

II-116

生活排水処理施設からの N_2O の発生

東北大学工学部 学生員 ○佐瀬浩市

正 員 千葉信男

正 員 須藤隆一

1. はじめに

温室効果ガスのうち、二酸化炭素(CO_2)、メタン(CH_4)、亜酸化窒素(N_2O)について、その発生源は自然域、産業部門からがほとんどを占めていると言われているが、その総量と発生源別の割合は明快には把握されていない¹⁾。特に、 N_2O の放出源は森林・草原等のバイオマス燃焼、土壌、海洋、陸水からの放出の他、人為的な自然域への窒素の投入や工業活動とも密接に関連し、その発生源は多岐に渡る。それ故、全発生量の30%の発生源が確定していない。こうした背景をふまえ、 N_2O が排水処理する際の硝化及び脱窒過程で N_2O が発生することに着目した。これまでの排水処理は処理水の水質のみに重点が置かれ、温室効果ガスの発生量の測定例は少ない。下水処理施設及び浄化槽からの温室効果ガスの発生量の測定に基づいて原単位を算定した。

2. 調査方法

調査は、標準活性汚泥法で処理を行っているY終末処理場、オキシデーションディッチ法で処理を行っているK終末処理場、並びに各種浄化槽に関して行い、温室効果ガスの発生量を比較検討した。

a) 標準活性汚泥法

Y終末処理場（標準活性汚泥法）の平成5年度における処理水量は $4,500m^3 \cdot day^{-1}$ 、処理人口1.3千人となっている。水質、ガス分析のサンプリング地点とも、最初沈殿池、第1曝気槽、第2曝気槽、最終沈殿池である。ここに第1曝気槽は、流入する汚水の汚濁負荷量とエアームの関係から、微好気的な雰囲気中で運転されている。第2曝気槽に関しては通常のものと同じと考えて良い。

b) オキシデーションディッチ法

K終末処理場（オキシデーションディッチ法）では以前、当施設で行った硝化・脱窒実験の結果から、施設運転の設定条件により各窒素態が大きく変化することが明らかとなった。これを受け、ローター運転時（硝化反応促進）と、ローター停止時（脱窒反応促進）の N_2O 発生量を測定し、水質保全上重要な課題となっている、硝化・脱窒処理と N_2O 発生との関係を把握し、抑制策の有効性を検討した。サンプリング地点を下水流入口（P4）と、OD内をほぼ一周してきたポイント（P2）とした。

c) 浄化槽

浄化槽は、旧基準の単独処理の曝気型4基と、新基準の単独処理の分離接触曝気型2基、合併処理の嫌気ろ床接触曝気型2基である。水質分析用の試料の採取は曝気型では原水として曝気室から、処理水として沈殿室の上澄水を採取した。合併処理、嫌気ろ床接触曝気型では原水として嫌気槽より、処理水として沈殿槽上澄水を採取した。ガス分析用試料の採取も同位置地点で行った。

3. 分析方法

水質分析は下水試験法に準じて行った。分析項目は、BOD、 COD_{Mn} （以下CODと略す。）、MLSS、pH、 NH_4-N 、 NO_2-N 、 NO_3-N 、 PO_4-P 、TN、TP、TOCである。また、 N_2O に関しては島津ガスクロ9Aを用い、内径2mm×長さ3mのガラスカラムに40/60メッシュのポラパックQを充填し、検出器はECDを用いた。また、インジェクション温度：260℃、カラム温度：75℃、キャリアーガス流量：20mL・min⁻¹で分析を行った。ガス試料のサンプリングは曝気のない地点では、50cm×50cmのガストラップ装置（ガスチャンバー）を用いてテトラパックにて一昼夜放置し捕集を行った。曝気を行っているポイントについては、簡易式の小型ポンプを用いてテトラパックに吸引させ、20～40秒間の捕集を行いそれを単位時間当たりのガストラップ量とした。

4. 結果及び考察

a) 処理施設（標準活性汚泥法、オキシデーションディッチ法）からの N_2O 発生量

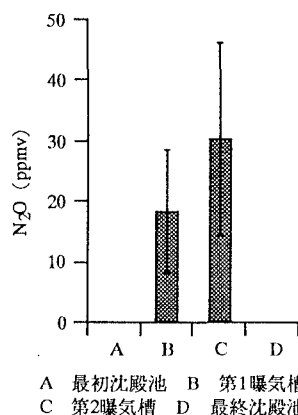
図-1 標準活性汚泥からの N_2O 発生量のまとめ

図-1に調査で得られた N_2O 発生量の発生量を示した。グラフ中の棒は全測定期間をもとに得られた平均値であり、エラーバーはその標準偏差 ($\pm 3\sigma$) である。曝気槽からの N_2O 発生は顕著であったが、最初沈殿池、最終沈殿池からの N_2O の発生は認められなかった。

調査から得られた原単位より、流入原水あたり、 $13.4\text{mg-N}_2\text{O-Nm}^{-3}$ の結果を得た。竹石ら²⁾も同様の実験を行っており、季節的な相違はあるものの、平均で $13.2\text{mg-N}_2\text{O-Nm}^{-3}$ の値を得ている。

図-2に調査で得られた N_2O の経時変化を示した。従来の生物処理法ではCODを高める原因となる難分解性の有機物の除去率には限界があり、 $\text{COD}_\text{C}/\text{NO}_3\text{-N}$ 比が小さいことは硝化が十分進み、その結果、pHも6.0~6.5付近になる。硝化が十分に進めば、嫌気状態かつ、有機炭素源の存在で脱窒が起こり、中間物質としての N_2O の発生量も多くなる。マクロ的な問題としては、環境保全上から見た水処理過程の脱窒・硝化とガス発生をどう捉えるか、ミクロ的には N_2O ガスを発生させない脱窒法の開発（例えば完全嫌気状態と通性嫌気での脱窒の差など）が今後の検討課題として残る。

b) 浄化槽からの N_2O 発生量

表-1に得られた結果を示す。 CO_2 、 N_2O 、 CH_4 の発生量は処理方法により異なった。通常、好気的な排水処理では有機物の最終生成物は H_2O と CO_2 であり曝気型処理では増加するはずであるが、その傾向を示したのは長時間曝気型No.4の0.53%のみであり、これ以外は排水処理性能と直接関連しない結果となった。また、 CH_4 は接触曝気型の沈殿分離室で発生しているが水温が低いため顕著ではない。また、 N_2O については、分離接触曝気型からの発生を認め、それに嫌気ろ床接触曝気が続き、長時間曝気型の浄化槽では発生を認められなかった。

5. まとめ

排水処理施設及び廃棄物処理施設から発生する N_2O の測定を行い以下の知見を得た。

(i) 標準活性汚泥、オキシデーションディッチ法からの N_2O の生成量はそれぞれ、流入原水あたり $13.4\text{mg-N}_2\text{O-N} \cdot \text{m}^{-3}$ 、 $3.21\text{mg-N}_2\text{O-N} \cdot \text{m}^{-3}$ の値を得た。流入窒素あたりの N_2O への変換率はそれぞれ、 $\sim 0.05\%$ 、 $\sim 0.01\%$ であった。

(ii) 浄化槽においては、単独浄化槽の分離接触曝気型から最も N_2O 発生が顕著であった。

参考文献

- ¹⁾ K. Minami, A. Mosier and R. Sass : CH_4 and N_2O global emission and controls from rice fields and other agricultural and industrial sources, NIES SERIES 2, 1992.
- ²⁾ 竹石和夫、鈴木 稔、松原 誠：下水処理場からのメタン・亜酸化窒素の放出の解明に関する研究、平成5年度下水道関係調査研究年次報告集、pp.105-109、1994.

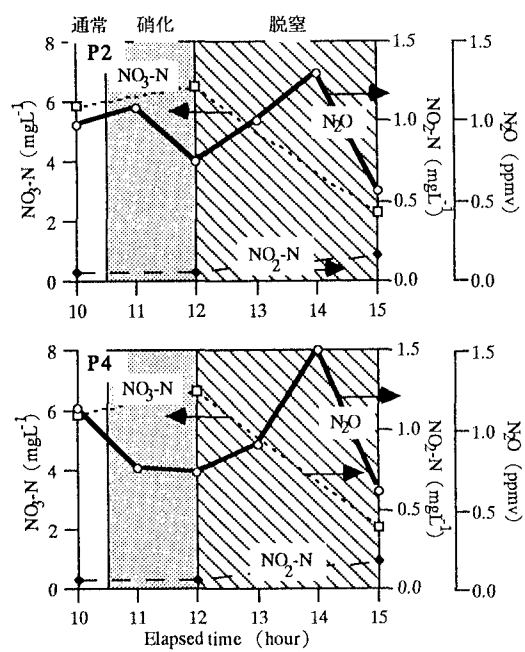


図-2 OD法からの N_2O の経時変化

表-1 浄化槽からの発生量

		人槽 (人)	ポンプ (Lmin^{-1})		CO_2 (%)	N_2O (ppmv)	CH_4 (%)
単 独 分 離 接 触 曝 気 型 浄 化 槽	No.1	10	80	第1曝気	0.08	20	-
				第2曝気	0.07	20	-
	No.2	10	80	嫌気	-	-	0.67
				第1曝気	0.08	200	-
合 併 浄 化 槽	No.1	6	80	第2曝気	0.08	6	-
				嫌気ろ床	-	-	-
	No.2	7	80	接触曝気	0.05	10	-
				嫌気	0.07	10	-
				嫌気	-	-	64