

事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：人工光合成型化学原料製造事業化開発

- ①グリーン水素（人工光合成）等からの化学原料製造技術の開発・実証
- ②CO₂からの基礎化学品製造技術の開発・実証

実施者名：三菱ケミカル株式会社（幹事企業）、代表名：代表取締役 池川 喜洋

（コンソーシアム内実施者（再委託先除く）：人工光合成化学プロセス技術研究組合、三菱ガス化学株式会社）

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

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

研究開発項目4.

アルコール類からの化学品製造技術の開発

① グリーン水素（人工光合成）等からの化学原料製造技術の開発・実証

② CO₂からの基礎化学品製造技術の開発・実証

人工光合成化学プロセス技術研究組合（ARPCChem）

組員：INPEX、JX金属、大日本印刷、デクセリアルズ、東レ、トヨタ自動車、日本製鉄、フルヤ金属、三井化学、三菱ケミカル

共同実施：東京大学、信州大学、東京理科大学、産業技術総合研究所、東北大学、京都大学、名古屋大学、山口大学

研究開発の内容

光半導体水分解触媒による安全安価なグリーン水素製造プロセス開発

- ・ 高活性な水分解半導体光触媒系の開発
 - ・ 光触媒紛の塗布法等による光触媒シート開発
 - ・ 水素分離システムを組み込んだモジュール開発
 - ・ 水素製造モジュールの量産化技術開発
- 等

社会実装に向けた取組内容

- ・ 屋外試験設備での目標水素製造コストの実現可能性検証

三菱ケミカル（幹事会社）

研究開発の内容

- ・ **メタノール反応分離プロセス開発**
 - ・ 革新的オレフィン製造技術開発
- 等

共同実施：東京大学、東京工業大学

社会実装に向けた取組内容

- ・ CO₂とH₂を原料とし、反応分離プロセスを用いたメタノール製造の大型実証
- ・ メタノールからのオレフィン製造実証
- ・ 2029年度以降
屋外試験設備での目標水素製造コストの実現可能性検証

三菱ガス化学

研究開発の内容

- メタノール反応分離プロセス
- ・ 反応分離に適したメタノール触媒、プロセスの開発、実証等

社会実装に向けた取組内容

- ・ CO₂とH₂を原料とし、反応分離プロセスを用いたメタノール製造の大型実証等

共同実施

CO₂とグリーンH₂を原料とした化学品の製造の実現

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

CN実現の不可欠な課題解決策として、化学産業においてカーボンリサイクルが急拡大すると予想

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）

- GHGインパクトニュートラルな“新・炭素社会”へに移行していく
- 化石資源の使用を大きく低減した資源循環型社会への移行していく

（経済面）

- CO₂フリーの水素がエネルギー用、産業用に広く使用されていく
- CO₂排出低減に貢献する環境価値が十分に評価されていく

（政策面）

- 国家目標として2030年CO₂排出-46%、2050年カーボンニュートラルを目指す。その達成のためのCO₂回収、CCUSが促進されていく
- 世界的なカーボンプライシングの導入

（技術面）

- 水素輸送等技術向上により、水素供給のコストが低減する
- CO₂の原料化、カーボンリサイクル技術が今後大きく進展していく

- 市場機会：
化学製品のCO₂低減のために、CO₂を有効利用し、一定期間CO₂を固定化できるカーボンリサイクルによる化学品製造の市場が形成され、大きく伸びる。
- 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：
CO₂の有効利用という究極の資源循環が可能となる。

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

サーキュラーエコノミーの実現

原料調達から製品製造、使用、廃棄までのライフサイクル全体で化石資源の使用量と廃棄物の発生量を最小化する取り組みを、バリューチェーンパートナーが一体となり進めて行く

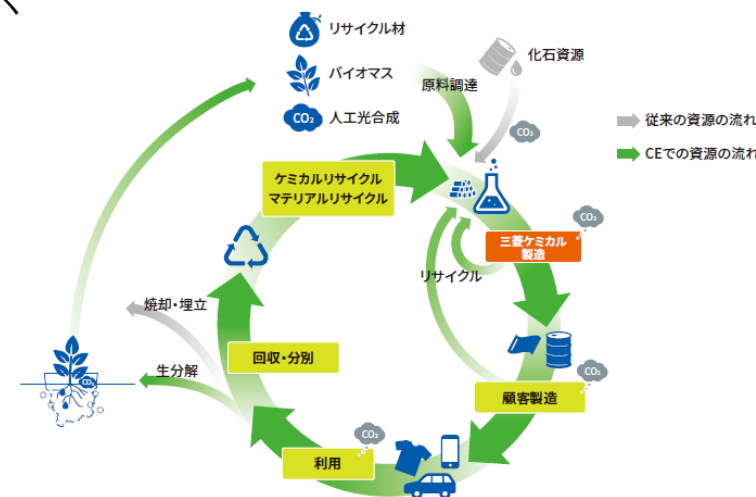
具体的取組

・CO₂回収・利活用

人工光合成による
炭素循環システムの実現・

・プラスチック循環リサイクル

・バイオプラスチックの活用



- 当該変化に対する経営ビジョン：“KAITEKI Vision30”として設定
地球：気候変動対応と資源・エネルギーの効率性向上
温室効果ガス削減
・ LCAを通じた炭素マネジメント
・ CO₂の利活用技術の確立 等
社会： 最適なサーキュラーエコノミーの推進
健康でいきいきと暮らせる社会の実現への貢献
ビジネスモデル変革やデジタル技術の活用による社会課題の解決
人： 創造性と生産性の向上、「働きがい」の充実

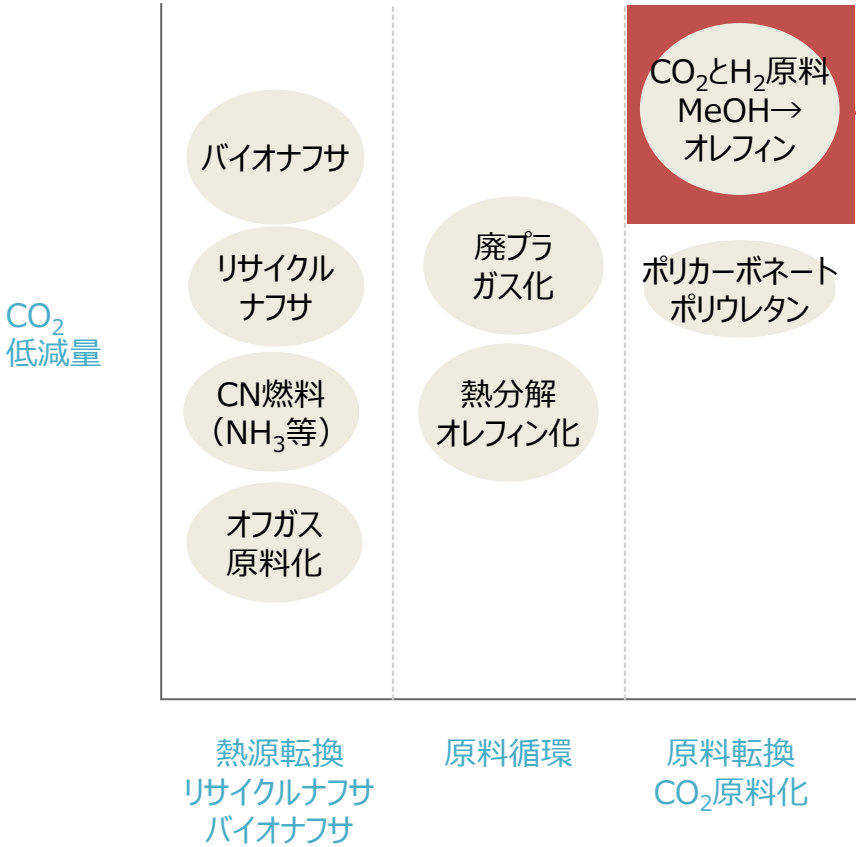
1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

化学品原料のうちCO₂の原料化によるオレフィン製造をターゲットとして想定

セグメント分析

CO₂排出量を大幅削減できる、CO₂を原料としたMeOHからのMTOによるオレフィン製造に本プロジェクトで注力

(化学品原料市場のセグメンテーション)



ターゲットの概要

市場概要と目標とするシェア・時期

- 日本オレフィン製造1200万tonのうち、2050年にリサイクル、バイオ、およびCO₂へ原料転換すると予想
- 2035年以降少量生産を開始し、2040年代に大規模の生産を開始する。
- 2050年にシェアを拡大するするとともに、他社、海外へのライセンスを行う。
- CO₂とH₂からのオレフィンにおいて、コストの大部分を占めるH₂コスト低減が最大の課題となる
→ 低コストグリーンH₂製造方法として、光触媒によるH₂製造方法を開発する。

需要家	主なプレーヤー	消費量 (2019年)	課題	想定ニーズ
ポリエチレン	日本 ポリエチレン	245万ton	- LCA低減 - リサイクル - バイオ化	- 包装材 - 容器等
ポリプロピレン	日本 ポリプロ	244万ton	- LCA低減 - リサイクル - バイオ化	- 自動車部品 - 家電部品 - 包装材 - 容器等

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

光触媒技術を用いたクリーンなH₂製造のシステムを提供する事業を創出

社会・顧客に対する提供価値

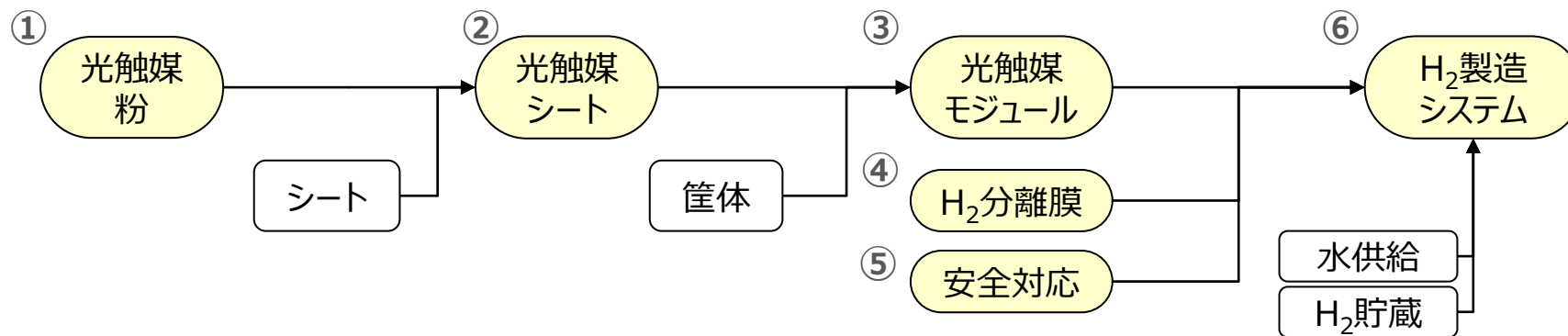
- 安価なH₂を供給することにより、CO₂原料とするカーボンリサイクルを加速する。また、燃料等エネルギー分野、鉄鋼等産業分野のカーボンニュートラルに貢献する。

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

光触媒の製造、シート、モジュール、システム等安価H₂製造の部材、システム販売を計画。
また、自社利用H₂の製造を計画
ARPCChem参加各社の技術を組み合わせ、早期に実用化に結び付ける。

要素

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| ① 光触媒製造 | （無機酸窒化物、酸硫化物等＋助触媒） |
| ② 光触媒シート | （高耐久な粉体のシートへの塗布・製膜） |
| ③ 光触媒モジュール | （高耐久かつ安価なモジュール設計） |
| ④ H ₂ /O ₂ 分離膜 | （H ₂ の安全、安価な分離） |
| ⑤ H ₂ 安全対応・設計 | （H ₂ の安全制御技術） |
| ⑥ H ₂ 製造システム | （水供給、H ₂ 貯蔵を含めた全体システム） |



1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

CO₂原料化ーMTO技術を用いてCN実現に貢献する事業を創出

社会・顧客に対する提供価値

- CO₂原料の化学品原料を提供することにより、プラスチック等の化学品の低CO₂排出化、またはCO₂排出のネガティブ化に貢献する。

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

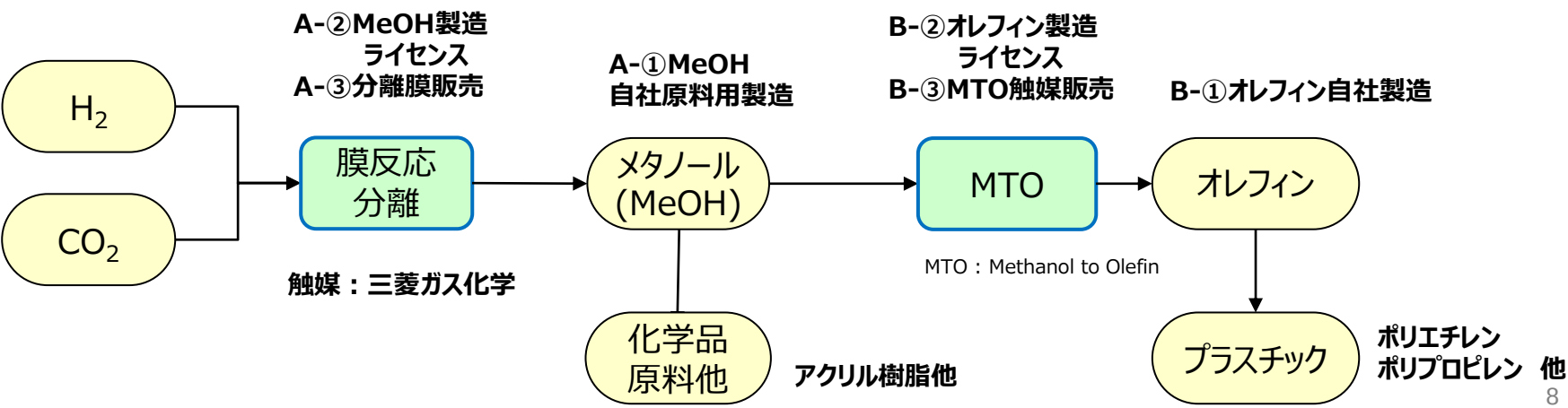
自社にて、MeOH、オレフィンの製造、使用、販売を行うとともに、分離膜、触媒等の部材販売、及びMeOH、オレフィン製造のライセンス販売を計画

A. MeOH製造

- ① MeOHの製造（オレフィン原料、及びMMA等の化学品原料）
- ② CO₂とH₂を原料とした高効率MeOH製造プロセスのライセンス販売
- ③ 反応分離膜の販売

B. オレフィン製造

- ① オレフィンの製造（ポリオレフィン等の原料）
- ② 特定のオレフィンを高選択に製造可能な高効率MTOプロセスのライセンス販売
- ③ MTO触媒の販売



1. 事業戦略・事業計画／（4）経営資源・ポジショニング

人工光合成技術の強みを活かして、社会・顧客に対してCNという価値を提供

自社の強み、弱み（経営資源）

ターゲットに対する提供価値

- CO₂原料の化学品原料を提供することにより、プラスチック等の化学品の低CO₂排出化、またはCO₂排出のネガティブ化に貢献する。



自社の強み

- NEDO人工光合成プロジェクト(2012-2021)において、光触媒による安価H₂製造の基礎技術の開発、MeOHの膜反応分離技術の開発、及びMTO用新規触媒の開発を実施し、コスト優位な独自性のある技術を有する。

自社の弱み及び対応

- MeOH膜反応分離に関して、CO₂原料からのMeOH製造の触媒を有していない
ー 触媒技術を有する三菱ガス化学社と共同開発する。

他社に対する比較優位性

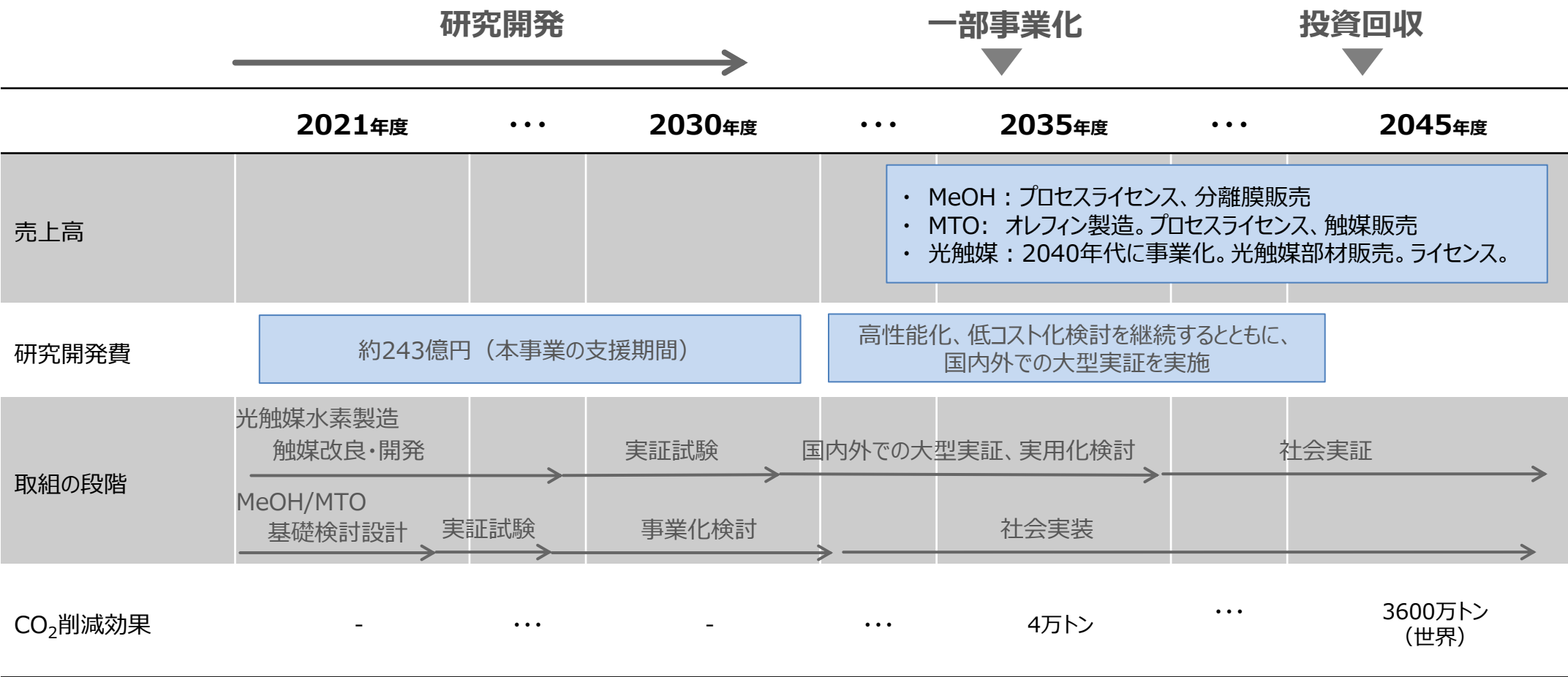
	技術	顧客基盤	サプライチェーン	その他経営資源
自社	(現在) ナフサクラッカー  (将来) 光触媒による安価H₂とCO₂による反応分離を用いたMeOH製造ーMTOによるオレフィン製造	- 自社原料 - コンビニート内供給  - 自社原料 - 国内外への技術ライセンス。 - 部材販売	- グループ会社でプラスチック製造・販売を実施  - 高機能樹脂への展開 - 国内外を含めたライセンス販売、及び部材売り	 自社内排出のCO₂利用
競合CRI等	CO₂とCO₂フリーH₂を原料としたMeOH製造	- 地熱発電を利用し製造 - 中国にライセンス	燃料用CO₂フリーMeOHとして販売	EU内の再生可能エネルギー利用
競合UOP等	MTO 石炭ガス化を原料としたMeOHを用いたMTO	中国	中国内で消費	安価石炭の利用

1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

10年間の研究開発の後、2035年頃の一部事業化、2045年頃の投資回収を想定

投資計画

- ✓ 本事業終了後も5年程度研究開発を継続し、オレフィン製造について2035年頃の事業化を目指す。
- ✓ 光触媒部材販売、オレフィン製造市場での販売を図り、2045年頃に投資回収できる見込み。



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

- 光触媒H₂製造：光触媒における物性・活性相関の解析を通じ高性能光触媒の実現し、物質・用途の特許網を強化する。
Printing/coating等による安価光触媒シート及びモジュールの開発を行う。その実現の為のARPCHEM参加の異業種連携にて開発を行う。
安全なH₂分離systemを開発するとともに規制法令の整備、緩和を要望する
海外大規模実証につながる国内でのヘクトール級の実証を実施する。
- MeOH製造：高圧化世界初となる反応分離によるメタノール製造技術を実証する。
- オレフィン製造：メタノール、オレフィンまでの一貫製造プロセスの実証

- 光触媒H₂：光触媒粉体の製造に関しては、重要技術のため国内にて実施し、技術流出を防ぐ。
光触媒部材製造については、ARPCHEM参加各社の技術を組み合わせ早期に実用化する。
製造に関しては、自社にて実施するとともに、積極的にライセンスを実施する。
- MeOH、オレフィン：安価輸入ブルーH₂が入手可能等条件が整えば、光触媒H₂より先行して国内にて、MeOH-オレフィン製造の商用機を建設する。商用機の実績を元に、国内外にライセンス活動を行う。

- 光触媒H₂：高性能光触媒を用いたH₂製造の実証により、低コスト製造をアピール。
太陽エネルギーが豊富で、土地コストも低い海外の国と協力し、実証を実施
副生O₂の利用を合わせて、用途探索する
- MeOH：膜反応器がより得意な数万トンの小スケールのライセンスから開始する。
CO₂原料以外にも、バイオマス、廃プラ等からの合成ガス原料への対応もアピールする。
- オレフィン：エチレン/プロピレン比調整可能、CO₂原料化であることの強みをアピール
- マスバランス法による認証適用を進める
- カーボンリサイクルの環境価値をアピールし、価格に反映させる。
- バイオ由来のCO₂を原料とすることにより、カーボンネガティブな化学品につなげる

国際競争上の優位性

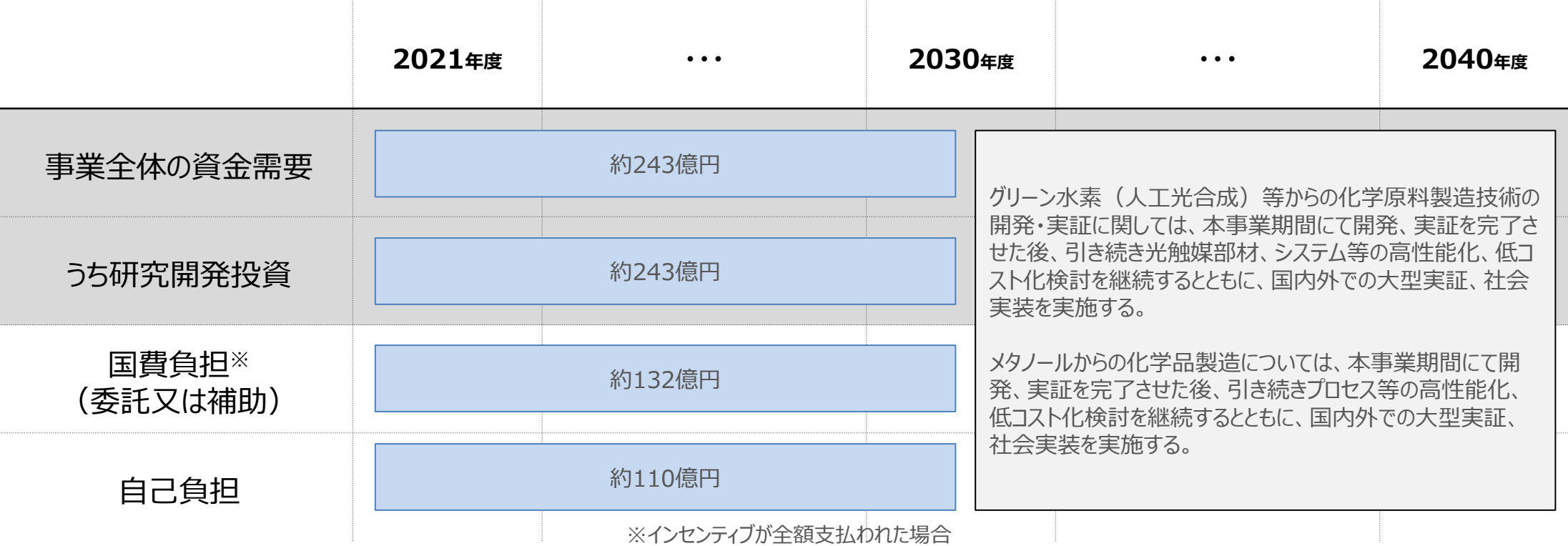
- NEDO人工光合成プロジェクトにて、光触媒、及びMeOH、オレフィン製造技術開発を実施しており、特に光触媒科学の研究は日本が世界最先端に位置している。
光触媒材料については、基本的な物質等の知財網を有している。
- H₂/O₂の安全分離の研究について、実績あるのは日本のみである。

- 光触媒粉体製造は、硫化物・窒化物といった特殊化合物の高結晶微粒子の製造、及び助触媒の精密担持と言ったKnow-howが非常に重要となる技術であり、使用量は少ないため、日本国内で製造することで競争優位性を確保する

- 中東、豪州等日本と関係が深く、会社としても海外のチャネルがある国との連携を活かし、実証、実用化に結び付ける。

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

国の支援に加えて、2030年までに110億円規模の自己負担を予定



2. 研究開発計画

① グリーン水素（人工光合成）等からの化学原料製造技術の開発・実証

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

研究開発項目

1. 光半導体水分解触媒による安全 安価なグリーン水素製造プロセス開発

研究開発内容

① 高活性な水分解光触媒
及び光触媒シートの開
発

② 水素/酸素分離モジュ
ールを組み込んだ水素回
収システムの開発

③ ヘクタール級屋外試験設
備での目標水素コストの
実現可能性検証

アウトプット目標

ヘクタール級の水分解モジュールの実証運転により、好ましい立地条件において、水素製造コスト20¥/Nm³以下が実現可能な基本モジュール、基本プロセスを確立する

KPI

- 可視光応答一段型/二段型光触媒でのSTH~10%(~2030)の達成
- 塗布法等による光触媒シートの開発及びm²級光触媒パネル量産製造技術の確立

- 水素分離システムでのH₂濃度≥96%、H₂回収率≥90%の達成
- モジュール製造技術の確立及び試験設備・モジュールでの性能及び耐久性、安全性の検証

- 触媒量産化時に必要な触媒製造技術の確立
- 大規模設備での連続運転により、化学原料用純度の水素を供給できるグリーン水素ガス製造プロセスの確立

KPI設定の考え方

- 目標水素製造コストをサンベルト地域で実現する為の光触媒性能及び設置コスト試算値
- 触媒シートとして上記目標を実現し、Numbering-up可能な触媒シートパネルの構造設計と触媒パネルとしての性能を確認する。

- 触媒パネルと水素/酸素分離モジュールを連結した水素製造システムの屋外設備での連続運転を実施し、パイロット用仕様の確定に必要な諸性能を確認する。
- ラボスケールからの段階的スケールアップを実施しNumbering-upした水素製造モジュールにて性能及び耐久性、安全性を確認する。

- パイロット規模設備に供給可能な量産化技術を確立し、商用時の生産プロセスに繋げる。
- プロセスの安全性、設備コスト、水素製造コストの妥当性を検証し、化学原料用のグリーン水素製造法を確立する。

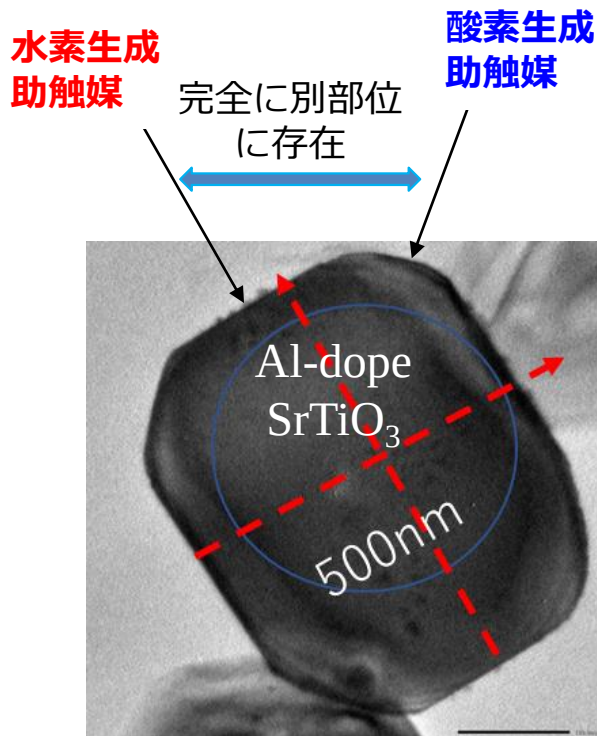
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
①	高活性な水分解光触媒及び光触媒シートの開発	- 可視光応答一段型/二段型光触媒でのSTH$\sim$10%($\sim$2030)の達成 - 塗布法等による光触媒シートの開発及びm²級光触媒パネル量産製造技術の確立	STH $>$ 1%ラボスケール (TRL3) $\longleftrightarrow$ STH $\sim$ 10%、m ² 級パネルスケール (TRL6)	- 光半導体(YTOS,BTON, LTCA等)のサブミクロン粒子の高結晶性、defect-free、モルフォロジー制御 - 助触媒/光半導体界面設計、H₂/O₂発生サイト分離 - 光半導体構造活性相関解析による活性化要因の解明 - m²級光触媒シートの耐久性を意識した光触媒シート化技術開発(printing、coating) - 粉末触媒調製後のシート化、光半導体シート化後助触媒担持等、複数の触媒調製プロセス検討	80%
②	水素/酸素分離モジュールを組み込んだ水素回収システムの開発	- 水素分離システムでのH₂濃度$\geq$96%、H₂回収率$\geq$90%の達成 - モジュール製造技術の確立及び試験設備・モジュールでの性能及び耐久性、安全性の検証	H ₂ 濃度 $\geq$ 95%、H ₂ 回収率 $\geq$ 70% (TRL4) $\longleftrightarrow$ H ₂ 濃度 $\geq$ 96%、H ₂ 回収率 $\geq$ 90% (TRL7)	- 目標H₂純度を得られる分離性能、共存水蒸気の影響を考慮した安全・安価な分離システムの実証 - 筐体、光透過窓、支持体の耐久性評価・コスト試算 - 水素製造モジュールとしての寿命試験・コスト試算	80%
③	ヘクター級屋外試験設備での目標水素コストの実現可能性検証	- 触媒量産化時に必要な触媒製造技術の確立 - 大規模設備での連続運転により、化学原料用純度の水素を供給できるグリーン水素ガス製造プロセスの確立	ラボスケール (TRL4) $\longleftrightarrow$ パイロットスケール実証 (TRL7)	- 工業的製造法として対応可能な酸窒化物合成法、酸硫化物合成法の開発：段階的なスケールアップで調整法の絞り込み、最適化を実施 - 化学原料用のグリーン水素を生産・供給できる水素ガス製造プロセスをパイロット規模で実証	70%

①高活性な水分解光触媒及び光触媒シートの開発: 光触媒材料における保有技術

- ◆ 既存材料 SrTiO_3 の改良により、近紫外光下において**内部量子収率 $\approx 100\%$** を達成 (Al-dope SrTiO_3)
- ◆ 太陽光エネルギー変換効率 $\eta = 10\%$ 達成を見込める**長波長応答光触媒材料**を複数開発
⇒ 結晶性や助触媒担持法等の改良により、更なる性能向上が可能



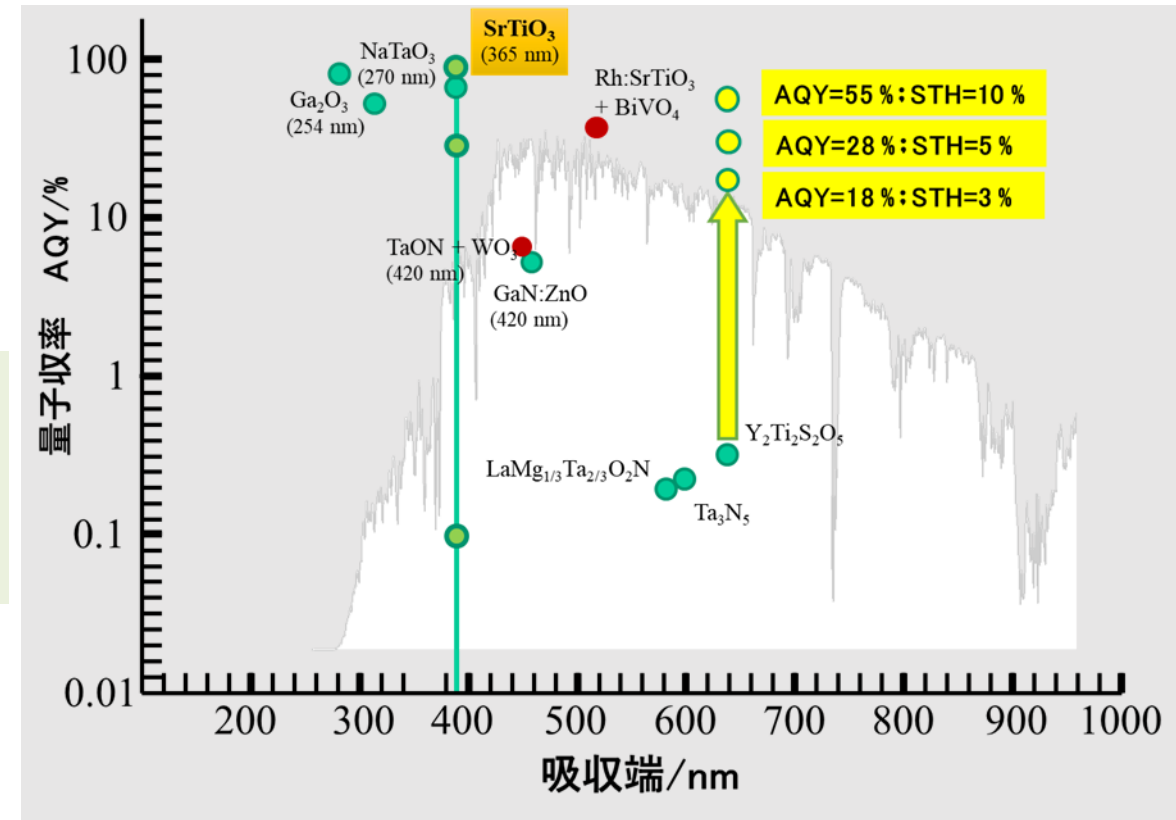
Nature (2020)

◆ 触媒改良方針

- ・ 欠陥量低減
- ・ 結晶面の制御
- ・ 精密な助触媒担持

◆ 最終候補光半導体材料

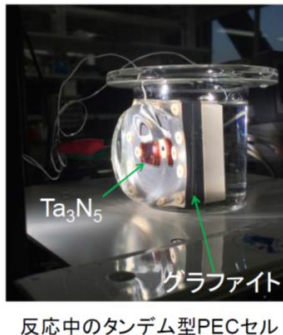
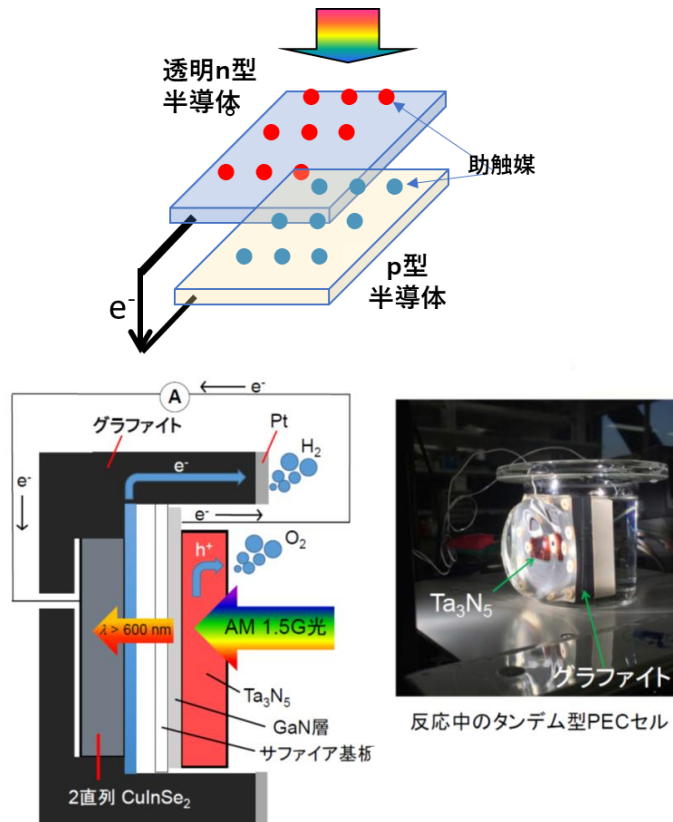
- 候補材料A(640nm)
- 候補材料B(600nm)
- 候補材料C(650nm)
- 候補材料C+ BiVO_4 (>1.3% 達成)



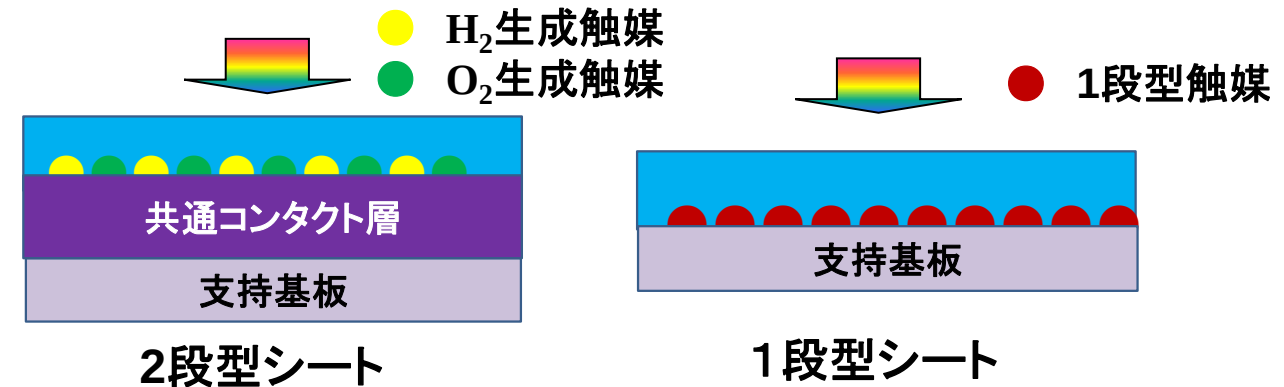
①高活性な水分解光触媒及び光触媒シートの開発: タンデム型、シート型の比較

本研究開発では、低コスト化+スケールアップ容易なシート型光触媒での実用化を目指す。

タンデム型光触媒



シート型光触媒



- H_2 と O_2 は別サイトで発生
- × 高活性は出しやすいが大面積化と低コスト化は困難

- H_2/O_2 分離が必要だが低コスト化の可能性
- 塗布法によりスケールアップが容易

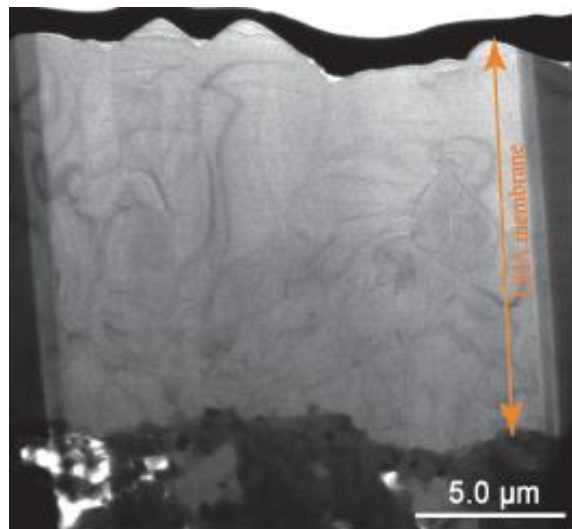
②水素/酸素分離モジュールを組み込んだ水素回収システムの開発

<分離膜を用いた気体分離技術>

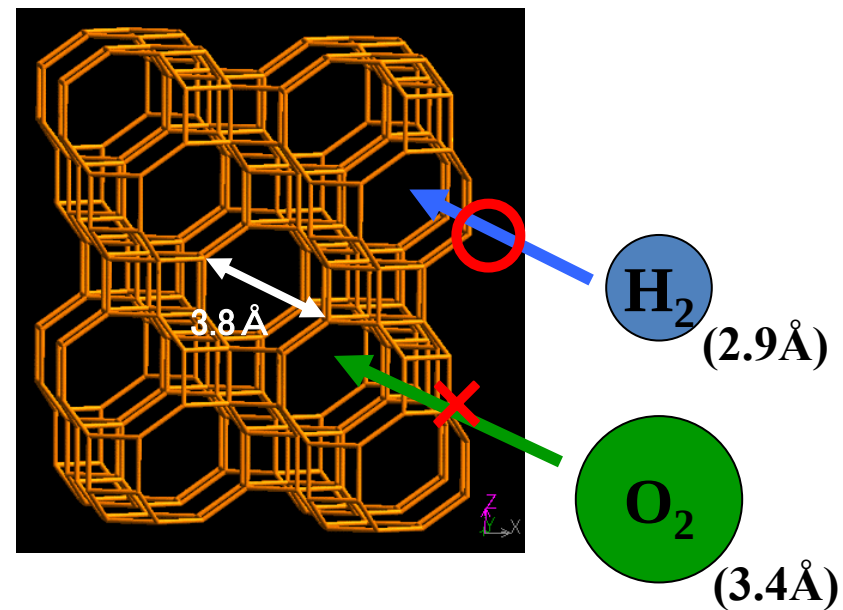
- ◆ 円筒支持体上に結晶性多孔質材料を形成した気体分離膜（ゼオライト層を表面に製膜）



- ◆ ゼオライト膜断面の透過電子顕微鏡像



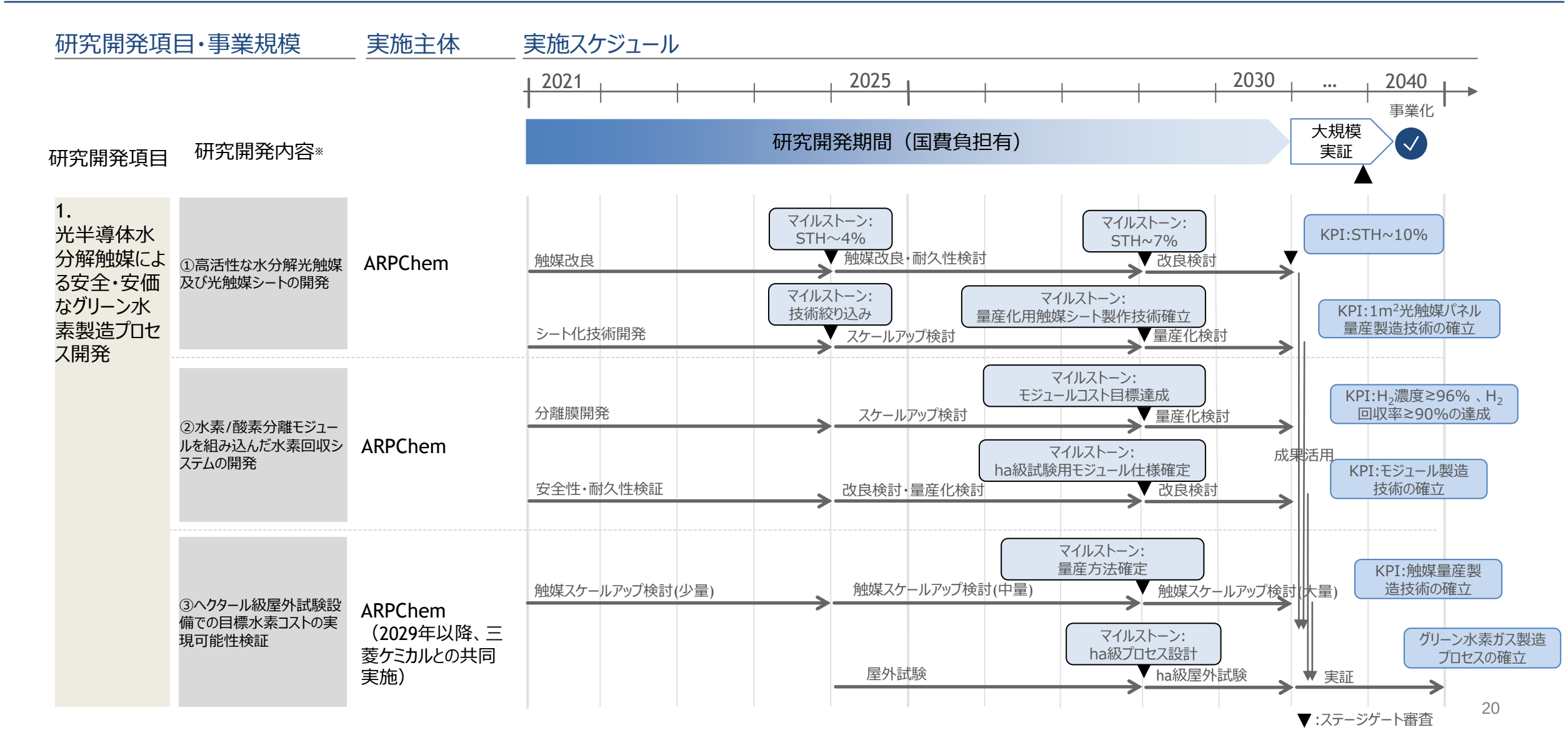
- ◆ CHA型ゼオライトによる水素/酸素分離のイメージ
→ 気体の動的分子径の違いによる「分子ふるい」効果を活用



○ ゼオライト8員環の細孔径 (3.8 Å) と水素分子径 (2.9 Å)、酸素分子径 (3.4 Å) が近接しているため、高選択的な水素/酸素分離を達成するために、表面修飾法によるゼオライト膜の分離性能向上を検討

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

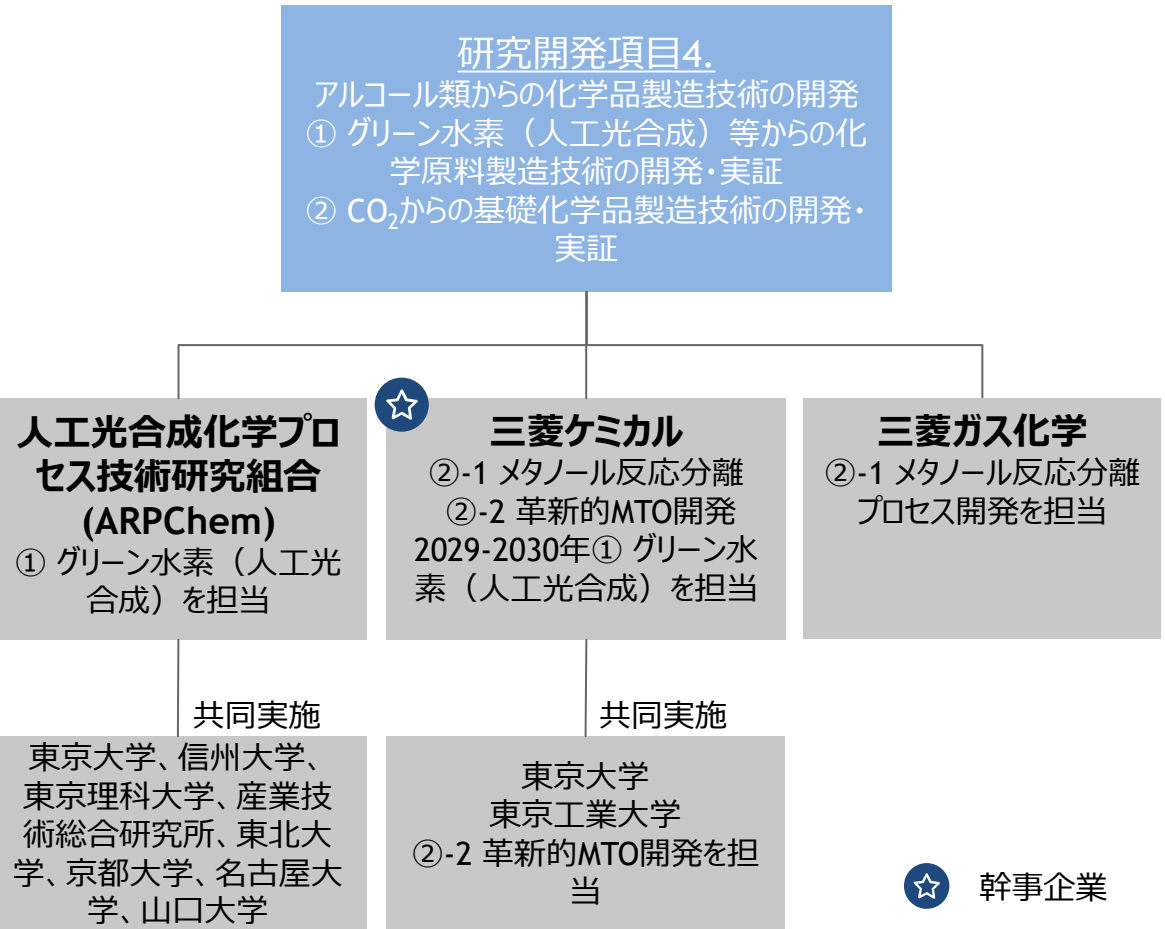
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



2. 研究開発計画／（4）研究開発体制

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図



人工光合成化学プロセス技術研究組合 プロジェクト参画企業
INPEX、JX金属、大日本印刷、デクセリアルズ、東レ、トヨタ自動車、日本製鉄、
フルヤ金属、三井化学、三菱ケミカル

各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- 研究開発項目 4 全体の取りまとめは、三菱ケミカルが行う
- 人工光合成化学プロセス技術研究組合（ARPCChem）は① グリーン水素（人工光合成）等からの化学原料製造技術の開発・実証 を担当する
- ① グリーン水素（人工光合成）等からの化学原料製造技術の開発・実証のうち光触媒の開発等を共同実施にて、東京大学、信州大学、東京理科大学、産業技術総合研究所、東北大学、京都大学、名古屋大学、山口大学が担当する
- 三菱ケミカルは、② CO₂からの基礎化学品製造技術の開発・実証（②-1 メタノール反応分離プロセス開発、②-2 革新的MTO開発）を担当する
また、2029-30はARPCChemと共同で①グリーン水素の屋外大規模実証を担当する
- ②-2 革新的MTO開発のうち、触媒の研究開発等を共同実施にて、東京大学、東京工業大学が担当する
- 三菱ガス化学は、② CO₂からの基礎化学品製造技術の開発・実証のうち、②-1 メタノール反応分離プロセス開発を三菱ケミカルと共同で担当する

研究開発における連携方法

- ARPCChem
- 全体会議を1回/年開催する。
- メタノール反応分離
- 三菱ケミカルと三菱ガス化学において、2回/年の技術会議を開催する。
- MTO開発
- 三菱ケミカル－東工大－東大にて2回/年の技術会議を開催する

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

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. 光半導体水分解触媒による安全・安価なグリーン水素製造プロセス開発	1 高活性な水分解光触媒及び光触媒シートの開発	• ARPCHEMで開発された光触媒材料に関する知財・ノウハウ • 触媒・無機材料に関する解析・シミュレーション技術 • ARPCHEMで開発された光触媒シートの作成技術・ノウハウ	→ 光触媒材料に関する知財・ノウハウを保有 → 無機材料の工業化実績 → 光触媒シートの作成技術・ノウハウを保有
	2 水素/酸素分離モジュールを組み込んだ水素回収システムの開発	• ARPCHEMで開発されたH₂/O₂分離可能なゼオライト膜、H₂/O₂混合気の消炎技術 • 筐体、光透過窓等に利用可能な樹脂材料	→ ゼオライト膜を事業化 → 各種樹脂材料製品を保有
	3 ヘクター級屋外試験設備での目標水素コストの実現可能性検証	• 触媒・無機材料等の量産製造技術 • 可燃性ガスを扱う化学プロセスの設計、運転ノウハウ • 爆発試験設備（東大柿岡、産総研）、各種の安全対策検討結果	→ 無機材料の工業化実績 → 可燃性ガスを扱う化学プロセスの設計、運転ノウハウを保有 → 爆発試験設備（東大柿岡、産総研）での効率的な安全検証実験実施可能

② CO₂からの基礎化学品製造技術の 開発・実証

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

研究開発項目

4. アルコール類からの化学品製造技術の開発

研究開発内容

① メタノール反応分離プロセス開発

② 革新的MTO触媒プロセス開発

アウトプット目標

CO₂とH₂を原料として、反応分離プロセスを用い、高効率にMeOHを製造する技術を確認する。得られたMeOHを原料として用い、MTO(Methanol to Olefin)反応により、目的とするオレフィンに需要に即した比率で製造する製造技術の確認を目指す。製造時に排出するCO₂をゼロにする技術を確認した上で、>1万トン/年規模の本格プラントの建設に繋がる触媒プロセス技術を大型パイロット試験設備で実証し、現行技術を用いたCO₂とH₂を原料としたオレフィン製造と比べて製造コスト2割減を実現する。

KPI

- ・ 反応器出口収率向上を達成可能な膜反応器を開発する。
- ・ CO₂排出 ゼロを達成する。
- ・ >1万トン/年規模の本格プラントの建設に繋がる触媒プロセス技術を大型パイロット試験設備で実証する。

- ・ エチレン又はプロピレンを高い収率で製造可能な触媒プロセスを開発する。
- ・ 1年間以上の連続運転を実施可能な触媒プロセスを開発する。
- ・ >1万トン/年規模の本格プラントの建設に繋がる触媒プロセス技術を大型パイロット試験設備で実証する。

KPI設定の考え方

- ・ 従来技術は平衡収率30-40%で、未反応原料を大量にリサイクルする必要がある。膜反応プロセスを開発し転化率を大幅に向上することで製造コスト削減を達成する。
- ・ 発熱反応の熱エネルギー等を有効利用することで外部から投入するエネルギー由来のCO₂排出ゼロを達成する。

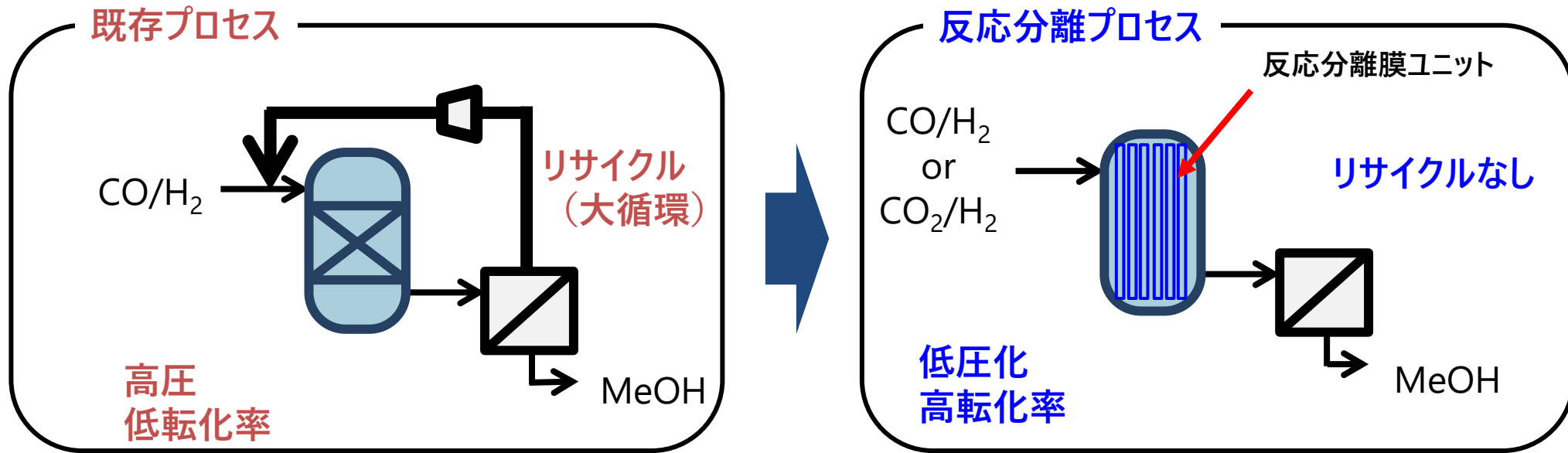
- ・ 目的とするエチレン又はプロピレンを高収率で製造可能な新規触媒を開発し、需要に合わせた原料生産を可能にすることで、製造コスト削減を達成する。
- ・ 触媒の連続再生技術等の開発により、1年以上に相当する1万時間以上の連続生産を可能にする。

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提案

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1	メタノール反応分離プロセス開発	- 反応器出口収率向上 - CO2排出:ゼロ - 大型パイロット試験設備実証	ラボレベルでの膜反応分離の確認 (TRL4) ↔ 大型パイロット機で、反応器出口向上を実証する (TRL7)	- 膜反応プロセス開発 ① 分離膜の開発 分離性能向上、低コスト化 ② 触媒最適化 膜分離への触媒最適化 ③ 膜反応器開発 低コスト反応器開発 ④ プロセス開発 & 実証 CO₂排出低減可能なトータル設計	① 80% ② 90% ③ 70% ④ 80%
2	革新的MTO触媒プロセス開発	- エチレン又はプロピレンを高収率で製造可能な触媒プロセスの開発 1年間以上の連続運転を実施可能な触媒プロセス - 大型パイロット試験設備実証	ラボレベルでの高効率MTO触媒開発 (TRL4) ↔ 大型パイロット機で、事業化を想定した条件にて実証する (TRL7)	- 新規MTO触媒開発 ① 触媒改良 高オレフィン収率、長寿命化 ② 触媒製造効率化 低コスト化、最適な触媒成型 ③ 反応器開発 高効率反応器設計、開発 ④ プロセス開発 & 実証 CO₂排出低減可能なトータル設計	① 80% ② 80% ③ 70% ④ 80%

①メタノール反応分離プロセス開発



既存プロセス（触媒のみ）

熱力学的平衡により、転化率を高めることができない
→ 平衡収率30-40%で、未反応原料を大量にリサイクル

反応分離プロセス

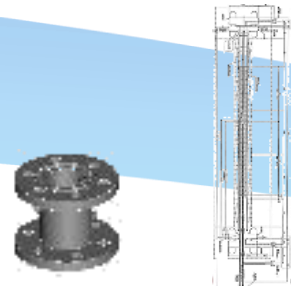
転化率の大幅な向上を目指す

①メタノール反応分離プロセス開発：技術課題と解決方法

• 実証設備設計

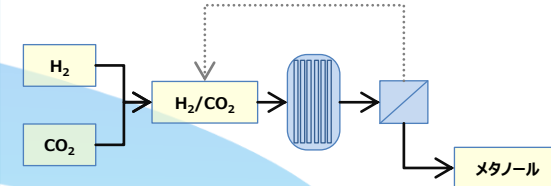
★
マイルストーン
2025

- ベンチ検討
2024～ 設計、建設
2025～ 運転検討

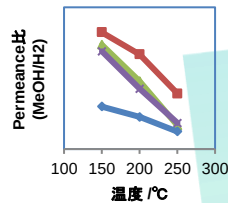


2024

- プロセス設計
2022～ プロセス最適化
コスト評価



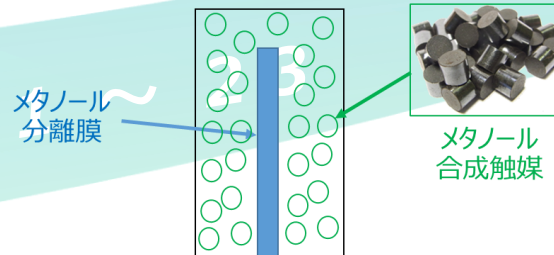
- 膜開発
2021～ 性能向上
2023～ 耐久性試験
2025～ スケールアップ



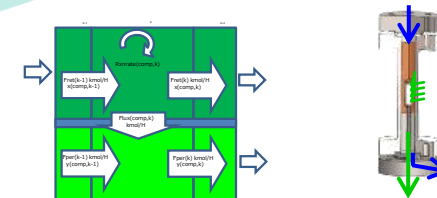
2022

- 触媒最適化
反応分離用の最適化

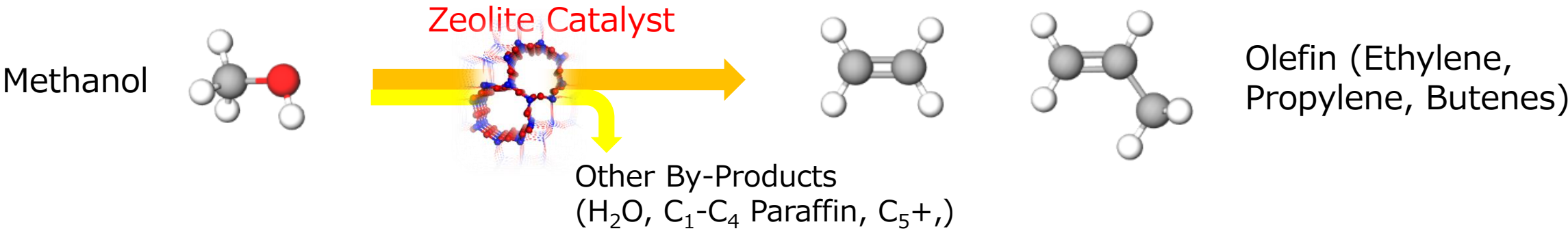
反応器断面
イメージ図



- 膜反応器設計
2022～ シミュレーション
基本構造設計
コスト低減検討



②革新的MTO触媒プロセス開発



※文献情報を元に算出

既存触媒	反応成績※
SAPO-34	エチレン39% プロピレン39%
ZSM-5	プロピレン65-70%



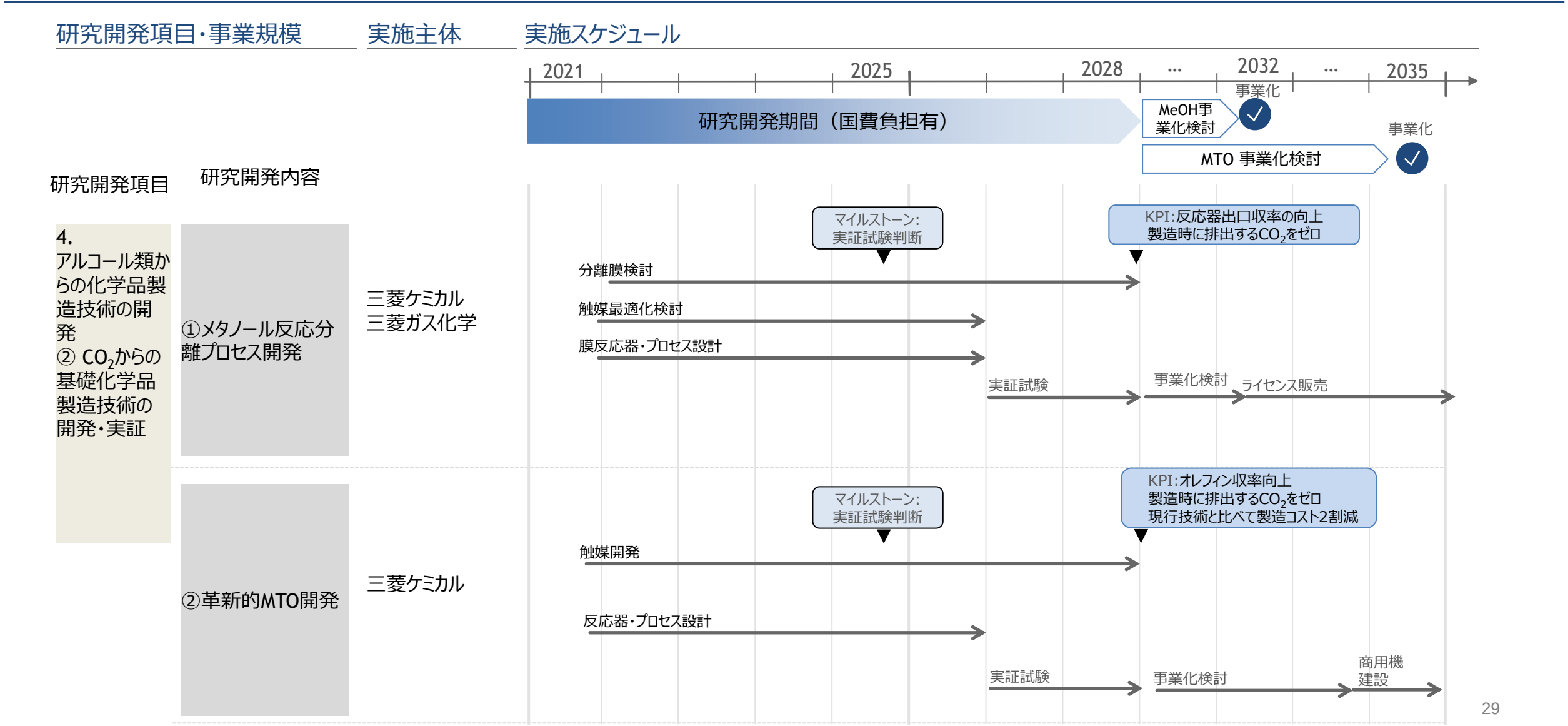
※ラボワンパス選択率

開発触媒	反応成績
MTE	エチレン70%※
MTP	プロピレン76%

既存のMTO触媒と比較して、エチレンおよびプロピレンを選択的に製造可能なMTE触媒、MTP触媒をNEDO-人工光合成プロジェクトにて開発

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

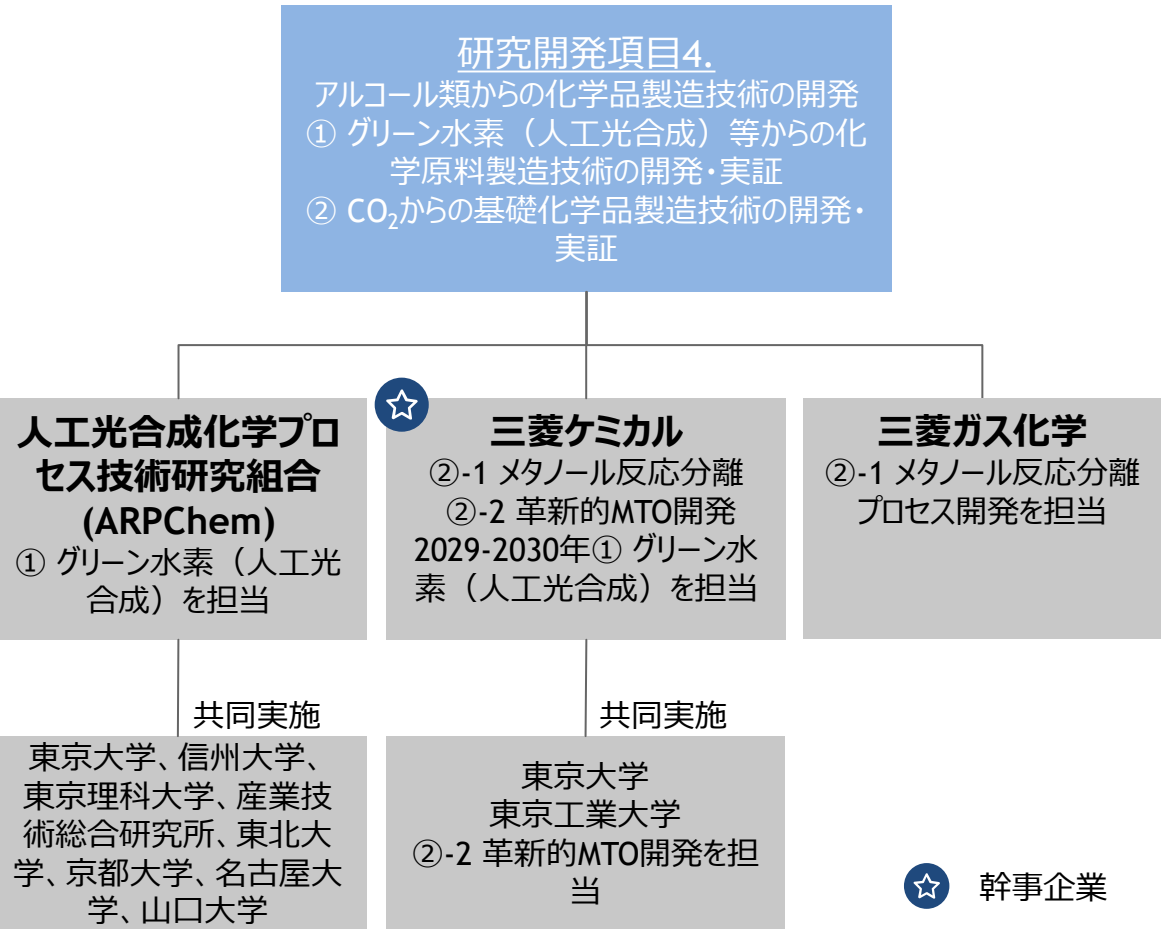
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



2. 研究開発計画／（4）研究開発体制

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図



人工光合成化学プロセス技術研究組合 プロジェクト参画企業
INPEX、JX金属、大日本印刷、デクセリアルズ、東レ、トヨタ自動車、日本製鉄、
フルヤ金属、三井化学、三菱ケミカル

各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- 研究開発項目 4 全体の取りまとめは、三菱ケミカルが行う
- 人工光合成化学プロセス技術研究組合（ARPCChem）は① グリーン水素（人工光合成）等からの化学原料製造技術の開発・実証 を担当する
- ① グリーン水素（人工光合成）等からの化学原料製造技術の開発・実証のうち光触媒の開発等を共同実施にて、東京大学、信州大学、東京理科大学、産業技術総合研究所、東北大学、京都大学、名古屋大学、山口大学が担当する
- 三菱ケミカルは、② CO₂からの基礎化学品製造技術の開発・実証（②-1 メタノール反応分離プロセス開発、②-2 革新的MTO開発）を担当する
また、2029-30はARPCChemと共同で①グリーン水素の屋外大規模実証を担当する
- ②-2 革新的MTO開発のうち、触媒の研究開発等を共同実施にて、東京大学、東京工業大学が担当する
- 三菱ガス化学は、② CO₂からの基礎化学品製造技術の開発・実証のうち、②-1 メタノール反応分離プロセス開発を三菱ケミカルと共同で担当する

研究開発における連携方法

- ARPCChem
- 全体会議を1回/年開催する。
- メタノール反応分離
- 三菱ケミカルと三菱ガス化学において、2回/年の技術会議を開催する。
- MTO開発
- 三菱ケミカル－東工大－東大にて2回/年の技術会議を開催する

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

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
4.アルコール類からの化学品製造技術の開発 ② CO ₂ からの基礎化学品製造技術の開発・実証	1 メタノール反応分離プロセス開発	- ゼオライト分離膜を用いた反応器中よりメタノールを選択的に分離する技術、知的財産（三菱ケミカル） - ゼオライト分離膜の量産技術（三菱ケミカル、液分離で量産） - ゼオライト分離膜を用いた膜反応器のベンチスケール実証設備（三菱ケミカル） - CO₂とH₂を原料としたメタノール製造の触媒技術（三菱ガス化学） - CO₂とH₂を原料としたメタノール製造のパイロット機の所有（三菱ガス化学）	- メタノールのみを選択的に分離可能な膜は当技術のみ - 特殊なゼオライト膜の量産技術を有するのは三菱ケミカルのみ - ゼオライト膜反応器をベンチスケールで実証しているのは三菱ケミカルのみ - 高耐久性触媒を保有、自社生産できる - 多様なガスで実証可能な多目的設備
	2 革新的MTO触媒プロセス開発	- エチレンを選択的に製造できるMTE（Methanol to Ethylene）触媒技術を保有 - プロピレンを選択的に製造でき、かつ高耐久なMTP（Methanol to Propylene）触媒技術を保有	- 現在中国等で量産化されているMTO触媒に比べ、エチレンを選択的に製造することが可能となり、コスト優位性がある。また、海外ライセンサーに依存しない生産体制が構築できる。 - 現在中国等で量産化されているMTP触媒に比べ、より高耐久で大幅なコスト低減が期待できる。また、海外ライセンサーに依存しない生産体制が構築できる。

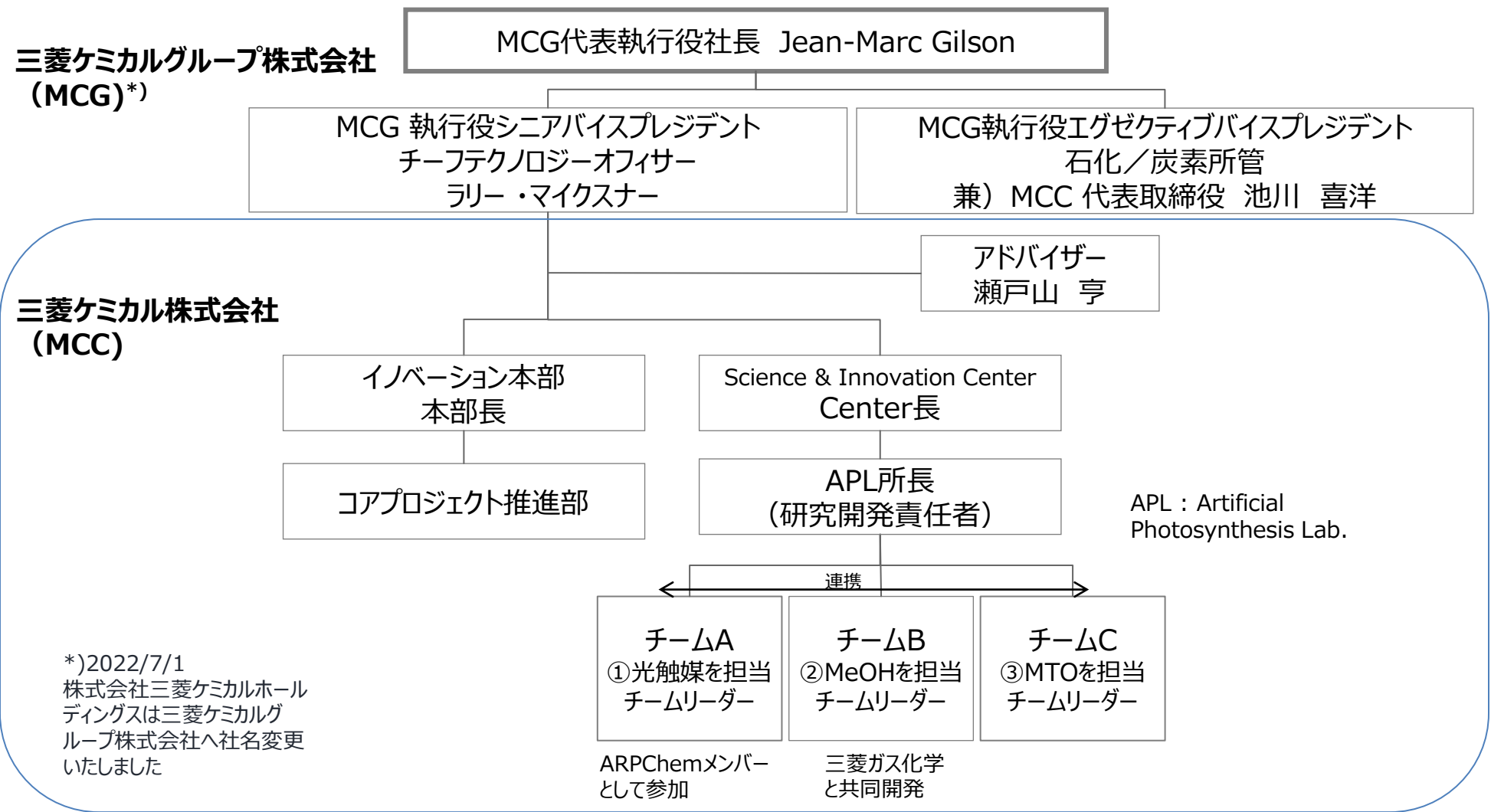
3. イノベーション推進体制

(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



*)2022/7/1
株式会社三菱ケミカルホールディングスは三菱ケミカルグループ株式会社へ社名変更いたしました

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
 - プロジェクト全体の計画・連携を担当
 - 担当チーム
 - チームA：
①光触媒開発を担当。
2021-27年はARPChemメンバーとして、開発を実施する
 - チームB：
②MeOH反応分離を担当。
三菱ガス化学と共同でMeOH製造プロセスを開発する
 - チームC：
③MTO開発を担当
 - イノベーション本部：
事業化を担当

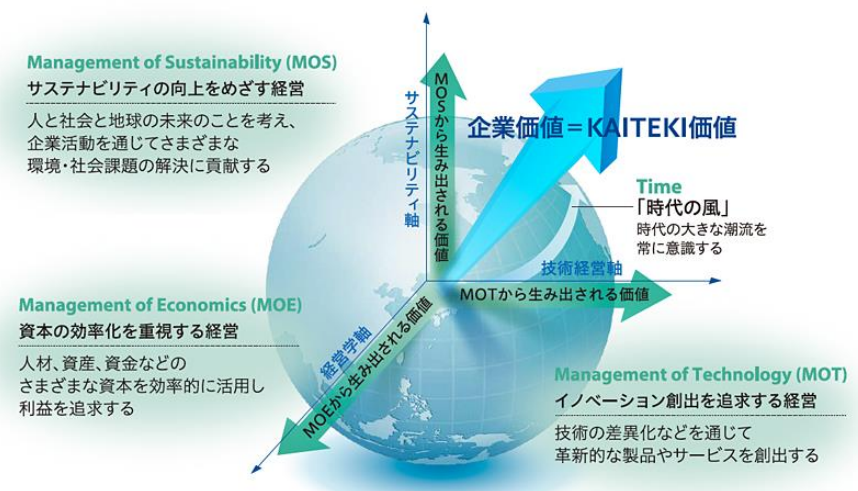
3. イノベーション推進体制／（2）マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与

経営者等による人工光合成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
 - 三菱ケミカルのビジョン・・・KAITEKI実現
「人、社会、そして地球の心地よさがずっと続いていくこと」をKAITEKIと名付けました。KAITEKI実現のために、化学を基盤に機能商品、素材関連の事業を通じて、これらの環境・社会の課題解決に対するソリューションを提供していきます。さらに広く人・社会・地球の持続可能な発展への貢献をめざしています。
 - KAITEKI実現に向けて、取り組むべき重要課題（マテリアリティ）の特定と、それらの優先順位づけを実施しています。その中で地球環境に関連するマテリアリティとして気候変動への対応、資源・エネルギーの効率的利用を最重要課題と特定しています。

- 気候変動の影響を軽減するための取り組みとして、従来の一方通行のリニアエコノミーから、リサイクルを含む資源の有効活用や再生可能原料の使用などをはじめとするサーキュラーエコノミー（循環型経済）への移行を推進して行きます。具体的には、グリーントランスフォーメーション推進本部の設立や、廃プラスチックリサイクル体制の構築に加え、CO₂を原料化し化学品を製造するNEDO人工光合成プロジェクトを2012年より推進しております。
- 組織制度・組織文化の醸成
2019年より「主体的なキャリア形成」「透明性のある処遇・報酬」「多様性への促進と支援」をキーワードに新たな人事制度改革に着手し、従業員一人ひとりが新たなチャレンジに挑み、創造性を発揮していくことで、KAITEKIを実現する文化の醸成を進めています。
- 事業のモニタリング・管理
 - イノベーション所管常務執行役員へ4半期ごとに本事業の研究開発の進捗をReviewし、各種状況変化への対応策を議論決定します。
 - 本事業の研究開発の進捗・状況について、経営執行会議にて定期的に報告します。経営執行会議は、社長の意思決定を補佐する諮問機関として、三菱ケミカルおよび三菱ケミカルグループの経営に関する重要な業務執行について審議をしています。



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

経営戦略における主な取り組みである炭素循環の重要な施策として人工光合成事業を位置づけ

経営戦略、及びサステナビリティへの取り組み

- 2050年のめざすべき社会とグループのありたい姿を想定し、そこからバックキャストして2030年のあるべき企業像と成長の道筋を明確にした中長期経営基本戦略「KAITEKI Vision30（KV30）」を策定しました。
- KV30目標を実現するためMOE(Management of Economics)とMOS(Management of Sustainability)を両立させ、サステナビリティに関する社会課題解決に繋がる取り組みを強化します。また、サーキュラーエコノミーに関するソリューション提案と事業化を推進し、循環型ビジネスへの転換を推進します。その中で政府方針である2050年カーボンニュートラル達成へ向けた基盤構築をめざします。
炭素(CO₂)の循環、プラスチックの循環、水資源の循環を重点的に取り組む領域とし、LCAツールの進化を進めて行きます。
炭素(CO₂)の循環においては、生産活動におけるCO₂の削減、GHG削減に貢献する製品の開発に加え、“人工光合成”技術によりCO₂の有効利用、資源化に貢献します。

サステナビリティへの取り組み



LCAツールの進化 ▶ 算定体制を構築し、バリューチェーン全体で環境負荷削減へ貢献する製品・サービスの強化へつなげる

カーボンニュートラルに向けた取り組みの公表・説明

以下の目標を設定し、事業及び研究開発に取り組むことを公表(2021/10)

- GHG排出量の削減目標
2050年のカーボンニュートラルの実現に向けて、2030年度までに目指す当社グループのGHG排出量の削減目標（Scope1, Scope 2）を以下の通り設定いたします。
日本 2013年度比で43%以上の削減を目指す
海外 2019年度比で32%以上の削減を目指す
- 目標達成に向けた取り組みの強化
 - エネルギー転換の実施
 - 社内炭素価格制度の導入
 - カーボンフットプリント算定体制の強化

2-② 社内炭素価格制度について、研究開発の投資判断にも制度対象を拡大させ、最終的には事業ポートフォリオ戦略の指標としても活用していくことを検討する。

ステークホルダーに対する公表・説明

- 情報開示の方法
 - サステナビリティ・レポート内のSDGsへ向けた取り組み等において、本事業への取り組みを情報発信します。
 - 採択された場合に、プレスリリース等により対外公表予定です。

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
 - **実施体制**：イノベーションを所管する役員のもと中長期のビジネスに貢献することが期待される重点研究領域のひとつとして位置づけ、重点的に資源を配分するとともに、必要に応じ追加的にリソース投入していく。
 - **外部リソース**：光触媒水素製造においては、技術組合ARPCChemの一員として参加しているが、参加企業と協力し研究開発をすすめ、実証試験に進んでいく段階で、各社の技術をくみ上げ全体システムを構築することにより、早期に実用化に結び付ける体制を構築する。
MeOH反応分離、MTO(Methanol to Olefin)に関しては、必要に応じ外部のエンジニアリング会社、設計会社、部材メーカーに外注することにより、開発の加速を試みる。
 - **プロトタイプ**：光触媒水素製造に関しては、ARPCChem内水素ユーザーや商社等と情報交換することにより、ニーズを把握する。
MTOに関しては、社内事業部と情報交換することでオレフィンのニーズを把握する。
- 人材・設備・資金の投入方針
 - **人材**：横浜のScience & Innovation Centerを中心として基礎的な技術を開発するとともに、福岡研究所・岡山研究所等と共同で開発する。MeOH反応分離膜の開発においては、三菱ガス化学と共同で実験を行う。また、光触媒開発においては、ARPCChemの研究員として、大学に研究員を派遣予定である。

専門部署の設置

- 専門部署の設置
 - **専門部署**：イノベーション本部内に人工光合成プロジェクトの事業化担当を設置
 - **社内体制**：持続的な資源・エネルギーの循環を推進するグリーントランスフォーメーション推進本部と協力し、全体戦略を常に検証していく。特にカーボンニュートラルに向けた取り組みを検討しており、プラスチックのリサイクル、バイオ原料の利用、及びCO₂の原料化を進める人工光合成プロジェクトを含め、総合的に考えカーボンニュートラル社会に貢献すべくビジネス化していく。
- 若手人材の育成
 - ナフサを原料とする石油化学から、CO₂とH₂を原料とする化学品製造という大きな産業構造転換に合わせ、世界にライセンスできる技術を作り上げることができる人材を育成する。
 - ARPCChemに参加し、大学等の研究機関との共同研究を通じて、世界最先端の光触媒技術を共同で開発し、研究成果を即開発に進める体制を整える。大学へ研究員を派遣すること等を通して、企業内の若手研究者を育てるとともに、大学－企業のコネクションを作る。

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、想定外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

- 研究開発目標大幅未達によるリスク
→ 研究進捗の管理を十分に行うとともに、状況に応じを実施機動的に外部も含めリソースの配分を検討する。
- 当該技術より大幅にコストを低減できる新規競合技術が出現するリスク
→ 競合技術の競争力について検討し、NEDOと十分協議を行いその影響について把握するとともに、必要に応じ開発目標を変更する。

社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- 光触媒による安価H₂が実用化する前に、海外からのCO₂フリー輸入H₂等の使用によるオレフィンを想定しているが、十分に輸入H₂の価格が下がらないリスク
→ 海外でのオレフィン製造での実用化の可能性を検討する
- CO₂原料の化学品が高コストになるが、CO₂低減という環境価値が評価されず、市場で受け入れられない
→ バイオプラスチック、リサイクルプラスチックと並行し、CO₂原料プラスチックの環境価値を十分にアピールし、その制度を整備する。

その他（自然災害等）のリスクと対応

- 世界的な情勢等により燃料代、電気代等が想定より大幅に変動し、参照値や目標値が大きく変動するリスク
→ 想定が大幅に変更となった場合は、目標値の見直しを大なう。



- 事業中止の判断基準：
研究開発目標が大幅に未達の場合
研究開発目標が達成しても、想定していた状況が変わり、競合技術に対して十分優位性を出すことができないことが判明した場合
当該技術より大幅にコストを低減できる新規競合技術が出現した場合