浄化槽における温室効果ガス排出特性の検討

東洋大学　理工学部　学生会員　○柿島　隼徒
東洋大学　理工学部　非会員　佐々木　大
（国研）国立環境研究所　非会員　蛯江　美孝
東洋大学　理工学部　正会員　山崎　宏史

1. はじめに

現在、我が国における生活排水処理方法の 1 つとして、分散型排水処理施設である浄化槽が利用されている。浄化槽は、各家庭の生活排水を原位置で処理し、清澄な水を得ることで、公共用水域保全の役割を担っている。しかし、この浄化槽においても、ブロワ等の使用による間接的な温室効果ガス排出の他に、浄化槽の処理工程において、CH_4(GWP:25)や N_2O(GWP:298)等の直接的な温室効果ガスが生成される。これまで排水処理施設における温室効果ガス排出に関して、下水処理場から排出される CH_4 や N_2O においては、国内外を問わず、研究がなされてきたものの、浄化槽に関しては、浄化槽自体が日本で開発、発展してきた経緯もあり、その研究例が極めて少ない。また、浄化槽からの温室効果ガス排出量に関する研究としては、筆者らのグループによる研究があるが [1)]、これは浄化槽全体から排出された温室効果ガス排出量を調査したものであり、浄化槽の水質状況と、そこから排出される温室効果ガスの関係性に関しては明らかにされていない。そこで本研究では、一般家庭に設置されている浄化槽を対象に、各単位装置から採水と採気を行い、浄化槽内の水質と排出される温室効果ガスの関係性を明らかにすることを目的として、検討を行った。

2. 実験方法

実験は、埼玉県川越市内の一般家庭 4 軒（M 邸、H 邸、IG 邸、IK 邸）に設置されている浄化槽を対象に行った。これら 4 軒の浄化槽の処理方式として、M 邸と H 邸は同じ流量調整型嫌気濾床生物濾過循環方式であり、処理対象人員は 7 人と 5 人、実使用人員は、それぞれ、2 人と 3 人であった。この流量調整型嫌気濾床生物濾過循環方式は、嫌気ろ床槽第 1 室、嫌気ろ床槽第 2 室、生物ろ過槽、処理槽、消毒槽で構成されていた。IG 邸は、接触ろ床方式であり、処理対象人員は 5 人、実使用人員は 2 人であった。この接触ろ床方式は、夾雑物除去槽、嫌気ろ床槽、接触ろ床槽、処理水槽、消毒槽で構成されていた。IK 邸は、前ばっ気型浮上濾過好気濾床方式であり、処理対象人員は 5 人、実使用人員は 4 人であった。この前ばっ気型浮上濾過好気濾床方式は、好気ろ床槽第 1 室、浮上濾過槽、好気ろ床槽第 2 室、沈殿槽、消毒槽で構成されていた。実験は 2016 年 9 月 9 日から 12 月 2 日までの間、2 週間に 1 回程度の頻度で現地に行き、採気、採水、現場調査を、この順で実施した。採気は、図 1 に示す様に、ダイナミックチャンバー法（内径 5cm と 10cm）を適用し、吸引ポンプを用いてガスバッグに採取した。CH_4、N_2O は、ガスクロマトグラフィ(FID,ECD)により分析を行った。採水サンプルからは BOD、SS、各態窒素等の水質分析を行った。また、現場調査項目としては、各単位装置における pH、DO、ORP、水温等の調査を行った。これらの結果より、浄化槽からの CH_4、N_2O の温室効果ガス排出量と水質の関係について解析を行った。

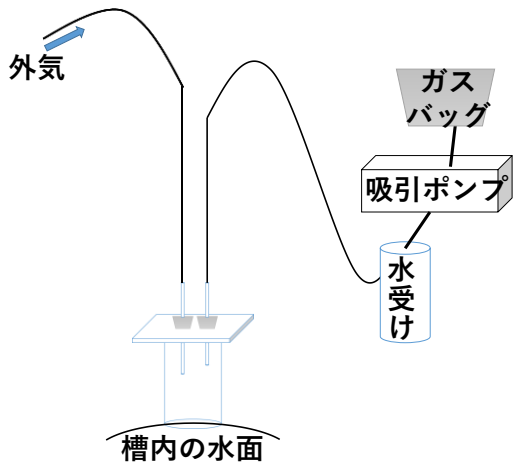

図 1　ダイナミックチャンバー法による
ガスの採取

キーワード　浄化槽、温室効果ガス、DO、ORP
連絡先　〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100 東洋大学 理工学部 都市環境デザイン学科 E-mail:yamazaki058@toyo.jp

3. 結果と考察

図 2 は、4 軒全ての浄化槽の各単位装置(全サンプル)から発生した CH_4 と DO の関係を示している。この図 2 において、浄化槽の DO が 1.0mg/L 以上存在していても、CH_4 が発生していることが分かった。これらの結果は、①嫌気槽で CH_4 が生成され、汚水と共に好気槽へ流れ込み、好気槽のばっ気によって排出した、②好気槽における生物膜の肥厚化等により生物膜内部の一部が嫌気化し CH_4 が生成した、③好気槽の底部に堆積した汚泥の一部が嫌気化し CH_4 が生成した、等の理由が考えられる。一方で、DO が 0.00mg/L 付近の、CH_4 排出が 0.00～10.0ppm のプロットは、嫌気槽にて CH_4 が生成され、そのまま排出されたと考えられた。また、DO が 0.00mg/L 付で CH_4 排出が 35.0～45.0ppm のプロットは、嫌気槽において CH_4 が生成され、ろ材や汚泥に堆積していた CH_4 が流入の攪拌等により、大気中に排出されたと考えられた。これらの結果は既往研究における流入時に CH_4 が大きく排出される傾向[1]と同様であった。

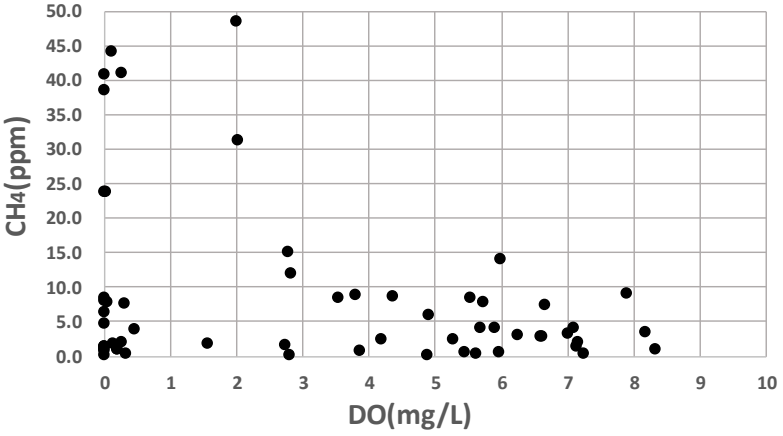

図 2　浄化槽から発生した CH_4 と DO の関係

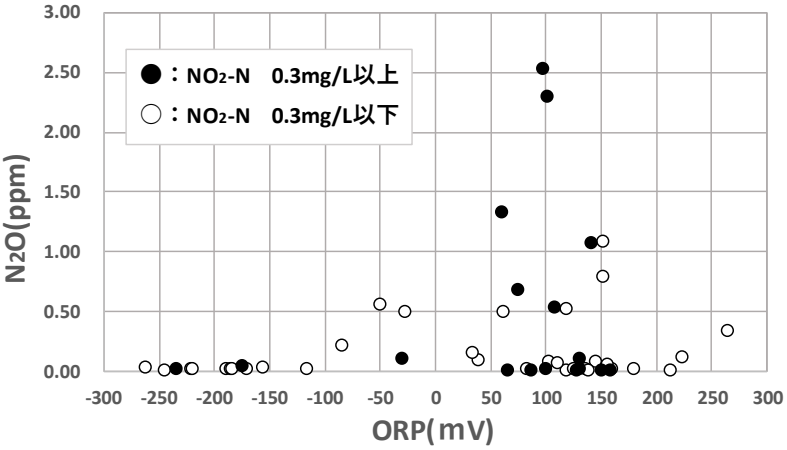

図 3　浄化槽から発生した N_2O と ORP の関係

図 3 は、4 軒全ての浄化槽の各単位装置(全サンプル)から発生した N_2O と ORP の関係を示している。図 3 から、ORP が+100mV 付近(±50mV)の時に N_2O 排出量が増加しており、N_2O 排出のピークがあったと考えられる。これらの現象は、ORP が+100mV 付近(±50mV)では硝化反応がスムーズに行われていない可能性が原因であると考えられた。過去の下水処理施設から排出される温室効果ガスに関する研究において、硝化が進行しない場合には、中間生成物である NO_2-N が生成・蓄積すると N_2O 生成が多くみられる[2]、という報告がある。本研究でも図 3 に示す様に、N_2O が 0.50ppm 以上の排出が観測された際、NO_2-N が 0.3mg/L 以上の比較的高い値であったことから同様な現象が起きたと考えられた。したがって、硝化プロセスで NO_2-N が蓄積されないよう、速やかな硝化反応を促すことが N_2O 生成を抑制すると考えられた。

4. まとめ

一般家庭の浄化槽において、CH_4 と DO の関係を調査した結果、好気槽でも CH_4 の排出が認められたが、嫌気槽において、高い CH_4 排出を観測した。また、N_2O と ORP の関係を調査した結果、ORP が+100mV 付近(±50mV)において、高い N_2O 排出を観測した。この時、槽内の NO_2-N の濃度は 0.3mg/L 以上であった。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 JP16K06556 の助成を受けたものです。ここに記して謝意を表す。

参考文献

1)蛯江、山崎ら：浄化槽における CH_4, N_2O 排出量に及ぼす原水流入変動と嫌気－好気循環の影響解析，水環境学会誌　第 35 巻　第 2 号 pp27-32(2012)

2)見島ら：実下水処理施設における硝化プロセスの N_2O 生成ポテンシャルの解析, 水環境学会誌　第 37 巻　第 6 号 pp.219-227 (2014)