

一般廃棄物焼却灰の微粉碎による水素ガス発生促進効果に関する基礎的研究

九州大学大学院工学府 ○学生会員 三宅雅靖
九州大学大学院工学研究院 正会員 小宮哲平
九州大学大学院工学研究院 フェロー会員 島岡隆行

1. はじめに

我が国では年間約 440 万 t の一般廃棄物焼却残渣が発生し、その約 28%は再資源化されているが、残りの約 72%は最終処分場で埋立処分されている¹⁾。一般廃棄物焼却灰（以下、焼却灰と呼ぶ）には金属アルミニウムが質量比で数%含まれているため²⁾、強アルカリ性を示す焼却灰と水が接触すると、金属アルミニウムと水の水和反応により、水素ガスが発生することが知られている³⁾。焼却灰から発生する水素ガスを回収することで、循環型社会の形成に向けた新しいエネルギー源としての利用が期待できる。一方、水和反応の進行により、金属アルミニウム表面に水和物の層が形成され、これが金属アルミニウムと水の接触による水素ガス発生を妨げることが明らかとなっている⁴⁾。本研究では、焼却灰の微粉碎により焼却灰中の金属アルミニウムの表面積を増やすことで水素ガス発生促進を図ることを目的に、複数の清掃工場の焼却灰を対象に微粉碎の有無による水素ガス発生量の違いを把握した。

2. 試料及び方法

2. 1 試料

S 清掃工場 (750t/日、ストーカ炉) 及び R 清掃工場 (900t/日、ストーカ炉) にて焼却処理後に水冷された焼却灰を試料とした。試料 S は粒径 9.5mm 以上の粗雑物を除去した焼却灰、試料 R は磁力選別により磁性金属を除去した後に粒径 30mm 以上の粗雑物を除去した焼却灰とした。表-1 に試料の基本性状を示す。

表-1 試料の基本性状

項目	S	R
含水率 (%)	21.7	19.9
熱灼減量 (%)	4.85	6.69
全アルミニウム含有量 (%)	7.0	5.7
金属アルミニウム含有量 (%)	3.9	3.8

2. 2 試料の微粉碎

焼却灰粒子には直径 60～600 μm の金属アルミニウムが含まれること²⁾⁵⁾を踏まえ、焼却灰粒子の粒径が同程度またはそれ以下になるように試料を微粉碎した。試料 S は振動ミル用いて粒径を 45 μm 以下に微粉碎した。試料 R はカッターミル及びジェットミルを用いて平均粒径 4.2 μm に微粉碎した。微粉碎による金属アルミニウム含有量の減少は確認されなかったため、微粉碎できなかったアルミニウムや鉄などは実験に用いなかった。

2. 3 水素ガス発生実験

図-1 に実験装置の模式図、表-2 に実験条件を示す。系内を窒素ガスで置換（1L/分、5 分）した上で、恒温攪拌装置の容器内で試料と純水を液固比 5 で混合したものを攪拌し、ガス発生量を微量ガス流量計で計測した。実験期間は水素ガスの発生が止まるまでとした。試料量は微粉碎無では 500g、同有では 100g とした。

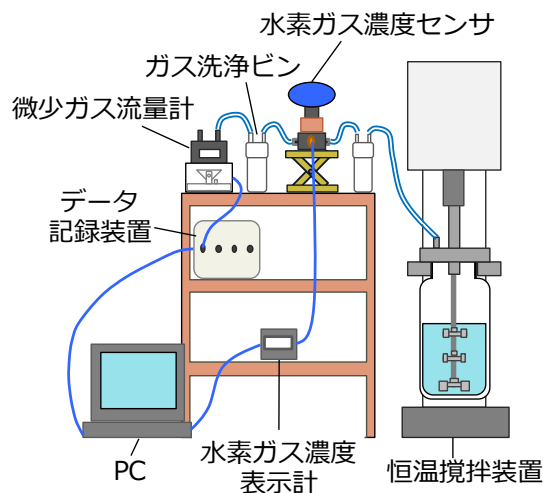


図-1 水素ガス発生実験装置

表-2 実験条件

試料	微粉碎	反応温度	攪拌強度	液固比
S	無	60℃	600rpm	5
	有			
R	無			
	有			

3. 結果及び考察

3. 1 焼却灰（微粉碎無）からの水素ガス発生量

図-2 に試料 S 及び試料 R の積算水素ガス発生量を示す。試料 S からは $11.4\text{m}^3/\text{t}$ 、試料 R からは $12.7\text{m}^3/\text{t}$ の水素ガスが発生した。また、水素ガスの発生が止まるまでに要した時間は、試料 S で約 13 日、試料 R で約 4 日であった。これらのことから、金属アルミニウム含有量が同程度であっても、試料によって、水素ガス発生量及び発生速度が異なることが分かる。これは、試料 S の全アルミニウム含有量が 7.0%、試料 R が 5.7%ということから、試料 S よりも試料 R の方が金属アルミニウム以外の形態のアルミニウム量が少なく、金属アルミニウム表面の水和物やアルミニウム化合物の層が薄くなっており、水と接触しやすい状態であったからだと考えられる。また、実験後の焼却灰溶液の pH は試料 S で 11.8、試料 R で 11.0 であった。試料 S の方が試料 R に比べて pH が高かったにもかかわらず、水素ガス発生量が少なかったことから、水素ガス発生への影響は、pH よりも、金属アルミニウム含有量などの他の要因によるものが大きいということが示唆された。

3. 2 微粉碎による水素ガス発生促進効果

図-3 に微粉碎有のケースの積算水素ガス発生量を示す。水素ガス発生量は試料 S では $6.6\text{m}^3/\text{t}$ 、試料 R では $5.1\text{m}^3/\text{t}$ であった。試料 S 及び試料 R の初期水素ガス発生速度（水素ガス発生量の 20%の値を発生に要した時間で除したもの）を比べると、微粉碎無ではそれぞれ $3.8\text{m}^3/\text{t}/\text{日}$ 及び $8.2\text{m}^3/\text{t}/\text{日}$ であったのに対し、微粉碎有ではそれぞれ $274.5\text{m}^3/\text{t}/\text{日}$ 及び $135.1\text{m}^3/\text{t}/\text{日}$ であった。微粉碎を行うことによっ

て、水素ガス発生量は減少したが、水素ガス発生速度は大幅に増加した。微粉碎した試料 R は微粉碎した試料 S よりも粒径が細かいにも関わらず、水素ガス発生量は少なかった。今後、微粉碎によって水素ガス発生量が減少した原因の究明を行う予定である。

4. 結論

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) 金属アルミニウム含有量が同程度であっても、試料によって水素ガス発生量及び発生速度が異なる。
- 2) 焼却灰からの水素ガス発生は、pH よりも他の因子に強く影響を受けることが示唆された。
- 3) 微粉碎処理を行うことは水素ガス発生速度を加速させる上で効果的であるが、水素ガス発生量は減少する。

今後、微粉碎によって水素ガス発生量が減少した原因の究明を行う予定である。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 JP16H04438 の助成を受けたものである。(株)タクマの皆様には当技術の実用化の観点から技術的助言を頂いた。記して謝意を表する。

[参考文献] 1) 環境省，一般廃棄物処理実態調査 平成 27 年度，http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/h27/index.html (閲覧日 2017/07/24)。2) Amirhomayoun Saffarzadeh, et al., Aluminum and aluminum alloys in municipal solid waste incineration (MSWI) bottom ash: A potential source for the production of hydrogen gas, International Journal of Hydrogen Energy, 41, pp.820-831, 2016。3) R.D. Armstrong, V.J. Braham : The mechanism of aluminum corrosion in alkaline solutions, Corros Sci, 38(1996), pp.1463-1471。4) 児島洋一ら，アルミニウムの腐食のおはなし その 6, Furukawa-Sky Review, No. 7, pp. 38-44, 2011。5) 酒匂一樹ら，都市ごみ焼却灰中の水素ガス発生に寄与する金属の存在形態に関する研究，土木学会西部支部研究発表会講演概要集，57(7)，pp. 887-888, 2013。

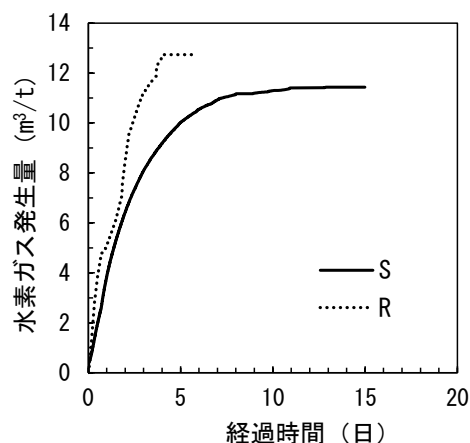


図-2 焼却灰（微粉碎無）の水素ガス発生量

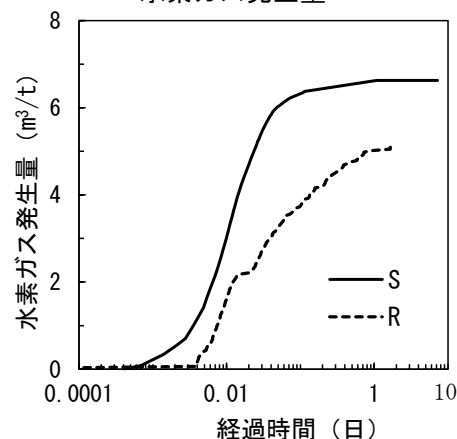


図-3 微粉碎した焼却灰の水素ガス発生量