

浄水処理過程における微粒子濃度と細菌群集の関係

岐阜大学大学院工学研究科 非会員 坪内靖樹
岐阜大学工学部 正会員 李 富生

岐阜大学工学部 非会員 小川賢司
岐阜大学工学部 正会員 吉村千洋

1.背景および目的

水道は快適な生活や産業活動を営むために不可欠であり、生涯にわたって飲用しても健康に影響を与えない水準を基にして水質基準が設定されている。一般に水中の病原微生物の分析方法は複雑であり、頻繁に分析することが困難となっている。そこで、水道水質基準の中で水系感染リスクを評価するための項目として一般細菌と大腸菌がある。近年、耐塩素性病原性微生物（クリプトスポリジウムなど）における水道水を介した集団感染が世界各地で発生し、日本でも稀ではあるが発生例が報告されている。

一方、細菌や原虫類などの微生物は水中に普遍的に存在する濁質成分と同様に粒状態であるため、濁質の除去を徹底することにより感染リスクを最小限に抑える対策が取られている。つまり、病原性微生物を濁質成分のように微粒子として扱い、処理過程からの流出を最小化することが有効とされている。そのため、濁質成分を評価するには、従来の濁度だけでなく微粒子濃度に基づいた評価が望まれる。

そこで本研究では、浄水処理過程における微粒子濃度の測定と微生物試験を行い、微粒子濃度と細菌群集との関連性を検討するとともに、浄水処理方式の違いによる微粒子濃度と細菌群集の除去性能の比較検討も行った。

2.方法

浄水処理方式として緩速濾過方式と急速濾過方式に着目して、調査を1年間（2006年9月～2007年8月）行った。調査対象とした処理方式および採水地点を図-1に示す。処理過程ごとに試料水を月1回採取し、微粒子と細菌群集を以下の方法で評価した。調査項目は濁度（2100N型ラボ用濁度計）、微粒子（高感度濁度計 NP500T）、大腸菌・大腸菌群（IPTG 添加 ONPG-MUG 培地法）、一般細菌（寒天培地法）、全細菌（16S rDNA リアルタイム定量 PCR 法）（Zhou, et al. 2007）とした。全細菌の個体数濃度は、大腸菌の 16S rDNA のコピー数を用いて推定した。尚、微粒子につい

ては、細菌や原虫の除去状況を考慮して、粒径 $0.5\sim 3\mu\text{m}$ 、 $3\sim 15\mu\text{m}$ の2段階にまとめて微粒子濃度を求めた。

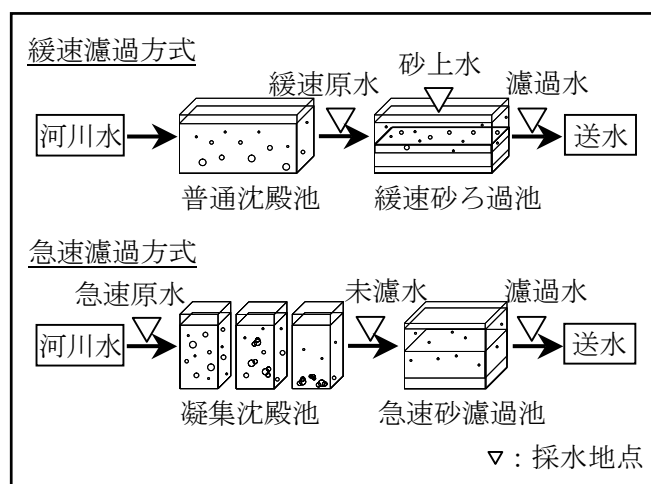


図-1 対象とした処理方式と採水地点

3.結果および考察

3.1.浄水処理方式の違いによる除去率の比較

表-1 に各浄水処理方式による微粒子（ $0.5\sim 3\mu\text{m}$ ）の除去率を示す。緩速濾過方式では平均で76%以上、急速濾過方式では平均で95%以上の除去率を得ていた。緩速濾過方式の平均除去率が低いのは主に調査期間中に数回にわたって流入原水中の微粒子濃度が低かったことによるものと考えられる。これを原因に、凝集過程を有する急速濾過方式の方でも、除去率が低くなる時もあり、調査期間中における最小除去率は64%程度であった。微粒子（ $3\sim 15\mu\text{m}$ ）の平均除去率については緩速濾過方式で98%以上、急速濾過方式で99%以上という結果を得た。

表-2 に各浄水処理方式における細菌群集の除去率を示す。緩速濾過方式では全細菌と大腸菌の平均除去率は98%以上と高いものの、一般細菌と大腸菌群については、除去率の値が比較的小さく変動幅が大きい。これに対し、急速濾過方式の方では、全細菌項目において99.9%以上の平均除去率が得られた。この方式による最小除去率をみても、値は99%以上となっており、凝集が中核的役割を担う急速濾過システムは細菌群集の除

去に優れていることが示された。

3.2.微粒子 (0.5~3 μm) と細菌群集の関係

図-2 に微粒子 (0.5~3 μm) と細菌群集 (全細菌、一般細菌、大腸菌) との関係を示す。緩速濾過方式では微粒子濃度が原水中の 28000 個/mL から濾過水中の 2600 個/mL 程度に減少しており、急速濾過方式では原水中の 47000 個/mL から濾過水中の 1000 個/mL 程度の除去効果が確認された。全細菌は 2.8×10^3 個/mL ~ 8.1×10^6 個/mL、一般細菌は 1CFU/mL ~ 6000CFU/mL、大腸菌は 0MPN/mL ~ 0.100MPN/mL 程度の範囲であった。つまり、全細菌の中で培養法より検出される一般細菌の割合は $3.5 \times 10^{-2} \sim 7.4 \times 10^{-2}$ % 程度であることが分かった。大腸菌は全細菌の 0 ~ 1.2×10^{-6} % 程度であった。

また、いずれの細菌群集でも微粒子濃度との相関係数は、緩速濾過方式より急速濾過方式で高かった。尚、微粒子と大腸菌の間では有効な相関関係は見られなかった。これは、緩速濾過方式では砂濾過層に発達した微生物膜 (砂層表面に繁殖した藻類と好気性の微生物によって形成される生物濾過膜、および砂層上部の砂粒の表面に形成される寒天状の被膜) を利用しているため、濾過抵抗に応じて層内で生じる局所的生物膜の剥離と濾過水への漏出が主因であると推測される。

表-1 各浄水処理方式における微粒子の除去率

		緩速ろ過方式	急速ろ過方式
微粒子 (0.5~3 μm) 除去率 (%)	最大	98.62	99.91
	平均	76.45	95.04
	最小	21.76	64.60

表-2 各浄水処理方式における細菌群集の除去率

		緩速ろ過方式	急速ろ過方式
全細菌 除去率 (%)	最大	99.93	99.99
	平均	98.49	99.79
	最小	92.71	99.28
一般細菌 除去率 (%)	最大	99.71	100.00
	平均	77.33	99.98
	最小	-116.67	99.89
大腸菌群 除去率 (%)	最大	99.68	100.00
	平均	86.18	100.00
	最小	0.00	100.00
大腸菌 除去率 (%)	最大	100.00	100.00
	平均	100.00	100.00
	最小	100.00	100.00

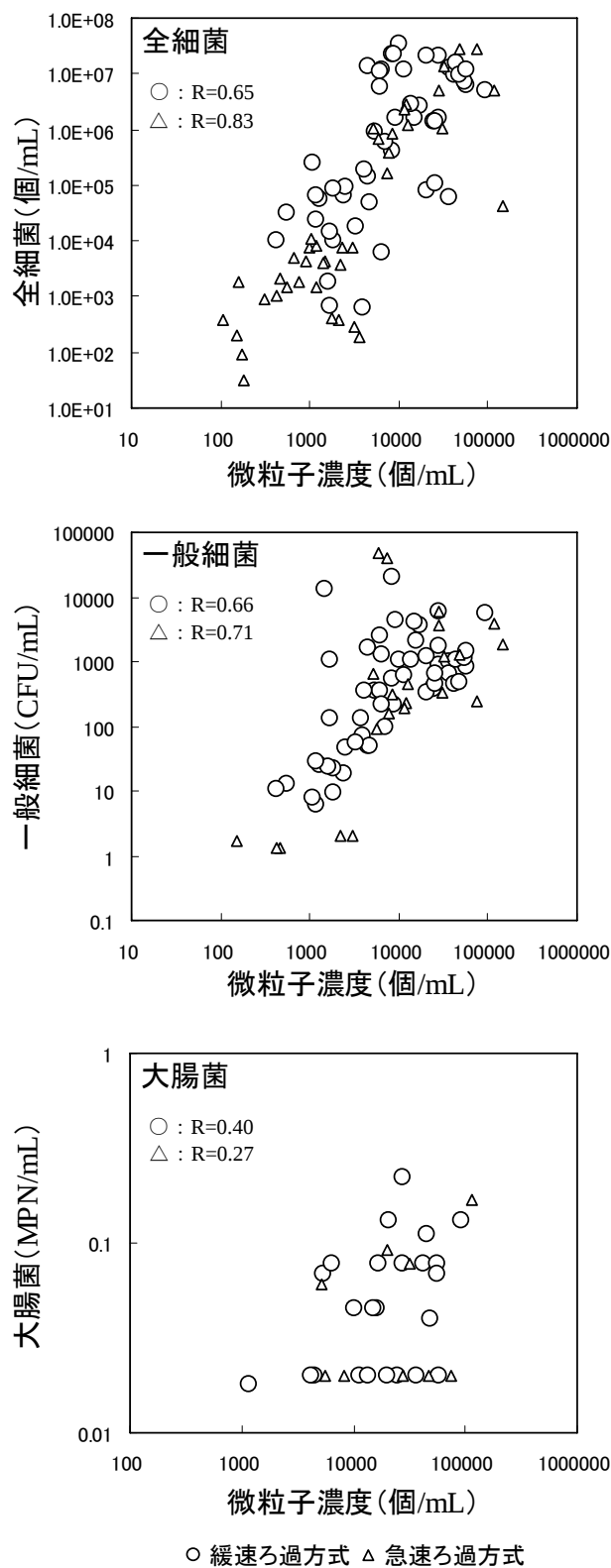


図-2 微粒子 (0.5~3 μm) と細菌群集
(全細菌、一般細菌、大腸菌) の相関
(大腸菌では 0MPN/mL の結果は除く)

参考文献

Weili Zhou, Koji Kageyama, Fusheng Li and Akira Yuasa,
Monitoring of microbiological water quality by real-time PCR,
Environmental Technology, Vol. 28, pp. 545-553, 2007.