

微粉碎及び減圧処理による一般廃棄物焼却灰からの水素ガス発生促進効果の検討

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

我が国では一般廃棄物の約 75%が焼却処理され、年間約 448 万 t の一般廃棄物焼却残渣が発生している。その約 25%は再生利用されているが、残りの約 75%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）には数%の金属アルミニウムが含まれており、焼却灰粒子中には様々なサイズの金属アルミニウムが分布している²⁾。また、焼却灰溶液は強アルカリ性を示すため、焼却灰中の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も知られている³⁾。水和反応が進行するに伴い金属アルミニウム表面に水和物が形成され、金属アルミニウムと水の接触が妨げられることで、水素ガス発生が抑制されることも明らかにされている⁴⁾。また、金属アルミニウム表面の水和物には微小なクラック（以下、クラック）が存在している²⁾⁵⁾。焼却灰から発生する水素ガスを効率良く回収できれば、再生可能エネルギーとしての利用が期待される。本研究では、焼却灰の粉碎及び減圧処理による水素ガス発生促進効果の検討を目的とした。

2. 試料及び方法

2. 1 試料

F市清掃工場（ストーカ炉、750t/day）で採取された焼却灰を実験に用いた。基本性状を表-1に示す。

焼却灰中の金属アルミニウムを露出させ、水との接触を促すために焼却灰を 45 μ m 以下に微粉碎した。

クラックに水を浸透させ、金属アルミニウムと水の接触を促すために、焼却灰が浸る程度の純水を焼却灰に加え、密閉性のガラス容器内で、真空ポンプ（ULVAC GCD-051X 到達圧力 0.67Pa）を用いて 10 分間の減圧処理を行った。

2. 2 方法

(1) 微粉碎処理の水素ガス発生促進効果に関する実験

焼却灰または微粉碎した焼却灰を用い、純水と一定温度で攪拌混合し、水素ガス発生量を測定した。図-1に実験装置模式図を示す。固液混合を開始する直前に系内に存在する気体の窒素置換（1NL/分、5分）を行った。液固比 5、反応温度 50℃、攪拌強度 600rpm で実験を行った。実験期間は水素ガスの発生が止まるまでとした。

(2) 減圧処理の水素ガス発生促進効果に関する実験

焼却灰または減圧処理した焼却灰 20g と純水 100ml（液固比 5）を入れたバイアルを密閉し、20℃の恒温器内で振とうを行った。ガスクロマトグラフ（検出器：TCD）を用いてバイアル内の水素ガス濃度を計測した。圧力計を用いてバイアル内の圧力を計測した。バイアル内の気体容積、水素ガス濃度及びバイアル内圧力より、水素ガス発生量（20℃、1気圧）を求めた。実験期間は約 13 日間とした。

表-1 基本性状

項目	値
風乾前含水率(%)	21.7
真密度(g/cm ³)	2.36
熱灼減量(%)	4.85
全アルミニウム含有量(%)	7.0
金属アルミニウム含有量(%)	3.9

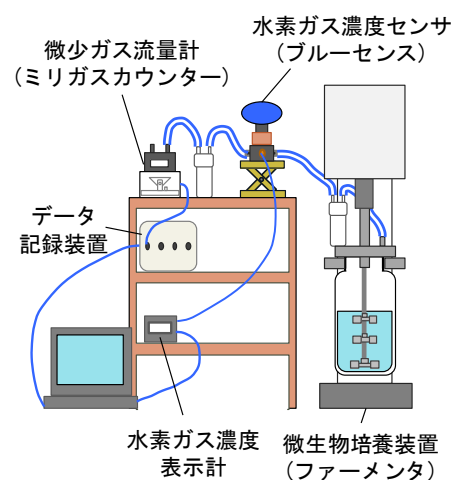


図-1 実験装置模式図

キーワード 一般廃棄物焼却灰, 水素ガス, アルミニウム, 水和反応

連絡先 〒819-0385 福岡県福岡市西区元岡 744 九州大学 環境制御工学研究室 TEL092-802-3431

3. 結果及び考察

(1) 微粉碎処理の水素ガス発生促進効果

図-2 に水素ガス発生量と経過時間の関係を示す。微粉碎処理無のケースでは $7.7\text{m}^3/\text{ton-ash}$ の水素ガスが発生したのに 187 時間を要したが、微粉碎処理有のケースでは $8.7\text{m}^3/\text{ton-ash}$ の水素ガスが 3 時間で発生した。微粉碎処理を行うことによる水素ガス発生量の増加は認められなかったが、反応時間を大幅に短縮可能であることが明らかになった。

(2) 減圧処理の水素ガス発生促進効果

図-3 に水素ガス発生量と経過時間の関係を示す。実験開始から 13 日の時点での水素ガス発生量は、減圧処理無のケースでは $4.9\text{m}^3/\text{ton-ash}$ であったが、減圧処理有のケースでは $5.4\text{m}^3/\text{ton-ash}$ であった。減圧処理を行うことによって、水素ガス発生量の増加が認められた。図-4 に水素ガス発生速度と経過時間の関係を示す。最大水素ガス発生速度は減圧処理無のケースでは実験開始から 11 日の $0.47\text{m}^3/\text{ton-ash}/\text{day}$ であったのに対し、減圧処理有のケースでは実験開始から 3 日の $0.59\text{m}^3/\text{ton-ash}/\text{day}$ であった。また、実験開始から 4 日までは、減圧処理有のケースの方が、水素ガス発生速度が高い結果となった。特に、実験開始後 1 日から 3 日の間においてその差は顕著で、減圧処理有のケースは $0.59\text{m}^3/\text{ton-ash}/\text{day}$ 、減圧処理無のケースで $0.27\text{m}^3/\text{ton-ash}/\text{day}$ であった。4 日目以降は、減圧処理による水素ガス発生速度の増加は確認されなかった。本実験では、減圧処理を行うことで実験開始後 4 日までは水素ガス発生速度の増加が確認されたが、4 日以降は水素ガス発生速度の増加は確認されなかった。

4. 結論

本研究で得られた知見を以下に示す。

- ・ 焼却灰の微粉碎処理によって、水素ガス発生量の増加は期待されないが、反応時間の大幅な短縮 (約 1/100) が可能である。
- ・ 焼却灰と水を混合して水素ガスを発生させる前に、焼却灰に純水を加え 10 分間減圧処理を行うことによって、水素ガス発生速度の増加 (約 1.1 倍) を図ることが可能である。

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。

参考文献

- 1) 環境省：環境統計集 (平成 28 年版)，4 章，p. 172，2016.
- 2) 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.
- 3) 高月紘：集じん灰バンカー爆発事故の教訓，廃棄物学会誌，Vol. 5，pp. 441-448，1994.
- 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) Amirhomayoun Saffarzadeh ら：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.

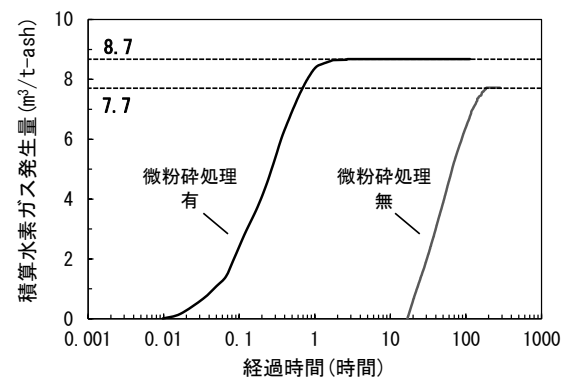


図-2 微粉碎処理の効果

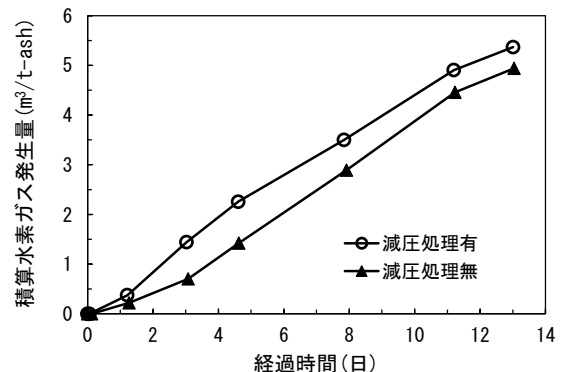


図-3 水素ガス発生量の経時変化

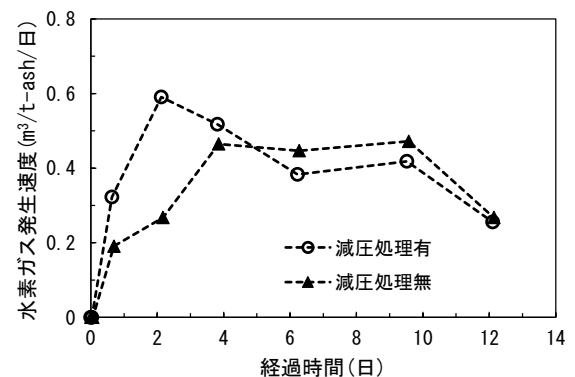


図-4 水素ガス発生速度の経時変化