

松葉炭による水質浄化機能

田中 明・西村 智恵

佐賀県唐津市松南町152-1 佐賀大学海浜台地生物環境研究センター

Water Purification Ability of Pine-needle Characoal

Akira TANAKA, Chie NISHIMURA

Coastal Bioenvironmet Center, Saga University,
152-1 Shonan-cho, Karatsu, Saga 847-0021, Japan

要 約

堆積松葉の有効利用法の一つとしての松葉炭の水質浄化能力を明らかにするため、備長炭および砂を比較対象として検討、考察した。その結果、松葉炭のCODに対する浄化能力は備長炭と比べて低く、砂と同程度であり、さらに、微生物を付着させることで高いNO₃⁻除去能力を示すことが確認された。

Summary

In this report, the water purification ability of pine-needle characoal as an effective utilization of pine needle was studied. The Binchou-charcoal and sand were used as a comparison object for experiments. As a result, the ability of purification of pine needle characoal to nitrate ion was lower than Binchou-charcoal and was same as sand. The ability was high in the case in which the microorganism(denitrifying bacteria) was made to adhere to the charcoal.

1.はじめに

佐賀県唐津市には日本三大松原の一つである「虹の松原」がある。林内では松葉が長年もの間堆積し、腐植層が発達して一部では広葉樹化しつつある場所もあり、松の生育環境を悪化させていると言われていた。以前は地域住民によって堆積松葉は採取されて燃料に使用されていたが、エネルギー源の変化とともに松葉は処理されることなく堆積するようになった。

40~50年前までは、堆積した松葉は「松葉かき」を行うことによって松原から除去されてきた。この結果、腐植が堆積することなく雑草や広葉樹が進入しなかったばかりでなく、菌根菌である松露の育成環境が良好に保たれてきた。虹の松原は、植林後400年間、クロマツと共生関係にある松露菌とともにクロマツ林は健全に維持されてきた。クロマツ林の生育環境の保護のためには堆積松葉を除去する必要があり、併せて除去した松葉の有効利用も考える必要がある。

現在、虹の松原ではたばこ農家が松葉を採取し、たばこ苗を育てる苗床の醸熟材料として、また堆肥材料として使用している。古くは松葉に含まれる成分を医薬品として利用した例や、松葉酒、松葉煙草、松葉茶などとして利用されてきた(高嶋雄三郎、1975)。また著者ら(真鍋・田中 2005)は屋上緑化の土壌代替材としての松葉の有効利用に関する研究を行っている。本報では堆積松葉の有効利用方法の一つとして松葉を炭化させた松葉炭による水質浄化機能について検討した。

一般的に炭の浄化機能としては、次の(1)濾過機能、(2)吸着機能、(3)微生物による分解機能の三つがある。

- ① ろ過機能：炭の層の間隙よりも大きな物質は炭の層を通過することはできない。従って炭の層への流入端に大きな物質は堆積することになる。物質の堆積は炭の層の透水能力を低下、ひいては水質浄化機能を低下させるので、定期的に堆積物を除去する必要がある。
- ② 吸着機能：炭の表面からの引力により水中の小さな物質が引きつけられ吸着が起こる。木炭の細孔は水中に溶存した物質や極く小さな懸濁物を吸着する。木炭は、0.001～数100 μm の直径を持つ多数の細孔を持ち、それゆえに木炭は大きな細孔容積と表面積を持ち、大きな吸着力の原因となっている。
- ③ 微生物分解機能：汚染水に混じった有機物は好気性微生物に捕捉され、分解されて最終的には H_2O 、 CO_2 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 PO_4^{3-} といった酸素を含む無機物になる。この過程で水中の溶存酸素は消費されるので、好気性微生物を増殖させるには曝気等による酸素の補給が必要である。600度以上で炭化した木炭は、ミネラル分が木材組織から離れやすい状態になっていて、弱アルカリ性を示す。従って、中性からアルカリ性を好む細菌や放線菌は木炭上に繁殖しやすく、生物膜を作る。木炭に吸着した微生物が有機物を分解し出すと木炭上に生物膜が形成され、浄化が進行する。しかし、生物膜が成長し、厚くなりすぎると生物膜内部に生存する微生物の活性は失われ、浄化機能がなくなるとともに、生物膜ははがれやすくなり、懸濁物となって木炭の目詰まり原因となる。これを防ぐためには定期的な木炭の取替えが不可欠となってくる。

ここでは三つの機能を合わせ持つ代表的な備長炭及び濾過機能のみが顕著な砂を比較対象として、松葉炭の浄化能力を調べることにした。また本研究では肥料に起因し地下水の汚染や湖や海の富栄養化の原因となっている硝酸態窒素の除去を主な目的とした。自然界に多く分布する脱窒菌は無酸素条件下で硝酸性窒素の酸素を呼吸源に用いるため、硝酸性窒素が還元され窒素ガスとして大気中に出ていく。本研究ではこの過程を利用することで水質浄化を行うこととした。

1. 実験方法

試料には、①備長炭、②松葉炭、③砂の3つを用いた。備長炭は市販のもので粒径5 mm程度に粉碎した。砂は福岡市西戸崎の飛砂（平均粒径0.5mm）を使用した。松葉の炭は松葉を電気炉で600度にして炭化させた（炭化時間30分）。

これらの試料を高さ50cm内径5 cmの塩化ビニール製カラムに充填し、カラム上方より試水を33ml/minの速度で滴下した。カラム下方からの流出水のCOD、電気伝導度、pH、水温、イオン濃度を測定した。

CODは酸化剤を用いた化学的酸化反応であるのに対して、BODは微生物（分解者）による生物化学反応である。反応内容に関しては、CODは試料水中に含まれる有機物が、過マンガン酸カリウムなどの酸化剤により無機物へと変化する時の酸化剤消費量で表し、BODは試料水中の溶存酸素濃度を測定することにより、微生物が有機物分解の際に使った酸素量を求める。

環境基準においては、河川についてはBODが設定されており、湖沼および海域ではCODが設定されている。河川は流下時間が短く、その短い時間内に河川水中の溶存酸素を消費する生物によって酸化されやすい有機物を問題にすれば良いのに対して、湖沼や海域は滞留時間が長く、有機物の全量を問題にする必要があること、また湖沼には光合成により有機物を生産し、溶存酸素の消費・生成を同時に行なう藻類が大量に繁殖していることから、BODの測定値が不明瞭になることがある。今回、CODはBODに比べて短時間で測定できるため、CODで有機物量を測定することにした。COD測定においては、飯島電子工業株式会社のCOD METER C-331を使用した。また水質測定にはダイオネクス社のイオンクロマトグラフを使用した。

実験1では、水田排水路の水を各カラム中に供給し、供給水と流出水の電気伝導度が同じになった時点で、排水路の水はカラムに十分に満たされたと判断し供給を停止した。この状態で1週間放置した後に、蒸留水を浸透させ、その流出水を測定した。

実験2では、前処理として腐葉土を通過させた水（腐葉土水）を1週間浸透させた。その後、高濃度 NO_3^- 試料水を浸透させる。カラムからの

流出水は再びカラム上端に再供給し、循環させた。適宜、流出水を採水し測定した。

実験3では、前処理として蒸留水を浸透させた後に、高濃度NO₃⁻試料水を浸透させ、実験2と同様に水を循環させた。

2. 結果及び考察

(1) 実験1のCOD値変化の結果を図-1に示す。ここで横軸の回数の一回は一週間に相当する。備長炭の場合は、測定1回目でCOD値が大きく減少したが、松葉炭、砂の場合はあまり減少していなかった。この実験では松葉炭のCODに対する浄化能力は砂と同程度であった。

砂の場合、有機物や微生物が濾過されて少なくなったためにCODが減少したと思われる。また備長炭、特に松葉炭の場合は粒子が大きいために砂ほどには濾過機能はないので、微生物の作用によって有機物が分解され、浄化されたと思われる。

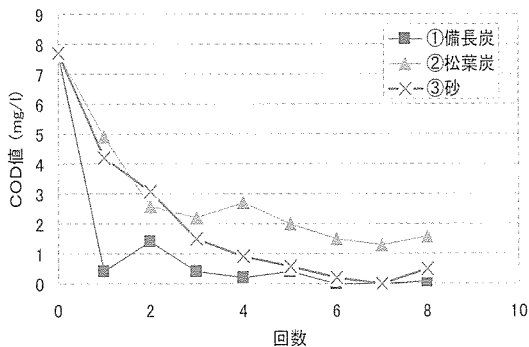


図-1 水田排水を浸透させたときのCOD変化

(2) 実験2と3における腐葉土水前処理の際のCOD変化を図-2に、蒸留水前処理の際のCOD変化を図-3に示す。ここで回数の一回は3日に相当する。腐葉土水通水時には備長炭、松葉炭、砂すべてにおいてCOD値が増加している。特に松葉炭の場合、腐葉土水を通水するとCODが大きく増加している。また、備長炭の場合において有機物を多く含む腐葉土水を通水させたにもかかわらずCODが松葉炭ほど増加しないのは、実験1から推測されるように備長炭のCODに対する高い除去能力と大いに関係があると思われる。

これらの前処理の後に高濃度NO₃⁻試料水を浸透させ、その流出水中のCOD変化については、腐葉土水処理後のものは図-4に、蒸留水処理後

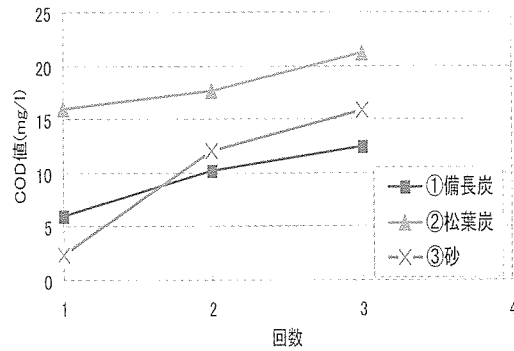


図-2 腐葉土からの排水を浸透させたときのCOD変化

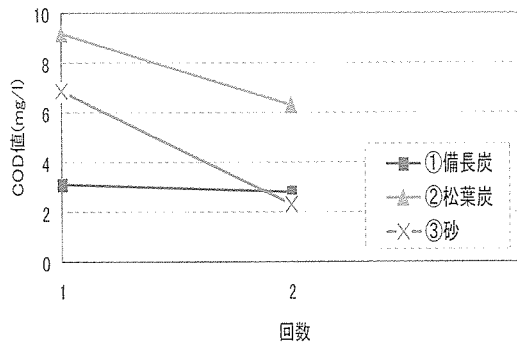


図-3 蒸留水を浸透させたときのCOD変化

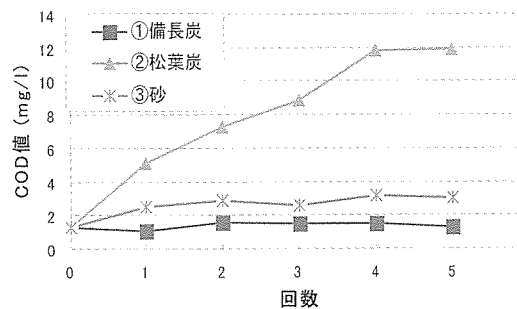


図-4 高濃度硝酸イオン水を浸透させたときのCOD変化 (前処理：腐葉土水)

のものは図-5に示す。

図-6, 7, 8には前処理後に硝酸イオン濃度が高い水を供給した場合の流出水の硝酸イオン濃度の変化を示す。

備長炭の場合、排水中のCODは蒸留水を流した場合に比べて腐葉土水を流した場合の方がやや多く推移しているが、大きな差はない。しかし排水中の硝酸イオンは大きく減少している。腐葉土水を流した場合の方が蒸留水を流した場合に比べて、やや大きく減少している。このことから、腐葉土水を流した効果ばかりでなく、吸着機能が作用したと思われる。

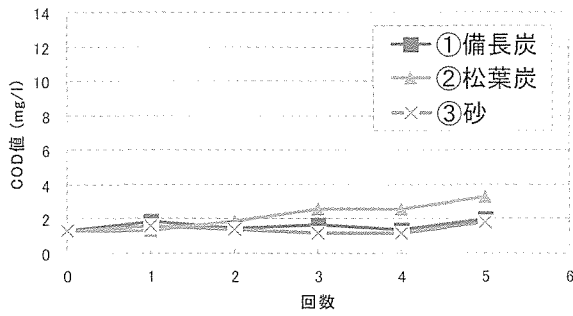


図-5 高濃度硝酸イオン水を浸透させたときのCOD変化 (前処理: 蒸留水)

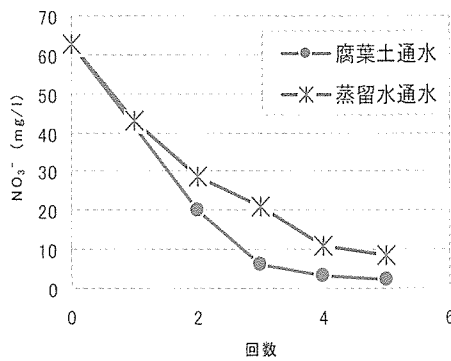


図-6 高濃度硝酸イオン水を浸透させたときの硝酸イオンの変化 (備長炭の場合)

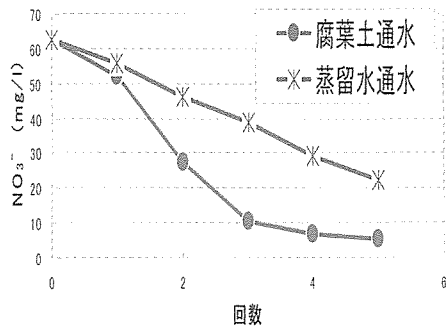


図-7 高濃度硝酸イオン水を浸透させたときの硝酸イオンの変化 (松葉炭の場合)

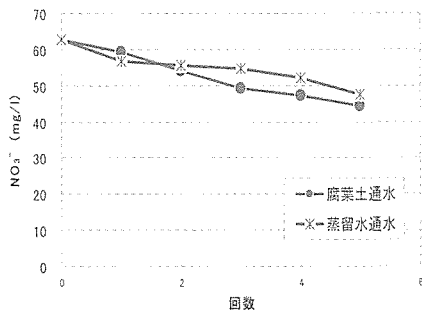


図-8 高濃度硝酸イオン水を浸透させたときの硝酸イオンの変化 (砂の場合)

これに対して、松葉炭は前処理に腐葉土水を使用したものが、蒸留水で前処理をしたものに比べて NO_3^- 濃度が大きく減少している。すなわち吸着機能よりも微生物による浄化能力の方が大きいように思われる。

砂の場合は、腐葉土水を流しても蒸留水を流しても浄化能力にはあまり差がみられなかった。また濾過作用のみによる硝酸イオンの浄化能力はあまり大きくないようであった。

すなわち、炭の場合は腐葉土水処理すると微生物が増えた結果、CODは増加する。この結果、 NO_3^- の除去能力が高まるために NO_3^- 濃度の減少割合が大きくなる。一方、砂の場合はCODはあまり増加せず、濾過機能による浄化機能のみが顕著であった。

3. あとがき

①松葉炭は腐葉土水で前処理することによって微生物の分解作用により、蒸留水で処理をした備長炭に比べて、高い NO_3^- 除去能力を発揮することができる。

②腐葉土水浸透処理後のCOD値に関しては、備長炭、松葉炭、砂のどの充填材の時も増加していたが、松葉炭の場合が特に大きく増加している。COD値が増加する理由については、微生物増加の影響が関係すると思われるが、より詳細な実験が必要と思われる。

③砂はろ過機能のみを持つため、前処理に関係なく NO_3^- 除去能力には差がほとんどなかった。

④松葉炭を実際に湖などで使用する場合には、流速や停滞時間を変えて実験することで、 NO_3^- 浄化に有効な期間など更なる実験が必要である。

松葉炭は備長炭に比べ浄化機能は劣るものの、微生物を付着させることにより、十分に浄化能力を発揮できると考えられる。また松葉炭はもろく、粉状に容易に粉砕できる。このような特徴を活かした利用方法について検討中である。

参考文献

1. 高嶋雄三郎、1975：もの与人間の文化史・松、法政大学出版局
2. 真鍋将一、田中 明、2005：松葉の有効利用による屋上緑化に関する研究、Coastal Bioenvironment, 4, 53-59.