

「エネルギー使用合理化ガス拡散電極食塩電解技術開発」
事後評価報告書（案）概要

目 次

（頁）

1.分科会委員名簿・・・・・・・・・・・・・・・・	1
2.プロジェクト概要・・・・・・・・・・・・・・・・	2
3.評価概要(案)・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.評点結果・・・・・・・・・・・・・・・・	7

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会
「エネルギー使用合理化ガス拡散電極食塩電解技術開発」(事後評価)

分科会委員名簿

	氏名	所属
分科会 会長	神谷 信行	横浜国立大学 大学院 工学研究院 機能の創生部門 教授
分科会 会長代理	田坂 明政	同志社大学 工学部 機能分子工学科 教授
分科会 委員	浅野 浩志	財団法人 電力中央研究所 経済社会研究所 上席研究員
	瀬田 博	株式会社 化学工業日報社 編集局 行政・エネルギー・科学技術グループ 部長
	高須 芳雄	信州大学 繊維学部 精密素材工学科 教授

敬称略、五十音順

事務局：独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構研究評価部

制度・施策名	革新的温暖化対策プログラム					
事業(プロジェクト)名	エネルギー使用合理化ガス拡散電極食塩電解技術開発	プロジェクト番号	T99017			
担当推進部/担当者	省エネルギー技術開発部 / 川嶋淳史					
0. 事業の概要	<p>本事業は、電力多消費型であるソーダ工業において、ガス拡散電極を用いた電解技術を確立することにより消費電力の削減を図り、更に我が国の二酸化炭素抑制・地球温暖化防止に資するものである。</p> <p>従来の食塩電解技術(イオン交換膜法)に対して、その電解槽の陰極に銀或いは白金を触媒としたガス拡散電極を用いることにより大幅な省エネルギーを図るもので、工業化に必要な検討事項として、品質、耐久性、電解性能に優れたガス拡散電極を大量生産する技術開発、ガス拡散電極の耐久性を短時間で評価できる技術開発、ガス拡散電極を装着して十分な性能が確保できる最適な電解槽構造の開発及び実用規模電解槽による実証試験での評価を行う。</p>					
事業の位置付け・必要性について	<p>ソーダ工業は、食塩の電気分解により苛性ソーダ、塩素などを生産する基礎素材産業で我々の日常生活にも必要不可欠な産業であるが、電気分解で多量の電力を消費するエネルギー多消費型産業となっている。ソーダ工業で使用される電力は、我が国の産業用電力の約3%、化学工業全体の約18%を占める大きなものである。</p> <p>一方、食塩の電気分解に燃料電池等で使用されているガス拡散電極を改良して食塩電解槽の陰極として用い、陰極に酸素を供給することにより、苛性ソーダと塩素が発生することが確認されている。このガス拡散電極を食塩電解技術に用いると、従来のイオン交換法に比べて電力消費量が4割近く削減可能であることから、本技術の事業化によりソーダ工業における大幅な省エネルギーを実現し、消費電力量及び温室効果ガスを削減することを目的として実施する。</p>					
研究開発マネジメントについて						
事業の目標	<p>次の技術の確立を目標とする。</p> <p>(1) ガス拡散電極の高度生産技術の開発</p> <p>(2) ガス拡散電極の耐久性の評価試験</p> <p>(3) 実用規模電解槽による実証試験</p>					
事業の計画内容	主な実施事項	H11fy	H12fy	H13fy	H14fy	
	(1)高度生産技術開発	_____	_____	_____	_____	_____▶
	(2)耐久性評価	_____	_____	_____	_____	_____▶
	(3)実証試験	_____	_____	_____	_____	_____▶
成果とりまとめ						
開発予算 (会計・勘定別に実績額を記載) (単位:百万円)	会計・勘定	H11fy	H12fy	H13fy	H14fy	総額
	特別会計(高度化)	316	238	239	130	921
開発体制	経産省担当原課	経済産業省 製造産業局 化学課				
	運営機関	独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構				
	プロジェクトリーダー					
	委託先	社団法人新化学発展協会				
情勢変化への対応	平成14年3月、省庁再編に伴う経済産業省とNEDOの役割分担の見直し、プログラム/プロジェクト制度の導入を受けて、基本計画について研究開発の目的、内容、目標を统一的に明記する等の改訂を行った。					

<p>・研究開発成果について</p>	<p>下記の項目からなる事業計画をほぼ達成し、事業化のための地盤を確立した。</p> <p>(1) ガス拡散電極の高度生産技術の開発</p> <p>工業化を行うには、電解性能及び品質良好な大型のガス拡散電極を大量生産できることが必要である。そのためには、製造工程の機械化及び自動化が必須となる。ガス拡散電極の製造工程は、大きく分類すると電極材料工程及び電極加工・成形工程で構成される。電極材料工程及び電極成形・加工工程の大部分は、平成13年度までに機械化・自動化を行った。平成14年度では、塗工機の機械化・自動化を確立した。全ての製造工程を機械化した設備でガス拡散電極を製作し、中規模及び実用規模電解槽で実証試験を行い、手作り電極と比較して遜色のない電極の製作が可能となった。</p> <p>このガス拡散電極を用いた小型電解試験の結果、電解電圧は1.9V(換算値)であり目標特性を満足したことを確認した。</p> <p>(2) ガス拡散電極の耐久性の評価試験</p> <p>塗工機により製作した電極の加速条件による耐久性評価では約5.2年という評価結果である。ガス拡散電極の耐久性評価として低酸素濃度域での加速試験技術を確立した。この基礎知見は、低酸素濃度で過電圧が上昇し、並行して電極の劣化が促進されることを明らかにしたこと、初期過電圧と寿命に対数関係となる相関関係があることを見出したことによる。また、劣化機構として、過酸化水素発生電位と初期過電圧との関係が明確になった。即ち、発生した過酸化水素により反応層及びガス拡散層の疎水性カーボンブラックの親水性化による苛性ソーダによる濡れがガス拡散電極の劣化に關する機構である。これらを裏付けるため、ガス拡散電極の濡れによる劣化のモデル化を検討し、得られたモデルが実績とよく合致することが確認され、上述の耐久性加速試験方法の確立と耐久性のさらなる改善の方向性の提案につなげた。</p> <p>(3) 実用規模電解槽による実証試験</p> <p>従来の生産方式で作製したガス拡散電極の実用規模電解槽(縦1.2m×横2.4m)による実証試験は、1号機(水平通電方式)平成13年2月に、2号機(垂直通電方式)が平成14年2月から運転を開始し、1号機は約550日、2号機は約1年間の運転では各種条件での検討を行い実用性能や安全性を確認した。試験終了後の解体評価の結果でも、大きな課題もないことが示された。また、(1)の全工程機械化した設備で製作したガス拡散電極を装着して100日間の運転を実施した結果において、同等以上の性能を示した。この試験で得られた電解槽電圧は所定の3kA/m²の電流密度で2.1~2.2Vの間である。</p> <table border="1" data-bbox="422 1310 1396 1422"> <tr> <td>投稿論文</td> <td>論文23件(内訳:「査読付き」5件、「その他」18件)、「新聞発表」4件</td> </tr> <tr> <td>受賞</td> <td>電気化学会 技術賞(棚橋賞)(相川、齋木、古屋;平成15年4月)</td> </tr> <tr> <td>特許</td> <td>「出願済」23件、「登録」0件、「実施」0件</td> </tr> </table>		投稿論文	論文23件(内訳:「査読付き」5件、「その他」18件)、「新聞発表」4件	受賞	電気化学会 技術賞(棚橋賞)(相川、齋木、古屋;平成15年4月)	特許	「出願済」23件、「登録」0件、「実施」0件
投稿論文	論文23件(内訳:「査読付き」5件、「その他」18件)、「新聞発表」4件							
受賞	電気化学会 技術賞(棚橋賞)(相川、齋木、古屋;平成15年4月)							
特許	「出願済」23件、「登録」0件、「実施」0件							
<p>・実用化、事業化の見通しについて</p>	<p>本事業で得られた成果は、ソーダ関連企業を中心にして、2006年度からの実用化のための導入研究を開始中である。市場の50%が年率6%ずつ置き換わるとして、2010年には30%の市場浸透を狙う。</p> <p>事業化に向けた具体的な計画は、ガス拡散電極の製造では、製造研究を電極専門会社に移転し、製造原価の低減など商業化に備える。次に、電解槽の改造最適化では、電解槽専門会社に改造研究を移転し、電極セッティングなどの工程簡素化の検討を進める。また、実用規模電解槽による実証試験では、2005年ころから現場生産ラインに少数の実用規模電解槽による実証試験を開始し、1年程度の運転の後に生産現場での転換に進める計画である。</p>							
<p>・評価に関する事項</p>	<p>評価予定</p>	<p>平成15年度 事後評価</p>						
<p>・基本計画に関する事項</p>	<p>策定時期</p>	<p>平成11年4月 策定</p>						
	<p>変更履歴</p>	<p>平成14年4月 変更</p>						

「エネルギー使用合理化ガス拡散電極食塩電解技術開発」 (事後評価) 評価概要(案)

1. 総論

1) 総合評価

食塩電解技術をベースとする苛性ソーダ、塩素産業は、基礎化学品であり国内の安定供給体制が求められ、エネルギー消費の規模も大きい。コストダウン、効率化は既に限界に近づいている。本プロジェクトは、電力コストの大幅削減が可能な革新的プロセスで、水銀法から隔膜法、イオン交換膜法への転換に次ぐ大きな試みとして注目されている。また、約20億円(NEDO負担は1/2の約10億円)の研究開発費用で、毎年数十万トンのCO₂を削減可能な技術が確立できるのであれば、費用対効果も高い。

産学連携および関連企業の協力を背景にして推進され、基礎的な研究段階から電極面積を実証規模にまで拡大し、世界でも難しいといわれたガス拡散電極の大量生産に成功した点は高く評価できる。同様の試みは外国でも例がみられるが断念しており、本成果は世界最高水準である。

実用化に至る技術については、必ずしも十分満足のいくものばかりではなく、商用規模の信頼性あるガス拡散電極を大量に製造する技術の開発が望まれるが、総合的にはこのプロジェクトは高く評価できる。

2) 今後に対する提言

本プロジェクトは技術完成度も高く、産業利用における有用性はきわめて高い。実用化促進のためには、電解システム(電極だけではなく、膜、シール材など)全体の耐久性の向上が不可欠であり、今後も研究開発を進めることが必要である。酸素陰極の電極反応は酸性、アルカリ性の違いはあるにしても、過去から現在に至るまで長い間研究が続けられてきた課題であり、燃料電池の開発のためにもさらに研究を継続することが望まれる。また、燃料電池が実用化する際には炭化水素からの改質などオンサイトにおける高純度水素の製造も可能になると思われ、ガス拡散電極による水素消費は省エネルギーに役立つことはあっても他産業にデメリットを与えることは少なくなるはずである。このような視点からガス拡散電極による食塩電解は有効であることが十分期待できる。

わが国ソーダ/塩素工業の構造改善、製造業の国際競争力確保、省エネルギー・環境対策など経済産業省の基本政策にも合致しており、ガス拡散電極食塩電解プロセスへの転換を推進するための設備転換助成、設備投資減税などの促進策の検討を望む。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

食塩電解技術をベースとする苛性ソーダ、塩素産業は、基礎化学品であり国内の安定供給体制が求められ、エネルギー消費の規模も大きい。コストダウン、効率化は既に限界に近づいており、革新的な技術として「ガス拡散電極食塩電解技術」は経済的、産業的に利用価値はきわめて高い。本技術が事業化されると電力消費量の大幅削減、CO₂の削減に貢献することから、短時間での目標達成が望まれ、新化学発展協会と関連企業の協同が必要であり、それを可能にするために NEDO が支援することは適切である。また、わが国は食塩電解技術、特にイオン交換膜法に関して技術、供給面で世界をリードしており、革新的な技術を開発・実用化していくことは「技術革新による国際貢献を図る」意味でも重要性は高い。約 20 億円 (NEDO 負担は 1 / 2 の約 10 億円) の研究開発費用で、毎年数十万トンの CO₂ を削減可能な技術が確立できるのであれば、費用対効果も高い。

一方、本技術では水素が生成しないため、今後燃料電池の燃料として大量に水素需要が増えれば、別法により水素を製造せねばならないため、本技術の優位性を説明する際には、コスト比較等でさらなる検討が必要である。

2) 研究開発マネジメントについて

ソーダ工業の技術動向調査に基づき、具体的な開発目標・指標を設定すると共に、目標達成のために妥当なスケジュール・個別テーマを取り上げており、4年という期間内で目標を達成できたことは見事である。

研究開発体制も食塩電解技術に関連するソーダメーカーをはじめ食塩電解槽、電極、触媒などの構成要素の技術を保有する有力企業が参画し、研究開発の推進、技術評価に有効な体制が構築されている。実用化段階においても効果的な産業移転、技術の国際普及につながることを期待できる。

ただし、酸素還元反応の過電圧が高いことはこれまでも長年の課題であり、現状の電極触媒を使う限り、まだまだ省エネルギーの余地が残される。従って電極触媒開発の基礎研究を続けながら、データのフィードバック、その電極を使った省エネルギー型電解槽の運転で電解槽技術の向上が図られることが望まれる。

3) 研究開発成果について

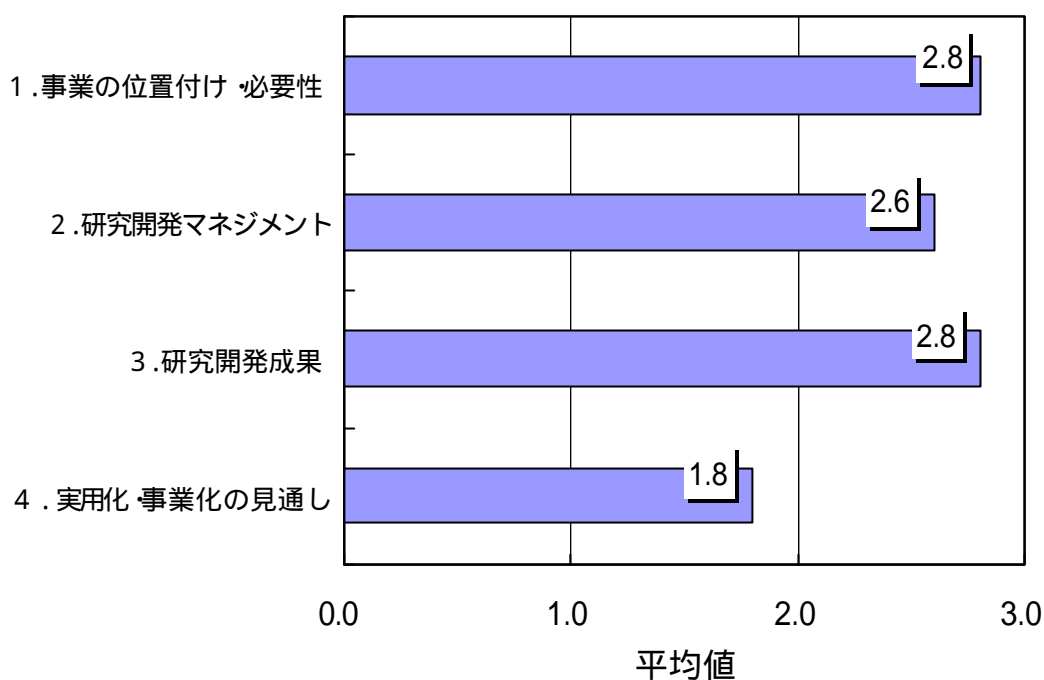
全体としての目標達成度は高い。基礎的な研究段階から電極面積を実証規模にまで拡大し、世界でも難しいといわれたガス拡散電極の大量生産に成功した点は高く評価できる。同様の試みは外国でも例がみられるが断念しており、本成果は世界最高水準である。成果としての特許申請数も比較的多く、事業化の障害となる先行特許の有無も、本件では問題はない。学会発表は国内外で計 18 回、新聞発表を 4 回しており、広く情報発信をしている。また、ガス拡散電極の技術は燃料電池用ガス拡散電極の更なる発展が見込めるなど、新たな技術領域を開拓することが期待される。

ただし、耐久性については、必ずしも十分満足のいくものばかりではなく、商用規模の信頼性あるガス拡散電極を大量に製造する技術の開発が望まれる。また、プラント実験に於いて1年後から電解電圧の上昇がみられていることの原因解明や PTFE の安定性に関しても、十分な研究の継続が必要である。

4) 実用化、事業化の見通しについて

ガス拡散電極法は電力コスト大幅削減という直接的な利益を確保できることから、新規プロセスへの転換意志を固めるトリガーになりえる。このため今回の開発プロジェクトで確立した新製法が結果的に世界の地球環境対策に貢献する効果をもたらすことが期待できる。また、現状の耐久性は、加速試験により約5年以上の評価が得られているが、実用規模電解槽による耐久性試験が望まれる。さらなる基礎研究、材料開発を行えば、寿命の拡大は十分期待できるものと考えられる。

一方、現在の厳しい投資環境の中で、本プロジェクトで提案しているシナリオ通りに技術導入されるかについては、業界として事業化研究も推進しており、省エネルギーとコスト削減の見通しを明確化して、業界一団となって商業化を目指して取り組むことが必要である。



評価項目	平均値	素点（注）				
		A	A	A	B	A
1. 事業の位置付け・必要性について	2.8	A	A	A	B	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.6	B	A	A	B	A
3. 研究開発成果について	2.8	A	B	A	A	A
4. 実用化・事業化の見通しについて	1.8	B	B	C	B	B

（注）A=3，B=2，C=1，D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

< 判定基準 >

(1) 事業の位置付け・必要性について

- ・ 非常に重要 A
- ・ 重要 B
- ・ 概ね妥当 C
- ・ 妥当性がない、又は失われた D

(2) 研究開発マネジメントについて

- ・ 非常によい A
- ・ よい B
- ・ 概ね適切 C
- ・ 適切とはいえない D

(3) 研究開発成果について

- ・ 非常によい A
- ・ よい B
- ・ 概ね妥当 C
- ・ 妥当とはいえない D

(4) 実用化・事業化の見通しについて

- ・ 明確に実現可能なプランあり A
- ・ 実現可能なプランあり B
- ・ 概ね実現可能なプランあり C
- ・ 見通しが不明 D