

焼却残渣主体埋立廃棄物からの水素発生特性に関する研究

九州大学	学生会員	○松尾 翼
〃	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)	正会員	眞鍋 和俊

1. はじめに

我が国では年間約 4300 万トンの都市ごみが発生し¹⁾、それらの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が、焼却灰からの水素発生メカニズムや発生に及ぼす影響因子は十分に解明されていない。埋立処分された焼却残渣から水素ガスを回収することができれば、資源不足といわれる我が国の処分場には大量の資源が埋蔵されていることになる。

本研究では、埋立焼却残渣からの水素ガス回収可能性及び水素ガス発生に影響を及ぼす要因を明らかにすることを目的に、一般廃棄物埋立地にてボーリングコアを取得し、焼却残渣主体埋立廃棄物と水の攪拌混合による水素ガス発生量を把握するとともに、水素ガス発生量と埋立廃棄物の性状の関係について検討した。

2. 試料及び方法

(1) 試料 F市N処分場の2地点(A及びB地点)において採取したボーリングコア(焼却残渣+破碎不燃物)を風乾させ、9.5mm以下のものを実験に供した。表-1に試料一覧を示す。試料名のアルファベットは地点名、数字は埋立からの経過年数を表す。ボーリングコアの深度別の埋立時期は処分場における毎月の測量結果から把握した。

(2) 性状分析 試料の性状として溶出試験(環告46号)のpH、全アルミニウム(全A1)及び金属アルミニウム(金属A1)含有量(KBS規格)を測定した。

(3) 水素ガス発生実験 図-1に実験装置を示す。微生物培養装置(MBF-500ME)の容器(5L)の蓋を開け、容器に純水を入れて再度蓋をし、容器内温度を装置上限の60℃にし、系内のガスを不活性ガスである窒素ガスで置換後、試料投入口を開け、試料を投入して投入口を閉じ、密閉条件で攪拌を行い、容器と塩化ビニルチューブで接続されている水素ガス濃度センサ(BCP-H2)及び微少流量計(MGC-1 V3PMMMA)を通過するガスの水素濃度及び流量を連続計測し、系外に流出する水素ガス量を把握した。ガス発生は停止後、容器内のガスを採取し、ガスクロマトグラフ法(GC-8A、検出器TCD)で水素ガス濃度を測定し、系内に残存していた水素ガス量を把握した。系外水素ガス流出量と系内水素ガス残存量の合計値を水素ガス発生量とした。岡本ら²⁾を参考に、試料は450g、液固比は5、攪拌強度は装置上限の約9割である700rpmとした。

3. 結果及び考察

(1) 試料の性状 表-1に試料の性状を示す。全A1含有量は5.5～7.9%であったが、金属A1含有量及びpHには大きなばらつきが見られ、金属A1含有量は0.9～3.4%、pHは7.7～10.4であった。B-17及びB-18で金属A1含有量は3.3～3.4%と多く、B-15、B-17及びB-18でpHは9.7～10.4と高かった。

表-1 試料一覧、性状及び水素ガス発生量

試料名	深度(m)		全A1	金属A1	pH	水素ガス 発生量(m ³ /t)
	上端	下端	含有量(%)	含有量(%)		
A-4	1.8	3.9	6.0	1.0	8.1	0.73
A-7	5.6	7.8	6.2	1.0	8.0	< 3.0×10 ⁻³
A-10	9.4	12.8	7.7	1.2	7.6	0.67
A-12	14.4	15.0	5.5	1.4	7.7	< 3.0×10 ⁻³
B-15	1.9	4.3	7.9	1.7	9.7	0.78
B-17	4.3	5.6	7.9	3.3	10.4	3.03
B-18	5.6	7.2	6.9	3.4	9.9	2.55
B-19	7.4	8.0	5.8	0.9	8.0	< 3.0×10 ⁻³

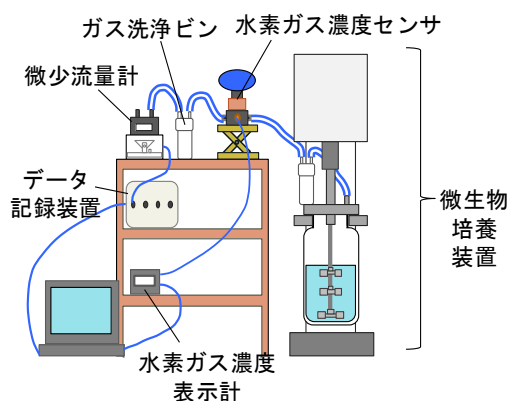


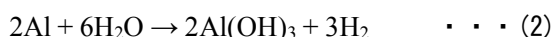
図-1 実験装置

(2) 水素ガス発生量 表-1 に水素ガス発生量を示す。水素ガス発生量は $0.0 \sim 3.0 \text{ m}^3/\text{t}$ (平均 $1.0 \text{ m}^3/\text{t}$) であり、pH かつ金属 Al 含有量の高い B-17 及び B-18 で水素ガス発生量は高い値を示した。図-2 に水素ガス発生量と埋立年数の関係を示す。埋立 0 年目は埋立前の焼却灰に対し同様の実験を行った結果 ($9.3 \text{ m}^3/\text{t}$) であり、図中の破線は近似直線を表す。埋立前の焼却灰に比べ、埋立廃棄物の水素ガス発生量は少ないことが分かる。埋立年数と水素ガス発生量の間に高い相関は見られなかった。図-3 及び図-4 に水素ガス発生量と pH 及び Al 含有量の関係を示す。水素ガス発生量は金属 Al 含有量及び pH との間で高い相関を示した。

水素ガス発生量を目的変数、pH 及び金属 Al 含有量を説明変数とし、増減法を用いて重回帰分析を行ったところ、式(1)が得られた。ここで Y は水素ガス発生量 [m^3/t]、 X_1 は金属 Al 含有量 [%] である。修正 R^2 値は 0.880、金属 Al の有意性は有意水準 1% 以下であった。焼却残渣主体埋立地からの水素ガス回収可能量の推定における金属 Al 含有量の重要性が示唆された。

$$Y = 1.09 X_1 - 0.917 \quad \dots (1)$$

最も多くの水素ガスが発生した B-17 について、金属 Al が全量水と反応した場合の理論上の水素ガス発生量を式(2)に基づき求めると $42.3 \text{ m}^3/\text{t}$ となる。実際の発生量は理論値の 7.4% であった。



(3) 水素ガス発生促進の検討

図-5 に B-15 の薄片試料の SEM 画像を示す。金属 Al の周りに Al の水和物が見られた。Al の水和物は、元々金属 Al として存在していたものが埋立前に清掃工場の冷却水または埋立後に埋立地の浸透水と反応し、生成したものと考えられる。A-7 及び A-12 において金属 Al が 1% 程度存在していたにも係わらず水素ガス発生量が微少であったことの一因として、金属 Al が Al の水和物で厚く覆われ、水と接触できなかったことが考えられる。粉碎等の前処理を行い金属 Al と水の接触面積を増加させることで水素ガス発生促進が可能であると考えられる。

4. 結論

焼却残渣主体埋立廃棄物であっても金属 Al が 1~3% 程度存在し、水と攪拌混合することで $0.0 \sim 3.0 \text{ m}^3/\text{t}$ の水素ガスが発生した。金属 Al 含有量が多く、かつ pH が 10 程度と高いもので多くの水素ガスが発生した。今後、他の埋立焼却残渣を用いた再現実験、破碎等の前処理による発生促進の検討及び埋立地からの水素ガス回収の FS を行う予定である。

参考文献： 1) 環境省：平成 28 年版環境・循環型社会・生物多様性白書。 2) 岡本昌也：一般廃棄物焼却灰の水素ガス発生特性に関する基礎的研究，九州大学卒業論文，2016。

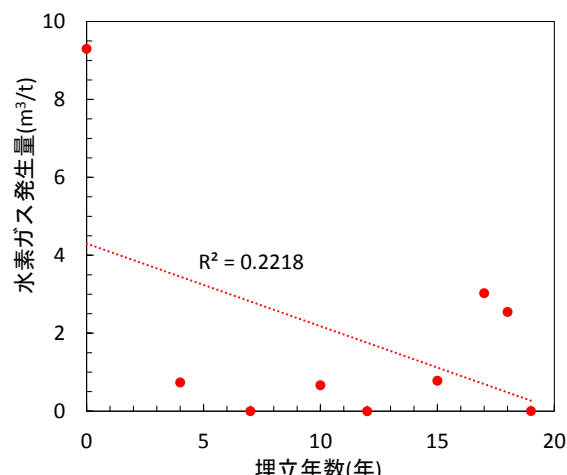


図-2 水素ガス発生量と埋立年数

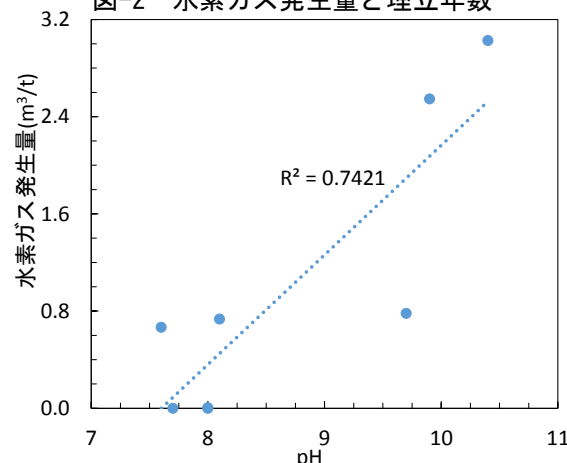
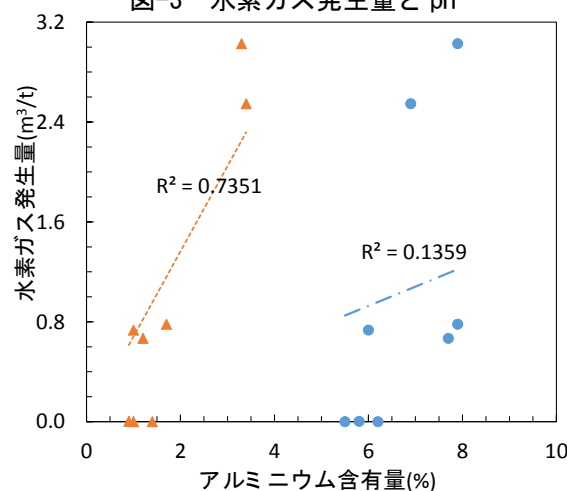


図-3 水素ガス発生量と pH



● 全アルミニウム ▲ 金属アルミニウム
図-4 水素ガス発生量と Al 含有量

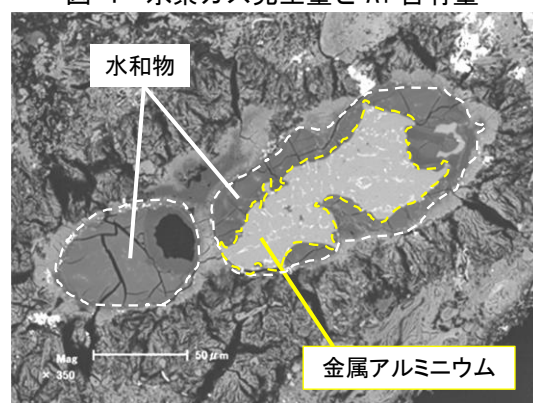


図-5 薄片試料の顕微鏡写真