

平成21年 4月17日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2005～2008

課題番号：17560493

研究課題名（和文） 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

研究課題名（英文） Study on the reuse of biomass for the groundwater recharge

研究代表者

大久保 俊治（OHKUBO TOSHIHARU）

和歌山工業高等専門学校 環境都市工学科 教授

研究者番号：30108477

研究成果の概要

本研究は、河川水や下水処理水の循環利用を図るため、バイオマス（稲わら、木くず、もみ殻など）を添加した砂層に河川水や処理水を浸透させて、微生物作用で水質を改善して、水資源やバイオマス資源の有効利用を進めるものである。実験の結果、窒素・リン除去に稲わらが最も効果的で、砂層に滞留する日数が2.5日で、窒素除去率は60%以上を示し、稲わらを添加した砂層に処理水等を浸透することにより浸透水の窒素・リンが除去された。河川水等を稲わら添加の砂層を浸透することにより、地下水の窒素・リンの汚染防止が図れることが明らかになった。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	1,600,000	0	1,600,000
2006年度	700,000	0	700,000
2007年度	400,000	120,000	520,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
年度			
総計	3,200,000	270,000	3,470,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木環境システム

キーワード：水循環，地下水涵養，バイオマス，水質改善，目詰まり

1. 研究開始当初の背景

（1）都市・地域においては、太陽エネルギーの働きを前提とした「自然の水循環」と水を利用し排出する「人工的な水循環」のバランスが崩れて、地下水・湧水の枯渇や質的低下、河川水量の減少や水質悪化、慢性的な水不足等を招いている。

（2）水利用量が「自然の水循環」から決まる限界水量に近づいている状況下において、現行の一過型の水代謝の問題はさらに深刻化し、地下水を含めた健全な水代謝の重要性が益々高まっている。

（3）これらを解決するため、都市部での浸

透面積の増大、河川水質の浄化、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なわれているが、地域の水代謝システムに大きく寄与する地下水涵養については、土壌成分や流動・反応の複雑さから、目詰まりや水質変化の基礎的知見も充分とはいえず、地下水涵養の促進技術や水質改善手法は未だ確立されていない。

2. 研究の目的

（1）有機性汚濁のある河川水や下水処理水の地下水涵養においては、生物学的目詰まりが大きな課題である。水中の浮遊物は砂ろ過

プロセス等で比較的容易に除去できるが、溶解性有機物に起因する生物学的目詰まり、すなわち微生物体や代謝物による閉塞機構は非常に複雑で不明な点が多い。

(2) 地下水涵養における水質挙動に関連して、水中の $\text{NH}_4\text{-N}$ が土壌に吸着・硝化されて $\text{NO}_3\text{-N}$ の形で、地下水の硝酸性窒素汚染をひき起こしている。土壌中での脱窒反応を促進する手法として、硫黄元素や有機炭素の添加などが試みられているが、未だ基礎的研究の段階である。

(3) 和歌山地域に豊富にあり、再利用のニーズの高い剪定枝、麦わら、もみガラ等のバイオマスに着目し、河川水や下水処理水の地下水涵養の際に大きな問題となる「生物学的目詰まり」と地下水の「硝酸性窒素汚染」に及ぼすバイオマス添加の影響を定量的に明らかにし、バイオマスを有効利用した地下水涵養システムを確立しようとするものである。

3. 研究の方法

(1) 研究の構成

研究の主な構成は、①文献調査、②基礎実験、③実験結果の解析である。

(2) 文献調査

現在実施中の文献調査を継続して行う。「Water Resources Research」、「Water Research」、「Apply Environmental Microbiology」、「Ground Water」等の学術雑誌について文献調査を継続し、水質改善、生物学的目詰まりの機構、硝化菌・脱窒菌の活性に及ぼすバイオマスの影響、バイオマスでの微生物の増殖などの知見を整理する。

(3) 基礎実験

①供試原水

実験に用いる原水は本校の生活排水処理施設放流水とする。放流水のBODは10mg/l程度であり、下水処理場の高度処理水(砂ろ過水)と同等である。

②バイオマス添加カラムの実験内容

地下水涵養を模擬した砂カラムは透明塩ビ製で内径80mm、高さ1500mmのものとする。

平成17年度：稲わら、木くず、もみ殻を添加した砂カラムを用いて窒素・リンの水質改善に有効なバイオマスを選定する。

平成18年度：窒素・リンの水質改善に有効な稲わらを添加した砂カラムで、稲わら添加量の影響を調べる。

平成19年度：稲わら添加カラムを用いて浸透速度(滞留時間)が窒素・リン除去効果に及ぼす影響を調べる。

平成20年度：流入水の窒素・リンの濃度により、水質改善効果がどのように影響されるかを調べる。

③試験項目

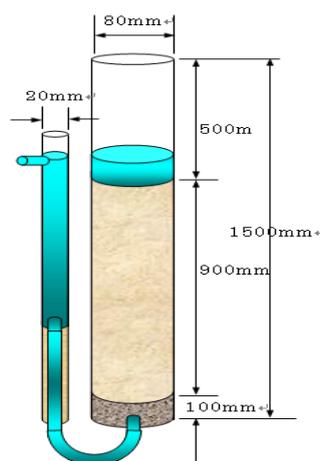
原水、涵養水(浸透高さごと)について、次の試験を実施する。

試験項目： $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{P}_04\text{-P}$ 、TOC、透水係数、微生物量

④実験方法

原水を砂カラムに毎日供給し、砂層の浸透能力、涵養過程での水質変化、微生物活性の変化を継続的に調査する。

目詰まり指標は1回/日、水質指標は1回/週、微生物活性は1回/月の頻度でデータの収集を行う。試験方法は土質試験法、水道試験法、下水試験法に準拠する。



図一 実験装置の概要

(4) 実験結果の解析

次の事項について解析し、地下水涵養に及ぼすバイオマス添加の影響を明確にし、適用可能なバイオマスを抽出し、最適なバイオマスを添加した際の最適な添加量、最適滞留時間などを明らかにする。解析項目は次のとおりである。

- ・バイオマスによる硝化・脱窒の促進効果
- ・硝化・脱窒の反応特性と硝化・脱窒活性
- ・窒素・リン除去に最適なバイオマスの抽出
- ・バイオマスによる目詰まりの防止効果
- ・水質改善に有効なバイオマス添加量
- ・水質改善に最適な滞留時間
- ・窒素・リン除去に及ぼす濃度の影響

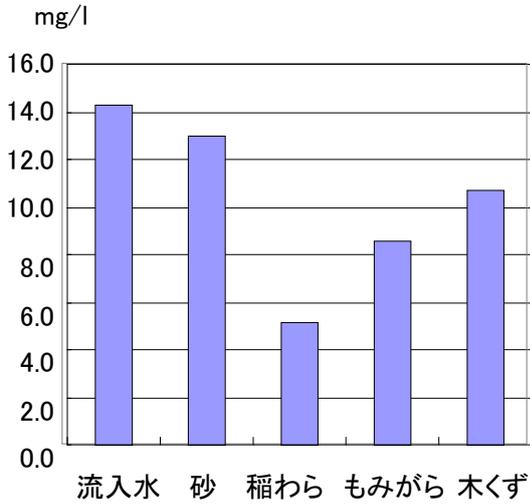
4. 研究成果

(1) 最適なバイオマスの抽出

地下水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、もみガラ、木くずを添加したカラムに活性汚泥処理水を約200日間浸透させて、水質変化と目詰まりについて実験的に検討した。

実験結果は次のとおりである。

①全実験期間（水量負荷高：0.2-0.8 m³・d⁻¹、水温：18.2-27.9℃）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。稲わらは硝化・脱窒に最も効果があることがわかった。



図一 流入D-N濃度と各カラムの流出D-N濃度の関係

②全実験期間における各カラムの平均PO₄-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。

③有機物（TOC）に関しては、浸透初期に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。今後は、稲わら添加量を減らしTOCの溶出量を抑えた形での窒素・リン除去を行う条件を検討する必要がある。

④各カラムの目詰まりは、カラム表層で生じていることが確認され、流入有機性SSやカラム表層での微生物増殖に起因していると考えられる。砂層表面の強熱減量を測定した結果、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50~70 g・m⁻²で目詰まりが発生していることがわかった。

本実験の結果、稲わらが水質改善に最も有用で、稲わらの土壌還元は地下水の窒素汚染を防止する点から有用であることがわかった。

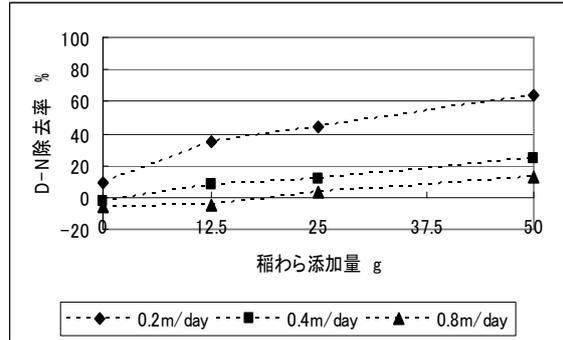
(2) 稲わら添加の地下水涵養システム

稲わらを添加した地下水涵養システムに関して、稲わら添加量や浸透速度（滞留時間）が窒素・リン除去に及ぼす影響を定量的に示した。

本実験結果より、地下水涵養システムにおいて浸透速度0.2m/日程度で浸透すれば、窒素除去率が60%程度は達成でき、リン除去率も最

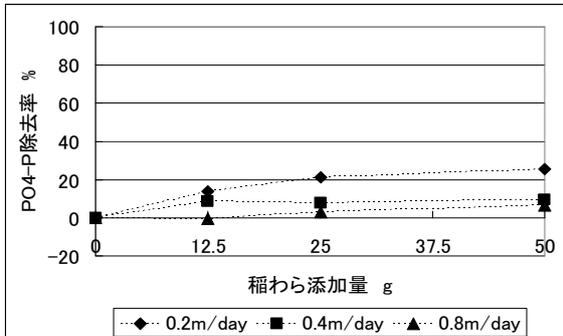
大で40%は達成できることがわかった。休耕田や下水処理場の仕上げ池などに適用することにより水質の向上や地下水汚染の防止に役立つといえる。

①D-N除去については、稲わらの添加量が12.5g、25.0g、50.0gと増加するほど、D-N除去率は高く、浸透速度が0.2m・day⁻¹、0.4m・day⁻¹、0.8m・day⁻¹と大きくなるほどD-N除去率が小さくなることがわかった。D-N除去率は、浸透速度0.2m・day⁻¹において、稲わら12.5g添加で26.7%、25.0g添加で36.2%、50.0g添加で60.2%であった。



図三 窒素除去に及ぼす浸透速度と稲わら添加量の影響

②PO₄-P除去については、D-N除去と同様に、稲わらの添加量が12.5g、25.0g、50.0gと増加するほど、PO₄-P除去率は高く、浸透速度が0.2m・day⁻¹、0.4m・day⁻¹、0.8m・day⁻¹と大きくなるほどPO₄-P除去率が小さくなることがわかった。



図四 リン除去に及ぼす浸透速度と稲わら添加量の影響

③稲わら添加の砂層における窒素（D-N）除去速度はほぼ0次反応に従い、稲わら添加量と滞留時間からD-N除去効果が算出できる式を導出した。

本研究では、稲わらを添加した地下水涵養システムは窒素・リンの水質改善に有効であり、浸透速度や稲わら添加量が水質改善効果に及ぼす影響を定量的に明らかにした。

(3) 今後の展望

下水処理場の放流先や河川敷で地下水涵養システムを応用することにより、処理水水質の高度化や河川水の水質改善、さらには地下水窒素汚染防止に大きく寄与するものと考えられる。

今後は本システムを長期間適用した際の見込みの目詰まりの解消や防止について検討する必要がある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 7件)

①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, 日本工業用水協会会誌「工業用水」(論文集), No.593, 67-75, 2009, 査読有

②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, 109-111, 2008, アブストラクト査読有

③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, 日本工業用水協会会誌「工業用水」(論文集), No.588, 69-75, 2008, 査読有

④那須和也, 清水将貴, 大久保俊治, 地下水涵養過程における稲わら添加による水質改善に関する研究, 第 44 回環境工学研究フォーラム講演集, 104-107, 2007, アブストラクト査読有

⑤大久保俊治, 松寄敦, 藤野利樹, 日高川流域における水質特性に及ぼす土地利用の影響について, 第 43 回環境工学研究フォーラム講演集, 89-91, 2006, アブストラクト査読有

⑥天倉和也, 平岡大雅, 那須和也, 大久保俊治. 地下水涵養におけるバイオマスの有効利用, 第 43 回環境工学研究フォーラム講演集, 86-88, 2006, アブストラクト査読有

⑦天倉和也, 細川修成, 大久保俊治. 日高川流域の水環境特性について, 第 42 回環境工学研究フォーラム講演集, 108-110, 2005, アブストラクト査読有

〔学会発表〕(計 3件)

①佐々木清一, 菱谷智幸, 宇田毅. 前田尚, 自然素材を利用した水質浄化水路の構築とため池の水環境改善への応用, 第 64 回土木学会学術講演会, 投稿中, 2009 年福岡大学(福岡市)

②大久保俊治, 施肥による地下水汚染の実態について, 第 40 回水環境学会年会講演集, 98, 2006 年 3 月, 東北学院大学(仙台市)

③佐々木清一, 菱谷智幸, ヨシによる化学汚染物質の吸収特性の計測・分析, 第 61 回土

木学会年次学術講演集, 203-204, 2006 年 9 月, 立命館大学(大津市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大久保 俊治 (Ohkubo Toshiharu)
和歌山工業高等専門学校・環境都市工学科・教授
研究者番号: 30108477

(2) 研究分担者

佐々木 清一 (Sasaki Seiichi)
和歌山工業高等専門学校・名誉教授
研究者番号: 90043546

(3) 連携研究者

なし