

第2回 インフラマネジメントテクノロジーコンテスト 地域賞受賞

牡蠣殻を用いた持続可能な 下水道事業の提案

～ Local Waste to Sustainable Resource ～

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

第2回 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）に参加させていただき、地域賞を受賞できたことを、学生ともども、うれしく感じている。第1回 インフラテクコンでは一次審査敗退から自由参加で奨励賞を受賞したが、そこからステップアップできたのではないかと考えている。

チーム名「KK-LWtSR」は、何とも読みにくく司会者泣かせのチーム名になってしまったが、「Kure Kosen-Local Waste to Sustainable Resource」の略称であり、「地域の廃棄物」を「持続可能な資源」として活用することにこだわったネーミングであった。

2. 「地域」というキーワードから たどり着いた「牡蠣殻」

第1回 インフラテクコンの受賞チームの作品を見て一番に思ったのは、「地域性」を重視した提案であったことである。第2回 インフラテクコンに参加するに当たり、「下水処理に地域性を持たせるためにはどうすれば良いか？」ということをも最初に考えた。

そこでたどり着いたのが、広島の名産である牡蠣の生産過程で大量に排出される「牡蠣殻」であ

る。元々は、下水を浄化する微生物の保持担体として牡蠣殻を活用することを考えていたが、牡蠣殻の成分や特徴を調べていくと、下水処理をしながら継続した牡蠣殻廃棄物の処理と、食糧生産にまでつながられる可能性が見えてきた。

3. 提案の概要

本提案は第1回 インフラテクコンに引き続き、現状の下水処理施設を最大限活用しながら、下水処理の省エネルギー化と下水からの資源回収を達成可能な下水処理システムの開発を目指した。本提案は企業課題「第3世代の下水道を描け」に挑戦しており、地域課題の解決・地域資源の有効活用という観点を踏まえ、「下水道 × 牡蠣殻 × 資源循環 = 第3世代の下水道」というコンセプトで取り組んだ。

図-1に提案の概要を示す。提案システムのポイントは、「①現有施設の有効活用」、「②省エネルギー化」、「③資源回収」、「④災害時における下水道の維持」、「⑤牡蠣殻の有効活用」の5点とした。

現有施設の有効活用という点では、現状の活性汚泥施設を最大限活用し、反応槽を嫌気槽と藻類槽に、沈殿槽を人工湿地に改良するという形にした。反応槽の改良により、無曝気運転と藻類の光合成による酸素供給をベースとすることで、下水

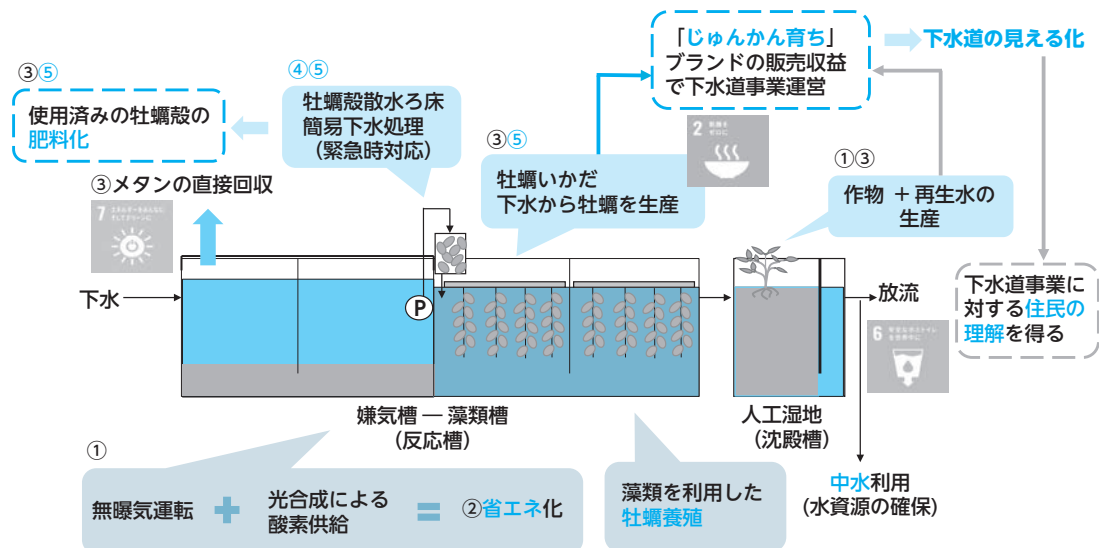


図-1 提案の概要

処理における電力消費の大部分を占める曝気動力を大幅に削減し、省エネルギー化を達成する。また、嫌気槽で回収したメタンを下水処理場内のエネルギーとして活用する。沈殿槽を改良した人工湿地では、下水中の栄養を植物に吸収・利用させると共に、土壌によるろ過機能により、中水の生産を目指した。ここまでは、第1回 インフラテクコンの提案と同様の部分である。そこで、今回の提案で登場したのが、広島の地域廃棄物の牡蠣殻である。

4. 牡蠣殻を活用した平常時・災害時の下水処理

牡蠣殻は国内で年間10万トン以上排出される廃棄物であり、広島県の牡蠣生産量は日本一である。広島県における牡蠣殻の主要な有効利用方法は堆肥化および飼料化であるが、牡蠣殻の構造と組成から下水処理に活用できないかと考えた。

表面に適度な凹凸のある牡蠣殻は、微生物を保持しやすい構造であるため、下水処理における微生物の保持担体としての機能に期待した。また、牡蠣殻の主成分である炭酸カルシウムは、水中の水素イオン指数（Potential Hydrogen：pH）が酸性側になった際の中和効果を有していると共に、牡蠣殻に豊富に含まれるミネラル分には微生物、藻類および植物の生育促進効果が期待された。つ

まり、下水処理に最適な環境が、牡蠣殻が徐々に溶解することで自動的に維持され、最終的に廃棄物である牡蠣殻がなくなること、下水処理と牡蠣殻廃棄物の処理が継続可能となるのである。

そこで出てきたアイデアが、藻類槽内への牡蠣いかだの設置である。この牡蠣いかだ、当初は牡蠣殻表面に付着した微生物が下水を浄化するという目的で設置したが、藻類が牡蠣の餌になることから、最終的には牡蠣の養殖までやってしまうというアイデアになった。下水道資源を有効利用して作られた食材を「じゅんかん育ち」と呼ぶが、生産できれば日本初の「じゅんかん育ち」の牡蠣である。もちろん、生食厳禁であることにはご注意ください。

もう一つの牡蠣殻を使った下水処理法は、牡蠣殻散水ろ床である。散水ろ床とは、微生物の保持担体をカラムに充填し、下水を上部から散水する処理方法であり、その最大の特徴は、大気中の酸素が下水が流下する際に溶解されるため、無曝気での好気性処理が可能な点である。

先に述べたとおり、高い微生物保持機能を有する牡蠣殻を担体として用いた下水処理法である。この牡蠣殻散水ろ床は、平常時は下水処理場内に設置されているが、大規模な土砂災害等が発生した際には、災害避難所やポンプ場等に設置し、簡易的な下水処理を行うことを想定している。筆者

が居住する地域では、平成 30 年 7 月豪雨の際、下水ポンプ場の機能が停止したことで、上下水道を長期間使用することができなかった。下水道が機能不全になると、上水道も併せて使えなくなるのである。その経験からも、災害時のバックアップとしての下水処理システムの必要性は非常に高いと考えている。

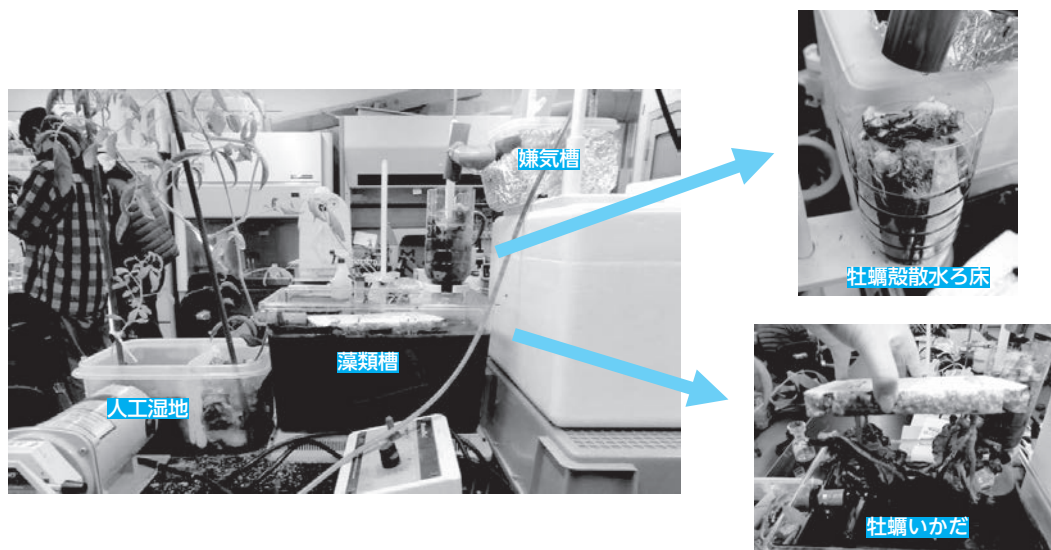
5. 実験結果と今後の課題

写真－1 に本実験で使用した装置を示す。室内実験を実施したため、太陽光の代わりに蛍光灯を用いて実験を行った。人工湿地ではミニトマトを

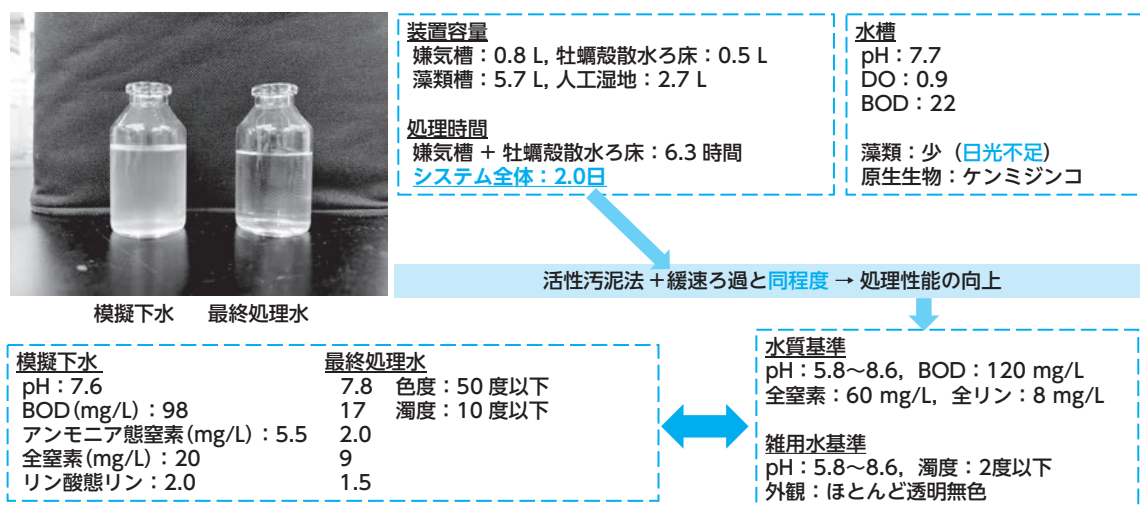
生育した。実験結果から得られた提案システムの下水処理性能を図－2 に示す。

まず、模擬下水と最終処理水の写真を比較すると、模擬下水では濁りのあるものが最終処理水ではほぼ無色透明になっていることが分かる。今回用いた模擬下水は、若干有機物濃度が低いものではあったが、システム全体で有機物の指標である生物化学的酸素要求量（Biochemical Oxygen Demand：BOD）、窒素、リンがそれぞれ 83%、55%、25% 除去されていることが確認された。

下水の処理時間については、嫌気槽と牡蠣殻散水ろ床で 6.3 時間であり、活性汚泥法と同等の処理時間であった。システム全体の処理時間は 2.0



写真－1 実験装置



図－2 提案システムの下水処理性能

日であり、活性汚泥法と緩速ろ過の処理時間の合計と同程度であった。

提案では、システム全体で活性汚泥法と同程度の処理時間を目指していたため、さらなる処理時間の短縮および処理性能の向上が必要となった。最終処理水の水質は、環境中への排出基準を満たしており、雑用水の基準についてもおおむね満たしていることが確認された。

一方で、課題もいくつか確認された。まず、嫌気槽でのメタン生成量が非常に低い点である。これは、模擬下水の有機物濃度が低いため、生成されたメタンが溶存メタンとして排出されたからであると考えられる。溶存メタンとして環境中に排出された場合、温室効果ガスとして大気中に排出されるため、環境への負荷を高めてしまう。第1回 インフラテクコンの提案時から、下水からのメタン回収を目指していたが、嫌気槽の導入はあまりメリットがないように思えてきた。

次に、室内実験であったため、光源が不十分であり、藻類槽と人工湿地の性能がしっかり評価できなかった点である。特に藻類槽での藻類の発生量は少量であり、溶存酸素濃度も非常に低く十分に光合成が行われていなかったことが示唆された。ミニトマトの生育も遅く、実験期間中に実が付くことはなかった。

また、本提案のキーとなる牡蠣殻であるが、表面に生物膜の発生は確認できたものの、下水処理に十分な微生物量が保持できていなかった。したがって、牡蠣殻は pH の中和とミネラル分の供給を主目的とし、別途、微生物保持能の高い担体と組み合わせて下水処理を行うことが有効であると考えられた。これらの課題については、第3回 インフラテクコンでの提案につなげていきたいと考えている（執筆段階では、既に提案書を提出済みである）。

6. おわりに

本提案に第1回 インフラテクコンから中心メンバーとして参加してくれた5年生メンバーがこの3月に卒業した（写真－2）。リーダー学生（写真左）は私の研究室でこの提案とは別に下水処理の研究を行い、この4月からは九州大学工学部に編入学し、さらに自分の専門性を深めている。もう1名の学生は、本校のある呉市の市役所に就職し、配属先はくしくも上下水道局であった。

当時の4年生メンバーのうち、2名はこの4月から私の研究室に所属し、それぞれ農産業廃水処理と循環型養殖システムの研究テーマに取り組んでいる。もちろん、今年度のインフラテクコンでの主要メンバーである。インフラテクコンと卒業研究がリンクし、双方にとって良い影響を与える体制ができていることを、とてもうれしく感じている。近い将来、このインフラテクコンに関わったメンバーで、ぜひ提案を実現させてみたい。



写真－2 3月に卒業した5年生メンバー