

2023年6月時点

事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：CO₂からの合成燃料製造技術開発

実施者名：ENEOS株式会社、代表名：代表取締役社長 齊藤 猛

目次

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

1. 事業戦略・事業計画

- (1) 産業構造変化に対する認識
- (2) 市場のセグメント・ターゲット
- (3) 提供価値・ビジネスモデル
- (4) 経営資源・ポジショニング
- (5) 事業計画の全体像
- (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画
- (7) 資金計画

2. 研究開発計画

- (1) 研究開発目標
- (2) 研究開発内容
- (3) 実施スケジュール
- (4) 研究開発体制
- (5) 技術的優位性

3. イノベーション推進体制（経営のコミットメントを示すマネジメントシート）

- (1) 組織内の事業推進体制
- (2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与
- (3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ
- (4) マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

4. その他

- (1) 想定されるリスク要因と対処方針

1. 事業戦略・事業計画

1. 事業戦略・事業計画／（1）産業構造変化に対する認識

聖域無き脱炭素化の社会要請により、カーボンニュートラル燃料※の需要が高まると予想

カーボンニュートラルを踏まえたマクロトレンド認識

（社会面）

- 地球温暖化への懸念が高まり、環境配慮型の商品・サービスへのニーズが高まる

（経済面）

- 気候変動対応が投資家の投資先選定基準として定着、各企業はより一層の情報開示が求められる
- 化石資源からの撤退・投資停止や、自社及びサプライチェーン全体の脱炭素化を図る企業が増加

（政策面）

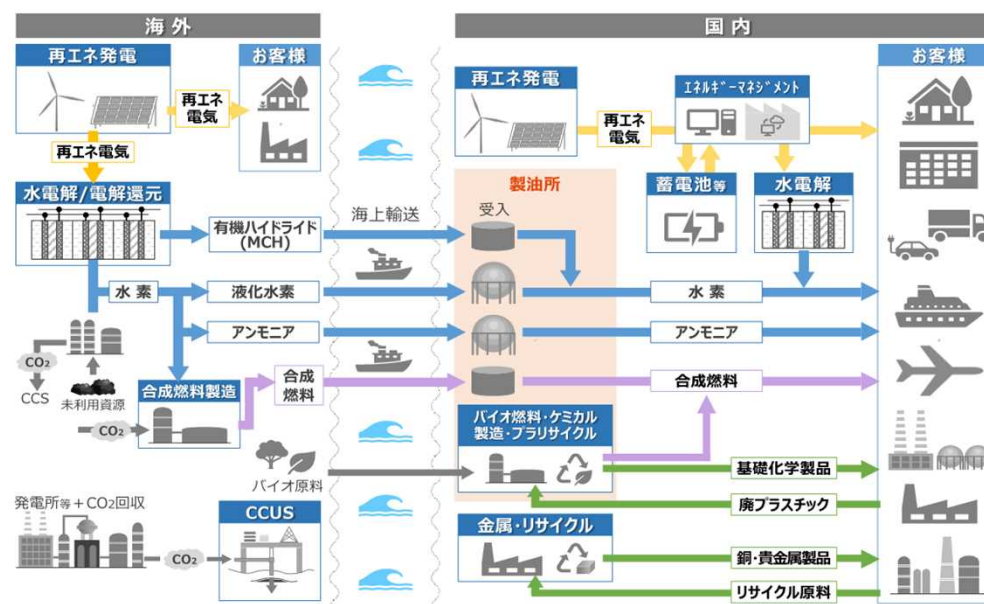
- 各国で炭素税や排出権取引などカーボンプライシングの導入拡大
- 各国政府がクリーンエネルギー技術開発への支援策を拡大

（技術面）

- 再エネ、バッテリーの低コスト化が進展
- 人工知能の活用拡大（再エネ効率運用から新規素材開発まで）

- 市場機会：電化が困難な産業（航空、船舶、モビリティなど）を中心に、脱炭素化のためにカーボンニュートラル燃料が求められる
- 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：国家目標である2050年カーボンニュートラル達成や、顧客企業の脱炭素化の取組みに影響

※温室効果ガスの実質的な排出量がゼロまたはきわめて小さい炭化水素系燃料のこと
カーボンニュートラル社会における産業アーキテクチャ



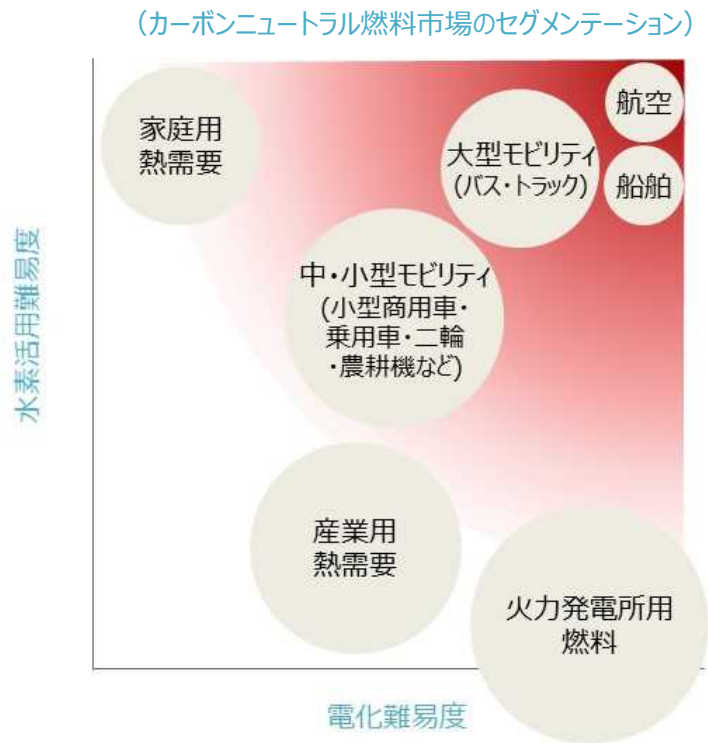
- 当該変化に対する経営ビジョン：2040年長期ビジョンにおいて、当社グループのありたい姿として低炭素・循環型社会への貢献を掲げており、それを実現するため、カーボンニュートラル燃料の製造から販売までのサプライチェーン構築を目指している

1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

カーボンニュートラル燃料市場のうち、航空、船舶、モビリティ用燃料を主要ターゲットとして想定

セグメント分析

脱炭素化にあたって電化（再エネ電力活用）や水素活用（FCなど）が困難な領域に注力
→ 航空、船舶、モビリティ用燃料をターゲットとする



ターゲットの概要

2040年頃より市場が立ち上がり、2050年頃までに既存燃料を代替する見通し

各セグメント概要

- 航空：CORSIAの取り決めで、2019年CO₂排出量実績が2027年以降の上限となる
- 船舶：IMO目標にて、2030年までに2008年対比で炭素排出効率40%削減、2050年までに同70%削減かつ排出総量50%削減が掲げられている
- 大型モビリティ：大手ユーザーを中心に脱炭素化の施策が導入される見込みが強い
- 中・小型モビリティ：車両コストやインフラ整備の観点でEV・FCVに対して優位なガソリン車を活用した脱炭素化ソリューションが求められる

セグメント	油種	主なニーズ
航空	ジェット燃料	- SAF認定 - 燃料規格適合 - 低コスト化
船舶	重油	- 燃料規格適合 - 低コスト化 - 十分な供給網
大型モビリティ	軽油	- 燃料規格適合 - 低コスト化
中・小型モビリティ	ガソリン	- 燃料規格適合 - 低コスト化

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

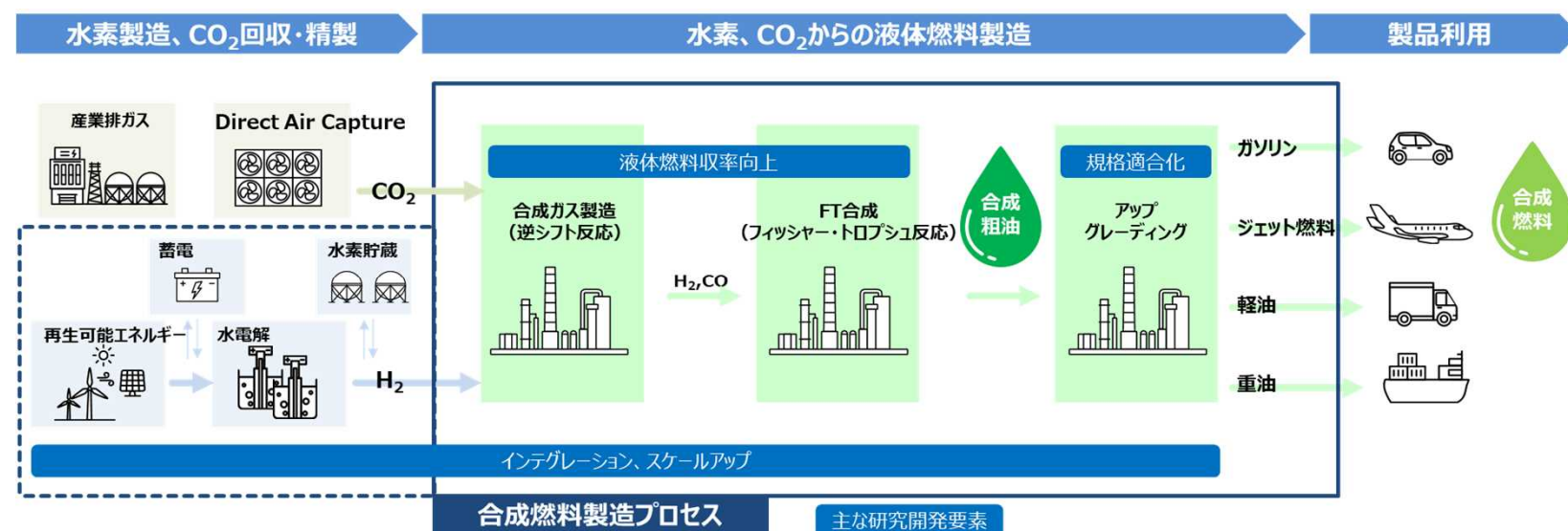
合成燃料技術を用いてカーボンニュートラル燃料を提供する事業を創出/拡大

社会・顧客に対する提供価値

- 電化、水素活用が困難な需要家を中心にカーボンニュートラル燃料を提供
- コストや安定供給の観点で現実的な脱炭素化ソリューションを提供し、我が国の持続的な経済成長および国際的なポジション強化に貢献

ビジネスモデルの概要（製品、サービス、価値提供・収益化の方法）と研究開発計画の関係性

再エネ由来の水素とCO₂からカーボンニュートラルな合成燃料を製造し、当社石油インフラを活用して顧客へ提供



ビジネスモデルの特徴・独自性

- 再エネ由来のカーボンニュートラル燃料を商用スケールで製造・販売した例は世界でも無く、成功すれば世界の脱炭素化の取組みに大きなインパクトがある
- 再エネが安価な海外で水素から合成燃料（または合成粗油）まで一貫製造し、国内サプライチェーンは既存の石油精製・貯蔵・輸送インフラを活用することで、コスト競争力を確保しつつ、従来石油事業からの段階的な移行が可能

ビジネスモデルの課題

- コスト低減とCO₂排出の極小化のため、高効率（物質収支・熱収支）な合成燃料プロセスを実スケールに近い規模で実証・開発する必要がある
- 需要拡大と規模の経済によるコストダウンの正のスパイラルに至るまでの期間のネガティブキャッシュフローを補填する施策が必要

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

合成燃料技術を用いてカーボンニュートラル燃料を提供する事業を創出/拡大

①合成燃料の早期供給

- ・早い段階から合成燃料を既存燃料に少量ブレンドして販売
- ・オートレース等のイベントでの合成燃料提供など、メディアを通じて広くPRし国内外に拡散
- ・ガソリン/ジェット/軽油/重油を併産可能という強みを活かし需要に応じて臨機応変に対応

②コスト競争力確保

- ・原料確保、合成原油製造、アップグレーディングの各拠点は、トータルコストを意識して最適化を図り、同一場所に限らず海外を含めた最適拠点を選択
- ・安価な再エネ水素調達は、当社の強みである水素製造・輸送システム(MCH)の活用検討

③内外需要地拡大

- ・EV低普及地域である東南アジアなどをターゲットとして、現地でプラント建設、販売を想定

④製品価値向上

- ・内燃機関の高効率化技術など当社独自の技術を組み合わせた総合的なCO₂削減を提唱
- ・CO₂フリーの価値を正しく反映した価格設定

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル（標準化の取組等）

政府関係機関や業界団体と連携し、合成燃料普及のためのルール作りを推進

標準化を活用した事業化戦略（標準化戦略）の取組方針・考え方

- a) 合成燃料のCO₂削減効果を評価する仕組みの整備
 - ・原料等の輸入に際してのCO₂削減量の国際的取扱ルール整備
- b) CO₂フリー価値を公平に負担する仕組み
 - ・化石由来製品との値差軽減制度（税制・補助金）など
- c) 製品出荷標準規格（燃料の性能に関わる評価）
 - ・JET燃料は既存の国際標準に準拠
 - ・国内燃料は、石油由来の燃料と同等の規格とするべく協議
- d) 受入・出荷設備の仕様・管理方法（船舶、配管、タンク、ローリー等）
 - ・既存石油製品を取り扱う設備と同等の取扱いとなる前提
 - ・既存石油製品とのコンタミ許容
- e) 合成燃料の石油由来燃料との混合処理方針
 - ・マスバランス方式を採用することで、早期普及を促進

1. 事業戦略・事業計画／（４）経営資源・ポジショニング

石油精製のインフラ・ノウハウを活かして、合成燃料を低コストかつ安全・安定に顧客に提供

自社の強み、弱み（経営資源）

ターゲットに対する提供価値

- 各需要家に対して、低コストなカーボンニュートラル燃料を安全・安定に提供することで、彼らの事業成長と脱炭素化の両立に貢献する
- 我が国の産業全体の持続可能な成長を支えつつ、脱炭素化の国家目標達成に貢献する



自社の強み

- GTL実証を通じFT合成の知見・ノウハウを保有
- 既存の石油精製・貯蔵・輸送インフラを保有
- 石油系燃料を取り扱う知見・ノウハウを保有
- 燃料規格に精通し、燃料処方技術を保有

自社の弱み及び対応

- 合成燃料に必要な設備のエンジニアリングを単独でできない
 - 機器メーカー、エンジニアリング会社とパートナー連携をして事業を推進

他社に対する比較優位性

- 海外の競合他社は、バイオジェット燃料やメタノール由来ガソリン（MTG）など単一油種の製造技術を開発中
- 合成燃料は、あらゆる油種を需要に合わせてフレキシブルに製造が可能である点が優位。さらに当社が保有する技術知見、ノウハウ、インフラ、顧客基盤を活用可能

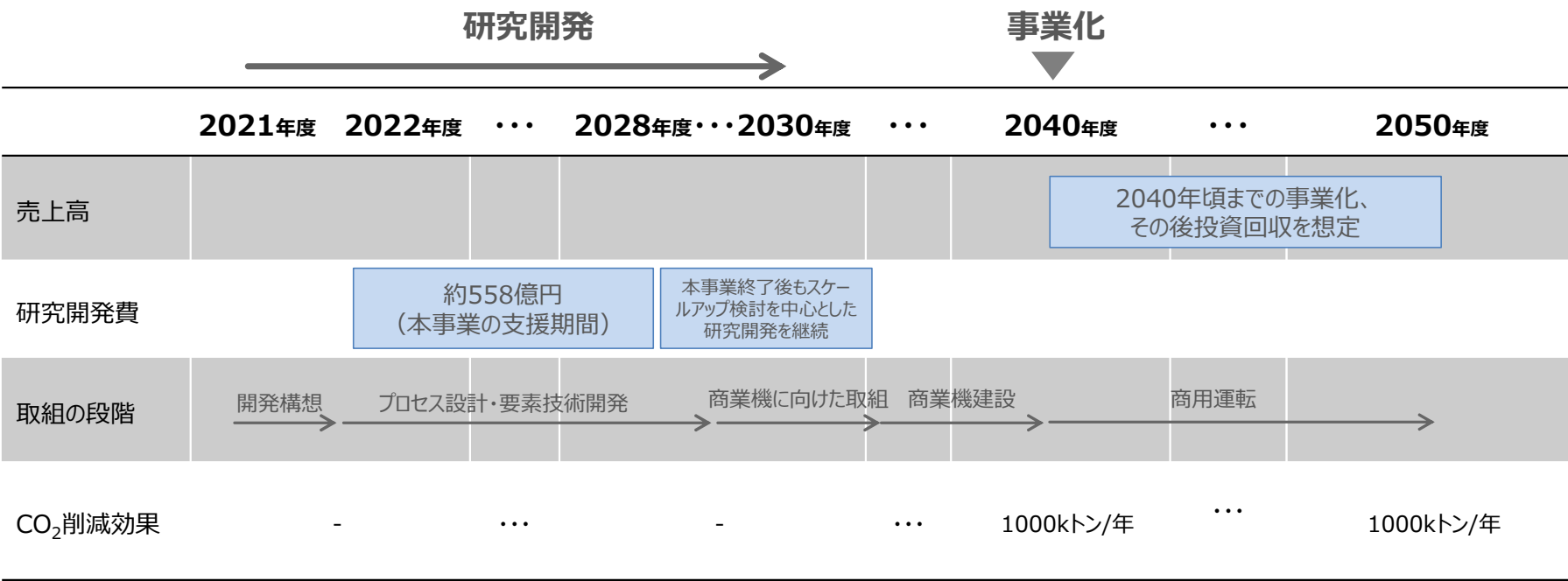
	技術	顧客基盤	サプライチェーン	その他経営資源
自社	- FT合成の知見・ノウハウを保有 - 石油精製プラントの計画・運営ノウハウ、燃料処方技術を保有 	各燃料需要セグメント、特に運輸部門において国内最大の顧客基盤を保有 	国内最大の石油インフラおよび関連事業者とのコネクションを保有 	エネルギー供給、特に燃料油販売において高いブランド認知度 
競合	- 工場排ガス等からエタノールを製造する微生物発酵技術、エタノールからジェット燃料を製造するATJ技術 - 再エネ由来水素と、大気中から回収したCO2からメタノールを合成し、ガソリンを製造するMTG技術			

1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

本事業終了後、研究開発を継続し、2040年頃までの事業化、その後投資回収を想定

投資計画

- ✓ 本事業終了後もスケールアップ検討を中心とした研究開発を継続し、2040年度頃までの事業化を目指す。
- ✓ 液体燃料市場での販売を見込む。



1. 事業戦略・事業計画／（6）研究開発・設備投資・マーケティング計画

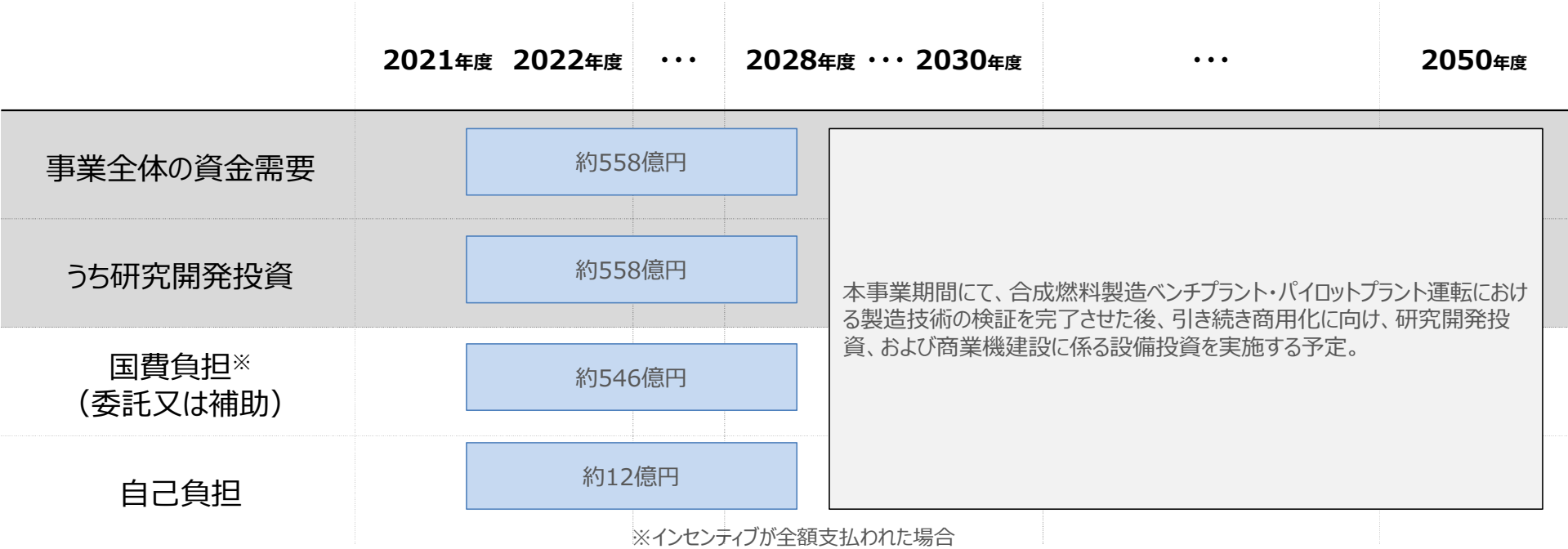
研究開発段階から将来の社会実装（設備投資・マーケティング）を見据えた計画を推進

	研究開発・実証	設備投資	マーケティング
取組方針	- 合成燃料製造プロセス開発 - 合成燃料製造プロセス設計・選定 - 合成燃料製造触媒開発・評価 - 合成燃料一貫製造運転検	2030年以降、当社の海外事業や他の研究開発プロジェクトで得られる知見やネットワークを活用して、安価な再エネが豊富に手に入る適地を探索する（他社との連携も検討）	本研究開発およびその成果を対外的に発表して合成燃料の有用性をアピールし、電化や水素に替わる脱炭素化ソリューションとしての認知度を高める
進捗状況	(進捗) 基本プロセスの構築、収率向上に向けた課題を抽出、ガス分離プロセス選定 - 合成燃料プラント運転検証 - パイロットプラント設計・建設 - 合成燃料製造プロセスのプラント運転検証 - 液体燃料収率、合成燃料コスト評価 (進捗) FT触媒スクリーニング評価、アップグレーディング工程反応性評価、運転条件検討 - 合成燃料製造プロセス商業化に向けた技術開発 - 製品規格適合化評価 - スケールアップリアクター設計・流動評価 - 商業機概念設計 (進捗) ベンチプラントFS完了、基本設計開始。合成粗油製造量、運転体制検討、ガス分離性能評価	上記再エネの隣接地に水電解装置を含む合成燃料製造プラント、および出荷のためのインフラを建設する	(進捗) 2022年4月、当該GI基金採択に関するプレスリリース実施。 (進捗) 合成燃料官民協議会への参画 - 本研究開発に影響を及ぼさない範囲で、関係機関^{*1}に対し必要に応じてサンプル提供^{*2}を行うなど、将来の利用拡大を促進する - 本研究開発と並行して、合成燃料が国際的にカーボンニュートラル燃料として認められるためのアドボカシーを行う
国際競争上の優位性	これまでに再エネからジェット燃料や軽油を含む多様な液体燃料製造プロセスの開発例は無く、本研究開発・実証に成功すれば、大規模かつ安定的にカーボンニュートラル燃料を供給できる貴重な技術を獲得することになる	- 国外の競合に遅れを取ることなく安価な再エネの権益を確保し、国内へのエネルギーの安定かつ安価な供給を実現する - 当社が保有する国内最大の石油インフラと統合することにより、競合他社が追随不可能なコスト競争力を確保する	- 国内のカーボンニュートラル燃料需要を囲い込む - 本開発プロセスで製造する合成燃料が確実にカーボンニュートラル燃料として認定されることに加え、我が国にとって有利な脱炭素化のルール作りにつなげる

^{*1} GI基金事業「CO₂等を用いた燃料製造技術開発」における「合成燃料の利用技術開発」参画機関を含む
^{*2} パイロット装置の安定稼働後以降となる見込み

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

国の支援に加えて、事業化に向けた研究開発・プラント建設について自己負担を予定



2. 研究開発計画

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

合成燃料の一貫通貫製造プロセスの確立というアウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目

1. 合成燃料製造プロセス開発
(ENEOS株式会社)

アウトプット目標

パイロットプラントでの液体燃料収率80%の達成
・ラボスケールでの各プロセス・触媒の性能評価(23年度)
・液体燃料収率80%を満たす合成燃料製造プロセスの設計(24年度)
・ベンチプラント建設および合成粗油の一貫製造と性状評価(24年度)

研究開発内容

① 合成燃料製造プロセス設計・選定

KPI

合成ガス製造／FT合成／アップグレーディングプロセス設計・選定(22年度)
合成燃料製造プロセス基本設計(液体燃料収率80%)(24年度)

KPI設定の考え方

目標液体燃料収率の達成に向け、各工程への適用技術の選定を行うとともに、これらとリサイクル技術を組み合わせた合成燃料製造プロセスの基本設計を行う。

② 合成燃料製造触媒開発・評価

高性能FT触媒の開発(23年度)
アップグレーディング運転最適条件抽出、反応予測モデル構築(23年度)

個別工程の目標達成に向けたラボスケールでの評価を行う。目標性能を満たす触媒の開発や運転条件の抽出を行うとともに、FT合成・アップグレーディング工程の反応予測モデルを構築する。

③ 合成燃料一貫製造運転検証

ベンチプラント設計・建設完了(23年度)
合成粗油の一貫製造(24年度)
ガス分離プロセス評価(24年度)
合成燃料の性状評価(24年度)

合成燃料の一貫製造・性状評価のために、ベンチプラントを建設し、水素・CO₂からの液体燃料一貫製造を実証する。要素技術性能評価をプロセス設計へ反映する。また、合成燃料の性状評価を行い、製品規格適合に向けた検討を行う。

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

合成燃料の一気通貫製造プロセスの確立というアウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目

2. 合成燃料製造プラント運転検証
(ENEOS株式会社)

アウトプット目標

パイロットプラントでの液体燃料収率80%の達成
・合成燃料製造パイロットプラントの建設完了(26年度)
・合成ガス製造工程・FT合成工程における個別性能の評価(28年度)
・パイロットプラントにおける液体燃料収率の評価(28年度)
・マテリアル・エネルギーバランスと合成燃料コストの評価(28年度)

研究開発内容

- 1 パイロットプラント設計・建設
- 2 合成燃料製造プロセスのプラント運転検証
- 3 液体燃料収率、合成燃料コスト評価

KPI

液体燃料収率80%を満たすパイロットプラントの設計・建設完了(26年度)

合成ガス製造工程のパイロットプラント性能実証(28年度)
FT合成工程のパイロットプラント性能実証(28年度)

液体燃料収率80%の達成(28年度)
マテリアル・エネルギーバランス評価、合成燃料コスト評価(28年度)

KPI設定の考え方

ベンチプラント運転結果をプロセス設計へ逐次反映し、液体燃料収率80%を満たすパイロットプラントの設計、建設を完了する。

個別工程について、パイロットプラント規模での性能実証を行う。

本研究開発での目標である液体燃料収率80%について、パイロットプラント規模での実証を達成する。また、ここまでの研究開発により精度の高いプロセスデータおよびプラント設備コストが得られるため、合成燃料コストを評価する。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法を計画

1. 合成燃料製造プロセス開発

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1 合成燃料製造プロセス設計・選定	個別プロセス設計・選定、液体燃料収率80%を満たす合成燃料製造プロセスの基本設計	液体燃料収率40～50%の製造プロセス	液体燃料収率80%を満たす製造プロセス	- 石油精製プロセス設計に関する自社技術・知見活用 - 石油精製事業での実績・経験に基づく、最適なライセンサーの選定 - ライセンサーと協業でのFS実施による、高効率プロセスの早期構築	プロセス設計に関する知見とライセンサー技術の融合にて可能 実現可能性高 (80%)
2 合成燃料製造触媒開発・評価	高性能触媒開発および最適運転条件の抽出	J-GTL実証相当のFT合成性能、軽油に特化したアップグレーディング運転条件	J-GTL実証を上回るFT合成性能、各油種へのアップグレーディング運転条件の最適化	- 石油精製触媒開発およびJ-GTLにおける触媒開発にて培った自社知見の展開 - 石油精製プロセスで保有する反応予測技術の活用による運転条件の最適化 - 自社保有高圧反応装置による触媒評価の実施	石油精製・J-GTL技術の展開が可能 実現可能性あり (70%)
3 合成燃料一貫製造運転検証	ベンチプラント建設による合成粗油の一貫製造、製品性状評価と規格適合検討	ラボスケールでの個別要素技術の評価(TRL4)	一貫製造の実施と、要素技術性能／製品評価・規格適合検討(TRL4～5)	- ラボスケール装置設計の知見活用およびライセンサーとの協業によるプラント設計 - 石油精製プラント運転に関する知見活用によるプラント安全対策、安定運転の実施 - 石油精製での性状分析・予測・規格適合技術の活用	プラント建設・運転、及び製品評価に関する当社知見の展開が可能 実現可能性あり (70%)

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法を計画

2. 合成燃料製造プラント運転検証

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1 パイロットプラント設計・建設	液体燃料収率80%を満たすパイロットプラント設計・建設完了	ベンチスケールプラント設計・建設 (TRL4～5)	パイロットスケールのプラント設計・建設 (TRL5)	- ラボスケール装置設計の知見活用およびライセンサーとの協業によるプラント設計 - 合成燃料ベンチプラント設計の知見活用	プラント建設に関する当社知見の展開が可能 実現可能性あり (70%)
2 合成燃料製造プロセスのプラント運転検証	合成ガス製造工程、FT合成工程のパイロットプラント規模での性能実証	ラボ(ベンチ)スケールでの性能実証 (TRL4～5)	パイロットスケールでの性能実証 (TRL5)	- 要素技術開発における触媒性能向上と、前処理技術の確立 - 反応予測モデル構築による、最適運転条件の抽出 - 石油精製プラントの知見活用による安定運転の実施 - J-GTLにおける知見・ノウハウの活用	石油精製・J-GTL技術の展開が可能 実現可能性あり (60%)
3 液体燃料収率、合成燃料コスト評価	液体燃料収率80%のプラント運転実証、合成燃料コストの評価	机上での液体燃料収率算出 個別工程毎の性能実証	パイロットスケールでの液体燃料収率の実証、燃料コストの評価	- リサイクル技術開発と適用によるプロセス効率の改善 - パイロットプラント運転による液体燃料収率データ取得 - ベンチプラント運転結果を踏まえたプロセスの改善および燃料コストの評価	プラント運転に関する当社知見の展開が可能 実現可能性あり (60%)

2. 研究開発計画／（２）研究開発内容（これまでの取組）

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの（前回からの）開発進捗	進捗度
1 合成燃料製造プロセス設計・選定	KPI@2022年度： 合成ガス製造(CO ₂ ワンスルー転化率60%)／FT合成(COワンスルー転化率50%)／アップグレーディングプロセス設計・選定	・合成燃料プロセスのプレフィージビリティ・スタディを実施。目標ワンスルー転化率および液体燃料収率を達成するために、リサイクルを含むプロセスの基本構成を検討。各プラント実証フェーズにおける検証項目を踏まえたプロセス設計を進めるためのフィージビリティスタディを開始。 ・上記検討において、高効率なプロセスを実現するにあたっての課題を抽出するとともに、適切なガス分離プロセスを選定。	○（理由） 実施計画通り、検討が進捗している。
2 合成燃料製造触媒開発・評価	KPI@2023年度： 高性能・高強度FT触媒の開発 アップグレーディング運転最適条件抽出、反応予測モデル構築	・FT合成反応のラボ標準反応条件／前処理方法を策定し、触媒強度の改善および活性改善に向けたスクリーニング評価を開始した。 ・アップグレーディングプロセス評価（水素化分解）を実施。既存反応モデルをもとに、ジェット燃料収率の向上に繋がる条件での反応・劣化評価中。 ・アップグレーディングプロセス評価（接触分解）にて反応性評価を実施し、既存石油由来原料との差異を確認。	○（理由） 実施計画通り、検討が進捗している。
3 合成燃料一貫製造運転検証	KPI@2023年度： ベンチプラント設計・建設完了	・日量1バレル規模のベンチプラントのフィージビリティスタディを完了。プロセス構成、マテリアルバランスなどを構築。 ・基本設計を開始し、設備配置検討、必要ユーティリティ精査、法規対応、安全対応を設備毎に実施。 ・ガス分離性能について模擬ガスでのラボ評価を実施し、期待通りの分離性能を有していることを確認。	○（理由） 実施計画通り、検討が進捗している。

2. 研究開発計画／（２）研究開発内容（これまでの取組）

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの（前回からの）開発進捗	進捗度
1 パイロットプラント設計・建設	KPI@2026年度： 液体燃料収率80%を満たすパイロットプラントの設計・建設完了	・パイロットプラントのプロセス設計は研究開発項目1．①（合成燃料製造プロセス設計・選定）に含めて検討を進めている。 ・プラント建設に向けた準備として、プレフィージビリティスタディで検討された設計図書に基づき（ユーティリティ量、概算面積等）、建設候補エリアの既設装置撤去範囲、ユーティリティ設備の設計検討を実施した。 ・製品の製造計画に基づく、製油所既設設備・ラインへの接続や製油所定修工事内容の検討に着手した。	○（理由） 実施計画通り、検討が進捗している。
2 合成燃料製造プロセスのプラント運転検証	KPI@2028年度： 合成ガス製造工程におけるCO ₂ ワンスルー転化率60%の実証 FT合成工程におけるCOワンスルー転化率50%、C ₅₊ 選択率80%の実証	・2022年度は実施計画なし	—
3 液体燃料収率、合成燃料コスト評価	KPI@2028年度： 液体燃料収率80%の達成 マテリアル・エネルギーバランス評価、合成燃料コスト評価、GHG排出量評価	・2022年度は実施計画なし	—

2. 研究開発計画／（２）研究開発内容（今後の取組）

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
1 合成燃料製造プロセス設計・選定	KPI@2022年度： 合成ガス製造(CO ₂ ワンスルー転化率60%)／FT合成(COワンスルー転化率50%)／アップグレーディングプロセス設計・選定	・フィージビリティスタディ（FS）では工程毎に検討を実施することになる。リサイクル工程を含む一気通貫プロセスが成立するような、バッテリー条件の設定・マテリアルバランス（MB）の構築を行う必要がある。	・一気通貫プロセスの構築にあたってリサイクル工程によるイタレーションが発生するため、上流工程から順次検討を行う。また、FSをフェーズ分割して進め、最小限の検討回数でMBを構築する。
2 合成燃料製造触媒開発・評価	KPI@2023年度： 高性能・高強度FT触媒の開発 アップグレーディング運転最適条件抽出、反応予測モデル構築	・高性能FT触媒のレシピ、製造方法、前処理条件を確定する。 ・アップグレーディング反応予測モデル構築に向け、耐久性評価条件および標準原料を定める必要がある。 ・パイロットプラント適用触媒（水素化分解、流動接触分解等）製造検討、最適触媒選定	・FT反応評価に関する装置導入により、スクリーニング評価を高速化する。 ・過去実証時の知見を活用により評価条件・方法を確定し、長期耐久性評価を行う。 ・過去実証に加え石油精製事業での知見を活用するとともに、ラボでの触媒評価により適用触媒の選定を行う。
3 合成燃料一貫製造運転検証	KPI@2023年度： ベンチプラント設計・建設完了	・半導体不足等の影響により、設備・資材の長納期化が顕著であり、2024年度からのプラント運転開始に向け、スケジュールが逼迫している。 ・危険物、高圧ガス、毒性ガスを取り扱う設備であるため、設備構成や配置において、各法規に対応する必要がある。	・長納期が見込まれる設備・資材をリストアップし、設計を先行して進めることで、早期の発注を行う。 ・プラント設計と並行して、関連法規を網羅的に調査し、県・消防等の機関に折衝を行う。懸案事項を事前に確認し、タイムリーな設計への反映を進める。

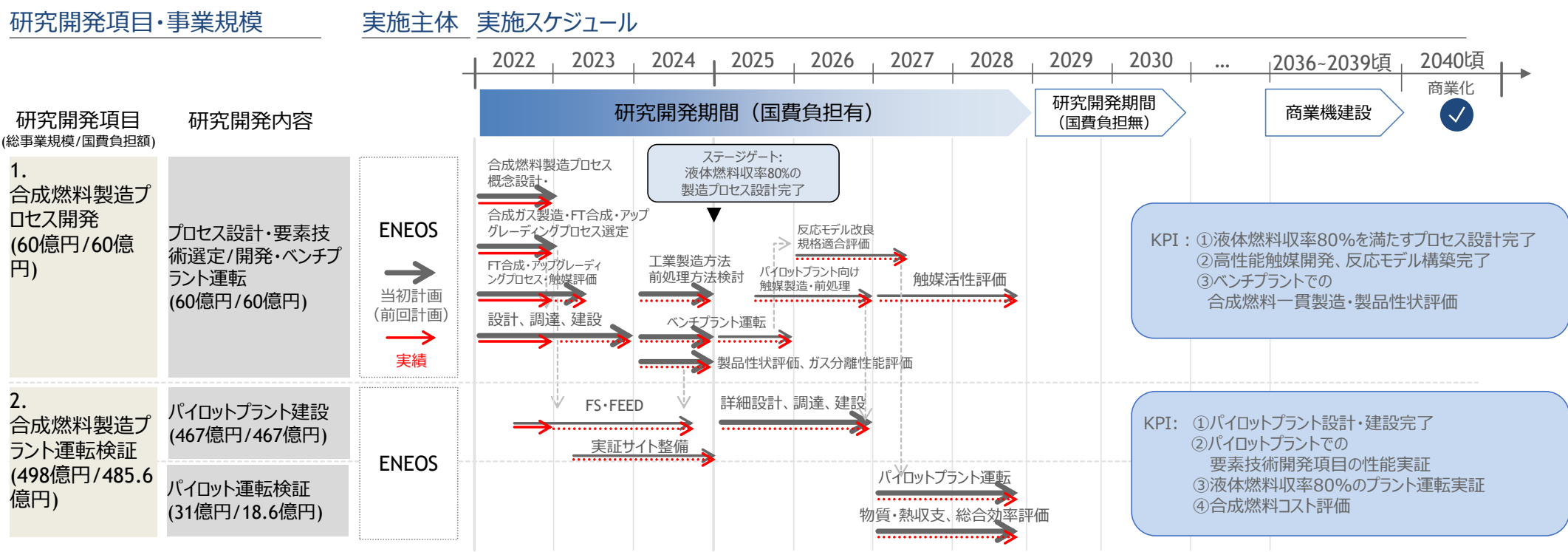
2. 研究開発計画／（２）研究開発内容（今後の取組）

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
1 パイロットプラント設計・建設	KPI@2026年度： 液体燃料収率80%を満たすパイロットプラントの設計・建設完了	・プロセス設計に関する技術課題は、研究開発項目1．①（合成燃料製造プロセス設計・選定）と同様である。 ・既設製油所内で安全・安定に運転するにあたって、半製品を含む繋ぎ込みを定める必要がある。	・プロセス設計に関する課題の解決見通しは、研究開発項目1．①と同様である。 ・既設ラインへの繋ぎ込み条件を確認し、適切なバッテリー条件を定める。
2 合成燃料製造プロセスのプラント運転検証	KPI@2028年度： 合成ガス製造工程におけるCO ₂ ワンスルー転化率60%の実証 FT合成工程におけるCOワンスルー転化率50%、C ₅₊ 選択率80%の実証	・2022年度は実施計画なし	—
3 液体燃料収率、合成燃料コスト評価	KPI@2028年度： 液体燃料収率80%の達成 マテリアル・エネルギーバランス評価、合成燃料コスト評価、GHG排出量評価	・2022年度は実施計画なし	—

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



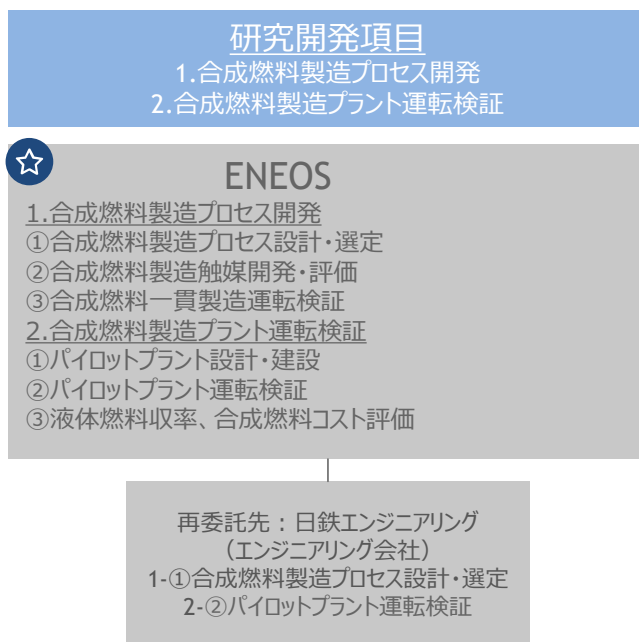
▼:ステージゲート審査

2. 研究開発計画／（４）研究開発体制

既存類似技術・ノウハウを持つサプライヤーを活用しながら、効率的なプロセス、プラント開発を実施

実施体制図

アウトプット目標：水素/CO₂からの合成燃料製造技術の開発



各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- ENEOSは、
保有ノウハウ、プロセスライセンス、触媒メーカー等を活用し、
効率的な合成燃料製造プロセスの設計・開発を行う。
合成燃料製造プロセスの実証地選定を行い、プラントエンジニア
リング会社等を活用し、現地建設、運転評価を行うとともに、製
品性状を評価する。
- 日鉄エンジニアリングは、
合成燃料製造プロセスの一部に関する設計、商業化に向けた
スケールアップリアクター設計を行う。

研究開発における連携方法

- ENEOSが各社の持つ既存技術・ノウハウを合成燃料製造に活用す
ることで、研究開発を加速する。

2. 研究開発計画／（５）技術的優位性

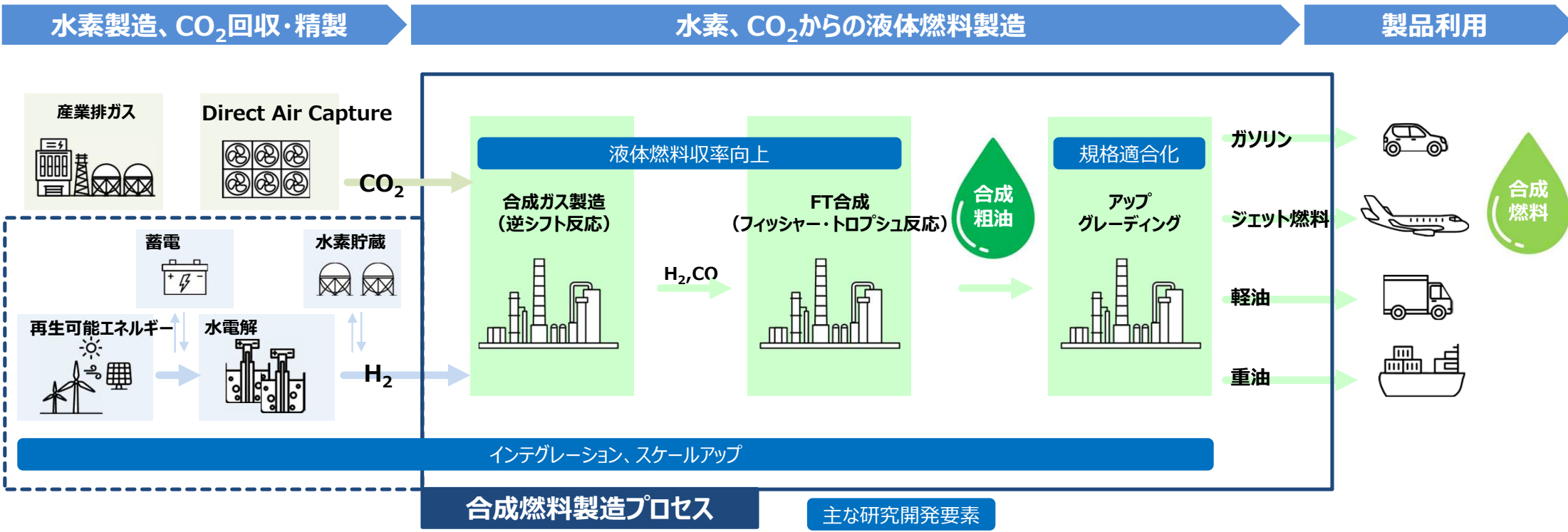
国際的な競争においても、優位性のある技術、ノウハウ等を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
1. 合成燃料製造 プロセス開発	1 合成燃料製造プロセス設計・選定	- 石油精製事業にて有するプロセス設計に関する技術・知見 - 石油精製事業での実績・経験に基づく、ライセンサー技術の目利き	→ - プロセス設計に関するノウハウを多く保有 - プロセスに適した高性能な触媒選定・ライセンサー選定が可能 - 他社による知財権利化リスク
	2 合成燃料製造触媒開発・評価	- J-GTL実証実績に基づくGTL技術に関する知見 - 石油精製事業にて有する反応評価・反応予測技術	→ - 石油精製プラント運転に関する知見が豊富なことに加え、GTLプラント運転に関する知見・ノウハウを保有 - 他社による知財権利化リスク
	3 合成燃料一貫製造運転検証	- 石油精製プラント運転に関する安全対策、安定運転技術 - 石油精製での性状分析・性状予測・規格適合技術	→ - 石油精製プラント運転に関する知見が豊富なことに加え、GTLプラント運転に関する知見・ノウハウを保有 - 液体燃料製品に関して、分析から処方までの一連の技術を保有
2. 合成燃料製造 プラント運転検証	1 パイロットプラント設計・建設	- 石油精製事業にて有するプロセス設計に関する技術・知見 - プラント建設経験に基づく工程・施工管理等に関する知見	→ - プロセス設計に関するノウハウを多く保有 - プラント建設に対する実績が豊富
	2 合成燃料製造プロセスのプラント運転検証	- 石油精製事業にて有するプラント運転に関する技術・知見 - J-GTL実証実績に基づくGTL技術に関する知見	→ - ラボレベルでの開発から実機適用までの経験多数、商業規模での触媒製造に関する知見も保有 - 石油精製プラント運転に関する知見が豊富なことに加え、GTLプラント運転に関する知見・ノウハウを保有
	3 液体燃料収率、合成燃料コスト評価	- 石油精製事業にて有するプロセス設計に関する技術・知見 - 将来的なコストダウンに向けた石油精製既設装置・インフラ - 水素関連プロジェクトへの参画経験あり	→ - 液体燃料製造に関する装置・インフラを保有 - 水素コストに関する知見を保有 - 商業化時における安価な水素・CO₂の供給・確保リスク

参考資料：2. 研究開発計画

合成燃料製造プロセスの全体像と本プロジェクトにおける開発範囲

合成燃料を製造する技術として、
①CO₂を水素により還元して合成ガスを製造する逆シフト反応、②合成ガスから合成粗油を製造するFT合成、③合成粗油を水素化異性化、分解することで各燃料製品にアップグレーディングする一貫製造プロセスを開発する。



2. 研究開発計画／【参考資料】個別の研究開発内容に対する実施計画の詳細

合成燃料コストダウンに向けた合成燃料製造プロセス開発

本PJでの開発技術適用により、プロセス効率の向上による水素・CO₂必要量の削減およびプロセス／運転条件最適化による、合成燃料コストの低減を進める
また、合成燃料製造プロセスの設計を進め、下表“製造コスト”が占める価格精査を行う

合成燃料コスト：経済産業省「合成燃料研究会中間取りまとめ」(2021年4月)より

H ₂	CO ₂	製造コスト	
100円/Nm ³ ×6.34Nm ³ /ℓ	5.91円/kg×5.47kg/ℓ		※NEDO「CO ₂ からの液体燃料製造技術に関する開発シナリオ発掘のための調査（2020.8）」の結果に基づき試算。
= 634円/ℓ	+ 32円/ℓ	+ 33円/ℓ	= 約700円/ℓ
32.9円/Nm ³ + 14.65円/Nm ³ ×6.34Nm ³ /ℓ			国内の水素を活用し、国内で合成燃料を製造するケース
= 301円/ℓ	+ 32円/ℓ	+ 33円/ℓ	= 約350円/ℓ
32.9円/Nm ³ ×6.34Nm ³ /ℓ			海外の水素を国内に輸送し、国内で合成燃料を製造するケース
= 209円/ℓ	+ 32円/ℓ	+ 33円/ℓ	= 約300円/ℓ
20円/Nm ³ ×6.34Nm ³ /ℓ			合成燃料を海外で製造するケース
= 127円/ℓ	+ 32円/ℓ	+ 33円/ℓ	= 約200円/ℓ
			将来、水素価格が20円/Nm ³ になったケース

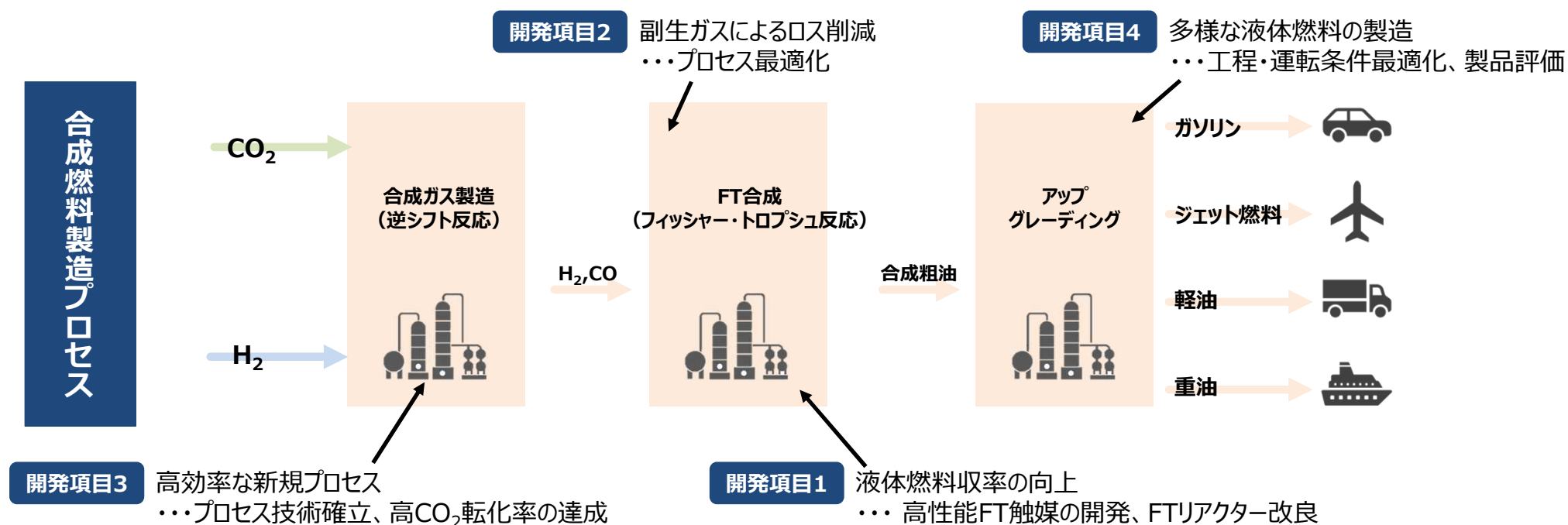
コストダウンに向けた取り組みの進め方

- ①高い液体燃料収率を達成するプロセスの設計：主に水素、CO₂量の低減
- ②個別要素技術の性能向上：主に設備コストの低減

2. 研究開発計画／【参考資料】個別の研究開発内容に対する実施計画の詳細

液体燃料収率の向上と合成燃料の製品化に向けた課題・開発項目について

一貫製造プロセスの構築、液体燃料収率の向上、多様な液体燃料製品の製造に向け、要素技術開発およびプラント実証を通じて、課題解決を図る。



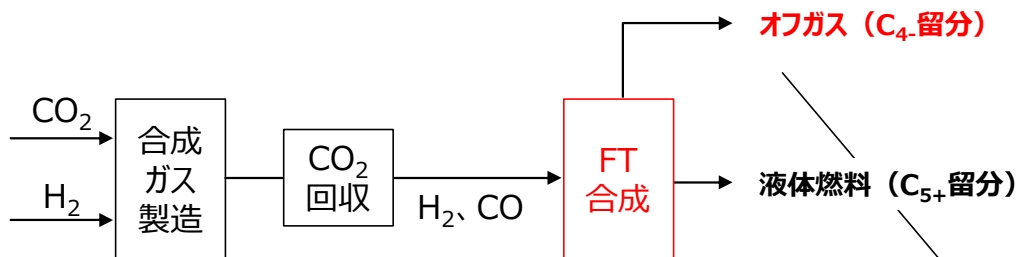
2. 研究開発計画／【参考資料】個別の研究開発内容に対する実施計画の詳細

FT合成プロセス開発：液体燃料収率向上に向けた課題について

開発項目1、2

FT合成時の軽質炭化水素（ C_{4-} 留分）の副生が、プロセス効率（液体燃料収率）低下の大きな要因となっている。高効率化に向けて、1．炭化水素の連鎖成長の促進（ C_{5+} 選択率向上）、2．副生軽質ガスの再処理を進める。

合成燃料プロセス（合成ガス～FT合成）



開発項目1

液体燃料収率（ $\div C_{5+}$ 選択率）向上のためには、低温で反応を行うことが好ましい
→高活性を有するFT触媒の開発・製造技術の確立と、リアクター流動改善による反応効率の向上を図る

開発項目2

液体燃料収率（ $\div C_{5+}$ 選択率）向上のためには、副生軽質ガスの再処理が必要となる
→プロセス設計の最適化を進め、原料である $H_2 \cdot CO_2$ を最大限、液体燃料へ変換する

2. 研究開発計画／【参考資料】個別の研究開発内容に対する実施計画の詳細

合成ガス製造プロセス開発：逆水性ガスシフト反応プロセスについて

開発項目3

CO₂からの合成ガス製造は逆水性ガスシフト反応プロセスを適用。安定に性能を発揮するプロセスの設計と段階的な技術確立が必要

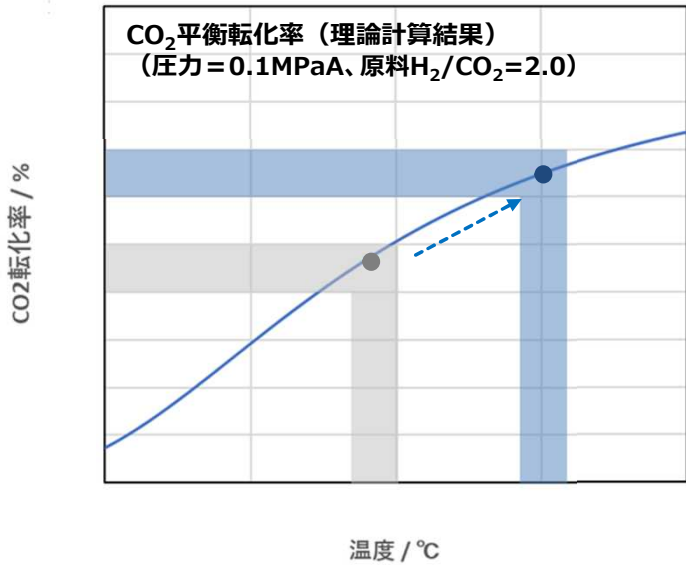
合成ガス製造技術

- 既存技術は、天然ガス等の炭化水素を由来とするもの
- CO₂からの合成ガス製造技術として、逆水性ガスシフト反応を適用

プロセス		反応	
従来技術	水蒸気改質反応	$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$	吸熱
	自己熱改質反応	$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$ $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO} + 2\text{H}_2$	吸熱&発熱
	部分酸化反応	$\text{CH}_4 + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO} + 2\text{H}_2$	発熱
開発技術	逆水性ガスシフト反応	$\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$	吸熱

逆水性ガスシフト反応による合成ガス製造

- 平衡上は、高温有利な反応
- 設備コスト低減のために、合成ガス製造プロセスでの高CO₂転化率の達成と触媒寿命を両立する運転条件の最適化を行う



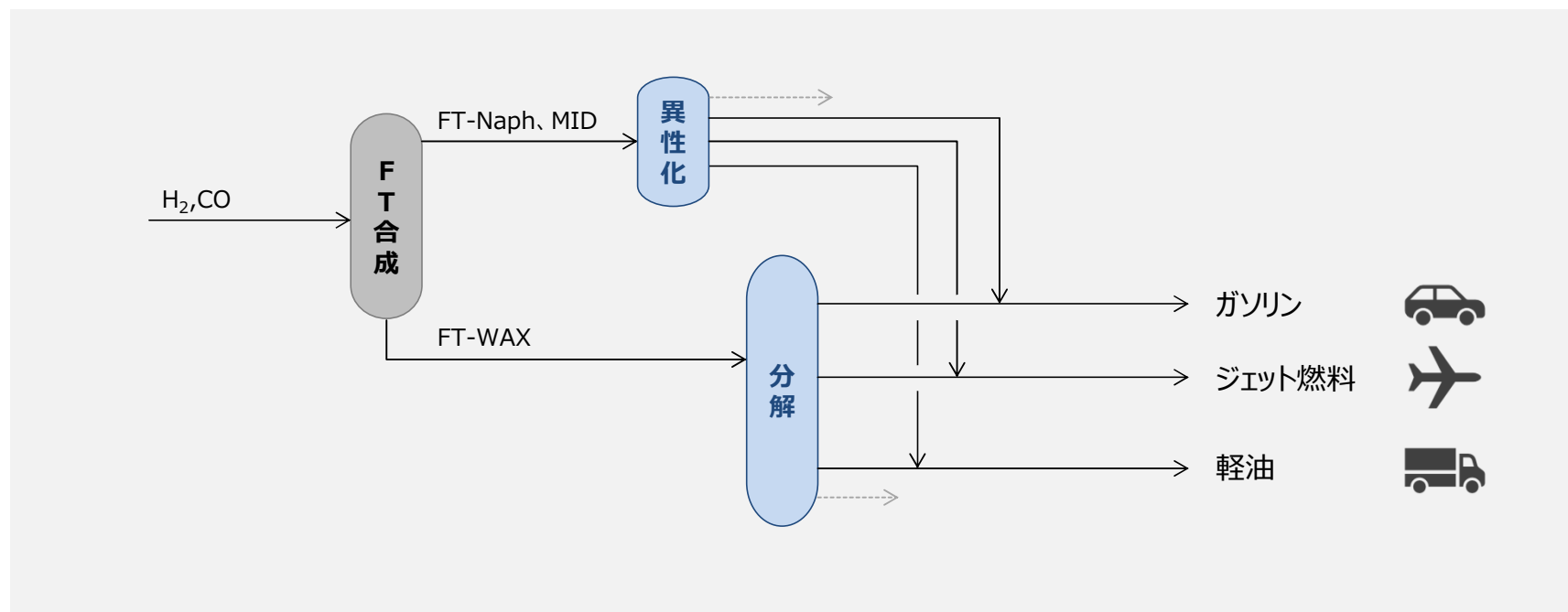
2. 研究開発計画／【参考資料】個別の研究開発内容に対する実施計画の詳細

アップグレーディングプロセス開発

開発項目4

J-GTLプロジェクトでは、軽油を目的製品としたプラント実証を実施。
本プロセスにおいては、ジェット燃料、軽油、ガソリンを含む液体燃料製造全域をカバーする技術開発を推進する。

アップグレーディング工程の想定プロセス



- 将来需要に柔軟に対応できるよう、合成原油→ジェット燃料・軽油・ガソリン等へのアップグレーディングプロセスの設計
- 目的製品収率を最大化するための最適運転条件の抽出、および条件抽出のための予測モデル構築
- 実製造サンプル評価による、製品規格への適合性確認

2. 研究開発計画／【参考資料】個別の研究開発内容に対する実施計画の詳細

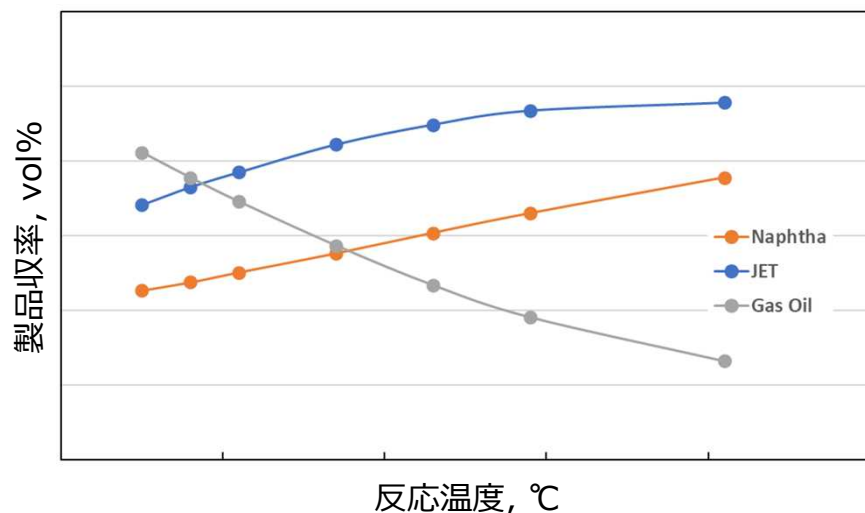
アップグレーディングプロセス開発：多様な製品製造への対応、目的製品収率の最大化

開発項目4

当社石油精製事業や過去実証プロジェクトにおけるプロセス技術を活用し、ジェット燃料・ガソリン等の幅広い製品を目的製造できるプロセスの確立を行う。目的製品収率を最大化する運転条件の抽出のために、**反応評価**と**反応予測モデル構築**を行う。

ジェット燃料・軽油の目的製造に向けた取り組み

WAX留分の異性化分解における反応温度と製品収率の関係



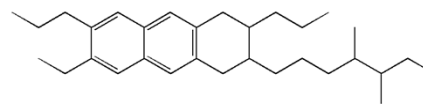
ガソリンの目的製造に向けた取り組み

既存原料（原油由来）との違い

- ・原料中の炭化水素が、ほぼノルマルパラフィン分から構成される
- ・重金属や窒素・硫黄化合物の不純物成分は存在しないが、含酸素化合物が含まれる

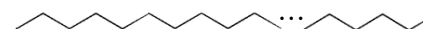
既存原料（原油ベース）

アロマ環・ナフテン環、分岐構造も多く含まれる



FT-WAX（合成原油ベース）

直鎖の長鎖パラフィンで構成される



影響・懸念事項

・従来原料と分解性が異なる

- ・オクタン価が低下する可能性がある
- ・不純物影響を把握する

➤ 目的製品収率を最大化するプロセスの設計、および運転条件の抽出・最適化を行う

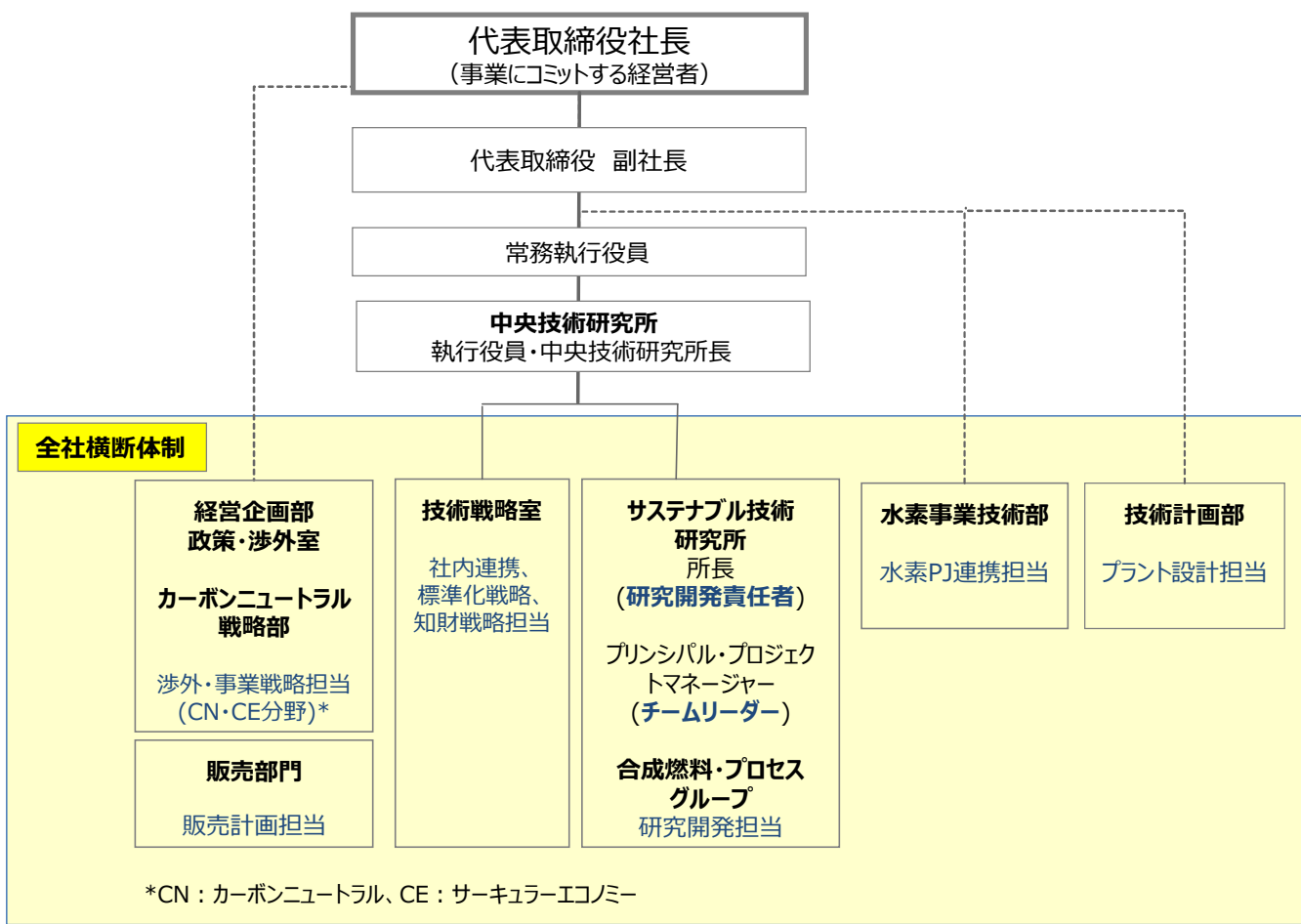
3. イノベーション推進体制

(経営のコミットメントを示すマネジメントシート)

3. イノベーション推進体制／（1）組織内の事業推進体制

経営者のコミットメントの下、専門部署に複数チームを設置

組織内体制図



組織内の役割分担

研究開発責任者と担当部署

- **研究開発責任者**
 - サステナブル技術研究所長：全体総括
- **担当部署**
 - サステナブル技術研究所：研究開発担当
 - 技術戦略室：社内連携、標準化戦略担当、知財戦略担当
 - 水素事業技術部：水素PJ連携担当
 - 技術計画部：プラント設計担当
 - 経営企画部、カーボンニュートラル戦略部：渉外・事業戦略担当(CN・CE分野)*
 - 販売部門：販売計画担当
- **研究開発責任者/チームリーダー級の実績**
 - サステナブル技術研究所長：GTL研究開発等の実績 (研究開発責任者)
 - プリンシパル・プロジェクトマネージャー：GTL研究開発等の実績 (チームリーダー)

部門間の連携方法

- **部門間の密な連携体制を構築**
 - 全社横断体制による渉外・事業戦略・技術開発等の定期的な会議
 - 関係各部署長レベルでの進捗報告
 - 定期的な経営会議報告

3. イノベーション推進体制／（2）マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与

経営者等による合成燃料事業への関与の方針

経営者等による具体的な施策・活動方針

- 経営者のリーダーシップ
 - 当社は2019年5月に策定（2020年5月に一部改訂）した2040年長期ビジョンにおいて、将来のありたい姿の一つとして「低炭素・循環型社会への貢献」を掲げている
 - 2023年5月に第3次中期経営計画およびカーボンニュートラル基本計画を公表し、カーボンニュートラル社会の実現に向けた当社の主要取り組みの一つに合成燃料を掲げ、2050年までの長期計画を策定
 - 今後、中期経営計画を含めあらゆる形で当該事業の重要性を社内外の幅広いステークホルダーへ発信する予定
- 事業のモニタリング・管理
 - KPIを設定し、必要に応じて都度進捗を確認することに加え、経営会議において業務執行状況報告を実施し、PJ主管部門に対して進捗を確認
 - 社外取締役を含む取締役会においても、業務執行状況報告を実施し、社外からの意見を幅広く取り入れ
 - 事業化に係る投資意思決定に際しては、内部収益率(IRR)、回収期間、正味現在価値(NPV)、投資金額等を参考として把握し、総合的に投資判断を行なう

経営者等の評価・報酬への反映

- CO₂削減量の達成状況は取締役の報酬の評価指標の一部。全社または管掌部門単位のCO₂削減量を報酬に反映（特定のPJの進捗が反映されるわけではない）

事業の継続性確保の取組

- 合成燃料事業を、当社ESG経営における長期的な取り組みとして継続的に推進していくことを対外的に発信

3. イノベーション推進体制／（3）マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ

経営戦略の中核において合成燃料事業を位置づけ、広く情報発信

取締役会等での議論

- カーボンニュートラルに向けた全社戦略
 - 長期ビジョンを策定し、取締役会にて決議し、2019年5月に公表。
将来のありたい姿の一つとして「低炭素・循環型社会への貢献」、および2040年に向けて
自社排出のカーボンニュートラル化を目指すことを提示。
 - 2022年4月にカーボンニュートラル戦略部を設置。
 - カーボンニュートラル基本計画を策定し、取締役会にて決議し、2023年5月に公表（下図）。
- 事業戦略・事業計画への落とし込み
 - 2023年度に第3次中期経営計画を策定し、取締役会において決議。
同計画は、カーボンニュートラル社会の実現に向けた取り組みを具体化したもの。
 - 以降も、事業環境の変化等を踏まえ部門横断的体制での見直し・計画のアップデートを継続。

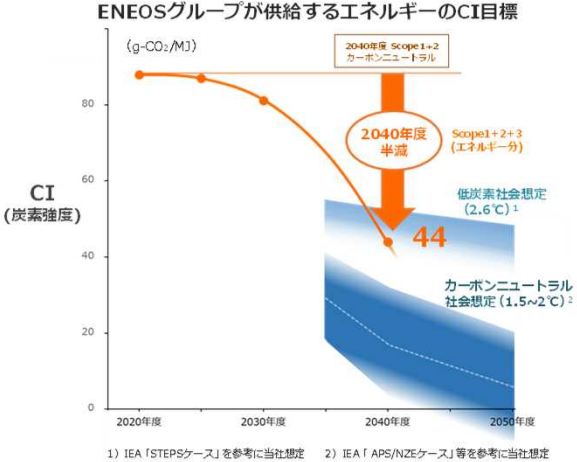
ステークホルダーに対する公表・説明

- 情報開示の方法
 - 以下の通り情報を開示
 - 中期経営計画のIR資料
 - 統合報告書
 - ESG説明会
- ステークホルダーへの説明
 - 上記の開示方法等を通じて世間に広報する予定

2040年度を目標に「エネルギー供給あたりのCO₂排出量（CI）」の半減を目指す

2040年度に向けたありたい姿		2040年度に目指す事業規模
CO ₂ フリー水素	国内最大の製造・供給体制を確立	100 ～ 400万ト
カーボンニュートラル燃料	SAF※1	国内最大の供給体制を確立
	バイオ燃料	国内シェア50%
	合成燃料	供給 ガソリンへの20%混合※ 合成燃料製造 1万バレル/日以上
再生可能エネルギー	再生エネルギー開発におけるメジャープレーヤーの地位を確立	再生可能発電容量6 ～ 8 GW
CCS（他社向け） （CO ₂ の回収・貯留）	国内最大のCCSバリューチェーンを構築して収益化を実現	400 ～ 1,000万ト

※1 Sustainable Aviation Fuel：持続可能な航空燃料



3. イノベーション推進体制／（４）マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

機動的に経営資源を投入し、着実に社会実装まで繋げられる組織体制を整備

経営資源の投入方針

- 実施体制の柔軟性の確保
 - 2020年6月のグループ運営体制変更を機に、全社的に大幅な権限移譲を進めており、事業部門によるスピード感をもった意思決定や業務執行可能な体制を構築している。また、リソースの追加等の権限を超えた意思決定が必要になった際は、期初・期央を問わず然るべきタイミングで経営会議にて審議・決定する
 - 革新技術/事業の創出にあたり、自前主義に拘ることなく、スタートアップや大学等の外部リソースを積極的に活用する体制を構築済み
- 人材・設備・資金の投入方針
 - 「低炭素・循環型社会への貢献」を将来の当社のありたい姿として明確化し、それに資する事業の育成に一定の経営資源を継続的に投入する方針を中期経営計画などにおいて示している
 - 既存の石油・ガス・電力事業で培ったノウハウを有する社内の人材を活用し、合成燃料事業のサプライチェーン全般にわたり、資源開発、調達、需給、技術、製造、販売等の多様な専門人材を確保する。
 - 合成燃料の受入、国内での輸送・貯蔵については、製油所をはじめ当社が保有する既存の石油インフラを活用してコスト削減を図るとともに、商用プラントを含め当該事業を実施する上で必要となる追加設備については、研究開発終了後に採算性を検討の上、資金を投入する。

実証・事業化の推進体制

- 専門人材による実証推進
 - 中央技術研究所内の「サステナブル技術研究所」に属する、石油精製・石油化学プロセスに精通した専門人材、および同じく中央技術研究所内の「先進技術研究所」に属する水電解・CO₂回収技術に精通した専門人材の協働により、合成燃料製造プロセスの開発・実証を推進
 - 社内の関連部門や、社外（プロセスエンジニアリング会社、プロセスライセンサー、触媒メーカーなど）の専門家とも緊密に連携できる体制を構築
- 事業部門との連携による事業化推進
 - 研究開発部門、製造部門、および燃料油販売部門の緊密な連携により、研究開発段階から、既存事業との連携方針の策定、およびターゲット顧客へのマーケティング活動などを推進
 - 事業部門に対しては、先述の通り大幅な権限移譲を実施しており、機動的な意思決定を行うための組織体制を構築済み
- 若手人材の育成
 - 経験豊富な専門人材とともに、若手人材を積極的に登用し、適切な年齢構成の人員編成を行い、脱炭素化に向けた抜本的な事業構造転換を見据え、効率的かつ効果的な人材育成、ノウハウの伝承を行う。
 - 研究部門においては、スタートアップや大学との連携を含め、本件に関係する革新的な技術シーズの開発を通して、技術獲得および若手人材の専門能力向上を推進する

4. その他

4. その他／（１）想定されるリスク要因と対処方針

リスクに対して十分な対策を講じるが、研究開発費用の超過等の事態に陥った場合には事業中止も検討

研究開発（技術）におけるリスクと対応

- **実証地の選定難航のリスク**
＜実証プラント建設に必要な遊休地が無い＞
→FS段階で自社製油所を中心に遊休地を調査し、必要に応じて実証内容・スケジュールの変更を検討
＜必要量の原料（水素、CO₂）が調達できない＞
→FS段階で原料（H₂、CO₂）のアベイラビリティを調査し、必要に応じて実証内容・スケジュールの変更を検討
＜必要量のユーティリティが調達できない＞
→FS段階でユーティリティのアベイラビリティを調査し、必要に応じて実証内容・スケジュールの変更を検討
- **各プロセス（合成ガス製造、FT合成、アップグレーディング、水電解）の装置導入難航リスク**
→FS段階で複数のプラントエンジニアリング会社、プロセスライセンサー、触媒メーカーの装置設計・製造能力を確認し、必要に応じて実証内容・スケジュールの変更を検討
- **研究開発費用の超過リスク**
→FS・プロセス設計段階でコストを精査し、必要に応じて実証内容・スケジュールの変更を検討

社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- **投資採算性のリスク**
→合成燃料の市場立ち上げを促進するため、バイオ燃料、水素、EV、FCVに対する導入補助と比べて公平性のあるインセンティブの導入などを業界団体と連携して政府へ働きかけ
- **原料（水素、CO₂）が大量かつ低コストに調達できないリスク**
→国内外の再エネ電力価格、水電解装置価格、CO₂調達コストなどを監視、最適な調達先を探索。必要に応じて、社会実装のスケジュールの変更を検討
- **合成燃料がカーボンニュートラル燃料として認定されないリスク**
→製造場所が海外の場合に、海外で回収したCO₂を消費国のCO₂削減としてカウントできるよう、業界団体や政府と連携して国際的なルール作りを推進

その他（自然災害等）のリスクと対応

- **自然災害によるリスク**
→過去の自然災害の記録を確認し、必要に応じて適切な保険の付保を実施
- **政府支援策の変更・縮小等によるリスク**
→政府機関との情報交換を密に実施
- **実証場所の地域社会との関係悪化のリスク**
→自治体などと連携し、必要に応じて近隣施設、住民への事業説明を実施



- **事業中止の判断基準：**
・FSおよび実証を通じて上記リスクが顕在化し、当初想定していた事業性・経済性・実現性が見込めないと判断した場合は、事業を中止する