

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026
プログラムNo. B2-2-17

シリコン系廃棄物の高度資源化技術による カーボンリサイクル型SiC合成の研究開発

**カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／CO2
有効利用拠点における技術開発／研究拠点における
CO2有効利用技術開発・実証事業**

発表：2026年7月22日

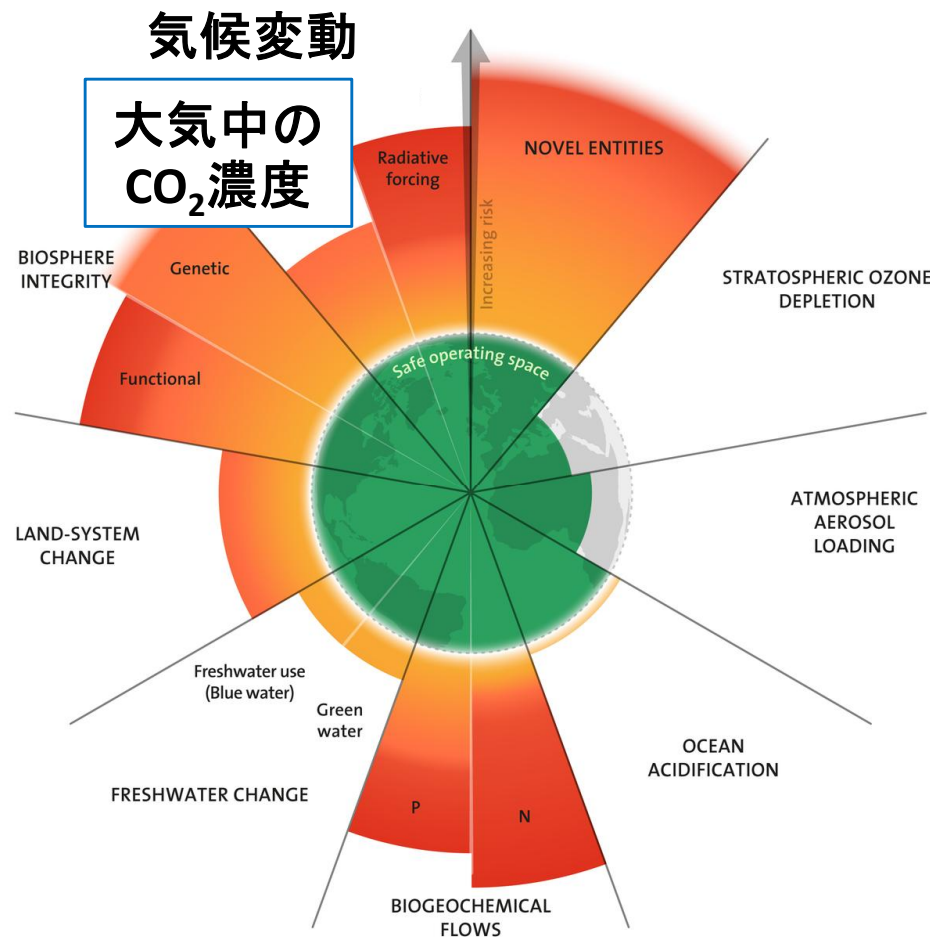
国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名 福島潤

* (国)東北大学、住友商事(株)

問い合わせ先 (国)東北大学 福島潤 E-mail: jun.Fukushima.d5@tohoku.ac.jp TEL:022-795-7226

社会課題：プラネタリーバウンダリーと循環経済



The 2025 update to the Planetary boundaries

- プラネタリーバウンダリーは、人間活動が地球システムに与える影響の臨界点を、つまり地球システムの安定性を損なわずに活動できる「安全な活動領域」を示す概念
- 2025年の更新では、気候変動、窒素/リン循環など、複数の境界がすでに超過していることが示された
- 環境負荷の背景には、**鉱物資源や炭素を「採取 → 生産 → 廃棄」とする直線型の資源利用がある**
- 地球環境の限界内で社会を持続させるためには、資源利用の構造転換が必要
- 炭素と鉱物資源を循環させるサーキュラーエコノミーは、その重要な解決策の一つである

Azote for Stockholm Resilience Centre, based on analysis in Sakschewski and Caesar et al. 2025

<https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>

解決策と課題：低エネルギーでの資源化と、残る課題

CO₂は化学的に安定
→できるだけ低エネルギー消費での資源化が必要



<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20220114/k10013430051000.html>

(閲覧日: 2022年2月)

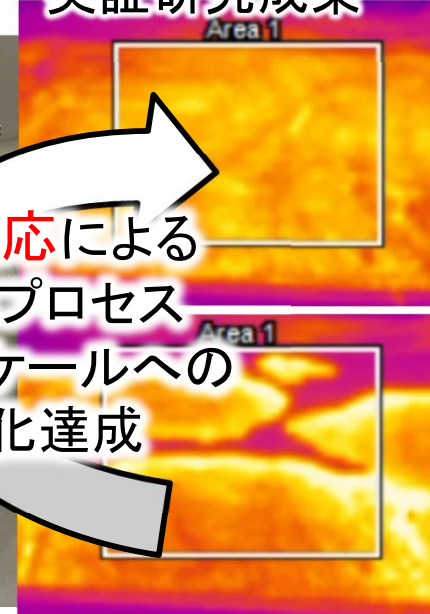
水平リサイクルが困難



2022年～2024年のNEDOプロジェクトによる
実証研究成果



発熱反応による
資源化プロセス
ベンチスケールへの
大型化達成

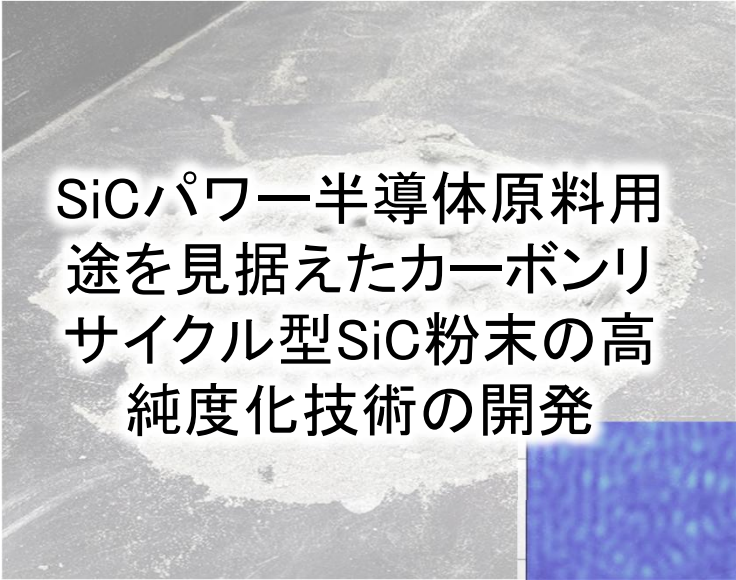


カーボン
リサイクル型
SiC

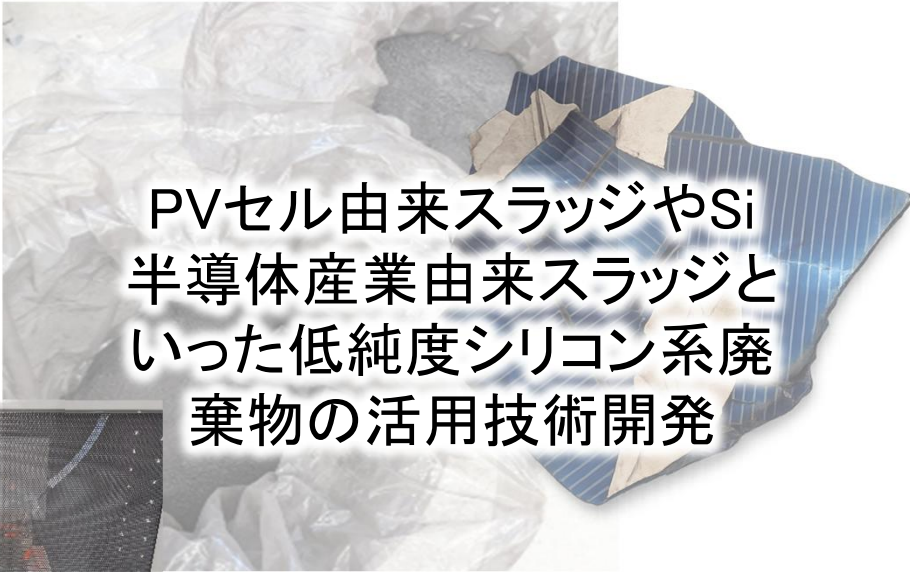
残る課題

- ・カーボンリサイクル型SiC粉末を、半導体産業への応用が可能な純度にした
- ・低純度のスラッジを含めた実際のシリコン廃棄物への応用

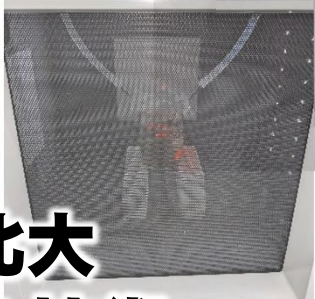
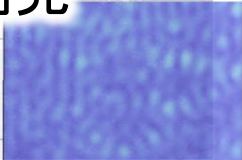
研究目的: CR-SiCの高純度化・低純度スラッジ利用



SiCパワー半導体原料用途を見据えたカーボンリサイクル型SiC粉末の高純度化技術の開発



PVセル由来スラッジやSi半導体産業由来スラッジといった低純度シリコン系廃棄物の活用技術開発



**東北大
ベース技術**

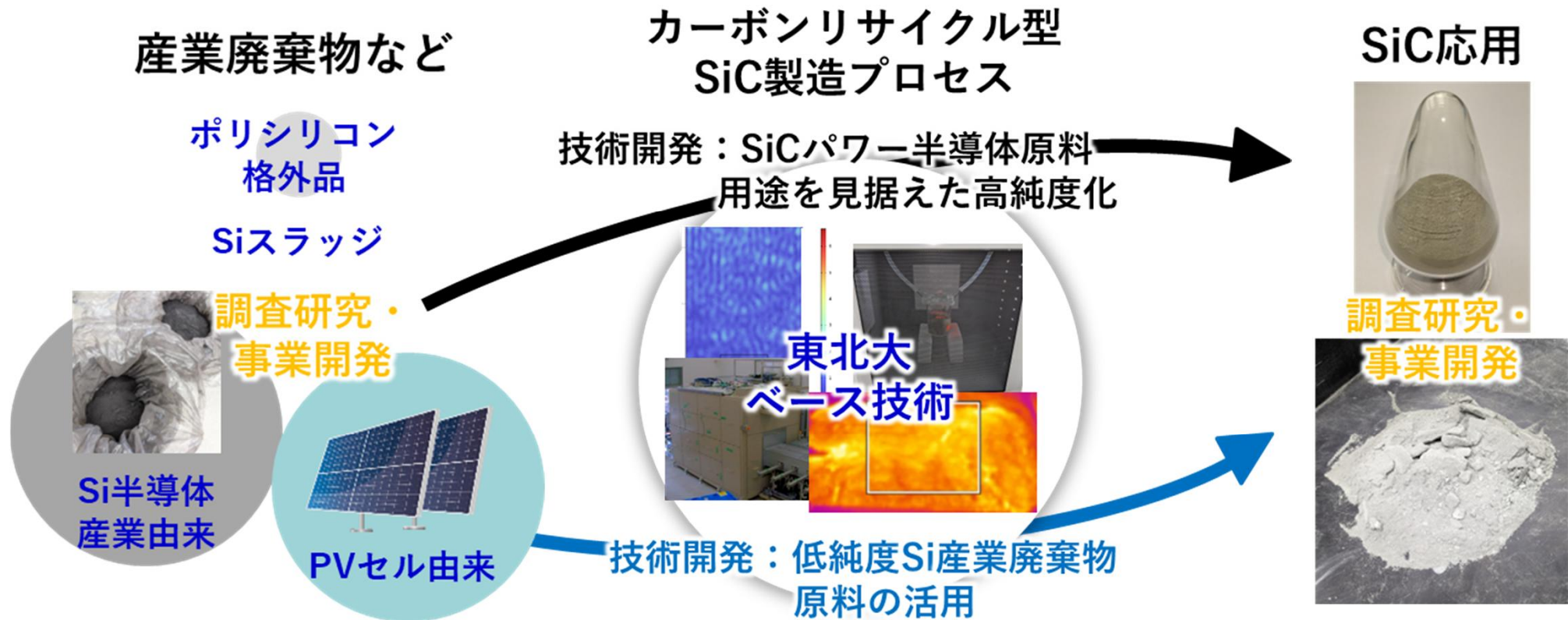


カーボンリサイクル型SiC粉末の実用化
規制調査、カーボンプライシングなど制度調査

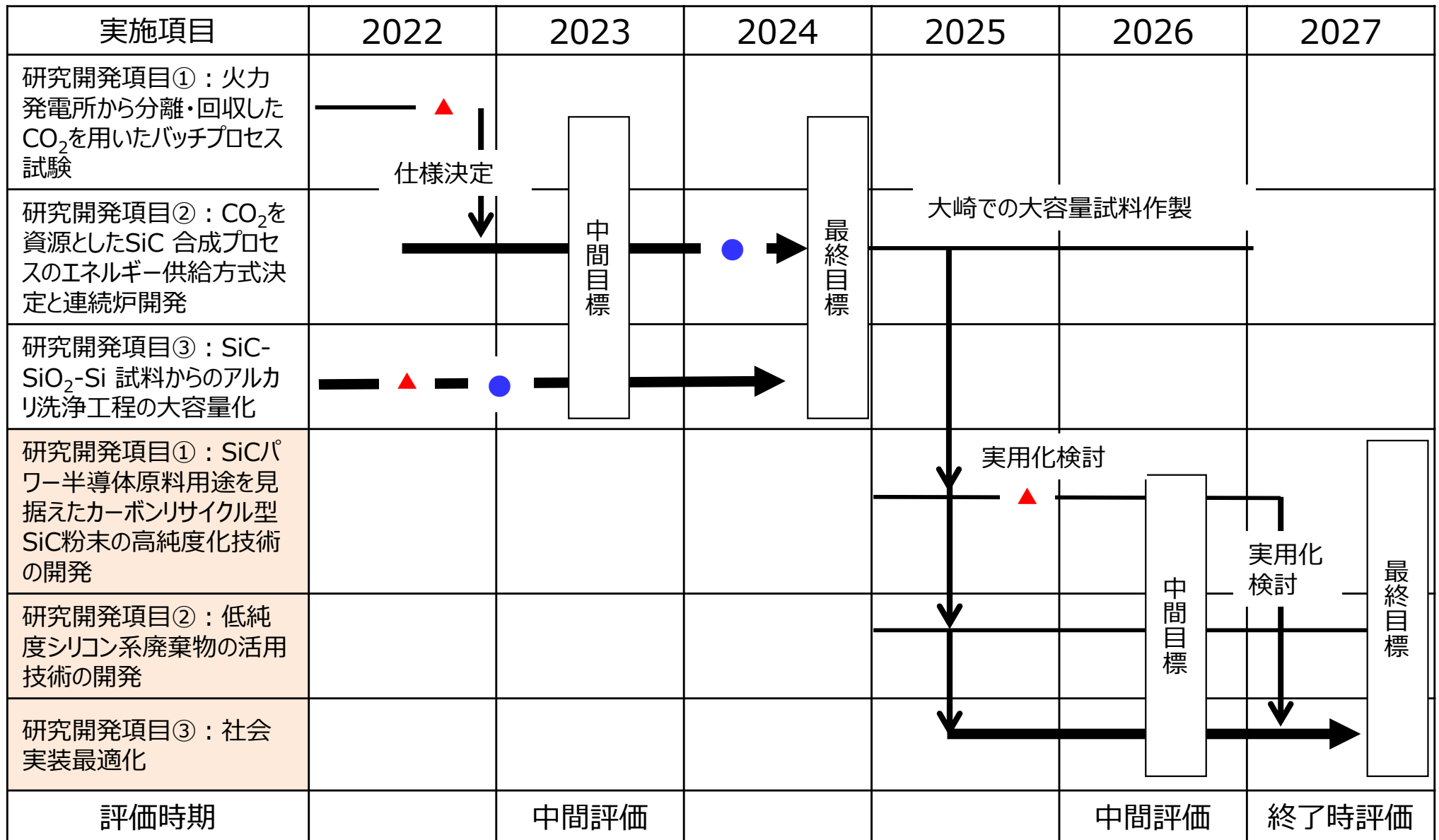


社会実装最適化
排出源調査、サンプル収集など

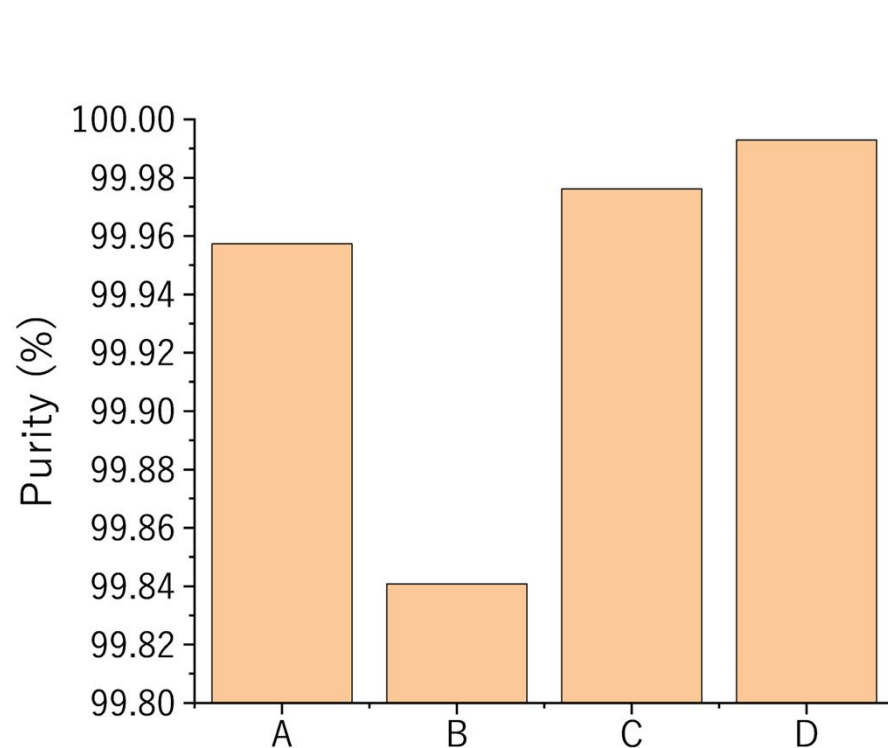
開発目標・開発項目・実施内容



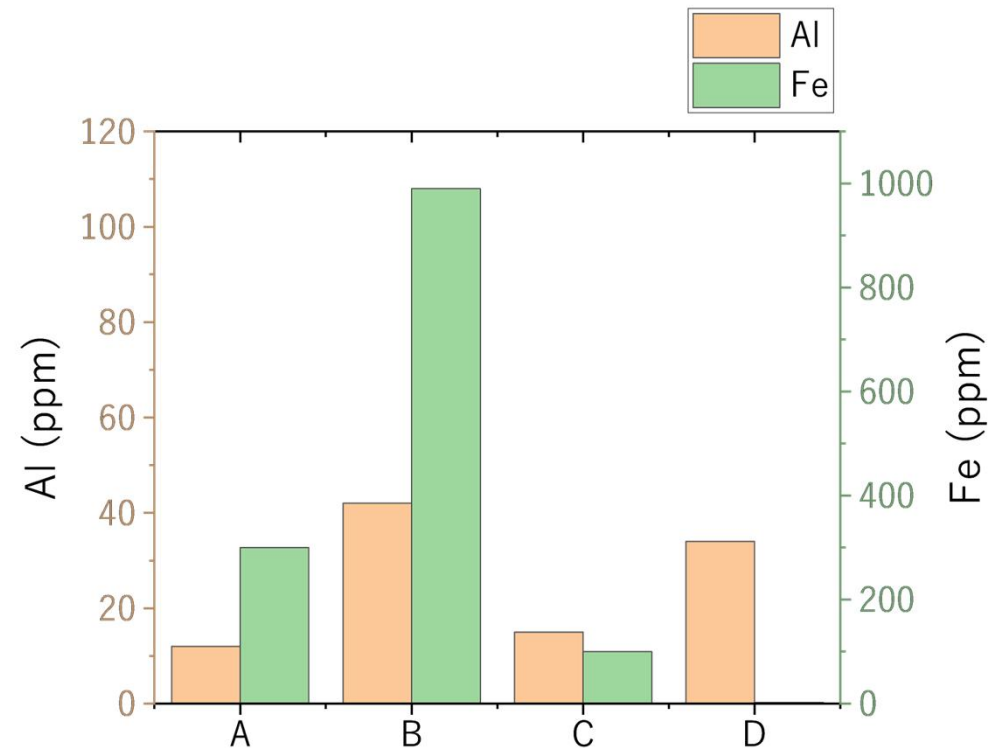
研究スケジュール



研究成果: CR-SiC粉末の高純度化



プロセスA～Dにより高純度化した、
カーボンリサイクル型SiC粉末の純度
➤ 99.95%を超える純度が達成されいて
いるものもある



プロセスA～Dにより高純度化した
カーボンリサイクル型SiC粉末におけ
るAlおよびFe不純物濃度
➤ 低減割合に差

研究成果：太陽電池由来スラッジの活用

調査研究

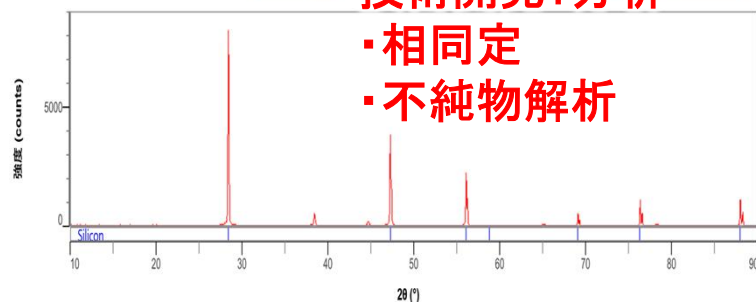
- ・サンプル収集
- ・回収コスト評価

PVセル由来
スラッジ

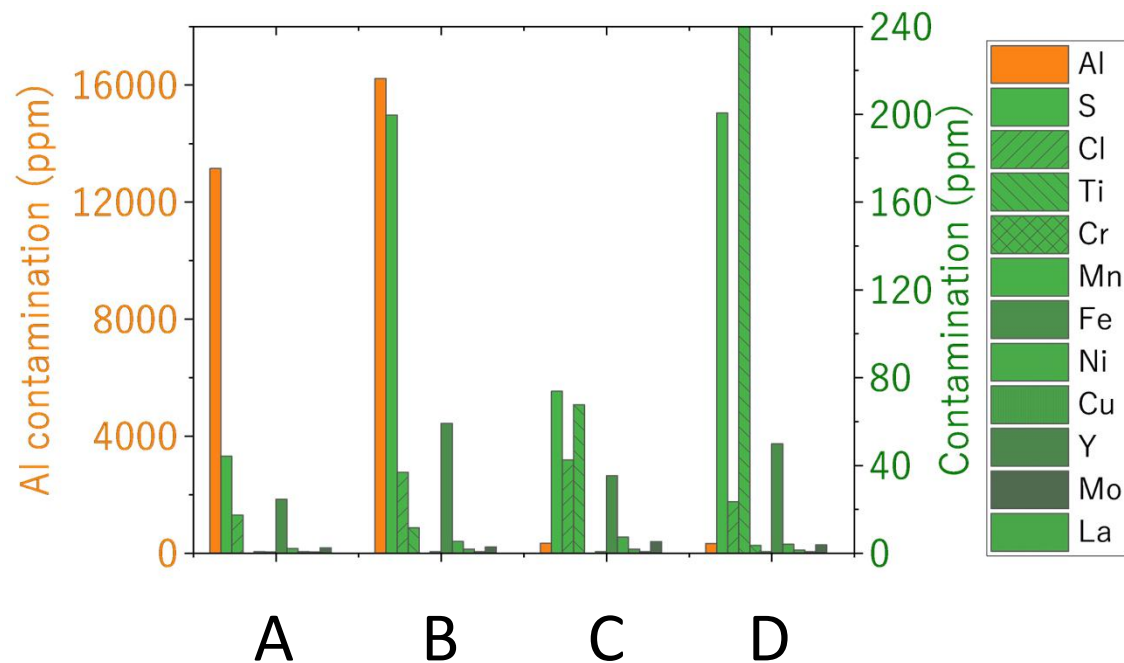


技術開発：分析

- ・相同定
- ・不純物解析



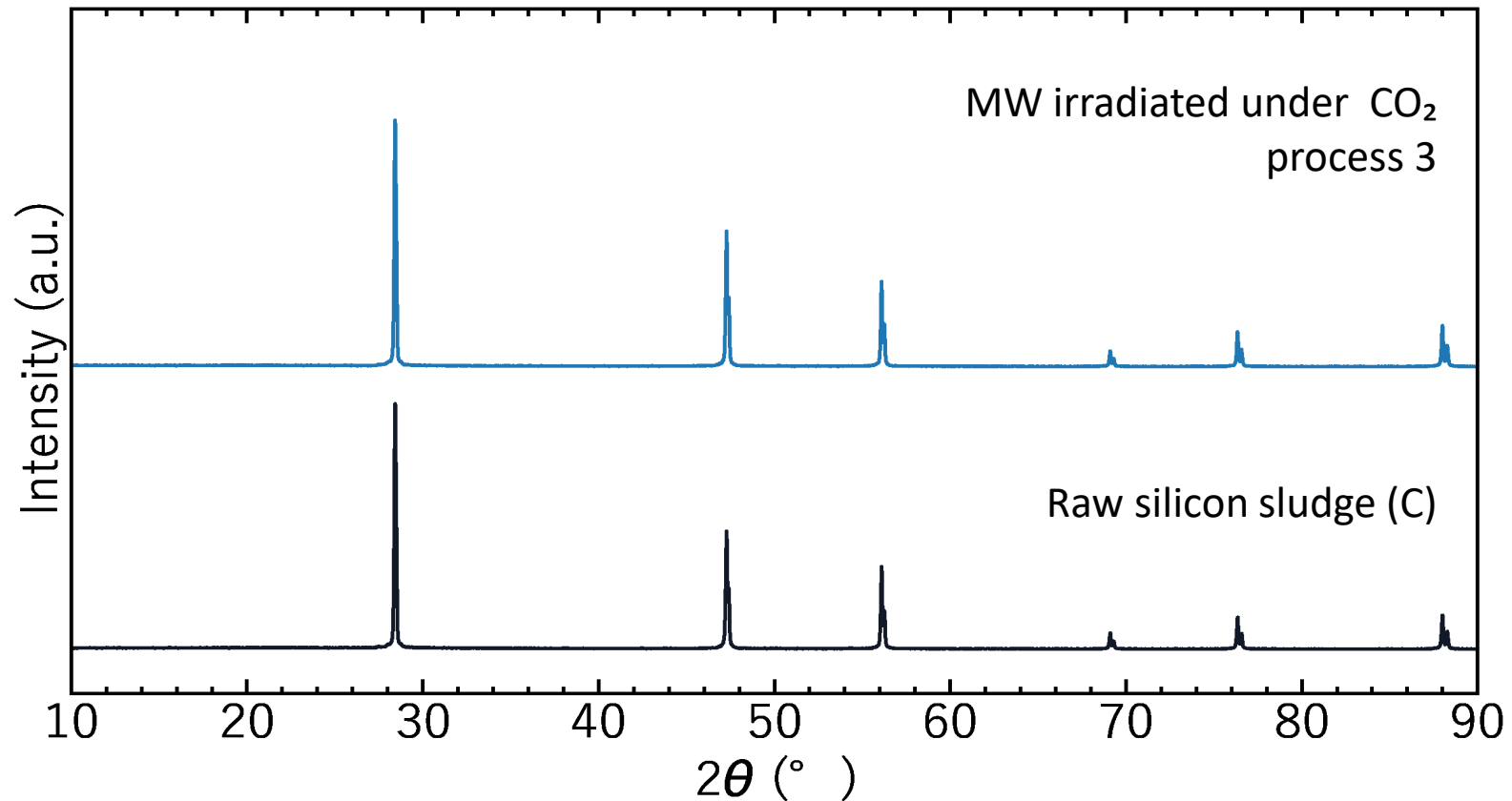
XRDによる相分析：Alなど



太陽電池由来スラッジサンプルA～D
の不純物分析結果

➤ AとBではAlが多く存在

研究成果：太陽電池由来スラッジの活用



Cを出発原料としてCO₂下でマイクロ波と反応させた後のXRDパターン

➤ このプロセス条件では反応しなかった

研究成果: Si半導体産業由来スラッジの活用

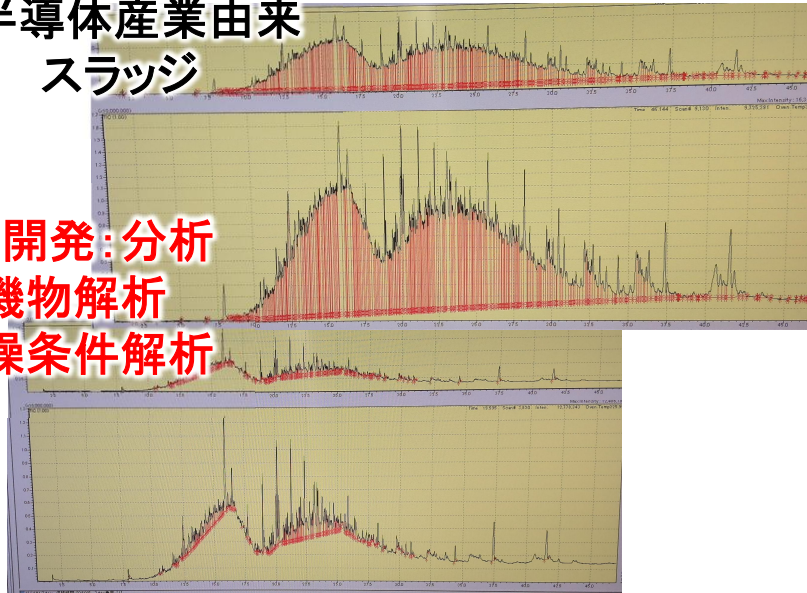
調査研究

- ・サンプル収集
- ・回収コスト評価

Si半導体産業由来スラッジ

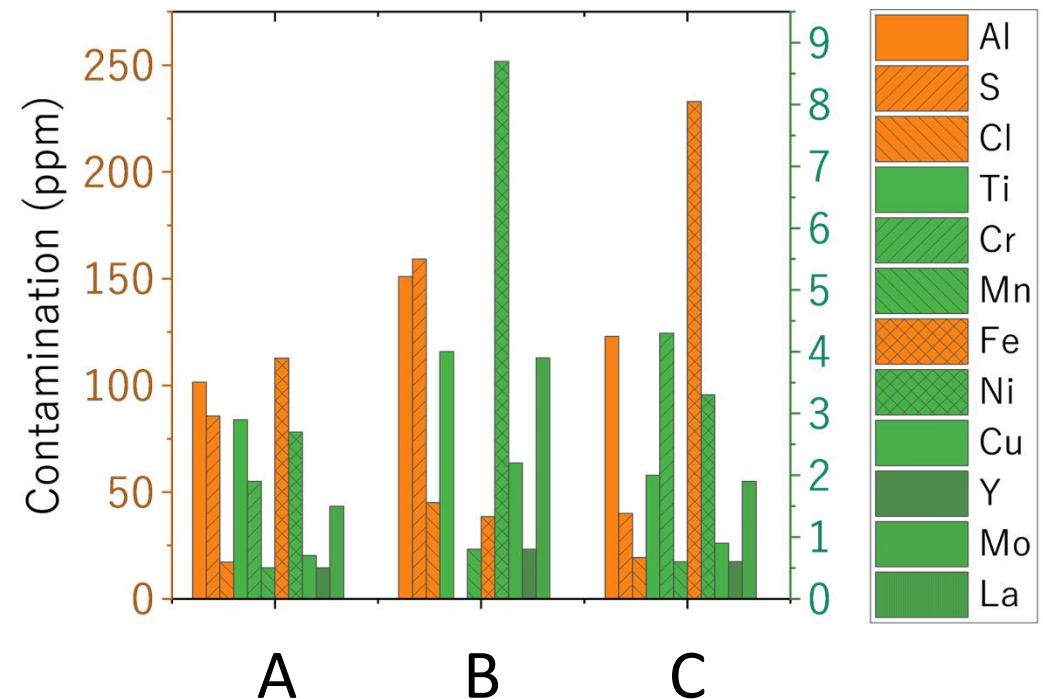
技術開発: 分析

- ・有機物解析
- ・乾燥条件解析



Py-GCMSによる未知有機物の同定と
揮発条件検討

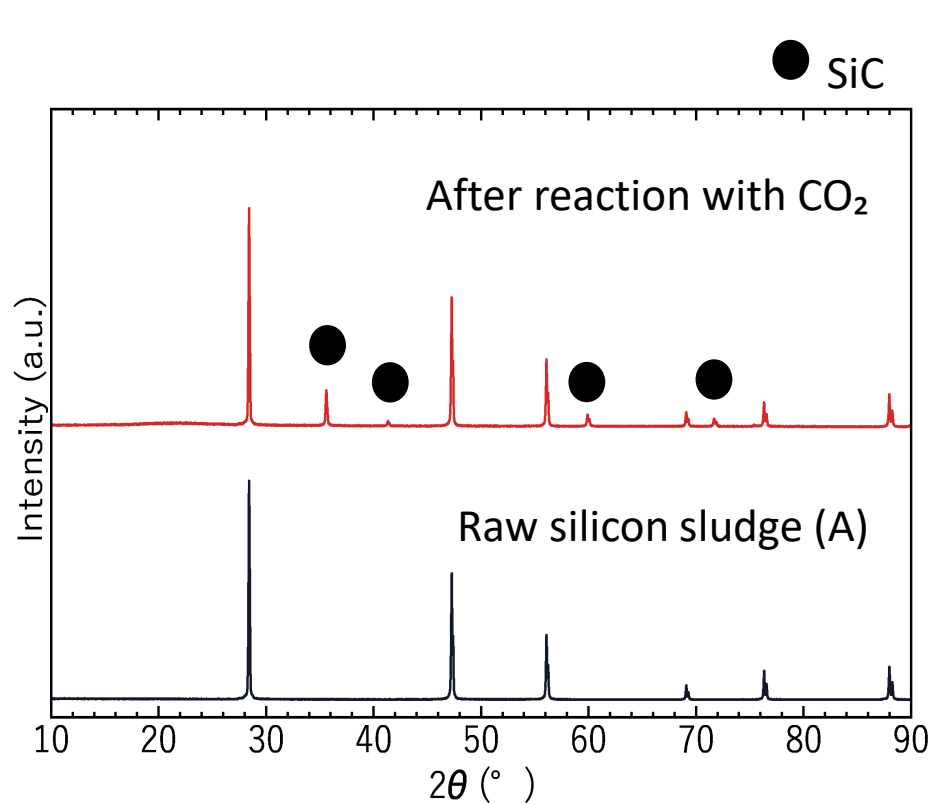
- 前処理条件の検討および確定へ



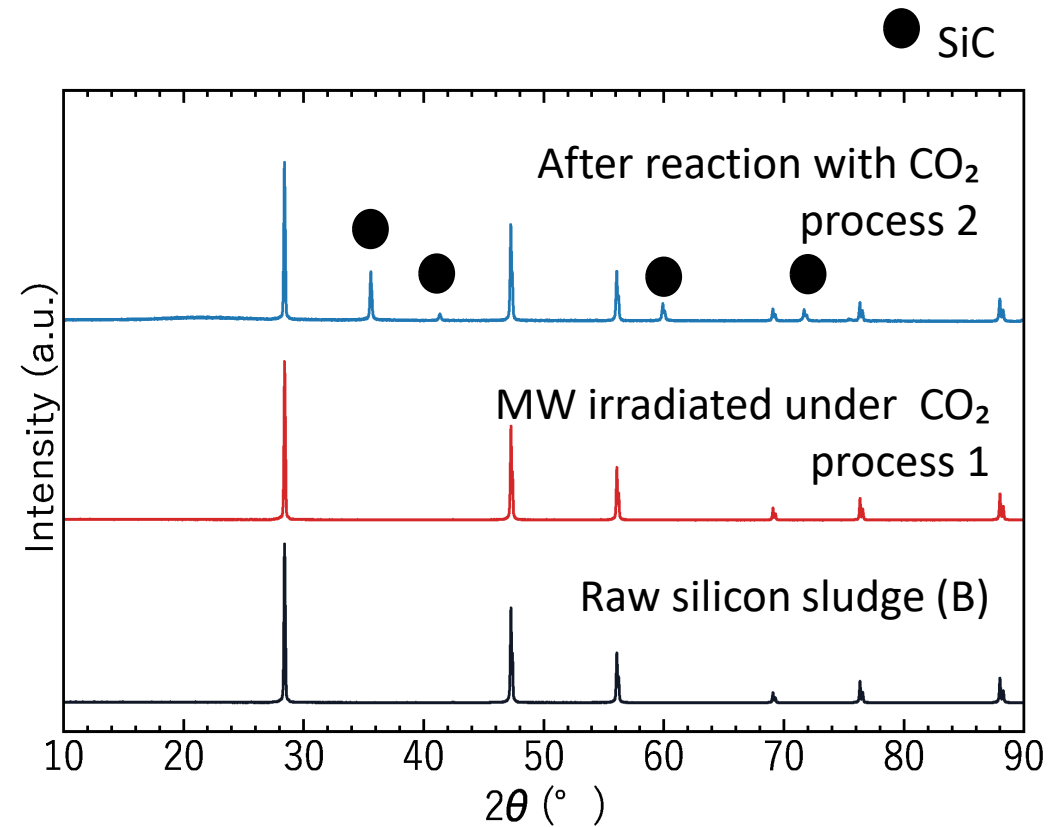
半導体産業由来スラッジサンプルの
不純物分析

- AlやFeなどが比較的多いものの、
これらのサンプルは不純物濃度が
比較的小さく高純度

研究成果: CR-SiC粉末の高純度化



Aを出発原料としてCO₂下でマイクロ波と反応させた後のXRDパターン
➤ β-SiC相が生成



Bを出発原料としてCO₂下でマイクロ波と反応させた後のXRDパターン
➤ プロセスによっては反応せず

研究成果: CR-SiC粉末の高純度化



住友大阪セメント(株)の焼結技術による
成果: 世界初
2026年1月28-30日 Nanotech2026展示



(株)レゾナックとの本格検討を開始

・2025年7月8日プレスリリース

・The American Ceramic Society (ACerS) の
Bulletin (2025年9月号PDF) 記事

- 新たな市場の創出と産業競争力の向上
環境負荷が少なく、持続可能なSiC材料と
して、半導体・ファインセラミックス市場へ
の展開を可能にし、国際競争力を強化

今後の技術課題

①カーボンリサイクル型SiC粉末の高純度化

- 5Nを目指した高純度化のさらなる洗練化
- 各プロセスにおける不純物の低減メカニズムと、プロセス最適化

②太陽電池由来スラッジの活用

- 各種スラッジの前処理条件の確立
- 前処理条件、マイクロ波反応、後処理条件の最適化
- CO₂と反応しない場合における理由についての解析

③Si半導体産業由来スラッジの活用

- 各種スラッジの前処理条件の確立
- 前処理条件、マイクロ波反応、後処理条件の最適化

まとめ

- 鉱物資源や炭素を「採取 → 生産 → 廃棄」とする直線型の資源利用を脱却し、廃棄物を資源として活用する技術開発が必要
- 2022年～2024年のNEDOプロジェクトによる実証研究成果により、SI廃棄物と二酸化炭素を発熱反応を介して反応させSiC粉末を得る反応プロセスの大型化に成功した
- その純度は99.9%程度であり、次世代半導体用途としての純度としては不十分、かつ、太陽電池廃棄物を始めとする低純度廃棄物の活用には至っていなかった
- 高純度化に関して、99.95%を超える純度が得られており、今後の最適化によるさらなる高純度化が期待できる
- PVセルほか廃棄物に含まれる不純物解析により前処理条件の設計が可能となる。また、処理後のサンプルを利用した実験からSiCが得られ始めている
- 実用化や社会実装に向けた調査およびサンプル調査なども順調に進展している

本研究は、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)の委託事業「JPNP16002」の支援を受けて行われました