

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026

プログラムNo. B2-2-16

カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発/CO₂排出削減・有効利用実用化技術開発/
コンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物などへのCO₂利用技術開発/

二酸化炭素の化学的分解による炭素材料製造技術開発

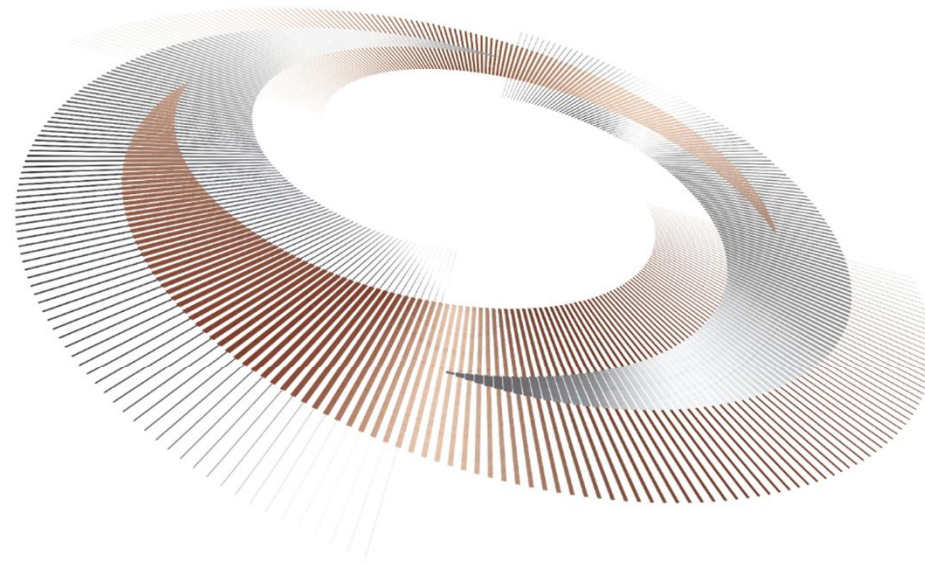
発表：2026年7月22日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名 戴文斌、漆原誠、鳥海真司

団体名 三菱マテリアル(株)、(国)群馬大学、(国)岡山大学、(国)東京科学大学

問い合わせ先 三菱マテリアル(株) E-mail: dai@mmc.co.jp TEL: 080-7731-9185



人と社会と地球のために、循環をデザインし、持続可能な社会を実現する

限りある資源を大切に使うために、使用済みの製品を資源として再生させる。

そこに新たな価値を付加し、再び社会に送り出す。

その循環のプラットフォームを構築し、自らプレイヤーとして価値を創出する。

そして未来に向けて、持続可能な社会の実現に力強く貢献し、循環の輪を広げていく。

背景

- **CO₂の排出削減**および**資源化**は、カーボンニュートラル実現に向けた重要課題である。
- 既存の炭素材料は**化石燃料由来**であり、製造過程で**多量のCO₂を排出**している。
- 特にカーボンブラックは基盤素材として広く使用されており、製造時の**CO₂排出削減**および**脱化石燃料化**が強く求められている。
- そのため、CO₂を原料とする**新たな炭素材料製造技術**の開発が必要である。

目的

- 本技術開発では、**CO₂を分解してナノ炭素材料と水素を同時に製造するプロセスの確立を目的とする。**
- 本委託事業では、各要素技術を統合したプロセスの構築と**ベンチスケールでの検証により、実用化に向けた技術的成立性およびスケールアップ可能性を確認する。**

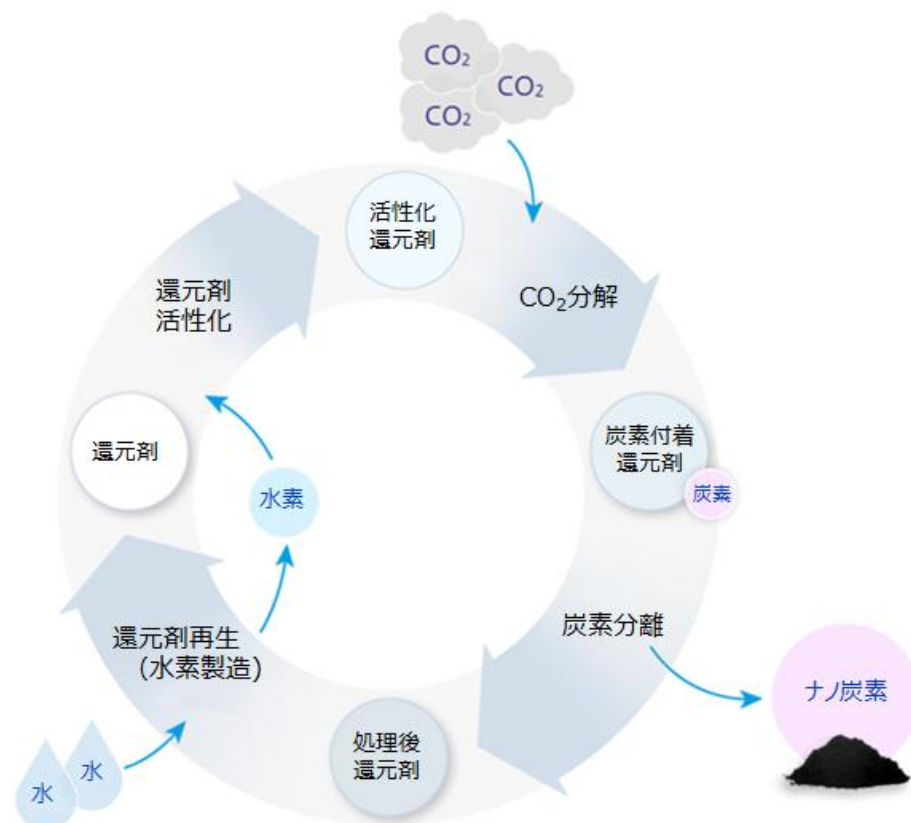
技術概要

還元剤活性化

水素を用いて再生された還元剤を活性化する

還元剤再生

還元剤を再生し、再利用する（水素も同時製造可能）



CO₂分解

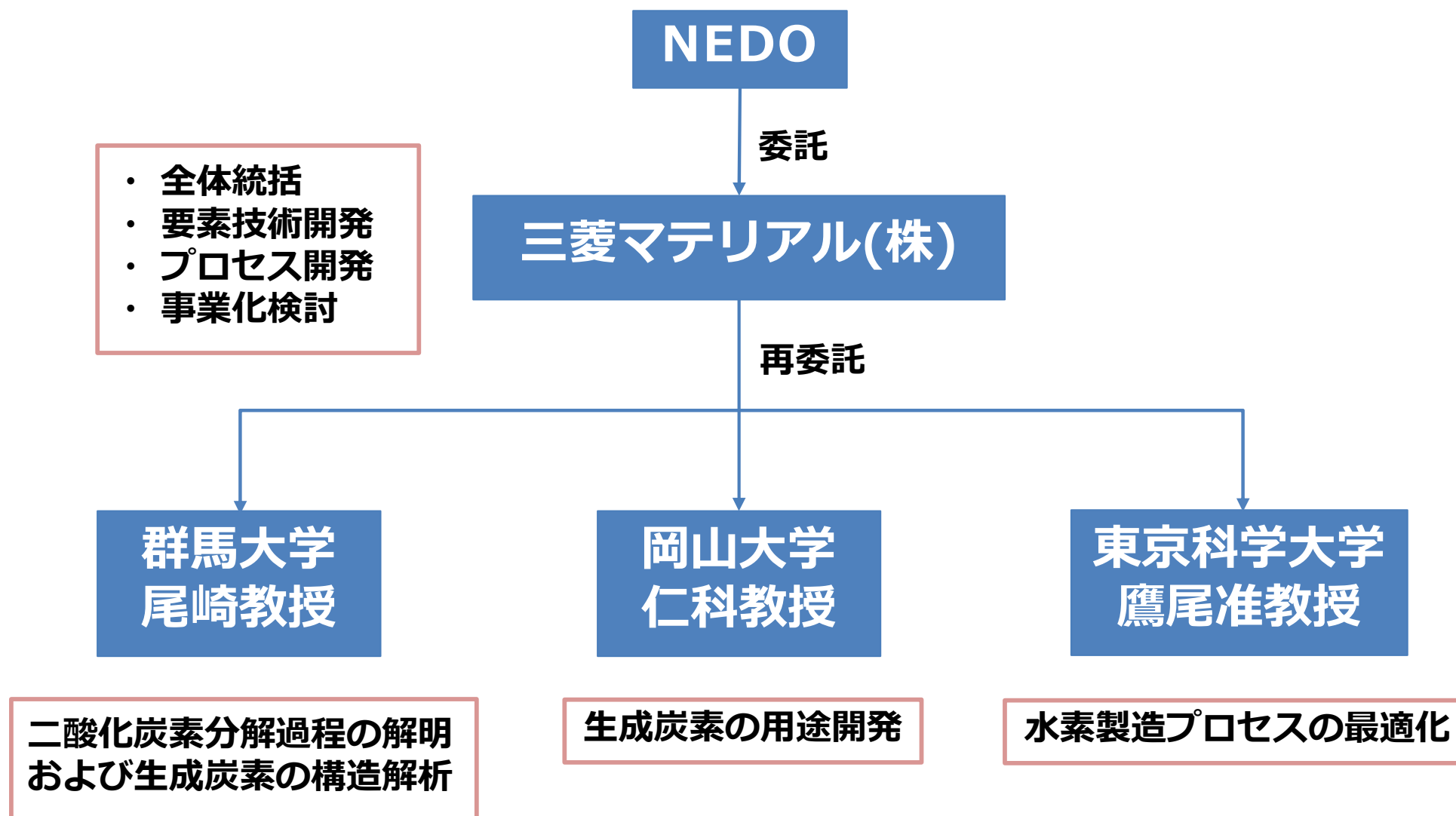
還元剤をCO₂と反応させ、CO₂を分解し、炭素を生成する

炭素分離

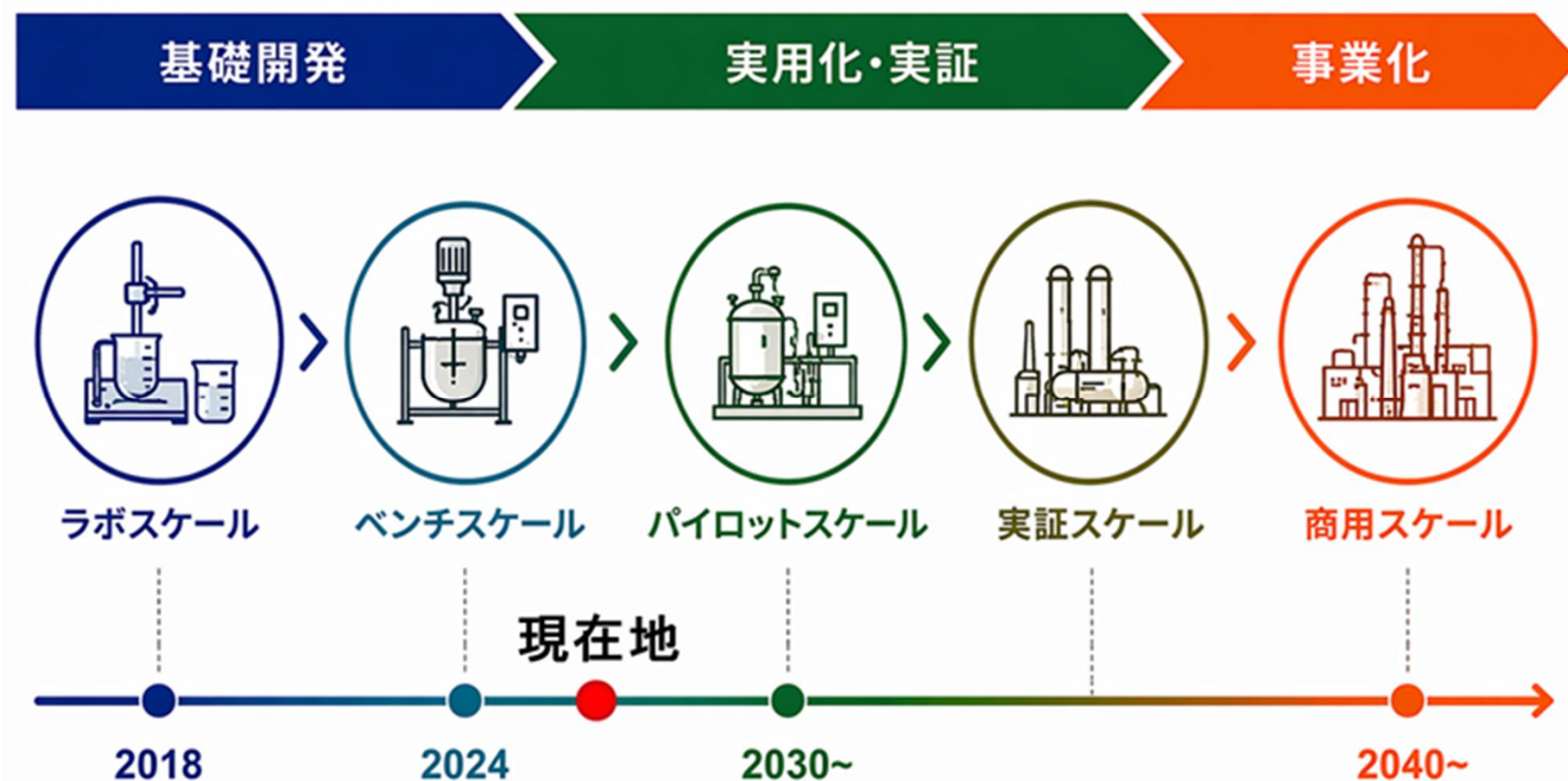
還元剤と炭素を分離し、炭素ナノ材料として回収する

- 本プロセスは、**還元剤活性化**、**CO₂分解**（炭素生成）、**炭素分離**、**還元剤再生**（水素製造）の4工程から構成される。これらを循環することで連続処理が可能となる。

研究体制



開発ステージ



- ラボスケールで要素技術を確認済み、現在は**ベンチスケール**においてスケールアップ検証を実施中である。
- 本発表では、その**実証結果を報告**する。

ベンチプラント（外観）



還元剤活性化・CO₂分解エリア



炭素分離・水素製造エリア

- ベンチスケール試験装置の設計・製作・設置を完了した。
- 本装置を用いてスケールアップ時の運転条件およびプロセス挙動を検証している。

各工程の主反応装置



還元剤活性化/ CO_2 分解用キルン



還元剤活性化/ CO_2 分解用流動層装置



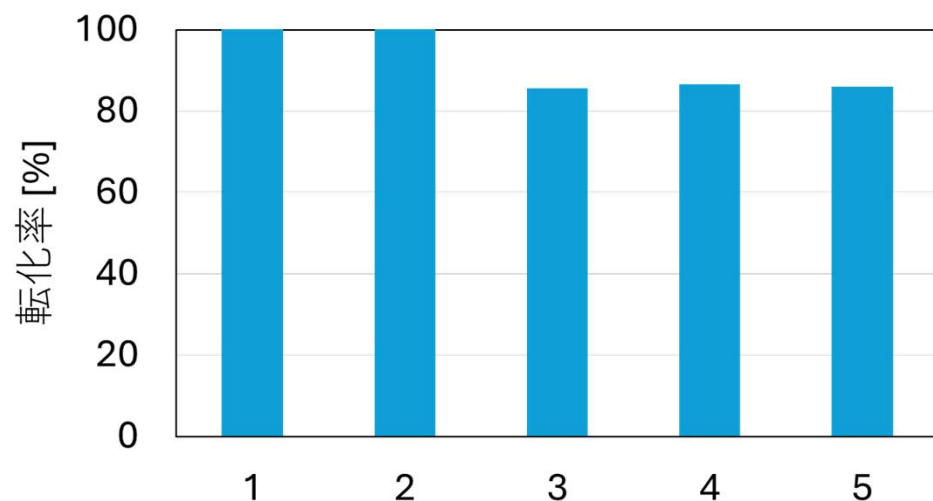
還元剤再生(水素製造)装置



炭素回収装置

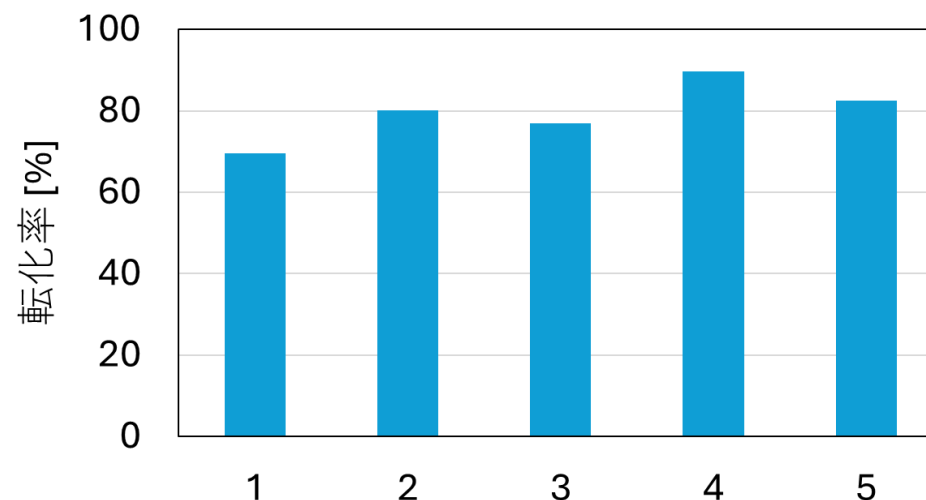
➤ 本装置により各工程を統合したスケールアップ検証が可能である。

成果①（反応性能：還元剤活性化・CO₂分解）



繰り返し回数(サイクル数)

還元剤活性化工程

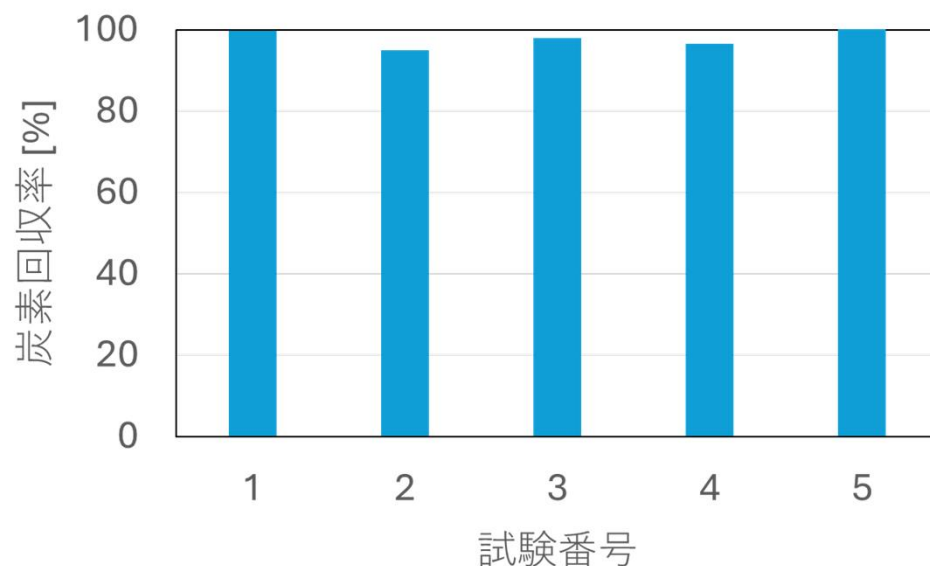


繰り返し回数(サイクル数)

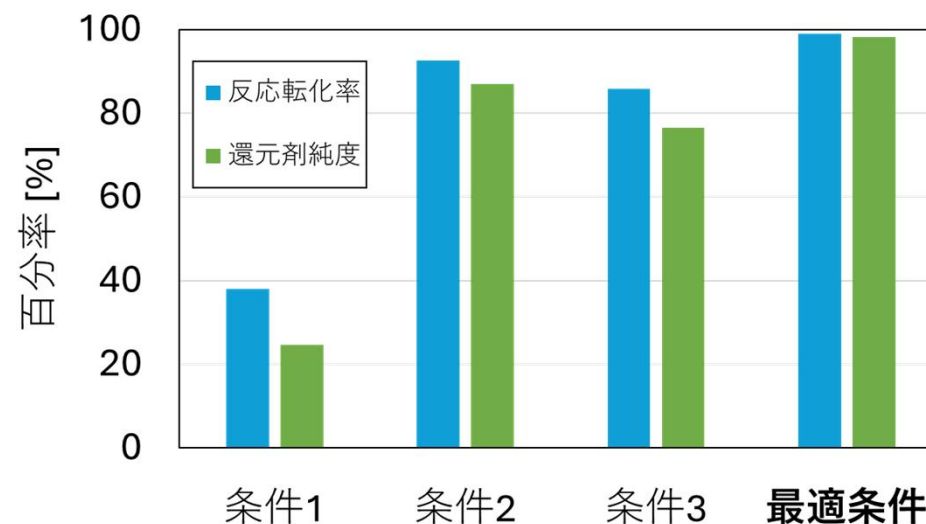
CO₂分解工程

- 還元剤活性化反応は最大**100%**の転化率を達成した。
- CO₂分解反応は最大**96%**の転化率を達成した。
- ベンチスケールにおいても高効率かつ安定した運転の成立性を実証した。

成果②（反応性能：炭素分離・還元剤再生）



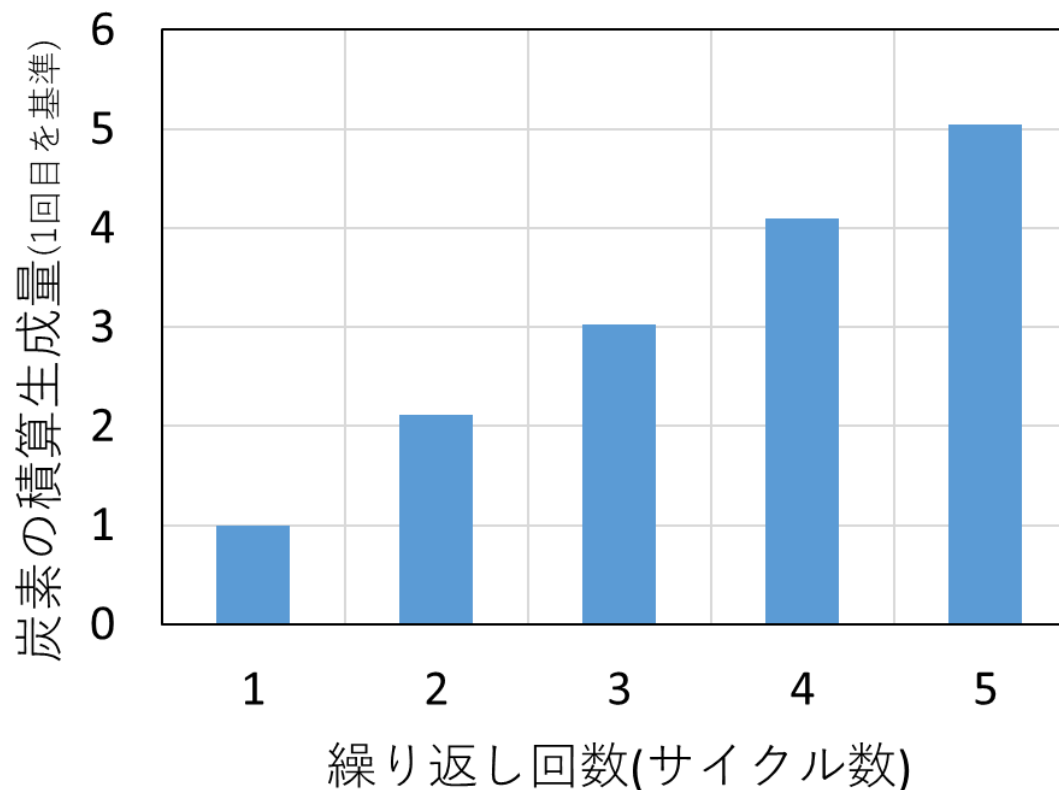
炭素分離工程



還元剤再生工程

- 炭素回収率最大**95%**、炭素純度最大**98%**を達成した。
- 還元剤再生(水素製造)は最大**99%**の転化率を達成した。
- 各工程の試験結果から、プロセス全体の成立性を実証した。

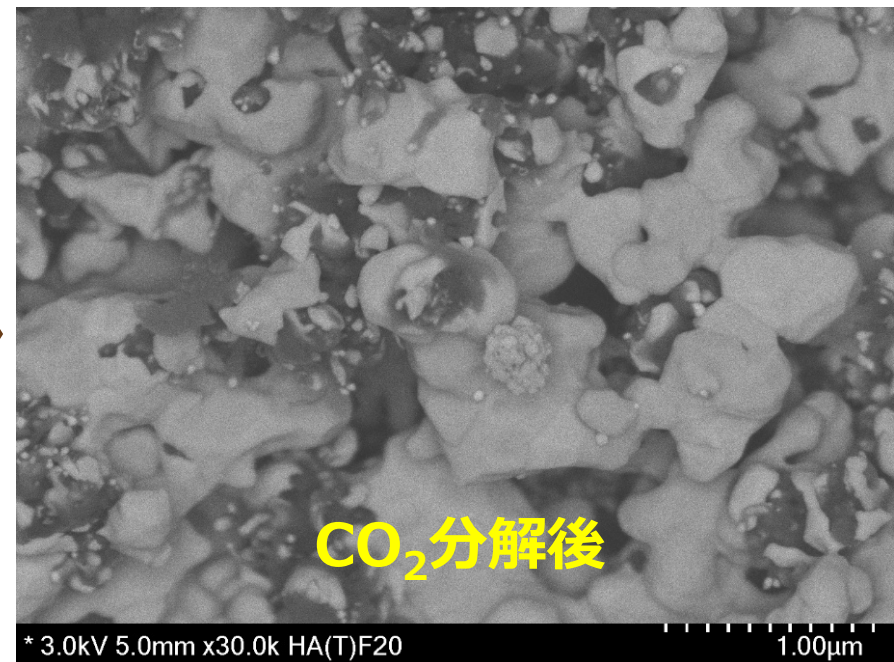
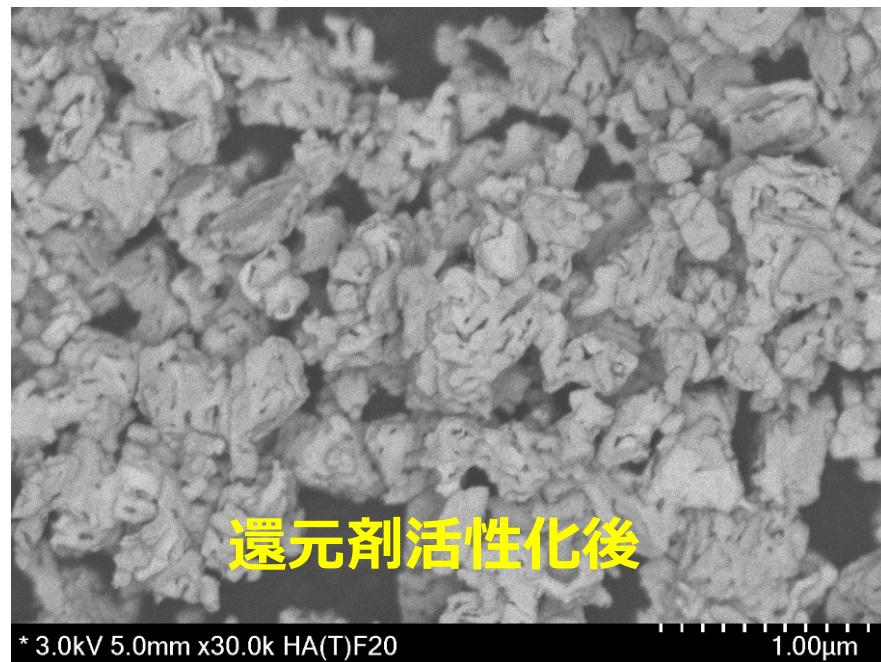
成果③（炭素の連続製造）



- 還元剤活性化およびCO₂分解の**繰返し運転**により、炭素生成量が単調に増加することを確認した。
- これにより、還元剤を毎回再生工程に回す必要がなく、**繰返し利用が可能である**ことを明らかにした。

反応メカニズム検討

炭素生成時の形態観察 (SEM)

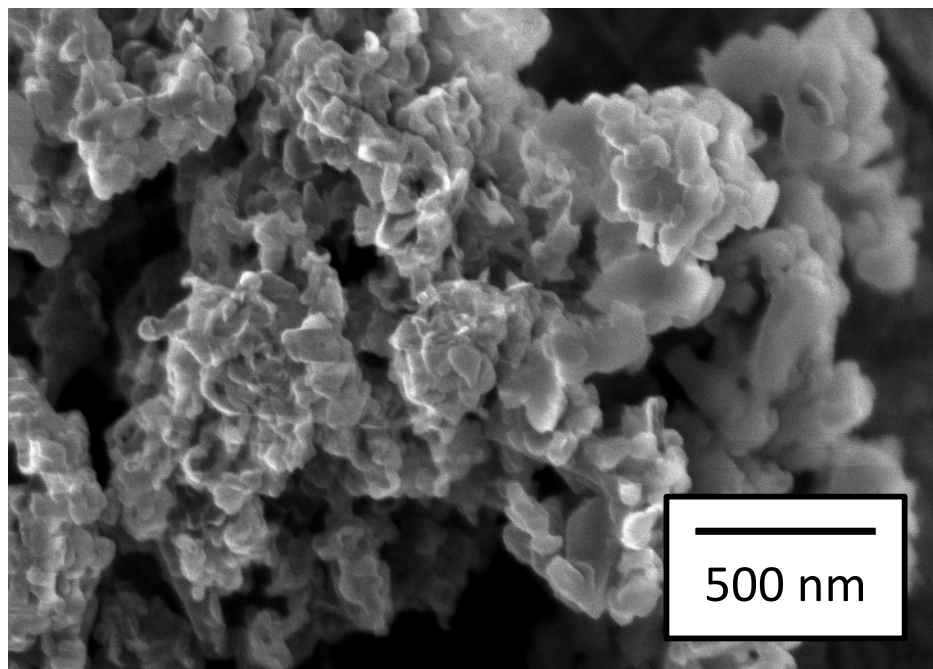


白：還元剤、黒：炭素

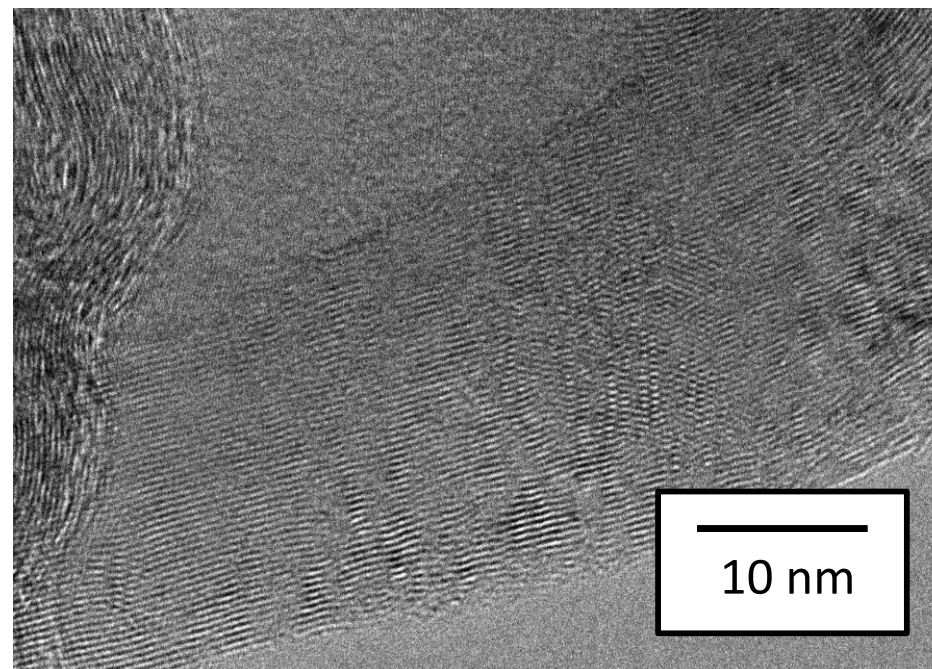
- 還元剤活性化により内部に細孔が形成される。
- 細孔内でCO₂分解と炭素生成が進行することが示唆された。

生成炭素特性

SEM像（5万倍）



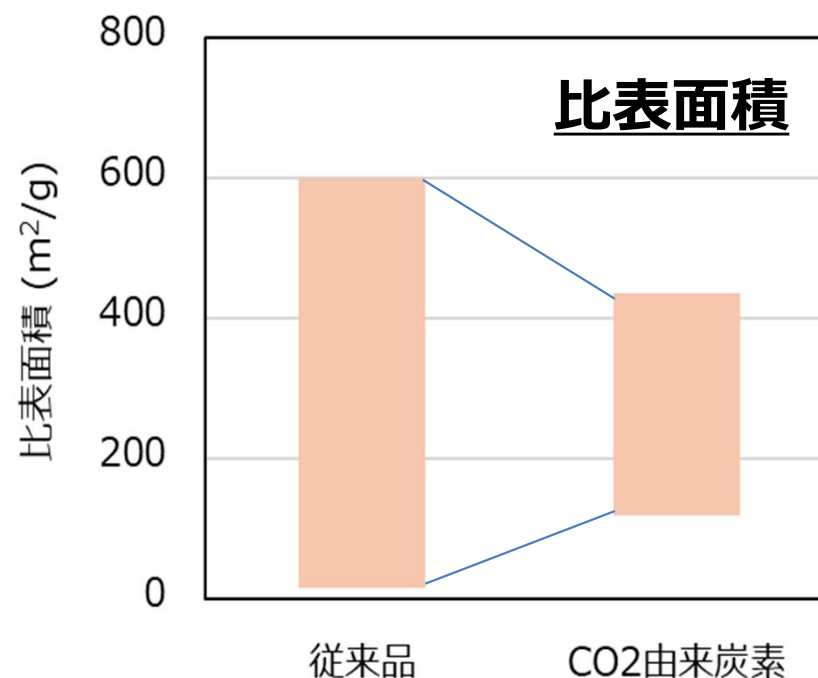
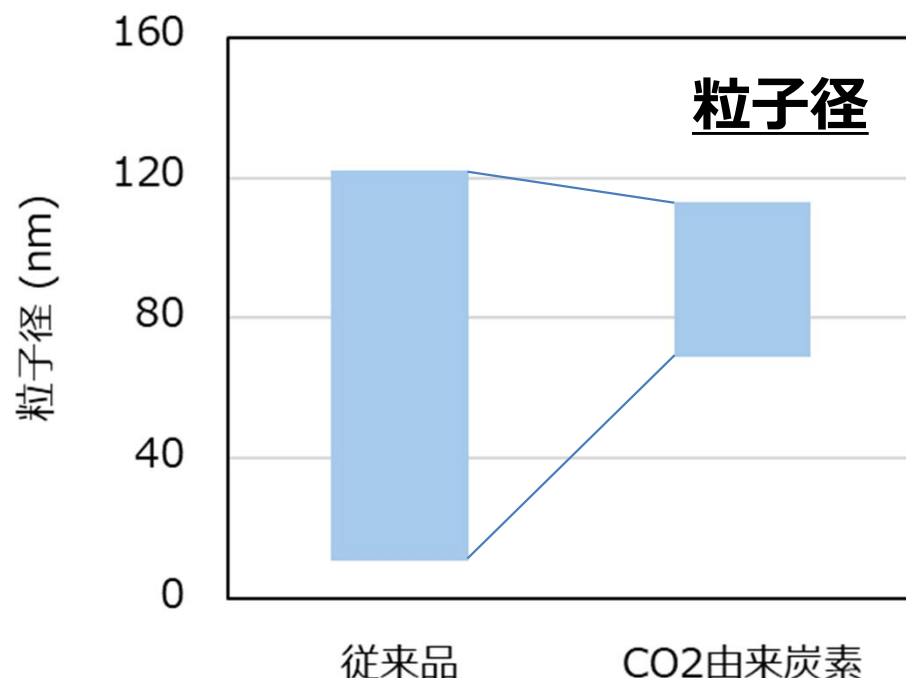
TEM像（400万倍）



- 生成炭素は**数十～数百nm**の粒径を有するナノ炭素である。
- **高結晶性**の層状構造が確認された。

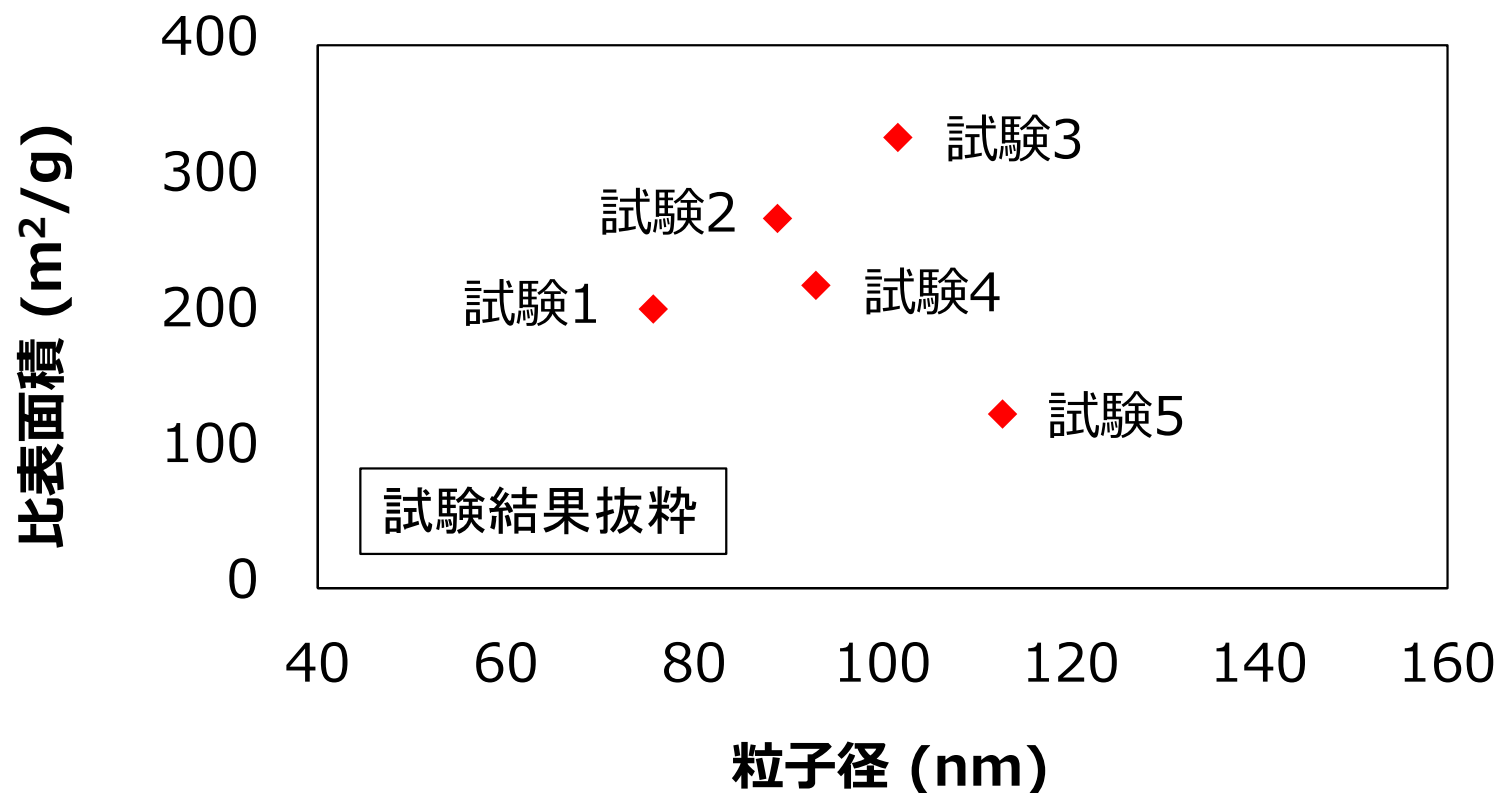
従来品との特性比較

従来品データの出典：『カーボンブラック年鑑2024』



- CO₂由来炭素は、従来炭素と比較して、粒子径および比表面積が**従来品の範囲内に収まる**ことを確認した。
- これにより、本技術で得られる炭素は、既存のカーボンブラックの**代替材料として適用可能性**を有することを示した。

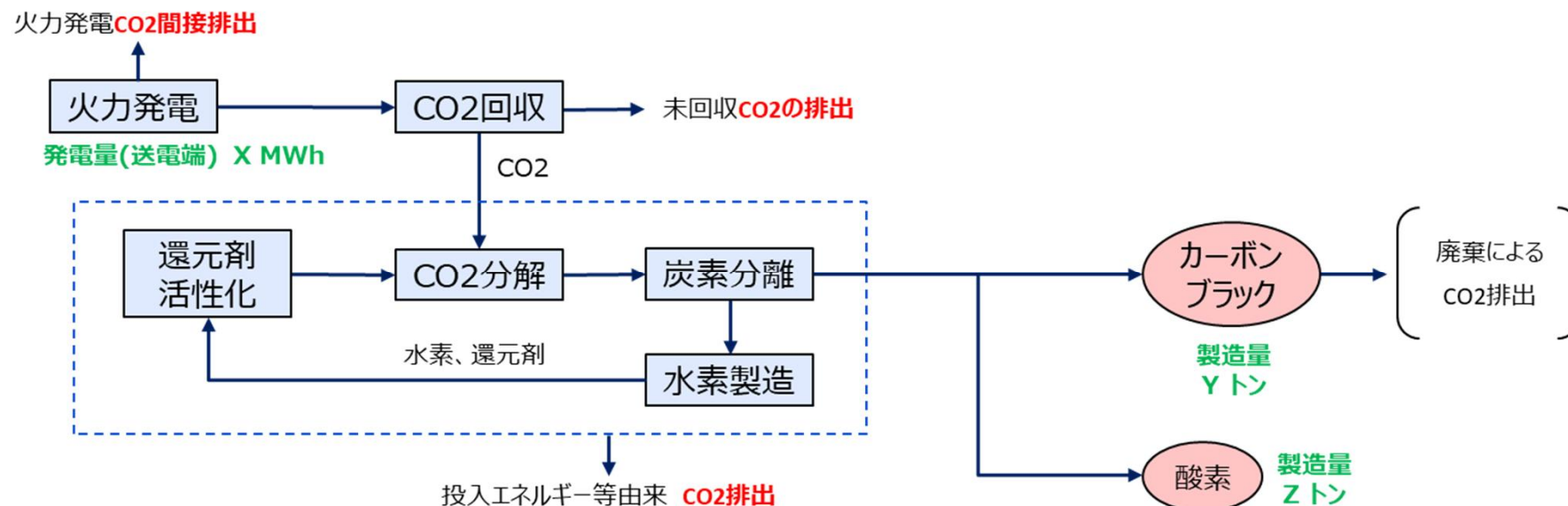
CO₂由来炭素の特性制御可能性



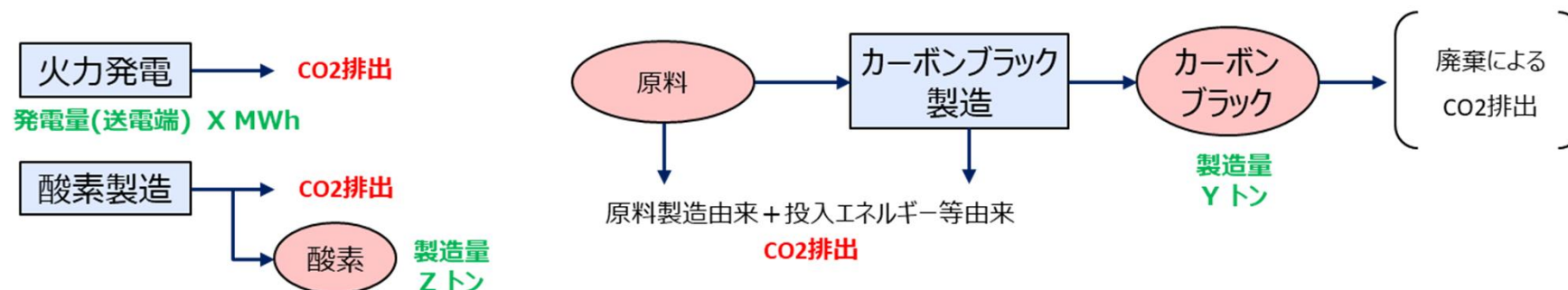
- 製造条件を変えることで、生成される炭素の粒子径および比表面積を制御できることを確認した。
- 従来品の特性範囲内で調整可能なだけでなく、用途に応じた炭素特性の設計の可能性も示された。

LCA評価によるCO₂排出量の見積

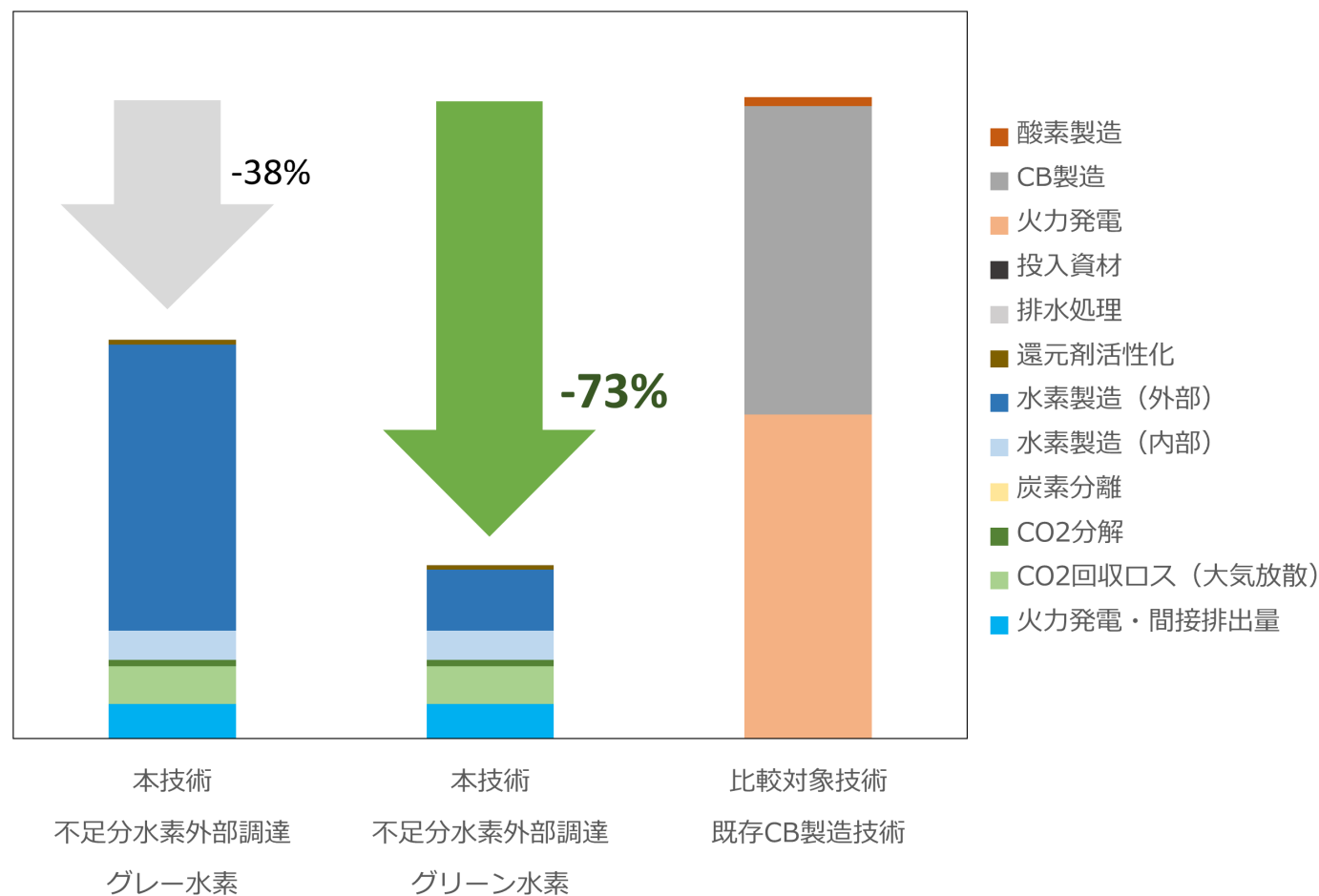
本技術プロセス



比較対象プロセス

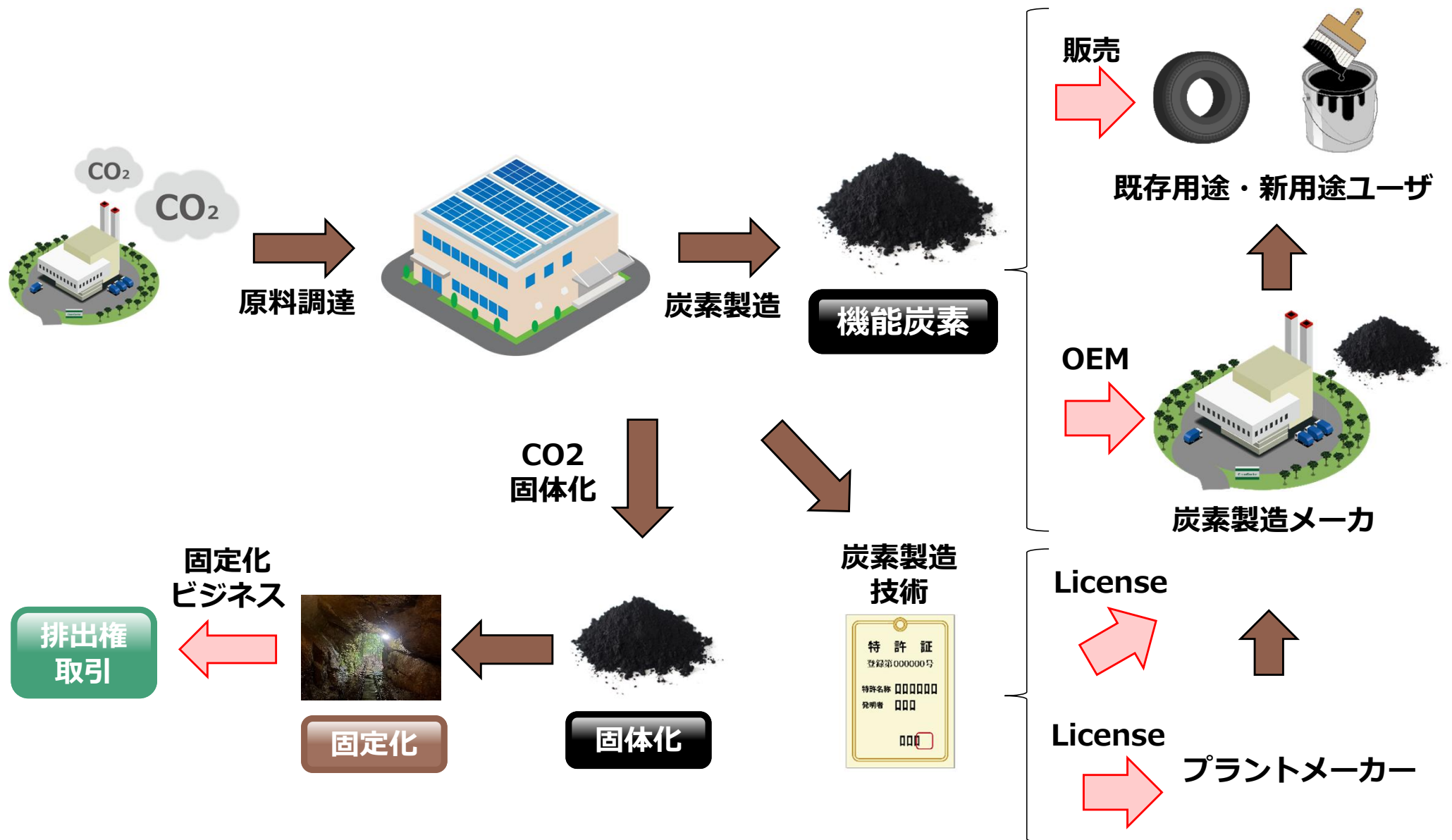


LCA評価によるCO₂排出量の見積



➤ 本プロセスは、従来プロセスと比較して、**CO₂排出量を約73%削減可能**であることを確認した。

事業化モデルイメージ



期待される効果

- ・ 従来CB製造プロセスに比べ**CO₂排出量を約73%削減可能**

- 原料調達にかかるScope3削減
- 環境意識の高い消費者への訴求



- ・ 原料由来の芳香族化合物、硫黄/窒素化合物、灰分等の**環境に悪影響な物質を含有しない**

- 安全性向上、機能向上した製品

- ・ **原料枯渇の問題がない**

- CN到来後も調達可能な炭素材料

今後の課題

実用化に向けた主な課題は以下である。

➤ **装置・プロセス課題：**

連続運転技術の高度化、高温耐食材料の最適化

➤ **製品課題：**

製造炭素の高純度化および構造・物性制御技術の確立

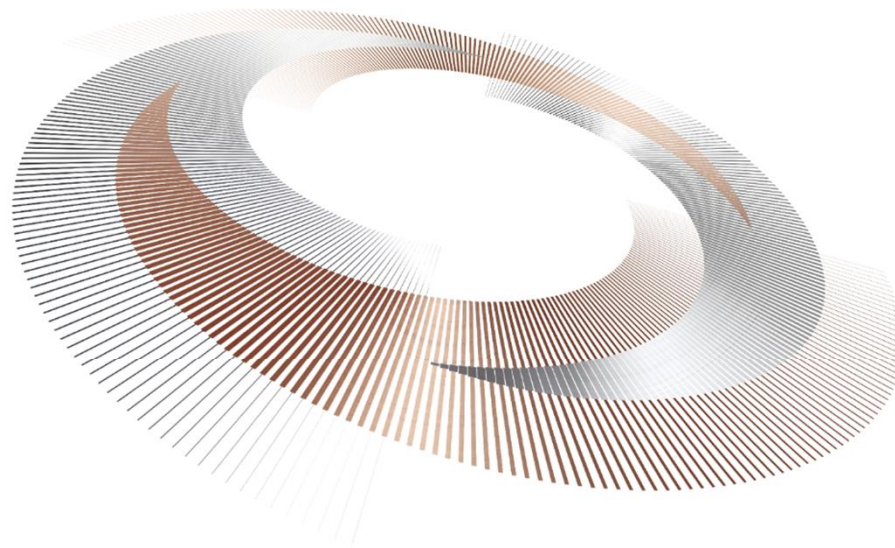
➤ **事業課題：**

製造コスト低減および用途別特性最適化

上記課題解決により、パイロットスケールへの展開を図る。

まとめ

- CO₂から炭素材料および水素を製造するプロセスを構築し、ベンチスケールにおいて高効率かつ安定した運転の**成立性を実証**した。
- さらに、既存技術と比べてCO₂排出量を約**73%削減可能**であることを確認するとともに、既存カーボンブラックの代替および特性設計の可能性を示した。
- 今後は、パイロットスケールへの展開を進めるとともに、CO₂排出事業者および炭素材料ユーザーとの連携を通じて、**2030年代後半の事業化**を目指す。



人と社会と地球のために、循環をデザインし、持続可能な社会を実現する

