

セルロース から 水素 と カーボンナノチューブ の 同時生成

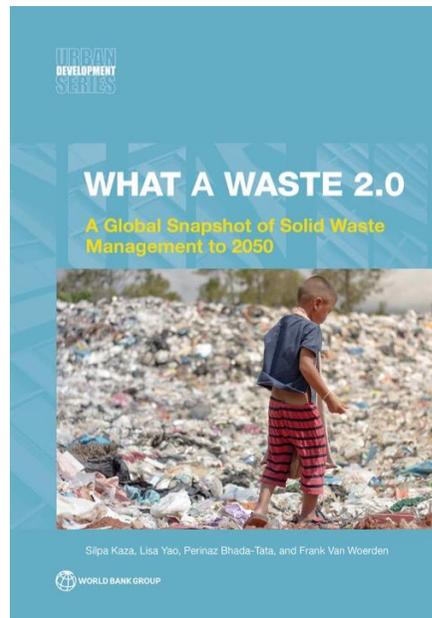
福井大学 学術研究院工学系部門
物理工学講座

教授 浅野 貴行

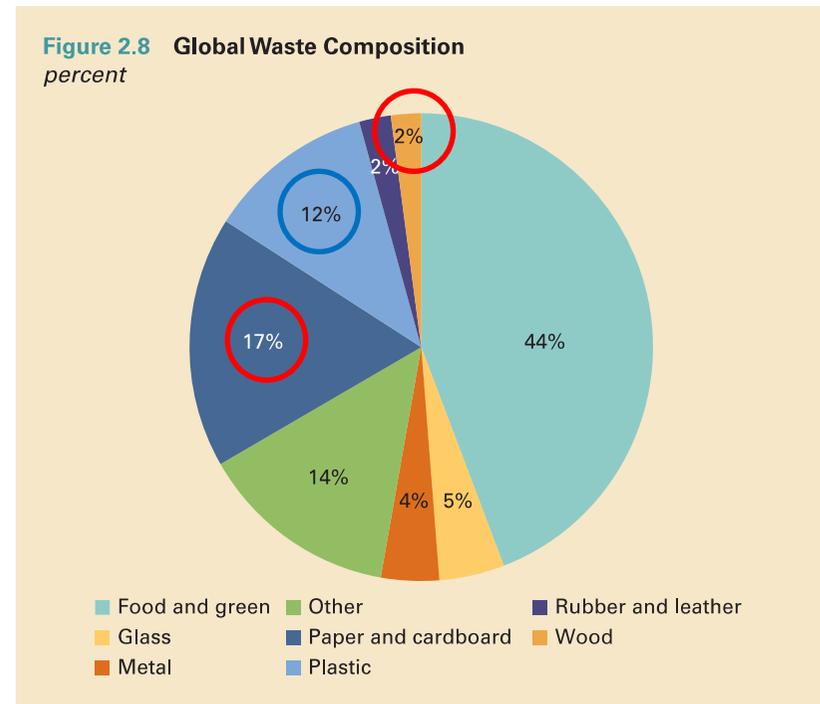
2023年 9月 7日

2050年に向けた世界の廃棄物処理の現状

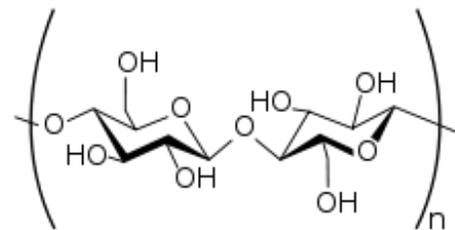
- 全世界のごみ（固形廃棄物）排出量約20億トンの31%をプラスチック(12%)と紙・ダンボール(17%)、木材(2%)が占めている。
- プラスチックごみ（廃プラ）は、14%しかリサイクルされておらず、大部分が埋め立て(40%)と流出(32%)、さらに焼却(14%)により自然環境を汚染，地球に大きな負荷を与えている。



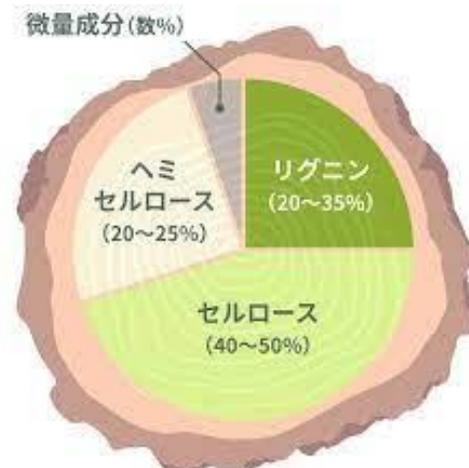
出典：WHAT A WASTE 2.0
(THE WORLD BANK)



セルロース (cellulose)



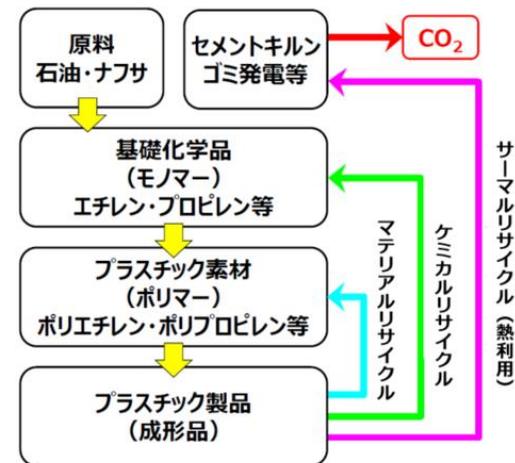
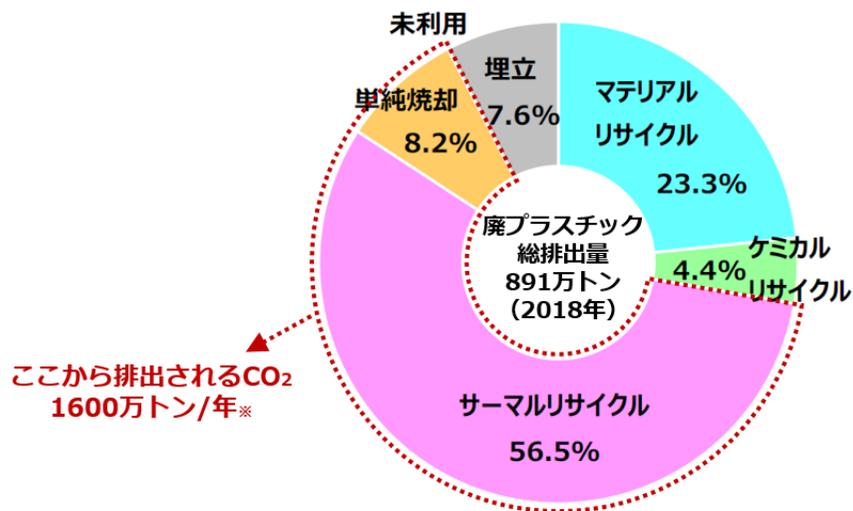
- 分子式 $(C_6H_{10}O_5)_n$ で表される炭水化物 (多糖類)
- 植物細胞の細胞壁および植物繊維の主成分で、天然の植物質の1/3を占め、地球上で最も多く存在する炭水化物
- 繊維素 (せんいそ) , 自然状態においてはヘミセルロースやリグニンと結合して存在
- 木材の主要成分はセルロース, ヘミセルロース, リグニン (3成分が木材の90%以上)
- セルロース, パルプ, 紙の違いは?
⇒リグニンの割合やその他の化合物の混在の有無



農林水産省HPより

プラスチック

- **マテリアルリサイクル**：廃プラスチックをプラスチックのまま原料として、新しい製品を作る。
- **ケミカルリサイクル**：廃プラスチックに熱や圧力を加えて、もとの石油基礎化学原料に戻してから再生利用する。
- **サーマルリサイクル**：廃プラスチックから熱エネルギーを回収して利用する。



経済産業省-資源エネルギー庁HPより

カーボンニュートラル（脱炭素）

排出する二酸化炭素（CO₂）の量を植物や海などで吸収できる量まで減らせば、大気中のCO₂の量は不変

- 温室効果ガス

二酸化炭素（CO₂）が最も気温上昇に影響

- 化石燃料

電気を作るのに、石炭，石油，天然ガスを使うとCO₂が出ることが問題

再生可能エネルギー（再エネ）

自然界のエネルギーを利用するので、使っても再び自然から供給される資源

- 太陽光，風力，水力，地熱，太陽熱，大気中などの自然界に存在する熱，バイオマスの7種類（日本）

CO₂回収・貯留

水素エネルギー

バイオマス

太陽と光とCO₂，水から光合成により作られた，植物となる有機物。
例えば，農作物，木材，水生植物（培養した藻），作物残渣，動物の排泄物，都市ゴミなどの廃棄物（プラスチックなどは除く）。

- **バイオマスガス化発電システム**：バイオマスを加熱（700～850℃）して一酸化炭素（CO）や水素（H₂）などの可燃性ガスを取り出し，そのガスでエンジンなどを動かして発電する。
しかし，大型装置，バイオマスの回収時CO₂排出など，問題点がある。

SDGs（持続可能な開発目標）

- 7「エネルギーをみんなに，そしてクリーンに」
- 13「気候変動の具体的な対策を」

- 9「産業と技術革新の基盤をつくろう」

CO₂を出さない再エネや水素エネルギーなどのグリーンエネルギー技術を開発することにより，気候変動対策やエネルギー，産業の基盤をつくる目標を達成することが可能！

水素

燃やすと熱を出して水になる。燃やしてもCO₂を排出しない。

→カーボンニュートラルを進めるには、欠かせない物質。

- **水素製造**：水の電気分解（水電解）
- **水素発電**：水素を燃やし，発生した蒸気でタービンを回して発電
- **水素ステーション**：圧縮した水素をトレーラーで運搬，高圧カタンク（82MPa）へ貯蔵

しかし，コスト面で問題があり，普及していない。

カーボンナノチューブ (carbon nanotube, CNT)

- 炭素によって作られる六員環ネットワーク（グラフェンシート）が単層あるいは多層の同軸管状になった物質。
- 単層のものをシングルウォールナノチューブ（SWNT）、多層のものをマルチウォールナノチューブ（MWNT）という。
- その細さ、軽さ、柔軟性から、次世代の炭素素材、ナノマテリアルといわれ、様々な用途開発が行われている。
- 非常に高い導電性、熱伝導性・耐熱性を持つことを特性としている。

しかし、コスト面で問題があり、汎用性に課題。

廃棄物

セルロース含有バイオマス
炭化水素含有プラスチック

水素 + CNT

マイクロ波加熱

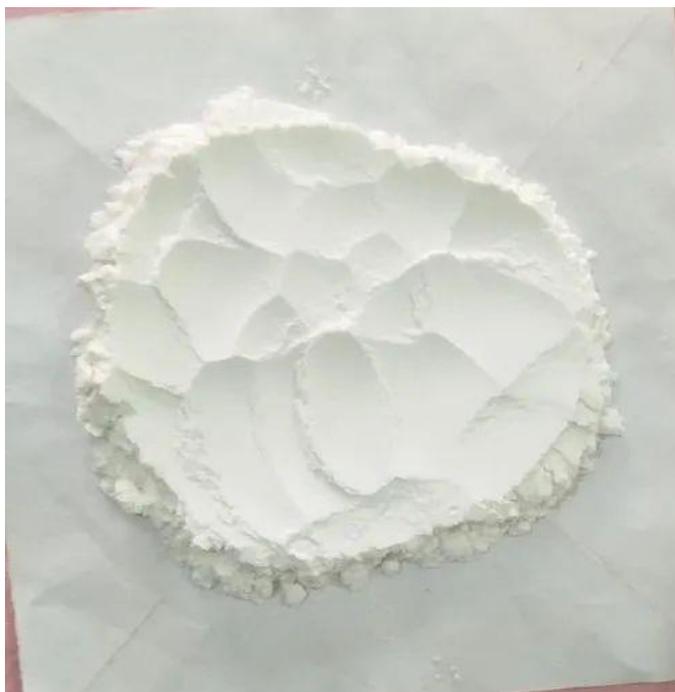
?

マイクロ波加熱の特徴

- 迅速（急速）加熱
- 内部加熱（自己発熱）
- 選択加熱
- 省エネルギー

マイクロ波加熱によるセルロースのガス化

セルロース($C_6H_{10}O_5$)_n



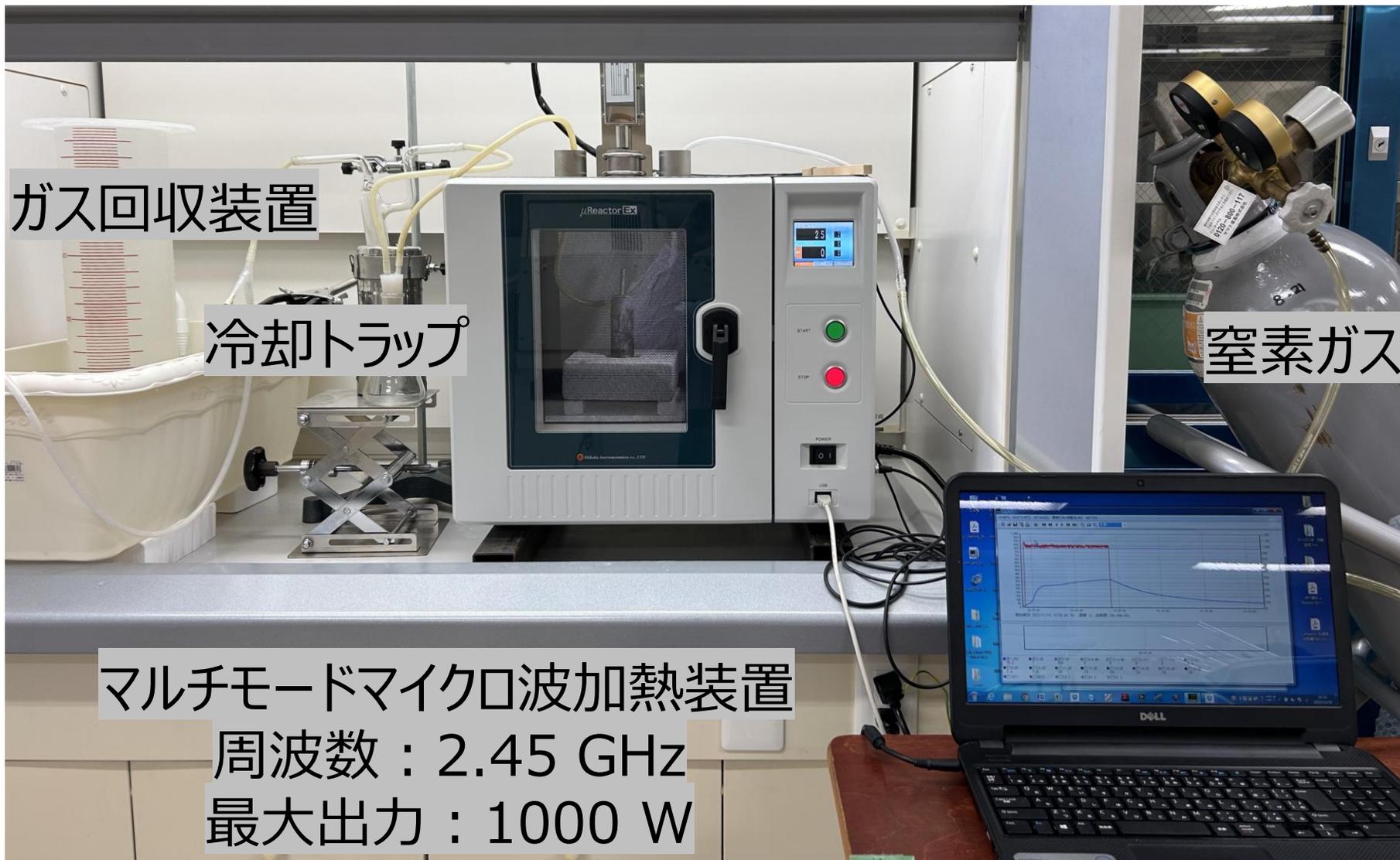
触媒 : $FeAlO_x$



残留物 : 粉末X線回折 (XRD) , 走査電子顕微鏡 (SEM) ,
ラマン分光

発生ガス : ガスクロマトグラフ (キャリアガスAr)

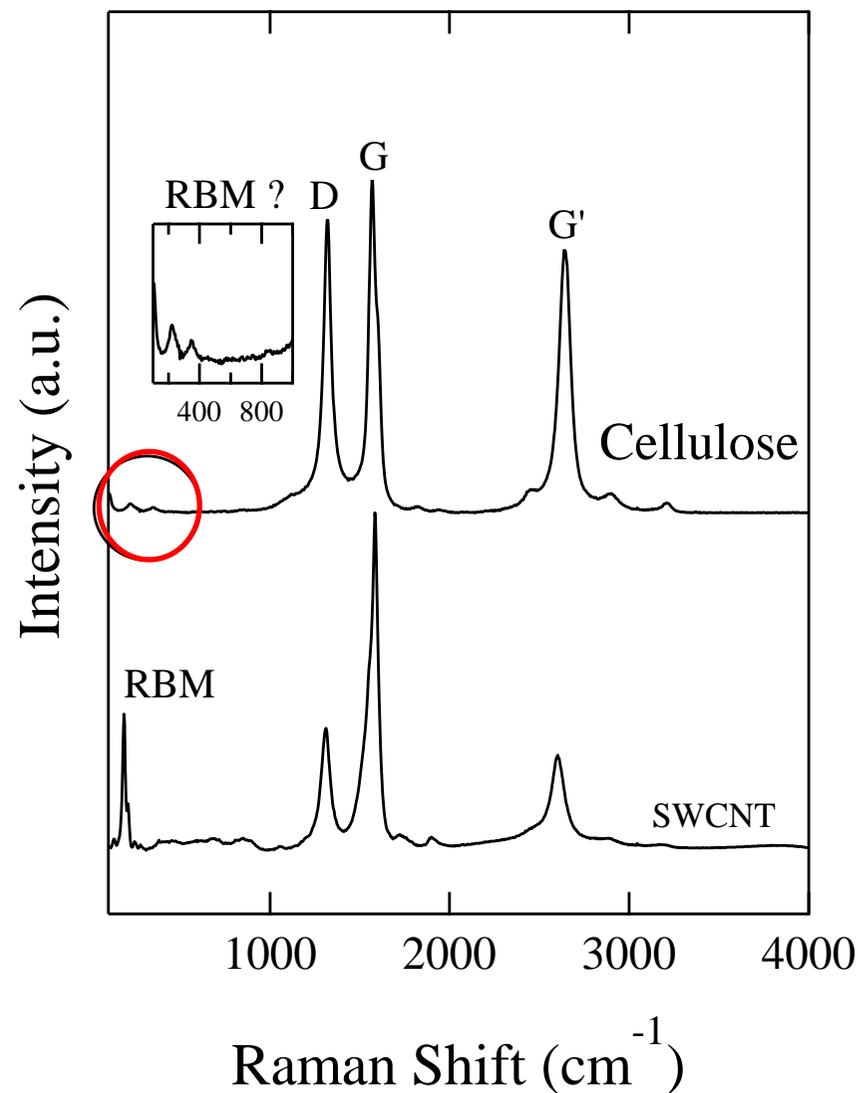
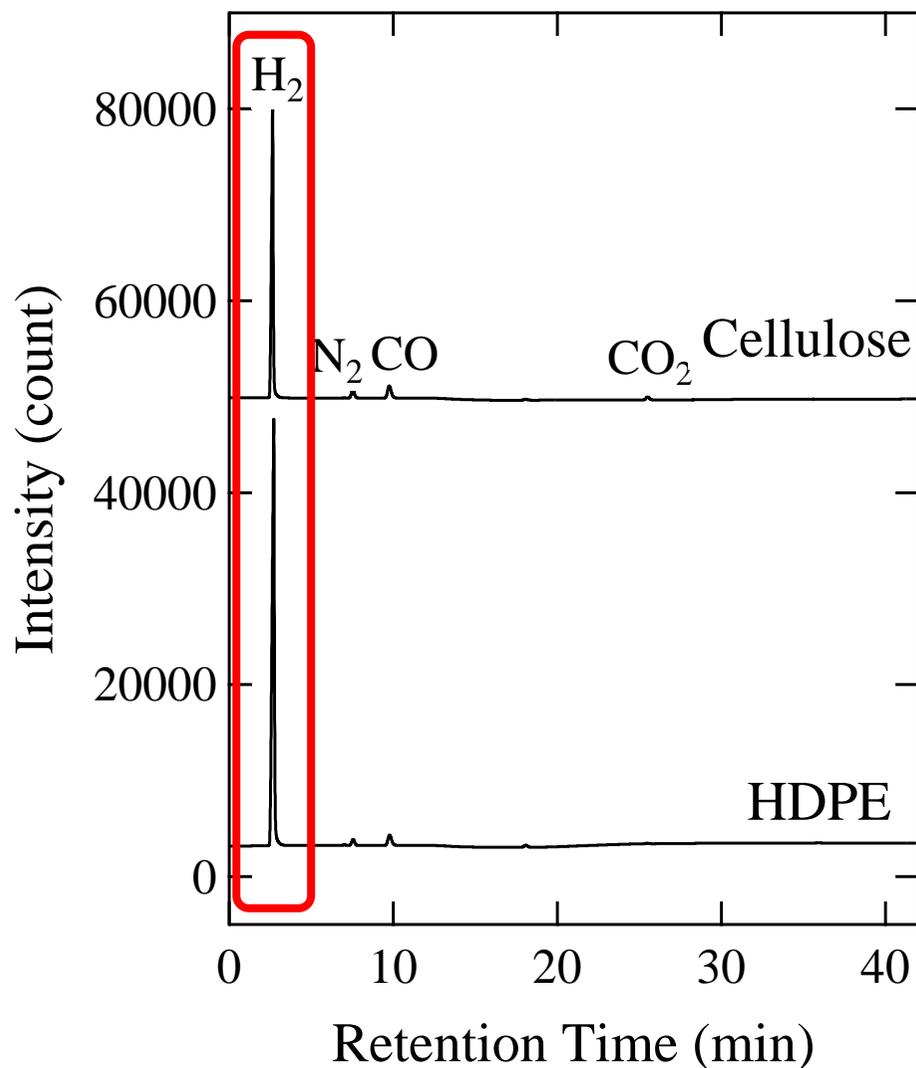
マイクロ波加熱実験装置



セルロース由来水素とCNTの同時生成

ガスクロマトグラフィ (キャリアガスAr)

ラマンスペクトル



(特許出願中)

新技術の特徴・従来技術との比較

- 本技術の使用により、セルロースから水素とCNTの同時生成が可能となった。
- マイクロ波加熱の使用により、外部加熱と比較してCO₂排出量の減少、低温・短時間でのセルロース由来の水素製造が可能となった。
- 本技術の使用により、セルロースから安価で大量の水素とCNTの生成が期待できる。
- 本技術の使用により、従来装置と比較して小型化が可能となった。

想定される用途

- 新しい廃棄物処理システムとしての稼働
⇒ 各種廃棄物処理施設での利用
- 廃棄物由来の水素とCNTの大量製造・安価供給
⇒ 水素エネルギー普及とCNT応用研究の展開

実用化に向けた課題

- 生成した粗水素からの純水素の分離
- 生成した炭素残留物からのSWCNTやMWCNTの分離
- エネルギー効率の向上
- 小型化
- マイクロ波加熱装置稼働に再エネ由来の電力利用
⇒ グリーン水素

企業への期待

- 生成した粗水素からの純水素分離技術
- 生成した炭素残留物からのCNT分離技術
- 小型装置の実装化
- 再エネ由来の（マイクロ波加熱装置稼働）電力
利用技術 ⇨ グリーン水素

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 処理方法および混合物
- 出願番号 : 特願2023-025630
- 出願人 : 福井大学
- 発明者 : 浅野 貴行, 仲川 晃平
イプトゥ アブディ カルヤ,
西海 豊彦, 光藤 誠太郎

お問い合わせ先

福井大学 産学官連携本部
コーディネータ 小林 靖典

TEL 0776-27-8956

FAX 0776-27-8955

e-mail office@hisac.u-fukui.ac.jp