

生物竹炭による水質浄化に関する研究*

福地 哲郎^{*1}・山内 博利^{*1}・高橋 克嘉^{*1}・小玉 義和^{*1}・神力はるな^{*2}

Study on Purification of Waste Water by Bio-Bamboo-Charcoal

Tetsuro FUKUCHI, Hirotochi YAMAUCHI, Katsuyoshi TAKAHASHI, Yoshikazu KODAMA
and Haruna KOURIKI

竹炭と竹炭に微生物を付着させた生物竹炭による模擬排水（界面活性剤等の有機物および無機塩の混合溶液）の浄化処理試験を行った。竹炭は市販品を用い、微生物は下水処理場から採取した活性汚泥を馴化培養したもの（以下、活性汚泥）を実験に供した。浄化処理試験の結果、窒素成分は竹炭のみでは殆ど除去されなかったが、活性汚泥を加えることで除去された。また、有機態炭素（以下、TOC）は、竹炭のみでは殆ど除去されなかったが、活性汚泥中の微生物により除去され、竹炭と活性汚泥の両方を用いることで除去性能がさらに向上した。活性汚泥とともに使用した竹炭を回収した。この竹炭による浄化作用は、竹炭のみよりも向上しており、竹炭 + 活性汚泥とほぼ同等であり、浄化性能の回復がみられた。

キーワード：竹炭、微生物、排水処理、吸着

1 はじめに

本研究では竹炭を利用した経済的で効果的な排水処理技術の確立を目指した。竹炭に微生物を付着させ、生物竹炭¹⁾にすることで、竹炭の吸着による汚染物質の除去機能だけでなく、微生物による分解作用を複合化させる。このことによって、排水処理の能力が上がるだけでなく、竹炭の吸着能が飽和した場合でも、付着している微生物によって吸着している物質が分解されることで木炭の吸着能が回復する。すなわち、生物竹炭の開発が効率的で経済的な排水処理技術の開発につながると期待される。

昨年度の研究²⁾では、排水中の汚染物質である陰イオン界面活性剤の直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム（以下、LAS）と化学的酸素要求量（以下、COD）について、竹炭の炭化温度別の浄化性能を調べた。また、竹炭に微生物を付着させて生物竹炭にすることで、複合浄化作用があらわれることが確認された。本年度は窒素成

分の浄化性能について検討を行った。窒素成分は排水の汚染成分で主要なものの一つである。その浄化性能は、実際の排水処理に対する生物竹炭の有用性についての判断の参考になる。

2 実験方法

2 - 1 実験用竹炭の選定

県内産の市販竹炭で5mm角程度に大きさにそろえられた破碎炭を用いた。炭化温度の異なる2種類を用意した。これらについてアンモニウムイオン（以下、 NH_4^+ ）の吸着等温線の測定を行い、吸着性能が高かった炭化温度500の竹炭を実験に供した。本実験に使用した竹炭の物性を表1に示す。

表1 実験用竹炭の物性

		竹炭の炭化温度	
		500	700
比表面積	[m^2/g]	10以下	290
細孔容積	[cm^3/g]	0.01以下	0.17
NH_4^+ 吸着量*	[$\mu\text{g}/\text{g}$]	12.9	7.6

*吸着等温線より求めた、1.0mg/Lの NH_4Cl 水溶液に対する吸着量

* 県産資源の活用と環境浄化技術に関する研究（第2報）

* 1 資源環境部

* 2 元客員研究員 現宮崎医科大学 微生物学講座

2 - 2 竹炭に付着させる微生物の培養

付着させる微生物は昨年度と同様に下水処理場の活性汚泥槽より採取した活性汚泥中の微生物を使用した。これを25 ℓにおいて、模擬排水（1 L中に、LAS 1 mg、ペプトン 120mg、酵母エキス 80mg、尿素 20mg、NaCl 6 mg、KH₂PO₄ 20mg、KCl 2.8mg、CaCl₂ 2.8mg、MgSO₄ 2 mg）を培地として馴化培養を行った。

2 - 3 浄化処理試験

模擬排水と竹炭は予め120 ℓ、20分で高圧蒸気滅菌を行った。バッフル付きフラスコに処理する排水として前述の模擬排水100mLを入れ、竹炭 1 g、活性汚泥培養液 2 mL（以下、活性汚泥）もしくはその両方を入れた。これを25 ℓで48時間振とうを行った。

また、実験終了後、竹炭と活性汚泥を入れた試料から竹炭（生物竹炭）を回収し、活性汚泥を添加せずに、この竹炭のみを用いた排水処理実験を行った。

2 - 4 浄化処理液の分析

浄化処理液から竹炭を取り除くためにNo.5Bのろ紙でろ過と0.45μmのメンブレンフィルターでのろ過（イオンクロマトグラフとTOCのみ）を行った。ろ液についてJIS K0102に規定されている方法での全窒素の分析、衛生試験法³⁾に規定されている方法での尿素的分析、イオンクロマトグラフによるNH₄⁺、硝酸イオン（以下、NO₃⁻）、亜硝酸イオン（以下、NO₂⁻）の分析、TOC測定装置によるTOCの分析を行った。また、回収した生物竹炭の試験では、衛生試験法³⁾に規定されている方法でのLASの分析も行った。

3 結果及び考察

3 - 1 竹炭と活性汚泥による浄化試験

竹炭と活性汚泥による模擬排水浄化性能を検討した。その結果を表2に示す。

模擬排水が浄化される過程は汚染物質の竹炭への吸着と活性汚泥中の微生物による分解の2種類が想定される。全窒素の場合、竹炭のみでは変化がほとんどなく、活性汚泥のみと竹炭+活性汚泥では減少した。このことから、窒素成分はほとんど竹炭へ吸着せず、窒素成分の除去は活性汚泥中

表2 竹炭と活性汚泥による模擬排水浄化試験

	初期値	48時間後		
		竹炭のみ	竹炭+活性汚泥	活性汚泥のみ
全窒素 [mgN/L]	50.2	51.0	42.0	36.5
NH ₄ ⁺ [mg/L]	4.5	4.6	15.8	16.8
尿素 [mg/L]	15.1	14.8	11.3	11.3
NO ₂ ⁻ [mg/L]	0.1以下	0.1以下	1.2	0.6
NO ₃ ⁻ [mg/L]	0.1以下	0.1以下	0.1	0.1以下
TOC [mgC/L]	123.9	161.5	18.2	25.3

の微生物の脱窒がおもな過程であると考えられる。NH₄⁺は竹炭のみでは変化がほとんどなかったが、活性汚泥のみと竹炭+活性汚泥では全窒素の場合とは逆に増加した。このことから、活性汚泥中の微生物による脱窒の中間生成物としてNH₄⁺が残存していると考えられる。尿素も全窒素と同様に竹炭のみでは変化がほとんどなく、活性汚泥のみと竹炭+活性汚泥では減少した。NH₄⁺と尿素的初期濃度が2 - 2と異なるのは滅菌時に尿素の一部がNH₄⁺に分解しているためであると考えられる。NO₂⁻は活性汚泥のみと竹炭+活性汚泥とで増加がみられ、NO₃⁻は殆ど変化がみられなかった。この増加量はNH₄⁺に比べて小さく、NO₂⁻及びNO₃⁻が生成しているもののそれらが効率的に除去されているためであると考えられる。また、TOCの場合、竹炭のみでは増加が起こっているが、これは竹炭中の有機成分が水中に溶出したためであると考えられる。活性汚泥のみと竹炭+活性汚泥では大きく減少しており、竹炭+活性汚泥が活性汚泥のみよりも減少が大きい。すなわち、生物竹炭にすることで浄化能力が単純な足し合わせとならない複合効果が現れていた。窒素成分の結果と考え合わせると、活性汚泥中の微生物による分解で吸着除去が効率化されると考えられる。

3 - 2 回収した生物竹炭による浄化試験

回収した生物竹炭による模擬排水浄化性能を検討した。その結果を表3に示す。

竹炭のみと竹炭+活性汚泥は比較のために行った。3 - 1で、NO₂⁻とNO₃⁻は微量であったため、分析を行わなかった。

回収した生物竹炭による結果では、全窒素、尿素、TOC、LASの結果において、竹炭のみより

も浄化能力が高くなっており、回収した竹炭に活性汚泥中の微生物が付着していることが示唆された。また、竹炭+活性汚泥と比べても全窒素の除去性能が高くなっており、付着した微生物が増殖して分解による除去効率がよくなっていると推定される。

表3 回収した生物竹炭による模擬排水浄化試験

	初期値	48時間後		
		回収した生物竹炭	竹炭のみ	竹炭+活性汚泥
全窒素 [mgN/L]	50.2	37.0	51.0	42.0
NH ₄ ⁺ [mg/L]	4.5	21.1	4.6	15.8
尿素 [mg/L]	15.1	11.3	14.8	11.3
TOC [mgC/L]	123.9	22.0	161.5	18.2
LAS [mg/L]	1.40	0.08	0.24	0.05

4 まとめ

模擬排水について、竹炭、竹炭+活性汚泥及び生物竹炭による処理効果を窒素成分等の除去性能で検討した結果、以下のことが明らかになった。

- (1) NH₄⁺などの窒素成分除去性能は、竹炭には殆どなく、活性汚泥中の微生物によって浄化される。
- (2) TOC除去性能は、竹炭には殆どなく、活性汚泥中の微生物によって浄化されるが、竹炭と

活性汚泥中の微生物の両方が存在することで除去性能が高くなる。

- (3) 回収した生物竹炭による浄化作用は、竹炭のみよりも向上しており、竹炭+活性汚泥とほぼ同等であった。このことから、竹炭の吸着能力が再生していること、すなわち活性汚泥中の微生物が付着していることで汚染物質が分解していることが示唆された。

いずれにしても、竹炭よりも生物竹炭の処理効果が高いことを確認した。

昨年度の研究で、生物竹炭の複合効果により、竹炭よりも生物竹炭のLAS、CODの処理効果が大きくなることが分かったが、今回得られた窒素成分の結果でも生物竹炭の複合効果が現れることが示された。特に、生物竹炭において浄化能力の再生が起こっていることは、排水処理の経済性の点で重要である。

5 参考文献

- 1) 堀 克敏 .ケミカル・エンジニアリング .1998 , 685-689
- 2) 福地哲郎、山内博利、高橋克嘉、小玉義和 . 宮崎県工業技術センター研究報告 . 1999 , 11 .
- 3) 衛生試験法・注解 . 金原出版 .1995 ,994 .他