

補助事業番号 2023M-305

補助事業名 2023年度 微粉アルミニウム拡散型バーナーの実験的研究 補助事業

補助事業者名 広島大学 工学部 反応気体力学研究室 遠藤琢磨

1 研究の概要

不活性な窒素をキャリアガスとしてアルミニウム粉体を供給できる燃焼実験システムを構築し、燃焼実験を行った。

2 研究の目的と背景

目的は、①実験システムを構築すること、②アルミニウム粉体が酸素と窒素(キャリアガス)とによって安定に燃焼するパラメータ領域を明らかにすること、③水素を補助燃料として使って安定に燃焼するパラメータ領域を拡げること、である。(達成できたのは、①と②の途中までである)

本研究の背景を以下にまとめる。

序論

微粉アルミニウムを安全に燃やす技術は、 脱炭素化社会を実現するために重要である

02
09

背景

- ☆ 長期保管可能な新しいエネルギーキャリアが、以下のような背景から必要とされている。
- ✓ 一般に、使いやすいエネルギーの生産と消費は、地理的にも時間的にもバランスしない。
- ✓ CO₂排出が環境問題となり、エネルギーキャリアとしての化石燃料は使い続けられない。
- ✓ エネルギーを輸送して長期間蓄えるための、新しいエネルギーキャリアが必要である。

☆ アルミニウム(Al)は新しいエネルギーキャリアの有効な候補の一つであり、微粉Alの燃焼はその有効な利用法の一つだと考えられる。以下が、その背景である。

- ✓ 燃焼を多用する現行システムが新しいエネルギーシステムのベースであり、また産業界では1000°C以上の熱として利用されるエネルギーが多く、脱炭素燃料とその燃焼技術は当面必要である。
- ✓ 図1は諸物質の比反応熱(横軸)と反応熱密度(縦軸)である(□◇は炭化水素)。Alの反応熱密度は高い。微粉だと「かさ密度」が真密度の0.4-0.7倍なので縦軸値が下がるが、それでも炭化水素以上である。
- ✓ Alは安定で、表面に数nmの酸化物層ができるほかは、蓄積エネルギーが減らない。
- ✓ Alは岩石圏の8wt%を占め、O、Siに次いで豊富に存在する元素である。
- ✓ Alの酸化物Al₂O₃は、常温・常圧で固体なので、リサイクルのための回収が容易である。
- ✓ Siも有力な候補の一つだが、Siの燃焼は研究例が少なく、知見が極めて少ない。

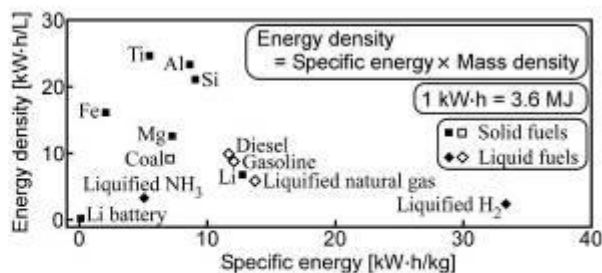


図1 完全酸化によって物質が放出するエネルギー(反応熱)

3 研究内容

(1) 微粉アルミニウム拡散型バーナーの開発(<https://www.rgdl.net/al-burner>)

実験システム構築 04
09

不活性な窒素をアルミニウム粉体のキャリアガスとするバーナー実験装置を構築した

水素の拡散燃焼によりアルミニウムに着火する。

実験システム構築 05
09

市販の粉体フィーダーを使い、振動フィーダーを介してアルミニウム粉体を一定の供給速度で投入する

粉体フィーダー全体をアクリルのケースで囲み、ケース内部を窒素で満たす。実験中も少量の窒素を供給し続け、アクリルケース内部の酸素濃度を1%以下に保つ。
⇒アルミニウム粉体のキャリアガスは不活性な窒素なので絶対に逆火しない。

粉体フィーダーは、インバーターの周波数を変えることで供給量を制御する。
周波数は0-120 Hzまで変えられ、供給量は0-9.5 g/minの範囲で制御できる。

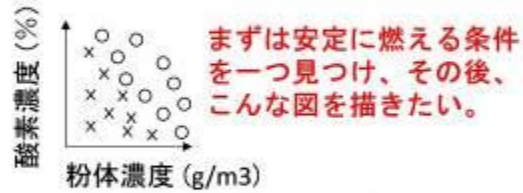
frequency [Hz]	Al flow rate [g/min]
0	0
20	1.5
40	3.0
60	4.5
80	6.0
100	7.5
120	9.5

水素の拡散燃焼を使ってアルミニウム粉体に着火し、その後、酸素と窒素（キャリアガス）の中でアルミニウム粉体を燃やす

実験手順

水素拡散燃焼の形成
(Air, H₂, O₂, N₂を順番に供給開始)
↓
アルミニウム粉体供給開始
(Air, H₂, O₂, N₂の中でAlが燃焼)
↓ 20秒
H₂の供給を止める
(Air, O₂, N₂の中でAlが燃焼)
↓ 10秒
Airの供給を止める
(O₂, N₂の中でAlが燃焼)
↓ 40秒 この時間帯における
実験終了 燃焼の維持を調べる

当面、保炎器の直径と粉体のサイズを固定し、酸素の濃度とアルミニウム粉体の濃度を支配パラメータと考え、燃焼を維持できるパラメータ領域を明らかにする。



$$\text{酸素濃度} = \frac{\text{O}_2\text{の流量}}{\text{N}_2(\text{キャリアガス}) + \text{O}_2\text{の流量}}$$

$$\text{粉体濃度} = \frac{\text{粉体の供給速度}}{\text{N}_2(\text{キャリアガス}) + \text{O}_2\text{の流量}}$$

保炎器直径の効果と粉体サイズの効果は次のステップ

酸素濃度22.7%・粉体濃度609 g/m³の条件において、酸素と窒素（キャリアガス）の中でアルミニウムは燃えた

実験条件

保炎器直径：15 mm

流量：Air 6.5 L/min, H₂ 1.91 L/min (当量比0.7)

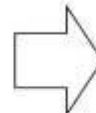
O₂ 3.53 L/min, N₂ 12 L/min, Al 9.46 g/min (Al-O₂の当量比1.82)



H₂-Air-O₂-N₂-Al 供給



Air-O₂-N₂-Al 供給



O₂-N₂-Al 供給

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

脱炭素化社会がどのようなものになるのか、現時点では誰にもわからない。本研究は、脱炭素化社会に向かうための選択肢を増やすために活かされるべきと考えている。水素やアンモニアが注目されがちであるが、いずれも「輸送には向いているが長期保管には向いていない」代替燃料である。アルミニウムは、その高いエネルギー密度ゆえに、長期保管に適した代替燃料となり得る。本研究はその実現可能性を高めるものであり、微粉炭に代わる合成燃料として実社会に活かされることを望んでいる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

個人の研究歴の流れの中では、燃焼器に粉体を投入し高温・高速で基材に吹き付けて皮膜を形成する溶射技術の開発研究の新たな展開であると位置づけている。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

該当なし

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

該当なし

(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： 広島大学工学部(ヒロシマダイガク コウガクブ)

住 所： 〒739-8527

広島県東広島市鏡山1-4-1

担 当 者： 教授 遠藤琢磨(エンドウ タクマ)

担 当 部 署： 反応気体力学研究室(ハンノウキタイリキガクケンキュウシツ)

E - m a i l : takumaendo@hiroshima-u.ac.jp

U R L : <https://www.rgdl.net/>