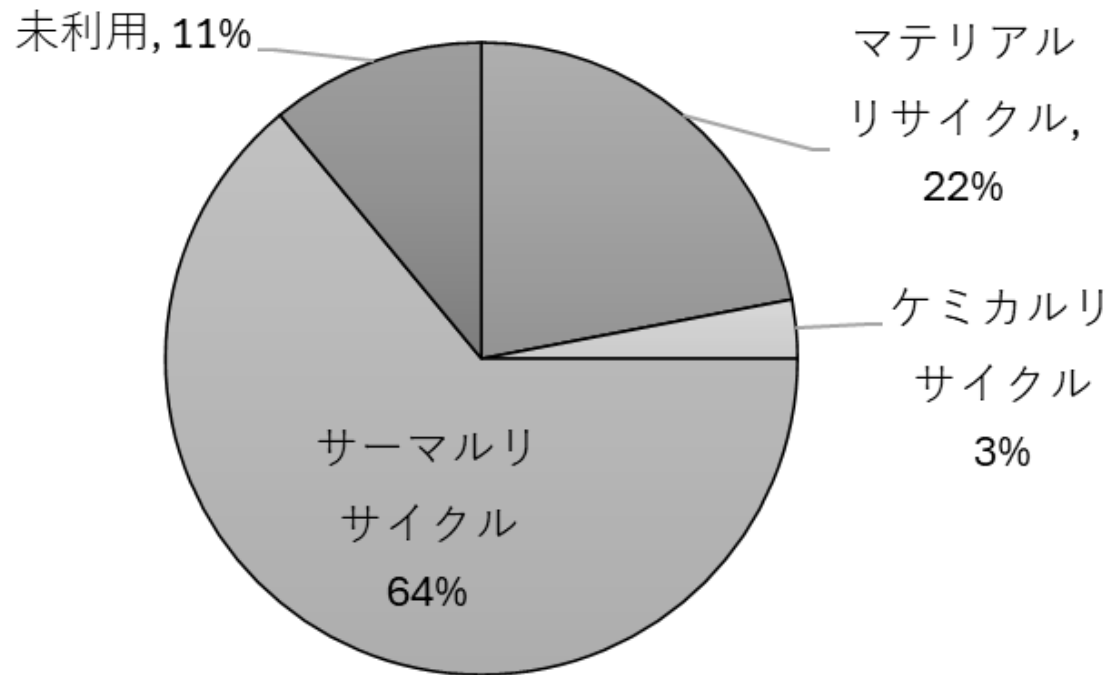


製鉄用コークスの原料拡大を可能 とする廃PVCの有効利用法

京都大学大学院工学研究科化学理工学専攻
講師 蘆田 隆一

2026年7月23日

背景



2023年日本における廃プラスチックリサイクルの内訳¹⁾

- 国内の廃プラスチックリサイクルの主流はサーマルリサイクルであり、高いエネルギーポテンシャルを有する廃プラスチックが必ずしも有効に利用されていない。
- 比較的効率的な利用であるケミカルリサイクルの割合はわずか3%。
- ケミカルリサイクルのメインは鉄鋼業（コークス炉・高炉）での廃プラスチックの利用であり、その利用量を増やすことが重要。

1) 一般社団法人プラスチック循環利用協会, プラスチック製品の生産・廃棄・資源化・処理処分の状況 (2024)

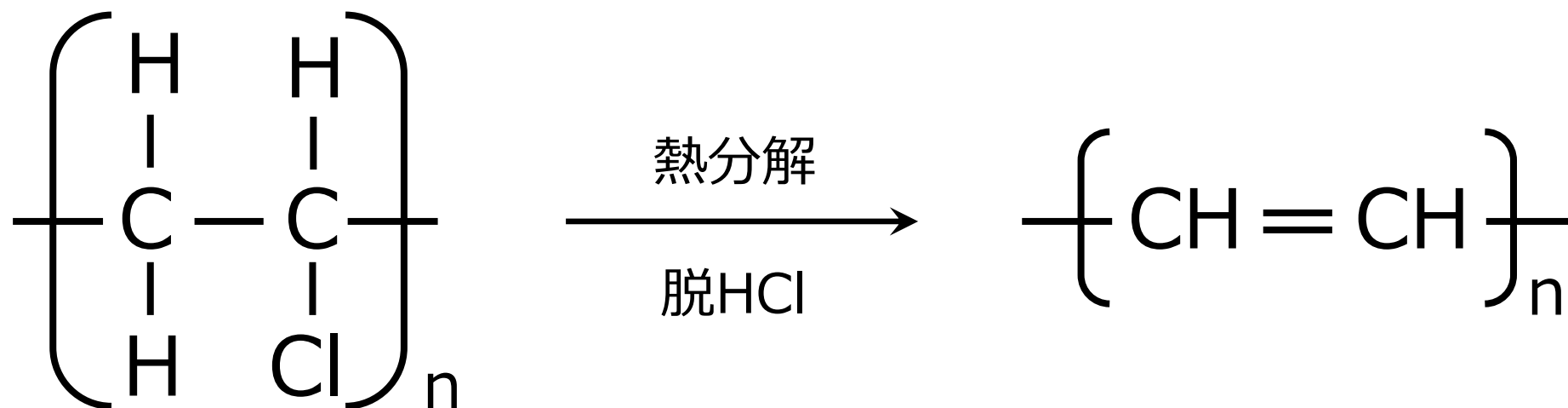
従来技術とその問題点

- 鉄鋼業においては、化石資源使用量削減の観点から、廃プラスチックをコークス原料とすることが求められている。
- コークス炉において主製品のコークスの性能（機械的強度）を損なわない範囲での廃プラスチックの原料石炭への添加量は1%程度にとどまる²⁾。

2) Kato, K.; Nomura, S.; Uematsu, H.: *J Mater Cycles Waste Manag*, 5, 98-101, (2003)

着目した点

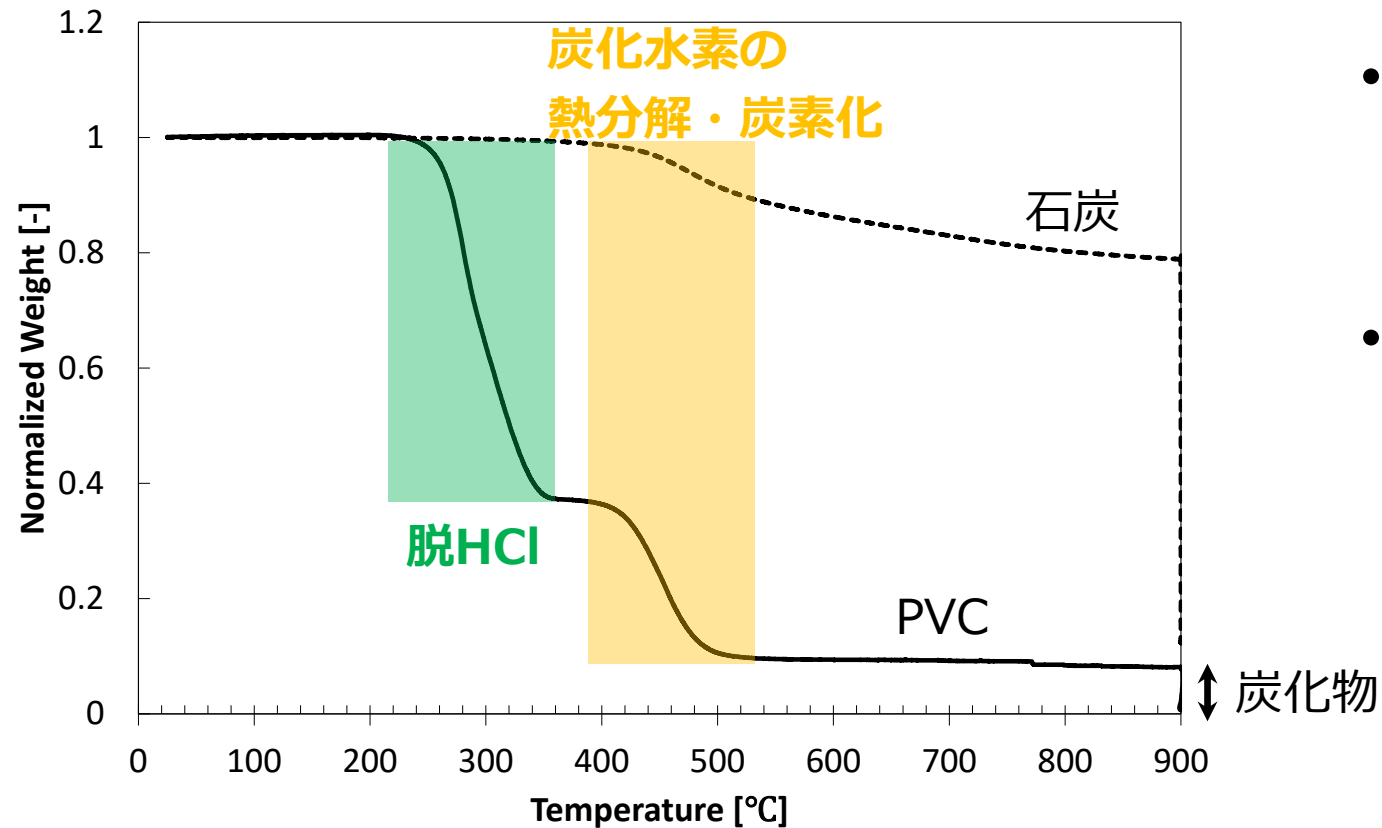
ポリ塩化ビニル（PVC）の熱分解で良質な炭素前駆体ができる



国内の廃塩化ビニル樹脂の年間排出量：69万トン
（2023年、廃プラスチック総排出量の9%）¹⁾

1) 一般社団法人プラスチック循環利用協会, プラスチック製品の生産・廃棄・資源化・処理処分の状況（2024）

着目した点



熱重量変化曲線

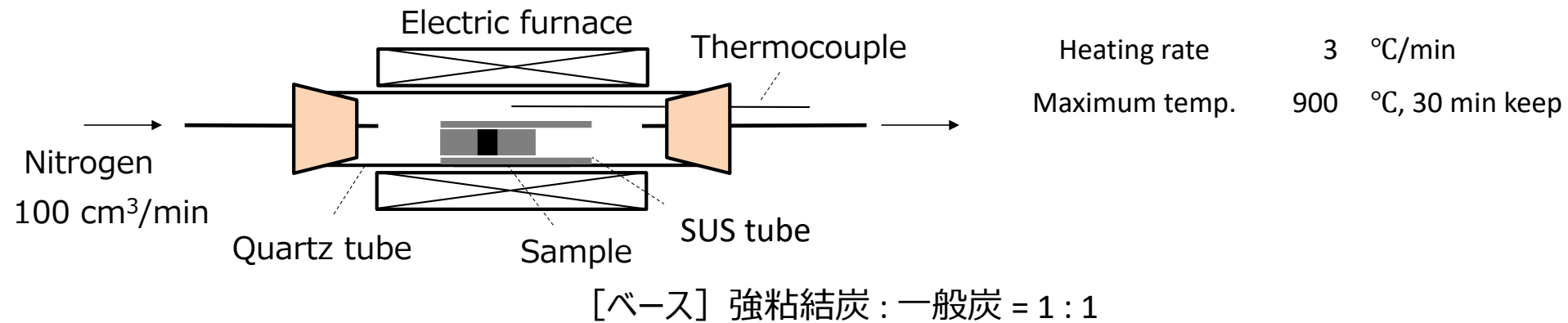
- PVCはプラスチックの中では高い炭化物収率
= 固体炭素としての高い利用率
- 「脱HCl」と「炭化水素の熱分解・炭素化」の温度域が明確に異なる
→ 前処理によるPVCからの塩素除去と高純度HClの回収が可能

新技術の特徴・従来技術との比較

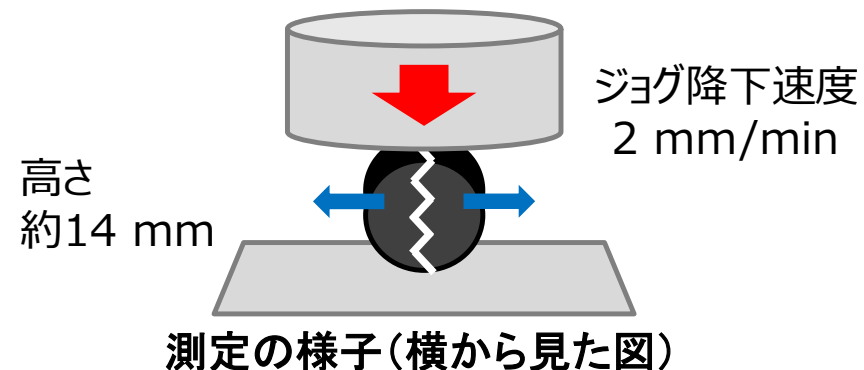
- PVCを適切に粉砕^①、あるいは、熱分解前処理^②することで、PVCを製鉄用コークス製造用の優れたバインダーとして用いることができることを明らかにした。
- これにより、廃PVCを有効利用することができるとともに、これまで利用できなかった劣質で安価な石炭などをコークス原料とできる。
- 従来の製鉄用コークス製造における廃プラスチックの原料石炭への添加量は1%程度にとどまる一方、本技術では30%まで廃PVCを添加できる上に、高いバインダー効果を発揮する。

新技術の概要 実験

コークス作製



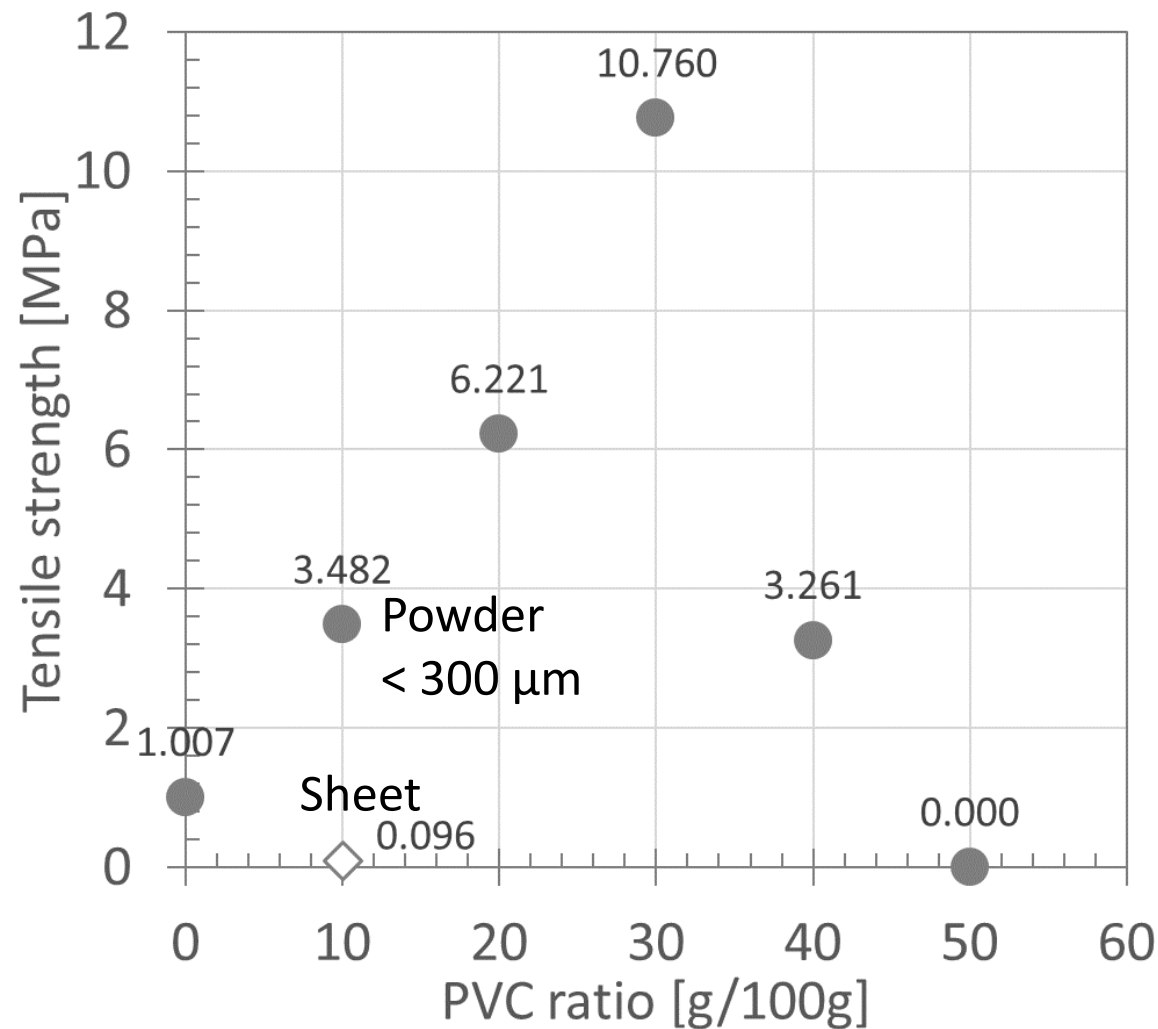
間接引張強度測定 (オートグラフ)



$$S = \frac{2F}{\pi Dh}$$

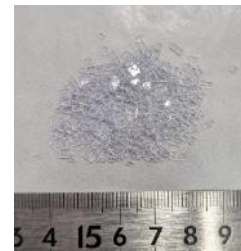
S : 引張強度
 F : 最大圧縮力
 D : 円柱の直径
 h : 円柱の高さ

新技術の概要 ①粉砕



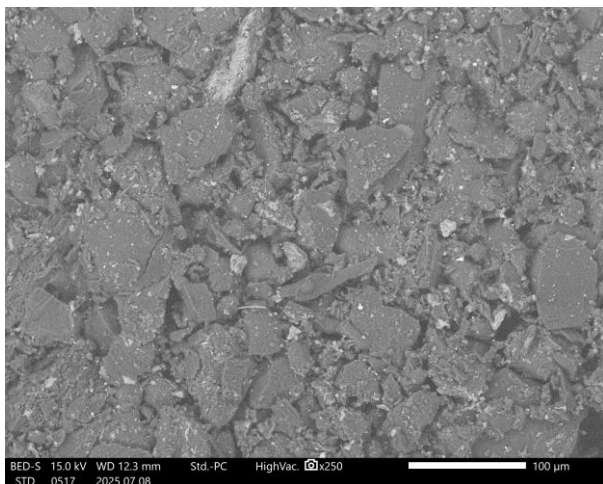
- 数ミリ角のPVCを添加するとコークス強度が大きく低下。（従来法）
物理的な負の効果が勝ってしまい、化学的な優位性を利用できていない
- 小粒径（<300 μm）のPVCの使用により、30%もの大量添加にもかかわらず、コークス強度が約10倍となった。

Sheet
0.2mm厚の板を
5mm×5mm以下に切断

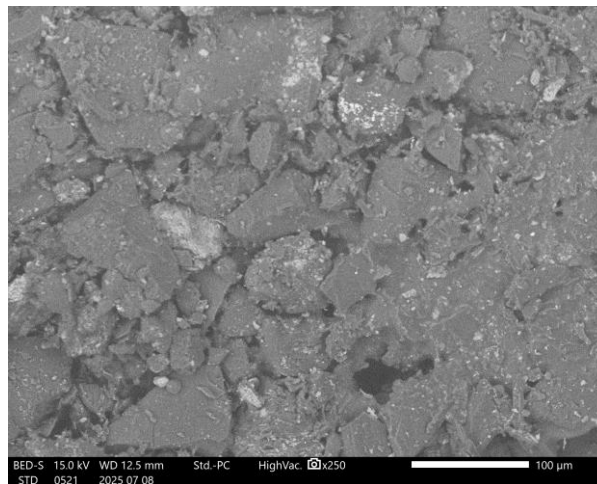


新技術の概要 ①粉砕

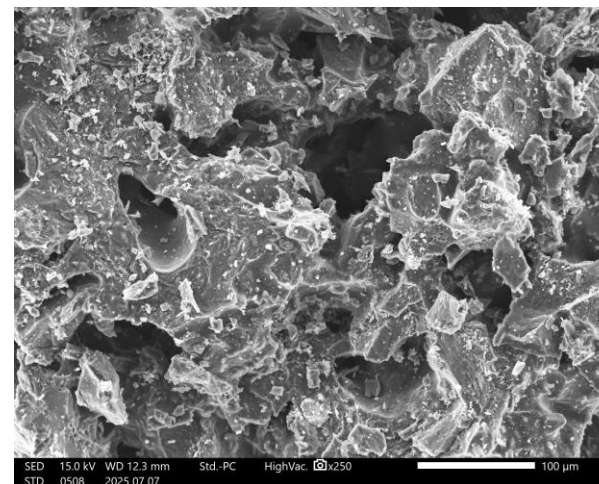
Base
Coal



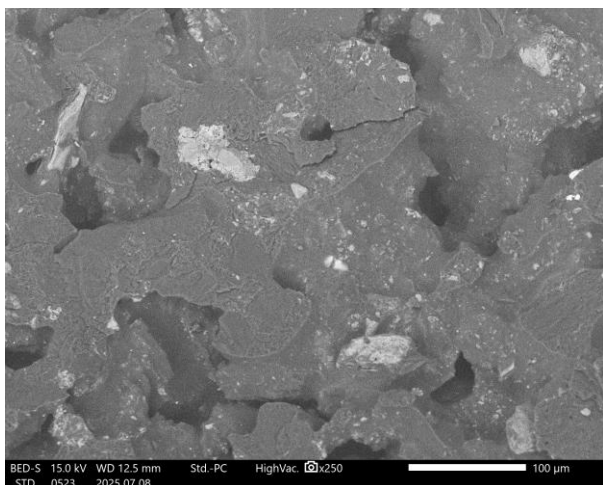
PVC
10%



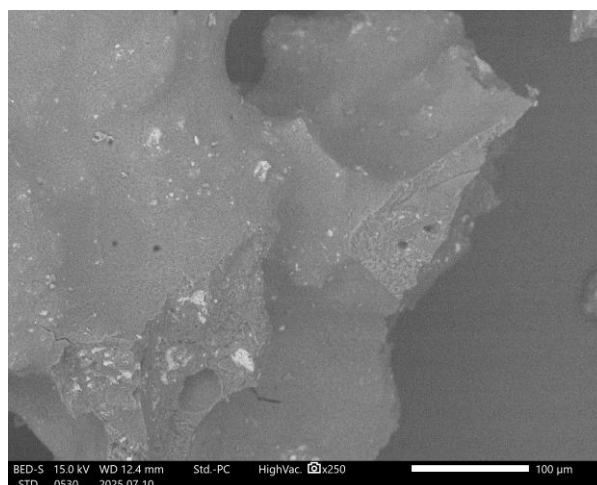
PVC
20%



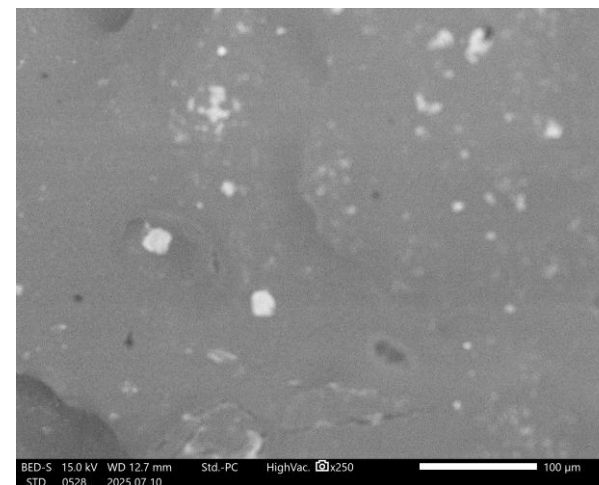
PVC
30%



PVC
40%

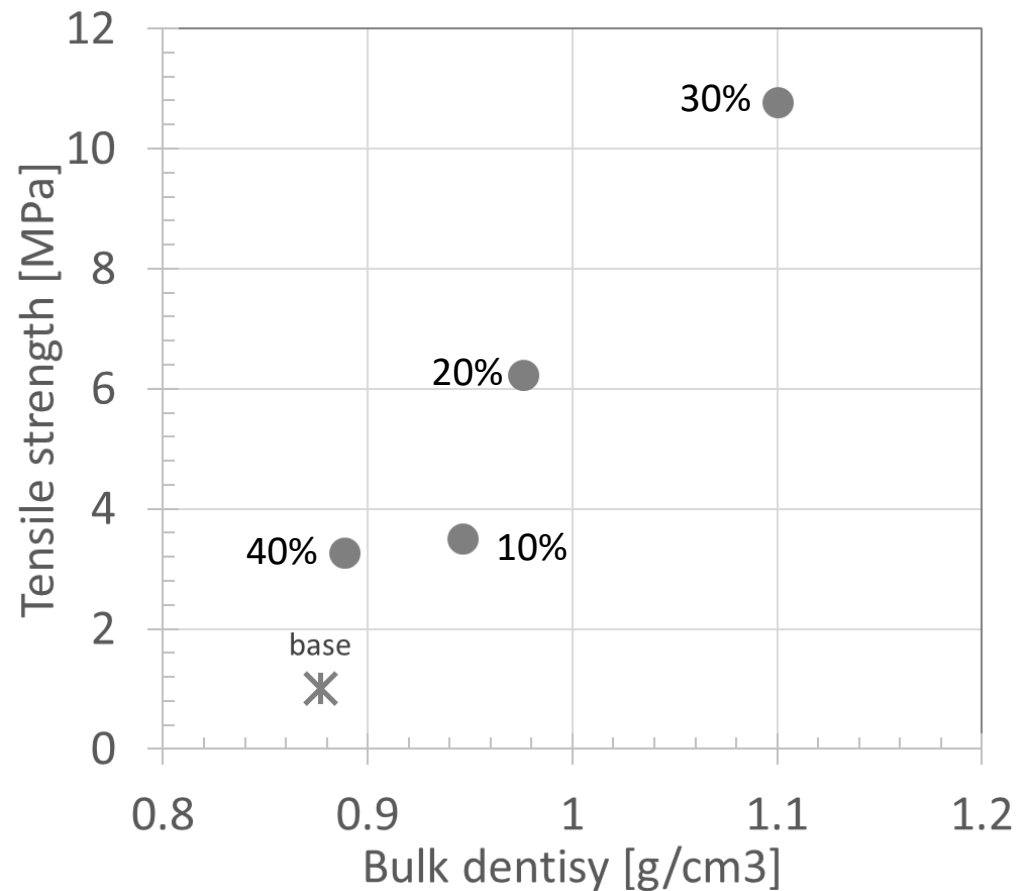


PVC
50%



コークス表面のSEM像

新技術の概要 ①粉砕



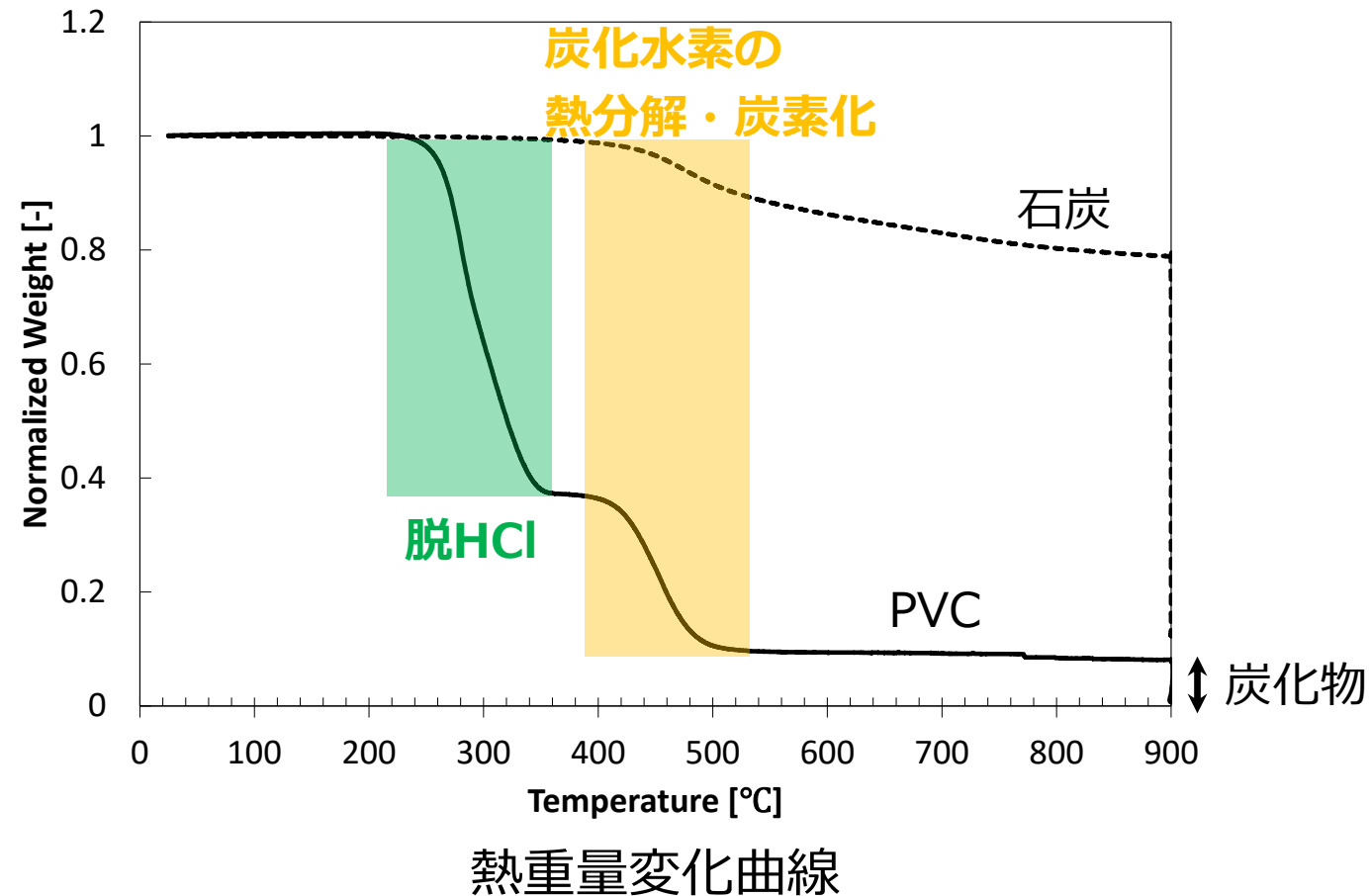
コークス強度とコークスの見かけ密度の関係

- 添加量30%までは、添加量とともにコークスの見かけ密度が増加し、コークス強度も増加。
- 添加量40%以上では、溶融状態が良すぎる（オーバースペック）によって発泡、低密度化し強度が減少。
→より劣質な石炭等にも適用可能



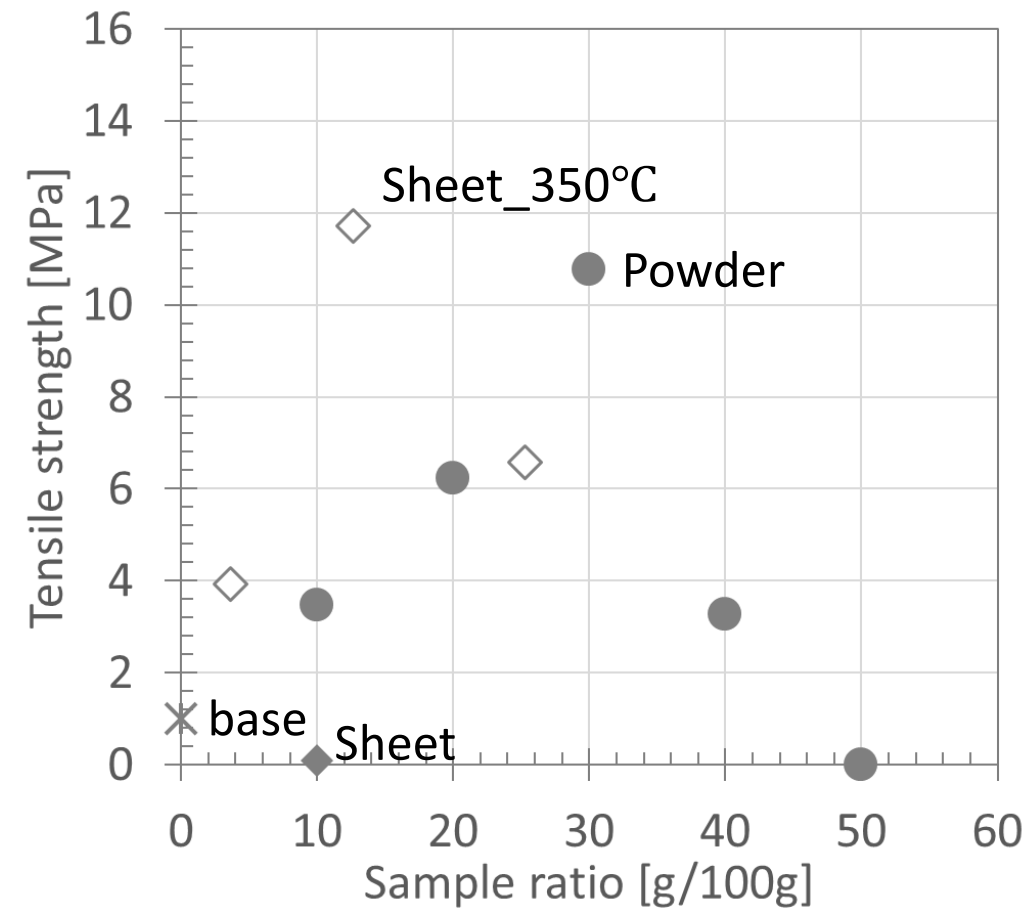
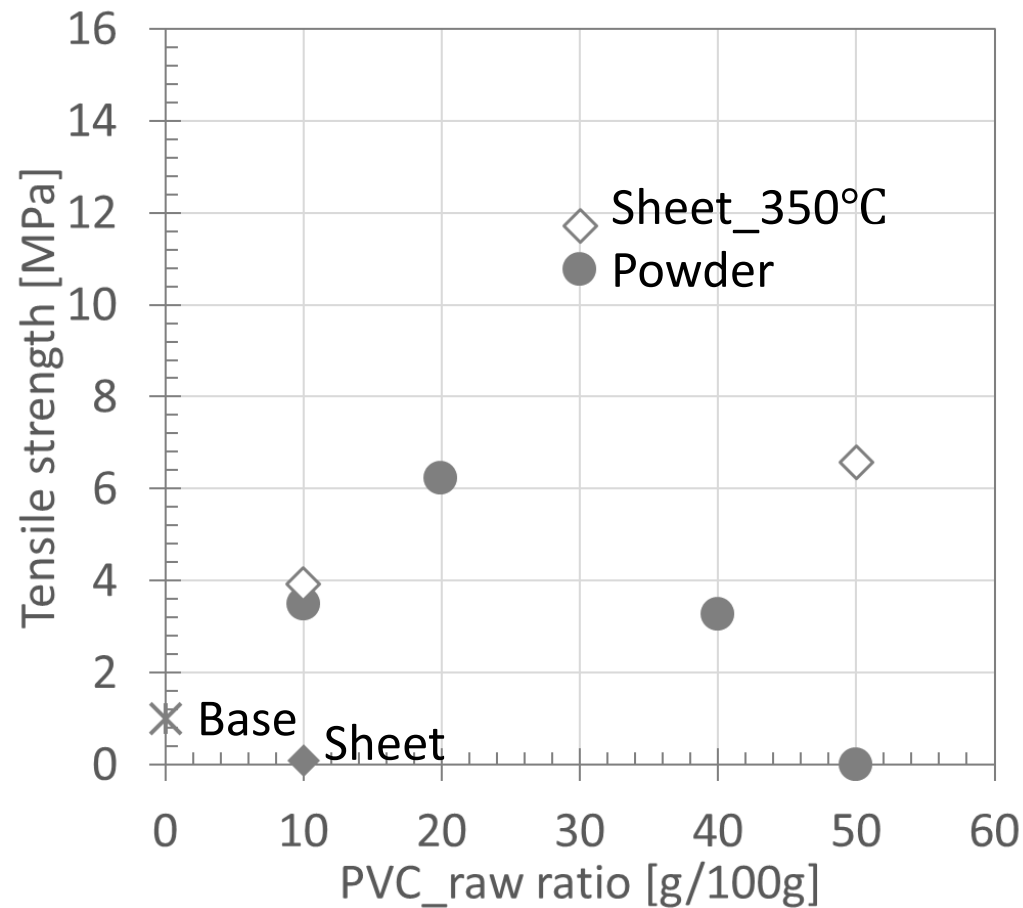
50%添加では発泡して固まらず

新技術の概要 ②熱分解前処理



- 350℃程度の熱分解前処理によりPVCから塩素を完全に除去し、同時に高純度HClを回収。
- 前処理物は手で触れば簡単に崩れるほど脆く、石炭との混合時に簡単に小粒径化する。（粉砕工程不要）
- 前処理物は石炭と同じ温度域で熔融、熱分解・炭素化する。

新技術の概要 ②熱分解前処理



コークス強度とPVCあるいは350℃処理PVCシート添加率の関係
(左：原料PVC基準の添加率の影響、右：添加物そのものの添加率の影響)

新技術の特徴・従来技術との比較

- PVCの熱分解において脱HCl後に良質な炭素前駆体であるポリアセチレン構造をとることに着目してPVCのコークス原料化を着想したが、単に塊のPVCをコークス原料の一部として用いる場合（先行技術）においては、物理的な負の効果が勝ってしまい、化学的な優位性を利用できていない。
- 対して本発明では、粉碎、あるいは、熱分解前処理により、PVCの化学的優位性を最大化することに成功した。
- 本発明は、単にPVCをコークス原料化するだけでなく、極めて高いバインダー効果により、これまで利用できなかった劣質で安価な石炭などをコークス原料とできる可能性がある。

想定される用途

- 鉄鋼業、鑄造業での利用
- 非鉄金属の製錬、加工用

実用化に向けた課題

- 不純物混入時の影響度の把握と許容される不純物の種類、割合の把握。
- スケールアップしたときに起こるかもしれない問題の把握と解決。

企業への期待

- PVCを廃棄物として抱える企業との連携。
- 前処理プロセス（脱塩化水素＋塩化水素回収）を担える企業との連携。
- 前処理後PVCの工業利用ができる企業との連携。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : コークスの製造方法
- 出願番号 : 特願2026-066760
- 出願人 : 京都大学
- 発明者 : 蘆田隆一、木村文乃

お問い合わせ先

京都大学

成長戦略本部

統轄事業部 イノベーション領域

e-mail: ip-eng@saci.kyoto.ac.jp