

B-32 地下水涵養における バイオマスの有効利用に関する研究

○清水 将貴^{1*}・那須 和也²・天倉 和也³・大久保 俊治⁴

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アタカ大機株式会社 (〒105-0004 東京都港区新橋2-16-1)

³金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期過程 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

⁴和歌山工業高等専門学校 教授 (〒644-0023 和歌山県御坊市野島77)

* E-mail: ohkubo@wakayama-nct.ac.jp

1. はじめに

地球上における水循環は、降水、川・湖・海への流出、地下浸透などから成り立つ「自然の水循環」と水道、下水道、人工水路などから成り立つ「人工の水循環」から構成されている。しかし、地球環境の変化や文明の発達による水利用の増大にともなって、その2つの水循環のバランスが崩れ、地下水・湧水の水質悪化や河川水量減少、慢性的な水不足をひき起こしている地区もある。¹⁾²⁾これらの課題を解決する一つの方法として、地下水涵養の促進が挙げられる。

地下水涵養における水質変化では、肥料として撒かれた水の中のアンモニア性窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) が土壤に吸着し、生物学的硝化により硝酸性窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) の形で水中に戻り、地下水の硝酸性窒素汚染をひき起こしている。硝酸性窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) および亜硝酸性窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$) は通常の浄化処理では除去しにくいものであり、乳児のメトヘモグロビン血症を起こすといわれている。さらに硝酸性窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) は河川や湖沼などの水域に流入すると富栄養化の原因となり、水利用や水環境に大きな影響を及ぼす。また、リン成分 ($\text{PO}_4\text{-P}$) は、土壤吸着されやすいものの、吸着飽和に達した時点で流出するといわれている。

以上のような事を防止する地下水涵養過程における水質改善は意義あるものといえる。しかし、地下水涵養の促進技術や涵養過程の水質変化などについては未だ不明な点が多く、水循環のバランスを回復し、水質改善手法を確立することが重要になっている。

本研究は、図-1に示す表面排水法において、生物学的脱窒反応を促進する有機炭素源としてバイオマスを添加し、地下水人工涵養過程における水質改善を図るもの

である。バイオマスとして稲わら、もみガラ、木くずを添加した場合の水質改善効果を比べた。³⁾その後、除去効果の最も高かった稲わらを用い、稲わら添加量、浸透速度、稲わら添加位置を変えた実験を行い、地下水涵養過程における水質改善効果の定量化を試みた。

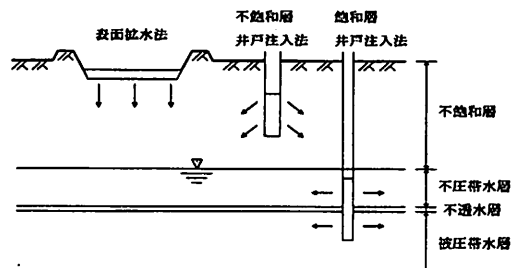


図-1 地下水人工涵養の方式

2. バイオマス添加が水質挙動に及ぼす影響

(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。カラムは砂カラム、稲わらカラム、もみガラカラム、木くずカラムの4本である。砂カラムは、底部には砂利層100mmを設けその上に豊浦硅砂を900mm充填し、コントロールカラムとした。稲わらカラムは底部から砂利層100mmを設け豊浦硅砂を600mm充填し、その上に稲わらを100g (乾燥重量) 添加し、さらに豊浦硅砂を900mm高まで充填した。もみガラカラムと木くずカラムも稲わらカラムと同様に、砂利層100mm、豊浦硅砂600mmの上に、もみガラ、木くずをそれぞれ100g (乾燥重量) を添加し、その上に豊浦硅砂を900mm高まで充填した。

(2) 実験方法

カラム流入水は和歌山高専排水処理施設の活性汚泥処理水を用いた。流入水を各カラムに1日1回供給する変水位ろ過方式で浸透させた。1日の供給水量をカラム断面積で除した値を水量負荷と定義し、水量負荷0.2m/day、0.4m/day、0.8m/dayの3条件で浸透した。

(3) 実験結果

平均D-N ($\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$) 除去率は、砂カラムで9.3%、稲わらカラムで64.3%、もみがらカラムで40.3%、木くずカラムで25.2%であった。稲わらは硝化・脱窒にもっとも効果があることがわかった。

平均 $\text{PO}_4\text{-P}$ 除去率は、砂カラムで17.0%、稲わらカラムで51.1%、もみがらカラムで27.9%、木くずカラムで29.2%であった。リン除去でも稲わらの効果が高いといえる。^{4,5)}

3. 稲わらの添加量と浸透速度の影響

(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。カラムは砂カラムと稲わらの添加量を変えたカラムの5本である。砂カラムは、底部に砂利層100mmを設けその上に豊浦硅砂を900mm充填して計1000mmとし、コントロールカラムとした。稲わら添加カラムは、底部に砂利層100mm充填し、その上に豊浦硅砂を800mm充填し、さらに稲わら(12.5g添加、25.0g添加、50.0g添加の3条件)を添加し、その上に豊浦硅砂を充填した。充填高は計1000mmとした。残りのカラムは稲わら添加量50gで不飽和状態で浸透したものである。

(2) 実験方法

カラム流入水は和歌山高専学生寮排水処理施設の活性汚泥処理水を用いた。流入水をポンプで流入する方式で行い、浸透速度を0.2m/day、0.4m/day、0.8m/dayに分けて実験を行った。

(3) 実験結果

D-N除去については、稲わらの添加量が増えるとD-N除去量も増加することがわかった。D-N除去率は、浸透速度0.2m/dayで最も高く、稲わら12.5g添加で34.8%、25.0g添加で44.5%、50.0g添加で64.3%であった。また、浸透速度0.4m/dayおよび0.8m/dayでも稲わら添加量が多いほどD-N除去率が高くなる結果であった(図-2)。そして、浸透速度0.8m/dayの期間のD-N除去率は、浸透速度0.2m/dayや0.4m/dayの除去率と比べて低いことから、浸透速度がD-N除去率に大きな影響を及ぼすと考えられる。

$\text{PO}_4\text{-P}$ 除去については、D-N除去と同様に、稲わらの添

加量が増えると $\text{PO}_4\text{-P}$ 除去量が増加することがわかった。また、浸透速度0.4m/dayおよび0.8m/dayでも稲わら添加量が多いほど $\text{PO}_4\text{-P}$ 除去率が高くなる傾向であった(図-3)。そして、浸透速度0.8m/dayの期間の $\text{PO}_4\text{-P}$ 除去率は、浸透速度0.2m/dayや0.4m/dayの除去率と比べて低いことから、浸透速度が $\text{PO}_4\text{-P}$ 除去率に影響を及ぼすと考えられる。⁶⁾

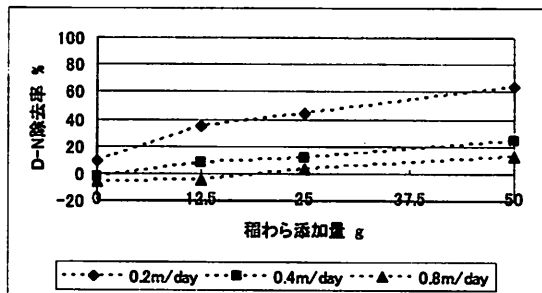


図-2 稲わら添加量別、浸透速度別のD-N除去率

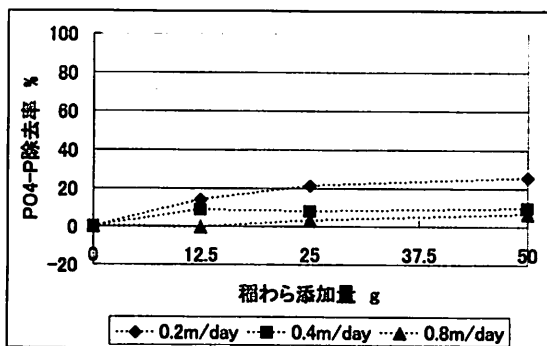


図-3 浸透速度別の稲わら添加による $\text{PO}_4\text{-P}$ 除去率

4. 稲わらの添加位置の影響

(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。カラムの充填条件は図-4に示す通りである。カラム①は砂のみを充填したものである。カラム②は上層に稲わらと砂を混合した層を設けたものである。カラム③～⑤は稲わら添加の位置を変えたものである。添加した稲わらの量はそれぞれ50gで統一した。

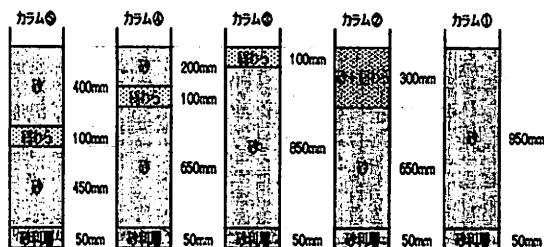


図-4 カラム条件

(2) 実験方法

カラム流入水は和歌山高専学生寮排水処理施設の活性汚泥処理水を用いた。流入水をポンプで流入する方式で行い、浸透速度を0.2m/dayで実験を行った。

(3) 実験結果

D-N除去については、稲わらの添加位置の違いによるD-N濃度の差はあまりみられなかった。平均除去率も稲わらの添加位置にさほど差がみられず、60%前後であった(図-5)。

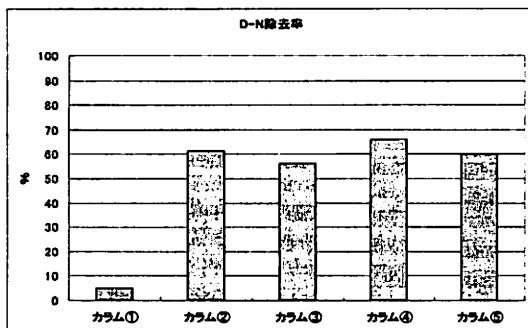


図-5 D-Nの平均除去率

5. まとめ

本研究は、地下水人工涵養過程におけるバイオマス添加による水質改善について、砂層に稲わら、もみがら、木くずを添加したカラムに活性汚泥処理水を浸透させて、水質改善について実験的に検討したものと、その結果より最も窒素除去に効果が得られた稲わらを用いて、下水処理水の浸透に伴う水質改善について実験的に検討したものである。それより次の点が明らかになった。

- (1) 稲わら、もみがら、木くずを比べた実験における平均D-N除去率は砂カラムで9.3%、稲わらカラムで64.3%、もみがらカラムで40.3%、木くずカラムで25.2%であった。また平均 PO_4 -P除去率は、砂カラムで17.0%、稲わらカラムで51.1%、もみがらカラムで27.9%、木くずカラムで29.2%であった。これより稲わらは硝化・脱窒・リン除去に効果が高いことがわかった。
- (2) 稲わらの添加量・浸透速度を変えた実験のD-N除去については、稲わらの添加量が増加するほどD-N除去率は高く、浸透速度が大きくなるほどD-N除去率が小さくなることがわかった。 PO_4 -P除去については、D-N除去と同様に、稲わらの添加量が増加するほど、 PO_4 -P除去率は高く、浸透速度が大きくなるほど PO_4 -P除去率が小さくなることがわかった。これより、稲わら添加の砂層におけるD-N除去速度はほぼ0次反応に従っていた。

- (3) 稲わら添加位置を変えた実験のD-N除去については、砂カラム以外のカラムではD-N濃度が処理水よりも低くなり、稲わらの添加位置の違いによるD-N濃度の差はあまり見られなかった。平均D-N除去率も稲わらの添加位置にさほど差がみられず、60%前後であった。
- (4) (1)～(3)の結果より、浸透速度0.2m/dayで、稲わらの添加量を50gとした時、稲わらの添加位置を変化させても、水質改善効果に違いは生じず、効果はほぼ一定だった。

6. 今後の課題

今後の課題としては、流入水の濃度による水質改善効果の検討と、稲わらによるD-N除去効果の継続期間について検討する必要がある。また稲わら添加によるリンの除去効果が本実験で認められたが、リン除去については不明な点が多く、今後そのメカニズムについても検討する必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり多大な協力をいただいた大久保研究室の皆様方に深く感謝いたします。

本研究は日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究C、代表者 大久保俊治、課題番号 17560483)を受けて行われたことを付記します。

参考文献

- 1) Barbara W. Murch, "Environmental Science" pp. 235～250, John Wiley & Sons, Inc (2005)
- 2) 日本地下水学会編: 雨水浸透・地下水涵養, pp. 106～122 (2001)
- 3) 社団法人日本エネルギー学会: バイオマスハンドブック, pp. 2～35, オーム社 (平成15年)
- 4) 天倉和也・平岡大雅・那須和也・大久保俊治: 地下水人工涵養におけるバイオマスの有効利用、第43回環境工学研究フォーラム講演集, pp. 86～88 (2006)
- 5) 大久保俊治・天倉和也: 地下水涵養過程における水質挙動に及ぼすバイオマス添加の影響、工業用水論文集, pp. 69～75, No. 588 (2008)
- 6) 那須和也・清水将貴・大久保俊治: 地下水人工涵養における稲わら添加による水質改善に関する研究、第44回土木学会環境工学研究フォーラム講演集, pp. 104～106 (2007)