

II-548

活性炭を核にした自己造粒形成機構と浄化能の高度化に関する研究

近山憲幸(日立化成テクノプラント)、金 周永(東北大学工学部)
○稲森悠平(国立環境研究所)、須藤隆一(東北大学工学部)

1.はじめに

湖沼等の閉鎖性水域における富栄養化は依然として進行していることから、これらの水域を上水源として利用している地域では異臭味等の様々な問題が生じてきている。そのため、これらの水域の水質改善を推進する上での水処理技術の開発と実用化が積極的になされるようになってきた。従来の浄水処理施設における処理プロセスは、凝集沈殿、急速ろ過、塩素消毒等であったが、最近ではこれらの処理法で対応できないカビ臭、微量有機化学物質等に対し、生物処理、オゾン処理、活性炭処理等の高度浄水処理技術が導入されるようになってきた。中でも微生物の生分解作用と活性炭の物理化学的吸着を組み合わせた生物活性炭処理法の研究において、活性炭を核として微生物が自己造粒を形成することにより汚濁物質の除去能が向上するという成果を得てきた。しかし、その自己造粒機構の解明はなされていなかった。

本研究では上記の点を鑑み生物活性炭処理法の効率化を可能ならしめる高度処理法としての位置づけを明確にするために、活性炭を核として起こる自己造粒の形成機構と有用微生物の定着化機構を明らかにする上での実験的検討を行った。

2.実験方法および条件

1) 供試活性炭および供試微生物：供試担体としては石炭系のクレハ活性炭を用い粒径を0.74~1.0mmに揃え、ミリポア水で洗浄し105℃で乾燥後、デシケーター内で放冷したものを用いた。なお、供試微生物として細菌は醗酵研究所、東大応微研から分譲された細菌3種類(*Pseudomonas ovalis*、*Micrococcus luteus*、*Bacillus subtilis*)と輪虫類 *Philodina erythrophthalma*(P)、繊毛虫類 *Vorticella campanulla*(V)、鞭毛虫類 *Monas guttula*(M)の3種の微小動物を用いて実験を行った。2) 実験装置：流動床反応器は容積0.9Lのガラス製カラムを用い、全系滅菌し無菌的に実験を行った。流入水量はタイマー接続の電磁弁、水位センサー、計量シリンダーを用いて設定した。これらの装置は20℃の恒温室に設置した。3) 細菌の前培養の培地：ミリポア水1L中にペプトン 5g, Yeast extract 2.5g, glucose 1g, K_2HPO_4 1.5g, KH_2PO_4 0.2g, NaCl 0.1gを調整したペプトン培地を用いた。4) 回分培養の実験条件：吸着平衡に達した活性炭から培地を除き、ペプトン培地を $DOC\ 100mg \cdot l^{-1}$ となるようにした培地を加え、これに3種の細菌+P、3種の細菌+P+V、3種の細菌+P+M、3種の細菌+P+V+Mの系とそれぞれに活性炭を添加した系の条件で行った。5) 連続培養実験条件：HRT2.0hr、膨張率3倍に設定し、活性炭のみ、3種の細菌のみ、3種の細菌+P、活性炭+3種の細菌、活性炭+3種の細菌+P、活性炭+3種の細菌+V、活性炭+3種の細菌+Mの系を設置してペプトン培地 $DOC\ 100mg \cdot l^{-1}$ を無菌的に流入させる条件で行った。6) 測定項目：DOC、付着性・浮遊性・凝集性の細菌数および微小動物の個体数の測定を行った。

3.結果および考察

3-1回分培養における活性炭への基質の吸着能と微生物の定着能および分解能

活性炭とペプトン培地の吸着は約72時間で吸着平衡に達し、それをFreundlich式で解析したところ、 $1 \cdot n^{-1}$ が2以上であったことから本培地は難吸着性物質であることが分かった。また、活性炭炭層における生物膜形成についてみると、実験開始一週間後、*P. erythrophthalma*の存在する系では活性炭の表面に生物膜が形成され*P. erythrophthalma*の付着増殖する自己造粒化が認められたことから、*P. erythrophthalma*の代謝産物すなわちバイオポリマー様物質が、生物膜形成に関与しているのではないかと考えられた。なお

他の系では生物膜形成が十分に観察されなかったことから、特定の微生物の生息が生物膜を促進する上で重要な位置づけにあることが分かった。さらに各種条件下における基質除去能についてみると、細菌と微小動物の共存系におけるDOC除去率は、活性炭添加系で90～93%、活性炭無添加系で76～82%、細菌のみの系におけるDOC除去率は、活性炭添加系で89%で、活性炭無添加系で35%であり、活性炭と微小動物の共在は自己造粒化と基質除去能を高める上で大きな効果を有することが明らかとなった。

3-2連続培養における活性炭を核にした細菌、微小動物による自己造粒化機構と基質除去

自己造粒化によって浄化能力が増加することについては、回分培養および湖沼水を用いたベンチスケール実験から明らかとなっている。そこで、自己造粒形成機構を明確にするために生物活性炭流動床法で出現頻度の高かった3種の微小動物を用いて自己造粒化との関係について検討したが、活性炭+細菌+Pの系では3日後に、活性炭+細菌の系では10日後に自己造粒の形成が認められた。このことは、これらの3種の細菌の存在下で自己造粒が形成されるが、*P. erythrophthalma*が存在することによってさらに自己造粒化が促進されることが明らかとなった。これより細菌の代謝産物すなわちバイオポリマーだけでも生物膜を形成するが、生物膜の増加速度を早めるためには*P. erythrophthalma*の代謝産物が重要であると考えられ、回分培養の結果と一致した。また、DOC除去率は活性炭+細菌+Pの系が83%と最も高く、ついで活性炭+細菌+V、活性炭+細菌+M、活性炭+細菌、活性炭のみ、細菌+P、細菌のみの順となった。処理水のDOC濃度は実験開始後急激に減少したが、2日目から緩やかに増加し始め、除去率の最も悪い細菌のみの系と最も高い活性炭+細菌+Pの系において12日目までは除去率の差が顕著であった。一方、付着細菌数は活性炭+細菌+Pの系が $10^5 \text{N} \cdot \text{gAC}^{-1}$ となり他の系より一桁多く出現し、凝集性細菌は $10^7 \sim$

$10^8 \text{N} \cdot \text{ml}^{-1}$ であり、浮遊性細菌の10～100倍多いことがわかった。このことから自己造粒が起こることによって細菌が定着しやすくなること、特定な細菌を定着させることによって、様々な汚濁因子の除去に適應できる可能性のあることが示唆された。また、自己造粒が形成された時点での微小動物数は活性炭+細菌+Mの系で最も多く、ついで活性炭+細菌+Vの系、活性炭+細菌+Pの系の順となった。なお、*P. erythrophthalma*の個体数が少ないのは比増殖速度が遅いことに由来するが、大量に定着せずとも自己造粒化が起こったことから微小動物層については量よりも、質が重要であることが明らかとなった。

4. まとめ

1) 回分培養実験系では、実験開始一週間後*P. erythrophthalma*の存在する系では活性炭の表面に生物膜が形成され*P. erythrophthalma*の付着増殖が認められたが、連続培養実験系では3種の細菌の存在下で自己造粒が形成されるものの*P. erythrophthalma*が存在することによってさらに生物膜の増加すなわち自己造粒化の促進が認められ回分培養の結果が実証された。

2) 回分培養実験系では、活性炭と微小動物の存在は除去能を高める上で大きな効果を有することが明らかとなったが、このことは連続培養実験系でも明確化され、連続培養実験系の場合DOC除去率は活性炭+細菌+Pの系が83%と最も高く、ついで活性炭+細菌+V、活性炭+細菌+M、活性炭+細菌、活性炭のみ、細菌+P、細菌のみの系の順となった。

3) 生物活性炭処理法の高度化のためには、自己造粒化が極めて重要であり、とくに微小動物なかでも輪虫類*P. erythrophthalma*が造粒化に、また細菌類が基質分解に大きな役割を果たしていることが示唆された。