

# 生物活性炭処理における微生物群集の構造と機能

東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻

春日郁朗

## 1. はじめに

「安全でおいしい水」への需要の高まりから、都市部を中心に高度浄水処理の導入が進められている。中でも、オゾン酸化と生物活性炭処理とを組み合わせたオゾン-生物活性炭処理は、代表的な高度浄水処理プロセスとして認知され、大阪府営水道、大阪市水道局、阪神水道企業団では既に本方式による処理水の全量供給が行なわれている（オゾン-粒状活性炭処理と呼称している場合もある）。また、東京都水道局においても、平成 25 年度を目標として、利根川水系のすべての浄水場にオゾン-生物活性炭処理を導入するプロジェクトが進行中である。

生物活性炭では、粒状活性炭による有機物の物理吸着に加え、活性炭表面に定着した微生物による生物学的な処理も期待されている。しかし、どのような微生物がどの程度定着しているかという情報は皆無に近く、生物活性炭における生物学的な処理機構は概念的な理解にとどまっているのが現状である。

## 2. 生物活性炭における生物学的処理と微生物増殖の制御

近年、水質管理目標項目への従属栄養細菌指標の追加など、配水管路における微生物増殖の制御・評価に関する議論が高まっている。生物活性炭では、オゾン処理によって濃度が上昇する同化性有機炭素（AOC: Assimilable Organic Carbon）の除去や硝化作用が期待されるため、微生物学的に安定な水質を維持・供給する上では有効な処理と考えられる。一方、微生物を大量に保持した処理プロセスであるために、生物活性炭が微生物のソースになる可能性もあり、微生物漏洩に対する適切な管理も求められる。

## 3. 生物活性炭に付着する微生物群集構造の特徴

我々は、これまでに生物活性炭に付着する微生物群集に関する基礎的な情報を得ることを目的とし、全国の浄水場（A～G）を対象として、真正細菌（16S rDNA）、真核生物（18S rDNA）の微生物群集構造について評価を行ってきた（図 1）。この結果、一般的に原水試料の微生物群集構造は各浄水場によって異なるのに対し、活性炭試料の微生物群集構造は、原水試料と比較して相互に類似していることが示唆された。原水水質、浄水場の運転方法、活性炭の使用期間等が異なるにもかかわらず、活性炭表面の微生物群集構造に共通性が見出されたことは興味深い知見である。

また、生物活性炭の主要な生物学的作用であるアンモニア酸化に着目し、アンモニア酸化微生物の多様性についても解析を進めている。従来、生物活性炭におけるアンモニア酸化は、真正細菌に属するアンモニア酸化細菌（AOB: Ammonia-Oxidizing Bacteria）が行っていると考えられてきた。しかし、近年、海洋においてアンモニア酸化能を有する古細菌（AOA: Ammonia-Oxidizing Archaea）が発見され<sup>1)</sup>、土壌においても、AOA のアンモニア酸化酵素

(*amoA*)遺伝子量が、AOB の *amoA* 遺伝子量の 3000 倍にも達することが報告されている<sup>2)</sup>。本研究においても、全国の浄水場 (A,B,D-H) の生物活性炭を対象として、AOB ( $\beta$ -*Proteobacteria*)、AOA の *amoA* 遺伝子の検出を試みた。その結果、AOB の *amoA* 遺伝子は検出されず、AOA の *amoA* 遺伝子が検出された。AOA の *amoA* 遺伝子の多様性を T-RFLP 法で解析した結果、AOA-*amoA* 遺伝子の種類は生物活性炭試料によって異なることが明らかになり、アンモニア酸化を担う微生物群が一様でないことが示唆された (図 2)。

生物活性炭処理は経験的に確立されてきた部分も多く、その機構は依然としてブラックボックスとして扱われている。生物活性炭において処理に関与する微生物の生理・生態が明らかになれば、生物活性炭の管理・運用に関する有用な知見になることが期待される。

- 1) A.H.Treusch *et al.* (2005) *Environ. Microbiol.*, Vol.7, pp.1985-1995.
- 2) S.Leininger *et al.* (2006) *Nature*, Vol.442, pp.806-809.

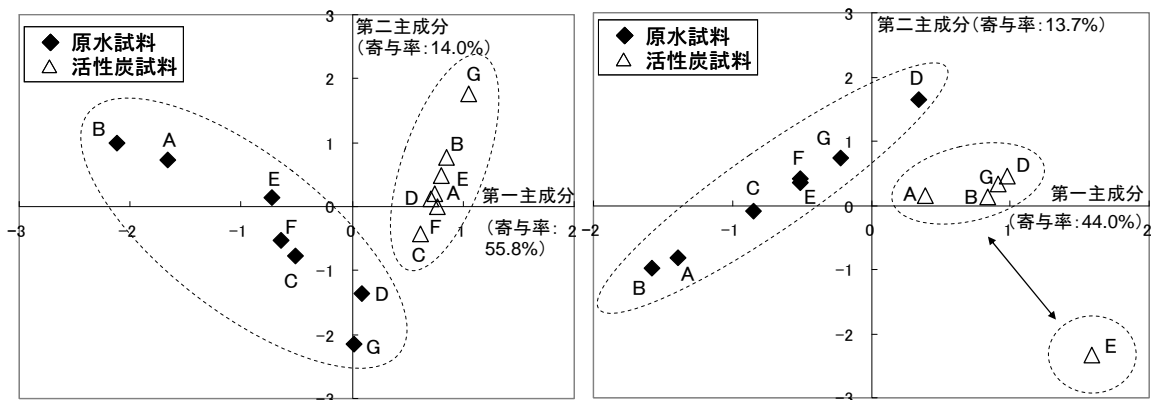


図 1 全国の生物活性炭試料を対象とした 16S rDNA(左)、18S rDNA(右)の T-RFLP プロファイルの主成分分析による解析

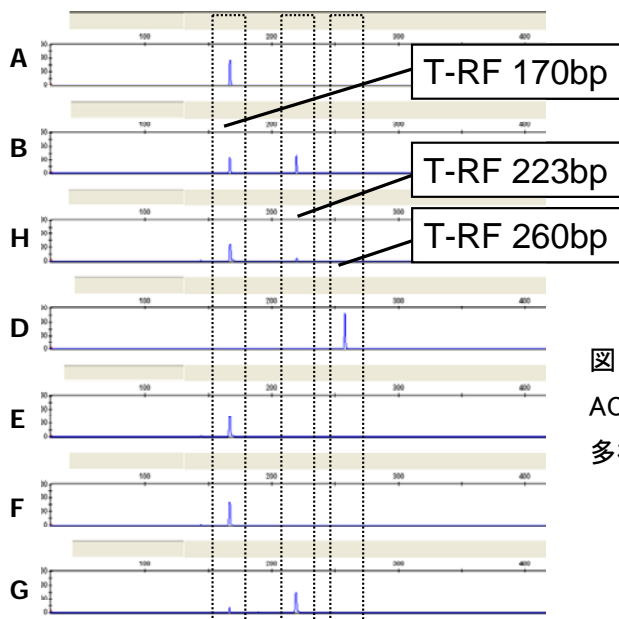


図 2 全国の生物活性炭試料を対象とした AOA-*amoA* 遺伝子の T-RFLP 法による多様性評価