

植生および人工ゼオライトを用いた下水処理水の浄化機能

(独)国立高専機構 岐阜工業高等専門学校 学生会員 ○鍵谷 瑠美・原 茂樹
同上 正会員 和田 清・角野 晴彦

1. はじめに

近年、生態系の保全・再生を目的とした多自然型川づくりが推進され、魚類や水生昆虫などの生息場所を確保したビオトープ化が行われており、水中から陸上に生活史を変遷させる昆虫の再生産過程を高めるには、水際のエコトーンの機能を強化させることが重要である。一方、下水処理水を再利用して隣接した流路内をビオトープ化する試みも進められ、窒素やリンなどの栄養塩類を低コストで除去し、魚類や水生昆虫などが生息できる水質環境を確保する必要がある。このような背景から、本研究は、直接水質浄化に視点を置き、特に冬季の植生による水質浄化の基本的特性を明らかにするとともに、「環境保全型ブロック」と位置づけられているポーラスコンクリートに着目し、水質浄化および付着藻類や植生の生育基盤としての機能を評価するものである。さらに、廃棄物の再利用という観点から、石炭灰を苛性ソーダで水熱反応させた人工ゼオライトをポーラスコンクリートへ骨材として混入させて、現地実験、恒温恒湿実験室におけるバッチ試験などから、その水質浄化の基本的特性を明らかにすることを目的とするものである。

2. 実験方法

(1) 植生による下水処理水の吸着実験

植生による浄化能力の評価を行うために、室内実験として、アクリル水路 (0.2×0.3×2.8m、体積 V=168L) での流水循環状態、ガラス水槽 (40×25×28cm、体積 V=28L) での止水状態 (重量比: 1.75~3.75%) における植物の浄化実験を 2004 年 12 月 3 日から 2005 年 1 月 24 日の期間に行った。試料として、岐阜高専内の合併浄化槽処理水 (活性汚泥法) を用いた。対象とする植物は表 - 1 に示す。1 回目、2 回目共に流水循環状態での実験は浄化能力の経時的変化、止水状態の実験は、一定期間 (1 週間) 後の植生の違いによる浄化能力の検討を行った。

表 - 1 実験に使用した植物一覧

植生	1回目		2回目	
	12/3~12/8	12/8~12/13	1/13~1/24	1/24~1/29
ホテイアオイ	○	○	×	○
クレソン(A)	×	○	×	○
クレソン(B)	×	×	○	×
セキショウモ	○	○	×	×
ヨシ	×	○	×	○
クロモ	×	○	×	○
セキショウ	×	×	○	×
スズメノカタビラ	×	×	×	○
タネツケバナ	×	×	×	○

(2) ポーラスコンクリートによる下水処理水の吸着実験

ポーラスコンクリートの浄化能力を把握するために、恒温恒湿実験室において下水処理水の吸着実験を行った。実験に使用したガラス水槽は、幅 38×奥行 23.5×高さ 25cm である。水深はポーラスコンクリートの高さ: 10cm とし、水の容積 V=8.93L である。HRT (水理学的滞留時間) は 6 時間、室温 15℃、湿度 80% にコントロールされている。ポーラスコンクリートの充填率 (体積比) は 10% 程度である。処理水は硝化が行われているために、試料水に塩化アンモニウムを添加したものをを用いた。また、ポーラスコンクリートには微生物の種汚泥として、校内合併浄化槽における活性汚泥内に 3 日間浸して植種した。これらの評価は、全リン(T-P)、全窒素(T-N)、アンモニア性窒素(NH₄-N)、亜硝酸性窒素(NO₂-N)、硝酸性窒素(NO₃-N)、COD_{Cr}、溶存酸素(DO)、浮遊物質(SS)の 8 項目の分析を行うことで行った。全窒素(T-N)、全リン(T-P)は、紫外可視分光光度計 UV mini-1240(島津製)を用い、硝酸性窒素(NO₃-N)、亜硝酸性窒素(NO₂-N)はイオンクロマトグラフィ PIA-1000(島津製)を用い、アンモニア性窒素(NH₄-N)、COD_{Cr} は多項目迅速水質分析計 DR2400(HACH 社製)を用いて水質分析を行った。

3. 結果および考察

(1) 植生による下水処理水の吸着実験

流水循環実験 (1 回目) における水質分析結果(全リン)を図 - 1 に示す。同図より、セキショウモに着目すると、1 日目から全リン濃度が低減しており、初期段階での浄化能力が高いことがわかる。また、ホテイアオイに着目すると、5 日後には 20% 程度のリンを吸着していることが確認される。さらに、窒素の吸着では、セキショウモはリンの浄化能力に比べて浄化能力が低いこと、一般的に水質浄化に用いられているホテイアオイでは、冬季の場合、初期段階の浄化能力が低いことなどが確認されている。

2 回目の流水循環実験では、1 回目と異なる植物を用いた。その結果、大きな浄化能力を見出すことができなかった。その理由としては、①植生の浄化能力不足、②水温低下による植物の活性力不足などの要因が考えられる。

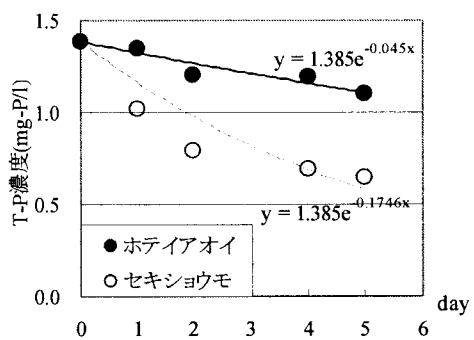


図-1 流水循環実験全リン濃度結果(1回目)

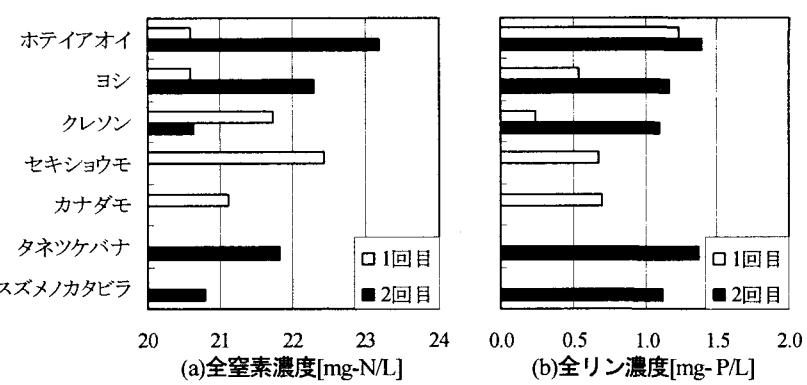


図-2 止水実験結果

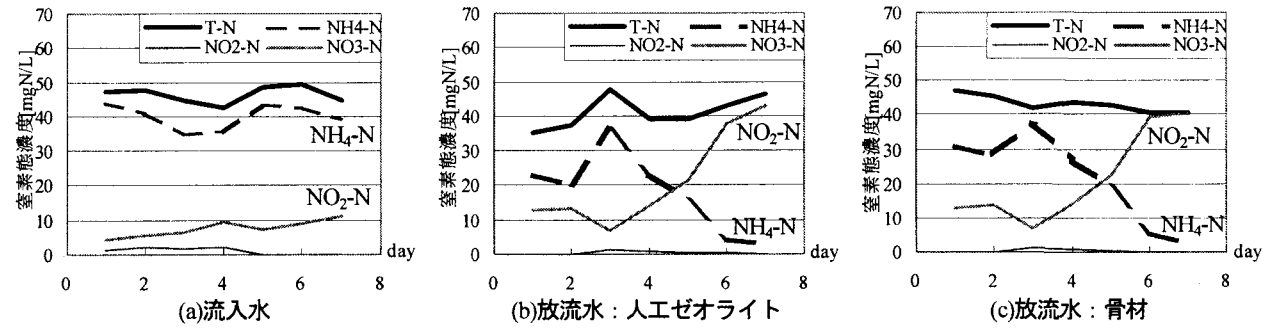


図-3 ポーラスコンクリートによる下水処理水の吸着実験結果

一方、止水実験（1回目）の結果を示したものが図-2である。同図から、全ての植物がリン・窒素を吸収していることがわかる。リンに着目すると、クレソンが最も吸収しており、初期濃度（T-P：1.38mg-P/L、T-N：23.71mg-N/L）が1週間で80%以上低減している。他の植物も50%程度の低減が確認されている。また、止水実験ではホテイアオイのみリンの吸収が少なく、流水循環実験（図-1参照）におけるリン濃度の低減までは確認されていない。浮漂植物であるホテイアオイの根茎が表層部に制限されることなど、接触面の大小なども関与しているものと考えられる。さらに、窒素に着目すると、ホテイアオイ、ヨシの吸収率が高い。これらのことから、リンにはクレソン、窒素にはヨシ、ホテイアオイなどが有効である。2回目の実験でも、全ての植物がリン・窒素を吸収していることが確認された。特に、クレソン・スズメノカタビラの吸収率が大きいことがわかる。冬草であるスズメノカタビラがリンと窒素の両方を吸収していることから、冬季において枯れて浄化能力が期待できないヨシやホテイアオイなどに替わる効果が期待できる。

(2) ポーラスコンクリートによる下水処理水の吸着実験

2005年11月14日より、恒温恒湿実験室におけるバッチ実験を立ち上げ、ルーチン分析を開始している。なお、流入水の平均全窒素濃度は47mgN/L、アンモニア性窒素：40mgN/L、亜硝酸性窒素：0.95mgN/L、硝酸性窒素：7.8mgN/Lである。スタートアップ1週間の分析結果を図-3に示す。同図から、流出水に着目すると、平均全窒素濃度は人工ゼオライトで42mgN/L、骨材で44mgN/Lであることから、徐々に窒素態の吸着が行われていることがわかる。また、アンモニア性窒素と硝酸性窒素が5日目を境に逆転しており、5日目からは安定して硝化反応が進んだことを示唆していると考えられる。なお、亜硝酸性窒素はほぼ検出されていない。さらに全リン濃度の低下に着目すると、5日目あたりから、人工ゼオライトおよび骨材ともに低減していることなどから、植種から1週間程度で硝化が進行して処理が開始するものと考えられる。

4. おわりに

以上述べたように、バッチ試験から植生やポーラスコンクリートの水質浄化の基本的特性について、冬草であるスズメノカタビラが窒素、リンともに浄化能力があること、ポーラスコンクリート化によって微生物を植種すれば、1週間程度で硝化反応が開始されることなどが明らかにされた。今後、バッチ試験の実験を継続するとともに、HRT（水理学的滞留時間）やポーラスコンクリートの充填率などを変化させる予定である。

謝辞：本実験の一部は、本県市上下水道部の受託試験として行ったことを付記する。なお、植生の選定については井納建設(株)橋本 勇氏のご協力を賜った。最後に記して、謝意を表する次第である。