

塩製造技術高度化研究開発事業 2006 年度報告

吉川 直人

Research and Development Project for High-Degree Seawater Concentration Process for Salt-Manufacturing Technology: Annual Research Report 2006

Naohito YOSHIKAWA

1. 緒 言

イオン交換膜製塩工場の採かん工程における大きな課題は、透析電力原単位低減、海水の高濃度濃縮、電気透析装置（以下、電槽）の解体洗浄間隔の延長である。

上記課題を達成するためには、次世代イオン交換膜、次世代電気透析装置を開発することが必要である。また、これらの開発により、採かん工程の高度化を推進することができ、さらに、国内製塩企業の国際競争力強化を図ることができると考えられる。

当センターはイオン交換膜法製造業者の委託を受け、2006年4月に塩製造高度化研究開発事業を立ち上げ、採かん工程の高度化に向けた研究開発を開始した。本報告では、本事業の概要について述べるとともに、昨年度実施した次世代イオン交換膜の研究開発の概要について述べる。

2. 塩製造技術高度化研究開発事業の概要

2.1 概要

本事業はイオン交換膜法製造業者の委託を受け、塩事業センターが膜メーカーの研究者、大学研究者と研究開発を実施する。事業期間は5年間、総事業費は19億円である。

2.2 開発目標

2.2.1 本事業の開発目標

現状の電槽性能である DC 透析電力原単位 150 kWh/t-NaCl、かん水 NaCl 濃度 180 g/l（電流密度 3 A/dm²、海水温度 25℃）を DC 透析電力原単位 120 kWh/t-NaCl、かん水 NaCl 濃度 200 g/l に向上させること、また、電槽の解体洗浄間隔を現状の1年以下から3年程度に延長することが本事業の開発目標である。

2.2.2 次世代イオン交換膜の開発目標

次世代イオン交換膜の開発目標を明確にするため、前項に示した現状値、目標値を基に、純塩率 92%、電流効率 90%、脱塩室および濃縮室間隔 0.5 mm、スパーサーの電流遮蔽率 10% の場合の陽+陰イオン交換膜の膜抵抗とか

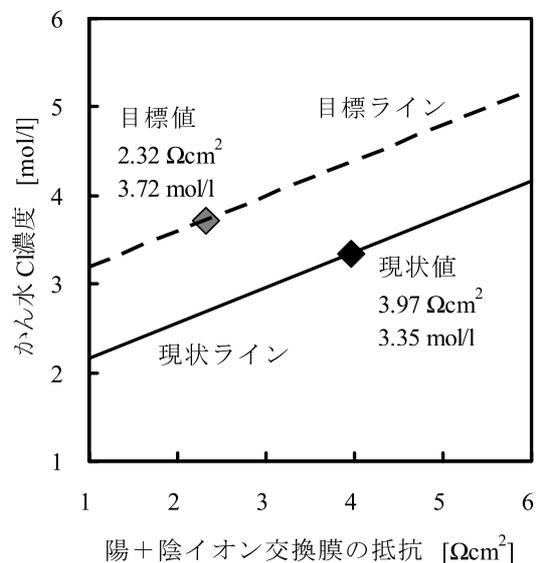


図1 次世代イオン交換膜の開発目標

かん水 NaCl 濃度との関係を図1に示す。

なお、現状、目標ラインは、市販膜、市販電槽を用いた場合の DC 透析電力原単位とかん水 NaCl 濃度との関係を参考に算出した。

開発目標を達成するためには、イオン交換膜の抵抗を 40% 程度低減し、濃縮度を 10% 程度向上させる必要がある。

2.3 開発の進め方

2.3.1 開発目標達成に向けた課題

図2に開発目標達成に向けた課題を整理する。透析電力原単位の低減および海水の高濃度濃縮を達成するためには、イオン交換膜の抵抗の低減、高濃度濃縮膜の開発が最も重要であり、これまでの膜合成法とは異なる手法である電子線グラフト重合法、細孔フィリング法による開発を実施する。

また、電槽の解体洗浄間隔を延長するためには、海水の

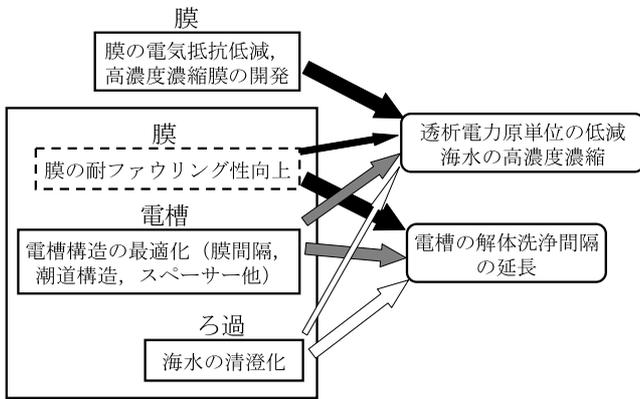


図2 開発目標に向けた課題

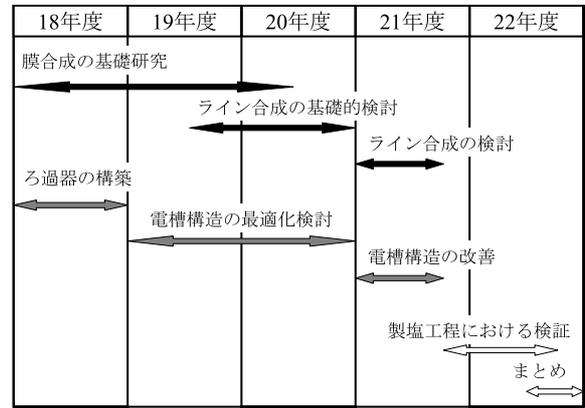


図3 開発スケジュールの概要

清澄化，電槽構造の最適化，膜の耐ファウリング性の向上など，ろ過装置，電槽，膜を一体とした開発が必要である。本事業では，当研究所が開発した高速ろ過装置¹⁾による海水の清澄化を起点として電槽構造の最適化を図ることにより，解体洗浄間隔の延長について検討する。

2.3.2 開発スケジュール

図3に開発スケジュールの概要を示す。本事業では，5年間で基礎研究，実用化研究，さらには製塩工程において開発成果の検証を実施する予定である。

2.3.3 研究開発体制

図4に本事業の研究開発体制を示す。

本事業は塩事業センターが受託元となり，研究開発プロジェクトにおいて，次世代イオン交換膜，次世代電気透析装置の開発を実施する。昨年度は，海水研開発推進グループ，千葉大学，東京大学において，次世代イオン交換膜の研究開発を実施した。

研究テーマ間の連携強化，進捗状況の共有を図るため，塩事業センター，膜メーカー，塩工業会，大学研究者からなる研究開発協議会設置した。また，研究開発に対する情報交換，意見聴取を実施するため，イオン交換膜法製造業者の技術責任者からなる研究運営連絡会を設置した。昨年度は研究開発協議会，研究運営連絡会ともに5回ずつ実施した。

一方，本事業開始前に学識経験者，塩工業会からなる研究開発評価委員会を設置し，事前評価を受けた。

3. 次世代イオン交換膜研究開発の概要

透析電力原単位低減，海水の高濃度濃縮を達成するためには，低抵抗で高濃度濃縮が可能なイオン交換膜を開発することが必要である。これまで製塩に用いられているイオン交換膜は，主としてPVC基材を用い熱重合法により合成されてきた²⁾。しかし，この合成法については既に多くの検討がなされており，さらなる性能の向上は難しい。

そこで，本研究では，新たな膜合成法である電子線グラフト重合法，細孔フィリング法に着目した。

昨年度はこれらの合成方法について基礎的な検討を実施するとともに，合成した膜を評価することにより，次世代イオン交換膜の開発シーズとしての有効性について検討した。

3.1 膜合成法の特徴

電子線グラフト重合法は，無孔の基材フィルムに電子線を照射し，基材フィルムにラジカルを生成させ，官能基を持つ，または官能基を導入可能なモノマーをグラフトする方法である^{3,4)}。このため，様々な高分子を基材として用いることができ，従来とは全く異なるイオン交換膜を設計することが可能であると考えられる。

細孔フィリング法は，多孔質の基材フィルムに，官能基を持つ，または官能基を導入可能なモノマーを充填し，重合させる方法である⁵⁾。多孔質基材が充填されたポリマーの膨潤を抑制するため，水の膜透過を制御し，膜の低抵抗化，高濃度濃縮が可能であると考えられる。

3.2 研究開発の現状

図5に電子線グラフト重合法を用いて合成した陽・陰イオン交換膜の濃縮性能を各々示す。基礎研究段階ではあるが，陽・陰イオン交換膜ともに現状膜の濃縮性能を超える膜の合成が可能であり，本方法は次世代イオン交換膜の有効な開発シーズであると考えられる。

一方，細孔フィリング法についても，現状膜より濃縮性能が高い膜が得られ始めており，開発シーズとなる可能性が高いと考えられる。

4. 結 言

塩製造技術高度化研究開発事業の概要，次世代イオン交換膜の研究開発の概要について述べた。

次世代イオン交換膜の研究開発については，基礎研究段階ではあるが，目標達成に向け，有効な開発シーズが得られた。また，次世代電気透析装置の研究開発については，本報告では触れなかったが，研究開発に必要な設備を構築した。

2007年度は，次世代イオン交換膜の基礎研究を継続し，

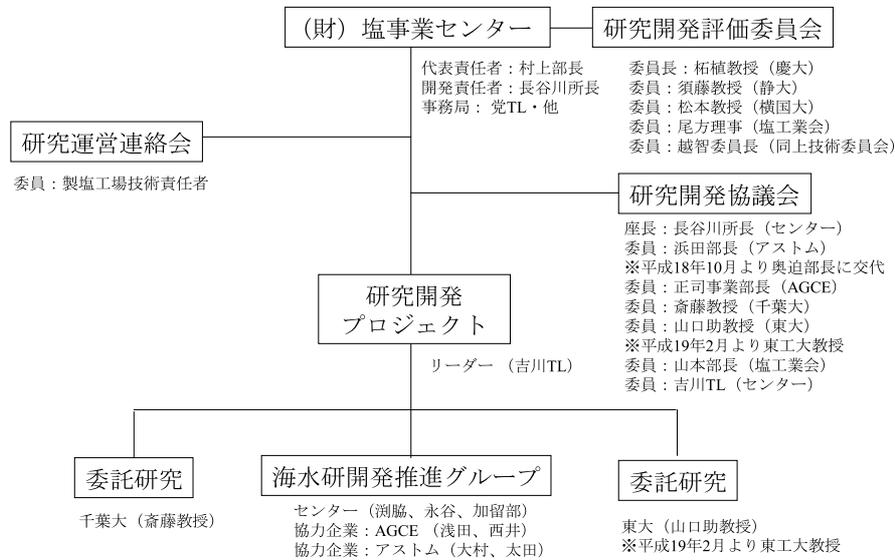


図4 本事業の開発体制

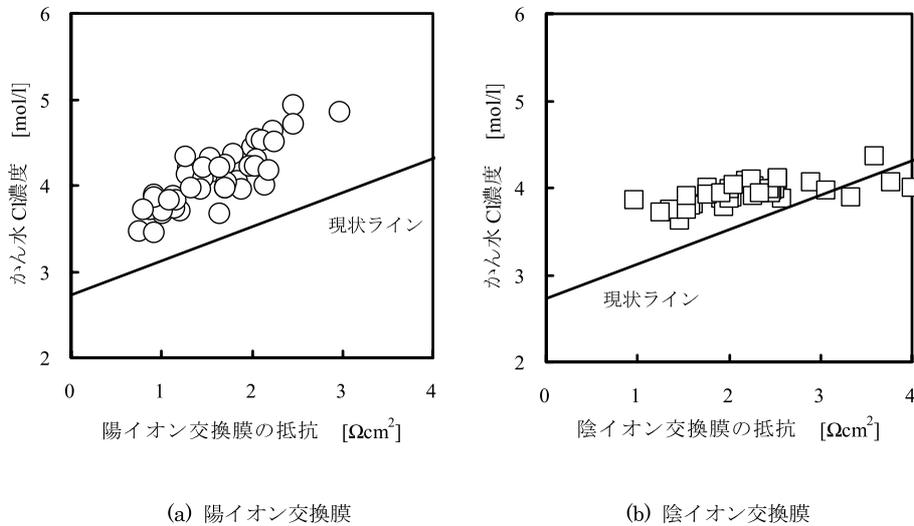


図5 合成したイオン交換膜の濃縮性能

膜のさらなる高性能化について検討するとともに、スケールアップに向けた検討を開始する。一方、次世代電気透析装置の研究開発については、電槽構造の最適化検討を開始する。

引用文献

- 1) T. Fuchiwaki and T. Asada, Basic Study for Designing High-Speed Filtration System, *Paper of Sea Water Science Research Laboratory the Salt Industry Center of Japan*, **7**, pp.32-36 (2005).
- 2) Y. Mizutani, R. Yamane and H. Motomura, Studies of Ion Exchange Membrane. XXII. Semicontinuous Preparation of Ion Exchange Membranes by "Paste Method", *Bull. Chem. Soc. Japan*, **38**, pp.689-694 (1965).
- 3) S. Tsuneda, K. Saito, H. Mitsuahara and T. Sugo, Novel Ion-Exchange Membranes for Electrodialysis Prepared by Radiation-Induced Graft Polymerization, *J. Electrochem. Soc.*, **142**, pp.3559-3663 (1995).
- 4) K. Mashiko, K. Ohkubo and H. Ohtaka, Synthesis of Ion Exchange Membrane by Irradiation Grafting Polymerization, *Papers of Sea Water Science Research Laboratory the Salt Industry Center of Japan*, **4**, pp.27-40 (2002).
- 5) T. Yamaguchi, S. Nakao and S. Kimura, Plasma-Graft Filling Polymerization: Preparation of a New Type of Pervaporation Membrane for Organic Liquid Mixtures, *Macromolecules*, **24**, pp.5522-5527 (1991).