

AO法とA₂O法におけるCH₄・N₂O排出特性の評価

東北大学工学部 学生会員 ○神山和哉

東北大学大学院環境科学研究科 橋本晶平 佐藤大起 戚偉康

東北大学大学院土木工学専攻 正会員 北條俊昌 李玉友

1. はじめに

地球温暖化問題を背景に下水道分野でも温室効果ガス(Green House Gases;GHGs)削減の取り組みが求められている。「下水道における地球温暖化防止推進計画策定の手引き (以下「手引き」)」¹⁾によると、下水道事業において発生するGHGsのうち、CO₂の発生量は下水処理に伴う電力使用量などに定められた排出係数を乗じて求めることができる。これに対し、CH₄、N₂Oのような下水処理場現地から発生するGHGsの排出特性は下水処理方式によって異なることが知られているが、「手引き」の排出係数には処理方式の違いは考慮されていない。「手引き」の正確性向上のため様々な下水処理場において調査が進んでいるが、それぞれ異なる流入下水を対象としていることが多く、処理方式ごとの違いを正確に評価できていない可能性がある。

本研究では、今後のGHGs削減対策を進めるため、処理方式ごとのGHGs排出特性の違いを明らかにすることを目的に、同一の流入下水に対して疑似AO法、A₂O法の二種類の処理を行っているS浄化センターで調査を行い、CH₄、N₂Oの排出係数を算出することで処理方式によるGHGs排出特性の違いについて詳細な検討を行った。

2. 調査方法

本研究ではS浄化センターにおいて、疑似AO法とA₂O法により水処理を行っている系列で調査を行った。調査は2014年11月下旬と2015年1月下旬の計2回行い、図-1に示した水処理フロー内の各槽において水サンプルとガスサンプルを採取した。曝気が行われている槽からのGHGsのサンプリングはオープンチャンバー(OC)法を利用した。また、曝気が行われていない槽からのGHGsのサンプリングはクローズドチャンバー(CC)法により行った。図-2にOC及びCCによるガス採集の概要を示す。GHGsはCH₄、N₂Oについて分析を行い、水中での挙動を把握するため溶存態CH₄、溶存態N₂Oの分析も行った。CH₄の分析にあたってはFIDガスクロマトグラフ、N₂Oの分析にあたってはECDガスクロマトグラフを使用した。また、キャピラリー電気泳動を用いてNH₄⁺-N、NO₂⁻-N、NO₃⁻-Nについて分析を行い、GHGs排出特性との関連性の考察を行った。

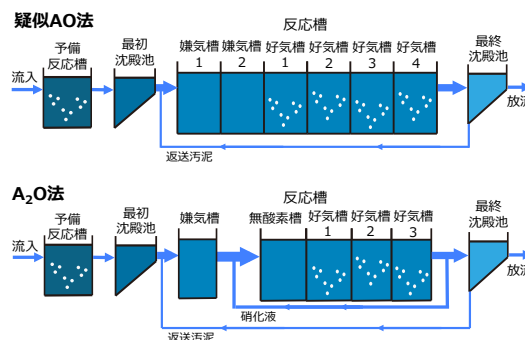


図-1 S浄化センターの水処理フロー

3. 調査結果および考察

図-3に疑似AO法、A₂O法それぞれの処理プロセス全体のCH₄、N₂O排出係数を示した。今回の調査では、CH₄排出係数が疑似AO法で0.91g-CH₄/m³、A₂O法で0.25g-CH₄/m³、N₂O排出係数が疑似AO法で8.92g-N₂O/m³、A₂O法で0.48g-N₂O/m³と、疑似AO法の方がCH₄、N₂Oともに排出係数が高い結果となった。

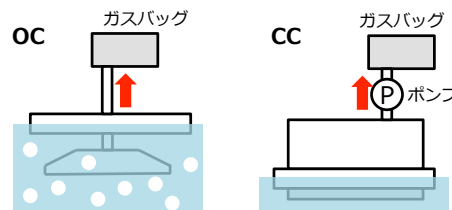


図-2 使用したOC及びCCの概要

キーワード 温室効果ガス 疑似AO法 A₂O法

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学大学院工学科 土木工学専攻環境保全工学研究室 TEL 022-795-3102

3.1. N₂O 排出特性について

N₂O は硝化脱窒反応の中間生成物であり、十分な硝化脱窒反応が行われていない場合に多く生成され、好気槽での曝気とともに大気中に排出されると考えられている。図-4 から分かる通り、疑似 AO 法の好気槽では硝化反応の中間生成物である NO₂⁻-N の蓄積がみられた。一般的に十分な硝化に必要な DO は 3mg-O₂/L と言われており、疑似 AO 法は 1.5~2.0 mg-O₂/L ほどの DO で運転されることが多いと言われている。表-1 に示した通り本調査で対象とした疑似 AO 法の好気槽の DO は 1 程度であり、十分に硝化反応が進んでいないと考えられる。一方 A₂O 法では図-2 に示した通り好気槽での NO₂⁻-N の蓄積もほとんどみられず、無酸素槽の NO₃⁻-N 濃度が低い。脱窒に適した DO は一般的に 0~0.2mg-O₂/L と言われているが、表-2 に示した通り A₂O 法の反応槽の DO は硝化脱窒反応にほぼ適した DO であった。以上のことから、A₂O 法の反応槽では十分な硝化脱窒反応が起きていたと判断できる。これらを踏まえ、疑似 AO 法の N₂O 排出係数が高い要因としては、好気槽での不十分な硝化反応の進行による中間生成物 N₂O の大量生成が考えられた。

3.2. CH₄ 排出特性について

CH₄ は下水管、沈殿池などの嫌気性条件下で生成され、好気槽での曝気により大気中に排出されると考えられている。図-5 に示した通り、A₂O 法の嫌気槽と無酸素槽において溶存態 CH₄ が多く消費されており、その後段の好気槽での排出が抑えられていた。水落ら²⁾ は、CH₄ は無酸素条件下で脱窒反応の水素供与体として使用されると報告しており、本調査の A₂O 法の反応槽においても同様の現象が起きていたと推測できた。一方疑似 AO 法では嫌気槽における溶存態 CH₄ の消費が少なく、この溶存態 CH₄ が好気槽の曝気により排出されることで排出量が増加したと考えられた。以上のことから、A₂O 法の CH₄ 排出係数が抑えられた要因として、A₂O 法の嫌気槽、無酸素槽における脱窒反応による溶存態 CH₄ の消費が考えられた。

4. 結論

同一流入下水を対象とした調査の結果、水処理プロセスからの GHGs 排出量抑制の観点から見ると A₂O 法は疑似 AO 法よりも優れているということを明らかにした。また、A₂O 法による下水処理において十分な硝化脱窒が行われることにより CH₄、N₂O 共に排出量が抑制できることが示唆された。

参考文献

- 1) 下水道における地球温暖化防止対策検討委員会, 下水道における地球温暖化防止推進計画策定の手引き, 2009.
- 2) 水落ら, 地球温暖化ガス CH₄、N₂O の標準活性汚泥法および嫌気・無酸素・好気法における放出量の比較解析, 日本水処理生物学会誌, Vol.35, No.2, pp.109-119, 1999.

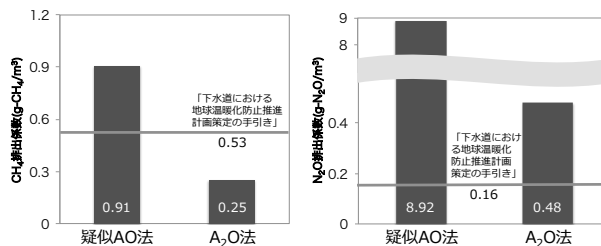


図-3 処理プロセス全体の CH₄、N₂O 排出係数

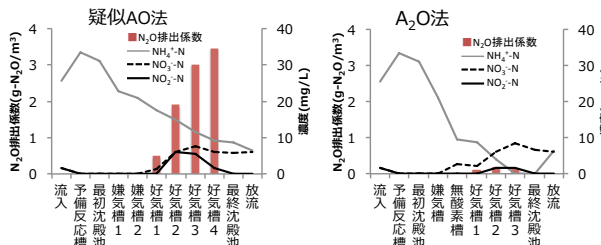


図-4 N₂O 排出係数と各態窒素濃度の関係

表-1 疑似 AO 法好気槽の DO

疑似AO法好気槽	1	2	3	4
DO(mg-O ₂ /L)	0.82	0.98	0.98	0.96

表-2 A₂O 法反応槽の DO

A ₂ O法反応槽	無酸素	好気1	好気2	好気3
DO(mg-O ₂ /L)	0.26	0.52	3.2	3.92

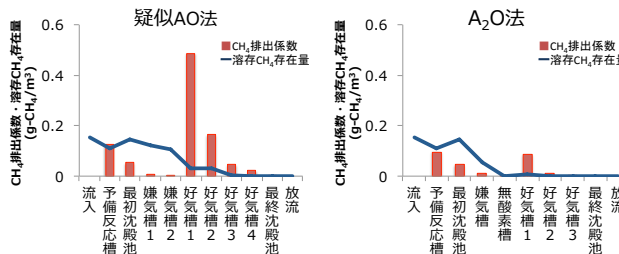


図-5 CH₄ 排出係数と溶存態 CH₄ の関係