

**「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／
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)」 個別テーマ／終了時評価報告書**

2024年11月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

海外展開部

目 次

はじめに

審議経過

終了時評価分科会名簿

第1章 評価

1. 総合評価

2. 各論

2. 1 事業の位置付け・マネジメント

2. 2 事業成果

2. 3 事業成果のアウトカム

3. 評点結果

第2章 評価対象事業に係る資料

1. 終了時評価分科会公開資料（資料5）

参考資料 評価の実施方法

はじめに

本書は、「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／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）」の終了時評価に係る報告書であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第29条に基づき「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／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）」終了時評価分科会を設置し、事業評価実施規程に基づき、評価を実施し、確定した評価結果を評価報告書としてとりまとめたものである。

2024年11月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
海外展開部

「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／
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）」
個別テーマ／終了時評価分科会

審議経過

- 終了時評価分科会：2024年10月8日（火）

公開セッション

1. 開会、資料の確認
2. 終了時評価分科会の設置について
3. 終了時評価分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. 事業の概要説明
6. 意見交換まとめ・講評
7. 今後の予定、その他、閉会

終了時評価分科会の設置について

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／
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）／
個別テーマ 終了時評価分科会

表1 終了時評価分科会委員名簿

職位	氏名	所属	役職
委員長	かさばら しんすけ 笠原 伸介	大阪工業大学	教授
委員長代理	あかまつ かずき 赤松 憲樹	工学院大学	教授
委員	かわかつ たかひろ 川勝 孝博	栗田工業株式会社	研究主幹
委員	だんの こういちろう 段野孝一郎	株式会社日本総合研究所	部長/プリンシパル
委員	ほんごう たかし 本郷 尚	株式会社三井物産戦略研究所	シニア研究フェロー

敬称略、委員のみ五十音順

第 1 章 評価

**「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／
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）」
個別テーマ／終了時評価分科会**

評価委員会コメント及び評点の集約結果

1. 総合評価

＜肯定的意見＞

- ・ 本事業は、NEDO の助成を受けて開発が進められたメガトンウォーターシステムに端を発し、サウジアラビア国との政策的関係の中で着実に進められてきた。現地サポートに配慮した体制を構築して実証試験に必要な協議が重ねられており、政策的必要性、実施体制および事業内容・計画について、いずれも妥当であったと考えられる。
- ・ 相手国の事情により当初計画の変更を余儀なくされたが、状況の変化に応じて柔軟な対応策を講じ、結果的に事業を成功に導いたことは評価できる。
- ・ 実証事業を通じて技術面での成果、とりわけ省エネルギー効果について確認することができ、提案されたシステムの性能面での優位性は証明された。
- ・ 主に相手国側の事情に依り、実証開始当初は予期できない状況に対し、適切に対応して実証試験を完了し、省エネ目標を達成したことは高く評価できる。総合的に見て、実証試験として十分な成果を挙げている。
- ・ 既設装置への技術導入であったため、トータルでの省エネ性を定量的に提示するのが難しいものの、本技術の優位性の高さが実証されている。
- ・ 海水淡水化技術を通じてサウジアラビアと国際交流を行い、目標を超える消費エネルギー削減効果を実証できた。
- ・ 実証装置が継続的に稼働しており、関係性を継続できる。
- ・ 本実証事業は、サウジアラビアという、日本にとって非常に重要な相手国・市場を対象に、公的機関（NEDO）による関係構築・マネジメントと、提案企業による実証推進という両輪が噛み合い、高い成果を達成した好事例と言える。
- ・ 実証期間中はトラブルも頻発したが、それらを乗り越えて成果を達成した点も高く評価でき、振り返ってみると貴重な教訓が得られた機会にもなったと言える。本実証により、NEDO にとっては国際実証推進のマネジメント・ノウハウを強化する機会、提案企業にとっては実証事業を通じて事業拡大の契機を獲得する機会が得られたと評価でき、他の国際実証にとっても大いに参考になる事例と言える。
- ・ サウジの産業政策、気候変動政策にも適合する事業であり、また事業期間中に気候変動政策が強化されたことで、需要はさらに高まっている。本件に取り組んだことは非常にタイムリーであった。
- ・ サイトの変更、コロナの流行など予想外の事態も発生したが、無事終了できたことは評価できる。

<今後に対する提言>

- ・ 個々の企業の判断で海外戦略の方針が変更されることはやむを得ないが、今回の実証事業を通じて得た経験を踏まえ、技術力に強みを持つ日本企業が協調し、海外水メジャーとも互角に渡り合えるビジネス体制の構築を目指してもらいたい。
- ・ サウジアラビア王国側では SWCC 体制の変更があるようだが、長年にわたり構築してきた良好な関係性を、今後も継続的に維持し、本事業に関連する内容以外への事業でも大いに活かしてほしい（NEDO および事業者）。
- ・ 実証技術に関する発表は、日本とサウジアラビア王国だけでなく、今後事業展開を図っていく国を中心に、もっと行うべき。
- ・ 高性能 RO 膜に関しては、海外メーカーに負けないよう、開発・商品化を継続して欲しい。
- ・ 資料にも記載されているように IoT 活用、DX は大きな切口であり、これらをコアとして海外展開を進めて欲しい。
- ・ 海水淡水化は今後も拡大が想定される市場であり、カーボンニュートラルに向けて省エネが求められる分野でもある。競合企業・製品・サービスの技術革新動向を注視し、本実証で確立した競争優位が持続可能なものとなるように、引き続き技術開発を続けて頂きたい。また、その際、単なる要素技術だけではなく、本実証で得たオペレーションやメンテナンスに関する知見を用いた技術優位の組み合わせ等の方向性を模索して頂き、より強固な技術的優位性を築いて頂きたい。
- ・ 省エネ効果を活用すべく JCM 化にも取り組んで頂きたい（本件に限らず後続事業も含めて）。

各論

2.1. 事業の位置付け・マネジメント

<肯定的意見>

- ・ 本事業は、我が国のエネルギー政策上極めて重要なサウジアラビア国を対象としており、相手国の水インフラの安定化に寄与するものである。相手国が必要とする水資源確保のニーズに対し、日本の強みである水処理技術で解決策を提示しようとするもので、相手国との良好な関係構築はもとより、相手国のインフラ整備、日本企業が有する省エネルギー技術に関するノウハウの蓄積など、公的資金を投入して NEDO が関与した意義が認められる。
- ・ 日本を代表するエンジニアリング企業と膜メーカーの共同体制が組み立てられており、各々の立場に応じた費用負担がなされている。予期せぬ計画変更にも柔軟に対応するとともに、コロナ禍で移動が厳しく制限される中、難易度の高いプロジェクトを完遂した点は高く評価できる。
- ・ 省エネルギー型海水淡水化システムを実規模で運転しその性能を実証した本事業は、脱炭素化に資する我が国の技術の有効性を国際的にも広く示すこととなり、ひいては世界での市場拡大に繋がり得るものであった。
- ・ サウジアラビア王国との良好な関係を構築／維持し、適切なマネジメントを NEDO が中心となって行ったプロジェクトであった。
- ・ サウジアラビアは日本にとって重要な貿易相手国であり、海水淡水化という先方にとって重要な技術領域で国際交流の一端を担ったと言える。
- ・ 先方事情による計画変更やコロナ禍もありながらプロジェクトを最後までやり遂げた点は評価できる。

- ・ 日本のエネルギーセキュリティ上、非常に重要な関係国であるサウジアラビアとの紐帯強化に資する取組であったと言える。加えて、拡大が見込まれる中東の海水淡水化市場に対して、本邦企業が本実証を通じて SWCC への入札参加資格を取得し、市場参入の足掛かりを得て、和製水メジャーとしての事業展開を展望するといった（実証事業立案時の）チャレンジングなビジネスプランを鑑みても、NEDO が公的支援を行うことの意義は大きかったと言える。
- ・ 相手国との関係においても、相手国の要望や仕様に真摯に対応しつつ、商用化が見込まれる必要最低限のスペックで実証を計画したことから、事業内容・計画も妥当であったと言える。
- ・ サウジなど中東湾岸諸国での海水淡水化事業の需要は大きい、サウジなど一部の国では事業実施後に電解水素生産が新しい海水淡水化需要として顕在化しており、本事業に取り組んだ政策的意義は大きい。
- ・ サウジのエネルギーや水関連事業は政府の影響力が大きく、日本の民間だけでは取り組みにくいところ、事業地変更があったにも関わらず十分な成果を出すことができたのは NEDO の貢献大と考えられる。

<改善すべき点>

- ・ 新設ではなく、既設プラントに **SWRO**、**BWRO** を組み込んだ実証へ計画変更となった点、実証期間が 2 年から 1 年弱となった点については、サウジアラビア王国側の事情に依るところが大きく致し方なかったことは理解できるが、特に高 **TDS** の海水を扱う実証であったことを考えると、その周辺の知見を獲得・蓄積するためのより良い対応があったかもしれない。
- ・ 実証場所と規模が 2 度変更になったが、その理由として SWCC 側の予算の超過が挙げられている。難しい相手ではあるが、フルプラントでの実証ができなかったのは残念である。
- ・ 中東という非常に難易度の高い相手国であったがゆえに、政治動向も関係し、実証完了まで相応の時間が掛かった。実証期間中の社会・経済の情勢変化、技術動向の変化を踏まえて、ビジネスプランを練り直す必要が生じた点は理解できるが、技術開発の場合は、時間を要することによる陳腐化のリスクも存在するため、その点については今後の教訓・経験とすべきではないか。
- ・ 省エネ効果を活用するために JCM 化についての検討を事業者に打診できればもっとよかった。

2.2. 実証事業成果

<肯定的意見>

- ・ 処理水質は満足した上で、当初の目標を上回る高い省エネルギー効果が得られている。
- ・ RO 膜運転の安定化に関するノウハウの蓄積が見られる。
- ・ 業務の分担および建設工程のマネジメントにおいて多くの想定外事案に直面しており、それらの経験や教訓が蓄積されている。
- ・ やや挑戦的と思える収率と消費エネルギー量に関する目標を達成し、しかも省エネ効果は目標を大きく上回っており、高く評価できる。
- ・ サウジアラビア王国で実証事業を実施したからこそ得られた教訓なども適切に纏め管理されており、今後の海外での事業展開での活用が期待できる。
- ・ 高性能な RO と圧力回収装置を透過側に組み込んだシステムにより、目標を超える消費エネルギー削減効果を実証出来ている。

- ・ 本実証事業では、当初の計画を上回る高い実証成果が得られた。また、相手国の水質要求に合わせて、さらなる省エネ・CO2削減にプロアクティブに取り組んだことも高く評価できる。
- ・ 本実証事業では、実証事業のサイト変更に伴い、既設設備への導入という形になり、トラブルに見舞われた形になったが、本トラブル対応を通じて、実証後の導入について得難い知見が得られたものと考えられる。
- ・ 技術面では十分な成果を出した。脱炭素化の潮流は事業着手当時より強まっており、本技術の活用の可能性はさらに高まったと考えられる
- ・ 実証終了後、サウジ側次第でさらなる改善協力も期待されており、実証後のフォローにより本技術の普及を後押し効果もある。

<改善すべき点>

- ・ 競合技術との比較（特に消費エネルギー量に関して）が明確であれば、本実証技術の優位性がさらに際立ったと思われるが、概して良好な実証だったと判断できる。
- ・ 収率を40%から55%に向上させているが、前処理装置を共有化している実証研究では収率向上の優位性を示すことが難しい。RO装置だけで考えると収率を低く抑えた方が消費エネルギーは小さくなるためである。実証試験はできないまでも、前処理装置の消費エネルギーを想定して削減効果を算出し、エネルギー削減効果の最も大きい収率を導き出すことはできたと思われる。
- ・ 本実証事業では、実証期間終了まで長期間を要した。この間の技術動向の変化を踏まえて、実証した本技術が、既存技術や競合技術と現時点でどれだけ優位性を持ち得るか、それが将来に渡ってどの程度の期間、持続するのかといった点に対して、定量的に検証できているとより素晴らしかったと考える。

2.3. 事業成果のアウトカム

<肯定的意見>

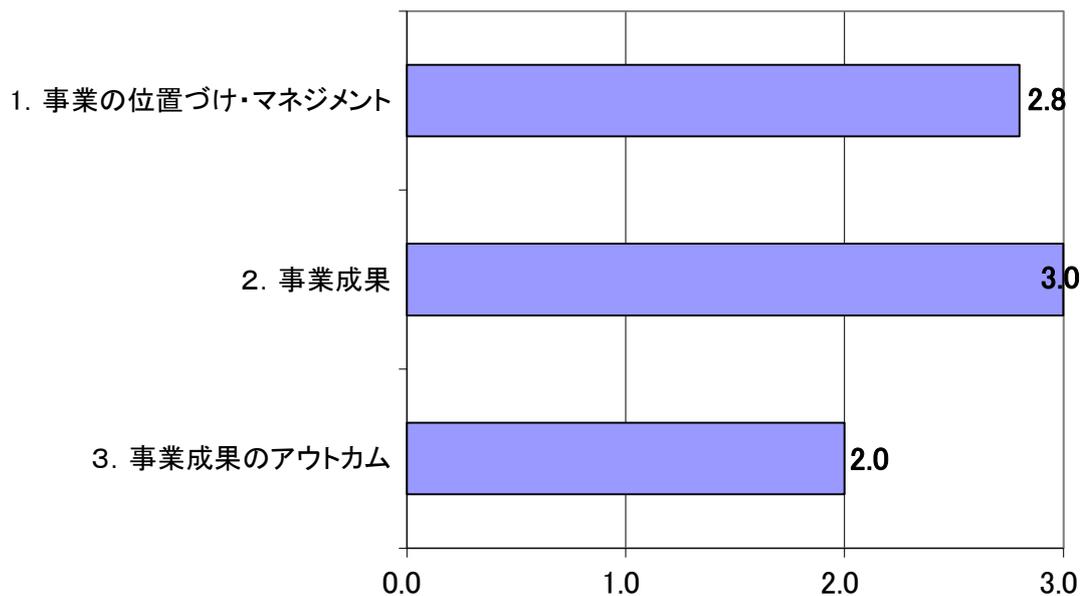
- ・ エンジニアリング企業および膜メーカーの双方において、本事業を通じた技術的ノウハウの蓄積が見られ、今後、他の国や地域におけるビジネス展開の可能性が期待される。
- ・ 外部環境に照らして、本実証事業の成果を基に、事業を展開する方針については妥当と言える。
- ・ サウジアラビア王国での普及体制は十分検討されており、それを基に適切に実証事業が行われていた。
- ・ 明確な説明はなかったが、当該技術は我が国や他国にも適用可能であり、コスト面での課題をクリアすれば、省エネ型海水淡水化技術として普及するポテンシャルを有すると考えられる。
- ・ サウジアラビアの窓口であったSWCCがSWAに代わるなど、相手国の情勢は不透明であるが、実証装置がドゥバにて継続的に稼働する点は、関係性を継続する上で有効と言える。
- ・ サウジアラビアでは酢酸セルロース膜を採用するケースが多かったが、今後、ポリアミド膜を採用するケースが増加すると考えられる。優れたポリアミドRO膜を提示できたことは今後につながると思われる。
- ・ 本実証事業で得た知見を踏まえて、提案企業2社とも、実現可能性の高いビジネスを計画していると言える。
- ・ 東レについては、本実証事業も奏功し、中東での知見・実績・ブランド力を磨き、海水淡水化用のRO膜の拡販に成功しており、実証事業の成果が一定程度あったと評価してよいのではないかと考える。今後、本実証で得た知見を活用し、世界各地の原水質に合わせた最適な膜の供給が実現することが期待される。

- ・ 日立製作所については、相手国（サウジアラビア）での制度・体制変更、中東市場における EPC 市場の競争激化等を踏まえて、東南アジア向けのビジネスに注力する方針であり、実効的なビジネスプランを展望していると言える。
- ・ 都市用水、産業用水に加えて、水素製造用にも淡水化需要は期待されるようになっており、今後の市場拡大が期待される。
- ・ サウジはビジネス展開が難しい国の一つであり、実績を持つことが出来た意義は大きい。
- ・ 本技術による削減効果は JCM 化できる可能性がある。

<改善すべき点>

- ・ 当初から計画が変更されたことでコスト評価ができなくなり、結果的に事業成果の競争力を十分に評価できなかったことは、予期できなかったこととは言え、残念である。
- ・ エンジニアリング企業と膜メーカーの双方にとって技術面での進展が見られたことは評価できるが、両者が協働するからこそ得られる成果、両者の協働によって期待できる波及効果を意識して、今後の展開に臨んでいただきたい。
- ・ 本実証技術が技術として優れていることはよく理解できるが、コスト面での議論はほとんどなかったため、十分な市場競争力があることを定量的に提示すると尚良い。特に技術導入後に、運転管理で継続的に収益を上げるスキームがあるのかは気になるところ。
- ・ 開発 RO 膜は高性能であるが、商品化には至っていない。技術の一部は既存 RO 膜の製造に活かされているとのことであるが、中国メーカーの RO 膜製造技術も向上しており、できるだけ早く商品化を実現して欲しい。
- ・ 本実証事業では高い成果を達成したと言えるが、実証期間中の技術動向の変化を踏まえて、実証した本技術が、既存技術や競合技術と現時点でどれだけ優位性を持ち得るか、それが将来に渡ってどの程度の期間、持続するのかといった点に対して、定量的な説明が不足していたように見受けられた。その結果、技術優位が定量的な市場シェアや売上見通しにどれだけ寄与するかといった説明が欠けていたように思う。より定量的に事業成果の競争力や、その結果として得られるビジネス面でのアウトカムが説明されていると非の打ちどころがなかったと考える。
- ・ 要素技術持つ企業とエンジニアリング企業の 2 社体制での実証事業であり、このパートナーシップが当初支援目的であった。長期にわたる事業期間内で 1 社の経営戦略が変更となったのは残念なこと。これは仕方ないことであるが、変更をカバーする仕組みについても一定程度検討して頂きたかった。

3. 評点結果



評価項目	平均値	素点 (注)				
		A	A	B	A	A
1. 事業の位置付け・マネジメント	2.8	A	A	B	A	A
2. 事業成果	3.0	A	A	A	A	A
3. 事業成果のアウトカム	2.0	B	B	B	B	B

(注) 素点：各委員の評価。平均値は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し算出。
また、読み手による解釈を統一するため、以下の判定基準は、A 及び B はポジティブ
C 及び D はネガティブとして扱った。

〈判定基準〉

1. 事業の位置付け・マネジメント

- ・評価基準に適合し、非常に優れている →A
- ・評価基準に適合しているが、より望ましくするための改善点もある →B
- ・評価基準に一部適合しておらず、改善すべき点がある →C
- ・評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である →D

2. 実証事業成果

- ・評価基準に適合し、非常に優れている →A
- ・評価基準に適合しているが、より望ましくするための改善点もある →B
- ・評価基準に一部適合しておらず、改善すべき点がある →C
- ・評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である →D

3. 事業成果のアウトカム

- ・評価基準に適合し、非常に優れている →A
- ・評価基準に適合しているが、より望ましくするための改善点もある →B
- ・評価基準に一部適合しておらず、改善すべき点がある →C
- ・評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である →D

第2章 評価対象事業に係る資料

「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

目次



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

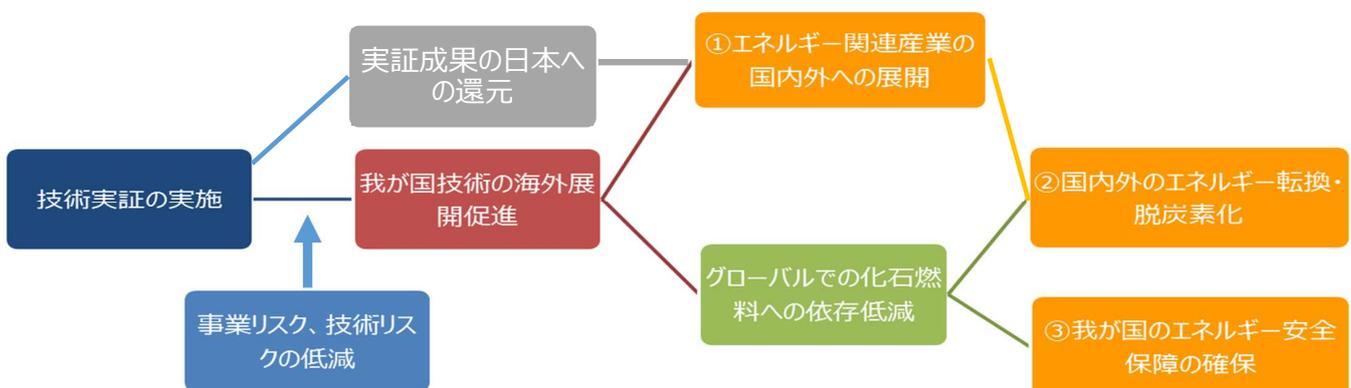
- (1) 事業成果の競争力
- (2) 更なる消費電力量低減の可能性
- (3) 普及体制
- (4) ビジネスモデル
- (5) 世界への技術発信
- (6) 世界の海水淡水化プラントの市場規模
- (7) 日立製作所・東レの今後の方向性

1. 事業の位置付け・マネジメント

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

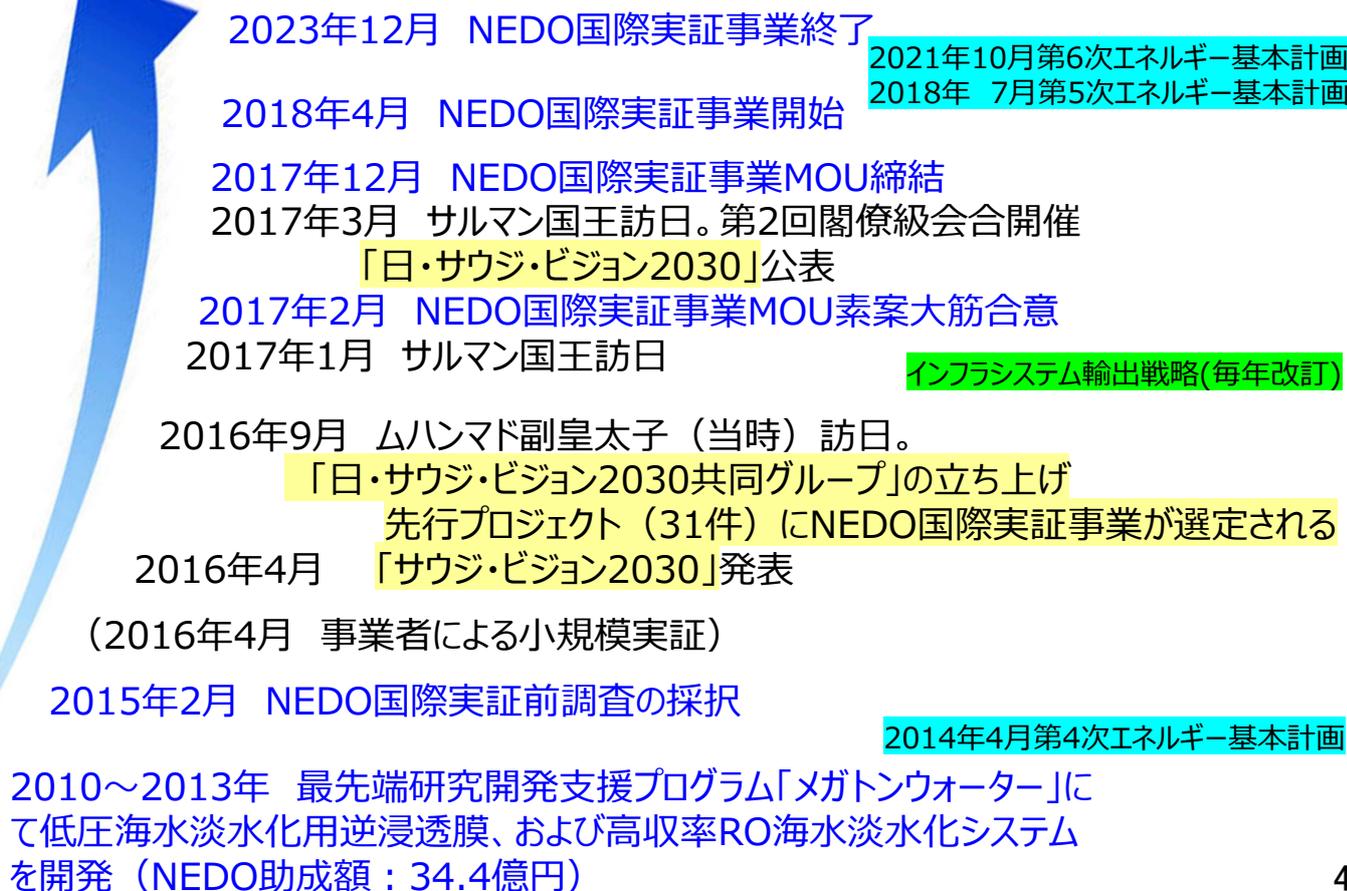
S + 3 Eの実現に資する我が国の先進的技術の海外実証を通じて、実証技術の普及に結び付ける。さらに、制度的に先行している海外のエネルギー市場での実証を通じて、日本への成果の還元を目指す。これらの取組を通じて、我が国のエネルギー関連産業の国内外への展開、国内外のエネルギー転換・脱炭素化、我が国のエネルギーセキュリティに貢献する。

(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）



4

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

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

5

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

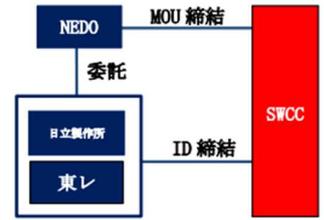


図1.各組織の連携

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

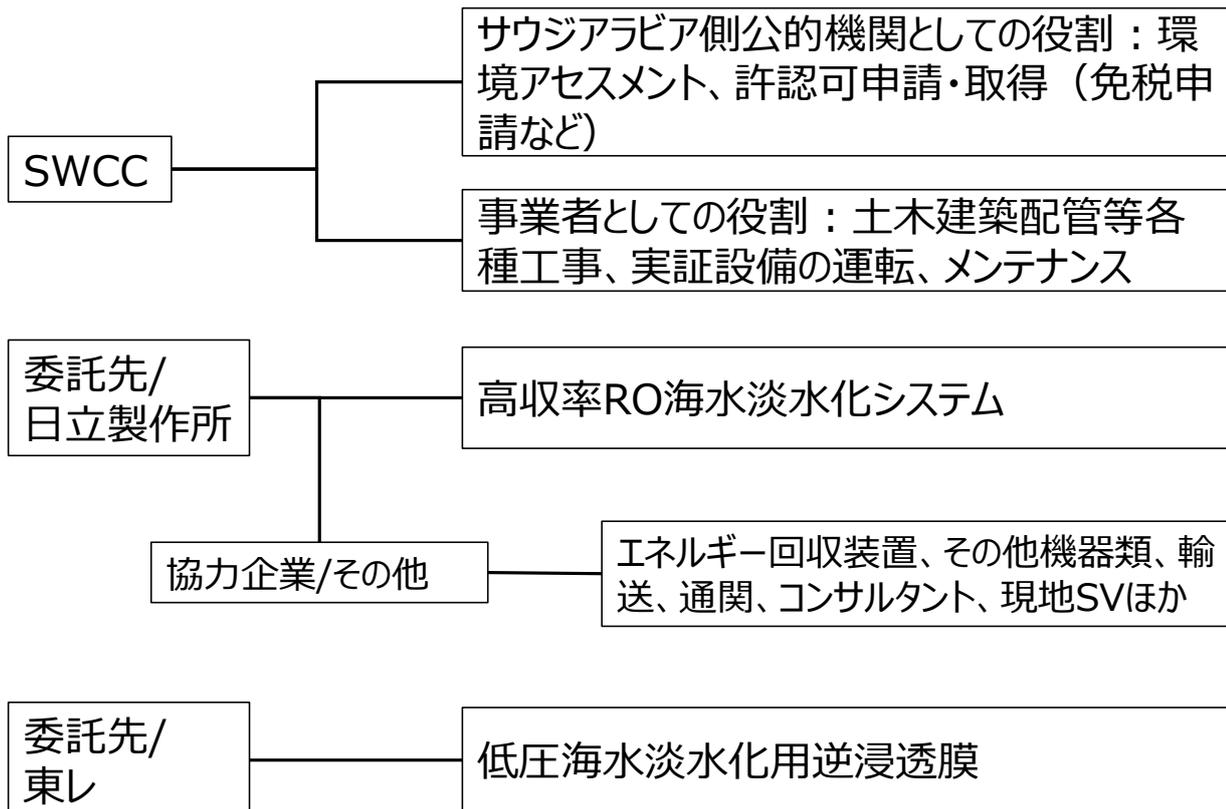
予算総額：62.6億円 (FS: 0.5億円、実証：62.1億円^{*4)})

- *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

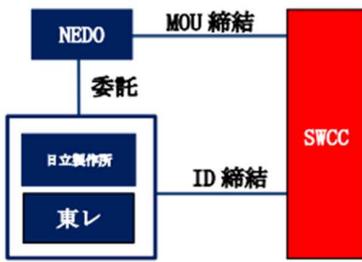
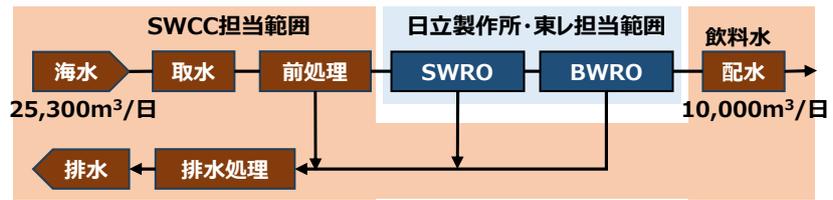


図1.各組織の連携



SWRO : SeaWater Reverse Osmosis Membrane, 海水淡水化用逆浸透膜
 BWRO : Brackish Water Reverse Osmosis Membrane, かん水淡水化用逆浸透膜

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

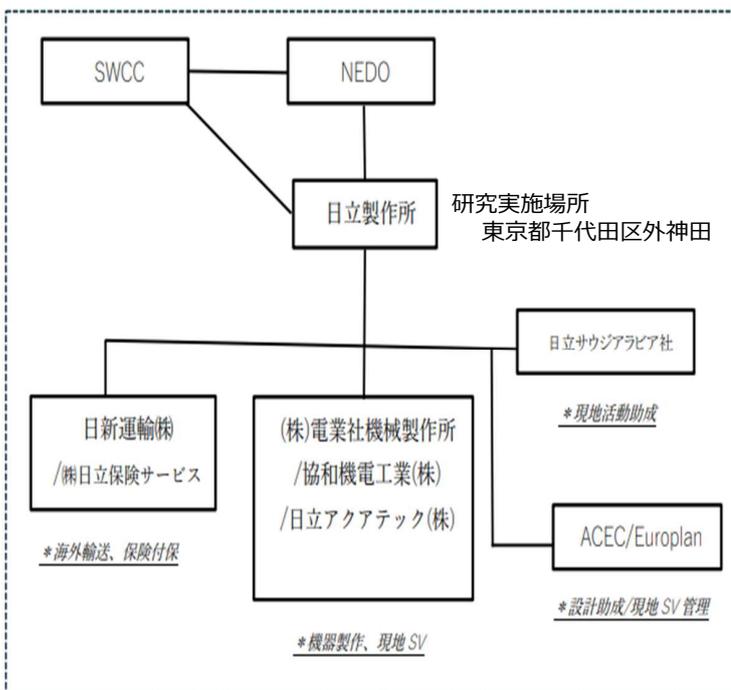


図3.日立製作所の体制図

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
機電業社機械製作所	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。
協和機電工業株式会社	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式会社 (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。
日新運輸株式会社	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。
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

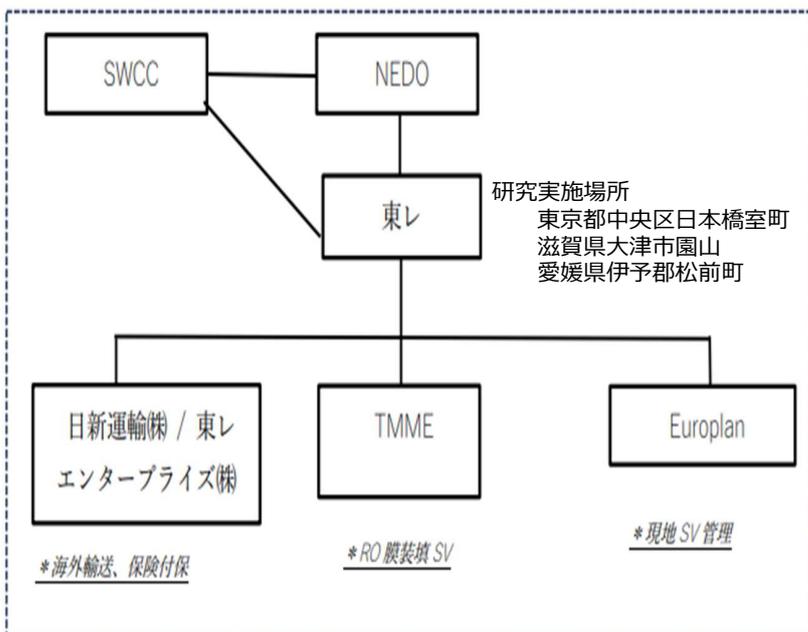


図4.東レの体制図

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)	ダンマシ	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
日新運輸株式会社	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式会社	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

年度	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
計画 2018.4.25 時点	実証前調査	小型実証試験 500m ³ /d	現地調査	策定、設計、機器製作	現地工事、試運転	実証開始	実証運転	実証終了	
			MOU締結	ID締結		日本人技術者派遣			
実行	実証前調査	小型実証試験 500m ³ /d	現地調査	策定、設計、機器製作	現地工事、試運転、設備補修	実証開始	実証終了		
			MOU締結	ID締結		日本人技術者派遣			
日立製作所	機器・工事・運転等 各年金額			178	96	1,725	382	214	111
東レ	合計 2,945百万円			15	13	0	0	177	34

【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。

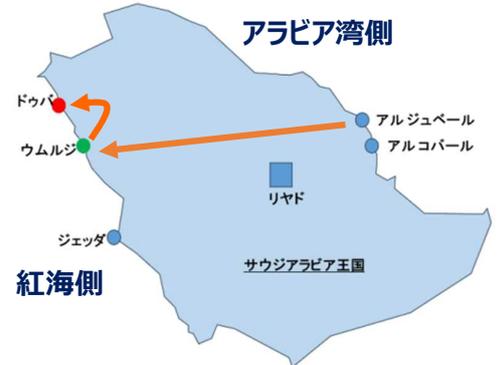


図5.実証サイトの変更

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で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)

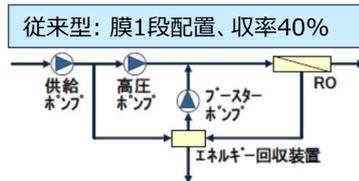


図6.従来型海水淡水化システム

＜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

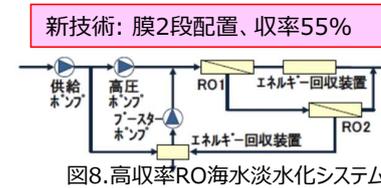


図8.高収率RO海水淡水化システム

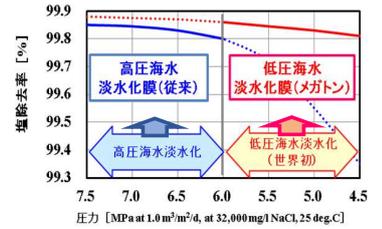


図7.低圧海水淡水化用逆浸透膜特性

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。

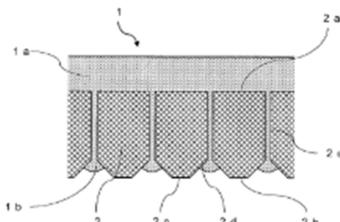


図9.特許番号：US8631946の図

＜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、競争優位性を有する。

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≧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。

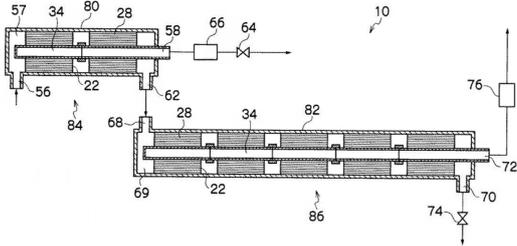


図10.特許番号：第5597122号の図

<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、競合優位性を有する。

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

2. 事業成果

(1) 新規海水淡水化システムの概要

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

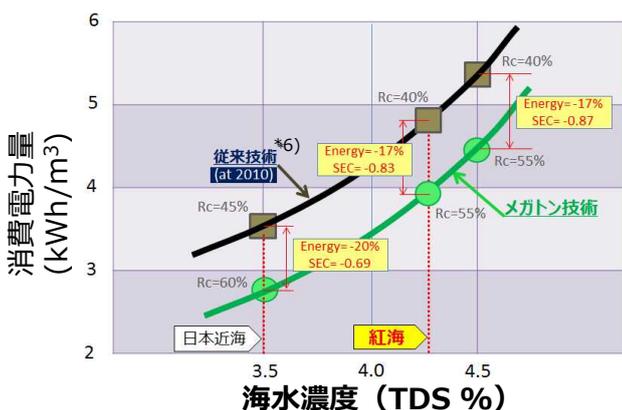


図12. 海水濃度による消費電力量の効果

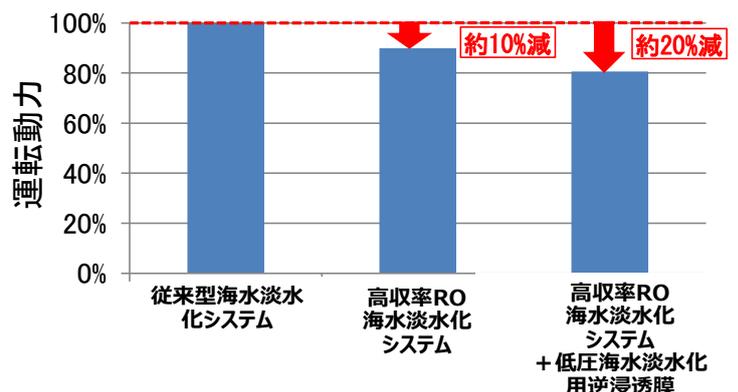
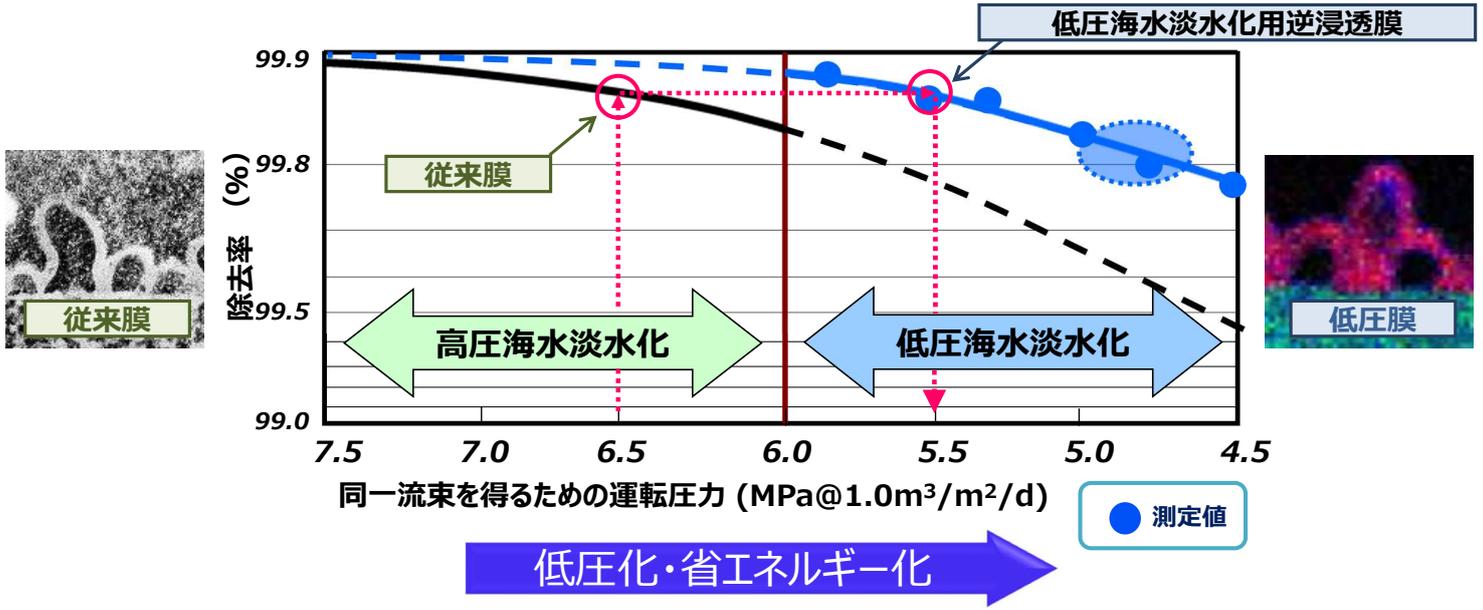


図13. 省エネルギー効果の比較 (運転動力低減効果)

*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



- 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)

20

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

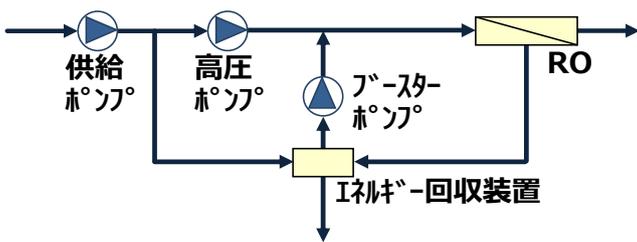


図15. 従来型海水淡水化システム

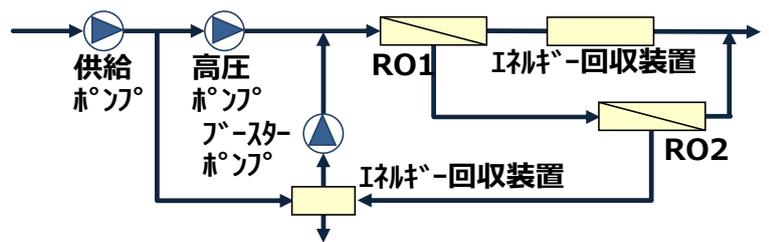


図16. 高収率RO海水淡水化システム

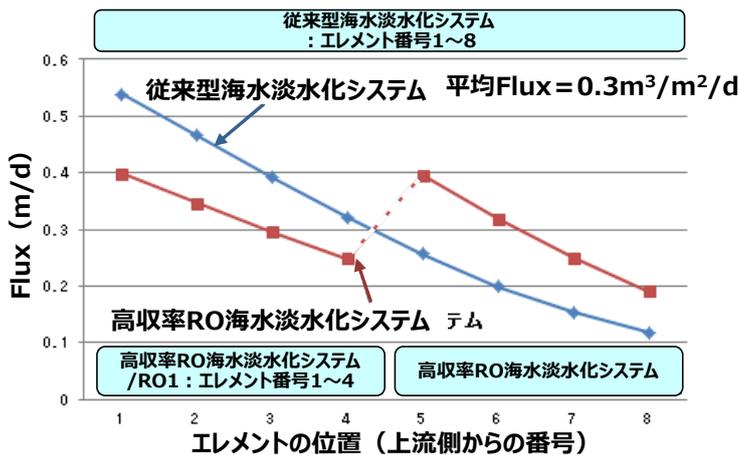


図17. 各RO膜の透過流束 (Flux) の分布 (比較)

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)

21

5) 日立製作所・東レの取組み



- 「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。
 - 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（500m³/d）運転開始

6) NEDO実証前調査、その後の取組み



- 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

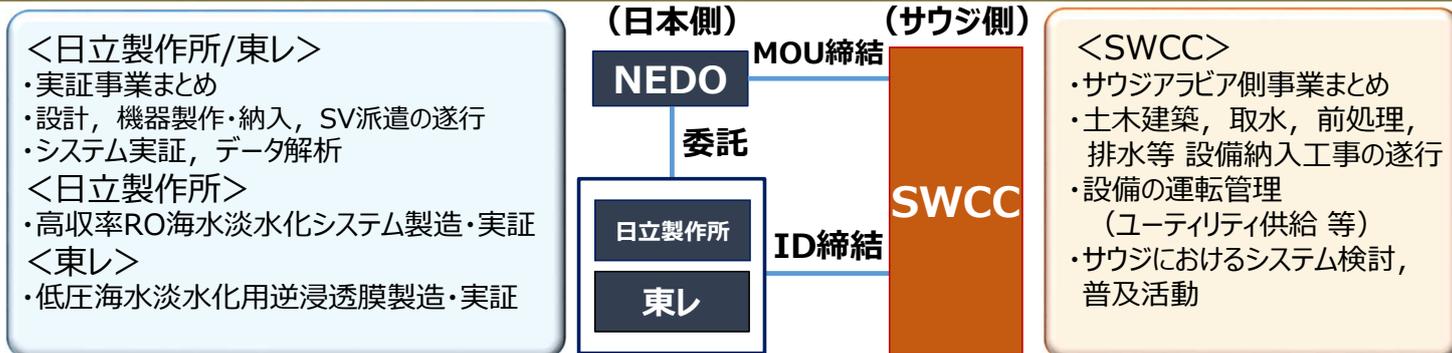


表6. 業務分担

	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ゥ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。

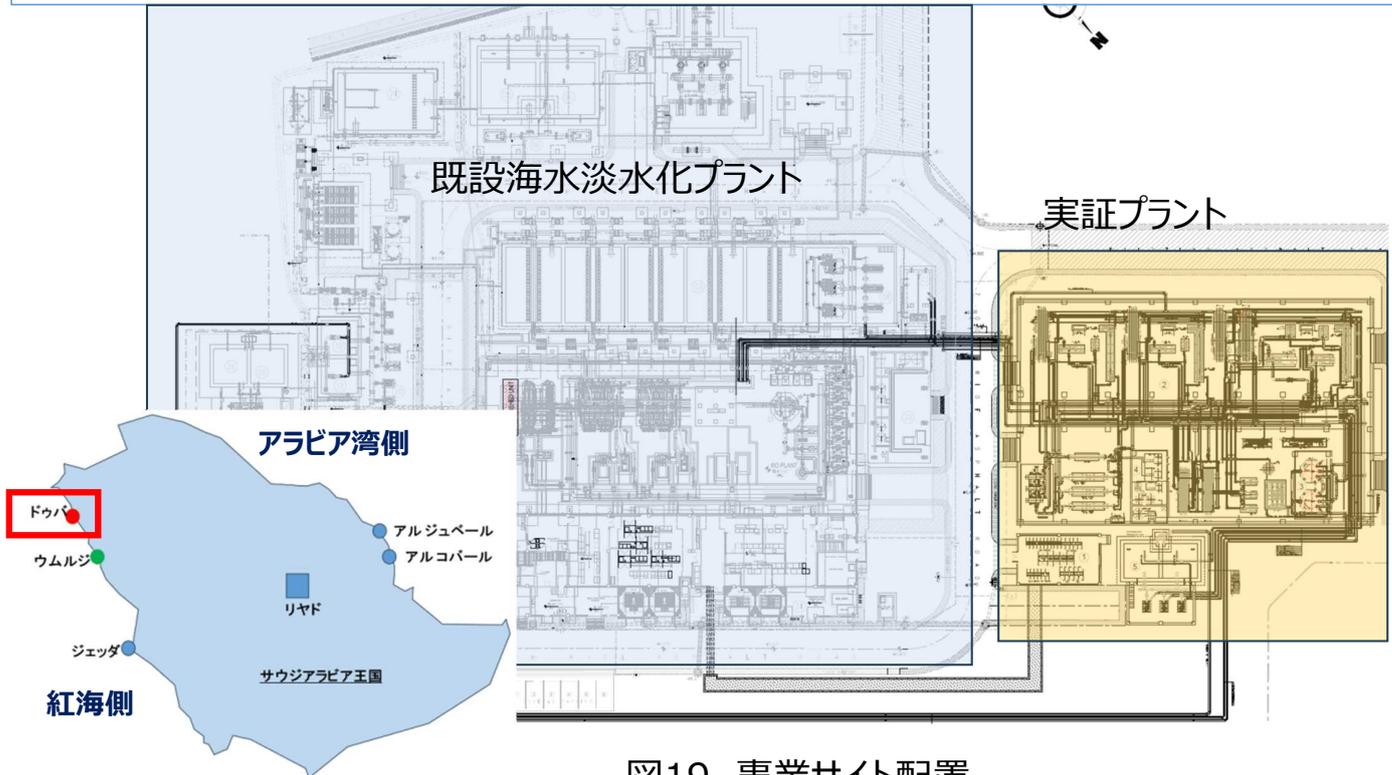


図18. 実証サイト所在地

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 26

2. 事業成果

(2) 目標達成の状況 1)実証運転経過

表7. 実証運転経過

	2023年 2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	2024年 1月	2月
実証運転	—————											▼	
												実証事業終了 (12月10日)	
SV派遣	—————												
	運転SV(日立製作所)												
	▼								▼				
	逆浸透膜SV(東レ)											逆浸透膜SV(東レ)	
教育・訓練	—————												
	SWCCへ運転教育・訓練												
	▼	← 逆浸透膜装填教育 →							▼	▼ エネルギー回収装置教育			
SWCCとの 技術協議				▼		▼				▼	▼	完成図書提出	
									事業終了に関する ステアリングコミッテ 実施		事業終了と 終了後の対 応についてレ ター発行		
実証事業 完了の関連									▼	▼	▼	IDに基づいた事業完了 証明書発行	

① 各種数値目標と結果

表8：目標達成の状況について

＜NEDO実証目標＞			
	消費電力量 (kWh/m ³)	消費I初値 [※] - 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

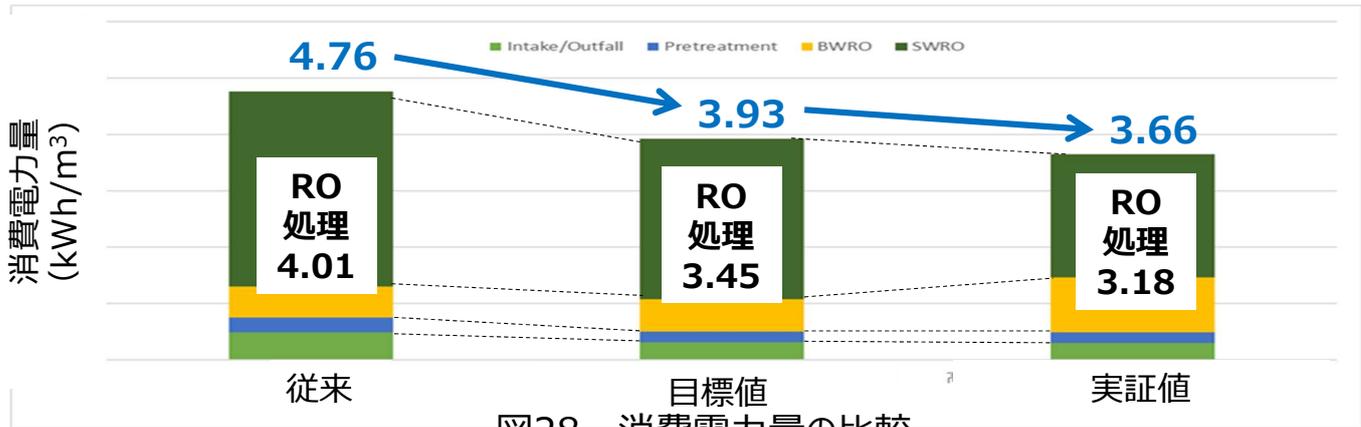


図28. 消費電力量の比較

<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	
	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。

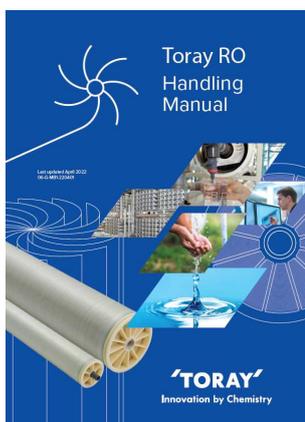


図29. 教育活動の一例

32

2. 事業成果

(2) 目標達成の状況 4)実証終了後の対応

- 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。

33

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。

目次



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

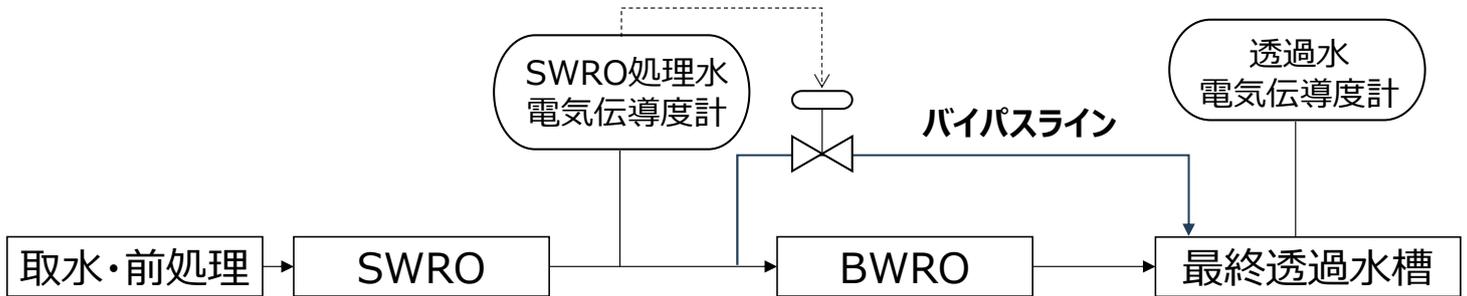
2. 事業成果

- (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。



BWRO処理量低減 → 消費電力量低減 → 省エネルギー効果増

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								
	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）

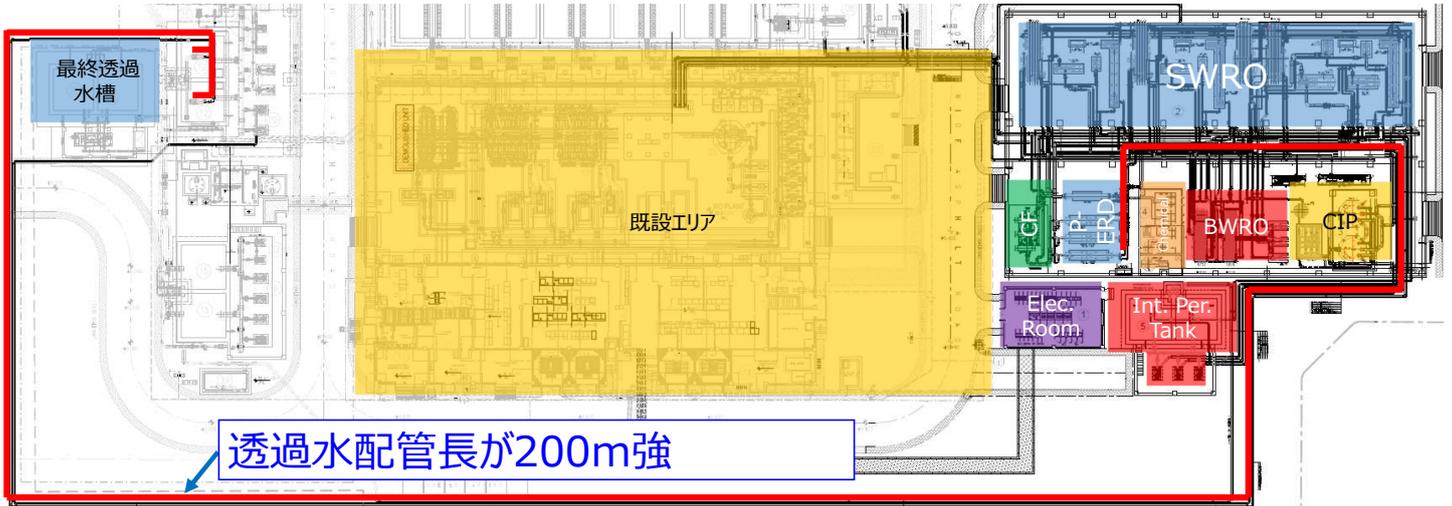
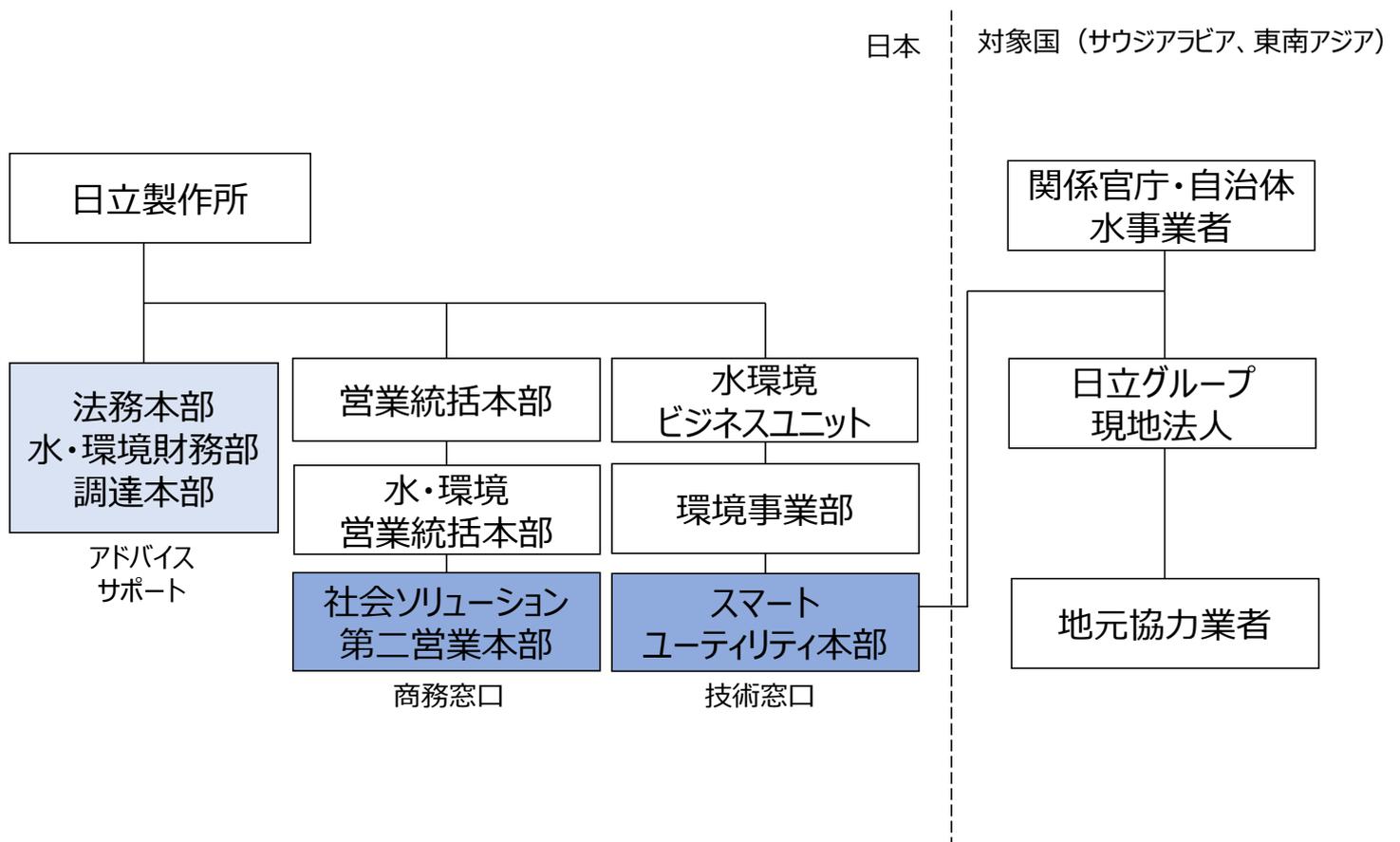
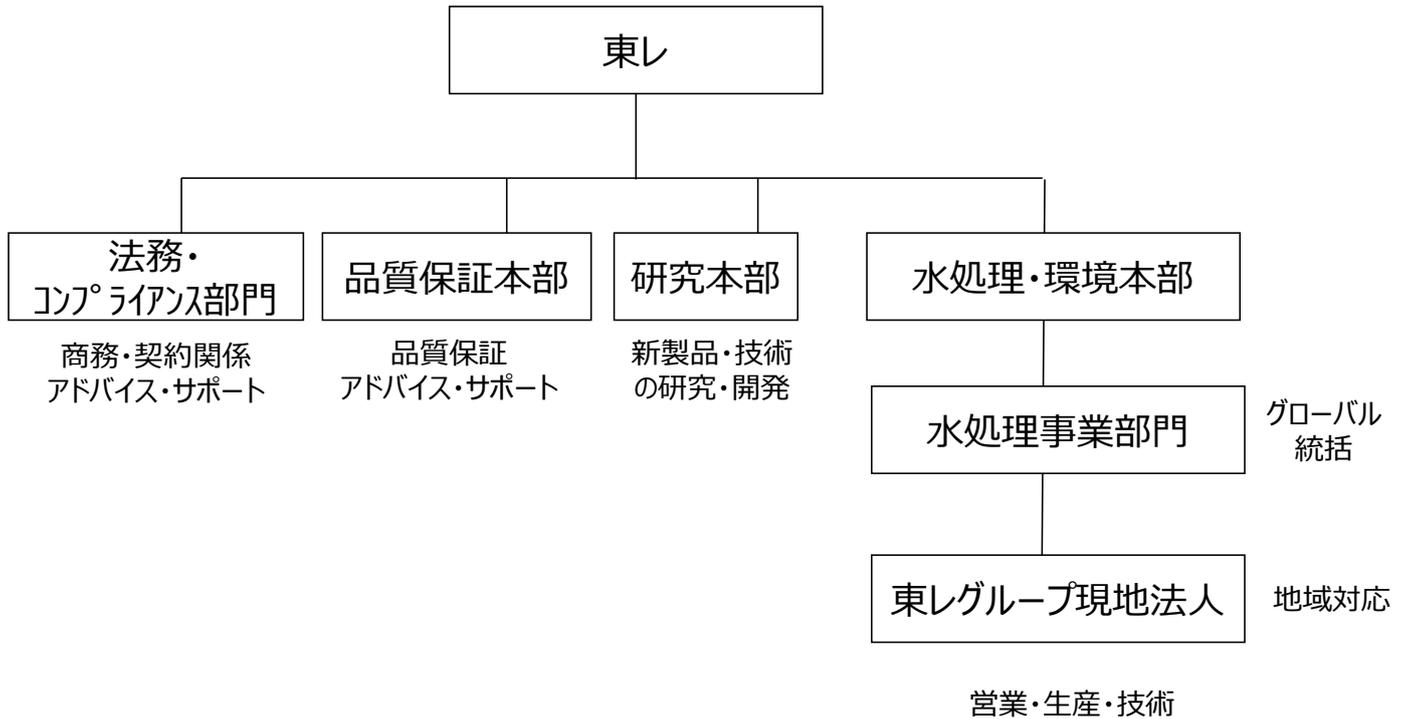


図31. 透過水配管の全体配置上の状況

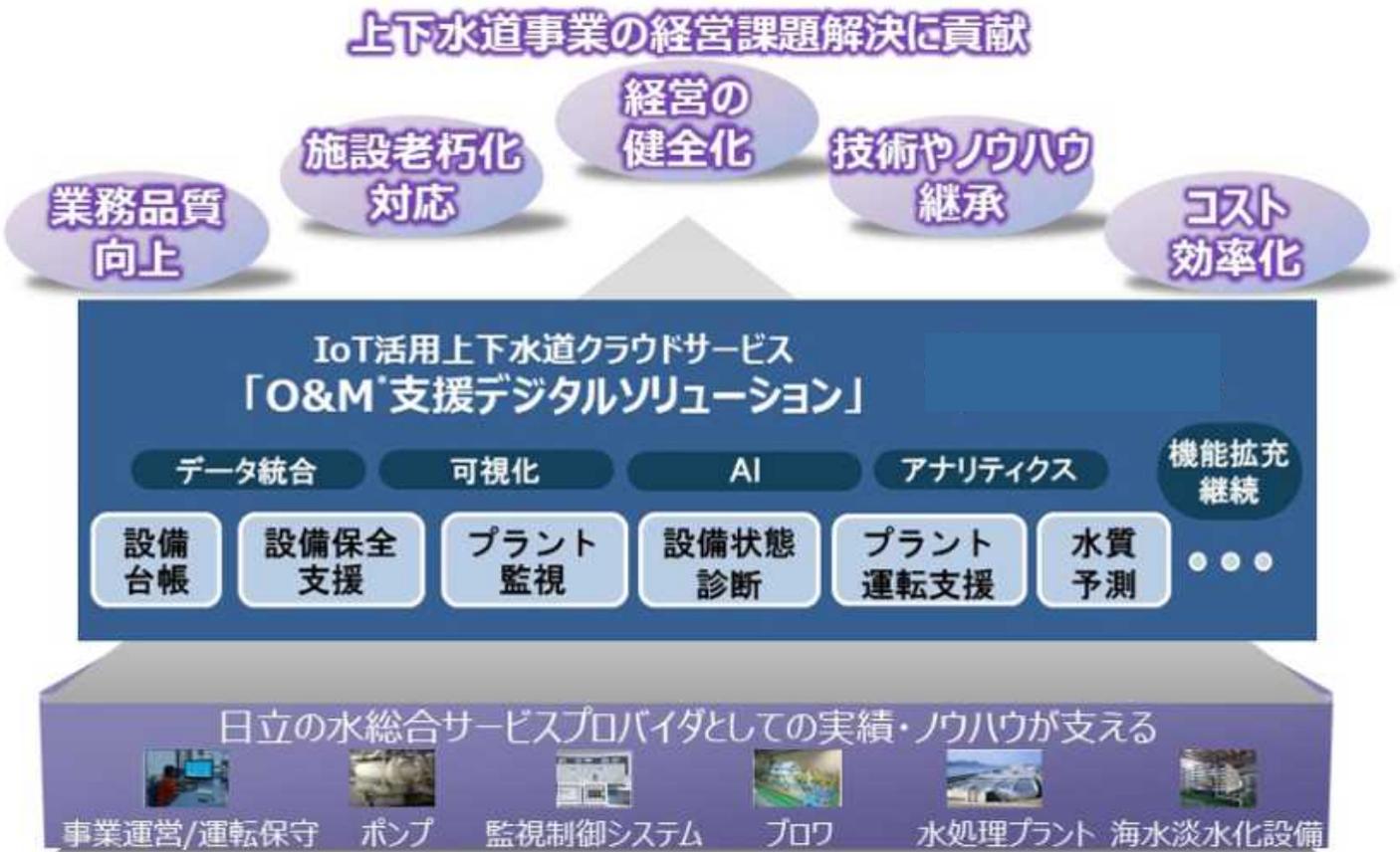




実証事業開始前に想定していた普及展開の可能性に対して、プロジェクトが進行する中で取り巻く環境の変化により、当初計画の修正が生じている。

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】



44

【東レ】

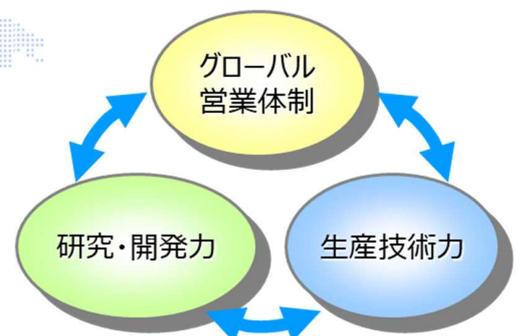
東レの水処理膜事業のビジネスモデル

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



45

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

3. 事業成果のアウトカム (6) 世界の海水淡水化プラントの市場規模

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。

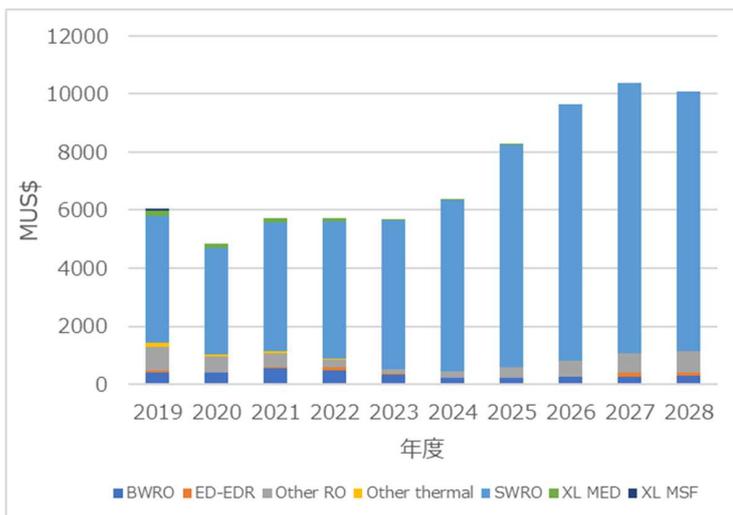


図32.システム別市場規模

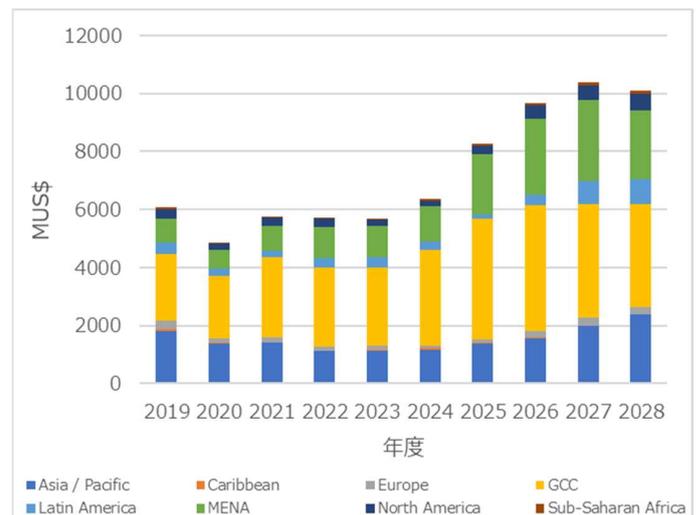


図33.地域別 市場規模

(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。

参考資料 評価の実施方法

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／
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）」／
個別テーマ 終了時評価に係る評価項目・基準

1. 事業の位置付け・マネジメント

(1) 政策的必要性

- ・ 事業の成果は、省エネルギー、新エネルギー技術の普及に資するものであったか。または、制度的に先行している海外のエネルギー市場での実証等の場合、その成果は日本への還元が期待できるか。
- ・ 相手国政府との政治・経済的な関係を考慮した効果的なアプローチとなっていたか。

(2) NEDO 関与の必要性

- ・ 民間企業のみで取り組むにはリスクが高いこと、かつ社会的意義（実証研究を実施し、またその後普及することで、対象国・地域や日本におけるエネルギー問題、二酸化炭素排出、インフラ整備、雇用、人材育成等、各種課題の解決への貢献又は波及）があることにより公的資金を投入する意義があったか。

(3) 相手国との関係構築の妥当性

- ・ 相手国側との間で、適切に役割及び経費が分担されたか。
- ・ 相手国の政府関係機関から必要な協力が得られたか。また、政府関係機関との間で今後の普及に資する良好な関係が構築できたか。

(4) 実施体制の妥当性

- ・ 事業者と相手国企業との間で構築された協力体制は妥当であったか。
- ・ 事業者の実施体制（当該事業に関係する実績や必要な設備、研究者等）は妥当であったか。

(5) 事業内容・計画の妥当性

- ・ 事業の内容や計画は妥当であったか。
- ・ NEDO が負担する経費について、項目や金額規模は妥当であったか。
- ・ 対象技術について、国際的な技術水準や競合技術の状況が適切に分析され、我が国が強みを有するといえるものであったか。
- ・ 標準化の獲得が普及促進に資すると考えられる場合、標準化に向けた取組が適切に実施されていたか。
- ・ 事業の進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に適切に対応していたか。

2. 事業成果

(1) 目標の達成状況と成果の意義

- ・ 事業の目標を達成したか。未達成の場合は、その原因が分析され、課題解決の方針が明確になっているなど、成果として評価できるものか。

- ・ 実証研究を通じて、既存技術や競合技術との優位性を定量的に検証することができたか。
- ・ 投入された NEDO の予算に見合った成果が得られたか。
- ・ 目標として設定し、さらには実際に事業で得られたエネルギー消費削減効果・石油代替効果及び CO₂ 削減効果は妥当な水準であったか。
- ・ トラブル対応など、実証研究を通じて得られた経験が教訓として蓄積されているか。

3. 事業成果のアウトカム

(1) 事業成果の競争力

- ・ 相手国やその他の国・地域において普及の可能性があるか。将来的に市場の拡大が期待できると考えられるか。(そう考えるに至った根拠を経済性評価の資料等で示すことが望ましい。)
- ・ 普及段階のコスト水準や採算性は妥当と考えられるか。また、事業終了から普及段階に至るまでの計画は、事業化評価時点のものより具体的かつ妥当なものになっていると考えられるか。
- ・ 競合他者に対する強み・弱みの分析がなされているか。特に、競合他者に対して、単純な経済性だけでない付加価値(品質・機能等)による差別化が認められるか。
- ・ 想定されるビジネスリスク(信用リスク、流動性リスク、オペレーショナルリスク、規制リスク等)が棚卸されているか。その上で、これらリスクに係る回避策が適切に検討されているか。

(2) 普及体制

- ・ 営業、部材生産、建設、メンテナンスなどの役割分担毎に、他社との提携や合弁会社の設立など、ビジネスを実施する上での体制が検討されているか。(既に現地パートナーとの提携の実績がある、現地又は近隣に普及展開のための拠点を設置することについて検討されていることが望ましい。)
- ・ 当該事業が事業者の事業ドメインに合致している、又は経営レベルでの意思決定が行われているか。

(3) ビジネスモデル

- ・ 相手国やその他普及の可能性がある国・地域での普及に向けて、具体的かつ実現可能性の高いビジネスプランが検討されているか。また、外部環境(内外の技術・市場動向、制度環境、政策動向等)の状況を踏まえているか。
- ・ 相手国やその他普及の可能性がある国・地域において、普及に資する営業活動や、標準化活動などのオープン・クローズ戦略が検討されているか。
- ・ 事業者が継続的に事業に関与できるスキームとなっているか。

(4) 他の国・地域等への波及効果の可能性

- ・ 当該技術の普及が、相手国・地域のみならず、他の国・地域や日本におけるエネルギー問題、CO₂ 排出抑制、インフラ整備、雇用、人材育成、制度設計等、各種課題の解決への貢献又は波及効果が期待できるか。