

第3回 インフラマネジメントテクノロジーコンテスト SDGs 賞受賞

牡蠣殻の可能性を信じる

呉工業高等専門学校 環境都市工学分野 谷川 大輔

1. はじめに

インフラマネジメントテクノロジーコンテスト（以下、「インフラテクコン」という）には第1回から3年連続で参加し、奨励賞、地域賞に続き、第3回ではSDGs賞をいただいた。

企業テーマである「第3世代の下水道を描け！」に対して、持続可能な開発目標（Sustainable Development Goals：SDGs）を意識しながら作り上げた提案であり、本賞を受賞できたことは非常に大きな喜びであった。

今回のチーム名の「オイスター☆ディザスター」は、地域廃棄物である「牡蠣殻」を活用するとともに、近年頻発する大規模災害時でも継続可能な下水処理の仕組みを目指す中で付けられた（写真－1）。



写真－1 オイスター☆ディザスターのメンバー

2. 課題解決のためにこだわりから柔軟性へ

過去2回の提案に共通した課題として、嫌気槽の機能が発揮できていない点があった。本来、嫌気槽を導入する目的は、下水中の有機物からエネルギーとなるメタンを回収し、かつ曝気エネルギーの削減により省エネルギー化することであった。

しかしながら、過去2回の実験では、下水の有機物濃度が低濃度であるが故、生成したメタンのほとんどが溶存態となって環境中に流出し、地球温暖化を促進する形となっていた。また、第2回では、提案の核となる牡蠣殻だけを使うことにこだわってしまったため、十分な下水処理性能が発揮できていなかった。

そこで、3回目となる今回の提案では、下水からのエネルギー回収については目的から外し、既存のシステムと牡蠣殻を組み合わせ、双方のメリットを最大限に発揮することを目指した。

3. 提案の概要

本提案における下水処理システムの概略を図－1に示す。現状の下水処理システムに対して、省エネルギー化、食糧生産性の付与、地域廃棄物の有効活用、大規模災害対策の4点を改善のポイントとして提案した。

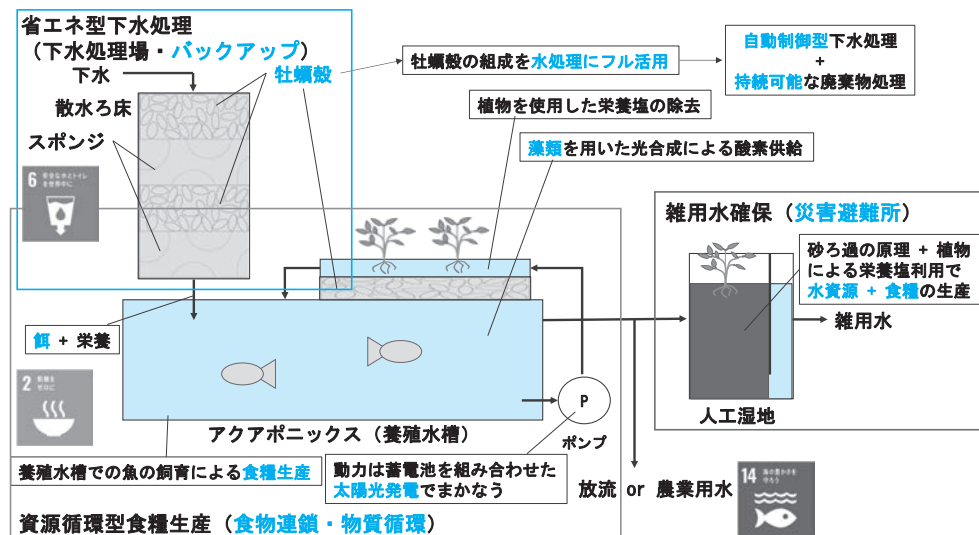


図-1 牡蠣殻を活用した下水処理システム

提案システム内でメインとなる下水処理装置は、著者の出身研究室である長岡技術科学大学の水圏土壌環境研究室で開発された「下降流懸垂型スポンジ（Down-flow Hanging Sponge：DHS）リアクター」をベースとした散水ろ床を新設することとした。

DHSは、ポリウレタンスポンジを微生物担体とした散水ろ床型の装置であり、無曝気条件においても高い有機物・アンモニア酸化能を有しており、インドやエジプト等での実証試験により高い下水処理性能が確認されている。一方で、スポンジ担体のコストが高いことと、ろ床バエの発生が課題となっている。

そこでまず、DHSの担体の半分を牡蠣殻に置き換えることで、担体コストを削減するとともに、炭酸カルシウムを主成分とする牡蠣殻を、アンモニア酸化によって消費されたアルカリ度の供給源としても活用することを試みた。牡蠣殻が下水処理の過程で徐々に溶解していくことで、廃棄物の処理も兼ねる形となる。また、牡蠣殻表面に付着した微生物については、牡蠣殻の消失後もスポンジ担体にトラップされることで、下水処理に有用な微生物群を維持できる仕組みとなっている。

DHSのもう一つの課題であるろ床バエであるが、これについては食物連鎖を使った解決策を考えた。散水ろ床の出口にある既設の反応槽を「ア

クアポニックス」に改良することで、ろ床バエを魚の餌にするのである。アควアポニックスは、魚の排泄物を植物の水耕栽培の栄養として利用することで水質を維持する仕組みとなっているが、窒素以外、特にミネラル分の不足が植物生産の律速段階となりがちである。

本システムでは、下水中に含まれるミネラルに加えて、牡蠣殻から溶出したミネラルが自動的に供給されるため、魚と合わせて高い食糧生産性が期待される。まさに、「じゅんかん育ち」生産の場である。

下水処理水には栄養分が残存しているため、排出基準の範囲内であれば、環境中に放流することで水産資源の保護にもつながる。一方で、オプションとして下水処理水の用途を二つ提案することとした。

一つ目は、農業用水としての利用である。前述したとおり、下水処理水中には窒素やリン、下水・牡蠣殻由来のミネラルなどが含まれていることから、補助的な栄養源を含んだ農業用水としての利用可能性が考えられた。写真-2は、本校にある畑（通称：谷川ファーム）である。ここでは、化学肥料や農薬は一切使用せず、研究室で発生した下水処理水のみを供給しているが、ブドウやパッションフルーツ、レモンがしっかりと成長しており、下水処理水の農業用水としてのポテンシャ



写真-2 下水処理水を利用した畑

ルが確認されている。

二つ目は、雑用水としての利用である。下水処理システムの後に人工湿地を設置することで、植物による栄養利用と砂ろ過機能により雑用水を生産する。これは、大規模災害時等で上下水道機能が停止した際にも、利用可能な水資源の確保と衛生環境の維持を目的としている。

4. 広域化・共同化ではなく分散化のメリット

提案システムは、実際の下水処理場の施設更新を想定するとともに、分散型の下水処理システムとしての設置も視野に入れている。現在、下水道の広域化・共同化への流れが進む中で、あえて分散化を提案する大きな理由は、災害対策である。著者が住む広島県安芸郡坂町小屋浦では、2018年の西日本豪雨の際に下水道のポンプ場が被災し、そこから上流の地域で上下水道の復旧に時間を要した。

そこで、ポンプ場付近に分散型の散水ろ床を設置しておくことで、災害時のバックアップとして機能させることが可能となる。また、災害避難所に指定されている小中学校に提案システムを導入することで、災害時の水インフラシステムとしてだけでなく、平常時にインフラや一次産業を学ぶ教材ともなり得る。エンジニアや研究者の卵を育てながら、災害から人々の生活を守る場とするのである。

5. 実験結果と今後の課題

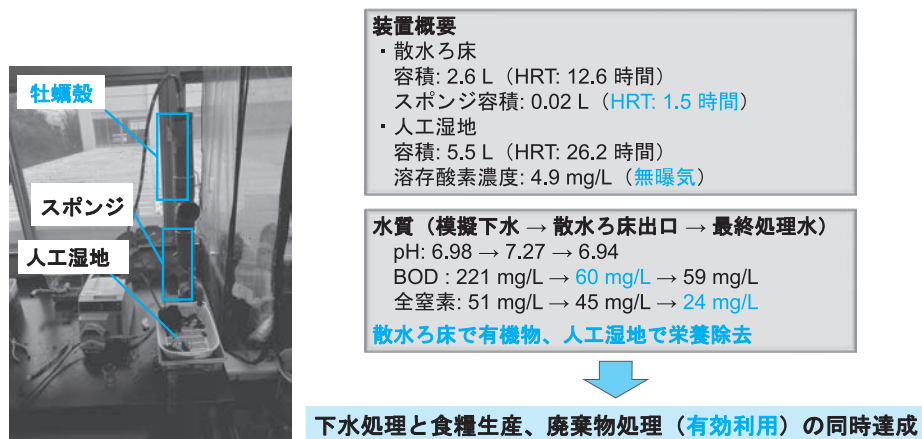
3回目の参加である今回は、実験装置のスケールアップを目指し、太陽光パネルと蓄電池、簡易ビニールハウスを準備し、屋外で実験を実施する予定であった。しかし、装置の設置が完了し、いざスタートというタイミングで台風が襲来し、装置が使えない状態となってしまった。まさに、災害(ディザスター)に負けてしまったわけである。

一方で、並行して実験室内で小規模の連続実験を実施していたため、散水ろ床部分と人工湿地部分の性能評価のみ実施することができた。バックアップを準備していたおかげである。

使用した実験装置の概要と処理性能のまとめを図-2に示す。散水ろ床内では下水中の有機物である生物化学的酸素要求量(Biochemical Oxygen Demand: BOD)の約70%が、人工湿地では栽培していたオクラにより全窒素の約50%が、それぞれ除去されていることが確認された。オクラは学生たちと美味しくいただいた。食の安全性もバッチリである。

散水ろ床の下水処理時間は12.6時間であり、現状の活性汚泥法と比較して長い処理時間を要するものの、分散型システムとして設置可能なサイズに収まることが確認された。

今後は、処理時間を活性汚泥法よりも短縮することを目指すとともに、処理水をアクアポニク



図－２ 実験装置概要と処理性能のまとめ

スに供給することで魚や植物の生育に与える影響等を評価し、システム全体の構築を目指していきたいと考えている。

6. おわりに

本研究室で牡蠣殻を使い始めたきっかけはインフラテクコンであるが、今回の提案名のとおり、「牡蠣殻の可能性」を大きく感じている。複数の研究費の獲得につながっていると同時に、実際の下水処理場の更新に向けた実証試験にもつながりそうな話を現在、いただいている。このインフラテクコンで出した提案が、実際のインフラ整備につながるよう、しっかりと取り組んでいきたい。

話は変わって、つい先日マレーシアを訪問してきた。現在、マレーシアのムアルという地域では牡蠣が名産となっており、週末にはシンガポールから食べに来る人もいらしい。同地域では、牡蠣殻はそのまま生産地に戻しているため、廃棄物とはなっていないが、今後養殖産業が確立されれば、日本と同様に牡蠣殻廃棄物の処理が必要とな

ってくる。

一方で、同地域は泥炭地であることから、農業用水が酸性で困っているなど、牡蠣殻をうまく活用すれば解決できそうな課題もいくつか存在しており、現地の大学とともに研究を進めていこうと検討しているところである。

産業の発展と環境課題の解決の両方に目を向けながら、世界へ向けて牡蠣殻の可能性を示していきたい所存である (写真－３)。



写真－３ マレーシアの牡蠣