

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



教授 李玉友
Professor (協力教員)
Yu-You Li



教授 佐野 大輔
Professor
Daisuke Sano



准教授 小森 大輔
Associate Professor
Daisuke Komori

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) 下水疫学的アプローチによる COVID-19 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) 嫌気性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 in 2021 were as follow:

- 1) Development of a self-sustainable sewage treatment system
- 2) Development of an early warning system for COVID-19 centered on wastewater-based epidemiology
- 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 anaerobic biotechnologies and microbial community analysis

下水処理の脱炭素化に向けて

第26回気候変動枠組条約締結国会議 (COP26) では世界が1.5°C目標に向かって努力することが正式に合意されるなど、世界的な脱炭素化の流れを後押しする成果が得られたと考えられる。洞爺湖サミットで、日本は低炭素社会を目指すと言ったのが約10年ほど前であることを踏まえると、まさに待ったなしである。人間活動に伴って排出される下水を処理する下水道は、安心・安全な水環境を支える上で重要な社会インフラである一方で、そこから排出される地球温暖化ガスは日本全体の約0.7%に相当すると言われている。そのうち約70%が水処理プロセスに起因すると報告されており、水処理プロセスの脱炭素化は下水道における重要な課題の1つになっている。

水資源システム学分野では、省エネルギー・創エネルギー型の下水処理プロセスを開発することで、下水処理の脱炭素化に取り組んでいる。下水処理の標準法として用いられている活性汚泥法は、微生物に酸素を供給するために曝気する必要があり、この曝気に要する電力使用量が大きい。一方で下水中には有機物や窒素、リンといったものがミネラルと共に含まれており、例えば有機物はメタンへ、窒素・リンはバイオマス生産のための肥料として用いる事ができるため、下水には潜在的なエネルギーが多く含まれていると考えることができる。下水処理の脱炭素化においては、省エネ型の水処理プロセスに加えて、これらをうまく利用してエネルギーを生み出すことが1つの鍵となっている。アプローチの1つとして、最初沈殿池とウキクサ栽培とdownflow hanging sponge (DHS) による水処理と、最初沈殿池で発生する生汚泥と栽培したウキクサの嫌気性消化によるエネルギー生産による水処理プロセスのエネルギー的な自立を可能にするシステムの開発を行っている。DHSは散水床法の担体をスポンジにしたもので、省エネ型下水処理技術としてインドやエジプトなどにも導入さ

Toward Decarbonization of Sewage Treatment

At the 26th Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (COP26), the world formally agreed to work toward a 1.5°C target, an achievement that is believed to have helped drive the global trend toward decarbonization. Considering it was only about 10 years ago that Japan declared at the G8 Hokkaido Toyako Summit that it would aim for a low-carbon society, there is truly no time to wait. Sewerage systems, which treat sewage discharged by human activities, are an important social infrastructure in supporting a safe and secure water environment, but it is said that the global-warming gases emitted from sewerage systems are equivalent to about 0.7% of Japan's total. About 70% of the emissions is reportedly caused by the water treatment process, and decarbonization of the water treatment process has become one of the important issues in sewerage.

In Urban and Regional Environmental Systems laboratory, we are working on decarbonization of sewage treatment by developing energy-saving and energy-creating sewage treatment processes. The activated sludge process used as the standard method for sewage treatment requires aeration to supply oxygen to the microorganisms, and the amount of electricity required for this aeration is large. On the other hand, sewage contains organic matter, nitrogen, and phosphorus, along with minerals. For example, organic matter can be converted into methane, and nitrogen and phosphorus can be used as fertilizer for biomass production, so sewage can be considered to contain a great deal of potential energy. In addition to introducing energy-saving water treatment processes, one key to decarbonizing sewage treatment is to generate energy by using these nutrients. Currently, we are developing a system that enables energy independence of the sewage treatment process. For wastewater treatment, processes of primary sedimentation, cultivation of duckweed, and downflow hanging sponge (DHS) are combined. Anaerobic digestion of raw sludge and cultivated duckweed is for energy generation. DHS, which uses sponge as a carrier in a trickling filter process, has been introduced in

れている。この DHS を最初沈殿池と組み合わせる技術は有機物除去においては優れているものの窒素やリンといった栄養塩を除去することができない。そこで最初沈殿池と DHS の間にウキクサバイオマスを生産するプロセスを設けた。これにより窒素やリンがウキクサの増殖に伴って除去される。ウキクサは地球上で増殖速度が早い植物の1つであり、バイオマス生産も活発に行われる。また最初沈殿池で除去される汚泥は何らかの形で処理しなければならないが、焼却処理などは化石燃料の添加が必要のため脱炭素化の流れにおいては好ましくない。嫌気性消化はエネルギー生産を伴うため魅力的な処理方法になりうるが、生産したウキクサと一緒に嫌気性消化することでバイオエネルギー増産という付加価値を付けることができる。これにより水処理に要するエネルギーを削減し、またエネルギーを増産することが可能となり、水処理プロセスの脱炭素化に近づけると考えている。現在はウキクサ栽培が及ぼす水処理効率 (処理性能) への影響評価、最初沈殿池処理下水を用いたウキクサ生産の評価を下水処理場に設置したシステム (Fig.1) を用いて行うと共に、ウキクサ添加が最初沈殿池汚泥の嫌気性消化に与える影響の評価を実験室で行っている (Fig.2)。今後は、それらのデータを元に処理システム全体の評価を行っていく予定である。

India and Egypt as an energy-saving sewage treatment technology. The technology of combining the DHS with a primary sedimentation tank is excellent at removing organic matter, but it cannot remove nutrients such as nitrogen and phosphorus. Therefore, a process to produce duckweed biomass is installed between the primary sedimentation and the DHS. In this way, nitrogen and phosphorus are removed as the duckweed grows. Because duckweed is one of the fastest growing plants on earth, biomass production is very active. The sludge removed from the primary sedimentation tank must be treated in some way, but incineration is undesirable because it requires the addition of fossil fuels. Anaerobic digestion can be an attractive treatment method because it involves energy production. Digesting the produced duckweed together with raw sludge from a primary sedimentation tank will produce additional energy. Reducing energy required for wastewater treatment and increasing the energy produced will bring us closer to decarbonization of the sewage treatment process. Currently, we are evaluating the effect of the cultivation of duckweed on wastewater treatment efficiency (treatment performance) and the production of duckweed using sewage treated by a primary sedimentation tank. To accomplish this, we have installed a system in a sewage treatment plant (Fig.1) and we are evaluating the effect of the addition of duckweed on the anaerobic digestion of raw sludge from the primary sedimentation tank (Fig.2). In addition, the entire system will be evaluated based on the obtained data.



Fig.1 On-site experiment of the wastewater treatment system.



Fig.2 A laboratory-scale methane fermentation reactor.