

集落排水施設のグリーンインフラ化を目指して Greening of drainage facilities for agricultural communities

中野和典

Nakano Kazunori

1. 人工湿地による汚水処理の脱炭素化

本発表で紹介する人工湿地とは、汚水処理を目的として湿地生態系における水質浄化機能を強化した人工的な湿地のことである。その特徴は、無曝気で水質浄化が行える低炭素な排水処理法であること及び汚泥の生成が非常に少なく維持管理が容易なことである。欧米諸国では、そのような人工湿地の合理性が認知され、数万か所で人工湿地による下水処理施設が稼働している。我が国では、主に酪農排水の処理施設として人工湿地の普及が進みつつあるが、下水処理施設として人工湿地を社会実装している事例はない。

今世紀後半に世界全体の温室効果ガス排出量を実質的にゼロにする脱炭素化を目指すパリ協定により、あらゆる部門で脱炭素化に向けた取り組みが本格的に求められている。低炭素かつ維持管理が容易な人工湿地の汚水処理への導入は、人口減少社会という制約のもとで脱炭素化を実現する方策として合理的である。

2. 集落排水施設の現状

農業集落排水や漁業集落排水を処理する集落排水施設は、農村地域の生活排水処理と発生する汚泥および処理水の循環利用を目的とする小規模分散型を特徴とする施設である。現在全国約5,100箇所集落排水施設が稼働しているが、その多くが1995年をピークとしてその前後5年間に急速に整備されたため、整備から20年が経過した老朽化施設が多く、施設の更新に迫られている。汚水処理で発生する汚泥の農地還元を目的に掲げる集落排水施設であるが、現実には7割の施設が汚泥処理をし尿処理施設に依存しており、汚泥の循環利用率が低だけでなく、小規模分散型の集落排水施設の特徴を活かせていない。その要因は汚泥処理の煩雑さと施設の維持管理費の6割を占める汚泥処理費用であり、集落排水施設の更新においては、汚泥処理の簡易化と処理費用の削減を実現できる手法の導入が求められている。

3. 人工湿地の導入による集落排水施設のグリーン化の有効性

植物を育てる水や肥料の代替として汚水と汚泥を有効活用することも可能な人工湿地であれば、農村地域の生活排水処理の脱炭素化と発生する汚泥および処理水の循環利用の両立が期待できるため、集落排水施設の更新における後継手法として極めて有効であると考えられる。人工湿地に緑化を組み合わせることで、汚水処理機能はもとより、緑化の多様な機能(汚泥の堆肥化、生物の生息場の提供、環境教育の場の提供、良好な景観形成、ひとを癒すヒーリング効果、気温上昇の抑制など)を発揮するグリーンインフラへと集落排水施設が生まれ変わり、本来の目的である汚泥および処理水の循環利用を脱炭素化条件で実現するとともに、気候変動対策としての緑化を直接的に支援する極めて合理的な施設への更新となることが期待できる。

4. 湖南浄化センター（福島県郡山市）での実証試験

汚水処理の脱炭素化に資する人工湿地の有効性を実証することを目指し、福島県郡山市の下水処理施設である湖南浄化センターに設置したパイロットスケールの人工湿地を紹介する。本人工湿地は3段のろ床で構成される鉛直流型人工湿地であり（図1）、初沈前の生下水を受け入れ、1段目のろ床で固液分離を行い、2段目及び3段目のろ床で水質を改善している。1段目のろ床は共通であり、2段目以降のろ床がA-Dの4区間に分かれている。1段目のろ材は礫である。2段目及び3段目のろ材はそれぞれの区で異なるが、A区とD区では砂を用いている。D区は3段目のろ床が2段目の地下にある重層構造であり、空気層を地下に導入することで地表面積に依存せず重層的に好氣的なろ床を創出することを試みている。本実証試験では、このように人工湿地に用いるろ材やろ床構造の違いによる水質浄化性能の差異を比較検証している。

下水の流入開始から2か月後の2017年10月から2018年12月までの15か月間のA区及びD区の下水処理性能を紹介する。1日当たりの平均処理水量は 9.4m^3 であり、原水のBOD濃度の平均値は 94.8mg/L であった。これに対しA区及びD区の処理水濃度は、それぞれ 9.4 及び 9.5mg/L であり、除去率は 90.1 及び 90.0% であった。原水のアンモニア性窒素濃度の平均値は 20.9mg-N/L 、A区及びD区の処理水濃度はそれぞれ 1.1 及び 0.9mg-N/L であり、除去率は 94.9 及び 95.6% と高いレベルであった。これらの結果より、無曝気で運用する鉛直流型人工湿地が十分に高い好気処理性能を有することを確認することができた。

しかし、全窒素に着目すると、原水の平均値が 28.8mg-N/L であったのに対し、A区及びD区の処理水濃度は、それぞれ 21.5 及び 26.9mg-N/L であり、除去率は 25.3 及び 6.6% に過ぎなかった。処理水には硝酸性窒素が残留しており、全窒素除去性能の改善には脱窒過程を強化する工夫を要することが示された。リン除去性能に着目すると、原水の全リン濃度の平均値 2.65mg-P/L に対し、A区及びD区の処理水濃度はそれぞれ 1.37 及び 1.36mg-P/L であり、除去率（ 48.3 及び 48.7% ）は通常の下水処理と同等なレベルであった。これらの結果より、人工湿地で高度処理を行うためには何らかの工夫が必要であることが明らかとなった。

本人工湿地の運転に要する電力は、生下水を揚水するマンホールポンプをはじめとする4つの揚水ポンプの動力であり、日平均消費電力は 3.03kWh であった。処理水量あたりのエネルギー消費は 0.32kWh/m^3 であり、下水処理のエネルギー消費原単位として極めて低レベルであることが確認できた。また、本人工湿地では、チューリップ、向日葵、秋桜などの観葉植物の他、巨大なカボチャが結実するアトランティックジャイアントを地元の小学生に植栽してもらい、観察会を開催している。健全な水循環と資源循環を生み出す下水処理のコンセプトを楽しく学びながら下水処理を身近に感じてもらうイベントとして、花壇化した人工湿地を活用した環境学習を継続する予定である。そして、人工湿地を導入した集落排水施設が、豊かさを実感でき、持続可能で魅力ある地域づくりに貢献するグリーンインフラとなることを実証していきたい。

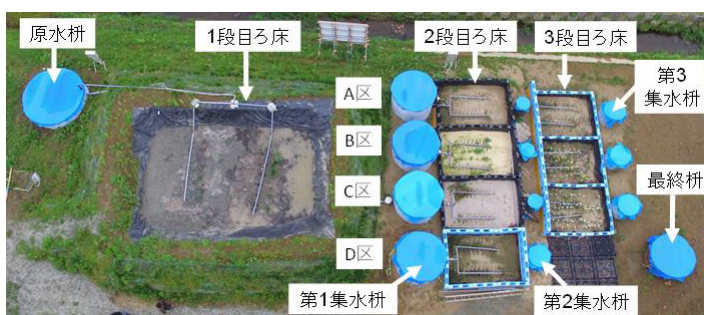


図1 3段のろ床で構成される鉛直流型人工湿地の全体像