

## 水資源と水環境に関する研究

### Researches on Water Resources and Environments



准教授 久保田 健吾  
Associate Professor  
Kengo Kubota

水資源システム学分野では、世界の水問題を解決することを目指し、以下の研究に取り組んでいる。

- 1) 脱炭素型下水処理システムの開発
- 2) 下水情報の活用による感染症早期検知システムの構築
- 3) 気候変動と土地利用変化が自然環境に与える影響評価手法の開発
- 4) 地球温暖化と林業の衰退など森林の荒廃による流木発生メカニズムの解明
- 5) 環境バイオテクノロジーを用いた排水・廃棄物処理と微生物群集の解明

Our research topics are as follow:

- 1) Development of carbon-neutral sewage treatment system
- 2) Development of an early warning system for infectious diseases based on wastewater information
- 3) Development of evaluation approaches for the effect of climate change and land utilization change on natural environments
- 4) Mechanisms of flood wood generation caused by global warming and forest industry declination
- 5) Waste and wastewater treatment using environmental biotechnologies and microbial community analysis

### 温室効果ガス削減バイオプロセスの開発

温室効果ガス排出量の削減は世界的な急務とされている。一酸化二窒素 ( $N_2O$ ) は二酸化炭素の約 300 倍もの地球温暖化係数を有し、IPCC の予測を上回るペースでの大気中濃度増加が報告される、環境負荷の高い温室効果ガスである。 $N_2O$  の発生源の一つには廃水処理プロセスがあり、好気性処理と嫌気性 / 無酸素処理のどちらにおいても発生するため、廃水処理を行う上での問題となっている。

従来、廃水処理分野における研究では、プロセスをどのように制御し、 $N_2O$  発生を抑制するかについて着目されてきた。一方で、発生した  $N_2O$  そのものを除去するプロセスはほとんど知られていない。また、 $N_2O$  還元微生物に関する研究は盛んに行われているが、一般的に微生物への供与有機物には人工基質が利用されており、実廃水を利用した場合の知見は限られている。そこで本研究では、消化汚泥脱水ろ液を有機物源として用い、嫌気条件における Down-flow hanging sponge (DHS) リアクターを用いた新規  $N_2O$  除去プロセスの開発を行った。

$N_2O$  を連続的に供給して DHS リアクターを運転した結果、5 ppm  $N_2O$  リアクターでは、ガス滞留時間 3 分で  $N_2O$  除去率  $97 \pm 5.4\%$  を、40 ppm  $N_2O$  リアクターではガス滞留時間 3.6 分で  $N_2O$  除去率  $96 \pm 3.4\%$  を達成した。300 ppm  $N_2O$  リアクターではガス滞留時間 3 分において  $N_2O$  除去率  $94 \pm 1.5\%$  を、2,000 ppm  $N_2O$  リアクターではガス滞留時間 18 分で  $N_2O$  除去率  $99 \pm 0.1\%$  を達成した。また、リアクターの安定した運転には、供給する消化汚泥脱水ろ液の有機物負荷が重要であることが明らかとなった。

### Bioprocess for the reduction of nitrous oxide emitted from anoxic/anaerobic wastewater-treatment processes

Reducing greenhouse gas emissions is considered an urgent global task. Nitrous oxide ( $N_2O$ ) is a greenhouse gas with a global warming potential approximately 300 times that of  $CO_2$ . It has been reported to increase in atmospheric concentration at a pace exceeding IPCC predictions, making it an environmentally burdensome greenhouse gas. One of the sources of  $N_2O$  emissions is wastewater-treatment processes, where it is generated in both aerobic and anaerobic/anoxic treatment processes, posing a significant challenge in wastewater management.

Traditionally, research in wastewater-treatment field has focused on controlling processes to suppress  $N_2O$  emissions. However, there is limited knowledge regarding processes that remove emitted  $N_2O$ . Although studies on  $N_2O$ -reducing microorganisms are actively conducted, they often use synthetic substrates as organic electron donors, and researches using actual wastewater are limited. Therefore, this study aims to develop a novel  $N_2O$ -removal process using a down-flow hanging sponge (DHS) reactor fed with supernatant from anaerobic sludge digesters in anaerobic conditions.

When the DHS reactor was operated with continuous  $N_2O$  supply, a 5-ppm  $N_2O$  reactor achieved a removal efficiency of  $97 \pm 5.4\%$  at a gas-retention time of 3 minutes. A 40-ppm  $N_2O$  reactor achieved a removal efficiency of  $96 \pm 3.4\%$  at a gas-retention time of 3.6 minutes. The 300-ppm  $N_2O$  reactor achieved a removal efficiency of  $94 \pm 1.5\%$  at a gas-retention time of 3 minutes, although the 2,000-ppm  $N_2O$  reactor achieved a removal efficiency of  $99 \pm 0.1\%$  at a gas-retention time of 18 minutes. It was also found that the organic load is critical for stable reactor operation.



教授 李 玉友  
(工学研究科 兼任)  
Professor  
Yu-You Li



教授 佐野 大輔  
(工学研究科 兼任)  
Professor  
Daisuke Sano



特任教授 小森 大輔  
(グリーン未来創造機構 兼任)  
Associate Professor  
Daisuke Komori

これらのリアクターの  $N_2O$  除去ポテンシャルを、微小電極を用いた  $N_2O$  消費速度の測定により評価した。その結果、300 ppm および 2,000 ppm  $N_2O$  リアクターは、最大  $N_2O$  除去量を達成した時点において、両リアクター共に理論上の最大  $N_2O$  消費速度の 10% 程度の速度で  $N_2O$  を除去していたことが示された。このことから、リアクターではスポンジ担体内  $N_2O$  濃度勾配や  $N_2O$  の気相から液相への溶解速度が除去速度に影響を与えていたと考えられる。

微生物叢解析において、*nosZ* 遺伝子を有することが報告されている OTUs は全て Gammaproteobacteria に属していた。平均存在割合が最も高い OTU は *Azonexus* 属に近縁であった。メタゲノム解析で得られた contigs を評価すると、*Azonexus* の *nosZ* 遺伝子に 97–99% の相同性を有する contigs の coverage が最も高くなっており、*Azonexus* が  $N_2O$  除去のキープレイヤーである可能性が示唆された。

The  $N_2O$ -removal potential of these reactors was evaluated by measuring  $N_2O$ -consumption rates using microelectrodes. The removal rates of 300- and 2,000-ppm  $N_2O$  reactors were approximately 10% of the theoretical maximum  $N_2O$ -consumption rates. This indicates that the dissolution rate of  $N_2O$  from the gas phase to the liquid phase influenced the removal rate.

Microbial community analysis revealed that all OTUs reported to have the *nosZ* gene belonged to Gammaproteobacteria. The OTU with the highest average abundance was closely related to the genus *Azonexus*. Evaluating contigs obtained through metagenomic analysis showed that those with 97–99% similarity to the *nosZ* gene of *Azonexus* had the highest coverage, suggesting that *Azonexus* is likely a key player in  $N_2O$  removal.



Fig. 1 DHS reactor treating nitrous oxide.