

B-18 地下水人工涵養におけるバイオマスの有効利用

○天倉 和也¹・平岡 大雅²・那須 和也¹・大久保 俊治¹

¹和歌山工業高等専門学校 エコシステム専攻科 (〒644-0023 和歌山県御坊市野島77)

²和歌山工業高等専門学校 環境都市工学科 (現 長岡技術科学大学)

1. はじめに

地域における水循環は、「自然の水循環」と「人工的な水循環」から構成されている。都市化にともない、水循環のバランスが崩れ、地下水・湧水の枯渇や質の低下、河川水量の減少や水質悪化、慢性的な水不足など、様々な問題が発生している。そのため、河川、地下水を含めた健全な水循環の重要性が益々高まっている。

本研究では、生物学的硝化・脱窒反応を促進する有機炭素源として、バイオマスに注目し、和歌山地域に豊富に存在する、稲わら、もみがら、木くずを利用し、地下水人工涵養においてバイオマス添加による水質改善の効果を把握するものである。

2. 実験装置及び方法

2.1 実験装置

実験装置は、透明塩ビ製カラムで、内径 80mm、高さ 1500mm である。砂カラムは、標準砂のみを充填し、コントロールカラムとした。バイオマスカラムは、下部に標準砂を 30cm 充填し、バイオマスを 100g 入れ、上部に標準砂を 90cm 高まで充填した。

2.2 実験方法

実験場所は、和歌山高専専攻科エコシステム実験室で行い、実験期間は H. 17. 11. 8～H. 18. 8. 1 である。

1) 流入水

カラム流入水は和歌山高専寮排水処理施設の放流水を用いた。実験期間中、宿泊学生数や水温の影響を受けて、カラム流入水(放流水)の水質はかなり変動があった。表-1 に流入水の性状を示す。

表-1 流入水の主な性状

	濃度幅(mg/l)	平均濃度(mg/l)
TOC	1.9～37.7	5.0
SS	0.5～13.5	3.0
NH ₄ -N	0.1～21.5	8.9
NO ₃ -N	0.1～30.9	4.9

注)有機性窒素は検出されなかった。

2) 浸透方式

流入水(排水処理施設の放流水)を変水位ろ過方式で浸透させた。

3) 流入水供給パターン

① 期間 1 (H. 17. 11/8～H. 18. 2/10)

流入水は浸透水位 0.2m/日でカラムに供給した。約 70 日水質分析を行い、その後、透水係数が 10^{-3} cm/s のオーダーに減少した時点で目づまりを生じたと判断した。実験終了時に、表層 10cm 程度かきとり、砂層表面の強熱減量を測定した。期間 2 の実験に備えて、表層に砂を補給し、水道水を浸透した。

② 期間 2 (H. 18. 4/14～H. 18. 6/30)

浸透水位 0.4m/日で供給し、水質分析を行った。その後、透水係数が 10^{-3} cm/s のオーダーに減少した時点で、表層 10cm 程度かきとり、期間 1 と同様に、表層の砂補給、水道水の浸透を行った。

③ 期間 3 (H. 18. 7/14～H. 18. 7/1)

浸透水位を 0.8m/日に上昇させて、同様な実験を行った。

4) 分析項目

NO₃-N, NO₂-N, NH₄-N, PO₄-P, TOC, pHDO, SS, VTS, 透水係数

3. 実験結果及び考察

3.1 水質変化

(1) 窒素成分

T-N の挙動を図-1 に示す。図-1 より、各カラムの流出水の T-N 濃度は、ほぼ全期間でカラムの流入水 T-N 濃度より減少している。中でも、稲わらカラムからの流出水の T-N 濃度は、他のカラムの流出 T-N 濃度に比べて、低い値になっている。また、稲わら、もみがら、木くずを添加したカラム流出水は砂カラム流出水に比べて、低い値

を示している。

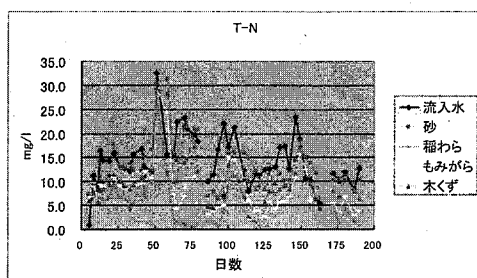


図-1 各カラムの T-N の挙動

(2) リン成分

$PO_4\text{-P}$ の挙動を図-2 に示す。図-2 より、各カラムの流出水の $PO_4\text{-P}$ 濃度は、流入水の $PO_4\text{-P}$ 濃度に比べ低い値を示している。T-N の挙動と同じように、 $PO_4\text{-P}$ の場合も変動はあるものの、稲わらカラムの流出水の濃度がかなり減少している。バイオマス添加カラム流出水は砂カラムの流出水より低い値を示している。

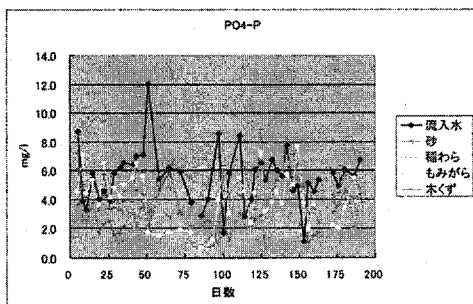


図-2 各カラムの $PO_4\text{-P}$ の挙動

3.2 水質改善効果

(1) 窒素成分

全期間の平均 T-N 濃度を図-3 に示す。図-3 より、稲わらカラム流出水の T-N 濃度が最も低く、次いで、もみがらカラム、木くずカラム、砂カラムの順になった。各カラムの T-N 除去率は、砂カラムが 9.3%、稲わらカラムが 64.3%、もみがらカラムが 40.3%、木くずカラムが 25.2%であった。

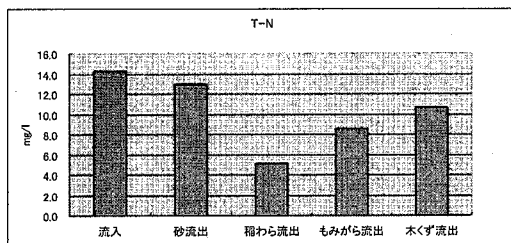


図-3 全期間の平均 T-N 濃度

一方、添加したバイオマス 1g 当たりの累積窒素除去量を図-4 に示す。図-4 より、実験終了時には、稲わらカラムは 25.3mgN/g、もみがらカラムは 21.0mgN/g、木くずカラム 11.7mgN/g であり、稲わらカラム、もみがらカラムの除去量が砂カラム(コントロール: 4.2mgN/g)に比べ高くなっている。T-N 除去率では稲わらカラムがもみがらカラムより約 2 倍高くなっていたが、稲わらカラムでは、期間 2 において、早期に目づまりが生じて、浸透水量が少なくなったことから、累積窒素除去量は大きな差は生じなかった。

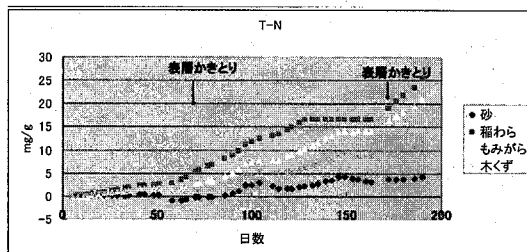


図-4 バイオマス 1g 当たりの累積窒素除去量

(2) リン除去

全期間の平均 $PO_4\text{-P}$ 濃度を図-5 に示す。図-5 より、T-N と同様に、稲わらカラム流出水の $PO_4\text{-P}$ 濃度が低かった。次いで、木くずカラム、もみがらカラム、砂カラムとなった。各カラムの $PO_4\text{-P}$ 除去率は、砂カラムが 17.0%、稲わらカラムが 51.1%、もみがらカラムが 27.9%、木くずカラムが 29.2%であった。

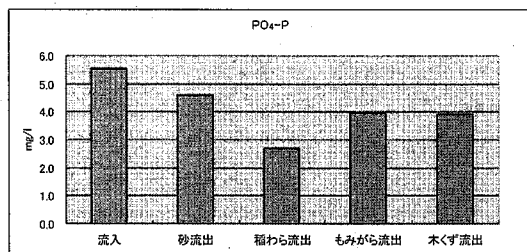


図-5 全期間の平均 $PO_4\text{-P}$ 濃度

添加したバイオマス 1g 当たりの累積リン除去量を図-6 に示す。図-6 より、砂カラム(コントロール: 3.2mgP/g)に比べて、稲わらカラムは 7.6mgP/g、もみがらカラムは 6.5mgP/g、木くずカラムは 6.5mgP/g と高くなっている。 $PO_4\text{-P}$ 除去率では稲わらカラムがもみがらカラムより高くなっているが、累積リン除去量では目づまりによる浸透水量の減少から、稲わらカラム、もみがらカラムで大きな差は出ていないものと考えられる。同様に、木くずカラムの累積リン除去量も、もみがらカラムと比べて、大きな差はなかった。

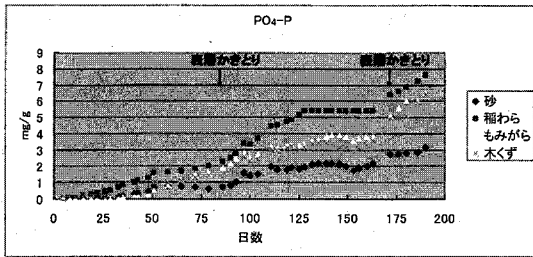


図-6 バイオマス 1g 当たりの累積リン除去量

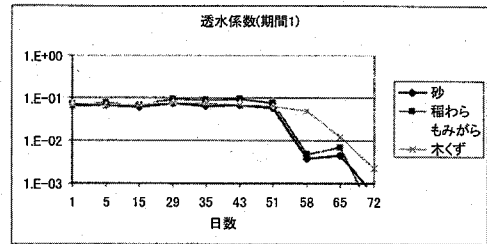


図-8 各カラムの透水係数

(3) 有機物除去・溶出

図-7 に流入水と各カラムの流出水の TOC 濃度を示す。図-7 より、期間 1 では、稲わらカラム流出水が流入水の約 5 倍の TOC 濃度が得られ、流出水に着色もあり、かなり有機物の溶出があったものと考えられる。浸透日数の増加に伴い、TOC の溶出量も減少して行った。稲わらカラム以外の各カラムの流出 TOC 濃度は、流入水より低い値が得られ、わずかであるが、TOC 除去があることがわかった。

また、実験開始前の稲わらの有機物含有率は 81.4%、約 200 日の浸透後の値は 37.5%であった。もみガラでは実験開始時には 77.4%、終了時には 80.1%であった。木くずではそれぞれ 99.0%、96.9%となった。稲わらの有機物含有率の減少が最も大きく、TOC 溶出量の結果と整合していた。木くずの有機物含有率が増加しているが、これは木くずに付着した微生物に起因していると考えられる。

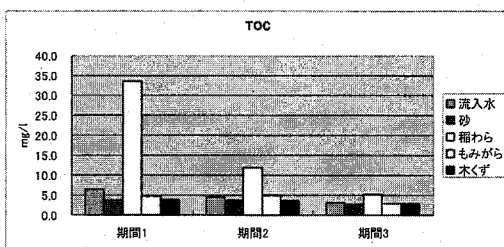


図-7 各期間の平均 TOC 濃度

3.3 透水係数

期間 1 における透水係数の変化を図-8 に示す。図-8 より、各カラムとも、50 日後から透水係数の減少が観察され、70 日前後に目づまりが発生した。カラム表層の目づまりは、流入 SS やカラム表層での微生物増殖に起因しているものと考えられる。そのため、表層の砂の強熱減量を測定した結果、カラム表層に蓄積した強熱減量分(有機物量)を表面積で割った値が約 50~70g/m² で、目づまりが発生しているのが分かった。

4. まとめ

本実験で、次の点が明らかになった。

(1) 各カラムの T-N 除去については、稲わらカラム流出水の T-N 濃度が最も低く、T-N 除去率は稲わらカラムが 64.3%と高い値を得られた。また、添加したバイオマス 1g 当たりの累積窒素除去量と比較すると、実験終了時には、稲わらカラムは 25.3mgN/g で、砂カラム(コントロール: 4.2mgN/g)に比べ、稲わらカラムで高い累積窒素除去量であった。

(2) リン除去に関しては、全期間でみて、稲わらカラム流出水の PO₄-P 濃度が最も低かった。稲わらカラムの PO₄-P 除去率は 51.1%と高い値が得られた。また、添加したバイオマス 1g 当たりの累積リン除去量と比較すると、実験終了時で、稲わらカラムは 7.6mgP/g で、砂カラム(コントロール: 3.2mgP/g)に比べ、バイオマス添加カラムで高い値がえられた。

(3) 有機物除去に関しては、稲わらカラム流出水で、有機物が溶出し高い TOC を示した。しかし、浸透日数の増加に伴い、溶出量は減少していく傾向があった。

(4) 各カラムで、50 日後から透水係数の減少が観察され、70 日前後に目づまりが発生した。

(5) 稲わら、もみガラ、木くずのバイオマスを添加することにより、窒素、リンの水質改善効果が促進されることが実験的に明らかになった。水質改善効果を比較すると、初期の TOC 溶出量が多い点を除くと、稲わら添加が最も窒素、リンに関する水質改善効果が高いといえる。

謝辞: 本研究は、平成 17 年度文部科学省科学研究費補助金(基盤研究(C)研究代表者: 大久保俊治)を受けて行われたことを記して、謝意を表す。