

第 1 編 事業計画

第1章 導入の経緯

1. 水需要と水源開発

1.1 沖縄県水道用水供給事業の概要

1) はじめに

沖縄県は我が国の最南端に位置し、東西 1,000km、南北 400km に及ぶ広大な海域に点在する大小 160 の島しょからなり、我が国唯一の亜熱帯性海洋地域である。

県庁所在地の那覇市は、東京から南西約 1,600km の地点にある。

県の総面積は、約 2,250km² で全国でも 4 番目に小さい県である。全諸島を大きく区分すると、沖縄群島（面積構成比 64%）、宮古群島（同 10%）、八重山群島（同 26%）に大別される。沖縄群島の中では、沖縄本島が最も大きく県総面積の約 55% を占め、長さ約 130km、幅 4~28km で南北に細長い島である。この沖縄本島に県総人口の約 90% にあたる約 110 万人が居住している。

本県は、昭和 47 年 5 月本土復帰以来、本土との格差是正と自立的発展の基礎条件の整備を図るため、沖縄振興開発計画に基づき総合的な諸施策が講じられ、その中で水源の開発や水道施設の整備についても重要な施策として年次的に推進されてきた。

その結果、県内 53 市町村の全てに水道が整備され、その普及率は平成 7 年度末ですでに 99.8% となり、全国でも上位に達することができた。

しかし、これまでにたびたび繰り返されてきた給水制限（昭和 56 年：326 日連続断水）に見られるように、その内容については、多くの問題と解決すべき課題が横たわっているのが現状である。

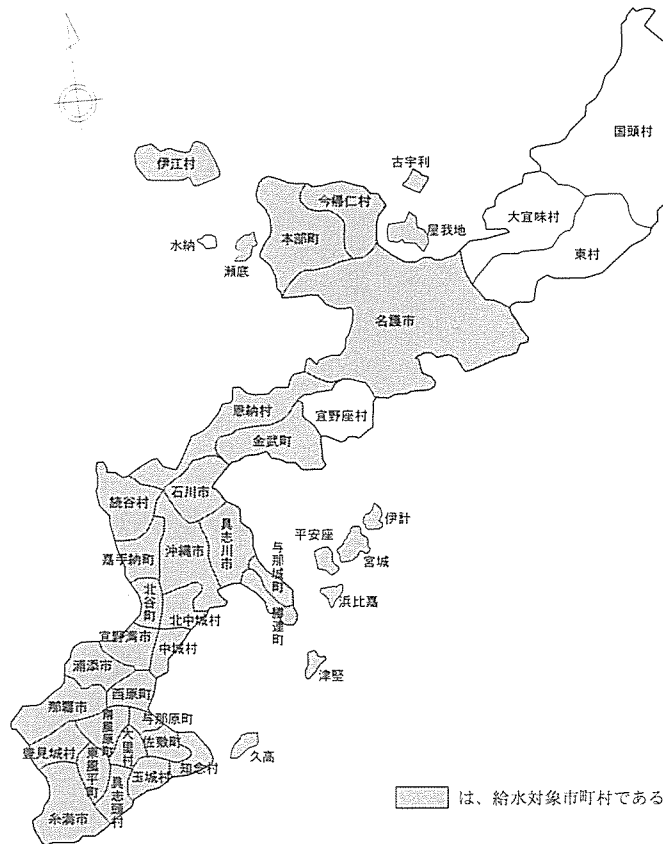


図 1-1-1 企業局の給水対象

2) 水資源の特徴

離島県である本県は、地形的、地質的に厳しい自然条件下にあるため、古くから飲料水の確保には苦難の歴史がある。

復帰後は沖縄本島地域を中心とする多目的ダムの建設により、水事情はかなり好転はしてきたものの、近年の水需要の増大に伴って、新たな水源開発についても、依然として厳しい状況下にある。

本県の降水量は、図1-1-2に示すように年平均約2,200mmで、全国平均の約1,800mmを上回っているが、人口密度が高いため、年間1人当りの総降水量で見ると、約4,000m³/年で全国平均を下回っている。

河川についてみると、本県には大小合せて300余の河川があるが、1級河川はなく、2級河川が44水系63河川で指定されている。しかし、これらの河川はいずれも地形的条件から流域面積が小さく、流路延長も短く、かつ急勾配の小河川であるため、流量が不安定であると同時に保水力も乏しい状況である。

また、降雨は梅雨期と台風時に集中しているため、水資源の利用が著しく制限されており、降雨の利用率も本土の約19%に対して本県は約10%となっている。

特に、離島の中でも一本の河川もなく、また湧水や地下水の確保すら困難な小さな島々においては、沖縄本島などから「海底送水管」を布設して生活用水を確保しており、これまでに16ヶ所の島々に延べ60kmの送水管路が整備されている。

さらに、海底送水が困難な島々においては、海水（かん水）淡水化施設を建設しており、これまでに5ヶ所の島々で合計1日当たり1,420m³の生産能力を有する施設が整備されている。

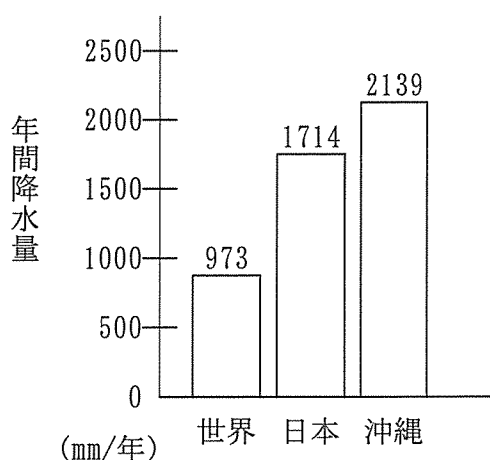


図1-1-2 年間降水量

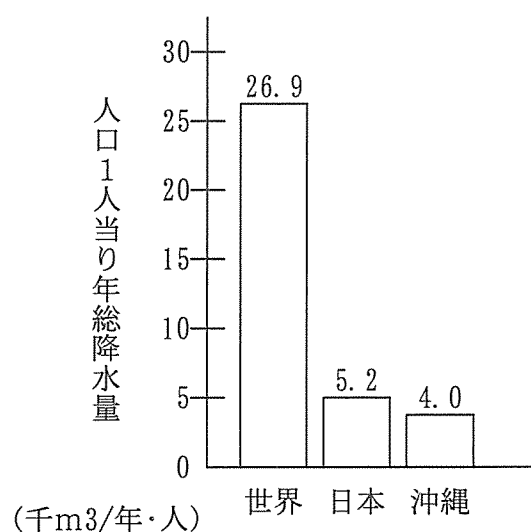


図1-1-3 人口一人当りの年間総降水量
(資料:理科年表及び沖縄気象台)

1.2 水需給の状況

1) 計画当時の水需給計画

本県には、水道用水供給事業（県企業局）が1ヶ所、水道事業が31ヶ所、簡易水道事業が56ヶ所ある。そのうち施設数の最も多い簡易水道から給水されている人口は、総給水人口のわずか5%に過ぎず、小規模水道がなお数多く存在していることを示している。（平成7年度実績）

県総人口の約90%が居住する沖縄本島の34市町村の内、30市町村（4市町村1企業団は自己水源あり）については、企業局より水道用水が給水されている。

企業局の水需給状況についてみると、計画当時（平成2年度）の送水量実績は1日平均40万m³であり、1日最大は約45万m³であった。

しかし、計画目標年度である平成13年度における1日最大給水量は583,000m³を予測しており、この需要水量を賄う水源として、国直轄ダムで約29万m³、県営水源としてダム、河川、地下水などで約31万m³、合計で約60万m³を開発する必要があった。

沖縄県の水道概要（平成7年度）

① 水道普及率 99.8%

県総人口	1,272,922人
給水人口	1,270,444人

② 水道事業体

・水道用水供給事業（企業局）	1ヶ所
・水道事業	31ヶ所
・簡易水道事業	56ヶ所

③ 水道施設の特徴

・水資源に乏しく小規模施設が多い。	
・海底送水施設	16ヶ所
・小規模海水（かん水）淡水化施設	5ヶ所

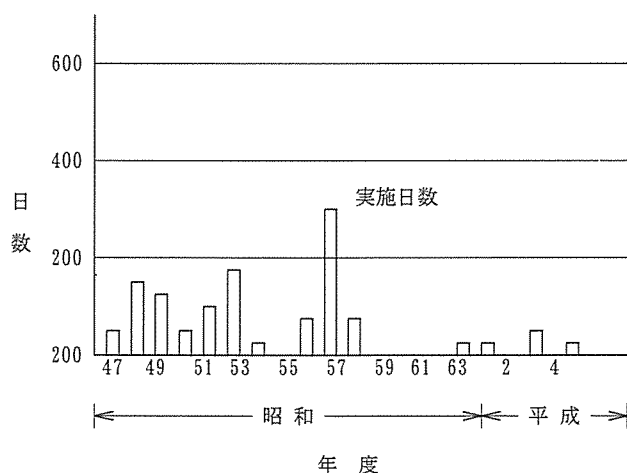
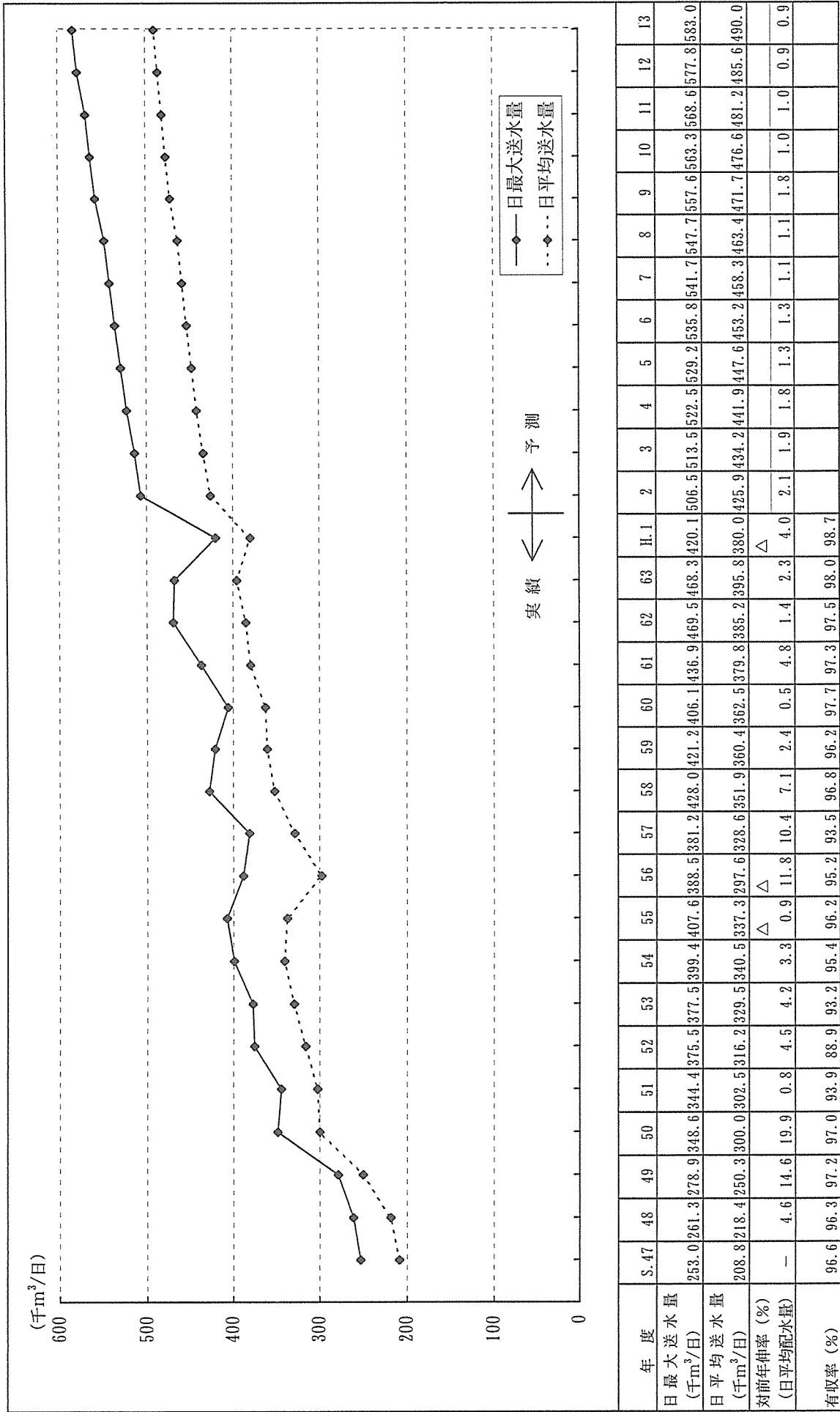


図1-1-4 給水制限実施状況

図 1-1-5 沖縄県水道用水供給事業の水需要実績と予測



出典：(沖縄県水道用水供給事業第5回変更認可申請書より)

2) 水源施設の特徴

これら水源のうち、計画当時に開発されていたのは、約 43 万 m^3 (約 72%) である。当時、工事中及び調査中の水源開発の状況についても、国直轄の特定多目的ダムとしては、漢那ダムが供用開始予定であり、羽地ダムと北西部ダムについては、平成 13 年度供用開始予定となっていた。

また、国、県の共同事業として工事中であった、倉敷ダム (当時瑞慶山ダム) については平成 7 年度供用開始予定であった。

一方、企業局が独自の水源開発として計画している事業としては、①西系列水源開発事業、②武見川水源開発事業、③地下水開発事業、④海水淡水化施設整備等であり、一部工事中のものもあったが、いずれにしても、これらの水源をすべて開発整備するには、長い期間と莫大な資金が必要であり、併せて水源地域対策や環境対策等にも、非常に困難な問題が予想される場所であった。

さらに、企業局の施設には、2つの大きな特徴がある。その一つは、歴史的経緯によるもので、戦後米軍が建設した施設を、復帰に伴って企業局が継承し現在も利用していること。2つ目は、地理・地形等の自然的条件に起因するもので、特に小規模施設が多数分布しており、しかも水源地域と需要地域が 100km 以上離れているため (北水南送)、導水管路の延長が長く特にポンプ場が多いことである。

このような状況から、将来の施設整備については、老朽施設の改良・更新を中心に、水資源の有効利用の立場から水管理システムの導入整備等も計画されていた。

1. 水源	
(1)ダム 国管理 …… 5ダム	
県管理 …… 3ダム	
(2)取水ポンプ場	21ヶ所
(3)井戸群	22ヶ所
2. 導水管延長	233km
3. 導水トンネル	28km
4. 浄水場	6ヶ所
5. 増圧ポンプ場	16ヶ所
6. 送水管延長	347km
7. 調整池	21ヶ所

図 1-1-6 企業局施設規模
(平成 2 年度)

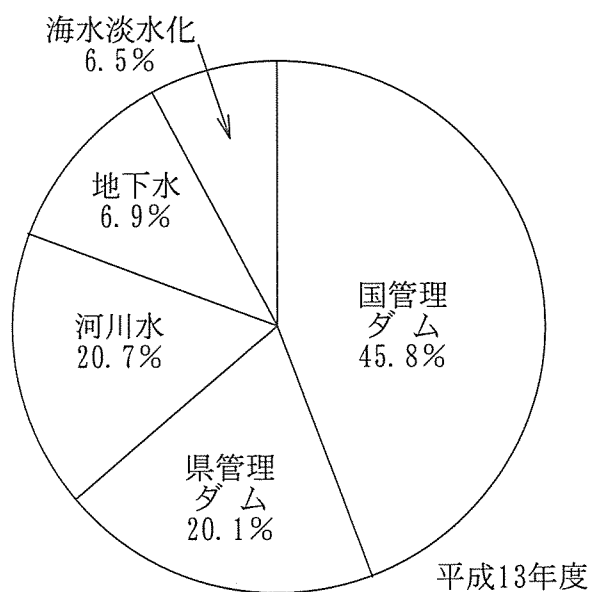


図 1-1-7 水源別取水量の割合 (予定)
(1日最大取水量 614,300 m^3 /日として)

1.3 水源開発

水道用水供給事業は、平成13年度における計画送水量を1日最大583,000 m³として事業を計画し、施設の建設を進めていたが、計画当時までに北部5ダム、漢那ダムの水源開発、久志浄水場、石川浄水場（拡張）、名護浄水場、西原浄水場、北谷浄水場の5浄水施設及び福地ダム～久志浄水場導水トンネル等の関連導送水施設が完成している。この他にも水源開発を中心に施設の拡張事業を推進するとともに、併せて「おいしい水」の供給を図るため北谷浄水場高度浄水処理施設の建設も進めてきた。

しかし、沖縄本島は南北に細長い急峻な地形で河川の流域面積が小さく、流路延長も短いことから大規模な水源開発が難しいため、前述したとおり、水道水源の多くを不安定な河川水に依存しているのが現状である。一方、近年でも水需要は人口の増加、生活水準の向上等により本土復帰をした昭和47年度の1日平均送水量21万m³から平成8年度は41万m³と22年間で約2倍の大きな伸びを示している。このため、この間給水制限のなかった年度はわずか12年にとどまっており、水の安定給水はなお本県の重要な課題である。

このように、現在でも引き続き水源の開発が最も重要な課題となっており、特に、当時は多目的ダムの建設促進、西系列水源開発事業、多角的水源開発の一環である海水淡水化施設の建設等の施策を強力に推進する必要があった。また、水源の開発とあわせて、浄水施設、関連導送水施設等の整備を推進しなければならない状況にあったのは言うまでもない。

さらに、これら主要事業のほか、一部の施設は建設から20年余が経過しているため老朽化が著しく、とくに浄水場の電気・機械設備等の更新が課題となっており、施設更新には計画的な実施が必要であった。

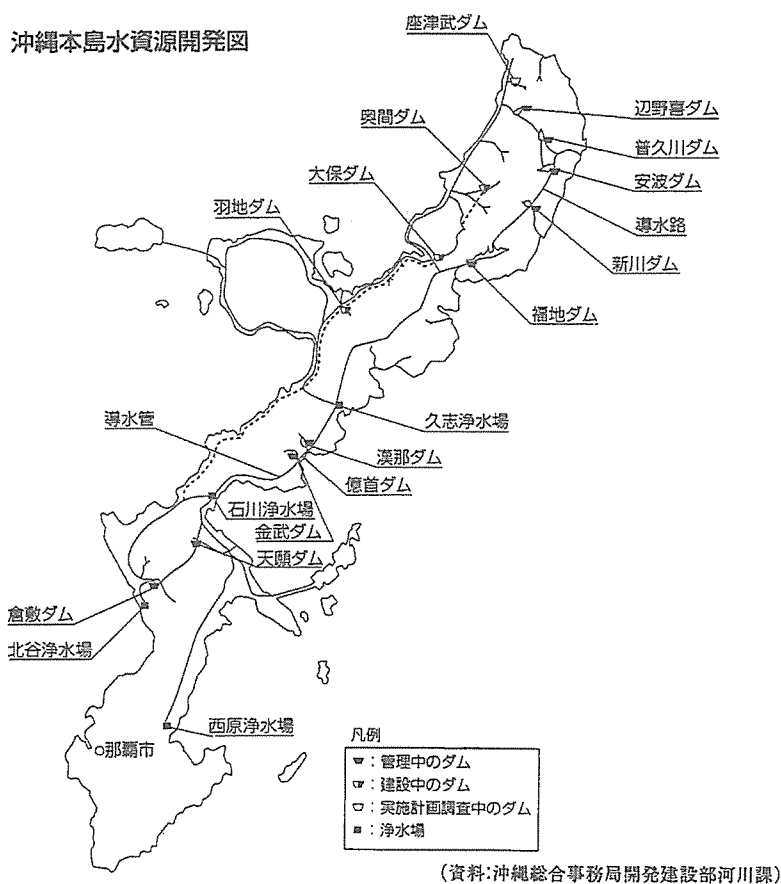


図1-1-8 沖縄本島水資源開発図

2. 海水淡水化の技術開発と実績

2.1 海水淡水化の種類

海水淡水化の方式には、逆浸透法、電気透析法のように特殊な膜の性質を利用する方法や、蒸発法、冷凍法のように水の相変化（水から蒸気、氷への変化）を利用する方法などがある。また、最近では特殊な膜と水の相変化の両方を利用した透過気化法等も注目されている。

しかし、稼動実績のある淡水化方法としては、多段フラッシュ法、多重効用法、蒸気圧縮法等の蒸発法の実用化が最も早く、続いて電気透析法がかん水脱塩用に開発されてきた。近年では省エネルギー化に最も適した淡水化方法として、逆浸透法が開発され急速に実用化が進んできた。一方、透過気化法は逆浸透法にかわる新しい淡水化方法として注目され、各社が独自の膜モジュールを開発しているが、実用プラントが稼動するまでに至っていない。

そこで、淡水化の方法を分類すると、相変化を伴う方法と相変化を伴わない方法とに大別でき、一例を図1-1-9に示す。また、淡水化に必要なエネルギーの使用形態からは、熱を利用する方法（蒸発法）、力を利用する方法（逆浸透法）、電気エネルギーを利用する方法とに大別することもできる。表1-1-1に代表的な淡水化の特徴を示す。

これらの中で、①エネルギー消費が小さい、②運転管理が容易等の理由により、沖縄県では逆浸透法の方が蒸発法よりも有利として採用している。つまり、我国ではエネルギーコストが高く、CO₂の排出規制等今後ますますエネルギー環境は厳しくなると思われることから、省エネルギー型である逆浸透法が優位な方法といえる。

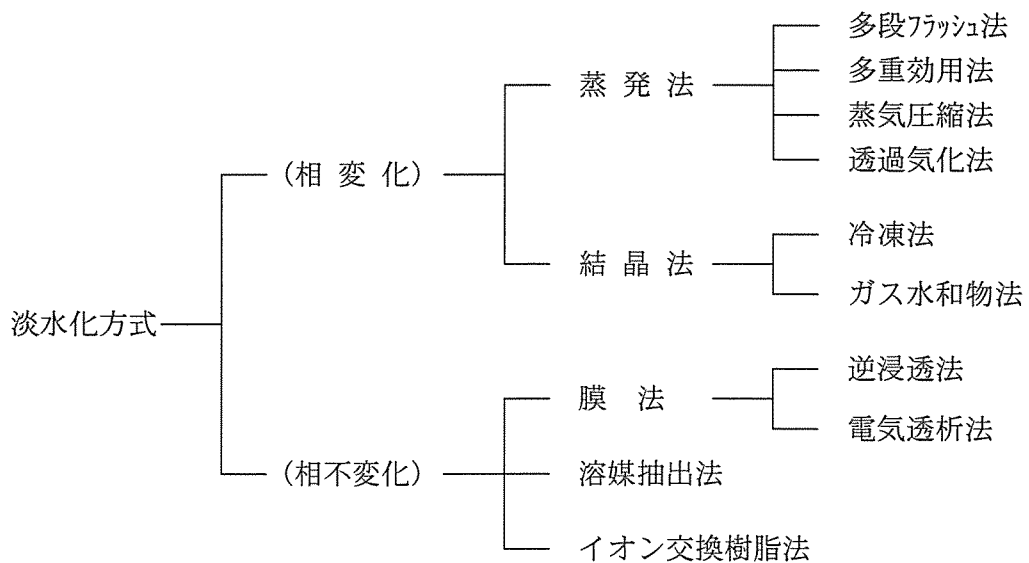


図1-1-9 淡水化方式の分類例

2.3 逆浸透法の技術開発

逆浸透法が海水淡水化を目的として開発されてから約 40 年が経過し、大型の逆浸透法海水淡水化プラントも世界各地で建設、運転されており、日本においても小型プラントとして、沖縄県内の離島に設置されている。プラントの運転状況は概ね順調であり、連続運転も長期にわたるものもあり、実績が評価されつつある。

1) 逆浸透膜

逆浸透法において最も重要なのは逆浸透膜である。現在までに開発された海水淡水化のための逆浸透膜について表 1-1-3 に示した。膜の材質としては、大別して、セルロース系のものと非セルロース系とに分けられ、膜の形式としては複合膜と中空糸膜とに分けられる。モジュール形式としては、一般に、前者はスパイラル型、後者は中空糸型として使用されている。

これらの膜の性能は塩分の排除率と水の透過流束で表わされている。一般に海水淡水化用の膜は塩の排除率として 99.4% 以上あり、生成される淡水として 1 段脱塩で塩分濃度 200~300ppm のものが得られる。透過流束は膜面積単位ではスパイラル型と中空糸型では異なるが、モジュール体積当りではほぼ等しくなる。

しかし、最近では海水の汚染や、飲料水として水道水質基準が厳しくなりつつあり、塩分以外の溶解成分の除去も必要となり、これに対する性能は膜の材料によって異なってくる。さらに、耐塩素性、耐熱性等の要求に対しても膜材料により差が生じる。

一般にセルロース系の膜は耐塩素性があるが、有機物の除去性能はあまり良くなく、非セルロース系のポリアミド膜は耐塩素性が少ないために、それに対する対策が必要になる。(図 1-1-11 参照)

表 1-1-3 種々の逆浸透膜

膜材料	膜の種類	特徴
セルロース膜	酢酸セルロース非対称性膜 (Loeb&Sourirajan 1960) 酢酸セルロース複合膜 (TFC) 酢酸セルロース中空糸膜	表面に 1 μ 厚さの緻密層を有する圧密化、加水分解等の問題点 圧密化を防止する耐圧性支持膜を使用 東洋紡、外径 200 μ 、100 μ の中空糸を使用、膜面積大。Hollosep
非セルロース膜	中空糸膜 (芳香族ポリアミド) 複合膜 (Composite membrane) NS-100, NS-200 FT-30, FT-40 SU-800 NTR-7199 R15A	デュボン製、Permasep B9, B10 (1973) 耐圧性支持膜 (ポリスルホン) の表面に、塗布または界面重合等により薄膜を形成したもの。スパイラル型 North Star Res. Inst. → Film Tec. Film Tec. Toray Nitto Denko Millipore
無機材料膜	多孔質ガラス膜 Dynamically Formed Mem. 分子ふるい膜 (CVD, Zeolite, Sol-Gel, Pyrolysis)	Schotte Glass ORNL → Clemson Univ.

(資料：造水技術)

2) 逆浸透法のシステム

逆浸透法のプロセスにおいては、膜やモジュールの劣化を防止するために、各種の前処理が採用されている。沖縄県では(財)造水促進センターの茅ヶ崎研究施設で行った海水淡水化実証実験に基づき淡水化フローを決定している。まず、原水中の濁質成分を除去するために砂ろ過もしくは2層ろ過が必要であり、膜の材料の性質によっては、pH調整、脱塩素剤等の注入が必要である。

また、逆浸透法は蒸発法に比べて省エネルギーであるという特徴を有するが、さらに省エネルギー化を図るために、逆浸透膜を透過しなかった高圧ラインのエネルギーをタービンによって回収する装置が付属している。

プラント全体として見た場合に、このほかに海水の取水施設、濃縮ラインの放流施設、凝集操作によって生じるスラッジの排水処理等の重要な処理プロセスがある。

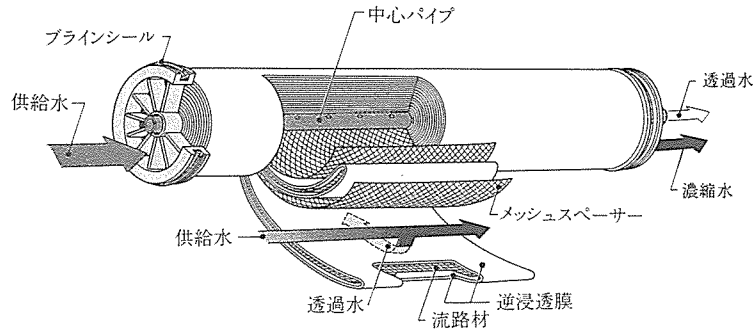


図 1-1-11(1) スパイラルモジュール

(資料：水道施設維持管理指針)

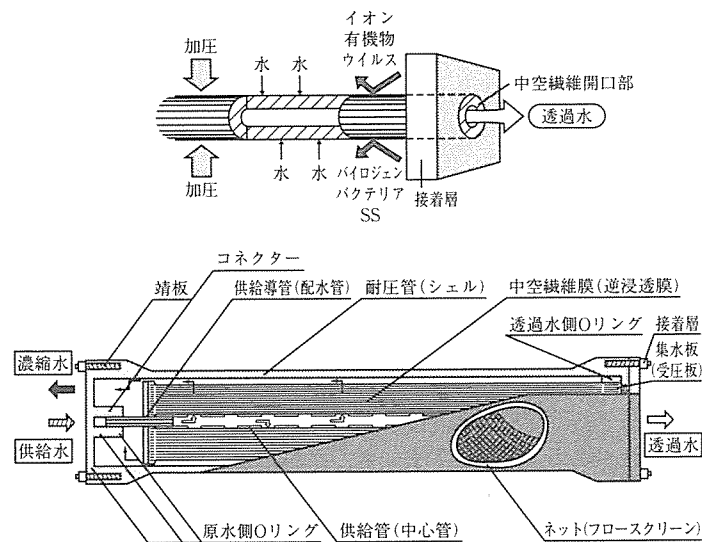


図 1-1-11(2) 中空糸モジュール

(資料：水道施設維持管理指針)

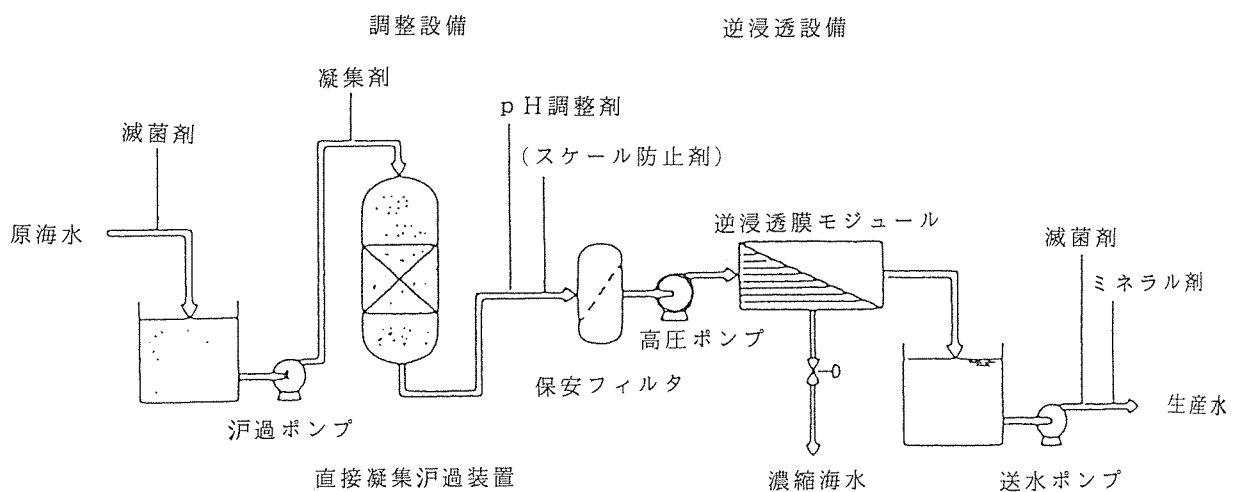


図 1-1-12 (財)造水促進センターのテストプラント

2.4 沖縄県の海水淡水化施設

我が国においても、1967年以降、離島、電力会社等に飲料水、工業用水等として大小の海水淡水化プラントが設置されている。

我が国の淡水化プラントの方式を見ると、海水淡水化には蒸発法と逆浸透法が適用され、かん水淡水化には電気透析法と逆浸透法が採用されている。離島では古くは蒸発法、電気透析法が使用されてきたが、最近では、エネルギー消費量が少なく運転維持管理が容易であることから、逆浸透法が多く採用されている。また、工業用水用としては、発電所のボイラ用水として、発電所の蒸気を利用した蒸発法が多く見られたが、最近では1,000 m³/日規模以上でも逆浸透法が適用される例が増えてきている。

国内の水道用淡水化プラントでは、沖縄県海水淡水化施設を含めて46基の淡水化プラントが稼働しており、その生産水量は約60,000 m³/日に達している。また、離島用と工業用別で見ると、平成7年度時点で、離島用が30ヶ所 約12,000 m³/日の生産水量（プラント規模10 m³/日以上のもの）、工業用等が64基 約80,000 m³/日の生産水量（プラント規模1,000 m³/日以上のもの）となっている。

一方、沖縄県内では離島やホテル、発電所等で14ヶ所の海水及びかん水淡水化施設が設置されており、飲料水や発電用水として利用されている。（表1-1-4～1-1-6）

これら沖縄県内の淡水化プラントのうち、水道用の主な施設5ヶ所の概要を表1-1-7に示す。

表1-1-4 国内プラント設置状況

1) 水道用全体	
都府県数	15都県
施設数	46基
造水能力	60,774 m ³ /日

2) 淡水化方式別設置状況

淡水化方式	施設数
逆浸透法	39
電気透析法	6
多段フラッシュ法	1
合計	46基

表1-1-5 都道府県別プラント数

順位	都道府県名	施設数
1	長崎県	10
1	沖縄県	10
3	東京都	8
4	愛媛県	3
4	福岡県	3
6	鹿児島県	2
6	茨城県	2
8	香川県	1
8	熊本県	1
8	その他6県	各1
合計	15都県	46

（資料：造水促進センター）

表 1-1-6 沖縄県内海水及びかん水淡水化施設

番号	設置年度	設置場所	施設能力 (m ³ /日)	計画給水 人口(人)	用途	原水	膜の種類
1	昭和 58	北大東島	240	800	飲料	海水	S p
2	60	渡嘉敷島	240	700	飲料	海水・ かん水	S p
3	60	粟国島	400	1,200	飲料	海水・ かん水	S p
4	平成 元	波照間島	240	700	飲料	かん水	S p
5	元	南大東島(第1)	300	1,700	飲料	海水	S p
6	2	波照間島	70	—	飲料	海水	H f
7	3	下地島空港施設	110	—	飲料	簡易水道	S p
8	4	みゆきホテル	30	—	ホテル	海水	S p
9	4	川平リッポホテル	600	—	ホテル	河川水	S p
10	4	沖縄電力 八重山第1発電所	100	—	発電	かん水	S p
11	4	沖縄電力 八重山第2発電所	20	—	発電	かん水	S p
12	4	沖縄電力 与那国電業所	20	—	発電	かん水	S p
13	4	沖縄電力 波照間電業所	20	—	発電	かん水	S p
14	5	南大東島(第2)	300	1,700	飲料	海水	S p
		合計	2,690	5,100			

注) 膜の種類 S p : スパイラル型、H f : 中空糸型

(資料: 企業局調査)

表 1-1-7 沖縄県の小規模海水淡水化施設概要

平成7年度現在

	事業主体名	北大東村	南大東村	渡名喜村	粟国村	竹富町
基本事項	設置場所	北大東島	南大東島	渡嘉敷島	粟国島	波照間島
	計画給水人口	800人	1,700人	700人	1,200人	700人
	施設能力	240 m ³ /日	300 m ³ /日	240 m ³ /日	400 m ³ /日	240 m ³ /日
	完成年度	昭和60年	平成元年	昭和61年	昭和61年	昭和63年
	総事業費(千円)	662,000	1,812,800	359,900	501,220	240,799
施設概要	平成5年度の施設能力	240 m ³ /日	600 m ³ /日 (300+300 m ³ /日)	240 m ³ /日	400 m ³ /日	310 m ³ /日 (240+70 m ³ /日)
	淡水化方式	逆浸透(RO)法 一段脱塩	逆浸透(RO)法 一段脱塩	逆浸透(RO)法 一段脱塩	逆浸透(RO)法 一段脱塩	逆浸透(RO)法 一段脱塩
	運転圧力	52~63kg/cm ²	50~65kg/cm ²	45~55kg/cm ²	35~56kg/cm ²	10~22kg/cm ²
	回収率	40%	40%	45%	75%	67%
	運転方法	全自動	全自動	全自動	全自動	全自動
	逆浸透膜	8インチ ^π イソ型 合成複合膜 (東レ PEC-1000 SU-820)	8インチ ^π イソ型 合成複合膜 (東レ SU-820)	8インチ ^π イソ型 合成複合膜	8インチ ^π イソ型 合成複合膜	8インチ ^π イソ型 合成複合膜
	水源	海岸深井戸	海岸深井戸2基 (φ350,50m 及び60m)	海水：海岸深井戸 (2連) かん水：既設井戸 (2ヶ所)	海水：海岸深井戸 かん水：既設井戸 (4ヶ所)	かん水：既設井戸
	取水量	660 m ³ /日	800 m ³ /日+ 1000 m ³ /日	海水：490 m ³ /日 かん水：90 m ³ /日	海水：180 m ³ /日 かん水：400 m ³ /日	かん水：360 m ³ /日
	受電設備	155kVA	135kVA+165kVA	105kVA	80kVA	49kVA
	施設メーカー	日立造船(株)	日立造船(株)	日立造船(株)	日立造船(株)	川崎重工(株)
水質	塩素イオン	92.7mg/ℓ	51.7mg/ℓ (85.7)	65.3mg/ℓ	18.9mg/ℓ	—
	蒸発残留物	144mg/ℓ	147mg/ℓ (179)	210mg/ℓ	135mg/ℓ	—
	pH値	7.0	7.0(6.7)	6.9	7.4	—
	硬度	40.2mg/ℓ	39.7mg/ℓ (29.9)	42.0mg/ℓ	29.5mg/ℓ	—
	KMnO ₄ 消費量	1.4mg/ℓ	0.9mg/ℓ (0.6)	検出せず	0.9mg/ℓ	—
大腸菌群	検出せず	検出せず ([〃])	検出せず	検出せず	—	
経営	10 m ³ 当り料金 (円)	2,700	2,480	2,430	2,236	1,236
	国庫補助率	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3
	高料金対策	あり	あり	あり	あり	あり
	普通交付税措置	あり	あり	あり	あり	あり

注) 南大東村の水質の()書きは第2施設の値。

(資料：市町村パンフレットより)

3. 2 海水淡水化施設導入の必要性

前述のとおり、沖縄県においては人口一人当たりの総降水量が約 4,000 m³/年と、全国平均約 6,000 m³/年を大幅に下回っていることから、絶対的に水量が不足している。

また、降雨の年間変動が大きく年間降雨量の大部分が夏場に集中しているほか、経年的な変動も大きい。

さらに、沖縄の河川は1河川当りの流域面積が小さく（全国平均 125km²に対し 20km²）河川延長も短く（全国平均 44km に対し 7 km）小規模である。

また、水源地が沖縄本島北部地域に偏っていることもあり、人口の集中する那覇市を含む本島南部への長距離の導水が必要であること等、水の確保には極めて不利な自然条件下にある。

そのため、沖縄では頻りに渇水が生じており復帰以来この20年間のうち13年において断水を伴う制限給水（延べ日数 1,099 日）を実施している。

計画当初の平成3年度においても6月から9月にかけて24時間断水を含む64日間にわたる制限給水が実施された。

こうしたことから、本県では早急な水資源確保が必要とされており、多角的な水資源開発の取り組みの一つとして4万m³/日の海水淡水化施設を導入し県民への水道水の安定給水の充実を図るものである。

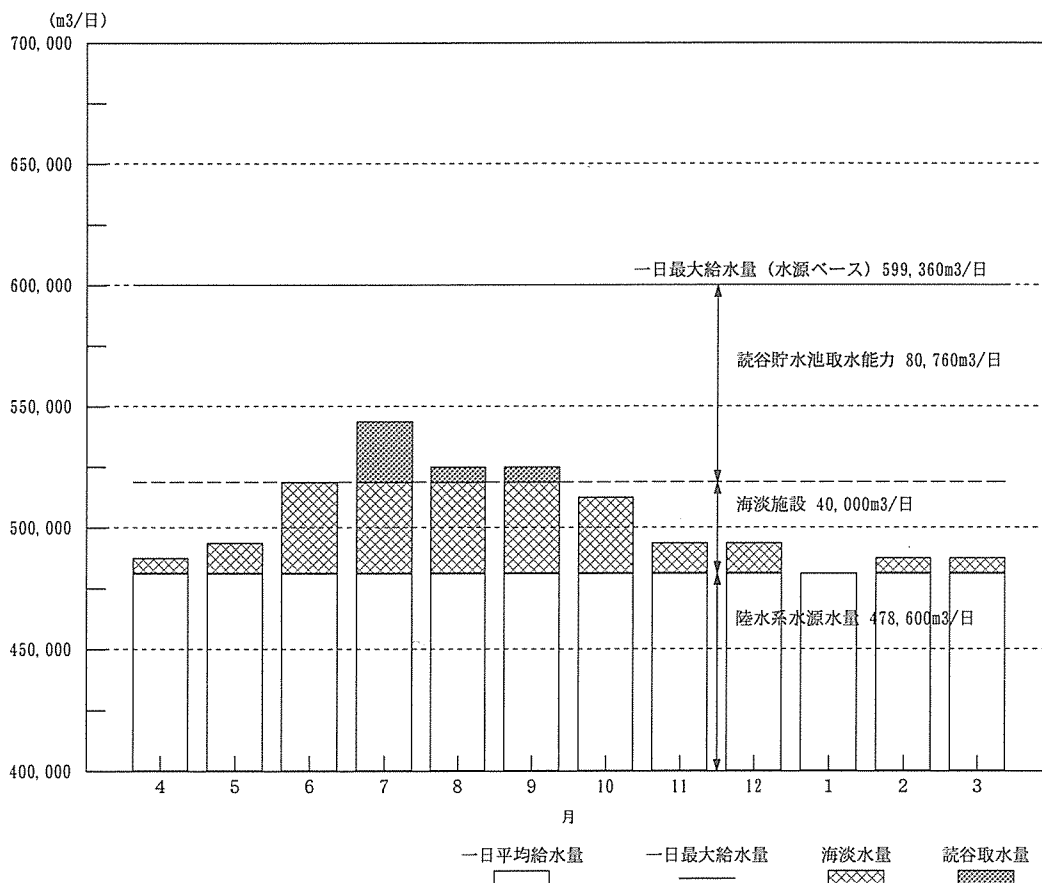


図1-1-14 平成12年度水需給バランス (水源ベース)

3.3 規模の決定

1) 不足する水源対策

このように水需要予測の結果、需要水量と供給水量のバランスは、目標年度の前年である平成12年度まで恒常的に水源不足の状態である。この対策として、国による早期の陸水水源の開発は望めないため、経年貯水池及び海水淡水化施設の建設を計画するものである。

不足水源対策として、海水淡水化施設単独で対応しようとする、不足水源が平成12年度において120,760 m³/日であるため、海水淡水化施設の規模が非常に大きくなる。そこで、目標年度である平成13年度の不足水源が36,460 m³/日であることから、海水淡水化施設の規模はこの不足水源水量を若干上回る程度としてベースロード運転するものとし、需要のピークカットには経年貯水池を建設して対応することとする。

2) 海水淡水化施設規模の検討

検討の方法としては、まず昭和58年度から平成2年度までの給水実績（但し、昭和63年度は制限給水年につき除く。）を整理した上で、月別の水需要パターンを作成し、月別取水量と需要水量とを比較して、月別の不足水量を算定する。さらに、海水淡水化施設規模を設定し、海水淡水化施設を稼働させた場合における、月別の不足水源水量を算出した。

図1-1-14に示すように、算出した月別の不足水源水量を1年間累計し、読谷貯水池の必要容量を算定し、建設可能容量と比較して海水淡水化施設規模を決定した。

経年貯水池の建設候補地として、容量約1,300,000 m³を見込むことができる読谷村の窪地を選定し、運用の方法は、億首川の豊水時期における余剰水量を金武ダム取水口より導水して貯水池に貯留し、需要のピーク時に利用することとする。

以上のことから、海水淡水化施設の規模を計画すると、平成12年度で40,000 m³/日が必要となる。

年 度	不足水源水量 (m ³ /日)		読谷貯水池 容量 (m ³)	海水淡水化施設 施設規模 (m ³ /日)
	1日最大	1日平均		
H.12	120,760	24,440	1,300,000	40,000

4. 導入までの経緯

このような状況の中、過去に厚生省等によって沖縄県本島海水淡水化施設計画調査が実施されてきた。その調査結果をふまえ、多角的水源開発の一環として逆浸透法による海水淡水化施設の導入について、昭和63年3月第5回事業変更認可を得て、平成2年度より学識経験者及び関係機関を含めた導入検討委員会を設置し、平成元～平成3年度まで予備調査を実施するとともに、平成4～8年度までを実施設計及び建設工事として取り組んできた。

次に、海水淡水化施設導入に至るまでの企業局の取り組みを図1-1-15のフローにして示す。



図 1-1-15 海水淡水化施設導入までの企業局の取り組み

第2章 施設計画

1. 基本構想

海水淡水化施設の基本計画を策定するに当たり、以下に基本構想を掲げ、計画の方針を示す。与えられた制約条件のなかで可能なかぎり、この基本構想を遵守し、基本計画に反映させる。

(基本構想)

水需給の逼迫、陸水系水源の不足の著しい沖縄県水道用水供給事業の水源確保に対処するため、早期に導入が可能で、清澄な周辺海域より豊富な原水として海水が確保できる海水淡水化施設を導入し、現況及び将来の不安定な給水を打開し、安全で安定した水道水源を確保することを目的とする。

海水淡水化施設は、現状及び将来の不安定な水需給収支を打開するために早期に実行可能な水源確保策として導入し、その施設規模、淡水化フロー、主要設備の構成や各設備の型式、容量等の決定に当たっては、原水水質、設置場所、周辺環境、費用特性などの条件を十分に考慮したものでなければならない。

特に、台風や高波による異常気象時や船舶事故、都市排水の流入時など原水水質の変化が発生した場合、停電等のエネルギーカットが発生した場合などの対処方法に留意した計画でなければならない。

- 1) 海水淡水化施設の運用に当たっては、変化の多い生産水量（陸水系水源の補てん）に対して、その原水である海水の質、量の特性を勘案し、通年安定した処理が可能であること。
- 2) 建設工事費、維持管理費が安価となり、省資源・省エネルギー化が図れること。
- 3) 処理工程ができるだけ単純で維持管理が容易であること。
- 4) 発生汚水、汚泥についてその処分が可能で、二次公害の恐れがないこと。
- 5) 陸水系水源の不足対策としての水源施設であるからトータルシステムとして、陸水系との調和のとれた運転が確保できること。
- 6) 立地条件を考慮し、施設から排出される濃縮排水の海域への影響を抑制し、周辺環境の保全を目指すこと。
- 7) 建設用地が狭小のため、施設配置上、隣接する施設と調和のとれたレイアウトとし、機能的動線を確保すること。
- 8) 施設は、最新の機械設備および電気計装設備と確立された淡水化技術を利用し、人とマシンとのバランスのとれた運転が可能であること。

施設建設完了後、通水に至ってもこの基本構想の趣旨が理解され、運転管理に生かされることが望ましいと考える。

2. 淡水化フローの決定

施設規模、原水水質、設置スペース等、与えられた設計条件に基づき、逆浸透法海水淡水化施設の処理プロセスとして一般的な方式について、その除去対象とする物質の特性、各プロセスの処理特性、経済性、維持管理性等を把握し、水量・水質の変動に対応した処理プロセスを適切に組み合わせ、各施設ごとに沖縄本島で導入可能で最適な淡水化フローを決定した。

2.1 原水水質の条件

現時点で収集できる周辺海域での水質調査の結果を、施設計画に必要な水質条件として整理し、各項目ごとにその最大、最小、平均値を設定すると、表1-2-1のようになる。

表1-2-1 原水水質及び処理水目標水質の設定

項 目		最 大	最 小	平 均
原 水	SDI (-)	6	—	5
	濁度 (度)	2	—	0.5
	SS (mg/l)	2	—	0.5
	pH (-)	8.3	7.8	8.2
	アルカリ度 (mg/l)	140	100	120
逆 浸 透 処 理 水 (調整設備)	水温 (°C)	32	20	25
	SDI (-)	4	—	3
	蒸発残留物 (mg/l)	36,000	34,000	35,000
	硬度 (mg/l)	6,700	6,300	6,500
	硫酸イオン (mg/l)	3,200	3,000	3,100
	塩素イオン (mg/l)	21,500	19,500	19,300
	導電率 (μ S/cm)	52,000	48,000	50,000
逆 浸 透 処 理 水	蒸発残留物 (mg/l)	360	—	—
	塩素イオン (mg/l)	190	—	—
	硬度 (mg/l)	35	—	—
	硫酸イオン (mg/l)	15	—	—
	導電率 (μ S/cm)	700	—	—

注) 原水と調整設備以降の水質と変わらないものは、原水には記述しないものとした。

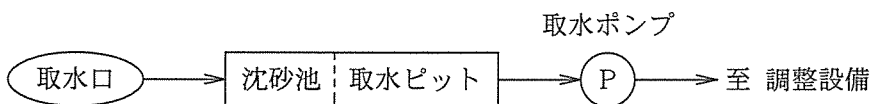
2.2 各設備ごとの基本フロー

(1) 原水設備

原水となる海水を海中に設置した取水口により、取水管を通して場内に導水し、取水ピットに貯留するための設備である。つまり、原水設備は、海水を場内に最初に取り入れる設備であり、後続の調整設備に安定した原水を供給するために、次の条件を満足しなければならない。

- ① 潮位の変動に対する調整設備への供給圧、供給水量の安定
 - ② 台風時等に混入が懸念される砂や塵芥の分離
- ①については、取水ポンプの制御を必要水量に応じてポンプ台数及び、調整弁により圧力、流量共に調整することで十分対応できる。
- ②については、取水ピットの前段にできるかぎり、大きい容量をもった沈砂池を設置することで対応する。

これらの理由により、原水設備の基本フローは、以下のとおりとする。



(2) 調整設備

海水中には、微生物、微細砂、コロイド状物質等の濁質分が含まれており、これらの濁質分が逆浸透膜に付着して膜エレメントの寿命並びに性能に大きな影響を与える。

このため、逆浸透膜モジュールの性能を長期的に安定した状態に維持するためには、清澄で、逆浸透膜に適し、安定した水質の海水を供給する必要がある。このことから、海水の濁質分除去を主目的とした適切な調整設備の設置が重要となる。

調整設備では、一般に、海水の滅菌（微生物制御）処理及び凝集ろ過処理を行い、膜モジュールへの供給水質を許容濁度（SDI 値）以下に処理する必要がある。

その処理プロセス及び基本フローは原海水中の濁度又は懸濁物質（SS）の多少によって異なるが、以下の理由により「直接凝集ろ過方式」を採用する。

① 原水水質

海水は、海岸から約 250 m 沖合いの深層から取水する計画であり、その濁度は 1~2 度 (SS 0.5 mg/l 以下) 程度と比較的清澄である。

② 設備設置面積

施設の用地面積が狭いことによる制約があり、できるだけ設備設置面積の小さい方式とする。

③ 実績・維持管理

海水淡水化施設に多くの実施例があり、前処理性能が十分であることが確認され、維持管理が容易であること。

よって、調整設備の基本フローは以下のとおりとする。

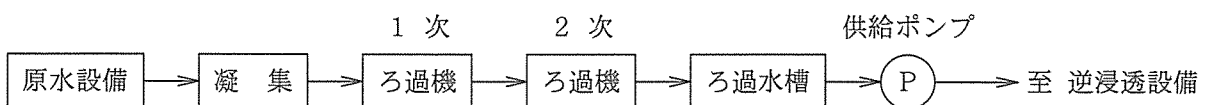
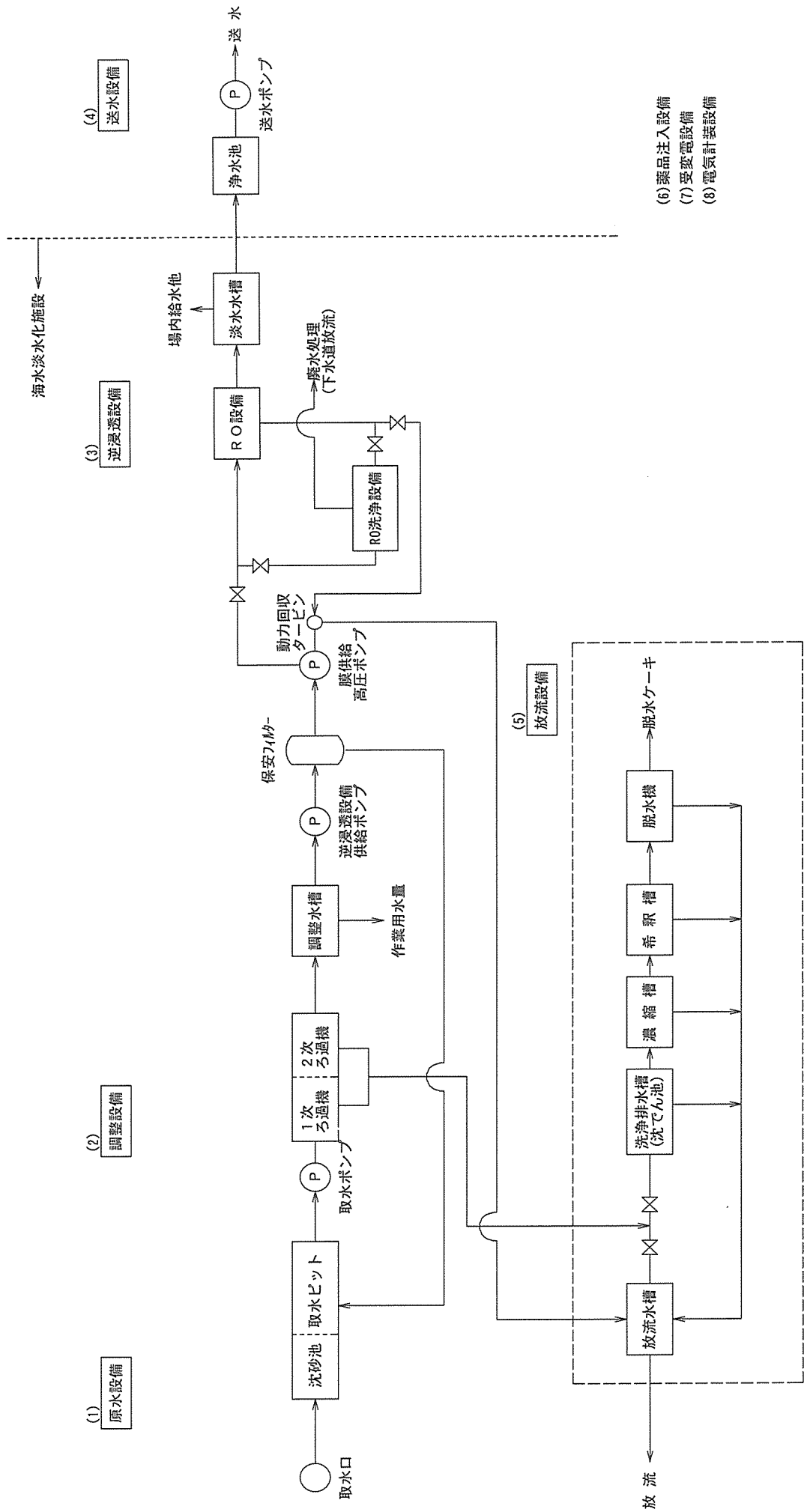


図 1-2-1 沖縄県海水淡水化施設（逆浸透法）フロー



- (6) 薬品注入設備
- (7) 受変電設備
- (8) 電気計装設備

3. 逆浸透膜の選定

海水淡水化施設の中心的な構成要素である「逆浸透膜」の選定は、慎重に検討する必要がある重要な課題である。

つまり、その材質、構造、型式等の種類により、処理能力や運転操作あるいは全体システムへの影響が大きいため、各施設、設備の設計に大きな相違点があり、選定に際しては、対象とする水質項目の除去性能のみならず、運転操作性、施工性、経済性等を十分考慮して、最適な膜を決定することが望ましい。

そこで、沖縄県企業局では、膜の選定に必要な要件や評価方法を(社)日本水道協会に委託し、その評価方法を参考に採用する逆浸透膜を選定した。

3.1 委員会の設置

膜の選定を行うため企業局では「海水淡水化施設に関する文献調査並びに稼働施設実態調査委員会」を設置し、平成4年9月17日(木)と平成5年1月13日(水)の2回にわたり、下記の要領で委員会を開催した。

海水淡水化施設に関する文献調査並びに稼働施設実態調査委員会

(第1回)

議 事
1) 開催日時：平成4年9月17日(木) 午前10時30分～
2) 開催場所：日本水道協会5階 第7会議室
3) 工務部長挨拶
4) 委員紹介
5) 委員長選出
6) 議 事
(1) 逆浸透膜法による海水淡水化について
(2) その他
配布資料
(1) 委員会名簿
(2) 逆浸透膜法の検討資料
(3) その他

(第2回)

議 事
1) 開催日時：平成5年1月13日(水) 午前10時～
2) 開催場所：日本水道協会5階 第8会議室
3) 委員長挨拶
4) 配布資料と経過説明
5) 各膜メーカーの説明(物質収支・メンテナンス等)
6) 議 事
(1) プロムイオンの反応実験報告(相沢室長)
(2) 沖縄県離島の海水淡水化施設水質調査
(3) 膜メーカーの水質調査
(4) 各種膜の物質除去メカニズム
(5) 海外施設調査報告
(6) 今後の進め方について
配布資料
(1) 第1回委員会議事録(平成4年9月17日)
(2) 逆浸透膜の検討資料・膜メーカーの概要 (第1回分修正)
(3) 水質調査結果についての意見
(4) 第2回検討委員会 協議資料
(5) その他

(委員会要旨)

2回の委員会で検討された主な内容を簡潔に記述すると以下のようになる。

第1回委員会は、海水淡水化施設に関連する国庫補助要綱の採択基準が制定されて初めての会合となり、主に逆浸透膜の選定に当たっての生産水水質の問題、特にプロモホルムの生成を中心としたトリハロメタン対策が検討された。生産水と陸水系浄水との混合によるトリハロメタンの濃度変化の予測の必要性が指摘された。また、淡水化プラントの特性に応じた使用薬品の種類、注方法、また施設の運転管理の考え方等、水質を中心とした多面的な検討の必要性が論じられた。

第2回委員会は、主なメーカーからの膜の特性について説明を受けた後に、逆浸透膜の選定時に必要となる評価項目が整理され、膜選定に当たっての留意点、膜の選定を行う場合の評価方法や検討内容、実施設計に向けて特に配慮すべき項目について議論された。

海水淡水化施設に関する文献調査及び稼働施設実態調査委員会名簿

(調査委員会)

委員長	国立公衆衛生院水道工学部長	真柄	泰基
委員	東京大学工学部教授	木村	尚史
”	横浜国立大学工学部教授	大矢	晴彦
”	東洋大学工学部教授	後藤	圭司
”	東京都水道局経営計画部技術改善担当課長	柳沢	武光
”	東京都水道局朝霞浄水管理事務所技術課長	塩谷	勝
”	沖縄県企業局次長	金城	義信
”	造水促進センター理事	後藤	藤太郎
”	日本水道協会工務部長	白水	暢

(オブザーバー)

厚生省水道環境部水道整備課課長補佐	粕谷	明博
沖縄開発庁振興局振興第4課専門官	牧谷	邦昭
前沖縄開発庁振興局振興第4課専門官	土谷	武
国立公衆衛生院水道工学部水質管理室長	相沢	貴子
造水促進センター脱塩技術部次長	太田	敬一

(幹事)

日本水道協会 工務部主任研究員	細田	三朗
工務部技術課長	田中	守男
工務部技術課調査係長	富岡	透

(注) 委員の職名は委嘱当時の職名による。

(順不同敬称略)

3.2 委員会の提言

逆浸透法海水淡水化施設は、国内では20数年の歴史をもつが、この間、発電所や製鉄所を中心とした工業用水道施設から離島の飲料水供給施設としても導入されるなど、今日ではわが国の水資源開発の重要な一部を担うものとなっている。

今後は、これらの既存施設の安定した稼働実績の積み重ねに加えて、膜モジュール、関連各設備の技術開発などが期待されることから普及が促進されていくものと考えられる。

特に、平成4年8月31日付で厚生省の「水道水源開発等施設整備費国庫補助金交付要綱」が一部改正され、海水淡水化施設は水道水源の一部として位置づけられることになり、陸水系水源の不足する地域や新規の水源確保が困難な用水供給事業、上水道事業にもその導入が可能となった。

沖縄県においても、水需給の逼迫、陸水系水源の不足の著しい水道用水供給事業の水源確保に対処するため、大規模な海水淡水化施設の導入が計画され、現在その実施計画の策定が進められているところである。

沖縄県企業局では、これら一連の作業に必要な資料・文献等を整備するため、日本水道協会に対し、海水淡水化施設の処理に関する国内外の文献を収集し整理すること、及び稼働施設の実態を把握し、設計・維持管理に供する資料を作成することを目的とする調査を依頼した。

これを受託した日本水道協会は、「海水淡水化施設に関する文献及び稼働施設実態調査委員会」を設置し、検討を行った。

この委員会の提言は、調査の目的に従い、収集した文献資料、稼働施設の運転、管理状況、提言等を整理したものである。

沖縄県では、逆浸透膜による海水淡水化施設を早期に導入するべく整備計画を進めており、全体のシステム構成や淡水化フローを決定するために重要となる逆浸透膜の種類を選定するために、様々な検討を加えている。

使用する逆浸透膜は、その材質、構造、型式等によって処理能力や運転操作方法等が異なり、また、各設備の処理工程や淡水化フローが変わることになるため、設計に当たって、使用薬品や付帯設備の規模容量、設置スペース等の設備仕様を決定する上で必要となる膜の種類を早急に選定する必要がある。

ここでは、調査委員会の中で議論された内容や各委員よりの意見・提言を全体システムにおける主要な設備ごとに分類し、計画や設計をする上で重要となる項目にまとめて委員会における提言とする。

1) 原水設備

- ① 取水する原水水質を十分把握し、後続の淡水化プロセス及び設備仕様を決定するための条件とする。
特に、後述するプロモホルムの生成に大きく影響する海水中の臭素イオンとトリハロメタン前駆物質については、その挙動を把握しておく必要がある。
- ② 除藻、殺菌の目的で取水口に注入する塩素剤については、安全で安定的な効果の確認ができるものを使用することが望ましい。(次亜塩素酸ナトリウムやクロラミン等の比較)
- ③ 取水口や取水管に付着する海生生物の種類や量を想定して取水管口径を計画よりも拡大しておく方法もある。
- ④ 取水口からできる限り清浄な原水が年間を通じて安定的に取水できるように、波浪、潮汐、海底地形等を考慮した設計とする。また、防護柵やゴミの流入防止のためスクリーン等の付帯設備を設置する。

2) 調整設備

- ① 調整設備は、逆浸透膜への供給水を水量・水質共に適した状態に保つために設置されるので、逆浸透設備と連動した運用を目指すものとする。
特に、SDI値の管理は重要となり、ろ過機の洗浄時やオーバーホール時の安定した水質の維持は、非常に重要となる。
- ② 調整設備の一部であるろ過機に注入する塩化第二鉄について、排水処理の必要性や排水基準に抵触するかどうか検討しておくものとする。
- ③ ろ過機の洗浄方法やオーバーホールの方法、予備機の必要性等について、運転を容易にするための各検討項目ごとに稼働施設の実態調査を行い、稼働状況を把握する。
併せて、事故事例等も調査する。
- ④ ろ過機の規模や構造・材質について、他の稼働施設や設計の例を参考に、加工方法、運搬方法、重量、寸法等の項目を設置条件(設置スペース、工期、施工精度等)に基づき検討する。
特に、海水が長時間接液するろ過機の材質については、十分に検討した上で選定する。

3) 逆浸透設備

- ① 逆浸透設備の中で最も重要な構成要素となる逆浸透膜は、その種類によって処理性能や運転操作方法が異なり、施設計画や設計に大きく影響するので、沖縄県の使用条件に合致した適切な膜を選定する必要がある。
- ② 膜の種類による除去性能の相違
膜の種類(構造、材質、型式)によって海中に含まれる物質、あるいは淡水化プロセス途中で生成される物質に対して、その除去性能に差がある。

③ 使用薬品と淡水化プロセスの相違

膜の種類によって各淡水化プロセスで使用する薬品の種類と量が異なる。

各膜の特性を考慮して、それぞれの膜の短所を補う為の対策として、付帯設備や薬品の注入方法が工夫されている。

④ 膜選定に必要な評価項目

海水中の物質の除去性能やトリハロメタンの除去性能は、膜選定の重要な要件となるが、それらの除去特性だけでなく、運転管理性や付帯設備の施工性等も含めて選定する。

⑤ 膜の種類によって膜の材質による特性、運転操作方法による特性、装置の規模や数による特性等が異なるため、高圧ポンプの型式や動力回収の方法等、膜モジュールと連動して運用する設備は、膜が選定された時点で最適な設備を選定する。

4) 送水設備

① 送水設備は、海水淡水化施設に該当しないが、陸水系の既設送水設備に淡水化水を流入させる場合、水量、水質共に安定した送水が可能かどうか検討する必要がある。

② 陸水と混合した場合の問題

沖縄県固有の問題として、北谷浄水場を含む他の陸水系の浄水と淡水化水が混合した場合に、生成されるトリハロメタン（特にブロモホルム）について、給水末端での増加が考えられるので、その量とレベルを把握し、対策する必要がある。

③ 給水末端での水質は、平成5年度に施行される新水質基準に適合したものでなければならない。

5) 放流設備

① 海水淡水化施設より排出される排水には、陸水等の浄水処理では、使用することのない成分を含んだものがあり、処理の必要性や海域への放流の可能性等、十分な調査が必要となる。

② 特に調整設備のろ過機から排出される洗浄排水については、その量も多く、海域への放流が可能かどうか、排水基準、行政上の規制、排水処理施設の設置の可能性などを十分検討の上、処理方法を決定する。

③ 膜洗浄廃液や保管廃液などの薬品廃液は、海水淡水化施設内で常時安定した処理を行い、場外へ排出する必要がある。

④ 主に放流海水を排出する放水管、放水口は、周辺海域や海生生物に濃縮塩分の影響が出ないように適切な型式と位置及び構造を選定し、運転開始後も十分な監視を行うものとする。

6) 薬品注入設備

- ① 逆浸透膜（CA系膜）によっては、トリハロメタン対策のため、原水設備、調整設備で使用する除藻、殺菌剤をクロラミンに変更する必要があるが、現時点では、クロラミンの安定した効果や取扱い易さに課題が残るので使用する場合、十分な検討が必要である。
- ② 重亜硫酸ナトリウム等によるショックトリートメントの必要な膜（PA系膜）における薬品の注入率、注入量、濃度、注入間隔等については、季節変動や日変動する水質条件によってバイオフィリングの状況が異なるので、適切な注入条件の設定が必要である。

7) 機械・電気・計装設備

- ① 他の陸水系水源との効率的な運用を勘案し、ポンプ設備や各機械設備の容量や台数は、必要生産水量や非常時の対応を十分に考慮して決定するものとする。
これらの設備には、必ず予備機を設置し、その台数は、設備の重要度や運用条件を考慮して決定するものとする。
- ② 受変電設備は、海水淡水化施設の運用方法や、設置場所の特殊性（北谷浄水場内）、容量、電力契約方法、各電力会社の供給規程などを勘案して、より経済的で安定した電力供給が確保できるものとする。
- ③ 計装設備は、海水淡水化施設の適切な監視、制御が確実に行えるものとする。
特に、施設の規模、運転特性などを十分考慮して、計装設備の方式、安全対策等を決定することが望ましい。

以上のように、調査委員会で討議された内容を主要な設備ごとに設計上の留意点として、全体システムに関連した項目を整理した。

これらの内、沖縄県企業局が実施設計を行う上で、海水淡水化施設の中心的な構成要素である「逆浸透膜」の選定は、慎重に検討する必要がある重要な課題である。

つまり、その材質、構造、型式などの種類により、処理能力や運転操作あるいは全体システムへの影響が大きいため、各施設、設備の設計に大きな相違点があり、選定に際しては、対象とする水質項目の除去性能のみならず、運転操作性、施工性、経済性等を十分考慮して最適な膜を決定することが望ましい。

3.3 逆浸透膜の評価

1) 評価項目

ここでは、逆浸透膜を選定する際に必要となる膜に関する評価項目を整理するものである。

海水淡水化施設（逆浸透法）に適用する膜モジュールの選定に当たって、使用実績、技術開発の状況、供給体制、納入後のバックアップ等を考慮して、現時点における総合的評価で優れていると考えられる国産膜の①酢酸セルロース系中空糸型膜モジュールと②ポリアミド系スパイラル型膜モジュールを検討の対象とする。

この二種類の膜モジュールのうちのいずれを選定するかは、多くの議論が必要であるが、施設の計画及び設計に当たって留意すべき点を細部にわたって抽出し、それを評価項目とする。

(評価項目選定上の留意点)

(1) 性能

膜モジュールの性能で最も重要なのは、脱塩率（塩排除率）である。しかし、この値はメーカーのカタログ値では、いずれも大差のない値になっているが、実用施設あるいは実験における長期間の実績と経験のあるエンジニアリング会社などの諸データを参考にする必要がある。

また、最近では、水道水に含まれる微量成分に関する研究が進み、これらの除去を行う高度処理設備が開発されている。海水淡水化施設においても、これらの問題となる微量物質の発生及び膜モジュールでの排除率の検討が必要となると考えられ、膜モジュールの性能は脱塩率だけでは評価できなくなってくると思われる。

(2) メーカー保証及びサービス

膜モジュールの性能保証は、逆浸透設備納入プラントメーカーと、また、ユーザーが直接膜モジュールを購入した場合には膜モジュールメーカーと、ユーザーとの契約事項に含まれる。また、性能に関する相談、膜エレメント交換の在庫品確保などのサービスについても予め検討しておく必要がある。これらのサービスの点については、外国メーカーより国内メーカーの方が良いと考えられる。

(3) 維持管理

維持管理に関係がある事項としては、膜性能の安定性（運転条件、運転経過による性能の変化）、必要薬品の種類とその取扱方法、排水処理等がある。いわゆる、扱いやすい膜モジュールということになるが、数値的評価が難しい点が多い。

(4) 設置スペース

特に、本計画では敷地が狭く、各設備はできるだけ設置面積が小さいことが要求されている。

膜モジュールスタックの設置面積は、膜モジュールの口径が大きいほど、また、単位膜モジュールの脱塩水量が大きいほど、基本的には設置スペースが少なくすむ。

以上の留意点に基づいて比較項目をその特徴ごとに選定すると、次のような37項目となる。

(物理的及び化学的性能)

① 膜の材質と構造型式 (1) 材質 (2) 構造 (3) 型式
② モジュールの形状と寸法 (1) 1モジュール当りの形状寸法 (2) 1モジュール当りのエレメント数 (3) 5,000 m ³ /日淡水時のエレメント数及びモジュール数
③ 材質的性能 (1) 耐塩素性 (2) 耐微生物性 (3) 耐汚れ性 (4) 加水分解の影響 (5) 供給水 pH の範囲 (6) 圧密化 (7) 耐除藻剤性 (8) THM 及び THM-FP の除去性能
④ 物理的性能 (1) 膜面積 (2) 有効膜厚 (3) 透過流束 (4) 濃度分極 (5) 膜支持材 (1次側) (6) 膜支持材 (2次側) (7) 巻き上げ方式 (8) 膜間隔 (9) 1モジュール当り重量 (10) 容器交換スペース
⑤ 処理性能 (1) 生産水量 (2) 塩除去率 (3) 条件 溶液、圧力、温度、回収率

(運転及び維持管理)

① 運転条件 (1) 最高使用圧力 (2) 最高使用温度 (3) pH 範囲 (4) S D I 値 (5) 残留塩素値
② 維持管理
③ 設置スペース
④ 使用薬品と薬品費
⑤ 除去性能
⑥ 経済性

2) 評価方法の例

委員会では、この評価項目に基づき逆浸透膜を選定する場合の評価の事例を作成し、今後、実施設計を行う沖縄県企業局の逆浸透膜の選定に際しての参考とした。(比較表は割愛)

この評価の事例は、調査委員会の委員の一部と幹事の一部により作成されたもので、評価項目、項目の重み付け(得点比重)、評価点や採点の方法については、最終的に沖縄県独自の視点、基準で評価することとしている。

(1) 膜の選定

選定に際して、委員会での提言や検討課題を整理すると沖縄県に導入する場合の条件として以下のことが挙げられる。

(膜選定の条件)

- ① 膜のみの条件、性質によってだけでは決定できないため、システム全体について検討する。
- ② 海水淡水化施設と陸水系浄水施設、あるいは他の送水系統等の既設施設との関連を考慮して検討し、これらの施設に影響を与えない。
(例えば、クロラミン滅菌を行った場合、他の遊離塩素滅菌を行った水系と混合できない。)
- ③ 透過する臭素イオンが若干あるので、トリハロメタン前駆物質を含んだ陸水と混合することは重要な検討事項となる。(場内及び末端において)
- ④ 沖縄県で導入する施設の基本フローは通産省(造水促進センター)の実証実験に基づく逆浸透法の淡水化システムである。
つまり、茅ヶ崎の研究施設において、昭和63年までに実験された膜モジュールについては、実証済みということで沖縄県では特別な実験をしていない。

(運転条件)

- ① 取水口に海生生物が付着し、取水量、水質にトラブルを生じないこと。
- ② 運転管理が複雑でないこと。海淡システムが単独で運転でき、他施設(高度処理等)で2次処理しなくともよいこと。
- ③ 送水の段階で混合する際に、既存施設に影響がないこと。(クロラミン処理の問題)
- ④ 臭素イオン(Br)の除去性能については、いずれの膜も除去率99%程度のデータが得られていることから、1段脱塩では400~650ppb程度が残留することになる。

(2) プラントの性能等の相違による選定

- ① 沖縄県の原海水に含まれる臭素イオン濃度(65,000ppb)では、PA膜、CA膜とも透過水中の臭素イオン濃度が400~650ppb程度残るので、北谷浄水場系の浄水と混合した場合に濃度の確認が必要である。
なお、透過水中の臭素イオンの問題については、陸水系との混合シミュレーションを行った結果、新水質基準をクリアできることが確認されている。
- ② CA膜については、前処理が塩素でもクロラミンでも臭素イオン濃度は650ppbで、どの膜でも臭素イオンに限っては差がない。
- ③ 前処理にクロラミンを使用した場合、プロラミンが生成される懸念がある。ただし、メーカー側の意見は、反応速度が遅いので無視できるとしている。
- ④ プロモホルム形で活性炭(GAC)で吸着させると寿命が短く数ヶ月程度になる恐れがある。また、生物活性炭(BAC)で吸着させると、プロモホルムはクロロホルムに比べ非常に除去しにくい。
- ⑤ PA膜のショックトリートメント(バイオフィアウリング対策)には重亜硫酸ナトリウムを使用するのが従来の方法であったが、最近ではクロラミンを使用する方が望ましいと考えられるようになった。そこで、ショックトリートメントにクロラミンの使用を仮定すると、CA膜と同

様、プロラミンの生成が考えられる。

- ⑥ トリハロメタンについては、PA膜では除去できるが、CA膜では除去できないため、クロラミンを使用し、前駆物質の形で除去することが考えられる。
- ⑦ CA膜とPA膜とも「前ろ過の後にROで処理する」という基本フローは同一であるが、エンジニアリング、メンテナンス等に関してはいくつかの点で相違する。（次図）

(3) 評価フロー

混合後の期待水質を決め、処理フローを作り比較する。（図1-2-2～1-2-3参照）

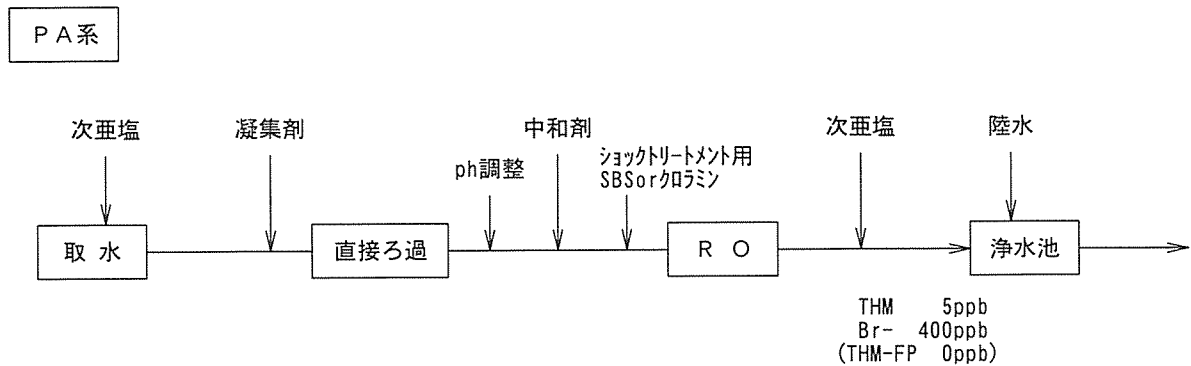


図1-2-2 PA系フロー

- ・次亜塩素酸ナトリウムはクロラミンに比べ、生物抑制が確実である。
- ・PA膜は薬注の種類が多い。
- ・PA膜に塩素が到達しないようにコントロールする必要がある。センサーにより検知し、中和剤はバックアップをもつ。
- ・SBSを使用した場合、苛性ソーダとあわせて曝気処理が必要。

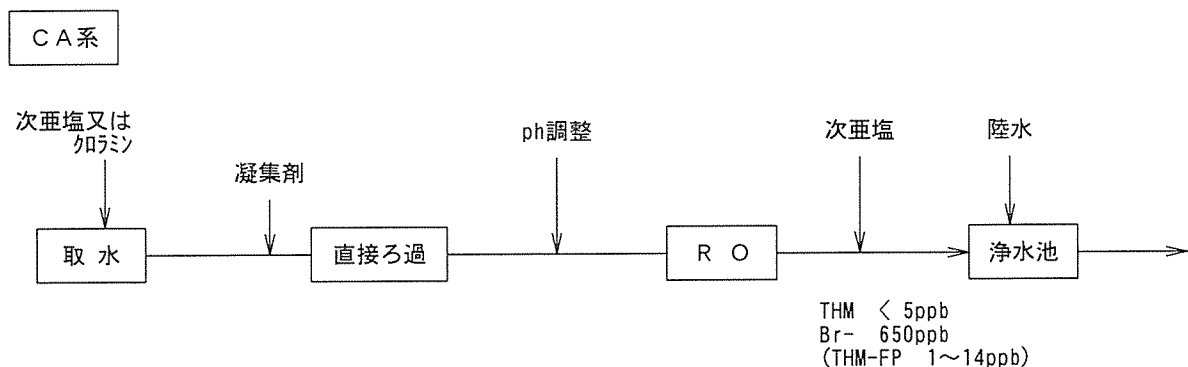


図1-2-3 CA系フロー

- ・クロラミンでは生物抑制力が弱い。（アセラス、ユスリカの幼虫等は死なない。）
- ・濃縮排水中のクロラミンを処理しなければならないのか確認する必要がある。
- ・海淡水の分析及び混合水の分析（臭素イオンについて）が必要となる。

4. 施設の配置と構造

4.1 北谷浄水場と海水淡水化施設

北谷浄水場は、沖縄本島中部の北谷町の海岸沿いに立地しており、1日 214,300 m³ の浄水能力を有する県下最大の浄水場である。昭和 57 年度から建設工事に着手し、昭和 61 年度に第 1 期工事が完了して、昭和 62 年 7 月から通水を開始している。

本浄水場は、高度浄水処理施設の他、現在企業局が進めている西系列水源開発事業の中核的施設として位置づけられている。

施設の特徴は、構内の各施設と中央監視室との間を光ファイバー・ケーブルで結び、水の管理、運用をすべて最新鋭のコンピュータ機器により高度な制御を行っている点にある。

取水源は比謝川、長田川、天願川の中部河川に大きく依存しているが、これらの水源の水質が年々悪化の傾向を見せたため、通常の処理工程では対応が困難となり、通常処理に生物処理、オゾン処理、活性炭処理の 3 工程を加えた高度浄水処理を行っている。

海水淡水化施設は、この北谷浄水場に隣接して建設され、平成 9 年 4 月からその全量が供用を開始した。倉敷ダムと併せて、西系列水源開発事業が大きく前進したことになる。

(北谷浄水場と海水淡水化施設の位置と規模)

所在地：沖縄県中頭郡北谷町字宮城 1 番地 27 号

敷地面積：約 100,000 m²

主な水源：福地ダム系、天願ダム、倉敷ダム、比謝川、長田川、天願川、嘉手納井戸群

施設能力：海水系 Q = 40,000 m³/日

陸水系 Q = 214,300 m³/日

主な給水区域：北谷町、沖縄市、北中城村、宜野湾市、中城村、浦添市、那覇市



図 1-2-4 位置図

4.2 施設の設計コンセプト

平成4年10月から開始された実施設計において、次の設計コンセプトが掲げられ、施設の配置、構造計画が決定していった。

【建築物の設計コンセプト】

かりゆしの海と太陽の光・船と城

沖縄はかつて琉球国と呼ばれ海洋大国として、中国、朝鮮をはじめ遠く東南アジア諸国との交易により隆盛を極めた。

当時の那覇はいわば世界各地との交易を持つ国際都市でもあった。

これらの交易は様々な情報や文化をもたらし、特に中国から渡来した「風水の思想」は沖縄の文化形成に大きな影響を与えた。

風水の思想は、地の形、風の流れ、日の当り、風景といった自然の力を感じその地に調和する形態を求める空間哲学ともいえる。

今、国家的事業とも言える沖縄県の海水淡水化に係わる施設の設計に当り、自然の恵みを受け、新しい技術を内包する機能をその形態に表現するような空間構成を目指す。

施設の計画は「かりゆしの海と太陽の光・船と城」を主題とする。

「海と光」は命の水と太陽の恩恵を沖縄の自然の象徴として表現し、「船と城」は沖縄の人と技術、歴史と伝統を表現する。

海は幾重にも連なる壁の重なりとおおらかな曲面でその波とうねりを表わす。

光は外装を彩るタイルと熱線反射ガラスで造られる壁面で表現される。

壁面は時間の経過と共にその光で変化し、周囲の景観と一体化した建物の表情を構成する。

船は大きな壁面に浮かぶ帆で表わされる。

海側に迫り出した階段室とそれを繋ぐ空中歩廊は山原船や進貢船の帆を型どり海水淡水化技術が伝搬されていくことを表現する。

城は底層部の壁面素材に重厚なタイルや石張りの仕上げを用いることで、歴史と伝統につながることを表現する。

これらのモチーフを渾然一体とさせ、海水淡水化施設の建築空間の機能と美しさを表現する。

海水淡水化施設はその機能性と共に形と色の美しさが要求される。形と色の二つの要素は人々の感覚に訴え、それらと関連のある具体的なものを思い浮かべさせる。

海水淡水化施設の外壁の基調色は海を連想させるブルー系の色とした。これは既設の陸水施設のベージュ系の色とも良い対照となり、施設の機能美を発揮できるものとなる。

4.3 構造及び水理計画

1) 敷地概要

所在地	北谷町宮城1-27
用途地域	住居地域
防火地域	指定無し
敷地面積	北谷浄水場全体 97,433 m ² (海水淡水化施設有効敷地面積 約 12,000 m ²)

2) 建物概要

(1) 海水淡水化棟

階数	地下1階、地上4階
構造	鉄筋コンクリート造 (RC造) 1部プレストレストコンクリート造 (PC造)
建築面積	8,988.73 m ²
延床面積	17,676.87 m ²

(2) MOF室

階数	地上1階
構造	鉄筋コンクリート造
建築面積	78.54 m ²
延床面積	78.54 m ²

3) 海水淡水化棟ブロック別構造及び面積表

単位：m²

階別	A棟 (RC造)	B棟 (PC造)	C棟 (RC造)	合計
B1	662.06	819.15	—	1,481.28
1	1,401.78	3,828.12	2,967.54	8,197.44
2	1,562.09	213.97	1,580.51	3,356.57
3	1,698.28	349.00	1,046.34	3,093.62
4	894.97	160.28	439.24	1,494.49
R	53.54	—	—	53.54
合計	6,272.72	5,370.52	6,033.63	17,676.87

建築面積	2,084.33	3,901.10	3,003.30	8,988.73
------	----------	----------	----------	----------

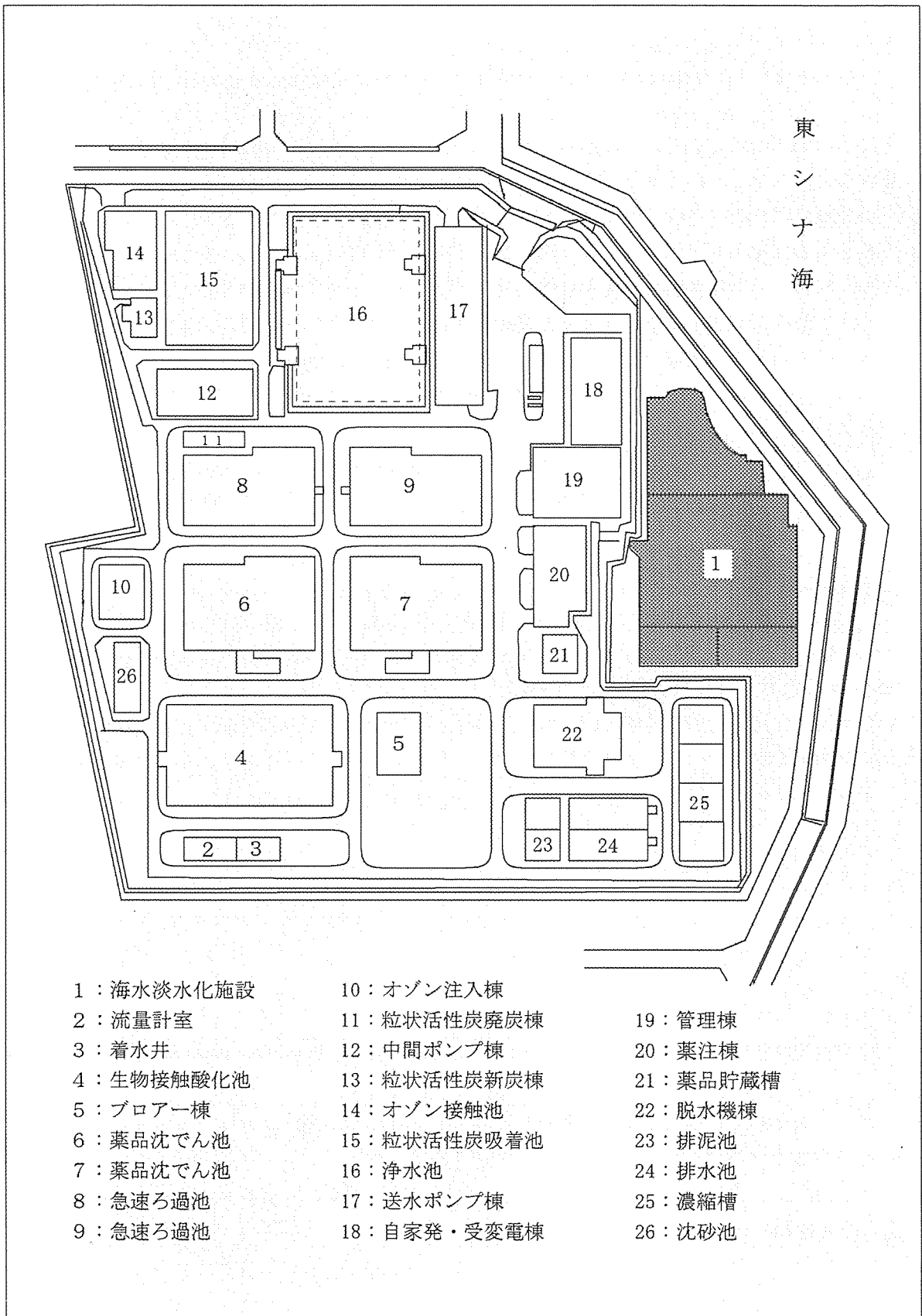


図 1-2-5 沖縄県海水淡水化施設位置図

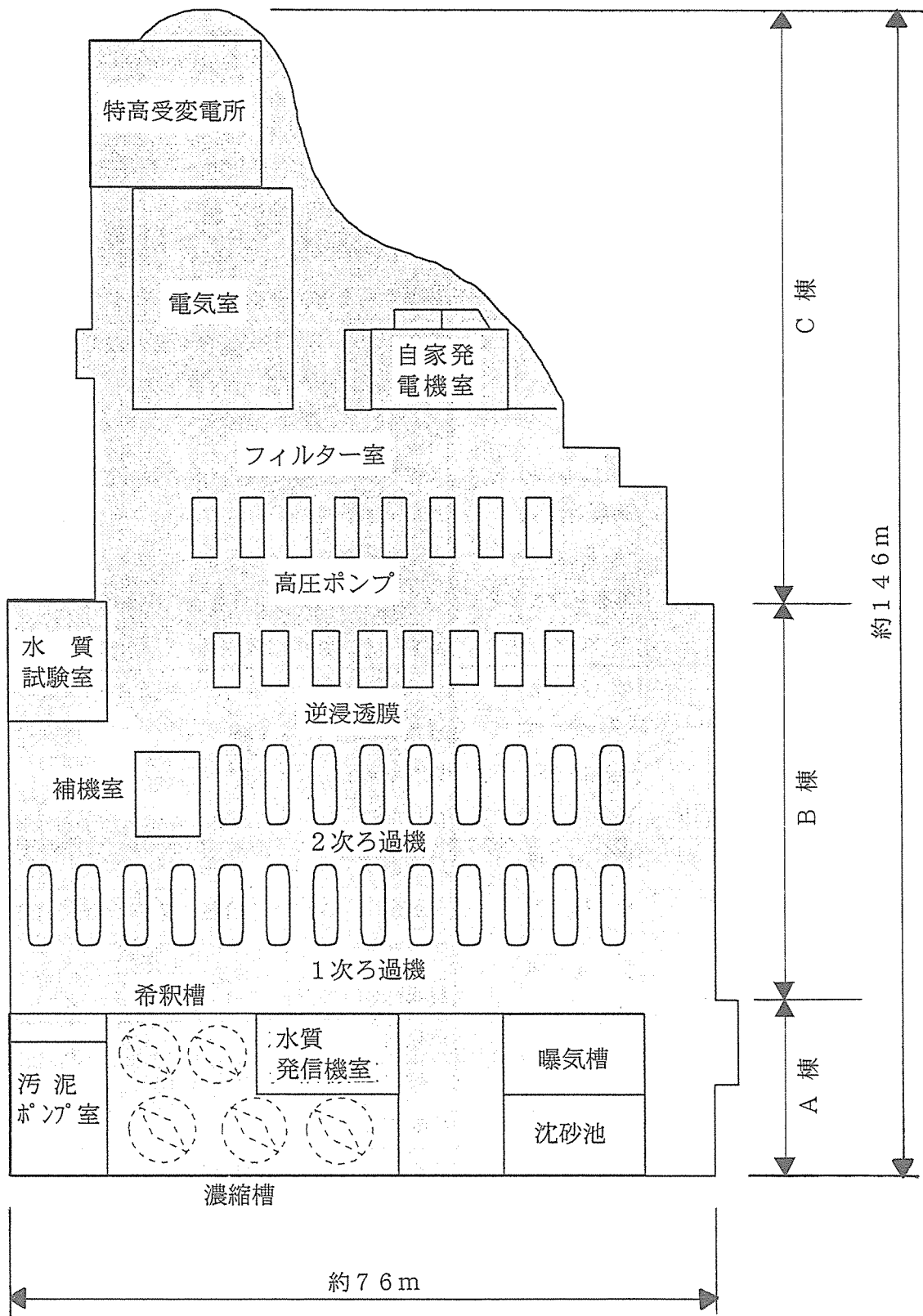
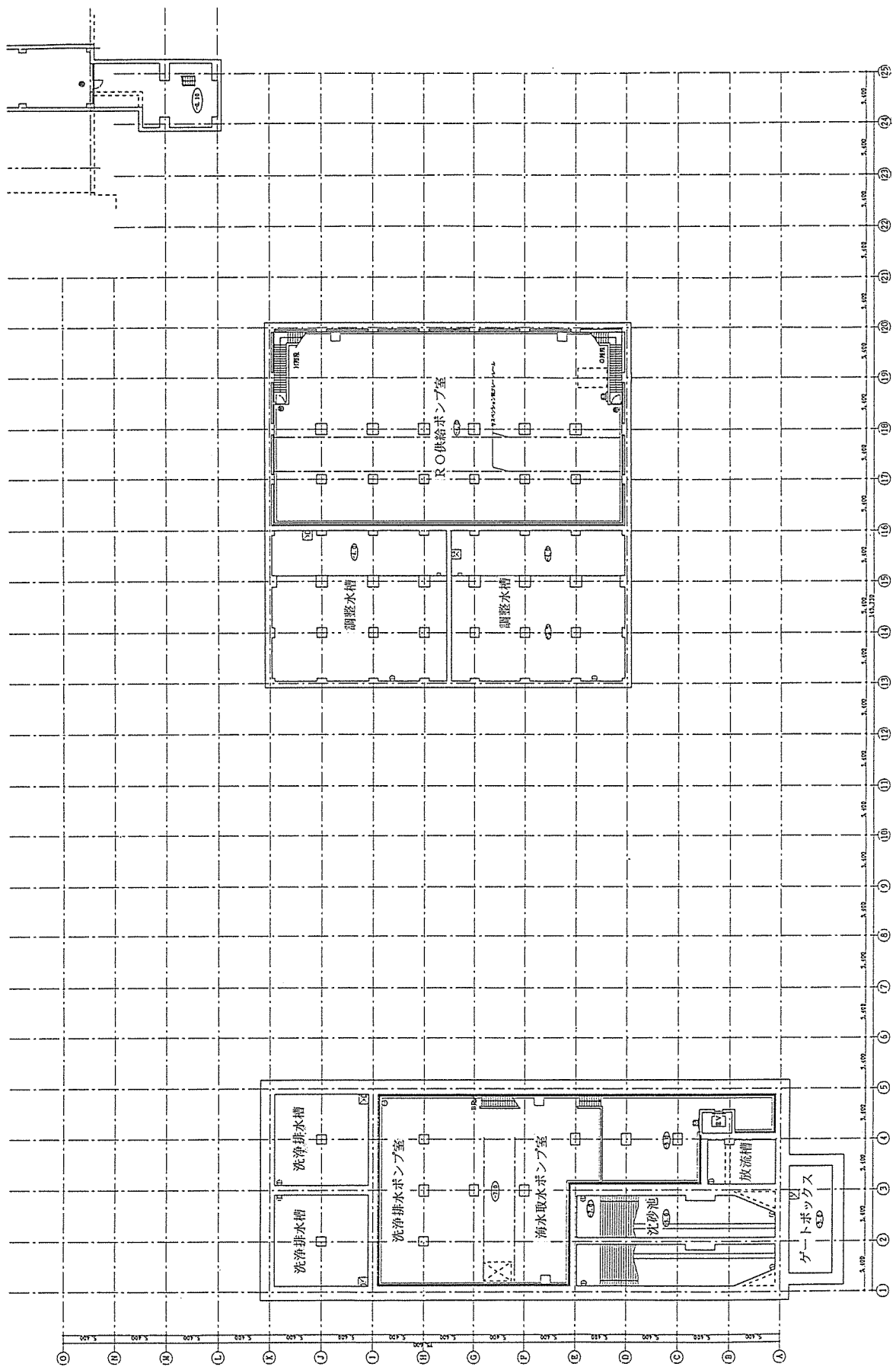
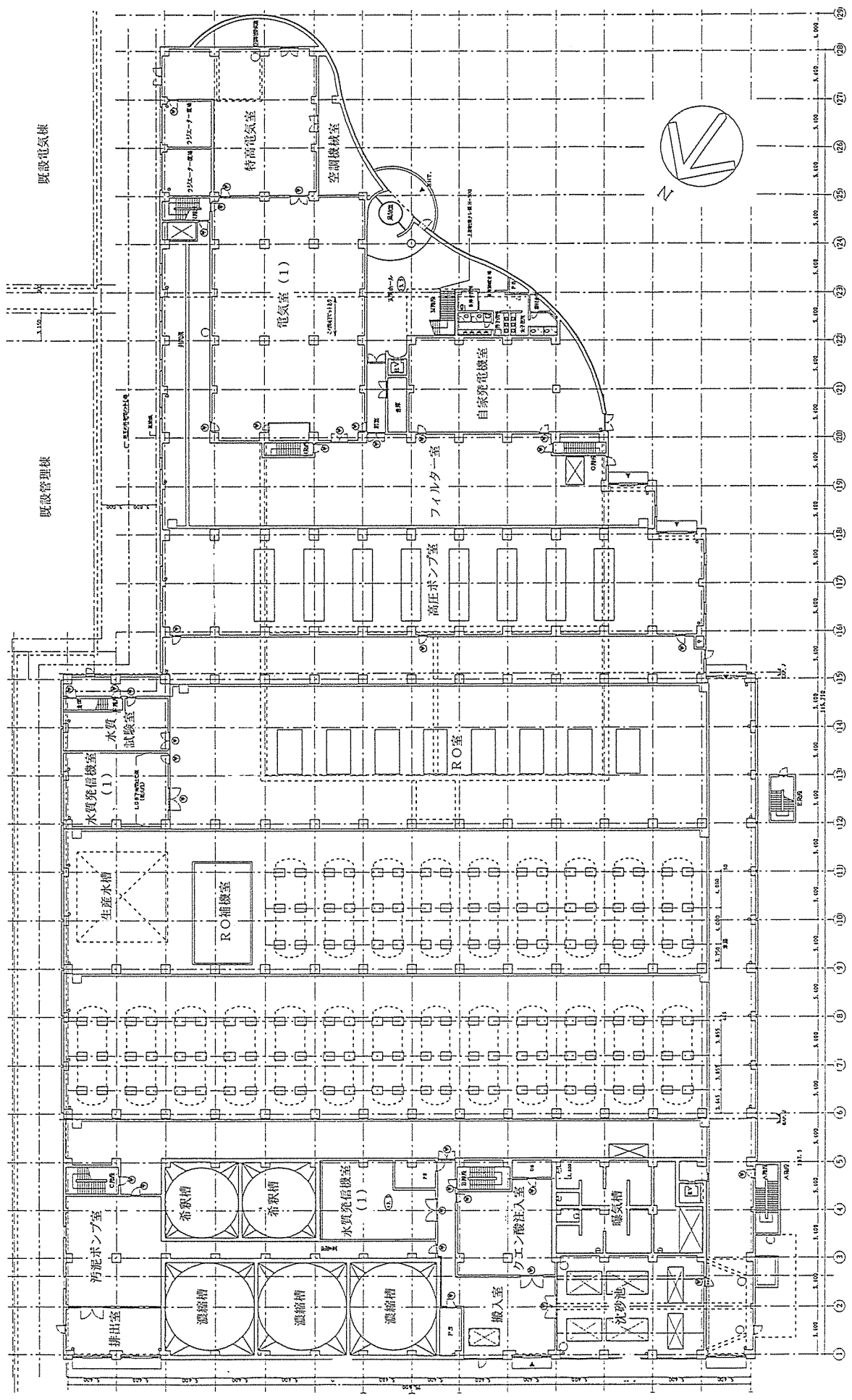


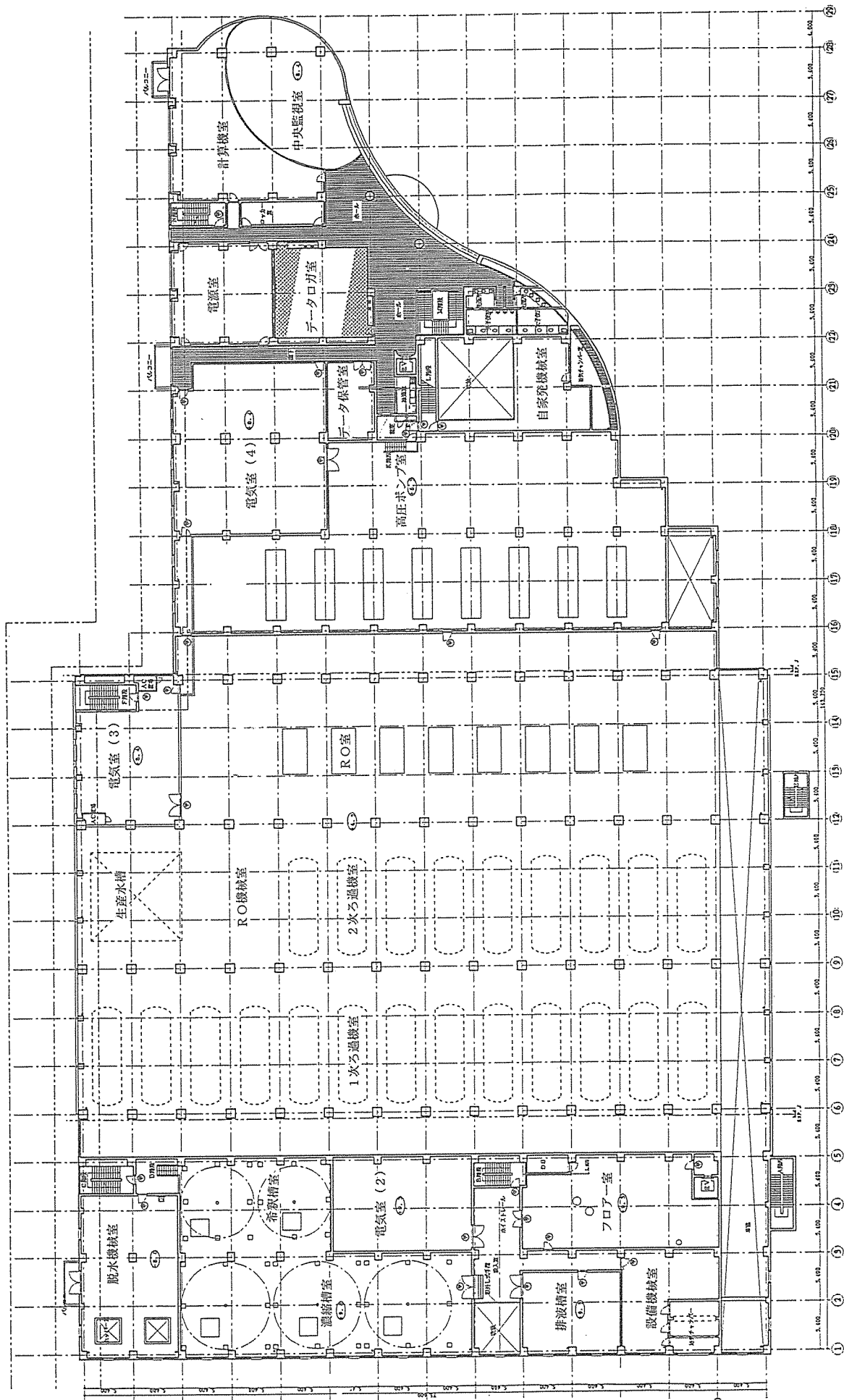
図1-2-6 海水淡水化施設機器配置図



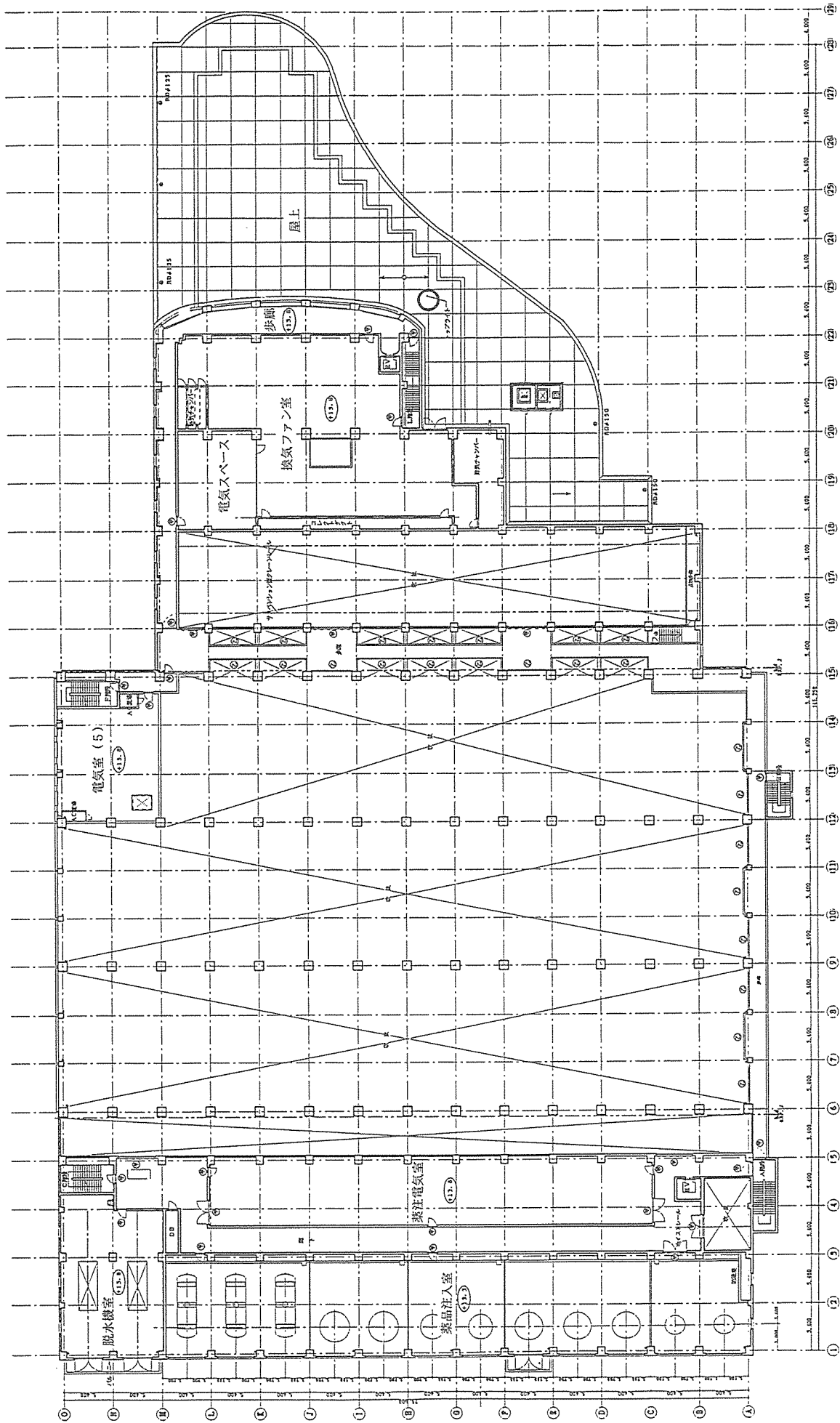
地下1階平面図 S=1:200 (+3.300)



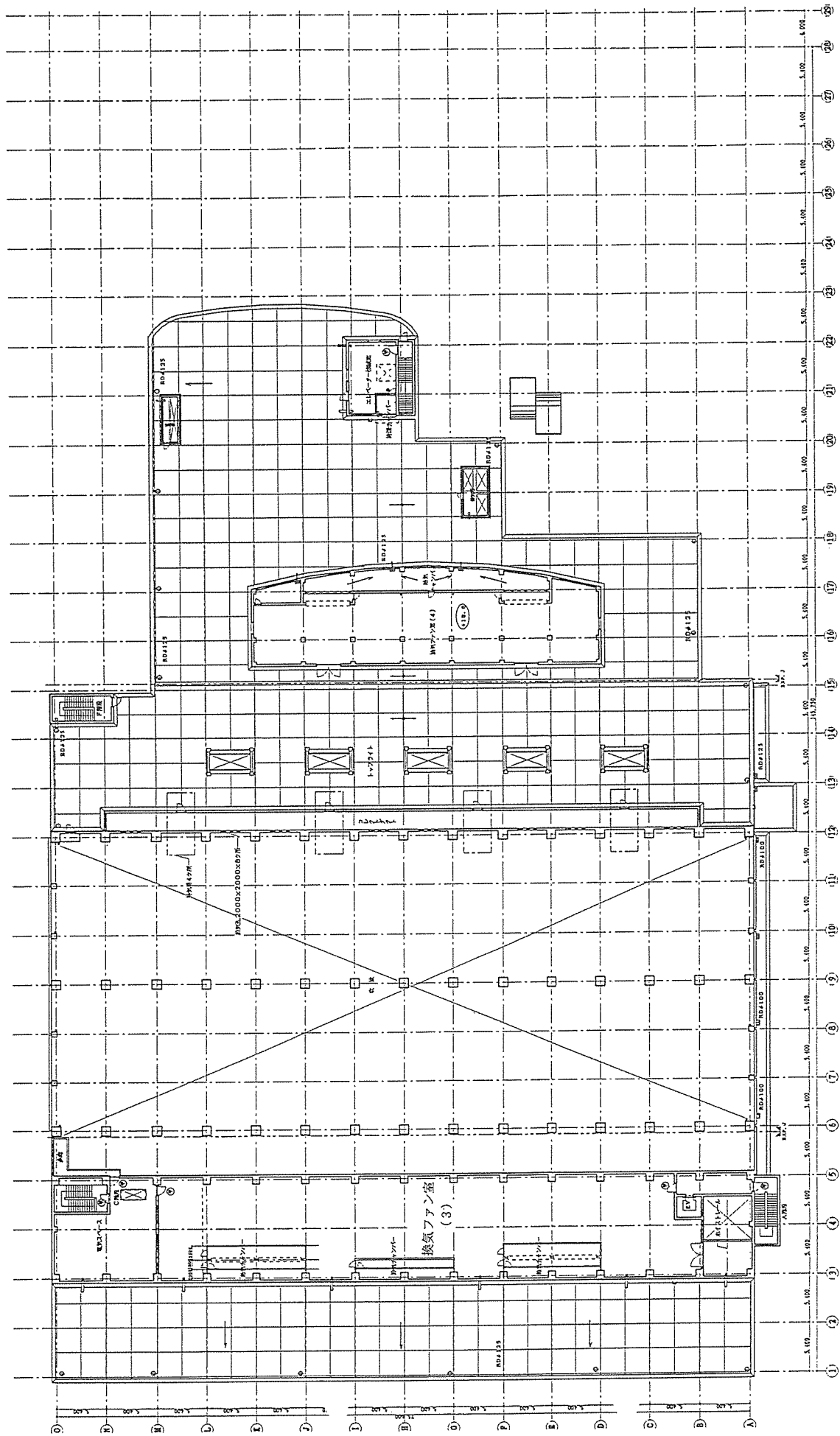
1階平面図 S=1:200 (+3.300)



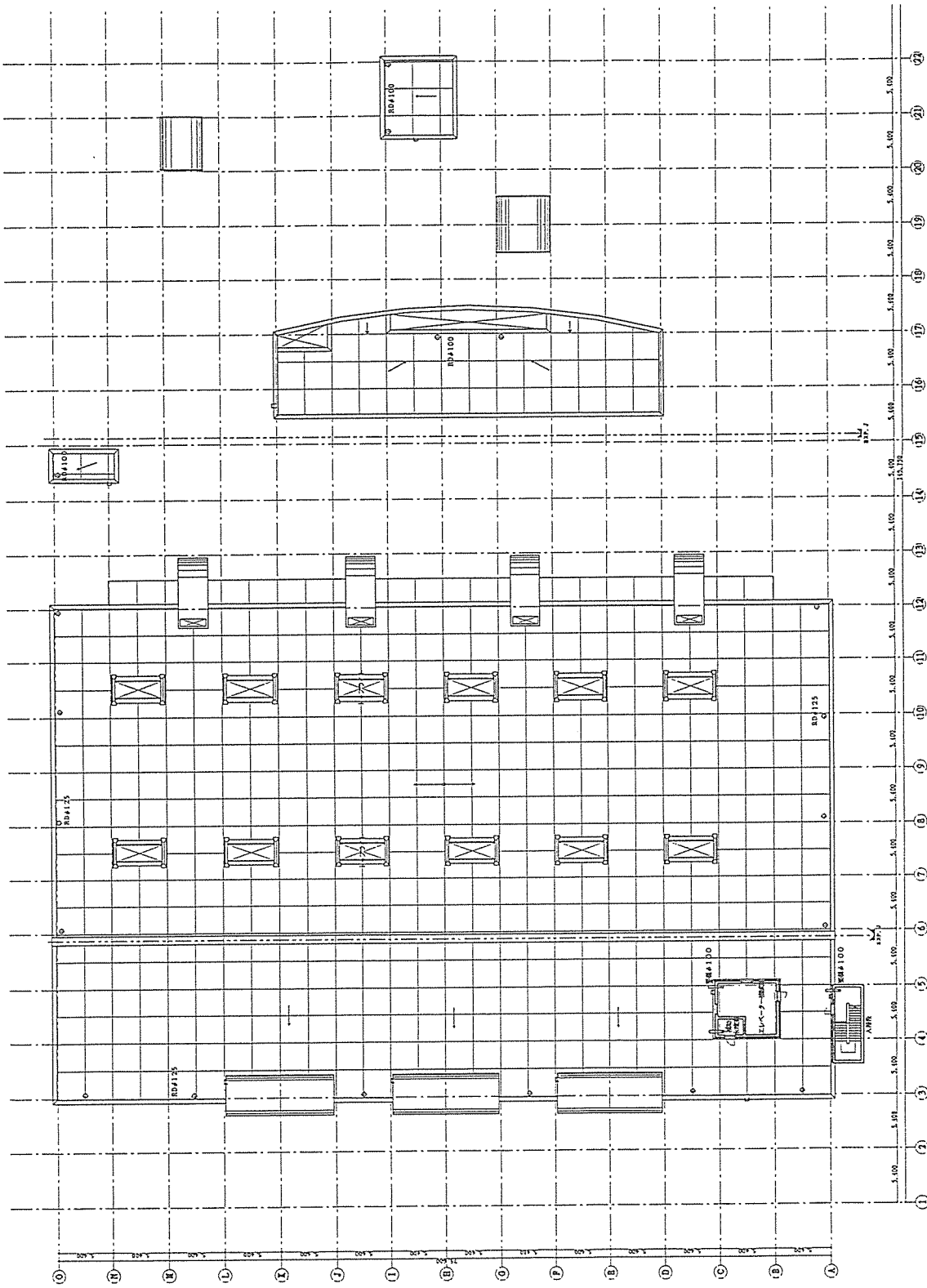
2階平面図 S=1:200 (+9.300)



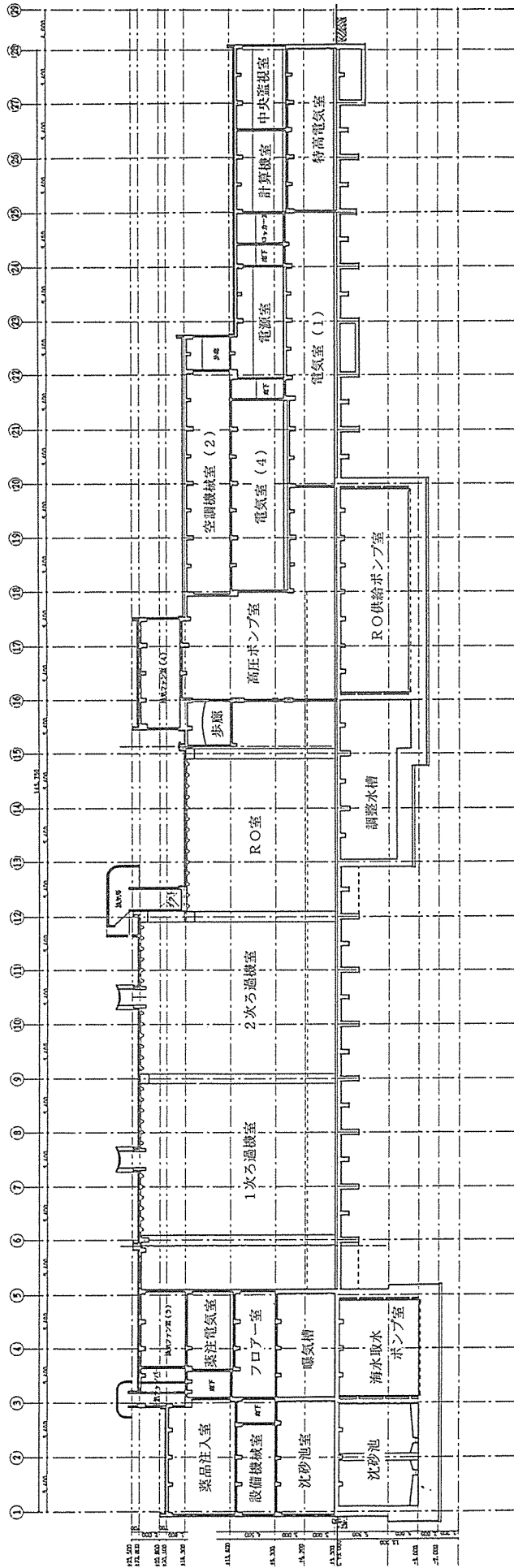
3階平面図 S=1:200 (+13.200)



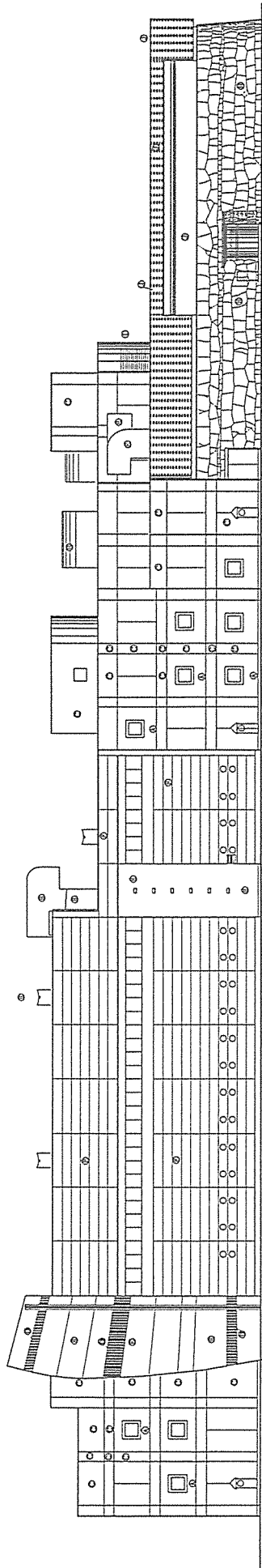
4階平面図 S=1:200 (+18.300)



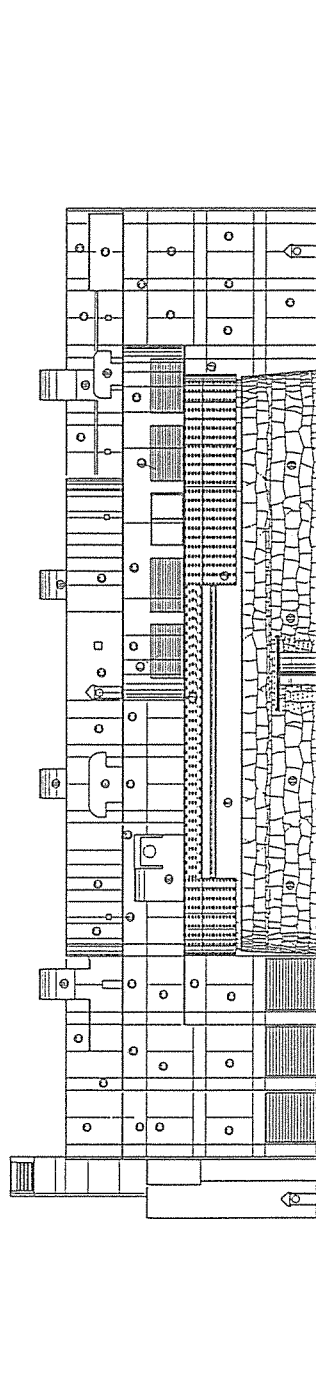
屋上階平面図 S=1:200



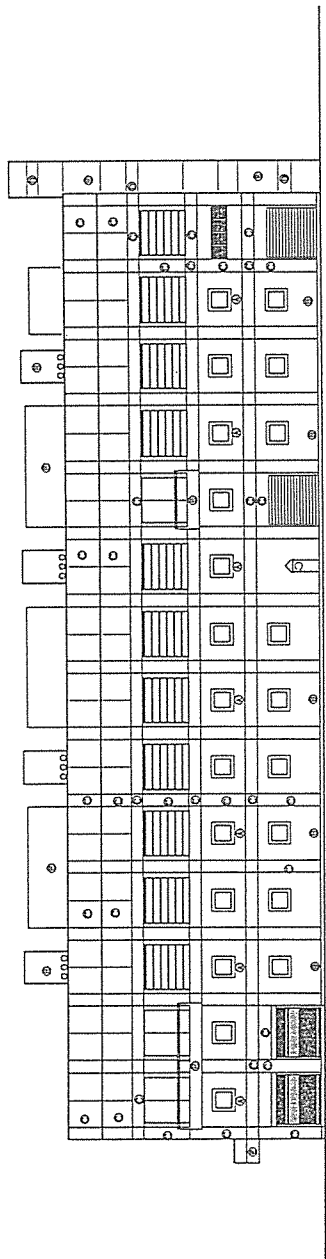
断面図 S=I:200



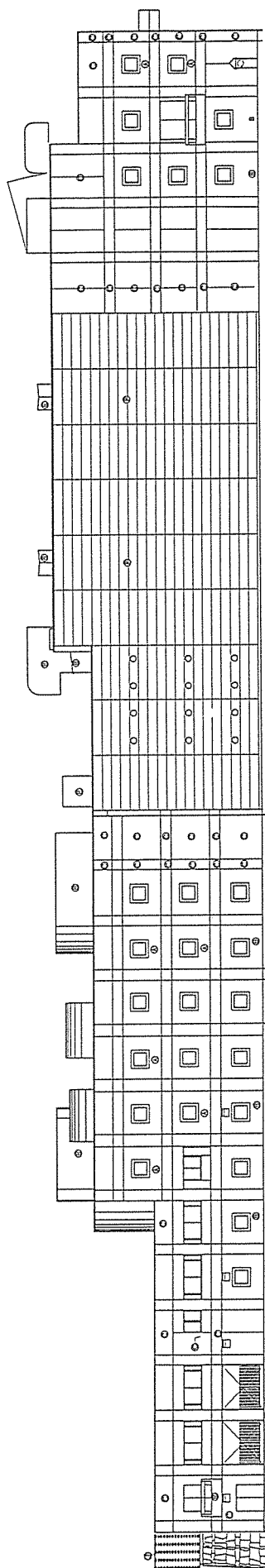
西立面图 1 : 200



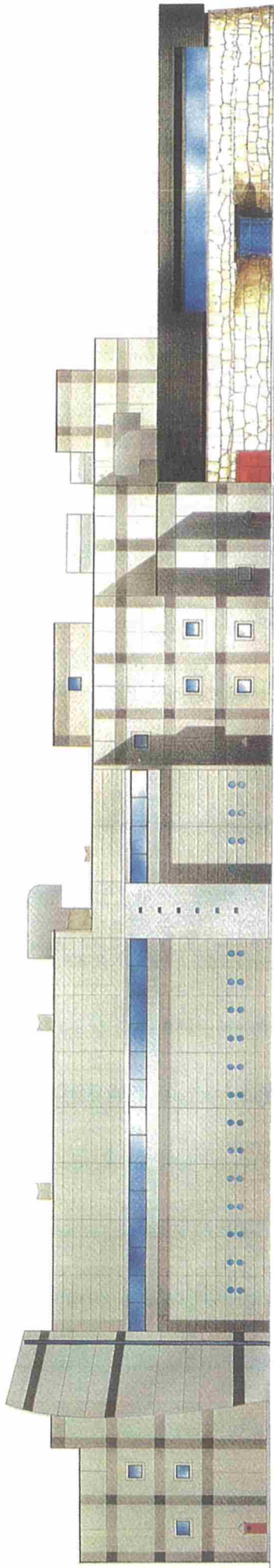
南立面图 1 : 200



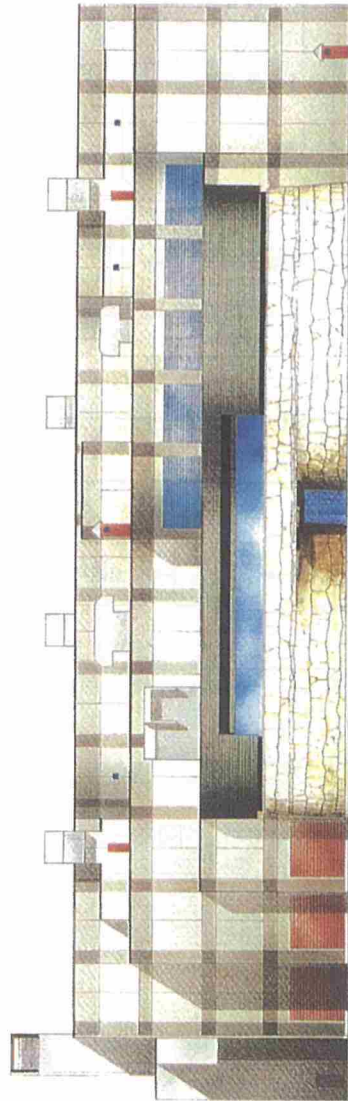
北立面图 1 : 200



東立面图 1 : 200



西側立面图



南侧立面图

海水淡水化

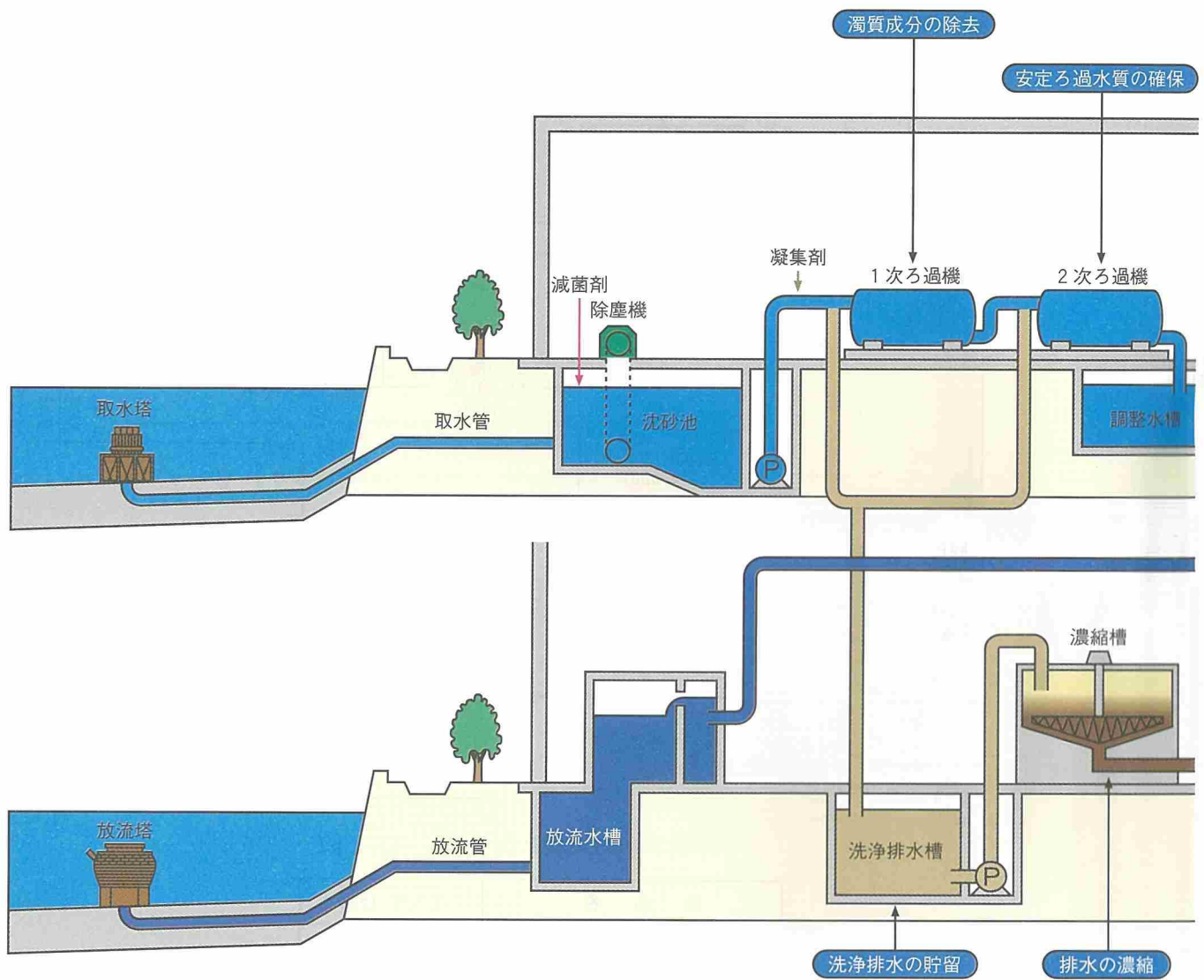
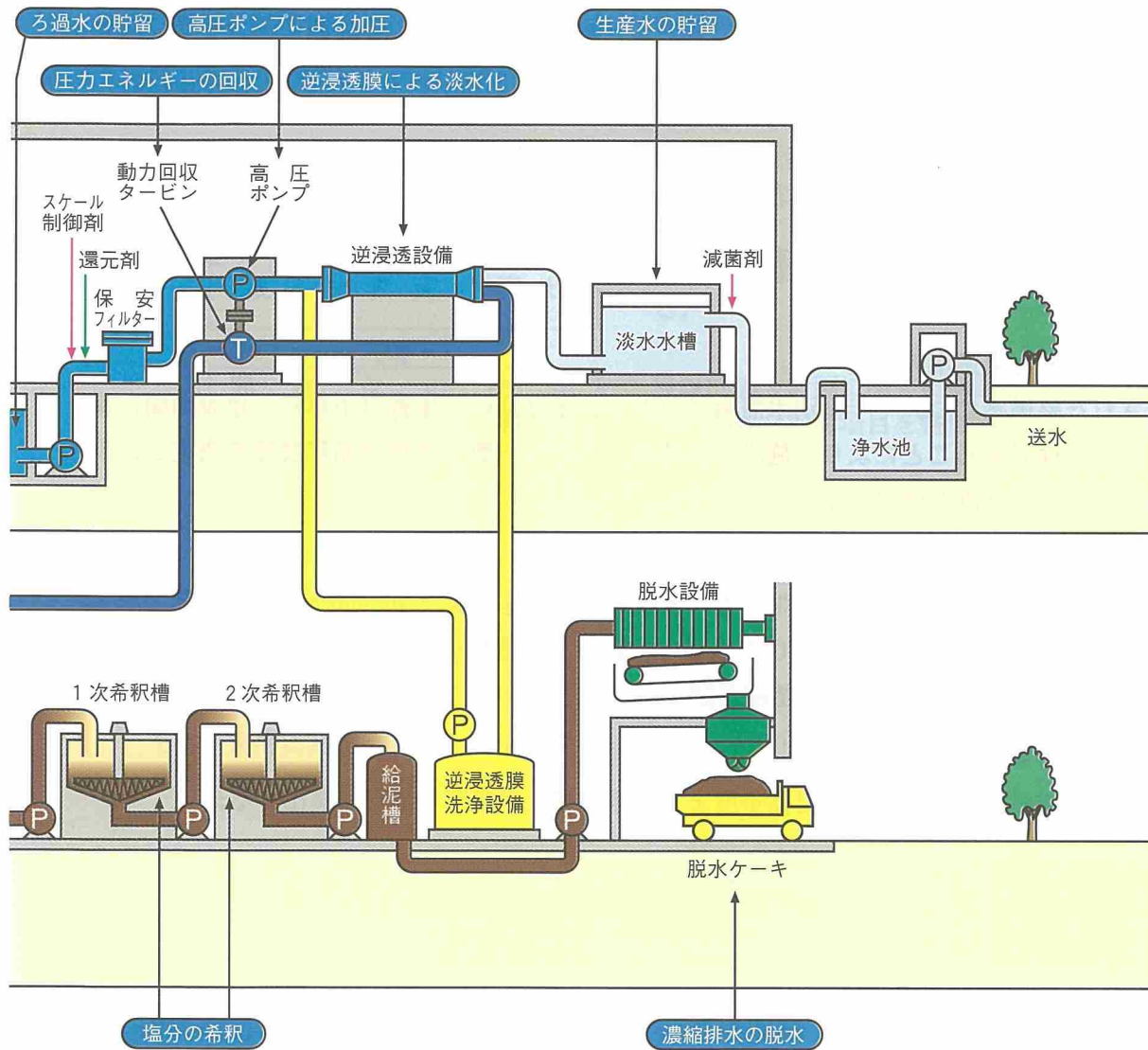


図 1 - 2 - 9 海水淡水化

のながれ



化のながれ (模式図)

表 1-3-2 段階的施設整備計画に係る要件

① 施設規模	<p>海水淡水化施設の規模は北谷浄水場内に、海水取水量約 100,000 m³/日、生産水量 40,000 m³/日（2系統4系列8ユニット）の施設を一括して建設する予定である。（平成 13 年度必要処理能力としては、海水取水量 76,400 m³/日、生産水量 29,400 m³/日の施設となる。）この施設規模を建設工期、予算等で各系統・系列ごとに分割した場合の施工性、経済性等の問題点を検討する必要がある。</p>
② 供用開始年度	<p>認可計画では、陸水系の不足水源対策として、読谷貯水池の供用（平成 7 年度）と併せて平成 7 年度に生産水量 40,000 m³/日の海水淡水化施設の供用開始を予定している。（ここで初年度における施設能力を検討した。）</p> <p>現在の需要予測では、平成 5 年度と平成 12 年度にピークを迎える陸水系水源の不足を補うために早期の導入が望まれている。</p>
③ 工期	<p>認可計画では、海水淡水化施設（Q=40,000 m³/日）の標準建設工期を 3 ヶ年として、供用開始年度（平成 7 年度）までに建設工事、試運転を完了する予定となっている。</p> <p>そこで、1 工期当りの施設規模を小さくすることにより工期を短縮できるかどうか検討する必要がある。</p>
④ 予算	<p>認可計画では、海水淡水化施設（Q=40,000 m³/日）の早期導入のために、平成 4 年度から 3 年間にわたり単年度の事業費を 90 億円～100 億円程度見込み建設工事を予定している。</p> <p>一方、浄水施設関連の施設整備費の予算は過去の実績によると単年度で 30 億円～40 億円程度となっている。そこで、国庫補助額、起債額を過去の実績程度とすると、単年度の事業費を低減する整備計画としなければならない。</p>
⑤ 需給バランス	<p>現時点での需給バランスの計画を考えると、陸水系水源開発の遅れやリゾート開発等による需要の伸びが顕著であり、第 5 回変更認可時点での需給バランスと同様に、陸水系水源開発が必要に追いつかないことが予想される。</p>
⑥ 処理施設の分割施工	<p>現在の認可計画では、生産水量 Q=40,000 m³/日（2系統4系列8ユニット）の施設を一括して、3 ヶ年で建設する予定であるが、施設の建設を分割して、供用開始時期を分割した系列ごとに変えると、工期、建設費、施工スペース等に影響を与える。</p> <p>特に、分割施工の場合、土木、建築施設等は仮配管、仮締切等の必要性があり、建設費が大きくなることが予想される。</p>
⑦ 運転管理の習熟	<p>大規模な海水淡水化施設は、水道施設としては特殊なプラントとなるので、従来の水道施設の運転管理方法では、対応できないことも考えられ、企業局の運転管理者の習熟に時間を要する。</p>
⑧ 電力の供給	<p>海水淡水化施設（Q=40,000 m³/日）に対する総電力負荷が約 9,000kW にも及ぶので、(株)沖縄電力と新たな受電契約を結ぶ必要がある。現在計画中の高度処理施設も含めた、北谷浄水場の電力負荷は、10,000kW を超え、海水淡水化施設と同時に使用した場合、電力の供給が可能かどうか検討する必要がある。</p>

1.3 整備案の比較検討

「段階的施設建設のイメージ」より、第5回変更認可における整備計画（CASE 1）に対して系統数、系列数から分割が可能な建設計画を3ケース選定して、全部で4ケースの整備案について比較検討する。

CASE 1	Q=40,000 m ³ /日×1期 第1期工事 Q=40,000 m ³ /日、2系統4系列8ユニット
CASE 2	Q=20,000 m ³ /日×2期 第1期工事 Q=20,000 m ³ /日、1系統2系列4ユニット 第2期工事 Q=20,000 m ³ /日、1系統2系列4ユニット
CASE 3	Q=10,000 m ³ /日×4期 第1期工事 Q=10,000 m ³ /日、1系統1系列2ユニット 第2期工事 Q=10,000 m ³ /日、1系統1系列2ユニット 第3期工事 Q=10,000 m ³ /日、1系統1系列2ユニット 第4期工事 Q=10,000 m ³ /日、1系統1系列2ユニット
CASE 4	Q=10,000 m ³ /日×1期、Q=15,000 m ³ /日×2期 第1期工事 Q=10,000 m ³ /日、1系統1系列2ユニット 第2期工事 Q=15,000 m ³ /日、1系統1.5系列3ユニット 第3期工事 Q=15,000 m ³ /日、1系統1.5系列3ユニット

特に、単年度の事業費を低減し、第1期供用開始時期を早める目的から、実行可能な整備案を選定することになる。

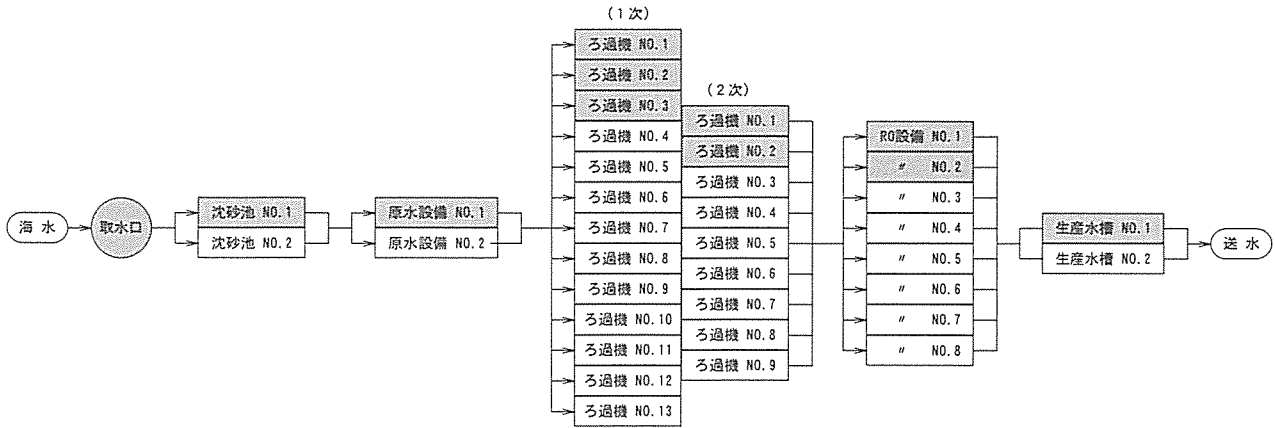
「第1回沖縄県海水淡水化施設導入検討委員会」にて討議の結果、予算、供用開始年度、工期等の要件が他のケースより有利と考えられるCASE 4を現時点での段階的整備計画案とする。

表 1-3-3 段階的施設整備計画比較表

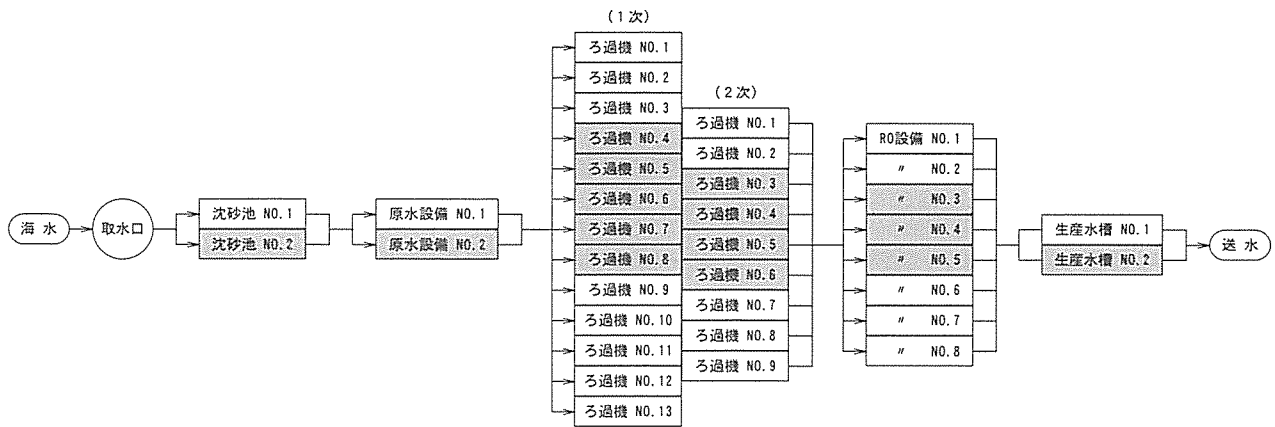
ケース名 項目	CASE 1 (Q=40,000 m ³ /日×1期)	CASE 2 (Q=20,000 m ³ /日×2期)	CASE 3 (Q=10,000 m ³ /日×4期)	CASE 4 (Q=10,000 m ³ /日×1期 Q=15,000 m ³ /日×2期)
①施設規模	第1期工事 Q=40,000 m ³ /日 2系統4系列8ユニット	第1期工事 Q=20,000 m ³ /日 1系統2系列4ユニット 第2期工事 Q=20,000 m ³ /日 1系統2系列4ユニット	第1期工事 Q=10,000 m ³ /日 1系統1系列2ユニット 第2期工事 Q=10,000 m ³ /日 1系統1系列2ユニット 第3期工事 Q=10,000 m ³ /日 1系統1系列2ユニット 第4期工事 Q=10,000 m ³ /日 1系統1系列2ユニット	第1期工事 Q=10,000 m ³ /日 1系統2系列2ユニット 第2期工事 Q=15,000 m ³ /日 1系統1.5系列3ユニット 第3期工事 Q=15,000 m ³ /日 1系統1.5系列3ユニット
②供用開始年度	供用開始年度を平成7年度とすれば、環境影響評価、施設基本計画を平成2年度、実施設計を平成3年度中に完了する必要があり、工程的には非常に困難となるが、全体施設の供用開始は最も早い。○	第1期供用開始予定のQ=20,000 m ³ /日の施設については、CASE 1と同様の工程となる。全体施設(Q=40,000 m ³ /日)が供用開始となるのは、平成11年度となる。×	第1期供用開始予定のQ=10,000 m ³ /日の施設は、標準建設工期を2カ年とすれば、平成7年度には供用開始が可能となる。全体施設(Q=40,000 m ³ /日)が供用開始となるのは、平成13年度となる。○	第1期供用開始予定のQ=10,000 m ³ /日の施設については、CASE 3と同様の工程となる。全体施設(Q=40,000 m ³ /日)が供用開始となるのは、平成9年度となる。○
③工期	全体施設(Q=40,000 m ³ /日)の建設工期は、建設工事 3ヶ年(H4~H6) 全体施設供用開始年度 平成7年度 ○	第1期工事 3ヶ年(H5~H7) 第2期工事 3ヶ年(H8~H10) 全体施設供用開始年度 平成11年度 ×	第1期工事 2ヶ年(H5~H6) 第2期工事 2ヶ年(H7~H8) 第3期工事 2ヶ年(H9~H10) 第4期工事 2ヶ年(H11~H12) 全体施設供用開始年度 平成13年度 ○	第1期工事 3ヶ年(H5~H6) 第2期工事 2ヶ年(H7~H8) 第3期工事 2ヶ年(H8~H9) 全体施設供用開始年度 平成9年度 ○
④予算	単年度の事業費が90億~100億円を超えてしまう。×	単年度の事業費が80億~90億円程度となる。×	第1期工事の事業費は単年度で100億円程度となるが、第2期工事以降は50億円程度となる。○	第1期工事は、CASE 3と同様になるが、第2期工事以降は60億円~70億円程度となる。△
⑤需給バランス (陸水系水源の開発予定)	認可計画より供用開始が1年遅れ、平成5年度の不足水源対策には間に合わないが、短期間で必要量が確保できる。○	不足水源の対策として読谷貯水池からの取水の頻度と水量が増す。△	通常の運転ではCASE 2と同様になるが、平成12年度の不足水源のピークにも対応できない。×	CASE 2とほぼ同様となる。△
⑥処理施設の分割施工	分割施工の必要はないが、一時的に諸種の工事が開始されるので、施工スペースが狭くなる。(高度処理施設建設と並行) △	施設が分割されるので、仮締切、仮配管等の仮設工事が必要となる。△	施設の分割が細かくなり、CASE 2以上に仮設工事が必要となる。また、工期が全体施設完成まで8ヶ年にわたり最長となる。×	CASE 3よりは3年以上短くなる。△
⑦運転管理の習熟	大規模海水淡水化プラントを一時的に導入するため、最適な運転管理の習熟に時間を要する。×	CASE 1とほぼ同様となる。×	第1期の供用開始がQ=10,000 m ³ /日となり、比較的小さい規模で運転できるので、第2期以降の運転に経験を反映できる。○	CASE 3とほぼ同様となる。○
⑧電力の供給	平成7年度で9,000kWの負荷に対しての電力供給は難しい。○	CASE 1と同様。○	CASE 1と同様。状況としては、あまり変わらない。○	CASE 3と同様。○
総合評価	×(予算の評価を優先すると評価が低い)	×	○	○

CASE 4 (Q=10,000 m³/日×1期、Q=15,000 m³/日×2期)

第1期工事 Q=10,000 m³/日
1系統1系列4ユニット



第2期工事 Q=15,000 m³/日
1系統1.5系列3ユニット



第3期工事 Q=15,000 m³/日
1系統1.5系列3ユニット

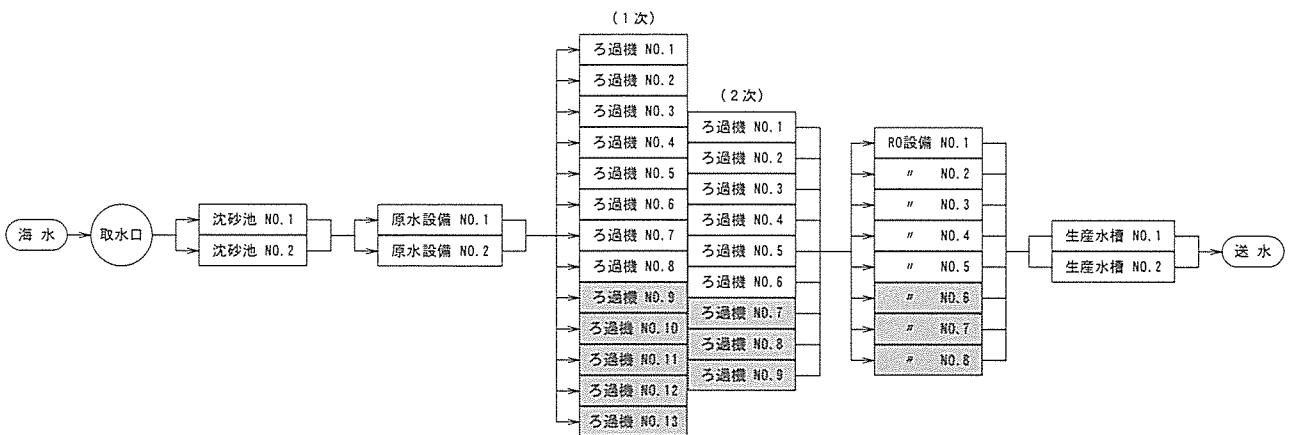


図1-3-1 段階的施設建設のイメージ

2. 最適整備案の決定

前述の段階施設整備（案）に基づき、幹事会（設備班）で検討された経過と最終的な合意事項を次に説明する。

1) 主要設備の構成と必要性

（合意事項）

現時点では、他の水道施設と同様にその機能、設置目的から海水淡水化施設を10項目の設備に大別しているが、処理機能や運転管理上関連のある設備については整理し、主要設備の項目を減らすものとする。

（検討経過）

- | | |
|------------|-------------|
| (1) 取水設備 | (6) 濃縮脱水設備 |
| (2) 前処理設備 | (7) 放流施設 |
| (3) 逆浸透設備 | (8) 薬品注入設備 |
| (4) 送水設備 | (9) 特高受変電設備 |
| (5) 洗淨排水施設 | (10) 電気計装設備 |

例えば、(8)薬品注入設備については、特に(2)前処理設備、(3)逆浸透設備との関連が深く、各々の設備に(8)薬品注入設備を含めてもよいとする。

(1)取水設備、(7)放流施設は、取水・排水の位置や配管の布設時期がほぼ同じになるのでまとめるものとする。

(5)洗淨排水施設、(6)濃縮脱水設備は、一般の水道施設にもあるので、既存の陸水系排水処理施設の利用等を考えると、その必要性を検討することも含めて一括した設備でよいものとする。

2) 適切なユニット数と施設規模

（合意事項）

海水淡水化施設の中心となる(3)逆浸透設備について、生産水量10,000 m³/日の施設に対して、5,000 m³/日×2ユニットを適切な施設規模として今後の施設計画を検討する。

（検討経過）

海水淡水化施設の心臓部ともいえる、(3)逆浸透設備について、生産水量10,000 m³/日に対して、ケースA（2,500 m³/日×4ユニット）、ケースB（5,000 m³/日×2ユニット）、ケースC（10,000 m³/日×1ユニット）の各分割案を提示しているが、技術的な問題、経済的な問題、運転実績、予備機の考え方等の点から現時点では、ケースBが望ましいものとし、施設計画では、5,000 m³/日×2ユニットの設備として計画する。

技術的には、10,000 m³/日×1ユニットでも製作可能と考えられるが、現時点では運転実績がないのでケースCは採用できない。

運転管理の問題では、ジェットダ（5,600 m³/日×10 系列）での運転実績があるので、ケースBならば十分なノウハウもあり対応できる。

経済的な問題としては、各設備の予備機をどの程度設置するかで評価が分かれるところであるが、ケースCの場合、予備を持つとすれば10,000 m³/日×1ユニットの予備が必要となり、経済的ではない。

そこで、これらの検討事項を総合的に判断すると、各ケースの順位は、①ケースB、②ケースA、③ケースCとなる。

3) 標準建設工期の決定

(合意事項)

海水淡水化施設（生産水量10,000 m³/日）の早期導入に向けて、陸水系設備の利用、発注形式、海外の工事実績等を検討し、建設工期をできるかぎり短縮する。

(検討経過)

生産水量10,000 m³/日、20,000 m³/日、40,000 m³/日施設の建設工期について提示しているが、40,000 m³/日施設に比べて10,000 m³/日施設では、早期導入が可能となるが、3～4ヶ月の違いしかなく、いずれの場合でも、2ヶ年の建設が難しくなっている。

特に、土木・建築施設の建設に工期（基礎工事や仮設工事の影響等）がかかるので、設備の製作や据付の期間を短縮するように努力する。

そこで、陸水系設備と併用できる設備や、省略することのできる施設（例えば、排水処理設備、送水設備等）は、検討の上省略し、工期を短縮する。

また、発注形式（例えば、2ヶ年継続して発注する等）や事務手続きの簡略化等により工期を短縮し、建設工期を2ヶ年（H5～6年度）とする。

3. 施設整備計画と予算

以上のように導入検討委員会での検討を経て、最適な段階的整備案を決定している。最終的な整備計画案は、各年度の予算や工事工程を配慮した計画となっており、事業の進め方については、沖縄開発庁、厚生省との度重なる会議、打合せによる合意形成に基づき決定された。

また、事業認可から供用開始までの関連機関と企業局の取り組みを、フロー図に表わすと次の図1-3-2となる。

これは、昭和63年～平成9年度の10年間に及ぶ企業局の海水淡水化導入の歴史と言えよう。

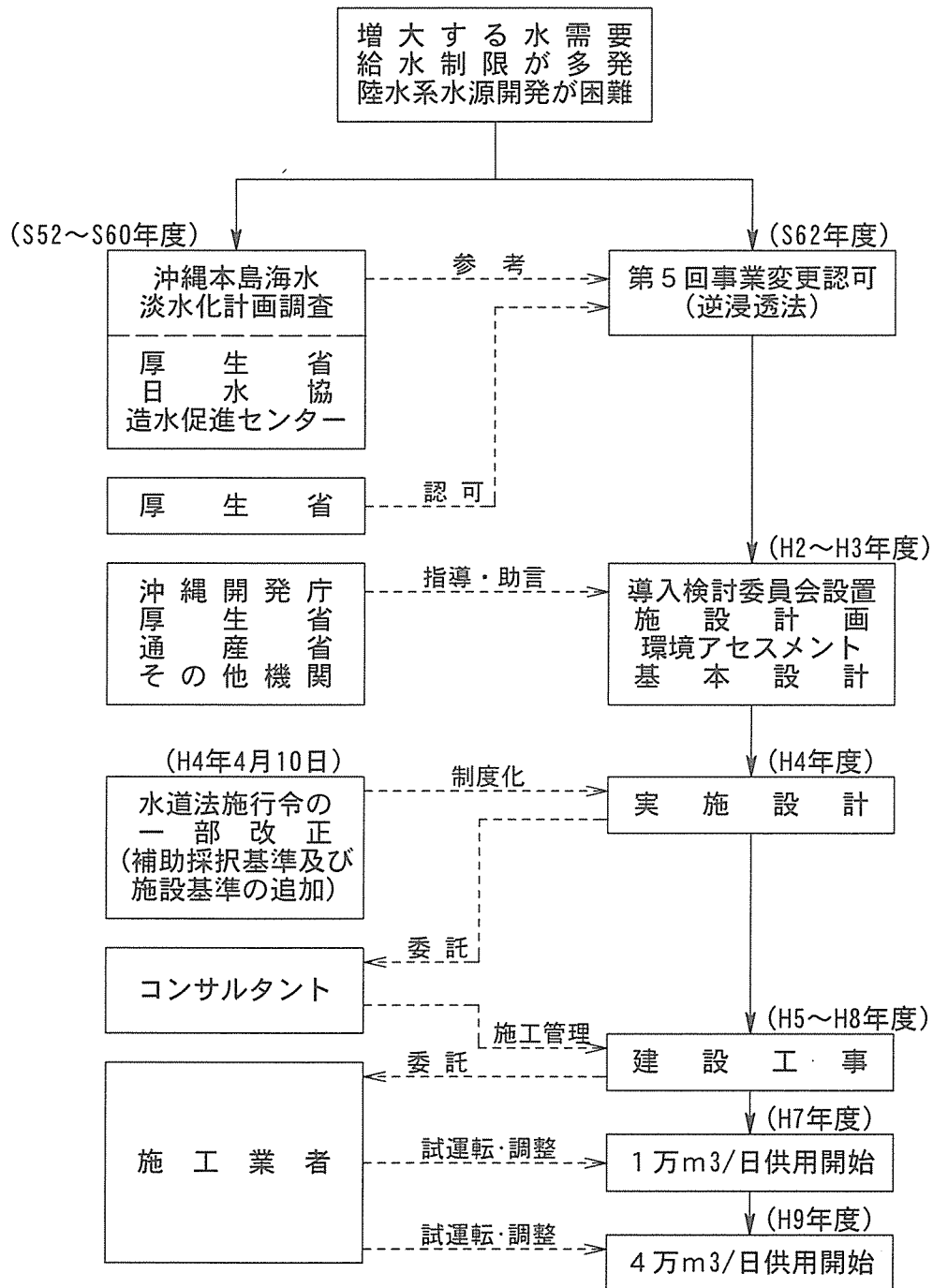


図1-3-2 企業局と関連機関との関係

1) 海水淡水化施設の概要

整備案に基づいて海水淡水化施設の概要をまとめると、以下のとおりである。

場 所	沖縄県北谷町字宮城 1 - 2 7
敷地面積	約 12,000 m ² (有効)
建築面積	約 9,000 m ² (延床面積 約 17,700 m ²)
建 屋	R C 及び P C 造り (地下 1 階、地上 4 階)
施設規模 (生産水量)	40,000 m ³ /日
淡水化方式	逆浸透法 (R O 法)
回 収 率	約 40%
膜の種類	スパイラル型芳香族ポリアミド複合膜 (逆浸透膜)
取水方式	海底取水管方式
放流方式	水中拡散放流方式
総事業費	約 347 億円

2) 海水淡水化施設の整備計画

海水淡水化施設の各年度における作業項目と供用開始の時期は下図のとおりである。

(生産水量単位：m³/日)

年度 項目	平成 元年	2 年	3 年	4 年	5 年	6 年	7 年	8 年	9 年
基本計画	■								
環境調査		■	■				■ 供用後のモニタリング		
基本設計		■	■						
実施設計				■					
建設工事					■	■	■	■	■
生産水量							10,000	25,000	40,000

図 1-3-3 海水淡水化施設の事業手順

3) 詳細な実施工程表

整備計画に基づいたさらに詳細な実施工程表と作業項目は、図 1-3-4 のとおりとなっている。

図 1-3-4 沖縄県海水淡水化施設導入整備 実施工程表 (実施設計及び建設工事)

- 1) 設置場所：北谷町字宮城 1-27 北谷浄水場内 (約 12,000 m²用地確保済) 3) 淡水化方式：逆浸透法 (RO膜法)
 2) 施設規模：生産水量 40,000 m³/日 (回収率約 40%) 4) 総事業費：約 347 億円

項目	H 4			H 5			H 6			H 7			H 8			H 9		
	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3
①実施設計																		
②土木・建築工事(その1)																		
③ "																		
④ "																		
⑤ "																		
⑥機械設備工事																		
⑦電気計装設備工事																		
⑧その他補償費																		
⑨供用開始時期																		
作業項目	①実施設計 測量、土質調査、実施設計 及び土木建築施設の実施設 計			①実施設計 土木建築施設の残り及び機 械・電気計装設備の実施設 計			⑤土木・建築工事(その4) 取水設備及び放流設備工事 (取水放流口、取水放流管 他)			⑤機械設備工事 10,000 m ³ /日に対する設備 工事の残り及び15,000 m ³ / 日に対する設備工事			⑤機械設備工事 15,000 m ³ /日に対する設備 工事			全施設供用開始 (平成9年4月)		
	②土木・建築工事(その1) 取・排水及び薬注棟 〔取水井・放流井・排水処理 脱水機・薬注設備等〕			②土木・建築工事(その1) 取・排水及び薬注棟 〔取水井・放流井・排水処理 脱水機・薬注設備等〕			⑥機械設備工事 10,000 m ³ /日に対する設備 工事			⑥電気計装設備工事 10,000 m ³ /日に対する設備 工事の残り及び15,000 m ³ / 日に対する設備工事			⑥電気計装設備工事 15,000 m ³ /日に対する設備 工事			Q=40,000 m ³ /日		
	③土木・建築工事(その2) 逆浸透設備棟 (1次・2次ろ過機・RO設 備等)			③土木・建築工事(その2) 逆浸透設備棟 (1次・2次ろ過機・RO設 備等)			⑦電気計装設備工事 10,000 m ³ /日に対する設備 工事及び特高受変電設備工 事			一部供用開始 (平成8年2月)			一部供用開始 (平成8年6月)			Q=25,000 m ³ /日		
	④土木・建築工事(その3) 電気棟 〔高圧P、受電設備、中央監視 設備、自家発電等〕			④土木・建築工事(その3) 電気棟 〔高圧P、受電設備、中央監視 設備、自家発電等〕			⑧その他補償費等			Q=10,000 m ³ /日								

4. 導入に関する基準及び参考資料

平成4年度に水道法の一部を改正し、海水淡水化施設が水道水源として認知されて以降、事業を進める上で水道法以外にも様々な法律や基準に規制を受けることになる。一般に、建設工事に関連する法や基準には建築基準法、消防法、海岸法、電気事業法、水産資源保護法等があり、これら既成の法律の制約を受け、申請や届出が必要となってくる。

しかし、環境保全に係わる法規制には海水淡水化施設に関連する条項がなく、自主的な規制に委ねられることが多い。

特に、淡水化施設から排出される廃棄物については該当する法律がないため、一般の陸水系浄水場から排出されるものと同等に処理した上で、既成の法律に照らし合わせて排出する必要があった。そこで、次のような施設導入に伴って必要となる関連基準等を参考にしている。(表1-3-4)

表1-3-4 導入に関する法律及び基準

番 号	項 目
4-1	水道水源開発等施設整備費国庫補助金交付要綱(当時) 海水淡水化施設(逆浸透方式)基準
4-2	水質汚濁に係わる環境基準 1) 人の健康の保護に関する環境基準 2) 生活環境の保全に関する環境基準
4-3	水道施設設計指針・解説 1) 排水処理に関する諸法令 2) 水質汚濁防止法における排水基準
4-4	沖縄県環境影響評価規程 1) 対象事業の要件 2) 協議事項の要件
4-5	「環境影響調査書」質問事項への回答書
4-6	産業廃棄物を適正に処理するために
4-7	第2次沖縄県産業廃棄物処理計画のあらまし
4-8	北谷町長よりの「要望書」
4-9	環境整備事業の概要及び沖縄県産業廃棄物処理業者名簿
4-10	産業廃棄物処理施設構造・維持管理基準対照表

各都道府県水道行政担当部(局)長 殿

厚生省生活衛生局

水道環境部水道整備課長

水道水源開発等施設整備費国庫補助事業について

今般、「海水淡水化施設整備費」及び「緊急時用連絡管整備事業費」の新設に伴い、水道水源開発等施設整備費国庫補助金交付要綱の一部が改正され、平成 4 年 8 月 31 日厚生省生衛第 785 号をもって厚生事務次官より通知されたところであるが、平成 4 年度以降のこれら事業の採択に当たっては、下記により行うこととしたので御了知願いたい。

なお、貴管下水道事業者及び水道用水供給事業者に対しては、貴職から通知されたい。

記

1. 海水淡水化施設整備費

(1) 補助目的

水需要のひっ迫により早急に水源確保が必要とされ、かつ、ダム建設が困難である地域等において、海水淡水化施設を整備する水道事業者に対し、その整備に必要な経費の一部を補助することにより水需給の安定を図ることを目的とする。

(2) 補助採択基準

海水淡水化施設は、水需給が著しくひっ迫し、早急に水源開発が必要であって、ダム等の建設が困難な地域、又はダム等による水源開発に比較して海水淡水化施設の費用効果の方が大きい地域に整備するものであること。

なお、費用効果については、海水淡水化以外の方法により水源を確保とした場合の用水単価を試算し、これをもって比較する。

(3) 補助対象施設

次に掲げる逆浸透方式又は電気透析方式の設備により、海水又はかん水を淡水化する施設及びこれと密接な関連を有する施設とする。なお、他の方式の設備による場合は、あらかじめ厚生省に協議すること。

ア. 逆浸透方式施設

原水設備、調整設備(薬品注入設備を含む。)、逆浸透設備、放流設備、電気・

機械及び計装設備

イ．電気透析方式施設

原水設備，調整設備（薬品注入設備を含む。），電気透析設備，放流設備，電気・機械及び計装設備

(4) 施設基準

海水淡水化施設のうち逆浸透方式施設に係る施設基準については，別添「海水淡水化施設（逆浸透方式）基準」によることとし，電気透析方式施設についてはこれに準じるものとする。

別 添

海水淡水化施設（逆浸透方式）基準

逆浸透方式による海水淡水化施設の設備は次に掲げる基準を満たすこととし，その整備に当たっては，原水水質，設置場所周辺の環境影響等を十分に考慮すること。

1．原水設備

- (1) 原水設備は，取水口及び海岸井戸等から計画取水量を取水できるものであること。
- (2) 計画取水量は，回収率及び作業用水量等を勘案して決定すること。
- (3) 取水地点及び取水方法は，水温及び水質の季節変動並びに日変動が少なく，年間を通して清浄な海水を安定取水できる場所及び方法とすること。
- (4) 取水口には，施設稼働の障害となる浮遊物，ごみ等が流入しないよう防護柵，防止スクリーンを設置すること。
- (5) 必要に応じて沈砂池を設置すること。
- (6) 取水ポンプの台数は，計画取水量を基準として定め，予備機を設置すること。

2．調整設備

- (1) 調整設備は，逆浸透膜モジュールへの濁質，スケール成分，有機物及び生物等の影響を極力低減できるよう構成すること。
- (2) 調整設備から逆浸透設備へ供給される水の水質は，SDI値が4程度以下を目標とすること。

(注) SDI値 (Silt Density Index) の求め方

$$\text{SDI値} = (1 - \text{TO} / \text{T15}) \times 100 / 15$$

TO：0.45 μm の精密ろ過膜を用いて，試料水を206kPaの加圧下でろ過するとき，初めに500mlをろ過するのに要した時間

表1-4-2 海水淡水化施設年度別工事計画

工 事 名	工 事 内 容	H5年度	H6年度	H7年度	H8年度
土木建築工事	土木・建築施設	1式	1式		
取水放流管布設工事	取水放流管設備		1式		
原水設備工事	自動除塵機 2機 管弁類 1式 取水ポンプ 5基		2基 1式 1基	2基	2基
調整設備工事	1次ろ過機 13機 2次ろ過機 9機 逆洗ポンプ 2機 空洗ブロワ 2機 管弁類 1式		3基 2基 1基 1基	5基 4基 1基 1基	5基 3基
逆浸透設備工事	供給ポンプ 9基 保安フィルター 9基 高圧ポンプ 8基 回収タービン 8基 逆浸透膜 8基 洗浄設備 1式 管弁類 1式 薬品注入設備 1式		2基 3基 2基 2基 2基	3基 3基 3基 3基 3基	4基 3基 3<1>基 3<1>基 3<1>基
薬品注入設備工事	薬品注入設備 1式		1式	1式	
淡水設備工事	淡水水槽 2槽 連絡管 1式		2槽 1式		
排水処理設備工事	洗浄排水ポンプ 4基 濃縮槽機械 3基 希釈槽機械 2基			3基 2基 2基	1基 1基
脱水設備工事	脱水機 2基		1基	1基	
放流設備工事	曝気ブロワ 2基 攪拌ブロワ 2基 散気管 1式		1基 1基	1基 1基	
建築付帯機械設備工事	空調設備 1式 衛生設備 1式		1式 1式		
受変電設備工事	受変電設備 1式		1式	1式	
海淡処理動力設備工事	海淡処理動力設備 1式		1式	1式	1式
排水処理動力設備工事	排水処理動力設備 1式		1式	1式	1式
中央監視設備工事	中央監視設備 1式		1式	1式	1式
建築付帯電気設備工事	建築付帯電気設備 1式		1式		
計装設備工事	計装設備 1式		1式	1式	1式
自家発電設備工事	自家発電設備 1式		1式		
場内設備工事	場内設備 1式				1式
(県単工事)					
搬送設備工事	エレベーター 2基		2基		
門扉設置工事	門扉・フェンス 1式		1式		

3. 造水コストと水道料金への影響

3.1 造水コストの算出方法

海水淡水化施設の造水コスト算出方法は、規模、場所、事業の年度、工事範囲、建設工事条件等各事業で異なるので、建設費に基づく固定費や維持管理費を含む経費の算出については簡単に表わせない。我国では海水淡水化の実施例が少なく、実施されている規模も小規模であるので、大規模な海水淡水化施設のコストについては適当な算出事例がないのが現状である。

特に、本施設のように大規模な計画では、運転の自動化、土木建築工事の複雑さや機器仕様の高度化等の傾向が顕著であり、従来の小規模施設に比べると各経費共にコストに占める割合が非常に高くなる。このように、造水コスト算出について基準化された方法がないので、浄水場等と同様に水道事業におけるコストの算出と同様な方法で算出することが妥当と考えられる。

そこで、コスト試算の前提条件として、年間経費の構成（資本費、運転管理費、支払利息、補助金、その他）や、人件費、資材費、動力費、膜交換費等維持管理費の内訳を整理しておく必要がある。

よって、これらを整理すると海水淡水化施設における年間経費の構成は、概ね次図のとおりである。

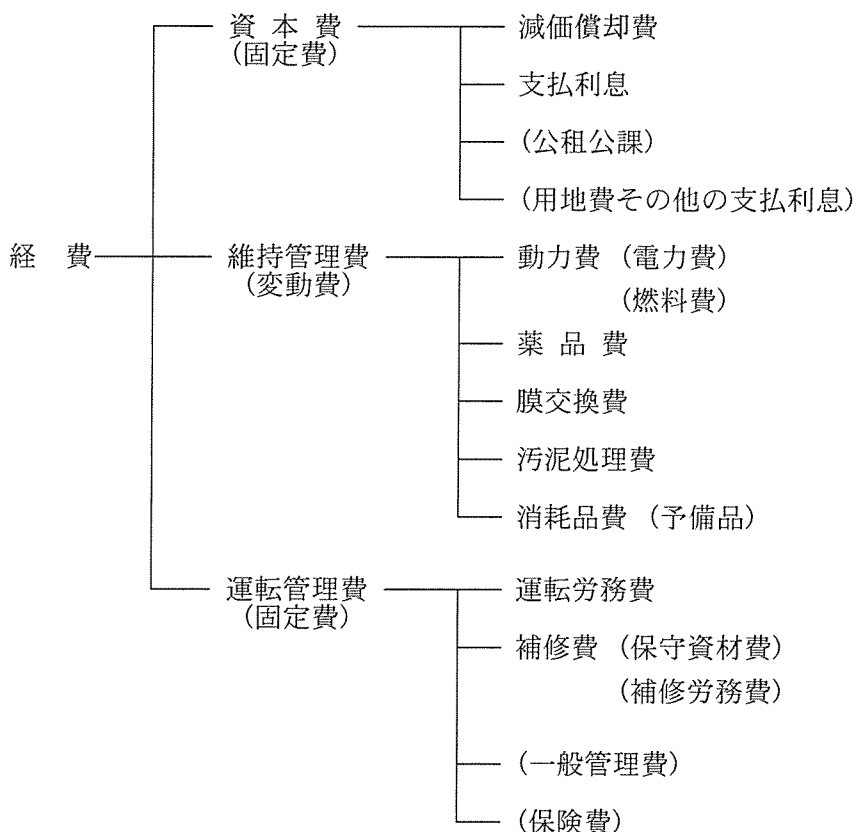


図 1-4-2 海水淡水化施設の年間経費

3.2 造水コスト

造水コストの試算については、施設規模、立地条件、資金計画や運転条件等によって建設費や運転管理費が大きく異なるため、一般的な算出基準を設けることは困難であることは述べたが、ここでは試算条件を設定して算出してみることにする。

本施設の場合、造水コストについては試算条件として、①総事業費約 347 億円、②施設規模 40,000 m³/日、③稼働率 90%、④回収率 40%、⑤算定期間 20 年間、⑥国庫補助率 85%等が運転条件として設定されており、算出すると図 1-4-3 のとおりそのコストは 1 m³ 当り 171 円になるものと見込んでいる。

また、補助金がない場合には、固定費が 4 倍以上となり、そのコストは 344 円になるものと見込まれる。

特に、171 円のコストの内訳で特徴的なことは、動力費が約 33% でありコスト全体に占める割合が一番大きいことである。次にその他費、償却費と続くが、維持管理費の分野で見ると、その他費に含まれる膜交換費や薬品費が高い比率となっている。

参考に図 1-4-4 に他のコスト算出の事例を示し比較するものとする。

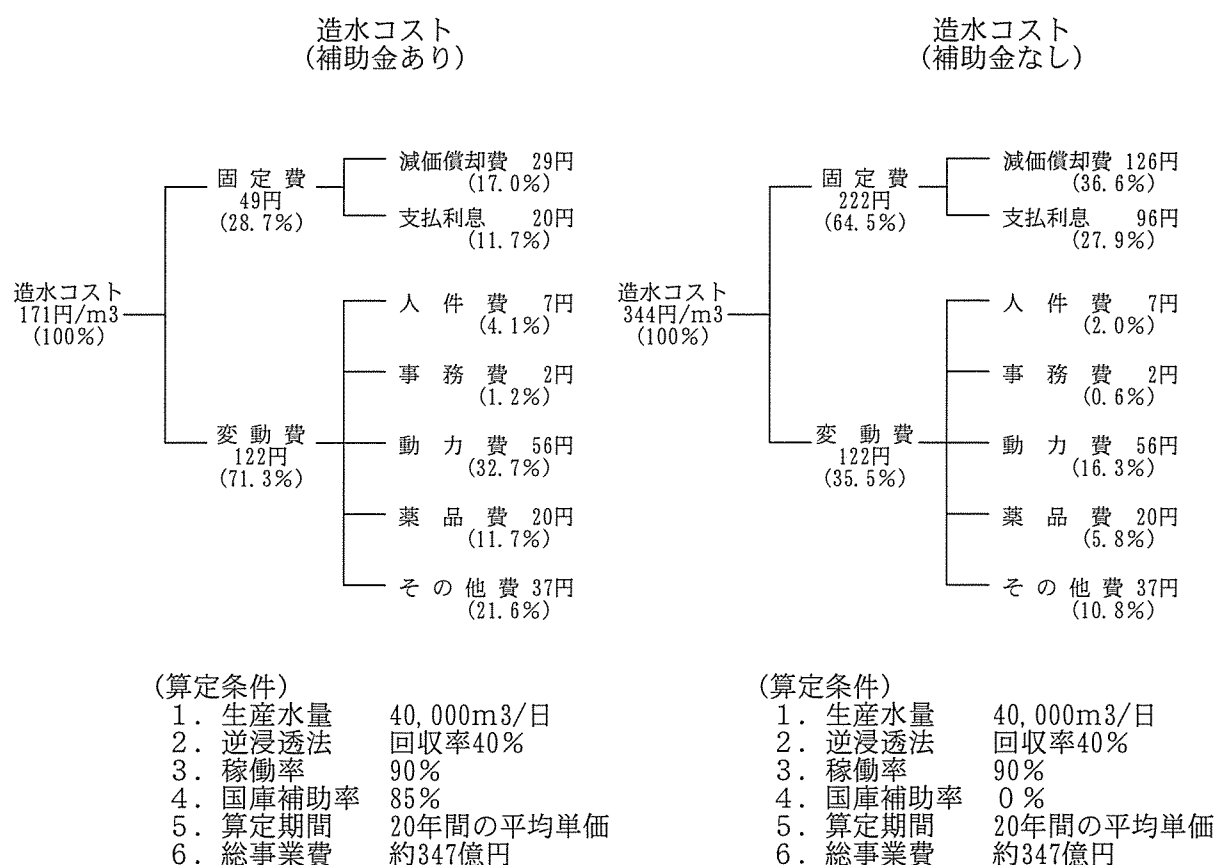


図 1-4-3 造水コストの算出

3.3 コスト計算の期間

沖縄県の場合、国庫補助率（85%）が大きく、全体コストに占める資本費の割合が小さくなっているが、実際には設備の更新を考慮すると、更新時の費用は非常に多いものとなっている。これをコスト計算の期間によって説明してみると、次のとおりとなる。

そこで、海水淡水化施設の造水コストについて、その計算期間の違いによるコストの相違を以下の条件で算出する。

- (1) 総事業費 347 億円
- (2) 施設能力 平成7年度 10,000 m³/日
平成8年度 25,000 m³/日
平成9年度 40,000 m³/日
- (3) 国庫補助率 85%
- (4) 稼働率 90%
- (5) 算出式 造水コスト = (資本費 + 維持管理費) ÷ 有収水量
資本費 = 減価償却費 + 支払利息
維持管理費 = 人件費 + 事務費 + 動力費 + 薬品費 + その他費 (モジュール交換費等)
有収水量 = 施設能力 × 稼働率 (90%)

以上の条件下で、50年間（平成6年度～55年度）及び20年間（平成6年度～25年度）の2ケースについて、電気・機械設備の更新を含むか否かの相違による造水コスト比較を行った。

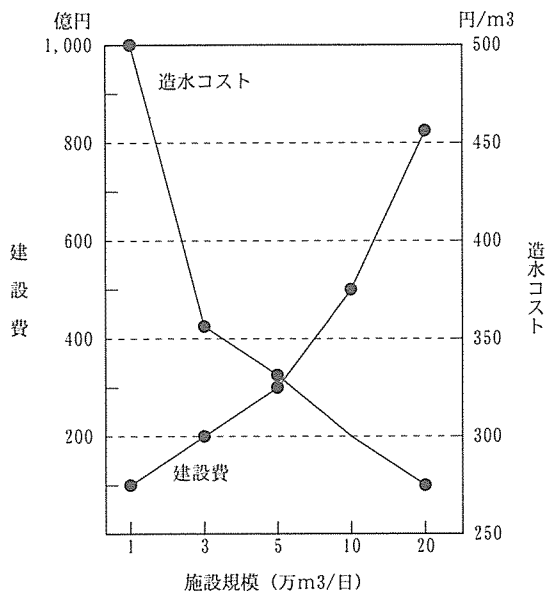
1) 50年間の平均造水コスト	270.36 円/m ³		
内 訳	減価償却費	73.32 円 (28.2%)	} 資本費 147.23 円/m ³ (54.5%)
	支払利息	70.91 円 (26.2%)	
	人件費	6.45 円 (2.4%)	} 維持管理費 123.12 円/m ³ (45.5%)
	事務費	1.94 円 (0.7%)	
	動力費	56.25 円 (20.8%)	
	薬品費	19.99 円 (7.4%)	
	その他費	38.50 円 (14.2%)	
2) 20年間の平均造水コスト	170.70 円/m ³		
内 訳	減価償却費	29.01 円 (17.0%)	} 資本費 48.55 円/m ³ (28.4%)
	支払利息	19.54 円 (11.4%)	
	人件費	6.74 円 (3.9%)	} 維持管理費 122.15 円/m ³ (71.6%)
	事務費	2.02 円 (1.2%)	
	動力費	56.33 円 (33.0%)	
	薬品費	19.99 円 (11.7%)	
	その他費	37.07 円 (21.7%)	

3) 計算期間の差異について

計算期間が50年間の場合は、電気・機械設備の更新時に起債借入資金を充当する積算となっているため、電気・機械設備更新以前の20年間に比べ減価償却費及び支払利息が増加し、造水コストが大きくなっている。これは、現実的には更新時に多額の改築費用がかかることを示している。

海水淡水化施設の規模別建設費及び造水コスト
(造水促進センター調べ)

海水淡水化施設の規模別コストの比較表
(造水促進センター調べ)



施設規模 万m³/日	建設費 百万円	造水コスト 円/m³
1	9,800	499
3	19,580	358
5	28,580	331
10	48,680	303
20	83,450	278

- 条件
1. 取水、送水設備は除く
 2. 稼働率：100%
 3. 補助金：なし
 4. 耐用年数：平均 25 年

図 1-4-4 規模別建設費と造水コスト

3.4 水道料金への影響

次に、算出された造水コストに基づいて施設運転後の企業局の水道料金への影響を考える。

そこで、全容量供用開始後における水道料金への影響を算出すると、表 1-4-3～1-4-4 に示すとおり、工事業者の瑕疵期間の終了する平成 11 年度の海水淡水化施設の造水コストは 160.09 円/m³ であるが、陸水を含む全有収水量に対する造水コストは 12.83 円/m³ となる。これは、現行料金 102.24 円を 12.55% 押し上げる要因となる。

つまり、供用開始当初は見掛け上海水淡水化施設の稼働率を上げるほど、料金が高くなる試算となっている。

表 1-4-3 海水淡水化施設の稼働率別造水コスト試算

総事業費	347億円(補助対象のみ)	
造水量	40,000m ³ /日	
補助率	85%	
稼働率	90%	50%
単位	円/m ³	円/m ³
造水コスト	170.70	240.29
資本費	48.55	87.39
減価償却費	29.01	52.21
支払利息	19.54	35.18
維持管理費	122.15	152.90
人件費	6.74	12.14
事務費	2.02	3.64
動力費	56.33	65.17
薬品費	19.99	20.02
その他	37.07	51.93
その他、共通条件		
1. 回収率 40%		
2. 算定期間 20年(H6からH25年度までの20年)		

表 1-4-4 海水淡水化施設の水道料金への影響

項目	年度					備考
	平成7年度	平成8年度	平成9年度	平成10年度	平成11年度	
海水淡水化造水能力(m ³ /日)	10,000	25,000	40,000	40,000	40,000	
a 海水淡水化施設有収水量(千m ³)	821.0	8,213.0	13,140.0	13,140.0	13,140.0	造水能力×0.9×365 H7は3ヶ月稼働で計算
b 海水淡水化施設費用/年(千円)	301,573	1,231,528	1,894,994	1,999,712	2,103,561	H10までは膜設備等の瑕疵 期間を考慮し費用を低減
c=(b/a) 1m ³ 当り造水コスト (円/m ³)	367.32	149.95	144.22	152.19	160.09	
d 年間総有収水量 (千m ³)	149,724.0	153,588.0	156,967.0	160,420.0	163,949.0	陸水分を含む全有収水量
e=(b/d) 年間総有収水量に対する造 水コスト (円/m ³)	2.01	8.02	12.07	12.47	12.83	
f 現行料金に対する海水淡水化施設 コストの影響(%) (e/102.24×100)	1.97	7.84	11.81	12.20	12.55	
g 上記の結果影響された料金 (円/m ³)	104.25	110.26	114.31	114.71	115.07	

注：稼働率は90% 事業費は347億円 補助率は85% 試算は平成7年9月時点