

世界の豊かな生活環境と地球規模の持続可能性に貢献する
アクア・イノベーション拠点(COI)

第7回 シンポジウム

2019.12.17(火) 13:00~17:30

(株)日立製作所 中央研究所
日立馬場記念ホール
(東京都国分寺市東恋ヶ窪1-280)

予稿集

膜開発の成果と アフリカ水環境への 新しい展開

【主催】アクア・イノベーション拠点(COI)、信州大学
【後援】公益社団法人高分子学会、炭素材料学会、公益社団法人
日本水環境学会、日本膜学会、NPO法人JDA協会、
長野県、公益財団法人長野県テクノ財団、
NHK長野放送局、SBC信越放送、NBS長野放送、
TSBテレビ信州、abn長野朝日放送、信濃毎日新聞社



Global Aqua Innovation Center symposium



世界の豊かな生活環境と地球規模の持続可能性に貢献するアクア・イノベーション拠点(COI)

第7回シンポジウム開催趣旨

信州大学アクア・イノベーション拠点(COI)は、『革新的な造水・水循環システム』の実用化を目指して研究推進しています。我々の目標は、SDGsの目標である、2030年に全ての人が安全な水にアクセスすることができるように、海水、排水、表流水など多様な原水から安全で適正な価格(affordable)の水を最小の自然負荷で提供できる技術およびシステムの開発と、それを事業化することです。

プロジェクト開始から7年目となり、「カーボンナノチューブ／ポリアミド複合逆浸透膜(CNT/PA複合RO膜)」の研究開発は、福岡県北九州市のウォータープラザ北九州に完成した海水淡水化実証試験設備における実海水での評価試験を開始するに至りました。また、アフリカ・タンザニアにおいて地下水から高濃度のフッ素を除去し安全な水を安定供給するシステムの研究開発にも着手しました。さらに、本COIの活動を発展させるための産官学市民の協創の場として準備を進めてきた、アクア・ネクサスカーボンプラットフォーム(AxC-PF)もいよいよ正式に発足するなど、研究成果の社会実装に向けて着実に歩みを進めています。

今回のシンポジウムを通じてCOIの活動に対して広くご理解いただくとともに、今後の進め方等についての忌憚のないご意見を賜れば幸いです。



プロジェクトリーダー

株式会社日立製作所
水・環境ビジネスユニット
技術アドバイザー

都築 浩一

シンポジウム開催にあたって

今回、COI共同提案機関である日立製作所様のご厚意により、中央研究所日立馬場記念ホールにおいて第7回シンポジウムを開催できますことに、心より感謝申し上げます。

信州大学は、COIの中核機関として、本学の強みであるナノカーボン材料を中核とする材料科学の研究を中心に全学の英知を結集し、『革新的な造水・水循環システム』の構築を目指して、研究開発を推進しております。

本プロジェクトも残すところあと2年余となり社会実装に向けて研究開発は加速し、海水淡水化に向けた取り組みでは、今春ウォータープラザ北九州に完成した試験設備においてCOIが開発した「CNT/PA複合RO膜」の実証実験をスタートさせ、アフリカのタンザニアにおいては水環境改善プロジェクトを展開しています。

8月には、COI参画者が中心となりアクア・ネクサスカーボンプラットフォーム(AxC-PF)を立ち上げました。COI終了後もこうした産官学の共創的イノベーションを創出する拠点として、活動を発展的に継続することは、地域をはじめ国内外の企業や産業の発展に貢献するものと信じております。

今後も、本プロジェクト成功のために全学をあげて支援してまいり所存でございますので、引き続きご支援・ご協力をお願い申し上げます。



国立大学法人信州大学
学長

濱田 州博

ポスターセッション(コアタイム) 12:00~13:00

- 13:00~13:15 **開会挨拶** 濱田 州博(信州大学学長)
来賓ご挨拶 文部科学省(予定)
矢川 雄一(株式会社日立製作所 研究開発グループCTI副統括本部長)
- 13:15~13:30 **プロジェクト説明**
都築 浩一(プロジェクトリーダー/株式会社日立製作所)
- 13:30~15:00 **研究概況報告**
- **高い耐ファウリング性と塩素耐性を有するカーボンナノチューブ
/ 架橋芳香族ポリアミド複合逆浸透膜(CNT/PA複合RO膜)**
遠藤 守信(研究リーダー/信州大学特別特任教授)
 - **スパコンを利用したCNT/PA複合RO膜の透水性のシミュレーション**
手島 正吾(高度情報科学技術研究機構)
 - **RO膜のファウリング機械学習モデルの構築**
前田 瑞夫(理化学研究所)
 - **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**
大西 真人(株式会社日立製作所)
竹内 健司(サブ研究リーダー/信州大学准教授)
武内 紀浩(東レ株式会社)

休憩・ポスターセッション 15:00~15:20

- 15:20~16:20 **研究概況報告**
- **タンザニアにみる飲料水源のフッ素汚染とその対策**
吉谷 純一(信州大学教授)
 - **表面重合膜で切り拓く分離・センシング機能**
木村 睦(サブ研究リーダー/信州大学教授)
 - **水大循環シミュレーションの応用展開**
高橋 桂子(COI-S研究リーダー/海洋研究開発機構)
- 16:20~16:35 **アクア・ネクサスカーボンプラットフォーム(AxC-PF)の構築**
上田 新次郎(エグゼクティブアドバイザー/AxC-PF会長)
- 16:35~17:15 **招待講演**
**「逆浸透法巨大海水淡水化プラント(メガ-SWRO)の時代到来
— 日本はどう対応するか」**
栗原 優(東レ株式会社 フェロー)
- 17:15~17:25 **講評**
佐藤 順一(COI STREAM ビジョン3 ビジョンナリーリーダー/前日本工学会会長)
- 17:25~17:30 **閉会挨拶**
中村 宗一郎(信州大学理事)
- 司会進行:藤田 健一(信州大学学長補佐/工学系教授)

意見交換会 17:40~18:40

中央研究所 協創棟1階 レストランけやき(会費2,000円・事前申込制・先着100名)

高い耐ファウリング性と塩素耐性を有するカーボンナノチューブ／架橋芳香族ポリアミド複合逆浸透膜 (CNT/PA複合RO膜)



研究リーダー
信州大学特別特任教授
遠藤 守信

水処理膜に各種ナノ材料を応用して新機能の発現を目指す研究は、半世紀に及ぶポリアミド(PA)水処理RO膜の実績を背景に、その更なる性能向上を目的に活発に展開されている。ナノメータサイズで炭素の構造を精緻に制御して得られるナノカーボン(NC)を用い、多孔性透水性基材上にPAとの複合化等でNC複合RO膜が調製できる¹⁻⁴⁾(図1)。NCとして多層カーボンナノチューブ(CNT)、グラフェン、フラーレン等を用い⁵⁾、さらにフィラーとしてNCと同様のPA界面重合プロセスが使用可能なセルロースナノファイバー(CNF)等を用いて、得られた各RO膜の機能を比較検討した。さらにナノ構造を制御したダイヤモンド状カーボン(DLC)で全炭素製の無機膜も生成し、透水機能を評価した⁶⁾。殊にNC/PAあるいはCNF/PA RO膜は、透水性、耐塩素性⁷⁾、耐ファウリング性⁸⁻¹⁰⁾に優れた機能を有し、またDLC膜は全無機水処理膜として、それぞれ期待できることを明らかにしてきた。その他、酸化グラフェン・グラフェン複合によるNF膜¹¹⁾、特異なナノ空間を持つNCを用いた石油採掘時の副産物である随伴水一次処理法も開発している^{12,13)}。また、かかるナノカーボン膜の知見をRO膜モジュール構成部材として重要な原水スパーサに 응용して、優れた防汚性を有する新規原水スパーサを開発した¹⁴⁾(図2)。

ここでは各種ナノカーボンRO膜や新規原水スパーサの性能と機能発現のメカニズム、期待される応用について紹介したい。

References

- 1) S. Inukai, M. Endo et al., Scientific Reports 5:13562, 1-10 (2015)
- 2) T. Araki, M. Endo et al., ACS Appl. Mater. Interfaces 7, 24566-24575 (2015)
- 3) T. Araki, M. Endo et al., Physical Review Applied 9, 024018 (2018)
- 4) K. Takeuchi, M. Endo et al., Desalination 443, 165-171 (2018)
- 5) J. O. Medina, M. Endo et al., Advanced Materials 31(13):1805717 (2019)
- 6) J. O. Medina, M. Endo et al., NPG Asia Materials 8, e258, 1-10 (2016)
- 7) J. O. Medina, M. Endo et al., Scientific Reports 2748 (2018)
- 8) Y. Takizawa, M. Endo et al., ACS Appl. Mater. Interfaces 9, 32192-32201 (2017)
- 9) Y. Takizawa, M. Endo et al., ACS Omega 3, 6047-6055 (2018)
- 10) R. C.-Silva, M. Endo et al., Environ. Sci. Technol. 53, 11, 62555-6263 (2019)
- 11) A. M. Gomez, M. Endo et al., Nature Nanotechnology 12, 1083-1088 (2017)
- 12) K. Takeuchi, M. Endo et al., Journal of Water Process Engineering 8, 91-98 (2015)
- 13) K. Takeuchi, M. Endo et al., Journal of Water Process Engineering 20, 226-231 (2017)
- 14) H. Kitano, M. Endo et al., ACS Omega 4(13), 15496-15503 (2019)

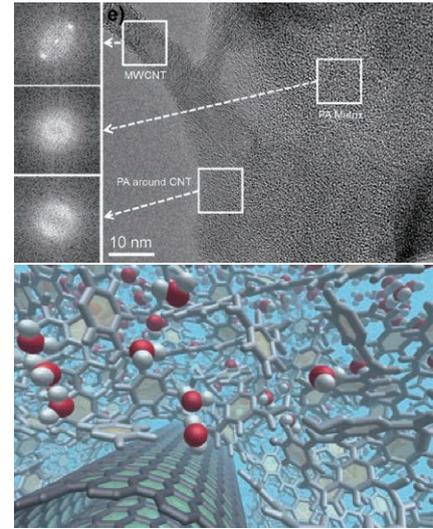


図1 CNT/PA膜のTEM像(CNT周辺ではPAがCNTに沿って配向)とその構造モデル

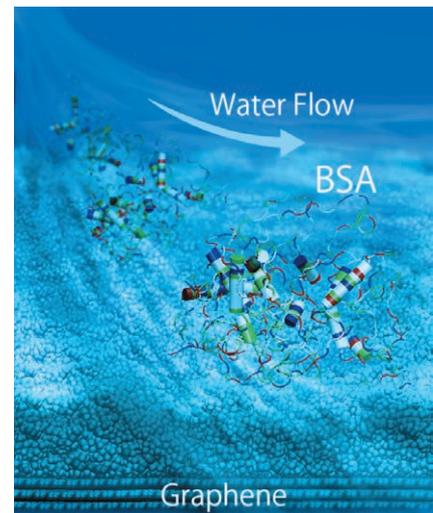


図2 CNT(Graphene)を用いた新規原水スパーサの防汚性(耐BSA)の概念図

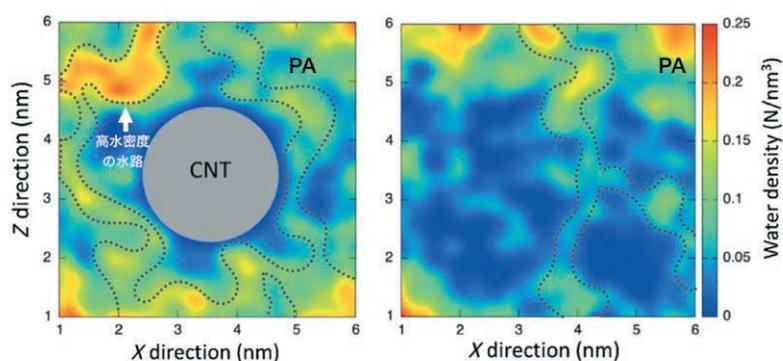
スパコンを利用した CNT/PA複合RO膜の透水性の シミュレーション



高度情報科学技術研究機構
(RIST)
計算科学技術部長

手島 正吾

信州大学で開発したCNT/PA複合RO膜について、水分子がこの複合膜内部をどのように透水して飲水へと分離されるか、その透水メカニズムをスーパーコンピュータを使ったシミュレーション計算により解明してきました。分子動力学シミュレーションによりナノスケールの分子間に働く力場を計算し水分子の動きを長時間追跡したところ、PA膜、CNT/PA複合RO膜の構造内部に水路が形成されていることが分かり、それぞれの透水路の特徴を解析いたしました。その結果、水路を形状する細孔のサイズとその表面構造などにより透水性は影響され、CNT/PA複合RO膜は従来の水処理膜に比べ、優れた透水性機能を示すことが分かってきました。



「CNT/PA複合RO膜」、「PA膜」の透水路の比較

RO膜のファウリング 機械学習モデルの構築



サテライトリーダー
理化学研究所開拓研究本部
前田バイオ工学研究室
主任研究員
信州大学大学院
総合医理工学研究科教授

前田 瑞夫

次世代の水浄化膜開発のために水に関する基礎研究を進めてきた。計算シミュレーションと振動分光計測を連携させることにより、高分子材料でつくられた水分離膜(逆浸透膜)と水分子との相互作用を原子レベルで解析し、分離膜中の水は高分子と強く相互作用せず水分子同士でクラスターを形成することが高透水性の鍵となることを証明した。また原子間力顕微鏡システムを活用したコロイドプローブによる分子間力計測に基づき、水浄化膜の防汚特性を評価する手法の開発を進めてきた。一方、ナノカーボン複合膜の社会実装を目指す第三期においては、海水淡水化実証試験における各種運転データから、膜のファウリング性を機

械学習により予測するモデルの構築を新たに開始している。具体的には、試験施設内において自動または手動で経時的に取得した各種の物理的・化学的計測データを説明変数とし、再帰型機械学習の手法により解析することで、膜差圧に着目したプラントの処理効率を予測しようとしている。理研には再帰型機械学習による赤潮長期予測で実績があり、同手法の海水淡水化施設への適用に期待がもたれる。以上を通じて膜の高性能化に向けた設計指針の高度化を目指している。

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



株式会社
日立製作所

大西 真人



サブ研究リーダー
信州大学
工学系准教授

竹内 健司



東レ株式会社
信州大学
アクア・
イノベーション拠点
教授

武内 紀浩

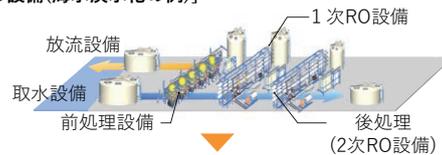
本プロジェクトでは、既存技術の延長では不可能な"ロバスト(頑強)な分離技術"による革新的な『造水・水循環システム』の開発を目指しています。具体的な社会実装先としては「海水淡水化及びかん水処理の超低コスト化とロバスト化」「資源開発における随伴水処理と再利用化」「革新的分離技術の産業応用」を挙げており、中でも「海水淡水化」の脱塩処理に適用する革新的RO(逆浸透)膜の開発を第1のターゲットとしており、この社会実装を優先して進めています。海水淡水化プラントの新設は2012～2016年にかけてやや停滞しましたが、世界各地でニーズは引き続き根強いものがあり2017年以降は回復傾向、年間400万トン/日以上建設が2030年に向けて継続する事が予想されています¹⁾。技術的側面として海水淡水化に対する最も強い要請は、造水コストの低減と省エネルギー化であり、また安定したオペレーションを実現するためのポイントとして膜ファウリング、特にバイオフィアウリングを如何に抑制するかに注目が集まっています¹⁾。

我々は、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、①RO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ました(図1)。

2019年度から、アクア・イノベーション拠点(COIプログラム)で開発した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開始しました。パイロット試験機(図2)は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、ウォータープラザ北九州の一角に設置しました。長さ12mほどのコンテナ内に、CNT/PA複合RO膜モジュール(図3)を搭載した海水淡水化装置を設置しており、実海水から真水を一日約10トン造水、脱塩性・透水性などのデータを取得できる装置となっています。この装置を用いて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します。海域にもよりますが、現状の1トン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ます。

1) Desalination Markets 2016, Global Water Intelligence, DesalData

【従来の設備(海水淡水化の例)】



【CNT/PA複合RO膜を用いた設備(海水淡水化の例)】



図1 低コスト造水システムの概要



図2 パイロット試験機



図3 パイロット試験に用いたCNT/PA複合RO膜モジュール(直径4インチ)

タンザニアにみる飲料水源の フッ素汚染とその対策



信州大学工学系教授
吉谷 純一

地質由来の高フッ素濃度地下水はアフリカ大地溝帯など世界各地に見られ、この飲用は骨の奇形などのフッ素症を誘発する。タンザニアではこのような地域が多数あり、国の大きな水質問題となっている。さらに、タンザニアの人口は4000万人が20年後に3600万人が加わる速度で増加することによる水量不足も大きな問題である。水質・水量は相互に作用し増幅・拡大する性質を持つ。需要増対応のため新規井戸を掘削しても高濃度フッ素が検出され、水不足やフッ素汚染認知不足から汚染水を飲用しフッ素症が増加する。もし新規井戸水利用を断念しても、既存の井戸から以前より多量の地下水揚水を続けること

になり、いずれは地下水資源が枯渇し、遠方までの水汲を強いられる結果となる。

この問題の根本的な解決のためには過剰フッ素除去が必要である。タンザニア政府は、骨炭にフッ素を吸着させる方法を開発したが、要求品質の骨炭の量産化ができずに給水での利用には至っていない。近年、技術援助で膜処理施設を都市給水に利用する実験がなされるが、人口の約8割が居住する村落では電力網が未発達、維持管理費や人材の制約を考慮すると、現地材料で現地生産できる吸着材利用を進めるべきである。

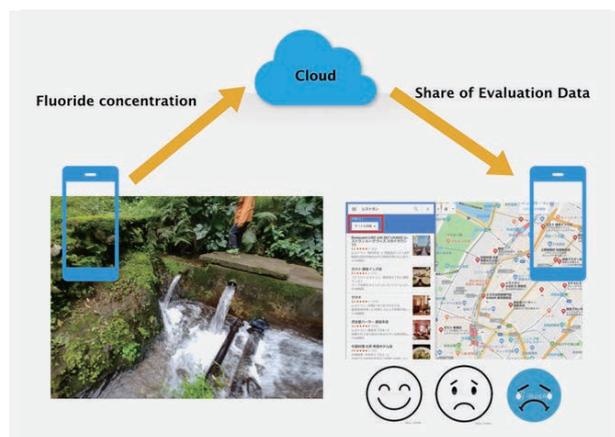
表面重合膜で切り拓く 分離・センシング機能



サブ研究リーダー
信州大学
繊維学系教授
木村 睦

化学気相蒸着と表面重合によって化学的にデザインされたパリレン薄膜を数十ナノメートル膜厚で成膜できることを、これまでに見出してきた。パリレンの原料となるシクロファン化合物の系統的な置換基導入によって、膜内の細孔径および荷電状態の制御にも成功している(ポスター発表あり)。この無欠陥かつフレキシブルなパリレン薄膜を用い、薄膜上に原子・分子レベルのナノ空間を持つ金属有機構造体(MOF)薄膜の成長制御が可能なることを見出した(ポスター発表あり)。これらのナノ複合膜は大きさの決まったナノ空間を持ち、それらの空間の大きさを利用した選択的ガス・溶質透過機能が期待できる。そこで、タンザニアで問題となっているフッ素イオン汚染を簡便かつ高精度でセンシングできる化学センサの開発を進めている。MOFは有機配位子と金属イオンの組み合わせによ

り、低濃度フッ素イオンの吸着および吸着による色・蛍光色の変化が得られる。本講演では天然繊維とMOFとの複合化による化学センサによるフッ素イオンセンシングを紹介する。



COI-S

「水」大循環をベースとした持続的な 「水・人間環境」構築拠点 水大循環シミュレーションの応用展開



COI-S研究リーダー
海洋研究開発機構
地球情報基盤センター長

高橋 桂子

私たちの身の回りの環境を変えてしまう人為的行為として「水の使い方」がある。我が国では近代における人間活動の爆発的な巨大化にともなって人口の集中が起こり、都市域では巨大なエネルギーが必要になり、それに伴って大量の水が必要となった。水の使用量は爆発的に増加し、必要な水の確保のためにインフラが整備され、人工的な巨大輸送システムが構築された。私たちにはいつの時代も豊かな水環境があり、我が国では水の豊かさが当たり前のような感覚があるが、将来の水環境が危機的な状況にある地域は世界には数多い。地球環境の変化や都市化などによる人為的活

動の巨大化のもとでも水環境のサステナビリティを確保し、豊かな水環境の維持と保全のためにどのような施策が必要であり、現実的に可能なのだろうか。本プロジェクトで開発した大気・海洋・地表地下水系連成モデルによる水環境シミュレーションを用いた首都圏および関東域水大循環応答解析や将来予測を、タンザニア連合共和国における爆発的発展が予想される地域の水環境の確保と保全に応用展開することを念頭に、これまでの成果と今後の研究開発計画をご紹介します。



AQUA NEXUS CARBON PLATFORM

アクア・ネクサスカーボンプラットフォーム(AxC-PF)は、信州大学COI、アクア・イノベーション拠点が生み出してきた研究成果を幅広く社会に展開することを目指し2019年8月に設立されました。水環境の重要性は世界中で年々認識が深まっています。信州大学COIでは多彩な研究成果が生まれ、また生まれつつあります。これらの成果の社会実装先は、海水淡水化や超純水製造のみならず、水環境の改善や幅広く産業分野にもあると思われます。例えば産業用の水処理と再循環、環境対応の再生水、健康嗜好品や健康水、食品分野の物質分離と新製品創成、医療分野の物質分離などです。AxC-PFは信州大学COIで生み出された多彩な研究成果を会員間で情報共有するプラットフォームとして、また社会実装へ向けた共同研究の土台作りとしての役割を果たします。さらに信州大学の強みであるカーボン研究をはじめ材料研究や分析技術についてもAxC-PFで活用できるようにします。AxC-PFはCOIと信州大学の生み出した研究成果の社会への展開、関係各企業の躍進への貢献、信州大学の次世代研究に資すること、これらを通じて真のイノベーションを生み出すことを目指して活動して参ります。



エグゼクティブアドバイザー

信州大学
アクア・イノベーション拠点
特任教授

AxC-PF会長

上田 新次郎

招待講演

「逆浸透法巨大海水淡水化プラント (メガ-SWRO) の時代到来 —— 日本はどう対応するか」



東レ株式会社 フェロー
栗原 優

ケネディ元大統領が、月への人工衛星の派遣 (1961年)とともに水の研究(1962年)を国家プロジェクトで推進することを宣言し“If we could produce fresh water from salt water at a low cost that would indeed be a great service to humanity, and would dwarf any other scientific accomplishment”と期待(夢)を語られてから、58年が経過した。この大統領の夢は、まさに実現しようとしている。

2009年、内閣府、最先端研究開発支援プログラムで「メガトン水システム」を開始する時点で、2020年にはメガトン規模(100万吨/日)の逆浸透法巨大海水淡水化プラント(メガ-SWRO)の時代が来ることを想定し研究開発をスタートした。2020年を迎えるにあたり、今、中東諸国、特にサウジアラビア、アラブ首長国連邦(UAE)などでまさしく、巨大海水淡水化プラントの計画が続出している(図1)。

「メガトン水システム」では、日本の1)機器部品(膜等)に対する高い競争力の維持と、2)プラントシステム事業(EPC)の復活を目的としてプロジェクトを推進した。

本プロジェクトでは環境にも配慮(Green Desalination)しながら、21世紀に向けて持続可能なSWROシステムを指向し、1)省エネルギー(低圧海水淡水化膜と低圧2段高回収率SWROシステム)と、2)低環境負荷(無薬注で信頼できるプラント運転)を目指した。

以上の成果として、20-30%省エネルギー(2.8kWh/m³) (図2)と無薬注で信頼できる運転を可能にした新SWROシステムを提案した(図3)。この結果、造水コストとしてはUS \$0.50/m³を達成できる見込が得られた。

市場予測と技術目標は達成できたが、2009年時点で予測できなかったこととして、1)海水淡水化プラントのエネルギー源として太陽光発電の急速な進捗、2)ビジネスモデルがEPCからディベロッパー中心のIWPプロジェクトに変化したことが挙げられる。この新しい状況変化に、今後日本としてどう対応するかが求められている。

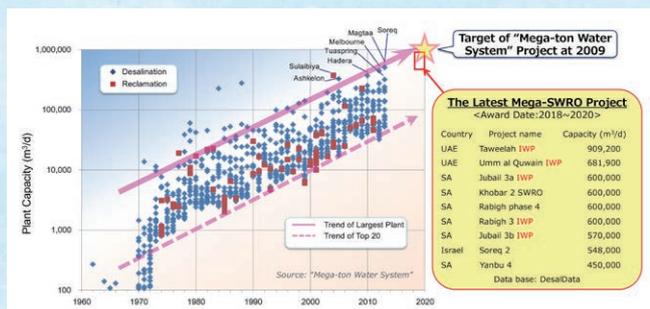


図1 海水淡水化プラント規模の推移と最新の市場(メガ-SWRO)

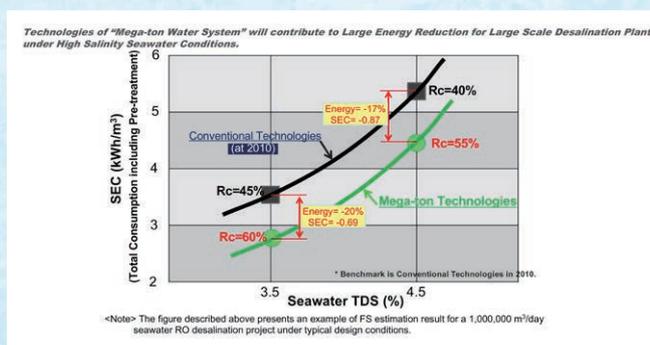


図2 海水塩濃度とエネルギー消費原単位の比較(メガトン技術の優位性)

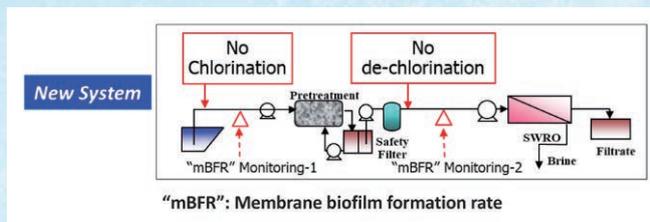


図3 メガトンプロジェクト提案の新SWROシステム

ポスターセッション

12:00～15:20 (コアタイム12:00～13:00 / 15:00～15:20)

- A** ナノカーボンを用いた高機能逆浸透膜(信州大学)
- B** Carbon nanotube-aromatic polyamide nanocomposite membranes for micropollutants and boron rejection(信州大学)
- C** Graphene oxide membranes for milk filtration(信州大学)
- D** スパコンを利用した水処理膜の特性シミュレーション(高度情報科学技術研究機構)
- E** ナノカーボンを用いた高機能逆浸透膜モジュール(東レ)
- F** 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(日立製作所)
- G** ナノ材料安全性評価と規制の展望(信州大学)
- H** 原子間力顕微鏡法による水浄化用分離膜の物性とファウラント吸着の評価(理化学研究所)
- I** 複素イオン伝導計測で見る各種逆浸透膜の特徴(信州大学)
- J** 北海道大学COI『食と健康の達人』拠点との若手連携による膜分離プロセスを用いた水資源・食材の循環的利用に関する研究(信州大学)
- K** CNT・CNF添加による材料の新機能開発とその応用(信州大学)
- L** Image analysis based sensors for water quality assessment in developing countries: the fluoride case(信州大学)
- M** アミド基導入による架橋パリレン薄膜の選択透過能制御(信州大学)
- N** 表面重合膜からの金属有機構造体薄膜の成長制御(信州大学)
- O** SDGs課題解決に資する浄水デバイス用マテリアルのフラックス創製(信州大学)
- P** プロセスインフォマティクスによるフラックス法結晶育成条件導出法および実装システムの構築(信州大学)
- Q** タンザニア北東部パンガニ盆地水源域の地下水フッ素汚染/硝酸汚染の現状と課題(信州大学)
- R** 「SGD6.1安全な水へのアクセス」に貢献する飲料水過剰フッ素問題の解決方策(信州大学)
- S** 「水」大循環モデルをベースとした持続的な「水・人間環境」構築(海洋研究開発機構)
- T** 流域を基盤とする「水・人間環境」の社会実装(中央大学)
- U** アクア・カーボンネクサス-プラットフォームの構築に向けて(信州大学)



発行元

信州大学アクア・イノベーション拠点

〒380-8553 長野県長野市若里4-17-1

TEL:026-269-5773 E-mail:coi_info@shinshu-u.ac.jp

HP:<http://www.shinshu-u.ac.jp/coi/>

世界の豊かな生活環境と地球規模の持続可能性に貢献するアクア・イノベーション拠点(COI)

【中核機関】 国立大学法人信州大学

【中心企業】 株式会社日立製作所、東レ株式会社

【サテライト機関】 国立研究開発法人理化学研究所

【共同実施機関】 一般財団法人高度情報科学技術研究機構、昭和電工株式会社、北川工業株式会社、トクラス株式会社、栗田工業株式会社

【参画機関】 長野県

【COI-S機関】 国立研究開発法人海洋研究開発機構

【COI-S共同実施機関】 学校法人中央大学

