

「高効率な石油精製技術の基礎となる 石油の構造分析・反応解析等に係る 研究開発委託費」 研究開発プロジェクトの概要

平成30年12月13日

資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油精製備蓄課
一般財団法人石油エネルギー技術センター

目次

1. 事業の概要
2. 事業アウトカム
3. 事業アウトプット
4. 当省(国)が実施することの必要性
5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ
6. 研究開発の実施・マネジメント体制等
7. 費用対効果
8. 事前評価結果

1. 事業の概要

概 要	国内石油需要の減少，アジア新興国における大型・輸出製油所の台頭による国際競争の激化等，我が国石油精製業を取り巻く環境は厳しくなっている。こうした中，我が国のエネルギー安定供給に貢献し，製油所の国際競争力を強化することを目的として，重質油についてペトロリオミクス技術を活用し，石油製品や石化製品の高付加価値化に資する基盤的な研究開発を行う。
実施期間	平成28年度～平成32年度（5年間）
実施形態	国からの直執行（石油エネルギー技術センターへの委託事業）
予算総額	14.80億円 (平成28年度:5.60億円 平成29年度:4.70億円 平成30年度:4.50億円)
実施者	一般財団法人 石油エネルギー技術センター
プロジェクトリーダー	(一財) 石油エネルギー技術センター 技術企画部長 稲村 和浩

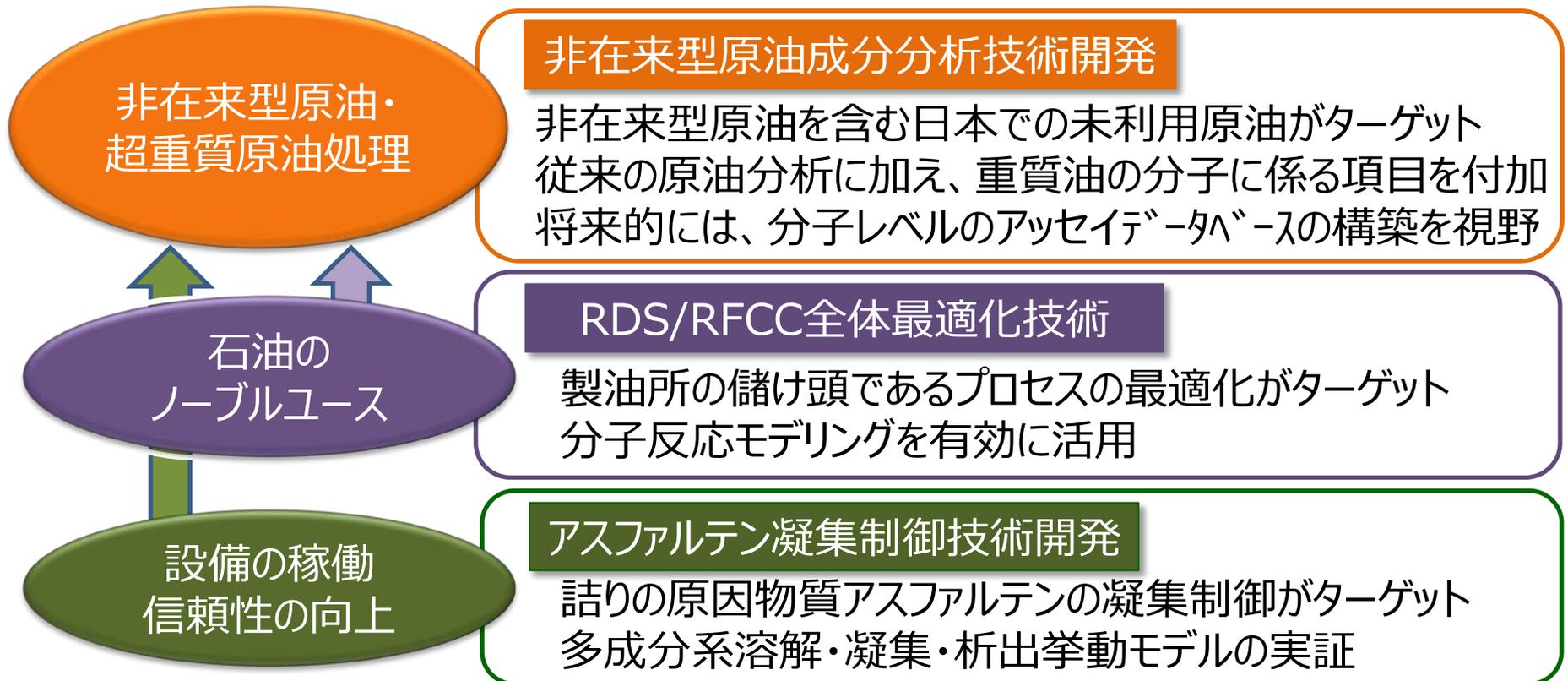
(補足資料) 事業概要

我が国のエネルギー安定供給に貢献し、製油所の国際競争力を強化するために、

- ①原油コスト低減を目指した「**非在来型原油・超重質原油処理**」
- ②原油一単位あたりの高付加価値製品の得率向上を目指した「**石油のノーブルユース**」
- ③製油所高稼働を支える「**設備の稼働信頼性の向上**」

に資する技術開発を行う。

(H28年度～H32年度)



(補足資料) ペトロリオミクス技術開発の歩み

基盤技術構築 基本モデル開発

重質油成の同定技術

FT-ICR MSを核に分子の構造・組成を解明



構造属性に基づく
分子構造表記



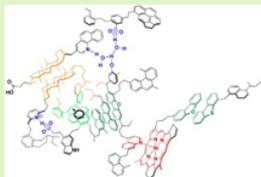
重質油プロセスの反応解析基盤技術

分子レベルで反応を
解析しモデル化



アスファルテン凝集挙動解析技術

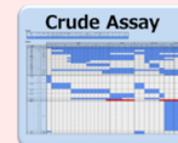
アスファルテンの
溶解/析出/凝集を
モデル化



基本モデル実証 実用モデル開発

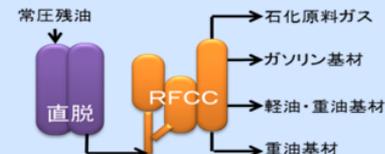
非在来型原油成分分析技術

超重質原油の評価



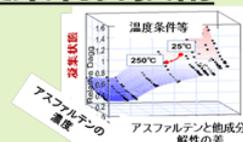
RDS/RFCCの全体最適化

RFCC原料の
最適供給



アスファルテン凝集制御技術

原油スラッジの発生
抑制等の現場課題
解決に貢献



ペトロリオミクス技術活用推進

技術セミナーの実施、各種ツールの活用促進

海外
調査

重質油等高度対応
処理技術開発事業

高効率石油精製
研究開発事業

2011

2016

2021

(補足資料) ペトロリオミクスの技術体系

実用技術

石油精製プロセスで実用

プロセス性能診断、運転条件最適化、触媒改良・開発、プロセス開発等

適応技術

新規触媒設計技術

反応塔内流動反応連成解析(RDS)

アスファルテン凝集制御
(多成分凝集モデリング)

分子反応(実証)モデリング
(RDS, RFCC)

高温高圧下の物性推算

基盤技術

分子反応基本モデリング

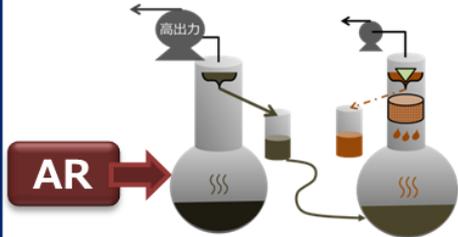
全石油分子DB

各種分析データ

アスファルテン凝集挙動解析

ペトロインフォマティクス / PIP

高真空・内部還流型
蒸留試験器



詳細組成構造解析

高精度分画、超高分解能質量分析装置



重質油
試料

反応性評価技術

高速反応評価装置



HTE

(補足資料) 委託事業の全体計画 (平成28～32年度)



H30年度：各種ツールの確立、ペトロ技術の検証/実証計画の具体化

2. 事業アウトカム

事業アウトカム指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
<p>平成32年度までに、国内製油所で精製実績のなかった非在来型原油21種について、精製を可能にする。</p> <p>(当該技術開発は、重質油を分子レベルで分析・解析する技術を起点として、関連の基盤技術、適応技術を体系的に開発するため、技術進展に伴って、非在来型原油等の物性、反応性等を評価することにより、それらの精製可能性を予測できるようになる。よって、アウトカム指標は、国内製油所で精製可能な非在来型原油の油種数とする。)</p>	(事業開始時) —	—	
	(中間評価時) 13原油	13原油(達成見込み)	達成見込み
	(事業終了時) 21原油	—	
	(事業目的達成時) 同上	—	
<p>平成32年度までに、国内製油所に適する重質原油と軽質原油の組み合わせを15件確立する。</p> <p>(当該技術開発は、重質油を分子レベルで分析・解析する技術を起点として、関連の基盤技術、適応技術を体系的に開発するため、技術進展に伴って、各種原油を混合した際の挙動を評価することにより、原油混合時のスラッジ量や反応特性を予測し、最適の混合方法を推測することができるようになる。重質原油は通常軽質原油と混合し使用するため、その混合特性の予測結果は原油の使用可否を判断するうえで非常に重要な指標である。よって、アウトカム指標は、国内製油所に適した重質原油と軽質原油の混合方法とする。)</p>	(事業開始時) —	—	
	(中間評価時) 5件	5件(達成見込み)	達成見込み
	(事業終了時) 15件	—	
	(事業目的達成時) 同上	—	

3. 事業アウトプット

事業アウトプット指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
発表数および特許出願数 (当該技術はペトロリオミクス技術により重質油の組成を分子レベルで解明し、得られる石油製品や石化製品を高付加価値化するための基盤的な研究開発である。よって、これら技術の発表件数および特許出願数とした)	(事業開始時) —	—	—
	(中間評価時) 30件	年間48件	達成
	(事業終了時) —	—	—
	(事業目的達成時)	—	—

3年間の発表数、特許出願数は以下の通り

年度	発表数	特許出願数
平成28年度	5件	0件
平成29年度	27件	6件
平成30年度 (H30/11まで)	47件	1件

個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況②

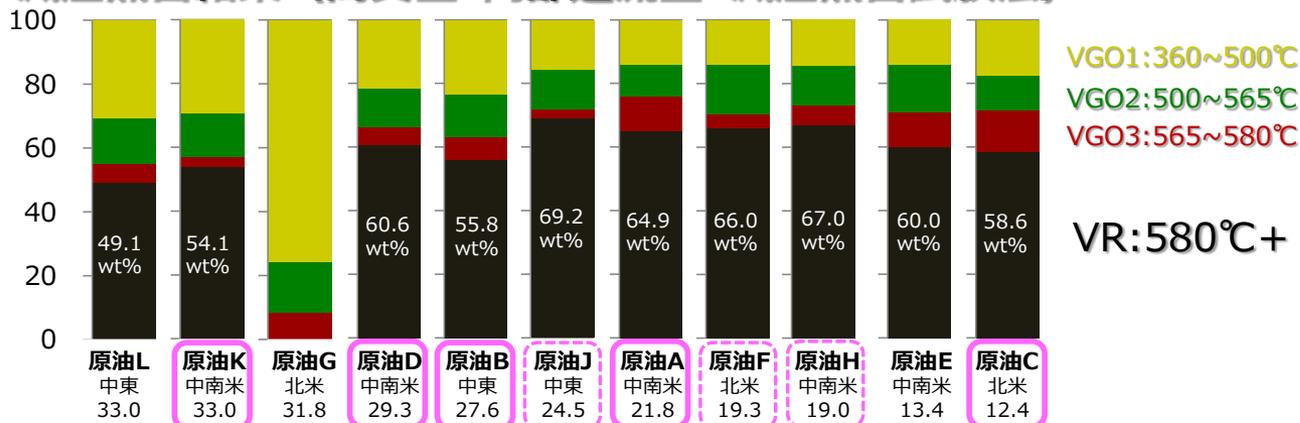
個別要素技術	アウトプット指標・目標値	達成状況(実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
<p>(3)アスファルテン凝集制御技術開発</p> <p>(4)革新的石油精製技術のシーズ発掘</p>	<p>①MCAM検証:セジメント生成予測、溶剤脱れきプロセスでの技術検証</p> <p>②凝集・析出に影響する部分構造の明確化</p> <p>①テーマの採択と実施(継続を含め5件程度)</p>	<p>①達成:減圧残油水素化分解プロセスのセジメント成分予測や溶剤脱れきプロセスの抽出物予測に適用し、当該成分を概ね予測できていることを確認。</p> <p>②達成:Asを極性の違い(酸性/塩基性とその強さ)で分画した極性分画サンプルの分子構造や凝集構造を解析した結果、炭素骨格(芳香環骨格)や含酸素官能基が凝集に影響する部分構造として抽出された。</p> <p>①達成:平成28年度6テーマ、平成29～30年度は5テーマを採択し研究を実施した。</p>	

(補足資料) 非在来型原油成分分析技術開発

①高真空・内部還流型減圧蒸留技術

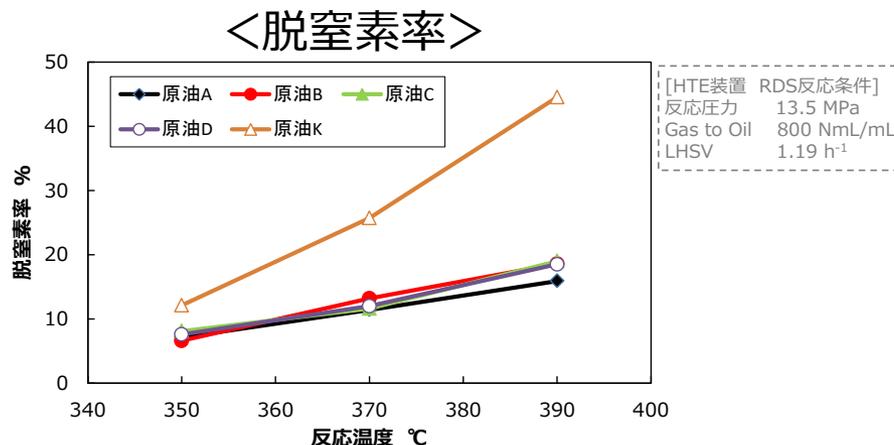
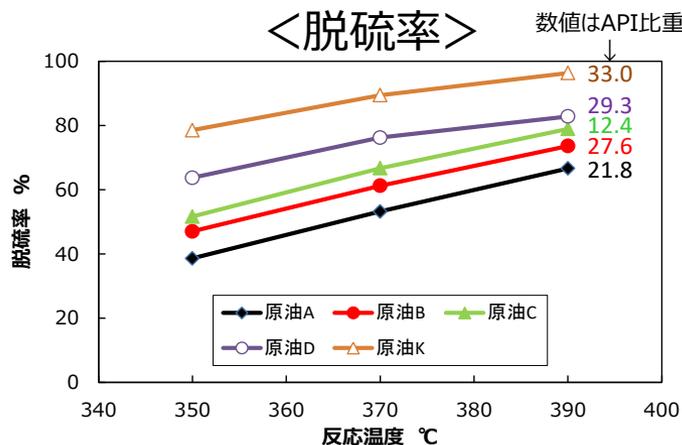
本蒸留法を適用することで高沸点留分の詳細分析が可能となった(VGO-3留分)

減圧蒸留結果 (高真空・内部還流型 減圧蒸留試験法)



②反応性評価術

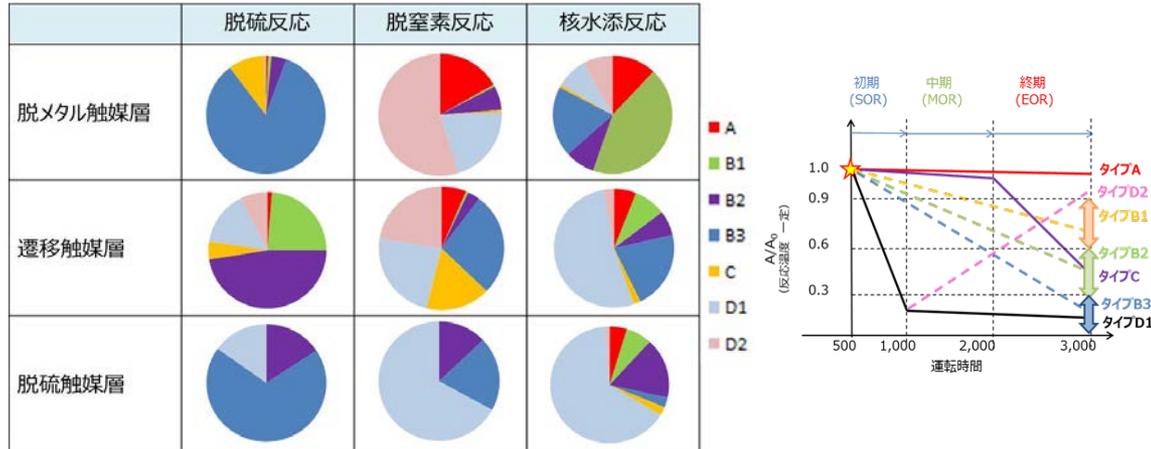
API比重の序列では整理できない傾向を確認
→分子構造分布から反応性を予測する技術を開発中



(補足資料) RDS/RFCC全体最適化技術開発(その1)

①触媒劣化を組み込んだRDS反応モデルの開発

触媒劣化に伴う各コア反応性変化挙動を解析→劣化指標と関連性を定式化中



②RFCC得率予測技術

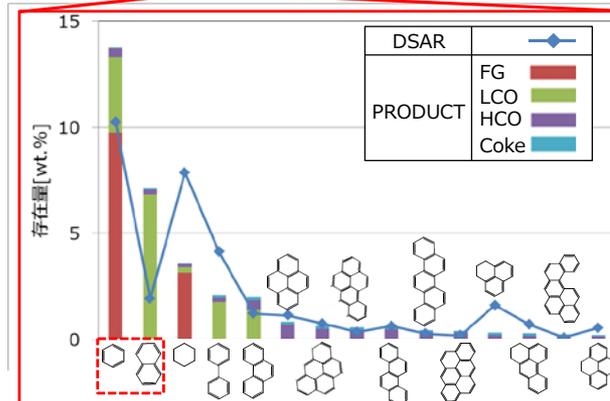
ベンチ試験結果を基に、アルキル基の分解、ナフテン環の開環、芳香環生成反応パスを解析中

反応前後のマテリアルバランス[wt.%]

	コア	架橋	側鎖(内、脂肪族)
DSAR	34.5	2.7	62.8 (3.0)
PRODUCT	36.4	0.1	63.5 (49.0)

ベンチ試験得率[wt.%]

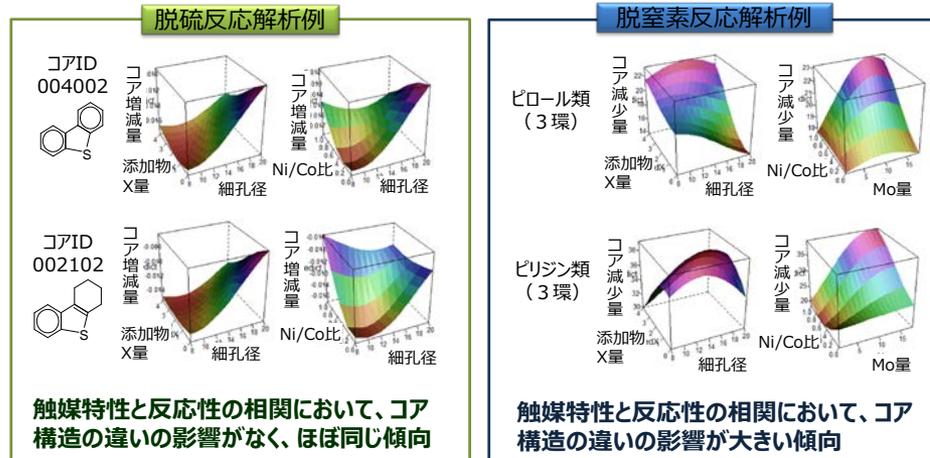
H2	0.4
Gas	14.2
FG (C5-204℃)	51.0
LCO (204-303℃)	18.3
HCO (343℃)	11.3
Coke	4.8
合計	100



(補足資料)RDS/RFCC全体最適化技術開発(その2)

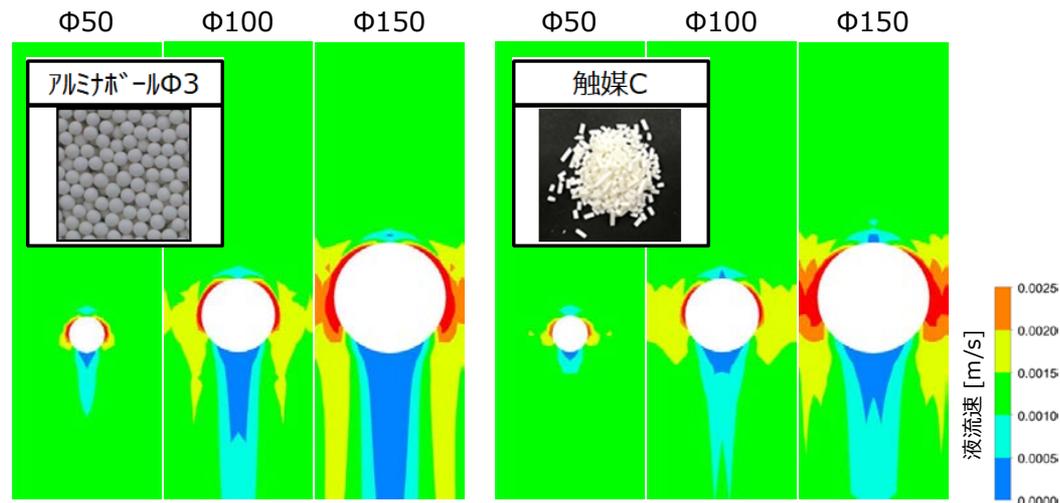
③触媒設計技術

触媒特性とターゲット化合物の反応性の相関を多変量解析により解析する触媒設計手法を確立



④RDS流動反応連成モデルを活用した偏流解析モデルの開発

偏流解析に必要な各要素技術(流動解析、重質油工学物性推算、RDS反応モデル)の開発を完了

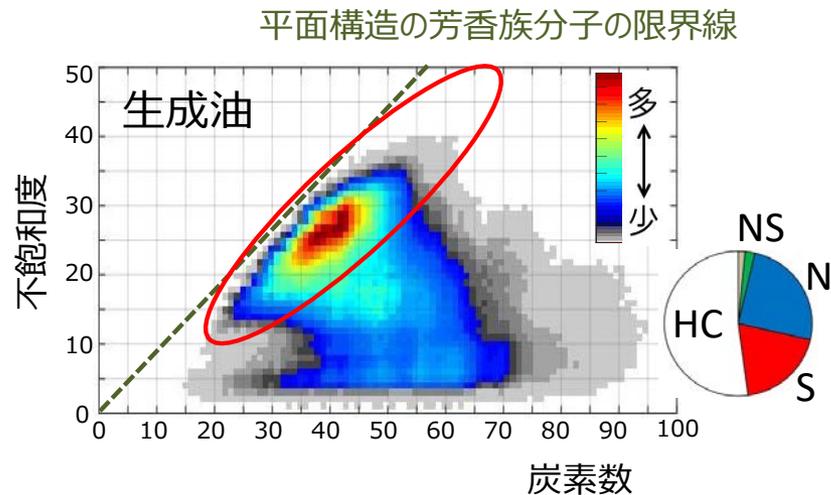


(補足資料)アスファルテン凝集制御技術開発

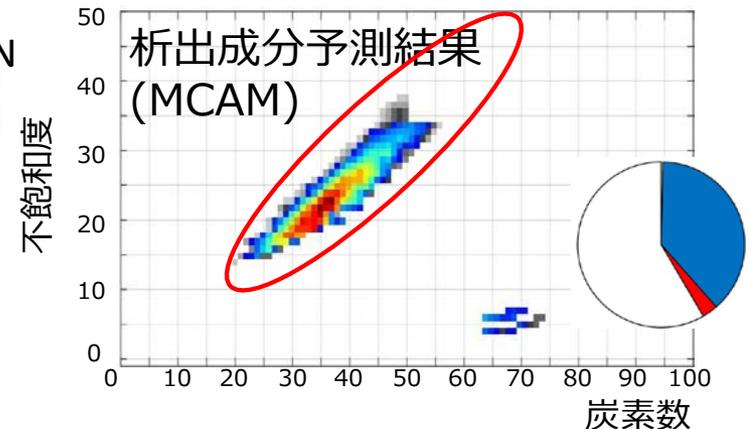
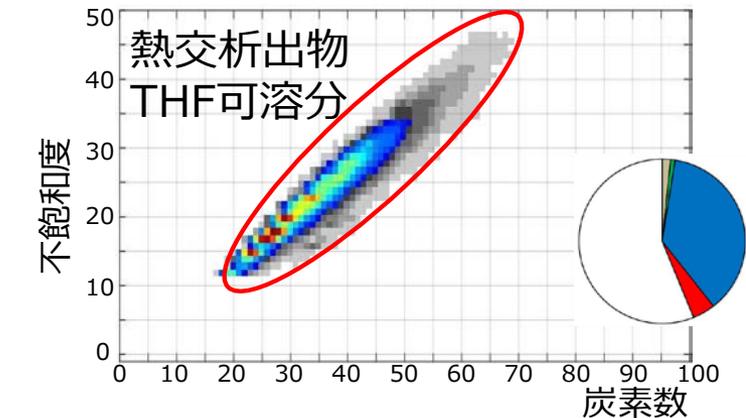
多成分系凝集モデル(MCAM)を用い溶剤脱れき装置での抽出物や減圧残油水素化分解装置でのセジメント成分の予測が可能であることを確認



MCAMで生成油の析出成分を予測し、
熱交析出物の比較を行った
(計算温度150℃)



いずれも縮合多環芳香族成分となっている



(補足資料)革新的石油精製技術のシーズ発掘

平成28年度6テーマ、平成29～30年度は5テーマを採択し研究を実施した

提案テーマ	分野	提案者	研究概要
液体金属触媒による未利用オフガス化学転換	触媒	東京工業大学 荻原助教 (現在:埼玉大准教授)	メタン、エタン等の混合ガスを低級オレフィンと芳香族化合物に転換する触媒の開発
硫化物触媒の格子 S^{2-} のレドックス機能を活用した低級アルカンの選択脱水素プロセス創生	触媒	静岡大学 渡部助教 (現在:准教授)	製油所内のプロパン、ブタンをプロピレン、ブタジエンに転換する硫化物触媒の開発
LP ガスの脱水素によるブタジエン合成のためのゼオライト触媒の開発	触媒	北九州市立大学 今井准教授	LPガスを低級オレフィンとブタジエンに転換する脱水素用ゼオライト触媒を開発する
減圧軽油 (VGO)の多面的高度利用プロセスの開発	触媒	鳥取大学 菅沼助教 (現在:講師)	減圧軽油 (VGO)を、直鎖アルカンとアルキルベンゼンに転換する部分核水添、開環触媒システムを開発する
簡易型プロセス監視・制御シミュレータを用いたノンテクニカルスキル実践訓練手法の開発	安全	東北大学 狩川准教授	航空、原子力、海運、医療分野で注目されているヒューマン・ファクターという概念を製油所の業務に適用し、ヒューマンエラー防止に必要なスキル要素の訓練手法を開発し、有効性を評価する。
石油精製工場におけるビッグデータを活用した安全かつ効率的なプラント管理手法の確立	プロセス	東京大学 金子助教	精製所の運転データ等のビッグデータを収取して、製品性状を推定するソフトセンサーを開発し、このソフトセンサー技術を活用した異常検知モデルも構築する。 (H29年度継続中止、明治大学に異動)

4. 当省(国)が実施することの必要性

本事業では、従来、組成が未解明のために処理が困難であった重質油について、分子レベルで組成を科学的に解明し、石油精製プロセスにおける化学反応を解析・予測するための技術(ペトロリオミクス技術)を開発する。重質油の組成が分子レベルで解明され、その分子の反応が予測できるようになれば、原油の特徴に応じて、安定的に各生成物を特定の収率で生産するための効率的な計画を立てる事が可能になり、製油所の生産性向上が期待できる。

本事業で開発する技術は、調達原油の多角化(中東依存度の低減)につながるもの。石油の安定供給の観点から、国として推進することが望ましい一方、原油市場の動向次第で利益につながらない可能性があるとともに、世界全体でも未踏の技術である開発リスクの高いものであるため、短期の確実な投資回収を求める民間企業にとって取り組みにくい状況。このため、国の事業として技術を確立することにより、企業による実装につなげて行くべく予算措置を講じ、国として実施していくことが必要である。

5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

基盤技術構築 基本モデル開発

重質油組成の同定技術

構造属性に基づく分子構造表記



反応解析基盤技術

構造属性で反応解析しモデル化



アスファルテン凝集解析技術

アスファルテンの溶解/析出/凝集をモデル化

重質油等高度対応
処理技術開発事業

基本モデル実証 実用モデル開発

非在来型原油成分分析技術

- 原油のA⁺イビリティ(反応性、混合特性)評価技術
- 超重質原油21種の評価

RDS/RFCCの全体最適化

- RFCC原料の最適化技術
- 触媒設計技術
- RDS偏流解析技術

アスファルテン凝集制御技術

- 製油所の課題解決貢献
→原油スラッジの発生抑制、セジメント対策、抽出装置等

ペトロリオミクス技術活用推進

- 技術の普及啓発(セミナーの実施)
- 補助事業(個社テーマ)への貢献

高効率石油精製
研究開発事業

実用化・普及

- 原油評価データの蓄積
→DB化、利活用システム開発

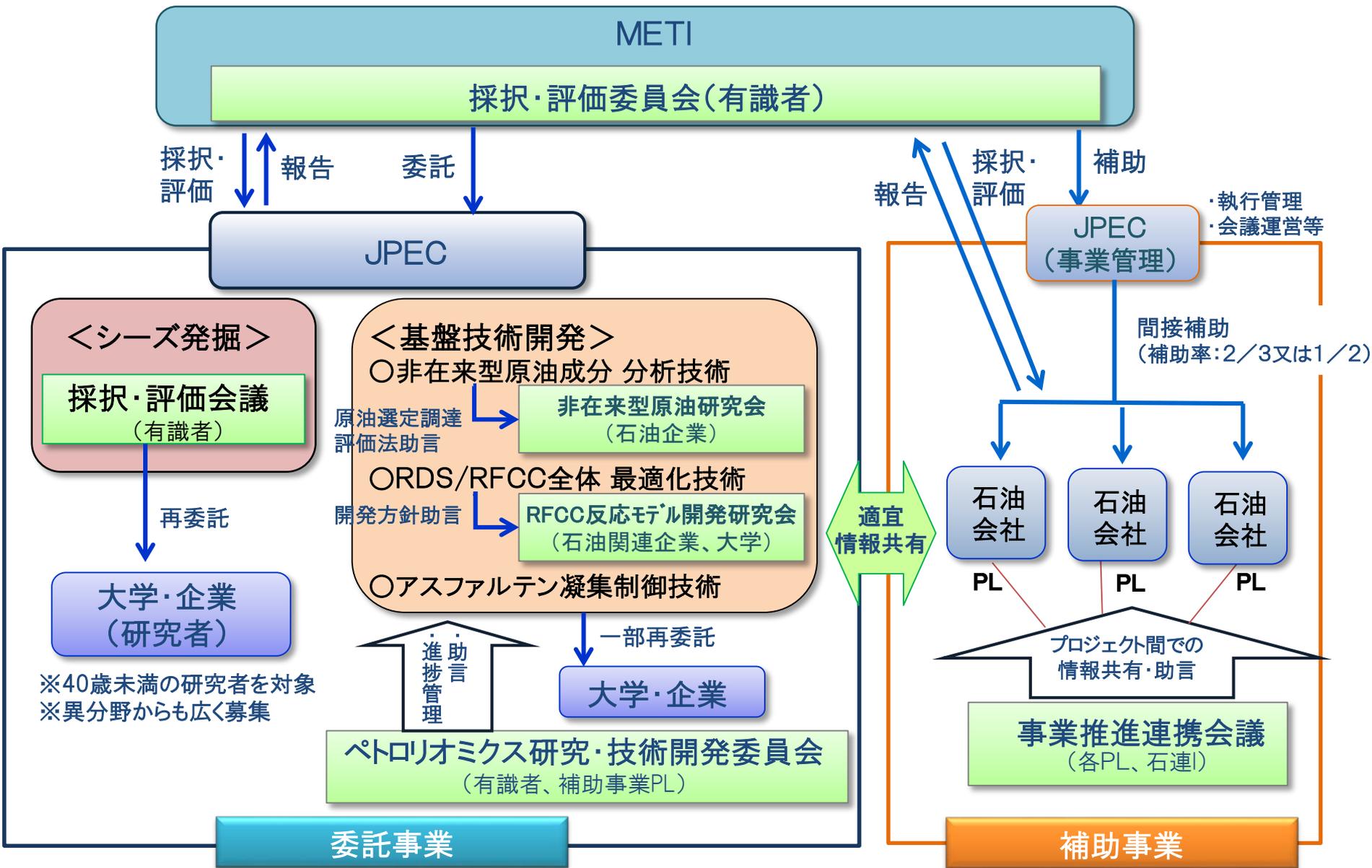
- 製油所における実証
→プラントにおける実証試験を通し、製油所で活用できる簡易評価、解析システムを開発

- 他分野への展開
→原油採掘・輸送・備蓄分野や石油化学分野のテーマへ適用、実証

製油所への実装

多用途展開

6. 研究開発の実施・マネジメント体制等



7. 費用対効果

- ✓ 本事業は、委託費として平成28年度から平成30年度までの3年間で14.6億円を投入する見込みである。
- ✓ 本事業では石油製品を効率的に生産するための基盤的な技術開発を行うことで、調達原油の多角化を図るとともに、我が国の石油精製業の国際競争力を強化し、石油製品の生産基盤を国内に維持することにより、石油の安定的かつ安価な供給の確保に寄与する。
- ✓ 本事業で開発したペトロリオミクス技術が原油の調達から国内製油所の重質油処理に展開された場合、処理原油の重質化が進み、調達原油のAPI比重は1程度下がると試算され、380億円/年程度の効果が期待される。

以上

「高効率な石油精製技術に係る研究開発 支援事業費補助金」 研究開発プロジェクトの概要

平成30年12月13日

資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油精製備蓄課
一般財団法人石油エネルギー技術センター

目次

1. 事業の概要
2. 事業アウトカム
3. 事業アウトプット
4. 当省(国)が実施することの必要性
5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ
6. 研究開発の実施・マネジメント体制等
7. 費用対効果
8. 事前評価結果

1. 事業の概要

概 要	国内石油需要の減少, アジア新興国における大型・輸出製油所の台頭による国際競争の激化等, 我が国石油精製業を取り巻く環境は厳しくなっている。こうした中, 我が国のエネルギー安定供給に貢献し, 製油所の国際競争力を強化することを目的として, 「石油のノーブルユース」・「稼働信頼性の向上」に資する技術開発に対して支援を行う。
実施期間	平成28年度～平成32年度(5年間)
実施形態	国からの直執行(石油エネルギー技術センターへの補助事業)
予算総額	16.56億円 (平成28年度:6.76億円 平成29年度:5.70億円 平成30年度:5.00億円)
実施者 (平成30年度事業時点)	事業管理:一般財団法人石油エネルギー技術センター 事業実施:出光興産株式会社, JXTGエネルギー株式会社

【参考】高効率な石油精製技術に係る研究開発支援事業費補助金

	石油のノーブルユース	稼働信頼性向上
実用化 技術開発 補助率： 2/3	<div style="border: 2px solid red; padding: 5px;"> テーマ3：ブタンの脱水素によるブタジエン製造 技術の開発 JXTGIエネルギー【1301】 </div> <div style="border: 2px solid blue; padding: 5px; margin-top: 10px;"> テーマ4 先進的膜分離による 高付加価値品回収技術開発 JXTGIエネルギー【1302】 </div>	
実証 技術開発 補助率： 1/2	<div style="border: 2px solid blue; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> テーマ1：RDS/RFCC全体最適処理技術開発 出光興産【1303】 </div> <div style="border: 2px solid blue; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> テーマ5：非在来型原油および残渣油の 2次装置反応性解析 JXTGIエネルギー【1305】 </div> <div style="border: 2px solid blue; padding: 5px;"> テーマ6：重質残渣油のRFCC原料化の ためのRDS触媒システム開発 JXTGIエネルギー【1306】 </div>	<div style="border: 2px solid red; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> テーマ2：劣質原油処理における腐食機構の解 明と対策 出光興産【1304】 </div> <div style="border: 2px solid red; padding: 5px;"> テーマ7：重質油処理における機器閉塞機構 解明及び対策技術開発 テーマ7 JXTGIエネルギー【1307】 </div>

委託事業との連携テーマ（ペトロリオミクス関連）

H32年度まで継続するテーマ

H30年度で終了するテーマ

2. 事業アウトカム

事業アウトカム指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)
①高付加価値品(ブタジエン)の収率 ②適用可能な非在来型原油油種数 ③劣質原油の処理比率	(中間評価時目標) ①20%(H30) ②3種(H30) ③10%増加(H30)	①20%(H30年度末見込み) ②3種(H30年度末見込み) ③10%増加(H30年度末見込み)
	(事業終了時目標) ①20%(H30) ②10種(H32) ③10%増加(H30)	①20%(H30年度末見込み) ②— ③10%増加(H30年度末見込み)

※ ①、③の事業については、研究期間が3年間であるため、中間評価時目標と事業終了時目標が同一。

3. 事業アウトプット

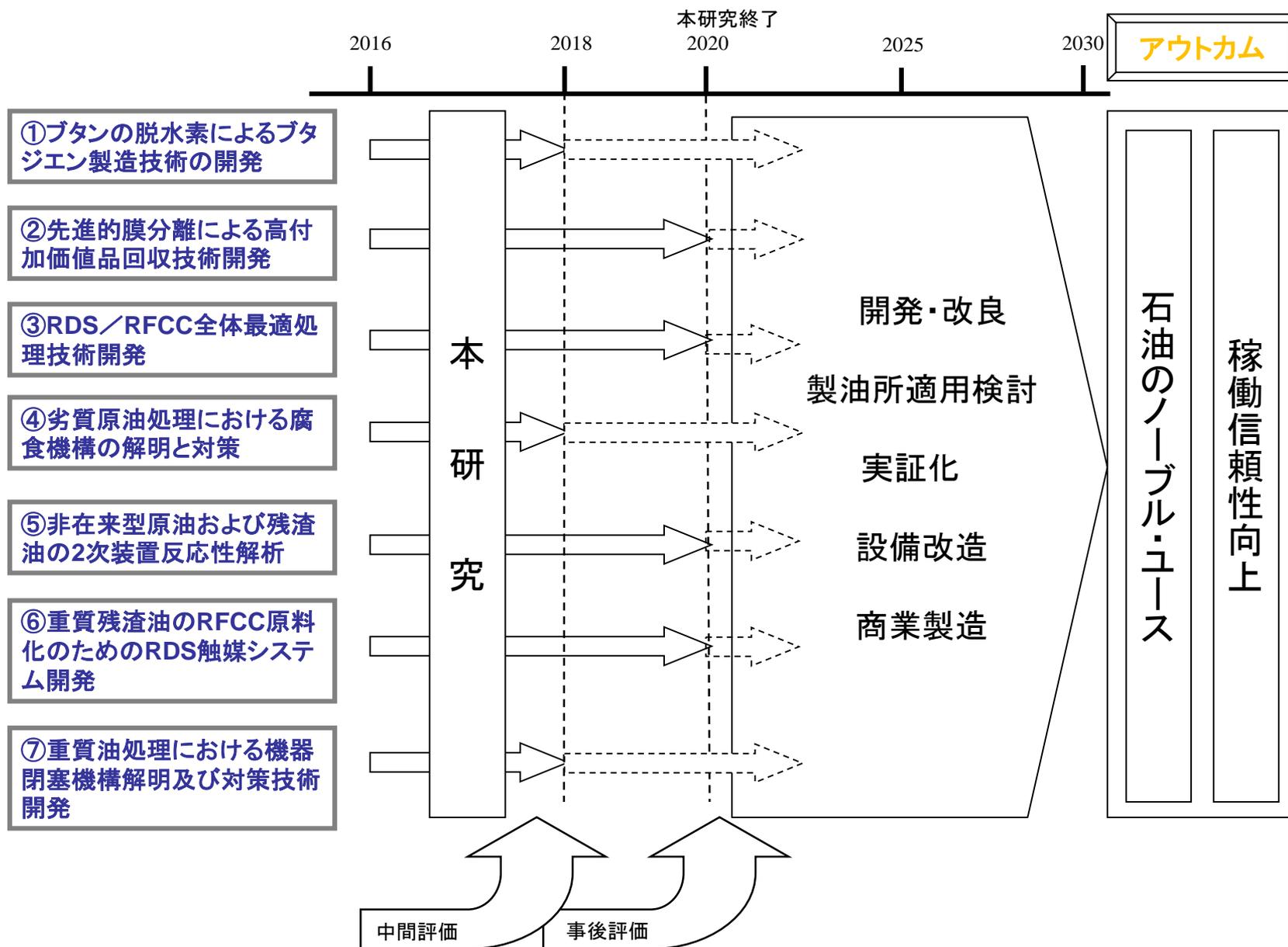
事業アウトプット指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)
事業件数	(事業開始時) 7件(H28)	7件
	(中間評価時) 7件(H30)	7件
	(事業終了時) 4件(H32)	—

4. 当省(国)が実施することの必要性

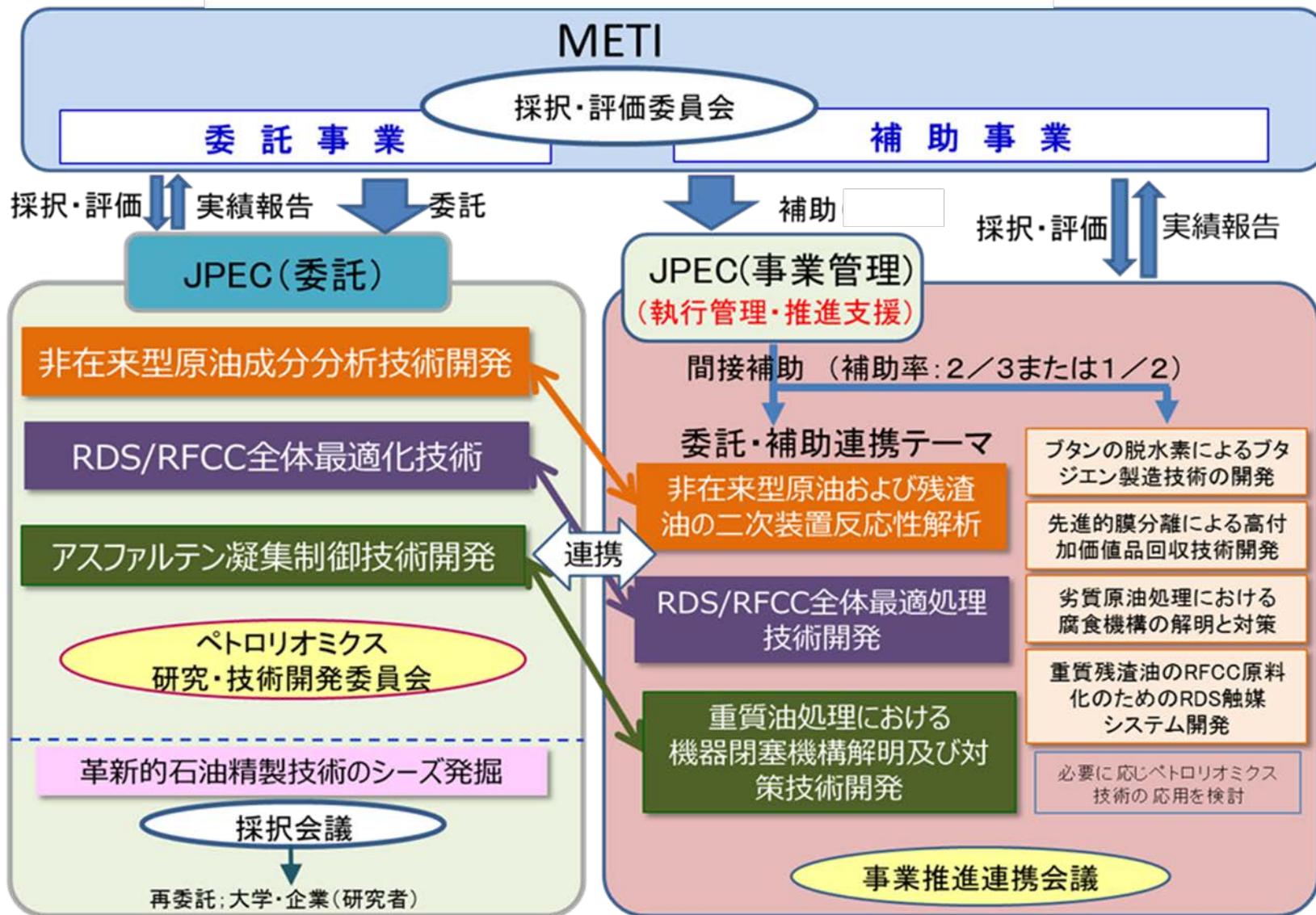
本事業では、製油所の生産性を高める上で有効な取組である石油のノーブル・ユース(コストの安い原油等から高付加価値の製品を生産すること)、稼働信頼性の向上(精製設備の稼働を長期間安定させること)を実現するため、化学製品を効率的に生産する技術や、低廉な重質原油を用いて石油製品を効率的かつ安定的に生産する技術のうち、大きな効果が見込めるものの技術的な難易度が高い技術の開発を行う。本事業を通じて確立される新たな生産手法が国内の各製油所に横展開されることにより、原油の有効利用や調達原油の多角化(中東依存度の低減)が可能となり、石油の安定供給が図られる。

本事業は、原油の有効利用や調達原油の多角化につながるため、石油の安定供給の観点から、国として推進することが望ましい。本事業で開発する技術は、国内石油精製業の技術基盤の底上げを図るものであるが、開発の技術的難易度が高いために投資回収リスクが高く、また、原油の多角化、重質油分解能力の向上は、民間企業にとっては、原油市場の動向次第(軽質油が安価な場合など)では、経済性を確保出来ないため、自発的な投資が進みにくい。このため、国の助成措置により企業の取組を促す必要がある。

5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ



6. 研究開発の実施・マネジメント体制等



7. 費用対効果

テーマ名	予算概算額 (億円)	試算効果 ^{*2} (億円/年)
ブタンの脱水素による ブタジエン製造技術の開発	2 ^{*1}	数10
先進的膜分離による 高付加価値品回収技術開発	4	20~40
RDS/RFCC全体最適処理技術開発	3	15
劣質原油処理における腐食機構の解明と対策	<1 ^{*1}	20
非在来型原油および残渣油の 2次装置反応性解析	6	320
重質残渣油のRFCC原料化のための RDS触媒システム開発	3	80
重質油処理における機器閉塞機構解明 及び対策技術開発	3 ^{*1}	50

*1:3カ年の予算額(その他は,5カ年の予算見込み額)

*2:各社試算結果を引用した概数

「高効率な石油精製技術に係る研究開発 支援事業費補助金」

研究開発プロジェクトの概要

テーマ名「RDS／RFCC全体最適処理技術開発」

(テーマ1)

平成30年12月13日

出光興産株式会社

目次

1. 事業の概要
2. 事業アウトカム
3. 事業アウトプット
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等
6. 費用対効果

1. 事業の概要

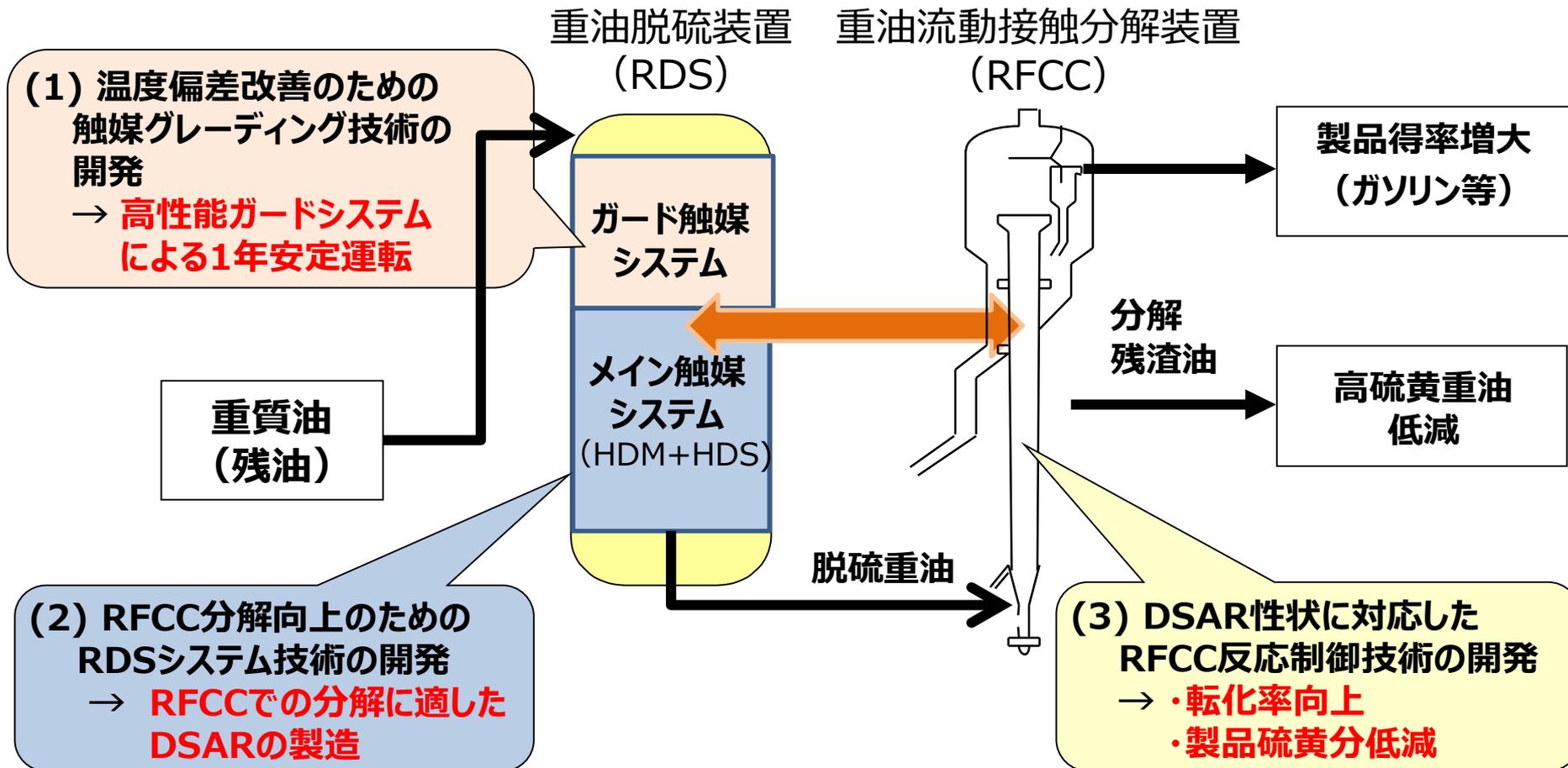
概 要	国内石油需要の減少, アジア新興国における大型・輸出製油所の台頭による国際競争の激化等, 我が国石油精製業を取り巻く環境は厳しくなっている。こうした中, 我が国のエネルギー安定供給に貢献し, 製油所の国際競争力を強化することを目的として, 「石油のノーブルユース」・「稼働信頼性の向上」に資する技術開発に対して支援を行う。
実施期間	平成28年度～平成32年度(5年間)
実施形態	国からの間接執行(出光興産株式会社への補助事業)
予算総額	2.45億円 (平成28年度:0.70億円 平成29年度:0.64億円 平成30年度:1.11億円)
実施者	出光興産株式会社
プロジェクトリーダー	出光興産株式会社 生産技術センター 上席主任部員 田中 隆三

2. 事業アウトカム

事業アウトカム指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
<p>①重油直接脱硫(RDS)装置にて、更なる重質処理運転促進を狙い、RDS装置前段部(ガード)での偏流を大きく低減する</p> <p>②重油直接脱硫(RDS)装置と重油流動接触分解(RFCC)装置の組合せにおいて、常圧残油(AR)を原料にした際のRFCCによるガソリンや軽油留分等、高付加価値燃料油への転換効率を向上する</p>	(事業開始時) 終了時評価のベース		
	<p>(中間評価時)</p> <p>①、②共に終了時評価時のアウトカム指標達成に向けて、H29年度分までの技術開発目標を100%達成する。</p>	計画通り目標を達成。 (H30年度見込み)	
	<p>(事業終了時)</p> <p>①ガード触媒層の水平温度差(ΔT)を20℃以下で1年間維持する。</p> <p>②RFCCでの転化率を液収率で0.3vol%以上向上する。</p>		
	(事業目的達成時)		

背景・目的

RDS/RFCC装置の最大活用・最大効率運転により 石油の更なるノーブルユースを実現する



(1) 温度偏差改善のための触媒グレーディング技術の開発

運転シバリティー増

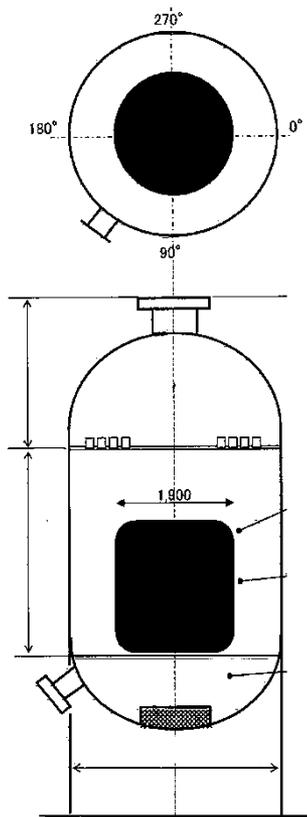
↓
RDS反応塔内で固化



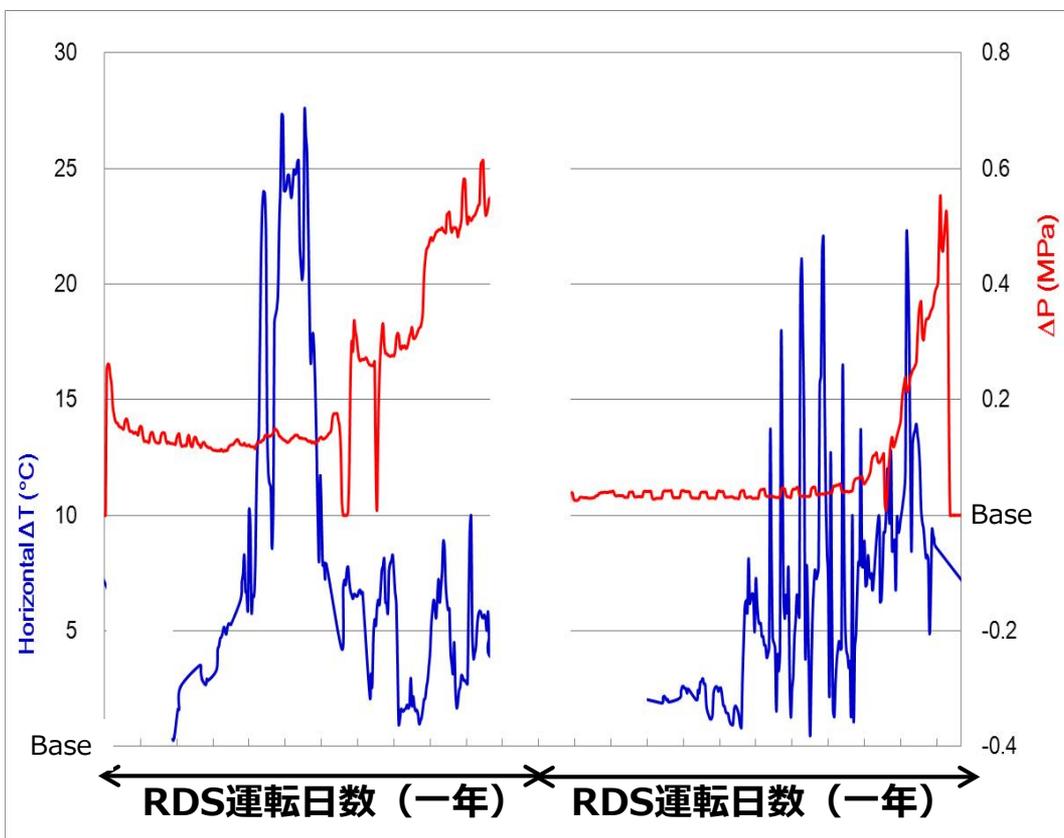
反応効率低下→**処理量低下**

ΔP増大 →**運転停止**

運転に伴う**水平ΔT**と**ΔP**の変化から、水平ΔT上昇が固化偏流発生を目安であり、一定値以下に抑えれば回避できる

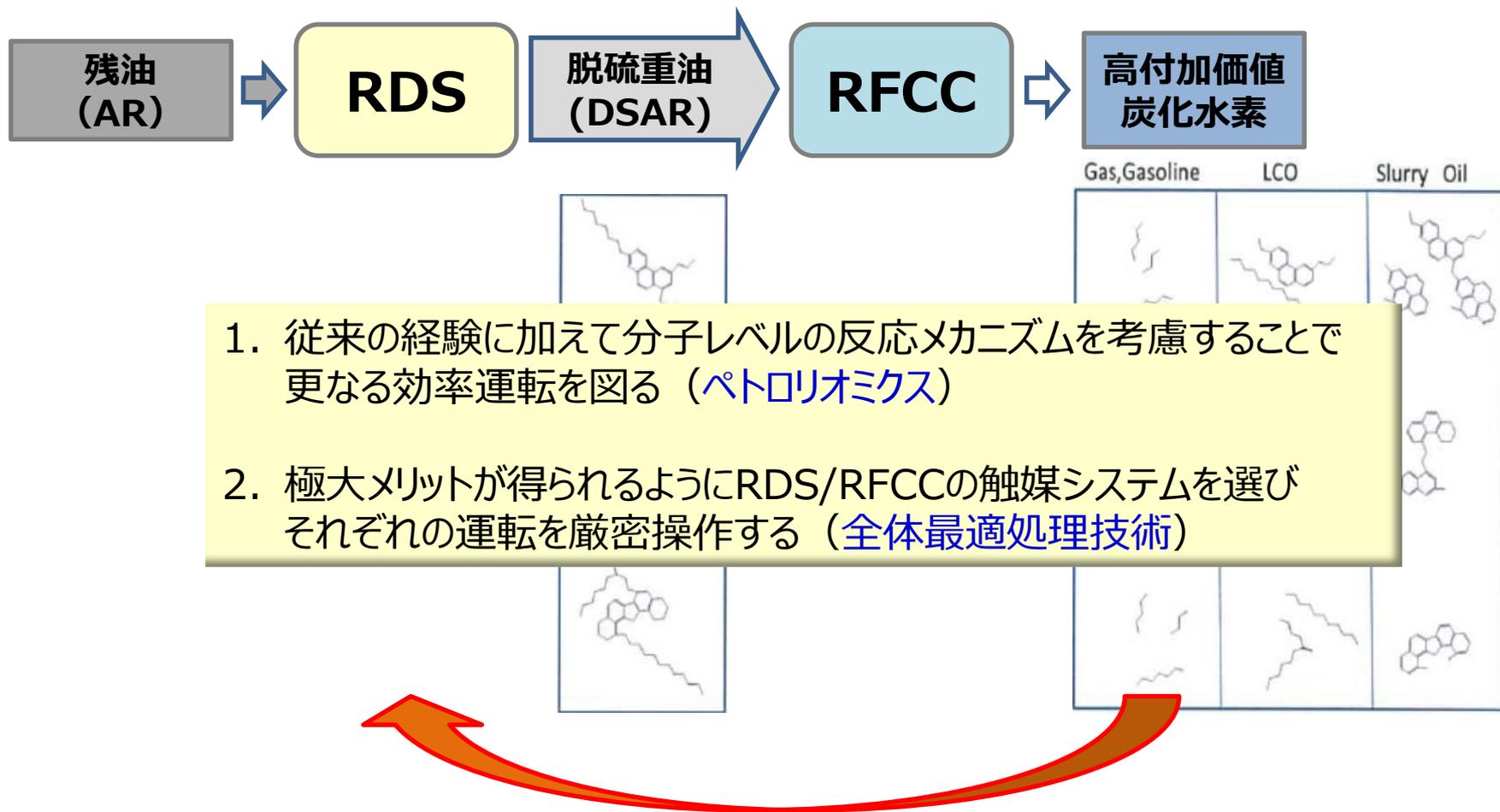


ガードリアクター内
固化発生部位

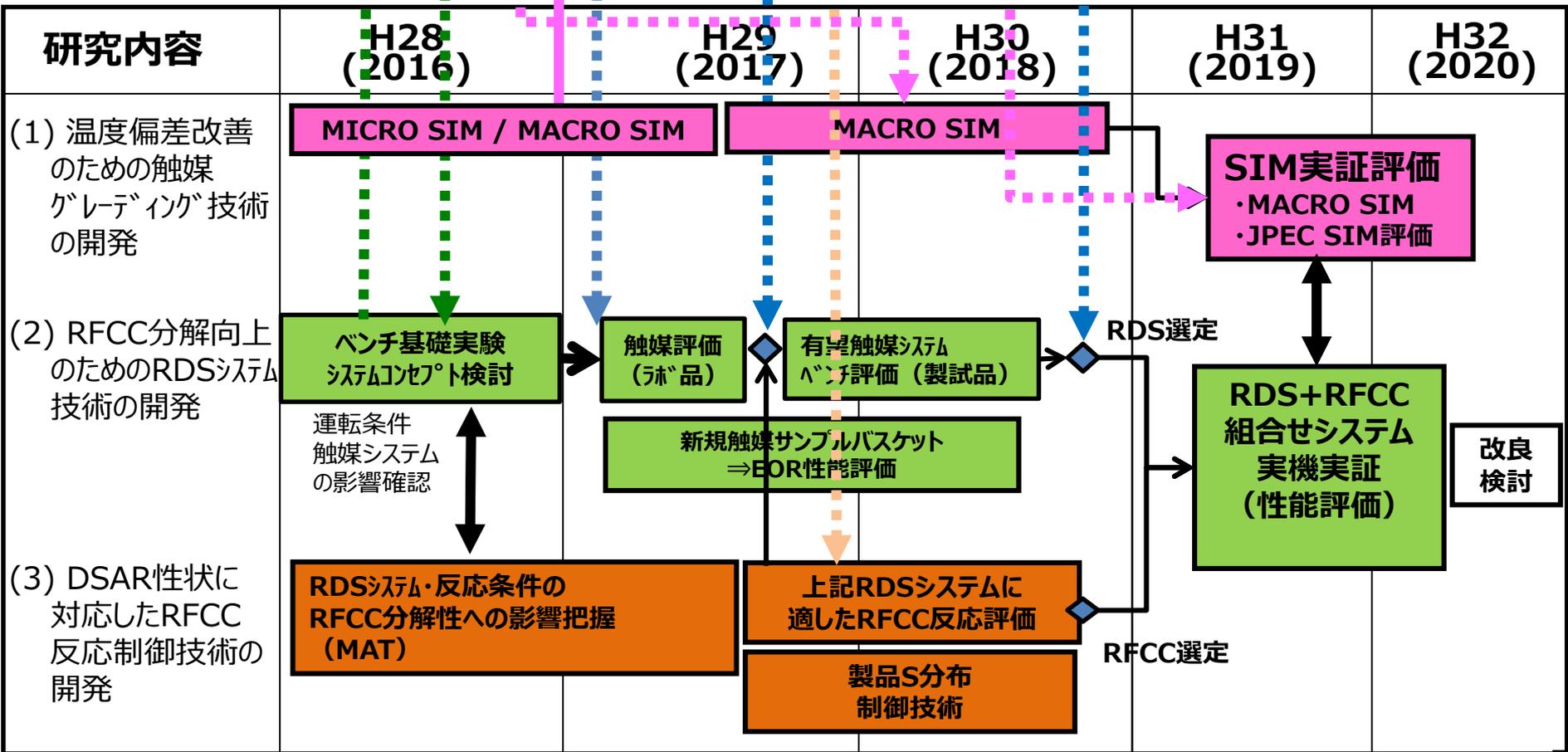
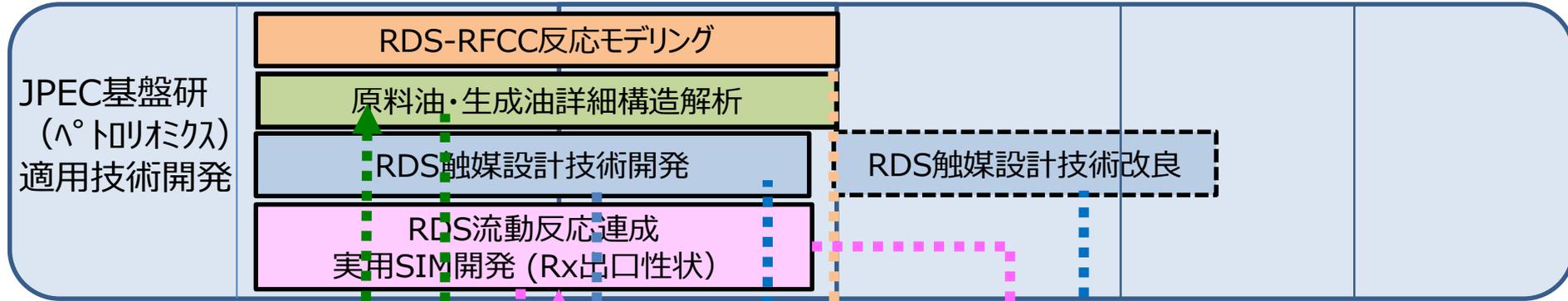


(2) RFCC分解向上のためのRDSシステム技術の開発

(3) 最適DSAR性状に対応したRFCC反応制御技術の開発



開発計画



3. 事業アウトプット

事業アウトプット指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
①RDS流動反応シミュレーション(SIM)技術活用に基づく反応温度偏差改善のための触媒グレーディング技術 ②RFCC分解向上のためのRDS触媒システム技術 ③最適DSAR性状に対応したRFCC反応制御技術	(事業開始時)		
	(中間評価時) ①必要なシミュレーション技術(マクロSIM、マイクロSIM)を開発する。 ②新たなコンセプトに基づくRDS触媒システムを構築する。 ③DSAR性情に対応したRFCC触媒・添加剤のコンセプトを考案する。	①、②、③、いずれも100%達成 (H30年度見込み)	
	(事業終了時) ①開発SIMに基づく触媒グレーディング技術を構築し、その有用性を実機で実証する。 ②新規RDS触媒システムを構築し、その優位性を実機で実証する。 ③DSAR性状に適合した触媒・添加剤システムを選定し、その有効性を実機で実証する。		
	(事業目的達成時)		

個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

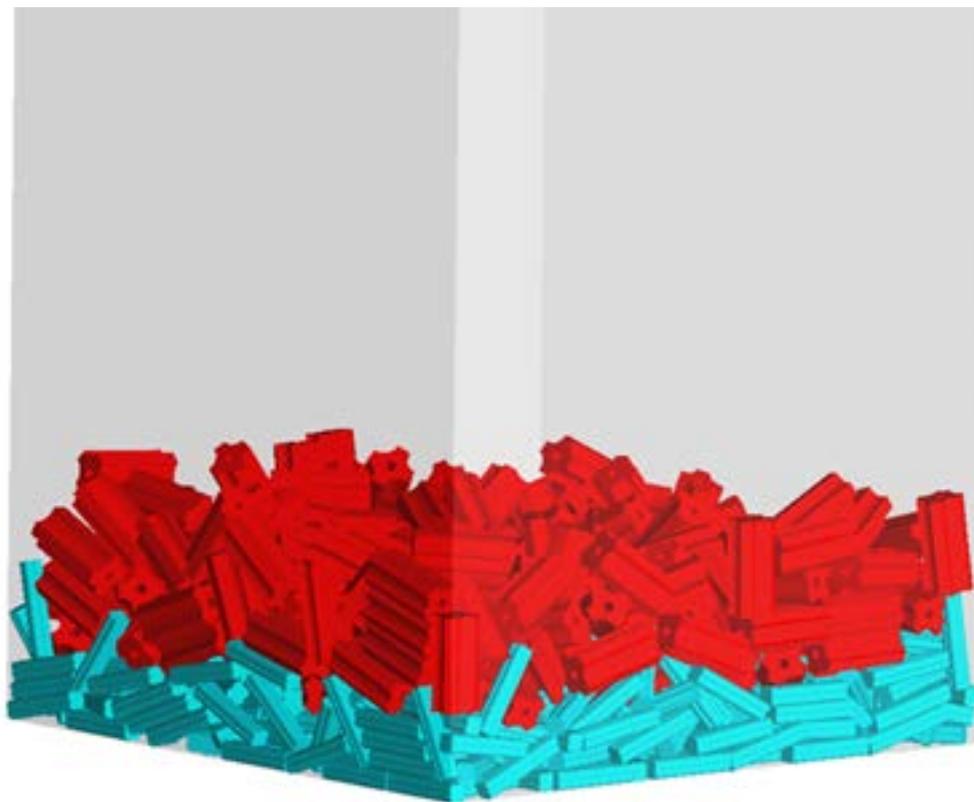
個別要素技術	アウトプット指標・目標値	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
<p>①RDS流動反応シミュレーション(SIM)技術活用に基づく反応温度偏差改善のための触媒グレーディング技術</p> <p>②RFCC分解向上のためのRDS触媒システム技術</p> <p>③最適DSAR性状に対応したRFCC反応制御技術</p>	<p>①H29年度までに、実際の触媒形状を考慮した触媒グレーディング評価技術(マイクロSIM)の開発に着手し、それを適用レベルで開発する。また、偏流時の流動状態予測技術(マクロSIM)の開発に着手する。H30年度は、マイクロSIM・マクロSIMを実機適用レベルで活用し、新規ガードシステムを提案する。</p> <p>②H29年度までに、ベンチ運転条件探索等により触媒システム+運転条件の影響を把握し、RFCC分解向上に資するRDS触媒システムを探索し、有望システムを見出す。H30年度は、実機に適用できるレベルで新規RDS触媒システムの採用可否を判断する。</p> <p>③H29年度までに、特性の異なるDSARを用いてRFCC分解性への影響を把握する。また、各種DSARのペトロリオミクス技術による詳細組成とRFCC分解反応性の相関性を把握する。H30年度は、最適DSARに適合した有望RFCC触媒を選定する。</p>	<p>①100%達成 (H30年度見込み)</p> <p>②100%達成 (H30年度見込み)</p> <p>③100%達成 (H30年度見込み)</p>	

進捗状況

触媒グレーディング技術の開発

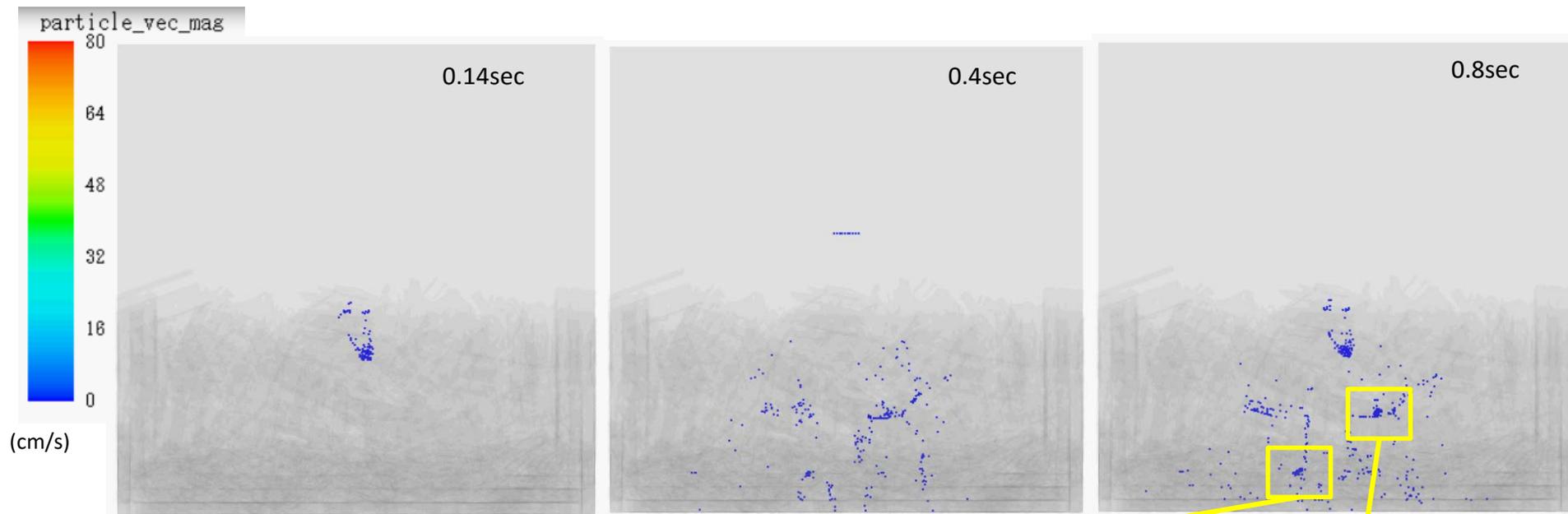
マイクロSIMモデルの構築

－積層界面の影響解析－

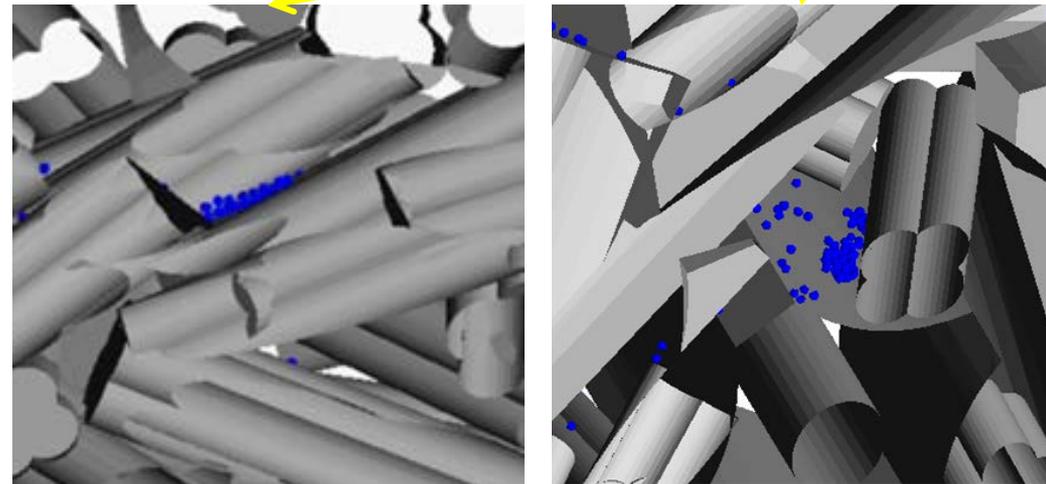


異なる形状・サイズの触媒を積層したモデルを開発し、
層界面の気液流動・微粒子滞留への影響も解析できるようにした

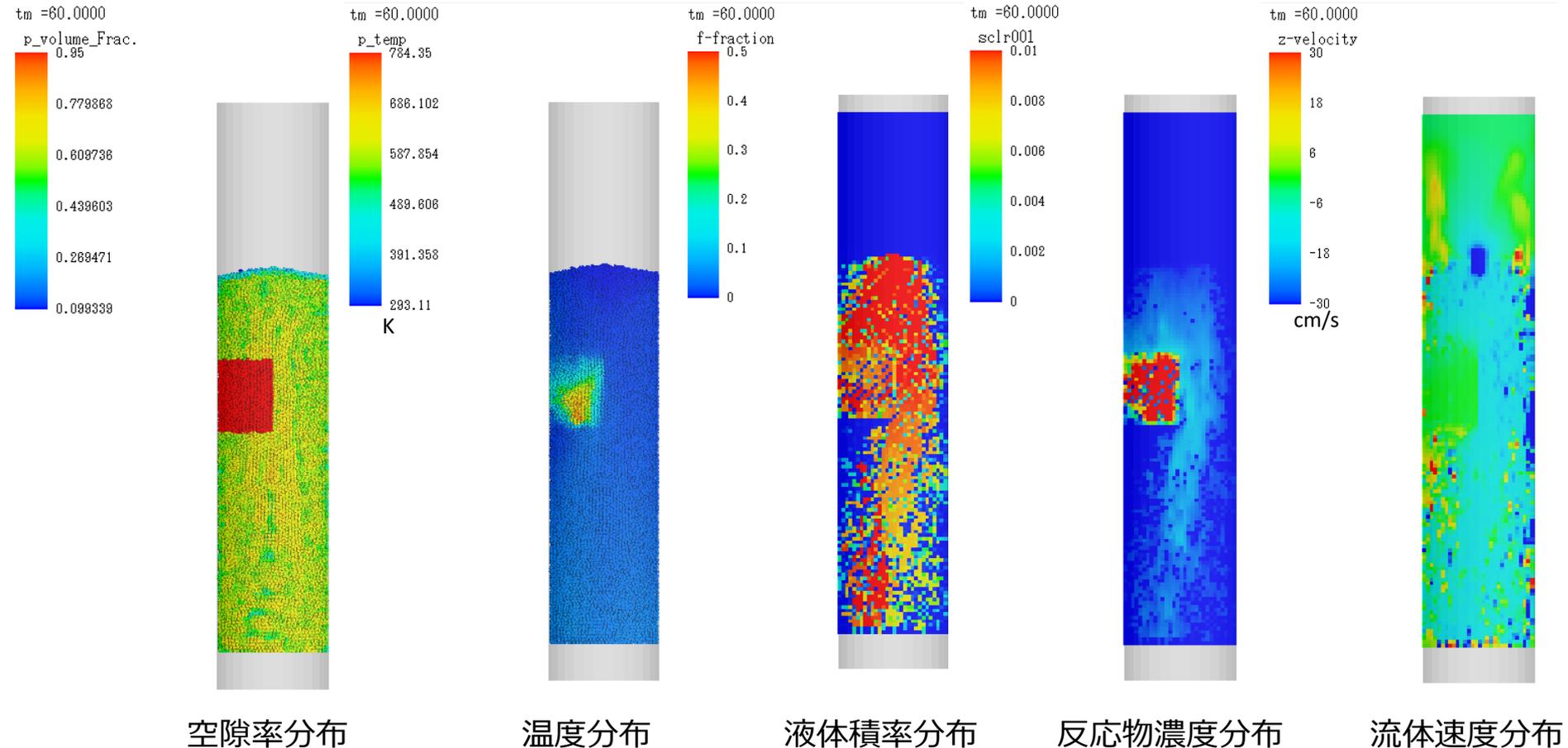
マイクロSIMモデルの構築



多層モデルに微粒子（ $250\mu\text{m}$ ）を含む液を流し、粒子の滞留場所を詳細に解析
→ 触媒3個が形成したデッド部分、大きい触媒に外面に小さい触媒が接した角等に滞留
(今後各種堆積パターンを解析)



マクロSIMモデルの構築

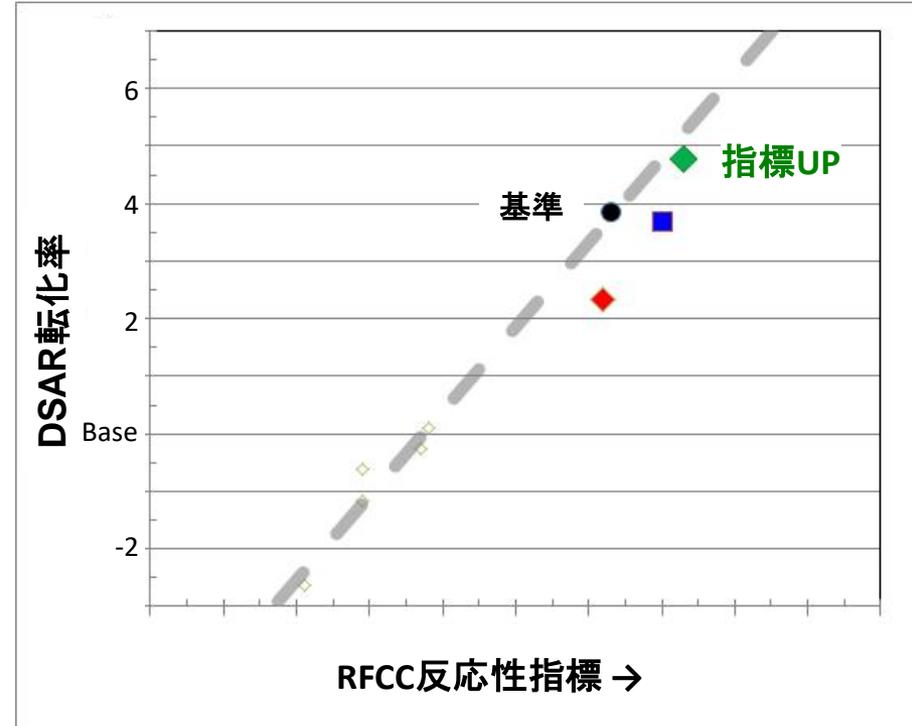
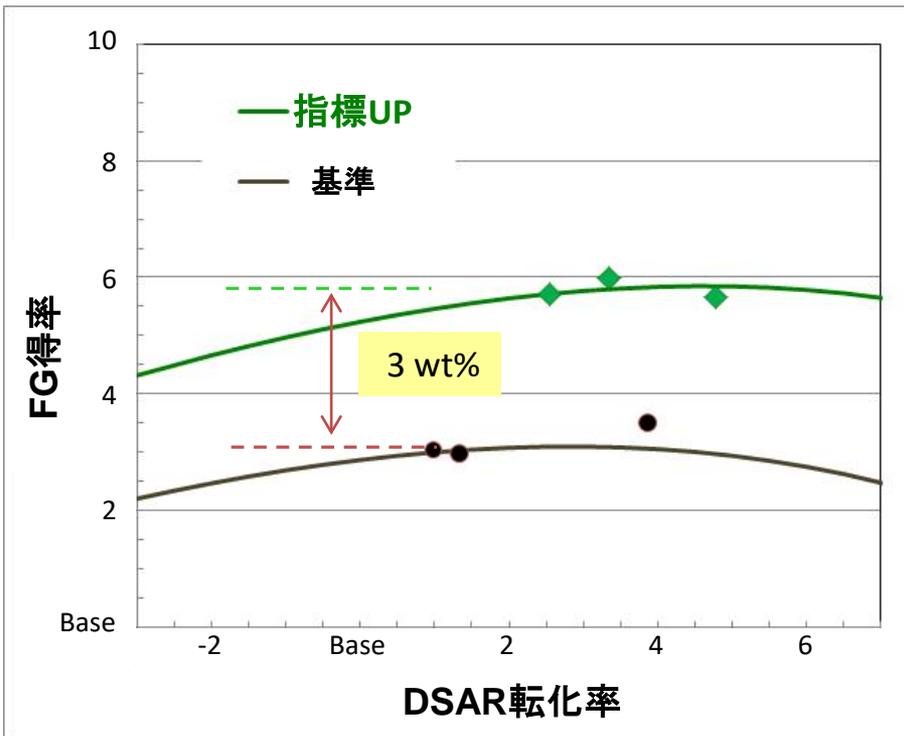


液と表面が接触することで反応熱を発生するモデルを組み込んだ
→ 固化部で温度が上がり、その下流部で温度が下がる傾向を再現
(固化・偏流・ホットスポット現象をシミュレーションできる目処)

RDSシステム技術の開発

反応実験の結果

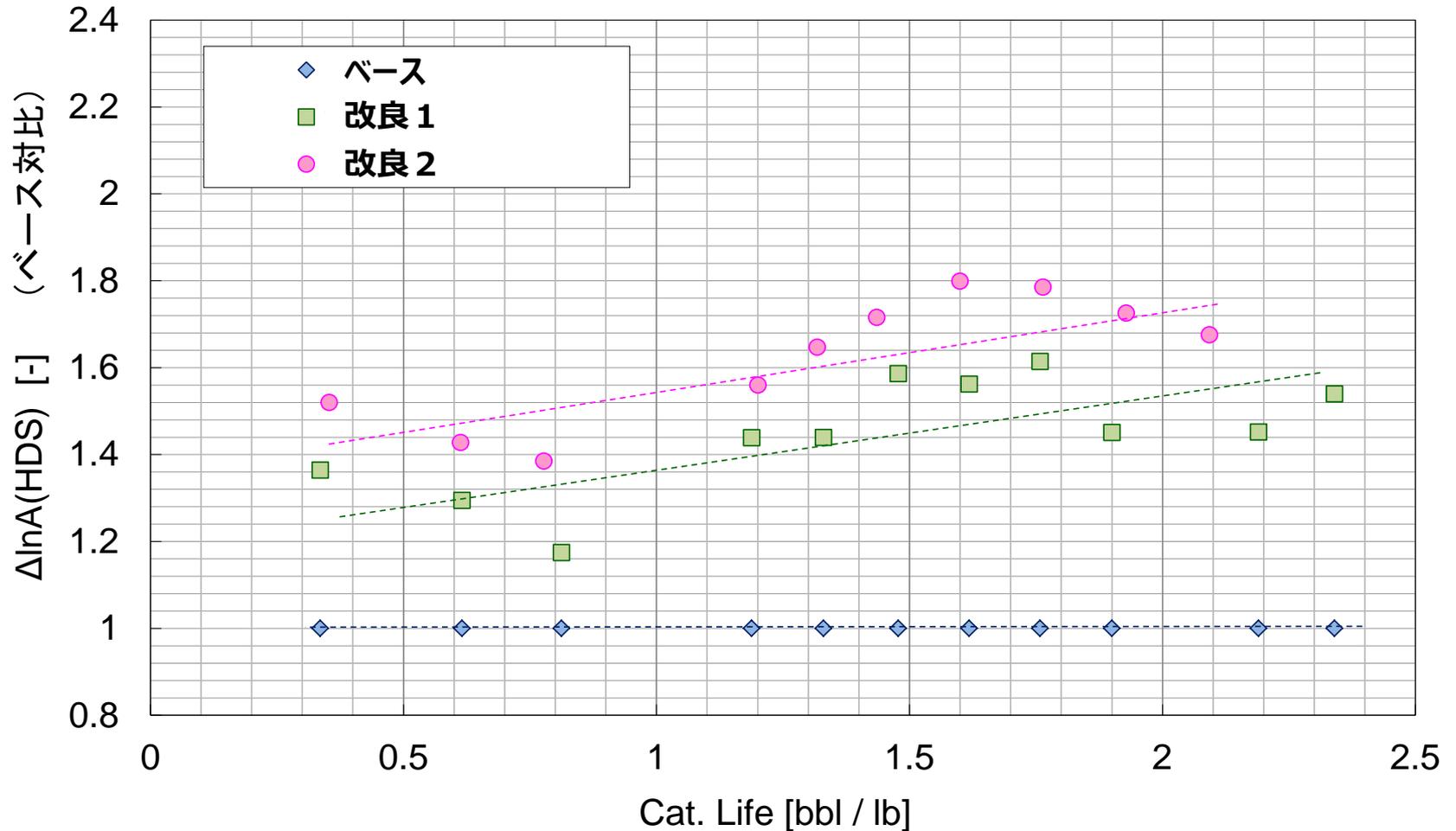
RDS運転条件によるRFCC反応性への影響把握 — 脱硫過酷度 —



RFCC収率指標 (FG得率)

- ・ FG得率の差は約3 wt%もあり、RFCC収率アップが期待できる。

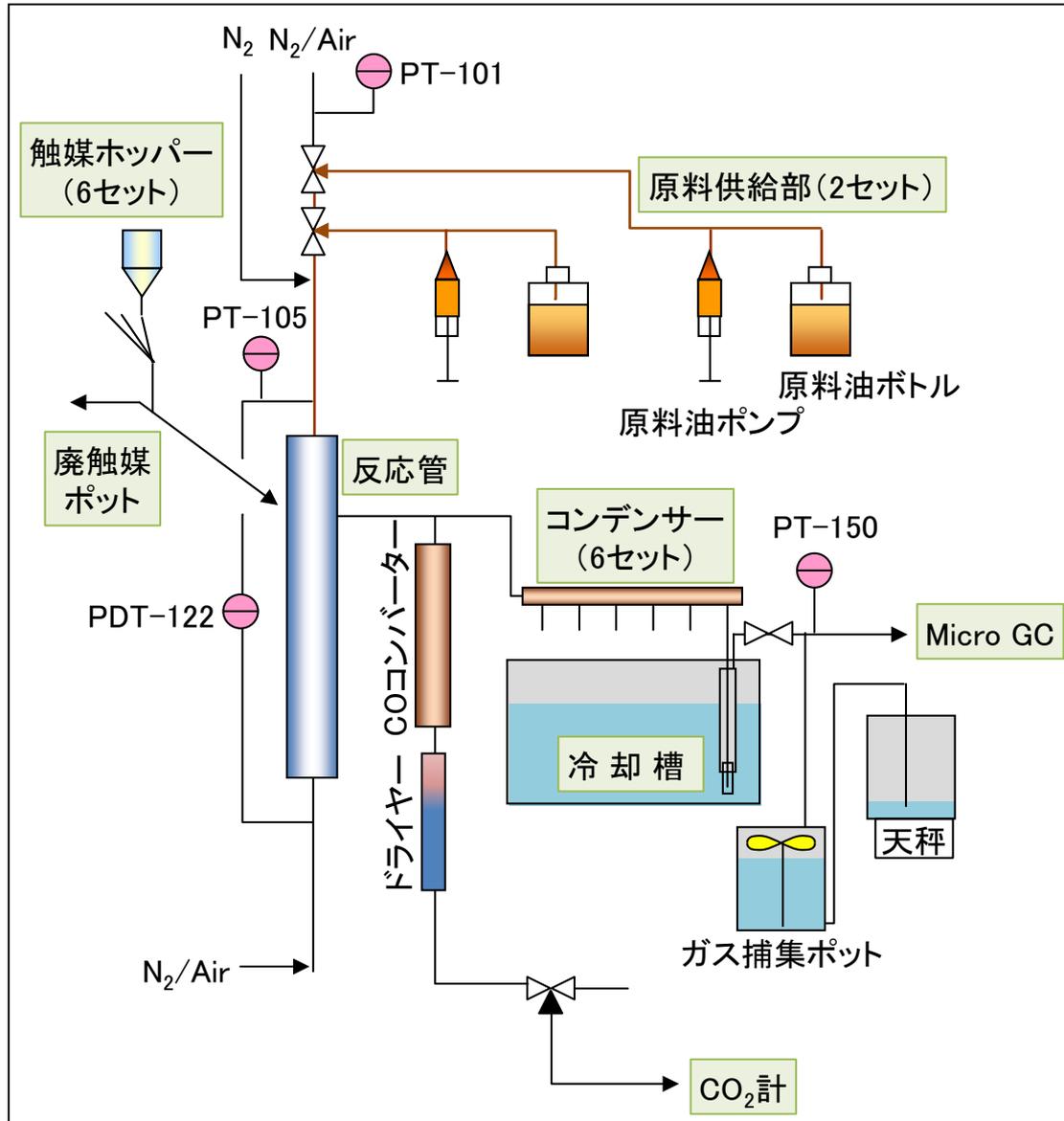
RDS触媒システムのスクリーニング



ベースと比べて改良1・改良2は、積算通油量に対する頻度因子が相対的に大きく、触媒活性が高いレベルで維持されている
→ 深脱と活性安定化（活性劣化抑制）を両立

RFCC反応制御技術の開発

DSARの分解反応性評価



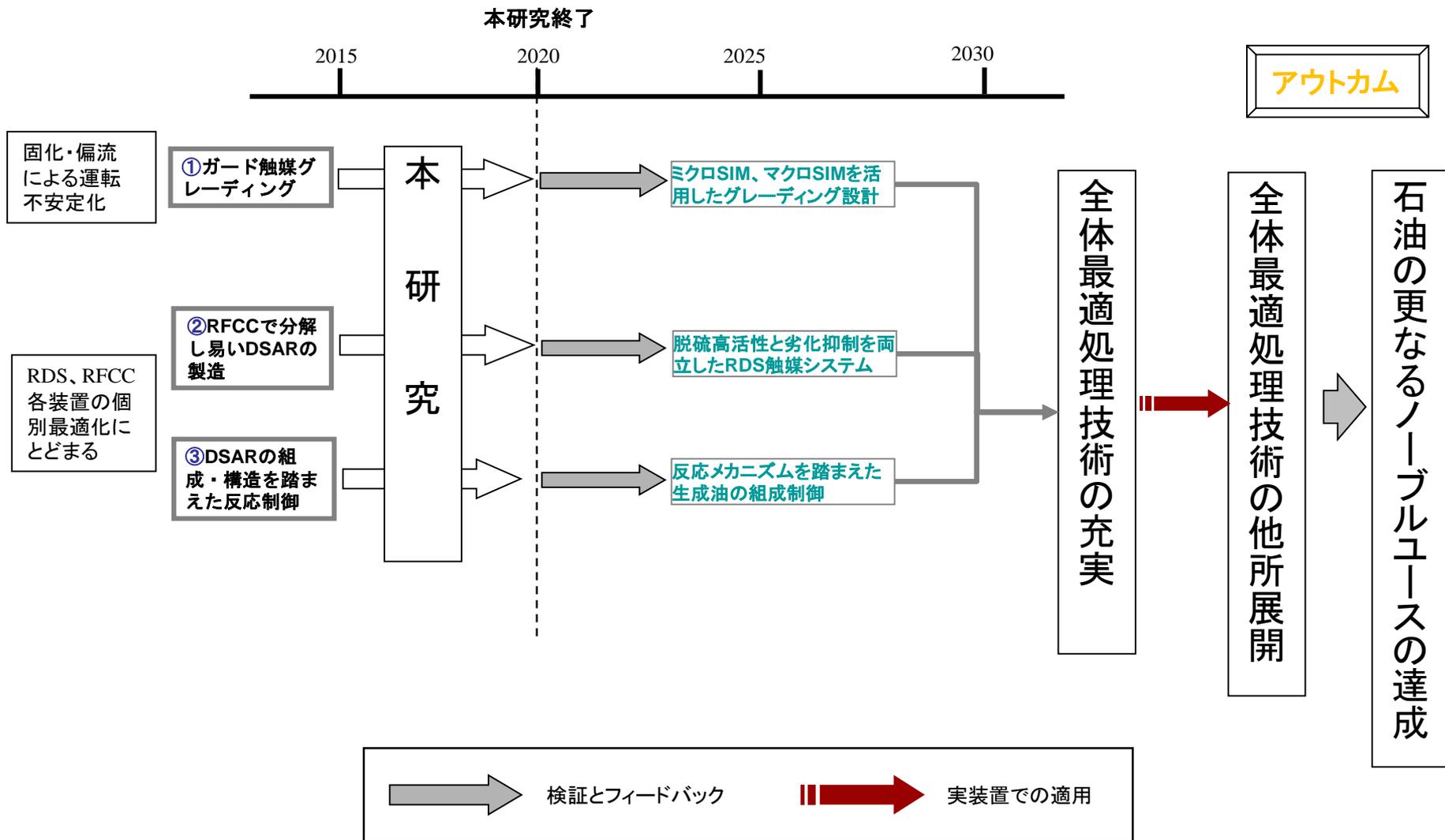
DSAR反応性評価装置を導入 (ACE-MAT Model C)

- 流動床のため固定床MATよりも実装置に近い
- 触媒の部分再生も可能
- 2系統の原料油を同時に供給できる

→ JPEC基盤研で詳細組成構造解析した6種類DSARについてMAT実験を行い、反応性の差異を把握した

現在、組成・構造と反応性の相関を解析中

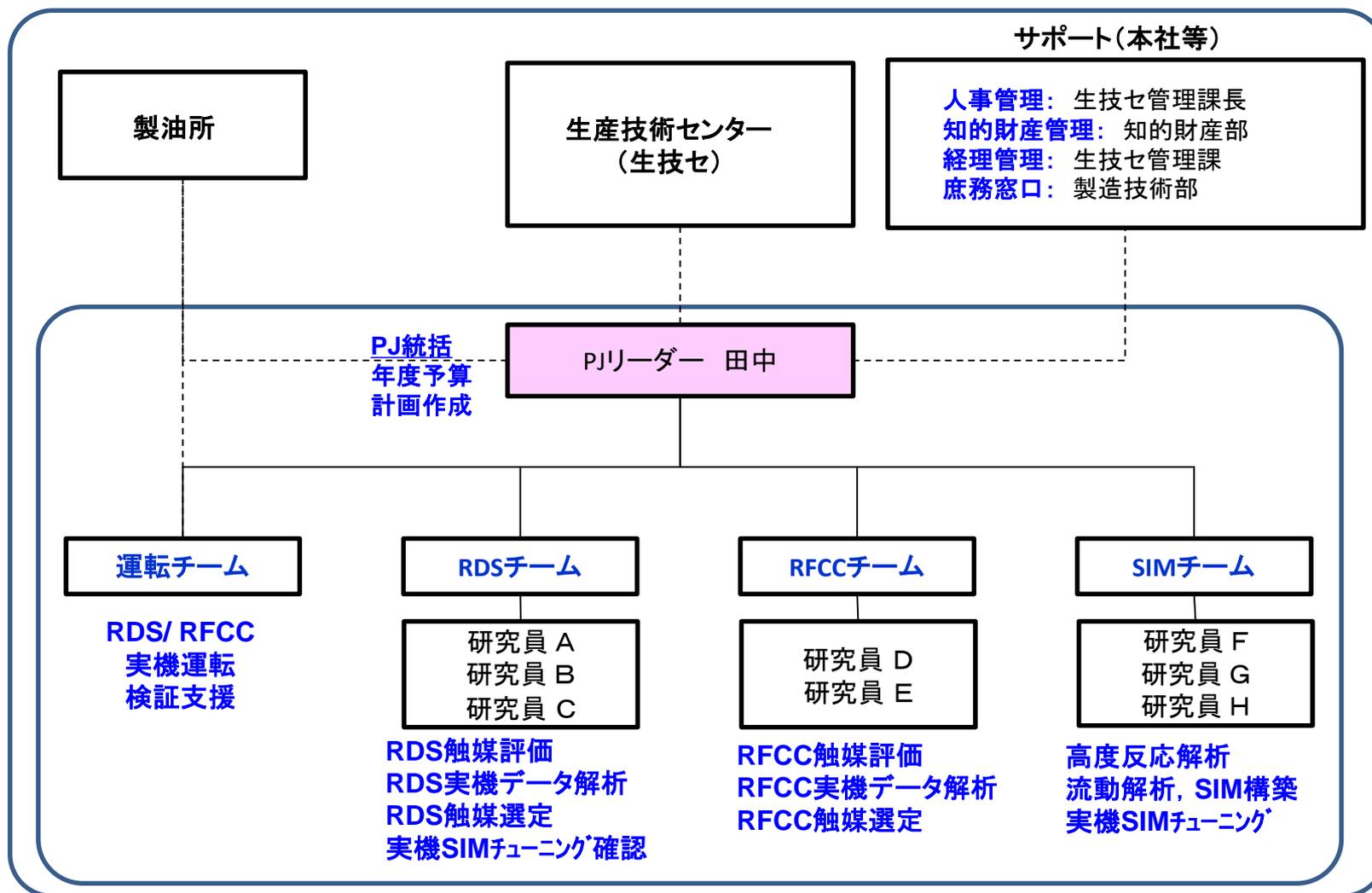
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ



5. 研究開発の実施・マネジメント体制等

(1) 研究実施体制

本研究は、以下の体制にて遂行する。



(2) 研究支援体制

- ① 当該プロジェクトは以下のライン管理下にて活動を実施し、出光興産・生産技術センターのマネジメントにてコンプライアンスを遵守する。

第一管理者： 生産技術センター長

第二管理者： 統括マネジャー

- ② さらに人事（勤務）、知的財産、経理ならびに庶務事項に関し、当該プロジェクトとは独立した別担当にて管理し、漏れやエラーを排除する。

- ・ 人事管理担当者
生産技術センター管理課課長
- ・ 知的財産管理担当者
知的財産部知的財産センター知財1グループ
- ・ 経理管理担当者
生産技術センター管理課経理担当者
- ・ 庶務窓口担当者
製造技術部総括課担当者

また、採択・評価員会、事業推進連携会議等を通じてPDCAサイクルを着実に回し、効果的効率的に研究を推進する。

6. 費用対効果

当該技術開発は、特殊な設備に頼らず、日本の既存製油所の多くが保有するRDS/RFCCを最大限に活用することを目的としているため、汎用性が高く横展開が期待できる。具体的には、下記の通り、日本全体で約15億円/年の効果が見込まれる。

RFCC得率 0.3vol%UPによる効果(原油種、処理量一定)

$$(\text{全日本}) 1,050 \text{ kBD (26)} \times 0.159 \times 0.003 = 500 \text{ kL/D}$$

$$500 \text{ kL/D} \times 9,000 \text{ ¥/kL}^{*1} \times 330 \text{ D} = \text{約15億円/年}$$

*1 VHHGOとDSARの値差：9,000 円/kL

一方、プロジェクトの実施費用は、5年間の予算総額で7.7億円であり、費用対効果は大きい。

以上

「高効率な石油精製技術に係る研究開発 支援事業費補助金」

研究開発プロジェクトの概要

テーマ名「劣質原油処理における腐食機構の解明と
対策」(テーマ2)

平成30年12月13日

出光興産株式会社

目次

1. 事業の概要
2. 事業アウトカム
3. 事業アウトプット
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等
6. 費用対効果

1. 事業の概要

概 要	国内石油需要の減少, アジア新興国における大型・輸出製油所の台頭による国際競争の激化等, 我が国石油精製業を取り巻く環境は厳しくなっている。こうした中, 我が国のエネルギー安定供給に貢献し, 製油所の国際競争力を強化することを目的として, 「石油のノーブルユース」・「稼働信頼性の向上」に資する技術開発に対して支援を行う。
実施期間	平成28年度～平成30年度(3年間)
実施形態	国からの間接執行(出光興産株式会社への補助事業)
予算総額	0.39億円 (平成28年度:0.17億円 平成29年度:0.12億円 平成30年度:0.10億円)
実施者	出光興産株式会社
プロジェクトリーダー	出光興産株式会社 生産技術センター 主任技師 鳥羽 和宏

2. 事業アウトカム

事業アウトカム指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
異なる腐食性を持つ原油の腐食性データベースを構築することにより、処理する前に腐食性を予測し、設備の信頼性を確保し、劣質原油の処理を確保する。	(事業開始時) —	—	—
	(中間評価時) —	—	—
	(事業終了時) 5油種	5油種	—
	(事業目的達成時)	5油種	—

3. 事業アウトプット

事業アウトプット指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
蒸留塔でのS分布を推定することで腐食箇所を予測し、腐食速度予測技術を確立する。	(事業開始時) H ₂ S発生量評価	油種とH ₂ S発生量差異を評価	—
	(中間評価時) H ₂ S腐食モデル検証	腐食とH ₂ S発生量関係評価(達成済み)	—
	(事業終了時) 腐食予測技術確立	H ₂ S発生挙動より腐食を予測可能とする(達成済み)	—
	(事業目的達成時) 腐食予測技術確立	H ₂ S発生挙動より腐食を予測可能とする	—

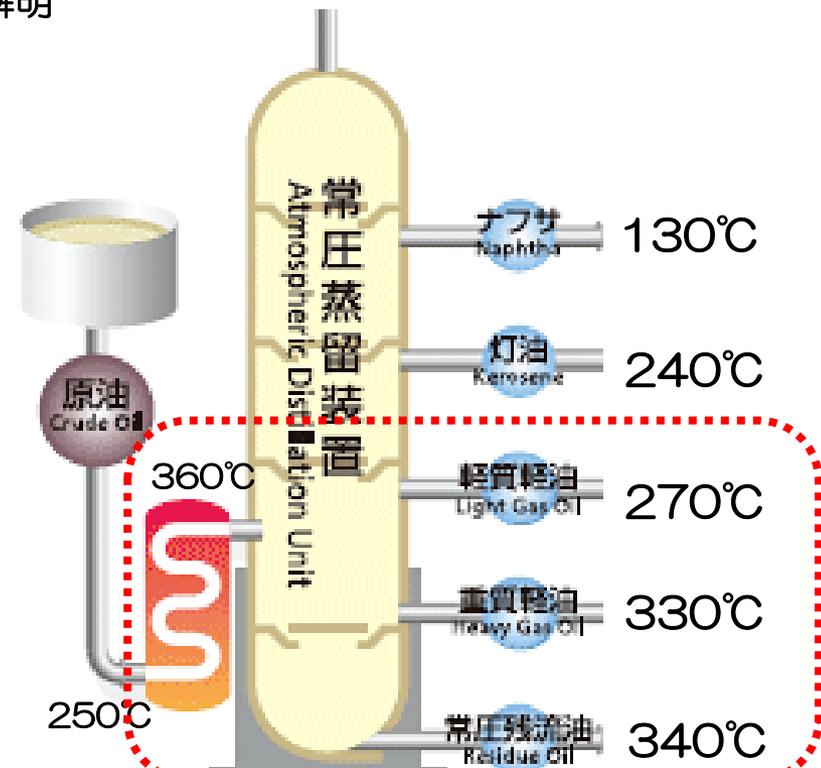
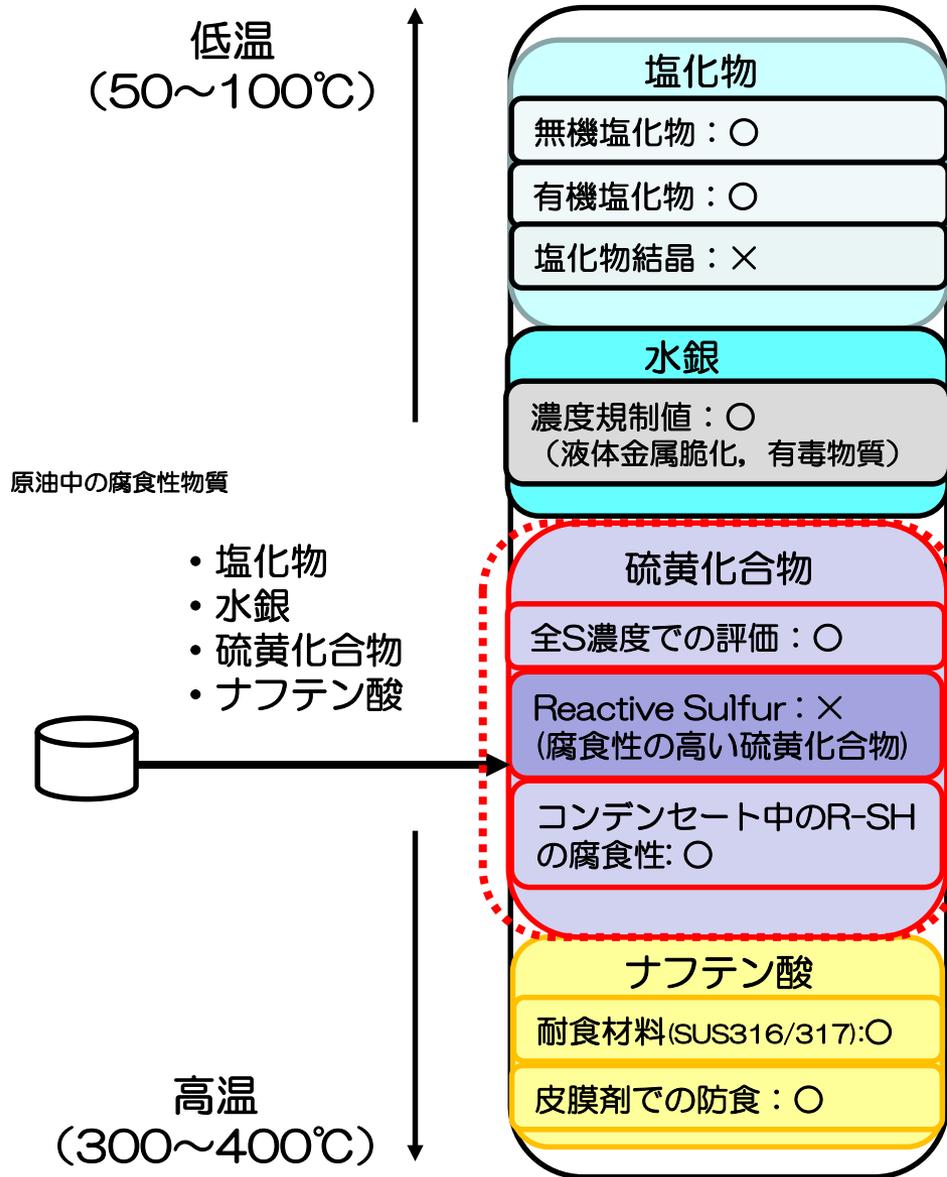
個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

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(未達成の場合)
腐食物質特定	H ₂ S腐食モデルの検証	腐食速度とH ₂ S発生量には相関関係が得られたことから、H ₂ S腐食モデルを検証済。	—
塔内S化合物濃度分布予測	塔内S分濃縮箇所の推定	蒸留塔内S濃縮箇所を評価する手法を確立した。	—
腐食速度予測	H ₂ S発生量からの腐食速度推定手法の確立	腐食速度に及ぼすH ₂ S発生速度の影響を明らかにし、Si因子という新たな概念を導入することによって腐食速度予測技術を確立した。	—
防食対策方法確立	検査箇所・周期最適化及び原油希釈による防食方法確立	各種原油の腐食データベースに盛り込むデータは予定通りほぼ得られた。今後はこれを整理し、データベース化する。	—

(1) 背景

劣質原油の腐食性物質と現状の技術・保全上対応方法

○：保全上対応方法あり ×：技術的未説明



高温硫化物腐食

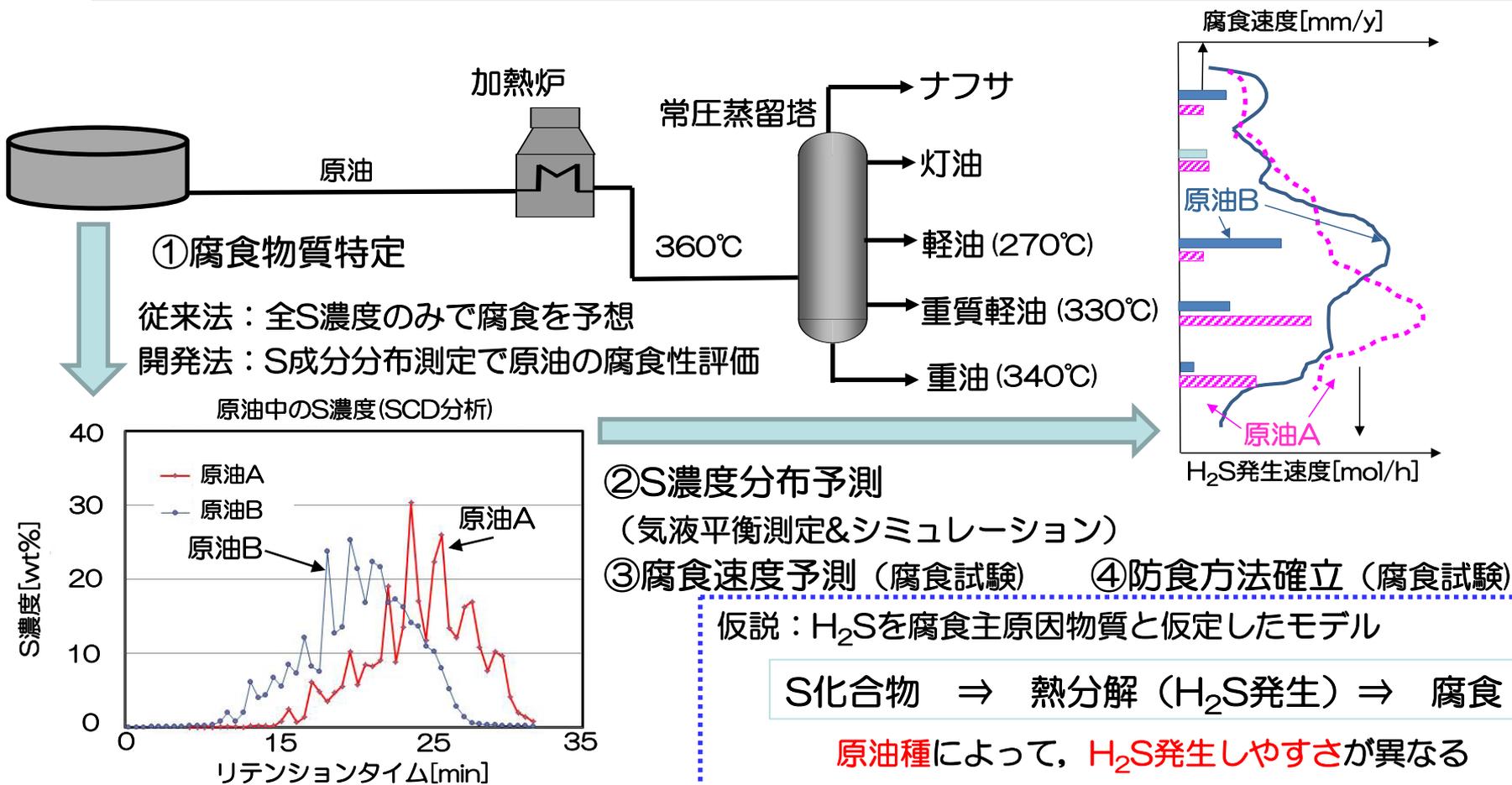
- ◆ S含有流体が260°C以上の高温で腐食
- ◆ 腐食漏洩により油は自然着火し大火災
- ◆ S濃度と温度で腐食速度を評価するが、原油によっては、S濃度での評価が実機と合わない場合があり管理が難しい

(2) 目的

- ◆ 高温硫化物腐食の腐食機構を解明し、原油種毎の腐食速度を把握する
- ◆ 防食方法を確立し稼働信頼性向上により劣質原油処理を可能とする



保安の確保と処理原油の多様化により、国際競争力の向上につなげる



(3) 開発計画

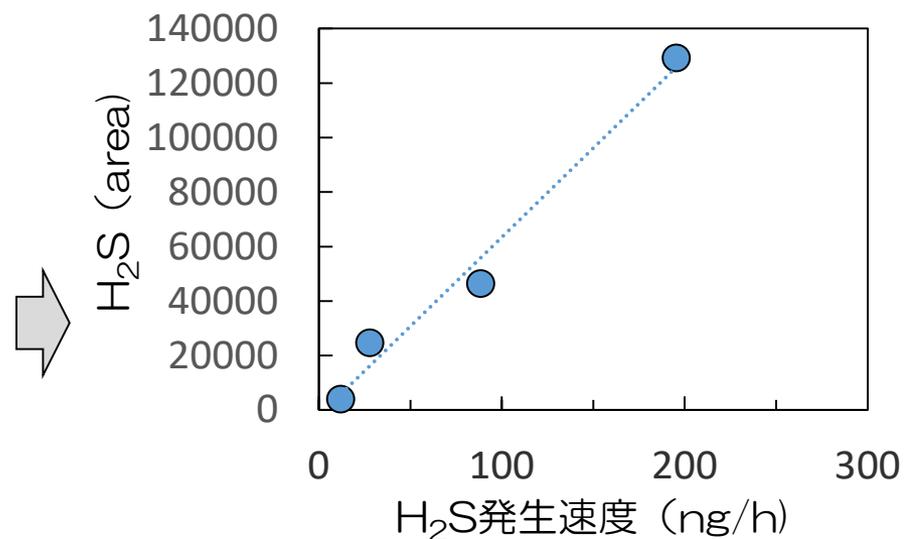
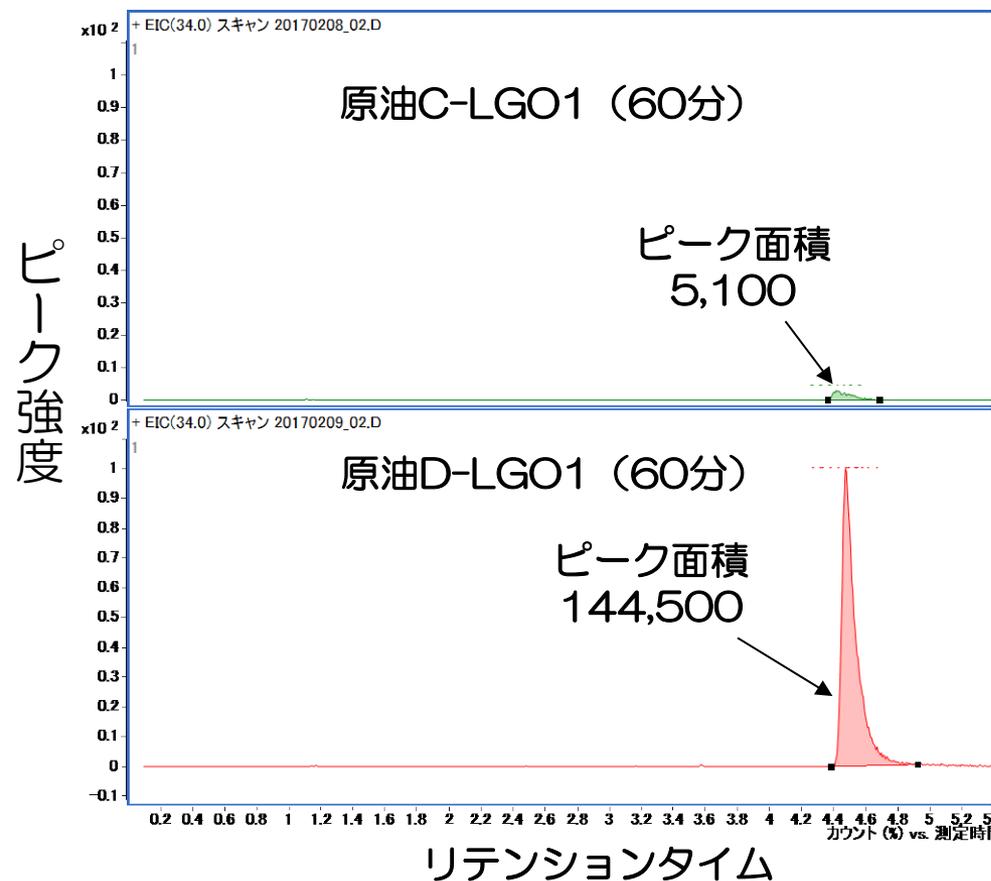
検討項目	年度	平成28年	平成29年	平成30年
腐食物質特定 (熱分解試験によるH ₂ Sの影響評価)		加熱S化合物分解試験調査	加熱S化合物分解試験実施	加熱分解試H ₂ S発生量再現性及び装置最適化検討
	塔内S化合物濃度分布予測 (気液平衡測定・シミュレーションによる解析)	15段蒸留・気液平衡測定・解析 シミュレーションモデル化検討	15段蒸留・気液平衡測定・解析 シミュレーションによる塔内S濃度分布解析	塔内濃度分布解析におけるパラメータ検討
		モデルと高S原油の腐食速度を評価 H ₂ S分解予備検討	高S原油、実機処理原油の腐食速度を評価 S因子導入	H ₂ S加入腐食試験による機構解明 S因子評価
	腐食速度予測 (腐食試験により腐食データ蓄積)			腐食速度とH ₂ S分解速度の関係評価
防食対策方法確立 (耐食材料評価)		腐食試験による耐食材料評価		検査箇所・周期の最適化耐食材料選定の方案の策定

(4) 進捗状況

① 腐食物質特定

油の加熱分解試験による H_2S 発生量の測定

H_2S のピーク面積 (リテンションタイム×ピーク強度)の比較

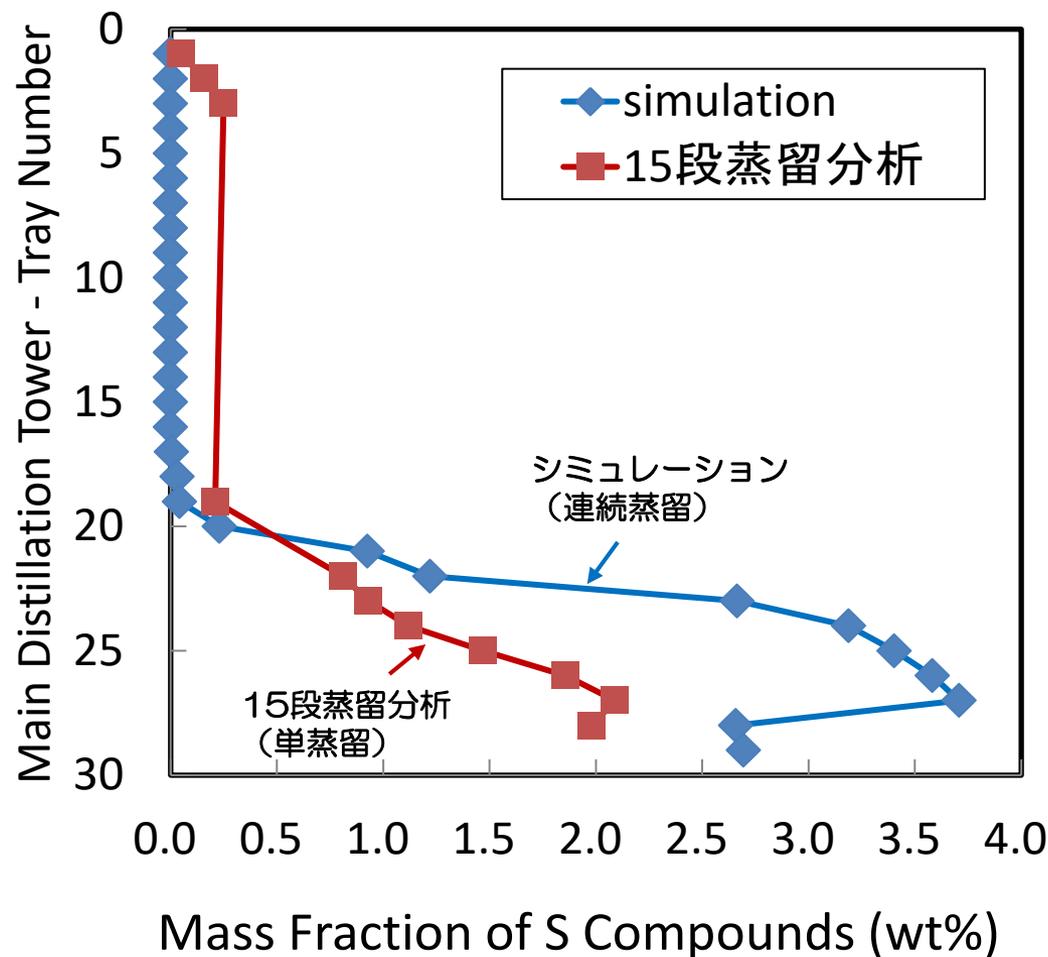


ピーク面積と H_2S 発生速度の関係を見出し、 H_2S 発生速度の定量化を可能とした

ピーク面積の差より、R-SHを多く含む油は H_2S 発生量が多いことを定性的に示した

② 塔内S濃度分布予測

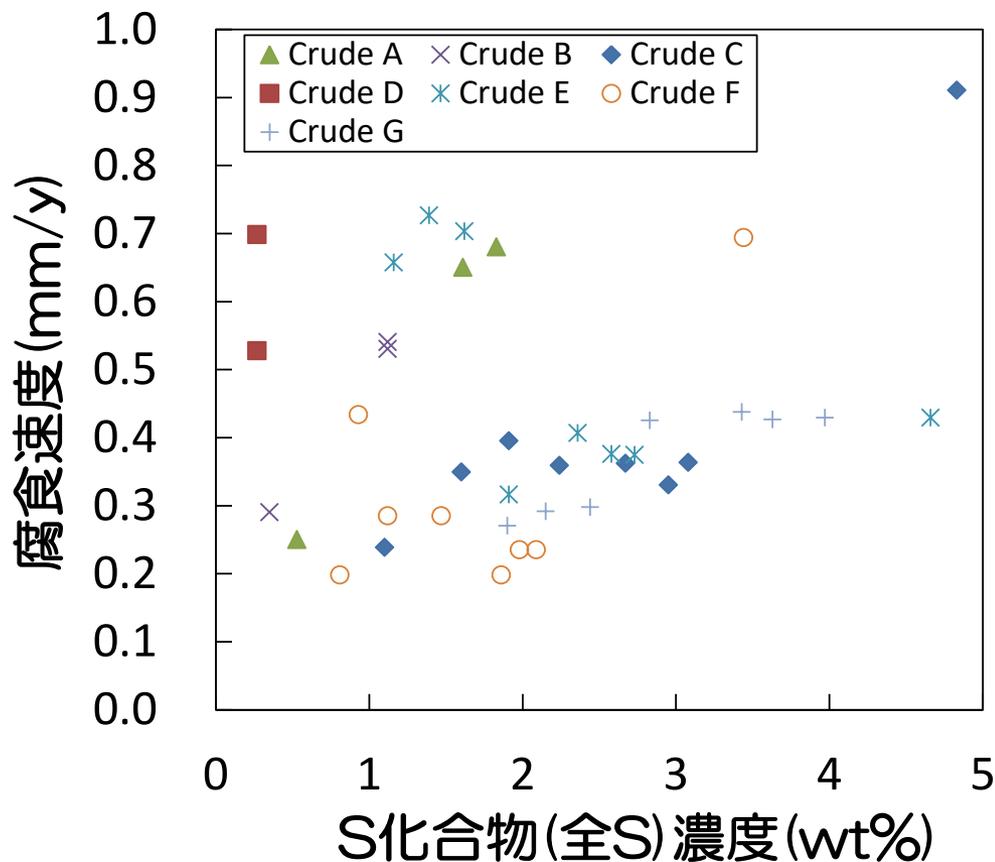
シミュレーションによる各段のS化合物濃度分布



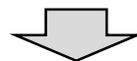
LGO~HGO留分において、単蒸留よりも連続蒸留で著しいSの濃縮を認めた。実機でHGO段での腐食が著しいといった現象を説明することができた。

③ 腐食速度予測

腐食試験によるS化合物（全S）濃度と腐食速度の関係

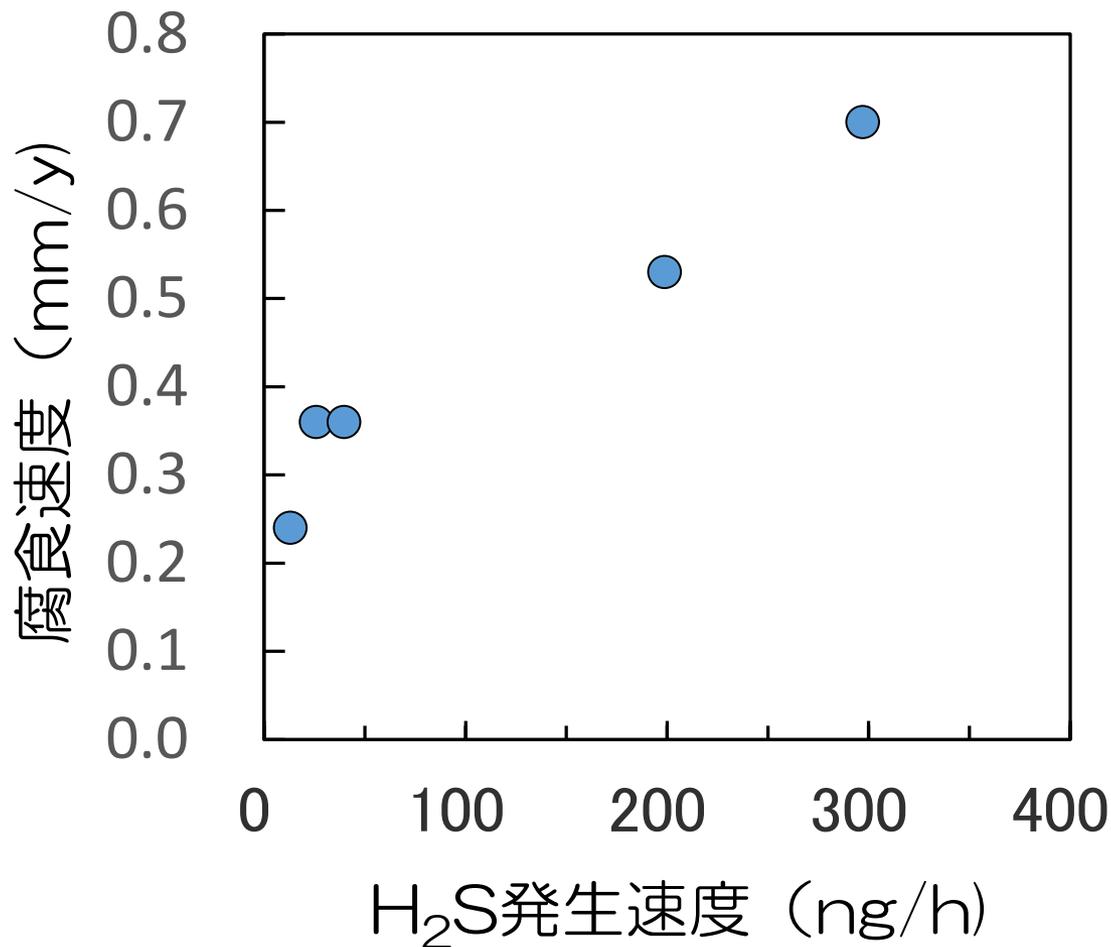


腐食速度と全S濃度には相関関係が見られず



S濃度ではなく、 H_2S 発生速度が腐食速度に影響している可能性あり

腐食試験による腐食速度と加熱分解試験による H_2S 発生速度の関係



腐食速度と H_2S 発生速度には、よい相関関係が得られた



加熱による「S化合物→ H_2S 発生→腐食」といった現象を説明することができた

原油の腐食性評価へのS因子導入

原油毎に設定した係数よりS因子を決定し、腐食速度との関係を検討

$$S\text{因子} = a_i S_{ij} + b_i M_{ij}$$

a, b : factor

S : 全S濃度[wt%]

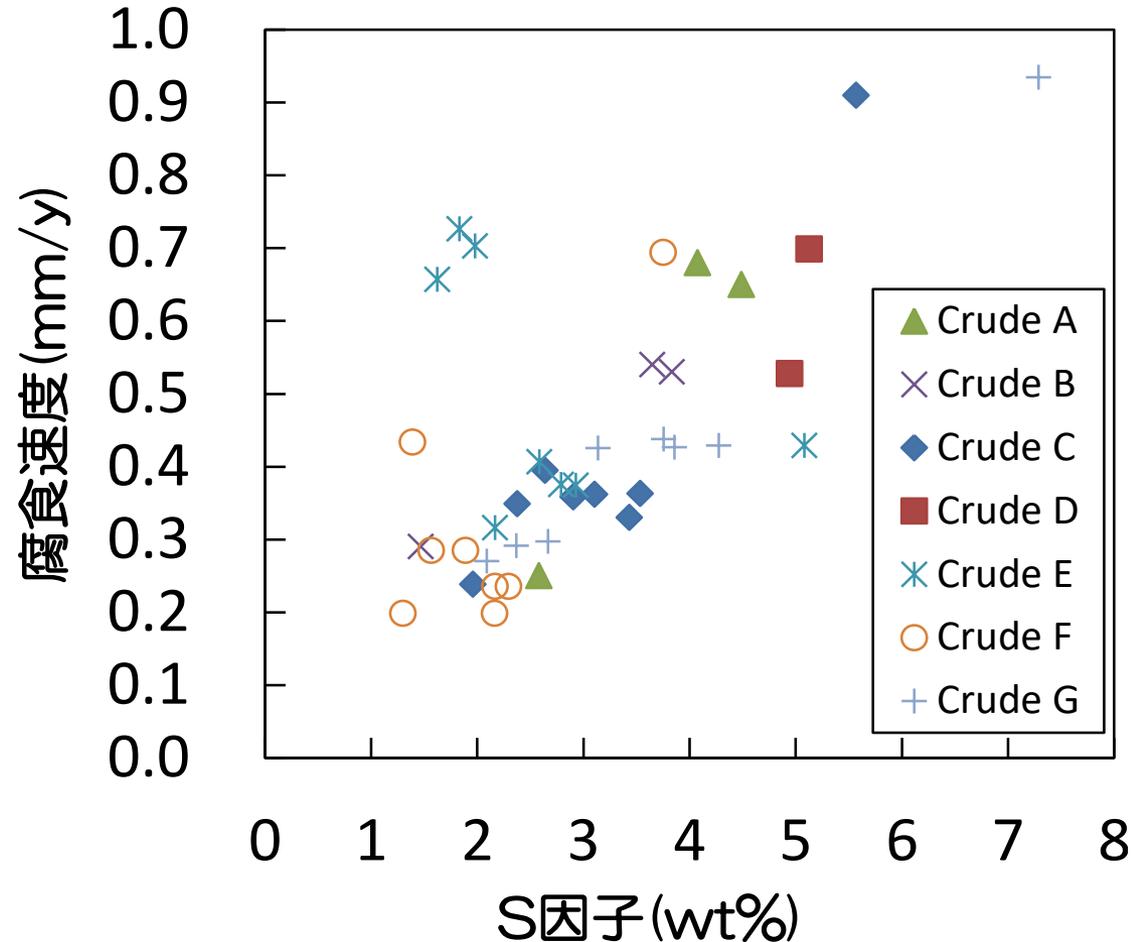
M : メルカプタン濃度[wt%]

i : 原油種

j : 留分

b は原油種に依存しない

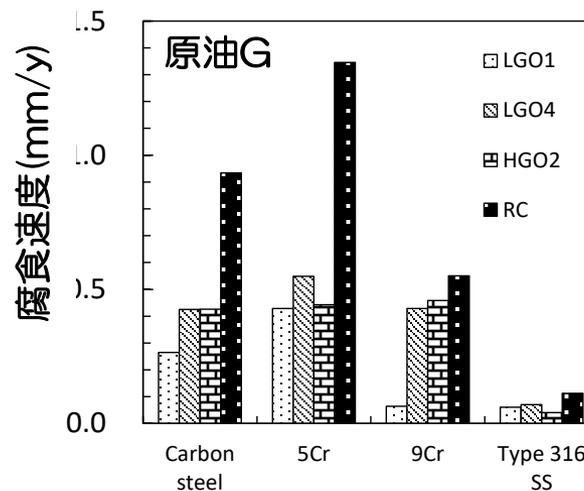
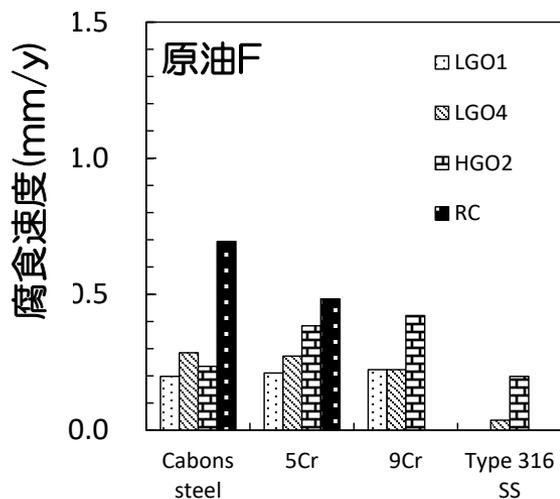
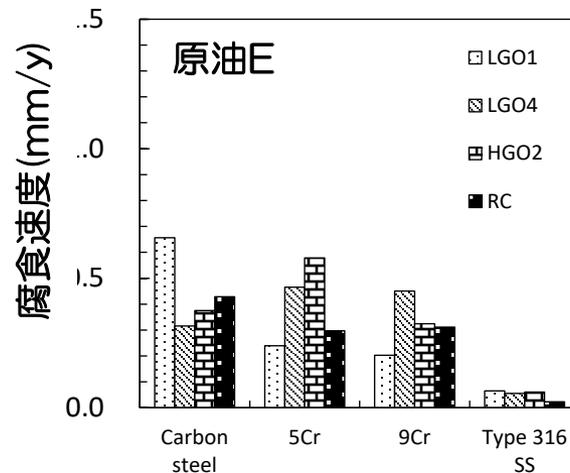
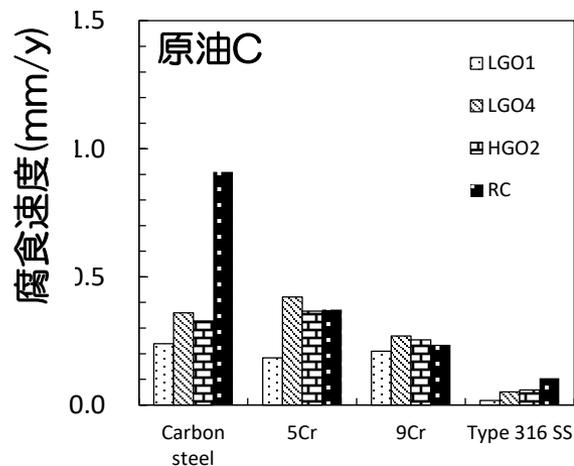
	a_i	b_i
Crude A	2	80
Crude B	3	80
Crude C	1	80
Crude D	5	80
Crude E	1	80
Crude F (実機ブレンド原油)	1	80
Crude G	1	80



油種（ブレンド原油含む）・留分が異なっても、腐食速度とS因子に相関が得られた

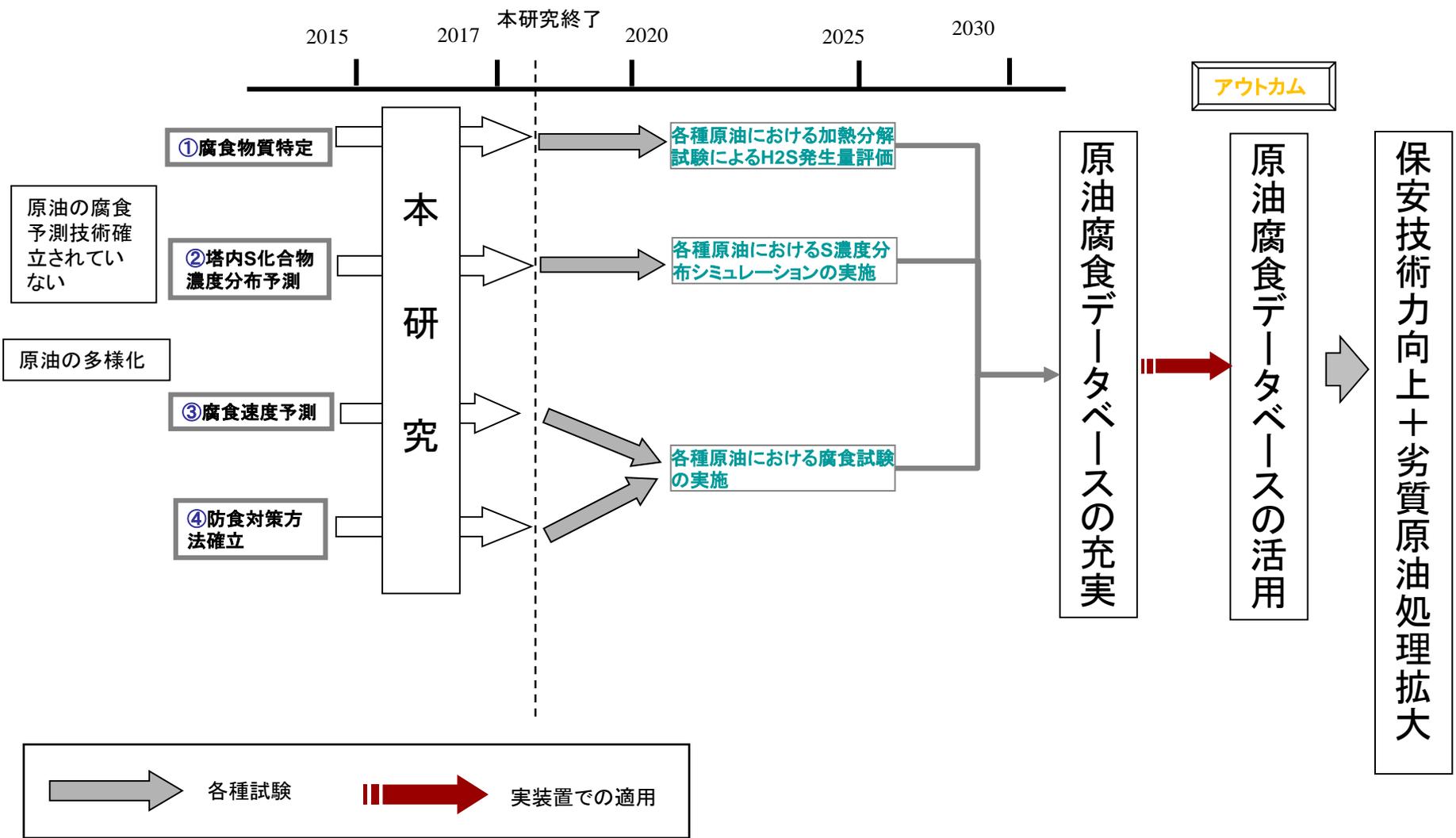
④ 防食方法確立

腐食試験による各材料の耐食性



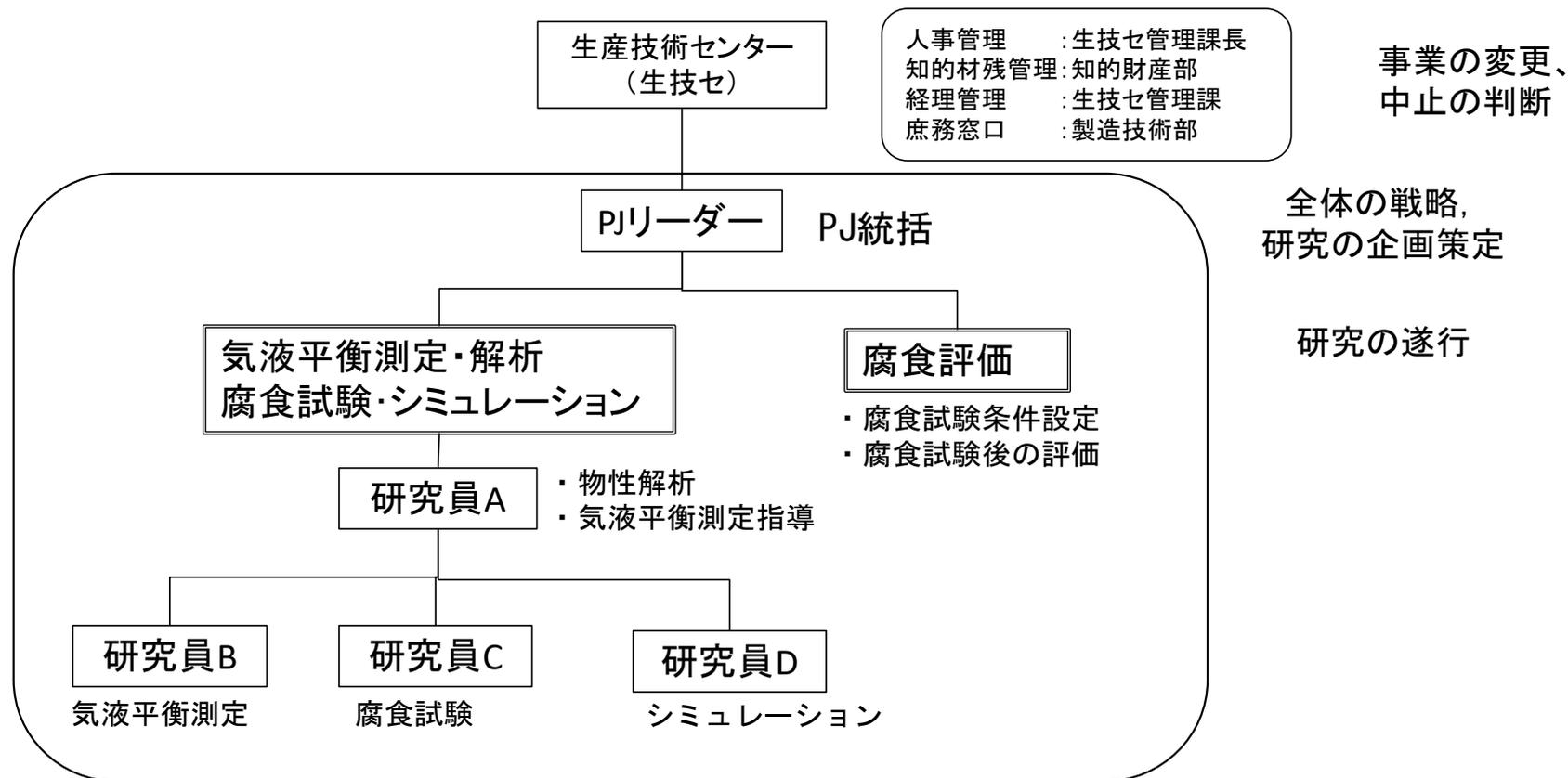
- いずれの原油種，留分でもSUS316(18%Cr)の耐食性は高い
- Cr量が9%以下の材料ではその耐食性能は油種あるいは留分により異なる

4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ



※ 本スライドは、プロジェクトの成果が及ぼす効果等を説明した一例であって様式ではない。
 ※ 終了時評価時は、事業アウトカム達成時期における目標値の達成状況(見込み)についても記載。

5. 研究開発の実施・マネジメント体制等



- (1) 当該プロジェクトは以下のライン管理下にて活動を実施し，出光興産・生産技術センターのマネジメントにてコンプライアンスを遵守する。
- (2) 人事（勤務），知的財産，経理ならびに庶務事項に関し，当該プロジェクトとは独立した別担当にて管理し，漏れやエラーを排除する。
- (3) 採択・評価委員会，事業推進連携会議等を通じてPDCAサイクルを着実に回し，効果的効率的に研究を推進する。

6. 費用対効果

処理困難な劣質原油を安全に処理し石油製品を安定供給することは、我が国の石油精製業界共通の課題である。しかしながら、コストの安い劣質原油は腐食性が高いため、処理量を増加することによって、腐食による重大な事故を発生させるリスクを伴う。一方で、原油の腐食予測技術は未だ確立されておらず、実装置での運転・保全の経験から設備管理がなされているのが実状である。現状のままであれば、装置の保安を確保しながら処理原油の多様化に対応していくことは困難であると考えられ、腐食予測技術の高度化が我が国石油業界における大きな課題となっている。

本研究により、これまで解明できていなかった腐食機構を解明し、原油の腐食データベースを構築することによって、腐食予測技術を高度化することができれば、腐食による重大な事故発生リスクを低減させながら、劣質原油の処理を可能とし、国際競争力の強化に寄与することが可能となる。腐食のため処理制約がかけられた劣質原油の処理量を、腐食対策を講じて10%増加できた場合、20億円／年／1製油所の経済効果が見込まれる。そのため、本研究に必要な費用に対する期待効果は妥当と考える。

以上

「高効率な石油精製技術に係る研究開発
支援事業費補助金」
研究開発プロジェクトの概要
テーマ名「ブタンの脱水素による
ブタジエン製造技術の開発」(テーマ3)

平成30年12月13日

JXTGエネルギー株式会社

目次

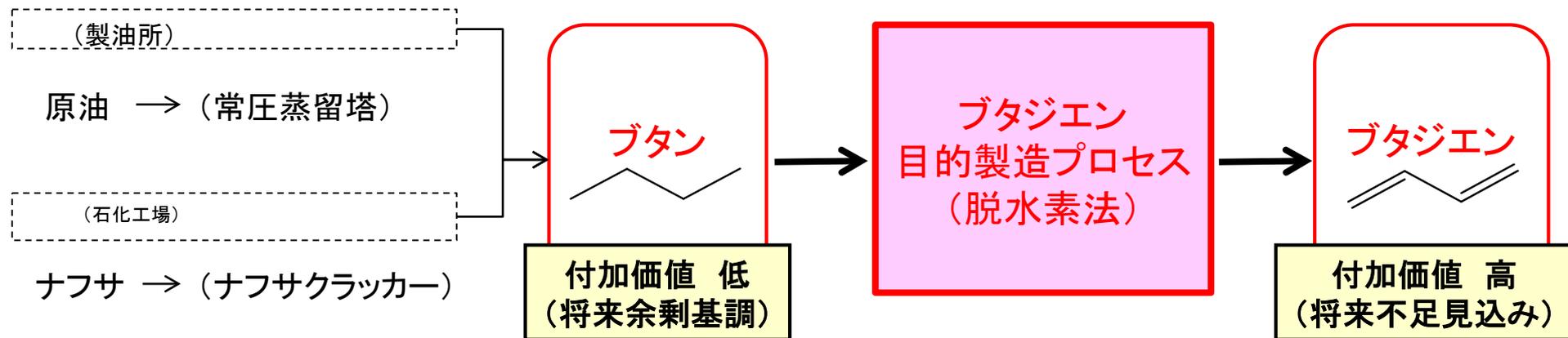
1. 事業の概要
2. 事業アウトカム
3. 事業アウトプット
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等
6. 費用対効果

1. 事業の概要

概 要	国内石油需要の減少, アジア新興国における大型・輸出製油所の台頭による国際競争の激化等, 我が国石油精製業を取り巻く環境は厳しくなっている。こうした中, 我が国のエネルギー安定供給に貢献し, 製油所の国際競争力を強化することを目的として, 「石油のノーブルユース」・「稼働信頼性の向上」に資する技術開発に対して支援を行う。
実施期間	平成28年度～平成30年度(3年間)
実施形態	国からの間接執行(JXTGエネルギー株式会社への補助事業)
予算総額	1.95億円 (平成28年度:1.33億円 平成29年度:0.28億円 平成30年度:0.34億円)
実施者	JXTGエネルギー株式会社
プロジェクトリーダー	JXTGエネルギー(株) 中央技術研究所 燃料研究所 プロセス・触媒グループマネージャー 柳川 真一郎

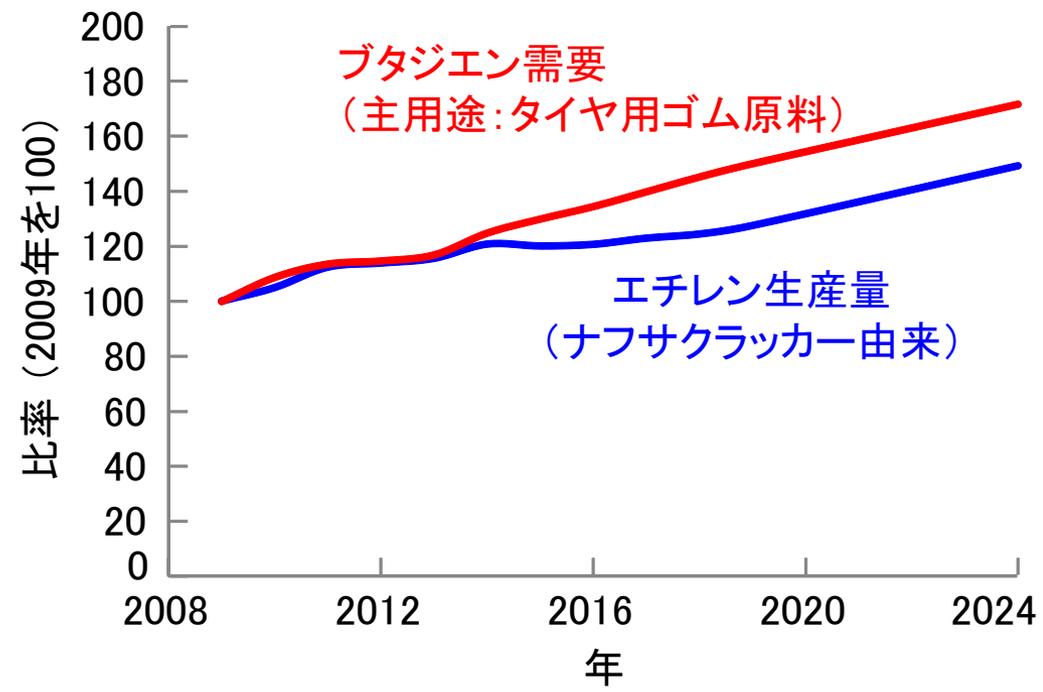
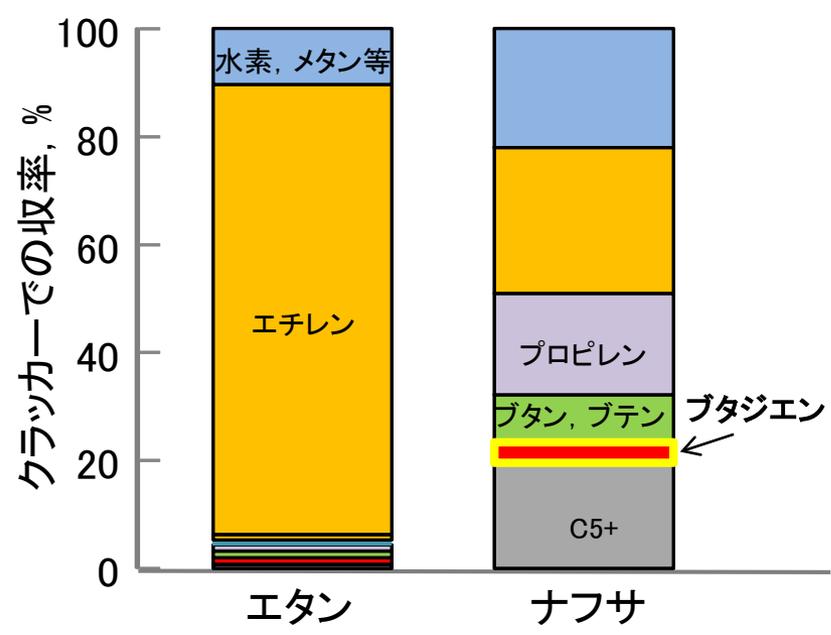
(補足資料) 目的

- ✓ 製油所において燃料用途で使用されているブタンを主とする留分を脱水素することにより、ブタジエンを製造する技術を開発する。
- ✓ 価値の低いブタンを高付加価値化することにより、**石油のノーブル・ユース化を推進**し、国内製油所の競争力強化を図る。

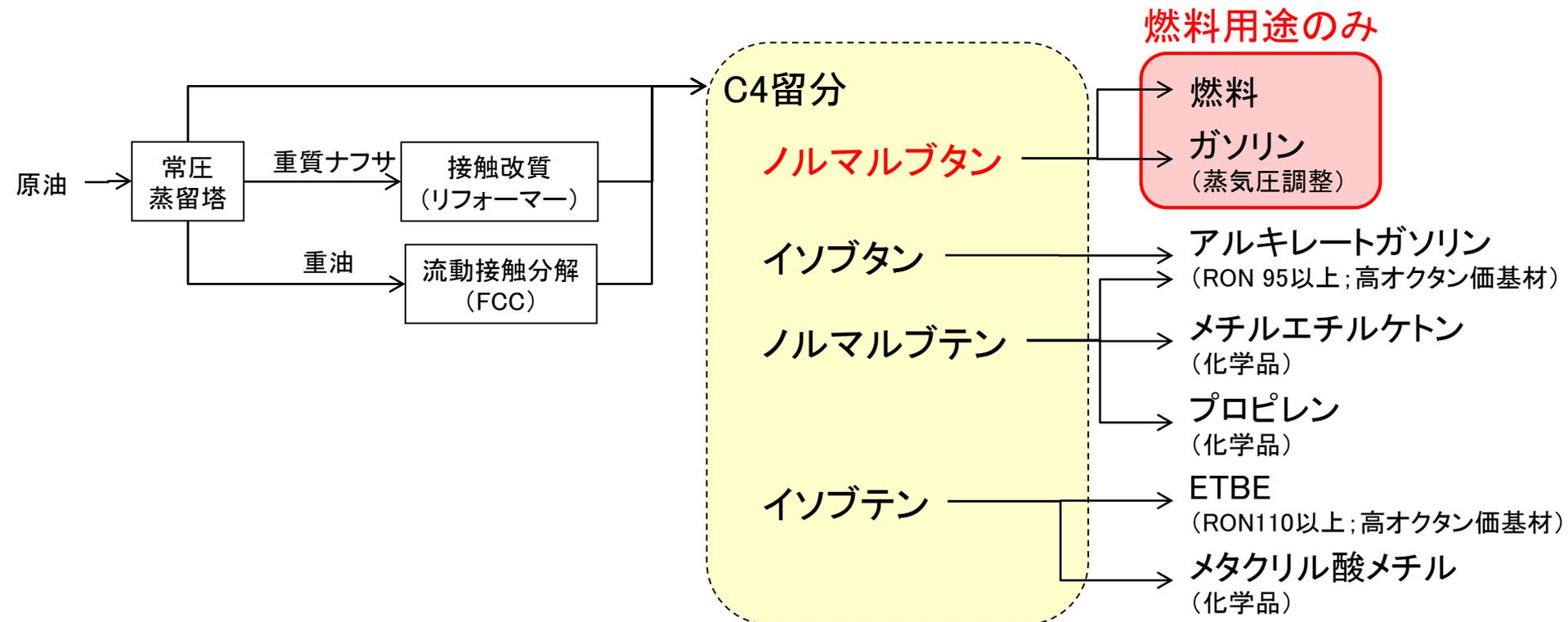


(補足資料)背景

- ✓ 近年、エチレン製造がナフサクラッカー(ナフサの熱分解)から、より安価なエタンクラッカーへとシフト。
- ✓ ナフサクラッカーで生産されていたブタジエンが相対的に減少し、需給ギャップが拡大する見通し。



(補足資料) 技術開発の背景



- ・ノルマルブタンは燃料用途の利用に限定
- ・シェールガス生産の拡大に伴い、原油由来のブタンのコスト優位性低下 ⇒ ガス燃料余剰

将来余剰が見込まれるブタンをブタジエンへ高付加価値化することで、石油のノーブル・ユースを推進することが可能

2. 事業アウトカム

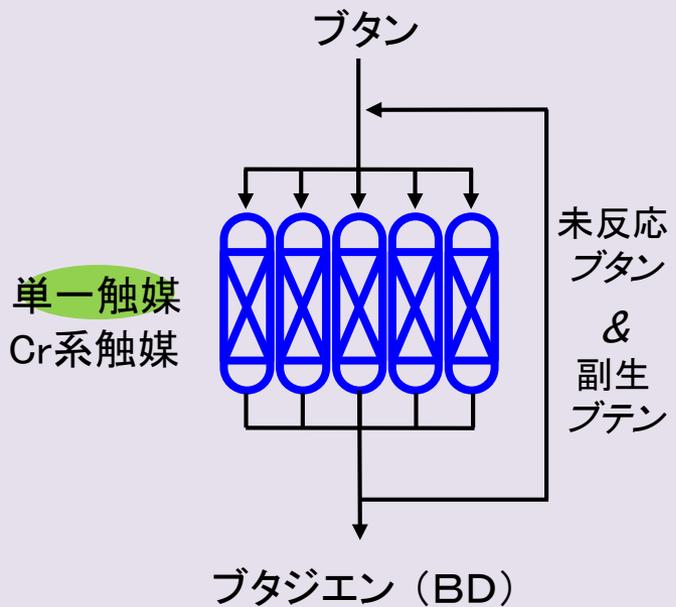
事業アウトカム指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
高付加価値品(ブタジエン)の 収率 <u>設定理由</u> ブタジエンの目的製造であるため、 ブタジエン収率が指標となる。 なお、先行技術のベンチマークがブ タジエン収率約15%であることから、 競争力優位性が見込まれるブタジ エン収率20%を目標とした。	(事業開始時) -	-	-
	(中間評価時) -	-	-
	(事業終了時) 20%	100% (2018年度末 達成見込み)	-
	(事業目的達成時) 20%	100% (2018年度末 達成見込み)	-

*なお、事業目的を達成した時点で、本技術を事業化するかどうかは、ブタジエン市況等の事業環境を鑑みながら、判断することとなる。

(補足資料) 目標設定の根拠

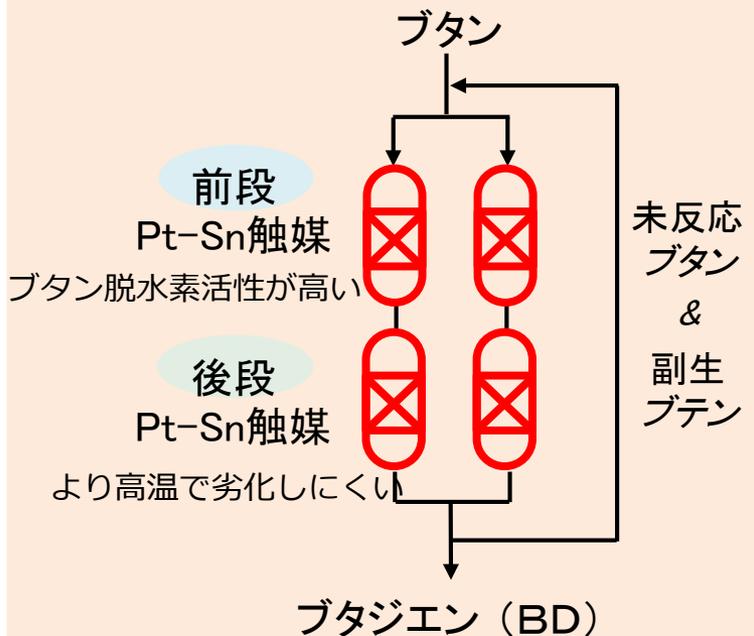
先行技術に比べ、運転性が良くブタジエン収率の高い新たなプロセスを目指す

先行技術



- ・1種類の触媒
- ・反応器5系列を15-30分でスイング
- ・BDワンパス収率: 約15% (ベンチマーク)

開発技術



- ・組成の異なる2種類の触媒
- ・反応器2系列を24時間でスイング
- ・BDワンパス収率: 20% (目標)

3. 事業アウトプット

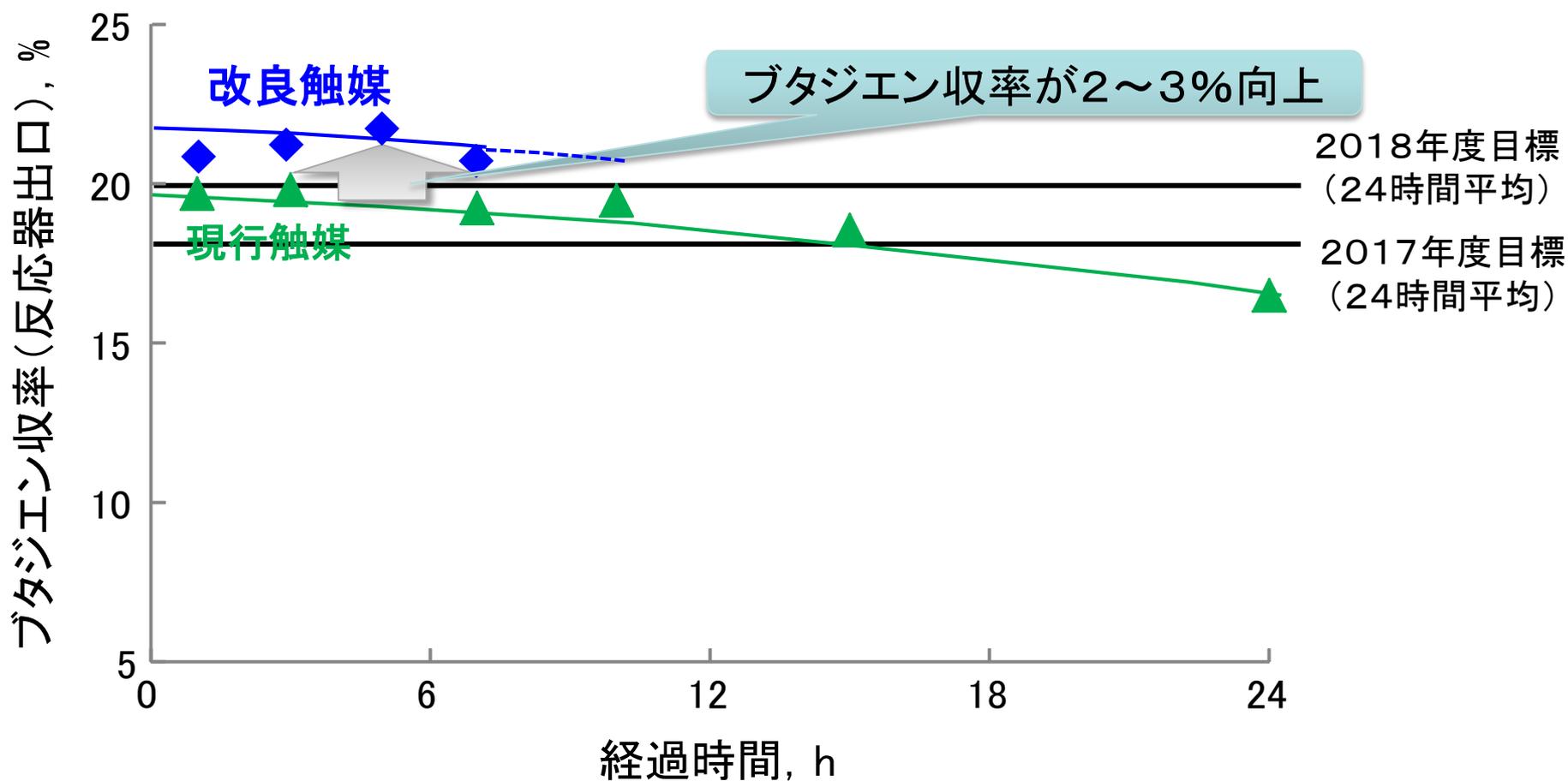
事業アウトカム指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
<p>高付加価値品(ブタジエン)の 収率</p> <p>設定理由 ブタジエンの目的製造であるため、 ブタジエン収率が指標となる。</p> <p>なお、先行技術のベンチマークがブ タジエン収率約15%であることから、 競争力優位性が見込まれるブタジ エン収率20%を目標とした。</p>	(事業開始時) -	-	-
	(中間評価時) -	-	-
	(事業終了時) 20%	100% (2018年度末 達成見込み)	-
	(事業目的達成時) 20%	100% (2018年度末 達成見込み)	-

個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

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(未達成の場合)
①触媒開発	触媒改良を実施し、反応器出口のブタジエン収率を20wt%に到達させる。	2018年度末に達成見込み	-
②触媒の工業製造検討	工業的に製造可能な製法を確立する。	達成	-
③副生物の分析・同定	副生物の分析・同定を実施し、生成物中のC1～C4の成分を明らかにする。	達成	-
④プロセス検討	最適な反応器形式、加熱システムを検討し、プロセスフローを策定する。	達成	-
⑤スケール評価に向けた検討	スケールアップ評価の基本コンセプトを策定する。	達成	-
	反応器周りのプロセスデザインを作成する。	2018年度末に達成見込み	-

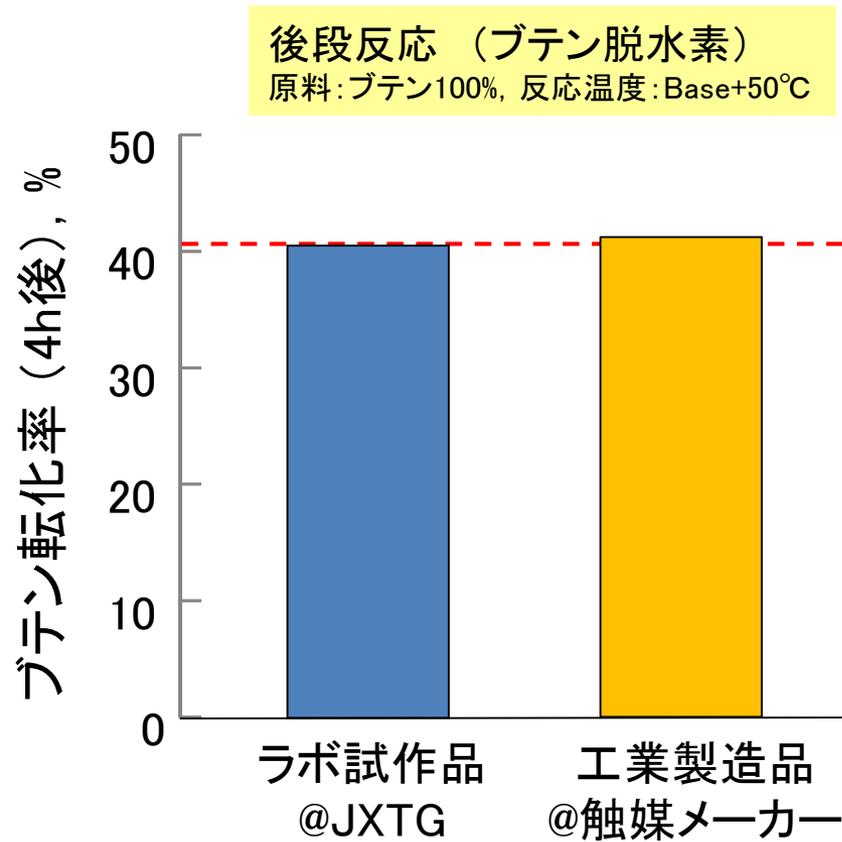
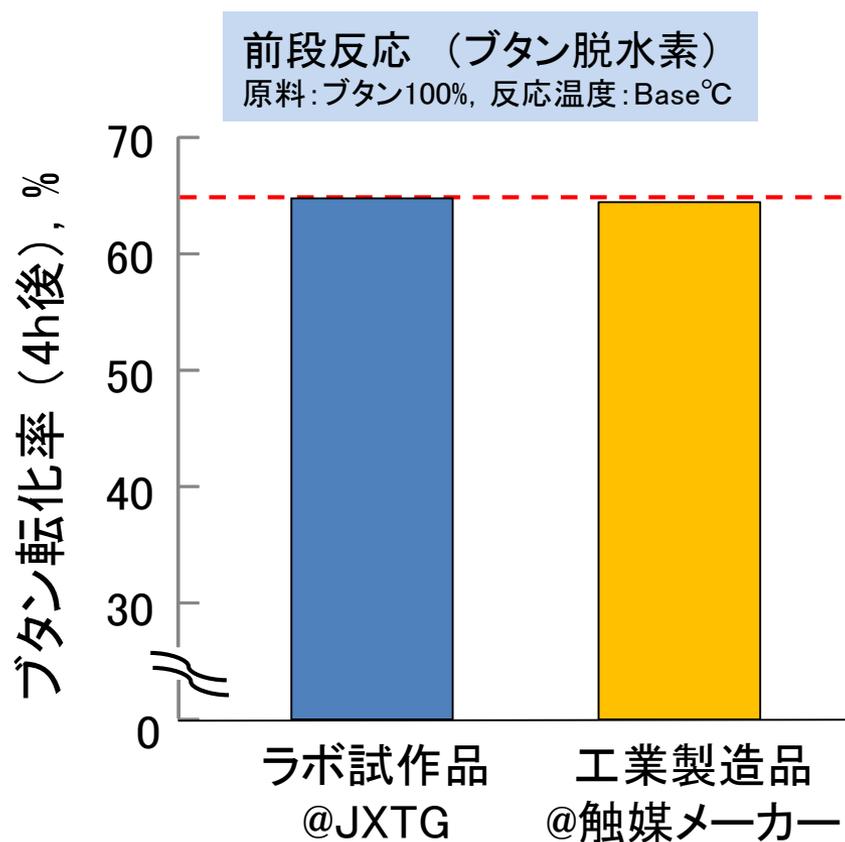
(補足資料)①触媒開発

高活性かつ劣化抑制が可能な改良触媒を用いることで、ブタジエン収率が2～3%向上し、2018年度目標であるブタジエン収率20%を達成見込みである。



(補足資料)②触媒の工業製造検討

前段、後段触媒ともに、触媒メーカーにて工業製造検討を実施し、工業製造品を評価した結果、ラボ試作品と同等性能を示すことが分かった。

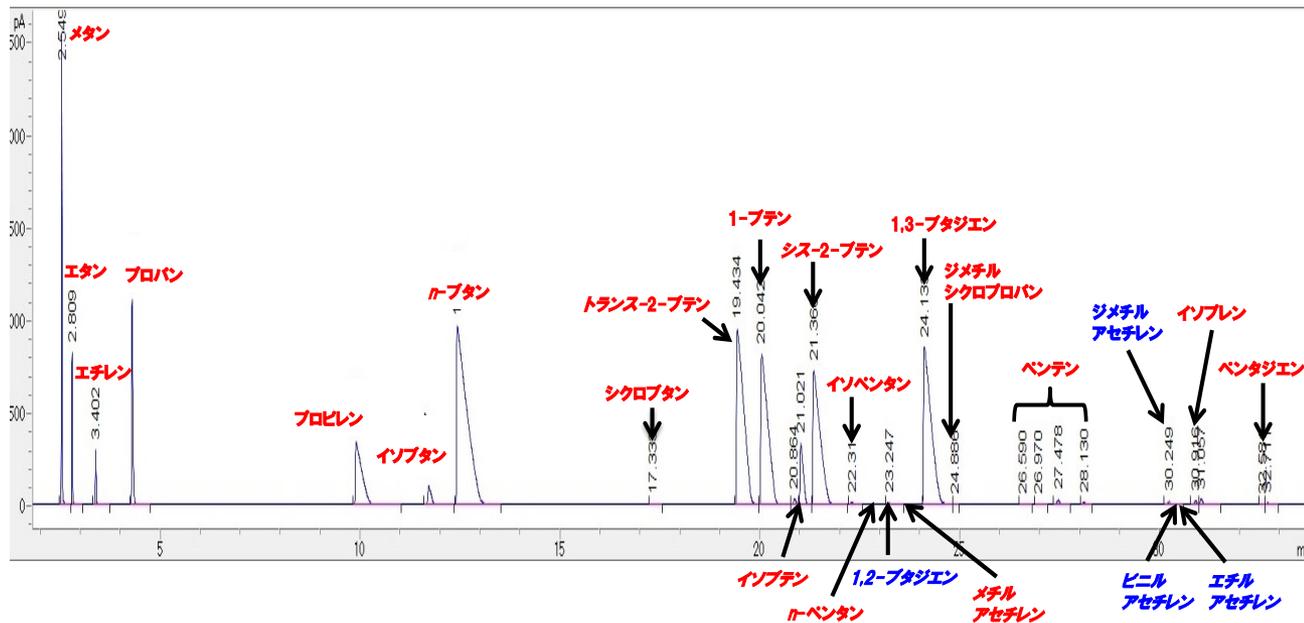


(補足資料) ③副生物の分析・同定

2016年度に導入したブタジエン組成分析装置(ガスクロマトグラフ)を用いて、副生物の分析・同定を実施し、脱水素反応後のガス中の不純物を同定できた。



ガスクロマトグラフ外観

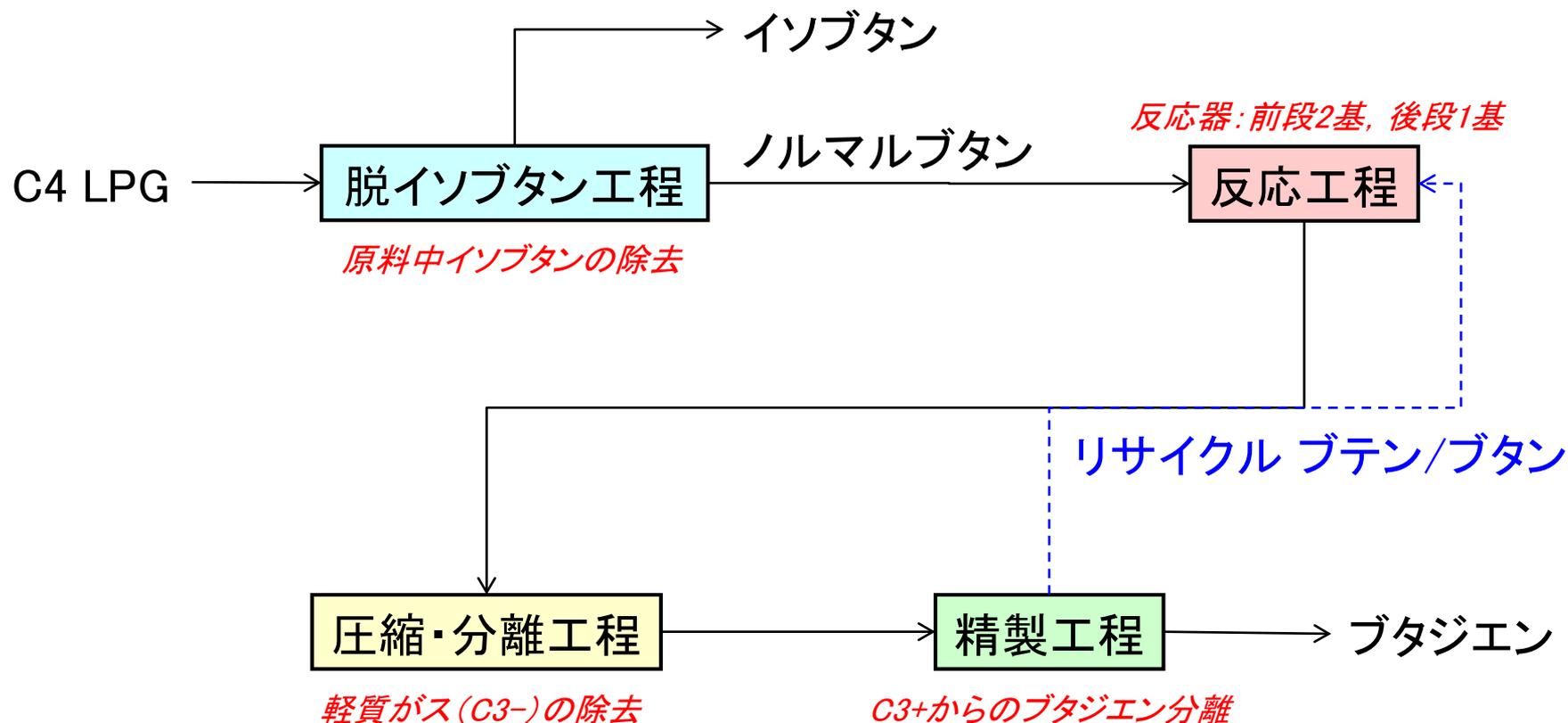


反応器(2段反応)出口ガスの分析結果例

(補足資料)④プロセス検討

反応器形式、熱供給方法を決定した上で、プロセスフローを策定した。

【全体ブロックフロー】



(補足資料)⑤スケールアップ評価に向けた検討(1)

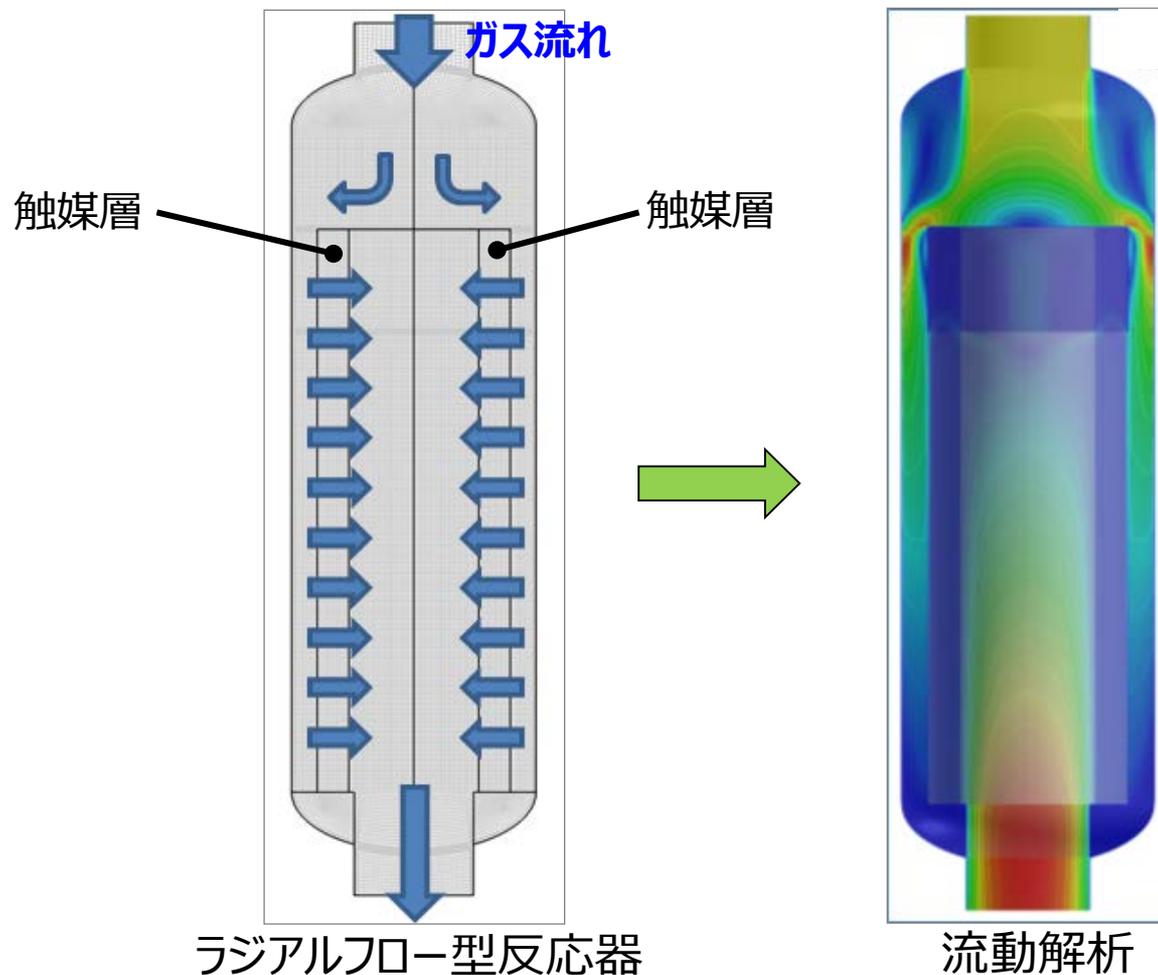
エンジニアリングメーカーとともに、スケールアップ評価の基本コンセプトを策定した。
 → 反応工程以外については、類似プロセスにて十分な実績があり、
 現状の知見をもって商業機設計は可能であることが判明。

	脱イソブタン 工程	反応 工程	圧縮・分離 工程	精製 工程
商業機の設計	○	△	○	○
	製油所で 実績あり	後段反応器の 偏流に懸念	機器構成は ナフサクラッカーと同じ	

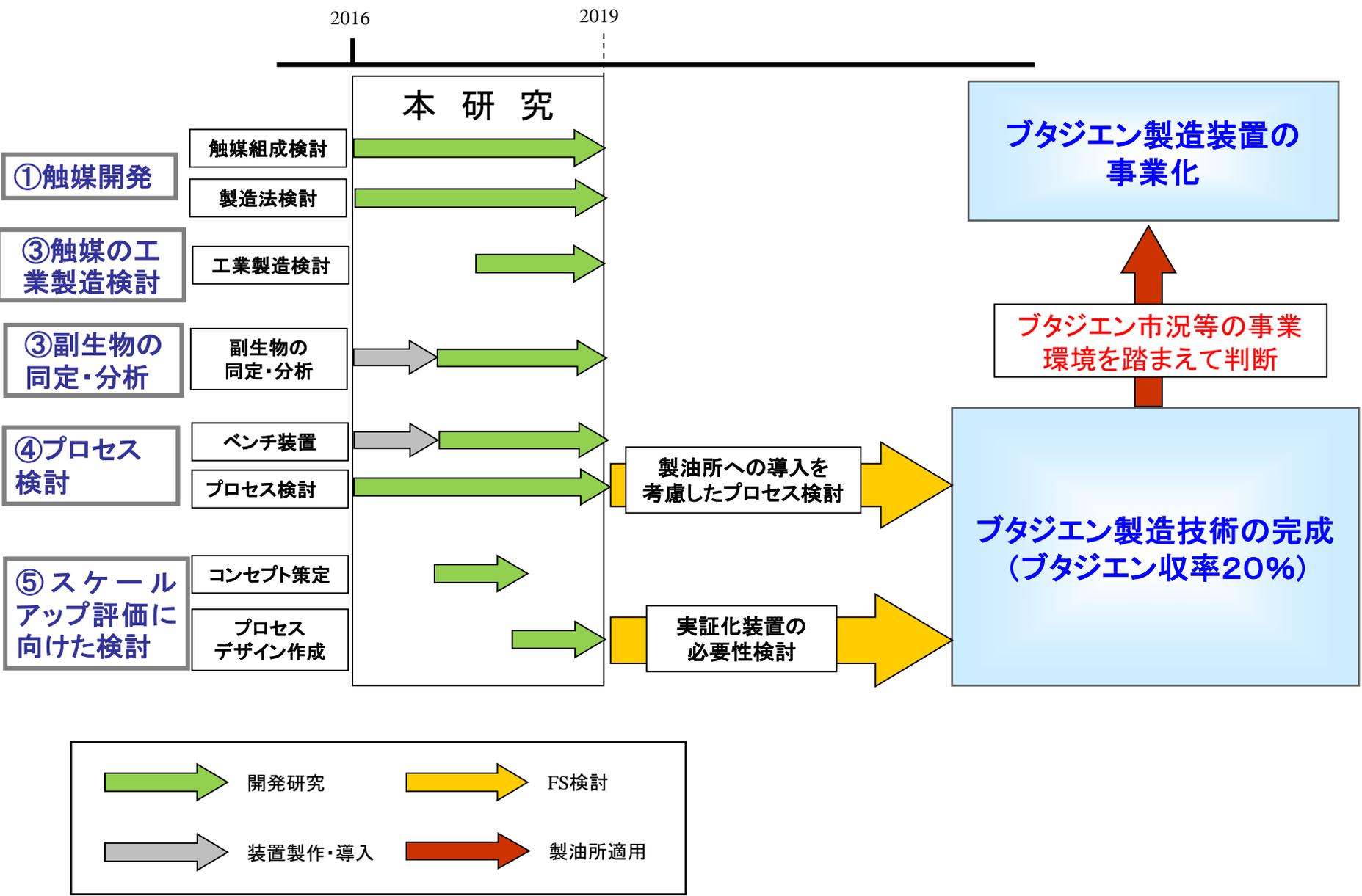
偏流が懸念される反応工程(後段反応)については、
 触媒層の差圧測定と流動解析が必要

(補足資料)⑤スケールアップ評価に向けた検討(2)

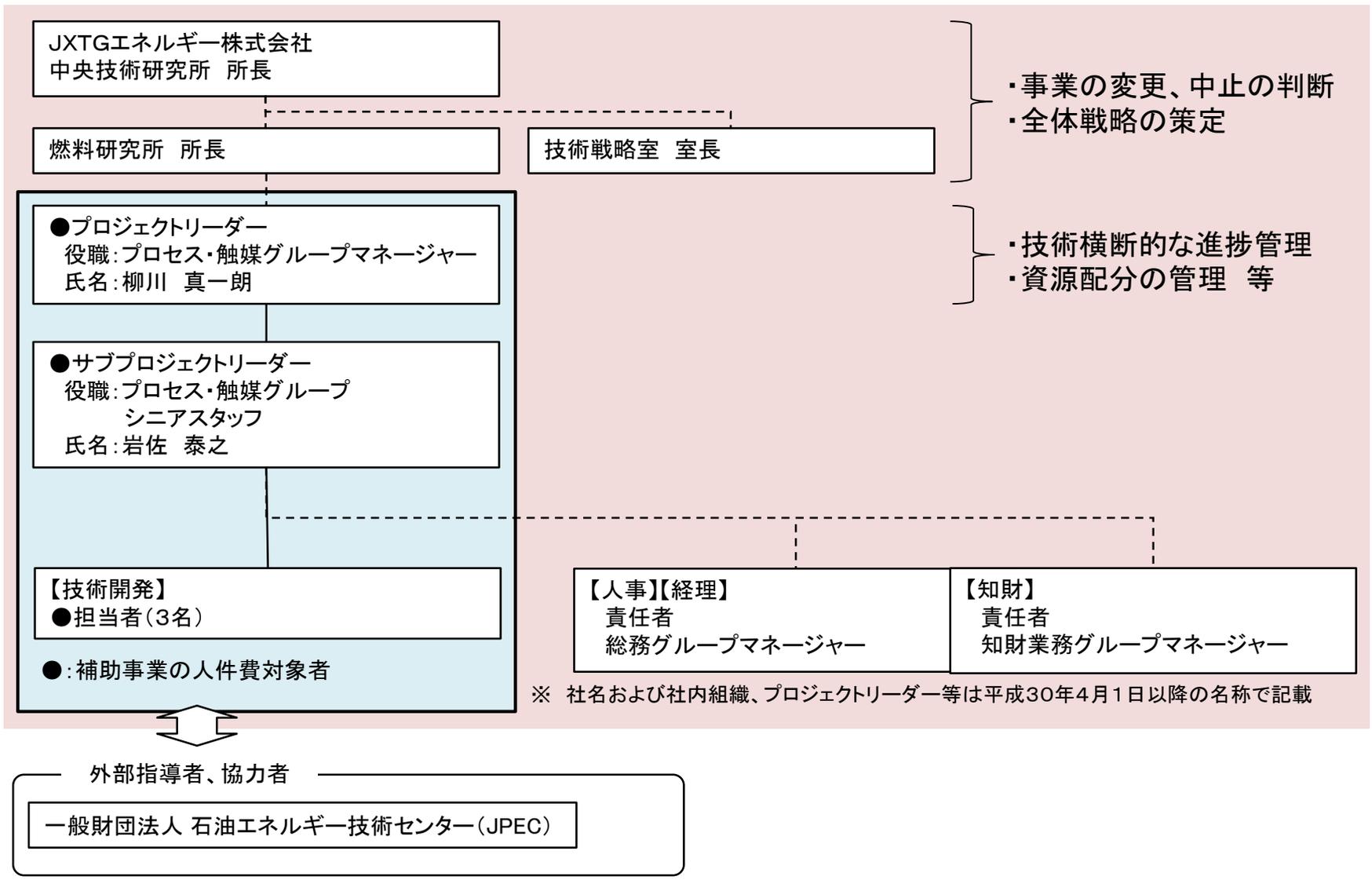
触媒層差圧測定と流動解析より、後段反応に偏流はなく、均一な流れであることが判明。
→ 2018年度に商業機(反応器廻り)のプロセスデザインを作成完了見込みである。



4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ



5. 研究開発の実施・マネジメント体制等

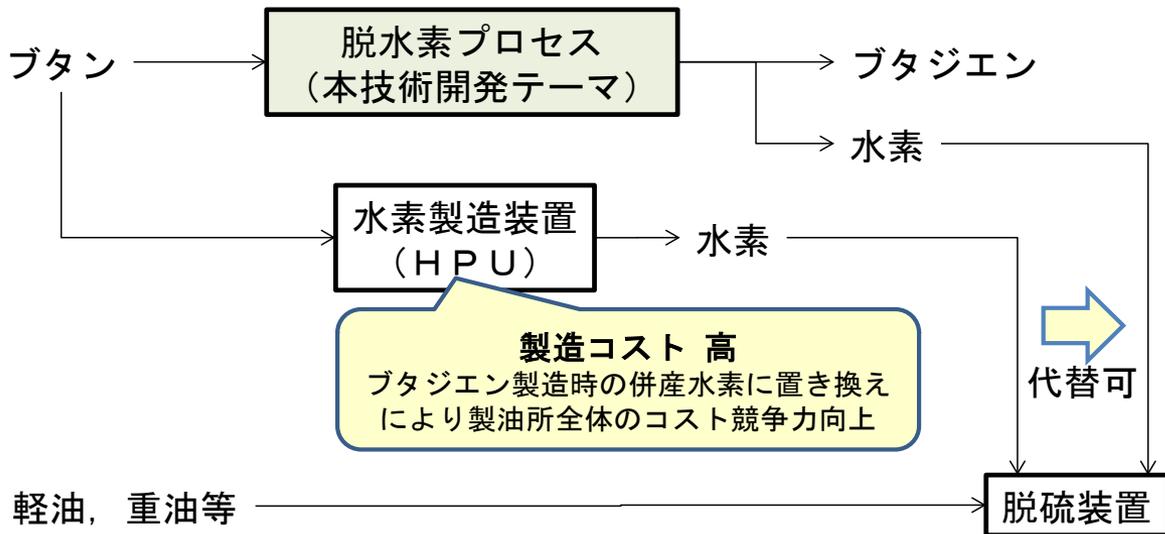


6. 費用対効果

本技術開発を商業化することで、将来余剰が見込まれる燃料ブタンの消費並びに、付加価値の高いブタジエンを目的生産することにより、国内製油所において、大きなメリットが得られると考えられる。例えば、ブタジエン生産量が世界需要の約1%の10万トン／年程度であれば、**数十億円／年以上**のメリットが期待できる。

また、ブタンの脱水素によりブタジエンを製造する際には、多量の水素が併産される。現在、製油所によっては接触改質装置から副生される水素だけでは足りない際に、ブタンなどのLPGを高温で水蒸気改質して水素を製造(HPU; Hydrogen Product Unit)しているが、HPUを用いた際の水素製造コストは高い。**ブタジエンの製造で副生する水素を利用することで製油所のHPUの稼働を下げられるため、より一層の競争力の向上を図ることができる。**製油所運転環境によってはHPUの稼働を停止できる場合もあり、競争力強化に大きく寄与する。

以上より、投入する予定の国費総額(2.0億円)に対して大きな効果が得られると考える。



「高効率な石油精製技術に係る研究開発 支援事業費補助金」

研究開発プロジェクトの概要

テーマ名「先進的膜分離による高付加価値品
回収技術開発」(テーマ4)

平成30年12月13日

JXTGエネルギー株式会社

目次

1. 事業の概要
2. 事業アウトカム
3. 事業アウトプット
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等
6. 費用対効果

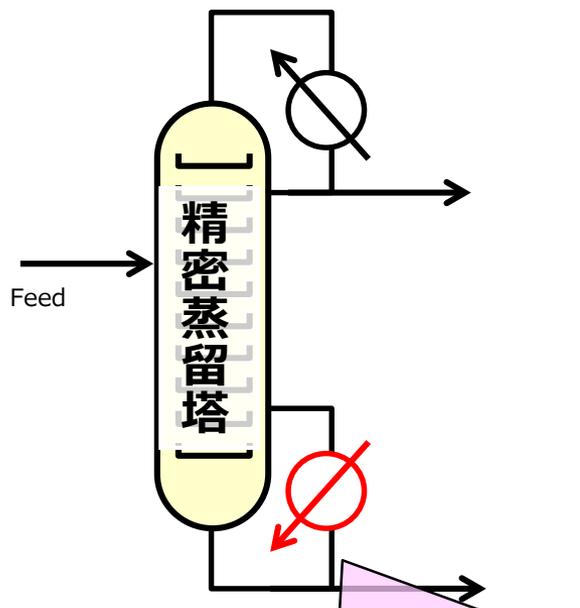
1. 事業の概要

概 要	国内石油需要の減少, アジア新興国における大型・輸出製油所の台頭による国際競争の激化等, 我が国石油精製業を取り巻く環境は厳しくなっている。こうした中, 我が国のエネルギー安定供給に貢献し, 製油所の国際競争力を強化することを目的として, 「石油のノーブルユース」・「稼働信頼性の向上」に資する技術開発に対して支援を行う。
実施期間	平成28年度～平成32年度(5年間)
実施形態	国からの間接執行(JXTGエネルギー株式会社への補助事業)
予算総額	2.10億円 (平成28年度:0.67億円 平成29年度:0.57億円 平成30年度:0.87億円)
実施者	JXTGエネルギー株式会社
プロジェクトリーダー	JXTGエネルギー(株) 中央技術研究所 ソリューションセンター エネルギー・素材基盤技術グループ 担当マネージャー 池田 雅一

(補足資料) 目的

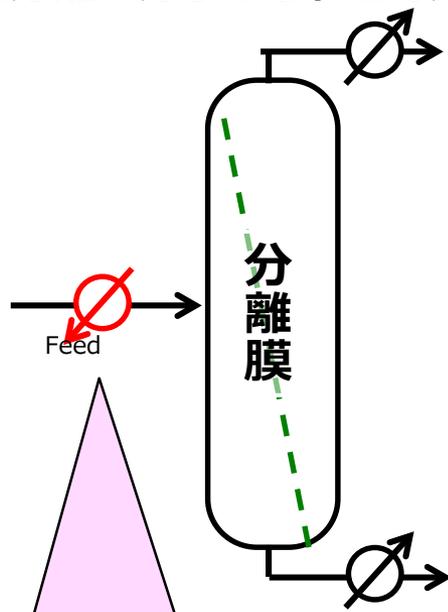
膜分離は、精密蒸留における還流操作を、膜の分離機能で代替するため、精密蒸留等と比べ、少ないエネルギーで炭化水素を分離するポテンシャルを有しており、従来技術の適用が困難な新たな用途への展開が期待されている
→ 石油のノーブル・ユース化を通じて、製油所の国際競争力強化に貢献

<精密蒸留：沸点の差で分離>



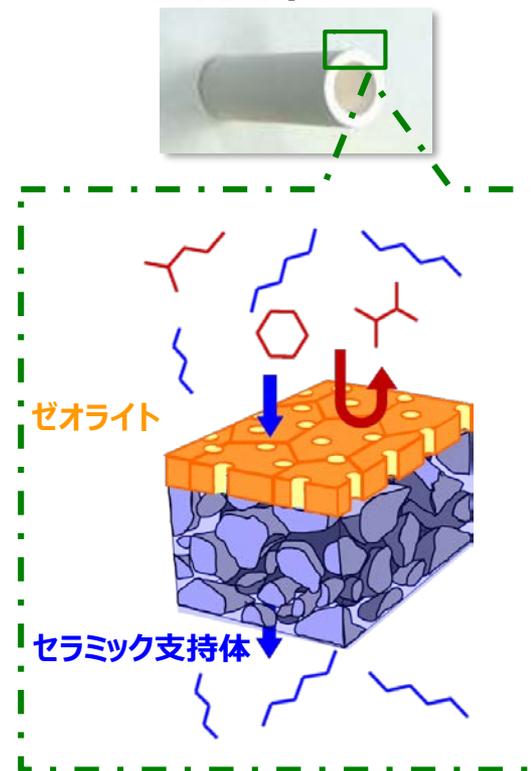
還流（気化&液化繰り返し）
によりエネルギー消費増

<膜分離：分子の形状差で分離>



還流不要でエネルギー消費減
（一度気化させるのみ）

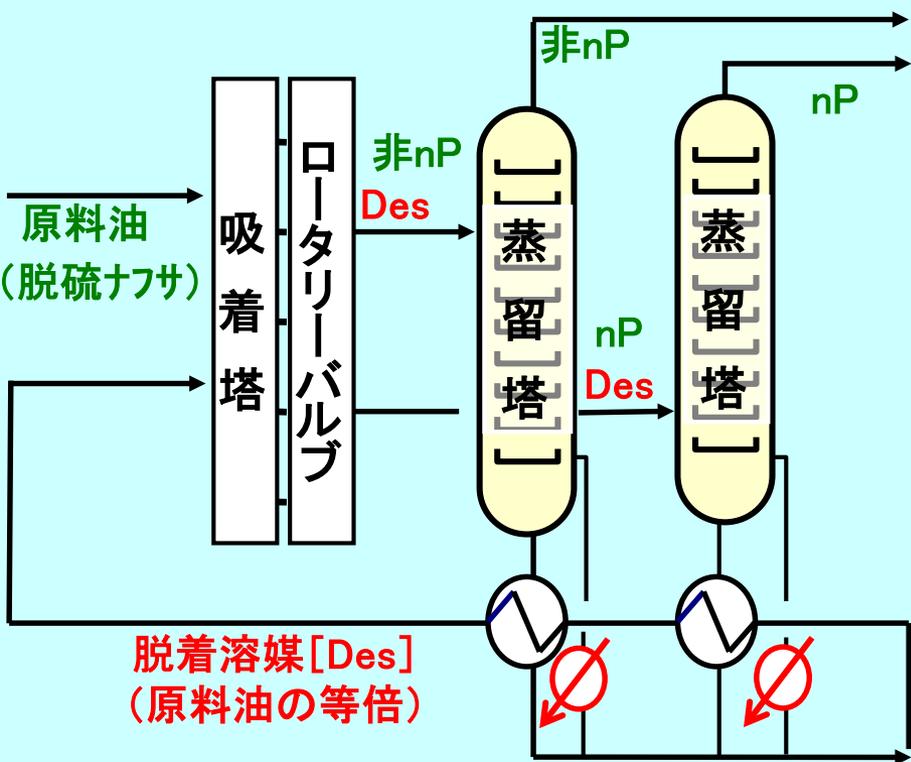
<ゼオライト膜>



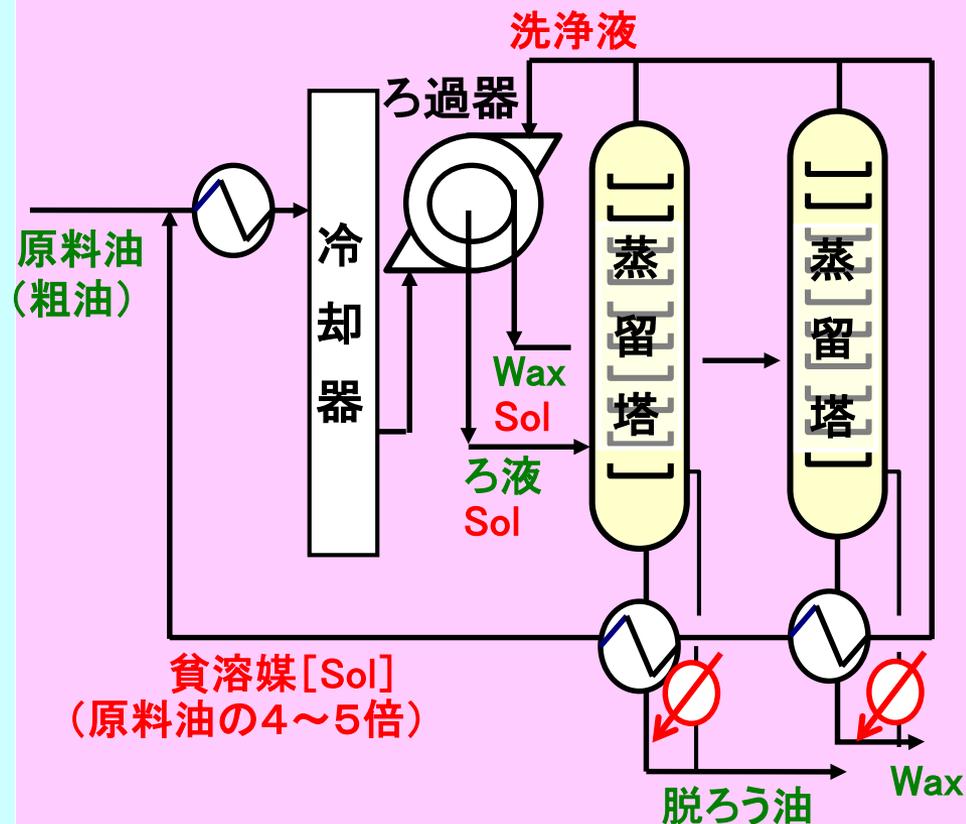
(補足資料) 競合する既存分離技術

本技術開発が目指すのは精密蒸留塔の代替ではなく、**溶剤を多量に用いる消費エネルギー量の多い** 化学品等を製造する **蒸留塔を付帯する海外プロセス代替** である
⇒ 第5次エネルギー基本計画の目標の1つである「**技術自給率の向上**」に貢献
※精密蒸留塔に関しては内部熱交換型精密蒸留塔が国内で既に開発済み

<吸着分離>ライセンサー:UOP等



<溶剤脱ろう>ライセンサー:テキサコ等



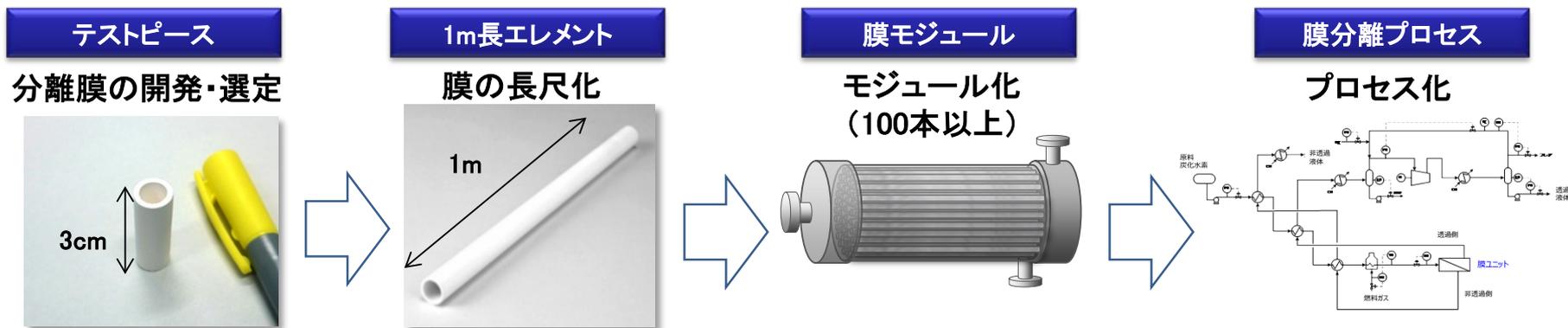
(補足資料) 開発のポイントと概要

<技術開発のポイント>

- ・複雑な組成からなる実石油留分・実ガスでも**選択性を発現する分離膜の開発・選定**
- ・石油精製の現場で使用できる規模まで性能を落とすことなく**スケールアップ技術を構築**
- ・原料油種の影響を回避できる前後処理装置等付帯設備も含めた**全体プロセス設計**

<実施概要>

- ・過去事業での知見、大学との共研を活用し、ゼオライト構造等を変えた**テストピースの試作・評価**により、**高性能分離膜を選定**
- ・過去事業での知見、セラミックメーカーのノウハウを活用して、高性能分離膜を**1m長エレメントへ長尺化**
- ・シミュレーションを活用して、長尺エレメントを束ねた**モジュールを開発**
- ・不純物除去等まで含め、連続運転2年以上が可能な**膜分離プロセスを設計**
- ・ベンチスケールでの評価によって有望テーマの絞り込みを行い、2年相当の**実証化**
- ・分離膜の**適切な品質管理手法**を設定



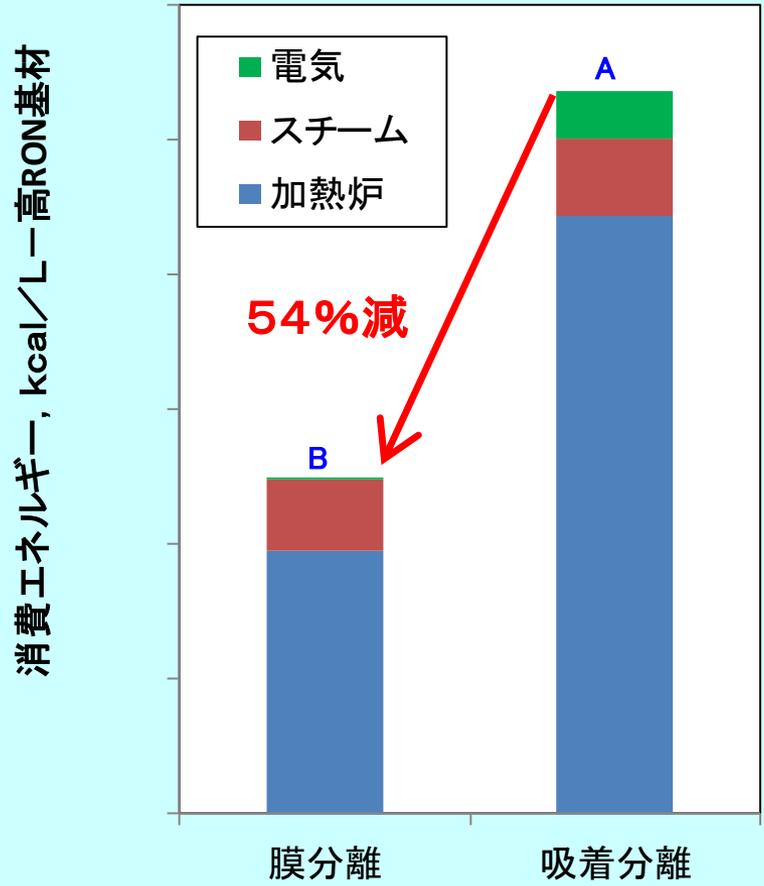
2. 事業アウトカム

事業アウトカム指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
<p>省エネ指数： 既存炭化水素分離技術に対する消費エネルギーの削減率</p> <p>既存分離技術を用いた時の目的生産物あたりの消費エネルギー(A)と開発する分離技術の目的生産物あたりの消費エネルギー(B)を求め、$(1-B/A) \times 100$を「省エネ指数」(C)とする。</p>	(事業開始時) 比較対象となる既存分離技術の消費エネルギー調査	達成	
	(中間評価時) ベンチデータに基づくプロセスシミュレーションによる膜分離プロセスの消費エネルギーと省エネ指数ポテンシャルの算出	達成 省エネ指数ポテンシャル 45%~65%	
	(事業終了時) 省エネ指数30%	達成見込み	
	(事業目的達成時) 省エネ指数50%	達成見込み	
<p>ノーブルユース指数： 膜分離プロセス導入による高付加価値品の得率</p> <p>膜分離プロセスへの付加価値の低い原料の供給量(D)に対して得られる付加価値の高い製品の製造量(E)から、膜分離プロセスによる高付加価値品の得率$(E/D) \times 100$を「ノーブルユース指数」とする。</p>	(事業開始時) 低付加価値品(軽質ナフサ)の膜分離プロセスによる高付加価値品(オレフィン・アロマ)の得率ポテンシャル6%	達成 高付加価値品 (オレフィン・アロマ)の 得率ポテンシャル6%	
	(中間評価時) 低付加価値品(重質軽油)の膜分離プロセスによる高付加価値品(潤滑油基油用ワックス)の得率ポテンシャル12%	達成 高付加価値品 (潤滑油基油用ワックス) の得率ポテンシャル4~ 35%	
	(事業終了時) ノーブルユース指数17%	達成見込み	
	(事業目的達成時) ノーブルユース指数17%	達成見込み	

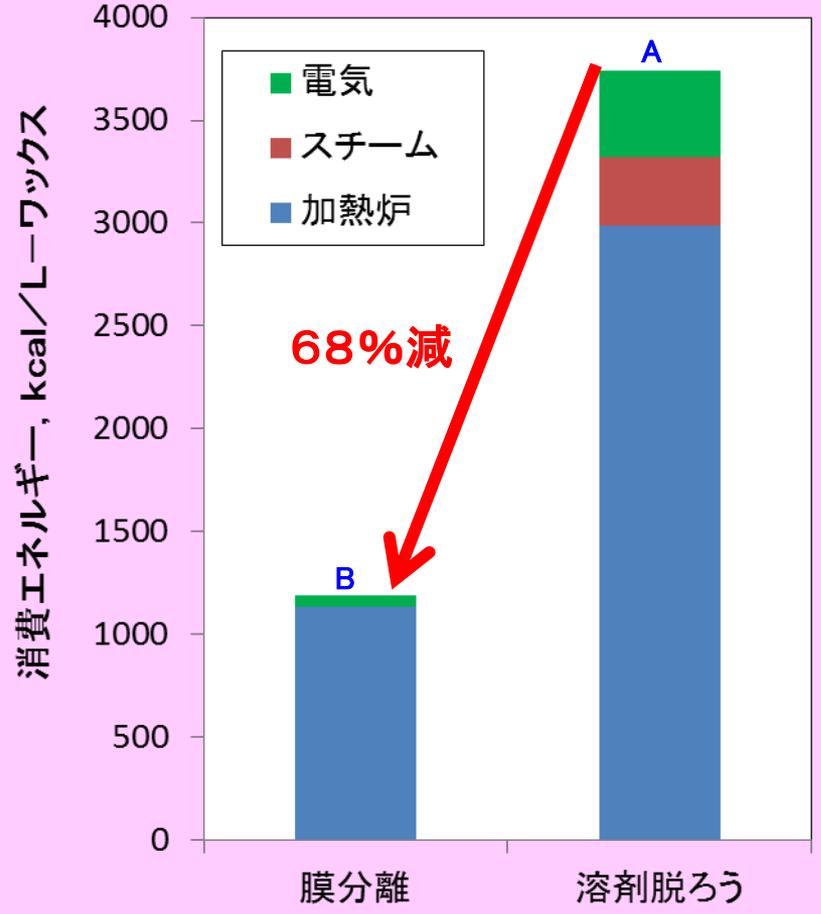
(詳細説明) 競合技術に対する膜分離の期待省エネ指数

競合する既存分離技術に対する開発膜分離技術の期待省エネ指数は50%以上
※最新の熱交換型の省エネルギー蒸留システムの省エネ指数50%

<吸着分離装置との比較>



<溶剤脱ろう装置との比較>



既存分離技術を用いた時の目的生産物あたりの消費エネルギー(A)と開発する分離技術の目的生産物あたりの消費エネルギー(B)を求め、 $(1-B/A) \times 100$ を「省エネ指数」(C)とする。

(詳細説明) 事業アウトプットの設定理由

事業アウトカムの達成には膜分離プロセスの個別要素技術の完成に加え、適切な用途を選定し実証化を通して要素技術の検証のほか寿命や経済性の評価など事業化に向けたデータを取得することが重要である。そのための事業アウトプットは次の(ア)～(オ)の5つ。

- (ア)実石油留分でも選択性を発現する分離膜を開発する **達成**
- (イ)さらに分離膜の性能低下要因を明らかにしその膜性能を最大限発揮できるように不純物除去等まで含めた膜分離プロセスのプロセス全体の設計を行う **進捗**
- (ウ)製油所で用いられることを想定し、現場でも膜エレメントの交換が可能な長尺エレメントを束ねたモジュールを開発し、製油所定修に合わせて保守点検ができるよう連続運転2年以上が可能な膜分離プロセスの設計を行う
- (エ)ベンチスケールでの評価によって有望テーマ(用途)の絞り込みを行い、技術完成後の実装まで考慮したテーマを選定し、2年間の実証化を通して要素技術の検証のほか寿命や経済性の評価など事業化に向けたデータを取得する
- (オ)工業的な生産方法で量産された分離膜の迅速な評価方法を開発し、有望テーマ(用途)に必要な機能を担保する分離膜の閾値を求め、品質管理手法を確立する **達成**

(ア)～(ウ): 石油精製プロセスで使われる膜分離プロセスの個別要素技術の完成

(エ): 要素技術の検証のほか寿命や経済性の評価など事業化に向けたデータを取得

(オ): 実証化からセミコマーシャルスケールとスケールアップ検討を進めて行く過程において、工業的に可能な手法で量産される分離膜の品質管理や受入検査に必須の評価技術

3. 事業アウトプット

事業アウトプット指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
<p>(ア)実石油留分・実ガスでも用途に応じた必要な選択性を発現する分離膜の開発・選定</p> <p>①軽質ナフサ、灯油からのノルパラ分離の場合、分離係数20もしくは目的物濃度90%以上に濃縮、軽油からのノルパラ分離の場合、分離係数10もしくは目的物濃度50%以上に濃縮</p> <p>②工業的に可能な製法にて膜を1mの長尺エレメントへ長尺化</p>	<p>(事業開始時)</p> <p>①軽質ナフサからのノルマルパラフィン分離について、分離係数20または目標物濃度90%以上</p> <p>②1m長尺エレメントの製作</p>	<p>実績:達成</p> <p>①分離係数33、目的物(ノルマルパラフィン)濃度97mol%</p> <p>②1m長尺エレメント試作</p>	
	<p>(中間評価時)</p> <p>①軽質ナフサ、灯油からのノルパラ分離の場合、分離係数20もしくは目的物濃度90%以上に濃縮、軽油からのノルパラ分離の場合、分離係数10もしくは目的物濃度50%以上に濃縮</p> <p>②テストピース並に性能を維持したまま1mの長尺エレメントまでスケールアップ</p>	<p>実績:達成</p> <p>①分離係数150、目的物(ノルマルパラフィン)濃度96mol%</p> <p>②工業製造可能な手法で製作した1mの長尺エレメントにて目標値に到達</p>	
	<p>(事業終了時) (平成32年度時点)</p> <p>同上</p>	<p>同上</p>	
	<p>(事業目的達成時) (平成34年度時点)</p> <p>同上</p>	<p>同上</p>	

3. 事業アウトプット

事業アウトプット指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
(イ)不純物除去等まで含めた膜分離プロセスの設計 前処理装置による不純物除去等まで含めた膜分離プロセスの実証機のプロセス全体の基本設計(実証機規模はその用途によって変わらう)	(事業開始時) 劣化に関わる不純物の特定	実績:達成 不純物候補物質(硫黄化合物等)の影響確認し、モデル原料による実験結果と仮説との整合性を検証	
	(中間評価時) 不純物除去等まで含めた膜分離プロセスの実証機(1m長エレメント1m²以上のプロセス又は生産量0.5kg/h以上)の基本設計	実績:達成見込み 前処理装置としてノルマルパラフィン濃縮装置等を設置することにより原料油の重質化による透過流束の低下が抑えられ、さらに膜分離装置のコンパクト化が可能な見込み	
	(事業終了時) 不純物除去等まで含めた膜分離プロセス(1m長エレメント10m ² 以上のプロセス又は生産量5kg/h以上のプロセス)の設計	同上	
	(事業目的達成時) 不純物除去等まで含めた膜分離プロセスのプロセスデザインパッケージ	同上	

3. 事業アウトプット

事業アウトプット指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
(ウ)連続運転2年以上が可能な膜分離プロセス設計 ①製造の現場でも膜エレメントの交換が可能な長尺エレメントを束ねたモジュールをシミュレーションを活用して開発 ②製油所のメジャー定修に合わせて保守点検ができるようプロセス全体で連続運転2年以上が可能な膜分離プロセスの設計	(事業開始時) ①膜エレメント本数100本規模モジュールの設計検討	実績:達成 モジュール構造の基本設計完了	
	(中間評価時) ①実証機に用いるモジュールの評価による目的物濃度90%以上、目的物の透過による回収率60%以上 ②製油所で採取された実油による評価時間3000時間以上相当の加速劣化試験	実績:達成見込み 期中につき現在評価中	
	(事業終了時) ②製油所で採取された実油による評価時間16000時間以上(2年)相当の加速劣化試験	実績:達成見込み	
	(事業目的達成時) 同上	同上	

3. 事業アウトプット

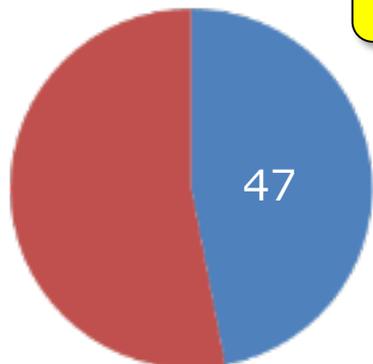
事業アウトプット指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
<p>(エ)平成30年度までにベンチスケールでの評価による有望テーマの絞り込みを行い、平成31年度から実証化</p> <p>平成30年度末までのベンチスケールでの評価によって有望テーマ(用途)の絞り込み、平成31年度から2年間の実証化を通して要素技術の検証のほか寿命や経済性の評価など事業化に向けたデータを取得</p>	<p>(事業開始時)</p> <p>実石油留分・実ガスで目標とする分離性能を発現したSilicalite-1膜の分離対象として、商業規模を想定した時に現状で最も有望と考えられるノルマルパラフィン分離をベースに検討</p>	<p>実績:達成</p> <p>最もメリット額が大きかった「軽質ナフサからのノルマルパラフィン分離によるアロマ・オレフィン増産」を優先して検討</p>	
	<p>(中間評価時)</p> <p>同上</p>	<p>実績:達成見込み</p> <p>初期投資額に対するメリット額が大きかった「重質軽油からのノルマルパラフィン分離による潤滑油基油増産」を実証化の第一候補として検討</p>	
	<p>(事業終了時)</p> <p>要素技術の検証のほか寿命や経済性の評価など事業化に向けたデータを取得</p>	<p>実績:達成見込み</p>	
	<p>(事業目的達成時)</p> <p>事業性評価</p>	<p>—</p>	

(詳細説明) 2つの適用テーマ(用途)の比較

油種変更により透過流束が低下し処理量の少ないテーマにも拘らず膜エレメント本数減らず

<軽質ナフサからのノルパラ分離>

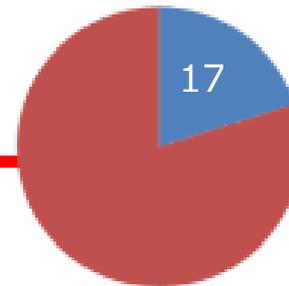
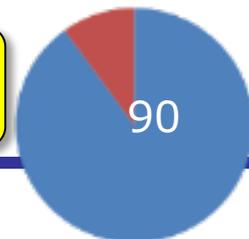
非ノルパラ ノルパラ



透過流束: **5(3)**kg/h/m²
膜エレメント: **10万(17万)**本
*実績値(目標値)

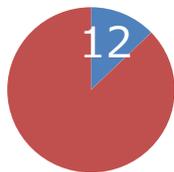
ノルパラ
膜分離
(Silicalite-1膜)
nP回収率: 81%

330°C × 0.2MPaG



<軽油留分からの潤滑油基油向けワックス製造> 上記テーマの1/8の装置規模と当初予想

非ノルパラ ノルパラ



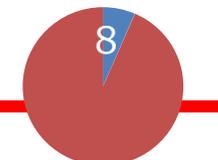
透過流束: 0.1 (**0.9**)kg/h/m²
膜エレメント: 10万 (**1.2万**)本

ノルパラ
膜分離
(Silicalite-1膜)
nP回収率: 36%

圧力(≒温度)が上げられない
350°C ~ 390°C × 減圧 ~ 大気圧



潤滑油基油
約5千kL/y



分解装置原料
膜分離の有無で
価値は不変

(詳細説明) 細孔内のノルパラ透過機構と劣化機構

(透過機構) 細孔内のノルパラ透過機構は①表面拡散(吸着)②活性拡散(拡散)の2つに大別

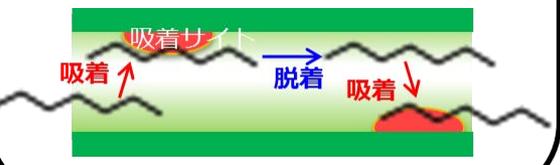
細孔内透過成分の分子量分布が広い混合系原料では最大分子量成分の透過機構が①の場合、この最大分子量成分の透過度が最大で他成分を規格化する

(劣化機構) 目的物より分子量が大きなゼオライト細孔を透過する物質:劣化因子

(解決策) 目的物の分子量を最大としたトッパーカットによる原料油調製(ボトムカットで代用)

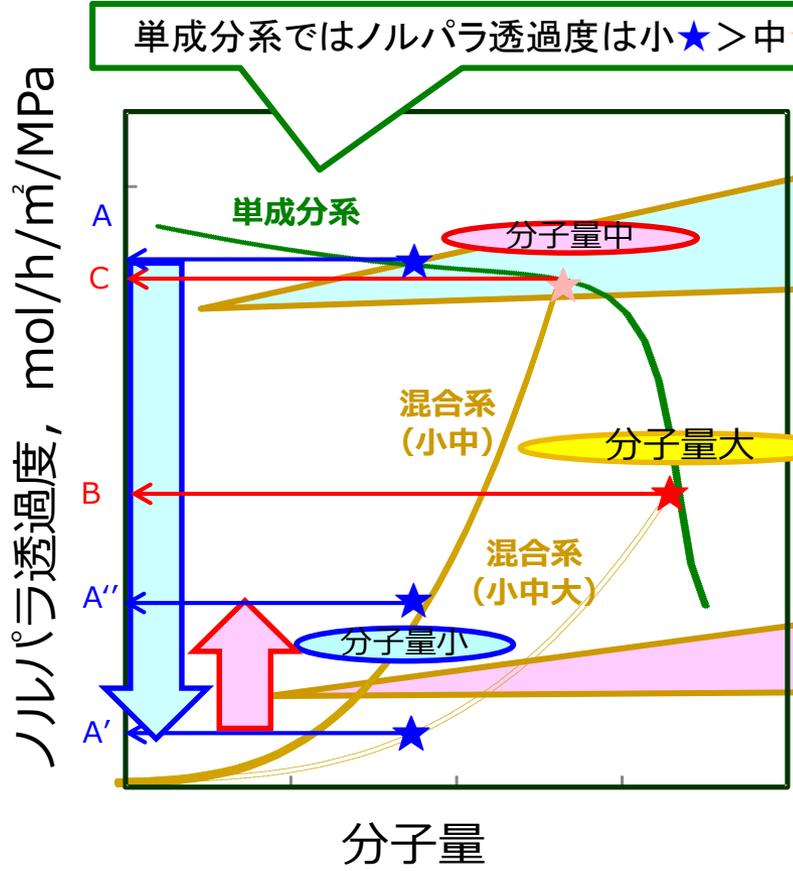
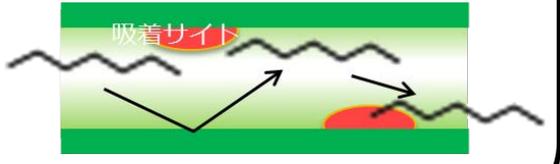
<透過機構①>

表面拡散機構(吸着支配)
低温領域 & 分子量大
成分の透過機構



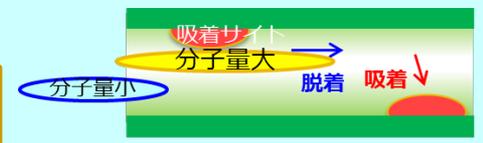
<透過機構②>

活性拡散機構(拡散支配)
高温領域 & 分子量小
成分の透過機構



単成分系ではノルパラ透過度は小★ > 中★ > 大★

透過機構①領域の混合系では
分子量大を小は追い越せず



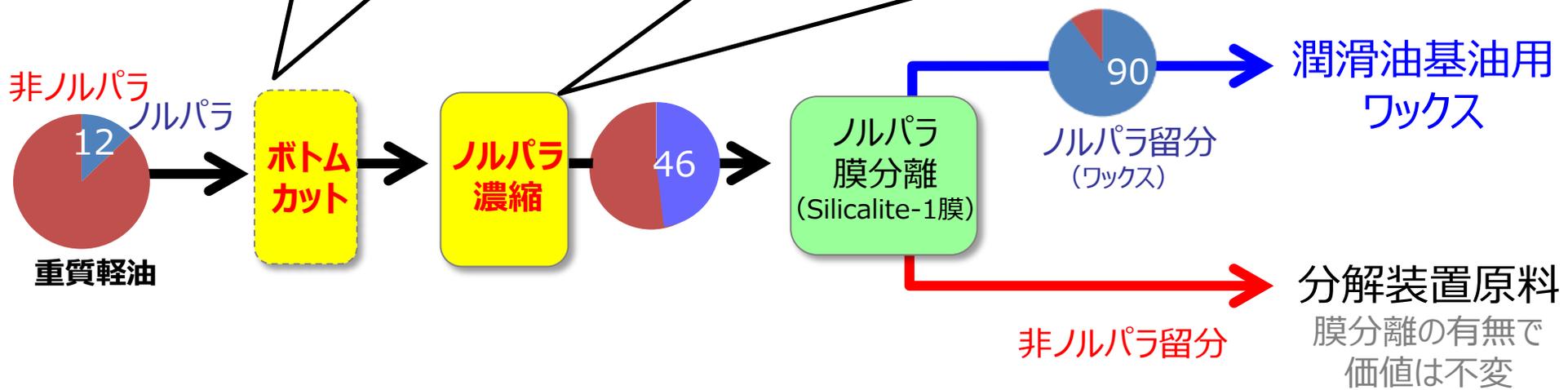
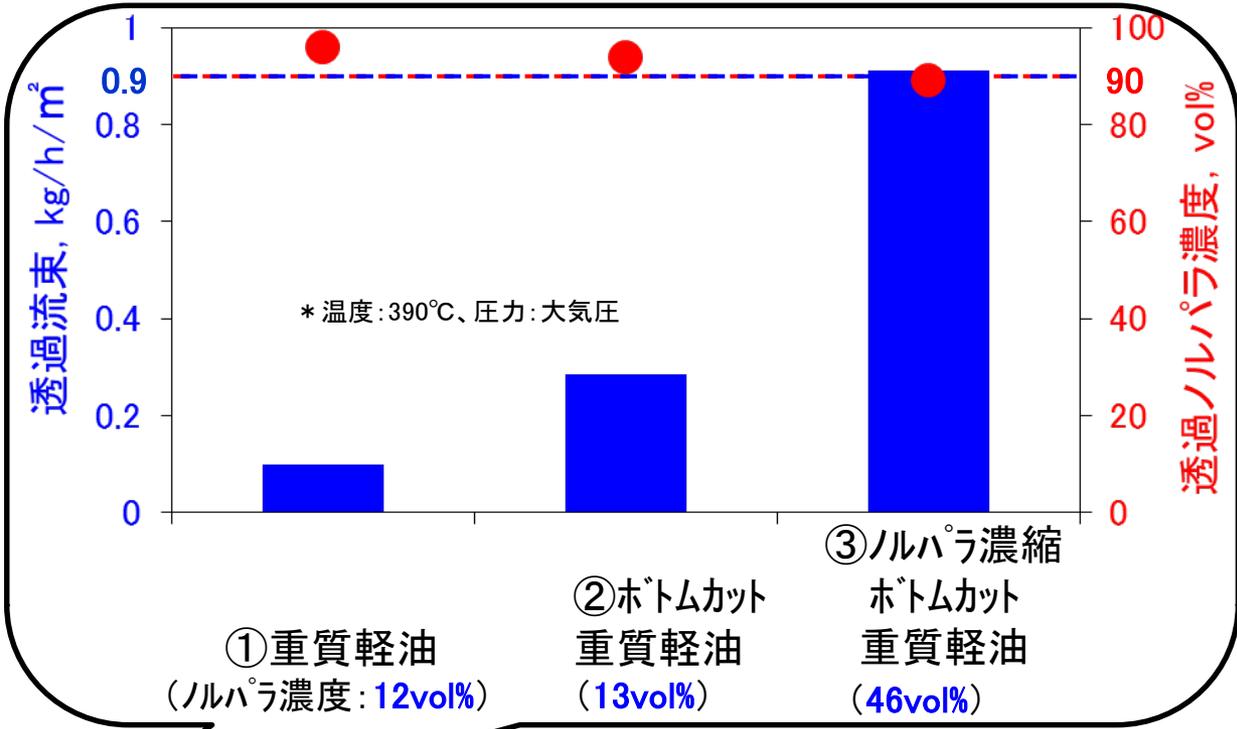
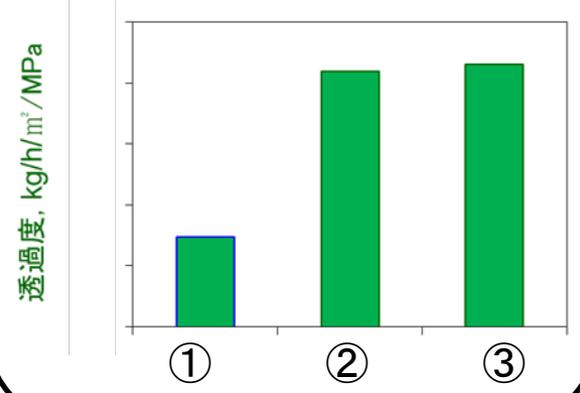
ノルパラ透過度は
小★ < 中★ < 大★
分子量小のノルパラ透過度は
AからA'まで大幅に低下

分子量大をカットし分子量中が
最大分子量となると再規格化
により分子量小のノルパラ透
過度はA'からA''まで回復
ただしノルパラ透過度は
小★ < 中★

(詳細説明) ボトムカットとノルパラの濃縮効果

Silicalite-1膜の細孔内のノルマルパラフィン透過・劣化メカニズムから導出された対策により課題クリア

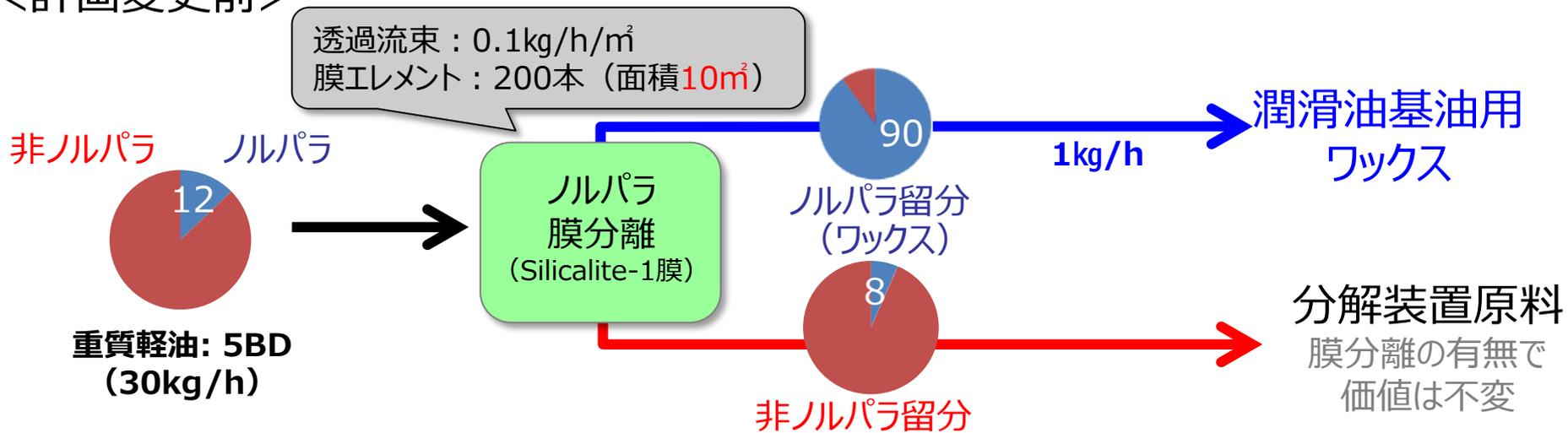
目的物の分子量が最大とした
フィードを調整するためボトムカット
⇒透過度が劇的に向上
★原料重質軽油のカットが重要



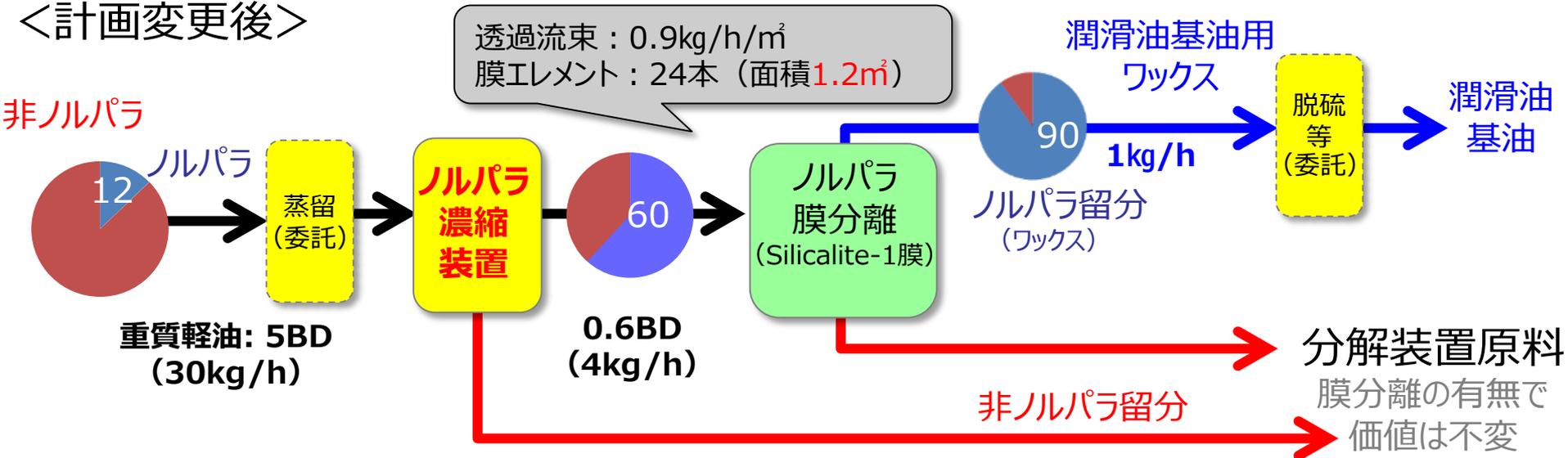
(詳細説明) 実証機フロー図の計画変更内容

スケールアップより前後処理装置などの付帯設備も含めプロセス全体として実証運転を行うことが重要
⇒前処理により膜面積は大幅減(実証規模を1m長エレメント1m²以上のプロセス又は生産量0.5kg/h以上に修正)

<計画変更前>



<計画変更後>



(詳細説明) 実証機計画変更に伴う

H30年度費目間予算配分の変更

実証機の規模縮小に伴い設備費は減額、前後処理の検討増に伴い材料費と外注費は増額
共研体制見直しにより諸経費は減額(費目間予算配分は変わるが総額は変わらず)

	修正版		現計画	
	総額,千円	補助金,千円	総額,千円	補助金,千円
設備費	66,000	44,000	78,000	52,000
炭化水素分離膜評価 ベンチ装置の増強	21,000	—	30,000	—
大型モジュールの製造	9,000	—	12,000	—
実証機の設計	6,000	—	6,000	—
膜検査装置	30,000	—	30,000	—
材料費	3,900	2,600	3,000	2,000
実験用材料	2,100	—	1,000	—
実験用薬品・ガス	900	—	1,000	—
分析用材料	900	—	1,000	—
物品費	900	600	900	600
人件費	15,000	10,000	15,000	10,000
外注費	36,900	24,600	23,700	15,800
試料調製費	15,000	—	2,000	—
機器試作費	1,800	—	15,000	—
データ解析費	9,000	—	1,700	—
分析費	2,100	—	1,000	—
受託評価費	9,000	—	4,000	—
諸経費	7,200	4,800	9,300	6,200
旅費	300	—	300	—
共同研究費	6,900	—	9,000	—
計	129,900	86,600	129,900	86,600

3. 事業アウトプット

事業アウトプット指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
(オ)炭化水素の膜分離における膜の品質管理手法を設定 工業的な生産方法で量産された分離膜の迅速な評価方法を開発し、有望テーマ(用途)に必要な機能を担保する分離膜の閾値を求め、品質管理手法を確立する	(事業開始時) 膜の品質管理方法の検討 (目標:既存手法と炭化水素分離性能との関係把握)	実績:達成 性能担保における評価方法と性能指標との相関検討しテストピースについて閾値決定	
	(中間評価時) モジュールに使用する規模(100本以上)での品質管理手法の設定	実績:達成見込み 長尺エレメントの迅速な品質管理方法である等圧透過試験を確立した	
	(事業終了時) 同上	実績:達成見込み 膜の品質管理に関する検証を実証時に合わせて行う計画である	
	(事業目的達成時) 同上	同上	

個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

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(未達成の場合)
(1) 分離膜開発・選定 ① 分離膜テストピースの開発 ② 長尺エレメントへのスケールアップ (2) プロセス検討 (3) 品質管理方法検討	① 軽質ナフサ、灯油からのノルパラ分離の場合、分離係数20もしくは目的物濃度90%以上に濃縮、軽油からのノルパラ分離の場合、分離係数10もしくは目的物濃度50%以上に濃縮 ② テストピース並に性能を維持したまま1mの長尺エレメントまでスケールアップ (2) 不純物除去等まで含めた膜分離プロセス（1m長エレメント10m ² 以上のプロセス又は生産量5kg/h以上のプロセス）の設計 (3) モジュールに使用する規模（100本以上）での品質管理手法の設定	① 達成 ② 達成 (2) 達成見込み (3) 達成 長尺エレメントの迅速な品質管理方法である等圧透過試験を確立	(2) 期中のため 前処理装置としてノルマルパラフィン濃縮装置等を設置することにより原料油の重質化による透過流束の低下が抑えられ、さらに膜分離装置のコンパクト化が可能な見込み

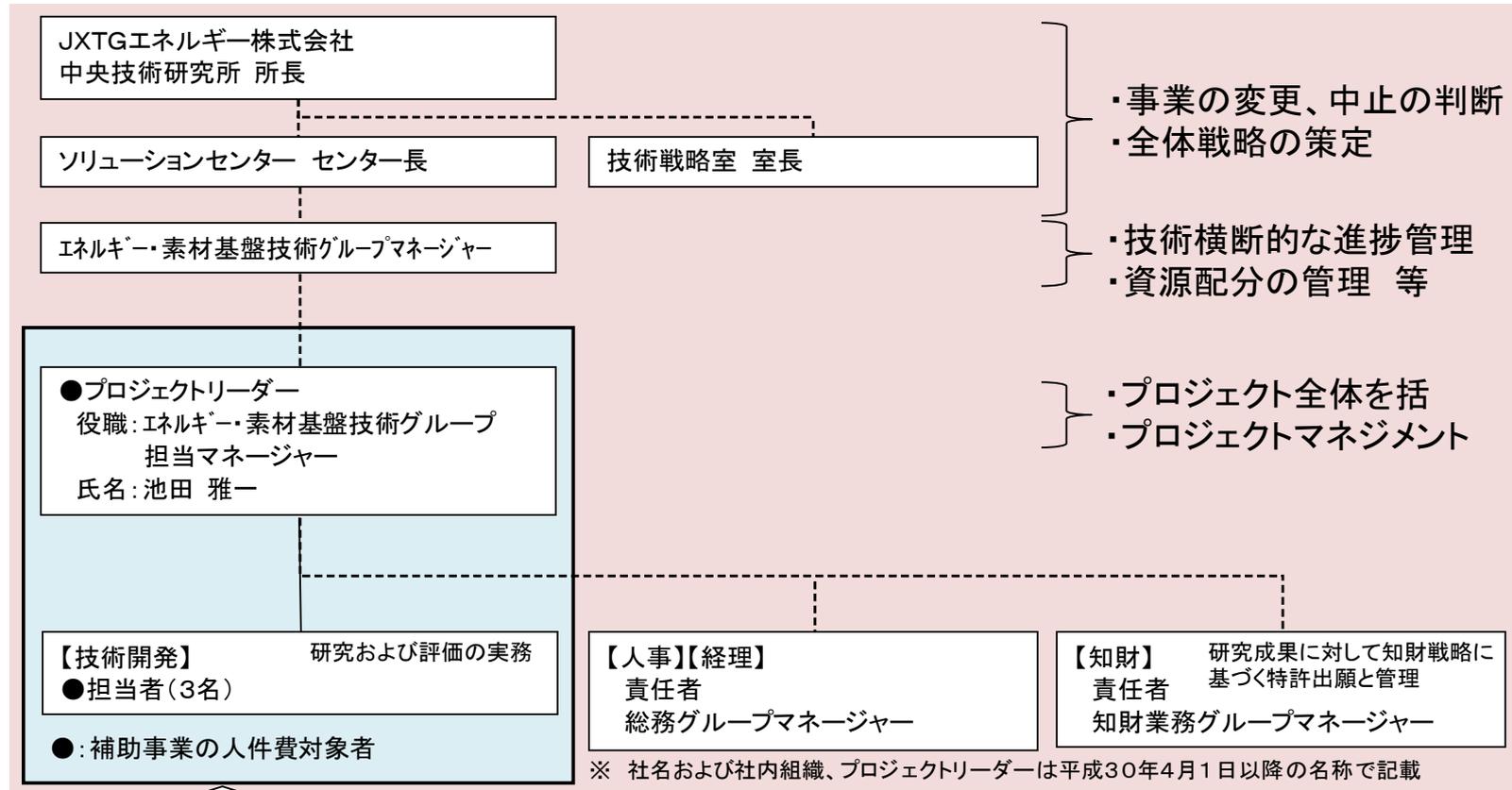
個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

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(未達成の場合)
<p>(4) 分離膜寿命評価・予測</p> <p>①モジュール開発</p> <p>②実油による評価・寿命予測</p> <p>(5) 実証装置 基本設計</p> <p>①実証機の設計/製作/運転</p> <p>②分離膜の品質管理方法の検証</p> <p>③経済性評価</p> <p>(6) 膜透過・劣化メカニズム解明</p>	<p>(4)</p> <p>①実証機に用いるモジュールの評価による目的物濃度90%以上、目的物の透過による回収率60%以上</p> <p>②製油所で採取された実油による評価時間16000時間以上(2年)相当の加速劣化試験</p> <p>(5)</p> <p>①不純物除去等まで含めた膜分離プロセスの実証機(1m長エレメント1m²以上のプロセス又は生産量0.5kg/h以上)の設計</p> <p>②膜の品質管理に関する検証を実証時に合わせて行う。</p> <p>③膜再生法の検討と保守費算出、商用装置の設計(目的物100BD以上のプロセス検討)</p> <p>(6) 計算化学シミュレーション等を通じた炭化水素膜分離の透過・劣化メカニズムの仮説提示と実験による検証</p>	<p>(4)</p> <p>①達成見込み</p> <p>②達成見込み</p> <p>(5)</p> <p>①達成見込み</p> <p>②達成見込み</p> <p>③達成見込み</p> <p>(6) 達成</p> <p>Silicalite-1膜によるノルマルパラフィン分離の透過・劣化メカニズムの仮説提示と実験による検証</p>	<p>(4)</p> <p>①期中のためシール方法などの要素技術は開発済み</p> <p>②計画通り</p> <p>期中までに実油による評価時間3000時間以上相当の加速劣化試験を実施</p> <p>(5)</p> <p>①計画通り</p> <p>期中までに(2)に記載の不純物除去等まで含めた膜分離プロセスの実証機の基本設計を実施</p> <p>②計画通り</p> <p>期中までに品質管理のための膜検査装置を製作し次年度から検証する計画</p> <p>③計画通り</p> <p>次年度から検証する計画(テーマ選定のためのFSは期中に実施)</p>

4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

項目	年度							
	平成28年度	平成29年度	平成30年度	平成31年度	平成32年度	平成33年度	平成34年度	
(1) ラボスケール検討 (個別要素技術開発)	個別要素技術の完成★							
(2) デモンストレーション (実証機によるプロセス性能検証)			要素技術の検証★ 寿命・経済性★					
			製品評価△ 事業性評価△		現事業			
(3) セミコマーシャル (小型商用機による事業化検討)				事業化検討☆ 立地・規模検討☆		セミコマ機による事業性評価☆		
				事業性再評価△				
(4) コマーシャル (商用機による事業化)						プロセスデザイン/パッケージ作成☆		
事業アウトカム 省エネ指数 (目標50%) ノーブルユース指数 (目標17%)					30%☆ 目標17%達成★	目標50%達成★		
事業アウトプット (ア) 分離膜開発 (イ) 膜分離プロセス全体設計 (ウ) モジュール開発と連続2年運転 (エ) 用途選定と実証化 (オ) 分離膜の品質管理手法確立	●	●	●	●	●	●	●	
	テストピース★	長尺エレメント★						
	不純物特定★	基本設計★	全体設計★			16000時間相当		
		モジュール試作★	実証モジュール★	8000時間相当★				
		用途選定・実証機設計★		建設★		運転★		
知財		●	●	●	●			
		要素技術の知財化		▲知財戦略見直し	優先権主張による拡充			

5. 研究開発の実施・マネジメント体制等



- ・人事担当: プロジェクトに関わるメンバーの従事時間管理
- ・経理担当: 研究費用の適正な管理

外部指導者、協力者

大学

A大学

炭化水素膜分離の透過・劣化メカニズムの解明

B大学

シミュレーションによる仮説提示と実験による検証

企業

分離膜メーカー

モジュールメーカー

エンジニアリングメーカー

6. 費用対効果

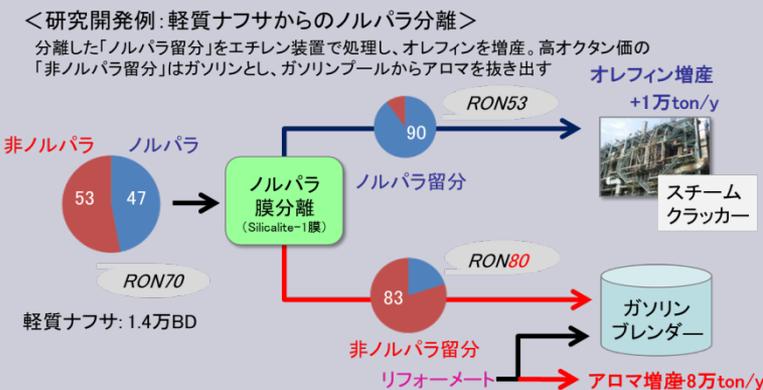
装置規模や市況価格にもよるがノーブルユース化によって得られる想定メリット額は検討2テーマだけで20億円～40億円と推算している。膜分離技術の用途とはこの他にも数多くあり、その他用途展開によるメリットも含めて事業費2.1億円に対する費用対効果は十分にありと考える。

(例)2018年11月下旬の市況価格(ナフサ:52.5\$/B、エチレン:1010\$/t、ベンゼン:700\$/t、113円/\$)における「軽質ナフサからのノルマルパラフィン分離によるアロマ・オレフィン増産」の想定メリット額は約30億円

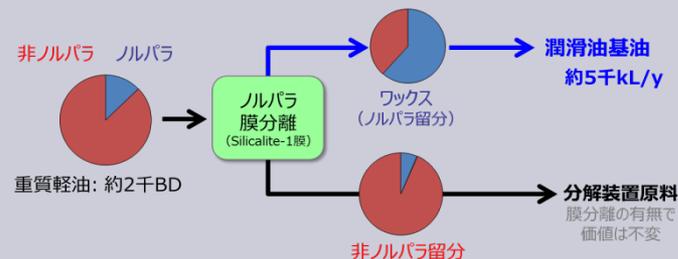
軽質ナフサからのノルパラ分離

軽油留分からの潤滑油基油向けワックス製造

概略図



<研究開発例: 軽油留分からの潤滑油基油向けワックス製造>
軽油留分から膜によりノルパラ(ワックス)を分離し、潤滑油基油に適用



分離対象

軽質ナフサ

重質軽油

回収物

透過物: エチレン装置基材 →オレフィン
非透過物: 高オクタン価基材→アロマ

透過物: 潤滑油基油
非透過物: 各種基材

膜の種類

ゼオライト(silicalite-1)

ゼオライト(silicalite-1)

透過分子種

ノルマルパラフィン

ノルマルパラフィン

想定商業規模

大(数万BD)

中(数千BD)

想定メリット

大(数十億円)

中(数億円)

「高効率な石油精製技術に係る研究開発 支援事業費補助金」

研究開発プロジェクトの概要

テーマ名「非在来型原油および残渣油の2次装置
反応性解析」(テーマ5)

平成30年12月13日

JXTGエネルギー株式会社

目次

1. 事業の概要
2. 事業アウトカム
3. 事業アウトプット
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等
6. 費用対効果

1. 事業の概要

概 要	国内石油需要の減少, アジア新興国における大型・輸出製油所の台頭による国際競争の激化等, 我が国石油精製業を取り巻く環境は厳しくなっている。こうした中, 我が国のエネルギー安定供給に貢献し, 製油所の国際競争力を強化することを目的として, 「石油のノーブルユース」・「稼働信頼性の向上」に資する技術開発に対して支援を行う。
実施期間	平成28年度～平成32年度(5年間)
実施形態	国からの間接執行 (JXTGエネルギー株式会社への補助事業)
予算総額	5.19億円 (平成28年度:1.52億円 平成29年度:2.76億円 平成30年度:0.92億円)
実施者	JXTGエネルギー株式会社
プロジェクトリーダー	JXTGエネルギー(株) 中央技術研究所 燃料研究所 プロセス・触媒グループマネージャー 柳川 真一郎

(補足資料)事業の目的

①重質分の比率の高い超重質(非在来型)原油の処理拡大に寄与

【効果】 (原油購入単価の値差:5\$/B)

◆原油処理量30万BDの製油所で中東原油→非在来型原油へ5%振替えた場合

年間24億円程度のメリットを想定

◆国内製油所の原油処理量400万BDを上記同様に振替えた場合

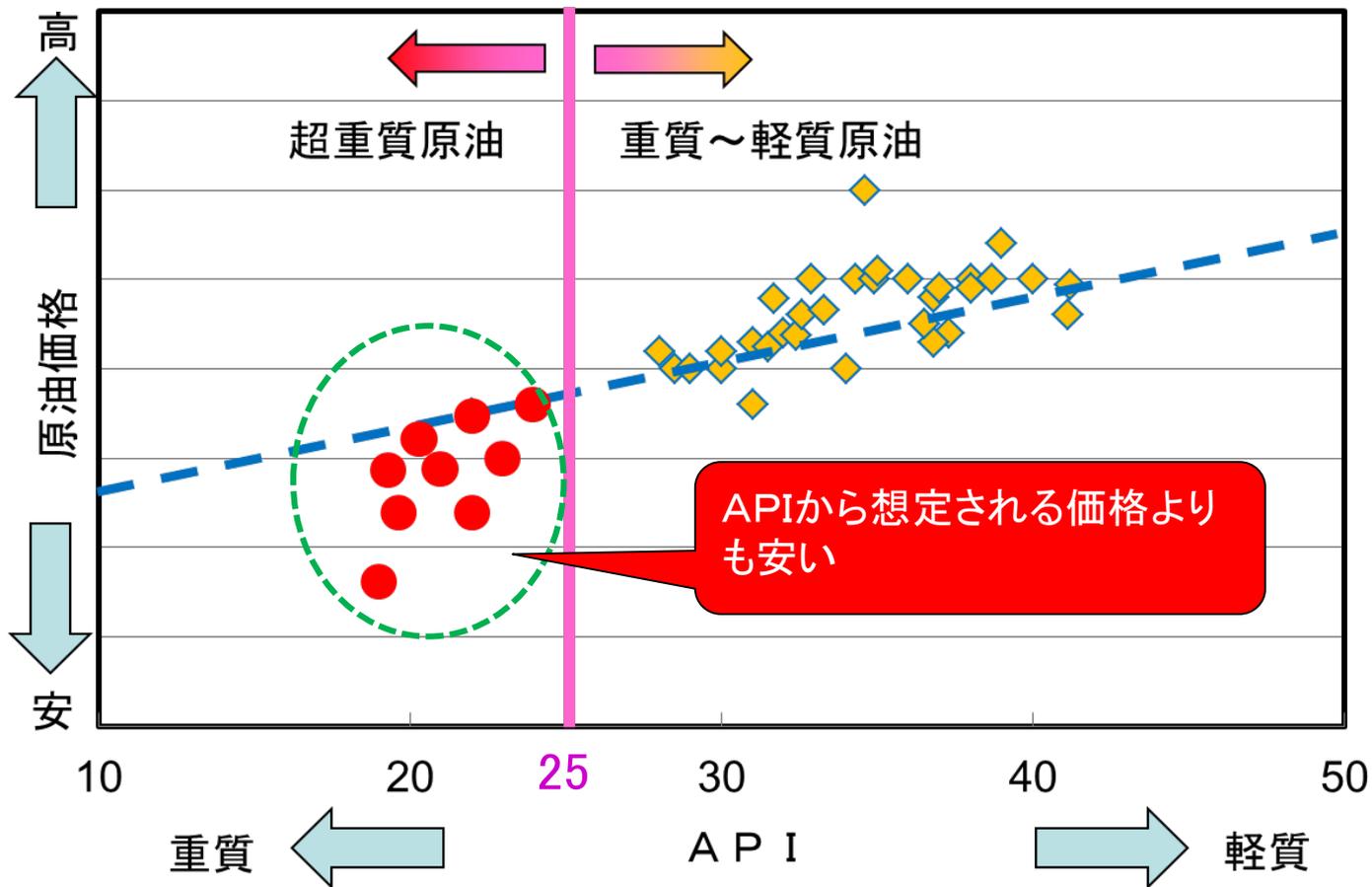
年間315億円程度のメリットを想定

②原油購入先の多様化(エネルギーセキュリティ対応)に寄与

③2次処理装置の反応性を把握することで石油のノーブル・ユース化(燃料および化学品の生産最大化)・重質油処理比率増加・IMO対策に寄与

(補足資料)背景

APIと原油価格の相関(イメージ)



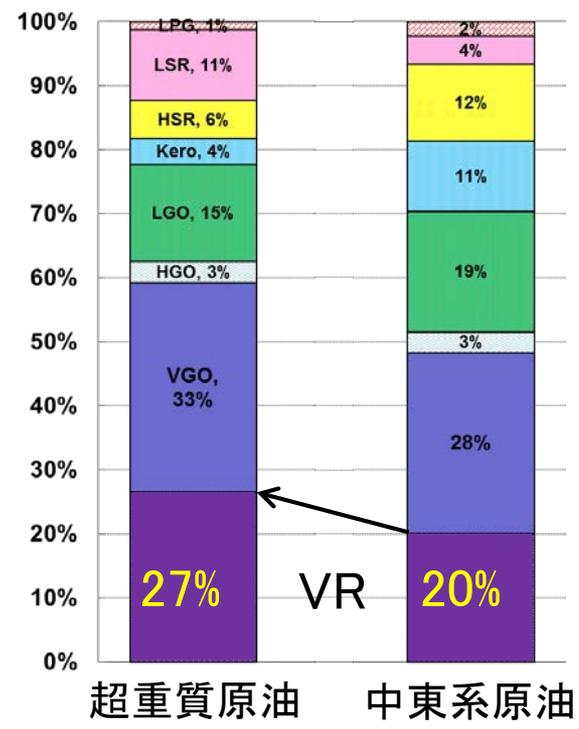
廉価な非在来型超重質原油の利用拡大が製油所の国際競争力強化に寄与する

(補足資料)背景

【非在来型超重質原油の特徴】

- ①低付加価値留分(特に減圧残渣(VR))が多い
- ②中東系原油の減圧残渣(VR)とは「質」が異なる
 - ・窒素分、硫黄分
 - ・重質アスファルテン分
 - ・メタル分
 ⇒2次処理装置での反応性・選択性悪化

原油中の留分構成(例)



・反応性に悪影響を及ぼす物質の構造を特定
 ・2次処理装置の反応へ与える影響を評価し明確化



・より価値の高い超重質原油の選択を可能
 ・燃料や化学品の生産を最大化

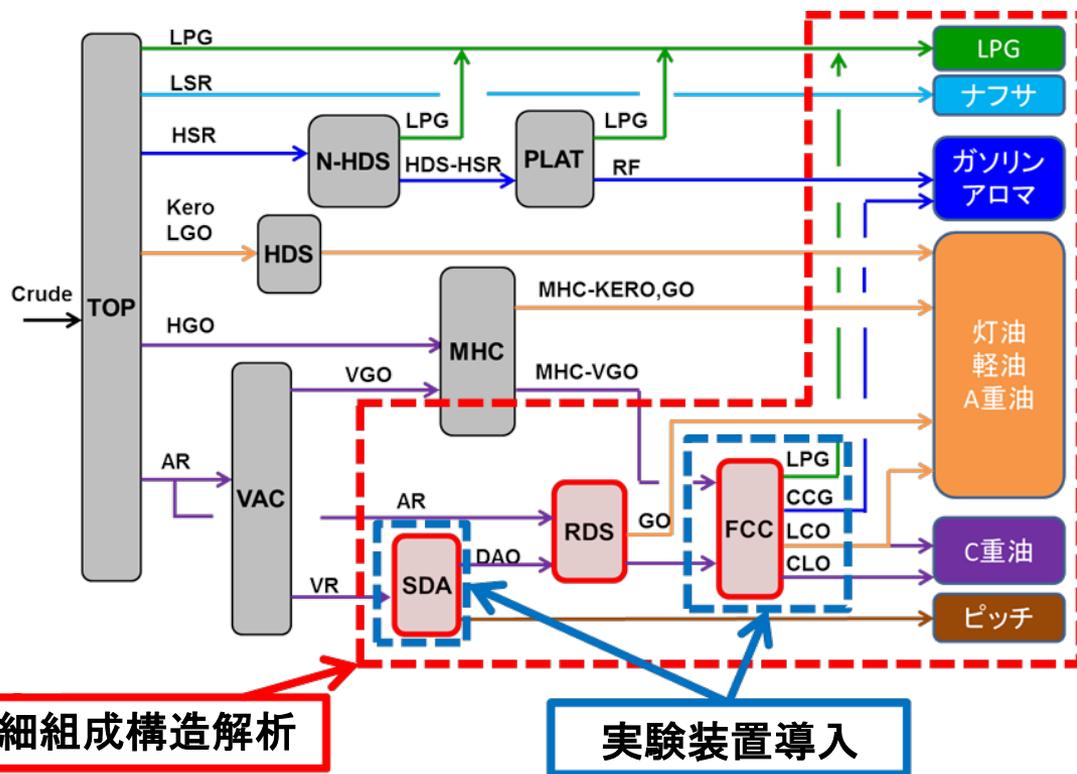


石油のノーブル・ユースに寄与

(補足資料) 研究開発内容

より価値の高い原油の選択を可能にするため、非在来型超重質原油および当該原油から得られる残渣油の2次処理装置(SDA, RDS, FCC)*1での反応性を評価する。

さらに、JPEC基盤研の協力の基、原料油・生成油の詳細組成構造解析を実施する。原料の組成、性状に起因する異なる反応性、性状を定量的に把握(データベース化)し、より高い精度で原油価値を判断できるようになる。



2次処理装置 *1

・SDA(溶剤脱れき装置)

原料と溶剤を混合し、抽出操作により、脱れき油(DAO)とピッチに分離する装置

・RDS(残油直接脱硫装置)

原料の不純物(硫黄等)を水素化反応により除去する装置

・FCC(接触分解装置)

原料と触媒を接触させ軽質油(ガソリン等に)分解する装置

2. 事業アウトカム

事業アウトカム指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
製油所の2次処理装置において適用可能な非在来型原油を含む未利用原油の種類 設定理由 データベースを元に製油所で処理可能な非在来型原油を含む未利用原油を10種類選定することで、従来原油処理量の5%を振り替えられると仮定した。その場合、購入単価の値差を5\$ / Bとすると、原油処理量30万BDの製油所で24億円 / 年のメリット(あるいは国内製油所の原油処理量400万BDに対して315億円 / 年のメリット)が想定されることによる。	(事業開始時) 0原油	0原油	-
	(中間評価時) 3原油	3原油 (達成見込み)	-
	(事業終了時) 10原油	-	-
	(事業目的達成時) 同上	-	-

3. 事業アウトプット

事業アウトプット指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
非在来型原油を含む原油の2次 処理装置での反応性評価の データベース数 設定理由 性状が特徴的な10原油をデータベ ースとすることで、任意の原油の2次処 理装置の適合性を判断できるとして 設定	(事業開始時) 0原油	0原油	-
	(中間評価時) 3原油	3原油 (達成見込み)	-
	(事業終了時) 10原油	-	-
	(事業目的達成時) 同上	-	-

個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

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(未達成の場合)
①2次処理装置反応性評価の技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・SDA実験装置およびFCC実験装置の設計・建設を完了、運転を開始し、本検討に適した反応性評価方法を確立 ・既存のRDS実験装置を使用し、本検討に適した反応性評価方法を確立 	<p>達成</p> <p>達成</p>	
②詳細組成構造解析の適用範囲拡大の技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・詳細組成構造解析技術が、非在来型超重質原油に適用可能であることを確認し、課題がある場合にはその改善策を提案 	<p>達成</p>	
③プロセス挙動を表現するモデルの技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・RDS反応性評価結果を分子反応モデルに適用し、計算と実測の差異から、プロセス内部の反応挙動について検証し、モデルを改良 ・SDAプロセスのモデルに関する知見を収集し、モデルを検討 	<p>達成</p> <p>達成見込み</p>	
④データベースの構築	<ul style="list-style-type: none"> ・要素研究により各プロセスの反応性・性能を判断するための重要な指標を見出し、3原油のデータベースを構築 	<p>達成見込み</p>	

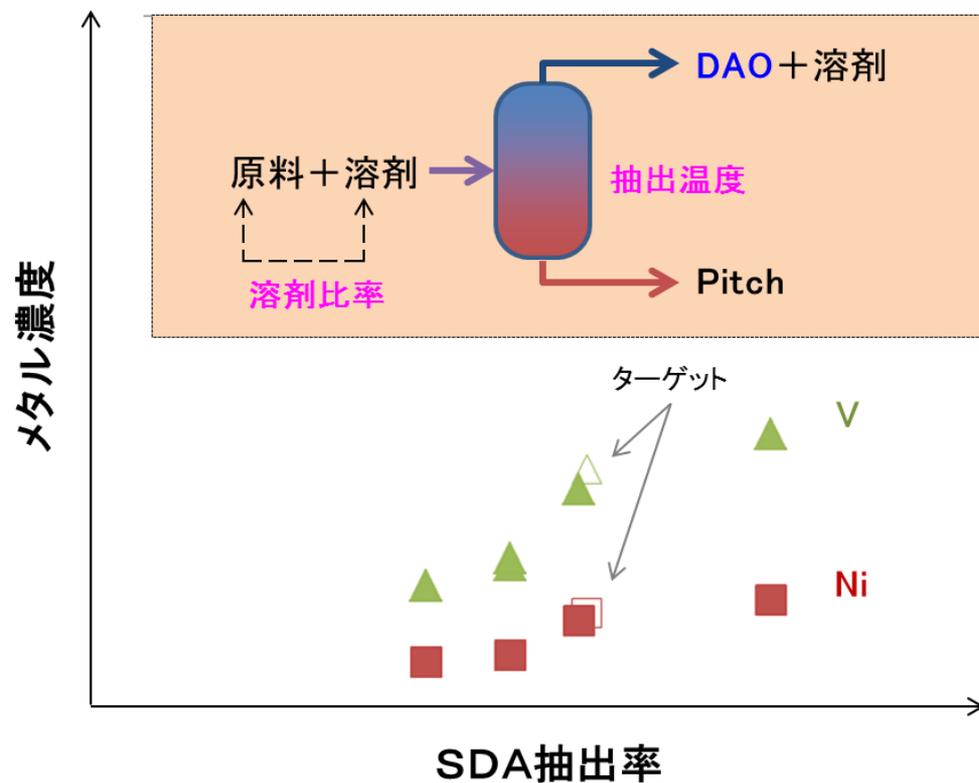
(補足資料)進捗状況①

SDA実験装置の設計・建設完了後、運転を開始し、反応性評価方法を確立

■ SDA実験装置



■ SDA実験結果(運転条件の検討)



溶剤比率や抽出温度を変更することで、ターゲットのSDA抽出率・メタル濃度を達成する運転条件を確認

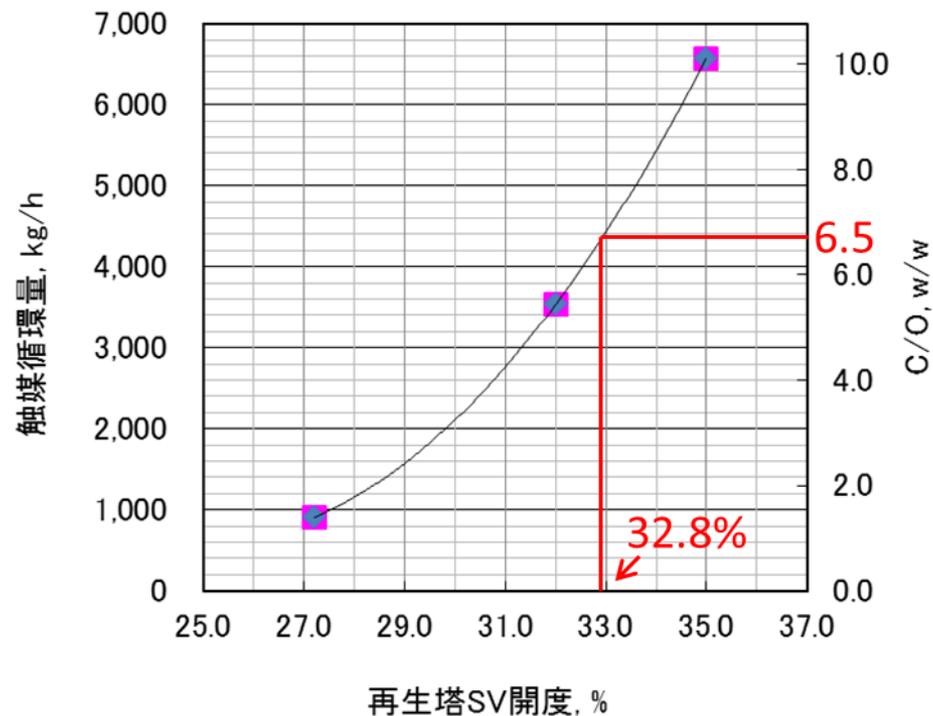
(補足資料)進捗状況②

FCC実験装置の設計・建設完了後、運転を開始し、反応性評価方法を確立

■FCC実験装置



■FCC実験結果(運転条件の検討)



触媒循環量を再生塔のスライドバルブ(SV)の開度により調整し、適切な条件となる運転条件を確認

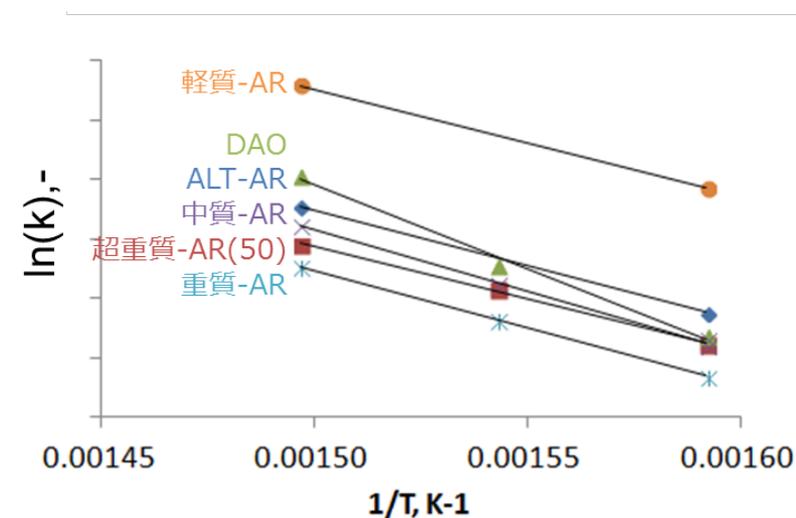
(補足資料)進捗状況③

既存のRDS実験装置を用いて反応性評価方法を確立

■RDS原料性状

年度	平成28年度		平成29年度			
	ALT -AR	超重質 -AR	DAO	中質 -AR	重質 -AR	軽質 -AR
性状／油種						
密度(15°C) , g/cm ³	0.9723	1.014	0.9908	0.9883	0.9944	0.9347
硫黄分 , mass%	3.47	2.31	3.23	3.35	4.56	0.85
微量窒素 , mass%	0.20	0.40	0.281	0.297	0.223	0.195
アスファルテン分 , mass%	2.9	13.4	0.3	4.3	8	0.4

■RDS反応性結果

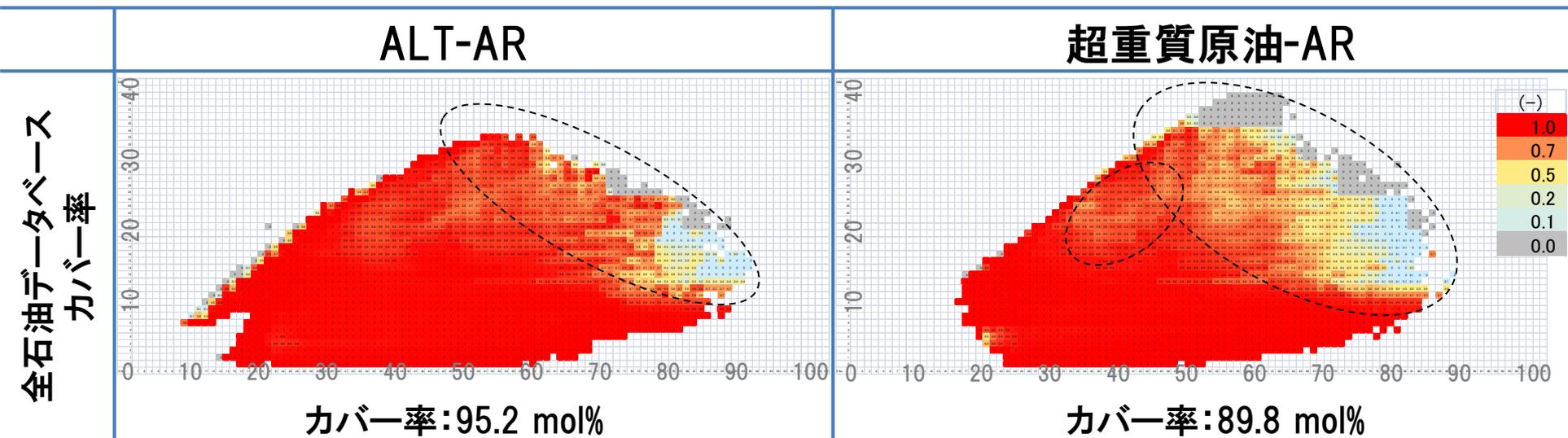


DAOを除く原料油の活性化エネルギーはほぼ同等
原料油毎に異なる速度定数(頻度因子)を示す

(補足資料)進捗状況④

詳細組成構造解析技術が、非在来型超重質原油に適用可能であることを確認

■詳細組成構造解析結果

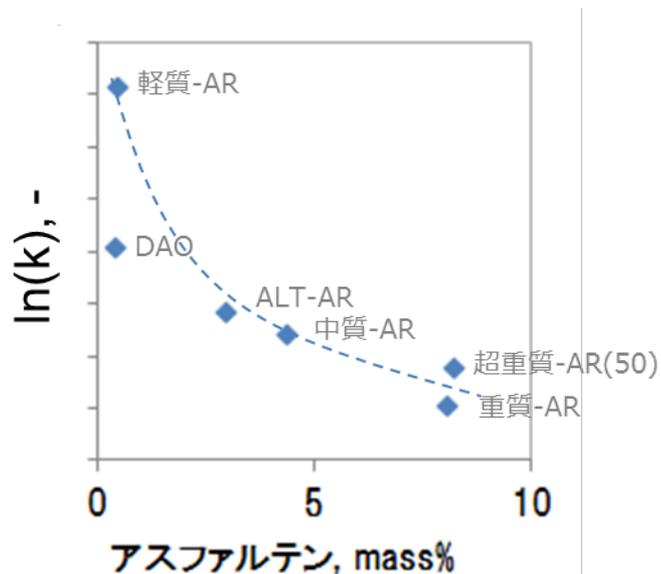


超重質原油についてJPEC保有の詳細組成構造解析技術を適用し、分子レベルの情報を得ることに成功
一方で、高分子・高芳香族分子に関する全石油データベース(Comcat)が若干不足していることを確認
解析精度向上のためにJPECにてデータベースの拡充を検討

(補足資料)進捗状況⑤

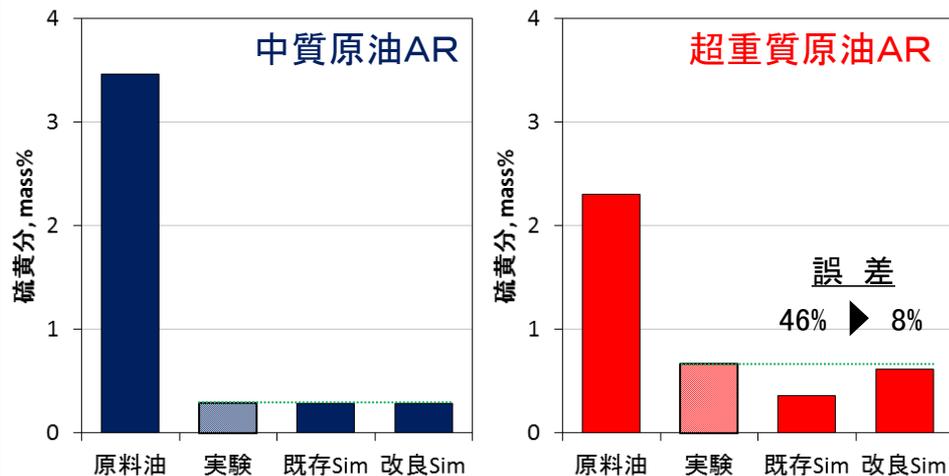
RDS反応性評価結果を分子反応モデルに適用し、反応性の検証およびモデルを改良

■RDS反応性とアスファルテンの相関



各種原料油の一般性状で整理した結果
RDS反応の頻度因子とアスファルテン量に
強い相関を確認

■シミュレーションモデルの改良結果

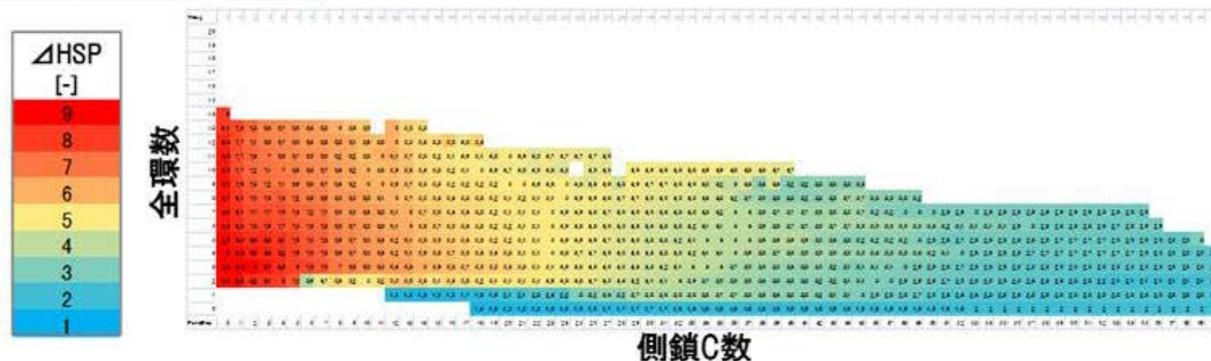


JPEC保有の既存シミュレーションモデルに対して
原料油のアスファルテン量に応じた頻度因子を設定できる
改良シミュレーションモデルでは超重質原油ARの
シミュレーション精度が向上

(補足資料)進捗状況⑥

SDAプロセス(抽出操作)がハンセン溶解度パラメータで整理できることを確認

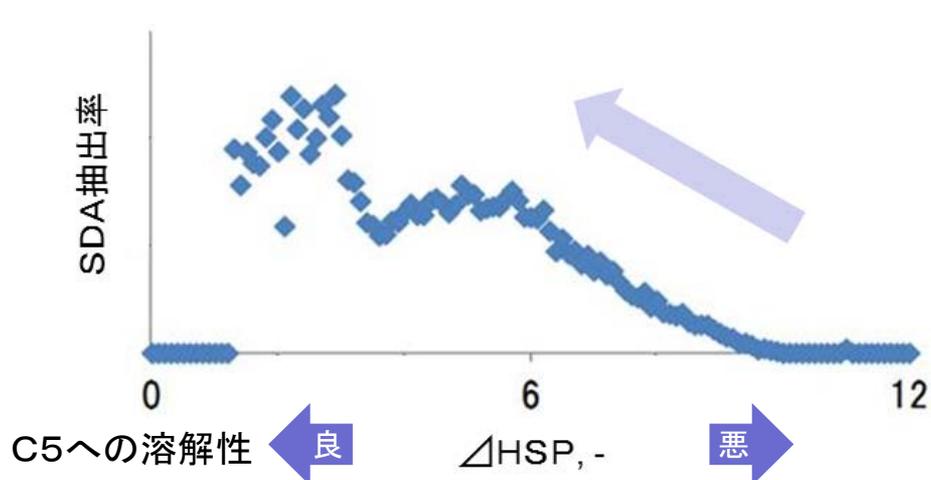
■原料VRの詳細組成構造解析結果およびn-C5とのハンセン溶解度パラメータ差(Δ HSP)



JPEC開発の
全石油データベース
(Comcat)から引用

全環数が少なく側鎖の炭素数が多い分子は Δ HSPが小さいことを確認

■ Δ HSPとSDA抽出率の相関



原料VRの中で Δ HSPが小さい分子ほど、
溶剤であるC5への溶解性が高く
SDA抽出率が高くなることを確認

(補足資料)進捗状況⑦

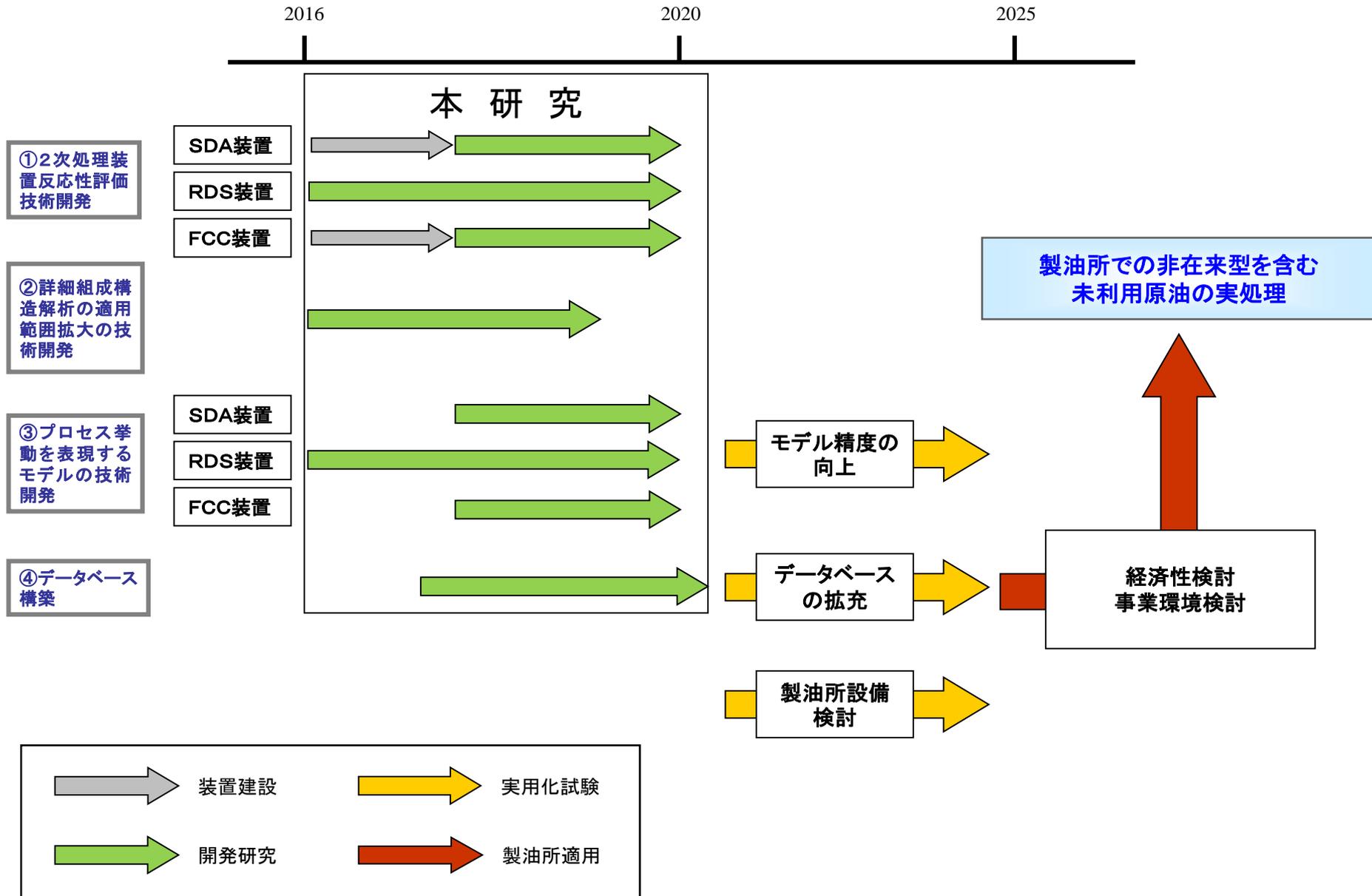
反応性を決定する指標を含めた3原油のデータベースを構築

■データベース一覧

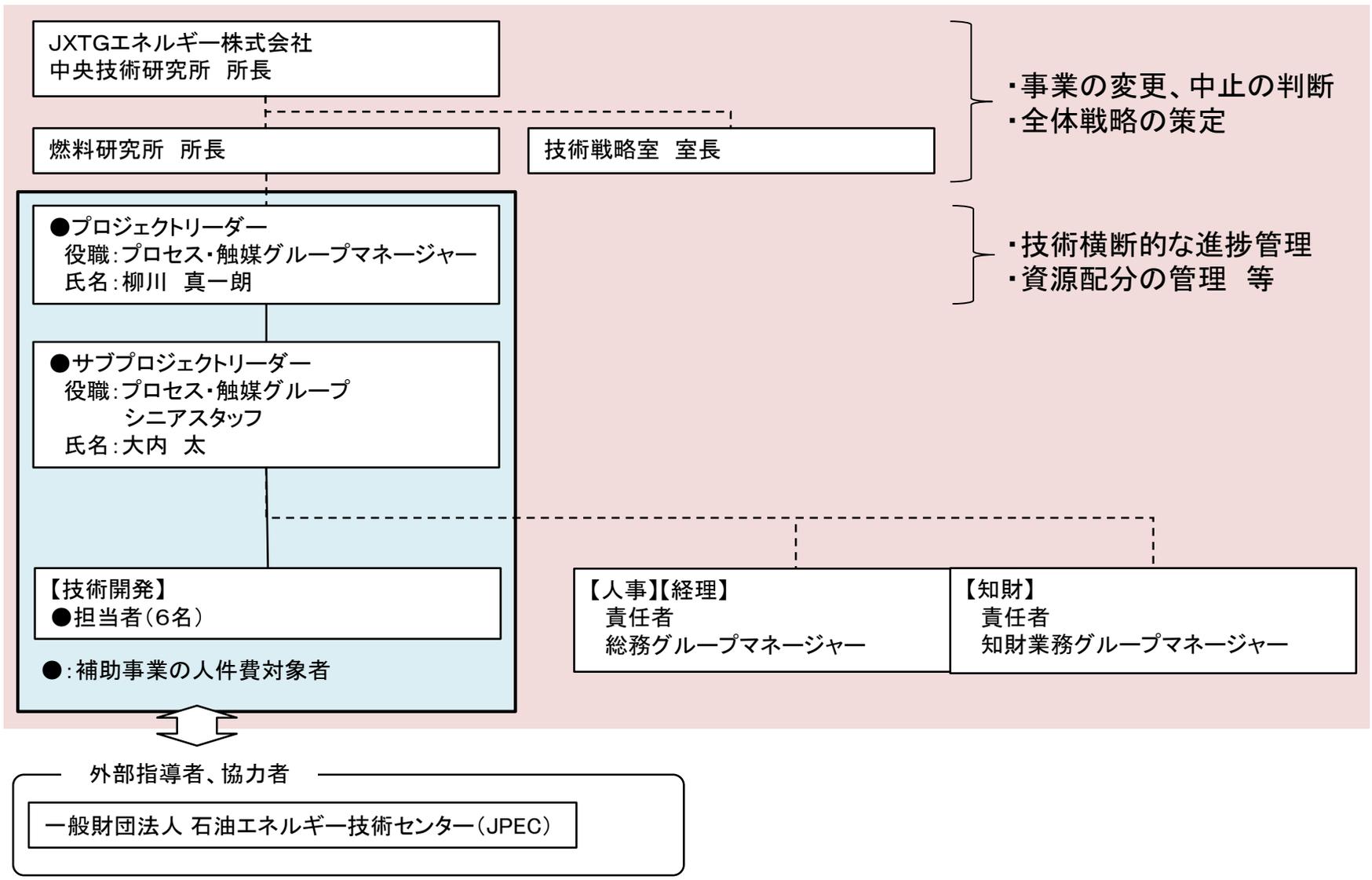
試験項目	原油の収率					RDS原料の性状										RDS 反応性因子								
	Naph	Kero	LGO	HGO	AR	密度	密度	動粘度	動粘度	残留炭素分	元素分析	元素分析	CHNS	CHNS	CHNS	CHNS	加マト分析	加マト分析	加マト分析	加マト分析	FT-ICR-MS	反応性		
	-145℃	-260℃	-360℃	-380℃	380℃-	15℃	70℃	40℃	100℃	-	Ni	V	C	H	N	S	飽和分	芳香族分	樹脂分	アスファルテン分	-	RDS	SDA	
単位	質量%	質量%	質量%	質量%	g/cm3	g/cm3	mm2/s	mm2/s	質量%	質量ppm	質量ppm	質量%	質量%	質量%	質量%	質量%	質量%	質量%	質量%	質量%	-	S1	N_5R	N_6R
原油A	13.9	22.0	16.1	3.7	44.3	0.9723	0.9346	969	44.9	9.66	11	43	84.9	11.6	0.2	3.5	46.0	39.6	11.5	2.9	○	4.48	3.04	1.37
原油B	10.0	6.9	16.1	3.5	63.4	1.0140	0.9767	774000	1360	19.6	84	360	87.1	10.1	0.4	2.3	34.8	32.1	19.7	13.4	○	4.16	2.48	0.74
原油C	10.3	18.4	11.7	2.7	57.0	0.9944	0.9569	4930	133	14.1	26	85	84.4	10.7	0.2	4.6	35.0	41.0	16.0	8.0	○	4.24	1.19	0.70
原油D	12.7	16.5	18.2	2.8	49.8	0.9883	0.9508	6980	135	12.7	39	110	83.8	12.4	0.3	3.4	38.5	37.3	19.9	4.3	○	4.35	1.91	1.11
原油E	16.2	18.6	18.6	3.5	43.2	0.9347	0.8966	543	30.6	4.81	8	11	86.7	12.1	0.2	0.9	61.2	26.7	11.7	0.4	○	4.74	3.07	1.35
原油F																								
原油G																								
原油H																								
原油I																								
原油J																								

原油の収率・RDS原料の性状・RDS反応性因子に関して5原油の取りまとめを完了
3つの原料に対するSDAの生成油(DAO)の分析(詳細組成構造解析を含む)を実施中

4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ



5. 研究開発の実施・マネジメント体制等



6. 費用対効果

今後も非在来型原油を含み未利用原油の増処理技術や重質油の高付加価値技術が望まれており、本技術開発は、そのために必要な技術と言える。非在来型を含む未利用原油を適切に処理することで、その処理量を増やし、さらに従来重油として使用される留分から、ガソリン、BTXなどの石化原料へ変換できることになり、効果は非常に大きい。

本開発によるデータベースに基づき原油選択が最適化されたケースとして、原油処理量30万BDの製油所で、在来型の中東原油から非在来型超重質原油へ5%振替えると想定した場合、それぞれの購入単価の値差を5\$/Bとすると、24億円/年程度のメリットが想定される。

また、国内製油所の原油処理量400万BDを同様に振り替えた想定した場合、315億円/年程度のメリットが享受されると想定される。

このように、投入する予定の国費総額(6億円)に対して大きな効果が得られると考える。

以上

「高効率な石油精製技術に係る研究開発 支援事業費補助金」

研究開発プロジェクトの概要

テーマ名「重質残渣油のRFCC原料化のための
RDS触媒システム開発」(テーマ6)

平成30年12月13日

JXTGエネルギー株式会社

目次

1. 事業の概要
2. 事業アウトカム
3. 事業アウトプット
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等
6. 費用対効果

1. 事業の概要

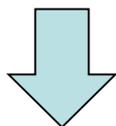
概 要	国内石油需要の減少, アジア新興国における大型・輸出製油所の台頭による国際競争の激化等, 我が国石油精製業を取り巻く環境は厳しくなっている。こうした中, 我が国のエネルギー安定供給に貢献し, 製油所の国際競争力を強化することを目的として, 「石油のノーブルユース」・「稼働信頼性の向上」に資する技術開発に対して支援を行う。
実施期間	平成28年度～平成32年度(5年間)
実施形態	国からの間接執行 (JXTGエネルギー株式会社への補助事業)
予算総額	2.05億円 (平成28年度:0.90億円 平成29年度:0.20億円 平成30年度:0.96億円)
実施者	JXTGエネルギー株式会社
プロジェクトリーダー	JXTGエネルギー株式会社 中央技術研究所 燃料研究所 プロセス・触媒グループ チーフリサーチャー 松下 康一

2. 事業アウトカム

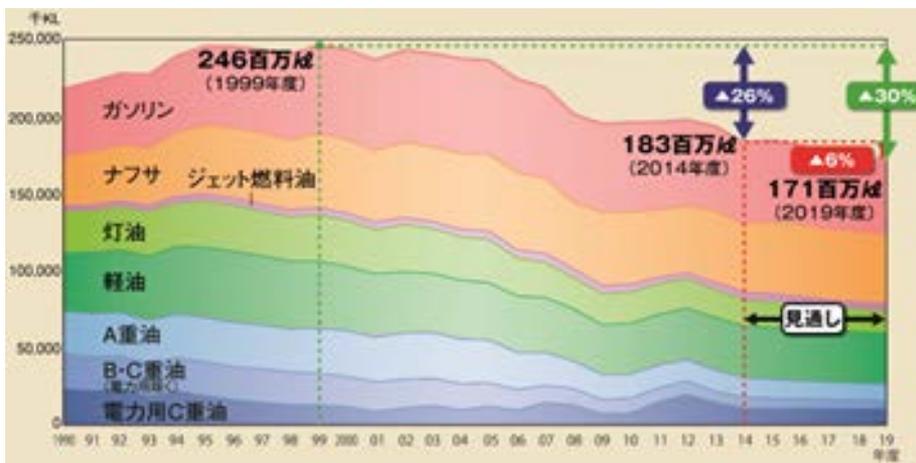
事業アウトカム指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
<p>①RDSで1年間安定処理可能なDAOを採取するSDA抽出率</p> <p>②DAOを原料としたRDS生成油を用いた際のRFCC転化率の向上分</p> <p>設定理由</p> <p>①SDAの抽出率を上げていくと、RDS触媒の被毒成分である、重金属分や残炭分が急増する。将来余剰と予想される重油にしかならなかったものをRFCCの原料に変換できることから、16kBDのSDA装置において40億円／年のメリットが得られると見込まれる。</p> <p>②触媒性能の改善により、RDS生成油の性状が改善され、RFCC転化率1%の向上により、36億円／年のメリットが得られると想定される。</p>	<p>(事業開始時)</p> <p>①抽出率50%</p> <p>②RFCC転化率base</p>	-	
	<p>(中間評価時)</p> <p>①抽出率70%</p>	<p>①70%</p> <p>(達成度:100%)</p>	
	<p>(事業終了時)</p> <p>①抽出率70%</p> <p>②RFCC転化率base+1%</p>	-	
	<p>(事業目的達成時)</p> <p>同上</p>	-	

(補足資料) 研究開発の背景

- ・石油製品(特に、重油留分)の需要減退
～IMO規制、高度化法・・・
- ・非在来型(超重質原油)の処理ニーズ



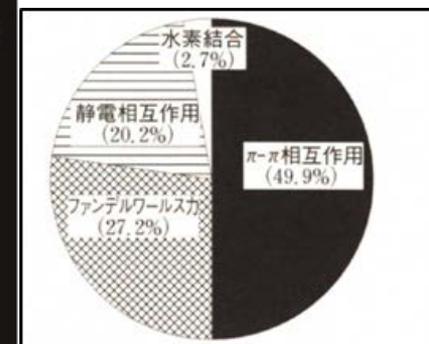
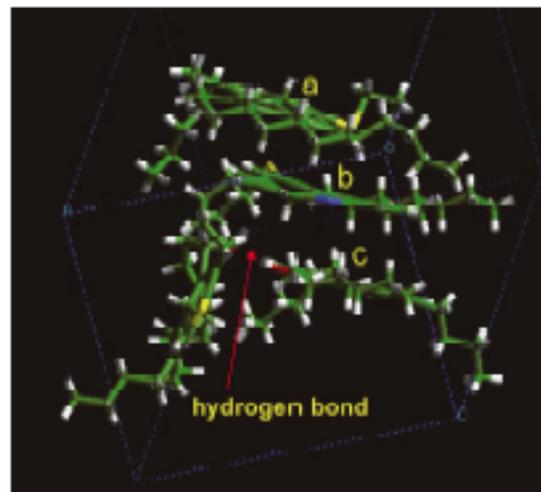
重質留分の高付加価値化
(ノーブルユース化)
技術開発が急務



国内石油製品の需要(出典:石油連盟)

ペトロリオミクス事業での成果

アスファルテン凝集緩和技術により、
重油脱硫(RDS)触媒の劣化抑制



アスファルテンモデル構造と結合寄与率(鷹嵩他, J.Jpn. Ptrol., 56, 61(2013))

直接アスファルテンを取り除く



本質的に有効かつ効率的な技術

溶剤脱れき(SDA)に着目

(補足資料) 研究の概要

従来の重質留分処理

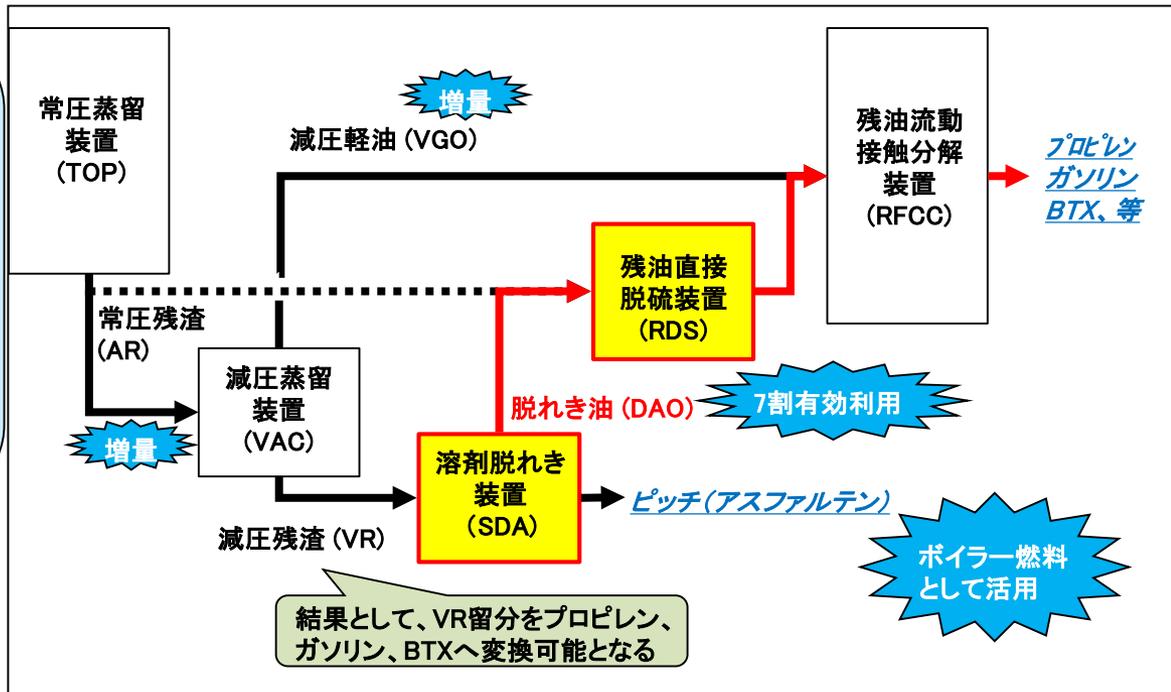
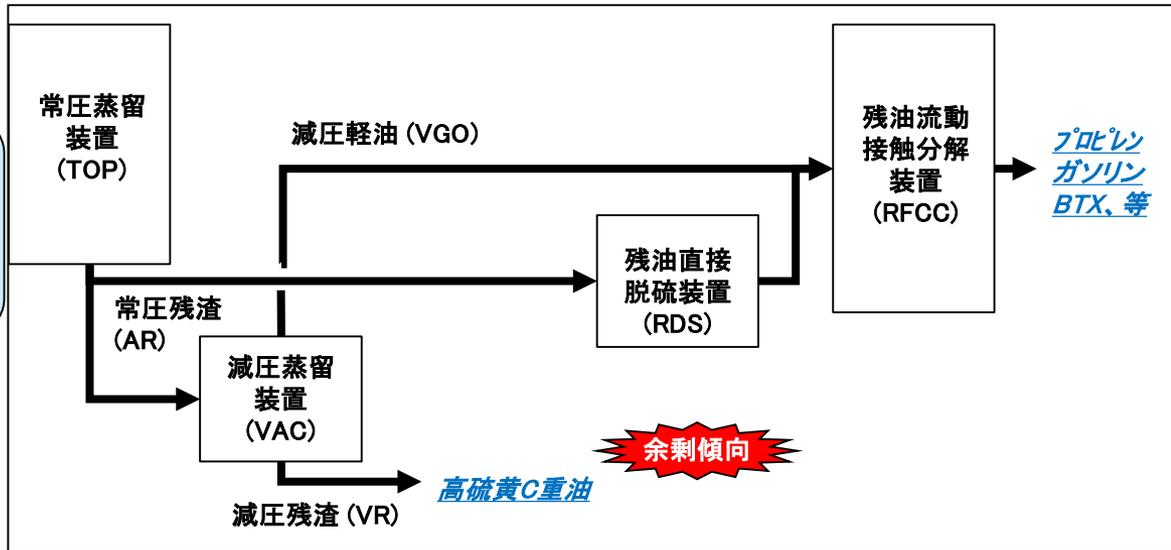
減圧残渣 (VR) : 将来余剰感のある高硫黄C重油になっていた

本技術開発

技術開発後

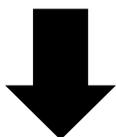
減圧残渣 (VR) : SDA処理により、7割がRDS装置を経て、RFCCの原料に変換され、ガソリンや石化原料を製造できる。

超重質油原油の処理も可能となる。
原油選択の多様化が図れる。



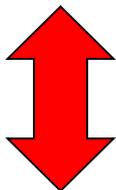
(補足資料) 研究開発の必要性

溶剤脱れき装置の多くはプロパンを使用



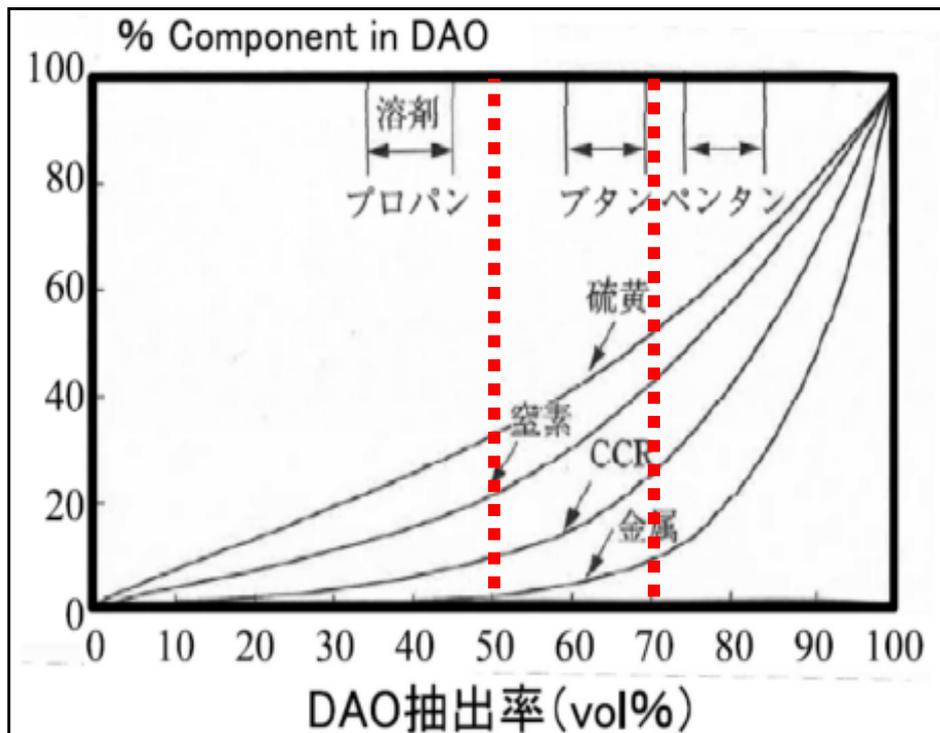
低抽出率(～50%):

- ・DAO中の不純物少ないが、ピッチ多く、処理必要



高抽出率(70%～):

- ・硫黄、窒素、CCR(残留炭素分)、重金属が急増、RDS触媒劣化を引き起こす



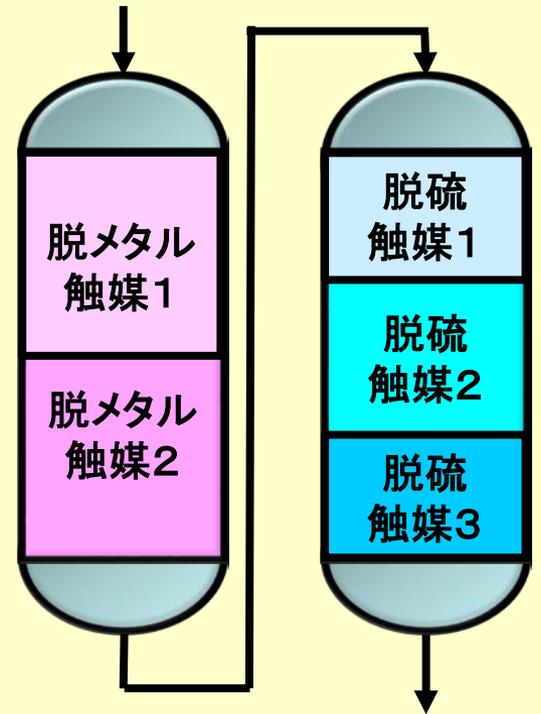
抽出率とDAO中成分(出典:石油学会「石油精製プロセス」)

高抽出率DAOをRFCCの原料として使用するためには、RDSにてより多くの硫黄、窒素、残炭、重金属低減が必要

(補足資料) DAO処理の難易度

従来のRDS処理システム
機能が異なる複数種の触媒を
積層して使用する

原料: ARまたはDAO
(硫黄、窒素、V、Ni、など)



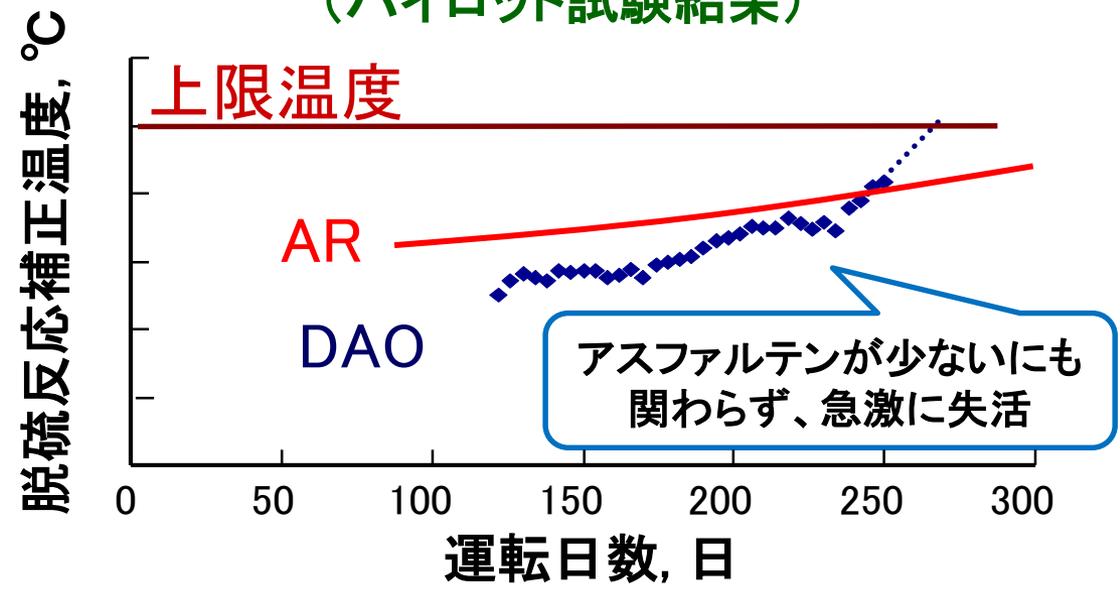
主な触媒劣化要因
メタル劣化、コーク劣化

AR、DAO、VR性状比較

	AR	DAO	VR
メタル(Ni+V) (ppm)	60	63	176
アスファルテン (%)	2.8	0.02	8.0

V: バナジウム、Ni: ニッケル

(パイロット試験結果)



3. 事業アウトプット

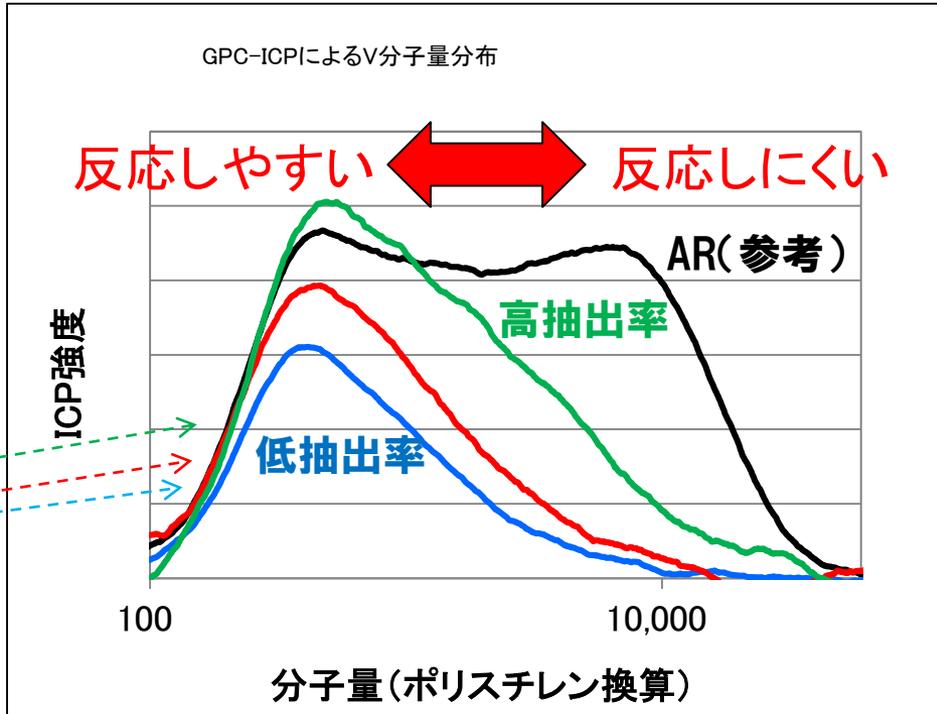
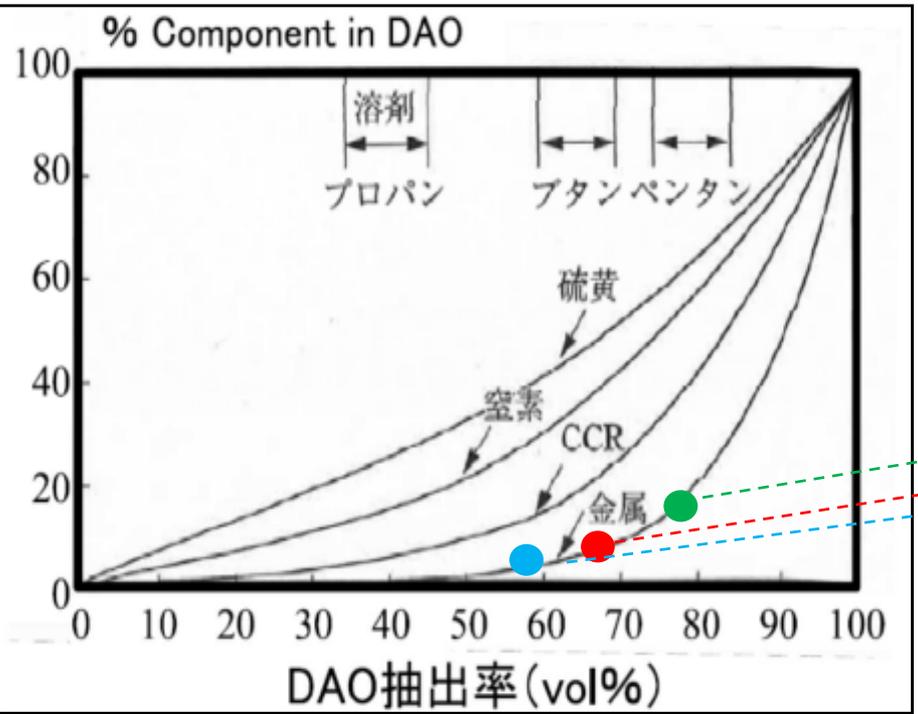
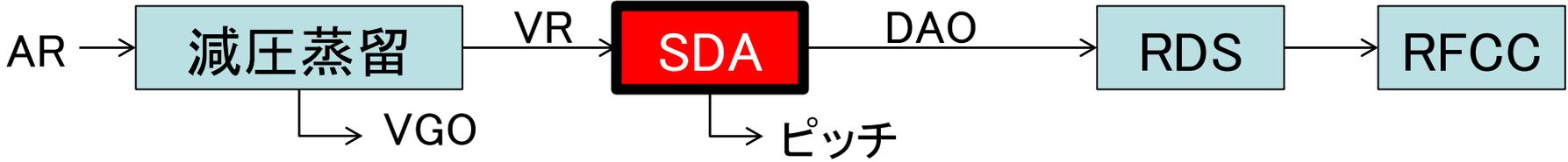
事業アウトプット指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
<p>①SDA抽出率50%から70%に増加した場合に、1年間安定運転できる脱メタル触媒システムの構築</p> <p>②DAO処理RDSボトムを用いたRFCCで転化率を1%向上できる脱硫触媒システムの構築</p> <p><u>設定理由</u> 将来余剰となる重質残渣分の70%をRFCCの原料に用いることができる。</p>	<p>(事業開始時)</p> <p>①触媒システムなし(1年運転不可) ②触媒システムなし(1年運転不可)</p>	-	
	<p>(中間評価時)</p> <p>①構築した脱メタル触媒システムでの1年運転</p>	①100%	
	<p>(事業終了時)</p> <p>①構築した脱メタル触媒システムでの1年運転(実機検証を含む) ②構築した脱硫触媒システムでの1年運転(実機検証を含む)</p>	-	
	<p>(事業目的達成時) 同上</p>		

個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

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 (未達成の場合)
①原料中メタル分の詳細解析技術	原料油および生成油に含まれるメタル分の詳細構造を把握し、DAOとARの違いを明確化し、必要とされる触媒反応を数値化して、シミュレーションへ反映させる。	達成	
②脱メタル触媒の劣化機構解明技術	DAO処理特有の劣化要因を明確化し、1年間運転可能とするために必要な対策を講じる。	達成	
③脱メタル触媒の必要機能明確化	DAO処理時に期待される触媒の特徴を明確化し、従来のAR処理用脱硫触媒では処理できなかった、重質なDAOを処理できるような脱メタル触媒を見出す。	達成	
④脱メタル触媒システムの構築	上記①～③の知見を基に、脱メタル触媒のグレーディング方法を確認し、DAOを処理した1年間の安定運転を検証する。	達成	

(補足資料)メタル詳細分析

DAO中の重金属分布を理解するため、抽出率を変えて得たDAOについて、分子量に対するバナジウム分布測定を実施。



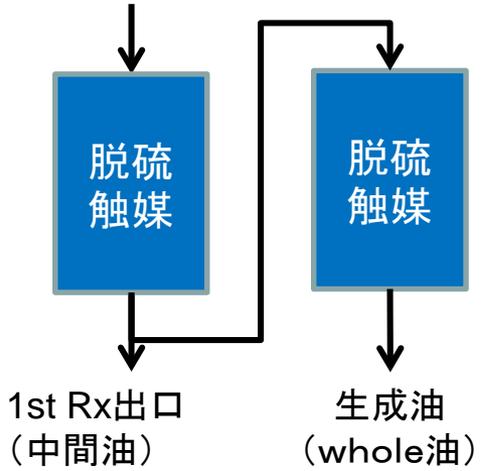
抽出率とDAO中成分(出典:石油学会「石油精製プロセス」)

DAOには分子量が大きなバナジウムは少なく、特に低抽出率ほどこれが少ない

(補足資料)ARとDAOの反応性の違い

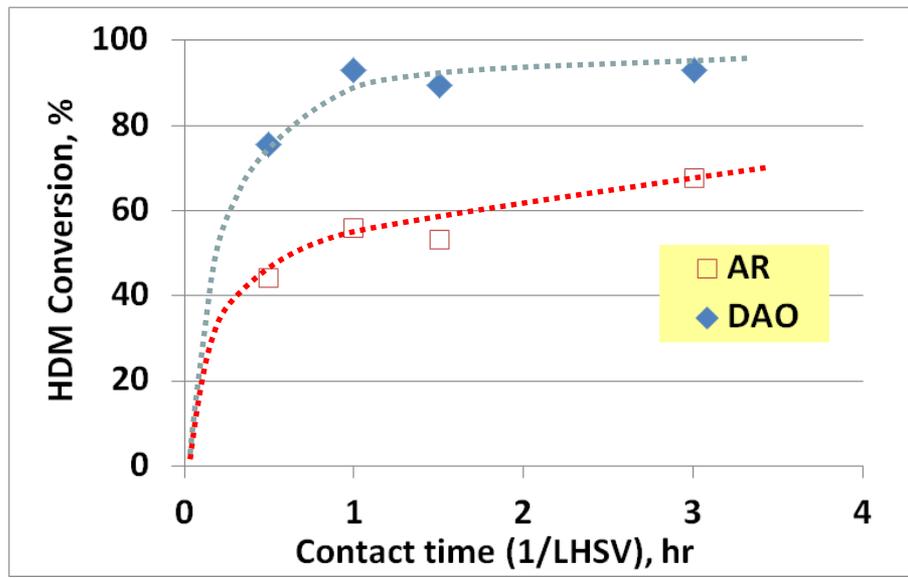
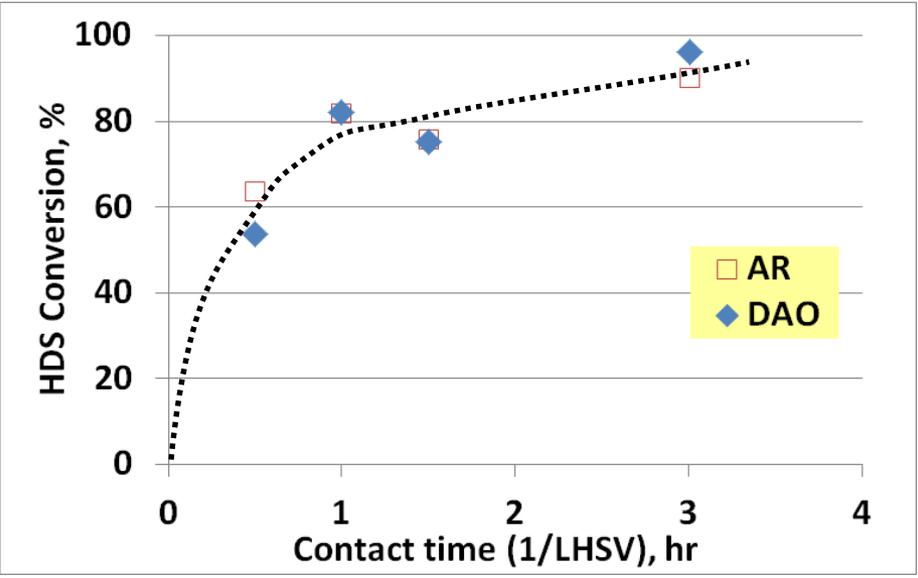
DAOの反応性を理解するため、市販脱硫触媒を用いてARとの反応性の比較を行った

原料油: AR or DAO (75%抽出)



- 【脱硫反応性】**
 - ・ DAOはARと同等の反応性である。
- 【脱メタル反応性】**
 - ・ DAO中メタルは反応性が高い
 - アスファルテン分が除去されているため、重質(難反応性)メタル分が少ない。

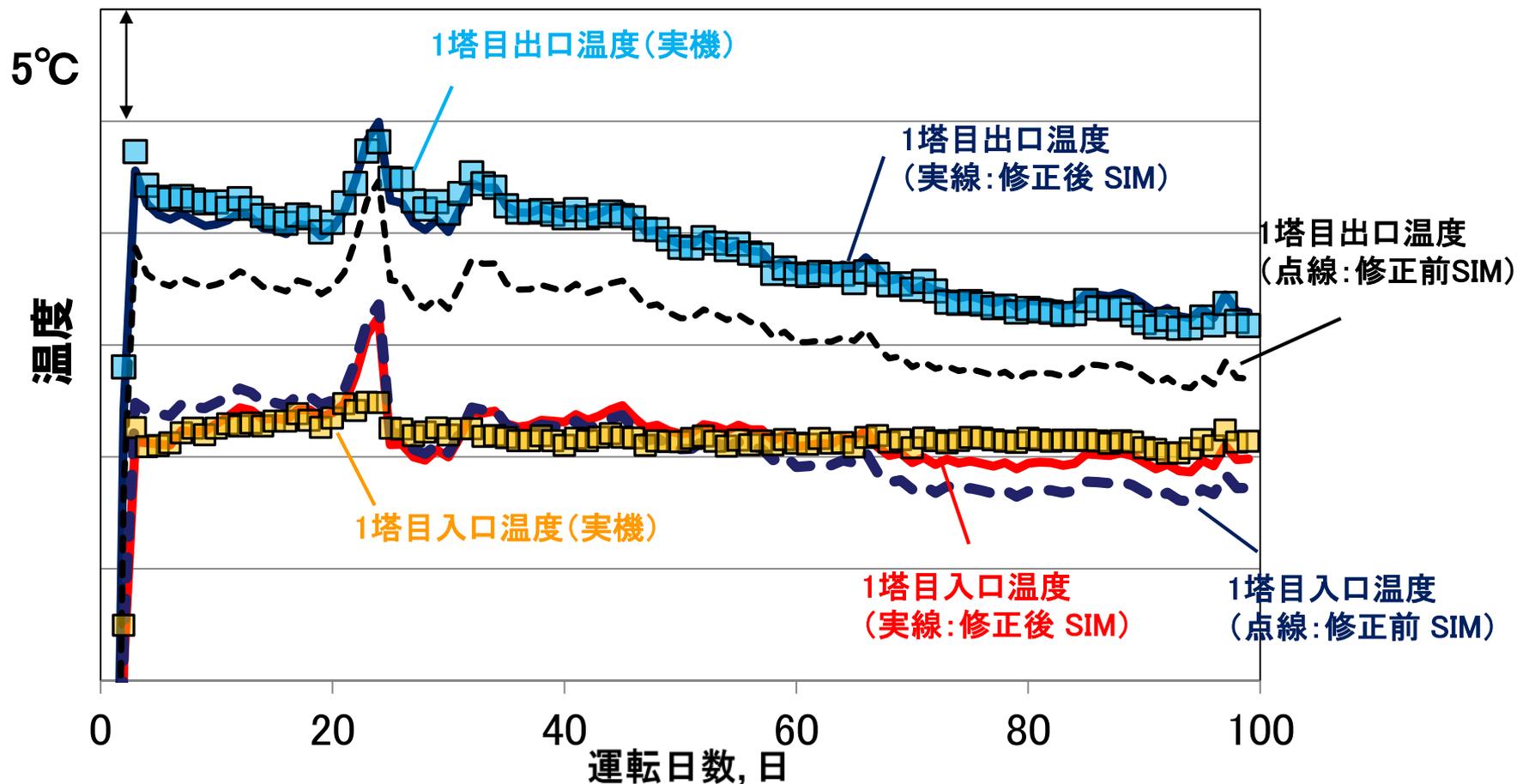
➡ ・DAOとARでは、触媒上のメタル分の堆積部位が異なると予想される



脱メタル反応性の違いを数値化し、シミュレーターへ反映することが可能となった。

(補足資料) 触媒寿命予測技術の精度向上

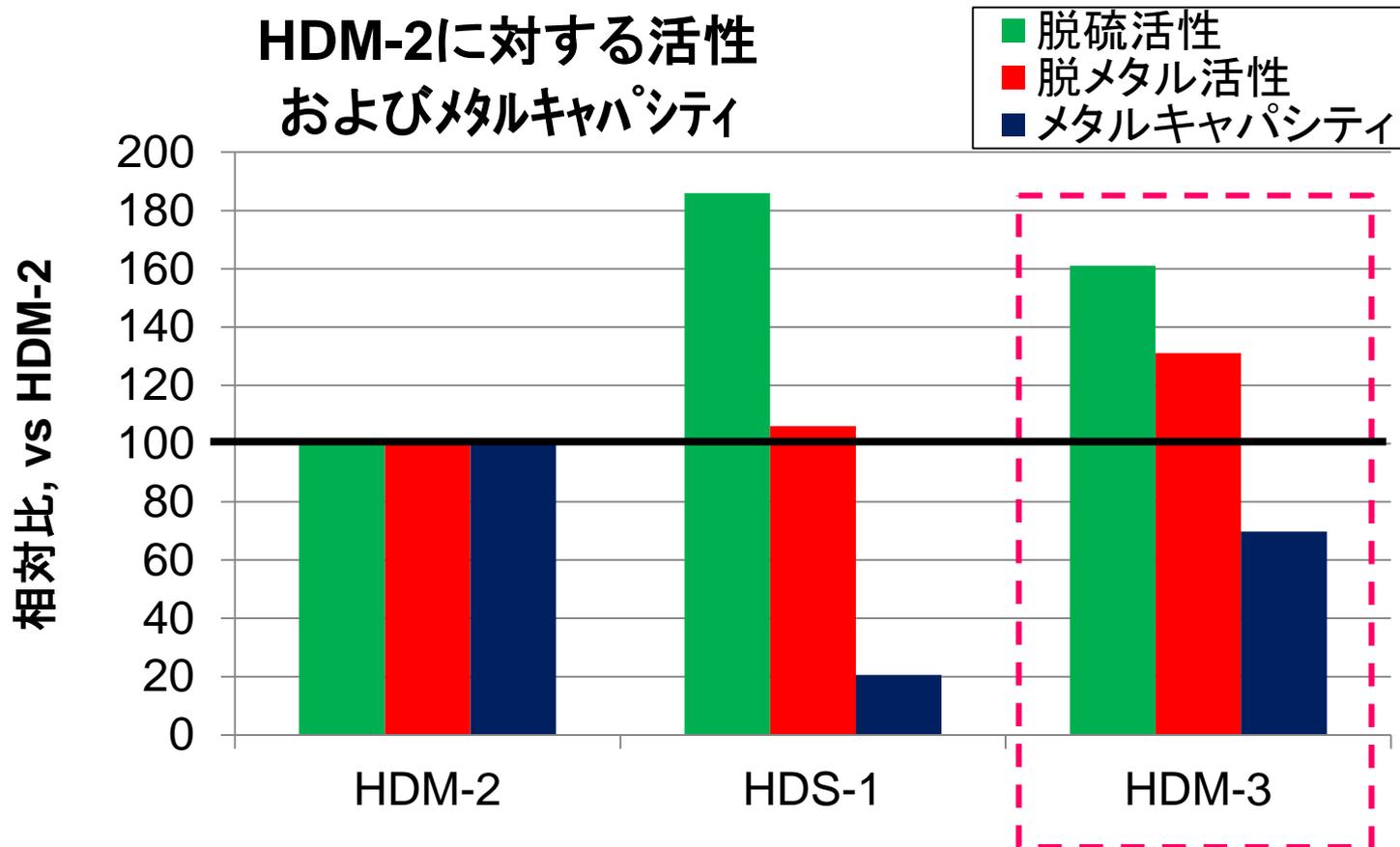
断熱実験および多塔反応装置の試験結果を用い、
シミュレーターを修正 (DAOの核水添を付与)



ARだけでなく、DAO処理時の温度予測が可能となった。
→より精度の高いDAO処理用触媒システムの構築が可能となり、
次年度予定の実機検証用触媒システムの決定に使用できる。

(補足資料)触媒必要機能の明確化

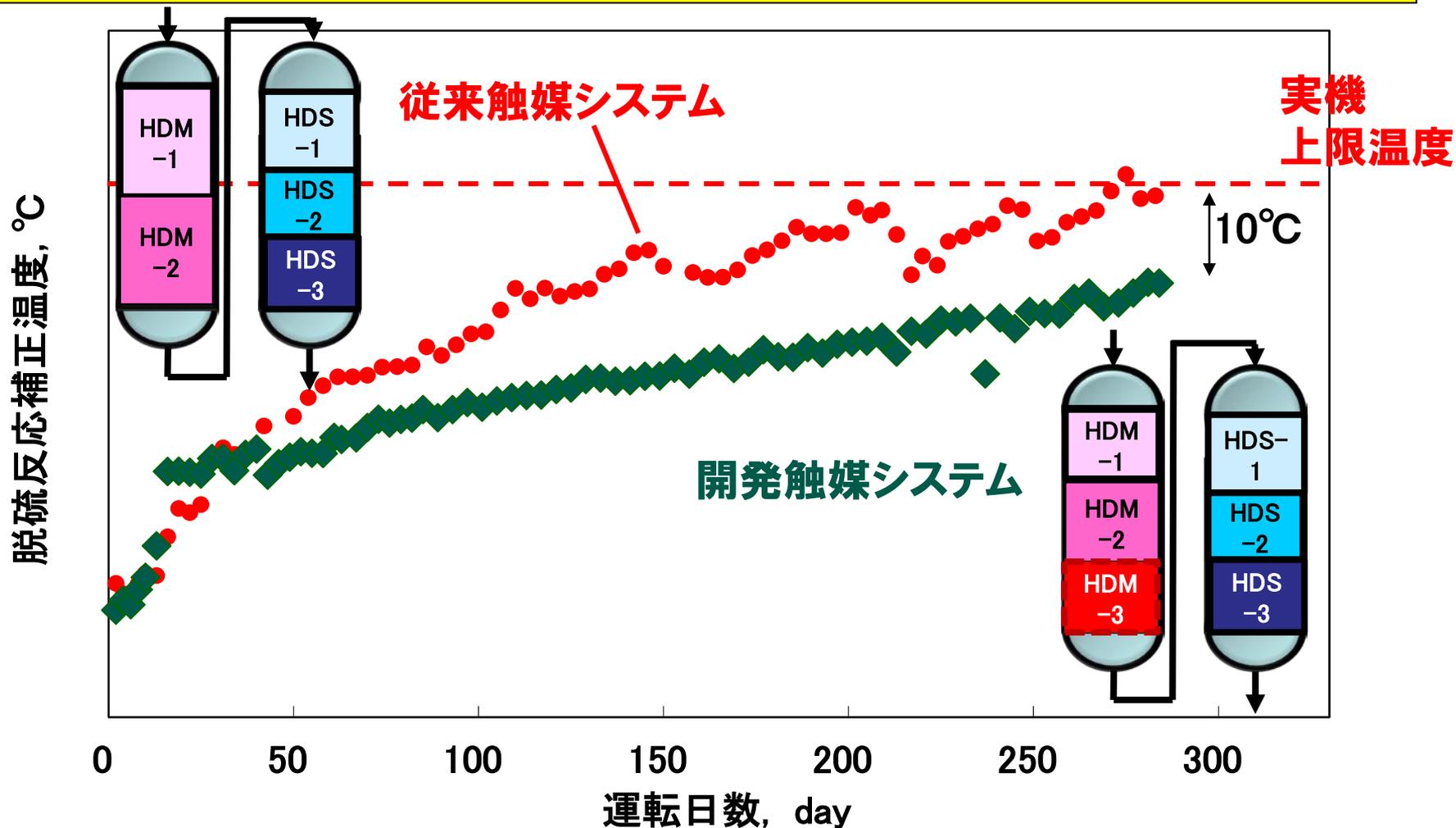
- ・触媒必要機能から選定した市販触媒を活性評価した。
- ・その結果、従来触媒(HDM-2とHDS-1)の性能を補完する触媒(HDM-3)を見出した。



HDM-3は、メタルキャパシティをHDM-2より大きく低下させることなく、脱硫活性、脱メタル活性をHDM-2よりも向上できることを確認した。

(補足資料)パイロット装置での触媒システム評価

触媒必要機能から選定した市販触媒 (HDM-3) を含む触媒システムの寿命試験実施。
(チューニングしたシミュレーション技術により、最適化した触媒比率を決定)



開発触媒システムは、約10°C分の優位性を示した。
従来触媒システムでは処理制約があったが、開発触媒システムでは1年運転を確認した。

(補足資料) 脱メタル触媒システムの実機検証

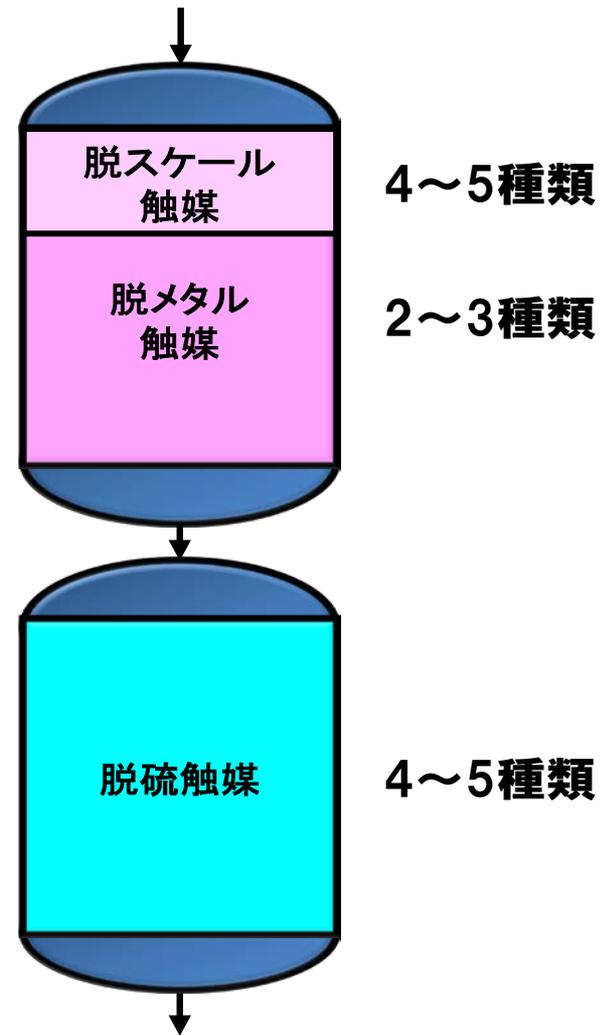
RDS装置に使用される触媒は、機能として3種類に大別される。

原料中の比較的大きなスケールやスラッジ分を除去するための「**脱スケール触媒**」、原料油中のバナジウムやニッケルといった重金属を水素化脱金属するための「**脱メタル触媒**」、硫黄分や窒素分を除去するための「**脱硫触媒**」である(右図)。

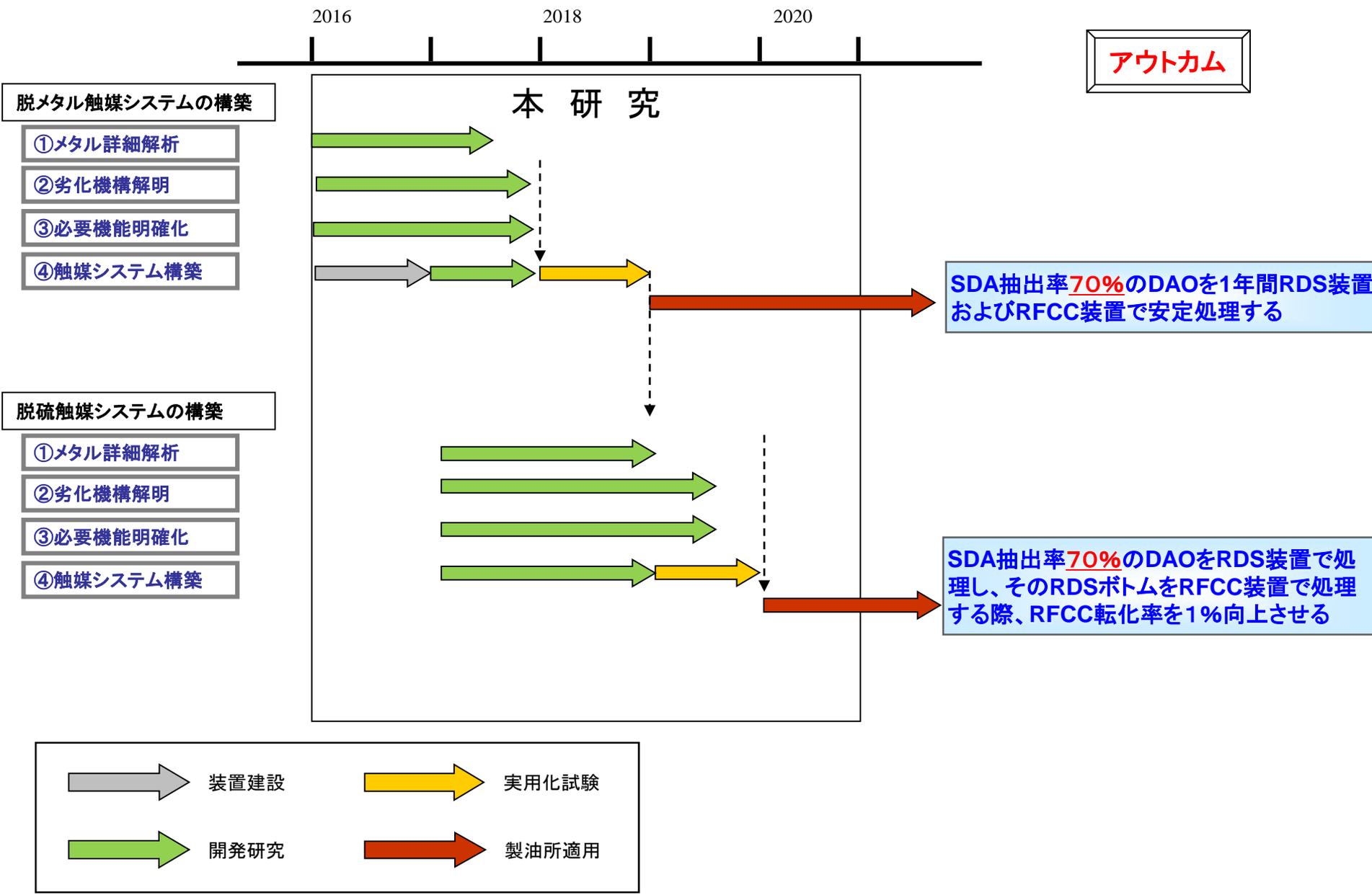
一般的に、差圧対策のため、それぞれの触媒は、複数種のサイズや形状をグレーディングして使用する。

これまでの検討から、**DAOとARの混合処理では、AR単独の場合と比較して、原料油中のスケール分が増加することが分かった**ので、**脱スケール触媒を増量し、脱メタル触媒充てん量を低減した脱メタル触媒システムをほぼ確定した**。

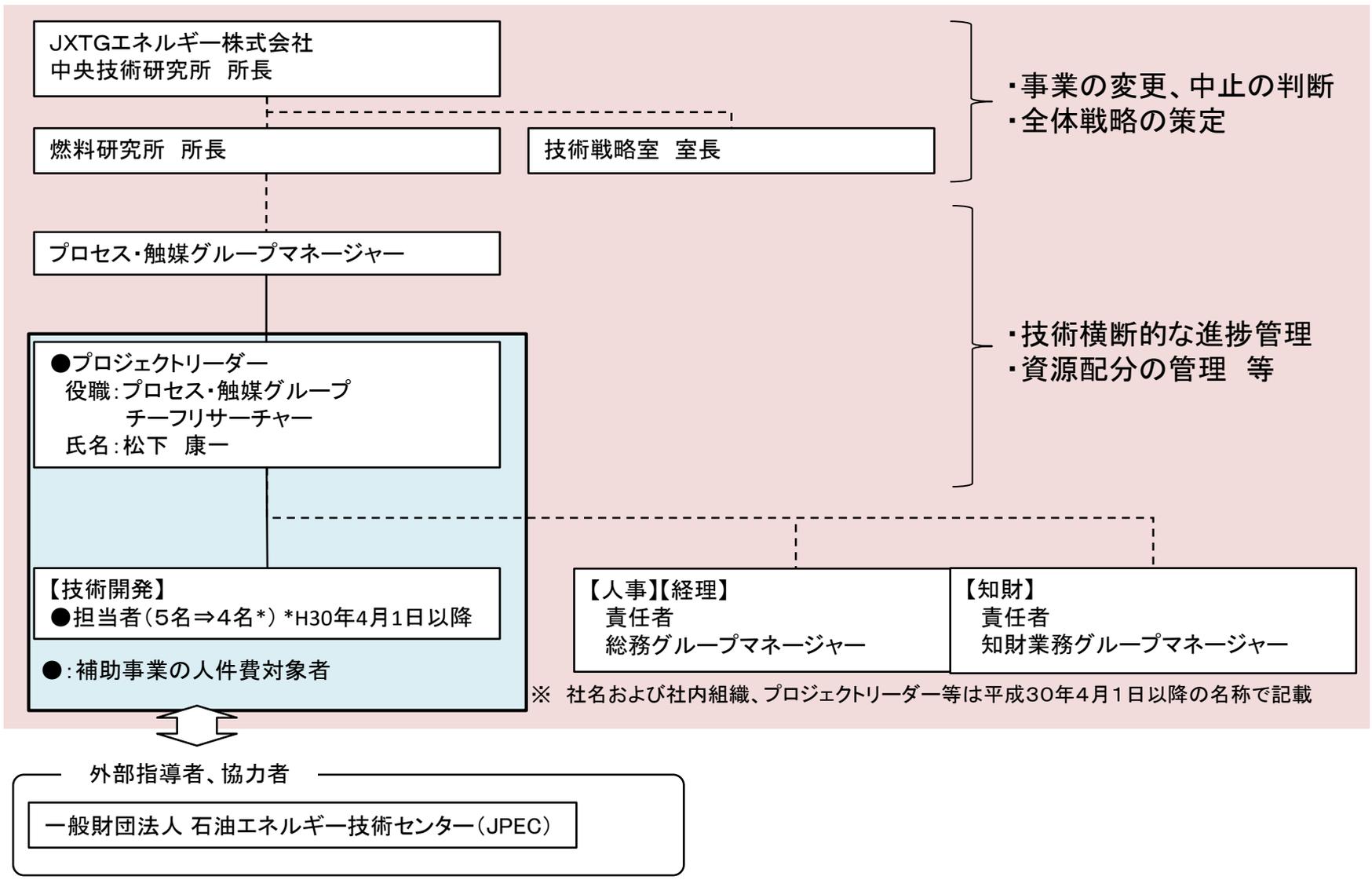
以上のように、脱硫触媒を除く、約100トンの触媒について、実機装置を用いた検証を行う。



4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ



5. 研究開発の実施・マネジメント体制等



6. 費用対効果

SDAの抽出率を50%から70%まであげることにより、重油にしかない留分をRFCC原料に用いることが可能となり、標準的なSDA装置において**40億円／年**のメリットが得られると見込まれる。

加えて、実操業上、製品変換によるメリットが志向される。すなわち、触媒システムの性能向上によりRDS生成油の性状が改善(硫黄分・窒素分・残留炭素分の低減)した場合、RFCCの転化率が1%向上することにより**36億円／年**のメリットが享受できると想定される。

以上、両アウトカムの合計は、**76億円／年**となる。

平成26年度から5カ年の総事業費2.9億円を鑑みると、費用対効果は十分大きい。

以上

「高効率な石油精製技術に係る研究開発 支援事業費補助金」

研究開発プロジェクトの概要

テーマ名「重質油処理における機器閉塞機構解明
及び対策技術開発」(テーマ7)

平成30年12月13日

JXTGエネルギー株式会社

目次

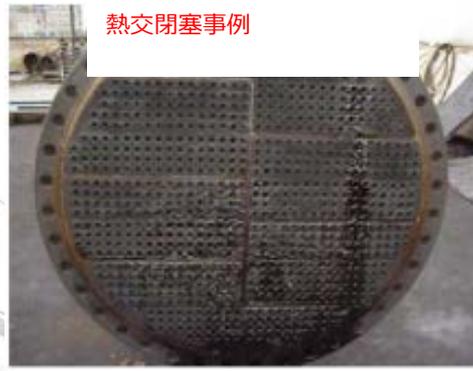
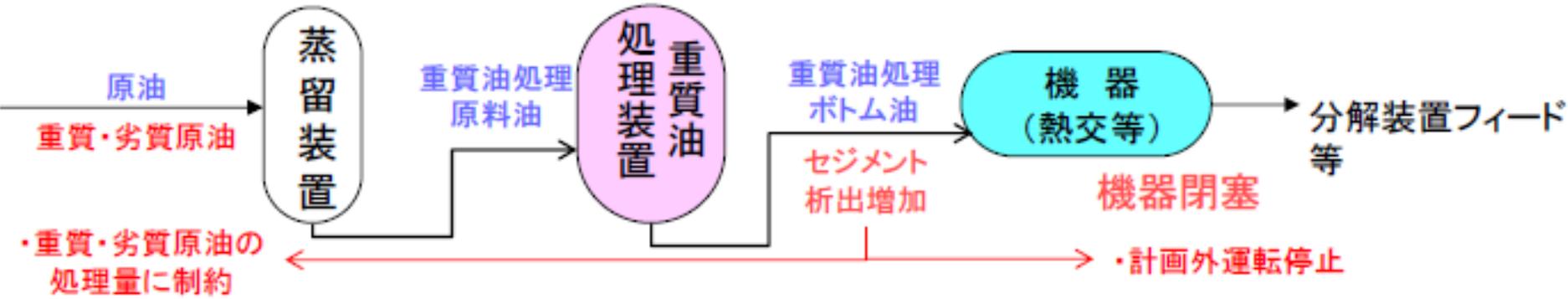
1. 事業の概要
2. 事業アウトカム
3. 事業アウトプット
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等
6. 費用対効果

1. 事業の概要

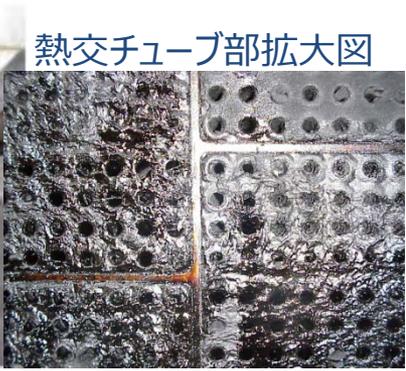
概 要	国内石油需要の減少, アジア新興国における大型・輸出製油所の台頭による国際競争の激化等, 我が国石油精製業を取り巻く環境は厳しくなっている。こうした中, 我が国のエネルギー安定供給に貢献し, 製油所の国際競争力を強化することを目的として, 「石油のノーブルユース」・「稼働信頼性の向上」に資する技術開発に対して支援を行う。
実施期間	平成28年度～平成30年度(3年間)
実施形態	国からの間接執行 (JXTGエネルギー株式会社への補助事業)
予算総額	2.43億円 (平成28年度:0.97億円 平成29年度:0.95億円 平成30年度:0.52億円)
実施者	JXTGエネルギー株式会社
プロジェクトリーダー	JXTGエネルギー株式会社 中央技術研究所 燃料研究所 MA技術グループ担当マネージャー 河野 尚毅

(補足資料) 事業の背景

- エネルギー供給の安定化・事業基盤強化ならびに石油資源のノーブル・ユース
 - 設備稼働の信頼性向上
 - 戦略的・機動的な原油調達・活用
 - 重質油処理能力向上
- 多様な原油に対して安定的かつ高効率に重質油を処理する技術が鍵



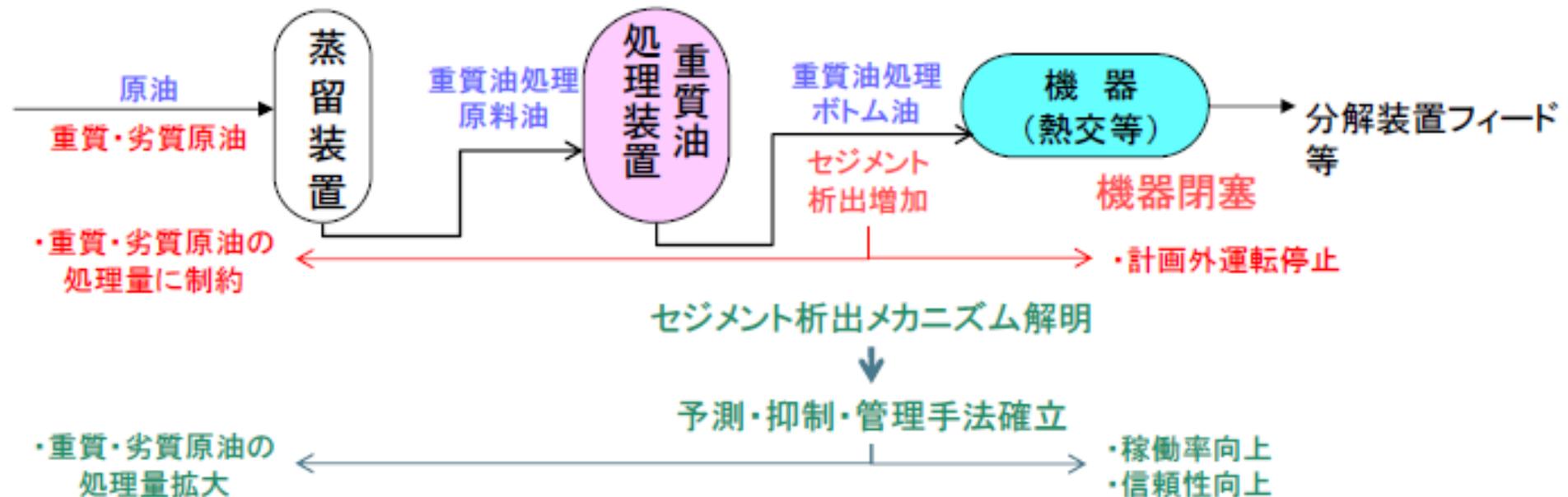
熱交閉塞事例



熱交チューブ部拡大図

製油所の安定操業のための稼働信頼性向上

重質・劣質原油によるセジメント析出現象について、メカニズム解明、要因分析と予測・抑制・管理手法を確立する。

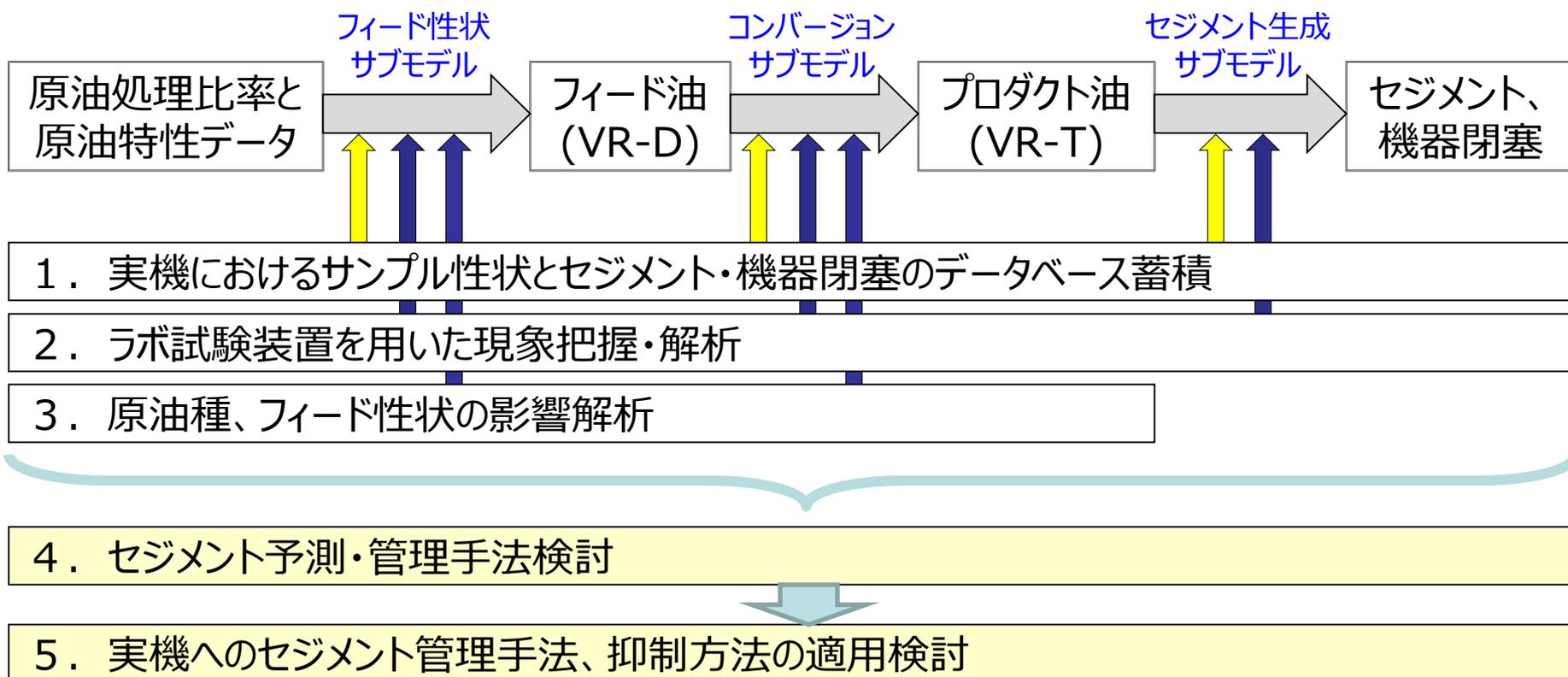


(補足資料) 研究開発の内容とアプローチ

技術目標

セジメント予測技術を確立し、
原油選択の自由度拡大と装置稼働率・信頼性の向上を図る

- 要素現象・プロセスを記述するサブモデルを構築し、モデルベースで効率的に対策技術を開発する



2. 事業アウトカム

事業アウトカム指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値 (計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
<p>製油所で処理可能な劣質原油の処理比率増加</p> <p>設定理由 劣質原油の処理比率増加によって、下記の経済効果が見込まれることによる。</p> <p>① 今回検討対象とした減圧残油水素化分解装置において、機器閉塞のリスクにより従来は処理比率が制約されていた劣質原油を現状比10%増加させることにより、年間6億円程度のコスト削減効果が見込まれる。</p> <p>② 更に、得られた知見・技術を、他の重質油処理装置、例えば直脱装置にも波及できた場合、原油処理量に応じた効果を想定すると、国内全体で54億円程度の効果が期待される。</p>	(事業開始時) 1%	1% (達成)	
	(中間評価時) 10%	10% (達成見込)	
	(事業終了時) 同上	同上	
	(事業目的達成時) 同上	同上	

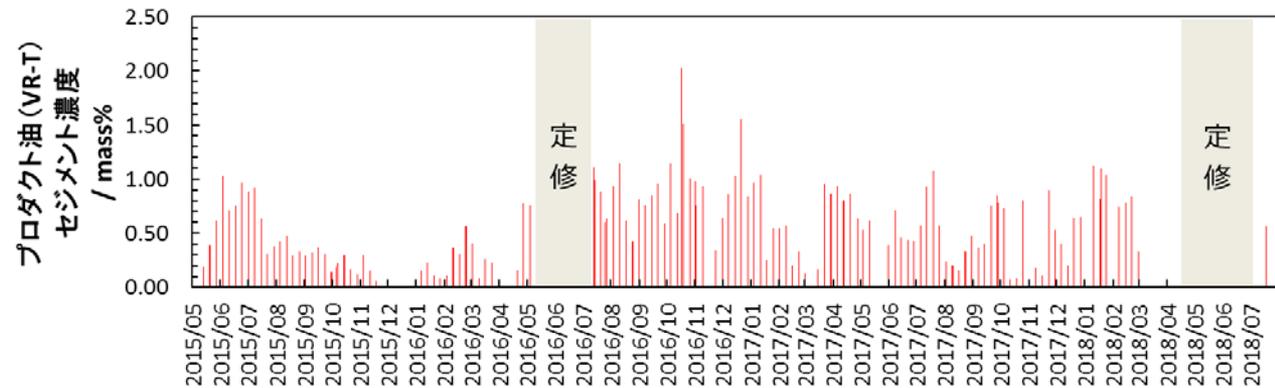
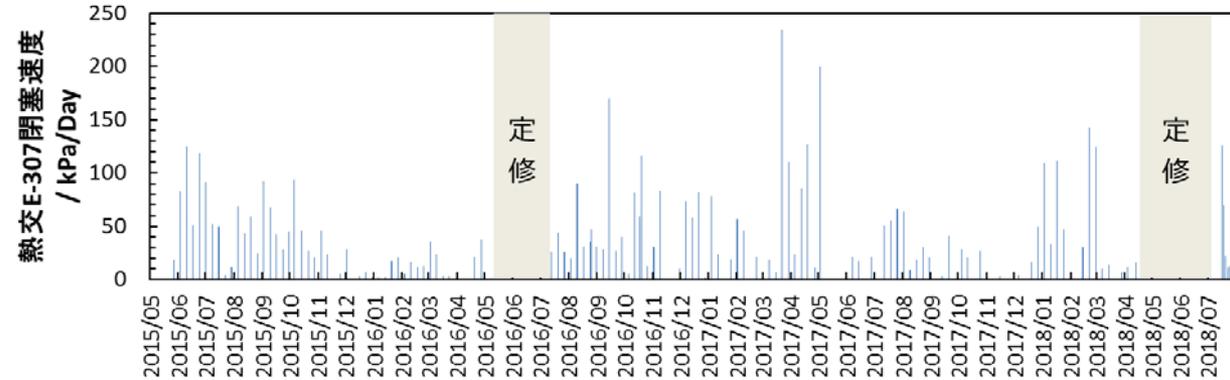
3. 事業アウトプット

事業アウトプット指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
<p>製油所で処理可能な劣質原油の拡大をモデルベースで効率的に推進するために必要となる下記の6項目の要素技術を開発する</p> <p>個別項目の目標値設定理由根拠</p> <p>①実機での現象解析に必要と考えられる100点超のデータベースを蓄積する</p> <p>②熱交閉塞現象理解のための熱交シミュレータを開発する</p> <p>③機器閉塞特性や産地のカバー率を考慮し5原油についてパイロット試験でセジメント生成ポテンシャルを評価する</p> <p>④処理原油種と装置運転条件からセジメント生成を推算するモデルを開発する</p> <p>⑤セジメント予測モデル等から、実機のセジメント・機器閉塞を抑制する対策技術を検討立案する</p> <p>⑥内外の事例・技術開発動向を調査し研究開発を効率的に推進するとともに他の重質油処理装置への展開可能性を検討する</p>	<p>(事業開始時)H28FY</p> <p>①データベース数30~40組</p> <p>②熱交シミュレータの設計・試作</p> <p>③パイロットプラント試験原油選定のための主要原油12種の性状評価</p> <p>④プロダクト性状からセジメント濃度を予測するモデルの開発</p> <p>⑤<平成29年度よりの実施項目></p> <p>⑥原油性状評価・推算技術ならびに重質油の効率的評価技術の調査</p>	<p>①達成(36組)</p> <p>②達成</p> <p>③達成</p> <p>④達成</p> <p>⑥達成</p>	
	<p>(中間評価時)H30FY</p> <p>①累積データベース数110~130組</p> <p>②熱交シミュレータを活用した機器閉塞抑制候補技術の定量的評価・検討</p> <p>③機器閉塞・セジメント生成に特異的な5原油について水素化分解反応特性とセジメント生成への影響を評価</p> <p>④処理原油種からセジメント生成を予測するセジメント予測統合モデルの構築</p> <p>⑤セジメント予測モデル等から得られた知見の実機への反映</p> <p>⑥他の重質油処理装置への展開も含めた本技術開発成果の活用可能性検討</p>	<p>①達成見込(124組)</p> <p>②達成見込</p> <p>③達成見込(5原油)</p> <p>④達成見込</p> <p>⑤達成見込</p> <p>⑥達成</p>	
	<p>(事業終了時)H30FY <同上></p>		
	<p>(事業目的達成時)H30FY <同上></p>		

個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

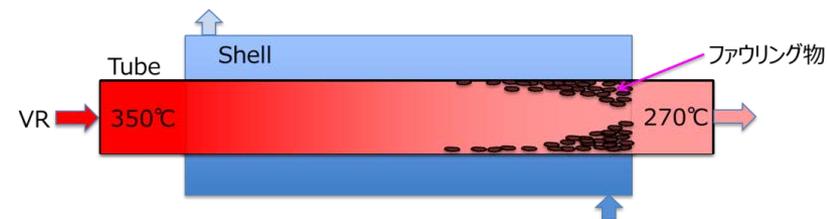
個別要素技術	アウトプット指標・目標値	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
<p>①実機におけるサンプル性状とセジメント・機器閉塞のデータベース蓄積</p> <p>②ラボ試験装置を用いた現象把握・解析</p> <p>③原油種、フィード性状の影響解析</p> <p>④セジメント予測・管理手法検討</p> <p>⑤実機へのセジメント管理手法、抑制方法の適用検討</p> <p>⑥重質油処理におけるセジメント生成、機器閉塞に関する調査</p>	<p>①実機のサンプル性状とセジメント・機器閉塞について110～130組のデータベースを構築する</p> <p>②実機では実施困難な対策技術を検討するため熱交シミュレータを開発し、閉塞抑制候補技術の定量的評価・提案を行う</p> <p>③原油5種について分解反応性、セジメント生成ポテンシャルに及ぼす影響を明らかにする</p> <p>④上記①、②、③で得られた知見から、セジメント・機器閉塞を予測するモデルを開発する</p> <p>⑤セジメント予測モデル等から、実機のセジメント・機器閉塞を抑制する対策技術を検討・立案する</p> <p>⑥技術調査により研究開発を効率的に進めるとともに他の重質油処理への波及可能性も検討する</p>	<p>①達成見込 (124組)</p> <p>②達成見込</p> <p>③達成見込 (5原油)</p> <p>④達成見込</p> <p>⑤達成見込</p> <p>⑥達成</p>	

- 熱交閉塞速度とセジメント濃度を基本的に毎週測定
- 熱交閉塞速度 (上図) とセジメント濃度 (下図) は増減の挙動が一致
 - 熱交への堆積物付着とセジメント生成とは関連する現象
- 蓄積されたデータベースを基にセジメント生成に及ぼす影響因子を「④セジメント予測・管理手法検討」にて解析

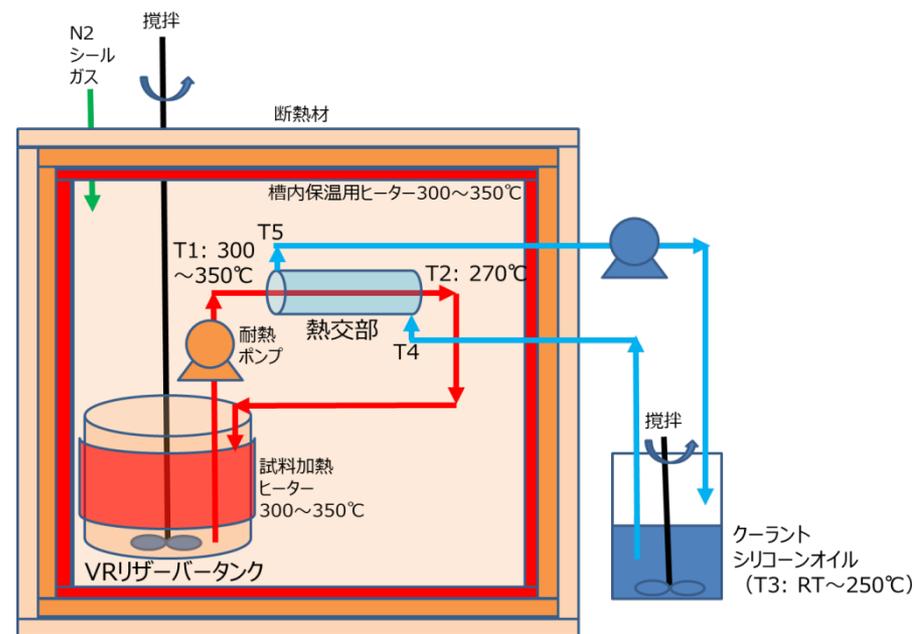


(補足資料) ②ラボ試験装置：熱交シミュレータを用いた現象把握・解析

- 実機熱交の閉塞現象（右上図）
 - 水素化分解後の減圧残油が冷却される過程でアスファルテンの溶解度が低下しセジメントが析出することでファウリング発生
- 実機では現象解明と対策検討に制約
 - ① 変動要因が多く現象解明が困難
 - ② リスクを伴う対策検討は困難
 - ③ 熱交解放時にはライン内をオンライン洗浄するため他油種によるコンタミ発生
- 熱交シミュレータ（右下図）を用いた熱交閉塞抑制効果の評価・検討



実機におけるファウリング状況模式図

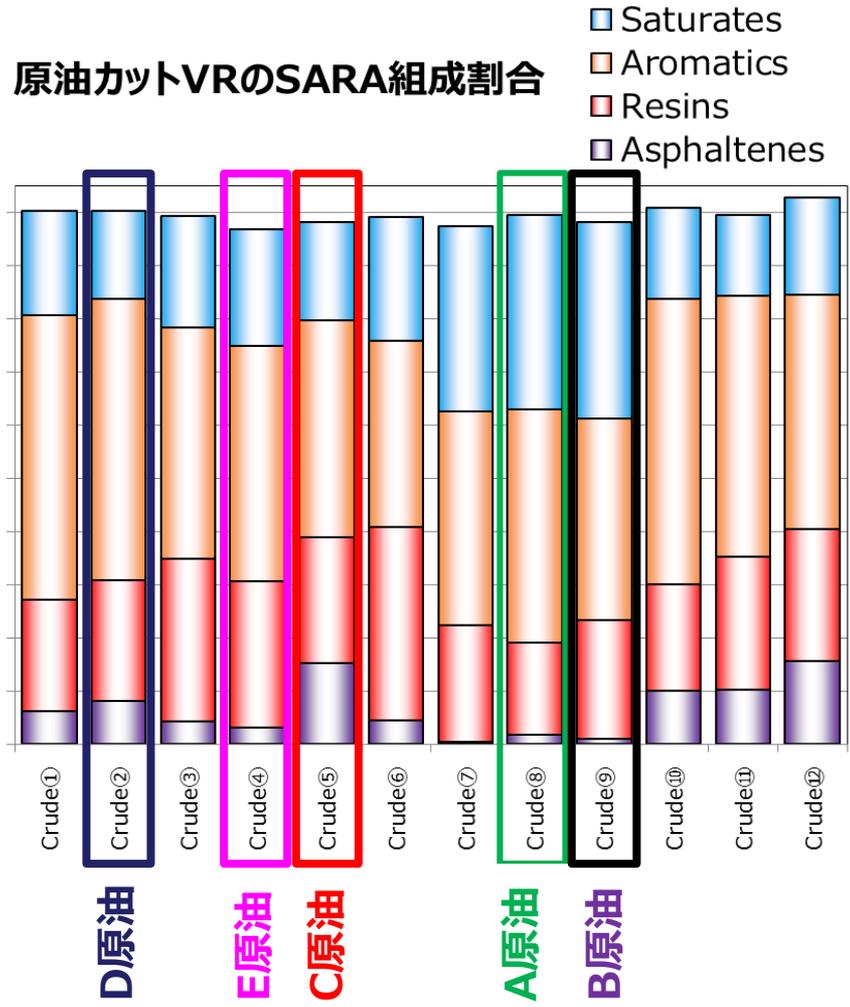


熱交シミュレータの構成

- ① 影響因子をパラメトリックに変化させた試験
熱交出口温度変化時の析出物評価
- ② アスファルテン凝集・析出抑制作用が期待される添加剤・基材の効果を定量評価
- ③ 熱交内析出物をそのままの状態での回収し、
FT-ICR MS等の詳細分析

(補足資料) ③パイロットプラントを用いた個別原油評価 <評価原油種の選定>

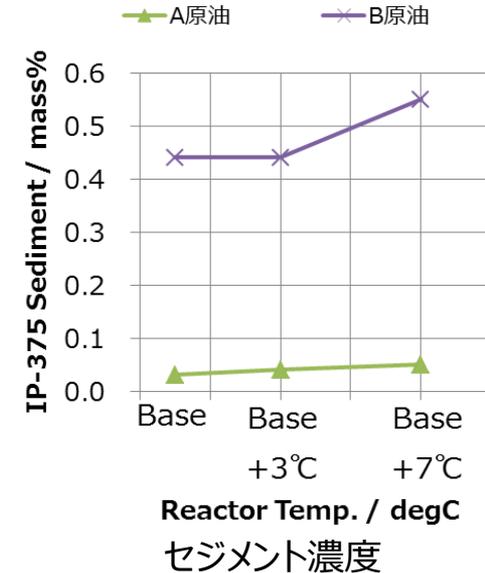
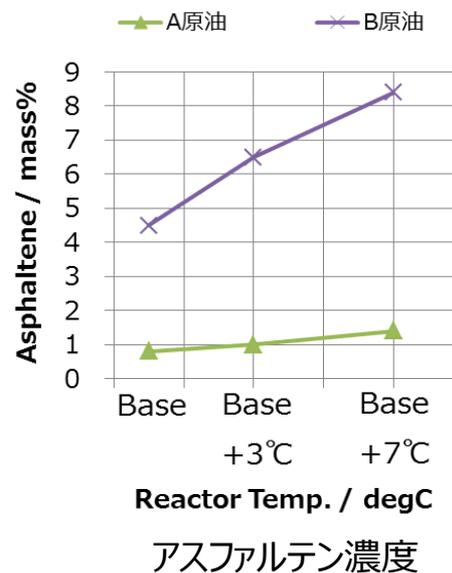
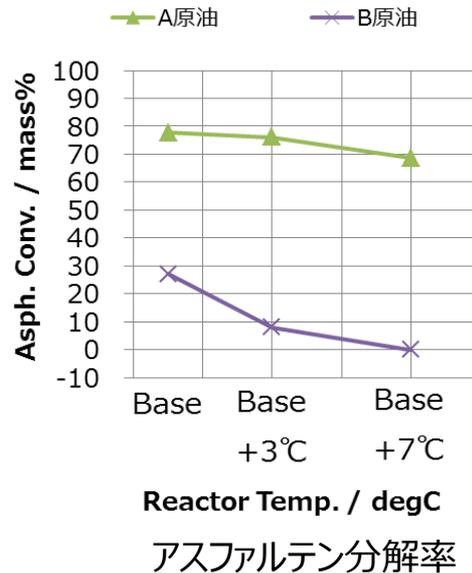
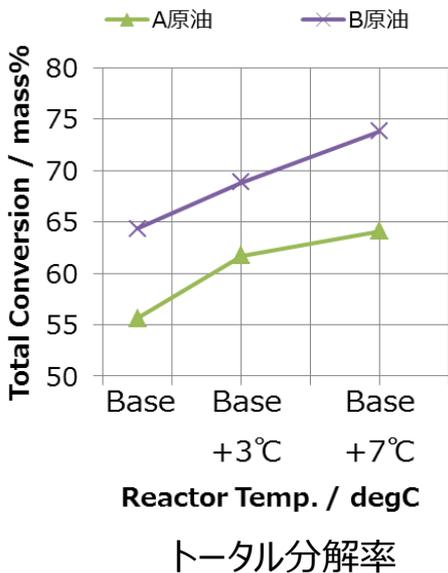
- 平成29年度 (3原油)
 - **リファレンス原油 (A原油)**
 実機での処理実績の多い**低ファウリング原油**
 低「アスファルテン」、高「飽和分」
 - **高ファウリング原油 (B原油)**
 SARA組成はリファレンス原油 (A原油) 同様に
 低「アスファルテン」、高「飽和分」
 - **高ファウリング原油 (C原油)**
 高「アスファルテン」、低「飽和分」
- 平成30年度 (2原油)
 - **高ファウリング原油 (D原油)**
 SARA組成は**C原油**に比較的近く、
 やや高「アスファルテン」、低「飽和分」
 - **高ファウリング原油 (E原油)**
 比較的**低「アスファルテン」、低「飽和分」**



(補足資料) ③SARA組成はほぼ同じだがセジメントが異なるメカニズム解明 (A原油、B原油)¹³

● 評価結果

原油ID (実機でのファウリング経験)	A原油 (低)	B原油 (高)
フィードVRのアスファルテン濃度	低	低
トータル分解率	低	高
アスファルテン分解率	高	低~0
プロダクトのアスファルテン濃度	低	高
プロダクトのセジメント濃度	低	高



B原油のVRは全体としての分解反応率は高いが、アスファルテン分の分解率は非常に低い。その結果、プロダクトVR中のアスファルテン濃度は大幅に高くなってセジメント濃度が高くなる。

処理原油の個別性状データ

- 動粘度
- SARA組成

③

フィード油 (VR-D)

- 動粘度
- SARA組成

②

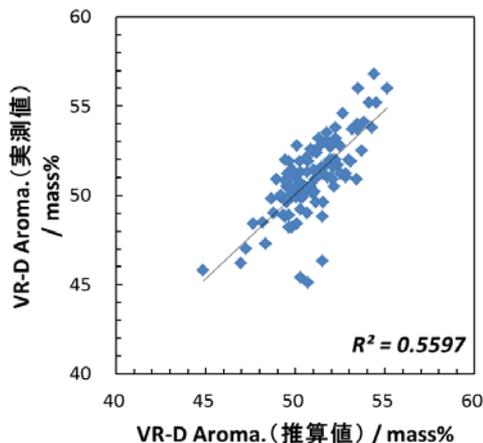
プロダクト油 (VR-T)

- 動粘度
- SARA組成

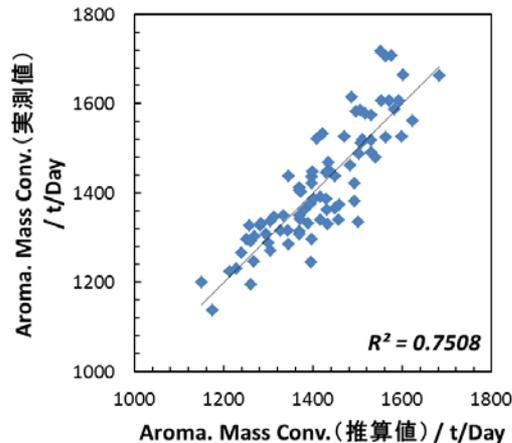
①

セジメント濃度

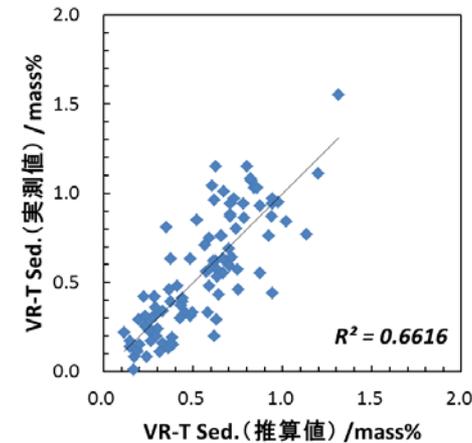
フィード性状
サブモデル



コンバージョン
サブモデル



セジメント生成
サブモデル

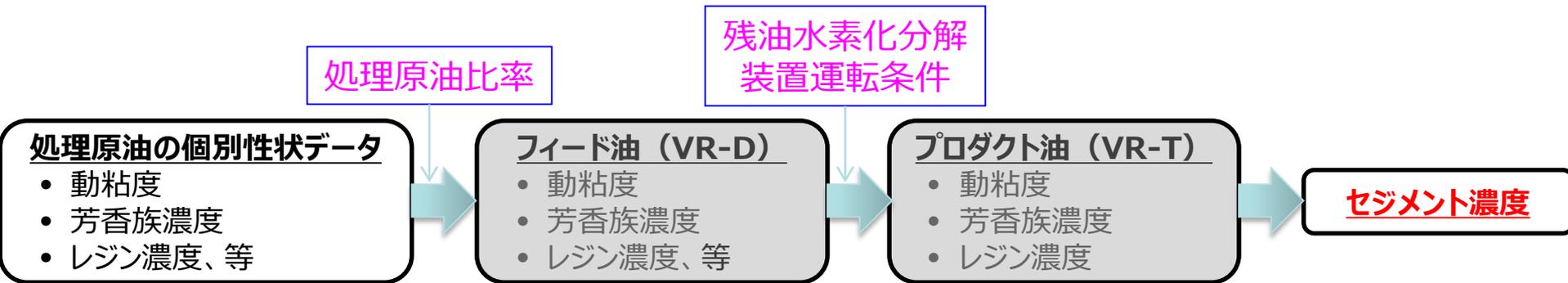


- フィード油中の芳香族濃度を処理原油比率から回帰分析しサブモデルを構築
 - 芳香族濃度: $R^2=0.56$
- 同様に、レジン濃度、動粘度についても回帰モデルを構築
 - レジン濃度: $R^2=0.55$
 - 動粘度: $R^2=0.35$

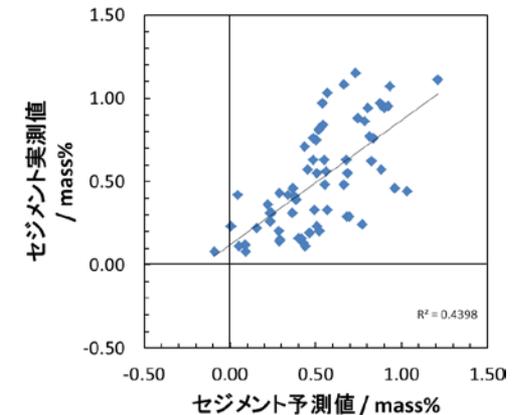
- 反応に伴う芳香族分転化量を実機運転条件データ&処理原油種・比率から回帰分析しサブモデルを構築
 - 芳香族濃度: $R^2=0.75$
- 同様に、レジン濃度、動粘度についても回帰モデルを構築
 - レジン濃度: $R^2=0.75$
 - 動粘度: $R^2=0.71$

- VR-T中セジメント濃度を、VR-Tの性状値から回帰分析しサブモデルを構築
→セジメント予測に有意な因子として、動粘度、芳香族濃度、レジン濃度の3変数選択

$$\begin{aligned}
 [\text{VR-T Sediment} / \text{mass}\%] = & \\
 & + 0.014 * [\text{VR-T } k\text{-Vis @170}^\circ\text{C} / \text{cSt}] \\
 & - 0.023 * [\text{VR-T Aromatics} / \text{mass}\%] \\
 & + 0.016 * [\text{VR-T Resin} / \text{mass}\%] \\
 & + 0.482 \qquad \qquad \qquad \text{決定係数 } R^2=0.66
 \end{aligned}$$



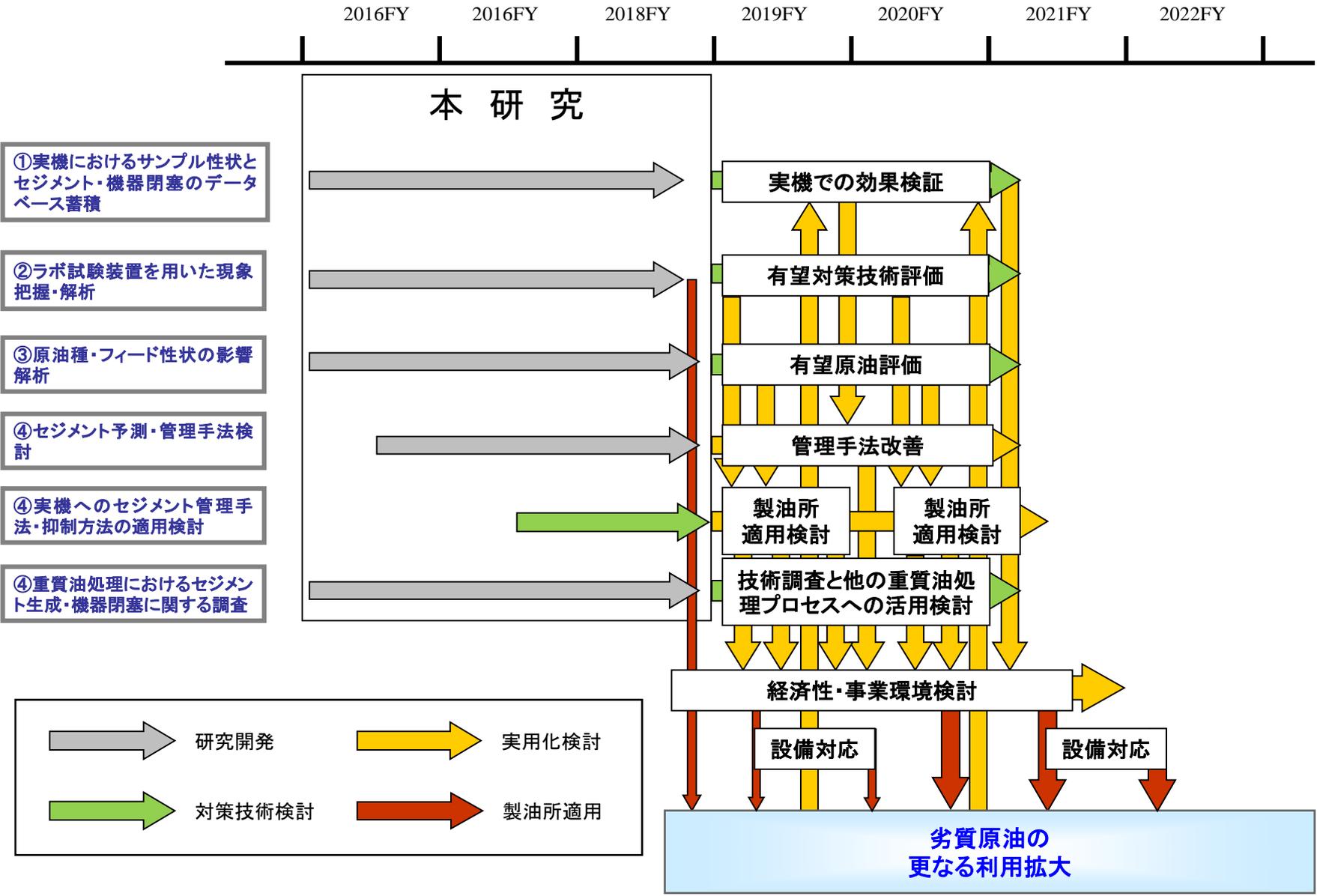
- 「4. セジメント予測・管理手法検討」で導かれた3つのサブモデルを統合し、**セジメント予測統合モデル**を構築
 - 基礎データ：個別原油の性状データ
 - 入力パラメータ：「**処理原油比率**」と「**残油水素化分解装置運転条件**」
 - モデル内部における中間パラメータ：「**動粘度**」、「**芳香族濃度**」、「**レジン濃度**」
 - 出力パラメータ：「**セジメント濃度**」
 - モデルの精度は $R^2=0.44$
(充分とは言えないが、試用可能なレベル)
- 従来のSARAモデルに動粘度が追加され予測精度は向上
- 実機でのセジメント管理・抑制に、**セジメント予測統合モデル**を定量的に活用しつつ、更に精度向上を図る



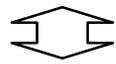
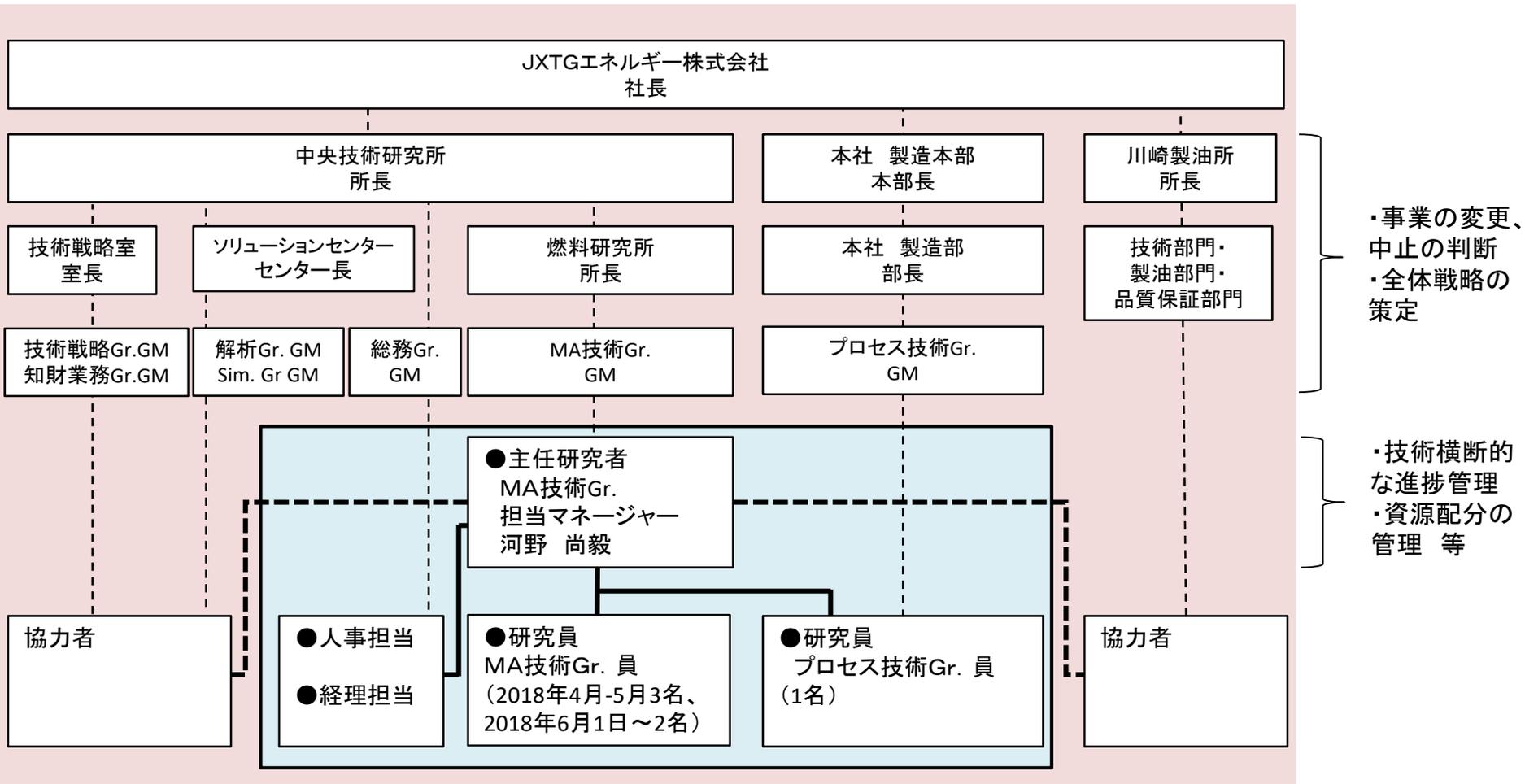
セジメント予測統合モデルの精度検証

- 沸騰床型の減圧残油水素化分解装置のユーザーが一堂に会する国際会議にて、ファウリング抑制や原油評価に関するニーズ・取り組み状況について意見交換
 - 本研究におけるファウリング予測モデル開発や個別原油の評価に対して大きな関心
 - 特にアメリカメキシコ湾岸、アジア、ヨーロッパのユーザーは原油最適化とそれに伴うファウリングの増減への関心が高い
 - 自前でパイロットプラント試験を行っているケースやライセンサーが作成したモデルを活用しているケースなど、ユーザーごとに様々な対応が試みられている状況
 - ファウリング抑制と原油評価に関するニーズが共通して高いことを確認
- 他の重質油プロセスへの展開可能性
 - 残油直脱装置 (RDS) においてもアスファルテンに起因するリアクターのコーキングとそれに伴う偏流や ΔP 上昇が問題
 - ただし、減圧残油水素化分解装置のボトム熱交ほど汚れが顕著ではないため、単にアスファルテンの処理量を制限するなど現時点での対策は限定的
 - 原油毎のアスファルテン性状の差によるコーキング度合の差までは着目しておらず、検証するためのデータ採取も困難な状況
 - そのため本研究においてアスファルテンの質がファウリングに与えるメカニズムが解明できれば、RDS等のボトム装置にも有効な知見となりえる

4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ



5. 研究開発の実施・マネジメント体制等



外部指導者、協力者

一般財団法人 石油エネルギー技術センター(JPEC)

Gr.: グループ
GM: グループマネージャー

6. 費用対効果

- ・ 今回検討対象とした減圧残油水素化分解装置において、機器閉塞のリスクにより従来は処理比率が制約されていた劣質原油を現状比10%増加させることにより、年間6億円程度のコスト削減効果が見込まれる。
- ・ 更に、得られた知見・技術は、他の重質油処理装置、例えば直脱装置にも波及できることが期待され、その場合、原油処理量に応じた効果を想定すると、国内全体で54億円程度の効果が期待される。
- ・ 研究開発に投入予定の国費総額(約2.4億円)に対して大きなリターンが想定される費用対効果の高い技術開発プロジェクトである。

以 上