

## バイオチャーを用いた水試料および下水処理水からの有害物質の吸着除去

岩手大学 学生会員 ○LE THI UOC 王健齊 下田渉  
岩手大学 非会員 笹本誠 正会員 石川奈緒 伊藤歩

## 1. 背景

下水処理水や汚泥の濃縮・脱水分離液は栄養塩類を含み、農業用水や肥料源として利用できる。しかしながら、処理水や分離液に残留する抗菌性物質や重金属類は生態系に悪影響を及ぼす可能性や作物に吸収される可能性が考えられる。日本で排出される産業廃棄物の内、農業・林業系の排出量は2番目に多く、削減の取り組みが必要である。農業廃棄物を炭化して、下水処理に適用することは環境に優しいリサイクル方法であり、廃棄物削減にも貢献できる。

以上の背景から、農業廃棄物を原料としたバイオチャーによる水試料中と下水処理水に残留する重金属類及び抗菌性物質の吸着除去の可能性を検討した。

## 2. 実験方法

### 2.1 水試料中の抗菌性物質の吸着実験

吸着実験はレボフロキサシン(LEV)、オキシテトラサイクリン(OTC)、テトラサイクリン(TC)、シプロキサシン(CIP)、クラリスロマイシン(CLM)、アジスロマイシン(AZM)、スルファメトキサゾール(SMX)、スルファピリジン(SPD)、エリスロマイシン(ERY)の9種の混合試料で行った。抗菌性物質濃度が1 g/Lの標準液をそれぞれ100 µg/Lになるように超純水で希釈・混合し、NaOH溶液とH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>溶液で初期pHを7に調整した。吸着剤として市販の水処理用ヤシ殻活性炭（ユーイーエス株式会社、KD-GW-A、比表面積：1330 m<sup>2</sup>/g）あるいはドリアンの皮から作成したバイオチャー（炭化温度：800℃、時間：30分、比表面積：1.51 m<sup>2</sup>/g）をその濃度が0.05 g/Lと0.5 g/Lとなるように添加し、振とう機(TAITEC RECIPRO SHAKER NR-1)を用いて25℃で振とう(120 rpm)した。

経時的に試料の採取とpHの調整を行い、試料をろ過(ADVANTEC、GF-75、孔径：0.3 µm)し、水とメタノールの体積比が1:1となるように測定試料を作成した。抗菌性物質を高速液体クロマトグラフタンデム質量分析装置(LC-MS/MS; LC: Waters, Acquity, MS/MS: Waters, XevoTQD)で分析した。

### 2.2 水試料中の重金属類の吸着実験

吸着実験はAs, Ni, Cu, Cd, Pb, Cr, Mnの7種の混合試料で行った。重金属濃度が1 g/Lの標準液をそ

れぞれ100 µg/Lになるように超純水で希釈し、初期pHを7にNaOH溶液とH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>溶液で調整後、吸着剤として前述の活性炭あるいはバイオチャーをその濃度が1 g/Lとなるように添加し、25℃で攪拌した。経時的に採水してろ過(ADVANTEC、孔径：0.45 µm)した後、そのろ液を酸で加熱分解処理し、測定用試料を作成した。重金属類をICP-MS (Thermo Fisher, iCAP-Qc)で分析した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 水試料中の抗菌性物質の吸着実験

図-1に左側から順番に吸着剤無添加、活性炭添加(0.05 g/L)、バイオチャー添加(0.05 g/L、0.5 g/L)での抗菌性物質濃度の経時変化を示す。また、表1に示す吸着量は抗菌性物質の初期濃度から平衡濃度を差し引き、それを吸着剤濃度で除して求めた。

吸着剤添加無しの場合では、SPDの濃度はほとんど変化せず、その他の抗菌性物質では多少の濃度変動がみられた。

活性炭添加の場合ではSMXとSPDの濃度は実験開始直後に急激に低下した。ERY、AZMおよびCLMの濃度はわずかに減少し、他の抗菌性物質と比較すると、吸着量は低かった(表1)。その他の抗菌性物質の濃度は徐々に低下し、平衡の状態に達するまで時間を要した。

バイオチャーの添加濃度を0.05 g/Lとした場合では、SPDとSMXの濃度はほとんど変化せず、バイオチャーへの吸着はみられなかった。CIPとAZMの濃度は急激に低下し、5日目以降は変化しなかった。活性炭と比較すると、TCとOTCの濃度変化は同じ傾向を示したが、SPDとSMXの吸着量は活性炭の方が高かった。一方、AZMとERYの吸着量はバイオチャーの方が高かった。

バイオチャーの添加濃度を0.5 g/Lとした場合では、ほとんどの抗菌性物質の濃度は減少し、0.05 g/Lのバイオチャー濃度ではほとんど減少しなかったSPDとSMXも減少し、バイオチャーの添加濃度を高めることで吸着できる可能性があることが示された。

### 3.2 水試料中の重金属類の吸着実験

図-2に左側から順番に吸着剤無添加、活性炭添加(1 g/L)、バイオチャー添加(1 g/L)での濃度の経時

キーワード: バイオチャー、下水処理水、有効利用、重金属類、抗菌性物質

連絡先: 岩手大学 岩手県盛岡市上田4-3-5 TEL: 019-621-6982

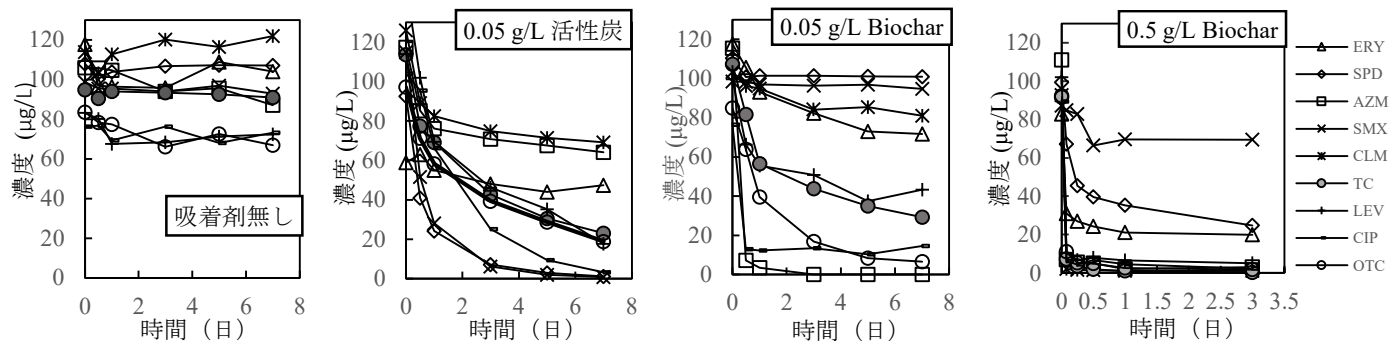


図 1 吸着剤無添加、活性炭添加、バイオチャー添加 (0.05 g/L、0.5 g/L)での抗菌性物質濃度の経時変化

表 1 異なる吸着剤による各抗菌性物質の吸着量

吸着剤	吸着量 (mg/g)								
	LEV	OTC	TC	CIP	CLM	AZM	SMX	SPD	ERY
0.05 g/L 活性炭	2.62	1.57	1.81	2.02	1.14	1.07	2.28	1.83	0.228
0.05 g/L Bio	1.00	1.57	1.29	1.07	0.445	3.17	0.0755	0.154	0.915
0.5 g/L Bio	0.194	0.180	0.184	0.174	0.183	0.216	0.0353	0.149	0.126

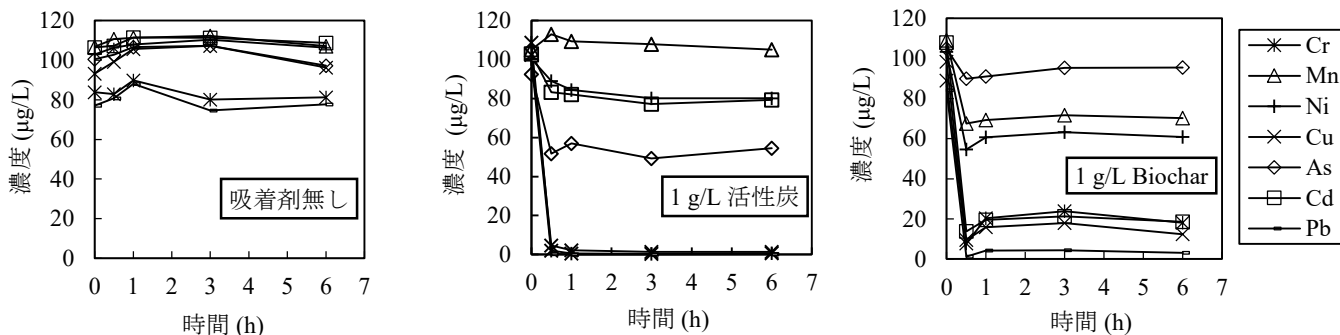


図 2 吸着剤無添加、活性炭添加、バイオチャー添加での重金属類濃度の経時変化

表 2 異なる吸着剤による重金属類の吸着量

吸着剤	吸着量 (µg/g)						
	Ni	Mn	Cr	Cu	Cd	Pb	As
1 g/L 活性炭	20.2	0.0139	108	101	23.7	99.5	37.8
1 g/L Biochar	42.4	38.9	70.9	86.0	89.3	81.0	9.36

変化を示す。吸着剤無添加の場合、すべての重金属で多少の濃度変動がみられたが、大きくは変化しなかった。

活性炭添加の場合では Mn の濃度はほとんど変化せず、活性炭への吸着はみられなかった。Cu, Cr, Pb の濃度は 30 分で約 0.5 µg/L に低下した。

バイオチャー添加の場合ではほとんどの重金属類の濃度は実験開始 30 分で急激に低下した。その後は濃度がほとんど変化しなかった。Mn, Ni, Cd の濃度低下の度合いは活性炭よりもバイオチャーの方が大きい。一方、As, Cu, Cr, Pb の吸着量はバイオチャーよりも活性炭の方が高かった (表 2)。

#### 4. まとめ

水試料でバイオチャーによる抗菌性物質と重金属類の除去効果が見られた。AZM と ERY の吸着除去は活性炭よりもバイオチャーの方が適していた。Mn, Ni, Cd の吸着除去は活性炭よりもバイオチャーの方が好ましいことが分かった。今後は実際の下水処理水を用いた実験を行う。

謝辞：本研究の一部は JSPS 二国間交流事業 (JPJSBP120219202) の補助を受けて実施した。ここに謝意を表す。