow Method
IRR	内部収益率
IRROE	自己資本内部収益率
F.C.	外貨
L.C.	内貨
CFE	Cash Flow Element : キャッシュフロー要素
SR	販売収入
WCR	運転資金の回収、他
STL	短期借入金
VOC	変動費
FOC	固定費
R. Tax	収入税
Int (LTL)	長期借入金 金利
Int (STL)	短期借入金 金利
Rep (LTL)	長期借入金 元本返済
Rep (STL)	短期借入金 元本返済
B.E.P.	Break Even Point 分岐点
EIRR	経済的内部収益率

要 約

目 次

1	大アルジェ圏の水道事業の現状と水需給予測	1
2	海水淡水化のプロセス	2
3	プラントサイトの選定	3
4	プラントの計画条件	5
5	多段フラッシュ蒸発法 (MSF) 海水淡水化プラントの概念設計	5
6	逆浸透法 (RO) 海水淡水化プラントの概念設計	8
7	既設給水系への接続	11
8	総所要資金と運転費用	13
9	財務分析	15
10	経済分析	20
11	最適プロセスの選定と総合評価	22
12	本プロジェクト実施の妥当性	24

要 約

1 大アルジェ圏の水道事業の現状と水需給予測

1.1 水道事業の現状

アルジェ水道公社は大アルジェ13区域と周辺地域を給水区域とし、給水人口は1,623千人(1980年)である。水道の水源は全量地下水に依存しており、Barakiをはじめとする8つの井戸群、125本の井戸によりまかなわれている。取水された水はEl Harrach等28ヵ所のポンプ施設から塩素滅菌されたのち送水され、Kouba等92の配水池を経て一般に給水されている。

年間給水量のうち64.4%が有収水量で、また給水量の45.3%が一般家庭および商業用となっている。

1980年の実績給水量は日平均が310千 m^3 /日、夏期平均は344千 m^3 /日で、一方、推定需要水量は日平均が347千 m^3 /日、夏期平均が392千 m^3 /日と充足率は平均89%、夏期88%となっている。

1.2 水需給予測

将来の水需給予測は図1の通りで、1987年のケダラダムの完成時までには、水不足はかなり深刻化すると予測されている。

海水淡水化プラント運転開始予定の1986年の日平均不足水量は168千 m^3 /日、夏期平均不足水量は197千 m^3 /日となり、充足率は日平均69%、夏期平均68%と現状に比べてさらに20%低下するであろうと予測される。

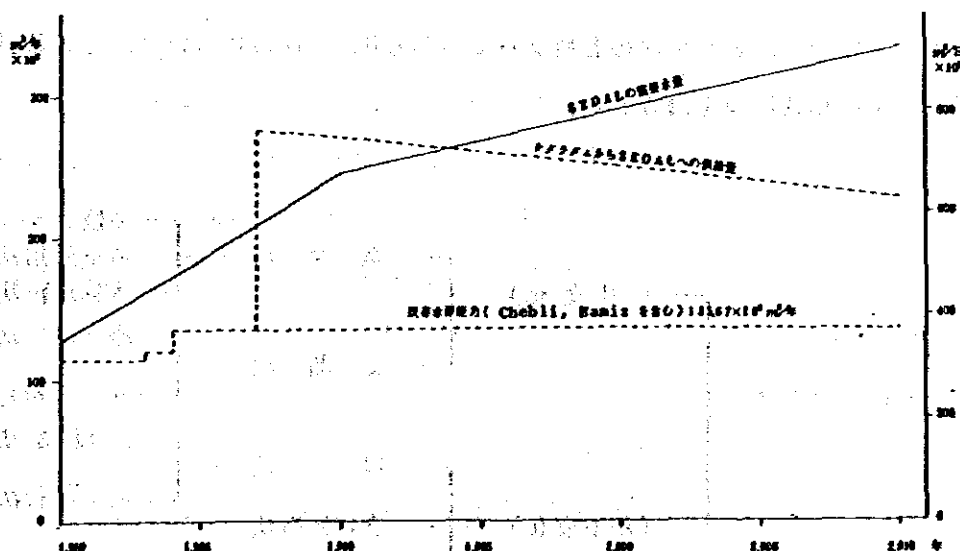


図1 将来の水需給見通し
(1)

1.3 海水淡水化プラントの規模

海水淡水化の規模を設定するためには次の要件を考慮しなければならない。

- (1) プラント完成の翌年にケダラダムが完成する。
- (2) 海水淡水化プラントは経済性の面からできるだけ稼働率を高く維持することが望ましい。
- (3) 慢性的な水不足が続いた後の水需給は、需給が緩和しても急速には本来の需要水準まで回復しないという一般的事実がある。
- (4) 夏季の最大需要量に合わせて給水量を確保すると、夏の約1ヵ月以外は給水能力が余ることになり、給水コストが高くなる。

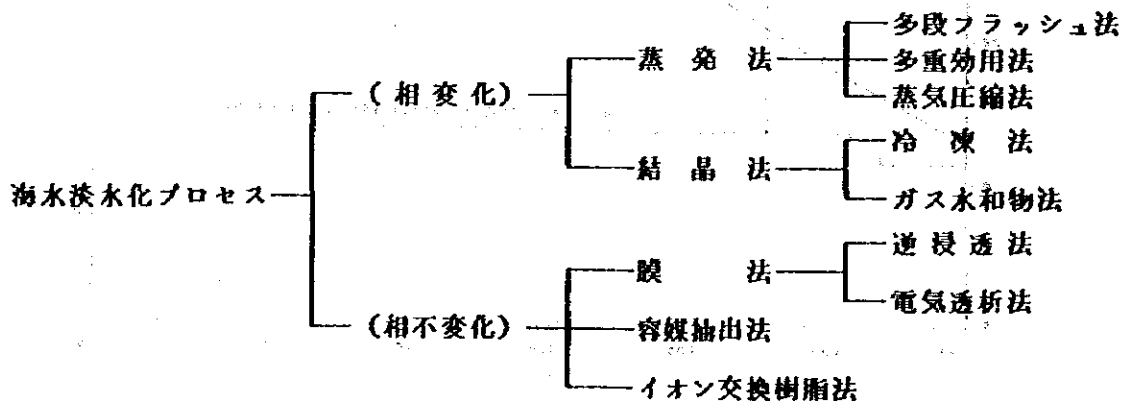
以上の点から、1986年の夏期平均不足量 197千 m^3 /日を100%充足させるプラント規模を設定することは、むしろ不経済になる恐れがある。

一方、水不足に対する人間の許容限界は、水不足評価指標（不足率と不足日数の積の累計）で1,000%・日～1,500%・日とされている。したがって、1986年において、現在想定されている本来の水需要量まで伸びたとしても、水不足評価が1,000%・日以下であれば許容できると思われる。

このため、本 F/S、では水不足評価が約800%・日の 150,000 m^3 /日を本プロジェクトのプラント規模として設定した。

2 海水淡水化のプロセス

海水淡水化の方法として次の各種プロセスがあり、これらについて、その特徴、技術の現状、実用化状況等を調査した。



検討の結果、本プロジェクトにおいて要求される諸条件を満たすプロセスとしては、多段フラッシュ蒸発法(MSF)と逆浸透法(RO)が適していると認められた。このため、この両プロセスについて概念設計を行い、詳細な検討を行うこととした。

世界の大型海水淡水化プラントの設置状況を見ると、1基20,000 m³/日以上以上の容量のプラントはすべてMSFであり、ROはまだ大型プラントは少ないが、急速な伸びを示している。

3 プラントサイトの選定

アルジェ市を中心に東西約80kmの海岸線上の次の5地点をサイト候補地として選び、各候補地の踏査、主要海域での調査船による実地調査および資料収集を実施し、海水淡水化プラントの立地選定に必要な評価項目ごとに比較検討を行った。(図2参照)

- (1) Sidi Ferruch
- (2) Grande Plage
- (3) Stamboul
- (4) Jean Bart
- (5) Zemmouri

その結果、次の理由によりStamboulを本プロジェクトのプラントサイトとしてスタディーを進めることとした。

- (1) 必要な用地スペースが得られる。
- (2) ケダラダムからの送水管ルートに近く、生産水の送水管をこれに接続することにより、比較的容易に既設給水系に組み込むことができる。
- (3) 電気、天然ガスの供給幹線に近い。
- (4) アルジェ港からの各種資材、機器の陸送に問題がない。
- (5) 市中心から近く、プラントの運営管理に便利である。
- (6) 海岸から約600m沖合で8mの水深が得られ、取水設備の設置に大きな問題はないと思われる。
- (7) リゾート地区からはずれており、周囲環境に及ぼす影響は少ない。

図3にMSF海水淡水化プラントの位置を示す。(5.4参照)

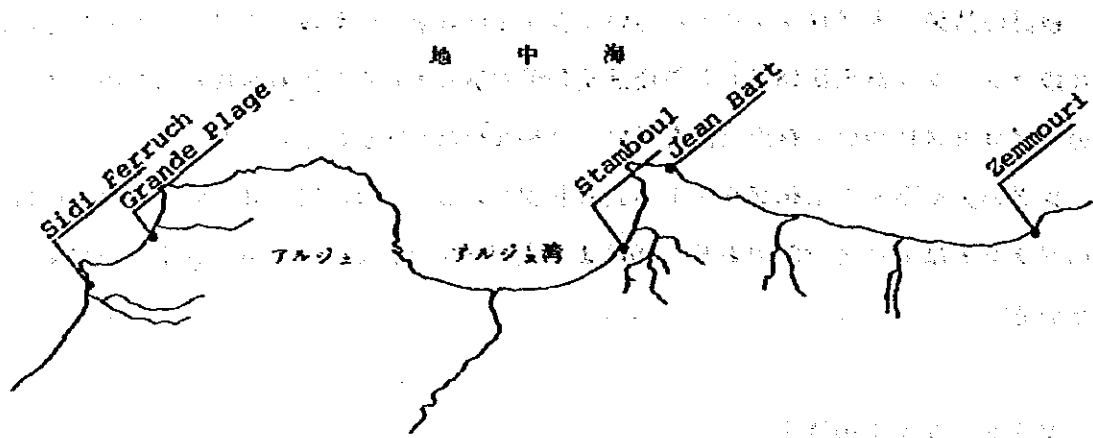


図2 サイト候補地位置図

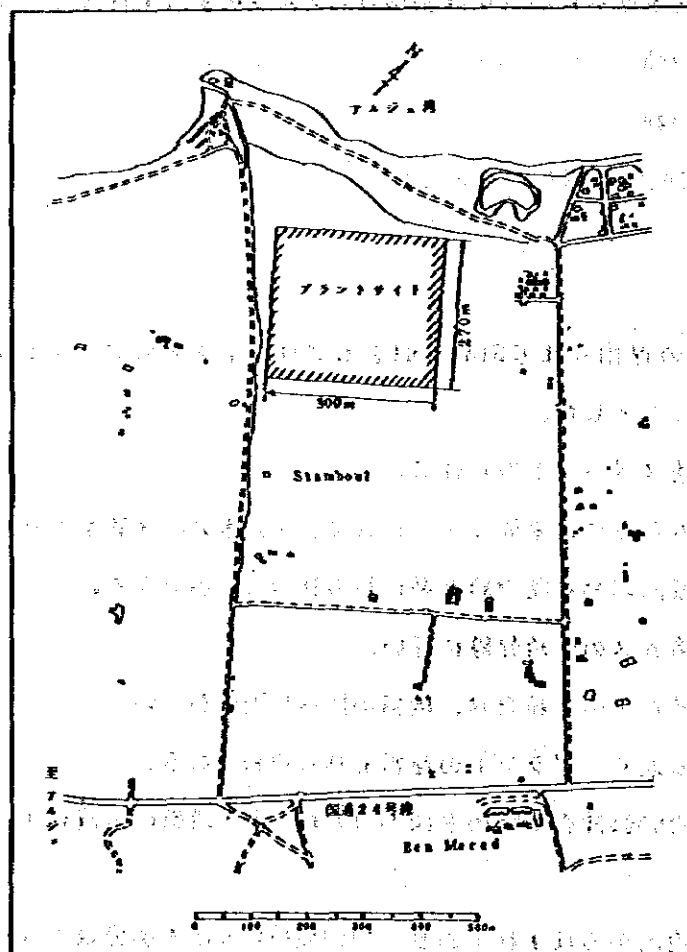


図3 NSF海水淡水化プラント位置図

4 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とおり設定した。

- (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) プラント規模 : 150,000 m³/日
- (3) プラントサイト : Stamboul
- (4) 生産水の水質 : WHO 基準
- (5) 原海水水質 : Stamboul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、4Bar、料金1.22サンチーム/1,000kcal
- (8) 薬 品 : 単価はプラントサイドでの入手可能価格
- (9) 環境保全 : 排水、排ガス、騒音について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。

5 多段フラッシュ蒸発法 (MSF) 海水淡水化プラントの概念設計

5.1 一般仕様

本プロジェクトにおける種々の要件を考慮し、前項の計画条件に基づき、次の一般仕様を決定した。

(1) 仕 様

方 式	長管式多段フラッシュ蒸発法 (単一目的)
淡水生産能力	150,000 m ³ /日
ユニット容量および数	50,000 m ³ /日 × 3ユニット
作動方式	ブライン再循環式
スケール制御方式	高温用スケール抑制剤注入およびポールクリーニング方式

蒸発器段数	熱回収部	30段	熱回収率	80%
熱回収部	熱放出部	3段	熱回収率	80%
	合計	33段	熱回収率	80%
生産水水质	WHO の水質基準を満足する。			
水バランス	取水量	1,248,000 m ³ /日	排水量	1,098,000 m ³ /日
	生産水量	150,000 m ³ /日		
	排水量	1,098,000 m ³ /日		

おもな運転条件

造水比	8:10
循環ライン最高温度	110℃
排出ライン温度(最高)	34℃
生産水温度(最高)	32℃
循環ライン濃縮比	1.82

(2) プラント構成

造水設備	蒸発器	ラインヒーター	抽気装置	脱気器	ボールクリーニング装置	薬注設備	取排水設備	蒸気発生設備	生産水送水設備	受変電設備
------	-----	---------	------	-----	-------------	------	-------	--------	---------	-------

(3) ユーティリティおよび薬品

燃料ガス	50,000 Nm ³ /時
電力	12,820 kW
薬品	スケール抑制剤 72.9 kg/時
	消泡剤 1.215kg/時

5.2 概念設計方針

本プラントは、次のような考え方で概念設計を行った。

(1) アルジェ地区は電力の供給力が十分あり、エネルギー価格が安いため二重目的プラントのメリットがそれ程大きくなく一方、二重目的プラントとした場合には、工期が長くなり、広大な用地を必要とするので単一目的プラントとした。

(2) ユニット容量は、(a) スケールアップのメリット、(b) 運転、維持管理の簡素化、(c) 建設期間の短縮化、(d) ユニット休止時の供給への影響等を考慮して、技術的困難なしにスケールアップ可能な容量である50,000m³/日と決定した。

(3) 装置の形式は、大型装置に適した装置コストの安い長管式を採用した。

(4) スケール防止方式は、運転管理が容易で、中東地区で実績の多いスケール抑制剤の注入方式を採用し、かつボールクリーニング方式を併用した。

(5) エネルギー価格が安い本地域でのプラント最適化設計を検討した結果、造水比を8（加熱蒸気1トン当りの生産水量m³）とし、蒸発器段数を33段とした。

(6) 本地域のエネルギー価格は、電力に比べ天然ガスが極めて安いいため、大型のポンプ類はモーター駆動にかえて蒸気タービン駆動とし、電力費の低減を図った。なお、タービン排気はブライン加熱に有効利用する。

5.3 蒸発プロセスの概要

(1) 原海水は海岸から600m沖合水深8mに設置した取水設備から、深層取水方式によって取水され、蒸発器熱放出部へ冷却海水として送られる。

(2) 熱放出部を出た海水は大部分が排水槽に導かれ、一部は脱気器を経て、系内の循環ブラインに補給水として混入される。この補給水にはスケール抑制剤、消泡剤が注入される。

(3) 補給水が混入されたブラインは蒸発器熱回収部の最低温段の伝熱管内に導かれ、熱回収部で発生した蒸気を凝集させて潜熱を回収し、温度が上昇しながら熱回収部の第一段に至る。

(4) 第一段伝熱管を出たブラインはブラインヒーターで更に加熱されて第一段蒸発室に送られ、熱回収部最高温段から熱放出部最終段まで順次フラッシュ蒸発を起こしながら各段の圧力差によって流れる。

(5) 蒸発器各段で生成した蒸留水(淡水)はブラインと同様に最高温段より最終段まで圧力差によって流れ、最終段から蒸留水ポンプによって引き出され、浄水池に送られる。排出されたブラインおよび海水は排水設備を経て放流される。

(6) 海水淡水化プラントは連続運転で、起動停止の頻度も少ないものと考えられるので、起動停止は運転要員の操作により行うが、そのほかは自動制御システムによる自動運転が行われる。操作はすべて中央制御室での集中管理システムで行われる。

5.4 プラントの所要面積

緑化地区、駐車場等を含め、総敷地面積は81,000m²(300m × 270m)である。

5.5 建設工程

1984年初頭にコントラクターとの契約を完了したとして、第1基目のプラント(50,000m³/日)が1986年4月初めから稼働を開始し、以後、同年5月中旬に第2基目(累計100,000m³/日)、7月初めに第3基目(累計150,000m³/日)が完成してフル稼働に入る。

5.6 運営組織および要員計画

プラントの運営組織は運転要員43名、保守要員14名、事務部門および管理者12名で、合計69名で構成される。これら要員は1984年7月から順次採用し、送水開始の6ヵ月前までに採用を完了し、2ヵ月程度の研修を行い、さらに試運転と並行して実地教育を行う。

6 逆浸透法(RO)海水淡水化プラントの概念設計

6.1 一般仕様

本プロジェクトにおける種々の要件を考慮し、4項の計画条件に基づき、次の一般仕様を決定した。

(1) 仕様

方式：逆浸透法による一段脱塩

淡水生産能力：150,000m³/日

ユニット容量および数：逆浸透設備 15,000m³/日 × 10ユニット

前処理設備 107,000m³/日 × 4ユニット

生産水水質 : WHO 水質基準を満足する。

水バランス : 取水量 481,000m³/日

ROモジュール供給量 429,000m³/日

生産水量 150,000m³/日

排水量 311,000m³/日

逆浸透モジュール : 海水一段脱塩用モジュール

モジュール運転条件 : 圧力 80~85kg/cm²

回収率 35%

給水F.I. 4以下

(F.IとはFouling Indexの略で、逆浸透法において、モジュールへの供給水の微量な濁質を定量化した指標)

給水pH 6.0~8.5

給水Cl₂ 1.0mg/l以下

給水温度 15~25℃

(2) プラント構成

前処理設備

逆浸透設備

逆浸透モジュール

高圧ポンプ

動力回収タービン

取水排水設備

生産水送水設備

膜洗浄設備

排水処理設備

薬注設備

受変電設備

(3) ユーティリティおよび薬品

① 電気 38,000kW

② 薬品

おもな使用薬品は 98%硫酸、40%塩化第二鉄であり、薬品は 1ヵ月使用分を保有できるタンクに貯蔵する。

6.2 設計方針

本プラントは次のような考え方で概念設計を行った。

- (1) ユニット容量は、大容量になる程高圧ポンプおよびエネルギー回収タービンの効率が高くなるので、できるだけ大きくすることとし、本プロセスとほぼ同条件で使用されている他分野の大型ポンプ容量から、15,000m³/日とした。
- (2) 海水前処理には、大量処理に適し、運転管理も容易で、経済的なコンクリート製重力式濾過池を採用した。
- (3) ROモジュールからの排出ブラインの持つ圧力をエネルギーとして回収するため、フランス水車の動力回収装置を設けた。
- (4) 淡水回収率は、電力価格の低廉性、エネルギー回収率の高いプラントであることを考慮し、最も得策な35%を採用した。
- (5) 運転圧力は、電力価格が安いいため、モジュール本数を少なくし、60~65kg/cm²と高めに設定した。
- (6) ROプロセスの特性を生かし、自動化、遠隔操作化を大幅に採用した。

6.3 プロセスの概要

- (1) 沖合600mから深層取水方式により取水した海水は、前処理設備で濁り成分の除去、pH調整、塩素消毒が行われる。前処理設備は4系列から成り、海水には塩化第二鉄が注入され重力式濾過池で濾過される。濾過の経過とともに差圧が上昇すると、自動的に逆洗される。
- (2) 前処理水は67kg/cm²に加圧され、ROモジュールに供給される。ROモジュールからフィード量の35%が生産水として得られ、残りの65%は、濃縮ブラインとして排出され、エネルギー回収タービンで動力が回収される。

(3) 1ユニット(15,000 m³/日)は2つのモジュールスタックからなり、1ブロックには317本のモジュールが積まれている。ROモジュールの差圧上昇、パフォーマンスの低下が生じた場合には、膜を酸洗浄する。

(4) 前処理設備の伊過池からの逆洗排水は凝集沈殿槽、濃縮槽でスラッジが分離され上澄水は排出される。

(5) 装置起動後の定常運転に達するまでのバルブ切り換えなども含め、運転はすべて自動的に行われる。運転制御は、コントロールルーム内の操作盤で遠隔操作される。

6.4 プラントの所要面積

緑化地区、駐車場等を含め、総敷地面積は66,700m²(230m × 290m)である。

6.5 建設工程

1984年初頭に工事契約を終ったとして、第1期分の3ユニット(45,000 m³/日)が1986年4月初めから送水を開始し、以後、同年5月中旬にさらに3ユニット(累計90,000m³/日)、7月初めに残りの4ユニット(累計150,000 m³/日)が稼動に入っている。

6.6 運転組織および要員計画

プラントの運営組織は、運転要員28名、保守要員14名、事務および管理部門12名の計54名で構成され、運転部門の人員は、MSFの場合より少ない。運転要員は送水開始の3ヶ月前から組織に配属し、据付工事の監視とともに試運転と並行して研修を行う。

7 既設給水系への接続

7.1 送水管

プラントサイトのStamboulから既設給水系への接続は

- (1) 経済的な効率性
- (2) 既存水源との混合による生産水の水質調整
- (3) 供給事故に備えた配水系の多角化
- (4) 既存施設との整合性
- (5) 給水条件の域内均等化

を考慮し、次の送水管ルートを決めた。

送水管は図4に示すように、ケダラダムから Boudouaou浄水場を経てEl Harrachに至る送水管に最短距離で接続（フッキングポイントNo.2）するものとし、同時に Beaulieu配水池に一部（20,300m³/日）分水（フッキングポイントNo.1）する。

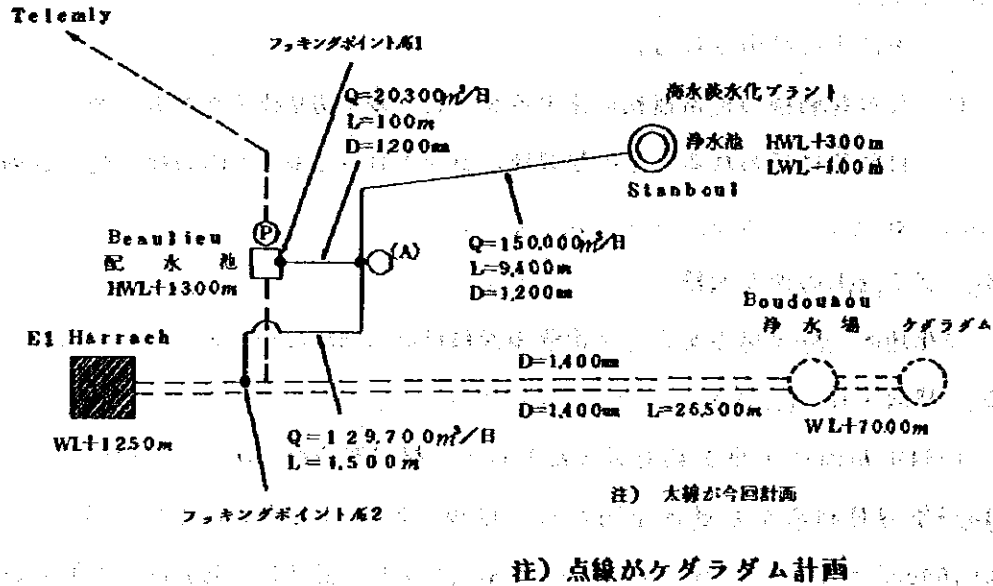


図4 生産水の分水と送水管接続計画の概念図

したがって、ケダラダム計画の送水施設は海水淡水化プラントの計画と整合性をもって建設を進めなければならない。

特に、フッキングポイントNo.1への分水は水質調整のため Boudouaou浄水場からの浄水と混合して供給しなければならないので、プラントの通水時から Boudouaou浄水場完成までの1年間だけは、全量フッキングポイントNo.2を経てEl Harrachへ送水し、地下水と混合する必要がある。したがって、フッキングポイントNo.2以後の施設は遅延することなく通水可能な状態となっていなければならない。

フッキングポイントNo.2までは、管径1,200mm延長10,900mのダブルエキシライニング鋼管を敷設する。なお、ケダラダムからの送水量増加に伴い、1997年までにはフッキングポイントNo.2の接続を切りはなし、直接El Harrachまでの1,200mm送水管を建設する。

7.2 浄水池および送水ポンプ

海水淡水化プラントからの生産水は滯留時間約30分の浄水池に一時貯留された後、送水される。浄水池は容量 3,600m³のコンクリート製半地下構造の貯槽で、送水ポンプは全揚程 50mの両吸込うず巻ポンプ 4台、(うち 1台予備)を使用する。

7.3 混合水の水質

MSF プロセスによる水質は硬度が低く、ROプロセスによる水質はpHが低い。水質調整のため後処理を行う方法もあるが、地下水との混合で十分であるので、El Harrachにおいて地下水と混合することとした。混合後の水質は両プロセスの水とも WHOの水質基準を満足する。

8 総所要資金と運転費用

8.1 操業開始までに必要とされる総所要資金は表1 のとおりである。

表 1 総所要資金

(千USドル)

項目	MSF プロセス	RO プロセス
プラント建設費	202,017	212,338
操業前費用	3,921	2,931
初期運転資金	7,037	7,729
建設期間中金利	10,537	11,203
合計	223,512	234,201

(注) 1. 1984年初頭に建設工事発注、1986年 7月全基操業開始と仮定した。

2. 1983年価格ベースで算出した。通貨の換算レートは 1.0US\$ = 4.6DA

3. プラント建設費には電気およびガスの引込設備は含まない。

8.2 運転費用

本プラントの年間運転費用は表2 のとおりである。

表 2 年間運転費用サマリー

(千USドル)

項 目		MSF プロセス	RO プロセス
変 動 費	天然ガス	9,872	—
	電 気	801	7,990
	薬品類	2,301	1,611
小 計		12,974	9,601
固 定 費	人件費	340	263
	工場管理費	266	266
	維持管理費	5,025	7,175
	固定資産税、保険	2,010	2,113
小 計		7,641	9,817
総運転費用		20,615	19,418

(注) 1. プラント稼働率100%、年間 330日運転と仮定

2. 1983年価格ベース

総運転費用のうち、外貨分は MSFプロセスで 6,472千USドル、ROプロセスで 7,102千USドルである。

総生産水量 1m³あたりの運転費用は、MSFプロセスの場合 41.65USセントであり、ROプロセスでは、39.23USセントである。

9 財務分析

9.1 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、現行水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 $IRROE = 0.0\%$ ）を想定の上財務分析を実施した。

9.2 財務分析の主要前提条件

(1) プロジェクト期間

操業前期間：1983年7月～1986年6月（3年間）

操業期間：1986年7月～2001年6月（15年間）

(2) 操業、販売計画：表3のとおり

表 3 操業、販売計画

項目	内 容
生産量	$49,500 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{年}$ （年間 330日稼働）
有収率	65%
販売量	$32,175 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{年}$
水料金	平均 $1.4 \text{ DA}/\text{m}^3$
販売収入	$9,792 \times 10^3 \text{ USドル}/\text{年}$

(3) 資金計画条件

- 1) 資金源 : 自己資金 30%、長期借入金 70%
- 2) 長期借入金条件 : 金利 8.0%/年
- 3) 短期借入金 : 操業期間中の各単一年度において資金ショートを生じた場合には、短期借入金を導入される。金利 10.0%/年、翌年度全額返済の条件
- 4) 租税
法人税 : 課税所得額の 60%
収入税 : 総売上高 (水料金の徴収) の 2.53%
固定資産税、保険 : プラント建設費の約 1.0%
- 5) 減価償却条件
操業前費用、建中金利 : 5年定額償却 (残存価値 : 0)
プロセス設備 : 15年定額償却 (残存価値 : 0)
建家および土木、付属設備 : 30年定額償却 (残存価値 : 0)
- 6) 価格ベース : 1983年実勢価格

9.3 財務分析結果

(1) 分析結果サマリー

財務分析結果の要約を表4に示す。この結果によると、収益性の向上を目的とせず、導入される補助金の最小化を図った本プロジェクトの財務状況を明確に示している。すなわち、補助金の導入と短期借入金の運用により資金不足を防ぎ、プロジェクト全体を通じて投下自己資金の回収のみが行われる。

本プロジェクトの場合、収益性の向上を図ることは補助金導入量を増加させることであり、これは単にアルジェリア国内での資金の移転にすぎない。したがって、提示された財務状況を論ずることよりも、求められた必要最小補助金量を重視すべきである。有取率を考慮した正味販売水量あたりの最小補助金量は NSF プロセスの場合 4.43DA/m³であり、RO プロセスの場合 4.32DA/m³である。

表 4 財務分析結果サマリー

(千USドル)

プロセス		MSF	RO
項目			
総投資額		223,512	234,201
資金計画			
自己資本		67,053	70,260
借入		156,459	163,941
キャッシュインフロー (年平均値)	販売収入 (1m ² あたり収入 DA/m ²)	9,792 (1.40)	9,792 (1.40)
	必要補助金量 (1m ² あたり価格 DA/m ²)	30,979 (4.43)	30,196 (4.32)
	計 (1m ² あたり生産水価格DA/m ²)	40,771 (5.83)	39,888 (5.72)
	短期借入金 運転資金の回収、他	29,871 2,575	36,720 3,779
	キャッシュインフロー合計	73,217	80,487
キャッシュアウトフロー (年平均値)	変動費	12,974	9,601
	固定費	7,641	9,817
	収入税	248	248
	借入金返済	0	0
	長期借入金 (元本)	47,877	56,130
	長期借入金 (金利)	(10,430)	(10,929)
短期借入金 (元本)	(4,589)	(4,809)	
短期借入金 (金利)	(29,871)	(36,720)	
短期借入金 (金利)	(2,987)	(3,672)	
キャッシュアウトフロー合計	68,740	75,796	
キャッシュフロー (年平均値)		4,477	4,691
キャッシュフロー (プロジェクト期間総計)		67,160	70,372
IRR (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

(2) 造水コストの内訳

図5 に総生産水量当たりおよび有収水量当たりの造水コストの構成を示す。本図は各費用要素の内訳を示すとともに、水道料金の徴収のみでは、必要費用を賅わず大幅な経常損失を生ずることを示している。

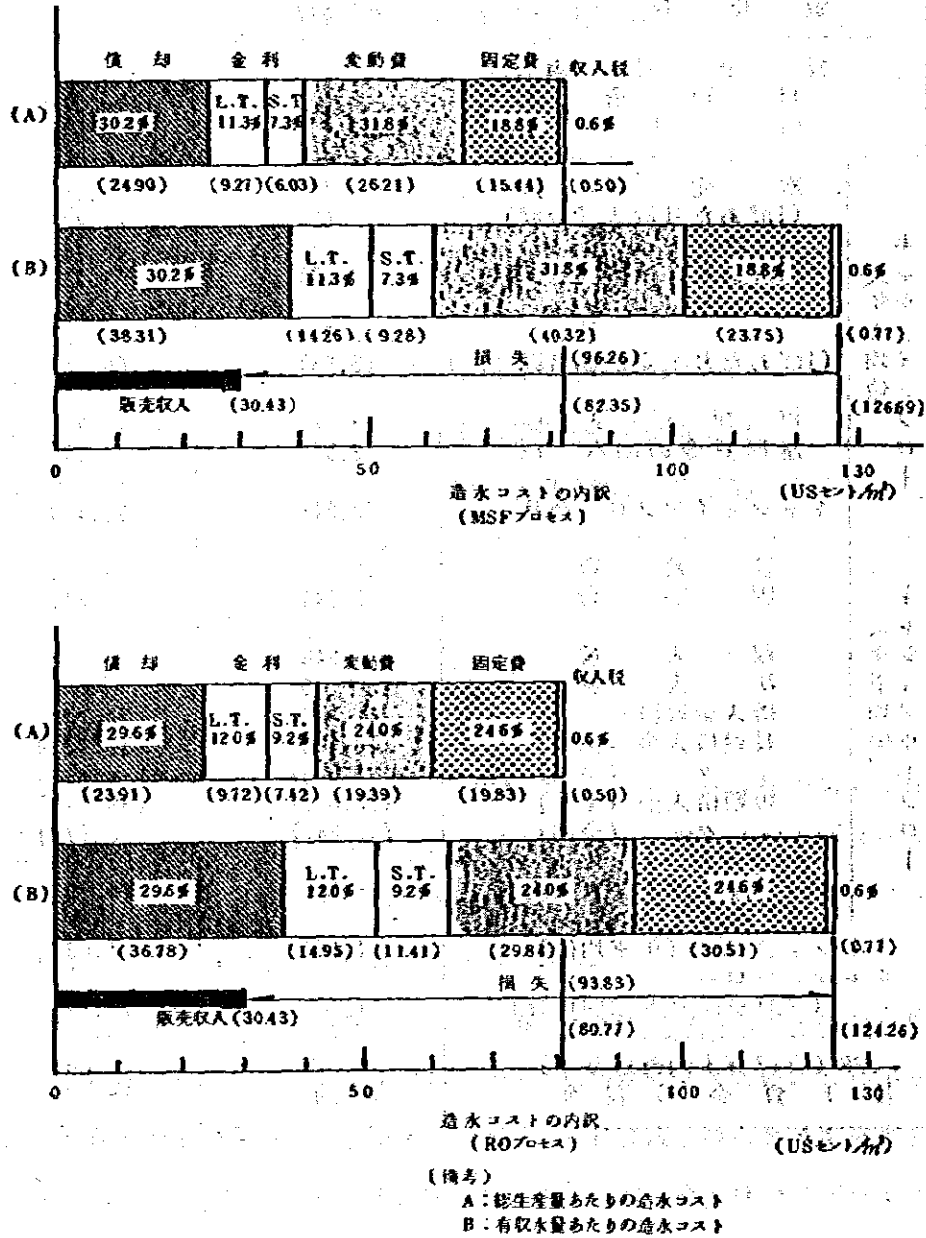


図5 造水コストの内訳

9.3 (3) 資金バランス

本プロジェクトの予測される損失に起因する資金ショートは補助金の導入、短期借入金の運用および運転資金の回収等により賄なわれる。1m³当たりの補助金導入量はMSFプロセスの場合4.43DAであり、ROプロセスでは4.32DAである。プロジェクト全期間での資金回収量は投下自己資金に相当する量でMSFプロセスの場合、67,160千USドルであり、ROプロセスでは70,372千USドルである。

9.4 財務分析結果の評価

9.4.1 補助金の導入量を最小化する財務状況を想定して財務分析を実施した結果、水料金の徴収および補助金の導入により構成される生産水価格は、5.83DA/m³ (MSFプロセス) および5.72DA/m³ (ROプロセス) と試算された。この生産水価格および予測される財務状況について次のように考察される。

(1) 生産水価格

1) 有収率を85%と仮定したため、比較的高価格な値が算出されたが、総生産水量当りに換算すると3.80DA/m³ (MSFプロセス)、3.73DA/m³ (ROプロセス) である。算出される値は他の同種の海水淡水化プロジェクトと比較して魅力ある低価格と判断される。

2) 総生産水価格に対する補助金の割合は高い。受益者負担の見地から、アルジェ市の既存の水道供給量の全体に対して、ある程度の水料金の値上げを行うことにより必要補助金量を大幅に減額することが可能である。

3) MSFおよびRO両プロセスによる生産水価格はほぼ同一であり、財務面よりの優劣を判断しづらいため、本プロジェクトでは全体的にMSFプロセスを採用する。

(2) 財務状況

1) 補助金量の低減化に主眼をおいた結果、本プロジェクトの見かけ上の財務状況は非常に苦しいものを見せている。操業各年度において生ずる相当量の短期借入金を支障なく導入することが本プロジェクト実行上の重要要素である。

2) 生産水価格の低減あるいは財務状況の改善を図る方策として次の事項が考えられる。

- a. プロジェクト実施にあたって、その必要所要資金を全額自己資金で賄う。
- b. 操業期間中の資金ショートを補充する短期借入金相当分を政府補助金により補う。

c. 試算された最小補助金量を上回る援助を行って、本事業の収益性を高め、財務状況の改善を図る。これはアルジェリア国内部の資金移転にすぎないが、本事業の財務健全性が増し、借入金への導入に伴う問題等の解消に役立つ。

10. 経済分析

本プロジェクトを単に採算性の面からのみ論ずるのは誤りである。水道事業としての公益性、例えば、衛生事情の改善、生活水準の向上等を考慮すべきであり、最悪化する1986年の水不足状況を解消する本プロジェクトの意義を十分評価すべきであると判断される。すなわち、本プロジェクトがもたらす社会への利益、貢献を調査検討する必要がある。本経済分析はこの種の便益を定量的に把握することは困難であるため、定量化が可能な範囲で本プロジェクトの経済的便益量および費用を推算し、これに定性的評価を加えることにより実施した。

10.1 本プロジェクトの経済的便益

本プロジェクトの実現により生産される水の価値は、水不足による衛生事情の悪化、日常生活の支障等の大きな社会問題を解消するものであり、財務分析で試算された製品価値を大幅に上回る経済価値を保有すると判断される。

本プロジェクトのもたらす経済的便益量の概算は、生産水を価値の見直すことにより実施した。すなわち、生産水確保に対する要求が最も高い1986年度において、生産水の経済価値プレミアムは最大であり、その値は3.0～5.0と仮定した。1987年以降の数年間は、ケダラダムの完成により十分な供給量が保証されるため、生産水のプレミアムは考慮しなかった。そして、再び水不足状況が発生し充足率が100%を割る1994年以降は予測される充足率の減少に従い、プレミアム値を推定のうえ、本プロジェクトのもたらす経済的便益量を推定した。

その結果、試算された経済的便益量は1986年において163百万USドル（プレミアム値3.0）～245百万USドル（プレミアム値5.0）であり、その後7年間はプレミアムを考慮しない市場価格と同額41百万USドルである。そして9年目以降は41～96百万USドル（プレミアム値3.0）、44～133百万USドル（プレミアム値5.0）と試算された。

10.2 本プロジェクトの経済的費用

本プロジェクトの経済的費用としては、プロジェクトの実施に伴う初期費用（所要資金）、生産費用および操業期間中の補助金の供与が考えられる。各費用の経済的価値は、財務分析において示された各費用（市場価格ベース）を外貨、内貨に大別し、内貨を熟練労働者、未熟練労働者、国内調達資源・資材に区分し、それぞれの経済価値プレミアムを考慮のうえ表5に示されるように試算された。また、補助金導入量は財務分析で求められた値である。

表 5 プロジェクトの経済的費用（所要資金、生産費用）
（千USドル）

項目 プロセス	所要資金		生産費用	
	市場価格	経済価値	市場価格	経済価値
MSFプロセス	212,975	228,493	20,615	17,349
ROプロセス	222,998	237,943	19,418	16,610

10.3 経済的内部収益率(EIRR)

試算された経済的便益および費用をベースとして、本プロジェクトの経済的ライフ期間(15年)における経済的キャッシュフローを求めた結果、内部収益率は表6に示すように算定された。

表 6 経済的内部収益率(EIRR)

ケース (生産水の経済価値プレミアム-'86年度)	EIRR	
	MSFプロセス	ROプロセス
Case A (3.0)	1.44%	1.84%
Case B (4.0)	7.19%	7.14%
Case C (5.0)	13.32%	12.66%

10.4 経済分析結果の評価

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(EIRR)から判断すると、本プロジェクトの経済的効果は高く、その実施の妥当性が示唆される。すなわち、財務分析結果では、毎年30,979千USドル(MSFプロセス)および30,196千USドル(ROプロセス)におよぶ補助金の導入を必要としたが、経済分析結果では導入された補助金を回収したうえ、さらに便益を生ずることを示している。

これは、あまりにも深刻な1986年の水不足問題を解決する本プロジェクトの実施価値を高く評価したためである。しかしながら、経済効果は生産水の経済価値を如何に評価するかにより大きく左右される。アルジェリア当局により、水不足状況下で生ずる諸問題および他の代替給水方法を検討のうえ、本プロジェクトにより期待される便益量が把握されることが望まれる。

本経済分析で仮定した経済価値プレミアム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。そして、計測できない社会経済的便益(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)を併せ考えると、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。

11 最適プロセスの選定と総合評価

11.1 技術的評価

概念設計を行った MSFおよびROプロセスについて、評価項目ごとに技術的な面から比較分析した結果、MSFはプラントの単位規模、原海水水質への適応性、使用薬品の種類、生産水質、稼働実績の面で優位にあり、ROプロセスはエネルギー消費量、所要人員、運転維持管理、材料の腐食、設置面積の面で優位にある。両プロセスはそれぞれ特徴があり、優劣はつけがたい。

11.2 経済的評価

次に経済性の面から比較分析した結果、総所要資金ではややMSFプロセスが安い(差額11百万USドル)、造水コストはわずかながらROプロセスが低い値(総生産水量当たりのコスト差0.070A/m³)となり、したがって、販売水量当たりの補助金の必要額もROプロセスが幾分(差額0.110A/m³)少ない。しかしながら、この差は極めて微少であり、両プロセスとも経済性の面ではほぼ同一と見てよく、優劣は認められない。

11.3 本プロジェクトの要件

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は次のとおりである。

(1) 建設期間： 現在、逼迫している水需給は1987年のダム完成までに一層深刻になるものと予測されている。したがって、できるかぎり早期のプラント完成が最優先事項であり、短納期のプロセスが選定において重要な条件である。

(2) 稼働実績： 本プロジェクトは、アルジェリアでは、本格的海水淡水化としてののはじめの事業であり、しかも国の最優先プロジェクトとなっている。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。したがって、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大きな要件である。

(3) 大規模性： 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条件である。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： アルジェリアでの海水淡水化はこれまで実績が少く、このためプラントの運転、維持管理の熟練者が極めて少ないと思われる。また安定した運転を確保するためにも、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。

11.4 最適プロセスの選定

これまで検討した結果を総合し、とくに前項の要件に重点を置いて両プロセスの評価を行うと、建設期間については両プロセスとも全く同じであり、大規模性においてはMSFプロセスが大きな適性を有している一方、運転、維持管理の容易性の面ではROプロセスに特徴があり、稼働実績以外の要件ではどちらが優位であるとも言い難い。

稼働実績については、アルジェリア当局においても重視する意向を示しており、この要素に重点をおけば、MSFプロセスが最もこの要求にかなったプロセスであるということができ、本プロジェクトにおいては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は少ないものの、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。

12 本プロジェクト実施の妥当性

本プロジェクトの実施によって、ダム完成までの深刻な水不足は一挙に解消できる。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と同時に、ダムからの水と併せて、その余裕分を工業用水、農業用水に振り向けることにより、これら産業への貢献を図ることができる。海水淡水化プラントは、ダムに比べて、一般に建設期間が短く、しかも工期の信頼性が高い。また、建設完了後、ダムのように貯水に要する時間を必要とせず、直ちに送水が可能である。

世界的な異常気象で砂漠化の進行が伝えられる中において、海水淡水化プラントはケダダム完成後であっても、雨期、乾期や降雨の多寡にかかわらず、需要に応じて水を生産し、水供給の確実性と安定化にも資することができる。さらに、ダム完成後数年先には再び水不足となり、その後逐年逼迫の度合が強まることが予測されているが、これに対する事前の対応策としてもこのプラントは大きな意義をもっている。

付随的効果として、良質な海水淡水化の生産水と自然水との混合によって、水道水質の改善と安定化に資するという点も指摘できる。

本F/Sでは水道料金据置きで、補助金額の低減化に主眼をおいた結果、本プロジェクトの見かけ上の財務状況は苦しいものを示しているが、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、生産水価格においては遜色がなく、魅力のあるプロジェクトであるといえる。

経済分析で仮定した生産水に対する経済価値プレミアム 3.0～5.0 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経済的便益（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。

以上を総括し、本プロジェクトの実現は水不足に伴う住民の被る困難を解消し、社会環境の改善をもたらすものである。財務状況は苦しい様相を示すものの、生産水価格は妥当であり、資金調達方法の検討により生産水価格はさらに低減化が可能で、本プロジェクト実現により期待される経済的、社会的便益および経済効果を併せ考えると、本プロジェクトの実施は極めて有益なものであり、政府の強力な支援のもとにぜひとも実施されるべきものと判断される。

なお、本プロジェクトにおいて死活的重要性をもつプラントの早期完成を確保するためには、建設の工事契約を遅くとも1984年初頭までには終了する必要がある。また、困難を予想される財務状況の改善および生産水価格の低減を図るためには、政府出資あるいは補助金の十分な供与と資金調達の合理化に十分な配慮をする必要がある。

第 1 章 緒 論

第1章 緒 論

1.1 調査の経緯

アルジェリア民主人民共和国（以下アルジェリア国という。）の首都アルジェのほか12地区を含み Grand Algerと呼ばれる地域（以下大アルジェ圏という。地域の範囲は2.1および図 2.2参照）は近年、人口が急激に増大を続けている。このため、水不足は深刻化し、最近では年間9ヵ月も給水制限を余儀なくされ、特に水需要の増加する夏季には、市民生活や産業、経済活動に重大な影響を与えるに至っている。

この事態に対処するため、アルジェリア国政府は新しい水資源の開発など（新規ダム建設、新規井戸の開発、海水淡水化の導入、漏水率の改善）諸計画の検討を重ねている。その一環としてケダラ (Keddara)ダム（アルジェ市東方約30km）の建設が計画され、1987年送水開始予定で現在工事が進められている。

しかし、ケダラダム完成までの期間中、大アルジェ圏は日量10万ないし20万 m^3 の慢性的水不足に直面することになる。このため、水資源大臣の特命によりプロジェクトチームを編成し、緊急対策として海水淡水化プラント建設計画の検討を開始した。

1982年12月、アルジェリア国政府は日本国政府に対し、大アルジェ圏における海水淡水化プラント建設計画に関するフィージビリティスタディー（以下 F/Sという。）について技術協力を要請した。

これを受け、日本国政府は1983年1月、本格的 F/Sを実施するに当たっての取り決め締結のため、国際協力事業団（以下JICAという。）の海水淡水化専門家からなる事前調査団をアルジェリア国に派遣し、F/Sの範囲(Scope of Work)を確定し、1983年2月9日、アルジェリア国政府とF/S実施に当たっての基本的事項に関する合議書(Implementing Arrangement)に調印した。

1.2 調査の目的

本F/Sは、アルジェリア国政府の要請により、大アルジェ圏における海水淡水化プラント建設計画に関する具体的な調査を実施することを目的とする。

すなわち、大アルジェ圏の水需給予測にもとづき、蒸発法および逆浸透法による海水淡水化プラントおよび付帯設備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、この二つのプロセスを比較、検討する。その結果にもとづき、最適プラントを選定し、さらに一連の要素を総合的に評価し、大アルジェ圏における海水淡水化計画（以下本プロジェクトという。）実現の可能性を見極めることが、本F/Sの最終目的である。

1.3 調査の内容

本調査は2段階に分けて実施された。第1段階では現地調査を行い、F/Sに必要な資料を収集した。第2段階では国内作業として概念設計作業が中心となり、第1段階で収集した資料の分析、評価にもとづく概念設計ならびに財務、経済分析を行った。

1.3.1 現地調査

村山義夫を団長とする現地調査団9名は昭和58年3月12日東京を出発し、3月14日から3月28日までアルジェリア国内において下記の内容につき現地調査を実施し、3月31日東京に帰着した。現地調査の調査団メンバーおよび詳細スケジュールを表1.1 および表1.2に示す。

- (1) 大アルジェ圏における1983年から2000年までの、短期的、中期的、長期的な水需給計画検討に必要な情報、資料の収集
- (2) サイト候補地の踏査と関連情報、資料の収集
- (3) 社会、経済状態に関する情報、資料の収集
- (4) インフラストラクチャーおよびユーティリティに関する情報、資料の収集
- (5) 既設給水系との接続方法の検討に必要な情報、資料の収集
- (6) 規制および法律に関する資料の収集
- (7) 行政組織、特に水道行政の政策、運営、管理に関する情報、資料の収集
- (8) プラント建設にかかわる現地事情に関する情報、資料の収集

表 1.1 現地調査団メンバー

氏 名	担 当 業 務
村 山 義 夫	団 長 ・ 総 括
菊 地 邦 雄	副 団 長
堀 順 三	逆 浸 透 法
宮 沢 忠 雄	上 下 水 道 施 設
今 井 正 昭	蒸 発 法
永 野 晴 敏	プ ラ ン ト 計 画
鈴 木 友 二	土 木 建 設
紙 谷 芳 忠	財 務 ・ 経 済 分 析
神 谷 誠 治	通 訳

表 1.2 現地調査の詳細スケジュール

通算日数	月 日	時 間	摘 要
1	3月12日(土)		東 京 発
2	3月13日(日)		ア ル ジ ャ 着
3	3月14日(月)	09:30 ~ 10:30	在アルジェリア日本大使館表敬
	"	14:00 ~ 18:00	水資源省(注1)との第1回会議、インセプションレポート提出
4	3月15日(火)	09:30 ~ 18:00	サイト候補地(5地区)踏査
5	3月16日(水)	09:00 ~ 18:00	水資源省との第2回会議
6	3月17日(木)	08:30 ~ 12:00	SEDAL(注2)との打合せ
7	3月18日(金)		問題点検討
8	3月19日(土)	10:00 ~ 12:00	漁業・海運局との打合せ
	"	15:00 ~ 17:00	海洋・漁業研究センターとの打合せ
9	3月20日(日)	09:00 ~ 12:00	SONELGAZ(注3)との打合せ
	"	14:30 ~ 16:30	水資源省およびアルジェ県との打合せ
10	3月21日(月)	09:00 ~ 11:30	水資源省との打合せ

11	3月22日(火)	09:00 ~ 10:00	気象庁との打合せ
	"	14:00 ~ 16:00	エル・アラージュ配水場調査
12	3月23日(水)	08:00 ~ 13:00	海域調査(Sidi Ferruch)(注4)
	"	09:00 ~ 12:00	水資源省(施設局)との打合せ
13	3月24日(木)	08:00 ~ 13:00	海域調査(Stamboul)(注4)
	"	09:00 ~ 12:00	水資源省(財務局)との打合せ
14	3月25日(金)		プログレスレポート作成
15	3月26日(土)	10:00 ~ 13:00	ケドラダム予定地からの主給水管路踏査
16	3月27日(日)	10:00 ~ 12:00	日本大使館に業務報告
	"	14:30 ~ 16:30	水資源省との打合せ
17	3月28日(月)	09:00 ~ 12:00	水資源省との第3回会議
	"	15:00 ~ 16:30	プログレスレポート提出
18	3月29日(火)		アルジェ発
19	3月30日(水)		パリ発
20	3月31日(木)		東京着

注 1: 水資源省とはアルジェリア国政府水資源省(Ministere de l'Hydraulique)をいう。

注 2: SEDALとはSociete Distribution des Eaux d'Alger(アルジェ水道公社)をいう。

注 3: SONEGAZとはSociete Nationale Electricite et Gaz(電気・ガス公社)をいう。

注 4: 第 5 章参照

1.3.2 国内作業

上記現地調査結果をもとに、国内において詳細な調査検討および設計作業を行った。そのおもな内容は下記のとおりである。

- (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) 各種海水淡水化プロセスの調査
- (4) 本プロジェクトに適した海水淡水化プロセスの検討
- (5) 蒸発法および逆浸透法海水淡水化プラントの概念設計
- (6) 財務分析、経済分析
- (7) 最適海水淡水化プロセスの選択

1.3.3 調査の実施経過

現地調査の実施経過については、すでに1.3.1に述べたとおりであるが、国内設計作業を含む本F/S調査にたずさわったメンバーおよび全実施経過を表1.3および表1.4に示す。

表1.3 調査団メンバー

氏名	担当業務	参加作業			
		現地調査	中間協議	ドラフト説明	国内作業
村山 義夫	団 長	○		○	○
菊地 邦雄	副 団 長	○			○
堀 順三	逆浸透法	○			○
猪飼 勝	プロセス比較				○
井上 源之助	環境保全				○
宮沢 忠雄	上下水道施設	○			○
戸米 伸一	水需給				○
太田 敬一	逆浸透法				○
国定 勇一	見積作業				○
矢野 幹郎	〃				○
平石 順久	蒸 発 法				○
沢田 繁雄	〃				○
三浦三智男	〃				○
今井 正昭	〃	○	○	○	○
永野 晴敏	プロジェクト計画	○	○	○	○
鈴木 友二	土木建設	○			○
小鷹 功	用役付帯設備				○
田沼 眞	見積作業				○
紙谷 芳忠	財務経済	○			○
石井 暢夫	〃				○
神谷 誠治	通 訳	○			
長谷川春子	〃		○		

表1.4 調査スケジュール

作業項目	57		58						
	2	3	4	5	6	7	8	9	
1. 事前準備作業		—							
2. 現地調査		—							
3. 国内作業									
3.1 国内作業のための準備作業		—							
3.2 水雷給子測		—	—						
3.3 概念設計条件の確立		—	—						
3.4 プロセスデータ取りまとめ作業		—	—						
3.5 プロセス比較検討		—	—						
3.6 プラント概念設計		—	—	—					
3.7 建設費算出		—	—	—					
3.8 財務経済分析		—	—	—	—				
3.9 総合プロジェクト実施計画		—	—	—	—	—			
3.10 総合評価および最適プロセス選定		—	—	—	—	—	—		
3.11 ドラフト報告書作成		—	—	—	—	—	—		
4. 中間協議					—				
5. ドラフト報告書現地説明							—		
6. 最終報告書作成(国内作業)							—	—	
7. JICAへの最終報告書提出									△
8. マンスリープログレスレポート			△	△	△	△			

第 2 章 大アルジェ圏の概要

第2章 大アルジェ圏の概要

2.1 位置

アルジェリア国は図2.1に示すとおりアフリカ北岸にあり、北は地中海で全長約1,000km、東西からチュニジア、リビアとモロッコにはさまれ、南はモーリタニア、マリ、ニジェールの諸国と境を接しており、南北約2,000kmである。面積は238万km²、日本の約6倍である。

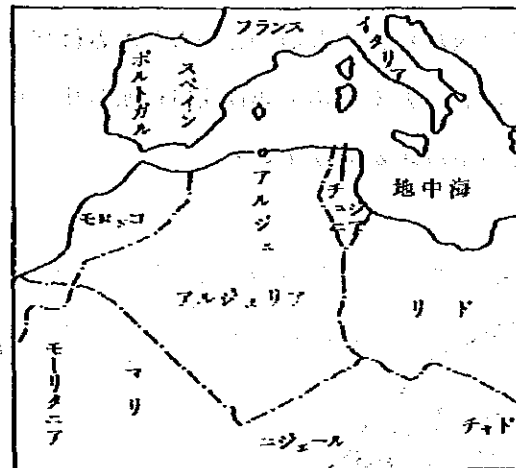


図 2.1 アルジェリア国位置図

北アルジェリア地方には、地中海の海岸線と並行するテルアトラスとサハラアトラスの両山脈がある。テルアトラス山脈の北側、幅数十kmの帯状の地域はテル(Tell)地方と呼ばれ、典型的な地中海性気候の地域である。「テル」の名称は、もともと「かんがないので農耕が可能であり、遊牧民が夏にも放牧できる土地」を指していた。

両山脈の間は高原(Hautes Plaines)と呼ばれる平均高度1,000mのステップ地帯で、年間降水量200~400mmの亜乾燥地帯である。サハラアトラス山脈の南側はサハラ砂漠で、全国土の84%を占めている。

アルジェリア国の首都であるアルジェは東経03°15'北緯36°43'(東京は北緯35°41')に位置し、地中海に開いたアルジェ湾の海岸線と台地にはさまれて市街地が拡がっている。本F/Sの対象となった大アルジェ圏は図2.2に示すとおりアルジェ・センターを含む13地区の総称である。

2.2 自然条件

(1) 気象

大アルジェ圏の気象条件は表2.1 に示すとおり、冬は比較的雨の多い涼しい気候であるが、夏は乾燥した気候である。

(2) 地勢、地形の特徴

大アルジェ圏は非常に丘陵の多い地勢であり、沿海の平地と標高 300m を越す高台が混在し、この間に溺れ谷が入り込んでいる。図2.2 に示す西側の(8)Bologhine, (6)Bal el Oued, (7)Kasbah などの地区では丘陵が海にせまり、海岸線にはほとんど平地がない。市街地の中心である(1)Sidi M'hamed や(2)Alger Centre地区から東に向かうと平地の幅は次第に拡がり、東端の(4)El Harrach地区ではかなりの奥行の平地が開けている。

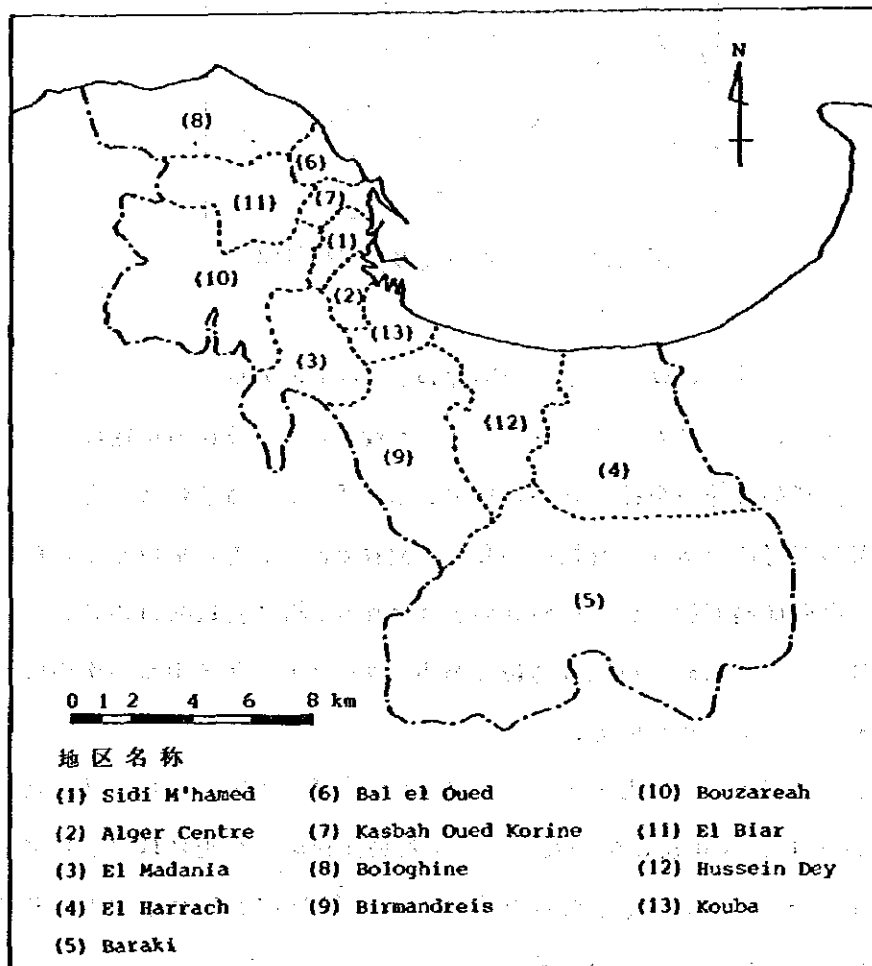


図 2.2 大アルジェ圏概要図

(3) 水資源の状況

大アルジェ國の上水道の水源は、すべて國內および國外南西部にある 8カ所の井戸群である。詳細については第3章に述べるが、現在の1日平均揚水量は約31万 m^3 である。しかし、降水量の月間変動によって揚水量も変動するため、上水道の供給は年間9カ月にわたり時間給水を余儀なくされており、社会、産業活動に深刻な影響を与えている。

また、本市域の上水道の歴史が古いことに加え、交通量の急激な増加等が地下埋設給水管網に及ぼす影響によって、漏水率が約35%以上に達している。この事実は、大アルジェ國における水不足問題に大きな影響を及ぼしている。

2.3 社会、経済条件

(1) 人口の推移

アルジェリア國の人口増加率は極めて高く、年3.2%に達している。このため、1962年の独立から今日までの約20年間にほぼ2倍となり、現在の人口は約2,000万人である。

表 2.1 大アルジェ國の気象データ

月	項目	月平均気温 ($^{\circ}C$)	月平均湿度 (%)	月降水量 (mm)
1		10.3	82	116
2		10.8	80	76
3		13.0	77	57
4		15.2	77	65
5		18.0	75	38
6		21.8	74	14
7		24.4	73	2
8		25.1	71	4
9		23.1	75	27
10		18.9	80	84
11		14.9	80	93
12		11.7	81	117
年間		17.3	77	691

この人口のうち、半数以上の 57.5%が20才以下であること、しかも地域的には北部地中海沿岸地域に 95%以上の人口が集中していることが大きな特徴である。

1980年の職種別人口の推定は次のとおりである。

農業	975千人
石油・ガス業	40 "
工業	374 "
公共事業	461 "
商業	277 "
運輸業	168 "
サービス業	232 "
官公庁その他	638 "

(2) 経済計画

アルジェリア国は、第一次 5カ年計画 (1970~1973)、第二次 5カ年計画 (1974~1977) を経て、現在、新 5カ年計画 (1980~1984) を遂行中である。この間の国民総生産はつぎのとおりである。

(単位：億アルジェリア・ディナール)

年 度	1970	1975	1976	1977	1978	1979	1980
国 民 総生産	229	583	685	819	984	1220	1320

第一次および第二次 5カ年計画の基本的な方針は石油収入による重化学工業化におかれ、第一次計画では総額 120億ディナール、第二次計画では1280億ディナールが投資された。しかし、工場の生産性が期待したほど増加せず、工業生産は国民総生産の 10%しか占めていない。また農業生産も8%程度に停滞している。このため全労働人口の半分以上を農業に投入しているにもかかわらず、大量の食料を外国から輸入している。

新 5カ年計画は、これらの問題点を是正するため、(1)生産性向上のため、権限と責任を生産単位レベルまで委譲する、(2)農業の振興、(3)民生の重視の 3点を主要目的として決定されたものである。

(3) 所得水準

1976年から1980年までの期間中の労働者の最低保証賃金は次のとおりである。

年月日	部門 農業以外の職種(DA/時)	農業(DA/日)
1976年 1月 1日	2.40	15.30
1977年10月15日	3.16	20.00
1978年 5月 1日	3.69	24.00
1978年11月 1日	4.21	28.00
1979年 1月 1日	4.21	28.00
1980年 1月 1日	4.21	33.00

注 DA: アルジェリア・ディナール

なお、アルジェリア国の国民1人当たりの総生産は1,580米ドルである。これはチュニジアの1,120米ドル、モロッコの740米ドルに比べるとかなり高い水準であり、世界銀行のランキングにおいても中位グループの上位に位置づけられている。

第 3 章 大アルジェ圏の水道事業の現状と水需給予測

第3章 大アルジェ圏の水道事業の 現状と水需給予測

3.1 大アルジェ圏の水道事業の現況

3.1.1 給水状況

アルジェ水道公社(SEDAL)は、近年、アルジェ市営水道と北アフリカ水道会社の合併により設立された水道事業体であり、給水区域は、大アルジェ圏およびその周辺地域であるChéraga, Draria, El-Achour, Ouled Fayet, Souidania さらにBirkhademの一部を対象としている。(図3.1 参照)

SEDALには、Alger-Centre, Alger-Nord, Alger-Sud およびAlger-Ouestの四つの給水支所があり、全体の給水人口は、1980年で1,623,620人、1981年で1,694,573人である。そのうちの97.7%は、図2.2に示される13の地区で構成される大アルジェ圏の人口である。

現在、SEDALは、水源として、Baraki, Mazafran I, Mazafran II, Haouch Felit, Oued Adda等の井戸群を使用し、塩素滅菌したのち給水しているが、需要量に対して完全に満足されるだけの給水は行われていない。

1980年の取水実績は、120,344,000 m³/年であるが、このうちBordj El Kiffan, Zeralda, Douera等に一部送水しているため、大アルジェ圏および周辺都市への給水量は113,666,000 m³/年(310,600m³/日)である。

また、年間給水量のうち、64.4%が有収水量、35.6%が無収水量である。給水量を用途別に示すと、一般家庭および商業用が45.3%、工業用が7.8%、公共用が11.3%となっている。

給水量の季節変動について見ると、図3.2に示すように平均給水量は冬期で293,600m³/日、夏期は344,300m³/日であるのに対し、平均需要水量は冬期で302,700m³/日、夏期で392,600m³/日と推定されており、それぞれ需要に対して約97%、約88%の給水状況となっている。

表3.1にSEDALの給水状況を示す。

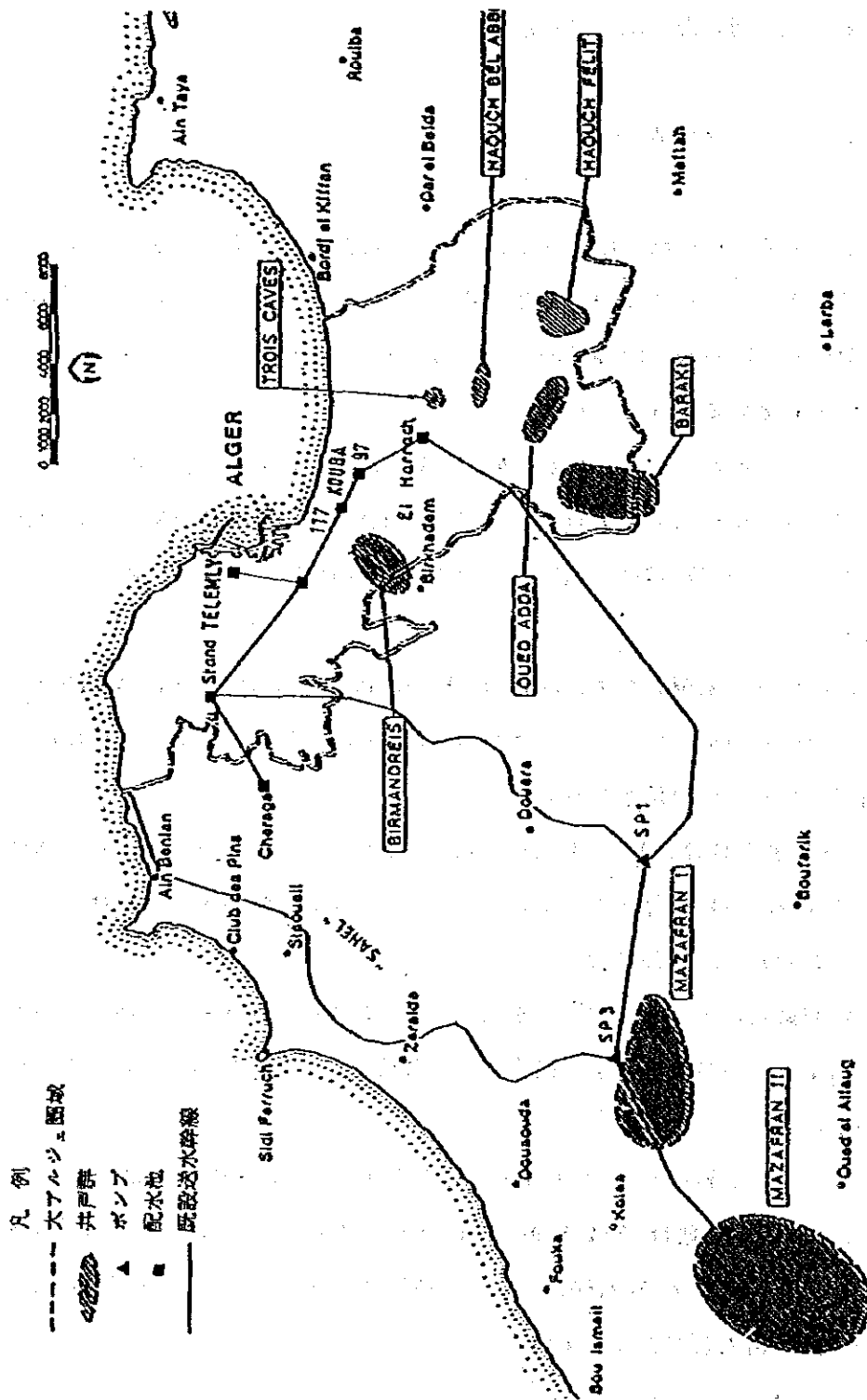


図 3-1 水道施設の現況

3.1.2 施設の現況

(1) 井戸

水源である 8つの井戸群には、合せて 125本（稼働中の井戸は99本）の井戸がある。最も大きな井戸群はBarakiであり、1980年の実績は、31本の井戸で全取水量（120,344,000m³/年）の約39% を取水している。

井戸の揚水状況は、季節により変動はあるものの比較的安定しており、水質も一般に良好である。

ただし、これらの井戸群は、全需要水量を満す能力は持っていない。

(2) 送水ポンプ施設

ポンプ施設は、28ヶ所（うち 3ヶ所は停止中）の基地がある。施設能力の最も大きいのはEl Harrachであって、4台のポンプ容量の合計は 465,870m³/日である。大アルジェ圏に供給される水量の82%（平均 250,000m³/日）はここから送水されている。

(3) 配水池

現在、配水池は、容量の大きなKouba 97(2,000m³× 2池)、Kouba 117(4,805m³× 3池)等を含め、大小合せて92池あり、容量の合計は 251,869m³である。この容量は、平均給水量に対して約19時間となっている。

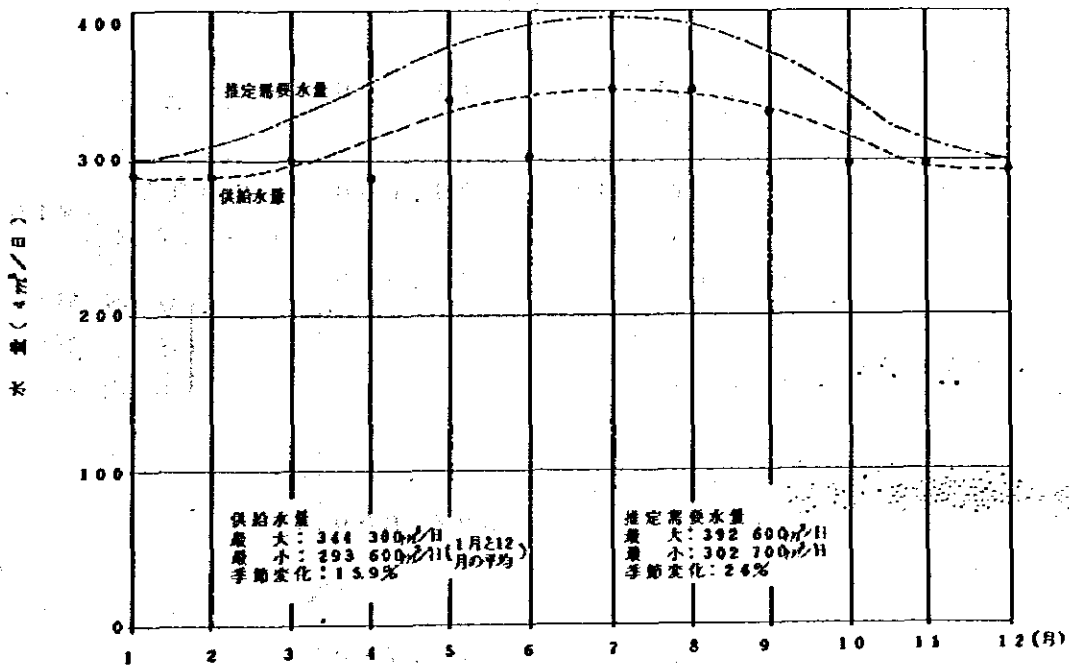


図 3.2 需給水量の季節変動 (1980年)

3.2 大アルジェ圏の水需給予測

将来の水需要の予測は、アルジェーセバウ地域水資源整備計画、A2「将来の需要予測」報告書(BINNIE & PARTNERS/ W S Atkins International, 1982年。以下資料3.1 という。)に示されている。

その予測手法は、資料3.1に引用された将来予測人口を用い、1980年を基準として生活水準の向上、工業の発展、また水圧改善、漏水防止等を考慮しながら、家庭・商業用、工業用、公共用についてそれぞれ算出した結果から需要水量を求めている。

表3.2にその将来需要水量の算定結果を示す。

表3.1 1980年のSEDALの給水状況

項 目		数 量	摘 要
給 水 人 口 (人)		1,623,620	1981年は1,694,573人
取 水 実 績 (m ³)		120,344,081	一部他地域へ送水
給 水 実 績	年 間 給 水 量 (m ³)	113,666,000	有収水量 73,214,000m ³ { 有収率 } 64.4%
	日 平 均 給 水 量 (m ³ /日)	310,600	無収水量 40,452,000m ³ { 無収率 } 35.8%
	1 人 1 日 平 均 給 水 量 (l/人/日)	191	13,666,000m ³
	夏 期 平 均 給 水 量 (m ³ /日)	344,300	
推 定 需 要 量	年 間 需 要 水 量 (m ³)	127,089,000	$\frac{\text{給水実績}}{\text{推定需要水量}} \times 100 =$
	日 平 均 需 要 水 量 (m ³ /日)	347,300	夏 期 88%
	1 人 1 日 平 均 需 要 水 量 (l/人/日)	214	冬 期 97%
	夏 期 平 均 需 要 水 量 (m ³ /日)	392,600	平 均 89%
	夏 期 最 大 需 要 水 量 (m ³ /日)	413,700	

表 3.2 将来需要水量の推定

年		1980	1985	1990	2000	2010	
将来人口 (人)		1,623,620	2,018,800	2,437,300	2,733,200	2,832,400	
増加人口 (人)			396,280	813,680	1,109,580	1,208,780	
家庭・商業用水	現在の人口 (1980) に対して	原単位 (l/日/人)	97.0	101.9	107.1	118.4	130.7
		需要量 ① (m ³ /年)	57,642,000	60,417,000	63,498,000	70,142,000	77,480,000
	増加人口に対して	原単位 (l/日/人)	140.0	147.1	154.6	170.8	188.7
		需要量 ② (m ³ /年)		21,283,000	45,929,000	69,184,000	83,255,000
工業用水需要量 ③ (m ³ /年)		9,959,000	18,057,000	20,506,000	24,559,000	23,654,000	
公共用水需要量 ④ (m ³ /年)		14,295,000	20,262,000	27,138,000	34,553,000	39,862,000	
① + ② + ③ + ④		81,896,000	120,019,000	157,071,000	198,438,000	224,251,000	
水圧改善を考慮した 需要水量 (m ³ /年)		81,896,000	120,019,000	172,778,000	218,282,000	246,676,000	
漏水の改善 (無取率)		35.8%	35.0%	30.0%	25.0%	25.0%	
需 要 水 量 合 計 (m ³ /年)		127,089,000	184,645,000	246,826,000	291,043,000	328,901,000	
内 訳	大アルジェ圏 (m ³ /年)	124,174,000	180,885,000	241,178,000	279,182,000	302,086,000	
	周辺地域 (m ³ /年)	2,915,000	3,760,000	5,648,000	11,861,000	26,815,000	
1人1日需要水量 (l/日/人)		214	250	277	292	318	

一方、将来需要水量に対し、ケダラダムおよび新規井戸群(Chebli, Hamiz)の開発を含めた将来の給水可能水量は図3.3 に示すとおりであり、1987年のケダラダムの完成時までには、水不足がかなり深刻化すると予測されている。

この不足水量を日平均、夏期平均、夏期最大について、それぞれ求めると表3.3 に示すとおりである。

これによると、海水淡水化プラント運転開始予定の1986年の日平均不足水量は 168,200m³/日、夏期平均不足水量は 197,500m³/日、夏期最大不足水量は 229,900m³/日となるであろうと予測される。

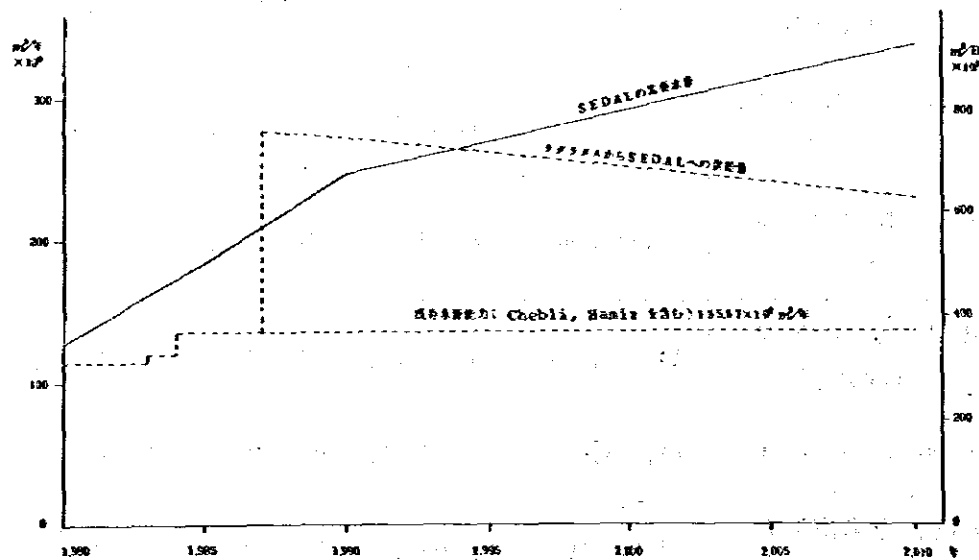


図 3.3 将来の水需給見通し

3.3 海水淡水化プラントの規模

海水淡水化プラントの規模を検討する前に、給水量と需要水量の比を充足率という言葉で定義し、将来の需給見通しをみると、充足率は表3.4 のようになる。

表 3.4 充足率の見通し (%)

	1980	1985	1986
年平均	89	73	69
夏期平均	88	72	68
夏期最大	8.3	69	64

表 3.3 年次別需給水量と不足水量

年	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
需水量 (m ³ /年)	127,089,000	136,800,200	150,111,400	181,622,600	173,133,800	184,645,000	137,061,200	209,517,400	221,953,600	234,388,800	246,626,000
給水可能量 (m ³ /年)	113,666,000	113,666,000	113,666,000	119,666,000	135,866,000	135,666,000	135,666,000	276,700,000	275,000,000	273,000,000	272,000,000
不足水量 (m ³ /年)	△13,423,000	△24,934,200	△36,445,400	△61,956,600	△37,467,800	△48,979,000	△1,415,200	67,182,600	53,046,400	38,610,200	25,174,000
平均需水量 (m ³ /日)	347,200	379,700	411,300	442,800	474,300	505,900	539,900	574,000	608,100	642,200	676,200
夏期平均需水量 (m ³ /日)	392,600	429,100	464,700	500,400	536,000	571,800	610,100	648,800	687,100	725,600	764,100
夏期最大需水量 (m ³ /日)	413,700	451,900	489,400	526,900	564,500	602,000	642,500	683,100	723,600	764,200	804,700
平均給水可能量 (m ³ /日)	310,600	311,400	311,400	327,900	371,700	371,700	371,700	736,100	753,400	747,900	745,200
夏期給水可能量 (m ³ /日)	344,300	345,700	345,700	363,900	412,600	412,600	412,600	841,500	836,300	830,200	827,200
平均不足水量 (m ³ /日)	△36,600	△68,300	△99,900	△114,900	△102,600	△134,200	△68,200	184,100	145,300	105,700	69,000
夏期平均不足水量 (m ³ /日)	△48,300	△83,400	△109,000	△136,500	△123,400	△159,000	△197,500	192,900	149,200	104,600	63,100
夏期最大不足水量 (m ³ /日)	△89,400	△106,200	△143,700	△163,000	△151,900	△189,400	△229,900	158,400	112,700	66,000	22,500

△ 年夏期給水可能量 = $\frac{1980\text{年夏期給水量}}{1980\text{年平均給水量}} \times \text{年給水可能量}$

△ 年夏期平均日需水量 = $\frac{1980\text{年夏期平均日需水量}}{1980\text{年日平均需水量}} \times \text{年日平均需水量}$

△ 年夏期最大日需水量 = $\frac{1980\text{年夏期最大日需水量}}{1980\text{年日平均需水量}} \times \text{年日平均需水量}$

△は不足量を示す。

年	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
需水量 (m ³ /年)	251,247,700	255,669,400	260,091,100	264,512,800	268,934,500	273,356,200	277,777,900	282,199,600	286,621,300	291,043,000
供水可能量 (m ³ /年)	269,800,000	267,600,000	265,400,000	263,200,000	261,000,000	258,800,000	256,600,000	254,400,000	252,200,000	250,000,000
不足水量 (m ³ /年)	18,552,300	11,930,600	5,308,900	1,312,800	7,934,500	14,556,200	21,177,900	27,799,600	34,421,300	41,043,000
平均需水量 (m ³ /日)	688,300	700,500	712,600	724,700	736,800	748,900	761,000	773,100	785,300	797,400
近期平均需水量 (m ³ /日)	777,300	791,500	805,200	818,900	832,600	846,300	860,000	873,700	887,300	901,000
近期最大需水量 (m ³ /日)	819,100	833,600	848,000	862,400	876,800	891,200	905,600	920,000	934,500	948,900
平均供水可能量 (m ³ /日)	739,200	733,200	727,100	721,100	715,100	709,000	703,000	697,000	691,000	684,900
近期供水可能量 (m ³ /日)	820,500	813,800	807,100	800,400	793,700	787,000	780,300	773,700	767,000	760,300
平均不足水量 (m ³ /日)	50,900	32,700	14,500	3,600	21,700	39,900	58,000	76,100	94,300	112,500
近期平均不足水量 (m ³ /日)	42,700	22,300	1,900	18,500	39,900	59,300	79,700	100,000	120,300	140,700
近期最大不足水量 (m ³ /日)	1,400	19,800	40,900	62,000	83,100	104,200	125,300	146,300	167,500	188,600

すなわち、1986年には、現状に比べて更に充足率が20%低下し、需要に対して60~70%程度しか満足させることができない状況となるであろう。

したがって、海水淡水化プラントはこのような水の窮迫に対処するために、安定した水量・水質を維持し、供給できるだけの規模を設定しなければならないが、今回の計画は特に次の要件を考慮する必要がある。

- (1) 翌年にケダラダムが完成し、Boudouaou 浄水場を通じて大アルジェ圏に水の供給があること。
- (2) 海水淡水化プラントがかなり高い建設コストになることが想定されることから、稼働率をできるだけ高く維持することが好ましいこと。
- (3) 一般的に、慢性的な水不足が続く中で、十分な水の手当ができたとしても、それに伴って急激に本来の需要には伸長しないこと。
- (4) 夏季の最大需要量に合わせて給水量を確保すると、夏の約1ヵ月以外は給水能力が余ることになり、給水コストが高くなる。

例えば、図3.4に日本の渇水（水源水量の不足により正常な給水を確保できない状況）時における給水実績の一例を示したが、給水制限が解除されてもしばらくは、節水意識の徹底や慣れにより、水需要は過去の実績とおりに回復しないことが示されている。

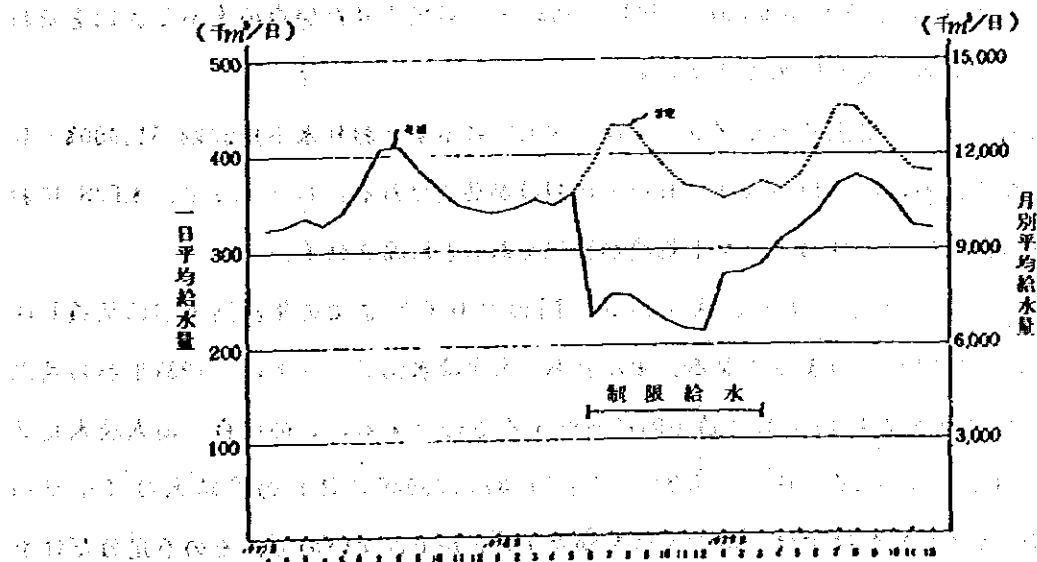


図 3.4 給水制限と解除後の需要回復状況（日本における渇水時の例）

すなわち、海水淡水化プラントの建設という社会的要請に対し、上記の(1)、(2)の経済的効率、(3)の水不足の実例を考え合せると、必ずしも1986年の需要に対して充足率を100%とするために、不足する全水量に対応するだけのプラント規模を設定する必要性はないものと判断される。

いま、表3.4 に示す1980年の夏季平均の充足率88%の前後をとって、充足率85%、90%、95% (いずれも夏期平均) について、プラント規模を示すと次のとおりである。

充足率 (%)	プラント規模 (m ³ /日)
85	106,000
90	136,500
95	167,000

水不足に対する評価を定量的に把握するために、次式で示される積算値をその指標とすると、

$$\text{水不足評価 } A_n (\% \cdot \text{日}) = \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{S_i}{D_i}\right) \times 100 = \sum_{i=1}^n W_i$$

A_n = 第 n 日目までの水不足率の積算値 (%・日) D_i = 第 i 日目の需給水量
 S_i = 第 i 日目の実給水量 W_i = 第 i 日目の水不足率 (%)

一般的に、水不足に対する人間の許容限界は水不足価値で、概略 1,000%・日～1,500%・日とされている。この方法により、水の需要の大きくなる夏期について、1980年、1985年における水不足評価および1986年に海水淡水化プラントにより夏期平均需要水量に対する充足率を85%、90%、95% まで満足させた場合の水不足評価を資料3.1 から求めると表3.5 のようになる。

この結果から、海水淡水化プラントは、図3.5 に示すとおり水不足評価が1,000%・日以下になるためには 141,700m³/日以上規模が必要である。したがって、本F/Sにおいては 150,000m³/日のプラント規模が適当であると結論される。

本プラントの通水により、大アルジェ圏の200年までの年次別水需給見通しは表3.6 および図3.6 のようになる。すなわち、海水淡水化プラントは、1987年から通水予定のケダラダムに優先して通年的に運転するものとする。この場合、海水淡水化プラント (150,000 m³/日) と井戸 (年平均 371,700m³/日) の供給水量 (年平均 521,700m³/日) だけでは、需要水量を満たすことができないので、その不足分だけをケダラダムから供給することを想定した。

表 3.5 夏期における水不足率と水不足評価

年 月	1980	1985	1986		
			充足率 85%	充足率 90%	充足率 95%
6	12.2%	27.8%	14.6%	9.6%	4.5%
7	12.3%	27.8%	15.0%	10.0%	5.0%
8	12.1%	27.7%	14.6%	9.6%	4.5%
9	10.2%	26.1%	12.4%	7.0%	1.7%
水不足評価	1,428%・日	3,338%・日	1,728%・日	1,106%・日	481%・日

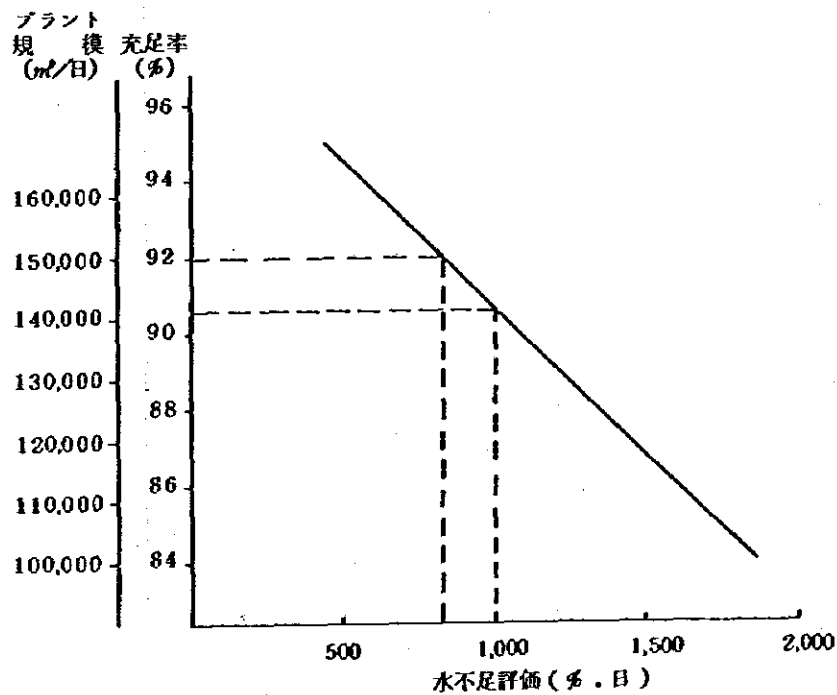


図 3.5 水不足評価とプラント規模の関係

したがって、ケダラダムからの供給水量は需要水量の増加に伴って年々増加するが、ケダラダムから大フルジェ圏に供給可能な水量の需要に対する余剰分は、他用途に有効利用することができる。

表 3.6 海水淡水化プラントの通水による大アルジェの需給見直し (m³/日)

年	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
需要水量	533,800	574,900	608,100	642,200	676,200	688,300	700,500	712,600	724,700	736,800	748,900	761,000	773,100	785,200	797,300
夏期平均	610,100	646,600	687,100	725,600	764,100	777,800	791,500	805,200	818,900	832,600	846,300	860,000	873,700	887,400	901,100
海水淡水化プラント	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000
井戸	371,700	371,700	371,700	371,700	371,700	371,700	371,700	371,700	371,700	371,700	371,700	371,700	371,700	371,700	371,700
夏期平均	408,900	408,900	408,900	408,900	408,900	408,900	408,900	408,900	408,900	408,900	408,900	408,900	408,900	408,900	408,900
給水量	-	52,300	66,400	120,500	154,500	166,600	178,800	190,900	203,000	215,100	227,200	239,300	251,400	263,500	275,600
夏期平均	-	88,700	128,200	168,700	205,200	216,900	232,600	246,300	260,000	273,700	287,400	301,100	314,800	328,500	342,200
不足水量	18,200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
夏期平均	31,200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

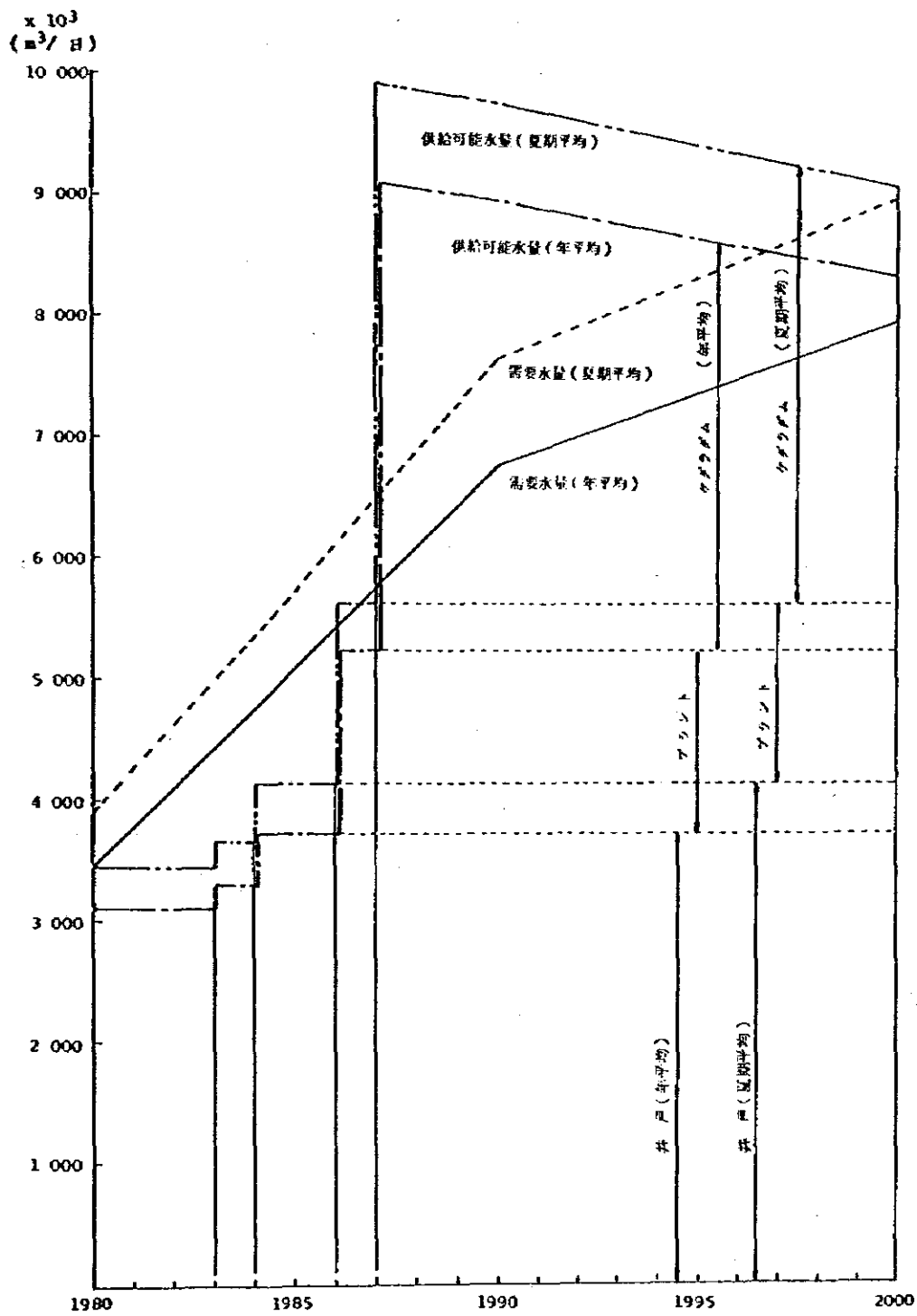


図 3.6 大アラル海の水需給見通し

第 4 章 海水淡水化プロセス

第4章 海水淡水化プロセス

4.1 各種海水淡水化プロセスの概要

4.1.1 概要

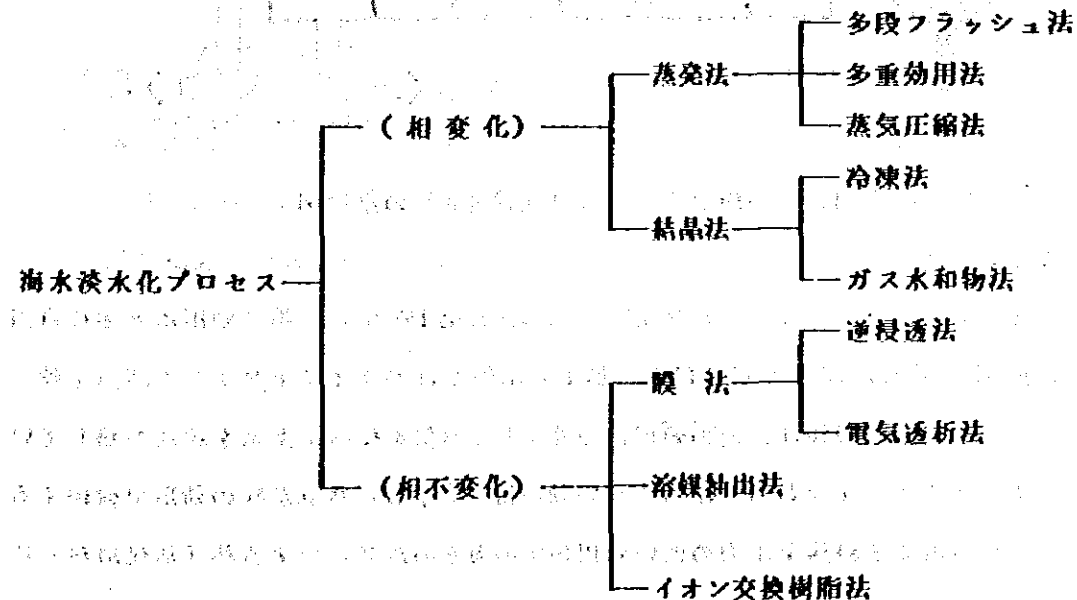
海水は一種の水溶液であり、普通3.5%の各種の溶解塩類を含んでいる。海水淡水化とは、海水からこれらの溶解塩類を除去することであり、そのための方法として蒸発法、結晶法、逆浸透法、電気透析法、溶媒抽出法およびイオン交換樹脂法がよく知られている。

蒸発法と結晶法は、水の相変化を利用して海水から水を分離する方法である。一方、逆浸透法は、半透膜を通して圧力によって海水から水を分離する方法であり、電気透析法は、イオン交換膜を通して電位差によって海水中のイオンを分離する方法である。両方法は、特殊な膜（逆浸透膜およびイオン交換膜）が使用され、一般に膜法として知られている。

溶媒抽出法は、温度の変化に対し、水の溶解度が大きく変わる有機溶媒を用いる方法である。また、イオン交換樹脂法は、イオン交換樹脂のイオン交換機能を利用する方法である。

表4.1 に海水淡水化プロセスの分類を示す。

表4.1 海水淡水化プロセスの分類



4.1.2 蒸発法

蒸発法は、海水を加熱して水分を蒸発させ、その水蒸気を凝縮させて淡水を得る方法で、多段フラッシュ法、多重効用法および蒸気圧縮法の各方法が開発されている。各種蒸発法プロセスの原理はつぎのとおりである。

(1) 多段フラッシュ法

海水を減圧した蒸発缶内に供給すると瞬間的に沸騰するフラッシュ蒸発の現象がみられる。多段フラッシュ法の実用装置では、大気圧よりやや高い圧力・温度（ 2.7kg/cm^2 、 120°C 程度）から真空領域の圧力・温度（ 0.04kg/cm^2 、約 32°C 程度）までを数多くの段階に分けてフラッシュ蒸発を繰り返し、効率良く蒸発操作を行う。

図4.1に簡略化した多段フラッシュ法の原理図を示す。

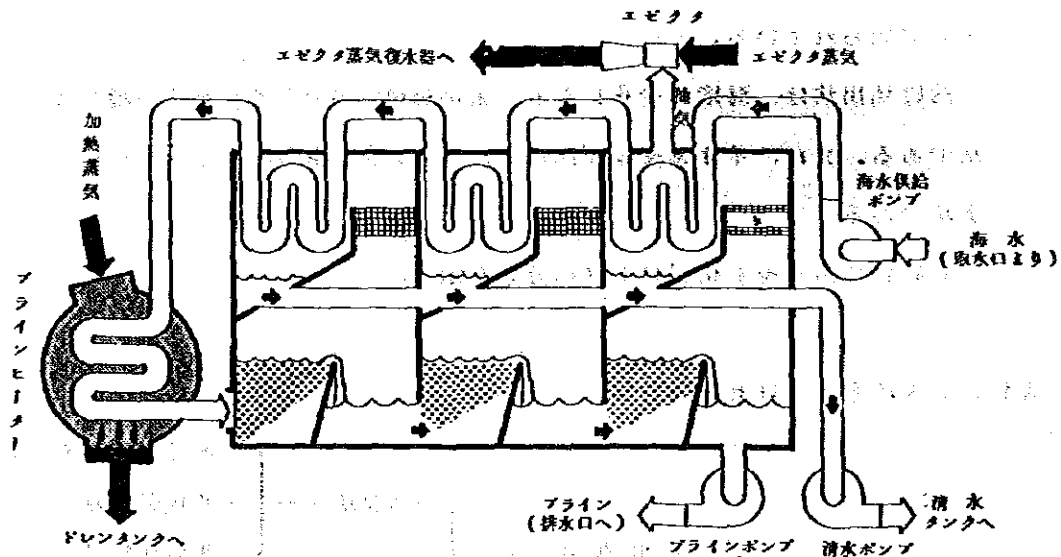


図 4.1 多段フラッシュ法（貫流式）の原理図

(2) 多重効用法

多重効用法は、数多くの蒸発缶を高温側から第1効用缶、第2効用缶と順に直列に配置して順次圧力を低く保ち、第1効用缶だけがボイラで発生した蒸気を使うが、第2効用缶以後は、前の効用缶で発生した蒸気を使って海水を順次加熱していく方法である。すなわち、圧力の高い効用缶で発生した蒸気が次の効用で凝縮するとき放出する潜熱を圧力の低い効用缶中の海水の蒸発に要する熱（蒸発潜熱）に

多数回利用し、一定の使用熱量からできるだけ多量の淡水を得るために工夫された方法である。

図4.2 に水平管式堅型の多重効用法の原理を示す。

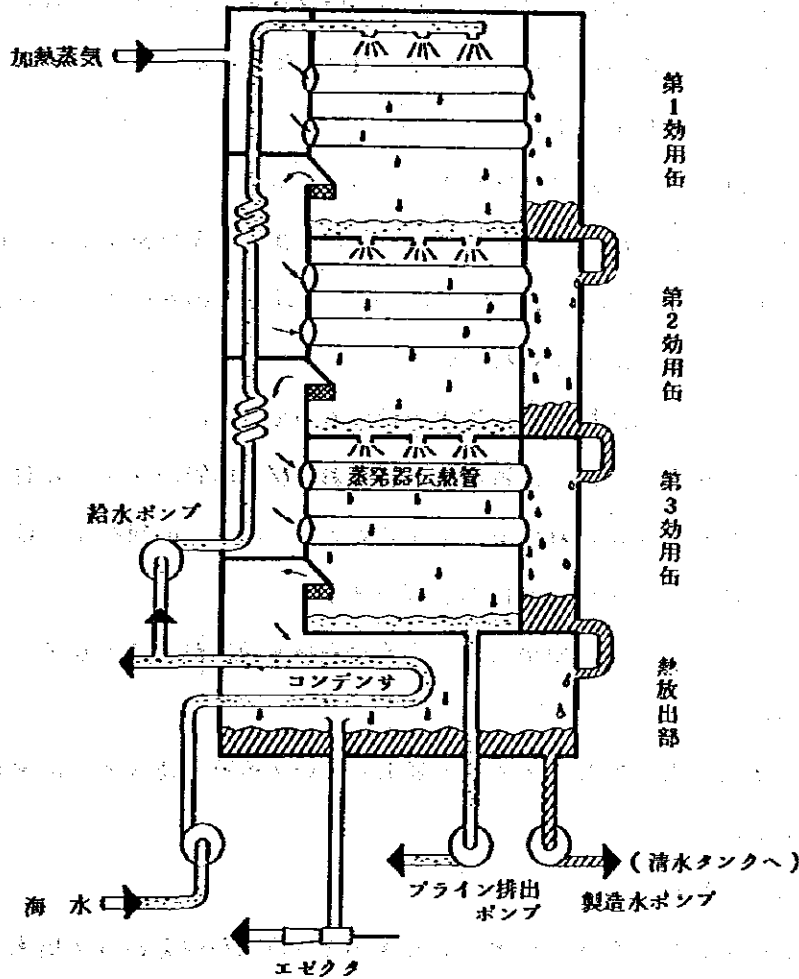


図 4.2 水平管式堅型多効効用法原理図

(3) 蒸気圧縮法

蒸気圧縮法は、蒸気を断熱圧縮すると温度が上昇し高い温度で凝縮する現象を利用した方法である。すなわち、蒸発缶で海水から発生した蒸気をコンプレッサーによって圧縮昇温して再び同じ蒸発缶の加熱蒸気とする方法である。

運転開始時の加熱は外部からの熱源によって行われるが、一旦蒸発缶内で蒸気が発生すると、この蒸気をコンプレッサーで圧縮昇温することによって蒸発を継続させることができる。

(4) 蒸発法の特徴および技術の現状

蒸発法は、海水淡水化技術として早くから実用化され、実績が最も多い方法であり（全世界の淡水化装置の約78%）、特に多段フラッシュ蒸発法の技術の完成度は高い。実用されている装置の大部分が多段フラッシュ蒸発法であり、一般的には中規模のものに多重効用法が、小規模には蒸気圧縮法が採用されている。蒸発法の特徴は以下のとおりである。

- 1) 生産水は蒸留水に近い良好な水質が得られる。
- 2) 多段フラッシュ法はスケールメリットが大きく、大規模プラントに適している。
- 3) エネルギー消費量が多いが、エネルギーコストの安い地域では有利な方法であり、中東地域で広く使われている。
- 4) 必要な加熱蒸気は比較的、圧力の低いもので良い。
- 5) 運転温度が高いため、装置機器の腐食および伝熱管のスケール付着の防止を行う必要があり、高級な材料を使用すること、脱気、pH制御またはスケール抑制剤の注入による海水の前処理が必要である。
- 6) 多量の冷却海水が必要であり、海水の取排水設備が大きくなる。

4.1.3 逆浸透法

逆浸透法は、水を通しやすく塩を通しにくい半透膜を使って、海水から淡水を得る方法である。

(1) 逆浸透法の原理

半透膜を介して真水と塩水が存在すると、真水が膜を通過して塩水側に浸透する。

図4.3 に示すとおり、この膜を通過して水の浸透が起こり、濃度差に応じた一定の水位になると止まる。この現象を「浸透」または「正浸透」といい、この水位差（圧力）を「浸透圧」と呼ぶ。

浸透圧以上の圧力を塩水側に加えると水は膜を通して正浸透と反対の方向に浸透する。この現象が「逆浸透」である。

逆浸透法は、上に述べた逆浸透現象を利用して塩水にその浸透圧以上の高圧をかけることにより、淡水を得る方法である。また、図4.4 に逆浸透プロセスの概略フローを示す。

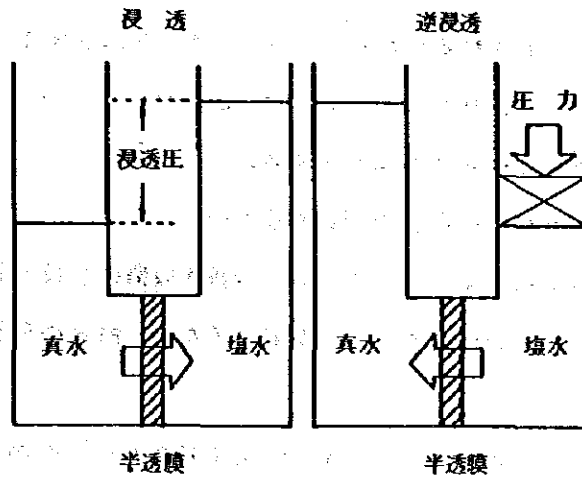


図 4.3 逆浸透法の原理図

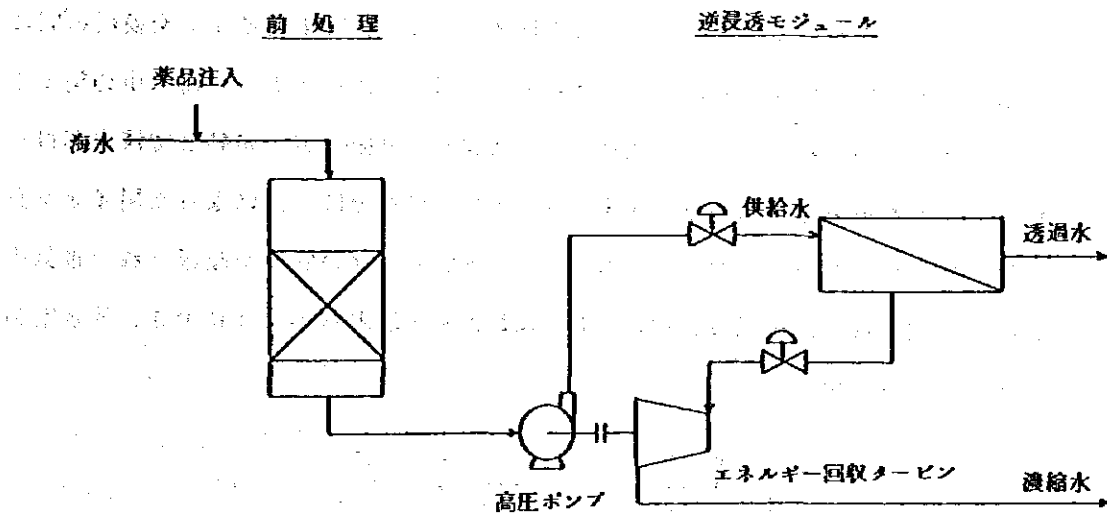


図 4.4 逆浸透法プロセス フロー概要図

(2) 逆浸透法の特徴および技術の現状

逆浸透法は、高性能な逆浸透膜の開発によって近年めざましい技術の進歩が見られ、世界の海水およびかん水脱塩設備のうちの造水能力基準で約20%を占めるに至った。そのうちの大部分はかん水の脱塩であるが、最近では大型の海水淡水化プラントの計画や建設がなされるようになってきている。また、高性能で大型の逆浸透膜のモジュールの開発も進められており、将来的にはさらに水コストの低減が期待できる技術である。

以下に逆浸透法の特徴を以下に示す。

- 1) 原理的にエネルギー消費量が最も小さい淡水化方法であり、生産水量が多い場合

には、高圧で排出される濃縮排水のエネルギーを回収することにより、さらにエネルギー消費量の低減を図ることができる。

- 2) 運転が簡単で、維持管理が容易である。
- 3) 常温運転のため材料の腐食の問題が少ない。
- 4) 淡水の回収率を高くすることができ、取排水設備の規模が比較的小さくてすむ。
- 5) 逆浸透モジュールの性能を長期間維持するため、海水の濁り分の除去を厳密に行う必要がある。
- 6) 逆浸透モジュールは使用時間の経過とともに徐々に性能が劣化するので、数年毎に膜エレメントを更新する必要がある。

4.1.4 電気透析法

陽イオンのみを通す陽イオン交換膜と陰イオンのみを通す陰イオン交換膜の間に海水を流し、膜の両側に直流電圧をかけると、図4.5に示すように海水中の陽イオンと陰イオンがそれぞれの通過可能な膜を透過して電極の方へ移動して淡水が得られる。これが電気透析法の原理であるが、実際の装置では、対になった陽イオン交換膜と陰イオン交換膜が数十から数百対0.5～2mmの狭い間隔で配置され、電気透析槽が構成される。電気透析槽内では、濃縮水室と淡水室が交互にでき、淡水室から生産水を採り出す。

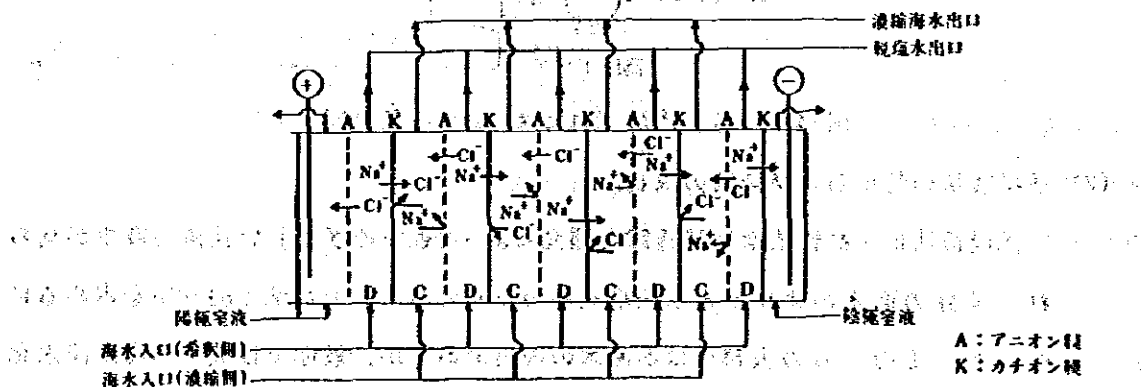


図4.5 電気透析法の原理図

電気透析法は、逆浸透法より早く実用化された技術で、ほとんどがかん水の脱塩に使われている。海水淡水化については小規模プラントの実績がわずかにあるが、海水淡水化用としてはエネルギー消費量の少ない方式についても開発が進められている。電気透析法には次に示すような特徴がある。

- (1) 水の回収率が高い。
- (2) 常温、常圧運転のため装置腐食が少なく、塩ビ等の安価な材料が使用できる。
- (3) 電力消費量は、原水の濃度に比例するので、海水淡水化では電力消費量が多くなる。
- (4) イオン交換膜に付着した汚れを除去するために定期的な膜の洗浄を行う必要がある。
- (5) スケールメリットがあまり期待できない。

4.1.5 冷凍法

冷凍法は、氷の結晶の中には塩分を含まないことを利用し、海水を冷却して氷の結晶を析出させ、氷を分離、融解して淡水を得る方法である。

氷の晶析に必要なエネルギーは、水の蒸発に必要なエネルギーに比べて約1/6(80~100kcal/kg)であり、効率の良い冷凍サイクルを使えば、エネルギー消費量が少なく、安価な海水淡水化方法として期待できる。

この原理を利用して海水淡水化を行うのが冷凍法であるが、冷凍法には海水の冷却方法の違いによって間接法と直接法がある。間接法は伝熱面を介して海水を冷却凍結させる方法で、伝熱面に付着する氷層により伝熱抵抗が増大する点が問題である。直接法には二次冷媒直接接触式と真空式がある。二次冷媒直接接触式には、フタン、フロンなどの液体ガスを冷媒とする技術が開発されているが、日本では液化天然ガス(LNG)を使用した方法について技術開発が進められている。

図4.6 にLNG 直接接触冷凍法海水淡水化実験プラントのフローシートを示す。

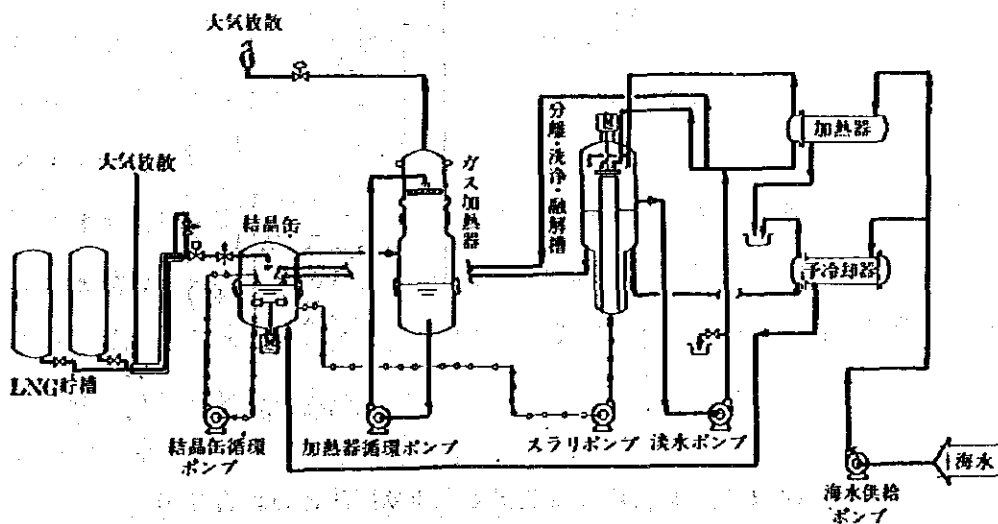


図 4.6 LNG直接接触冷凍法実験プラントのフローシート

冷凍法は、氷の晶析および洗浄分離操作に難しさがあり、この分野の研究および技術開発が進められているが、まだ実用化された装置はない。

4.1.6. 太陽エネルギー利用法

太陽エネルギー利用法には直接法と間接法がある。

直接法の代表的な方法であるBasin型淡水化装置は、太陽熱の受熱機能と海水淡水化機能が一体となっており、海水を浅く満した水平で広い Basin (水盤) と上部にこれを覆う透明カバーとから構成されている。

しかし、この方法は極めて簡便であるが、単位面積当たりの造水能力が小さく、大規模な装置には向かないので、太陽熱エネルギー利用のための集熱装置の開発が進むにつれて、効率の良い間接法が急速に進歩しつつある。

間接法は、多段フラッシュ法や多重効用法の一般的な蒸発法海水淡水化装置と海水加熱用の太陽熱集熱装置を組み合わせた方法である。図4.7に多重効用法海水淡水化装置と組み合わせた例を示す。このほかに、電気透析法は高温になると効率が良くなるので、海水を予熱するのに太陽熱を使う方法も研究されている。

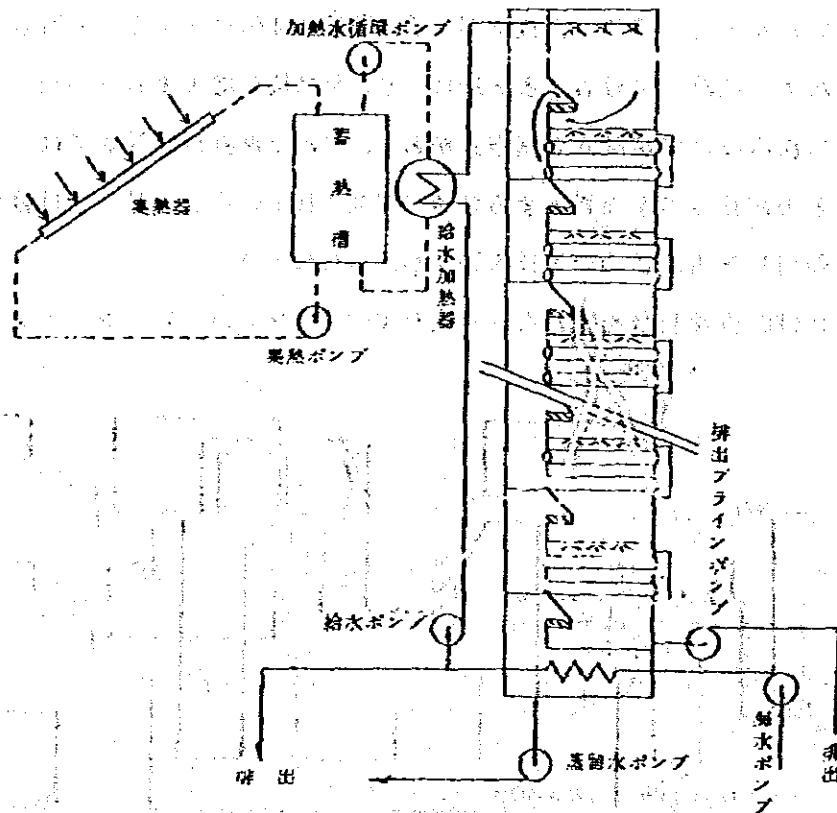


図 4.7 太陽熱集熱装置と多重効用法との組合せ図

太陽熱利用は、集熱装置の設置面積が極めて大きく、建設コストが高つくために、効率の良い集熱装置、安価で耐久性の高い材料の開発などの技術開発が行われている。

直接法については、小規模装置で実用化されている実績があるが、間接法についてはまだ、実験段階である。

太陽熱エネルギー利用は、集熱のほかソーラーセルを使った発電と逆浸透法を組み合わせた海水淡水化についても研究が行われている。

4.1.7 その他の海水淡水化プロセス

その他の海水淡水化方法としては、結晶法の一つであるガス水和物法、溶媒抽出法およびイオン交換樹脂法があるが、これらの方法は、まだ実用化されていない。

(1) ガス水和物法

ガス水和物法は炭酸ガス、塩素、フロン、エタン、プロパンなどが、水と共存して10℃程度以下の温度で水和物として結晶する性質を利用した方法である。

水和物の生成に伴って発熱があるので、冷媒ともなるプロパンやフロンの液化ガスを海水と直接接触させ、ガスの蒸発潜熱により冷却し、これらと水和物をつくる方法について研究されている。

(2) 溶媒抽出法

溶媒抽出法は、トリエチルアミンのように温度の変化に対し、水の溶解度が大きく変わる溶媒を用いて塩水から水を抽出する方法である。トリエチルアミンの場合には、20℃で塩水と溶媒を混合して水を十分に溶解させた後、分離した溶媒相を50℃に加熱すると、溶けていた水を分離することができる。溶媒としては、トリエチルアミンのほかに、フェノール、ベンゼンなどがある。

(3) イオン交換樹脂法

イオン交換樹脂法は、陽イオン交換樹脂と陰イオン交換樹脂により塩水中のイオンを吸着、除去する方法である。樹脂の再生には一般に酸およびアルカリが使用されるが、温水を使用する熱再生樹脂も開発されている。比較的稀薄な塩水から純度の高い水を得る方法に適し、海水淡水化には不向きである。

4.2 大規模プロジェクトに適する海水淡水化プロセス

本F/Sは、大アルジェ圏の水不足を早急に解消するために、1988年6月までに150,000m³/日の大規模な海水淡水化プラントを短期間で建設し、水道水として確実に

供給する可能性を検討するものである。したがって、本プロジェクトに適する海水淡水化プロセスは次の要件を満たすものでなければならない。

- (1) 大規模プラントに適したものであること。
- (2) 実用化の実績が多く、信頼性が高いこと。
- (3) 運転・維持管理が容易で、高度な技術者、技能者が少なくても済むこと。
- (4) 建設費、造水コストが安いこと。
- (5) できる限り短期間で建設が可能なるものであること。

このような条件から、多段フラッシュ蒸発法と逆浸透法が本プロジェクトに適するプロセスと考えられる。以下に両プロセスについて、やや詳細に説明する。

4.2.1 多段フラッシュ蒸発法

蒸発法は海水の蒸溜により淡水を得る方法であり、結晶化法や膜法に比較して良質の淡水が得られる。海水は1気圧のもとでは約100.5℃の温度で沸騰するが、蒸発器内の圧力を下げてゆくと図4.8に示すように、100℃以下でも沸騰蒸発する。蒸発するときには、蒸発熱を必要とし、発生した蒸気はその蒸発熱を潜熱として保有している。蒸気が凝縮する時には、その保有熱量を放出するので、その熱を再利用して海水を加熱（予熱）し、または蒸発させることができる。

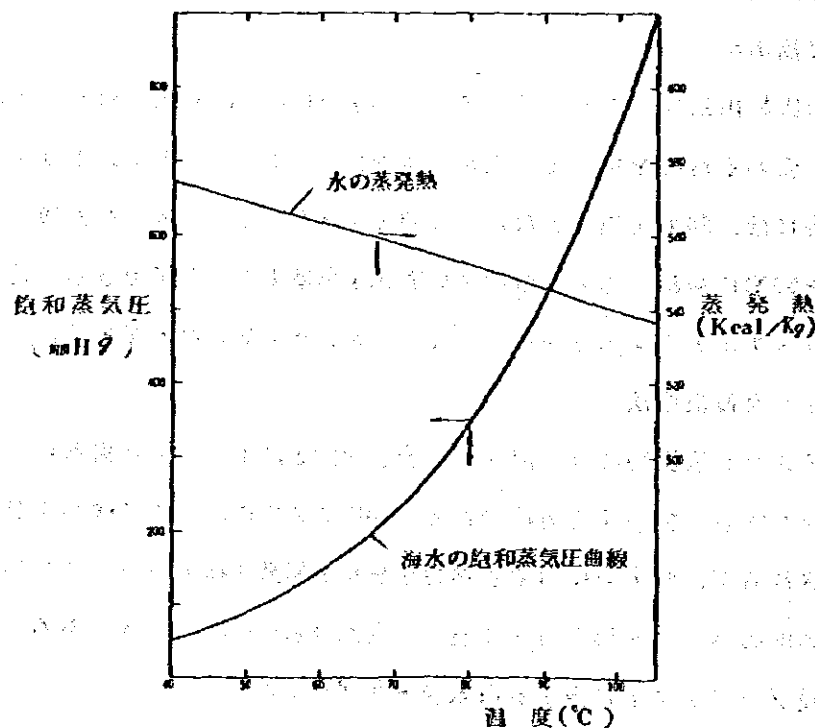


図 4.8 海水の飽和蒸気圧曲線と水の蒸発熱

(1) 淡水化プロセス

減圧された容器内に加熱した海水を供給すると、海水中の水分の1部は海水から蒸発熱を奪って激しく沸騰蒸発し、海水の温度は低下する。この断熱膨張の現象が「フラッシュ蒸発」である。

フラッシュ蒸発法による淡水装置の簡単な説明図を図4.1に示す。図の装置は3段の蒸留器からなるが、一般の陸上用淡水化装置は数段から数十段の蒸留器から構成されている。各蒸留器は蒸発室と凝縮室とからなり、海水は海水ポンプにより供給され、各段の凝縮室の伝熱管内を流れ、各蒸発室で発生した蒸気により順次加熱される。そしてさらに給水加熱器（ブラインヒーター）で加熱されて、第1段目の蒸発室に入る。

各蒸留器はスチームエゼクターの真空装置と凝縮室内の圧力調節用オリフスによって所定の減圧状態に保たれ、また各段の蒸発室には、それらの段間に絞り機構（オリフス）があり、圧力差が与えられている。そのために加熱海水は各蒸発室内で順次フラッシュ蒸発しながら、第1段の高温段から第3段の低温段に流れ、海水は濃縮されて、ブラインとなり排出される。

各段の蒸発室で発生した蒸気は気水分離器（ミストエリミネーター）を経て、伝熱管内の海水にその保有熱量を放出して、凝縮水となりトレイにたまる。この凝縮水も高温段から低温段のトレイに移動するとき、その1部がフラッシュ蒸発して、保有熱量を伝熱管内の海水に放出しながら順次温度を下げ、第3段（最終段）から淡水ポンプによって抜き出されて淡水となる。

(2) ブライン循環式と貫流式

図4.1で説明したフラッシュ蒸発装置は海水が装置内を1回通過で排出されるので貫流式と言われる。この方式では多量の供給海水が必要で、さらにその全量に前処理が必要となる。実用装置にはブライン循環方式による多段フラッシュ蒸発法が多く採用されている。この装置の蒸発缶は図4.9に示すように、熱回収部と熱放出部とから構成され、熱放出部中のブラインは冷却海水によって、フラッシュ蒸発しながら、その保有熱量を放出し、温度を下げて、補給海水とともに熱回収部の最終段の伝熱管へと送入される。さらに環境や海水の温度変化に対しても熱放出部がその変動を吸収するので、装置は安定して運転できる。また、補給海水に対してのみ脱気、脱炭酸やスケール防止のためのpHコントロール操作、またはスケール防止剤

の添加等を行えばよいので、それらに使用する薬品の消費量が少なくすむという利点がある。

(3) 前処理

蒸発法海水淡水化装置の安定した運転を維持するための問題として伝熱管へのスケール付着と海水による伝熱管ならびに缶体の腐食がある。

海水中の難溶性塩類例えば炭酸カルシウムや水酸化マグネシウムは海水を加熱、濃縮するとスケールとなって析出してくる。これらスケールが伝熱管に付着すると伝熱が著しく阻害され、装置の熱経済性が大きく低下する。したがってスケール防止は海水淡水化装置にとって不可欠な技術であり、酸添加による脱炭酸、pHコントロール法またはスケール抑制剤注入法が一般的に有効である。

海水による金属材料の腐食は、海水の温度、濃度、pHなどにより変わるが、より重要な因子は溶存酸素量である。腐食を軽減するために溶存酸素を海水中から除去する脱気処理技術は海水前処理として不可欠である。

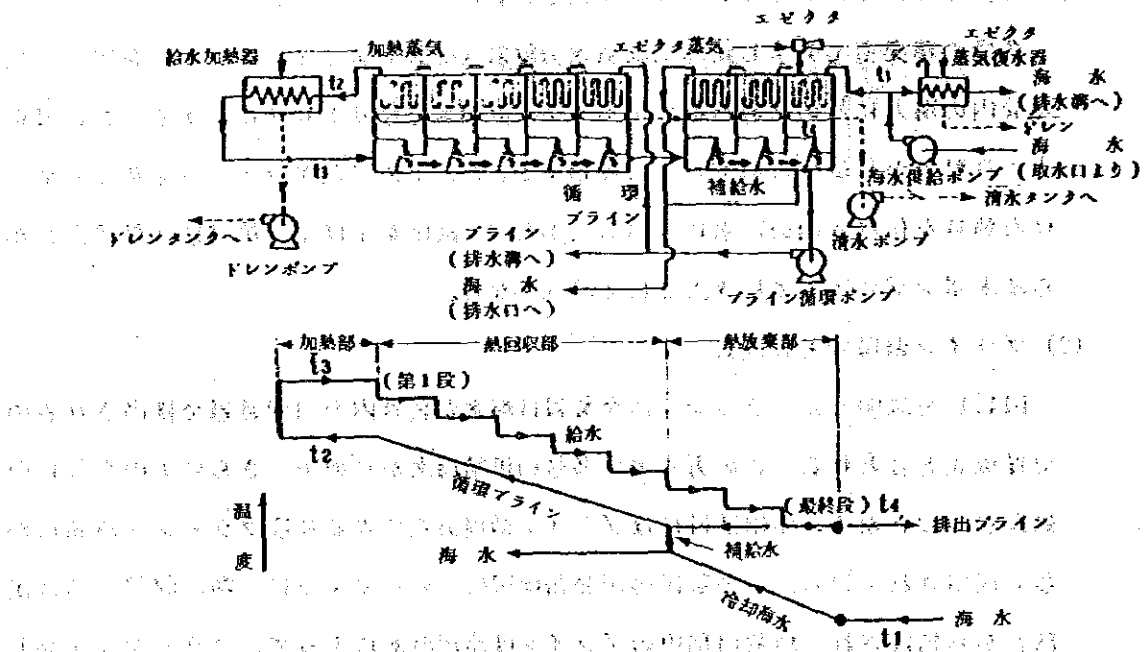


図 4.9 ブライン循環式多段フラッシュ型海水淡水化装置動作図

(4) 蒸発缶の構造

多段フラッシュ蒸発法は長管式と短管式が一般的である。長管式は短管式に比べて大規模なプラントに適用されることが多い。図4.10および図4.11にこれらの形式の図解を示す。

1 基10万 m^3 /日の長管式多段フラッシュ蒸発法の設計および建設に関する技術が日本で大型プロジェクト研究によって確立された。

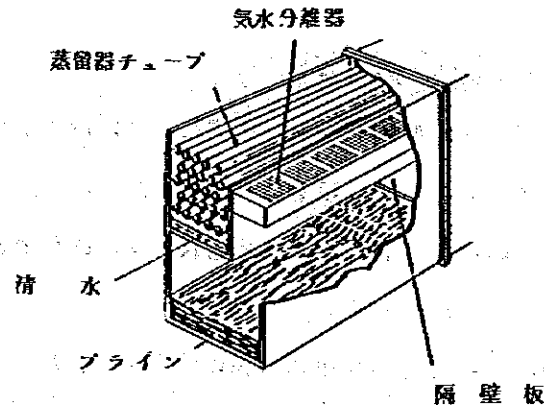


図 4.10 多段フラッシュ型造水装置の構造（長管式の場合）

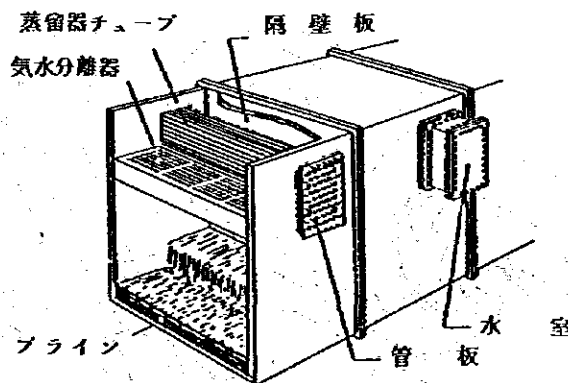


図 4.11 多段フラッシュ型造水装置の構造（短管式の場合）

4.2.2 逆浸透法

溶解性蒸発残留物(TDS) 35,000 mg/l の塩濃度をもつ海水の浸透圧は約25 kg/cm^2 で逆浸透法による海水淡水化の運転圧力は一般に55 kg/cm^2 程度である。

逆浸透法では、イオンや分子量の小さい物質だけでなく、バクテリア、ウイルスおよび微生物のような汚染物質も除去できる。

(1) 膜およびモジュールの形式

各種の半透膜が開発されているが、飲料水生産を目的とした脱塩用として、アセチルセルロース膜、ポリアミド膜およびポリエーテル複合膜が製造されている。また、各種の膜の形状やモジュールの構造が開発されており、現在市販されているものでは、スパイラル型、中空系型、チューブラ型および平膜型の4形式が実用化されている。この中で、海水淡水化用としてはスパイラル型と中空系型が使用されている。

1) スパイラル型モジュールの構造

代表的なスパイラル型モジュールの構造を図4.12に示す。スパイラル型の逆浸透膜のエレメントは、膜面積を大きくするために、封筒状にした膜を網状のスペーサーと一緒に集水管の周りに渦巻状に巻き込んである。封筒状膜の開口部は集水管に接続されている。

塩水が、加圧されて封筒状膜の外側に供給されると、膜を透過して封筒状膜の内側に透過水が出てきて集水管に導かれる。スパイラル型エレメントは、必要に応じて2~6本を直列に圧力容器の中に組み込んで一つのモジュールとして使われる。

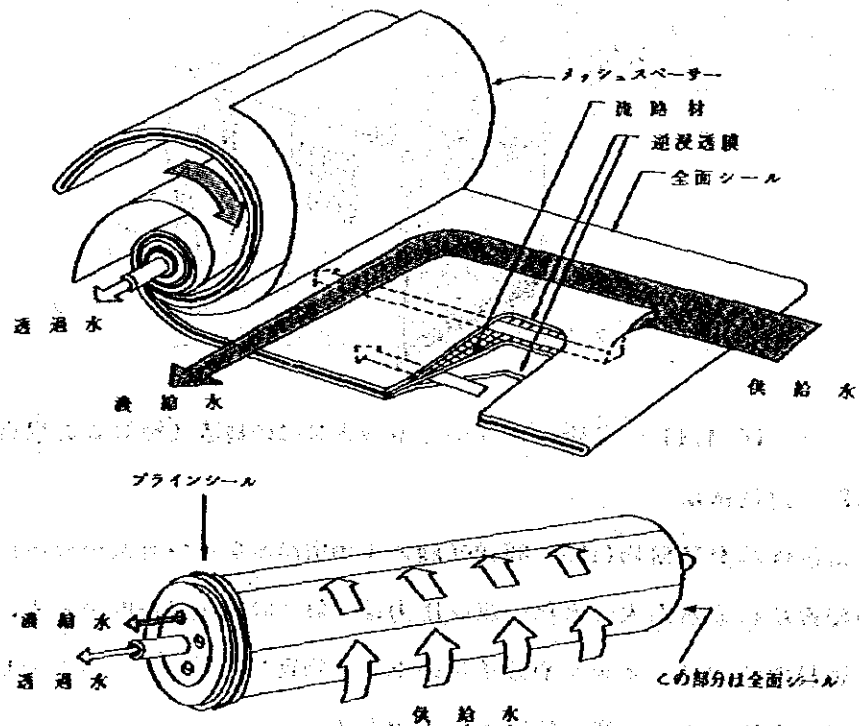


図 4.12 スパイラル型モジュール構造図

2) 中空糸型モジュールの構造

図4.13は代表的な中空糸型モジュールの構造と1本の中空糸逆浸透膜の拡大図を示す。この逆浸透膜は、外径90～160ミクロンの中空繊維で、これを分散管の周りに束ねたものである。

加圧された塩水が圧力容器内に供給され、中空糸に沿って流れるうちに、水は膜壁面が中空糸の内側に透過し、中空糸内を流れて集められ、取り出される。

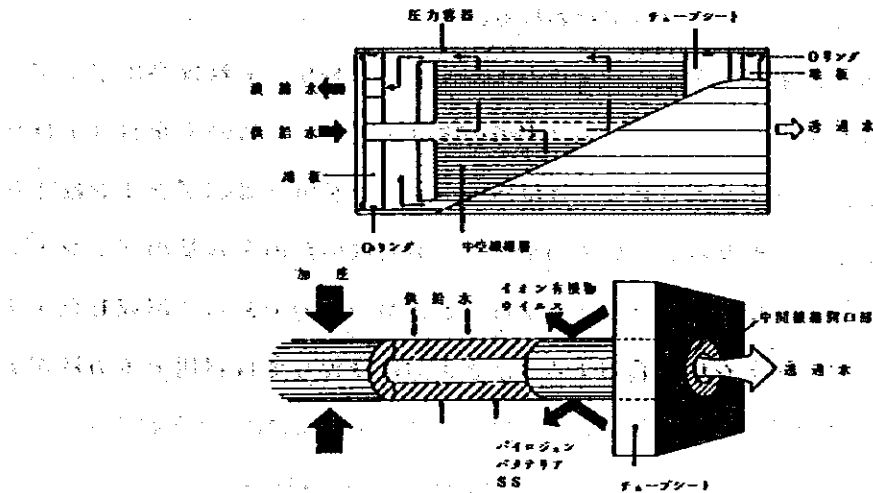


図4.13 中空糸型モジュール構造図

(2) 淡水化装置とプロセス

逆浸透法海水淡水化装置は、一般に次の三つに分けることができる。

- 1) 前処理
- 2) 逆浸透
- 3) 後処理

1) 前処理

逆浸透法により効率の良い淡水化を行うには、モジュールの形式や膜材質に適した供給水の前処理を行うことが重要である。スパイラル型および中空糸型モジュールは、以下に述べるような厳密な前処理が必要である。

前処理の目的は、供給水中の懸濁物質を除去するだけでなく、モジュールを閉塞する物質やその性能を低下させる物質などを除去し調整することである。おもな前処理としては、凝集沈殿、ろ過、薬品注入などがあり、必要に応じて組み合わせて使用される。

2) 逆浸透

逆浸透装置は逆浸透モジュール、高圧ポンプ、圧力および流量制御装置とから構成される。運転維持管理およびモジュールの交換が便利なように、逆浸透モジュールは架台の上に適当に配列して組み込まれるのが一般的である。これをモジュールバンクという。単位モジュールの透過水水量は温度、圧力、供給水の濃度、供給水の流速およびモジュールの形式によってきまる。逆浸透法の運転は運転圧力および供給水水量を制御することによって行われる。

逆浸透法で必要とするエネルギーは圧力エネルギーであり、それは高圧ポンプにより原海水にあたえられる。このために水の生産コストすなわち淡水化コストは高圧ポンプの効率に大きく左右される。逆浸透モジュールを出た濃縮ブラインはまだ充分の圧力エネルギーを保持しているので、コスト低減のため大容量のプラントでは、このブラインからエネルギーを回収を行うことが一般的である。回収したエネルギーは運転動力として直接再利用する方法と電力に変換して再利用する方法がある。

3) 後処理

逆浸透モジュールからの透過水は用途に応じてさらに次のような後処理が行われる場合がある。

- ミネラル添加 : 味付け
- pH調整 : 水質調整
- 塩素注入 : 滅菌

図4.14に逆浸透法海水淡水化プラントの概略フローシートを示す。

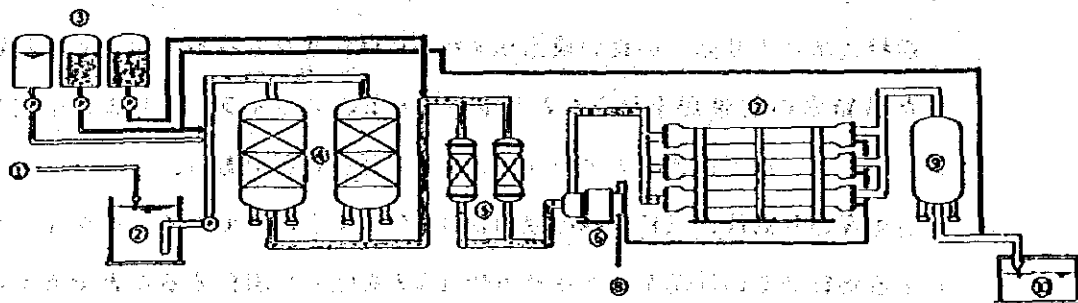


図4.14 逆浸透法海水淡水化プラントのフローシート

4.3 海水淡水化の実施状況

海水淡水化装置の実績を示す一つの資料として、多段フラッシュ法と逆浸透法の大型プラントの設置状況を表4.3 および表4.4 に示す。多段フラッシュ法は1基20,000 m³/日以上をプラントを対象に調査したが、逆浸透法では大規模な蒸発法に匹敵するものが少ないので1基650 m³/日以上をプラントを対象とした。なお、調査資料はDesalting Plants Inventory Report No.7 (National Water Supply Improvement Association, May 1981)によった。

(1) 蒸発法

蒸発法海水淡水化プラントを最も多く実用化しているのは中東地域であり、1基20,000 m³/日以上を大型プラントはすべて多段フラッシュ蒸発法が採用されている。

1基20,000 m³/日以上を大型プラントを設置しているのは世界で15地点あるが、香港とイタリアの2地点を除く13地点が中東地域に集中し、合計108基、2,636,000 m³/日余(大型プラント全体の92%以上)のプラントが設置されている。

調査時点における1基の最大規模は、イタリア(Port Torres)の36,000 m³/日であるが、中東でも同程度の33,400 m³/日のプラントがイラン(Bushehr)で建設中である。また、1地点での最大設備容量は、サウジアラビアのアル・ジュベール(Al-Jubail Phase I ~ II)で、23,000 m³/日級のプラント46基を設置し、計1,082,000 m³/日余の蒸発法による海水淡水化が計画されている。(全プラントが稼働するのは1983年の予定。)

なお、日本のメーカーが中東地域に納入または建設中の大型プラントは合計76基1,859,000 m³/日余で、同地域の大型プラントの70.5%を占めている。

(2) 逆浸透法

逆浸透法は地下かん水や河川の脱塩に大型プラントが採用されているが、海水淡水化プラントでは、表4.4 にまとめたとおりに、まだわずかな実績しかなく、1基の規模も小さい。

逆浸透法海水淡水化の大型プラントの1号機といえるのは、サウジアラビアのジェッタに1978年に建設されたプラントで、1基1,346 m³/日×3基の合計12,000 m³/日余の設備容量がある。本プラントは現時点でも中東地域で稼働している最大の逆浸透法海水淡水化プラントである。このほかにサウジアラビアには、ヤン

ブーとアル・パークの 2 地点に大型プラントが運転または建設中であり、これら 3 地点のプラントはいずれも 1 基 1,000~1,300 m³/日級の大型で、3 地点の設備容量の合計は、16 基、19,305 m³/日となる計画である。

調査時点における海水淡水化プラントの 1 基の最大規模は、アメリカのフロリダ州キーウエストにある 1 基 1,900 m³/日級のものである。

なお、日本メーカーが中東地域に納入した大型プラントの実績は、調査時点ではまだないが、わが国でもすでに 800 m³/日×2 基の実証プラントが運転されており、モジュール製作技術およびエンジニアリング技術は大型プラントの建設が可能となっている。

表 4.2 大容量多段フラッシュ法海水淡水化プラント一覽表

納入メーカー		納入状況			単基容量 (m^3 /日)	プラント容量 (m^3 /日)	生産水 用途	状況	運転年
名称	国名	国名	地名	ユーザー名					
住友	日本	香港	Lok On Pai	Water Authority	30,280	181,680	飲料水	運転中	1975
"	"	イラン	Buzehr	Atomic Energy Organization	33,400	200,400	"	建設中	1981
"	"	サウジアラビア	Al Jubail (Phase I)	Saline Water Conversion Corporation (SWCC)	22,746	136,476	"	"	1981
石川島播磨重工業	日本	サウジアラビア	Al Jubail (Phase II)	SWCC	23,639	236,390	飲料水	建設中	1982
"	"	"	"	"	23,639	236,390	"	"	1983
"	"	"	Yanbu	"	22,746	113,730	"	"	1981
石川島播磨重工業	日本	クウェート	Doha	Min. of Elec. & Water	27,280	81,870	飲料水	運転中	1978
"	"	"	"	"	27,280	109,160	"	"	1980
"	"	"	Shuaiba South E-F	"	22,710	45,420	"	"	1975
"	"	サウジアラビア	Al Jubail (Phase I)	SWCC	23,664	236,640	"	建設中	1981
日立造船/クヌネスタングハウス	日本/米	サウジアラビア	Al Jubail (Phase II)	SWCC	23,618	236,180	飲料水	建設中	1980
三井造船/エンバイロジニックス	日本/米	サウジアラビア	Jeddah (Phase IV)	SWCC	22,710	227,100	飲料水	建設中	1980
ウエブ・ウェストガース	英国	カタール	Ras Abu Fontas	Min. of Elec. & Water	22,710	90,840	飲料水	運転中	1978
"	"	サウジアラビア	Jeddah (Phase III)	SWCC	22,710	90,840	"	"	1980
マンネスマン	西ドイツ	クウェート	Chubrah	Sultante	22,710	22,710	飲料水	運転中	1975
SIDEM	フランス	U A E	Umm Al-Nar, Abu Dhabi	Water & Elec. Dept.	27,000	81,000	飲料水	運転中	1979
"	"	サウジアラビア	Al Khobar (Phase I)	SWCC	22,300	223,000	"	建設中	1982
"	"	U A E	Umm Al-Nar, Abu Dhabi	Water & Elec. Dept.	24,981	99,924	"	"	1983
Compagnie Generale d'Automatisme	フランス	クウェート	Shuaiba North C	Min. of Elec. & Water	23,696	23,696	飲料水	運転中	1971
"	"	"	Shuaiba South A-D	"	23,846	95,384	"	"	1971
SIR/ユネテコ	イタリア	イタリア	Port Torres	Societa Italiana Resize	36,000	36,000	工業用水	運転中	1973
フランコ・トシ	イタリア	U A E	Sharjah	"	24,470	48,940	飲料水	運転中	1981

表 4.3 大型逆浸透法海水淡水化プラント一覧表

納入メーカー名	国名	納入状況			プラント容量 (m ³ /日)	動力源	状況	運転年
		国名	地名	事業者名				
UOP	米国	サウジアラビア	Jeddah	Saline Water Conversion Corporation(SWCC)	9	ディーゼル	運転中	1978
神戸製鋼	日本	日本	茅ヶ崎	造水促進センター	1	電気	運転中	1979
東川	日本	日本	茅ヶ崎	造水促進センター	1	電気	運転中	1979
Water Service of America	米国	ソ連	Baku	V/O Makinoimport	7	電気	運転中	1979
"	"	"	"	"	2	"	"	1979
"	"	米国	Key West	Florida Keys Aqueduct	6	"	"	1981
Permutit	米国	ペネズエラ	Punta Moren	Cadafre-Plant Centro #1	4	電気	運転中	1979
"	"	"	"	" #2	1	"	建設中	1979
"	"	"	"	" #3	5	"	"	1981
Heger-Elasser	ドイツ	ドイツ	Bonn	Min. Forschung & Tech.		電気	建設中	1980
Buckau-Welt/Maschinenfabrik	ドイツ	クウェート	Doha		1	電気	建設中	1980
Polymetrics	米国	サウジアラビア	Yanbu	Royal Commission	3	電気	運転中	1980
"	"	"	"	"	2	"	建設中	1980
Al-Kawther Water Treatment	サウジアラビア	サウジアラビア	Al Birk	SWCC	2	電気	建設中	1982

第 5 章 プラントサイトの選定

第5章 プラントサイトの選定

本F/Sにおいて、海水淡水化プラントのサイト候補地として図5.1に示すとおり、大アルジェ圏を中心として東西約80kmの海岸線上にある5地点、すなわちSidi Ferruch, Grande Plage, Stamboul, Jean Bart およびZemmouriを選び比較検討した。

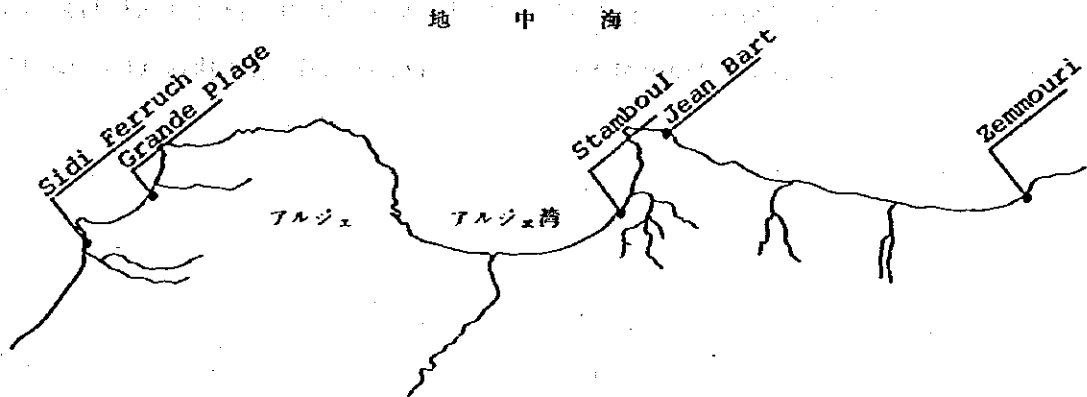


図5.1 サイト候補地位置図

5.1 大アルジェ圏周辺の自然環境条件

大アルジェ圏周辺地域における自然環境の現況を調査した結果は次のとおりである。

5.1.1 海域調査

1983年3月23日および24日の両日、Sidi Ferruchおよび Stamboul 沖に調査船を出し、海域調査を行った。調査の方法は次のとおりである。

(1) 調査項目 : 水深、水深ごとの海岸からの距離、水温、pH、水質分析、底質分析

(2) 採水、採泥箇所 : 図5.2 および図5.3 に示す。

(3) 分析機関 : 水質分析 アルジェリア水質検査省

ただし、サンプルNo. D-B1、D-B5、D-B8、SF-B1

SF-B5、SF-B8 についてはJICAでも分析

底質分析 JICA

5.1.2 海象

前記の実地調査結果およびアルジェリア側から提供された資料 (Du Doctorat De 3^e Cycle Specialite Océanographie "Variations Saisonnières des Matières Nutritives de la Baie D'Alger - Recherche des Facteurs Controlant le Developement du phytoplancton ") による原海水条件は次のとおりである。

(1) 海水の水質

Sidi Ferruchおよび Stamboul 沖合において採水し、分析した結果はANNEX I-1 (アルジェリア側で分析) および ANNEX I-2 (サンプルの一部を日本に持帰って分析) のとおりで、Stamboul沖の海水は、Sidi Ferruch沖の海水に比べ COD、栄養塩類

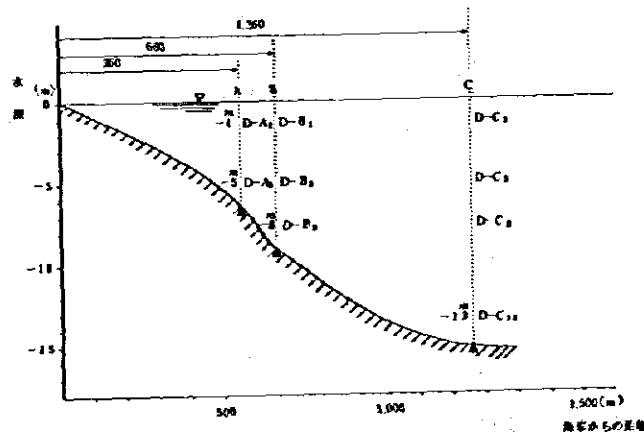


図 5.2 Stamboul沖採水、採泥箇所

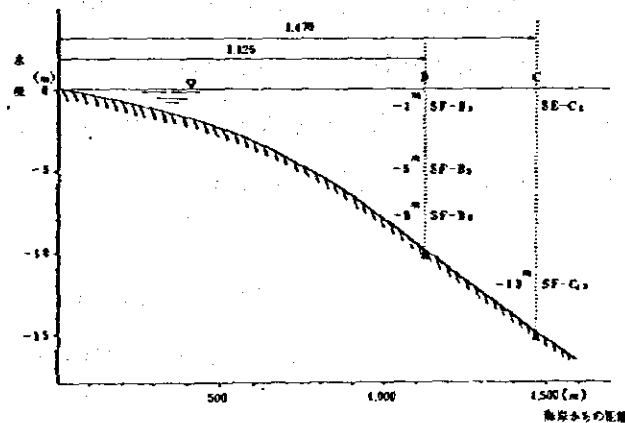
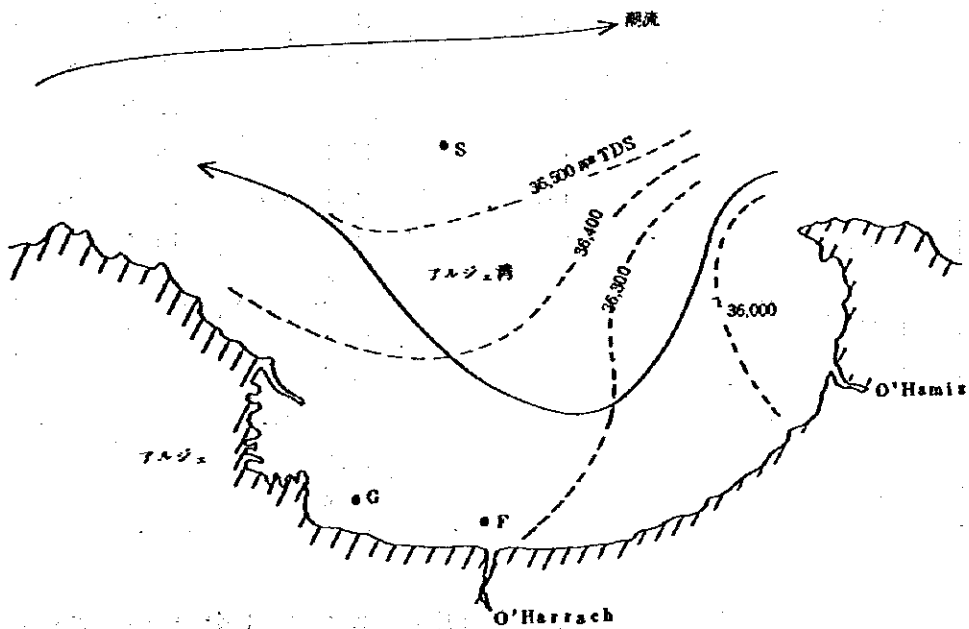
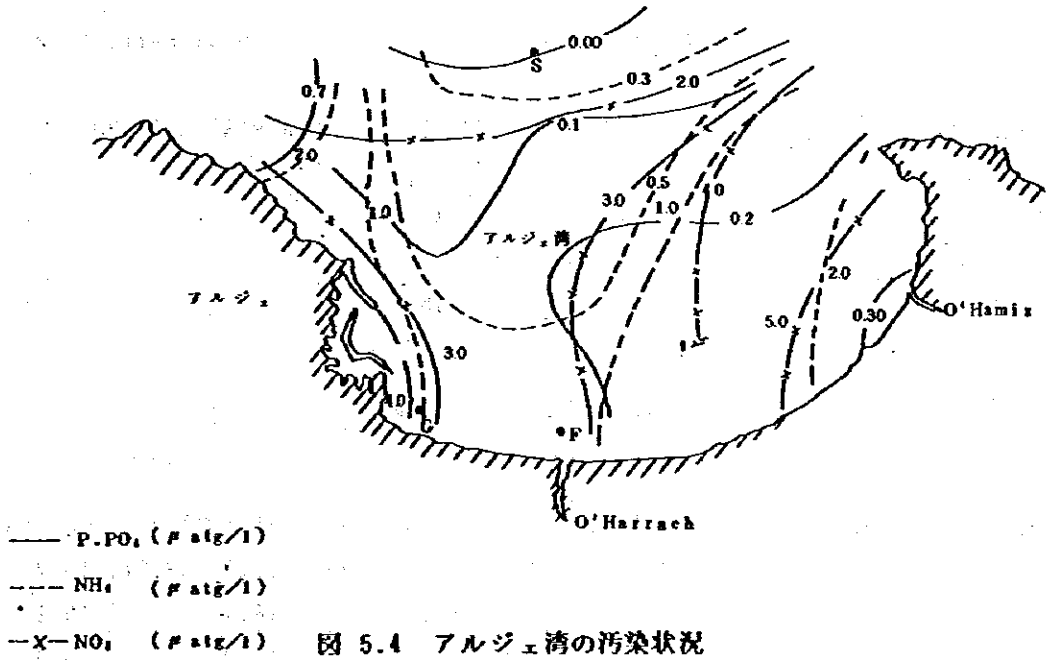


図 5.3 Sidi Ferruch沖採水、採泥箇所

(注) 記号は試料番号を示す。

の値が高い。また、前記資料によるアルジェ湾海水の汚染状況を図5.4に示す。汚染の程度は、海水淡水化の原海水として、現状では問題ないと判断できる。塩分濃度は日本沿岸に比較し、0.2%程度高いが、地中海で見られる一般的な値である。アルジェ湾内の塩分濃度の分布は図5.5のとおりである。



(2) 海水の水温

海水淡水化の計画において海水温度は重要な条件であり、年間を通じて十分な調査が必要である。現地調査時における実測値は表5.1のとおりである。

表 5.1 水深別海水温度

海 域	Stamboul 沖			Sidi Ferruch 沖	
調査日時	24 MAR '83 10:00 ~ 11:30			23 MAR '83 11:30 ~ 12:30	
Point No.	A	B	C	B	C
深さ (m)	6.5	9	15	10	15
大気温度 (°C)	18.5	18.9	17.6	19	
水深 (m)	水温 (°C) pH	水温 (°C) pH	水温 (°C) pH	水温 (°C) pH	水温 (°C) pH
- 1	16.4 8.19	16.3 8.26	16.2 8.30	16.3 8.27	15.2 8.30
- 2	16.3	16.3	16.2	16.4	15.1
- 3	16.2	16.25	16.2	16.2	15.0
- 4	16.2	16.2	16.2	15.8	14.95
- 5	16.1 8.19	16.2 8.26	16.1	15.6 8.25	14.9
- 6	16.0	16.2	16.1	15.5	14.9
- 7		16.2	16.1	15.5	14.9
- 8		16.2 8.26	16.1 8.29	15.5 8.22	14.9 8.30
- 9		16.2	16.1	15.4	14.9
- 10			16.0	15.3	14.85
- 11			16.0		14.85
- 12			16.0		14.85
- 13			15.9 8.25		14.85 8.30
- 14			15.9		14.8
- 15			15.6		14.8

また、資料によるアルジェ湾内の月別の海水水温度は図5.6のとおりで、海域による差はあまりなく、最高は6月および10月の22~23°C、最低は1~2月の13~14°Cである。

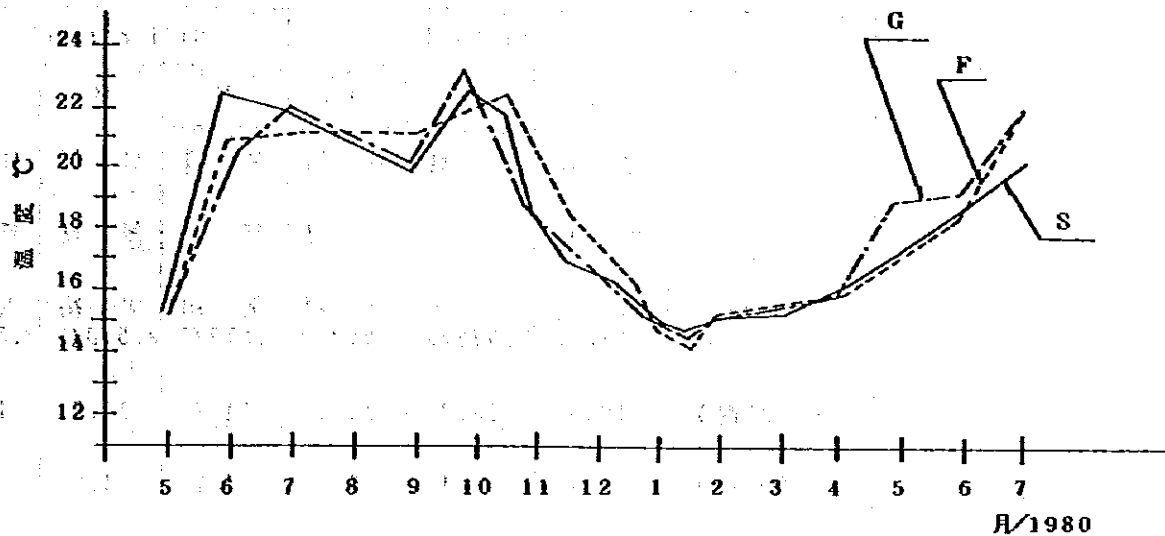


図 5.6 アルジェ湾の月別海水温度

(3) 海底の状況

海底の地盤については資料はないが、水際の状況からみて、土砂のたい積は少ないと思われる。Sidi FerruchおよびStamboul沖の海底の底質について採泥し、日本に持ち帰り分析した結果は表5.2のとおりである。

底質は細砂の卓越した砂質で、両地区で顕著な違いはみられなかった。化学的性質(COD、強熱減量、硫化物)は、日本沿岸の汚染されていない底質と同程度であった。

水深は図5.2 および5.3 に示すように、Sidi Ferruchの方が遠浅であり、水深10mの地点はStamboulでは海岸から約700m、Sidi Ferruchでは1,130mの距離となる。

5.1.3 気象

Stamboulに近いDar El Beida気象台およびGrande Plageに近いBouzarea測候所における風向、風速、気温、地温、降雨量等の観測データはANNEX I-3に示すとおりである。

なお、地震に関するデータは入手できなかったが、1980年のエル・アスナム地区での地震等からみて、アルジェ市域においても同程度の地震が起り得るものとして計画する必要がある。

表 5.2 底質分析結果

項 目		単 位	Stamboul			Sidi Ferruch		
			A	B	C	B	B	C
外 観	—	砂 質	砂 質	砂 質	砂 質	砂 質	砂 質	
臭 気	—	無 臭	無 臭	無 臭	無 臭	無 臭	無 臭	
色 調	—	黒 褐 2.5Y3/2	黒 褐 2.5Y3/2	黒 褐 2.5Y3/2	黒 褐 2.5Y3/2	黒 褐 2.5Y3/2	黒 褐 2.5Y3/2	
含水率	% (湿泥)	16.9	19.3	16.8	14.7	16.2	11.8	
発熱減量	% (乾泥)	5.7	5.4	6.3	4.7	4.5	4.8	
COD	mg/g (乾泥)	1.3	1.4	1.8	0.8	0.9	1.1	
硫化物	mg/g (乾泥)	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
比 重	—	2.74	2.74	—	2.74	2.75	—	
粒 土 組 成	礫分 2.0mm 以上	%	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—
	粗砂分 2.0mm ~ 0.42mm	%	1.0	1.5	—	0.5	0.5	—
	細砂分 0.42mm ~ 0.074mm	%	91.5	89.5	—	96.5	93.5	—
	シルト分 0.074mm ~ 0.005mm	%	7.5	9.0	—	3.0	6.0	—
	粘土・コロイド分 0.005mm 以下	%	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—
粒 径 値	60%	mm	0.150	0.149	—	0.140	0.130	—
	30%	mm	0.110	0.110	—	0.115	0.100	—
	10%	mm	0.081	0.078	—	0.093	0.078	—
	50%	mm	0.135	0.130	—	0.130	0.120	—

5.2 候補地の立地条件

一般にプロセスの選定、プラントの規模についての計画がなされた後、それに適合するサイトを選定することになるが、一般的にサイト選定上考慮しなければならない項目は地形、地盤、気象、海象などの自然条件と用地取得、ユーティリティー供給、輸送性、労働力などの社会条件の二つである。

この項目に対するウエイトのおきかたは国の考え方あるいは、そのプロジェクトにより当然異なってくるが、サイト選定とは結局、稼働上支障なく造水コストを最小にすると同時に周辺地域への影響を最小に抑えることにあるといえよう。

以上の点を踏まえ本プロジェクトのサイト候補地として選ばれた 5地点について比較分析を行った。

以下現地踏査結果をもとに、各々の候補地についてその特徴を述べる。

(1) Sidi Ferruch

当候補地は、アルジェ市西方約20kmにあるSidi Ferruchの市街部より約 2km西に位置している。周辺一帯は風光明媚なリゾート地帯である。サイトへのアクセスは幹線道路から 1km程度であるが特に問題はない。

サイトはほぼ平坦で用地面積、地盤上は問題ないが、西側に高さ 10m程の丘陵が横たわっており、その背後では保養所と思われる建物群が建設中である。南側～南東側の後背地には農地が広がっている。

前面海域は遠浅で、取水位置に必要な水深8mが得られる地点は海岸から約900m沖合である。海底土砂の堆積が少なく、岩盤が広がっていることが予想される。したがって取排水設備の建設工事がかなりやっかいなものになるであろう。海水は清浄である。

結論として、当候補地はプラントサイトとして有力なものの一つとしてあげられるかもしれないが、近傍の既設給水系に 150,000m³/日を受け入れるだけの能力がなく、接続が容易でないことおよびリゾート地帯であるだけに周辺景観に及ぼす影響が大きいことが最大の難点として残る。

(2) Grande Plage

当候補地はSidi Ferruchの北東約 5kmに位置している。リゾート地帯に隣接している点はSidi Ferruchと同様である。幹線道路からのアクセスは容易である。

サイトは陸側から海側へ向って傾斜しているが、海岸から陸側へ約200mの部分はコンクリートの細骨材用に現在砂を採取しているため地面の凸凹が激しい。凹部の地盤

レベルはかなり低くなってしまっている。

前面海域の状況はSidi Ferruchと大差ないと考えられる。

結論として、当候補地の欠点はリゾート地帯であるだけに周辺景観に及ぼす影響が大きいことおよび既設給水系への接続が困難なことに加えて、後背丘陵地からの雨水排水工事を含めた敷地造成工事が大がかりなものになってしまうことである。したがって、当候補地がプラントサイトに適しているとは言い難い。

(3) Stamboul

当候補地はアルジェ市街部に近接しており、アルジェ港を荷揚港とするならば、各種資材、機器の陸送は容易である。

サイトは平坦で、ほとんどが草地である。部分的に資材置場に供されており、小規模ながら倉庫もあるため、これらを撤去する必要がある。また、全体的に敷地レベルが低く、少なくとも1m程の盛土をしなければならないであろう。

前面海域は遠浅で、取水に必要な水深8mが得られる地点は海岸から約600m沖合である。海岸付近には部分的に岩盤の露頭がみられ、海底土砂の堆積は少ないことが予想される。

以上のように、当候補地は建設工事には全く問題がないとは言えないが、本プロジェクトの重要な要素の一つである既設給水系への接続という点から見ると、ケダラダムからの導水管へ容易に接続ができ、大アルジェ圏への供給水量の大部分を送水しているEl Harrachに送水できるという魅力を保持しているため、当候補地はプラントサイトとして非常に有力である。

(4) Jean Bart

当候補地はアルジェ湾東端の岬に近い切り立った断崖の上に位置し、かつ民家が立ち並び十分な広さの土地を確保するのが不可能なため、プラントサイトとして不適である。

(5) Zennouri

当候補地はアルジェ市より東方約50kmに位置している。幹線道路からかなり離れており、アクセス道路の幅員も十分でない。また、途中一車輛ずつしか通行できない橋梁が二つ程あり、かつ、これらの制限重量は4ton程度のため、現状のままでは到底工事用資材やプラント機器の陸送は不可能な状況である。

サイト自体は広大で、面積的には特に問題はないようである。

前面海域は外洋なので、海水は清浄であるが、風波の影響を強く受けるものと考えられる。特に本プロジェクトの場合、建設工程が非常に短いため、海上および海中工事の工事可能日数は重要な因子であるが、この点で当候補地は懸念が残る。

以上のように当候補地は陸上輸送に問題があるので、工事用荷揚げ設備を造ることが不可欠であるという点および既設給水系への接続が必ずしも容易でないという点から判断すれば有力な候補地とは言い難い。

5.3 候補地の比較検討と最適候補地の選定

現地踏査、海域調査結果を含めた調査資料をもとに、前項の 5.1 に示した自然条件、社会条件を細分すると次のとおりである。

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

社会条件

(4) 用地取得

用地の取得について制約はないか。

(5) 生産水の供給条件

既設給水系の接続は可能か。

(6) ユーティリティーの供給条件

必要な電気、燃料の供給は可能か。

(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周辺景観をそこねるようなことはないか。

(9) 労働力

周辺地域で労働力が得られるか。

以上の各評価項目について本プロジェクト用にウエイトを決め各候補地について定量的に比較検討を行った結果を表5.1に示す。なお、労働力は市街部より容易に得られるものとしこの項目は考えないものとした。

これにより、本F/SではStamboulをプラントサイトとしてスタディを進めることとする。

表 5.3 サイト候補地比較表

評価項目	影響因子	重要度	ウェイト	Sidi Ferruch	Grande Plage	Stamboul	Zemmouri
用地取得	プロジェクトの実現性	AA	3	利用できないデータ無し			
用地スペース	向上および建設費	A	2	◎ 10	◎ 10	◎ 10	◎ 10
地形(陸地海底)	建設費、建設工程	A	2	◎ 10	○ 6	○ 6	○ 6
地盤(陸地海底)	同上	A	2	利用できないデータ無し			
既設給水系への接続	向上および運転費	A	2	○ 6	○ 6	◎ 10	△ 2
ユーティリティー供給	建設工程、運転費	A	2	◎ 10	◎ 10	◎ 10	○ 6
輸送性	建設費、建設工程	B	1	△ 1	△ 1	△ 1	× 0
海洋条件	同上	B	1	○ 3	○ 3	○ 3	○ 3
海水水質	運転費	B	1	◎ 5	◎ 5	○ 3	◎ 5
環境への影響	建設費	B	1	△ 1	△ 1	◎ 5	◎ 5
総合評価				46	42	48	37

注記:

- JEAN BART はサイトとして不適格なので除外した。
- 各候補地を定量的に評価するためには以下の方法に依った。
1) 各評価項目について本プロジェクト用に重要度のランクを3つ設け、各々に下記のウェイトをつける。

ランク	ウェイト
AA	3
A	2
B	1
- 各評価項目に対して定性的な評価に評点を与え数値化する。

定性的評価	評点
◎ (優)	5
○ (良)	3
△ (可)	1
× (不可)	0
- 各評価項目について評点にウェイトを掛け、その値を求めそれらを合計したものをその候補地の総合評価とする。

第 6 章 プラントの計画条件

第6章 プラントの計画条件

本F/Sでは多段フラッシュ蒸発法と逆浸透法の二つのプロセスについて概念設計を行う。その範囲はつぎのとおりである。

(1) 海水の取水および排水設備

(2) 海水淡水化プラント

(3) 既設給水系への接続設備

プラントを計画するにあたって基本となる条件を以下に述べる。なお、電力、燃料ガスなどのユーティリティーは既存の電力網やガス管網より供給されるものとする。また、供給配線および配管は本F/Sの範囲外とする。

6.1 プラント能力

第3章で検討したとおりプラント規模は日量150,000 m³の能力を有するものとする。なお、プラントは一定容量をもった数系列のユニットにより構成されるが、その容量の決定は建設コストおよび運転コストの低減、工程の短縮、運転管理の容易さなどを考慮して決定する。

6.2 プラントサイト

大アルジェ国東方のStamboulをプラントサイトとする。

サイトの概要は第5章に記述したとおりであるが、建設コストに大きな影響を与える地盤条件に関する定量的なデータは得ることができなかつた。したがって本F/Sにおいては下記の仮定を設けることにした。

(1) 現在の地盤面より深さ約2mまでは砂質土で、それ以深は砂礫層あるいは石灰岩層になるものとする。

(2) 基礎の許容支持力は10t/m²とする。ただし基礎が砂礫層あるいは石灰岩層に混入した場合は20t/m²とする。

(3) 取排水管を埋設するため浚渫が必要であるが、想定される海底岩盤は堅固なものではなく、特殊な砕岩船や火薬を使用する必要はないものとする。

6.3 生産水の水質

水道水の水質基準についての立法化が行なわれており、近々公布されることになっている。その基準値は表6.1 に示すとおりである。ただし、現在はWHO基準を水質目標としている。そのため本F/S ではWHO基準を採用する。その基準値を表6.2 に示す。

表 6.1 アルジェリアの水質基準（公布予定）

項 目	基 準
寄生物	検出されないこと
大腸菌群	
ESHERICHIA	100ml中 0
大腸菌	100ml中 最大3 但しサンプル数の5%以下
Streptocoques	100ml中 0
残留塩素	最小0.1mg/l
pH	6.5~8.5
臭 気	異状のないこと
総硬度 (CaCO ₃ として)	500mg/l
塩素イオン	600mg/l
硫酸イオン	400mg/l ※ 1
蒸発残留物	1500mg/l
濁 質	5mg/l
BOD	3.5mg/l ※ 2
アンモニア	0.2mg/l ※ 3
硫化物	0.02mg/l
鉄	1mg/l
マンガン	0.5mg/l
鉄+マンガン	1mg/l
重 鉛	15mg/l
銅	1mg/l
硝酸塩	50mg/l
亜硝酸塩	1mg/l
フッ素	2mg/l のぞましくは0.8mg/l

※ 1: マンガンが50mg/l以上の場合は250mg/l以下とする。

※ 2: 浸透による汚染の可能性がないことが確認された場合は15mg/lとする。

※ 3: 浸透による汚染の可能性がないことが確認された場合は2mg/lとする。

表 6.2 WHOの水質基準

項 目	基 準
寄生生物	な し
大腸菌群	年間を通じMPN10以下
残留塩素	規定なし
pH	6.5~9.2
臭 気	規定なし
総硬度 (CaCO ₃ として)	100~500 ppm
塩素イオン	400 ppm
硫酸イオン	400 ppm
蒸発残留物	規定なし
亜硝酸性N	規定なし
アンモニア性N	0.5 ppm
硝酸性N (NO ₃ として)	80 ppm
鉄	1.0 ppm
マンガン	0.5 ppm
フッ素	1.5 ppm
鉛	0.1 ppm
砒 素	0.2 ppm
セレンウム	0.5 ppm
クロム	0.05 ppm
銅	1.0 ppm
亜 鉛	15.0 ppm
フェノール	0.002 ppm
シアン化合物	0.01 ppm
放射能	α線 10 μc/ml β線 10 μc/ml

6.4 原海水水質

プラントサイト候補地であった Sidi Ferruch と Stamboul において海水を採水し分析を行った結果を Annex 1-1および1-2に示す。以上のデータから本プラントの計画条件として原海水水質を表6.3 に示すとおりとする。

表 6.3 原海水水質

項 目	水 質
Ca	345 mg/l
Mg	1660 mg/l
Na	10700 mg/l
K	600 mg/l
Cl	20750 mg/l
SO ₄	2800 mg/l
HCO ₃	140 mg/l
電気伝導度	52000 u/ml
TDS	3700 mg/l
pH	8.2
NO ₂	0.04 mg/l
NH ₄	0.08 mg/l
Fe+Mn	0 mg/l
濁 度	15
水 温	最低13℃ 最高25℃

6.5 用役および薬品類

6.5.1 電 力

電力は SONELGAZ の電力網より供給される。その受電条件および電力料金を表6.4に示す。

表 6.4 受電条件および料金

項 目	条件および料金
電 圧	60 kV
周 波 数	50 Hz
相	3 相
料 金	16.5サンチーム/kWh

6.5.2 燃料ガス

燃料ガスは SONELGAZ の都市ガス管網より供給される。その供給条件および料金を表6.5 に示す。

表 6.5 燃料ガスの供給条件および料金

項 目	条 件
発 熱 量	9,400 kcal/Nm ³
組 成	He 0.19 ± 0.02
	N ₂ 5.80 ± 0.20
	CO ₂ 0.21 ± 0.03
	C ₁ 83.00 ± 0.30
	C ₂ 7.10 ± 0.15
	C ₃ 2.25 ± 0.10
	i C ₄ 0.40 ± 0.07
	n C ₄ 0.60 ± 0.08
	i C ₅ 0.12 ± 0.03
	n C ₅ 0.15 ± 0.04
	C ₆ ⁺ 0.18 ± 0.05
	比重 (空気1.0) 0.660 ± 0.003
	H ₂ S : 0.750 mg/m ³
イオウ : 30 mg/m ³	
元 圧	40 Bar
供給圧力	4 Bar
料 金	1.22サンチーム/1000 kcal

6.5.3 薬 品

多段フラッシュ蒸発法および逆浸透法プラントに必要な薬品の仕様および単価を表6.6 に示す。

6.6 環境保全対策

本プラントの運転によって周囲の環境に影響を及ぼす因子としては、排水、排ガスおよび騒音が考えられる。これら因子に関する規制は現在のところアルジェリア国内に

表 6.6 薬品の仕様および単価(DA/kg)

(1) 多段フラッシュ蒸発法プロセス

薬品名	仕様	単価
スケール抑制剤	—	18.00
消泡剤	—	20.00

(2) 逆浸透法プロセス

薬品名	仕様	単価
硫酸	98%濃度	0.41
増化第二鉄	40%濃度	1.44
クエン酸	100%粉末	5.67
アンモニア水	25%濃度	2.20
凝集剤	—	90.00

はないので本F/S では以下に述べる規制値を満足するような対策を講ずるものとする。

6.6.1 排水

周囲水域の汚染を防止するため多くの国では排水の水質基準を定めている。本F/S においてそれらの水質基準のうち、もっとも厳しい日本の工場排水の水質基準を採用する。その規制値を表6.7 に示す。

表 6.7 排水の水質基準

項目	許容限度
pH	5.0~9.0
BOD ₅ ²⁰	160mg/l (日間平均120mg/l)
COD (Cr法)	160mg/l (日間平均120mg/l)
SS	200mg/l (日間平均150mg/l)
ヘキサン抽出油分	5ppm
フェノール類	5mg/l

なお、海水淡水化プラントからは、大量の濃縮海水が排出される。濃縮排水の規制はないが、環境に影響を及ぼさないように海水との混合が充分行われるよう計画する。

6.6.2 排ガス

大気中の有害物質については、各国で環境上の条件につき維持することが望ましい基準として環境基準が定められている。表6.8にもっとも規制の進んでいる米国および日本の環境基準を示す。

この環境基準を保つために各項目ごとの排出源からの排出量を規制する必要があり、それは地域の特性——社会条件および自然条件——を考慮して決定している。

一方、本プラントで使用する燃料は表6.5に示される燃料ガスであり、このガスの燃焼によって発生する排ガスに関してはイオウ酸化物、一酸化炭素および浮遊物粒子状物質の濃度は低く、特に環境に影響を与えるものではない。それゆえ窒素酸化物のみ基準値を設定するものとし、その値は下記に示す日本の規制値を採用する。

窒素酸化物排出基準値

100 cc/Nm³

表 6.8 環境基準

項 目	日 本	米 国
二酸化イオウ	1時間値の1日平均値0.04ppm以下 かつ、1時間値 0.1 ppm以下	1時間値の1日平均値0.03ppm以下 かつ、1時間値 0.14ppm以下
一酸化炭素	1時間値の1日平均値10ppm以下 かつ、1時間値の8時間平均値 20ppm以下	1時間値の1日平均値 9ppm以下 かつ、1時間値の8時間平均値 35ppm以下
浮遊物粒子状物質	1時間値の1日平均値0.10ppm以下 かつ、1時間値 0.20ppm以下	1時間値の1日平均値0.075ppm以下 かつ、1時間値 0.26 ppm以下
二酸化窒素	1時間値の1日平均値0.04~0.08 ppm	1時間値の1日平均値0.05ppm

6.6.3 騒音

騒音の規制は周囲の社会活動の形態によってその規制値を変えていることが多い。本プラントサイトは大アルジェ圏の住宅が散在する地域であるがサイト境界には住宅が接していない。それゆえ本プラントの稼働による騒音（主にポンプ、モーターおよ

びボイラー)により周囲に迷惑を及ぼすことは少ないが、プラントの配置計画にあたっては騒音源をできるだけ敷地境界より離す、あるいは建家内に収納するなどの考慮を払うものとする。

6.7 その他プラント計画において配慮すべき事項

運転を容易にし、ひいては稼働率を高く保つため、次のような配慮を払うものとする。

- (1) 運転開始および停止時を除いて全自動制御とする。
- (2) 常時稼働ないし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年分を保有するものとする。

第 7 章 蒸発法海水淡水化プラントの概念設計

第7章 蒸発法海水淡水化プラントの概念設計

多段フラッシュ蒸発法による海水淡水化プラントの概念設計を行うにあたり、考慮すべき要点は、いくつか考えられるが、本F/Sにおいては、当該プロジェクトの置かれている種々の要件、特に第4章4.2項で述べられている基本的要件を満足し、経済的・技術的観点から、以下に述べる一般仕様を決定した。なお、本仕様を決定するに当たっての個々の詳細については、本章の7.2.1項を参照されたい。

7.1 一般仕様

7.1.1 プラント仕様

方式	長管式多段フラッシュ蒸発法
淡水生産能力	150,000 m ³ /日
ユニット数	50,000 m ³ /日×3ユニット
作動方式	ブライン再循環式
スケール制御方式	高温用スケール抑制剤注入およびボールクリーニング方式
蒸発器段数	熱回収部 30段 熱放出部 3段 合計 33段
生産水水質	WHOの水質基準を満足する。
水バランス	取水量 1,248,000 m ³ /日 排水量 1,098,000 m ³ /日

おもな運転条件

造水比	8.0
循環ブライン最高温度	110 °C
排出ブライン温度(最高)	34 °C
生産水温度(最高)	32 °C
循環ブライン濃縮比	1.82