

Ⅶ-222

不燃性残渣からのガス発生特性に関する基礎的研究

北海道大学工学部 正会員 関戸 知雄  
正会員 田中 信壽

正会員 松尾孝之  
原 正之（現 荏原製作所）

1. 目的

近年の埋立用地不足の現状を考えると、収集されたごみは焼却や選別などの中間処理によって減容化、無害化された不燃性の残渣を埋立処分していく必要があるだろう。本研究では、ごみの中間処理によって発生する有機物含有量のきわめて低い不燃性残渣として実際埋立処分されている、破碎不燃残渣（粗大ごみ、不燃ごみを破碎し、有価物を回収した後にはふるい分けによって選別されたふるい下残渣で、処理対象ごみが粗大ごみの時は粗大ごみ破碎不燃残渣、不燃ごみの時は不燃ごみ破碎不燃残渣と呼ぶ）および焼却灰が埋立処分されたときの埋立地周辺環境への影響評価を行うための基礎的情報を得ることを目的とし、本報告では特に発生ガスについての実験結果について述べる。

2. 実験試料

不燃性残渣として、K破碎

表1 採取試料

| 選別施設から、粗大ごみ・不燃ごみ破碎不燃残渣、およびK施設に隣接した焼却工場 | 採取年月日   | 湿重量  | 容積  | 熱約減量 | 見かけ密度 | 湿ごみ粒径割合 |       | 含水率   |       |
|----------------------------------------|---------|------|-----|------|-------|---------|-------|-------|-------|
|                                        |         |      |     |      |       | 25mm上   | 25mm下 | 25mm上 | 25mm下 |
| 粗大ごみ破碎不燃残渣                             | '96/9/2 | 16.1 | 41  | 35.4 | 0.40  | 17.0    | 83.0  | 9.8   | 9.0   |
| 不燃ごみ破碎不燃残渣                             | '96/9/4 | 71.4 | 56  | 2.4  | 1.27  | 14.8    | 85.2  | 4.9   | 2.4   |
| 焼却灰                                    | '96/9/2 | 70.5 | 130 | 4.8  | 0.54  | 11.4    | 88.6  | 11.8  | 16.0  |

（推進式ストーカ炉 60t/16h × 2）

[kg] [L] [%] [t/m<sup>3</sup>] [%] [%] [%] [%]

から排出された焼却灰を採取し、実験試料とした。試料採取年月日、採取量および試料の性状を表1に示す。なお、本文中で用いている「湿ごみ」とは、乾燥を行っていない採取したそのままの試料のことを指す。

3. 破碎不燃残渣および焼却灰の酸素吸収能力測定

(1) 目的：不燃性残渣である破碎不燃残渣及び焼却灰が埋立処分されたときにおける埋立地内部現象を把握するために、まず微生物活動による酸素吸収能力を調べた。例えば、厨芥などのような生物分解性有機物が多く含まれているようなごみであれば微生物活動により埋立地内部の酸素を消費し、外部からの酸素の侵入量にもよるが、内部が嫌気状態に近づくことは容易に想像できる。しかし、破碎不燃残渣や焼却灰の場合、含有有機物量が低いため、厨芥などと同様に微生物活動による酸素消費が起こるかどうかは不明であった。そこで、不燃性残渣埋立地で微生物活動が起こるのか、起きるとすればどのような酸素消費速度であるのかを調べるために実験を行った。

(2) 実験方法：密閉容器に粗大ごみ破碎不燃残渣、不燃ごみ破碎不燃残渣および焼却灰の25mmメッシュ下を充填し、内部の酸素濃度の変化を測定することで、酸素吸収能力を調べた。密閉容器は500mLのポリ容器を用い、ふたの上部にガスサンプルポートを設けた。充填試料は、湿ごみを用いた。試料充填量、実験条件等を表2に示す。真密度は、25mm以下の乾燥試料の重量を測定し、1Lのメシリンガに入れ、既知量の水を加えてその体積増加分より算出した。また、均一な微生物活動を起こすために、それぞれの試料に下水処理場より採取した嫌気性消化汚泥を湿ごみ重量で0.5%添加した。

表2 酸素吸収能力実験

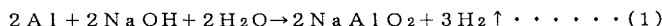
| サンプルNo. | ごみ種        | 乾燥ごみ重量 | 含水率  | ごみ真密度 | 気相体積  |
|---------|------------|--------|------|-------|-------|
| S       | 粗大ごみ破碎不燃残渣 | 153.4  | 9.0  | 1.04  | 451.9 |
| F       | 不燃ごみ破碎不燃残渣 | 150.7  | 2.4  | 2.02  | 453.3 |
| A       | 焼却灰        | 124.2  | 16.0 | 2.03  | 479.3 |

また、時間0hから容器内酸素濃度1%以下になるまでのO<sub>2</sub>濃度の減少を、直線近似して求めた湿ごみの酸素吸収速度も図中に示した。粗大ごみ・不燃ごみ破碎不燃残渣の湿ごみは、いずれも約1日で容器内部が酸素濃度1%以下の嫌気状態になった。また、同時にCO<sub>2</sub>も発生していることから、微生物活動による酸素の消費であると思われる。また、焼却灰の場合はCO<sub>2</sub>は検出されず、H<sub>2</sub>の発生が見られた。H<sub>2</sub>は式(1)のように、焼却灰中の金属Alがアルカリ浸食を受け、酸化物となって発生していると思われる<sup>1)</sup>。

温度は30℃に設定

[g] [%] [g/mL] [mL]

また、湿ごみの酸素吸収速度は、粗大ごみ・不燃ごみ破碎不燃残渣はいずれもほぼ同じであったが、焼却灰の場合は容器内部酸素濃度が1%以下になるのに3倍以上の時間がかかり、微生物の代謝物であるCO<sub>2</sub>の発生が見られなかった。焼却灰の場合、その振とう溶出液はpHが10以上であり、微生物活動には不適であることや、高月の報告<sup>1)</sup>にもある、金属の酸化による酸素消費が起こっている可能性もある。また、微生物活動の代謝物であるCO<sub>2</sub>の発生が見られなかったが、たとえ発生していても高アルカリである容器内の水分に吸収され、焼却灰中のCa<sup>2+</sup>と反応してCaCO<sub>3</sub>として沈殿物を作ってしまった可能性もある。そこで、焼却灰の酸素消費能力についてさらに調べるために、滅菌処理をおこなった焼却灰と、植種を行った焼却灰、無操作の焼却灰を用いて再度実験を行った。試料は粉碎乾燥試料を用い、含水率10%になるように水を加えた。試料量は約40gで行った。その結果、いずれもほぼ同様の酸素吸収およびH<sub>2</sub>の



また、湿ごみの酸素吸収速度は、粗大ごみ・不燃ごみ破碎不燃残渣はいずれもほぼ同じであったが、焼却灰の場合は容器内部酸素濃度が1%以下になるのに3倍以上の時間がかかり、微生物の代謝物であるCO<sub>2</sub>の発生が見られなかった。焼却灰の場合、その振とう溶出液はpHが10以上であり、微生物活動には不適であることや、高月の報告<sup>1)</sup>にもある、金属の酸化による酸素消費が起こっている可能性もある。また、微生物活動の代謝物であるCO<sub>2</sub>の発生が見られなかったが、たとえ発生していても高アルカリである容器内の水分に吸収され、焼却灰中のCa<sup>2+</sup>と反応してCaCO<sub>3</sub>として沈殿物を作ってしまった可能性もある。そこで、焼却灰の酸素消費能力についてさらに調べるために、滅菌処理をおこなった焼却灰と、植種を行った焼却灰、無操作の焼却灰を用いて再度実験を行った。試料は粉碎乾燥試料を用い、含水率10%になるように水を加えた。試料量は約40gで行った。その結果、いずれもほぼ同様の酸素吸収およびH<sub>2</sub>の

キーワード：破碎不燃残渣、焼却灰、埋立地ガス

〒060 札幌市北区北13条西8丁目 Tel 011-706-6828 Fax 011-706-7890

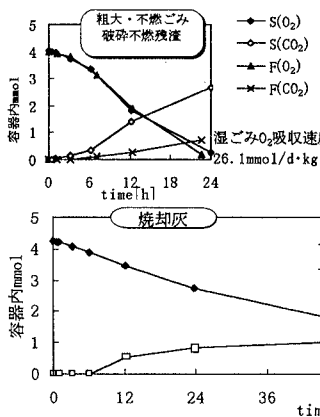


図1 破碎不燃残渣および焼却灰の酸素吸収能力

をカラム上部からシャワー状に降らせて行い、降雨12時間後に浸出水を採取した。採取した浸出水は、液量、pH、ICを測定した。浸出水採取後2週間後放置し、その間に流出してきた浸出水を採取し、再び降雨を行った。この時、カラム内部のガス濃度・量を測定し、好気性カラムは空気で、嫌気性カラムは窒素でパージし直した。ガス濃度はガスクロマトグラフにより、ガス量は水上置換により求めた。これを基本的なサイクルとして実験を継続して行っているが、本報告では実験開始後約4ヶ月までの実験結果について報告する。

(3) 発生ガス測定結果：図2に累積ガス発生量を示す。カラム1,2からは破碎不燃残渣が含まれているに関わらず、CO<sub>2</sub>が検出されず、H<sub>2</sub>のみが発生した。CO<sub>2</sub>は、浸出水のpHが好気条件の方が嫌気条件よりも高かったこと（124日目

| カラムNo. | 条件 | 表3 カラム充填条件<br>充填比率[重量比] |                |     | 乾燥ごみ<br>充填量<br>[kg] | 初期含水率<br>[%] |
|--------|----|-------------------------|----------------|-----|---------------------|--------------|
|        |    | 粗大ごみ破碎<br>不燃残渣          | 不燃ごみ破碎<br>不燃残渣 | 焼却灰 |                     |              |
| 1      | 好気 | 1                       | 9              | 29  | 8.3                 | 11           |
| 2      | 嫌気 | 1                       | 9              | 29  | 8.2                 | 11           |
| 3      | 好気 | 1                       | 9              | -   | 7.1                 | 16           |
| 4      | 嫌気 | 1                       | 9              | -   | 6.7                 | 16           |

でカラム1はpH9.0、カラム2はpH10.8)、また降雨12時間後の浸出水採取から次の降雨までにカラム下部にたまっていった浸出水のIC濃度が好気>嫌気であったことから、カラム1（好気）からはCO<sub>2</sub>が発生しているが、浸出水や間隙水に吸収されたと推測される。このため、ごみ中の有機物分解によって発生するCO<sub>2</sub>が正確に測れないため、内部の有機物の分解量を推定することができない。今後はこの問題についてさらに研究を進め、ごみ

中生物分解性有機物量とガス発生量の関係を正確に測定できる手法を開発する必要があると思われる。また、カラム1,2では実験開始から約50日まで同様のH<sub>2</sub>発生量であったが、その後カラム2（嫌気）のほうが、カラム1（好気）よりも発生量が多くなった。水素の発生が式（1）によって発生しているとする、好気条件では金属が酸素によって酸化を受けて金属（Al）が酸化物（NaAlO<sub>2</sub>）になって減少してきたため、水素発生量が小さくなった、あるいは、好気性分解によって発生したCO<sub>2</sub>により、アルカリが減少してきたことも考えられる。いずれにしても、さらに検討を要すると思われる。カラム3,4からはCO<sub>2</sub>のみが発生した。カラム4は嫌気条件であるが、実験開始時に行ったN<sub>2</sub>パージで置換されきらなかった充填ごみ中の間隙（例えば木の細孔など）のO<sub>2</sub>によって好氣的分解が起こったか、充填ごみ中の易分解性有機物の酸発酵によりCO<sub>2</sub>の発生があったと思われる。

## 5 まとめ

本研究で得られた知見をまとめる。

1) 含有有機物量の少ない不燃性残渣（破碎不燃残渣、焼却灰）における酸素吸収能力を測定した結果、いずれも酸素を吸収し、破碎不燃残渣は微生物の呼吸による消費（吸収速度26.1mmol/d·kg）、焼却灰の場合は化学的な吸収による酸素の消費（吸収速度7.6mmol/d·kg）があることを確認した。

2) カラムによる埋立模擬実験を行い、浸出水、発生ガスについて調べた。破碎不燃残渣+焼却灰のカラムからは、H<sub>2</sub>の発生が見られ、破碎不燃残渣のみのカラムからはCO<sub>2</sub>の発生が見られた。また発生したCO<sub>2</sub>は、焼却灰が存在すると吸収されてしまい、正確に炭素収支を取ることができない。

参考文献：高月紘：集塵パツチにおける爆発事故の教訓、廃棄物学会誌Vol. 5, No. 5, pp. 69-75（1994）

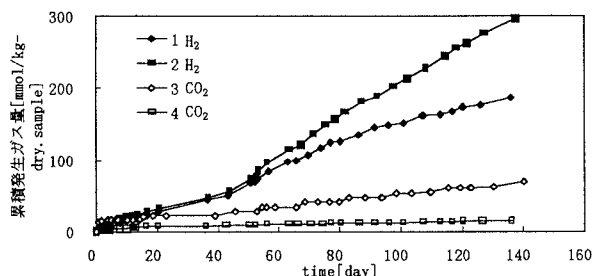


図2 累積ガス発生量