

## 石油産業における分離膜技術の適応可能性に関する調査

㈱コスモ総合研究所：○田中 祐二、三村 幸弘、岩井 孝、大田 毅

### 1. 調査の背景と目的

#### 1. 1 調査の背景

我が国の石油産業は、国内市場が長期的に縮小するとされる中で、海外精製業者との国際競争に対抗出来得る経営基盤を強化する必要があり、例えば、製油所の技術革新や国内外流通改革等による中長期の戦略策定が益々重要となっている。

JPEC では、製油所の高度化に資する先端技術として分離膜技術に関する調査を継続的にやっている中、2010年3月には、石油連盟は「石油業界の低炭素社会実行戦略」を発表し、2030年～2050年を目指した革新的技術開発の一つとして「炭化水素膜分離・吸着技術」を挙げている。これらを踏まえ、今後の石油産業の技術開発ロードマップの具体化を図るため、国内外における技術開発の現状について情報を整理することが必要である。

#### 1. 2 調査の目的

経済産業省「技術戦略マップ」(2010年6月)を踏まえ、これまでJPECやNEDOで実施した石油精製に関する分離膜技術開発および調査成果、さらに、欧米研究機関での分離膜、特に無機分離膜に関する先進的な研究事例について調査を行い、エネルギー多消費型プロセスを多く有する製油所操業の低炭素化(効率化、省エネルギー化あるいは技術転換)に貢献し得る技術開発テーマ立案の一助とする。

#### 1. 3 調査の内容

- (1) 国内外無機分離膜の文献・特許調査
- (2) 欧米分離膜関連機関の動向調査
- (3) 技術開発ロードマップの検討

上記調査結果のうち、欧米の調査概要を述べる。

### 2. 欧米における無機分離膜技術開発動向

#### 2. 1 文献調査

##### (1) 検索手法

分離膜材料に関する学術雑誌、Journal of Membrane Science、Separation and Purification Technology および Microporous and Mesoporous Materials に加え、プロセスに関する文献検索も必要なため、工学文献と技術文献を収録する科学技術文献データベース(Ei Compindex®)を活用した。

##### (2) 検索結果

期間： 2005年から2010年

キーワード	検索範囲	検出数
petroleum or hydrocarbon?	記事全体	69249
(petroleum or hydrocarbon?) and membrane?	記事全体	1576
(petroleum or hydrocarbon?) and membrane? and process?	記事全体	544
membrane? or process?	タイトル	3195
petroleum or hydrocarbon?	記事全体	
membrane? and process?	タイトル	36
petroleum or hydrocarbon?	記事全体	

(注) ? : 検索用ワイルドカード

NEDO 調査報告書「メンブレンリアクターを利用した化学合成プロセスの省エネ・高効率化に関する技術調査」(2007年3月)や「無機規則性ナノ多孔体薄膜を利用したプロセスの省エネ・高効率化に関する調査」(2008年3月)においても、ゼオライト分離膜の研究動向は整理されているが、炭化水素化合物の分離の観点からは十分な整理はされていない。

今回の調査では、単純系の炭化水素化合物の透過モデルや速度論に関する文献は検出されたが、製油所の実ガスのような混合成分系を対象にした技術論文は見出せなかった。

また、大手石油会社が執筆した石油精製プロセス用無機分離膜材料に関する学術文献は見出されなかった。

### (3) 実用化技術動向

石油精製や石油化学における分離膜利用に関しては、イタリア・カラブリア大学の分離膜技術研究所(ITM-CNR)の Dr. Drioli らが、総説”Comprehensive Membrane Science and Engineering (Elsevier Science)”を2010年11月に出版し、石油精製・石油化学工場のオンサイトプロセスおよび排水処理等オフサイト設備への膜利用の商業化の現状について概説している。この中で、石油精製プロセスに現在実用化されている分離膜装置はポリマー系の材料が中心であり、かつ分離の対象は水素および軽質炭化水素の適応にとどまっているとしている。

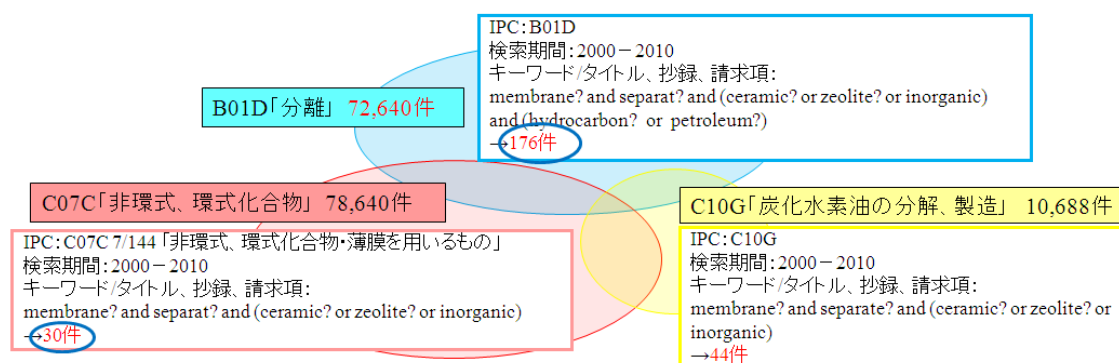
## 2. 2 特許調査

### (1) 検索手法

WIPO (世界知的所有権機関) が設定した IPC (国際特許分類) を用いて、対象期間を2000～2010年とした場合、出願日が2000年以前であっても、特許公開または特許登録された日時が2000年以降であれば検索の対象とした。

また、IPC 検索だけでは検索対象が膨大となることから、石油精製または石油化学の範囲で炭化水素化合物が絡んだ特許であり、無機材料(セラミックス、ゼオライト等個別材料)を用いた分離膜、分離膜システムに関する特許の抽出を図るべく、キーワードの組み合わせによる検索数の感度分析を経て、検索式の設定を行った。

### (2) 検索結果



抽出した特許のうち、1991年から1996年までの間に公開された発明では、ゼオライトを材料とし、ゼオライトの細孔に基づく分子ふるい性能をとらえた分離膜が主で、その細孔径により、n-とi-混合物からn-の分離、キシレン異性体からパラキシレンの分離、ナフサから炭素数6～8の芳香族の分離など、異性体混合物で分子サイズの近接した複数の炭化水素から特定の炭化水素を分離する無機分離膜の発明が見出された。これらの膜材料の発明からは、現状の高温、高圧下での石油精製プロセスの一部を膜分離に置き換えることを念頭においた膜材料技術の流れが読み取れる。

### (3) 石油会社の出願動向

大手石油会社からこの10年間継続して無機分離膜を使った石油精製プロセスのアイデアが特許出願されている。米国では ExxonMobil 社、欧州では Shell および IFP が該当する。

会社名	出願特許件数	特徴
ExxonMobil	37	無機材料サポート上にポリマー膜を担持して炭化水素を分離する発明が多い。
ConocoPhillips	5	水素製造装置に関する発明、ガスを膜分離して透過物を酸またはアルカリ溶液に吸収させる発明がある。
Shell	13	無機酸化物上にガス選択性物質を上塗りしたガス分離膜、ゼオライト膜を使用したn-パラフィンの分離等がある。
BP	18	FT反応の前段のメタンや他の炭化水素をH <sub>2</sub> とCOに分解するプロセスに関する特許が多い。
IFP	4	ガソリン留分の軽油留分への転化、n-ブタンとi-ブタンの分離等ゼオライト膜を使用した特許が出願されている。
Chevron	19	ポリマー膜に分子ふるい機能を有するゼオライト粒子を分散させたハイブリッド膜をメタンとCO <sub>2</sub> を分離する特許が多い。

#### 特許条件

- (1) 検索期間: 2000年～2010年
- (2) データベース: 欧州・米国特許公報横断検索(G-Search社提供サービス)
- (3) 検索特許: 欧州(EP)及び米国(US)
- (4) 検索式: (出願人) and (membrane?) and (inorganic or ceramic or zeolite)

無機分離膜プロセスに関する2000年～2010年の出願特許を要約すると、

- ① ガソリンのオクタン価向上
- ② 芳香族炭化水素と脂肪族炭化水素の分離
- ③ パラキシレン製造装置
- ④ 水素製造装置
- ⑤ n-パラフィンの分離
- ⑥ 軽質炭化水素の分離 (蒸留塔の処理量改善)

となり、いずれも石油化学および石油精製業の各種蒸留プロセスに関連している。特に、パラキシレンの製造に係る特許はメジャー3社 (ExxonMobil、BP および Chevron) から出願されており、この分野が工業的なニーズが高いことがわかる。

しかしながら、いずれの特許も膜そのものに関する詳細な情報が乏しいか、膜材料の種類が記載されている場合においてもプロセス概念に留まり具体的実施例に乏しい特許であった。

### 2. 3 まとめ

学術文献では単純ガス分離については、非晶質材料の代表であるシリカ膜による研究事例が多く、炭素数3以上の軽質炭化水素化合物を含む分離系では、形状選択性を有するゼオライトによる基礎研究が中心となっている。

報告されている炭化水素分離系は、脂肪族、芳香族を含み、せいぜい炭素数8までの2~3成分系の分離評価実験であり、炭素数の差による分離、異性体構造による分離が大半である。分離化合物と無機膜材料の適合性を判断するようなデータの整理はできておらず、従来からある分子径と細孔径の関係の整理に留まっている。また、無機分離膜で扱える炭化水素化合物の炭素数は8までとなっており、石油製品のガソリン留分に相当する。

このように、無機分離膜による炭化水素分離に関する欧米の研究は基礎研究の領域が大部分ではあるが、日本よりも研究事例は多いと言える。

一方、特許面では、学術文献を投稿した大学や国立研究機関の膜材料に関する特許に加え、石油メジャーを中心とした無機分離膜または無機材料を含む複合分離膜による炭化水素化合物の分離プロセスに関する特許が注目事項である。

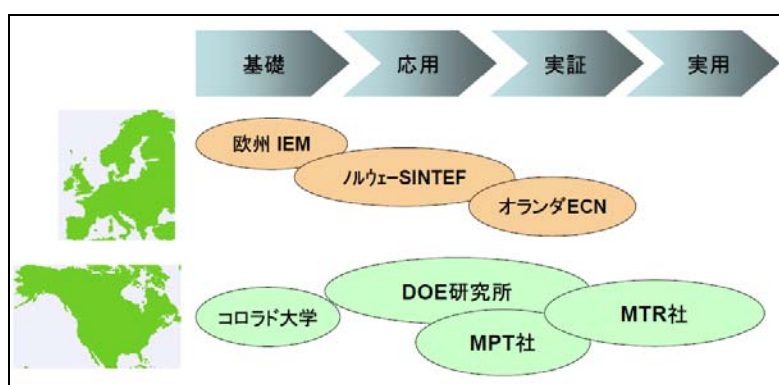
石油メジャーは1990年代に有機／無機分離膜の実用化研究を重点的に行ったものの実用化に成功したものはないとの評価であるが、2000年代に入っても継続して出願していることが確認できた。

但し、ExxonMobilを筆頭に、ガソリン中のベンゼンの分離等、製品に直結する興味深いアイデアが権利化されてはいるものの、技術のカギとなる分離膜自体の詳細な性能記述がなされていないため、プロセス全体の定量的な評価をする内容にはなっていない。

以上、従来の文献及び特許検索方法では、製油所への適応を明確に謳った資料は見出せなかったが、米国政府が管轄するNTISデータベース(National Technical Information Service)によって、米国MPT社による製油所向け無機分離膜開発の事例が得られた。同社の技術は1990年代に特許化されたものであり、現在は実証試験段階であることが判明した。技術内容については、現地ヒアリングにて情報収集を図った。

### 3. 欧米主要機関調査

今回調査対象とした研究機関の研究・事業ステージを下図に示した。



#### 3. 1 米国機関調査

(1) 米国エネルギー省再生可能エネルギー局 (DOE-EERE、本部：ワシントン DC)

DOE-EEREは、産業界向けの省エネルギーや再生エネルギー関連技術の研究資金支援および全米のエネルギー省管轄国立研究所での関連プロジェクトの管理・監督を行っている。

米国の一次エネルギー消費は、工業分野で33% (2004年) と高い比率を占めている。中でも、化学、石油分野はCO<sub>2</sub>排出量が多い産業であり、省エネルギー技術開発が必須となっている。そのため、DOE-EEREが産業技術プログラム (ITP: Industrial Technologies Program) を中核として、石油、化学、電力、セメント、鉄鋼産業等エネルギー多消費型産業を対象とした企業に対し技術開発コスト支援を20%から最大50%まで行っている。

ITPでは、エネルギー安全保障および二酸化炭素排出量の削減の必要性を踏まえた業界全体の省エネルギー促進のための高度技術開発を目指し、産業界と国立研究所と共同で研究を実施するための、横断的な戦略を掲げている。

対象となるテクノロジーは4つの技術プラットフォーム、①工業的反応と分離、②高温処理プロセス、③廃熱の最小化と回収、④持続可能な生産、で構成されている。これらの技術プラットフォームで開発した技術の展開は、2007年から2017年までの10年間に、エネルギーまたは炭素排出量25%削減に貢献するとしている。

各技術プラットフォームは、さらに4つのフォーカスエリア (①高度な水の除去、②高度ガス分離、③ハイブリッド蒸留、④エネルギー集約型変換プロセス) に細分化されており、現在は以下のプロジェクトが進行している。

(a) 無機分離膜による製油所ガス等の処理

米 MPT 社、南カリフォルニア大学、Chevron Energy Technology 社が連携し、脱硫装置の煙道ガスから水素を回収する膜モジュールの実証試験（3~6 ヶ月の期間）を計画している。（後述）

- (b) ガス中水分除去用の無機分離膜
- (c) Membrane Solvent Extraction (MSE) によるバイオエタノール製造
- (d) オレフィンとパラフィン分離膜

この分離系はポリマー中空糸膜蒸留プロセス開発として、ロスアラモス国立研究所 (Los Alamos National Laboratory) にて、シェブロン社スポンサーによる共同研究が行われている。

(2) メディア・アンド・プロセス・テクノロジー社

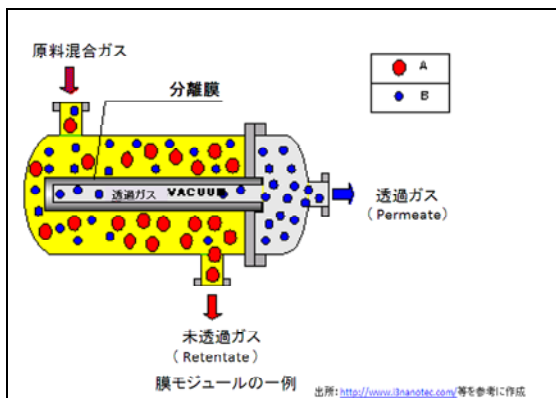
(MPT 社、本社：ペンシルバニア州ピッツバーグ)

同社は、10 年以上に亘り ITP による研究支援を受け無機分離膜の開発を行っている。

2008 年 8 月より開始された無機分離膜モジュール開発プロジェクトでは、モジュールの課題である高コスト、耐久性を克服することを目指し、製油所の使用環境である高圧（～1,000psi(7MPa)）、中温（150～350℃）およびガス状炭化水素存在下で無機膜の性能限界を見極めるシミュレーションテストとして、脱硫装置への適用を目指している。

分離系に応じてセラミックスチューブの中間層、外層に膜素材を積層する技術であり、特に炭素膜(CMS: Carbon Molecular Sieves)の形成は同社独自の技術とのものであり、ポリイミド等を前駆体として塗布し、焼成によって CMS 膜を形成しているとみられる。

モジュールをハウジング内に配置する際には、チューブが熱膨張して破壊されないよう、チューブの片側のみを固定（反対側は固定しない）する熱交換器キャンドルタイプの方式を採用している。



モジュール内フロー概念図



テストモジュール外観



テストモジュール内構造

(出所) MPT 社資料

このプロジェクトは、MPT 社、南カリフォルニア大学、シェブロン産官学共同研究となっており、ベンチ装置での膜の水素選択透過性の評価、プロセス評価を実施した後、パイロット装置、フルスケール装置をシェブロン産のリッチモンド製油所内に設置し、膜とモジュールの定量評価を行っている。

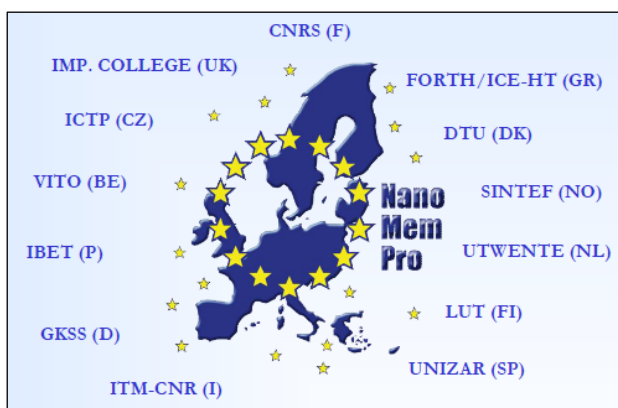
### 3. 2 欧州機関調査

(1) フランス国立科学研究センター欧州分離膜研究所 (CNRS/IEM: Centre national de la recherche scientifique/ Institut Européen des Membranes)

同研究所はフランス CNRS 内に設置された膜分野専門の研究組織であり、EU 全体の分離膜プロジェクト立ち上げのリーダー的機関であり、プロジェクトの成果と今後の計画について調査を行った。

#### ① EU 研究・開発第六次枠組み計画 (FP6) プロジェクト (2002~2006 年)

(a) NanoMemPro: 欧州の分離膜共同研究の最初のプロジェクトである。



FP6 では、IEM がとりまとめ役となり、“NanoMemPro” (2005 年 9 月 1 日~2009 年 3 月 1 日) を実施した。

この 4 年半のプロジェクトは、欧州における分離膜材料およびエンジニアリングの基礎研究の強化を狙ったものであり、13 カ国の研究機関が参画するネットワークが構築された。このプロジェクト開始に当たっては、EU の Strategic Energy Technology Plan (SET Plan) に則った分離膜技術分野における戦略的研究企画書 (SBRA: Strategic Business

and Research Agenda) を 1 年かけて作成し、中長期的な研究のあり方を提言している。

#### ② EU 研究・開発第七次枠組み計画 (FP7) プロジェクト (2007~2013 年)

現在進行中の FP7 では、無機分離膜技術開発が含まれる個別プロジェクトが、既にいくつか立ち上がっている。加えて、研究期間 2~3 年の新規プロジェクトも現在検討中である。一部のプロジェクトには、米国やブラジル、中国も参画している。

(a) MEMBRIDGE プロジェクト

目的: 欧州-ロシア間の分離膜研究ネットワーク構築

(b) CARENA (CAlytic REactors based on New mAterials) プロジェクト

目的: C1-C4 化合物または CO<sub>2</sub> から触媒分離膜反応により化学品を合成

#### (2) オランダ・エネルギー研究財団 (ECN: Energy Research Center of the Netherlands)

同研究所はエネルギー分野での技術開発およびコンサルティング、知識移転を行う市場重視型の独立研究機関である。

同研究所が 2000 年代半ばに開発した HybSi 膜は Si-O に炭素結合を組んだ (Si-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-Si や Si-CH<sub>2</sub>-Si) 非晶質のハイブリッド材料である。

HybSi はアルコールの脱水、合成ガスからの水素分離に適用可能としており、セラミックチューブの外表面に有機シリカ皮膜を形成している。図はモジュール内の概略である。HybSi のチューブを束にして透過効率を確保している。この膜の耐熱温度は 190°C、耐薬品性(酸/ア



(出所) ECN 資料

ルカリ)は、 $2 < \text{pH} < 8$ にて使用可能としており、既に実証機での評価が行われている。

### 3. 3 まとめ

米国では、分離膜用材料としてゼオライト、特に MFI の研究が、コロラド大学、アリゾナ州立大学等で積極的に行われている。

米国政府 DOE-EERE は、産業界の省エネルギーや再生エネルギー関連技術の研究プロジェクトの中で、無機分離膜の実用化開発支援を行っている。エネルギー産業向けの無機分離膜として、天然ガス生産過程での CO<sub>2</sub> 分離膜が一部実用化されているものの、高温高圧反応下での実用化には至っていない。

米国 DOE の継続的な研究支援により、製油所の水素化分解装置の高温 (220°C) 排ガスからの水素回収用の無機分離膜システムについて、MPT 社とシェブロンが連携して実証試験を行っているものの、商業運転までには依然、技術課題が残されている。

一方、欧州では、分離膜技術開発についての EU 支援または国別支援により複数のプロジェクトが進められている。エネルギー分野では、環境政策の一環として EU の Strategic Energy Technology Plan (SET Plan) に則った技術開発として、分離膜技術に関する SBRA が作成されている。現在の政府支援は、CO<sub>2</sub> 回収、水素、バイオ燃料脱水など今の時代が求めている多様な研究が進められている状況にあるが、特に CO<sub>2</sub> 関連の研究の大型プロジェクトが目立つ。そのため、炭化水素化合物を対象とした無機分離膜の研究は積極的に進められていない。

このような状況下、欧州における分離膜の基礎研究拠点として、フランス IEM が研究規模を拡大している。さらに、IEM を中心に、大学レベルの分離膜専門教育制度も新たに発足し、国際的な技術競争力強化に乗り出している。

応用研究の面では、ノルウェー SINTEF が世界的な拠点を配置し研究を進めている。製油所プロセスと直接関わる研究テーマは限られているが、石油産業に関わる技術として、CCS に関連する膜材料技術、燃料電池用水素製造に関わる膜材料を重点的に進めている。

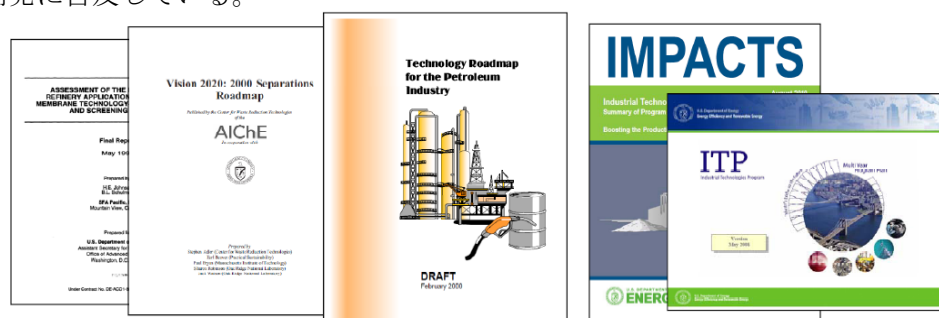
実用化の面では、オランダ ECN が耐熱性 190°C と耐薬品性を有するハイブリッド膜 HybSi の実証化研究を進めており、分離膜の商業化の牽引役となっている。

## 4. 技術開発ロードマップ

### 4. 1 米国の技術開発ロードマップ

米国においては、1989 年にエネルギー省が分離膜技術の開発への取り組み課題について、分離膜専門家 6 名が集まり、7 つの膜分離システムについて 38 の技術課題の取り組み優先順位を 1990 年にとりまとめたのが同国のロードマップの始まりである。

2000 年にエネルギー省と米国石油協会が共同して、石油産業における技術高度化を狙った「The Technology Roadmap for the Petroleum Industry」を作成している。また、2007 年には、先進的省エネルギー技術開発を狙って「Industrial Technologies Program Research Plan for Energy-Intensive Process Industries」を策定し、石油産業における分離技術開発に言及している。



#### 4. 2 欧州の技術開発ロードマップ

基礎研究を含めた欧州全体の技術開発戦略は、FP6のNanoMemProプロジェクトの中で検討されている。

プロジェクト開始にあたって、フランスのCNRS管轄の欧州分離膜研究所IEMが中心となり、欧州における分離膜の専門家を集め、1年がかりでロードマップ“Strategic and Business Research Agenda (SBRA)”としてとりまとめられた。



NanoMemProは2009年には終了したが、このロードマップは現在も有効であり、FP7の中で新たに立ち上がる分離膜プロジェクトの基本となっている。

また、エネルギー産業での省エネルギー促進の関連から、2008年にとりまとめられた“European Roadmap for Process Intensification”には、分離膜プロセスを将来の技術解決策として盛り込んでいる。

#### 4. 3 我が国の技術開発ロードマップ

日本および欧米での調査を参考に、製油所への適応が考えられる無機分離膜プロセスについて、3つの選択肢(①製油所で発生するCO<sub>2</sub>を含む非炭化水素系ガスの分離、②水素回収膜や液体燃料中の不要物質分離膜による省エネルギー高品質燃料の製造、③石油化学向けの低級脂肪族炭化水素やキシレン等芳香族化合物の選択的分離)を提起した。

また、現行の経済産業省技術戦略マップのグリーンサステイナブル分野とエネルギー分野における分離・回収技術開発と連携した製油所向け無機分離膜開発のロードマップを策定するに当たり、各開発ステージにおける技術課題を整理した。



表 開発ステージと技術課題(案)

開発ステージ	膜材料設計	予測モデル	プロセス設計	技術政策	開発体制
基礎研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>○膜材料と透過分子の適合性マトリックス作成</li> <li>○膜合成の再現性評価</li> <li>○条件変動にrobustな膜開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○基礎データに基づく分離中の物質移動/分離機構モデルの構築</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○分離膜シミュレーションモデルの開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○産官学の研究情報交流ネットワークの立ち上げ</li> <li>○基盤技術研究支援</li> <li>○国際共同研究支援</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○材料とプロセス研究の両領域に亘るチームアプローチの検討</li> </ul>
ベンチ検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>○大表面積分離膜の製造技術開発</li> <li>○ベンチ装置による分離膜性能評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○高圧/中温環境下でのガス分離挙動</li> <li>○膜分離プロセスシミュレーション</li> <li>○3Dモデリング</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○モジュール設計</li> <li>○プロトタイプモジュール製造法</li> <li>○高温条件下のシール法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○産官学の研究情報交流ネットワーク構築支援</li> <li>○国際共同研究支援</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○膜技術研究と関連企業間の横断的な連携構築</li> </ul>
パイロット試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>○パイロットプラント用膜製造技術の確立</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○プロセスシミュレーターの開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○モジュール建設</li> <li>○パイロットテスト評価</li> <li>○他プロセスとのインテグレーション</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○プロジェクト資金支援</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○膜技術研究と関連企業間の横断的な連携促進</li> </ul>
実証試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>○長期性能評価の実施</li> <li>○商業規模での膜製造技術の確立</li> <li>○製造コスト評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○プロセスシミュレーターの導入・評価</li> <li>○長期安定性予測モデルの構築</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○オペレーション基本技術の構築</li> <li>○プロセス経済評価</li> <li>○メンテナンス基本技術の構築</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○大型プロジェクト資金支援</li> <li>○新技術導入評価研究における投資環境改善</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○膜技術研究と関連企業間の横断的な連携強化</li> </ul>

年次

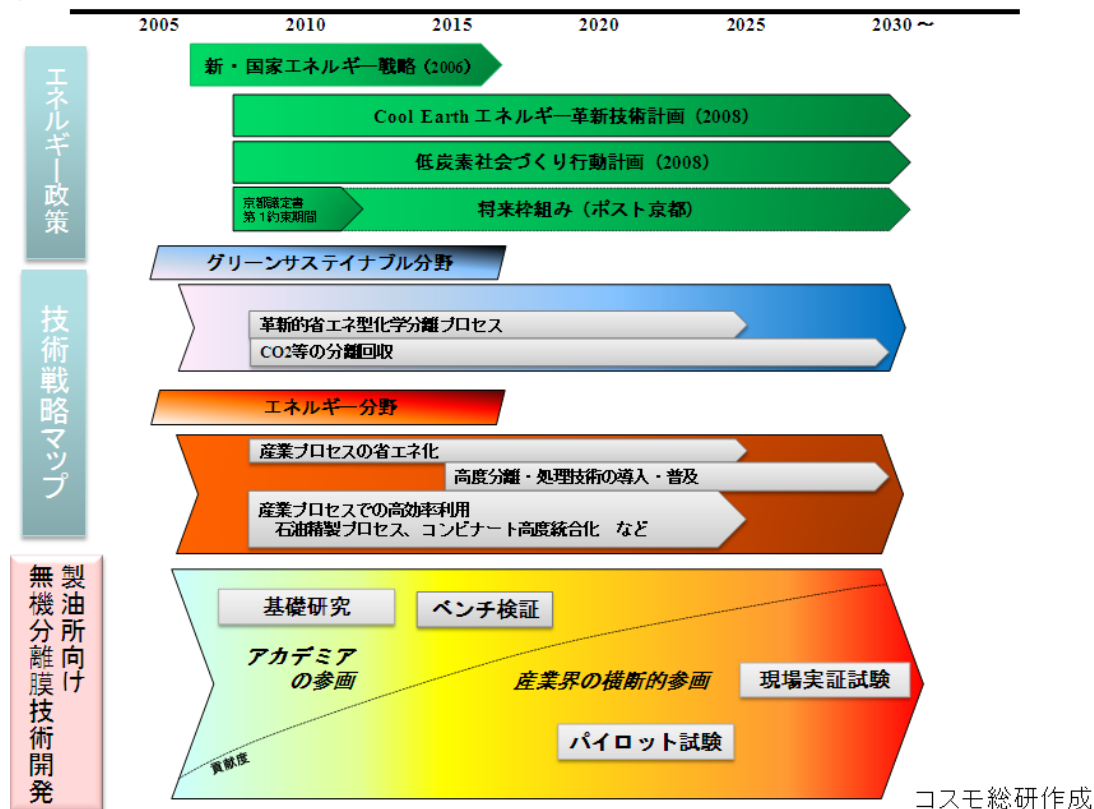


図 無機分離膜研究のロードマップ(案)

技術開発のロードマップでは、技術課題の時間的な整理だけでなく、解決にけた取り組み体制についても考慮することが必要である。従って、分離膜プロセスによる製油所の高度化に向けた技術革新を図るには、材料メーカーやエンジニアリングメーカーと連携した議論から始める必要がある。

## 5. 最後に

欧米の分離膜研究の特徴を整理すると、米国は、エネルギー産業向け分離膜技術開発について、低級脂肪族炭化水素化合物、一環芳香族異性体、非炭化水素系ガス（水素、二酸化炭素、酸素）と多岐に亘っており、膜材料として、有機、無機、金属の検討を行っている。また、欧州のフランス、オランダ等の主要国は分離膜研究の拠点を独自に有し、現在は、温暖化政策に則った非炭化水素系ガス（水素、二酸化炭素、酸素）の分離に焦点を当てており、膜材料は有機、金属、無機の順で研究が進められている。

世界をリードする日本のセラミックス技術は、水資源等の環境対応技術に生かされ、我が国の経済発展に大きく寄与している技術産業分野である。この技術をもとに石油、天然ガスおよび石炭エネルギーに展開可能な無機分離膜技術を構築することにより、加熱・分解プロセスから発生する高温・高圧の炭化水素系／非炭化水素系ガスの有効活用が図れ、我が国のエネルギーセキュリティーおよび地球温暖化対策への貢献も期待できる。

従って、石油産業向け無機分離膜技術は、我が国が欧米と技術の差別化を図り、国内外への技術展開を図る戦略の中で、今後も引き続き検討するに十分価値のある分野と考えられる。

以上