

ハイブリッドろ床を導入した 多段人工湿地の下水浄化性能



日本大学 工学部 土木工学科 教授 中野 和典

1 はじめに

汚水処理を目的として水質浄化機能を強化した人工的な湿地を人工湿地と呼んでいる¹⁾。わが国では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が、運用手法がシンプルかつ安価に低カーボンフットプリントで下水処理が行える合理性が認知され、人工湿地を適用した下水処理施設は世界中で稼働している^{2~8)}。人工湿地は一般的にその水の流し方により、表面流型、水平流型および鉛直流型の3つのタイプに分けられてきた^{1,2,4,6,7)}。それらの概要を図-1に示す¹⁾。

表面流型は湿地基盤上に自由に水が流れるシステムであり、処理可能な水量が大きい反面、汚濁物質の除去率は低い¹⁾。水平流型はろ床に水を浸透させるシステムであり、ろ過作用や吸着作用が強く働くため汚濁物質の除去率は高いが、ろ床が水で満たされた飽和状態であるため、好気的な微生物反応には不利である^{1,4)}。鉛直流型は水平流型と同様にろ床に水を浸透させるシステムであるが、流入した水は直ちにろ床内を鉛直方向に流下し、暗渠管により排水される。このため水が流入する時間帯以外はろ床は不飽和状態となってお

り、好気的な微生物反応に有利である^{1,4,9)}。

これら3つのタイプの人工湿地を組み合わせたシステムはハイブリッドシステムと呼ばれ、それぞれの長所で短所を相補的に補うことによる汚水処理の高度化が試みられてきた^{1,2,6,10)}。例えば好気的な鉛直流型は脱窒には不向きであるが、嫌気的な水平流型と組み合わせた多段処理により窒素除去性能が改善されている^{1,6,10)}。

人工湿地の弱点は広い土地を要することであり、用地の確保が制限要因となってきた^{3,6)}。例えば人工的な曝気を行わない鉛直流型人工湿地で達成可能な酸素供給速度は $28 \sim 100 \text{ g-O}_2/\text{m}^2\text{日}$ 程度であり、下水中の有機物の酸化分解と硝化の完遂に必要な酸素供給量を満たすのに必要な床面積の削減が課題であった^{4~6,9)}。近年、人工湿地の弱点であった酸素供給速度を革新的に改善するタイダルフロー（干満流）の報告例が相次いでいる^{4~8,10,11)}。

干満流とは人工湿地のろ床が水で満たされる飽和状態（満水）と水が抜けきった不飽和状態（干水）を定期的に繰り返す操作による水の流れのことである^{4,5,7,11)}。満水から干水に切り替える排水時には、ろ床底部からの排水に伴ってろ床内に生じる減圧がドライビングフォースとなって大気が

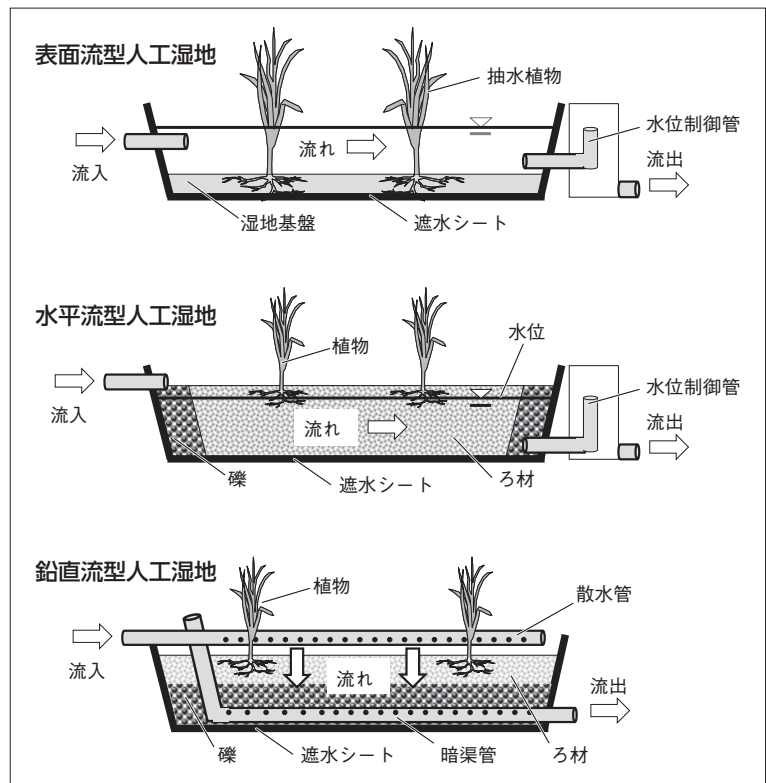
ろ床内へ吸引され、 $450\text{ g-O}_2/\text{m}^2\text{日}$ という高い酸素供給速度が実現可能であり、人工的な曝気を行わない人工湿地の必要面積の革新的なコンパクト化が始まっている^{4～8,11)}。

2 パイロットスケールの人工湿地による下水の試験処理

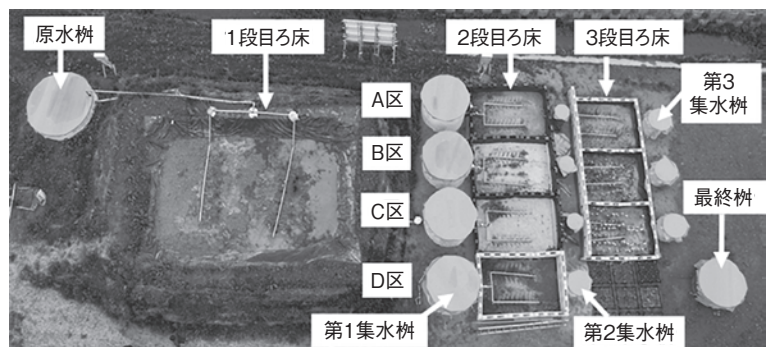
本研究グループは、福島県郡山市との下水道事業に関する連携協定のもと、パイロットスケールの多段人工湿地を湖南浄化センターに設置し、下水浄化性能を検証してきた^{10,12,13)}。上空から撮影した多段型人工湿地の全体像を写真－1に示す^{10,12,13)}。本多段人工湿地は、最初沈殿池前の未処理の生下水を受け入れ、1段目ろ床において固液分離が行われ、2段目および3段目ろ床で水質を改善する仕組みである。2段目および3段目ろ床は、それぞれろ材や構造が異なる4区画(A～D区)および3区画(A～C区)で構成されており、ろ材やろ床構造が下水浄化性能に及ぼす影響を比較検証する試験区となっている。

1段目から3段目のそれぞれのろ床面積、ろ床厚およびろ材について表－1に示す^{10,12,13)}。2段目および3段目のろ床厚が0.6mであるのに対し、固液分離を主目的とする1段目のろ床厚は0.2mとなっている。1段目ろ床のろ材は礫である。

2段目および3段目ろ床のろ材はA～C区で異なっており、本稿で下水浄化性能を紹介するC区の2段目ろ床のろ材は、アンモニア態窒素(NH_4^+-N)の吸着性能に実績のあるゼオライト資材(ゼオフィル、新東北化学工業(株)、塩基置換容量 $120\sim 150\text{ meq}/100\text{ g}$)とリン除去性能が期待できるケイ酸カルシウム資材(イネニカ、クリオ



図－1 3タイプの人工湿地の概要



写真－1 上空から撮影した多段人工湿地の全体像