

「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)  
(2009年度～2013年度 5年間)

5. プロジェクトの概要説明資料（公開）

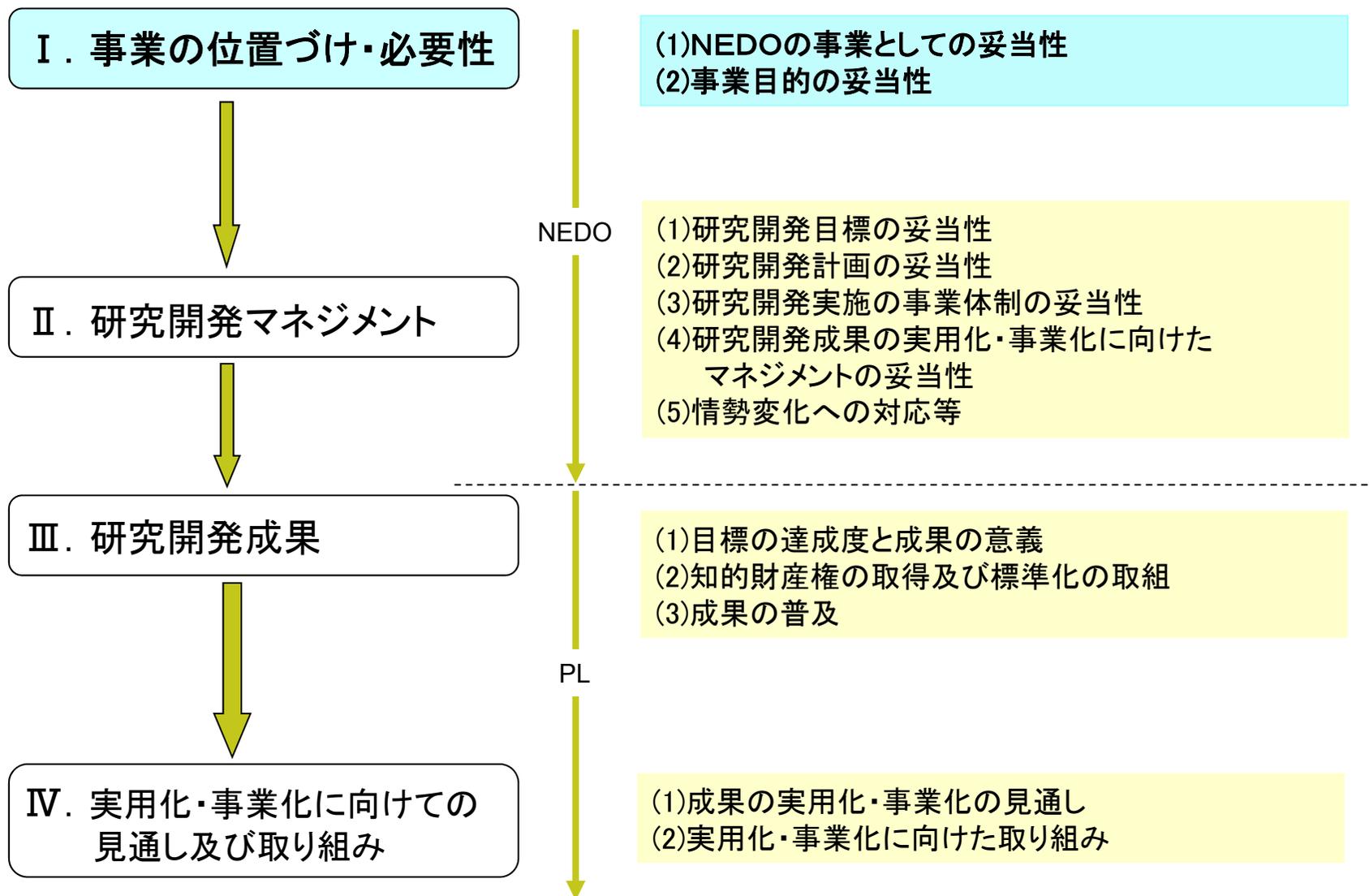
5.1「事業の位置づけ」及び「研究開発マネジメント」

NEDO

電子・材料・ナノテクノロジー部

平成26年12月1日

## プロジェクトの概要説明・報告の流れ



## I. 事業の位置づけ・必要性 (1)NEDOの事業としての妥当性

公開

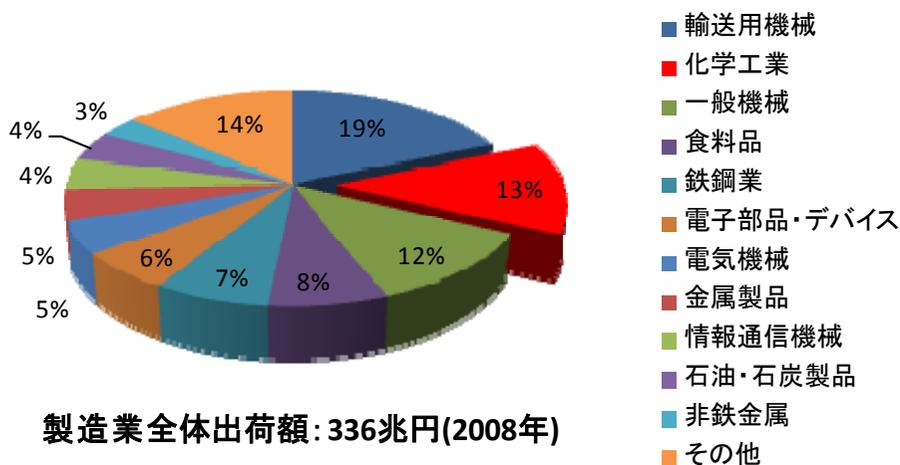
## 我が国の化学産業の特長（出荷額・エネルギー消費量）

日本の製造業を支える化学工業には省エネルギー化が必須

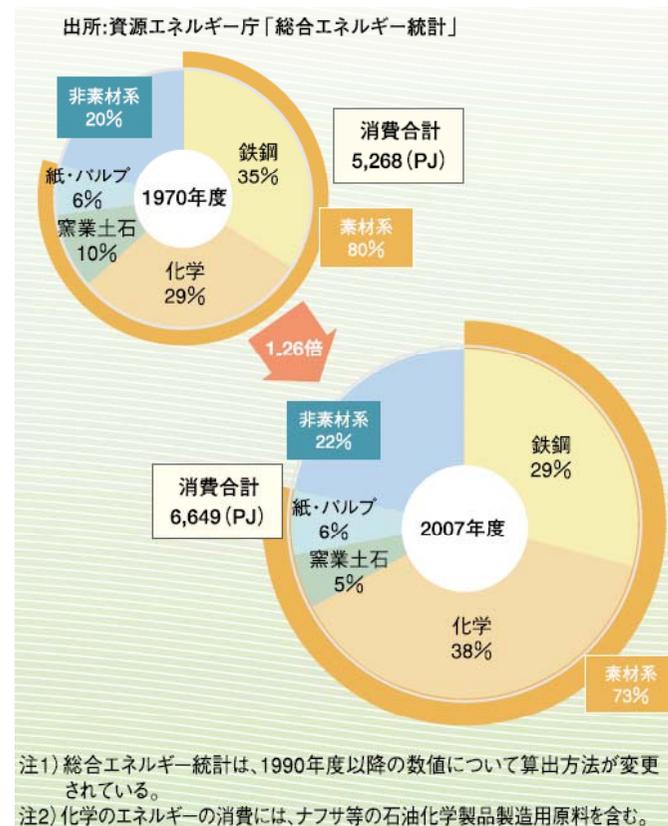
- ・出荷額は**製造業の13%**で**約44兆円**の巨大市場（世界3位の規模）
- ・一方で**エネルギー消費も大きく**効率化が必須

## 製造業の業種別出荷額割合

出典：グラフでみる日本の化学工業2010



## 製造業業種別エネルギー消費量の推移



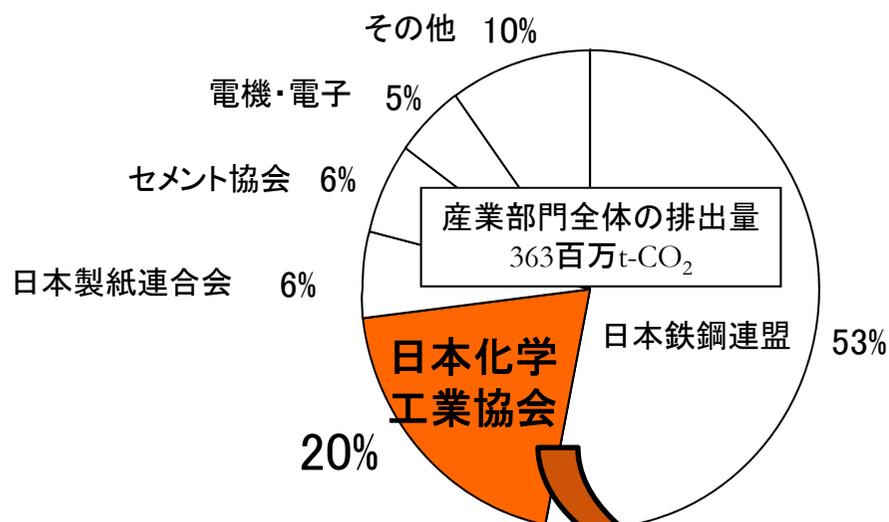
## I. 事業の位置づけ・必要性 (1)NEDOの事業としての妥当性

公開

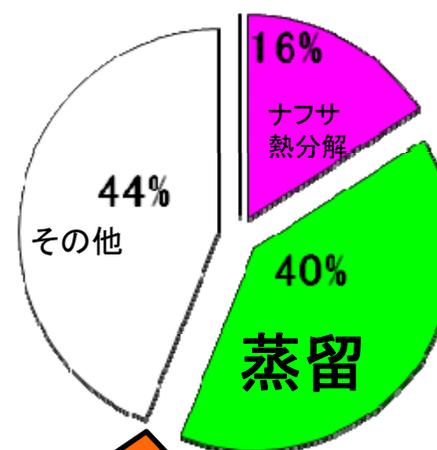
## 化学産業の環境・資源・エネルギー制約上の位置付け

化学産業の中でも蒸留工程のエネルギー消費低減が社会的課題

業種別二酸化炭素排出量



出典：産業構造審議会環境部会  
地球環境小委員会・中央環境審議会地球環境部会  
第24回合同会合資料抜粋

化学産業におけるCO<sub>2</sub>排出量内訳

出典：METI 化学課調べ

具体的には…



化学産業のうち、蒸留工程で40%のエネルギーを消費している

## I. 事業の位置づけ・必要性 (1)NEDOの事業としての妥当性

公開

## 出口を同じくする競合技術との比較優位性

方式	長所(○)と短所(×)	優劣	備考
蒸留	<ul style="list-style-type: none"> <li>○実績が多い。</li> <li>○連続処理</li> <li>×大量にエネルギーを消費する</li> <li>×共沸点を有する物質同士は分離が不可能</li> <li>×熱に弱い物質は分離が困難</li> </ul>	×	完成された技術だが、エネルギー消費が大
吸着	<ul style="list-style-type: none"> <li>○低含水まで脱水可能</li> <li>○蒸留より省エネルギー</li> <li>×バッチ処理</li> <li>×吸着材が脱水量に比例して増大</li> </ul>	△	バッチ処理の為、連続プロセスに導入するには複数ユニットが必要
膜	<ul style="list-style-type: none"> <li>○連続処理</li> <li>○最も省エネルギー</li> <li>○膜の透過性能が高ければ装置がコンパクト</li> <li>×膜コストが高い</li> </ul>	○	連続プロセスへの組み込みが可能で省エネルギー効果大

I. 事業の位置づけ・必要性 (1)NEDOの事業としての妥当性

公開

# ナノテク・部材イノベーションプログラム

## 2. ナノテク・部材イノベーションプログラム

【平成21年度予算額：188億円】

※各プロジェクト毎の予算額は21年度予算(20年度予算)[20年度補正予算]

○あらゆる分野に対して高度化・不連続な革新をもたらすナノテクノロジー・革新的部材技術を確立する。  
○我が国産業の国際競争力の維持・強化や解決困難な社会的課題の克服を可能とする。



- IPGの目標**
- ナノテクによる非連続技術革新-  
世界に先駆けてナノテクノロジーを活用した不連続な技術革新を実現する。
  - 世界最強部材産業による価値創出-  
我が国部材産業の強みを更に強化することで、他国の追随を許さない競争優位を確保するとともに、部材産業の付加価値の増大を図る。
  - 広範な産業分野での付加価値増大-  
ナノテクノロジーや高機能部材の革新を先導することで、これら部材を活用した情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなどの幅広い産業の付加価値の増大を図る。
  - エネルギー制約・資源制約などの課題解決-  
希少金属などの資源制約の打破、圧倒的な省エネルギー社会の実現など、解決困難な社会的課題の克服を目指す。

## I. 事業の位置づけ・必要性 (1)NEDOの事業としての妥当性

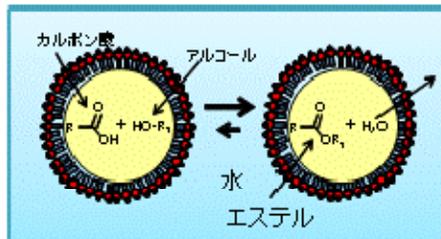
公開

## 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

## ①有害物質削減

●有害な有機溶媒を用いずに、化学反応を水中で行うことを可能にする

## 革新的アクア・固定化触媒技術



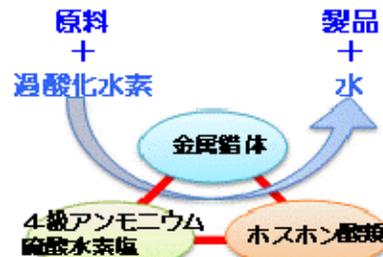
## 今回の対象PJ

③CO<sub>2</sub>削減

1. 低品位化する化石原料に対応、かつ収率を高効率化するナフサ接触分解炉技術
2. 石油化学工業の約40%のエネルギーを消費する分離プロセスの消費エネルギーの約50%削減する革新的膜分離技術
3. 化学工場や製鉄所より大量に排出されるCO<sub>2</sub>等の高濃度回収技術

●化学プロセスの30%をしめる酸化反応のクリーン化を行い、産業廃棄物を削減する

## 革新的酸化プロセス

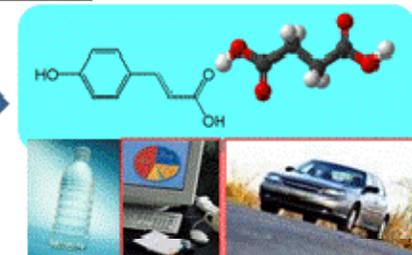


## ②廃棄物削減

●化石原料に依存している化学品原料の転換・多様化を可能とする

## 革新グリーン技術の開発

空気  
天然ガス  
(低品位ガス)  
植物由来原料

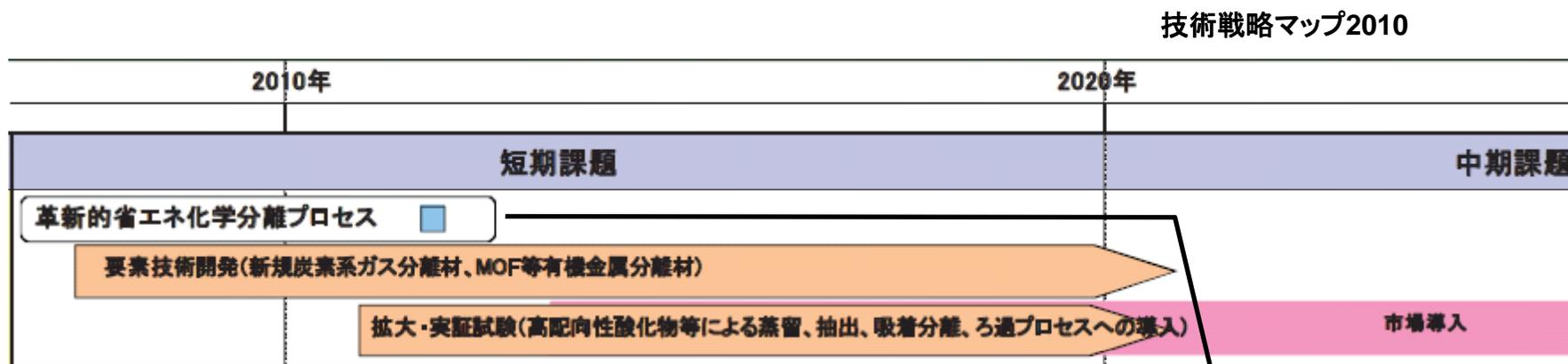


## ④原料多様化

## I. 事業の位置づけ・必要性（1）NEDOの事業としての妥当性

公開

## 技術戦略ロードマップ



技術戦略マップ2010では、GSC分離膜は「革新的省エネ化学分離プロセス」として位置付けられ、短期的課題として要素技術の開発や実証試験を行い、**2020年頃に市場導入を計画している**

## I. 事業の位置づけ・必要性（1）NEDOの事業としての妥当性

公開

## NEDOが関与することの意義

### 規則性ナノ多孔体精密分離膜部材基盤技術の開発

- ・セラミックス構造体・無機膜・モジュール・ユーザー等、川上・川下メーカーの垂直連携が必要
- ・研究開発の難易度が高く、長期間、投資規模大→開発リスク大

#### <我が国の化学産業>

BRICs勢のキャッチアップ進行による低コスト競争

CO<sub>2</sub>排出抑制のグリーンプロセスは必須

課題：既存の化学産業のコスト競争力を増すとともに、  
無機膜産業の新規創生を狙う。

**NEDOによる国家的、集中的実施が必要**

## I. 事業の位置づけ・必要性 (2)事業目的の妥当性

公開

## 本事業の狙いと目的

日本が世界を先導する**無機分離膜技術**をベースに、革新的な分離・精製プロセス実現する新部材を開発して、**大幅なエネルギー消費量低減と国内産業の競争力向上**に貢献する。

### 開発目標

#### 1) IPA脱水用

耐水性膜と膜分離プロセス開発

**JXエネルギー川崎工場IPA製造装置を用いた実環境試験の実施(右図)**

石油化学工場における実使用条件での**世界初の無機脱水膜の性能評価**

#### 2) 酢酸脱水用

耐酸性膜エレメント開発  
(H22に実施計画に追加)

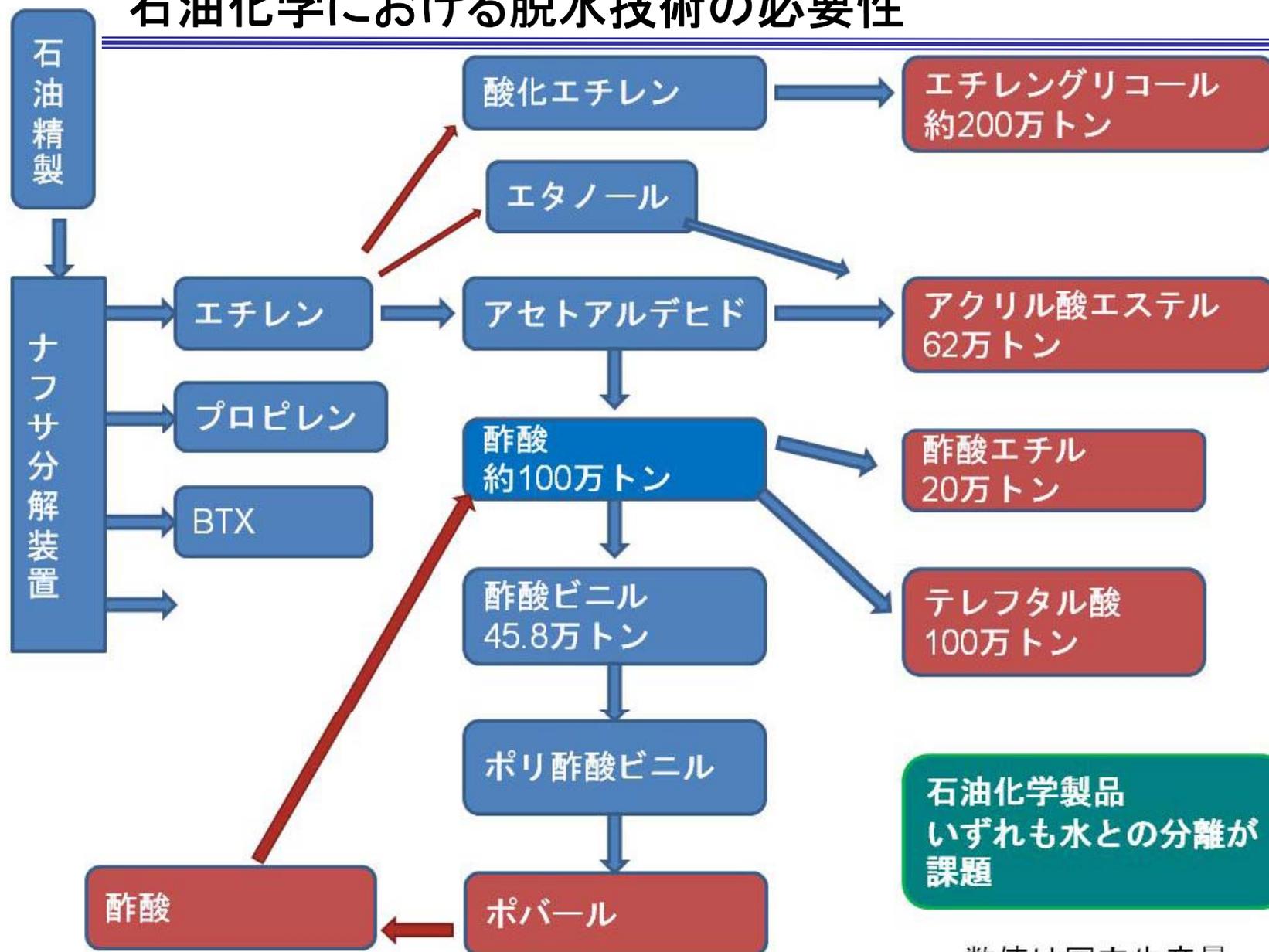


JXエネルギー川崎工場 IPA製造装置

## I. 事業の位置づけ・必要性 (2)事業目的の妥当性

公開

## 石油化学における脱水技術の必要性

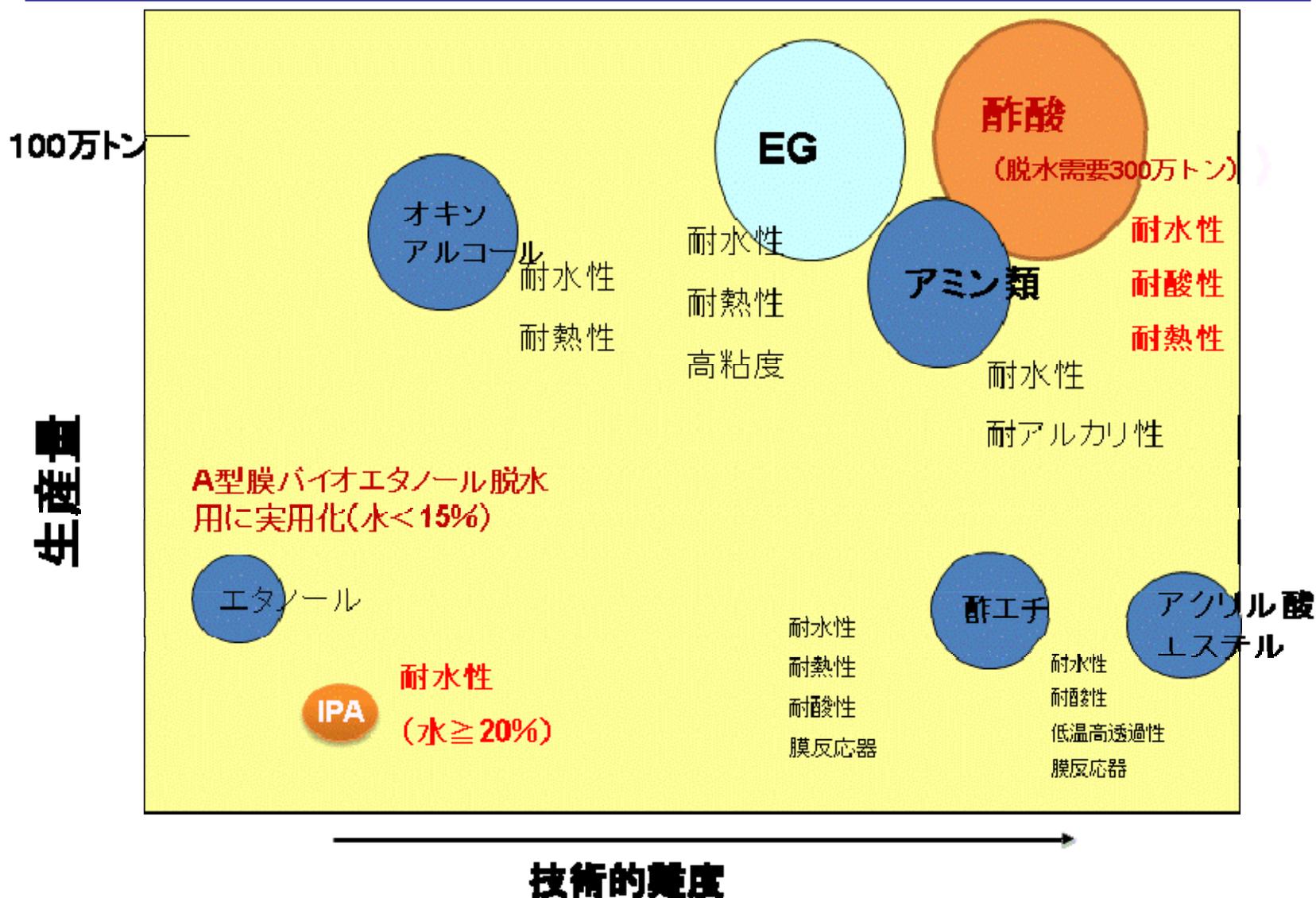


数値は国内生産量

## I. 事業の位置づけ・必要性 (2)事業目的の妥当性

公開

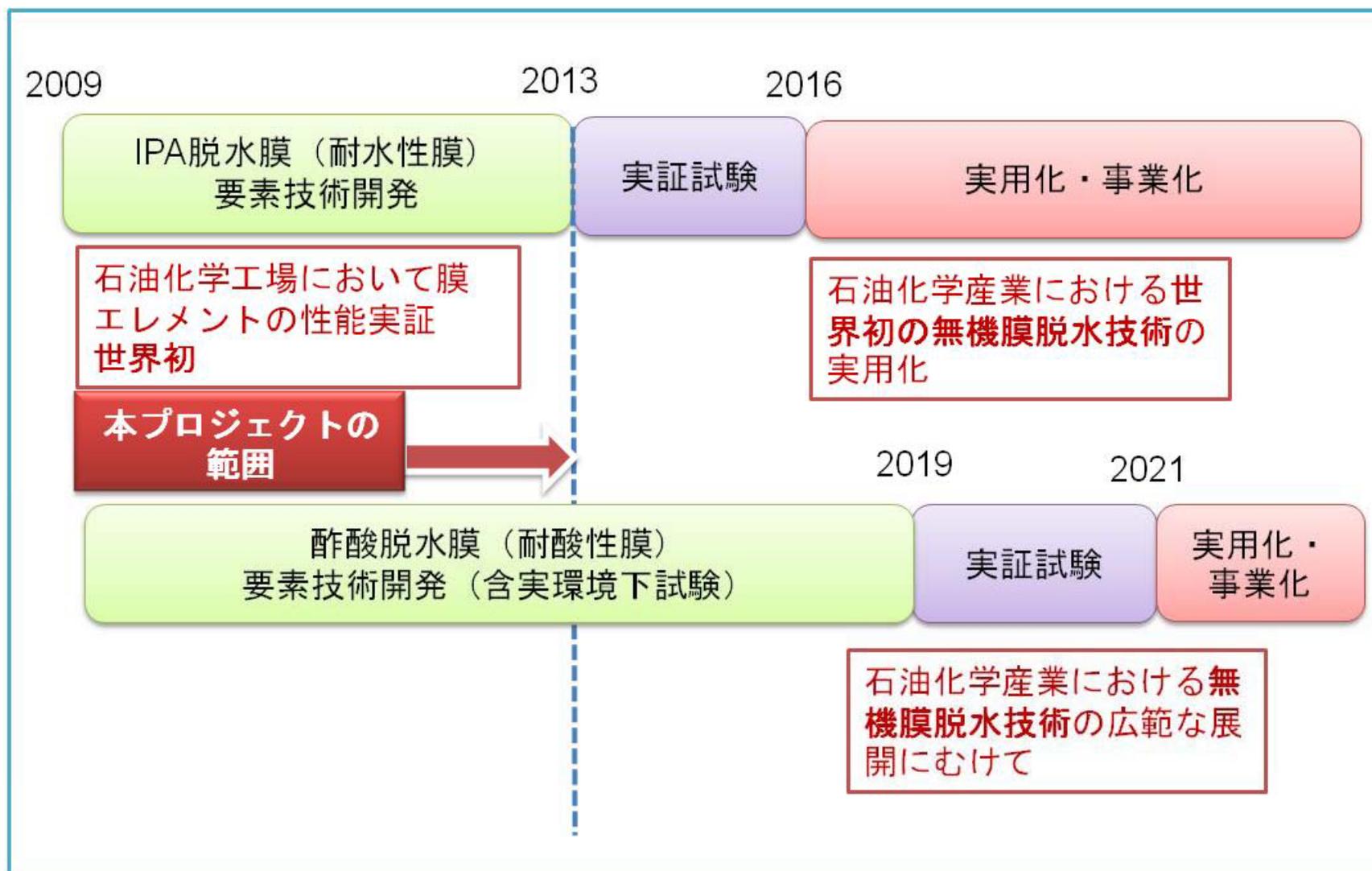
## 開発対象技術の特徴



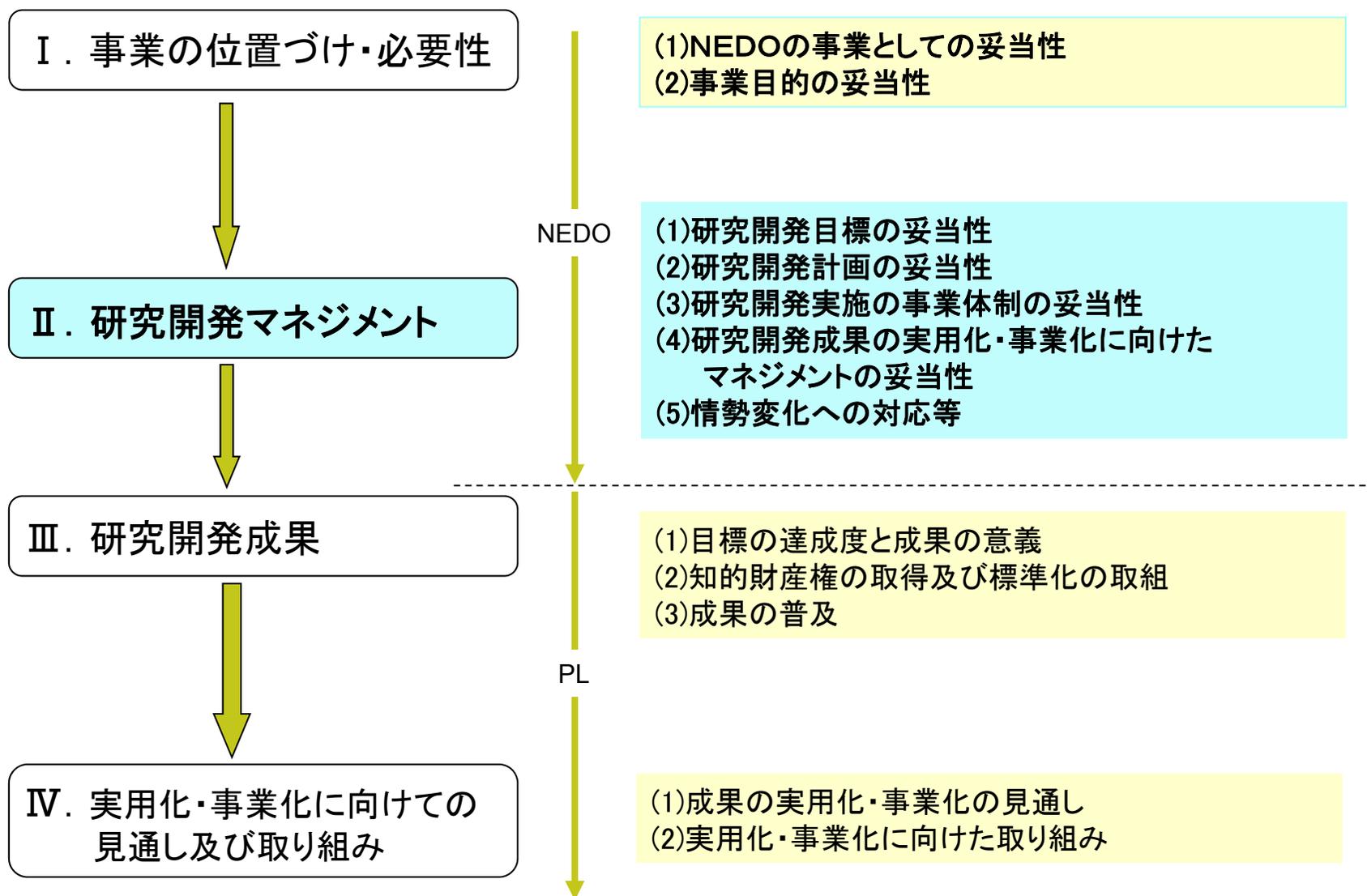
## I. 事業の位置づけ・必要性 (2)事業目的の妥当性

公開

## 実用化までのロードマップ



## プロジェクトの概要説明・報告の流れ



## 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

## 膜による蒸留プロセスの効率化

	主な分離対象	耐性			コスト	コメント
		熱	化学	圧力		
多孔体無機膜	脱水 炭化水素 水素、酸素、CO <sub>2</sub>	○	○	○	△	機械的強度が強い 資源の埋蔵量が多い 被毒性に優れている
有機膜	脱水 水素、酸素、CO <sub>2</sub>	×	△	×	○	成形加工が容易 CO <sub>2</sub> 分離で可塑化 炭化水素分離で劣化
金属膜	水素	△	△	○	×	その他

蒸留操作による分離・精製プロセスは化学・石油関連産業分野の消費エネルギーの約40%を占める。

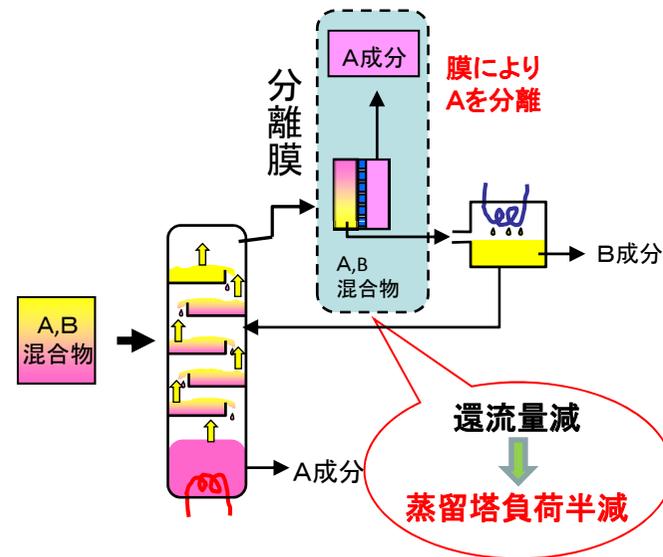
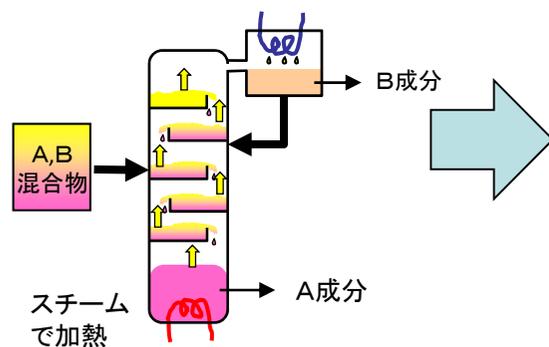
○石油化学製品の脱水用分離膜としては**多孔体無機膜が有望**である。

○しかし、①緻密な大面積(大量 処理)膜を製造できない、②低い分離性能(膜透過速度が遅い、目的成分の純度が不十分)などの課題がある

## 新技術（分離膜導入）

## ■ 既設蒸留塔のレトロフィットによる省エネ技術

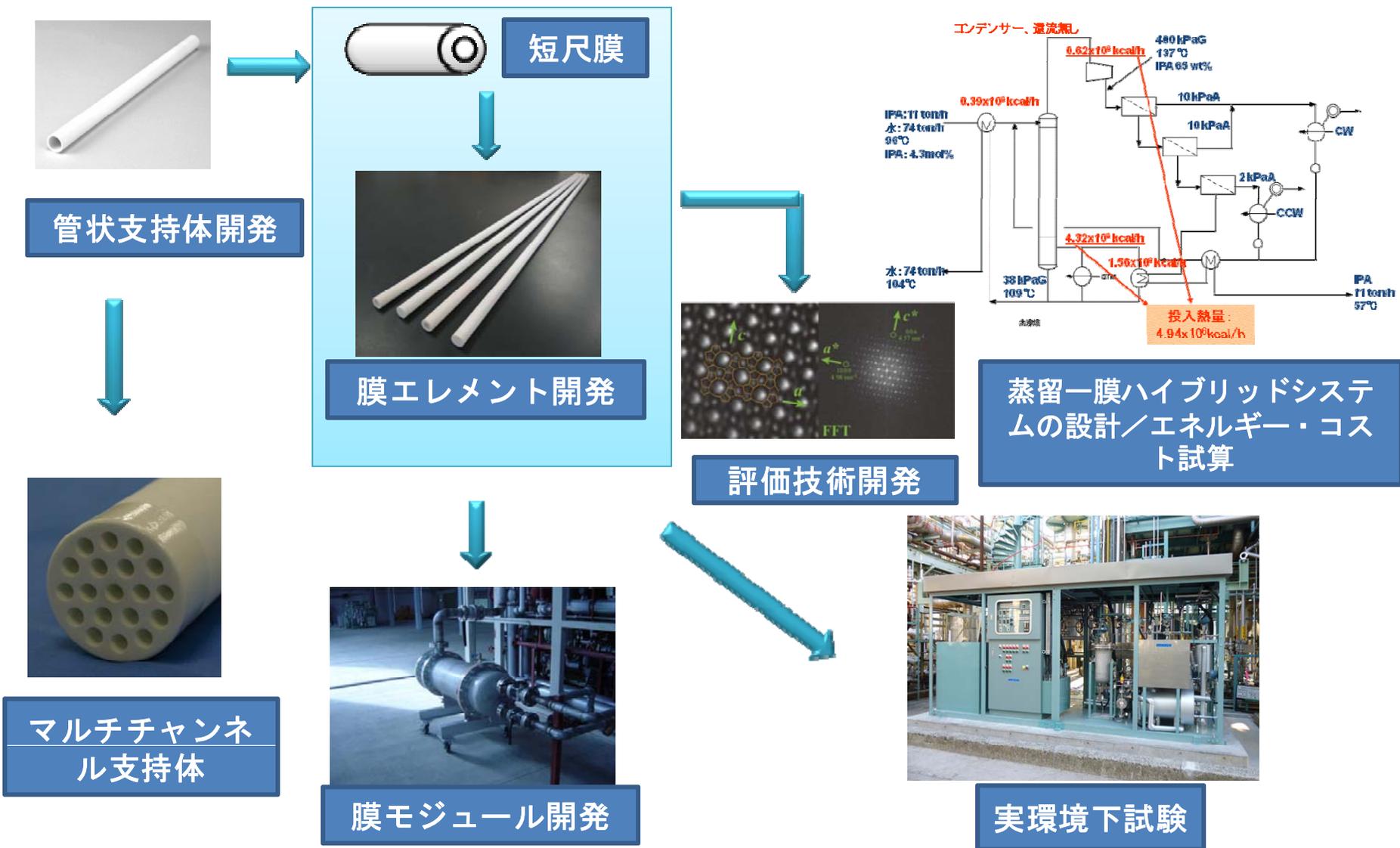
## 現状（蒸留分離）



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

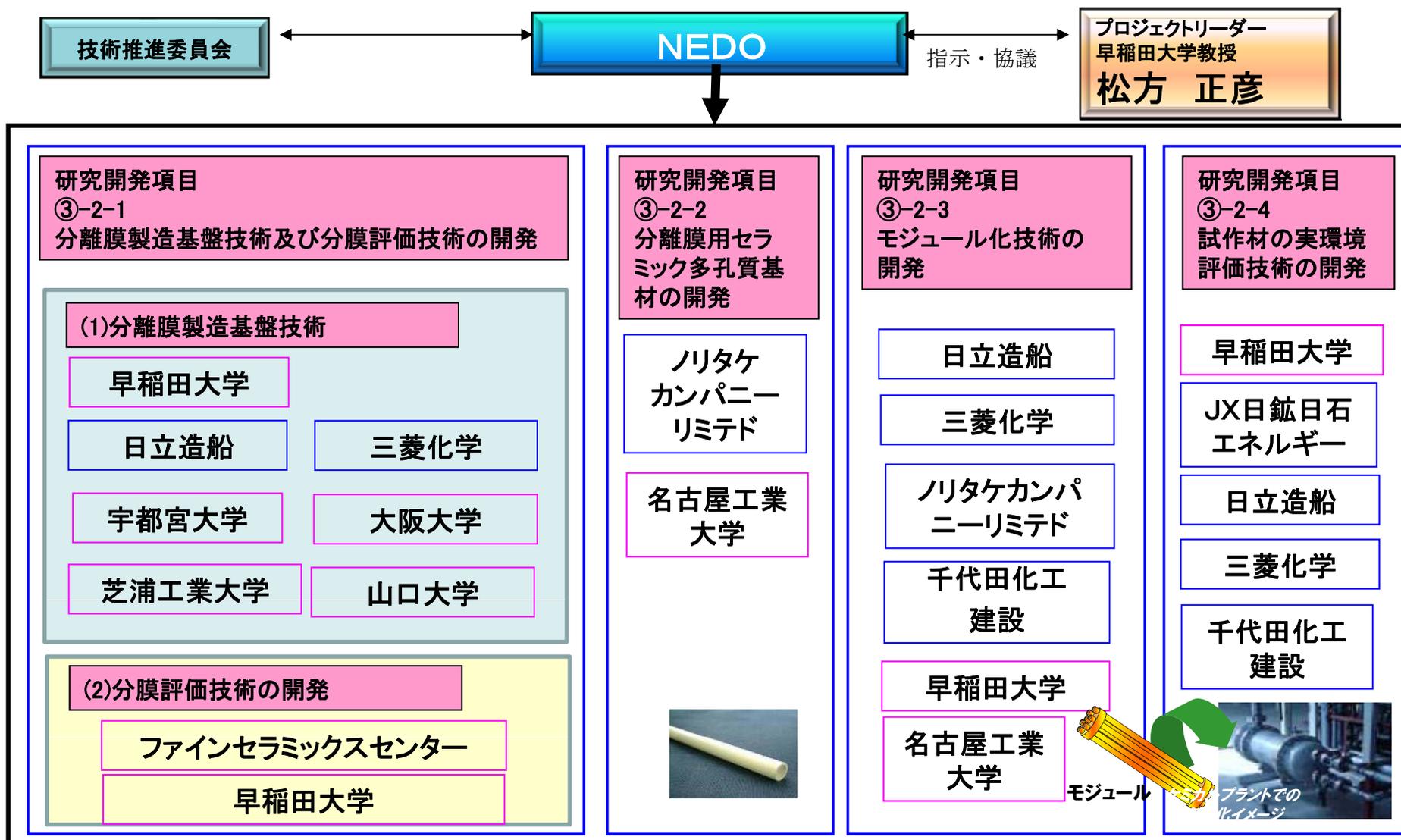
研究開発項目 実用化に向けてコンカレントに基盤の要素技術を開発



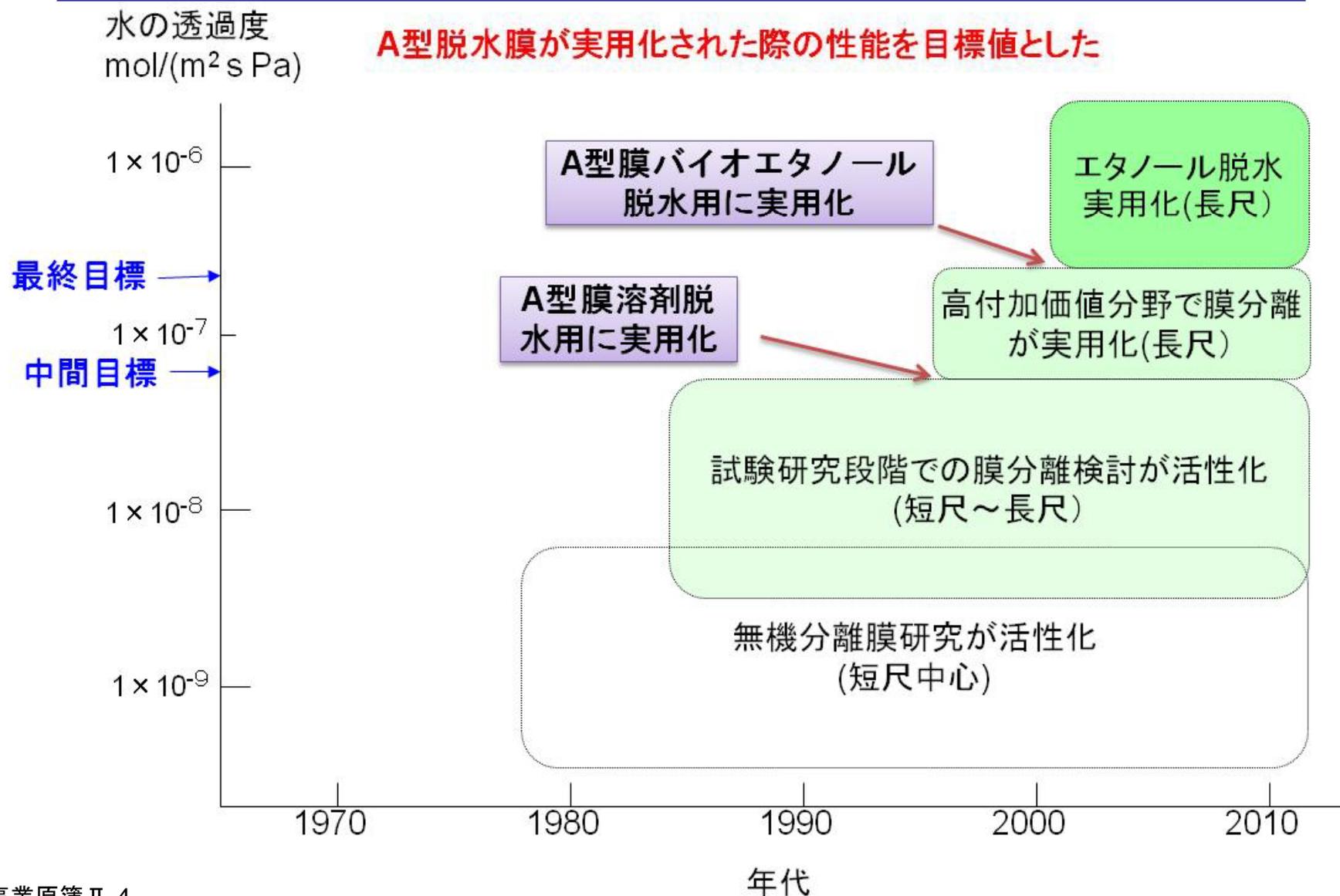
II. 研究開発マネジメント (1)研究開発目標の妥当性 (2)研究開発計画の妥当性

公開

# 実施体制



## 目標設定の背景



## 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

## 研究開発目標と根拠

研究開発項目	研究開発目標(抜粋)	根拠
①分離膜製造基盤技術 及び分膜評価技術の開発	○IPA用 ・水透過度= $2 \times 10^{-7} \text{mol}/(\text{m}^2 \text{sPa})$ ・分離係数=200以上 ・工業的に製造できる技術を開発 ○酢酸用 ・水透過度= $2 \times 10^{-7} \text{mol}/(\text{m}^2 \text{sPa})$ ・分離係数=200以上	バイオエタノールでA型ゼオライト膜が 実用化された際の分離性能を目標値と した
②分離膜用セラミック 多孔質基材の開発	多チャンネル型基材 長さ1m(管状 外径 30mm) 当たり $0.3\text{m}^2$ の膜面積を実現する。	直径10mmの管状支持体に対して、お よそ30倍の膜面積を目指すため
③モジュール化技術の開発	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。	モジュールとして発揮する透過性能は 必要な膜の本数すなわち膜コストに直 接影響するため、PJ開始時点の実績 約50%を上回るモジュールの設計が 必要であった
④試作材の実環境評価技術の 開発	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。	PJ終了後長期耐久性テストに移行す るために十分な耐久性を持つことを示 すため

## 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)	膜の合成および構造評価設備(早稲田大学)を導入し、共同研究実施場所において研究を開始。IPA脱水用膜の製造装置・透過試験(短尺・長尺)を購入し、工業化検討開始。微細構造解析用試料作成の検討と設備導入。	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、そのための設備導入	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)  中間目標値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)

## Ⅱ. 研究開発マネジメント (2)研究開発計画の妥当性

公開

## 実施の効果

### <開発費用>

5年間で約13.4億円（平成21年度～平成25年度）

### <効果>

#### [省エネ効果]

2030年度時点 約**55万kL** 原油換算：国内

#### [CO<sub>2</sub>排出抑制効果]

2030年度時点 約**146万t-CO<sub>2</sub>**

全蒸留プロセスの13%が置き換えられるとの仮定

#### [市場創出効果] 膜産業の創出

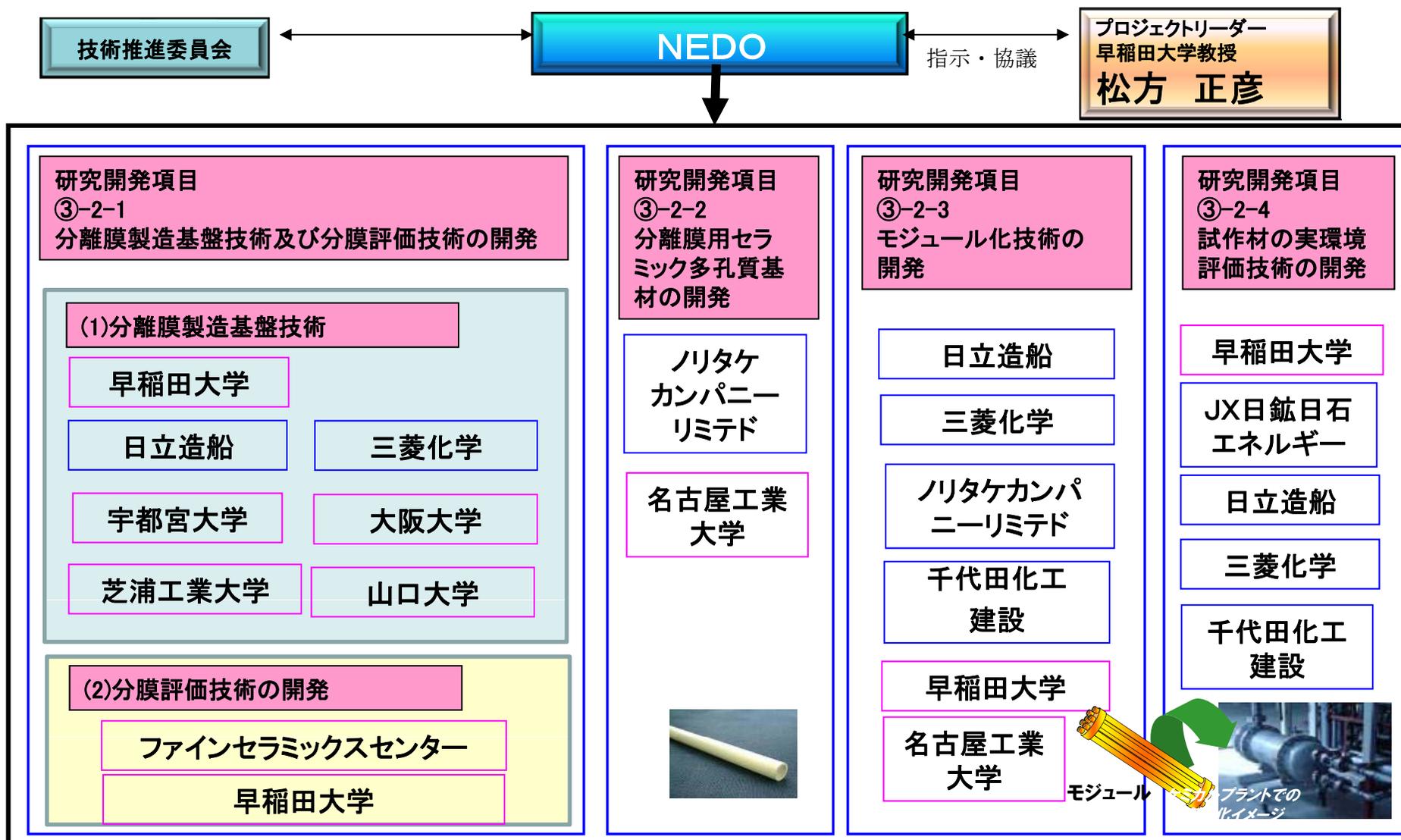
2030年度時点 約**2,000億円** ※膜からプラントまでを含める

Ⅱ. 研究開発マネジメント

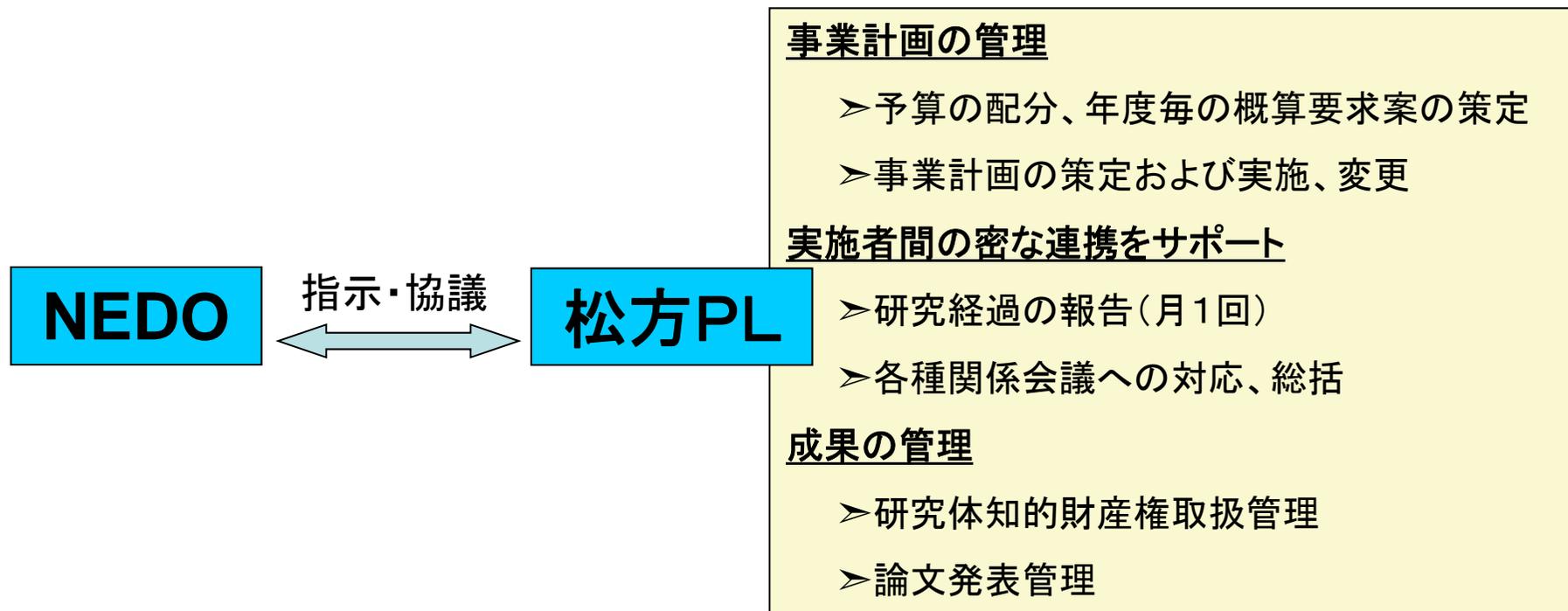
(3)研究開発実施の事業体制の妥当性

公開

実施体制

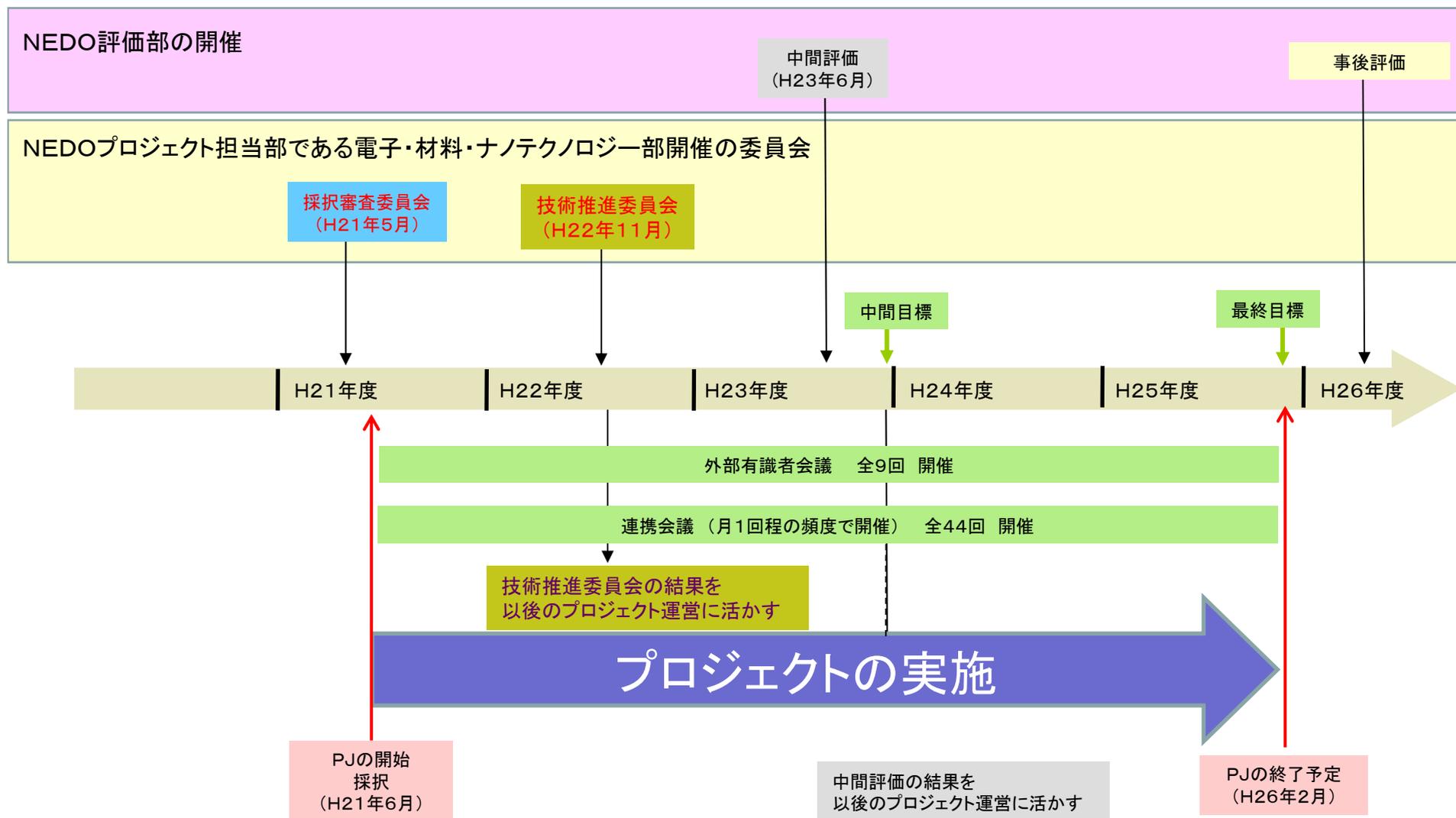


## PLの役割



実施者が多く、実用化に近い事もあり、要素技術間の意思の疎通が重要  
PLが積極的に実施者とコンタクトを取り、コミュニケーションの潤滑剤となっている。

## 委員会等と運営管理



## Ⅱ. 研究開発マネジメント (4)研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性

公開

## 技術推進委員会への対応

## H22.11.4 技術推進委員会

委員長	中尾 真一	工学院大学 工学部 環境エネルギー化学科 教授
委員	五十嵐 哲	工学院大学 工学部 応用化学科 教授
委員	戸井田康宏	JXホールディングス株式会社 企画2部 技術戦略グループ 担当マネージャー
委員	原谷 賢治	独立行政法人産業技術総合研究所 環境化学技術研究部門 招聘研究員

- 技術推進委員会の位置付け
- ・外部有識者の意見を聴取し、NEDOとしての意思決定を行う際の参考とする。

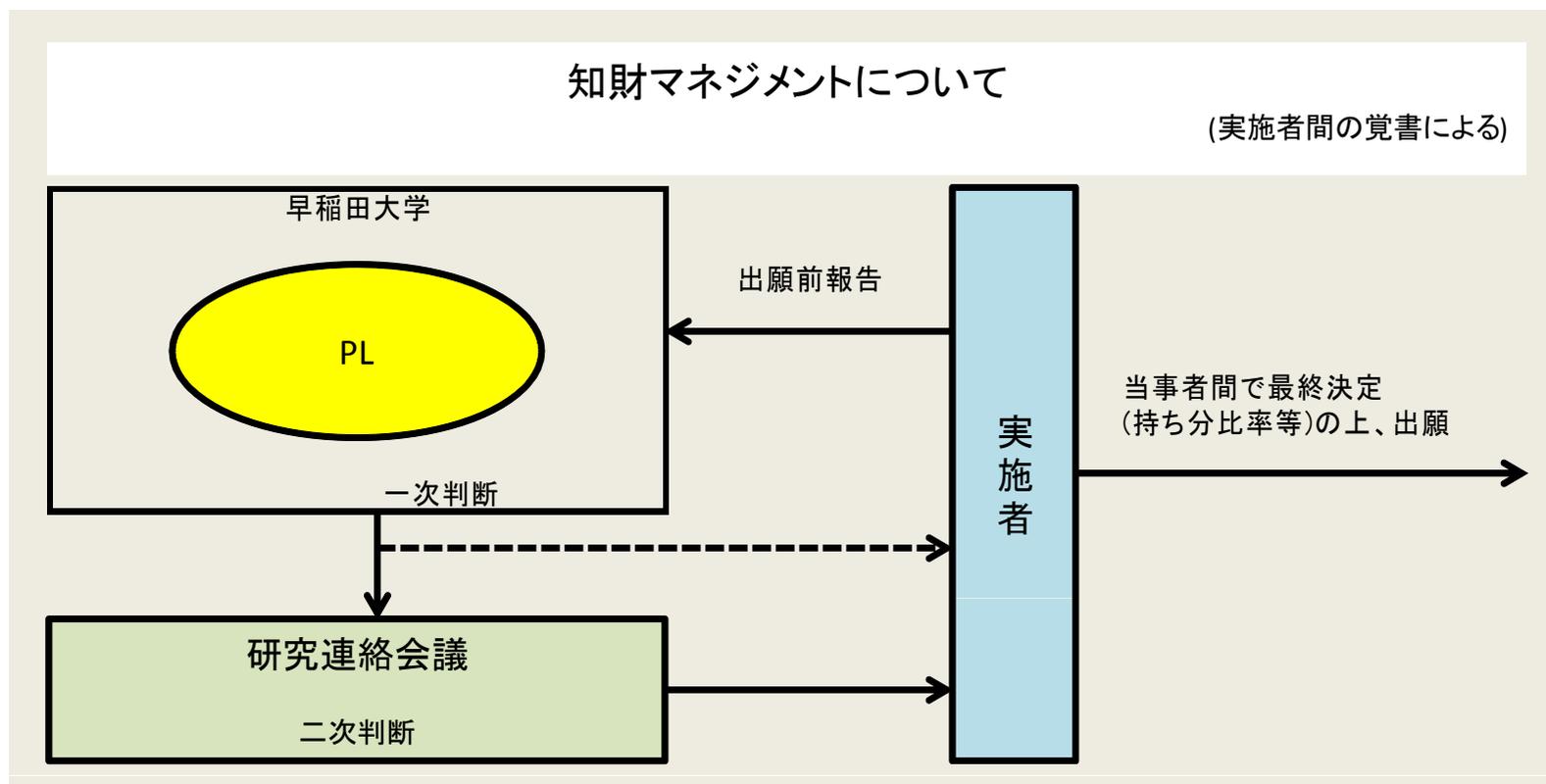
## ◎評価コメント（○評価できる点、●問題点・解決すべき点、☆その他のコメント）

○大幅な省エネルギー化のために、蒸留と膜分離を組み合わせた本プロジェクトは、時宜を得たものである。	
○OPLが良く機能していることも評価すべきである。	
○本プロジェクトは、分離膜の製造技術長尺化とモジュール化技術等、NEDOの事業として産学が共同して研究開発を行なう意義がある。	
○エンジ会社によるプロセス設計が行われており、また、ユーザーとなる企業も参画しており実用化へ向けて説得力がある。	
●最終局面で問題が発生しないように、予め、実用化を想定して、品質面等を含めて考えられる問題点を洗い出し、対応案を検討しておく必要性を感じた。	想定される問題点につき、実験で確認を行っている。また、実環境下試験においても検証する。
●コストについては、設備投資の総額が3年間で回収できるレベルになっているのかどうか、設備の価格とランニングコストをより精度良く評価する必要がある。	JXエネルギーが実プラントのデータを提供し、千代田化工によって省エネルギー量・コスト両面から精度高いプロセスシミュレーションを実施している。 また、実環境下試験で得られるデータにより、シミュレーション結果を実際のプラントに適用する場合の精度を上げる。
☆実用化を目指すのみならず、分離膜の製造および物性測定技術などについての基礎的知見を集積して、学理として普遍化することが望まれる。	各大学の研究において実践中。

## 成果の実用化に向けたマネジメント

- 計画段階において、石油化学の出口であるIPAと量的インパクトのある酢酸をターゲットに選定
- 実用化を達成する為に川上～川下連携の開発体制を構築
- 石油化学プラントでの実環境下試験を織り込み、実用化を加速

## 知財マネジメントについて



### ○知財ポリシー

- ・製膜のスケールアップ方法に関しては公開が好ましくない→**ノウハウのブラックボックス化**
  - ・膜の基本的な調製法、プロセス等に関しては知財化で対応
- 出願数: 10件

## II. 研究開発マネジメント (5)情勢変化への対応等

公開

## 酢酸脱水に係る目標値の変更(上方変更)

市場規模が大きい酢酸脱水膜の短尺膜検討において、  
中間目標を超える水透過度と分離係数の膜が得られ(H21年度後期)、  
さらに、分離係数について最終目標値を格段に超える膜が得られた(H22年度前期)。

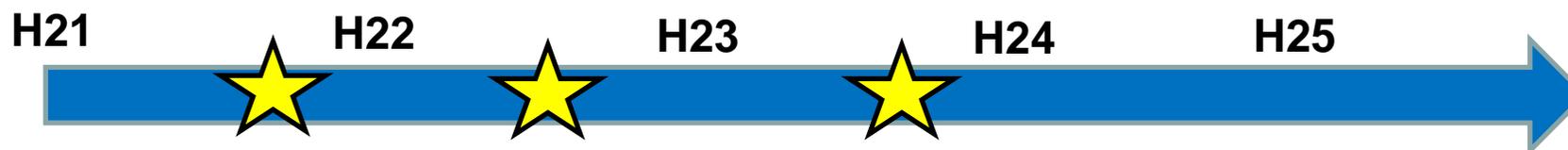
対象	項目	中間(H23年度)	最終(H25年度)
IPA脱水	水透過度	$8 \times 10^{-8} \text{mol/m}^2\text{sPa}$ 以上	$2 \times 10^{-7} \text{mol/m}^2\text{sPa}$ 以上
	分離係数	100以上	200以上
	膜開発	分離膜を工業的に製造できる技術を開発 (長尺膜の開発)	分離膜を工業的に製造できる技術を開発 (長尺膜の開発)
酢酸脱水	水透過度	$8 \times 10^{-8} \text{mol/m}^2\text{sPa}$ 以上	$2 \times 10^{-7} \text{mol/m}^2\text{sPa}$ 以上
	分離係数	50以上	100以上
	膜開発	製膜できる技術の確立 (短尺膜の開発)	製膜できる技術の確立 (短尺膜の開発)
酢酸脱水 (変更後)	水透過度	$8 \times 10^{-8} \text{mol/m}^2\text{sPa}$ 以上	$2 \times 10^{-7} \text{mol/m}^2\text{sPa}$ 以上
	分離係数	100以上	200以上
	膜開発	分離膜を工業的に製造できる技術を開発 (長尺膜の開発)	分離膜を工業的に製造できる技術を開発 (長尺膜の開発)

## Ⅱ. 研究開発マネジメント (5)情勢変化への対応等

公開

## 加速財源の投入

平成21年度、22年度、23年度の3度にわたり研究開発加速資金を投入。実用化へ向けた更なる性能向上、長尺膜への早期技術移転を後押し



時期	H21. 12	H22. 8	H23. 12
成果	IPA、酢酸分離膜(短尺)の合成に成功 中間目標を遥かに超える性能を実現	酢酸がほぼ透過しない分離膜(短尺)の 開発に成功 長尺膜への技術移転が可能となる	IPA分離膜(短尺)において、最終目標 を超える水透過度と分離係数を実現
加速 内容	○短尺膜の性能向上研究を加速 ・性能評価連続試験装置 (IPA仕様)の導入 ・膜の高性能化にむけた合理的 製膜手法の確立 ○長尺膜への技術移転の促進 ・長尺膜合成、製造用装置(IPA 仕様)の前倒し導入 ・長尺膜の性能評価手法を早期 確立	○酢酸分離膜における長尺膜の工業的 製造を加速 (当初は短尺膜のみであった) ○IPA同様、酢酸分離膜においても、 長尺膜試験装置、性能評価装置の 早期導入を実現し、技術移転を加速	○長尺膜の安定的な製造方法の確立、 膜の分離性能の向上及び実環境 試験を高度に実施するために、IPA 用長尺膜の最終目標性能を実環境 試験までにクリアすべく加速 ・製膜機構、透過分離機構の解明 ・モジュールの試作、評価
効果	実環境下試験への準備・検討を いち早く実施	酢酸分離膜の実用化時期を 5年程度前倒し	IPA分離膜の実用化時期を 2年程度前倒し

## Ⅱ. 研究開発マネジメント (5)情勢変化への対応等

公開

## 中間評価委員会指摘事項への対応

H23.6.29中間評価委員会

## 【中間評価結果】

「概ね現行通り実施して良い」という評価。

【評点結果】	3. 4. の合計	4. 8
1. 事業の位置づけ・必要性		2. 9
2. 研究開発マネジメント		2. 6
3. 研究開発成果		2. 1
4. 実用化の見通し		2. 7

	主な指摘事項	対応
1	膜の耐水性は重要なファクターであるので、 <b>適用条件（温度、水組成範囲）</b> についても言及する必要がある。実用化の指標である透過性能の有意な目標値を、実用化時のプロセスを明示した上で、プロジェクト終了時まで呈示し、それに至るまでの開発課題と取り組みの方向性を示して欲しい。	経済性のある膜分離プロセスの創出に向けて、最終年度までに詳細なプロセスシミュレーションを実施し、実用化時に必要とされる膜性能と適用条件を明確にする。 平成24年度の実施計画書へ反映し、研究開発を推進した。
2	さらなる性能改善、研究開発の加速のためには、 <b>分離のメカニズム</b> を詳細に検討すべき。	分離のメカニズムとしては、大学等で一部着手済み。平成24年度以降は大学等で更に研究を進め、性能改善に対する指針を得る。
3	多チャンネル基材開発では、内孔表面特性制御、内孔成膜法などの課題とともに確実な成果を出して欲しい。	確実に成果を上げるべく、単管型基材の開発において得られた表面特性制御技術を利用して研究を実施する。
4	モジュール内で混合蒸気の濃縮に伴って凝縮が起こる場合があるため、膜による <b>分離濃縮現象の詳細を検討</b> し、これを加味する必要がある。	膜による分離濃縮については、短尺スケール膜を中心に研究を行い、最終的には多段式モジュールでのシミュレーションと実験で評価した。



指摘事項は実施計画書に反映するとともに、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。

## II. 研究開発マネジメント (5)情勢変化への対応等

公開

## NEDO研究成果の発信

## 【1】国内展示会での成果発表

- ・nanotech(2013、2014の2回):東京ビッグサイト
- ☆NEDOとして、広く一般向けに先進技術成果の展示、プレゼンテーションを実施。
- ☆2014年のnanotech展では、**プロジェクト賞(グリーンナノテクノロジー部門)**を受賞



Nanotech2014での成果報告会、「プロジェクト賞」受賞の様子



## 【2】NEDOプレスリリース対応

NEDOプレスリリース。新聞、WEBに数多く掲載された

- ・2010年2月: 蒸留分離による消費エネルギーを大規模に削減する膜分離技術
- ・2013年6月: 蒸留工程の50%以上の省エネ化が可能な無機分離膜を開発  
～世界初、石油化学工場で連続200時間超を達成～  
☆共同記者会見を実施。新聞6件、WEB20件以上に取り上げられた。

NEDOとして、研究開発成果をアピールし、無機分離膜の認知度UPと普及の促進化を図った。