

B-1 地下水涵養における 稲わら添加による窒素・リン除去について

○清水 将貴^{1*}・新屋 麻美²・川口 拓郎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岐阜大学 (〒501-1193 岐阜市柳戸1-1)

³和歌山大学 (〒640-8510 和歌山市栄谷930)

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. 背景と目的

地球上における水循環は、降水、川・湖沼・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「人工系の水循環」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う、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の減少、慢性的な水不足などを引き起こしている。そのため、河川、地下水を含めた健全な水循環の重要性がますます高くなっている¹⁾

水循環の健全化のために、都市部での浸透面積の増大、河川の水質浄化、水源の水質対策、下水処理水の再利用、雨水の利用などが行われているが、地下水涵養については、土壌成分や地下水流動・生物化学的反応の複雑さから、涵養過程における水質変化や目詰まりの基礎的知見の収集段階である。²⁾

地下水涵養過程における水質変化では、肥料中のアンモニア性窒素が土壌に吸着し、生物学的硝化により硝酸性窒素の形で水中に戻り、地下水の硝酸性窒素汚染をひき起こしている。硝酸性窒素および亜硝酸性窒素は通常の処理では除去しにくいものであり、飲用することによ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。地下水涵養におけるリン成分($\text{PO}_4\text{-P}$)の挙動をみると、 $\text{PO}_4\text{-P}$ は土壌に吸着されやすいものの、土壌が吸着飽和に達した時点で流出するといわれている。窒素やリンが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ものである。

しかし、地下水涵養過程における水質改善については、未だ不明な点が多く、地下水涵養における水質改善手法は未だ確立されておらず、特に、バイオマスを利用した

地下水人工涵養で水質改善を図ることは、ほとんど研究が行われていない状況である。

天倉らの研究ではバイオマスとして木くず、稲わら、もみ殻を用いて窒素・リン除去効果を調べた浸透実験より、稲わらを利用することにより窒素・リンに関する水質改善効果が促進されたことが明らかになった。³⁾ また、那須らは稲わらの添加量と滞留時間を変化させた実験を行い、添加量、滞留時間が水質改善に及ぼす影響を明らかにした。^{2), 4)}

本研究においては、河川水や処理水の涵養に適用可能な表面拡水法(図-1)を想定し、バイオマスの実験に用いた中で最も水質改善効果が高かった稲わらを用いて、流入水濃度と浸透速度(滞留時間)が水質改善に及ぼす影響を明らかにするものである。

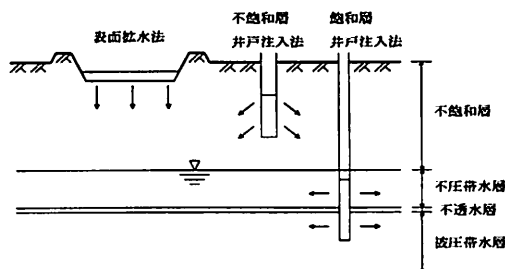


図-1 地下水人工涵養の方式

2. 実験装置と方法

(1) 実験装置

実験装置の概要を図-2に示す。実験装置は、透明塩ビ製カラムで、内径80mm、高さ1500mmである。カラムはコントロールカラム1本と稲わら入りカラム3本の計4本である。コントロールカラムは、底部には砂利層100

mmを設けその上に豊浦硅砂を900mm充填し、計1000mmにしてコントロールカラムとした。稲わら入り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25g（乾燥重量）添加し、さらに豊浦硅砂を900mm高まで充填した。充填高は計1000mmとした。図-3は実験カラムの設置状況である。

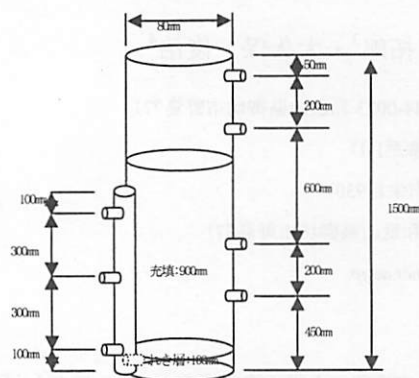


図-2 実験装置の概要

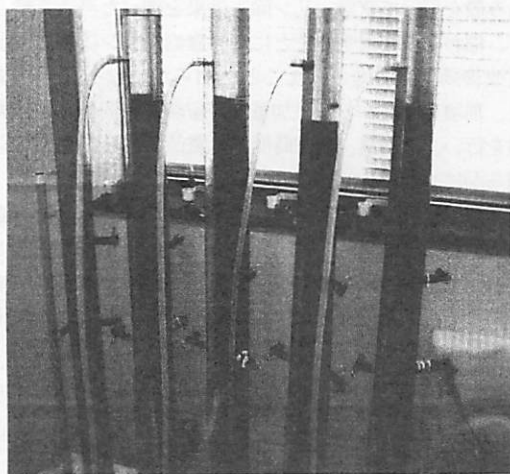


図-3 実験カラムの設置状況

(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、カラム流入水はポンプで連続的に供給する方式で行った。条件として浸透速度を0.2m/day、0.4m/day、0.8m/day、流入水の濃度レベルは比較的小さい下水道処理程度から河川水程度の4段階とし、全12ケースで実験を行った。流入水の濃度調整は水道水を用い、流入水と流出水の水質分析を週2回程度行った。実験期間は平成20年10月から平成21年7月までである。表-1に実験条件を示す。表中の数値は実験中の平均値を示し、D-NはNO₃-N、NO₂-N、NH₄-Nの合計の値で、数値の単位はmg/Lである。

表4-1 実験条件

期間	滞留時間	流入濃度	TOC	D-N	PO ₄ -P
1	0.2m/day	ケース①	268	13.5	2.05
		ケース②	240	7.2	1.33
		ケース③	1.90	4.2	0.82
		ケース④	1.48	2.7	0.53
2	0.4m/day	ケース①	5.11	12.2	1.26
		ケース②	2.23	6.5	0.65
		ケース③	1.70	3.6	0.45
		ケース④	1.22	2.1	0.30
3	0.8m/day	ケース①	3.38	8.7	1.10
		ケース②	2.18	4.9	0.46
		ケース③	1.54	3.5	0.32
		ケース④	1.00	2.4	0.18

3. 実験結果

流入D-Nの高いケース①から最も流入D-Nの低いケース④について、流入D-Nと流出D-Nの関係を図-4～図-6に示す。

図-4より、滞留時間2.5日の期間1においては流入濃度が高いケース①からもっとも低いケース④でも流出D-Nは、0.91～1.24mg/Lであり、全てのケースで流出D-Nでは大きな差がみられないことがわかった。

図-5より、滞留時間1.25日の期間2においては流入濃度が高いケース①からもっとも低いケース④で流出D-Nは0.88～4.06mg/Lであり、流入濃度に応じて差がみえはじめ、同様に図5-6も流出D-Nは1.07～7.94mg/Lとなり、滞留時間により、流出D-Nに差が出るということがわかった。

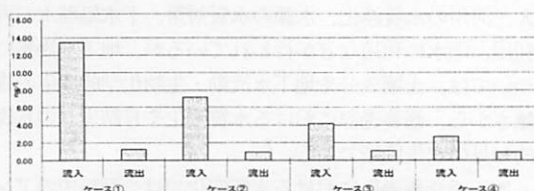


図-4 期間1の平均D-N濃度

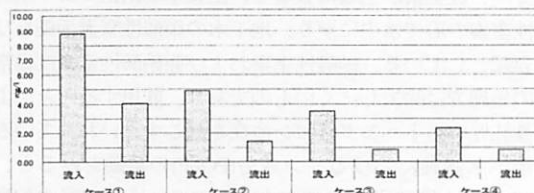


図-5 期間2の平均D-N濃度

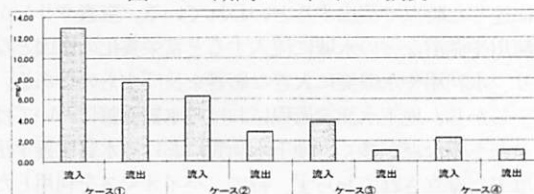


図-6 期間3の平均D-N濃度

また、流入 $\text{PO}_4\text{-P}$ と流出 $\text{PO}_4\text{-P}$ の関係を図-7～図-9に示す。図-7～図-9より、流入 $\text{PO}_4\text{-P}$ の高いケース①と流入 $\text{PO}_4\text{-P}$ の低いケース④とを比較すると、滞留時間が0.63～2.5日の期間で流入 $\text{PO}_4\text{-P}$ が高いほど高い除去率を示す結果が得られた。

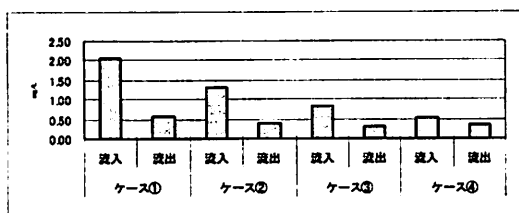


図-7 期間1の平均 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度

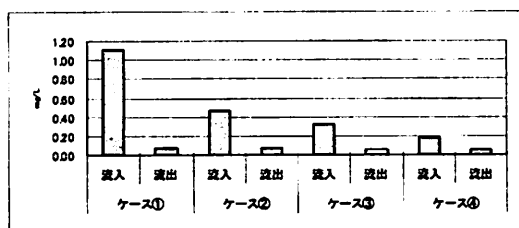


図-8 期間2の平均 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度

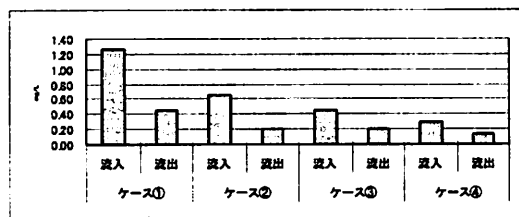


図-9 期間3の平均 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度

4. 結論

本研究は、地下水人工涵養における稲わら添加による水質改善について、約100日にわたる浸透実験に基づいて検討したものである。特に、既存の下水処理場では処理しにくい窒素、リンについて主に検討を行った。実験は、砂及び稲わらを充填したカラムに、学生寮排水処理施設の放流水を浸透させて行った。実験は、浸透速度（滞留時間）および流入水濃度を変化させて流入水、流出水の水質分析を行ったものである。それより次の点が明らかになった。

- (1) D-N除去については、浸透速度0.2m/day（滞留時間2.5日）で最も流入D-Nが高い場合にD-N除去率が最も高いという結果が得られた。流入D-Nが低くなった場合には滞留時間の影響が少なくなり、流出D-Nは流入濃度に関わらず約1.0mg/lであった。
- (2) リン除去は、流入 $\text{PO}_4\text{-P}$ が高い場合には滞留時間に影響されたが、流入 $\text{PO}_4\text{-P}$ が低い場合は滞留時間の影響が少なく、流出 $\text{PO}_4\text{-P}$ は流入濃度に関わらず約0.2mg/lであった。

- (3) (1)～(2)の結果より、地下水人工涵養で稲わらを添加した場合、窒素・リンの除去は滞留時間によって変化する。流入濃度が低い場合は、滞留時間の影響をあまり受けず流出D-Nが1.0mg/l、 $\text{PO}_4\text{-P}$ は0.2mg/lまで除去されることが実験的に明らかになった。

5. 今後の課題

本実験では2ヶ月にわたり、D-N除去効果が確認されたが、D-N除去効果の継続期間については不明な点が多い。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、リン除去についても不明な点が多くあり、今後それらについて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ご指導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) 松尾友矩：都市・地域水代謝システムの現状と課題、水環境学会誌、Vol. 24(7)、pp. 408-412(2001)
- 2) 那須和也・大久保俊治：地下水涵養過程における水質改善に及ぼす稲わら添加の影響、工業用水論文集、No. 593、pp. 67-75(2009)
- 3) 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)
- 4) 清水将貴・那須和也・天倉和也・大久保俊治：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、第45回環境工学研究フォーラム講演集、pp. 109-111(2008)
- 5) 日本地下水学会編：雨水浸透・地下水涵養、pp. 106-107(2001)
- 6) Takashi Asano et al. : Water Reuse, Metcalf & Eddy, McGrawHill, pp. 1248-1249(2007)