

## 海岸林整備に伴う廃棄物の有効利用 (Ⅱ)

— 松葉炭による水質浄化に関する研究 —

田中 明<sup>1</sup>・西村 智恵<sup>2</sup>

## Effective utilization of waste with the improvement of coastal forest(Ⅱ)

— Water Purification using Pine Needle Charcoal —

Akira Tanaka<sup>1</sup> and Chie Nishimura<sup>2</sup>

**Abstract:** In this study, the water purification ability of the charcoal made by the pine needle was studied. In the farmland of North West in Saga Prefecture, the ground water pollution by the fertilizer becomes serious. Therefore In this study, especially, the removal ability of the nitrogen was examined. The following results were obtained. (1) The relationship between an amount of elution substance and carbonization temperature was examined. The elution amount of the potassium ion increased and magnesium ion decreased as the carbonization temperature was higher. (2) The removal ability of potassium ion by the pine needle charcoal was lower than Biccho-charcoal and was same as sand. However, the ability became high when the pine needle charcoal was made to adhere the microorganism (denitrifying bacteria) (3) The effect of the carbonization temperature on the removal ability was examined. In this experiment, the carbonization temperature was 300, 600 and 900 degree. The specific area of the pine needle charcoal made at the 900 carbonization temperature degree was the largest and the removal ability was highest.

## 1 はじめに

炭は濾過機能, 吸着機能及び微生物分解機能などによって水質を浄化する機能を有している。本研究ではこの機能に着目し海岸林に堆積している松葉の有効利用法の一つとして、松葉を炭化させた松葉炭を用いることによる水質浄化機能について検討した。

また虹の松原に隣接する佐賀県北西部の上場台地は大規模な畑作地帯であり、近年、窒素肥料による地下水汚染が深刻となっている。すでに飲料水としての使用限度を越している井戸水もある(田中, 2002; 郡山・田中 2002)。過剰な施肥による窒素、リンは湖や海の富栄養化の原因ともなっている。一度汚染された井戸水や湧水を以前のように、飲用に適するように処理するには莫大な経費を要する。

そこで本研究では特に高濃度の硝酸イオンを松葉炭を用いて軽減させることを主な目的として基礎的な研究を行った。

## 2 水質浄化に関する実験

## 2.1 炭化温度による溶出物質の違い

炭化温度を変えて作成した松葉炭(写真1)を水に入れた場合の溶出イオンの濃度を調べた。

## 2.1.1 実験方法

炭化温度別に10種類の松葉炭を作成し、ポリ容器に松葉炭を10gずつ入れ、さらに蒸留水を200mlを加えて密閉し振とう機にかける。72時間後、および168時間後に採水し、溶出イオンの濃度をイオンクロマトによって測定した。

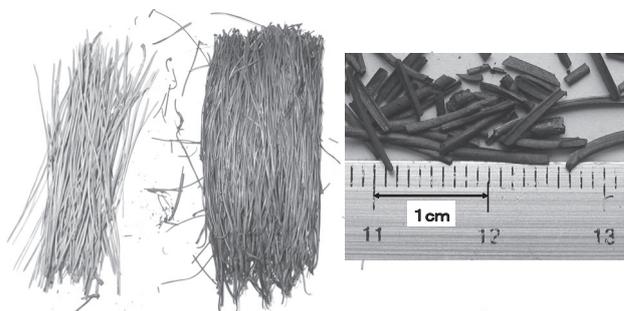


写真1 松葉と松葉炭

## 2.1.2 結果および考察

図1に炭化温度と溶出イオンの濃度の関係を示す。振とう時間による溶出イオン濃度の違いは見られなかった。炭化温度に関わらず松葉炭から一番多く溶

<sup>1</sup> 佐賀大学海浜台地生物環境研究センター Coastal Bioenvironmet Center, Saga University, 152-1 Shonan-cho, Karatsu, Saga 847-0021, Japan

<sup>2</sup> アンリツ産機システム株式会社開発本部設計品質保証部 Design Quality Assurance Dept. Development Div. ANRITSU INDUSTRIAL SOLUTIONS CO.,Ltd. 5-1-1 Onna Atsugi Kanagawa 243-8555, Japan

出したのは K イオンであり、炭化温度が高くなると溶出量が顕著に増加した。Na イオンや Ca イオンは炭化温度が高くなると溶出量が多くなる傾向がある。図 2 に K イオンと Mg イオンの変化を示す。

炭化温度が高くなると Mg イオン濃度が低くなることがわかる。両イオンの相対的な濃度を調べることによって逆に松葉炭の炭化温度を推定することができると思われる。松葉炭からの NO<sub>3</sub> イオンの溶出

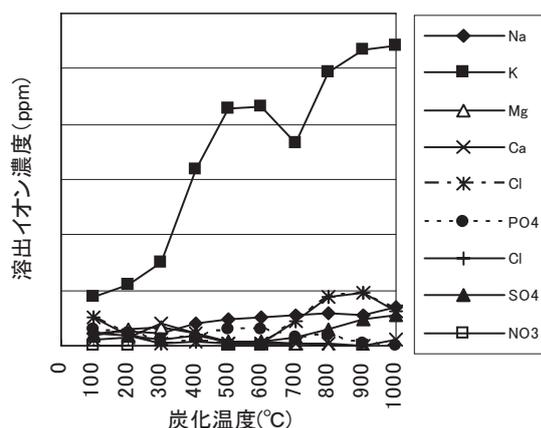


図 1 炭化温度と溶出イオン濃度  
(振とう時間 1 6 8 時間)

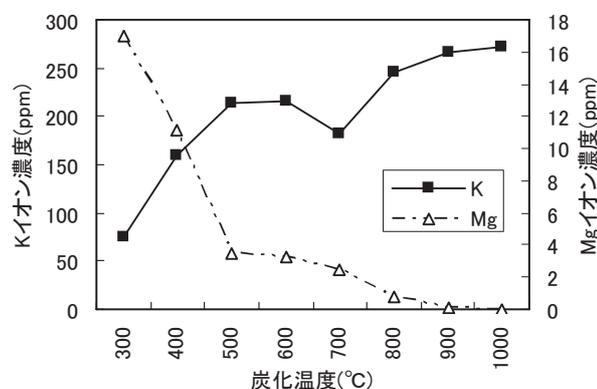


図 2 炭化温度と K, Mg イオン濃度

量は少ない。本研究では特に NO<sub>3</sub> イオンの除去を目的としているので、松葉炭からの NO<sub>3</sub> イオンの溶出量が多ければ、浄化能力を正確に評価できないことになるが、以下の実験結果において NO<sub>3</sub> イオンの溶出量は無視できることがわかった。

また、松葉炭を土壤改良材として利用する場合、特に炭化温度を高めて K イオンの溶出を増加させることはカリ肥料の供給にもなる。また松葉炭を土壤に混入した場合、炭化温度が高い松葉炭を土壤に混

入すると土壤の pH 値は高くなり、酸性土壤をアルカリ土壤に改良することができ、また作物の生育の改善にもつながることが確かめられている (西村, 2008)。

## 2.2 土壤による NO<sub>3</sub> イオンの除去効果の違い

備長炭、松葉炭及び砂による高濃度の NO<sub>3</sub> イオンが含まれている地下水の浄化能力について比較実験を行った。

### 2.2.1 実験方法

試料には、①備長炭で粒径 5mm 程度に粉砕したもの、②松葉を 30 分間 600 度にして炭化させ 1cm の長さ程度に粉砕したもの、③福岡市西戸崎の飛砂(平均粒径 0.5mm) の 3 つを用いた。

これらの試料を高さ 50cm 内径 5cm の塩化ビニール製カラムに充填し、前処理としてカラム上方より試水を 33ml/min の速度で滴下し、排水を再び上方より供給し循環させた。下方からの流出水を適宜採水し電気伝導度、pH、イオン濃度を測定した。

また供給する試水として 2 種類の水を使用した。

一つは蒸留水であり、もう一つは佐賀県脊振山地で採取した腐葉土を通過させた水(腐葉土水)である。前処理としてこれらの水を 1 週間浸透させた。ここで腐葉土水を使用した理由は、土壤微生物による分解機能の役割に期待したからである (田中・西村, 2005)。

厳密には微生物の種類や微生物量を明確にするべきであり、また山地の土壤よりも水田土壤の微生物が脱窒効果が大いと思われるが、本研究では定性的な傾向を知ることを目的とした。

前処理後に、高濃度の NO<sub>3</sub> イオン濃度の試水を前処理の場合と同じ速度で浸透させ、流出水を再びカラム上端から循環供給させた。適宜、流出水を採水し測定した。ここで高濃度 NO<sub>3</sub> 試水として、実際に畑作地帯の汚染された井戸水を使用した。

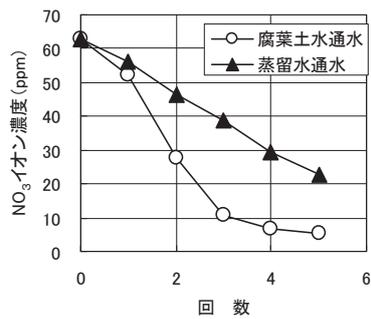
### 2.2.2 結果及び考察

実験結果を図 3 に示す。ここで回数の 1 回は 1 週間を示す。備長炭が前処理の有無に関わらず、高い NO<sub>3</sub> イオン除去能力を示している。もっともこの場合も腐葉土水を処理した場合がやや高い。

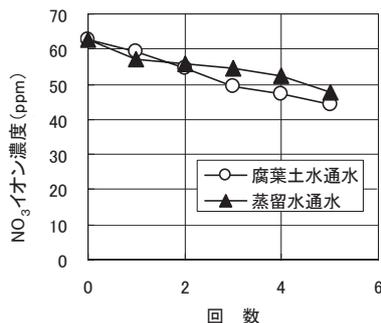
これに対して、松葉炭は前処理に腐葉土水を使用したものが、蒸留水で前処理をしたものに比べて NO<sub>3</sub> 濃度が大きく減少している。この原因として微生物が炭の細孔部に進入し、嫌気性状態におかれたために脱窒素作用により NO<sub>3</sub> 濃度が減少したと考えられる。

松葉炭の微生物による分解能力を付加させなくとも、吸着機能のみでも、松葉炭の NO<sub>3</sub> イオンの除去能力が高いことが確かめられている (宮村ら, 2008)。

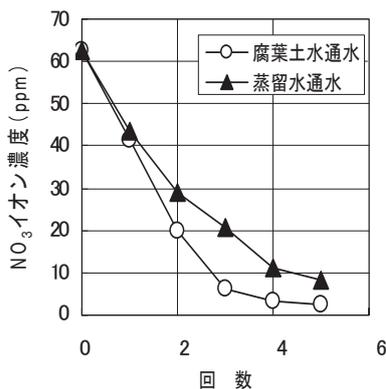
松葉炭、備長炭、いずれの場合も、吸着機能に加えて微生物による浄化機能が発揮されたような傾向が見られる。



(a) 松葉炭の場合



(b) 砂の場合



(c) 備長炭の場合

図3 土壌による NO<sub>3</sub> イオン除去実験

砂はろ過機能は持つが細孔が存在しないため、微生物分解機能や吸着機能は少ないと思われる。そのため NO<sub>3</sub> イオン濃度の減少割合は小さかった。

肥料成分のリンに関しては松葉炭はあまり浄化できないとの研究成果もある (原口ら, 2007)。

## 2.3 炭化温度による NO<sub>3</sub> イオン除去効果の違い

炭化温度を 300, 600, 900°C にした場合の浄化能力を比較した。

### 2.3.1 実験方法

各炭化温度で作成した松葉炭を 100°C で 30 分以上煮沸し滅菌を行う。滅菌後には乾燥機を使用し、十分に乾燥させる。

1ℓ ポリ容器に蒸留水：腐葉土=1:1, 蒸留水：水田土壌=1:1 の割合で混ぜて、24 時間振とう機にかける。その後ろ過したろ液を腐葉土水、水田水とする。

ポリ容器に滅菌した炭を 5g 入れ、処理水(腐葉土水、水田水、蒸留水)を 20ml と高濃度 NO<sub>3</sub> 試料水を 200ml を加える。

ポリ容器の蓋をしっかりと閉め、振とう機にかけ、適宜採水を行い NO<sub>3</sub> イオン濃度を測定する

### 2.3.2 結果及び考察

実験結果を図-4 に示す。実験は 2 回行った。ここで凡例の数字は炭化温度 (°C) を、「山」は前処理に山地の腐葉土水を、「田」は水田水を使用したこと、「滅」は滅菌処理をしたことを意味する。

1 回目の実験では試水の NO<sub>3</sub> イオン濃度は 26ppm, 2 回目は 40ppm と異なったので、試水の濃度に対する比で表した。両実験とも、900°C 松葉炭においてはどの処理水の場合でも NO<sub>3</sub> イオン濃度は大きく減少した。

900°C 松葉炭は炭化温度が高いため、表面積が大きく (宮村ほか, 2008), 吸着能力が高い。微生物による分解作用も起こったはずであるが、滅菌した場合でも NO<sub>3</sub> イオン濃度が減少したことから、900°C 松葉炭の浄化能力としては吸着作用の方が大きく作用したと考えられる。

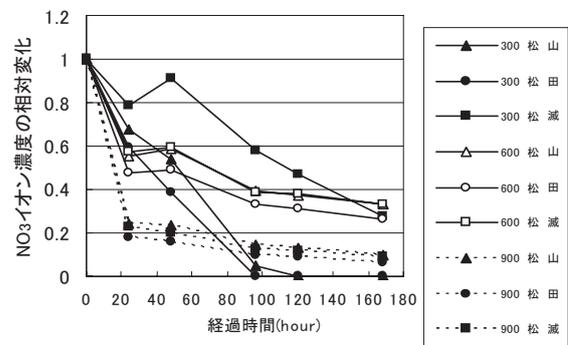


図4 炭化温度と NO<sub>3</sub> 除去効果  
(2 回目の実験結果)

また、1 回目の実験では、20 時間後位までは 600°C 松葉炭が 300°C 松葉炭に比べて NO<sub>3</sub> 減少速度が大きかったが、96 時間後では 300°C 松葉炭の腐葉土水処理と水田水処理の場合が NO<sub>3</sub> イオン濃度が大きく減少した。

2 回目の実験でも同様に、168 時間後には 300°C 松葉炭の腐葉土水処理および水田水処理の場合が、900°C 松葉炭より NO<sub>3</sub> イオン濃度が減少していた。

300°C および 600°C 松葉炭の場合、腐葉土水処理や水田水処理の場合と比較して、滅菌処理のみの場合は NO<sub>3</sub> イオン濃度減少が遅い。従って吸着作用より微生物分解作用が大きいのといえる。

経過時間が長くなった場合、300℃松葉炭のNO<sub>3</sub>イオンの除去能力が600℃松葉炭と比べて高くなる理由については、次のような理由が考えられるが、詳細については今後の検討課題である。松葉炭の炭化温度が400℃では比表面積は0.9m<sup>2</sup>/gであるが、600、900℃では170,184m<sup>2</sup>/gであり（宮村ほか、2008）、吸着機能は300℃炭が小さいので、微生物分解機能の違いの影響と思われる。300℃松葉炭のCOD値が非常に高く（西村、2008）、炭化温度が500℃以下の炭では、組織の中に未分解の有機物が現存している場合があることを示し、このために微生物が増殖したことも考えられる。

松葉炭の粉碎程度と量が除去能力に与える影響について調べた結果（西村、2008）、5mm程度の長さの松葉炭と粉末状の松葉炭では、炭の大きさはほとんど影響を与えなかった。しかし炭の分量が多いほど浄化能力は高かった。

#### 2.4 イチゴ高設栽培装置からの排水のNO<sub>3</sub>イオン除去試験

松葉炭による窒素除去の実用性を確かめるために、イチゴ高設栽培装置からの排水中のNO<sub>3</sub>イオン除去実験を行った。

##### 2.4.1 実験方法

内径5cm、長さ90cmの塩化ビニル製カラムに粉碎した松葉炭を一本当たり290グラムを詰め、ここで松葉炭は電気炉で600℃、30分加熱し作成し、粒径5mm程度に粉碎したものである。カラム2本を接続したものをイチゴ高設栽培槽下に設置し、灌水時に下方から出る排水をカラムに通し、流出水を3分毎に採水しNO<sub>3</sub>イオン濃度を測定した。

##### 2.4.2 結果および考察

図5に結果を示す。測定回数0のときの濃度は、排水直後のNO<sub>3</sub>イオン濃度である。除去装置を使用した場合には、NO<sub>3</sub>イオン濃度が大きく減少している。実験で使用した松葉炭は前処理を行っていないため、吸着機能のみによってNO<sub>3</sub>イオン濃度は減少したと考えられる。

微生物による分解作用によってNO<sub>3</sub>イオン濃度はさらに減少すると考えられる。

### 3 まとめ

本研究によって松葉炭を用いて水質浄化を行う場合の基礎的知見を得ることができた。NO<sub>3</sub>イオンの除去能力を砂、備長炭と比較した結果、松葉炭の高い浄化能力が確かめられた。松葉炭はもろく粉状に容易に粉碎でき、しかも軽量であるので、この特徴を活かした利用も考えられる。脱窒細菌を付着させた水質浄化材の開発も可能性がある。

現在、もみ殻からもみ殻燻炭を作る場合のように簡単に松葉炭を作成する方法についての課題が残されている。

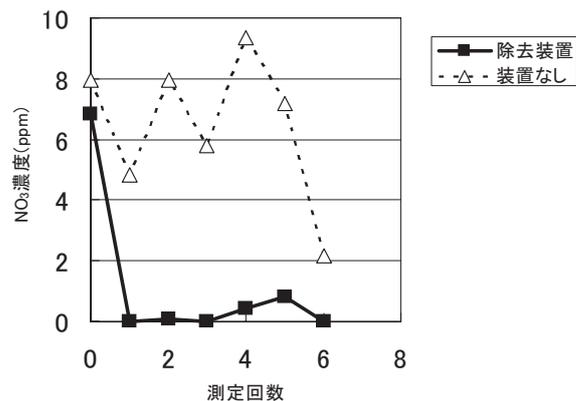


図5 イチゴ高設栽培槽からの排水の浄化実験

#### 引用文献

- [1] 原口智和, 加藤 治, 田中 明 (2007): 廃材炭化物利用によるクリーク流入負荷の削減に関する基礎的研究, 農業土木学会論文集, 249, PP.75-81
- [2] 郡山益実, 田中 明 (2002): 上場台地と背振山地における地下水の硝酸イオンについて, 佐賀大学農学部彙報, 87, PP.133-139
- [3] 宮村美保, 原口智和, 加藤 治, 田中 明 (2008): 松葉およびホテイアオイの炭化物を用いたクリーク水の浄化 佐賀大学農学部彙報, 93, PP.133-139
- [4] 西村智恵 (2008): 松葉炭の有効利用に関する研究 佐賀大学農学研究科修士論文
- [5] 田中 明 (2002): 佐賀県東松浦半島における地下水の水質について, 佐賀大学海浜台地生物生産研究センター報告・海と台地, 14, PP.43-48
- [6] 田中 明, 西村智恵 (2005): 松葉炭による水質浄化機能, Coastal Bioenvironment, 6, PP.43-46

[受付 平成21年3月5日, 受理 平成21年6月15日]