

製油所の脱炭素化研究開発 (中間評価) 評価用資料

2023年 7 月19日

資源エネルギー庁

資源・燃料部

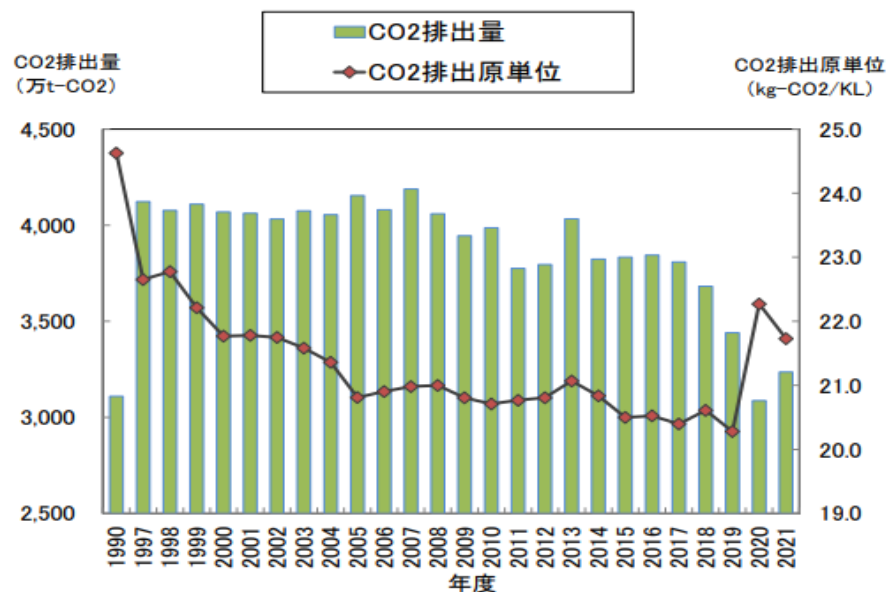
燃料供給基盤整備課

事業名	製油所の脱炭素化研究開発						
事業期間	2021年～2025年（5年間） 評価時期：事前（2020年）、 中間（2023年） 、終了時（2025年）						
予算額	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	全期間の 執行総額	全期間の 事業総額
	6億円	6億円	5億円	-	-	17億円 （2021年度～2023 年度までの総額）	17億円 （2021年度～2023 年度までの総額）
実施体制	資源エネルギー庁→（一財）石油エネルギー技術センター〔定額補助〕→石油精製事業者・大学等〔委託等〕						
事業目的	石油製品は、今後も重要なエネルギー源としての役割があり、引き続き国内における安定供給を確保する必要がある。しかしながら、石油製品の供給拠点である製油所（石油精製事業者）は、国内の石油需要の減少、アジア諸国の石油コンビナートとの国際競争の激化に加え、世界的な脱炭素化の潮流といった事業環境の変化に直面している。 本事業は、国内の石油精製事業者が、石油精製事業を継続しつつ、カーボンニュートラルに向けて二酸化炭素排出量削減に資するような技術の開発を後押しすることで、国内の燃料安定供給とともに、国内製油所の脱炭素化を実現することを目的とする。 この目的を達成するために、下記項目の研究開発を実施する。 ① 製油所の操業の最適化によるCO2低減 ② 石油精製と廃プラスチック、バイオマス等の共処理技術（Co-Processing技術）の向上によるCO2低減						

評価項目 1. 意義・アウトカム(社会実装)達成までの道筋

- 我が国の製油所は、主に化石燃料である原油を原料として精製し、ガソリンなどの燃料や化学製品を生産するが、そのプロセスにおいて多大なエネルギーを消費し、年間3,000万吨以上のCO2を排出。
- 2050年に向けた将来の製油所は、既存設備の活用に加えて、必要な精製プロセスの改造なども図りながら、CO2フリー水素、回収CO2、廃プラスチック、バイオマスなども原料として活用した「カーボンニュートラルな燃料・化学製品」などを製造する拠点に転換していくことが必要。

＜国内製油所のCO2排出の推移＞



【CO₂排出量】

2020年度 3,087 万t-CO₂

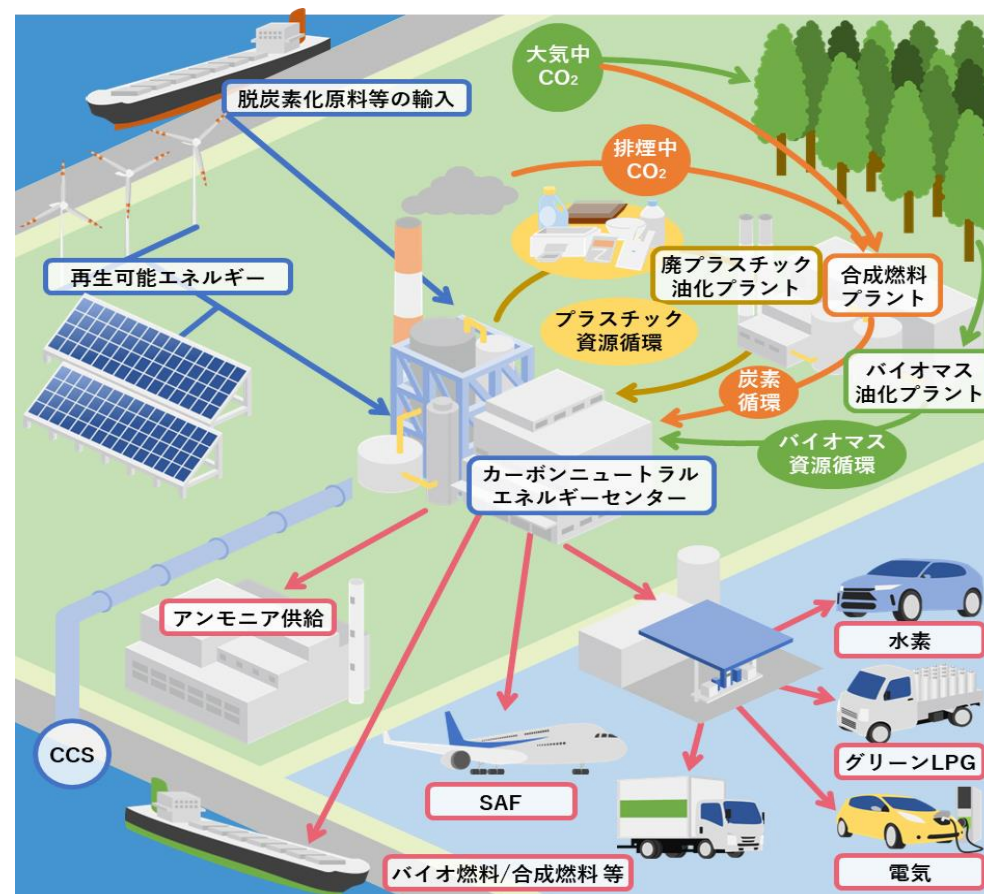
2021年度 3,236 万t-CO₂(+149万t-CO₂)

【CO₂排出原単位】

2020年度 22.27 kg-CO₂/KL

2021年度 21.73 kg-CO₂/KL (0.54ポイント改善)

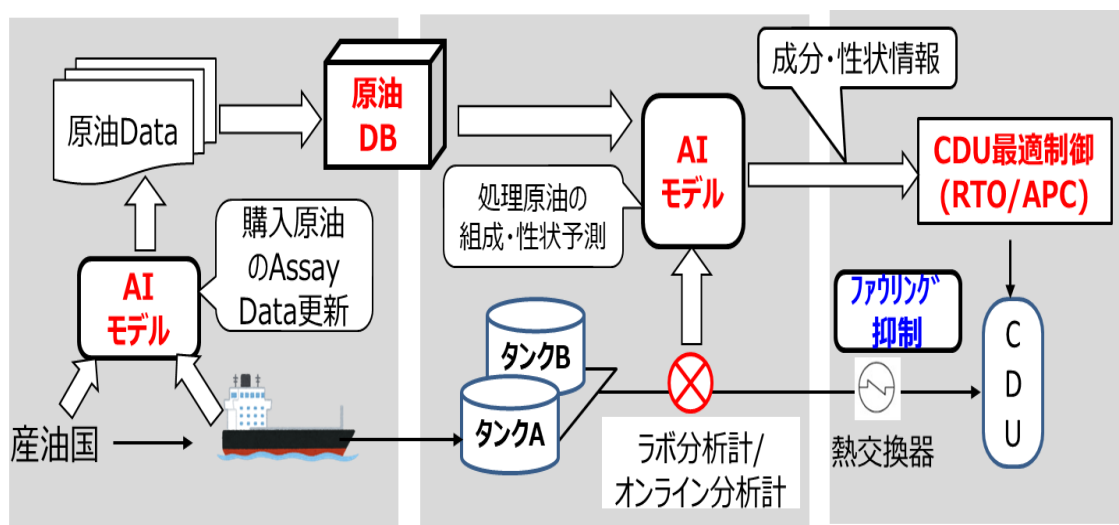
＜石油産業の将来ビジョン：カーボンニュートラルエネルギーセンター（イメージ図）＞



- 石油を取り巻く環境は地球温暖化問題への関心の高まりにより、脱炭素化の流れが加速。
- 日本の製油所がエネルギーや石油化学製品を安定的に供給していくためには、**製油所操業の更なる最適化により事業活動に伴うCO2排出量を削減するとともに、製品の脱炭素化を進めることが重要。**
- 製油所の脱炭素化においては、以下の2点が求められる。
 - ①製油所の操業の最適化によるCO2低減
 - ②石油精製と廃プラスチック、バイオマス等の共処理技術（Co-Processing技術）の向上によるCO2低減

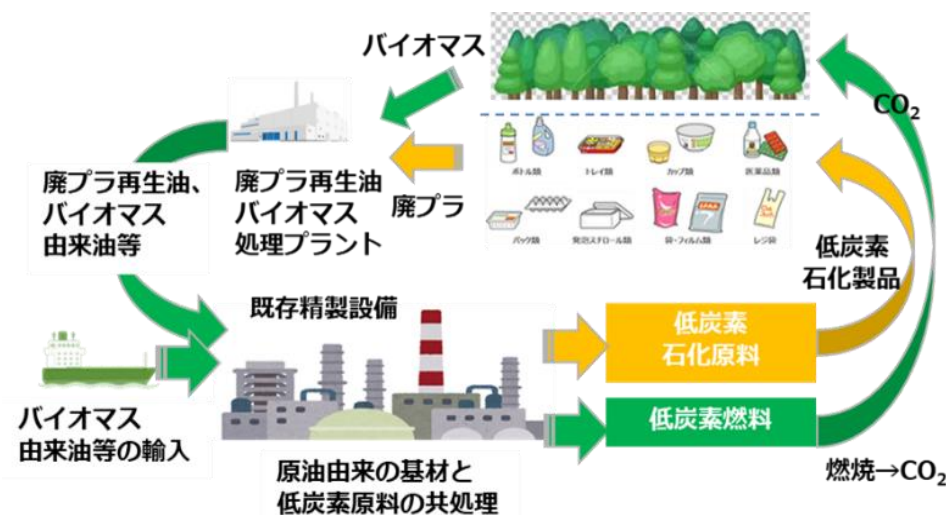
<製油所の操業の最適化>

- ◆ これまで困難であった重質油の詳細組成構造解析と、反応シミュレーションモデル等を組み合わせた「ペトロリオミクス技術」を活用することで、装置稼働の効率を高め、省エネ性を高める（≒CO2排出量を低減させる）ことが可能。



<共処理技術（Co-Processing技術）>

- ◆ 海外では、輸送用燃料の脱炭素化を図るためバイオマス由来の原料油と従来の石油系基材を共処理（Co-Processing）する技術の導入が始まっている。
- ◆ また、カーボン循環の観点からプラスチックのケミカルリサイクル技術にも注目が集まっている。



【2020年度（令和2年度）】

「AIを活用した石油精製プロセス最適化のための技術開発」 事前評価

- 既存の製油所設備を最大限に活用しつつ、エネルギー/化学品の急な需給バランス変動にも迅速に対応できる供給柔軟性を確保し、ひいては製油所をエネルギー/素材転換拠点に構造変革することによって、エネルギー安定供給と石化品供給の両立を図る。
- 世界的に原油成分をベースとした石油精製プロセスの革新が進められつつあり、日本は原油成分分析（特に重質留分）において最先端技術を有している。この成分分析技術とデジタル技術を融合し、製油所の上流から下流までの全操業情報と個別プロセスの全稼働情報をリアルタイムに連結することによって、エネルギー安定供給と石化品供給比率増加の両立のためのAI技術を開発。

【2020年10月26日】

カーボンニュートラル宣言

- 菅前内閣総理大臣は2020年10月26日の所信表明演説において、我が国が2050年にカーボンニュートラル（温室効果ガスの排出と吸収でネットゼロを意味する概念）を目指すことを宣言。 2021年4月の気候変動サミットにおいて、温室効果ガスを2030年度に2013年度比で46%削減することを目標とすることを発表。
- 2021年11月2日のCOP26世界リーダーズ・サミットにおいて、岸田総理大臣は、以下のとおりスピーチ。
「2050年カーボンニュートラル。日本は、これを、新たに策定した長期戦略の下、実現していきます。2030年度に、温室効果ガスを、2013年度比で46%削減することを目指し、さらに50%の高見に向け挑戦を続けていくことをお約束します。」



【2021年度（令和3年度）】

「製油所のグリーン化研究開発」として事業開始

- カーボンニュートラル宣言などを踏まえ、様々な分野で脱炭素に向けた取組や技術革新の必要性が増大。
- 他方、石油製品は、今後も重要なエネルギー源としての役割があり、引き続き国内における安定供給を確保していくことが求められる。
- このため、本事業の目的を「AI等の技術を活用して、燃料の安定供給の拠点である製油所の脱炭素化に向けた技術を確立させることで、石油精製業全体のCO2排出量を削減していくこと」に変更した上で、事業開始。

【2022年度（令和4年度）】

「製油所の脱炭素化研究開発」に名称変更

- カーボンニュートラルを宣言する国・地域が増加し、排出削減と経済成長をともに実現するGXに向けた長期的かつ大規模な投資競争が激化。
- GXに向けた取組の成否が、企業・国家の競争力に直結する時代に突入。

＜カーボンニュートラルの実現に向けた政府・石油業界の動向＞

- ✓ カーボンニュートラル宣言以降、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」（令和3年6月18日、関係行政機関策定）が策定。
- ✓ 令和2年度第3次補正予算においては、グリーン成長戦略において実行計画を策定している重点分野のうち、特に政策効果が大きく、社会実装までを見据えて長期間の取組が必要な領域にて、具体的な目標とその達成に向けた取り組みへのコミットメントを示す企業等を対象として、10年間、研究開発・実証から社会実装までを継続して支援する2兆円規模の「グリーンイノベーション基金」が造成。
- ✓ 令和3年10月には、「第6次エネルギー基本計画」が策定され、2050年カーボンニュートラルに向けた長期展望と、それを踏まえた2030年に向けた政策対応として、今後のエネルギー政策の進むべき道筋が示される。石油連盟では同年3月に新たなビジョンとして「石油業界のカーボンニュートラルに向けたビジョン（目指す姿）」が策定され、翌年に改定版を公表するなどカーボンニュートラルに向けた業界の動きを活発化。
- ✓ 昨年（令和4年）2月のロシアによるウクライナ侵略以降、エネルギー安定供給の確保が世界的に大きな課題となる中、GX（グリーントランスフォーメーション）を通じて脱炭素、エネルギー安定供給、経済成長の3つを同時に実現するべく、GX実行会議や各省における審議会等での議論を踏まえ、「GX実現に向けた基本方針」を取りまとめ、今年（令和5年）2月に閣議決定。
- ✓ 今年（令和5年）5月には、カーボンプライシングという制度や、脱炭素社会に必要な技術開発のための投資支援などを定めた脱炭素成長型経済構造への円滑な移行の推進に関する法律案（GX推進法）が成立。

1-1-3. 外的環境の状況（技術・市場・政策・制度動向等）②

海外の製油所又は燃料製品の脱炭素化に向けた動向

- EUのFit for 55などCO2低減に向けた取り組みが進んでおり、メジャー石油会社でも共処理技術（Co-Processing）を活用した製油所が増えている。
- ICAO（国際民間航空機関）で、SAF製造において共処理技術の適用の取り組みが進んでいる。

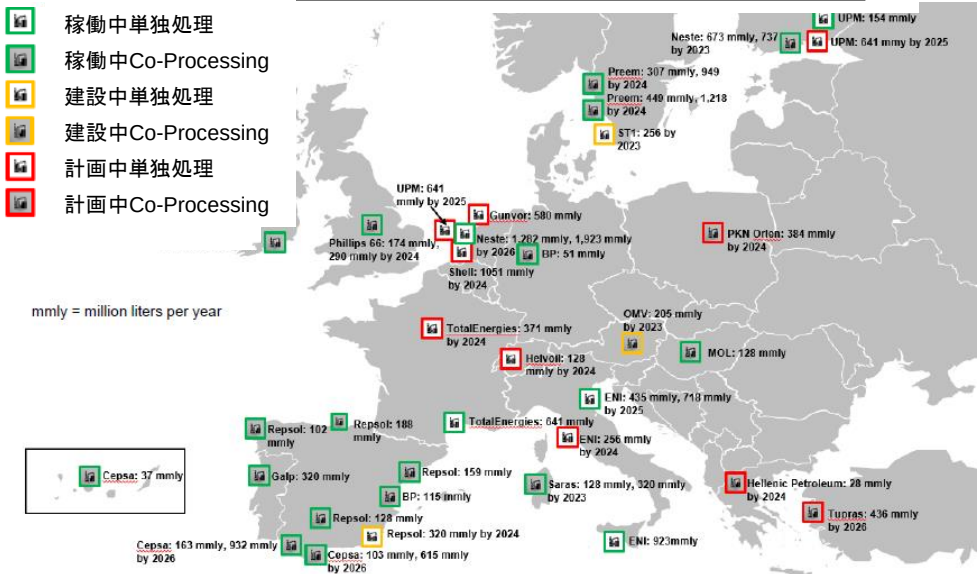
◆ EUにおいては、約40か所の製油所で共処理技術を活用してバイオディーゼル中心に生産されている。

欧州等における低炭素燃料製造における製油所の対応

共処理で対応する製油所例	単独処理で対応する製油所例
Preem（スウェーデン）	Neste（フィンランド）
Exxon Mobil（オランダ）	Eni（イタリア（ベニス））
Bp（スペイン、アメリカ）	Eni（イタリア（シチリア））
Phillips 66（イギリス）	・・・他
Total Energy（フランス）	
Eni（イタリア（タラント））	
Litvinov Refinery（チェコ）	
OMV Petrom（ルーマニア）	
Galp（ポルトガル）	
Cepsa, Repsol（スペイン）	
・・・他	

（各種公開資料をもとにJPEC作成）

欧州におけるHVOの製造能力（共処理＆単独処理）



（出典）STRATASADVISORS(Fuels for the future2023)

◆ SAF製造について、Co-Processingで混合可能な原料種の拡大および5%混合上限を30%へ拡大に取り組んでいる。

SAF製造プロセス ICAO(国際民間航空機関) HPよりJPEC抜粋および作成

ASTM D1655 Annex A1	既存製油所設備によるエステルや脂肪酸の水素化処理	脂肪、油脂、獣脂と石油のCo-Processing
	既存製油所設備によるFT燃料の水素化処理	FT燃料と石油のCo-Processing
	バイオマスの水素化処理	バイオマス油と石油のCo-Processing
検討中	リサイクルできないプラスチックの熱分解油	リサイクルできないプラスチック熱分解油のCo-Processing
	使用済みタイヤの熱分解油	タイヤ熱分解油のCo-Processing

- 今後も、様々な需要構造等の変化に対応しながら石油の安定供給を確保するためには、引き続き、製油所の稼働を維持しつつ、生産性を高めていくことが必要。
- 合わせて、精製プロセスにおいても、エネルギー供給構造高度化法の改正により、環境負荷の低減に配慮した取組が求められていることから、精製プロセスにおける脱炭素化に向けた取組実績に応じて評価する指標を策定。

＜原油等の有効な利用に関する石油精製業者の判断の基準（3次告示の概要と4次告示の方向性）＞

＜高度化法告示見直しの方向性＞

＜高度化法告示における各社の評価指標＞

3次告示

原油等の有効な利用の促進

〔特定残油処理装置への
減圧残渣油（VR）の通油量の増加〕

原油等の有効な利用の促進

1日当たりのVR通油量

4次告示

3次告示の考え方を維持

〔引き続き、石油の安定供給を確保するために、特定残油処理装置の稼働率向上により競争力を維持・強化することが重要〕

原油等の有効な利用の促進

VR処理率 [%] = $\frac{\text{1日当たりのVR通油量}}{\text{1日当たりの原油処理量}}$

※ただし、告示期間中にトッパー廃止等計算式に影響する事案があっても、目標値には反映させない

【新規】環境負荷の低減

〔製油所において特定残油処理装置の稼働率向上を引き続き求めていく中で、CO2削減に寄与する取組※が重要〕

※先進的な取組事例

- 精製プロセスで使用する水素を、化石燃料製造由来からCO2フリー水素に転換
- 再エネ電力の導入による、精製プロセス全体のCO2排出量の削減

精製プロセスの脱炭素化を図る取組の促進

精製プロセスにおけるCO2排出原単位の改善率
（基準点から最終年度における改善の度合いを評価）

● %

※VR処理率との換算係数を設定予定

- 原油等の有効利用実績（VR処理率）に、精製プロセスにおけるCO2排出原単位の改善率を合算することで目標達成を補完。
- ただし、精製プロセスの脱炭素化のみで4次告示全体の目標を達成することはなく、これを行わないことのみをもって勧告対象とはしない。

1-1-4. 事業の全体構成

評価項目 1

製油所の脱炭素化研究開発

① 製油所の操業最適化によるCO2低減（製油所のエネルギー消費量の削減）

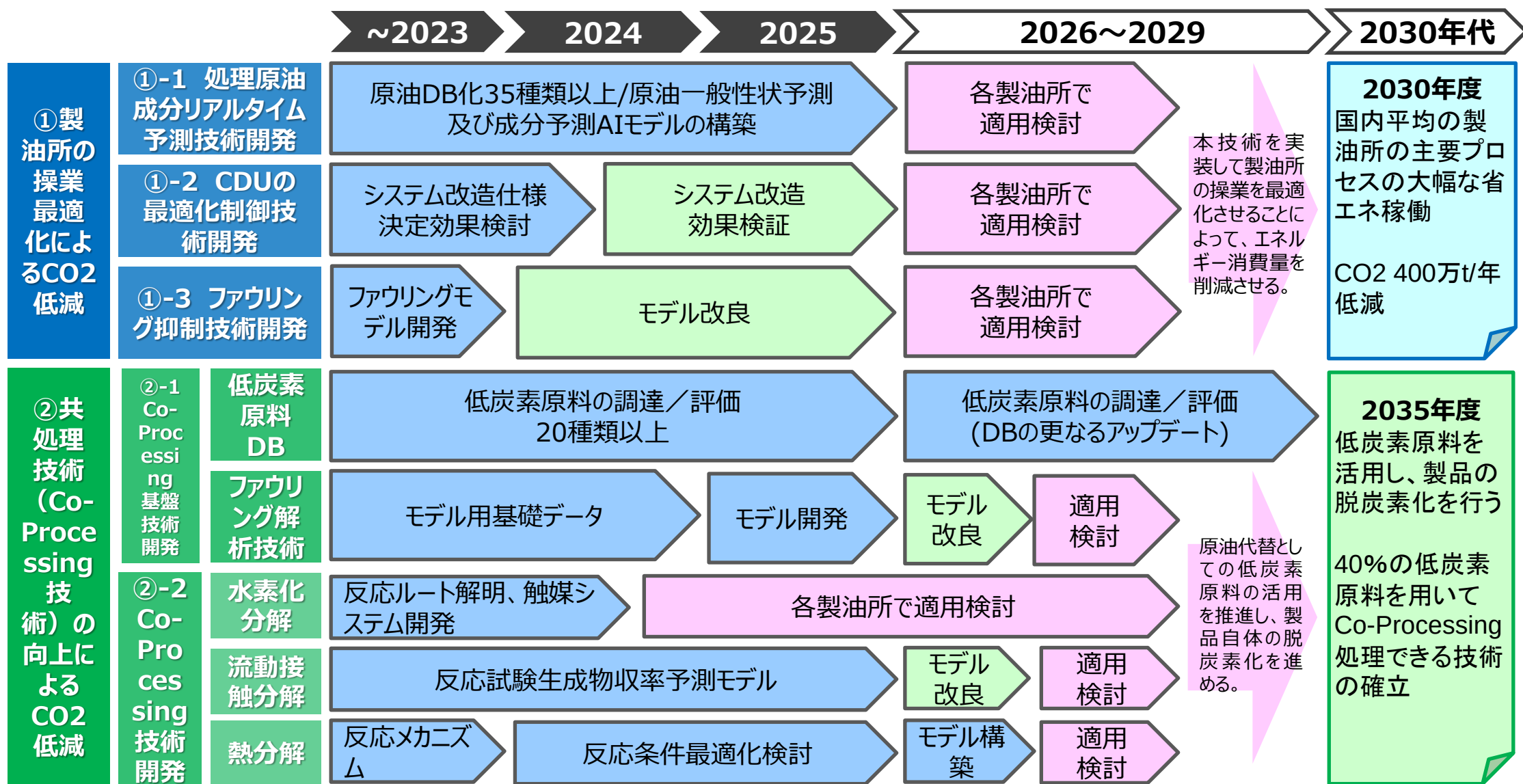
- ①－1 処理原油成分リアルタイム予測技術開発
（原油DB構築、原油一般性状予測および成分予測AIモデル開発）
- ①－2 分子成分情報活用による常圧蒸留装置（CDU）の最適化制御技術開発
- ①－3 ファウリング抑制技術開発

② 共処理技術（Co-Processing技術）の向上によるCO2低減（原油代替としての低炭素原料の利活用）

- ②－1 Co-Processing基盤技術開発
 - i) 低炭素原料DB構築
 - ii) 分子成分情報活用ファウリング解析技術開発
- ②－2 Co-Processing技術開発

1-2. アウトカム達成までの道筋（ロードマップ）

- AIモデル開発や原油DBなどの基盤技術を技術開発に展開する。開発した技術は研究成果利用システムで各社で活用可能とする。
- 石油精製の省エネ技術については早期に完成させ、製油所への普及促進を図る。
- 低炭素原料のCo-processing処理については完成した技術から導入を進める。



- 省エネ技術の基礎となる原油の成分情報データベースについて、現在のJPECの技術は世界的にもトップレベルと評価されている。
- 欧州では低炭素原料の導入を先行して進められており、規制規格化が進んでいる。
- これらを踏まえ、以下のオープン・クローズ戦略を策定している。

＜JPECのオープン・クローズ戦略＞

1. 脱炭素化の戦略についてはオープンにして海外と協調して行う。

Concawe（Conservation of Clean Air and Water in Europe、欧州石油精製技術調査機関）や欧州石連など海外機関との連携を活用し、脱炭素化戦略を共有する。

2. 技術・ノウハウについてはクローズとして、国内の製油所の競争力を高める。

JPECでは特許出願に関する基本方針に従い特許出願を進め、国内石油会社等と「知財情報連絡会」を開催し、取扱いについて検討する（原則として、JPECが特許出願を一元的に実施・管理する）。これにより開発した技術を国内製油所各社が共通して活用できる仕組みを構築する。

JPECで開発した基盤技術として、原油・低炭素原料データベースやシミュレーション技術等を、国内製油所に広く使用してもらうための公開方法を検討している。※次スライド参照

＜特許出願に関する基本方針（概要）＞

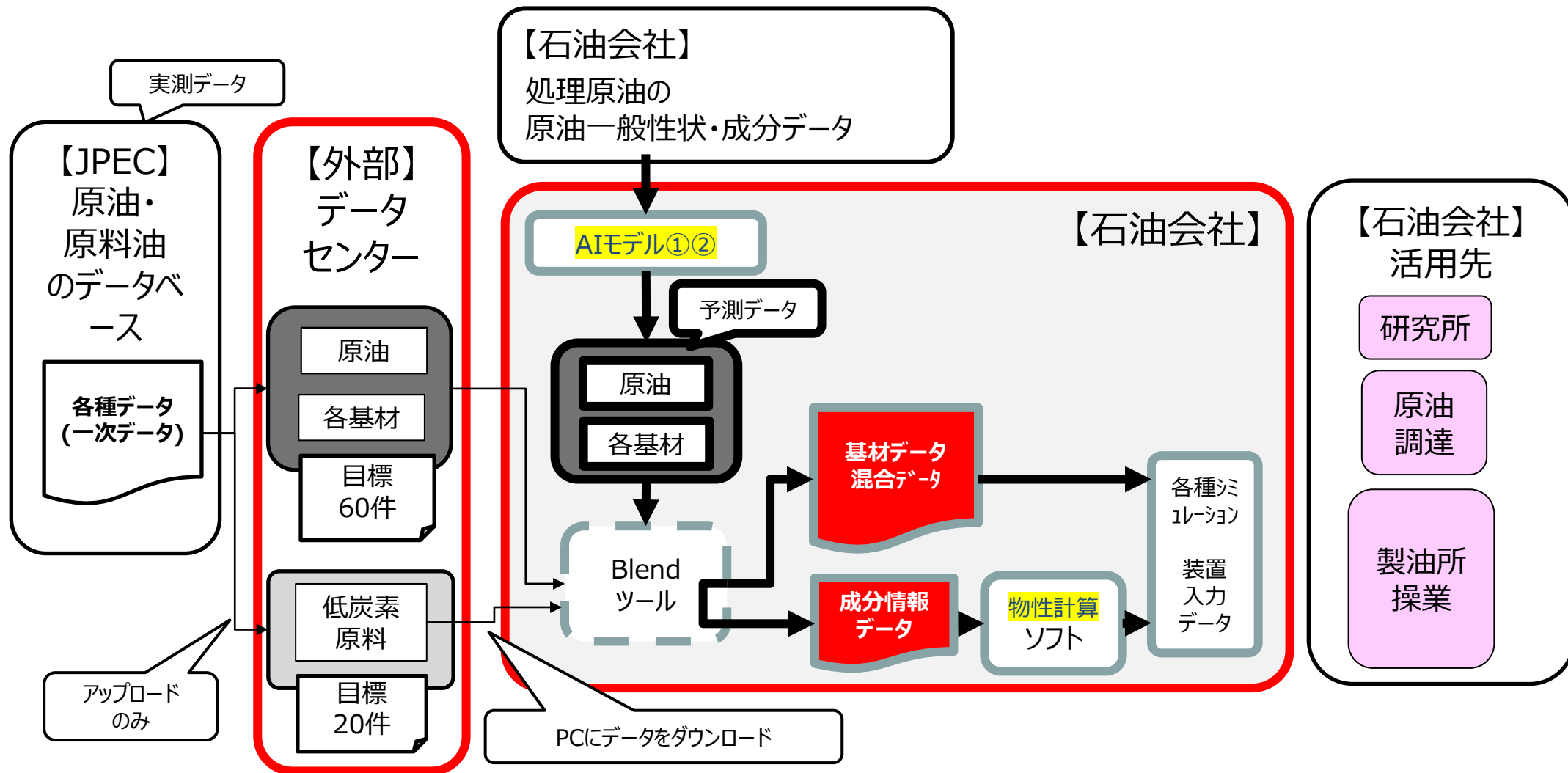
- （1）JPECは出願すべき発明の選択と出願を迅速に行う
- （2）JPECは知財価値を事業参加会社や共同研究者等に積極的に正しく伝える
- （3）JPECは出願特許の権利化を企業と共同で行う

1-3-1. オープン・クローズ戦略

(参考) 原油・低炭素原料データベースやシミュレーション技術等

- 令和4年度は、サンプルを提供いただいた会社に原油や低炭素原料のデータベースを試験的に公開。
- 令和5年度以降は、石油会社にシミュレーションシステムを提供し、処理状況や処理結果を評価するとともに改良を実施。

<シミュレーションシステムの公開イメージ>

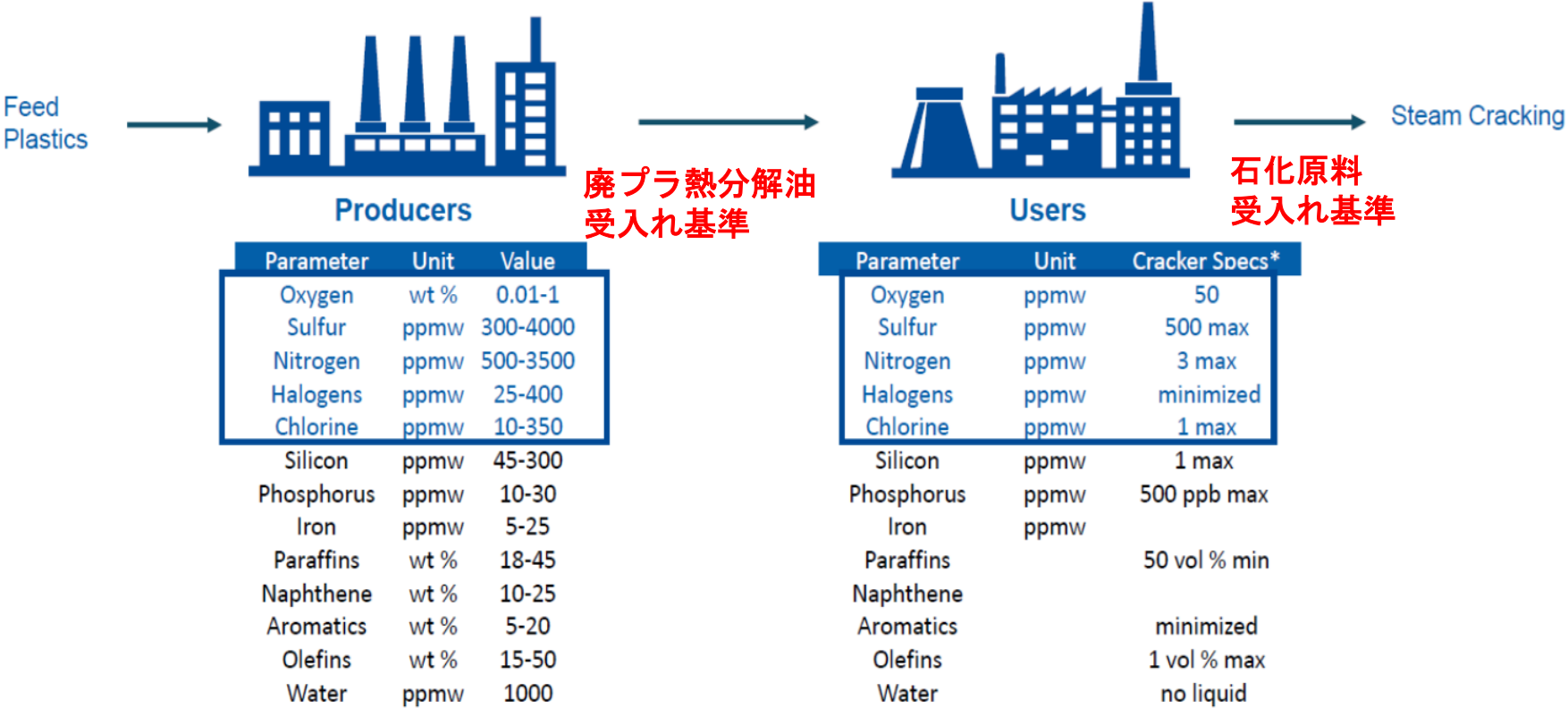


- 標準化戦略として、先行する欧州でのサプライチェーン構築のための原料・燃料の標準化動向を調査し、国内企業・関係団体や欧州石連等と連携しながら標準化戦略を検討する。

海外先行事例：BASF プラスチックの資源循環システム“ChemCycling”

・ケミカルリサイクルを行うための製油所での廃プラ分解油受入と石化設備受入れ基準を設定

＜海外先行事例：廃プラ熱分解油および石化原料の受入れ基準＞



(出典) European Refining Technology Conference2022, Manish Mehta, BASF

海外では、炭素資源循環に向けた標準化が推進されている

- 標準化戦略として、本事業での低炭素原料のデータベースを整備する中で、懸念物質をリストアップするとともに、その前処理技術の調査を実施する。
- 懸念物質の前処理技術の調査を踏まえて、低炭素原料の石油業界での受け入れ基準を検討する。

＜低炭素原料の一般性状比較＞

試験項目	単位	廃プラ油 (PVC含有)	廃食油	木質 分解油	トール油 (松脂精製油)
酸価	mgKOH/g	0.04	0.54	80.1	200
水分	質量ppm	151	192	29.6%	0.1
酸素	質量%	0.1	11.2	44.8	11.4
塩素	質量ppm	116	3	<0.01	0.01
窒素	質量ppm	36	14	350	43
残炭分	質量%	—	—	25.1	0.11

腐食懸念物質：酸価、酸素、水分、塩素等

⇒腐食懸念物質は配管等の汚れや閉塞等の汚れ原因物質を生成

触媒劣化懸念物質：酸素、窒素、残炭分等

⇒触媒性能の低下は反応温度上昇や交換頻度上昇による経済性悪化

評価項目 2. 目標及び達成見込み

アウトカム指標		アウトカム目標	達成見込み
短期目標 2030年度	国内平均の製油所の主要プロセスの大幅な省エネ稼働	CO2低減 400万t/年	— (現在は予測不可能であるが、達成に向けて取組を継続する。)
中期目標 2035年度	低炭素原料を活用し、製品の脱炭素化を行う	40%の低炭素原料をCo-Processing 処理する技術の確立	— (現在は予測不可能であるが、達成に向けて取組を継続する。)

(設定理由・根拠)

- 需要に合わせた生産を行うため、中間製品の貯蔵など装置稼働を効率化することができる。製油所の効率化指標としてはソロモン社のエネルギー効率指標（EII）が使われており、国内平均の製油所を世界的にも最高水準（2020年現在のEIIを-10）を目指す。これは過去10年間の製油所の省エネに匹敵する規模となるCO2約400万t/年削減に相当する。
- カーボンニュートラルに向けてCo-Processing処理技術の確立を行う。原油に対する低炭素原料の比率を世界最高レベルの共処理装置入口フィードに対して40%まで可能な製油所を作る技術を確立する。

(計測方法)

- CO2排出量を石油連盟のカーボンニュートラル行動計画フォローアップなどで公表している。例えば2022年度の報告では2021年度CO2排出量は3236万tと報告されている。
- 脱炭素燃料については、石油連盟の2022年改訂の「カーボンニュートラルに向けたビジョン（目指す姿）」でも「供給する製品に伴うCO2排出（Scope3）の実質ゼロ（CN）にもチャレンジする」としている。
- 一方、現状ではSAF等でも脱炭素燃料の供給が行われていないため統計資料などが公表されていないが、第三者等によって脱炭素燃料供給量や脱炭素燃料比率などの数値データの整備が期待される。

費用対効果

- 本事業に要する国費総額見込みは、約30億円（6億円×5年と仮定）を見込んでいる。
- ①製油所の操業最適化の技術開発は、その技術が製油所に実装された際に見込まれる年間CO2低減量は400万t（アウトカム）であり、現在の国内製油所のCO2排出量からみて、10%程度のCO2低減効果があると考えられる。
- ②共処理技術（Co-Processing技術）の向上のための技術開発において掲げている「40%の低炭素原料をCo-Processing処理する技術」という目標（アウトカム）は野心的な目標設定をしており、供給する製品に伴うCO2排出削減（Scope 3）に寄与するものと考えられる。

2-2-1. アウトプット目標及び達成見込み①

評価項目 2

18

アウトプット指標		アウトプット目標	達成見込み
中間目標 2023年度	①-1：処理原油成分リアルタイム予測技術開発 1)原油の基本情報を整備およびデータベース化し、製油所で活用可能とする。 2)原油/留分の性状を予測する基本技術構築	1)データベース登録数（累計） 原油18種類 2)原油一般性状予測AIモデルの開発（進捗率で評価） 原油/留分性状147項目のうち70%以上が、AIモデル予測値と実測値の誤差が試験法の再現許容差内であること	達成 1)18種類 2)80%
	①-2：CDUの最適化制御技術開発 製油所の省エネ/高効率化に資する操業最適化のさらなる高度化に関する技術開発を行う	1)CDU最適化制御高度化の要件定義およびRTO改造仕様の決定（進捗率で評価）	達成 1)100%
	①-3：ファウリング抑制技術開発 製油所の省エネ/高効率化に資する操業最適化のさらなる高度化に関する技術開発を行う	1)ファウリング解析モデルのプロトタイプ構築（進捗率で評価）	今年度中に達成の見込み 1)60%
	②-1：Co-Processing基盤技術開発 低炭素原料の基本情報を整備およびデータベース化し、製油所で活用可能とする。	1)データベース登録数（累計） 低炭素原料12種類	達成 1)20種類
	②-2：Co-Processing技術開発 製油所で低炭素原料を共処理することを可能とする技術開発を行う	1)反応ルート、触媒劣化/被毒機構を踏まえたCo-Processing用水素化分解触媒システムの確立（進捗率で評価）	今年度中に達成の見込み 1)70%
最終目標 2025年度	処理原油成分リアルタイム予測技術開発 1)原油の基本情報を整備およびデータベース化し、製油所で活用可能とする。 2)原油/留分の性状を予測する基本技術構築	データベース登録数（累計） 1)原油35種類 2) 原油成分予測AIモデルの開発 予測成分のうち70%以上が、AIモデル予測値と実測値の誤差が±10%に収まる	—
	CDUの最適化制御技術開発 製油所の省エネ/高効率化に資する操業最適化のさらなる高度化に関する技術開発を行う	技術開発レベル TRL2→5 1)RTO改造効果がシミュレーションレベルで検証	—
	ファウリング抑制技術開発 製油所の省エネ/高効率化に資する操業最適化のさらなる高度化に関する技術開発を行う	技術開発レベル TRL2→5 1)ファウリング解析モデルの構築	—
	Co-Processing基盤技術開発 低炭素原料の基本情報をデータベース化し、製油所で活用可能とする。	データベース登録数（累計） 1)低炭素原料20種類	—
	Co-Processing技術開発 製油所で低炭素原料を共処理することを可能とする技術開発を行う	技術開発レベル TRL2→4 1) RFCCにおける共処理を対象とし、原料組成および反応条件から生成物収率を予測する機械学習モデルの構築 2)原料の分子成分情報から各原料毎のファウリング挙動が推定可能なプロトタイプモデルの構築	—

(アウトプット目標の設定理由・根拠)

処理原油成分リアルタイム予測技術開発

- 1) 本事業で開発する技術の基礎となる原油及び低炭素原料の成分情報に関するデータベースを構築する。国内製油所で使用している原油をほぼすべてデータベース化することを図る。
- 2) 原油/留分の一般性状196項目のうち、AI予測検討が可能なデータが揃っている項目147項目であった。一般性状、成分とも、設定した項目の70%以上が目標精度以内で予測出来れば、CDU最適化制御に対して重要度の高い項目はカバーされると見込まれ、収益性改善と省エネの実現に寄与できるとして設定した。

CDUの最適化制御技術開発

CDUは製油所装置群の中で最もCO2排出量の多い装置の1つであることから、CDUの省エネを実現する技術を開発する。CDU制御を最適化することで操業の高効率化、省エネを実現する。

ファウリング抑制技術開発

CDU熱交換器のファウリングを抑制することで熱交換効率を向上し、高効率化および省エネを実現する。本事業終了時において製油所実証可能なTRL 5のレベルを設定する。

Co-Processing基盤技術開発

低炭素原料については国内および海外で入手可能なサンプル数を見積もり設定した。

Co-Processing技術開発

低炭素原料と付加価値の低い重質油を共処理し、今後需要が堅調に伸びていくことが予想される石化製品の原料を水素化分解、共熱分解、接触分解反応により生産する技術を開発する。本事業終了時においてできた技術から石油会社で活用するためのシステム構築を完成する。

(未達成の原因分析と今後の見通し)

第一四半期の現段階では予定通り進捗しており、このまま進捗すれば年度末までには達成する見込み。

(計測方法)

毎年採択評価を行い技術進捗状況について、第三者の確認、評価を受ける。

<補足> ①-1：処理原油成分リアルタイム予測技術開発

説明変数

21年度
Step1

原油名、産油国、
密度、Vis、残炭、
S分

各Laboで同一試験法で測定可

機械学習

(一般性状予測AIモデル)



目的変数

原油・留分一般性状

項目名	単位	測定方法	測定範囲	測定精度	測定回数	測定コスト	測定時間	測定場所	測定時期	測定結果
密度	15℃	g/cm ³	0.70~0.90	±0.001	10	低	短	各Labo	21年度	0.85
蒸気圧	101.3kPa	kPa	0~100	±1	10	低	短	各Labo	21年度	50
粘度	30℃	mm ² /s	0.1~10	±0.1	10	低	短	各Labo	21年度	2.0
粘度	40℃	mm ² /s	0.1~10	±0.1	10	低	短	各Labo	21年度	1.5
粘度	50℃	mm ² /s	0.1~10	±0.1	10	低	短	各Labo	21年度	1.0
閃点	℃	℃	0~100	±1	10	低	短	各Labo	21年度	40
引火点	℃	℃	0~100	±1	10	低	短	各Labo	21年度	50

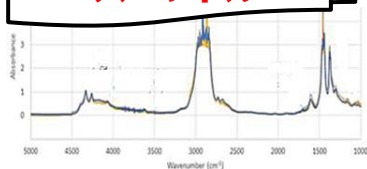
検討対象項目：196

AI予測が適用可能な項目、
精度の見極め

項目名	単位	測定方法	測定範囲	測定精度	測定回数	測定コスト	測定時間	測定場所	測定時期	測定結果
ナトリウム	ppm	ppm	0~100	±1	10	低	短	各Labo	21年度	50
カルシウム	ppm	ppm	0~100	±1	10	低	短	各Labo	21年度	50
水分	wt%	wt%	0~10	±0.1	10	低	短	各Labo	21年度	5.0
硫素	wt%	wt%	0~10	±0.1	10	低	短	各Labo	21年度	5.0

22年度
Step2

IRスペクトル

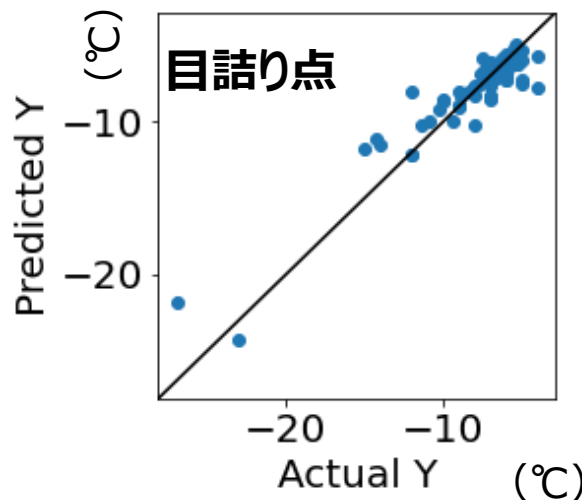


Step3

原油名、産油国、
密度、Vis、残炭、
S分

IRスペクトル

- 教師データに「検出限界以下」が多い49項目を除外し、147項目について検討実施。
- 説明変数を見直す(左図 Step1⇒Step3)ことにより予測精度向上。147項目のうち80%は誤差平均が試験法再現許容差内。一方、原油以外の要因が影響する項目(例Fe)等、一部予測が難しい項目が存在することも判明。
- CDU最適化制御技術開発とも連携してモデルの改良検討を行い、23年度末迄に一般性状予測AIモデルの開発完了予定



モデル	決定係数	二乗平均平方根誤差
Step1	0.656	4.7
Step2	0.734	2.0
Step3	0.860	1.4

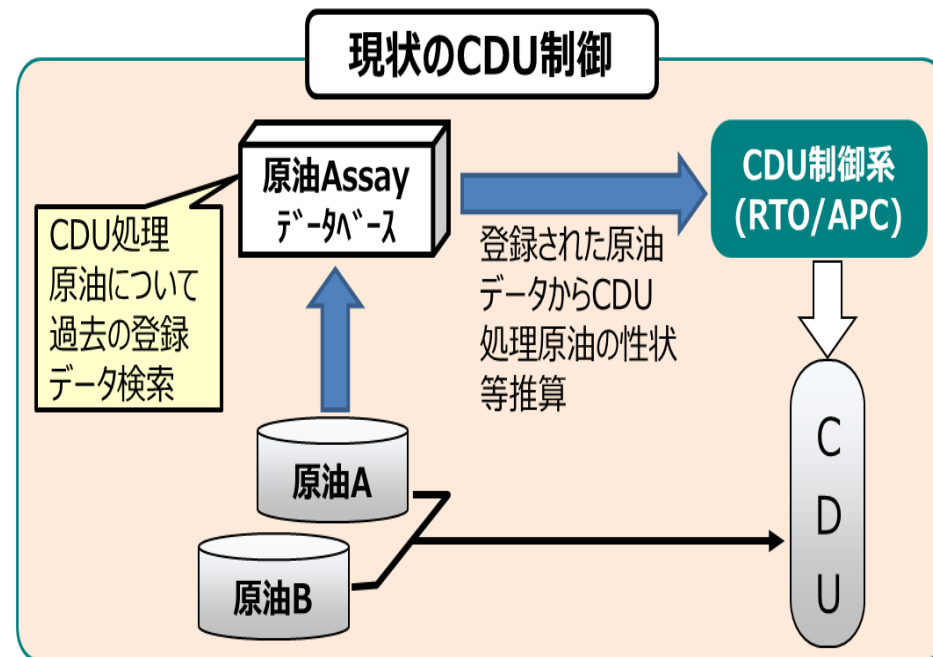
※JIS室間再現許容差：4℃

【技術開発の背景】

- ① 同じ原油でもロットにより性状は異なるが、原油評価に時間を要するため、常圧蒸留装置(CDU)の制御では、**同一原油の過去の評価結果**が用いられることが多い
- ② CDUでは複数の原油が混合処理されているが、制御には**各原油の混合比率から計算された性状**が用いられており、実際の性状が反映されているケースは少ない。

↓

CDU処理原油性状をリアルタイムに把握し、制御系で活用出来れば省エネが実現出来る可能性有



【主な進捗状況】

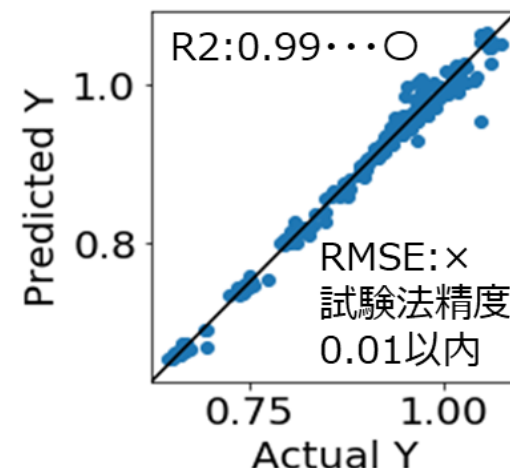
- ① CDU最適化制御の高度化に必要な性状データ（要件定義）
 - ・**収率、密度、凝固点、くもり点、残炭分**の5項目
 - ・これら5項目の値を0～1000℃の範囲で25℃刻みで提供すること

AIモデル開発側で重点的に精度改善検討中

② CDU制御系改造検討

AIモデルと製油所データシステム間のデータ受渡法、及びCDU制御系に①に記載したデータを取り込むために必要となるRTO(Real Time Optimization)の改造仕様を決定。今後、AIモデルの予測精度を踏まえRTO改造効果を評価予定

原油/留分密度のAI予測状況

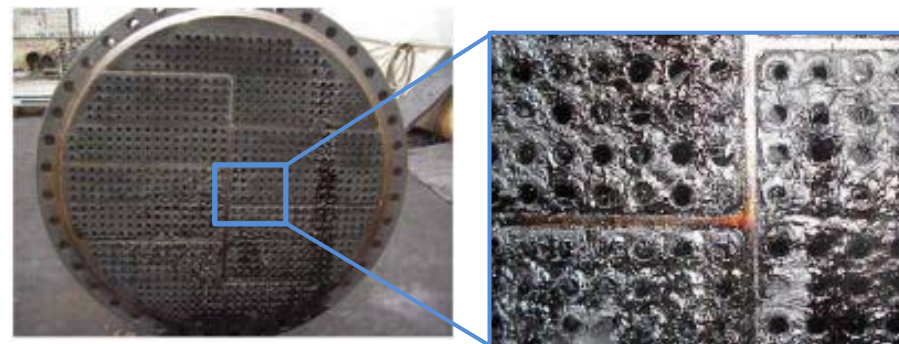


【常圧蒸留装置(CDU)原油熱交換器におけるファウリング(汚れ)の原因物質】

- ① 高次凝集アスファルテン(As)
- ② コーク前駆体(熱によりAsが縮重合)
- ③ 無機物 (鉄錆・硫化鉄)
- ④ 有機成分・無機成分の複合体



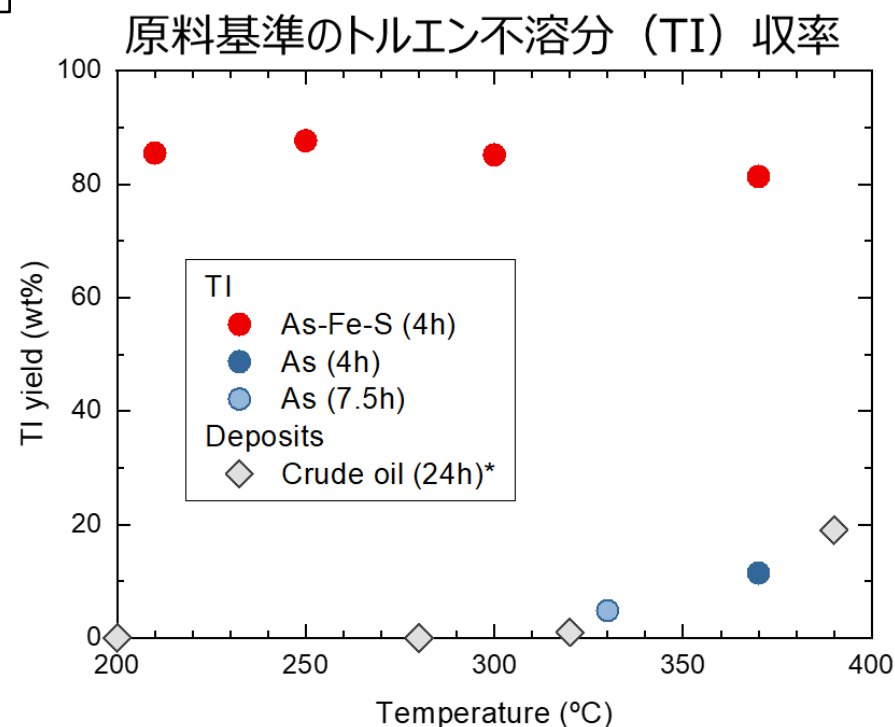
原油中の有機物・無機物がファウリング物質生成で果たす役割、及びファウリング物質生成初期の状態把握に向け、模擬ファウリング物質を種々の条件で作成。



ファウリングによる熱交換器の閉塞

【検討状況】

- ・Asのみから作成した模擬ファウリング物質は370℃ではトルエン不溶解分(TI;ファウリング物質)の回収率は10%
- ・鉄と硫黄をAsに混ぜると210℃でTI回収率80%以上
⇒CDU原油熱交換器と同程度の低い温度でファウリング物質が生成することを確認。(これまで報告事例なし)
- ・今回の結果も踏まえ、ファウリング物質の生成機構について更に検討を進めていく予定



* : Crittenden, B. D., et al., "Crude Oil Fouling," ed. by Coletti, F., et al. Gulf Professional Publishing, Boston (2015), p. 51-94.

低炭素原料(バイオマス由来油、廃プラ再生油)20種類の一般性状分析実施した結果、前処理または装置腐食対策をしないと製油所では使用出来ない原料があることを確認。

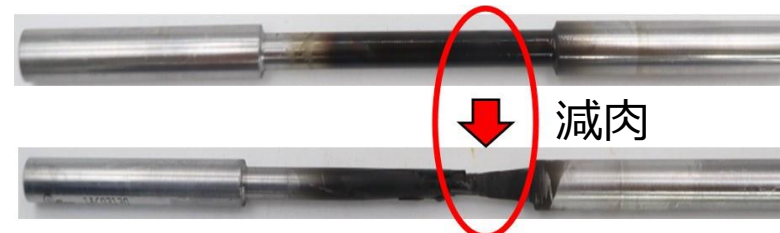
試験項目名	単位	PE・PP 熱分解油	PVC+3P 熱分解油	FAME (脂肪酸 メチルエステル)	HVO (水素化 植物油)	木質 分解油	トール油
密度(15℃)	g/cm ³	0.7785	0.8022	0.8845	0.7805	1.2240	0.9060
動粘度(30℃)	mm ² /s	1.661	1.824	5.704	3.741	200	23
酸価	mgKOH/g	0.02	0.04	0.54	0.02	80.1	200
水分	質量ppm	52	151	192	8	29.6質量%	0.1
API°外不溶解分	質量%	-	-	-	-	44.1	0.1未満
Cl	質量ppm	1.1	115.9	3	50 未満	0.01未満	0.01
無機塩素分	質量ppm	1 未満	47	1 未満	1 未満	50未満	50未満



【腐食事例】

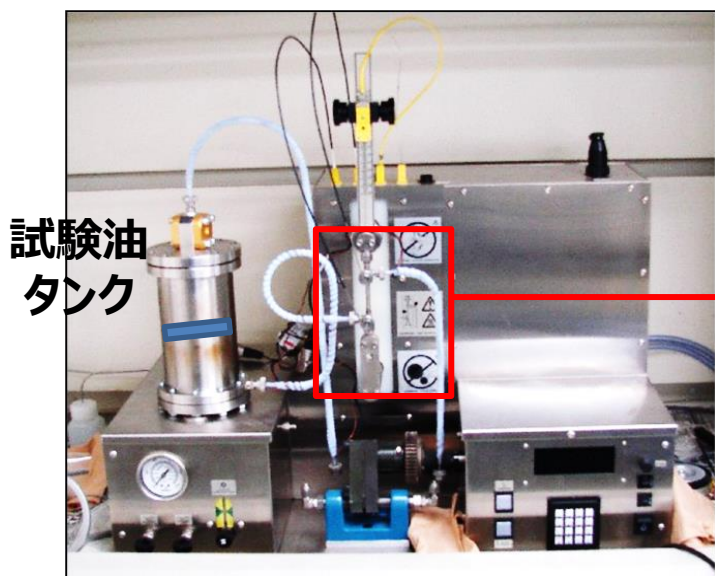
トール油のHLPS試験を行ったところ、汚れの急激な進行と共に装置で極端な減肉発生。
⇒トール油を使用するためには前処理(エステル化)、などの対策を施すことが必要

廃食油ケース



トール油ケース

●試験装置 HLPS(Hot Liquid Process Simulator)試験装置を用い、低炭素原料の汚れ挙動を評価



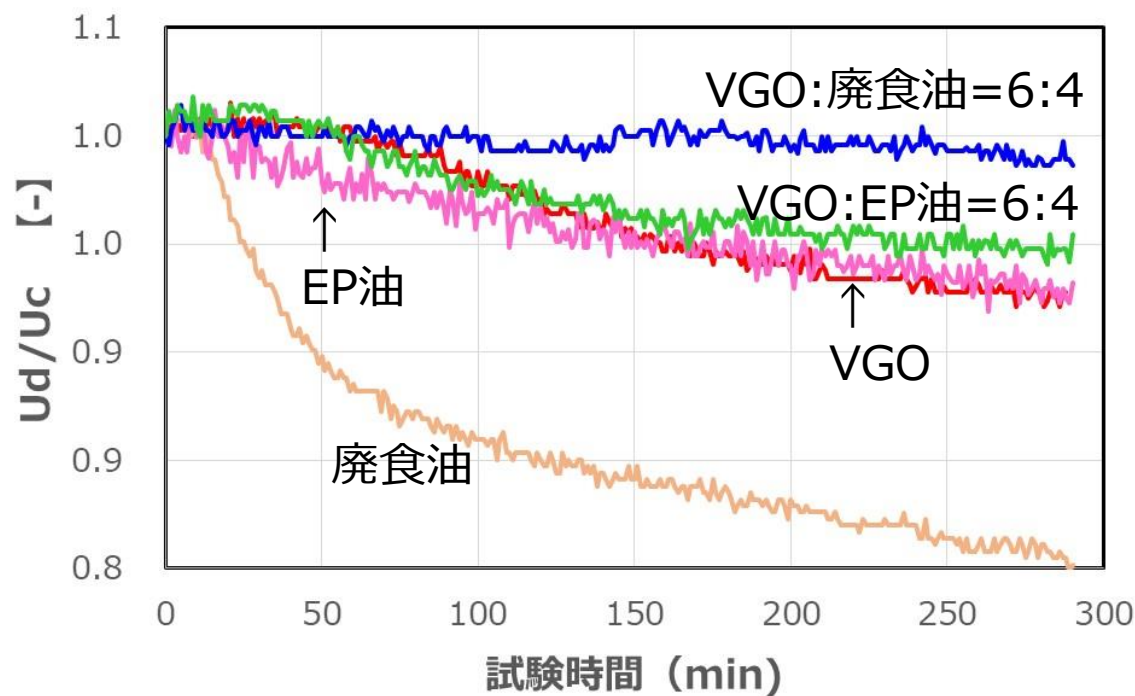
【HLPS試験装置】



ヒーターロッドに汚れが蓄積すると流体出口温度が低下
→汚れやすい流体ほど低下幅が大きい

●試験結果例

- ・廃食油は減圧軽油(VGO)よりも急速に汚れが進行。廃プラ油(EP油)はVGOと同程度に汚れが進行。
- ・一方、廃食油とVGOを6:4に混合すると単独ケースより汚れの進行が大幅に抑制。EP油もVGOと混合すると若干汚れの進行が抑制された。
- ・今後、各種の低炭素原料の汚れ挙動を評価し、汚れが進行しにくい条件を検討予定



【検討例】

ベンチ装置で水素化分解装置(HDC)によるCo-processing反応評価試験実施

使用原料：減圧軽油(VGO)60%：パーム油熱分解油40%

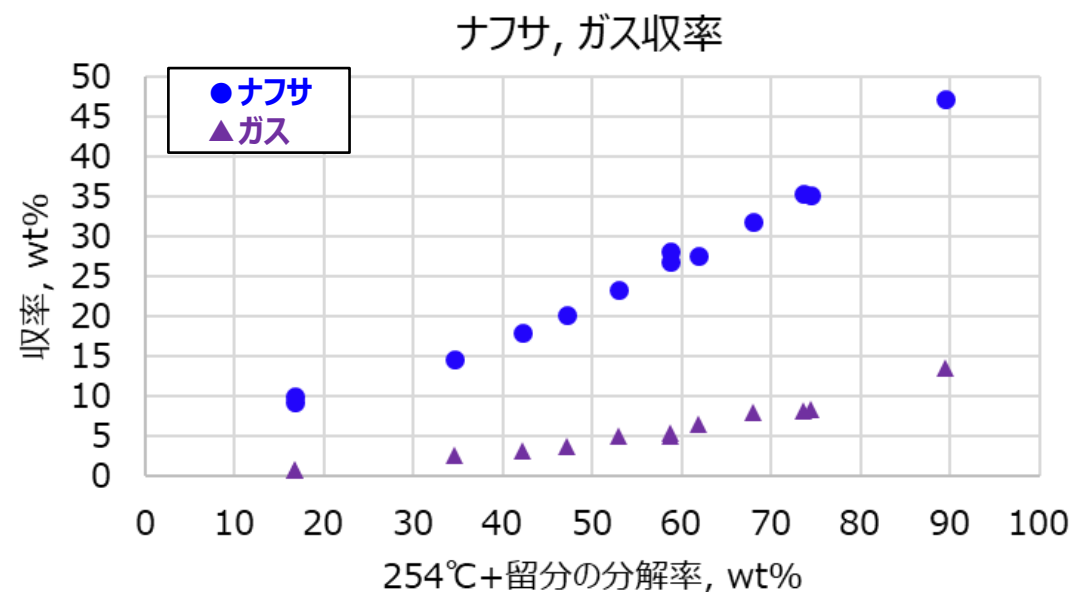
触媒比率：前処理触媒：分解触媒 = 1：5

反応条件：圧力10MPa,触媒層温度370~410℃,LHSV(触媒層Total)0.3~1.5h⁻¹,水素油比6,000scf/b

【結果】

- ① Co-ProcessingによりVGO側の脱硫・脱窒素反応(前処理反応)が阻害される現象は少なくとも反応初期段階では見られない
- ② パーム油熱分解油の脱酸素や脱塩素は、HDC前処理触媒反応において問題なく進行
- ③ 温度やLHSVのコントロールにより、分解率を上げる(≡反応シビアリティを上げる)程、目的生産物であるナフサ収率が増えることを確認。(但し、ガス収率も増えるため要注意)

	初期活性	Co-Processingの影響 (VGO単独対比)
前処理部	(VGO)脱硫活性	影響なし
	(VGO)脱窒素活性	影響なし
	脱酸素活性	生成油酸素 < 0.1wt%
	脱塩素活性	生成油塩素：0
	水素消費量	計算中
分解部	分解活性	影響なし



ナフサ：C5-C9 灯油：C9-C14 ※C14(ノルマル体)の沸点：254℃

2-2-3. 特許出願、論文発表等

※累計表示

年度	論文数	発表	国内特許出願	国外特許出願	PCT出願
2022年度	-	11件	2件	-	-
2023年度	査読付き論文 1件	12件 (見込み)	3件 (見込み)		

【論文リスト】

番号	件名	公表先	公表時期
1	Development of a Novel Petroleomics Data Processing Method	Journal of the Japan Petroleum Institute	2023年7月

【発表リスト】

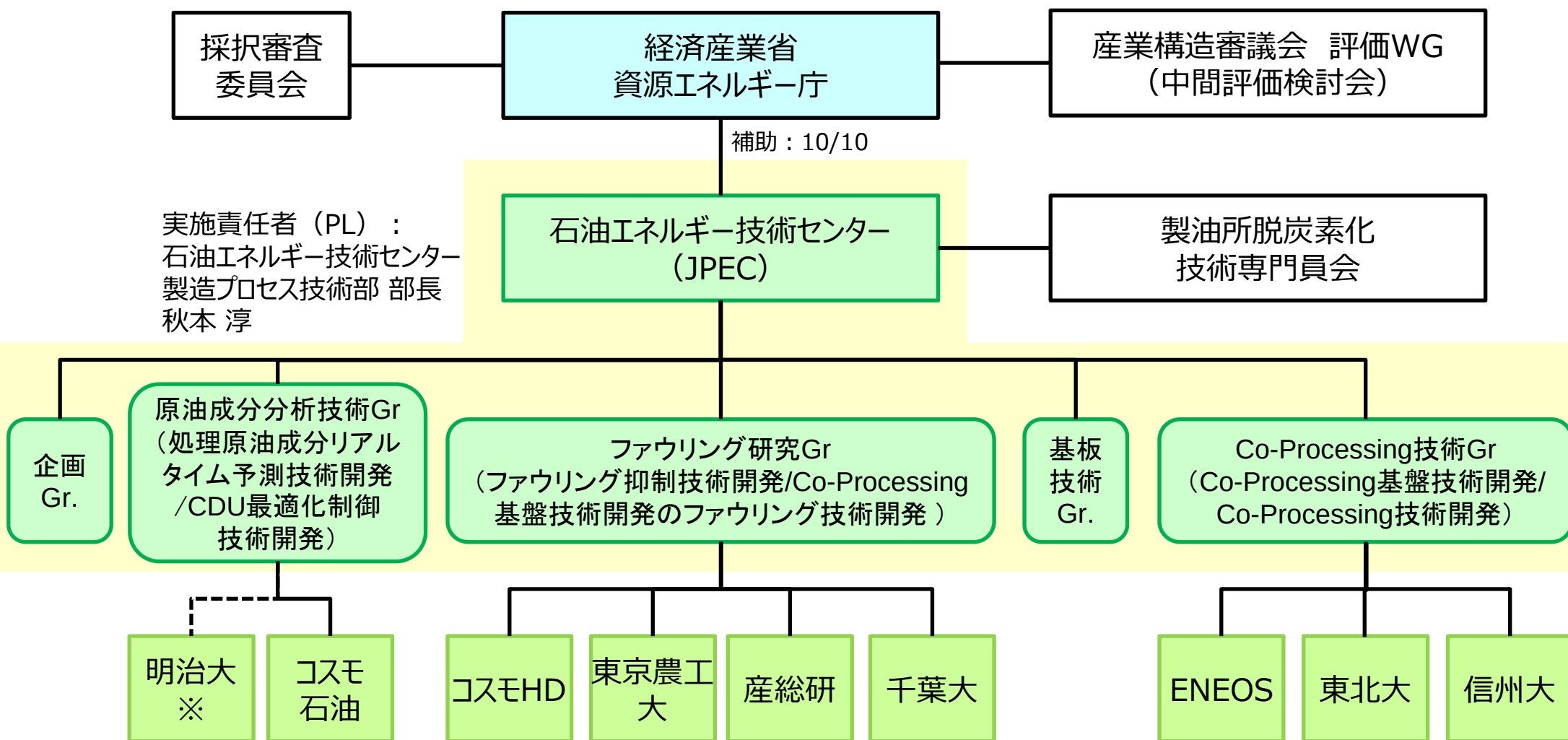
番号	件名	公表先	公表時期
1	アスファルテン加熱によるファウリング物質の調整と詳細分析	第59回石炭科学会	2022年10月
2	製油所の脱炭素化に向けた技術開発	第52回石油・石油化学討論会 長野大会	2022年10月
3	コプロセッシングにおける熱交換器ファウリング解析モデルの開発	第52回石油・石油化学討論会 長野大会	2022年10月
4	機会学習に基づく処理原油成分情報のリアルタイム予測モデルの開発	第52回石油・石油化学討論会 長野大会	2022年10月
5	FT-ICR-MSによる蒸留性状推定精度の改善検討	第52回石油・石油化学討論会 長野大会	2022年10月
6	散乱法によるファウリング物質の高次階層構造の検討	第52回石油・石油化学討論会 長野大会	2022年10月
7	処理原油・原料油成分リアルタイム予測技術開発	2021年度JPECフォーラム	2022年5月
8	分子成分情報活用CDU最適化制御技術開発	2021年度JPECフォーラム	2022年5月
9	石化成分製造最適化技術開発	2021年度JPECフォーラム	2022年5月
10	ファウリング制御技術開発	2021年度JPECフォーラム	2022年5月
11	AIを活用したBigデータ解析による汚れ予測モデル開	2021年度JPECフォーラム	2022年5月

【国内特許出願リスト】

番号	件名	出願番号	出願日
1	原油アッセイを作成する方法	2023-046055	2023年3月
2	石油重質留分の得率及び物性値の推定方法	2023-042901	2023年3月

評価項目 3. マネジメント

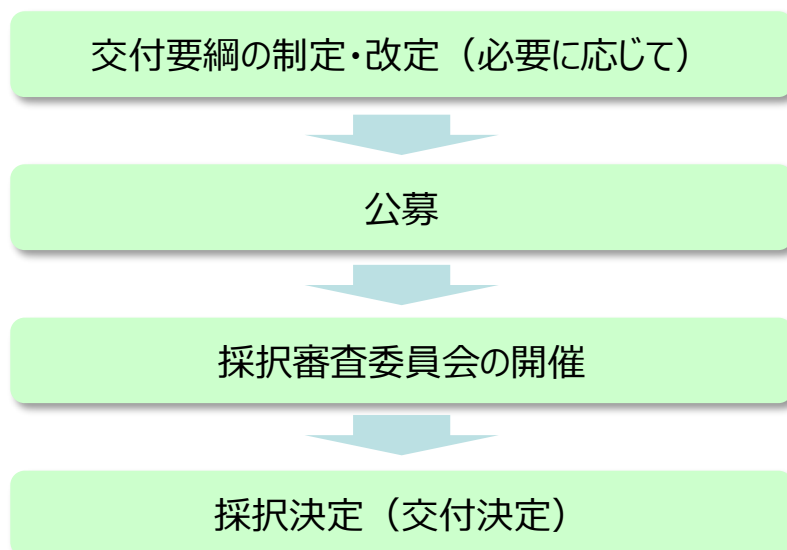
- JPECから石油各社や大学と連携して研究開発を進めている。
- 本研究開発事業が効率かつ効果的に推進されるように、研究開発の進捗管理や方向性についての確認、研究開発に対する助言をいただくことを目的とした「製油所脱炭素化技術専門委員会」を設置している。



※共同研究（会計上の契約なし）

- 本事業は、経済産業省 資源エネルギー庁による直接執行を行っている。
（通常は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）による研究開発マネジメントの下で研究開発事業を推進していく体制が構築されることが多いが、本研究開発分野はNEDOの所掌業務領域の範囲外となるため、資源エネルギー庁による直接執行体制としている。）
- 資源エネルギー庁は、毎年度、採択審査委員会による外部有識者の評価結果を踏まえ、毎年度の補助金交付決定を行っている。
- 資源エネルギー庁職員は、JPECが設置・運営している「製油所脱炭素化技術専門員会」に出席し、実施者による研究開発の進捗状況の把握に努めている。

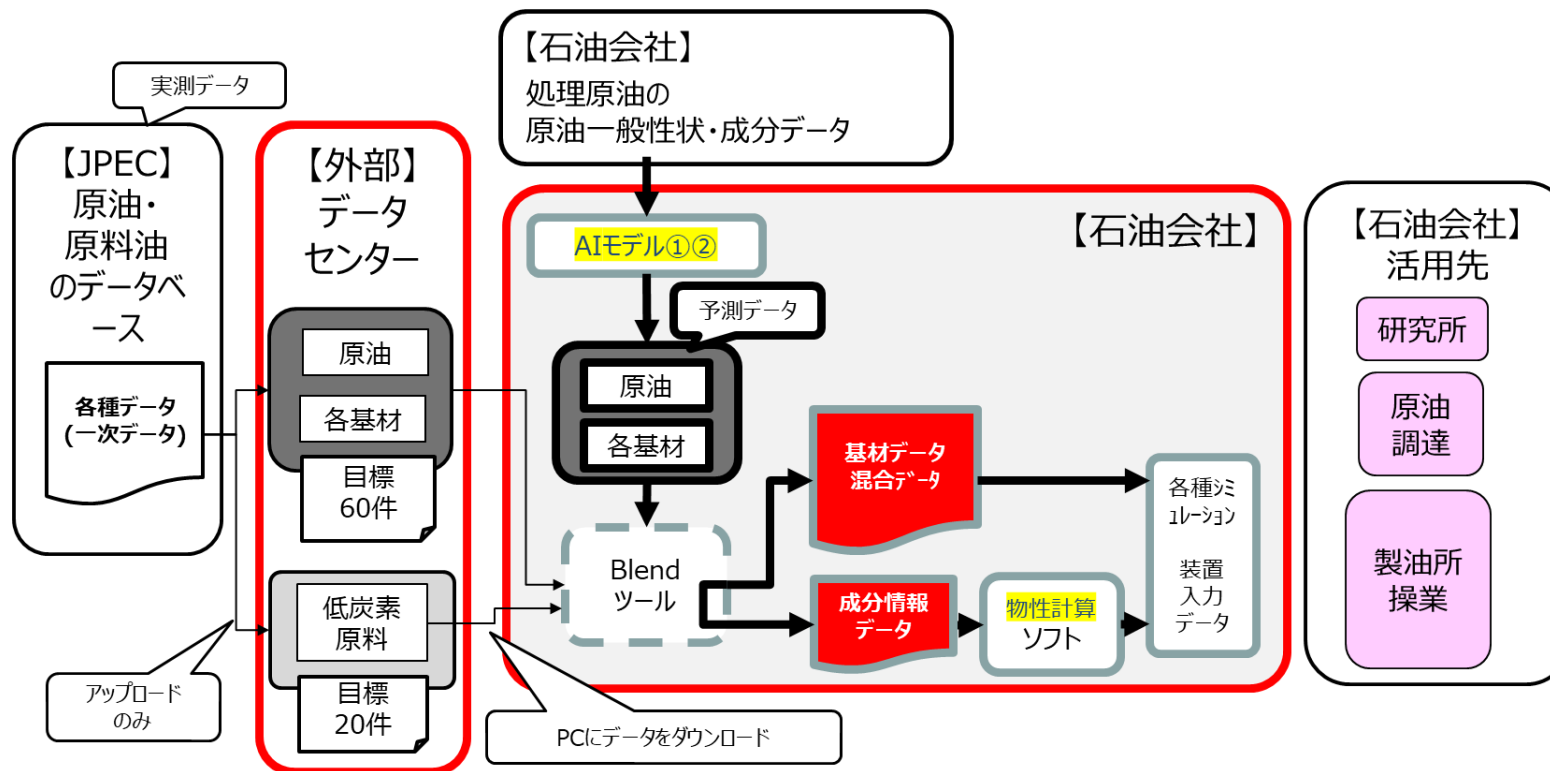
<毎年度の採択プロセス>



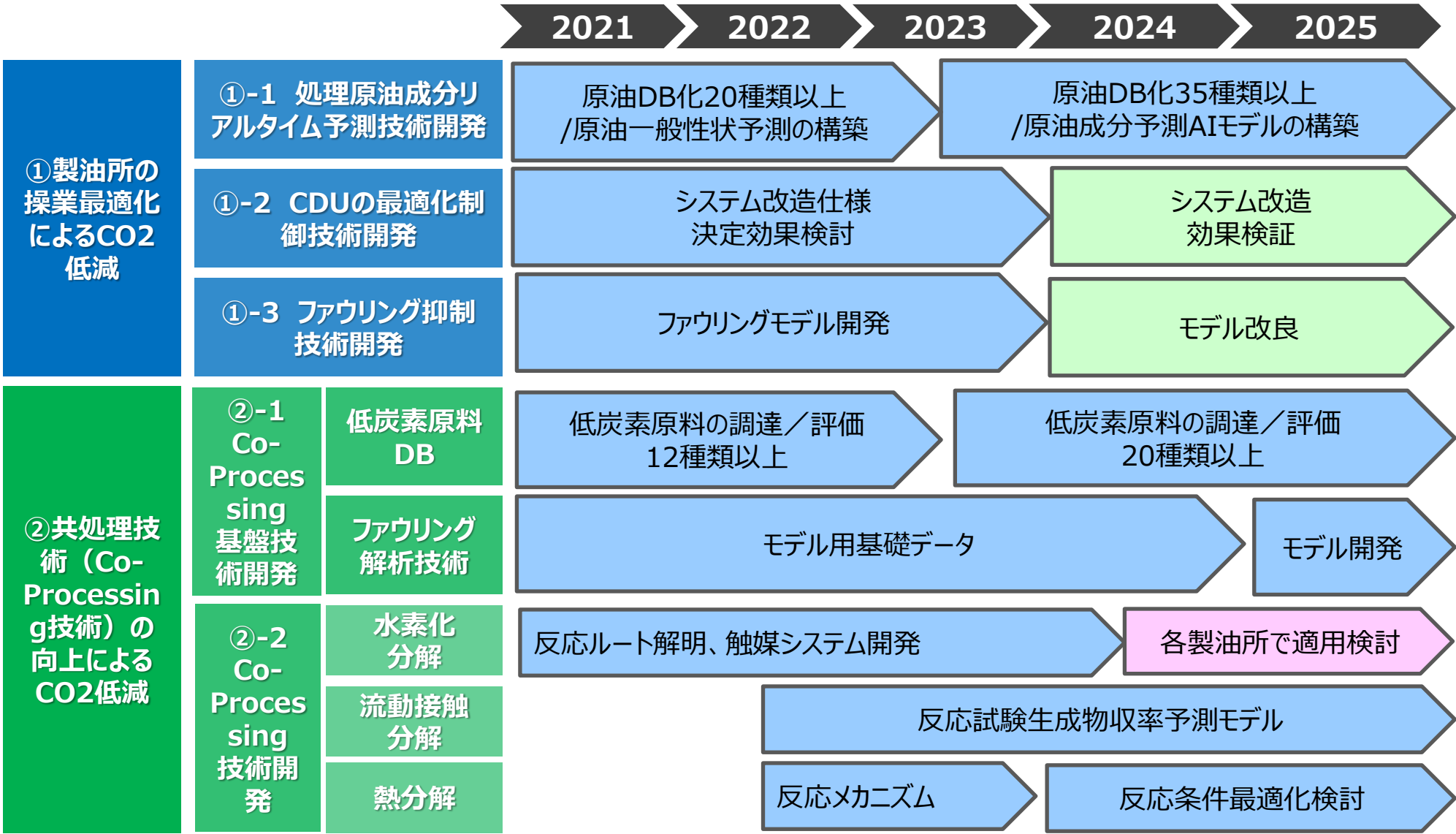
<製油所脱炭素化技術専門員会の開催実績（令和4年度）>

- 第1回
2022年7月8日（金）
2022年度新規テーマの進め方の説明・審議
- 第2回
2022年12月20日（火）
2022年度事業進捗状況の報告と討議
- 第3回
2023年2月21日（火）
2022年度事業の進捗報告及び2023年度計画説明・審議

- 補助事業であるためJPECがデータ管理を行う。
- 秘匿すべき情報は秘密保持契約などで関係者外に情報が漏れないように管理する。
- オープン・クローズ戦略に従って秘匿するデータと開示するデータを管理する。
 - ①脱炭素化の戦略についてはオープンにして海外と協調を行う。
 - ②技術、ノウハウについてはクローズとして国内の製油所の競争力を高める。
 - － 特許については開発した技術を国内石油各社に共通して活用できる仕組みを構築する。
 - － JPECで開発した基盤技術（データベース、予測シミュレーション）を国内石油会社に広く使用してもらうための公開方法を検討している。



- 技術専門委員会において、俯瞰的な技術開発全体の方向性について、助言をもらい、必要に応じて研究開発計画を修正することとしている。
- これら進捗状況や計画修正については、毎年度、採択審査委員会において評価を受ける。



- 本事業は、
 - ①国内製油所における共通基盤的な研究開発であること
 - ②研究開発に大学等の研究機関の知見・ノウハウ等を用いることが想定されることから、補助率は定額補助（10/10）を設定している。
- 補助金は、①人件費、②事業費（設備費、材料・物品費、旅費、外注費等）、③委託費を対象としており、対象として認められない経費については、実施者において負担することとしている。

	役割
JPEC部長 (補佐：上席主任研究員)	●プロジェクトの全体統括 ●「ステアリング会議」等で関係部署が集まり予算執行状況、知財、技術進捗等、プロジェクト全般のマネジメントを行う。 ●「技術検討会」等で技術開発の進捗状況を確認、指示を行う。 ●技術専門委員会を開催し、外部有識者の技術開発に関する助言に従い、計画修正や研究開発の方向性の判断を行う。
JPEC室長	●各テーマの目標達成に向けて、技術開発のマネジメントを実施する。 ●製造プロセス技術部長からの依頼に応じて、主任研究員への指導等を行う。
JPEC主任研究員	●室長の指示を受け目標達成に向けた実行、および各担当者の指導を行う。
委員 (外部有識者)	●委員会等にて、テーマ毎の研究目標と達成度、実用化の見込みを確認し、目標達成に向けた評価や助言を行う。 ●部長、室長からの依頼に応じて各テーマへの助言等を行う。

技術開発をより確実なものとするだけでなく、石油産業全体に広く使われる技術となるように、以下の会議で進捗管理を実施。

①ステアリング会議

JPEC関係部署が集まりPJ全般のマネジメントを行う

②技術検討会

技術開発の手法や進捗について確認する

③製油所脱炭素化技術専門員会

有識者が客観的立場で、技術開発の評価・助言を行う

④各種研究会

石油産業の各社と広く連携し、実務遂行を検討する

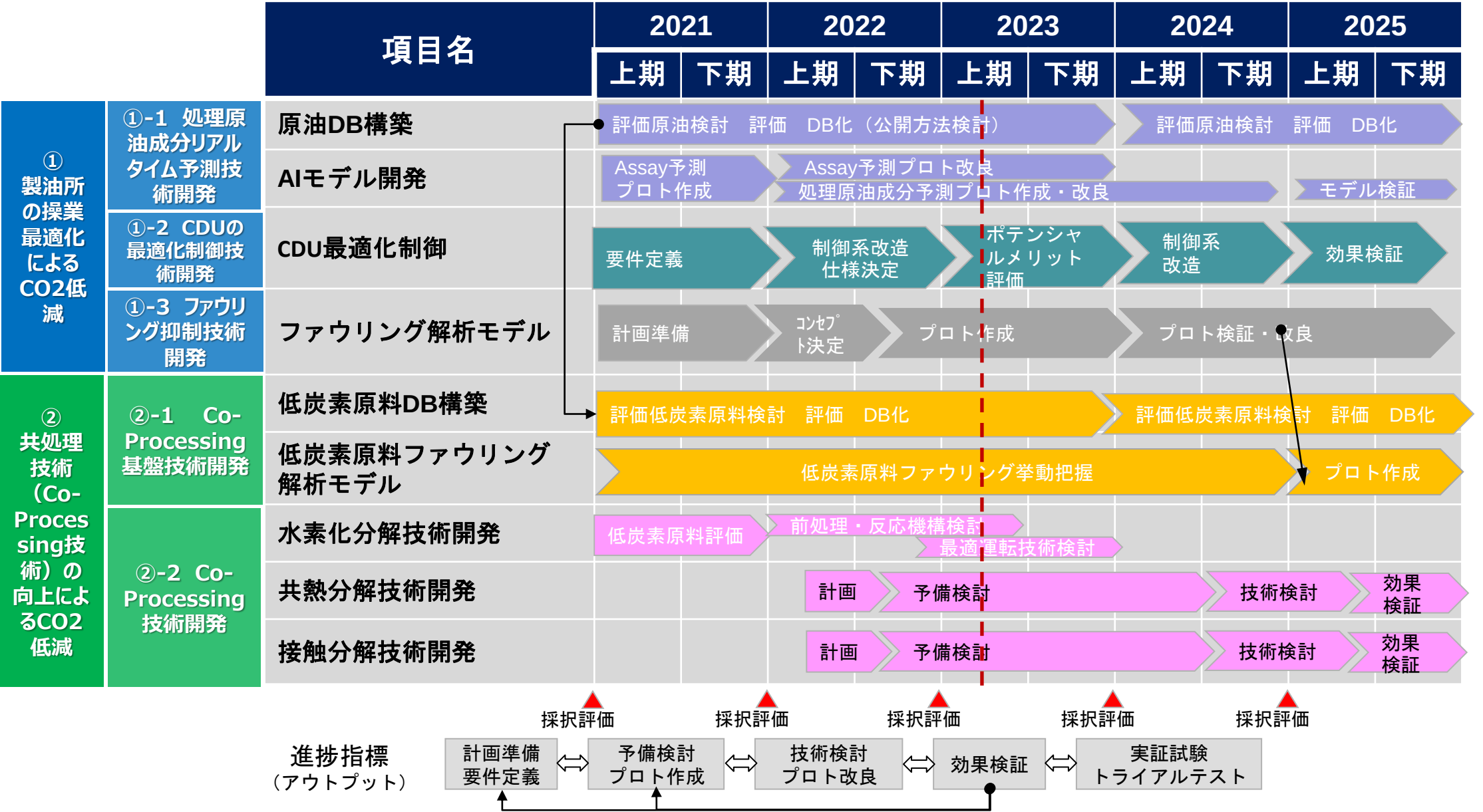
	2022年度											
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
大日程	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
			原油原料油研究会	技術専門委員会		原油原料油研究会			技術専門委員会	原油原料油研究会	技術専門委員会	採択評価

★ ステアリング会議、技術検討会

3-3-3. 進捗状況

3-3-4. 継続・中止の判断の要件・ステージゲート方式

- 現在、順調に進捗しているが、今後、進捗管理の結果、研究開発の進捗が著しく遅れたりアウトプット達成が大幅に困難と認められる場合は、プロジェクト継続の可否や内容の変更を柔軟に検討する。



前回評価時（2020年度（令和2年度） 事前評価）の問題点・改善すべき点

（目標設定について）

本事業の最終的なビジネスモデルのイメージ、達成時期を明確化した上で、本事業の位置付け具体的な研究開発目標（アウトプット目標）を明示していただきたい。

（実用化に向けた制度設計について）

AI予測技術の高精度化のためには大量の良質なデータが不可欠である。そのため、石油元売り各社からAIベンダーへのデータの提供方法や構築したシステムの活用方法等の制度設計について、競争領域と協調領域の整理を含めて、事前に十分検討した上で事業を進めていただきたい。

【対処状況】

（目標設定について）

本事業はカーボンニュートラルに向けたトランジションと安定供給を両立するための技術開発と位置付けている。カーボンニュートラル社会実現に向けた技術ロードマップを考慮し、省エネについては2030年、脱炭素燃料については2035年に普及することを想定し、TRLとしてアウトプットを設定した。

（実用化に向けた制度設計について）

AIベンダーへのデータ提供方法としては実用化の制度設計に関して、AIモデル作成に必要な原油については提供会社を秘匿した上で石油元売り会社から提供して貰い、JPECが分析を行ったうえでAI作成ベンダーにデータ提供してきた。また、システムの活用方法としては、データベースや性状予測など基本技術はトライアルとして公開することを開始した。ユーザーの意見をフィードバックしながら実装に向けて修正していく。