

A. 革新的次世代石油精製等技術開発

1-A. 事業の概要

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。
実施期間	平成19 年度～平成23 年度 （5年間）
予算総額	160億円 (平成19年度:23億円 平成20年度:40億円 平成21年度:42億円 平成22年度:34億円 平成23年度:21億円)
実 施 者	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
プロジェクト リーダー	一般財団法人石油エネルギー技術センター 技術企画部長 三屋 淳一 JX日鉱日石エネルギー株式会社 研究開発企画部長 斎藤 健一郎

2 - A. 事業の目的・政策的位置付け(1 / 8)

【事業の目的】

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

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

実施した技術開発・研究開発は以下の4項目である。

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

2 - A. 事業の目的・政策的位置付け(2/8)

(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。

HS-FCCプロセスの特徴:

	反応温度	反応時間	プロピレン	収率例(%)		重油
				ガソリン(オクタン価)		
従来型FCC	500℃	2~3秒	4	50	(92)	26
HS-FCC	600℃	0.5秒	23	28	(98)	11

(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。

- 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

2 - A. 事業の目的・政策的位置付け(3/8)

(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。

- 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ド技術の開発

(4) 革新的精製技術シーズ創製のための研究開発

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 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

2 - A. 事業の目的・政策的位置付け(4/8)

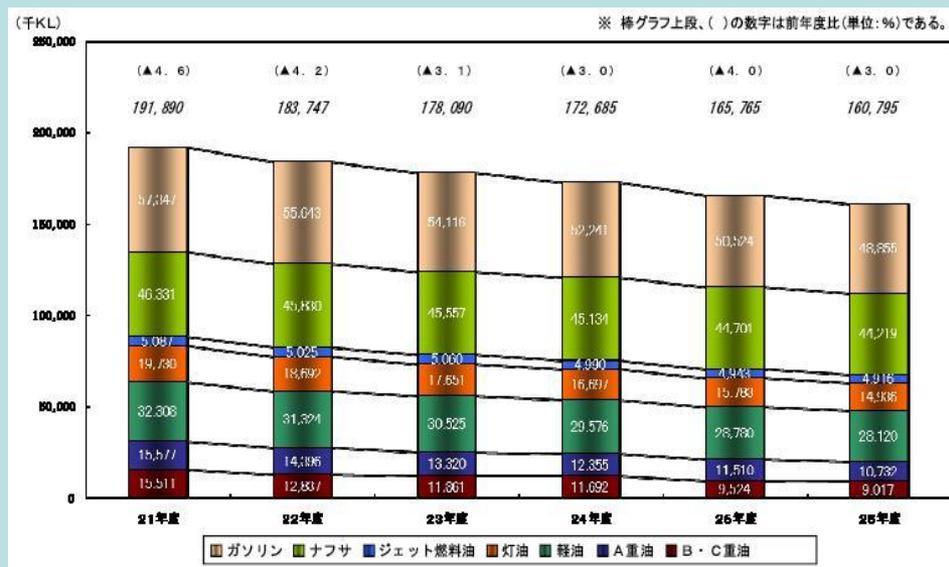
【政策的位置付け①】

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、製品需要の白油化が進む一方、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。

「エネルギー基本計画」

(平成19年3月閣議決定)

石油製品の需要は右図に示すように今後とも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。



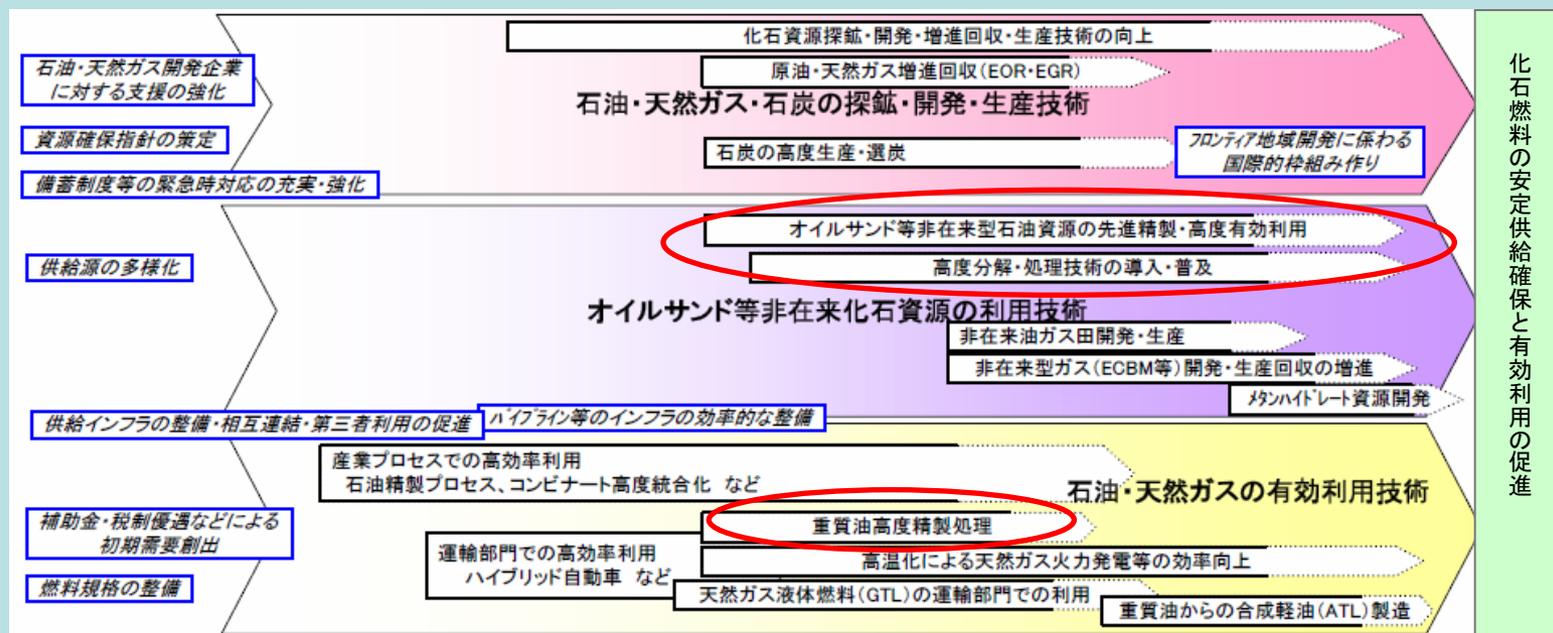
平成22~26年度石油製品需要見通し(燃料油)

出典: 石油製品需要想定検討会(平成21年3月) 資源エネルギー庁

2 - A. 事業の目的・政策的位置付け(5/8)

【政策的位置付け②】

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



「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」に向けた導入シナリオ

出典:「技術戦略マップ2010」(平成22年6月)経済産業省

2 - A. 事業の目的・政策的位置付け(6/8)

【政策的位置付け③】

本事業で取り組んでいる技術開発は技術ロードマップでは下図のとおり重質原油利用技術(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。

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		HSFOCプロセス開発技術	分解軽油水素化分解触媒技術 分解ガス成分異性化触媒技術 重質油対応直接脱硫触媒技術 残渣分解触媒技術		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					
	オイルサンド油等の 高度分解・処理技術		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 オイルサンドビチューメンを80%以上分解可能なプロセス技術の確立	水素化分解技術 新規水素化分解触媒開発 流動接触分解技術		超臨界水による脱金属技術等 超臨界における水による重質油分解技術 面臨界における水による重質油分解技術
5412D	41.超重質油高度分解・ 利用技術					
	オイルサンド・ビチューメン等の 高度利用・活用技術				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	熱分解(ローカー)最適化技術 改質・分解触媒技術 合成原油処理用触媒技術

「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

2 - A. 事業の目的・政策的位置付け(7/8)

【政策的位置付け④】

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。

2 - A. 事業の目的・政策的位置付け(8/8)

【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: HS-FCC技術の開発

- ・本事業開始前までに原料油処理量30BPD規模の実証試験には成功している
- ・しかし、商業装置の規模はその1000倍程度となるため、世界初となる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。

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。

3 - A. 目標(1/7)

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

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

3 - A. 目標(2/7)

【(1)重質油対応型高過酷度流動接触分解(HS-FCC)技術の開発】

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立する。	商業化技術を確立するためには商業装置(30,000BPD規模)の1/10程度の規模での検証が必要。装置は平成23年5月完成、その後研究運転実施予定であり、事業終了後速やかな実用化を目指す。

3 - A. 目標(3/7)

【(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(1/3)】

要素技術	目標・指標 (事後評価時点)	設定理由・根拠等
<p>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</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 	<p>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。</p> <p>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。</p>

3 - A. 目標(4/7)

【(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(2/3)】

要素技術	目標・指標 (事後評価時点)	設定理由・根拠等
②FCCの高機能化による新規重質油処理技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・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(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で生産されるLCO留分の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。 	<p>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換する技術開発を行う。</p>

3 - A. 目標(5/7)

【(2)原油重質化に対応した重質油高度分解・有用化技術の開発(3/3)】

要素技術	目標・指標 (事後評価時点)	設定理由・根拠等
<p>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</p>	<p>・残油分解率を既存直接脱硫技術より10vol%以上向上(残油脱硫率維持)させる技術を開発する。</p> <p>・ガソリン収率を既存RFCC技術に比べ2.5vol%以上向上させ、残油分解率を既存RFCC技術に比べ2vol%以上向上させる技術を開発する。</p> <p>・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90wt%以上とする技術を開発する。</p>	<p>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、(1)重質残油水素化分解システム(RHYC)、(2)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、(3)分解ガス転換システムで、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。</p>

3 - A. 目標(6/7)

【(3)超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発】

要素技術	目標・指標	設定理由・根拠等
①超重質油(オイルサンド油)等の分解有用化技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ・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。
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	<ul style="list-style-type: none"> ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ・合成原油50%混合処理において、製品のJIS規格を満足する。
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	<ul style="list-style-type: none"> ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ・オイルサンド油の熱分解重質油から灯軽油留分に転化するとともに、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 - A. 目標(7/7)

【(4)革新的精製技術シーズ創製のための研究開発】

要素技術	目標・指標	設定理由・根拠等
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。	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。
②革新的超臨界水熱分解技術開発	超重質油を原料とし、新規超臨界水熱分解技術を利用して水熱分解の限界を追求すると同時に、触媒等の組み合わせ等により、ラボレベルで、革新的な新規技術を発明しその確立をする。	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。

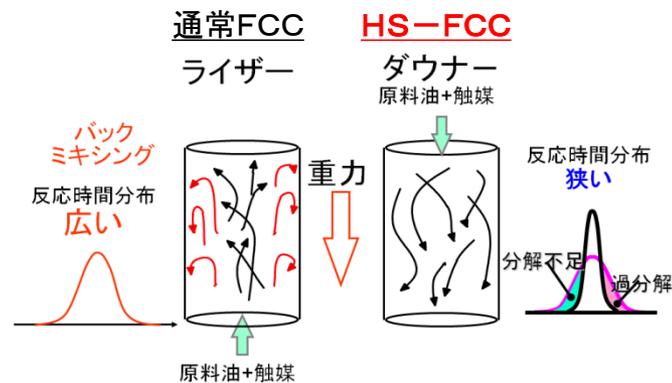
4-A. 成果、目標の達成度(1/19)

(1) 重質油対応型高過酷度流動接触分解(HS-FCC)技術の開発

【技術開発の背景および内容】

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

反応器の特徴



3,000BPD実証化装置



4-A. 成果、目標の達成度(2/19)

(1) 重質油対応型高過酷度流動接触分解(HS-FCC)技術の開発

運転実績

【成果】

■ 3,000 BPD実証化装置の設計・建設

平成23年5月までに、装置の設計・建設を完了

■ 3,000 BPD実証化装置の運転

- 平成23年5月から実証化装置の運転を開始
- 脱硫減圧軽油(HT-VGO)原料によりプロピレン収率17mass%、ガソリン収率35mass%(オクタン価98)を達成
- 水素化分解減圧軽油(HDC-BTM)原料によりプロピレン収率19mass%を達成

製品収率に対する目標をほぼ達成した

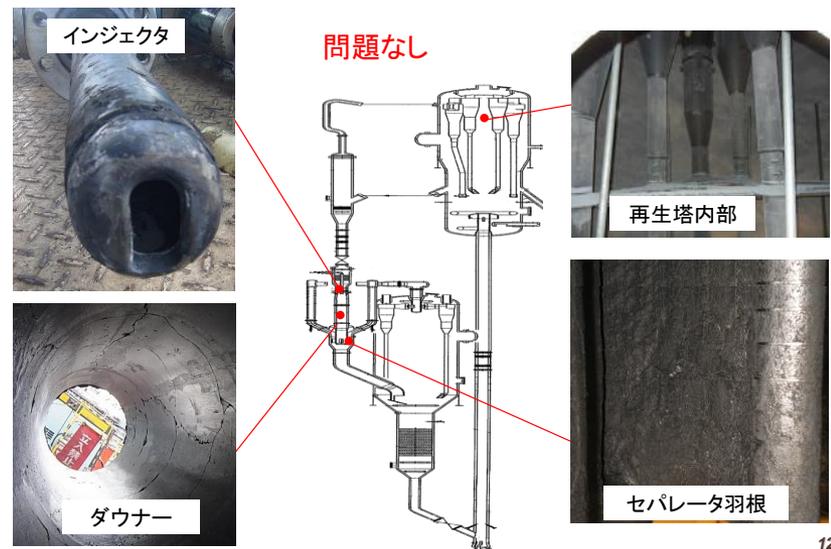
■ 3,000 BPD実証化装置の開放検査

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

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

	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

開放検査結果



4 - A. 成果、目標の達成度(3/19)

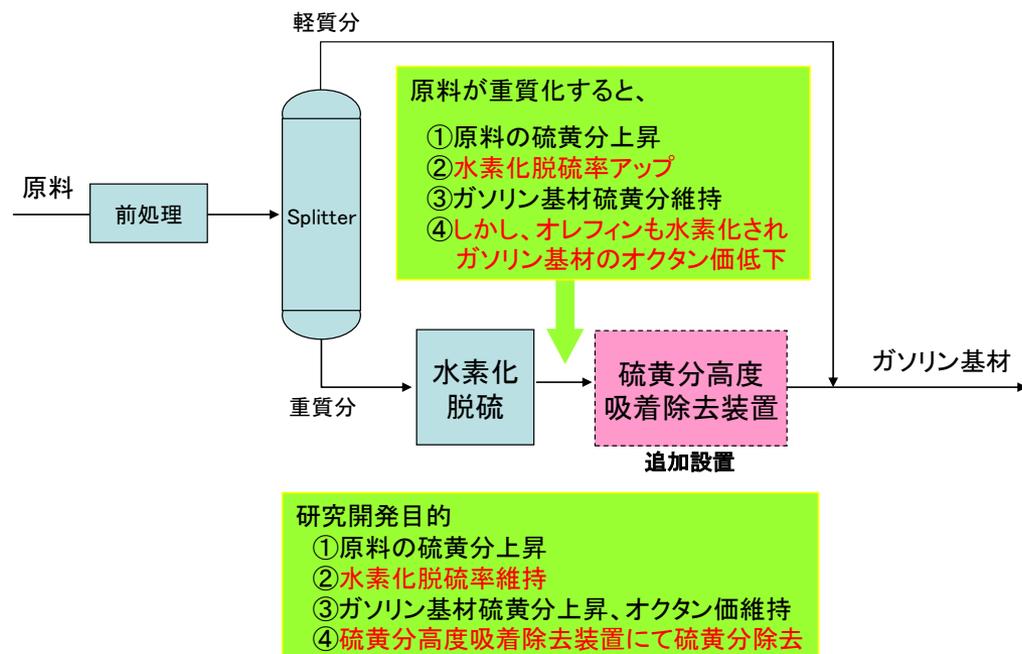
(2) 原油重質化に対応した重質油高度分解・有用化技術の開発

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

【技術開発の背景および内容】

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

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



4 - A. 成果、目標の達成度(4/19)

(2) 原油重質化に対応した重質油高度分解・有用化技術の開発

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

【得られた成果】

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

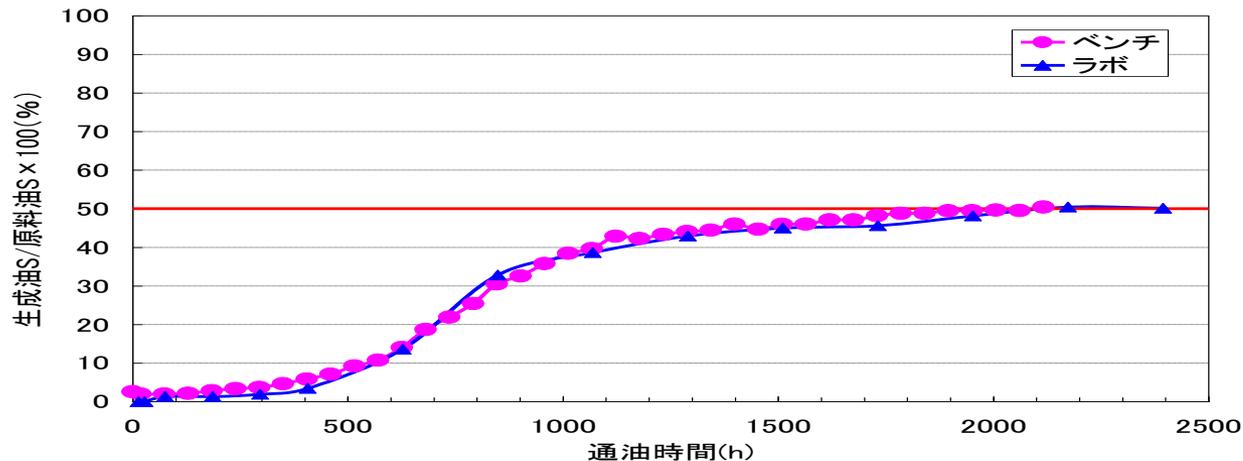


図1 脱硫寿命試験

- また、工業生産化に向けて、トンレベルでの高度吸着剤工業的製造方法確立を前提にした、10kgレベルでの製造方法を確立することができた。これにより、実プラント適用への道筋を立てることができた。

4 -A. 成果、目標の達成度(6/19)

(2) 原油重質化に対応した重質油高度分解・有用化技術の開発

② FCCの高機能化による新規重質油処理技術の開発

【得られた成果】

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

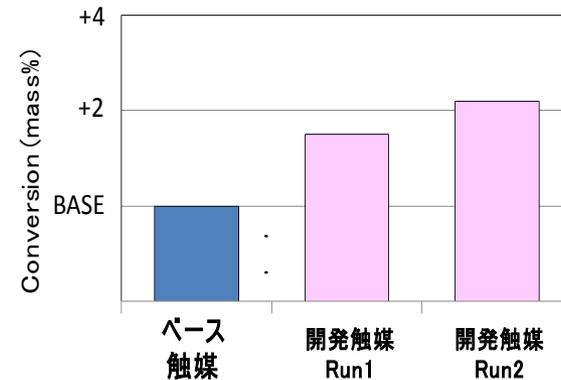


図2. 開発した直脱触媒の実装置運転における活性比較

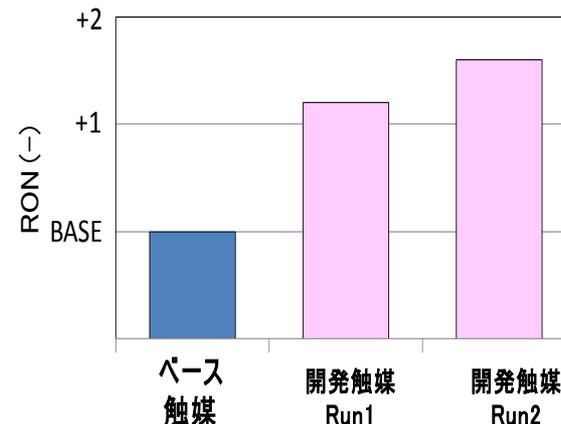


図3 開発したFCC触媒のガソリンオクタン価(RON)向上比較

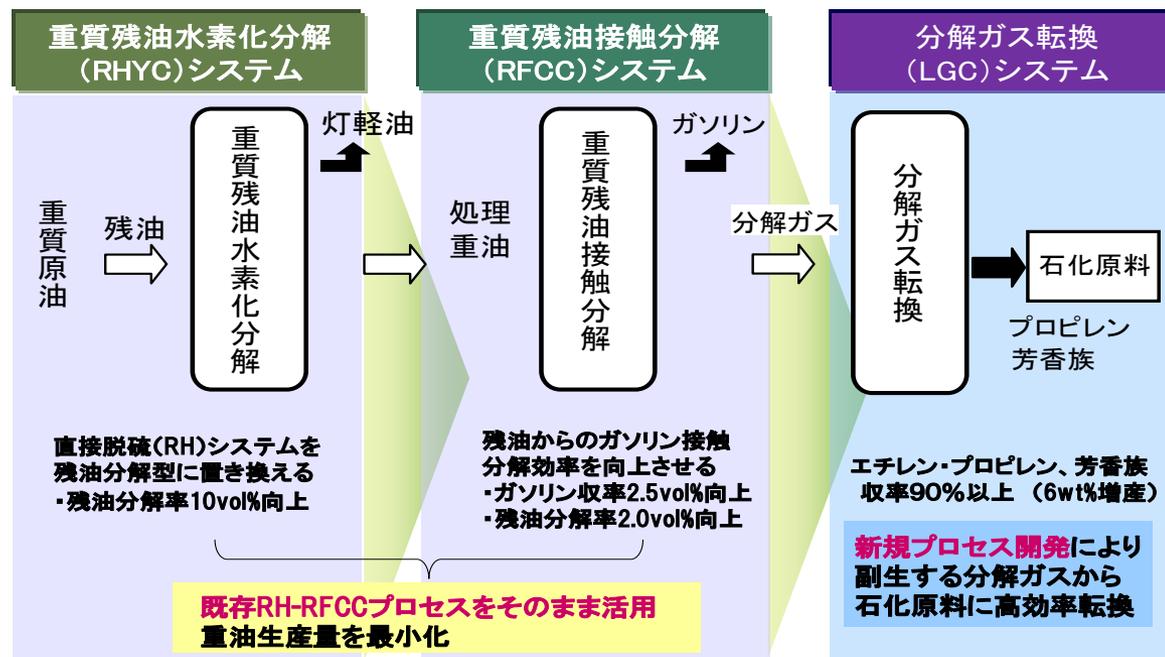
4 -A. 成果、目標の達成度(7/19)

(2) 原油重質化に対応した重質油高度分解・有用化技術の開発

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

【技術開発の背景および内容】

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



RFCCTータルシステム技術開発の概要

4 -A. 成果、目標の達成度(8/19)

(2) 原油重質化に対応した重質油高度分解・有用化技術の開発

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

【得られた成果】

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

4 -A. 成果、目標の達成度(9/19)

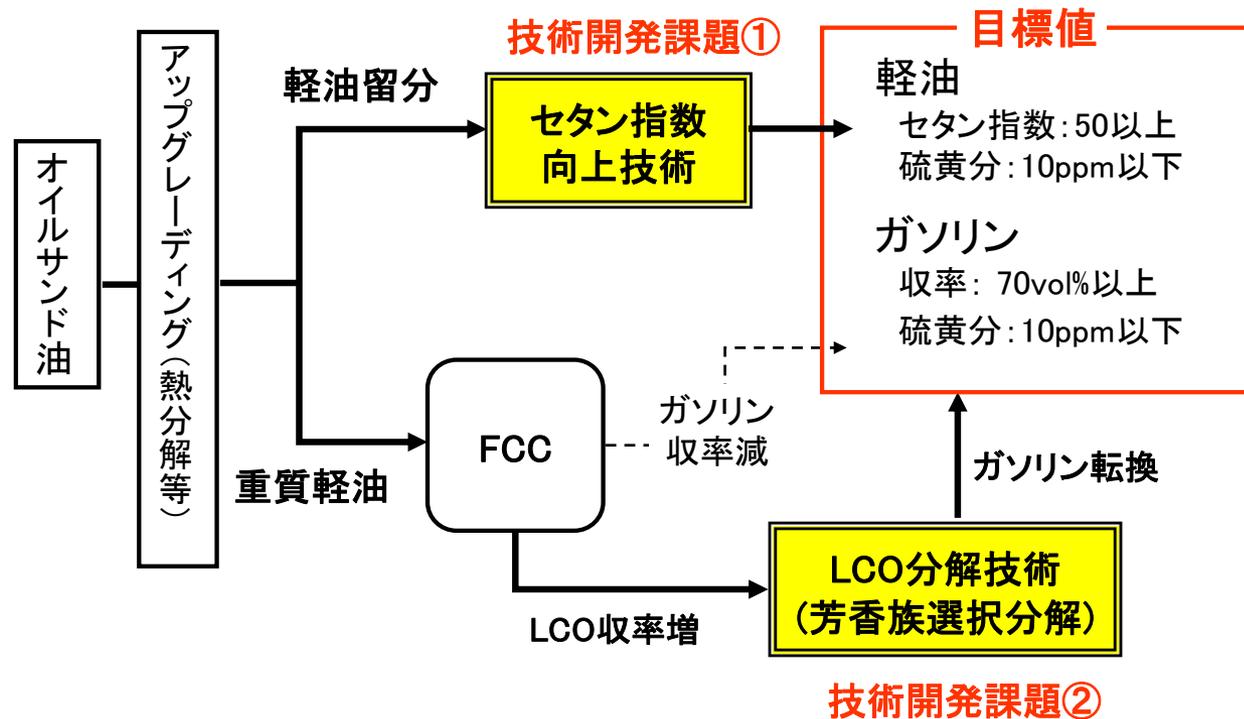
(3) 超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発

① 超重質油(オイルサンド油)等の分解有用化技術開発

【技術開発の背景および内容】

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

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



4 -A. 成果、目標の達成度(10/19)

(3) 超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発

① 超重質油(オイルサンド油)等の分解有用化技術開発

【得られた成果】

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

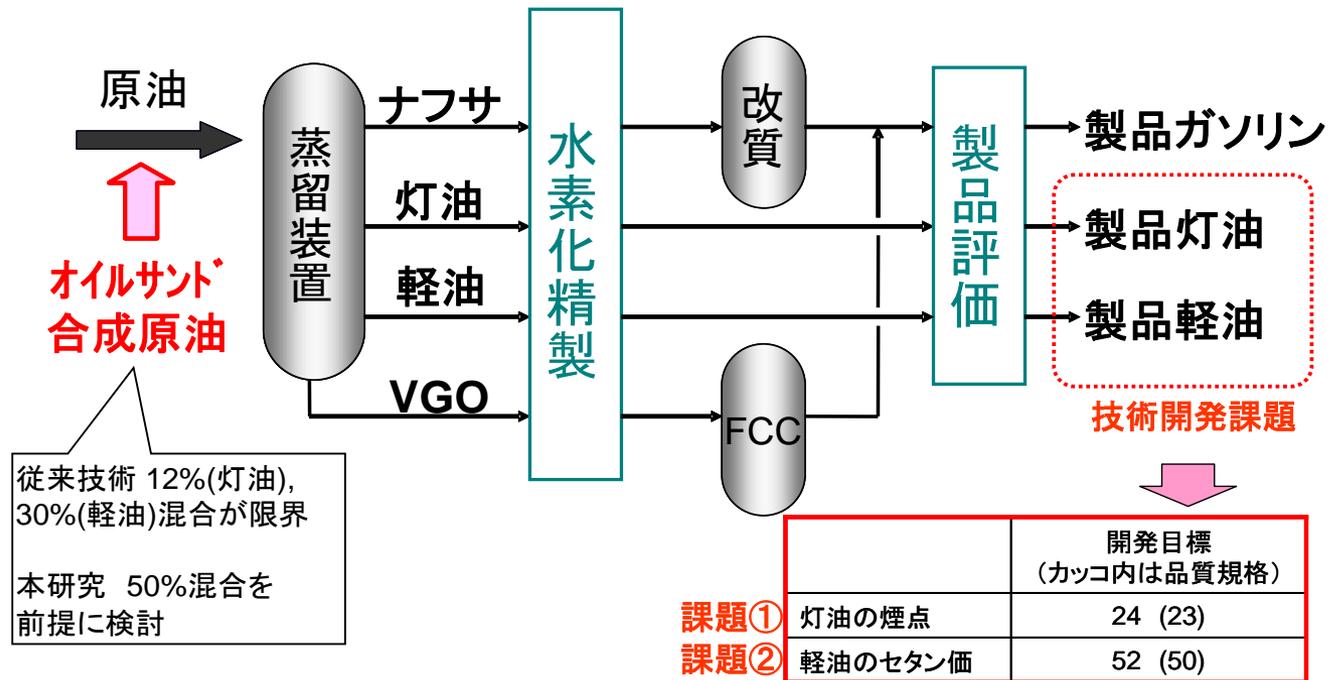
4-A. 成果、目標の達成度(11/19)

(3) 超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発

② オイルサンド合成原油のわが国石油製品への適用化の技術開発

【技術開発の背景および内容】

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



4 -A. 成果、目標の達成度(12/19)

(3) 超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発

② オイルサンド合成原油のわが国石油製品への適用化の技術開発

【得られた成果】

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

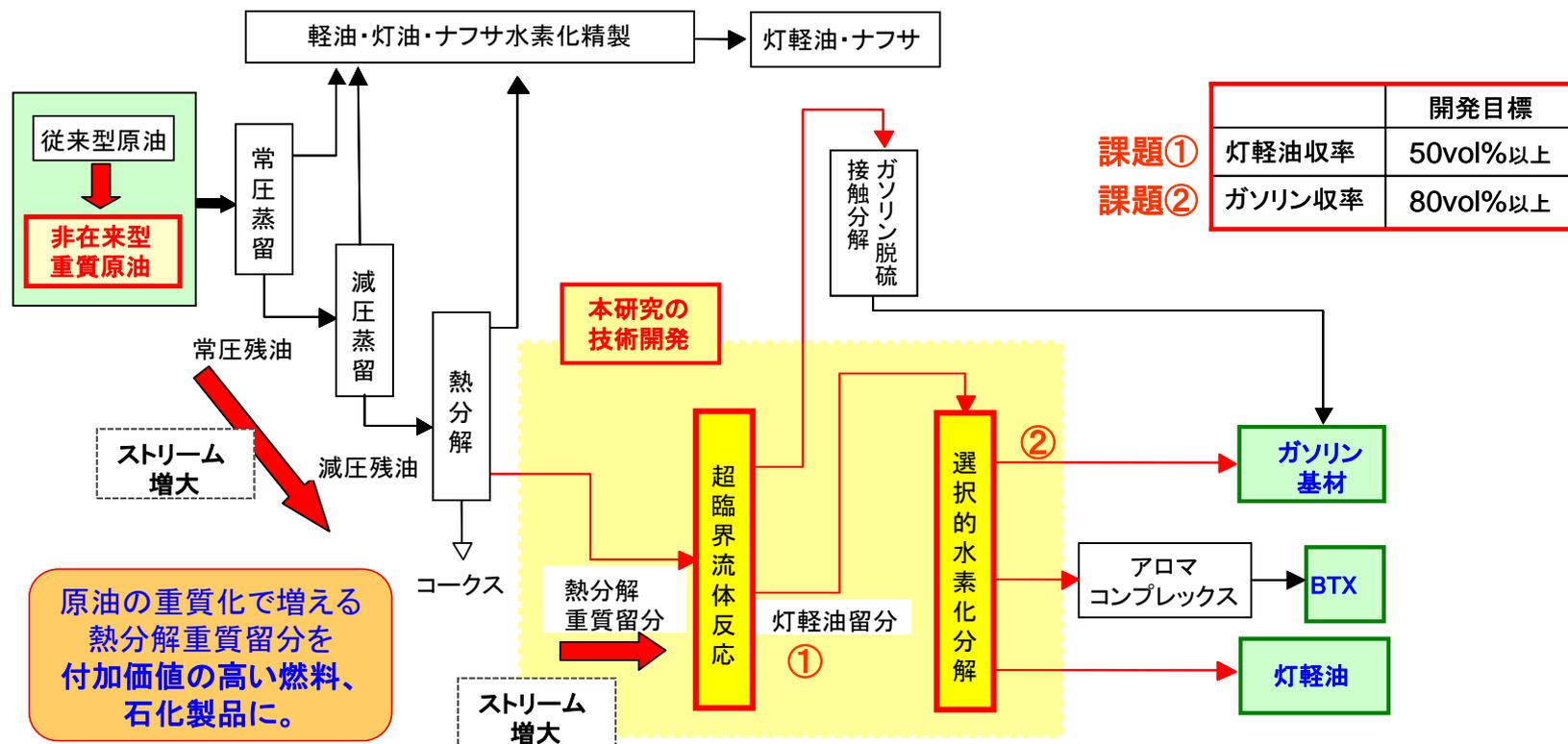
4 - A. 成果、目標の達成度(13/19)

(3) 超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発

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

【技術開発の背景および内容】

オイルサンドなど非在来型原油を利用する方法として、原油の重質化によって従来より多く生じると予想される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う。



4 - A. 成果、目標の達成度(14/19)

(3) 超重質油・オイルサンド油等の精製・分解技術の開発

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

【得られた成果】

■ 《 超臨界流体反応 》

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

■ 《 選択的水素化分解 》

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

4 - A. 成果、目標の達成度(15/19)

(4) 革新的精製技術シーズ創製のための研究開発

① 革新的精製触媒技術開発

【技術開発の背景および内容】

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

【得られた成果】

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

重質油対応・新規FCC触媒に関する基盤研究

細孔内の酸点に着目した分解と異性化促進、コークス析出抑制の研究

細孔径に着目した革新的ゼオライト触媒の研究

酸機能制御研究

細孔機能研究

多元反応制御研究

構造的複合体触媒研究

多元反応プロセス設計研究

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

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

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

4 - A. 成果、目標の達成度(16/19)

(4) 革新的精製技術シーズ創製のための研究開発

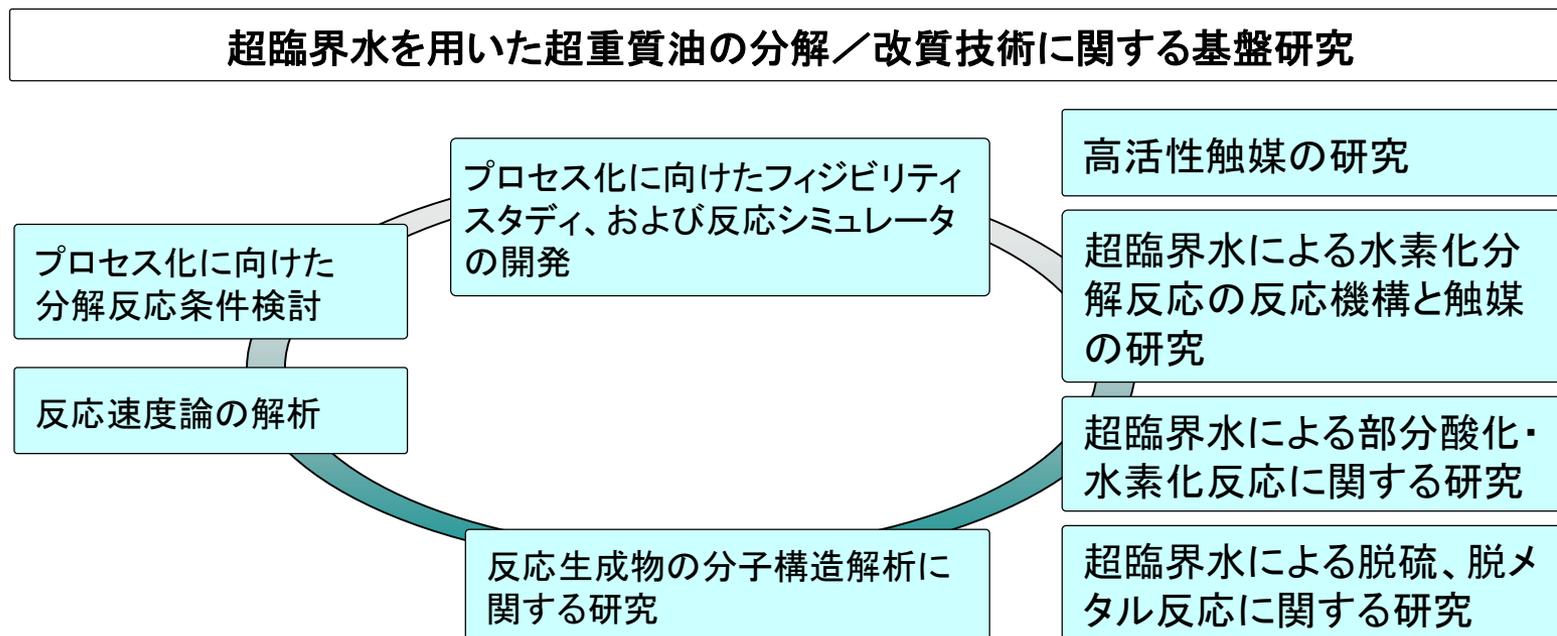
② 革新的超臨界水熱分解技術開発

【技術開発の背景および内容】

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

【得られた成果】

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



4 - A. 成果、目標の達成度(17/19)

研究開発は順調に進められ、各個別要素技術において設定した目標を達成した。

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

注)「達成度」の欄には、達成、一部達成、未達成を選択して記載。

4 - A. 成果、目標の達成度(18/19)

研究開発は順調に進められ、各個別要素技術において設定した目標を達成した。

(3)革新的精製技術シーズ創製のための研究開発

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

注)「達成度」の欄には、達成、一部達成、未達成を選択して記載。

4-A. 成果、目標の達成度(19/19)

【対外発表、特許出願等の成果】

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

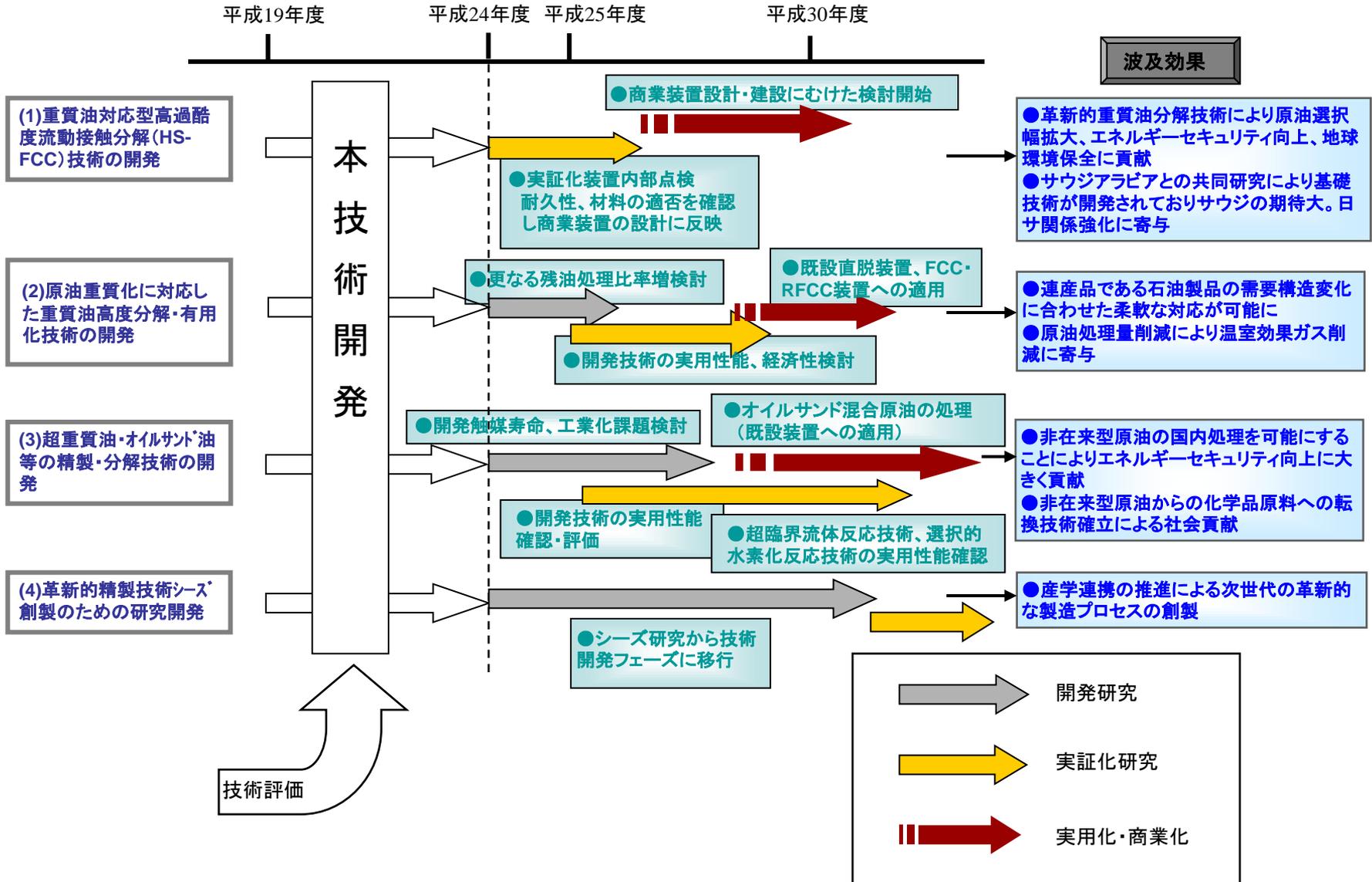
5 - A. 事業化、波及効果

【事業化の見通し】

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

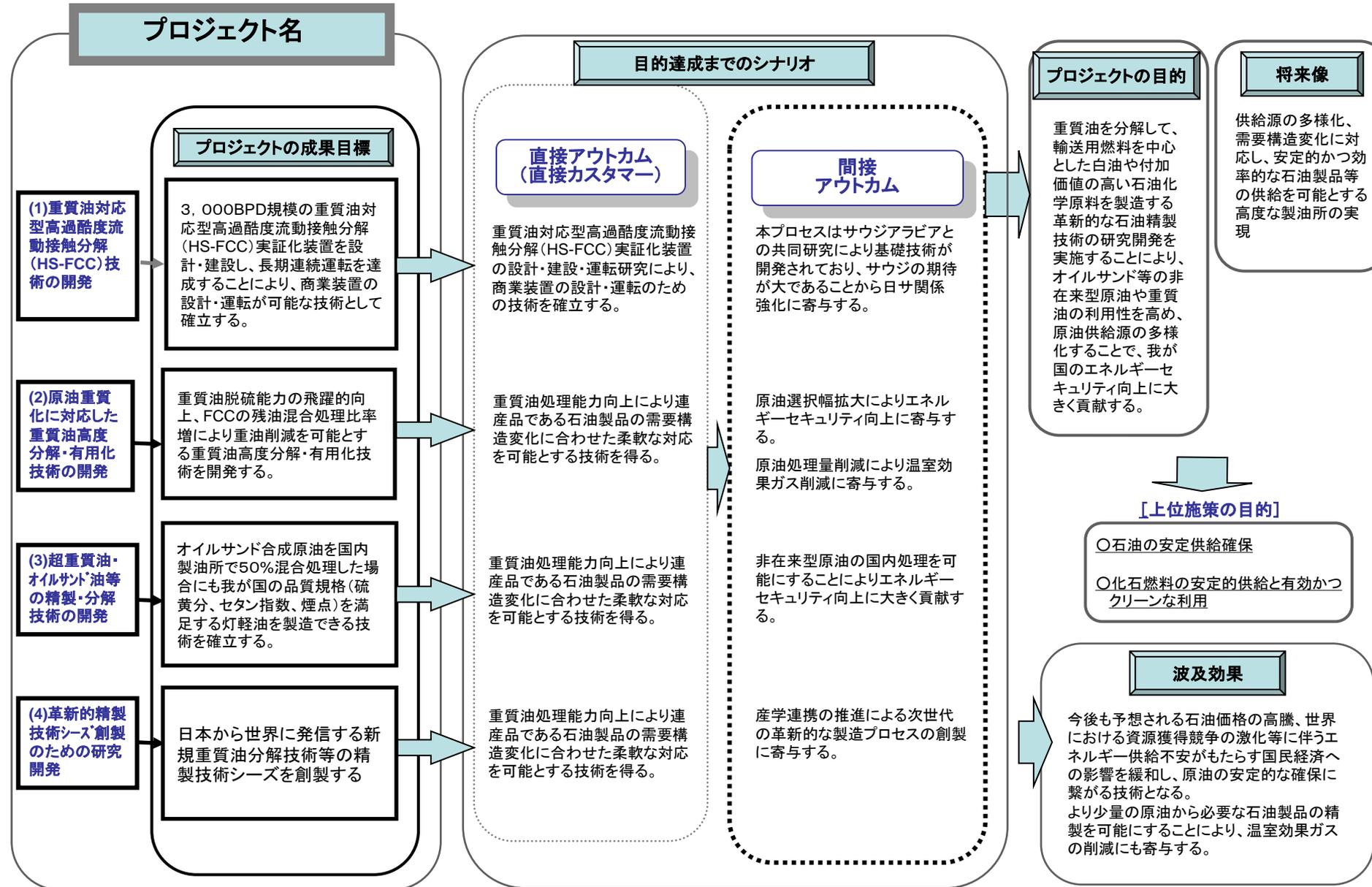
(参考)

本事業終了



プロジェクトのアウトカム(プロジェクトの成果が及ぼす効果等)

(参考)



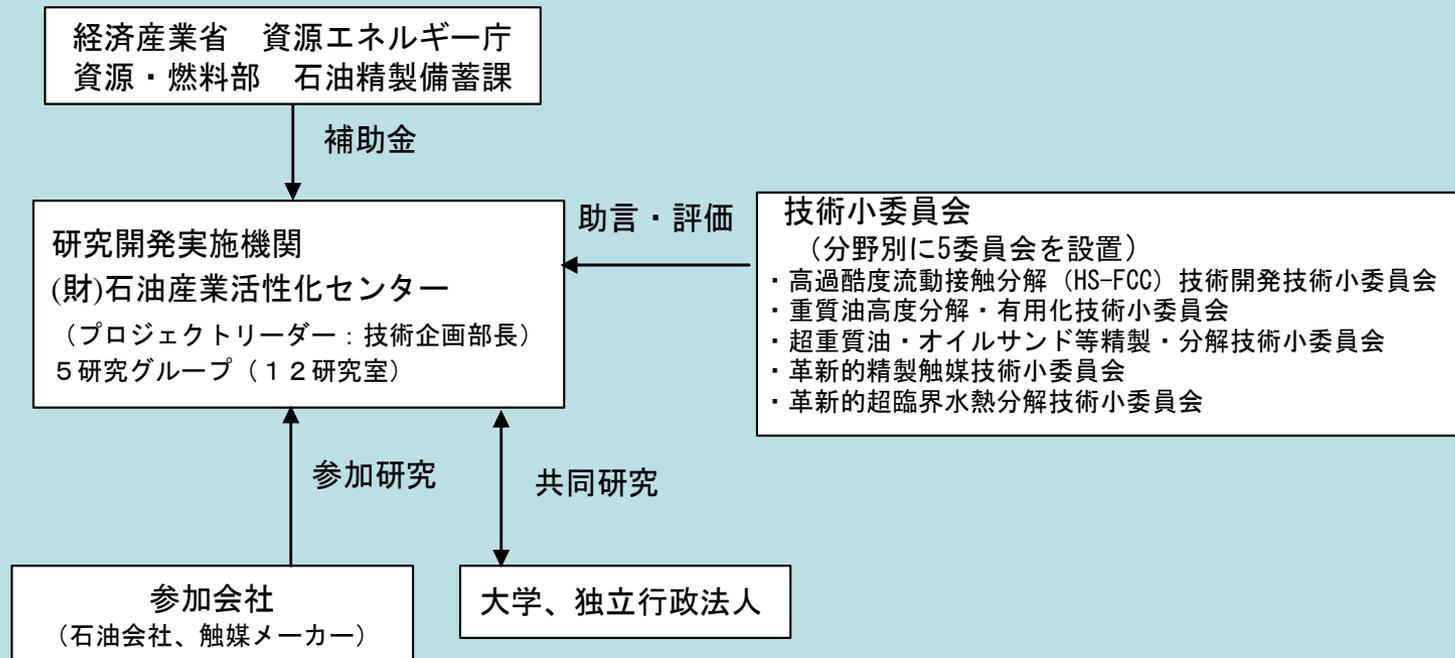
6 - A. 研究開発マネジメント・体制等 (1 / 5)

【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	

6 - A. 研究開発マネジメント・体制等 (2 / 6)

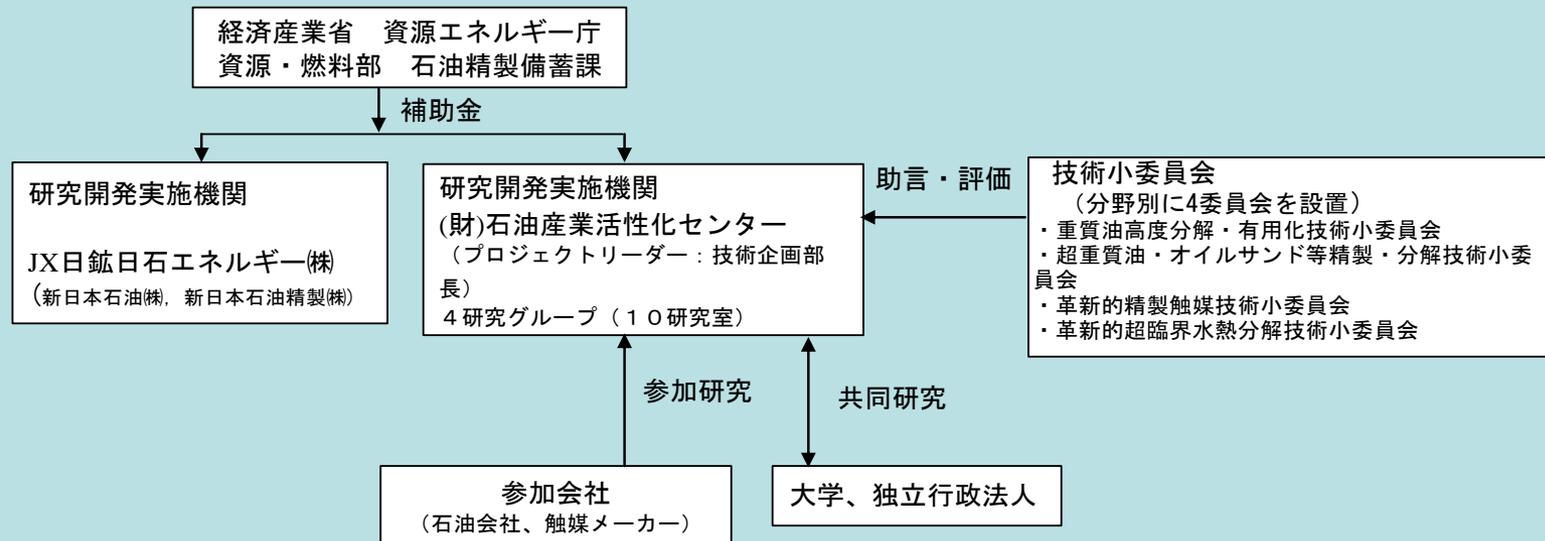
【研究開発実施体制】 平成19, 20年度



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

6 - A. 研究開発マネジメント・体制等 (3 / 6)

【研究開発実施体制】 平成21年度以降



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

6-A. 研究開発マネジメント・体制等(3/5)

【資金配分】

(単位:百万円)

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

6 - A. 研究開発マネジメント・体制等(4/5)

【費用対効果】

■重質油処理や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。

6 - A. 研究開発マネジメント・体制等(5/5)

【変化への対応】

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

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

これらの状況に対応するためには、

○ 調達原油の多様化や重質化等への対応

(白油化やボトムレス化、石油のノーブルユースにつながる技術)

○ アジア地域での国際競争力強化への対応

○ 市場動向に応じたガソリン等の燃料、BTX等の基礎化学品の柔軟な生産対応

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

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

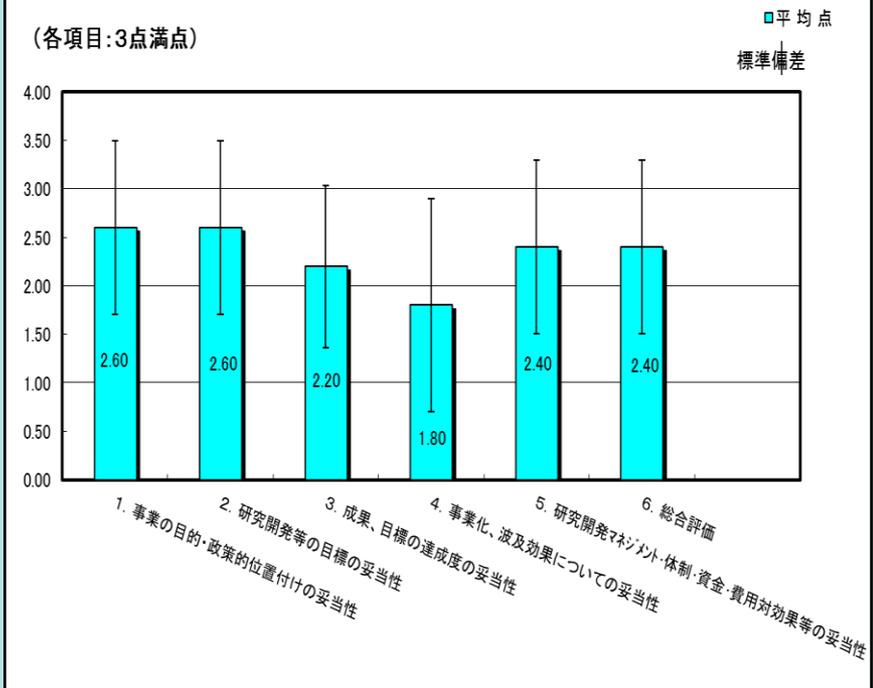
7 - A. 中間評価の結果(1/2)

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

(各項目:3点満点)



7 - A. 中間評価の結果(2/2)

総合評価概要(平成21年度中間評価報告書より転記)

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

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

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

また、地球温暖化への貢献が曖昧であり、より定量的な検討が必要である

今後の研究開発の方向等に関する提言(平成21年度中間評価報告書より転記)

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

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

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

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