

逆浸透膜の世界市場展開と技術開発の歩み および都市域水循環圏での新規水資源開発

日東電工株式会社
メンブレン事業部

岩堀 博

技術士(上下水道)

内容:

- 01 はじめに
 - 02 海水淡水化RO膜の歴史
 - 03 大規模海水淡水化RO プラントの稼働状況
 - 04 海水淡水化用RO 膜の性能進化
 - 05 造水コストの変遷 (1970 年 - 2015 年)
 - 06 日本の海水淡水化プラントの事例-1 沖縄海水淡水化センター
 - 07 海外の事例-2 ラルナカ(キプロス)海水淡水化プラント, (最初のSP2P-システム)
 - 08 海外の海水淡水化状況の紹介; オーストラリアでの海水淡水化プラント
 - 09 エネルギー回収器(EDR)の概要
 - 10 都市下水再生処理プロジェクトの事例 シンガポールNEWaterの状況
 - 11 革新的な都市域水循環圏での海水/下水・混合希釈RO脱塩
 - 12 展望
 - 13 まとめ
- 参考文献

1. はじめに

世界の人口増加と都市部の急速な発展を伴い、淡水不足さらに水源汚染への両方の対策は、近い将来において安全な水と十分な水供給を如何に確保すべきかが私たちの大きな関心事となっている。

そうした世界的な真水不足の課題を解決する主要技術として逆浸透膜(RO)プロセスがあり、乾燥・半乾燥地域の沿岸部大都市圏での海水淡水化や都市下水の高品位再生処理の大規模RO造水プラントとして稼働している。

本発表では、RO膜の研究開発の歩みを振り返りつつ、ROを主とした分離膜を用いた海水淡水化RO処理および都市下水高品位再生処理の現状、および将来的な展望として乾燥気候の沿岸地帯での都市域水循環圏内の水管理に関係した革新的な水資源開発のコンセプトについても紹介する。

2. 海水淡水化ROの歴史

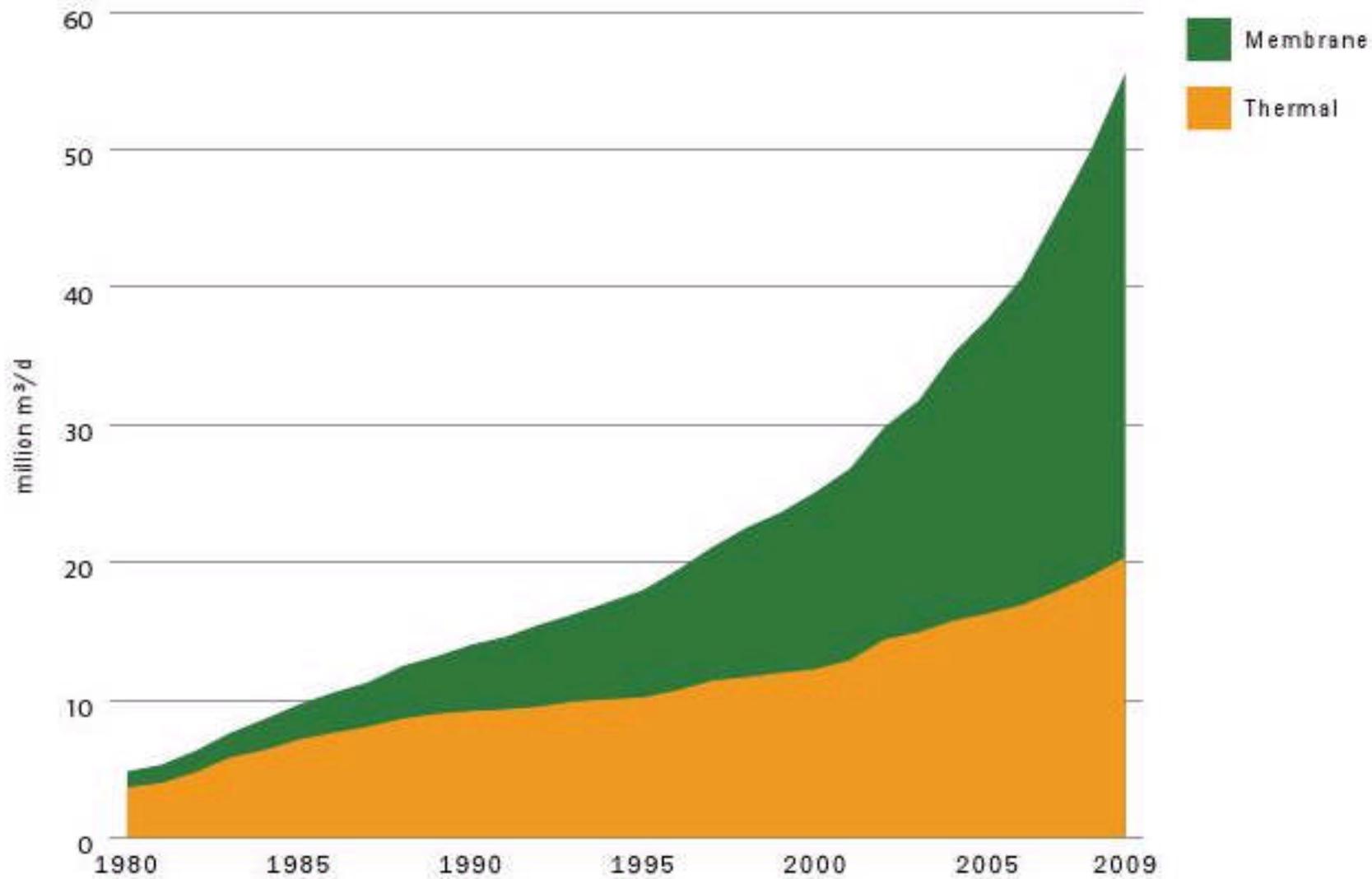
- 1962:** Dr. Loeb と Dr. Sourirajan が非対象型二酢酸セルロース(CDA)半透膜の製膜法を発明
- 1963:** ゼネラルアトミック社が世界初の実用スパイラル巻型CDA-RO膜エレメントを製造
- 1966:** Desalination Systems社が Mr. Donald T. Bray により設立
- 1972:** 世界初の産業用スパイラル型CDA-RO膜 Desal^(R) エレメントを販売
- 1973:** Hydranautics 社がCDA- RO エレメントの商業生産を開始
- 1974:** 世界初の海水淡水化RO (SWRO)が DuPont社 B10 を使ってPolymetrics 社によりBermudaで 試運転開始
- 1977:** 日本製RO膜を用いたSWROのフィールドテストが茅ヶ崎臨海研究所(造水促進センター)にて実施
- 1978:** 世界初の全芳香族架橋PA系複合膜製造法がDr. Cadotteにより 米国特許 '344' を取得し、FilmTech社に譲渡
- 1979:** 12,000m³/d Jeddah (サウジ)での2-パス SWROプラントに、Fluid Systems 社のPA300膜エレメントを搭載
- 1985:** FilmTec 社が Dow Chemical社により企業買収され、水処理事業部門の傘下
- 1987:** 1,553 m³/d Chevron'社精油所米国加州の1-パスSWROプラントでHydranautics がSWC膜を適用して運転開始
- 1989:** 56,800 m³/d Jeddah SWROプラントで、東洋紡製の中空糸型CTA-RO膜で運転開始
- 1997:** 40,000m³/d 沖縄 SWRO プラントで日東電工・東レ製スパイラル型全芳香族PARO複合膜エレメントが操業開始
- 2000:** DuPont 社が脱塩水処理用の中空繊維型直鎖芳香族PA系RO膜エレメントの製造を中止し、ビジネスから撤退
- 2003:** Hydranautics社が高性能複合RO膜 (SWC3)の生産を開始。 斗山重工業(韓国)が283,875 m³/d MSF & 170,000 m³/d SWRO(Ondeo社サブコン)ハイブリッドシステムの Fujairah (UAE)プラントを稼働
- 2005:** 274,000 m³/d Ashkelon (イスラエル)の世界最大級のSWROプラントが \$0.50/m³ で真水を生産
- 2008:** Rabigh(サウジ) SWROプラントの 2nd・3rd パス ROで ポリッシングROシステム 170,000m³/d が稼働
- 2010:** 411,000m³/d Sorek(イスラエル)SWROprojectで 16-in.ROエレメント本格採用 (NittoDenko/DowChemの予定).

Source: IDA Desalination Yearbook and Nitto Denko / HY internal memorandum

メンブレン事業の歴史

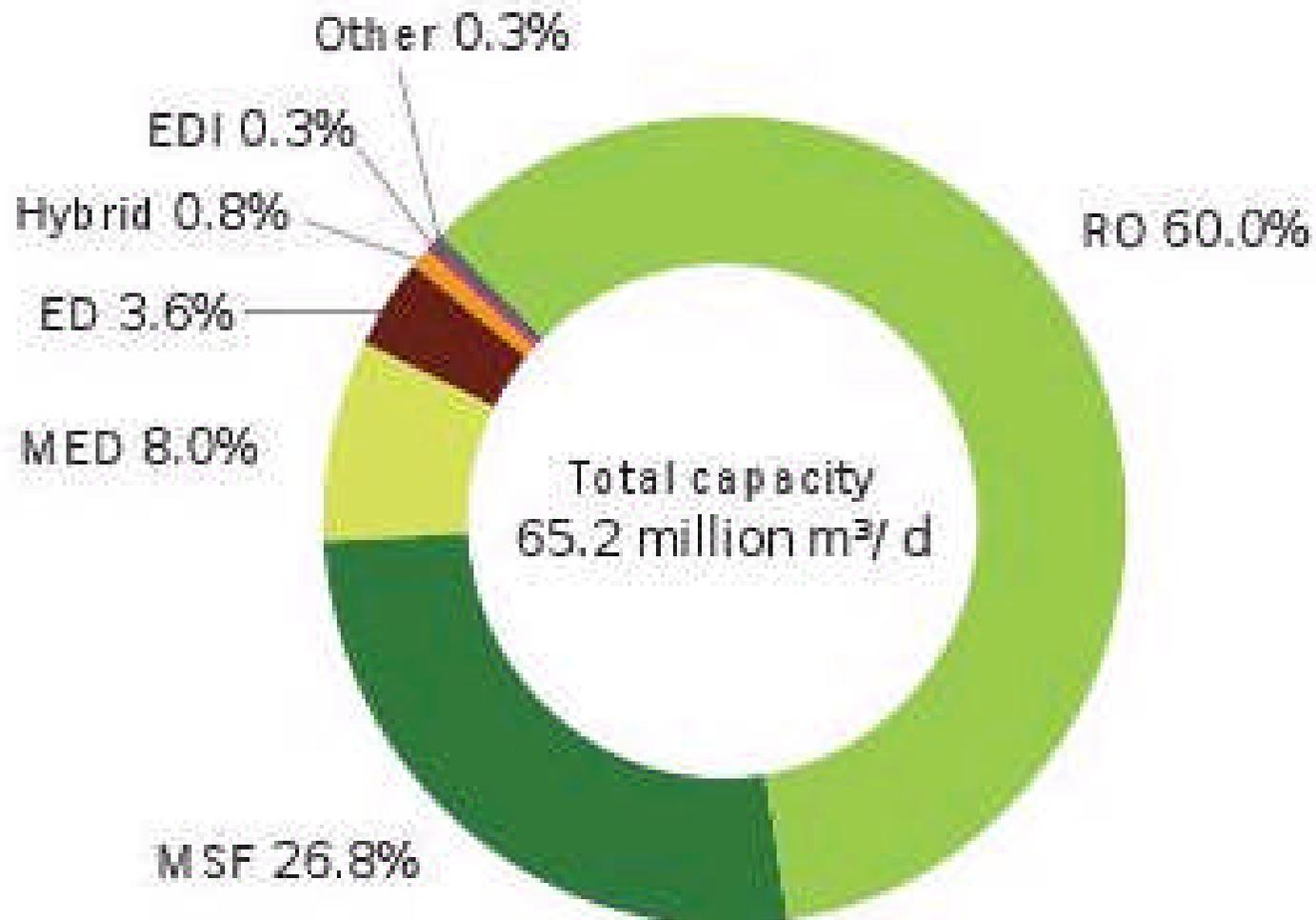
トピックス(主な新製品)

- '70
- '73 **分離膜の工業化の研究開発開始**
(GA系RO膜、管状型膜モジュール)
- '78 キャピラリー、スパイラル型の製品化
- '80
- '83 半導体用超純水製造用UF膜
- '86 **世界初膜専門工場、滋賀事業所操業**
- '87 **米国のメーカーHydranautics買収**
- '88 高性能低圧RO芳香族PA系複合膜の発売
- '90
- '91 海水淡水化用RO芳香族PA系複合膜
- '95 超低圧RO膜
- '96 中国拠点、調査活動開始
- '97 耐汚染性RO膜
- '98 前処理用UF膜(Hydracap / RS)
高性能複合RO膜(ES)製造特許に注目発明賞
- '00
- '02 **中国 上海・松江でスパイラル組立開始**
- '03 高ホウ素除去用RO膜
- '04 高ホウ素除去海水淡水化用RO膜
- '08 海淡用RO膜(SWC5)が日経優秀製品賞受賞
- '08 **シンガポール Water-hub にR&Dセンター開設**
- '09 **滋賀事業所に最新のRO膜製造工場棟を竣工**



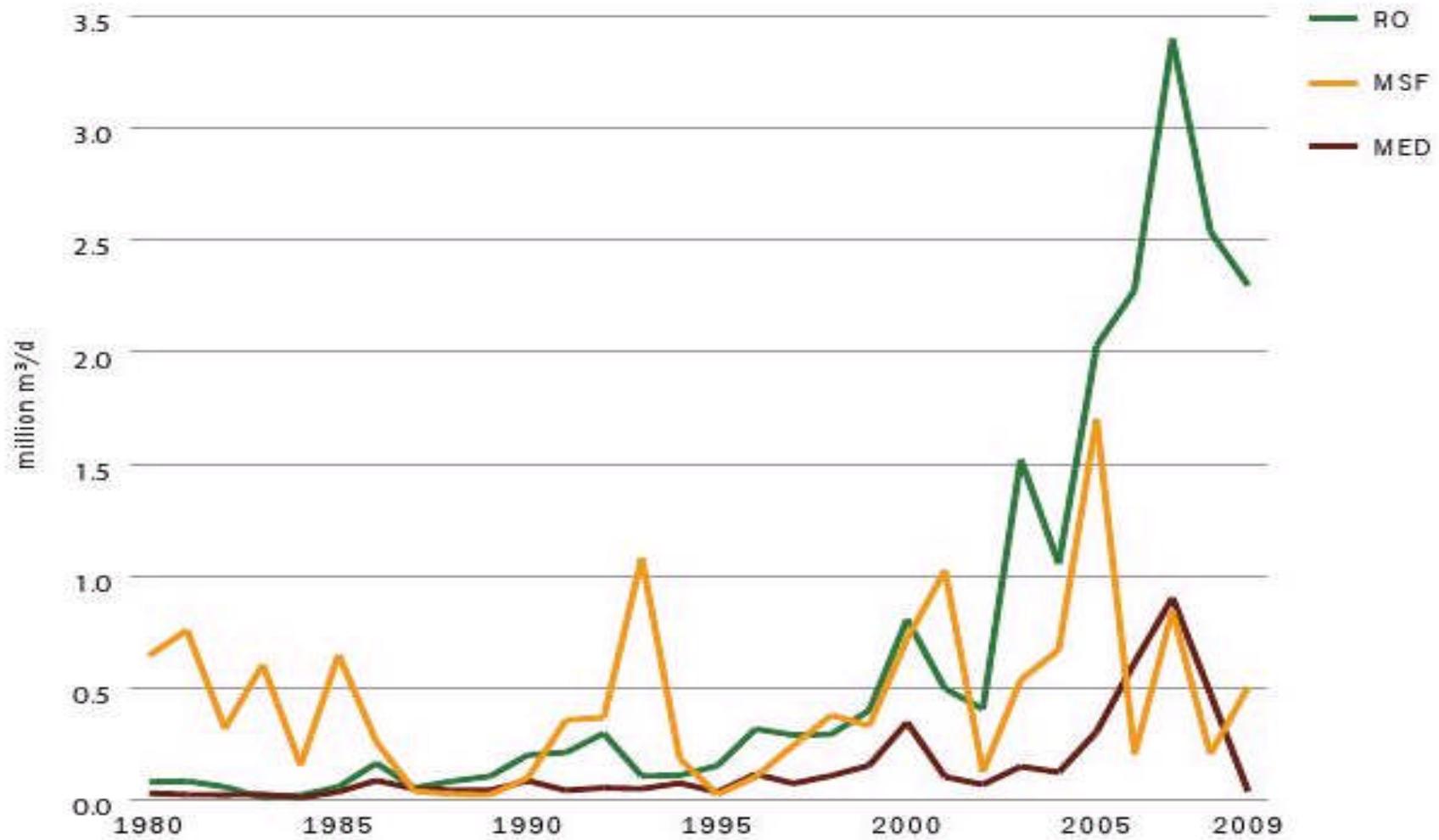
Source: GWI DesalData / IDA

Fig.1 膜および熱蒸留プロセス別 1980-2009年間の淡水化累計容量の推移



Source: GWI DesalData / IDA

Fig.2 世界の造水容量の淡水化技術別シェアー



Source: GWI DesalData / IDA

Fig.3 海水淡水化技術別の年間合計・新規契約案件の 造水プラント容量
年度別 (1980-2009) 推移

統合膜処理システム

Integrated Membrane System (IMS):

透過水分割・部分2-パス海水淡水化RO設計

Split partial 2-Pass SWRO Design (SP2P)

- 第1パス ROに海水淡水化ROを適用
 - 第2パス ROにかん水脱塩ROを適用
 - **従来からの部分** 2-パス海水淡水化処理と相違
- メリット**→ SP2P 法は従来法に比べて 10 - 20%の初期投資コスト低減と2-パス部占有面積も低減。

世界で稼働中の 海水淡水化ROプラント

国名	設置場所	淡水化容量 (m ³ /d)	運開年	プラントメーカー
イスラエル	Ashkelon	326,000	2005	IDE / Veolia
オーストラリア	Sydney	250,000	2011	Veolia
サウジアラビア	Shuqaiq IWPP	216,000	2010	MHI
アルジェリア	Beni Saf	200,000	2010	Geida
アルジェリア	Hamma	200,000	2005	GE - Ionics
スペイン	Barcelona	200,000	2009	Degr -Aigues -Dragados
サウジアラビア	Rabigh IWSP	192,000	2008	MHI
オーストラリア	Cape Preston	175,000	2007	Multiplex -Degremont
アラブ首長国連邦	Fujairah II	170,000	2003	Doosan -Ondeo
サウジアラビア	Shoaiba Expansion	150,000	2010	Doosan
オーストラリア	Kwinana, Perth	144,000	2007	Degremont
シンガポール	Tuas	136,000	2005	Hyflux
トリニダード・トバゴ	Point Lisas	136,000	2003	GE - Ionics
サウジアラビア	Medina Yanbu -II	128,000	1998	MHI
スペイン	Carboneras	120,000	2001	Pridesa

各RO プロジェクト 欄の灰色は CTA-中空糸型, それ以外は PA系-複合膜スパイラル型モジュールを示す

3. 大規模ROプラント稼働実績

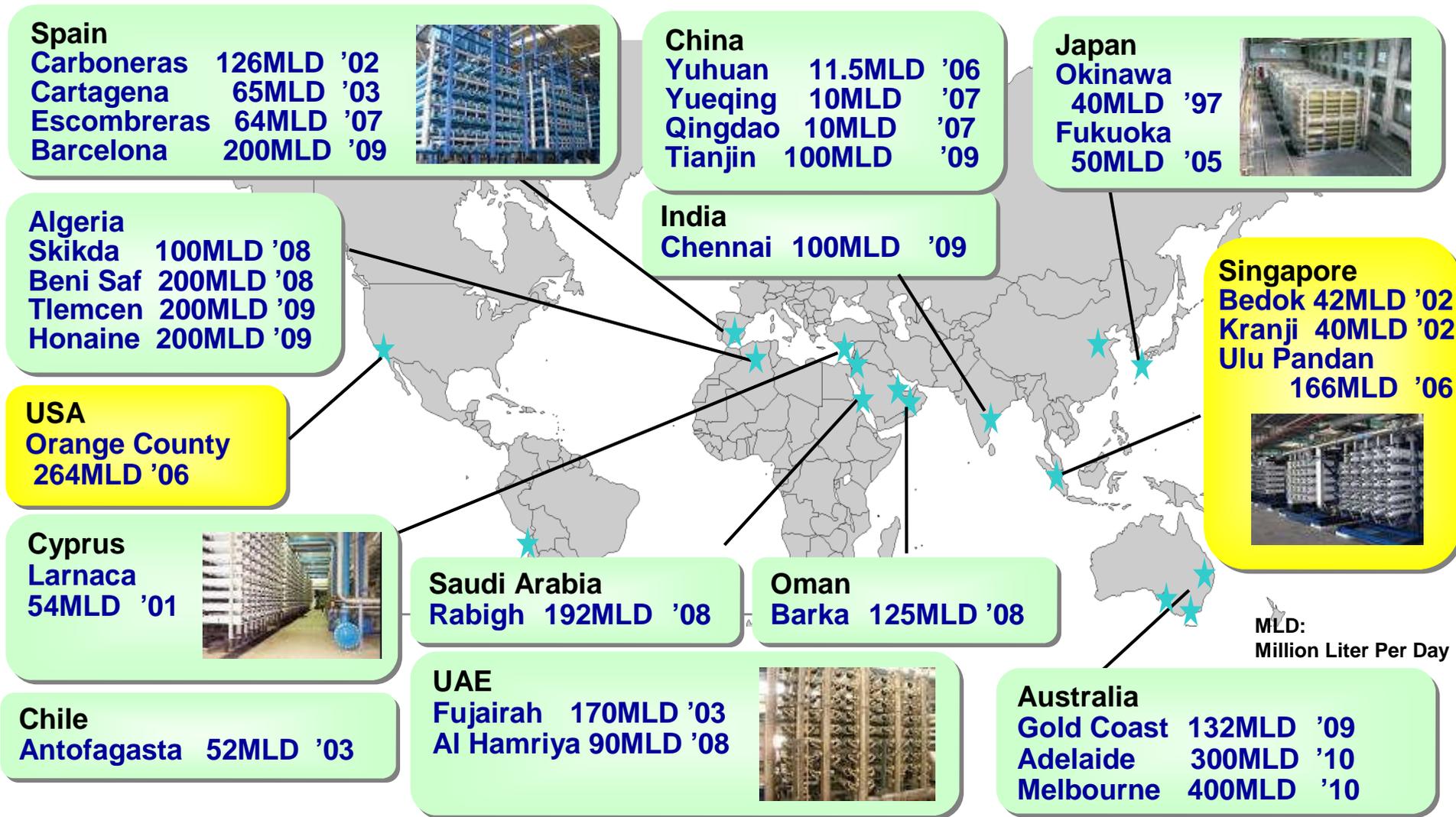
2011年3月末 時点

海水淡水化プロジェクト : Total 5,000,000 m³/d and over

Top share in the world

下水再生RO処理プロジェクト : Total 1,000,000 m³/d and over

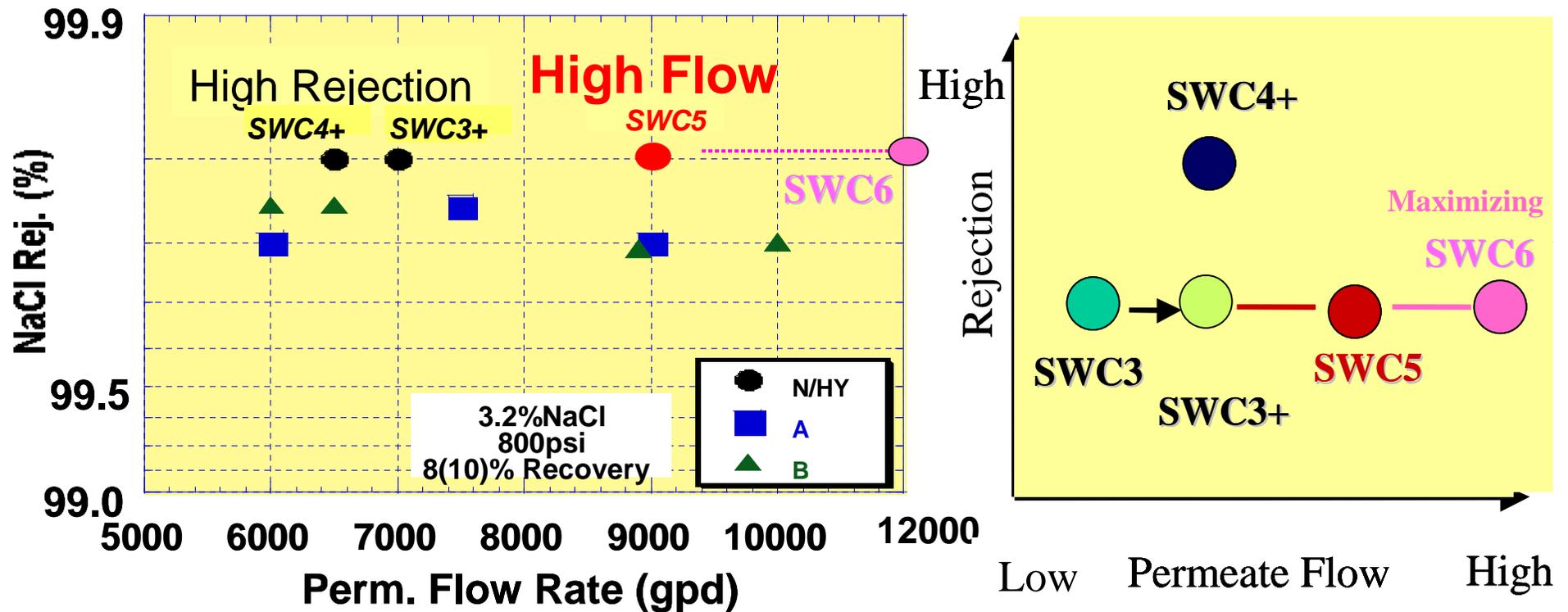
Top share in the world



MLD: Million Liter Per Day

4. SWRO 膜性能の推移

Element Performance

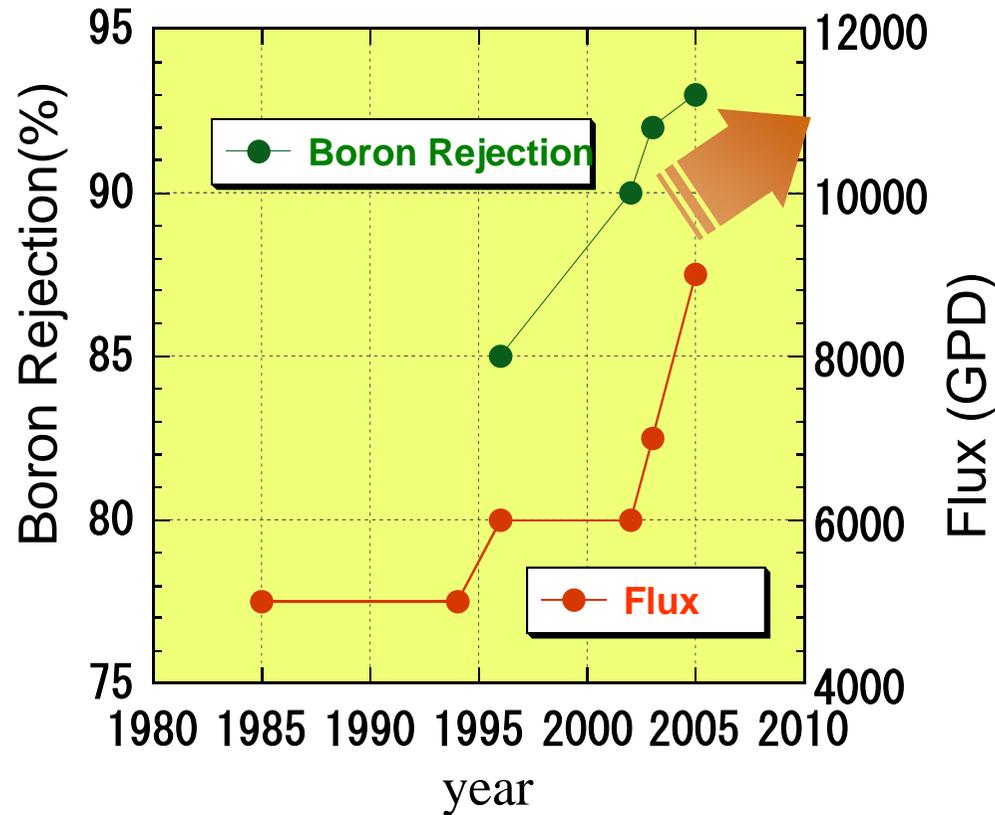


Test conditions: 5.5 MPa; 32,000 ppm NaCl; 10% recovery; 25°C

SWC6 の透過水性能値は、同一の操作条件下で従来製品SWC3+に比較して 約1.9倍に増大

海水淡水化RO膜エレメントの性能進化

より大きな透過水量と阻止性能を目指して、継続的改良を実施。



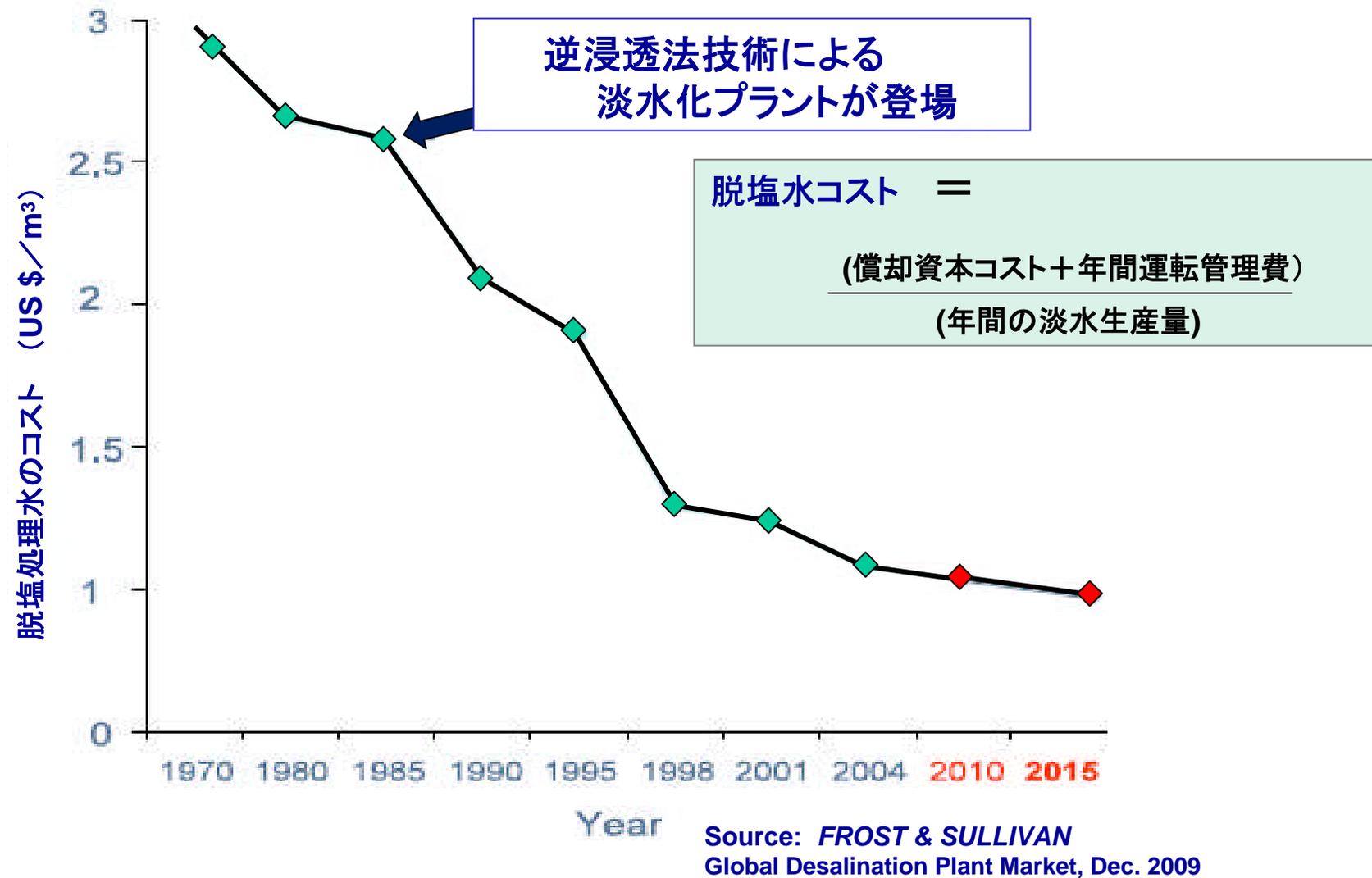
この10年間に、SWRO は大きく性能を進化

- ◆ Flux: 1.5 倍 (6,000GPD→9,000GPD)
- ◆ Boron 透過率: 半減 (Rejection 85%→93%)

SWRO 膜性能の向上 (日東電工製ROの事例)

試験条件: NaCl 3.2%; Boron 10mg/L; 5.5MPa;
pH6.5; Recovery 10%; 25°C;
8-inch 1-elementをテスト使用

5. 造水コストの変遷

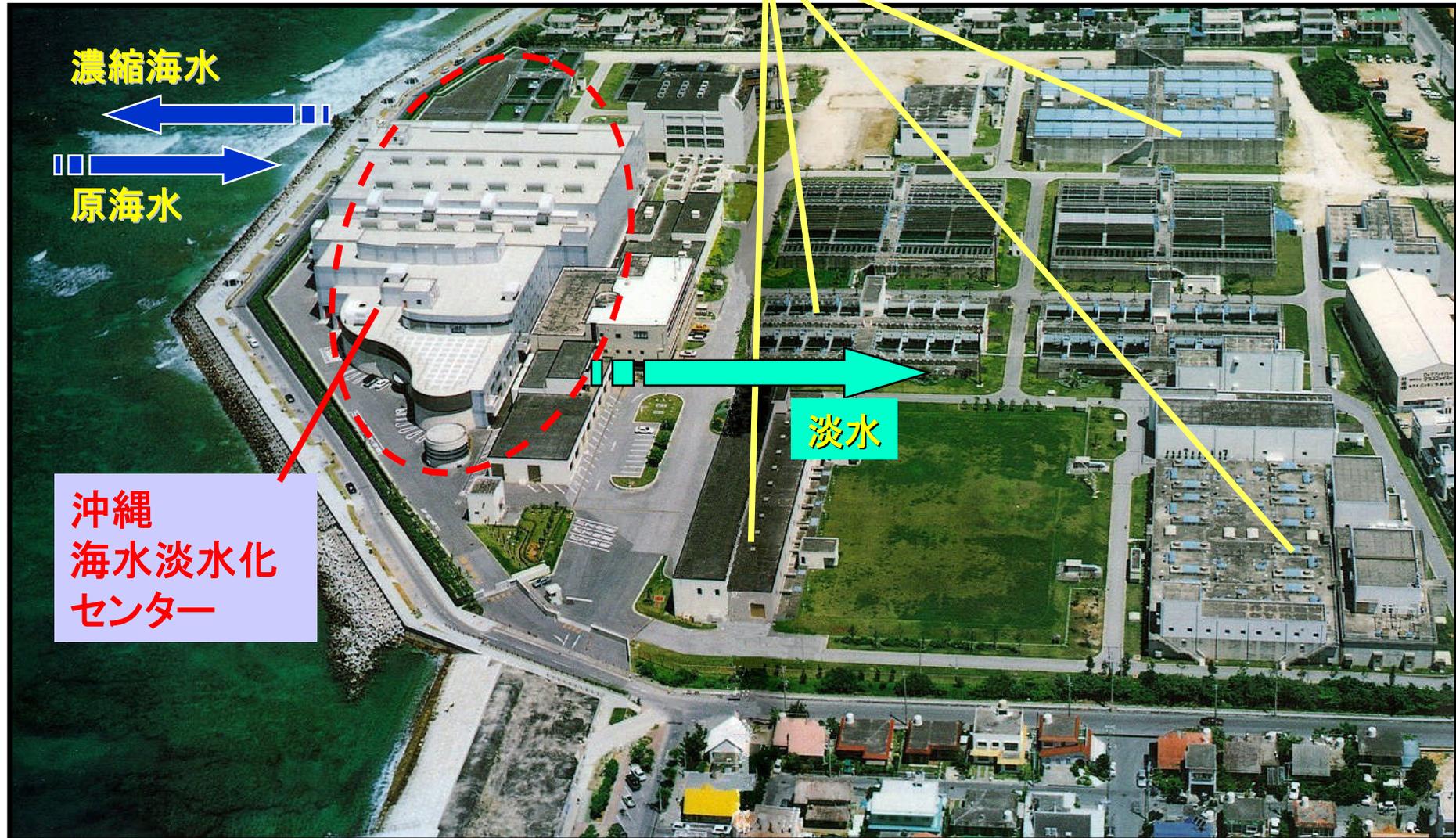


脱塩コストの段階的変遷 (1970-2015)

6. 日本の海水淡水化プラントの事例-1

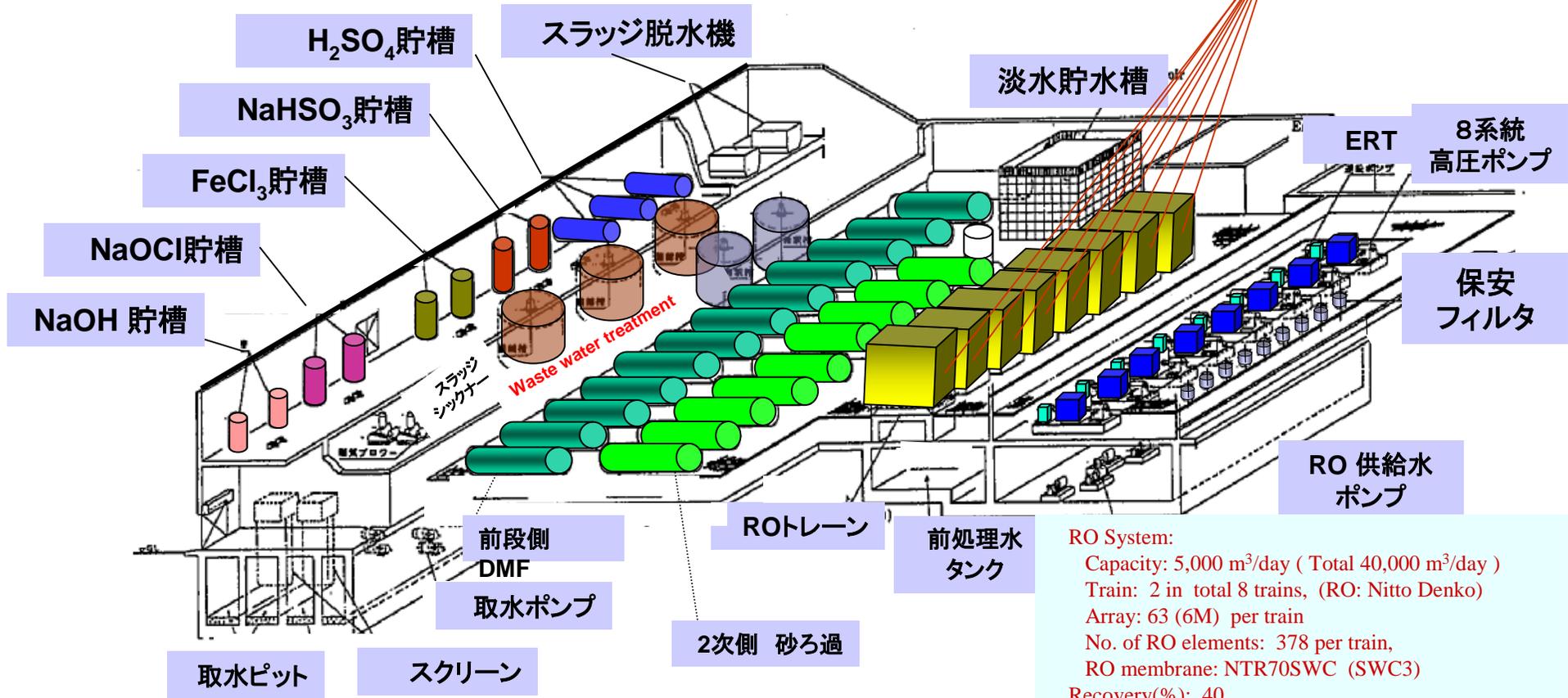
沖縄海水淡水化センター

沖縄県企業局 北谷浄水場



Feed Water, Source: Open intake seawater
 TDS (mg/L): 37,000 mg/L
 Pre-treatment: pH adjustment,
 Chlorine sterilization
 + SBS dechlorination, Dual media filter
 + Sand Filter
 Post-treatment: Blending with Surface fresh water, Cl₂

8系統の ROトレーンで構成



RO System:
 Capacity: 5,000 m³/day (Total 40,000 m³/day)
 Train: 2 in total 8 trains, (RO: Nitto Denko)
 Array: 63 (6M) per train
 No. of RO elements: 378 per train,
 RO membrane: NTR70SWC (SWC3)
 Recovery(%): 40
 Designed Feed Pressure: 6MPa
 Permeate: TDS is reduced less than 360 ppm.
 (less than 190ppm Cl⁻ ion)

沖縄海水淡水化ROプラントの主要機器類の配置

【進化しているRO膜エレメント】

品 番			NTR-70SWC-S8	SWC4+	性能向上の アピールポイント
			平成8年度膜	平成21年度膜	
透過水量	Flux (m ³ /d) (gpd)	ave.	16.0	25.0	約：1.6倍に増大
			4,200	6,500	
阻止率	NaCl - Rej (%)	ave.	99.6	99.8	阻止率が0.2%増
		min.	99.4	99.7	
塩透過率	100 - 阻止率 (%)	ave.	0.4	0.2	透過水の塩分濃度が 1/2に低減
		min.	0.6	0.3	
膜面積	m ²		27	37	約：1.4倍に増大
	ft ²		290	400	
検査条件	濃度 as NaCl	ppm	35,000	32,000	3.5% 標準海水濃度に修正
	圧力	Psi	800	←	
		MPa	5.5	←	
	温度	°C	25	←	
	pH	-	6.5~7	←	
回収率	%	10~20	10		

膜エレメントは、構造を改良し高膜面積（37.1m²）化
RO膜のスキン層形成を最適化し高阻止率（99.8%）化 の進化を実現しました。

【進化している実績データ】

品 番		NTR-70SWC-S8	SWC4+	性能進化の 数値比較
1ユニットのRO膜エレメント本数		378本	378本	
運転記録日		平成9年4月12日	平成22年3月23日	
RO入口 圧力	MPa	6.5	6.0	7.3% (圧力低減)
RO供給海水流量	m ³ /日	13,104	12,744	2.7% (流量減少)
淡水 (RO処理水) 流量	m ³ /日	5,184	5,496	6% (淡水量増大)
濃縮海水流量	m ³ /日	7,776	7,080	9% (流量減少)
回収率	%	39.6	43.1	8.8% (回収率増大)
RO処理水導電率	μS/cm	296	153	48% (導電率低減)
RO処理水塩分濃度 as TDS	mg/L	148	77	48% (塩分濃度低減)
RO供給海水温度	℃	22.3	22.5	-
RO供給海水pH	-	6.5	6.5	-

最新のRO膜エレメントは、分離性能の向上および膜面積の増大により、
RO膜の運転圧力を約**7%低減**しました。

当初の1ユニット当り淡水流量約**5,000m³/日**の設計は、
最新のRO膜エレメントにより圧力と供給海水流量の条件を変更し、
淡水流量約**5,500m³/日**の生産となっています。

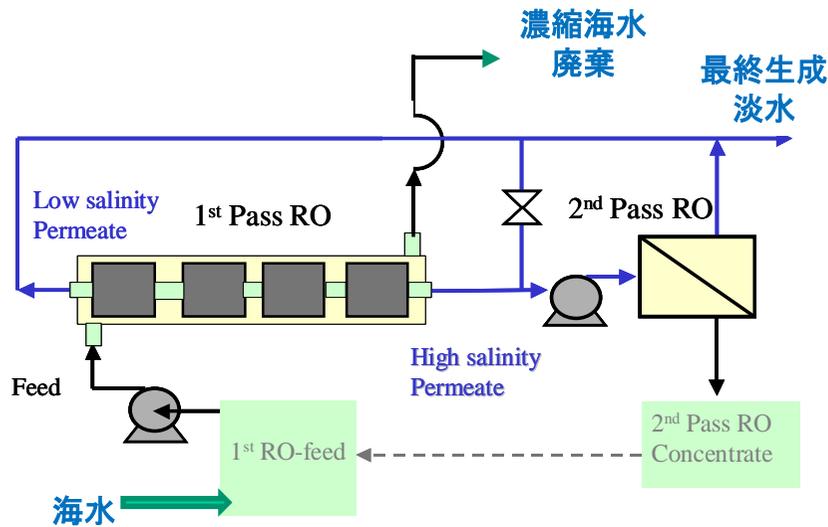
7. ラルナカSWROプラント(キプロス)



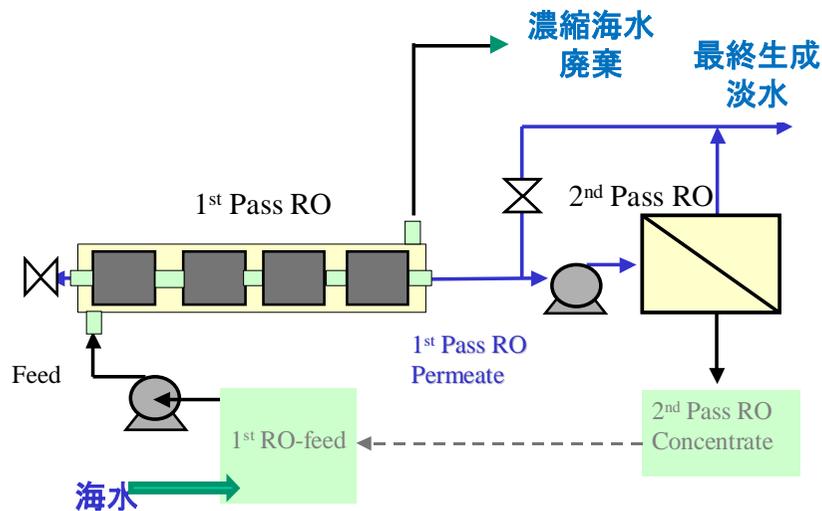
ラルナカSWROプロジェクトは、
世界初の大型SP2P-海水淡水
水化システムに日東電工Gr.
の膜エレメントを適用

また、本プロジェクトは、透過水水質項目でホ
ウ素濃度の要求が示された世界初の海水淡
水化ROプラントである

7. 透過水分割・部分2-パス海水淡水化ROの特徴



Split partial 2-pass RO system flow



Conventional partial 2-pass RO system flow

従来法の部分2-パス海水淡水化に比較して、同一生産容量のSP2Pシステムは、第2パス部のROを、より小膜面積でRO膜処理の設計が可能

例えば高濃度側透過水の割合が60%で、同一のブレンド後のTDSにするとして、従来法の部分2-パス海水淡水化とSP2Pの、1パス透過水を処理する必要容量は下記の其々の割合が必要となる:

SP2P システム: 54; 従来からの部分2-passシステム: 76

Partial two pass system design, Feed salinity 40,200ppm TDS, 28°C

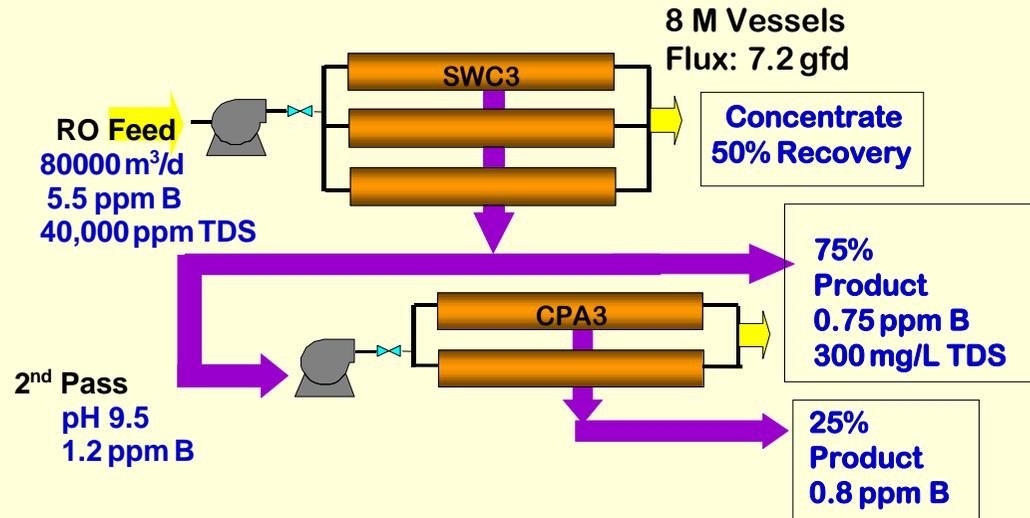
Seawater split partial two pass system. First pass feed: 40, 120 ppm TDS, 50% recovery, Second pass 90% recovery

High salinity flow fraction (feed to 2 nd pass RO), %	2 nd pass capacity, %	Low salinity fraction, ppm, TDS	High salinity fraction, ppm, TDS	Blended flow salinity ppm, TDS	2 nd pass RO capacity required, %
90	81	108	351	18	87
80	72	108	383	31	84
70	63	113	422	43	81
60	54	125	469	60	76
50	45	134	532	78	72
40	36	152	609	102	65
30	27	173	717	131	57
20	18	203	879	172	47
10	9	249	1149	232	30

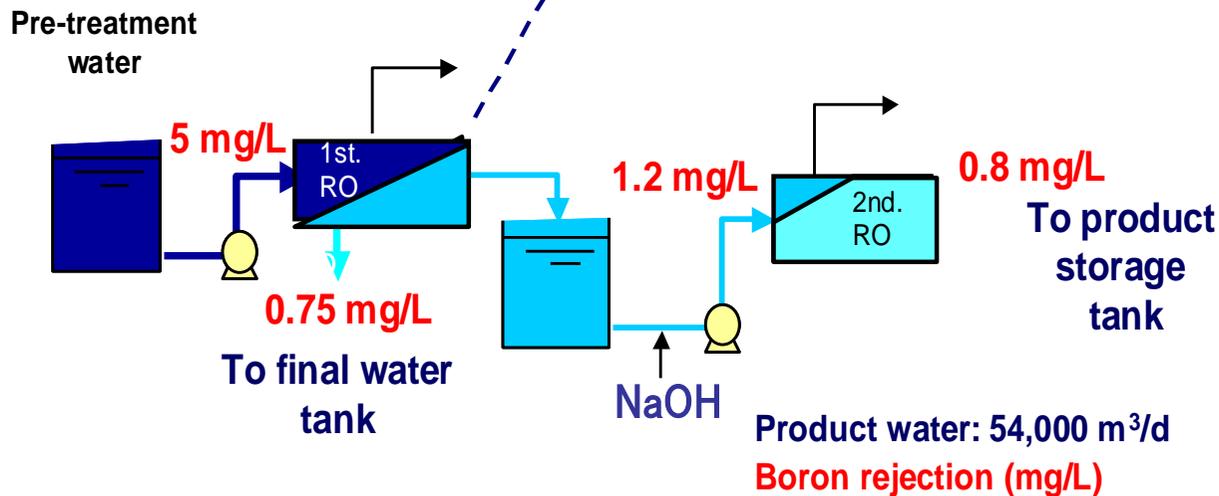
出典: M. Wilf, The Guide to Membrane desalination Technology
2007 Balaban Desalination Publications, ISBN 0-86689-065-3

- ・10年BOOT契約
- ・EPC: IDE が1999年に落札
- ・54,000 m³/d SWROプラント 操業開始
2001年3月
- ・ROシステム: 2-パスRO (初期設置)
第1パス: 5,760本 SWC3, → SWC4 +
第2パス: 320本 ESPA2 (前段)
160本 CPA3 (後段)

Larnaca SWRO Flow Diagram



Split Partial 2-Pass RO System



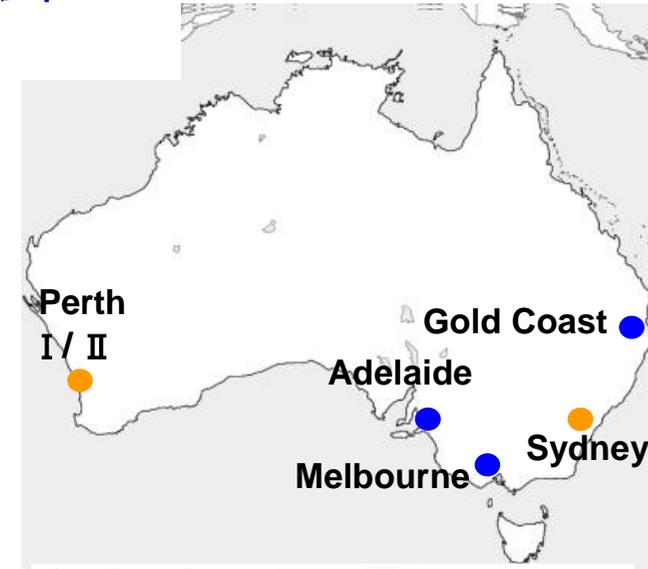
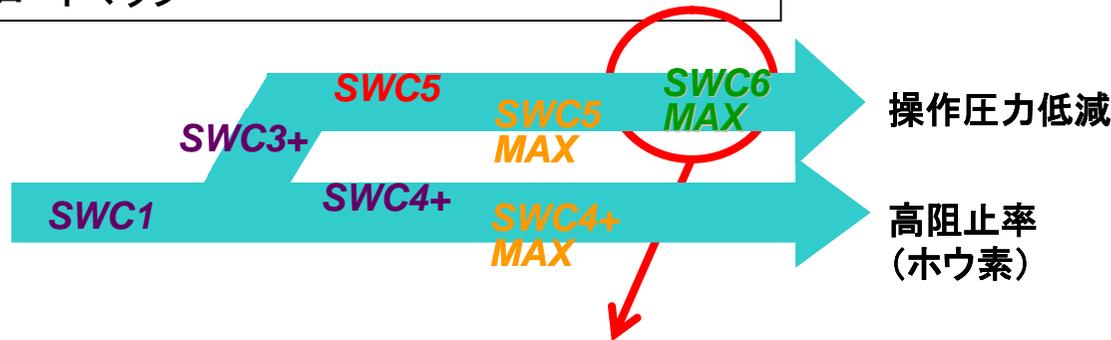
1st. RO: Seawater Desalination RO	5760 pcs
2nd. RO: Ultra-low pressure RO	480 pcs

8. オーストラリアでの海淡RO



オーストラリアでの渇水に伴う水不足は、大型海淡ROプラント建設を加速した

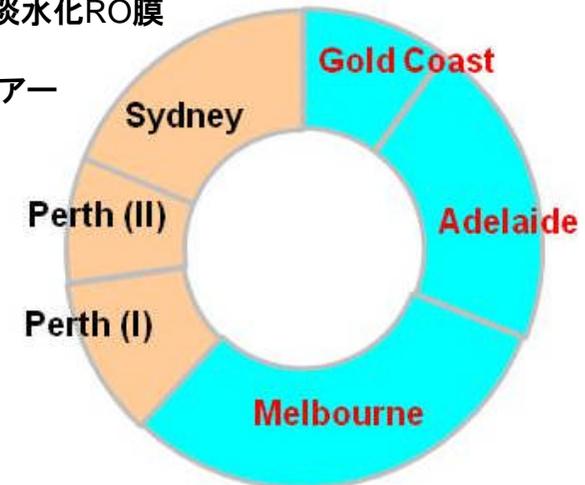
日東電工Gr.の海水淡水化RO膜の研究開発ロードマップ



SWC6 MAX は最新のスパイラル型ROエレメントで世界で最高の省エネルギー化性能を発揮.



日東電工Gr.の海水淡水化RO膜のオーストラリア公共用途海淡のシェア



37% Dow Chemical

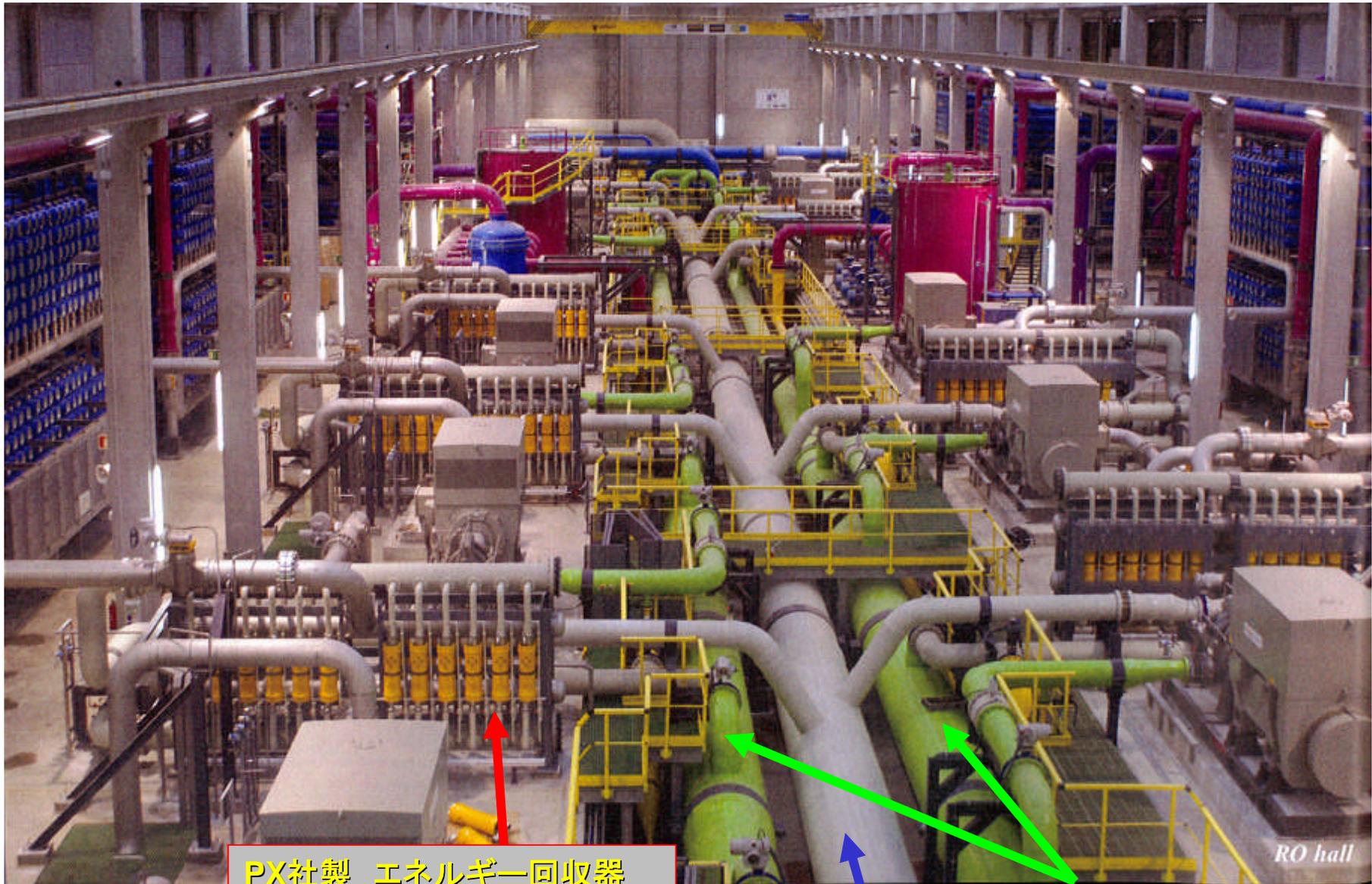
63% Nitto Denko

日東電工Gr.は顧客ニーズに基づいた新製品の発売により、オーストラリアでのトップシェア獲得.

オーストラリアの大型海水淡水化プラント

Source: Nitto Denko's internal survey

Project	Location	Size (MLD)	Status	RO	Specific Energy Consump'n (kWh/m ³)	ERD	Technology Contractor
Perth (I)	Kwinana	144	Commissioned in Feb.,2007	Dow	< 3.6	PX	Dergement (Fr. & Spain)
Perth (II) (Southern Seawater Desalination Plant)	150km south of Perth	113	Partially start-up Sept. 2011	Dow	< 3.6	PX	Tecnicas Reunidas Australia, Valoriza Water Australia, AJ Lucas Operations and Worley Parsons Services
Sydney	Kurnell	250	2010 start-up	Dow	< 3.9	DWEER	Veolia(Fr.)
SE Queensland	Gold Coast	133	Nov 2008- Start-up	Nitto	< 3.30 (Actual 3.2)	DWEER	Veolia(Fr.)
Adelaide	Port Stavac	280	<i>Dec.,2012</i>	Nitto	< 5	PX	Acciona/ United Utilities / McConnell Dowell
Victorian Desalination, Melbourne	Wonthaggi	411	July 2009, bid awarded Completed by End of 2011	Nitto	< 4.6	PX	Suez Environ.'t, Thiess and Macquarie Capital



PX社製 エネルギー回収器

濃縮水配管

原水配管

Barcelona 海水淡水化ROプラント

Source: D&WR Vol.19/No.3, p.30, Nov/Dec 2009
日東電工株式会社 ©NITTO DENKO CORPORATION. All rights reserved.

エネルギー回収器
[Energy recovery device (ERD)]

最近進展した ERD-技術 は
海水淡水化RO運転に大きく寄与し、
2.0kWh/m³程度までの
高圧ポンプの電力消費を実現

9. エネルギー回収装置 (ERD)

(1) 圧力変換方式

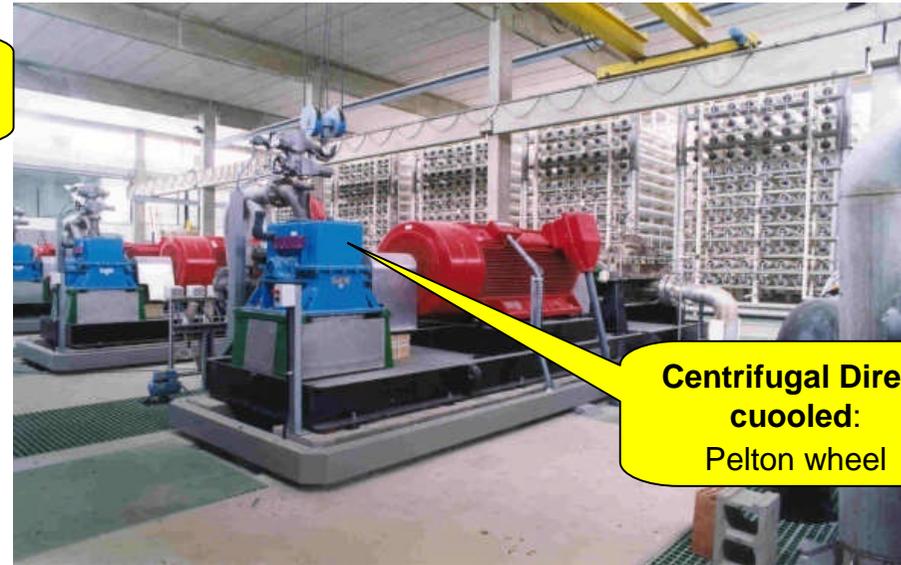


Isobaric Pressure Exchanger: ERI



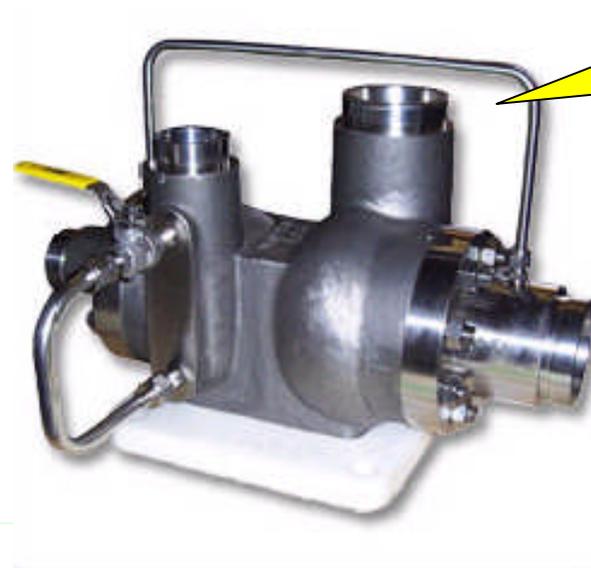
Isobaric Pressure Exchanger: DWEER

(2) ペルトン水車方式



Centrifugal Direct cooled: Pelton wheel

(3) ターボチャージャー方式



Centrifugal Turbo charger: Pump Engineering

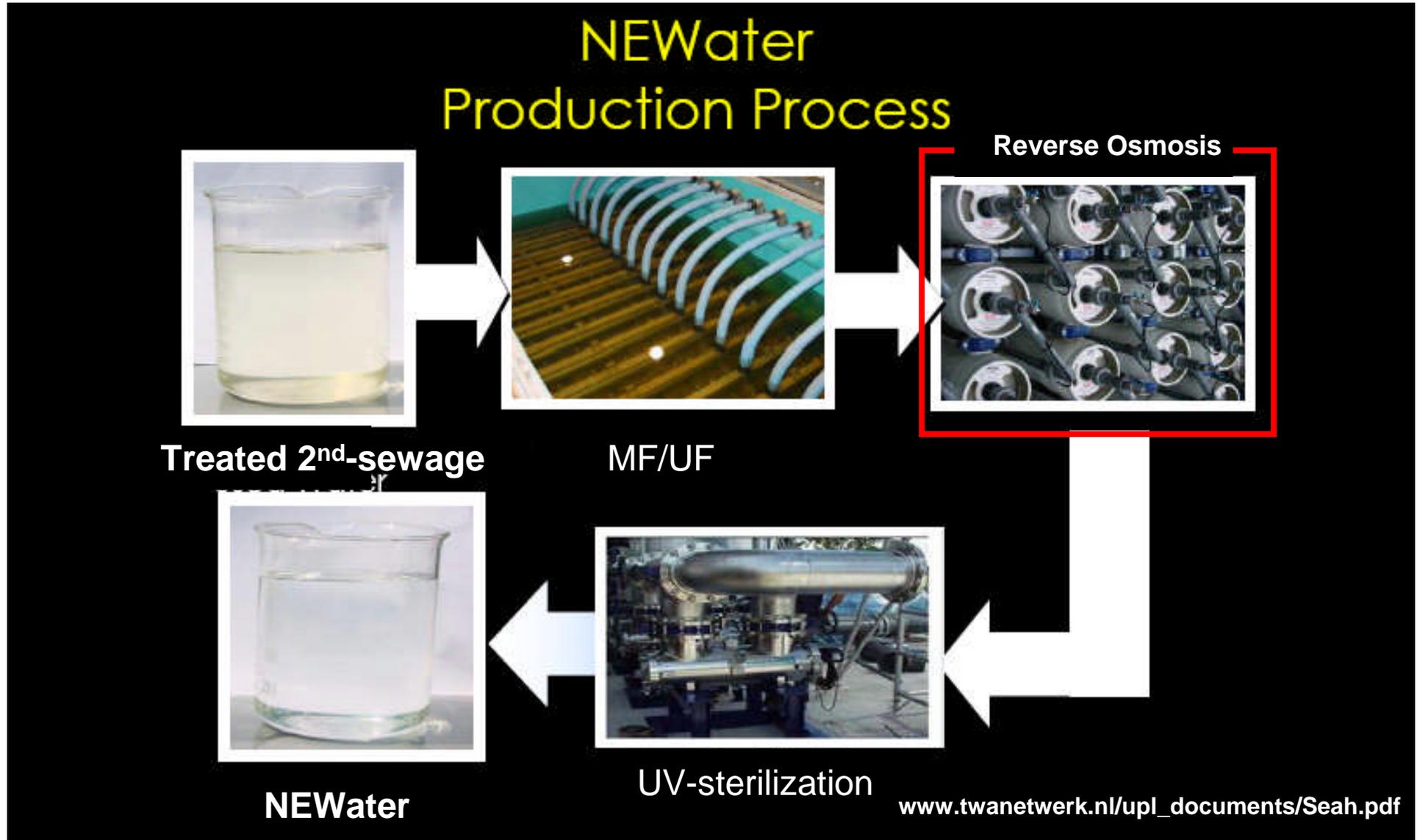
エネルギー回収器の特性比較

方式	PX 圧力変換	ペルトン水車	ターボ
ポンプ効率 (%)	88	88	82
エネルギー変換効率 (%)	94	88	82
モーター効率 (%)	96	96	94
高圧ポンプ電力消費(kWh/m ³)	2.08	4.14	4.34
回収電力 (kWh/m ³)	+0.19	-1.45	-1.37
その他電力消費 (注1) (kWh/m ³)	0.68	0.68	0.71
トータル電力消費 (kWh/m ³)	2.95	3.37	3.68

(注1) 透過水側ロス, 送水ポンプ,
補機の電力消費

出典: M. Wilf, The Guide to Membrane desalination
Technology
2007 Balaban Desalination Publications, ISBN 0-
86689-065-3

NEWater Treatment Process



シンガポールの公共下水処理 プラントの位置

面積: 704 km²
人口: 4,800,000
平均年間降雨: 2,500 mm
平均的浄水需要量: 1,600,000 m³/d

Seletar

Kranji

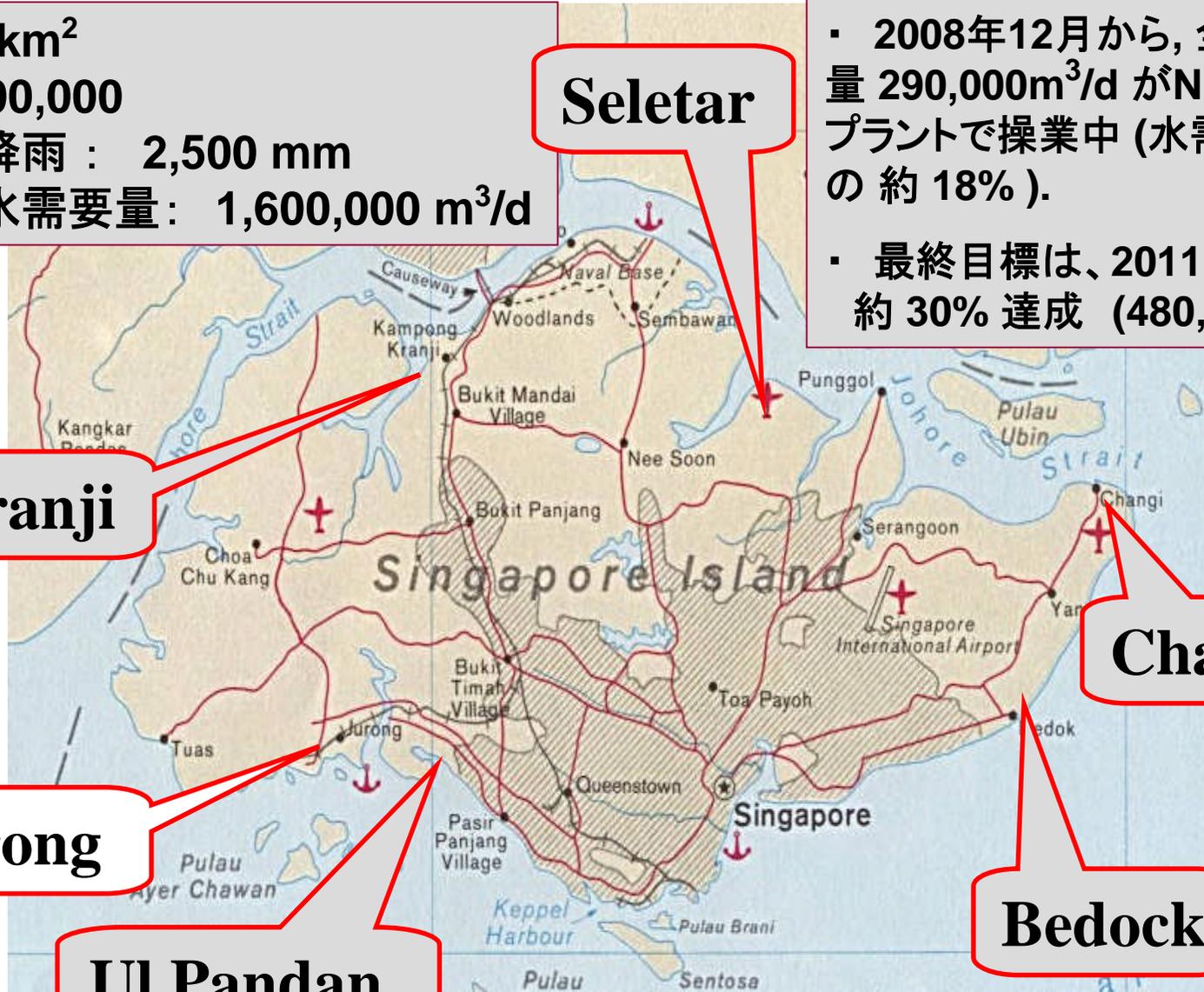
Jurong

Ul Pandan

Changi

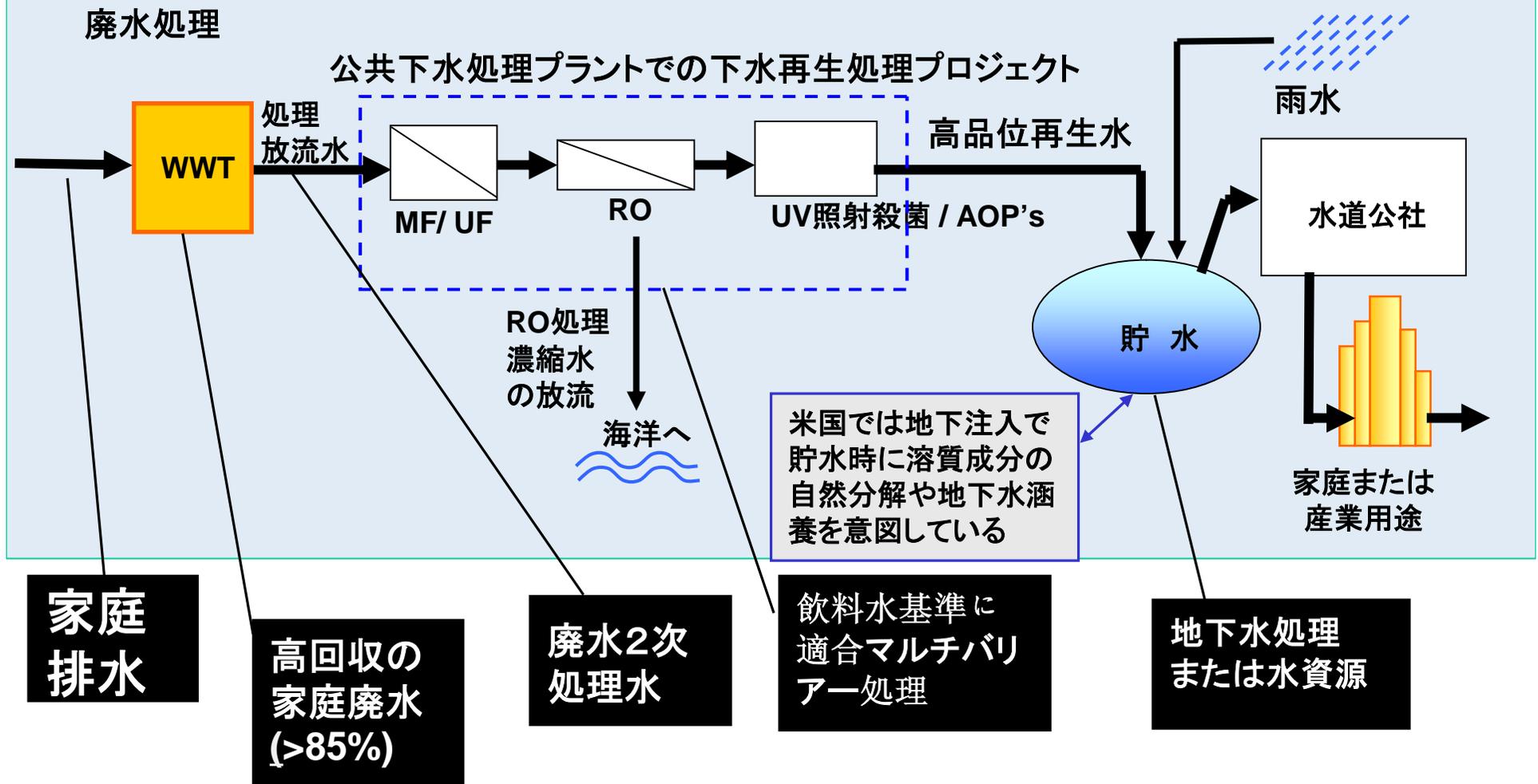
Bedock

- ・ MF-RO プロセスは公共下水の再生処理により高品位な水を生産
- ・ 2008年12月から、全生産水量 290,000m³/d がNEWaterプラントで操業中 (水需要合計の約 18%).
- ・ 最終目標は、2011年に約 30% 達成 (480,000m³/d)



マルチバリアー・アプローチ

非直接的飲料を意図した下水高品位再生処理のフロー



このマルチバリアー処理 (MF/UF, RO & UV) はウイルス最小 8 log₁₀ 減少値 (LRV)、細菌 13 LRV を達成

NEWater 最終生成水

水質項目	除去率
原生動物 / 細菌類	>10 log (99.99999999%)*
ウイルス	>8 log (99.999999%)*
全有機性炭素 TOC	>97%
全溶解性固形物 TDS	>97%
塩化ナトリウム	>95%
アンモニア	>90%
硝酸イオン	>80%

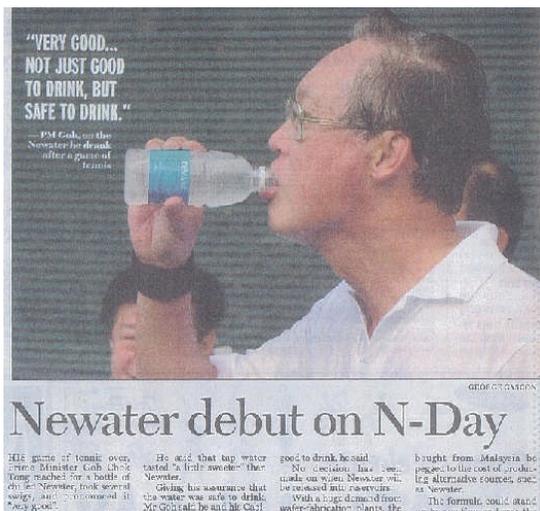
Product water : pH 8.0 – 8.5 ; E.C. <150 μ S/cm ; TOC < 0.1 mg/L

RO system recovery : 75%,

Post treatment : UV-sterilizer (30 mJ/cm²) pH adjustment with NaOH

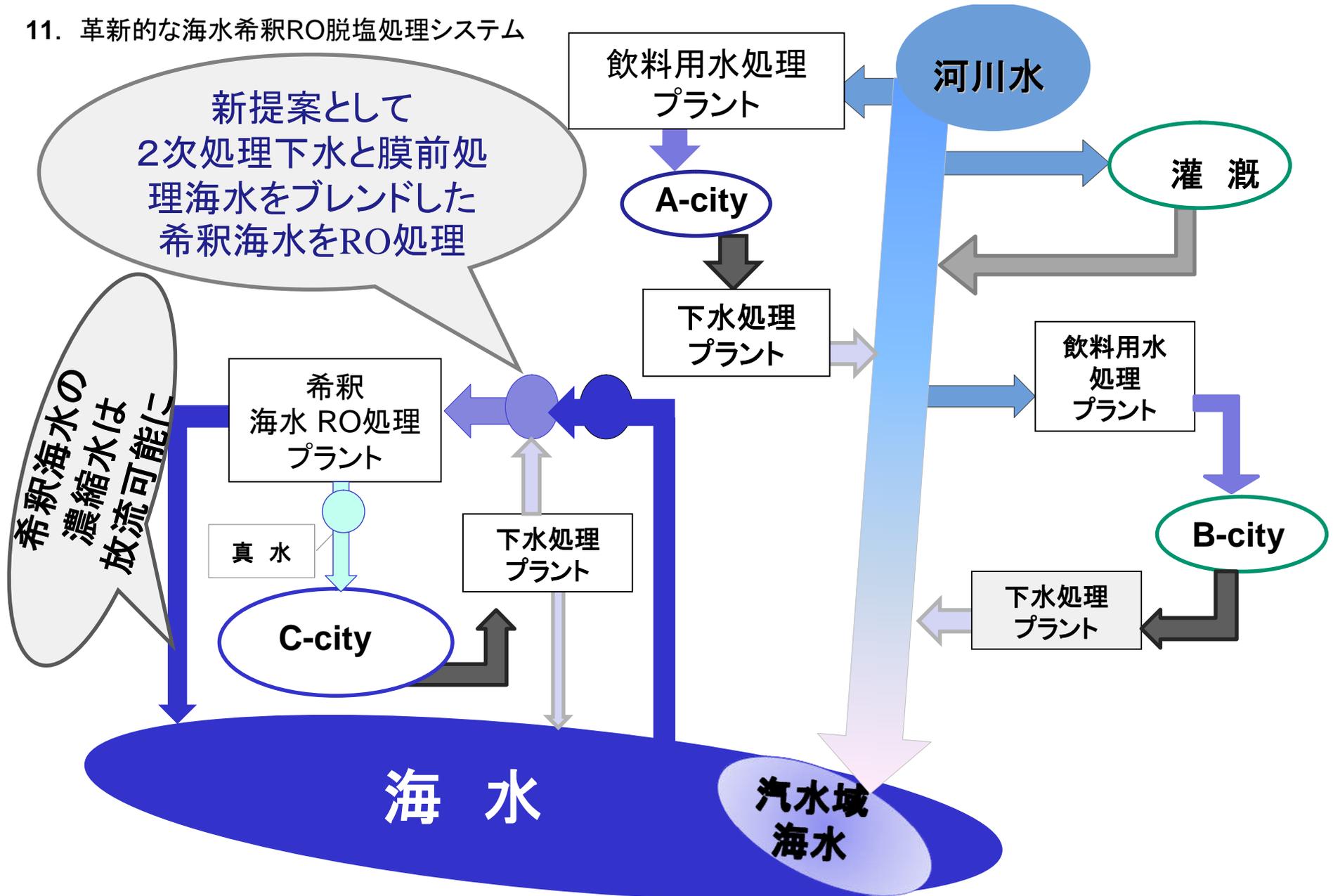
シンガポールNEWater プロジェクト実績

都市下水再生処理 NEWater プロジェクトでの
弊社積算 RO造水容量 272,000 m³/日



プラント名	造水規模 (トン/日)	稼動開始年	採用品	ROエレメント本数
ベドック デモプラント	10,000	2000	日東電工製 LFC1	624
ベドック	32,000	2002	日東電工製 LFC1	2,044
クランジ 1期	40,000	2002	日東電工製 LFC1	2,555
ウルパンダン	166,000	2006	日東電工製 ESPA2+	9,100
セレター	24,000	2003	東レ → 日東電工製	1,500 replaced
クランジ 2期	16,000	2006	セハン	1,022
チャンギ	160,000	2008	東レ	13,860

11. 革新的な海水希釈RO脱塩処理システム



取水・放流を繰り返す河川流のイメージおよび 新しい水循環のコンセプト：
都市下水2次処理水／海水の混合希釈水の脱塩処理

乾燥気象の都市域での飲料・工業用水のための ”水源開発”への革新的な取り組み

RO供給水の調製:

海水:下水の(1:1)混合水をRO処理すれば、低い浸透圧の供給水となる。

実現するための革新的ハイブリッド・システム:

高品位な水を得るために:

UF/MF膜前処理で海水の除濁処理

MBRやMF/UF膜前処理水中の微生物をUV-照射殺菌で高効率での増殖阻止を**期待**(解決すべき課題:**UV技術の現状**)

→ 膜処理用途でのバイオフィアリング制御は、究極的な課題

→**UV-LED技術の進歩が鍵、近い将来UV殺菌が実用化する**

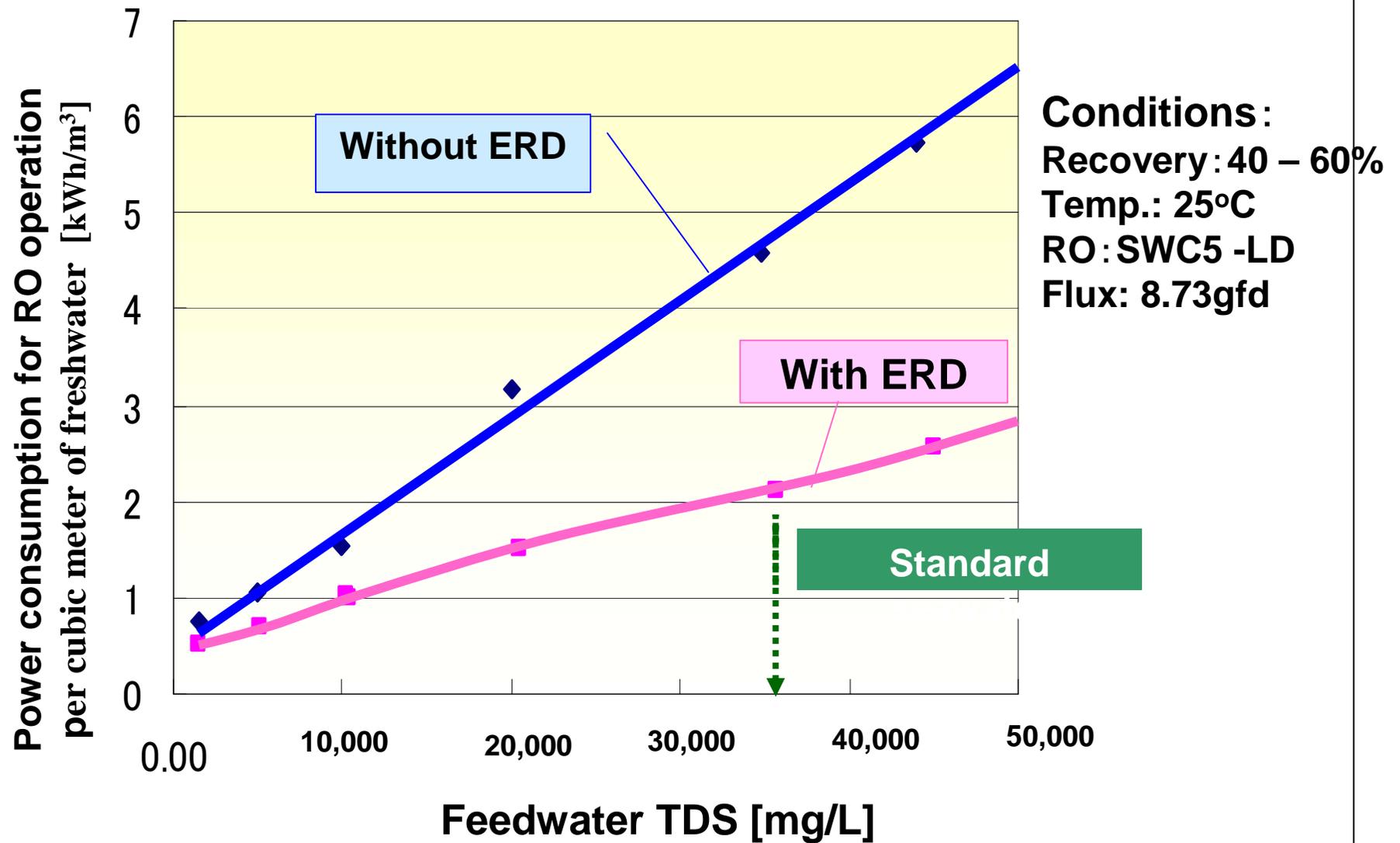
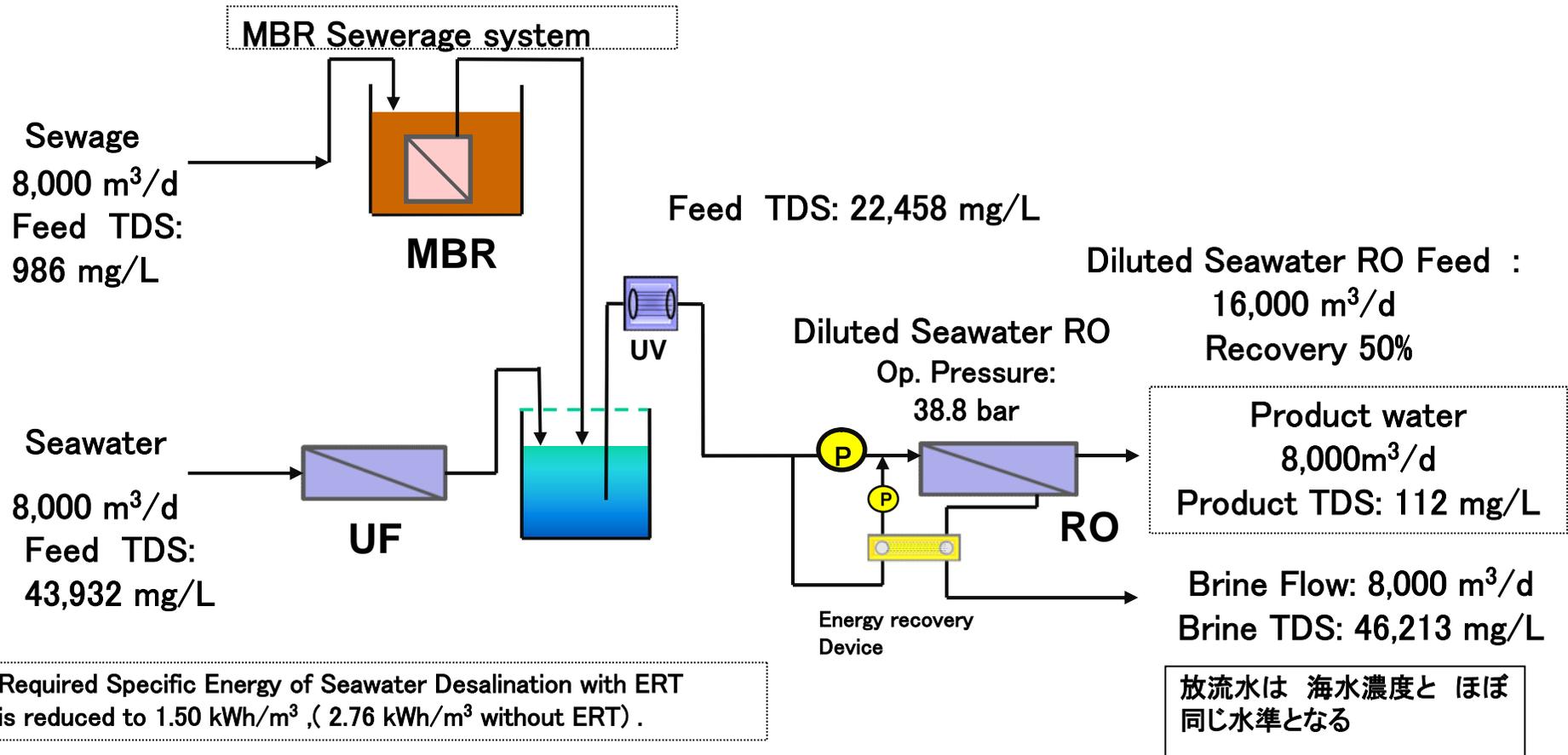


Figure -A: ERD付帯の有／無2ケースにおける単位造水量の比電力消費量に対する 下水ブレンドの希釈海水モデルの原水TDS の関係

革新的な取り組み： 海水と下水混合水を使用する新規 MF/UF/RO統合膜処理+UV殺菌のハイブリッドシステム



8,000 m³/d の造水処理を想定した海水／下水 (1:1)混合による
希釈海水RO脱塩処理システム の概念フロー

なぜUV-照射で殺菌処理をするか？



- RO処理工程のバイオフィアウリング制御 → 非塩素殺菌



UV-照射での殺菌が課題解決 !!

- RO膜の酸化劣化を防止

下水処理に適用するクロラミン処理を回避

消毒副生成物 DBP's → N-nitrosodimethylamine (NDMA) **回避**

海水に下水が混入すると、富栄養化の状態となり
RO膜システムでバイオフィアウリングを形成しやすい
条件になる。



バイオフィアリングのトラブルを無くす取組

希釈 RO供給水: 汽水域海水と同等のTDSとするために
都市下水と海水を混合すると

下水成分が 富栄養化状態を形成の**リスク発生**

バイオフィアリングの発生リスクを 如何にヘッジする？

バクテリア増殖およびEPS 蓄積を抑制するために

バイオフィアリング-トラブルの無い運転操作継続

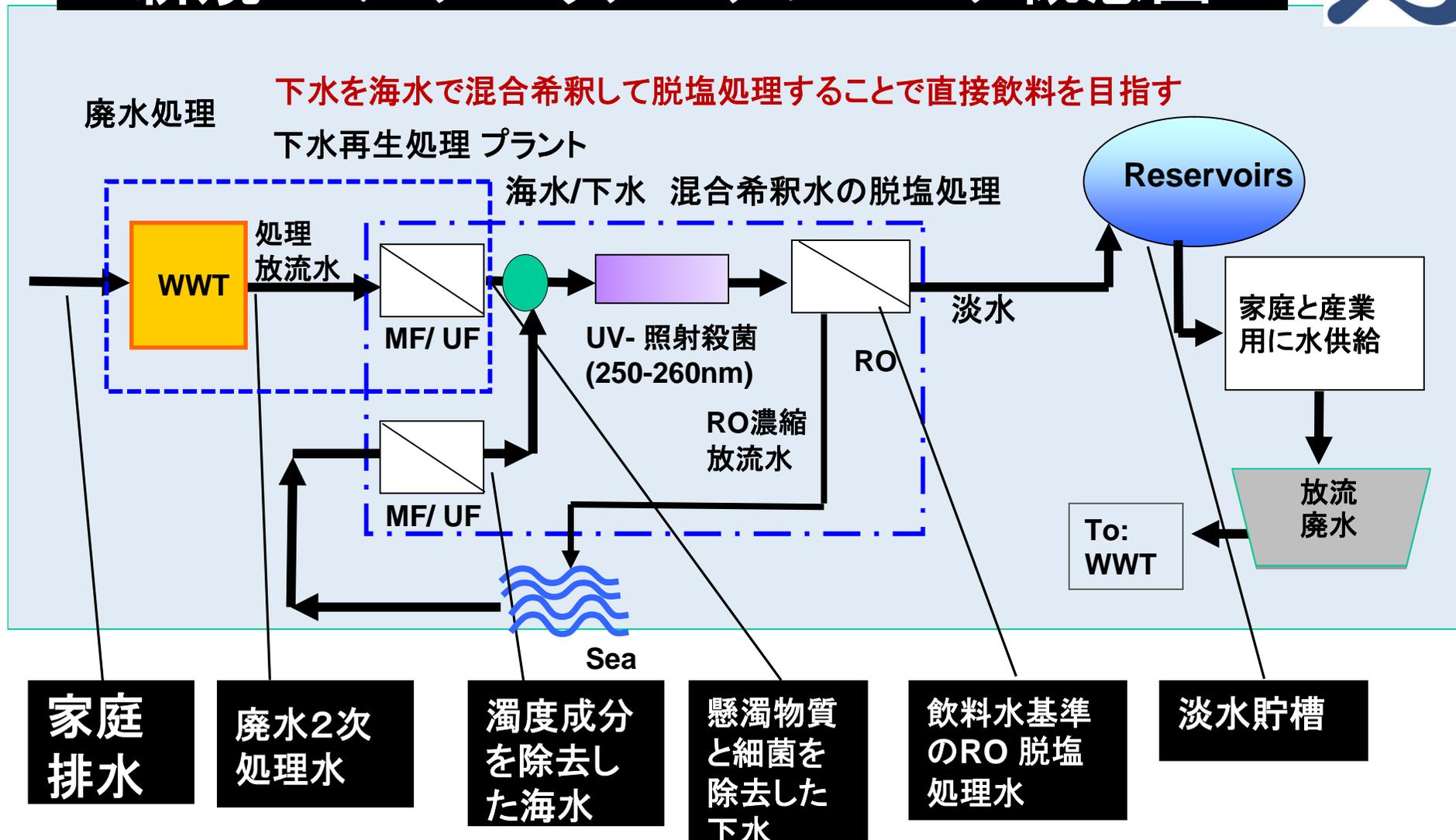
課題解決!!

深紫外領域のUV-殺菌の実用化

圧損増加の少ない-ROエレメント

低エネルギー消費でのRO運転操作を実現

新規-マルチバリアーアプローチ概念図



この新規マルチバリアー処理 (MF/UF -UV-照射殺菌 - RO) は消毒副生成物のない生産水を可能にする。 但し 最適なDeep-UV-発光ダイオード(LED)は開発中

12. 海水淡水化の展望（私見）

沿海乾燥地域の都市域で水資源開発において省エネルギー化・炭酸ガス排出削減を実施するために下記が提案される：

- ◆ 都市域での水循環システムの観点から上下水道インフラの開発を総合的に取り組み、革新的な海水／下水希釈混合のRO脱塩処理の直接飲料化が進む。
- ◆ 海水＋下水(1:1)希釈混合RO脱塩法は、浸透圧が半減して淡水生産の比電力消費を削減できるので、有効な造水手段となる。
- ◆ エコロジーの観点から、この革新的海水/下水希釈混合RO脱塩処理は、RO濃縮水の塩分が原海水と同じ濃度レベルとなるので閉鎖系海域への放流前の希釈工程が不要となる。
- ◆ 海水・下水混合RO脱塩処理は、ROシステムのバイオフィウリングのリスクとなるが、深紫外照射-(発光ダイオード技術の実用化)により、バイオフィウリングの原因となる細菌類の後発性増殖を抑制する

13. まとめ

RO海水淡水化は、RO膜性能の進化およびRO処理システムの革新、ならびにポンプやERDなど重要な付帯機器類の高効率化によって、実用レベルの造水コスト(1ドル/m³以下)を実現した。

更なる低コスト化 や 低炭素化のために、乾燥気象地域での都市域水循環システムの全体最適化の観点から、海水／下水希釈混合の統合膜処理・脱塩プラントシステムの構築が提案される。

これを実現するための課題解決は、

下水混合希釈海水からの“直接的飲料化を可能”とする社会的な合意の形成にある。

即ち、革新的下水／海水希釈混合脱塩プラントでのマルチバリアー・統合膜処理・維持管理技術を含む実証運転の公開をもとに、

- 1) 安定・安全な水供給システムであることの実績確認
- 2) 需要家が“直接的飲料を是とする” 社会的合意の醸成
- 3) 都市計画段階から公共部門が上下水道部門の連携と海水希釈混合水のPJ推進

以上のステップを実現して、都市圏での新たな水資源開発の枠組みが確立されることを期待したい。

REFERENCES

- [1] IDA Desalination Yearbook 2010-2011, p.2 (2011)
- [2] Craig Bartelsa, Sandro Cioffia, Stefan Rybara, Mark Wilfa, Erineos Koutsakosb, “Long term experience with membrane performance at the Larnaca desalination plant” Desalination Volume 221, Issues 1-3, Pages 92-100, March 2008
- [3] Ralph Burch, “Gold Coast Desalination Plant”, D&WR, Vol.18/No.2 Aug./Sept. 2008
- [4] Yoshimi HAGIHARA, *et al.*, “A Study on Integrated Water Management System in Water Circulation Sphere”, Annuals of Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., No.46B, (2003)
- [5] Web information, for example, <http://www.waterplaza.jp/jp/sn.html>, and
- [6] JP4481345 by Kobelco Eco-solutions Co. Ltd., Registered date on 26th March 2010
- [7] Hydranautics burochure, Application Report Vol. XV, No.2, “Hydranautics RO Plant Operational at Diablo Canyon Power Plant” (1982)
- [8] Web information, www.lbwd-desal.org/presentations/2009UVCL02Work%20Plan.pdf
- [9] Hiroshi Iwahori, *et al.*, “RO TREATMENT OF SEAWATER/SEWAGE MIXTURE TO GET FRESH-WATER IN URBAN-WATER INFRASTRUCTURE DESIG”, REF: PER11-036, IDA World Congress – Perth, Australia September 4-9, 2011

ご清聴を感謝いたします!

膜関連の詳細情報が下記ウェブサイトにあります

Welcome to membranes.com Web-site

*We are the
Worldwide
Choice for
Membrane
Technology*



• Reverse Osmosis • Ultrafiltration • Nanofiltration