

「グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発／  
資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発／  
規則性ナノ多孔体精密分離膜部材基盤技術の開発」  
事後評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿	1
評価概要（案）	2
評点結果	5

## はじめに

本書は、NEDO技術委員・技術委員会等規程第31条に基づき研究評価委員会において設置された「グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発／資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発／規則性ナノ多孔体精密分離膜部材基盤技術の開発」（事後評価）の研究評価委員会分科会（第1回（平成26年12月1日）及び現地調査会（平成26年11月13日））において策定した評価報告書（案）の概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条の規定に基づき、第42回研究評価委員会（平成27年3月26日）にて、その評価結果について報告するものである。

平成27年3月

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「グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発／  
資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発／  
規則性ナノ多孔体精密分離膜部材基盤技術の開発」分科会  
（事後評価）

分科会長 草壁 克己

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  
「グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発／  
資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発／  
規則性ナノ多孔体精密分離膜部材基盤技術の開発」(事後評価)

### 分科会委員名簿

(平成26年12月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	くさかべ かつき 草壁 克己	崇城大学 工学部ナノサイエンス学科 教授
分科 会長 代理	つる としのり 都留 稔了	広島大学 工学研究院化学工学専攻 教授
委員	おおくぼ たつや 大久保 達也	東京大学 大学院工学系研究科 教授
	つねき ひであき 常木 英昭	株式会社日本触媒 研究本部 技監
	まつひろ いたる 松広 格	出光興産株式会社 執行役員製造技術部長
	もり とおる 森 亨	KHネオケム株式会社 四日市工場管理部生産技術課 マネジャー
	やまもと ひでき 山本 秀樹	関西大学 環境都市工学部 エネルギー・環境工学科 教授

敬称略、五十音順

「グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発／

資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発／

規則性ナノ多孔体精密分離膜部材基盤技術の開発」(事後評価)

## 評価概要 (案)

### 1. 総論

#### 1. 1 総合評価

プロジェクトリーダーの卓越したリーダーシップのもとで、異業種を含めた数多くの参加メンバーが有機的に連携しながら、目標にむけて研究開発が進められ、実用化に向け多大なる成果が得られた。極めて優れた産官学の協働プロジェクトであると評価する。

基礎研究から多孔質基材・短尺試料での成膜・長尺試料の作製・モジュール化そして実ストリームでの実証へと着実に課題をクリアしている。分離係数の目標値を大幅に上回って達成しており、さらに、高い水透過度を達成していることは高く評価できる。支持体と種結晶の凝集メカニズムや、膜の成長メカニズムが詳細に考察されており、今後の材料設計、ゼオライト膜開発に重要な指針を与える点で高く評価できる。

短尺の膜性能が長尺でも再現されており、企業との協力で膜の量産体制も整いつつある点は、今後の実用化に有望であると認められる。石油化学工場において実環境試験を行い、高い分離性能と耐性を明らかに、実用化の可能性を明らかにしたことは高く評価したい。

実用化のためには、コスト予測及び寿命評価の精度向上、また、具体的な適用検討のため膜種毎の特性表示などが課題である。

#### 1. 2 今後に対する提言

イソプロピルアルコール脱水プロセスについては、早急に実用化するため努力を継続頂きたい。

本プロジェクトの総合的な成果を、国内外に広い用途で展開していくためには、広報が必要である。ゼオライト膜に関する統合的な知識の集約を大学が整理し公開できる部分は出版すること、分離性能・コスト削減・設備費に対してある程度見通しが立てられるような一般化した資料を整備することなどが、有効と考えられる。

また、グローバルスタンダード化するために、できるだけ早い時期に国内外において実証試験を行うなどの実績をあげることが重要である。

### 2. 各論

#### 2. 1 事業の位置付け・必要性について

無機膜分離技術は蒸留技術と比較して大幅なエネルギー削減が実現できること、また、汎

用的なプロセスであり大きな経済効果も期待できることから、NEDO 事業として妥当である。

過酷条件の膜利用はチャレンジングであり、また、基礎研究を行う大学等の研究機関と実用化研究を行う民間企業の連携が必要であり、NEDO が関与することは妥当であったと考えられる。

## 2. 2 研究開発マネジメントについて

研究開発目標・計画が明確に示されていた。プロジェクト終了時点でスケールアップを終了しており、研究成果の実用化・事業化を十分に考慮された目標である。

要素技術と実用化技術がコンカレントに開発されている。当初の目標値を透過性および分離性ともに上方修正することができたのは、適切な研究マネジメントによるものと考えられる。

幅広い知識と優れたリーダーシップを持つプロジェクトリーダーの適切なマネジメントにより、大学等の研究機関、基材・膜メーカー、エンジニアリング企業、ユーザー企業を組織化し、膜開発と実証試験が加速化されて期間内で優れた成果を得ることができた点で評価できる。ただし、企業間の連携が独自技術の開発の延長にとどまっているように判断される、また、酢酸への適用可能性が高くなった時点で実証企業候補をメンバーに加えることも考えた方が良かったかもしれない。

技術成果に関し、特許化すべきものとノウハウとしてブラックボックス化するものを明確に区別しており、知財戦略は適切であった。

## 2. 3 研究開発成果について

全般的に最終目標に達成しており、高水準のレベルと判断される。イソプロピルアルコール脱水用分離膜の性能として透過係数・分離係数の点でプロジェクトの目標を超えた成果を上げたこと、および、長尺膜の開発に早期に成功して世界初となる石油化学プラントでの実証試験を実施したことを、高く評価する。また、要素技術、解析技術の開発が大きく進歩しており、ゼオライト膜開発への幅広い展開が期待できる。

イソプロピルアルコール脱水プロセスを最初の突破口とすることはよいが、他の石油化学における脱水プロセスにどう応用できるか、分かりやすく一般化する必要がある。将来は、膜分離、蒸留分離、吸着分離は、その特性に合わせて利用されるものと考えられるので、十分な比較検討が必要であり、その結果、分離プロセスに対して適材適所の原理で用いられることが望まれる。

ノウハウをブラックボックス化し、一方、材料を特許化することは知財戦略として妥当である。ただし、成果がその企業内に止まってしまうため、NEDO のプロジェクトとしてこれをどう技術移転していくか工夫が必要である。また、技術を海外展開するためには、PCT 国際特許出願を利用した外国出願を検討すべきと思う。

成果に関する情報発信について、今後、さらに産学が連携して行う必要がある。開発された各種のゼオライト膜の相互の体系化や位置づけをより明確にしておいて頂きたい。

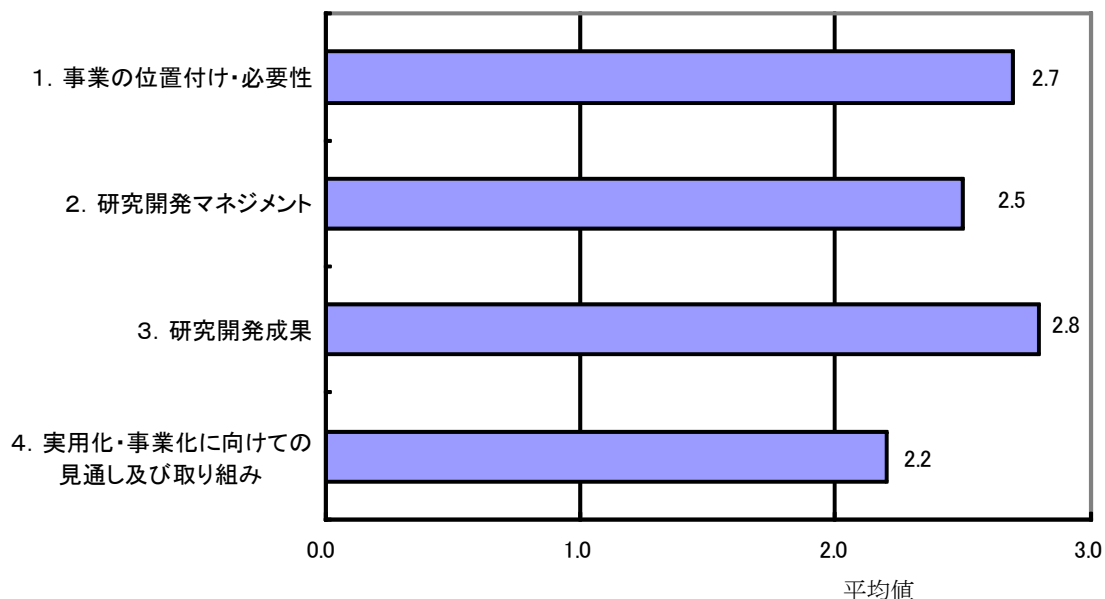
## 2. 4 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

イソプロピルアルコール脱水については、残された課題の解決に向けた取り組みも行われているので実用化の可能性は高いと判断される。最終製品の品質・スペックが課題である。

事業化のためにはゼオライト膜のコストダウンが必要であり、企業側は量産化技術の改善、大学側は膜被覆技術に関するイノベーションが望まれる。プロセスの pay out time が膜の優位性を示すものであるが、前提条件のより明確な開示が求められる。

無機膜単体としての分離プロセスも考えられるが、プロジェクト全体の研究成果から、ハイブリッド分離プロセスも提案されており、将来が期待できる。耐水性と耐酸性を意識し、透過性、選択性が高い分離膜の開発を進めてきたわけだが、適応範囲を広く考えると不飽和化合物を含む系からの脱水についても期待が大きく、NEDO 調査事業の結果を活用し、今後の取り組みを立案して欲しい。

## 評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)					
		A	A	A	B	B	A
1. 事業の位置付け・必要性について	2.7	A	A	A	B	B	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.5	A	B	A	B	A	B
3. 研究開発成果について	2.8	A	A	A	A	A	B
4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて	2.2	A	B	A	B	B	C

(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 | 3. 研究開発成果について                |
| ・非常に重要 →A          | ・非常によい →A                    |
| ・重要 →B             | ・よい →B                       |
| ・概ね妥当 →C           | ・概ね妥当 →C                     |
| ・妥当性がない、又は失われた →D  | ・妥当とはいえない →D                 |
| 2. 研究開発マネジメントについて  | 4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて |
| ・非常によい →A          | ・明確 →A                       |
| ・よい →B             | ・妥当 →B                       |
| ・概ね適切 →C           | ・概ね妥当であるが、課題あり →C            |
| ・適切とはいえない →D       | ・見通しが不明 →D                   |

研究評価委員会「グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発／  
資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発／規則性ナノ多孔体精密  
分離膜部材基盤技術の開発」(事後評価) 分科会

日 時：平成26年12月1日(月) 10:00～18:30

場 所：大手町 サンスカイルーム D室

〒100-0004 東京都千代田区大手町2丁目6番1号

朝日生命大手町ビル 27階

議事次第

【公開セッション】

- |   |                   |
|---|-------------------|
| 1. 開会、資料の確認                                   | 10:00～10:05 (5分)  |
| 2. 分科会の設置について                                 | 10:05～10:10 (5分)  |
| 3. 分科会の公開について                                 | 10:10～10:15 (5分)  |
| 4. 評価の実施方法                                    | 10:15～10:25 (10分) |
| 5. プロジェクトの概要説明                                |                   |
| 5.1 「事業の位置づけ・必要性」及び「研究開発マネジメント」               | 10:25～10:45 (20分) |
| 5.2 「研究開発成果」及び「実用化・事業化に向けての見通し<br>及び取り組みについて」 | 10:45～11:10 (25分) |
| 5.3 質疑  | 11:10～11:50 (40分) |

(昼食・休憩 50分)

【非公開セッション】

- |  |                   |
|--|-------------------|
| 6. プロジェクトの詳細説明                               |                   |
| 6.1 研究のポイントと実施スキーム                           | 12:40～12:50 (10分) |
| 6.2 分離膜製造基盤技術及び分離膜評価技術の開発<br>(説明 45分、質疑 30分) | 12:50～14:05 (75分) |
| 6.3 分離膜用セラミックス多孔質基材の開発<br>(説明 15分、質疑 10分)    | 14:05～14:30 (25分) |

(休憩 10分)

- |                                    |                   |
|------------------------------------|-------------------|
| 6.4 モジュール化技術の開発 (説明 30分、質疑 20分)    | 14:40～15:30 (50分) |
| 6.5 試作材の実環境評価技術の開発 (説明 30分、質疑 20分) | 15:30～16:20 (50分) |

(入替・休憩 5分)



- 6.6 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組み
- 6.6.1 日立造船（説明 10 分、質疑 5 分、入替 2 分） 16:25～16:42（17 分）
  - 6.6.2 三菱化学（説明 10 分、質疑 5 分、入替 2 分） 16:42～16:59（17 分）
  - 6.6.3 ノリタケ（説明 10 分、質疑 5 分、入替 2 分） 16:59～17:16（17 分）
  - 6.6.4 千代田化工建設（説明 10 分、質疑 5 分、入替 2 分） 17:16～17:33（17 分）
  - 6.6.5 JX 日鉱日石エネルギー（説明 10 分、質疑 5 分、入替 2 分） 17:33～17:50（17 分）

7. 全体を通しての質疑（質疑 15 分） 17:50～18:05（15 分）

（入替・休憩 5 分）

**【公開セッション】**

- 8. まとめ・講評 18:10～18:25（15 分）
- 9. 今後の予定、その他 18:25～18:30（5 分）
- 10. 閉会 18:30

以 上

## 研究評価委員会

「グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発／  
資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発／  
規則性ナノ多孔体精密分離膜部材基盤技術の開発」  
(事後評価) 現地調査会

日 時 : 平成26年11月13日(木) 14:00～16:30

調査場所 : 日立造船株式会社 技術開発本部  
(大阪市大正区船町2-2-11 電話 06-6551-9101)

---

### 議事次第

- |  |                    |
|--|--------------------|
| 1. 開会  | 14:00              |
| 2. 委員紹介・挨拶   | 14:00～14:10 (10分)  |
| 3. 研究開発の概要説明<br>・プロジェクト全体の概要説明(目的、枠組み、体制、スケジュール等)                      | 14:10～14:25 (15分)  |
| 4. 分離膜部材基盤技術の開発<br>・実施内容の概要説明(45分)<br>・試験設備の見学(60分)<br>・補足説明、質疑応答(15分) | 14:25～16:25 (120分) |
| 5. 連絡事項(事務局)   | 16:25～16:30 (5分)   |
| 6. 閉会  | 16:30              |

以上

概要

最終更新日 平成 26 年 10 月 31 日

プログラム（又は施策）名	ナノテク・部材イノベーションプログラム		
プロジェクト名	グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発	プロジェクト番号	P09010
担当推進部/担当者	電子・材料・ナノテクノロジー部 担当者氏名 廣石治郎（平成 21 年 6 月～平成 23 年 3 月） 電子・材料・ナノテクノロジー部 担当者氏名 谷嶋哲也（平成 23 年 4 月～平成 23 年 6 月） 電子・材料・ナノテクノロジー部 担当者氏名 森田保弘（平成 25 年 4 月～平成 26 年 2 月）		
0. 事業の概要	<p>化学・石油関連産業分野においては、蒸留技術をはじめ高度なプロセス制御による消費エネルギー低減化の努力がなされ、技術開発はほぼ飽和状態にある。さらなる省エネルギーを図るためには革新的技術が必要となるが、化学工業プロセスに於いて最もエネルギー消費の大きい蒸留プロセスを膜分離で置き換えることによって、大幅なエネルギーの節約が可能である。新規膜技術の開発とその導入による省エネ化は、化学産業の指導原理であるグリーン・サステイナブル・ケミストリーの一分野として重要である。</p> <p>現行の蒸留プロセスを膜分離プロセスに置き換えるため規則性ナノ多孔質構造を有するセラミック材料を対象に、以下に示す分離膜材料合成・部材化技術、分離膜の部材集積化と実条件下での性能評価手法の基盤技術開発を行う。</p> <p>①分離膜製造基盤技術及び分離膜評価技術の開発                  ②分離膜用セラミック多孔質基材の開発                  ③モジュール化技術の開発                  ④試作材の実環境評価技術の開発</p>		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>【事業自体の必要性】</p> <p>地球温暖化問題、資源枯渇問題が深刻化しつつある中、我が国の全産業の基幹となる化学品等を持続的（サステイナブル）に生産・供給していくためには、これまでの大量消費・廃棄型生産プロセスから脱却する新たなプロセスによる供給体制構築が急がれており、資源・エネルギー・環境の制約を克服する新しい技術開発が、喫緊の課題となっている。</p> <p>産業分野の約 30%超のエネルギーを消費している化学・石油関連産業では、そのうち約 40%のエネルギーが、分離精製を目的とする蒸留プロセスで消費されている。そのために両産業分野では長年に渡って効率改善に努力し、その技術は高度に洗練され、改善効果は頭打ちになっている。こうした背景にあって、更なる大規模な省エネルギー化を達成するためにはアプローチ手法の革新的転換が必要であり、それを可能にするための現在考え得る唯一の技術が膜分離技術である。</p> <p>膜分離技術開発には、高度な科学技術の知見を集約する必要がある。現状では、ニーズ・シーズが、業種の異なる企業・大学・その他研究機関に分散しており、実用化を押し進めるためには、分離膜開発のコア技術（膜分離工学、無機材料科学、特性・物性評価解析科学）を有する機関が、各々の役割を果たしつつ、互いに連携する体制を構築することが不可欠である。また、海外でも産学官連携プロジェクトや大企業先導による膜分離技術の開発が進められている。</p> <p>日本が省エネルギー技術分野で貢献し、経済活動を活性化するためには、今こそ国家プロジェクトを立ち上げ、集中的に研究開発を行うことが必要である。我が国の当該分野でのこれまでの技術開発の優位性を活かしつつ、研究開発をより一層加速し、我が国産業の優位性を確保し続けることが急務である。</p> <p>【位置付け】</p> <p>本事業は、技術戦略マップ 2008 のグリーン・サステイナブル・ケミストリー分野「プロセスイノベーション、エネルギー制約からの脱却、省エネルギープロセス、分離プロセス」に位置付けられる。他に同分野に位置付けられる研究開発事業と共に、「グリーン・サステイナブル・ケミカルプロセス基盤技術開発」の一貫として実施する。また、部材分野の「環境負荷低減部材、フィルター、高性能・超耐熱性ナノフィルター・、アクティブ多孔体（表面制御による機能付与）・分離膜」にも位置付けられる。</p>		

<p>③-2-1 分離膜製造基盤技術及び分離膜評価技術の開発</p> <p>(1)分離膜製造基盤技術          イソプロピルアルコール脱水用：  <u>中間目標（平成 23 年度末）</u>          現行の市販無機膜の水の透過度が <math>1 \sim 8 \times 10^{-9} \text{ mol}/(\text{m}^2 \text{ s Pa})</math> であるのに対し、同透過度が <math>8 \times 10^{-8} \text{ mol}/(\text{m}^2 \text{ s Pa})</math>、分離係数 100 以上の分離膜を工業的に製造できる技術を開発する。  <u>最終目標（平成 25 年度末）</u>          水透過度が <math>2 \times 10^{-7} \text{ mol}/(\text{m}^2 \text{ s Pa})</math>、分離係数 200 以上の分離膜を工業的に製造できる技術を開発する。          また併せて、研究開発項目③-2-2 で開発される多チャンネル型管内壁の内部表面上に規則性ナノ多孔体薄膜を製膜することにより分離膜を製造する技術を開発する。          酢酸脱水用：  <u>中間目標（平成 23 年度末）</u>          水透過度 <math>8 \times 10^{-8} \text{ mol}/(\text{m}^2 \text{ s Pa})</math>、水と酢酸の分離係数が 100 以上であり、耐酸性を有する分離膜を工業的に製造できる技術を開発する。  <u>最終目標（平成 25 年度末）</u>          水透過度 <math>2 \times 10^{-7} \text{ mol}/(\text{m}^2 \text{ s Pa})</math>、水と酢酸の分離係数が 200 以上であり、耐酸性を有する分離膜を工業的に製造できる技術を開発する。</p> <p>(2)分離膜評価技術  <u>中間目標（平成 23 年度末）</u>          ・膜組織と分離特性の関係及び膜組織と合成条件の関係を明らかにする。          ・開発材の支援を可能とする評価法を確立する。          ・分離特性を支配する構造欠陥を評価するための評価法を確立する。  <u>最終目標（平成 25 年度末）</u>          ・評価技術を高度化し、より微細な構造解析を可能とする技術を確立する。          ・実環境評価によって試作材に関する技術課題を抽出し、それらを解決するための指針を示す。</p> <p>③-2-2 分離膜用セラミックス多孔質基材の開発</p> <p>(1)セラミックス多孔質基材の開発  <u>中間目標（平成 23 年度末）</u>          ・水熱法等のケミカルプロセスによる分離膜製膜技術及びイソプロピルアルコール及び酢酸の脱水プロセス条件下で大幅な強度劣化の生じない多孔質材料を開発する。          ・目標分離性能を実現する分離膜を担持可能な細孔径、蒸気透過性、表面平滑性、耐化学特性を有する基材を開発する。  <u>最終目標（平成 25 年度末）</u>          ・イソプロピルアルコール及び酢酸の脱水分離膜として長期使用した際に、大幅な強度劣化が生じない多孔質材料を開発する。</p> <p>(2)多チャンネル型セラミックス多孔質基材の開発  <u>中間目標（平成 23 年度末）</u>          ・内管表面構造を制御する製造技術を開発する。          ・多チャンネル型基材 長さ 1m（管状 外径 30mm）当たり <math>0.2 \text{ m}^2</math> の膜面積を実現する。  <u>最終目標（平成 25 年度末）</u>          ・種結晶が均一に付着しやすい内管表面構造を有する多チャンネル型基材の製造技術を開発する。          ・多チャンネル型基材 長さ 1m（管状 外径 30mm）当たり <math>0.3 \text{ m}^2</math> の膜面積を実現する。</p> <p>③-2-3 モジュール化技術の開発</p> <p>(1)管状基材を用いたモジュール化技術  <u>中間目標（平成 23 年度末）</u>          マルチエレメントモジュールを想定し、モジュール化した際に、研究開発項目③-2-1、③-2-2 で開発する分離膜性能（透過度、分離係数）を最大限に引き出すためのマルチエレメント格納容器の設計をし、その構造実現に必要な要素技術を見極める。  <u>最終目標（平成 25 年度末）</u>          検討項目③-2-1 で開発する分離膜特性（透過度、分離係数）の 60% 以上を有するモジュール製造のための基盤技術を確立する。</p> <p>(2)多チャンネル型基材を用いたモジュール化技術  <u>中間目標（平成 23 年度末）</u>          使用条件に耐えるシール材料を選定する。  <u>最終目標（平成 25 年度末）</u>          管状型分離膜と同等のシール性能を確認する。</p> <p>(3)膜分離解析モデル・シミュレーターの開発  <u>中間目標（平成 23 年度末）</u>          ・分離膜の簡易的な 1 次元モデル・シミュレーターを開発する。          ・膜モジュールシミュレーター開発のベースとなる 3 次元解析用モデルを開発する。  <u>最終目標（平成 25 年度末）</u>          ・膜モジュールの設計手法を開発し、設計ツールを開発する。</p>
--

II 研究開発マネジメントについて	事業の目標	<p>・管状型膜モジュールシミュレーター及び多チャンネル型膜モジュールシミュレーターを開発する。</p> <p>③-2-4 試作材の実環境評価技術の開発</p> <p>(1)実環境評価検討</p> <p><u>中間目標（平成23年度末）</u></p> <p>・開発する分離膜モジュールの性能を十分に引き出せるサイズを確定し、配置場所、流体の流路方向、気体状態を維持するための効率的な保温、液体発生時の対策等を考慮し、モジュールの製造とリンクさせた実環境試験フローを設計する。</p> <p><u>最終目標（平成25年度末）</u></p> <p>・200時間連続運転によるモジュールの耐用性能評価を可能とするシステムを開発し、実用化のための技術課題を抽出する。</p> <p>・プロセスシミュレーションにより、膜分離システムを組み込んだ分離プロセスを提案する。</p> <p>(2)プロセスシミュレーターの開発</p> <p><u>中間目標（平成23年度末）</u></p> <p>・既存の蒸留システムに分離膜モジュールを組み合わせたHybridなプロセスシステムを対象としたプロセスシミュレーターを開発する。</p> <p><u>最終目標（平成25年度末）</u></p> <p>・既存の蒸留システムとのエネルギー効率、コストの比較を容易に行えるようなシステムを開発する。</p> <p>・プロセスシミュレーターを用いて、イソプロピルアルコール系を対象として最適な高効率・低コスト分離プロセスを設計する。</p>						
	開発予算 (会計・勘定別に 事業費の実績額 を記載) (単位：百万円)	会計・勘定	H21	H22	H23	H24	H25	総額
		一般会計	266	120	0	0	0	386
		特別会計 (一般・電源・需給 の別)	0	0	227	209	160	596
		加速予算 (成果普及費を 含む)	105	156	100	0	0	361
		総予算額	371	276	327	209	160	1,343
		(委託)	371	276	327	209	160	1,343
		(助成) : 助成率 1/2	0	0	0	0	0	0
		(共同研究) : 負担率	0	0	0	0	0	0
	開発体制	経産省担当原課	産業製造局化学課					
プロジェクト リーダー		早稲田大学 理工学術院 教授 松方 正彦						
委託先		委託先：学校法人早稲田大学、日立造船株式会社、三菱化学株式会社、株式会社ノリタケカンパニーリミテド、JX 日鉱日石エネルギー株式会社、一般財団法人ファインセラミックスセンター、千代田化工建設株式会社、国立大学法人宇都宮大学、国立大学法人大阪大学、国立大学法人山口大学、国立大学法人名古屋工業大学、学校法人芝浦工業大学						
情勢変化への 対応	<p>進捗状況をふまえ、当該技術分野における実用化の前倒しが期待されるテーマに関して、研究加速財源の配分を行った。また、酢酸用脱水膜の製造については目標値の上方修正を行った。</p> <p>平成23年度の間評価委員会での指摘事項に対して、実施計画書に対応を反映するとともに、一部内容については、加速予算を投入し、研究開発の促進を図った。</p>							
評価に関する 事項	事前評価	H21年度 実施 担当 電子・材料・ナノテクノロジー一部						
	中間評価	H23年度 実施 担当 電子・材料・ナノテクノロジー一部						
	事後評価	H26年度 事後評価実施予定						

達成度の凡例 ◎大幅達成、○達成、△一部未達、×未達

③-2-1 分離膜製造基盤技術及び分離膜評価技術の開発

③-2-1(1) 分離膜製造基盤技術

③-2-1(1)-1 管状膜エレメントの開発

中間目標	最終目標	研究開発成果	達成度
<p><b>イソプロピルアルコール脱水用：</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現行の市販無機膜の水の透過度が <math>1 \sim 8 \times 10^{-9} \text{ mol}/(\text{m}^2 \text{ s Pa})</math> であるのに対し、同透過度が <math>8 \times 10^{-8} \text{ mol}/(\text{m}^2 \text{ s Pa})</math>、分離係数 100 以上の分離膜を工業的に製造できる技術を開発する。</li> </ul> <p><b>酢酸脱水用：</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水透過度が <math>8 \times 10^{-8} \text{ mol}/(\text{m}^2 \text{ s Pa})</math>、水と酢酸の分離係数が 100 以上であり、耐酸性を有する分離膜を工業的に製造できる技術を開発する。</li> </ul>	<p><b>イソプロピルアルコール脱水用：</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水透過度が <math>2 \times 10^{-7} \text{ mol}/(\text{m}^2 \text{ s Pa})</math>、分離係数 200 以上の分離膜を工業的に製造できる技術を開発する。</li> </ul> <p><b>酢酸脱水用：</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水透過度が <math>2 \times 10^{-7} \text{ mol}/(\text{m}^2 \text{ s Pa})</math>、水と酢酸の分離係数が 200 以上であり、耐酸性を有する分離膜を工業的に製造できる技術を開発する。</li> </ul>	<p><b>【早稲田大学】</b></p> <p><b>IPA脱水用：</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水透過度：<math>7.63 \times 10^{-7} \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})</math>、分離係数 3000 (100℃、水/IPA = 45/55 kPa)</li> </ul> <p><b>酢酸脱水用：</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水透過度：<math>1.50 \times 10^{-7} \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})</math>、分離係数 &gt; 20,000 (125℃、酢酸/水=10 kPa/10 kPa)</li> </ul> <p><b>【芝浦工業大学】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 「高温 CVD に用いる反応種の選定」：PrTMOs がシリカ源として有効であることを見いだした。</li> <li>・ 「蒸着条件の最適化」：CVD 処理と 500℃ 熱分解を行うことで、水選択性が 100 となった。</li> <li>・ 「CVD 前後の透過比較による透過機構検討」：粒界の影響をガス透過試験とパーパーレーションの両者から評価できることを明らかにした。</li> <li>・ 「最適膜構造の提案」選択性を示す粒界サイズを 0.9 nm 以下と具体的にし、水透過流束向上にはゼオライトの結晶性が重要であると結論した。</li> </ul> <p><b>【大阪大学】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 新規な親水性ゼオライト分離膜の探索</li> </ul> <p>&lt;シリコリン酸アルミ系ゼオライト膜&gt;</p> <p>①合成法の確立</p> <p>種結晶塗布法における種結晶の役割、膜形成メカニズムを解明することができた。その知見を用いて、新しい迅速溶解種結晶を開発し、膜合成の迅速化が可能であることがわかった。</p> <p>②透過分離性能</p> <p>水/IPA の分離係数 1,000 以上、透過度 <math>10^{-7} \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}</math> と優れた分離性能を有する SAPO-34 膜を合成することができた (短尺 3 cm)。</p> <p>&lt;層状ゼオライト MCM-22 膜&gt;</p> <p>①合成法の開発</p> <p>MCM-22 結晶および MCM-22 を層剝離した MCM-22(D)結晶を種結晶とした MCM-22 膜の調製法を開発した。</p> <p>②水/酢酸の蒸気透過分離</p> <p>分離係数 75 以上の膜を作成した。しかし、透過度については、<math>10^{-8} \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}</math> とあまり小さくなく、製膜手法の改善が必要である。</p>	<p><b>【早稲田大学】</b></p> <p><b>IPA 脱水用：</b></p> <p>○</p> <p><b>酢酸脱水用：</b></p> <p>○</p> <p><b>【芝浦工業大学】</b></p> <p>○：この項目は、目標に達した。</p> <p>○：膜性能としては十分である。</p> <p>○：新規項目も追加し、目標を達成した。</p> <p>○：具体的な構造を明らかにし、目標を達成した。</p> <p><b>【大阪大学】</b></p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>△</p>

Ⅲ. 研究開発成果について

中間目標	最終目標	研究開発成果	達成度
		<p><b>【宇都宮大学】</b>  ・テーパー・シール法による新たなシール技術の開発を行うために金属製支持体を採用して、“逆さ吊り法”によって均質な膜形成が見込めることを明らかにした。  IPA 連続濃縮法として、膜性能の異なる分離膜を用いる 2 段階法を提案して、濃縮時間を短縮できることを実証した。</p> <p><b>【山口大学】</b>  <u>IPA 脱水用：</u>  ・ FAU(Y)膜：水/IPA(10/90wt%)105℃で透過度 <math>2.7 \times 10^{-6}</math> mol/(m<sup>2</sup> s Pa)、分離係数 830。  ZSM-5 膜：水/IPA (10/90 wt%)105℃で透過度 <math>1.5 \times 10^{-6}</math> mol/(m<sup>2</sup> s Pa)、分離係数 2700。  <u>酢酸脱水用：</u>  ・ MOR 膜：水/酢酸(50/50 wt%)75℃で透過度 <math>2.5/50^{-6}</math> mol/(m<sup>2</sup> s Pa)、分離係数∞。</p> <p><b>【三菱化学】</b>  <u>IPA 脱水用：</u>  ・高シリカチャバサイト型ゼオライト膜にて、水透過度 <math>1.5\text{-}2.0 \times 10^{-6}</math> mol/(m<sup>2</sup>・s・Pa)、分離係数 10000 以上の工業的に利用可能な 1m 長の膜を再現性よく合成した。  <u>酢酸脱水用：</u>  ・高シリカチャバサイト型ゼオライト膜にて、水透過度 <math>4.0 \times 10^{-6}</math> mol/(m<sup>2</sup>・s・Pa)、分離係数 5,000 の工業的に利用可能な 1m 長の膜を合成した。</p> <p><b>【日立造船】</b>  ①高含水 IPA 脱水用  FAU(Y)型および MFI (ZSM-5)型で最終目標を達成。  膜分離条件：  IPA/水=80/20、130℃VVP-mode  ●FAU(Y)型 長尺:1m レベル  ・水透過度： <math>2.5 \times 10^{-6}</math> mol/(m<sup>2</sup>・s・Pa)  ・分離係数：4,000  ●MFI(ZSM-5)型 長尺:1m レベル  ・水透過度：  <math>3.5 \sim 4.5 \times 10^{-7}</math> mol/(m<sup>2</sup>・s・Pa)  ・分離係数：  550～2400  ②酢酸脱水用  ・MOR 型で最終目標を達成。  膜分離条件：  酢酸/水=80/20、130℃VVP-mode  ●MOR 型 長尺: 1m レベル  ・水透過度：  <math>3.7 \sim 4.8 \times 10^{-7}</math> mol/(m<sup>2</sup>・s・Pa)  ・分離係数：634～976</p>	<p><b>【宇都宮大学】</b> ○</p> <p><b>【山口大学】</b> ○</p> <p><b>【三菱化学】</b>  IPA 脱水用: ◎  酢酸：○</p> <p><b>【日立造船】</b>  IPA：◎  酢酸：◎</p>

Ⅲ. 研究開発成果について

Ⅲ. 研究開発成果  
について

③-2-1(1)-2 多チャンネル型膜部材の開発

中間目標	最終目標	研究開発成果	達成度
		<p><b>【三菱化学】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>多チャンネル型基材の内壁への製膜の要素技術開発を行い、内径 7mm の管状支持体内壁に水の透過度 <math>3.8 \times 10^{-6} \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})</math>、IPA の透過度 <math>3.6 \times 10^{-9} \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})</math>、分離係数 1100 の高シリカチャバサイト膜を製膜した。</li> </ul>	<p><b>【三菱化学】</b></p> <p>○</p>

③-2-1(2) 分離膜評価技術の開発

中間目標	最終目標	研究開発成果	達成度
		<p><b>【一般財団法人ファインセラミックスセンター】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>骨格構造を構成する Si または Al のサイトを直接観察する方法を確立した</li> <li>TEM 観察試料作製法としてイオン研磨法、FIB 法を用いて円筒試料の高品質試料の作製条件を確立した。また、SEM 観察によって、基材表面および基材内部に形成されたゼオライト層の観察を可能とする試料作製法を確立した。</li> <li>結晶粒界における細孔チャンネルの連続性を定性的に推測する初等的手法を確立した。併せて、高分解能 TEM 観察法で得られた粒界の写真をもとに、粒界の原子構造を解析する方法を確立した。</li> <li>TEM-EDS 法によって、ナノメートルサイズの空間分解能で Si-Al の空間分布をマッピングする条件を見出した。</li> <li>電子線トモグラフィ法および電子線後方散乱回折法を用いて、結晶粒界の空間分布を観察する手法の開発を試みたが、現時点では手法の確立をするには至っていない。</li> <li>ゼオライト双晶粒界を対照として手法達成を実証した。</li> <li>計算手法を確立し、本プロジェクトの実施者と共同で透過機構の解明を行った。</li> <li>本プロジェクト実施者から、13 件の微細構造解析を実施し、開発を支援した。</li> </ul> <p><b>【早稲田大学】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ZSM-5 膜を用いて、非破壊で吸着特性および膜の欠陥構造を評価する装置と手法を開発した。これにより膜形成過程を推察することが可能となった。</li> </ul>	<p><b>【一般財団法人ファインセラミックスセンター】</b></p> <p>◎</p> <p>◎</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>△</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>◎</p> <p><b>【早稲田大学】</b></p> <p>◎</p>



Ⅲ. 研究開発成果  
について

③-2-2 分離膜用セラミックス多孔質基材の開発

③-2-2-(1) セラミックス多孔質基材の開発

中間目標	最終目標	研究開発成果	達成度
<ul style="list-style-type: none"> <li>水熱法等のケミカルプロセスによる分離膜製膜技術及びイソプロピルアルコール及び酢酸の脱水プロセス条件下で大幅な強度劣化の生じない多孔質材料を開発する。</li> <li>目標分離性能を実現する分離膜を担持可能な細孔径、蒸気透過性、表面平滑性、耐化学特性を有する基材を開発する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>イソプロピルアルコール及び酢酸の脱水分離膜として長期使用した際に、大幅な強度劣化が生じない多孔質材料を開発する。</li> </ul>	<p><b>【ノリタケカンパニーリミテド】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>製膜条件下で大幅な強度劣化が生じず、IPA および酢酸の脱水分離膜として長期(1000hr)使用した際に大幅な強度劣化の生じない基材を開発した。</li> <li>製膜試験、評価結果を受けた基材特性の改良を実施し、基材作製技術を高度化した。</li> </ul> <p><b>【名古屋工業大学】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.多孔基材の熱機械的特性および耐熱衝撃性を評価する技術を確立した。</li> <li>b.多孔基材の製膜環境における耐化学特性評価技術を確立した。</li> <li>c.イソプロピルアルコールおよび酢酸の脱水分離環境での長期安定性の評価手法を確立した。</li> </ul>	<p><b>【ノリタケカンパニーリミテド】</b></p> <p>◎</p> <p><b>【名古屋工業大学】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.○</li> <li>b.○</li> <li>c.○</li> </ul>

③-2-2-(2) 多チャンネル型セラミックス多孔質基材の開発

中間目標	最終目標	研究開発成果	達成度
<ul style="list-style-type: none"> <li>内管表面構造を制御する製造技術を開発する。</li> <li>多チャンネル型基材 長さ1m(管状 外径30mm) 当たり0.2 m<sup>2</sup>の膜面積を実現する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>種結晶が均一に付着しやすい内管表面構造を有する多チャンネル型基材の製造技術を開発する。</li> <li>多チャンネル型基材 長さ1m(管状 外径30mm) 当たり0.3 m<sup>2</sup>の膜面積を実現する。</li> </ul>	<p><b>【ノリタケカンパニーリミテド】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>坏土の粘弾性評価による多チャンネル型基材作製方法を導入し、長さ1m 当たり0.2 m<sup>2</sup>および0.3 m<sup>2</sup>の膜面積を有する基材を開発した。</li> <li>ゼオライト膜製膜に好適な内管表面を実現した。</li> </ul> <p><b>【名古屋工業大学】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.有限要素法を併用することにより、複雑形状を持つ多チャンネル基材の強度特性を評価する技術を確立した。</li> <li>b.繰り返し疲労試験による長期安定性の評価手法を確立した。</li> </ul>	<p><b>【ノリタケカンパニーリミテド】</b></p> <p>◎</p> <p><b>【名古屋工業大学】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.○</li> <li>b.○</li> </ul>

	<b>③-2-3 モジュール化技術の開発</b> <b>③-2-3-1) 管状基材を用いたモジュール化技術の開発</b>			
	<b>中間目標</b>	<b>最終目標</b>	<b>研究開発成果</b>	<b>達成度</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>マルチエレメントモジュールを想定し、モジュール化した際に、研究開発項目③-2-1、③-2-2で開発する分離膜性能（透過度、分離係数）を最大限に引き出すためのマルチエレメント格納容器の設計をし、その構造実現に必要な要素技術を見極める。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究開発項目③-2-1で開発する分離膜特性（透過度、分離係数）の60%以上を有するモジュール製造のための基盤技術を確立する。</li> </ul>	<p><b>【早稲田大学】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>シミュレーター完成</li> <li>シミュレーターの基礎部分を構築</li> </ul> <p><b>【日立造船】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>モジュール内の流体解析用モデルを構築し、モジュール効率60%以上のバップル型モジュールを考案。</li> <li>上記解析モデルと同じモジュールを試作し、実流体試験で解析精度に問題ないことを確認。</li> <li>シール構造では、Cu以外の材質のメタルパッキンは難しいことが判明したが、耐性が高いグラファイト製のパッキンでシール性に問題ないことを確認。</li> </ul> <p><b>【三菱化学】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>高シリカチャバサイト膜約30本をモジュール化し、蒸気透過試験を行った。その結果モジュールでの水透過度（<math>1.9 \times 10^{-6} \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})</math>）は、1本の膜で発揮する性能（<math>2.3 \times 10^{-6} \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})</math>）の60%以上であった。</li> </ul>	<p><b>【早稲田大学】</b></p> <p>○</p> <p>○</p> <p><b>【日立造船】</b></p> <p>◎</p> <p><b>【三菱化学】</b></p> <p>○</p>
<b>③-2-3-2) 多チャンネル型基材を用いたモジュール化技術</b>				
<b>Ⅲ. 研究開発成果について</b>	<b>中間目標</b>	<b>最終目標</b>	<b>研究開発成果</b>	<b>達成度</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用条件に耐えるシール材料を選定する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>管状型分離膜と同等のシール性能を確認する。</li> </ul>	<p><b>【三菱化学】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>直径31mm、長さ10cmの19孔多チャンネル基材を格納するモジュールとシール機構と材料を設計・検討し、モジュールを作製した。試験を実施し、シールが機能していることを確かめた。</li> </ul> <p><b>【ノリタケカンパニーリミテド】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>使用条件に耐えるシール材料を選定・評価し、管状型分離膜と同等のシール性能を確認した。</li> </ul> <p><b>【千代田化工建設】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>多チャンネル型基材に関して流動解析モデルを確立し、それを用いた多チャンネル型基材の要求性能の明確化、さらには格納容器の最適化検討を可能とした。</li> <li>膜分離解析モデル・シミュレータ、膜モジュール・シミュレーターを確立し、膜エレメント設計の最適化や膜分離モジュール化技術の最適設計支援に利用可能とした。</li> </ul> <p><b>【名古屋工業大学】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.有限要素法を使用することで、モジュール構成時の応力解析が可能となり、シール材料の選定への評価技術を確立できた。</li> <li>b.シール材料の脱水環境時の長期安定性の評価手法を確立した。</li> </ul>	<p><b>【三菱化学】</b></p> <p>○</p> <p><b>【ノリタケカンパニーリミテド】</b></p> <p>◎</p> <p><b>【千代田化工建設】</b></p> <p>◎</p> <p>十分に目標は達成した</p> <p><b>【名古屋工業大学】</b></p> <p>a.○</p> <p>b.○</p>

③-2-3-(3) 膜分離解析モデル・シミュレーターの開発

中間目標	最終目標	研究開発成果	達成度
<ul style="list-style-type: none"> <li>・分離膜の簡易的な1次元モデル・シミュレーターを開発する。</li> <li>・膜モジュールシミュレーター開発のベースとなる3次元解析用モデルを開発する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・膜モジュールの設計手法を開発し、設計ツールを開発する。</li> <li>・管状型膜モジュールシミュレーター及び多チャンネル型膜モジュールシミュレーターを開発する。</li> </ul>	<p><b>【千代田化工建設】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・分離膜開発およびそのモジュール化を支援するためのツールとして、分離膜の分離特性（透過度、分離係数）を定量的に表現するための数学モデルを構築し、膜分離解析モデル・シミュレーターを開発した。</li> </ul>	<p><b>【千代田化工建設】</b></p> <p>◎ 十分に目標は達成した</p>

Ⅲ. 研究開発成果について

III. 研究開発成果について

③-2-4 試作材の実環境評価技術の開発

③-2-4-(1) 実環境評価検討

中間目標	最終目標	研究開発成果	達成度
<p>・開発する分離膜モジュールの性能を十分に引き出せるサイズを確定し、配置場所、流体の流路方向、気体状態を維持するための効率的な保温、液体発生時の対策等を考慮し、モジュールの製造とリンクさせた実環境試験フローを設計する。</p>	<p>・実環境評価装置を JX 日鉱日石エネルギー株式会社川崎製造所の IPA 製造装置に付設し、実環境試験を実施して膜開発に資する。最終的に実環境試験において膜エレメントの水透過度が <math>2 \times 10^{-7} \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{sPa})</math>、分離係数 200 以上が達成できることを確認する。</p>	<p><b>【JX 日鉱日石エネルギー】</b></p> <p>① 実環境評価装置の設置方法を検討し、設置場所、プラントとの接続方法および法対応を決定</p> <p>② 実環境試験の効率化を踏まえた装置の設計を実施</p> <p>③ 実環境評価装置の作製・設置を実施</p> <p>④ 合計 9 回の実環境評価試験を実施し、膜性能の最終目標の達成を確認するとともに、膜改良に貢献</p> <p><b>【日立造船】</b></p> <p>・FAU(Y)型膜エレメントで、約 350 時間にあたって目標性能を大きく上回る下記性能を達成。</p> <p>・水透過度：<math>\geq 2.6</math> 透過度：<math>^{-6} \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})</math></p> <p>・分離係数：3000 前後</p> <p><b>【三菱化学】</b></p> <p>・1 本の膜で累積 743 時間の実環境試験を行い、その間の膜性能が、水の透過度：<math>1.5 \sim 2.0 \times 10^{-6} \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})</math>、分離係数が 10,000 以上と安定していた。</p> <p><b>【千代田化工建設】</b></p> <p>・実環境評価試験の結果の評価を行い、十分な性能が得られていることを確認した。</p>	<p><b>【JX 日鉱日石エネルギー】</b></p> <p>① ○</p> <p>② ○</p> <p>③ ○</p> <p>④ ◎</p> <p><b>【日立造船】</b></p> <p>◎</p> <p><b>【三菱化学】</b></p> <p>○</p> <p><b>【千代田化工建設】</b></p> <p>◎</p> <p>十分に目標は達成した</p>

③-2-4-(2) プロセスシミュレーターの開発

中間目標	最終目標	研究開発成果	達成度
<p>・既存の蒸留システムに分離膜モジュールを組み合わせた Hybrid なプロセスシステムを対象としたプロセスシミュレーターを開発する。</p>	<p>・既存の蒸留システムとのエネルギー効率、コストの比較を容易に行えるようなシステムを開発する。</p> <p>・プロセスシミュレーターを用いて、イソプロピルアルコール系を対象として最適な高効率・低コスト分離プロセスを設計する。</p>	<p><b>【千代田化工建設】</b></p> <p>・既存の蒸留分離と膜と蒸留を組み合わせた Hybrid 分離システムの性能比較システムの開発</p> <p>・IPA-水、酢酸-水系を対象とした検討を行い、Hybrid システムの省エネ面での優位性を評価。さらに IPA-水系については経済性の面での優位性も評価。低コスト分離プロセスを提案した。</p>	<p><b>【千代田化工建設】</b></p> <p>◎</p> <p>十分に目標は達成した。</p>

	論文・予稿集	40 報
	特 許	10 件
	その他の外部発表 (プレス発表等)	「学会発表・講演」276 件、「その他」3 件
IV. 実用化・事業化 の見通しにつ いて	<p>出口として、耐水性や耐酸性が要求される蒸留プロセスで 2030 年に約 2,000 億円の市場が見込まれる。本プロジェクトで開発した部材・プロセスについては既設の蒸留プロセスにレトロフィットが可能であり、参画企業が 5 年を目標に実用化を進めていく。</p>	
V. 基本計画に関す る事項	作成時期	平成21年3月 NEDO制定
	変更履歴	<p>(1)平成21 年12 月、「明日の安心と成長のための緊急経済対策（平成21年度補正予算（第2号））」に係る研究開発項目④追加による改訂</p> <p>(2)平成22年8月、加速に伴い、(別紙)研究開発計画の研究開発項目③-2の達成目標を修正</p> <p>(3)平成23年1月、平成22年度補正予算第1号による研究開発項目④-4、④-5追加による改訂</p> <p>(4)平成23年7月、根拠法改正に伴う改訂</p> <p>(5)平成23年10月、中間評価の結果に基づき、(別紙)研究開発計画の研究開発項目③-1の内容を修正</p> <p>(6)平成24年3月、③-4追加による改訂</p> <p>(7)平成24年9月、研究開発項目②の一部追加実施に伴う改訂</p> <p>(8)平成25年2月、研究開発項目③-1の目標修正、研究開発項目④の期間修正、評価に関する事項修正、業務方法書の改正による改訂</p>

Ⅱ. 研究開発マネジメント (2)研究開発計画の妥当性

公開

全体スケジュールと予算

単位:百万円

研究開発項目	21年度	22年度	23年度	24年度	25年度	合計
①分離膜製造基盤技術および分離膜評価技術の開発(委託)		膜のラポレベルでの透過性能評価とともに、実使用条件下試験を想定したモジュールの開発と、そのため設備導入	膜の透過性能の定量化に基づくモジュール設計・試作、それにもなう試験設備導入(一部設備改造) 中間目標達成に向けた膜製造技術の開発	実使用条件下での試験設備設計・導入 最終目標値を目指した透過分離性能の改良		
②分離膜用セラミックス多孔質基材の開発(委託)	基材の物性評価を粘弾性評価装置等を導入して開始	基材の高温機械特性、耐化学特性を評価、設備導入	管型基材製造技術の開発・製作および最適化	実環境下試験用基材の開発・製作、多チャンネル型基材の開発		
③モジュール化技術の開発(委託)		設計手法の開発、シール技術の開発		多チャンネル型基材の設計・シール技術開発		
④試作材の実環境評価技術の開発(委託)				工業プラント改造、実使用条件下での試験設備導入・試験実施		
予算 (本予算/加速)	371 (266/105)	276 (120/156)	327 (227/100)	209 (209/0)	160 (160/0)	1343 (982/361)

事業原簿Ⅱ-7

※研究開発項目間で研究内容が連関しているため、研究開発項目別の予算は表現できない

Ⅱ. 研究開発マネジメント (1)研究開発目標の妥当性 (2)研究開発計画の妥当性

公開

実施体制



事業原簿Ⅱ-8