

畜産排水を処理する多段処理型人工湿地における4年間の窒素成分の挙動

日本大学工学部 学生会員 ○石井 亮光
 日本大学工学部 武田 文彦
 日本大学工学部 正会員 中野 和典

1. はじめに

人工湿地は自然の浄化メカニズムを利用した污水処理システムである。従来の排水処理法と比較して維持管理に必要な費用やエネルギー消費が少なく、近年世界各国で導入が進められている技術である。本研究では、畜舎排水を処理する多段処理型人工湿地を対象として、約4年間の各段における窒素成分の挙動に基づき、各段の窒素除去への貢献度と除去性能の変遷を明らかにすることを試みた。

2. 調査方法

図1に調査対象とした多段処理型人工湿地の概要を示す。多段処理型人工湿地は5段の人工湿地で構成されており、それぞれの面積は、1段目:12 m²、2段目:6 m²、3段目:4 m²、4段目:3 m²、5段目:12 m²である。処理を行う污水は30頭の乳牛に由来する畜産排水であり、5つの人工湿地を通過することで浄化処理される。人工湿地の断面図を図2に示す。畜舎排水は、散水パイプを通じてヨシを植栽した人工湿地に流入し、湿地基盤によりろ過された水が処理水となって放流される。本研究では、畜舎排水の処理を開始した2009年6月から2013年9月までの約4年間にわたる各段における窒素成分の挙動を解析した。

3. 結果と考察

3.1. 全窒素除去性能の変遷

多段処理型人工湿地が4年間に除去した全窒素除去率の変遷を図3に示す。1年目の平均除去率は73.7%であったが、2年目では95.4%まで大きく改善していた。しかし、3年目の除去率は91.3%に減少し、4年目になると85.5%まで落ち込んでいた。これらにより、4年間の処理において、全窒素除去率は、2年目に大幅に向上したが、それ以降は減少傾向にあったことが分かった。

3.2. 各段における全窒素除去濃度の変遷

4年間にわたる多段処理型人工湿地の各段における全窒素除去濃度の年間平均値の変遷を図4に示す。1段目から5段目で除去された総窒素濃度を比較すると、1年目の約30mg/lに対し、2年目はその3倍以上の95mg/lであった。3年目ではさらにそれを上回る120mg/lであり、4年目では90mg/lであった。したがって、2年目以降には窒素負荷濃度の増加にかかわらず除去率が90%前後まで増加し、高い除去性能を達成していたことが明らかとなった。

4年間の各段での窒素除去濃度の変遷に着目すると、1段目では、1年目は全体の窒素除去濃度の大半を占める20mg/lが除去され、2年

キーワード: 人工湿地、多段処理、窒素、経年変化、畜産排水

〒963-8642 福島県郡山市田村市徳定宇中河原1番地 日本大学工学部土木工学科 環境生態工学研究室

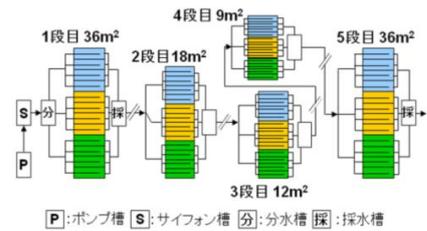


図1 多段処理型人工湿地の概要

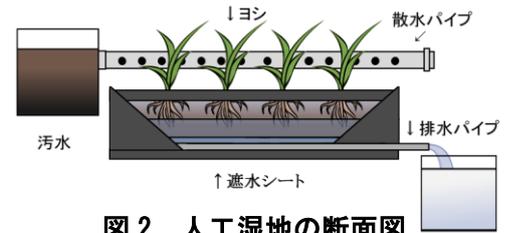


図2 人工湿地の断面図

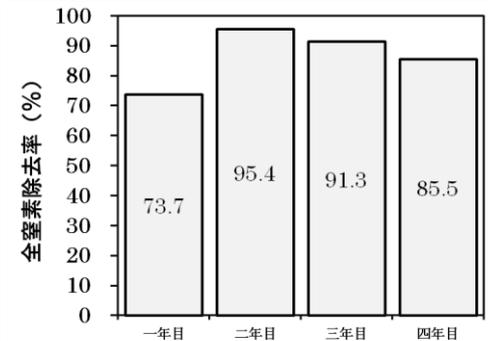


図3 年間の全窒素平均除去率の変遷

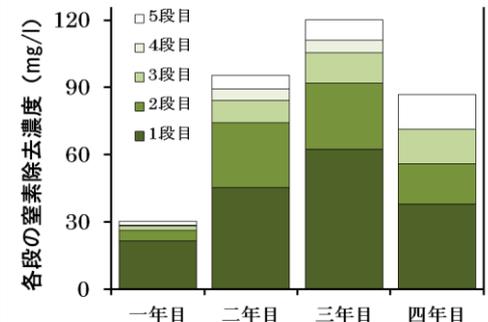


図4 各段における年間の全窒素平均除去濃度

目および3年目には、それぞれその2倍および3倍の40mg/lおよび60mg/lが除去されていたが、4年目には40mg/lに低下していた。2段目では、1年目の除去濃度は僅か5mg/lであったが、2年目と3年目には30mg/lまで増加し、4年目では17mg/lであった。3段目の除去濃度は、1年目は僅か2mg/lであったが、2年目になると5倍の10mg/lに、3年目には14mg/l、4年目に15mg/lと、1、2段目と異なり除去濃度の増加が継続していた。5段目も同様に、1年目は2mg/l、2年目が6mg/l、3年目が9mg/l、4年目が15mg/lと、窒素除去濃度は増加していた。これらに対し4段目での窒素除去濃度は、2年目と3年目に5mg/l程度であったものの、1年目と4年目の除去濃度は1mg/l未満であった。このように窒素除去濃度の変遷は、各段で異なっていた。

3.3.各段の全窒素除去における貢献度の比較

各段の全窒素除去における割合を図5に示す。1段目の窒素除去への貢献度は、1年目は70%であったが、2年目は47%、3年目は55%、4年目が44%と、2年目以降は減少したものの最も貢献度が大きいことが示された。2段目では、1年目は15%、2年目は30%、3年目は25%、4年目は20%であった。これに対し3段目では、1年目は6%であったが、2年目が10%、3年目が11%、4年目が18%となり、貢献度が増加した。5段目も同様に1年目は2%であったが、2年目は6%、3年目が7%、4年目が18%と貢献度が増大していた。しかし、4段目では、1年目と4年目の貢献度は1%にも届かず、2年目と3年目でも僅か10%であり、他の段と比べて貢献度が明らかに低かった。

このように、2年目までは1段目と2段目が特に窒素除去に貢献し、3年目以降は、3段目と5段目の貢献度が向上しており、2年目以降の窒素負荷の増加に対し、2段目以降の段がこれを補う形で、全体として高い窒素除去性能が維持されていた事が明らかとなった。

3.4.各段における単位面積あたりの窒素除去濃度

本多段処理型人工湿地では、1段目から5段目の面積が異なるため、それぞれの貢献度が面積に依存していたことが考えられた。そこで、各段の単位面積あたりの窒素除去性能を比較した結果を図6に示す。1段目では、1年目が2mg-N/l/m²であったが、2年目には2倍となる4mg-N/l/m²に増加し、3年目では5mg-N/l/m²、4年目では3mg-N/l/m²であった。2段目では、1年目は1mg-N/l/m²に過ぎなかったが、2年目と3年目は5mg-N/l/m²となり、4年目は3mg-N/l/m²であった。したがって、2年目以降の1段目と2段目の窒素除去性能は、ほぼ同じであったことが示された。3段目では、1年目は1mg-N/l/m²に過ぎなかったが、2年目は2mg-N/l/m²、3年目は3mg-N/l/m²、4年目は4mg-N/l/m²となり、4年目の窒素除去性能は5段の中で最大であった。5段目も同様に窒素除去性能が経年により増加していたが、面積が大きい単位面積あたりの除去性能は低く、最大で1.3mg-N/l/m²であった。4段目の窒素除去性能も低く、最大でも1.8mg-N/l/m²であった。これらの結果から、1段目から3段目では経年により単位面積あたりの窒素除去性能に差がなくなる傾向であったのに対し、4段目と5段目では単位面積当たりで評価しても貢献度が低いことが明らかとなった。

4. まとめ

畜産排水を処理している多段処理型人工湿地における4年間の全窒素除去率は86.5%であった。2年目以降は、窒素負荷濃度が増加していたにもかかわらず除去率は増加した。これは増加した窒素負荷に対し、2段目以降の段がこれを補う形で貢献度を高めていたためであることが分かった。各段の窒素除去性能を単位面積あたりで評価した結果、経年により1段目から3段目の窒素除去性能がほぼ同等になっていたのに対し、4段目と5段目の窒素除去性能は著しく低かったことが明らかとなった。

謝辞 本研究は東北マリンサイエンス拠点形成事業の成果の一部である。記して謝意を表します。

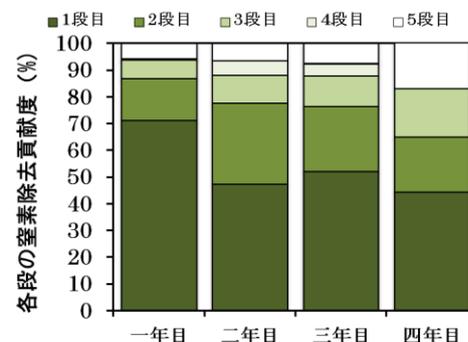


図5 各段の全窒素除去への貢献度

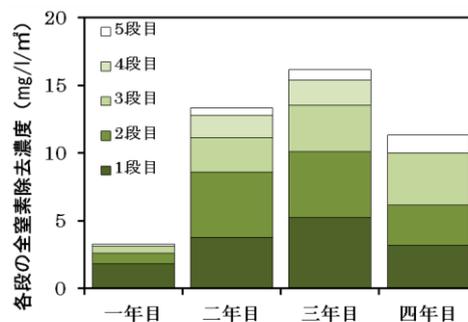


図6 各段の単位面積当たりの全窒素平均除去濃度