



Title	高度浄水処理の効果と活性炭付着細菌数の分布
Author(s)	海老江, 邦雄; 末広, 誠一; 荻下, 隆
Description	第3回衛生工学シンポジウム (平成7年11月9日 (木) -10日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 2 測定・評価 . 2-6
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 3, 117-121
Issue Date	1995-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7894
Type	departmental bulletin paper
File Information	3-2-6_p117-121.pdf



2-6

高度浄水処理の効果と活性炭付着細菌数の分布

海老江 邦雄(北見工業大学) 末広 誠一(水道機工) 萩下 隆(北見市企業局)

1. はじめに

北見市では、水道水源として一級河川常呂川の表流水を利用している。同水源では1℃前後の低水温が長期間継続し、フミン質による色度が高く、また融雪期や降雨時には、濁度、色度、有機物濃度およびアンモニア性窒素濃度が急激に上昇する。このため、近い将来高度浄水処理を導入することを前提に、1992年9月より、オゾン、活性炭を組み込んだパイロットプラントを用いて実験を継続している^{1) 2) 3)}。

ここでは、過マンガン酸カリウム消費量、紫外線吸光度およびトリハロメタン生成能の除去に関する約3年間に及ぶパイロットプラントの実験結果を示すとともに、活性炭の生物機能を評価する目的で、活性炭層に付着している硝化細菌および従属栄養細菌の菌数、ならびに急激にアンモニア性窒素濃度を上昇させた場合の硝化速度や活性について検討した結果を報告したい。

2. 実験方法

高度浄水処理実験 実験は北見市広郷浄水場で、同市の水道水源を対象に行った。図-1に実験に用いたパイロットプラントのフローシート、表-1にオゾン反応筒と活性炭処理筒の仕様および運転条件を示す。

細菌数の計数 細菌数計測用の活性炭(A C)は、3系および4系の活性炭処理筒の炭層表面から、6(上層)、71(中層)、135cm(下層)の位置から採取したものである。これらの活性炭から10ml(かさ容量)を分取し、滅菌希釈水⁴⁾ 50mlで5回洗浄し抑留されていたフロックを除いた。その後、滅菌希釈水を加えて100mlとし、超音波処理(50KHz, 120W)を20分間行って細菌を剥離した⁵⁾。この処理液を適宜希釈し、硝化細菌および従属栄養細菌用の培地に植え付けた。

硝化細菌数の測定にはMPN5本法を用いた。アンモニア酸化細菌培地としてはアンモニア性窒素濃度を10mg/lとした諏訪ほか(1991)⁶⁾の培地を、亜硝酸酸化細菌培地としては土壤微生物実験法(1975)⁷⁾の培地を用いた。培養は25℃(静置)で3カ月間行い、その後、硝化細菌の増殖の有無を判定した。

従属栄養細菌数の測定にはPGY寒天培地⁴⁾を用い、25℃で2週間培養した後のコロニー数を計数した。測定は1994年2月からの1年間に4回行った。

活性炭層における硝化速度 アンモニア性窒素濃度が急激に上昇するという常呂川の

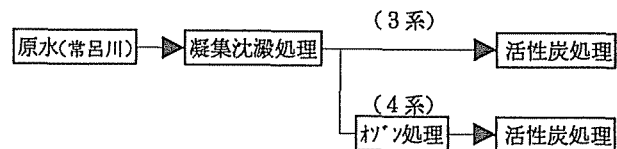


図-1. 実験装置のフローシート

表-1. 装置概要と運転条件

装置	装置仕様	運転条件
オゾン反応筒	塩化ビニル製、φ130×3,000mm1筒 有効水深:2.6m、オゾン発生量:1gO ₃ /h オゾン発生濃度:20gO ₃ /Nm ³	下向流 注入率:1.0mg/L 接触時間:9分
活性炭処理筒	塩化ビニル製、φ104×4,400mm2筒 ろ材:石炭系粒状活性炭 有効径:1.2mm、均等係数:1.3以下 炭層高:1,500mm	下向流 ろ過速度:180m/日 接触時間:12分

表-2. 原水水質(1994年)

	平均値	最大値	最小値
水温(℃)	8.5	26.0	0.6
濁度(度)	12.9	900	1.0
色度(度)	20.6	270	6.3
KMnO ₄ 消費量(mg/L)	9.2	53	3.0
アンモニア性窒素(mg/L)	< 0.04	0.60	< 0.04
紫外線吸光度(吸光度/50mm)	0.304	0.652	0.185
トリハロメタン生成能(μg/L)	56	73	37

特性を考慮して、活性炭処理筒に短時間のみ流入するアンモニア性窒素の処理性を検討した。凝集沈澱処理水に所定量の塩化アンモニウムを流入水のアンモニア性窒素濃度が 0.6mg/l になるように注入し、5時間経過後の流入水および流出水のアンモニア性窒素濃度を測定した。活性炭処理によるアンモニア性窒素濃度の減少量に $SV(\text{h}^{-1})$ を乗じ、活性炭 1l あたりの硝化速度を求めた。測定は1994年6月から1995年2月に行った。

3. 実験結果および考察

高度浄水処理の効果 原水水質の概略を表-2に示す。凝集沈澱処理による過マンガン酸カリウム消費量、紫外線吸光度(E260)、トリハロメタン(THM)生成能の除去率は、図-2で見られるように、それぞれ平均50%、60%、50%程度であり、冬期間は若干減少する傾向を示している。

凝集沈澱処理水に対する3系活性炭処理水(3系処理水)、4系活性炭処理水(4系処理水)の過マンガン酸カリウム消費量、E260、THM生成能の除去率をそれぞれ図-3、図-4、図-5に示す。過マンガン酸カリウム消費量については、3系、4系処理水とも通水開始直後の除去率の減少の割合が大きいが、通水150日以降はほぼ一定ないし、ゆるい減少傾向となっており、ほぼ一定となった後の4系処理水の除去率は3系処

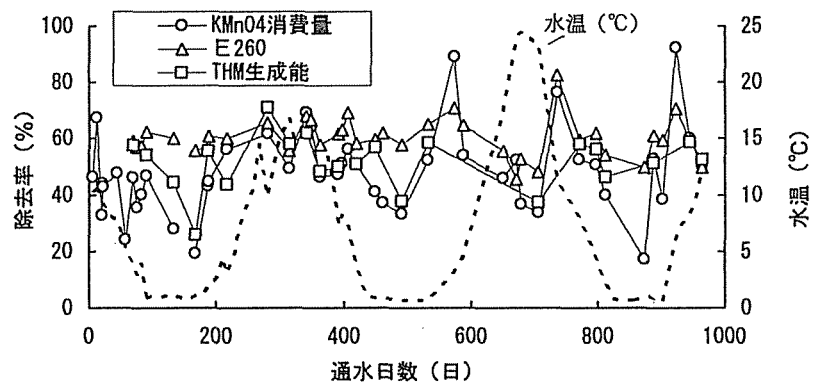


図-2. 凝集沈澱処理による原水の KMnO_4 消費量、E260、THM生成能の除去率

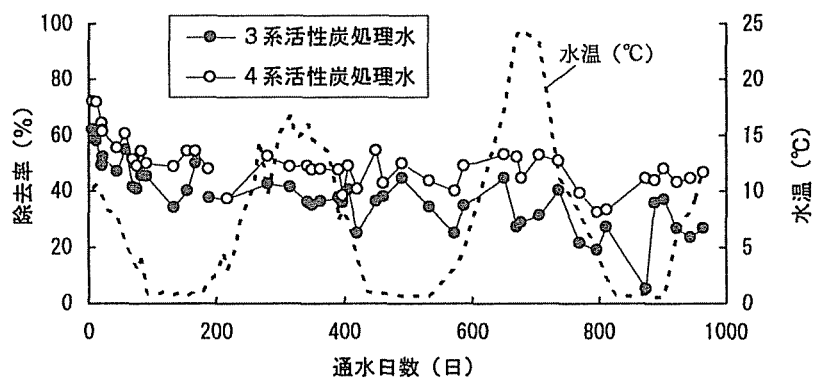


図-3. 高度処理による凝集沈澱処理水の KMnO_4 消費量除去率と水温の動き

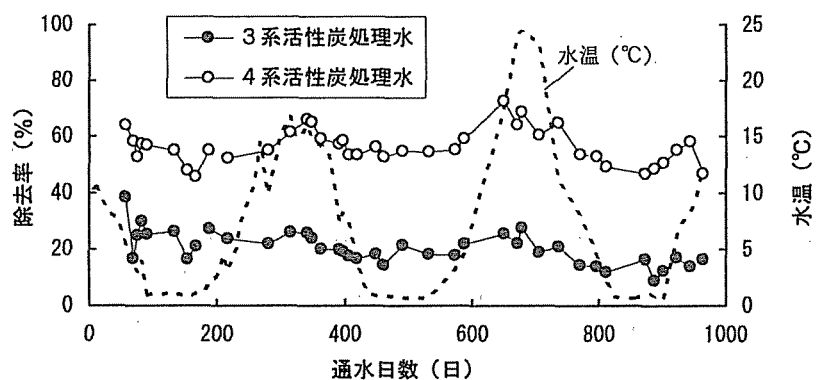


図-4. 高度処理による凝集沈澱処理水の E260 除去率と水温の動き

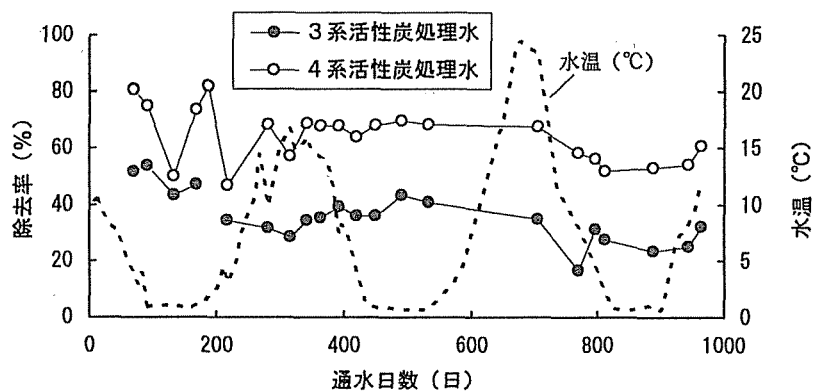


図-5. 高度処理による凝集沈澱処理水の THM生成能除去率と水温の動き

処理水に比べ約10%高かった。この傾向は他の項目でも同様であり、E260の除去率についても通水開始後150日以降、除去率は徐々に減少傾向を示しており、4系処理水の除去率は3系処理水に比べ約40%高くなった。THM生成能については、3系、4系処理水とも通水日数の経過に伴う除去率の変化は僅かな減少傾向となっており、4系処理水では3系処理水に比べ約30%高い除去率が得られた。また、各水質項目とも、水温変動に伴う除去率の変化は明確ではないが、低水温期に若干の低下傾向が認められる。

細菌数の分布 3系および4系の活性炭層のアンモニア酸化細菌数の動きをそれぞれ、図-6、図-7に示す。3系では、上層のアンモニア酸化細菌数は、活性炭1mlあたり 10^6 MPN程度で年間を通じてほぼ一定であり、中層、下層の順で菌数が低くなっていた。4系では上層と中層の菌数の差が小さく、下層は上層、中層に比べ少なくなっていた。3系と4系の菌数を比較すると、4系の方が3系よりも多く、オゾン処理によってアンモニア酸化細菌の菌数が増加することおよび分布様式が異なることが分かった。また、水温との関係については、3系では水温が高くなると中層、下層における菌数が増える傾向が認められたが、4系ではあまり変化はなく、さらに、全層での総細菌数については、3系、4系とも水温による影響は明確には認められない。

亜硝酸酸化細菌数の動きを図-8、図-9に示す。3系の上層の菌数は 10^7 MPN/ml-AC程度であり、中層の菌数も上層とさほど相違は認められなかったが、下層の菌数は上層、中層に比べ1桁程度少なかった。4系においても上層と中層の菌数はほぼ等しく 10^7 MPN/ml-AC程度で、下層の菌数は上層、中層よりも低かったが、3系に比べ上層～下層の菌数の差は小さい。

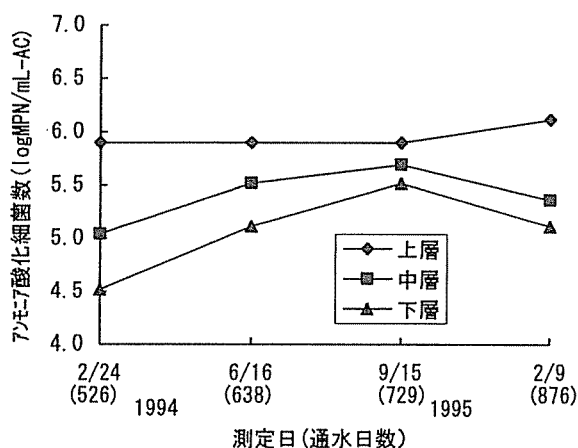


図-6. 3系アンモニア酸化細菌数

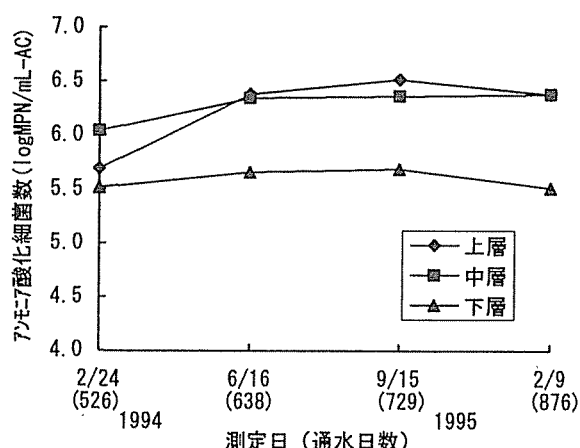


図-7. 4系アンモニア酸化細菌数

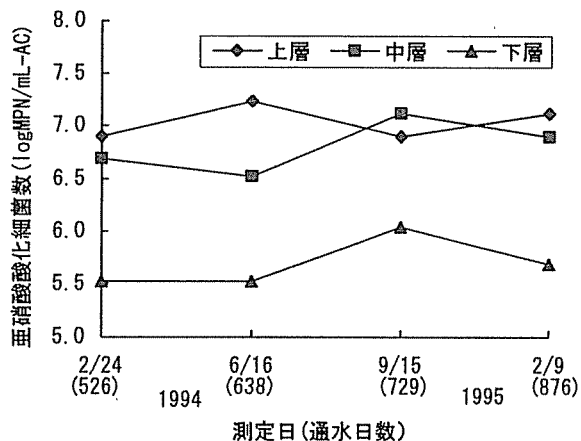


図-8. 3系亜硝酸酸化細菌数

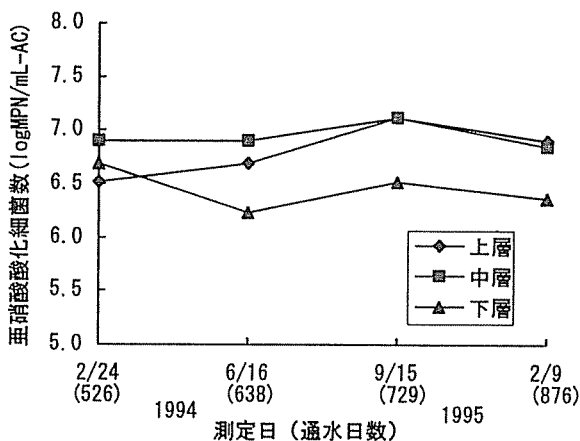


図-9. 4系亜硝酸酸化細菌数

従属栄養細菌数の動きを図-10、図-11に示す。3系では上層の菌数が $1.6\sim 6.0\times 10^7$ 個/ml-ACで、上層、中層、下層の順で菌数が低くなっていたが、低水温時には上層と中層の菌数の差は小さくなった。4系では上層および中層の菌数は 10^8 個/ml-AC程度で、低水温時には下層の菌数が上層や中層よりも高くなることがあった。総じて、4系の菌数は3系に比べてかなり高い値を示した。これはオゾン処理によって生物に難分解性の物質が易分解性に变化したためと考えられる。ちなみに3、4系生物活性炭処理による溶存有機炭素濃度の減少量はそれぞれ0.39、0.87 mg/l (1995年7月)であり、オゾン処理を行っている4系での減少量が大きかった。

硝化速度と活性 活性炭層における硝化速度の測定結果を測定時の水温と併せて図-12に示す。図から明らかなように硝化速度の変化は水温の変化と良い一致を示している。そこで硝化速度と水温の関係をPhelps式⁹⁾にあてはめてグラフ化したのが図-13である。3系、4系の硝化速度とも水温に対して良い相関が認められ、温度係数 θ はそれぞれ1.08、1.07であった。この値は海老江ほか(1995)⁹⁾が添加アンモニア性窒素濃度を2.0mg/lとして、低温恒温槽による実験で求めた値1.12とほぼ一致している。

表-3は、アンモニア酸化細菌数 10^6 MPNあたりの硝化活性を、硝化細菌数計数日の水温と今回求めた温度係数をPhelps式に代入して求めた硝化速度から算出した結果である。3系では $0.5\sim 2.0\mu\text{g-N/h}\cdot 10^6\text{MPN}$ 、4系では $0.2\sim 0.6\mu\text{g-N/h}\cdot 10^6\text{MPN}$ であり、3系の方が4系よりも2~3倍高い硝化活性となった。さらに、低水温期の硝化活性は全体的に低く、硝化細菌の状態が環境条件によって異なることが明らかになった。

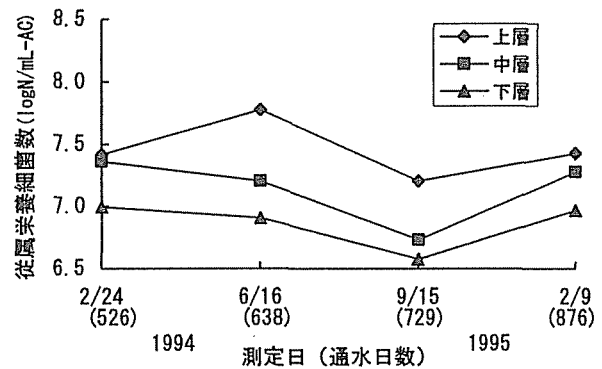


図-10. 3系従属栄養細菌数

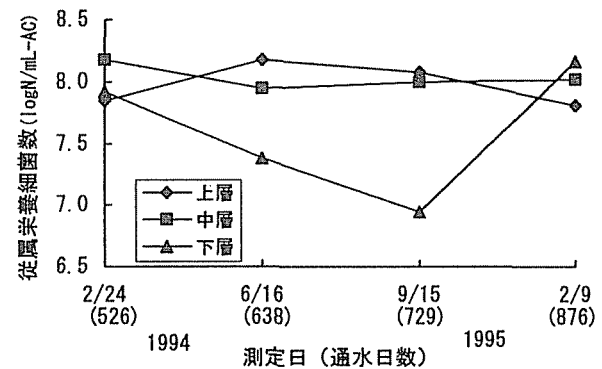


図-11. 4系従属栄養細菌数

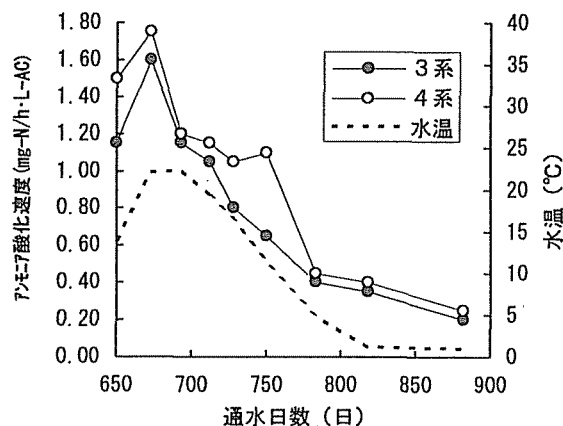


図-12. 硝化速度および水温の変化

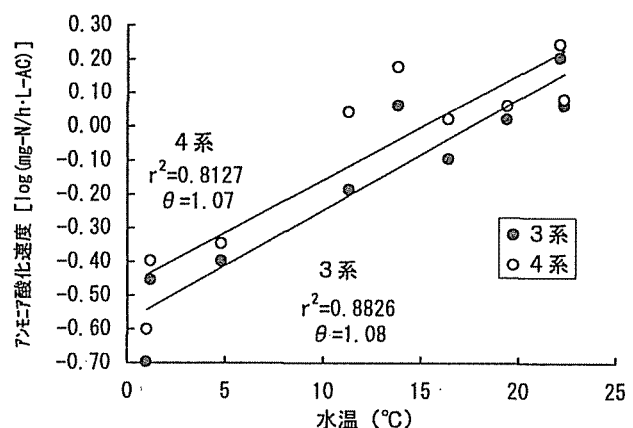


図-13. 硝化速度と水温の関係

表-3. アンモニア酸化細菌の硝化活性 ($\mu\text{g-N/h}\cdot 10^6\text{MPN}$)

	1994. 2/24	1994. 6/16	1994. 9/15	1995. 2/09
3系活性炭	0.9	2.0	1.5	0.5
4系活性炭	0.6	0.6	0.5	0.2

5. おわりに

長期間にわたるパイロットプラント実験を行った結果、0.6～26℃の大幅な水温変動にもかかわらず、活性炭処理およびオゾン・活性炭処理ともに安定した除去率が得られた。活性炭処理にオゾン処理を組み合わせることにより、活性炭単独の場合よりも除去率で10～40%改善できることがわかった。

活性炭層の上層、中層および下層について、硝化細菌数、従属栄養細菌数を測定した結果、水温による付着菌数の顕著な差は認められなかった。また、オゾン処理の後段の活性炭層では上層と中層の菌数の差は小さく、活性炭処理のみの場合に比較して3～9倍高い従属栄養細菌数が計数された。

アンモニア性窒素濃度を約0.6mg/lに上昇させて5時間経過後の硝化速度を測定した結果、硝化速度は水温に大きく依存し、Phelps式の適用による温度係数は1.07～1.08となった。さらに、得られた硝化速度と付着アンモニア酸化細菌数から硝化活性を算出した結果、水温が低下した場合およびオゾン処理を併用した場合に硝化活性が低下することが分かった。

今後は、本研究で得られた知見をもとに、高度浄水処理における微生物の機能をより詳細に検討して行きたい。

〈参考文献〉

- 1)海老江ほか(1993) 第44回全国水道研究会発表会講演集, pp. 189～191
- 2)海老江ほか(1994) 第45回全国水道研究会発表会講演集, pp. 290～291
- 3)海老江ほか(1995) 第46回全国水道研究会発表会講演集, pp. 154～155
- 4)上水試験方法(1985)
- 5)海老江ほか(1994) 第2回衛生工学シンポジウム論文集, pp. 270～274
- 6)諏訪ほか(1991) 水質汚濁研究, Vol. 14, No4, pp. 261～265
- 7)土壌微生物実験法(1975) 養賢堂
- 8)Streeter & Phelps(1925) P. Health Bull., 146
- 9)海老江ほか(1995) 第46回全国水道研究会発表会講演集, pp. 170～171