

II - 103

生物活性炭処理に於ける細菌の増殖特性と生物分解に関する研究

東北学院大学大学院 学生員 ○伏見 聡
 東北学院大学工学部 学生員 那須 剛
 東北学院大学工学部 学生員 松宮 秀泰
 東北学院大学工学部 正会員 遠藤 銀朗

1. 序論

近年、内湾や湖沼、ダムなどの閉鎖性水域において富栄養化が深刻な問題となっており、それに付随して環境水の異臭や、発癌性が指摘されているトリハロメタンなどの塩素処理副生成物の存在が問題となっている。原因としては、主に環境水に溶存している有機物が挙げられ、それらの除去方法の1つとして生物活性炭処理が注目されている。生物活性炭処理は、活性炭による吸着作用と微生物による有機物の分解の相互作用によって高い効率で有機物を除去するといわれている。しかし、生物活性炭による有機物除去機構や担体に付着した微生物の増殖特性等については、詳しく知られていないのが現状である。

本研究は、有機物濃度の異なる3種類の培地と3種類の活性炭および従属栄養細菌の *Pseudomonas ovalis* を用いたパッチ実験により活性炭に付着した細菌の増殖特性と有機物除去特性について実験的検討を加えた。

2. 実験材料

1) 人工汚濁水：高濃度汚濁水としては、ペプトン培地（pepton $5.0\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ 、Yeast extract $2.5\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ 、glucose $1.0\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ 、 K_2HPO_4 $1.6\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ 、 KH_2PO_4 $0.2\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ 、 NaCl $0.1\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ pH7.0）をオートクレーブ滅菌したものを使用した。中・低濃度汚濁水としては、低濃度ペプトン培地（pepton $5.55\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ 、Yeast extract $2.70\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ 、glucose $1.11\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ 、 K_2HPO_4 $1.07\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ 、 KH_2PO_4 $0.22\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ 、 NH_4HCO_3 $4.89\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ 、 NaCl $0.1\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ pH7.0）をそれぞれTOC濃度が20mg/l、80mg/lとなるように希釈した後、オートクレーブ滅菌したものを使用した。

2) 供試細菌：生物活性炭表面から分離、同定されている従属栄養細菌のうち優先種の *Pseudomonas ovalis* を用いた。

3) 供試担体：粒状活性炭3種類（石炭系活性炭のカルゴン粒状活性炭 Filtrasorb-400（東洋カルゴン社製、以下F-400活性炭）とクレハ球状活性炭 BAC-MP（呉羽化学工業社製、以下クレハ活性炭）およびヤシガラ系活性炭 ヤシコールMC（太平化学工業社製、以下ヤシガラ活性炭））を0.71~1.00mmの粒径に調整後、純水で十分洗浄し、105℃で乾燥したものを用いた。

3. 実験方法

上記のペプトン培地を用いて吸着実験を行い、Freundlich式によって各種担体の物理化学的吸着特性を調べた。有機物濃度は、TOC濃度（mg/l）で評価した。次に、300mlの三角フラスコに上記の人工汚濁水150mlと、あらかじめ実験に用いる人工汚濁水で吸着平衡状態に調製した担体5gを加えた活性炭添加系と、人工汚濁水のみ担体無添加系を作成し、これらに前培養を行なった細菌を 10^6Cells/ml となるように接種し、20℃、100rpmで回分振とう培養を行った。この培養過程における細菌の増殖特性、担体との付着親和性、有機物除去特性について調べた。有機物濃度の測定は増殖微生物を含むサンプルを8000rpmで5分間、遠心分離を行い、細菌を沈澱分離させた上澄み液のTOCをTOCアナライザー（島津TOC-5000）によって測定した。浮遊増殖した細菌数の測定はアクリジンオレンジ染色直接検鏡法により行い、付着性細菌については担体約0.1gを無菌的に採取し、0.18%のNaCl溶液1mlで2回洗浄後、同濃度のNaCl溶液2mlを加え、40Wの強度で3分間超音波処理を行い、剥離後菌数の測定を同様にアクリジンオレンジ染色直接検鏡法によって行った。剥離後の担体は105℃で乾燥後、重量を測定し、乾燥活性炭単位重量あたりの付着細菌数を求めた。

4.実験結果

吸着実験の結果、人工汚濁水中の有機物吸着能力はF-400活性炭が最も優れており、ついでヤシガラ活性炭、クレハ活性炭の順になった。実験開始120時間後の細菌数を表-1に示した。この結果から、活性炭無添加の浮遊細菌数は有機物濃度の低下に伴い減少するが、各種活性炭添加系の浮遊細菌数は、それほど減少が見られず、その結果TOC 20mg/lにおける活性炭添加系の浮遊細菌数は、活性炭無添加系の浮遊細菌数の約100倍の値を示すことが解った。また、全ての有機物濃度において付着性細菌数はF-400活性炭>ヤシガラ活性炭>クレハ活性炭の順になった。この結果は担体の有機物吸着特性と同様であり、これらの結果より付着細菌数の多い要因の一つとして、担体の有機物吸着能力が大きいことが考えられる。次に、有機物除去特性については高濃度有機物存在下では活性炭添加の有無による差があまり見られなかった。しかし、有機物濃度の低下に伴い、吸着能力の優れているF-400活性炭添加系において吸着していた有機物の脱離によると見られる溶存有機物濃度の増大が見られ除去率はマイナスとなった。他の活性炭添加系においては、それほど大きい除去率の差は見られなかったが、TOC 20mg/lにおいてはクレハ活性炭添加系を除いて見かけ上、有機物はのほとんど除去されなかった。これは、一旦活性炭に吸着した有機物が付着微生物によって分解されるなどして、溶液中に脱離することが原因と考えられる。

表-1 実験開始120時間後の各種活性炭添加系における細菌数

TOC(mg/l)	浮遊細菌数 (Cell/ml)				付着細菌数 (Cell/g)		
	活性炭無添加	F-400活性炭	ヤシガラ活性炭	クレハ活性炭	F-400活性炭	ヤシガラ活性炭	クレハ活性炭
4000	2.90×10^9	3.20×10^9	3.80×10^9	3.40×10^9	1.40×10^9	5.30×10^8	2.30×10^8
80	8.85×10^7	3.61×10^8	2.05×10^8	1.97×10^8	1.49×10^8	1.07×10^8	4.44×10^7
20	1.65×10^6	1.82×10^8	1.39×10^8	1.23×10^8	6.85×10^7	4.72×10^7	3.62×10^7

表-2 実験開始120時間後の各種活性炭添加系における有機物除去率 (%)

TOC(mg/l)	活性炭無添加	F-400活性炭	ヤシガラ活性炭	クレハ活性炭
4000	24.0%	28.3%	28.3%	27.1%
80	41.8%	8.48%	31.5%	33.8%
20	0.830%	-76.0%	-4.36%	10.9%

5.結論

- 1) 用いた人工汚濁水中の有機物を吸着する能力は、3種類の活性炭の中ではF-400活性炭が最も優れており、ついで ヤシガラ活性炭、クレハ活性炭の順となり、活性炭の種類によって異なることが知られた。
- 2) 全ての系において付着細菌数はF-400活性炭が最も多く、ついでヤシガラ活性炭、クレハ活性炭の順になり、微生物の付着性には担体の基質吸着能力が関与していると考えられる。
- 3) F-400活性炭は有機物吸着能力が大きい、低濃度溶液中では有機物を脱離しやすい性質を持つことが知られた。
- 4) 生物活性炭に付着した微生物による有機物の分解とそれにとまう吸着有機物の脱離促進現象が見られ、これが低濃度汚濁水処理の有機物除去率に影響することが考えられる。