

補助事業番号 2023M-248

補助事業名 2023年度 CO2フリー、アルミ廃棄物有効活用の実現を目指す、水素製造反応メカニズムの解明 補助事業

補助事業者名 室蘭工業大学 教授 今井 良二

1 研究の概要

本研究の最終ターゲットである、アルミ廃棄物からのCO2フリー高圧水素製造技術実現の最初のステップとして、アルミ合金微粒子を用い、その組成(アルミとその他金属の含有割合)が水素製造速度におよぼす影響を調査し、水素製造速度を最大とする合金組成、性状(粒子径、表面性状)を明確にする。さらに従来の反応槽の5倍の0.5L反応槽を用いてスケール効果を評価する。従来の反応槽で生成されるものと比べて5倍の水素製造量を達成できることを確認する。

2 研究の目的と背景

水素利活用社会に向け、水素の製造に関する多くの研究開発が進められている。水素製造は従来、化石燃料の改質、製油所等からの副生水素の利用、水の電気分解が主流であるが、これらは多くのエネルギーを消費し、大量のCO2を発生する。CO2を副生しない水素製造法として、熱分解や光触媒を用いる方法が検討されているが、実用化には程遠い。また、廃棄物処理問題の解決は重要な社会的課題である。廃棄物の中でアルミニウムはリサイクル率が高いが分別や処理過程で多くの電力を消費し、大量のCO2発生をもたらしている。

本提案では、提案者らが見出したアルミ微粒子を水中で攪拌させた際の水素製造反応を利用した水素製造プラントの構築を最終目的とする。アルミ加工工場等から発生する廃棄物アルミ微粒子を回収し、かつ攪拌式反応槽で要する電力を再生可能エネルギーで賄えば、CO2フリーの高圧水素製造とアルミ廃棄物の有効利用を同時に達成することが可能となる。本事業ではアルミ合金微粒子の組成、機械的特性が反応特性に及ぼす影響を明らかにすることでいまだに解明されていない上述の水素製造反応メカニズムを明確にすることを目的とする。

3 研究内容

(1) アルミ合金粉末の組成が水素製造速度におよぼす影響確認

100mL攪拌式反応槽を用い、純アルミ粉末およびSnを5%含有するアルミ合金粉末における水素製造量を計測した(図1)。さらに実験前後の純アルミ、アルミ合金粉末の走査型電子顕微鏡(SEM)による表面状態観察(図2)、電子プローブマイクロアナライザー(EPMA)による微粒子断面の元素分析、実験後のX線回折法(XRD)による微粒子表面の化合物分布の計測結果し、合金粉末において水素製造量が増加する原因を検討した。その結果、Snを5%含有するアルミ合金粉末における水素製造量が、純アルミ粉末におけるものに比べ最大1.8倍となった。また上述の分析結果より、攪拌時の微粒子の衝突による破碎、比表面積増大がアルミ合金粉末においてより顕著に起こり、反応速度増大につながる事が判明した。

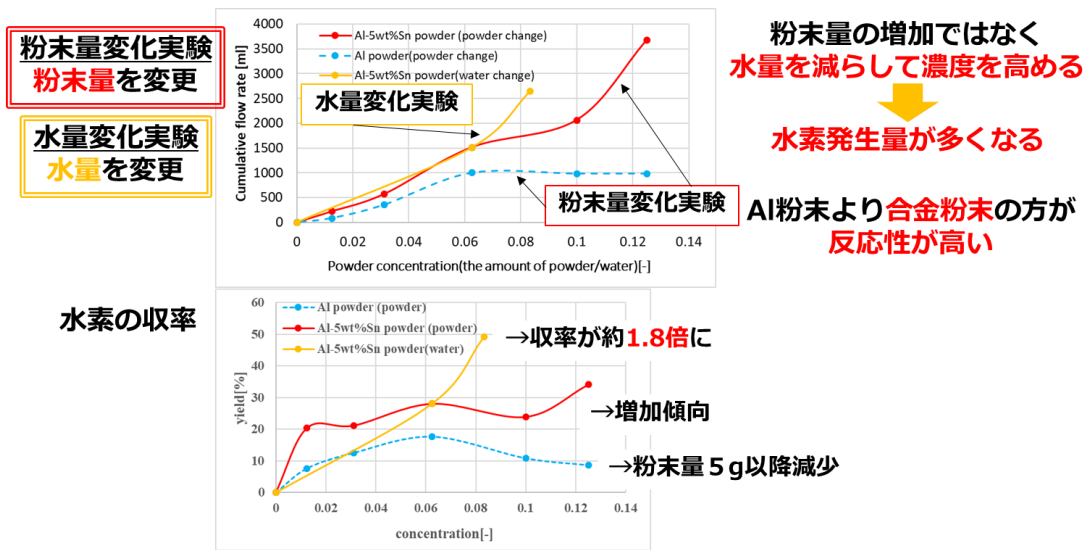


図1 水素製造量の計測結果

Al-5wt%Sn合金粉末のSEMによる表面観察

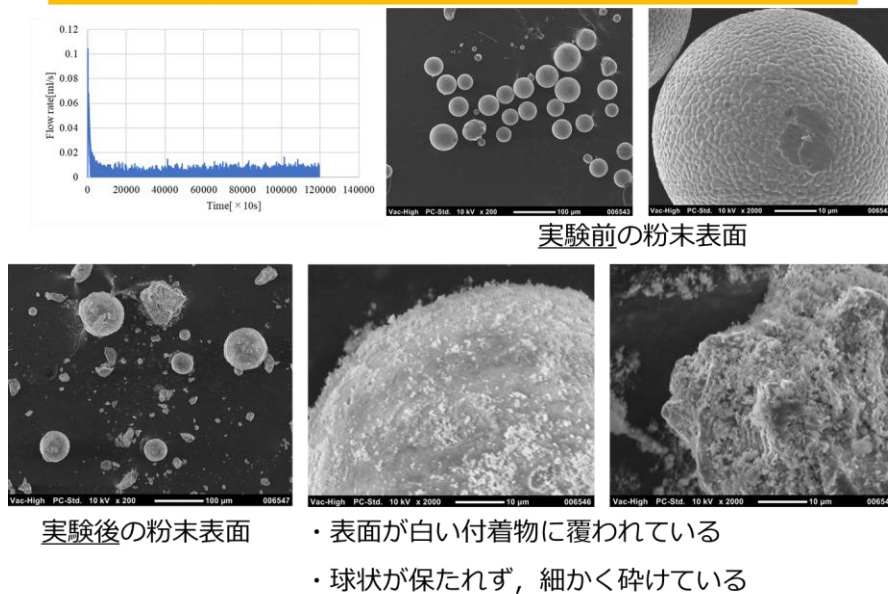


図2 アルミ合金粉末の走査型電子顕微鏡(SEM)による表面状態観察結果

(2)0.5L反応槽における高圧水素製造実証

500mL攪拌式反応槽を導入した。さらに反応槽体積を従来の100mLから500mLとした場合の水素製造量が計測を行ない、反応槽のスケール効果を検討した。反応層体積を従来の100mLから500mLとした場合、水素製造量が3倍から7倍となることが分かった(図3)。

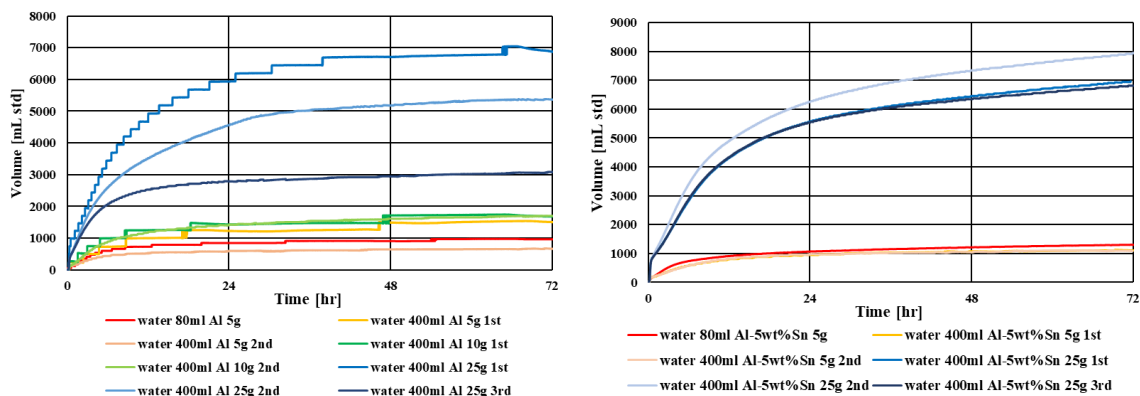


図3 500mL反応槽を用いた水素製造実験結果

左: 純アルミ粉末 右: アルミ合金粉末

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

アルミ合金粉末で水素製造速度が高くなることが判明したことにより、本技術を機械加工メーカーで発生する廃棄物アルミの有効利用に適用できる見通しを得た。さらにスケールアップ比を上回る水素製造量を得る可能性があり、実用化に向け有望な成果を得ることができた。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

研究者らは宇宙推進システム、エネルギープラントの熱流動問題、水素製造技術に関する研究を実施してきた。今回の研究成果は、これらの適用先以外にCO2削減、廃棄物有効利用の研究分野に対する成果を提供するものである。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

学会発表

令和5年9月 日本機械学会動力・エネルギー技術シンポジウム

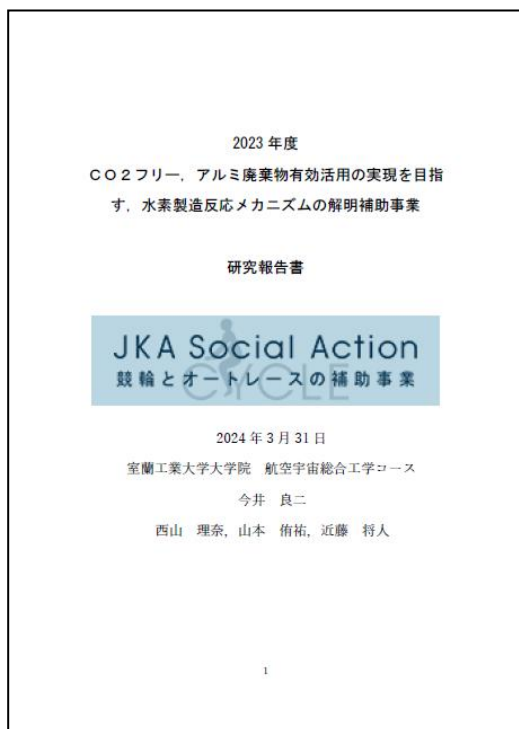
令和6年6月 日本機械学会動力・エネルギー技術シンポジウム

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

2023年度CO2フリー、アルミ廃棄物有効活用の実現を目指す、水素製造反応メカニズムの解明補助事業成果報告書

(URL) <https://u.muroran-it.ac.jp/spacetfd/2023JKAreport.pdf>



目次	
① アルミ合金粉末の組成が水素製造速度におよぼす影響確認	3
1章 緒言	4
2章 研究概要	6
3章 実験手法	11
4章 EPMAによる元素分析	22
5章 時間変化における粉末表面の観察	27
6章 粉末組成に着目した水素製造実験結果と考察	33
7章 粉末量変化実験 濃度に着目した水素製造実験の結果と考察	46
8章 水量変化実験 濃度に着目した水素製造実験の結果と考察	92
9章 結言	96
② アルミ合金粉末の組成が水素製造速度におよぼす影響確認	102
1章 緒言	103
2章 実験方法	104
3章 実験結果と考察	106
4章 結言	106

(2)(1)以外で当事業において作成したもの
該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 室蘭工業大学大学院 航空宇宙総合工学コース
(ムロランコウギョウダイガクダイガクイン
コウクウチュウソウゴウコウガクコース)

住 所： 〒050-8585
北海道室蘭市水元町27-1

申 請 者： 教授 今井良二 (イマイ リョウジ)

担 当 部 署： 航空宇宙流体機械研究室
(コウクウチュウリュタイキカイケンキュウシツ)

E - m a i l : r_imai@muroran-it.ac.jp

U R L : <https://u.muroran-it.ac.jp/spacetfd/>