

石油精製・利用関連分野に係る
技術に関する施策・事業
評価報告書

平成２６年３月

産業構造審議会産業技術環境分科会
研究開発・評価小委員会評価ワーキンググループ

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成24年12月6日、内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省技術評価指針」（平成21年3月31日改正）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

また、第25回産業構造審議会評価小委員会（平成21年1月）において、新たな評価類型として「技術に関する施策評価」が審議・了承された。技術に関する施策評価は、当該技術分野全体の方向性等を勘案しつつ、当該施策の下に位置付けられる技術に関する事業のまとまりを俯瞰する形で、各事業の相互関係等に着目し、個々の事業に係る評価結果を踏まえて行うこととしている。

経済産業省において実施している技術に関する施策「石油精製・利用関連分野」は、我が国への石油の安定供給の確保及び石油利用時の環境負荷の低減に資することを目的とし、精製の困難な重質原油をはじめとする原油の有効利用技術や石油製品を自動車で利用する時の環境負荷低減技術等を開発するため、以下の技術に関する事業から構成される施策である。

- ① 革新的次世代石油精製等技術開発（プロジェクト）（平成19年度から平成23年度）
- ② 石油燃料次世代環境対策技術開発（プロジェクト）（平成19年度から平成23年度）
- ③ 高効率水素製造等技術開発（プロジェクト）（平成23年度から平成25年度）
- ④ 重質油等高度対応処理技術開発（プロジェクト）（平成23年度から平成27年度）

今回の評価は、技術に関する施策「石油精製・利用関連分野」、及びこの構成要素である技術に関する事業評価であり、実際の評価に際しては、省外の有識者からなる「石油精製・利用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）を開催した。

今般、当該検討会における検討結果が評価報告書の原案として産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・評価小委員会評価ワーキンググループ（座長：渡部 俊也 東京大学政策ビジョン研究センター教授）に付議され、内容を審議し、了承された。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成26年3月

産業構造審議会産業技術環境分科会

研究開発・評価小委員会評価ワーキンググループ

産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・評価小委員会評価ワーキンググループ

委 員 名 簿

座長	渡部 俊也	東京大学政策ビジョン研究センター教授
	大島 まり	東京大学大学院情報学環教授 東京大学生産技術研究所教授
	太田 健一郎	横浜国立大学工学研究院グリーン水素研究センター長 ・特任教授
	菊池 純一	青山学院大学法学部長・大学院法学研究科長
	小林 直人	早稲田大学研究戦略センター教授
	鈴木 潤	政策研究大学院大学教授
	津川 若子	東京農工大学大学院工学研究院准教授
	森 俊介	東京理科大学理工学研究科長 東京理科大学理工学部経営工学科教授
	吉本 陽子	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 経済・社会政策部主席研究員

(委員長除き、五十音順)

事務局：経済産業省産業技術環境局技術評価室

石油精製・利用関連分野に係る技術に関する施策・事業評価検討会
委員名簿

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
	内山 洋司	筑波大学システム情報系 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

(敬称略、五十音順)

事務局：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

石油精製・利用関連分野に係る技術に関する施策・事業評価に係る省内関係者

1. 技術に関する施策

(平成25年度)

資源エネルギー庁	資源・燃料部	石油精製備蓄課長	竹谷 厚 (事業担当課長)
産業技術環境局	産業技術政策課	技術評価室長	飯村 亜紀子

2. 技術に関する事業

A. 革新的次世代石油精製等技術開発事業 (プロジェクト)

【事後評価時】

(平成25年度)

資源エネルギー庁	資源・燃料部	石油精製備蓄課長	竹谷 厚 (事業担当課長)
産業技術環境局	産業技術政策課	技術評価室長	飯村 亜紀子

【中間評価時】

(平成21年度)

資源エネルギー庁	資源・燃料部	石油精製備蓄課長	及川 洋 (事業担当課長)
産業技術環境局	産業技術政策課	技術評価室長	長濱 祐二

【事前評価時】 (事業初年度予算要求時)

資源エネルギー庁	資源・燃料部	石油精製備蓄課長	高田 修三 (事業担当課長)
----------	--------	----------	----------------

B. 石油燃料次世代環境対策技術開発事業 (プロジェクト)

【事後評価時】

(平成25年度)

資源エネルギー庁	資源・燃料部	石油精製備蓄課長	竹谷 厚 (事業担当課長)
産業技術環境局	産業技術政策課	技術評価室長	飯村 亜紀子

【中間評価時】

(平成22年度)

資源エネルギー庁	資源・燃料部	石油精製備蓄課長	及川 洋 (事業担当課長)
産業技術環境局	産業技術政策課	技術評価室長	泰 茂則

【事前評価時】 (事業初年度予算要求時)

資源エネルギー庁	資源・燃料部	石油精製備蓄課長	高田 修三 (事業担当課長)
----------	--------	----------	----------------

C. 高効率水素製造等開発事業（プロジェクト）

【事後評価時】

（平成25年度）

資源エネルギー庁	資源・燃料部	石油精製備蓄課長	竹谷	厚（事業担当課長）
産業技術環境局	産業技術政策課	技術評価室長	飯村	亜紀子

【事前評価時】（事業初年度予算要求時）

資源エネルギー庁	資源・燃料部	石油精製備蓄課長	及川	洋（事業担当課長）
----------	--------	----------	----	-----------

D. 重質油等高度対応処理技術開発事業（プロジェクト）

【中間評価時】

（平成25年度）

資源エネルギー庁	資源・燃料部	石油精製備蓄課長	竹谷	厚（事業担当課長）
産業技術環境局	産業技術政策課	技術評価室長	飯村	亜紀子

【事前評価時】（事業初年度予算要求時）

資源エネルギー庁	資源・燃料部	石油精製備蓄課長	及川	洋（事業担当課長）
----------	--------	----------	----	-----------

石油精製・利用関連分野に係る技術に関する施策・事業評価

審 議 経 過

○第1回評価検討会（平成26年2月7日）

- ・評価の方法等について
- ・技術に関する施策・事業の概要について
- ・評価の進め方について

○第2回評価検討会（平成26年3月4日～3月7日 書面審議）

- ・評価報告書(案)について

○産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・評価小委員会評価ワーキンググループ

（平成26年3月12日）

- ・評価報告書(案)について

目 次

はじめに

産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・評価小委員会評価ワーキンググループ 委員名簿

石油精製・利用関連分野に係る技術に関する施策・事業評価検討会 委員名簿

石油精製・利用関連分野に係る技術に関する施策・事業評価に係る省内関係者

石油精製・利用関連分野に係る技術に関する施策・事業評価 審議経過

	ページ
技術に関する施策・事業評価報告書概要	i
 第 1 章 評価の実施方法	
1. 評価目的	1
2. 評価者	2
3. 評価対象	2
4. 評価方法	3
5. 評価項目	3
 第 2 章 技術に関する施策の概要	
1. 施策の目的・政策的位置付け	5
2. 施策の構造及び目的実現の見通し	7
 第 3 章 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（プロジェクト）	
1. 事業の目的・政策的位置付け	13
2. 研究開発等の目標	19
3. 成果、目標の達成度	25
4. 事業化、波及効果について	64
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等	70
B. 石油燃料次世代環境対策技術開発（プロジェクト）	
1. 事業の目的・政策的位置付け	78
2. 研究開発等の目標	84
3. 成果、目標の達成度	88
4. 事業化、波及効果について	112
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等	113
C. 高効率水素製造等技術開発（プロジェクト）	
1. 事業の目的・政策的位置付け	118
2. 研究開発等の目標	124
3. 成果、目標の達成度	127
4. 事業化、波及効果について	139
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等	140
D. 重質油等高度対応処理技術開発（プロジェクト）	
1. 事業の目的・政策的位置付け	144
2. 研究開発等の目標	152
3. 成果、目標の達成度	159
4. 事業化、波及効果について	175
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等	184

第4章	技術に関する施策評価	
1.	施策の目的・政策的位置付けの妥当性	194
2.	施策の構造及び目的実現の見通しの妥当性	197
3.	総合評価	199
第5章	技術に関する事業評価	
A.	革新的次世代石油精製等技術開発（プロジェクト）総合評価	201
B.	石油燃料次世代環境対策技術開発（プロジェクト）総合評価	204
C.	高効率水素製造等技術開発（プロジェクト）総合評価	207
D.	重質油等高度対応処理技術開発（プロジェクト）総合評価	209
第6章	今後の研究開発の方向等に関する提言	211
第7章	評点法による評点結果	217
第8章	評価ワーキンググループのコメント及びコメントに対する対処方針	222

参考資料

- 参考資料1 経済産業省技術評価指針
- 参考資料2 経済産業省技術評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準
- 参考資料3 革新的次世代石油精製等技術開発プロジェクト中間評価報告書（概要版）
- 参考資料4 石油燃料次世代環境対策技術開発プロジェクト中間評価報告書（概要版）
- 参考資料5 高効率水素製造等技術開発プロジェクト事前評価報告書
- 参考資料6 重質油等高度対応処理技術開発プロジェクト事前評価報告書

技術に関する施策・事業評価報告書概要

技術に関する施策

技術に関する 施策名	石油精製・利用関連分野に係る技術に関する施策
担当課	資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油精製備蓄課
<u>技術に関する施策の目的・概要</u> 石油は今後とも我が国の主要なエネルギー源であり、供給源の多様化や今後見込まれる需要構造変化に対応し、安定的かつ効率的な石油製品等の供給を確保することが重要である。 我が国のエネルギー安定供給を確保するため、今後予想される原油の重質化、供給源の多様化や国内石油製品需要の白油化、重油需要の減少が加速している状況に対応し、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石油精製技術の研究開発が求められている。 また、非化石エネルギー（バイオ、水素等）の導入に向けて、石油から安定・安価な水素製造を可能とするため、高品質・高効率水素の製造技術開発等の推進や、バイオ燃焼の利用技術開発等が必要である。 当該技術に関する施策は、石油産業での石油精製技術や利用技術を開発することにより、石油の安定供給を図ることを目的としている。 <u>技術に関する事業一覧</u> A. 革新的次世代石油精製等技術開発（プロジェクト） B. 石油燃料次世代環境対策技術開発（プロジェクト） C. 高効率水素製造等技術開発（プロジェクト） D. 重質油等高度対応処理技術開発（プロジェクト） <u>技術に関する施策評価の概要</u> 1. 施策の目的・政策的位置付けの妥当性 原油の重質化、需要の白油化、石油製品需要の構造的減少といった、我が国における石油を取り巻く状況を踏まえると、エネルギーセキュリティ確保のためには、原油獲得の地政学的な手段の拡大、原油処理プロセスの高度利活用及び国際競争力の強化が極めて重要な課題である。本施策において実施されている内容は、政策の方向性や社会的ニーズに合致しており、展開している施策がいずれも重要であると評価される。 改善すべき点としては、国際標準も含めて国際展開をより一層意識した事業の進め方が必要であるとともに、エネルギーを巡る状況の変化を踏まえ、成長戦略の策定、ロードマップの改訂及び各施策の位置付けの更なる明確化が必要である。	

2. 施策の構造及び目的実現の見通しの妥当性

施策の体系的な分析に基づき、重要度の高い多様なプロジェクトが実施されており、適切な予算配分及びスケジュールに基づく事業計画を基に遂行され、概ね妥当な成果が得られていると評価される。

改善すべき点としては、計画に沿った成果は十分に得られているが、施策全体からみると限られた範囲での成果であるため、終了したプロジェクトについては早急な実用化、実施中のプロジェクトについては継続した取組が必要であるとともに、将来的にはエネルギー全体の供給を視野に入れた役割を果たせるよう、更に産業の競争力強化、国際進出を意識して技術開発の領域を広げていく必要がある。なお、基礎研究と実用研究を同じ評価基準項目で評価することが難しい面があることも認識しておく必要がある。

3. 総合評価

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。

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。

技術に関する事業

技術に関する事業名	A. 革新的次世代石油精製等技術開発（プロジェクト）
上位施策名	石油精製・利用関連分野に係る技術に関する施策
担当課	資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油精製備蓄課

事業の目的・概要

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。

予算額等（補助（補助率：2／3、定額））

（単位：百万円）

開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
平成19年度	平成23年度	平成21年度	平成25年度	一般財団法人石油エネルギー技術センター JX 日鉱日石エネルギー株式会社
H21FY 予算額	H22FY 予算額	H23FY 予算額	総予算額	総執行額
4,162	3,376	2,058	15,882	15,858

目標・指標及び成果・達成度

(1) 全体目標に対する成果・達成度

本技術開発は平成19年度から平成23年度までの5年間の計画で実施しており、個別要素技術ごとに最終目標を設定して、研究開発を進めている。

重質油対応型高過酷度流動接触分解(HS-FCC)技術の開発では3,000BPD実証化装置の建設運転を実施し、実用化のための技術を確認した。

原油重質化に対応した重質油の高度利用・有用化技術の開発では、直脱、FCC装置等の新規分解触媒の開発、製油所実装置での評価、性能確認を実施した。

また、超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発では、オイルサンド合成原油を50%混合処理の条件下で国内製品規格に適合したガソリン・灯油製品を得ることができる水素化精製触媒、分解触媒を新規に開発、実験室規模での性能確認を完了した。

このように研究開発は順調に進められ、各個別要素技術において当初設定した目標を達成している。以下にその概要を示す。

個別要素技術	目標・指標		成果	達成度
	最終時点	中間時点		
(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
(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	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迫		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	達成

	求すると同時に、触媒等の組み合わせ等により、ラポレベルで、革新的な新規技術を発明しその確立をする。		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。	
--	---	--	--	--

(2) 目標及び計画の変更の有無

変更無し

<共通指標>

論文数	論文の被引用度数	特許等件数 (出願を含む)	特許権の実施件数	ライセンス 供与数	取得ライセンス料	国際標準への寄与
26		98				

総合評価概要

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ア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。

今後の研究開発の方向等に関する提言

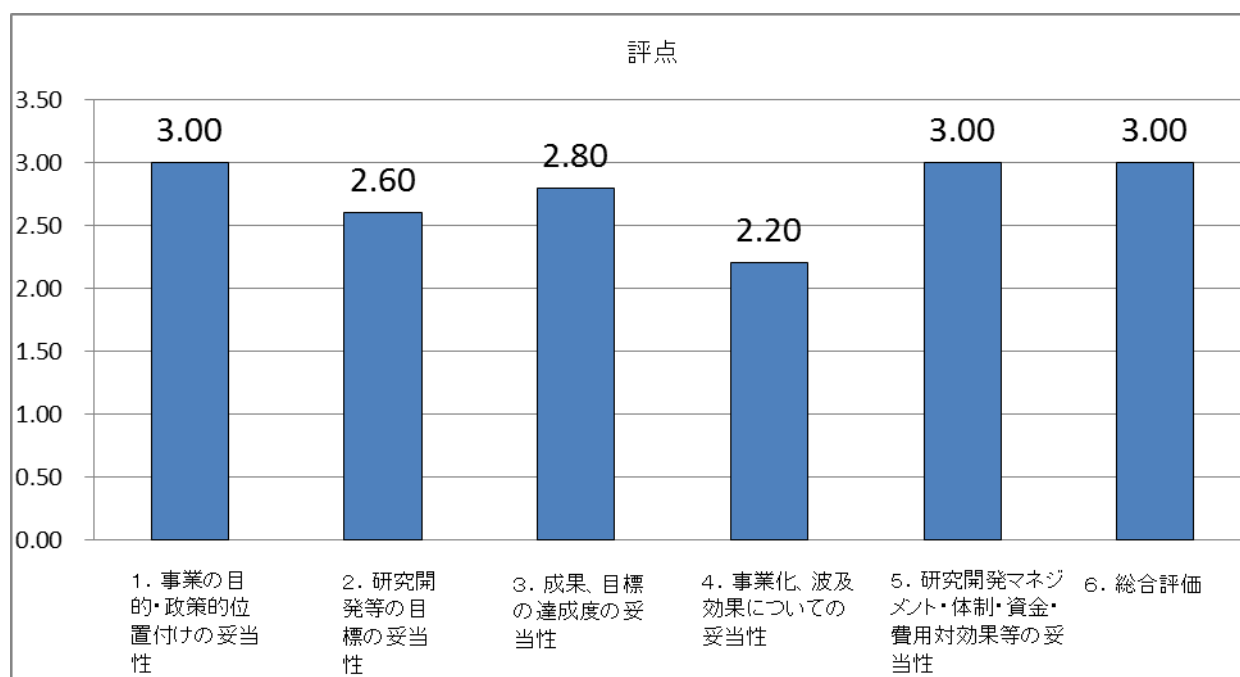
○本事業において、実装置で成果が確認された技術については、実用化に向けて海外の関連機関との共同研究や国の支援制度による加速化が望まれる。また、実用化に際しては、シェールオイルの増産の動き等も踏まえ、我が国で処理することになる原油・原料油の性状の変化を考慮し、幅広い対応が求められる。

○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。

評点結果

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)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	3.00	3	3	3	3	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.60	2	3	2	3	3
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.80	3	3	2	3	3
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.20	2	2	2	3	2
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	3.00	3	3	3	3	3
6. 総合評価	3.00	3	3	3	3	3



技術に関する事業

技術に関する事業名	B. 石油燃料次世代環境対策技術開発（プロジェクト）
上位施策名	石油精製・利用関連分野に係る技術に関する施策
担当課	資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油精製備蓄課

事業の目的・概要

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。

予算額等（補助（補助率：2／3、定額））

（単位：百万円）

開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
平成 19 年度	平成 23 年度	平成 22 年度	平成 25 年度	一般財団法人石油エネルギー技術センター
H21FY 予算額	H22FY 予算額	H23FY 予算額	総予算額	総執行額
905	750	699	4,385	4,384

目標・指標及び成果・達成度

(1) 全体目標に対する成果・達成度

本技術開発は平成 19 年度から平成 23 年度までの 5 年間の計画で実施しており、個別要素技術ごとに最終目標および中間目標を設定して、研究開発を進めてきた。

バイオマス燃料利用技術のガソリン用バイオマス燃料利用技術については、エタノール 10%混合ガソリンについて排出ガス、運転性、燃料系統部材影響等の評価を実施し、技術課題や対応策を明らかにしてきた。あわせて、燃料品質規格設定のための基礎データを収集した。

ディーゼル用バイオマス燃料の適用の可能性検討についてはバイオディーゼル 10～20%混合軽油について、排出ガス、運転性、常温安定性、低温流動性、耐久性等の評価を実施し、実用上の課題を明らかにした。

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については主に GTL 等の合成燃料、オイルサンド等の非在来型原油由来の燃料および分解系燃料を想定したモデル燃料および分解系の実燃料をベースとした試験燃料を用い、排出ガス、運転性、CO2 排出へ影響等について最新車両を用いて検討し、技術課題を明らかにした。

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については燃料性状、組成と燃焼についての燃焼シミュレーションおよび単気筒エンジンを用いた基礎検討を行い、HCCI 燃焼に適した燃料品質の基礎データを収集した。

このように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達成する

ことができた。以下にその概要を示す。

個別要素技術	目標・指標		成果	達成度
	最終時点	中間時点		
バイオマス燃料利用拡大技術 (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。		・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のための基礎データの収集を行った。 ・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場合があることがわかった。 ・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。 ・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。	達成

バイオマス燃料利用拡大技術 (2) 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の基礎データを収集する。		・ 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。 ・ 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。 ・ 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。 ・ 一方、地産地消等の“限られた範囲”でFAME 高濃度混合燃	達成	
--	--	--	--	-----------	--

			料を利用する場合、上記の懸念点に留意し、必要な対応策を講じる必要があることを明らかにし、項目ごとに対応策を示した。		
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）等や、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。		・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。 ・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。 ・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。 ・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	達成	

			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。	
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	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。		・ 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。 ・ 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。	達成

(2) 目標及び計画の変更の有無

変更無し

< 共通指標 >

論文数	論文の被引用度数	特許等件数（出願を含む）	特許権の実施件数	ライセンス供与数	取得ライセンス料	国際標準への寄与
21						

総合評価概要

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。

今後の研究開発の方向等に関する提言

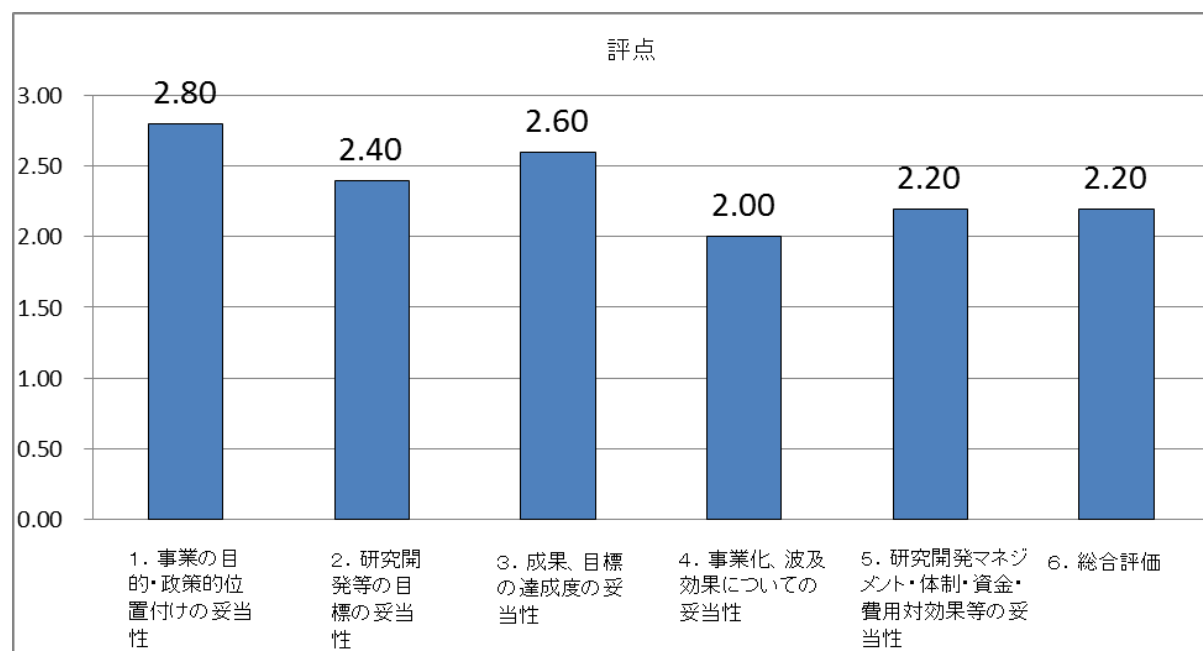
○施策の目的達成に向け、需要側である自動車業界とのすり合わせを行う取組を引き続き支援する必要がある。

○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。

評点結果

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)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.80	3	3	2	3	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.40	2	2	2	3	3
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.60	3	3	2	2	3
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.00	2	2	3	1	2
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	3	2	2	1	3
6. 総合評価	2.20	3	2	2	1	3



技術に関する事業

技術に関する事業名	C. 高効率水素製造等技術開発（プロジェクト）
上位施策名	石油精製・利用関連分野に係る技術に関する施策
担当課	資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油精製備蓄課

事業の目的・概要

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に対する補助を行い、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、以下の2項目の技術開発を行う。

（１）高効率水素製造等技術開発

製油所内の既存装置から製造される水素を効率的に活用し、その純度を燃料電池自動車に必要な高純度(99.99%)にまで高める製造プロセスを開発・実証する。

（２）高圧出荷装置技術開発

製油所で製造した高純度(99.99%)水素を高圧(45MPa程度)で効率的に出荷するための大型の圧縮装置の開発・実証を行う。

予算額等（補助（補助率：1／2））

（単位：百万円）

開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
平成23年度	平成25年度	—	平成25年度	一般財団法人石油エネルギー技術センター JX日鉱日石エネルギー株式会社
H23FY 予算額	H24FY 予算額	H25FY 予算額	総予算額	総執行額
79	852	750	1,681	824

目標・指標及び成果・達成度

（1）全体目標に対する成果・達成度

本技術開発事業は平成23年度から平成25年度までの3年間で実施し、個別要素技術開発ごとに目標を設定して以下の2項目について研究開発を進めている。平成25年度が事業の最終年度であるため、一部成果が確定していない項目もあるが、目標を達成する見通しである。

高効率水素製造等技術開発では、パイロット規模のハイブリッド分離膜型水素精製装置の長期評価を現在実施中であり、その他の個別要素技術の開発は目標を達成し完了している。高圧出荷装置技術開発では、高純度水素圧縮機実証設備を建設し、水素循環による圧縮機単独運転を実施して、水素品質の確認、設備信頼性の評価を行い、個別要素技術の開発は目標を達成した。現在、本設備を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中である。

個別要素技術	目標・指標		成果	達成度	
	最終時点	中間時点			
(1) 高効率水素製造等技術開発					
①ハイブリッド膜分離プロセス（本体）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 ₂ S 等)の濃度の関係を明らかにし、ベンチ装置による高純度水素回収率 91%の運転条件を確立した。 パイロット装置での長期耐久試験を実施中。	達成 見込み	
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、CO ₂ 分離膜の量産時の品質管理指標（水素透過量、CO ₂ 透過量、H ₂ /CO ₂ 分離係数）を確立した。	達成	
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。		・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	
④CO ₂ 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）	・CO ₂ 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。		・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	

(2) 高圧出荷装置技術開発 ①高純度水素圧縮機の設計・建設	・製油所からの水素出荷を想定した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を検討し、同実証設備を建設する。	—	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	
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を行うとともに、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を開発する。		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	
③圧縮機の高耐久システム技術	・実用化に必要な1年以上の連続運転に対応する圧縮機の耐摩耗部材を選定し耐久性を評価する。		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	
④トレーラ充填適用システ	・蓄圧器、充填機、水素トレーラを備え		大型蓄圧器、水素ディスプレイを備え	達成 見込み	

ム技術	た既存の水素出荷実証設備と連結運用し、水素トレーラ充填への適用システムを開発する。		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、水素トレーラへの水素供給が問題なく実施できることを確認予定である。		
-----	---	--	---	--	--

(2) 目標及び計画の変更の有無

変更無し

< 共通指標 >

論文数	論文の被引用度数	特許等件数 (出願を含む)	特許権の実施件数	ライセンス 供与数	取得ライセンス料	国際標準への寄与
15		1				

総合評価概要

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。

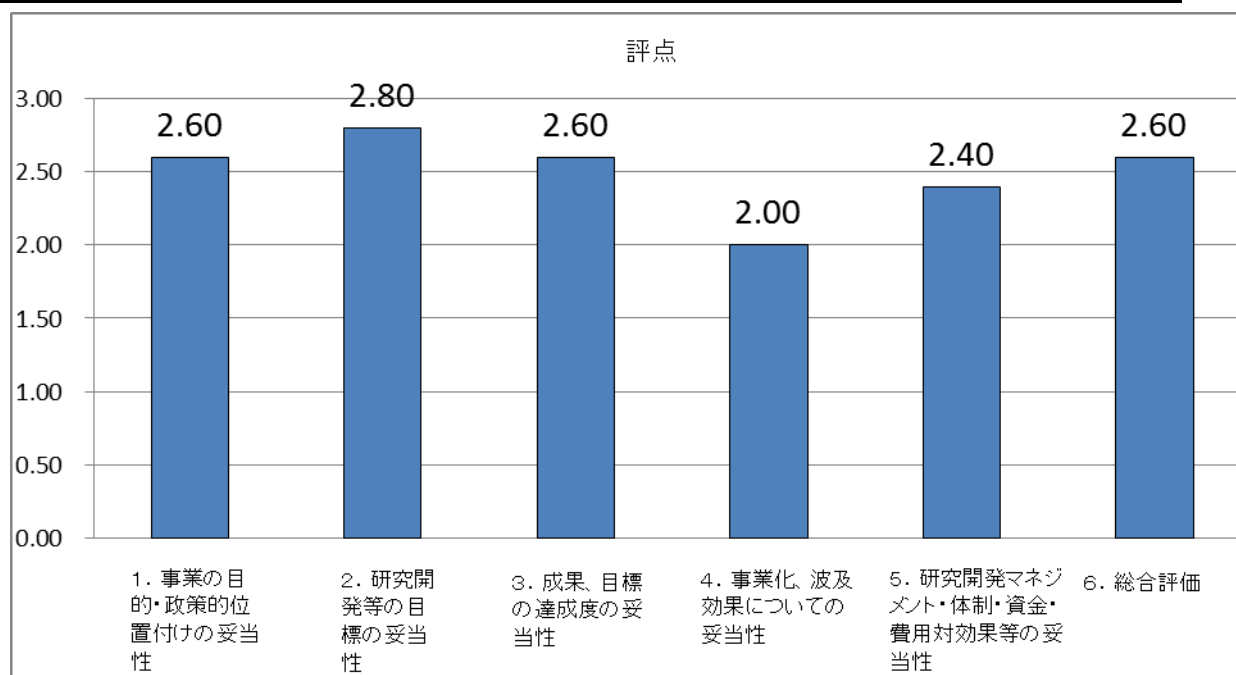
今後の研究開発の方向等に関する提言

○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。

評点結果

評点法による評点結果 (高効率水素製造等技術開発)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.60	3	3	2	2	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.80	2	3	3	3	3
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.60	3	2	3	2	3
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.00	2	2	3	1	2
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	3	2	2	2	3
6. 総合評価	2.60	3	2	3	2	3



技術に関する事業

技術に関する事業名	D. 重質油等高度対応処理技術開発（プロジェクト）
上位施策名	石油精製・利用関連分野に係る技術に関する施策
担当課	資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油精製備蓄課

事業の目的・概要

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。

予算額等（委託、補助（補助率：1／2））

（単位：百万円）

開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
平成23年度	平成27年度	平成25年度	平成28年度	一般財団法人石油エネルギー技術センター
H23FY 予算額	H24FY 予算額	H25FY 予算額	総予算額（～H25）	総執行額（～H24）
1,230	1,450	1,580	4,260	2,614

目標・指標及び成果・達成度

(1) 全体目標に対する成果・達成度

本技術開発は平成23年度から平成27年度までの5年間の計画で実施しており、5つの要素技術ごとに最終目標および中間目標を設定して、研究開発を進めている。

詳細組成構造解析技術では、分離・前処理技術を確立すると共にFT-ICR-MSを使いこなし、重質油中の個々の化合物の構造を規定する方法を確立しつつある。また、触媒寿命に影響を及ぼす窒素、硫黄及び金属化合物などの構造同定方法の開発も着実に進め、基礎を固めるに至っている。

また、他の要素技術についても、後述の通り技術基盤を固めつつあり、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みが得られている。

以下に、各要素技術の成果概要を示す。

個別要素技術	目標・指標		成果	達成度
	最終時点	中間時点		
(1) 重質油の詳細組成構造解析技術の開発	・重質油に含まれる化合物を細かく分画する分離前処理技術を確立し、ここからの分画物を超高分解能質量分析計により詳細組成分析構造解析技術を確立する。合わせて、技術開発の促進支援のため可視化ツールを開発する。	・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。	・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。 ・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。 ・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。 ・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。	達成
(2) 分子反応モデリング技術の開発	・直留／分解軽油の水素化脱硫反応を、分子レベルの反応式で定量的に解析できる反応モデリング技術を確立する。 ・重油の直接脱硫反応を、分子レベルの反応式で定量的に解析できる反応モデリング技術を確立する。 ・触媒活性劣化の主要因であるコーキング反応につき、触媒の超長寿命化を目的として、分子レベルでのモデリング技術	・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。 ・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。	・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 ・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。	達成

	を構築する。				
(3) ペトロ インフォマテ ィクスの構築	・本事業で開発した 各要素技術を活用し て生み出される膨大 な分子レベルの情報 を、適切に管理する システムを構築し、 さらにこれらの情報 を加工し組み合わせ て次の革新的な技術 開発等に活用するた めの新規ツールを構 築する。	・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。	・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。	達成	
(4) アスフ アルテン凝集 挙動解析技術 の確立	・アスファルテンの 凝集と緩和の挙動を 解析して基本的な評 価方法を確立する。 ・これに基づき、分 子反応モデリング手 法を活用して、直脱 のモデリングと連成 させ、最適な凝集緩 和条件を提示できる 技術を確立する。	・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。 ・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。	・WAXS、NMR 等、各実 験手法において高温 高圧条件でアスファ ルテン凝集を測定可 能な技術を開発し、 評価に着手した。 ・アスファルテン及 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 対比からアスファル テン凝集度を定量的 に記述できる新規モ デルを構築した。	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	・現行の直脱装置の 触媒設計、反応器設 計、運転制御の改善 課題等を、ペトロリ オミクス技術に基づ く新規要素技術で解 析し、各々の改善の ための技術指針等を 提示する。	・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。 ・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。	・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。	達成	

	・ 主要プロセスを分子レベルで制御する超革新的製油所に必要となる新規要素技術を提示し、開発の方向性を提示する。				
--	---	--	--	--	--

(2) 目標及び計画の変更の有無

変更無し

< 共通指標 >

論文数	論文の被引用度数	特許等件数 (出願を含む)	特許権の実施件数	ライセンス 供与数	取得ライセンス料	国際標準への寄与
2		3				

総合評価概要

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。

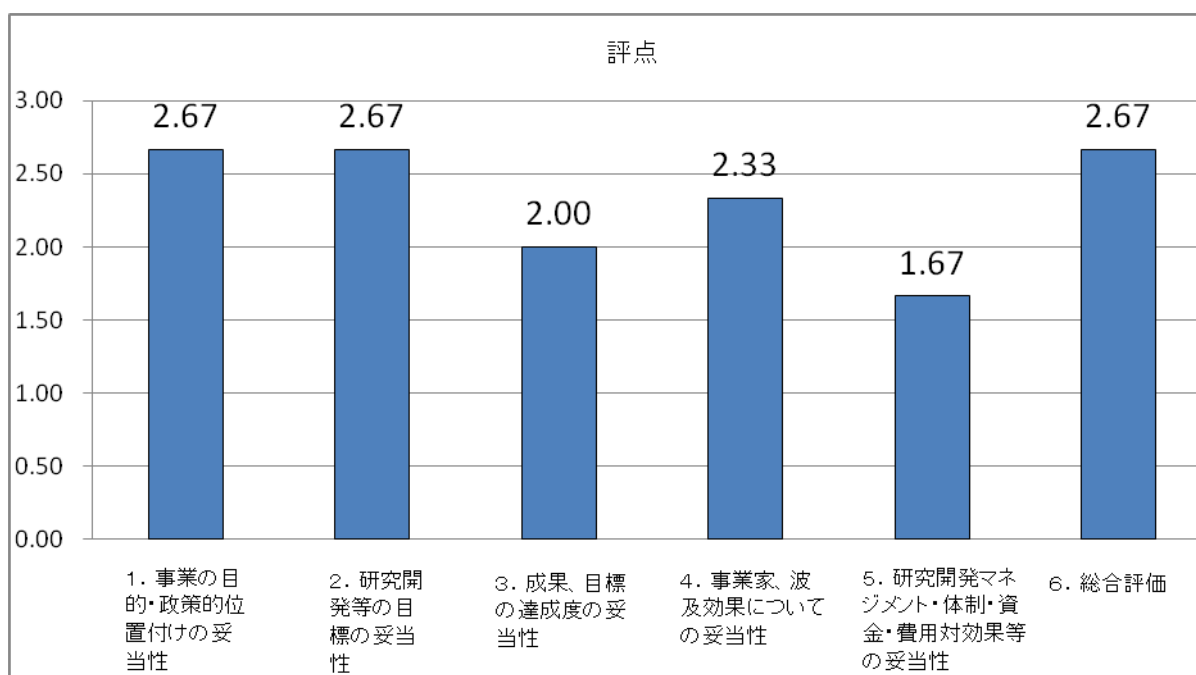
今後の研究開発の方向等に関する提言

○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。

評点結果

評点法による評点結果 (重質油等高度対応処理技術開発)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.60	2	3	2	3	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.80	2	3	3	3	3
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.80	2	3	3	3	3
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.20	1	2	2	3	3
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	2.80	3	3	2	3	3
6. 総合評価	2.80	2	3	3	3	3



第 1 章 評価の実施方法

第1章 評価の実施方法

本プロジェクト評価は、「経済産業省技術評価指針」（平成21年3月31日改定、以下「評価指針」という。）及び第25回産業構造審議会産業技術部会評価小委員会（平成21年1月28日）において審議・了承された「技術に関する施策の評価」に基づき、実施した。

1. 評価の目的

以下の（１）～（４）を目的として評価を実施した。

（１）より良い政策・施策への反映

評価を適切かつ公正に行うことにより、研究者の創造性が十分に発揮されるような、柔軟かつ競争的で開かれた研究開発環境の創出など、より良い政策・施策の形成等につなげること。

（２）より効率的・効果的な研究開発の実施

評価を支援的に行うことにより、研究開発の前進や質の向上、独創的で有望な優れた研究開発や研究者の発掘、研究者の意欲の向上など、研究開発を効率的・効率的に推進すること。

（３）国民への技術に関する施策・事業の開示

高度かつ専門的な内容を含む技術に関する施策・事業の意義や内容について、一般国民にわかりやすく開示すること。

（４）資源の重点的・効率的配分への反映

評価の結果を技術に関する施策・事業の継続、拡大・縮小・中止など資源の配分へ反映させることにより資源の重点化及び効率化を促進すること。また、研究開発をその評価の結果に基づく適切な資源配分等通じて次の段階に連続してつなげることなどにより、研究開発成果の国民・社会への還元効率化・迅速化に資すること。

また、評価の実施に当たっては、以下の①～④を基本理念として実施した。

① 透明性の確保

推進課、主管課及び研究開発機関においては、積極的に成果を公開し、その内容について広く有識者等の意見を聴くこと。評価事務局においては、透明で公正な評価システムの形成、定着を図るため、評価手続、評価項目・評価基準を含めた評価システム全般についてあらかじめ明確に定め、これを公開することにより、評価システム自体を誰にも分かるものとするとともに、評

評価結果のみならず評価の過程についても可能な限り公開すること。

② 中立性の確保

評価を行う場合には、被評価者に直接利害を有しない中立的な者である外部評価の導入等により、中立性の確保に努めること。

③ 継続性の確保

技術に関する施策・事業においては、個々の評価がそれ自体意義を持つだけでなく、評価とそれを反映した技術に関する施策・事業の推進というプロセスを繰り返していく時系列のつながりにも意義がある。したがって、推進課及び主管課にとって評価結果を後の技術に関する施策・事業の企画立案等に反映させる際に有用な知見を抽出し、継続性のある評価方法で評価を行うこと。

④ 実効性の確保

政策目的に照らし、効果的な技術に関する施策・事業が行われているか判断するための効率的評価が行われるよう、明確で実効性のある評価システムを確立・維持するとともに、技術に関する施策・事業の運営に支障が生じたり、評価者及び被評価者双方に過重な負担をかけることのない費用対効果の高い評価を行うこと。

2. 評価者

評価を実施するにあたり、評価指針に定められた「評価を行う場合には、被評価者に直接利害を有しない中立的な者である外部評価者の導入等により、中立性の確保に努めること」との規定に基づき、外部の有識者・専門家で構成する検討会を設置し、評価を行うこととした。

これに基づき、評価検討会を設置し、技術に関する施策、技術に関する事業（プロジェクト等）の目的や研究内容に即した専門家や経済・社会ニーズについて指摘できる有識者等から評価検討会委員名簿にある5名が選任された。

なお、本評価検討会の事務局については、指針に基づき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が担当した。

3. 評価対象

技術に関する施策「石油精製・利用関連分野」

技術に関する事業

A. 革新的次世代石油精製等技術開発

(実施期間：平成19年度から平成23年度)

B. 石油燃料次世代環境対策技術開発

(実施期間：平成19年度から平成23年度)

- C. 高効率水素製造等技術開発（実施期間：平成23年度から平成25年度）
- D. 重質油等高度対応処理技術開発（実施期間：平成23年度から平成27年度）

を評価対象として、研究開発実施者（一般財団法人石油エネルギー技術センター、J X 日鉱日石エネルギー株式会社）から提出された資料をもとに、技術に関する事業（プロジェクト）の評価を行うとともに、それらの事業評価の結果を踏まえて、各事業を俯瞰する形で各事業の相互関係等に着目し、技術に関する施策の評価を実施した。

4. 評価方法

第1回評価検討会においては、事務局及び研究開発実施者からの資料提供、説明及び質疑応答、並びに委員による意見交換が行われた。

第2回評価検討会においては、技術に関する施策及び技術に関する事業について評価を実施し、併せて4段階評点法による評価を行った上で評価報告書(案)作成し、書面によって審議、確定した。

また、本評価検討会は、知的財産保護等の観点から、評価検討会を非公開公開、議事録・議事要旨を公開として実施した。

5. 評価項目

【技術に関する施策】

- 施策の目的・政策的位置付けの妥当性
 - ・ 施策の目的の妥当性
 - ・ 施策の政策的位置付けの妥当性
 - ・ 国の施策としての妥当性、国の関与が必要とされる施策か。
- 施策の構造及び目的実現見通しの妥当性
 - ・ 現時点において得られた成果は妥当性
 - ・ 施策の目的を実現するために技術に関する事業が適切に配置されているか。
- 総合評価

【技術に関する事業】

- 事業の目的・政策的位置付けの妥当性
 - ・ 事業の目的は妥当で、政策的位置付けは明確か。
 - ・ 国の事業として妥当であるか、国の関与が必要とされる事業か。
- 研究開発等の目標の妥当性
 - ・ 研究開発等の目標は適切かつ妥当か。
- 成果、目標の達成度の妥当性
 - ・ 成果は妥当か。

- ・ 目標の達成度は妥当か。

○事業化、波及効果についての妥当性

- ・ 事業化については妥当か。
- ・ 波及効果は妥当か。

○研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性

- ・ 研究開発計画は適切かつ妥当か。
- ・ 研究開発実施者の実施体制・運営は適切かつ妥当か。
- ・ 資金配分は妥当か。
- ・ 費用対効果は妥当か。
- ・ 変化への対応は妥当か。

○総合評価

第2章 技術に関する施策の概要

第2章 技術に関する施策の概要

1. 施策の目的・政策的位置付け

1-1 施策の目的

石油は今後とも我が国の主要なエネルギー源であり、供給源の多様化や今後見込まれる需要構造変化に対応し、安定的かつ効率的な石油製品等の供給を確保することが重要である。

我が国のエネルギー安定供給を確保するため、今後予想される原油の重質化、供給源の多様化や国内石油製品需要の白油化、重油需要の減少が加速している状況に対応し、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石油精製技術の研究開発が求められている。

また、非化石エネルギー（バイオ、水素等）の導入に向けて、石油から安定・安価な水素製造を可能とするため、高品質・高効率水素の製造技術開発等の推進や、バイオ燃焼の利用技術開発等が必要である。

当該技術に関する施策は、石油産業での石油精製技術や利用技術を開発することにより、石油の安定供給を図ることを目的としている。

1-2 政策的位置付け

エネルギー政策基本法に基づき、エネルギー政策の基本的な方向性を示した「エネルギー基本計画（平成22年6月18日閣議決定）」において、以下のよう位置付けられている。なお、現在、基本計画の見直しが行われている。

●「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、LCB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を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、CO₂ 排出量をほぼゼロとするための検討を促進する。

1-3 国の関与の必要性

近年、中国やインドなどを中心にした石油・天然ガス・石炭需要の急増、資源国における資源困い込みの動きなど資源ナショナリズムの高まりや消費国間の資源獲得競争の激化など、資源・エネルギーを巡る環境に大きな変化が生じている。こうした需給のファンダメンタルズのタイト化に加え、地政学リスクの高まりや投機・投資資金の流入などを背景として、石油をはじめ、天然ガス・石炭など、あらゆるエネルギー資源の価格が変動している。

こうした状況の下、先進国、新興国が、こぞって国策としての資源獲得を展開する中、とりわけエネルギーの海外依存度の高い我が国にあっては、従前より増して、国が前面に立ち安定供給に向けた施策を推進することが必要となる。こうした観点からエネルギー政策基本法（平成14年法律第154号）にあるとおり、「安定供給の確保」、「環境への適合」、「市場原理の活用」の方針に従い、民間部門との補完的な機能分担に留意しつつ、戦略的に施策を講じ、エネルギーセキュリティの向上を図り、石油・天然ガス・石炭の安定供給を確保する必要がある。

特に、石油精製業は輸入された原油を精製し、石油製品を生産する機能を担っているが、石油製品の需要の減少や、ガソリンや灯油などの比率が重油と比べて大きくなるいわゆる「需要の白油化」といった課題に直面している。

こうした環境変化に対応し国内に安定的に石油製品を供給し続けるため、我

が国の石油精製産業の重質分解能力向上等精製技術の高度化を促進し、経営基盤の強化を図る。

このような取組は、上記のとおり高い公共性が期待できるとともに、高いリスクが伴い民間企業のみでの取組が困難であることから国が関与することが必要である。

2. 施策の構造及び目的実現の見通し

2-1 得られた成果

(1) 革新的次世代石油精製等技術開発

研究開発期間：平成19～23年度

予算総額（実績）：160億円

- ・重質油対応型高過酷度流動接触分解（HS-FCC）技術の開発では、3,000BPDの実証化装置を建設運転し、プロピレンやガソリンの目標製品収率をほぼ達成し、数万BPD規模の商業装置を建設運転可能とするプロセスの実用化に目途をつけた。
- ・原油重質化に対応した重質油の高度利用・有用化技術の開発では直脱、FCC装置等の新規分解触媒を開発し、実証運転において想定の触媒性能を確認した。
- ・超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発において、オイルサンド合成原油を原料に用い（または50%混合処理）、国内製品規格に適合したガソリン・灯油製品を得るための水素化精製触媒、分解触媒を新規に開発した。

(2) 石油燃料燃料次世代環境対策技術開発

研究開発期間：平成19～23年度

予算総額（実績）：44億円

- ・高濃度エタノール及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、対策技術確立及び自動車燃料品質規格検討の基礎データの収集ができた。
- ・各種バイオディーゼル燃料を高濃度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の収集ができた。
- ・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の収集ができた。
- ・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についての知見が得られた。

(3) 高効率水素製造等技術開発

研究開発期間：平成23～25年度

予算総額（予定）8.2億円

- ・ 高効率水素製造等技術開発では、燃料電池自動車用の純度 99.99%以上の水素を製造する膜分離プロセスを開発した。
- ・ 高圧出荷装置技術開発では、製油所で燃料電池自動車用に製造された高純度（99.99%）水素を効率的に出荷するために必要な大型の圧縮装置を開発した。

(4) 重質油等高度対応処理技術開発

研究開発期間：平成23～27年度

予算総額（～25年度）42億円

- ・ 重質油の詳細組成構造解析技術の開発では、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した。
- ・ 分子反応モデリング技術の開発では、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とともに、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した。
- ・ ペトロインフォマティクスの構築では、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。
- ・ アスファルテン凝集挙動解析技術の確立では、種々の実験手法において高温高圧条件でアスファルテン凝集を測定可能な技術を開発し、評価に着手するとともに、アスファルテン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アスファルテン凝集度を定量的に記述できる新規モデルを構築した。
- ・ 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では、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。

2-2 施策の構造

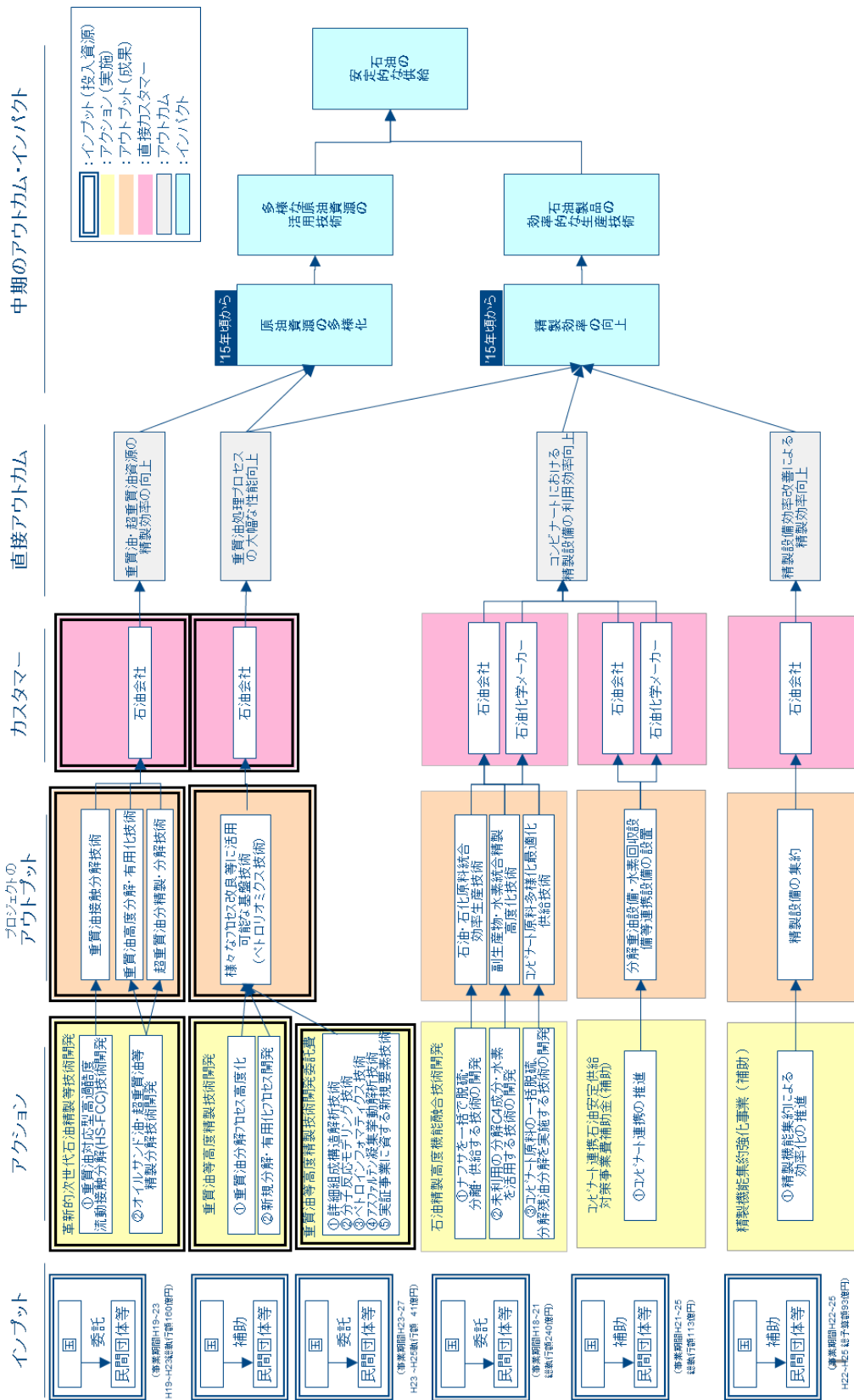
各事業の技術体系を整理したロジックツリーを別紙1に示す。

また、各事業の目的や進捗を整理するとともに、中長期的なアウトカムを整理したロジックモデルを別紙2に示す。

石油精製関連分野

[illegible]

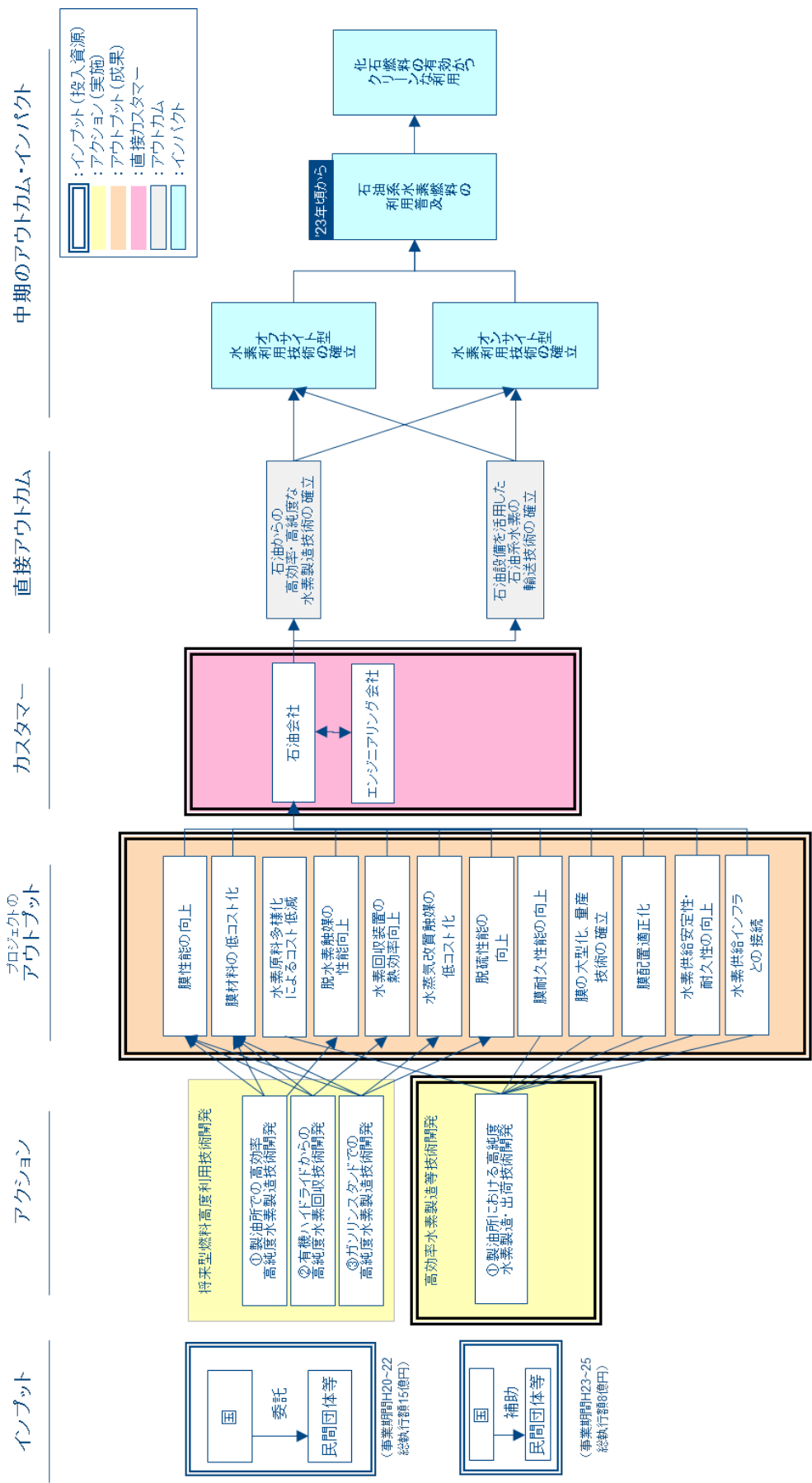
石油精製・利用技術 ロジックモデル



出所: 個別事業評価書、個別事業要求説明書、中間評価報告書

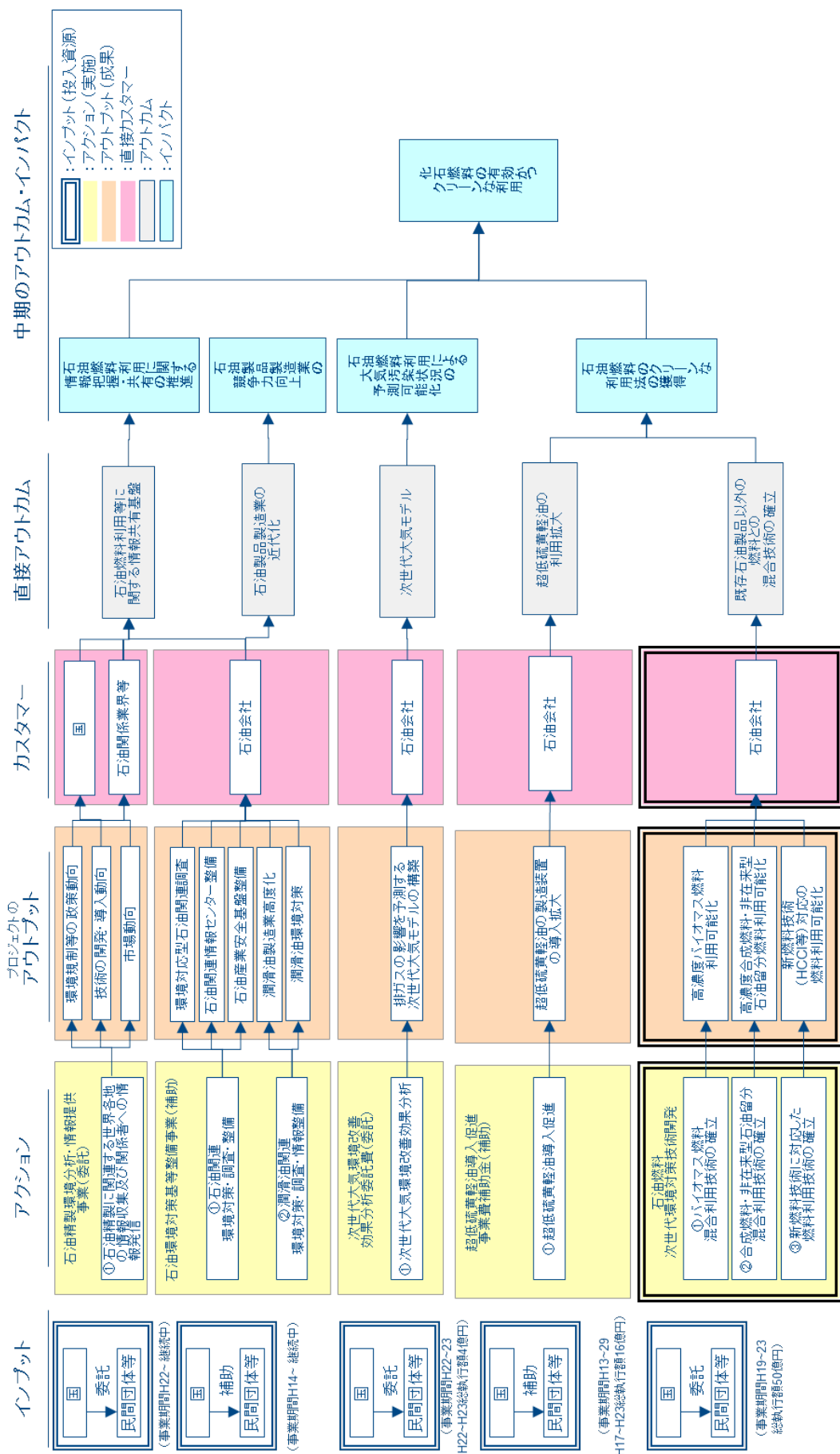
----- 副次的な課題

(別紙2)



出所: 個別事業評価書、個別事業要求説明書、中間評価報告書

----- 副次的な課題



出所: 個別事業評価書、個別事業要求説明書、中間評価報告書

第3章 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. 事業の目的・政策的位置付け

1－1－A 事業の目的

石油は今後とも我が国の主要なエネルギー源であり、供給源の多様化や今後見込まれる需要構造変化に対応し、安定的かつ効率的な石油製品等の供給を確保することが重要である。

今後予想される原油の重質化、供給源の多様化や国内石油製品需要の白油化、重油需要の減少が加速している状況に対応するために、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の研究開発が求められている。

さらに、重質油やオイルサンド等の非在来型原油の利用性を高めるために、これらの分解・有用化技術を開発することは原油供給源の多様化につながり、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、石油の安定供給を図ることを目的としている。

また、本事業で開発する技術は、従来技術より重油の得率を減少させ、白油（ガソリンやプロピレンなど）の得率を向上させる技術である。石油製品需要の白油化が進む現在において、これは、より少ない原油処理量で製品生産が可能となることを意味し、この原油処理量削減は温室効果ガス削減に寄与する。

本事業で実施する技術開発・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

重質油を高温・短時間で選択的に分解し、高オクタン価ガソリン基材や石油化学原料を得る世界初のダウンフローリアクターによる画期的な新規分解プロセスについて、商業化に移行するための技術を確立する。

(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

我が国の製油所における主要な重質油処理装置である重油直接脱硫装置（直脱）、流動接触分解装置（FCC）、および残油流動接触分解装置（RFCC）等の重質油分解能力を飛躍的に向上させるとともに分解生成物を有用化する技術を開発し、重質油を白油、石油化学原料等に転換する技術を確立する。

(3) 超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発

非在来型の石油資源として埋蔵量の豊富なオイルサンド油等のビチューメン

や超重質油を精製し、世界で最も厳しい水準にある我が国の品質規格に適合するガソリン、軽油を製造する技術、および石油化学原料に転換する技術を開発することにより、国内で利用可能な原油の幅を拡大し、エネルギーセキュリティ向上に貢献する。

(4) 革新的精製技術シーズ創製のための研究開発

日本から世界に発信する新規重質油分解技術等の世界最先端の精製技術シーズを創製するため、産官学の連携により、基盤となる革新的な触媒技術及び超臨界流体による分解等のプロセス理論を構築し、新技術の創出を図る。

1-2-A 政策的位置付け

本事業の開始時である平成19年3月に閣議決定された「エネルギー基本計画」において「我が国における石油需要は、C重油等の需要が減少し、揮発油・灯油・軽油等の軽質・中間留分の需要の割合が増加する等、製品需要の軽質化が進む一方、残さ油など重質留分需要の減少（ボトムレス化）が進んでいる。その一方で、新たに供給される原油は重質化することが見込まれており、需要の変化に対応した装置構成の実現など、非在来型原油も含めた石油の効率的・高度利用に取り組むことが、石油精製業の経営基盤の強化を図る上で不可欠である。このため、石油精製業においては、オイルサンドやオリノコータル等非在来型原油や超重質油の分解能力向上を図るための技術開発、HS-FCC（高過酷度流動接触分解装置）等による残さ等重質留分の有効活用に向けた取組等を強化することが期待される。国はこうした石油の効率的・高度利用技術の開発や普及への取組が円滑に進むよう、所要の環境整備をすすめる。」とされている。

さらに、平成22年6月に閣議決定された「エネルギー基本計画」においても石油精製業の維持強化のために「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および構造的な減少、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増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。」とされ、石油の高度利用として「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。」とされている。

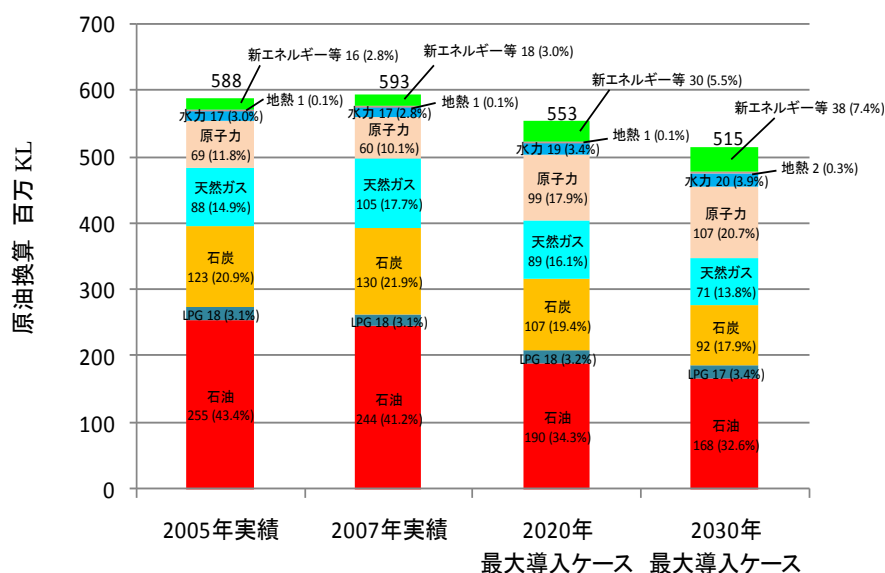


図1-1 我が国における一次エネルギー供給の推移

出典:「総合資源エネルギー調査会総合部会 第2回需給部会 資料」平成21年8月 資源エネルギー庁

石油は図1-1に示すように2030年においても、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。

一方、石油製品の需要は図1-2に示すように今後ともガソリン等の需要の白油化が進む一方、重油分の需要減少がさらに進むと見込まれている。

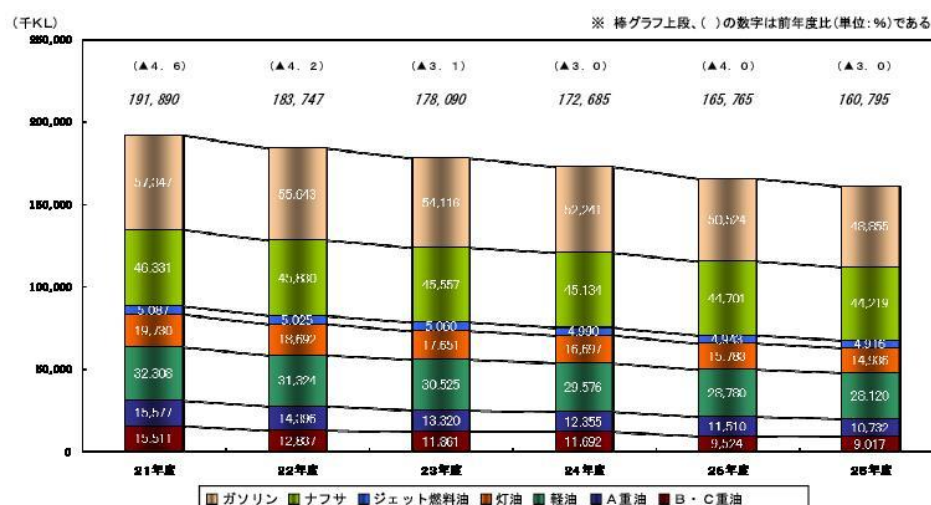


図1-2 平成22～26年度石油製品需要見通し(燃料油)

出典:石油製品需要想定検討会(平成22年4月) 資源エネルギー庁

このような状況の下、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」において図1-3のとおり導入シナリオが示されており、本事業で取り組んでいる技術開発は図1-4の技術ロードマップに重質原油利用技術（5201J）、および超重質油高度分解・利用技術（5411D、5412D）として示されている。

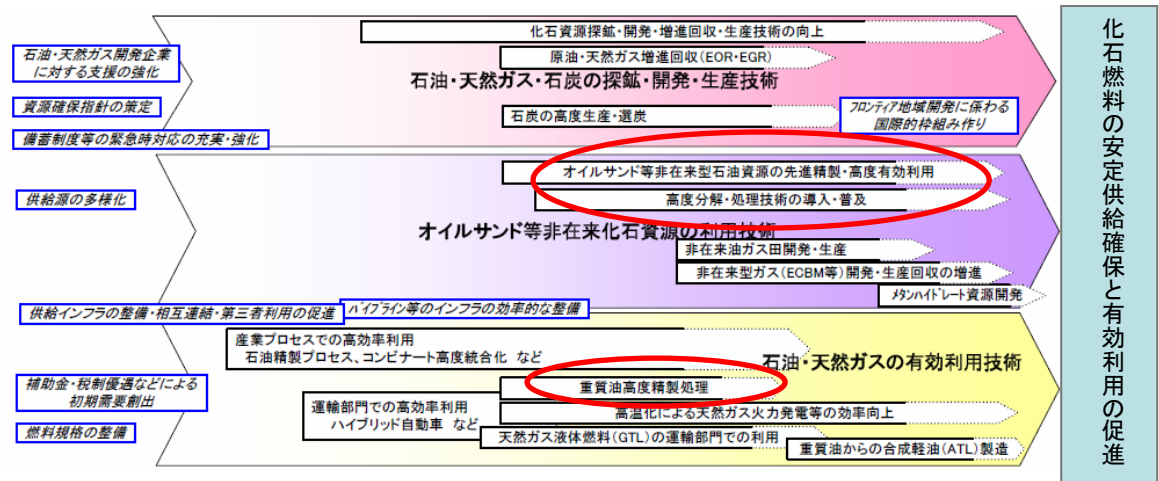


図1-3 「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」に向けた導入シナリオ

出典：「技術戦略マップ2010」（平成22年6月）経済産業省

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
5201J	20.重質原油利用技術 重質油等高度対応処理・ 合成軽油製造技術					
		FT合成技術 水素化分解技術 重質油のガス化技術 超臨界水による脱金属技術等	HSFCプロセス開発技術 分解ガス成分異性化触媒技術 重質油対応直接脱炭触媒技術 重質油のガス化技術 超臨界水による脱金属技術等	分解軽油水素化分解触媒技術 重質油対応直接脱炭触媒技術 重質油のガス化技術 超臨界水による脱金属技術等	分解軽油水素化分解触媒技術 重質油対応直接脱炭触媒技術 重質油のガス化技術 超臨界水による脱金属技術等	重質油からの合成軽油製造技術(ATL)
5411D	41.超重質油高度分解・ 利用技術 オイルサンド等の 高度分解・処理技術					
			水素化分解技術 流動接触分解技術 超臨界水による脱金属技術等	新規水素化分解触媒開発 超臨界における水による重質油分解技術 超臨界における水による重質油分解技術	ディル・ビット35%以上、シン・ビット50%以上混合処理可能な触媒・プロセス技術開発 オイルサンドビッチメンテ90%以上分解可能なプロセス技術の確立	
5412D	41.超重質油高度分解・ 利用技術 オイルサンド・ビッチメン 等の高度利用・活用技術					
			熱分解(コーク)最適化技術 改質・分解触媒技術 合成原油処理用触媒技術	分解軽油の石化原料転換技術等のオイルサンドへの活用 硫黄分10 ppm以下ガソリン・軽油の製造技術確立		

図1-4 「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」に寄与する技術の
技術ロードマップ（一部抜粋）

出典：「技術戦略マップ2010」（平成22年6月）経済産業省

本事業において実用化技術の確立を目指す、重質油対応型高過酷度流動接触分解（HS-FCC）技術は、サウジアラビア等からも高い評価を受けており、産油国との関係強化、競争力強化への貢献度は極めて高い。また、中国・インド等の新たな大消費国と伍していく上で、極めて重要なツールとなる技術である。

更に経済と環境の両立を目指す「グリーンイノベーション」の対象となっている「環境・資源・エネルギー分野の革新的な技術等の研究開発」の一つとして本事業は位置づけられており、例えば HS-FCC 技術では、より少ない原油処理量で同一量の白油が得られるため、17万 BPD^{（*注）}規模の製油所において、2020年の時点で年間26万トンのCO₂削減が可能となることから、我が国の温暖化ガス削減にも寄与するものである。

*注： barrels per day（バレル／日） 1バレルは約159リットル

1-3-A 国の関与の必要性

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の点から重要な事業であり、経済的・社会的インパクトは極めて大きい。

世界各国において、国主導によるエネルギー・資源確保戦略が展開される中、我が国としても、革新的な技術を確立、活用するといった戦略的な取組が不可欠である。

本事業で研究開発に取り組んでいる革新的な精製技術は世界最先端の重質油分解・有用化技術、非在来型原油精製技術であり、技術開発のハードルが高く、リスクを伴う。

例えば HS-FCC 技術については、原料油処理量30BPD規模の実証試験には成功しているものの、商業装置の規模はその1000倍程度となるため、世界初のダウンフロー形式によるプロセス技術の商業化には少なくとも100倍規模の実証プラントによるスケールアップ研究が不可欠である。この100倍のスケールアップには新規要素技術に係る予測不能な問題等、高いリスクが有り、民間企業のみでの取り組みは困難である。

また、重質油の高度分解・有用化技術開発においては触媒の活性点構造制御や酸性質の精密制御のためにナノレベルでの構造解析・分析技術に加えて新規な触媒調製手法の構築が必要となり、超重質油・オイルサンド等の精製・分解技術の開発においてはオイルサンド油に多く含まれる窒素化合物の反応阻害抑制、芳香環への選択的水添、開環・分解は分子レベルの反応制御であり、石油精製では初めてとなる分子レベルによる分析・反応解析が必要となる等、既存

技術の組み合わせのみでの対応は難しい。

これらの研究開発成果については、上記のとおり高い公益性が期待できるとともに、高いリスクが伴い民間企業のみでの取組が困難であることから国が関与することが必要である。

2－A. 研究開発目標

2－1－A 研究開発目標

本技術開発事業は平成19年度から平成23年度までの5年間で実施し、個別要素技術開発ごとに目標を設定して以下の4項目について研究開発を進めている。

(1) 重質油対応型高過酷度流動接触分解（HS-FCC）技術の開発

世界初のダウンフロー方式による反応器を使用する3,000BPD規模の実証化装置を用いてプロピレン収率20%以上、ガソリン収率20%以上を維持しつつ長期連続運転を達成し、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、確立後なるべく早い段階での商業化を目指す。

(2) 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（減圧残油（VR）処理比率0→50%）やFCCの残油混合処理比率増（30→50%）等により重油削減を可能とすることを全体目標としている。そのため、個々の装置では、直脱の水素化分解機能向上（分解率10%向上）、RFCCでの分解率向上（ガソリン収率2.5%以上向上、残油分解率2%向上）等により、C重油12%減、ガソリン2.5%増、石油化学原料6%増を達成する。

本技術開発で実施しているテーマは以下の3つである。

- 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
- ②FCCの高機能化による新規重質油処理技術の開発
- 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

(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を満足する灯軽油を製造できる技術を確認することが全体目標である。ディーゼル軽油においては世界に先駆けたサルファーフリー（10ppm）化に加え、燃焼性についても始動性、白煙発生等の問題のない世界最高レベルのセタン指数が規格化され、また、灯油においては室内燃焼器に使用されるという我が国の用途の特殊性から煙点（煤発生指標）が規格化された、超クリーン燃料である。そのため、目標値としてはオイルサンド由来の熱分解軽油留分を国内品質規格（特にセタン指数（50））に適合させるとともに、オイルサンド由来のFCC分解軽油（LCO）を転換し、ガソリン（50～70%）や石油化学原料を得る技術を確認する。

本技術開発で実施するテーマは以下の３つである。

- ①超重質油（オイルサンド）等の分解有用化技術開発
- 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
- 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等アップ
グレーディング技術の開発

（４）革新的精製技術シーズ創製のための研究開発

触媒、プロセス等の精製技術シーズを創製するための基盤的技術の研究開発として、以下の２テーマについて大学等との共同研究を進めている。

本研究開発では

- ①革新的精製触媒技術開発
- ②革新的超臨界水熱分解技術開発

研究開発の目的は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開発であり、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 触媒技術の開発および超臨界水熱反応機構の解明のための検討をおこなうところまでを目標としている。

2-2-A 全体の目標設定

表 2-1. 全体の目標

目標・指標 (事後評価時点)	設定理由・根拠等
3, 000BPD 規模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。 重質油脱硫能力の飛躍的向上、FCC の残油混合処理比率増等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。 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。 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開発を開発する。	業終了後、速やかな実用化を目指すため。 30BPD 規模の実証化試験装置ではプロピレン収率 20 mass% 以上を達成しているが、流動シミュレーターを駆使したダウンフローリアクター・セパレーターのスケールアップ 検討も並行して実施する。 平成 21 年度から 23 年度の間に順次、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ため、触媒要素技術を確認しておく必要がある。 国内既設製油所への適用を前提とすれば、蒸留塔の限界からオイルサンド合成原油と従来型原油の混合処理比率は 50% が限界である。この混合上限値の条件下においても、我が国の品質規格を満足する石油製品を製造可能な触媒要素技術を確認しておく必要がある。 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。

2-3-A 個別要素技術の目標設定

表 2-2. 個別要素技術の目標

要素技術	目標・指標 (事後評価時点)	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 の重質油対応型高過酷度流動接触分解実証化装置を用いてプロピレン収率 20 mass% 以上及びガソリン収率 20 mass% 以上を達成し、実用化のための技術確立する。	重質油を分解して石油化学製品と高オクタン価ガソリンを生産する世界初のダウンフローリアクター方式によるプロセスを実用化する。
(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	・原料硫黄分 200% の上昇に対して、ガソリンのオクタン価低下を従来並み (1~4) もしくはそれ以下に抑制する。 ・ベンチ規模において、150℃以下で再生処理なしで3ヶ月以上の推定寿命を達成する。 ・トンレベルの工業的製造方法を確立する。	原油の重質化に伴い硫黄分が上昇すると、FCC ガソリンの水素化脱硫において、脱硫率の上昇に伴う大きなオクタン価ロスが発生し、ガソリンの品質確保が困難となる。硫黄分高度吸着除去プロセスを FCC ガソリン水素化脱硫に追加設置することによって、FCC ガソリンの脱硫率を維持し、オクタン価ロスを抑制する。
②FCC の高機能化による新規重質油処理技術の開発	・直脱で常圧残油 (AR) と減圧残油 (VR) 混合処理 (50/50) による FCC のための新規重質油処理技術を開発する。 ・FCC における脱硫重質残油 (DSR 50%) 混合処理で、FCC ガソリンのオクタン価 (1RON) を向上させる技術を開発する。 ・FCC で生産される LCO 留分	原油の重質化及び製品需要の変化により、今後、余剰が懸念される重油生産量を削減するため、直脱では減圧残油 (VR) の増処理を可能とする技術開発、FCC では脱硫重質残油を増処理可能とする技術開発および軽脱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へ変

要素技術	目標・指標 (事後評価時点)	設定理由・根拠等
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	の 50% をクリーンな軽油基材へと転換可能とする技術を開発する。 ・残油分解率を既存直接脱硫技術より 10 vol% 以上向上（残油脱硫率維持）させる技術を開発する。 ・ガソリン収率を既存 RFCC 技術に比べ 2.5 vol% 以上向上させ、残油分解率を既存 RFCC 技術に比べ 2 vol% 以上向上させる技術を開発する。 ・RFCC から副生される分解ガスからのエチレン・プロピレン、芳香族収率を 90 wt% 以上とする技術を開発する。	換する技術開発を行う。 原油の重質化、重油需要の激減が見込まれる状況の中、多額の費用が予想される設備対応をすることなく、触媒の技術開発により、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、重質残油をガソリン、灯油、軽油等へ高分解し、分解ガス転換システムで、重油の用途先である自家用燃料に用いられている分解ガス（重質残油の分解過程で副生）を石化原料であるエチレン・プロピレン、芳香族へ有用物として転換を図る。
(2) 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 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	・セタン指数向上技術：硫黄分 10ppm 以下、セタン指数 50 以上。 ・LCO 分解技術：硫黄分 10ppm 以下、ガソリン収率 70vol% 以上。 ・オイルサンド混合灯油の煙点：24mm 以上。 ・オイルサンド混合軽油のセタン価：52 以上。	・オイルサンド油の軽油留分を JIS 規格に満足させる。 ・急激な需要低減が予想される分解軽油(LCO)をガソリンまたは、今後需要が増大する石油化学原料に転換する。 ・合成原油 50%混合処理において、製品の JIS 規格を満足する。

要素技術	目標・指標 (事後評価時点)	設定理由・根拠等
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ディング技術の開発	・超臨界流体反応による熱分解重質留分の灯軽油留分転化率：50vol%以上。 ・選択的水素化分解反応による分解灯軽油留分からのガソリン留分収率 80vol%以上。	・オイルサンド油の熱分解重質油から灯軽油留分を転化するとともに、さらに付加価値の高いガソリンや石化原料に転化する技術開発を目指す。
(3) 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 ②革新的超臨界水熱分解技術開発	・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。 ・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。	・反応ステージ毎に触媒材料面、触媒システムの最適化からアプローチすることで触媒技術の開発を実現する。 ・ボトムレス指向から高分解率でオイルサンド等超重質油を分解する新規技術の開発を目指す。

3－A. 成果、目標の達成度

3－1－A 成果

3－1－1－A 全体成果

本技術開発は平成１９年度から平成２３年度までの５年間の計画で実施しており、個別要素技術ごとに最終目標を設定して、研究開発を進めた。

重質油対応型高過酷度流動接触分解(HS-FCC)技術の開発では３，０００ＢＰＤ実証化装置の建設運転を実施し、実用化のための技術を確立した。

原油重質化に対応した重質油の高度利用・有用化技術の開発では、直脱、FCC装置等の新規分解触媒の開発、製油所実装置での評価、性能確認を実施した。

また、超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発では、オイルサンド合成原油を５０％混合処理の条件下で国内製品規格に適合したガソリン・灯油製品を得ることができる水素化精製触媒、分解触媒を新規に開発、実験室規模での性能確認を完了した。

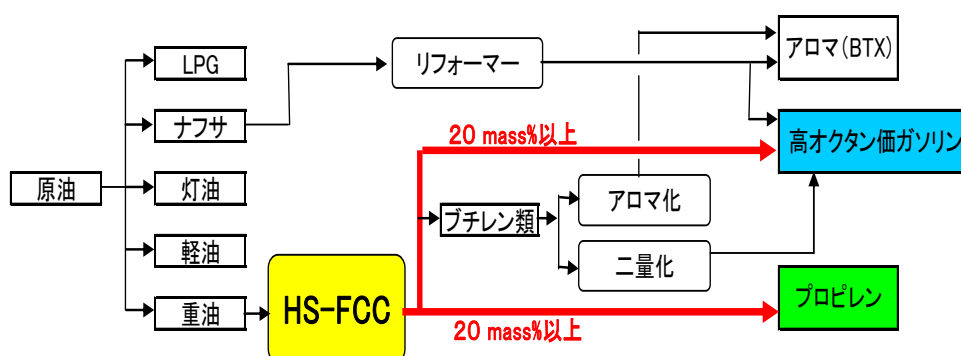
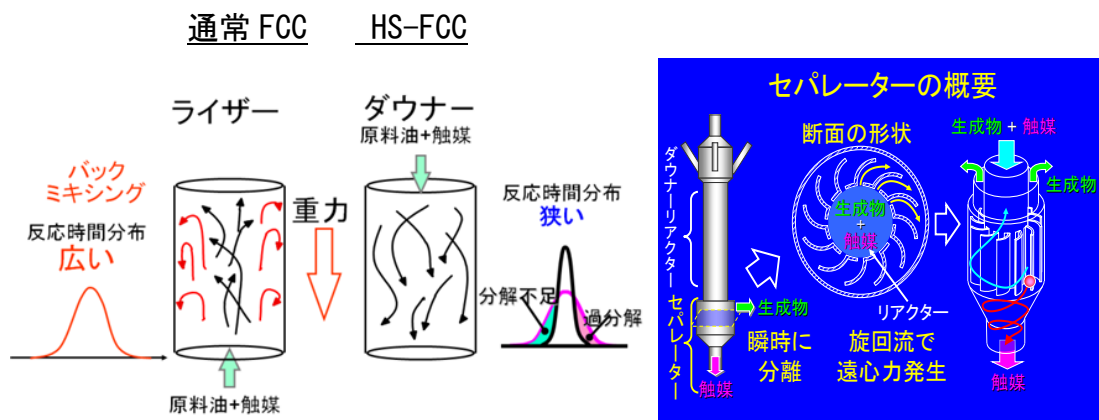
このように研究開発は順調に進められ、各個別要素技術において当初設定した目標を達成している。以下にその概要を示す。

3－1－2－A 個別要素技術成果

(１) 重質油対応型高過酷度流動接触分解（HS-FCC）技術の開発

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（インジェクター）・出口分離器（セパレータ）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した。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った。

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、確立後なるべく早い段階での商業化を目指す。



現在までに得られた成果を以下にまとめる。

- ① 3,000 BPD 実証化装置の設計・建設の完了
平成 23 年 5 月までに装置の設計・建設を完了
【実証化装置全景】



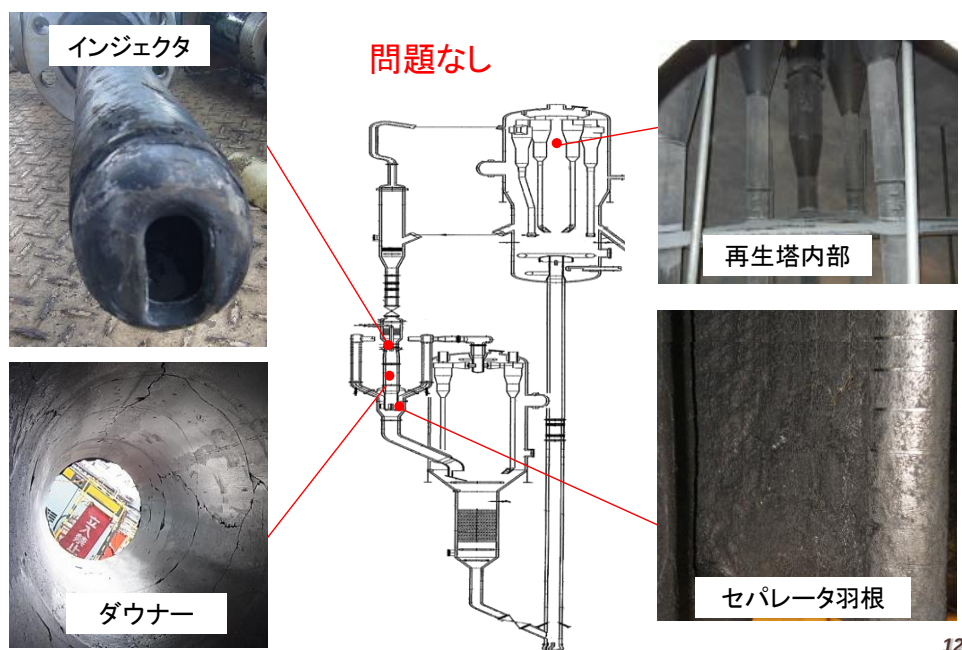
- ② 3,000 BPD 実証化装置の運転
平成 23 年 5 月から実証化装置の運転を開始し、脱硫減圧軽油（HT-VGO）原料によりプロピレン収率 17mass%、ガソリン収率 35mass%（オクタン価 89）を達成した。尚、水素化分解減圧軽油（HDC-BTM）原料ではプロピレン収率

19mass%を達成した。但し、装置の運転状態（触媒活性やスチーム注入量など）の調整が十分ではなく、これらを補正するとプロピレン収率は 21mass%（+2mass%改善）となり、目標の 20mass%を達成したと評価できる。

	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

③ 3,000 BPD 実証化装置の開放点検

開放点検を行い、開発機器であるダウナー、インジェクターやセパレータに摩耗等の問題のないことを確認した。



以上から 3,000 BPD 実証化装置は計画どおりの成果を挙げ、商業装置の設計・

建設・運転が可能であることが実証された。

(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

本技術開発は、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追加設置する事により水素化処理の負荷を下げ、原油が重質化し原料の硫黄分が増加した場合でも、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）を確保する事を目的とする。（図3－1）

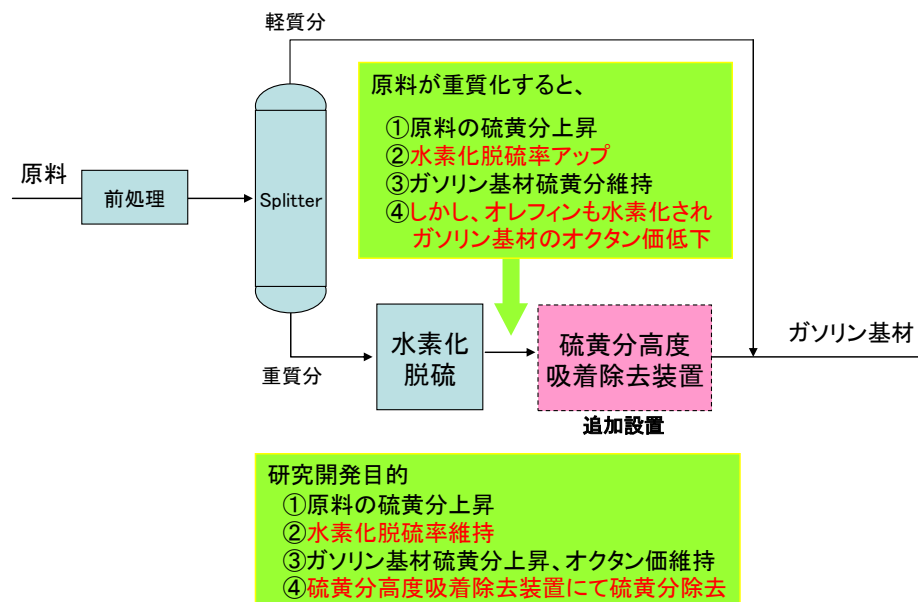


図3－1 「硫黄分高度吸着除去技術の開発」の概要

成果としては、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℃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3－2）

また、工業生産化に向けて、トンレベルでの高度吸着剤の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。

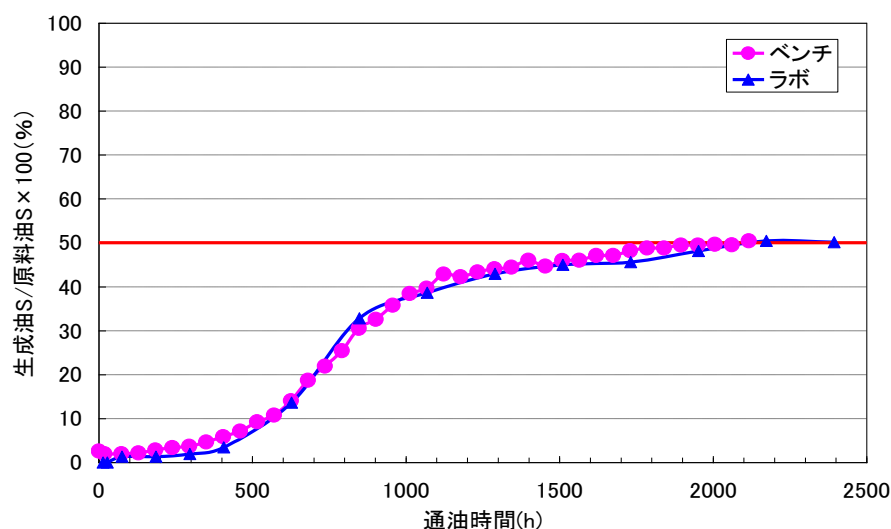


図 3 - 2 開発した触媒の脱硫寿命試験

②FCC の高機能化による新規重質油処理技術の開発

原油の重質化及び製品需要の変化により、余剰が懸念される重油生産量を削減するにあたり、大規模な設備投資を回避すべく触媒の技術開発を中心とした、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へ変換する技術開発を行う（図 3 - 3）。

既存の直脱装置では重質成分の水素化能力不足のためコーク析出による触媒活性低下が著しく、減圧残油（VR）処理は困難であった。FCC 触媒においても重質油処理によるコーク生成増加、重金属分体積による活性低下の問題があった。本技術開発ではナノ構造を分析・解析・制御するナノテクノロジーにより触媒の構造・活性点を制御し、これら問題点の解決を図るものである。

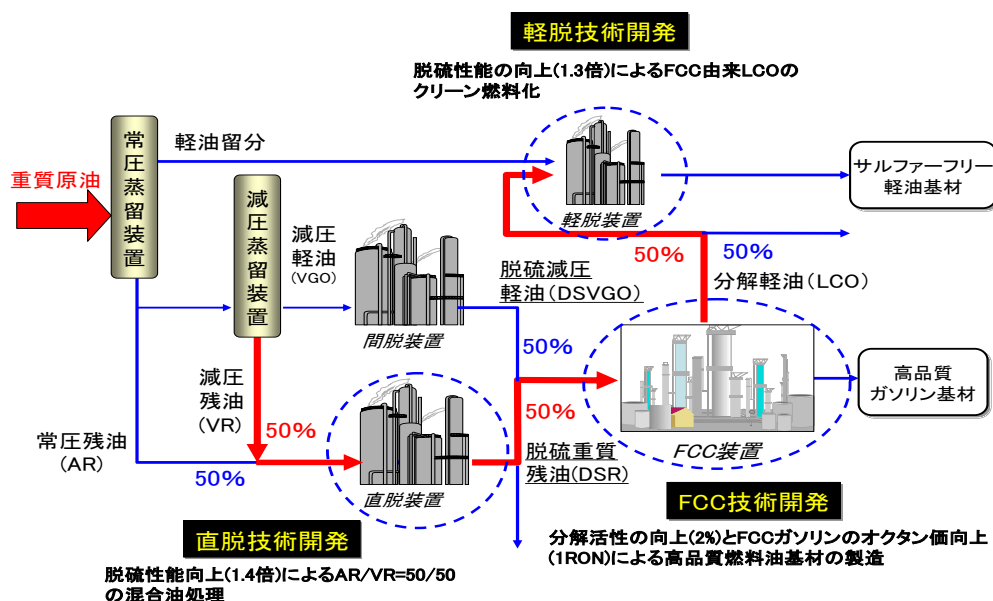


図 3-3 「FCC の高機能化による新規重質油処理技術開発」の概要

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 3-4）、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。

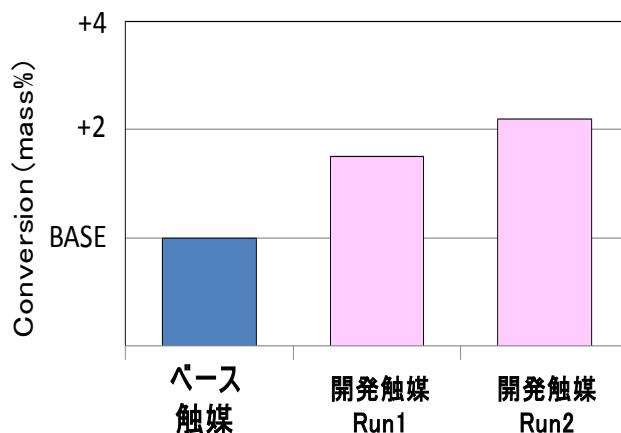


図 3-4 開発した直脱触媒の実装置運転における活性比較

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 3-5）。また、製油所実装置における実証運転において想定の触媒性能を確認するとともに実用上の問題が無いことを確認した。

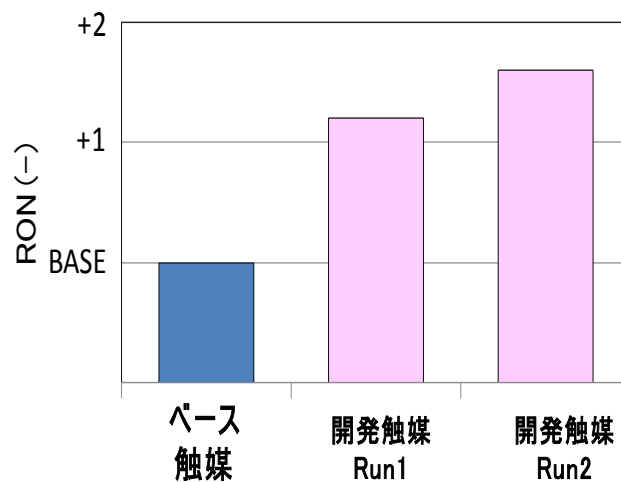


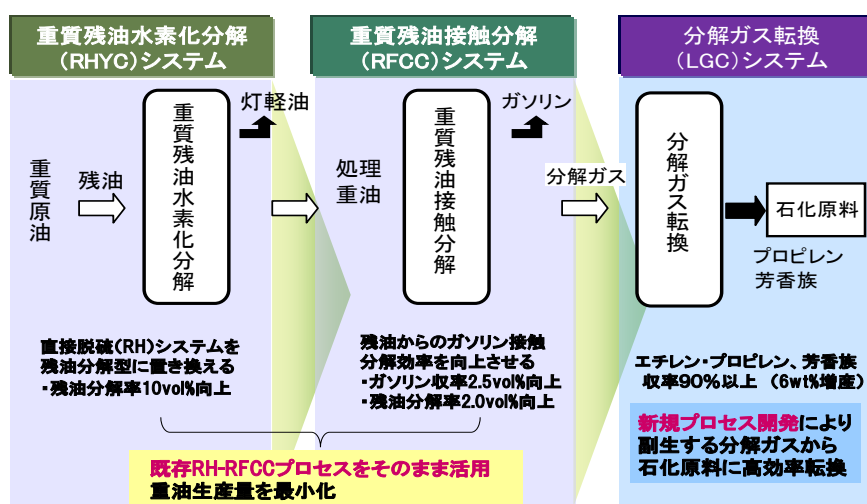
図 3-5 開発した FCC 触媒のガソリンオクタン価 (RON) 向上比較

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。

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

前テーマと同様に、触媒の技術開発を中心に、重油を他の有用な製品へ転換する RFCC トータルシステムによる新規重質油高度分解・有用化技術の開発を行う。本技術は、脱硫重質残油を原料として処理するタイプの RFCC (重油流動接触分解) 装置を対象として、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、重質残油をガソリン、灯油、軽油等へ高度分解するとともに、分解ガス転換システムで重質残油の分解過程で副生する分解ガスを石化原料であるエチレン・プロピレン、芳香族等の有用物に転換する。(図 3-6)

従来の直脱+RFCC システムにおいて、直脱は脱硫主体であり、分解機能は低かった。本研究開発では従来用いられてきたアルミナ担体に代わり、触媒主成分に分解機能 (酸点) の高いゼオライトを用いた世界に類のない直脱装置用分解触媒を開発し、RFCC での分解機能向上技術、さらに RFCC からの分解ガスを有用化 (石油化学原料化) する新規な技術を加えてシステム全体で重油得率の大幅削減を達成するものである。



RFCCトータルシステム技術開発の概要

図3-6 RFCCトータルシステムの技術開発概要

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℃)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パフォーマンス管理等を含め、通常の脱硫触媒システム並のパフォーマンス管理で、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実機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。

(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）等の分解有用化技術開発

本研究は、オイルサンド油由来の原料油である合成原油・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ことを目的に実施した。

合成原油・オイルサンド熱分解油から得られる軽油留分は、そのままではセタン指数が低く国内製品規格を満足出来ない。そこで当該軽油留分のセタン指数を向上するための技術開発を行った。

また、合成原油・オイルサンド熱分解油の重質軽油留分を 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。そこで LCO を分解してガソリンへ転換する LCO 分解技術の開発を行った（図 3－7）。

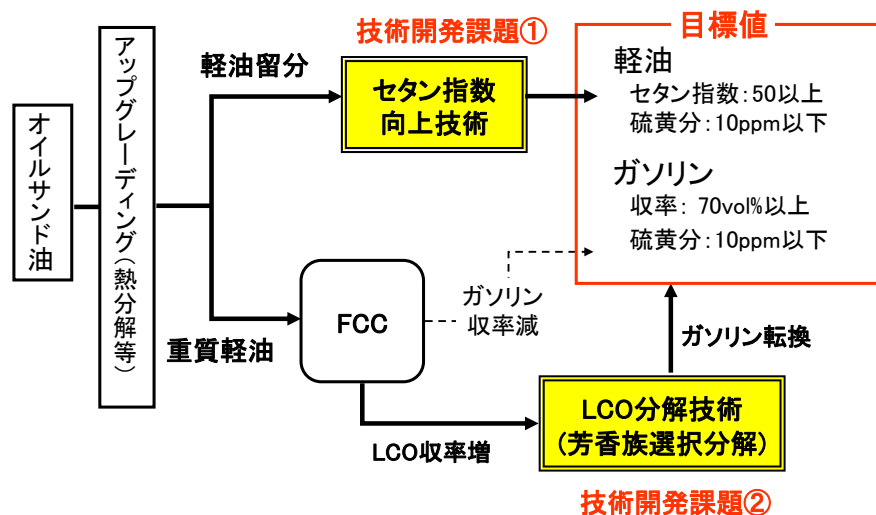


図 3－7 (2)－①の技術開発目標

《 セタン指数向上技術 》

セタン指数向上技術の開発では、オイルサンド合成原油の軽油留分組成について、クロマトグラフィー装置を組み合わせた分析法を開発して成分分析し、セタン指数の低い成分を特定した。それらセタン指数の低い成分（2環芳香族）を高セタン指数成分に転換するための芳香環の部分水添と開環反応を選択的に行えるゼオライト系触媒を新たに開発し、当該軽油留分のセタン指数を 53（目標は 50 以上）まで向上させることができた（表 3－1）。

表 3－1 開発触媒による水素化処理前後の油性状

	原料油 軽油留分	生成油	目標値
密度 (g/cm ³)	0.8888	0.8716	
動粘度 (30℃) (mm ² /s)	11.03	8.86	
硫黄分 (ppm)	450	9	<10
セタン指数	47.1	53.4	>50

《 LC0 分解技術 》

LC0 分解技術については、分析により合成原油・オイルサンド油熱分解油由来の LC0 には2環芳香族が多く含まれることが分かったため、2環芳香族（および3環芳香族）の芳香環の部分水添、開環、アルキル側鎖の切断を行えるゼオライト／アルミナ系触媒を新たに開発し、当該 LC0 からのガソリン収率を最大 82vol%（目標は 70vol%以上）まで向上させることができた。

表 3－2 開発触媒の LC0 分解・連続通油試験(720 日間)でのガソリン収率

	ガソリン収率 (vol%)	硫黄分 (ppm)
通油初期(～240日迄)	82.9	<1
通油後期(540～720日)	73.1	<1
目標値	>70	<10

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

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を在来型原油と混合し、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既存の精製設備で混合処理して国内の品質規格を満たすことができる燃料製品を製造するための技術開発を行った。特に、オイルサンド合成原油が混合されることで製品品質規格を下回ると考えられる灯油の煙点、軽油のセタン価について、品質を向上するための技術開発を実施した。(図 3－8)

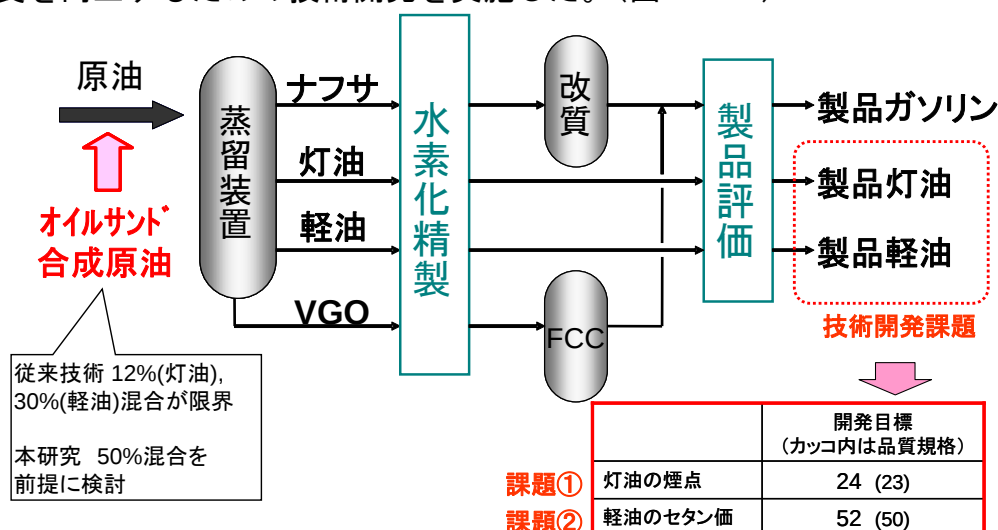


図 3－8 (2)－②の技術開発目標

《 灯油留分の煙点向上 》

灯油留分の煙点向上については、組成分析結果から芳香族分、ナフテン分が多いことが煙点低下の原因と推定し、改質のために芳香族水素化能が高く、ナフテン開環能を有するゼオライト系の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オイルサンド合成原油由来の灯油留分を水素化処理することで、煙点の製品規格（23mm 以上）を満たす灯油（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 》

軽油留分のセタン価向上については、組成分析結果から芳香族と 2 環、3 環ナフテン成分が多いことがセタン価低下の原因と推定し、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。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、セタン価の製品規格（50 以上）を満たす軽油留分（セタン価 54）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 》

軽油留分については、製品の実機試験としてエンジン試験評価も行った。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。

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等アップグレーディング技術の開発

オイルサンドなど非在来型原料油を製油所で処理した場合、原油の重質化によって、熱分解重質留分がより多く生じると予想される。そこで、熱分解重質留分を付加価値の高い製品に転換するための技術開発として、熱分解重質留分から重油基材を生成することなく灯軽油・ガソリン・BTX 等石化原料を製造できるプロセスを開発することを目的に、熱分解－超臨界流体反応－選択的水素化分解を組み合わせたプロセスについて技術開発を行った。（図 3－9）

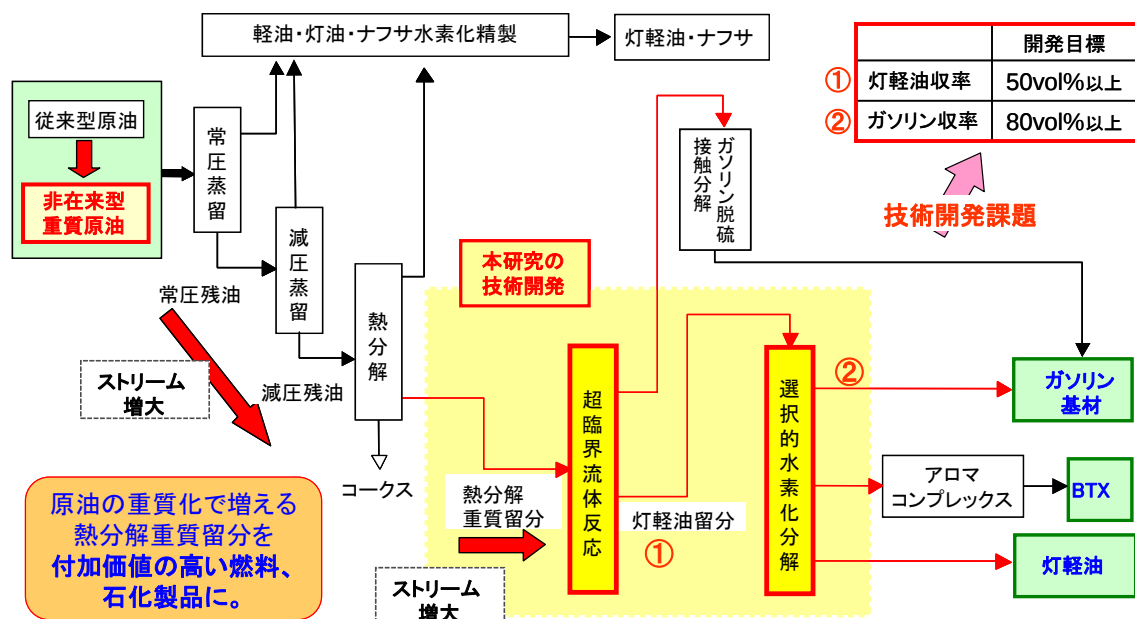


図 3-9 (2)-③の技術開発目標

《 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でき、開発目標（50vol%以上）を達成した。（図 3-10）

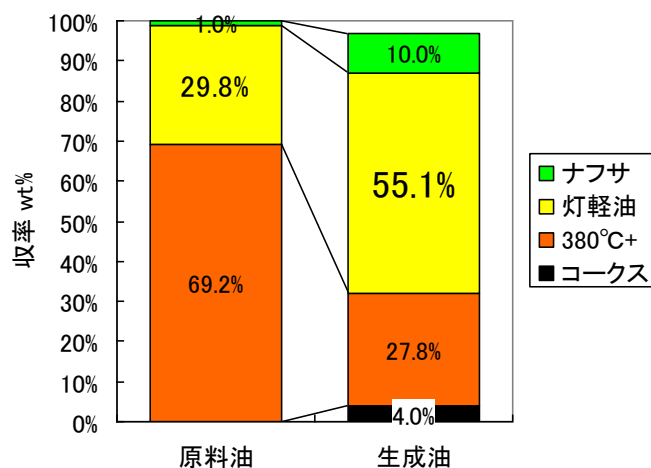


図 3-10 開発触媒での試験結果（超臨界流体反応）

《 選択的水素化分解 》

上記の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）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

今後予想されうる原料油の重質化に対応するため、重質油を原料とし、高オクタン価の分解ガソリンの製造を高効率で行う（または増産する）ための重質油対応・新規 FCC 触媒について研究を実施した。

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。（図 3－1 1）

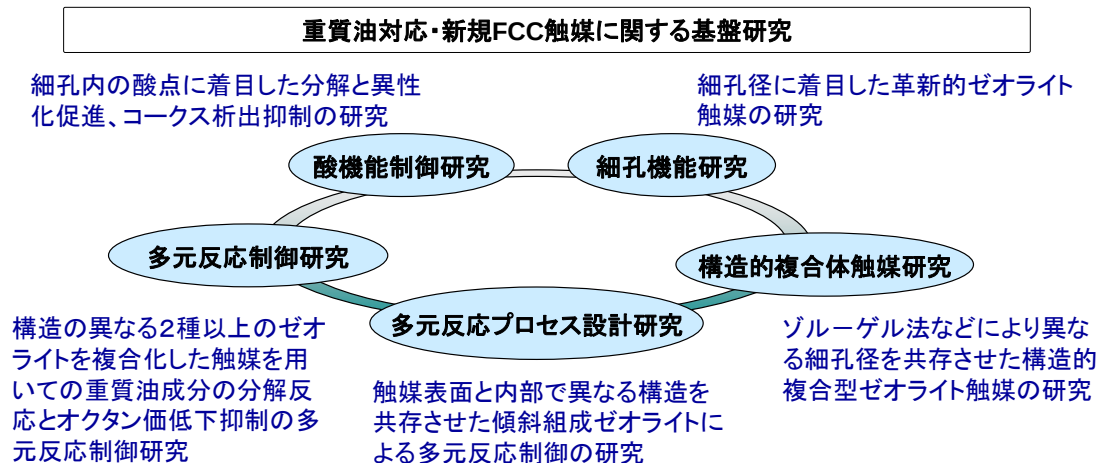


図 3－1 1 (3)－①の研究開発内容

・ 酸機能制御研究

重質油分解反応には細孔径の大きなゼオライト触媒が適すると考え、細孔径が大きなゼオライト触媒(MCM-68)で検討した結果、触媒の細孔内の酸点を多く残すことでコークス析出を抑えつつ分解、異性化を促すことを見い出した。

・ 細孔機能研究

重質油分解において、従来 FCC 触媒として用いられてきた USY ゼオライトと細孔径が同じで、触媒の活性劣化、生成物のコークス析出がともに少なく、水熱安定性が高いゼオライトが触媒として適すると考え、触媒開発を行った。その結果、USY ゼオライトに比べてコークス析出、活性劣化がともに少ない有望な触媒（ITQ-21）を見い出した。

・ 構造的複合体触媒研究

ゼオライト触媒に複数の構造を共存させた触媒として、ゾルゲル法等による触媒調製でゼオライトの構造体に細孔径の異なる構造を持たせることで、オクタン価向上に寄与する単分岐、多分岐体の生成が促されることを見い出した。

・ 多次元反応プロセス研究

傾斜組成を有するゼオライト触媒として、触媒の内部と外表面の異なるゼオライト触媒を合成して評価しました。その結果、触媒内部（高 Si/Al

比の ZSM-5) 細孔内の強酸点によりパラフィンの分解・水素移行と、ゼオライト外表面(シリカライト)での異性化反応が促進されることで、高オクタン価ガソリンが高収率で得られることを見い出した。

・多元反応制御研究

接触分解において、多環芳香族の水素化分解を進めながらオクタン価低下を抑制する骨格異性化反応、脱水素環化反応を同時に行う多元反応を制御できる触媒について研究し、FAU 型ゼオライトに構造の異なる BEA 型, MFI 型ゼオライトを複合した触媒を見い出した。

②革新的超臨界水熱分解技術開発

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/分解プロセスについて研究を行った。

図3-12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。

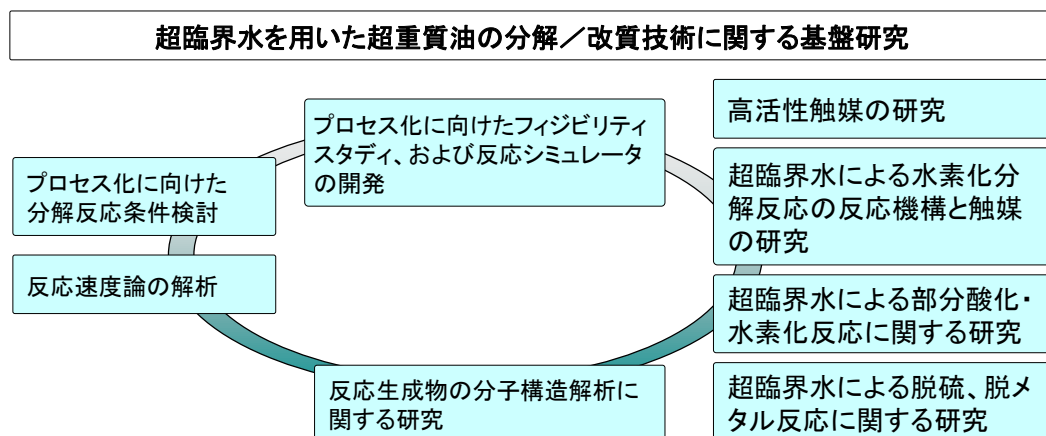


図3-12 (3)-②の研究開発内容

・フィジビリティスタディとシミュレータ開発

超臨界水による重質油改質のプロセス化に向けたフィジビリティスタディとして、相平衡計算の各計算等と反応シミュレータ開発を行い、シミュレータの計算結果と実験結果が一致することを確認した。

・高活性触媒の研究

重質油分解において高い分解活性を持つ触媒研究を行い、高圧過熱水蒸気～超臨界水条件下において高活性な $\text{CeO}_2\text{--ZrO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--FeOx}$ 触媒を開発した。

- ・ 反応機構・触媒の研究

亜臨界水・超臨界水中におけるビチューメンの水素化分解の反応機構を解析するため、モデル化合物を用いた分解反応により反応機構を推定した。

- ・ 部分酸化・水素化反応に関する研究

超臨界水中での重質油改質において、部分酸化と水性ガスシフト反応によりコークス生成を抑制する改質反応条件を見い出した。

- ・ 脱硫・脱メタル反応に関する研究

超臨界水中での重質油改質において、重質油分解と同時に脱硫、脱金属を同時に行えないか検討した。超臨界水中では硫黄成分がコークスに濃縮されることで、改質後の軽質分中の硫黄含有率は低下できると、および重質油からの脱金属が可能な反応条件を見い出した。

- ・ 分子構造解析に関する研究

超臨界水中での重質油（ビチューメン）分解生成物についての成分分析・分子構造解析を行った。また、解析結果データを用いてビチューメン分解生成物の平均分子構造モデルを作成した。

- ・ 反応速度論の解析

超臨界水を用いた重質油分解において反応速度論の観点から研究を行った。重質油分解で問題となるコークス、ガス生成の抑制には、生成した軽質分を反応系外への連続的な除去が有効であり、プロセス化の際に考慮すべきであること、さらに重質油分解触媒として酸化鉄系触媒が有効であることを見い出した。

- ・ プロセス化に向けた分解反応条件検討

重質油分解のプロセス化を想定して反応条件について研究を行った。バッチ式反応装置、流通式反応装置を用いて効率よく分解できる反応条件を見い出した。

3-1-3-A 特許出願状況等

表 3-1 特許・論文等件数

要素技術	論文数	論文の 被引用 度数	特許等件 数(出願を 含む)	特許権 の実施 件数	ライセ ンス供 与数	取得ラ イセン ス料	国際標 準への 寄与
(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	—	5	0	0	0	0
(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	—	55	1	0	0	0
(3) 超重質油・オイルサン ド油等の精製・分解技術 の開発	2	—	38	0	0	0	0
(4) 革新的精製技術シー ズ創製のための研究開発	22	—	0	0	0	0	0
計	26	—	98	1	0	0	0

要素技術	論文以外の 投稿件数	学会発表等の 発表件数	受賞
(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	11	2
(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	7	32	—
(3) 超重質油・オイルサン ド油等の精製・分解技術 の開発	3	24	—
(4) 革新的精製技術シー ズ創製のための研究開発	6	177	—
計	19	244	2

表 3 - 2 論文、投稿、発表、表彰、特許リスト

	題目・メディア等	時期
論文	Energy & Fuels 2009年3月号 “Recovery of Lighter Fuels by Cracking Heavy Oil with Zirconia-Alumina-Iron Oxide Catalysts in a Steam Atmosphere” (産総研)	H21. 3
	日本芳香族工業会『アロマティックス』誌「選択的水素化分解による重質留分からのBTX類製造に関する技術開発」	H21. 7
	Journal of the Japan Petroleum Institute “Effect of 1-Methylnaphthalene Solvent on Cracking of Oil Sand Bitumen with Iron Oxide Catalyst Steam Atmosphere” (産総研)	H22. 7
	Applied Catalysis, A General, (Elsevier) “Catalytic property of amorphous silica-alumina prepared using malic acid as a matrix in catalytic cracking of n-dodecane” (三重大)	H22. 9
	日本エネルギー学会誌「軽油のタイプ分析」	H22. 11
	Journal of Applied Sciences “Evaluation of Catalytic Cracking Reactivity of Zeolites using 1-Dodecene as a Model Feedstock-Classification of Zeolites Based on Hydrogen Transfer Reactivity” (鹿児島大)	H22. 11
	Energy&Fuels “Production of Light Oil by Oxidative Cracking of Oil Sand Bitumen using Iron Oxide catalysts in a Steam Atmosphere” (産総研)	H22. 11
	The Journal of Supercritical Fluid誌 “Upgrading of Bitumen with Formic Acid in Supercritical Water” (宇都宮大)	H22. 11
	日本エネルギー学会誌「アスファルテンの炭素芳香族性の元素分析およびプロトンNMRからの予測：ペンタン不溶-ヘプタン可溶分の炭素芳香族性」 (産総研)	H22. 12
	ACS Books “Pore size control of a novel amorphous silica-alumina with large mesopore by the gel skeletal reinforcement and its catalytic cracking properties” (三重大)	H23
	日本エネルギー学会誌「水及びトルエン存在下におけるオイルサンドピチューメン熱分解反応」 (東北大)	H23
	Fuel誌 (Publisher: American Chemical Society) “Non - catalytic vanadium removal from vanadyl etioporphyrin(VO-EP) using supercritical water:A kinetic study ” (熊本大)	H23
	Fuel誌 “Effect of Water Density and Air Pressure on Partial Oxidation of Bitumen in Supercritical Water” (宇都宮大)	H23
	石油学会誌「2価および3価カルボン酸を用いて調製したシリカーアルミナのn-デカン接触分解におけるマトリックスとしての接触特性」 (三重大)	H23. 5

	題目・メディア等	時期
	Chemistry Letters誌 “Novel method for generating large mesopores in an amorphous silica-alumina by controlling the pore size with the gel skeletal reinforcement and its catalytic cracking properties as a catalyst matrix” (三重大)	H23. 5
	東海化学工学会 会誌「ゾルーゲル法による新規石油精製触媒の調整と接触分解反応特性の解析」 (三重大)	H23. 10
	The Journal of Supercritical Fluids “Effect of water properties on the degradative extraction of asphaltene using supercritical water ” (産総研)	H24
	Journal of the Japan Petroleum Insutitute “Effect of Supercritical Water on Desulfurization Behavior of Oil Sand Bitumen” (産総研)	H24
	ACS Symposium series “Catalytic Cracking of Heavy Oil Over a Complex Metal Oxide Catalyst in a Steam Atmosphere” (産総研)	H24. 1
	Journal of the Japan Petroleum Insutitute “Effect of acid properties of catalysts on fluid catalytic cracking of residual oil (流動接触分解触媒の酸性質が重質重油分解へ与える影響)”	H24. 9
	Catalysts “Large Mesopore Generation in an Amorphous Silica-Alumina by Controlling the Pore Size with the Gel Skeletal Reinforcement and Its Application to Catalytic Cracking” (三重大)	H24. 12
	Journal of Catalysis “Preparation of hierarchical β and Y zeolite-containing mesoporous silica-aluminas and their properties for catalytic cracking of n-dodecane” (三重大)	H24. 12
	Catalysts Communication “Catalytic cracking of VGO by heirarchical ZSM-5 zeolite containing mesoporous silica-aluminas using a Curie point pyrolyzer” (三重大)	H24. 12
	Energy&Fuel誌 “Upgrading of Bitumen in the Presence of Hydrogen and Carbon Dioxide in Supercritical Water” (宇都宮大)	H24. 12
	石油学会が刊行する論文誌「Beta型ゼオライトを触媒添加材として用いた接触分解での多次元反応制御」 (信州大)	H25. 2
	Journal of the Japan Petroleum Institute “Activity and Stability of Zinc and Phosphorus Modified NiMo/Al ₂ O ₃ Catalyst for Reasidue for Residue Hydrodesulfurizaiton”	H25. 9
投稿	化学工業日報「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」	H21. 7
	出光技報「水素化精製触媒の軽油及び重質油処理によるコーク劣化の検討」	H22. 2
	出光技報「超重質油（オイルサンド油）等の分解有用化技術開発」	H22. 6
	ペトロテック「(R)FCCプロセスおよび触媒技術の最新動向～RFCCトータルシステムの開発～」	H22. 10
	出光技報「少量試料での詳細分析方法（流路切り替え技術のGCへの活用）」	H23. 6

	題目・メディア等	時期
	出光技報「残油水素化分解（R-HYC）触媒の開発ー重油直接脱硫装置（RH）への適用検討ー」	H23. 10
	紙上発表Catalysis Survey from Asia “Preparation of amorphous silica-alumina using the sol-gel method and its reactivity for a matrix in catalytic cracking” （三重大）	H24
	出光技報「GPC-ICP質量分析法を用いた重質油中の含ヘテロ化合物の分子量分布測定」	H24. 2
	日本膜学会誌『膜』 「エネルギー分野で期待される膜技術の海外動向」	H24. 3
	石油資源開発に報告書提出「石油産業における分離膜の適用可能性に関する調査」	H24. 4
	出光技報「原料重質化に対応したFCC触媒技術と実装置への適用」	H24. 6
	ENEOS Technical Review「HS-FCCの開発と実証化」	H25. 1
	Journal of the Japan Petroleum Institute “Solvent Effect of Water on Supercritical Water Treatment of Heavy Oil” （産総研）	H25
	出光技報「LC0水素化脱窒素触媒の開発」	H25. 2
	ペトロテック「HS-FCCの開発とセミコマーシャルプラントの運転」	H25. 10
	Energy and Fuels “Bitumen Cracking in Supercritical Water Upflow” （産総研）	H26
	Journal of the Japan Petroleum Institute “Upgrading of Heavy oil thorough partical oxidation and water-gas shift reaction supercritical water” （宇都宮大）	H26. 1
	Petroleum Technology Quarterly「HS-FCC for propylene : concept to commercial operation」	H26. 1
	石油学会技術進歩賞「亜鉛・リンで修飾した残油水素化脱硫用高性能NiMo/Al ₂ O ₃ 触媒の開発と実用化」	H26. 4
発表	第17回日本エネルギー学会大会「超臨界水中におけるビチューメンの熱分解挙動の検討」（京都大）	H20. 8
	触媒学会第102回触媒討論会「ゾルーゲル法による非晶質シリカーアルミナの調製と接触分解反応特性」（三重大）	H20. 9
	化学工学会第40回秋季大会「超臨界水中におけるビチューメンの熱分解挙動」（京都大）	H20. 9
	第45回石炭科学会議「オイルサンドビチューメンに含まれるアスファルテンの分子構造」（産総研）	H20. 10
	日本芳香族工業会創立60周年記念大会「選択的水素化分解による重質留分からのBTX類製造に関する技術開発」	H20. 10
	第38回石油・石油化学討論会「重油流動接触分解触媒のガソリン選択性向上検討」	H20. 11
	第38回石油・石油化学討論会「酸化鉄系触媒によるオイルサンドビチューメンの水蒸気分解」（産総研）	H20. 11
	第38回石油・石油化学討論会「超臨界水中でのぎ酸を用いた重質油改質」（宇都宮大）	H20. 11

	題目・メディア等	時期
	第38回石油・石油化学討論会「FCCプロセスにおける水素移行性反応の再検討」 (信州大)	H20. 11
	第38回石油・石油化学討論会「ゾルーゲル法を用いた非晶質シリカーアルミナの調製と接触分解反応」 (三重大)	H20. 11
	第38回石油・石油化学討論会「オイルサンド系LG0の水素化精製」	H20. 11
	2008 AIChE Annual Meeting “Study on Supercritical Water Behavior of Bitumen” (熊本大)	H20. 11
	JCCP事業「サウジアラビア王国におけるアロマ増産に関する実証化調査」におけるトピックス紹介「Hydrotreating of Oilsands-derived LG0」	H20. 11
	日本エネルギー学会・三部会合同シンポジウム「プロピレンの効率的生産に向けた高過酷度流動接触分解プロセスの開発」	H20. 11
	日本エネルギー学会関西支部第53回研究発表会・石油学会関西支部第17回研究発表会「ゾルーゲル法による非晶質シリカーアルミナの調整と接触分解反応」 (三重大)	H20. 12
	アジア・コラボ理系研究者のための国際フォーラム「Synthesis of amorphous silica-alumina and its reactivity for catalytic cracking reaction (非晶質シリカーアルミナの合成とそのクラッキング反応特性)」 (三重大)	H20. 12
	工業触媒研究会フォーラム「プロピレン増産用 高過酷度流動接触分解装置 (HS-FCC) の開発」	H21. 1
	第9回北海道エネルギー資源環境研究発表会「酸化鉄触媒を用いた重質油の水蒸気分解による軽質油製造」 (産総研)	H21. 2
	石油学会第34回精製パネル討論会 セッション3「FCC&RFCC装置」ー高付加価値製品製造への取り組みー	H21. 2
	日本化学会第89春季年会「有機テンプレートを用いて調整した非晶質シリカーアルミナによる接触分解反応」 (三重大)	H21. 3
	International Symposium on Supercritical Fluids 2009 “Liquefaction of Heavy Oil and Its Model Compounds in Supercritical Water” (熊本大)	H21. 5
	石油学会第58回年会「超重質油 (オイルサンド油) 等の分解有用化技術開発」	H21. 5
	石油学会第58回年会「ゼオライト担持CoおよびMo硫化物触媒の水素化脱硫特性におけるカチオン交換依存性」	H21. 5
	石油学会第58回年会「FCC触媒の強制劣化条件が触媒活性に及ぼす影響について」	H21. 5
	石油学会第58回年会併設第14回JPIJSポスターセッション「水蒸気雰囲気下での酸化鉄触媒によるオイルサンドビチューメンの接触分解反応」 (産総研)	H21. 5
	第46回化学関連支部合同九州大会「ビチューメンとそのモデル物質の反応挙動の解析」 (熊本大)	H21. 7

	題目・メディア等	時期
	The 10th Japan-China Symposium on Coal and C1 Chemistry “CATALYTIC CRACKING OF HYDROCARBONS USING SILICA-ALUMINA PREPARED BY THE SOL-GEL METHOD” (三重大)	H21. 7
	The 10th Japan-China Symposium on Coal and C1 Chemistry “Upgrading of Oil Sand Bitumen using Supercritical Water” (産総研)	H21. 7
	The 10th Japan-China Symposium on Coal and C1 Chemistry “Modification of Iron-Based Catalyst for Production of Lighter Fuels by Cracking Heavy Oil with Steam” (産総研)	H21. 7
	第18回日本エネルギー学会大会「超臨界水に対するオイルサンドビチューメンの相溶性の検討」 (産総研)	H21. 7
	238th ACS National Meeting in Washington, DC “PREPARATION OF AMORPHOUS SILICA-ALUMINA BY A SOL-GEL METHOD AND ITS REACTIVITY FOR CATALYTIC CRACKING OF HYDROCARBON” (三重大)	H21. 8
	第8回化学工学国際会議 “UPGRADING OF HEAVY OIL FORMIC CID IN SUPERCRITICAL WATER” (宇都宮大)	H21. 8
	8TH WORLD CONGRESS OF CHEMICAL ENGINEERING (1) Challenge to developing zeolite hydrocracking catalyst for resid hydrodesulfurization unit (2) Characterization of VGO by EI and CECI FT-ICR MS	H21. 8
	8TH WORLD CONGRESS OF CHEMICAL ENGINEERING “Catalytic Cracking of Heavy Oil with Steam over Iron-Based Catalyst” (産総研)	H21. 8
	第104回触媒学会「触媒の固体酸性制御による炭素 - 炭素結合の選択的開裂」	H21. 9
	第104回触媒学会「PEGを用いて調整した非晶質シリカ-アルミナによる接触分解反応」 (三重大)	H21. 9
	Colloquium to promote experimental work in Thermophysical Properties for scientific research and industry “Binary Parameter Sensitivity in Correlating Vapor-Liquid Equilibrium of the Supercritical Water-Heavy Hydrocarbon Mixtures for Bitumen Conversion” (東北大)	H21. 9
	化学工学会第41回秋季大会「FCC反応初期の生成物分布に及ぼす出発原料の影響」 (鹿児島大)	H21. 9
	化学工学会第41回秋季大会「モデル化合物を用いた炭化水素の超臨界水熱分解反応挙動の検証」	H21. 9
	化学工学会第41回秋季大会「超臨界水中での重質油改質における酸添加効果」 (宇都宮大)	H21. 9
	化学工学会第41回秋季大会「亜臨界・超臨界流体を用いる減圧蒸留残渣の軽質化技術の開発」 (静岡大)	H21. 9

	題目・メディア等	時期
	触媒学会主催第12回日韓触媒シンポジウム「Effect of Cation Exchange on the Hydrodesulfurization Activity of Co and Mo Sulfides Encaged in Zeolite」	H21. 10
	第18回エネルギー工学大会「超臨界水ー重質油系相平衡予測法の開発」 （東北大）	H21. 10
	第39回石油・石油化学討論会「超重質油（オイルサンド油）等の分解有用化技術開発（第2報）」	H21. 10
	第39回石油・石油化学討論会「超重質油（オイルサンド油）等の分解有用化技術開発（第3報）」	H21. 10
	第39回石油・石油化学討論会「LC-GC×GCを用いた軽油留分の組成分析」	H21. 10
	第39回石油・石油化学討論会「電子イオン化および電荷交換化学イオン化フーリエ交換イオンサイクロトロン共鳴質量分析法によるVG0の成分分析」	H21. 10
	第39回石油・石油化学討論会「亜臨界・超臨界流体を用いる減圧蒸留残渣の軽質化技術の開発」 （静岡大）	H21. 10
	第39回石油・石油化学討論会「水素化脱硫触媒のキャラクタリゼーション」	H21. 10
	第39回石油・石油化学討論会「ポルフィリン化合物共存下におけるDBTの脱硫反応」	H21. 10
	第39回石油・石油化学討論会「FCC触媒構成物質が触媒物性および活性に及ぼす影響について」	H21. 10
	第39回石油・石油化学討論会「FCCプロセスにおける骨格異性化反応の検討」 （信州大）	H21. 10
	第39回石油・石油化学討論会「FCCプロセスにおける重質油中の多環芳香族の分解」 （信州大）	H21. 10
	第39回石油・石油化学討論会「BEA型ゼオライトのFCC触媒への利用」 （信州大）	H21. 10
	第39回石油・石油化学討論会「PEGを添加剤として用いた新規非晶質シリカーアルミナの調整と接触分解反応特性」 （三重大）	H21. 10
	第39回石油・石油化学討論会「2価カルボン酸を用いた非晶質シリカーアルミナの調整と接触分解反応におけるマトリックス特性」 （三重大）	H21. 10
	第39回石油・石油化学討論会「ゲル骨格補強による新規非晶質シリカーアルミナの調整と吸着特性」 （三重大）	H21. 10
	第39回石油・石油化学討論会「オイルサンドビチューメン高分散化のための超臨界水条件の検討」 （産総研）	H21. 10
	第39回石油・石油化学討論会「マイクロ波照射による超重質油の改質技術の検討」	H21. 10
	International Symposium on Value Chain of Heavy Oil 2009 “Miscibility of Oil Sand Bituman in Supercritical Water” （産総研）	H21. 10
	Supergreen2009 “Condition of Supercritical Water for High Miscibility with Bitumen” （産総研）	H21. 10

	題目・メディア等	時期
	石油学会九州沖縄支部講演会「ゼオライト細孔内金属硫化物ナノクラスターの調整・構造・水素化脱硫活性」	H21. 10
	第46回石炭科学会議「2価カルボン酸を用いて調整した非晶質シリカアルミナによる炭化水素の接触分解反応」 (三重大)	H21. 11
	第46回石炭科学会議「酸化鉄系触媒による水蒸気雰囲気下でのビチューメンからの軽質油製造」 (産総研)	H21. 11
	第46回石炭科学会議「オイルサンドビチューメンの熱分解反応に及ぼす超臨界水の影響」 (産総研)	H21. 11
	第22回化学工学に関する国際シンポジウム「Analysis of bitumen conversion in supercritical water by using model compounds」 (熊本大)	H21. 12
	化学工学会第6回反応装置・プロセスシンポジウム「重質油分解におけるFCCプロセスの来るべき課題」 (信州大)	H21. 12
	第15回流動化・粒子プロセッシングシンポジウム「ドデセンをモデル原料に用いた各種ゼオライトの接触分解反応性の評価」 (鹿児島大)	H21. 12
	第15回流動化・粒子プロセッシングシンポジウム「短時間のFCC反応における液状生成物分布と出発原料との関係」 (鹿児島大)	H21. 12
	石油学会九州沖縄支部30周年記念沖縄大会「接触分解反応における各種ゼオライトの反応特性」 (鹿児島大)	H21. 12
	石油学会九州沖縄支部30周年記念沖縄大会「ゼオライト担持コバルト硫化物触媒の水素化脱流・異性化活性の制御：アルカリ土類金属添加効果」	H21. 12
	石油学会九州沖縄支部30周年記念沖縄大会「オイルサンド系LG0の水素化精製（その3）ーゼオライト触媒の適用ー」	H21. 12
	石油学会九州沖縄支部30周年記念沖縄大会「超臨界水を用いたオイルサンドビチューメンのアップグレーディング」 (産総研)	H21. 12
	第101回分析技術研究会研究発表会「LC-GC×GCを用いた軽油留分の組成分析」	H22. 3
	化学工学会第75年会「超臨界水重質油改質プロセスにおける水＋重質油系相平衡予測法の開発」 (東北大)	H22. 3
	化学工学会第75年会「接触分解におけるゼオライト種の反応性評価」 (鹿児島大)	H22. 3
	第105回触媒討論会「ゲル骨格補強法による新規非晶質シリカアルミナの調整と触媒特性」	H22. 3
	石油学会第59回研究発表会「軽油および重質油処理における触媒のコーク劣化」	H22. 5
	石油学会第59回研究発表会「GPC-ICP質量分析法による重質油中の含ヘテロ化合物の分子量分布測定」	H22. 5

	題目・メディア等	時期
	石油学会第59回研究発表会「FCC触媒構成物質が触媒物性および活性に及ぼす影響について(第2報)」	H22. 5
	石油学会第59回研究発表会「FCC触媒の酸密度制御によるFCCガソリンのオクタン価向上効果」	H22. 5
	石油学会第59回研究発表会「酸化鉄系触媒による過熱加圧水～超臨界水雰囲気下での超重質油の軽質燃料化」 (北大)	H22. 5
	石油学会年会「NiMo系触媒上での窒素化合物の水素化脱窒素反応性の解析」	H22. 5
	Canada-Japan Mini Workshop for Super Refinery「超臨界水重質油改質プロセスにおける水＋重質油系相平衡予測法の開発」 (東北大)	H22. 5
	Canada-Japan Mini Workshop for Super Refinery「趣旨説明およびJPEC Super Refinery Project 概要説明」 (東北大)	H22. 5
	Canada-Japan Mini Workshop for Super Refinery「Bitumenの超臨界反応と反応・生成物構造評価」 (産総研)	H22. 5
	Canada-Japan Mini Workshop for Super Refinery“Hydrogenation of Bitumen through Water Gas Shift Reaction in Supercritical Water (including Partial Oxidation of Bitumen)” (宇都宮大)	H22. 5
	11th International Conference on Petroleum Phase Behavior and Fouling “Oxidative cracking of oil sand bitumen with iron oxide catalyst in a steam atmosphere” (産総研)	H22. 6
	TOCAT6/APCAT5 2010 “Development of BTX production technology from polyaromatic compounds by selective hydrocracking”	H22. 7
	TOCAT6/APCAT5 2010 “Development of zeolite hydrocracking catalyst and system for resid Hydrodesulfurization unit”	H22. 7
	TOCAT6/APCAT5 2010「ゾルーゲル法による非晶質シリカアルミナの調整と接触分解反応特性の解析」 (三重大)	H22. 7
	日本学術振興会石炭・炭素資源利用技術第148委員会、第124回研究会「リンゴ酸を用いた非結晶質シリカアルミナの調製とドデカンの接触分解反応におけるマトリック特性の評価」	H22. 7
	第48回触媒研究懇談会「石油精製触媒の開発と反応機構解析」 (三重大)	H22. 7
	第47回化学関連支部合同九州大会「パラフィン系分解軽油留分の短時間接触分解による初期反応の評価」 (鹿児島大)	H22. 7
	第47回化学関連支部合同九州大会「超臨界水中での超重質油の分解反応」 (熊本大)	H22. 7
	第21回九州地区若手ケミカルエンジニア討論会「超臨界水中での超重質油の分解反応」 (熊本大)	H22. 7

	題目・メディア等	時期
	240th ACS National Meeting “Effect of Supercritical water on upgrading reaction of oil sand bitumen” (産総研)	H22. 8
	第19回日本エネルギー学会大会「反応と分離を組み合わせた重質油軽質化技術の開発」(京大)	H22. 8
	第19回日本エネルギー学会大会「オイルサンドビチューメン改質反応における超臨界水の効果」(産総研)	H22. 8
	化学工学会宇都宮大会2010「超臨界水による重質油分解技術」(産総研)	H22. 8
	第106回触媒討論会「接触分解反応におけるシリカアルミナのマトリックス特性—ゼオライトとシリカアルミナを分離して用いた場合の影響—」(三重大)	H22. 9
	化学工学会第42回秋季大会「溶解度パラメータを用いた重質油の超臨界水処理における最適条件の決定法」(産総研)	H22. 9
	化学工学会第42回秋季大会「超臨界水中での重質油部分酸化反応」(宇都宮大)	H22. 9
	化学工学会第42回秋季大会「ビチューメン軽質化に与える脱硫率の効果」(熊本大)	H22. 9
	第47回石炭科学会議「酸化鉄系触媒による水蒸気雰囲気下でのオイルサンドビチューメンの部分酸化分解反応」(産総研)	H22. 9
	第47回石炭科学会議「オイルサンドビチューメンの熱分解における超臨界水の効果」(産総研)	H22. 9
	第47回石炭科学会議「ゾルーゲル法を用いて調製したゼオライト含有 シリカアルミナの接触分解特性」(三重大)	H22. 9
	第47回石炭科学会議「キュリーポイントパイロライザーを用いたVG0の接触分解反応の解析」(三重大)	H22. 9
	第47回石炭科学会議「反応分離を利用した重質油軽質化技術の開発」(京大)	H22. 9
	APCChE2011 “ Measurement and Prediction of Vapor-Liquid Equilibrium of the Supercritical Water-Heavy Oil Mixtures for Bitument Conversion” (東北大)	H22. 10
	COSI Workshop on Novel Fluids in Extraction, Separation, and Upgrading of Oil Sands bitumen Separations and Reactions in Supercritical, Ionic, and Other Fluids “Upgrading of Bitumen through Partial Oxidation and Water Gas Shift Reaction in Supercritical Water” (宇都宮大)	H22. 10
	第40回石油・石油化学討論会「重質油のカルボニルグループの赤外分光分析法による同定」(産総研)	H22. 11
	第40回石油・石油化学討論会「FCC触媒構成物質が触媒活性に及ぼす影響について」	H22. 11

	題目・メディア等	時期
	第40回石油・石油化学討論会「超重質油（オイルサンド油）等の分解有用化技術開発（第4報）－LC0分解技術－」	H22. 11
	第40回石油・石油化学討論会「LDおよびMALDI FT-ICR MSによる減圧残油の成分分析」	H22. 11
	第40回石油・石油化学討論会「ゼオライト系水素化分解触媒の開発（第1報） 酸点近傍への水素化活性点の付与」	H22. 11
	第40回石油・石油化学討論会「ゼオライト系水素化分解触媒の開発（第2報） Fe担持ゼオライトの詳細解析」	H22. 11
	第40回石油・石油化学討論会「流路切替え技術のGCxGCへの応用（第2報） LC-GCxGCを用いた軽油留分の組成分析」	H22. 11
	第40回石油・石油化学討論会「少量試料での詳細分析方法の開発（流路切り替え技術を活用したGCへの展開）」	H22. 11
	第40回石油・石油化学討論会「オイルサンド系LG0およびKeroの水素化精製（第4報）」	H22. 11
	第40回石油・石油化学討論会「水蒸気を水素・酸素源とした酸化鉄系触媒によるオイルサンドビチューメンの分解反応」（産総研）	H22. 11
	第40回石油・石油化学討論会「超臨界水中におけるオイルサンドビチューメンの軽質化」（産総研）	H22. 11
	第40回石油・石油化学討論会「FCCプロセスにおける骨格異性化反応の検討」（信州大）	H22. 11
	第40回石油・石油化学討論会「FCCプロセスにおける重質油中の多環芳香族の水素化分解」（信州大）	H22. 11
	第40回石油・石油化学討論会「接触分解反応での効果的な水素移行」（信州大）	H22. 11
	第40回石油・石油化学討論会「直脱触媒の活性劣化に及ぼすアスファルテンの影響」	H22. 11
	第40回石油・石油化学討論会「Nimo系触媒上での窒素化合物の水素化脱窒素反応性」	H22. 11
	第40回石油・石油化学討論会「リンゴ酸を用いて調整したZeolite含有 シリカーアルミナ触媒による接触分解反応」（三重大）	H22. 11
	第40回石油・石油化学討論会「ゲル骨格補強法を用いて調整した非晶質シリカーアルミナの接触分解特性」（三重大）	H22. 11
	第40回石油・石油化学討論会「PEGを用いて調整した新規非晶質シリカーアルミナによる接触分解反応－粒子径およびPEG分子量の影響」（三重大）	H22. 11
	石油学会第30回中国・四国支部講演会「分解軽油の選択的水素化分解触媒の開発」	H22. 11
	2010環太平洋国際化学会議「Effect of temperature, water and air pressure on carbon monoxide formation in partial oxidation of bitumen in supercritical water」（宇都宮大）	H22. 12
	Pacificchem2010 “Preparation of amorphous silica-alumina by a sol-gel method and its reactivity for catalytic cracking of hydrocarbon” （三重大）	H22. 12

	題目・メディア等	時期
	The 23rd International Symposium on Chemical Engineering “Investigation of catalytic cracking reaction in very short contact time for kinetic interpretation” (鹿児島大)	H22. 12
	The 23rd International Symposium on Chemical Engineering “Production of high octane gasoline by dimerization of butene” (鹿児島大)	H22. 12
	The 23rd International Symposium on Chemical Engineering “Reactivity and classification of zeolites in FCC reaction using 1-dodecene as a feedstock” (鹿児島大)	H22. 12
	第20回日本－サウジアラビア合同セミナー「Reactivity of amorphous silica-alumina prepared by the sol-gel method as a matrix in catalytic cracking」 (三重大)	H22. 12
	第20回日本－サウジアラビア合同セミナー「FCC gasoline desulfurization reducing octane number loss」	H22. 12
	平成22年度第12回日本－クウェート合同セミナー「Development of zeolite hydrocracking catalyst and system for resid hydrodesulfurization unit」	H23. 1
	第4回日中韓石油技術会議「分解軽油の選択的水素化分解触媒の開発」	H23. 2
	日本化学会第91回春季年会「ゲル骨格補強法を用いた大きな細孔径をもつ非晶質シリカーアルミナの調製とその接触分解特性」 (三重大)	H23. 3
	第6回新エネルギー技術シンポジウム「オイルサンドビチューメンの超臨界水処理」 (産総研)	H23. 3
	第107回触媒討論会「ゼオライト含有シリカーアルミナ触媒の調製と直鎖炭化水素の接触分解性」 (三重大)	H23. 3
	第54回石油学会年会「非晶質シリカーアルミナによるn-デカンの接触分解に及ぼすゲル調製条件、オレフィン添加およびメチルナフタレン添加の影響」 (三重大)	H23. 5
	第54回石油学会年会「キュリー・ポイント・パイロライザーを用いたゼオライト含有シリカーアルミナによるVG0の接触分解」 (三重大)	H23. 5
	12th International Conference on Petroleum Phase Behavior and Fouling “Catalytic cracking of heavy oil with iron oxide catalyst using steam as hydrogen and oxygen species” (産総研)	H23. 7
	第48回化学関連支部合同九州大会「低級パラフィン、オレフィンの二量化反応によるガソリンの製造」 (鹿児島大)	H23. 7
	第48回化学関連支部合同九州大会「各種ゼオライトを用いたFCC反応における素反応の検討」 (鹿児島大)	H23. 7
	第48回化学関連支部合同九州大会「接触分解プロセスの反応速度解析による最適条件の決定」 (鹿児島大)	H23. 7

	題目・メディア等	時期
	第48回化学関連支部合同九州大会「亜臨界・超臨界流体を用いた減圧蒸留残渣の軽質化技術の開発」 (静岡大)	H23. 7
	東海化学工業会見学会・講演会「ゾルーゲル法による新規石油精製触媒の調整と反応性解析」 (三重大)	H23. 7
	第51回オーロラセミナー「酸化鉄系触媒による亜臨界～超臨界水中でのオイルサンド油の分解有用化」 (北大)	H23. 7
	CPC's Seminar "Development of zeolite hydrocracking catalyst and system for resid Hydrodesulfurization unit"	H23. 7
	第20回日本エネルギー学会大会「オイルサンドビチューメンの脱硫挙動に与える超臨界水の影響」 (産総研)	H23. 8
	American Chemical Society (Fall 2011 National Meeting & Exposition) "Upgrading technology to transportation fuel from oil sand bitumen"	H23. 8
	アメリカ化学会 National Meeting デンバー大会 "CATALYTIC CRACKING OF VGO BY BETA-ZEOLITE CONTAINING SILICA-ALUMINA USING A CURIE POINT PYROLYZER" (三重大)	H23. 8
	日本エネルギー学会大会「キュリー・ポイント・パイロライザーを用いたゼオライト含有シリカアルミナ触媒によるVGOによる接触分解反応の解析」 (三重大)	H23. 8
	242nd ACS National Meeting "Hydrogenation of bitumen with formic acid in supercritical water" (宇都宮大)	H23. 8
	化学工学会札幌大会「ドデシルベンゼンの液相接触分解への高圧水蒸気の影響」 (東北大)	H23. 8
	日中石炭、C1化学シンポジウム "NOVEL LARGE MESOPORE GENERATION IN ANAMORPHOUS SILICA-ALUMINA BY CONTROLLING THE PORE SIZE WITH THE GEL SKELETAL REINFORCEMENT AND ITS CATALYTIC CRACKING PROPERTIES AS A CATALYST MATRIX" (三重大)	H23. 8
	第19回ゼオライト夏の学校「石油精製におけるゼオライト触媒概要と開発事例」	H23. 9
	第108回触媒討論会「キュリー・ポイント・パイロライザーを用いた β およびZSM5ゼオライト含有シリカアルミナ触媒によるVGO接触分解反応の解析」 (三重大)	H23. 9
	化学工学会第43回秋季大会「軽質炭化水素の接触分解における時系列反応速度解析」 (鹿児島大)	H23. 9
	化学工学会第43回秋季大会「FCC反応の生成物組成に対するゼオライトの役割とその制御」 (鹿児島大)	H23. 9
	化学工学会第43回秋季大会「酸化鉄系触媒を用いた亜臨界～超臨界水中でのオイルサンドビチューメンの分解軽質化」 (北大)	H23. 9
	18th Regional Symposium on Chemical Engineering (RSCE2011) "EFFECT OF SUPERCRITICAL WATER TO REMOVE VANADIUM FROM VANADYL ETIOPORPHYRIN" (熊本大)	H23. 10

	題目・メディア等	時期
	World Forum convention Center in the Hague, The Netherlands “Effect of water, toluene, and water-toluene mixture in their supercritical condition on bitumen pyrolysis” (東北大)	H23. 10
	第48回石炭科学会議「超臨界水中におけるオイルサンドビチューメンのコーキング挙動」(産総研)	H23. 10
	日本エネルギー学会第48回石炭科学会議「ゲル骨格補強法による非晶質シリカアルミナの調整と接触分解特性の解析」(三重大)	H23. 10
	平成23年度精製講演会「重質油の超臨界水処理」(産総研)	H23. 10
	第61回カナダ化工学会大会「Hydrotreating of Middle Distillates Fractionated from Bitumen-Derived Synthetic Crude Oil」	H23. 10
	石油学会北海道支部第4回実践的石油学講習「亜臨界・超臨界水を利用した超重質油の接触軽質燃料化」(北大)	H23. 10
	第41回石油・石油化学討論会「水共存下におけるオイルサンドビチューメンの接触分解」(東北大)	H23. 11
	第41回石油・石油化学討論会「分離前処理と超高分解能質量分析法を用いた残油の詳細組成分析」	H23. 11
	第41回石油・石油化学討論会「残油FCC触媒の細孔構造と残油分解性に関する検討」	H23. 11
	第41回石油・石油化学討論会「金属修飾ゼオライトによるRFCC軽質留分の接触分解反応」	H23. 11
	第41回石油・石油化学討論会「各種コーキングプロセスと比較した超臨界水処理法の特徴」(産総研)	H23. 11
	第41回石油・石油化学討論会「超臨界水を利用した重質油改質プロセスにおける水＋重質油系相挙動予測」(東北大)	H23. 11
	第41回石油・石油化学討論会「分解軽油が脱硫反応性に及ぼす影響について」	H23. 11
	第41回石油・石油化学討論会「FCC触媒構成物質が触媒活性に及ぼす影響について(第4報)」	H23. 11
	第41回石油・石油化学討論会「オイルサンド系LG0の水素化精製(第5報)」	H23. 11
	第41回石油・石油化学討論会「キュリーポイントパイロライザーを用いたZMS-5およびβ-ゼオライト含有非晶質シリカアルミナによるVG0接触分解」(三重大)	H23. 11
	第41回石油・石油化学討論会「BEA型ゼオライト添加によるFCCでのガソリン留分の改質」(信州大)	H23. 11
	第41回石油・石油化学討論会「MFIゼオライトを触媒添加剤として用いてガソリン改質を促進する触媒システム(1)」(信州大)	H23. 11
	第41回石油・石油化学討論会「MFIゼオライトを触媒添加剤として用いてガソリン改質を促進する触媒システム(2)」(信州大)	H23. 11
	第41回石油・石油化学討論会「FCCプロセスにおける重質油中の多環芳香族の分解機構」(信州大)	H23. 11

	題目・メディア等	時期
	第20回 世界石油会議ドーハ大会「High Severity Fluidized Catalytic Cracking (HS-FCC) – Go for Propylene!」	H23. 12
	日本学術振興会石炭・炭素資源利用技術第148委員会「水蒸気を利用した重質油の軽質化技術の開発」 (産総研)	H23. 12
	International Symposium for Sustainability Engineering at MIU “Catalytic Cracking by Zeolite Containing Silica-Alumina Catalyst Prepared Using Malic Acid” (三重大)	H23. 12
	日本エネルギー学会関西支部第56回研究発表会「ゲル骨格補強法を用いた新規非晶質シリカおよび関連物質の調製と反応性解析」 (三重大)	H23. 12
	The 24th International Symposium on Chemical Engineering “Analysis of FCC reaction kinetics for lower olefin hydrocarbons with a model considering dominant reactions” (鹿児島大)	H23. 12
	The 24th International Symposium on Chemical Engineering “Effect of zeolite species on the product composition in FCC reaction” (鹿児島大)	H23. 12
	The 20th World Petroleum Congress “Super-Refining of Heavy Oils in Supercritical Water” (東北大)	H23. 12
	石油学会 触媒シンポジウム「重油からのプロピレン製造 (HS-FCC)」	H23. 12
	第37回精製パネル討論会「低レアアースFCC触媒開発への挑戦」	H24. 1
	第37回精製パネル討論会「石油精製における触媒ニーズと開発」	H24. 1
	化学系学協力北海道支部2012年冬季研究発表会「酸化鉄系触媒を用いた亜臨界水中での重質油連続分解に対する触媒安定性の検討」 (北大)	H24. 2
	化学工学会第77年会「超臨界水+ ぎ酸系でのビチューメン分解」 (宇都宮大)	H24. 2
	日本化学会第92回春季年会「メソ細孔を有する β および γ ゼオライト含有シリカアルミナの調製と接触分解特性の解析」 (三重大)	H24. 3
	第109回触媒討論会「ゲル骨格補強法を用いた大きなメソ多孔性物質の調製と接触分解特性の解析」 (三重大)	H24. 3
	243rd ACS National Meeting “The effect of using a new matrix component on cracking performance in FCC Catalyst”	H24. 3
	5th NRI-NINT Collaboration Workshop “Effect of supercritical water on upgrading reaction of oil sand bitumen” (産総研)	H24. 4
	石油学会第55回年会、第61回研究発表会「メソ細孔を有する β および γ ゼオライト含有シリカアルミナによるn-ドデカンの接触分解反応」 (三重大)	H24. 5
	石油学会第55回年会、第61回研究発表会「コスモ石油におけるFCC触媒開発への取り組み」	H24. 5
	石油学会第55回年会、第61回研究発表会「キュリーポイントパイロライザーを用いたゼオライト含有シリカアルミナによる重質炭素資源の接触分解」 (三重大)	H24. 5

	題目・メディア等	時期
	触媒学会若手会フレッシュマンゼミナール「LC0脱窒素触媒の開発」	H24. 5
	Petro Phase 2012 “Asphaltene extracted by supercritical water flow” (産総研)	H24. 6
	ZMPC (International Symposium on Zeolite and MiroPorous Crystals) 2012 “Upgrading technology to transportation fuel from oil sand bitumen using USY zeolite catalyst”	H24. 7
	244th ACS National Meeting “Effect of supercritical water on desulfurization behavior of oil sand bitumen” (産総研)	H24. 8
	244th ACS National Meeting “Supercritical water treatment and thermal cracking processes for Athabasca Bitumen: Relationships between conversion and yields” (産総研)	H24. 8
	触媒学会第52回オーロラセミナー「Lumping Modelによるビッチュメンの接触分解反応の速度解析」 (北大)	H24. 8
	第21回エネルギー学会「1-04-1アルミニウムトリ-sec-ブトキシドを補強剤とするゲル骨格補強による非晶質シリカアルミナの調製と接触分解特性の解析」 (三重大)	H24. 8
	第110回触媒討論会「ゲル骨格補強法を用いたSiO ₂ -TiO ₂ およびSiO ₂ -ZrO ₂ の調製と接触分解触媒への応用」 (三重大)	H24. 9
	化学工学会秋季大会「新しいプロセスへの挑戦 (HS-FCCのセミコマーシャルw装置運転報告)」	H24. 9
	第42回石油・石油化学討論会「ITQ-21によるn-ヘプタン異性化反応とその触媒特性」 (東工大)	H24. 10
	第42回石油・石油化学討論会「LC0向け水素化脱窒素触媒の開発」	H24. 10
	第42回石油・石油化学討論会「Fe-Ti系触媒を用いた過熱水蒸気雰囲気下での常圧残油の分解軽質化」 (北大)	H24. 10
	第42回石油・石油化学討論会「酸化鉄系触媒を用いた亜臨界水雰囲気におけるビッチュメン分解反応の速度解析」 (北大)	H24. 10
	第42回石油・石油化学討論会「MFIゼオライトを触媒添加剤として用いてガソリン改質を促進する触媒システム」 (信州大)	H24. 10
	第42回石油・石油化学討論会「BEAゼオライトを触媒添加剤として用いてガソリン改質を促進する触媒システム」 (信州大)	H24. 10
	第42回石油・石油化学討論会「ゲル骨格補強法を用いたSiO ₂ -TiO ₂ およびSiO ₂ -ZrO ₂ の調製とそれらのマトリックスとしての接触分解特性解析」 (三重大)	H24. 10
	第42回石油・石油化学討論会「細孔径の異なるシリカおよびアルミナの調製とそれらのマトリックスとしての接触分解特性の解析」 (三重大)	H24. 10
	第42回石油・石油化学討論会「キュリーポイントパイロライザーを用いたゼオライト含有シリカアルミナによるVGOの接触分解」 (三重大)	H24. 10

	題目・メディア等	時期
	日本エネルギー学会第49回石炭科学会議「階層構造をもつゼオライト含有シリカーアルミナ触媒の調製とその接触分解反応特性の解析」 (三重大)	H24. 10
	62nd Canadian Chemical Engineering Conference “Effect of Supercritical Water on Desulfurization of Oil Sand Bitumen” (産総研)	H24. 10
	化学工学会第18回流動化・粒子プロセッシングシンポジウム「重質油の接触分解における複数種ゼオライトによる多次元反応制御」 (信州大)	H24. 11
	化学工学会第18回流動化・粒子プロセッシングシンポジウム「キュリー・ポイント・パイロライザーを用いた階層構造を持つゼオライト含有シリカーアルミナ触媒による減圧軽油の接触分解」 (三重大)	H24. 11
	化学工学会第18回流動化・粒子プロセッシングシンポジウム「FCCプロセスにおける多分岐化の促進」 (鹿児島大)	H24. 11
	化学工学会第18回流動化・粒子プロセッシングシンポジウム「FCCプロセスの基礎反応モデルの構築に向けた時系列主反応速度解析」 (鹿児島大)	H24. 11
	触媒学会 触媒フォーラム「石油精製と科学の連携に関わるプロセス開発」	H24. 11
	第25回化学工学に関する国際シンポジウム「Catalytic cracking of extra-heavy oil over FeOx-based catalysts under subcritical water」 (北大)	H24. 12
	産総研エネルギー技術シンポジウム2012「超臨界水処理によるオイルサンドビチューメンのアップグレーディング」 (産総研)	H24. 12
	日本・クウェート合同技術セミナー「Catalytic Cracking of VGO by Hierarchical β Zeolite Containing Mesoporous Silica-Aluminas Using a Curie Point Pyrolyzer」 (三重大)	H25. 1
	化学系学協会北海道支部2013年冬季研究発表会「TiO ₂ -ZrO ₂ 系触媒を用いた過熱水蒸気雰囲気下における重質油の分解軽質化」 (北大)	H25. 1
	第22回化学工学・粉体工学研究発表会「過熱水蒸気雰囲気下での重質油分解軽質化におけるTiO ₂ -ZrO ₂ 系触媒の効果」 (北大)	H25. 2
	触媒学会第111回触媒討論会「階層構造をもつゼオライト含有シリカーアルミナ触媒の調整とn-ドデカン接触分解反応の解析」 (三重大)	H25. 3
	石油学会第56回年会「超重質油の改質反応に与える超臨界水の溶媒効果」 (産総研)	H25. 5
	石油学会第56回年会「石油精製－石油化学の連携に資するプロセス開発」	H25. 5
	化学工学会超臨界流体部会サマースクール「超重質油の改質反応に及ぼす超臨界水の効果」 (産総研)	H25. 8
	公益社団法人自動車技術会ガソリン機関部門委員会「コスモ石油におけるガソリン精製触媒の開発例」	H25. 8
	石油学会 平成25年度 精製講演会「HS-FCC技術の商業化に向けて」	H25. 10
	第23回日本－サウジアラビア合同セミナー「Techniques for octane number enhancement in FCC gasoline and catalytic activity improvement」	H25. 12

	題目・メディア等	時期
	TOCAT7 Kyoto2014 “Improvement in the hydrocracking activity for heavy oil upgrading catalyst by means of modifications on some specific properties of Y-zeolite”	H26. 6
	第21回世界石油会議モスクワ大会 「High Severity Fluidized Catalytic Cracking (HS-FCC) — Go for Propylene!」	H26. 6

表彰	一般財団法人 エンジニアリング協会 平成25年度「エンジニアリング奨励特別賞」受賞	H25. 7
	一般社団法人 日本エネルギー学会 平成25年度「学会賞（技術部門）」受賞	H26. 2

特許	特願2008-251435 「脱硫剤及びその製造方法、並びに炭化水素油の脱硫方法」	H20. 9
	特願2008-251458 「脱硫剤及びその製造方法、並びに炭化水素油の脱硫方法」	H20. 9
	特願2010-20259 「脱硫剤及びその製造方法、並びにこれを用いた炭化水素油の脱硫方法」	H22. 2
	特願2010-20274 「脱硫剤及びその製造方法、並びにこれを用いた炭化水素油の脱硫方法」	H22. 2
	特願2010-064857 「脱硫剤及びその製造方法」	H22. 3
	特願2010-064884 「炭化水素油の脱硫方法」	H22. 3
	登録5284361 「脱硫剤及びその製造方法、並びにこれを用いた炭化水素油の脱硫方法」	H25. 6
	特願2010-505502 「脱硫剤及びその製造方法」	H23. 3
	特願2008-92431 「接触分解触媒及びその製造方法ならびに炭化水素油の接触分解方法」	H20. 3
	登録5228221 「炭化水素油の水素化処理触媒の製造方法」	H25. 3
	特願2009-74135 「接触分解触媒及びその製造方法ならびに炭化水素油の接触分解方法」	H21. 3
	特願2009-70114 「アルキルベンゼン類の製造方法及びそれに用いる触媒」	H21. 3
	登録5126613 「軽油の水素化精製用触媒の製造方法および軽油の水素化精製方法」	H24. 11
	特願2009-219298 「炭化水素油の接触分解触媒、及び炭化水素油の接触分解方法」	H21. 9
	特願2009-219299 「炭化水素油の接触分解触媒、及び炭化水素油の接触分解方法」	H21. 9
	登録5126613 「炭化水素油の接触分解触媒、炭化水素油の接触分解触媒の製造方法および炭化水素油の接触分解方法」	H24. 12
	特願2010-031662 「重質炭化水素油の水素化処理方法」	H22. 2
	特願2010-051764 「接触分解触媒及びその製造方法ならびに炭化水素油の接触分解方法」	H22. 3
	特願2010-207133 「炭化水素油の接触分解触媒及びその製造方法、並びに炭化水素油の接触分解方法」	H22. 9
	特願2010-207134 「炭化水素油の接触分解触媒及びその製造方法、並びに炭化水素油の接触分解方法」	H22. 9
	特願2010-207135 「接触分解触媒の製造方法」	H22. 9
	特願2010-207136 「接触分解触媒の製造方法」	H22. 9
	特願2010-207137 「接触分解触媒の製造方法」	H22. 9

特願2012-196291	「炭化水素油の水素化処理触媒の再生方法」	H24. 9
特願2008-88617	「炭化水素油の分解方法」	H20. 3
特願2008-023353	「接触分解触媒」	H20. 2
登録5220456	「重質油水素化分解触媒」	H25. 3
登録5094506	「常圧蒸留残渣油の分解方法」	H24. 9
特願2011-108838	「軽質オレフィン及び／又は単環芳香族化合物の製造方法」	H23. 5
特願2011-108842	「ゼオライト触媒の活性化方法」	H23. 5
特願2009-020532	「接触分解触媒」	H21. 1
特願2009-180946	「重質油水素化分解触媒及びそれを用いた重質油の水素化処理方法」	H21. 8
特願2009-231759	「流動接触分解方法」	H21. 10
特願2010-505559	「重質油水素化分解触媒」	H22. 9
特願2012-83097	「水素化分解触媒を用いた水素化脱硫装置及び重質油の水素化処理方法」	H24. 3
特願2012-83120	「重質油水素化処理触媒の再生方法及び使用方法並びに重質油水素化処理触媒」	H24. 3
特願2012-83134	「結晶性アルミノシリケート、重質油水素化分解触媒及びその製造方法」	H24. 3
登録5031790	「重質炭化水素油の水素化処理方法」	H24. 7
特願2009-283161	「炭化水素油の水素化精製方法」	H21. 12
特願2009-283162	「炭化水素油の水素化精製方法」	H21. 12
特願2010-69905	「灯油留分の水素化精製方法」	H22. 3
特願2012-051375	「分解ガソリンの水素化精製方法」	H24. 3
登録5296404	「超低硫黄燃料油の製造方法およびその製造装置」	H25. 6
特願2009-61793	「軽油基材の製造方法」	H21. 3
特願2009-61796	「ベータゼオライトの製造方法及び水素化分解触媒の製造方法」	H21. 3
特願2009-62119	「高オクタン価ガソリン留分の製造方法」	H21. 3
特願2009-62121	「高芳香族炭化水素油を原料とするガソリン基材の製造方法」	H21. 3
特願2009-061788	「接触分解触媒及びその製造方法ならびに炭化水素油の接触分解方法」	H21. 3
特願2010-56650	「高芳香族炭化水素油を原料とするガソリン基材の製造方法」	H22. 3
特願2012-83126	「水素化脱窒素触媒、水素化脱窒素触媒の製造方法、及び軽油基材の製造方法」	H24. 3
登録5221997	「軽質オレフィンの製造方法」	H25. 3
特願2009-18470	「軽質炭化水素油の製造方法」	H21. 1
特願2009-18666	「軽質炭化水素油の製造方法」	H21. 1
特願2009-82483	「アルキルベンゼン類の製造方法及びそれに用いる触媒」	H21. 3
特願2009-082481	「1環芳香族炭化水素の製造方法」	H21. 3
登録5330056	「ベータゼオライト及び水素化分解触媒」	H25. 8

	特願2009-211218 「炭化水素油の製造方法及びそれに用いる触媒」	H21. 9
	特願2009-276072 「1 環芳香族炭化水素の製造方法」	H21. 12
	特願2011-080130 「軽質炭化水素油の製造方法および製造装置」	H23. 3
	特願2011-080439 「炭化水素油分解用触媒および炭化水素油の分解方法」	H23. 3
	特願2011-080552 「炭化水素油分解用触媒および炭化水素油の分解方法」	H23. 3
	特願2011-508196 「アルキルベンゼン類の製造方法及びそれに用いる触媒」	H22. 3
	特願2012-62418 「炭化水素油分解用触媒の製造方法および炭化水素油の分解方法」	H24. 3
	特願2012-62536 「炭化水素油分解用触媒の製造方法および炭化水素油の分解方法」	H24. 3
	特願2013-507148 「炭化水素油分解用触媒および炭化水素油の分解方法」	H24. 3
	特許出願 5 件	H25. 7
海外 特許	PCT/JP2009/066374 「脱硫剤及びその製造方法、並びに炭化水素油の脱硫方法」	H21. 9
	PCT/JP2011/001480 「脱硫剤及びその製造方法」	H23. 3
	2793807 (CA) 「脱硫剤及びその製造方法」	H23. 3
	11755885. 8 (EP) 「脱硫剤及びその製造方法」	H23. 3
	2012-7027264 (KR) 「脱硫剤及びその製造方法」	H23. 3
	13/635984 (US) 「脱硫剤及びその製造方法」	H23. 3
	PCT/JP2009/055190 「重質油水素化分解触媒」	H21. 3
	12/934982 (US) 「重質油水素化分解触媒」	H21. 3
	9726115 (EP) 「重質油水素化分解触媒」	H22. 9
	201006752-8 (SG) 「重質油水素化分解触媒」	H22. 9
	GCC/P/2009/13126* 「重質油水素化分解触媒」	H21. 3
	PCT/JP2010/063010 「重質油水素化分解触媒及びそれを用いた重質油の水素化処理方法」	H22. 8
	201080034546. 9 (CN) 「重質油水素化分解触媒及びそれを用いた重質油の水素化処理方法」	H22. 8
	10806412. 2 (EP) 「重質油水素化分解触媒及びそれを用いた重質油の水素化処理方法」	H22. 8
	13/261168 (US) 「重質油水素化分解触媒及びそれを用いた重質油の水素化処理方法」	H22. 8
	1-2012-00286 (VN) 「重質油水素化分解触媒及びそれを用いた重質油の水素化処理方法」	H22. 8
	GC2010-16442* 「重質油水素化分解触媒及びそれを用いた重質油の水素化処理方法」	H22. 8
	PCT/JP2010/001451 「アルキルベンゼン類の製造方法及びそれに用いる触媒」	H22. 3
	201080014694. 4 (CN) 「アルキルベンゼン類の製造方法及びそれに用いる触媒」	H22. 3
	10761311. 9 (EP) 「アルキルベンゼン類の製造方法及びそれに用いる触媒」	H22. 3
	13/259781 (US) 「アルキルベンゼン類の製造方法及びそれに用いる触媒」	H22. 3
	PCT/JP2012/001925 「炭化水素油分解用触媒および炭化水素油の分解方法」	H24. 3
	2831545 (CA) 「炭化水素油分解用触媒および炭化水素油の分解方法」	H24. 3
	PCT/JP2012/001920 「炭化水素油分解用触媒および炭化水素油の分解方法」	H24. 3

	2831537 (CA) 「炭化水素油分解用触媒および炭化水素油の分解方法」	H24. 3
	PCT/JP2012/002033 「軽質炭化水素油の製造方法および製造装置」	H24. 3
	2831565 (CA) 「軽質炭化水素油の製造方法および製造装置」	H24. 3
	PCT/JP2013/059637 「結晶性アルミノシリケート、重質油水素化分解触媒及びその製造方法」	H25. 3

3-2-A 目標の達成度

表 3-3 目標に対する成果・達成度の一覧表

要素技術	目標・指標	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 の重質油対応型高過酷度流動接触分解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、実用化のための技術を確認する。	実証化装置にてプロピレン収率 19mass%及びガソリン収率 35mass%を達成し、商業機的设计・建設・運転が可能となり実用化のための技術を確認した。	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	・原料硫黄分 200%の上昇に対して、ガソリンのオクタン価低下を従来並み (1~4) もしくはそれ以下に抑制する。	・調製条件最適化等による吸着剤の微粒子化によりベンチ規模での左記目標を達成した。	達成
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	・ベンチ規模において、150℃以下で再生処理なしで3ヶ月以上の推定寿命を達成する。	・同上。	達成
	・トンレベルの工業的製造方法を確認する。	・実験室品と同等の性能を確認した。又、実装置への適用を図った。	達成
②FCC の高機能化による新規重質油処理技術の開発	・直脱で常圧残油 (AR) と減圧残油 (VR) 混合処理 (50/50) による FCC のための新規重質油処理技術を開発する。	・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、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。	達成
	・FCCにおける脱硫重質残油 (DSR50%) 混合処理で、FCC ガソリンのオクタン価 (1RON) を向上させる技術を開発する。	・FCC開発触媒の実装置平衡触媒を用いて触媒性能をベンチ評価した結果、当初目標の触媒性能が得られることを確認した。	達成
	・FCC で生産される LCO 留	・触媒物性最適化や第三成分	達成

要素技術	目標・指標	成果	達成度
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	分の 50% をクリーンな軽油基材へと転換可能とする技術を開発する。 ・残油分解率を既存直接脱硫技術より 10 vol% 以上向上（残油脱硫率維持）させる技術を開発する。 ・ガソリン収率を既存 RFCC 技術に比べ 2.5 vol% 以上向上させ、残油分解率を既存 RFCC 技術に比べ 2 vol% 以上向上させる技術を開発する。 ・RFCC から副生される分解ガスからのエチレン・プロピレン、芳香族収率を 90 wt% 以上とする技術を開発する。	添加によりコーク劣化を抑制し、高 LCO 処理比率においても、開発触媒は基準触媒と同等温度でサルファーフリー基材が安定して生産可能であることを確認した。 ・開発触媒システム基本性能 残油分解率 10 vol% 以上向上を達成し、実機 RH に適用し、一年間の連続運転を達成した。 ・工業製造レベルの開発触媒を実機に適用し、ガソリン収率 2.5 vol% 増、残油分解率 2 vol% 増を実証した。 ・有用石化原料収率 90 wt% 以上達成する現実的なプロセスイメージを構築した。	達成 達成 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 ① 超重質油(オイルサンド油)等の分解有用化技術開発	・セタン指数向上技術：硫黄分 10ppm 以下、セタン指数 50 以上。 ・LCO 分解技術：硫黄分 10ppm 以下、ガソリン収率 70 vol% 以上。	・硫黄分 10ppm 以下、セタン指数を 53 まで向上できる触媒を新規に開発し、目標を達成した。 ・硫黄分 10ppm 以下、ガソリン収率 82% を得られる触媒を新規に開発し、目標を達成した。	達成 達成
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	オイルサンド合成原油 50% と従来型原油 50% の混合処理において JIS 製品規格を満	・オイルサンド混合灯油の煙点：24mm、オイルサンド混合軽油のセタン価：54 の生成	達成

要素技術	目標・指標	成果	達成度
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ディング技術の開発	足する以下の品質を目標とする。 ・オイルサンド混合灯油の煙点：24mm 以上。 ・オイルサンド混合軽油のセタン価：52 以上。 ・超臨界流体反応による熱分解重質留分の灯軽油留分転化率：50vol%以上。 ・選択的水素化分解反応による分解灯軽油留分からのガソリン留分収率 80vol%以上。	油が得られる触媒を新規に開発し、目標を達成した。 ・灯軽油留分転化率：55vol% となる触媒を新規に開発し、目標を達成した。 ・ガソリン留分収率：80vol% となる触媒を新規に開発し、目標を達成した。	達成 達成
(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 ②革新的超臨界水熱分解技術開発	・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。 ・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。	・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 触媒を開発した。 ・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、新規触媒を開発した。	達成 達成

4－A. 事業化、波及効果について

4－1－A 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、速やかに商業化装置建設に向けた検討を実施し、早期の事業化を目指すほか、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も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。また、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。

さらに、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。

個別要素技術ごとの詳細は以下のとおりである。

（１）重質油対応型高過酷度流動接触分解（HS-FCC）技術の開発

本技術開発は、重質油を分解して石油化学品と高オクタン価ガソリンを生産するプロセスを実用化するための実証化装置の設計・建設・運転研究を行い、商業化技術を確立するものである。

実証化装置の連続運転後に機器の内部点検を実施し、装置の耐久性（汚れ・摩耗等）、使用装置材料の適否等を確認し、商業装置の設計に反映させる。また速やかに商業装置の建設に向けた検討を開始する。

このように、実証化装置が建設され運転研究が実施されれば、商業化装置として HS-FCC 技術が確立されることとなる。

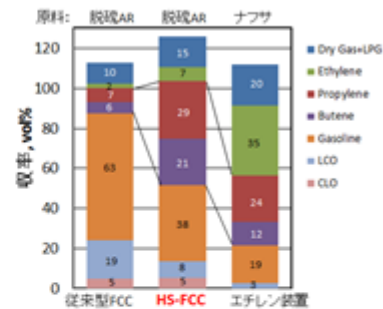
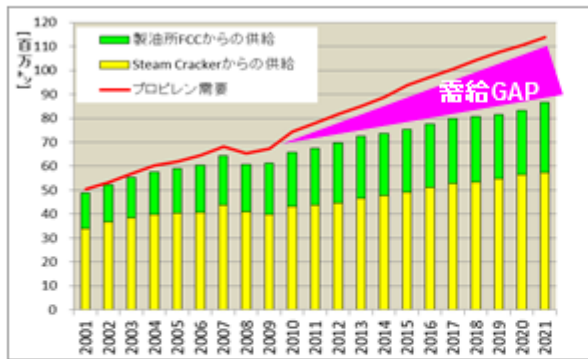
事業化のための環境については、①プロピレンの需要増が見込まれるが、ナフサクラッカーの原料のエタン化や、ガソリン需要の伸び鈍化による、プロピレン供給ソースが不足する環境下で、目的生産が可能な HS-FCC 重要な役割を果たすことが可能。②重油から、プロピレン等の軽質オレフィンや、アロマ成分を多く含んだガソリン留分からの BTX を、多く生産できる HS-FCC は、燃料油需要減退環境にある石油精製業と、汎用品から高付加価値誘導品へ生産シフトを目指す化学業界との、双方のニーズを結びつけるベストなソリューションであり、「Bottom To Chemical」を具現化する有効な手段となる。

① プロピレン需要

プロピレンは従来、石油化学のナフサクラッカーや石油精製の FCC からの副産物として生産されている。プロピレンの需要はアジアを中心に今後も大幅な伸びが見込まれるが、シェールガス革命によるエタンクラッカーの台頭や、石油精製ではエコカーによるガソリン需要伸びの鈍化により、供給サイ

ドでは今までの副産物としての生産だけでは需要を賄うことは難しく、「目的生産=On Purpose Production」のプロセスが脚光を浴びている。HS-FCCはその一つとして期待されており、今後一翼を担うものと考えられる

プロピレン需給GAP



副産物としての供給源減退
による需給GAPの拡大

- ・シェールガス革命によるスチームクラッカー原料の軽質化(ナフサ⇒エタン)
- ・ガソリン需要の伸び悩みによるFCCからの供給力不足(米国でのエコー普及)

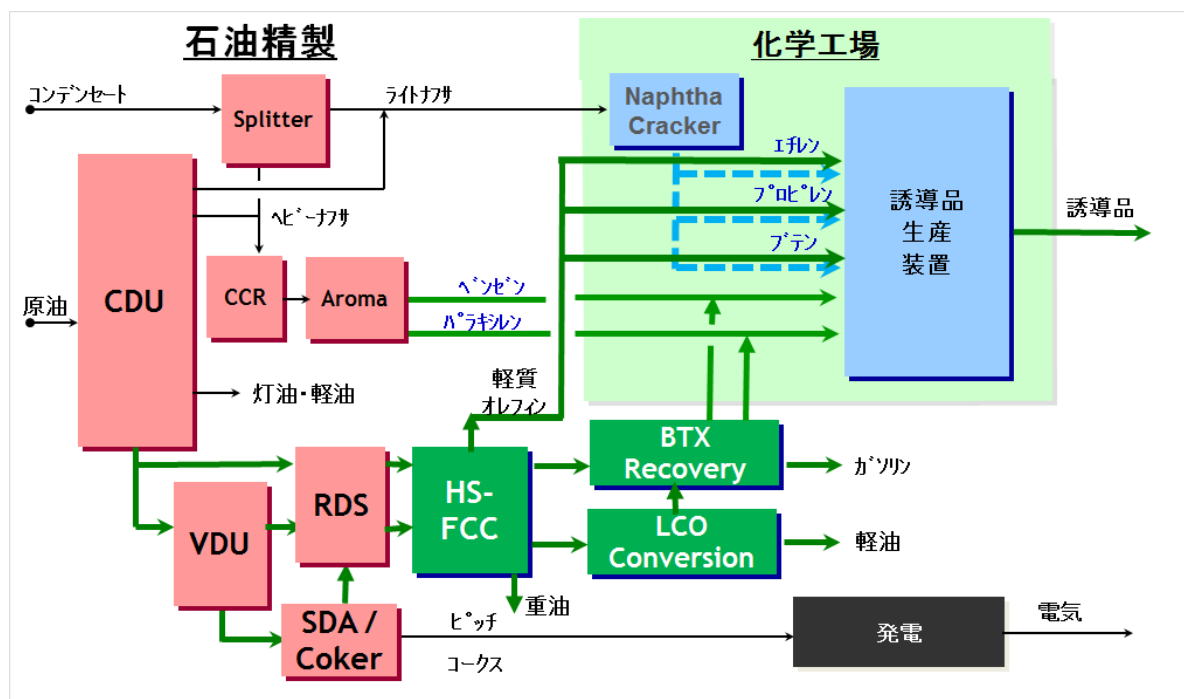
目的生産による供給が必要

- ・PDH(プロパン脱水素化)
- ・MTO(Methane To Olefins)
- ・Olefins Conversion
- ・高分解型FCC(HS-FCCなど)

JX Nippon Oil & Energy

② 石油精製と化学工場とのインテグレーション

以下のスキームは石油精製と化学工場を HS-FCC を軸として結びつけるものである。



石油精製では将来燃料油の需要がさらに減少すると見込まれており、燃料油の減産に伴い連産品であるライトナフサの生産量も減少して行く。また、化学工場ではシェールガス革命にエチレン(C2)の低価格化から、エチレンから派生する汎用品での採算が見込めなくなり、付加価値の高い誘導品の展開が可能なプロピレン(C3)やブテン(C4)、BTXの生産へシフトして行くものと考えられる。これらを多く生産でき、燃料油(ガソリン・軽油・重油)の生産量が従来型 FCC に比べて少ない HS-FCC は、この環境下で双方にとってベスト・ソリューションであると考えられる。

(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

本技術開発は、目標性能を満足する吸着剤を工業規模で製造する技術を確認した段階で終了するが、今後、低温条件での高度脱硫技術が確立され、経済的条件が満たされれば、以下のようなステップにて企業化に向けた検討を行う。

〔1〕プロセス設計

〔2〕実証化テスト

〔3〕商業運転

②FCC の高機能化による新規重質油処理技術の開発

本技術開発は、重油直接脱硫装置、流動接触分解装置および軽油脱硫装置の触媒開発を行うものであり、いずれの触媒も設計、試作改良を経て、実商業装置での実証化を行った。技術開発の完成度はかなり高いと期待できるものである。従って、事業成果を基礎として、開発触媒の継続運用による評価を行うと共に、経済性についても精査し、事業化に向けて推進を図る。

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

本技術開発は、重油直接脱硫装置、重油流動接触分解装置および分解ガス転換システムの触媒開発を行うものであり、重油直接脱硫装置、重油流動接触分解装置の触媒については、実商業装置での実証化までを行った。技術開発の完成度はかなり高いと期待できる。また、分解ガス転換システムは、実証化検討を行う予定であるが、いずれも、開発触媒の継続運用による評価を行うと共に、経済性についても精査し、事業化に向けて推進を図る。

(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

本技術開発は、オイルサンド由来の軽油留分のセタン指数を向上する触媒と分解軽油（LCO）を分解してガソリン・石化原料にする触媒の開発を行った。いずれの触媒も設計、試作改良を経て、実用化条件の検討を行い、技術開発の完成度はかなり高くなった。従って、事業成果を基礎として、開発触媒の継続運用による評価を行うと共に、経済性についても精査し、事業化に向けて推進を図る。

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

本技術開発は、オイルサンド合成原油を従来型原油と混合処理した場合の、灯軽油留分の製品品質（煙点、セタン価）を向上させる触媒の開発を行った。いずれの触媒も設計、試作改良を経て技術開発の完成度はかなり高くなった。従って、事業成果を基礎として、開発触媒の継続運用による評価を行うと共に、経済性についても精査し、事業化に向けて推進を図る。

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ディング技術の開発

本技術開発は、オイルサンドなど非在来型原料油を利用する方法として、熱分解－超臨界分解－選択水素化分解を組み合わせることにより、超重質油から灯軽油・ガソリン・BTX 等石化原料を製造できるプロセスの開発を行うものであり、超臨界流体反応の反応条件の最適化、選択的水素化分解反応における触媒の設計、試作改良を経て、熱分解反応－超臨界流体反応－選択水素化分解反応プロセスまでの研究を行い、技術開発の完成度はかなり高くなった。事業成果を基礎として、実証化検討を継続して行うと共に、経済性についても精査し、事業化を目指していく。

（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

本技術開発の現在のステージは研究開発であり、重質油に対応した FCC 触媒開発の基盤技術として有用な研究成果が得られた。事業化には本事業で開発する要素技術を基に実証化検討を行う必要がある。

②革新的超臨界水熱分解技術開発

最終的なターゲットは、超重質油処理・ボトムレス化技術、オイルサンドアップグレーディング技術として事業化することにあるが、本技術開発の現在のステージは研究開発であり、超臨界水を用いる超重質油処理の基盤技術として有用な研究成果が得られた。事業化には本事業で開発する要素技術を基に実証化検討を行う必要がある。

4-2-A 波及効果

重質油対応型高過酷度流動接触分解（HS-FCC）技術の開発により、FCC 装置からプロピレンをはじめとする石油化学基礎原料の増産が可能となる。重油余剰は世界的な問題であり、軽質原油への需要が高まる中で、わが国が独自に重油分解技術を持つことは原油選択幅を広げることになりエネルギーセキュリティの観点から有効である。また、HS-FCC で使用しているダウンフロー反応器は海外でも注目されており、日本で実用化すれば世界をリードすることになる。HS-FCC プロセスの基礎技術はサウジアラビアとの共同研究で開発されてきたことから、サウジの期待も大きく、実用化できれば日・サ関係強化にも役立つ。原油重質化に対応した重質油高度分解・有用化技術の開発の成果は、既存設備に大幅な改良を加えることなく利用できることから、技術普及の観点からは最も即効性が高い。超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発は豊富な埋蔵量に加え、地政学的リスクが少なく、輸送距離も有利なオイルサンド油のすみやかな国内利用を可能とし、エネルギーセキュリティに大きく貢献する。

（１）重質油対応型高過酷度流動接触分解（HS-FCC）技術の開発

重質油対応型高過酷度流動接触分解（HS-FCC）実証化装置が建設され運転研究が実施されれば、商業化装置として HS-FCC 技術が確立されることとなり、インジェクター・ダウンフローリアクター・セパレーターの新技術を備えた重質油対応型高過酷度流動接触分解（HS-FCC）プロセスの展開によりプロピレン収率 20 mass% 以上及びガソリン収率 20 mass% 以上が達成される。

この革新的な重質油分解技術により原油選択幅が拡大し、エネルギーセキュリティ向上、地球環境保全に貢献するだけでなく、本プロセスはサウジアラビアとの共同研究により基礎技術が開発されていることからサウジの期待が極めて大きく、日本・サウジアラビアの関係強化に寄与することが期待される。

（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

本技術開発の結果、触媒の飛躍的な性能向上技術開発により既設装置の大規模な設備投資を伴わずに、重質油分解技術の向上が図られ、国際競争力強化にも繋げられる可能性も大きいことから、大きな効果が期待できるものとする。

連産品である石油製品の需要構造変化に合わせた柔軟な対応が可能になると、および原油処理量削減により温室効果ガス削減に寄与することが本技術開発の波及効果として期待される。

（３）超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発

原油の供給源の多様化を図ることは、エネルギーセキュリティ向上の観点から重要な課題である。これまで困難であると考えられていた劣質重質油のわが国製油所での利用拡大が望める等、その波及効果が期待される。

また、副次的な波及効果として、重質油成分の解析、水素化分解反応機構および律速段階の解明、優れた触媒に必要な固体酸性質の解析など、精製プロセスに広く適用可能な知見を得ることも期待できる。

（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

本研究開発は、重質油を原料とし、高オクタン価の分解ガソリンの製造を高効率で行う新規重質油対応 FCC 触媒技術の開発を目的としている。

本技術は、従来以上に重質油から軽質基材を製造できる国際競争力（＝経済性に優れた）を有する製油所を実現するのみならず、処理原油の選択幅を広げることによる調達リスクの緩和、必要とする原油量を減らすことによるエネルギーセキュリティの向上といった波及効果が期待できる。

②革新的超臨界水熱分解技術開発

超臨界水熱分解処理技術の適用先としては、採取元での In-situ の処理と、製油所などへの移送後の精製プロセスの２つが考えられる。

- ・ オイルサンド採掘、生産現場などで、超重質・超高粘度のビチューメンを分解、一部改質して合成原油（シンクルード）や半製品レベルを得る技術。
たとえば、SAGD 法（Steam-Assisted Gravity Drainage オイルサンド地層への高温・高圧水蒸気圧入を用いる超重質原油の生産方法）によってビチューメンは、高温の水／ビチューメン混合物として回収されるが、この際の反応条件を最適な条件にすることにより、ビチューメンを効率的に改質させる。
- ・ 製油所等で、輸入したシンビット（ビチューメン５０％）やディルビット（ビチューメン７０％）を分解・改質して国内スペックを満足する石油製品を製造する技術、たとえば、高温の水／ビチューメン混合物を利用、またはさらに水を添加した超臨界条件にて分解・改質をする。

5-A. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等

5-1-A 研究開発計画

表5-1に平成19年度から平成23年度までの5年間の研究開発計画を示す。5年間のうち、前半期間においては要素技術開発、基本設計、詳細設計を実施し適用技術の見極めを行い、後半期間においては装置の建設・運転、実用性能評価、実証化検討を実施し技術検証を行う計画となっている。

研究開発は当初計画通りに進行している。

表5-1 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 高過酷度流動接触 分解(HS-FCC)技 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 応した重質油高度 分解・有用化技術 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 サンド油等の精製・ 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 シーズ創製のため の研究開発	要素研究					
				まとめ		

5-2-A 研究開発実施者の実施体制・運営

本研究開発は、一般財団法人石油エネルギー技術センター（JPEC）が経済産業省からの補助を受けて実施した。

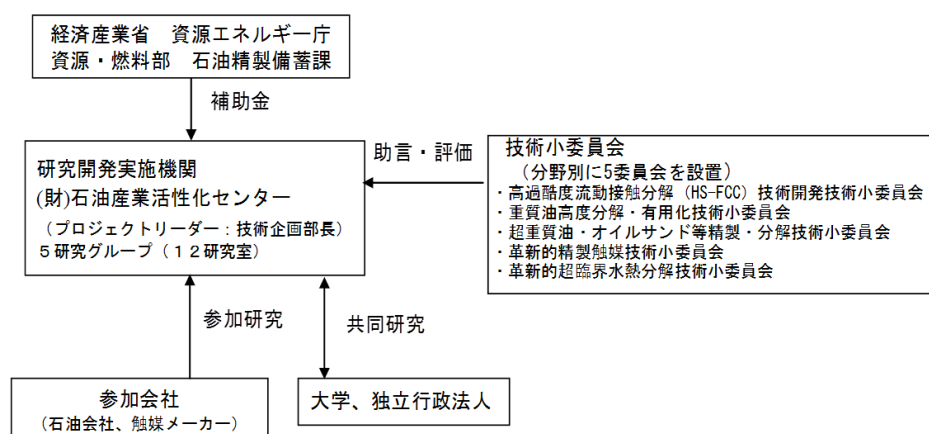
研究開発の実施に当たっては、事業開始当初から平成20年度までの間は、JPECにおいて技術企画部長がプロジェクトリーダーとして研究開発を統括した。また、技術開発分野として4つの研究開発グループに大別し、当該専門分野の最先端研究者である大学、公的研究機関、民間会社における技術者からなる技術評価小委員会を組織した（表5-2）。年3回程度の報告会等（計60回／5年間）を開催し、専門家並びに有識者の適切な助言指導を得て、技術開発目標に対する到達度、進捗管理等を実施するとともに、研究室間の技術情報交換並びに技術課題の共有化を行った。

平成21年度以降は、大型の補助事業の適切な執行を確保する観点から、高過酷度流動接触分解（HS-FCC）技術開発について JPEC から分割し、JX 日鉱日石エネルギー株式会社がプロジェクトを推進する体制とした。JX 社では JPEC の技術評価小委員会に相当する「HS-FCC 技術開発・普及促進コンソーシアム委員会」を設置し、専門家並びに有識者の適切な助言指導を得つつプロジェクトを実施した。

図5－1に本事業の実施体制を示す。各研究室は技術評価小委員会等の助言・指導を受け、目標達成に向け効率的に技術開発を実施した。また、複数の研究室による共同研究の形態をとる個別要素分野もあり、適切な研究従事者の配置、関係者間の十分な連携を確保した。表5－3に参加会社および共同研究機関を示す。

※一般財団法人石油エネルギー技術センター（JPEC）は平成23年4月に財団法人石油産業活性化センター（PEC）から名称変更した。

〔平成19～20年度〕



〔平成21～23年度〕

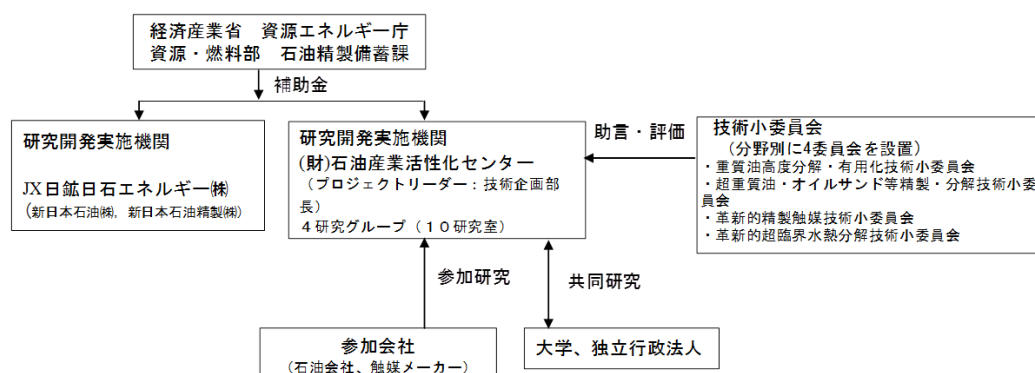


図5－1 研究開発実施体制

表 5－2 技術評価小委員会とその委員長

技術小委員会名	委員長
高過酷度流動接触分解（HS-FCC）技術開発 技術小委員会	群馬大学大学院 工学研究科長、工学部長 宝田教授 (平成 19, 20 年度)
重質油高度分解・有用化技術評価小委員会	北九州市立大学 国際環境工学部 浅岡教授
超重質油・オイルサンド等精製・分解 技術評価小委員会	(独)産業技術総合研究所 イノベーション推進本部 国際部 斎藤シニアスタッフ
革新的精製触媒技術評価小委員会	北海道大学 触媒科学研究センター長 上田教授
革新的超臨界水熱分解技術評価小委員会	東北大学 原子分子材料科学高等研究機構 阿尻教授 (平成 19, 20 年度) 産業技術総合研究所 バイオマス研究センター 坂西センター長 (平成 21 年度～)

技術評価小委員会の開催実績

(単位：回)

	H19	H20	H21	H22	H23	計	合 計
高過酷度流動接触分解（HS-FCC）技術開発技術小委員会	2	3				5	65
重質油高度分解・有用化技術評価小委員会	3	3	3	3	3	15	
超重質油・オイルサンド等精製・分解技術評価小委員会	3	3	4	3	3	16	
革新的精製触媒技術評価小委員会	3	3	3	3	3	15	
革新的超臨界水熱分解技術評価小委員会	3	3	3	3	2	14	

注記：HS-FCC 技術開発は、H21-H23 「HS-FCC 技術開発・普及促進コンソーシアム委員会」を設置し、計 4 回委員会を開催

表 5 - 3 参加会社及び共同研究機関

技術開発参加会社

テーマ名	参加会社
(1) 重質油対応型高過酷度流動接触分解技術の開発	
重質油対応型高過酷度流動接触分解(HS-FCC)技術の開発	JX日鉱日石エネルギー(株)
(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	
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	JX日鉱日石エネルギー(株)
FCCの高機能化による新規重質油処理技術の開発	コスモ石油(株)
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	出光興産(株) 日揮触媒化成工業(株)
(3) 超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発	
超重質油(オイルサンド油)等の分解有用化技術開発	出光興産(株)
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	JX日鉱日石エネルギー(株)
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	JX日鉱日石エネルギー(株)

(4) 革新的精製触媒技術シーズ創製のための研究開発

平成 21 年度末の体制

①「革新的精製触媒技術開発」共同研究先

(敬称略)

研究機関名	所属	役職	氏名
東京工業大学	大学院総合理工学研究科 化学環境学専攻	教授	馬場 俊秀
横浜国立大学	大学院工学研究院 機能の創生部門	教授	窪田 好浩
信州大学	繊維学部 化学・材料系 材料化学工学課程	教授	高塚 透
三重大学	大学院工学研究科 分子素材工学専攻	教授	石原 篤
鹿児島大学	大学院理工学研究科 化学生命・化学工学専攻	准教授	筒井 俊雄

②「革新的超臨界水熱分解技術開発」共同研究先

(敬称略)

研究機関名	所属	役職	氏名
北海道大学	大学院工学研究院 有機プロセス工学専攻	教授	増田 隆夫
東北大学	原子分子材料科学高等研究機構 兼 未来科学技術共同研究センター	教授	阿尻 雅文
東北大学	工学研究科附属超臨界溶媒工学研究センター	教授	猪股 宏
東北大学	工学研究科附属超臨界溶媒工学研究センター	准教授	渡邊 賢
東北大学	大学院環境科学研究科環境科学専攻	准教授	木下 睦
東北大学	大学院情報科学研究科情報基礎科学専攻	教授	山本 悟
東北大学	大学院工学研究科化学工学専攻	教授	塚田 隆夫
宇都宮大学	大学院工学研究部 機能創成研究部門	助教	佐藤 剛史
(独)産業技術総合研究所つくばセンター	エネルギー技術研究部門新燃料グループ	グループ長	鷹嘴 利公
静岡大学	大学院創造科学技術研究部エネルギーシステム部門	教授	佐古 猛
京都大学	大学院工学研究科 化学工学専攻	教授	三浦 孝一
熊本大学	バイオエレクトロニクス研究センター	教授	後藤 元信
富山大学	大学院理工学研究部	教授	椿 範立

5-3-A 資金配分

本事業における事業費推移を表5-4に示す。本事業においては、要素技術を適用した実証化研究、要素技術の抽出・確立・検証が中心となる技術開発からシーズ研究まで研究フェーズが広範囲にわたるが、これを表の(1)から(4)までの4グループに分け、技術開発分野毎に技術開発の進捗度に応じて適切な資金配分を行い、効率的な運営を心がけた。

具体的には、評価装置の導入等、研究開発環境の整備のために初年度に事業費を相対的に大きく配分した「超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発」においては評価・検証段階に移行するとともに配分額を減少させた。また、「革新的精製技術シーズ創製のための研究開発」は開発期間を通じて資金配分は大きくないものの、ほぼ一定の資金配分を行っている。

以上述べたように、限られた補助金を有効活用し、最大の効果を得るためメリハリをつけた予算運用を行った。

表5-4 資金年度配分（単位：百万円）

年度	19	20	21	22	23	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
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	21	42	41	0	0	105
② FCCの高機能化による新規重質油処理技術の開発	256	296	339	154	124	1,169
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	440	239	188	423	332	1,622
(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
① 超重質油(オイルサンド油)等の分解有用化技術開発	175	91	92	3	31	392
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	277	41	46	30	40	434
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ディング技術の開発	126	118	64	30	50	388
(4) 革新的精製技術シーズ創製のための研究開発	280	299	299	285	255	1,418
合計	2,305	3,958	4,162	3,376	2,057	15,858

5-4-A 費用対効果

前述のように5カ年にわたり実施する本事業は、目標の達成、将来の事業化等に関しても実現の期待が大きいプロジェクトであるが、重質油処理、オイルサンド等非在来型原油も含めた石油の安定供給によって国民全体にもたらされる便益は、直接的な効果のみならず間接的な効果も含めて極めて幅広くかつ多様であるため、予算額に対しどの程度の効果をあげることができたのかを定量的に算出することは極めて難しい。

しかしながら、今後も予想される石油価格の高騰、世界における資源獲得競争の激化等に伴うエネルギー供給不安がもたらす国民経済への影響を考えると、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本施策による費用対効果は極めて大きいものと考えられる。

(1) 重質油対応型高過酷度流動接触分解（HS-FCC）技術の開発

本事業は約103億円（平成19年度から平成23年度5年間の補助金。補助率2/3）を投入して3,000BPDの実証化研究設備の建設・運転を行いプロピレン収率19mass%、ガソリン収率35mass%を達成しており、商業装置の設計・建設・運転のための技術が確立できたことから、十分な費用対効果が得られると期待される

(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

本技術開発では、高度な触媒等の開発を行うため、平成19年度から平成23年度までに約29.0億円の補助金を投入し、実験室レベルでの触媒等の要素技術を確認した。これにより、事業後半での工業生産規模での触媒製造技術開発、実プラントでの実証化研究へのステップアップを可能とした。当該技術は、既存の設備をそのまま活用できるものが大部分であり、今後の事業化が期待できる。

(3) 超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発

本技術開発では、平成19年度から平成23年度までに約12.1億円の補助金を投入した。全体的に見ると、本技術開発において、各項目において中間目標を達成しており、今後、最終目標を達成し、重質油およびオイルサンド等非在来型原油の有効活用に向け実用化されていけば、十分な費用対効果が得られると期待される。

(4) 革新的精製技術シーズ創製のための研究開発

平成23年度までの5カ年に基盤技術研究として事業費約1.4億円を投入した。

①革新的精製触媒技術開発

本触媒技術開発は、１０年後、２０年後を視野に入れたシーズ的なものを目指しており、技術開発のハードルは高く、短期間で効果を評価できるようなものではない。しかしながら成果としてのエネルギーセキュリティ向上への貢献は資源の投入に値すると考えられる。

②革新的超臨界水熱分解技術開発

超臨界水熱分解反応機構の解明研究、ならびに触媒利用あるいは部分酸化・水素化反応など技術シーズの探索研究を進めているが、現段階で具体的に事業展開を実施しているわけではなく定量的な費用対効果を評価することは困難である。しかしながら成果としてのエネルギーセキュリティ向上への貢献は資源の投入に値すると考えられる。

５－５－Ａ 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、平成２３年３月の東日本大震災後の原発停止の影響が短期的には石油業界へも影響を及ぼしている。電力各社は火力電源の稼働を上げており、ＬＮＧ・石炭に加えて、石油燃料（原油、重油）の需要が高く、石油精製工程で、従来ＦＣＣ装置などの白油化（ガソリン等への分解）設備の原料としていた低硫黄重油が、電力会社向けに製品として多く使用されている。結果として、ＦＣＣ装置の原料である低硫黄重油の価値が高騰しているため、新たにＦＣＣ装置を建設するには現在厳しい環境にある。しかしながら、原発稼働再開により、この状況は中長期的には徐々に解消すると予想され、白油化をはじめ化学品原料を生産する技術が活用できる環境に戻って来るものと考えられる。

このように、本事業を取り巻く環境は事業開始当初から変化したが、これにより本事業の重要性は低下することはなく、以前にも増して事業を着実に推進し、開発技術の早急な実用化を図ることが期待される状況となっている。

B. 石油燃料次世代環境対策技術開発

1-B 事業の目的・政策的位置付け

1-1-B 事業目的

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と考える。

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。

これらの目的を達成する事業として、以下の技術開発・研究開発を実施する。

(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（10%、10～20%）およびエタノール以外のバイオ燃料（ETBE、ブタノール等）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）

1-2-B 政策的位置付け

石油は図 1-2-1 に示す通り、2030 年においても、我が国の一次エネルギー供給の約 4 割を占める重要なエネルギー源と位置づけられており、図 1-2-2 に示すとおり、その需要の約半数は自動車燃料である。自動車燃料はエネルギー密度の高い液体系燃料が有利であり、当面の主流である「石油系燃料＋内燃エンジン車」の課題対応は必須である。

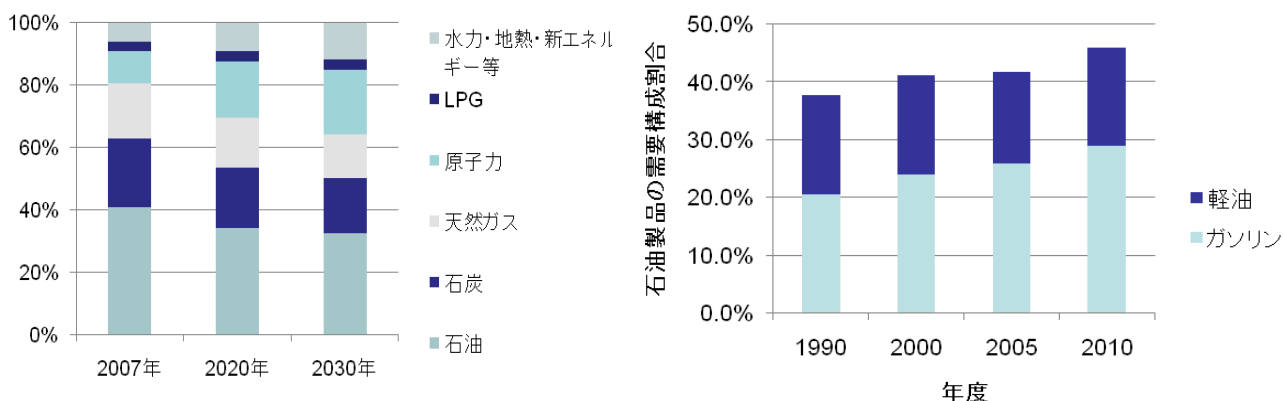


図 1-2-1 2030 年エネルギー需要見通し 図 1-2-2 我が国の石油製品に占める（我が国における一次エネルギー供給構成） 自動車燃料の需要割合の推移

自動車および自動車燃料の研究の社会的要請として、地球温暖化防止、エネルギーセキュリティ、大気環境改善の 3 つがあり、それぞれ、自動車の「CO₂削減（燃費向上）」（図 1-2-3）、自動車燃料の「燃料多様化」（図 1-2-4）、自動車の「排ガス低減」（図 1-2-5）課題を同時に解決する必要がある。

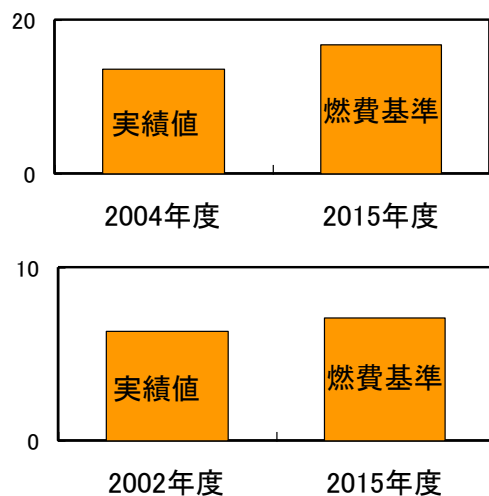


図 1-2-3 CO2 削減（燃費向上）の背景

出典：「自動車のエネルギー消費効率の性能の向上に関する製造事業者等の判断の基準等の改正について」など(平成 19 年 2 月)

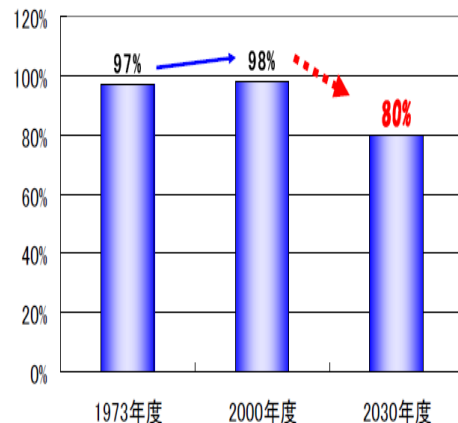


図 1-2-4 燃料多様化の背景

出典：新・国家エネルギー戦略(平成 18 年 5 月)

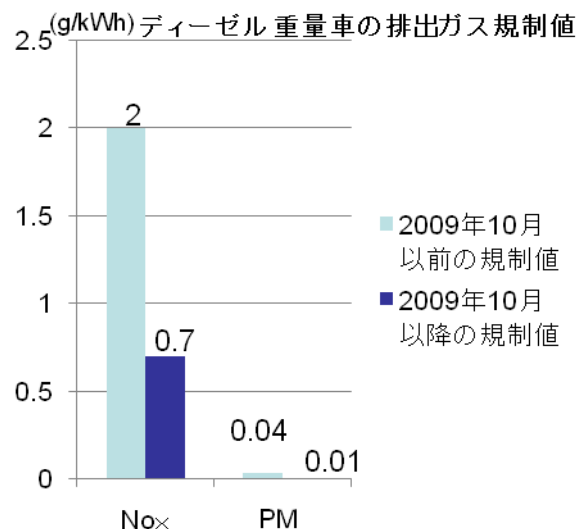


図 1-2-5 排ガス低減の背景

出典：自動車 No x ・ PM 法規制値より、作成

具体的な施策としては、新・国家エネルギー戦略（平成 18 年 5 月）において、今後官民が共有すべき長期的な方向性として、2030 年までに約 30%のエネルギー効率の改善、図 1-2-4 に示すように運輸部門における石油依存度を 80%程度にすることが掲げられており、こうした目標を達成するためには①新燃料の導入、②運輸部門の高効率的利用によるエネルギー消費の削減が重要である。

また、エネルギー基本計画（平成 22 年 6 月閣議決定）では、「バイオ燃料については、2020 年に全国のカソリンの 3%相当以上の導入を目指す」という目

標が掲げられており（経済産業省は平成 22 年 9 月に「石油精製業者の非化石エネルギー源の利用に係る判断基準（案）」として、利用目標を、2011 年度から 2017 年度までの 7 年間について定め、2017 年度における利用総計として 50 万 kl としている）、さらに、「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」とされていることから、自動車燃料についてもこれらの目標へ対応して行くことは必須の課題である。

このような背景の下、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図 1-2-6 のとおり導入シナリオが示されており、本事業で取り組んでいる研究開発は図 1-2-7 の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。

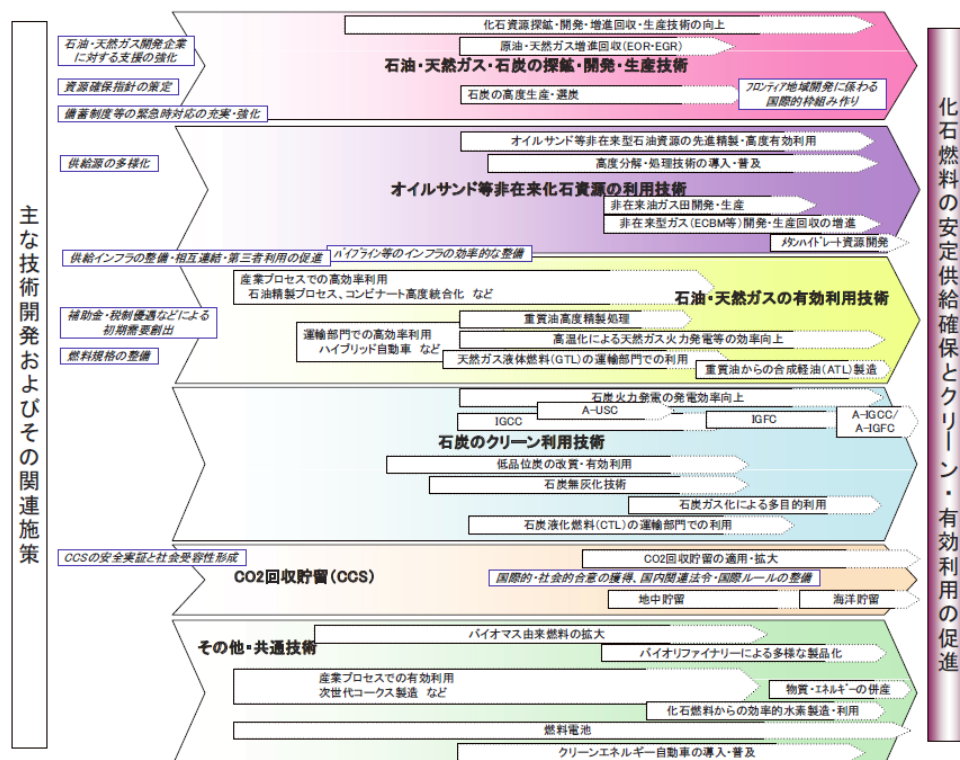


図 1-2-6 「運輸部門の燃料多様化」に向けた導入シナリオ

出典：技術戦略マップ 2010 平成 22 年 6 月 経済産業省

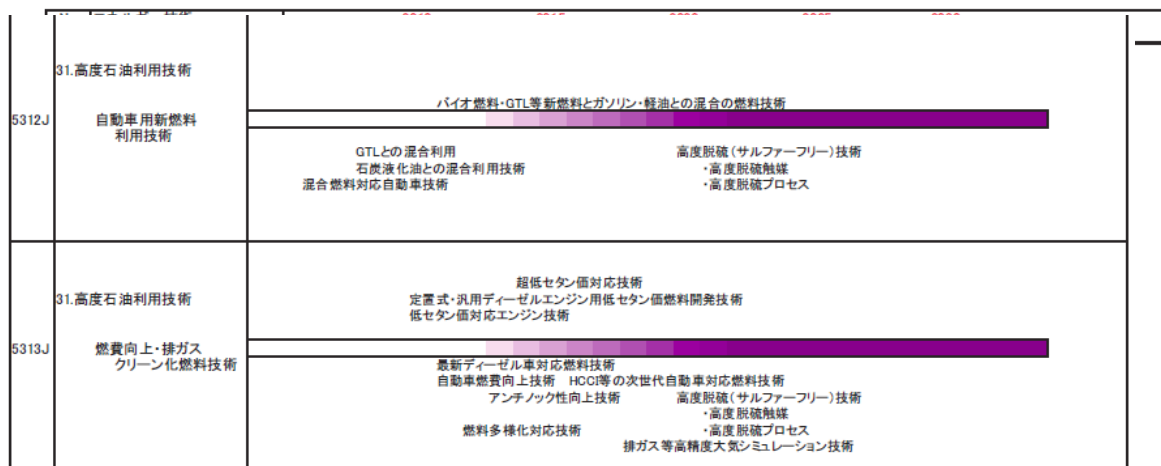


図 1-2-7 「運輸部門の燃料多様化」に寄与する技術の技術ロードマップ

出典：技術戦略マップ 2010 平成 22 年 6 月 経済産業省

1-3-B 国の関与の必要性

温室効果ガスの削減目標を着実に達成するためには、バイオマス導入、排ガス・燃費に優れたディーゼル車の普及拡大のための課題解決の促進策が必要である。

一方、エネルギーセキュリティの観点からも燃料多様化（バイオ燃料利用拡大、オイルサンド等非在来型原油由来の燃料の利用等）ならびに一層の石油消費削減と自動車燃費向上という課題がより逼迫してきており、国としてそれら対策を加速させなければならない状況である。

このような中、バイオマス燃料の利用促進は、地球温暖化対策とエネルギーセキュリティ確保に大きく貢献することから、日本国政府は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)の利用を決めた。さらに持続可能性基準に留意する前提で、将来的にはバイオマスの利用を増やしていくことも求められている。

他方、自動車もサルファーフリー燃料の供給など燃料側の対応とあわせて、環境に配慮し燃費効率に優れた自動車の導入が求められている。またより厳しい排出ガス規制への適合や、新しい燃費基準への適合などのため、自動車にもこれまでにない新規技術が搭載されてきており、燃料性状変化に対するレスポンスが変わってきている可能性がある。さらに、現行規格を超える高濃度のバイオマス燃料の利用を考える場合には、車両側での対応も必要となると思われるが、自動車分野では車両の置き換えりが 10 年以上と時間がかかることを考えると長期を見据えた早い段階からの対策検討が必要である。

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」の第 7 次答申(平成 15 年)および第 8 次答申(平成 17 年)において、バイオマス燃料の利用にあたり、「許容限度に追加する項目及びその許容限度については、現

状の燃料品質を勘案の上、設定することが適切である。」と記載されている。

本事業におけるバイオマス燃料利用拡大技術検討は、輸送用燃料に対して一定量のバイオ燃料を導入するという国の政策のもと、将来的に、施策上、現在の規格を超えてより大量のバイオマスを高濃度で利用する必要性が生じた際に国民に混乱をもたらすことなく円滑に対応するために、事前に課題点を明らかにし、対応策を示そうとしたものである。その意味で、本事業はまさに国の施策に資する事業であり、国の関与の元で積極的に進めるべきものといえる。

また、大量のバイオマスを高濃度で利用する際の課題への対応方法として、燃料側の規格変更に伴う製造方法の変更で対応すべきか、利用機器（自動車）側の変更で対応すべきかなど、業界間で利害が相反するケースも想定されたことから、国の関与の元、適切な対応方法を示す必要がある。

このため、国が関与することにより、自動車業界と石油業界の英知を結集し、将来の自動車技術および燃料技術の最適組み合わせ技術を加速していくことが必要である。

2－B 研究開発目標

2－1－B 研究開発目標

本技術開発事業は平成 19 年度から平成 23 年度までの 5 年間で実施する予定であり、個別要素技術開発ごとにその最終目標および中間目標を設定して以下の 3 項目について研究開発を進めた。

(1) バイオマス燃料利用拡大技術

(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(10%超)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、自動車燃料品質規格に資する基礎データの収集ならびに対策技術確立を行うことを最終目標として実施した。

(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、自動車燃料品質規格に資する基礎データの収集ならびに対策技術確立を行うことを最終目標として実施した。

(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、基礎データの収集ならびに対策技術の確立を行うことを最終目標として実施した。

(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

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ことを最終目標として実施した。

2-2-B 全体の目標設定

表 2-2-1 全体の目標

目標・指標	設定理由・根拠等
自動車燃料としてバイオマス燃料について品質確保法の規定以上の混合利用、各種合成燃料や非在来型石油留分等の分解系留分が高濃度で有効に活用できる利用技術を確立、および、予混合圧縮着火等の高効率、低排出ガスの新燃焼技術に最適な燃料技術の開発を行う。	高度石油利用技術の一環として石油系燃料を主体としつつ、多種多様な基材(バイオマス、合成原油、非在来系石油など)を混合利用しながら燃料消費の削減（CO2 削減）、安全性確保、排気維持（自動車排出ガス量を規制値以下に維持)のための技術開発を実施することで石油系燃料の大きな課題であるエネルギーセキュリティ対策に対応するとともに、安全で排気維持の可能なクリーンで環境にやさしい自動車・自動車用燃料を国民に提供できる。

2-3-B 個別要素技術の目標設定

表 2-2-2 個別要素技術の目標

要素技術	目標・指標	設定理由・根拠等
1. バイオマス燃料利用拡大技術 (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。	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。 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、従来の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。
(2) 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の基礎データを収集する	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。 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、従来の軽油に比べ、酸化安定性や低温流動性等に懸念があるとされてきたが、製造の簡便さなどから、一部の地方自治体や事業者などで使用されている。 しかしながら、FAME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。
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、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。	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。 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。
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 ※ HCCI : Homogeneous Charge Compression Ignition（予混合圧縮着火燃焼）	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。	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。 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。

3-B 成果、目標の達成度

3-1-B 成果

3-1-1-B 全体成果

本技術開発は平成 19 年度から平成 23 年度までの 5 年間の計画で実施しており、個別要素技術ごとに最終目標および中間目標を設定して、研究開発を進めてきた。

バイオマス燃料利用技術のガソリン用バイオマス燃料利用技術については、エタノール 10%混合ガソリンについて排出ガス、運転性、燃料系統部材影響等の評価を実施し、技術課題や対応策を明らかにしてきた。あわせて、燃料品質規格設定のための基礎データを収集した。

ディーゼル用バイオマス燃料の適用の可能性検討についてはバイオディーゼル 10~20%混合軽油について、排出ガス、運転性、常温安定性、低温流動性、耐久性等の評価を実施し、実用上の課題を明らかにした。

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については主に GTL 等の合成燃料、オイルサンド等の非在来型原油由来の燃料および分解系燃料を想定したモデル燃料および分解系の実燃料をベースとした試験燃料を用い、排出ガス、運転性、CO₂ 排出へ影響等について最新車両を用いて検討し、技術課題を明らかにした。

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については燃料性状、組成と燃焼についての燃焼シミュレーションおよび単気筒エンジンを用いた基礎検討を行い、HCCI 燃焼に適した燃料品質の基礎データを収集した。

このように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達成することができた。以下にその概要を示す。

3-1-2-B 個別要素技術成果

(1) バイオマス燃料利用拡大技術

(ア) ガソリン用バイオマス燃料利用技術

エタノール 10%混合ガソリンの性能評価と排出ガス、蒸発ガスの課題抽出を行い、対策技術を示すとともに、品質規格設定の基礎データを収集した。

エタノール混合ガソリンの特徴と課題を図 3.1.1 に示す。このように、ガソリンにエタノールを混合する場合、分子内に酸素を持つ、揮発しやすい、発熱量が低いといった特徴があり、自動車での使用にあたっては、燃料系統部品の損傷、エンジン制御への影響による排出ガスの悪化、高温時に燃料系統のベーパーロック等によりエンジンがかかりにくくなる等の懸念がある。そのため表 3-1-1 に示すような項目につき評価を行い、表に記載の結果を得ることができた。

- ・ サトウキビ等の糖類を原料とし、発酵法により製造
- ・ 単一の化学物質 C_2H_5OH (分子量46) 沸点: $78^{\circ}C$
- ・ 高い酸素含有率(35mass%)
- ・ 分子内部に強い極性部分($-O-H$)を持ち、これにより石油系燃料とは大きく特性が異なる

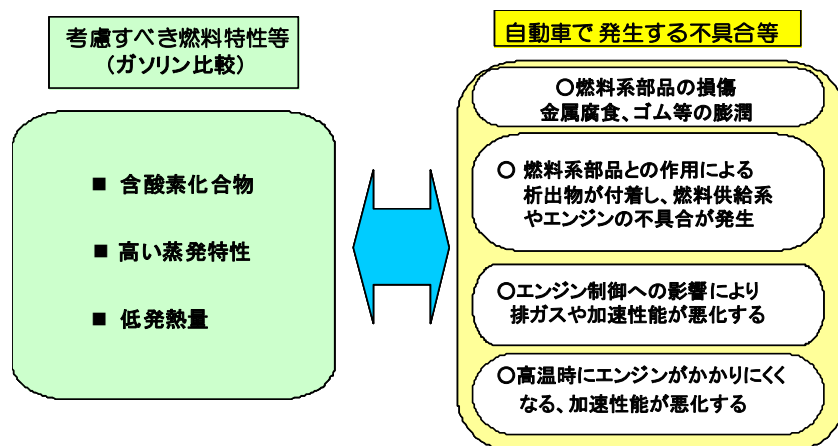
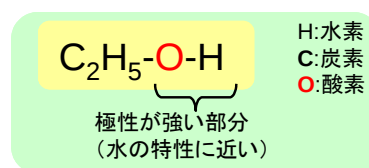


図 3-1-1 エタノールのガソリンへの混合時の特徴と課題

表 3-1-1 研究項目と評価結果

燃料品質	エタノール10% 混合による燃料 品質への影響	研究項目	調査結果
蒸留性状 50% 留出温度	10℃程度低下	①排出ガス、燃費/ CO_2 への影響調査 ②運転性能への影響調査 ・T50(高温側)の影響の把握 ・T50(低温側)の影響の把握	T50のJIS上限域($110^{\circ}C$)で車によりE10の影響が見られた。 T50下限域を含め、それ以外の範囲ではT50によるE10の影響は見られなかった。
蒸気圧 (RVP)	7kPa程度増加 (高温の蒸発量 増加)	③車両蒸発ガスへの影響調査 ・透過の影響把握(駐停車時) ・高温での蒸発量増加の影響把握(運転時)	本WGで実施した供試車両では、E10の顕著な影響は見られなかった。
材料適合性 (ゴム)	ゴムの透過		(先行研究WGで実施した車両でE10のHSL+DBLへの影響は見られた)
保存安定性 (金属、ゴム、樹脂)	金属腐食 ゴム材、樹脂 の膨潤	④材料による燃料性状への影響調査	ゴム材によりE10の方が燃料中のガム値増加が見られた。 金属による燃料品質への影響はE0とE10で差は見られなかった。

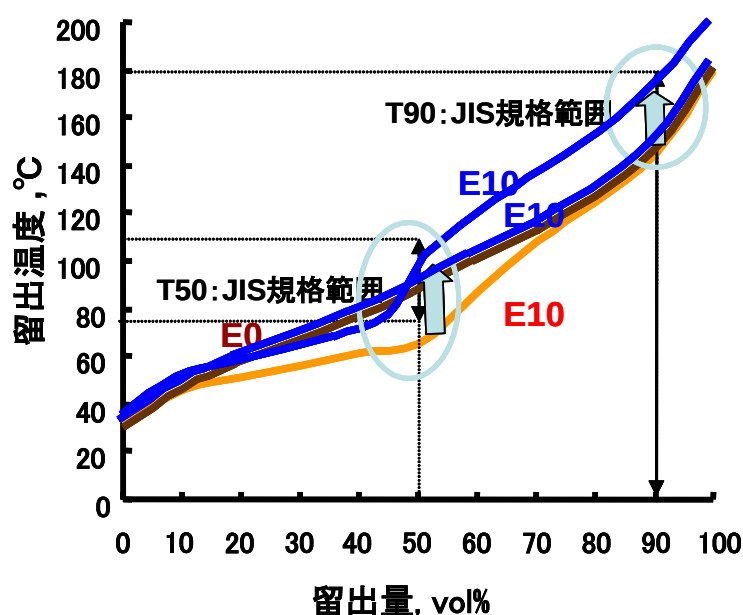
以下に個別の検討項目における成果の概要を示す。

①蒸留性状の影響

図 3-1-2 に示すように、エタノールは低沸点の単一成分であるため、エタノールの混合はガソリンの蒸留温度を低下する。その温度低下は 50%留出温度で約 $20^{\circ}C$ であるため、50%留出温度の JIS 規格から外れる可能性が大

となる。この対策として重質のガソリン基材を用いて調整すると 90%留出温度が高くなり、自動車の排出ガス、運転性に影響が出る可能性がある。

一方、市場においてエタノールがガソリンにスプラッシュブレンドされた場合は、50%留出温度が JIS 下限を下回る可能性がある。



蒸留 50%留出温度：エンジンの加速性や運転性に影響する。

蒸留 90%留出温度：吸気系、燃焼室の汚れやエンジンオイルの汚れ等に影響する。

図 3-1-2 E10 が蒸留性状に与える影響

そこで、排出ガス、燃費および運転性への影響を検討した。結果のまとめを表 3-1-2、表 3-1-3 に示す。

排出ガス及び燃費に対しては、ホットスタート試験ではエタノール混合の影響は少なかったが、コールドスタート試験では蒸留 50%点が JIS 上限の 110°Cでは影響が見られる場合のあることが分かった。したがって、エタノールを混合する場合は、蒸留性状を適正な範囲にコントロールすることが重要である。

表 3-1-2 排出ガス、燃費への影響（蒸留 50% 温度：高温側・低温側）

T50:高温側

※ 2輪車においてはTHC

T50: 低温側

	4輪車										2輪車			4輪車		
	Coldスタート (11モード)					Hotスタート (10・15モード)					Coldスタート (2輪車モード)			Cold スタート (11 モード)	Hot スタート (11・15 モード)	
	150		180			150		180			180					
T90, °C T50, °C	100	110	90	100	110	100	110	90	100	110	90	100	110			
NMHC※	→	↗ 3/4台	→	→	↗ 3/4台	→	→	→	→	→	→	→	→	NMHC	→	→
CO	→	↗ 3/4台	→	→	↗ 4/4台	→	→	→	→	→	↗ 3/3台	↗ 3/3台	↗ 3/3台	CO	→	→
NOx	→	↗ 3/4台	↗ 1/4台	↗ 1/4台	↗ 2/4台	→	→	→	→	→	→	↗ 1/3台	↗ 1/3台	NOx	→	→
燃費(km/L)						↘ 4/4台	↘ 4/4台	↘ 4/4台	↘ 4/4台	↘ 4/4台	↘ 3/3台	↘ 3/3台	↘ 3/3台	燃費(km/L)		↘ 4/4台
燃費(km/MJ)						→	→	→	→	→	→	→	→	燃費(km/MJ)		→
CO2						→	→	→	→	→	→	→	→	CO2	→	→
アセアルデヒド	↗ 4/4台	↗ 4/4台	↗ 4/4台	↗ 4/4台	↗ 4/4台	→	→	→	→	→	↗ 3/3台	↗ 3/3台	↗ 3/3台	アセアルデヒド	↗ 4/4台	→

↗: E0に比較してE10は増加／ばらつく傾向
→: E0とE10で差なし
↘: E0に比較してE10は減少傾向

表 3-1-3 運転性への影響

試験室温度: 20°C

	4輪車									
	Coldスタート					Hotスタート				
	150		180			150		180		
T90, °C	150		180			150		180		
T50, °C	100	110	90	100	110	100	110	90	100	110
始動時間	→	↗ 1/3台	→	→	↗ 2/4台	→	→	→	→	→
加速時間	→	↗ 2/3台	→	→	↗ 2/4台	→	→	→	→	→
デメリット点数	→	↗ 2/3台	→	→	↗ 2/4台	→	→	→	→	→

↗ : E0に比較してE10は増加／ばらつきあり
 → : E0とE10で差なし

運転性についてはエタノール混合ガソリンに対しても従来の燃料品質指標が適用可能かを幅広い車両で、E10 ガソリンの T50（高温側）が運転性能(加速性、始動性、デメリット点数)に及ぼす影響を把握するとともに、蒸留 50% 留出温度が JIS 下限の E0 ガソリンにスプラッシュブレンドにて E10 を試作し、蒸留 50% 点が JIS 下限を下回る E10 が、高温運転性能(始動性、加速性)に及ぼす影響を把握した。

その結果、50%留出温度が JIS 上限のエタノール 10%混合ガソリンについて、車両によっては影響を受ける可能性のあるものがあることが分かった。

②蒸気圧の影響

エタノールをガソリンに混合した場合、図 3-1-3 に示すように共沸現象により蒸気圧※が上昇し、エタノール 10%混合では約 7kPa 上昇する。したがって、車両蒸発ガスの増加による大気環境への影響（光化学オキシダントの増加）が懸念された。

※蒸気圧（RVP：Reid Vapor Pressure ガソリン蒸発性の指標であり、密封された容器の中に 0～1℃に冷やした燃料を封入し、37.8℃にまで容器を温め、圧平衡となったときの蒸気の圧力）

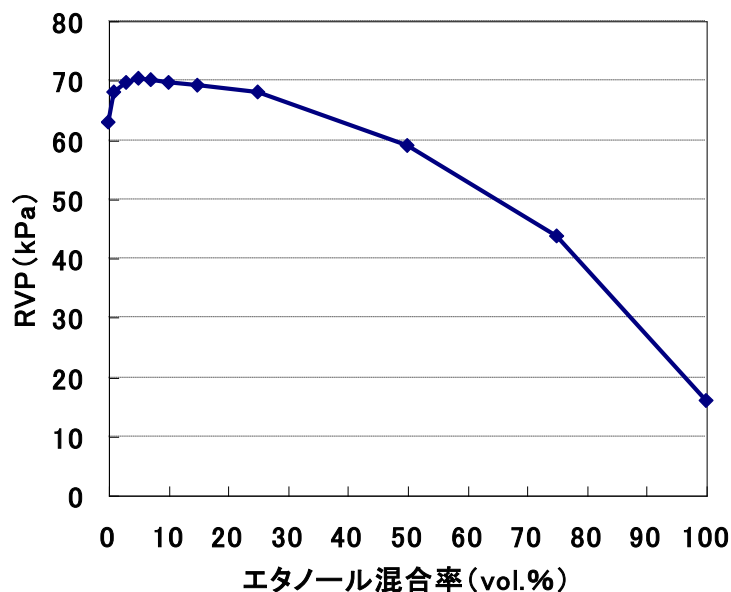


図 3-1-3 エタノール混合のガソリン蒸気圧への影響

そこで、エタノール 10%混合ガソリンについて、車両蒸発ガス評価試験である DBL（Diurnal Breathing Loss：試験室内にて、外気温度を模した条件下で 24 時間駐車した時に車両から発生する燃料蒸発ガス）、HSL（Hot Soak Loss：モード走行後の車両を試験室内で 1 時間駐車した時に車両から発生する燃料蒸発ガス）、RL（Running Loss：試験モード走行時に車両から発生する燃料蒸発ガス及びテールパイプ以外から洩れる排出ガス）について評価した。図 3-1-4 に評価結果の一例を示す。

図 3-1-4 の左側の図に示すように、評価車両 4 台中、3 台はエタノール混合による影響は認められなかったが、右側の図に示すように、車両によっては大きく影響を受けるものもあった。影響を受けた原因が燃料系統のゴム部材からのエタノールの選択的な透過であることが確認され、エタノール混合ガソリンの使用においては、燃料系統の部材について留意する必要があることが分かった。なお、RL については影響が認められなかった。

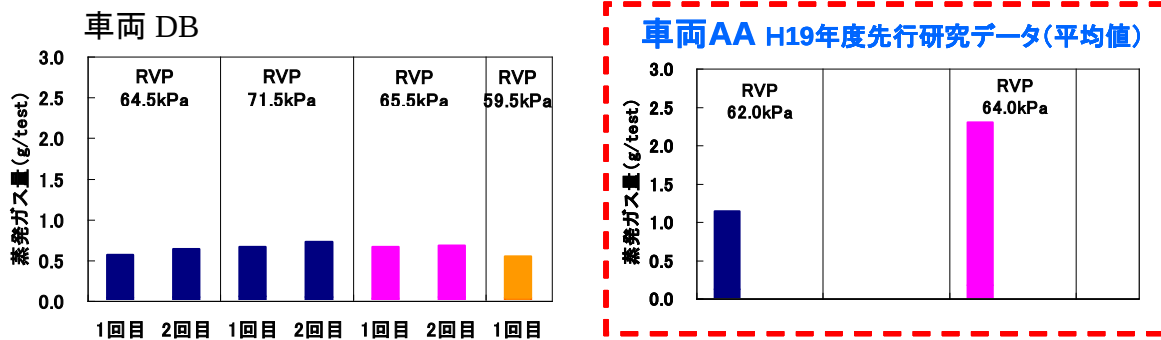


図 3-1-4 車両からの HSL+DBL 測定結果

③燃料系統部材がエタノール混合ガソリン性状に与える影響

金属 5 種、ゴム 3 種、樹脂 3 種について評価を行った結果、ゴム部材の NBR (Nitrile Butadiene Rubber タンクからエンジンの燃料噴射ノズルに至る燃料系統で燃料ホースやシール材として用いている場合がある) で、エタノール混合ガソリンのガム分が増加する傾向にあることが分かった。その他のゴムおよび金属、樹脂については影響がないことが分かった。

(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 (10%~20%) 混合した軽油の安定性、排出ガス、低温運転性、耐久性等につき課題の抽出を実施し、対策技術を示した。

バイオディーゼル燃料は図 3-1-5 に示すように原料油脂、精製処理方法等によって特性が多岐に渡っており、実際の使用においては種々の課題がある。

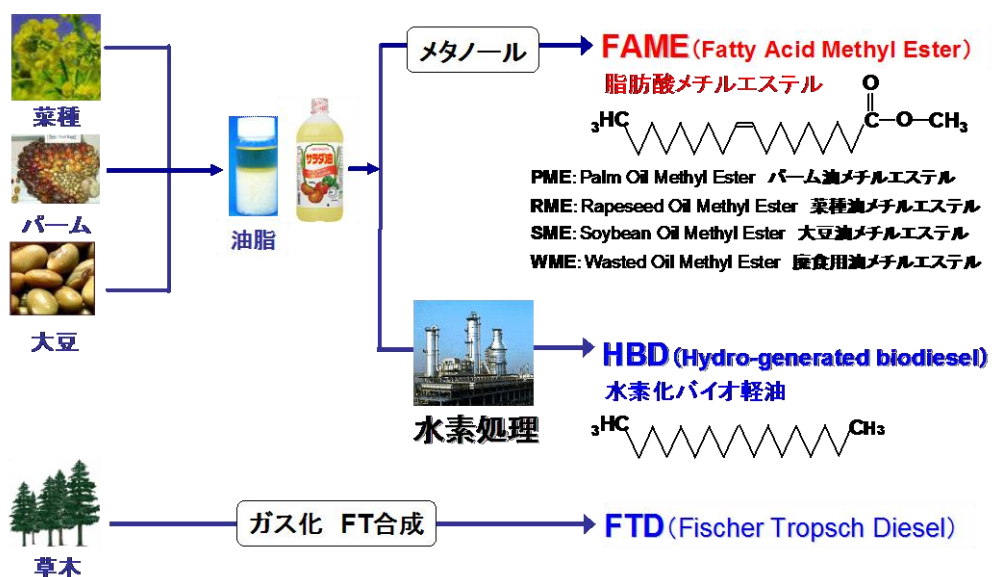


図 3-1-5 バイオディーゼルについて

図 3-1-6 に FAME の特性と課題を他の燃料と比較して示す。

	<FAME>	<軽油>	<HBD,FTD>
二重結合	あり SME RME PME 多 中間 少 悪 ← 酸化安定性 → 低温で固まりやすい (原料油の組成により異なる)	なし	なし
蒸留性状	330℃～350℃	200℃～350℃	260℃～310℃
酸素分	あり 含酸素化合物	なし 炭化水素	なし 炭化水素

- FAMEは品質面で軽油と異なる
- 現行のFAMEの軽油への混合上限: 日本5%
- 高濃度混合の場合には、車両使用時の品質面で懸念あり

図 3-1-6 バイオディーゼルの特性と課題

このように、軽油にバイオ燃料を混合する場合、分子内に酸素や2重結合を持つ、重質である、構成成分が複雑といった特徴があり、自動車での使用にあたっては、排出ガスへの影響、燃料噴射系の汚損、低温での燃料系統閉塞等の懸念がある。

以下に成果の概要を示す。表 3-1-3 は本研究における成果をまとめたものである。

軽油に FAME を 10~20% 混合した場合、特に安定性、後処理装置への影響、低温運転性、エンジンオイル希釈、信頼性影響について課題のあることが分かった。

表中には、軽油にバイオ燃料を高濃度で混合して使用する際の「重大な懸念点」、「懸念点」、「燃料指標の見直しが必要な項目」に分けて課題点を記載している。また、各々の課題点に対する対応策も併せて示している。

表 3-1-3 バイオ燃料混合軽油の評価結果まとめ

項目			FAME混合	
			10%混合、20%混合	50%混合、100%(ニート)
(1)性状 影響	着火性	課題	・セタン指数はセタン価との乖離が大きい。 ・IQTセタン価(DCN)はFAME10%、20%混合軽油ではセタン価よりも2～3高い。	
		対応策	・セタン指数の適用不可 ・IQTセタン価を使用する場合、FAME混合によるシフト幅を考慮した管理を行う。	
(2) 安定性 影響	酸化 安定性	課題	・FAME混合時には酸化安定性が悪化する。 ・特に二重結合を複数もつC18:2、C18:3が多いSMEは悪化が大きい。 ・SMEの場合、酸化防止剤の添加レスポンスが悪い。(多量の酸化防止剤が必要) ・SMEは長期間保管後に酸化防止剤を添加しても、入手直後に添加したより安定性改善効果が小さい。	
		対応策	・FAME混合軽油の酸化安定性の改善には酸化防止剤の添加が有効 (酸化安定性へのBASE軽油の安定性、FAME組成、天然抗酸化物質の影響を考慮する) ・SMEには多量の酸化防止剤が必要 ・SMEには入手直後に酸化防止剤の添加が必要	

項目				FAME混合	
				10%混合、20%混合	50%混合、100%(ニート)
(2) 安定性 影響	部材 影響	ゴム	課題	・浸漬試験の結果ではゴムへの影響は小さい。	・ゴムに影響が発生する場合あり。 (FAMEの安定性の影響もあり)
			対応策	—	・使用する部材に注意が必要
		樹脂	課題	・浸漬試験の結果では樹脂への影響は小さい。	←
			対応策	—	—
		金属	課題	・ターンシートでは注意が必要	・金属に影響が発生する場合あり。 (タフピッチ銅、ボンデ鋼板、ターンシートでは注意が必要)
			対応策	・燃料タンクはターンシートが使用されていないものを使用する。	・使用する部材に注意が必要
	常温貯蔵 安定性	課題	・PME、RME、SMEで曇り点より高い温度で析出物を確認 PME : 飽和脂肪酸モノグリセライドが多いものは析出物重量が多い。 SME、RME : 大きい結晶の生成がみられる。また、その結晶の目詰まりでフィルタ通油性が悪化する。 ・析出物による燃料フィルタ目詰まりによりエンジンストール等の不具合発生		
		対応策	・析出物によるフィルタ通油性悪化の対策が必要 PME : 飽和脂肪酸モノグリセライド量を管理する。 SME、RME : 添加剤による改善の可能性あり。 ・燃料フィルタの交換頻度を上げる。 ・燃料フィルタを大型化する。 ・冬季対策用燃料エレメント(加温タイプ)に交換する。		

項目		FAME混合	
		10%混合、20%混合	50%混合、100%(ニート)
(3)排出ガス影響	課題	・排出ガスへの影響は小さい。	・NOx増加
	対応策	—	
(4)後処理影響	課題	・FAME20%混合で手動強制再生がFAIL	・手動強制再生 自動強制再生がFAIL
	対応策	・運転条件に合わせた再生運転の最適化の検討が必要	
(5)低温運転性影響	課題	・PME、RME、SMEで作動限界温度が上昇し、低温運転性が悪化(特にPMEの影響大)	
	対応策	・PMEは寒冷地や冬季には使用しない。 ・燃料フィルタの交換頻度を上げる。 ・燃料フィルタを大型化する。 ・冬季対策用燃料エレメント(加温タイプ)に交換する。	

項目		FAME混合		
		10%混合、20%混合	50%混合、100%（ニート）	
(6)エンジンオイル影響		課題	・FAME混入によるエンジン油圧の低下及びエンジン油の酸化劣化	
		対応策	・エンジン油交換頻度を上げる。 ・高性能エンジン油を使用する。	
(7) 信頼性 影響	インジェクタ デポジット	課題	・金属混入時にインジェクタデポジット生成に起因する 燃料噴射量低下が発生	
		対応策	・FAME中の金属混入量を減らすように管理する。 ・燃料系部品に適切な部材を使用する。	
	長期 駐車時 安定性	課題	・長期駐車後の始動時に始動不良等の不具合発生	
		対応策	・駐車前にFAME非混合軽油に交換する。	

重大な懸念点
 懸念点
 燃料指標の見直しが必要

検討項目ごとの詳細を以下に記す。

①性状影響

バイオディーゼル混合燃料の一般性状（密度、粘度等）、低温特性（曇り点、目詰まり点、流動点）、着火特性（セタン指数、CFR セタン価、IQT※セタン価）について評価し、特にニートのバイオ燃料で低温性能の良くないものは、混合軽油でも良くないこと、着火性を現す指標として従来のセタン指数は適用できないこと等が分かった。

※IQT：Ignition Quality Tester（定容燃焼容器を用い、着火遅れ期間から着火性(DCN)を評価する装置）

②安定性影響

バイオディーゼルの安定性の違いによって混合軽油の安定性は大きく異なっている（図 3-1-7）。これは、不安定な 2 重結合の存在割合やバイオディーゼルにもともと存在する天然の抗酸化物質の量と種類が影響しており、

対策としては水素化精製処理で 2 重結合をなくす、あるいは酸化防止剤の添加が必要な場合があることを示唆している。

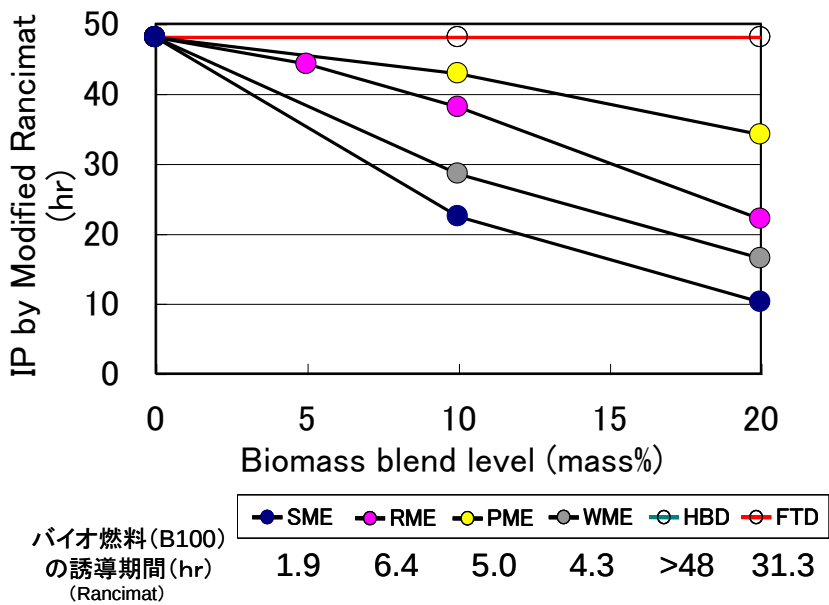


図 3-1-7 バイオディーゼルの安定性と混合軽油の安定性

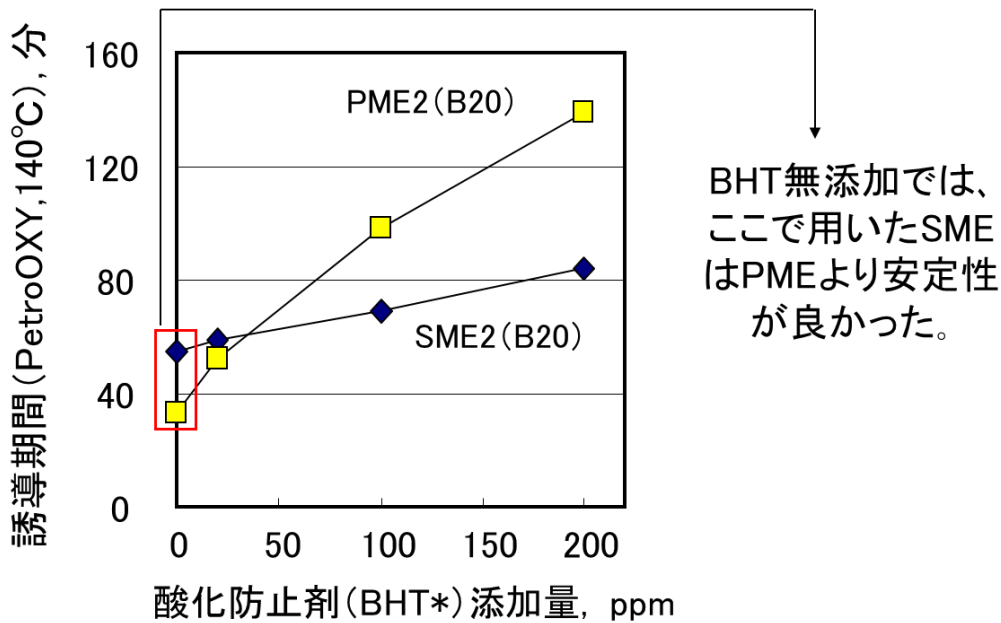


図 3-1-8 酸化防止剤の添加効果

図 3-1-8 に酸化防止剤の添加効果を示す。図より明らかなように、FAME の種類により添加効果に差がある。本事業においては、このメカニズムを詳細に検討した結果、FAME 混合経由の酸化安定性は、FAME の組成と、FAME に含まれる天然の抗酸化物質により決定されることを見出し、FAME 混合軽

油の参加安定性の推定モデルを提示するに至った。

安定性については更に、常温で固形物が析出するという問題があり（図 3-1-9）、固形物を分析した結果、バイオディーゼル燃料に含まれるモノグリセライドが主成分であることが判明した。この固形物は燃料系統のフィルターでの目詰まりを引き起こすことも確認され、対策が必要である。



図 3-1-9 常温での固形物の析出状況

本事業において、この常温析出物による燃料系統のフィルター目詰まりは、RME(菜種油メチルエステル)混合軽油のように析出総量が問題となるケースと、SME(大豆油メチルエステル)混合軽油のように析出した結晶サイズが問題となるケースがあることを見出し、後者の場合には添加剤による通油性改善の可能性を示した。

③排出ガス影響

ディーゼル車の主要な排出ガス後処理システムである DPF（ディーゼルパーティキュレートフィルタ）、NSR（NO_x 吸蔵還元触媒）、尿素 SCR（Selective Catalytic Reduction 選択触媒還元）システムを搭載した車両 1 台、エンジン 2 台で試験を行い、CO, HC, NO_x, PM, 燃料消費率, 未規制物質(アルデヒド、芳香族)等について評価し、バイオディーゼル 10~20%混合領域では、NO_x が若干上昇するが、影響がわずかであることが分かった。

④後処理影響

車両は DPF を再生する（捕集されたすすを燃焼する）制御が組み込まれており、再生方法には自動強制再生と手動強制再生がある。これらの再生制御に対するバイオ燃料混合の影響について調査した。その結果、バイオ燃料の混合率が増加すると、バイオ燃料の発熱量が低いことに起因すると考えられ

る再生不良が発生することが明らかとなった。混合率と再生不良の発生状況を表 3-1-4 に示す。バイオ燃料を高濃度で混合する場合には、再生制御での対策が必要であることが分かった。

表 3-1-4 バイオ燃料高濃度混合による DPF 再生制御への影響

*1:RME、CME、*2:RME、*3他の混合率の結果から推定

試験項目		バイオ燃料混合率、mass%			
		10	20	50	100
DPF 強制再生	自動	○	○	○(FAME*2)	×(FAME*2)
	手動	○	○(HBD) ×(FAME*1)	×(FAME*3)	×(FAME*3)

○:Pass、×:Fail

⑤低温運転性影響

各種バイオディーゼルの低温性能を冬の気温を再現できるシャシダイナモメータで、トラックを用いて評価した。一例として、低温性能の劣る PME について図 3-1-10 に示す。CFPP (cold filter plugging point 低温で析出するワックスによる燃料系統のフィルターの目詰まりを予測する試験法で測定した目詰まり温度) および作動限界温度 (実車で評価した時のエンジン作動限界温度) が悪化したが、CFPP の悪化ほど作動限界温度は悪化しなかった。

バイオ燃料の使用にあたっては、エンジンが始動しない、あるいは、走行中にエンジンが停止するという、実用上の重大な問題があり、車での対策や流動性向上剤の活用等、燃料での対策が必要であることが分かった。

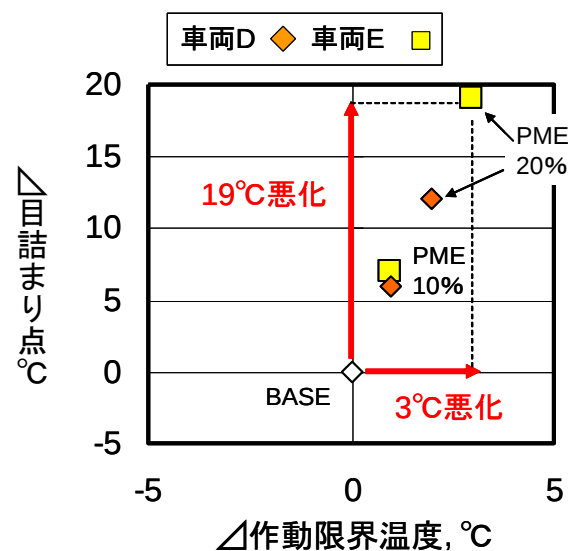


図 3-1-10 PME 混合軽油の低温性能

⑥エンジンオイル影響

バイオ燃料を混合すると、図 3-1-11 に示すような潤滑油への影響が懸念されることから、希釈影響および劣化影響の評価試験を行った。

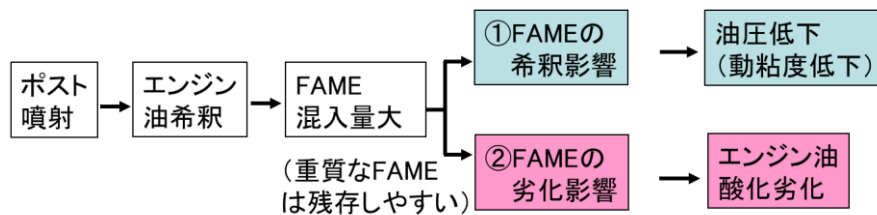


図 3-1-11 バイオ燃料混合による潤滑油への影響

希釈影響を評価するための耐久試験を実施した結果、RME10%混合および20%混合軽油で試験中に BASE 軽油にみられない大きなエンジン油圧の低下が発生し、エンジン油の交換が必要となった。

また、エンジン油の劣化評価試験において、図 3-1-12 に示すように SME 20%では 180hr 以降にエンジン油中の不溶解分の大幅な増加がみられ、メタル表面に焼き付き兆候と思われる面荒れが発生した。

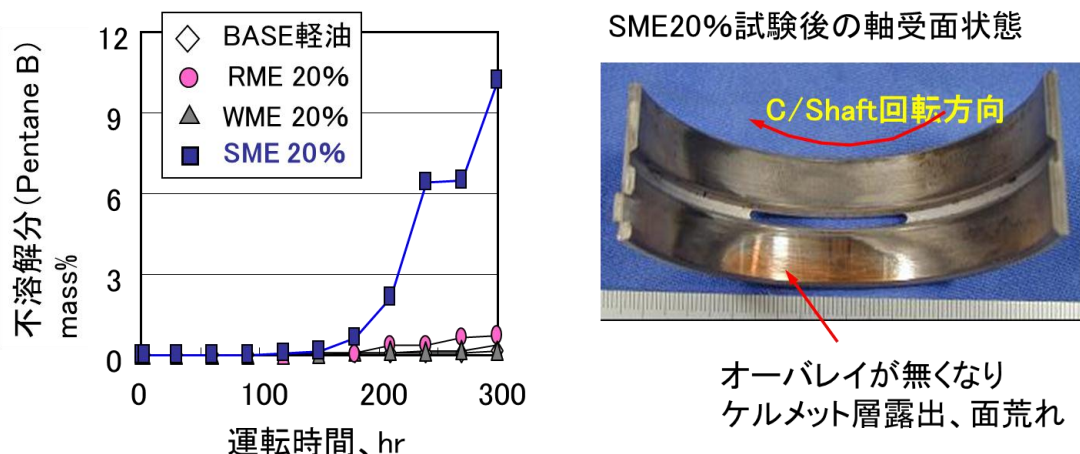


図 3-1-12 バイオ燃料混合によるエンジン油の劣化影響

⑦信頼性影響

高濃度バイオ燃料混合時の燃料噴射ノズルへのデポジット付着（インジェクターデポジット）について評価を実施した。その結果、金属混入時（1ppm程度）にインジェクタデポジット生成に起因する燃料噴射量低下が確認されたことから、FAME 中の金属混入量を減らすように管理したり、燃料系部品に適切な部材を使用することが必要であることをあきらかにした。

長期駐車時の安定性については、走行により燃料が熱履歴を受けた場合の長期駐車（6ヶ月）後の車両性能への影響を評価し、3ヶ月後にアイドル不調になる現象が確認できた。これは燃料噴射ポンプの調量バルブに劣化した FAME

由来と想定される重合物とカルボン酸塩が付着したことによる作動不良が原因であると思われ、長期駐車前にはバイオ燃料非混合軽油に交換するなどの対策が必要である

(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

将来の燃料多様化への対応として、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。

(ア) モデル燃料を用いた検討

GTL 等合成燃料、オイルサンド等の非在来型の原油由来の燃料および原油の重質化、需要の白油化に伴う分解軽油の増加は、従来の軽油と芳香族分、ナフテン分等の組成が大きく異なる。芳香族分、ナフテン分等の環状物質が多くなると燃焼性の低下や低温でのエンジンの始動性や運転性等に影響することが考えられる。そこで、図 3-1-13 に示す 8 種類のモデル燃料を用い最新車両・エンジンについてセタン価・組成の影響を検討した。

その結果、分解軽油の増加などに伴い、セタン価が大きく低下したケースで排出ガスへの影響などの懸念点があることがわかったことから、分解系実燃料を用いた検討を実施することとした。

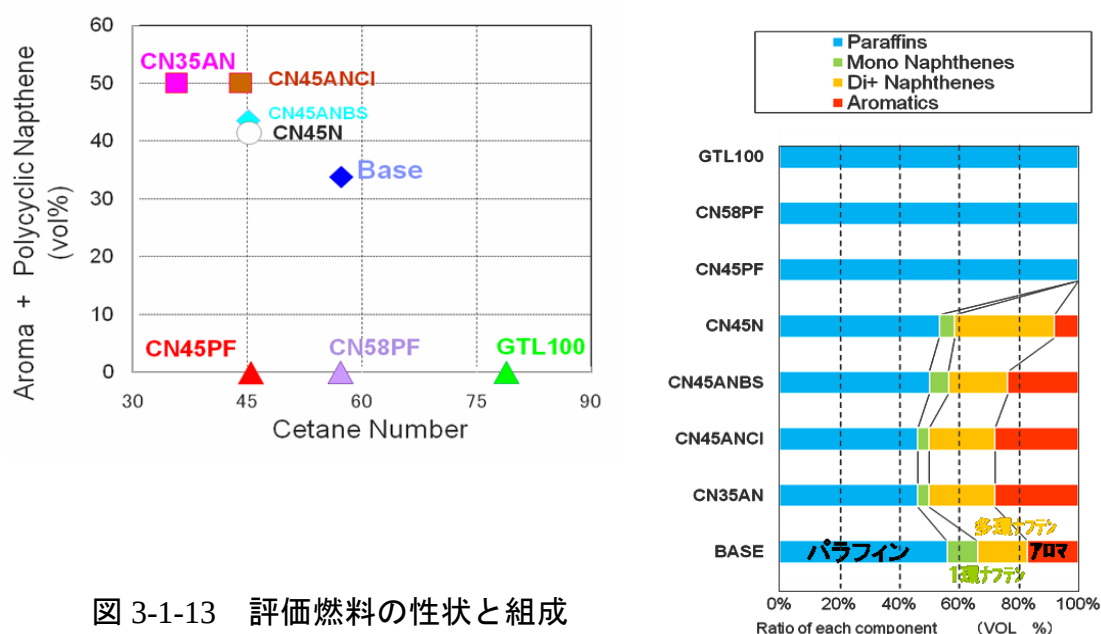


図 3-1-13 評価燃料の性状と組成

- GTL100 : gas to liquids 天然ガスを一酸化炭素と水素に分解後、化学反応で液体燃料を製造する技術で製造したものの軽油留分が 100%
- CN58PF : パラフィン燃料と GTL を混合し、セタン価を 58 とした燃料
- CN45PF : パラフィン燃料と GTL を混合し、セタン価を 45 とした燃料

CN45N : BASE にナフテンを混合し、セタン価を 45 とした燃料
 CN45ANBS : CN35AN と BASE を混合し、セタン価を 45 とした燃料
 CN45ANCI : CN35AN にセタン価向上剤を添加し、セタン価を 45 とした燃料
 CN35AN : Base に芳香族とナフテンを混合し、セタン価を 35 に調製した燃料
 BASE : 市販軽油

①燃料組成・性状の排出ガス・燃費への影響評価

セタン価 35 の燃料ではコールドスタート時（JC08C、NEDC）の CO と THC が大幅に増加したが、これらの条件以外では、セタン価・組成が排出ガス・燃費に与える明確な影響は見られなかった（表 3-1-5）。

表 3-1-5 燃料組成・性状の排出ガス・燃費への影響評価

車両名(適合規制)		車両NA(新短期)		車両KB(新長期)		エンジンAB (新長期)		車両OA(ポスト新長期)	
後処理装置技術		DOC		DOC+NSR+DPF		DOC+DPF		TWC+NSR+DPF	
燃料品質		セタン価	環状組成物	セタン価	環状組成物	セタン価	環状組成物	セタン価	環状組成物
		High→Low	Low→High	High→Low	Low→High	High→Low	Low→High	High→Low	Low→High
規制排出ガス	PM	→	↗	→	→	→(→)	→(↗)	→	→
	NOx	↗	↗	→	→	→(→)	→(→)	→	→
	CO	↗	↗	→	→	→(↗)	→(→)	→	→
	HC	↗	↗	→	→	→(↗)	→(↗)	→	→
未規制物質	アルデヒド類	↗	↗	→	→	-	-		
	PMP粒子数	↘	↗	↘	↗	-	-		
燃料消費率		↗	→	→	→	→	→	→	→

↗: 増加、悪化 →: 変化なし ↘: 減少、改善
 (括弧内はエンジンアウト)

DOC : Diesel Oxidation Catalyst 酸化触媒

NSR : NOx Storage-Reduction NOx 吸蔵還元触媒

DPF : Diesel particulate filter ディーゼルパティキュレートフィルター

TWC : Three-Way Catalyst 三元触媒

②燃料組成・性状の運転性への影響評価

セタン価 35 の燃料では試験室温度 0℃の THC と白煙濃度が増加したが、これらの条件以外では、セタン価・組成が実用性能に与える明確な影響は見られなかった。始動時間と加速時間については、セタン価、組成の影響は見られなかった。また、セタン価向上剤の有効性が確認できた。(表 3-1-6)

表 3-1-6 燃料組成・性状の運転性への影響評価

車両名(適合規制)			車両NA(新短期)		車両KB(新長期)		車両OA(ポスト新長期)	
後処理装置技術			DOC		DOC+NSR+DPF		TWC+NSR+DPF	
燃料品質			セタン価	環状組成物	セタン価	環状組成物	セタン価	環状組成物
			High→Low	Low→High	High→Low	Low→High	High→Low	Low→High
実用性能	低温時 (0℃)	始動時間	→	→	→	→	→	
		白煙	→	↗	↗	↗	↗	
		THC	↗	↗	↗	→	↗	
		加速時間 0→40km/h	→	→	→	→	→	
	常温時 (20℃)	始動時間	→		→	→	→	
		白煙	→		→	→	→	
		THC	↗		↗	→	↗	
		加速時間 0→40km/h	↗		→	→	→	

↗: 増加、悪化 →: 変化なし ↘: 減少、改善

(イ) 分解系実燃料を用いた検討

分解系の実燃料をベースとした試験燃料を用い、排ガス規制レベルが異なる車両に対する排出ガス・燃費性能への影響、低温運転性・始動性への影響を評価した。その結果、新短期規制適合車両、新長期規制適合車両では排出ガス性能にセタン価の影響がみられた場合があった。燃費性能への影響は見られなかった。

① 排出ガス、燃費性能への影響

分解系軽油の混合量が増加してセタン価が低下した場合の排出ガス、燃費性能への影響を評価した結果を、表 3-1-7 に示す。-15℃の始動時の THC は、セタン価の影響がみられた。また長時間アイドリング後のレーシング時の THC に差がみられた車両があった。

表 3-1-7 排出ガス、燃費性能への影響

車両・エンジン	適合規制	後処理装置	試験項目	触媒アウト				エンジンアウト				燃費
				NO _x	CO	THC	PM	NO _x	CO	THC	PM	
車両A	新短期	DOC	過渡排出ガス									
車両B	新長期	DOC DPF	過渡排出ガス									
車両C	ポスト新長期	DOC LNT DPF	過渡排出ガス									
エンジンA	新短期	DOC DPF	過渡排出ガス									
			定常排出ガス									
エンジンB	新長期	DOC DPF	過渡排出ガス									
			定常排出ガス									

□ セタン価の影響は見られない。 ■ セタン価の影響が見られる。ただし、将来軽油は、現行軽油の評価値の範囲内。 ■ セタン価の影響が見られる。一部の将来軽油は現行軽油の評価値よりも増加

② 低温始動性能、低温運転性能への影響

分解系軽油の混合量増加によるセタン価低下の影響を評価した(表 3-1-8)。加

速時間にセタン価の影響は見られなかったが、燃焼騒音にセタン価の影響がみられた車両があった。

表 3-1-8 低温始動性能、低温運転性能への影響

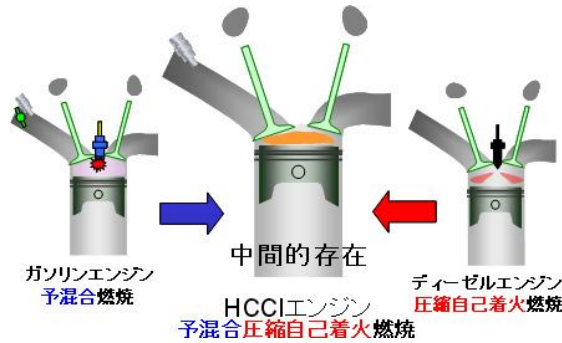
車両	適合規制	後処理装置	試験温度	低温始動性能			低温運転性能	
				始動時		レーシング時	加速時間	燃焼騒音
				始動時間	THC	THC		
車両A	新短期	DOC	0℃					
			-15℃					
車両B	新長期	DOC DPF	0℃					
			-15℃					
車両C	ポスト新長期	DOC LNT DPF	0℃					
			-15℃					

セタン価の影響は見られない。
 セタン価の影響が見られる。ただし、将来軽油は、現行軽油の評価値の範囲内。
 セタン価の影響が見られる。一部の将来軽油は現行軽油の評価値よりも増加

(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

将来に渡って自動車用エネルギーの太宗は石油エネルギーであると予測されている中で、運輸部門の CO2 削減は重要な課題である。そこで、燃費が従来のガソリン車より 20%程度良く、排出ガスがクリーンな HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition: 予混合圧縮着火) 燃焼技術に最適な燃料を開発するため検討を行った。

なお、HCCI 燃焼は下図に示す通り、ガソリンエンジン・ディーゼルエンジンとは異なり、予め燃料と空気を混合させた均一で希薄な混合気を圧縮し、点火プラグを使わず自着火させる燃焼方法である



※JX 日鉱日石エネルギー ホームページから引用

HCCI 燃焼の最大の課題は、自着火を如何に安定してコントロールするかということにあり、特に高回転、高負荷条件における燃焼制御が大きな課題となっている。この燃焼制御に燃料が大きく関与することもわかっており、この観点からの燃料性状、組成と燃焼性についての技術開発は極めて重要である。

本研究では基礎検討としての化学反応速度論による燃焼シミュレーション

と応用研究としての試験エンジンを用いた検討の2つのアプローチを並行して大学等との共同研究により行った。

① 料品質と自着火のシミュレーション

燃料組成として石油系燃料に多く含まれる芳香族系化学物質（トルエン、キシレン、エチルベンゼン等）の反応モデルに関し量子化学計算を行い（図3-1-14）、着火に至る反応経路を調査し基礎的な反応速度定数を得た。また、PMの前駆体の反応について、反応中間体物質等に対し反応速度を計算した。更に、エタノール、ETBE等の新規ガソリン基材の着火特性について、燃焼時における反応機構の面から検討を行い、エタノール、ETBE混合による着火遅れ増加は、OHラジカル生成能で整理可能であること、この反応が芳香族分混合の有無で傾向が異なることを把握した。

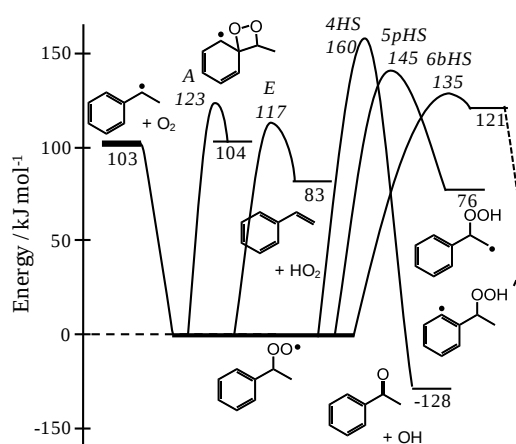


図 3-1-14 エチルベンゼンの中間生成ラジカルへの酸素付加後の各反応経路のエネルギー計算例

②試験エンジンを用いた燃料組成と排出ガス、燃費の評価

燃焼条件パラメータとして、燃料噴射量とEGR率、燃料品質としては揮発性（蒸留性状）ならびに着火性に影響を与える化学組成（アロマ、イソパラフィン）とセタン価に着目し、単気筒エンジンを用いた燃焼試験を行い、排ガス分析および燃焼解析を実施した。各試験燃料に対して燃料噴射量を変化させてHCCI燃焼を行った場合の排出ガス（NO_x、PM、CO₂、CO、HC）、燃焼解析（着火遅れ時間、出力、熱効率等）を評価した。

その結果、今回の試験条件では揮発性よりも着火性の影響が大きく、セタン価が低い燃料ほど、着火遅れ時間が長くなり、予混合時間が長くなること、高過給・高EGR条件において、低NO_x、低PMのHCCI燃焼を実現する運転範囲は低セタン価燃料の方が高負荷側に広く有利であること、HCCI燃焼での着

火性は、従来の指標であるセタン価では整理できない場合があること等が分かった。

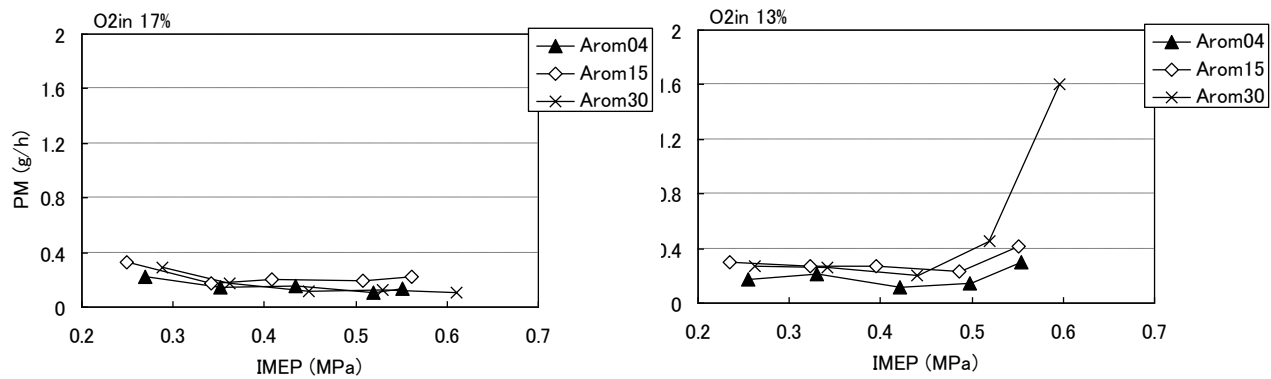


図 3-1-15 低酸素条件下(高 EGR)の燃焼時における燃料中の芳香族が PM 排出に及ぼす影響例

同一の着火性で芳香族量が異なる燃料間での比較においては低酸素（高 EGR）で高負荷条件のみで芳香族の影響が認められる（図 3-1-15）。

3－1－3－B 特許出願状況等

表 3-1-6. 特許・論文等件数

要素技術	論文数	論文の被引用度数	特許等件数（出願を含む）	特許権の実施件数	ライセンス供与数	取得ライセンス料	国際標準への寄与
バイオマス燃料利用拡大技術	14	－	－	－	－	－	－
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	6	－	－	－	－	－	－
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	1	－	－	－	－	－	－
計	21	－	－	－	－	－	－

表 3-1-7 論文、投稿、発表、特許リスト

	題目・メディア等	時期
発表・論文	SAE 「Investigations of Compatibility of ETBE Gasoline with Current Gasoline Vehicles II」	平成 19 年 7 月
発表・論文	SAE 「Effects of ETBE and EtOH Blending in Gasoline on PM Emission from a Direct Injection Spark Ignition Vehicle」	平成 19 年 10 月
発表・論文	SAE 「Effects of Fuel Properties (Content of FAME or GTL) on Diesel Emissions under Various Driving Modes	平成 19 年 10 月
発表・論文	石油学会 石油製品討論会 「ハイブリッド車の運転性に及ぼすガソリン性状・組成の影響調査」	平成 19 年 11 月
発表・論文	ディーゼル HCCI における燃料影響に関する基礎的研究	平成 20 年 5 月
発表・論文	SAE 「Impact Study of High Biodiesel Blends on Performance of Exhaust Aftertreatment System」	平成 20 年 10 月
発表・論文	自動車技術会 「エタノール・ETBE 混合がガソリン車の排出ガス、蒸発ガス、運転性に与える影響」	平成 20 年 10 月
発表・論文	自動車技術会 「燃料のセタン価・組成がディーゼルエンジンの燃焼・排出ガス特性に与える影響」	平成 20 年 10 月
発表・論文	石油学会 石油製品討論会 「エタノール・ETBE 混合がガソリン車の排出ガスに与える影響」	平成 20 年 11 月
発表・論文	石油学会 石油製品討論会 「燃料のセタン価・組成がディーゼルエンジンの排出ガス特性に与える影響」	平成 20 年 11 月
発表・論文	石油学会 石油製品討論会 「電位差滴定法によるバイオディーゼル燃料混合軽油の過氧化物価の測定」	平成 20 年 11 月
発表・論文	SAE 「Effects of Cetane Number and Chemical Components on Diesel Emissions and Vehicle Performance」	平成 21 年 11 月
発表・論文	石油学会 石油製品討論会 「燃料のセタン価・組成がディーゼル車の排出ガス等に与える影響の検討」	平成 21 年 12 月
発表・論文	石油学会 石油製品討論会 「燃料のセタン価・組成がディーゼル車の実用性能に与える影響の検討」	平成 21 年 12 月

発表・論文	SAE 「Impact Study of High Biomass Blends on Exhaust Emissions to Advanced Aftertreatment Systems」	平成 22 年 4 月
発表・論文	自動車技術会 「高濃度バイオマス混合軽油がエンジン油に及ぼす影響」	平成 22 年 9 月
発表・論文	石油学会 石油製品討論会 「ディーゼルエンジン制御と軽油性状が排出ガスに与える影響」	平成 22 年 11 月
発表・論文	SAE 「Study of the Impact of High Biodiesel Blends on Engine Oil Performance」	平成 23 年 8 月
発表・論文	SAE 「Investigations of the impact of 10% ethanol blended fuels on performances of sold gasoline vehicles in the Japanese market already on the road in Japan」	平成 23 年 8 月
発表・論文	石油学会 石油製品討論会 「バイオ基材混合がガソリン車性能に及ぼす影響の検討」	平成 23 年 12 月
論文投稿	Journal of the Japan Petroleum Institute 「Research Report on Biofuels Applications in Diesel Vehicles」	平成 24 年 3 月
発表	14th Annual Fuels & Lubes Asia Conference 「Japan Auto-Oil Program: Summary of JCAPII and New Projects」	平成 20 年 3 月
発表	日タイ技術交流会 「Biofuel Research under JATOP/JPEC」	平成 21 年 9 月
発表	2nd International Congress on Biodiesel 「Impact Study of High-level Biodiesel BlendsonExhaust Emission with Advanced Aftertreatment Systems」	平成 21 年 11 月
発表	日韓技術交流会 「Impact of High Biodiesel Blends on Cold Driveability」	平成 22 年 1 月
発表	アジアシンポジウム 「Study on Biofuel Use in Vehicles」	平成 22 年 2 月
発表	アジアシンポジウム 「Effects of Cetane Number and Chemical Components on Diesel Emissions and Vehicle Performance」	平成 22 年 2 月
発表	日欧石油技術会議 「Effects of Cetane Number and Chemical Components on Diesel Emissions and Vehicle Performance」	平成 22 年 3 月

発表	京都市 H22 年度第 1 回バイオディーゼル燃料化事業技術 検討委員会「ディーゼル車燃料 WG 報告」	平成 23 年 2 月
発表	日中韓石油技術会議「Research report on the use of high biofuel blends in diesel vehicles」	平成 23 年 2 月
発表	日中韓石油技術会議「Investigations of the impact of 10% ethanol blended fuels on performances of sold gasoline vehicles in the Japanese market」	平成 23 年 2 月
発表	20th World Petroleum Congress「Effects of Cetane Number and Chemical Components on Diesel Emissions and Vehicle Performance」	平成 23 年 12 月

3-2-B 目標の達成度

表 3-2-1. 目標に対する成果・達成度の一覧表

要素技術	目標・指標	成果	達成度
バイオマス燃料 利用拡大技術 (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。	・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。 ・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場合があることがわかった。 ・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。 ・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。	達成
バイオマス燃料 利用拡大技術 (2) 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の基礎データを収集する。	・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。 ・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。 ・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	達成

		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。 ・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。	
燃費に優れたクリーンディーゼル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）等や、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。	・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。 ・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。 ・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。 ・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。	達成
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	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。	・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。 ・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。	達成

4-B 事業化、波及効果について

4-1-B 事業化の見通し

4-2-B 波及効果

本技術開発を推進することにより、高濃度バイオマス燃料等の利用促進効果ならびに燃費、排ガスに優れたディーゼル車の普及効果とともに、ディーゼル軽油基材の多様化にもつながり、CO₂削減とエネルギーセキュリティに貢献できる。

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（中環審・自排専）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。

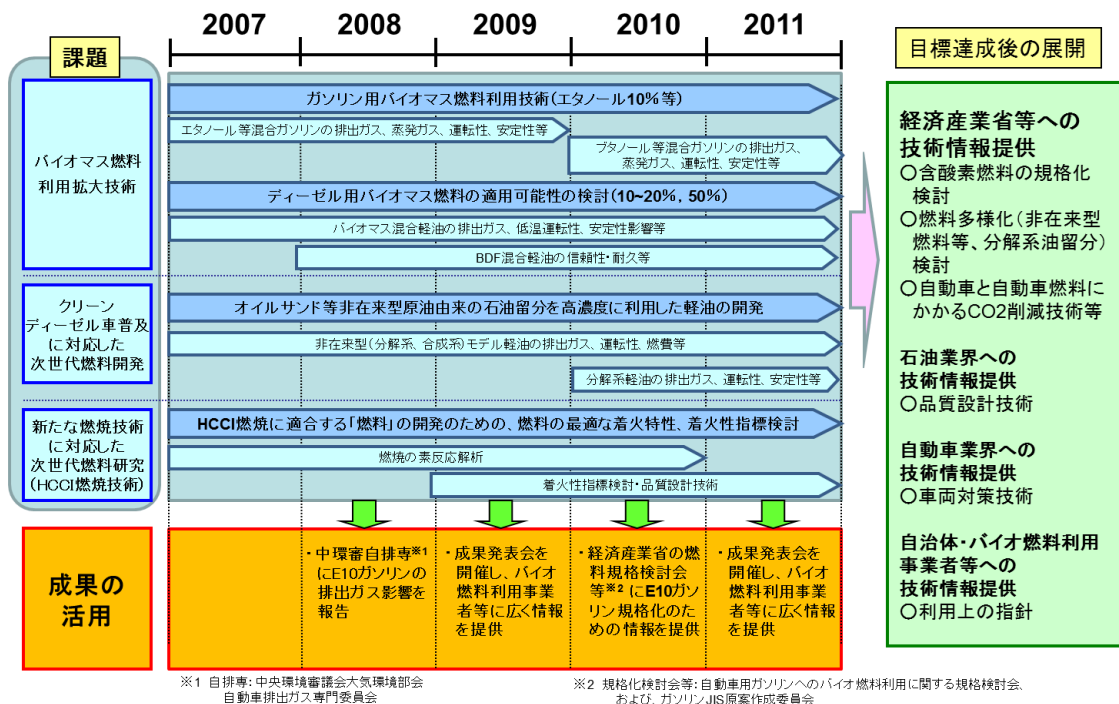


図 4-2-1 成果の活用と目標達成後の展開

5-B. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等

5-1-B 研究開発計画

表 5-1-1. 研究開発計画

実施項目／年度	19	20	21	22	23
1. バイオマス燃料利用 拡大技術					
（１）ガソリン用バイオマス燃料利用技術	E10 課題抽出	E10 対応策等		E15、ETBE 等課題・対策	
（２）ディーゼル用バイオマス燃料の適用可能性の検討	課題抽出			対応策・規格化データ	
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					
	モデル燃料での課題抽出			実燃料評価・対策	
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					
	燃焼シミュレーション			エンジン評価・品質検討	

5-2-B 研究開発実施者の実施体制・運営

本研究開発は、公募による選定審査手続きを経て、一般財団法人石油エネルギー技術センターが経済産業省からの委託を受けて実施した。また、共同研究先として（独）東京大学、（独）福井大学等が参加した。

また、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。

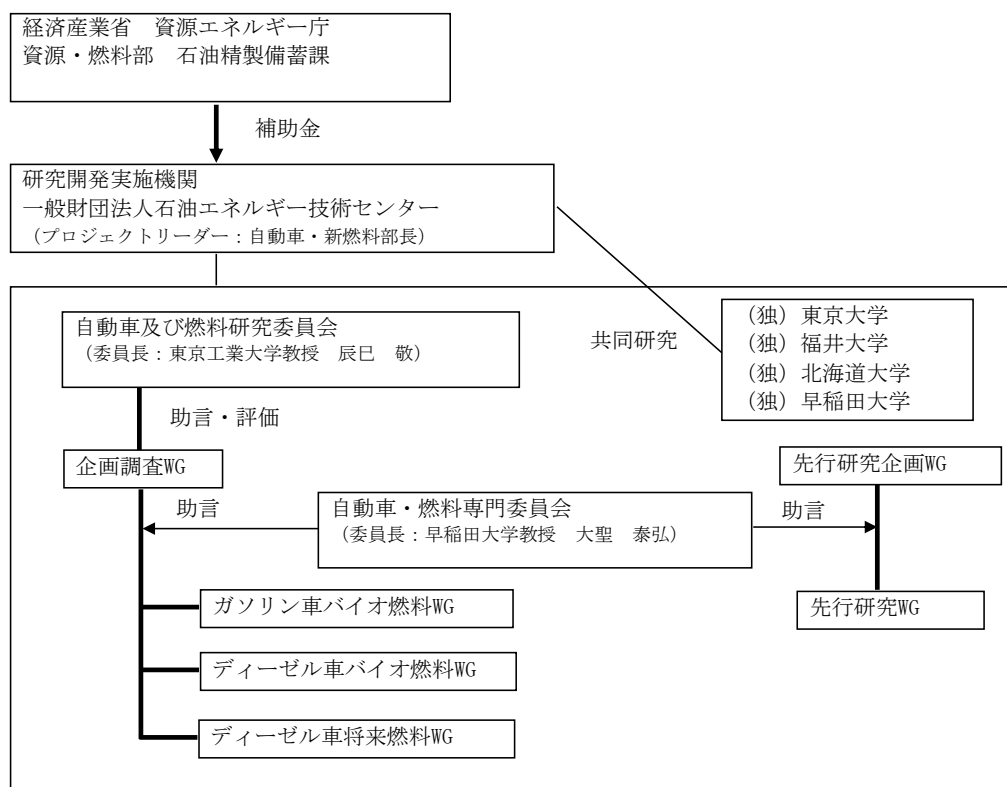


図 5-2-1 研究開発実施体制

5-3-B 資金配分

本事業における事業費推移を表 示す。本事業においては、社会的な要請に基づく 4 つの要素技術について、課題の抽出、対応策検討、燃料の規格化に対応するための基礎データの採取を行うことが中心となっている。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については、基礎研究、シーズ研究の要素が強いため、資源配分を少なくし、リスク回避を行った。バイオマス燃料利用拡大技術と燃費に優れたクリーンディーゼルの普及に対応するための次世代燃料の開発については、研究の進め方は同一であるが、ガソリン用バイオ燃料利用技術については、技術課題が限定されていることから資源配分を少なくした。

このように、研究における検討の領域の範囲や進捗度に応じて適切な資金配分を行い、効率的な運営を心がけ、限られた補助金を有効活用し、最大の効果を得るためメリハリのきいた予算運用を行った。

表 5-3-1 資金年度配分 (単位：百万円)

年度 平成	1 9	2 0	2 1	2 2	2 3	合計
石油燃料次世代環境対策技術開発						
1. バイオマス燃料利用拡大技術 （１）ガソリン用バイオマス燃料利用技術 （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	2544
2. 燃費に優れたクリーンディーゼルの普及に対応するための次世代燃料の開発	356	392	330	330	304	1712
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	1065	905	750	699	4384

5-4-B 費用対効果

前述のように5カ年にわたり実施した本事業は、自動車および自動車燃料に対する社会的要請としての地球温暖化防止、エネルギーセキュリティ、大気環境改善の3つの課題に対し、自動車の「CO₂削減（燃費向上）」、自動車燃料の「燃料多様化」、自動車の「排ガス低減」課題を同時に解決するという極めて重要なプロジェクトであり、国民全体にもたらされる便益は、直接的な効果のみならず間接的な効果も含めて極めて幅広くかつ多様である。しかしながら、予算額に対しどの程度の効果を上げることができたのかを定量的に算出することは極めて難しい。

5-5-B 変化への対応

エネルギー、特に石油を取り巻く環境は近年大きく変化しており、平成19年度に本事業を開始して以来5年が経過した事業終了時点においては、開始当初から大きく変化していた。

①原油価格の乱高下

平成17年頃から顕在化していた原油価格の高騰はその後も続き、平成20年8月にはついに、147\$/bblまで上昇した。その後米国発の金融危機を発端として価格は暴落に転じ、一次は40\$/bblを割るなど乱高下した後、現在では100\$/bbl超まで上昇してきている。

②地球環境保護のための温室効果ガス排出削減の動き

我が国の温室効果ガス削減目標は当初、麻生政権時の平成21年6月に2005年（平成17年）対比15%削減とされたが、その後、鳩山政権により平成21年9月に1990年（平成2年）対比25%削減と上方修正された。更にその後、安倍政権により見直しが行われ、平成25年11月、第19回気候変動枠組条約締約国会議（COP19）において、2005年（平成17年）対比3.8%減との目標を表明した。今後、この目標達成に向け、「Actions for Cool Earth」として更なる技術革新、日本の低炭素技術の世界への応用等の取組を行うこととなっている。

③エネルギー基本計画（平成22年6月閣議決定）

本基本計画では「バイオ燃料については、2020年に全国のカソリンの3%相当以上の導入を目指す」という目標が掲げられており、さらに、「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」とされている。

自動車燃料においても以下の対応が益々重要となっている。

- ・地球温暖化対策としての温室効果ガス削減
- ・原油の重質化、石油需要の白油化への対応
- ・オイルサンド等非在来型石油の活用

このように、本事業を取り巻く環境は事業開始当初から変化したが、これに

より本事業の重要性は低下することはなく、石油の利用面での課題解決のため事業を着実に推進した。

C 高効率水素製造等技術開発

1－C. 事業の目的・政策的位置付け

1－1－C 事業の目的

現在、地球温暖化及び資源制約の解決を目指した低炭素社会において、水素は重要な燃料と位置付けられている。また、自動車分野でも、更なる燃費向上、CO₂ の削減、燃料の多様化の観点から、次世代自動車の本格的な市場導入への要請が強まっており、特に燃料電池自動車は、2015年の普及開始に向け水素の製造・供給インフラの整備を行う必要がある。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に対する補助を行い、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、以下の2項目の技術開発を行う。

(1) 高効率水素製造等技術開発

製油所内の既存装置から製造される水素を効率的に活用し、その純度を燃料電池自動車に必要な高純度(99.99%)にまで高める製造プロセスを開発・実証する。

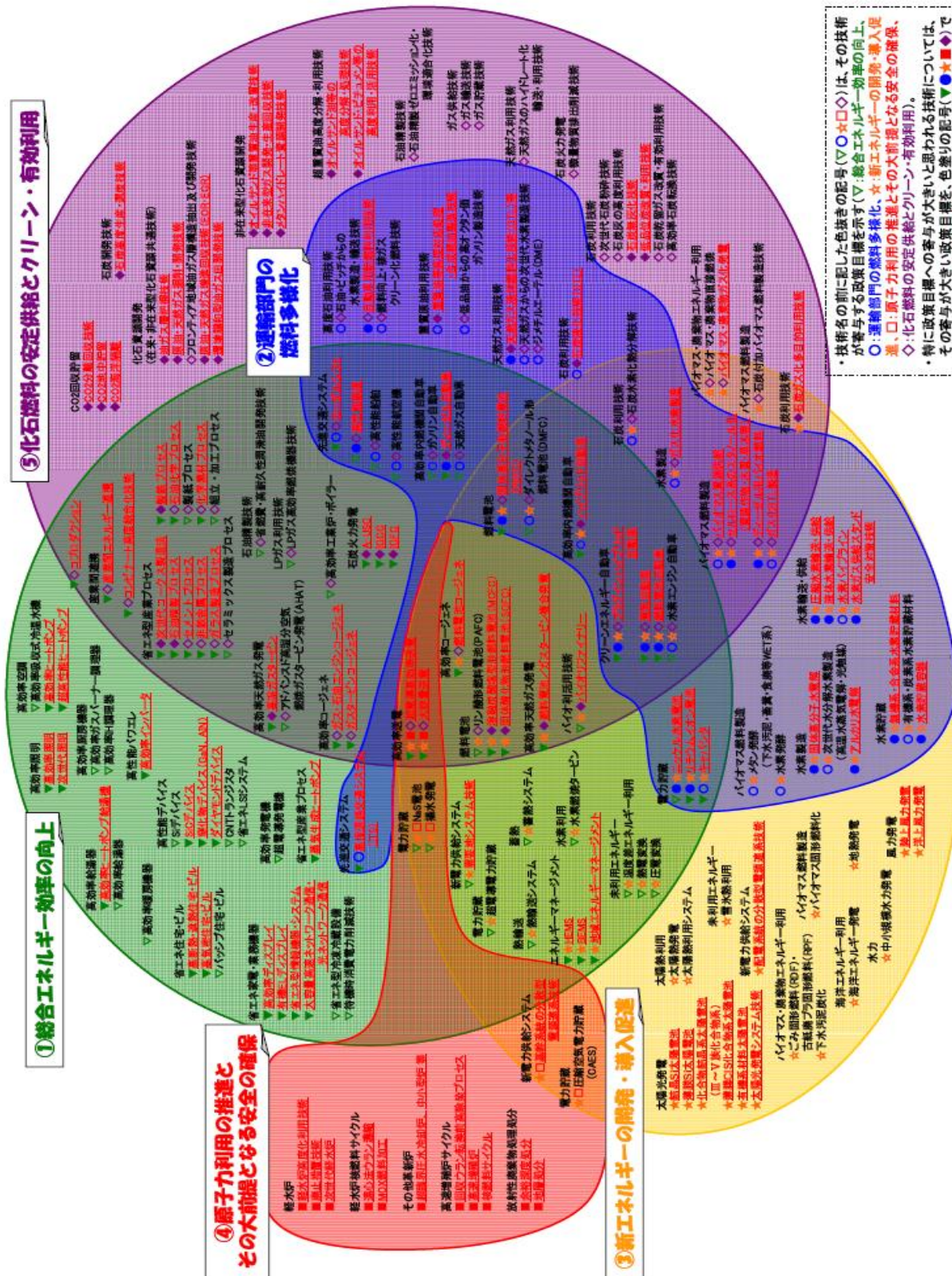
(2) 高圧出荷装置技術開発

製油所で製造した高純度(99.99%)水素を高圧(45MPa程度)で効率的に出荷するための大型の圧縮装置の開発・実証を行う。

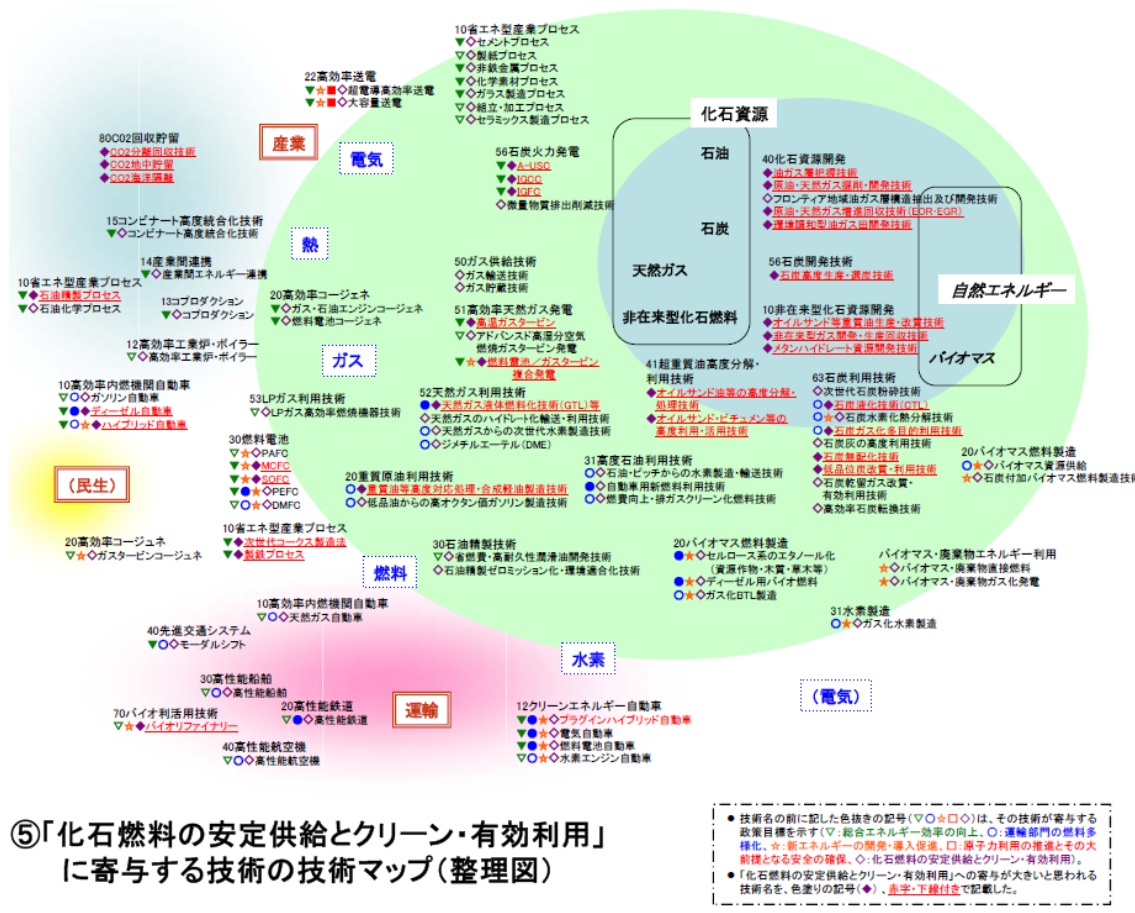
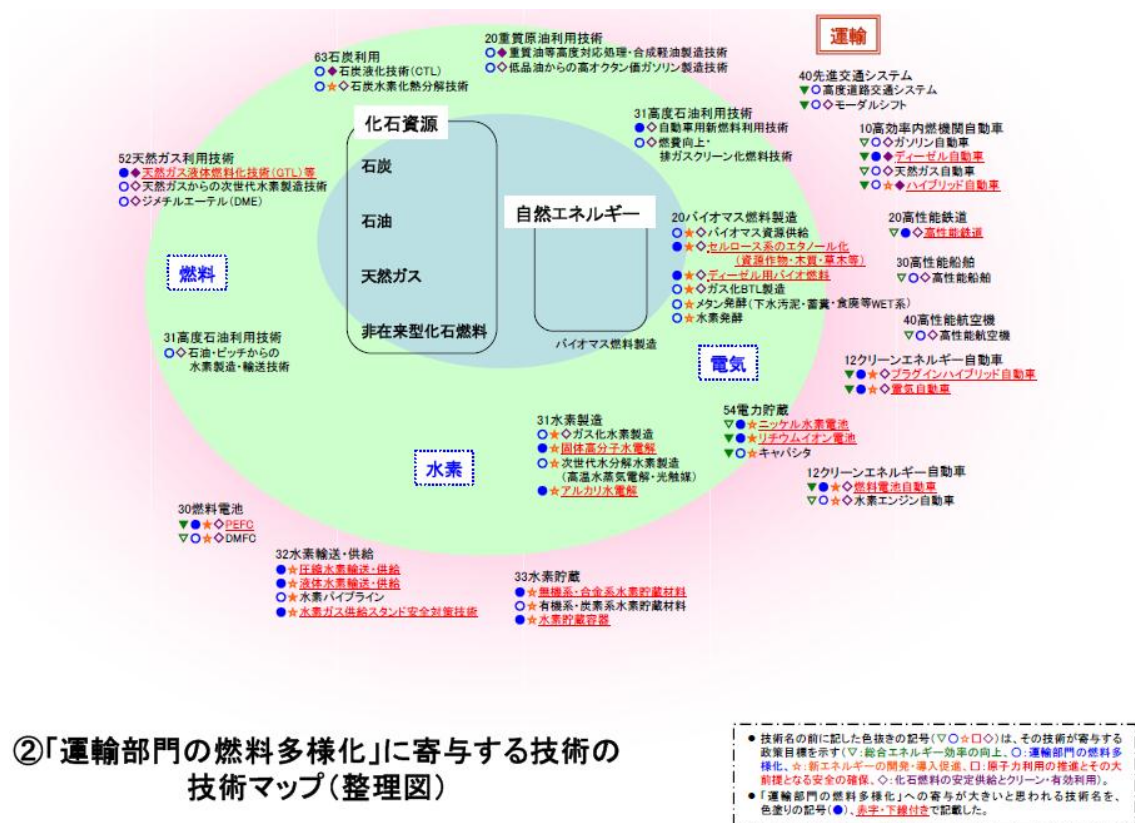
1－2－C 政策的位置付け

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。また、同月に閣議決定された「新成長戦略」において、その戦略分野の一つである「グリーン・イノベーションによる環境・エネルギー大国戦略」の中の、産業・エネルギー部門における「エネルギー高度利用の推進」として本事業は位置づけられている。

エネルギー技術 - 俯瞰図 -



・技術名の前に記した色は、その技術が属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前提となる安全の確保、◇:化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用)。
 ・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、色裏の記号(●●●●)で示し、技術名は、赤字で下線付きで記載した。



また、同じく平成 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 年以降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 と組み合わせて CO₂ 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。

さらに、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。

平成 25 年 6 月 14 日には、「日本再興戦略」が閣議決定され、この中で、

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。

とされた。また、平成 25 年 12 月 13 日に開催された「総合資源エネルギー調査会基本政策分科会」において、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。

これを受け、12 月には、「水素・燃料電池戦略協議会」が設置され、

- 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について検討が進められている。

1－3－C 国の関与の必要性

国として燃料電池・水素関連の研究開発等を推進することは重要である旨位置づけられているところであり、その早期実現のためには、まず、水素の有力な供給源であり、かつ既存の供給インフラが活用できる石油系水素に関する技術開発を行うことが必要である。現状において、燃料電池自動車用の高純度水素（99.99%）の製造は可能であるが、製造コストが高く、製造時に発生する二酸化炭素削減の観点から製造効率向上も課題である。このため、高純度水素を安価に高効率で製造し供給する新たな技術開発が必要である。

石油業界の既存インフラを利用した高純度水素の供給を行うことは、国が掲げる水素社会の早期実現という目標に沿ったものであり、国のエネルギー政策に合致するものである。しかしながら、この技術開発は、収益への貢献を早期に求める民間企業の通常概念からすれば、リスクが大きく、技術開発の対象とはなりにくいと思われる。従って、これら事業の取り組みにおいては、国の適切な関与を行い進めることが必要である。

2－C 研究開発目標

2－1－C 研究開発目標

本技術開発事業は平成 23 年度から平成 25 年度までの 3 年間で実施し、個別要素技術開発ごとに目標を設定して以下の 2 項目について研究開発を進めている。

(1) 高効率水素製造等技術開発

製油所内の既存装置から製造される水素を効率的に活用し、その純度を燃料電池自動車に必要な高純度(99.99%)にまで高める製造プロセスを開発・実証するために、以下の目標を設定し技術開発を進めることとした。

- ① 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。
- ② 実用サイズである 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。
- ③ 超低圧から高圧への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。
- ④ CO₂ 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。

(2) 高圧出荷装置技術開発

製油所で製造され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を開発・実証するために、以下の目標を設定し技術開発を進めることとした。

- ① 製油所からの水素出荷を想定した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を検討し、同実証設備を建設する。
- ② 開発圧縮機の単独負荷運転による設備信頼性の実証を行うとともに、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を開発する。
- ③ 実用化に必要な 1 年以上の連続運転に対応する圧縮機の耐摩耗部材を選定し耐久性を評価する。
- ④ 蓄圧器、充填機、水素トレーラを備えた既存の水素出荷実証設備と連結運用し、水素トレーラ充填への適用システムを開発する。

2-1-C 全体の目標設定

表 2-1 全体の目標

目標・指標	設定理由・根拠等
(1) 高効率水素製造技術開発 ① 実環境試験下（硫黄分 1ppm 未満を含む）でもポ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。 ② 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。 ③ 超低圧から高圧への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。 ④ CO₂ 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。	左記目標を達成することで製油所水素製造装置の実環境下で膜分離プロセスが使用できる。さらに低品位エネルギー（装置圧力）を活用した水素精製、CO₂ 分離が可能となり、製油所で高純度水素を効率的に製造できる。従ってこれまで石油産業が培ってきた水素製造技術を活かすとともに、製油所で高純度水素を高効率で製造することにより、低コストで安定的な水素供給が可能となり水素エネルギー社会の早期実現に貢献できる。
(2) 高圧出荷装置技術開発 ① 製油所からの水素出荷を想定した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を検討し、同実証設備を建設する。 ② 開発圧縮機の単独負荷運転による設備信頼性の実証を行うとともに、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を開発する。 ③ 実用化に必要な 1 年以上の連続運転に対応する圧縮機の耐摩耗部材を選定し耐久性を評価する。 ④ 蓄圧器、充填機、水素トレーラを備えた既存の水素出荷実証設備と連結運用し、水素トレーラ充填への適用システムを開発する。	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。 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。

2-2-C 個別要素技術の目標設定

表 2-2 個別要素技術の目標設定

要素技術	目標・指標	設定理由・根拠等
(1)高効率水素製造等技術開発 ①ハイブリッド膜分離プロセス（本体）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。	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。
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。	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。
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。	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。
④CO ₂ 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）	・CO ₂ 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。	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。
(2)高圧出荷装置技術開発 ①高純度水素圧縮機の設計・建設	・製油所からの水素出荷を想定した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を検討し、同実証設備を建設する。	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。
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を行うとともに、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を開発する。	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。

③圧縮機の高耐久システム技術	・実用化に必要な１年以上の連続運転に対応する圧縮機の耐摩耗部材を選定し耐久性を評価する。	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。
④トレーラ充填適用システム技術	・蓄圧器、充填機、水素トレーラを備えた既存の水素出荷実証設備と連結運用し、水素トレーラ充填への適用システムを開発する。	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。

３－Ｃ 成果、目標の達成度

３－１－Ｃ 成果

３－１－１－Ｃ 全体成果

本技術開発は平成 23 年度から平成 25 年度までの３年間の計画で実施しており、個別要素技術ごとに最終目標を設定して、研究開発を進めている。

高効率水素製造等技術開発では、パイロット規模のハイブリッド分離膜型水素精製装置の長期評価を現在実施中であり、その他の個別要素技術の開発は目標を達成し完了している。高圧出荷装置技術開発では、高純度水素圧縮機実証設備を建設し、水素循環による圧縮機単独運転を実施して、水素品質の確認、設備信頼性の評価を行い、個別要素技術の開発は目標を達成した。現在、本設備を既存の水素出荷実証設備に接続し、水素トレーラへの水素充填に適用できることを実証中である。

３－１－２－Ｃ 個別要素技術成果

(１) 高効率水素製造等技術開発

本技術開発では、製油所の既存の水素製造装置で製造される純度 98%程度の水素を燃料電池自動車用の純度 99.99%以上の高純度水素に精製する工程において、水素分離膜と CO2 分離膜を組み合わせたハイブリッド分離膜型水素精製装置を開発した。

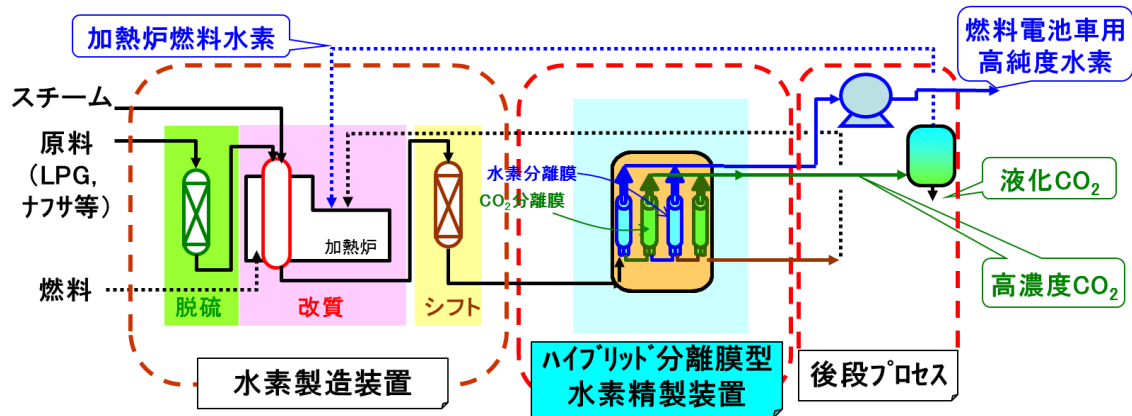


図3-1 「高効率水素製造等技術開発」の概要

① 膜分離プロセスの開発

耐不純物性(H_2S 等)の高い膜分離プロセスを開発するため、初めに不純物濃度と分離性能の関係を明らかにした。 H_2S 濃度が 1ppm 程度になると、水素透過係数は 1/5 程度まで低下する。実機においては、前段プロセスである水素製造装置に脱硫設備があるため、膜分離プロセスの入口 H_2S 濃度は 1ppb 程度であり、その場合の水素透過係数の低下は 10%以内に収まると推定された。

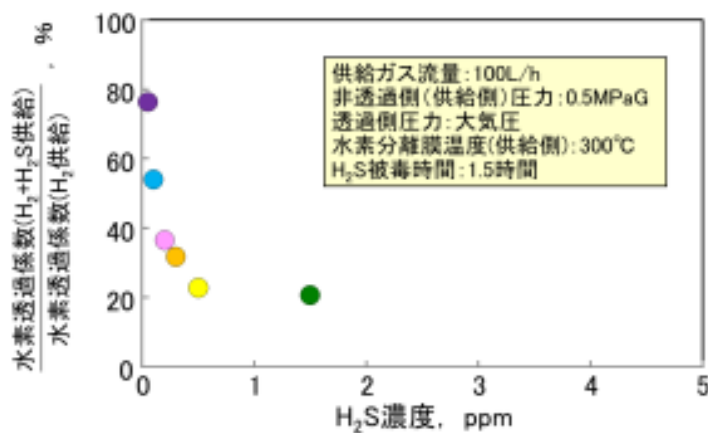


図3-2 H_2S 濃度が水素透過係数に与える影響

次にベンチ装置による 1000 時間連続評価を行ったところ、水素回収率、回収した水素純度及び透過 CO_2 濃度はほぼ初期性能を維持したが、 CO_2 回収率はガスの流量により大きく低下することが解った。 CO_2 回収率が 60%程度を維持するよう CO_2 分離膜モジュールの運転本数などを調整することとした。

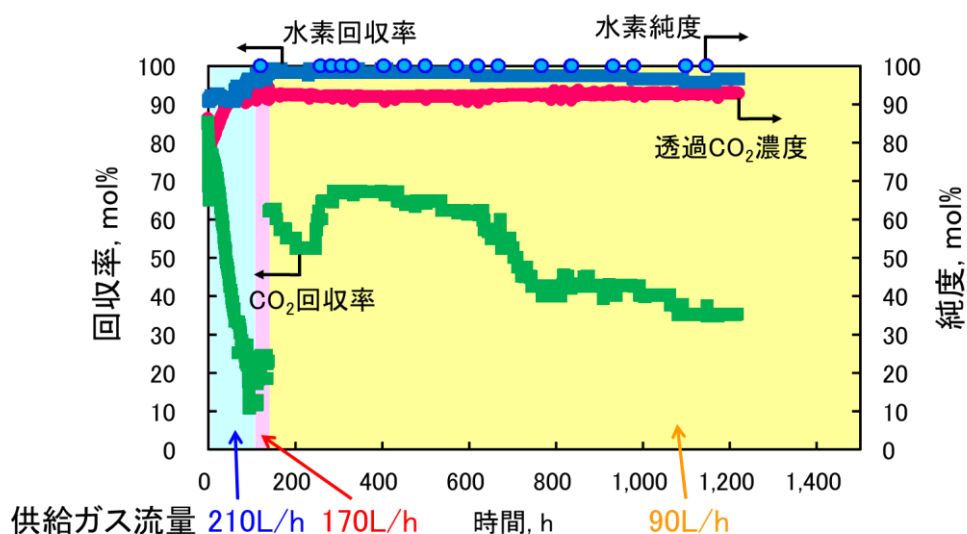


図 3－3 ベンチ装置による 1000 時間連続評価結果

ベンチ装置で確立した運転条件に従って、パイロット規模のハイブリッド分離膜型水素精製装置での 1000 時間耐久評価を 2 月～3 月にかけて実施する予定としている。

② 大型分離膜モジュールの量産技術の確立

表面分析、シミュレーション等により実使用環境下で分離膜に生じた現象を解析することにより、量産する分離膜の品質管理の指標を確立した。

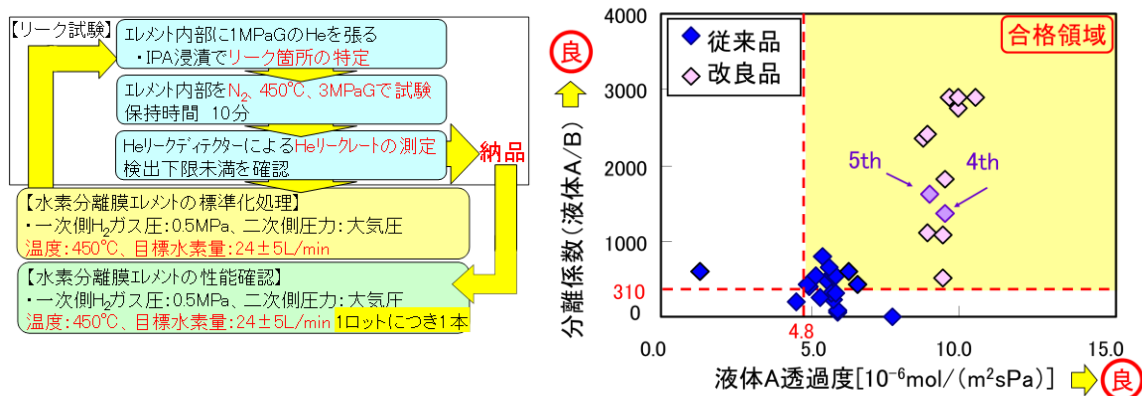


図 3－4 水素分離膜試験フロー、CO2 分離膜品質管理指標

③ 低圧から高圧への高純度水素ガス圧縮システムの開発

スチームエゼクターを用いて水素分離膜透過側を減圧にすることによる水素回収率の向上効果を確認した。

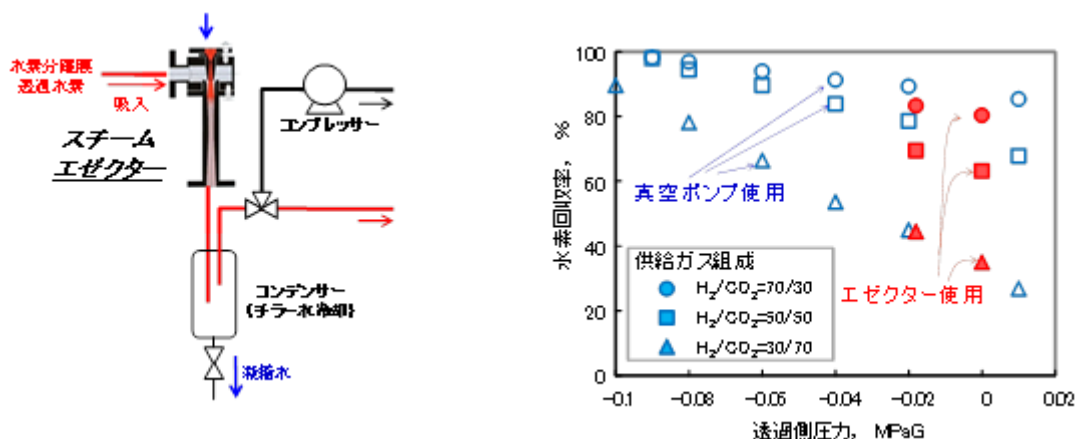


図 3-5 高純度水素ガス圧縮システムによる水素回収率の向上

④ CO₂ ガス中の低濃度水素を回収するシステムの開発

装置の後段に低濃度水素回収装置を設置し、CO₂ ガス中に含まれる低濃度の水素を気液分離で回収し、装置の燃料等に利用する場合のプロセス全体の水素利用率をシミュレーションおよび実験で検討した。低濃度水素回収装置を設置することで水素利用率は 99.9% となった。

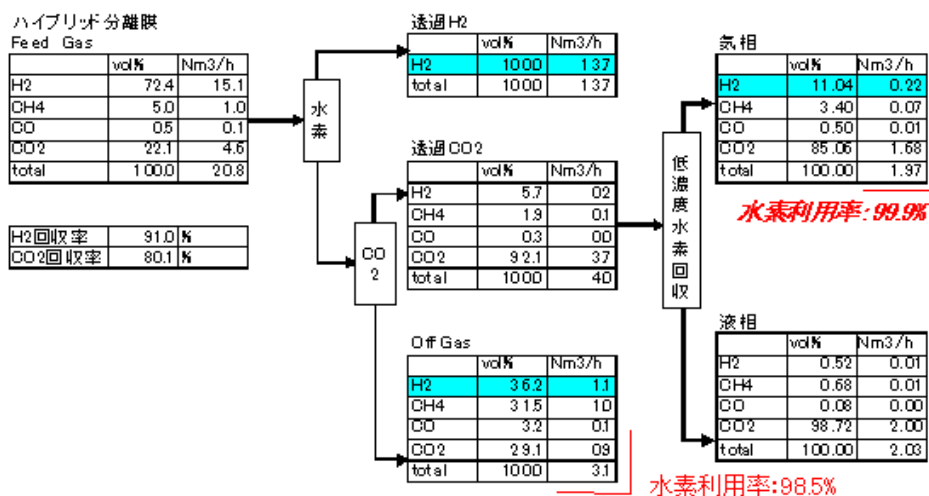


図 3-6 水素利用率の試算

(2) 大型出荷装置技術開発

本技術開発では、製油所で製造され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の大型出荷装置技術を開発するために、油潤滑式レシプロ圧縮機からなる高純度水素圧縮機設備を開発した。

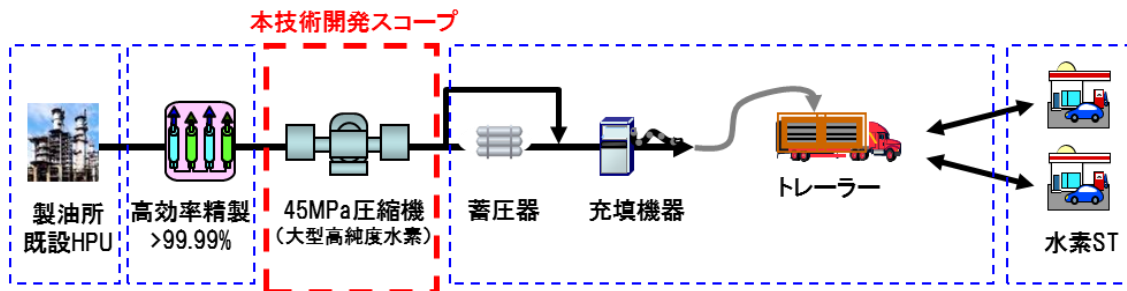


図 3-7 「大型出荷装置技術開発」の概要

① 高純度水素圧縮機的设计・建設

製油所での長期間連続運転を想定し、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を検討し、同実証設備を建設した。既存の高純度水素圧縮機は水素ステーションにおける燃料電池自動車への水素充填を目的とした比較的小型のものである。将来の商用規模の高純度水素出荷設備に対応する連続運転可能な 45MPa 級の圧縮機として、油潤滑式を採用し、潤滑油分を製品水素へ持ち込まない高純度水素に対応した仕様とした。

また、水素循環使用による単独での連続運転が可能な設備とした。

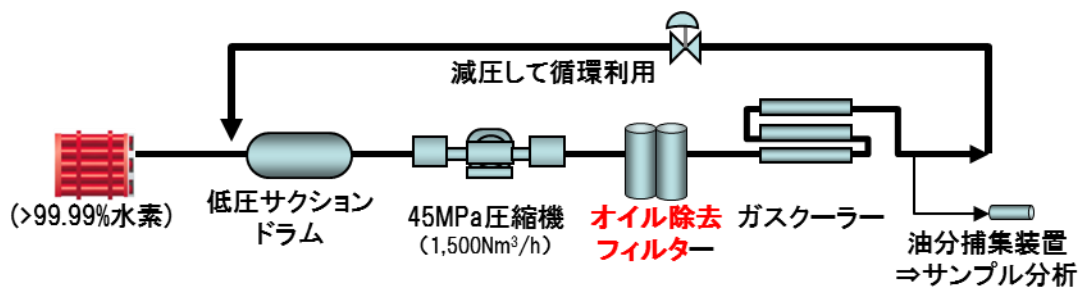


図 3-8 「高純度水素圧縮機実証設備」の概要

水素圧縮機の主たる仕様、性能は以下とした。

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 １５００Nm³／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

設備は平成 24 年度に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、高純度水素の圧縮実証運転が可能となった。

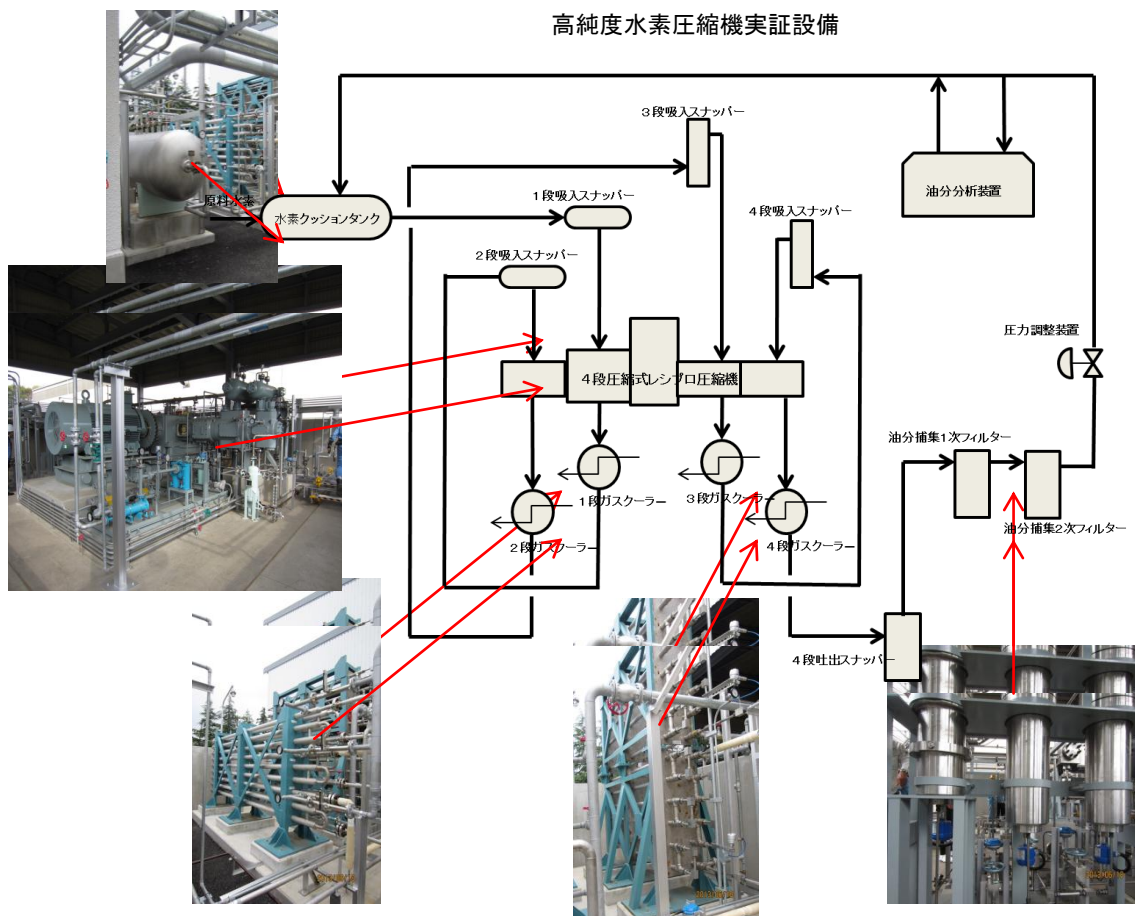


図 3－9 高純度水素圧縮機実証設備

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を行った。

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（表3－1）。設計仕様と最終仕様における運転データの比較を表3－2に示す。

表 3－1 水素ガスの油分測定結果

	結果	判定
1 回目 (実施日 9/27)	ミスト成分 <0.01ppm	OK
2 回目 (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

表 3-2 設計仕様と最終仕様の比較

	設計仕様点	最終仕様の 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 ³ /h) (実測圧力・温度換算 ^{※1} - λ)	1500	1593 (実測圧力、 温度 ^{※1} -λ)	1580 ※1 → 1500 (+5.3%)
軸動力 (kW)	287	336	355 ※2 → 337 ※3 (<350)

※1:体積流量 1593Nm³/h (吸入圧力 0.84MPaG, 吸入温度 19°C) を仕様点 (吸入圧力 0.9MPaG, 吸入温度 40°C) で換算した際の体積流量の値を示しています。

※2:軸動力値 336kW (体積流量:1593Nm³/h, 吸入圧力 0.84MPa) を体積流量 1580Nm³/h 吸入圧力 0.9MPaG で換算した際の軸動力の値を示しています。

※3:上記※2 の軸動力を仕様点流量値(1500Nm³/h)で換算した数値を示しています。

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および摺動部品の摩耗量測定を実施し、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を行った。

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 9 5 0 0 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。

表 3－3 シール部材の摩耗量測定と寿命推定

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

表 3－4 水素環境下における健全性の確認

	部品名	設計圧力 MPa	確認方法	判定結果
1	3/4 段シリンダ接ガス部	50	P T (カラーチェック)	合格
2	3/4 段外シリンダカバ接ガス部	50	P T	合格
3	3/4 段ピストンロッド		M T (磁粉探傷試験)	合格
4	4 段吸入バルブ座	50	M T	合格
5	4 段吐出バルブ座	50	M T	合格
6	4 段吐出スナッパ/カバー	50	P T	合格
7	1 次フィルタケース/カバー	50	P T	合格
8	2 次フィルタケース/カバー	50	P T	合格
9	4 段吐出配管 (代表 1 本)	50	エディカルト	合格

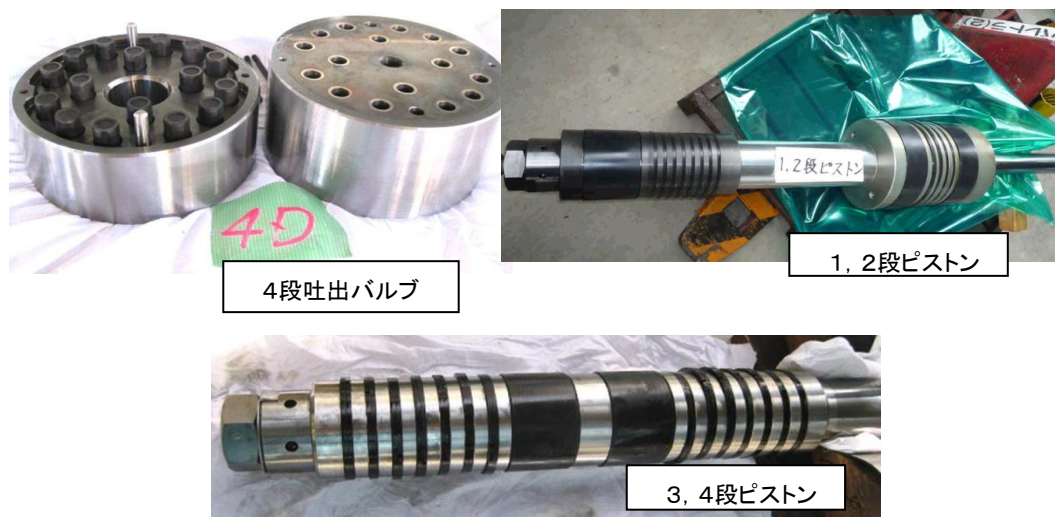


図 3 - 1 0 圧縮機部品分解点検

④ トレーラ充填適用システム技術

開発した高純度水素圧縮機実証設備を大型蓄圧器、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移設し、連結運用することで、高純度水素源から蓄圧器へ充填、水素トレーラへの水素供給が問題なく実施できることを確認するための作業準備中。今年度中に実証を完了する予定である。

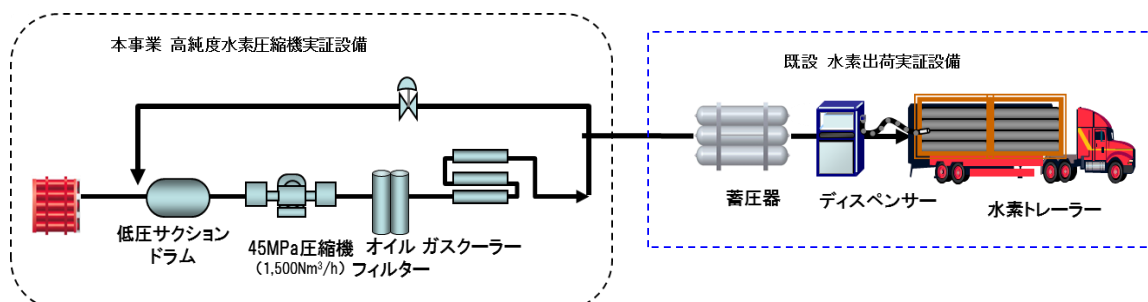


図 3 - 1 1 トレーラ充填適用システム技術開発



図 3 - 1 2 既設水素出荷実証設備

3-1-3-C 特許出願状況等

表 3-1 特許・論文等件数

要素技術	論文数	論文の 被引用 度数	特許等 件数(出 願を含 む)	特許権 の実施 件数	ライセ ンス供 与数	取得ラ イセン ス料	国際標 準への 寄与
(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							
全体	15		1				

表 3-2 論文、投稿、発表、特許リスト

	題目・メディア等	時期
論文	「環境浄化技術」7月号 特集「環境産業における膜技術の最新動向」 分離膜による高純度水素精製技術の開発	H24.6
	「燃料電池」2012 年秋号 水素分離膜とCO ₂ 分離膜を組み合わせたハイブリッド分離膜型水素精 製装置の開発 Development of a hydrogen purification system with hybrid-type membrane	H24.10
	燃料電池開発情報センター日本における燃料電池の開発 Fuel Cell RD & D in Japan 2013 製油所における燃料電池自動車用水素製造技術の開発状況	H25.10
発表	International Symposium on Zeolites and MicroPorous Crystals 2012 Development of a hydrogen purification system with hybrid-type membrane -The efficient high-purity hydrogen purification technology by using zeolite membranes-	H24.7
	第42回石油・石油化学討論会秋田大会 事前報道各社 送付資料 日刊工業、化工日報、毎日新聞、日経、NHK 他 分離膜を用いたCO ₂ 分離回収型高純度水素精製技術の開発	H24.9
	第42回石油・石油化学討論会秋田大会 分離膜を用いたCO ₂ 分離回収型高純度水素精製技術の開発	H24.10

	2012 HESS 特別講演会 膜分離による石油留分改質水素製造について ～ハイブリッド分離膜型水素精製装置の紹介～	H24.10
	第42回石油・石油化学討論会秋田大会 事前報道資料 化工日報 分離膜写真 分離膜を用いたCO ₂ 分離回収型高純度水素精製技術の開発	H24.10
	明治大学応用化学・機械工学・情報科学専攻の大学院生 エネルギーの未来予想と膜への期待	H25.7
	参加会社広報部主催の研究所メディア見学会（JX日鉱日石エネルギー中央 研究所） ハイブリッド分離膜型水素精製パイロット装置の見学	H25.8
	日経エコロジー 中西記者（JX日鉱日石エネルギー中央研究所） ハイブリッド分離膜型水素精製パイロット装置の見学	H25.8
	(株)日経映像 中森ディレクター ハイブリッド分離膜型水素精製パイロット装置の撮影	H25.9
	第43回石油・石油化学討論会 ハイブリッド分解肩水素精製装置の開発（第1報） ー1000時間連続評価と分離膜ガス透過性能の低下原因の考察ー	H25.11
	第43回石油・石油化学討論会 ハイブリッド分解肩水素精製装置の開発（第2報） ー精製水素の分析と水素分離膜モジュールの寿命予測ー	H25.11
	第43回石油・石油化学討論会 ハイブリッド分解肩水素精製装置の開発（第3報） ーパイロット装置へのスケールアップー	H25.11
特許	特願 2012-138054 水素精製装置及び水素製造方法	H24.6

3-2-C 目標の達成度

本事業は、平成25年度末の期限に向けて研究開発を進めており、下表に示すとおり、既に多くの個別要素技術について目標を達成し、現在未達成となっている項目についても目標を達成する見込みである。

表 3－3 目標に対する成果・達成度の一覧表

要素技術	目標・指標	成 果	達成度
(1)高効率水素製造等技術開発 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)でもポ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 ₂ S 等)の濃度の関係を明らかにし、ベンチ装置による高純度水素回収率 91%の運転条件を確立した。パイロット装置での長期耐久試験を実施中。	達成見込み
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、CO ₂ 分離膜の量産時の品質管理指標(水素透過量、CO ₂ 透過量、H ₂ /CO ₂ 分離係数)を確立した。	達成
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
④CO ₂ ガス中の低濃度水素を回収するシステムの開発	・CO ₂ 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
(2)高圧出荷装置技術開発 ①高純度水素圧縮機の設計・建設	・製油所からの水素出荷を想定した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を検討し、同実証設備を建設する。	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
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を行うとともに、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を開発する。	水素昇圧運転を延べ 5 2 1 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 3 4 0 時間以上実施し、設計仕様を満足し、安定運転可能なことを実証し	達成

③圧縮機の高耐久システム技術	・ 実用化に必要な１年以上の連続運転に対応する圧縮機の耐摩耗部材を選定し耐久性を評価する。	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。 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
④トレーラ充填適用システム技術	・ 蓄圧器、充填機、水素トレーラを備えた既存の水素出荷実証設備と連結運用し、水素トレーラ充填への適用システムを開発する。	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、水素トレーラへの水素供給が問題なく実施できることを確認予定である。	達成見込み

４－Ｃ 事業化、波及効果について

４－１－Ｃ 事業化の見通し

（１）ハイブリッド分離膜型水素精製装置は、今後２年程度の運転ののち 2016 年度以降の実用化を目指している。実用化には以下の課題がある。

- ・ 低品位廃熱を利用したモジュールの加熱システム
- ・ 膜分離プロセスのガス透過能の経時変化予測

（２）高圧出荷装置は、2015 年の燃料電池自動車普及開始に合せ、建設が進められている水素ステーションへの高純度高圧水素の供給に向け実用化を目指している。実用化には以下の課題がある。

- ・ 高純度水素圧縮機を高圧出荷設備に組み込んだの運転実証の蓄積
- ・ 出荷量の変動に対応した設備運転方法の検討

4－2－C 波及効果

1. 製油所における高効率高純度水素製造技術開発

本技術開発においては、製油所の水素製造装置の高温・高圧で利用できる分離膜モジュールを開発し、これを用いたハイブリッド分離膜型水素製造装置で製造効率 80%、純度 99.99%以上の水素を製造できることがわかった。この技術により製油所において次の利用形態への適用が可能である。

- ・ 製油所において、水蒸気改質プロセスの後段の PSA 法水素精製装置を置き換えて、ハイブリッド分離膜水素製造装置を設置することによる、安価で製造効率の高い水素製造。

2. 高圧出荷装置技術開発

本技術開発においては、製油所で製造された高純度水素を燃料自動車用燃料として高圧に圧縮し効率的に出荷するための大型水素圧縮機を実用化できることがわかった。この技術を活用し純度 99.99%以上の水素の純度を維持して、大量の水素を安定的に効率よく出荷するための高純度高圧水素出荷設備の建設が可能である。

- ・ 複合容器を用いた水素トレーラに 4 5 MPa に圧縮した水素を充填することにより、高純度圧縮水素輸送コストの低減。
- ・ 長期連続運転可能な高圧水素出荷装置により、安定的な燃料電池自動車用燃料水素の製油所からの出荷。

5－C. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等

5－1－C 研究開発計画

水素社会早期実現のためには、水素の有力な供給源となりうる石油系水素において高純度水素を効率的に製造し供給する技術開発は重要である。特に、2015 年の燃料電池自動車の普及開始以降の本格普及に備えて水素供給コスト低減は早急に対応する必要がある。本事業はまさに当該スケジュールに合わせる必要があり、3 年間の研究機関は必要かつ適切であった。下記に本実施計画を示す。

表 5－1 研究開発計画

要素技術	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) 高圧出荷装置技術開発		高純度水素圧縮機の設計・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
			トレーラ充填適用システム技術

5－2－C 研究開発実施者の実施体制・運営

事業の実施に当たっては、(1) 高効率水素製造等技術開発については、一般財団法人石油エネルギー技術センター(JPEC)に当該開発事業に即した専門の研究室を設置し、研究開発を行った。その上で、当該専門分野の最先端研究者である大学、民間会社の技術者からなる「高効率水素製造等技術評価小発委員会」を JPEC に設置した。図 5－1 にその実施体制を示す。委員会は年 3 回の報告等を実施し、専門家並びに有識者からの適切な助言、指導を受け、研究開発目標に対する達成度、進捗管理等を行いながら、効率的に研究開発を推進した。(表 5－2)

また、(2) 高圧出荷装置技術開発については、J X 日鉱日石エネルギー株式会社が実施した。

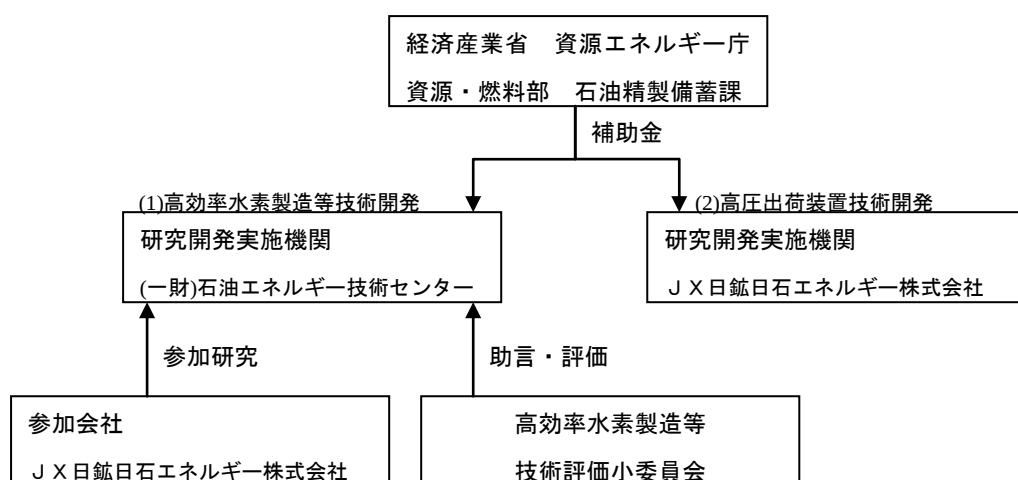


図 5－1 研究開発実施体制

表 5－2 技術評価小委員会運営実績

年 次	委員長	開催実績（回）
平成 23 年度	東京工業大学 名誉教授 山崎陽太郎	3
平成 24 年度	京都大学工学部 教授 江口浩一	3
平成 25 年度	京都大学工学部 教授 江口浩一	3

5－3－C 資金配分

本事業の資金配分を表 5－3 に示す。

高効率水素製造等技術開発においては、初年度にパイロット装置の設計、2 年目に装置建設、3 年目に装置の運転評価という計画であったことから、2 年目に予算を大きく配分した。高圧出荷装置技術開発においては、2 年目からの事業で 2 年目に実証設備の設計・建設、3 年目に運転評価の計画であり、これも 2 年目に予算を大きく配分した。

以上述べたように、限られた補助金を有効活用し、最大の効果を得るためメリハリのきいた予算運用を行った。

表 5－3 資金配分

（単位：百万円）

要素技術	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	合計
(1)高効率水素製造等技術開発	79.9	225.0	80.0	384.9
(2)高圧出荷設備技術開発	0	301.0	137.7	438.7
合 計	79.9	526.0	217.7	823.6

5－4－C 費用対効果

本事業は、約 8.2 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ていた目標がおおむね達成される見込であり、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。

5－5－C 変化への対応

変化への対応となる事項は無い。

D 重質油高度対応処理技術開発

1—D. 事業の目的・政策的位置付け

1—1—D 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、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。

本事業で実施する技術開発・研究開発は以下の4項目である。

(1) 詳細組成構造解析技術の開発

重質油は数万から数十万種の化合物で構成される複雑な化合物群であるが、これら個々の化合物の構造を明らかにする事で、分解反応性および副反応として生じるコークやスラッジ生成機構を解明する基礎を確立する事ができる。本研究開発においては、重質油中の個々の化合物の構造を明らかにする技術を確立する。

(2) 重質油分子反応モデリング技術の開発

上述の通り、重質油は超多成分からなる化合物で構成されており、脱硫及び分解装置内における反応も複雑である。これら、重質油の反応を分子レベルで解明する事で、新規高性能触媒開発技術、反応器設計技術および運転管理技術に活用する事が可能となる。本研究開発においては、重質油の脱硫反応及びコーク生成反応に関し、分子レベルでの反応挙動を明確化する技術を確立する。

(3) ペトロインフォマティクス技術の開発

詳細組成構造解析技術及び重質油反応モデリング技術は、超多成分を取り扱う技術である。従って、膨大なデータ（ビッグデータ）を効率的に取り扱う技術の開発が必須となる。本研究では、本事業で新たに開発した技術を既存のコンピュータシミュレーション技術と連動させるため、膨大なデータを適切かつ効果的に取り纏め、展開できるコンピュータ技術を確立する。

(4) アスファルテン凝集挙動解析技術の開発

アスファルテンは、残渣油に含まれる難溶解性物質であり、重質油処理装置の触媒劣化、或いは装置内コーキングやファウリング現象の要因の一つと考えられている。このアスファルテンの凝集／分散（緩和）挙動を種々の分析的手法で明確化し、要因を明らかにする事で、アスファルテンを効率的に分解させる技術へと繋げる事が出来るようになる。本研究開発では、アスファルテンの凝集／緩和挙動を解析する技術を確認する。

(5) 実証事業に資する新規要素技術の開発

これまで述べてきた開発技術は、重質油の反応性を向上させる基盤技術であり、これらを実用化するためには新規な要素技術の開発が必須となる。本研究開発では、重質油中の超多成分からなる化合物の反応挙動が分子レベルで解明された際、新たなリファイナリープロセスを描き出し、そこに必要となる新規要素技術の実現可能性について調査を行うとともに、基礎的な技術を確認する。

1-2-D 政策的位置付け

(1) エネルギー基本計画

エネルギー政策基本法に基づき、エネルギー政策の基本的な方向性を示した「エネルギー基本計画（平成22年6月18日閣議決定）」において、以下のよう

●「エネルギー基本計画」（平成22年6月）抜粋

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いうる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。

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) エネルギー供給構造高度化法

「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【エネルギー供給構造高度化法】(平成21年7月8日閣議決定)」に基づき、「エネルギー供給事業者に対する基本方針(経済産業省告示第百六十号：平成22年7月5日告示)」及び「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(経済産業省告示第百六十一号：平成22年7月5日告示)」が告示され、以下のように位置付けられている。

●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基本方針(平成22年経済産業省告示第160号)(平成22年7月)抜粋

我が国のエネルギー供給事業者によって供給されるエネルギーの供給源の相当部分を化石燃料が占めており、かつ、エネルギー供給事業に係る環境への負荷を低減することが重要となっている状況下において、エネルギー供給事業者が、資源の枯渇のおそれが少なく、環境への負荷が少ない非化石エネルギー源の利用や、化石エネルギー原料の有効な利用を図ることが重要となっている。

このため、エネルギー供給事業者は、太陽光、風力等の再生可能エネルギー源、原子力等の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努めることが必要である。

このうち、太陽光については、再生可能エネルギー源の中でも潜在的な利用可能量が多く、需要の拡大や技術革新による発電コストの低減等を通じて、その利用の促進を図ることが重要である。この太陽光を変換して得られる電気(以下「太陽光発電による電気」という。)の調達を促進する見地から必要な事項は、以下の太陽光発電による電気の調達に関する基本方針に示すとおりとする。

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。

●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年経済産業省告示第161号）（平成22年7月）抜粋

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）第2条第8項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）第6条第2号に規定する揮発油、灯油、軽油又は重油（以下「揮発油等」という。）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、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（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等の原料をいう。以下同じ。）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。

そのため、石油精製業者は、次に掲げる要領に従って、重質油分解装置の装備率（常圧蒸留装置の処理能力に対する重質油分解装置の処理能力の割合をいう。以下同じ。）を向上させるものとする。同時に、設備の運転面の改善等や技術開発を通じ、重質油分解能力の向上を図るものとする。

また、コンビナート連携の促進、石油残渣ガス化複合発電装置の導入に合わせた重質油のガス化及びその灯油、軽油等の合成燃料への転換又は関連する技術開発に取り組み、原油等の有効な利用を図るものとする

(2) 石油精製業者は、上記(1)に加え、次の①又は②に掲げる重質油分解能力の向上のための措置に取り組むこと。

①設備の運転面の改善等

i) 運転管理の改善

設備性能の維持管理に努めるとともに、運転温度・圧力、原料と循環油との比率等の運転条件の改善を通じて、重質油分解能力を向上させること。

ii) 触媒等の改良

触媒を使用している設備については、触媒やその添加剤に改良を加えることにより、重質油分解能力を向上させること。

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

(3) 科学技術イノベーション総合戦略

我が国の現下の最大かつ喫緊の課題である経済再生に向けて、科学技術イノベーションの潜在力を集中して発揮し、この時局を打開し未来を切り拓くため、科学技術イノベーション政策の全体像として「科学技術イノベーション総合戦略」が策定され、平成25年6月7日に閣議決定された。本戦略の「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。(図1-1)

(3)エネルギー源・資源の多様化

エネルギー(3)



図1-1 「エネルギー分野(3)エネルギー源・資源の多様化」における導入シナリオ

出典：「科学技術イノベーション総合戦略」（平成25年6月）内閣府

(4) 環境エネルギー技術革新計画

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（図1-2、図1-3）、「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。

本ロードマップの27項目目に「革新的製造プロセス」として石油精製分野にペトロリオミクス技術が明記されている（図1-4）。



出典：「環境エネルギー技術革新計画の改定案について」（平成25年8月）内閣府

環境エネルギー技術評価

17

出典：「環境エネルギー技術革新計画の改定案について」（平成25年8月）内閣府



図 1－4 革新的製造プロセス（その他製造プロセス）のロードマップ

出典：「環境エネルギー技術革新計画の各技術項目のロードマップ等について」

(平成25年7月) 内閣府

1－3－D 国の関与の必要性

我が国では、燃料油の需要は中長期的に減少する方向にあるものの、備蓄や輸送が容易であることから、今後とも一次エネルギー供給における重要なエネルギー源であると想定されている。

一方で、世界では、アジア地域の旺盛なエネルギー消費、シェールオイルをはじめとする非在来型化石燃料の出現、インド等の新興国における大型製油所の新設等、石油を取り巻く環境は大きく変化している。

このような厳しい内外環境の中で、我が国が中長期的に石油の安定供給を維持するためには、運営面での対応にとどまらず、設備面においても、より重質な原油を効率的に精製できる体制を整備し、石油の有効利用を最大限進めることが必要である。

このため、国においては、「エネルギー供給構造高度化法」に基づき、石油精製業者に対して重質油分解装置の装備率の改善を求めるとともに、同法の基本方針において、「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」事が国のとるべき施策として明示されている

本研究開発事業は、このような国の政策に合致するものであり、また技術的な難易度も極めて高いことから、国の関与の下で推進することが妥当である。

2-D. 研究開発目標

2-1-D 研究開発目標

本技術開発事業は平成23年度から平成27年度までの5年間で実施する予定である。本事業は、5つの要素技術で構成されており、革新的な重質油処理技術開発に資する基盤技術の確立を目指している。

5つの要素技術は図2-1に示す通り、複合的に結びつける事により、従来にはない重質油各個成分に関する分子レベルでの反応性評価が可能となる。また、本技術で得られた反応性を活用する事で、新規な触媒反応場の設計技術開発に繋げる事が可能となるばかりでなく、原油の組成を分子レベルで理解する事による新規なりファイナリープロセスの構築をも可能とする。

そのため、本事業では重質油及び劣質油の高度処理を目的とした実証化事業に適宜適用し、開発した各要素技術の有効性を検証しながら進める事を骨子としている。

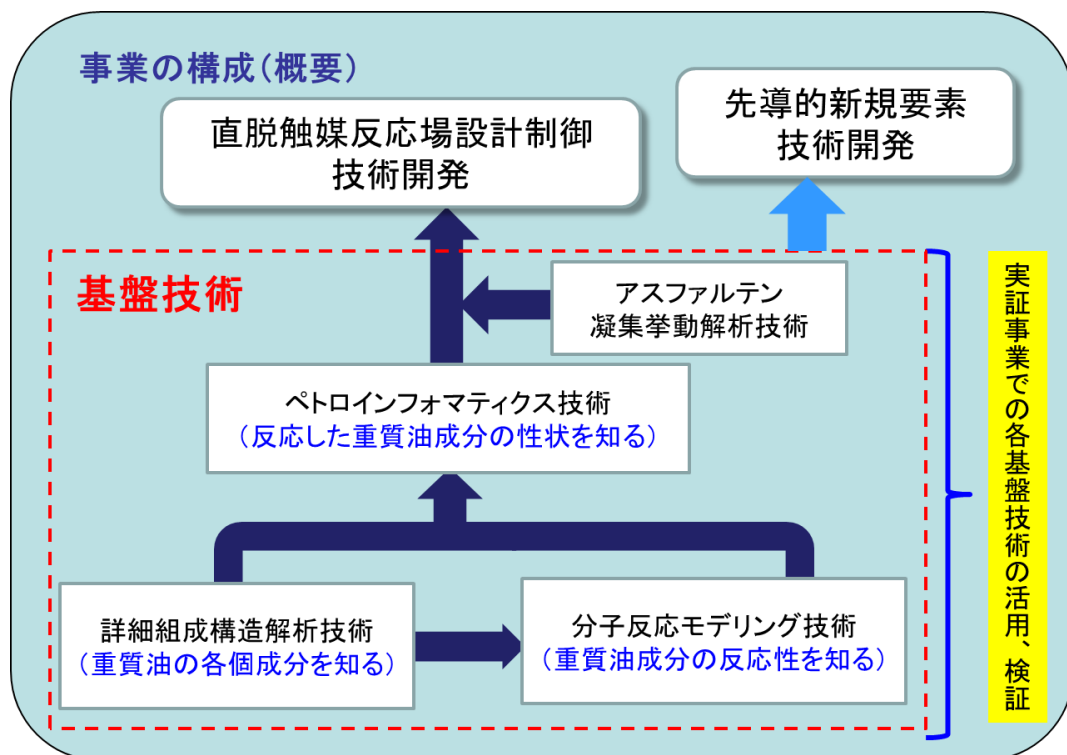


図2-1 本事業における各要素技術の構成（位置付け）図

基盤技術を確立する本事業の全体目標を表2-1に、各要素技術の目標を表2-2から表2-5に示した。

2-1-D 全体の目標設定

表 2-1 全体の目標

目標・指標 (事後評価時点)	目標・指標 (中間評価時点)	設定理由・根拠等
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」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。 ・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。	・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。 ・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。 ・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。 ・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。	・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。 ・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。

2-2-D 個別要素技術の目標設定

表 2-2 「重質油の詳細組成構造解析技術開発」の目標

要素技術	目標・指標 (事後評価時点)	目標・指標 (中間評価時点)	設定理由・根拠等
(1) 重質油の詳細組成構造解析技術開発	・重質油に含まれる化合物を細かく分画する分離前処理技術を確立し、ここからの分画物を超高分解能質量分析計により詳細組成分析構造解析技術を確立する。合わせて、技術開発の促進支援のため可視化ツールを開発する。	・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。	・我が国の製油所で装備率が高い重油直脱装置と RFCC 装置のパフォーマンスを上げるには、原料油の性状を細かく評価し反応を詳細にシミュレーションする必要がある。しかし既存技術は沸点分布や極性の相違などによる大括りの分画に基づくため、満足度は総じて低い。 ・本技術開発によって重質油を分子レベルで評価し、反応阻害要因等も詳細に解明できる。これにより、触媒性能や反応器内流動状態の異次元レベルでの改善、あるいは最適な運転管理技術の実現など、先進的な技術開発に繋げる事ができる。
①分離、前処理技術の開発	・重質油を分子量及び物性の違いで30分画出来る詳細分離方法を確立する。 ・金属含有化合物を高濃度に濃縮する技術を確立する。	・回収率90%以上で、重質油を物性の違いにより7分画する分離方法を確立する。	
②詳細組成分析法の開発	・前処理分画（30分画）された試料を用い、減圧残油相当の重質油においても、化合物の分子式と新規分子記述法にて解析する技術を確立する。 ・アスファルテンの構造を解析する技術を確立する。	・減圧軽油相当の重質油中の化合物をヘテロ原子・金属原子を含めた分子式にて解析する技術を確立する。	
③可視化ツールの開発	・超高分解能質量分析から数万ピークデータを、分子構造ごとに分類・作図する可視化ツールを開発する。	・超高分解能質量分析の数万ピークデータを可視化出来るツールのプロトタイプを構築する。	・本技術開発は我が国の石油精製技術の高度化には必須のものと言える。

表 2-3 「分子反応モデリング技術開発」の目標

要素技術	目標・指標 (事後評価時点)	目標・指標 (中間評価時点)	設定理由・ 根拠等
(2) 分子反応 モデリング技術 開発	・直留／分解軽油の水素化脱硫反応を、分子レベルの反応式で定量的に解析できる反応モデリング技術を確立する。 ・重油の直接脱硫反応を、分子レベルの反応式で定量的に解析できる反応モデリング技術を確立する。 ・触媒活性劣化の主要因であるコーキング反応につき、触媒の超長寿命化を目的として、分子レベルでのモデリング技術を構築する。	・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。 ・高速反応評価装置を立ち上げ、反応モデリングに必要となる反応の速度定数を得ることができる技術を確立する。	・これまでの実験手法に基づく触媒の反応性を解析する方法では、試行錯誤的なアプローチによるため、真の最適化は図れない。 ・これに対して、重質油を構成する化合物が、反応条件や触媒作用により、どのように分解、改質等されるかを分子反応レベルで解析した結果は、真に最適な触媒開発および、超安定的な運転管理技術の確立等に活用できる。 ・本技術は、我が国の石油精製の国際的な競争力を飛躍的に高めるものであり、重質油を効果的に活用するために必須の技術である。
① 分解系軽油 ブレンド処理に 対応する軽油超 深脱モデルの開 発	・高速反応評価装置を活用して、直留軽油／分解軽油混合油の超深度脱硫を分子反応として解析し、生成油組成を高精度に推定しうる反応モデルを確立する	・軽油脱硫反応を分子間の反応式として解析できる反応基本モデルを確立する ・高速反応評価装置を立ち上げ、反応モデリングに必要となる素反応の速度定数を評価できる技術を確立する	
② 各種重質油 ブレンド処理に 対応する直脱モ デルの開発	・高速反応評価装置を活用して、様々な重質油の直接脱硫を分子反応として解析し、生成油組成を高精度に推定しうる反応モデルを確立する		
③触媒活性劣化 モデルの開発	・上記反応モデルに連動した触媒寿命低下を引き起こすコーキング現象を分子レベルで定式化したモデルを確立する		

表 2-4 「ペトロインフォマティクスの構築」の目標

要素技術	目標・指標 (事後評価時点)	目標・指標 (中間評価時点)	設定理由・ 根拠等
(3) ペトロ インフォマ ティクスの 構築	・本事業で開発した各要素技 術を活用して生み出される 膨大な分子レベルの情報を、 適切に管理するシステムを 構築し、さらにこれらの情報 を加工し組み合わせて次の 革新的な技術開発等に活用 するための新規ツールを構 築する。	・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。	・各要素技術で新規 に開発された技術 は、定性的および定 量化された膨大な 情報を生み出す。こ れらを効率的かつ 効果的に活用する ことがペトロリオ ミクス技術開発の、 ある意味での帰着 点となる。
① データベ ースシステ ムの開発	・ペトロリオミクス関連の膨 大な情報、数値データの格納 と活用を適切に行なうため のデータベースを構築する。	・データベースシステム、 新規ツール、統合化技術な どペトロインフォマティッ クスの中核を構成する技術 の要件を具体化し、開発計 画を策定する。	・そのための情報管 理システム(データ ベースシステム)、 情報加工システム (新規開発ツール) および情報活用シ ステム(新規要素技 術)等の一連のもの を有機的に結合さ せることは必須で ある。
② 新規 ツー ルの開発	・重質油中の各化合物、反応 生成物の情報を基に、物性及 び反応性に基づくランピン グ技術を確立する。 ・ランピングされた化合物群 に対するバルクの物性推算 技術を確立する。		・これが新規技術を 創出する発射台(プ ラットフォーム)と しての機能を備え ることより、ペトロ インフォマティッ クスとして共通の 概念、思想のもとに 開発する意義は極 めて大きい。
③ 統合化 技 術の開発	・各要素技術を有機的に連結 するため、化合物の新規化学 記述式を考案し、測定情報の 新規化学記述式への変換技 術、さらに石油成分値への変 換手法等を開発する。		

表 2-5 「アスファルテン凝集挙動解析技術確立」の目標

要素技術	目標・指標 (事後評価時点)	目標・指標 (中間評価時点)	設定理由・根拠等
(4) アスファルテン凝集挙動解析技術の確立	・アスファルテンの凝集と緩和の挙動を解析して基本的な評価方法を確立する。 ・これに基づき、分子反応モデリング手法を活用して、直脱のモデリングと連成させ、最適な凝集緩和条件を提示できる技術を確立する。	・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。 ・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。	・重質油のアスファルテンは反応器内でコーク化するため、水素化反応および接触分解反応等の阻害要因となることが知られている。また、反応器以外の場所でも汚れや詰まりの原因物質のひとつとなっている。 ・アスファルテンは通常、凝集状態で超分子を形成しているため、この凝集を解きほぐすことができれば、反応器内等でのコーク化が抑制でき、一連の反応のパフォーマンスが一挙に向上することが期待されている他、汚れや詰まりの改善にも十分効果が期待される。

表 2－6 「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」
の目標

要素技術	目標・指標 (事後評価時点)	目標・指標 (中間評価時点)	設定理由・根拠等
(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	・現行の直脱装置の触媒設計、反応器設計、運転制御の改善課題等を、ペトロリオミクス技術に基づく新規要素技術で解析し、各々の改善のための技術指針等を提示する。 ・主要プロセスを分子レベルで制御する超革新的製油所に必要となる新規要素技術を提示し、開発の方向性を提示する。	・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。 ・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。	・本事業で開発された各要素技術を実プロセスで個別に活用する場合、効果は限定的である。複数の要素技術を組み合わせることで面展開することにより重層的な効果が期待できるため、①直脱触媒、反応器等の新規設計指針を提示することで本技術が「もたらす変革の大きさ」を示し、次に、②ペトロリオミクス技術を活用する事で想定される超革新的製油所の全体概念と新規開発技術の方向性等を明らかにする。
①直脱触媒反応場設計制御技術開発	・直脱触媒を真に革新的に性能向上するための触媒設計指針を提示する。 ・反応器内の固化偏流等を可視化し性能向上するシミュレータを構築する。		
②先導的新規要素技術開発	・超革新的製油所での設備が期待される新規技術を抽出し、開発の可能性を明らかにする。		

3-D. 成果、目標の達成度

3-1-D 成果

3-1-1-D 全体成果

本技術開発は平成23年度から平成27年度までの5年間の計画で実施しており、5つの要素技術ごとに最終目標および中間目標を設定して、研究開発を進めている。

5年間の大まかな流れは、①黎明期（平成23年度）、②成長期（平成24～25年度）、③収穫期（平成26～27年度）に大別される。

①黎明期は、「分子レベルで石油留分を評価し、実プロセスに応用できる技術に仕上げる」というグランドデザインの策定や各要素技術に求められる個々の技術の選定及び獲得に向けた準備段階である。

②成長期は、「各要素技術の基盤を固め、個々の技術の有効性を明示する」段階であり、技術の使いこなしや定めた目標を達成するための技術を確立する段階である。

③収穫期は、「各要素技術を融合させ、最終目標を達成するための技術に仕上げる」段階であり、図2-1に示した各技術の連携を図り、最終目標を達成する段階である。

現時点（中間評価）は、①黎明期から②成長期に移行した段階に当り、各要素技術の基盤を固める事を目標としている。

詳細組成構造解析技術では、分離・前処理技術を確立すると共にFT-ICR-MSを使いこなし、重質油中の個々の化合物の構造を規定する方法を確立しつつある。また、触媒寿命に影響を及ぼす窒素、硫黄及び金属化合物などの構造同定方法の開発も着実に進め、基礎を固めるに至っている。

また、他の要素技術についても、後述の通り技術基盤を固めつつあり、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みが得られている。

以下に、各要素技術の成果概要を示す。

3-1-2-D 個別要素技術成果

(1) 詳細組成構造解析技術

ペトロリオミクス技術開発の根幹を成す、重質油中の成分を分子レベルで解明する技術であるが、重質油は含まれる化合物数が数十万から数百万と非常に多数の成分で構成される。これらの成分を効率的かつ効果的に解析するためには①高度な分離・前処理技術と②詳細組成分析法の技術を確立する必要がある。



そこで、従来用いられているSARA分画法を改良し、詳細な分離方法を確立すると共に、超高分解能質量分析計を活用し、分画された留分に含まれる個々の化合物について組成を同定する技術を確立する。(図3-1)

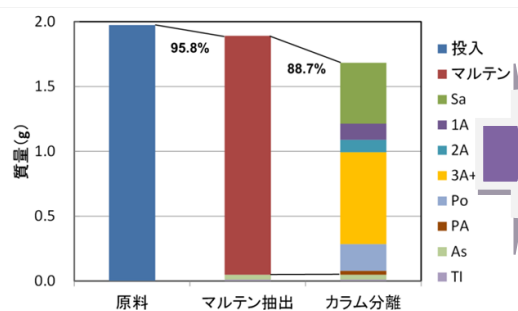
※SARA: 飽和分(S)、芳香族分(A)、レジン分(R)、アスファルテン分(A)の略

図3-1 詳細組成構造解析技術の概要

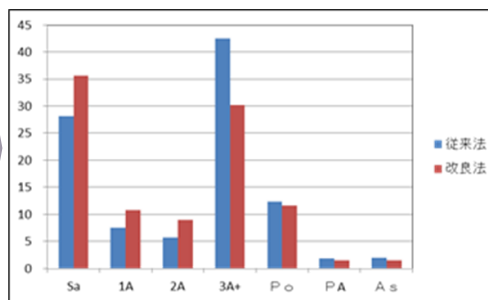
現在までに得られた成果を以下にまとめる。

○分離・前処理条件の確立

従来の4分画法(SARA分画)より詳細な7分画法を確立した。回収率は検討開始時には88.7%であったが、①カラム分画法の改良および②カラム分画に使用した充填剤(シリカ及びアルミナ)からのソックスレー抽出法を併用する事により、回収率を93.0%~95.0%に向上させた(図3-2)。



従来法による各手法の回収率比較



カラム分離の従来法と改良法の比較

(回収率: 2%増)

試料	①Run-6 (CLO)	②Run-9 (VR)
シリカゲル(mg)	11	9
中性アルミナ(mg)	14	28
合計(mg)	25	37
回収率(質量%)	27	45

手法	回収率(%)
従来法	88.7
改良法	90.4
改良法+ソックスレー法	93.0~95.0

ソックスレー法によるカラム充填剤から油分回収状況(回収率: ロス分に対する割合)

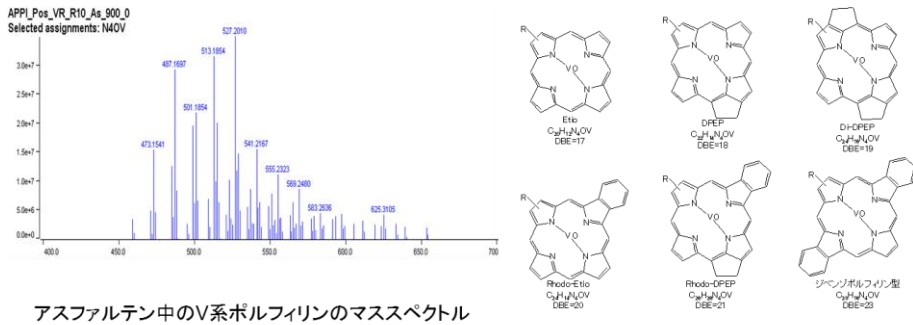
(回収率: 2~5%増)

従来法と改良法の回収率の総合比較

図3-2 分離・前処理法の改良による回収率の向上

○ F T - I C R - M S による詳細分析法の開発

F T - I C R - M S を用いた詳細組成分析法の検討より、アスファルテン中に含まれるバナジウム (V) 含有化合物の詳細構造を明らかとした (図 3 - 3)。また、得られたデータを炭素数と不飽和度の相関及び窒素・硫黄元素の含有状態を可視化するツールを開発した (図 3 - 4)。



アスファルテン中のV系ポルフィリンのマススペクトル

アスファルテン中のV系ポルフィリン

ポルフィリン 骨格名称(炭素数)	DBE	分子量	アルキル鎖 R 炭素数	濃度 (mol%)
Etio (20)	17	459.1385~599.2947	6~16	1.55
DPEP (22)	18	471.1384~653.6418	5~18	2.08
Di-DPEP (24)	19	525.1855~623.2948	7~10, 14	0.14
Rhodo-Etio (24)	20	495.1384~635.2950	5~15	0.73
Rhodo-Etio (26)	21	521.1541~633.2793	5~13	0.41
ジベンゾポルフィリン型 (28)	23	573.1853 のみ	7	0.03

アスファルテン中のV系ポルフィリンの存在量(対アスファルテン)

図 3 - 3 F T - I C R - M S による金属含有化合物の構造同定

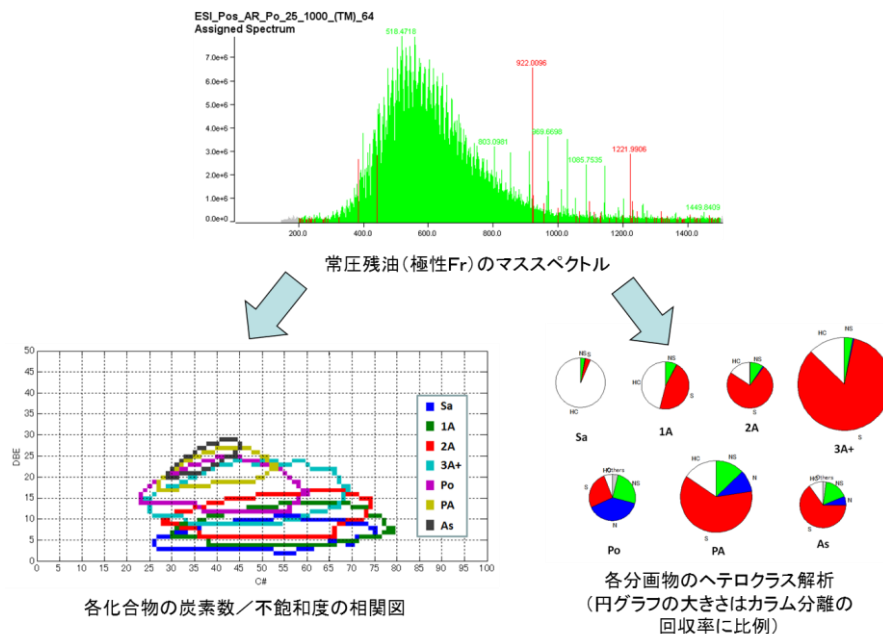


図 3 - 4 F T - I C R - M S による重質油成分の詳細解析方法

○分離・前処理条件の改良（３０分画法）

前述の７分画法では、重質油に含まれる化合物について詳細分析を行うには分離が不十分であるため、極性による分離及び芳香環の環数別の分離法を検討し、詳細分画のフローを具体化した（図３－５）。現在、高精度分離装置及び高速分離装置を活用した３０分画の条件検討を実施しており、次年度には本法を用いた詳細に分離された重質油分画物による分析及び解析を実施する予定である。

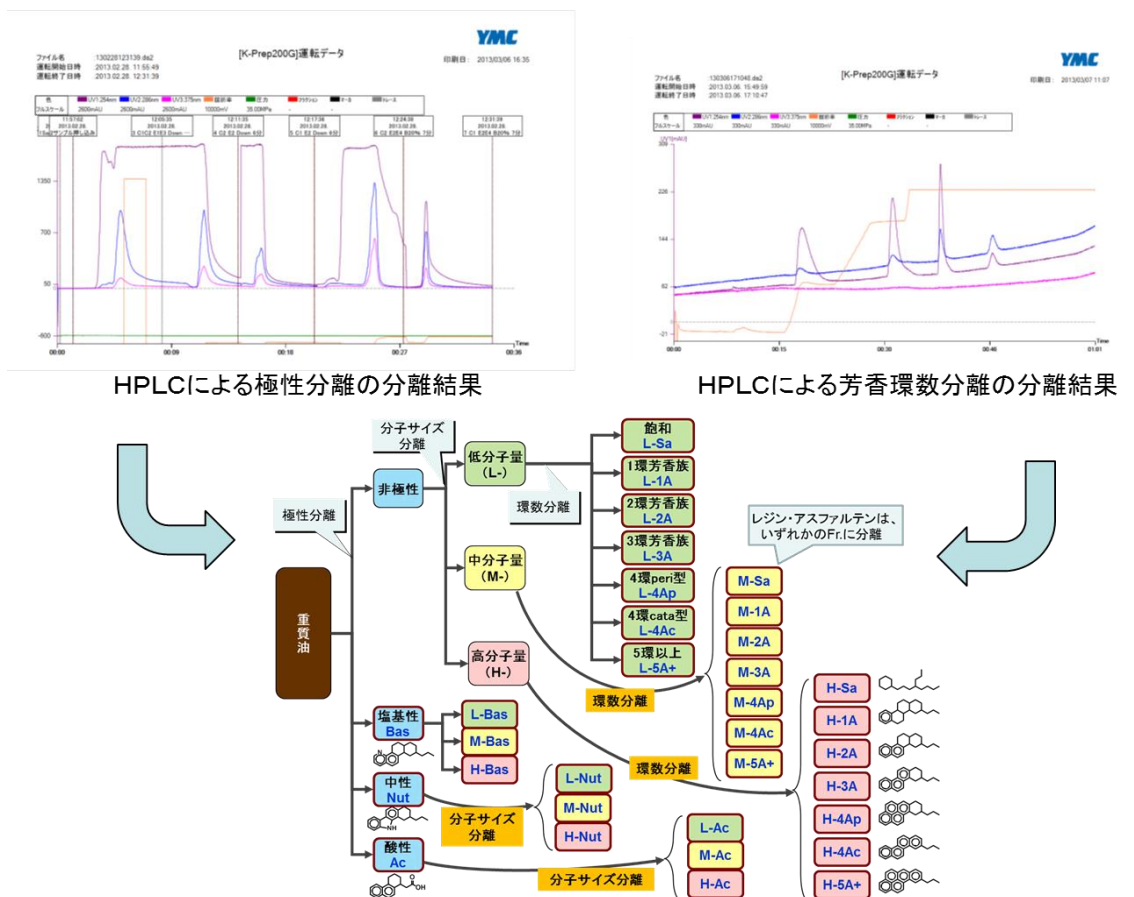


図３－５ 重質油の詳細分画法（３０分画法）のフロー

○FT-ICR-MSによる詳細構造解析法の開発

FT-ICR-MSにより得られた重質油化合物の組成式データ及び不飽和度（DBE）と、CID-MSにより得られた重質油化合物の主骨格構造（コア構造）の組成式データを組み合わせる事で、重質油中の各化合物の構造を同定する方法を確立した（図３－６）。今後、芳香環数の多いレジン分およびアスファルテン分への展開を図り、重質油中の全組成について構造を明らかにする。

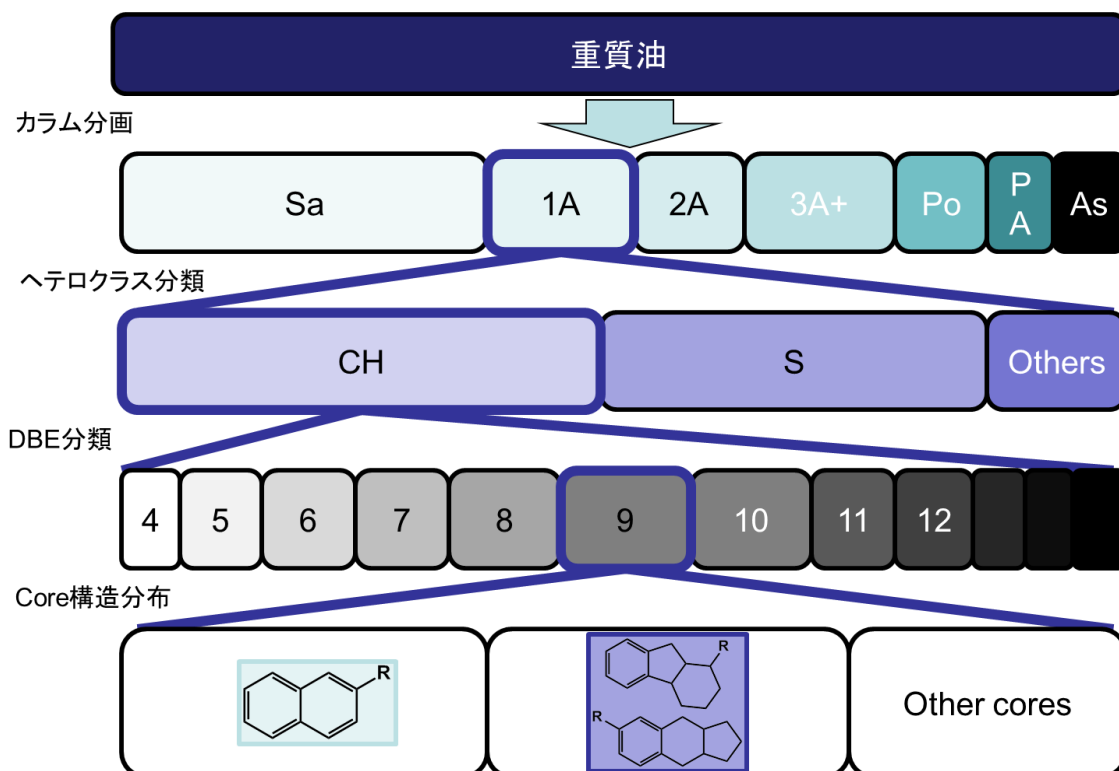


図 3 - 6 詳細組成構造技術による構造決定までの流れ

(2) 分子反応モデリング技術

詳細組成構造解析技術を駆使する事で、重質油中の成分を分子レベルで解明する事が出来る。当該技術を活用し、分子レベルでの反応性を評価できる技術を確認する事で、反応器内で起こる現象を詳細に解明する事が出来るが、現状

では非常に多くの成分を取り扱う反応モデルは存在せず、新規に分子反応モデリングを開発する必要がある。

そこで、詳細組成構造解析技術で得られた化合物群の反応過程を詳細に解析する技術をデラウェア大学の協力を得て開発する。

重質油の脱硫反応過程を追跡するためには、基本モデルを構築し、拡張する事が望ましく、基本モデルとして軽油の超深度脱硫の反応過程を取扱い、モデル構築を行う。(図 3 - 7)

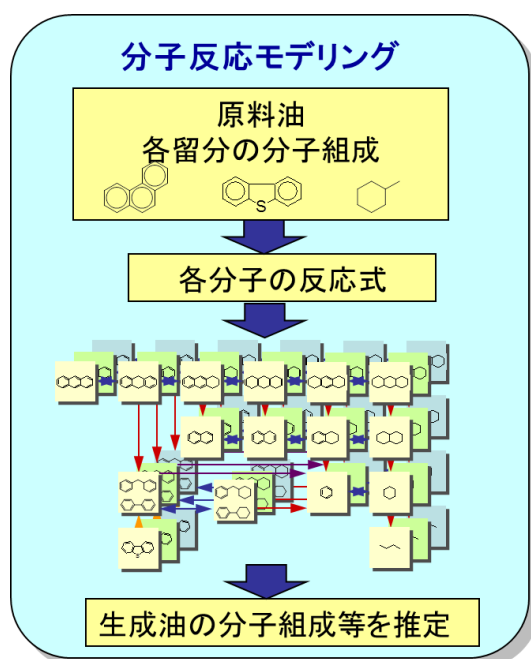


図 3 - 7 技術開発の概念図

現在までに得られた成果を以下にまとめる。

○軽油深度脱硫反応における分子反応モデリングの適用検討

デラウェア大学で開発された分子反応モデリングツール（KMT）を用い、軽油の一般性状（蒸留性状、密度、元素分析値等）から推算した直留軽油の組成は、実験データと差異が生じており、誘導体の存在確率分布を検討して修正し、実測値と整合させた（図3-8）。本改良組成を用いて、反応ネットワークを構築し、水素化脱硫（HDS）基本モデルを確立した（図3-9）。

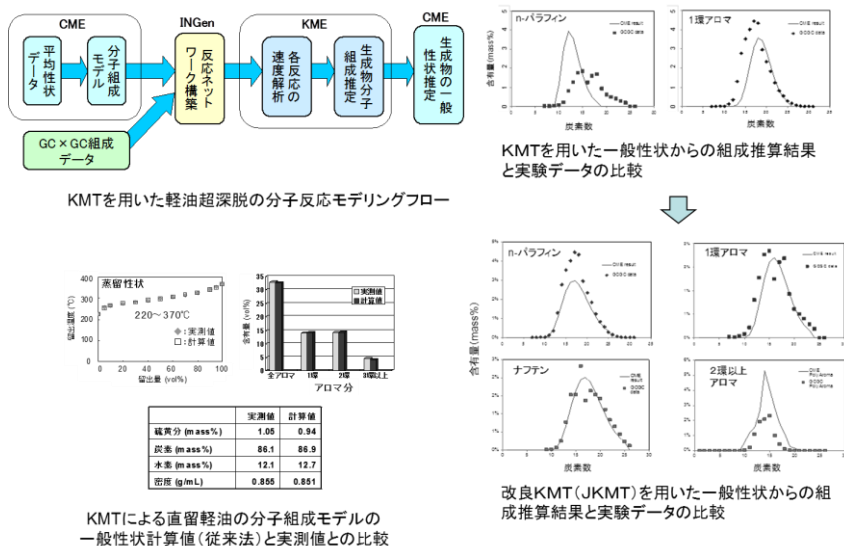


図3-8 分子組成モデル構築の改良法

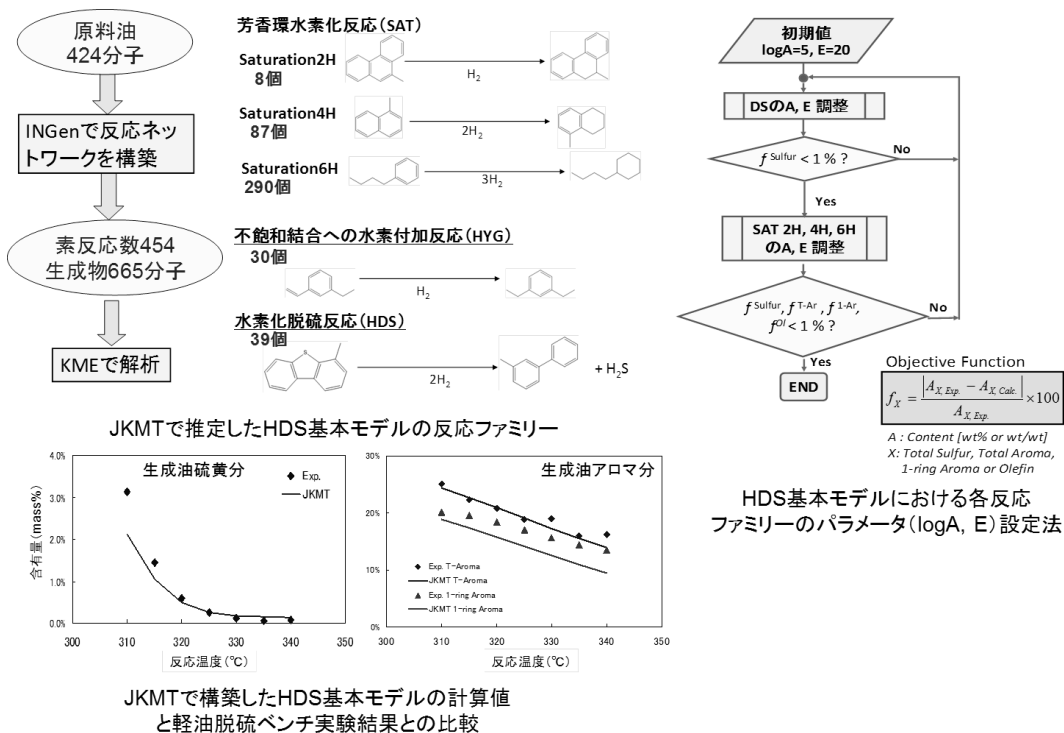


図3-9 構築したHDS基本モデルのフローと実験結果との比較

○高速反応評価装置（HTE）の立ち上げと反応速度解析技術の確立

触媒種、反応温度が異なる16本の反応管を有するHTE装置を用い、直留軽油の脱硫反応性を温度、触媒との接触時間を変えて評価を行った結果、短時間で反応速度定数の温度依存性を評価する方法を確立した（図3-10）。

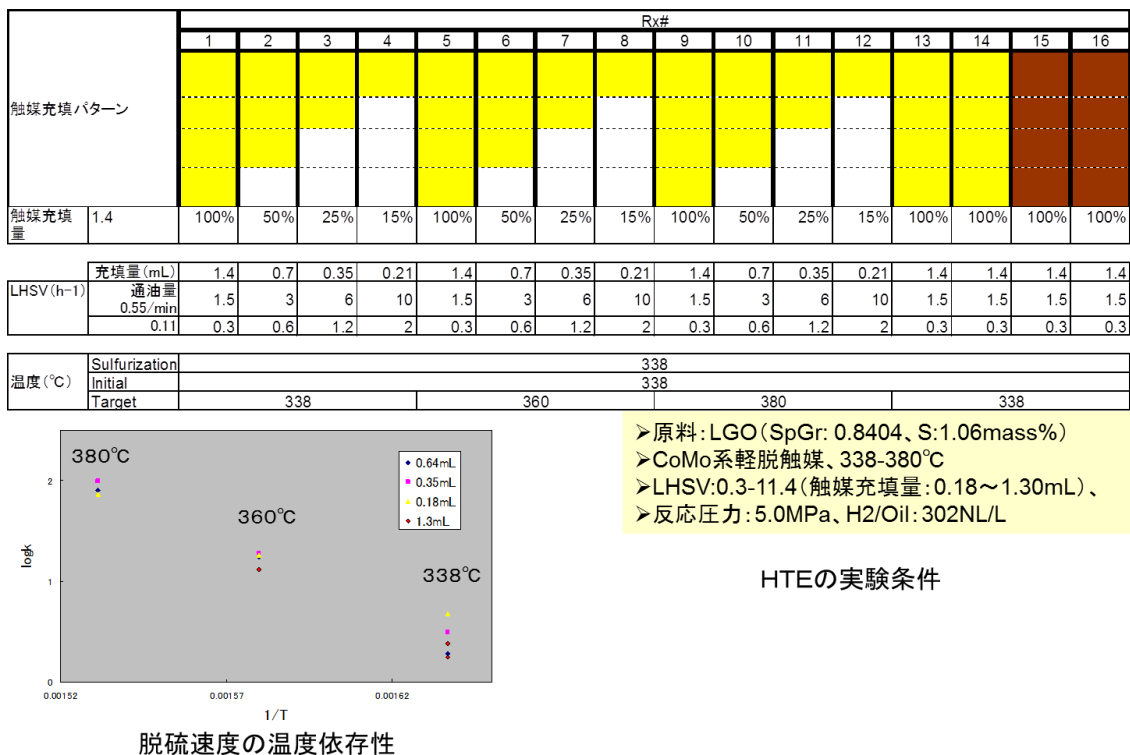


図3-10 高速反応装置を用いた脱硫反応解析評価法の確立

○分子反応解析手法の高度化

KMTを改良したJKMT（JPEC版KMT）では、分子反応解析を行うためのパラメータが充分備わっていない事が明らかとなり、必要なパラメータの抽出及びパラメータの獲得方法について検討した。その結果、反応速度定数の他、吸着／脱離平衡定数が重要である事が判り、グループ寄与法を活用する事で物理化学的パラメータが精度良く推算できた（図3-11）。今後、系統的にパラメータを導出し、より精度の高い分子反応解析手法として確立していく。

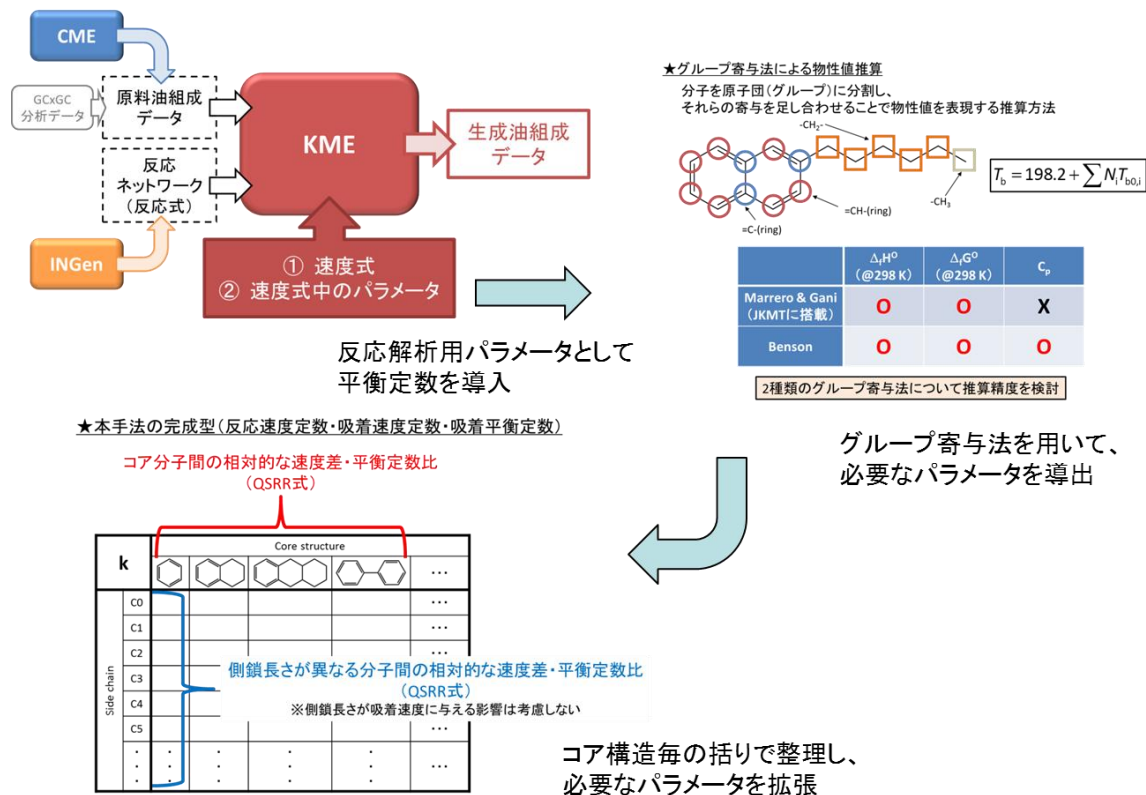


図 3 - 1 1 反応解析手法の高精度化方法のフロー

(3) ペトロインフォマティクスの構築

詳細組成構造解析技術及び分子反応モデリング技術は、いずれも膨大なデータを取り扱う事となる。また、当該技術を有機的に結びつけ、かつ製造現場や新たな技術開発課題の創造に活用できる情報に変換する技術が必要となる。

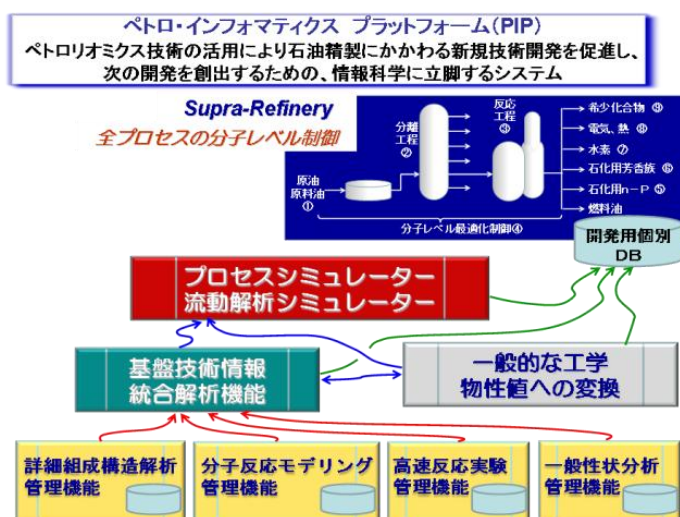


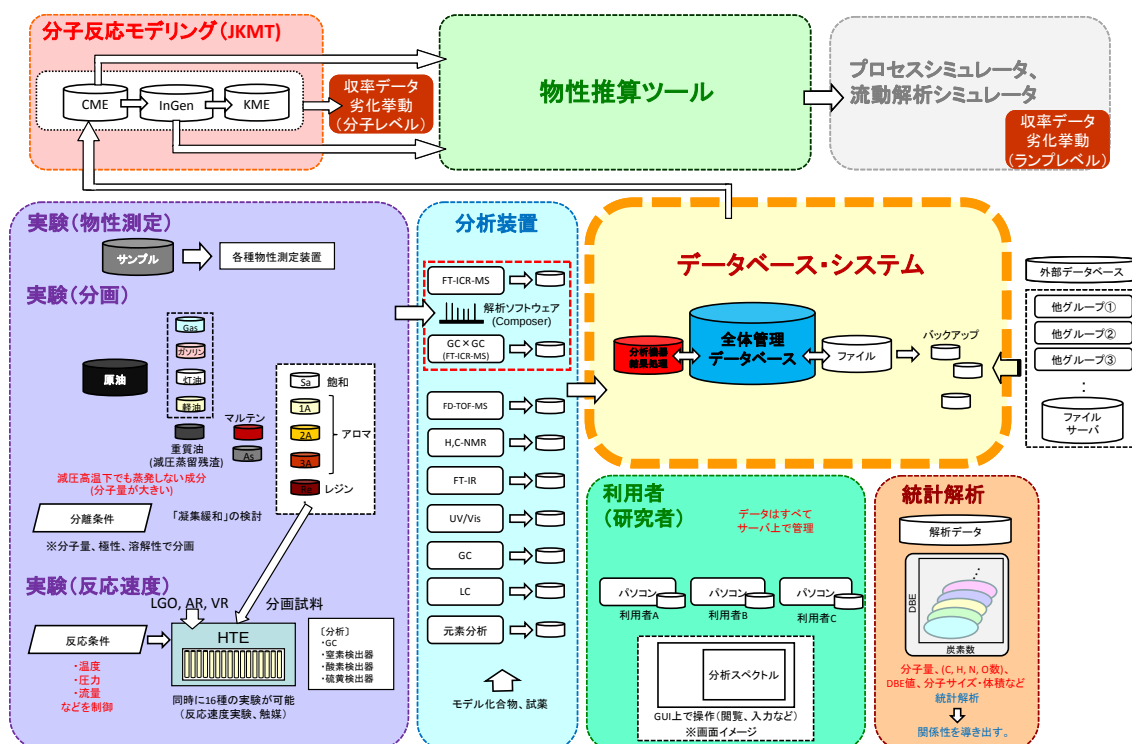
図 3 - 1 2 開発技術の全体図 (概要)

そこでペトロリオリクス技術として開発した個々の要素技術について、詳細に解析を行った情報をプロセス設計、運転管理及び新規触媒設計に必要な要素を保持したまま、現状のプロセス解析技術に展開できるように、ビッグデータを効果的に集約、展開する技術開発を行う。(図 3 - 1 2

現在までに得られた成果を以下にまとめる。

○ペトロインフォマティクス概念設計

ペトロインフォマティクスを①直脱反応場設計技術、②新規触媒設計技術、③アスファルテン凝集緩和プロセス技術に活用する事を前提として、必要機能を具体化した（図3-13）。



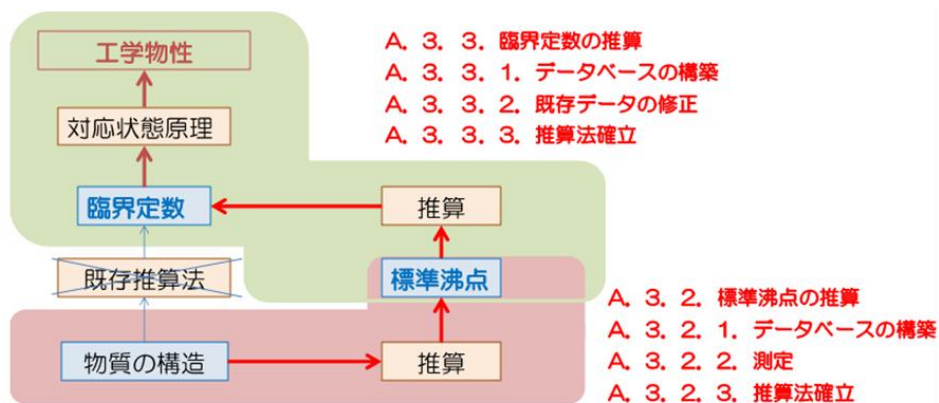
＜必要となる機能＞

- ・反応キネティクス、流動、相平衡の全てを考慮した総合的なシミュレーションができる。
- ・原料油性状と反応メカニズムに基づいて分子反応モデルを構築でき、最適な反応を実現するための方針を得ることができる(ボトルネック成分、主要反応パスの抽出)。
- ・分子構造に基づいて各種工学物性を高精度に推算でき、それを反応モデルに反映して活用できる。

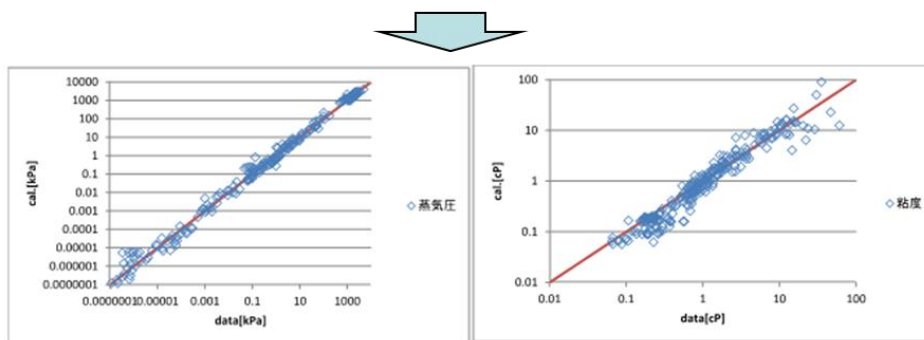
図3-13 ペトロインフォマティクスの概念と必要機能

○工学物性推算方法の開発

重質油に含まれる化合物においては、実測された物性値が殆ど存在しない。従って、物性を推算する技術を新たに開発する必要がある。本開発では、「臨界定数」を基に対応状態原理に基づき工学物性を推算する技術の開発を行った結果、粘度及び蒸気圧について実験データと整合性のある推算式を確立した（図3-14）。



工学物性推算技術の開発の流れ



工学物性推算結果(左:蒸気圧、右:粘度)
縦軸:計算値 横軸:実験データ値

図 3 - 1 4 工学物性推算手法の開発手順と推定結果

(4) アスファルテン凝集挙動解析技術

アスファルテンは蒸留残渣油に含まれ、残渣油中に分散状態で存在していると考えられている。その結果、重油脱硫装置や接触分解装置の触媒劣化や反応性低下など反応阻害物質として働く事が知られている。このアスファルテンを可溶化又は微分散させる事で重質油処理装置の性能を向上させる技術が必要となる。

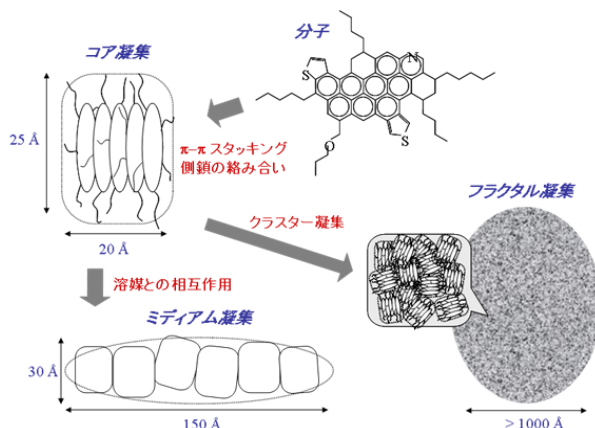


図 3 - 1 5 アスファルテンの階層構造

そこでアスファルテンの凝集状態を詳細に解析すると共にペトロリオミクス技術を複合的に活用する事で、アスファルテン凝集緩和等によるコーク前駆体生成抑制のための高度前処理技術の開発指針を提示する事を目的としてアスファ

ルテン凝集挙動解析技術開発を行う。(図 3 - 1 5)

現在までに得られた成果を以下にまとめる。

○ハンセン溶解度パラメータに基づくアスファルテンの凝集緩和挙動解析

ハンセン溶解度パラメータを用いて、アスファルテンと相性の良い／悪い溶媒の推定方法を検討し、実験データとの照合により同パラメータの有効性を確認する事で、アスファルテンの凝集緩和挙動を記述する方法を確立した（図 3－16）。

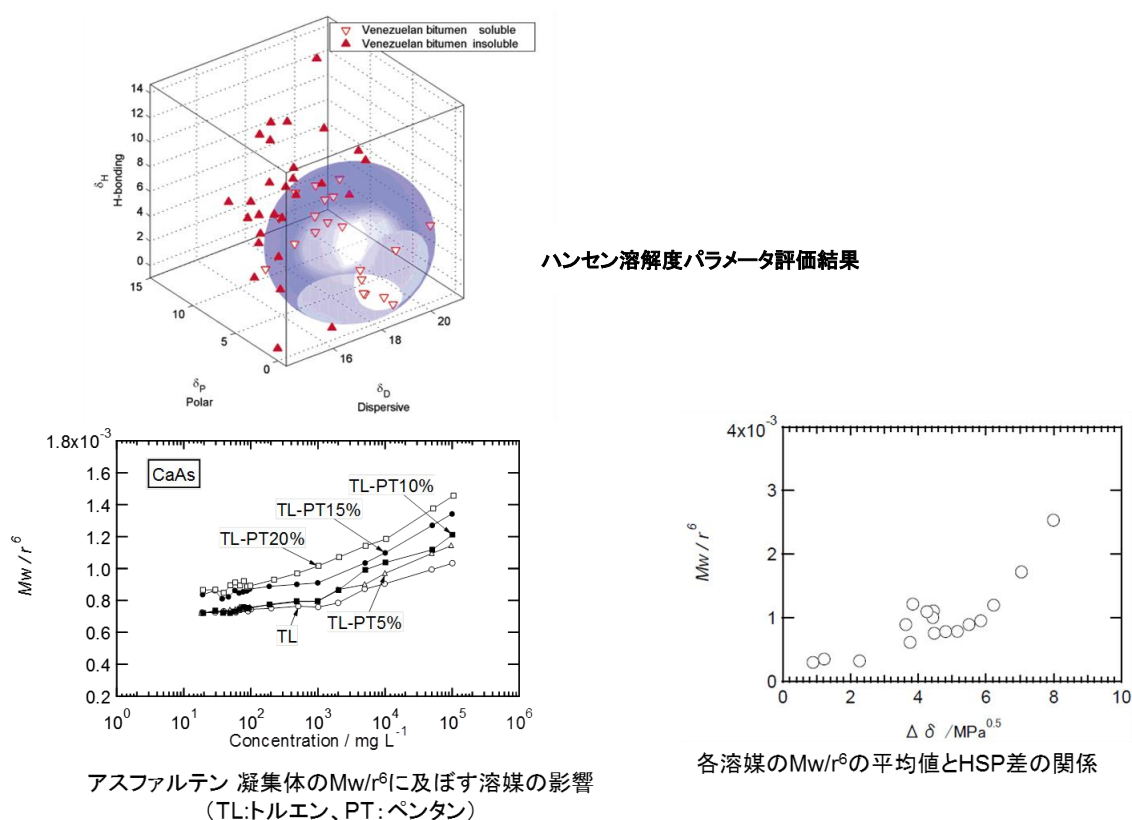


図 3－16 ハンセン溶解度パラメータによる凝集・緩和挙動解析法

○アスファルテン凝集緩和挙動を解析するモデルの構築

凝集度はアスファルテンと溶媒のハンセン溶解度差によって記述され、アスファルテン分子が単一構造を持つと仮定した凝集緩和モデルを構築中である。本モデルの妥当性を検証するため、XRD、NMR、光散乱等種々の分光手法及び分子動力学手法を用いた測定、解析を実施中である。

3-1-3-D 特許出願状況等

表 3-1. 特許・論文等件数

要素技術	論文数	論文の 被引用度数	特許等件数 (出願を含む)	特許権の 実施件数	ライセンス 供与数	取得ライ センス料	国際標準 への寄与
基盤技術 開発事業	2	0	1	0	0	0	0
実証化 事業	0	0	2	0	0	0	0
計	2	0	3	0	0	0	0

表 3-2 論文、投稿、発表、特許リスト

種別	題目・メディア等	時期
論文	Journal of the Japan Petroleum Institute 「Shape Analysis of Asphaltene Aggregate at 50 mg/L in Toluene, which is the Specific in Aggregation State」	未定
	Energy&Fuels 「Comparison of Hansen solubility parameter of asphaltenes extracted from bitumen produced in different geographical regions」	H25.10
投稿	エネルギーと動力「ペトロリオミクス技術開発について」	H25.2
発表	244th ACS National Meeting 「Detailed Compositions and Molecular Structures Analysis Using FT-ICR-MS for Basic Nitrogen Compounds Related to Desulfurization Catalysts for Heavy Oil」	H24.8
	石油学会 第 61 回研究発表会「石油精製技術の新潮流、ペトロリオミクス技術開発への挑戦」	H24.5
	第 4 2 回石油・石油化学討論会「アスファルテン凝集の高温 XRD 測定」	H24.10
	第 4 2 回石油・石油化学討論会「重質油水素化精製処理油の詳細組成構造解析」	H24.10
	インベンシス社主催 AIMSCI-ESSCOR User Forum 2012 「石油精製プロセスの技術ブレークスルー -20××年に向けて-」	H24.9
	第 42 回石油・石油化学討論会「溶媒希釈アスファルテンの可視光散乱挙動」	H24.10
	第 49 回 石炭科学会議「溶媒希釈アスファルテンのレイリー散	H24.10

	乱挙動」	
	化学工学会 第 18 回流動化・粒子シンポジウム「FCA (Fluid Catalytic Aromafoiming:流動接触芳香族製造) プロセスの開発」	H24. 11
	触媒学会 第 48 回触媒フォーラム「石油精製と化学の連携に関わるプロセス開発」	H24. 10
	The Second International on " Application of Nano-Geosciences in Petroleum Engineering" (NanoGeosience) 「Asphaltene Aggregation Study with High Temperature XRD Measurements」	H24. 11
	The Second International on " Application of Nano-Geosciences in Petroleum Engineering" (NanoGeosience) 「 Concentration-Specific Asphaltene Nanoaggregation in Toluene」	H24. 11
	石油学会 中四国支部講演会「FCA (Fluid Catalytic Aromafoiming) プロセスの開発 ～分解軽油を原料とした BTX 製造技術の開発～」	H24. 11
	石油学会 第 5 6 回年会「石油精製－石油化学の連携に資するプロセス開発」	H25. 5
	石油学会 第 4 3 回石油化学討論会「FCC 原料油性状が特率バランスに及ぼす影響」	H25. 11
	触媒学会 第 1 1 2 回触媒討論会「F C A (流動接触芳香族製造) プロセス開発の紹介」	H25. 9
	日本分析化学会第 6 2 年会「水素化脱硫触媒の劣化間こう解明に向けた触媒および原料油の精密分析」	H25. 9
	化学工学会 第 1 9 回流動化・粒子プロセッシングシンポジウム 「 F C A (流動接触芳香族製造) プロセスの開発」	H25. 11
	246th American Chemical Society National Meeting「Detailed Compositions and Molecular Structures Analysis using FT-ICR-MS related to Slurry Phase Hydrocracking for Heavy Oil」	H25. 9
	246th American Chemical Society National Meeting「EVALUATION OF CATALYST LOADING PROFILE FOR RESIDUE HYDRODESULFURIZATION BY HIGH THROUGHPUT EXPERIMENTATION」	H25. 9
	246th American Chemical Society National Meeting「MOLECULAR MODELING FOR HYDRODESULFURIZATION AND HYDROGENATION OF LIGHT GAS OIL」	H25. 9

	Petrophase2013 「 Concentration -Specific Asphaltene Nanoaggregation in Toluene」	H25. 6
	14th International Conference on Phase Behavior and Fouling 「 ASPHALTENE AGGREGATION ANALYSIS WITH DIFFRACTION MEASUREMENTS」	H25. 6
	14th International Conference on Phase Behavior and Fouling 「EVALUATION FOR SOLUBILITY OF ASPALTENE IN ORGANIC SOLVENTS USING HANSEN SOLUBILITY PARAMETER」	H25. 6
	石油学会 第43回石油・石油化学討論会「ハイスループット実験法を用いた残油水素化処理触媒の反応解析」	H25. 11
	石油学会 第43回石油・石油化学討論会「分子反応モデリング技術による軽油超深度脱硫モデルの構築」	H25. 11
	石油学会 第43回石油・石油化学討論会「High Throughput Screening Study of Residue Hydrotreating Catalyst Systems」	H25. 11
	石油学会 第43回石油・石油化学討論会「重質油のスラリー床水素化分解に関する詳細組成構造解析」	H25. 11
	石油学会 平成25年度精製講演会「ペトロリオミクス技術開発への取り組み」	H25. 10
	触媒学会 第112回触媒討論会「ペトロリオミクス技術開発への取り組み」	H25. 9
	石油学会 第43回石油・石油化学討論会「ランピングモデルの速度パラメーターの遺伝的アルゴリズムによる最適化」	H25. 11
	石油学会 第43回石油・石油化学討論会「シリカ膜によるC10炭化水素分離の検討」	H25. 11
	石油学会 第43回石油・石油化学討論会「アスファルテン凝集に及ぼす溶媒雰囲気の影響」	H25. 11
	石油学会 第43回石油・石油化学討論会「固体酸触媒と水素化触媒の共存による水素中でのアルキルナフタレンの脱アルキル化」	H25. 11
	第50回石炭科学会議「アスファルテン凝集に与える溶媒の影響」	H25. 10
特許	特開 2013-249385 重質油の水素化処理方法	H25. 12
	出願中（未公開）	H25. 4
	出願中（未公開）	H25. 9

3-2-D 目標の達成度

表 3-3. 目標に対する成果・達成度の一覧表

要素技術	目標・指標 (中間評価時点)	現在までの成果	中間目標 の達成度
(1) 重質油 の詳細組成構 造解析技術の 開発	・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。	・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 ・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 ・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 ・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	達成
(2) 分子反 応モデリング 技術の開発	・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。 ・高速反応評価装置を立ち上げ、反応モデリングに必要となる反応の速度定数を得ることができる技術を確立する。	・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 ・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。	達成

(3) ペトロインフォマティクスの構築	・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。	・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。	達成
(4) アスファルテン凝集挙動解析技術の確立	・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。 ・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。	・WAXS、NMR等、各実験手法において高温高圧条件下でアスファルテン凝集を測定可能な技術を開発し、評価に着手した。 ・アスファルテン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アスファルテン凝集度を定量的に記述できる新規モデルを構築した。	達成

4—D. 事業化、波及効果

4—1—D 事業化の見通し

基盤技術開発では、詳細組成構造解析技術、分子反応モデリング技術、ペトロインフォマティクスシステム構築等を複合的に組み合わせ、シミュレーション、プロセス改良、機器開発などの実用化技術に資する技術に作り上げる事を目標としている。現在、並行して実施している実証化事業においては、開発途上の基盤技術を活用し、重質油及び劣質油の分解や脱硫反応を分子レベルで反応制御することにより、様々な実用に向けた技術開発を完成して、重質油利用の付加価値を向上させる検討を実施している。重質油分解プロセスの高度化技術開発では、実装置や実験室規模での開発触媒の活性評価、安定性評価の結果を踏まえ、実装置への技術の採用、商業化を目指す。新規重質油分解・有用化プロセス技術では、実験室規模での基礎検討、基本設計を完了し、プロセス確立を行い、経済性も精査しつつ事業化を目指す。

主たる実証化事業では、以下を目的として事業化に結び付けるべく技術開発を推進している。

【重質油分解プロセスの高度化技術開発】

(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

重質油を分解して高硫黄重油を低減する為に、①アスファルテンの凝集を緩和できる高度前処理技術、②劣化耐性に優れた重油脱硫触媒システム及び③分解反応性を飛躍的に向上させるR F C C原料供給装置と触媒の改良を最適に組合せた高度精製プロセス技術を開発する。本技術開発により、重質な減圧残油（A P I 10～20）および更に重質な超重質重油（A P I 10以下）を処理できる精製プロセス技術を確立し、実装置での高硫黄重油総生産量の30%以上を低減可能とする。また、本開発の経済性が十分に確認される事で、他装置への水平展開や企業化に向けて展開する予定である。

(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

重質原油等に由来する難反応性原料を水素化処理すると触媒活性が急速に低下する。原料油及び触媒吸着物質について詳細組成構造解析による被毒物質の絞り込みと分子反応モデリング技術による被毒物質が触媒活性低下に影響を与える過程を分子レベルで解明することにより、最適処理方法の指針を得ると共に、本指針に基づき難反応性原料の最適処理技術を開発する。劣化触媒の状態・構造を解明する精密分析技術、およびペトロリオミクス技術等を活用した原料中の活性低下原因物質の分子構造を解明する精密分析技術を確立するとともに、ペトロリオミクス技術等を活用した原料供給工程・反応工程の最適指針

を確立することができる。

実証化事業の個別要素技術成果

(1) 重質油分解プロセスの高度化技術開発

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

劣質な重質油を有用な燃料油に効率的に転換するためには、前処理装置である重油脱硫装置での触媒劣化、重油流動接触分解（R F C C）装置における分解反応性低下といった問題を克服することが鍵となる。

そこでペトロリオミクス技術を複合的に活用し、①アスファルテン凝集緩和等によるコーク前駆体生成抑制のための高度前処理技術開発、②低温高活性、劣化耐性に優れた残油脱硫プロセス技術、及び③重質油留分の分解反応性を飛躍的に向上させるR F C Cプロセス技術開発、の3つの技術を適切に組合せた重質油分解プロセス技術開発を行う（図4－1）。

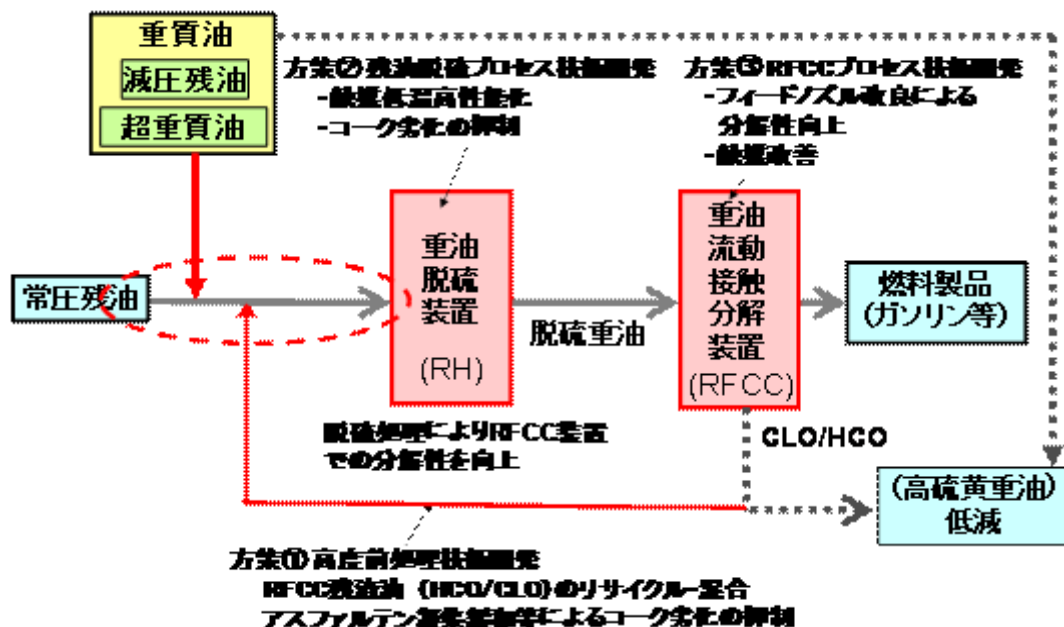


図4－1 開発技術のイメージ

現在までに得られた成果を以下にまとめる。

○最適原料性状の把握とアスファルテン凝集緩和等による

コーク前駆体生成抑制

凝集緩和剤（3～5環を多く含むR F C C渣油）を重質油に添加することにより、アスファルテンの凝集緩和が起こることを確認するとともに、凝集緩和剤添加量の効果を把握した（図4－2）。このアスファルテン凝集緩和等のペトロリオミクス技術を活用し、重質油の処理比率が高いほど高度前処理効果が大きく、残油脱硫触媒の触媒劣化を抑制できることを見出した。（図4－3 a、

図 4－3 b)

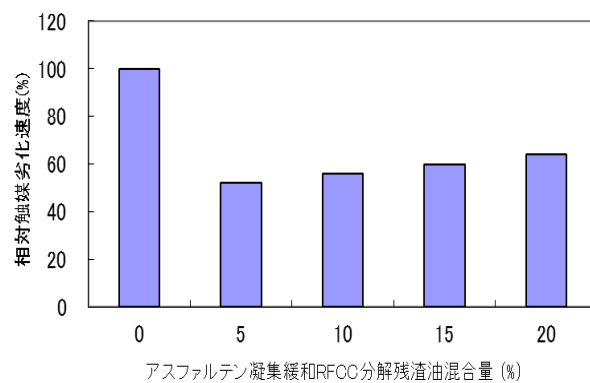


図 4－2 アスファルテン凝集緩和剤の添加効果

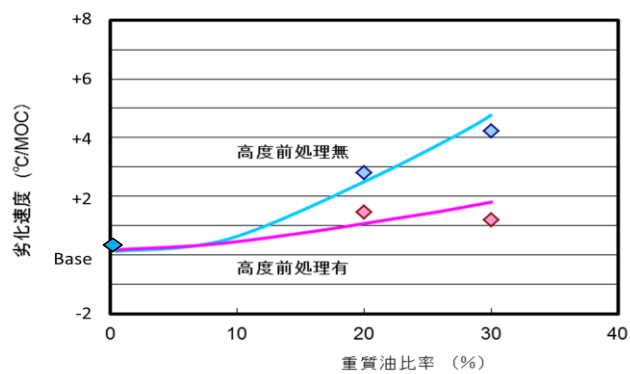


図 4－3 a, 減圧残油処理における高度前処理の劣化抑制効果

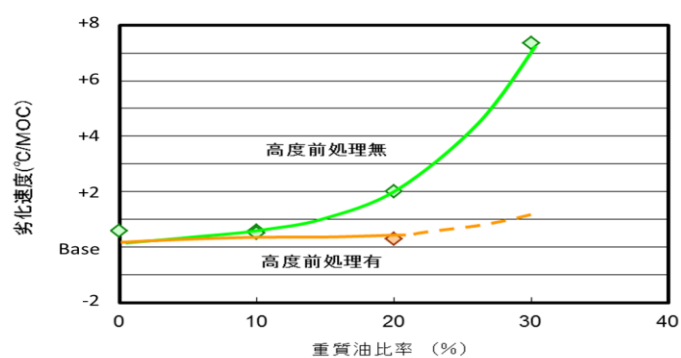


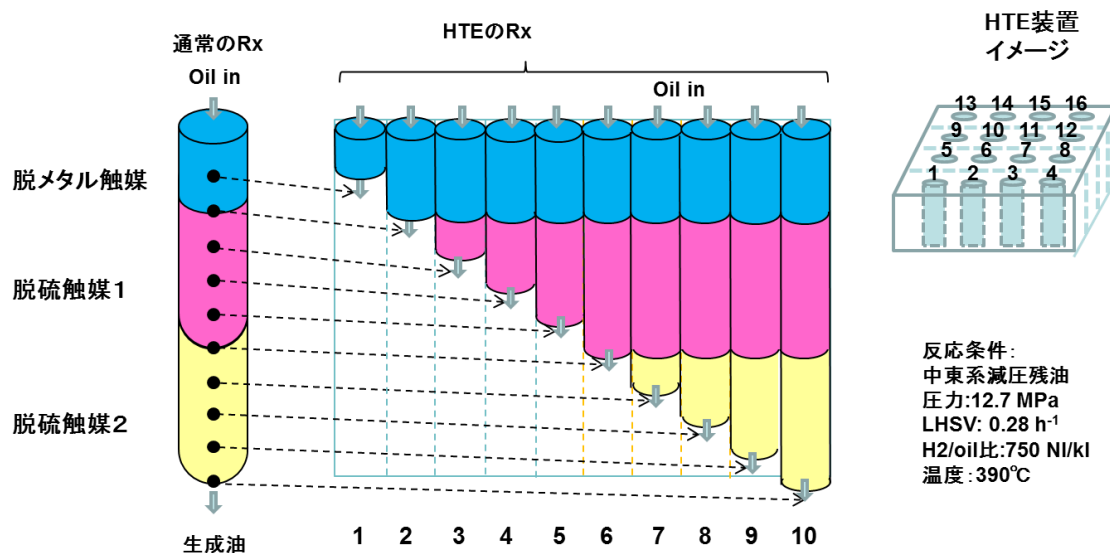
図 4－3 b 超重質油処理における高度前処理の劣化抑制効果

○減圧残油処理用高度前処理装置の検証試運転

劣化速度の抑制を確認し、重質油処理を10%増大しても劣化が維持できる可能性を見出した。又、ペトロリオミクスからの仮説に基づき、窒素化合物に

よる被毒緩和を目的にチタン添加触媒を用いた触媒システムを構築し、検証運転に向けた準備と長期の性能試験を実施した。(図4-4、図4-5)

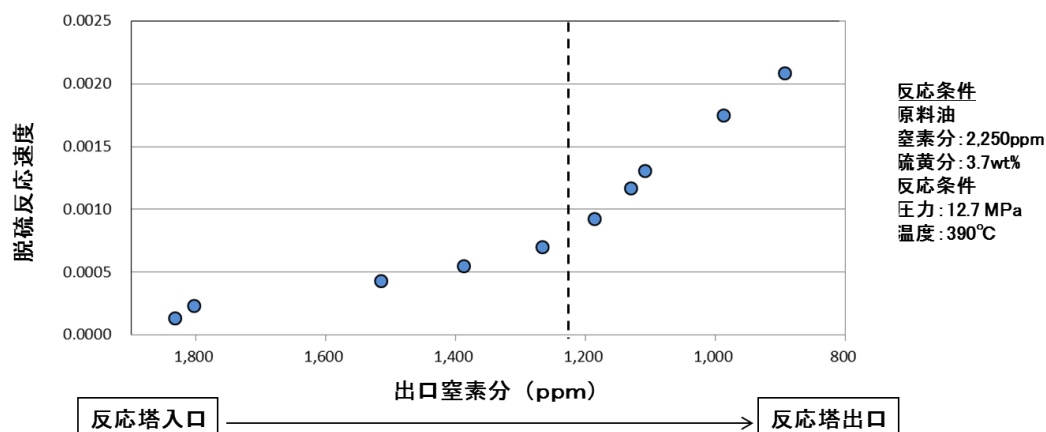
迅速触媒評価装置(HTE)を用いた実験概要 (基盤研との共同検討結果)



触媒充填量を徐々に変化した10本の反応管に一定量の原料を通油して、出口の硫黄分と窒素分の関係を調べた

図4-4 触媒充填パターンの変化

講速触媒評価装置(HTE)を用いた実験概要 (基盤研との共同検討結果)



結果: 生成油窒素分があるレベル以下(1,200ppm)になると、脱硫反応速度が改善される傾向が見られた
⇒S, Nタイプ別詳細解析等により、さらなる窒素被毒の影響を解析していく

図4-5 生成油窒素分と脱硫反応速度の関係

ORFCCプロセス技術開発

RFCCプロセス技術開発では、流動解析を用いてせん断型のフィードノズルの噴射角度の影響を確認するとともに、ライザー内でも新規フィードノズルが触媒と原料油の接触効率改善に効果があることを確認した。

減圧残油処理用のR F C C触媒の検討では、メソ細孔を増加することで有望な触媒を得たため、実機でのテスト投入を行い、実用上問題ないことを確認した。

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

劣重質原油等を起源とする難反応性原料の処理技術には未解明部分があり、反応機構も明確にされていない。その中で、常圧蒸留、減圧蒸留により得られる難反応性原料を直接・間接脱硫処理する際に分解生成する軽油留分あるいはこの留分を接触分解したものを軽油脱硫装置で処理すると触媒活性が急速に低下するため、脱硫処理が大幅に制限され、長期間連続運転可能な技術開発が必要とされている。

そのために、長期間連続運転を可能するためには触媒の活性低下（劣化）機構を分子レベルで解明し、その知見を活用して最適な条件で重質原料油等を処理する技術開発を行う。
(図4-6)

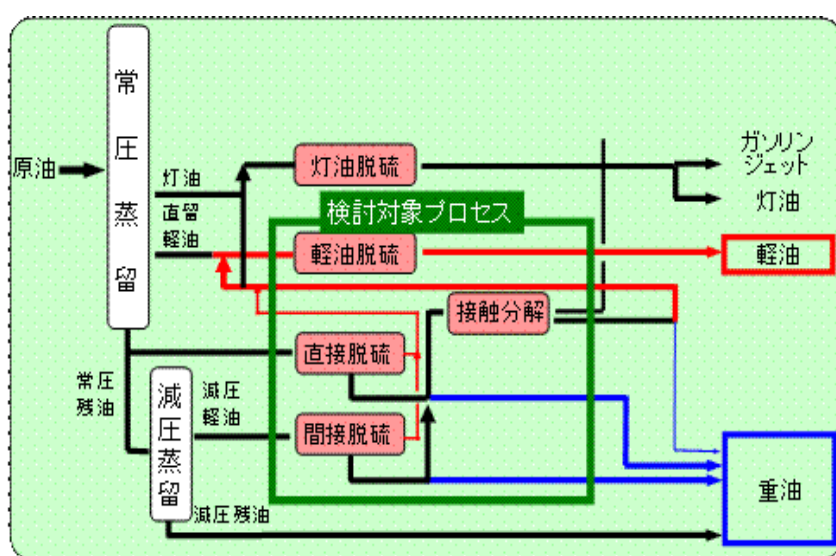


図4-6 開発技術のフロー

現在までに得られた成果を以下にまとめる。

○異なる分解軽油を混合した原料油を用いた初期活性評価

初期活性評価において、昨年度実施した予備検討と同様の結果が得られるとともに、他の分解軽油においては、塩基性N分の増加に伴ってS8質量ppm採取温度が上昇する（活性が低下する）傾向があることが明らかになった（図4-7）

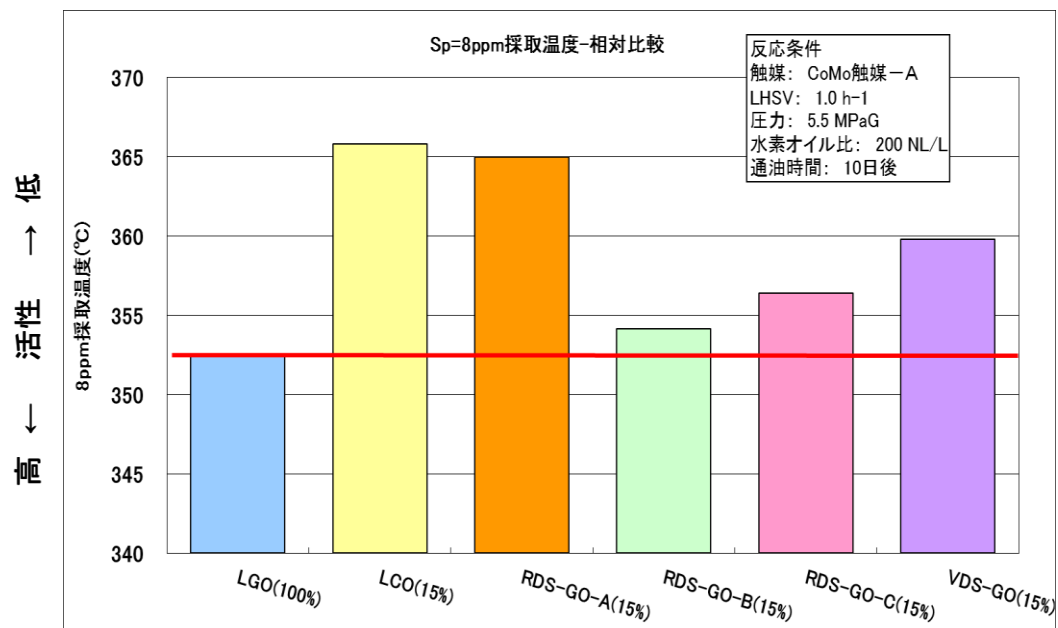


図 4 - 7 初期活性評価

○寿命評価と原料切り替えについて

高アロマ原料油が高塩基性N原料油に対して劣化速度が速いことが明らかになった。さらに、原料油切替え実験においては、高アロマ原料油通油における劣化速度は、反応初期から高アロマ原料油を通油した場合より、遅い傾向を確認した（図 4 - 8）。

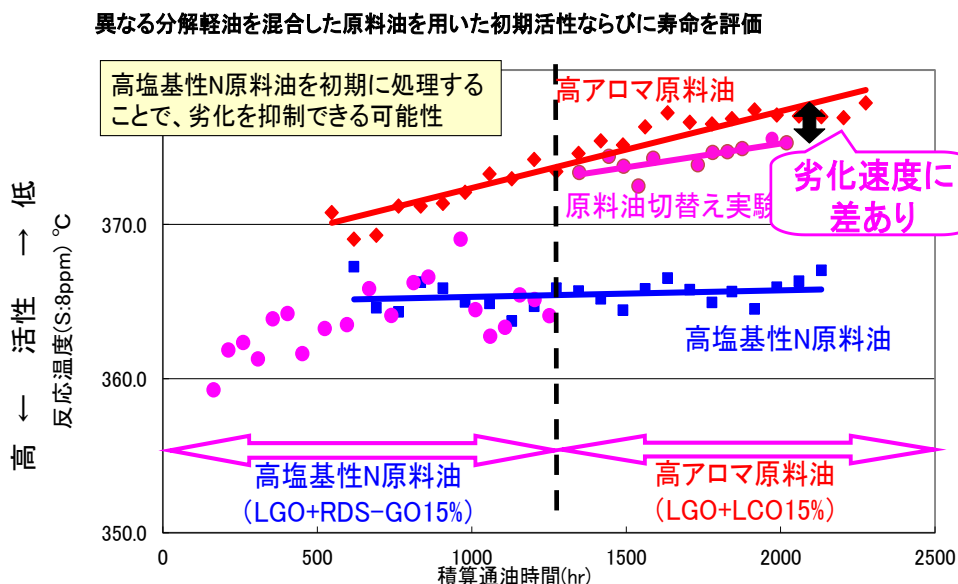


図 4 - 8 寿命評価と原料切り替え

○評価法の開発等

触媒活性低下物質（塩基性N分）を原料油に選択的に混合した反応実験では、高アロマ原料油および高塩基性N原料油について寿命評価した触媒の断面を分析し、両触媒の断面における金属の分布状態は大差ないことがわかった。但し、劣因子推定の推定まではいたっていない。

また、触媒上コークの詳細な状態、構造を分析する手法（固体のNMRなど）を確立し、堆積コークは高塩基性N原料油処理触媒が高アロマ原料油処理触媒より乱れた構造であると推定した。これにより、固体のNMRなどの分析手法は立案した仮説を検証する手段として有効との感触を得た。

4－2－D 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。

以上の実現に向けて、現事業（平成23～27年度）を第一期とし、第三期実証事業（概ね、平成31～35年度）までを視野に入れた構想を練っている（図4－9、図4－10）。

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

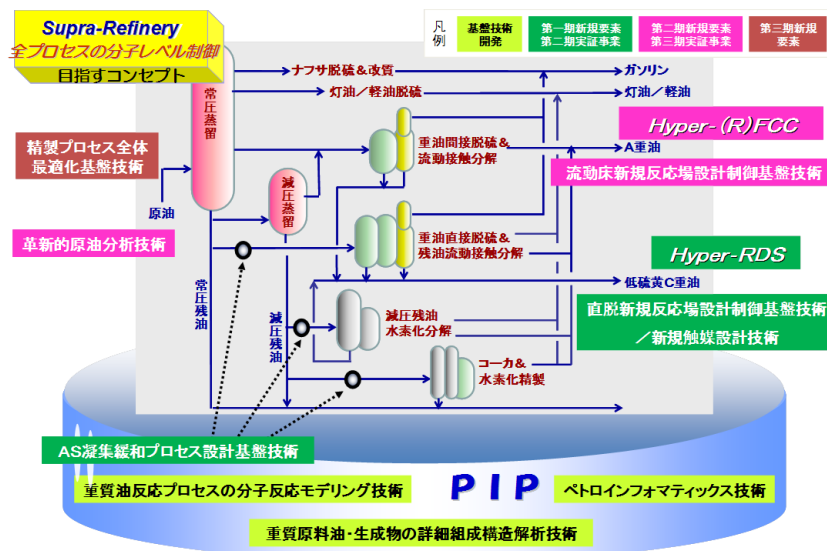


図4-9 ペトロリオミクス技術活用の長期ビジョン

競争力向上への貢献と技術開発のイメージ

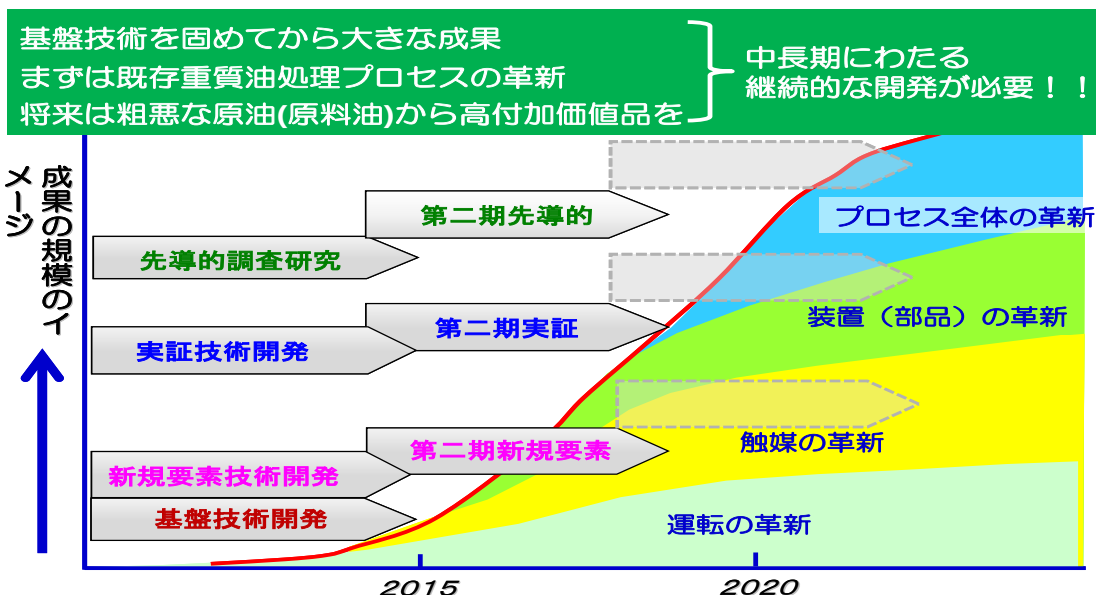


図4-10 競争力向上への貢献と技術開発のイメージ

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（図4-11）。

（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（図4-12）。

各技術領域における開発技術シーズ

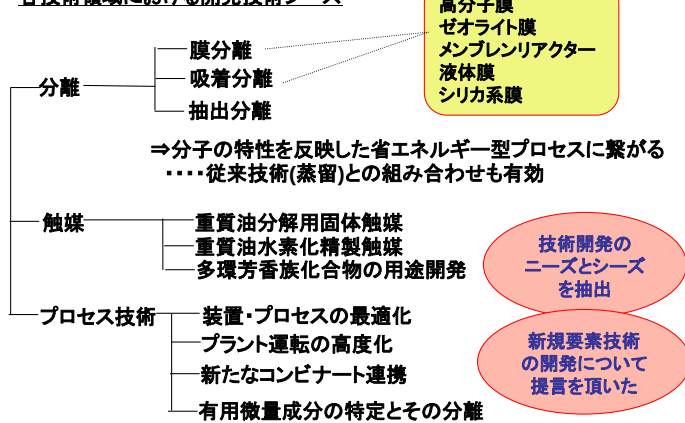


図4-11 開発技術シーズの構成

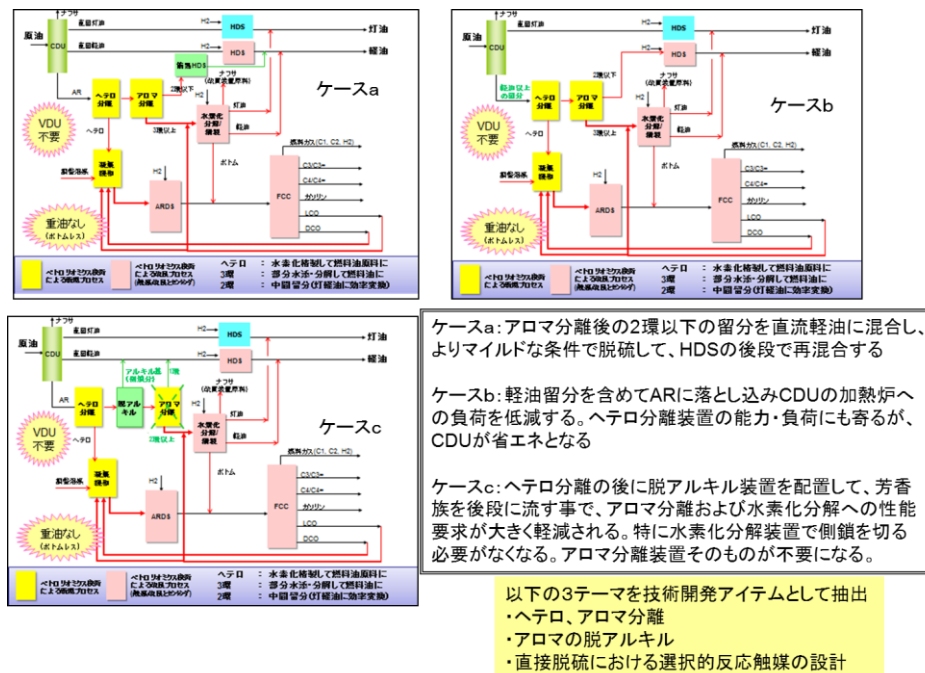


図4-12 新規要素技術開発実現後に想定されるフロー図のケーススタディ

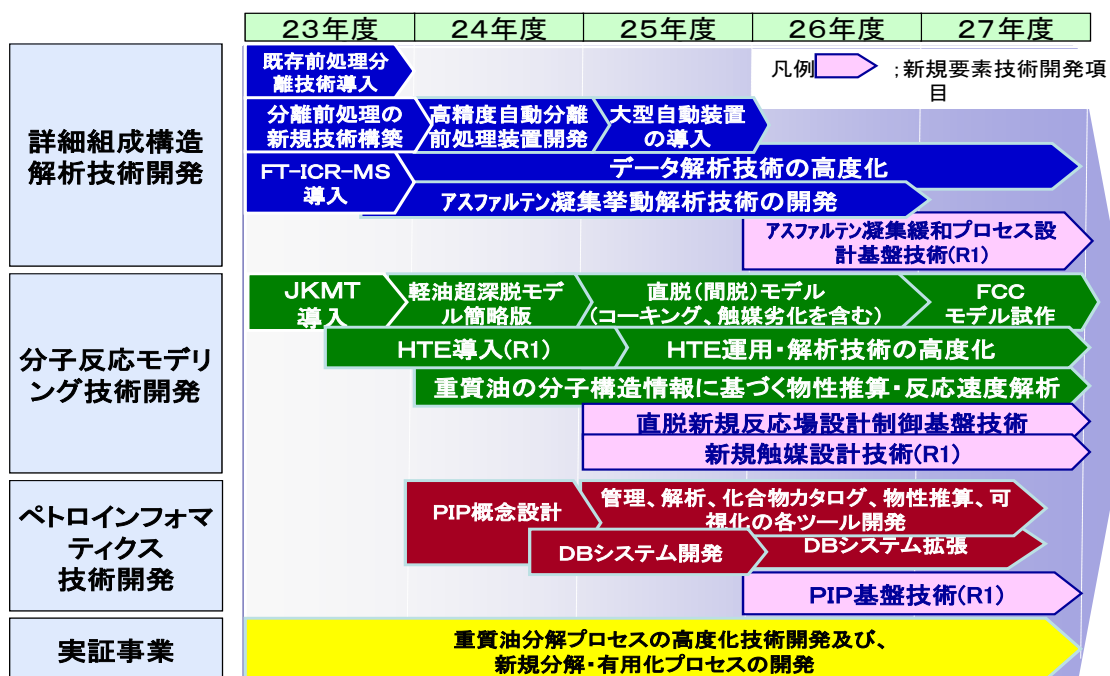
5-D. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等

5-1-D 研究開発計画

表5-1に平成23年度から平成27年度までの5年間の研究開発計画を示す。5年間のうち、前半期間においては個々の要素技術開発に注力し、基盤技術の基礎を確立すると共に適用技術の見極めを行う。後半期間においては開発した個々の要素技術を融合させると共に新規要素技術を組み合わせ、実証化に繋がる技術として技術を完成させる。また、並行して、実証化事業と密に連携を取り、開発した基盤技術の有効性を検証する計画となっている（表5-1）。

現時点まで当初計画通り研究開発が進行している。

表5-1 研究開発計画



5-2-D 研究開発実施者の実施体制・運営

本研究開発は、一般財団法人石油産業活性化センター（JPEC）が経済産業省からの委託及び補助を受けて実施している。（平成25年度は公募による選定審査手続きを経て実施している。）

研究開発の実施に当たっては、JPEC技術企画部長がプロジェクトリーダーとして研究開発を統括した。

また本事業では、極めて高いハードルの技術開発の目標を達成するため、産学官の専門家12団体と共同研究を実施すると共に、目的別に3つのWGを構成し、年3回の討議の場を設け、相互の技術のブラッシュアップを図っている。

一方、研究成果の評価や進捗確認を行うため、当該専門分野の最先端研究者

である大学、公的研究機関、民間会社における専門家並びに有識者からなる委員会を設置し、定期的な討議を実施している。事業全体の成果や進捗確認は技術評価小委員会（年2回開催）、個々の事業（基盤技術開発事業及び実証化事業）の成果や進捗確認は3つの技術研究会（年3回開催）をJPECが主催し、適切な指導、助言及び技術開発目標に対する到達度、進捗管理等を実施している。

更に、基盤技術開発事業と実証化事業に関わる研究室間の技術検討会を随時開催し、技術情報交換及び技術課題の共有化を踏まえた課題解決策の検討及び実行計画の策定、検討結果の再討議を行い、委員会及び研究会にて委員の方々から頂いた指導、助言を技術開発に活かしている。

図5－1に本事業の実施体制を示す。各研究室は、後述する技術小委員会及び3つの個別研究会の助言・指導を受け、目標達成に向け効率的に技術開発を実施した。また、複数の研究室による共同研究の形態をとる個別要素分野もあり、適切な研究従事者の配置、関係者間の十分な連携を確保した。又、事業連携に尽力してもらっている参加会社および共同研究機関も後述する。

【研究開発実施体制】

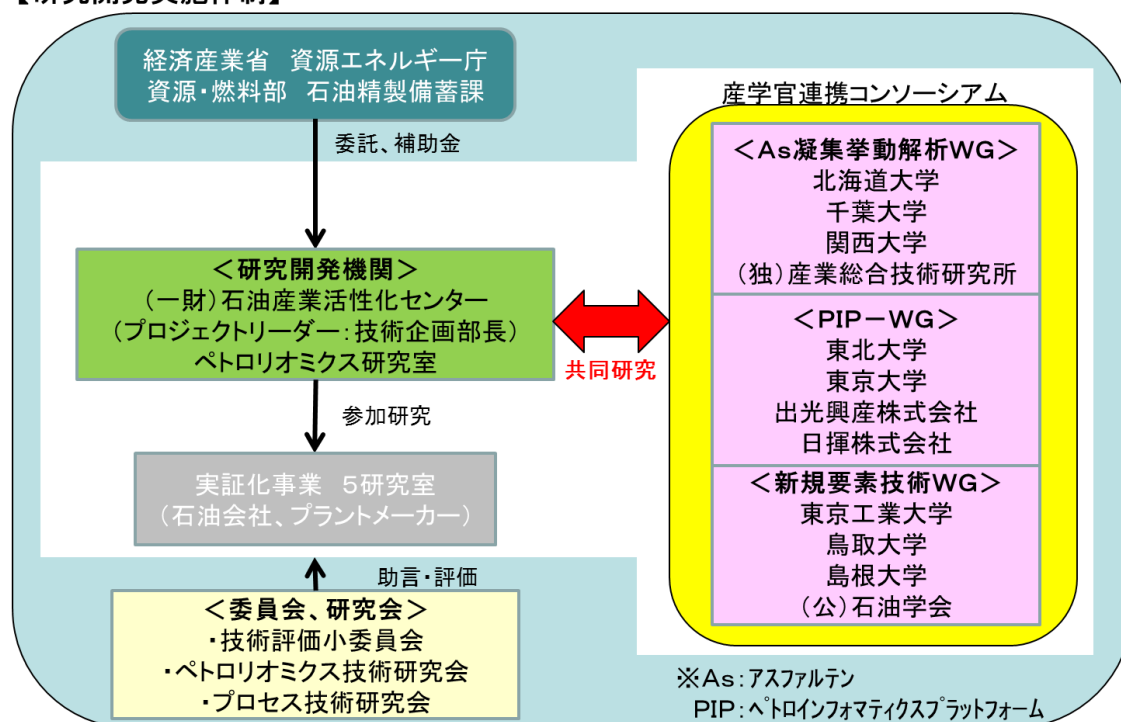


図5－1 研究開発実施体制

「重質油等高度対応処理技術評価小委員会」

委員長	御園生 誠	東京大学 名誉教授
委員	山田 宗慶	秋田工業高等専門学校 校長
委員	菊地 英一	早稲田大学 名誉教授
委員	斎藤 郁夫	独立行政法人 産業技術総合研究所 テクニカルスタッフ
委員	藤間 銀治郎	千代田化工建設株式会社 技術部門フェロー
委員	猪俣 誠	日揮株式会社 技術開発本部本部長代行
委員	阿尻 雅文	東北大学 原子分子材料科学高等研究機構 教授

「ペトロリオミクス技術研究会」

委員長	阿尻 雅文	東北大学 原子分子材料科学高等研究機構 教授
委員	志村 光則	千代田化工建設株式会社 技術開発本部 本部長代行
委員	鷹觜 利公	産業技術総合研究所 つくばセンター エネルギー 技術研究部門新燃料グループグループ長
委員	則永 行庸	九州大学 先導物質化学研究所 准教授

「プロセス技術研究会(1)」

委員長	菊地 英一	早稲田大学 名誉教授
委員	永松 茂樹	日揮株式会社 技術開発本部 技術開発部 部長
委員	富重 圭一	東北大学 大学院工学研究科応用化学専攻 教授
委員	鷹觜 利公	産業技術総合研究所 つくばセンター エネルギー技術研究部門新燃料グループグループ長

「プロセス技術研究会(2)」

委員長	斎藤 郁夫	独立行政法人 産業技術総合研究所 テクニカルスタッフ
委員	馬場 俊秀	東京工業大学 大学院総合理工学研究科 化学環境学専攻 教授
委員	塚田 隆夫	東北大学 大学院工学研究科化学工学専攻 教授
委員	則永 行庸	九州大学 先導物質化学研究所 准教授

「参加機関(基盤事業)」

独立行政法人産業技術総合研究所

:重質油の詳細組成構造解析支援プログラム開発と凝集挙動解析技術
に関する研究開発

国立大学法人北海道大学

:アスファルテン凝集挙動解析技術の開発(NMR解析)

学校法人関西大学

:アスファルテン凝集挙動解析技術の開発
(組成・構造物性と凝集度の相関整理)

国立大学法人東京大学

:重質油プロセスシステム設計技術の開発

出光興産株式会社

:工学物性推算技術の開発

社団法人石油学会

:新規要素技術の調査

国立大学法人千葉大学

:アスファルテン凝集挙動解析技術の開発(X線回折)

国立大学法人東北大学

:重質油の表面張力の測定および構成成分との相関の解明
:重質油＋溶媒混合系の相平衡の測定と構成成分との相関の解明

国立大学法人鳥取大学

:アルキル多環芳香族の分解・分離のための触媒プロセス開発

国立大学法人島根大学

:重質油水素化精製触媒技術の開発

国立大学法人東京工業大学

:分子構造を反映した抽出分離法の開発

「参加会社(実証事業)」

JX 日鉱日石エネルギー(株)

: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

:分解軽油等新規アップグレーディングプロセスの開発

出光興産(株)

: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

コスモ石油(株)

:超重質油処理のための高度残油分解プロセス技術開発

千代田化工建設(株)

:超重質油（オイルサンド）等の分解有用化技術開発

(株)神戸製鋼所

:超重質油（オイルサンド）等の分解有用化技術開発

5-3-D 資金配分

本事業における事業費推移を表5-2に示す。本事業においては、基盤技術開発事業を主軸としている。初年度である平成23年度は、基盤技術開発事業の研究母体を石油エネルギー技術センター・石油基盤技術研究所内に立ち上げる時期に当り、資金配分は実証化事業に厚く配分したものの、平成24年度以降は基盤技術開発と実証化事業をほぼ同額で配分した。

なお、実証化事業では、複数の参加企業が研究室を立ち上げているが、「4. 事業化、波及効果について」に述べた、『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』の事業において、実際の製油所設備（2ヶ所）を用いた研究成果の検証を行う計画を立てており、実証化事業の資金の約2/3を集中配分している。

開発したペトロリオミクス技術を実証化事業での検証に繋げ、成果を目に見える形にするためには、限られた資金を基盤技術開発事業と実証化事業への配分のみならず、実証化事業内においてメリハリのある予算運用を図っている。

表5-2 資金年度配分（25年度は当初予算を示す）（単位：百万円）

年度 平成	23	24	25	合計
基盤技術開発事業	470	700	680	1,850
実証化事業	745	750	968	2,463
合計	1,215	1,450	1,648	4,313

5－4－D 費用対効果

本事業は、石油に含まれる成分を分子レベルで解析、評価するペトロリオミクス技術開発を主眼としており、当該技術の有効性を実証化事業にて検証する構成を取っている。

足下での費用配分は、基盤技術開発に対して、実証化技術開発にやや多く振り分けているが、実証化技術においては実験室レベルのみならず、「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」においては、2製油所の実装置に改良を加え、実証研究を進めている事による。

現時点では、実証化事業も検証の途上であり、事業費用に対しどの程度の効果をあげることができたのかを定量的に算出することは極めて難しいが、触媒寿命延長及び分解得率の向上など効果が期待できる成果も出つつある。

当該事業の終了時において、基盤技術開発で掲げる目標を達成する事で、原油の価値評価や個々の製油所の運転管理指針への反映が可能となる事も併せると、国内の製油所の競争力強化のみならず、アジアや産油国との連携強化を図る際の技術支援の一アイテムとして活用する事により、我が国のステータス向上に繋げる事で多大な効果を生み出すものと考えられる。

5－5－D 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。

本技術開発事業は、原油の重質化、供給源の多様化や国内石油製品需要の白油化、重油需要の減少が加速している状況に対応するために、重質油を分子レベル化合物の詳細を解明すると共に、個々の化合物の反応性を詳細に解析し、現行のシミュレータ等で活用できる基盤技術を構築する事により、従来とは異なる視点で重質油やオイルサンド等の非在来型原油を分解して、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に繋げる事を目的として、平成23年度から5年間の予定で研究開発を実施している。

現在まで研究開発は順調に進められ、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。今後、残された期間で基盤技術の融合による実証化技術への活用方法の具体化と現在着手している実証化事業の検討を進めることにより、最終目標の達成が見込まれ、将来の事業化への期待も極めて大きい。

本事業の成果は今後も予想される石油価格の高騰、世界における資源獲得競争の激化等に伴うエネルギー供給不安に対して、産油国との関係強化、競争力強化に寄与することで、エネルギーセキュリティに資するものとして大いに期待される。

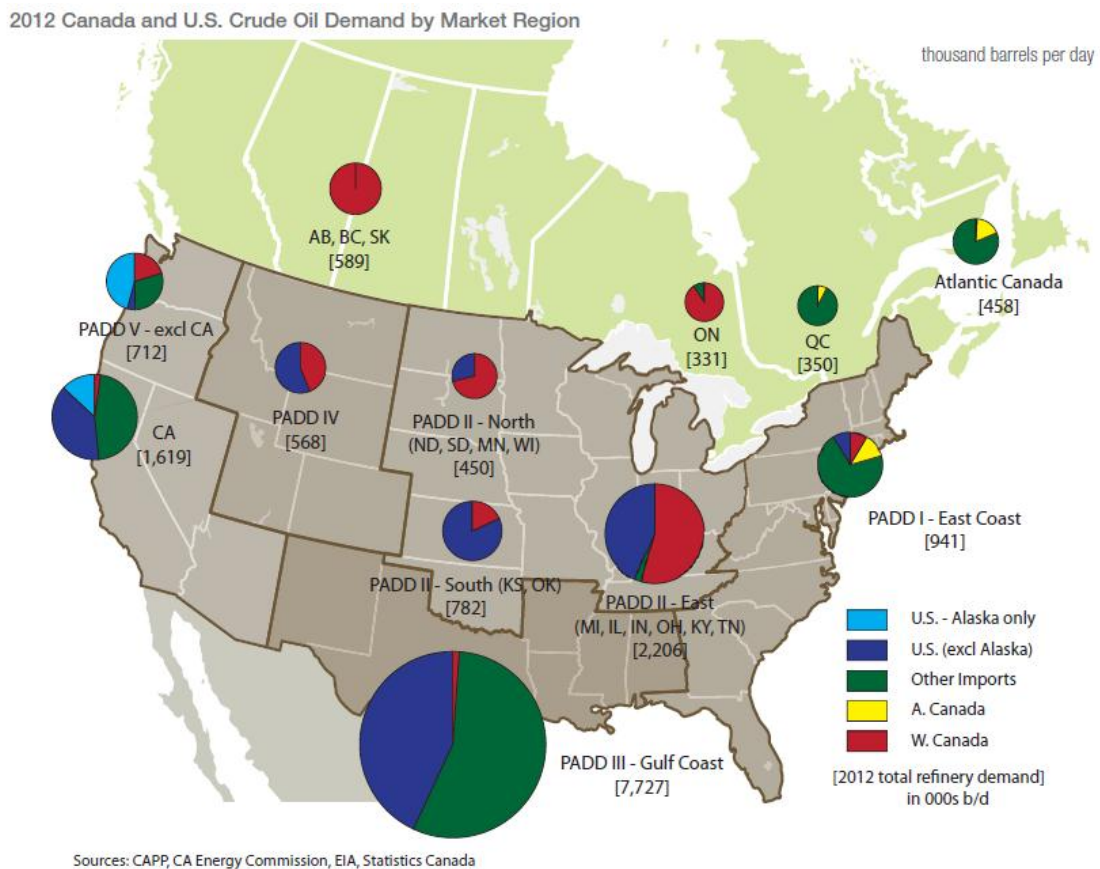
＜参考資料：「北米を中心とするシェールガス、シェールオイルの最新動向とその影響」平成25年度JPEC技術開発・調査事業成果発表会報告～ 一部抜粋 ～（平成25年7月11日）＞

3. 北米石油精製産業へのシェールの影響

3. - 1 シェールオイルの増産が北米の原油処理パターンに変革を迫っている

シェールオイル増産は、北米の原油フロー、需給バランス、価格決定力学に多大な影響を与えつつある。一つには、軽質低硫黄のシェールオイル増産が米国PADD 毎の原油需給のミスマッチを起こしていること。具体的にはPADD II（中西部）、III（メキシコ湾岸）、IV（ロッキー山脈）は軽質原油が過剰供給となり、製油所の原油フィード等を更に調整する必要があること。これには時間を要しそうである。また、PADD I（東海岸）は、バッケンシェールオイルの受け入れインフラ整備が進みつつあり、今後国内の軽質低硫黄原油の価格を決定する重要な市場となる可能性が高い。

＜北米の地域別原油需要＞



（出所：CAPP、EIA、他）

3. - 2 製油所の原油ニーズと入手可能原油のミスマッチをブレンドिंगで解決できるか？

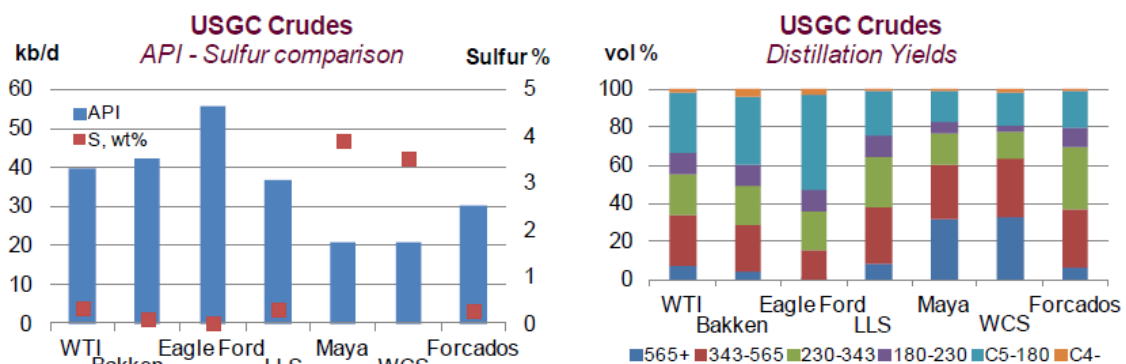
地域毎、企業毎、製油所毎に事情が異なるため、シェールオイルのような軽質低硫黄原油の大量流入への対応は、必ずしも一律ではない。対応の代表的なパターンとしては以下がある。

- 1) これまで輸入してきた軽質原油をシェールオイルと入れ替える。
- 2) 既存の設備を改良、又は軽質原油処理のため追加の設備投資をする。
- 3) 軽質シェールオイルと重質原油を混合して当該製油所処理に適したブレンド原油を作る。

1) は、高価なブレントリンクのアフリカ原油輸入に替えて、国内の安価なバッケンシェールオイル受け入れのインフラ整備を進めるPADD I が該当する。

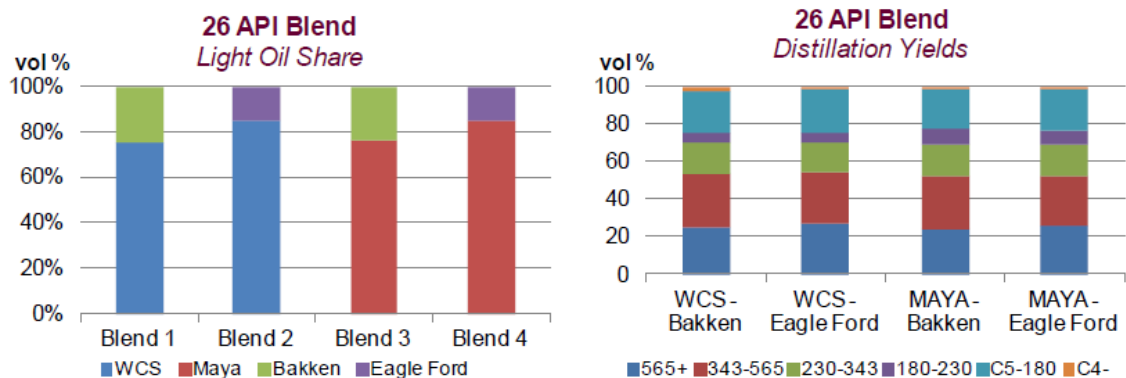
2) は、バッケンシェールオイル処理のための小規模製油所、Dakota Prairie Ref. (投資額3 億ドル) やTrenton Diesel Ref. (投資額2 億ドル) 建設計画があるPADD II、イーグルフォードからのシェールオイルやコンデンセート进行处理するためバレロやシェブロン・フィリップス・ケミカル等が計画する軽質原油、コンデンセートの処理能力増強プロジェクトがあるPADD III が該当する。

3) はバッケンやイーグルフォードのシェールオイルとWCS (Western Canadian Select : カナダ産の重質原油) やマヤ (メキシコ産の重質原油) 等の混合で、例えばANS (Alaskan North Slope : アラスカの中質原油) 並みの中質原油を作ること検討する試み。ただ、当然ながら下図が示すように、シェールオイルや他の軽質原油とWCS、マヤ等の重質原油では、API、硫黄、蒸留得率が全く異なることが分かる。



(出所 : IEA、2013 MTOMR)

実際にシェールオイルと重質の原油をブレンドして作った中質原油は、同程度のAPI の原油と比べて、C 5より軽い成分や重油等重い成分の得率が高くなる傾向がある。すなわち、ディーゼルやジェットといった中間留分の得率が低くなる傾向があり、製油所のマージン確保が難しくなるといった問題も指摘されている。これは、元々輸入軽質原油と比べてシェールオイルの性状は中間留分が少ないことに起因すると考えられる。



(出所：IEA、2013 MTOMR)

米国では軽質よりも重質原油処理用に設計されている製油所が多く、本来であれば必要以上に供給されるシェールオイル等軽質油を輸出し、製油所が必要とする重質油を輸入等で調達すればよい筈だが（シーミンスキーEIA 長官、オダムShell 社長他、米国の原油輸出を促す要人の発言は少なくない）、米国は、原油輸出については法制度（“Energy Policy and Conservation Act 1975”）により原則禁止されている。例外は大統領が国益に基づき特別に輸出を承認する場合だが、実際は商務省がカナダ東岸向け等の一部原油輸出を承認している。

しかし、現状では殆どの場合原油輸出は難しいため、北米の原油供給システムとロジスティクスは、新たな供給に対応するため変貌する必要がある。具体的には、パイプライン、鉄道等による国内の輸送能力を増強する必要がある。

出典：

<http://www.pecj.or.jp/japanese/report/reserch/H25guide/h25data/02.pdf>

第 4 章 技術に関する施策評価

第4章 技術に関する施策評価

1. 施策の目的・政策的位置付けの妥当性

原油の重質化、需要の白油化、石油製品需要の構造的減少といった、我が国における石油を取り巻く状況を踏まえると、エネルギーセキュリティ確保のためには、原油獲得の地政学的な手段の拡大、原油処理プロセスの高度利活用及び国際競争力の強化が極めて重要な課題である。本施策において実施されている内容は、政策の方向性や社会的ニーズに合致しており、展開している施策がいずれも重要であると評価される。

改善すべき点としては、国際標準も含めて国際展開をより一層意識した事業の進め方が必要であるとともに、エネルギーを巡る状況の変化を踏まえ、成長戦略の策定、ロードマップの改訂及び各施策の位置付けの更なる明確化が必要である。

【肯定的意見】

- 原油の重質化と供給源の多様化、それに需要の白油化という状況変化に対して、技術開発の方向性が整理されており、高く評価する。重点化すべき課題が抽出プロジェクトとして実施された意義は大きい。

水素の製造と利用に関わる技術開発は、近い将来に、国内だけでなく海外でも事業化できる市場が確保できることが不可欠となる。特に産油国において新たな交通インフラとして売り込むことができるような国際共同研究プロジェクトになることが望まれる。

- ロジックモデルやロジックツリーを用いて施策の構造と重要性を包括的にかつ多面的に分析しており、社会的ニーズに適合して出口を十分に認識した施策展開になっていると評価される。

実施されたプロジェクトは、概ね技術的課題を整理して実現を目指す具体的な目標を設定したものになっている。

- 国の施策とは十分に合致して進められている。

- 本施策における4事業（プロジェクト）は、施策の目的である、我が国の石油及び石油製品需給構造変化（原油重質化、製品白油化、需要減少）と付加価値の高い石油化学原料の製造を見据え、短中期的に克服すべき技術開発課題と長期的に革新的な次世代型石油製油所建設を目指すための基盤技術開発を念頭に設定されており適切な選定である。

本施策の上位にあるエネルギー基本計画に掲げられた、バイオ燃料の利用拡大、石油残渣等の高度利用、非在来型原油の利用、革新的石油精製技術の開発、高効率水素技術の開発などに焦点を置いたものであり妥当である。

我が国のエネルギーセキュリティ確保のため、我が国石油精製産業の国際競争力と経営基盤の強化が政策的課題であり、個別の民間企業では取り組みが困難で、石油精製業界各社が協働して取り組むべき、短・中期的な革新技術開発と長期的な革新基盤技術開発に係る施策事業の内容であり、国の主導的関与により産学官の知恵を結集して取り組むべきである。

- 石油の有効利用に関わる技術開発は、我が国のエネルギーおよび化学産業が中東からの原油の輸入に強く依存している現状のもと、原油獲得の地政学的な手段の拡大、原油処理プロセスの高度利活用、国際競争力の強化、何れの観点からも極めて重要な課題である。したがって、ここで行われている施策については、時機を得たものであり、重要な課題と判断される。また、ここで打たれている施策については我が国のエネルギーの需給のみならず、エネルギーを利用した産業や民生・運輸など、国民生活にとって極めて広範囲に、また直接的に影響を及ぼす課題であり、国策として積極的に推進されることが望ましい課題と判断できる。

【問題点・改善すべき点】

- 政府が掲げた技術ロードマップは、特定の専門家が考えた、あくまでも展望と目標に留まっており、そのロードマップで実際に国内外の市場が形成される保証はない。リスクを負担するのが国の役割であるが、それは足元の市場を拡大できて実施していくものではないだろうか。技術ロードマップも大切ではあるが、石油業界の明るい見通しとなる現時点での成長戦略を明確にすべきではないか。

プレゼンテーションと資料6からは、日本の技術が国際標準となって海外に展開できる見通しが得られなかった。市場化に向けた検討が不十分であると評価せざるを得ない。

産油国は、膨大な石油収入から将来に向けた国造りに多額の投資をしている。恐らく将来は、原油を直接海外に輸出するのではなく精製した石油製品として輸出するようになると考えられる。そのような将来の国際貿易を考えたとき、日本における石油の生産と技術開発の在り方は、これまでとは大きく異なることが予想される。当該プロジェクトは、グローバルに変わりゆく石油貿易において、どのように意義づけられるのかが明確にされていない。

バイオ燃料や水素製造と利用に関わる技術開発は、現在、政府のエネルギー環境政策から、民間企業にやや押しつけて実施されている感がある。本来、技術開発は、

民間企業が市場を見極めて国際競争力を高める課題を抽出し、どのような支援を政府が実施すれば国際競争力を高めていけるかという視点で整理される必要がある。その課題は必ずしも技術に限らず、技術のガラパゴス化を防止するために国際交渉やシステム化といったことも検討すべき事項になると考えられる。

- 国が全体の施策・事業の位置付けを説明するためには、エネルギーの安定供給、温室効果ガスの削減、災害への安全・安心対策といった大局的な意義が重要であるが、個別のプロジェクトに関しては、その内容と特徴を反映させた具体的な位置付けを説明した方がよいと思う。

国の関与の必要性に関しては、個別のプロジェクトの内容や特徴から判断して、民間企業だけではできず国の関与が必要とする論拠を具体的に言及した方がよいと思う。

- 米国におけるシェールガス、シェールオイルの急激な増産が進展し、国際的なエネルギー情勢が変化している状況にあって、我が国が政策的にどう対応していくかは、石油精製業界だけではなく、石油開発、ガス、電力を含めて十分な議論を踏まえて確立していくことが望まれる。技術戦略マップは未だに 2010 年版であり、資源・燃料部にて明確なロードマップ更新をお願いしたい。

- 自動車燃料の多様な燃料基材の一つに位置づけられているバイオ燃料の自動車燃料への高濃度の混合に係る技術開発施策においては、自動車業界と協働して、現行の自動車燃料の製品規格等を見直すことも、国民経済的な視点から必要ではないかと思う。

- 石油産業は現在国内需要の増加が見込めない状況であり、石油精製から石油化学・総合化学に至るコンビナート再編も見据えた、産業の競争力強化の施策、また石油産業の海外進出のための施策、を一層、強力に進めることが必要であろう。

2. 施策の構造及び目的実現見通しの妥当性

施策の体系的な分析に基づき、重要度の高い多様なプロジェクトが実施されており、適切な予算配分及びスケジュールに基づく事業計画を基に遂行され、概ね妥当な成果が得られていると評価される。

改善すべき点としては、計画に沿った成果は十分に得られているが、施策全体からみると限られた範囲での成果であるため、終了したプロジェクトについては早急な実用化、実施中のプロジェクトについては継続した取組が必要であるとともに、将来的にはエネルギー全体の供給を視野に入れた役割を果たせるよう、更に産業の競争力強化、国際進出を意識して技術開発の領域を広げていく必要がある。なお、基礎研究と実用研究を同じ評価基準項目で評価することが難しい面があることも認識しておく必要がある。

【肯定的意見】

○ 計画に沿った成果は十分に得られているが、全体からみると限られた範囲での妥当性である。掲げられたプロジェクト内容から見れば予算配分とスケジュールは妥当である。

○ 今回検討対象となったプロジェクトに関しては、多少の未達成部分も存在したが、概ね妥当な成果が得られていると評価される。

施策の体系的な分析に基づいて、重要度の高い多様な事業（プロジェクト等）が盛り込まれており、適切な配置がなされているといえる。

○ A（革新的次世代石油精製）に関しては、十分な成果が上がっており、HS-FCC のような時宜を得た技術は開発を加速して早めの実用化を進めていただきたい。

C（高効率水素製造）は実用化に向けた技術開発として成果が上がっており、早急に実用化が期待される。

D（重質油等高度化対応）は、中長期に我が国の競争力強化に必要な研究開発であり、継続してじっくりと取り組んでいただきたい。

○ ロジックモデル、ロジックツリーにて施策の構造分析が的確になされ上での事業設定であり、適切な予算配分・スケジュール等の事業計画を基に遂行され、その結果として得られた成果については、石油残渣油の高度利用技術開発により実用化の段階（既存設備に実装できる段階）に達したものが多数見受けられ、国際競争力・経営基盤強化につながる成果が出ていること、また、ペトロリオミクス技術を駆使する重質油等高度対応処理技術開発では、長期的な国内石油精製業界の競争力強化を目指し、日本発の次世代型の革新的製油所の具体的な絵姿が描かれ、その絵姿に基づき新規開発すべき技術の方向性（技術シーズ）が具体的に示されたこと等から、妥当な成果が得

られたものと判断できる。

- いずれのプロジェクトにおいても、現時点で期待された成果は得られているものと判断できる。各プロジェクトに関しては、施策の意図したところを十分に反映したものであり、また予算規模、スケジュールについても問題ないとする。

【問題点・改善すべき点】

- 当該プロジェクトは、基礎から実用化まで広範囲に及ぶテーマが掲げられて実施された。あるプロジェクトに掲げられたテーマは、それぞれ関連性はあるが、評価する立場になると基礎研究は実用性に対して低い評価結果になり、実用研究は基礎的な面で評価が低くならざるを得ず、同じ評価基準項目で評価することが難しい。
- 事業の配置について強いて言えば、石油という液体燃料の供給に関わる技術開発が中心となっているが、過去に培った液体燃料の供給に関する強みを活用しつつ、将来はエネルギー全体の供給を視野に入れた役割を果たせるように、技術開発の領域を拡張していった方がよいと思う。
ペトロリオミクスによる基盤技術の開発は、将来のわが国の競争力の源泉となる重要な位置づけを持っているので、複数の中期期間（５年間）による継続性のあるプロジェクトにして工夫した方がよいと思う。
- B（次世代環境対策技術開発）については、バイオマス燃料の利用拡大のように規格の見直しに関わる部分に関して、海外の研究機関等とも連携して、効率的なデータ取得、情報収集、基準作りを進めていただきたい。
- 石油燃料次世代環境対策技術開発事業の目的が“従来とは異なる多様な燃料基材を環境面からも高濃度で利用できる技術開発”におかれているが、バイオマス燃料基材については、課題検討・対策技術確立・品質規格検討のため基礎データ収集と課題の指摘に止まっているため、基礎データの分析検討を加えて、どのような技術開発が今後必要なのかが記載すると、成果がより鮮明になり、費用対効果が読み取れるようになり、良いかなと感じた。
- 今後は、石油業界が国内需要の減少とともに、縮小均衡に陥ることなく、たとえば、一層深化をめざした脱硫技術や石油精製・石油化学の連携強化のための技術開発など、産業の競争力強化、国際進出をキーワードとした技術開発が進められることが望ましい。

3. 総合評価

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。

【肯定的意見】

○ 目標で掲げた課題の多くが達成できたことは高く評価される。

○ 全体を通じて、多様なプロジェクトが様々な問題意識の下で実施され、しっかりした成果を上げていると感じた。特にペトロリオミクスの今後の展開を大いに期待している。

○ 全ての事業について、ほぼ所定の成果を上げており、高く評価できる。実用化に近い HS-FCC や水素製造については、今後、実用化に向けた国の支援が重要となろう。

○ 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により、我が国石油精製業界の国際競争力・経営基盤の強化に資する石油残渣油の高度利用ならびに超重質原油や非在来型超重質油の活用のための革新的な石油精製技術開発、さらに日本発の次世代型石油製油所建設に向けた革新的な基盤技術開発に力点が置かれた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。

特に、ペトロリオミックス技術を駆使する重質油等高度対応処理技術開発は、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、そのためのペトロリオミックス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に資金を傾斜配分し、関連技術開発の加速化が重要と感じる。また、これらの技術開発の成果をタイムリーに国内外に発信し、日本の石油精製技術力のプレゼンスを高めていくことも重要と思われる。

- 石油精製に関する技術の高度化は、今後の我が国にとって必要不可欠な技術であり、こうしたプロジェクトが積極的に国家レベルで推進されることは非常に重要である。

【問題点・改善すべき点】

- 評価者の立場になると要求が大きくなってしまいが、このたび実施されたプロジェクトが一過性、あるいは将来、継続したとしても限定された範囲で終了しないことを願う。

1970年代の石油危機以降、さまざまな大型技術開発事業が政府の資金を使って実施されてきたが、パイロットプラントと実証プラントの段階で終了し、商用プラントにまで発展した事業は1つもなかった。事業は民間企業の技術者や研究機関・大学や研究者の技術水準を維持することには貢献してはきたが、日本の独自技術が商用プラントとして国内外で建設されなかった事実を見ると、日本のプラント技術が国際的に競争力を高めてきたかは疑問である。これまで商用プラントは民間企業の判断と責任で実施していくものと捉えられ、国の関与は最小限に抑えられてきた。研究資源（予算と人材）が比較的余裕があった時代においては、こういった技術政策は成り立つが、研究資源が厳しくなると予想される今後は技術政策を見直す必要があると思われる。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、これまでのシーズ指向を基にした技術ロードマップによる開発戦略を全面的に見直し、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に切り替えることが大切になる。それによって日本のプラント技術を世界の市場確保に生かせなければならない。

- 個別のプロジェクトで上げることができた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の方法をもう少し工夫した方がよいと思う。
- 新規性を競う研究開発については我が国独自に予算を投入する一方、用途開発や規格作成に関わる事業は、海外との連携を進めて効率良く進めていただきたい。
- 費用対効果の記述ですが、定量的な目標設定（例えば、収率向上率が〇〇%）がなされている事業については、本事業で得られた成果を、仮に活用できたとしたら、どれくらいの経済的効果（便益）が得られるかの概算値を成果の評価の一つとして提示させることも必要のように思います。本施策事業全体でも、これまでよりも少ない原油で、必要な石油製品が得られるかを推計すれば、費用対効果を定量的につかめるのではないかと考えられます。
- 国民生活を、エネルギーと化学の視点から守り、向上させるためには、すでに述べ

たように、今後は、産業の競争力強化、国際進出をキーワードとした技術開発が加わり、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。

第5章 技術に関する事業評価

第5章 技術に関する事業評価

A. 革新的次世代石油精製等技術開発（プロジェクト）

（総合評価）

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。

【肯定的意見】

○ 設定されたプロジェクト目標がほとんど達成されたことは評価に値する。研究開発マネジメントと資金配分はほぼ妥当であったと判断される。

○ 重質油対応型高過酷度 FCC が世界初のダウンリークター技術を確立して、商業化に近い3,000BPD規模で完成し、目標の製品収率を確保して長期間の運転ができたことは、評価に値する。

オイルサンドやシェールオイルなど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進展したことは将来を見据えた大きな成果である。

さらにその先で重質油処理のために必要となる革新的な精製触媒と超臨界水熱分解の基盤技術開発にチャレンジし一定の成果を上げたことも評価される。

○ HS-FCCは、シェールガスが増産されても製造ができないプロピレンを目指したプロセスで時宜を得た開発である。早めの事業化が期待される。

原油重質化対応の重質油高度化分解・有用化技術は、資源確保の観点から重要である。水素化分解システムにあっては、残油分解率向上を確認するなど成果が見られている。

革新的精製技術シーズ創製のための研究開発は、基盤技術を高める観点から必要であり、じっくりと取り組んでいただきたい。

- HS-FCC 実証化装置の建設運転をはじめ、他の革新的精製技術開発も製油所の実装置での性能確認ができているものもあり、目標とした成果が出ており、時期を得た事業化が期待できる状況ができあがっているのは心強い限りである。
- 世界初のダウンフロータイプの接触分解プロセスの実用化にめどをつけたことは、極めて重要な成果と高く評価できる。我が国においてこのような、石油精製分野においていわゆる「大物」の新規技術開発が行われたことはこれまでに希であり、実用化が期待されるところである。同時に、世界的なシェールガスなどの増産の動向も踏まえ、C3、BTXの増産可能な本プロセスはさらに重要性を増すことが期待される。

【問題点・改善すべき点】

- 商業規模のプラント建設の可能性を波及とみた場合、今回の成果ではまだ不十分な点が数多い。達成された成果は限定された性状について得られたもので、今後、産地によって異なる性状にも適用できる技術に発展していくことが望まれる。
- 重質油対応型高過酷度FCCに関しては商業化に近い段階まで辿りついているので、この技術が他の技術と比較して経済性の競争力を持つかどうかの吟味を加えてほしい。また、石化原料となるプロピレンが大量に生産されることになるが、その需要が確保できるかどうかを確認してほしい。

開発した技術が様々な多様性を持つ原料油の性状に対して適応できるかどうかは今後の課題の1つになることが指摘されたが、原料油の変化の幅を乗り越えて対応できる競争力のある重質油処理技術の確立を目指してほしい。

日本の国内精製における技術開発にのみ視点を置かず、産油国という生産地も含めて重質油のフロー全体を見渡し、どこでどういう処理を施すと最も合理的かという国際的な視点に立った技術開発を今後もさらに進めてほしい。
- 原油重質化対応の重質油高度化分解・有用化技術の内、水素化分解システムにあっては、残油分解率向上による水素消費量の増加による経済性評価を踏まえて進められることを期待する。

超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術は重要であるものの、現地でオイルサンド油をアップグレーディングし、日本に導入される油の性状を多面的に把握した上で、幅広く取り組むことが期待される。

- 製油所で実装を仮定して、定量的な費用対効果（便益の大きさ）が示されれば、事業の投資採算性が議論でき、次のステップに向けて、国の関与の仕方が検討できると思われます。
- 早期実用化を目指したプランの策定が必要である。

B. 石油燃料次世代環境対策技術開発（プロジェクト）

（総合評価）

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。

【肯定的意見】

- 事業は次世代の石油燃料およびその利用技術としてわが国が開発すべき重要な研究課題であり、事業の目的と政策的な位置づけは明確である。

事業は商用化に重要となる課題の基礎データを収集したもので、研究と研究・技術開発は、ほぼ計画通り着実に実施され、設定された目標を達成することができている。事業によって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。

- 従来の石油系自動車燃料に対して、バイオマス燃料（エタノール、バイオディーゼル）、合成燃料（GTL）、非在来系由来の燃料などを現状の性能、品質、性状などを確保して有効利用できる限界はどこにあるか、包括的かつ組織的に検討を行った点は、民間企業のみではなかなか実現できない作業であり、国が関与するにふさわしいプロジェクトとして大きく評価に値する。

さらに将来の自動車エンジン技術の展開を見据えて、それにふさわしい次世代燃料を見出すための基盤研究が進められて一定の成果を上げたことも評価される。

- バイオマス燃料利用拡大における課題を明確にする本事業を国の支援で実施することは妥当であり、成果も着実に出ている。

- 事業の目的と政策的な位置付け、技術開発の目標については妥当であるが、課題抽出・対策技術・製品規格に係る試験と実験に精力的に資源が投入され、次のステップの技術開発に向けた課題提起のための基礎データ収集ができたことは評価できる。

- バイオマス由来等の次世代燃料に関して、燃料供給サイドから、その性質、対応策等について検討され、製造、使用にあたっての提言がなされていることは、国策としてのバイオマスの利活用の推進策と相まって、非常に重要な研究プロジェクトと評価できる。なかでも、エタノール、FAME、HBD などの使用方法等に対するクライテリアが明確になってきたことは、重要な成果と評価できる。

【問題点・改善すべき点】

- 事業は将来の商用化を見据えて実施されているが、実施された研究・技術開発の内容は限定的で、研究者や技術者の養成としての意義はあるが、わが国が世界を積極的にリードしていく技術開発という視点からは物足りなさを感じる。研究した技術の商用化には、今回得られた成果だけでは不十分であり、かなりの費用と人材が必要になると考えられる。

研究により E10 バイオ燃料の技術課題は明らかにはなったが、それらを解決する実証研究は十分とは言えない。

- バイオエタノールに関しては現状の 3 %から10%混合へ拡大する前向きが目途が得られたが、バイオディーゼル燃料の F A M E に関しては種々多様な問題が存在して混合の拡大が必ずしも容易でないという後向きの結論が強く出たように思う。しかしながら、このような限界を民間企業のみではなかなかできない試験の積み重ねによって見出したこともプロジェクトの意義として強調してよいと思う。

クリーンディーゼル車の燃料に対応する次世代燃料の開発は、非在来系石油燃料等による分解系軽油の混合に大きな焦点が置かれているように思うが、この問題に関しては従来型の F C C の分解軽油の混合でこれまでも多くの検討の積み重ねが行われてきているはずである。今回のプロジェクトでこのテーマを取り上げる意義をもっと明確に強調して、それに対して具体的にどのような成果があったのかを的確に説明した方がよいと思う。

H C C I 燃焼技術に対応した最適な燃料を特定することが最後に目指す目的であるとすれば、今回のプロジェクトで行ったシミュレーションや試験エンジンを用いた評価で得られた結果が目指す目的にどういう意義のある結果であるのかを説明した方がよい。

プロジェクトで設定した目標が比較的抽象性の高いもので、プロジェクトの実施によって得られた結果が、どういう意義と効果を持つものなのか、わかりにくい説明になっている。得られた具体的な結果に関して、プロジェクト全体でねらいとした最終目的にどのような意義を持つのか、もっと強調してアピールした方がよい。

- バイオマス燃料の利用拡大における規格の見直しに関わる技術であり、世界でも同様の取り組みが行われ、エタノールの混合は大規模に商業化されている。海外の研究機関とも連携して効率的なデータ取得、情報収集と基準作りが望まれる。また、本プロジェクトで取得したデータは、国際標準策定にも寄与するものであり、積極的に活用されることを期待する。

HCCI燃焼技術は自動車メーカーとも連携して効率的に開発を進めていただきたい。

- 事業の目的と政策的位置付け、技術開発の目標については妥当であるが、課題抽出・対策技術・製品規格に係る基礎データ収集と課題指摘にとどまる成果であり、本来の目的であるバイオ燃料の高濃度利用技術開発について何か出来たのか、どのような技術開発が今後必要なのか具体的検討提案がなされていない点が問題として残る。
- 今後、特にFAME、HDB、GTL等、新規燃料が各種あるディーゼルに関しては、エンジン制御技術の向上もあって、セタン価のみでは燃料としての性能比較が困難になりつつある状況を踏まえ、さらに、燃料の評価、規格化等が進められることが望ましい。

また、波及効果として、新興国向けのディーゼルエンジン搭載車両について、今後、こうした多様な燃料が用いられる可能性が高いことから、一層の省庁連携が進められ、新興国への環境技術援助としての側面と、石油および自動車産業の国際競争力強化に本プロジェクトの成果が活かされることが望まれる。

C. 高効率水素製造等技術開発（プロジェクト）

（総合評価）

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。

【肯定的意見】

- 事業は国が掲げる「水素社会の実現」に中心的な役割を担うものであり、事業の目的と政策的位置づけは明確である。

プロジェクト開始時期に設定された目標は当時の状況からみて妥当であり、事業期間中に目標は達成されたと判断される。

水素分離膜の開発は経済性を高める上で極めて重要な課題であり、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。

- 2000年代初めには、とてつもなく高価であった燃料電池自動車が、10年強の期間わたる技術開発を経て、手に届く枠内へ燃料電池自動車の実現可能性が高まっている現在、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・供給を図った本プロジェクトの実施は非常に意義深いものであったと評価できる。

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。

- 膜分離による高効率水素製造技術は、2016 年度からの水素ステーションおよび燃料電池車普及に向けて製油所水素を活用する重要な技術である。
- 水素回収率を膜分離プロセス・パイロット装置により PSA 法を上回る 80%以上を達成する技術開発の見通しを付けるとともに、高純度水素圧縮機設備の建設・実用化に向けたシステム開発ができたことは、次の実用化ステップ（製油所の高効率・高純

度水素回収システム構築)に向けた技術開発ベースができた点を評価する。

- 水素エネルギー社会の実現に向けて、本プロジェクトは石油精製工場における水素製造能力を活かして、水素を製造し、供給するまでの技術開発を一貫して行い、成果を上げた点を高く評価できる。

【問題点・改善すべき点】

- 高出力出荷装置技術開発で圧縮機軸動力が設計値よりも約2割増加しており、商用化時に経済性に大きな影響を与えることから今後の技術開発によって削減する必要がある。

商用化に向けて海外の技術に勝る革新的な技術開発によって特許の件数を増加していくことが望まれる。

- 過去に比べれば、燃料電池自動車の普及の目途が明確になってきた現在、このプロジェクトで目標としてきた重要な項目が、達成の見込みはあるとしても、実施期間中に未達成で終わっていることは残念である。特に既存の出荷実証設備を移設して、水素トレーラーへの水素供給が問題なく実施できる点の確認は、実際の水素供給の実現を考えると重要である。プロジェクト終了後でも是非早期に確認してほしい。

水素の膜分離プロセスの開発は、製油所の通常水素を燃料電池に必要な99.99%の高純度水素へ経済性を有する形で実現するために実施した中核部分の1つであり、この項目の未達成部分も早期に実施してほしい。

- 大型分離膜量産技術の目途が立つ成果が挙がっており、早急に実用化が期待される。高圧出荷設備についても、上記と同様、早急に実用化を推進していただきたい。

- ハイブリッド分離膜型水素精製システムの実現可能性の検証がもう一步踏み込んで行える研究開発マネジメント体制(特に、資金配分の増額)ができれば、PSA技術を凌駕する革新的システムの実現可能性の可否の判断ができる成果が期待できたのではないかと思います。

- 膜分離を活用した水素製造技術は、本プロセスの効率を決定づける工程の一つであり、これまでにない、新規な技術内容を含んでいることから、さらに水素製造および精製、CO₂の回収において実用化に向けてさらに技術の改良が進められることが望ましい。

D. 重質油等高度対応処理技術開発（プロジェクト）

（総合評価）

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。

【肯定的意見】

- 重質系燃料など燃料性状が複雑になっている流れの中で、化合物を分子レベルで解明し、そのデータベースを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は重要である。わが国がこの分野で世界の先導的な立場になることが望まれる。
- わが国が将来の国際競争力における優位性を確保するための基盤技術を世界に先駆けて包括的にアプローチしていることを強く感じさせる開発プロジェクトの取り組みであると非常に高く評価される。

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いて、実施期間の最後には非常に革新的な成果を上げることができることを大いに期待させる内容であると高く評価される。
- 欧米や中国に伍して研究を推進していることは高く評価できる。基盤となる研究レベルを上げ、中長期的な視点で我が国の競争力向上に貢献していただきたい。
- 将来の我が国の石油精製業界の国際競争力強化と経営基盤強化のために不可欠な重質油等高度対応処理技術の革新的技術開発のために先端的ペトロリオミクス基盤技術の開発とその基盤技術の基づく重質油分解を初めとする高度な石油精製プロセスの開発に貢献する国家戦略的な技術開発であり、本施策事業の成果も想像以上のものが得られており、また実証事業・事業化の見通しの具体例も提示されており、引き続

き、国の支援強化を期待したい事業である。

- 原油を分子レベルで理解し、かつ最新の情報科学的手法も取り込みながら革新的な精製技術を開発しようとする、極めて野心的なプロジェクトと高く評価する。原油成分の詳細精密な分画手法の開発にも実験室レベルではあるが成功しており、今後の進展に大いに期待したい。また、この先には、現在の石油精製プロセスの姿を革新的に変更するプロセス案も検討されており、長い目で見た我が国の石油産業の国際競争力強化に資することを期待したい。

【問題点・改善すべき点】

- 研究内容に基礎学問的な面が多く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。文部科学省の研究開発テーマとして実施し、実証プラントへの応用への目途がついた時点で、経済産業省の研究テーマに取り上げることが望ましい。
- このプロジェクト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内容と判断されるが、その継続性を確保するためにも、プロジェクトの実施で判明した結果を応用して現場での実用化に早期に結びつけ、効果を上げることができる項目があればその実現を図った方がよい。現場で効果のある応用を実現することがさらなる基盤技術開発の継続につながると考えられる。
中間評価の時点でも、研究発表や論文など成果の発表状況の情報も提供して、十分な成果が上がっていることをアピールしていった方がよいと思う。
- 今回の中間評価時点で特に大きな問題点は見受けられないが、本事業推進の加速化のためのペトリオミクス基盤技術の開発に係る資源投入の追加支援が必要ではないかと思う。
- 実験室レベルで成功した分子分画手法をどのように精製プロセスと結びつけるか、また特に、脱硫技術、および BTX 等有用な基礎化学品製造技術にどのように結びつけるか、の具体案を検討開始する段階に来ていると思われる。本技術は、基礎から実用までの広汎な革新的内容を含んでおり、一層の基盤研究の強化、オールジャパン体制の構築が望まれる。

第6章 今後の研究開発の方向等に関する提言

第6章 今後の研究開発の方向等に関する提言

【技術に関する施策】

(石油精製・利用関連分野)

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。

【各委員の提言】

- 技術のガラパゴス化を防ぐために、国内外のニーズと市場性を常に意識して開発テーマを選択していくことが望まれる。

- 自動車燃料がなかなか石油から代替しにくいということで、石油を代替するバイオ液体燃料が注目されたと考えられるが、バイオエタノールにしろバイオディーゼルにしろ元のバイオマスから製造する段階でロスが生じると考えられる。燃料電池自動車や電気自動車など別の代替手段の目途も立ってきた現在、石油を代替するバイオ液体燃料が本当に必要かどうかまでさかのぼって施策を検討した方がよいと思う。バイオマスは全体としてもっと効率よく活用し、目的とする効果を上げた方がよいとも考えられる。

- シェールガス、シェールオイルの急激な増産に伴い、国際的なエネルギー情勢が変化している状況にあって、我が国の進める研究開発の方向性や時間軸を考慮したロードマップの見直しが必要である。石油精製業界だけではなく、石油開発、ガス、電力を含めて十分な議論を踏まえて技術戦略ロードマップの更新をお願いしたい。

- 技術に関する施策の目的と政策的位置付けについては、国内外のエネルギー需給構造変化を見据えたもので適切であると理解している。①原油の重質化と供給源多様化、②国内石油製品需要の白油化、③重油需要の減少に加え④石油化学原料製造への石油精製技術の活用の4点への対応については我が国石油精製業界の国際競争力と経営基盤の強化に欠かせない視点であり、事業の実現に向けて、継続性のあるブレ無い施策が重要である。

- 国の関与については、石油精製業界の国際競争力強化と国際貢献に資する革新的な

石油精製技術開発の支援に重点が置かれるべきことは言うまでもないが、短期的目標、中期的目標、長期的目標、超長期的目標を明確にし、投入資源の配分にメリハリをつけていくことも必要と思われます。

- 事業全体については、短期・中期な技術開発は、既存精製装置の高度化及び効率化に直接資する技術開発に、また長期・超長期的には日本発の世界を凌駕するような革新的な石油精製技術開発に資源の投入が行われることが重要である。

従って、事業の評価の基軸は、前者は「事業化の実現可能性」に、後者は「波及効果、特に国民経済的な視点での費用対効果の計測」に置かれるべきであると思われる。

これらの観点から、「A 革新的次世代石油精製等技術開発」「D 重質油等高度対応処理技術開発」に関わりのあるテーマに資金の傾斜配分がなされることが重要であると思います。

- 既存のインフラを活用した新エネルギーの新規導入、水素エネルギー社会構築などは国家としての重要な政策課題であり、ここで取り上げられてきたテーマは時機を得た重要なものであった。一方においては、国内においては石油製品の需要の縮小は免れない状況である中、石油産業の高効率化、国際競争力強化は、これら施策の確実な実行において、不可欠である。この意味において、新規プロセス開発は競争力強化の根幹をなすものと位置づけられる。実用間近な技術は確実に実用化するとともに、長期展望を持って継続的な技術開発を進められることが重要である。また、その際には、エネルギーの有効利用（大規模な省エネ）、環境対応、国際競争力強化がキーワードであろう。石油産業の競争力強化は、とりもなおさず、国のエネルギーと化学品製造技術、ひいては国内自動車産業の維持拡大に資するものであり、今後とも施策として重要である。

【技術に関する事業】

（A 革新的次世代石油精製等技術開発（プロジェクト））

- 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。

【各委員の提言】

- 海外の関連機関と技術開発の役割分担を明確にした共同研究を実施することで、技術の実用化を加速する取り組みが望まれる。

- 革新的次世代石油精製等技術開発の内、超重質油やオイルサンド油の処理技術に関して、シェールオイルのような軽質油の増産を背景として、我が国で処理することになる油の性状の変化を踏まえて、幅広い対応をお願いしたい。

- 革新的次世代石油精製等技術開発の内、既存製油所の実装置で成果確認できた技術については、実装に必要な国の支援制度が必要。

- 革新的次世代石油精製等技術開発の内、（４）革新的精製技術シーズ創製のための研究開発は、重質油等高度対応処理技術開発のテーマとして取り込み、引き続き、支援が必要。

- 石油精製と石油化学の連携は、両産業の競争力強化にとってもはや不可欠な状況である。現在の我が国のエチレンセンターは、国際競争力を失いつつあることは明らかで、強力で革新的な技術と施策が必要な状況にある。本プロジェクトで開発してきたダウナー式の分解プロセスは、石油精製側からエチレンセンターを経ずに、新規に基礎化学品を提供するルートを可能にするものであり、今後、石油精製、石油化学連携の中心となり得る技術である。また同時に、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、および再編のための動機付けとなる新規な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。とくに、石油製品、化学品の分離技術は多くのエネルギーを消費しているプロセスであり、技術革新による大規模省エネルギー化のターゲットとなるだろう。

(B 石油燃料次世代環境対策技術開発 (プロジェクト))

- 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。

【各委員の提言】

- 石油燃料次世代環境対策技術開発については、指摘された課題の解決に向けた技術開発につき需要側の自動車業界の意向等とすり合わせて、協働して、施策の目的を達成するプログラムへの支援が必要。

- 我が国の石油精製技術のうち、脱硫技術は世界的にも高い水準にあることを活用して、新興国向けの環境対応技術として、国際的に展開するためには、現状よりもさらに多様な原油に対しての脱硫技術を確立することが必要であろう。また、このことは、平成 26 年より開始される予定のクリーンディーゼルなど自動車産業の競争力強化（新興国でのマーケットの獲得）にも資すると期待できる。

(C 高効率水素製造等技術開発 (プロジェクト))

○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。

【各委員の提言】

- 燃料電池自動車は、経済性が悪くなかなか困難とみられていたが、最近の進展は目を見張るものがある。燃料電池自動車の普及に欠くことができない水素供給のインフラ整備に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ので、供給チェーンの確立を実証する事業も是非継続をしてほしい。

- ハイブリッド分離膜水素精製システムの技術開発を実証規模レベルで検証し、PSAの効率を上回るシステムとして仕上げるステップへの支援が必要。

(D 重質油等高度対応処理技術開発 (プロジェクト))

○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。

【各委員の提言】

- 海外の関連機関と技術開発の役割分担を明確にした共同研究を実施することで、技術の実用化を加速する取り組みが望まれる。
- ペトリオミクスによる基盤技術の開発は、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、その継続性のためには、基盤技術を応用して現場で効果を上げることが何よりも力になる。その意味で有効な実証事業を早期に立ち上げて現場で役立つことを確認してほしい。
- 本事業は、将来、世界をリードする革新的な次世代型石油精製技術のための基盤技術の確立を目指した夢のある戦略的事業であり、研究開発マネジメント体制の強化と資金の継続的支援の拡大が望まれる事業である。
- ペトロミクスで展開される、新規精製技術は多くの技術内容を含んでいる。これらについては、実用性の観点から近い将来の活用が見込まれるものと、たとえば、2030年頃にシェアを獲得できるような極めて革新的なものの両方が含まれている。ペトリオミクスに関しては、技術ロードマップを得られた技術的な成果に伴って、不断に見直しつつ、フレキシブルに適切な施策を打つことが重要と思われる。また、こうした将来技術に関しては、オールジャパン体制で、基礎から実用に至るまでの多くの英知を結集して、研究開発にあたることが重要と思われる。

第 7 章 評点法による評点結果

第 7 章 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」、「石油燃料次世代環境対策技術開発」、「高効率水素製造等技術開発」及び「重質油等高度対応処理技術開発」に係るプロジェクト評価の実施に併せて、以下に基づき、本評価検討会委員による「評点法による評価」を実施した。その結果は「3. 評点結果」のとおりである。

1. 趣 旨

評点法による評価については、産業技術審議会評価部会の下で平成 11 年度に評価を行った研究開発事業（39 プロジェクト）について「試行」を行い、本格的導入の是非について評価部会において検討を行ってきたところである。その結果、第 9 回評価部会（平成 12 年 5 月 12 日開催）において、評価手法としての評点法について、

(1) 数値での提示は評価結果の全体的傾向の把握に有効である、

(2) 個々のプロジェクト毎に評価者は異なっても相対評価はある程度可能である、との判断がなされ、これを受けて今後のプロジェクト評価において評点法による評価を行っていくことが確認されている。

また、平成 21 年 3 月 31 日に改定された「経済産業省技術評価指針」においても、プロジェクト評価の実施に当たって、評点法の活用による評価の定量化を行うことが規定されている。

これらを踏まえ、プロジェクトの中間・事後評価においては、

(1) 評価結果をできる限りわかりやすく提示すること、

(2) プロジェクト間の相対評価がある程度可能となるようにすること、

を目的として、評価委員全員による評点法による評価を実施することとする。

本評点法は、各評価委員の概括的な判断に基づき点数による評価を行うもので、評価報告書を取りまとめる際の議論の参考に供するとともに、それ自体評価報告書を補足する資料とする。また、評点法は研究開発制度評価にも活用する。

2. 評価方法

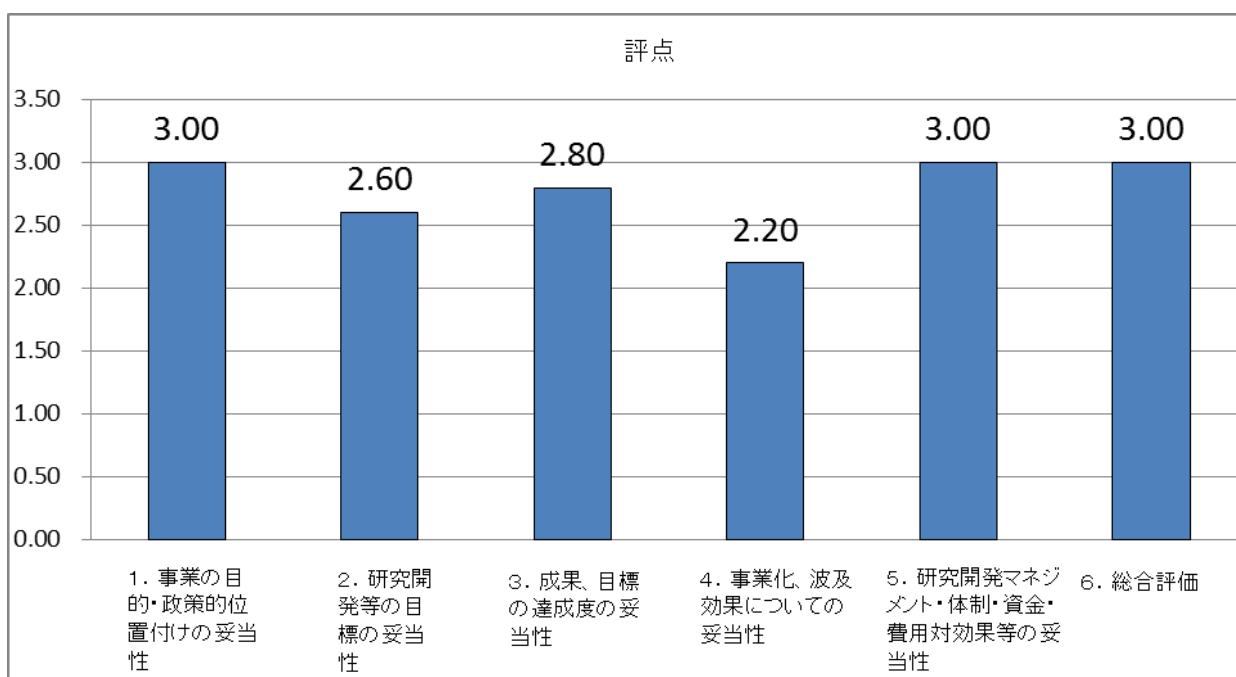
- ・各項目ごとに 4 段階（A（優）、B（良）、C（可）、D（不可）〈a, b, c, d も同様〉）で評価する。
- ・4 段階はそれぞれ、 $A(a) = 3$ 点、 $B(b) = 2$ 点、 $C(c) = 1$ 点、 $D(d) = 0$ 点に該当する。
- ・評価シートの記入に際しては、評価シートの《判定基準》に示された基準を参照し、該当と思われる段階に○を付ける。
- ・大項目（A, B, C, D）及び小項目（a, b, c, d）は、それぞれ別に評点を付ける。
- ・総合評価は、各項目の評点とは別に、プロジェクト全体に総合点を付ける。

3. 評点結果

評点法による評点結果

(A. 革新的次世代石油精製等技術開発)

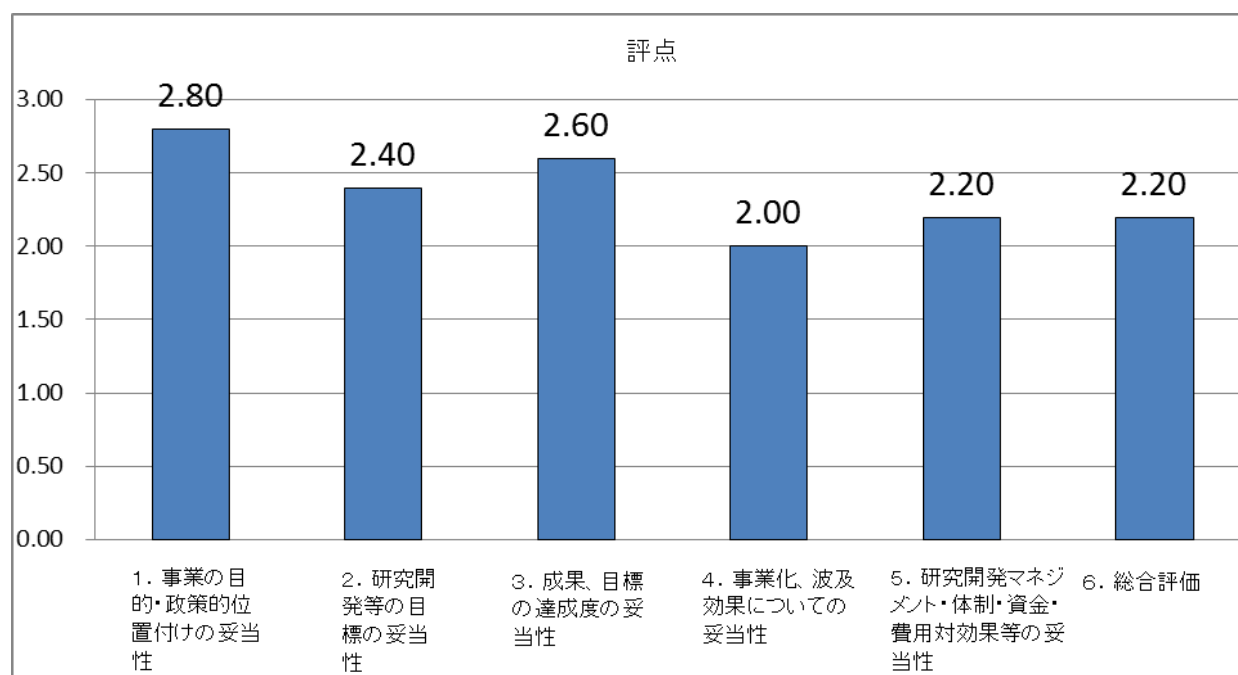
	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	3.00	3	3	3	3	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.60	2	3	2	3	3
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.80	3	3	2	3	3
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.20	2	2	2	3	2
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	3.00	3	3	3	3	3
6. 総合評価	3.00	3	3	3	3	3



評点法による評点結果

(B. 石油燃料次世代環境対策技術開発)

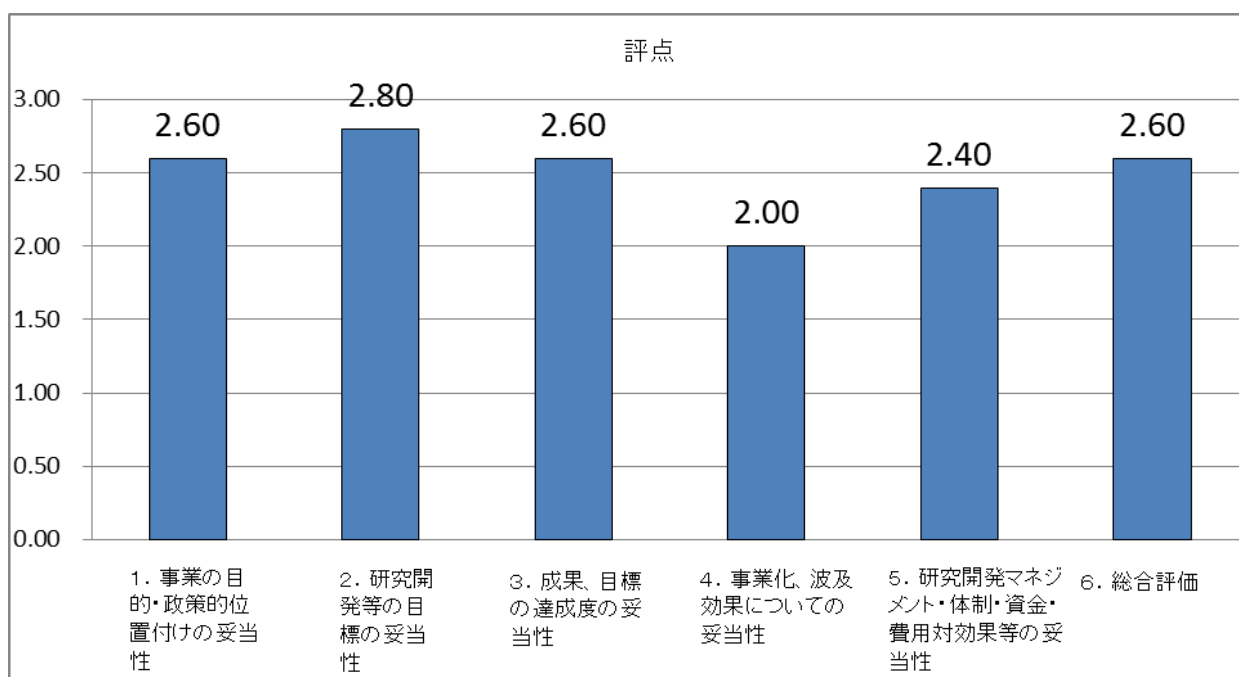
	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.80	3	3	2	3	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.40	2	2	2	3	3
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.60	3	3	2	2	3
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.00	2	2	3	1	2
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.20	3	2	2	1	3
6. 総合評価	2.20	3	2	2	1	3



評点法による評点結果

(C. 高効率水素製造等技術開発)

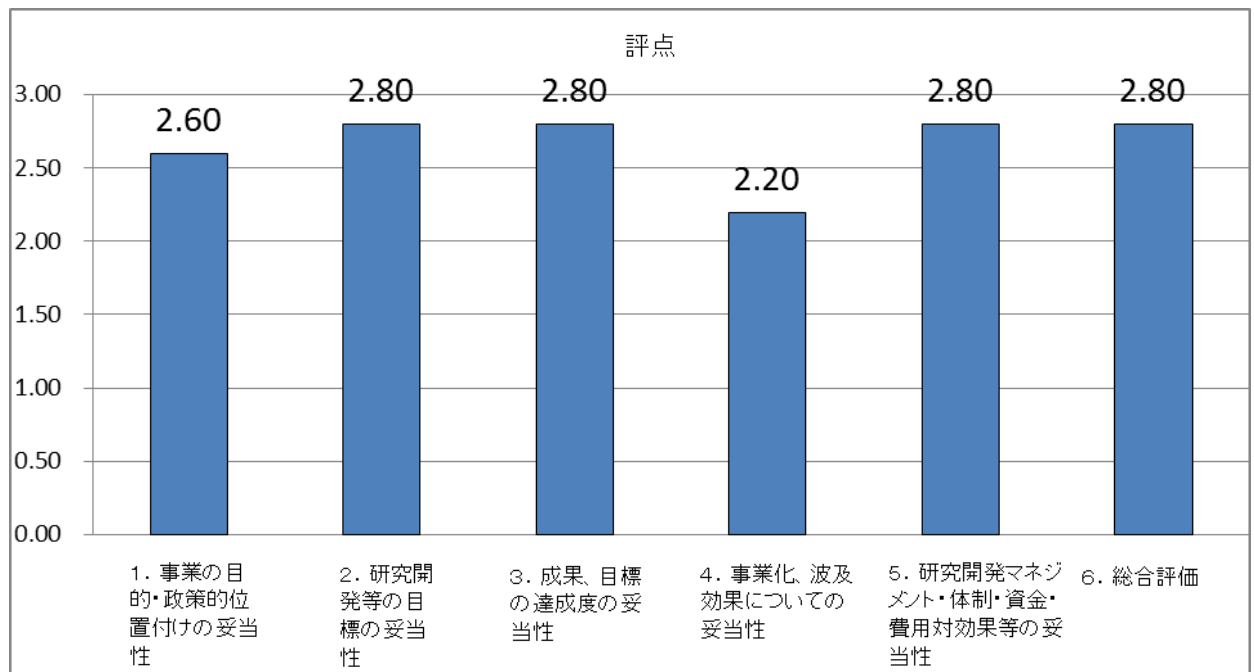
	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.60	3	3	2	2	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.80	2	3	3	3	3
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.60	3	2	3	2	3
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.00	2	2	3	1	2
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.40	3	2	2	2	3
6. 総合評価	2.60	3	2	3	2	3



評点法による評点結果

(D. 重質油等高度対応処理技術開発)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.60	2	3	2	3	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.80	2	3	3	3	3
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.80	2	3	3	3	3
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.20	1	2	2	3	3
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	2.80	3	3	2	3	3
6. 総合評価	2.80	2	3	3	3	3



第8章 評価ワーキンググループのコメント及び コメントに対する対処方針

第8章 評価ワーキンググループのコメント及び コメントに対する対処方針

「石油精製・利用関連分野」に関する施策・事業評価に係る評価ワーキンググループのコメント及びコメントに対する推進課の対処方針は、以下のとおり。

（施策評価）

石油精製・利用関連分野

（施策の目的・政策的位置付けの妥当性）

- ・ 施策の目的として、エネルギーセキュリティの確保・向上の観点と、国内石油精製業の産業競争力の強化に関する観点が混在しており、整理、位置付けの明確化が必要。また、次世代自動車等、本施策分野と密接に関連する他の施策分野との連携をより一層図るべき。

（対処方針）

（対処方針）

- ・ エネルギーセキュリティの確保・向上のために、産業競争力強化が重要な課題の一つと位置づけているが、位置づけを明確に整理する。
- ・ 本施策に関連する次世代自動車等他の施策分野との連携を進めるため、さらなる情報交換や連携等を推進していく。

（事業評価）

革新的次世代石油精製等技術開発（事後評価）

（事業の目的・政策的位置付けの妥当性）

（事業化、波及効果についての妥当性）

- ・ エネルギーセキュリティの観点から、原油の重質化・多様な性状の石油系資源への対応を目的とした研究開発であるという位置づけを明確にし、事業化に向けて成果を活用することを期待。

（対処方針）

- ・ 本事業は、重質油やオイルサンド等の非在来型原油の利用性を高めるために、これらの分解・有用化技術を開発することは原油供給源の多様化につながり、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ものである。
- ・ 今後、事業成果のさらなる実証等を通じて事業化を推進していく。

（事業評価）

石油燃料次世代環境対策技術開発（事後評価）

（研究開発等の目標の妥当性）

- ・ バイオ燃料の評価を行うこと自体が事業の目標として設定されているが、バイオ燃料を受け入れる車体側の技術的対応への情報提供、連携等、本事業の成果の位置付けの明確化を図るべき。

（対処方針）

- ・ 本事業の成果は、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よる E10 燃料規格や、経済産業省のバイオ燃料利用に関する規格検討、JIS のガソリン規格改定に活用されており、自動車側の技術的対応への情報提供、連携を図っていることを明確にする。

（事業評価）

高効率水素製造等技術開発（事後評価）

（事業の目的・政策的位置付けの妥当性）

- ・ 製油所の水素製造装置を活用し安定的な水素供給を図るため技術開発を行う事業であり、次世代自動車である燃料電池車の開発・普及とも関係する事業である。事業の位置づけを明確にし、実証への展開においてこれまでの成果を活用していくことを期待。

（対処方針）

- ・ 本事業は、燃料電池自動車普及のため、これまで石油産業が培ってきた水素製造技術を活かし、製油所で安価で製造効率の高い高純度水素の製造技術や、製造された高純度水素を燃料自動車用燃料として高圧に圧縮し効率的に出荷できる技術を開発し、安定的な水素供給の実現に貢献するものである。
- ・ 今後、事業成果のさらなる実証を通じて事業化を推進していく。

（事業評価）

重質油等高度対応処理技術開発（中間評価）

（原案どおりで了承）

（対処方針）

なし

参考資料 1

經濟産業省技術評価指針

經濟產業省技術評価指針

平成 2 1 年 3 月 3 1 日

目次

経済産業省技術評価指針の位置付け	1
I. 評価の基本的考え方	4
1. 評価目的	4
2. 評価の基本理念	4
3. 指針の適用範囲	5
4. 評価の類型・階層構造及びリンケージ	5
5. 評価方法等	5
6. 評価結果の取扱い等	6
7. 評価システムの不断の見直し	7
8. 評価体制の充実	7
9. 評価データベース等の整備	7
10. 評価における留意事項	7
II. 評価の類型と実施方法	9
II. 1. 技術に関する施策評価	9
(1) 事前評価	9
(2) 中間・終了時評価	9
II. 2. 技術に関する事業評価	10
II. 2. 1. 研究開発制度評価	10
(1) 事前評価	10
(2) 中間・終了時評価	10
II. 2. 2. プロジェクト評価	11
(1) 事前評価	11
(2) 中間・終了時評価	11
II. 2. 3. 競争的資金制度による研究課題に関する評価	12
(1) 事前評価	12
(2) 中間・終了時評価	13
II. 3. 追跡評価	14

経済産業省技術評価指針の位置付け

経済産業省技術評価指針（以下、「本指針」という。）は、経済産業省が、経済産業省における技術に関する施策及び技術に関する事業（以下、「技術に関する施策・事業」という。）の評価を行うに当たって配慮しなければならない事項を取りまとめたガイドラインである。

本指針は、「産業技術力強化法」（平成１２年法律第４４号）第１０条の規定、「科学技術基本計画」（平成１８年３月閣議決定）、「研究開発システムの改革の推進等による研究開発能力の強化及び研究開発等の効率的推進等に関する法律」（平成２０年法律第６３号）第３４条の規定及び「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成２０年１０月内閣総理大臣決定）（以下、「大綱的指針」という。）に沿った適切な評価を遂行するための方法を示す。

同時に、「行政機関が行う政策の評価に関する法律」（平成１３年法律第８６号）（以下、「政策評価法」という。）に基づく「経済産業省政策評価基本計画」（以下、「政策評価基本計画」という。）に沿った、経済産業省政策評価のうち研究開発に関する部分の実施要領としての性格を持つ。したがって、技術に関する施策・事業についての評価の結果は、政策評価基本計画に基づき実施される事前評価及び事後評価に適切に反映・活用を図る。

技術評価は、政策評価法上要請される評価を含め政策評価の一環としての位置付けを有することから、本指針は、技術に関する施策・事業の成果や実績等を厳正に評価し、それを後の技術に関する施策・事業の企画立案等に反映させる政策サイクルの一角としての評価の在り方について定めるものである。

ただし、技術に関する施策・事業に係る評価は、競争的資金制度による研究課題、プロジェクトといった研究開発の内容や性格、実施体制等の態様に応じた評価方法に拠るべきであるとともに、評価の厳正さと効率性を両立するためには、評価をとりまく様々な状況に応じた臨機応変な評価手順を設定する必要がある。さらに、評価手法は日進月歩であり、今後よりよい評価手法が提案されることも十分考えられる。したがって、本指針では共通的なルール及び配慮事項を取り上げることとし、より詳細な実施のプロトコルは評価マニュアルの作成等により記述することで、機動的な実施を図ることとする。

研究開発機関が自ら実施する評価をその機関の自己改革の契機とするような自律的なシステムの構築に努め、研究開発を実施する独立行政法人が、大綱的指針及び本指針に沿って、研究開発評価の実施に関する事項について、明確なルールを定め、研究開発評価の実施及び評価結果の活用が適切かつ責任を持って行われるよう、所管官庁としての責務を果たすものとする。

◎本指針における用語については、次に定めるところによる。

- ・競争的資金制度：資金を配分する主体が、広く一般の研究者（研究開発に従事している者又はそれらの者から構成されるグループをいう。）、企業等又は特定の研究者、企業等を対象に、特定の研究開発領域を定め、又は特定の研究開発領域を定めずに研究課題を募り、研究者、企業等から提案された研究課題の中から、当該課題が属する分野の専門家（当該分野での研究開発に従事した経験を有する者をいう。）を含む複数の者による、研究開発の着想の独創性、研究開発成果の先導性、研究開発手法の斬新性その他の科学的・技術評価又は経済的・社会的評価に基づき、実施する課題を採択し、当該課題の研究開発を実施する研究者等又は研究者等が属する組織若しくは企業等に資金を配分する制度をいう。
- ・研究開発制度：資源配分主体が研究課題を募り、提案された課題の中から採択した課題に研究開発資金を配分する制度をいう。
- ・プロジェクト：具体的に研究開発を行う個別の実施単位であり、明確な目的や目標に沿って実施されるものをいう。研究開発制度（競争的資金制度を含む）による研究課題は、本指針上プロジェクトには該当しない。
- ・研究開発機関：国からの出資、補助等の交付を受けて研究開発を実施し、又は研究開発の運営管理を行う機関をいう。
- ・技術に関する事業：具体的に研究開発を行う個別の実施単位をいい、「研究開発制度（競争的資金制度を含む）」、「プロジェクト」及び「競争的資金制度による研究課題」により構成される。
- ・技術に関する施策：同一又は類似の目的を有する技術に関する事業のまとまりをいい、当該目的との関係で必要な研究開発以外の要素（調査等）を含む場合がある。
- ・政策評価書：本指針において用いる「政策評価書」とは経済産業省政策評価実施要領を踏まえた評価書をいう。
- ・政策サイクル：政策の企画立案・実施・評価・改善（plan-do-check-action）の循環過程をいう。
- ・評価システム：評価目的、評価時期、評価対象、評価方法等、評価に係るあらゆる概念、要素を包含した評価制度、体制の全体をいう。
- ・推進課：技術に関する事業を推進する課室（研究開発担当課室）をいう。推進課は、評価結果を反映させるよう努力する義務がある。
- ・主管課：技術に関する施策の企画立案を主管する課室及び予算等の要求事項を主管する課室をいう。
- ・査定課：予算等の査定を行う課室（大臣官房会計課、資源エネルギー庁総合政策課等）をいう。
- ・有識者等：評価対象となる技術に関する施策・事業について知見を有する者及び研究開発成果の経済的・社会的意義につき指摘できる人材（マスコミ、ユーザ、人文・社会学者、投資家等）をいう。
- ・外部評価者：経済産業省に属さない外部の有識者等であって、評価対象となる技術に関する施策・事業の推進に携わっていない者をいう。
- ・外部評価：外部評価者による評価をいい、評価コメントのとりまとめ方法としてパネルレビュー

（評価者からなる委員会を設置（インターネット等を利用した電子会議を含む。）して評価を行う形態）による場合とメールレビュー（評価者に対して郵便・FAX・電子メール等の手段を利用して情報を提供し、評価を行う形態）による場合とがある。

- ・評価事務局：技術に関する施策・事業の評価の事務局となる部署をいい、評価者の行う評価の取りまとめ責任を負う。
- ・評価者：評価の責任主体をいい、パネルレビューによる場合には外部評価者からなる委員会が責任主体となる。また、評価の結果を踏まえて、資源配分の停止や変更、技術に関する施策・事業の内容の変更に責任を有するのは企画立案部門である技術に関する施策・事業の推進課及び主管課である。
- ・終了時評価：事業終了時に行う評価であり、事業が終了する前の適切な時期に行う終了前評価と事業の終了直後に行う事後評価がある。

I. 評価の基本的考え方

1. 評価目的

(1) より良い政策・施策への反映

評価を適切かつ公正に行うことにより、研究者の創造性が十分に発揮されるような、柔軟かつ競争的で開かれた研究開発環境の創出など、より良い政策・施策の形成等につなげること。

(2) より効率的・効果的な研究開発の実施

評価を支援的に行うことにより、研究開発の前進や質の向上、独創的で有望な優れた研究開発や研究者の発掘、研究者の意欲の向上など、研究開発を効果的・効率的に推進すること。

(3) 国民への技術に関する施策・事業の開示

高度かつ専門的な内容を含む技術に関する施策・事業の意義や内容について、一般国民にわかりやすく開示すること。

(4) 資源の重点的・効率的配分への反映

評価の結果を技術に関する施策・事業の継続、拡大・縮小・中止など資源の配分へ反映させることにより資源の重点化及び効率化を促進すること。また、研究開発をその評価の結果に基づく適切な資源配分等通じて次の段階に連続してつなげることなどにより、研究開発成果の国民・社会への還元効率化・迅速化に資すること。

2. 評価の基本理念

評価の実施に当たっては、以下の考え方を基本理念とする。

(1) 透明性の確保

推進課、主管課及び研究開発機関においては、積極的に成果を公開し、その内容について広く有識者等の意見を聴くこと。評価事務局においては、透明で公正な評価システムの形成、定着を図るため、評価手続、評価項目・評価基準を含めた評価システム全般についてあらかじめ明確に定め、これを公開することにより、評価システム自体を誰にも分かるものとするとともに、評価結果のみならず評価の過程についても可能な限り公開すること。

(2) 中立性の確保

評価を行う場合には、被評価者に直接利害を有しない中立的な者である外部評価の導入等により、中立性の確保に努めること。

(3) 継続性の確保

技術に関する施策・事業においては、個々の評価がそれ自体意義を持つだけでなく、評価とそれを反映した技術に関する施策・事業の推進というプロセスを繰り返していく時系列のつながりにも意義がある。したがって、推進課及び主管課にとって評価結果を後の技術に関する施策・事業の企画立案等に反映させる際に有用な知見を抽出し、継続性のある評価方法で評価を行うこと。

(4) 実効性の確保

政策目的に照らし、効果的な技術に関する施策・事業が行われているか判断するための効率的評価が行われるよう、明確で実効性のある評価システムを確立・維持するとともに、技術に関する施策・事業の運営に支障が生じたり、評価者及び被評価者双方に過重な負担をかけるこ

とのない費用対効果の高い評価を行うこと。

3. 指針の適用範囲

- (1) 本指針においては、多面的・階層的な評価を行う観点から、経済産業省における具体的に研究開発を行う個別の実施単位である研究開発制度、プロジェクト及び競争的資金制度による研究課題である技術に関する事業並びに同一又は類似の目的を有する技術に関する事業のまとまりである技術に関する施策を評価対象とする。
- (2) 国費の支出を受けて技術に関する事業を実施する民間機関、公設試験研究機関等の評価については、当該事業の評価の際等に、これら機関における当該事業の研究開発体制に関わる運営面に関し、国費の効果的・効率的執行を確保する観点から、必要な範囲で評価を行う。
- (3) 上記(2)の規定にかかわらず、独立行政法人が運営費交付金により自ら実施し、又は運営管理する技術に関する事業については、独立行政法人通則法（平成11年法律第103号）及び大綱的指針に基づいて実施されるものであり、本指針の対象としない。なお、技術に関する施策には、これら事業は含まれるものとする。
- (4) 評価の種類としてはこの他に研究者等の業績の評価が存在するが、これは研究開発機関の長が評価のためのルールを整備した上で、責任を持って実施することが基本であり、本指針の対象としない。

4. 評価の類型・階層構造及びリンケージ

(1) 実施時期による類型

評価はその実施時期により、事前評価、中間・終了時評価及び追跡評価に類型化される。

(2) 評価の階層構造

経済産業省における技術評価では、技術に関する施策・事業での評価を基本的な評価単位とするが、政策効果をあげるために、特に必要があると認められるときには、関連する複数の技術に関する施策・事業が有機的に連携をとって

体系的に政策効果をあげているかを評価することとする（これは経済産業省政策評価実施要領における「政策体系評価」に対応するものと位置付ける。）。

(3) 実施時期による評価のリンケージ

中間・終了時評価は、技術に関する施策・事業の達成状況や社会経済情勢の変化を判断し、計画の見直しや後継事業への展開等の是非を判断するものである。また、事前評価での予想が実際にどのような結果となったか、予算措置は妥当であったか等を確認することにより、事前評価の方法を検証し得るものである。したがって、中間・終了時評価の結果をその後の産業技術政策・戦略の企画立案や、より効果的な事前評価の評価手法の確立に反映させるよう努めるものとする。

また、中間・終了時評価の結果は、追跡評価にて検証されるものである。

5. 評価方法等

厳正な評価を行うためには、評価方法、評価項目等に客観性を持たせることが必要であること

から、本指針をはじめ評価実施に係る諸規程等を整備の上、公開するものとする。

技術評価室は本指針を踏まえ、評価マニュアル等を策定するとともに、円滑な評価の実施のための指導及び評価システムの維持管理を行う。

(1) 施策原簿

技術に関する施策の基本実施計画書、政策評価書等をもって施策原簿とする。施策原簿を作成・改定した場合は、速やかにその写しを技術評価室へ提出する。

(2) 事業原簿

技術に関する事業の基本実施計画書、政策評価書等をもって事業原簿とする。研究開発制度及びプロジェクトの事業原簿を作成・改定した場合は、速やかにその写しを技術評価室へ提出する。

(3) 評価項目・評価基準

評価の類型及び技術に関する施策・事業の態様等に応じて標準的な評価項目・評価基準を技術評価室が別に定めることとする。

(4) 評価手続・評価手法

評価の類型に応じて適切な評価手法を用いるものとする。なお、複数の事業間の相対的評価を行う場合等においては、評点法の活用が有効と考えられ、評価の類型及び対象案件の態様に応じ適宜活用することが望ましい。

(5) 評価の簡略化

評価の実施に当たっては、評価コストや被評価者側の過重な負担を回避するため、評価対象となる事業に係る予算額が比較的少額である場合には、評価項目を限定する等の簡略化を行うことができるものとする。なお、簡略化の標準的な方法については技術評価室が別に定める。

6. 評価結果の取扱い等

(1) 評価結果の取扱い

評価事務局は、評価終了後速やかに評価書の写しを技術評価室に提出する。技術評価室は全ての評価結果について、これまでに実施された関連調査及び評価の結果、評価の実施状況等を踏まえつつ意見をまとめ、査定課、秘書課及び政策評価広報課に報告することができる。

(2) 予算査定との関係

査定課は、技術評価室から事前評価及び中間評価の評価書の提出を受けた場合は、技術評価室の意見を踏まえつつ技術に関する施策・事業の評価等を行う。事前評価に関しては査定課の評価を終えた事前評価書に記載された技術に関する施策・事業の内容をもって、推進課又は主管課と査定課との間の合意事項とみなし、査定課はこれを踏まえて予算査定を行う。中間評価に関しては、査定課は中間評価結果を踏まえて予算査定を行う。

(3) 評価結果等の公開の在り方

評価結果及びこれに基づいて講ずる又は講じた措置については、機密の保持が必要な場合を除き、個人情報や企業秘密の保護、知的財産権の取得等に配慮しつつ、一般に公開することとする。なお、事前評価については、政策立案過程の透明化を図る観点から、評価事務局は予算が経済産業省の案として確定した後に、公開するものとする。パネルレビューを行う場合にお

ける議事録の公開、委員会の公開等については、「審議会等の透明化、見直し等について」（平成7年9月閣議決定）に準じて行うものとする。

7. 評価システムの不断の見直し

いかなる評価システムにおいても、評価は評価者の主観的判断によってなされるものであり、その限りにおいては、完璧な客観性、公平性を求めることは困難である。したがって、評価作業が終了するたびごとにその評価方法を点検し、より精度の高いものとしていく努力が必要である。また、本指針については、こうした一連の作業を踏まえ、原則として毎年度見直しの要否を検討する。

8. 評価体制の充実

評価体制の充実を図るため、研究者の評価者としての活用などにより評価業務に携わる人材を育成・確保するとともに、研究開発費の一部を評価費用に充てるなど評価に必要な資源を確保する。

9. 評価データベース等の整備

技術評価室は、国内外の適切な評価者を選任できるようにするため、及び個々の評価において普遍性・信頼性の高い評価を実現するため、個々の技術に関する施策・事業についての研究者、資金、成果、評価者、評価結果等をまとめたデータベースを整備する。

また、競争的資金制度による研究課題に関する評価など、審査業務等を高度化・効率化するために必要な電子システムの導入も促進する。

10. 評価における留意事項

(1) 評価者と被評価者との対等性

① 評価者と被評価者との関係

評価作業を効果的に機能させるためには、評価者と被評価者の双方が積極的にその知見と情報を提供し合うという協調的関係と、評価者もその評価能力を評価されるという意味で評価者と被評価者とが相互に相手进行评估するという緊張関係とを構築し、この中で、討論を行い、評価を確定していく必要がある。

この際、評価者は、不十分な成果等被評価者が自ら進んで提示しない事実があるかどうかを見極める能力が要求される。一方、被評価者は、評価対象の技術に関する施策・事業の位置付けを明確に認識するとともに、評価結果を正確に理解し、確実にその後の技術に関する施策・事業の創設、運営等に反映させていくものとする。

② 評価者に係る留意事項

研究者が評価者となる場合、評価者は、評価作業を評価者自らの研究を妨げるものとして捉えるべきではなく、自らの研究の刺激になる行為として、積極的に取り組むことが必要である。

また、研究開発成果を、イノベーションを通じて国民・社会に迅速に還元していく観点から、産業界の専門家等を積極的に評価者に選任する。

③ 被評価者に係る留意事項

被評価者は、評価を事業の質をより高めるものとして積極的に捉え、評価は評価者と被評価者の双方の共同作業であるとの認識の下、真摯な対応を図ることが必要である。

(2) 評価の不確実性

評価時点では見通し得なかった技術、社会情勢の変化が将来的に発生し得るという点で評価作業は常に不確実性を伴うものである。したがって、評価者は評価の精度の向上には、必然的に限界があることを認識した上で、評価時点で最良と考えられる評価手法をとるよう努めることが必要である。かかる観点からは、厳正さを追求するあまりネガティブな面のみを過度に減点法で評価を行うこととなると、将来大きな発展をもたらす技術を阻害するおそれがある点にも留意する必要がある。

また、成果に係る評価において、目標の達成度合いを評価の判定基準にすることが原則であるが、併せて、副次的成果等、次につながる成果を幅広い視野からとらえる。

(3) その他の留意事項

① 海外の研究者、若手研究者の活用

研究者には、研究開発の発展を図る上で専門的見地からの評価が重要な役割を果たすものであることから、評価者としての評価への積極的参加が求められる。一方、特定の研究者に評価実施の依頼が集中する場合には、評価への参加が大きな負担となり、また、評価者となる幅広い人材の養成確保にもつながらないことから、海外の研究者や若手研究者も評価者として積極的に参加させることなどにより評価者確保の対象について裾野の拡大を図るよう努める。

② 所期の成果を上げられなかった研究開発

研究開発は必ずしも成功するとは限らず、また、失敗から貴重な教訓が得られることもある。したがって、失敗した場合には、まずその原因を究明し、今後の研究開発にこれを生かすことが重要であり、成果を上げられなかったことをもって短絡的に従事した研究者や組織、機関を否定的に評価すべきものではない。また、評価が野心的な研究開発の実施の阻害要因とならないよう留意しなければならない。

③ 数値的指標の活用

論文の被引用度数、特許の申請状況等による成果の定量的評価は一定の客観性を有するが、技術に関する施策・事業においては研究分野や内容により、その意味は大きく異なり得るものであり、必ずしも研究開発成果の価値を一義的に表すものではない。したがって、これらを参考資料として有効に活用しつつも、偏重しないよう留意すべきである。

④ 評価結果の制度間での相互活用

研究開発をその評価の結果に基づく適切な資源配分等を通じて次の段階の研究開発に連続してつなげるなどの観点から、関係府省、研究開発機関及び制度を越えて相互活用するよう努める。

⑤ 自己点検の活用

評価への被評価者等の主体的な取組を促進し、また、評価の効率的な実施を推進するため、推進課及び主管課は、自ら技術に関する施策・事業の計画段階において具体的かつ明確な目標とその達成状況の判定基準等を明示し、技術に関する施策・事業の開始後には目標の達成状況、

今後の発展見込み等の自己点検を行い、評価者はその内容の確認などを行うことにより評価を行う。

⑥ 評価の国際的な水準の向上

研究開発の国際化への対応に伴い、評価者として海外の専門家を参加させる、評価項目に国際的なベンチマーク等を積極的に取り入れるなど評価に関して、実施体制や実施方法などの全般にわたり、評価が国際的にも高い水準で実施されるよう取り組む。

II. 評価の類型と実施方法

II. 1. 技術に関する施策評価

技術に関する施策の評価は、当該技術分野全体の方向性等を勘案しつつ、当該施策の下に位置付けられる技術に関する事業のまとまりを俯瞰する形で、各事業の相互関係等に着目し、個々の事業に係る評価結果を踏まえて行う。

(1) 事前評価

新規の技術に関する施策の創設に当たって行う。

① 評価者

外部評価者

② 被評価者

推進課及び主管課

③ 評価事務局

推進課及び主管課。ただし、必要に応じて技術評価室が行うこともできる。

④ 評価手続・評価手法

外部評価を行う。

評価対象とする技術に関する施策は、技術評価室が推進課及び主管課と協議の上、定める。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。

(2) 中間・終了時評価

技術に関する施策創設後、一定期間継続的に実施しているものについて、技術に関する施策ごとに中間・終了時評価を行う。

① 評価者

外部評価者

② 被評価者

推進課及び主管課

③ 評価事務局

推進課及び主管課。ただし、必要に応じて技術評価室が行うこともできる。

④ 評価手続・評価手法

施策原簿、成果報告、運営状況報告等を基に外部評価を行う。

評価対象とする技術に関する施策は、技術評価室が推進課及び主管課と協議の上、定める。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。

⑥ 実施時期

中間評価については、実施が4年以上にわたる又は実施期間の定めのない技術に関する施策について3年程度ごとに定期的に行う。なお、モニタリング（進捗状況を把握する作業）については毎年行うこととする。

終了時評価については、当該技術に関する施策の成果を切れ目なく次の技術に関する施策につなげていく場合には、当該技術に関する施策が終了する前の適切な時期に終了前評価を行うこととし、その他の場合には、当該技術に関する施策の終了直後に事後評価を行うものとする。

なお、中間・終了時評価は、効果的・効率的な評価の実施の観点から、技術に関する施策を構成する技術に関する事業の評価を前提として実施する。

Ⅱ. 2. 技術に関する事業評価

Ⅱ. 2. 1. 研究開発制度評価

研究開発制度評価は、個々にその目的・政策的位置付け、目標、成果、目標の達成度、必要性、効率性、有効性等について、事前評価及び中間・終了時評価を行う。

(1) 事前評価

新規の研究開発制度の創設に当たって行う。

① 評価者

外部評価者

② 被評価者

推進課

③ 評価事務局

推進課

④ 評価手続・評価手法

外部評価を行う。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。研究開発制度について制度実施予定期間及び中間評価の時期の妥当性に関して評価する。

(2) 中間・終了時評価

研究開発制度創設後、一定期間継続的に実施しているものについて、研究開発制度ごとに中間・終了時評価を行う。

① 評価者

外部評価者

② 被評価者

推進課及び研究開発機関

③ 評価事務局

推進課又は研究開発機関（独立行政法人であって、研究開発制度の推進部門から独立した評価部門が評価を行う場合に限る。）。ただし、必要に応じて技術評価室が行うこともできる。

④ 評価手続・評価手法

事業原簿、研究開発制度から得られた成果、研究開発制度の運営状況等を基に外部評価を行う。また、必要に応じ、評点法の活用による評価の定量化を行うこととする。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。

⑥ 実施時期

中間評価については、実施期間が5年以上の研究開発制度又は実施期間の定めのない研究開発制度については、その目的、内容、性格、規模等を考慮し、3年程度ごとに定期的に行う。なお、モニタリング（進捗状況を把握する作業）については毎年行うこととする。

終了時評価については、当該研究開発制度の成果を切れ目なく次の研究開発制度につなげていく場合には、当該研究開発制度が終了する前の適切な時期に終了前評価を行うこととし、その他の場合には、当該研究開発制度終了直後に事後評価を行うものとする。

なお、中間・終了時評価は、効果的・効率的な評価の実施の観点から研究開発制度に関する評価結果の情報を集積し、関連する技術に関する施策の評価に際しその情報を提供する。

II. 2. 2. プロジェクト評価

プロジェクト評価は、個々にその目的・政策的位置付け、目標、成果、有効性、効率性等について評価を行う。事前評価及び中間・終了時評価を行う。

(1) 事前評価

新規のプロジェクトの創設に当たって行う。

① 評価者

外部評価者

② 被評価者

推進課

③ 評価事務局

推進課

④ 評価手続・評価手法

外部評価を行う。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。プロジェクトについて実施予定期間及び中間評価の時期の妥当性に関して評価する。

(2) 中間・終了時評価

プロジェクト創設後、一定期間継続的に実施しているものについて、プロジェクトごとに中間・終了時評価を行う。

① 評価者

外部評価者

② 被評価者

推進課、研究開発機関及び実施者（研究開発機関から委託又は補助を受けてプロジェクトを実施する機関又は個人をいう。）

③ 評価事務局

推進課又は研究開発機関（独立行政法人であって、事業の推進部門から独立した評価部門が評価を行う場合に限る。）。ただし、必要に応じて技術評価室が行うこともできる。

④ 評価手続・評価手法

事業原簿、成果報告、運営状況報告等を基に外部評価を行う。また、必要に応じ、評点法の活用による評価の定量化を行うこととする。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。

⑥ 実施時期

中間評価は、実施期間が5年以上のプロジェクト又は実施期間の定めのないプロジェクトについては、その目的、内容、性格、規模等を考慮し、3年程度ごとに定期的に行う。なお、モニタリング（進捗状況を把握する作業）については毎年行うこととする。

終了時評価は、当該プロジェクトの成果を切れ目なく次のプロジェクトにつなげていく場合には、当該プロジェクトが終了する前の適切な時期に終了前評価を行うこととし、その他の場合には、当該プロジェクト終了直後に事後評価を行うものとする。

なお、中間・終了時評価は、効果的・効率的な評価の実施の観点から個別プロジェクトに関する評価結果の情報を集積し、関連する技術に関する施策の評価に際しその情報を提供する。

II. 2. 3. 競争的資金制度による研究課題に関する評価

競争的資金制度に提案された個々の研究課題について、当該競争的資金制度の目的に照らして、目標・計画、科学的・技術的意義、実施体制、実用化の見通し等について評価を行う。複数の候補の中から優れた研究課題を採択するための事前評価及び目標の達成状況や成果の内容等を把握するための中間・終了時評価を行う。

(1) 事前評価

新規研究課題の採択時に行う。

① 評価者

外部評価者。

研究課題の採択の際、被評価者と同じ研究開発機関に所属する等の専門家は排除する必要があるため、例えば評価事務局はあらかじめ全評価者名を公表し、被評価者に対して申請時に利害関係者の存在を併せて書面にて宣誓することを求める等の措置を講ずる。また、評価者には秘密保持を義務付ける。

なお、評価者としてふさわしい者であることを示すため、評価者の業績又は実績について適切な時期にホームページ等で公開する。

② 被評価者

研究課題の提案者

③ 評価事務局

推進課又は研究開発機関

④ 評価手続・評価手法

研究課題の採択に当たっては、エフォート（一研究員の全研究活動時間のうち当該競争的資金制度による研究活動に充てる時間の割合をいう。）の明記を原則求める。また、被評価者と利害関係のない有識者等によるパネルレビュー又はメールレビューによる評価を行う。採択に当たっては、他の競争的資金制度による研究課題等との重複が生じないようにする。評価事務局は研究課題の提案者へ不採択の結果を通知する場合には、原則として評価項目別に詳細な評価内容を提示するとともに、不採択となった提案者からの問い合わせに応じるための環境を整備する。

なお、研究課題の評価に際しては、研究分野や当該競争的資金制度の趣旨を踏まえ、必要に応じて、主に業績が十分に定まらない若手研究者等について、マスキング評価の導入を図ることとする。主に中堅以上の研究者に関する研究者としての評価は、所属組織や機関のみに着目するのではなく、過去の実績を十分に考慮した評価とする。

また、研究者の研究遂行能力を示している過去の研究実績について、定量化を試みつつ、研究者としての評価を過去の実績を十分考慮して行った上で研究課題の採否を決定する。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。研究課題について実施予定期間及び中間評価の時期の妥当性に関して評価する。

(2) 中間・終了時評価

研究課題の目標達成度の把握とともに研究課題の継続、拡大・縮小、中止等の資源配分の判断、および必要に応じ被評価者に対する支援的助言を行うための評価。

① 評価者

外部評価者

なお、評価者としてふさわしい者であることを示すため、評価者の業績又は実績について適切な時期にホームページ等で公開する。

② 被評価者

研究課題の実施者

③ 評価事務局

推進課又は研究開発機関。ただし、必要に応じて技術評価室が行うこともできる。

④ 評価手続・評価手法

事業原簿、成果報告、運営状況報告等を基に外部評価を行う。

競争的資金制度による継続的な研究の必要性及びプロジェクトへの発展の可能性（主として技術シーズの創造を目的とする研究の場合に限る。）の有無が判断できる手法により評価を行う。

また、研究課題の終了時評価の結果については、採択された研究課題ごとに定量化されたも

のについては結果を公表する。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。

⑥ 実施時期

中間評価については、実施期間が5年以上の研究課題又は実施期間の定めのない研究課題については、その目的、内容、性格、規模等を考慮し、3年程度ごとに定期的に行う。

終了時評価については、当該研究課題の成果を切れ目なく次の研究課題又はプロジェクト等につなげていく場合には、原則、当該研究課題が終了する前の適切な時期に終了前評価を行うこととし、その他の場合には、当該研究課題終了直後に事後評価を行う。

II. 3. 追跡評価

終了して数年経った技術に関する施策・事業を対象に、その研究開発活動や研究開発成果が産業、社会に及ぼした効果について調査し、その調査結果を基に現在の視点から総合的に評価を行う。

(1) 評価者

外部評価者

(2) 被評価者

評価対象となる技術に関する施策・事業及びこれに関連する技術に関する施策・事業に携わった推進課及び研究開発機関

(3) 評価事務局

推進課又は技術評価室

(4) 評価手続・評価手法

過去の事業原簿等の文献データ、関連部署・機関及びその他関係者等からの聞き取り調査等による情報を基にパネルレビュー又は第3者機関への委託による外部評価を行う。また、可能な限り定量的な評価に努める。

(5) 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。

(6) 実施時期

技術に関する施策・事業終了後、成果の産業社会への波及が見極められる時点とする。

参考資料 2

経済産業省技術評価指針に基づく
標準的評価項目・評価基準

経済産業省技術評価指針に基づく
標準的評価項目・評価基準

平成25年4月

経済産業省産業技術環境局

技術評価室

目 次

	ページ
はじめに	1
I. 技術に関する施策評価	3
II. 技術に関する事業	6
II－1 プロジェクト評価	6
II－2 研究開発制度評価	9
II－3 競争的資金による研究課題に関する評価	13
III. 追跡評価	16

はじめに

研究開発評価に当たっては、公正性、信頼性さらには実効性の観点から、その対象となる研究開発の特性や評価の目的等に応じて、適切な評価項目・評価基準を設定して実施することが必要である。

本標準的評価項目・評価基準は、経済産業省における技術に関する施策及び技術に関する事業の評価を行うに当たって配慮しなければならない事項を取りまとめたガイドラインである経済産業省技術評価指針に基づき、評価方法、評価項目等に一貫性を持たせるために、標準的なものとして、技術評価室が定めるものである。

なお、本標準的評価項目・評価基準は、あくまで原則的なものであり、必ずしも全てそのとおりとしなければならないものではなく、適切な評価の実施のために評価対象によって、適宜、変更することを妨げるものではない。

I. 施策評価

【事前評価】

1. 目的

- ・ 施策の目的は特定されていて、簡潔に明示されているか。
- ・ 当該施策の導入により、現状をどのように改善し、どのような状況を実現しようとしているのか。

2. 必要性

- ・ 国（行政）が関与する必要があるか。

（注1） 背景として、どのような問題が当該施策の対象領域等に存在するのか。

また、その問題の所在や程度を数値、データや文献により具体的に把握しているか。

（注2） 行政関与の必要性や妥当性について、その根拠を客観的に明らかにする。

具体的には、妥当性を有することを説明する場合、これらニーズや上位目的に照らした妥当性を可能な限り客観的に明らかにする。また、「市場の失敗」と関連付けて行政の関与の必要性を説明する場合には、「行政関与の基準」の「行政関与の可否に関する基準」により、必要性を明らかにする。

（注3） 行政目的が国民や社会のニーズ又はより上位の行政目的に照らして妥当性を有していること、民間活動のみでは改善できない問題であって、かつ、行政が関与することにより改善できるものが存在することを明らかにする。

3. 施策の概要

- ・ 施策全体としての概要を適切に記述しているか。
- ・ 当該施策を構成する事業を網羅し、個々の事業について記載しているか。

（注） 施策の概要の記載において、施策の中間・事後評価時期を記載する。

4. 目標、指標及び達成時期

（1）目標

- ・ 具体的にいつまでにいかなる事業をどの程度実施し、どの水準から事業を開始し、どの水準の成果を達成するのか。目的と照らして、明確かつ妥当な目標を設定しているか。
- ・ 政策の特性などから合理性がある場合には、定性的な目標であっても良いが、その場合、目的として示された方向の上で目指す水準（例えば、研究開発成果による新規市場の創設効果など）が把握できるものとなっているか。

（注） 目標は、資金提供やサービス提供の量といった施策の実施の直接的な結果（アウトプット）だけでなく、施策の目的を具現化した効果（アウトカム：実施の結果、当該施策を直接に利用した者以外にも生ずる効果等）についても設定する。

（2）指標及び目標達成時期

- ・ 適切な指標を設定しているか。毎年のモニタリングとして測定可能なものとなっているか。
- ・ 当該指標により当該目標の達成度が測定可能なものとなっているか。

- ・ 目標達成時期は明確かつ妥当であるか。

(注) <共通指標>

- ・ 論文数及びそれら論文の被引用度数
- ・ 特許等取得した知的所有権数、それらの実施状況
- ・ 特に、製品化に際しての実施権供与数、取得実施権料
- ・ 国際標準形成への寄与

5. 中間・事後評価の時期及び方法

- ・ 事前評価書に、中間・事後評価の時期を設定しているか。
- ・ 目標達成や運用の状況を、いつ、どのようにして計測し、また、検証するかを明らかにしているか。
- ・ 事前評価段階で、評価方法を定めているか。

(注1) 施策の中間評価は、技術評価指針に基づき、4年以上の事業期間である施策について、実施する。

なお、技術評価指針における「中間評価」は、政策評価法上においては「事後評価」のカテゴリーに整理される。

(注2) 事業の実施状況モニタリングは、過度のコストを伴う等非現実的な実施が前提とならないように配慮し、各指標値を得る情報源及び入手頻度等は明確にする。

6. 有識者、ユーザー等の各種意見

- ・ 当該施策の企画・立案過程において参照した外部の意見や要請等を施策全体及び個別事業毎に具体的に記述しているか。

7. 有効性、効率性等の評価

(1) 手段の適正性

- ・ 目的や目標を達成するために採り得る政策手段にはどのようなものがあるか。
その中で、提案している施策が最も優れていると考える根拠は何か。
- ・ 採ろうとする政策手段が目的や目標の達成に役立つ根拠及び程度を明らかにしているか。

(2) 効果とコストとの関係に関する分析（効率性）

- ・ 要求予算規模、想定減税規模、機会費用その他の当該政策手段に伴い発生するコストを明確にしているか。
- ・ 各選択肢についての社会的便益と社会的費用の比較（費用便益分析、費用効果分析、（社会的便益が同等な場合は）コスト分析等）を行っているか。定量的な評価が困難な場合は、少なくとも、各々の想定される結果の長所・短所の定性的な比較に基づいて行っているか。

(3) 適切な受益者負担

- ・ 政策の目的に照らして、政策の効果の受益や費用の負担が公平に分配されるか。

【中間・事後評価】

1. 施策の目的・政策的位置付けの妥当性

(1) 施策の目的の妥当性

- ・ 施策の目的が波及効果、時期、主体等を含め、具体化されているか。
- ・ 技術的課題は整理され、目的に至る具体的目標は立てられているか。
- ・ 社会的ニーズに適合し、出口（事業化）を見据えた内容になっているか。

(2) 施策の政策的位置付けの妥当性

- ・ 施策の政策的位置意義（上位の政策との関連付け、類似施策との関係等）は高いか。
- ・ 国際的施策動向に適合しているか。

(3) 国の施策としての妥当性、国の関与が必要とされる施策か。

- ・ 国として取り組む必要のある施策であり、当省の関与が必要とされる施策か。
- ・ 必要に応じ、省庁間連携は組まれているか。

2. 施策の構造及び目的実現見通しの妥当性

(1) 現時点において得られた成果は妥当か。

(2) 施策の目的を実現するために技術に関する事業が適切に配置されているか。

- ・ 配置された技術に関する事業は、技術に関する施策の目的を実現させるために必要か。
- ・ 配置された技術に関する事業に過不足はないか。
- ・ 配置された技術に関する事業の予算配分は妥当か。
- ・ 配置された技術に関する事業のスケジュールは妥当か。

3. 総合評価

Ⅱ．技術に関する事業評価

Ⅱ－１ プロジェクト評価

【事前評価】

1. 事業の必要性及びアウトカムについて（研究開発の定量的目標、社会的課題の解決や国際競争力強化への対応）

- （１）事業の必要性はあるか（どのような社会的課題等があるのか）。
- （２）アウトカム（目指している社会の姿）の具体的内容及び検証可能なアウトカム指標とその時期は適切に設定されているか。
- （３）アウトカムが実現した場合の日本経済や国際競争力、問題解決に与える効果の程度は優れているものか。
- （４）アウトカムに至るまでに達成すべきいくつかの中間段階の目標（技術的成果等）の具体的内容とその時期は適切に設定されているか。

2. アウトカムに至るまでの戦略について

- （１）アウトカムに至るまでの戦略に関して、以下の点について適切に計画されているか。
 - ・ アウトカムに至るまでのスケジュール
 - ・ 知財管理の取扱
 - ・ 実証や国際標準化
 - ・ 性能や安全性基準の策定
 - ・ 規制緩和等を含む実用化に向けた取組
- （２）成果のユーザーの段階的イメージ・仮説は妥当なものか。
 - ・ 技術開発成果の直接的受け手は誰か
 - ・ 社会的インパクトの実現までのカギとなるプレイヤーは誰か

3. 次年度以降に技術開発を実施する緊急性について

- （１）次年度以降に技術開発を実施する緊急性は合理的なものか。

4. 国が実施する必要性について

- （１）科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性を有している事業か。
 - ・ 我が国が強みを持ち、世界に勝てる技術分野か

- ・他の研究分野等への高い波及効果を含むものか

5. 当該事業のアウトカムと関連性のある省内外の事業について

- (1) 当該事業のアウトカムと関連性のある省内外の事業との関係性は適切か
- ・当該事業のアウトカムと関連性のある省内外の事業として何があるか
 - ・上記の関連性のある事業と重複がなく、また、適切に連携等が取れているか

【中間・事後評価】

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

- (1) 事業目的は妥当で、政策的位置付けは明確か。
- ・事業の政策的意義（上位の施策との関連付け等）
 - ・事業の科学的・技術的意義（新規性・先進性・独創性・革新性・先導性等）
 - ・社会的・経済的意義（実用性等）
- (2) 国の事業として妥当であるか、国の関与が必要とされる事業か。
- ・国民や社会のニーズに合っているか。
 - ・官民の役割分担は適切か。

2. 研究開発等の目標の妥当性

- (1) 研究開発等の目標は適切かつ妥当か。
- ・目的達成のために具体的かつ明確な研究開発等の目標及び目標水準を設定しているか。特に、中間評価の場合、中間評価時点で、達成すべき水準（基準値）が設定されているか。
 - ・目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

3. 成果、目標の達成度の妥当性

- (1) 成果は妥当か。
- ・得られた成果は何か。
 - ・設定された目標以外に得られた成果はあるか。
 - ・共通指標である、論文の発表、特許の出願、国際標準の形成、プロトタイプ之作製等があったか。
- (2) 目標の達成度は妥当か。
- ・設定された目標の達成度（指標により測定し、中間及び事後評価時点の達成すべき水準（基準値）との比較）はどうか。

4. 事業化、波及効果についての妥当性

- (1) 事業化については妥当か。

- ・事業化の見通し（事業化に向けてのシナリオ、事業化に関する問題点及び解決方策の明確化等）は立っているか。

（２）波及効果は妥当か。

- ・成果に基づいた波及効果を生じたか、期待できるか。
- ・当初想定していなかった波及効果を生じたか、期待できるか。

* 知的基盤・標準整備等の研究開発の場合、以下の評価項目・評価基準による。

4. 標準化等のシナリオ、波及効果の妥当性

（１）標準化等のシナリオは妥当か。

- ・JIS化や我が国主導の国際規格化等に向けた対応は図られているか。

（２）波及効果は妥当か。

- ・成果に基づいた波及効果を生じたか、期待できるか。
- ・当初想定していなかった波及効果を生じたか、期待できるか。

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

（１）研究開発計画は適切かつ妥当か。

- ・事業の目標を達成するために本計画は適切であったか（想定された課題への対応の妥当性）。
- ・採択スケジュール等は妥当であったか。
- ・選別過程は適切であったか。
- ・採択された実施者は妥当であったか。

（２）研究開発実施者の実施体制・運営は適切かつ妥当か。

- ・適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか、いたか。
- ・全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか、いたか。
- ・目標達成及び効率的実施のために必要な、実施者間の連携／競争が十分に行われる体制となっているか、いたか。
- ・成果の利用主体に対して、成果を普及し関与を求める取組を積極的に実施しているか、いたか。
- ・国民との科学・技術対話を効果的に実施したか、又は実施することとしているか。（ただし、公募要項に当該対話を実施することが明記されている研究開発で、3千万円以上の公的研究費の配分を受ける研究開発を実施する研究者等を対象とする。）ここで、国民との科学・技術対話とは、研究活動の内容や成果を社会・国民に対して分かりやすく説明する、未来への希望を抱かせる心の通った双方向コミュニケーション活動をいう（「国民との科学・技術対話」の推進について（基本的取組方針）（平成22年6月19日））。

（３）資金配分は妥当か。

- ・資金の過不足はなかったか。
- ・資金の内部配分は妥当か。

(4) 費用対効果等は妥当か。

- ・ 投入された資源量に見合った効果が生じたか、期待できるか。
- ・ 必要な効果がより少ない資源量で得られるものが他にないか。

(5) 変化への対応は妥当か。

- ・ 社会経済情勢等周囲の状況変化に柔軟に対応しているか（新たな課題への対応の妥当性）。
- ・ 代替手段との比較を適切に行ったか。

6. 総合評価

Ⅱ－２ 研究開発制度評価

※複数の制度の制度構造評価を実施する場合、参考に示す評価項目・評価基準に留意する。

【事前評価】

1. 事業の必要性及びアウトカムについて（研究開発の定量的目標、社会的課題の解決や国際競争力強化への対応）

- (1) 事業の必要性はあるか（どのような社会的課題等があるのか）。
- (2) アウトカム（目指している社会の姿）の具体的内容及び検証可能なアウトカム指標とその時期は適切に設定されているか。
- (3) アウトカムが実現した場合の日本経済や国際競争力、問題解決に与える効果の程度は優れているものか。
- (4) アウトカムに至るまでに達成すべきいくつかの中間段階の目標（技術的成果等）の具体的内容とその時期は適切に設定されているか。

2. アウトカムに至るまでの戦略について

- (1) アウトカムに至るまでの戦略に関して、以下の点について適切に計画されているか。
 - ・ アウトカムに至るまでのスケジュール
 - ・ 知財管理の取扱い
 - ・ 実証や国際標準化
 - ・ 性能や安全性基準の策定
 - ・ 規制緩和等を含む実用化に向けた取組
- (2) 成果のユーザーの段階的イメージ・仮説は妥当なものか。

- ・ 技術開発成果の直接的受け手は誰か
- ・ 社会的インパクトの実現までのカギとなるプレイヤーは誰か

3. 次年度以降に技術開発を実施する緊急性について

- (1) 次年度以降に技術開発を実施する緊急性は合理的なものか。

4. 国が実施する必要性について

- (1) 科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性を有している事業か。
- ・ 我が国が強みを持ち、世界に勝てる技術分野か
 - ・ 他の研究分野等への高い波及効果を含むものか

5. 当該事業のアウトカムと関連性のある省内外の事業について

- (1) 当該事業のアウトカムと関連性のある省内外の事業との関係性は適切か
- ・ 当該事業のアウトカムと関連性のある省内外の事業として何があるか
 - ・ 上記の関連性のある事業と重複がなく、また、適切に連携等が取れているか

【中間・事後評価】

1. 制度の目的及び政策的位置付けの妥当性

- (1) 国の制度として妥当であるか、国の関与が必要とされる制度か。
- (2) 制度の目的は妥当で、政策的位置付けは明確か。
- (3) 他の制度との関連において、重複等はないか。

2. 制度の目標の妥当性

- (1) 目標は適切かつ妥当か。
- ・ 目的達成のために具体的かつ明確な目標及び目標水準を設定しているか。特に、中間評価の場合、中間評価時点で、達成すべき水準（基準値）が設定されているか。
 - ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

3. 制度の成果、目標の達成度の妥当性

- (1) 制度としての成果は妥当か。
- ・ 得られた成果は何か。
 - ・ 設定された目標以外に得られた成果はあるか。
 - ・ 共通指標である、論文の発表、特許の出願、国際標準の形成、プロトタイプの

作製等があったか。

(2) 制度としての目標の達成度は妥当か。

- ・ 設定された目標の達成度（指標により測定し、中間及び事後評価時点の達成すべき水準（基準値）との比較）はどうか。

4. 制度採択案件に係る事業化、波及効果等その他成果についての妥当性

(1) 成果については妥当か。

- ・ 当該制度の目的に合致する成果は得られているか。
- ・ 事業化が目標の場合、事業化の見通し（事業化に向けてのシナリオ、事業化に関する問題点及び解決方策の明確化等）は立っているか。

(2) 波及効果は妥当か。

- ・ 成果に基づいた波及効果を生じたか、期待できるか。
- ・ 当初想定していなかった波及効果を生じたか、期待できるか。

5. 制度のマネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性

(1) 制度のスキームは適切かつ妥当か。

- ・ 目標達成のための妥当なスキームとなっているか、いたか。

(2) 制度の体制・運営は適切かつ妥当か。

- ・ 制度の運営体制・組織は効率的となっているか、いたか。
- ・ 制度の目標に照らして、個々のテーマの採択プロセス（採択者、採択評価項目・基準、採択審査結果の通知等）及び事業の進捗管理（モニタリングの実施、制度関係者間の調整等）は妥当であるか、あったか。
- ・ 制度を利用する対象者はその目標に照らして妥当か。
- ・ 個々の制度運用の結果が制度全体の運営の改善にフィードバックされる仕組みとなっているか、いたか。
- ・ 成果の利用主体に対して、成果を普及し関与を求める取組を積極的に実施しているか、いたか。
- ・ 国民との科学・技術対話を効果的に実施したか、又は実施することとしているか。（ただし、3千万円以上の公的研究費の配分を受ける研究開発で、公募要項に当該対話を実施することが明記されている研究開発を実施する研究者等を対象とする。）ここで、国民との科学・技術対話とは、研究活動の内容や成果を社会・国民に対して分かりやすく説明する、未来への希望を抱かせる心の通った双方向コミュニケーション活動をいう（「国民との科学・技術対話」の推進について（基本的取組方針）（平成22年6月19日））。

(3) 資金配分は妥当か。

- ・ 資金の過不足はなかったか。
- ・ 資金の内部配分は妥当か。

(4) 費用対効果等は妥当か。

- ・ 投入された資源量に見合った効果が生じたか、期待できるか。

- ・ 必要な効果がより少ない資源量で得られるものが他にないか。
- (5) 変化への対応は妥当か。
- ・ 社会経済情勢等周囲の状況変化に柔軟に対応しているか。
 - ・ 代替手段との比較を適切に行ったか。

6. 総合評価

(参考) 制度構造評価

<複数制度の俯瞰的評価>

1. 複数制度のバランス、相対的位置の妥当性

- ・ 他の制度との重複により効率が低くなっていないか。結果的に類似し重複や非効率が目立つ制度となっていないか。
- ・ 産業技術戦略や内外情勢変化に即した制度の配置、構成となっているか。
- ・ 目標のレベル、国が関与すべき程度、実用化時期の想定等に関して、複数制度の相対的位置、複数制度間の政策目的に照らした整合性は妥当か。
- ・ 利用者から見て、制度間の相違（趣旨、対象者、要件等）が分かりにくいものとなっていないか。一方、複数の制度間で申請書類の様式が必要以上に異なり、利用者側に不慣れた負担をしいることとなっていないか。

<個別制度の方向性項目>

2. 俯瞰的にみた個別制度の方向性

- ・ 内外情勢変化、他の制度との相対関係、個別制度評価の結果等を踏まえ、個別制度の継続、統廃合、新設の必要性はどうか。国の関与の度合いはどうか。
- ・ 統廃合を行う必要はなくても、運用面における連携、協調の必要性はどうか。

Ⅱ－3 競争的資金による研究課題に関する評価

<ア. 主として技術シーズの創造を目的とする競争的資金制度の場合> 【事前評価】

1. 目標・計画

- ・ 制度の目的（公募の目的）に照らして、研究開発目標・計画が具体的かつ明確に設定されているか。その目標の実現性、計画の妥当性はどうか。

2. 科学的・技術的意義（新規性、先進性、独創性、革新性、先導性等）

- ・ 最新の研究開発動向・水準からみて新規性はあるか。
- ・ 研究開発内容について独創性はあるか。
- ・ 飛躍的に技術レベルを高めるような技術的ブレークスルーポイントがあるか。

3. 実施体制

- ・ 研究開発代表者に十分な研究開発管理能力があるか。既に、相当程度の研究開発実績を有しているか。
- ・ 研究開発内容に適した研究開発実施場所が選定されているか。
- ・ 研究開発を行う上で、十分な研究開発人員（研究開発分担者）及び設備等を有しているか、また、研究開発を推進するために効果的な実施体制となっているか。

4. 実用化の見通し

- ・ 研究開発の成果が実用化に結びつく可能性があるか。
- ・ 実用化された場合に、産業・社会への波及効果は認められるか。
- ・ 研究開発代表者又は研究開発チームに属する研究開発分担者が、当該研究開発の基礎となる特許を有しているか、又は出願中であるか。
- ・ 国内外で関連の特許が押さえられていないか。

5. 想定される選択肢内の比較

- ・ 事業の提案に当たり、選択肢の吟味を行っているのか。提案する手段が最も優れていると考える根拠は何か。

【中間・事後評価】

1. 目標・計画

- ・ 技術動向等の変化に対応して、事業の目的や計画は妥当であったか。
- ・ 成果は目標値をクリアしているか。

2. 要素技術から見た成果の意義

- ・ 科学的・技術的意義（新規性、先進性、独創性、革新性、先導性等）が認められるか。

3. 実施体制

- ・ 研究開発管理能力、研究開発実施場所、研究設備等実施体制は適切であったか。
- ・ 国民との科学・技術対話を効果的に実施したか、又は実施することとしているか。（ただし、3千万円以上の公的研究費の配分を受ける研究開発で、公募要項に当該対話を実施す

ることが明記されている研究開発を実施する研究者等を対象とする。) ここで、国民との科学・技術対話とは、研究活動の内容や成果を社会・国民に対して分かりやすく説明する、未来への希望を抱かせる心の通った双方向コミュニケーション活動をいう(「国民との科学・技術対話」の推進について(基本的取組方針)(平成22年6月19日))。

4. 実用化の見通し

- ・ 成果に関する特許の出願予定はあるか。
- ・ 実用化に向けた具体的な計画があるか。

＜イ. 主として研究開発成果を早期に実用化することを目的とする競争的資金の場合＞

【事前評価】

1. 必要性

- ・ 制度の目的に照らして、国の支援が必要な事業であるか。
- ・ 当該事業に対する社会的なニーズが具体的かつ明確となっており、ニーズを満たすために相当程度有効な事業であるか。

2. 目標・計画

- ・ 制度の目的(公募の目的)に照らして、技術開発目標・計画が具体的かつ明確に設定されているか。その目標や計画は実現性が高い妥当なものとなっているか。
- ・ 実用化(事業化)に向けた具体的な計画を有し、実用化(事業化)の可能性が高いものとなっているか。

3. 新規性、先進性、技術レベル

- ・ 革新的な新製品の開発に取り組むものであるか。
- ・ 既存製品の延長ではあるが経済性の格段の向上や新機能の付加が認められるなど、新規性・先進性を有しているか。
- ・ 技術開発の難易度が既存の技術水準に比して高い事業であるか。

4. 実施体制

- ・ 事業を的確に遂行するために必要な開発体制及び能力を有しているか。既に、関連する研究開発等の事業経験があるか。

5. 実用化(事業化)の見通し

- ・ 当該研究開発の基礎となる研究開発成果が確実なものとなっているか。
- ・ 実用化による産業・社会への波及効果は認められるか。
- ・ 実用化による市場の創出効果が大きい。または市場を占めるシェアが大きい。

- ・ 実用化した製品が継続的に受け入れられる市場環境にあるか。
- ・ 事業化に結びつくための生産に必要な資源の確保や、販売ルートを保有しているか。
- ・ 事業化に結びつくための（競争相手に対する）優位性が存在するか。

【中間・事後評価】

1. 必要性

- ・ 社会的なニーズを満たすために相当程度有効な事業であったか。国の支援が必要な事業であったか。

2. 目標・計画

- ・ 技術動向等の変化に対応して、事業の目的や計画は妥当であったか。
- ・ 成果は目標値をクリアしているか

3. 要素技術から見た成果の意義

- ・ 新規性、先進性が認められるか。

4. 実施体制

- ・ 開発体制及び能力は適切であったか。
- ・ 国民との科学・技術対話を効果的に実施したか、又は実施することとしているか。
（ただし、3千万円以上の公的研究費の配分を受ける研究開発で、公募要項に当該対話を実施することが明記されている研究開発を実施する研究者等を対象とする。）ここで、国民との科学・技術対話とは、研究活動の内容や成果を社会・国民に対して分かりやすく説明する、未来への希望を抱かせる心の通った双方向コミュニケーション活動をいう（「国民との科学・技術対話」の推進について（基本的取組方針）（平成22年6月19日））。

5. 実用化（事業化）の見通し

- ・ 成果に関する特許出願、国際標準の提案の予定はあるか。
- ・ 実用化に向けたスケジュールや体制は明確になっているか。
- ・ 実用化による産業・社会への波及効果は認められるか。
- ・ 実用化による市場の創出効果が大きい。または市場を占めるシェアが大きい。
- ・ 実用化した製品が継続的に受け入れられる市場環境にあるか。
- ・ 事業化に結びつくための生産に必要な資源の確保や、販売ルートを保有しているか。
- ・ 事業化に結びつくための（競争相手に対する）優位性が存在するか。

Ⅲ. 追跡評価

Ⅰ. 波及効果に関する評価

Ⅰ－１. 技術波及効果

(１) 実用化への進展度合

- ・プロジェクトの直接的および間接的な成果は、製品やサービスへの実用化にどのように寄与したか、あるいは寄与する可能性があるか。特許取得やその利用状況、市場環境の変化、競合技術の台頭等を踏まえて評価する。

- ①プロジェクト終了後に実用化した製品やサービスは数多くあったか。
- ②プロジェクトの成果から今後実用化が期待される製品やサービスはあるか。
- ③多額の実施料収入を生み出す等、インパクトのある技術が得られたか。
- ④外国での特許取得が行われたか。
- ⑤基本特許を生み出したか。

(２) プロジェクト成果からの技術的な広がり具合

- ・プロジェクトの成果により直接的に生み出された技術は、関連技術分野に技術面でのインパクトを与えたか。派生技術には、プロジェクト実施当時に想定されていたもの、想定されていなかったものを含めてどのようなものがあり、それらはどのように利用されているかを踏まえて評価する。

- ①数多くの派生技術を生み出したか。
- ②派生技術は多くの種類の技術分野にわたっているか。（当該技術分野、他の各種技術分野）
- ③直接的に生み出された技術又は派生技術を利用した研究主体は数多くあるか。
- ④直接的に生み出された技術又は派生技術を利用する研究主体は産業界や学会に広がりを持っているか。（参加企業、大学等、不参加の同業種の企業、その他の産業等）
- ⑤参加企業等が自ら実施する研究開発の促進効果や期間短縮効果はあったか。

(３) 国際競争力への影響

- ・直接的に生み出された技術の成果技術や派生技術により、国際競争力はどのように強化されたか。

- ①我が国における当該分野の技術レベルは向上したか。
- ②外国と技術的な取引が行われ、それが利益を生み出しているか。
- ③プロジェクトの技術分野に関連した外国での特許取得は積極的になされているか。
- ④国際標準の決定に対し、プロジェクトはメリットをもたらしたか。
- ⑤国際標準等の協議において、我が国がリーダーシップをとれるようになったか。
- ⑥外国企業との主導的な技術提携は行われたか。
- ⑦プロジェクトが外国の技術政策に影響を与え、その結果技術交流が促進され

たり、当該分野で我が国がイニシアチブをとれるようになったか。

I－2. 研究開発力向上効果

(1) 知的ストックの蓄積度合

- ・特許や、研究者のノウハウ・センス・知識等の研究成果を生み出す源となる知的ストックはどのような役割を果たしたか。それらはプロジェクト終了後も継承され、次の研究の芽になる等、今後も影響を持ち得ることができるか。

- ①当該分野における研究開発は続いているか。
- ②プロジェクト終了後にも、プロジェクトに参加した研究者が派生技術の研究を行っているか。
- ③プロジェクトの終了時から現在までの間に、知的ストックが将来的に注目すべき新たな成果（画期的な新製品・新サービス等）を生み出す可能性は高まっているか。

(2) 研究開発組織の改善・技術戦略への影響

- ・プロジェクトは、研究開発組織の強化・改善に対してどのように役立ったか。あるいは、実施企業の技術戦略に影響を与えたか。

- ①企業を超える研究開発のインフラとして、学会、フォーラム、研究者間交流等の公式・非公式の研究交流基盤は整備され、活用されているか。
- ②企業間の共同研究の推進等、協力関係、良好な競争的關係が構築されたか。
- ③顧客やビジネスパートナーとの関係の変化が、経済性を向上させたか。
- ④技術の管理組織を再編成する契機となったか。
- ⑤研究開発部門の再構成等、社内の組織改編は積極的に行われたか。
- ⑥研究開発の予算規模が増減する契機となったか。
- ⑦プロパテント等の特許戦略に対する意識が高くなったか。
- ⑧知的ストックは、企業の技術戦略にどのような影響を与えたか。

(3) 人材への影響

- ・プロジェクトは研究者の効率的・効果的配置や能力の向上にどのように寄与したか。

- ①国内外において第一人者と評価される研究者が生まれたか。
- ②論文発表、博士号取得は活発に行われたか。
- ③プロジェクト従事者の企業内での評価は高まったか。
- ④研究者の能力向上に結び付くような研究者間の人的交流が行われたか。
- ⑤関連分野の研究者増員が行われたか。
- ⑥国内外から高く評価される研究機関となったか。

I－3. 経済効果

(1) 市場創出への寄与

- ・新しい市場を創造したか。また、その市場の拡大に寄与したか。

(2) 経済的インパクト

- ・生産波及、付加価値創出、雇用創出への影響は大きかったか。

①直接的に生み出された技術や派生技術の実用化により、製品の売り上げと利益は増加したか。

②直接的に生み出された技術や派生技術の実用化により、雇用促進は積極的に図られたか。

(3) 産業構造転換・活性化の促進

- ・プロジェクトが産業構造の転換や活性化（市場の拡大や雇用の増加等）にどのような役割を果たしたか。

①プロジェクトが、各関連産業における市場の拡大や雇用の増加等に寄与したか。

②プロジェクトが新たな産業の勃興や、既存市場への新規参入、あるいは既存市場からの撤退等をもたらしたか。また、それらが市場全体における雇用に影響したか。

③プロジェクトが生産業務の改善や更新に結びついたことにより生産性・経済性は向上したか。

I-4. 国民生活・社会レベルの向上効果

- ・プロジェクトによって新たな製品・サービスが実用化されたこと、プロジェクトの成果の応用による生産性の向上や顕著なコストダウン、デファクトを含めた規格化を促進したこと等の事例がある場合、それらは、例えば下記に挙げる項目にそれぞれどのような影響をもたらしたか。

(1) エネルギー問題への影響

- ・エネルギー問題の解決に寄与した効果としてどのようなものが考えられるか。

(2) 環境問題への影響

- ・環境問題の解決に寄与した効果としてどのようなものが考えられるか。

(3) 情報化社会の推進

- ・情報化社会の推進に寄与した効果としてどのようなものが考えられるか。

(4) 安全、安心、生活の質

- ・国民生活の安全、安心、生活の質の向上に寄与した効果としてどのようなものが考えられるか。

①国民生活の利便性を向上させた事例が存在するか。

②国民生活の安全性の向上に寄与したか。

③プロジェクトの成果は、身障者や高齢者の多様な生活を可能にしたか。また、個の自立を支援するものであるか。

I-5. 政策へのフィードバック効果

(1) その後の事業への影響

- ・プロジェクトの成果や波及効果、改善提案、反省点等がその後の研究開発プロ

ジェクトのテーマ設定や体制構築へ反映されたか。

(2) 産業戦略等への影響

- ・プロジェクトの直接的・間接的な成果が実用化したり、関連の研究開発基盤ができたこと等による、その後の産業戦略等への影響があったか。

Ⅱ. 現在の視点からのプロジェクトの評価

Ⅱ－１. 国家プロジェクトとしての妥当性

- ・国のプロジェクトとしてどのような効果があったか。Ⅰに示した各効果を総合的に評価する。
- ・現在（追跡評価時点）から見て、国が関与する必要性があったか。また、関与の方法や程度は妥当であったか
 - ①多額の研究開発費、長期にわたる研究開発期間、高い技術的難度等から、民間企業のみでは十分な研究開発が実施されない場合。
 - ②環境問題への先進的対応等、民間企業には市場原理に基づく研究開発実施インセンティブが期待できない場合。
 - ③標準の策定、データベース整備等のうち社会的性格が強いもの（知的基盤）の形成に資する研究開発の場合。
 - ④国の関与による異分野連携、産学官連携等の実現によって、研究開発活動に新たな付加価値をもたらすことが見込まれる場合。
 - ⑤その他国が主体的役割を果たすべき特段の理由がある場合。

Ⅱ－２. 目標設定

- ・当時の技術動向、市場動向、社会環境、政策目的等から見て、目標設定の方向性とそのレベルは妥当であったか。

Ⅱ－３. プロジェクト実施方法

- ・プロジェクトの計画策定、スキーム（予算制度）、実施体制、運営方法等の実施方法が現在の視点から見て妥当であったか。

Ⅱ－４. Ⅱ－１～Ⅱ－３の評価結果を踏まえ、プロジェクト終了時の事後評価の妥当性

- ・事後評価で行われた評価結果は、追跡評価の時点から見て妥当であるか。

（現在の事後評価項目の例示）

目的・意義の妥当性、目標の妥当性、計画内容の妥当性、国のプロジェクトであることの妥当性、研究開発体制・運営の妥当性、研究開発成果の計画と比較した達成度、実用化の見通し（成果普及、広報体制、波及効果）、総合評価、今後の提言

- ・今後の最終評価において改善すべき評価方法、考慮すべき要因等を提案。

Ⅱ－５．プロジェクト終了後のフォローアップ方法

- ・プロジェクトの成果の実用化や普及に対して、プロジェクト終了後のフォローアップ体制が適切であったか。後継の国のプロジェクトを立ち上げる必要はなかったか。
- ・不適切な場合の改善点、より効果を発揮するための方策の提案。

参考資料 3

革新的次世代石油精製等技術開発プロジェクト
中間評価報告書（概要版）

技術に関する事業

技術に関する 事業名	A. 革新的次世代石油精製等技術開発（プロジェクト）
上位施策名	石油精製・利用関連分野に係る技術
担当課	資源エネルギー庁資源燃料部石油精製備蓄課
事業の目的・概要 石油は今後とも我が国の主要なエネルギー源であり、供給源の多様化や今後見込まれる需要構造変化に対応し、安定的かつ効率的な石油製品等の供給を確保することが重要である。 今後予想される原油の重質化、供給源の多様化や国内石油製品需要の白油化、重油需要の減少が加速している状況に対応するために、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の研究開発が求められている。 さらに、重質油やオイルサンド等の非在来型原油の利用性を高めるために、これらの分解・有用化技術を開発することは原油供給源の多様化につながり、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、石油の安定供給を図ることを目的としている。 また、本事業で開発する技術は、従来技術より重油の得率を減少させ、白油（ガソリンやプロピレンなど）の得率を向上させる技術である。石油製品需要の白油化が進む現在において、これは、より少ない原油処理量で製品生産が可能となることを意味し、この原油処理削減は温室効果ガス削減に寄与する。 本事業で実施する技術開発・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 重質油を高温・短時間で選択的に分解し、高オクタン価ガソリン基材や石油化学原料を得る世界初のダウンフローリアクターによる画期的な新規分解プロセスについて、商業化に移行するための技術を確立する。 （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 我が国の製油所における主要な重質油処理装置である重油直接脱硫装置（直脱）、流動接触分解装置（FCC）、および残油流動接触分解装置（RFCC）等の重質油分解能力を飛躍的に向上させるとともに分解生成物を有用化する技術を開発し、重質油を白油、石油化学原料等に転換する技術を確立する。 （３） 超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発 非在来型の石油資源として埋蔵量の豊富なオイルサンド油等のビチューメンや超重質油を精製し、世界で最も厳しい水準にある我が国の品質規格に適合するガソリン、軽油を製造する技術、および石油化学原料に転換する技術を開発することにより、国内で利用可能な原油の幅を拡大し、エネルギーセキュリティ向上に貢献する。	

(4) 革新的精製技術シーズ創製のための研究開発

日本から世界に発信する新規重質油分解技術等の世界最先端の精製技術シーズを創製するため、産官学の連携により、基盤となる革新的な触媒技術及び超臨界流体による分解等のプロセス理論を構築し、新技術の創出を図る。

予算額等（補助（補助率：2／3、定額））

（単位：千円）

開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
平成19年度	平成23年度	平成21年度	平成24年度	民間団体等
H20FY 予算額	H21FY 予算額	H22FY 予算額	総予算額	総執行額
3,960,000	4,162,000	3,376,250	15,882,811	10,423,653

目標・指標及び成果・達成度

(1) 全体目標に対する成果・達成度

要素技術	目標・指標	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	HS-FCC 実証化装置の設計・建設を行う		
	① 3,000BPD 実証化装置の主要機器を開発する。	①HS-FCC の主要機器であるインジェクター及びセパレーターの形状を検討し決定した。	達成
	② 3,000BPD 実証化装置の基本設計を実施する。	②反応・触媒循環再生系、製品の蒸留回収設備、排ガス処理設備を含めた全設備の基本設計を完了することで商業化設備が設計可能なことを確認できた。	達成
	③ 3,000BPD 実証化装置の詳細設計と製作設計・材料調達を実施する。	③詳細設計・調達・建設請負の検討と評価・選定を実施し、詳細設計と製作設計・材料調達を完了した。	達成
	④ 3,000BPD 実証化装置の建設を開始する。	④建設工事を開始した。	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			
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	・実験室規模において、原料硫黄分200%の上昇に対	・調製条件最適化等による吸着剤の微粒子化によりベン	達成

吸着除去技術の開発	して、ガソリンのオクタン価低下を従来並み（１～４）もしくはそれ以下に抑制を達成。 ・実験室規模において、１５０℃以下にて再生処理無しで３ヶ月以上の推定寿命を達成。 ・トンレベルの工業的製造方法確立。	チ規模での左記目標を達成した。 ・同上。 ・実験室品と同等の性能を確認した。	達成 達成	
②FCC の高機能化による新規重質油処理技術の開発	・触媒上へのコーク析出を抑制する新規直脱触媒を開発し、実験室規模での最終目標を達成可能とする触媒仕様を確立する。 ・ゼオライト及びマトリックスの改良により、実験室規模での最終目標を達成可能とする触媒仕様を確立する。 ・ベンチ規模で最終目標を達成可能とする触媒を開発し、工業製造規模での触媒仕様を確立する。	・添加物探索等により触媒上へのコーク析出を抑制する新規直脱触媒を実験室規模で見出し、ベンチ規模での試行を展開中。 ・ゼオライトの酸密度、マトリックス成分等の最適化により、実験室規模での目標を達成、ベンチ規模での試行を展開中。 ・第３成分を添加する触媒調製方法の改良により、ベンチ規模にて脱硫活性の高い触媒を開発し、工業製造規模での触媒仕様を確立した。	達成 達成	
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・有用化技術の発	・実験室規模で最終目標を達成可能とする RHYC 触媒を開発し、RH 触媒組合せの最適化に着手する。 ・ベンチ規模で目標性能面、実用面（機械的強度等）の仕様探索を行い、実装置に充填する実証化 RFCC 触媒の仕様を確立する。	・ゼオライト最適含量、担持金属の探索等を行い、実験室規模にて、目標性能を有する触媒を開発し、触媒組合せの最適化を実施中。 ・ベンチ規模にて、低 UD（格子定数）ゼオライトと焼成アルミナ若しくは異種マトリックスの最適組合せにより、実証化 RFCC 触媒の仕様確定に、目処をつけた。	達成 達成	

		・実ガスを想定した原料を用いた転換実験で、最終目標を達成可能な触媒組成仕様を確立する。	・活性金属種の探索、ゼオライト細孔制御、表面修飾剤の検討等により目標達成を可能とする触媒組成確立に目処をつけた。	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				
① 超重質油(オイルサンド油)等の分解有用化技術開発		・セタン指数向上技術：セタン指数45以上を達成する。	・開発触媒により中間目標を達成した。	達成
		・LCO 分解技術：ガソリン収率50 vol%を達成する。	・開発触媒により中間目標を達成した。	達成
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		・オイルサンド混合灯油の煙点22 mm 以上を達成する。	・開発触媒により中間目標を達成した。	達成
		・オイルサンド混合軽油のセタン価47以上を達成する。	・開発触媒と反応条件を調整することにより中間目標値を達成した。	達成
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ディング技術の開発		・超臨界流体反応による熱分解重質留分の灯軽油留分転化率40 vol%以上を達成する。	・H21年度に最適流体種を見出し、反応条件を調整することによって中間目標値を達成した。	達成
		・選択的水素化分解反応による分解灯軽油留分からのガソリン留分収率60 vol%を達成する。	・開発触媒により中間目標値を達成した。	達成
(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		・重質油からガソリン留分への分解過程を反応前期、中期、後期の三段階に分類し、それぞれの反応を制御する触媒技術の設計・検討を行う。	・新規触媒の設計・コンセプト構築の為、要素技術開発を進めている。	達成

②革新的界水熱分解技術開発	・超臨界水熱分解反応の優位性を反応機構の解明と速度論にもとづき明らかにする。	・超臨界水中でのピチュメンの分解では、相平衡が反応に与える影響が大きく、熱分解（水添加なし）に比べ、アスファルテン分解を促進し、また生成油の軽質化を促進することを確認した。 超臨界水に、ぎ酸を添加した実験を通して、超臨界水中ではシフト反応を介した水添反応が進行し、高いアスファルテン分解率、低いコーク収率が得られることを見出した。 超臨界水中分解反応と触媒反応の組み合わせ技術を検討した。酸化鉄系触媒の使用により、超臨界水中よりも、軽質油収率を向上できることを見出した。	達成
---------------	--	---	----

(2) 目標及び計画の変更の有無

特になし。

< 共通指標 >

論文数	論文の被引用度数	特許等件数 (出願を含む)	特許権の実施件数	ライセンス 供与数	取得ライセンス料	国際標準への寄与
7	—	4 2	0	0	0	0

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。

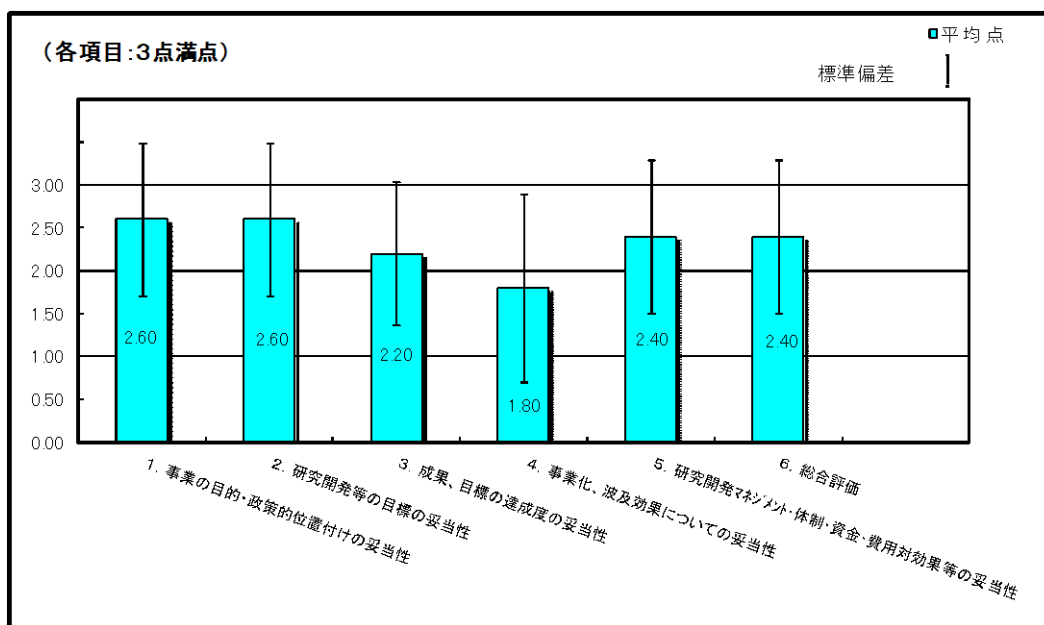
特に地球温暖化への貢献については、定量的に明示できればより意義のあるプロジェクトになると期待される。

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る*、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。

評点結果（平成 21 年度中間評価報告書より転記）

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



参考資料 4

石油燃料次世代環境対策技術開発プロジェクト
中間評価報告書（概要版）

技術に関する事業

技術に関する事業名	B. 石油燃料次世代環境対策技術開発（プロジェクト）
上位施策名	石油精製・利用関連分野に係る技術
担当課	資源エネルギー庁資源燃料部石油精製備蓄課

事業の目的・概要

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こたえていくためには、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と考える。

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。

これらの目的を達成する事業として、以下の技術開発・研究開発を実施する。

（１）バイオマス燃料利用拡大技術

燃料多様化と CO2 削減という要請にこたえるため、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（10%、10～20%）およびエタノール以外のバイオ燃料（ETBE、ブタノール等）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（10%～20%）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こたえるため、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）

予算額等（補助（補助率：2／3、定額））

（単位：千円）

開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
平成19年度	平成23年度	平成22年度	平成24年度	民間団体等
H20FY 予算額	HF21Y 予算額	H22FY 予算額	総予算額	総行額
1,065,216	905,250	750,000	4,385,145	2,920,290

目標・指標及び成果・達成度

(1) 全体目標に対する成果・達成度

要素技術	目標・指標	成	達成度
バイオマス燃料利用拡大技術 （1）ガソリン用バイオマス燃料利用技術	エタノール 10%混合ガソリンの自動車での利用における排出ガス、蒸発ガス、運転性、燃料系統部材による燃料の安定性に与える影響評価を行い、実使用上の課題抽出、対策技術、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。	エタノール 10%混合ガソリンについて評価を行い、自動車燃料品質規格検討の基礎データを得ることができた。これらの結果を経済産業省のバイオ燃料混合ガソリンの規格化の参考にした。	達成
バイオマス燃料利用拡大技術 （2）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で混合した軽油の課題を明らかにすることにより、最終目標である、対応策の検討および自動車燃料品質規格の基礎データとする。	バイオディーゼル 10～20%混合軽油の排出ガス・実用性について評価し課題を確認した。特に安定性、常温での固形物析出、低温での流動性に大きな課題があることを確認した。	達成
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	合成燃料、オイルサンド等非在来型原油から精製された燃料、重油分解装置から留出する分解系軽油等の自動車用燃料としての利用における技術課題についてモデル燃料を用いて明らかにする。	各種モデル燃料については支出ガス、実用性能について評価し、課題を確認した。 排出ガス対策の進捗に伴い、燃料組成・性状の影響は小さくなる傾向があるが、組成・性状に大きな変化がある場合、影響を受ける可能性が示唆された。	達成
自動車燃費向上に	燃料性状（蒸発特性）や燃料組成（芳	ディーゼル機関における燃料性	達成

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	香族等）が自着火特性に与える影響を燃焼シミュレーションにより検討し、HCCI に適した燃料品質検討における基礎データを収集する。	状（セタン価、蒸発性）が自着火燃焼技術の着火特性に及ぼす影響について知見を得た。 燃料品質と自着火について化学反応速度論を用いたシミュレーションの構築のため、芳香族系燃料の反応経路について知見を得た。	
-----------------------------------	--	---	--

(2) 目標及び計画の変更の有無

特になし

< 共通指標 >

論文数	論文の被引用度数	特許等件数 (出願を含む)	特許権の実施件数	ライセンス 供与数	取得ライセンス料	国際標準への寄与
14	—	—	—	—	—	—

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、HCCI 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。

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。

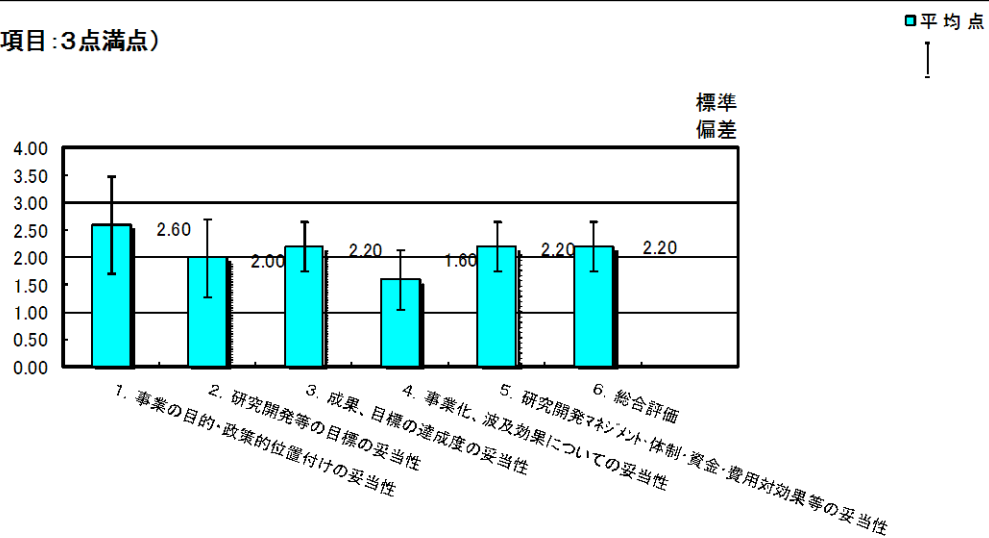
評点結果

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)



参考資料 5

高効率水素製造等技術開発プロジェクト 事前評価報告書

新規研究開発事業
「高効率水素製造等技術開発」
に関する事前評価報告書

平成22年7月
産業構造審議会産業技術分科会
評 価 小 委 員 会

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成20年10月31日、内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省技術評価指針」（平成21年3月31日改正）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

今回の評価は、「高効率水素製造等技術開発」の事前評価であり、実際の評価に際しては、省外の有識者からなる、新規研究開発事業「高効率水素製造等技術開発」に関する事前評価検討会委員（座長：辰巳 敬 東京工業大学資源化学研究所教授）が事前評価を実施した。

今般、当該検討会における検討結果が評価報告書の原案として産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（小委員長：平澤 玲 東京大学名誉教授）に付議され、内容を審議し、了承された。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成22年7月
産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

目 次

はじめに	2
産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会名簿	4
新規研究開発事業「高効率水素製造等技術開発」に関する事前評価 検討会委員名簿	5
新規研究開発事業「高効率水素製造等技術開発」に関する事前評価 審議経過	6
事前評価報告書概要	7
第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要	9
第2章 評価結果	14
第3章 評価小委員会委員からのコメント	18

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会
委員名簿

委員長	平 澤 治	東京大学名誉教授
	池 村 淑 道	長浜バイオ大学バイオサイエンス学部教授
	大 島 ま り	東京大学大学院情報学環教授 東京大学生産技術研究所教授
	太 田 健一郎	横浜国立大学大学院工学研究院教授
	菊 池 純 一	青山学院大学法学部長・大学院法学研究科長
	小 林 直 人	早稲田大学研究戦略センター教授
	鈴 木 潤	政策研究大学院大学教授
	富 田 房 男	北海道大学名誉教授
	中小路 久美代	株式会社S R A先端技術研究所 リサーチディレクター
	森 俊 介	東京理科大学理工学部経営工学科教授
	吉 本 陽 子	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 経済・社会政策部主任研究員

(委員敬称略、委員長除き五十音順)

事務局：経済産業省産業技術環境局技術評価室

新規研究開発事業「高効率水素製造等技術開発」に関する
事前評価検討会委員名簿

座長	辰巳 敬	東京工業大学資源化学研究所 教授
	岩間 剛一	和光大学経済経営学部経済学科 教授
	小野崎 正樹	(財) 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
	水野 哲孝	東京大学大学院工学系研究科応用化学専攻 教授
	森田 裕二	(財) エネルギー経済研究所計量分析ユニット 統括 研究理事

(敬称略、五十音順)

事務局：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

新規研究開発事業「高効率水素製造等技術開発」に関する事前評価

審 議 経 過

○事前評価に関する説明を個々に実施（平成２２年６月２１日～６月２５日）

- ・評価の方法等について
- ・技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要並びに創設の妥当性について
- ・評価の進め方について

※外部有識者（評価者）を訪問するなどにより、上記３つの項目について説明を行った後、メールレビューにて評価報告書(案)の審議を実施。

○第３２回産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（平成２２年７月７日）

- ・評価報告書(案)について（包括審議）

○第３３回産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（平成２２年７月２１日）

- ・評価報告書(案)について（個別審議）

事前評価報告書概要

新規研究開発事業	高効率水素製造等技術開発
技術に関する施策名	エネルギー源の多様化・エネルギーの高度利用
事業推進課	資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油精製備蓄課

技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要

平成22年6月の「エネルギー基本計画」において、石油産業の設備等を活用した水素の供給インフラ整備のために、製油所の水素製造装置を活かし、安定・安価な水素製造を可能とする高効率・高品質の水素製造技術開発や CCS と組み合わせたカーボンフリー化の検討を促進するとともに、2015年の燃料電池自動車の普及開始に向け、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の規制見直し、技術開発を積極的に進め、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こととある。

本事業では、燃料電池自動車用高純度水素（純度 99.99%）を供給するため、製油所において膜分離による高効率な高純度水素製造技術開発を行う。

本事業での開発技術を適用することにより、2015年の燃料電池自動車の普及開始に大きく寄与するものである。

評価概要

1. 事業の目的・政策的位置付け（新規研究開発事業の創設）の妥当性

当該技術開発は、製油所が持っている水素供給ポテンシャルを有効に活用した技術開発であり、エネルギーセキュリティにも資する技術開発である。また、水素供給インフラ構築に資するものであり、低炭素社会に向けた重要な取組である。

なお、石油精製業の水素供給余力に着目した事業であるが、実施する際には、石油化学等との連携を視野に入れたコスト精査や熱効率などを加味したCO₂排出効果検討を実施するべきである。

2. 今後の新規研究開発事業の実施に向けての提言

当該技術開発は、日本の強みである膜技術を活用した技術開発であり、非常に重要である。2015年に間に合わせるよう開発を推進するべきである。また、燃料電池自動車普及に関しては、2015年普及開始は一つの目標ではあるが絶対のゴールではない。世界的潮流を考えれば、低炭素型社会への取組は必ず必要となる。実際に普及するまでは、コスト問題等で、民間主導で行うのは困難なので、是非国主導によって、このような取組は継続していくべきである。

なお、水素の膜分離技術は、分離効率の検討に加え、生産まで含めたトータルコスト検討も重要である。また、水素生産に際したCO₂排出量を十分に検討し、真の意味で地球温暖化対策に貢献する技術するべきである。

さらに、石油産業が持っているエネルギー供給インフラであり、ライフラインとしての機能もあるガソリンスタンドは、需要減少などにより、維持出来ない地域も出てきている。このような中、水素供給を新たなメニューとして加えることで、インフラ維持を図ることも検討していくべきである。

第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要

1. 技術に関する施策の概要

「エネルギー基本計画」（平成22年6月閣議決定）の中で、「第3章第1節 資源確保・安定供給強化への総合的戦略 2. 国内における石油製品サプライチェーンの維持（3）石油産業の設備等を活用した水素供給インフラ整備」において以下の記載がある。

- ・製油所の水素製造装置（装置余力だけでF C V 5 0 0万台の水素生産が可能）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C C Sと組み合わせたカーボンフリー化の検討を促進。
- ・2015年の燃料電池自動車の普及開始に向け、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の規制見直し、技術開発を積極的に進め、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。

また、「第3章第2節 自立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」において以下の記載がある。

- ・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C C Sを組み合わせたカーボンフリー化の検討を促進

さらに、「第3章第4節 次世代エネルギー・社会システムの構築 3. 水素エネルギー社会の実現に向けた取組」の中の目指すべき姿として

- ・エネルギー効率が高く、C O 2 排出抑制に貢献し得るエネルギーキャリアとしての水素エネルギーを活用した社会システムを中長期的に構築
- ・当面は、化石エネルギー由来の水素を活用し、化石エネルギーの有効活用を図るとともに、将来的には化石エネルギー由来水素にC C Sを組み合わせたカーボンフリー化や非化石エネルギー由来水素の開発・利用を推進
- ・2015年からの燃料電池自動車の普及開始に向け、水素ステーション等の供給インフラの整備支援を推進

を挙げている。

2. 新規研究開発事業の概要

（1）事業の背景

地球環境問題および資源制約に対するグローバルな関心の高まりから、自動車分野においても、更なる燃費向上、C O 2 の削減、燃料の多様化および次世代自動車の本格的な市場導入への要請が強まっている。

経済産業省が平成22年4月に公表した「次世代自動車戦略2010」の燃料多様化のアクションプランには、燃料電池自動車の普及が挙げられている。これは、燃料電池自動車は、燃料となる水素が、石油、天然ガス、石炭などあらゆる種類の化石エネルギー資源からの転換が可能であり、加えて、バイオマスや水の電気分解などから得ることができるため、運輸部門の燃料多様化の観点から必要としている。

一方、石油からの水素製造に関しては、「エネルギー基本計画」（平成22年6月閣議決定）の中で、石油から安定・安価な水素製造を可能とするため、高品質・高効率な水素製造技術の開発やCCSと組み合わせたカーボンフリー化の検討を促進、および、2015年の燃料電池自動車の普及開始に向け、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の規制見直し、技術開発を積極的に進め、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必要があるとしている。

（2）事業の目的

2015年の燃料電池自動車の普及開始に向け石油産業の設備等を活用した高純度水素の製造インフラ整備を行うため、製油所における高効率な高純度水素製造技術開発を行う。

（3）技術開発の内容および目標

製油所の水素製造過程において分離膜を用いることにより、硫黄等の不純物質が存在する環境下においても燃料電池自動車用高純度（99.99%）水素を高効率で製造する「膜分離による高効率・高純度水素製造・CO₂回収技術開発」を行う。

製油所における高純度水素製造技術開発

ア）耐不純物性の高い膜・膜分離プロセスの開発

実環境試験下（硫黄分1ppm未満、メタル分0.3atom%未満などを含む）での評価でもボンベガス（硫黄分、メタル分ゼロ）同等の水素回収率を有する膜分離プロセスを開発する。

イ）大型分離膜量産技術の確立

膜性能に大きく影響する物性を検出する技術およびこれを駆使して低コストに膜を量産できる技術を開発する。さらにシミュレーション等を組み合わせて実使用環境を踏まえたモジュール設計・作製を行う。

ウ）CO₂中の低濃度水素を回収するシステムの開発

水素利用率を現状97%から99%に向上させるために、CO₂を圧縮液化し気液分離により低濃度水素を回収するシステムを開発する。

エ）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

0.05MPa以下から製品水素圧（4.0MPa以上）に昇圧する高純度水素ガス圧縮システムを開発する。

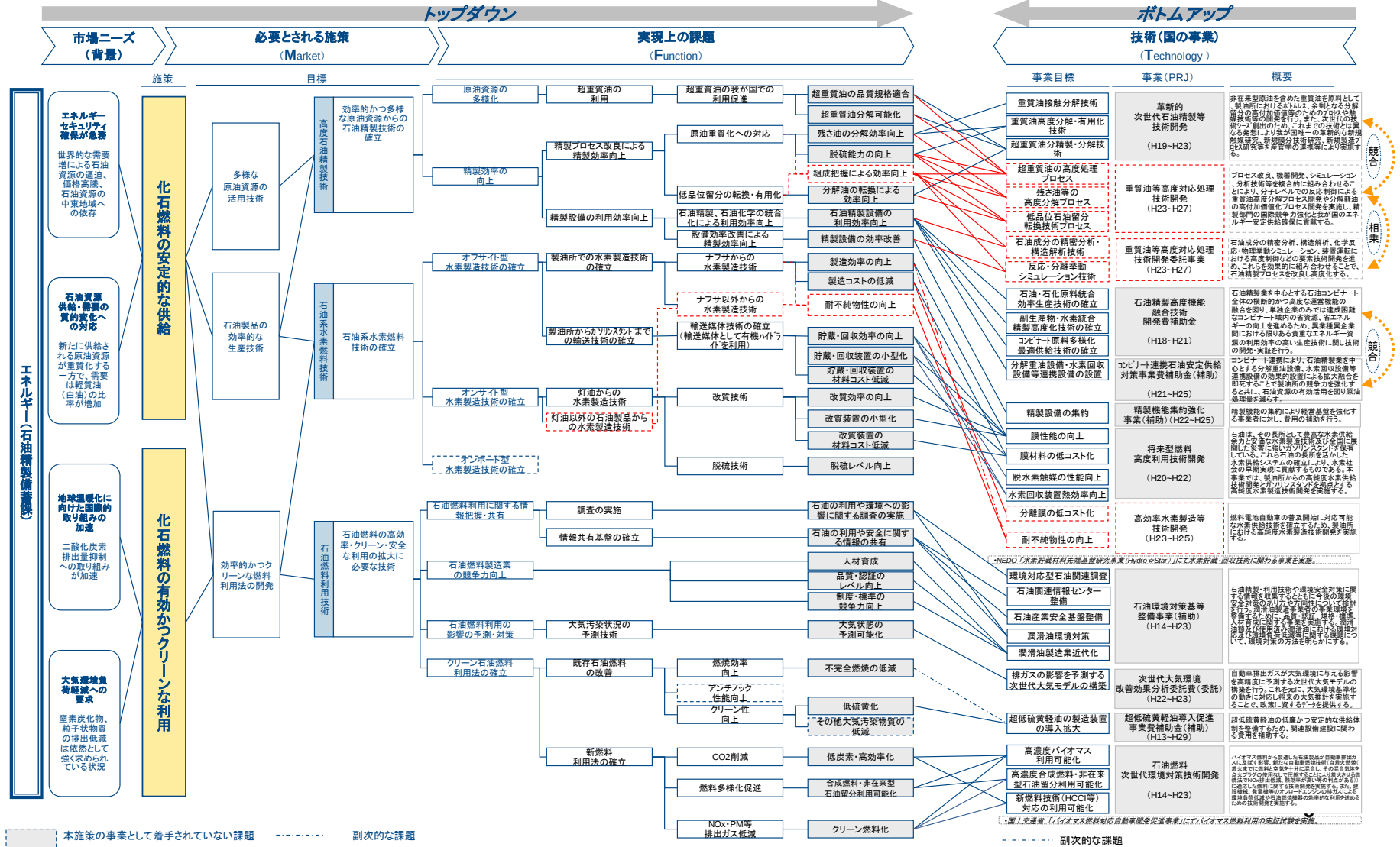
3. 事業の目的・政策的位置付け（新規研究開発事業の創設）の妥当性

本事業での開発技術を適用することにより、石油産業の設備等を活用した水素製造、供給システムの効率化が図られ、2015年の燃料電池自動車の普及開始に向け貢献できる。

また、本事業で取り組む技術は、「技術戦略マップ2009」（平成21年4月）において、エネルギー分野に設定された「②運輸部門の燃料多様化」の「31. 高度石油利用 石油・ピッチからの水素製造輸送技術」および「33. 水素貯蔵 有機系・炭素系水素貯蔵材料」に示されている。

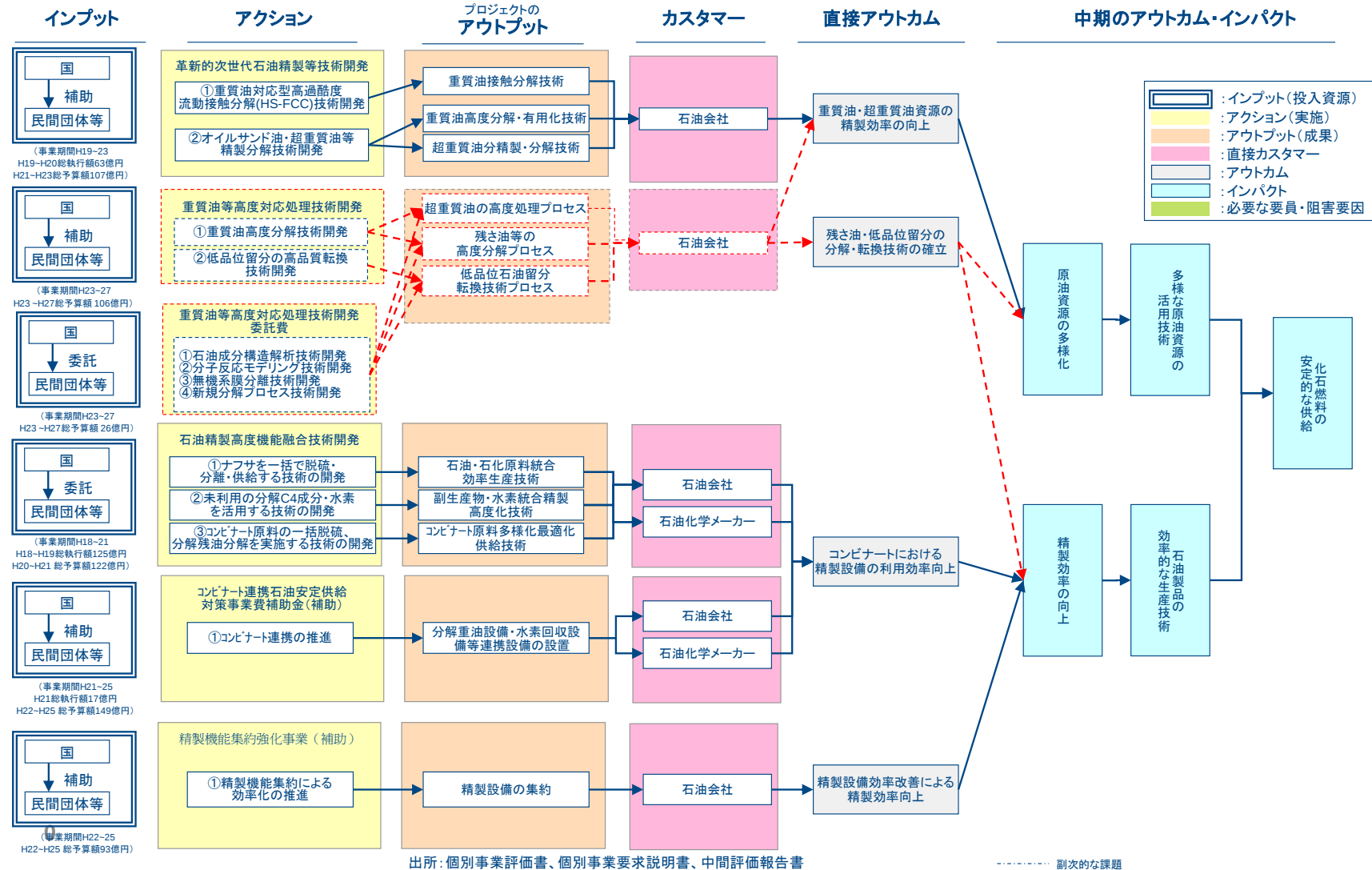
4. 新規研究開発事業を位置付けた技術施策体系図

石油精製関連分野 ロジックツリー



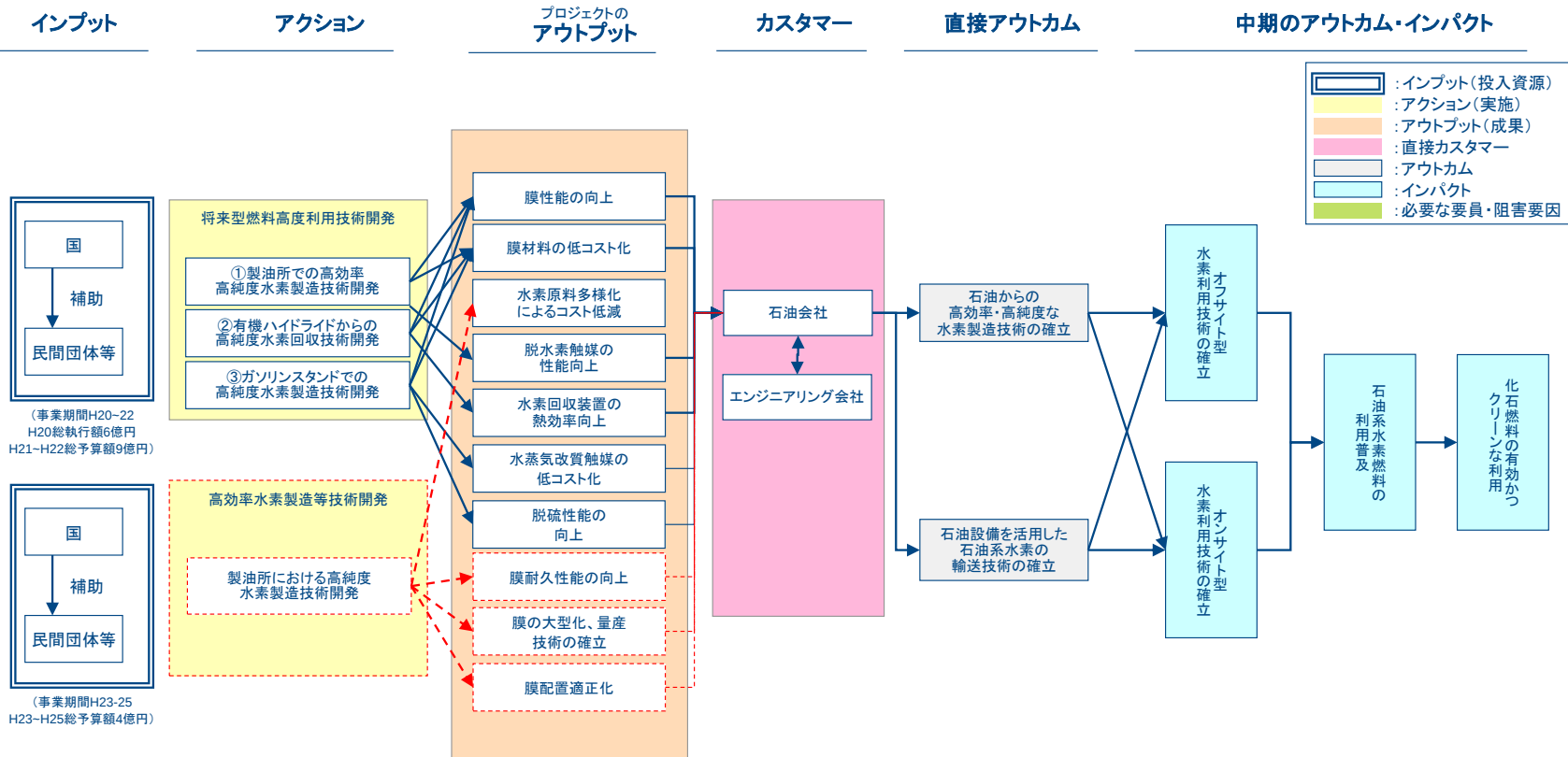
4. 技術施策体系図

石油精製関連分野 ロジックモデル



4. 技術施策体系図

石油精製関連分野 ロジックモデル

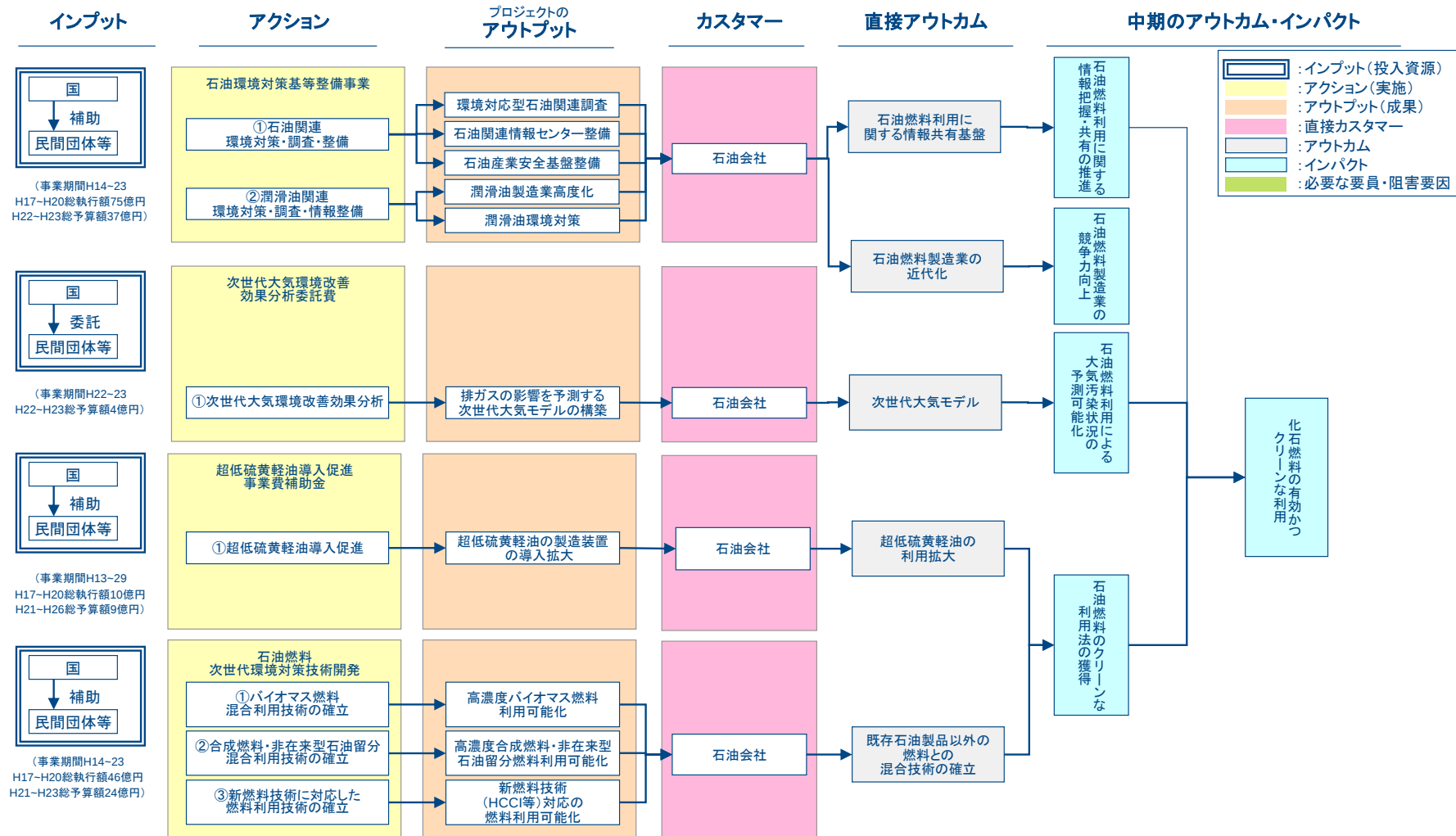


出所: 個別事業評価書、個別事業要求説明書、中間評価報告書

----- 副次的な課題

4. 技術施策体系図

石油精製関連分野 ロジックモデル



出所:個別事業評価書、個別事業要求説明書、中間評価報告書

第2章 評価結果

1. 事業の目的・政策的位置付け（新規研究開発事業の創設）の妥当性

当該技術開発は、製油所が持っている水素供給ポテンシャルを有効に活用した技術開発であり、エネルギーセキュリティにも資する技術開発である。また、水素供給インフラ構築に資するものであり、低炭素社会に向けた重要な取組である。

なお、石油精製業の水素供給余力に着目した事業であるが、実施する際には、石油化学等との連携を視野に入れたコスト精査や熱効率などを加味したCO₂排出効果検討を実施するべきである。

【肯定的意見】

- ・製油所が持っている水素供給ポテンシャルを有効に活用した技術開発である。
- ・分離膜の実用化に向けて、よく検討ポイントが絞られている。
- ・石油精製業からの新たな供給エネルギーとしての水素は、エネルギーセキュリティにも資する重要なものである。
- ・製油所に存在する水素供給余力を活用する技術開発であり、低炭素社会構築に資するものである。
- ・製油所の有している水素供給余力を有効活用する技術開発を行い、水素供給インフラを構築することは、低炭素社会に向けた重要な取組である。
- ・日本の強みである膜技術を用いた開発事業であり、強みの更なる向上となり、非常に重要である。

【問題点・改善すべき点】

- ・CO₂排出量などをしっかり把握し、製油所での水素供給の優位性をしっかり示すべき。
- ・膜を用いた水素分離技術による水素高純度化は、膜の寿命等がポイントになるので、よく検討してほしい。
- ・石油精製業の水素供給余力に着目した事業であるが、実施する際には、石油化学等との連携も視野に入れ、コスト低減を検討してほしい。
- ・事業成果を検討する際には、熱効率なども加味し、真に低炭素社会に資する技術となるようにしてほしい。
- ・最終的に、技術が普及するか否かは、コスト問題である。十分にコスト精査を行い、事業化に耐える技術としてほしい。

2. 今後の新規研究開発事業の実施に向けての提言

当該技術開発は、日本の強みである膜技術を活用した技術開発であり、非常に重要である。2015年に間に合わせるよう開発を推進するべきである。また、燃料電池自動車普及に関しては、2015年普及開始は一つの目標ではあるが絶対のゴールではない。世界的潮流を考えれば、低炭素型社会への取組は必ず必要となる。実際に普及するまでは、コスト問題等で、民間主導で行うのは困難なので、是非国主導によって、このような取組は継続していくべきである。

なお、水素の膜分離技術は、分離効率の検討に加え、生産まで含めたトータルコスト検討も重要である。また、水素生産に際したCO₂排出量を十分に検討し、真の意味で地球温暖化対策に貢献する技術するべきである。

さらに、石油産業が持っているエネルギー供給インフラであり、ライフラインとしての機能もあるガソリンスタンドは、需要減少などにより、維持出来ない地域も出てきている。このような中、水素供給を新たなメニューとして加えることで、インフラ維持を図ることも検討していくべきである。

【各委員の提言】

- ・石炭ガス化など、これまでも水素化技術に通ずる開発事業は行われてきている。当該技術開発は、既存インフラを活用した効率的な事業であるので、技術面でも既存の成果をうまく活用して事業を実施してほしい。
- ・水素対応は、今後の低炭素社会に向けた対応として、意義があるので、是非2015年に間に合うように開発を推進して行ってほしい。
- ・石油産業が持っているエネルギー供給インフラであるガソリンスタンドは、需要減少などにより、維持出来ない地域も出てきている。しかし、ガソリンスタンドにはライフラインとしての機能もあり、インフラ維持は国民生活に資する。そのような中、水素供給を新たなメニューとして加えることで、インフラ維持を図ることも検討していくべきである。
- ・水素の膜分離技術は、分離効率の検討に加え、膜生産のコスト検討も重要である。また、水素生産に際したCO₂排出量を十分に検討し、真の意味で地球温暖化対策に貢献する技術としてほしい。
- ・日本の強みである膜技術を活用した技術開発であり、非常に重要である。また、燃料電池自動車普及に関しては、2015年普及は一つの目標ではあるが絶対のゴールではない。世界的潮流を考えれば、低炭素型社会への取組は必ず必要となる。実際に普及するまでは、コスト問題等で、民間主導で行うのは困難なので、是非国主導によって、このような取組は継続していくべきである。

第3章 評価小委員会委員からのコメント

評価小委員会委員から本研究開発事業に対して頂いたコメントは以下のとおり。

- ・ 水素分離膜は、現在NEDOで研究しており、高価なパラジウムの膜を使うのか、あるいは高分子系の安い膜があるかどうかということになる。その辺りはメーカーにある程度知識があるのではないか。
- ・ 自動車等の移動体について燃料電池が実用化されるか否かは、意見が分かれることは承知しているが、高純度の水素に需要があるのか、例えば純度が99.9%といっても残りの0.1%が硫黄では大問題。社会インフラとしての水素ステーションの必要性についても議論してどこに問題点があるのか把握した上でプロジェクトを検討すべきである。

参考資料 6

重質油等高度対応処理技術開発プロジェクト 事前評価報告書

新規研究開発事業
「重質油等高度対応処理技術開発委託事業」
に関する事前評価報告書

平成２２年７月
産業構造審議会産業技術分科会
評 価 小 委 員 会

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成20年10月31日、内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省技術評価指針」（平成21年3月31日改正）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

今回の評価は、「重質油等高度対応処理技術開発委託事業」の事前評価であり、実際の評価に際しては、省外の有識者からなる、新規研究開発事業「重質油等高度対応処理技術開発委託事業」に関する事前評価検討会委員（座長：辰巳 敬 東京工業大学資源化学研究所教授）が事前評価を実施した。

今般、当該検討会における検討結果が評価報告書の原案として産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（小委員長：平澤 冷 東京大学名誉教授）に付議され、内容を審議し、了承された。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成22年7月
産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

目 次

はじめに	2
産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会名簿	4
新規研究開発事業「重質油等高度対応処理技術開発委託事業」に関する 事前評価検討会委員名簿	5
新規研究開発事業「重質油等高度対応処理技術開発委託事業」に関する 事前評価審議経過	6
事前評価報告書概要	7
第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要	8
第2章 評価結果	15
第3章 評価小委員会委員からのコメント	17

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会
委員名簿

委員長	平 澤 冷	東京大学名誉教授
	池 村 淑 道	長浜バイオ大学バイオサイエンス学部教授
	大 島 ま り	東京大学大学院情報学環教授 東京大学生産技術研究所教授
	太 田 健一郎	横浜国立大学大学院工学研究院教授
	菊 池 純 一	青山学院大学法学部長・大学院法学研究科長
	小 林 直 人	早稲田大学研究戦略センター教授
	鈴 木 潤	政策研究大学院大学教授
	富 田 房 男	北海道大学名誉教授
	中小路 久美代	株式会社S R A先端技術研究所 リサーチディレクター
	森 俊 介	東京理科大学理工学部経営工学科教授
	吉 本 陽 子	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 経済・社会政策部主任研究員

(委員敬称略、委員長除き五十音順)

事務局：経済産業省産業技術環境局技術評価室

新規研究開発事業「重質油等高度対応処理技術開発委託事業」に関する
事前評価検討会委員名簿

座長	辰巳 敬	東京工業大学資源化学研究所 教授
	岩間 剛一	和光大学経済経営学部経済学科 教授
	小野崎 正樹	(財)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
	水野 哲孝	東京大学大学院工学系研究科応用化学専攻 教授
	森田 裕二	(財)エネルギー経済研究所計量分析ユニット 統括 研究理事

(敬称略、五十音順)

事務局：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

新規研究開発事業「重質油等高度対応処理技術開発委託事業」に関する事前評価

審 議 経 過

○事前評価に関する説明を個々に実施（平成２２年６月２１日～６月２５日）

- ・評価の方法等について
- ・技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要並びに創設の妥当性について
- ・評価の進め方について

※外部有識者（評価者）を訪問するなどにより、上記３つの項目について説明を行った後、メールレビューにて評価報告書(案)の審議を実施。

○第３２回産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（平成２２年７月７日）

- ・評価報告書(案)について（包括審議）

○第３３回産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（平成２２年７月２１日）

- ・評価報告書(案)について（個別審議）

事前評価報告書概要

新規研究開発事業	重質油等高度対応処理技術開発委託費
技術に関する施策名	石油の安定供給確保
事業推進課	資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油精製備蓄課
技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要 「エネルギー基本計画」（平成 22 年 6 月）においては、石油の安定供給強化のために、重質油分解能力の向上、革新的な石油精製技術の開発を促進するとともに、自立かつ環境調和的なエネルギー供給構造の実現のために石油残渣等の高度利用の取り組みを推進することとしている。このため、本事業では、石油成分の精密分析、構造解析、化学反応・物理挙動のシミュレーション、装置運転における高度制御など基盤的な要素技術開発を進め、これらを効果的に組み合わせることで、石油精製プロセスを高度化する。これにより、石油の残渣等の高度利用や装置の効率的な運転を実現し、石油の安定供給強化に大きく寄与する。 【①高度分析技術開発】 石油精製工程における原油や石油成分を分子レベルで精密に分析する構造解析技術の開発を行う。 【②分子反応モデリング技術開発】 石油成分の反応や分離挙動等をコンピュータによりシミュレーションする分子反応モデリング技術の開発を行う。 【③新規分離・分解プロセス技術開発】 ①、②での技術を応用して、分子レベルでの挙動を把握することにより、従来の分離・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のための基盤研究を行う。	
評価概要 1. 事業の目的・政策的位置付け（新規研究開発事業の創設）の妥当性 石油精製過程を分子レベルに着目して検討することは、新たな可能性を考えると、非常に意味がある。また、需要の減少・白油化という今後の石油製品需要の流れに合致した技術開発である。 なお、体制・目標等を検討し、研究のための研究とならないように注意する必要がある。その際には、これまで石油精製技術に関わったことがない分野からの参加を促せるような工夫をしていき、事業のさらなる効率化・深化を図るべきである。また、海外等の状況を把握し、当該事業としての優位性を示していくべきである。 2. 今後の新規研究開発事業の実施に向けての提言 分子レベルでの石油精製技術の検討は、現在の分析・モデリング能力を考えると、時節を得たものである。事業を実施する際には、これまでの他分野での成果や国際的な状況をよく把握して実施するべきである。 また、事業成果はアジア、中東等との研究協力に生かし、日本の原油における交渉力向上やアジアにおけるエネルギーセキュリティに役立てていくべきである。	

第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要

1. 技術に関する施策の概要

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る。このため、エネルギー基本計画においても、技術開発は、次のように位置付けられている。

●「エネルギー基本計画」（平成22年6月）

・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。

・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. 新規研究開発事業の概要

(1) 事業の背景

前述のとおり、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る。この認識から、エネルギー供給構造高度化法においても、石油の有効利用のためには、重質油分解能力の向上が重要と位置付けており、これを達成する1つの手段として、分離・分解等の反応系プロセスについて、より一層の高度化に向けた技術開発が必要である。

過去においても、これらのプロセス改良は継続的に行われてきたが、原油や各中間製品およびその原料を含めた石油製品は、多成分の炭化水素分子で構成される極めて複雑な混合物であるため、個々の成分を分子レベルで特定し定量することは困難であること、また、その反応経路についても十分に解析しつくされていないことなどから、プロセス改良については、混合物の挙動や現象等から規則性、法則性を経験的に見出す手法に依存せざるを得なかった。

近年のコンピュータ及びその関連技術の発展により、石油成分の精密分析、構造解析、化学反応・物理挙動のシミュレーション、装置運転における高度制御などの要素技術開発が可能となった。したがって、これらを効果的に組み合わせ、硫黄等の不純物を大量に含む重質原油に対応し、石油精製プロセスを従来にない次元で改良、更なる効率化や高度化を行っていくことが必要である。

(2) 事業の目的

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、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。

(3) 技術開発の内容および目標

原油や石油成分を分子レベルで精密分析が可能な構造解析技術確立するとともに、石油成分の反応や分離挙動等をコンピュータによりシミュレーションする分子反応モデリング技術の基盤研究を進め、反応装置等の最適化に向けた適用可能性を検討する。また、分子レベルでの挙動を把握することにより、従来の分離・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のための基盤研究を行う。

①高度分析技術開発

高度構造解析技術については多環芳香族の環の数による分類が可能となるレベルを最終目標とし、これにより重質油分解工程最適化のための運転条件（過酷度）の指針が得られる。原油オンライン分析技術については、重質や軽質の基本構成成分の定量化を最終目標とし、これにより原油から最終製品に至る最適運転制御に向けた指針が得られる。

②分子反応モデリング技術開発

反応モデルとして、反応成分数～数千、反応パス総数～1万程度を目標とする。これにより触媒・反応装置等の最適化を、新規設備導入や既設装置の大規模な設備投資を伴わずに実現するための指針が得られる。

③新規分離・分解プロセス技術開発

①、②での技術を応用して、分子レベルでの挙動を把握することにより、従来の分離・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のための設計指針が得られる。

3. 事業の目的・政策的位置付け（新規研究開発事業の創設）の妥当性

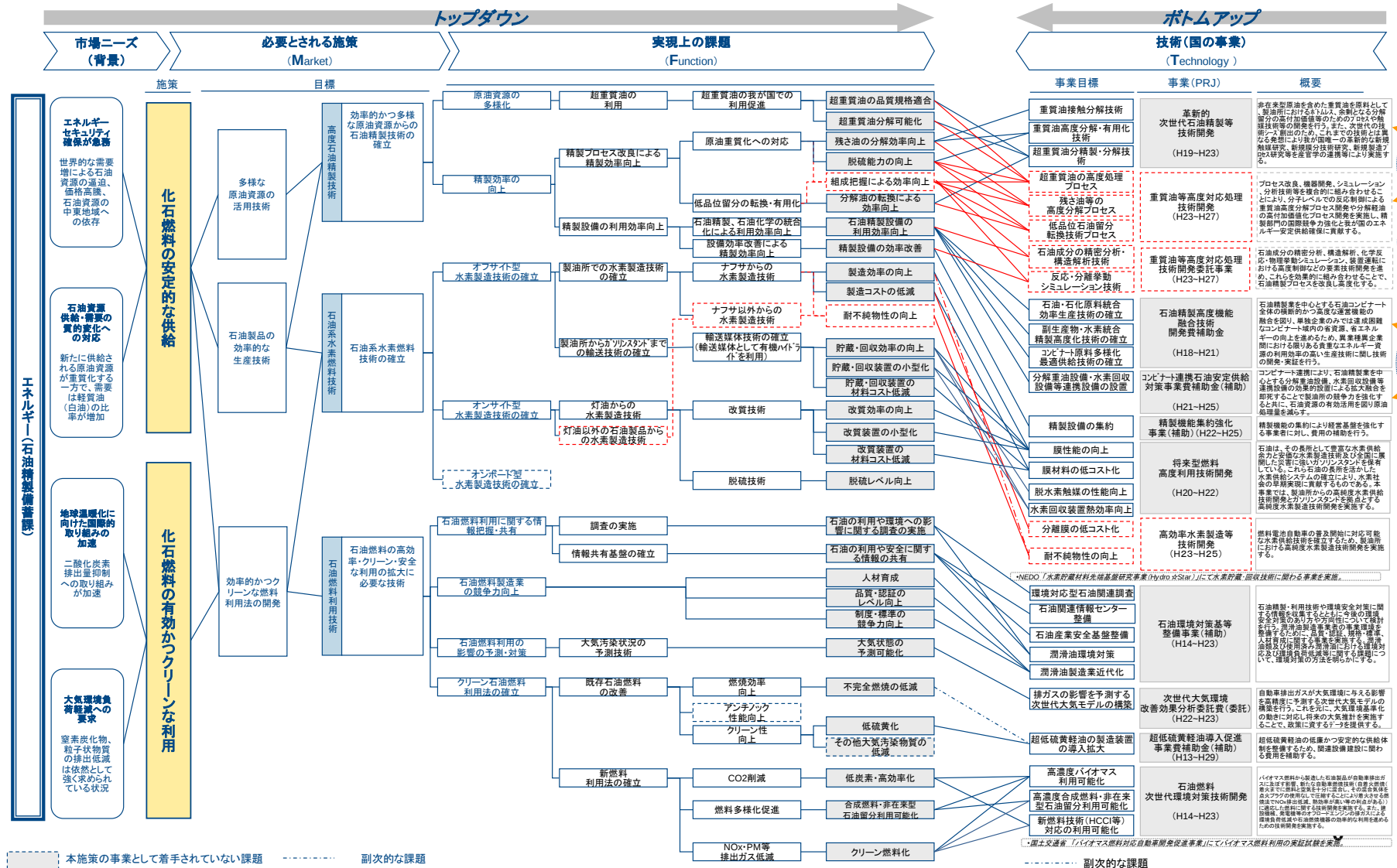
本技術開発により、分子レベルでの反応や分離挙動のシミュレーションが可能となり、重質油分解を初めとする高度な石油精製プロセスにおける触媒・反応装置等の革新的な最適化を、新規設備導入や既設装置の大規模な設備投資を伴わずに実現できることが期待される。このことは、装置の効率的な運転を実現し、石油の安定供給及び国際競争力強化に大きく寄与できる。

また、本事業で取り組む技術は「技術戦略マップ2009」（平成21年4月）において、エネルギー分野に設定された石油精製プロセス「重質油等高度精製技術」に示されている。

4. 新規研究開発事業を位置付けた技術施策体系図

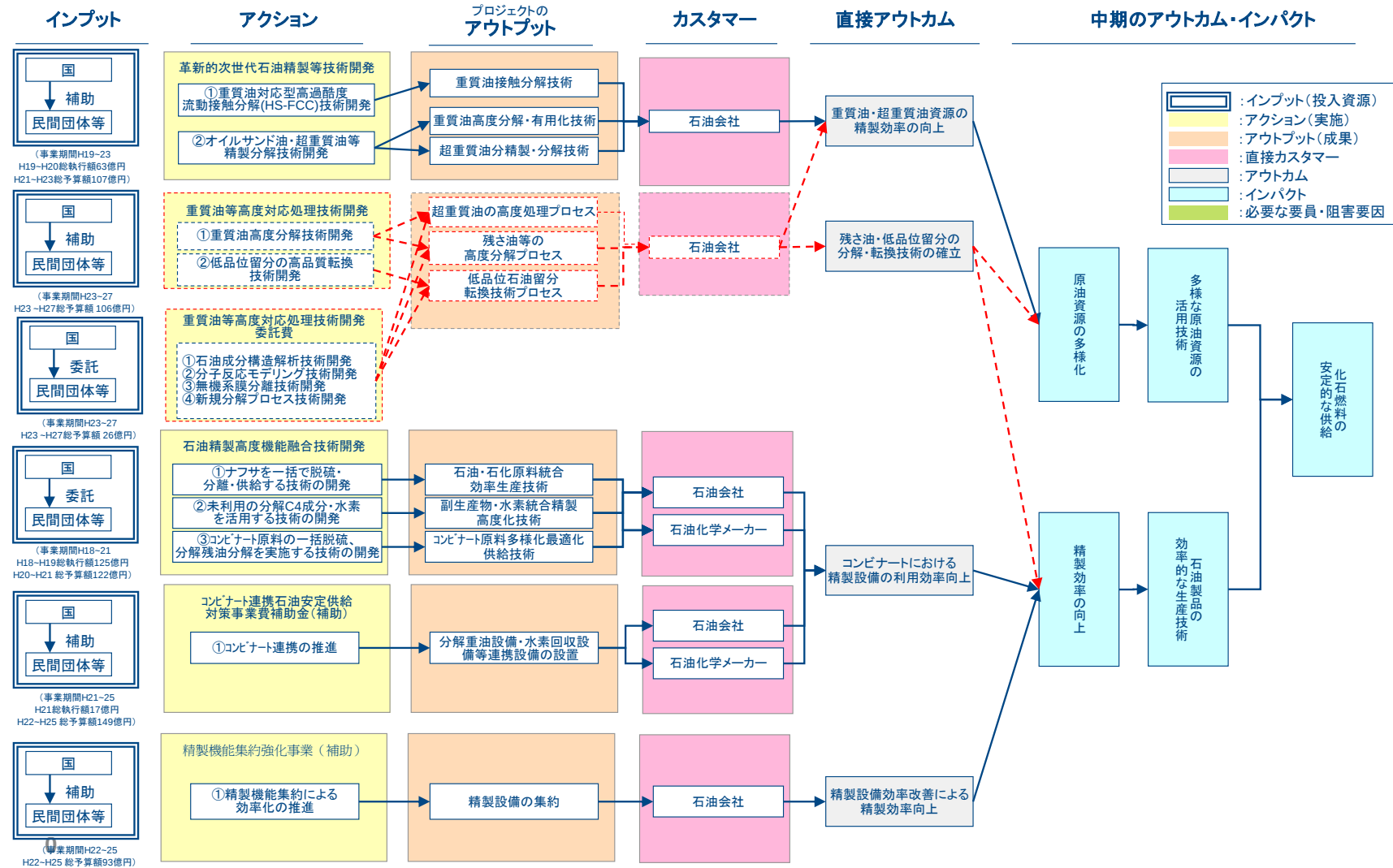
4. 技術施策体系図

石油精製関連分野 ロジックツリー



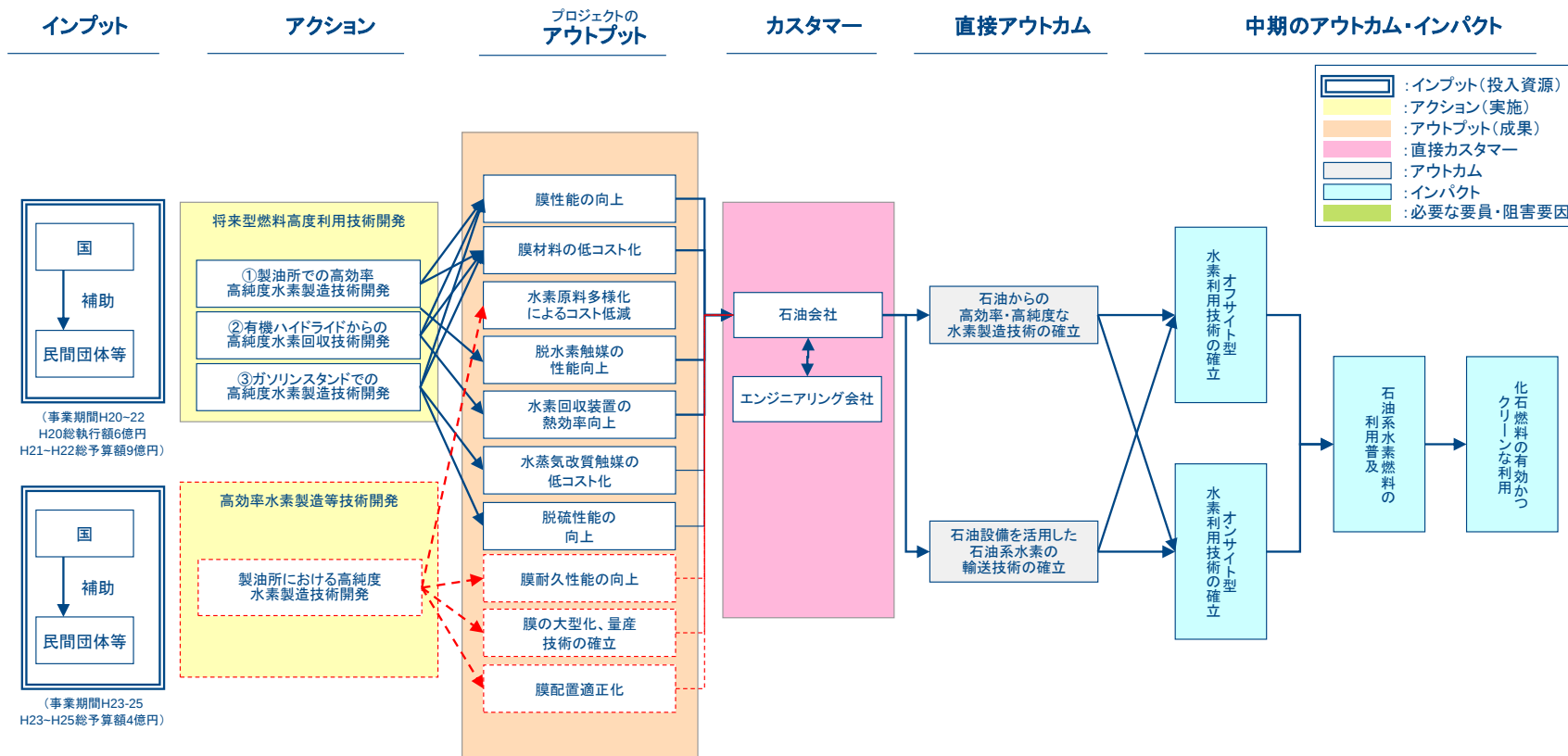
4. 技術施策体系図

石油精製関連分野 ロジックモデル



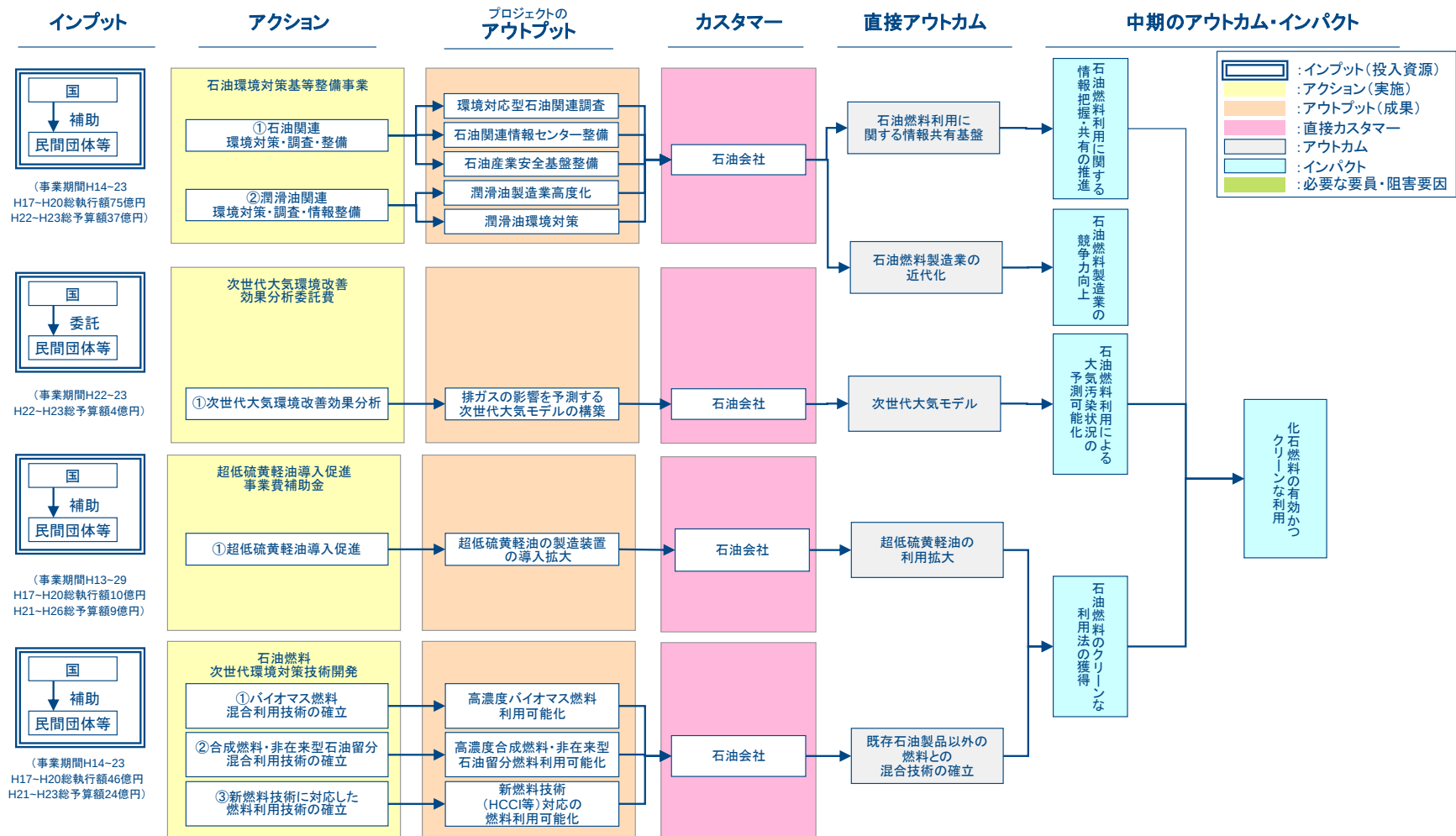
4. 技術施策体系図

石油精製関連分野 ロジックモデル



4. 技術施策体系図

石油精製関連分野 ロジックモデル



出所: 個別事業評価書、個別事業要求説明書、中間評価報告書

第2章 評価結果

1. 事業の目的・政策的位置付け（新規研究開発事業の創設）の妥当性

石油精製過程を分子レベルに着目して検討することは、新たな可能性を考えると、非常に意味がある。また、需要の減少・白油化という今後の石油製品需要の流れに合致した技術開発である。

なお、体制・目標等を検討し、研究のための研究とならないように注意する必要がある。その際には、これまで石油精製技術に関わったことがない分野からの参加を促せるような工夫をしていき、事業のさらなる効率化・深化を図るべきである。また、海外等の状況を把握し、当該事業としての優位性を示していくべきである。

【肯定的意見】

- ・分子レベルでの検討は、今後プロセス等を飛躍的に効率化させる可能性があるので、是非行うべきである。
- ・石油精製過程を分子レベルに着目して検討することは、新たな可能性を考えると、非常に意味があると思う。
- ・これまでの触媒開発等は、分子モデルでの検討等はあまり実施されなかった。当該事業でその基礎研究が行われることで、開発コストの削減やより効果的な触媒開発が行われるものと期待したい。
- ・分子レベルでの重質油精製検討という考えは良いと思う。
- ・需要の減少・白油化という今後の石油需要の流れにあった技術開発である。

【問題点・改善すべき点】

- ・どの程度まで、分子レベルでの検討が必要かは、よく注意すべきである。触媒設計には、効果的であることはよく分かるが、特に装置設計への効果はよく検討することが必要。
- ・体制・目標をよく検討しないと、研究のための研究に成りかねないので、十分注意すべきである。
- ・コスト削減を考えると、同様の検討を行う可能性がある石油化学業界等との連携を積極的に図っていくべきである。
- ・海外等の状況を把握し、当該事業としての優位性をしっかり示していくべき。
- ・検討すべき技術開発をさらに細分化、要素技術化することで、これまで石油精製技術に関わったことがない分野からの参加を促せるような工夫をしていき、事業のさらなる効率化・深化を図るべきである。
- ・アジアを中心とした世界の需要は、今後も白油を中心に増加する見込みである。国内の需要見通しとは異なる海外の需要、特にアジア地域でのエネルギー安定供給に資するような技術開発として、当該事業を実施していくべきである。

2. 今後の新規研究開発事業の実施に向けての提言

分子レベルでの石油精製技術の検討は、現在の分析・モデリング能力を考えると、時節を得たものである。事業を実施する際には、これまでの他分野での成果や国際的な状況をよく把握して実施するべきである。

また、事業成果はアジア、中東等との研究協力に生かし、日本の原油における交渉力向上やアジアにおけるエネルギーセキュリティに役立てていくべきである。

【各委員の提言】

- ・ これまでに行われた他分野（石炭等）での成果をよく把握し、極力当該事業に反映させるべき。
- ・ 70年代のオイルショック時代にも検討された分野であり、当時は分析感度・精度やパソコン等の能力不足で、芳しい結果は出なかった。しかし、現在の分析・モデリング能力を考えると、ちょうど時節を得た事業である。
- ・ 分子レベルでの石油精製技術の検討は、世界的にも重要なものである。このような検討成果を是非とも産油国との研究協力等に生かし、日本の原油購入に際した交渉力にしていってほしい。
- ・ 分析処理能力の向上などを活用したタイミングを得た技術開発である。行う際には、世界的な位置付けの明確化をしっかりと行い、当該事業の優位性を打ち出していくべき。
- ・ 石油精製分野の利益が少ないということで、海外石油メジャーの取組は、減少傾向である。そのような中で、日本が開発した石油精製技術により、中東、アジアで今後建造が予定されているプラント等へ貢献できれば、原油交渉力の向上、アジアにおけるエネルギーセキュリティに資するものである。

第3章 評価小委員会委員からのコメント

評価小委員会委員から本研究開発事業に対して頂いたコメントは以下のとおり。

- 何故、バイオを使わないのか。以前、石油産業活性化センター（P E C）で実施したバイオ法による重質油の分解、不純物元素の選択的分離やオイルサンド等を含む原油の構造データがあるはず、バナジウムの選択的分離もやった。よく調べてもらいたい。
- 重質油の改質は安い水素があればなんとでもなる。日本でどこまでやるつもりか。カナダのアルバータ州のオイルサンドの例では、原油が安くなったら減産を余儀なくされた。こうしたことから長期的な視野も必要。
- 重質油は多様な構造の混合物であるため、化学的構造を解析するということは極めて困難であるとする。科学的事実関係を良く把握してプロジェクトを検討してもらいたい。

新規研究開発事業
「重質油等高度対応処理技術開発」
に関する事前評価報告書

平成22年7月
産業構造審議会産業技術分科会
評 価 小 委 員 会

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成20年10月31日、内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省技術評価指針」（平成21年3月31日改正）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

今回の評価は、「重質油等高度対応処理技術開発」の事前評価であり、実際の評価に際しては、省外の有識者からなる、新規研究開発事業「重質油等高度対応処理技術開発」に関する事前評価検討会委員（座長：辰巳 敬 東京工業大学資源化学研究所教授）が事前評価を実施した。

今般、当該検討会における検討結果が評価報告書の原案として産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（小委員長：平澤 冷 東京大学名誉教授）に付議され、内容を審議し、了承された。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成22年7月
産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

目 次

はじめに	2
産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会名簿	4
新規研究開発事業「重質油等高度対応処理技術開発」に関する事前評価 検討会委員名簿	5
新規研究開発事業「重質油等高度対応処理技術開発」に関する事前評価 審議経過	6
事前評価報告書概要	7
第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要	9
第2章 評価結果	16
第3章 評価小委員会委員からのコメント	18

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会
委員名簿

委員長	平 澤 冷	東京大学名誉教授
	池 村 淑 道	長浜バイオ大学バイオサイエンス学部教授
	大 島 ま り	東京大学大学院情報学環教授 東京大学生産技術研究所教授
	太 田 健一郎	横浜国立大学大学院工学研究院教授
	菊 池 純 一	青山学院大学法学部長・大学院法学研究科長
	小 林 直 人	早稲田大学研究戦略センター教授
	鈴 木 潤	政策研究大学院大学教授
	富 田 房 男	北海道大学名誉教授
	中小路 久美代	株式会社S R A先端技術研究所 リサーチディレクター
	森 俊 介	東京理科大学理工学部経営工学科教授
	吉 本 陽 子	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 経済・社会政策部主任研究員

(委員敬称略、委員長除き五十音順)

事務局：経済産業省産業技術環境局技術評価室

新規研究開発事業「重質油等高度対応処理技術開発」に関する事前評価検討会
委員名簿

座長	辰巳 敬	東京工業大学資源化学研究所 教授
	岩間 剛一	和光大学経済経営学部経済学科 教授
	小野崎 正樹	(財) 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
	水野 哲孝	東京大学大学院工学系研究科応用化学専攻 教授
	森田 裕二	(財) エネルギー経済研究所計量分析ユニット 統括 研究理事

(敬称略、五十音順)

事務局：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

新規研究開発事業「重質油等高度対応処理技術開発」に関する事前評価

審 議 経 過

○事前評価に関する説明を個々に実施（平成２２年６月２１日～６月２５日）

- ・評価の方法等について
- ・技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要並びに創設の妥当性について
- ・評価の進め方について

※外部有識者（評価者）を訪問するなどにより、上記３つの項目について説明を行った後、メールレビューにて評価報告書(案)の審議を実施。

○第３２回産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（平成２２年７月７日）

- ・評価報告書(案)について（包括審議）

○第３３回産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（平成２２年７月２１日）

- ・評価報告書(案)について（個別審議）

事前評価報告書概要

新規研究開発事業	重質油等高度対応処理技術開発
技術に関する施策名	石油の安定供給確保
事業推進課	資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油精製備蓄課
技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要 「エネルギー基本計画」（平成 22 年 6 月）において、石油の安定供給強化のために、重質油分解能力の向上、革新的な石油精製技術の開発を促進するとともに、自立的かつ環境調和的なエネルギー供給構造の実現のために石油残渣等の高度利用の取り組みを推進することとしている。 このためには、重質原油や非在来型原油等を有効かつ高度に利用する技術の開発や、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が必要であり、本技術開発においては、触媒性能改良、プロセス改良、機器開発、シミュレーション、分析技術等を複合的に組み合わせた技術開発を実施する。 本事業での開発技術を適用することにより、化石エネルギー原料の単位数量当たりから製造される燃料製品等の生産量を増加させるとともに、燃料製品を回収後に残存する成分を減少させることが可能となり、化石エネルギー原料の有効な利用促進とともに、非在来型石油資源の利用可能性を高めることから、エネルギーセキュリティ向上及び原油処理量の減少に伴うCO₂の削減という地球温暖化問題対策に大きく寄与するものである。 ①分子レベルでの反応性制御により重質油を高度分解する技術開発 高度前処理技術と高度水素化処理触媒の相乗効果による重質油高度分解プロセス開発、超重質油処理のための低炭素型プロセス開発、および難反応性原料の最適処理技術の開発と触媒劣化機構の解明を実施する。 ②低品位留分の高付加価値化技術開発 分解軽油等の新規高付加価値化プロセス開発を実施する。	
評価概要 1. 事業の目的・政策的位置付け（新規研究開発事業の創設）の妥当性 分子レベルに着目した触媒やプロセス開発は、非常に重要である。触媒開発技術は、日本の強みであり、その強みをさらに向上させる当該技術開発は、日本の石油精製業の国際競争力強化に資するものである。また、委託事業との連携が考えられており、効率的である。 なお、事業成果として、CO₂削減効果や需給ギャップ解消等にどの程度効果があるのか可能な限り示すべきである。また、触媒用金属などの検討には、カントリーリスク等を勘案し、国家セキュリティに資するようにするべきである。	

2. 今後の新規研究開発事業の実施に向けての提言

分子レベルでの検討を反映させた触媒・プロセス開発は、これまでにない成果を生み出す可能性を秘めている。特に、日本の強みである触媒技術を更に向上させ、国内石油精製強化のみならず、非在来型原油を有するカナダ、ベネズエラや今後需要の増加が予想されているアジア地域での技術協力等を行うなど広い意味でのエネルギーセキュリティーに資する技術にしていくべきである。

なお、事業目標を検討する際には、需給への量的効果もさることながら、CO₂削減効果など地球温暖化対策への効果も示していくべきである。

第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要

1. 技術に関する施策の概要

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る。このため、エネルギー基本計画においても、技術開発は、次のように位置付けられている。

●「エネルギー基本計画」（平成22年6月）

・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。

・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. 新規研究開発事業の概要

(1) 事業の背景

前述のとおり、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・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。

エネルギー供給構造高度化法においても、重質油分解能力の向上を求めているが、これを達成する1つの手段として、分離・分解等の反応系プロセスについて、より一層の高度化に向けた技術開発が必要である。

石油の有効利用や重質油分解能力の向上のためには、残さ油やカナダのオイルサンド、ベネズエラのオリノコヘビーオイル等の非在来型原油の中に含まれる巨大炭化水素分子であるアスファルテンや、低品位であるため主にボイラー等の燃焼用途しかないCLO（※1）やLCO（※2）等の留分を高効率に分解・改質し、単位量あたりの原油から、より多くの白油等の石油製品を製造する技術が必要である。これは、原油処理量の削減によるエネルギー安定供給とこれに伴うCO₂削減を同時に達成する画期的な技術開発となる。

（※1）Clalified Oil：低付加価値な分解残さ油

（※2）Light Cycle Oil：軽油相当留分であるが、低着火性のため重油機材となっている留分

(2) 事業の目的

触媒性能改良、プロセス改良、機器開発、シミュレーション、分析技術等を複合的に組み合わせた技術開発により、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ことや、重質原油や非在来型原油等を有効かつ高度に利用することを可能にし、精製部門の国際競争力強化と我が国のエネルギー安定供給確保に貢献する。

(3) 技術開発の内容および目標

分子レベルでの反応性制御により重質油を高度分解する技術として、高度前処理技術と高度水素化処理触媒の相乗効果による重質油高度分解プロセスの開発、重質油・超重質油の水素化処理時の触媒活性低下原因を解明し、当該原料油の最適処理を可能とする技術の開発、等を行う。また、低品位留分の高品質化技術として、重質油の分解軽油、オイルサンド軽油などの留分から高オクタン価ガソリン留分（BTX）を効率的に製造する新規生産プロセス開発を実施する。

本事業の開発技術を適用することにより、燃料製品等回収後の残存成分（重油）を350～850千KL／年減少させることが可能となる。

①分子レベルでの反応性制御により重質油を高度分解する技術開発

高度前処理技術と高度水素化処理触媒の相乗効果による重質油高度分解プロセス開発では、我が国の石油製品需要構造変化と石油エネルギー資源の効率的利用を図るため、流動接触分解（FCC）、残油流動接触分解（RFCC）周辺の重質成分の高度分解制御技術開発を行う。

難反応性原料の最適処理技術の開発と触媒劣化機構の解明のため、非在来型原油を含む重質原油由来の重油留分を水素化処理する際の、触媒不活性原因を解明する精密分析技術の開発を行う。

超重質油処理のための低炭素型プロセス開発では、非在来型原油等の超重質油を対象にして、超高压下での反応熱制御技術と難反応性物質除去の触媒設計を骨子とし、さらに分子レベルでの反応選択性の制御を行う、新規高度水素化プロセスの開発を行う。

②低品位留分の高付加価値化技術開発

分解軽油等の新規高付加価値化プロセス開発では、製油所精製工程の途中で発生し、現在は製品希釈材等の利用に留まっている低品位留分である分解軽油等を原料として、燃料製品等への一段転換反応を図る新規プロセス開発等を行う。

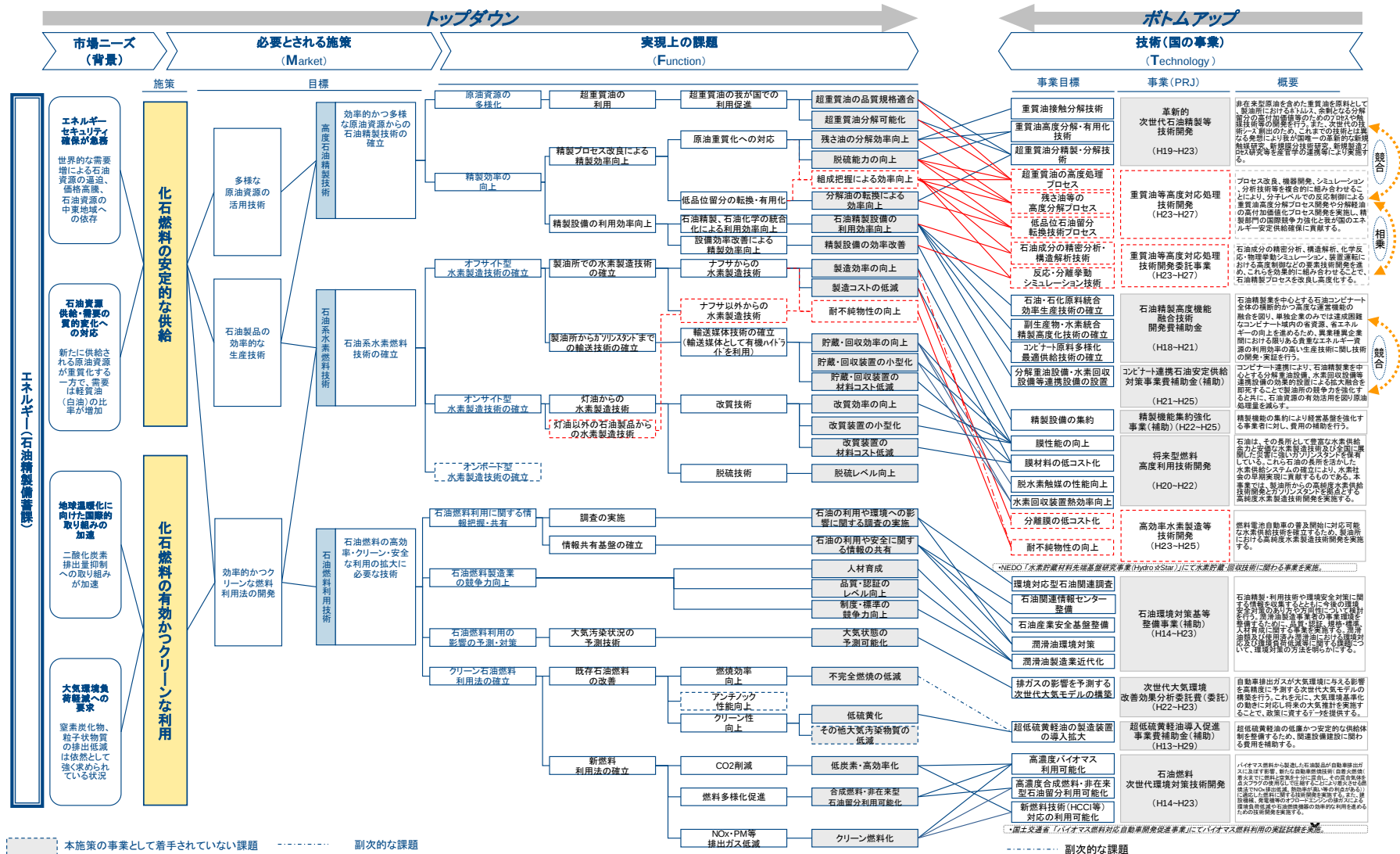
3. 事業の目的・政策的位置付け（新規研究開発事業の創設）の妥当性

本事業での開発技術を適用することにより、化石エネルギー原料の単位数量当たりから製造される燃料製品等の生産量を増加させるとともに、燃料製品を回収後に残存する成分を減少させることが可能となり、化石エネルギー原料の有効な利用促進とともに、非在来型石油資源の利用可能性を高めることから、エネルギーセキュリティ向上及び原油処理量の減少に伴うCO₂の削減という地球温暖化問題対策につながるものである。

また、本事業で取り組む技術は「技術戦略マップ2009」（平成21年4月）において、エネルギー分野に設定された石油精製プロセス「重質油等高度対応処理技術開発」とオイルサンド・ビッチメン等の高度利用技術「改質分解触媒技術」等に表示されている。

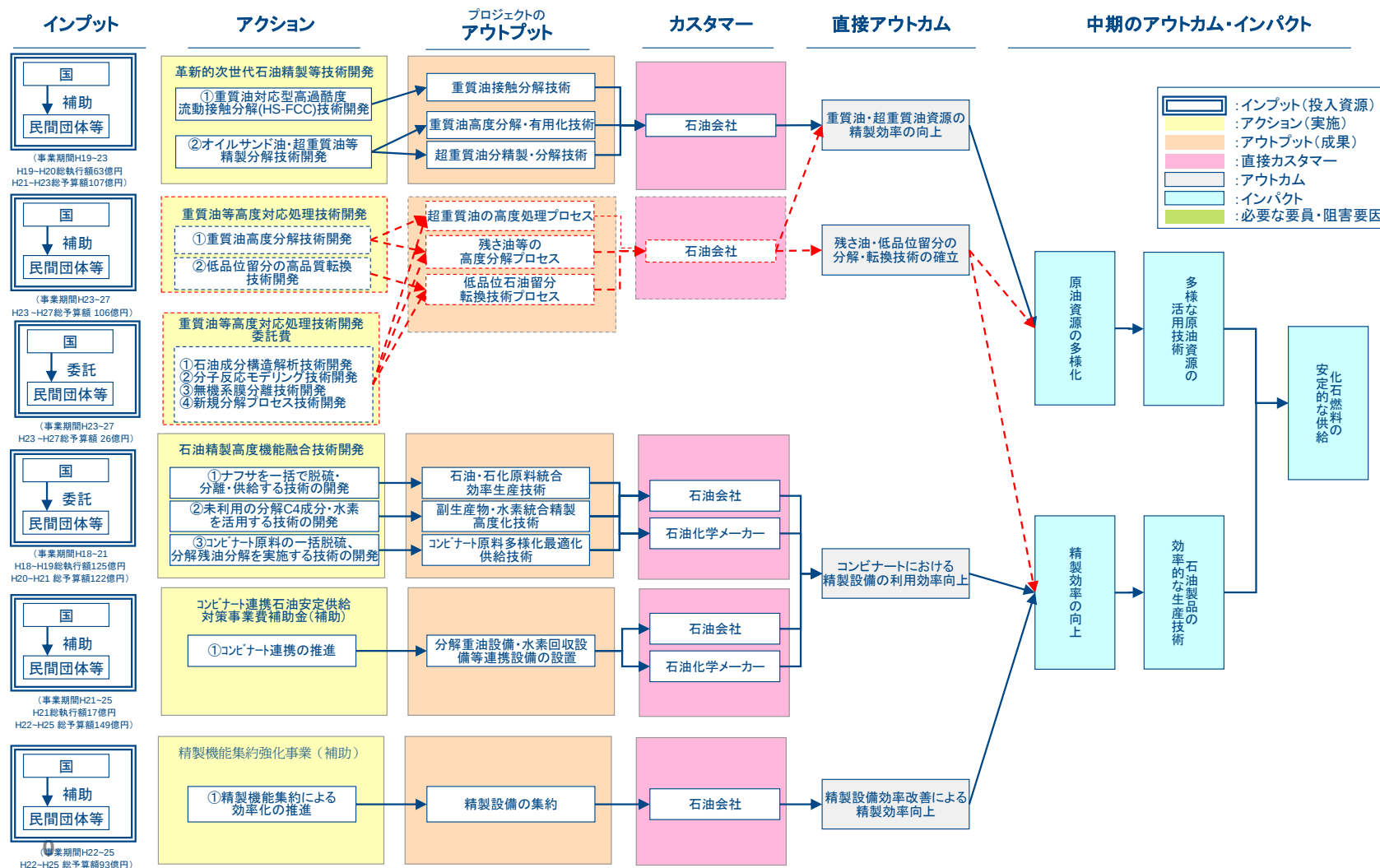
4. 新規研究開発事業を位置付けた技術施策体系図

石油精製関連分野 ロジックツリー



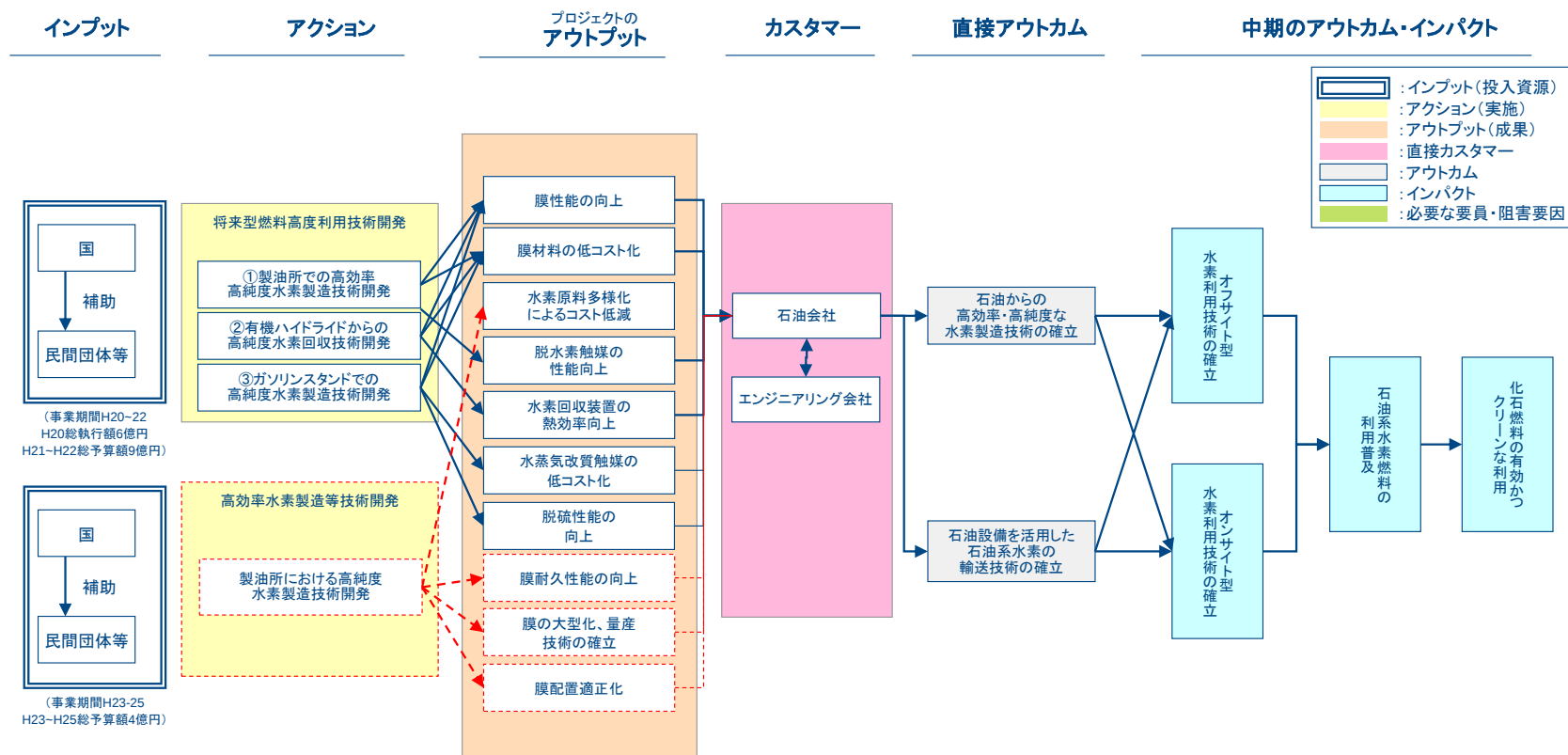
4. 技術施策体系図

石油精製関連分野 ロジックモデル



4. 技術施策体系図

石油精製関連分野 ロジックモデル

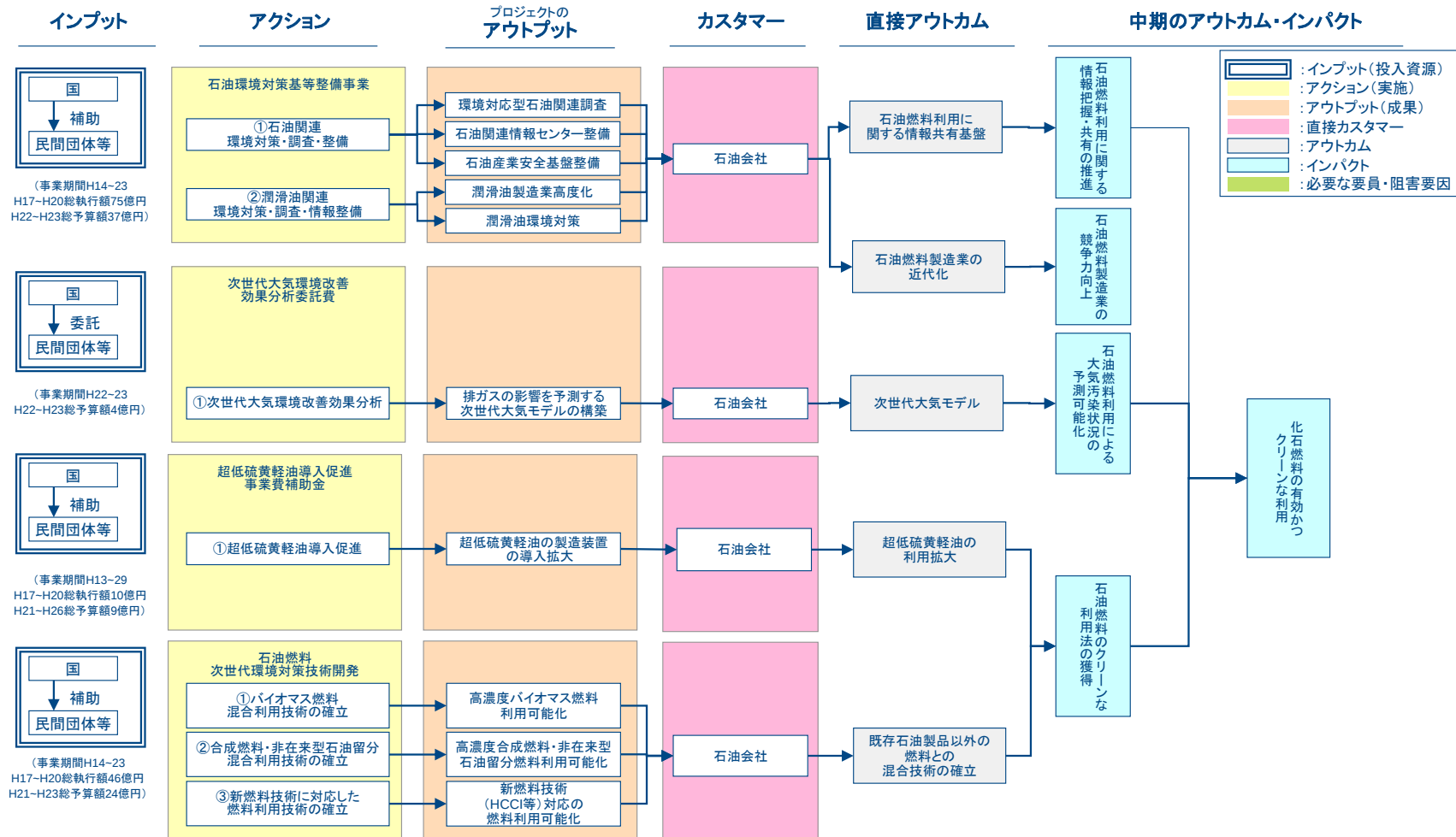


出所: 個別事業評価書、個別事業要求説明書、中間評価報告書

----- 副次的な課題

4. 技術施策体系図

石油精製関連分野 ロジックモデル



出所: 個別事業評価書、個別事業要求説明書、中間評価報告書

第2章 評価結果

1. 事業の目的・政策的位置付け（新規研究開発事業の創設）の妥当性

分子レベルに着目した触媒やプロセス開発は、非常に重要である。触媒開発技術は、日本の強みであり、その強みをさらに向上させる当該技術開発は、日本の石油精製業の国際競争力強化に資するものである。また、委託事業との連携が考えられており、効率的である。

なお、事業成果として、CO₂削減効果や需給ギャップ解消等にどの程度効果があるのか可能な限り示すべきである。また、触媒用金属などの検討には、カントリーリスク等を勘案し、国家セキュリティに資するようにするべきである。

【肯定的意見】

- ・委託事業「重質油等高度対応処理技術開発委託事業」との連携が考えられており、効率的である。
- ・分子レベルに着目した触媒やプロセス開発は、非常に重要である。
- ・これまでの触媒・プロセス開発とは、異なる成果が期待できる。委託事業「重質油等高度対応処理技術開発委託事業」との連携を効率的に行ってほしい。
- ・これまでの技術開発とは着目点が異なり、なおかつ需給ギャップに対応することができる技術開発である。
- ・分子モデルでの検討を基礎とした触媒開発技術は、世界的に見ても非常に先進的である。当該事業成果で、中東などの原油産出国やカナダなどの非在来型原油産出国との技術協力を実施できれば、我が国のエネルギーセキュリティに大きく資するものである。
- ・触媒開発技術は、日本の強みとなる技術である。その強みをさらに向上させる当該技術開発は、日本の石油精製業の国際競争力強化に資するものである。

【問題点・改善すべき点】

- ・地球温暖化対策の観点から、当該事業を行うことによるCO₂削減等の効果も可能な限り提示していくべきである。
- ・どのような触媒が効果的かを検討する際には、触媒用金属のカントリーリスクも勘案して国家セキュリティに資するようにするべきである。
- ・事業成果として、どの程度需給ギャップに効果があるかなどを示していくべきである。
- ・需要の増加が見込まれるアジア地域に対して、当該技術をどのように売り込んでいくかは検討するべきである。

2. 今後の新規研究開発事業の実施に向けての提言

分子レベルでの検討を反映させた触媒・プロセス開発は、これまでにない成果を生み出す可能性を秘めている。特に、日本の強みである触媒技術を更に向上させ、国内石油精製強化のみならず、非在来型原油を有するカナダ、ベネズエラや今後需要の増加が予想されているアジア地域での技術協力等を行うなど広い意味でのエネルギーセキュリティに資する技術にしていくべきである。

なお、事業目標を検討する際には、需給への量的効果もさることながら、CO₂削減効果など地球温暖化対策への効果も示していくべきである。

【各委員の提言】

- ・分子レベルでの検討を反映させた触媒・プロセス開発は、これまでにない成果を生み出す可能性を秘めている。事業を実施する際には、これまでの行われてきた技術開発を十分加味し、効率的に行うべきである。
- ・当該技術開発による成果を、是非とも産油国との技術協力を活かし、我が国の交渉力向上に用いるべきである。特に、非在来型原油を有するカナダ、ベネズエラなどとの関係強化に資すると思われる内容である。
- ・需給ギャップに対応した技術開発である。事業目標を検討する際には、需給への量的効果もさることながら、CO₂削減効果など地球温暖化対策への効果も示していくべきである。
- ・日本の強みである触媒技術を更に向上させ、国内石油精製強化のみならず、今後需要の増加が予想されているアジア地域での技術協力等を行うなど広い意味でのエネルギーセキュリティに資する技術にしていくべきである。

第3章 評価小委員会委員からのコメント

評価小委員会から本研究開発事業に対して頂いたコメントは以下のとおり。

- ・ 何故、バイオを使わないのか。以前、石油産業活性化センター（P E C）で実施したバイオ法による重質油の分解、不純物元素の選択的分離やオイルサンド等を含む原油の構造データがあるはず、バナジウムの選択的分離もやった。よく調べてもらいたい。
- ・ 重質油の改質は安い水素があればなんとでもなる。日本でどこまでやるつもりか。カナダのアルバータ州のオイルサンドの例では、原油が安くなったら減産を余儀なくされた。こうしたことから長期的な視野も必要。
- ・ 重質油は多様な構造の混合物であるため、化学的構造を解析するということは極めて困難であるとする。科学的事実関係を良く把握してプロジェクトを検討してもらいたい。