

カーボンリサイクルを志向した化成品 選択合成技術の研究開発

2025年1月27日

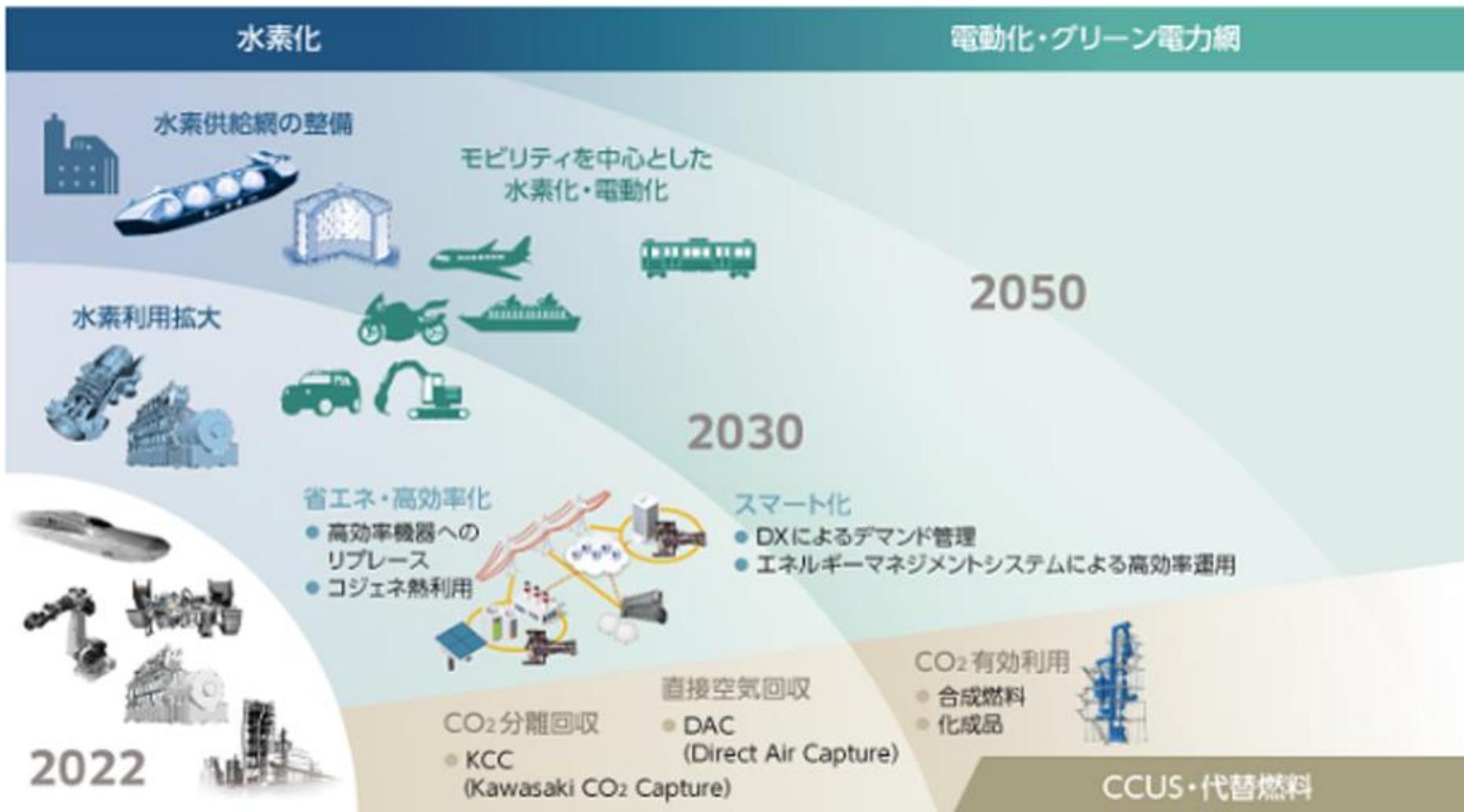
川崎重工業株式会社
術開発本部 技術研究所
環境システム研究部
谷山 教幸

会社概況

- | | |
|-----------|----------------------------|
| 1. 商号 | 川崎重工業株式会社 |
| 2. 本社所在地 | 神戸市中央区東川崎町1丁目1番3号 |
| 神戸本社 | 東京都港区海岸1丁目14番5号 |
| 東京本社 | |
| 3. 創業 | 明治11年（1878年）4月 |
| 4. 設立 | 明治29年（1896年）10月15日 |
| 5. 資本金 | 1,044億円 |
| 6. 従業員数 | 39,689人（連結） |
| 7. 連結子会社数 | 105社（2024年4月1日現在） |
| 8. 主要生産拠点 | 国内17ヶ所 海外24ヶ所（2024年4月1日現在） |

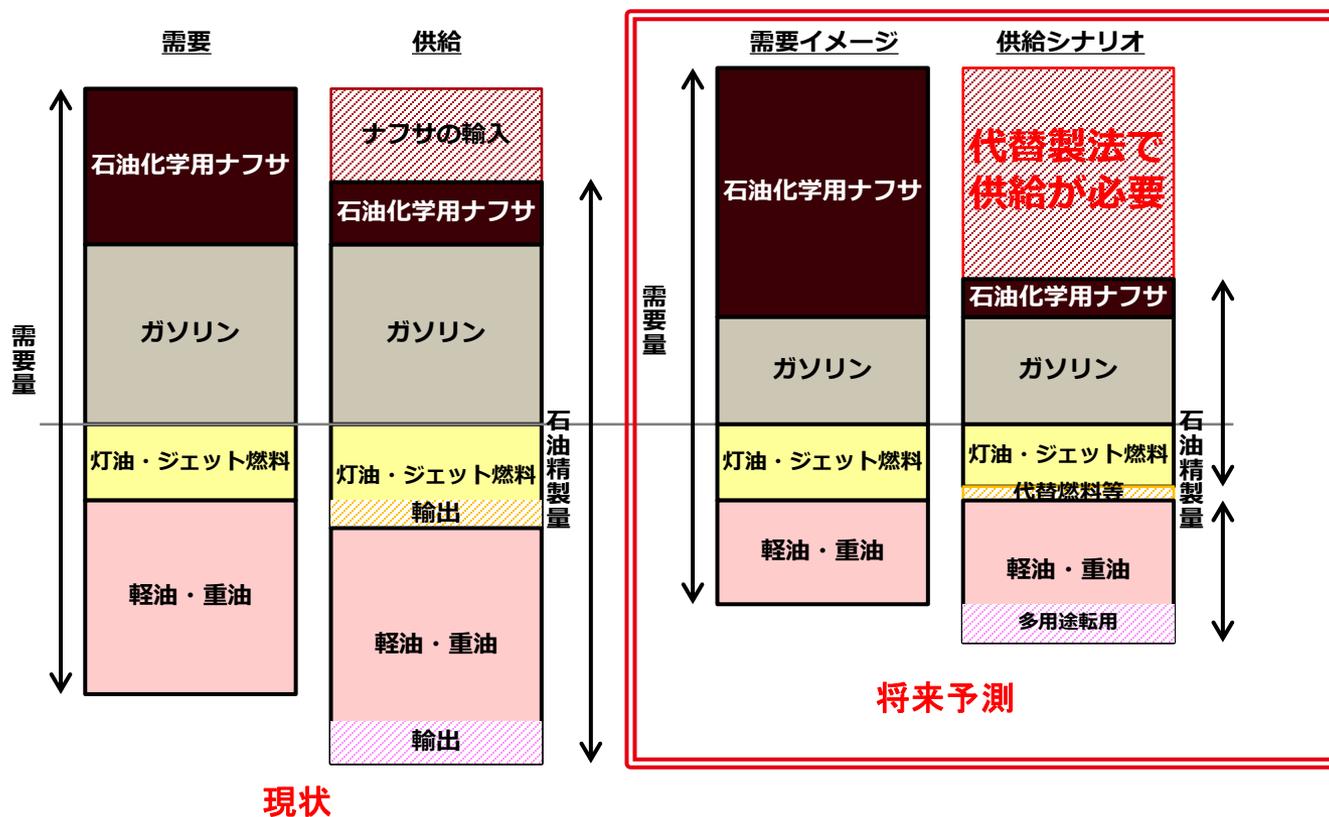
（2024年3月31日現在）

川崎重工業のカーボンリサイクルに向けた取り組み



出典: 川崎重工業 ホーム > サステナビリティ > 環境 > CO₂ FREE(脱炭素社会の実現).

石油化学分野の需給イメージ

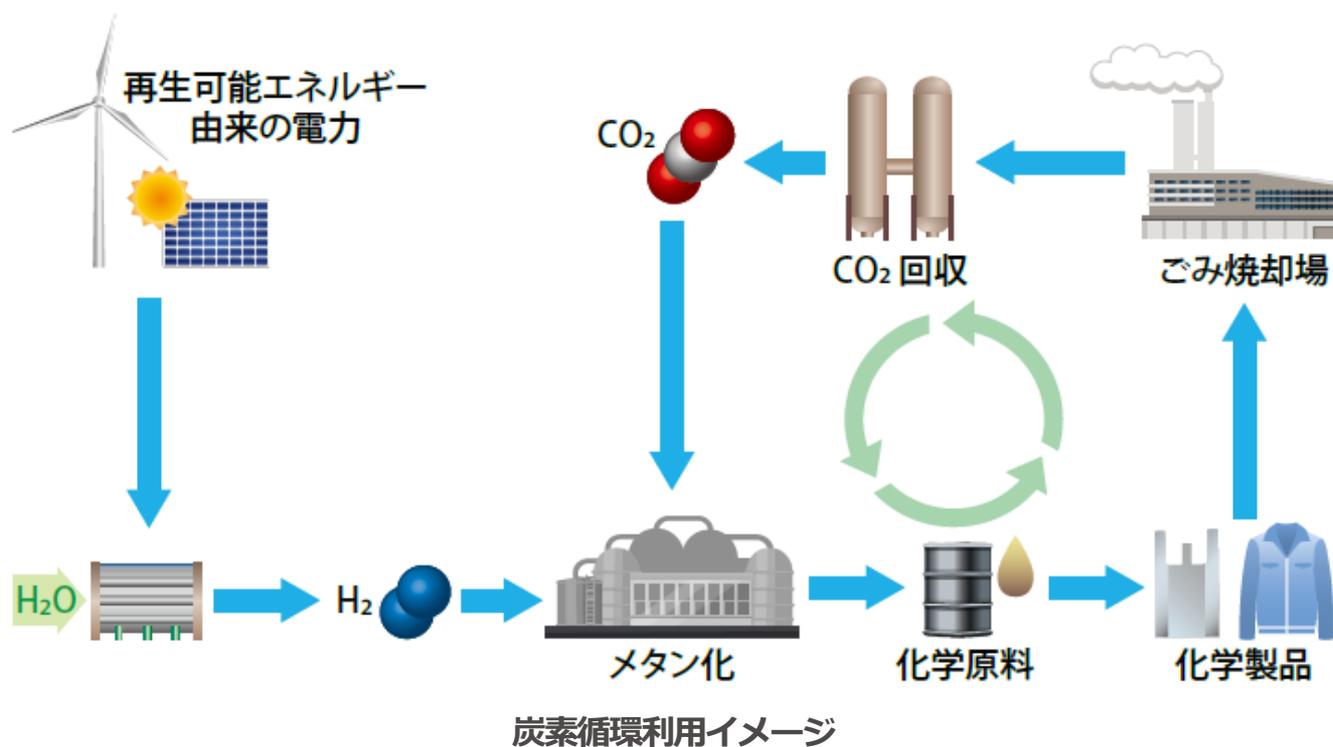


- ・ 石油の需要の減少に伴い、ナフサの不足が進むと予測
- ・ 不足するナフサを原料とする石油化学基礎製品を代替製法で供給する技術のニーズが高まる

参考資料: 資源エネルギー庁 資源・燃料部: 中長期を見据えた資源・燃料政策の視点について, (2018), p.40.

CO₂からの基礎化学製品の特長

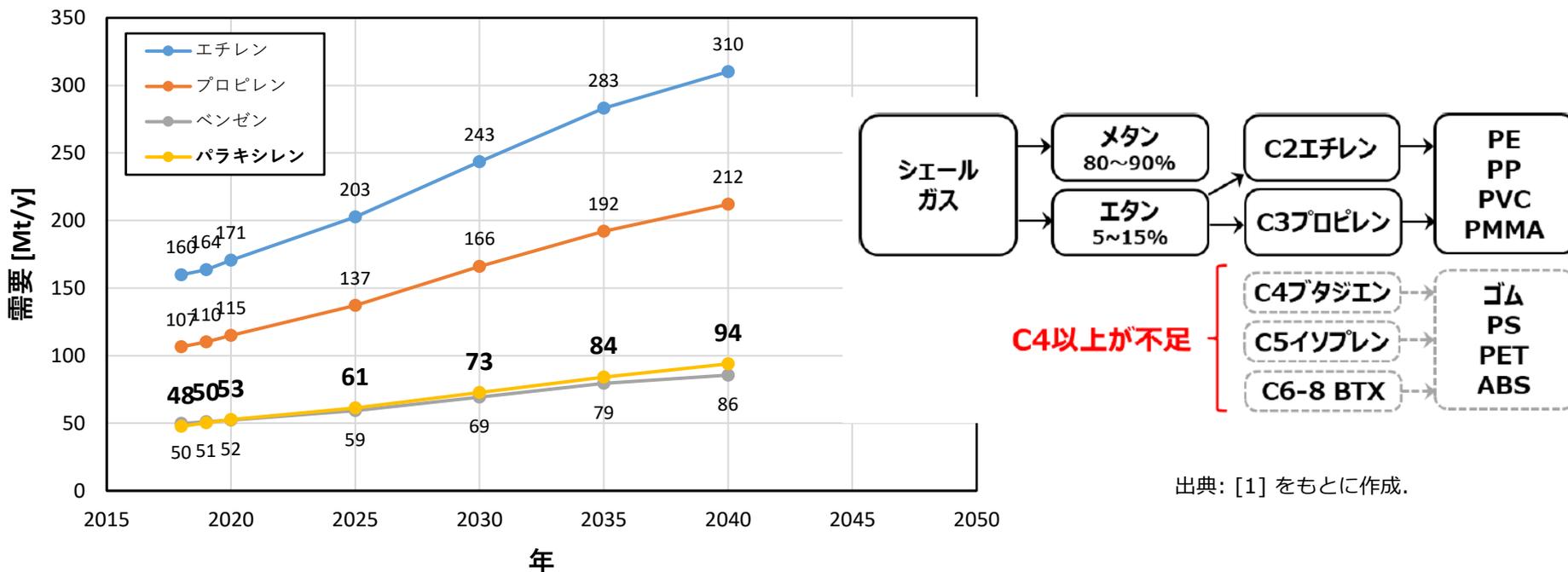
- CO₂の年単位の長期間固定が可能
- ごみ焼却場等と組み合わせることにより、炭素の循環利用が比較的容易



出典：環境省：CCUSを活用したカーボンニュートラル社会の実現に向けた取り組み, (2020.2), p.2.

基礎化学製品について

- ・石油化学基礎製品の需要は、今後も増加が予想されている。
- ・石油化学基礎製品のエチレン、プロピレンはシェールガス由来で代替可能。
- ・一方、C6-8 BTXは代替困難

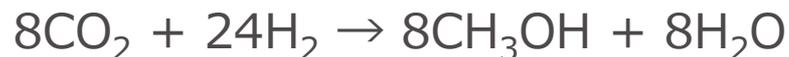


- ・CO₂から製造する石油化学基礎製品では、パラキシレンが有望

出典: [1] 経済産業省: 化学産業のカーボンニュートラルに向けた国内外の動向, (2023.1), p.7.

CO₂からのパラキシレン合成について

- ・以下の反応により、CO₂からパラキシレンが合成される



(いずれの反応でも副生水が生成)

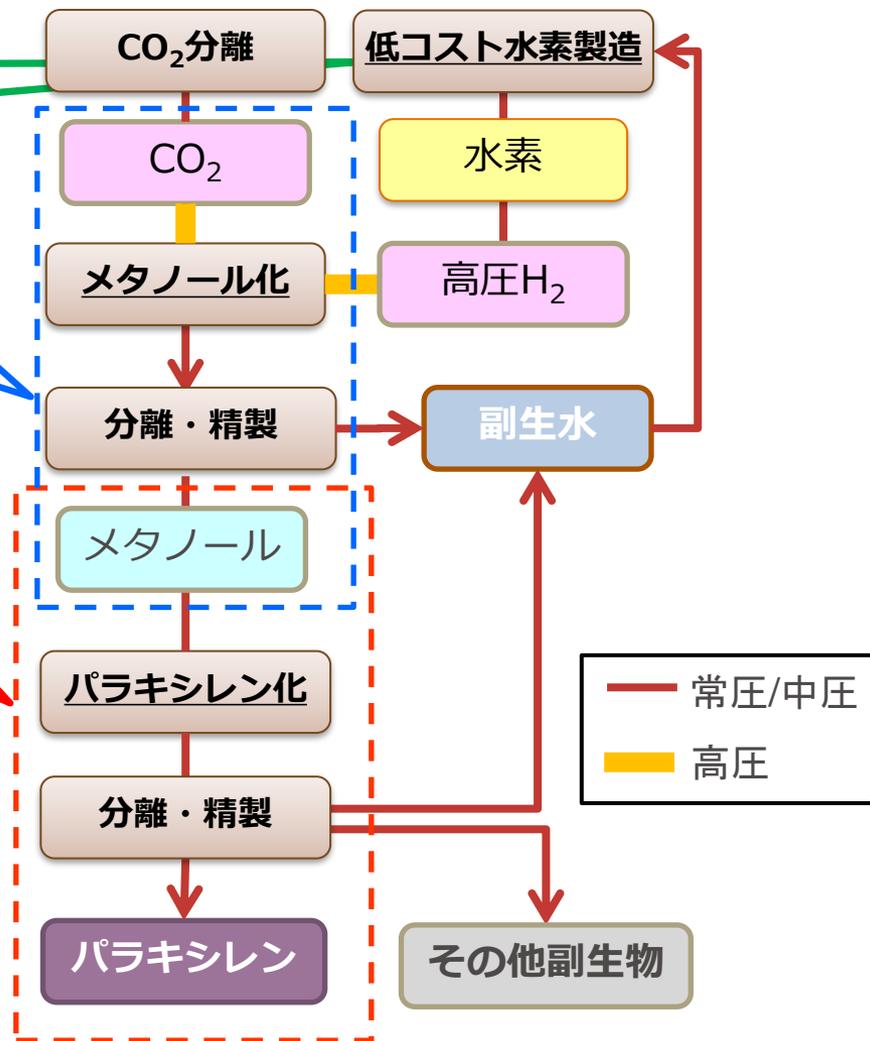
- ・理論上は、パラキシレンを1t合成することで、CO₂を最大3.3t固定することが可能

事業概要

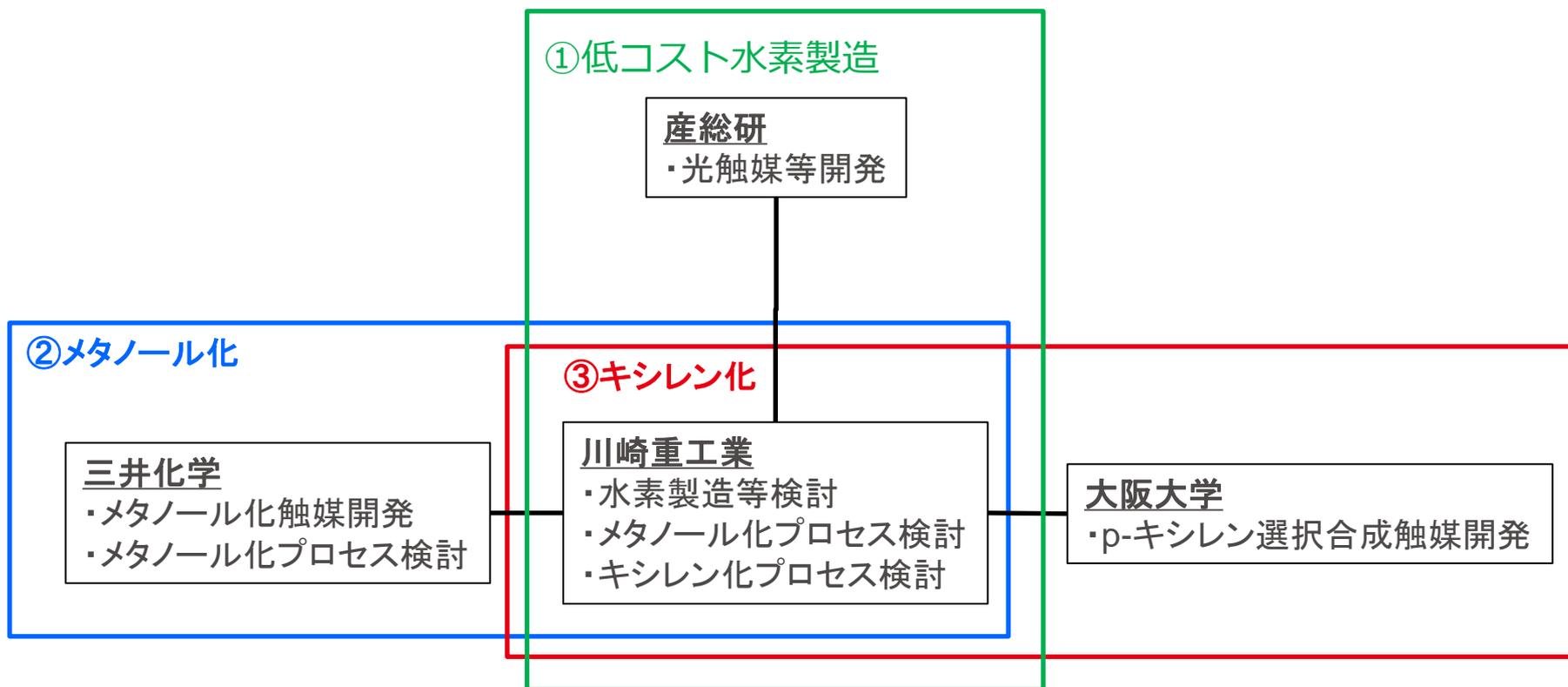
①光触媒Hybrid水電解システムの開発

②CO₂からのメタノール合成プロセスの開発

③メタノールからのパラキシレン合成プロセスの開発

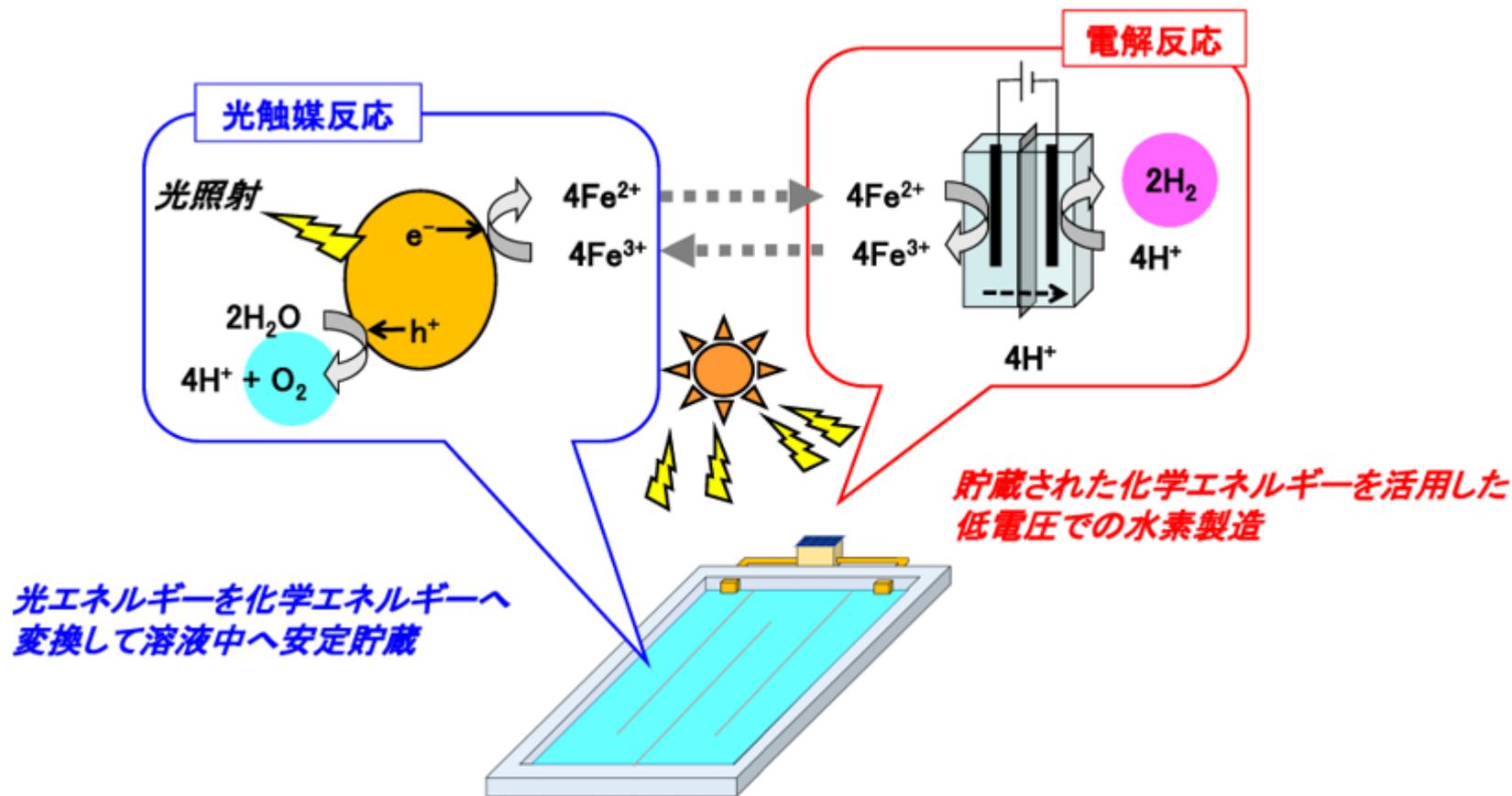


開発体制



- ・ 大阪大学、川崎重工業は、NEDOからの委託先として事業実施
- ・ 産総研、三井化学は、川崎重工業からの再委託先として事業実施

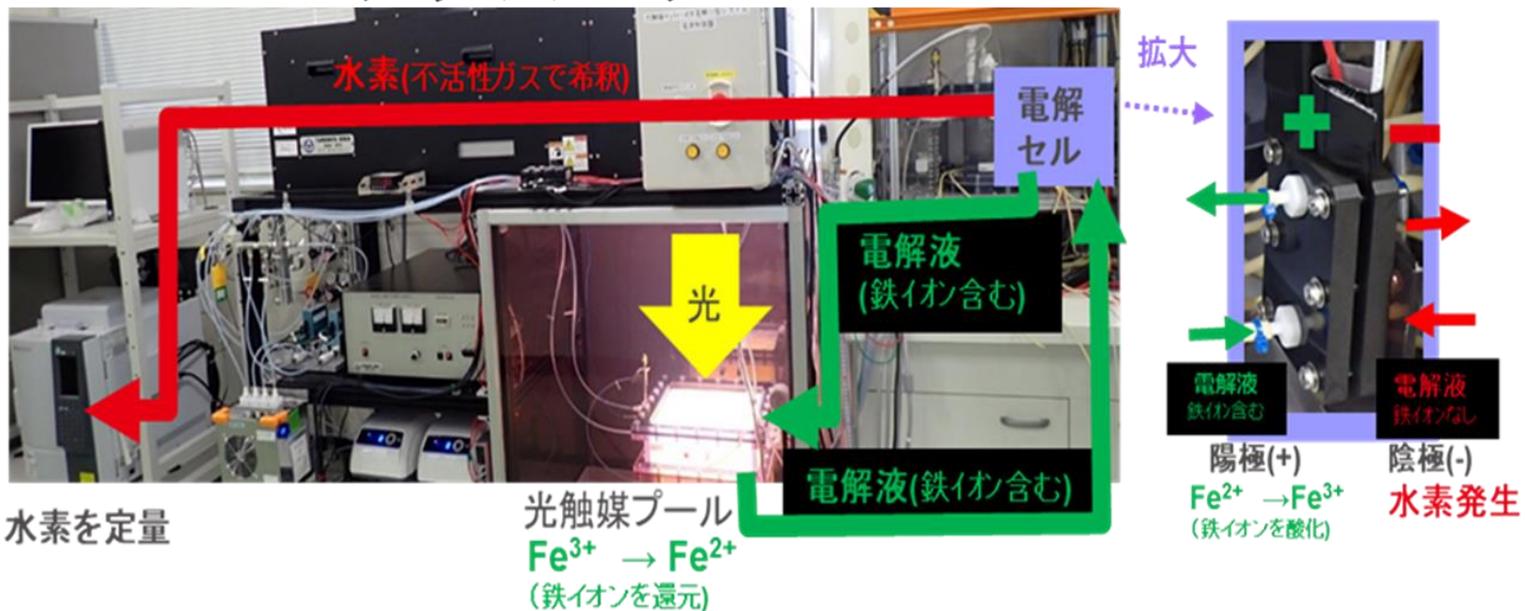
光触媒-電解ハイブリッド水素製造 概要



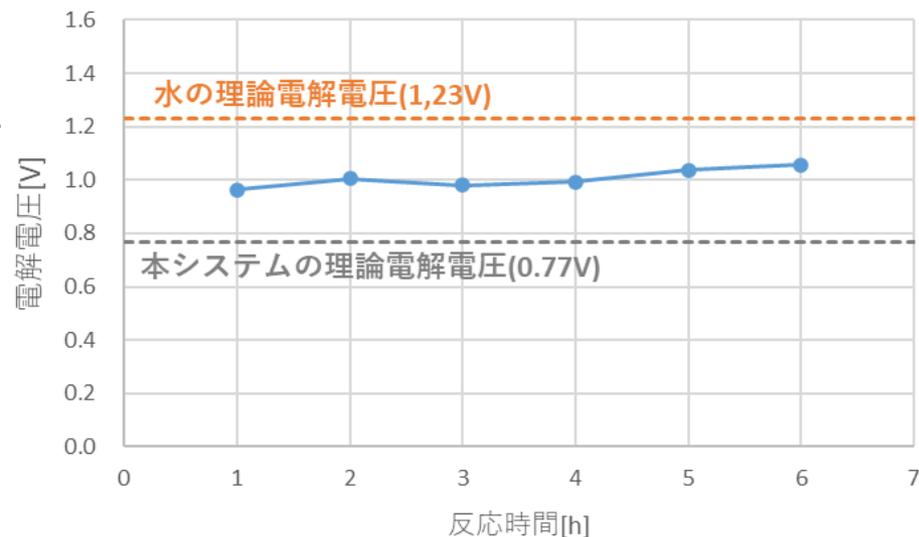
特長： 酸素と水素が分かれて生成する
太陽光エネルギーを貯蔵可能で、需要に合わせたタイムシフトに対応可能

光触媒-電解ハイブリッド水素製造 小型システム試験

ソーラーシミュレータ

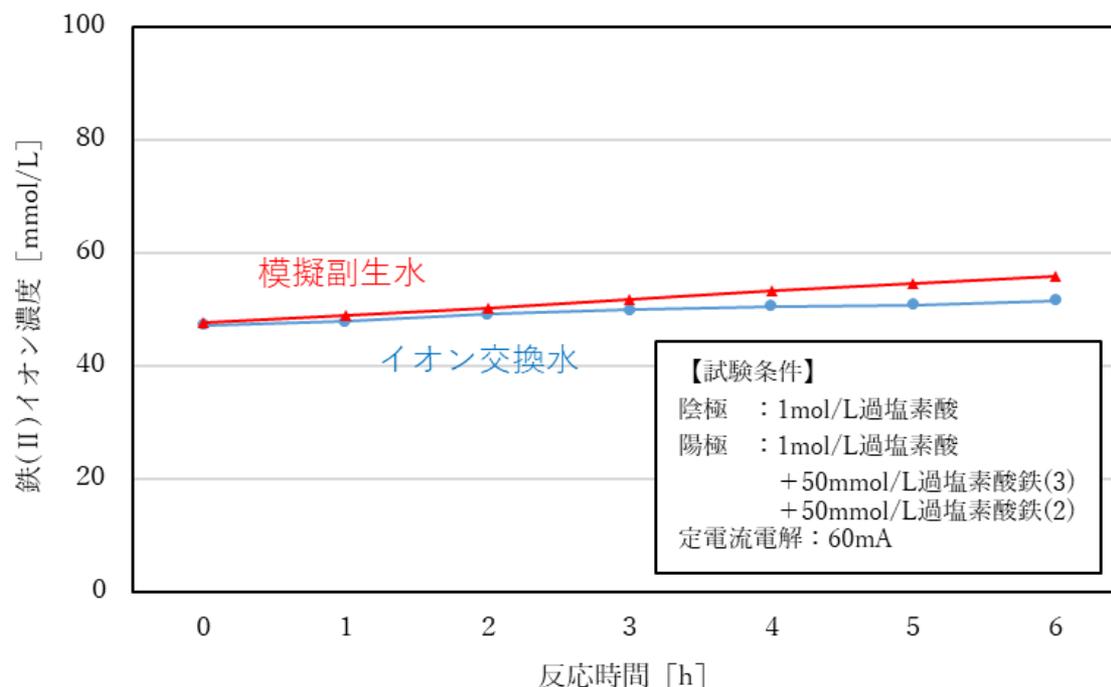


- 光触媒反応と水電解反応を組み合わせた小型システムを作製
- 水の理論電解以下で水素生成可能なことを確認



光触媒-電解ハイブリッド水素製造 副生水利用可能性

CO₂からパラキシレンを製造する際に複製する水を水電解して水素を製造することを想定



- 模擬副生水を用いた水素製造の可能性を確認
光触媒反応により生成する二価の鉄イオンの生成量は低減しない
模擬副生水による電解電圧の変化も確認されず

CO2からのパラキシレン合成プロセスの開発

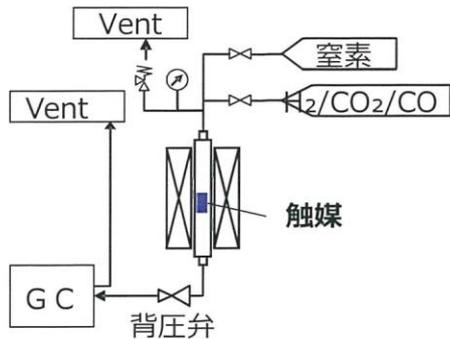


- メタノール合成、パラキシレン合成各々で最適な反応温度とするため、二段階での合成プロセスとする

メタノール ラボ試験装置

場所: 三井化学 VISION HUB® SODEGAURA

<小型高压活性試験装置>

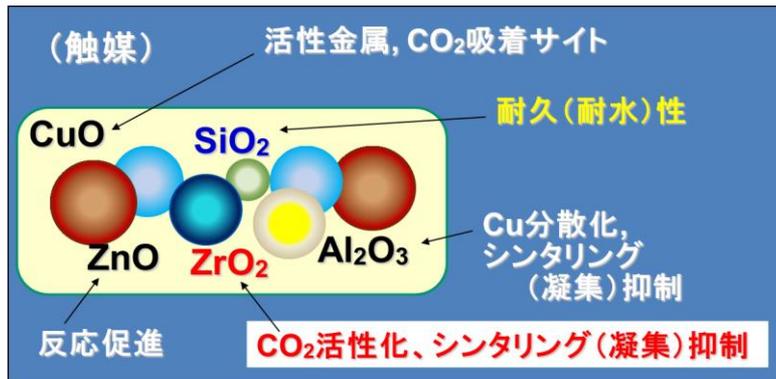


メタノール触媒開発

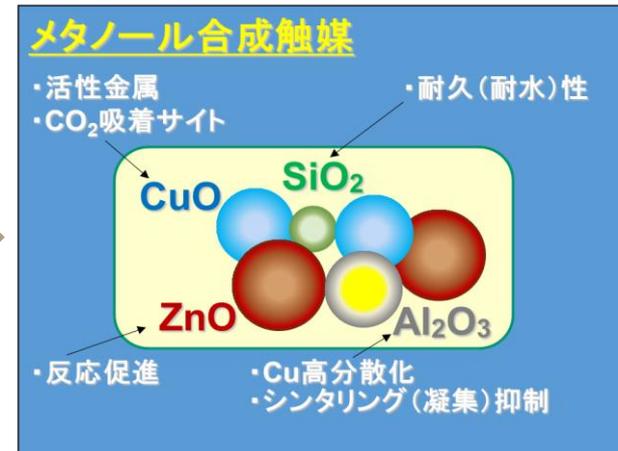
三井化学の知見を活かして、RITE触媒（ベンチマーク）の課題である触媒コストの低減を図る。

- 1) ZrO_2 を除去し、活性成分のCuおよび反応促進剤の ZnO の含有量増加
- 2) 触媒の耐水性向上の為、 SiO_2 の含有割合増加

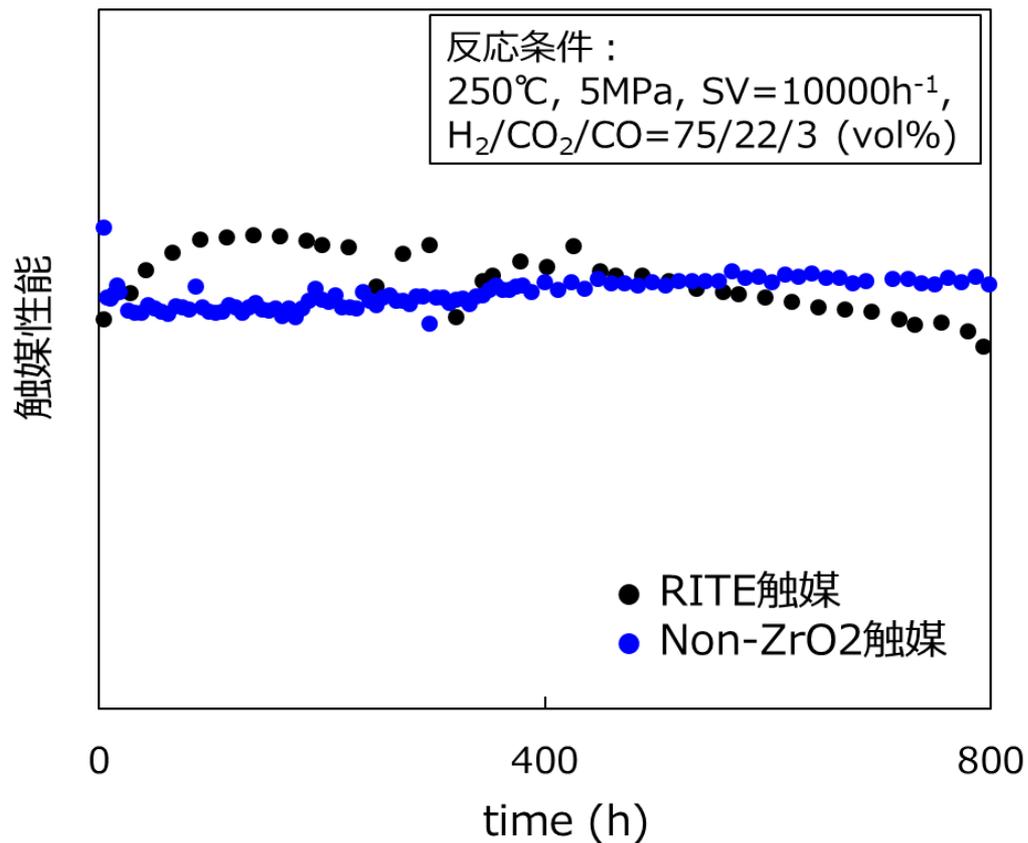
RITE触媒



Non- ZrO_2 触媒



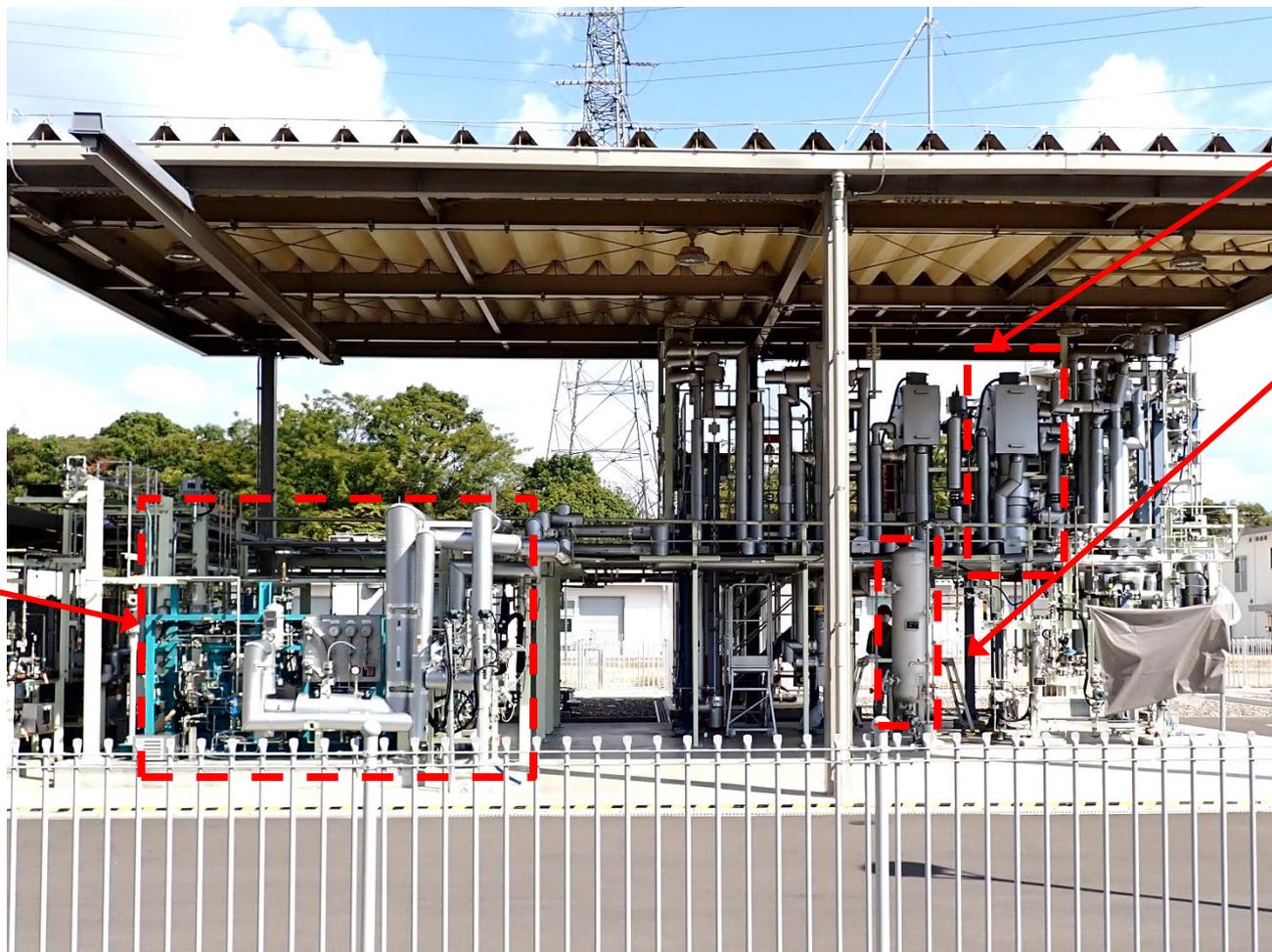
メタノール ラボ試験結果



- ・ RITE触媒と比較し、Non-ZrO₂触媒は、同程度の性能を有していることを確認

メタノール ベンチ試験装置

目的：成型触媒で、実機を模擬したプロセスでの触媒性能評価
場所：カーボンリサイクル実証研究拠点



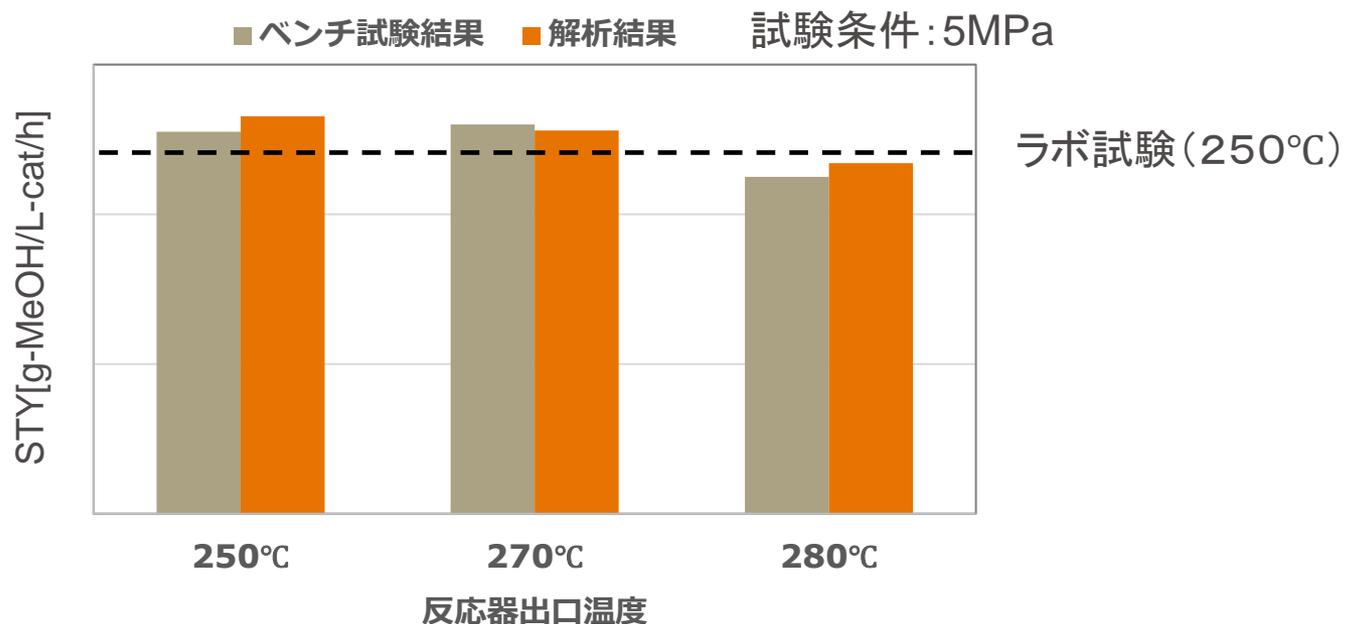
圧縮機

反応器

生成物貯槽

メタノール ベンチ試験結果

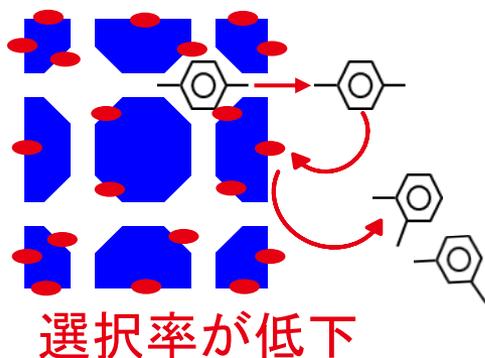
実機を模擬したプロセスでの触媒性能を確認すべく、メタノール収量を測定



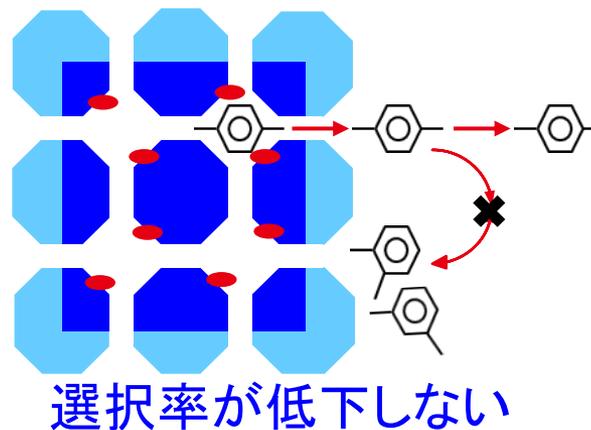
- ・ ベンチ試験装置でも、ラボ試験設備と同等のメタノール収量が得られることを確認

パラキシレン触媒開発

- ・ 活性成分(コア)を活性のない成分(シェル)で被覆することで、触媒表面での副反応を抑制
- ⇒パラキシレン選択性の高い触媒を大阪大学と共同で開発
また、kgレベルで大量合成した造粒触媒製造手法を検討



従来触媒



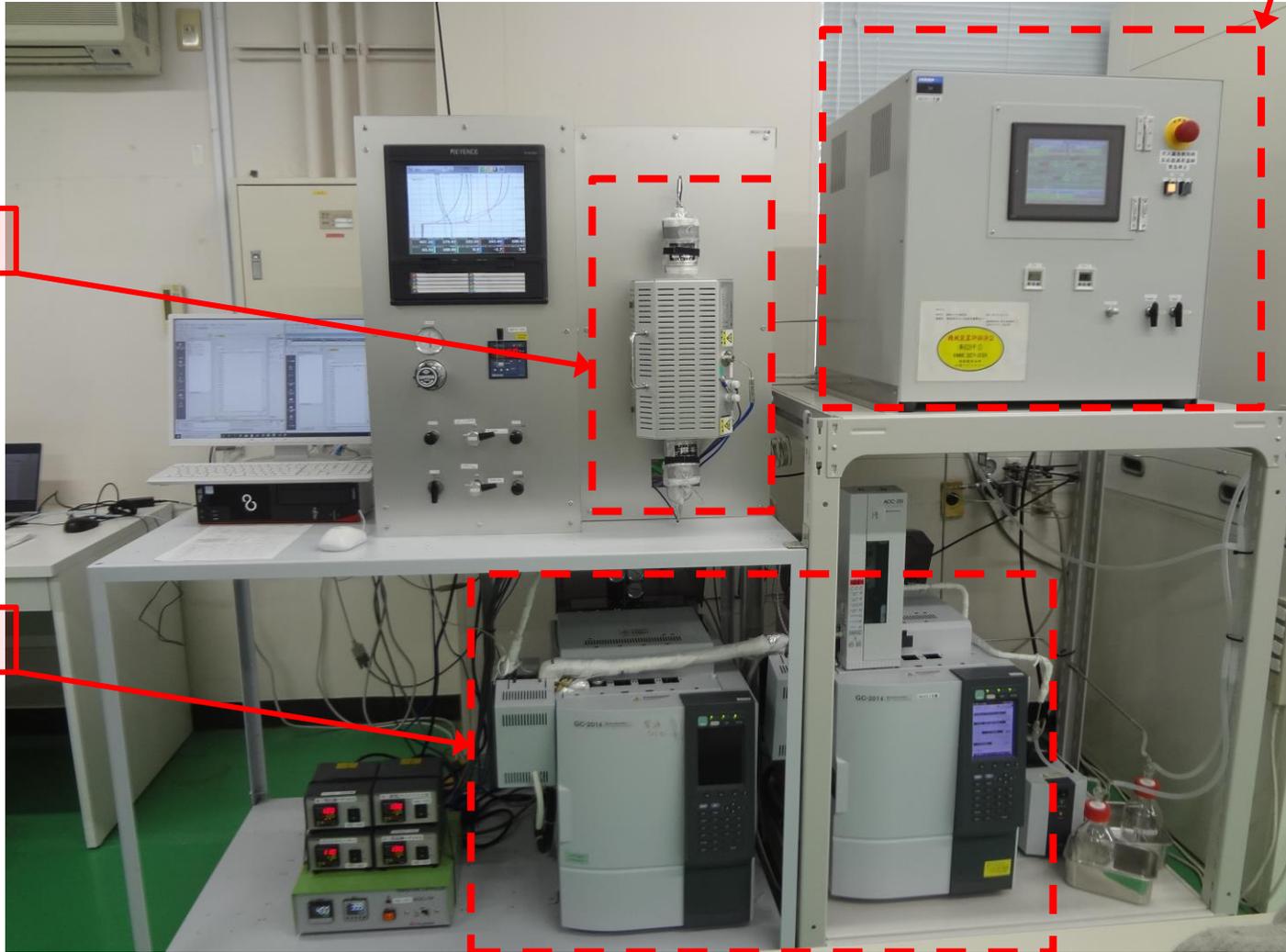
開発触媒

パラキシレン ラボ試験装置

気化装置

反応器

分析装置



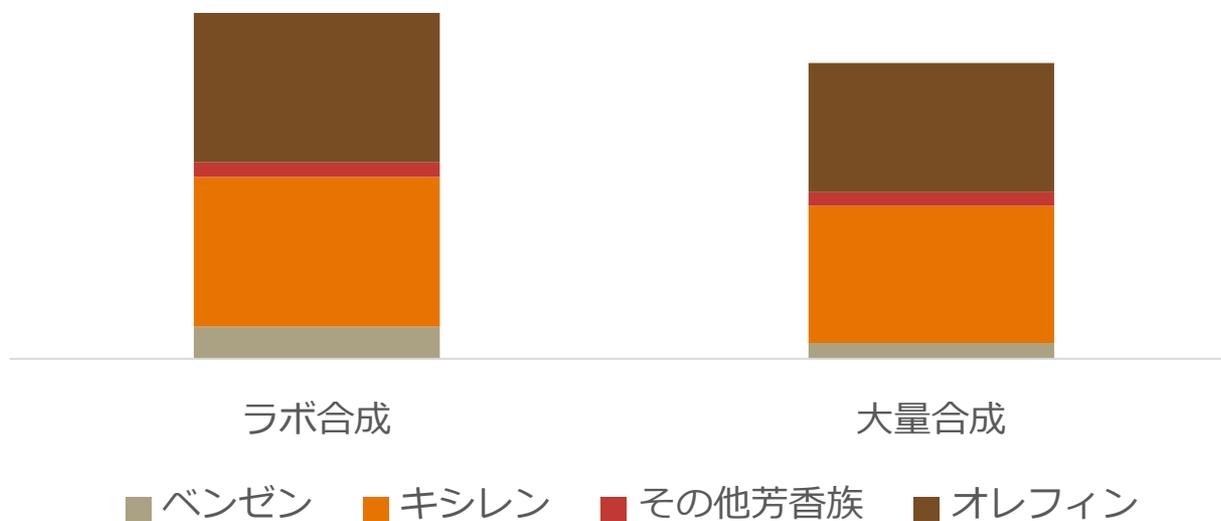
設置場所：川崎重工業 明石工場

パラキシレン ラボ試験結果①



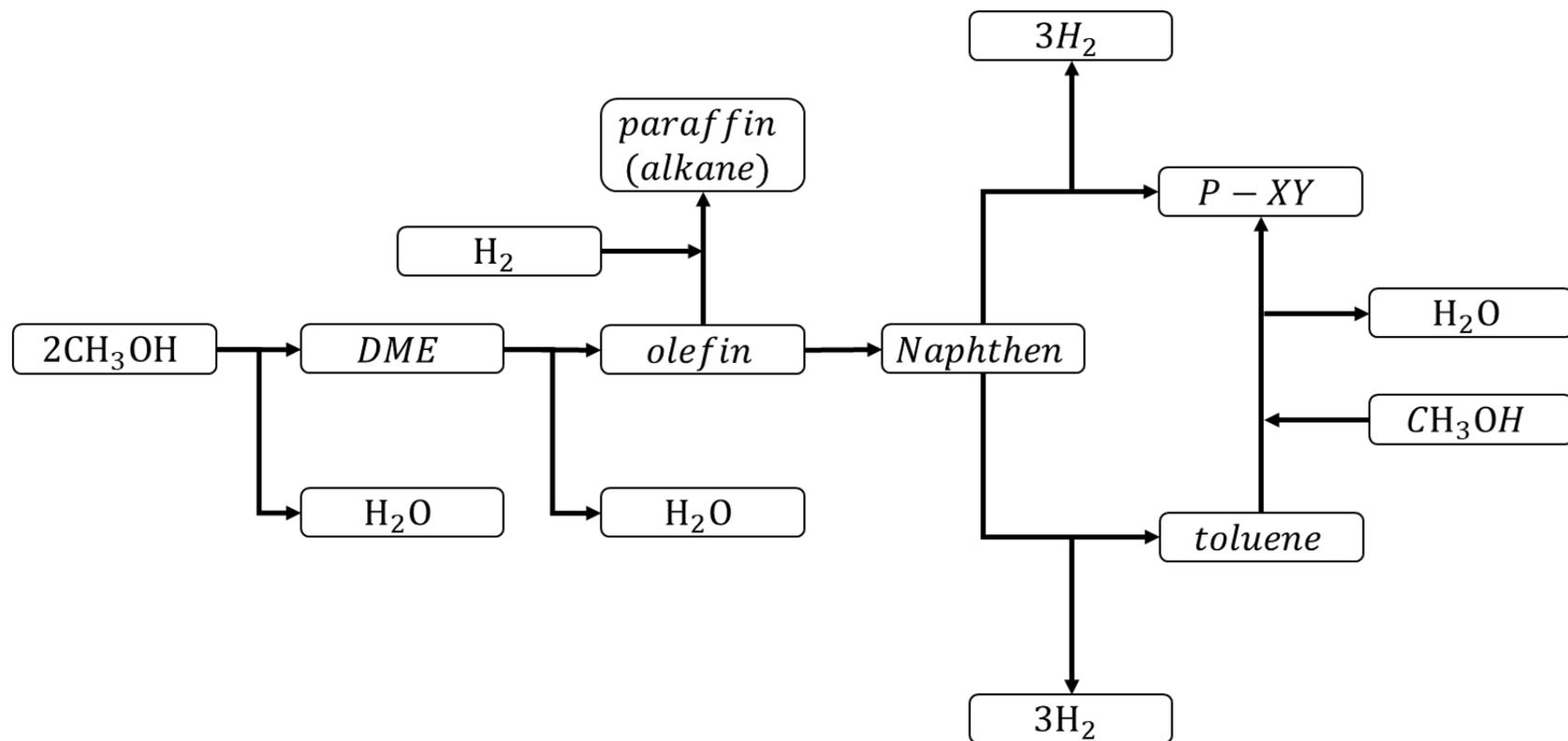
- パラキシレン選択性は非常に高く、パラキシレン以外のキシレンは殆ど生成しない
- 大量合成による性能低下は認められない。

パラキシレン ラボ試験結果②



- ・キシレンの生成量は、大量合成した触媒でも殆ど変化しない。

パラキシレン 反応機構

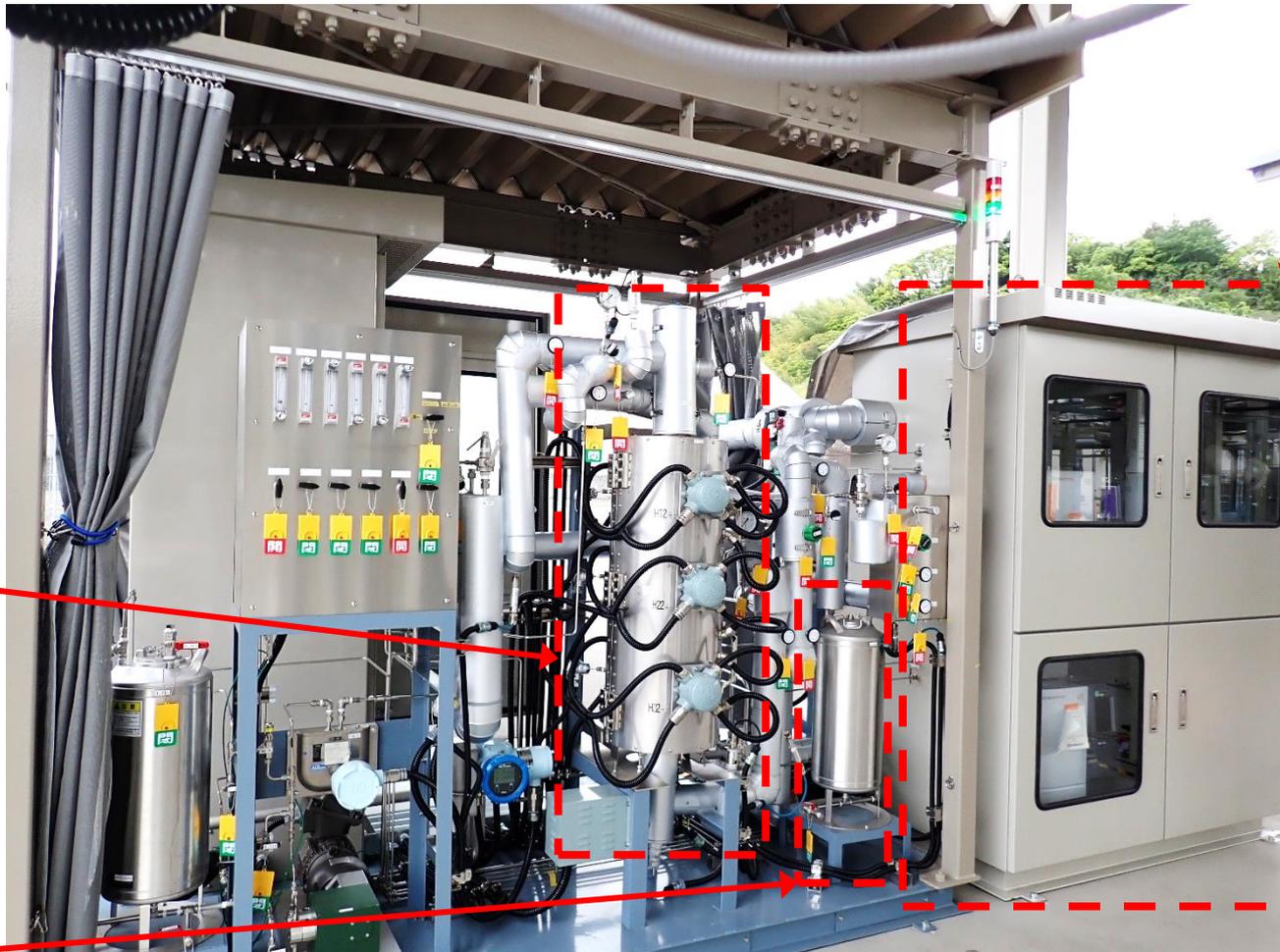


試験結果から、メタノールからパラキシレン合成の反応機構を推定

パラキシレン ベンチ試験装置

目的: 造粒触媒の性能評価

場所: カーボンリサイクル実証研究拠点

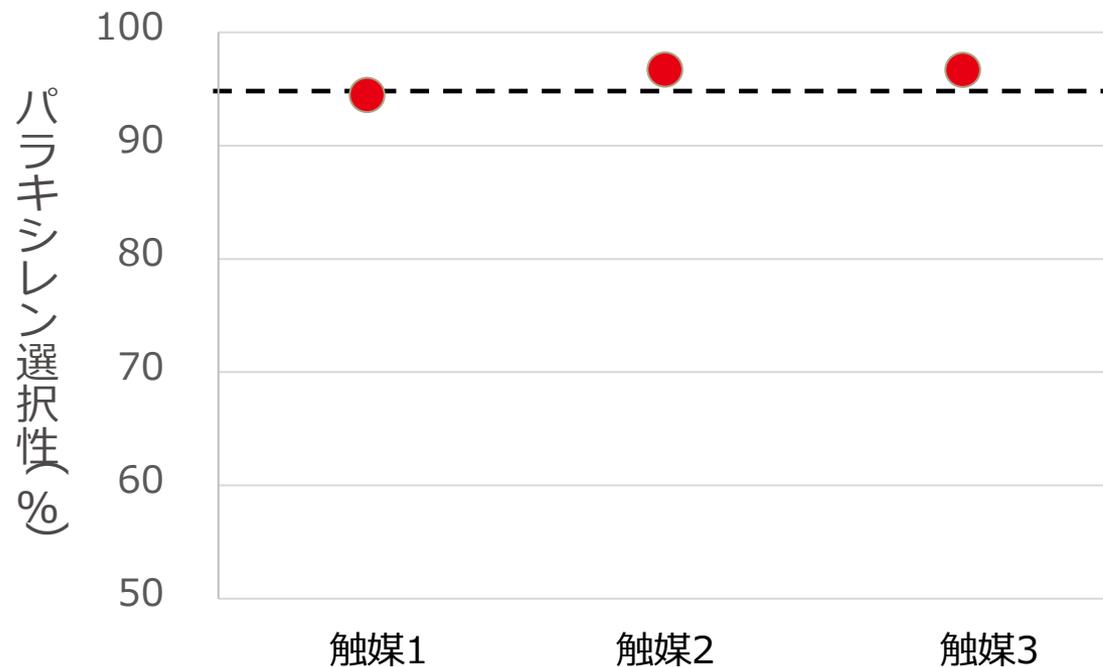


反応器

分析装置

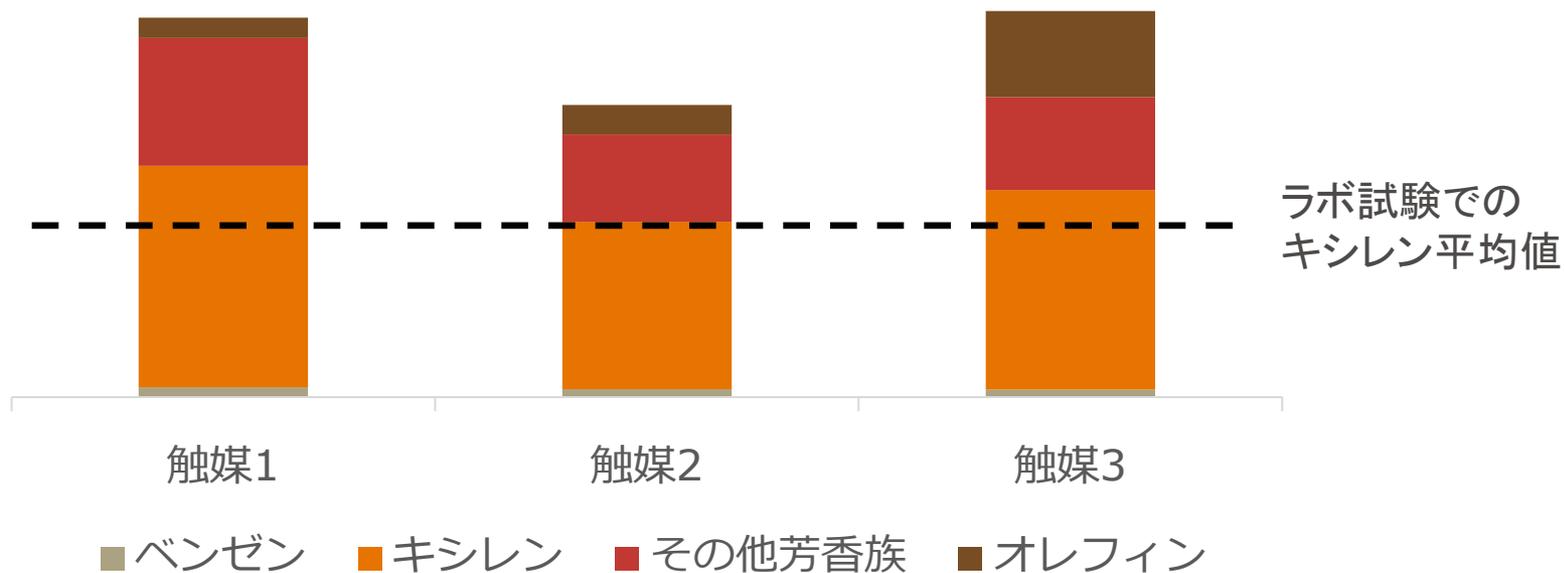
生成物貯槽

パラキシレン ベンチ試験結果①



- ・ 大量合成触媒を用いたベンチ試験でも、ラボ試験とほぼ同等のパラキシレン選択性が得られた

パラキシレン ベンチ試験結果②



- 大量合成触媒を用いたベンチ試験でも、ラボ試験と同等程度のキシレンの生成を確認

まとめ

光触媒-電解Hybrid水素製造

- ・水の理論電解以下で水素製造が可能であることを確認した
- ・CO₂有効利用時の副生水が使用可能であることを確認した

メタノール合成

- ・触媒組成を改良し、触媒コスト低減の目途を得た
- ・改良した触媒は、ベンチ試験装置でもラボ試験と同等のメタノール収率が得られた

パラキシレン合成

- ・オルトキシレン、メタキシレンをほとんど含まないパラキシレンを合成する触媒を開発した
- ・開発した触媒のkgレベルの大量合成手法を確立した
- ・ベンチ試験装置でも、ラボ試験装置と同等のパラキシレン収率、パラキシレン選択性が得られた

今後、触媒改良により性能を向上させつつ、更なるスケールアップを図る