

「脱炭素化・エネルギー転換に資する我が国技術の国際実証事業」／実証／

省エネルギー型海水淡水化システムの実規模での性能実証事業（サウジアラビア王国）（終了時評価）

資料番号 5



「省エネルギー型海水淡水化システムの実規模での性能 実証事業（サウジアラビア王国）」（終了時評価）

（2018年度～2023年度 6年間）

実証テーマ概要 （公開）

株式会社日立製作所、東レ株式会社
NEDOテーマグループ(サーキュラーエコノミー部・海外展開部)

2024年10月8日

1. 事業の位置付け・マネジメント

- (1) 政策的必要性
- (2) NEDO関与の必要性
- (3) 相手国との関係構築の妥当性
- (4) 実施体制の妥当性
- (5) 事業内容・計画の妥当性

2. 事業成果

- (1) 新規海水淡水化システムの概要
- (2) 目標の達成状況

3. 事業成果のアウトカム

- (1) 事業成果の競争力
- (2) 更なる消費電力量低減の可能性
- (3) 普及体制
- (4) ビジネスモデル
- (5) 世界への技術発信
- (6) 世界の海水淡水化プラントの市場規模
- (7) 日立製作所・東レの今後の方向性

1. 事業の位置付け・マネジメント

- (1) 政策的必要性
- (2) NEDO関与の必要性
- (3) 相手国との関係構築の妥当性
- (4) 実施体制の妥当性
- (5) 事業内容・計画の妥当性

2. 事業成果

- (1) 新規海水淡水化システムの概要
- (2) 目標の達成状況

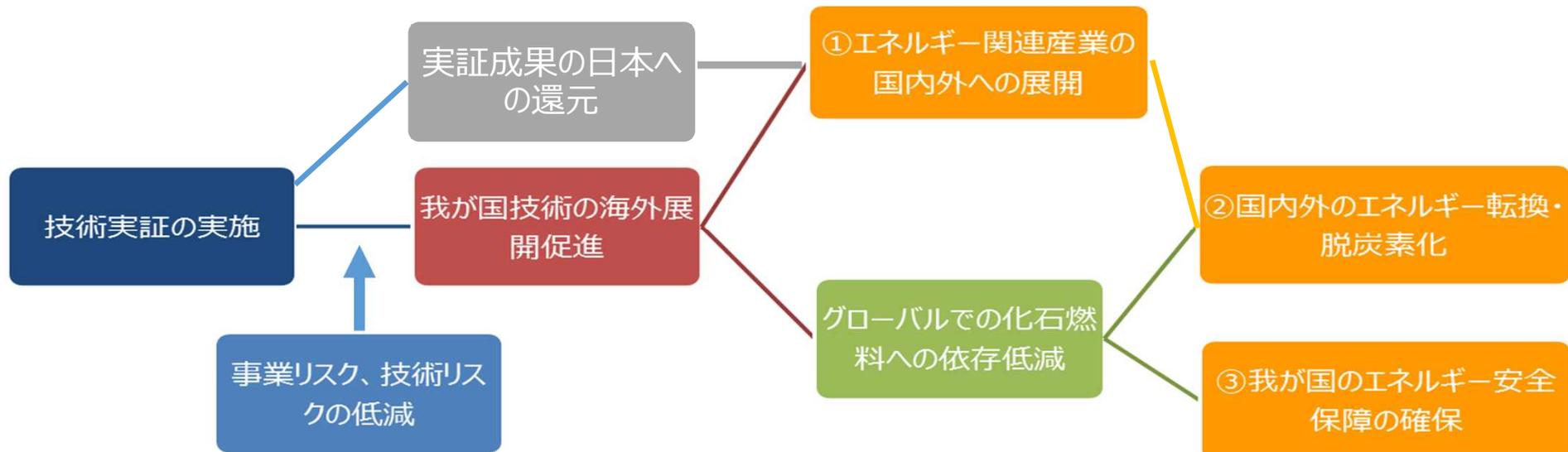
3. 事業成果のアウトカム

- (1) 事業成果の競争力
- (2) 更なる消費電力量低減の可能性
- (3) 普及体制
- (4) ビジネスモデル
- (5) 世界への技術発信
- (6) 世界の海水淡水化プラントの市場規模
- (7) 日立製作所・東レの今後の方向性

脱炭素化・エネルギー転換に資する我が国技術の国際実証事業

S + 3 Eの実現に資する我が国の先進的技術の海外実証を通じて、実証技術の普及に結び付ける。さらに、制度的に先行している海外のエネルギー市場での実証を通じて、日本への成果の還元を目指す。これらの取組を通じて、我が国のエネルギー関連産業の国内外への展開、国内外のエネルギー転換・脱炭素化、我が国のエネルギーセキュリティに貢献する。

(出所：基本計画)



1) 国際協調とエネルギー戦略によるNEDO国際実証事業*1)の変遷

*1) NEDO国際実証事業：省エネルギー型海水淡水化システムの実規模での性能実証事業（サウジアラビア王国）

2023年12月 NEDO国際実証事業終了

2021年10月第6次エネルギー基本計画
2018年 7月第5次エネルギー基本計画

2018年4月 NEDO国際実証事業開始

2017年12月 NEDO国際実証事業MOU締結

2017年3月 サルマン国王訪日。第2回閣僚級会合開催

「日・サウジ・ビジョン2030」公表

2017年2月 NEDO国際実証事業MOU素案大筋合意

2017年1月 サルマン国王訪日

インフラシステム輸出戦略(毎年改訂)

2016年9月 ムハンマド副皇太子（当時）訪日。

「日・サウジ・ビジョン2030共同グループ」の立ち上げ

先行プロジェクト（31件）にNEDO国際実証事業が選定される

2016年4月 「サウジ・ビジョン2030」発表

(2016年4月 事業者による小規模実証)

2015年2月 NEDO国際実証前調査の採択

2014年4月第4次エネルギー基本計画

2010～2013年 最先端研究開発支援プログラム「メガトンウォーター」にて低圧海水淡水化用逆浸透膜、および高収率RO海水淡水化システムを開発（NEDO助成額：34.4億円）

2) **インフラシステム輸出戦略**に関する本事業の役割について

<政策の要点>

- NEDO海外実証プロジェクトの推進により、高度な省エネルギー技術を示し、ビジネスベースでの受注につなげる
- 相手国・市場で求められる技術に重点化を図る

本事業は高度な省エネルギー造水技術の実証、導入やサウジアラビアとの関係性の強化に繋がる協業を行った事業であるため、上記政策に沿った実効性のある取り組みであったと言える。

3) **エネルギー基本計画（第4次2014年4月、第5次2018年7月、第6次2021年10月）** に関する本事業の役割について

<政策の要点>

- 資源などの調達先の分散化、上流権益の確保、供給国との関係強化による調達リスク低減
- サウジアラビアなどとの総合的な外交的取組の推進
- 相手国のニーズを踏まえ、人材育成まで協力関係を拡大
- 温室効果ガス削減に資する技術の世界全体への展開と貢献

本事業により、サウジアラビアとの関係強化のもと、相手国の要望する現地での実規模の省エネルギー型造水技術の実証、導入・支援、人材育成、を行うことで上記政策に貢献し、社会的意義*2)も示した。

*2)実証研究の実施とその後の普及により、国際的な脱炭素、インフラ整備、雇用、人材育成等、各種課題の解決へ貢献又は波及

1. 事業の位置付け・マネジメント

- (2) NEDO関与の必要性
- (3) 相手国との関係構築の妥当性



4) 日・サウジ・ビジョン2030（2017年3月13日）におけるNEDOの役割について

<要点>

「サウジ・ビジョン2030」と「日本の成長戦略」のシナジーを目指し、「メガトン実証プロジェクト」を選定

日本政府とサウジアラビア間の良好な協力・協調体制のもと、民間企業はリスクを回避した状態で実証事業を推進することができた。

5) サウジ・ビジョン2030（サウジアラビア王国制定）におけるNEDOの役割について

<要点>

- 石油の消費を削減する省エネルギー先端技術の導入と拡大
- 水供給設備の整備、環境保全と再生可能な水資源の活用

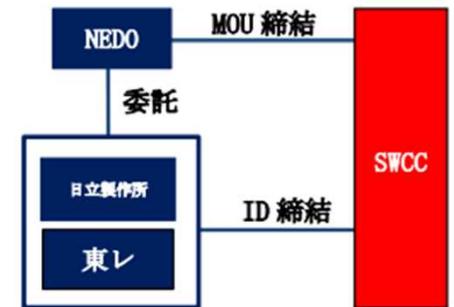


図1.各組織の連携

SWCC^{*3)}との協業を行うことや、サウジ・ビジョン2030の実現に寄与することなどから、本事業は相手国政府との良好な関係を構築する有効な手法であった

*3) SWCC : Saline Water Conversion Corporation (サウジアラビア海水淡水化公団)
本事業実施当時のサウジアラビアの造水全般に関する役割を担う公的機関

6) 事業規模・実施期間

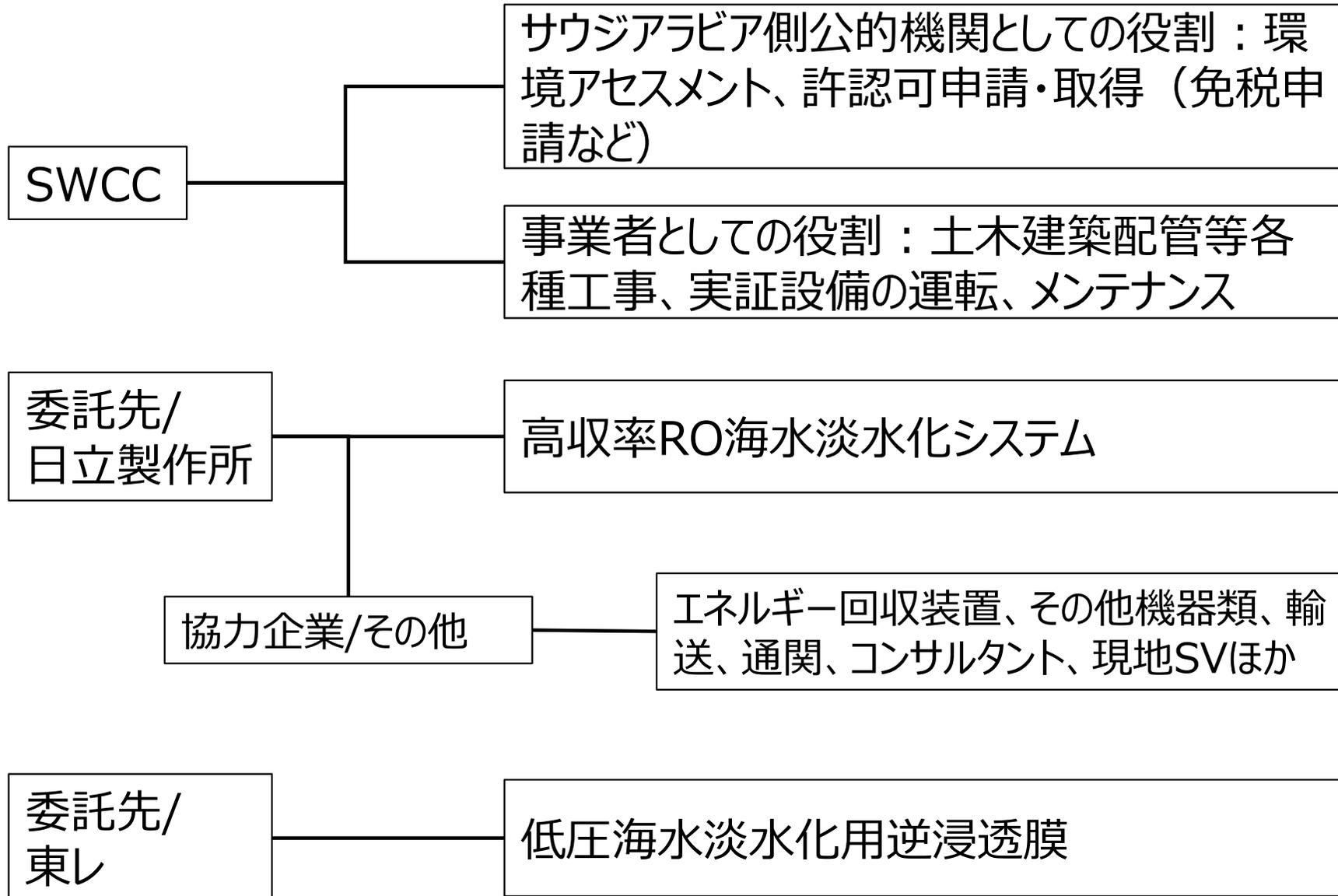
予算総額：62.6億円 (FS: 0.5億円、実証: 62.1 億円^{*4)})

- *4)負担先別内訳
- NEDO負担額: 29.4 億円 (機械装置費)
- 委託先負担額: 7.7 億円 (労務費、外注費他—日立製作所6.7億円、東レ1.0億円)
- 相手国負担額: 25 億円 (建設工事費等)

事業期間：2015年2月～2023年12月

本事業は海水淡水化技術の普及に資する実規模での実証事業であった。

1) 事業者と相手国実施者の実証研究の役割概要



2) 事業者と相手国企業の協力体制や役割

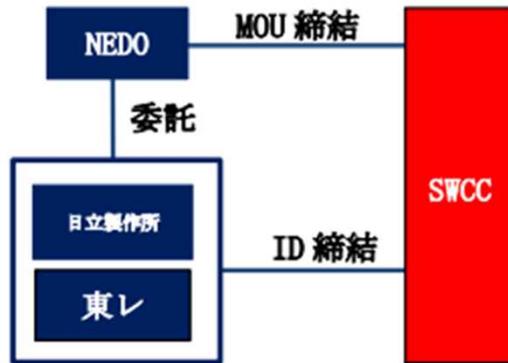


図1.各組織の連携

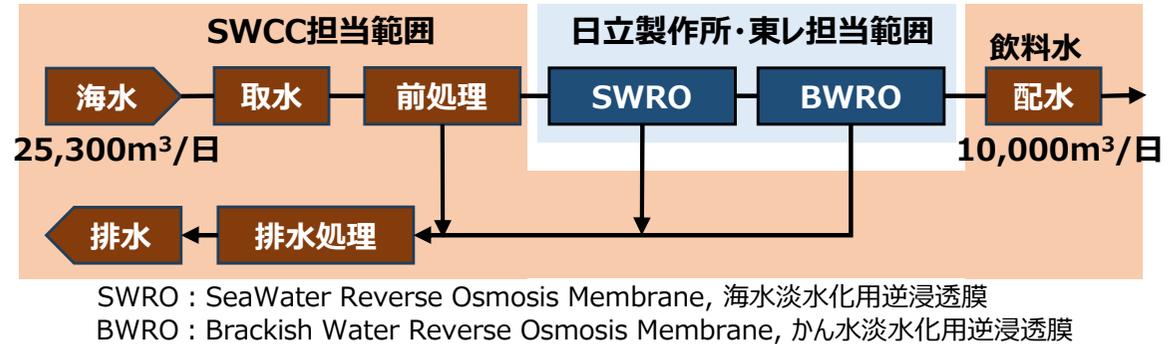


図2.各組織の担当範囲

SWCC所有設備中に日立製作所・東レの設備技術を組み込んだマッチング造水設備化の協業

<事業者と相手国企業との間のコミュニケーション手段>

- ジョイントコミッティ : 実地の課題共有と協力的解決、技術提供・教育のコミッティ
- ステアリングコミッティ : 意思決定コミッティ

3) 日立製作所の実施体制

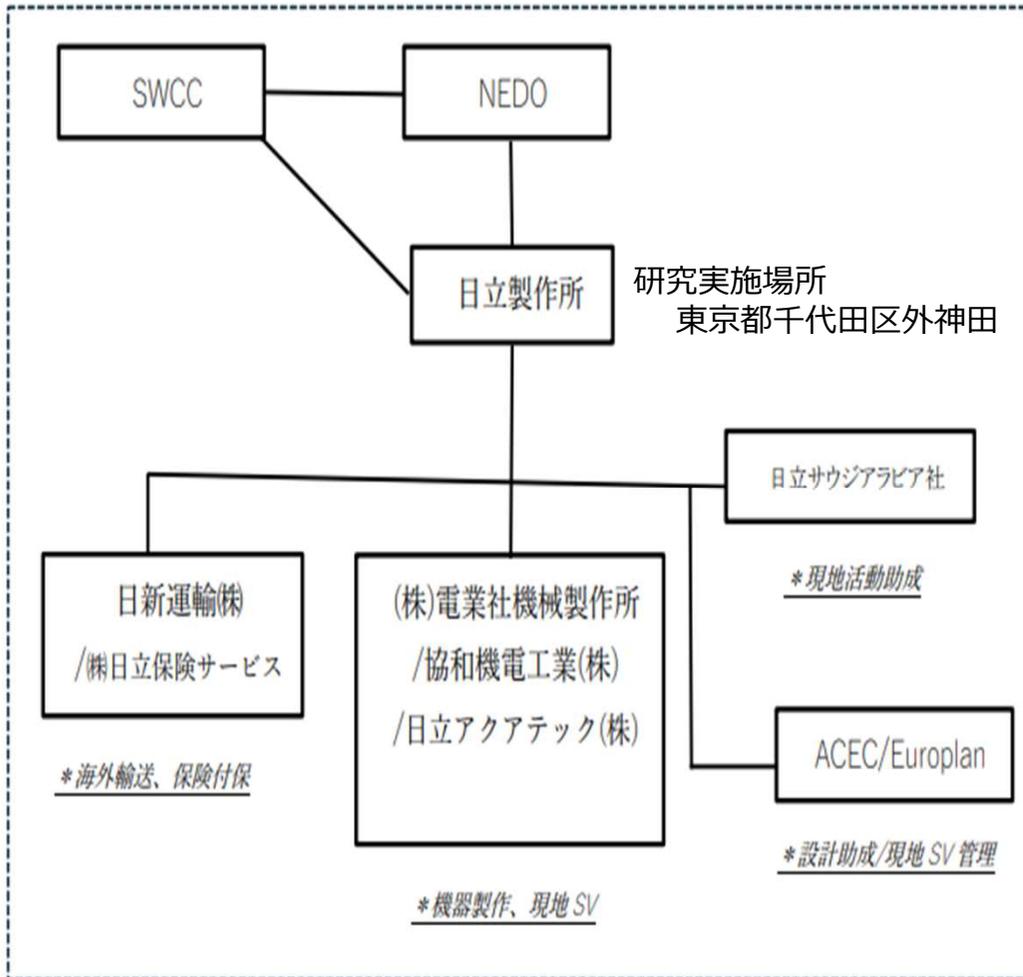


図3.日立製作所の体制図

表1.日立製作所の体制表

会社名(外注コンサルタント)	所在地	期間	主要業務内容
ACEC(Arabian Consulting Engineering Centre)	アルコバール	2018年～2021年	基本設計助成、サウジアラビア王国仕様のメガトン技術への反映、SWCC 業者入札のための日本側準備資料助成、など。
Europlan	カタール	2021年～2023年	現地建設期間中 SV 業務、現地試運転 SV 業務、現地実証運転 SV 業務、など。

会社名(日立製作所発注機器製作)	所在地	期間	主要業務内容
(株)電業社機械製作所	日本	2018年～2023年	透過水・濃縮水エネルギー回収装置、SWRO 高圧ポンプ、ほか機器詳細設計及び製作、各種現地 SV 業務、など。
協和機電工業(株)	日本	2018年～2023年	動力・制御盤ほか詳細設計、製作、各種現地 SV 業務、など。
日立アクアテック(株) (Hitachi Aqua-Tech Engineering Pte. Ltd.)	シンガポール	2018年～2023年	SWRO 及び BWRO スキッドほか詳細設計、製作、各種現地 SV 業務、など。

会社名(その他)	所在地	期間	主要業務内容
日立サウジアラビア社 (Hitachi Saudi Arabia Ltd.)	リヤド	2018年～2023年	業務委託契約による福利厚生支援、サウジアラビア王国国内活動拠点提供、在サウジアラビア日本国大使館窓口など。
日新運輸(株)	日本	2021年～2023年	海外向け海上輸送、航空機輸送及び通関手続き支援、など。
(株)日立保険サービス	日本	2022年～2023年	海上輸送保険及び実証運転期間中の日本側供給機器に対する包括的保険を付保。

日立製作所の実施体制

現地やシンガポールからの資料作成やSV*5)によるタイムリーかつニーズに合致した対応、一方で品質と価格を担保すべく主力設備は日本からの供給、トータルエンジニアリングおよび教育は日立製作所が集約する理想的な推進体制にてNEDO国際実証事業を実施した。

*5) SV : Supervisor

4) 東レの実施体制

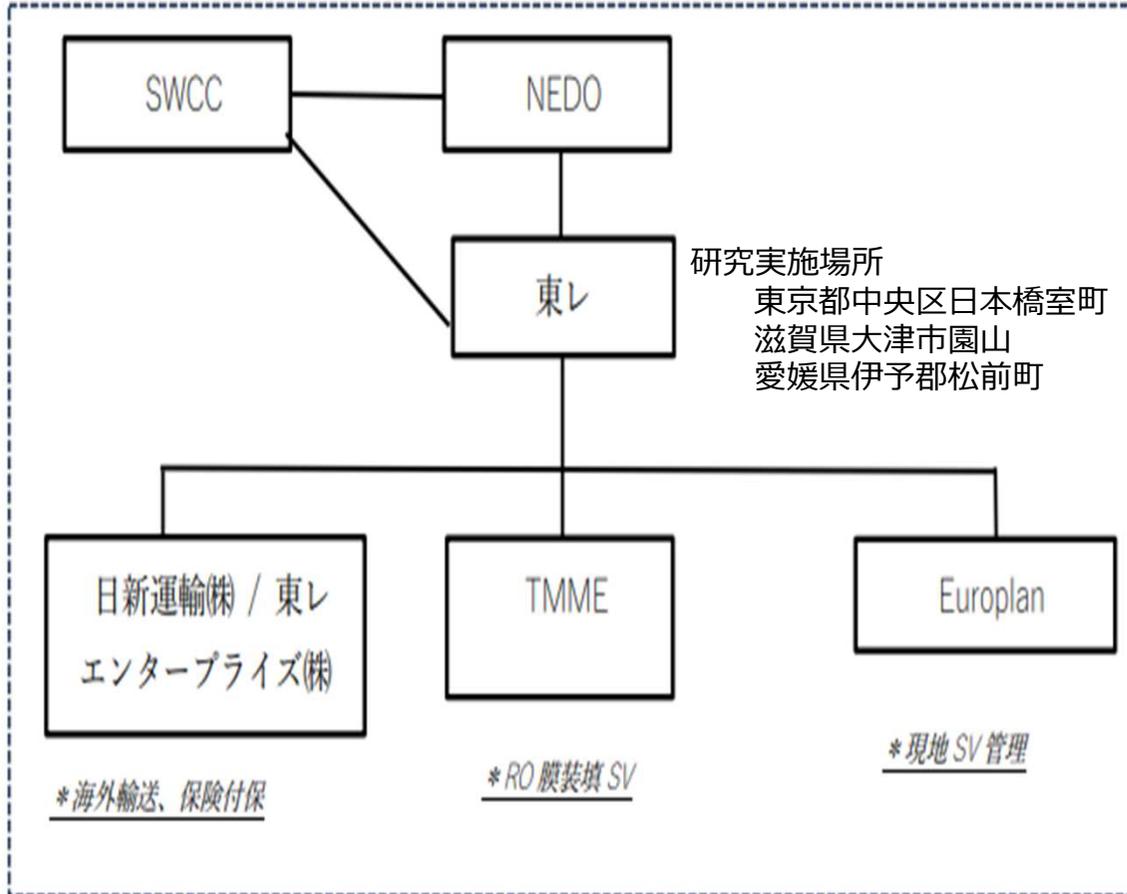


図4.東レの体制図

表2.東レの体制表

会社名(外注コンサルタント)	所在地	期間	主要業務内容
TMME (Toray Membrane Middle East LLC)	ダンマ ン	2018年～ 2023年	基本設計助成、現地建設期間中SV業務、現地試運転SV業務、現地実証運転SV業務、など。
Europlan	カタール	2023年	現地建設期間中SV業務、現地試運転SV業務、現地実証運転SV業務、など。

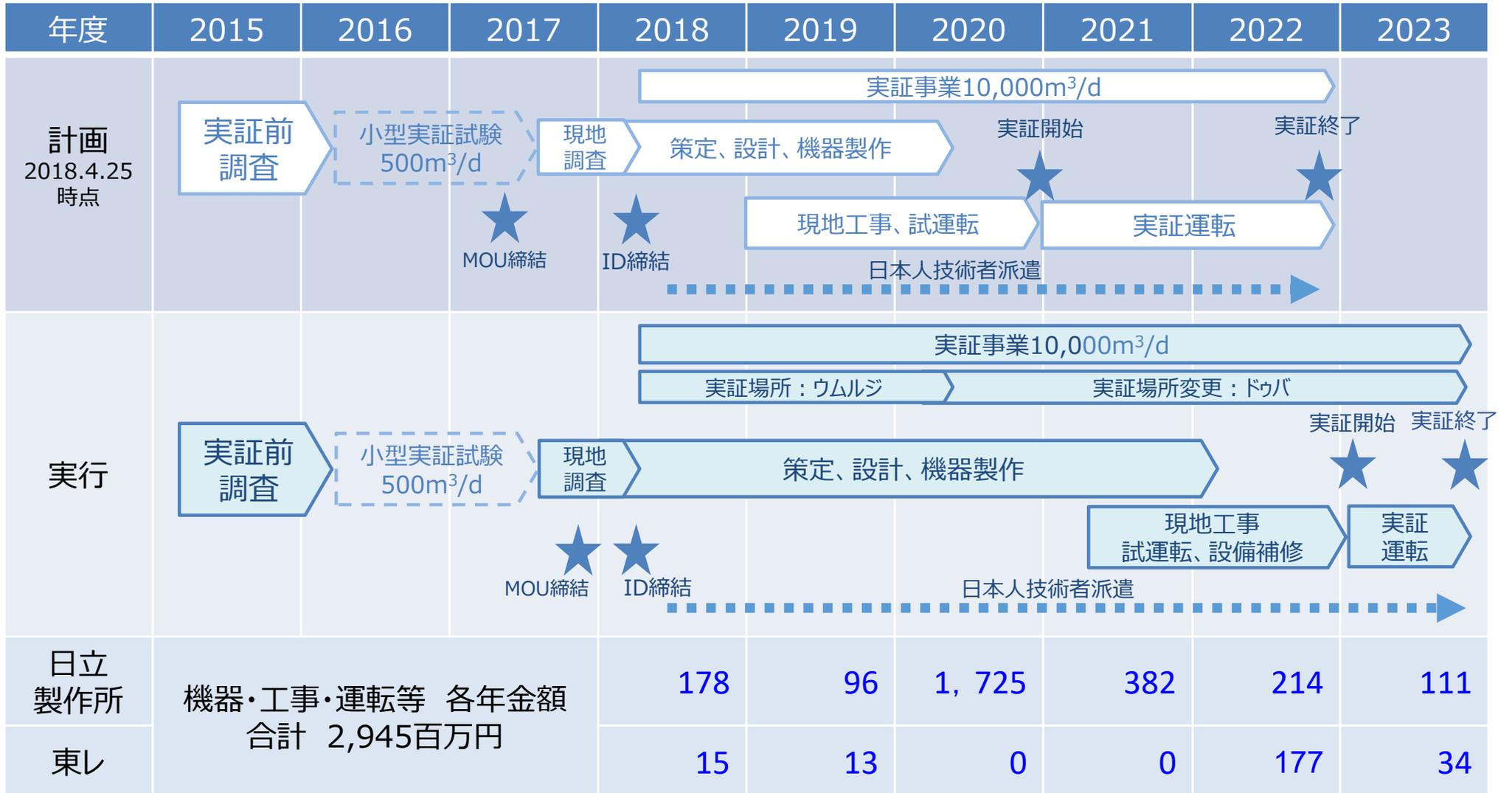
会社名(その他)	所在地	期間	主要業務内容
日新運輸(株)	日本	2022年	海外向け海上輸送、航空機輸及び通関手続き支援、など。
東レエンタープライズ(株)	日本	2022年～ 2023年	海上輸送保険及び実証運転期間中の日本側供給機器に対する包括的保険を付保。

東レの実施体制

製膜やエレメント化を日本、SVを現地で行い、また適切な輸送や現地対応を併せ、東レが集約して導入、実証、教育を行う理想的な推進体制にてNEDO国際実証事業を実施した。

1) 計画と実行について

表3.工程の計画と実行



【費用単位：百万円・税抜】

✓ 実証場所の変更（ウムルジ→ドゥバ）、現地工事のトラブルなどにより工程が1年延期された。

2) 計画変更への対応及びマネジメント

① 実証場所の変更について

- FS時の実証予定地はアラビア湾沿岸のアルジュベールであったが、実証開始時には紅海沿岸のウムルジに変更となった。実証プラントは全てを新設とする計画であった。
- SWCC側の予算超過等の理由により建設工事会社の選定が難航。
- 2020年6月29日にドゥバへのサイト変更をSWCCが提案。
- 2021年2月にドゥバでの事業推進に関するSWCCの公式文書を受領。
- ドゥバでは実証プラントを導入するために、既設SWCCプラントにRO膜による造水部のみを新設するという特殊な建設形態となり、制御系含め新設と比較し難易度が高い設計となるなどの大幅な見直しを余儀なくされたが、創意工夫を重ね対応した。

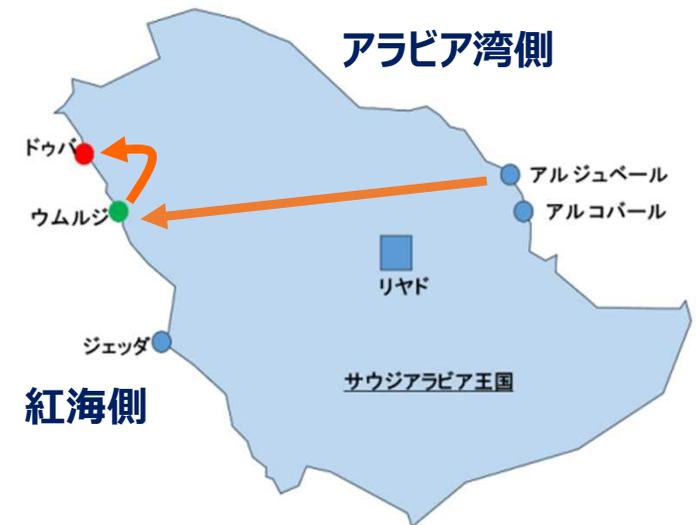


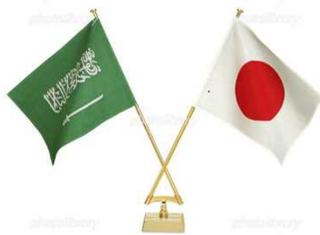
図5.実証サイトの変更

② 実証期間の延長について

- 実証場所変更に関するSWCCの諸手続きに時間を要したこと、その後のSWCC所掌の建設工事遅延や工事箇所の故障修復などの要因から、目標である1年間の実証運転期間確保が困難な事態となった。
- 当初の実証事業終了は2022年12月9日であったが、2022年9月8日にSWCC、NEDO、日立製作所、東レによる協議が現地ドゥバで開催され、1年間の実証期間延長を基本合意。続いてMOU 及び ID の期間延長手続きを実施した。



引用 : yahoo free photolibrary



引用 : yahoo free photolibrary

- 本実証は2023年12月10日に成功裏に終了し設備は契約通りにSWCCへ無償譲渡された。
- 本件終了後、日・サウジ両国政府間で日・サウジ・ビジョン2030の終了案件として確認された。

SWCCが主たる要因である遅延や変更に対し、協議やコミッティによる意思疎通、契約に基づいた変更手続きを行うなど適切なマネジメントを行った。

3) 技術概要と目標、実証する技術の競争優位性について

<従来型海水淡水化システム>

・現在の造水方式の主流であるRO膜法において、従来法はRO膜エレメントが内包された1段ベッセルによる装置構成であった。(図6)

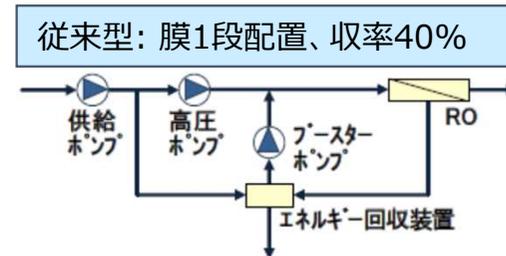


図6. 従来型海水淡水化システム

<新規海水淡水化システム>

- メガトンウォーターで開発された技術の採用
 - ・ 低圧海水淡水化用逆浸透膜の採用 (図7)
 - ・ 高収率RO海水淡水化システムの採用 (図8)
(2段ベッセル構造 + エネルギー回収装置)
- 微生物学的水質分析法によるRO膜運転の安定化

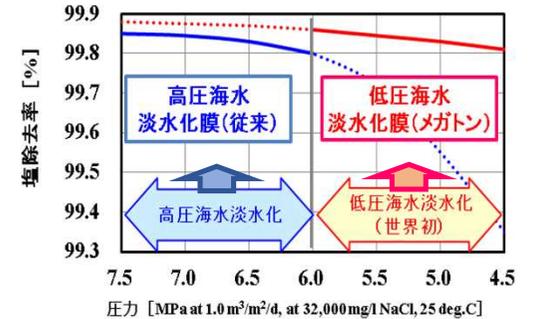


図7. 低圧海水淡水化用逆浸透膜特性

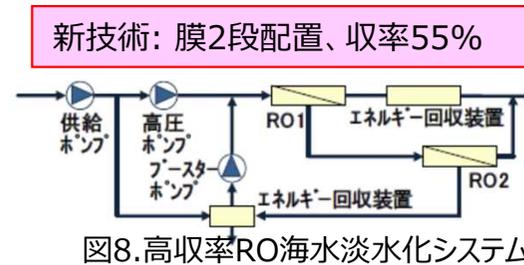


図8. 高収率RO海水淡水化システム

表4. NEDO実証目標

NEDO実証目標	消費電力量 (kWh/m ³)	収率(%)
従来技術	4.76	約40%
実証技術	3.93	約55%

表5. プラント全体の省エネルギー効果の検証

プラント全体の省エネルギー効果の検証	消費電力量 (kWh/m ³)	省エネルギー効果 (万 kL/年)	温室効果ガス排出削減効果 (万ton-CO ₂ /年)
従来システム	52.70	—	—
実証後試算	43.54	0.22	0.08

RO膜を用いた海水淡水化については日本は世界トップの技術を保有しており、NEDO国際実証事業にて更なる競争優位性のある目標設定並びに実証が行われた。

3) 技術概要と目標、実証する技術の競争優位性について

東レ関連特許：低圧海水淡水化膜関連

◆ 発明の名称：

「Composite semipermeable membrane and method for producing same」
（「複合半透膜およびその製造方法」）

◆ 特許番号：US8631946

◆ 出願日：平成22年12月16日（2010年12月16日）（優先権主張日2009年12月24日）

◆ 登録日 平成26年1月3日（2014年1月3日）

◆ 請求の範囲

【請求項1】の概要説明

支持体状に形成されたポリアミド層がA,B,C,D成分からなり、表面のB成分のモル当量の比率が0.5以下であり、裏面のモル当量比率が0.5～1である複合半透膜。

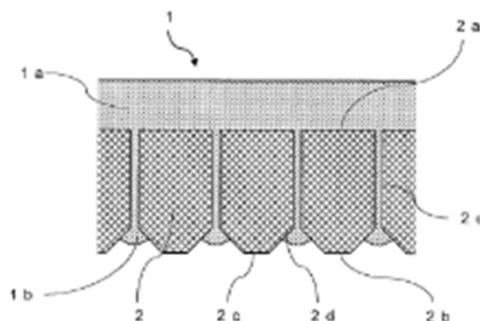


図9.特許番号：US8631946の図

＜本出願の優位性や強み＞

◎ 高い透水性能と高い溶質除去性能を同時に満たし、さらに耐溶剤性の高い化学構造を有する複合半透膜を提供

出願・権利化された本要素技術を用いたNEDO国際実証事業は、競合優位性を有する。

3) 技術概要と目標、実証する技術の競争優位性について

日立製作所関連特許：高収率RO海水淡水化システム関連

- ◆ 発明の名称：逆浸透処理装置
- ◆ 特許番号：第5597122号
- ◆ 出願日：平成22年12月20日（2010年12月20日）
- ◆ 登録日：平成26年8月15日（2014年8月15日）
- ◆ 請求の範囲

【請求項1】の概要説明

n本のRO膜エレメントを内包するベッセル1と、 $n+x$ ($x \geq 0$) 本のRO膜エレメントを内包するベッセル2からなり、ベッセル1の濃縮水をベッセル2に導入しRO膜処理を行うことを有する逆浸透処理装置。

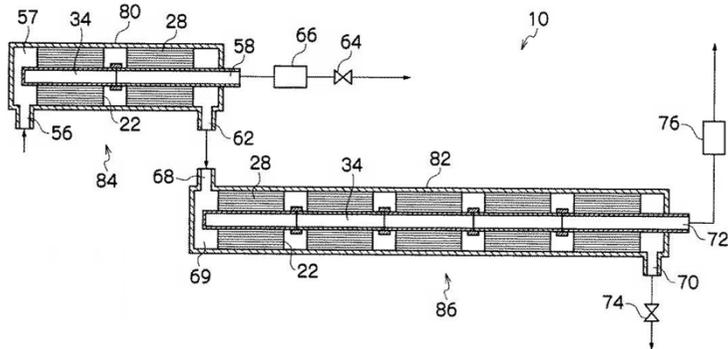


図10.特許番号：第5597122号の図

＜本出願の優位性や強み＞

- ①ベッセルを分割することで各ベッセルのメンテナンス性を向上
- ②多段ROによる水回収率向上及び膜閉塞低減を実現

出願・権利化された本要素技術を用いたNEDO国際実証事業は、競争優位性を有する。

4) 設計及び金額の妥当性

<SWCCの認識・要望に対する最適設計の概要>

- 認識・要望1) SWCCは海水淡水化プラントの実証評価としての最小造水量を10,000m³/dと認識していた。
→プラント造水能力を10,000m³/dとした
- 認識・要望2) SWCCは処理制御系列を複数とすることにより設備全体を安定化させる構成を要望した。
→輸送形態までも考慮に入れた最適設計として2,500m³/d * 2系列、5,000m³/d * 1系列の合計3系列の構成とした。
- 認識・要望3) SWCCはサウジアラビアの規格・仕様に準拠した設備を構想したため、高価格となる懸念が生じた。
 - ・ 設計項目毎に、サウジ仕様に準拠することが必須であるかどうかの精査と判別を行った。
 - ・ SWCCが日本側仕様を認可するよう協議を粘り強く行った。

要望された機能を満足すると同時に、コストダウン要因を判別し、SWCCへの交渉・協議を実施する等、最適設計やマネジメントを行った。

1. 事業の位置付け・マネジメント

- (1) 政策的必要性
- (2) NEDO関与の必要性
- (3) 相手国との関係構築の妥当性
- (4) 実施体制の妥当性
- (5) 事業内容・計画の妥当性

2. 事業成果

- (1) 新規海水淡水化システムの概要
- (2) 目標の達成状況

3. 事業成果のアウトカム

- (1) 事業成果の競争力
- (2) 更なる消費電力量低減の可能性
- (3) 普及体制
- (4) ビジネスモデル
- (5) 世界への技術発信
- (6) 世界の海水淡水化プラントの市場規模
- (7) 日立製作所・東レの今後の方向性

1) 全体概要

SWCC既設海水淡水化プラントに、日本の先進技術を導入し、省エネルギー性能等を実証



図11. 実証システムの概要

2) メガトンプロセスの概要



図12. 海水濃度による消費電力量の効果

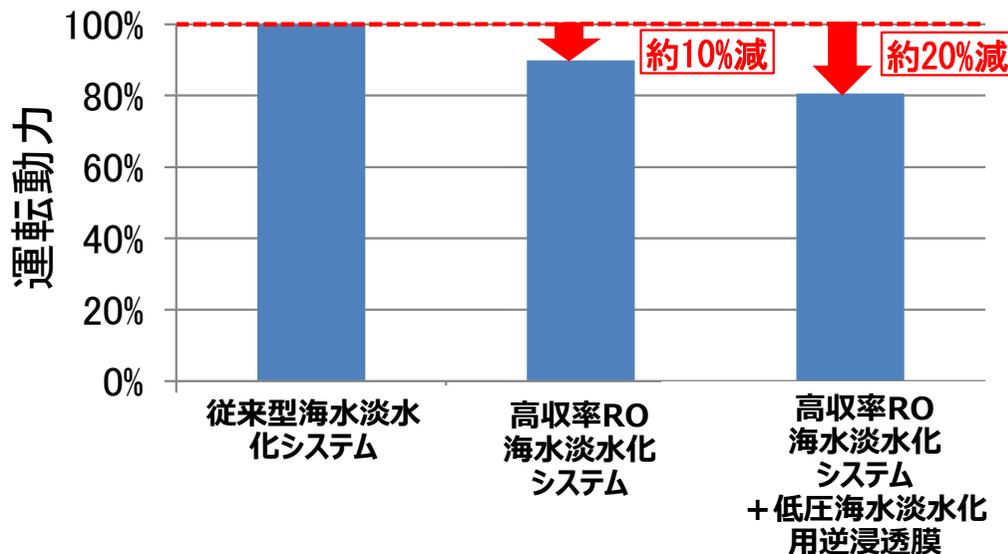


図13. 省エネルギー効果の比較 (運転動力低減効果)

*6)メガトンウォーター研究成果：100万m³/d規模によるシステムの省エネルギー試算結果 (試算条件：原海水TDS 35,000mg/L)

3) 低圧で高性能を維持した新開発の低圧海水淡水化用逆浸透膜

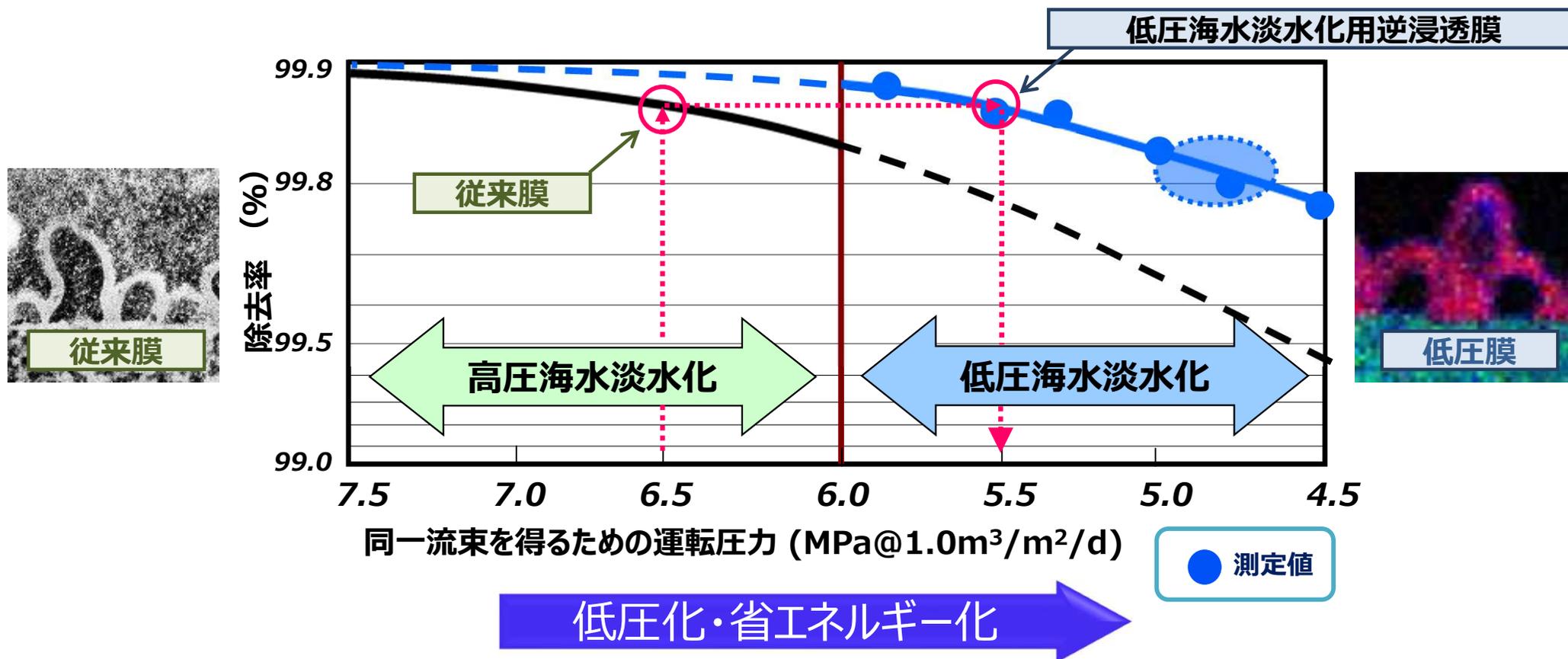


図14. 低圧で高性能を維持した新開発の低圧海水淡水化用逆浸透膜

- メガトンウォーターで開発された「低圧海水淡水化用逆浸透膜」は、大幅に低い運転圧力で「従来膜」と同じ膜性能が得られる。
⇒ **大幅な省エネルギー化が可能**
- 膜による省エネルギー効果：▲約10% (▲0.4kWh/m³)

4) 高収率RO海水淡水化システムの優位性：RO膜の性能を最大限引き出すシステム

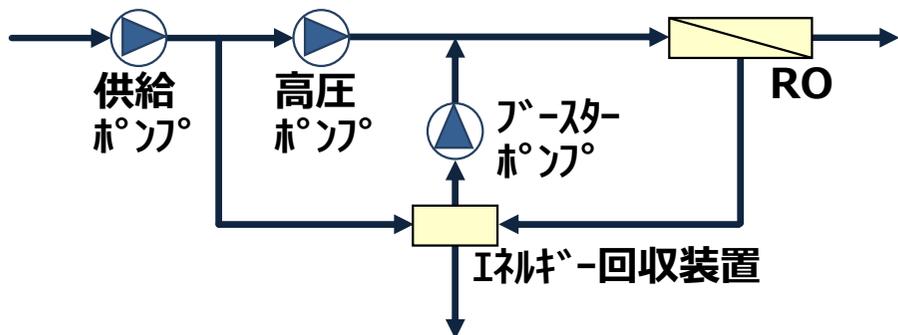


図15.従来型海水淡水化システム

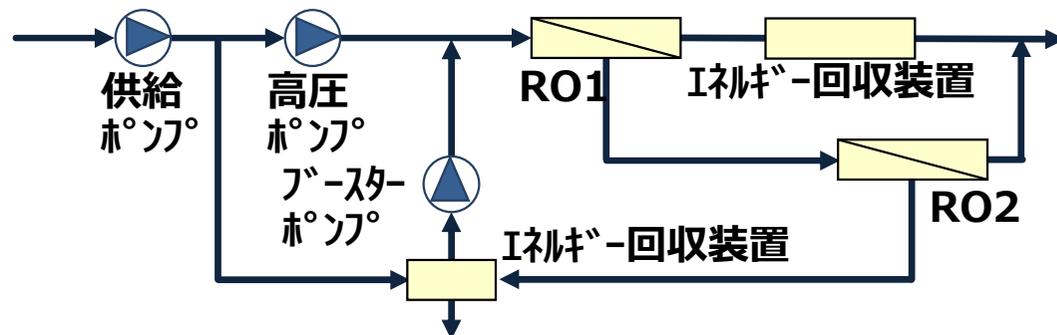


図16. 高収率RO海水淡水化システム

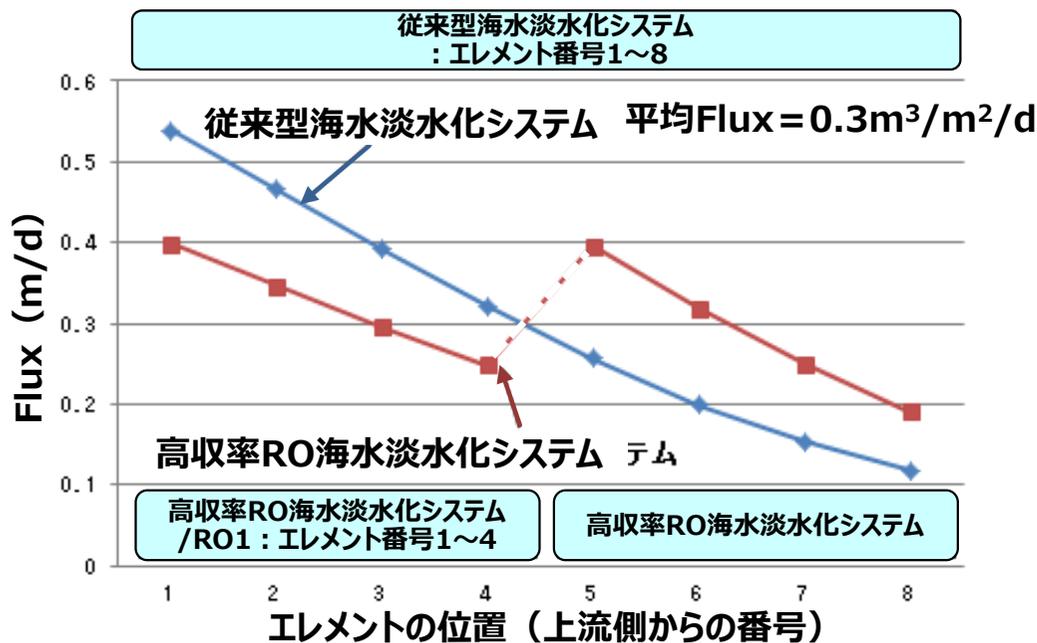


図17. 各RO膜の透過流束 (Flux) の分布 (比較)

従来型海水淡水化システムでは収率40%

RO膜を二段配置し圧力制御で、透過流束を平準化

- **高収率化 (40%→55%) を実現**
- システムによる省エネ効果：
▲ **約10% (▲0.4kWh/m³)**

5) 日立製作所・東レの取組み

技術開発	「最先端研究開発支援プログラム（FIRST）」（2010年度～2013年度）	
	2013年11月	国際シンポジウム「International Symposium」でSWCC総裁が、メガトン技術に高い関心を示し、同国での技術実証を要望される。
パートナー 関係構築	2014年 2月	サウジアラビアでの普及に向けてSWCCとの取組開始
	2015年 5月	小型から大型の技術実証を実施。同国における技術普及を目指した協力覚書アンブレラMOU締結（SWCC, 日立製作所, 東レ及びアブナヤンGr）民間ベースでの関係構築
	2016年 2月	共同研究実証「Cooperation Agreement」締結（SWCC-日立製作所及び東レ）12月より小型試験機（500m ³ /d）運転開始

6) NEDO実証前調査、その後の取組み

実証前調査	2015年 2月	実証前調査を受託 実規模の技術実証及び技術普及の実現可能性を調査
	2016年 3月	実証前調査終了後も同調査を継続

- ・2017年12月 NEDO-SWCC間 MOU締結
- ・2018年 3月 日立製作所・東レ-SWCC間 ID締結
- ・2018年 4月 NEDO-日立製作所・東レ間 委託契約締結

7) 業務分担

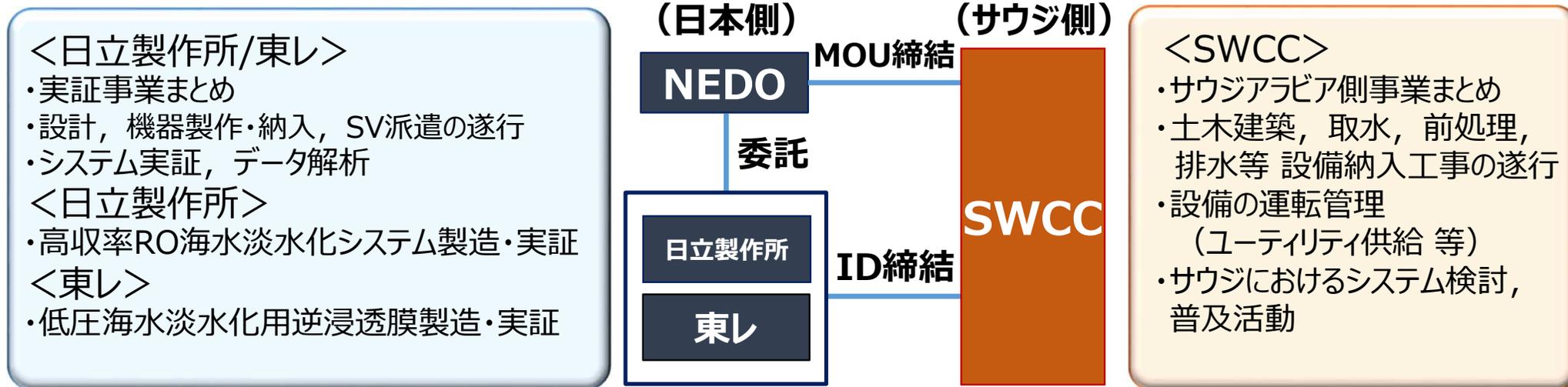


表6. 業務分担

	日立製作所・東レ担当	SWCC担当
詳細調査	部分的に協力	主体的に実施
全体計画	部分的に実施	主体的に実施
基本設計	主体的に実施	部分的に実施
詳細設計・製作・調達	技術的に事業の核となる主要機器 (SWRO, BWROの機械電気設備のみ)	日本提供機器以外はSWCCが全て準備
機器の輸送, 通関 (免税手続き)	提供機器の対象国港までの輸送	港での機器受け取り, 通関, 対象国内輸送・保管, 関税等免除手続き
土工工事	助言・指導	主体的に実施
機器の据付工事	SV派遣 (必要な助言・指導)	主体的に実施
試運転・実証運転	部分的に実施, SV派遣 (必要な助言・指導)	運転管理を主体的に実施
普及活動 (竣工式, 成果普及, セミナー開催等)	必要な協力 (講師派遣等)	主体的に実施

8) 実証サイト選定

SWCCが本実証事業の適用サイトを検討し、最終的に紅海側のドウバの既設の海水淡水化施設のある場所を選定し、取水・前処理・後処理については既設共用となった。

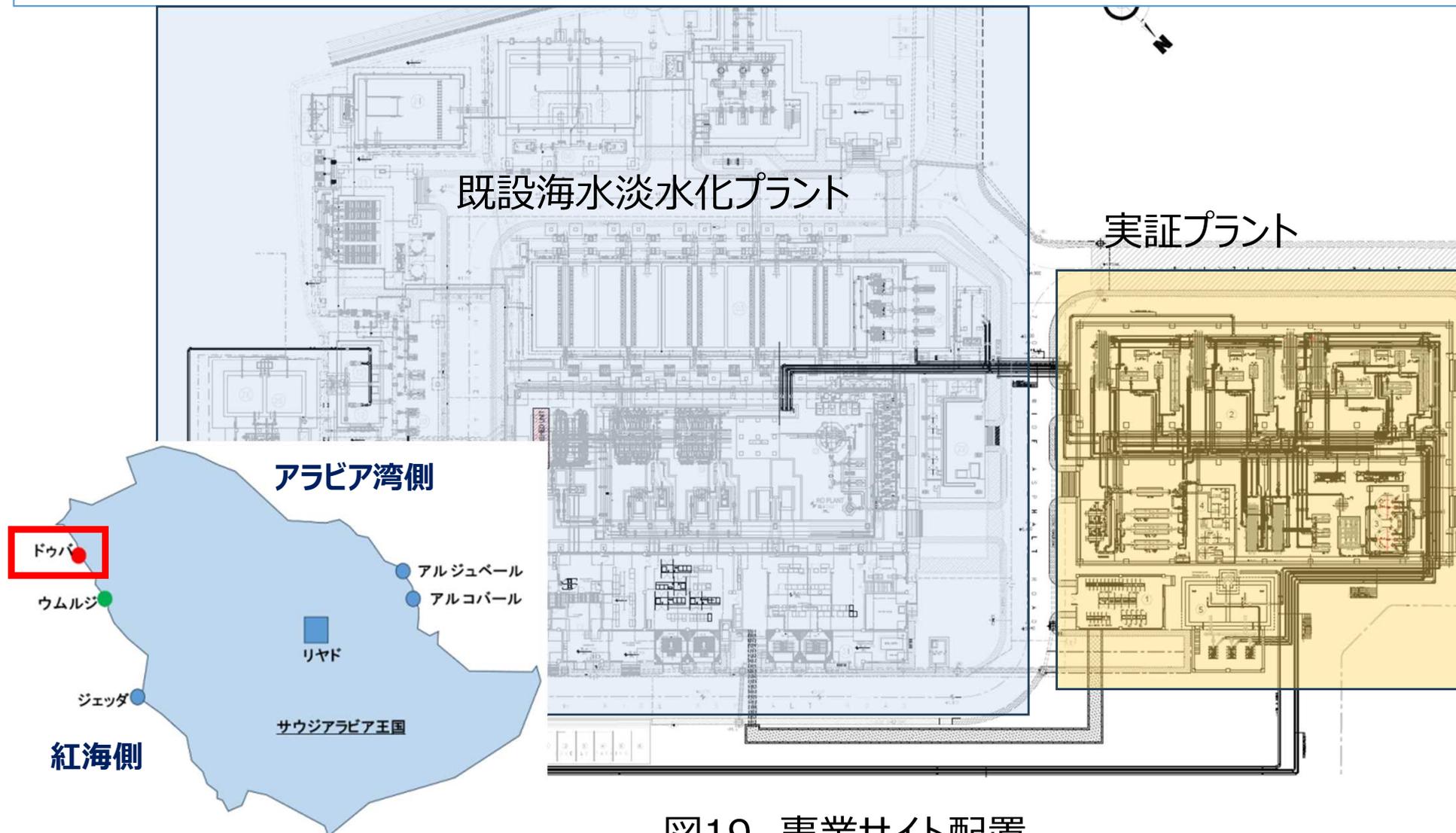


図18. 実証サイト所在地

図19. 事業サイト配置

9) 現地工事写真①



図20. RO建屋 土木・建築工事 (SWCC)



図21. BWRO機器用配管工事 (SWCC)



図22. SWRO機器用配管工事 (SWCC)



図23. RO建屋外観 (SWCC)

9) 現地工事写真②



図24. BWROエリア



図25. SWROエリア

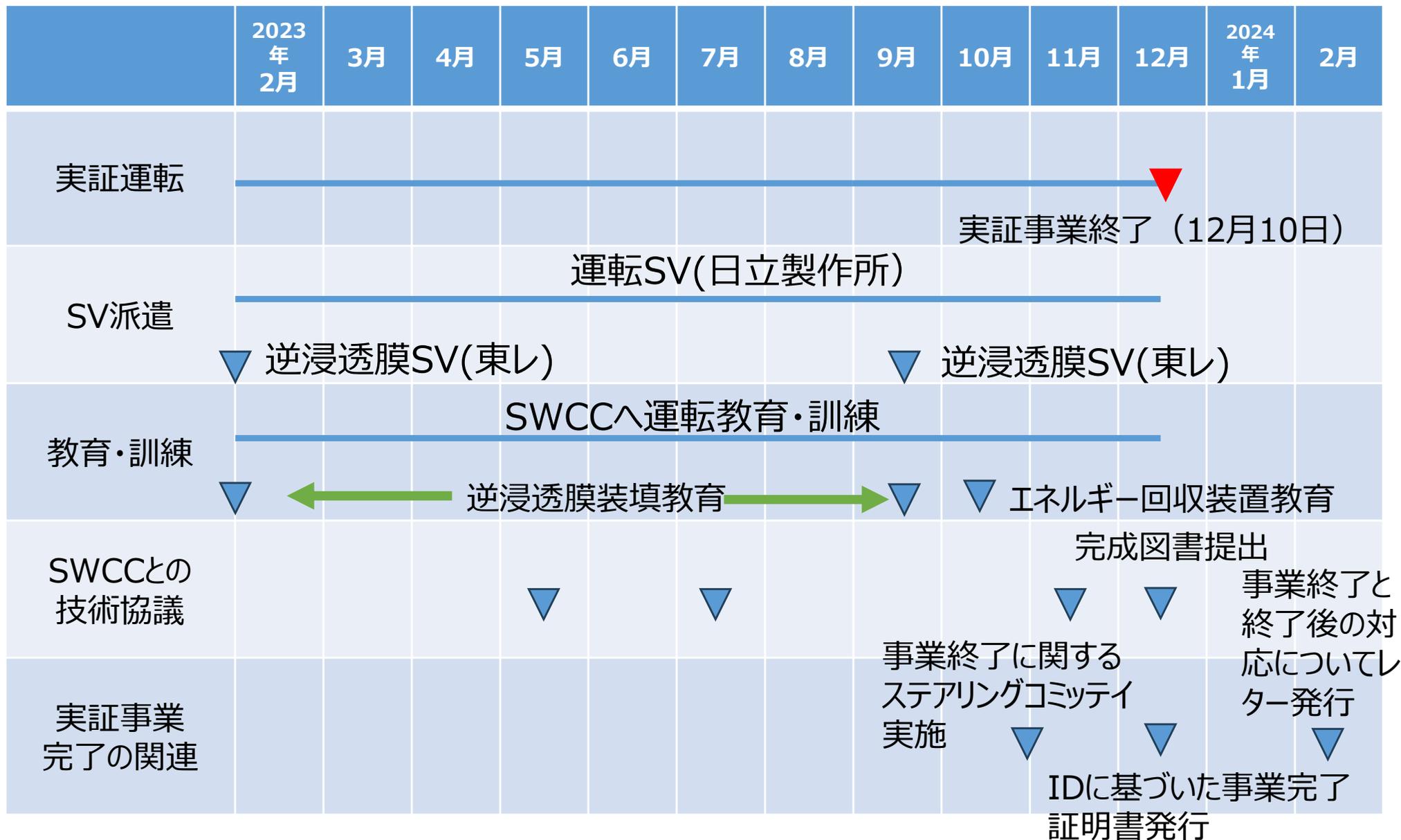


図26. 電気室



図27. 低圧海水淡水化用逆浸透膜

表7. 実証運転経過



① 各種数値目標と結果

<NEDO実証目標>

表8：目標達成の状況について

	消費電力量 (kWh/m ³)	消費エネルギー 削減効果 (kWh/m ³)	収率(%)
目標	3.93	0.83	約55%
成果	3.66	1.1	約55%

<プラント全体の省エネルギー効果の検証>

	消費電力量 (MJ/m ³)	省エネルギー効果 (万kL/年)	温室効果ガス排出削減効果 (万ton-CO ₂ /年)
実証前試算	43.54	0.22	0.08
成果	40.52	0.31	0.11

※kWh→MJ換算は2018年時の省エネ法における電力の発電端投入熱量換算係数を使用

<SWCC要求水質>

	全溶解固形物 (TDS) (mg/L)	塩化物イオン (Cl) (mg/L)	ホウ素 (B) (mg/L)
取水海水 (原海水)	40,997	23,000	5.0
SWRO供給水	40,905	23,000	5.2
SWRO処理水目標	<1,000	<600	<4
SWRO処理水	564	326	1.9

処理水質を満足した上で、目標を超える消費電力量を削減。消費電力量の削減に伴い、省エネルギー効果、温室効果ガス排出削減効果についても目標を達成。

② 水質分析結果

表9：水質分析結果について

	項目	単位	取水海水 (原海水)	SWRO 1 供給水	SWRO 2 供給水	SWRO 2 濃縮水	SWRO 1 処理水	SWRO 2 処理水	SWRO 合計 処理水	SWRO 処理水 目標
1	TDS	mg/L	40,997	40,905	60,437	82,318	315	1,103	564	<1,000
2	pH	-	8.2	8.2	8	7.9	6.6	6.7	6.6	
3	重炭酸	mg/L	98	110	150	230	2.5	3.4	2.8	
4	Ca	mg/L	480	470	700	940	0.5	1.2	0.7	
5	Mg	mg/L	1,600	1,600	2,300	3,100	1.7	3.9	2.4	
6	Na	mg/L	12,000	12,000	17,000	25,000	120	410	212	
7	K	mg/L	430	440	660	880	4	31	12.5	
8	Cl	mg/L	23,000	23,000	35,000	46,000	180	640	326	<600
9	SO ₄	mg/L	3,300	3,200	4,500	6,000	3.6	7.5	4.8	
10	Br	mg/L	84	80	120	160	0.8	2.7	1.4	
11	B	mg/L	5.0	5.2	7	8.2	1.43	3	1.9	<4
12	Fe	mg/L	<0.005	<0.005						
13	Cu	mg/L	<0.01	<0.01						
14	T-Fe	mg/L	<0.005	<0.005						

- ・SWROの合計処理水は、指標であるTDS、Cl、Bにおいて目標水質を達成した。
- ・その他の水質項目においても低圧海水淡水化用逆浸透膜として性能に問題が無いことを確認した。

③ 消費電力量

消費電力量：生産水量10,000m³/日にて、従来型海水淡水化システム4.76kWh/m³に対し、実証値3.66kWh/m³。目標0.83kWh/m³削減に対し、1.1kWh/m³削減。目標を超える結果を達成。

項目	単位	従来型海水淡水化システム	実証値
消費電力量	kWh/m ³	4.76	3.66

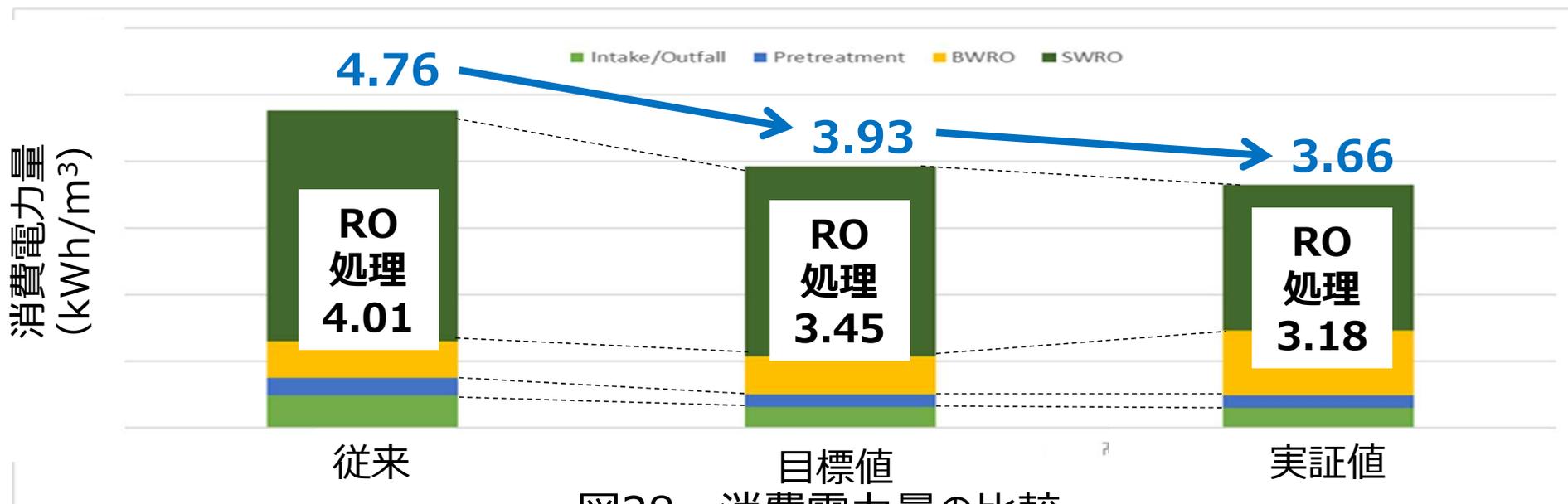


図28. 消費電力量の比較

＜消費電力量目標3.93kWh/m³から実証値を低減させた主な要因＞

機器効率が高い(80%以上) 製品を採用したこと (ポンプ類、濃縮水エネルギー回収装置) 及びピストン抵抗の減少により透過水エネルギー回収装置の効率を向上させたことによる効果であった。

④ 省エネルギー効果 参考

表10：省エネルギー効果に関するまとめ

対象国	日本									サウジアラビア	
項目	消費電力量	省エネ法に基づくエネルギー量計算値	年間電力消費量計算値	石油消費量換算	エネルギー消費削減効果	温室効果ガス排出量	温室効果ガス排出削減効果	全体消費電力量のMwh/y換算	全体消費電力量の削減量	温室効果ガス排出量サウジ	温室効果ガス排出削減効果サウジ
単位	kWh/m ³	MJ/m ³	TJ	万kL	万kL	万 ton-CO ₂ /年	万 ton-CO ₂ /年	* 10 ³ MWh/年	* 10 ³ MWh/年	万 ton-CO ₂ /年	万 ton-CO ₂ /年
実証前	4.76	52.70	182.74	0.47		1.33		50.76		3.32	
目標値	3.93	43.54	150.97	0.39	0.08	1.10	0.22	41.94	8.82	2.74	0.58
実証値	3.66	40.52	140.50	0.36	0.11	1.02	0.31	39.03	11.73	2.55	0.77
目標削減量	0.83					0.23					
実証削減量	1.10					0.31					

出典：JCM設備補助事業 電力CO2排出係数(tCO2/MWh)一覧表
https://gec.jp/jcm/jp/kobo/r05/mp/CO2EmissionFactor_20230327_tentative.pdf

実証前と比較し、電気消費量は目標値の0.83 kWh/m³減に対し、1.1kWh/m³の削減を達成した。温室効果ガス削減効果も目標値の0.23万ton-CO₂/年減に対し、0.31万ton-CO₂/年減を達成した。

実証設備・装置の運転方法の教育

2023年2月～12月（SVの常駐により毎日実施）

SVを配置し、SWCCへの実証プラント運転について管理担当者を対象に設備の取り扱い、運転方法の教育を実施。

2023年1月及び9月（SVを派遣し実施）

ROエレメントの装填・取り外し作業の手順や RO膜プロセス部分の運転方法を指導。

2023年10月

SWCCのプラントでは初となるピストン式のエネルギー回収装置について供給機器メーカーの技術員による原理・運転方法やFAQの説明会の実施。

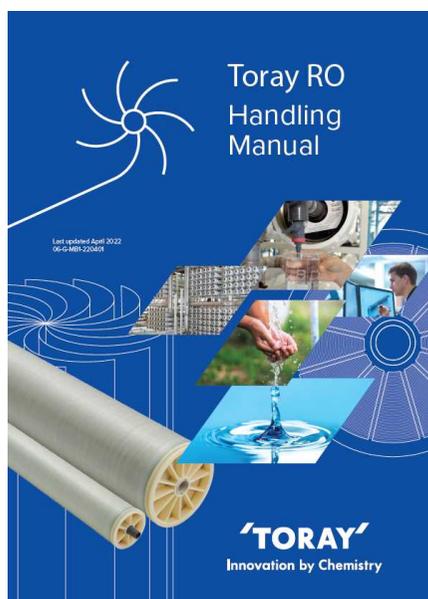


図29. 教育活動の一例

- SWCCに対し、実証事業終了後においても、メールベース等の問い合わせには対応する旨のレター発行（2023年12月）、供給機器については、直接供給機器メーカーへ問い合わせを依頼済。
- SWCCより運転方法に関する助言・問い合わせにはメールベースで対応中。
- SWCCの研究部門より本実証事業に関するSWCC発行の論文への共著の要望を受け、対応を実施。（2024年4月）
- SWCCより供給機器（エネルギー回収装置）メーカーへの問い合わせ（メーカーより情報共有受領：2024年5月）

【サウジアラビア王国の組織改編の情報（2024年5月）】

- ・SWCC➡SWA^{*7)}（サウジ水道局、政府組織）
- ・SWCCの全ての海水淡水化プラント➡政府系のファンド P I F が資産保有
- ・プラントの運営➡SWCCよりサウジ民間企業へと移管

*7) Saudi Water Authority

➡今後の対応については状況に応じて実施予定。

実証事業を通じて得た教訓より今後の同様或いは類似事業をより円滑に実施するために種々の有益な知見、ノウハウを得ることが出来たので、今後の事業展開に活かして行きたい。

a)実証プラント建設に関する業務分担について

教訓→ SWCC所掌のマネジメントが限定的となり、実証事業開始前までに実際の建設工事会社やサイトの決定の確約が重要と認識。

b)実証プラント建設における建設工期のマネジメントについて

教訓→ 事前に遅延を想定、週例でフォローしたが、マネジメントが限定的。遅延発生時の対応策についても事前に検討する。

c)試運転及び実証運転期間における工程遅延及び宿泊施設確保対応について

[1] 建設工事に起因するトラブル対応

教訓→ 安定稼働についての事前確認の重要性を認識。

[2] 免税処置停滞に対する対応

[3] 実証サイト近隣の宿泊施設確保対応

教訓→ ①現地コンサルタントを起用した、現地交渉の重要性を認識。

②コロナ禍による移動制限などがあり、DX(リモートアクセス設備)の重要性を認識。

a)実証設備建設に関する業務分担について

項目	発生状況、想定外発生事項	教訓
実際の建設工事会社やサイトの決定の確約	実証サイトが一旦決定し、請負業者の入札も実施されたが、SWCC側の予算超過により、再考後、実証サイトも変更となり、既設サイトへの増設対応となった。	実証事業開始前までに実証サイト、建設工事会社の決定の確約を得る。

b)実証設備建設における建設工期のマネジメントについて

項目	発生状況、想定外発生事項	教訓
実証プラント建設工程	事前に遅延を想定、週例を開催し、毎週の建設状況の確認によりフォローしたが、現地作業を受け持ち独立したSWCCに対するマネジメントは限定的なものとなった。	遅延発生時の対応策についても事前に検討する。

c) 試運転及び実証運転期間における工程遅延及び宿泊施設確保対応について

項目	発生状況、想定外発生事項	教訓
建設工事に起因するトラブル対応	建設工事完了の完了証明を確認し、試運転を開始したが建設工事の瑕疵により、試運転継続が困難となり、瑕疵部分の修繕工事が発生し、試運転が遅延した。	安定稼働についての事前確認の重要性を認識。
免税処置停滞に対する対応	SWCC側において、免税許可を得ることに時間を要し、日本側供給機器がスケジュール通りにサイトへ到着せず、港湾での保管が発生した。	免税処置期間を含めたスケジュールを計画することの重要性を認識。
実証サイト近隣の宿泊施設確保対応	実証サイト近隣の宿泊施設確保が近隣での大型プロジェクトの開始に伴い、確保が困難であった。コロナ禍による移動制限が発生した。	①現地コンサルタントを起用した、現地交渉の重要性を認識。 ②DX(リモートアクセス設備)の重要性を認識。

1. 事業の位置付け・マネジメント

- (1) 政策的必要性
- (2) NEDO関与の必要性
- (3) 相手国との関係構築の妥当性
- (4) 実施体制の妥当性
- (5) 事業内容・計画の妥当性

2. 事業成果

- (1) 新規海水淡水化システムの概要
- (2) 目標の達成状況

3. 事業成果のアウトカム

- (1) 事業成果の競争力
- (2) 更なる消費電力量低減の可能性
- (3) 普及体制
- (4) ビジネスモデル
- (5) 世界への技術発信
- (6) 世界の海水淡水化プラントの市場規模
- (7) 日立製作所・東レの今後の方向性

目標の省エネルギー効果の0.83kWh/m³削減に対しては、1.1kWh/m³削減し達成したが、さらなる事業成果に競争力を付加するために事業者サイド独自で低エネルギー化として各電気伝導度計の計測値を用いて、SWRO処理水の一部をバイパスしても最終透過水槽でのSWCC要求水質をクリアする方法の検討を実施。検討結果として、SWRO処理水のバイパス量を決定し、運転制御へ組み込んだ。

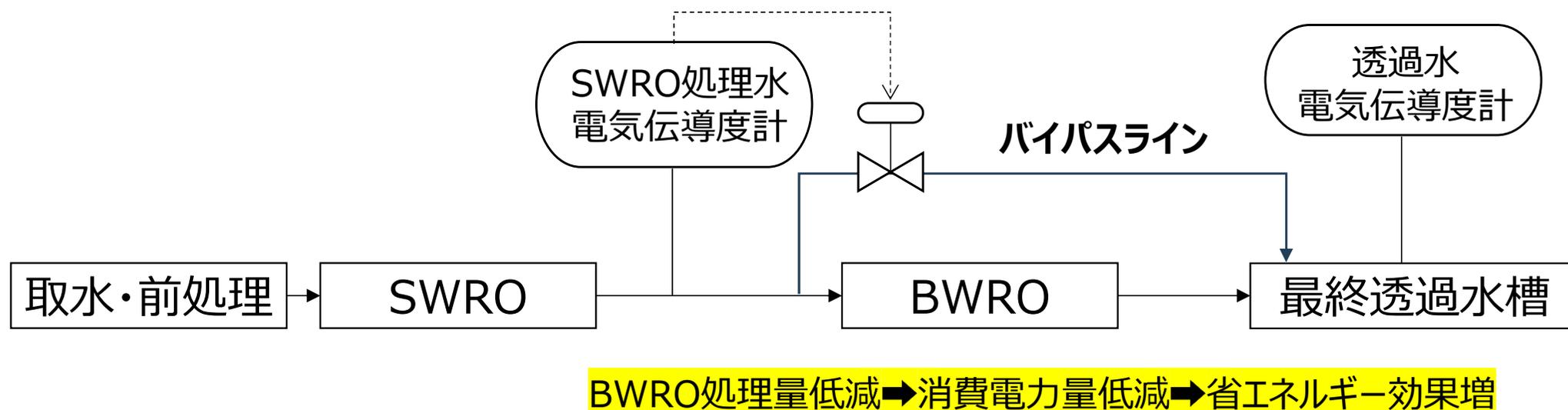


図30. SWRO処理水の一部バイパス運転の概略フロー

処理水質を確認した上で、SWRO処理水の一部をバイパスし、BWROによる脱塩処理量を低減することで、さらなる省エネルギー効果の最適化を実施。

表11. 消費電力量の比較

対象国	日本								
項目	消費電力量	省エネ法に基づくエネルギー量計算値	年間電力消費量計算値	石油消費量換算	エネルギー消費削減効果	温室効果ガス排出量	温室効果ガス排出削減効果	全体消費電力量のMwh/y換算	全体消費電力量の削減量
単位	kWh/m ³	MJ/m ³	TJ	万kL	万kL	万 ton-CO ₂ /年	万 ton-CO ₂ /年	*10 ³ MWh/年	*10 ³ MWh/年
実証前	4.76	52.70	182.74	0.47		1.33		50.76	
目標値	3.93	43.54	150.97	0.39	0.08	1.10	0.22	41.94	8.82
実証値	3.66	40.52	140.50	0.36	0.11	1.02	0.31	39.03	11.73
実証値 (水質最適化)	3.44	38.08	132.05	0.34	0.13	0.96	0.14	36.68	14.08
目標削減量	0.83					0.23			
実証削減量	1.10					0.31			
実証削減量 (水質最適化)	1.32					0.37			

消費電力量は1.32kWh/m³、温室効果ガス削減効果は0.37万ton-CO₂/年減を達成

【既設海水淡水化プラントへの適用による消費電力量への影響の改善】

<背景>

日本側の供給機器設計は、SWCCと合意した設計仕様に基づき実施し、機器製作もその設計に基づき完了済みの時点でSWCC要望により既設海水淡水化プラントへの適用となった。

<影響>

設計値に対して最終透過水槽の位置が約200m遠くに配置されている事により、圧力損失によって透過水エネルギー回収装置から排出できる量が制限されており、BWRO処理のバイパス量に影響。

当初計画の最終透過水槽の位置は約30mであることから、透過水配管長は約170m短く、今より約0.1~0.2kWh/m³の消費電力量を低減できる可能性がある（SWCCへは実証事業終了時に提言済）

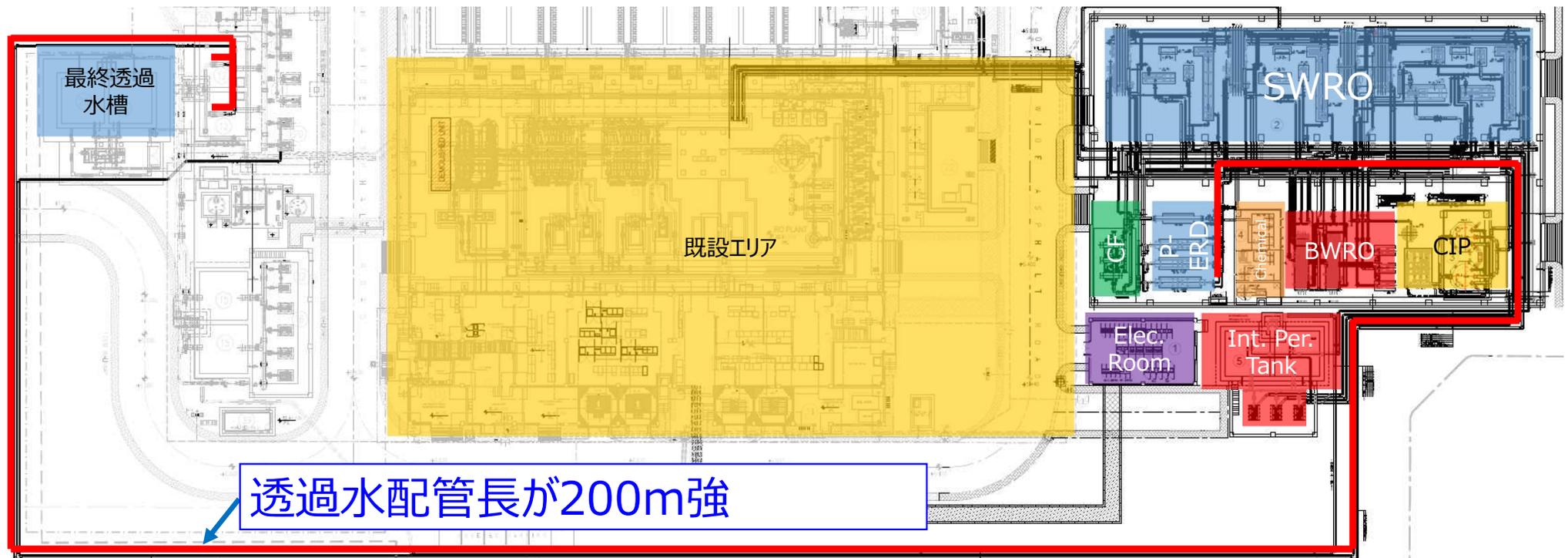
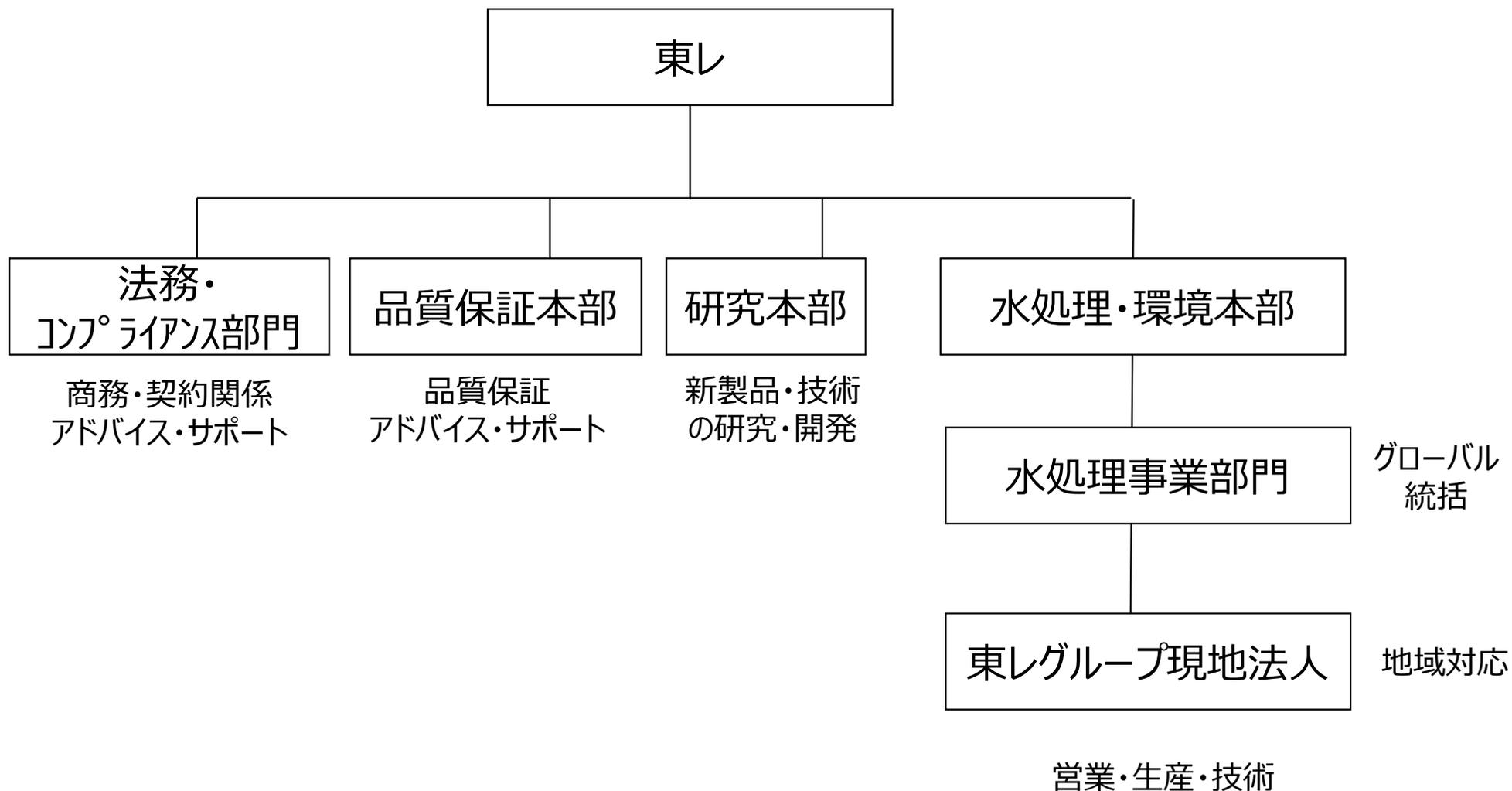


図31. 透過水配管の全体配置上の状況



実証事業開始前に想定していた普及展開の可能性に対して、プロジェクトが進行する中で取り巻く環境の変化により、当初計画の修正が生じている。

項目	実証開始当初	実証期間中	現状
造水コストに関する従来型海水淡水化システムに対する価格競争力	a)高収率化による取水量低減にて建設費低減達成。 b)省エネルギー効果による運転費低減達成。	当初の全施設新設予定から、既設海水淡水化プラントへの増設となり、取水施設や排水施設が共用となるなど、建設費の従来型海水淡水化システムとの比較が不可能。	実証終了後の運転コストに関する情報は得られておらず、従来型海水淡水化システムとの運転コスト比較は未実施。
外部環境要因の変化	a)本技術の優位性を基盤にしてSWCC案件への入札資格を獲得する。 b)現地パートナーと協業し、紅海側で計画されている大型海水淡水化案件及び既設改修案件をターゲットに受注拡大を目標。	a)サウジアラビアの国策として既存政府機関の再編、民営化が推進されることとなり、新規海水淡水化施設はSWCC管掌から外れることとなる。 b)大型海水淡水化案件は発注スキームが大きく変わり、システム納入先は民間SPV(主にEPC業者)となる。	a) 2024年5月にSWCCの業務は、先進技術開発に関してはSWA(Saudi Water Authority)、水処理施設に関連する全ての入札・発注及び施設運営業務は民間企業へ移管されることが正式発表された。 b)海水淡水化市場の今後の案件推進の方向性・具体的な発注方法等、不明な点多い。
事業方針	a)日立製作所：海外水メジャー追従、大型海淡EPCやPPPへの取り組みを画策。 b)日立製作所・東レ：サウジアラビア及び他の中東国を注力地域。	a)日立製作所：EPC厳選化、DXによる循環型収益事業を主軸に転換。ターゲットとしていたSWCCが組織改編されることに伴う事業方針転換の必要性。 b)東レ：中東地域注力継続。	a)日立製作所：水事業機会拡大中の東南アジアへ注力、中東地域は案件ごとに経済合理性を判断。 b)東レ：実証期間中より継続。

【日立製作所】



【東レ】

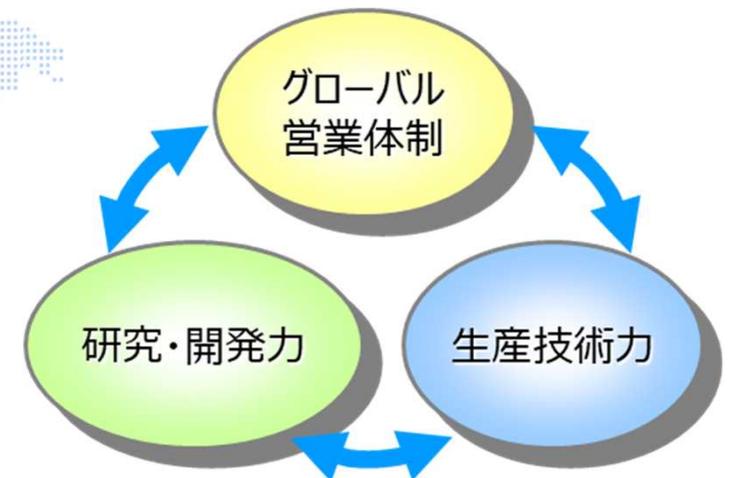
東レの水処理膜事業のビジネスモデル

東レの保有する「研究・開発力」、「生産技術力」、「グローバル営業体制」を用いて世界各地のニーズに合わせた製品、技術を開発し、高品質製品と技術サービスを各地の営業拠点から供給する。

①グローバル営業体制による世界各地での現地ニーズの把握とソリューションの提案

②グローバル生産体制による高品質製品の安定供給

③グローバル技術サービス体制によるタイムリーなお客様サポート



2030年迄の省エネ効果（原油換算エネルギー使用量kL/年）は、従来型海水淡水化システムよりも実証システム利用にて0.3万kL/年の低減を予想。
また温室効果ガス排出削減効果は、海水淡水化システムよりも実証システム利用にて0.9万ton-CO₂/年を予想。

表12：実証システム適用による省エネ及び温室効果ガス削減効果

項目	単位	従来型海淡	実証システム	省エネ効果
省エネ効果	万kL/年	1.1	0.8	0.3
温室効果ガス	万ton-CO ₂ /年	3.1	2.2	0.9

< 試算条件 >

- a) 生産水量：100,000m³/日想定（造水設備50,000m³/日規模対象に実証システム利用2件）、
装置稼働率95%、取水海水塩分濃度41,000mg/L
- b) 消費電力量：従来型海淡 52.70MJ/m³(4.76kWh/m³)、実証システム 40.52MJ/m³ (3.66kWh/m³)
- c) 原油換算係数：2.583×10⁻³万kL/TJ

消費電力量の低減による運転コストの低減及びグリーンテクノロジーとして温室効果ガス削減効果も提案に織り込み、案件獲得を目指す。

サウジアラビア国内および世界各地の学会、セミナーにおいて、実証するメガトンプロセスと適用する技術を広く紹介した。

表13.適用した本技術に関する論文発表

公表年	雑誌名・DOI(Digital Object Identifier)	論文タイトル
2018年	Water 2018, 10(1), 48 doi:10.3390/w10010048 他3件	SWRO-PRO System in "Mega-ton Water System" for Energy Reduction and Low Environment Impact
2019年	Current Trends and Future Developments on (Bio-) Membranes, Membrane Desalination Systems: the Next Generation 2019, Page 387-406; Elsevier	The Next Generation Energy Efficient Membrane Desalination System with Advanced Key Technologies: "Mega-ton Water System"
2020年	Journal of Membrane Science and Research 6 (2020) 20-29 Volume 6, Issue 1: A Tribute to Professor Takeshi Matsuura DOI:10.22079/JMSR.2019.109807.1272 他1件	Sustainable Seawater Reverse Osmosis Desalination as Green Desalination in the 21st Century
2021年	IDA Global Connections Spring 2021, 19 May 2021, Pages 42-45 他4件	Favorite Papers, Review on Evolution of Composite Reverse Osmosis Membranes by John E. Caddotte
2022年	General Chemistry, 2022, Vol. 8, Issue (1-2): 210016-210016. DOI: 10.21127/yaoyigc20210016	Current Status and Future Trend of Seawater Desalination on Membrane Technology and Biotechnology as Sustainable Green Desalination in the 21st Century[J].
2023年	Journal of Magnesium Research, Vol. 41, No.2, p9-35	Japanese Membrane Technologies Contributing to The Solution of Global Water Environment's Problem

適用した本技術に関する論文発表として14件を実施

表14.適用した本技術に関する口頭発表

公表年	発表場所／発表日	発表タイトル
2018年	SWA-APDA Joint Forum 11 July 2018, Singapore他2件	Further Progress of "Mega-ton Water System
2019年	Saudi Water Forum 2019, 19 March 2019, Riyadh, Saudi Arabia 他2件	Further Progress of "Mega-ton Water System" Technology for Green Desalination,
2020年	10 February, 2020, Kyowakiden Industry Co., Ltd. Nagasaki, Japan	Transition of the International Desalination Association (IDA) activities,
2021年	9th Symposium at Global Aqua Innovation Center (COI), 30 November, 2021, Tokyo, Japan	"Rapidly- growing Seawater Desalination and The Challenges to New Technical Issues"
2022年	21 – 23 March, 2022, Al Khobar, Saudi Arabia 他1件	International Specialty Conference on Ocean Brine Mining,
2023年	50th Founding Anniversary Commemorative Lecture, 10 May, 2023, Water Reuse Promotion Center, Tokyo, Japan 他3件	60 years reminiscence and future challenges of seawater desalination,

適用した本技術に関する口頭発表として15件を実施

海水淡水化システムの市場規模

2024年の膜法による海水淡水化システムの市場規模は5,920 MUS\$推定(9,500億円、1US\$=160円として)。実証開始当初の2019年の市場規模に比べ約1.4倍となっている。このうち日立製作所が注力する東南アジア地域はAsia/Pacific分だけでも2024年で市場全体の約18%となる1,170 MUS\$(1,880億円)であり、2028年迄ほぼ同規模で推移。

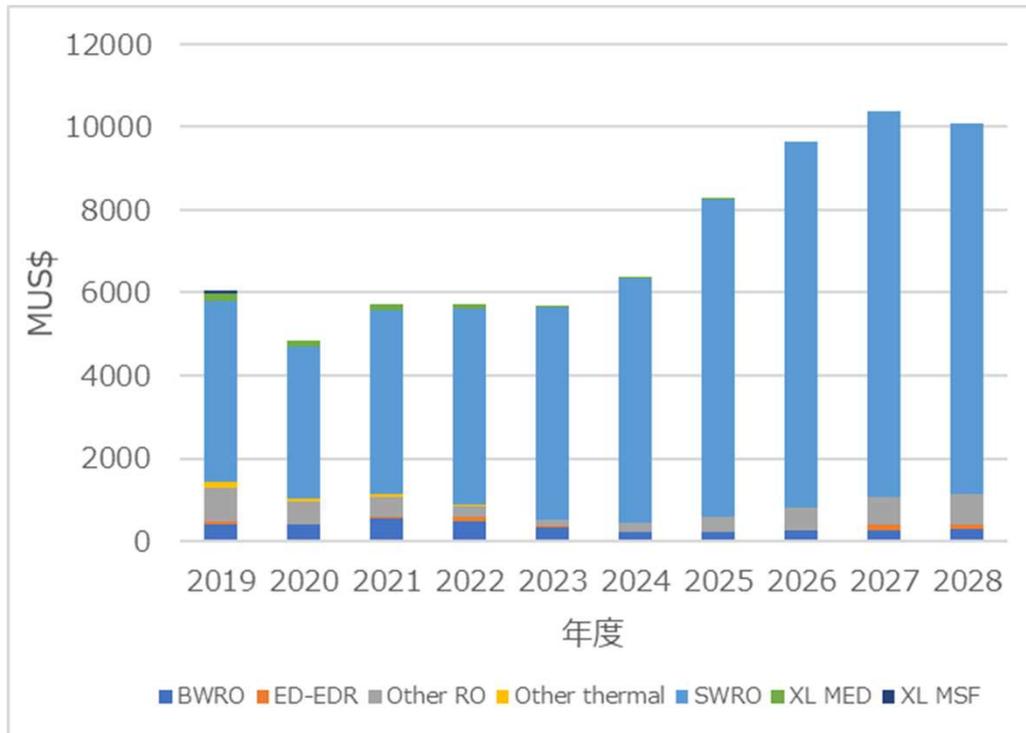


図32. システム別市場規模

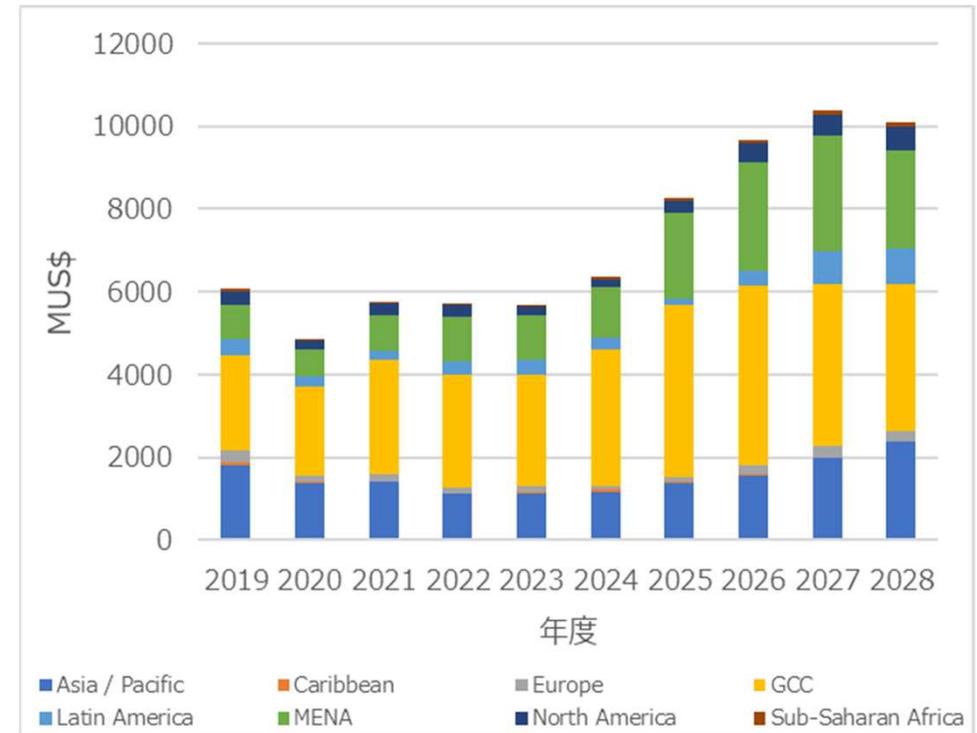


図33. 地域別市場規模

(出典 GWI DesalData)

【日立製作所】

当初計画では実証事業後のサウジアラビアを含めた中東地域への拡販を想定していたが、現状は中東地域から東南アジアへ注力地域を変更。

日立製作所は本実証実績を足がかりに東南アジアへの普及展開を図る。

- 本実証事業を通じて立証された高収率海水淡水化ROシステムの技術・実績をコアとして日立製作所独自のIoTプラットフォームを用いたDXも組み合わせることで東南アジア案件への普及展開を図る。

【東レ】

世界市場への展開において、当社膜の性能と、省エネルギー効果、信頼性を訴求するために有効な結果が得られた。

当社が特に注力している海水淡水化RO膜の世界市場へ普及展開を図る。

- 本プロジェクトで実証された当社膜の性能と、省エネルギー効果、信頼性と得られた膜技術のノウハウを活用し、世界各地の用途に合わせた製品開発・提案を行って膜事業のグローバル展開を図る。

HITACHI
Inspire the Next

'TORAY'
Innovation by Chemistry