

シリコン膜による脱窒処理法を組み込んだ河川浄化法の開発

広島大学地域共同研究センター 正会員 今岡 務
 島根大学生物資源科学部 正会員 秋葉 道宏
 広島県保健環境センター 井澤 博文
 中外テクノス（株） 藤川 光也
 パシフィックコンサルタンツ（株） 正会員 中村 敬司
 同上 正会員 〇 朴 元浩

1. 本研究の目的

近年下水道の普及にともない、河川の水質環境には改善の兆しが見られているが、依然として劣悪な環境の河川も多く見られている。このような河川の浄化に対して、礫間接触酸化法を始めとする直接浄化法が多数提案されているが、河川特性によっては十分な効果を発揮できていない例も見られるようである。さらに、従来の直接浄化法は、SS・BODなどの懸濁物質あるいは有機物質の除去に主眼がおかれており、水域内での内部生産（藻類の光合成による有機物生産）の原因物質である窒素・リンは重視されていないのが現状である。この窒素・リンは河川内（とくに流速の小さい河川）での付着藻類の増加を招くとともに、河川の流下先が湖沼・内湾のような閉鎖性の強い水域である場合、その水域の富栄養化の進行の大きな要因となっている。

本研究では、最近提案されているメタノール透過膜材を用いた簡易脱窒法を土壌浄化槽に組み込んで、窒素の除去をも図ることにより、従来の手法の問題点を解決し、より高い効果の得られる河川浄化システムを構築、提示することを目的とする。

2. メタノール透過膜を用いた浄化システムの概要

既存の水質浄化法の中でも、土壌浄化法はBOD・SSによる目詰まりといった問題点を抱えているものの、リン吸着能に関しては優れた能力を有することが知られている¹⁾。しかし、窒素に関しては硝酸性窒素への酸化までは可能であるが、脱窒反応の進行による窒素の除去は困難とされている。一方、最近浄化槽内での脱窒を促進し簡易的に窒素除去を行う手法が提案されていることから²⁾、本研究では土壌浄化法に、この手法を組み込んでより高度な浄化効果の達成を目指すこととした。

図-1に本研究で想定した浄化システムの室内用モデルの概略図を示す。

実験槽は6槽に区切られ、内側4槽にはゼオライトが充填してある。なお、ゼオライトは高い吸着能を有するとされており、粒径も調整できることから、処理水量の確保とアンモニア性窒素・リンの除去を見込んで土壌材として採用した。

また、第3槽に透過膜材として採用したシリコンチューブを埋設し、メタノールの供給を図ることとした。これは、窒素の除去には脱窒現象の進行が必要であるが、脱窒は嫌気条件下の脱窒菌による反応であり、次式に示すように有機炭素源が必要とされることから、それを人為的に供給する装置としてシステムに組み込んだものである。脱窒菌はシリコンチューブの表面やゼオライトの周囲に生物膜の形で存在することになる。



なお、循環水を定期的に採取し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度などの水質変化をイオンクロマトグラフ等により測定した。

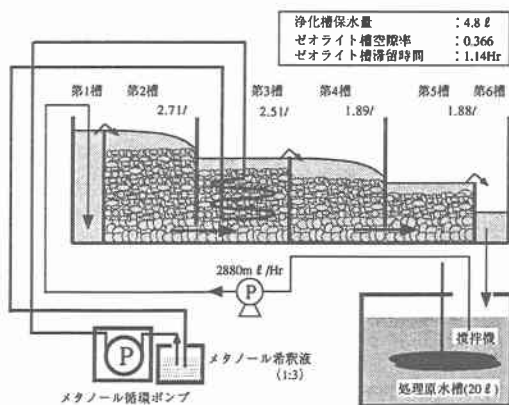


図-1 室内用モデルの概略図

実験はポンプで模擬排水を原水槽（20）から第1槽に注入し、順次右側の槽へ浸透させた後、第6槽から原水槽に戻す循環式で行った。実験水の実験槽内における滞留時間は約1時間である。

3. 実験の結果

(1) メタノールの透過膜材としては、ポリエチレン膜あるいはシリコンチューブなどが想定されるが、強度あるいは加工性などの点から、本研究ではシリコンチューブに着目することとし、メタノールの透過量を測定することにより、その性能の把握と形状の検討を行った。表1に用いたチューブの形状を、図2に充填メタノール量の重量変化から求めた単位表面積当たりの透過量をまとめた。この結果は気相側への透過量であるが、液相側への透過量もほぼ同量であることは別に確認した。メタノール透過量は、No.1から3のように肉厚が薄いと多量となることが認められ、実河川水の窒素濃度も勘案してNo.4（ $\phi 2 \times 4\text{mm}$ ）を採用し、メタノールは3倍希釈液（1+3）を用いることとした。

次に図1に示したモデル土壌浄化槽に模擬排水を流し、窒素の除去効果の検討を行った。模擬排水は、BOD希釈液（19/）に KNO_3 を添加し、実河川水（1/）を植種液として加えることにより調整した。

図3が、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の経時変化を示したものである。実験開始後40分後にメタノールを注入開始すると、速やかな $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の低下が見られた。また、メタノールの注入を一旦停止した際、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の濃度低下が停止し、注入再開後に再び濃度の減少が認められたことから、本システムにより脱窒反応を促進でき、窒素の除去が可能となることが明らかとなった。

(2) 現在、実河川水を用いた実験を継続しており、低窒素濃度での除去効果ならびにリンの除去効果、炭素の収支について検討を行っているところである。

4. 実河川への応用について

本実験の結果から、本システムが富栄養化の主要な原因物質である窒素の除去に高い効果を有することが示された。今後は、実河川へこの浄化システムの実用化に向けて、大型土壌実験槽（長さ：4.9m、幅：1m、高さ：1.2m）を実河川に設置し、河川水の浄化実験を開始する予定である。

なお、実河川への導入に対しては、単にスケールアップするだけでなく、以下のような点にも留意する必要があると考えられる。

1. 河川流量に対応できる処理水量の確保
2. 複雑な水質構成およびその変動
3. 季節による気温差
4. 稼働後のコストパフォーマンス

また、シリコンチューブからのメタノールの供給に関しては処理水中のTOC濃度をモニタリングして判断するシステムを検討する予定である。

なお、本研究は広島県による「地域研究開発促進拠点支援事業による研究費」を受けて行われているものであり、今後の実河川への応用に対する取り組みの経過・成果を、順次報告していきたい。

表-1 選定対象のシリコンチューブの形状

TUBE No	サイズ ID×ODmm	長さ Lm	肉膜厚 mm	表面積 m^2
1	1×2	2000	0.50	0.0126
2	2×3	2000	0.50	0.0188
3	2×3.5	2000	0.75	0.0220
4	1×3	2000	1.00	0.0188
5	2×4	2000	1.00	0.0251
6	2×8	2000	3.00	0.0503

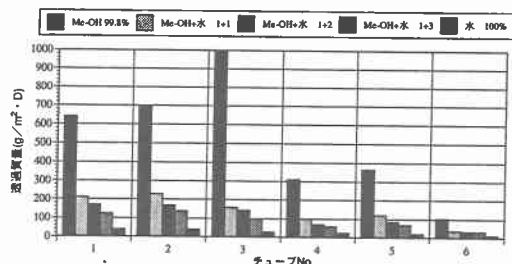


図-2 単位表面積当たりのメタノール透過量（チューブ→気相側）

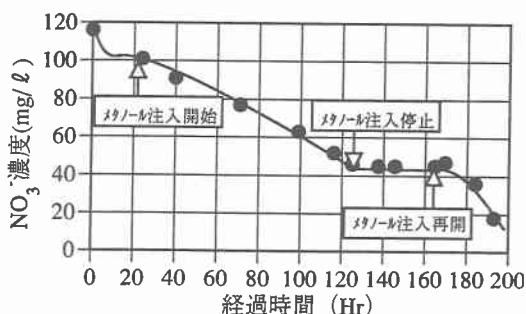


図-3 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の経時変化

●参考文献●

- 1) 廣木謙三（1992）：「水質浄化手法の概要について」、2) 井澤博文他、（1996）：「シリコン膜で隔てた水素供与体による排水中の窒素除去」