

高塩分浸出水を処理する多段式人工湿地における窒素処理について

東北工業大学工学部都市マネジメント学科 非会員 ○高橋 龍矢, 加藤 友弥

東北工業大学工学部都市マネジメント学科 正会員 中山 正与

東北工業大学工学部環境応用化学科 正会員 矢野 篤男

1. はじめに

これまで我々は2段式ハイブリッド型鉛直流人工湿地を用いた高塩分浸出水の処理特性について検討してきた^{1,2)}。2段式鉛直流人工湿地において2段目を鉛直流-水平流式とすることでCOD, T-N, NH₄-Nの処理効率は1段式鉛直流人工湿地と比べ改善されたが、さらに一層の処理効率の向上が必要と思われた³⁾。そこで今年度は多段式人工湿地に変更し、多段式人工湿地における窒素処理について報告する。

2. 実験方法

(1)実験方法・人工湿地概要

仙台市内S処分場敷地内に設置した多段式人工湿地(1段目:鉛直流, 2段目:ハイブリッド型(鉛直流-水平流), 3段目:鉛直流)を用いた。人工湿地のサイズは1段目, 2段目, 3段目ともに(幅1m×長さ2m×深さ0.6m)である。人工湿地植物としてとしてヨシを植栽した。人工湿地の採水地点は流入水, 1段目, 2段目, 3段目からの流出水の計4地点とした。3つの人工湿地の上流側と下流側の2箇所にORP電極を人工湿地表面から15, 30, 45cmの深さに設置し, 人工湿地内部のORPを測定した。試料分析のための採水及びヨシの生育調査は毎月2回行った。

(2)測定項目

EC, pH, COD, BOD, T-N, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, T-Pは実験室にて測定し, 流入水量及び気温は現地にて測定した。また, 現地の気象データ(気温・降雨量)はS処分場より提供された。実験期間は2020年4月23日~同年12月31日だった。

3. 結果及び考察

(1)人工湿地の塩分濃度とヨシの生育

表1に人工湿地の流入水および流出水の平均塩分濃度を示す。1段目流入水の塩分濃度は $16.5 \pm 2.2 \text{gCl}^-/\text{L}$

、1段目出口の塩分濃度が $15.2 \pm 2.7 \text{gCl}^-/\text{L}$ 、2段目流出水 $13.1 \pm 3.9 \text{gCl}^-/\text{L}$ 、3段目流出水の塩分濃度は $11.4 \pm 4.7 \text{gCl}^-/\text{L}$ であった。人工湿地ではヨシの生存限界であると言われる塩分濃度(12~15 gCl^-/L)範囲にありヨシの生育にとって厳しい生育条件であった。

表1 人工湿地の塩分濃度

Salinity(g · Cl/L)	
流入水	16.5 ± 2.2
1段目流出	15.2 ± 2.7
2段目流出	13.1 ± 3.9
3段目流出	11.4 ± 4.7

(2)人工湿地内部のORP

1段目の鉛直流人工湿地のORPはA2-15を除いて深さ15~45cmで400~700mVであった。2段目の(鉛直流-水平流)ハイブリッド式人工湿地では鉛直流条件下の深さ15, 30cmでORPは400~700mVにあり, 水平流条件下の深さ45cmでは200~300mVであった。2段目の湿地での鉛直流領域は酸化的であり, 水平流領域では微好氣的もしくは還元的だった。3段目の鉛直流人工湿地のみ電極の深さにかかわらず200~700mVの範囲でORPを示した。3段目湿地では湿地内部で酸化的領域と還元的領域がパッチ状に分布しているものと思われる。

(3)流入濃度, 流出濃度の変化, 除去率の変化

図1にT-N, 図2にNH₄-Nを示す。図1で流入水のT-Nは280~470mg/Lの範囲にあり, 流入水の平均347.1mg/L, 流出水は100~300mg/Lの範囲にあり, 平均流出濃度は176.1mg/L, 平均除去率は49.3%であった。図2において流入水のNH₄-Nは270~400mg/Lの範囲にあり平均濃度は318.9mg/L, 流出水は40~250mg/Lの範囲にあり, 平均流出濃度は143.1mg/L, 平均除去率は55.1%であった。T-N, NH₄-Nともに冬期になると除去率が低

下した。

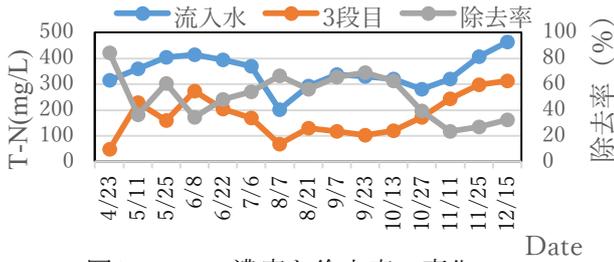


図1 T-Nの濃度と除去率の変化

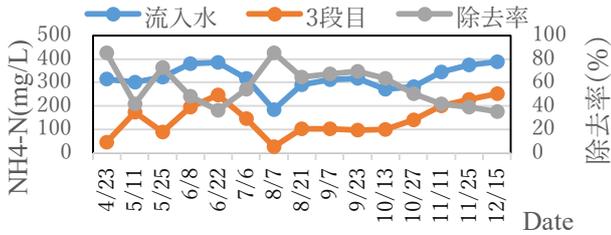


図2 NH4-Nの濃度と除去率の変化

図3にNO₂-N, 図4にNO₃-Nを示す。図3のNO₂-Nでは1段目, 2段目湿地で4月から7月までNO₂-Nが高い値を示したが7月以降では人工湿地にはNO₂-Nはなく, 人工湿地内で生成したNO₂が迅速に酸化, 還元で消失した。図4のNO₃-Nで1段目は0.6~32.4mg/L, 2段目は7.2~47.0mg/L, 3段目は1.1~40mg/Lであった。

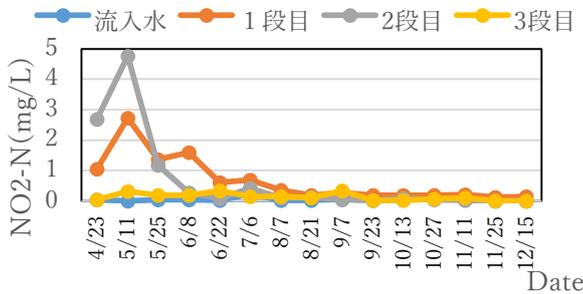


図3 NO₂-Nの変化

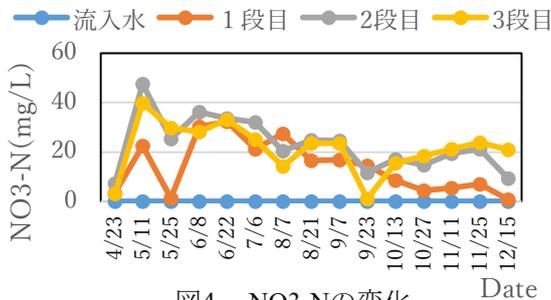


図4 NO₃-Nの変化

(4) 1段目, 2段目, 3段目湿地の処理効率の季節変化

表2にT-Nの湿地ごとの季節別の処理効率を示し, 表3にNH₄-Nの湿地ごとの季節別の処理効率を示す。表2で3段目湿地が実験期間を通して, 最も高い除去率を示した。ところが3段目湿地は鉛直流であり, また

3段目湿地でBODはほとんど除去されているにもかかわらずT-N除去が促進した。この理由として3段目湿地で還元的領域が存在すること, また3段目湿地でヨシが旺盛に生育していることから湿地内のヨシ根系から有機物が供給されることによると考えられた。T-N処理では各段湿地ともに, 夏季(7月~9月)で最も高いことから温度の影響を受けていた。表3のNH₄-NにおいてもT-Nと同様に3段目湿地の除去率が最も高く, NH₄-Nの処理においても温度が影響を受けていた。T-N, NH₄-Nにおいて多段式(3段)とすることで, 2段式人工湿地より処理効率は向上した。

表2 T-Nの湿地ごとの季節別の処理効率

	4月-6月	7月-9月	10月-12月
1段目 %	14.9±11.1	20.1±6.1	10.3±8.4
2段目 %	15.6±24.9	26.2±3.0	11.0±4.4
3段目 %	32.6±13.0	35.2±15.6	19.9±15.3
全体 %	51.6±18.4	61.8±5.9	36.1±17.7

表3 NH₄-Nの湿地ごとの季節別の処理効率

	4月-6月	7月-9月	10月-12月
1段目 %	15.6±8.6	22.6±3.3	18.1±6.2
2段目 %	23.1±16.0	35.7±5.1	10.2±7.0
3段目 %	32.0±17.8	32.9±26.1	24.6±13.2
全体 %	55.9±18.9	66.6±11.2	44.5±10.9

4.まとめ

多段式人工湿地における窒素の処理効率を検討した。実験期間中のT-N, NH₄-Nの除去率はそれぞれ49.3%及び55.1%であった。湿地ごとの処理効率では3段目湿地でT-N, NH₄-Nの処理効率が高かった。3段目湿地で旺盛なヨシの生育により根茎からの有機物の供給により脱窒が促進させられたと思われた。2段式人工湿地と比べて3段式にすることで処理効果は向上した。

参考文献

- 1) 矢野篤男他：日本処理生物学会誌, 別冊38号, pp. 55(2018)
- 2) 矢野篤男他：日本水処理生物学会誌, 別冊39号, pp. 28(2019)
- 3) 矢野篤男他：第54回日本水環境学会年会講演集 pp. 259(2020)