

重質油等高度対応処理技術開発（プロジェクト）
技術評価結果報告書（終了時評価）

（案）

平成29年3月

産業構造審議会産業技術環境分科会

研究開発・イノベーション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26年4月改正）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

経済産業省において実施している「重質油等高度対応処理技術開発（プロジェクト）」は、石油の有効利用を最大限進めるために、複雑な混合物である原油を含む石油成分の構造を分子レベルで把握し、これらを制御可能とするための基盤技術開発（委託事業）と開発した基盤技術を製油所の実装置へ適用し、実証技術開発（補助事業）とを行うことで、我が国の石油の安定供給に貢献するため、平成23年度から平成27年度まで実施したものである。

今般、省外の有識者からなる重質油等高度対応処理技術開発（プロジェクト）終了時評価検討会（座長：小野崎 正樹 一般財団法人エネルギー総合工学研究所理事）における検討の結果とりまとめられた、「重質油等高度対応処理技術開発（プロジェクト）技術評価結果報告書（終了時評価）」の原案について、産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・イノベーション小委員会評価ワーキンググループ（座長：小林 直人 早稲田大学研究戦略センター副所長・研究院副研究院長 教授）において、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29年3月

産業構造審議会産業技術環境分科会

研究開発・イノベーション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・イノベーション小委員会 評価ワーキンググループ

委員名簿

座長	小林 直人	早稲田大学研究戦略センター副所長・研究院副研究 院長 教授
	亀井 信一	株式会社三菱総合研究所政策・経済研究センター長
	齊藤 栄子	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 政策研究事業本部主任研究員
	高橋 真木子	金沢工業大学大学院イノベーションマネジメント 研究科教授
	津川若子	東京農工大学大学院工学研究院准教授
	西尾 好司	株式会社富士通総研経済研究所上席主任研究員
	浜田 恵美子	元・名古屋工業大学大学院教授
	森 俊介	東京理科大学理工学部経営工学科教授

(敬称略、座長除き五十音順)

重質油等高度対応処理技術開発

終了時評価検討会

委員名簿

座長	小野崎 正樹	一般財団法人エネルギー総合工学研究所	理事
	小林 康	東洋エンジニアリング株式会社エンジニアリング本部プロセスシステムエンジニアリング部	担当部長
	里川 重夫	学校法人成蹊学園成蹊大学理工学部物質生命理工学科	教授
	関根 泰	学校法人早稲田大学先進理工学部応用化学科	教授
	辻 裕一	学校法人東京電機大学 工学部 機械工学科	教授

(敬称略、座長除き五十音順)

重質油等高度対応処理技術開発

技術評価に係る省内関係者

【終了時評価時】

(平成28年度)

資源エネルギー庁資源・燃料部石油精製備蓄課長 西山 英将 (事業担当課長)

大臣官房参事官 (イノベーション推進担当)

産業技術環境局 研究開発課 技術評価室長 竹上 嗣郎

【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)

産業技術環境局 産業技術政策課 技術評価室長 長濱 裕二

重質油等高度対応処理技術開発

終了時評価の審議経過

【終了時評価】

◆産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・イノベーション小委員会評価ワーキンググループ（平成29年3月23日）

- ・技術評価結果報告書（終了時評価）について

◆「重質油等高度対応処理技術開発」評価検討会

第1回評価検討会（平成29年1月25日）

- ・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29年2月14～3月14日書面審議）

- ・技術評価結果報告書（終了時評価）について

【中間評価】

◆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）

- ・技術評価結果報告書（中間評価）について

◆「重質油等高度対応処理技術開発」評価検討会

第1回評価検討会（平成26年2月7日）

- ・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）

- ・技術評価結果報告書（中間評価）について

【事前評価】

◆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22年7月7日、平成22年7月21日）

- ・技術評価書（事前評価）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・イノベーション小委員会評価ワーキンググループ

委員名簿

重質油等高度対応処理技術開発 終了時評価検討会 委員名簿

重質油等高度対応処理技術開発 技術評価に係る省内関係者

重質油等高度対応処理技術開発 終了時評価の審議経過

目次

	ページ
I. 研究開発課題（プロジェクト）概要・・・・・・・・・・・・・・・・	1
1. 事業アウトカム・・・・・・・・・・・・・・・・	2
2. 研究開発内容及び事業アウトプット・・・・・・・・	3
3. 当省（国）が実施することの必要性・・・・・・・・	18
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ・・・・・・・・	19
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等・・・・・・・・	20
6. 費用対効果	
II. 外部有識者（評価検討会等）の評価	
1. 事業アウトカムの妥当性・・・・・・・・	22
2. 研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性・・・・・・・・	22
3. 当省（国）が実施することの必要性の妥当性・・・・・・・・	23
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性・・・・・・・・	24
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性・・・・・・・・	24
6. 費用対効果の妥当性・・・・・・・・	25
7. 総合評価・・・・・・・・	26
8. 今後の研究開発の方向等に関する提言・・・・・・・・	27
III. 評点法による評点結果・・・・・・・・	29
IV. 産業構造審議会評価ワーキンググループの所見及び同所見を踏まえた改善点等・・・・	30

重質油等高度対応処理技術開発（プロジェクト）
技術評価結果報告書（終了時評価）

プロジェクト名	重質油等高度対応処理技術開発																							
行政事業レビューとの関係	行政事業レビューシート番号（平成28年 0225、0227）																							
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																							
担当課室	石油精製備蓄課																							
<u>プロジェクトの目的・概要</u> 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。 このような課題に対応するため、重質油分解能力（原油一単位あたりの石油製品得率を上げる能力）の抜本的向上に資する原料油（原油や精製残渣油）の分子レベルでの構造解析や触媒反応のシミュレーションを行う基盤的な技術（ペトロリオミクス技術）の開発や、触媒や分解装置の改良等に向けた実証を行う。																								
予算額等（委託、補助（補助率：1/2）） （単位：百万円） <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">開始年度</th><th style="width: 20%;">終了年度</th><th style="width: 20%;">中間評価時期</th><th style="width: 20%;">終了時評価時期</th><th style="width: 20%;">事業実施主体</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>平成23年度</td><td>平成27年度</td><td>平成25年度</td><td>平成28年度</td><td>一般財団法人石油エネルギー技術センター</td></tr> <tr> <td>H25FY 執行額</td><td>H26FY 執行額</td><td>H27FY 執行額</td><td>総執行額</td><td>総予算額</td></tr> <tr> <td>2,033</td><td>1,417</td><td>1,182</td><td>6,735</td><td>6,881</td></tr> </tbody> </table>					開始年度	終了年度	中間評価時期	終了時評価時期	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	H25FY 執行額	H26FY 執行額	H27FY 執行額	総執行額	総予算額	2,033	1,417	1,182	6,735	6,881
開始年度	終了年度	中間評価時期	終了時評価時期	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																				
H25FY 執行額	H26FY 執行額	H27FY 執行額	総執行額	総予算額																				
2,033	1,417	1,182	6,735	6,881																				

I. 研究開発課題（プロジェクト）概要

1. 事業アウトカム

① 基盤技術開発（委託事業）

事業アウトカム指標		
石油精製プロセス改良等における当該技術の活用事例件数		
指標目標値		
事業開始時（平成 23 年度）	計画：10 件	実績：0 件
中間評価時（平成 25 年度）	計画：10 件	実績：9 件
終了時評価時（平成 27 年度）	計画：10 件	実績：10 件
目標最終年度（平成 27 年度予定）	計画：10 件	

② 実証技術開発（補助事業）

事業アウトカム指標		
事業期間中に開発された技術を製油所に実装し、成果の実証を行う。		
指標目標値		
事業開始時（平成 23 年度）	計画：0 件（累計）	実績：0 件（累計）
中間評価時（平成 25 年度）	計画：2 件（累計）	実績：2 件（累計）
終了時評価時（平成 27 年度）	計画：3 件（累計）	実績：3 件（累計）
目標最終年度（平成 27 年度予定）	計画：3 件（累計）	

2. 研究開発内容及び事業アウトプット

(1) 研究開発内容

【基盤技術開発（委託事業）】

原料油（原油や精製残油）の分子レベルでの詳細組成構造解析や分子反応モデリングを行い、原料油と触媒の反応や分離挙動等をコンピューターによりシミュレーションする基盤技術（ペトロリオミクス技術※）を開発する。本技術により、脱硫や分解に用いる触媒の性能向上や劣化抑制、設備運転条件の最適化等、様々な石油精製プロセスの高度化を低コストかつ迅速に行うことを可能にする。

※ペトロリオミクス技術：分子の集合体（超複雑系混合系）である 重質油を分子レベルで分析・解析し、石油精製プロセスを分子の移動、反応、分離として捉える新たな技術体系

具体的には、以下の5項目の個別要素技術の開発を実施した。

- (i) 重質油の詳細組成構造解析技術の開発
- (ii) 分子反応モデリング技術の開発
- (iii) ペトロインフォマティクス・プラットフォームの構築
- (iv) アスファルテン凝集挙動解析技術の確立
- (v) 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

(i) 重質油の詳細組成構造解析技術の開発

ペトロリオミクス技術の出発点として、重質油中の全成分を分子式レベルで解明し、さらに構造情報を得るための技術を開発した。

① 分離前処理技術の開発

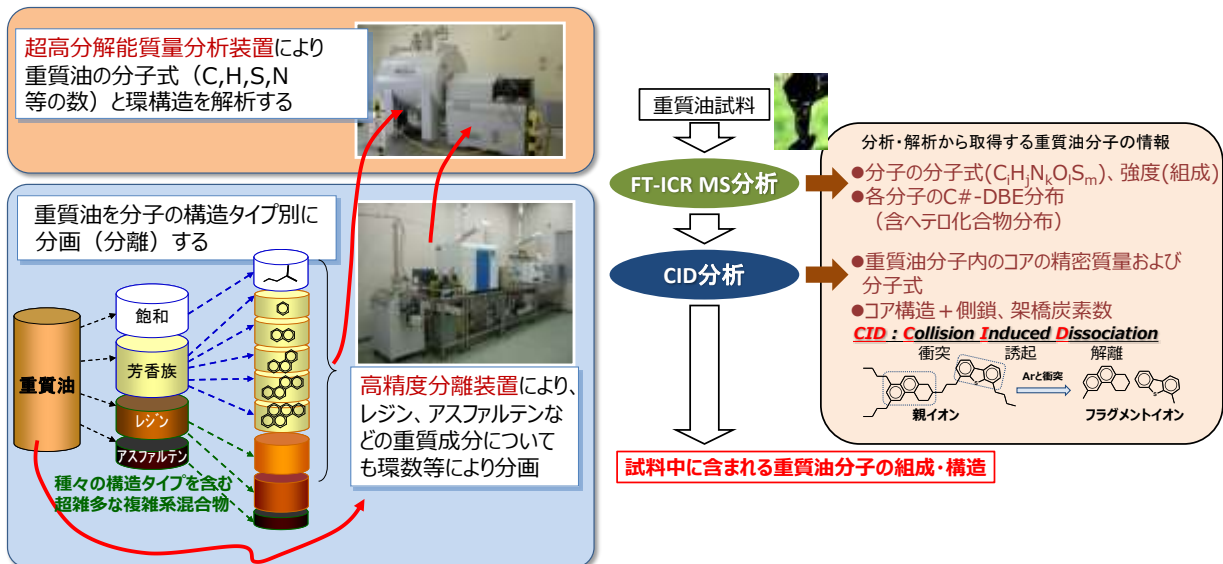
詳細組成分析を行うため、分子の構造タイプ別に分離（分画）する必要がある。重質油を極性、分子量、芳香族環数の3種類の分離モードの組み合わせにより、回収率 95%以上を確保の上、30 分画できる技術やニッケル、ヴァナジウムなどの重金属類を30倍に濃縮し分析を容易にする技術を開発した。

② 詳細組成分析法の開発

超高分解能力をもつフーリエ変換イオンサイクロトロン共鳴質量分析計 (FT-ICR MS) による重質油の質量分析ノウハウを固め、重質油試料に含まれる数万以上の成分を分子式レベルで短時間に分析する手法を開発した。また、分子中のコア構造解析手法 (CID FT-ICR MS) を確立し、コア構造、側鎖、架橋の構造属性を同定する技術を開発した。

③ 分子構造可視化技術の開発

①②の開発成果に基づき、超多成分複雑系である重質油の構造情報の理解を容易にするため、DBE プロット図、コア構造分布図などの実用化技術を開発した。



(ii) 分子反応モデリング技術の開発

重質油の詳細組成構造の解析結果を基に、反応状態を分子レベルで解析するための技術を開発した。

① 分解系軽油ブレンド処理に対応する軽油超深度脱硫モデルの開発

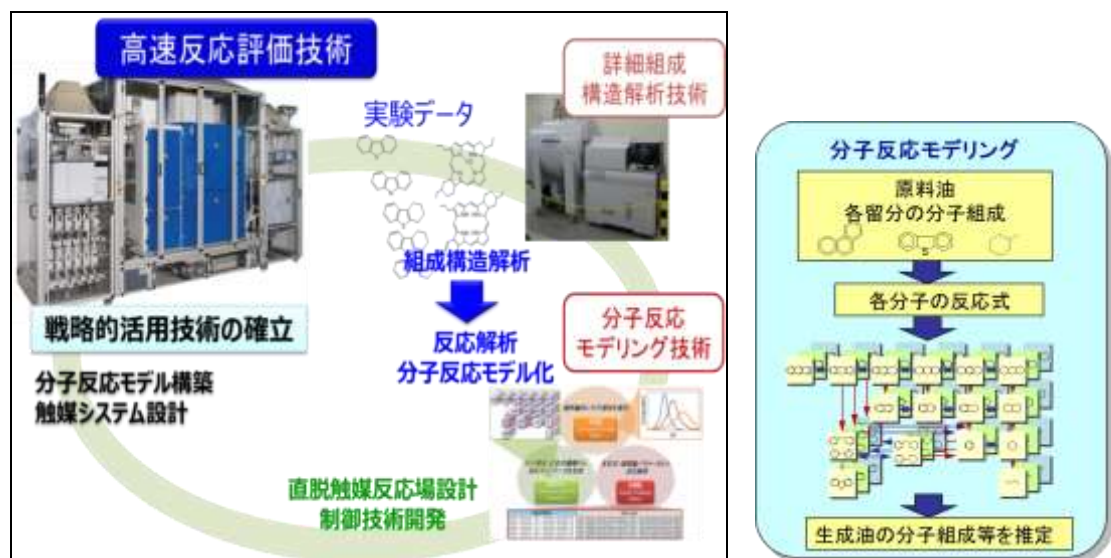
軽油の一般性状からの分子組成推定結果と水素化反応速度に基づく反応モデリング技術を確立し、これを応用して水素化反応生成油中のナフテノベンゼン収率の推定技術を開発した。

② 各種重質油ブレンド処理に対応する重油直接脱硫モデルの開発

重質油の構造属性情報 (コア、架橋、側鎖) 単位での直接脱硫反応 (RDS) のモデリング技術を確立し、RDS 触媒 3 種の組み合わせ系で反応シミュレーションに適用技術を開発した。

③ 触媒活性劣化モデルの開発

触媒堆積コーク分からコーク前駆体を抽出し、コーク化の要因分析を行い、触媒活性劣化モデルを開発した

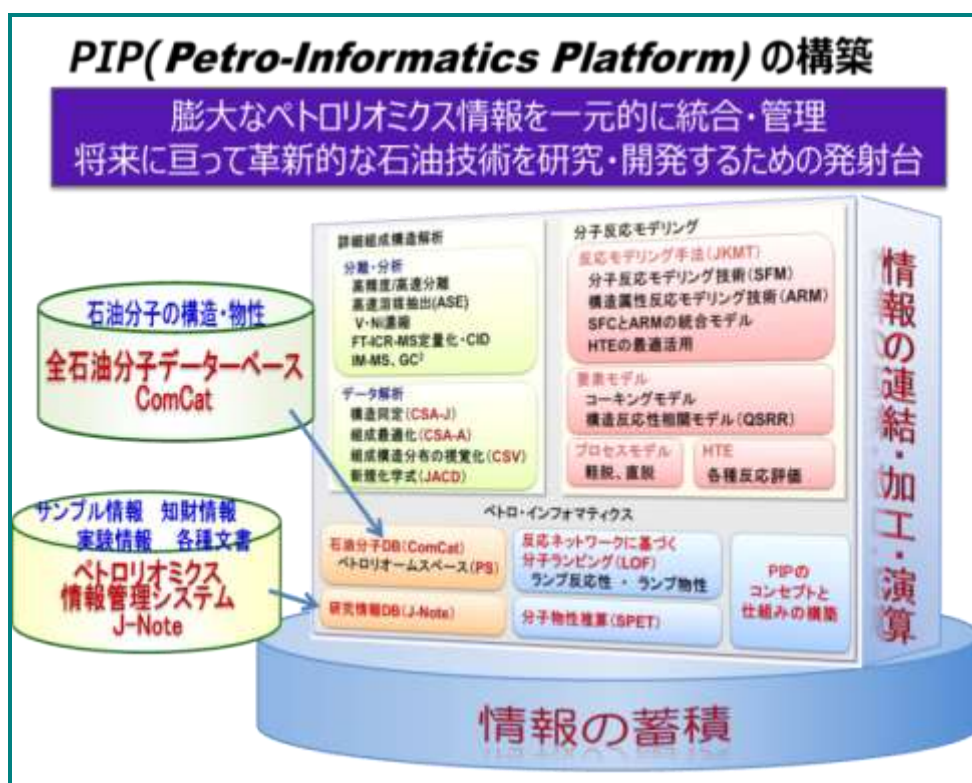


(iii) ペトロインフォマティクス・プラットフォームの構築

ペトロリオミクス技術により生み出される膨大な石油分子の組成・構造にかかわる情報を情報学的に処理する技術をペトロインフォマティクスと命名し、共通基盤技術として構築した。

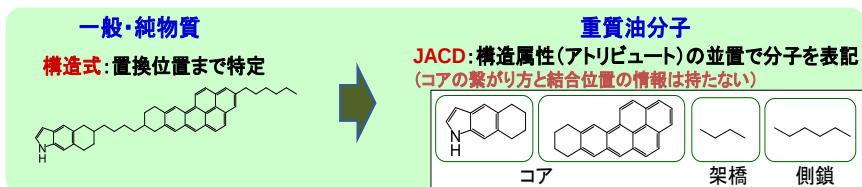
さらに、プロセス性能検討・改良・開発等を効率的に進める統合システム、ペトロインフォマティクス・プラットフォーム(PIP)の構築を実施した。この中で、流動解析等に実用できる物性値のランピング技術を開発した。

また、全石油分子から 2,500 万の代表構造を選定し、開発した新規化学式(JACD)による構造情報と物性値を含む全石油データベース(ComCat)を構築した。



JACD (Juxtaposed Attributes for Chemical-structure Description)

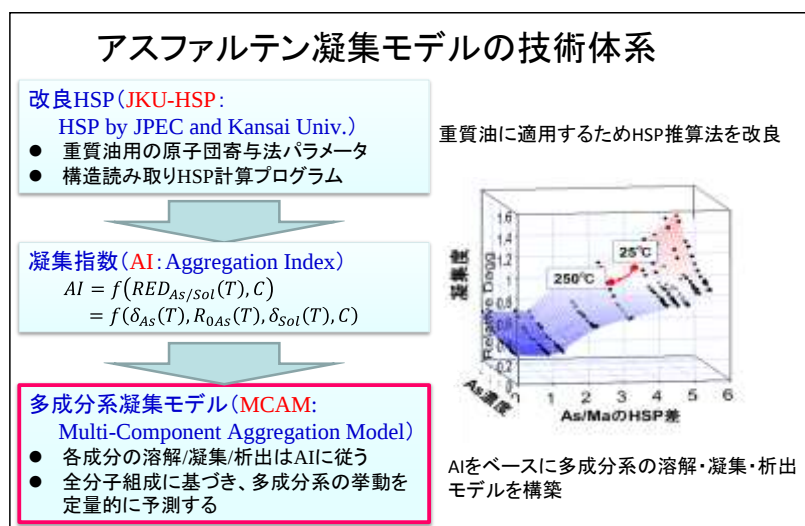
・分子反応モデリングや物性推算に必要な最小限な構造属性の組み合わせを表記



分子量	分子式	分子ID	組成
617. 921	C46H51N	006107002001000000BC004000000SC0060SC003000000	23. 60
617. 921	C46H51N	00	5. 61
617. 921	C46H51N	01	325. 24
615. 905	C46H49N	コア1 コア2 コア3 架橋1 架橋2 側鎖1 側鎖2 側鎖3	3. 02
615. 905	C46H49N	00210700910000000BC004000000SC00600000000000	2. 03
615. 905	C46H49N	021008024001000000BC004000000SC0060SC002000000	5. 30
615. 905	C46H49N	003108023000000000BC004000000SC00600000000000	24. 93

(iv) アスファルテン凝集挙動解析技術の確立

アスファルテンは、精製設備内部の汚れや閉塞の原因物質であり、触媒の活性低下も引き起こす凝集状態を形成する。そこで、ペトロリオミクス技術を活用してアスファルテンの凝集挙動解析を行い、さらに凝集挙動（溶解・凝集・析出）の制御基礎技術を開発した。その結果、アスファルテンの凝集度を定量的に予測できるモデルを開発すると共に、本モデルを重油直脱プロセスに適応した成果に基づき、最適な凝集緩和方法を提示する基礎技術を開発した。

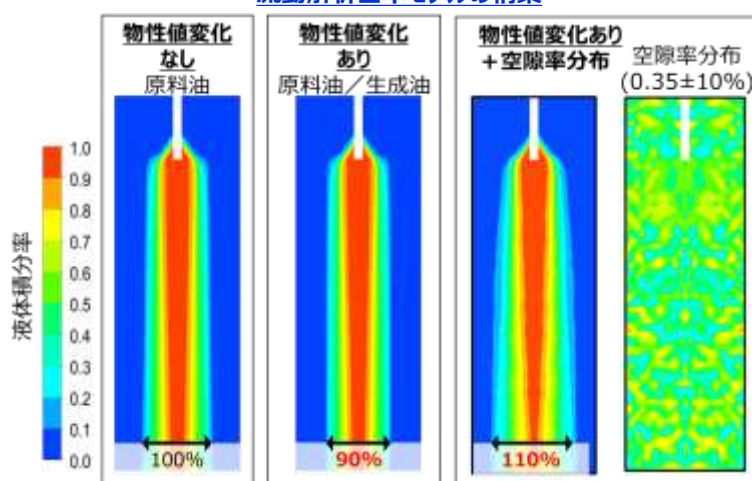


(v) 基盤技術を実証技術開発に活用するための新規要素技術の開発

① 直脱触媒反応場設計技術開発

CCR（残留炭素分）生成に寄与する化合物の水素化促進の触媒特性を解析した。また、市販の流動解析シミュレータのパラメータを、直脱反応塔を模したコールドフローモデル実験等から適用し、内部流体の物性値はペトロリオミクスによる分析値を与えることで、固化偏流等を可視化する基本モデルを構築した。

流動解析基本モデルの構築



② 次世代の製油所に求められる新規技術の調査研究

ペトロリオミクス技術を生かした次世代の製油所に必要となる新規開発技術として、製油所装置構成（コンフィグレーション）の評価および最適化検討ツールを開発した。

【実証技術開発（補助事業）】

ペトロリオミクス技術を活用し、重質油等の分解率向上を目指した重質油高度分解プロセス及び分解軽油の高付加価値化プロセスの開発と、重質油の脱硫・分解プロセスの強化に伴い、ユーティリティとしての水素利用について製油所の未利用水素資源を回収・利用するための技術開発を実施した。

開発にあたっては、国の委託事業「重質油等高度対応処理技術開発委託事業」との連携を図りながら事業を推進した。

具体的には、以下の7項目の個別要素技術の開発を実施した。

(vi) 重質油脱硫・分解プロセス技術（平成23年度～平成27年度）

(vi)-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（袖ヶ浦701研）

(vi)-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（横浜701研）

(vi)-3 超重質油処理のための高度残油分解プロセス技術開発（幸手701研）

(vi)-4 先進的超重質油改質(SPH)プロセスの開発（鶴見701研・荒井701研）

(vi)-5 分解軽油等新規アップグレーディングプロセスの開発（横浜702研・鶴見702研）

(vii) 重質油脱硫・分解ユーティリティ技術（平成26年度～平成27年度）

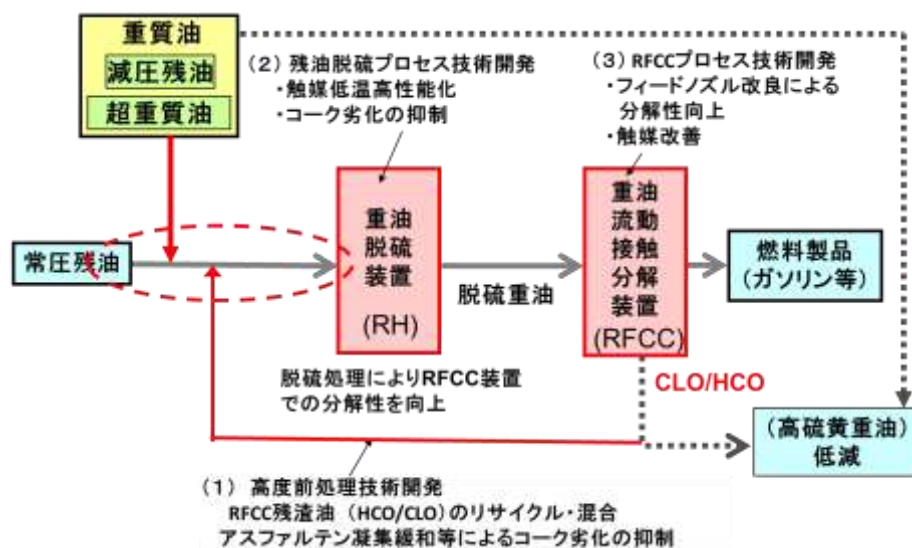
(vii)-1 省エネルギー型水素精製プロセス開発（横浜704研）

(vii)-2 高効率水素発生プロセス開発（横浜705研）

(vi) 重質油脱硫・分解プロセス技術

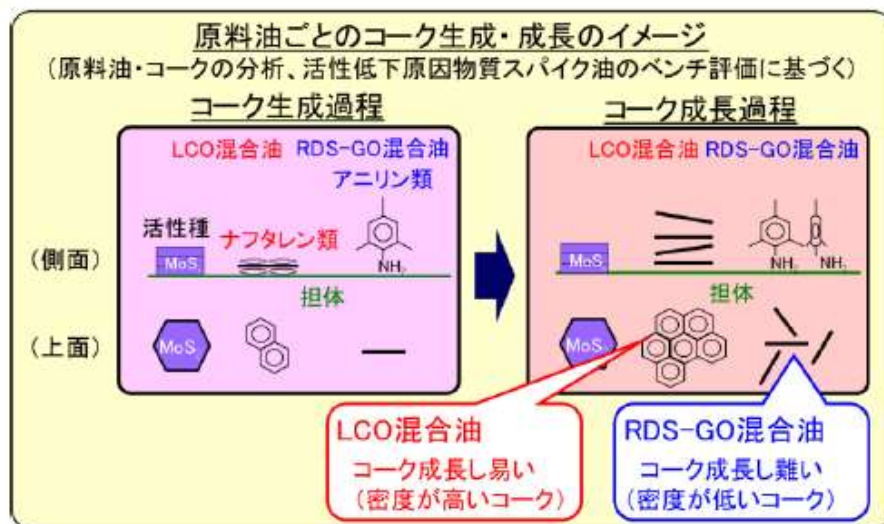
(vi)-1 高度前処理・水素化処理による重質油分解プロセス技術開発

高硫黄重油は、触媒の劣化に影響するアスファルテンを多量に含む重質油（減圧残油、超重質油）から主に構成されており、この重質油を有用な燃料油に効率的に転換するため、ペトロリオミクス技術を複合的に活用し、(a)アスファルテンの凝集を緩和できる高度前処理技術、(b)劣化耐性に優れた重油脱硫触媒システム、(c)分解反応性を飛躍的に向上させるRFCC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した。



(vi)-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

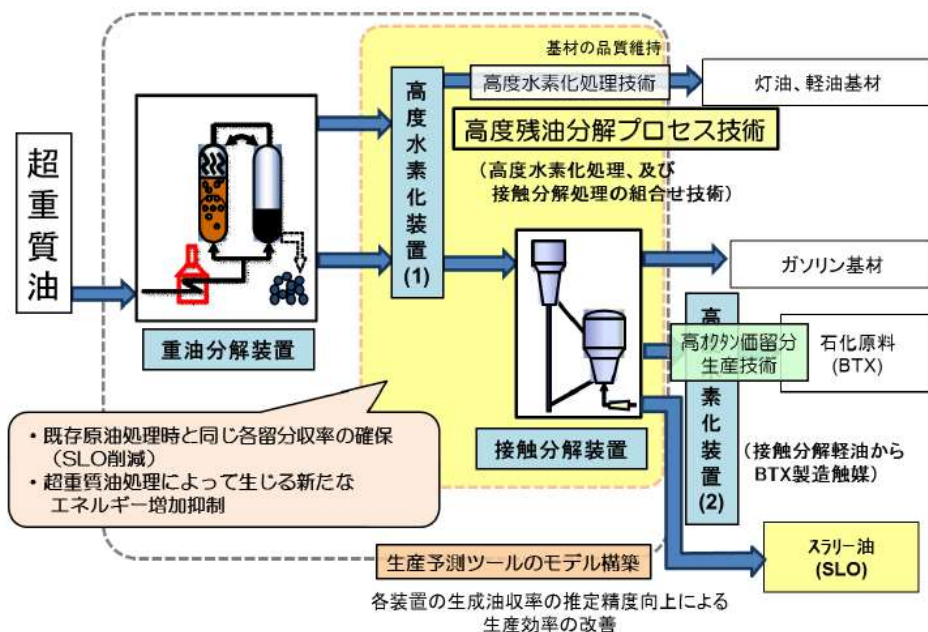
重質原油由来の難反応性原料を水素化処理すると触媒活性が急速に低下するため、この原因を分子レベルで解明することで、原料油及び触媒の精密分析技術を確立し、重質原油由来の難反応性原料による触媒劣化機構（活性低下原因物質特定、コーク生成・成長、触媒活性低下）を解明し、原料供給工程・反応工程の組み合わせにおける最適処理技術を開発した。



(vi)-3 超重質油処理のための高度残油分解プロセス技術開発

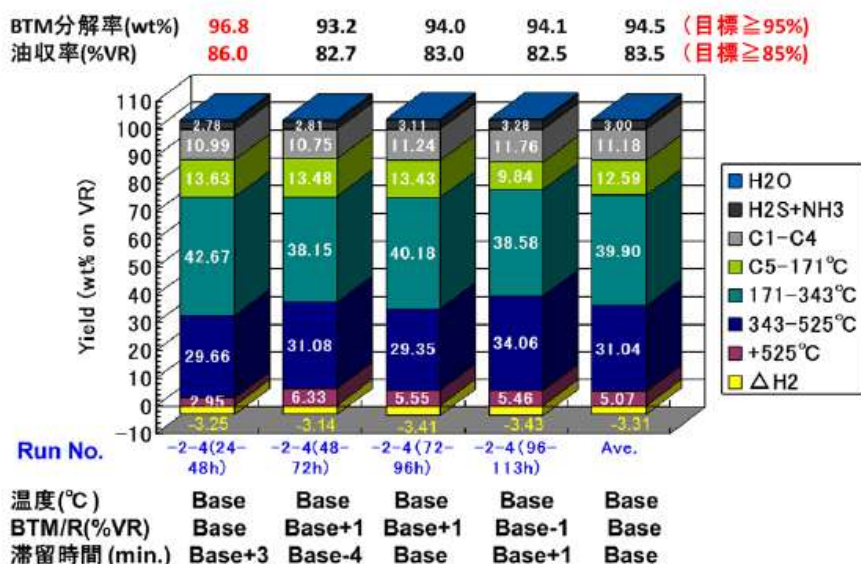
超重質油処理において、製品得率と品質を維持しつつ、新たなエネルギー増加を抑制するため、高度水素化処理、接触分解処理、分解軽油処理の各工程に適する触媒開発や各工程の組み合わせ技術、分解軽油を原料とした高オクタン価留分（BTX）生産技術を開発した。

開発した触媒により、接触分解処理においては、商業装置を用いて開発した触媒反応を実証した。



(vi)-4 先進的超重質油改質 (SPH) プロセスの開発

重質原油及び超重質原油から得られる常圧残油または減圧残油を、経済的に水素化分解して軽質化するため、コーク等の蓄積を抑制した長期連続運転を可能とし、安価な天然鉱石を触媒に使用することで、経済的かつ高収率で高度に脱硫及び脱窒素された軽質油を得ることができるスラリー床水素化分解プロセス (SPH: Slurry Phase Hydrocracking) を開発・実証した。



(vi)-5 分解軽油等新規アップグレーディングプロセスの開発

重質油分解装置である接触分解装置 (FCC) で、ガソリンと共に連産される分解軽油等の低品位留分を高付加価値製品 (BTX 等) に効率的にアップグレーディングする「FCA (Fluid Catalytic Aromaforming; 流動接触芳香族製造) プロセス」を開発した。

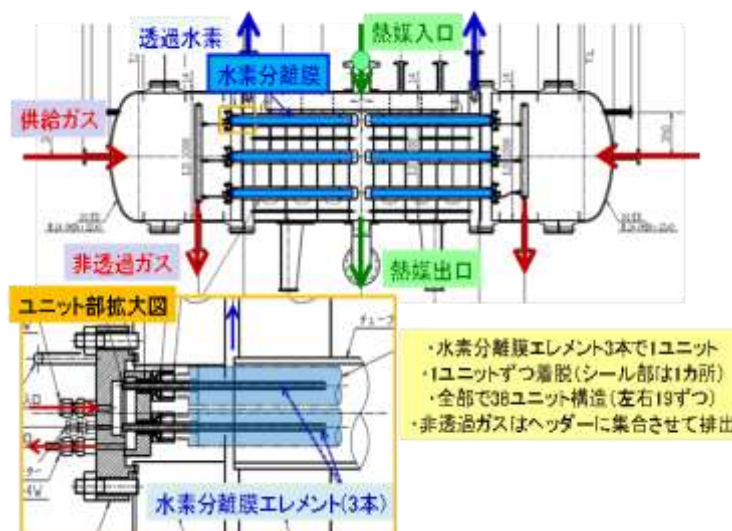
また、原料前処理においては、ペトロリオミクス技術を活用して分解軽油の一般性状から前処理油の組成を迅速に予測できる技術を開発した。



(vii) 重質油脱硫・分解ユーティリティ技術

(vii)-1 省エネルギー型水素精製プロセス開発

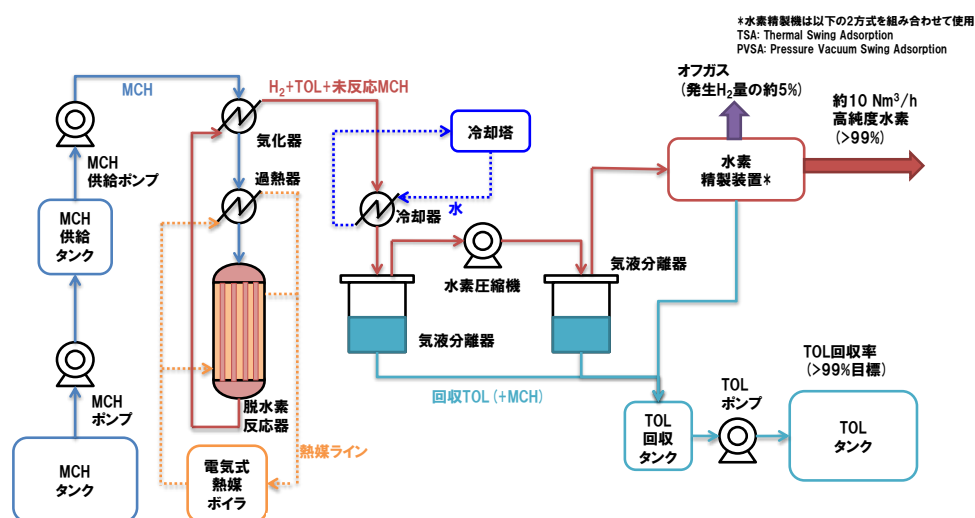
製油所の加熱炉燃料となっている水素を含む FCC 分解オフガス（燃料ガス）から水素を回収することで、水素製造コストを低減することができる。このため、水素分離膜モジュールと CO₂ 分離膜モジュールを組み合わせたハイブリッド分離膜型の膜分離プロセスの長寿命化や利用、原料低コスト化に資する膜寿命予測シミュレータ、廃熱有効活用可能な分離膜モジュール、低濃度水素からの副生物分離・水素精製システム、水素中不純物分析システムを開発した。



200N m³/h 級熱交換器一体型分離膜モジュール

(vii)-2 高効率水素発生プロセス開発

製油所内の低純度水素を回収して、高純度な水素に精製して再利用するため、低純度水素を水素化装置にて水素キャリアであるトルエンに付加して、メチルシクロヘキサンの形で水素を貯蔵し、製油所内の需要に応じて、水素発生装置にて水素を取り出す脱水素反応プロセスを確立した。製油所への本プロセス導入のため、小規模水素発生装置の詳細設計とエンジニアリングデータの採取、触媒の量産化技術を開発した。



脱水素反応装置 プロセスフロー概要図

(2) 事業アウトプット

【基盤技術開発（委託事業）】

<個別要素技術のアウトプット>

個別要素技術	アウトプット指標・目標値	達成状況（実績値・達成度）	原因分析（未達時）
(i) 重質油の詳細組成構造解析技術 (a) 分離前処理技術の開発	(a)-1 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 (a)-2 金属含有化合物を高濃度に濃縮する技術を確立	(a)-1 重質油を極性、分子量、芳香族環数の3種類の分離モードの組み合わせにより、回収率95%以上を確保の上、30分画できる技術を確立 (a)-2 金属含有化合物を30倍に濃縮する技術を確立	達成
(b) 詳細組成分析法の開発	(b)-1 減圧残油相当までの重質油に含まれる化合物を芳香環、ヘテロ環、含金属化合物別解析技術を確立 (b)-2 アスファルテンの構造を解析する技術を確立	(b)-1 フーリエ変換イオンサイクロトロン共鳴質量分析計(FT-ICR MS)を用い、数万以上の成分を分子式レベルで短時間に分析する手法を確立 (b)-2 分子中のコア構造推定手法(CID FT-ICR MS)を確立し、重質油分子中に含まれるコア構造、側鎖、架橋の構造属性を同定する解析技術を確立	
(c) 可視化ツールの開発	(c) 新規分子記述法に基づき、基本骨格の相違を表現できる可視化ツールを開発	(c) 超多成分複雑系である重質油の構造情報の理解を容易にするため、DBE（不飽和度）プロット図、コア構造分布図などの可視化ツールを開発	
(ii) 分子反応モデリング技術 (a) 分解系軽油ブレンド処理に対応する軽油超深	(a) 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	(a) 軽油の一般性状から分子組成を推定し、水素化反応速度に基づく反応モデリング技術を確立し、	達成

脱モデルの開発	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	水素化生成油中のナフテノベンゼン収率の推定を実用レベルで確認	
(b) 各種重質油ブレンド処理に対応する直脱モデルの開発	(b) 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	(b) 重質油の構造属性情報（コア、架橋、側鎖）単位で直接脱硫反応（RDS）のモデリング技術を確立し、RDS 触媒 3 種の組み合わせ系で反応シミュレーションに適用できることを確認	
(c) 触媒活性劣化モデルの開発	(c) 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	(c) 触媒堆積コーク分からコーク前駆体を抽出し、コーク化がナフテン環生成と脱水素反応による芳香環の多環化が主要因であることを解明するモデルを確立	
(iii) ペトロイン フォーマティクス (a) 新規ツールの開発	(a)-1 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 (a)-2 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	(a)-1 流動解析に実用するため、モル平均による分子量、炭素数、元素比、DBE 値等により物性値のランピング技術を開発 (a)-2 気液平衡常数、表面張力等につき分子レベルの物性推算値からランピング化合物についての値の推算技術を開発	達成
(b) データベースシステムの開発	(b)-1 石油分子の構造と物性のデータベースを構築 (b)-2 各要素技術で開発された技術とデータベースを連動させるシステムを構築	(b)-1 全石油分子から 2500 万の代表構造を選定、JACD による構造情報と物性値を含む全石油データベース (ComCat) を構築し、実用上の網羅性と物性値の取り扱いを実現 (b)-2 ComCat と J-Note の二つのデータベースによりペトロリオミクスの全情報を蓄積し、開発された要素技術を JACD を使って有機的に連結活用することを可能としたペ	

(c) 統合化技術の開発	(c) 各要素技術を PIP システムで活用するための新規化学記述式の具体化と変換方法の構築及び石油成分を包括的に表現するための手法を開発	トロリオミクス情報の統合システムである PIP (Petro-informatics Platform) を構築 (c) 石油分子の構造情報を、コア(環構造)、架橋、側鎖の組合せで表記する新規化学式(JACD)のを創出 複雑な構造の高分子化合物を含め、全石油分子の構造属性で表記し、ペトロインフォマティックスを体系的に構築	
(iv) 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度を定量的に予測できるモデルを開発すると共に、本モデルと直脱モデルを連成し解析することで、最適な凝集緩和方法を確立	重質油を構成する超多成分の溶解/凝集/析出挙動を定量的に予測できるモデル(MCAM)を開発 本モデルによって AR(常圧蒸留残油)に各種添加剤を加えた時の凝集緩和効果の予測を実現	達成
(v) 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 (a) 直脱触媒反応場設計技術開発	(a)-1 直脱触媒の性能向上の指針を提示 (a)-2 反応器内の固化偏流等を可視化するシミュレータを構築	(a)-1 CCR(残留炭素分)生成に寄与する分子を同定(7~9 環芳香族)し、この化合物の水素化促進の触媒特性を解析 メタル化合物は特定できたが、生成油中のメタル量が微量のため反応追跡ができず、脱メタル反応の機構解析が一部未完 (a)-2 市販の流動解析シミュレータのパラメータを、直脱反応搭を模したコールドフローモデル実験等から適用し、内部流体の物性値はペトロリオミクス技術による分析値を与えることで、固化偏流等を可視化する基本モデルを構築	(a) ほぼ達成 ※脱メタル反応解析は一部未完

(b) 先導的新規要素技術開発	(b) 次世代製油所に求められる新規技術開発の探求	(b)-1 新規開発技術をメリット／コストの点から評価できる装置構成（コンフィグレーション）最適化ツールを構築し、芳香族化合物の脱アルキル化触媒及び脱窒素性能に優れた脱硫触媒の開発の定量的効果を評価 (b)-2 アルキル多環芳香族から長鎖アルキル基を分解せずに切断する新規触媒（実験室レベル）を開発	(b) 達成
-----------------	---------------------------	--	--------

<共通指標としてのアウトプット>

事業アウトプット指標		
発表件数、特許件数		
指標目標値（計画及び実績）		
事業開始時（平成 23 年度）	計画：0 件（累計）	実績：0 件（累計）
中間評価時（平成 25 年度）	計画：43 件（累計）	実績：47 件（累計）
終了時評価時（平成 27 年度）	計画：121 件（累計）	実績：153 件（累計）

<共通指標実績内訳>

発表・論文数	特許等件数 （出願を含む）
151 件	2 件

【実証技術開発（補助事業）】

<個別要素技術のアウトプット>

個別要素技術	アウトプット指標・目標値	達成状況（実績値・達成度）	原因分析 （未達時）
(vi) 重質油脱硫・分解プロセス技術 (vi)-1 高度前処理・水素化処理による重質油分解	(vi)-1 重質な減圧残油（API 10 ～ 20）および更に重質な超重質油（API 10 以下）を	(vi)-1 目標達成のために(a)高度前処理技術、(b)RDS 技術改良、(c)RFCC 技術改良を行い、減圧残油	達成

プロセス技術開発（袖ヶ浦 701 研）	処理できる精製プロセス技術を確立して、高硫黄重油総生産量の 30% 以上を低減	および超重質油を 10%増処理（=高硫黄重油生産量 30%削減）できる精製プロセス技術を確立して、製油所に導入し、技術を実証	
(vi) -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	(vi)-2 難反応性原料を処理した際の触媒劣化機構を分子レベルで解明し、得られた知見を活用して、急速な触媒活性低下を抑制する難反応性原料等の最適処理指針を提案	(vi)-2 難反応性原料を処理した際の触媒劣化機構として芳香族分と N 分のコーク生成・成長機構の違いを明らかにし、この違いを利用した難反応性原料等の最適処理指針を提案	達成
(vi) -3 超重質油処理のための高度残油分解プロセス技術	(vi)-3 製品収率と品質を維持しつつ超重質油処理によって生じる新たなエネルギー増加抑制を可能とする高度水素化処理および接触分解処理の組み合わせ技術を開発 接触分解装置の分解軽油を原料とし、石化原料生産時に従来比 2 倍以上の高オクタン価留分（BTX）生産技術を開発	(vi)-3 目標達成する技術として、 (a) 高度水素化処理技術（触媒改良・反応条件の最適化）、 (b) 難反応性油接触分解技術（触媒改良）、 (c) 高オクタン価留分生産技術（触媒改良）を確立 (b) 技術は製油所装置に導入し、技術を実証	達成
(vi) -4 先進的超重質油改質（SPH）プロセス	(vi)-4 常圧残油または減圧残油を水素化分解して、高収率で高度に脱硫・脱窒素された軽質な油を得ることができる経済的に優れた新規スラリー床水素化分解（SPH：Slurry Phase Hydrocracking）プロセス技術を確立（数値目標：残渣分解率 95wt% 以上、液収率 85wt% 以上、ナフサ及び中間留分の収率 60wt% 以上）	(vi)-4 SPH の課題であった性能向上連続運転阻害要因の排除、経済性の向上について開発を行い、特に性能目標達成のために、触媒量、リサイクル法、反応温度等を最適化することにより、競合プロセスと同等以上の性能をもつ数値目標を達成	達成

(vi)-5 分解軽油等新規アップグレードプロセス	(vi)-5 分解軽油等の低品位留分から、外部からの水素を導入することなく BTX を選択的に製造可能な全く新しい革新的転換技術を開発（目標値：BTX 収率 35%）	(vi)-5 水素前処理シミュレータの構築による原料の適切な前処理、流動床で使用可能な高活性触媒等の開発により、目標の BTX 収率 35%を達成 プロセスのスケールアップに伴う流動特性の把握を完了	達成
(vii) 重質油脱硫・分解ユーティリティ技術 (vii)-1 省エネルギー型水素精製プロセス	(vii)-1 (a) 膜寿命予測シミュレータを開発（目標：予測寿命 16、000 時間以上） (vii)-1 (b) 100 本以上の分離膜を取り付け可能な熱交換器一体型分離膜モジュールを開発（目標：透過流量 200N m ³ //h 級） (vii)-1 (c) 低濃度水素精製システムを提案（目標：濃度 30%水素から 50%以上回収） (vii)-1 (d) 水素中不純物分析システムを開発（目標：不純物濃度 ppb レベル）	(vii)-1 (a) 開発シミュレータで初期から水素透過量は低下するが 16、000h 後も水素透過能の維持確認 (vii)-1 (b) 開発モジュール全体で 200N m ³ /h 以上の水素透過ポテンシャルを確認 (vii)-1 (c) PSA オフガス中の低濃度水素（純度約 30%）から 50%以上水素を回収できるポテンシャルがあることを確認 (vii)-1 (d) 開発分析システムで水素中の ppb レベルの微量不純物を分析可能であることを確認	達成
(vii)-2 高効率水素発生プロセス	(vii)-2 (a) ラボスケールの 1、000 倍程度の規模を有する小規模装置を用いて、大規模装置設計に必要なエンジニアリングデータ採取の完了 (vii)-2 (b) 開発触媒（転化	(vii)-2 (a) 設計・製作を行った小規模水素発生装置の基準設計条件にて運転を行い、設計通りの性能が得られることを確認し、反応器温度、反応器圧力を変えた時の挙動を把握 負荷変動時の追従性について評価を行い、100 % ⇒ 50%、50 % ⇒ 100 %の負荷変動共に 0.1 h 以内に安定化することを確認 (vii)-2 (b) 脱水素触媒の製造工	達成

	率$\geq 90\%$、触媒寿命≥ 1年) の商業規模での量産化技術 を確立 ※転化率$= [\text{TOL 濃度}] / ([\text{MCH 濃度}] + [\text{TOL 濃度}])$、1 年$\div$ 8,000h	程簡略化検討、Pt 回収技術検討、 脱水素触媒の強度に関する耐久評 価検討を実施し、脱水素触媒の量 産化技術を確立 触媒コーキング影響評価、Pt 凝集 影響評価を基に、劣化シミュレー タのチューニングを実施し、単管 反応器による耐久試験と劣化シミ ュレータで算出した転化率の一致 を確認 本シミュレータを用いて 8,000 h 後の転化率試算結果は 92.8 %であ り、目標である 8,000 h、転化率 90 %以上を達成見込み	
--	--	---	--

<共通指標としてのアウトプット>

事業アウトプット指標		
発表件数、特許件数		
指標目標値（計画及び実績）		
事業開始時（平成 23 年度）	計画：0 件（累計）	実績：0 件（累計）
中間評価時（平成 25 年度）	計画：27 件（累計）	実績：26 件（累計）
終了時評価時（平成 27 年度）	計画：52 件（累計）	実績：64 件（累計）

<共通指標実績内訳>

発表・論文数	特許等件数 (出願を含む)
54 件	10 件

3. 当省(国)が実施することの必要性

- 石油は我が国の国民生活や経済活動を支える重要なエネルギー源であり、平時・有事を問わず低廉かつ安定的な国内供給を確保する事が重要である。他方、石油の安定供給を担う我が国石油精製業が引き続きその役割を果たしていくためには、国内需要の減少、原油の重質化、需要の白油化など石油精製業を取り巻く事業環境の変化に適切に対応しながら、原油の有効利用を図っていくことが不可欠である。
- そのため、経済産業省では、「エネルギー供給構造高度化法」に基づく告示において、石油精製事業者に対して、重質油の分解能力を向上する措置及び、これに必要な技術開発の推進を求めてきた。また、国として「エネルギー基本計画（平成 26 年 4 月）」や「科学技術イノベーション総合戦略（平成 25 年 6 月）」において、重質油処理の技術開発を通じて石油の有効利用を促進すると位置づけている。
- 本事業は、製油所における重質油分解プロセスに用いる触媒の高効率化・長寿命化や分解装置改良等に活用される世界最先端のペトロリオミクス技術の基盤技術及び応用技術の開発・実証を行うものである。本事業で対象とする技術は、事業化までに長期の開発期間を要し、また、高い開発リスクを伴うものであることから、民間企業による実施は困難。このため、国が主導的に実施するものである。

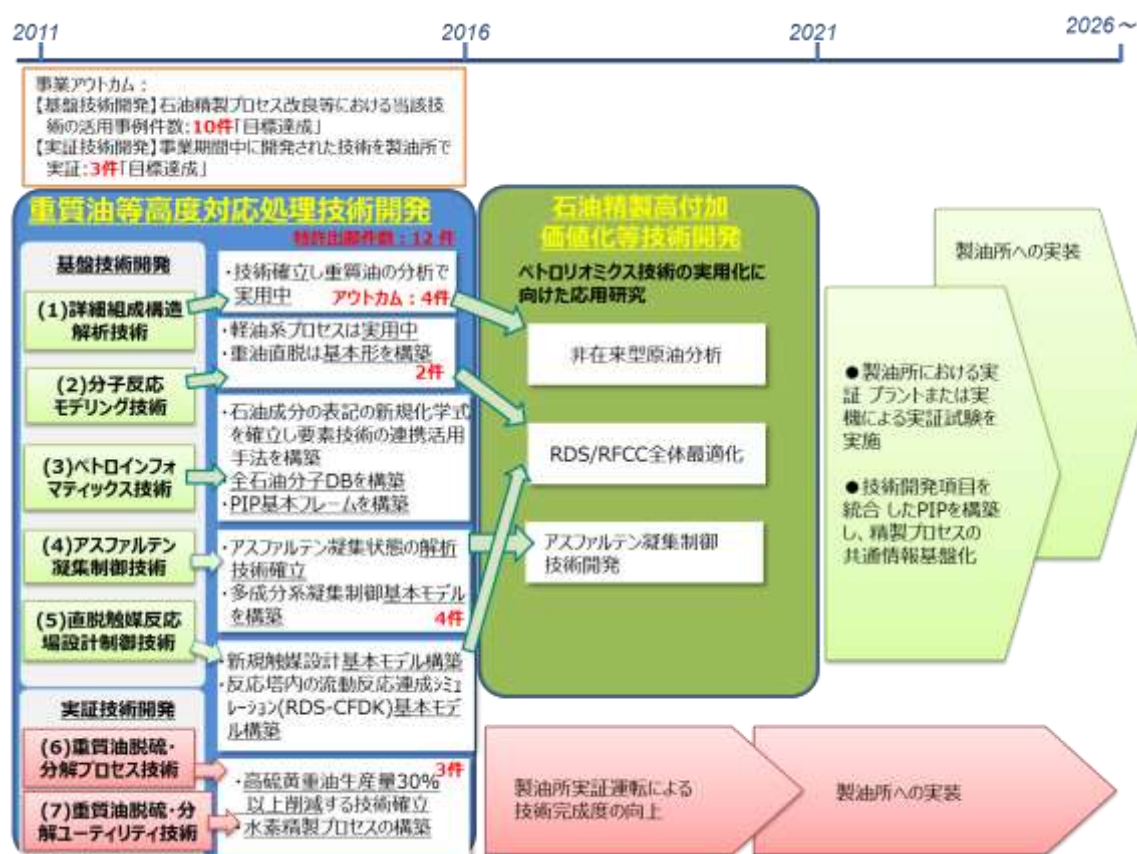
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

基盤技術開発項目においては、本事業期間中に、複雑な混合物である原油を含む石油成分の構造を分子レベルで把握し、これらを制御可能とするための基礎技術（ペトロリオミクス技術）の各個別課題の開発を行い、石油精製プロセス改良等における当該技術の活用事例10件を達成した。また、並行して実施した実証技術開発において、基盤技術を利用して、その技術の有効性を製油所で3件実証した。

本事業終了後は、平成28年度から開始した「石油精製高付加価値化等技術開発事業」において、基盤技術から実用化に向けた応用研究を行い、石油会社が活用可能な技術へ仕上げていく。

さらに、実際の製油所で活用することで効果を検証し、2020年代後半には製油所での実装可能な技術となる予定である。

実証技術開発においては、開発技術の完成度を高めるために更なる検討を継続し、2020年代前半には製油所へ実装する予定である。



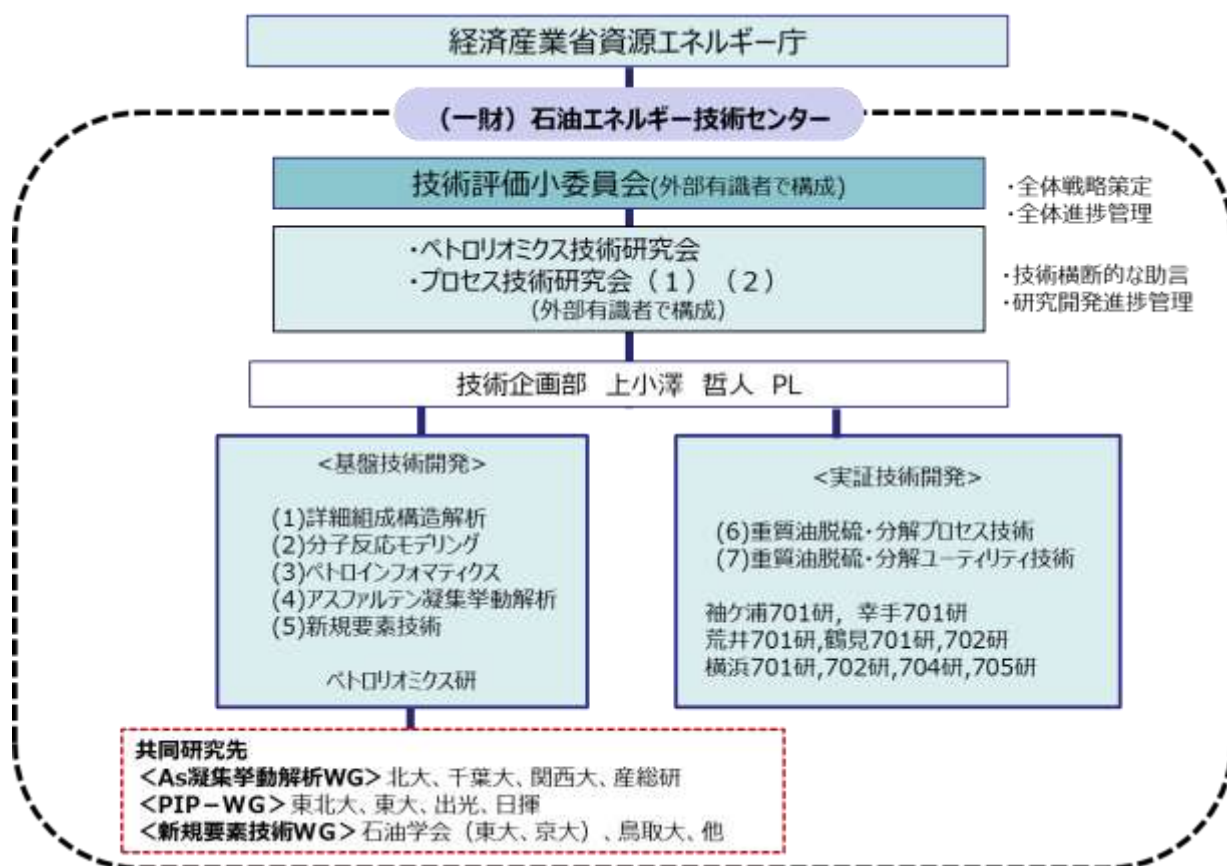
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等

本事業を受託した（一財）石油エネルギー技術センターでは、事業の適切な進捗を管理するために、外部有識者（産官学において本事業推進に関する知見・経験を有する者）で構成される委員会・研究会を組織し、適宜会議を開催して、事業を推進した。

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）にて実施し、個々の事業の成果や進捗確認は、それぞれの技術課題に合わせた3つの技術研究会（年3回開催/各研究会）にて適切な指導、助言を受けながら事業を実施した。

また、基盤技術開発においてはその専門技術の深化を図るため、目的別に3つのWGを結成し、年3回の討議の場を設けて、相互の技術のブラッシュアップを図った。

これらの推進体制にて、適宜PDCAを回すことにより、事業目標到達に導いた。



6. 費用対効果

- 事業は、委託費と補助金で構成され、平成 23 年度から平成 27 年度の 5 年間で、合計 67.3 億円を投入した。
- 本事業では、有望であるものの技術的障壁の高い重質油分解技術を実証により確立すると共に、科学的知見を基に重油処理プロセスの性能向上や高付加価値製品の効率的な生産を実現するためのペトロリオミクス技術の活用に向けた基盤技術確立した。本技術により重質油を含む多様な原油の処理が可能となり、製油所の生産性向上に寄与することから、我が国のエネルギー安定供給に大きく貢献する。
- 基盤技術開発のペトロリオミクス技術が確立し、実証技術開発における各実証技術が国内全製油所に展開された場合、処理原油の重質化が進み、API 度は 1 程度下がると試算され、2030 年で 550～2,070 億円/年の効果が期待される。

Ⅱ. 外部有識者（評価検討会等）の評価

1. 事業アウトカムの妥当性

事業アウトカムは、その効果が分かり易く、設定した件数も妥当である。また、重質油の有効利用技術は、石油製品のコスト削減と CO2 削減の両面で重要であり、国際的な波及効果も大きい技術である。

一方、目標値が件数であり、必ずしも、各技術の影響を定量的に評価している訳ではない。また、プロセス改良等への活用による本事業の貢献度合い、製油所での成果を定量的に示す指標（例えば、原料油の重質化（API 度の低下）、市場導入によるコスト削減効果、エネルギー使用量や CO2 の削減効果）とすることが望ましい。

【肯定的所見】

- ・（A 委員）基盤技術開発では、今回の事業の成果を石油精製プロセスの高度化に貢献した件数、実証技術開発では、実証到達までの期間が短い案件で達成した件数を目標としており、その効果が分かり易く、また、設定した件数も妥当である。
- ・（B 委員）事業アウトカムが、石油精製プロセス改良等への当該技術の活用、製油所での成果の実証であることは、本事業の目的が、「我が国の持続的な石油の安定供給を維持するために効率的な精製体制を整え、石油の有効利用を最大化することである。」ことから、妥当である。
- ・（C 委員）重質油の有効利用技術は、石油製品のコスト削減と CO2 削減の両面で重要であり、国際的な波及効果も大きい技術といえる。基盤技術を開発して、事業期間内に製油所で実証試験を行うことは、極めて挑戦的な目標設定といえ、具体的な目標値も設定されている。
- ・（D 委員）事業アウトカムの指標・目標は明確であり、概ね妥当である。
- ・（E 委員）実証技術開発において、3 件の製油所実証を定量的目標としており、本格的な実証運転や製油所への実装の第一段階として妥当である。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・（A 委員）目標値が件数であり、必ずしも、各技術の影響を定量的に評価している訳ではない。
- ・（B 委員）アウトカムの指標を、活用事例件数（基盤技術開発）および製油所での実証件数（実証技術開発）としているが、単なる件数ではなく、プロセス改良等への活用による本事業の貢献度合い、製油所での成果（効率アップ）を定量的に示す指標（例えば、“原料油の重質化（API 度の低下）がどれだけ進んだ”、“製油所でのエネルギー使用量がどれだけ削減された”、のような指標）とすることが望ましい。
- ・（C 委員）実証の先を見据えれば、本技術の市場導入によるコスト削減効果や CO2 削減効果などを試算すべきであり、開発技術の競争力評価もできたと思う。

2. 研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性

アウトプット指標は明確であり、目標値を越える特許・発表件数となった。

一方、発表件数と特許件数のそれぞれの重要度が不明であり、事業見通しなどは考えにくい。また、発表や特許の件数だけでなく、内容的なこと（例えば、学会発表／学術誌論文掲載／国際会議発表の区別やインパクトファクタ、国際特許出願、国際標準化への対応）も考慮したい。

【肯定的所見】

- ・（Ａ委員）基盤技術開発および実証技術開発とも、指標は発表件数と特許件数であり、明確である。
- ・（Ｂ委員）基盤技術開発、実証技術開発、どちらにおいても関連する研究開発、技術開発の現状が把握されており、その中で本事業の内容が設定されている。事業アウトプットの指標、目標値、達成状況は、明確に提示されている。
- ・（Ｃ委員）基盤技術開発は目標通り体系的に進められ、目標値を越える特許・発表件数となった。
- ・（Ｄ委員）本事業は十分な先進性・独創性を有している
- ・（Ｅ委員）発表件数・特許件数をアウトプット指標としており、目標値を基盤技術開発と実証技術開発に分けて、さらにテーマ別に分けて設定しており、明確である。

【問題あり・改善とする所見】

- ・（Ａ委員）発表件数と特許件数は定量的に評価できるが、それぞれの重要度が不明である。国際標準化への対応が不明である。
- ・（Ｂ委員）基盤技術開発、実証技術開発、それぞれの目標、達成状況の評価がなされているが、基盤技術開発と実証技術開発の関連性についての目標、達成状況の評価が不十分と思われる。
- ・（Ｃ委員）実証技術開発の成果の指標が特許出願件数になっているが、これでは事業見通しなどは考えにくい。
- ・（Ｅ委員）発表や特許の件数だけでなく、内容的なこと（例えば、学会発表／学術誌論文掲載／国際会議発表の区別やインパクトファクタ、国際特許出願）も考慮したい。

３．当省(国)が実施することの必要性

原油や原料油の選択肢を広げ、より効率の良い石油精製を実現可能とするために必要な技術開発は、連産品である石油製品を我が国において効率的、安定的に供給することに結び付くものであり、国が実施すべき研究開発課題である。また、先行技術の無いハードルの高い技術であることと、完成すれば国内民間各社が利用可能な技術であること、一企業だけでは実施し得ない厚みのある研究開発であることから、国の事業として極めて妥当である

一方、ペトロリオミクス技術で得られた成果を、逐次、各基盤技術開発、さらには実証技術開発に生かすべく、今後とも、継続した取り組みに期待したい。

【肯定的所見】・

- ・（Ａ委員）基盤技術開発では、ペトロリオミクス技術により、構成する化合物の物性や特性を把握し、触媒の高効率化や長寿命など、幅広く応用可能な技術を開発するもので、中長期を見据えて、波及効果が大きい技術基盤を確立する、極めて野心的な取り組みである。基盤技術開発で得られた情報を逐次、実証技術開発に生かしていくことで、大きな効果を上げることができる。
- ・（Ｂ委員）処理原油や原料油の選択肢を広げ、より効率の良い石油精製を実現可能とするために必要な技術開発は、連産品である石油製品を我が国において効率的、安定的に供給することに結び付くものであり、国が実施すべき研究開発課題である。
- ・（Ｃ委員）先行技術の無いハードルの高い技術であることと、完成すれば国内民間各社が利用可能な技術であることから、国の事業として極めて妥当である。
- ・（Ｄ委員）一企業だけでは実施し得ない厚みのある研究開発であり、経済産業省が実施することが

妥当である。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・（Ａ委員）基盤技術開発のペトロリオミクスで得られた成果を、逐次、各基盤技術開発、さらには実証技術開発に生かすべく、今後とも、継続した取り組みに期待したい。

４．事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性

ペトロリオミクス技術が非在来型原油の性状把握、直接脱硫装置（RDS）や残油流動接触分解装置（RFCC）の最適化、アスファルテンの取り扱いなど、今後、石油精製技術に大いに活用できると期待している。また、基盤技術開発、実証技術開発とも目標値を達成しており、さらに本事業後のロードマップも提案されている。

一方、本事業で得られた知財の取扱い、国際標準化などの海外展開を見据えた指標、安全性基準や規制緩和、実用化に向けた取組み等、事業アウトカム達成の具現化方法が明確に示されていない。また、プロジェクト実施中に見直しを含めた検討や改定がされたのか不明である。

【肯定的所見】

- ・（Ａ委員）ペトロリオミクス技術が非在来型原油の性状把握、RDS や RFCC の最適化、アスファルテンの取り扱いなど、今後、石油精製技術に大いに活用できると期待している。
- ・（Ｃ委員）基盤技術開発、実証技術開発とも目標値を達成しており、さらに本事業後のロードマップも提案されている。

【問題点・改善とする所見】

- ・（Ａ委員）国際標準化や安全性基準、規制緩和などにどう生かされるのかがクリアではない。
国際的な資源環境の動きを踏まえた方向性が加わると、今回の技術開発の意味がより明確になる。
- ・（Ｂ委員）事業アウトカムの指標が単なる件数であることから、事業アウトカム達成に至るまでのロードマップも概念的なものにとどまっている。本事業で得られた知財の取扱い、（国際）標準化、実用化に向けた取組み等、事業アウトカム達成の具現化方法が明確に示されておらず、この面での検討がなされるべきである。
- ・（Ｃ委員）技術開発項目は整理されているが、規制緩和・国際標準化など海外展開を見据えた指標が見当たらない。
- ・（Ｄ委員）データベースの維持や成果の共有・共同利用については、今後もしっかりとした体制を構築すべきである。
- ・（Ｅ委員）ロードマップ自体は妥当であるが、プロジェクト実施中に見直しを含めた検討や改定がされたのか不明である。

５．研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性

研究開発の実施・マネジメント体制は明確かつ妥当である。基盤技術開発では、共同研究先として企業の研究機関だけではなく、大学、学会とも連携して、英知を集めて効率的に運用されている。一方、国民とのコミュニケーション活動や社会経済情勢などの状況変化への対応が明らかになっ

ていない。また、知財の取扱いについての戦略及びルールが明確に示されておらず、国際標準化や実用化に向けた取組み等において、体制が不十分ではない。

【肯定的所見】

- ・（Ａ委員）基盤技術開発では、共同研究先として企業の研究機関だけではなく、大学、学会とも連携して、英知を集めて効率的に運用されている。
- ・（Ｂ委員）研究開発の実施、マネジメントの体制としては、研究開発の実施者は的確であり、妥当なものである。
- ・（Ｃ委員）十分な実施・マネジメント体制と適格な実施者で事業が行われたと考えられる。
- ・（Ｄ委員）計画・体制は明確であり妥当である。
- ・（Ｅ委員）事業終了後における事業アウトカム達成までの間の研究開発の実施・マネジメント体制は明確かつ妥当である。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・（Ａ委員）国民とのコミュニケーション活動や社会経済情勢などの状況変化への対応が明らかになっていない。知財の取扱いについての戦略及びルールが明確に示されていない。
- ・（Ｂ委員）事業アウトカム達成のための体制としては、知財の取扱い、（国際）標準化、実用化に向けた取組み等において、体制が不十分である。

6. 費用対効果の妥当性

基盤技術開発から実証技術開発に至るまでの広範な領域への事業であり、この規模および得られた成果、将来の効果から、投入した国費に対して十分な成果・効果が得られている。

一方、事業としてメリットを出すためには、本事業で終了ではなく、継続的な開発が必要であり、現時点での費用対効果を最終評価するのは難しい。ロードマップのゴールである製油所への実装が達成された場合の見込みであり、本事業終了後の取組に成否が委ねられている。

【肯定的所見】

- ・（Ａ委員）原油の重質化へのより幅広い対応が可能となることは、経済性の向上だけではなく、原油安定供給に資するもので、我が国にとって極めて重要である。
- ・（Ｂ委員）本事業は、基盤技術開発から実証技術開発に至るまでの広範な領域への事業であり、この規模および得られた成果、また、将来の効果から妥当であると考えられる。
- ・（Ｃ委員）事業内容の量と質を考えると、妥当な予算で実施し、妥当な成果が得られたと考えられる。
- ・（Ｄ委員）投入した国費に対して十分な成果・効果が得られている。
- ・（Ｅ委員）2030年で550億円／年の効果が期待できる。個別の要素技術、データベース、分析に係るノウハウ等の蓄積も評価できる。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・（Ｃ委員）事業としてメリットを出すためには、本事業で終了ではなく、継続的な開発が必要であり、現時点での費用対効果を最終評価するのは難しい。
- ・（Ｅ委員）ロードマップのゴールである製油所への実装が達成された場合の見込みであり、本事業

終了後の取組に成否が委ねられている。

7. 総合評価

ペトロリオミクス技術の開発は、石油留分を従来とは異なる新しいアプローチでプロセスの改良、製油所装置・運転の最適化に結び付けるために分子レベルで把握することができることで、これまで見ていなかった重質油の情報が見えるようになり、さらに、そのハンドリング方法を開発するという極めて野心的な取り組みであるとともに、我が国の石油産業を大きく変えることに繋がりうる研究であり、これを目標としていたレベルで達成したことは高く評価されるべきである。

また、このような取り組みにより、原油の重質化へのより幅広い対応が可能となることは、経済性の向上だけではなく、原油安定供給に資するもので、我が国にとって、極めて重要である。

一方、一部に本筋のテーマとあまり関連のない内容（水素関連）が含まれていることや、基盤技術開発と実証技術開発の関連性についての目標、達成状況の評価が不十分であり、本事業で得られた成果（知財等）の取扱い、（国際）標準化、実用化に向けた取組み等の体制が不十分であることから、今後、この体制の見直しが必要であると考ええる。

また、本事業で終わることなく、後継事業を進めないと、産業としてのメリットは得られない。実証技術については、時間、その他の制約で第一歩を踏み出した程度と思われる。製油所への実装にあたり、装置・ハードウェアに関する課題（メリット／デメリット）を整理してほしい。

【肯定的所見】

- ・（A委員）ペトロリオミクス技術の開発は、化合物の物性や特性を把握し、触媒の高効率化や長寿命など、幅広く応用可能な技術を開発するもので、中長期を見据えて、波及効果が大きい技術基盤を確立する極めて野心的な取り組みである。このような取り組みにより、原油の重質化へのより幅広い対応が可能となることは、経済性の向上だけではなく、原油安定供給に資するもので、我が国にとって、極めて重要である。
- ・（B委員）本事業は、石油留分を従来とは異なる新しいアプローチでプロセスの改良、製油所装置・運転の最適化に結び付けるために分子レベルで把握・ハンドリングするという基礎的な研究開発から、実際の製油所の装置での技術の適用という実証化までの、非常に幅広い領域の研究開発事業であるが、とりわけ前者の基礎的な研究開発は、これまでの石油精製プロセス、我が国の石油産業を大きく変えることに繋がりうる研究であり、これを目標としていたレベルで達成したことは高く評価されるべきである。
- ・（C委員）これまで見ていなかった重質油の情報が見えるようになり、そのハンドリング方法も開発されつつある。
- ・（D委員）企業単独ではなしえない厚みのある研究開発をしっかりと体制のもとに進めている。
- ・（E委員）基盤技術開発及び実証技術開発における個別テーマの要素技術のアウトカムは妥当であり、アウトプットは目標を達成している。基盤技術は、国際競争力の強化に繋がることが期待できる。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・（A委員）ペトロリオミクス技術は、石油の特性を把握する上で、基礎から変えるものであり、中

長期の視点から今後も継続していくことが必要である。既存の石油技術体系は莫大な費用と人、さらに実機での経験を踏まえて高い完成度を誇っており、既存技術を踏まえて、今回の技術を生かすことができるよう、今後とも進めていただきたい。

- ・(B委員) 基盤技術開発と実証技術開発の関連性についての目標、達成状況の評価が不十分であり、また、本事業で得られた成果(知財等)の取扱い、(国際)標準化、実用化に向けた取組み等の体制が不十分であり、今後、この体制の見直しが必要であると考えます。
- ・(C委員) これで終わりではなく、後継事業を進めないと、産業としてのメリットは得られない。
- ・(D委員) 一部に本筋のテーマとあまり関連のない内容が含まれている(水素関連など)。
- ・(E委員) 実証技術については、時間、その他の制約で第一歩を踏み出した程度と思われる。製油所への実装にあたり、装置・ハードウェアに関する課題(メリット/デメリット)を整理してほしい。

8. 今後の研究開発の方向等に関する提言

ペトロリオミクス技術は、石油の物性や特性を把握する手法を大きく変えるものであり、本事業既存の技術体系を画期的に進歩させる可能性の片鱗が見えたに過ぎない。

今後、継続して技術開発を進めるうえで、重質油を活用するために必要なデータの収集や整理、モデルの構築といった基礎的な研究開発と、重質油の脱硫・分解プロセス技術の連携を高め、重質油(重質原油、残渣油)処理プロセスの更なる改良や新規開発を進めていく必要がある。

そのため、これら成果であるデータ、モデルを関係者で共有化する仕組み(知財の管理・取扱い・標準化などの方法)を構築することや、本事業で購入した分析装置やマイクロリアクターの活用に取り組んでほしい。

ロードマップのゴールである製油所への実装に向けて、実証運転を含め、継続的な取組みが必要である。まずは、2016年以降(～2030年)のロードマップを明確にしてほしい。

【各委員の提言】

- ・(A委員) ペトロリオミクス技術は、石油の物性や特性を把握する手法を大きく変えるものであり、既存の技術体系を画期的に進歩させる可能性を秘めている。今回のプロジェクトでは、その可能性の片鱗が見えたに過ぎず、今後も、継続して技術開発を進めることで、今後の発展に期待したい。
- ・(B委員) ガソリン、ディーゼル油等の燃料油が我が国の産業において引き続き重要であることは言うまでもなく、これら連産品である石油製品の製造、すなわち、石油精製を最適化するための研究開発である本事業を更に進めていくことは、我が国にとって極めて重要である。
これまでの研究は、重質油を活用するために必要なデータの収集や整理、モデルの構築といった基礎的な研究開発と、重質油の脱硫・分解プロセス技術の開発を同時並行で進めてきたが、今後は、両者の連携を高め、重質油(重質原油、残渣油)処理プロセスの更なる改良や新規開発を進めていく必要がある。
このためには、これまでの基盤事業開発で得られた成果を活用していくことになるが、まず、これら成果であるデータ、モデルを関係者で共有化する仕組み(知財の管理・取扱い・標準化などの方法)が必要であり、この仕組みを構築することが喫緊の課題である。
- ・(C委員) 本事業は重質油の高度利用というこれまで経験のない分野へのチャレンジである。我が

国のように資源の乏しい国では、輸入した原油の炭素成分の付加価値を上げる取り組みは重要な課題といえる。本事業の成果および後継事業の成果を産業応用することは大いに期待するところである。

一方、北米など天然ガス資源に恵まれている国では、重質油の高度利用はせずに天然ガス利用に軸足を変更していると聞く。最終的な方向性は不透明であるが、重質油を利用する場合のコスト、リスク、CO₂削減問題など様々な角度から事業の有効性を考えておく必要がある。ハードルの高い本技術を推進する意義を十分に認識しながら事業を推進しないと、技術は完成しても産業応用の道は閉ざされてしまうリスクもある。これからも様々な角度から実現可能性の検討を継続してほしい。

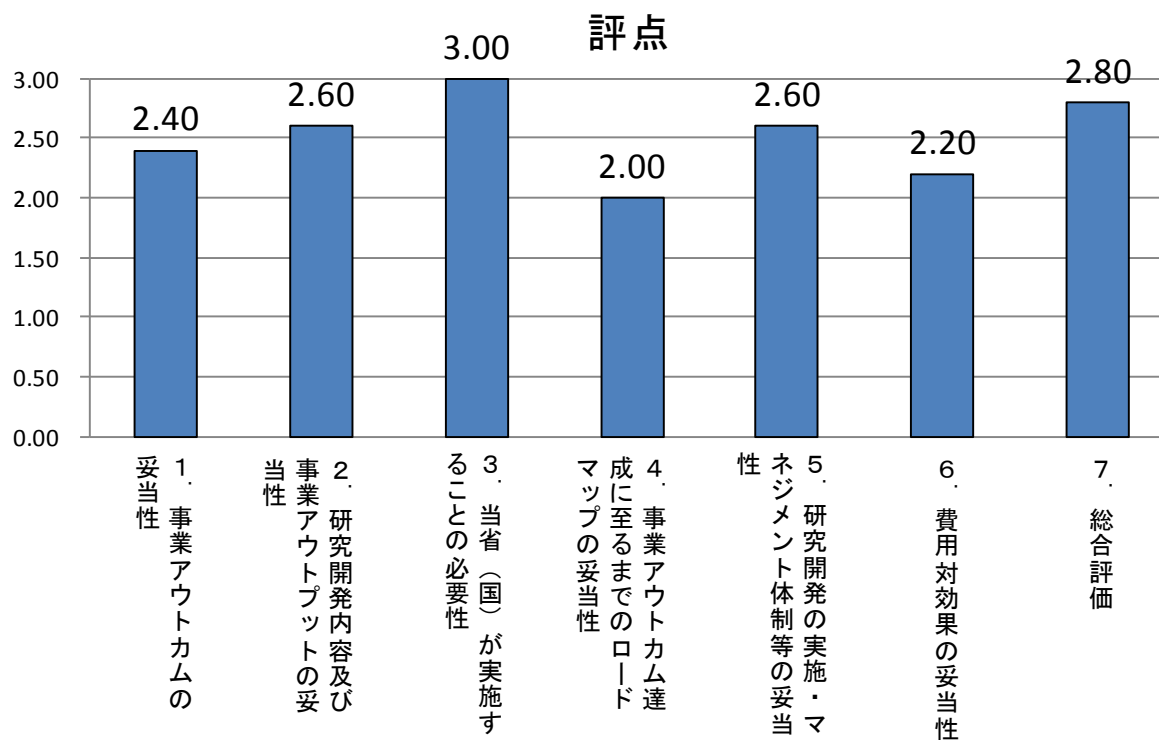
- ・（D委員）得られた知見を、各社が引き続きデータベースなどを介して連携・连接的に用いることが出来るような展開に留意すべきである。
- ・（E委員）ロードマップのゴールである製油所への実装に向けて、実証運転を含め、継続的な取り組みが必要である。まずは、2016 年以降（～2030 年）のロードマップを明確にしてほしい。ここまでの成果の継続性にも留意したい。分析装置やマイクロリアクターの活用、分析のノウハウ、分子DBのメンテナンス・拡充など、石油精製各社が利用できる体制作りを産官学の協力のもとに整えてもらいたい。

<上記提言に係る担当課室の対処方針>

- ・本事業で得られたデータ、モデルを関係者で共有化する仕組み（知財の管理・取扱い・標準化などの方法）を構築するとともに、本事業で購入した分析装置やマイクロリアクターなども活用した次期研究開発を実施していく。
- ・2016 年以降（～2030 年）のロードマップ について、実装に向けて明確な道筋を示しつつ策定する。

Ⅲ. 評点法による評価結果

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業アウトカムの妥当性	2.40	3	1	3	2	3
2. 研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性	2.60	3	2	2	3	3
3. 当省（国）が実施することの必要性	3.00	3	3	3	3	3
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性	2.00	2	1	2	2	3
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性	2.60	2	2	3	3	3
6. 費用対効果の妥当性	2.20	3	2	2	2	2
7. 総合評価	2.80	3	2	3	3	3



【評価項目の判定基準】

評価項目 1. ～ 6.

3 点：極めて妥当

2 点：妥当

1 点：概ね妥当

0 点：妥当でない

評価項目 7. 総合評価

3 点：実施された事業は、優れていた。

2 点：実施された事業は、良かった。

1 点：実施された事業は、不十分なところがあった。

0 点：実施された事業は、極めて不十分なところがあった。

IV. 評価ワーキンググループの所見及び同所見を踏まえた改善点等

評価ワーキンググループの所見【終了時評価】

所見を踏まえた改善点（対処方針）等【終了時評価】

評価ワーキンググループの所見【中間評価】

- ・ 原案通りで了承

所見を踏まえた改善点（対処方針）等【中間評価】

- ・ なし

評価ワーキンググループの所見【事前評価】

- ・ 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

所見を踏まえた改善点（対処方針）等【事前評価】

- ・ 本事業では、既存技術（バイオ法等）ではなく、重質油を分子レベルで分析・解析し、石油精製プロセスを分子の移動、反応、分離として捉える新たな技術体系（ペトロリオミクス技術）に取り組む。
- ・ 本事業では、ペトロリオミクス技術では、脱硫や分解に用いる触媒の性能向上や劣化抑制、設備運転条件の最適化等、重質油の高度処理だけではなく、様々な石油精製プロセスの高度化を低コストかつ迅速に行うことを可能にする。
- ・ 本事業を進めるにあたり、分析データや客観的な科学的指標を確認しつつ、研究計画を策定する。