

# 炭化物添加による嫌気性消化の促進効果

金沢大学土木建設工学科 松下 裕作

金沢大学大学院 学生会員 西本 真也

金沢大学理工研究域 正会員 池本良子・中木原江利

## 1. 緒言

余剰汚泥からのエネルギー回収技術として、汚泥の嫌気性消化が有効であるが、ガス回収量が低いことが欠点となっている。近年、炭化物が嫌気性処理の促進効果があることが報告されているが、その促進機構については明らかになっていない。一方、余剰汚泥の炭化処理は、燃料や肥料として利用価値から、近年注目されており、炭化処理により生成された炭化汚泥を嫌気性消化槽に戻すことによって、消化促進が化のであれば、有効な利用方法になることが期待できる。

そこで、本研究では、種々の条件で回分式消化実験を行うことにより、炭化物の嫌気性消化促進効果について検討を行った。

## 2. 実験方法

### (1) 実験に用いた炭化物

炭化物として、市販もみ殻活性炭 KS および表 1 に示す 4 種類の下水汚泥由来の炭化汚泥 (TK, GM, IK, SG) を用いた。

表 1 実験に用いた炭化汚泥

| 試料名     | 炭化方式         | 炭化温度<br>[ ] |
|---------|--------------|-------------|
| 炭化汚泥 TK | 外熱式ロータリーキルン  | 500         |
| 炭化汚泥 GM | 外熱式ロータリーキルン  | 500         |
| 炭化汚泥 IK | 外熱式スクリュウコンベア | 600-900     |
| 炭化汚泥 SG | 外熱式ロータリーキルン  | 800         |

### (2) 回分式消化実験

炭化物添加による汚泥の嫌気性消化促進効果を確認するために、シリンジを用いた回分式消化実験を行った。実験条件を表 2 に示す。No.1-1 では金沢市城北水質管理センターの嫌気性消化槽から採取した消化汚泥と同センターで採取した終沈汚泥を 2:1 の割合で混合したものを 30ml をシリンジ内に吸引したのち、注入口を密栓し、37℃ で培養を行った。No.1-2 では、さらに炭化汚泥 IK を 15mg 添加して培養した。1 日おきにシリ

ンジ内の目盛りによりガス発生量を測定するとともに、シリンジ内の混合液を取り出して、TS の分析を行うとともに、ろ液中のイオン、有機酸、TOC 濃度の測定を行った。

実験 2 では、嫌気消化汚泥と濃縮槽から採取した濃縮汚泥を 2:1 の割合で混合したものをを用い、炭化物の種類による消化促進効果の違いを検討するために、No.2-1 から 2-4 にはそれぞれ異なる炭化汚泥を、No.2-5 には活性炭を添加した。また、回収したガスについて、ガスクロマトグラフを用いてガス組成を分析した。

実験 3 では硫酸塩還元の影響を調べるために、炭化汚泥 IK および活性炭 KS を用い、No.3-2,3-4,3-6 には硫酸ナトリウムを硫酸塩濃度で 100mg/l となるように添加して、硫酸塩還元条件で実験を行った。培養時間を 0,24,72 時間とし、それぞれの時間に各サンプルを取り出し、ガス発生量、TS、イオン、有機酸、TOC の濃度を測定し、ガス組成を分析した。

表 2 回分式消化実験の条件

| No. | 消化汚泥 | 終沈汚泥 | 炭化物 |      |
|-----|------|------|-----|------|
| 1-1 | 20ml | 10ml | IK  | 15mg |
| 1-2 | 20ml | 10ml | IK  | 15mg |

| No. | 消化汚泥 | 濃縮汚泥 | 炭化物 | 硫酸塩     |
|-----|------|------|-----|---------|
| 2-1 | 20ml | 10ml | TK  | 30mg    |
| 2-2 | 20ml | 10ml | GM  | 30mg    |
| 2-3 | 20ml | 10ml | IK  | 30mg    |
| 2-4 | 20ml | 10ml | SG  | 30mg    |
| 2-5 | 20ml | 10ml | KS  | 30mg    |
| 3-1 | 20ml | 10ml | -   | -       |
| 3-2 | 20ml | 10ml | -   | 100mg/l |
| 3-3 | 20ml | 10ml | IK  | 15mg    |
| 3-4 | 20ml | 10ml | IK  | 15mg    |
| 3-5 | 20ml | 10ml | KS  | 15mg    |
| 3-6 | 20ml | 10ml | KS  | 15mg    |

## 3. 実験結果

### (1) 実験 1

実験 1 における TS 1g 当たりのガス発生量の推移を図 1 に示す。炭化汚泥を添加しない No.1-1 と比較して、炭化汚泥を添加した No.1-2 のガスの発生量が増大していることがわかる。この結果は、炭化汚泥が分解性の悪い終沈汚泥の嫌気性消化を促進させる効果を持つという可能性を示唆するものである。

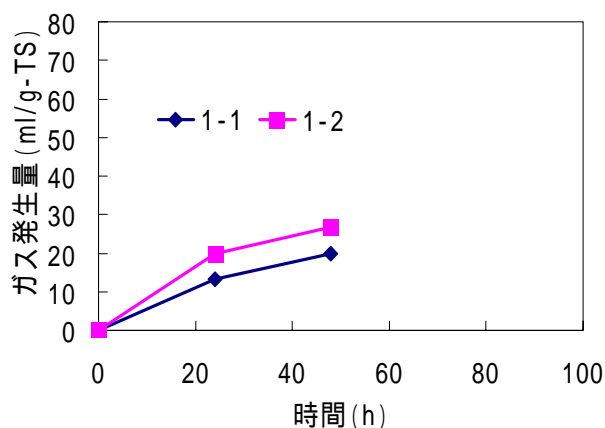


図1 実験1におけるガス発生量の推移

## (2) 実験2

実験2におけるガス発生量の推移は図2のとおりであった。活性炭を添加したNo.2-5が最もガスの発生量が多く、炭化汚泥を添加した条件のガス発生量を大きく上回った。炭化汚泥よりも活性炭のほうが、嫌気性消化促進効果が大きいと考えられる。また、炭化汚泥間でも、ガス発生量が異なっており、炭化汚泥TKおよびSGの効果が高いことがわかる。

表3に、発生ガスの組成とガス発生量をまとめて示す。発生ガス中のメタンガスの割合は、4から15.5%であり、メタンガス回収量は、1g-TSあたり1.2から7.3mgであった。

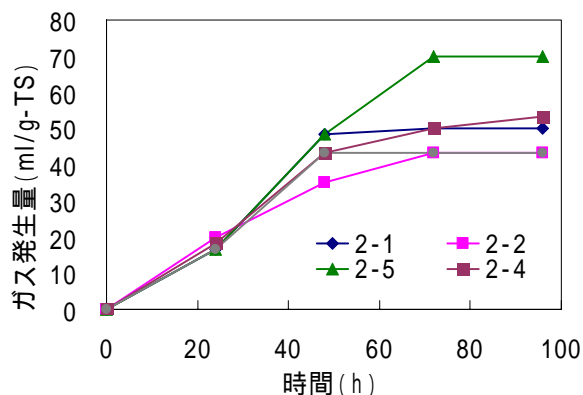


図2 実験2におけるガス発生量の推移

表3 実験2におけるメタンガス発生量

| No. | 発生ガス組成 (%)      |                 | メタンガス発生量<br>mg/g-TS |
|-----|-----------------|-----------------|---------------------|
|     | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub> |                     |
| 2-1 | 15.50           | 1.81            | 5.5                 |
| 2-3 | 4.00            | 0.87            | 1.2                 |
| 2-5 | 13.79           | 7.24            | 7.3                 |

## (3) 実験3

実験3におけるガス発生量の推移を図3に示す。汚泥のみのNo.3-1(ブランク)と比較して、炭化汚泥を入れたNo.3-3および活性炭を入れたNo.3-5のガス発生量が増大しており、炭化物の添加によって濃縮汚泥の嫌気性消化が促進されることが明らかとなった。しか

し、No.3-3と3-5の間ではガス発生量に差は認められなかった。これは、実験2と比べて炭化物の添加量が少なかったためと考えられる。

一方、ブランクや炭化汚泥を添加した条件では硫酸塩を添加することにより、ガス発生量の低下が認められたが、活性炭を添加した場合に、硫酸塩添加によるガス発生量の低下が認められなくなっている。脱離液の硫酸塩は72時間後には消失しており、硫酸塩還元が進行したことがわかる。DOCや有機酸濃度に差は認められなかった。以上のことから、活性炭の消化促進効果が硫酸塩還元によって生成された硫化物の吸着によるものであることが示唆される。

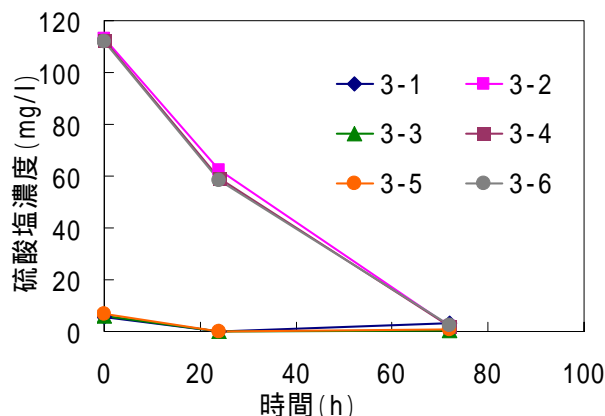
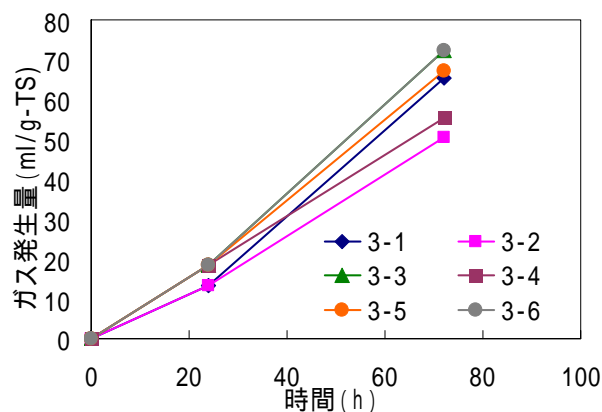


図3 実験3におけるガス発生量(上)および硫酸塩濃度の推移(下)

## 4. まとめ

炭化物添加による嫌気性消化促進効果について、シリンジを用いた回分式硝化実験により検討を行った結果、以下のことがわかった。

1. 活性炭の添加によって嫌気性消化が促進された。
2. 炭化汚泥の消化促進効果は活性炭よりも小さかった。
3. 活性炭の添加により、硫酸塩還元による嫌気性消化の阻害効果が緩和された。