

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

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
応用地質株式会社	正会員	眞鍋 和俊

1. はじめに

我が国では年間約 4400 万トンも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、我が国の処分場にはエネルギー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発生に影響を及ぼす要因を明らかにし、水素ガス回収効率の向上に資する知見を得ることを目的に、一般廃棄物最終処分場にて埋立層のボーリングコアを取得し、残渣のアルミニウム含有量と水素ガス発生量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点(地点A及びB)において採取したボーリングコアを風乾させ、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、数字は採取時の埋立年数を表す。

(2) 性状分析 試料の基本性状として溶出試験のpH(環告46号)、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蓋をし、容器内を60℃まで昇温し、系内のガスを不活性ガスである窒素で置換後、容器に試料を投入し、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 V3PMMA)を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。ガス発生の停止後、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、系内に残存した水素ガス量を把握した。系外に流出した水素ガス量と系内に残存した水素ガス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に近い700rpmとした。

表-1 試料一覧及び基本性状

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

3. 結果及び考察

(1) 性状分析 表-1に性状分析結果を示す。全A1含有量は5.5~7.9%、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では金属A1含有量が3.3~3.4%と高く、B-15、B-17及びB-18でpHは9.7~10.4と高かった。

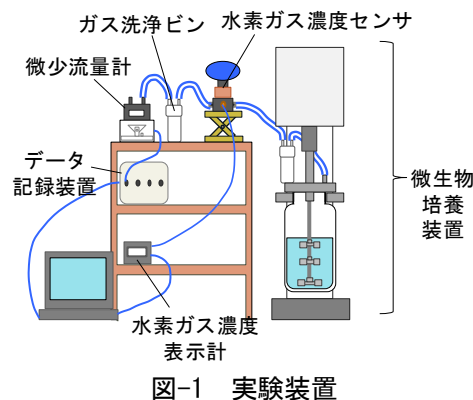


図-1 実験装置

キーワード：埋立焼却残渣、有効利用、水素ガス回収

連絡先：福岡市西区元岡 744 ウェスト 3 号館 9 階 916 号室、092-802-3431 (TEL)、092-802-3432 (FAX)

(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 pH の関係を示す。図中の破線は近似直線を表す。pH が 10 程度と高いもので多くの水素ガスが発生した。図-3 に水素ガス発生量と及び Al 含有量との関係を示す。水素ガス発生量は金属 Al 含有量との間で高い相関を示した。水素ガス発生量を目的変数、埋立年数、pH、金属 Al 含有量、採取深度及び含水率を説明変数とし、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 は埋立年数 [年]、 X_2 は金属 Al 含有量 [%]、 X_3 は採取深度 [m]、 X_4 は含水率 [%] である。修正 R^2 値は 0.92、金属 Al の標準偏回帰係数は他の項目より高く、有意水準は 1% 以下であった。このことから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。

$$Y = -0.11 X_1 + 1.50 X_2 + 0.08 X_3 - 0.17 X_4 + 1.34 \quad \dots (1)$$

また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-4 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。元々金属 Al として存在していたものが埋立前での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、生成したと考えられる。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た。そこで、B-15 を対象に、試料を粉碎し、水素ガス発生実験を行った。図-5 にその結果を示す。粉碎試料の水素ガス発生量は $1.2 \text{ m}^3/\text{t}$ と粉碎しない場合 ($0.78 \text{ m}^3/\text{t}$) の 1.5 倍の値を示した。水素ガスの発生が停止した時間は粉碎試料で 43 時間、未粉碎試料で 232 時間であり、粉碎により時間は約 1/5 になった。粉碎による水素ガスの発生量の増加及び発生速度の増加が確認された。

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% 存在し、水との攪拌混合により最大 $3.0 \text{ m}^3/\text{t}$ 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。また、破碎による水素ガス発生促進効果が確認された。今後、他の処分場の埋立焼却残渣を用いた再現実験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，第 2 部第 3 章，p. 175。 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。

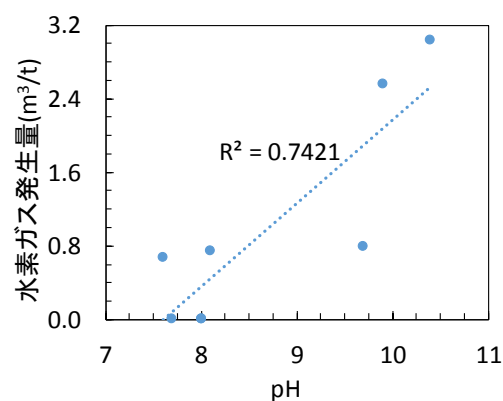


図-2 水素ガス発生量と pH

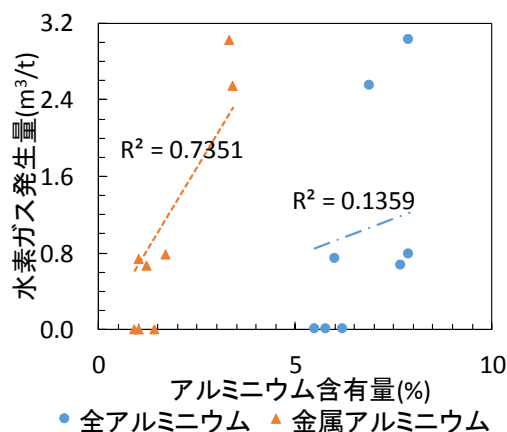


図-3 水素ガス発生量と Al 含有量

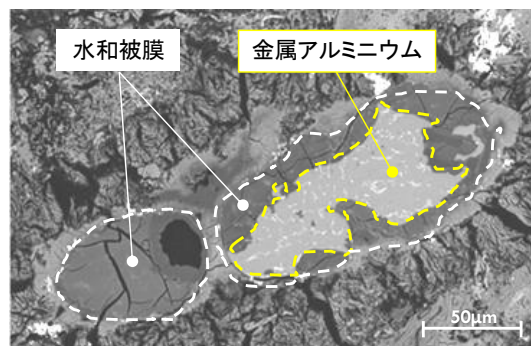


図-4 薄片試料の顕微鏡写真

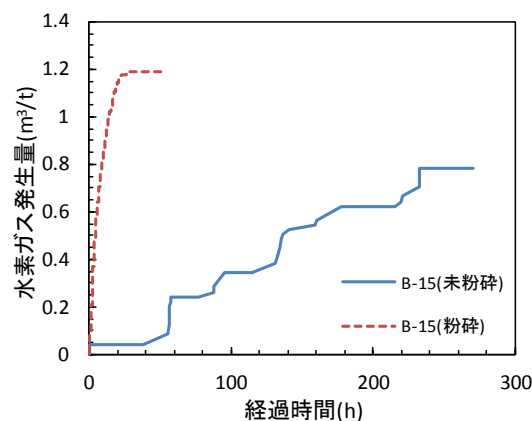


図-5 水素ガス発生量の経時変化