

生物活性炭法による高度水処理

大阪市立工業研究所 中野重和

生物活性炭 (Biological Activated Carbon) なる用語は、浄水高度処理の分野で最初に用いられ、オゾン処理後の粒状活性炭処理において、好気性微生物の働きにより水中の異臭味やアンモニア性窒素、トリハロメタン生成能、オゾン処理副生成物などに関して処理効果が吸着現象から予想されるよりはるかに長期間持続することを特徴とする方法に対して命名された。¹⁾ 給水栓末端に取り付ける浄水器では活性炭層での細菌の繁殖が問題となるが、浄水場では活性炭上の微生物の働きを積極的に活用しようとするもので、最近では東京都金町浄水場に生物活性炭処理を組み込んだ高度浄水処理システムが導入された。生物活性炭と称される現象ならびに水処理方法は特に目新しいものではなく、1960年代には欧州の浄水場でオゾン・粒状活性炭法が採用されて生物作用が確認されているが、機構的には解明されていない点も多い。²⁾ 慢性毒性の懸念される微量有機化学物質の飲料水中での存在に対する最近の関心の高まりの中で改めてその機能に関心が集まっている。

生物活性炭法では生物膜の担体材料である活性炭の特徴が大きく反映され、非吸着性材料では見られない効果が期待できる。³⁾ 活性炭は多孔性であり、かつその多孔性は他の吸着剤と異なり微生物と同次元の孔径と水中分子と同次元の孔径との両方の細孔が発達していることを特徴とする。細菌類の大きさに対応する $1\mu\text{m}$ 程度のマクロ孔は、活性炭以外の多孔性材料であるセラミックスや木炭でもみられ、その細孔容積に大差はない。しかし 1nm 程度のミクロ孔は活性炭に特有であり、生物に阻害性のある分子の吸着に効果を発揮する。また活性炭には触媒性があり、オゾンをきわめて早く分解し液中に溶存酸素を供給する能力がある。このため活性炭床内での好気的微生物の働きが保証される。さらに活性炭の表面が疎水性であることに対応して、生物学的に分解が困難な物質ほど活性炭の表面には吸着されやすい傾向がある。すなわち生物分解と活性炭吸着を組み合わせることにより有機物除去のスペクトルを幅広くすることができる。ただし、過剰のオゾン処理によって親水性の（生物分解性の高い）低分子有機物が増えると活性炭の吸着性は低下する傾向がある。⁴⁾

活性炭の表面に生物膜が付着することは、一般に活性炭の吸着容量や吸着速度からみると有利なこととは思われない。しかし、有機物分子の大きさから考えると微生物自体が活性炭のミクロ孔を塞ぐようなことは考えにくく、易分解性の有機物の微生物による摂取は活性炭に対する有機物負荷を低減する効果も大きいと考えられるので、活性炭にとって微生物膜が付着する得失は一概には評価できない。

生物活性炭処理システムでの細菌相について、Burlingame ら⁵⁾ は、活性炭槽内や処理水の細菌相の優占性は、オゾンによる前処理よりも水温の季節変化が重要な役割を果たしていることを示し、また粒状活性炭ろ過は特定の細菌を選別するものではなく、通常の浄水処理工程にみられる *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Bacillus*, *Acinetobacter*, *Alcaligenes* など典型的なもので全体の86%を占めることを示した。一方、生物活性炭法による処理水中に微生物あるいは微生物付着活性炭が漏出する問題も指摘されている。Camper ら⁶⁾ は、粒状活性炭ろ過水は砂や無煙炭によるろ過水よりもより多くの細菌を含んでいること、細菌の漏出はろ層厚・原水濁度・ろ過速度を大きくすると多くなることを示した。またMcFeters ら⁷⁾ は、大腸菌や腸内細菌は粒状活性炭に付着すると通常の浄水処理での塩素濃度では死滅しないことを示し、健康への影響を指摘している。

生物活性炭法は吸着分離操作と微生物分解反応操作が時間的なずれをもって並行するプロセスであると考えられる。活性炭層は長期間再生することなく年単位で継続使用するので、活性炭上では吸着質の生物分解だけでなく加水分解などの遅い反応も起こることが推定される。このため現象を吸着と反応とに区別して把握しようとする試みや、活性炭に付着した微生物量や代謝活性を測定する試みがみられる。⁸⁾

生物活性炭法を生物膜法のひとつとしてみると、活性炭の存在による代謝阻害性成分の吸着効果などにより微生物の生息環境が安定化する働きがあると考えられ、活性炭吸着法としてみると、微生物の存在により *in situ* 再生が可能となり、吸着による破過現象を伴う非定常操作を加熱再生を長期間必要としない準定常操作に転化できる方法であると考えられる。

- 1) Committee Report: *J. Amer. Water Works Assoc.*, **73**, 447 (1981).
- 2) Miller, G. W. *et al.*: *Civil Eng.*, **48**, 81 (1978).
- 3) Heitkamp, M. A. *et al.*: *Environ. Toxicol. Chem.*, **12**, 1013 (1993).
- 4) Kaastrup, E. *et al.*: *Ozone*, **8**, 277 (1986).
- 5) Burlingame, G. A. *et al.*: *Can. J. Microbiol.*, **32**, 226 (1986).
- 6) Camper, A. K. *et al.*: *J. Amer. Water Works Assoc.*, **79**, 74 (1987).
- 7) McFeters, G. A. *et al.*: *A. C. S. Natl. Meet. Div. Environ. Chem.*, **27**, 857 (1987).
- 8) Craik, S. A. *et al.*: *Environ. Technol.*, **12**, 489 (1991).