

球状浄化担体を用いた河川浄化法に関する研究

山口大学工学部 ○家中研治, 今井 剛, 浮田正夫, 関根雅彦
大阪工業大学工学部 中西 弘, 宇部高専物質工学科 深川勝之

1. はじめに

下水道の完備していない中小河川やその支流については、一般家庭から排出される生活排水及び事業所等から排出される産業排水の流入などにより下流域での富栄養化が進行している。これは都市化の進展により浸透域が減少し、河川の固有流量の減少を招いていることが一つの原因と考えられている。このような汚濁負荷を削減する抜本的な対策としては、下水道の整備や合併処理浄化槽の普及によるたれ流しの根絶が有効である。しかしながら下水道の整備には多額の費用と長い時間が必要であり、早急に下水道を完備することは望めない。また、合併処理浄化槽の普及についても全国で多くの市町村において補助事業が推し進められているものの、全体的に未だにたれ流し状態であるところが多いのが現状である。

このような背景の下、本研究では、河川の直接浄化を行うための担体として開発された球状浄化担体の河川浄化能に関して、その有効性を検討する。

2. 実験装置及び方法

2.1 球状浄化担体について

本研究で用いた球状浄化担体は、図1に示すように直径3～7mm程度の碎石をセメントペーストで直径7cmの球状に整形したものである。この担体の特徴としては、微生物が付着する表面積を飛躍的に向上させ、さらに内部にも空隙を有するため多様な生態系を形成させることができると期待されることである。

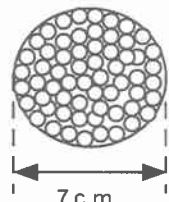


図1 球状浄化担体

2.2 実験方法

2.2.1 現地培養及び基質消費実験

球状浄化担体を実際の河川・湖沼等に設置して約2ヶ月間（9月～10月）培養した。次に、図2に示すように、ビーカーに蒸留水を2ℓ入れ、スキムミルク0.25g（TOC=約30mg/ℓ、T-P=約1.25mg/ℓ、約T-N=5mg/ℓ）を加えて溶解させた後、それぞれの河川から回収してきた浄化担体を中心に設置した。その後、攪拌を続けながらサンプルを設定時間毎に50mlづつ採取し、ろ過した後それぞれについてTOC、T-P、T-N、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_{2,3}\text{-N}$ を測定し、付着微生物の浄化能について検討した。

本実験では攪拌の方法としてエアポンプによる攪拌（エアレーション）とスターラー攪拌を行った。これは前者の好気的な条件と後者のやや嫌気的な条件ではどちらが水質浄化に効果があるかを検討するためである。また、本研究では石灰石製とゼオライト製の2種類の浄化担体を用いたが、前者に比べて後者の方が材質的に空隙率が高いという違いがあり、これが浄化能にどう影響するかについても検討した。

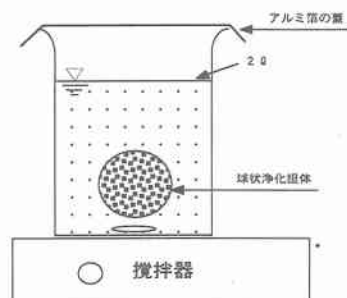


図2 基質消費実験装置図

2.2.2 現地培養浄化担体によるかけ流し実験及びその浄化能の評価実験

図3に示した実験装置の亚克力パイプ4本（1m×4本）を、直列につなぎ変えて、河川で約3ヶ月間培養した浄化担体をインストールし、それに山口県西部の太田川で採水した河川水（TOC=約4.5mg/ℓ、T-N=約2mg/ℓ、T-P=約0.15mg/ℓ）を満たした。流量を約100ml/sに設定し、河川水200ℓをかけ流して、かけ流し前の原水のサンプルと、かけ流し後の1, 2, 4, 6, 9, 14分後についてのサンプリングを行った。それぞれのサンプルをろ過したものと未ろ過のものについて、TOC、T-N、T-P、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_{2,3}\text{-N}$ 等を測定し、それらの除去率について検討した。

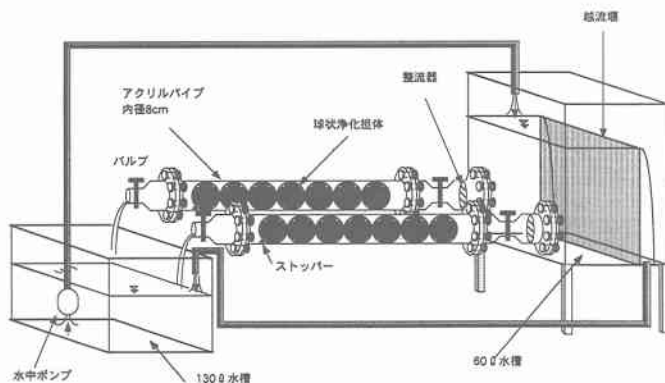


図3 かけ流し実験装置図

3. 実験結果及び考察

3.1 現地培養及び基質消費実験結果と考察

好気的なエアポンプ攪拌の場合、石灰石製とゼオライト製との比較では、TOC、T-P、T-Nの浄化能に差は見られず、良好な除去率を示した。嫌気的なスターラー攪拌の場合は、T-Nについてのみ素材の違いによる浄化能に差が現れた。この傾向は山口

県西部の厚東川で培養した浄化担体の場合と太田川で培養した浄化担体の場合に共通してみられた。そこでこの原因を検討するため、T-Nに含まれる $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_{2,3}\text{-N}$ を測定した。その結果を図5（厚東川における培養分）に示す。図からわかるように、ゼオライト製の方が良好な浄化能を保っているのに対し、石灰石製の方は48時間後を境に上昇している。この理由としては、ゼオライトの持つ2つの性質が関係していると考えられる。1つは石灰石に比べて多孔質なこと、2つ目はアンモニウムイオンとの強いイオン交換性により、 $\text{NH}_4\text{-N}$ を吸着する性質があることである。これらの性質から、浄化担体内の微細な空間に脱窒菌が多く増殖し、そこに吸着された $\text{NH}_4\text{-N}$ を利用して硝化と脱窒が行われたと考えられる。以上の結果からT-Nの除去に関してはゼオライトの方が優れていることが明らかとなった。

また、浄化担体に付着した微生物量は、VSSで比較した結果、好気的条件下で攪拌した方がゼオライト製、石灰石製とも、約2倍も多く付着していることが確認され、顕微鏡で微生物の付着状態を観察すると、好気的条件下で攪拌したときと比べて、明らかに種も多様であった。以上のことから実河川に球状浄化担体を適用する際には、できるだけDOが高い場所に設置した方が、生態系を構成する上でも望ましいと考えられる。

3.2 現地培養浄化担体によるかけ流し実験及びその浄化能の評価実験結果及び考察

図6のTOC、T-N、T-Pの除去率から過、未ろ過のサンプルともに良好な浄化能が得られた。これは、浮遊性の有機物だけでなく溶解性の有機物もよく除去されていたことを示している。また、球状浄化担体をインストールしたパイプ内の水の交換時間は、空塔換算で約2.5分である。図を見るとその付近から浄化担体の効果が現れていることがわかる。このように、短時間で良好な除去率が得られた理由の一つとして、負荷が低い太田川の河川水を使用したことが挙げられるが、実河川に投入することを考えた場合、汚濁の程度の低い水をさらに浄化できるという点では良好な結果が得られたといえる。

しかし、この実験装置の関係上15分までしかサンプリングを行うことができなかったため、15分以降もこの除去率が維持できるかを確認することはできなかった。しかし、図3に示す実験装置を用いた長期間培養実験図7(ここではT-Pについてのみ示す)では、毎日0.5gのスキムミルク(T-Pにして0.025mg/ℓ/day)を加えているにも関わらず、TOC、T-P、T-Nとも上昇することなく低い値を保っていたことから、浄化能は維持されるものと予想される。

4. おわりに

石灰石製及びゼオライト製の浄化担体については、付着微生物量、TOC浄化能、T-P浄化能には、明確な差はみられなかったが、T-Nだけはゼオライトの持つ $\text{NH}_4\text{-N}$ の吸着作用およびその多孔性によって良好な浄化能が得られた。またゼオライトに関しては、この他にも、カドミウムイオン等とのイオン交換性があることも知られており、今後の水質浄化に応用可能な素材であると考えられる。

好気的条件下と嫌気的条件下の違いについては、付着微生物量に差が見られたものの、分析結果を見る限り浄化能に差は見られなかった。また、かけ流し実験については、分析結果から、濁度の程度がそれほど高くなければ、短時間で浮遊性の有機物だけでなく、溶解性の有機物も除去できることがわかった。

実河川に球状浄化担体を適用する際には、段落ちの下流などDOが高い所に設置した方が、生態系を構成する上でも望ましく河川浄化にも効果的であると考えられる。しかし、現時点では強度や設置方法が確立されていないため、実験による河川への適用の可能性の把握が必要だと考えられる。

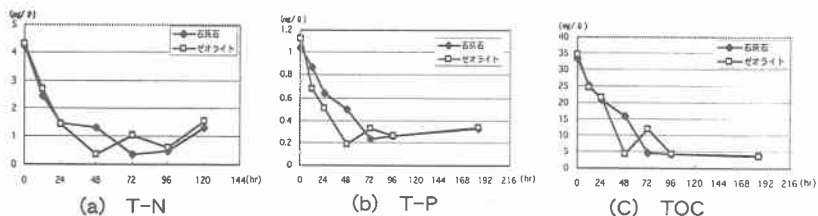


図4 エアポンプ攪拌した場合の厚東川で培養した浄化担体の基質消費実験

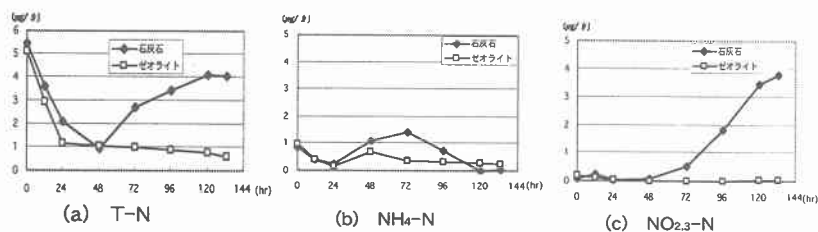


図5 スター型攪拌した場合の厚東川で培養した浄化担体の基質消費実験

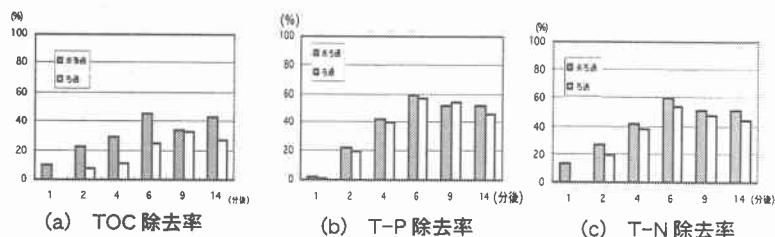


図6 かけ流し実験

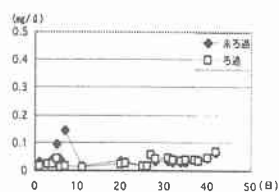


図7 長期間培養実験におけるT-P