

45. 下水処理における地球温暖化ガスの実態調査

On-site Survey of Global-Warming-Gas Emission from A Sewerage Plant

岡山 安幸*・神代 和幸*・鈴木 學*・谷口 正人**

Yasuyuki OKAYAMA*・Kazuyuki KUMASHIRO*・Manabu SUZUKI*・Masato TANIGUCHI**

ABSTRACT; The concentration of CH₄, CO₂ and N₂O discharged from treatment processes of a municipal sewerage plant where activated sludge processes have been operated were measured between October 2000 and March 2001, and following results were obtained.

- 1) Emission of CH₄ was significant at both receiving and pre-aeration tanks in the clarifier.
- 2) Great amount of CO₂ and N₂O gas was emitted from the aeration tanks. In particular, emission of N₂O was largely correlated with NO₂-N concentration.
- 3) Generation of global-warming-gas from the sewerage plant was calculated as 650, 94200, and 82kg/day for CH₄, CO₂ and N₂O, respectively.

KEY WORDS; global-warming-gas, sewage treatment

1 はじめに

下水道は、生活環境の向上と公共用水域の水質保全のために重要な社会基盤施設であるが、一方、下水処理や汚泥処理過程でのメタンや亜酸化窒素等地球温暖化ガスの放出が報告されている¹⁾。今後、下水道の普及拡大や処理の高度化が促進されると、地球温暖化ガスの放出量は増加することが予想されることから、その制御技術の開発が重要課題となっている。

本市の下水処理においても、窒素・リンの高度処理に関する検討の中で、地球温暖化ガス対策が重要な課題の一つとなっている。そこで、本センターでは、下水処理における地球温暖化ガス抑制技術に関する研究に取り組んでいるが、今回、対策技術の基礎資料を得る目的で本市に立地する下水処理施設からの地球温暖化ガスの発生状況について実態調査を行ったので報告する。

2 調査方法

2. 1 調査箇所

今回の調査は、地球温暖化ガスとしてメタン(CH₄)、二酸化炭素(CO₂)及び亜酸化窒素(N₂O)の3物質を対象

* 北九州市環境科学研究所アクア研究センター Aqua Research Center, Kitakyushu City Institute of Environmental Sciences

** 北九州市建設局 Construction bureau, City of Kitakyushu

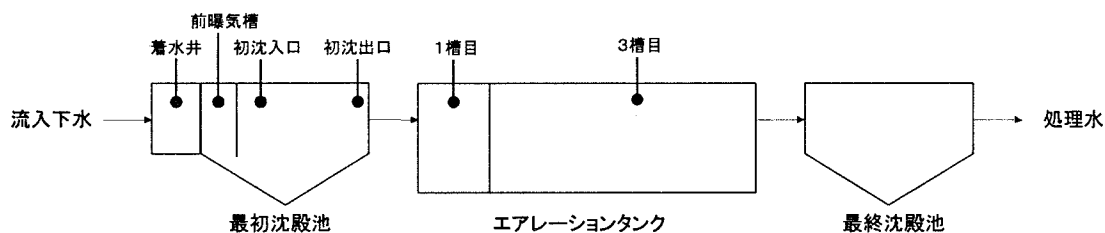


図-1 処理施設における調査箇所

とし、本市皇后崎浄化センター・第二処理施設にて実施した。本浄化センターは日量約 25 万 m³ 規模の合流式下水処理場であり、二系列の処理施設を有し、最終沈殿池を除きすべて付近住民に配慮して覆蓋している。このため温暖化ガスの定量的な把握が可能であることから調査対象とした。

また、集約処理による汚泥処理からの返流水は第二処理施設へ戻している。第二処理施設は3系列からなり、1と2系列は擬似嫌気好気法、3系列では標準活性汚泥法運転を行っている。試料採取箇所は図-1に示すとおりであり、調査期間は平成12年9月から平成13年2月の比較的低水温時期である。

2. 2 ガス採取方法と保存性について

ガス採取については集気ダクトから基本的に図-2に示す方法で行ったが、ダクトからの採取が困難な箇所においては、覆蓋下から採取を行った。試料はテドラーバッグ及びガラス製真空捕集ビンを用い採取した。また両試料捕集容器中での保存性を検定する目的で、ガス採取後のCH₄、CO₂及びN₂O濃度の経日変化を調査した。

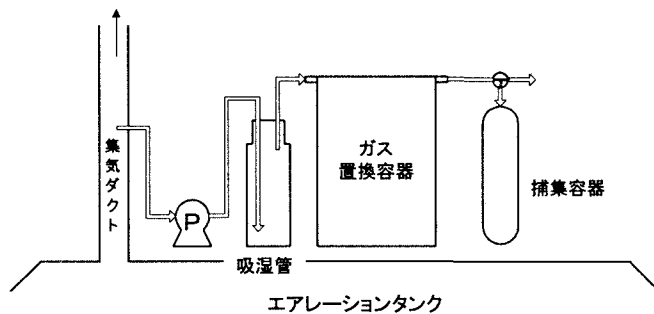


図-2 ガス採取方法

2. 3 分析方法

捕集したガス中のCH₄、CO₂及びN₂Oの3成分について、表-1に示す条件でGC法による分析を行った。また、ガス採取時にはガス温度及びガス流速（熱線式風速計）を測定した。上記条件下でCH₄は5分、CO₂

表-1 GCの分析条件

項 目	CH ₄	CO ₂	N ₂ O
ガスクロマトグラフィー	日立 263-80	ヤナコ GC-6800	ヤナコ GC-6800
検出器	水素炎イオン化検出器	熱伝導度検出器	電子捕獲検出器
充填剤	Molecular Sieve 5A	Unibeads C	Molecular Sieve 13X
使用カラム	ガラス2m	SUS 2m	ガラス 2 m
カラム槽温度 (°C)	70	130	170
注入口温度 (°C)	100	150	200
検出器温度 (°C)	100	150	300
キャリアーガス	N ₂	He	He
キャリアーガス流量(ml/min)	40	30	40

は4分、 N_2O は2分の保持時間で検出される。

3 結果及び考察

3. 1 ガス採取方法と保存性の検討

ガス試料の保存に関する検討において、 CH_4 及び N_2O 濃度は、両容器とも3日後まで変化はなく、保存性は良好であったが、 CO_2 濃度は図-3に示すように、容器間で差が見られた。真空捕集ピンは3日後まで濃度の変化がないのに対して、テドラーバッグは漸次濃度が低下した。この原因としては、テドラーバッグにおける CO_2 の透過や吸着が考えられる。従って、本調査では捕集容器としてガラス製真空捕集ピンを用いることにした。

また、水分を除くための吸湿管の有無では、差異が見られなかったことから、ガス採取時に水分の飛散の多い箇所のみ吸湿管を設けることにした。

3. 2 CH_4 ガスの放出状況

調査箇所における CH_4 濃度を図-4に示す。水処理系での CH_4 の放出はエアレーションタンク(AT)で最も顕著であるとの報告²⁾がなされているが、本調査での CH_4 濃度は、着水井及び前曝気槽において高い傾向を示した。この原因は、管渠の中で生成した CH_4 がポンプ場からの圧送や着水井での攪拌により、放出したことによると考えられる。さらに、最初沈殿池の前曝気槽においても曝気による放出が起こっていた。また、AT内の1槽目(嫌気好気法では嫌気部)で増加が見られ、3槽目でなくなることから、最初沈殿池で生成された CH_4 がAT内曝気により放出していると考えられる。さらに、嫌気好気法では、1槽目が嫌気部であるために CH_4 生成が進み、標準法に比べ高い濃度を示したものと考えられる。

3. 3 CO_2 ガスの放出状況

調査箇所における CO_2 濃度を図-5に示すが、図から明らかなようにATでの発生が顕著であった。標準法と嫌気好気法運転によるAT全体からの発生量が同程度であることから、AT内において有機物の生物分解

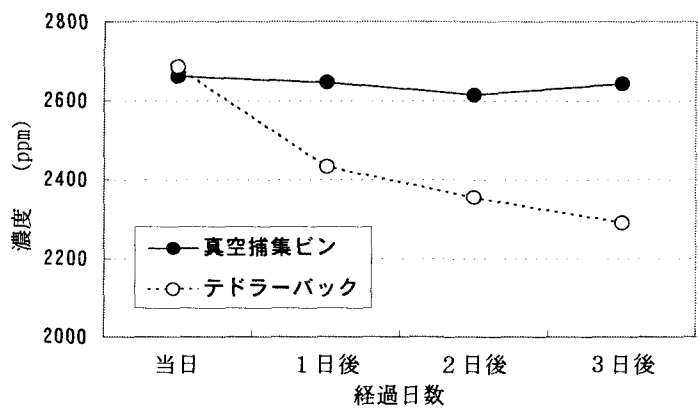


図-3 捕集容器における CO_2 の濃度変化

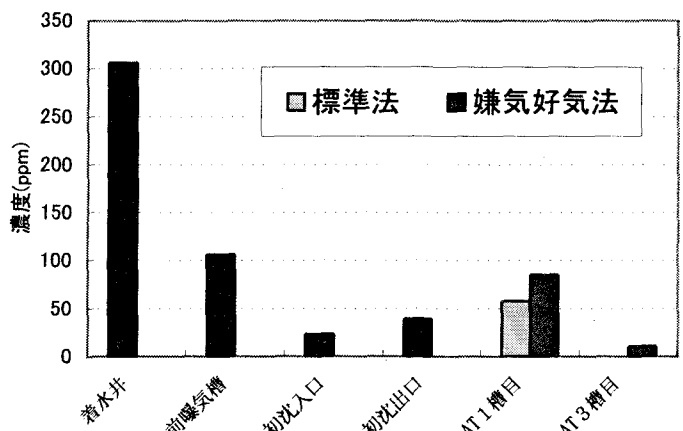


図-4 調査箇所における CH_4 濃度

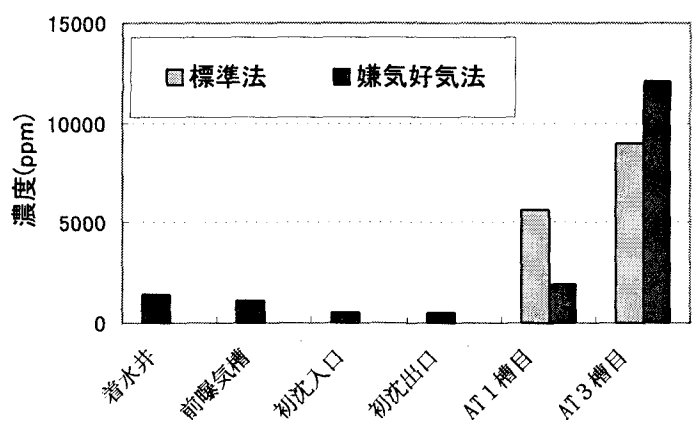


図-5 調査箇所における CO_2 濃度

で生成した CO₂ が曝気により放出したものと考えられる。

3. 4 N₂O ガスの放出状況

調査箇所における N₂O 濃度を図-6 に示すが、N₂O 放出は標準法ATにおいて多く、特に3槽目での放出が顕著であった。この運転方法による N₂O 放出の違いを検討するため、処理における NO_x の生成状況との比較を行った。二次処理水の NO₃ 及び NO₂ 生成と N₂O 放出の関係を図-7 及び図-8 に示す。図-7 において標準法での NO₃-N と N₂O の関係から、NO₃-N が 0mg/L (硝化率 0%) 及び 13mg/L (硝化率 96%) では N₂O 放出は少なく、硝化が不十分な時に N₂O 放出が高い傾向を示した。一方、嫌気好気法では硝化が進んでいないため N₂O 放出は低いレベルで推移していた。また図-8 に示す NO₂ と N₂O の関係において両運転方法とも NO₂ 生成と N₂O 放出は高い相関を示し、特に標準法では NO₂ 生成量が多い時に高濃度の N₂O 放出が見られた。一般に、N₂O の生成は NH₄-N の硝化過程で NO₂-N が蓄積する時、すなわち NO₂→NO₃ の反応が阻害され、NH₄⁺ から中間物のニトロキシル (NOH) が生成されて N₂O が発生するといわれているが³⁾、本調査においても硝化が促進し NO₂-N の蓄積した時に高濃度の N₂O 放出が生じていた。

3. 5 ガス放出量の推定

今回の調査では、ガス流速の測定が困難な箇所が多く、施設ごとの発生量は算出できなかったため、AT前の施設とATからの放出量の推定を表-3 に示す。この推定から3物質ともATでの放出量が多く、特に CO₂ と N₂O が顕著であった。

これらガス放出量及び相対的温室効果 (GWP・20 年) は CO₂ を 1 とすると CH₄:62 倍、

N₂O:290 倍であり相対的温室効果は CO₂:94200、CH₄:40300、N₂O:23780 となる。従って、これらの削減は地球環境の保全の観点から重要な課題と考える。

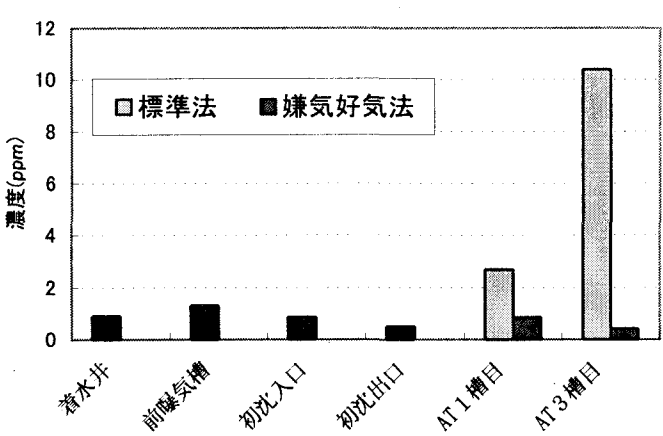


図-6 調査箇所におけるN₂O濃度

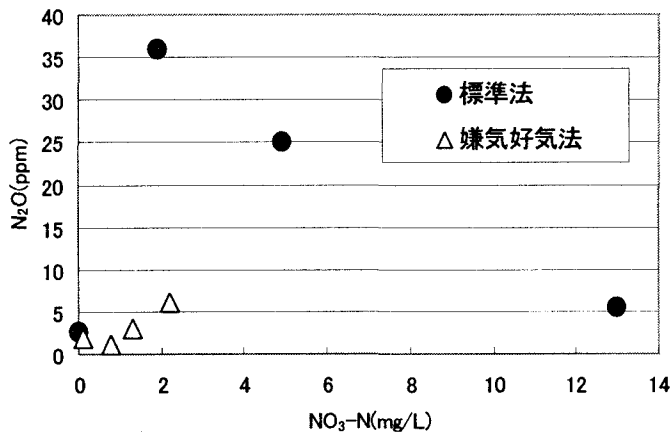


図-7 NO₃生成とN₂O放出の関係

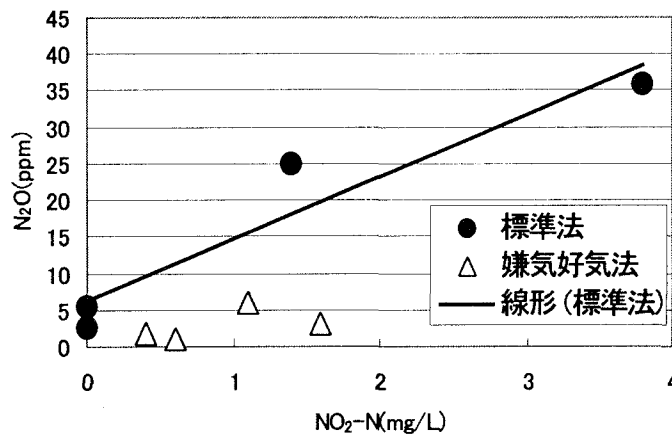


図-8 NO₂生成とN₂O放出の関係

表-3 ガス発生量の推定

項 目	エレーションタンク前	エレーションタンク	水処理施設全体
CH ₄ (kg/日)	300	350	650
CO ₂ (kg/日)	6,700	88,000	94,200
N ₂ O (kg/日)	5.1	77	82

4 まとめ

下水処理、特に水処理系からの地球温暖化ガス放出についての実態調査を行い、以下のことが明らかになった。

- (1) CH_4 ガスは着水井及び前曝気槽での放出が顕著であった。
- (2) CO_2 及び N_2O ガスの放出はエアレーションタンクにおいて顕著であった。
- (3) エアレーションタンクにおける高濃度な N_2O ガスの放出は、エアレーションタンク内の $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度との関連が示唆された。

今回の調査だけでは、まだデータ数も少なく、また、年間を通しての傾向を調査していないので、相対的温室効果等について評価はできなかったが、今後汚泥処理施設からの放出も含めてさらに検討を加える予定である。

<参考文献>

- 1) 建設省土木研究所；平成9年度下水道関係調査研究年次報告書集(1998)
- 2) 水落元之, 佐藤和明, 稲森悠平, 松村正利；メタン、亜酸化窒素の放出量及び放出特性と活性汚泥法の処理条件との比較解析, 水環境学会誌, Vol.21, No.12, 849-855 (1998)
- 3) 花木啓祐, 中村剛雄, 松尾友矩, 系川法紀；都市下水の硝化脱窒過程での亜酸化窒素の発生, 水環境学会誌, Vol. 23, No. 12, 803-810 (2000)

連絡先：〒804-0082 北九州市戸畑区新池1丁目2番1号 TEL093-882-0333 FAX093-871-2535
北九州市環境科学研究所アクア研究センター下水道研究係