

焼却残渣主体埋立廃棄物中のアルミの腐食反応による水素ガス発生 の pH 依存性に関する研究

九州大学大学院工学府	学生会員	○松尾 翼
九州大学大学院工学研究院	正会員	小宮 哲平、中山 裕文
〃	フェロー会員	島岡 隆行
応用地質株式会社	正会員	眞鍋 和俊

1. はじめに

焼却灰には金属アルミニウムが数%のオーダーで含まれており、アルカリ条件下で水と反応すると水素ガスが発生する。清掃工場の灰ピットにおける水素ガス爆発による死亡事故等、国内外において焼却灰から水素ガスが発生するということは知られている。これまでの一般廃棄物焼却残渣主体埋立廃棄物を対象とした研究¹⁾で、金属アルミニウムが1~3%存在し、水との攪拌混合により最大 3.0m³/t の水素ガスが発生し、金属アルミニウム含有量が多く且つ攪拌混合溶液の pH が 10 程度と比較的高いもので約 4.2 倍の水素ガスが発生することが確認された。しかし、埋立前の焼却灰と比較して、水素の発生量は少なく、発生速度も遅かった。本研究では、埋立焼却残渣の水との攪拌混合における水素ガス発生 の 促進を目的に、水素ガス発生量の pH 依存性を調べるとともに、溶液の pH の上昇を目的とする一般廃棄物焼却飛灰の添加の有効性について検討した。

2. 方法

(1) 試料 埋立廃棄物の主体が焼却残渣である F 市 N 処分場で採取したボーリングコアを風乾させ、9.5mm 以上の粗雑物をふるいで除去したものを試料とした。表-1 に試料の基本性状として、全アルミニウム (全 Al) 及び金属アルミニウム (金属 Al) の含有量 (KBS 規格)、溶出試験 (環告 46 号) のろ液の pH を示す。試料名のアルファベットは地点名、数字は採取時の埋立年数を表す。また飛灰として F 市 S 清掃工場から排出されたキレート処理済み飛灰を用いた。

(2) pH 依存性実験 図-1 に実験装置の模式図を示す。シリコン栓に pH 電極、温度計、滴定ノズル及びガス管用の穴をあけ、容器が密閉になるようにした。攪拌子を入れた容器をスターラーの上に置き、試料が容器の下に滞らない最低の攪拌強度である 150rpm で攪拌した。pH 電極及び温度計は pH 計、滴定ノズルは pH 計を通過し褐色ビンに接続した。褐色ビン内には 0.1mol/L の硝酸もしくは水酸化ナトリウムが入っており、酸性側には硝酸、アルカリ性側には水酸化ナトリウムが滴定されるように送液ポンプを介し連続滴定した。また、ガス管は塩化ビニルチューブを介し、水素ガス濃度センサ (BCP-H2) 及び微小流量計 (MGC-1 V3PMMA) に接続しており、通過するガスの水素濃度及び流量を連続測定し、系外に流出する水素ガス量を把握した。試料は A-10 を 10g 用い、初期の液固比が 5 となるようにした。

(3) 飛灰添加による水素ガス発生促進実験 バイアル瓶に試料 B-18 を 0.425mm 以下、0.425mm 以上 0.85mm 以下、0.85mm 以上 2 mm 以下及び 2 mm 以上の粒径区分ごとに分けたそれぞれ 10g 及び純水 50ml 投入し、よく攪拌されるように瓶を寝かせ 60℃の恒温機の中において 200rpm で 3 日間振とうさせた。飛灰添加率は 0、10 及び 30% の 3 ケースで行った。1 日ごとに容器内の圧力を計測し、ガス発生量を把握した。

表-1 試料の基本性状

試料名	全 Al 含有量(%)	金属 Al 含有量(%)	溶出試験 pH
A-10	7.7	1.2	7.6
B-18	6.9	3.4	9.9

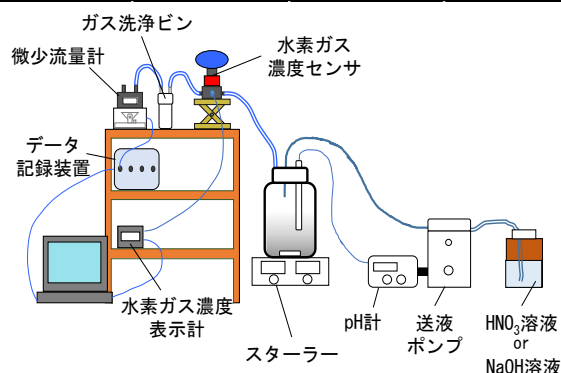
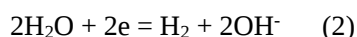
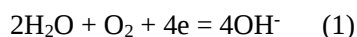


図-1 pH 依存性実験装置

3. 結果及び考察

(1) 試料の性状比較 表-1 に試料の性状を示す。全 Al 含有量は A-10 において 7.7%、B-18 において 6.9% と大きな差は見られなかったが、金属 Al 含有量は A-10 において 1.2%、B-18 において 3.4% と全 Al 中に含まれる金属 Al の割合は 3 倍以上となった。溶出試験の pH は A-10 において 7.6、B-18 において 9.9 であった。この理由としては埋立てられた状況の違いにより処分場における雨等との反応の差であると考えられる。

(2) pH 依存性実験 図-2 に pH 依存性実験の結果を示す。金属アルミニウム含有量及び溶出試験 pH が低い試料においてもアルカリ剤を用いて pH が高くなるほど水素ガスが多く発生することが確認された。アルカリ側で腐食速度が増大するとカソード反応式は以下式(1)から(2)へと変わり、それにより水素ガス発生量も大きくなったと考えられる。



pH が 12 のときの標準誤差が大きくなった理由としては実験回数が 3 回であることにより個体差が生じたと考えられる。またアルミニウムは両性元素であるため、酸性においても水素ガスが発生することが考えられるが、本実験では確認されなかった。その理由として、アルミニウムは pH<4 においてカソード反応は大きくなり腐食を起こしやすくなるため、今回の実験条件において反応が見られなかったと考えられる。

(3) 飛灰添加による水素ガス発生促進実験 図-3 に飛灰添加率及び粒径区分ごとの水素ガス発生量を示す。全ての粒径区分において飛灰添加率が最も大きな試料で水素ガス発生量も多くなった。飛灰添加率が 10% 及び 30% の試料では粒径の大きな試料ほど水素ガスはより多く発生した。飛灰添加率 0% の試料の粒径 2 mm 以上における水素ガス発生量が少なかった理由としては粒径の大きな試料においては一粒で金属アルミニウム含有量の差が顕著に表れるためと考えられる。今回の実験においては pH 調整剤として飛灰を用いることによる埋立廃棄物中のアルミニウムと水との反応の阻害はみられなかった。また、表-2 に各粒径区分及び飛灰添加率における攪拌後の溶液の pH を示す。粒径が大きくなるほど飛灰添加による pH 上昇は大きくなることを確認された。

4. 結論

埋立焼却残渣と水の攪拌混合による水素ガス発生量は、アルカリ剤を用いて溶液の pH を上昇させると、より多くなることが確認された。アルカリ剤の代わりに清掃工場から排出された飛灰を用いた pH 調整を行った結果、飛灰添加率の増加に伴い、溶液の pH は上昇し、水素ガス発生量も増加すること（最大約 4 倍）が確認された。今後の課題として、清掃工場における飛灰の排出量と最終処分場の埋立廃棄物の量を考慮した現実的な飛灰の添加率の検討や、飛灰を添加した場合の攪拌後の溶液の処理システムの検討が挙げられる。

参考文献： 1) 松尾翼ら：焼却残渣主体埋立廃棄物からの水素ガス発生特性及び発生促進に関する研究，平成 29 年度土木学会全国大会第 72 回年次学術講演会講演概要集，第 7 部門 VII-077，2017。

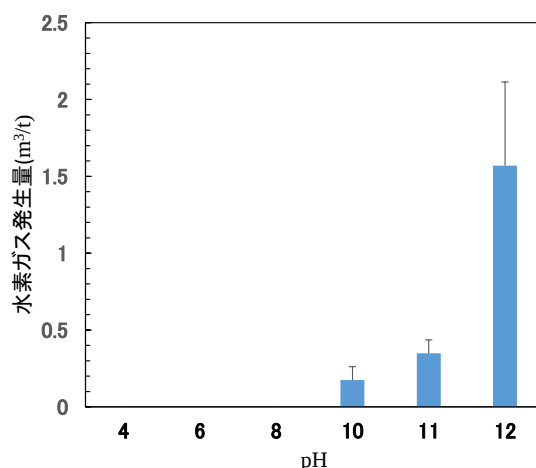


図-2 pH 依存性実験結果

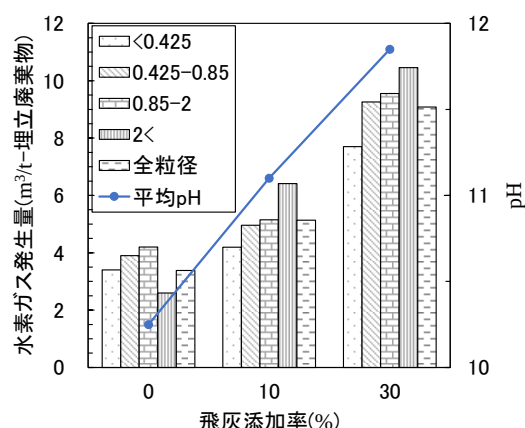


図-3 水素ガス発生振とう実験結果

表-2 各粒径及び飛灰添加率における pH

粒径(mm)	飛灰添加率(%)		
	0	10	30
<0.425	9.4	11.0	11.7
0.425-0.85	10.0	11.1	11.8
0.85-2	10.7	11.3	11.9
2<	10.9	11.0	12.0