

# 秋田臨海処理センターにおける $\text{CH}_4$ ・ $\text{N}_2\text{O}$ の発生特性解析

秋田工業高等専門学校 非会員 京野 貴文 正会員 増田 周平

## 1 はじめに

一酸化二窒素 ( $\text{N}_2\text{O}$ )、メタン ( $\text{CH}_4$ ) は地球温暖化を引き起こす温室効果ガス(GHG)であり、発生量の把握とその削減が求められている。 $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{CH}_4$ を発生させる分野の一つに下水道事業分野がある。下水処理プロセスは、水処理・汚泥処理を通して、好気・無酸素・嫌気と様々な状態を有する。そのため、全工程から、 $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{CH}_4$ の両者を発生する可能性を持つが、これまでに下水処理工程全体から発生する GHG を測定した例は少ない<sup>1)</sup>。

そこで、本研究では秋田県で最も規模の大きい下水道終末処理場である秋田臨海処理センターにおいて、 $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{CH}_4$ の発生量、発生特性を明らかにするため、現地調査を行った。解析にあたっては、各プロセスのガス発生量の割合および曝気方式の違いに特に着目した。

## 2 方法

### 2-1 処理場諸元

秋田臨海処理センターは、嫌気好気活性汚泥法で処理が行われており、平成 19 年度末時点では、処理面積は 8,209ha、処理人口は 318,400 人、処理能力は 120,000 $\text{m}^3$ /日である。平均流入水量は、71,000  $\text{m}^3$ /日である。秋田臨海処理センターの処理フローを図 1 に示す。反応槽は 2 系に分かれており、流下方向に 4 槽に区切られている。1 系の曝気方式はマイクロバブル、2 系の曝気方式は散気板(2-1 系)とマイクロバブル(2-2 系)との併用である。

### 2-2 調査方法

調査は、秋田臨海処理センターを対象とし、2009 年 12 月 8 日に行った。当日の天候は晴天であった。調査は水処理工程および汚泥処理工程について行った。

水処理工程においては、沈砂池、流入水、最初沈殿地、反応槽、最終沈殿地、流出水を対象とし、水とガスのサンプルを採取した。水サンプルは、未ろ過およびろ過滅菌サンプルを採取した。ガスサンプルは、沈砂池では直接ダクトから採取した。反応槽では、大気開放したチャンバーを反応槽に浮かべ、ガス発生量を算出した。静水面においては、大気開放していないチャンバーを浮かべ、経過時間と濃度変化から発生量を算出した。

汚泥処理工程では、汚泥濃縮槽排ガスと、脱水機排ガ

スを対象とした。これらは、沈砂池と同様に、排気ダクトから直接ガスを採取し、その濃度および測定ポイントの排気量から発生量を算出した。サンプリング箇所を図 1 にあわせて示す。

### 2-3 分析項目および方法

水質は実験室で TOC、T-N、T-P、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$  を測定した。現場では、DO、pH、ORP、水温を測定した。TOC は TOC5000A (島津製作所)、T-N、T-P はオートアナライザー AA-II (ビーエルテック社)、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$  は QuAAtro2-HR (ビーエルテック社)、DO、pH、ORP、水温は簡易センサーをそれぞれ用いて分析を行った。

GHG はガス態 ( $\text{GN}_2\text{O}$ 、 $\text{GCH}_4$ ) および溶存態 ( $\text{DN}_2\text{O}$ 、 $\text{DCH}_4$ ) で評価した。溶存態ガスは 60 ml シリンジに試料水 22 mL を採取し、微生物による反応を防ぐために殺菌剤 (5%ヒビテン液) 3mL を添加し、さらに空気を 25 ml 封入した後、ヘッドスペース法を用いて測定した<sup>2)</sup>。なお、気液平衡の条件は 25℃・1 日とし、分析にあたっては、 $\text{N}_2\text{O}$  は ECD ガスクロマトグラフ (島津製作所)、 $\text{CH}_4$  は FID ガスクロマトグラフ (島津製作所) を使用した。

## 4 結果および考察

### 4-1 各工程における GHG の発生割合

$\text{CO}_2$  換算した  $\text{N}_2\text{O}$  の発生割合、 $\text{CH}_4$  の発生割合、工程別の GHG 発生割合を図 2 に示す。

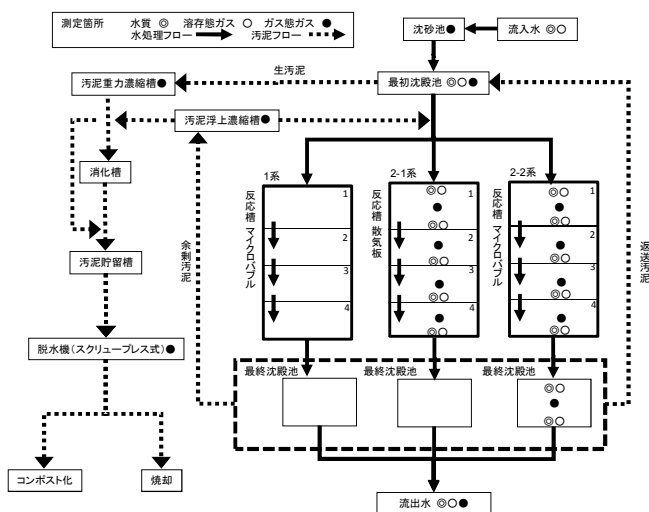


図 1 処理フローおよびサンプリング箇所

キーワード： $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{CH}_4$ 、下水処理場、マイクロバブル、AO 法、排出係数

連絡先：〒011-8511 秋田市飯島文京町 1-1 秋田工業高等専門学校環境都市工学科 増田周平 TEL/FAX 018-847-6074

N<sub>2</sub>O 発生量は、反応槽と処理水において多く、その割合は反応槽全体で 55%，処理水で 41%であった。処理水は、DN<sub>2</sub>O 濃度  $2.14 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$  に平均流量を乗じたものである。また、排出係数は  $4.3 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$  であった。

CH<sub>4</sub> の発生量は、反応槽と脱水機において多く、その割合は反応槽全体で 35%，脱水機排ガスで 57%であった。また、排出係数は  $2.1 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^3$  であった。脱水機からの発生は、長時間嫌気条件下にある消化槽、汚泥貯留槽で CH<sub>4</sub> が生成・蓄積し、持ち込まれるためと考えられた。

工程別の GHG 発生割合では、反応槽全体で 50%，脱水機 15%，処理水 31%であった。さらに各工程では、発生する GHG の寄与が異なっていた。反応槽・処理水については、N<sub>2</sub>O の寄与率が高く、GHG(N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>)発生量に対する N<sub>2</sub>O の寄与率は、それぞれ 82%，92%であった。一方、脱水機については CH<sub>4</sub> の寄与率が 92%と高かった。

#### 4-2 反応槽における GHG 発生特性

図 3 に反応槽における GHG(ガス態・溶存態)および水中の窒素の挙動を示す。GCH<sub>4</sub>は、2-1 系、2-2 系とも、1 槽では発生せず、2 槽において発生量が増加した後、流下方向に減少し、4 槽ではほとんど発生しなかった。DCH<sub>4</sub>は流下方向に濃度が減少していく傾向は GCH<sub>4</sub> と共通していたが、1 槽において濃度が高かった。ここで、1 槽は嫌気状態である。そのため、1 槽において CH<sub>4</sub> が生成し、それが 2 槽で曝気にともない発生している様子が伺える。

GN<sub>2</sub>O については、2-1 系は 2 槽から発生し始め、流下方向に向かって減少していくのに対し、2-2 系では 2 槽から発生し、3 槽で減少し、4 槽で増加する傾向を示した。2-1 系、2-2 系における最終的な GN<sub>2</sub>O 発生量はそれぞれ、174,132gN<sub>2</sub>O/day、175,515gN<sub>2</sub>O/day と同程度であった。

DN<sub>2</sub>O は、2-1 系 2-2 系とも 1 槽において減少した。しかし、その後 2-1 系では、3 槽にかけて増加し、4 槽では濃度はほぼ変化しなかったのに対し、2-2 系は流下方向に増加していた。最終沈殿池、汚泥処理での N<sub>2</sub>O の発生がないことから、反応槽で蓄積された DN<sub>2</sub>O は、処理水中に含まれたまま放流され、その後ガスとして発生している可能性が示唆された。

T-N, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N は、2-1 系、2-2 系ともに流下方向に減少していた。それに対して NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N は増加しており、硝化は進行していた。ただし、2-2 系のほうが NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N とともに濃度増加速度が大きく、2-2 系においては、最終的な NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N の濃度は 2-1 系の約 2 倍であった。

以上より、曝気方式の違いによって、CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O の発

生特性は大きく異なっていた。マイクロバブル (2-2 系) は、酸素が反応槽中によく溶けこみ、ガストリップング量は少ない。その結果、硝化反応は良く進む。しかし、N<sub>2</sub>O は多く生成され、最終的な DN<sub>2</sub>O は増加する。その理由は NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N の増加、微視的な無酸素状態における脱窒、ガストリップング量の減少であると考えられる。一方、CH<sub>4</sub> の発生量は抑えられる。その理由は、2 槽におけるガストリップングが少ないためである。

#### 5 まとめ

マイクロバブルによる曝気は、CH<sub>4</sub> の発生を抑え、硝化を促進する一方で、処理水に含まれる DN<sub>2</sub>O を増加させ、N<sub>2</sub>O の総発生量を増加させる可能性がある。また、従来は考慮されていなかった脱水機からも GHG は発生しており、そのほとんどを CH<sub>4</sub> が占めた。

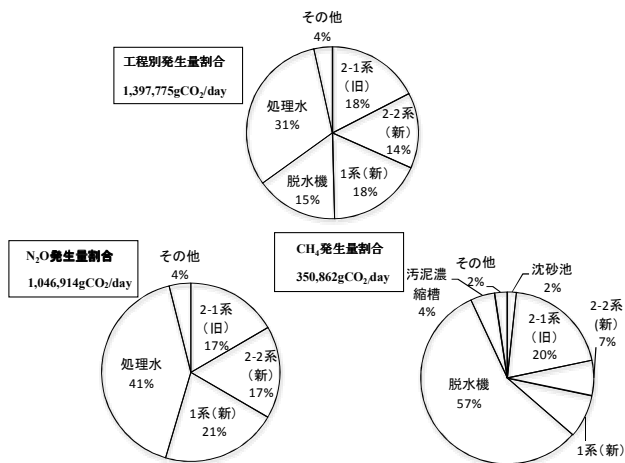


図 2 N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, 各工程別の GHG 割合

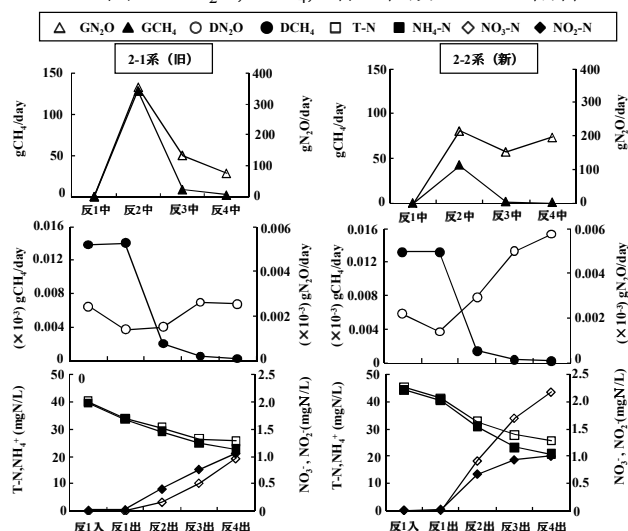


図 3 反応槽における GHG(ガス態・溶存態)

および水中の窒素の挙動

#### 5.参考文献

- 1) 花木啓祐：水環境学会誌 Vol.29, No.2, pp.7-11
- 2) ヘッドスペースガス分析による溶存亜酸化窒素測定法：  
[http://www.iaes.affrc.go.jp/sinfo/result/result16/result16\\_03.html](http://www.iaes.affrc.go.jp/sinfo/result/result16/result16_03.html)