

畜産排水処理を6年間行った多段人工湿地における有機物・窒素・リンの物質収支の比較

日本大学 学生会員 ○山崎 元気
 日本大学 谷口 崇至
 日本大学 中村 和徳
 日本大学 正会員 中野 和典

1. 研究背景と目的

排水処理手法として現在主流である活性汚泥法では、有機物・リン・窒素の除去を行う過程で同時に多くの汚泥が発生する。そのため、汚泥を回収する必要がある、その汚泥の処理に高いコストを要している。一方、人工湿地による排水処理は、濾材による濾過・吸着と微生物による分解の二段階で行われる。第一段階の濾過・吸着により汚濁の滞留時間を長く稼ぐことができるため、活性汚泥法に比して有機物や窒素成分の気化がより促進されることが考えられるが、その知見は少ない。人工湿地に残存する有機物、窒素、リンの割合が明らかとなれば、堆積物の回収頻度や持続可能年数を踏まえた人工湿地の設計が可能となる。そこで本研究では、6年間運転を継続している多段人工湿地を調査対象とし、各段で除去された有機物・窒素・リンの積算量と多段人工湿地の各段で採集したコアサンプルの実測値から推算した残存量の比を求め、人工湿地における有機物・窒素・リンの物質収支について比較評価した。

2. 調査方法

2-1. 調査対象とした人工湿地

調査対象とした多段人工湿地は図-1に示すように面積の異なる5つの人工湿地から構成され、総有効面積は111 m²である。下流に位置する人工湿地ほど小粒径の濾材が用いられ、5段目を除いて、表層5 cmには発泡コンクリートが敷設されている。6年間に受け入れた畜産排水の平均水質を表-1に示す。その総水量は4,022 m³に達している。

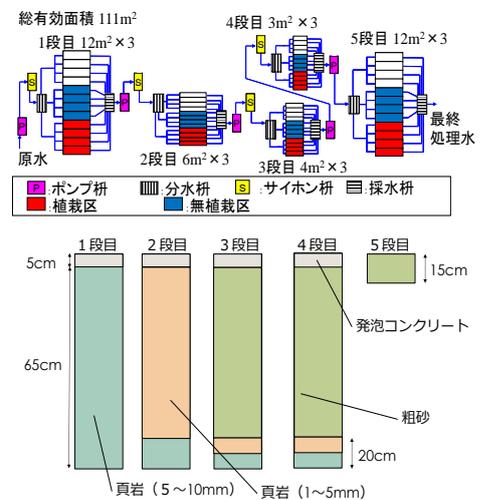


図-1 多段人工湿地の概要と各段の濾材

2-2. 有機物・窒素・リンの物質収支の計算

6年間の処理における有機物・窒素・リンの流入・流出負荷量は1ヶ月の平均値を元に各年毎に6年分を計算した。それぞれの植物体としての存在量、堆積層内の存在量、濾床内の存在量は、式(1)~(3)に従って1~5段の各人工湿地について計算した。

$$X = x \times \frac{w}{100} \times \frac{A}{A_c} \quad (1)$$

$$Y = v \times \rho \times (1 - u) \times w \quad (2)$$

$$Z = Y \times \frac{V}{v} \quad (3)$$

ここで X:植物体としての存在量(kg)、x:採集植物の乾燥重量(kg)、w:有機物・窒素・リンの含有率(%)、A:人工湿地面積、A_c:植物採集面積、Y:コアサンプル内の有機物(g-VSS/c m³)、窒素(g-N/cm³)、リン量(g-P/cm³)、v:コアサンプル体積(cm³)、V:人工湿地の体積(m³)、Z:人工湿地内に蓄積した有機物(kg-VSS)、窒素(kg-N)、リン(kg-P)量、ρ:コアサンプル湿潤密度(g-wet/c m³)、u:含水率とした。

3. 結果と考察

3-1. 有機物の収支評価

多段人工湿地全体の有機物の物質収支を図-2に示す。6年間に

キーワード 人工湿地、物質収支、有機物、窒素、リン

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地 日本大学工学部 環境生態工学研究室

表-1 畜産排水の水質

	Ave. (mg/l)	Max (mg/l)	Min (mg/l)
BOD	1,466	6,950	197
SS	1,170	7,095	446
T-N	92	346	16
T-P	20	80.3	2.2

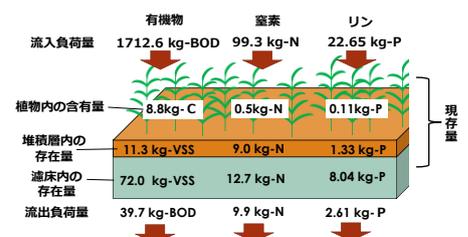


図-2 多段人工湿地全体の有機物・窒素・リンの物質収支

1,712.6kg-BOD が流入し、39.7kg-BOD が流出したことから、流入負荷量の 97% が人工湿地に捕捉されたことになる。一方、人工湿地表層の堆積層内及び人工湿地の濾床内の有機物量は、それぞれ 11.3 及び 72.0kg-VSS と推定され、その合計を蓄積量とすると蓄積量/除去量の比は 0.045kg-VSS/kg-BOD となった。標準活性汚泥法における汚泥生成率は 0.4kg-VSS/kg-BOD であり、人工湿地における汚泥生成率は標準活性汚泥法の約 1/10 であることが明らかとなった。蓄積量/除去量の比を各段で比較すると、図-3 に示すように下流の人工湿地ほど比の値が大きくなり、特に 5 段目の値は 0.21kg-VSS/kg-BOD と汚泥生成率が標準活性汚泥法の約 1/5 程度であった。図-3 の結果より蓄積量/除去量比は、除去量に反比例して大きくなる傾向であることが示された。その原因として、経年に伴い難分解性の有機物が人工湿地内に蓄積するが、濾材の粒径が小さくなる下流ほど難分解性有機物が蓄積し易く、蓄積量/除去量比が大きくなることが考えられる。

3-2.窒素の収支評価

6 年間の流入窒素負荷量は、図-2 に示すように 99.3kg-N であり、9.90kg-N が流出したことから、流入負荷量の 90% に相当する 89.4kg-N が人工湿地に捕捉されたことになる。一方、人工湿地の植物内、堆積層内及び濾床内の窒素量は、それぞれ 0.5、9.0 及び 12.7kg-N と推定され、その合計を蓄積量とすると 22.2kg-N であった。従って人工湿地に捕捉された窒素の 75.2% が消失していることになり、蓄積量/除去量の比は 24.8% となった。各段で蓄積量/除去量比を比較すると、図-3 に示すように 1 段目から 3 段目の蓄積量/除去量比は、除去量に比例して低下しており有機物で見られた傾向と逆の傾向となった。これに対し、4 段目以降の蓄積量/除去量比は、除去量に反比例する傾向となった。窒素除去を担う脱窒には有機物が必要であるが、4 段目以降の人工湿地における BOD 除去量は少ないため、脱窒に必要な有機物が不足し、蓄積量/除去量比が増加したことが考えられる。また、植物体としての窒素量は人工湿地全体で 0.5kg-N に過ぎず、これは窒素除去量の 0.56%、人工湿地における窒素蓄積量の 1.5% に相当した。

3-3.リンの収支評価

図-2 に示すように 6 年間の流入リン負荷量は 22.65kg-P であり、2.61kg-P が流出したことから、流入負荷量の 88% が人工湿地に捕捉されたことになる。一方、人工湿地の植物内、人工湿地表層の堆積層内及び人工湿地の濾床内のリン量は、それぞれ 0.11、1.33 及び 8.04kg-P と推定され、蓄積量の合計は 9.48kg-P であった。従って人工湿地内に捕捉されたリンの 47% が消失していることになり、蓄積量/除去量の比は 53% となった。各段で蓄積量/除去量比を比較すると、図-3 に示すように 1 段目から 4 段目では、蓄積量/除去量比が除去量に比例して低下していることが明らかとなった。これに対し、5 段目では蓄積量/除去量比が蓄積量に反比例しており、4 段目までと逆の傾向となった。図-1 に示すように 5 段目を除いて、表層 5 cm には発泡コンクリートが敷設されており、発泡コンクリートの有無がこのような違いを生み出したことが考えられた。また、植物体としてのリン量は人工湿地全体で 0.11kg-P に過ぎず、これはリン除去量の 0.55%、人工湿地におけるリン蓄積量の 1.1% に相当した。これらの割合は窒素と同等ではほぼ同等であった。

4. まとめ

本研究では 6 年間畜産排水処理を行った多段人工湿地の有機物・窒素・リンの物質収支の違いを明らかにした。有機物の蓄積量/除去量比が除去量に反比例するのに対し、窒素及びリンの蓄積量/除去量比は除去量に比例する傾向であることが明らかとなった。しかし、窒素及びリンの蓄積量/除去量比と除去量の関係は条件により異なり、脱窒に必要な有機物の有無や発泡コンクリートの有無により変化することが示唆された。植物体としての窒素及びリンの現存量は、いずれも人工湿地における全除去量の 0.5% 程度、人工湿地における蓄積量の 1% 程度と僅かであった。

謝辞

本研究は、環境省の環境研究総合推進費(5-1504)「小規模畜産農家のための低コスト・低炭素・グリーン化高度処理システムの構築に関する研究」により実施されたものである。ここに記して謝意を表する。

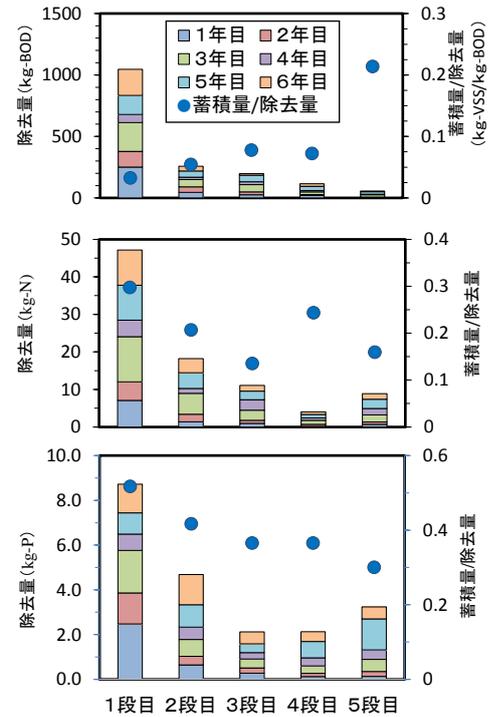


図-3 各段の年別除去量と蓄積量/除去量比