

# 石油精製・利用関連分野に係る 技術に関する施策・事業の概要

平成26年3月12日

資源エネルギー庁 資源・燃料部

石油精製備蓄課

# 目次

## 1. 技術に関する施策の概要

## 2. 技術に関する事業の概要

### A.革新的次世代石油精製等技術開発

- 1-A. プロジェクトの概要
- 2-A. 目的・政策的位置付け
- 3-A. 目標
- 4-A. 成果、目標の達成度
- 5-A. 事業化、波及効果
- 6-A. 研究開発マネジメント・体制等
- 7-A. 中間評価結果
- 8-A. 評価
- 9-A. 提言及び提言に対する対処方針

### B.石油燃料次世代環境対策技術開発

- 1-B. プロジェクトの概要
- 2-B. 目的・政策的位置付け
- 3-B. 目標
- 4-B. 成果、目標の達成度
- 5-B. 事業化、波及効果
- 6-B. 研究開発マネジメント・体制等
- 7-B. 中間評価結果
- 8-B. 評価
- 9-B. 提言及び提言に対する対処方針

# 目次 (続き)

## 2. 技術に関する事業の概要

### C. 高効率水素製造等技術開発

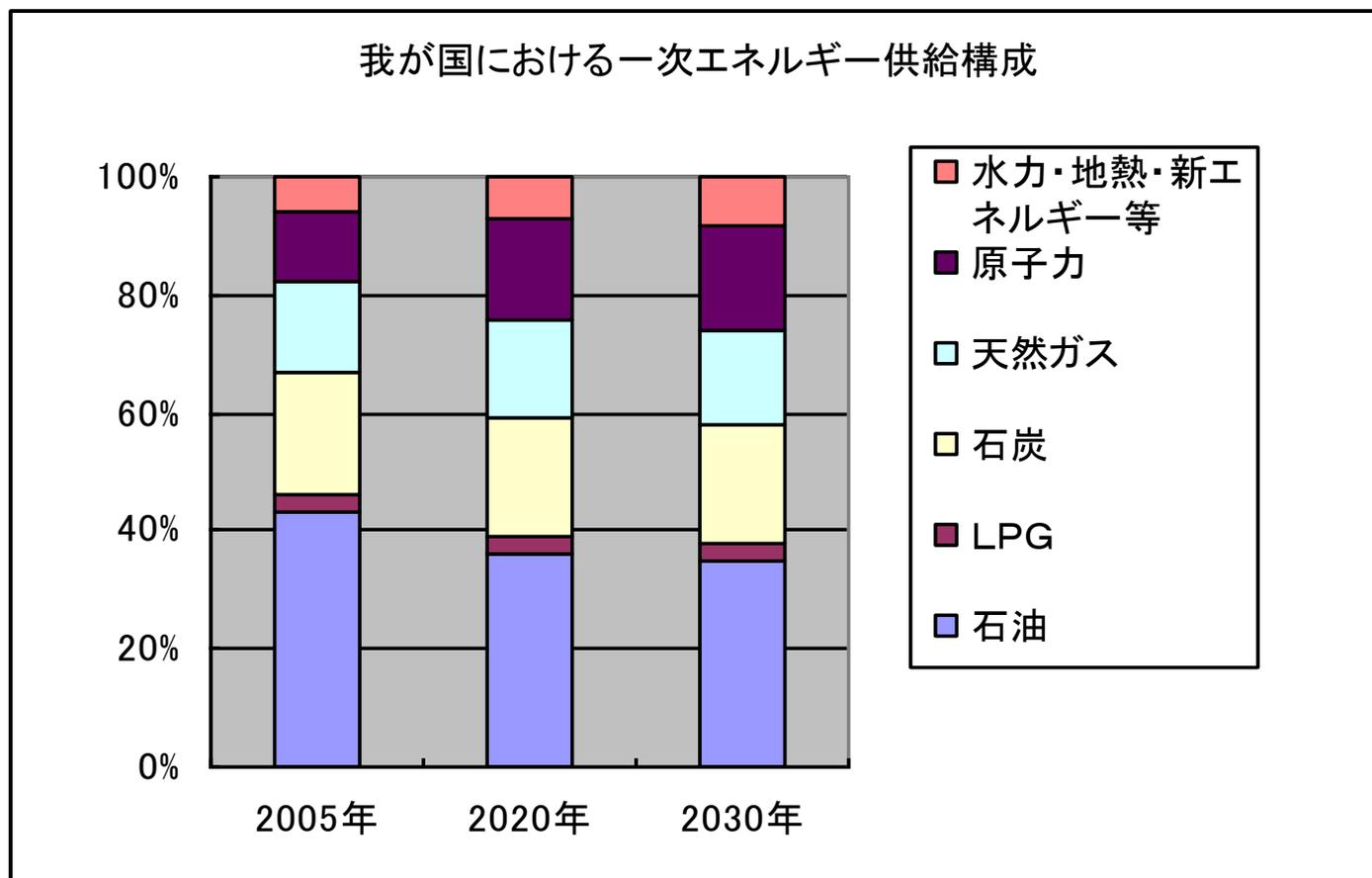
- 1-C. プロジェクトの概要
- 2-C. 目的・政策的位置付け
- 3-C. 目標
- 4-C. 成果、目標の達成度
- 5-C. 事業化、波及効果
- 6-C. 研究開発マネジメント・体制等
- 7-C. 事前評価結果
- 8-C. 評価
- 9-C. 提言及び提言に対する対処方針

### D. 重質油等高度対応処理技術開発

- 1-D. プロジェクトの概要
- 2-D. 目的・政策的位置付け
- 3-D. 目標
- 4-D. 成果、目標の達成度
- 5-D. 事業化、波及効果
- 6-D. 研究開発マネジメント・体制等
- 7-D. 事前評価結果
- 8-D. 評価
- 9-D. 提言及び提言に対する対処方針

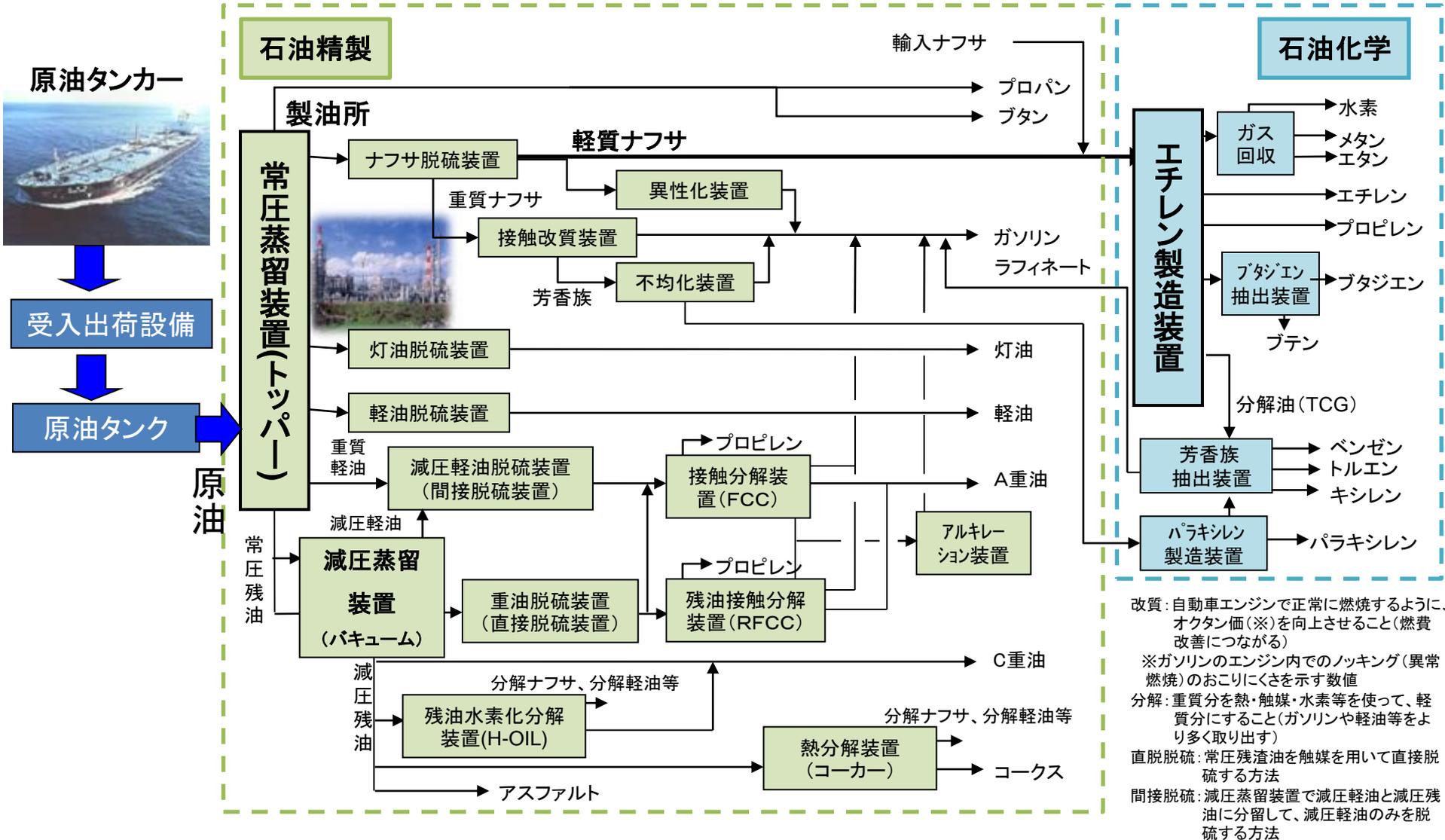
# 1.1. 施策の目的・政策的位置付け

○2030年においても、石油は我が国一次エネルギー供給の3割以上を占める重要なエネルギー源と位置付けられている。



# 石油サプライチェーンの構造 ①原油輸入から、製油所における石油精製まで

○ 石油会社は、①海外から原油を輸入(一部、国内産)し、②製油所での精製プロセスにおいてガソリン・灯油・軽油・重油・LPガス・石油化学用のナフサ等の石油製品を生産・供給する。

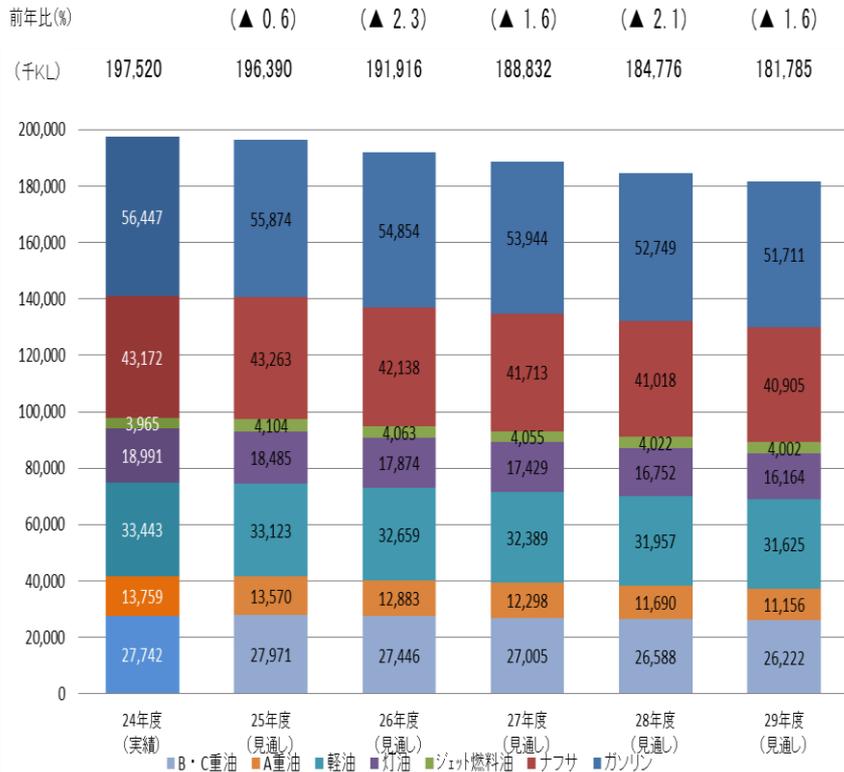


# 日本の石油需給バランスの見通し

- 国内は石油製品の需要が減少していく見通し(海外は、アジアを中心に増加する見通し:次ページ)。
- 平成25年度は、燃料油全体で約1億9,640万KLとなり前年度比▲0.6%と減少の見通し。平成24~29年度を総じてみれば、年平均で▲1.6%、全体で▲8.0%の減少の見通し。
- 今後も、①人口減少、②燃費改善や次世代自動車普及等によるエネルギー効率の改善等を背景として、ガソリンを中心に各石油製品の国内需要は減少する見通し(国内需要だけに鑑みれば、精製設備は過剰となる見通し)。

## 平成25~29年度石油製品需要見通し(燃料油全体)

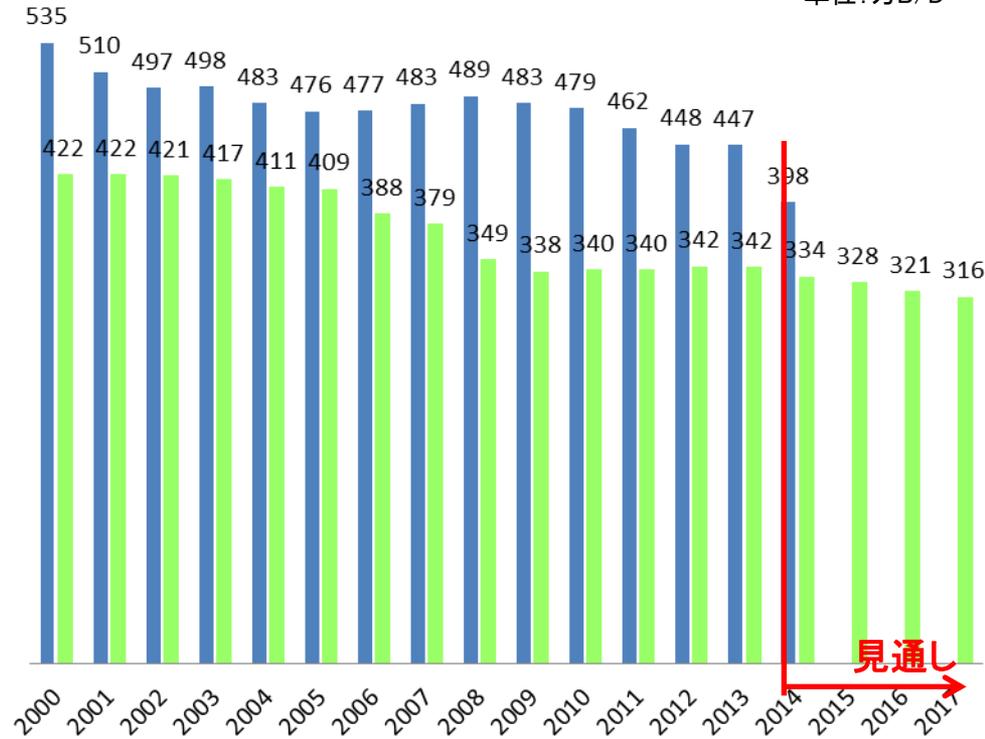
※電力用C重油の平成24年度実績見込みを加えた数値



## 原油処理能力と石油需要量の推移

■原油処理能力 ■石油需要量

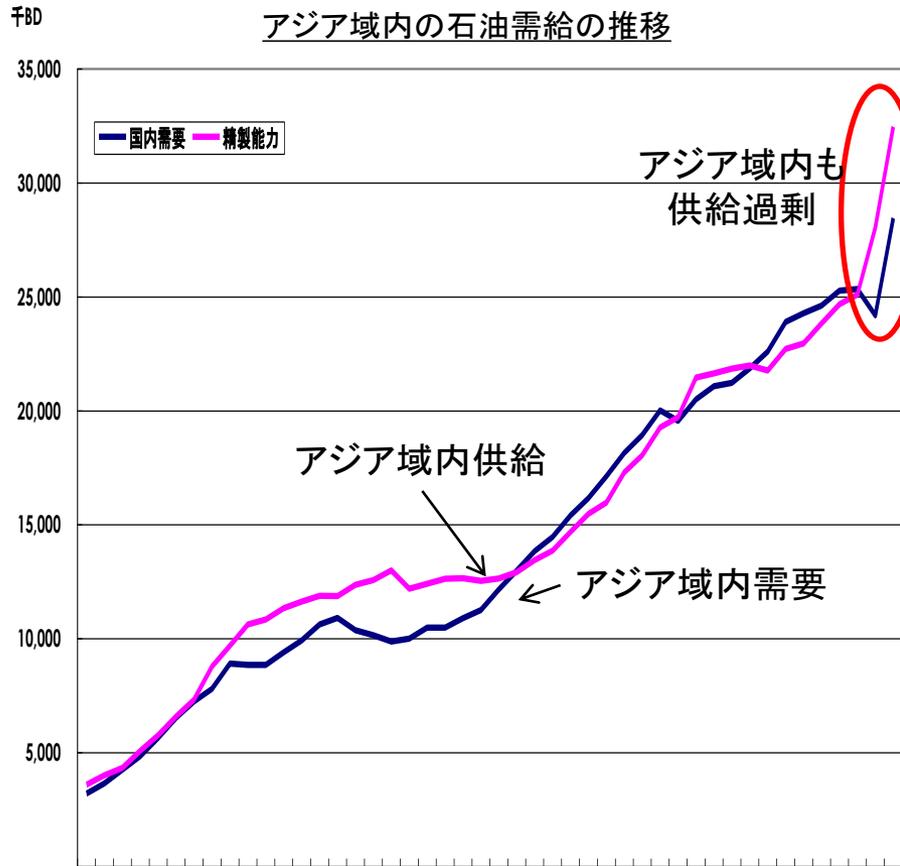
単位: 万B/D



※精製能力は各年4月1日時点の能力。2014年度は、各社公表情報を基にした見込み。  
 ※2000年度から2012年度までの需要量は実績。2013年度から2017年度までの需要はエネ庁「石油製品需要見通し」より

# 海外(アジア)の石油需給バランス等の見通し

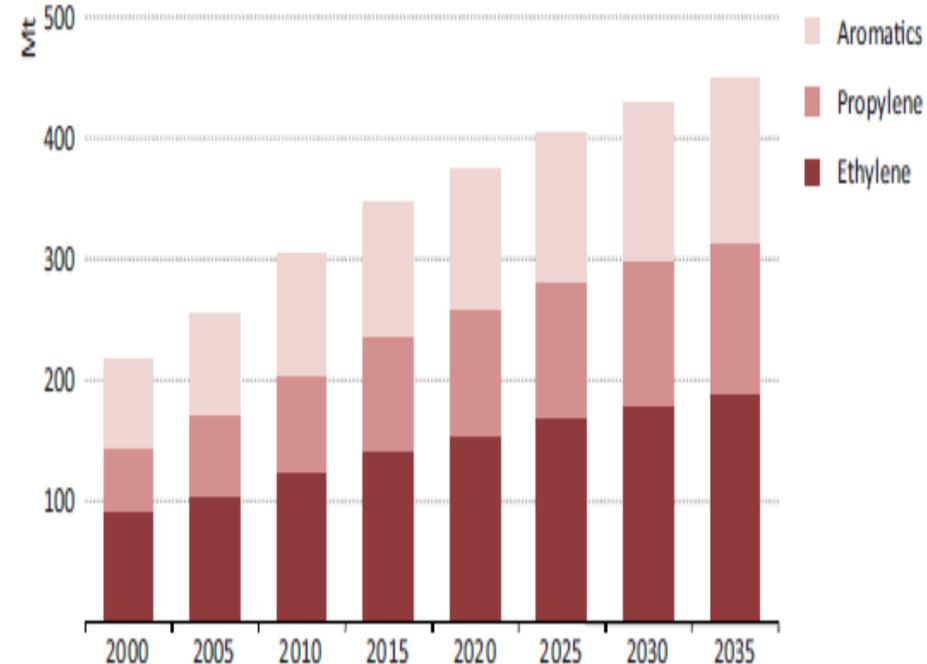
- 一方、「アジア全域の石油需要」は今後も増加が続くが、アジアで巨大な石油コンビナートの増設が続き、石油精製能力が増強されるため、アジア域内全体でも、近い将来に「供給過剰」になるとの厳しい見通しもある。
- また、基礎化学品(エチレン・プロピレン・芳香族BTX)の需要も引き続き増加傾向にあり、日本の石油産業にとって成長分野ではあるが、すでに世界各地で芳香族(BTX)プラントが増強されていることに鑑み、今後の需給バランスや市況の変化に注視が必要。



65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 15

(出所)BP統計、FACTS

基礎化学品(エチレン・プロピレン・BTX)需要見通し



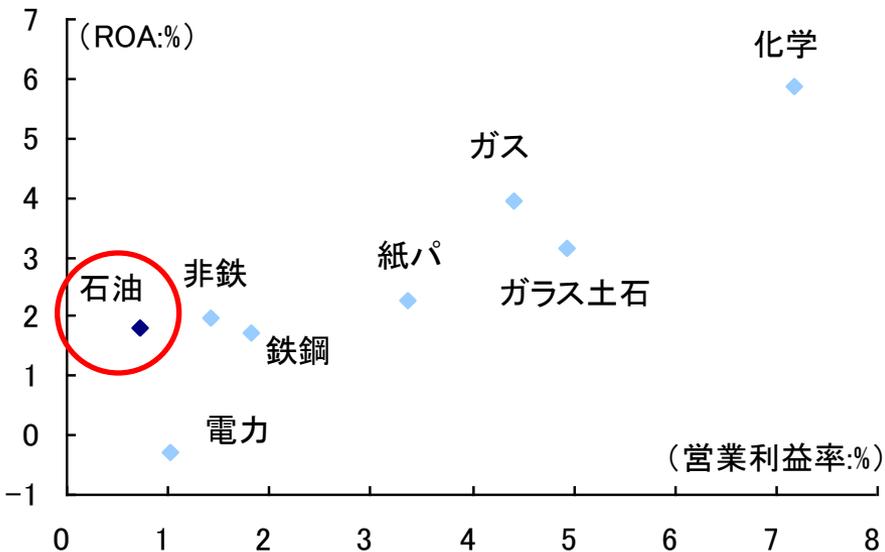
(出所)WEO2013 New Policy Scenario

# 日本の他製造業との比較 ①収益/財務基盤(ROA・自己資本比率等)

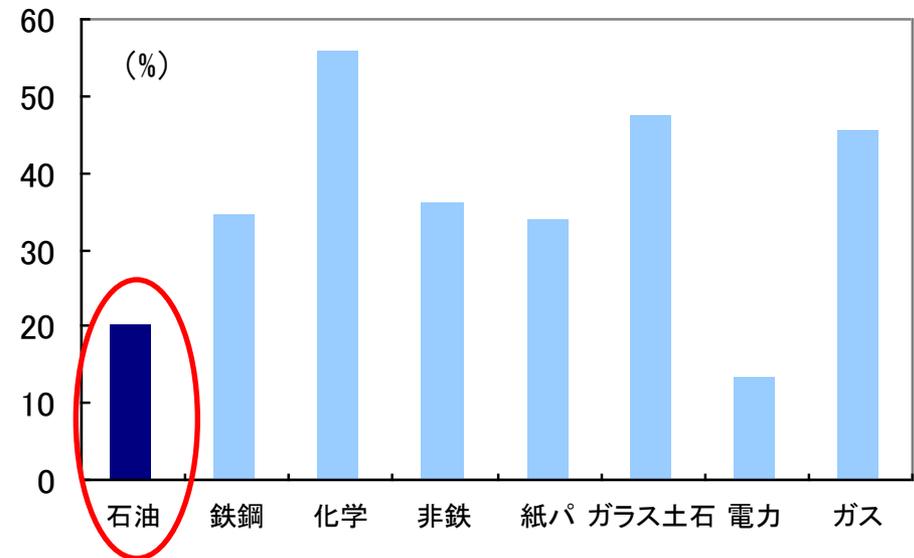
○収益基盤(ROA・売上高営業利益率)・財務基盤(自己資本比率)を見ると、我が国の石油産業は我が国の他製造業と比較して低位に位置している。

○利益が蓄積されにくく、成長分野に向けた投資を支える財務基盤を構築することは容易ではない傾向がある。

収益基盤(2008-12年度平均)



財務基盤(自己資本比率: 2012年度)



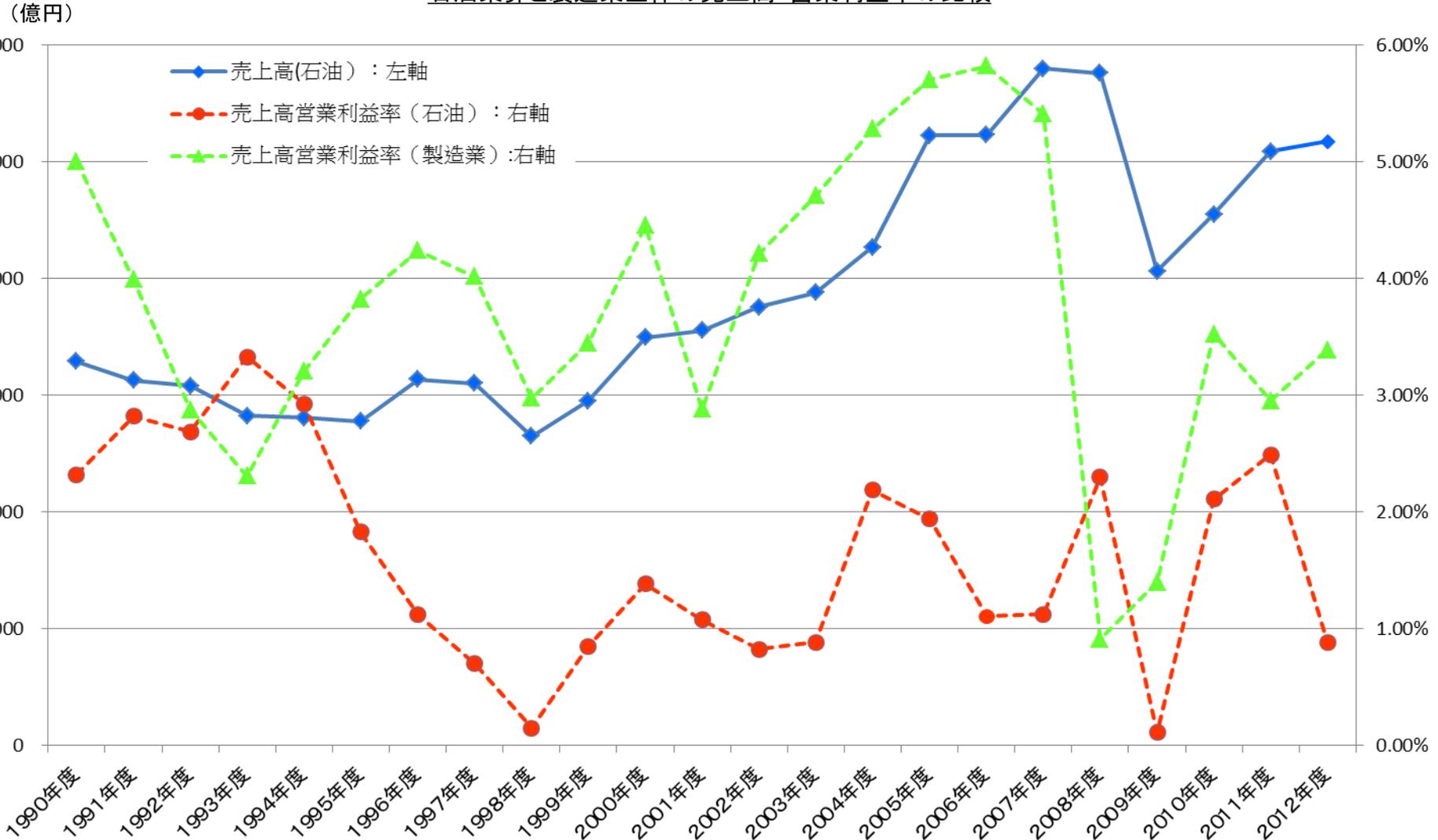
出所: 財務省法人企業統計よりみずほ銀行産業調査部作成

注: ROA = 経常利益/総資産

# 日本の他製造業との比較 ②収益性(売上高営業利益率)

○石油業界の収益率(売上高営業利益率ベース)は、製造業全体の平均と比較して低位に位置している。

石油業界と製造業全体の売上高・営業利益率の比較



(注)「売上高営業利益率」とは売上高に占める営業利益の割合

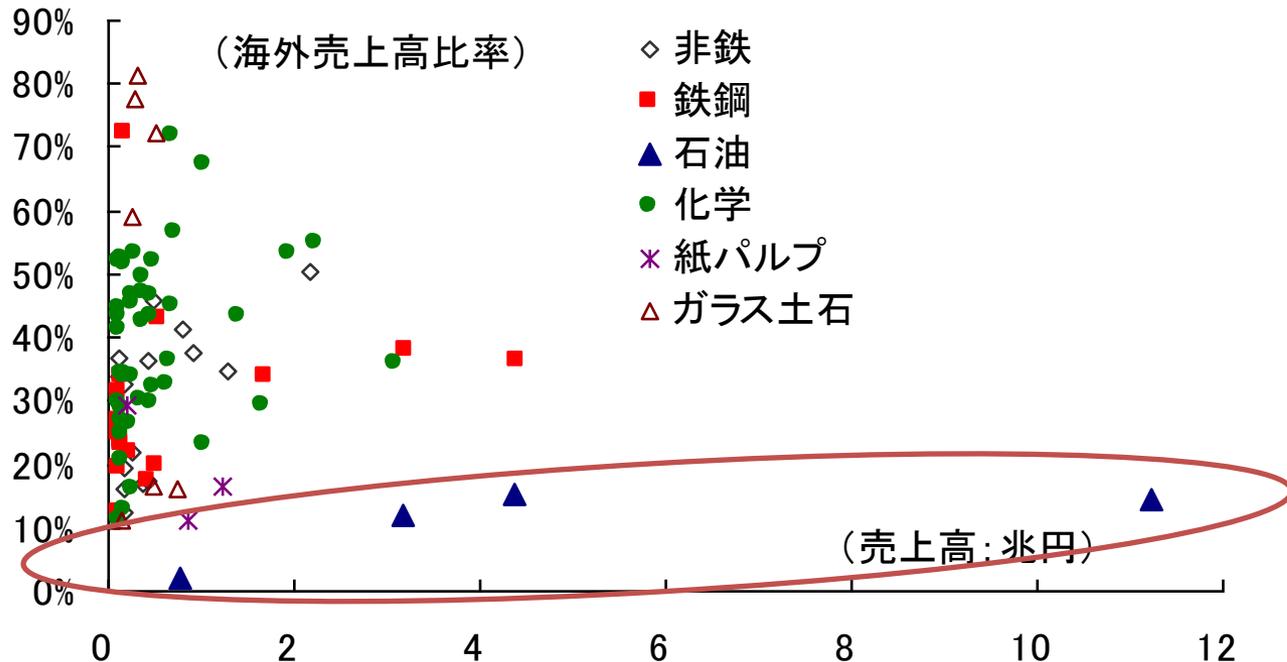
## 日本の他製造業との比較 ③グローバル化の度合い(海外売上高比較)

○石油産業は他の製造業と比較して内需依存が極めて高く、海外展開の度合いが低い(下図、赤い円囲い)。

○構造的な背景としては以下の点がある。

- ①歴史的な経緯と、巨大で経済的に豊かな人口に支えられる国内燃料市場の存在(需要減は始まるも、引き続き巨大)
- ②海外での製油所・コンビナート投資金額は莫大(最新鋭の製油所の場合、5000億～1兆円程度)
- ③アジア新興国における国営石油企業の存在、小売参入規制・価格統制(ガソリン等小売価格への政府補助金と国営石油企業による販売権独占等)の存在

素材産業の海外売上高比率(2012年度)



出所: 会社資料よりみずほ銀行産業調査部作成

(注) 2012年度、売上高1000億円以上が対象、海外売上高を開示している企業のみ

# 1.1. 施策の目的・政策的位置付け

計画の見直しを実施中

## ●「エネルギー基本計画」(平成22年6月)抜粋

### ・第3章 第2節 自立的かつ環境調和的なエネルギー供給構造の実現

#### 1. 再生可能エネルギーの導入拡大

##### (1) 目指すべき姿

再生可能エネルギーの導入拡大は、地球温暖化対策、エネルギー自給率向上、エネルギー源多様化、環境関連産業育成等の観点から重要である。今後、2020年までに一次エネルギー供給に占める再生可能エネルギーの割合について10%に達することを目指す。

バイオ燃料については、LCAでの温室効果ガス削減効果等の持続可能性基準を導入し、同基準を踏まえ、十分な温室効果ガス削減効果や安定供給、経済性の確保を前提に、2020年に全国のガソリンの3%相当以上の導入を目指す。さらに、セルロース、藻類等の次世代バイオ燃料の技術確立することにより、2030年に最大限の導入拡大を目指す。

#### 3. 化石燃料の高度利用

##### (2) 石油の高度利用

##### ① 目指すべき姿

原油の重質化や国内石油製品需要の白油化等に対応しつつ、石油の有効な利用を促進するため、石油残渣等の高度利用の取組を推進する。

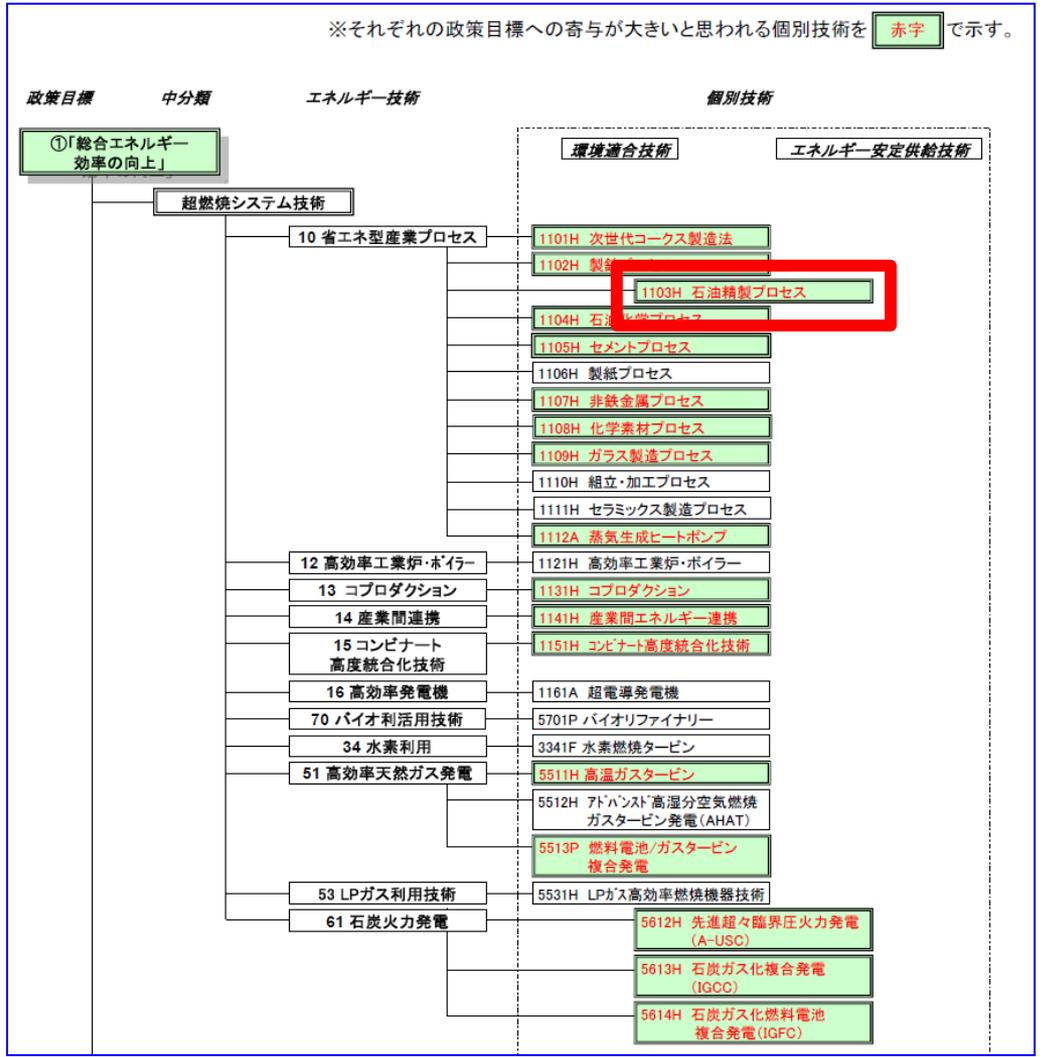
##### ② 具体的な取組

新興国を中心とした世界的な石油需要の増加、原油の重質化・石油需要の白油化等、石油をめぐる諸情勢を踏まえ、抜本的な重質油分解能力の向上を図る。また、各コンビナートの特長を活かした連携を支援し、石油精製と石油化学等の異業種との戦略的連携支援を通じ、国際競争力・経営基盤を強化する。さらに、低品位な石油留分から付加価値の高い石油留分を製造する技術や、重質油やオイルサンド等非在来型原油の利用性を高めるための技術等、革新的な石油精製技術の開発を実施する。これらに加えて、石油の高度利用に必要な設備の運転管理の改善(触媒等)や石油残渣ガス化複合発電(IGCC)の導入を促進する。

水素エネルギー社会を見据え、石油から安定・安価な水素製造を可能とするため、高品質・高効率の水素製造技術の開発やCCSと組み合わせて、CO<sub>2</sub>排出量をほぼゼロとするための検討を促進する。

# 1.1. 施策の目的・政策的位置付け

○技術戦略マップ2010(2010年6月)において、「エネルギー分野」の「①総合エネルギー効率の向上、⑤化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」において、「石油精製プロセス」として導入シナリオが示されている。



出所:「技術戦略マップ2010」(2010年6月)経済産業省



# 1.3. 評価

## (1) 評価検討会

### 評価検討会名称

石油精製・利用技術関連分野に係る技術に関する施策・事業評価検討会

### 座長

松方 正彦

早稲田大学理工学術院先進理工学研究科 教授

### 評価検討会委員

### 委員

内山 洋司

筑波大学大学院システム情報系 教授  
産学リエゾン共同研究センター長

小川 芳樹

東洋大学大学院経済学研究科 教授

小野崎 正樹

一般財団法人エネルギー総合工学研究所  
プロジェクト試験研究部 部長／理事

黒川 俊夫

株式会社価値総合研究所 特別相談役

## (2) 総合評価(コメント)

中長期的な国内外のエネルギー需給構造変化を見据えた政策的位置付けが行われ、メリハリの利いた技術開発施策であると高く評価できる。目標で掲げた課題の多くで成果が上げられており、今後、実用化に向けた取組が重要である。特にペトロリオミクス技術については、これまでの石油精製技術体系を抜本的に変革する技術体系を創製する概念で、そのための基盤技術の開発と共に、開発された技術の既存設備への実装等、関連技術開発を推進することが重要である。

今後の技術開発は、産業の競争力強化、国際展開を目的として、我が国の石油産業の強化策が一層強力に推進されることが望ましい。また、実施された個々のプロジェクトが、従来のプロジェクトと同様に一過性で終了しないようにするべきである。欧米だけでなく韓国や新興国との競争も激化していく中、実際のニーズを重視し、それに適う個々の技術をシステム化する技術政策も必要となる。

更には、定量的な成果指標の設定等、プロジェクトの成果がどのような意義を持つのか、一般の人々にも分かる形でアピールする工夫も必要である。

## (3) 提言及び提言に対する対処方針

### 今後の研究開発の方向等に関する提言

- 国内外のエネルギー需給構造の変化等を踏まえ、石油を含むエネルギーの有効利用、環境対応、石油産業の国際競争力・経営基盤の強化が引き続き重要な課題である。
- これらの課題に対して、石油代替技術の動向をはじめとして国内外のニーズと市場性を常に意識しつつ、研究開発の方向性や時間軸を短期的目標から超長期的目標として体系的に整理し、継続性を持って取り組むことが重要である。

### 提言に対する対処方針

- 現在見直しが行われているエネルギー基本計画の決定や現下の状況を踏まえ、石油政策について見直しを行う予定である。（平成26年2月25日より、総合資源エネルギー調査会 資源・燃料分科会 石油・天然ガス小委員会での議論を開始。）
- 石油政策の見直しを踏まえ、研究開発についても改めて目標等を整理し、継続的に取り組んで行く。

## A. 革新的次世代石油精製等技術開発

# 1-A. 事業の概要

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <p><b>概 要</b></p>             | <p>我が国のエネルギーセキュリティ向上に資するため、重質油からガソリンや石油化学原料を得る技術等、製油所の高度化のための革新的な石油精製技術を開発することにより、重質油およびオイルサンド等非在来型原油の有効活用を図る。また、次世代の革新的な新規製造プロセス技術等を創製するため、基盤的な研究開発を実施する。</p> |
| <p><b>実施期間</b></p>            | <p>平成19 年度～平成23 年度 （5年間）</p>   |
| <p><b>予算総額</b></p>            | <p>160億円<br/>       (平成19年度:23億円 平成20年度:40億円 平成21年度:42億円<br/>       平成22年度:34億円 平成23年度:21億円)</p>   |
| <p><b>実 施 者</b></p>           | <p>一般財団法人石油エネルギー技術センター<br/>       JX日鉱日石エネルギー株式会社</p>  |
| <p><b>プロジェクト<br/>リーダー</b></p> | <p>一般財団法人石油エネルギー技術センター<br/>       技術企画部長 三屋 淳一<br/>       JX日鉱日石エネルギー株式会社<br/>       研究開発企画部長 斎藤 健一郎</p>   |

## 2 - A. 事業の目的・政策的位置付け

### 【事業の目的】

本技術開発事業では重質油から付加価値の高いガソリンや石油化学原料を得る技術等、製油所の高度化のための革新的な石油精製技術を開発することにより、重質油およびオイルサンド等非在来型原油の有効活用を図ることを目的としている。

本事業は、原油輸入の中東依存、今後見込まれる重油の需要減退や原油の重質化といった課題に対応し、多様な原油処理、より少量の原油から必要な石油製品の精製を可能にするもので、我が国産業や国民生活に対する経済的効果、エネルギーセキュリティ確保、さらには温室効果ガス削減に寄与するものである。

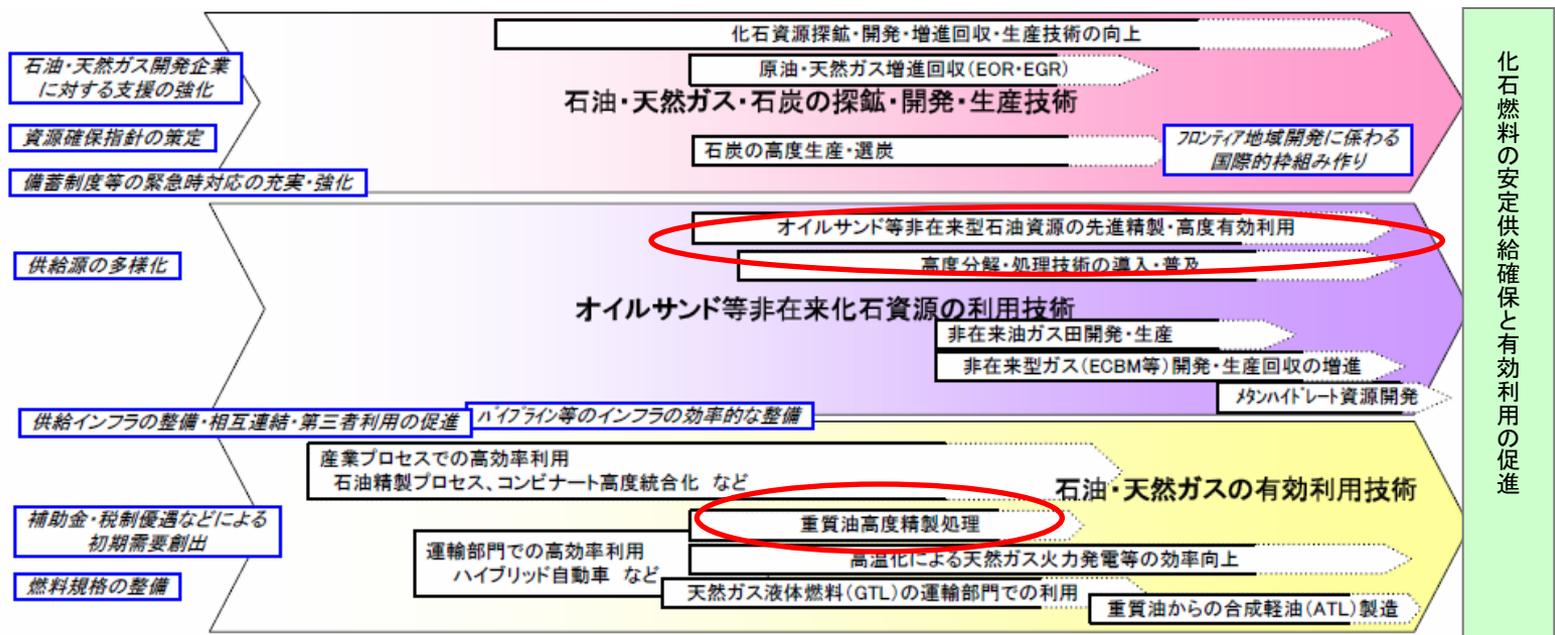
実施した技術開発・研究開発は以下の4項目である。

- (1) 重質油対応型高過酷度流動接触分解(HS-FCC)技術の開発
- (2) 原油重質化に対応した重質油高度分解・有用化技術の開発
- (3) 超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発
- (4) 革新的精製技術シーズ創製のための研究開発

# 2 - A. 事業の目的・政策的位置付け

## 【政策的位置付け②】

平成22年6月に取りまとめた「技術戦略マップ2010」の「エネルギー分野」で設定された5つの政策目標のうち「⑤化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」において下図のとおり導入シナリオが示されている。



「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」に向けた導入シナリオ  
出典:「技術戦略マップ2010」(平成22年6月)経済産業省

## 3 - A. 目標

本事業の目標は重質油を分解して、輸送用燃料を中心とした白油や付加価値の高い石油化学原料を製造する革新的な石油精製技術を開発することであり、各要素技術別の目標は下表のとおりである。

| 要素技術                             | 目標・指標  | 妥当性・設定理由・根拠等  |
|----------------------------------|--|---|
| (1)重質油対応型高過酷度流動接触分解(HS-FCC)技術の開発 | 3,000BPD規模の実証化装置を設計・建設し、長期連続運転を達成することにより、商業装置の設計・運転が可能な技術として確立する。          | 商業化技術を確立するためには商業装置(30,000BPD規模)の1/10程度の規模での検証が必要。装置は平成23年5月完成、その後研究運転実施予定であり、事業終了後、速やかな実用化を目指す。 |
| (2)原油重質化に対応した重質油高度分解・有用化技術の開発    | 重質油脱硫能力の飛躍的向上、FCCの残油混合処理比率増により重油削減を可能とする重質油高度分解・有用化技術を開発する。                | 平成21年度から23年度の間順次、工業生産規模での触媒製造技術開発ならびに実プラントでの実証化研究を行うスケジュールで設定。                                  |
| (3)超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発      | オイルサンド合成原油を国内製油所で50%混合処理した場合にも我が国の品質規格(硫黄分、セタン指数、煙点)を満足する灯軽油を製造できる技術を確認する。 | 国内既設製油所への適用を前提とすれば蒸留塔の限界から合成原油の混合比率は50%が限界であることから、この上限値を目標値とした。                                 |
| (4)革新的精製技術シーズ創製のための研究開発          | 重質油を分解して高オクタン価ガソリンを製造するFCC触媒および、高分解率新規超臨界水熱分解の基礎技術を開発する。                   | 世界に発信する超重質油、オイルサンド分解技術シーズ創製のための目標として設定した。   |

## 4 - A. 成果、目標の達成度

研究開発は順調に進められ、各個別要素技術において設定した目標を達成した。

| 要素技術                             | 目標・指標<br>(事後評価時点)  | 成果  | 達成度 |
|----------------------------------|--|---|-----|
| (1)重質油対応型高過酷度流動接触分解(HS-FCC)技術の開発 | 3,000BPD規模の実証化装置を設計・建設し、長期連続運転を達成することにより、商業装置の設計・運転が可能な技術として確立する。          | 3,000BPSD実証化装置の設計建設運転を実施。プロピレン製品収率と連続運転を達成、商業技術として確立した。                   | 達成  |
| (2)原油重質化に対応した重質油高度分解・有用化技術の開発    | 重質油脱硫能力の飛躍的向上、FCCの残油混合処理比率増により重油削減を可能とする重質油高度分解・有用化技術を開発する。                | 直脱、FCC装置等の新規分解触媒を開発し、実験室規模での評価、性能確認を実施した。                                 | 達成  |
| (3)超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発      | オイルサンド合成原油を国内製油所で50%混合処理した場合にも我が国の品質規格(硫黄分、セタン指数、煙点)を満足する灯軽油を製造できる技術を確認する。 | オイルサンド合成原油と従来型原油を50%混合処理する条件下において、我が国の品質規格を満たす灯軽油を製造できる触媒を新規に開発し、目標を達成した。 | 達成  |

注)「達成度」の欄には、達成、一部達成、未達成を選択して記載。

## 4 - A. 成果、目標の達成度

研究開発は順調に進められ、各個別要素技術において設定した目標を達成した。

### (4)革新的精製技術シーズ創製のための研究開発

| 要素技術            | 目標・指標<br>(事後評価時点)  | 成果  | 達成度 |
|-----------------|--|---|-----|
| ①革新的精製触媒技術開発    | 重質油を原料とし、高オクタン価ガソリンの製造を高効率で行う(増産する)新規重質油対応FCC触媒技術を開発する。                              | ゼオライト触媒の構造(細孔径、酸点、複数構造の複合型など)を制御することにより重質油原料からガソリンを得られる新規FCC触媒を実験室レベルで開発した。   | 達成  |
| ②革新的超臨界水熱分解技術開発 | 超重質油を原料とし、新規超臨界水熱分解技術を利用して水熱分解の限界を追求すると同時に、触媒等の組み合わせ等により、ラボレベルで、革新的な新規技術を発明しその確立をする。 | 超重質油(ビチューメン)を原料に超臨界水熱分解により軽質化を図るのに酸化鉄系の化合物を含む触媒が有効であることを見出し、新規触媒を実験室レベルで開発した。 | 達成  |

注)「達成度」の欄には、達成、一部達成、未達成を選択して記載。

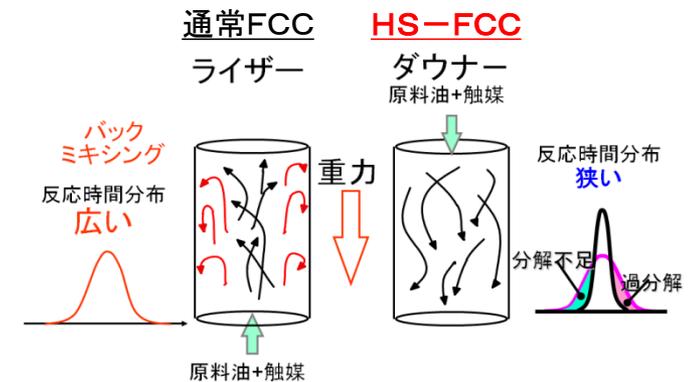
# 4-A. 成果、目標の達成度

## (1) 重質油対応型高過酷度流動接触分解(HS-FCC)技術の開発

### 【技術開発の背景および内容】

- 通常FCCで用いられる上昇流反応器(ライザー)では原料油と触媒の混合には有利であるが、バックミキシングにより反応が不均一になる。HS-FCCでは下降流反応器(ダウンナー)を用い、均一な反応を実現するとともに、リアクター入口混合機・出口分離器により原料油と触媒の混合・分離の問題を解消し、理想的な反応器を実現する。その結果、既存FCCと比較して高温・短時間の反応によりガソリン、プロピレン等を高収率で生産することが可能となる。
- 本技術開発では3,000BPDの重質油対応型高過酷度流動接触分解(HS-FCC)実証化装置を用いてプロピレン収率20mass%以上及びガソリン収率20mass%以上を達成し、商業装置の設計・運転が可能な技術として確立することにより、事業終了後の商業化を目指す。

### 反応器の特徴



### 3,000BPD実証化装置



# 4-A. 成果、目標の達成度

## (1) 重質油対応型高過酷度流動接触分解(HS-FCC)技術の開発

### 運転実績

|                        | 設計     | 2011.11 | 2012.2  | 2012.3 |
|------------------------|--------|---------|---------|--------|
| 処理量 [バレル/日]            | 3,000  | 2,600   | 2,400   | 2,000  |
| 原料油種(重油)               | HT-VGO | HT-VGO  | HDC-BTM | HT-DAO |
| 原料油SPGR                | 0.897  | 0.879   | 0.845   | 0.906  |
| 反応温度 [°C]              | 600    | 595     | 575     | 585    |
| 軽質オレフィン [mass%]        | 40     | 34      | 39      | 30     |
| C2=                    | 4      | 4       | 4       | 4      |
| C3=                    | 20     | 17      | 19      | 15     |
| C4=                    | 16     | 13      | 16      | 12     |
| ガソリン (C5~220°C)[mass%] | 33     | 35      | 35      | 33     |
| 液収率(vol.%)             | 118    | 115     | 115     | 110    |
| ガソリンRON                | 98     | 98      |         | 99     |

### 【成果】

#### ■ 3,000 BPD実証化装置の設計・建設

平成23年5月までに、装置の設計・建設を完了

#### ■ 3,000 BPD実証化装置の運転

- 平成23年5月から実証化装置の運転を開始
- 脱硫減圧軽油(HT-VGO)原料によりプロピレン収率17mass%、ガソリン収率35mass%(オクタン価98)を達成
- 水素化分解減圧軽油(HDC-BTM)原料によりプロピレン収率19mass%を達成(触媒活性やスチーム注入量の不足を補正すると21mass%)

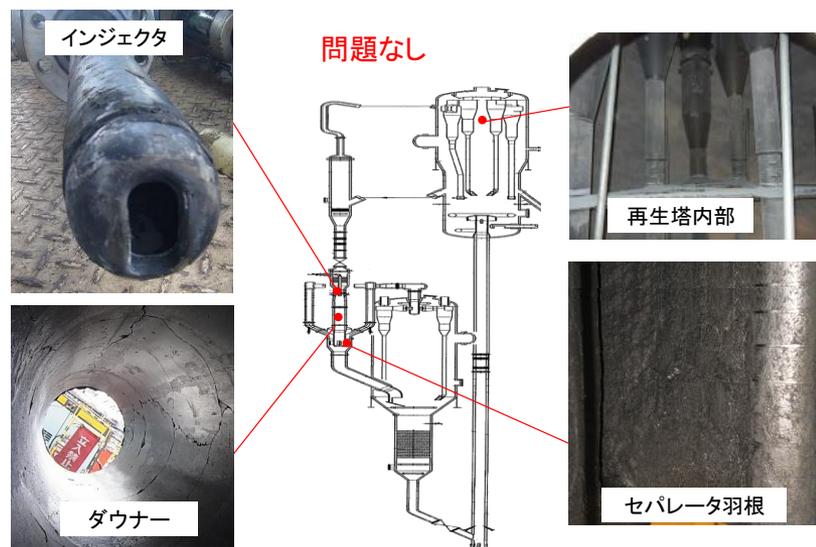
製品収率に対する目標をほぼ達成した

#### ■ 3,000 BPD実証化装置の開放検査

- 開発機器であるダウンフロー反応器やインジェクタ、セパレータに摩耗等の問題のないことを確認

以上により、30BPDから3,000BPD規模への100倍のスケールアップは成功。今後、10倍程度のスケールアップとなる数万BPD商業装置の建設を目指す

### 開放検査結果



## 4 - A. 成果、目標の達成度

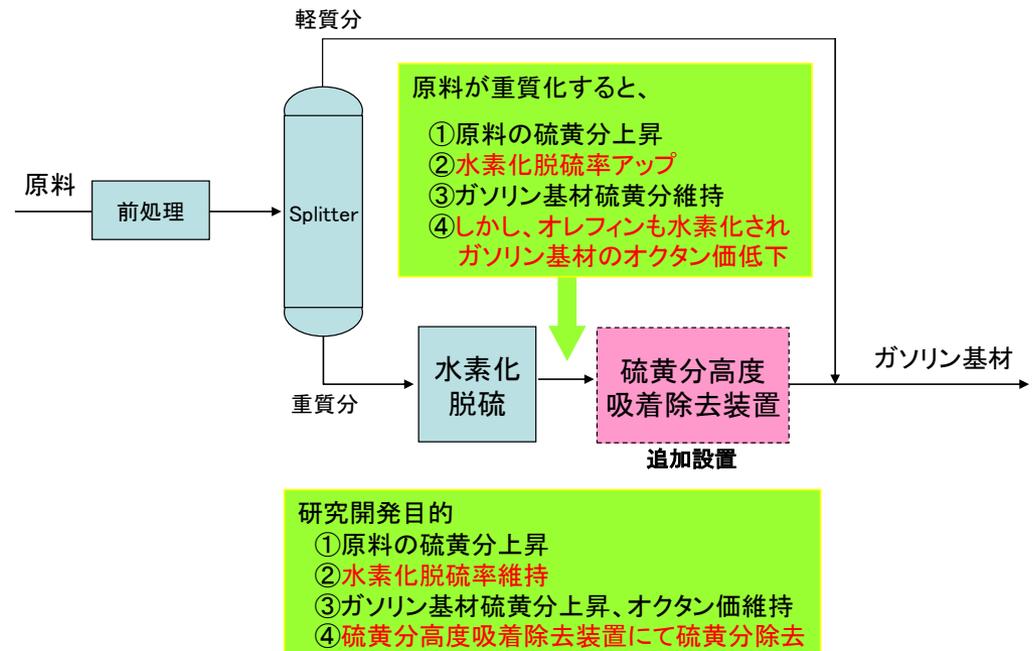
### (2) 原油重質化に対応した重質油高度分解・有用化技術の開発

#### ① 原油重質化に対応したガソリン基材確保のための硫黄分高度吸着除去技術の開発

##### 【技術開発の背景および内容】

■ 今後、原油の重質化に伴い硫黄分の高い原油の処理が必要となることが予想される。ガソリンの水素化脱硫工程ではオクタン価が低下してしまう。原油の硫黄分の上昇に伴い、ガソリン脱硫の負荷も上昇するために、より大きなオクタン価ロスが発生することになる。これにより輸送用燃料であるガソリンの品質(オクタン価)の確保が困難となる。

■ 硫黄分の高度吸着剤(多孔質脱硫剤)を開発し、既存水素化処理設備に吸着処理をオプションすることにより水素化処理の負荷を下げ、FCCガソリンのオクタン価低下を最小に抑え、ガソリンの安定的生産(品質及び量)を確保することを目的とする。



## 4 - A. 成果、目標の達成度

### (2) 原油重質化に対応した重質油高度分解・有用化技術の開発

#### ① 原油重質化に対応したガソリン基材確保のための硫黄分高度吸着除去技術の開発

#### 【得られた成果】

- エネルギー消費の少ない低温条件での脱硫作用機構を解明し、この知見に基づいて高度吸着剤の設計、開発を行い、実験室規模で、150°Cにおいて再生処理無しで3ヶ月以上の寿命をオクタン価ロス無く達成可能な高度吸着剤を開発することができた。

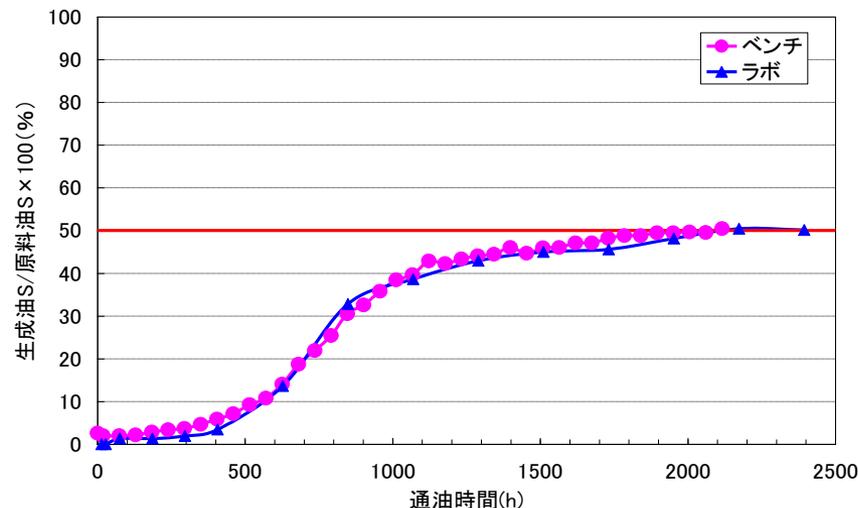


図1 脱硫寿命試験

- また、工業生産化に向けて、トンレベルでの高度吸着剤工業的製造方法を確立することができた。これにより、実プラント適用への道筋を立てることができた。

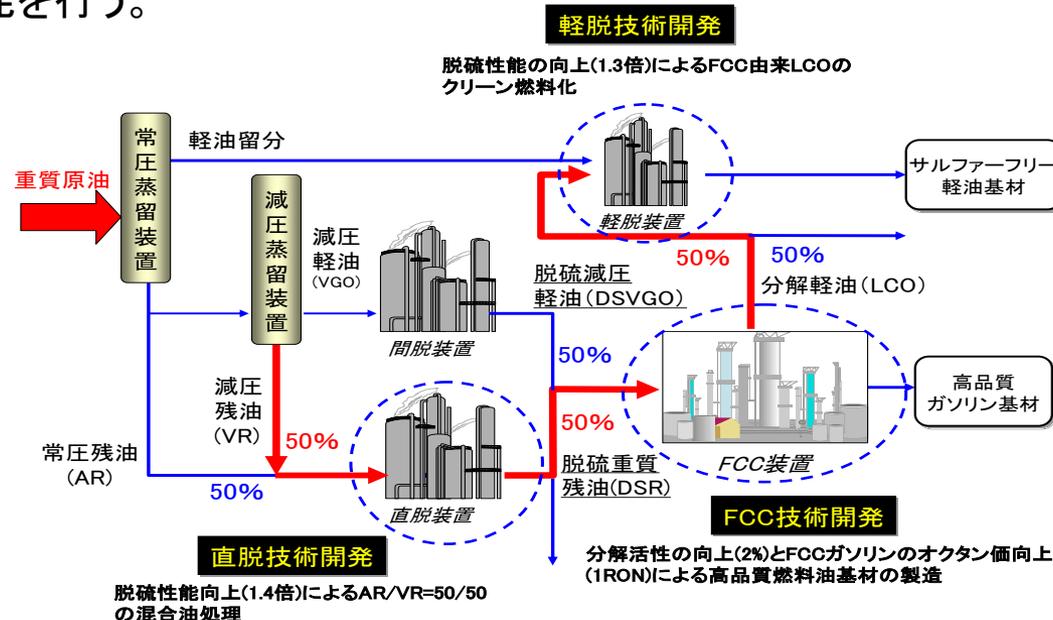
# 4 - A. 成果、目標の達成度

## (2) 原油重質化に対応した重質油高度分解・有用化技術の開発

### ② FCCの高機能化による新規重質油処理技術の開発

#### 【技術開発の背景および内容】

- 原油の重質化及び石油製品需要の白油化により、余剰が懸念される重油を削減するため、FCCの高機能化による新規重質油処理技術の開発を行う。本技術は、脱硫減圧軽油を原料として処理するタイプのFCC装置を対象として、FCC原料の前処理装置である重油直接脱硫(直脱)装置では減圧残油(VR)の増処理を可能とする技術開発を、FCC装置では脱硫重質残油を増処理可能とする技術開発を行う。また、軽油脱硫(軽脱)装置では重油基材として使用されていた分解軽油(LCO)をサルファーフリー軽油基材へ変換する技術開発を行う。



## 4 - A. 成果、目標の達成度

### (2) 原油重質化に対応した重質油高度分解・有用化技術の開発

#### ② FCCの高機能化による新規重質油処理技術の開発

##### 【得られた成果】

- 直脱触媒開発においては、開発した直脱触媒を製油所実装置に充填し、当初目標の触媒性能が発揮されていること(図2)、および発熱挙動・反応塔差圧にも問題無いことを確認した。
- FCC触媒開発では、FCC触媒構成物質として新規マトリックス成分を最適添加することにより、同一原料油処理時において基準触媒に対して分解率が2%、RONが1向上するFCC触媒を開発した(図3)。また、製油所実装置における実証運転において想定 of 触媒性能を確認するとともに実用上問題無いことを確認した。
- 軽脱触媒開発では、軽脱触媒を製油所実装置に充填し、想定 of 触媒性能が発揮されていること、および発熱挙動・反応塔差圧にも問題無いことを確認した。

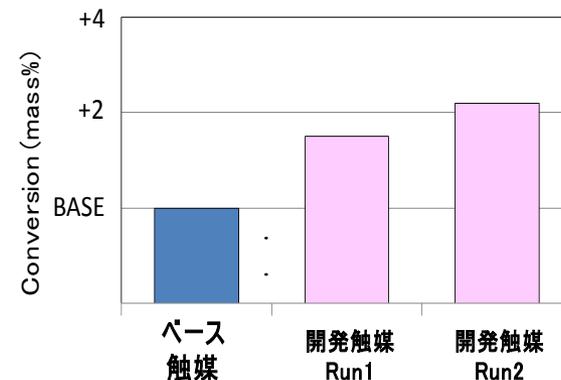


図2. 開発した直脱触媒の実装置運転における活性比較

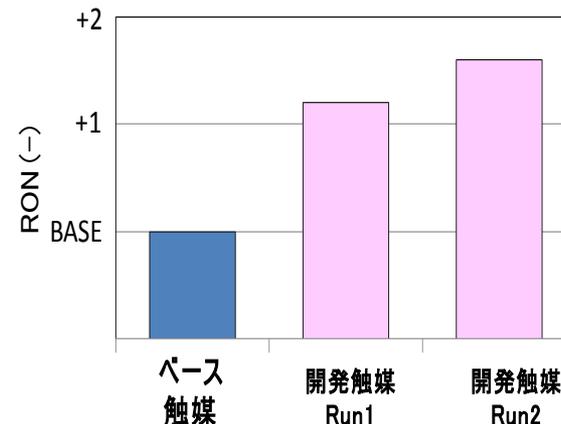


図3 開発したFCC触媒のガソリンオクタン価(RON)向上比較

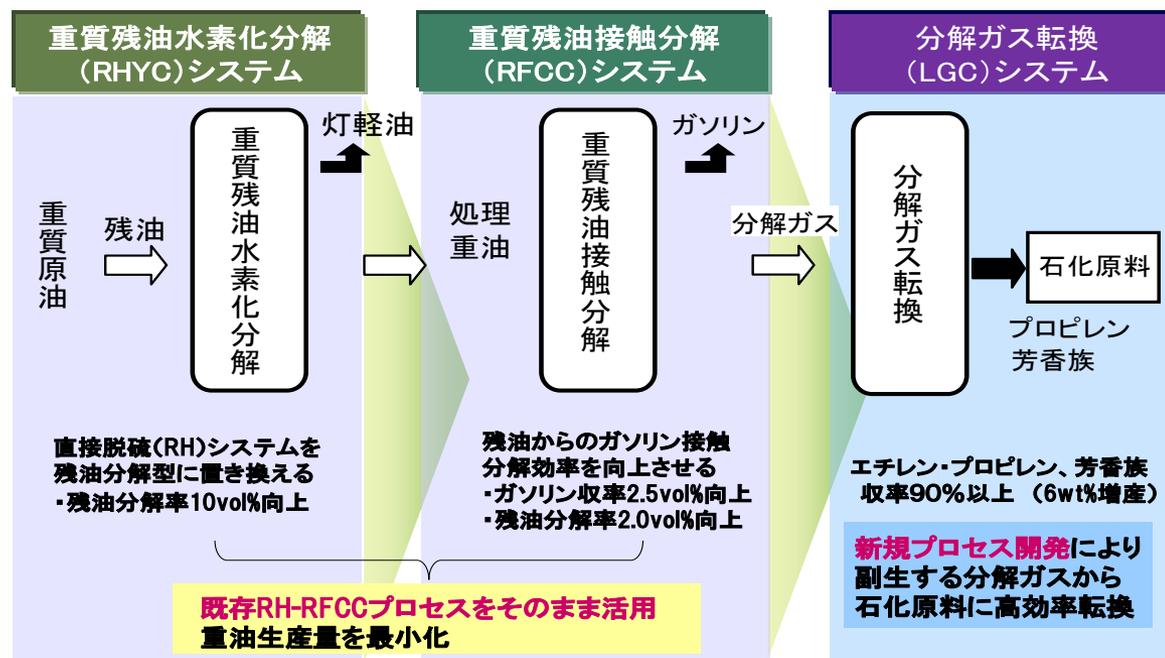
## 4 - A. 成果、目標の達成度

### (2) 原油重質化に対応した重質油高度分解・有用化技術の開発

#### ③ 重質原油の高分解を達成するRFCCTータルシステムによる新規重質油高度分解・有用化技術の開発

##### 【技術開発の背景および内容】

原油の重質化と石油製品需要の白油化が進行する中、重質残油水素化分解システム(RHYC)、重質残油流動接触分解システム(RFCC)で、重質残油の分解率、脱硫率を高め、ガソリン、灯油、軽油等を高収率で得る技術を開発し重質原油の高分解を図る。また、副生分解ガスを分解ガス転換システムで石化原料であるエチレン・プロピレン、芳香族化合物等の有用物に転換する。



RFCCTータルシステム技術開発の概要

## 4 - A. 成果、目標の達成度

### (2) 原油重質化に対応した重質油高度分解・有用化技術の開発

#### ③ 重質原油の高分解を達成するRFCCトータルシステムによる新規重質油高度分解・有用化技術の開発

##### 【得られた成果】

- 重質残油水素化分解システム(RHYC)においては、(1)ベンチレベルのRH標準条件での評価にて、残油分解率10vol%以上の向上を確認(@400°C)し、かつ脱硫率同等を確認した。(2)実機RH装置を用いた実証運転にて、約一年間の検証運転を実施し、触媒充填からスタートアップならびにその後運転管理等を含め、通常の脱硫触媒システム並の運転管理で、製品硫黄分一定運転達成を確認した。又、製品性状を確認し、製品脱硫重油(DSAR)のRFCC反応性能向上を含め、各製品とも通常の脱硫触媒システムよりも高品質であることを確認した。
- 重質残油接触分解システム(RFCC)においては、(1)開発触媒の実製造で、数ロット製造した結果、通常、市販触媒を製造している際に定めている生産管理項目の振れ幅範囲内で生産可能であることが確認できた。したがって、製造に関しては、実用化に目処がついたと判断する。(2)実機RFCC装置を用いた実証運転では、上記製造によって得られた実証化触媒を参加会社保有のRFCC装置に適用し、製品得率を確認した結果、当初目標値を満足する結果を得ることが出来た。
- 分解ガス転換システムは、(1)触媒開発では、P-La-Ag系の触媒組成で、目標の製品収率および寿命を達成する触媒を開発した。また、バインダー成型触媒の工業的製法も確立し、ベンチレベルでの運転評価(運転時間2000時間程度)においては収率90%以上、1年以上の触媒寿命が確認された。(2)プロセス開発では、開発した触媒を使用したベンチレベルでの実験結果から、移動床式反応装置を採用した工業プロセスを構築し、その経済性を評価した。

## 4 -A. 成果、目標の達成度

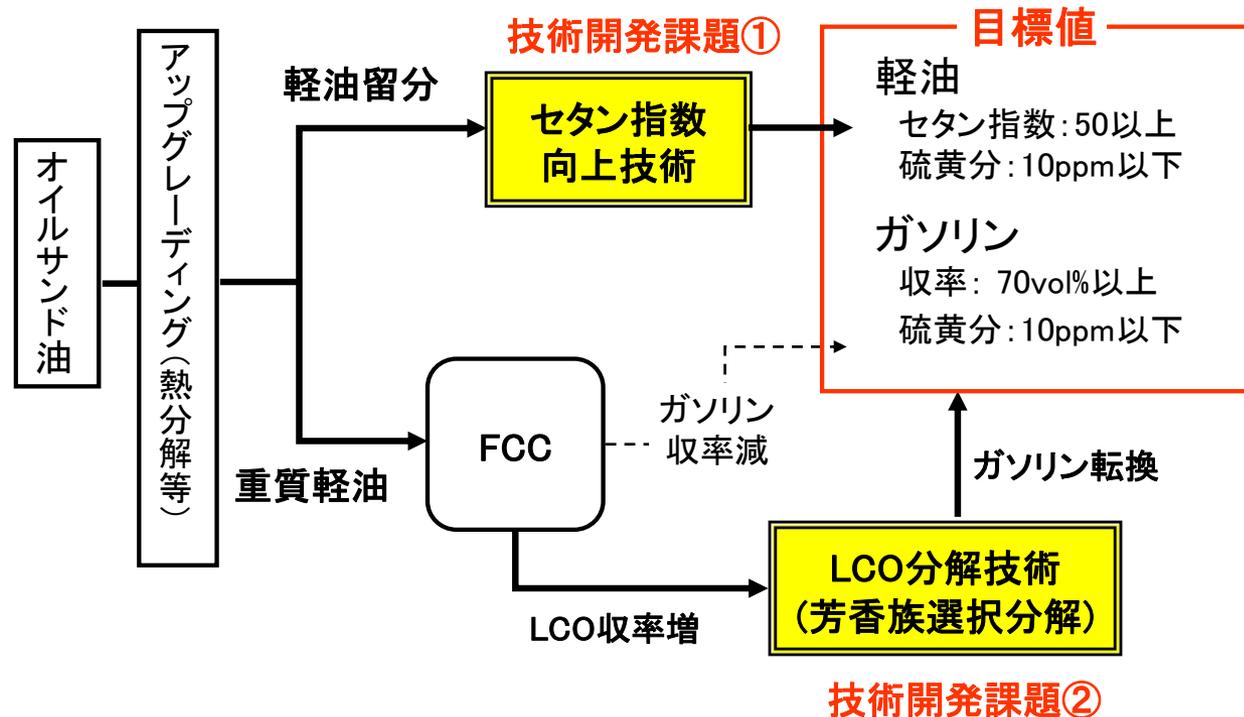
### (3) 超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発

#### ① 超重質油(オイルサンド油)等の分解有用化技術開発

#### 【技術開発の背景および内容】

■ オイルサンド油由来の原料である合成原油・オイルサンド油熱分解油由来の軽油留分、重質軽油留分に対応する精製技術を開発する。

①セタン指数が低く国内規格を満足しない合成原油・オイルサンド油熱分解油の軽油留分についてセタン指数向上技術を開発する。②重質軽油留分をFCC装置で分解処理すると従来型原油由来の原料油に比べてガソリン収率が低く、分解軽油(LCO)の収率が増えるため、LCOを分解してガソリンへ転換するLCO分解技術を開発する。



## 4 - A. 成果、目標の達成度

### (3) 超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発

#### ① 超重質油(オイルサンド油)等の分解有用化技術開発

#### 【得られた成果】

- セタン指数向上技術については、低セタン指数成分を効率的に改質する触媒を新たに開発した。開発触媒により処理した灯軽油留分のセタン指数は53まで向上し、開発目標を達成した(目標は50以上)。
- LCO分解技術については、LCO主成分である2環芳香族の部分水素化と分解反応を促進する水素化触媒、分解触媒を新たに開発した。開発触媒によりLCO分解のガソリン収率は82vol%まで向上し、開発目標を達成した(目標は70vol%以上)。

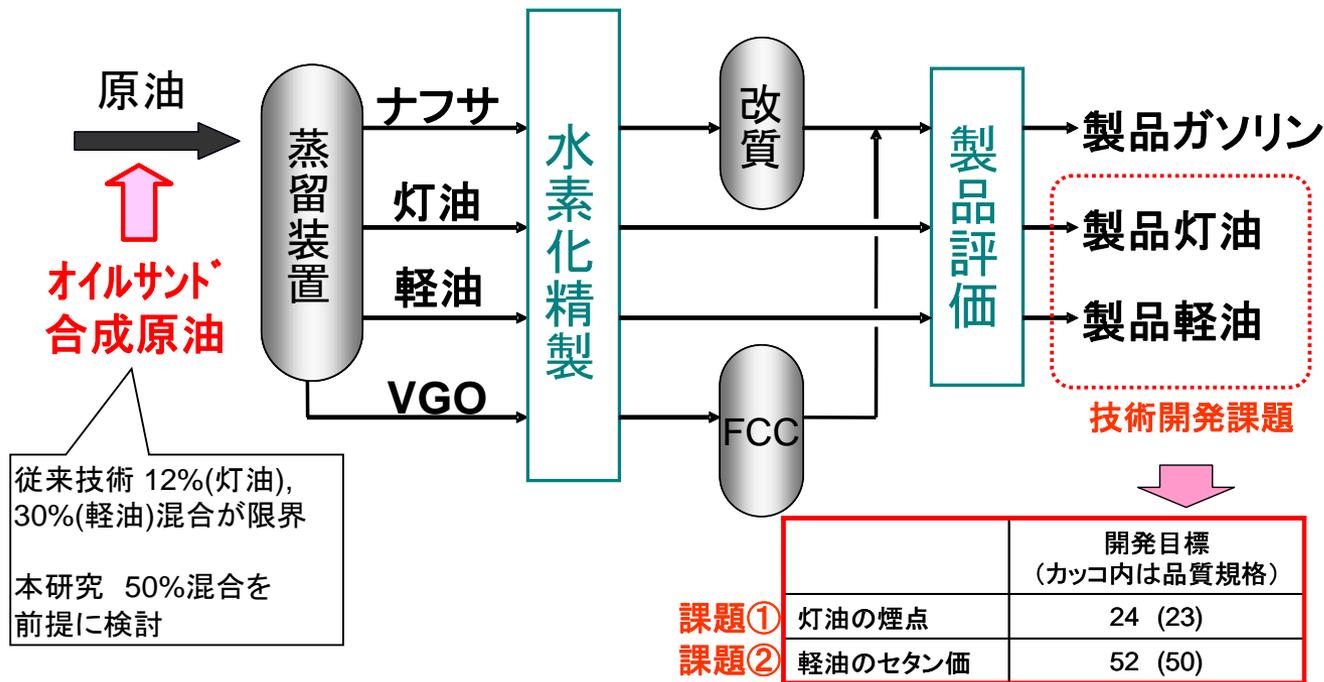
## 4-A. 成果、目標の達成度

### (3) 超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発

#### ② オイルサンド合成原油のわが国石油製品への適用化の技術開発

##### 【技術開発の背景および内容】

- オイルサンド合成原油を国内の製油所で処理する場合、オイルサンド合成原油と在来型原油を混合して既存の石油精製設備を用いて精製する可能性が考えられる。
- 本研究ではオイルサンド合成原油と従来型原油を50%混合処理して、国内の品質規格を満たす燃料製品を製造する技術を開発する。特に、製品品質上問題となる灯油の煙点および軽油のセタン価の向上に焦点をあて、改質技術を開発する。



## 4 - A. 成果、目標の達成度

### (3) 超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発

#### ② オイルサンド合成原油のわが国石油製品への適用化の技術開発

##### 【得られた成果】

- オイルサンド合成原油由来の灯油（または軽油）留分と従来型原油由来の灯油（または軽油）留分を50:50で混合した原料油の水素化処理について検討し、水素化精製触媒の開発を行った。さらに開発触媒と市販触媒と交互に充填した積層システムを用いての水素化処理を検討した。
- 《 灯油留分の煙点向上 》  
芳香族水素化能が高く、ナフテン開環能を有する水素化精製触媒を新たに開発した。市販触媒と交互充填した積層システムを用いて水素化処理することで、煙点の製品規格（23mm以上）を満たす生成油（灯油）（煙点24mm）が得られ、開発目標を達成した。
- 《 軽油留分のセタン価向上 》  
脱硫活性、芳香族水素化能がともに高く、ナフテン開環能を有する水素化精製触媒を新たに開発した。上記と同様の積層システムを用いて水素化処理することで、セタン価の製品規格（50以上）を満たす生成油（軽油）（セタン価52）が得られ、開発目標を達成した。
- 《 軽油留分のエンジン試験評価 》  
水素化処理したオイルサンド油由来の軽油留分と従来型原油由来の軽油留分とを50:50で混合した混合軽油を用いて8万km相当の小型ディーゼルエンジン耐久試験を実施し、エンジン耐久性への影響、排気ガスの環境基準対応について評価したところ、オイルサンド油由来の混合軽油は従来の軽油と同程度であり、自動車用燃料として問題ないことを確認した。



## 4 - A. 成果、目標の達成度

### (3) 超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発

#### ③ 超臨界流体反応をキーとする選択的分解による非在来型重質油アップグレード技術の開発

##### 【得られた成果】

##### ■ 《 超臨界流体反応 》

水の超臨界条件下での重質油分解反応において、水を水素供給源として反応に関与させるための触媒開発を行った。酸化ジルコニウム、酸化セリウムの複合酸化物系材料が高分解活性を示すことが分かり、その結果、オイルサンド熱分解重質油を原料油とした重質油分解で灯軽油収率55vol%が得られる触媒を開発し、開発目標(50vol%以上)を達成した。

##### ■ 《 選択的水素化分解 》

上記で得られたオイルサンド熱分解重質油由来の灯軽油留分から、水素化分解によりガソリン、BTX等に転換するための触媒開発を行った。ゼオライトの外表面がより大きくなる微粒子化ゼオライトを用いた触媒に活性金属を担持させた高分解活性の触媒を開発し、ガソリン収率80vol%が得られ、開発目標(80vol%以上)を達成した。

## 4 - A. 成果、目標の達成度

### (4) 革新的精製技術シーズ創製のための研究開発

#### ① 革新的精製触媒技術開発

##### 【技術開発の背景および内容】

- 今後予想される原料油の重質化に対応するため、重質油を分解して高オクタン価ガソリンの製造を高効率で行う(または増産する)重質油対応・新規FCC触媒に関する基盤技術について研究を実施した。

##### 【得られた成果】

- 下図のとおり、それぞれの研究においてゼオライト触媒の構造(細孔径、酸点、複数構造の複合型など)を制御する触媒調整方法と目的の触媒性能を有する新規FCC触媒を実験室レベルで開発できたことにより、基盤技術に関する有用な知見を得た。

#### 重質油対応・新規FCC触媒に関する基盤研究

細孔内の酸点に着目した分解と異性化促進、コークス析出抑制の研究

細孔径に着目した革新的ゼオライト触媒の研究

酸機能制御研究

細孔機能研究

多元反応制御研究

構造的複合体触媒研究

多元反応プロセス設計研究

構造の異なる2種以上のゼオライトを複合化した触媒を用いた重質油成分の分解反応とオクタン価低下抑制の多元反応制御研究

触媒表面と内部で異なる構造を共存させた傾斜組成ゼオライトによる多元反応制御の研究

ゾルーゲル法などにより異なる細孔径を共存させた構造的複合型ゼオライト触媒の研究

## 4 - A. 成果、目標の達成度

### (4) 革新的精製技術シーズ創製のための研究開発

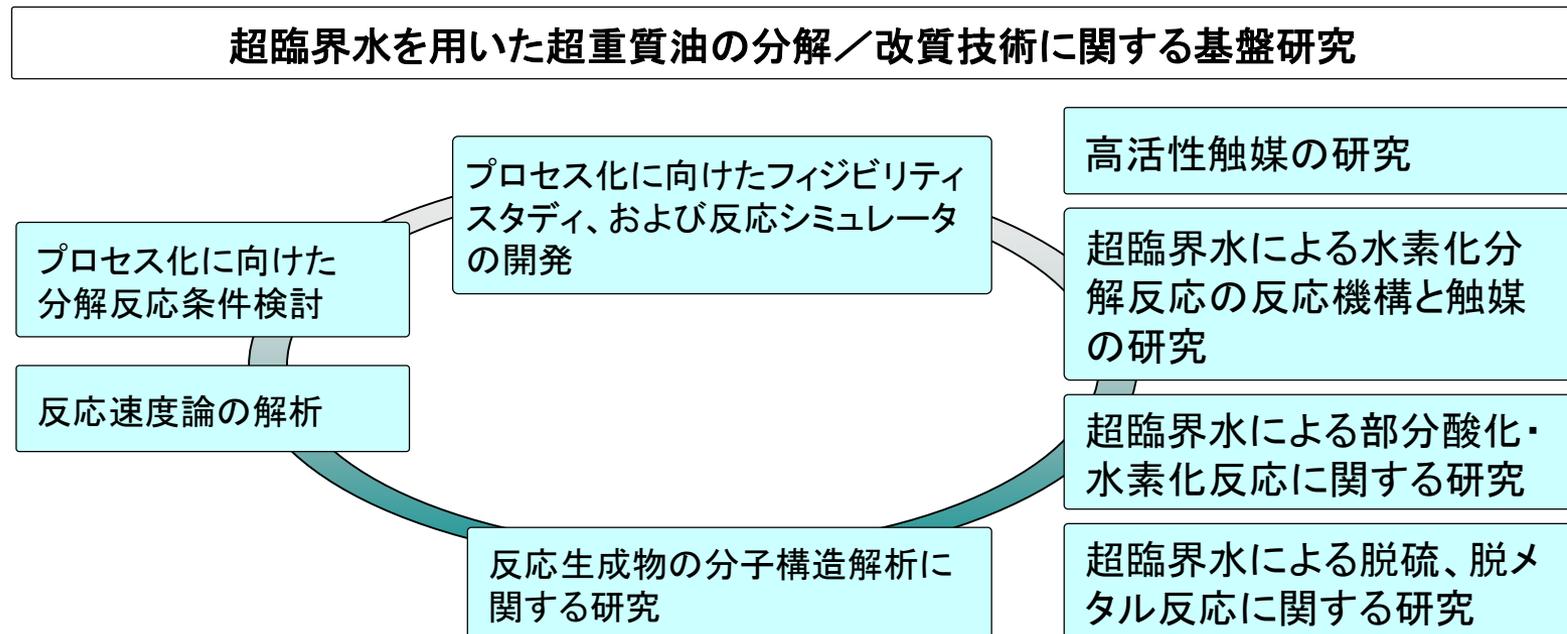
#### ② 革新的超臨界水熱分解技術開発

##### 【技術開発の背景および内容】

- 今後対応が必要になると予想される超重質な原料油に対応する精製技術開発として、超重質油(ビチューメン)を原料とし、超臨界水を用いることにより外部からの水素添加が不要な重質油改質／分解技術の研究を実施した。

##### 【得られた成果】

- 下図のとおり、超臨界水を用いた重質油改質／分解について有用な新規触媒を実験室レベルで開発できたことに加えて、反応速度論、分子構造解析のような基礎分野の研究を行い、基盤技術に関する有用な知見を得た。



## 4-A. 成果、目標の達成度

### 【対外発表、特許出願等の成果】

|                                  | 論文 | 投稿 | 発表  | 特許出願 |
|----------------------------------|----|----|-----|------|
| (1)重質油対応型高過酷度流動接触分解(HS-FCC)技術の開発 | 0  | 3  | 11  | 5    |
| (2)原油重質化に対応した重質油高度分解・有用化技術の開発    | 2  | 7  | 32  | 55   |
| (3)超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発      | 2  | 3  | 24  | 38   |
| (4)革新的精製技術シーズ創製のための研究開発          | 22 | 6  | 177 | 0    |
| 合 計                              | 26 | 19 | 244 | 98   |

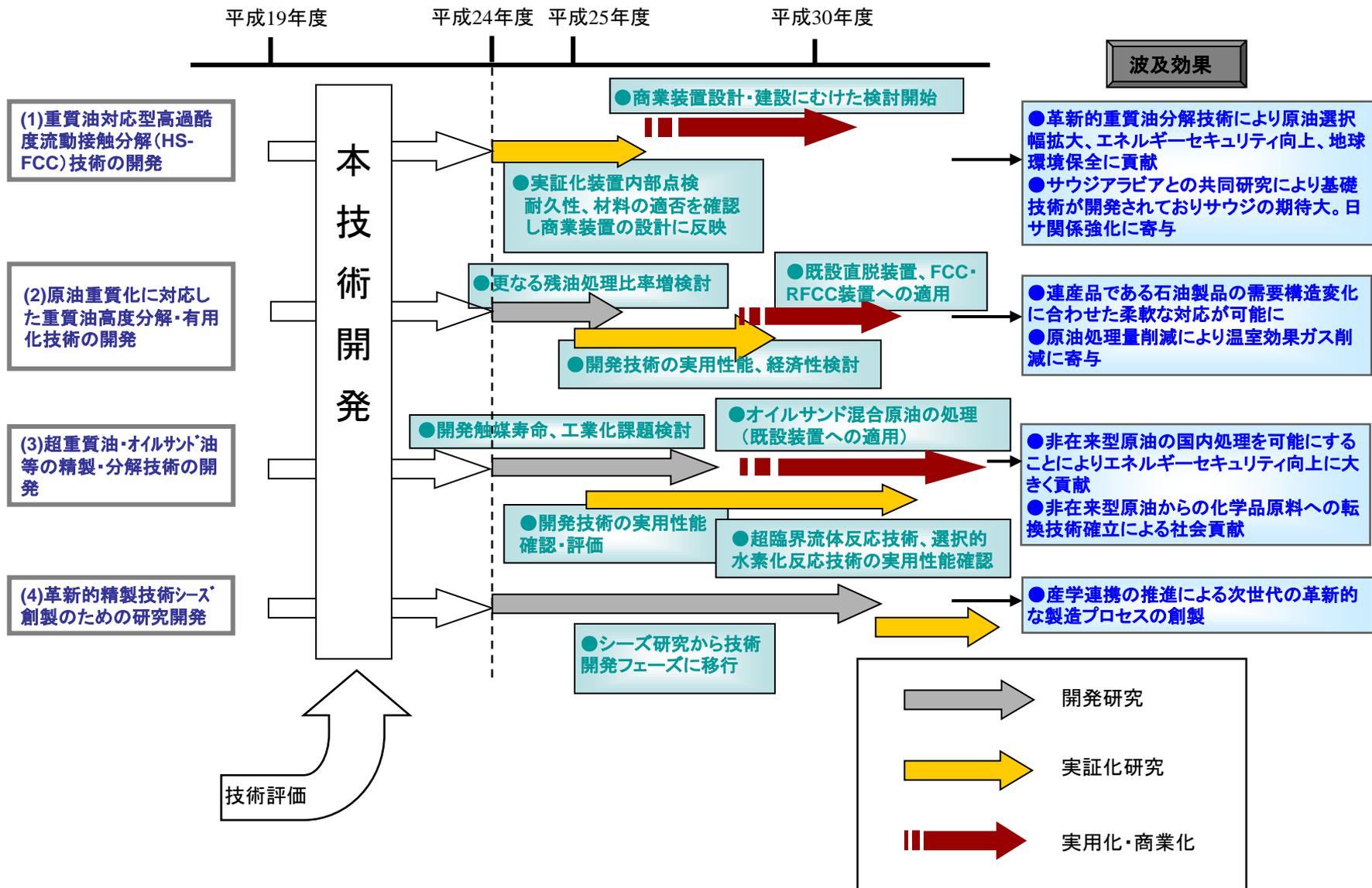
## 5 - A. 事業化、波及効果

### 【事業化の見通し】

- ・重質油対応型高過酷度流動接触分解(HS-FCC)技術の開発においては、本事業終了後、商業化装置建設に向けた検討を実施中であり、早期の事業化を目指す。
- ・原油重質化に対応した重質油高度分解・有用化技術の開発においては、開発触媒の活性評価、安定性評価の結果を踏まえ、実装置への採用、商業化を目指す。
- ・超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発で得られた成果は、超重質油・オイルサンド油等のわが国での処理が開始される時点で直ちに適用できるよう、経済性も精査しつつ事業化を目指す。
- ・革新的精製技術シーズ創製のための研究開発においては本事業で得られた研究成果をもとに新たな精製触媒、プロセスへの応用技術や今後の技術開発のシーズとして発展させ、活用していく。

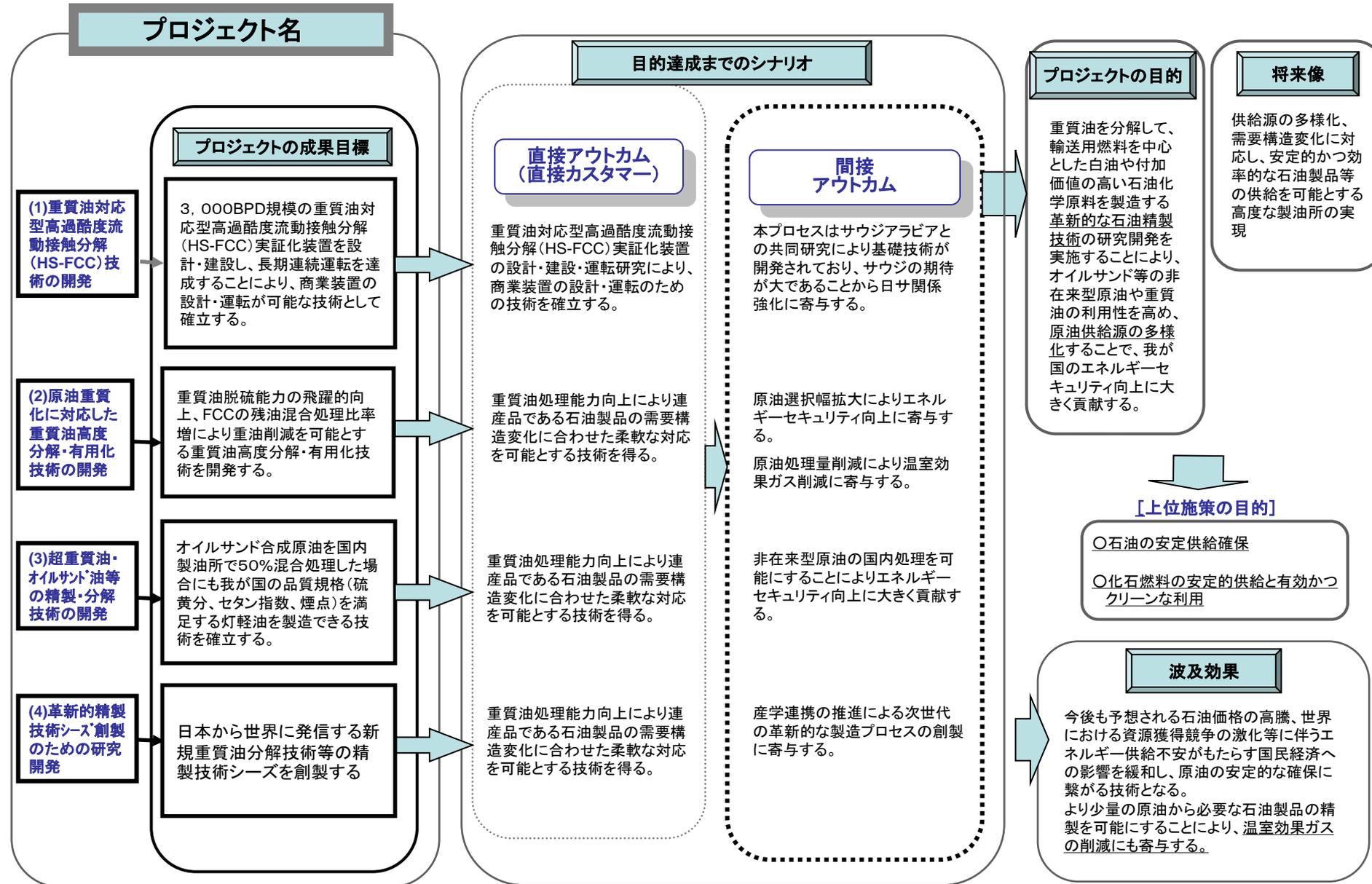
(参考)

本事業終了



# プロジェクトのアウトカム(プロジェクトの成果が及ぼす効果等)

(参考)



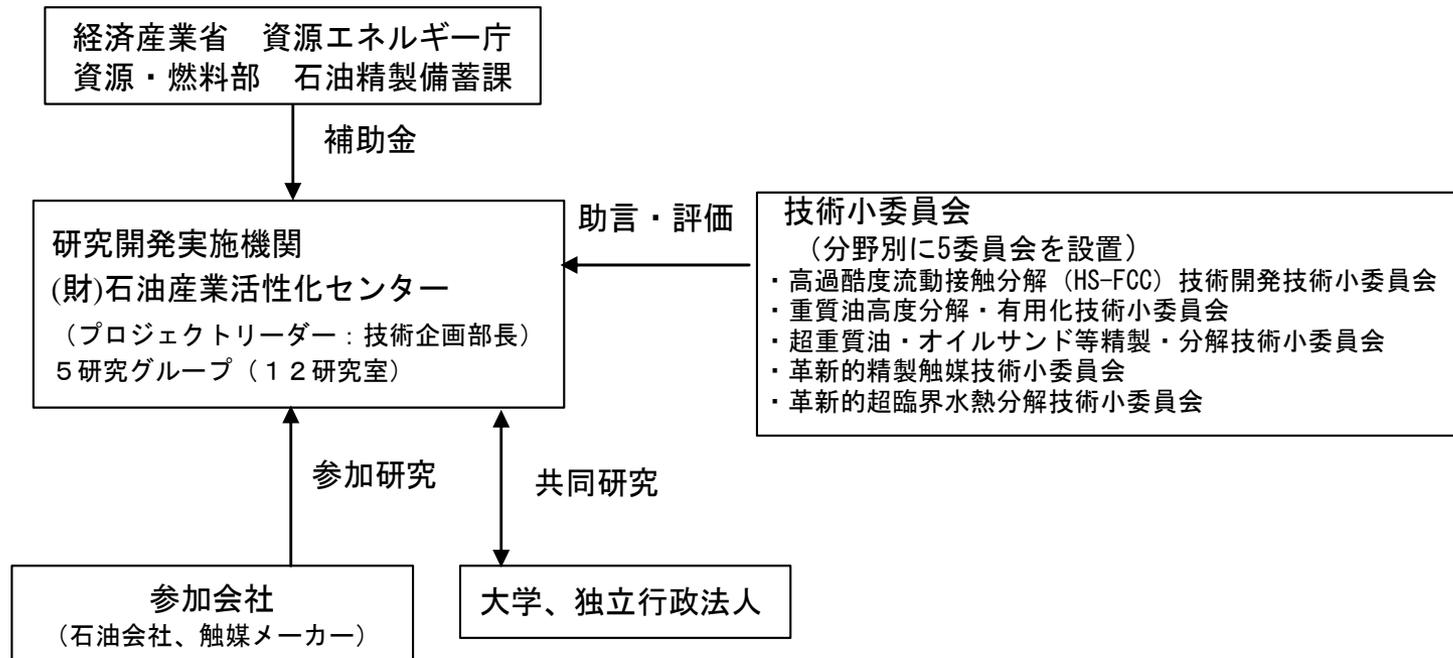
## 6 - A. 研究開発マネジメント・体制等

### 【研究開発計画】

|  | 平成19年度                            | 平成20年度      | 平成21年度 | 平成22年度 | 平成23年度      |
|--|-----------------------------------|-------------|--------|--------|-------------|
| (1)重質油対応型<br>高過酷度流動接触<br>分解(HS-FCC)技<br>術の開発 | 基礎検討・基本設計・詳細設計                    |             |        |        | 運転研究・検証・まとめ |
|  |                                   | 機器調達・建設     |        |        |             |
| (2)原油重質化に対<br>応した重質油高度<br>分解・有用化技術<br>の開発    | 触媒(脱硫/分解, FCC, RFCC)の開発・スケールアップ検討 |             |        |        |             |
|  |                                   | 性能評価・プロセス検討 |        |        |             |
|  | 硫黄分高度吸着除去技術の開発                    |             |        |        |             |
| (3)超重質油・オイル<br>サンド油等の精製・<br>分解技術の開発          | オイルサンド油・合成原油の評価                   |             |        |        |             |
|  | 触媒設計・評価・スケールアップ検討                 |             |        |        |             |
|  | 合成原油処理油の製品評価                      |             |        |        |             |
|  | 超臨界流体反応条件検討                       |             |        |        |             |
|  | 選択的水素化分解触媒開発・評価                   |             |        |        | プロセスパッケージ化  |
| (4)革新的精製技術<br>シーズ創製のため<br>の研究開発              | 要素研究                              |             |        |        |             |
|  |                                   |             |        | まとめ    |             |

## 6 - A. 研究開発マネジメント・体制等

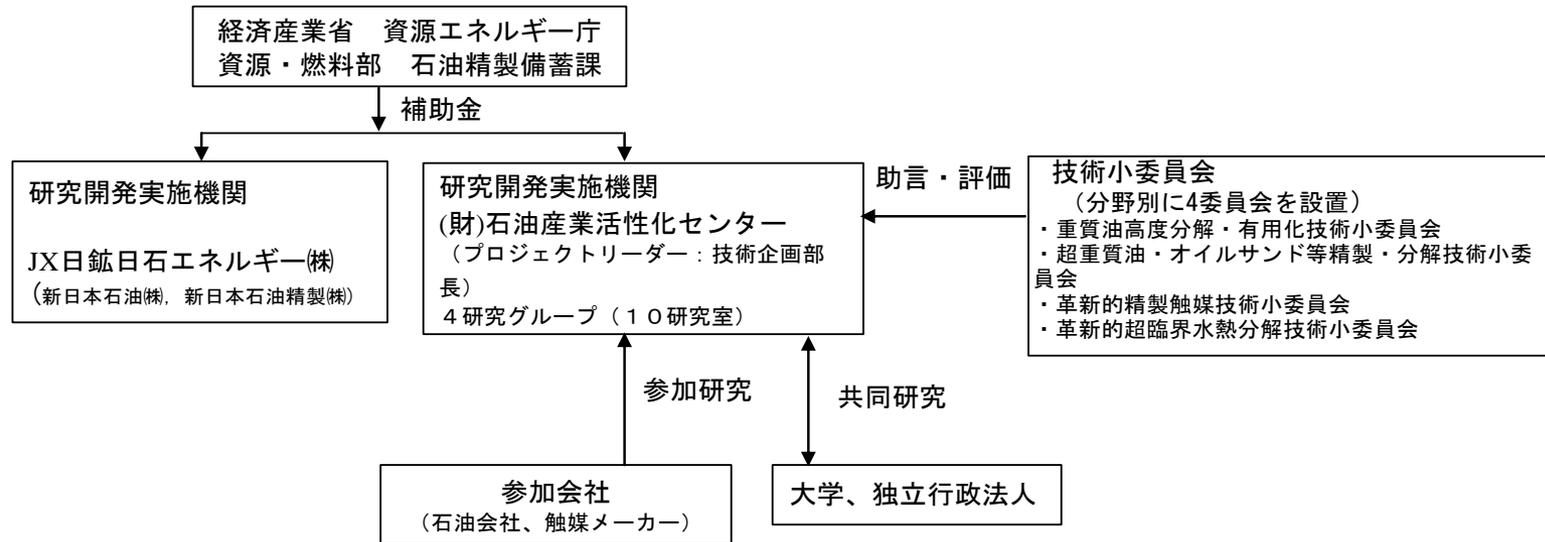
### 【研究開発実施体制】 平成19, 20年度



注：(財)石油産業活性化センター は平成23年度より (一財)石油エネルギー技術センター

## 6 - A. 研究開発マネジメント・体制等

### 【研究開発実施体制】 平成21年度以降



注: (財)石油産業活性化センター は平成23年度より (一財)石油エネルギー技術センター

## 6-A. 研究開発マネジメント・体制等

### 【資金配分】

(単位:百万円)

|                                  | 平成19年度 | 20年度  | 21年度  | 22年度  | 23年度  | 合計     |
|----------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| (1)重質油対応型高過酷度流動接触分解(HS-FCC)技術の開発 | 729    | 2,833 | 3,092 | 2,451 | 1,226 | 10,331 |
| (2)原油重質化に対応した重質油高度分解・有用化技術の開発    | 718    | 577   | 569   | 577   | 455   | 2,896  |
| (3)超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発      | 578    | 249   | 202   | 63    | 121   | 1,213  |
| (4)革新的精製技術シーズ創製のための研究開           | 280    | 299   | 299   | 285   | 255   | 1,418  |
| 合 計                              | 2,305  | 3,958 | 4,162 | 3,376 | 2,057 | 15,858 |

## 6 - A. 研究開発マネジメント・体制等

### 【変化への対応】

平成19年度に本事業を開始して以来6年以上が経過した時点における、開始当初からの大きな環境変化は、以下の3点である。

- 原油価格の高騰・乱高下
- 北米シェールガス、シェールオイルの生産拡大
- エネルギー基本計画の見直しに伴う石油の位置付けの再定義

これらの状況に対応するためには、

○調達原油の多様化や重質化等への対応

（白油化やボトムレス化、石油のノーブルユースにつながる技術）

○アジア地域での国際競争力強化への対応

○市場動向に応じたガソリン等の燃料、BTX等の基礎化学品の柔軟な生産対応

○平時の安全対策・老朽化対策の強化及び危機時の対応力強化が必須となっている。

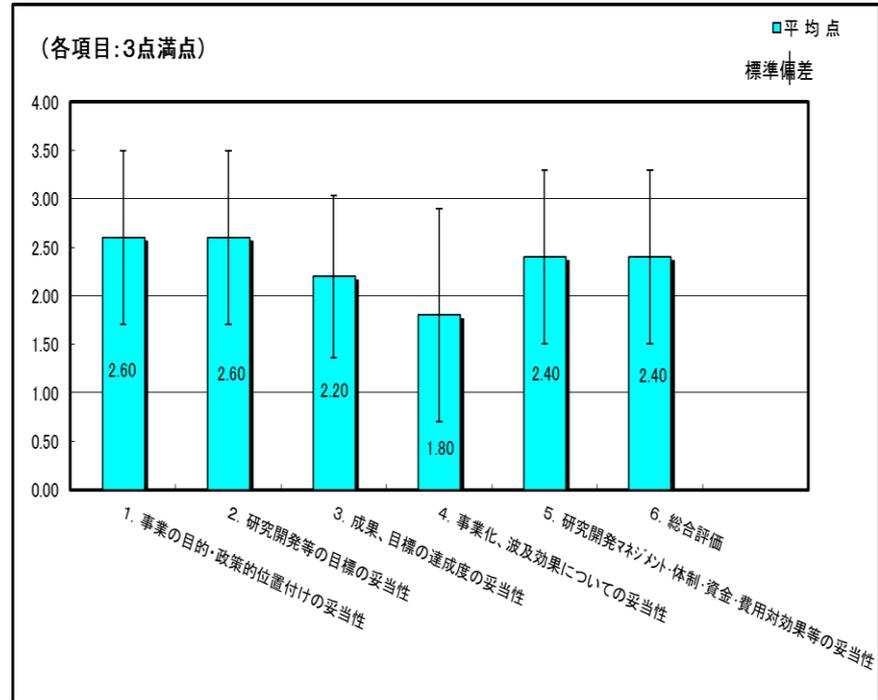
尚、東日本大震災後の原発稼働停止による石油火力稼働増は、短期的には重油需要増となり、白油化やボトムレス化への逆行要因となるも、中長期的には解消すると予想される。

# 7 - A. 中間評価の結果

評点法による評点結果

## 革新的次世代石油精製等技術開発事業

| 評価項目                           | 平均点  | 標準偏差 |
|--------------------------------|------|------|
| 1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性           | 2.60 | 0.89 |
| 2. 研究開発等の目標の妥当性                | 2.60 | 0.89 |
| 3. 成果、目標の達成度の妥当性               | 2.20 | 0.84 |
| 4. 事業化、波及効果についての妥当性            | 1.80 | 1.10 |
| 5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性 | 2.40 | 0.89 |
| 6. 総合評価                        | 2.40 | 0.89 |



## 7 - A. 中間評価の結果

### 総合評価概要(平成21年度中間評価報告書より転記)

エネルギー供給不安は国民経済への影響も大きく、供給源の多様化や産油国との関係強化、高効率化による石油利用技術の競争力強化など、エネルギーセキュリティの確保は、その資源を海外に依存する我が国にとっては深刻な命題である。本事業はその一翼を担うもので、きわめて重要な意義がある。

また、重質原油からの製品白油化や高効率プロセスの開発による温室効果ガス削減は「グリーンイノベーション」政策に合致するもので社会的ニーズに適合するので、積極的に推進すべきである。

なお、日本とサウジアラビアとの共同研究開発において、本プロジェクトが産油国との関係強化、エネルギーの安定供給にどのようにつながるか、表面的な採算性のみならず、長期的な視点からのわが国の石油産業の発展とエネルギー安全保障を慎重に評価しながら、今後のプロジェクト推進が望まれる。その際には、テーマ間の技術的な関係を明確し、実用化に対する評価、評価基準、そのための要件をはっきりさせる必要がある。

また、地球温暖化への貢献が曖昧であり、より定量的な検討が必要である

### 今後の研究開発の方向等に関する提言(平成21年度中間評価報告書より転記)

石油資源の獲得には、これまで以上に産油国との関係強化が重要となる。革新的で、次世代に通用する優れた技術を開発し、海外からも高く評価され、原油獲得のバーゲニングパワーをもつような技術開発を期待する。

また、限られた資金を効率的に配分し、いかに少ない重質原油から、効率的により多くのガソリン、高付加価値化学原料を製造するかという現代的な目標の深化を進め、日本の石油業界が直面する、原油の重質化、重油需要の急減、ガソリン、プロピレン等の高付加価値製品の比重増加という喫緊の課題に対応すべく、焦点を絞った研究開発を推進していくことを希望する。

特に地球温暖化への貢献については、定量的に明示できればより意義のあるプロジェクトになると期待される。

なお、技術開発に対する実用性、実行可能性(Prospective)を経済性、持続性から検討する必要がある。性能評価を重視した目標設定となっているが、原料調達から輸送、貯蔵管理を含めて実行可能性を明らかにした上で開発する事が望まれる。また、実用化するためには、単に開発結果だけの情報では不十分であり、技術要件、前提、根拠、制約などなど、既存設備との整合管理のためにも、技術として確立する必要があり、そのための仕組みづくりが必要となる。その仕組みを作る事が、研究開発プロジェクトの大きな役割である。

# 8-A. 評価

## 8-A-1. 評価検討会

### 評価検討会名称

石油精製・利用技術関連分野に係る技術に関する施策・事業評価検討会

### 座長

松方 正彦

早稲田大学理工学術院先進理工学研究科 教授

### 評価検討会委員

### 委員

内山 洋司

筑波大学大学院システム情報系 教授  
産学リエゾン共同研究センター長

小川 芳樹

東洋大学大学院経済学研究科 教授

小野崎 正樹

一般財団法人エネルギー総合工学研究所  
プロジェクト試験研究部 部長／理事

黒川 俊夫

株式会社価値総合研究所 特別相談役

## 8-2-A. 総合評価(コメント)

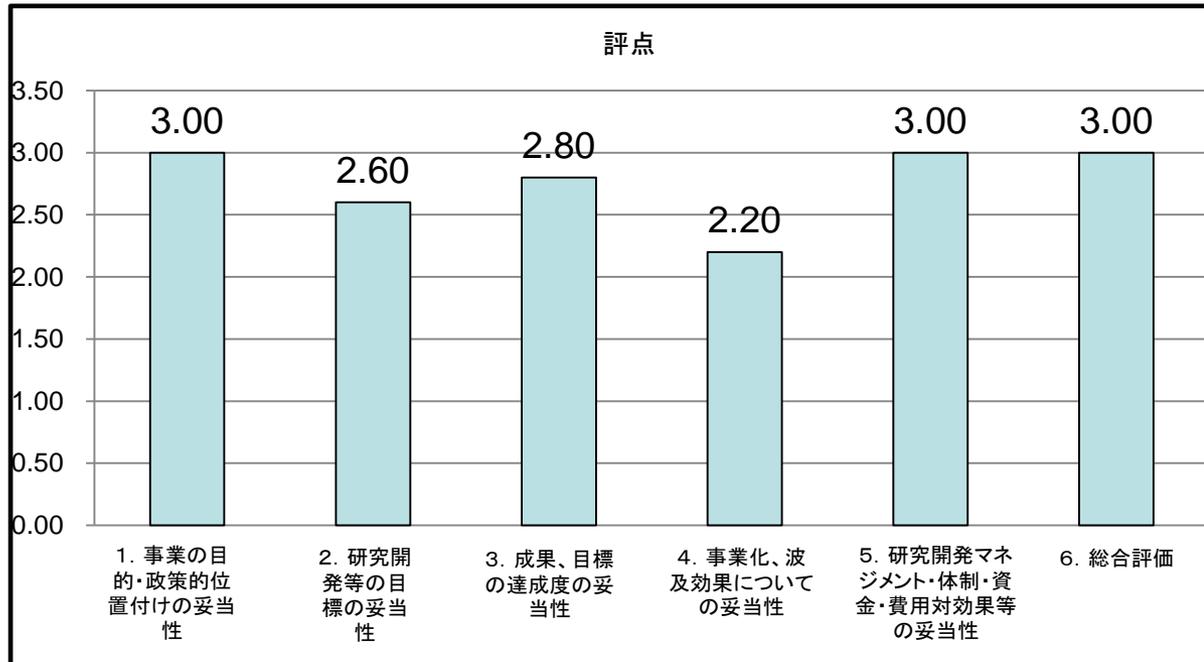
○オイルサンド、シェールオイル等の非在来型の重質油の存在感が高まる中で、このプロジェクトを通じて多様な高度分解・有用化技術の開発が行われ、設定された目標が達成されていることは、将来を見据えた大きな成果である。特に、HS-FCCについては、世界初のダウンリークター技術を確立できたことは大きな成果であり、世界的なシェールガスの増産等の動向も踏まえれば、C3、BTXの増産可能な本プロセスはさらに重要性を増すと想定される。

○改善すべき点としては、超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術については、達成された成果は限定された原油性状について得られたものであることから、日本の国内精製における技術開発にのみ視点を置かず、原産地でアップグレーディングされる様々な性状の原油に対して適用できる技術に発展していくことが望まれる。また、最も商業化に近い段階まで開発が進んだHS-FCCについては、製油所での実装を仮定して、費用対効果や経済性の定量的な分析を行った上で、次のステップに向けて、国の関与等の検討を進めるべきである。

## 8-3-A. 評点結果

○「経済産業省技術評価指針」に基づき、プロジェクト事後評価において、評点法による評価を実施した。

○事業全体としては高い評価が得られたが、事業化については、現時点で確定していないことから、2.20点となった。



【評価項目の判定基準】

評価項目1.~5.

3点:非常に重要又は非常によい

2点:重要又はよい

1点:概ね妥当

0点:妥当でない

6. 総合評価

3点:実施された事業は、優れていた。

2点:実施された事業は、良かった。

1点:実施された事業は、成果等が今一步のところがあった。

0点:実施された事業は、成果等が極めて不十分であった。

## 9-A. 提言及び提言に対する対処方針

### 今後の研究開発の方向等に関する提言

- 本事業において、実装置で成果が確認された技術については、実用化に向けて海外の関連機関との共同研究や国の支援制度による加速化が望まれる。また、実用化に際しては、シェールオイルの増産の動き等も踏まえ、我が国で処理することになる原油・原料油の性状の変化を考慮し、幅広い対応が求められる。
- 現在の我が国のエチレンセンターが国際競争力を失いつつあることから、石油精製と石油化学の連携が不可欠であり、石油精製から石油化学を一貫して見通した、コンビナートの再編及び再編の動機付けとなる省エネルギー技術の開発が、省内、省庁連携によって行われることが望ましい。

### 提言に対する対処方針

- 平成26年度から、新規の補助事業として「石油産業構造改善事業」を開始し、石油コンビナートにおける、統合型運営に基づく、高付加価値な石油精製・石油化学等の設備の共用・増強・集約化や非効率設備の廃棄等による設備最適化を促進し、石油産業の構造改善を支援していく。

## B. 石油燃料次世代環境対策技術開発

# 1-B. 石油燃料次世代環境対策技術開発事業の概要

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>概 要</b>        | 地球温暖化問題や供給される原油の重質化など、我が国の自動車燃料を取り巻く環境が大きく変化する中で、次世代の自動車燃料に関して、バイオ燃料活用や燃費向上によるCO2削減、排出ガス等による大気汚染問題の解決に向けて、技術の確立を図る。 |
| <b>実施期間</b>       | 平成19年度～平成23年度（5年間）  |
| <b>予算総額</b>       | 44億円<br>(平成19年度:9.7億円 平成20年度:10.7億円 平成21年度:9.1億円<br>平成22年度:7.5億円 平成23年度:7.0億円)                                      |
| <b>実施者</b>        | 一般財団法人石油エネルギー技術センター   |
| <b>プロジェクトリーダー</b> | 齊藤 吉則（自動車・新燃料部 部長）  |

## 2-B. 事業の目的・政策的位置付け

### 【事業の目的】(1/2)

我が国における大気環境改善、地球温暖化対策等の環境面についての要請に対応するために、自動車からの排出ガス中の大気汚染物質低減や燃費向上・効率化につながる技術開発は重要である。こうした中、石油系燃料は、今後ともその利便性等からエネルギー源の中心的な役割を担っていくものと予想され、これら環境保全の要請に応えていくためには、現在よりも一層の環境負荷を低減する石油系燃料およびその利用技術の開発が必須である。

自動車燃料の利用面からの具体的な課題としてはCO2削減における自動車燃料へのバイオ燃料の導入に加え、重質油やオイルサンド等の非在来型原油から得られる燃料基材の利用面からの拡大が必要であり、それらの技術確立を達成することは、我が国のエネルギーセキュリティ向上に大きく貢献する。

本技術開発事業では今後多様化する燃料基材、例えばバイオ燃料基材、非在来等から得られる燃料基材など従来とは特性が異なる基材を環境面からも利用面からも高濃度で利用できる技術を開発することであり、これにより環境対応と石油の安定供給を同時に寄与することを目的としている。

## 2-B. 事業の目的・政策的位置付け

### 【事業の目的】(2/2)

本事業で実施する技術開発・研究開発課題は以下の通りである。

#### (1) バイオマス燃料利用拡大技術

燃料多様化とCO2削減という要請に応えるため、日本における現行規格以上の混合ができる利用技術を確立するために以下の検討を実施する。

##### (ア) ガソリン用バイオマス燃料利用技術

高濃度エタノール、および、エタノール以外のバイオ燃料(ETBE、ブタノール)混合ガソリンの課題抽出、対策技術確立、および、自動車燃料品質規格検討基礎データの収集を行い、課題解決のための利用技術を確立する。

##### (イ) ディーゼル用バイオマス燃料の適用可能性の検討

各種バイオディーゼル燃料を高濃度(5%超)混合した軽油の課題抽出、対策技術確立、自動車燃料品質規格基礎データの収集を行い、課題解決のための利用技術を確立する。

#### (2) 燃費に優れたクリーンディーゼル車の普及に対応するための次世代燃料の開発

燃料多様化と燃費向上という要請に応えるため、合成燃料(GTL)や非在来系石油燃料(オイルサンド)等から精製した軽油の混合に対する課題抽出、対策技術基礎データの収集を行い、課題解決のための利用技術を確立する。

#### (3) 自動車燃費向上に資する新たな燃焼技術(HCCI燃焼技術)に対応した次世代燃料研究

排出ガス低減と燃費向上の究極的な両立という要請に対応した新燃焼技術に適合する「燃料」の開発を行うため、燃料の最適な着火特性、着火性指標、燃料の品質設計技術を検討する。

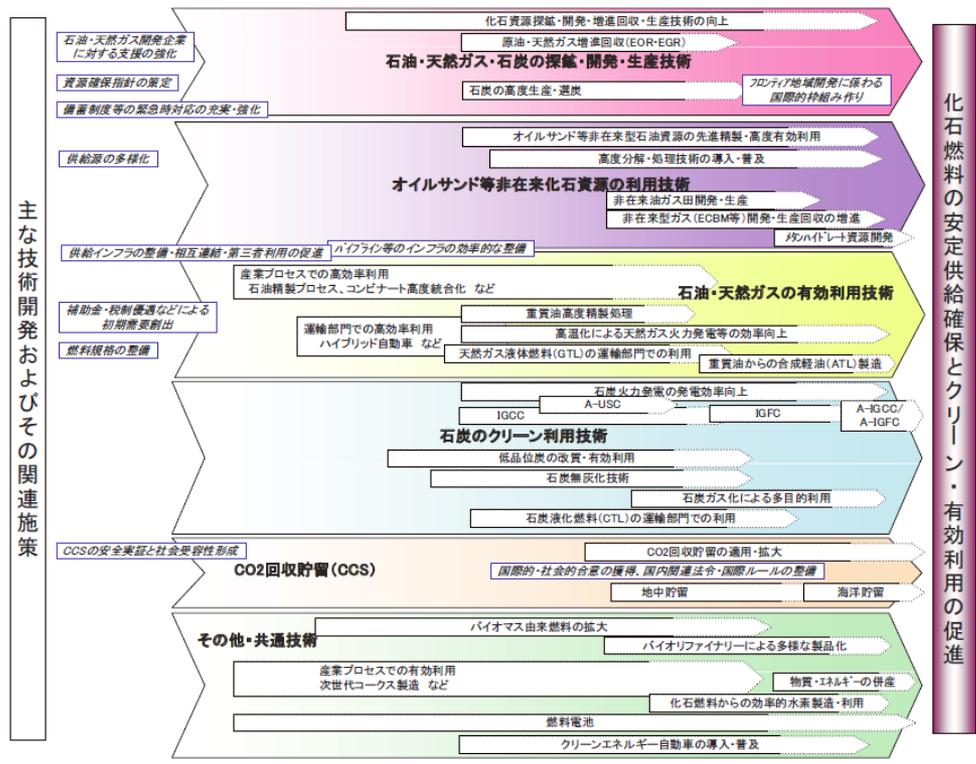
※HCCI: Homogeneous Charge Compression Ignition (予混合圧縮着火燃焼)

# 2-B. 事業の目的・政策的位置付け

## 【政策的位置付け】

平成22年6月に取りまとめた「技術戦略マップ2010」の「エネルギー分野」で設定された5つの政策目標のうち「②運輸部門の燃料多様化」、31 高度石油利用技術において導入シナリオが示されている。

### 「運輸部門の燃料多様化」に向けた導入シナリオ



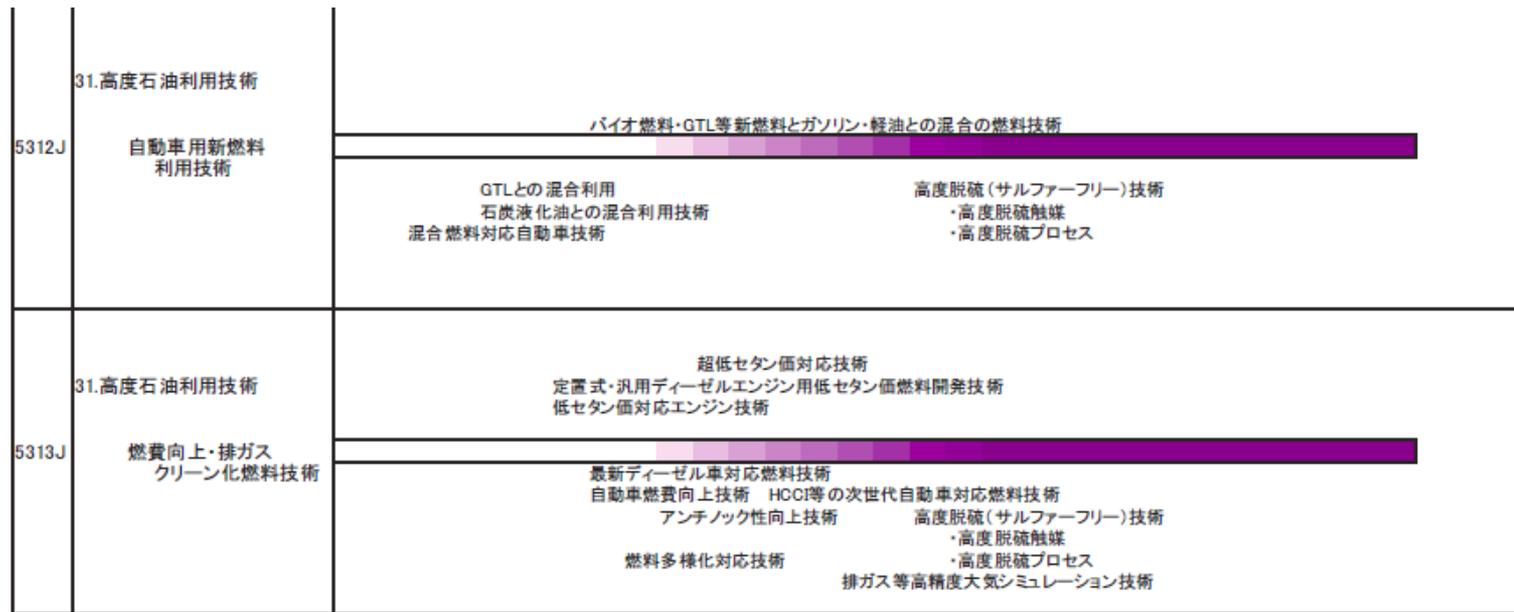
出典: 技術戦略マップ 2010 平成22年6月 経済産業省

## 2-B. 事業の目的・政策的位置付け

### 【政策的位置付け】

本事業で取り組んでいる研究開発は技術ロードマップに自動車用新燃料利用技術(5312J)、および燃費向上・排出ガスクリーン化燃料技術(5313J)として示されている。

### 「運輸部門の燃料多様化」に向けた導入シナリオ



出典: 技術戦略マップ2010 平成22年6月 経済産業省

## 3-B. 目標

| 要素技術  | 目標・指標  | 設定理由・根拠等   |
|---|--|--|
| <p>1.バイオマス燃料利用拡大技術<br/>(1) ガソリン用バイオマス燃料利用技術</p> | <p>高濃度エタノール、および、エタノール以外のバイオ燃料(ETBE、ブタノール)混合ガソリンの課題抽出、対策技術確立および、自動車燃料品質規格検討の基礎データを収集する。</p> | <p>中央環境審議会「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について」第7次答申(平成15年)に、「使用過程車の排出ガスに及ぼす影響を確認した上で、含酸素化合物に係る許容限度を設定することが適当である。」と答申されている。また京都議定書目標達成計画(平成17年)のなかで、輸送用燃料におけるバイオマス由来燃料(50万kl)の利用を決めている。このような状況下、将来的にはより多量のバイオマスを高濃度で利用することが必要となる状況も想定された。</p> <p>ガソリンへ混合されるエタノール等のバイオマス燃料は含酸素燃料であり、蒸留温度が低い、蒸気圧を上昇させる、発熱量が低い等、従来ガソリンとは異なった特性がある。したがって、事前に高濃度での利用時の課題点を抽出し、対策のための技術データを得ておく必要がある。</p> |

## 3-B. 目標

| 要素技術   | 目標・指標  | 設定理由・根拠等   |
|--|--|--|
| <p>1. バイオマス燃料利用拡大技術<br/>(2) ディーゼル用バイオマス燃料の適用可能性の検討</p> | <p>各種バイオディーゼル燃料を高濃度(5%超)混合した軽油の課題抽出、対策技術確立、自動車燃料品質規格の基礎データを収集する。</p> | <p>京都議定書目標達成計画(平成17年)のなかで、輸送用燃料におけるバイオマス由来燃料(50万kl)の利用が求められている。さらに、中央環境審議会「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について」第8次答申(平成17年)において、「今後のFAMEの普及状況、排出ガスへの影響に関する調査検討の進捗状況等を踏まえ、必要に応じて、改めて燃料許容限度目標値の設定について検討を行う」と改めて記載されている。</p> <p>バイオディーゼル燃料であるFAME(脂肪酸メチルエステル)は、原料となる油脂が多種(パーム油、菜種油、廃食油等)であることから特性が異なる。したがって、ディーゼルバイオマス燃料を高濃度で安全に利用するためにはそれらの特性の違いに着目し排出ガス、運転性、酸化安定性、低温流動性等の評価を行い、課題点の抽出と対応技術の検討が必要である。</p> |

## 3-B. 目標

| 要素技術  | 目標・指標  | 設定理由・根拠等   |
|---|--|--|
| <p>2. 燃費に優れたクリーンディーゼル車の普及に対応するための次世代燃料の開発</p> | <p>燃料多様化と燃費向上という要請に応えるため、合成燃料(GTL)や非在来系石油燃料(オイルサンド)等、分解系軽油の混合に対する課題抽出、対策技術の基礎データを収集する。</p> | <p>燃料多様化の観点から、オイルサンド等非在来型原油から精製された燃料を利用する技術や石油の有効利用を進める重油分解装置の装備率向上の動きの中で、燃費に優れたディーゼル車を普及するため、次世代軽油の利用技術を確立することが必要である。</p> <p>オイルサンド油や分解系軽油は従来の軽油と組成(芳香族、ナフテン等)等が大きく異なるため、排出ガスの悪化、エンジン始動性低下や排出ガス後処理装置への影響等の評価が必要である。</p> |

## 3-B. 目標

| 要素技術   | 目標・指標   | 設定理由・根拠等   |
|--|---|--|
| <p>3. 自動車燃費向上に資する新たな燃焼技術(HCCI燃焼技術)に対応した次世代燃料研究</p> <p>※HCCI: Homogeneous Charge Compression Ignition<br/>(予混合圧縮着火燃焼)</p> | <p>新たな燃焼方式(HCCI※燃焼)に適合する「燃料」の開発を行うため、燃料の最適な着火特性、着火性指標、燃料の品質設計技術を検討する。</p> <p>・</p> <p>・</p> | <p>HCCI燃焼は空気と燃料を十分混合し、自着火による燃焼で高効率と低排気を実現する燃焼技術であり、本技術が完成すれば、従来ガソリン車より約20%の燃費向上が見込まれる。</p> <p>自己着火であるため燃料性状、組成が着火性に大きく影響するため、最適な品質設計技術を検討する必要がある。また、従来のオクタン価(RON)の指標のみでは性能を示せないため、新たな指標を検討する必要がある。</p> |

## 4-B. 成果、目標の達成度

| 要素技術                                    | 目標・指標  | 現在までの成果  | 目標の達成度 |
|---|--|--|--------|
| 1.バイオマス燃料利用拡大技術<br>(1) ガソリン用バイオマス燃料利用技術 | 高濃度エタノール、および、エタノール以外のバイオ燃料(ETBE、ブタノール)混合ガソリンの課題抽出、対策技術確立および、自動車燃料品質規格検討の基礎データを収集する | <ul style="list-style-type: none"> <li>・高濃度エタノール混合ガソリン(E10)等利用時の課題を抽出し、対策技術の確立と、自動車燃料品質規格検討ための基礎データの収集を行った。</li> <li>・課題として、日本市場にある既販車を用いた試験により、E10使用時には、蒸留性状によっては排ガスの悪化がみられたり、部材への影響があるなどの影響が見られることがあることがわかった。</li> <li>・これら課題への対策として、国内でE10を導入する時には、蒸留性状規格の変更や、車両の部材対応など、これらの影響に注意を払う必要があることを明らかにした。</li> <li>・これらの成果は経済産業省のバイオ燃料混合ガソリンの規格化の際に参考資料として活用された。</li> </ul> | 達成     |

注)「達成度」の欄には、達成、一部達成、未達成を選択して記載。

## 4-B. 成果、目標の達成度

| 要素技術  | 目標・指標  | 現在までの成果  | 目標の達成度    |
|---|--|--|-----------|
| <p>1. バイオマス燃料利用拡大技術</p> <p>(2) ディーゼル用バイオマス燃料の適用可能性の検討</p> | <p>各種バイオディーゼル燃料を高濃度(5%超)混合した軽油の課題抽出、対策技術確立、自動車燃料品質規格の基礎データを収集する。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ディーゼル車用燃料への高濃度(5%超)バイオマス燃料混合利用における車両使用時の技術的課題を明らかにし、あわせてそれら課題への対応技術を示した。</li> <li>・FAME10%, 20%混合については部材影響、常温貯蔵安定性、長期駐車時安定性等、多くの懸念点がみられることが明らかとなった。</li> <li>・供給量の確保を前提に、バイオ燃料をディーゼル車用燃料として“幅広く”利用することを想定した場合には、FAME高濃度混合は上記の多くの懸念点に留意する必要があること、一律の品質管理が難しいこと、また特に既存車においては車両側での対応が困難なこと等も考慮すると、水素化等によって軽油と同等品質の炭化水素系燃料に変換することが品質的には望ましいことを示した。</li> <li>・バイオディーゼル燃料は、エタノール等に比し製造は容易で、地産地消されているものも多いが、高濃度混合燃料については、常温貯蔵安定性等の懸念点と劣化する前に使用する等の対応策を示した。</li> </ul> | <p>達成</p> |

## 4-B. 成果、目標の達成度

| 要素技術  | 目標・指標  | 現在までの成果  | 目標の達成度    |
|---|--|--|-----------|
| <p>2. 燃費に優れたクリーンディーゼル車の普及に対応するための次世代燃料の開発</p> | <p>燃料多様化と燃費向上という要請に応えるため、合成燃料(GTL)や非在来系石油燃料(オイルサンド)等、分解系軽油の混合に対する課題抽出、対策技術の基礎データを収集する。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・合成燃料(GTL)や非在来系石油燃料(オイルサンド)等や、分解系軽油の自動車燃料への混合利用時における課題抽出と、対策技術検討のための基礎データを収集した。</li> <li>・モデル燃料を用いた検討結果より、セタン価が低下し芳香族含有量が増加する分解系軽油留分の混合時に懸念点が多いことを明らかにし、分解系の実燃料をベースとした試験燃料を用いて、エンジン・車両による評価検討を実施した。</li> <li>・分解系軽油の混合比率が増加した場合に、低温始動時や長時間アイドリング後の排出ガス等へ影響があることを明らかにした。</li> <li>・上記影響は、車両の排出ガス適合レベルや搭載される技術により差があることから、より広範な車両・エンジンを用いた評価が必要であることを明らかにし、本事業終了後に別途分析評価事業を実施している。</li> </ul> | <p>達成</p> |

## 4-B. 成果、目標の達成度

| 要素技術   | 目標・指標   | 現在までの成果   | 目標の達成度    |
|--|---|---|-----------|
| <p>3. 自動車燃費向上に資する新たな燃焼技術(HCCI燃焼技術)に対応した次世代燃料研究</p> <p>※HCCI: Homogeneous Charge Compression Ignition<br/>(予混合圧縮着火燃焼)</p> | <p>新たな燃焼方式(HCCI※燃焼)に適合する「燃料」の開発を行うため、燃料の最適な着火特性、着火性指標、燃料の品質設計技術を検討する。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・HCCI燃焼技術の最新技術動向について調査を実施し、HCCI燃焼に適した燃料の性状についての知見を得た。</li> <li>・上記知見を基に、HCCI燃焼に適した品質設計検討を行い、短気筒エンジン試験を行うとともにその解析のためのベースとなる燃焼シミュレーションを行った。</li> </ul> | <p>達成</p> |

## 4-B. 成果、目標の達成度

### 【対外発表、特許出願等の成果】

|   | 論文 | 発表 |
|---|----|----|
| 1. バイオマス燃料利用拡大技術<br>(1) ガソリン用バイオマス燃料利用技術        | 7  | 8  |
| (2) ディーゼル用バイオマス燃料の適用<br>可能性の検討                  | 7  | 13 |
| 2. 燃費に優れたクリーンディーゼル車の普及に<br>対応するための次世代燃料の開発      | 6  | 9  |
| 3. 自動車燃費向上に資する新たな燃焼技術<br>(HCCI燃焼技術)に対応した次世代燃料研究 | 1  | 1  |
| 合 計   | 21 | 31 |

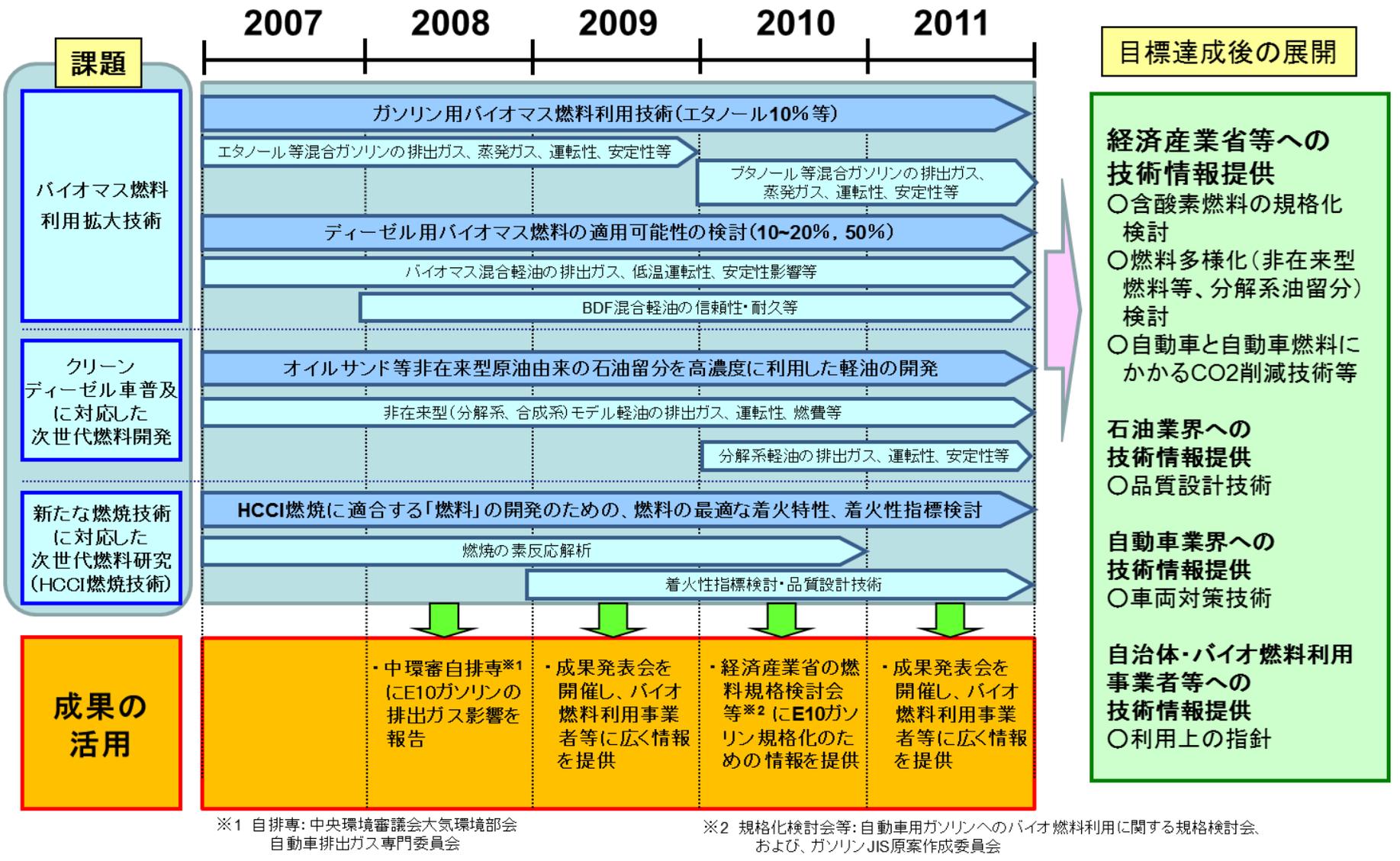
## 5-B. 事業化、波及効果

本事業の成果によって技術的な課題点を明確にすることにより、石油・自動車各社の対応技術の方向性を明確化でき、各社の独自技術開発も促進され、投資以上の技術開発の促進が可能となる。その結果、自動車燃料に関する種々の対応策が国家ならびに企業も含めて迅速・効率的に推進されている。

具体的な成果の活用例として、中央環境審議会大気環境部会自動車排出ガス専門委員会に対して、E10 ガソリンの排出ガス影響などについて報告している。この内容は、自排専の報告書に盛り込まれ、その後の中環審の「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について」第10次答申(平成22年)の「E10 対応ガソリン車の排出ガス低減対策及びE10 の燃料規格」の基礎データとして活用されている。

さらに、経済産業省におけるE10燃料規格導入検討の際に、「自動車用ガソリンのバイオ燃料利用に関する規格検討会」に本事業の成果が報告されており、また、日本工業規格(JIS)のガソリン規格改定にあたり「ガソリンJIS原案作成委員会」へ情報を提供するなど、本事業の成果が反映されている。

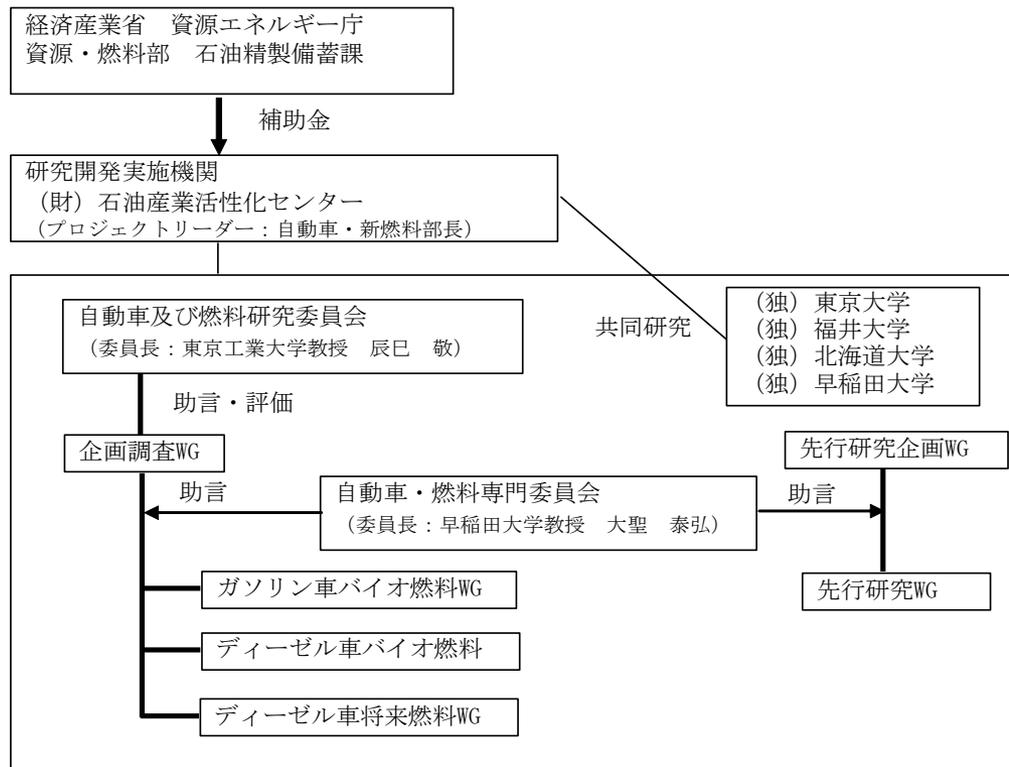
# 5-B. 事業化、波及効果



※規格化に当たっては、排ガス性状悪化、エンジン始動性悪化、ゴム部材膨潤等の悪影響を考慮

## 6-B. 研究開発マネジメント・体制等

研究開発の実施に当たっては、研究開発を統括するためのプロジェクトリーダー(PEC 自動車・新燃料部長)を設置するとともに、研究のステアリングを行うため、当該専門分野の最先端研究者である大学、公的研究機関、民間会社における技術者からなる自動車及び研究委員会を設置した。また、研究の技術的なアドバイスを受けるため大学の教授からなる自動車・燃料専門委員会を設定した。更に、各技術分野の研究企画、研究推進のため、企画調査WG、先行研究企画WG、ガソリン車バイオ燃料WG、ディーゼル車バイオ燃料WG、ディーゼル車将来燃料WG、先行研究WGを設置した。



## 6-B. 研究開発マネジメント・体制等

### 【資金配分】

(単位:百万円)

|  | 平成19年度 | 20年度  | 21年度 | 22年度 | 23年度 | 合計    |
|--|--------|-------|------|------|------|-------|
| 1. バイオマス燃料利用拡大技術<br>(1) ガソリン用バイオマス燃料利用技術<br>(2) ディーゼル用バイオマス燃料の適用可能性の検討 | 579    | 643   | 549  | 399  | 374  | 2,544 |
| 2. 燃費に優れたクリーンディーゼル車の普及に対応するための次世代燃料の開発                                 | 356    | 392   | 330  | 330  | 304  | 1,712 |
| 3. 自動車燃費向上に資する新たな燃焼技術(HCCI燃焼技術)に対応した次世代燃料研究                            | 30     | 30    | 26   | 21   | 21   | 128   |
| 合 計  | 965    | 1,065 | 905  | 750  | 699  | 4,384 |

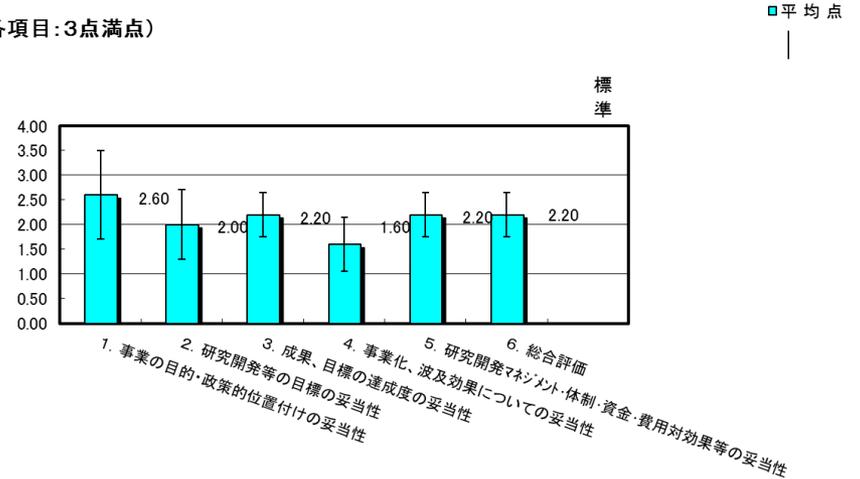
## 7-B. 中間評価の結果

評点法による評点結果

(石油燃料次世代環境対策技術開発)

| 評価項目                          | 平均点  | 標準偏差 |
|-------------------------------|------|------|
| 1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性          | 2.60 | 0.89 |
| 2. 研究開発等の目標の妥当性               | 2.00 | 0.71 |
| 3. 成果、目標の達成度の妥当性              | 2.20 | 0.45 |
| 4. 事業化、波及効果についての妥当性           | 1.60 | 0.55 |
| 5. 研究開発マネジメント体制・資金・費用対効果等の妥当性 | 2.20 | 0.45 |
| 6. 総合評価                       | 2.20 | 0.45 |

(各項目:3点満点)



### 総合評価概要

バイオ燃料、GTL、オイルサンド等の非在来原油からの燃料の導入に当たり、十分な安全性と信頼性、性能の評価が必要であり、本事業は重要な役割を果たしているものである。また、バイオ燃料や非在来型原油に対応することは、国際的な観点からも時期的にもタイムリーであり、国のプロジェクトとして推進すべきであり、HCCIIに関する研究はかなり基礎的なものであるが、次世代技術としては重要である。

なお、開発されているバイオマス利用技術が世界的に見て、どの程度の技術レベルにあるのかを明確にし、世界をリードできる技術を開発していくべきである。また、開発によって得られた知見をどのようにして事業化に生かすかは、費用対効果を考慮して決めていくことで極めてむずかしことではあるが、今後はそれについての検討を行うべきである。

## 7-B. 中間評価の結果

### 今後の研究開発の方向等に関する提言

基礎研究から実用技術開発まで幅広いテーマが掲げられているものが多く、事業化を達成する上でそれぞれの技術課題がどの程度のリスクになっているのか明確にするべきである。

これまで石油を活用として実現できた最も大きい強みは、液体燃料を全国津々浦々供給できる仕組みインフラが出来上がっていることである。したがって石油と固定的にこだわる必要はなく、この既存インフラを使って供給が可能なありとあらゆる液体燃料の研究技術開発を取り上げて必要とされる事業を実施するべきである。

# 8-B. 評価

## 8-1-B. 評価検討会

### 評価検討会名称

石油精製・利用技術関連分野に係る技術に関する施策・事業評価検討会

### 座長

松方 正彦

早稲田大学理工学術院先進理工学研究科 教授

### 評価検討会委員

### 委員

内山 洋司

筑波大学大学院システム情報系 教授  
産学リエゾン共同研究センター長

小川 芳樹

東洋大学大学院経済学研究科 教授

小野崎 正樹

一般財団法人エネルギー総合工学研究所  
プロジェクト試験研究部 部長／理事

黒川 俊夫

株式会社価値総合研究所 特別相談役

## 8-2-B. 総合評価(コメント)

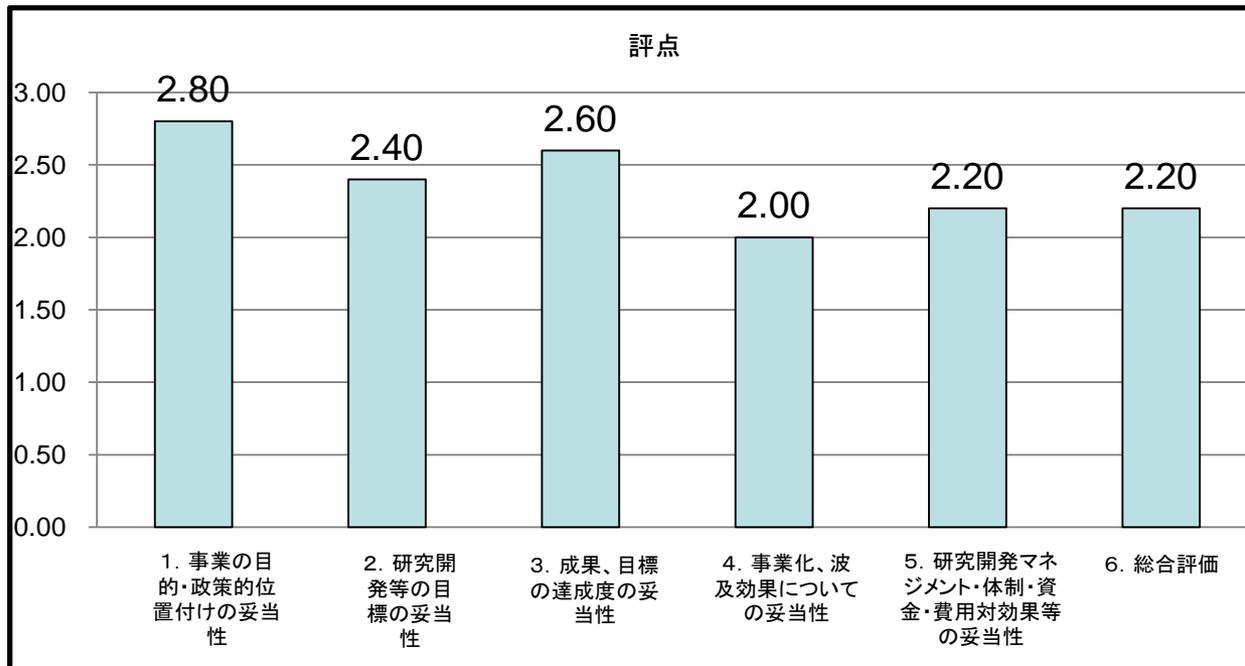
○国策としてのバイオマスの利活用が推進される中で、次世代の石油燃料及びその利用技術として非常に重要な研究プロジェクトであり、事業の目的と政策的な位置づけは明確である。本事業によって、現状の石油燃料の性能、品質、性状等と同等のレベルを確保して有効利用できる限界はどこにあるか等、包括的かつ組織的に検討が行われ、商用化に向けた課題が明らかになったことは評価に値する。

○改善すべき点としては、商用化を前提とした場合には実施された研究・技術開発の内容が限られており、また、プロジェクトで設定した目標がやや抽象的で、成果で得られた意義と効果がわかりにくい上、今後どのような技術開発が必要なのかの具体的な検討提案がなされていない。また、バイオマス燃料の利用拡大は世界でも同様の取り組みが行われていることから、海外の研究機関との連携、新興国への環境技術援助及び国際標準策定等に積極的に活用されることが望まれる。

## 8-3-B. 評点結果

○「経済産業省技術評価指針」に基づき、プロジェクト事後評価において、評点法による評価を実施した。

○目標や成果については比較的高い評価が得られたが、事業内容がデータや課題の抽出が中心である点について、更なる事業化に向けた研究開発がプロジェクトに含まれていなかったことについては、委員によって評価が分かれた。



### 【評価項目の判定基準】

評価項目1.~5.

3点:非常に重要又は非常によい

2点:重要又はよい

1点:概ね妥当

0点:妥当でない

6. 総合評価

3点:実施された事業は、優れていた。

2点:実施された事業は、良かった。

1点:実施された事業は、成果等が今一步のところがあった。

0点:実施された事業は、成果等が極めて不十分であった。

## 9-B. 提言及び提言に対する対処方針

### 今後の研究開発の方向等に関する提言

- 施策の目的達成に向け、需要側である自動車業界とのすり合わせを行う取組を引き続き支援する必要がある。
- 現状よりもさらに多様な原油に対応した脱硫等の技術を確立し、新興国向けの環境対応技術として、国際的に展開することも必要である。

### 提言に対する対処方針

- 本事業終了後、平成24年度から引き続き自動車業界とのすり合わせを行う取組を継続中。更に、今後の課題についても継続的に議論が行われているところ。（技術的調査事業として実施）
- 今後とも、こうしたすり合わせの支援を通じて、両業界の環境対応技術の波及に寄与していく。

## C. 高効率水素製造等技術開発

# 1-C. 高効率水素製造等技術開発事業の概要

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <p><b>概 要</b></p>        | <p>製油所で製造される水素を効率的に高純度化する技術開発及び高圧出荷のための技術開発を行い、燃料電池自動車普及のための安定的な水素供給を図る</p>  |
| <p><b>実施期間</b></p>       | <p>平成23年度～平成25年度（3年間）</p>  |
| <p><b>予算総額</b></p>       | <p>8.2億円<br/>       （平成23年度：0.8億円 平成24年度：5.3億円 平成25年度：2.2億円）</p>   |
| <p><b>実施者</b></p>        | <p>(1)高効率水素製造等技術開発<br/>       一般財団法人石油エネルギー技術センター<br/>       (2)高圧出荷装置技術開発<br/>       JX日鉱日石エネルギー株式会社</p>  |
| <p><b>プロジェクトリーダー</b></p> | <p>石油エネルギー技術センター<br/>       三屋 淳一（技術企画部 部長）平成23年度<br/>       田中 祐二（自動車・新燃料部 部長）平成24年度、平成25年度<br/>       JX日鉱日石エネルギー<br/>       吉田 正寛（執行役員 研究開発企画部長）平成23年度、平成24年度<br/>       斉藤健一郎（執行役員 研究開発企画部長）平成25年度</p> |

## 2-C. 事業の目的・政策的位置付け

### 【事業の目的】

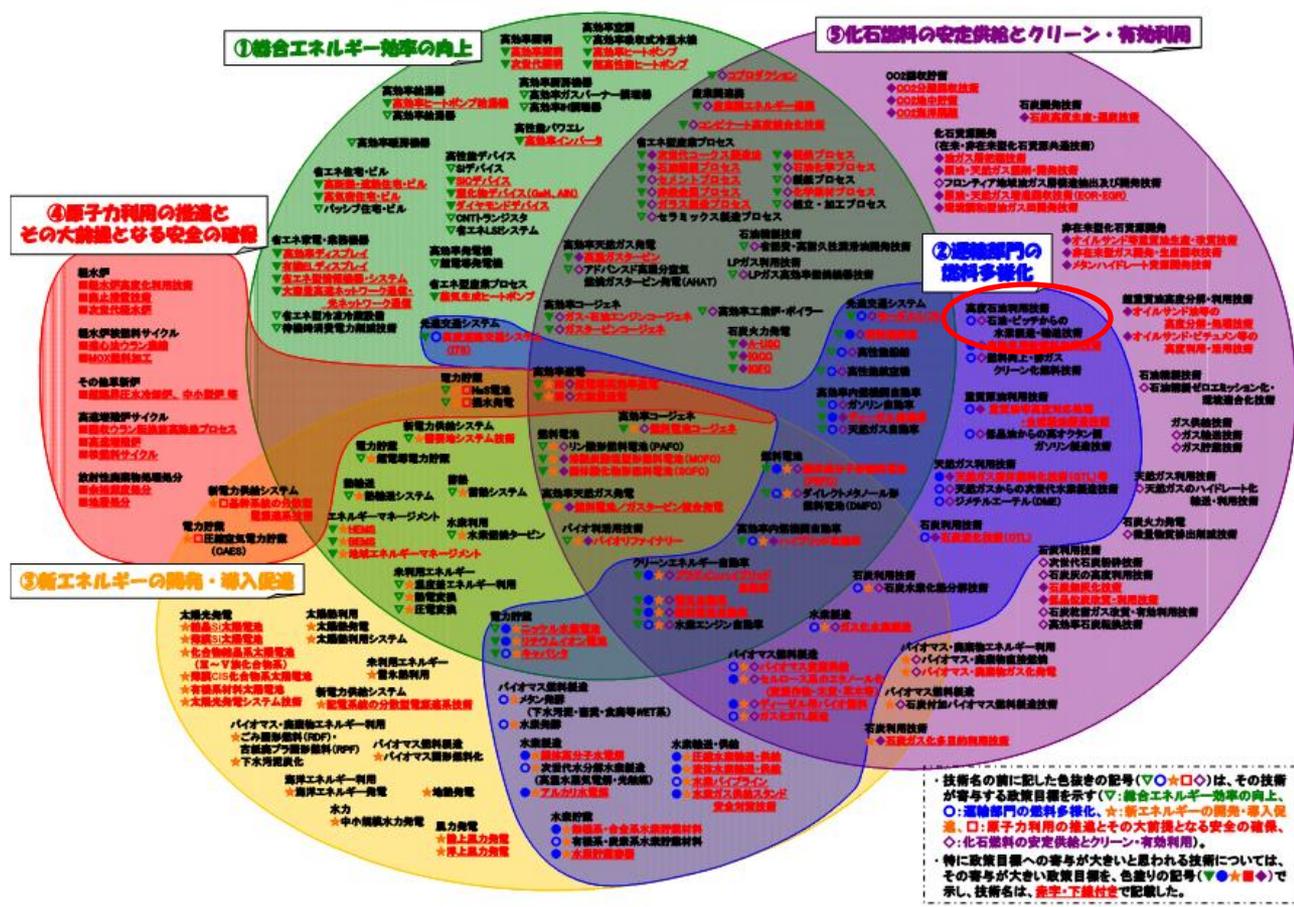
2015年に燃料電池自動車の普及開始を行うためには、水素需要を賄う水素供給が必要であるが、製油所は大規模な水素製造装置を有しており、それらの余力の活用により安定的な水素供給が可能となる。しかし、製油所内の水素製造装置からの水素を燃料電池自動車に用いるためには、純度を現状の98%前後から99.99%まで高純度化し、かつ製油所から効率的に出荷できる状態にする必要がある。

本事業では、製油所で製造される水素を効率的に高純度化する技術開発及び高圧出荷のための技術開発を行い、燃料電池自動車普及のための安定的な水素供給を図ることを目的としている。

## 【政策的な位置付け】

平成22年6月に経済産業省が取り纏めた「技術戦略マップ2010」において本事業は「高度石油利用技術 石油・ピッチからの水素製造・輸送技術」として「運輸部門の燃料多様化」および「化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用」に寄与する技術に位置づけられている。

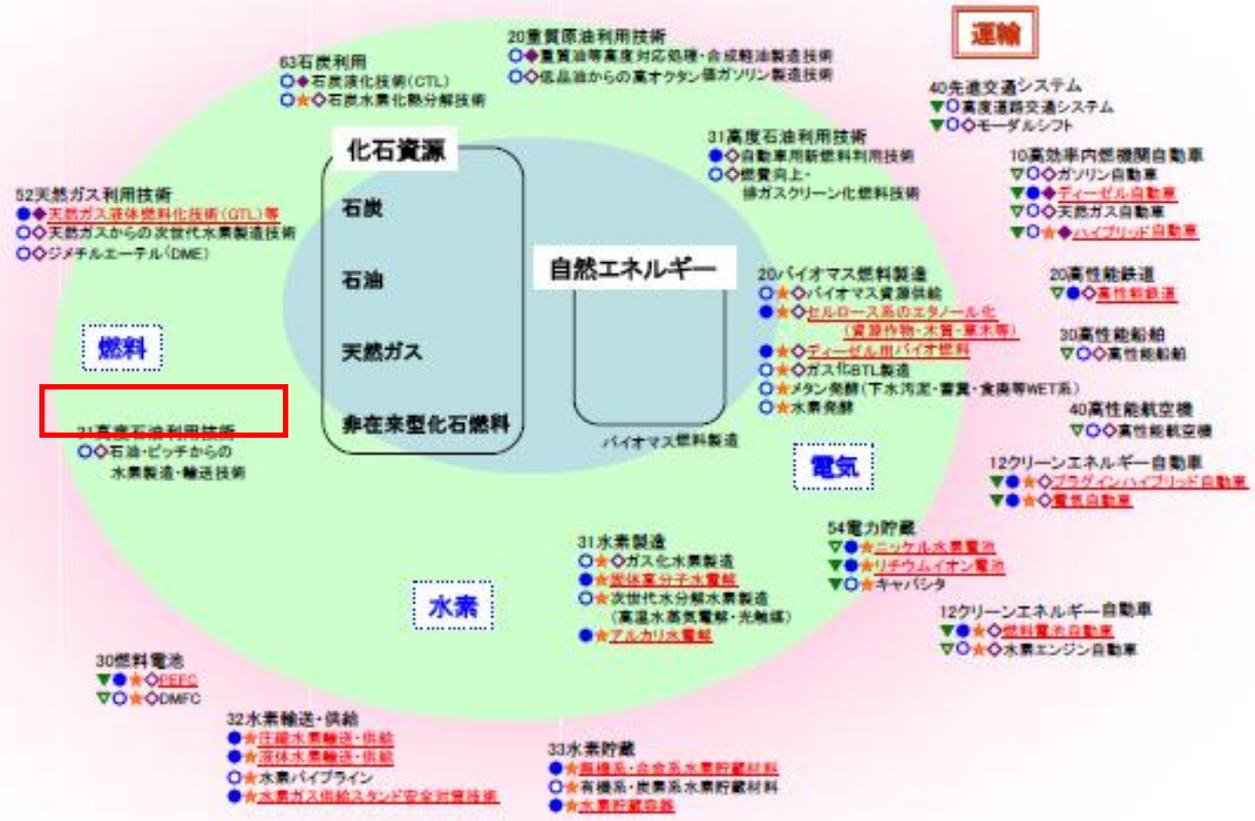
### エネルギー技術 一俯瞰図一



・技術名の前に記した色抜きの記号(▽○★□)は、その技術が寄与する政策目標を示す(▽:総合エネルギー効率の向上、○:運輸部門の燃料多様化、★:新エネルギーの開発・導入促進、□:原子力利用の推進とその大規模化と安全の確保、●:化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用)。  
 ・特に政策目標への寄与が大きいと思われる技術については、その寄与が大きい政策目標を、色抜きの記号(▽○★□)で示し、技術名は、赤字・下線付きで記載した。

# 2-C. 事業の目的・政策的立場付け

## 【政策的立場付け】



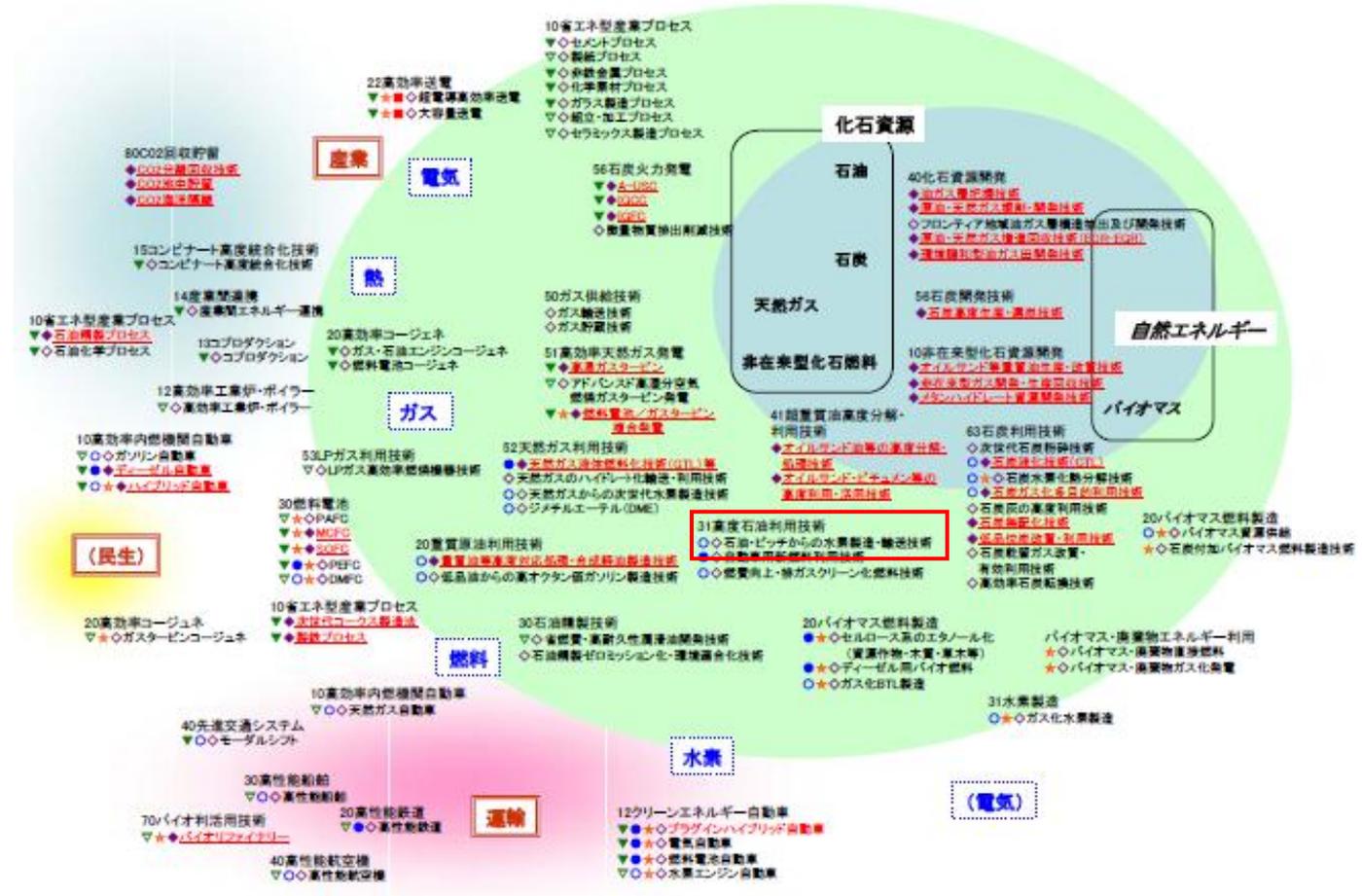
②「運輸部門の燃料多様化」に寄与する技術の技術マップ(整理図)

● 技術名の前に記した色抜きの記号(▽◇□○)は、その技術が寄与する政策目標を示す(▽:総合エネルギー効率の向上、◇:運輸部門の燃料多様化、○:新エネルギーの開発・導入促進、□:原子力利用の推進とその大規模となる安全の確保、◇:化石燃料の安定供給とグリーン・有効利用)。

● 「運輸部門の燃料多様化」への寄与が大きいと思われる技術名を、色塗りの記号(●)、赤字・下線付きで記載した。

# 2-C. 事業の目的・政策的位置付け

## 【政策的位置付け】



⑤「化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用」に寄与する技術の技術マップ(整理図)

● 技術名の前に記した色抜きの記号(▽○★□◇)は、その技術が寄与する政策目標を示す(▽:総合エネルギー効率の向上、○:運輸部門の燃料多様化、★:新エネルギーの開発・導入促進、□:原子力利用の推進とその大規模となる安全の確保、◇:化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用)。

● 「化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用」への寄与が大きいと思われる技術名を、色抜きの記号(★)、高字・下線付きで記載した。

## 2-C. 事業の目的・政策的位置付け

### 【政策的位置付け】

平成22年6月に閣議決定された「エネルギー基本計画」においては、2030年に目指すべき姿と政策の方向性の中で、水素エネルギーは、

あらゆる化石燃料から製造可能で、利用段階では高効率かつゼロ・エミッションのエネルギーであり、民生・産業部門の分散型電源システムや輸送用途の有力なエネルギー源の一つとしての役割が期待される。将来的には、原子力や再生可能エネルギーを利用した水素製造及び、CCSを組み合わせた化石燃料からの水素製造により、製造段階から利用段階までのゼロ・エミッション化の実現が見込まれる。家庭用燃料電池のさらなる普及や2015年からの燃料電池自動車の市場投入が期待されており、中長期的な観点から開発・利用に向けた取組を進めていく。その際、技術・コスト・インフラ等に関する課題を克服する必要がある。とされ、また、「資源確保・安定供給強化への総合的取組」の中で、「国内における石油製品サプライチェーンの維持」が重要課題とされ、その実現に向けた基本戦略の一つとして、石油産業の設備等を活用した水素の供給インフラ整備

- ・ 製油所の水素製造装置(装置余力だけでFCV500万台分の水素生産が可能)を活かし、安定・安価な水素製造を可能とするため、高効率・高品質の水素製造技術の開発や、CCSと組み合わせることでCO<sub>2</sub>をほぼゼロにするための検討を促進する。
- ・ また、2015年の燃料電池自動車の普及開始に向けた水素ステーション等の供給インフラのコスト低減のため、高圧ガス保安法等の規制への対応が課題である。このための安全性の検証、技術開発を積極的に進める。さらに、将来的には石油燃料に加え、水素、電気も供給するマルチステーションを整備する。

が掲げられているように、本事業は、エネルギー基本計画においても重要な課題と位置づけられている。

## 2-C. 事業の目的・政策的位置付け

### 【政策的位置付け】

平成23年1月13日、自動車メーカー3社及び水素供給事業者10社は、「**燃料電池自動車の国内市場導入と水素供給インフラ整備に関する共同声明**」として以下の発表を行った。

1. 自動車メーカーは、技術開発の進展により燃料電池システムの大幅なコストダウンを進めつつあり、**FCV量産車を2015年に4大都市圏を中心とした国内市場への導入と一般ユーザーへの販売開始**を目指し、開発を進めている。導入以降、エネルギー・環境問題に対応するため更なる普及拡大を目指す。
2. 水素供給事業者は、FCV量産車の初期市場創出のため、**2015年までにFCV量産車の販売台数の見通しに応じて100箇所程度の水素供給インフラの先行整備**を目指す。
3. 自動車メーカーと水素供給事業者は、運輸部門の大幅なCO2排出量削減に資するため、全国的なFCVの導入拡大と水素供給インフラ網の整備に共同で取組む。これら実現に向け、普及支援策や社会受容性向上策等を含む**普及戦略について官民共同で構築することを、政府に対し要望**する。

## 2-C. 事業の目的・政策的位置付け

### 【政策的位置付け】

#### 日本再興戦略(H25.6)

産業部門や運輸部門において、革新的な技術開発と省エネ基準の整備などにより、一層の省エネ化を進める。**次世代自動車**については、2030年までに新車販売に占める割合を5割から7割とすることを目指し、初期需要の創出、性能向上のための研究開発支援、効率的なインフラ整備等を進める。

○次世代自動車の普及・性能向上支援

○電池・充電制御等の国際標準化

○水素供給インフラ導入支援、燃料電池自動車・水素供給インフラに係る規制の見直し

・2015年の燃料電池自動車の市場投入に向けて、燃料電池自動車や水素インフラに係る規制を見直すとともに、水素ステーションの整備を支援することにより、**世界最速の普及**を目指す。

#### 総合資源エネルギー調査会基本政策分科会(H25.12)

将来の二次エネルギーでは、電気、熱に加え、水素が中心的役割を担うことが期待され、水素を本格的に利活用する社会である“**水素社会**”の**実現**について言及され、このため、水素の製造から貯蔵・輸送、利用に関わる様々な要素を包含している全体を俯瞰したロードマップの策定とその策定を担う産学官からなる**協議会を早期に立ち上げる**ことが指摘された。

## 2-C. 事業の目的・政策的位置付け

### 【政策的位置付け】

#### 水素・燃料電池戦略協議会

- ◆総合資源エネルギー調査会基本政策分科会の意見を踏まえ、平成25年12月に設置。
- ◆産学官23名にて構成。オブザーバーとして国土交通省、文部科学省も出席。  
(座長: 柏木孝夫 東京工業大学 特命教授)
- ◆協議会の下にワーキンググループを設置。協議会2回、ワーキンググループ会合5回程度開催し、取りまとめ。

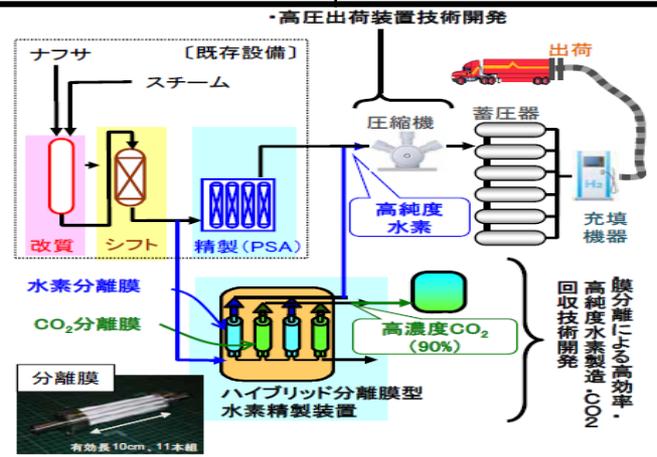
#### 主要議題

- ①水素エネルギーの意義に関する共通理解の醸成
- ②水素需給の見通しに関する共通理解の醸成
- ③水素の「製造」「輸送・貯蔵」「利用」に関するロードマップの策定

# 3-C. 目標

## 【全体目標】

| 目標・指標  | 設定理由・根拠等  |
|--|---|
| <p>(1) 高効率水素製造技術開発</p> <p>①実環境試験下でもボンベガスによる評価時と同等の水素回収率(90%)を有し、純度99.99%以上の水素を製造する膜分離プロセスの開発</p> <p>②1m長のエレメントを多管化した大型分離膜モジュールの量産技術確立</p> <p>③超低圧から高圧への高純度水素ガス圧縮システムの開発</p> <p>④CO2ガス中の低濃度水素を回収するシステムの開発</p> | <p>水素回収率90%以上の膜分離プロセスを開発することにより、既存技術であるPSA(Pressure Swing Adsorption)装置に比べ、高純度水素の製造効率を70%程度から80%以上に高めることができる。</p> <p>本事業ではパイロット装置を製作し、実環境下での評価を行うとともに、膜エレメントの量産技術の確立と後段プロセスである圧縮システムと低濃度水素の回収システムを開発することにより、プロセスの実用化に繋げる。</p>                                     |
| <p>(2) 高圧出荷装置技術開発</p> <p>①高純度水素圧縮機実証設備の詳細仕様の検討、同設備の建設</p> <p>②開発圧縮機の単独負荷運転による設備信頼性の実証および圧縮後水素の高純度維持システムに必要な油分除去技術の開発</p> <p>③実用設備に必要な圧縮機の耐摩耗部材選定による耐久性の評価</p> <p>④水素トレーラー充填への適用システムの開発</p>                   | <p>燃料電池自動車普及のため、製油所で製造される水素を高圧で出荷するための技術開発を行い、安定的な水素供給の実現に貢献する。燃料電池自動車用に高純度(99.99%)化された水素を高圧(45MPa)で効率的に出荷するために必要な大型の圧縮装置の開発・実証を行う。</p> <p>本事業では高純度水素用油潤滑式レシプロ圧縮機設備を製作し、圧縮機単独運転により水素品質の確認、信頼性の実証を行う。その後、既存の水素出荷実証設備に接続し、水素トレーラーへの水素充填に適用できることを実証することで実用化に繋げる。</p> |

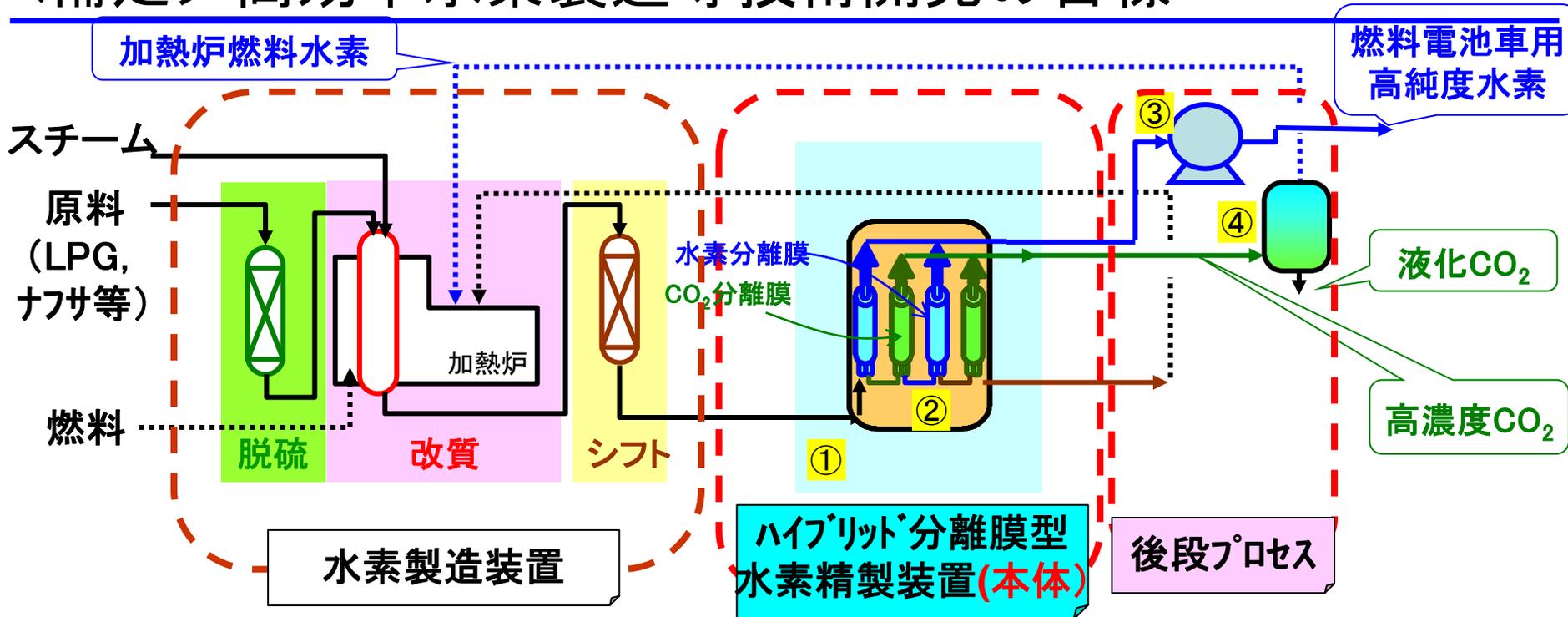


## 3-C. 目標

### 【個別目標】

| 要素技術   | 目標・指標   | 設定理由・根拠等   |
|--|---|--|
| <p>(1)高効率水素製造等技術開発</p> <p>①ハイブリッド膜分離プロセス（本体）の開発</p> <p>②大型分離膜モジュールの量産技術の確立</p> <p>③超低圧から高圧への高純度水素ガス圧縮システムの開発（高純度水素回収促進システム）</p> <p>④CO<sub>2</sub>ガス中の低濃度水素を回収するシステムの開発（回収水素の燃料ガス利用）</p> | <p>・実環境試験下（硫黄分1ppm未満を含む）でもボンベガスによる評価時と同等の水素回収率(90%)を有し、純度99.99%以上の水素を製造する膜分離プロセスを開発する。</p> <p>・1m長のエレメントを多管化した大型分離膜モジュールの量産技術を確立する。</p> <p>・高純度水素ガス圧縮システムを開発し、高純度水素回収率を現状90%から95%以上に向上する。</p> <p>・CO<sub>2</sub>ガス中の低濃度水素を回収するシステムを開発し、水素利用率を現状97%から99%に向上する。</p> | <p>従来のPSA（Pressure Swing Adsorption）法の製造効率70%程度を80%以上(10ポイント向上)に高めるプロセスの開発。</p> <p>分離膜及び分離膜モジュールの不良品（リーク発生）発生を抑える。</p> <p>水素回収率を向上させることにより、製造コストを低減（製造効率を向上）させる。</p> <p>水素利用率を向上させることにより、製造コストを低減（製造効率を向上）させる。</p> |

# <補足> 高効率水素製造等技術開発の目標



## ■ 本体部分

①耐不純物性の高い膜・膜分離プロセスの開発 (FCV用水素回収率: 90%)  
 ⇒ 不純物を含む実環境試験下での長期評価 (本体部分のみ)

②大型分離膜の量産技術の開発 (実用サイズモジュール長: 1m)

## ■ 後段プロセス

③超低压から高压への高純度水素ガス圧縮システム (高純度水素回収促進システム) の開発 (FCV用水素回収率: 95%)

④CO<sub>2</sub>中の低濃度水素を回収するシステムの開発 (水素利用率\*: 99%)

\*FCV用水素+燃料ガス向け水素ガスの合計

## 3-C. 目標

### 【個別目標】

| 要素技術  | 目標・指標  | 設定理由・根拠等  |
|---|--|---|
| <p>(2)高圧出荷装置技術開発</p> <p>①高純度水素圧縮機の設計・建設</p> <p>②設備高信頼性システム技術の開発</p> <p>③圧縮機の高耐久システム技術</p> <p>④トレーラー充填適用システム技術</p> | <p>・水素用油潤滑レシプロ式の高純度水素圧縮機実証設備の詳細仕様の検討、同設備の建設</p> <p>・開発圧縮機の単独負荷運転による設備信頼性の実証および圧縮後水素の高純度維持システムに必要な油分除去技術の開発</p> <p>・単独負荷運転終了後の部材健全性評価、摩耗量測定による実用設備に必要な圧縮機の耐摩耗部材選定による耐久性の評価</p> <p>・既存の出荷実証設備に移設し、水素の昇圧・蓄ガス・トレーラー充填までの連結運用を行うに十分な性能を有することを確認する</p> | <p>連続運転に対応する大型高圧水素圧縮機には摺動部材の摩耗量を抑制可能な油潤滑レシプロ式が適しており、商用機にスケールアップ可能な設備規模とする。</p> <p>実運転条件で安定した圧縮性能が発揮でき、圧縮後の水素品質が燃料電池自動車用として問題ないことが必要。</p> <p>一定運転時間後の金属部材の健全性と摺動部材の摩耗量測定による耐久性の検証が必要。</p> <p>実用化に向け、水素出荷設備での稼働に対応する圧縮機設備であることが必須であり、この実証により商用水素出荷設備の仕様検討に寄与する。</p> |

# 4-C. 成果、目標の達成度

## 【(1)高効率水素製造等技術開発】

| 要素技術        | 目標・指標   | 成果   | 達成度   |
|-------------|---|--|-------|
| ①膜分離プロセスの開発 | ・実環境試験下（硫黄分1ppm未満を含む）でもボンベガスによる評価時と同等の水素回収率(90%)を有し、純度99.99%以上の水素を製造する膜分離プロセスを開発する。 | ・分離性能と不純物(H <sub>2</sub> S等)の濃度の関係を明らかにし、 <u>ベンチ装置</u> による高純度水素回収率91%の運転条件を確立した。<br><u>パイロット装置</u> での長期耐久試験を実施中。 | 達成見込み |

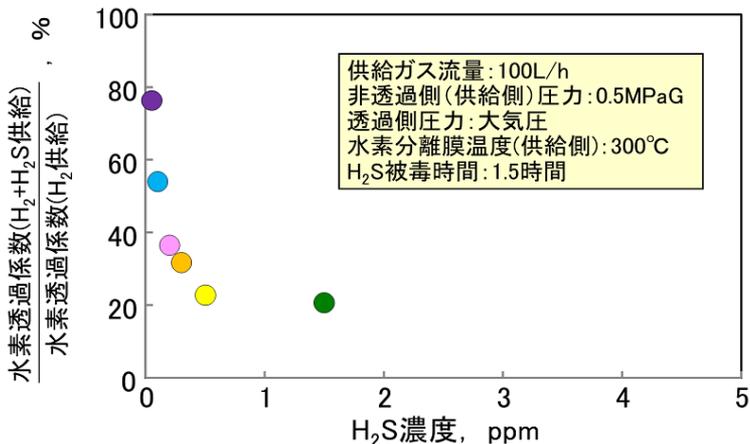
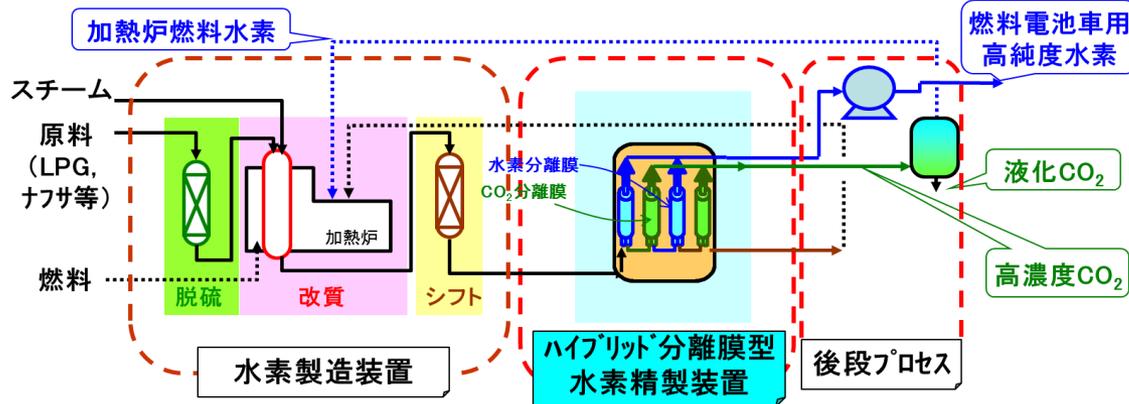


図 H<sub>2</sub>S濃度が水素透過係数に与える影響

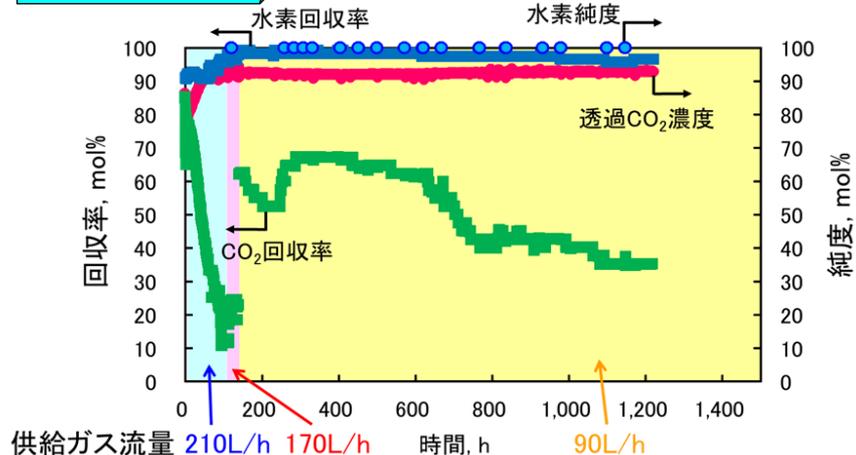
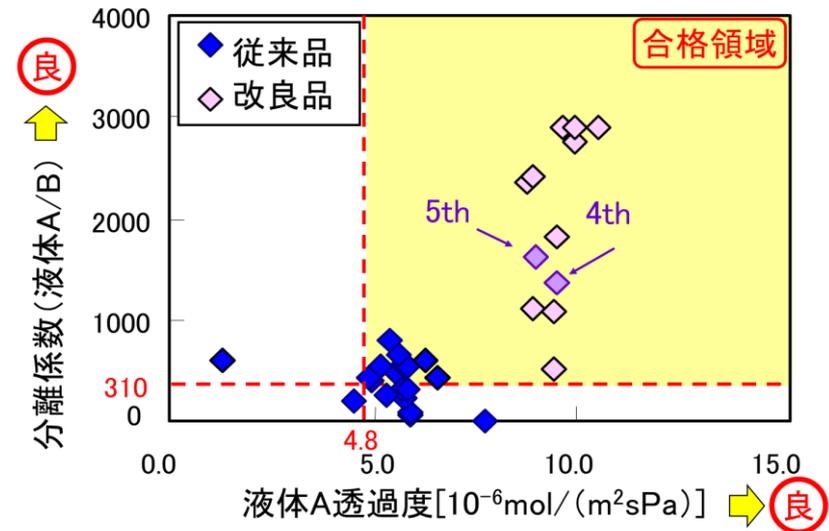
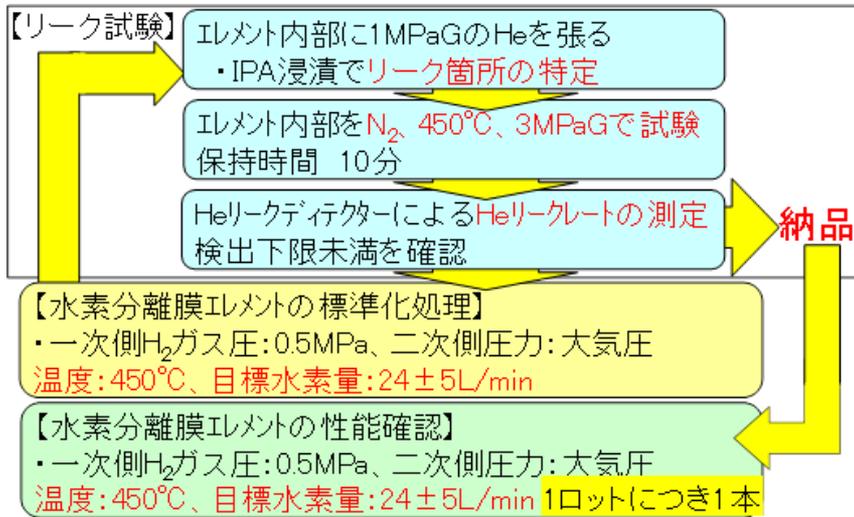


図 ベンチ装置による1000時間連続評価

# 4-C. 成果、目標の達成度

## 【(1)高効率水素製造等技術開発】

| 要素技術                | 目標・指標                                | 成果  | 達成度 |
|---------------------|--------------------------------------|---|-----|
| ②大型分離膜モジュールの量産技術の確立 | ・1m長のエレメントを多管化した大型分離膜モジュールの量産技術を確立する | ・水素分離膜、CO2分離膜の量産時の品質管理指標(水素透過量、CO2透過量、H <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> 分離係数)を確立した。 | 達成  |



# 4-C. 成果、目標の達成度

## 【(1)高効率水素製造等技術開発】

| 要素技術                                      | 目標・指標   | 成果                                       | 達成度 |
|---|---|--|-----|
| ③超低圧から高圧への高純度水素ガス圧縮システムの開発（高純度水素回収促進システム） | ・高純度水素ガス圧縮システムを開発し、高純度水素回収率を現状90%から95%以上に向上する。（ベンチ・パイロット装置には接続せず） | ・スチームエゼクターによる透過側減圧による水素回収率の向上を実験により確認した。 | 達成  |

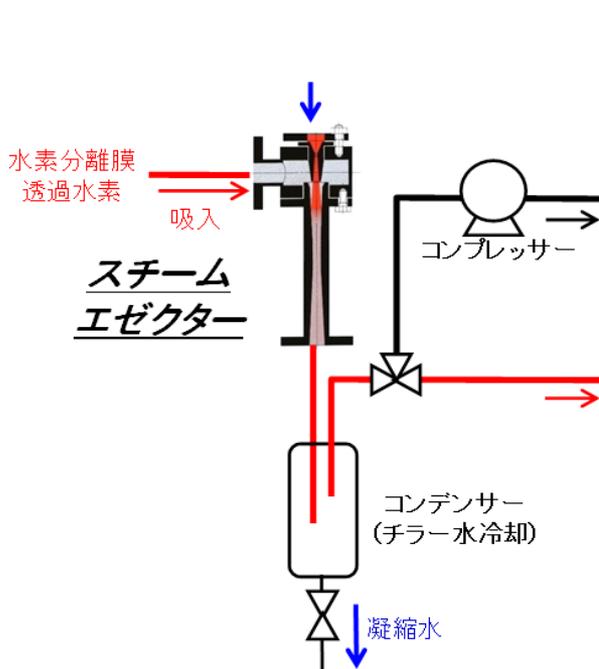


図 高純度水素ガス圧縮システムフロー

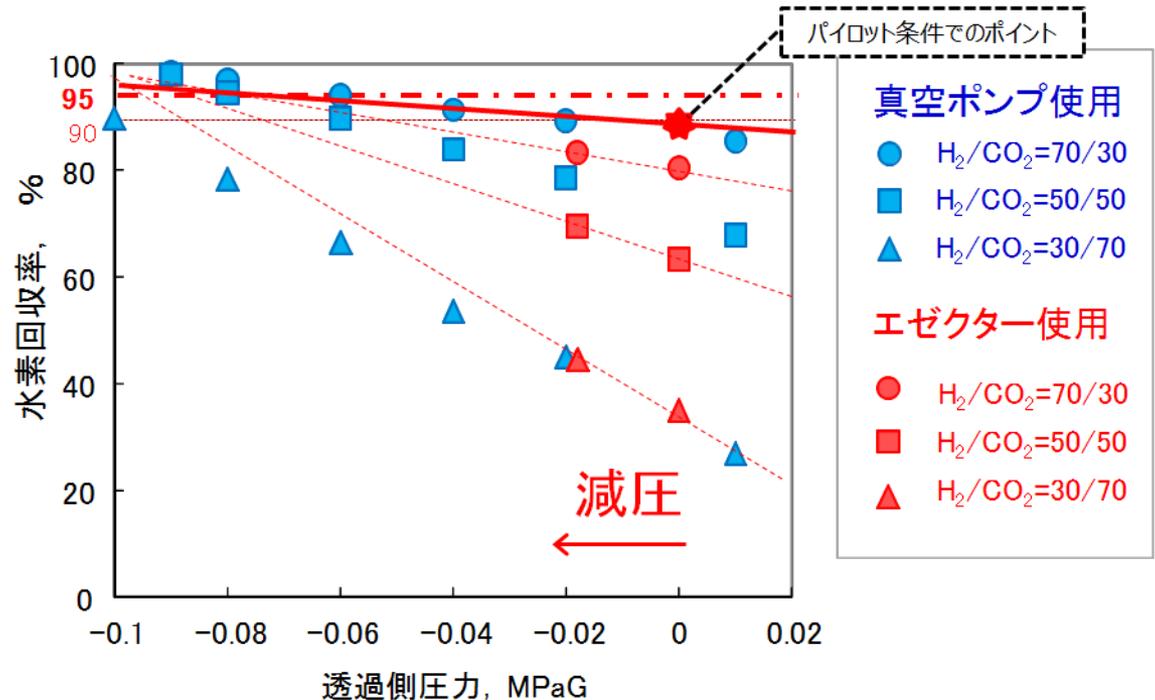


図 減圧による水素回収率向上効果

# 4-C. 成果、目標の達成度

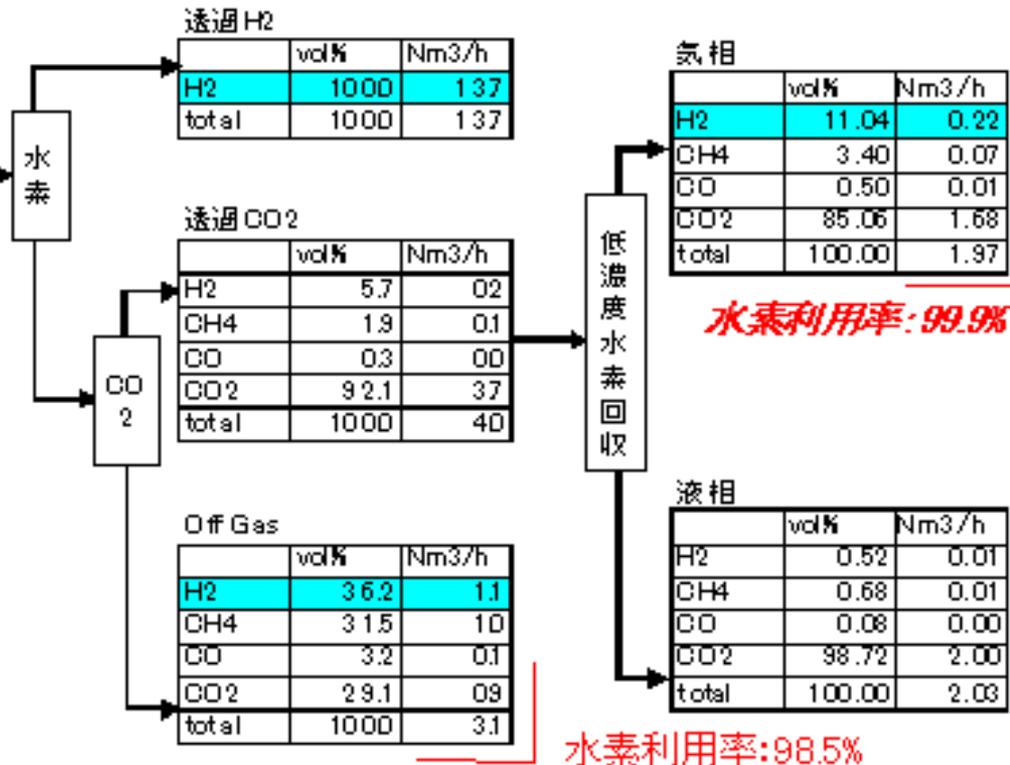
## 【(1)高効率水素製造等技術開発】

| 要素技術                                   | 目標・指標   | 成果  | 達成度 |
|--|---|---|-----|
| ④CO <sub>2</sub> ガス中の低濃度水素を回収するシステムの開発 | ・CO <sub>2</sub> ガス中の低濃度水素を回収するシステムを開発し、水素利用率を現状97%から99%に向上する。(パイロット装置には接続せず) | ・低濃度水素の回収システムを設置することにより、水素利用率が99.9%に向上した。 | 達成  |

ハイブリッド分離膜  
Feed Gas

|                 | vol%  | Nm <sup>3</sup> /h |
|-----------------|-------|--------------------|
| H <sub>2</sub>  | 72.4  | 15.1               |
| CH <sub>4</sub> | 5.0   | 1.0                |
| CO              | 0.5   | 0.1                |
| CO <sub>2</sub> | 22.1  | 4.6                |
| total           | 100.0 | 20.8               |

|                     |       |
|---------------------|-------|
| H <sub>2</sub> 回収率  | 91.0% |
| CO <sub>2</sub> 回収率 | 80.1% |



# 4-C. 成果、目標の達成度

## 【(2)高圧出荷装置技術開発】

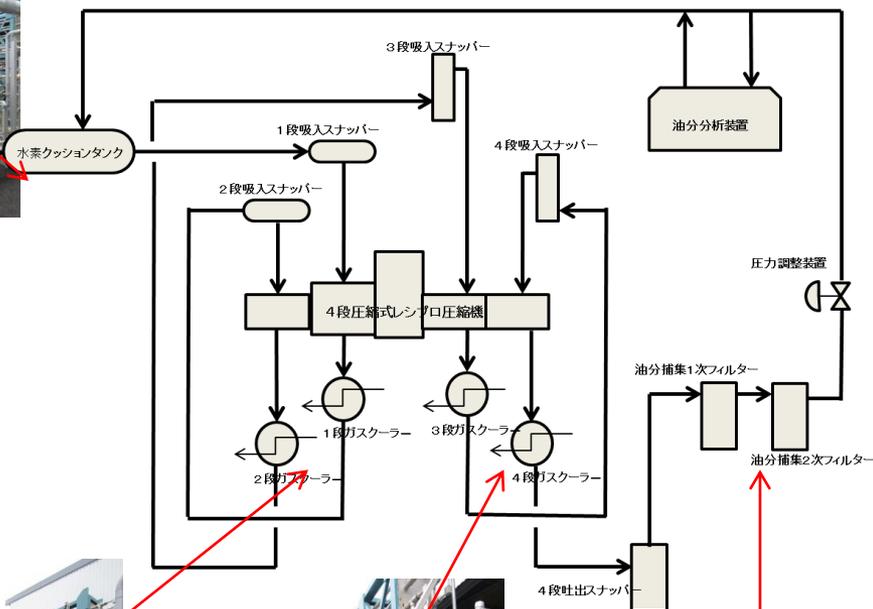
| 要素技術            | 目標・指標                                    | 成果   | 達成度 |
|-----------------|--|--|-----|
| ①高純度水素圧縮機の設計・建設 | ・水素用油潤滑レシプロ式の高純度水素圧縮機実証設備の詳細仕様の検討、同設備の建設 | 高純度水素圧縮機実証設備の詳細仕様の検討、同設備の建設を実施し、今後の高純度水素の圧縮実証運転が可能となった | 達成  |

### 水素圧縮機の主たる仕様、性能

型式 : 水冷式レシプロ型(4段圧縮式)  
 強制給油潤滑方式  
 取扱流体: 水素(100%)  
 性能 : 吸込圧力 0.9MPa、吐出圧力 45MPa  
 流量 1500Nm<sup>3</sup>/hr  
 防爆仕様: 本質安全防爆もしくは水素防爆  
 特記事項: 圧縮水素中の油分濃度が0.5ppm以下を達成できること



高純度水素圧縮機実証設備



# 4-C. 成果、目標の達成度

## 【(2)高圧出荷装置技術開発】

| 要素技術             | 目標・指標   | 成果  | 達成度 |
|------------------|---|---|-----|
| ②設備高信頼性システム技術の開発 | ・開発圧縮機の単独負荷運転による設備信頼性の実証および圧縮後水素の高純度維持システムに必要な油分除去技術の開発 | 水素昇圧運転を延べ521時間、最終部品仕様における連続運転はサイクル疲労評価が可能な340時間以上実施し、設計仕様を満足し、安定鶴運転可能なことを実証した。また、油分除去フィルターシステムの有効性が確認された。 | 達成  |

### 設計仕様と最終仕様の比較

|   | 設計仕様点   | 最終仕様の<br>運転データ           | 設計仕様点に換算                  |
|---|---------|--------------------------|---------------------------|
| 1段吸入圧力 (MPaG)                               | 0.9     | 0.84                     | 0.9                       |
| 2段吸入圧力 (MPaG)                               | 2.99    | 2.90                     | —                         |
| 3段吸入圧力 (MPaG)                               | 7.74    | 7.8                      | —                         |
| 4段吸入圧力 (MPaG)                               | 19.2    | 21.6                     | —                         |
| 4段吐出圧力 (MPaG)                               | 45.0    | 45.0                     | —                         |
| 1段吸入温度 (°C)                                 | 40      | 19                       | 40                        |
| 1段吐出温度 (°C)                                 | 149(断熱) | 144                      | —                         |
| 2段吸入温度 (°C)                                 | 40      | 24                       | —                         |
| 2段吐出温度 (°C)                                 | 140(断熱) | 123                      | —                         |
| 3段吸入温度 (°C)                                 | 40      | 21                       | —                         |
| 3段吐出温度 (°C)                                 | 137(断熱) | 151                      | —                         |
| 4段吸入温度 (°C)                                 | 40      | 22                       | —                         |
| 4段吐出温度(AC前)(°C)                             | 126(断熱) | 116                      | —                         |
| 4段吐出温度(AC後)(°C)                             | 40      | 22                       | —                         |
| 質量流量 (kg/h)                                 | 134     | 158                      | —                         |
| 体積流量 (Nm <sup>3</sup> /h)<br>(実測圧力・温度換算へ-入) | 1500    | 1593<br>(実測圧力、<br>温度へ-入) | 1580 ※1 → 1500<br>(+5.3%) |
| 軸動力 (kW)                                    | 287     | 336                      | 355 ※2 → 337 ※3 (<350)    |

### 油分(潤滑油)分析結果

|                   | 結果             | 判定 |
|-------------------|----------------|----|
| 1回目<br>(実施日9/27)  | ミスト成分 <0.01ppm | OK |
| 2回目<br>(実施日10/16) | ミスト成分 <0.01ppm | OK |

- (1)サンプリング容器内にガスを捕集  
(2)活性炭によりミスト成分を捕集し、ミスト状で存在するC13以上を定量

装置 : ガスクロマトグラフ  
検出器 : 水素炎イオン化検出器

# 4-C. 成果、目標の達成度

## 【(2)高圧出荷装置技術開発】

| 要素技術           | 目標・指標   | 成果  | 達成度 |
|----------------|---|---|-----|
| ③圧縮機の高耐久システム技術 | ・単独負荷運転終了後の部材健全性評価、摩耗量測定による実用設備に必要な圧縮機の耐摩耗部材選定による耐久性の評価 | 最終仕様部品の摩耗量測定及び寸法変化測定によりシール部品、バルブ部品、ベアリング類の寿命評価を実施し、いずれも9500時間以上の寿命想定であった。また、水素環境下の高圧機器金属材料の非破壊検査を実施し健全性を確認した。 | 達成  |

(例) シール部品の寿命評価  
ピストンリング及びライダーリングの摩耗量(平均値)を確認し、9500時間運転に対応可能であることを確認した。

| No. | 部品名           | 材質   | 摩耗率<br>(mm/h) | 運転<br>時間 | 推定寿命<br>(時間) |
|-----|---------------|------|---------------|----------|--------------|
| 1   | 1段ピストン<br>リング | PTFE | 0             | 521      | 9500 以上      |
|     | 2段ピストン<br>リング | PTFE | 0             | 521      | 9500 以上      |
|     | 3段ピストン<br>リング | PEEK | 0.000110      | 408      | 9500 以上      |
|     | 4段ピストン<br>リング | PEEK | 0.000111      | 360      | 9500 以上      |
| 2   | 1段ライダー<br>リング | PTFE | 0             | 521      | 9500 以上      |
|     | 2段ライダー<br>リング | PTFE | 0.000077      | 521      | 9500 以上      |
|     | 3段ライダー<br>リング | PTFE | 0.000058      | 521      | 9500 以上      |
|     | 4段ライダー<br>リング | PTFE | 0             | 521      | 9500 以上      |
| 3   | 1段ロッド<br>パッキン | PTFE | 0.000058      | 521      | 9500 以上      |
| 4   | 4段ロッド<br>パッキン | LBC  | 0             | 521      | 9500 以上      |
|     |               | PTFE | 0             | 408      | 9500 以上      |



4段吐出バルブ



1, 2段ピストン

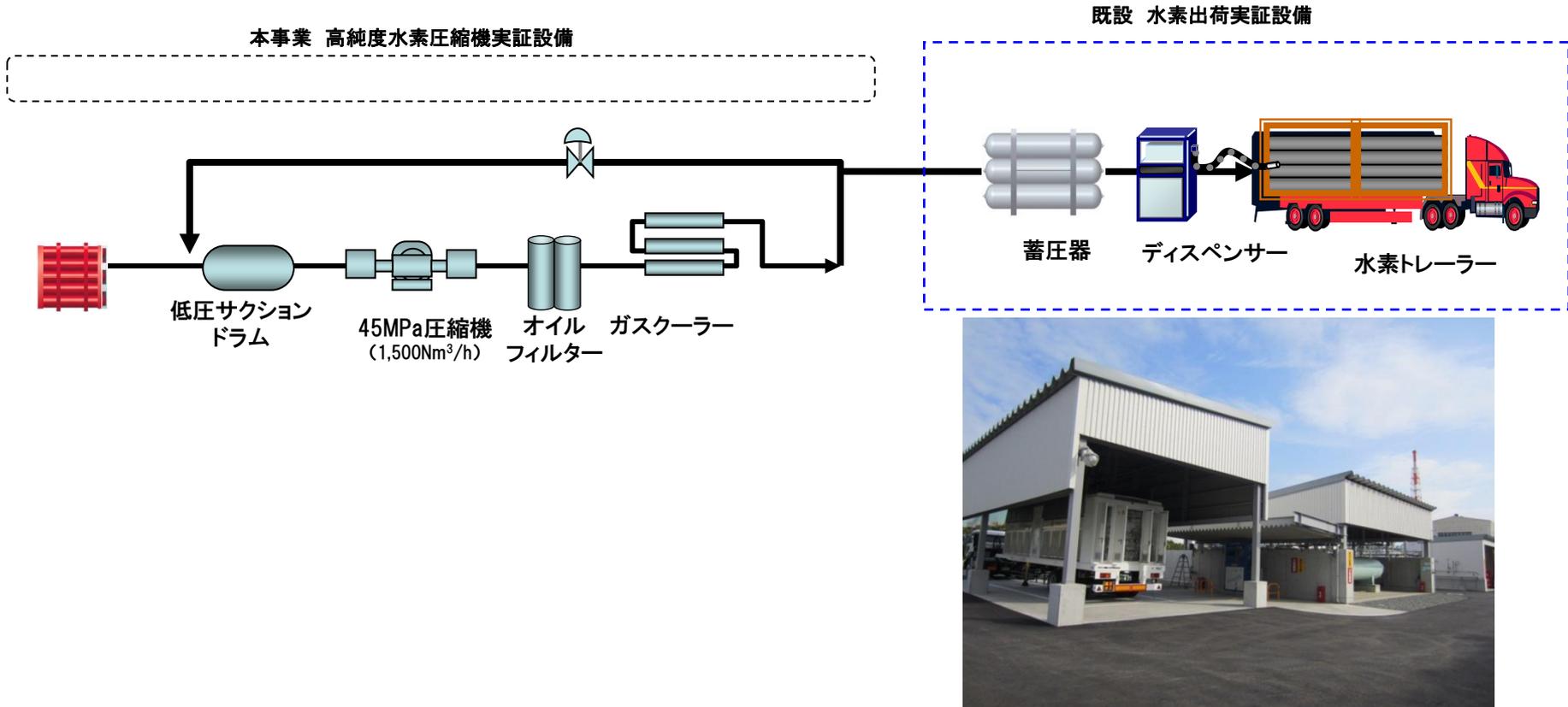


3, 4段ピストン

# 4-C. 成果、目標の達成度

## 【(2)高圧出荷装置技術開発】

| 要素技術             | 目標・指標   | 成果   | 達成度               |
|------------------|---|--|-------------------|
| ④トレーラー充填適用システム技術 | ・既存の出荷実証設備に移設し、水素の昇圧・蓄ガス・トレーラー充填までの連結運用を行うに十分な性能を有することを確認する | 大型蓄圧器、水素ディスペンサーを備えた既設の水素出荷実証設備に本開発大型圧縮機を移設・接合させ、高純度水素源から蓄圧器へ充填し、水素トレーラーへの水素供給が問題なく実施できることを確認(予定) | 未達成<br>(達成<br>予定) |



## 4-C. 成果、目標の達成度

### 【対外発表、特許出願等の成果】

|                  | 論文・発表 | 特許 |
|------------------|-------|----|
| (1) 高効率水素製造等技術開発 | 15    | 1  |
| (2) 高圧出荷装置技術開発   | 0     | 0  |
| 計                | 15    | 1  |

## 5-C. 事業化、波及効果

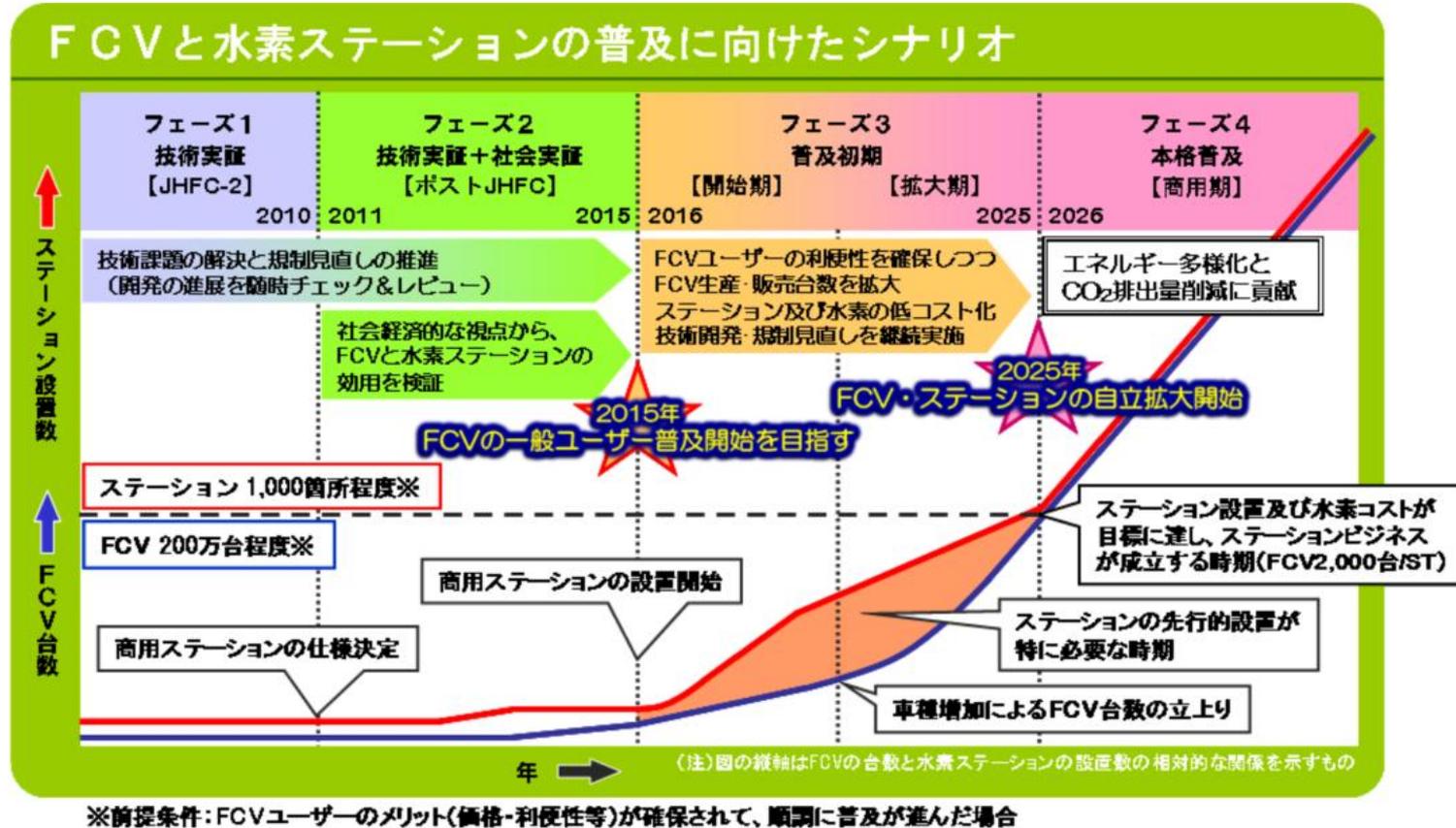
### 【事業化の見通し】

2015年に100箇所の水素ステーションが先行整備され、燃料電池自動車の普及が開始されるが、当面の間は、水素ステーションの稼働は極めて低い状態になると想定される。暫くは(新規の大規模な)水素製造出荷設備の設置はせず、産業ガスメーカーからの購入やオンサイト水素ステーションからの融通などにより水素を手当てするような状態が続くと考えられる。

したがって、2015年の時点で本成果が製油所に導入されることはないが、2015年以降、燃料電池自動車用の水素需要動向と製油所の定期修繕の時期を考慮した上で、製油所への設備導入時期を決定することとなる。

水素ステーション当たりの燃料電池自動車の台数が2000台／ステーションと見込まれる2025年頃には、本成果が複数の製油所に導入され、低コストの水素供給が可能となり、ステーションビジネスが成立すると想定される。

# (参考資料)2025年における水素需要量



本技術開発により、水素製造コストは従来技術であるPSAに比べて3円/Nm<sup>3</sup>低減することができる。

2025年 (FCV200万台、1000ST) で水素需要20億Nm<sup>3</sup>/年として、その内製油所からの出荷を5割とすると、10億Nm<sup>3</sup>/年。

10億nm<sup>3</sup>/年×3円=30億円/年のコスト削減となる。

# (参考資料)水素・燃料電池戦略協議会より

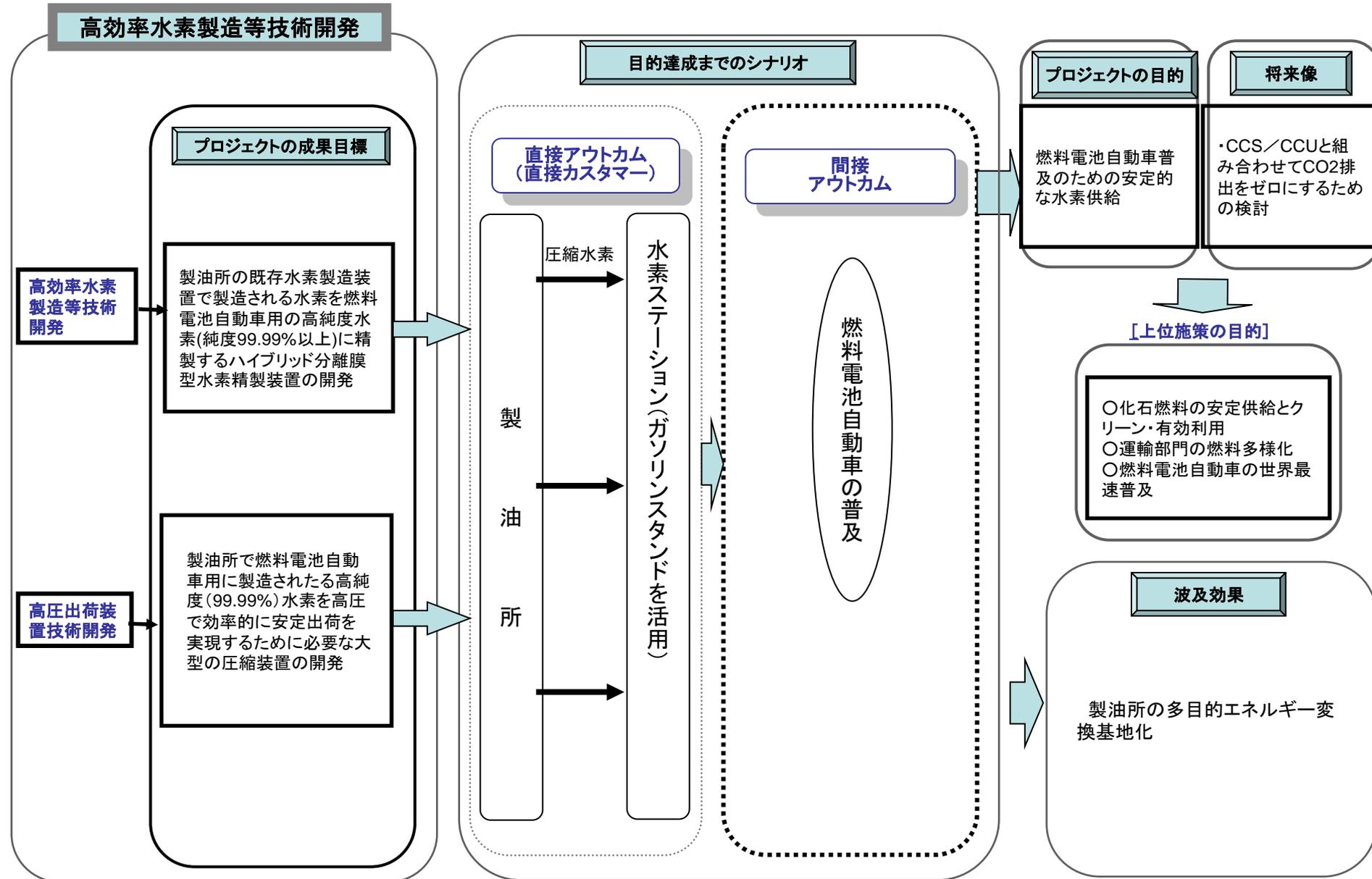
## 3-1. 水素の製造段階 ～水素の製造方法～

- 水素は様々な一次エネルギー源から製造することができる(化石燃料改質、電気分解、副生水素利用等)。他方、それが故に、水素エネルギーと言っても、水素供給量、製造コスト、環境負荷低減の度合い等は、どのように水素を製造するかで大きく異なる。
- ただし、各製造方法の定量的な比較は現時点においては存在しない。

|           | 実用化段階                   | 安定性                   | 環境性 (CO2排出)                | 経済性                     |
|-----------|-------------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------|
| 副生水素      | 種類によるが既に導入されているものが多い。   | 本来の目的となる製品の生産量に左右される。 | CO2は排出されるが追加的な環境負荷は無い。     | 副次的に生産されるものを活用するため経済的。  |
| 化石燃料改質    | 既に導入されており実用化段階          | 安定的かつ大規模に生産が可能。       | CCS等を用いない限り、CO2が排出される。     | 技術的に確立しており、比較的安価に製造が可能。 |
| 水電解 (火力)  | 既に導入されており実用化段階          | 安定的かつ大規模に生産が可能。       | CCS等を用いない限り、発電時にCO2が排出される。 | 改質に比べると高コストだが比較的安価。     |
| 水電解 (再エネ) | 技術的には確立。再エネ発電の低コスト化が課題。 | 再エネの種類によっては出力変動が存在。   | CO2は排出されない。                | 再エネ電力を活用するため一般的にコストは高い。 |
| バイオマス     | 技術的には確立しているが低コスト化が課題。   | 供給地が分散している。           | CO2排出量はゼロとみなすことができる。       | 現段階ではコストは高い。            |
| 熱分解       | 研究開発段階(一部実証研究も実施)       | 安定的な供給が可能。            | 利用する熱を何から取るかによって異なる。       | N. A.                   |
| 光触媒       | 基礎研究段階(現在の変換効率は0.5%程度)  | 気象条件に左右される。           | CO2は排出されない。                | N. A.                   |

※ 上表は、現段階での技術レベルや有識者へのヒアリング等をもとに作成したおおよその比較イメージ

# プロジェクトのアウトカム(プロジェクトの成果が及ぼす効果等)



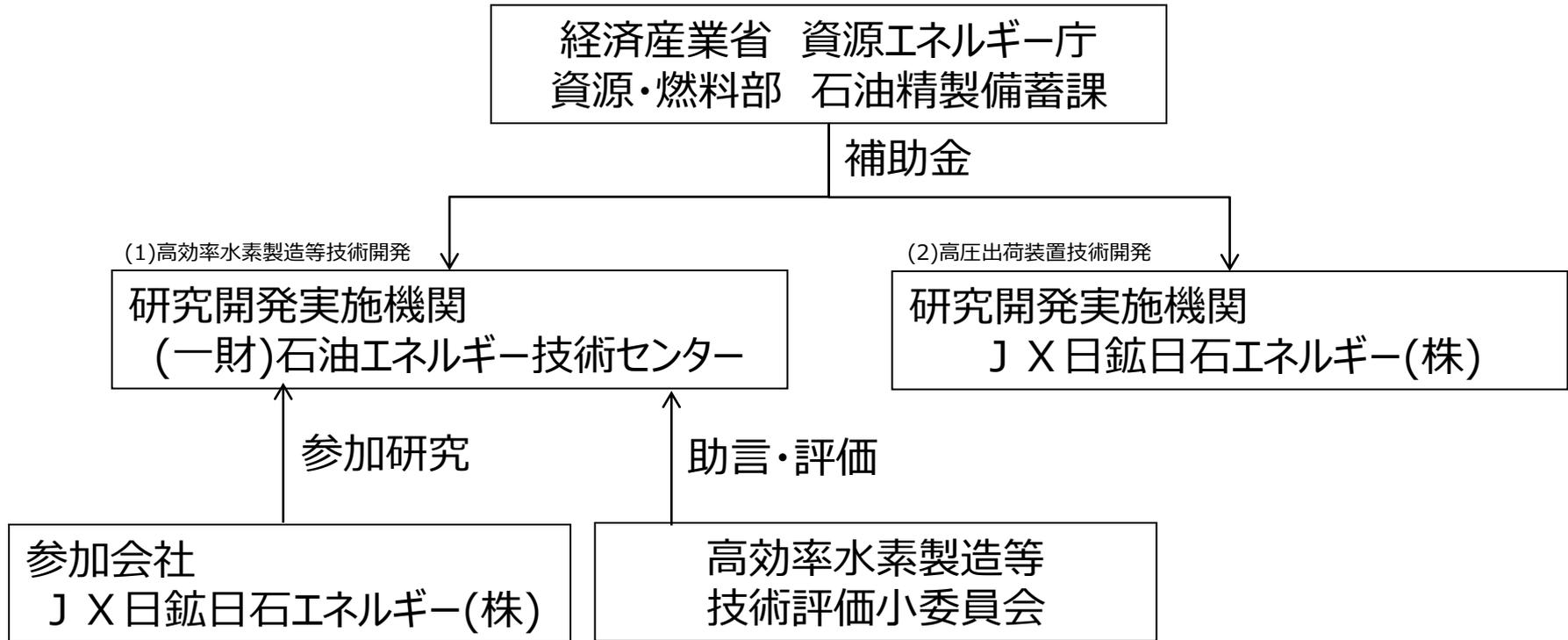
## 6-C. 研究開発マネジメント・体制等

### 【研究開発計画】

|                 | 平成23年度               | 平成24年度         | 平成25年度          |
|-----------------|----------------------|----------------|-----------------|
| (1)高効率水素製造等技術開発 | 耐不純物性のある膜・膜分離プロセスの開発 |                |                 |
|                 | 大型分離膜量産技術の確立         |                |                 |
|                 | 高純度水素ガス圧縮システムの開発     |                |                 |
|                 | 低濃度水素回収システムの開発       |                |                 |
|                 |                      |                | 実環境試験下での長期評価    |
| (2)高圧出荷設備技術開発   |                      | 高純度水素圧縮機的设计・建設 |                 |
|                 |                      |                | 設備高信頼性システム技術の開発 |
|                 |                      |                | 圧縮機の高耐久システム技術   |
|                 |                      |                | トレーラー充填適用システム技術 |

# 6 - C. 研究開発マネジメント・体制等

## 【研究開発実施体制】



## 6 - C. 研究開発マネジメント・体制等

### 【資金配分】

(単位:百万円)

|                  | 平成23年度 | 平成24年度 | 平成25年度 | 合計  |
|------------------|--------|--------|--------|-----|
| 将来型燃料高度利用技術開発    |        |        |        |     |
| (1) 高効率水素製造等技術開発 | 80     | 225    | 80     | 385 |
| (2) 高圧出荷装置技術開発   | 0      | 301    | 138    | 439 |
| 合 計              | 80     | 526    | 218    | 824 |

### 【費用対効果】

本事業は、約8億円(平成23年度から平成25年度までの3年間の補助費)を投入した事業であるが、全体的に見ると各テーマにおいて当初設定した目標がおおむね達成される見込みであり、水素社会の早期実現に向け、本事業の費用対効果は大きいものと考えられる。

## 7 - C. 事前評価の結果

### 【産業構造審議会 産業技術分科会 評価小委員会(第32回)の評価コメント 平成22年7月7日】

- ・石油精製設備では水素製造が必要であり、この拡大的利用は一つの選択肢になり得る。しかしCO<sub>2</sub> 排出削減の観点からは、石油ベースの水素供給には限界があり、LCA 的な評価が必要と思われる。
- ・水素の膜分離は重要な技術である。これまでも多くの試みがなされてきており、これらの成果の十分な活用を期待したい。
- ・この技術開発の成果を導入することによって、水素製造の生産性がどの程度改善すると期待できるかの検討が必要である。
- ・将来の燃料電池車実用化を睨んで水素供給のインフラを整備しておくことは国の施策として重要である。今後の燃料電池車の普及の状況は電気自動車等他の選択肢も含めて現時点では予断を許さない。技術の水準、コスト、社会ニーズなどを踏まえてプロジェクトとして柔軟な対応が出来ることが望ましい。

# 8-A. 評価

## 8-1-C. 評価検討会

### 評価検討会名称

石油精製・利用技術関連分野に係る技術に関する施策・事業評価検討会

### 座長

松方 正彦

早稲田大学理工学術院先進理工学研究科 教授

### 評価検討会委員

### 委員

内山 洋司

筑波大学大学院システム情報系 教授  
産学リエゾン共同研究センター長

小川 芳樹

東洋大学大学院経済学研究科 教授

小野崎 正樹

一般財団法人エネルギー総合工学研究所  
プロジェクト試験研究部 部長／理事

黒川 俊夫

株式会社価値総合研究所 特別相談役

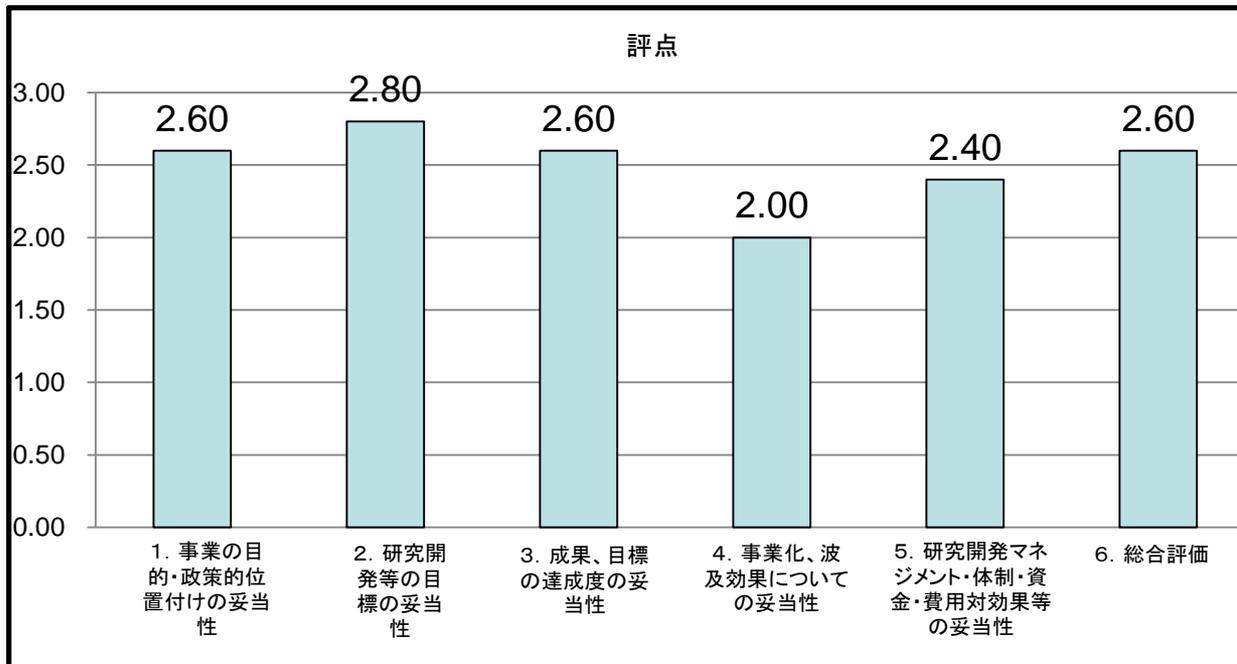
## 8-2-C. 総合評価(コメント)

- 国が掲げる「水素社会の実現」に向け、現時点で最も現実的に水素の供給源となり得る製油所での高効率水素製造・供給技術の開発は、経済性を高める上で非常に意義深いものであり、今回の研究成果が商用化規模の大型施設に生かされることが望まれる。また、既存の製油所が単に従来型の石油燃料を供給する役割からその既存能力を活用して将来のエネルギー供給に重要な役割を果たせるように脱却を図るこのプロジェクトのねらいは大いに評価される。
  
- 水素トレーラーへの水素供給が問題なく実施できる点等、実際の水素供給の実現を考えると重要なポイントについて、評価時に完了しておらず達成見込みとなっている点についても、確実な達成が望まれる。また、実用化に向けて海外の技術に勝る革新的な技術開発が進められ、特許の件数を増加していくことが望まれるが、そのためには、実現可能性の検証を一步踏み込んでできる研究開発マネジメント体制が必要である。

## 8-3-C. 評点結果

○「経済産業省技術評価指針」に基づき、プロジェクト事後評価において、評点法による評価を実施した。

○事業全体としては高い評価が得られたが、事業化については、本事業を踏まえて商用化のための実証が必要であることから、2.20点となった。



### 【評価項目の判定基準】

評価項目1.~5.

3点: 非常に重要又は非常によい

2点: 重要又はよい

1点: 概ね妥当

0点: 妥当でない

6. 総合評価

3点: 実施された事業は、優れていた。

2点: 実施された事業は、良かった。

1点: 実施された事業は、成果等が今一步のところがあった。

0点: 実施された事業は、成果等が極めて不十分であった。

## 9-C. 提言及び提言に対する対処方針

### 今後の研究開発の方向等に関する提言

- 燃料電池自動車の普及には水素供給のインフラ整備が不可欠であるが、製油所は一定の役割を果たすことができると考えられることから、ハイブリッド分離膜水素精製システムの実証レベルでの開発や、供給チェーンの確立を実証する事業を継続することが必要である。

### 提言に対する対処方針

- 本事業の成果については、NEDO・HySUTで実施している水素供給インフラの実証事業と一体化して、引き続き実証を進めていく予定。

## D. 重質油等高度対応処理技術開発

# 1-D. 重質油等高度対応処理技術開発の概要

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <p><b>概 要</b></p>             | <p>原油の重質化、需要の白油化、国内需要の減少など、今後の石油を巡る厳しい内外環境の中で、我が国が中長期的にも持続的に石油の安定供給を維持するためには、残渣油やより重質な原油を効率的に精製できる体制を早急に整え、石油の有効利用を最大限進める必要がある。このような課題に対応するための技術開発を推進し、当該技術の製油所への実装を図ることを通じて、我が国の石油の安定供給を確保する。</p> |
| <p><b>実施期間</b></p>            | <p>平成23年度～平成27年度 （5年間）</p>   |
| <p><b>予算総額</b></p>            | <p>41.6億円(基盤技術開発:18.3億円 実証化技術開発:23.3億円)<br/>         基盤 (平成23年度:4.7億円 平成24年度:6.8億円 平成25年度:6.8億円)<br/>         実証化(平成23年度:7.4億円 平成24年度:7.2億円 平成25年度:8.7億円)</p>                                      |
| <p><b>実施者</b></p>             | <p>一般財団法人石油エネルギー技術センター</p>   |
| <p><b>プロジェクト<br/>リーダー</b></p> | <p>技術企画部長 木村 繁</p>   |

## 2-D. 事業の目的・政策的位置付け

### 【事業の目的】

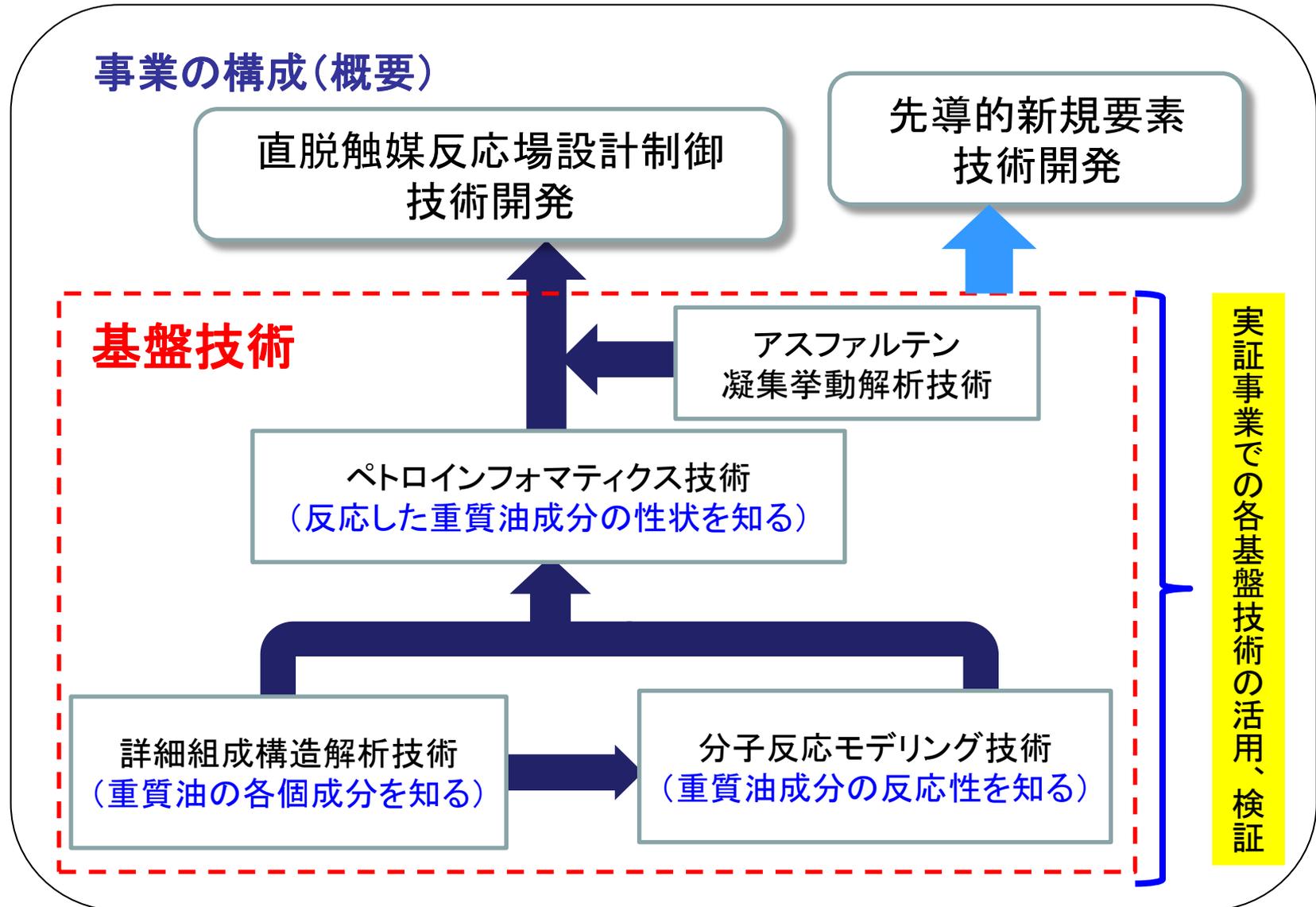
原油の重質化、需要の白油化、国内需要の減少など、今後の石油を巡る厳しい内外環境の中で、我が国が中長期的にも持続的に石油の安定供給を維持するためには、残渣油やより重質な原油を効率的に精製できる体制を早急に整え、石油の有効利用を最大限進める取り組みが求められている。

複雑な混合物である原油や中間製品を含む石油成分の構造を特定・定量するとともに、反応モデリング等のコンピュータ技術を駆使し反応・分離挙動の分子レベルでの把握を実現すること等により、重質油分解を初めとする高度な石油精製プロセスにおける反応装置等の革新的な最適化を行い、石油の安定供給を図る。

具体的には、以下の5項目を要素技術として、開発を行う。

- (1) 詳細組成構造解析技術の開発
- (2) 重質油分子反応モデリング技術の開発
- (3) ペトロインフォマティクス技術の開発
- (4) アスファルテン凝集挙動解析技術の開発
- (5) 実証事業に資する新規要素技術の開発

## 2-D. 事業の目的・政策的位置付け



## 2-D. 事業の目的・政策的位置付け

### 【政策的位置付け①】エネルギー基本計画(平成22年6月閣議決定)

#### 第3章 第1節 資源確保・安定供給強化への総合的取組

##### 2. 国内における石油製品サプライチェーンの維持

##### (1) 国内における石油の安定供給を担う石油精製業の維持強化

我が国の石油精製部門は、供給される原油の重質化や、国内石油製品需要の白油化及び構造的な減少、新興国を中心とした世界的な石油需要の増加、海外における大規模かつ最新鋭の製油所の新增設など諸情勢の変化に直面している。

このような環境変化に十全に対応し、国内における石油の安定供給を引き続き担うことが必要である。このため、重質油分解能力の向上や、石油コンビナート域内の連携を通じた競争力の強化に取り組むとともに、精製機能の集約強化による抜本的な構造調整等を進め、経営基盤の強化を図る。

また、**重質油等を高効率に分解する精製技術など、革新的な石油精製技術の開発を促進する。**

## 2-D. 事業の目的・政策的立場付け

### 【政策的立場付け①】エネルギー基本計画(平成22年6月閣議決定)

#### 第3章 第2節 自立的かつ環境調和的なエネルギー供給構造の実現

##### 3. 化石燃料の高度利用

##### (2) 石油の高度利用

##### ① 目指すべき姿

原油の重質化や国内石油製品需要の白油化等に対応しつつ、石油の有効な利用を促進するため、石油残渣等の高度利用の取組を推進する。

##### ② 具体的な取組

新興国を中心とした世界的な石油需要の増加、原油の重質化・石油需要の白油化等、石油をめぐる諸情勢を踏まえ、抜本的な重質油分解能力の向上を図る。また、各コンビナートの特長を活かした連携を支援し、石油精製と石油化学等の異業種との戦略的連携支援を通じ、国際競争力・経営基盤を強化する。さらに、低品位な石油留分から付加価値の高い石油留分を製造する技術や、重質油やオイルサンド等非在来型原油の利用性を高めるための技術等、革新的な石油精製技術の開発を実施する。

## 2-D. 事業の目的・政策的位置付け

### 【政策的位置付け②】エネルギー供給構造高度化法(平成21年法律第72号)

#### エネルギー供給構造高度化法に関する基本方針(平成22年7月告示)

また、化石エネルギー原料として利用される原油等(化石エネルギー原料として利用される原油その他の揮発油、灯油、軽油又は重油の原料をいう。以下同じ。)については、国内の石油製品需要は減少傾向にあるものの、将来においても我が国の一次エネルギー供給の相当程度を占める重要なエネルギー源であり、重質油分解能力の向上(重質油分解装置の装備率の向上、設備の運転面の改善等をいう。以下同じ。)、コンビナート連携の促進、**関連技術の開発の推進等を通じて、その有効な利用を図ることが重要である**。原油等の有効な利用を促進する見地から必要な事項は、以下の原油等の有効な利用の促進に関する基本方針に示すとおりとする。

#### ○原油等の有効な利用の促進に関する基本方針

##### 第一 事業者が講ずべき措置に関する事項

特定燃料製品供給事業者のうち揮発油、灯油、軽油又は重油の製造をして供給する事業を行うもの(以下「石油精製業者」という。)は、石油をめぐる諸情勢を勘案し、重質油分解能力の向上、コンビナート連携の促進、関連技術の開発の推進等を通じて、原油等の有効な利用に取り組むこととする。

##### 第二 施策に関する事項

**国は**、石油をめぐる諸情勢を踏まえ、石油精製業者による原油等の有効な利用に係る取組が適切かつ円滑に進むよう、重質油分解装置の装備率の向上に係る基準を定め、着実に運用するとともに、石油精製業者による重質油分解能力の向上のための設備の運転面の改善等を促し、コンビナート連携の促進、**関連技術の開発の推進等に係る所要の環境整備を進める**こととする。

## 2-D. 事業の目的・政策的位置付け

### **【政策的位置付け②】エネルギー供給構造高度化法(平成21年法律第72号) 原油等の有効な利用に関する石油精製業者の判断の基準(平成22年7月告示)**

エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律(平成21年法律第72号)に規定する特定燃料製品供給事業者のうち同法施行令(平成21年政令第222号)に規定する揮発油、灯油、軽油又は重油の製造をして供給する事業を行うものは、新興国を中心とした世界的な石油需要の増加、原油の重質化・石油需要の白油化、国内石油需要の減少等の石油をめぐる厳しい内外環境の中で、原油等の有効な利用の重要性にかんがみ、その主たる取組として、**抜本的な重質油分解能力の向上を図ることが重要である。**

石油精製業者は、重質油分解能力の向上のための措置に取り組むこと。

#### **②重質油分解能力の向上のための技術開発**

**次に掲げる重質油分解能力を向上させるための技術の開発を促進すること。**

- i) 残油から飛躍的に高効率に揮発油、灯油、軽油等を生産するための革新的な分解技術**
- ii) 超重質油、オイルサンド等の非在来型原油から揮発油、灯油、軽油等を効率的に生産するための技術**

## 2-D. 事業の目的・政策的な位置付け

### 【政策的な位置付け③】科学技術イノベーション総合戦略

(平成25年6月閣議決定)

平成25年6月に閣議決定された「科学技術イノベーション総合戦略」の「エネルギー分野」で設定された8つの項目のうち「(3)エネルギー源・資源の多様化」において下図のとおり導入シナリオが示されている。

#### (3)エネルギー源・資源の多様化

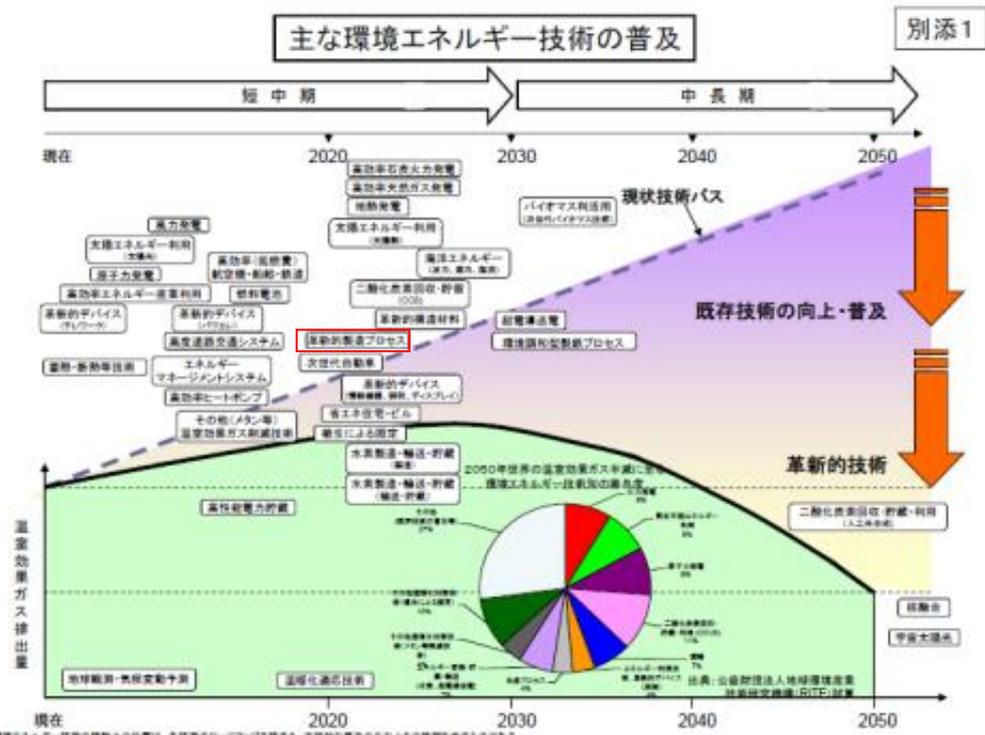
エネルギー(3)

| (続き)                   |   |   |   |       |
|------------------------|---|---|---|-------|
| 【主な取組】                 | 現在  | 2015年   | 2020年   | 2030年 |
| <b>&lt;革新的触媒技術&gt;</b> |   |   |   |       |
|                        | <input type="checkbox"/> 要素技術開発<br>- 光触媒開発<br>- 水素分離膜開発<br><input checked="" type="checkbox"/> 二酸化炭素資源化触媒開発<br><input checked="" type="checkbox"/> 重質油等高度対応処理技術開発 | <input type="checkbox"/> 要素技術開発<br>- 光触媒エネルギー変換効率3%到達<br>- 水素分離膜モジュール仕様化<br>- 投入した水素または二酸化炭素由来の炭素のオレフィン導入率80%<br><input checked="" type="checkbox"/> 重質油等高度対応処理技術開発<br><input type="checkbox"/> 実用化技術開発<br>- 人工光合成プロセスの開発 | <input type="checkbox"/> 要素技術開発<br><input type="checkbox"/> 実用化技術開発<br>- 同技術を実用化  |       |
| <b>&lt;バイオ燃料&gt;</b>   |   |   |   |       |
|                        | <input type="checkbox"/> 要素技術開発<br>- 微細藻類由来の燃料製造技術開発<br>- セルロース系由来の燃料製造技術開発<br><input type="checkbox"/> 実用化技術開発<br>- セルロース系由来燃料の生産システム開発                          | <input type="checkbox"/> 要素技術開発<br>- 微細藻類由来の燃料製造技術開発<br>- セルロース系由来燃料の製造コスト低減<br><input type="checkbox"/> 実用化技術開発<br>- バイオエタノール生産設備の拡大・整備  | <input type="checkbox"/> 要素技術開発<br>- 微細藻類由来の燃料製造技術開発<br>- セルロース系由来燃料の製造コスト低減<br><input type="checkbox"/> 実用化技術開発<br>- バイオエタノールの生産規模拡大 |       |

# 2-D. 事業の目的・政策的な位置付け

## 【政策的な位置付け④】環境エネルギー技術革新計画(平成25年9月)

総合科学技術会議環境エネルギー技術革新計画(2008年総合科学技術会議)の改訂が行われた。この中で、37の「革新的技術」を特定し、「いつまでに」「どのレベルまで」技術を向上させるのかを時間軸に沿った指針として2050年までのロードマップが示されている。



※1 環境エネルギー技術の軌道上的位置は、各種技術ロードマップを踏まえ、革新的な普及の促進と併せて検討するものである。  
 ※2 温室効果ガス削減量の約70%は2050年に世界の温室効果ガス削減に向けた技術開発のイメージを軸とするものである。  
 注：現状技術バスは、各種技術の向上(例えば、再生エネルギーの発電効率)がもたらす場合の削減量のイメージを示すものである。

# 2-D. 事業の目的・政策的立場

## 【政策的立場④】環境エネルギー技術革新計画(平成25年9月)

平成25年9月に取り纏められた「環境エネルギー技術革新計画」において下図のとおり革新的製造プロセスの1つとして本技術の導入シナリオが示されている。

### 27. 革新的製造プロセス(その他製造プロセス)

**技術の概要**

○世界最高水準の省エネレベルを実現する我が国製造業において一層の省エネを実現するための製造プロセスや省エネ材料等の技術。具体的には、

- ・省エネ型石油精製プロセス技術
- ・非鉄金属材料製造プロセスの抜本的な効率改善技術
- ・ポンプ動力を削減する低圧損分離膜
- ・省エネ型アンモニア製造(触媒法、電解法等)技術
- ・省エネ型セメント製造プロセス技術 等

○IEAのEnergy Technology Perspectives 2012によると、革新的技術の開発・普及による世界全体の2050年時点のCO<sub>2</sub>排出削減ポテンシャルは、化学品製造プロセスで約16億トン、セメント製造プロセスで約11億トンと試算。

**我が国の技術開発の動向・課題**

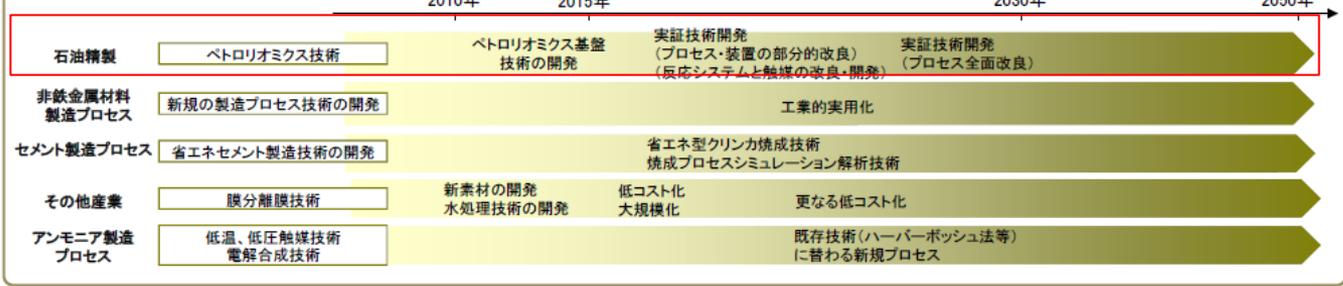
○石油精製業においては、革新的精製プロセスの構築に向け、超多成分複雑混合系である石油の分子構造分析技術や反応経路シミュレーション技術等から成る「ペトロリオミクス技術」の開発を行っている。

○経済産業省では、「革新的セメント製造プロセス基盤技術開発」事業において、エネルギー消費の8~9割を占めるクリンカ焼成工程の焼成温度の低下または焼成時間の短縮を主とする革新的なセメント製造プロセスの基盤技術を開発中。クリンカの焼成工程における、複雑な熱化学反応をシミュレーションする技術、温度状態等を計測する技術、焼成温度低下等の効果がある物質(触媒)の開発等が課題。

○NEDOでは、「革新的膜分離技術の開発」事業において、省エネルギー型のRO膜、NF膜の開発を進めており、現在事業化検討フェーズにある。

○文部科学省では、2030年の実用化を目指し、省エネルギー型のアンモニア製造に向けた革新的触媒の開発を行っている。

### 技術ロードマップ



### 国際動向

**普及の現状**

○EUでは第7次技術開発枠組計画(FP7)の一環として、2050年までにGHG排出量の80%削減に向け、個別の技術要素の開発に対する研究補助を実施している。

**技術開発の動向**

○米国では、エネルギー省の支援を受けて、セメント製造設備からのCO<sub>2</sub>を含む燃焼排ガスを処理する技術の開発を実施している。製紙プロセスのCO<sub>2</sub>削減のため、新素材膜を開発し、黒液を蒸発させる工程を5段階から3段階に短縮する研究、蒸気サイクルを使ったバブル洗浄技術の開発等を実施している。

○EUでは、第7次技術開発枠組計画(FP7)の中で、建設廃材からのセメントとグリーン骨材生産の最新技術や、高い強度及び経済性、環境性を有するセメントのための新たな

微生物的炭酸塩技術、より持続可能な建設事業のためのグリーンコンクリート等に対する支援が行われている。ナノセルロースの活用による軽量、多機能な紙製品の実用化、黒液ガス化によるジメチルエーテル製造技術の開発も、FP7の中で推進されている。

**我が国の国際競争力**

○「ペトロリオミクス技術」は、日本が最も実用化を視野に入れた包括的・体系的な研究開発を行っている。

○非鉄金属材料製造技術については、現行プロセスの発明以来、世界的にも基本的な製造プロセスの革新は行われておらず、生産性を向上した新規の製造プロセス技術の開発を目指している。

○膜分離技術は日本が世界の技術レベルで先行している分野である。

# 3-D. 目標

| 目標・指標<br>(事後評価時点)   | 目標・指標<br>(中間評価時点)   | 設定理由・根拠等   |
|---|---|--|
| <p>・基盤技術である「詳細組成構造解析技術」、「分子反応モデリング」及び個別要素技術として「アスファルテン凝集挙動解析技術」が確立し、一連のものが「ペトロインフォマティクスプラットフォーム」に取り込まれ、詳細組成構造を起点とする重質油の反応性、物性推算技術が体系的に構築されている。</p> <p>・重油直接脱硫装置の反応器内の流動と反応を連成させたシミュレータが開発され、触媒、反応器の設計指針及び運転管理技術に活用できる基盤技術が確立している。</p> | <p>・重質油に含まれる化合物を分子レベルで解明する「詳細組成構造解析技術」及び分子レベルで反応を解析する「分子反応モデリング技術」の基礎が確立され、これらをITにより有機的に結合する「ペトロインフォマティクス」の基本設計が完了し、この中のデータベースの仕様が固まっている。</p> <p>・重質油の反応における反応阻害物質の一つであるアスファルテンに対し、凝集及び緩和状態を評価する手法が整理され、基礎的な技術開発に着手している。</p> <p>・重油直接脱硫装置のシミュレータ開発に必要な要件が明示され、開発手順が具体化されている。</p> <p>・開発した各要素技術を活用し、実証化事業との連携の仕組みが構築されている。</p> | <p>・原油の重質化、燃料油需要の白油化、国内の燃料油需要の長期低落など、今後の石油産業を巡る厳しい内外環境の中で、我が国が中長期的にも持続的に石油の安定供給を維持するためには、残渣油や更なる重質原油を効率的に精製できる体制を早急に整え、石油の有効利用を最大限進める取り組みが求められている。</p> <p>複雑な混合物である原油や重質油に含まれる化合物の構造を特定・定量し、反応・分離挙動を分子レベルで把握することにより、重質油分解を始めとする石油精製プロセスにおける反応装置等を真に革新的なレベルで改良あるいは新規開発し、石油の安定供給に資する意義は極めて大きい。</p> |

## 4-D. 成果、目標の達成度

研究開発は順調に進められ、現時点までに各個別要素技術において当初設定した中間目標を達成、或いは達成できる見込が得られている。

| 要素技術                  | 目標・指標<br>(中間評価時点)   | 現在までの成果   | 中間目標の<br>達成度 |
|-----------------------|---|---|--------------|
| (1) 重質油の詳細組成構造解析技術の開発 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・分離前処理技術の基礎(7分画)を確立すると共に、3～4環程度の芳香環を有する化合物及び窒素、硫黄を含むヘテロ化合物の組成を明らかにする技術を確立する。</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>・重質油の分離方法を回収率95%の高収率で7分画に分取する方法を確立した</li> <li>・超高分解能質量分析法を用いて、詳細組成構造解析技術を確立した</li> <li>・窒素、硫黄化合物の他、ポルフィリン骨格を有する金属含有化合物の詳細構造を明らかにした</li> <li>・本技術を実証開発技術に適用し、技術開発の方向性を提示した</li> </ul> | 達成           |
| (2) 分子反応モデリング技術の開発    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・軽油の超深度脱硫反応を、分子間の反応式として解析できる反応モデリング技術を確立する。</li> <li>・高速反応評価装置を立ち上げ、反応モデリングに必要な反応の速度定数を得ることができる技術を確立する。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・デラウエア大が開発した分子反応モデル解析ツールを基にしたJKMTを導入し、軽油超深脱／直脱モデルの原型となる脱硫反応の基本モデルを構築した</li> <li>・高速反応評価装置を立ち上げ、直留軽油の水素化脱硫について反応速度定数を評価できる技術を確立した。</li> </ul>   | 達成           |

## 4-D. 成果、目標の達成度

研究開発は順調に進められ、現時点までに各個別要素技術において当初設定した中間目標を達成、或いは達成できる見込が得られている。

| 要素技術                             | 目標・指標<br>(中間評価時点)  | 現在までの成果   | 中間目標の達成度 |
|----------------------------------|--|---|----------|
| (3) ペトロインフォマティクスの構築              | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ペトロリオミクスの膨大な情報を適切に管理し、次の技術開発でストレスなく活用できるデータベースシステムの基本設計を行うと共に、基盤的な要素技術および実証技術開発等からの情報を有機的に連結させるために必要となる新規ツールの抽出を行う。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ペトロリオミクスの情報を取り扱う技術に関する調査を基に、ペトロインフォマティクスの概念設計を行うと共に、ペトロインフォマティクスの構築に必要な機能や開発アイテムを具体化した。</li> </ul>                                    | 達成       |
| (4) アスファルテン凝集挙動解析技術の確立           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・種々の実験手法を用い、高温・高圧下におけるアスファルテン凝集挙動を把握する。</li> <li>・ハンセン溶解度パラメータを用いて、アスファルテンの凝集状態の定量的評価の可能性を検証する。</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・WAXS、NMR等、各実験手法において高温高圧条件でAs凝集を測定可能な技術を開発し、評価に着手した。</li> <li>・As及び各種溶媒のハンセン溶解度パラメータと上記実験データの対比からAs凝集度を定量的に記述できる新規モデルを構築した。</li> </ul> | 達成       |
| (5) 基盤技術を実証技術開発に活用するための新規要素技術の開発 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ペトロリオミクス技術が開発された事を想定し、次世代型製油所の全体像及び新規開発項目を具体化する。</li> <li>・超革新的製油所の全体像及び新規開発項目を具体化する。</li> </ul>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ペトロリオミクス技術に基づき、次世代型製油所の絵図面を描き、新規に開発すべき技術3件を抽出した。</li> </ul>   | 達成       |

# 4-D. 成果、目標の達成度



図4-1 詳細組成構造解析技術の概要

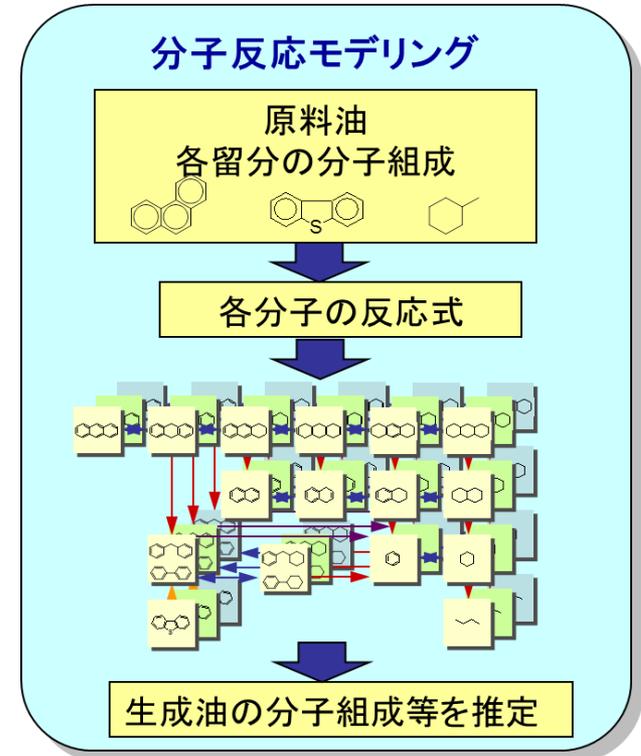


図4-2 分子反応モデリング開発技術のイメージ

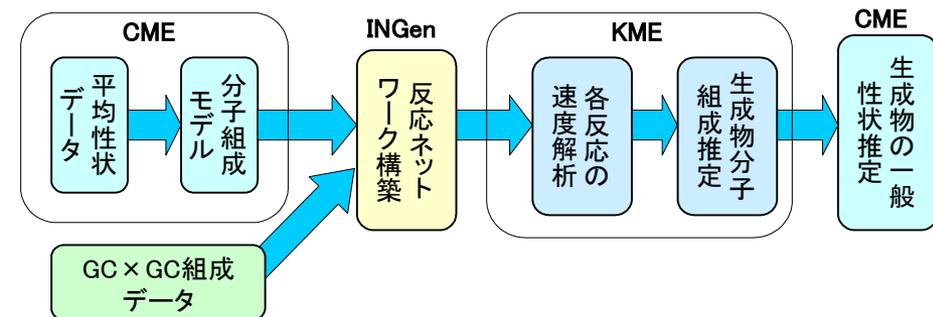


図4-3 KMTを用いた軽油超深脱の分子反応モデリングフロー

# 4-D. 成果、目標の達成度

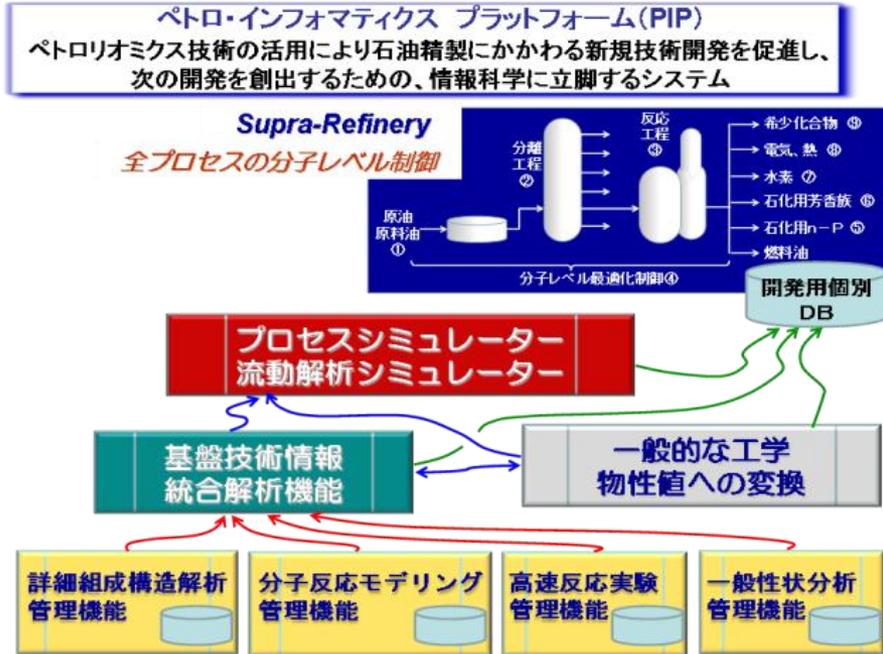


図4-4 開発技術の全体図(概要)

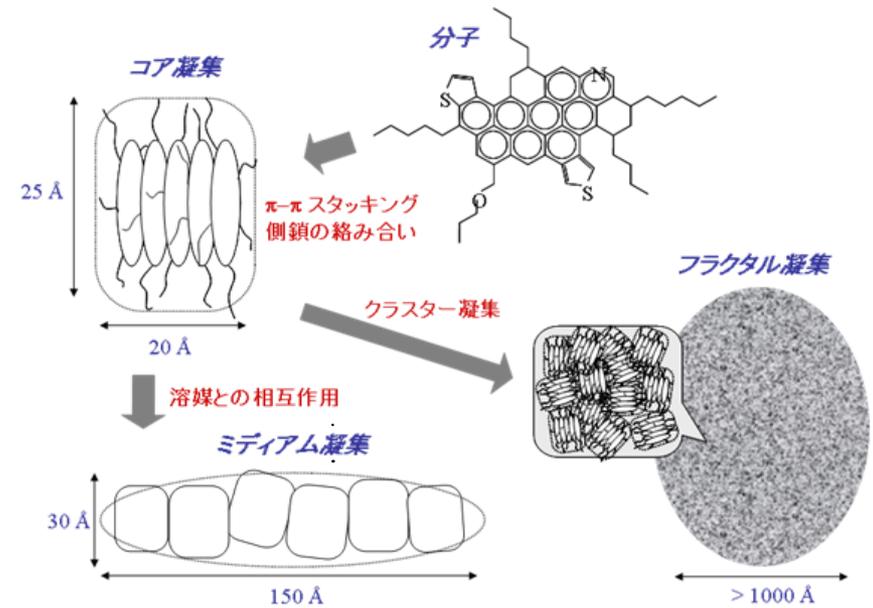


図4-5 アスファルテンの階層構造

## 4-D. 成果、目標の達成度

### 【対外発表、特許出願等の成果】

|                       | 論文 | 投稿 | 発表 | 特許出願 |
|-----------------------|----|----|----|------|
| (1)重質油等高度対応処理<br>技術開発 | 2  | 1  | 38 | 3    |

#### <出願特許>

- ・特開2013-249385 重質油の水素化処理方法
- ・出願中 2件

## 5-D. 事業化、波及効果

### 【事業化の見通し】

本事業(平成27年度)終了後、ペトロリオミクス基盤技術を商業ベースで直ちに現場に適用することは困難であり、実証事業の実施を通じて、事業化へつなげていく必要があると想定される。

しかしながら、速やかな事業化を目指すため、現時点で開発中の基盤技術のうち要素技術を実証事業として活用し、その成果を基盤技術開発にフィードバックするという取組を行っている。

具体的な取組内容の事例は以下のとおり。

#### (1) 高度前処理・水素化処理による重質油分解プロセス技術開発

重油脱硫装置に導入する常圧残油中のアスファルテンの凝集をペトロリオミクス基盤技術を活用して緩和する技術を開発し、触媒劣化抑制の効果及び処理量増大の可能性を見出した。

現在、実装置における検証実験を開始しており、実験室レベルで得られた効果が実機で再現できる事を確認している所である。

#### (2) 触媒劣化機構解明による難反応性原料の最適処理技術開発

重質油処理装置で生成された分解軽油は、軽油脱硫プロセスで難分解性を呈し、かつ触媒被毒として劣化を加速させる事が知られており、ペトロリオミクス技術を活用して分子レベルで触媒劣化機構を解明し、その知見を活用して最適な条件で重質原料油等処理する技術開発を行っている。

現在、窒素含有化合物及び芳香族化合物に着目し、組成と触媒劣化の関係について評価を実施している所である。

## 5-D. 事業化、波及効果

### 【波及効果】

主要な石油精製プロセス、中でも重質油にかかわるプロセスは、高い技術ハードルと燃料油としての用途がほとんどであるという点から、混合物状態の一般性状に基づく技術体系で構築されてきた。多目的エネルギー変換拠点化も含めて、石油から燃料油だけでなく、水素・電気・熱などのエネルギー媒体、石油化学原料あるいは中間製品を超高効率に併産し、さらには希少価値ある化合物も分離するには、石油を構成する化合物にまで踏み込んだ革新的な技術体系が必要となる。

ペトロリオミクス技術は、一般的な重質油のみならず、非在来型、あるいは劣質な超重質油までも、分子レベルの組成構造解析と主要な反応の分子レベルでのシミュレーションを可能とする。本技術によって、石油精製プロセスのあり方を根底から変革することが期待され、製油所の多目的エネルギー変換拠点化も技術的な裏付けを持つことになる。

ペトロリオミクス技術は大規模な技術体系であり、基盤技術開発から新規要素技術開発、実証技術開発を経て広範に実用される。実証技術開発では、既存プロセスの革新的効率化を手始めとして、重質油等からの超高効率な白油回収、石油の素材としての新規活用などへと展開する構想を持っている。

## 5-D. 事業化、波及効果

### 【波及効果】

また、本事業で期待される成果を活用した次世代型製油所の構想を石油学会を中心にWGを立ち上げ、調査及び討議を踏まえて検討し、以下の案を提起している。

平成25年度より、提起された新規要素技術については、個々の検討を開始し、実現性について評価を行う予定としている。

- (1) 構造を反映した分離技術
- (2) 分子構造に基づく分子反応モデリングを活用した選択的反応場／触媒の設計技術
- (3) 重質油分子組成を反映したプロセス設計／制御技術

並行して、これらの技術が完成した際に想定される「次世代型リファイナリプロセス」を描き出し、ケーススタディによるメリットの算出を実施する予定である。

1. ペトロリオミクスの基盤技術を確立
2. 重質油処理プロセスの性能を劇的に改善(例;直脱2年連続運転)
3. 原油を詳細分析し、製油所～石油化学のプロセスを真に最適操業化
4. 膜分離、溶剤抽出等を高度に組み合わせた超革新的製油所に変貌

劣質で安価な原油等から  
高付加価値品を圧倒的  
なコスト競争力で生産

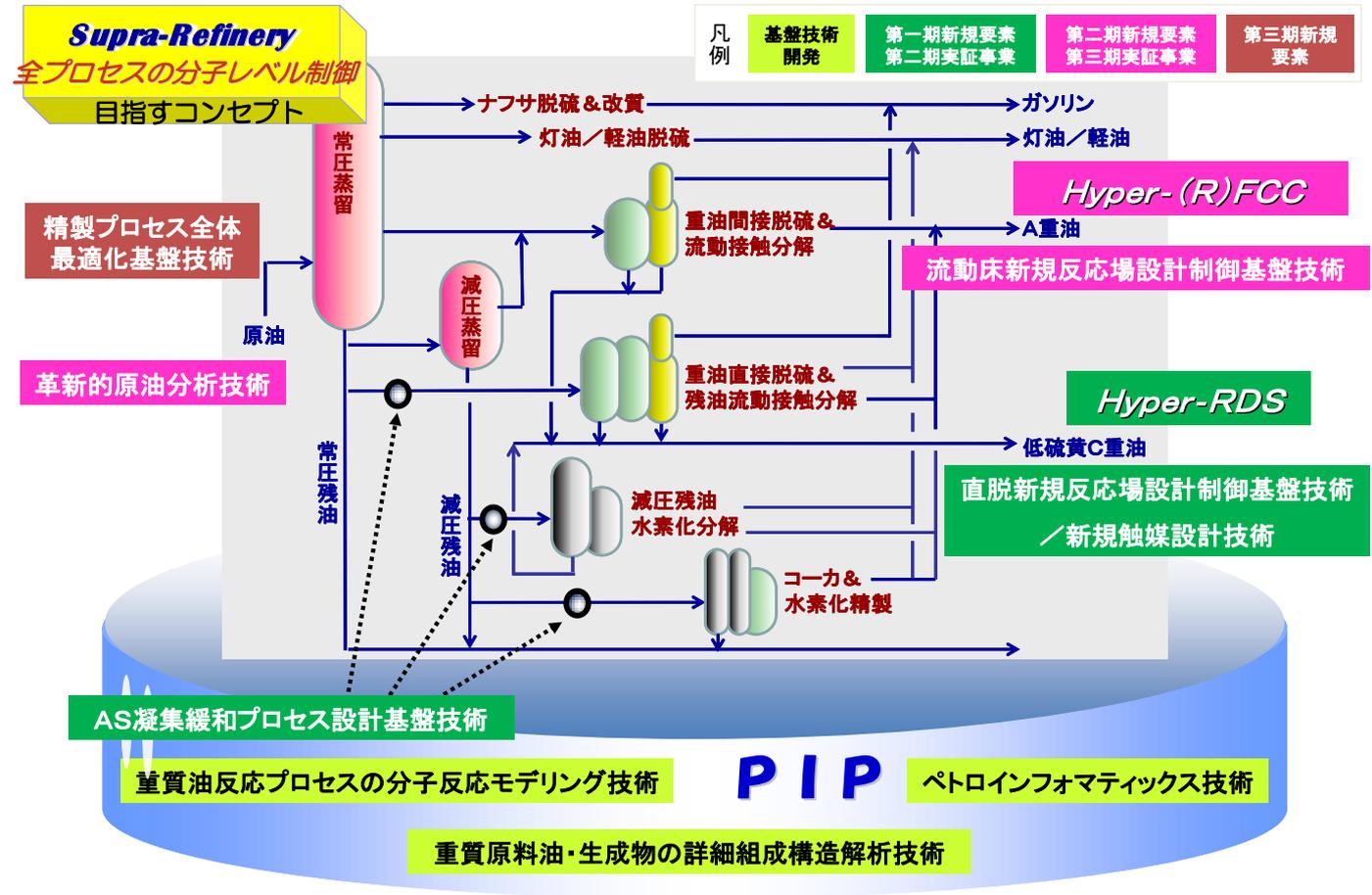
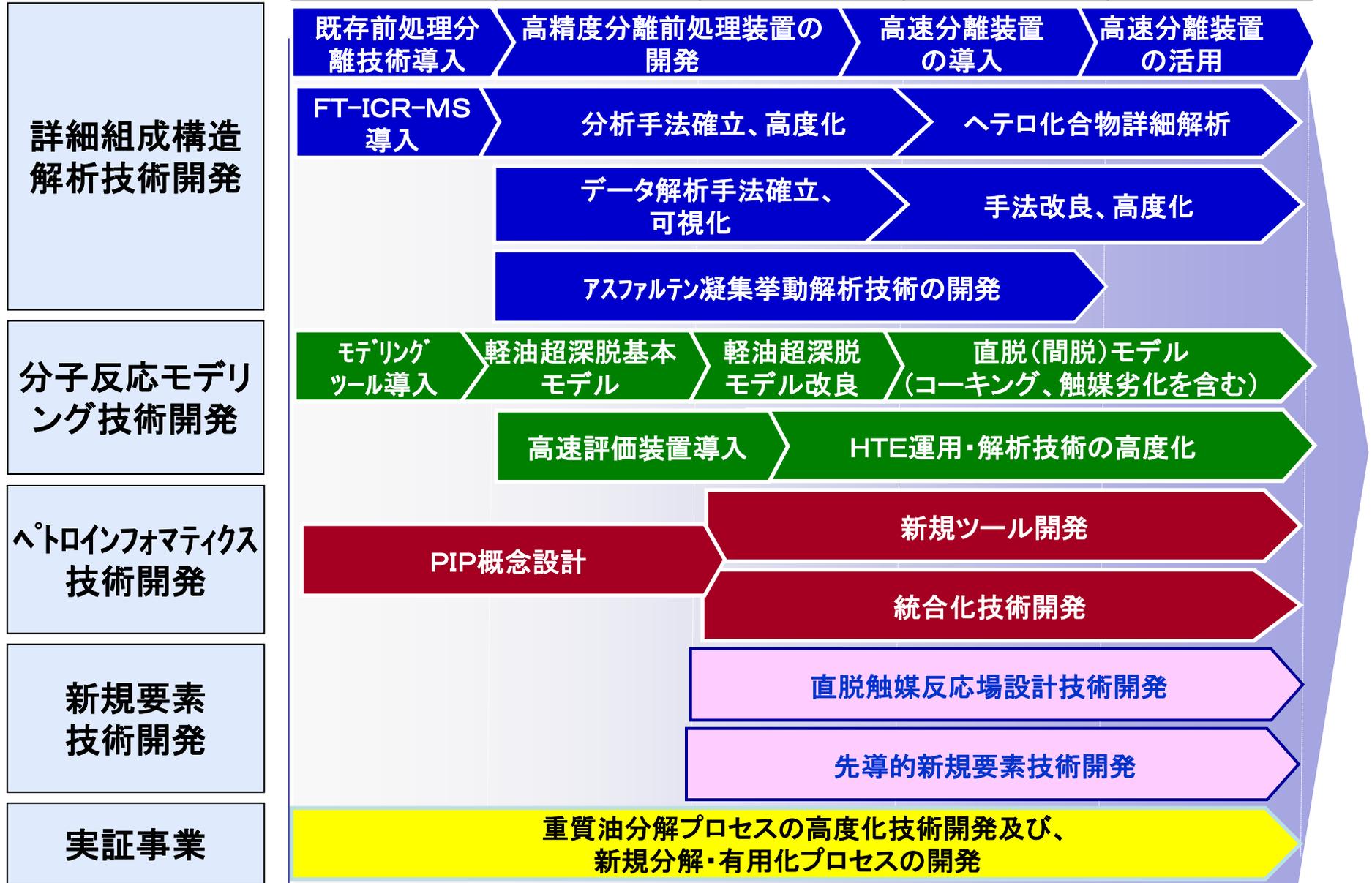


図5-9 ペトロリオミクス技術活用の長期ビジョン

# 6-D. 研究開発マネジメント・体制等

## 【研究開発計画】



# 6-D. 研究開発マネジメント・体制等

## 【研究開発実施体制】

経済産業省 資源エネルギー庁  
資源・燃料部 石油精製備蓄課

委託、補助金

＜研究開発機関＞  
(一財)石油産業活性化センター  
(プロジェクトリーダー:技術企画部長)  
ペトロリオミクス研究室

参加研究

実証化事業 5研究室  
(石油会社、プラントメーカー)

助言・評価

＜委員会、研究会＞  
・技術評価小委員会  
・ペトロリオミクス技術研究会  
・プロセス技術研究会

産学官連携コンソーシアム

＜As凝集挙動解析WG＞  
北海道大学  
千葉大学  
関西大学  
(独)産業総合技術研究所

＜PIP-WG＞  
東北大学  
東京大学  
出光興産株式会社  
日揮株式会社

＜新規要素技術WG＞  
東京工業大学  
鳥取大学  
島根大学  
(公)石油学会

共同研究

※As:アスファルテン

PIP:ペトロインフォマティクスプラットフォーム

## 6-D. 研究開発マネジメント・体制等

### 【資金配分】

(単位:百万円)

|                                | 平成23年度 | 平成24年度 | 平成25年度 | 合計     |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| (1)重質油等高度対応処理<br>技術開発 (基盤技術)   | 467    | 684    | 680    | 1,831  |
| (2) 重質油等高度対応処理<br>技術開発 (実証化技術) | 745    | 718    | 870    | 2,333  |
| 合 計                            | 1, 212 | 1, 402 | 1, 550 | 4, 164 |

平成25年度は当初予算を示す。

## 6-D. 研究開発マネジメント・体制等

### 【変化への対応】

平成23年度に本事業を開始して以来2年以上が経過した時点における、開始当初からの大きな環境変化は、以下の2点である。

- ・中期需要予測に基づく、石油製品需要の更なる低下
- ・シェールオイル革命による、原油供給構造の大幅な変化(参考資料参照)

これらの状況に対応するためには、

- 石油製品の需要予測に基づく、重質油の軽質・中間留分への転換促進  
(白油化やボトムレス化、石油のノーブルユースにつながる技術)
- 安価な超重質原油及び劣質原油の更なる高度処理技術の確立  
(軽質原油と重質原油をブレンドした新規原油への対応技術)

が必須となってくる。

特に、日本国内にシェールオイルが輸入された場合、大部分の国内の製油所は中～重質原油を処理する設備構成となっており、重質原油及び超重質原油とのブレンドによる新規原油をフィードする事が求められるが、本基盤技術の活用により、新規原油の運転管理指針を具体化するなどの取組みが短期で可能となる。

## 7-D. 事前評価の結果

### 【産業構造審議会 産業技術分科会 評価小委員会(第32回)の評価コメント 平成22年7月7日】

#### 〔基盤技術〕

- ・分子レベルでの検討となる場合、重質油のみならず有機物一般の液化に利用できるように思われる。逆に、重質油のみが対象である場合、アスファルトなども対象となるが、この場合水素製造も含めた評価が必要になるのではないか。
- ・燃料製品等回収後の残存成分減少率の目標値が明示されているが、在来製品精製基準単位当たりの改善率を用いた方が分かりやすい。
- ・従来分離・分解技術に比べ、格段に分離・分解効率の高いプロセス実現は意義のある開発課題である。また、分子反応モデリング技術開発など基礎的研究開発を含むので、実用に向けた成果の活用を予め見通したロードマップを作成し、それに即したマネジメントが望まれる。さらに従来方式に比べて、どの程度「格段に」分離・分解効率の高いプロセス実現が可能なのか、明確な目標の設定が望まれる。

#### 〔実証技術〕

- ・エネルギーセキュリティの観点からは、ソースの多様化から重要性の高い技術である。ただし諸外国の進展状況と熱源を何に依存するか(カナダではCANDU 炉を使う提案もあった)まで含めての議論がほしい。また、重質油だけにとどまらず石炭液化や褐炭／亜炭への応用可能性まで言及があると重要性をよりアピールできるのではないか。
- ・分子レベルでの構造解析技術が商用精製プロセスにおいてどのように有用なのかの記述が(単に指針という記述では)不鮮明である。
- ・分子レベルでの反応性制御により触媒を利用して重質油を高度分解する技術開発は、我が国の得意な分野でもあり大きな研究成果が期待できる。また、本事業は挑戦的であり、国で行う必要があると考えられるものの、必ず実用技術として利用されるようにロードマップを明確にして取り組むことが望ましい。

## 8-D. 評価

### 8-1-D. 評価検討会

#### 評価検討会名称

石油精製・利用技術関連分野に係る技術に関する施策・事業評価検討会

#### 座長

松方 正彦

早稲田大学理工学術院先進理工学研究科 教授

#### 評価検討会委員

#### 委員

内山 洋司

筑波大学大学院システム情報系 教授  
産学リエゾン共同研究センター長

小川 芳樹

東洋大学大学院経済学研究科 教授

小野崎 正樹

一般財団法人エネルギー総合工学研究所  
プロジェクト試験研究部 部長／理事

黒川 俊夫

株式会社価値総合研究所 特別相談役

## 8-2-D. 総合評価(コメント)

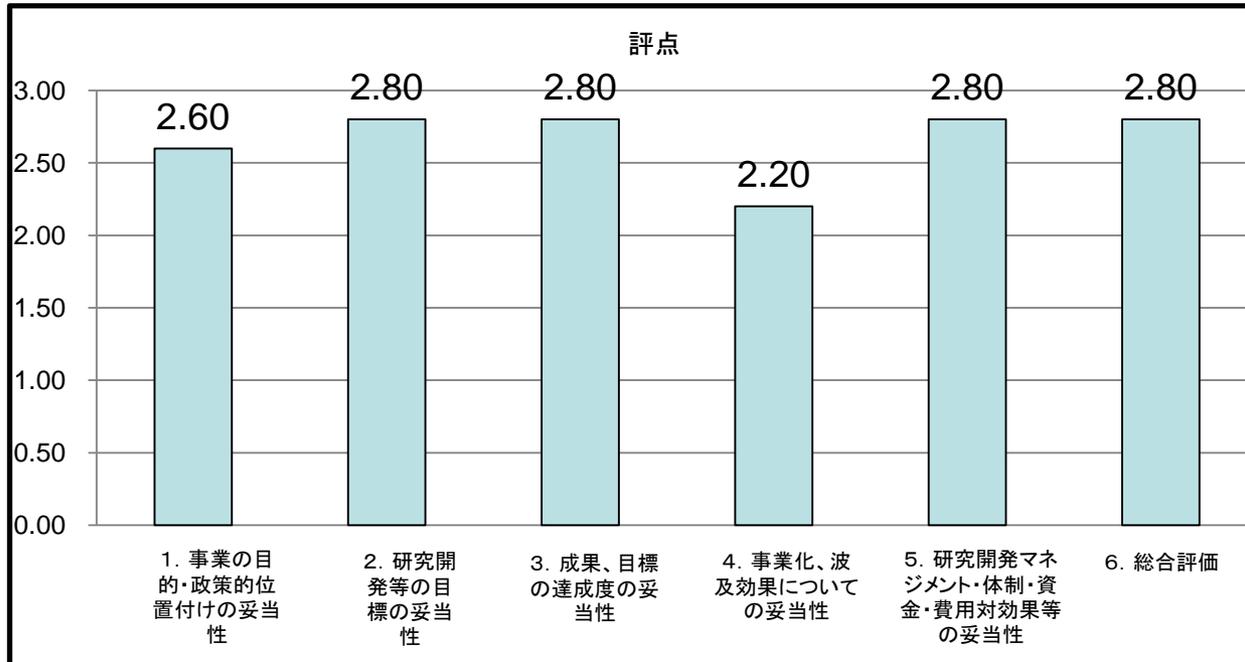
○化合物を分子レベルで解明し、最新の情報科学的手法も取り込みながら製油所の反応プロセスの効率化と収率改善に生かしていく研究で、極めて野心的なプロジェクトと高く評価する。我が国の国際競争力を強化するための基盤技術に対して世界に先駆けて包括的にアプローチしており、この分野で世界の先導的な立場になることを期待する。中間評価の現段階でも、これまでにない研究成果が数多く上がっており、中長期的な視点で国の支援強化を期待したい事業である。

○研究内容が基礎学問的な面から実用までの広汎な内容であり、実用プラントで実績をあげるようになるまでにはかなりの時間を要すると思われるため、本事業の5年間だけでなく、さらに複数のプロジェクトを積み重ねて継続的な展開を図っていった方がよいと考えられる。その継続性を確保するためにも、十分な成果が上がっていることをアピールしていくべきである。また、実験室レベルで成功した成果を現場の精製技術及び基礎化学品製造技術とどのように結びつけるかの具体的な検討を開始する段階に来ていると思われる。

## 8-3-D. 評点結果

○「経済産業省技術評価指針」に基づき、プロジェクト中間評価において、評点法による評価を実施した。

○事業全体としては高い評価が得られたが、事業化については、本技術が基盤技術であることから、2.20点となった。



### 【評価項目の判定基準】

評価項目1.~5.

3点: 非常に重要又は非常によい

2点: 重要又はよい

1点: 概ね妥当

0点: 妥当でない

6. 総合評価

3点: 事業は優れており、より積極的に推進すべきである。

2点: 事業は良好であり、継続すべきである。

1点: 事業は継続して良いが、大幅に見直す必要がある。

0点: 事業を中止することが望ましい。

## 9-D. 提言及び提言に対する対処方針

### 今後の研究開発の方向等に関する提言

- 今後のわが国の国際競争力にも大きな影響を及ぼす重要なプロジェクトであるが、近い将来の活用が見込まれる技術と、将来に向けた極めて革新的な技術の両方が含まれている。このため、活用が見込まれる技術については、現場での実証事業で効果を上げることが必要であり、革新的な技術については、海外の関連機関との連携も含めた研究開発マネジメント体制の強化により、基礎から実用に至るまでの多くの英知を結集し研究開発を推進することが重要である。

### 提言に対する対処方針

- 研究開発の実施体制としては、石油エネルギー技術センターを中心に、従来の石油精製技術の範疇に限ることなく、関連する企業、研究機関及び大学(海外含む)との連携を図っているところである。
- 今後は、研究開発で得られた成果をわかりやすくアピールすることにも留意しながら、基盤技術の完成に向けた取組を継続していく。