

淀川表流水の細菌増殖ポテンシャルと凝集処理によるその改善

大阪工業大学工学部 正員 笠原 伸介
大阪工業大学工学部 正員 石川 宗孝

1. はじめに

飲料水の輸送、貯留過程における水質劣化を阻止するには、水中の生物易分解性成分濃度を浄水処理により削減し、生物学的に安定した水道水を供給することが重要である¹⁾。しかし、わが国では、細菌増殖ポテンシャルを指標とした水道原水の水質評価や浄水処理のプロセス評価はこれまで十分に行われてこなかった。

本研究では、大阪府下の代表的な水道水源である淀川下流部の表流水を対象とし、生物同化可能有機炭素 (AOC) 濃度²⁾の挙動や凝集処理に伴う細菌増殖ポテンシャルの変化などについて検討した。

2. 実験概要

本研究の対象とした淀川表流水は、大阪市旭区にある菅原城北大橋と豊里大橋の中間点付近 (大阪工業大学北側) で採取した (以下、原水)。採水した試料は、実験室に持ち帰った後速やかに分析を行うとともに回分の凝集処理 (PAC 注入率 2~3 mg Al/L、凝集 pH 7.0 付近) に供した。試料は、すべて 0.45~0.50 μm のメンブランフィルター (材質 PTFE または Mixed Cellulose Ester) でろ過した後、DOC、E260、PO₄³⁻-P を測定するとともに、AOC の測定と淀川表流水中に生息する土着細菌の回分培養に供した。AOC の測定では、試料を 60 °C で 30 分間滅菌した後、*P. fluorescens* P17 株と *Spirillum sp.* NOX 株を同時に接種し、15 °C で培養中の最大コロニー数から酢酸当量として求めた。土着細菌の回分培養では、試料を 60 °C で 30 分間滅菌した後、未ろ過の淀川表流水 1 mL を接種し、15 °C で培養中の従属栄養細菌数 (R2A 寒天培地法) と全菌数 (DAPI 蛍光染色法) の経日変化を求めた。

3. 淀川表流水の溶存有機物と AOC

表-1 に示した水質測定結果によると、原水の DOC、E260、DOC/E260 は、それぞれ 1.6~4.8 mg/L (平均 3.0 mg/L)、0.031~0.051 (平均 0.040)、40~100 程度で推移し、淀川下流部には、比較的多くの E260 非発現性すなわち生物易分解性成分の含有していることが示唆された。また、DOC 濃度が高い時ほど DOC/E260 が高くなる傾向も同時に確認され、生物易分解性成分の混入割合は、季節的に大きく変動していることがわかった。さらに、原水の AOC 濃度に注目すると、AOC-P17 を主体として約 80~600 μg ac-C eq/L の AOC が検出され、特に、DOC 濃度、DOC/E260 共に高かった 2000 年 9~10 月にかけては AOC 濃度が 400 μg ac-C eq/L を超過した。このように、淀川表流水中に含有する有機成分の生分解ポテンシャルは、一般の河川

表-1 淀川表流水および凝集処理水中の AOC、DOC、および E260

	Raw water						Coagulated water					
	AOC (μg ac-C eq/L)			DOC (mg/L)	E260 (1/cm)	DOC/E260	AOC (μg ac-C eq/L)			DOC (mg/L)	E260 (1/cm)	DOC/E260
	P17	NOX	Total				P17	NOX	Total			
99.6.16	84	2	86	3.0	0.034	88						
99.7.29	72	9	81	1.6	0.040	40						
99.10.6	90	43	133	1.8	0.036	50	41	52	93	1.0	0.021	47
99.11.4	238	5	243	1.8	0.032	56						
99.12.8	112	24	136	2.0	0.031	65						
00.1.7	209	12	221	2.6	0.035	74						
00.7.28	193	95	288	4.2	0.048	88	N.D.	105	105	2.4	0.025	96
00.9.1	563	43	606	4.1	0.048	85	N.D.	146	146	-	0.032	-
00.9.20	487	46	533	4.8	0.048	100	N.D.	179	179	3.1	0.024	129
00.10.26	353	53	406	3.2	0.051	63	N.D.	98	98	2.4	0.021	114
00.11.19	175	55	230	3.7	0.042	88	N.D.	149	149	2.3	0.018	128

キーワード：飲料水・細菌の二次増殖・生物同化可能有機炭素 (AOC)・凝集処理

連絡先：〒535-8585 大阪市旭区大宮 5 丁目 16 番 1 号、大阪工業大学工学部土木工学科、Tel.&Fax. 06-6954-4165

に比べて比較的高いことが示された。

4. 凝集処理に伴う AOC の変化

表-1 において、凝集処理前後の AOC 濃度を比較すると、原水では約 130 ~ 600 $\mu\text{g ac-C eq/L}$ 検出された AOC が、凝集処理水では 90 ~ 180 $\mu\text{g ac-C eq/L}$ と、凝集処理により最大で約 75 % 低下し、その変動も原水に比べ小さくなることがわかった。また、凝集処理に伴う AOC 濃度の低下は、特に AOC-P17 において顕著に見られ、原水中の AOC 濃度が 230 $\mu\text{g ac-C eq/L}$ を上回った 2000 年 7 月以降においては、凝集処理水中に AOC-P17 が一切検出されなかった。ただし、本研究で測定された AOC 濃度は、無機塩を添加しないいわゆる見かけの AOC 濃度であるため、凝集処理に伴う AOC 濃度の低下要因としては、AOC として検出される有機成分の除去、もしくは主としてリンと考えられる共存無機成分の減少が考えられる。そこで、試料中の最終濃度が 0.045 mg P/L となるよう KH_2PO_4 溶液を添加した後 AOC 濃度を測定したところ、図-1 に示すように AOC-P17 を中心に最大約 200 $\mu\text{g ac-C eq/L}$ の AOC 濃度が増加し、さらに、水中のリン濃度が十分に高かったと考えられる 1999 年 10 月 6 日のリン添加系においては、凝集処理に伴う AOC 濃度の低下は見られなかった。このことは、AOC として検出される有機物は主に低分子で、凝集処理を行っても除去され難いとした Volk ら³⁾ の結果と一致しており、凝集処理に伴う見かけ AOC 濃度の低下は、リン濃度の減少に起因していることがわかった。

5. 見かけ AOC 濃度と土着細菌の増殖ポテンシャル

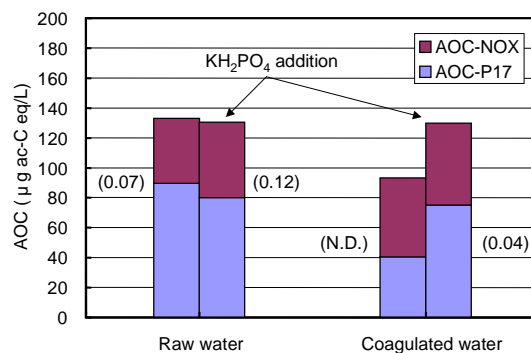
見かけ AOC 濃度と回分培養時の最大増殖細菌数との関係をプロットした図-2 によると、全菌数を指標とした場合は試料中の基質の構成や制限因子の違いにより多少のばらつきが見られたが、従属栄養細菌数を指標とした場合には、増殖制限因子にかかわらず両者の間に良好な比例関係 (2.6×10^6 CFU/ μg of AOC) が得られた。このことから、二種類の純粋培養細菌を用いて測定される見かけの AOC 濃度は、淀川下流部の表流水中に生息する従属栄養細菌の増殖ポテンシャルを概ね代表していたと考えられる。

6. おわりに

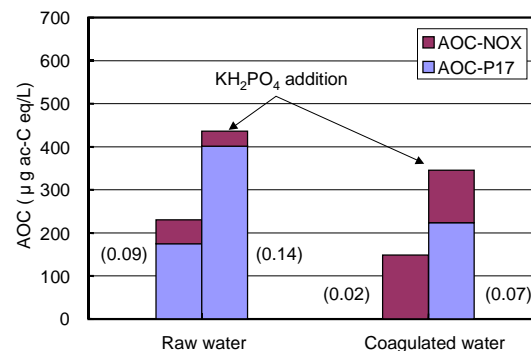
本研究により、淀川表流水の細菌増殖ポテンシャル削減に対する凝集処理の有効性が示された。今後は、生物学的安定に必要な見かけ AOC 濃度、およびそれを達成するための効果的な処理条件等について検討する必要がある。最後に、本実験に協力頂いた本学衛生工学研究室の学生諸氏に、謝意を表す。

【参考文献】

1) 金子光美監訳：飲料水の微生物学、技報堂出版株式会社、1992、2) APHA, AWWA, WEF: Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater, 20th Edition. 1998、3) Christian Volk, Kimberly Bell, Eva Ibrahim, Debbie Verges, Gary Amy and Mark Lechevallier: Impact of Enhanced and Optimized Coagulation on Removal of Organic Matter and Its Biodegradable Fraction in Drinking Water, *Wat. Res.*, pp.3247-3257, 2000



(a) 1999.10.6



(b) 2000.11.19

図-1 凝集処理に伴う AOC 濃度の変化
() 内はリン酸濃度 (mg P/L)

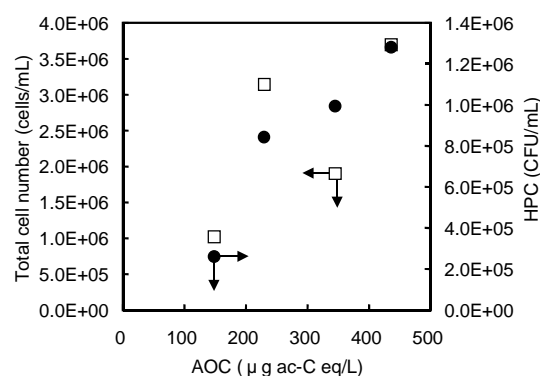


図-2 見かけ AOC 濃度と土着細菌の最大増殖量との関係 (● : 全菌数, □ : 従属栄養細菌数)