

中間評価書

	作成日 平成 20 年 11 月 19 日
事業名称	塩製造技術高度化研究開発事業（次世代イオン交換膜の研究開発）
推進部署名	財団法人塩事業センター 海水総合研究所
事業概要	<p>(1) 概要：</p> <p>我が国には岩塩、湖塩といった塩資源がなく、また高湿多雨な気候のため天日で海水を蒸発させて塩を生産することは極めて困難である。そこで我が国独自の製塩法として、イオン交換膜製塩法が昭和 20 年代より研究され、昭和 46 年度に本格的に導入、昭和 47 年には全面的な転換がなされ、現在に至っている。</p> <p>現在、国内で生産されている塩の約 9 割がイオン交換膜製塩法によるものである。イオン交換膜製塩法は、海水中の塩分を電氣的に移動させ、イオン交換膜において効率的に高濃度の海水を製造する技術であり、これまでも膜性能の向上、電気透析装置の改善が図られ、実用化当時に比べると約半分のエネルギー（電力）消費量となった。しかしながら、現在使用されているイオン交換膜では、その膜構造、分離機構等を考慮すると、更なるエネルギー消費量の低減は困難であると言わざるを得ない。</p> <p>一方、最近における中国産塩の輸入増や石炭等のエネルギー価格の急騰により、国内塩製造業はますます厳しい状況下に置かれている。</p> <p>そこで、本事業では、我が国塩製造業の国際競争力強化を図ることを目的に、既存のイオン交換膜を抜本的に見直し、現状よりもエネルギーコストが低く、かつ、より高濃度のかん水の製造が可能となる、新たな膜構造、分離機構を有する「次世代イオン交換膜」の開発に取り組む。</p> <p>(2) 事業規模：事業期間を通しての総事業費 19 億円程度 (3) 事業期間：平成 18 年度～22 年度（5 年間）</p>
1. 必要性（社会・経済的意義、目標および手段の妥当性）	
<p>(1) 社会・経済的意義</p> <p>エネルギー価格の急騰に対応し、我が国塩産業の国際競争力を図り、食用塩の自給率を維持・向上させるためには、イオン交換膜製塩法において、さらなるイオン交換膜電気透析装置のエネルギー消費量の低減、中でもイオン交換膜電気透析装置に装着されるイオン交換膜の高性能化が最も有効であり、次世代イオン交換膜の開発を中心とする本事業の必要性は高い。また、本事業開始後、エネルギー価格はさらに高騰しており、必要性はますます高まっている。</p> <p>(2) 目標の妥当性</p> <p>エネルギー消費量については電力原単位 120kWh/トン（現在 150kWh/トン）、かん水濃度については 200g/l（現在 180g/l）とした次世代イオン交換膜の性能目標は、理論的には実現可能な数値であり、妥当な目標と言える。また、次世代イオン交換膜を実用化するためには、所要の膜性能を長期間に亘って維持することが必須であり、イオン交換膜への耐ファウリング機能の付与に関する検討、イオン交換膜電気透析装置構造の最適化に関する検討により、イオン交換膜電気透析装置の解体洗浄間隔を 3 年程度まで延長（現在 1 年以下）することも重要である。</p>	

<p>(3)手段の妥当性</p> <p>次世代イオン交換膜の開発により、エネルギー消費量を低減するためには、膜の抵抗を低減するとともに、膜により濃縮されたかん水中の塩分濃度を増加させることが必要である。それを達成するためには、現状の製膜方法を抜本的に見直し、新たな製膜手法について検討する必要がある。本研究で適用した電子線グラフト重合法、細孔フィリング法は、これまでとは全く異なる製膜手法であり、燃料電池、食塩電解等で実用化あるいは実用化の可能性が高い技術であるため、開発シーズとして有用な手法である。</p> <p>また、5年間の開発期間で設定された各段階における開発目標は、基礎研究による開発シーズの探索、パイロットスケールの製膜装置の設計・製作、本装置で開発されたイオン交換膜を装着可能な最適イオン交換膜電気透析装置の設計・製作、実用工程での検証であり、研究開発の適切な流れを踏まえて設定されたものと言える。</p>
<p>2. 効率性（事業計画、実施体制、費用対効果）</p>
<p>(1) 事業計画</p> <p>本事業は、基礎研究、実用化研究、さらには一年間の工程検証試験を実施する計画となっている。現在、開始以来2年半が経過したが、基礎研究はほぼ終了し、実用化研究に着手している。このように、本事業はほぼ計画に沿って進められており、事業計画は無理なく立案されている。</p> <p>(2) 実施体制</p> <p>① プロジェクトリーダーを選定するとともに、海水総合研究所の研究者、イオン交換膜製造業者からの派遣研究者、大学研究者からなる研究開発プロジェクトを早期に発足させた。また、研究開発の効率的な進捗を図るため、研究開発プロジェクト、海水研開発推進グループの研究開発体制を適宜再編するなど、研究開発の効率性に対する対応は適切であった。</p> <p>② プロジェクトメンバー、塩製造業者、イオン交換膜製造業者で構成される研究開発協議会が年数回開催され、研究テーマ間、組織間の連携強化、進捗状況等における情報の共有化が適切に図られており、研究開発の方向性を定める上で、有効に機能している。</p> <p>(3) 費用対効果</p> <p>① エネルギー費の急騰により、次世代イオン交換膜の開発による製塩コスト削減効果は本事業開始時と比較して大きくなるものと思われる。このため、本事業の性能目標が達成できた場合の削減効果について、塩製造コストなどの再試算が必要である。</p> <p>② 次世代イオン交換膜の製造コストに関する詳細な検討がなされていないように思う。現状のイオン交換膜と比較して、大幅なコスト増加はないように思われるが、製造コストについても配慮した上で、実用化に向けた検討を進める必要がある。</p>
<p>3. 有効性（目標達成度、社会・経済への貢献度）</p>
<p>(1) 目標達成度</p> <p>① 次世代イオン交換膜合成の基礎的検討</p> <p>電子線グラフト重合法、細孔フィリング法を対象とした製膜技術を研究し、当初は機能層および支持層における最適膜構造、合成および二層化技術を確立する予定であったが、研究を遂行させるうちに、電子線グラフト重合法、細孔フィリング法のいずれの方法を用いた場合においても、単層で性能目標を達成できる可能性が見出された。さらに膜の実用性についても検討され、実用性に優れた電子線グラフト重合法が開発手法として選定され、この手法については、高い濃縮性能、実用性を兼ね備えた製膜技術が確立されつつあるものと考えられる。</p>

<p>② 次世代イオン交換膜合成のスケールアップに関する検討 開発手法として選定された電子線グラフト重合法について、スケールアップの検討がなされている。また、スケールアップの検討を基にパイロットスケールの製膜設備の設計が進められている。</p> <p>③ 合理的、効率的な採かん工程の構築 次世代イオン交換膜を装着可能なイオン交換膜電気透析装置の最適構造を検討するために、そのベースとなるパイロットスケールのイオン交換膜電気透析装置が設計・製作されている。さらに種々の構造の脱塩室について、流速分布測定を実施するなど最適構造の検討がなされている。また、高速ろ過装置の安定化運転、ろ過海水水質の評価法の検討もなされており、ろ過、イオン交換膜電気透析装置を一体とした採かん工程の最適化検討により、イオン交換膜における対ファウリング効果の検証、解体洗浄間隔の延長が目指されている。</p> <p>④ 工程検証試験 平成 22 年 2 月開始予定の工程検証試験については、試験場所が決定され、装置の設置場所、試験の進め方についての検討が開始されている。 以上、開発目標に対する進捗状況は順調に推移している。</p> <p>(2) 社会・経済への貢献度 開発目標が達成されれば、その成果を基に本格導入へと展開していくことが想定され、国内塩製造業者の国際競争力の強化を図ることができ、食用塩の安定供給、自給率の維持・向上に繋がるものと考えられる。</p>
<p>4. 優先度（事業に含まれる各テーマの中で、どれを早い時期に優先的に実施するか）</p>
<p>① これまでは、次世代イオン交換膜の開発手法の決定、スケールアップの検討、イオン交換膜電気透析装置構造の最適化検討など、短期間で優先順位に配慮しつつ研究開発に取り組んでいると考える。</p> <p>② 工程検証試験を 1 年間実施することとなるため、開発期間は実質あと 1 年余りである。この期間で工程検証用の膜の合成、イオン交換膜電気透析装置の構造を最適化する必要がある。次世代イオン交換膜の研究開発については、製膜方法を決定することをまずは最優先させるべきであり、イオン交換膜電気透析装置構造の最適化については、現状で最良と考えられる構造を早期に決定し、脱塩室を試作して検討を進めるべきである。</p>
<p>5. 技術的観点</p>
<p>(1) 次世代イオン交換膜合成の基礎的検討</p> <p>① 電子線グラフト重合法、細孔フィリング法のいずれの方法を用いた場合においても、単層で性能目標値を達成できる可能性が見出された。さらに膜の実用性についても検討がなされており、高い濃縮性能、実用性を兼ね備えた製膜技術が確立されつつあるものとする。</p> <p>② 電子線グラフト重合法を開発手法に選定し、製膜法についてもほぼ確立されているが、所望性能の膜を再現性高く製造するためには、基材の前処理方法やグラフト重合の度合いなど、いくつか解決すべき課題が残っているものとする。これらについては、スケールアップの検討に問題なく移行できるよう、早期の解決を望む。</p> <p>③ 本研究では、研究開発における優先順位に配慮して検討が行われているため、膜の物性と濃縮性能との関係などの基礎的検討が十分にできていないように思う。いずれは、こうした検討を行い、電子線グラフト重合法、細孔フィリング法で製造したイオン交換膜の物性上の特徴とイオンの膜透過機構との関係を明らかにしてもらいたい。</p> <p>(2) 次世代イオン交換膜合成のスケールアップの検討</p>

<p>① 電子線グラフト重合法について、幅 20cm のロール状基材を用いるラボスケール製膜装置を構築し、この装置を用いてスケールアップの検討を行っている。この検討からスケールアップ技術を得るとともに、幅 60cm のロール状基材を用いるパイロットスケール製膜装置の設計を可能にしており、2 段階に分けてスケールアップを検討したことで、パイロットスケールの製膜装置の構築が確実に実施できるものと思われる。</p> <p>② 電子線グラフト重合法を開発手法に選定したため、電子線グラフト重合法のスケールアップの検討が中心になっているが、細孔フィリング法についても基材入手の問題はあるが、将来に繋がる技術であるので、スケールアップ手法についても検討する必要がある。</p> <p>(3) 合理的、効率的な採かん工程の構築</p> <p>① イオン交換膜電気透析装置の最適構造を検討するため、特に重要である脱塩室の構造に着目した検討を実施している。実施にあたっては、脱塩室内の流速分布を均一にするといった理想的な考えに加えて、配流部、スパーサーネットの圧力損失測定により、実際に実現可能かどうかを判断しながら取り組んでおり、現実的な手法であるように思われる。</p> <p>② 本事業開始以前に開発した高速ろ過装置が、イオン交換膜電気透析装置の解体洗浄間隔の大幅な延長に貢献できるものと考えられ、今後は、イオン交換膜電気透析装置の解体洗浄間隔の延長に向けた水質管理指標を明確にすることにより、同装置における実用上の性能検証の実施、およびイオン交換膜における対ファウリング効果の明確化が達成できるものとする。</p> <p>(4) 工程検証試験</p> <p>① 工程試験場所は選定理由を明確にした上で決定されている。すなわち、比較的海水の濁度が高い瀬戸内海沿岸に立地する工場が選定されたことで、検証試験結果は、他の工場においても共有できるものと考えられる。</p> <p>② 工程検証試験準備の一環として、水質評価装置を検証試験場所への早期の移設を検討しており、これにより、原料水質、ろ過海水の年間変動が前もって把握できるため、検証試験をスムーズに開始できると思われる。</p>
<p>6. その他の観点</p>
<p>特になし</p>
<p>7. 総合評価</p>
<p>① 本事業は、我が国独自のイオン交換膜製塩法の抜本的な技術革新に繋がるものであり、現状における我が国塩製造業の国際競争力の強化に資するものと期待できる。開発目標、性能目標を達成するべく、関係者の連携を一層密にし、計画通り着実に研究開発を推進することが重要である。</p> <p>② 35 年以上塩製造に用いられてきた現状のイオン交換膜を抜本的に見直した次世代イオン交換膜の実用化を目指す本研究の意義は大きい。開発手法も決定され、現時点まで計画に沿って研究が進められており、今後のスケールアップの検討、工程検証試験等、引き続き順調に開発目標が達成されることを期待する。</p> <p>③ これまで検討してきたろ過装置、イオン交換膜電気透析装置などの個別の技術を統合し、採かん工程全体の最適化について取り組むことは新たな試みである。引き続き、計画に沿って取り組み、最終的に工程検証試験において実証することを期待する。</p>