

II-358

活性炭処理における細菌の挙動に関する研究

函館工業高等専門学校土木工学科 正員 芦立 徳厚
北海道開発コンサルタント(株) 中納 公博
りんかい建設(株) 三好 俊治

1 はじめに

水処理・高度処理に多用されている活性炭の表面は吸着された有機物を利用する微生物（主として細菌）にとって理想的な環境と考えられる。増殖した細菌は有機物の分解を促進するという利点と飲料水水質になんらかの悪影響を与えるのではないかと不安を併せ持っている。

本研究は活性炭そのものの細菌吸着能力、活性炭ろ過層における細菌の増殖と損失水頭・ろ過水中の細菌数との関係等について検討したものである。

2 実験方法

用いた実験装置Aを図-1に示した。これに函館市水道水を原水として通水した。ろ過水および原水の水温、pH、電気伝導度、残留塩素、紫外部吸光度、有機栄養細菌（R2A法）をそれぞれ測定した。同時にろ層の損失水頭とろ過流量を測定した。開始13日後に逆洗実験、通水実験終了後細菌添加実験をおこなった。

次いで、活性汚泥法による下水処理水を貯水タンクに入れ、循環ポンプで活性炭の入ったガラス製カラムに通水した（実験装置B）。原水、ろ過水について、ふん便性大腸菌（mFC法）、ふん便性連鎖球菌（mE A法）、有機栄養細菌（R2A法）の測定を行った。実験に用いた活性炭は粒状球形活性炭（クレハビーズ活性炭 BAC-MP）で、平均粒径は $0.50 \pm 0.05\text{mm}$ である。

3 実験結果と考察

装置Aに水道水を通水した時の経時変化を図-2に示した。通水した函館市水はその集水区域に殆ど汚染源を持たない原水を急速ろ過して給水しているもので有機物濃度のきわめて低いものである。ただ、学校内の水道管の鉄サビがろ過層に流入している可能性がある。図からも明らかなように時間の経過とともに損失水頭の増大とろ過速度の低下が観測されている。

（なお、前半5, 10, 13日目にろ過速度の調整を行っている。）損失水頭の増大とろ過水中の有機栄養細菌の増大が符合しており、活性炭ろ過層内での細菌の増殖を物語っている。ろ層深と損失水頭の関係を経過日数毎にまとめたのが図-3である。いずれの結果も深さ方向に序々に損失水頭が増加しており、SSを除く単層ろ過の表層目詰まりとは全く様相を異にしている。前半13日目に逆洗を行いその後ろ層深毎の損失水頭を測定したところ通水開始時の損失水頭プロフィールに復帰した。

以上の結果から、ろ層内では細菌は活性炭の表層に強固な生物膜を形成せず、活性炭表面に点在するか、活性炭相互の空隙に浮遊物と共存している可能性が強い。実験装置Bに活性汚泥処理水（未消毒）を循環通水した結果を図-4に示した。ふん便性大腸菌（FC）、ふん便性連鎖球菌（FS）とも初期にわずかな吸着がみられるだけで、3時間後にはもとより72時間後に至るまで活性炭による吸着は殆どみられなかった。その後144時間経過してろ過水中のFC、FSは $1/\text{ml}$ 以下となった。

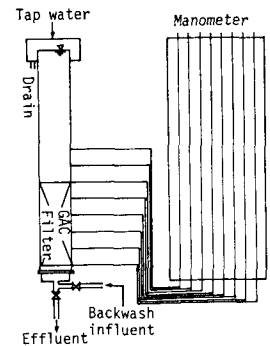


図-1 実験装置

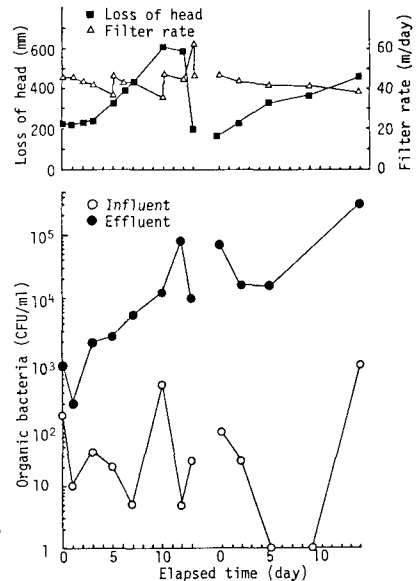


図-2 損失水頭、ろ過速度、ろ過水の有機栄養細菌の経時変化

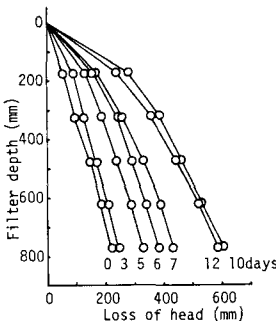


図-3 ろ層深と損失水頭の関係

この結果は活性炭そのものに細菌（グラム陰性、陽性にかかわらず）を吸着する能力はないこと、活性炭表面や活性炭間に原水中の有機物や活性炭に吸着された有機物を利用する細菌が附着増殖してくるとそれに外来性の細菌が吸着されることを物語っている。外来性の細菌の挙動は病原菌の動向を考える上でもきわめて重要なので、水道水の通水を一応終えた実験装置Aに外来性の細菌を添加して、活性炭ろ過層の応答をしらべた。まず、未消毒の活性汚泥処理下水 100ml (FC 6.1×10^4 、FS 1.4×10^5 含有) を添加したところ、添加直後から数日後にわたってFC、FSともろ過水中に全く検出されなかった。すなわち、FC、FSの全てが活性炭ろ過層に抑留されたわけである。次いで、1週間後分流式の流入下水 1 L (FC 3.0×10^7 、FS 1.9×10^7 含有) を 5% NaCl 溶液 1 L とともに添加した。ろ過水すべてを採取し経時的にFC、FS、電気伝導度を測定した。結果を図-5に示した。流入下水とNaCl溶液の水塊はろ過水の電気伝導度の結果から70-80分で流出している。ろ過水中のFC、FSの検出数も電気伝導度の推移と類似したものであった。図は添加したFC、FSの総数と20-30分間に流出したろ過水中のそれぞれの総細菌数から通過率を求めたものである。これを累計すると全通過率はFC 9.7%、FS 15%となり大部分の細菌はろ層内に抑留されたことになる。

これら一連の実験から活性炭ろ過層内に有機栄養細菌を増殖させておく病原菌をはじめ外来性の細菌がかなりの高率で除去されることが予想される。活性炭処理を必要とするような浄水場では前塩素を併用する例が多く大量の腸内細菌や病原菌が活性炭工程まで到達することは希なことと考えられる。しかしTHM対策の一環として全塩素添加量の削減や全廃が実施されると、これら細菌の処理工程への流入は避けられない。その場合、活性炭ろ過層が対病原菌障壁の一つになりうることを実験結果は示している。問題はろ層内に抑留された病原菌の消長である。緩速ろ過の生物ろ膜のように取り込んだ病原菌を死滅させる働きを有機栄養細菌の増殖した活性炭ろ過層が持っているかあるいは病原菌繁殖の温床となるかはさらに長期の実験が必要である。

水道水をろ過した実験に戻って、別な視点で見なければならぬ実験結果に原水中の有機栄養細菌が少ないにもかかわらずろ過水中のそれが日を追うごとに増大していく現象がある。前述したように水道水中のきわめて低濃度の有機物を利用して活性炭ろ層中に有機栄養細菌が増殖するためと考えられるが、 10^5 /mlを超える細菌レベルに問題は無いであろうか。W. W. Haroldら¹⁾は有機栄養細菌の増殖した活性炭ろ過層からの流出水についてStandard plate法による細菌数とEndotoxin活性を同時に測定し両者に正の相関があることを見いだしている。有機栄養細菌の検出法が異なる点を勘案して本研究と比較してみると、 10^5 /mlを超える細菌レベルはHaroldらの実験では高い方の値に属している。この様に、大部分は無害と考えられる有機栄養細菌もその菌数レベルが上昇するとEndotoxinの産生や日和見感染をおこす細菌の混入のおそれが生ずる。特に、後段に消毒プロセスを持たない蛇口取り付けの浄水器などに活性炭を用いる場合、蛇口までは安全だった水道水が危険な水に変わる可能性は大きい。

4 おわりに

活性炭処理における各種細菌の挙動についてある程度まで明らかにしたと考えるが、不明の点も多い。さらに長期間の観測や活性炭ろ過層の内部に立ち入った研究が必要で今後の課題としたい。

〈参考文献〉1) W. W. Harold et al: Pyrogenic Activity of Carbon-filtered Waters, EPA-600/1-79-009, 1979

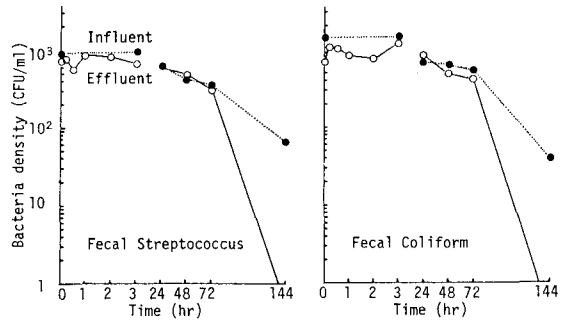


図-4 活性炭ろ過層による細菌の吸着 (1)

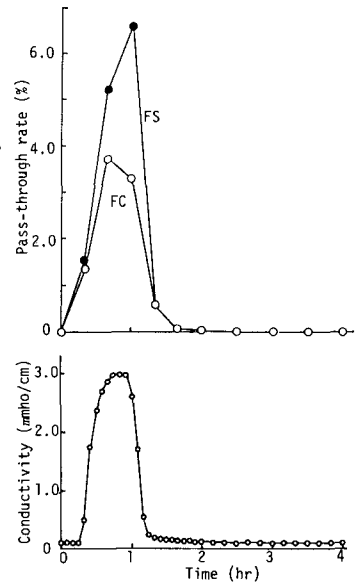


図-5 活性炭ろ過層による細菌の吸着 (2)