

CNT/PA複合RO膜モジュールを用いた実海水での淡水化実証

CNT: Carbon Nano Tube, PA: Polyamide

研究実施機関：株式会社日立製作所、信州大学、東レ株式会社

- ① **ロバスト(頑強)性**が特長のCNT/PA複合RO膜を用いた**革新的な海水淡水化プラント**を開発中
- ② **汚れに強く透水性の高いRO膜**により**薬品・廃棄物削減、省エネルギー**な環境調和型海水淡水化プラントを考案(図2)
- ③ CNT/PA複合RO膜モジュールを用い、**実海水から淡水を造るパイロット試験を2019年度から開始**

1. 背景と目的

本プロジェクトは、既存技術の延長では不可能な**「ロバスト(頑強)な分離技術」による革新的な『造水・水循環システム』の開発を目指す**。中でも「海水淡水化」の脱塩処理に適用する革新的RO(Reverse Osmosis: 逆浸透)膜の開発を第1のターゲットとして社会実装を進めている。低環境負荷、SDGsへの貢献が求められる社会潮流を見据え、海水淡水化プラントに対する**発生廃棄物の削減、省エネルギー化**、多様な地域で普及可能とする**低コスト化と安定したオペレーションの実現**をめざす。その起点としてプラントの核となる**RO膜のファウリング、特にバイオフィウリングの抑制**に注目し、開発を進めている。

市場動向

- ひっ迫する水需要への対応として、淡水化設備は2030年までに倍増する¹⁾
- 中東が最大の導入エリアであるが、新興国、島しょ国などへの導入も進む

1): Desalination Markets 2016, Global Watre Interigense, DesalData

社会潮流

- SDGs No.6: 2030までにすべての人に水と衛生へのアクセスを確保する
- 2030年には人口増加と社会発展により、1995年と比較して世界の水摂取量が40%増大すると推定²⁾
- 中東では今後都市化の進行、産業多角化に伴う海洋汚染、低炭素化、環境活動への投資が進む
- 島しょ国、沿岸地域では温暖化による海面上昇のため水資源が塩水化、海水淡水化の導入が進む
- 海水淡水化の導入加速により廃棄物発生、それによる生活資源の海洋環境への影響が懸念

2): Pamphlet of Global Aqua Innovation Center

安定造水を起点とし、環境負荷低減(発生廃棄物量削減)・環境保護を実現する環境調和型海水淡水化プラントを構築

Ex: 洗浄、膜汚染防止の薬剤、廃棄物削減/設備の規模縮小、簡易化による発生破棄物量削減、環境資源の確保

技術課題

- RO膜表面に汚れが付着し、膜性能が低下、安定造水できない
- 薬品洗浄頻度の増大による廃棄物発生(廃薬品、廃RO膜)
- ROファウリング対策で用いる前処理設備での廃棄物発生
- 運転圧力の増加による消費エネルギーの増加

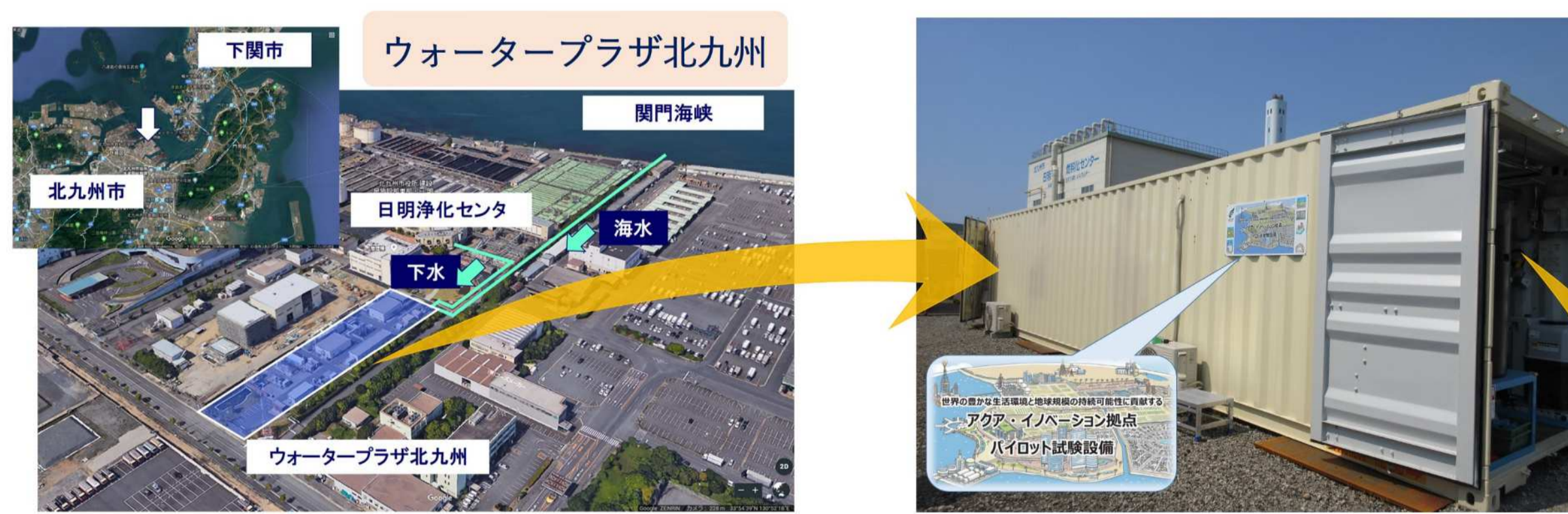


2. 検討方法

■ **革新的プラントシステムの提案とCNT/PA複合膜モジュール仕様のバックキャスト**
研究から生まれるシーズを基に実用化を発想する「フォアキャスト」型ではなく、低環境負荷、SDGsへの貢献が求められる**社会潮流に対応した革新的プラントシステムの実現に必要な仕様を「バックキャスト」してCNT/PA複合膜の仕様を策定**し、研究開発を推進している。

■ 実海水を用いたパイロット試験の推進

開発したCNT/PA複合RO膜モジュールを用い、実海水から淡水を造る**パイロット試験を2019年度から開始**した。季節変動を考慮した長期間の連続運転によって実証試験を行い、CNT/PA複合RO膜の優位性評価と考案システムの実現性を検証する。



北九州市小倉に位置する、海水淡水化・下水再利用の実証試験のための施設。この一角に信大COIのCNT/PA複合RO膜を用いた海水淡水化パイロット試験設備を設置した。 出典: Google (https://earth.google.com)

長さ12mほどのコンテナ内に、CNT/PA複合RO膜モジュールを搭載した海水淡水化装置、薬品ユニット、水槽などを設置。



新開発のロバストカーボン複合膜を搭載したモジュール試作品(直径3インチ)

カーボンナノチューブを混ぜているので、膜モジュールの断面が黒く見えるのが特徴。大学内の大型装置で50cm幅の連続機械製膜を行い、製造した膜で直径4インチのモジュールを作成し、実証試験で運用している。



このシステム全体で一日およそ10トンの真水を海水から作り、脱塩性・透水性・耐ファウリング(汚濁)性・耐薬品性などの膜の性能や運用コストを検証している。

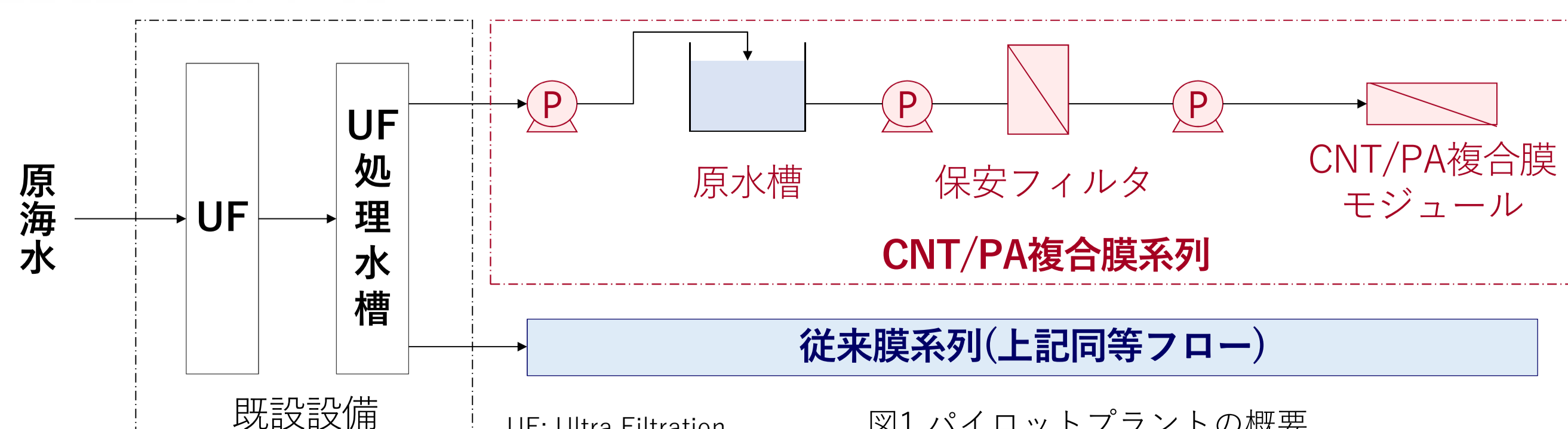


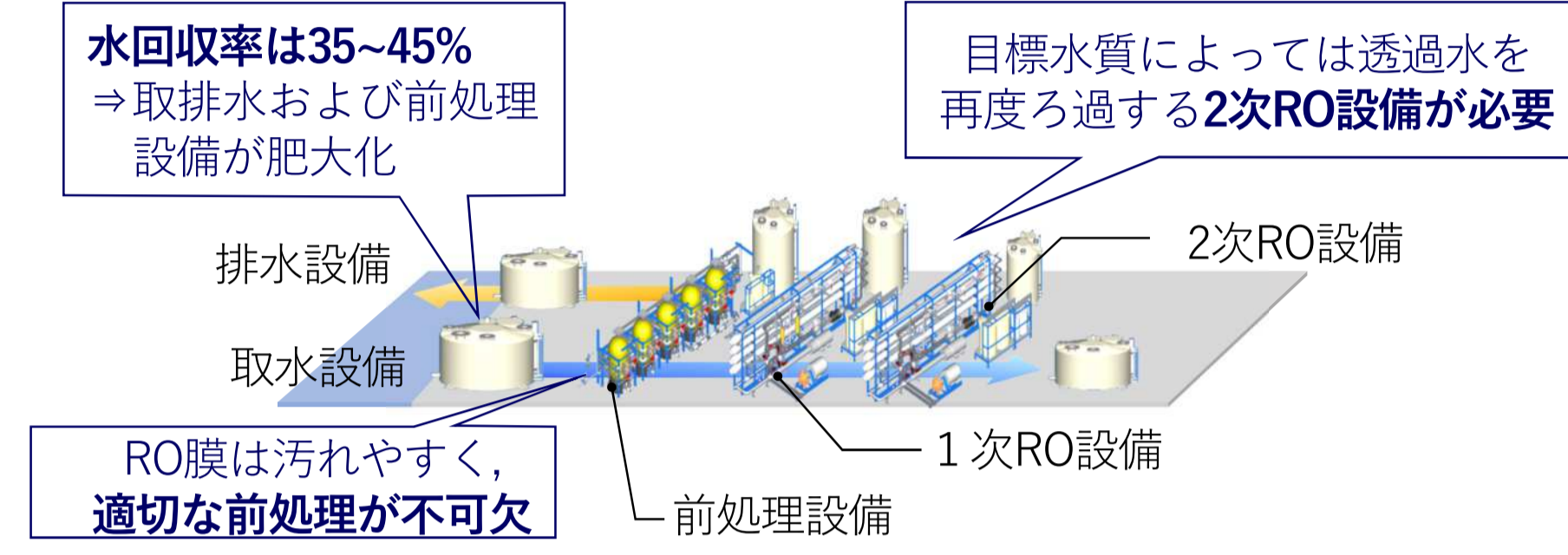
図1 パイロットプラントの概要

3. 結果と考察

■ 考案した革新的プラントシステムの概要

CNT/PA複合RO膜が持つ**耐ファウリング性、高ロバスト性**に着目し、その特長を十分に生かした海水淡水化プラントシステムとして、**(1) RO高回収化 (2) 前処理および後処理簡易化 (3) 省エネルギー化による低コスト造水システムを考案**した(図1)。

[従来の設備]



[CNT/PA複合膜を用いた設備]

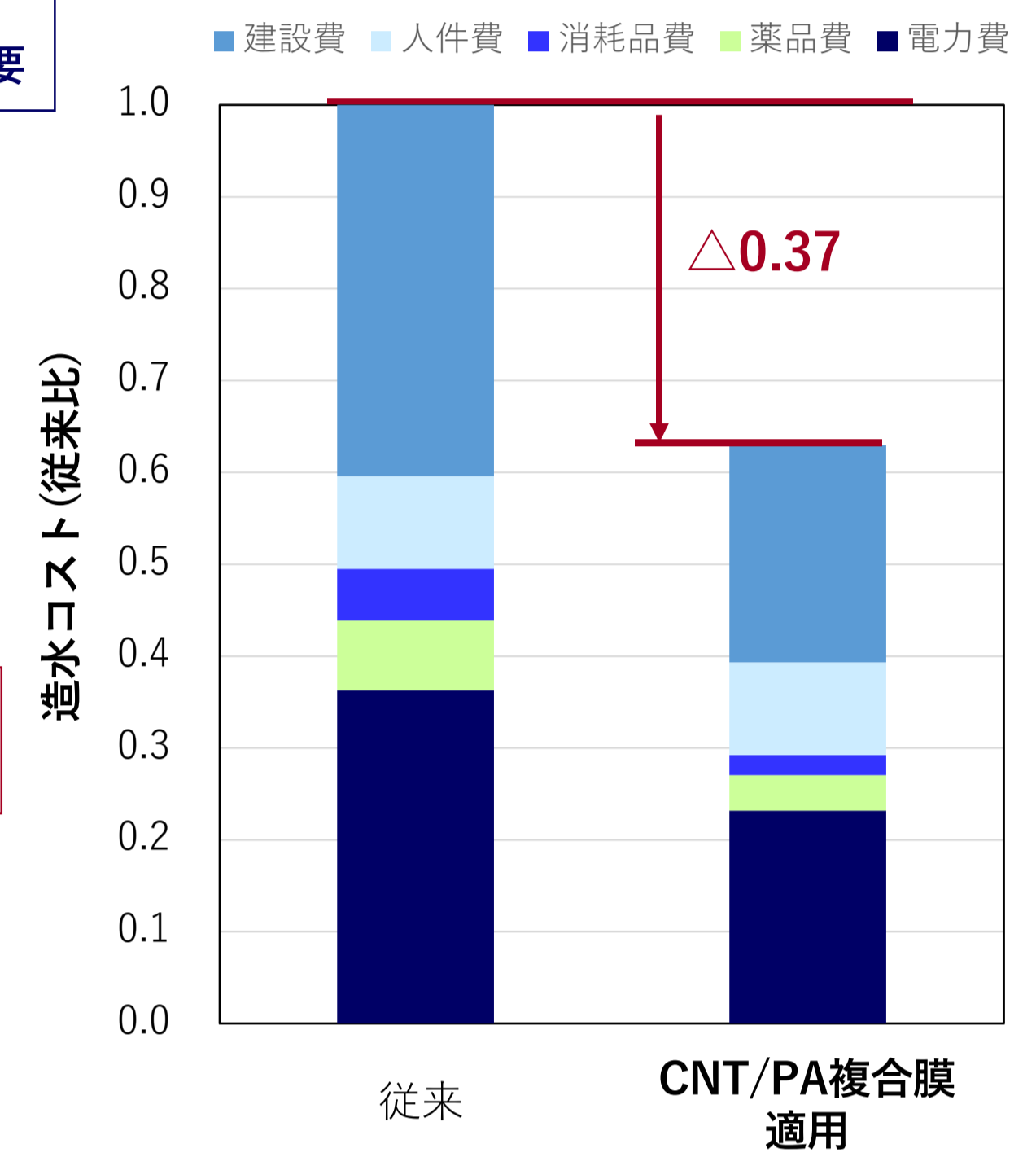
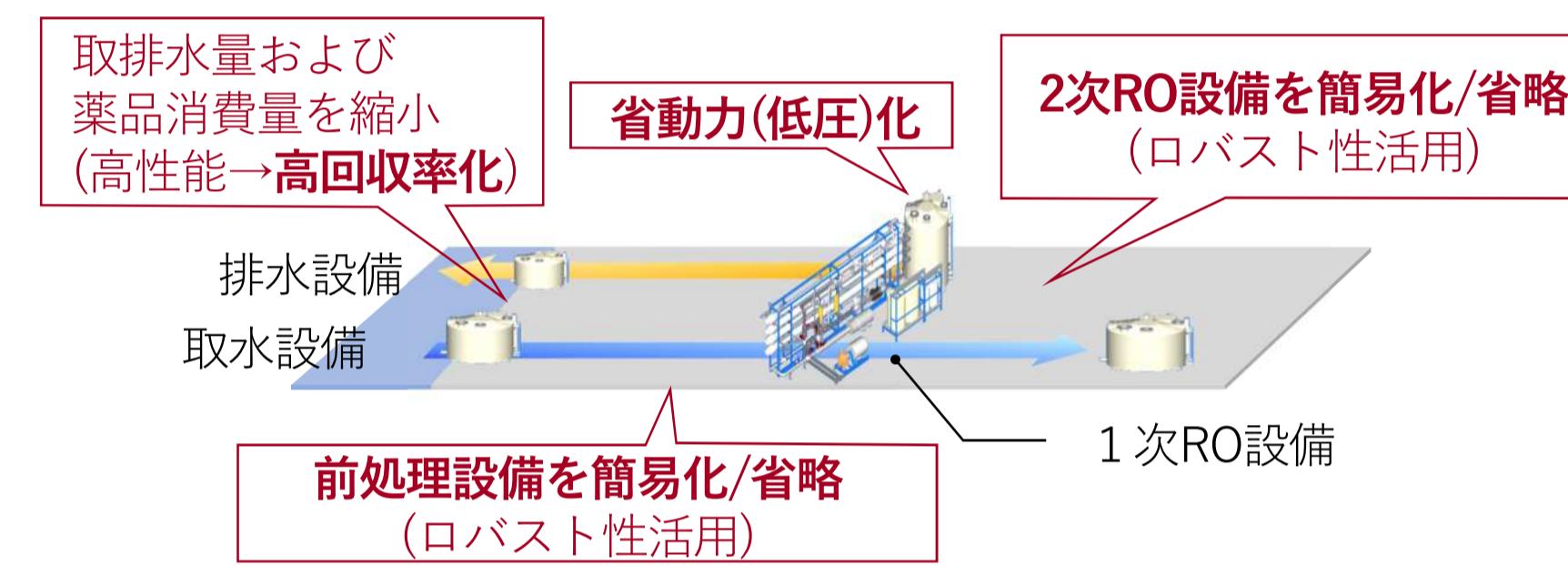


図2 提案した革新的海水淡水化プラントシステムの概要

試算では提案した革新的海水淡水化プラントシステムは従来のシステムと比較して**37%の造水コスト削減効果を持つことが確認**された。海域によるが現状の1m³あたりの造水コストが0.5~1ドルと言われており、更に低減できれば社会インフラとしての海淡の役割は大きく広がるものと考えられる。

■ パイロット試験経過

CNT/PA膜の膜ファウリングに対する優位性評価および前処理簡易化の実現性検証を目的に、UF処理海水を原水として2019年5月より約260日間の連続運転を実施した。運転後の膜表面について、**市販膜に対し着色が少なく、付着物量が少なかった**ことからCNT/PA膜の優位性を確認した。また、CNT/PA膜は**膜洗浄基準よりも低い通水差圧で運転を継続**できており、**その後も洗浄なしで十分に長い期間の運転が可能と推定できた**ことから、**より簡易な前処理で連続運転可能な見込み**を得た。

表1 パイロットプラント運転条件

試験項目	対応する検討項目	運転条件	評価
実環境連続運転(前処理: UF)	膜ファウリングに対する優位性評価 前処理簡易化の実現性検証	運転方法: 定流量運転 フラックス: 実設備同等 回収率: 実設備同等	膜汚染の指標である通水差圧について変化傾向を評価

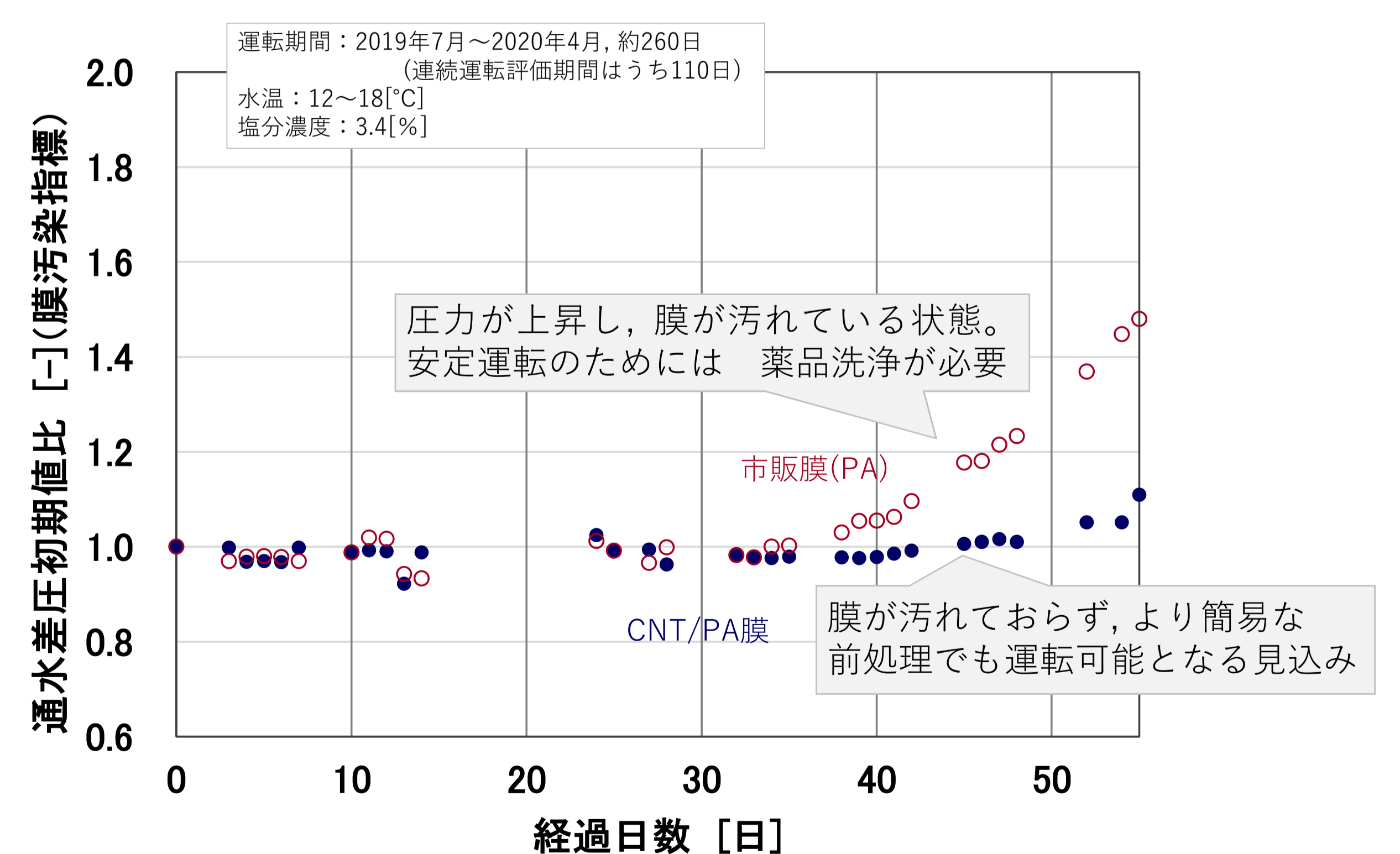


図3 パイロットプラント連続運転結果(左)と運転後の膜表面状態(右)

4. 今後の課題

パイロット試験を推進し、実環境試験結果からCNT/PA複合膜の性能向上のための提言をするとともに、革新的海水淡水化システムの確立に向け、学内加速試験や実証を通じ設計仕様を策定していく。

検討項目	FY2020	FY2021
透水性・除去率性能の向上		(性能ブラッシュアップ)
耐汚染優位性検証(学内加速試験)		
耐汚染優位性検証(パイロット試験)		
前処理簡易化の実証		
2次RO簡易化の実証		