

上水の高度処理

Advanced Treatment in Drinking Water System

(環)技術部 技術課
西尾 弘 伸
Hironobu Nishio

(環)神戸環境装置第1課
山本 勝年
Katsutoshi Yamamoto

Diversification of the environment in the head has caused taste and odor problems of service water in recent years. We have carried out experiments on biocontact-filtration, Ozone and Granular Activated Carbon (GAC) for the purpose of removal of ammonia nitrogen, earthy-musty taste and odor.

As results,

- 1) Biocontact-filtration system has high-rate ammonia removal.
- 2) Good results were respectively obtained in order to remove odor with combination treatment by Ozone and Granular Activated Carbon.

まえがき

近年水道原水において、河川、湖沼の富栄養化や汚濁による異臭味、アンモニア性窒素の増加、微量の有機塩素化合物による汚染が問題になっている。当社においてもこれらに対処するために生物処理、オゾン・活性炭処理の実験を行っているのでその概要をここに報告する。

1. 上水の高度処理の背景

まず高度処理でよく使われる用語、問題点について説明する。

1.1 富栄養化¹⁾

湖の表層では絶えず藻類(植物性プランクトン)が、光合成作用で繁殖し、動物性プランクトン、魚類、底棲生物を養い、死体となって沈積し、細菌による分解を受けて無機化(栄養塩類などに)し、再び植物性プランクトンの栄養となる、といった生物生産を繰り返している。ゆっくりとした上下の水流循環が保たれている入れ代りの少ない貯水池では、このような循環過程で河川から補給される微量の栄養成分が順次蓄積されて、生物活動が段々と盛んになってくる。このようにして中程度以下の水深で流入・流出量に比して貯留量の大きな湖では、順次栄養塩とそれを保持する生物の濃度が増大し有機化し、ついにはプランクトンなどの大発生をうみ、利用上の障害を生ずる。さまざまな溶解塩類(栄養塩)のうちで、藻類生産量の制御因子となっ

ているのは一般に窒素化合物とリンであるから、この両者の蓄積が藻類の大増殖の原因となることが多い。下に栄養塩類濃度による日本の湖沼の分類例を示す。富栄養化した湖を水源として利用する場合、第一に問題になるのは藻類の増殖により水に臭い・味などがつくことによる生物障害である。また、水に臭いがつく程度ならまだしも、藻類の中の一般的なもの(例えば *Anabaena*, *Microcystis*)でも大量に発生すると毒性が問題となるものが少なくないと言われている。

1.2 微量有機塩素化合物²⁾

現在、問題となっている有機塩素化合物は、トリハロメタン(以下THMと略)である。THMは、最も簡単な炭化水素であるメタン(CH₄)の水素の3個が塩素、ヨウ素、臭素等のハロゲン原子で置換されたもので理論的には10種類存在するがヨウ素系トリハロメタンは、分析上の問題から議論の対象外となっている。したがって今後言及するTHMは、第1図に示す4種類であり、これらの濃度の和をもって評価する。THMが現在のように水道水の安全性にとって大きな問題として論じられるようになった理由の一つは、THMの生成が現行の主たる処理である急速汙過池の保持のために3/4世紀にわたり用い続けられてきた塩素消毒と、その除去対象の主成分の一つである色度成分の組合せで進行し、しかも急速汙過では除去しえない程度の全有機

特 長	貧 栄 養 湖	富 栄 養 湖
湖 盆 形 態	深くて、湖棚の幅は狭い。 深水層は表水層に比べて容量が大きい。	浅くて、湖棚の幅は広い。 深水層は表水層に比べて容量が小さい。
水の光学的性質 水 色 透 明 度	藍色または緑色 大きい(5 m以上)	緑色ないし黄色、水の華のためときに著しく着色することがある。 小さい。(5 m以下)
水 質 反 応 栄養塩類(mg/l) 懸濁物質 溶 存 酸 素	中性付近 少量(N<0.15, P<0.02) 少 量 全層を通じて飽和に近い。 やや富栄養化した湖では底成層を形成する。	中性または弱アルカリ性 夏季表層はときに強アルカリ性になる。 多量(N>0.15, P>0.02) プランクトンおよびその残滓による懸濁物質が多量 表水層は飽和または過飽和 変水層はときとして著しく過飽和になる。深水層または変水層では常に著しく減少する。 消耗は主にプランクトン遺骸の酸化に基づく。
例	阿寒湖、支笏湖、十和田湖、田沢湖、中禅寺湖、琵琶湖(主湖盆)など。	霞ヶ浦、印幡沼、諏訪湖、琵琶湖の南湖盆など。

炭素 (TOC) 濃度で、制御目標値 $\text{THM} \leq 0.1 \text{ mg/l}$ に達する。

では、THMは人体にどのような影響を及ぼすのであろうか。クロロホルム(CHCl_3)は、経口で体内に入った場合、体内の酵素と反応してホスゲン(COCl_2)に分解される。このホスゲンは、第一次世界大戦に毒ガス兵器として使われていたもので、血液中のCO濃度を上昇させ、さらにタンパクと結合することにより毒性を発現するとされている。世界保健機構(WHO)では、ある水を一生飲用した時に癌で死亡する確率が、10万分の1となる濃度を動物実験結果をもとに、統計的に推計して求めた値(CHCl_3 で $30 \mu\text{g/l}$)を示している。日本においては、厚生省が1981年3月水道水中のTHMの当面の制御目標値として、年間平均値で 0.10 mg/l を決め、各都道府県に通知した。

1.3 かび臭物質³⁾

先の1.1で述べたように河川、湖沼の富栄養化により藻類が増殖し、それにより水に臭い(かび臭)がつく。その臭いの物質は、水中微生物が産生するかび臭で確認されており、水道水にとって諸外国を含め一番問題となっているのがかび臭物質のジオスミン(以下Geと略)と、2-メチルイソボルネオール(以下2MIBと略)である。これらの構造式を第2図に示す。日本で一番広く分布し、各地でかび臭問題を起こしているのが、*Phormidium tenue*(写真1)であり、その産生するかび臭は2MIBである。最近琵琶湖でGeを産生する *Anabaena* が出現するようになってきているが、これは *Anabaena macrospora*(写真2)で同時期に出現する *Anabaena affinis* はかび臭物質を産生しない。

それではこれらのかび臭物質の濃度が水道水にどのくらい含まれると、人間に不快感を与えるのであろうか。佐藤⁴⁾によると、かび臭は嗅覚の個人差や水温などによって幾分異なるが、一般に $0.010 \sim 0.013 \mu\text{g/l}$ というごく低濃

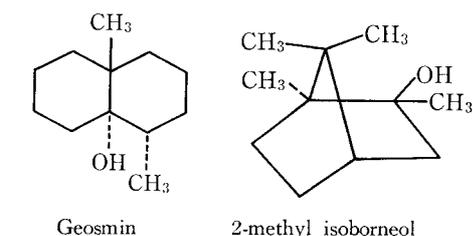
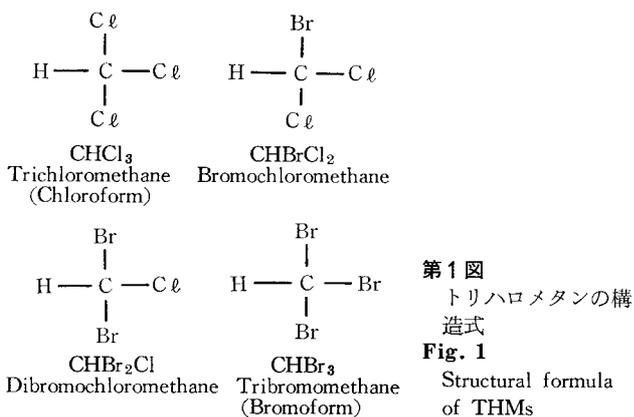
度で感じるとしている。また家庭に給水される水道水のTON(臭気強度)値、15以上になるとたいていの人はかび臭を感知し、水道局への苦情が殺到するといわれている。このTON値15に対応するかび臭濃度は、Geで0.15、2MIBで $0.1 \mu\text{g/l}$ 程度になり、2MIBの方がいくらか強いかび臭を持っている。

1.4 高度処理

高度処理とは富栄養化の緩和、THMやかび臭のように人間に不快感を与えたり毒性が懸念される物質を除去、抑制することである。これらに対処する方法として、水道事業体、水処理メーカーなどで研究および一部実用化されているものとして、富栄養化に対して間欠揚水塔などによる水質改善、THMやかび臭に対して塩素注入点変更、生物処理、オゾン・活性炭処理が上げられる。

2. 生物処理実験について

現状原水中のアンモニア性窒素(以下 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ と略)の除去は、塩素の不連続点処理を行って $100\% \text{NH}_4^+\text{-N}$ を除去しているが、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の日変動が激しい場合、塩素の過剰注入が起り、生成されるTHMが問題となる。そこで生物処理では、THMの除去は期待できないが生物処理を施すことにより、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ を硝化し原水を安定させることを目的とする。この水道原水の生物処理においては、ハニコムチューブ接触酸化法、回転円板法が実設備および研究の主流を占めている。しかしこれらの方法は、処理に要する滞留時間の長さ(2~5 hr)、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 負荷の低さ(通常は $50 \text{ g/m}^3 \cdot \text{d}$ 程度である)の問題がある。そこで当社においては大きな比表面積を有する多孔質濾材(グラセミック-G)に着目、また曝気装置としては従来のディフューザーではなく、急速濾過池の集配水装置として使用されて



第2図 かび臭物質の構造式
Fig. 2 Structural formula of musty materials

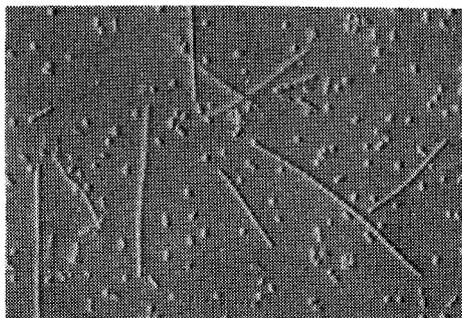


写真1 フォルミディウム テヌエ
Photo.1 *Phormidium tenue*

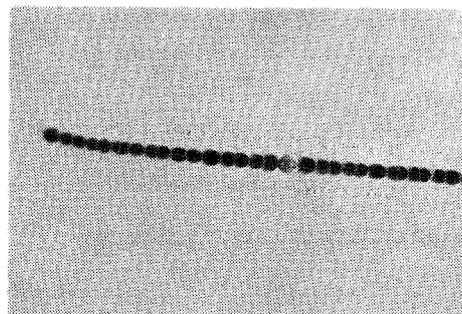


写真2 アナベナ マクロスポラ
Photo.2 *Anabaena macrospora*

いる当社の A/W 式レオポルドブロックを使用した。第 1 表にグラセミック-G の物性値を示す。第 3 図に A/W 式レオポルドブロックの汙過時、逆洗時の水と空気の流れを示す。

2. 1 実験装置および実験条件

第 4 図に実験フローを示す。生物接触汙過槽は、内径 200 mm、高さ 2600 mm の塩ビ製カラムである。この汙過槽の中に平均粒径 4 mm、比表面積 1000 m²/m³ のグラセミック-G が、1500 mm 充填してある。実験に供した水は淀川原水でありポンプ、流量計を経て所定量汙過槽に流れ、槽下部に設置してある A/W 式レオポルドブロックより常時曝気されている。気液接触は向流であり、実験条件は汙過速度 (LV) 120 m/d で一定とし、空塔接触時間 (EBCT) 18 min、空気量 1 Nℓ/min である。なお汙過槽の逆洗は空気逆洗、空気水同時逆洗、水逆洗の順番で週 1 回の頻度で行い、水逆洗には淀川原水を使用した。

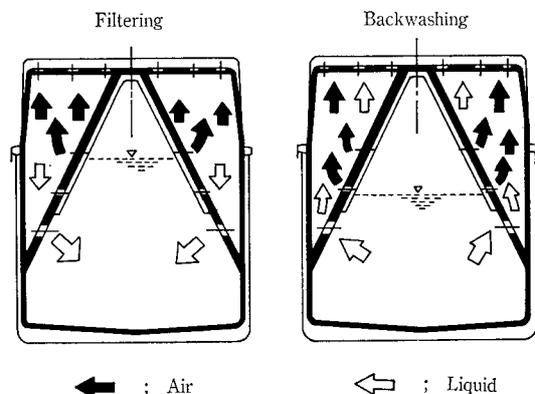
2. 2 実験結果

以下本文で述べる NH₄⁺-N 負荷、NH₄⁺-N 除去速度は次式で定義する。

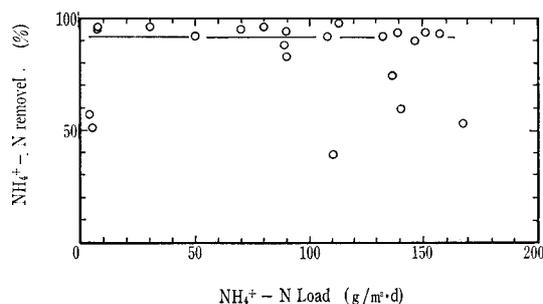
$$\text{NH}_4^+\text{-N 負荷} = \frac{Q \times \text{Lin}}{V_M} \text{ (g/m}^3\cdot\text{d)}$$

第 1 表 多孔質汙材の物性
Table 1 Property of porous filter media

Material	SiO ₂ Approx 70 %
Specific gravity	2.5 ~ 2.55
Apparent specific gravity	0.3 ~ 0.4
Void coefficient	Approx 85 %
Pore diameter	3.4 μm



第 3 図 集水散気装置 (A/W 式レオポルドブロック)
Fig. 3 Collection of water and aeration



第 5 図 NH₄⁺-N 負荷と NH₄⁺-N 除去率
Fig. 5 NH₄⁺-N load vs. NH₄⁺-N removal

$$\text{NH}_4^+\text{-N 除去速度} = \frac{Q \times (\text{Lin} - \text{Lout})}{V_M} \text{ (g/m}^3\cdot\text{d)}$$

ここに、Q : 流入原水量 (m³/d)

Lin, Lout : 原水、処理水の NH₄⁺-N 濃度 (g/m³)

V_M : 充填汙材容量 (m³)

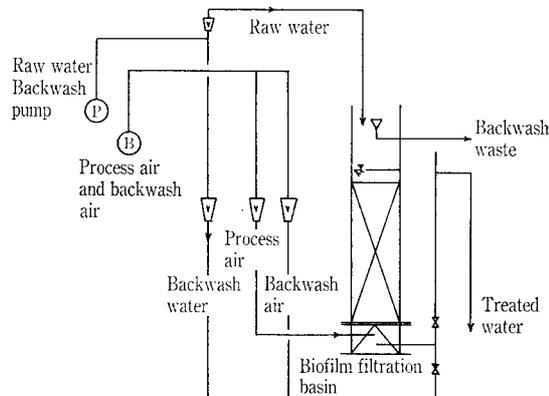
2. 2. 1 NH₄⁺-N 負荷、NH₄⁺-N 除去率、水温について

第 5、6 図に各々 NH₄⁺-N 負荷と NH₄⁺-N 除去率、水温の経日変化を示す。第 6 図より、9 月から 10 月の初めにおいて除去率が低いところがあるが、これは原水の NH₄⁺-N 濃度が 0.07、0.065 mg/ℓ と低いためである。また 1 月中旬においても除去率の低いところがある。この原因として、NH₄⁺-N 濃度が急激に変動したためであると思われる、安定した除去率を得るまでには、ある程度の時間を要することがわかる。⁵⁾ これから生物接触汙過に限らず、高効率の生物処理に関して適切な負荷制御が必要となるであろう。第 5、6 図において、原水の NH₄⁺-N 濃度が低い場合や急激に変動した場合を除き、NH₄⁺-N 負荷が 150 g/m³·d までは負荷、水温に関係なく平均の除去率で 91.3 % を得た。これは本実験で使用したグラセミック-G に硝化菌が、全面および細孔内に付着していると考えられる。⁵⁾

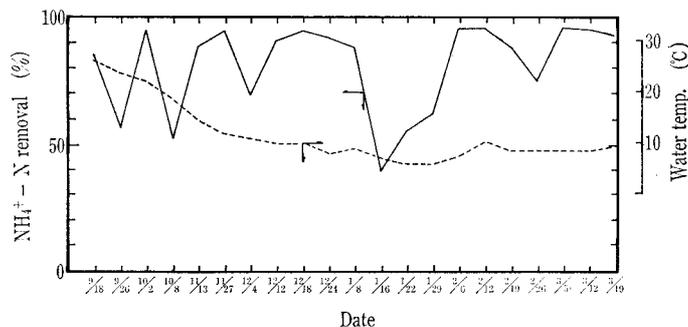
2. 2. 2 NH₄⁺-N 負荷と塩素要求量について

第 7 図に NH₄⁺-N 負荷と塩素要求量減少率を示す。これより NH₄⁺-N 負荷が、130 g/m³·d までは負荷に関係なく一定であり、平均減少率で 75.5 % を得たが、130 g/m³·d を境に減少率が低下していくことがわかる。

2. 2. 3 原水、処理水の塩素要求量について



第 4 図 生物接触汙過処理フローシート
Fig. 4 Flow sheet



第 6 図 NH₄⁺-N 除去率、水温の経日変化
Fig. 6 Variation of NH₄⁺-N removal, water temp

第8図に原水、処理水の塩素要求量を示す。原水の塩素要求量が、約10 mg/l までは処理水の塩素要求量は2~3 mg/l と安定であることがわかる。この安定な値は、ほぼNH₄⁺-Nの硝化により除去されているので、NH₄⁺-Nによるものではなく原水固有の他の安定な有機物によるものと思われる、これ以下に処理水の塩素要求量を下げることができない。

2.2.4 生物接触汚過におけるTHMFP^{注1)}について

第9図に原水、処理水のTHMFPを示す。これより水温に関係なく、原水と処理水との間に明確な傾向は認められず、逆に処理水の値が原水よりも増加する場合もある。これは生物が、THMを生成するような有機物(例えばフミン酸)を代謝していることによると考えられる。

2.2.5 生物接触汚過におけるTOX, TOXFP^{注2)}について

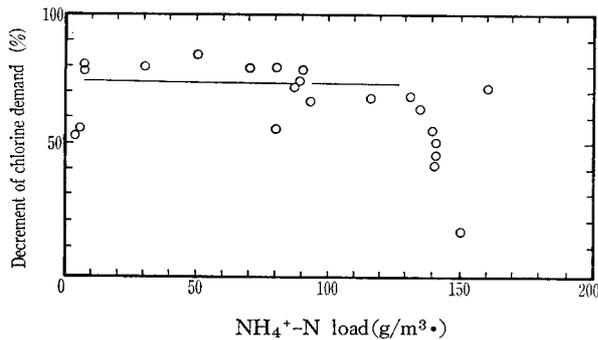
第10図に原水、処理水のTOXを示す。水温が6~15℃の範囲で直線性が見出されて次式を得た。

$$\text{TOX treat} = 0.25 \times \text{TOX raw} - 12.5$$

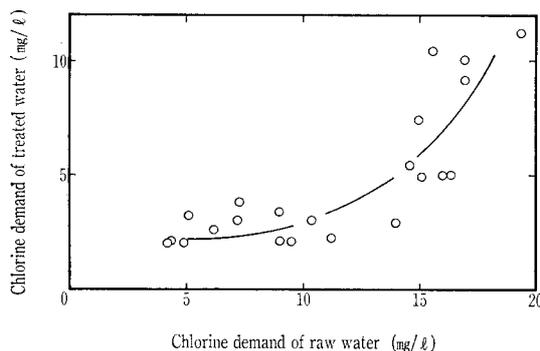
ここにTOXの添字 treat: 処理水, raw: 原水 次に第11図に原水、処理水のTOXFPを示す。これも先のTHMFPと同様に、原水と処理水との間で明確な傾向は認められなかった。

2.2.6 TOCの除去について

第12図に原水、処理水のTOC(全有機炭素)を示す。



第7図 NH₄-N 負荷と塩素要求量減少率
Fig. 7 NH₄-N Load vs. decrement of chlorine demand



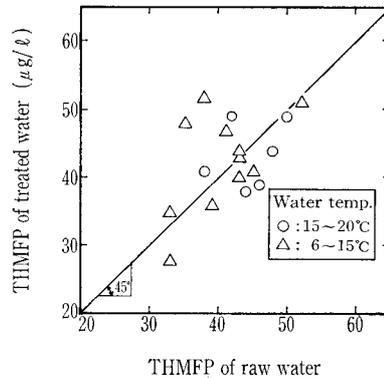
第8図 原水、処理水の塩素要求量
Fig. 8 Chlorine demand of raw water, treated water

注1) 通常河川水には塩素がなくTHMは生成されないが、塩素(浄水場で必ず使用される)と反応してTHMとなりうる物質(前駆物質)が含まれている。この物質をTHMFPとする。

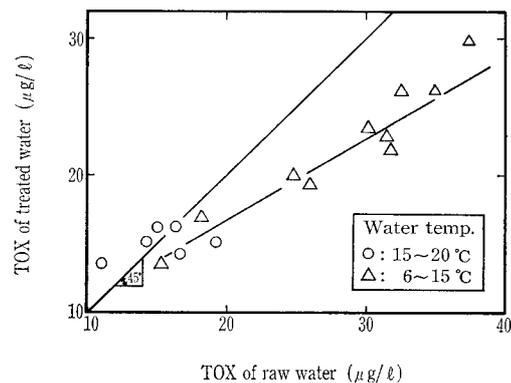
原水のTOCが、5, 12 mg/l 近傍の2つの領域に分かれているが、これは原水水質等に起因するものと思われる。これら2つの領域共に、処理水のTOC除去率は最大30%程度である。

2.2.7 濁度、金属の除去について

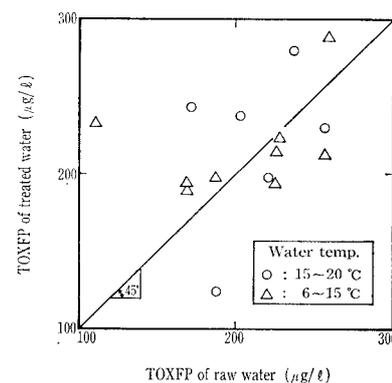
第13図に濁度、第14図にFe, Mnの原水、処理水を示す。濁度は、LVを一定にしても原水と処理水との間に明



第9図 原水、処理水のTHMFP
Fig. 9 THMFP of raw water, treated water



第10図 原水、処理水のTOX
Fig. 10 TOX of raw water, treated water



第11図 原水、処理水のTOXFP
Fig. 11 TOXFP of raw water, treated water

注2) TOX(Total Organic Halide)は、THMのような揮発性で低分子量の有機ハロゲン化合物だけでなく、高分子量の有機ハロゲン化合物をも含めた有機ハロゲン化合物の総量をハロゲン量として表わすものであり、有機化合物による水の汚染度を表わす重要な一つの指標である。またTOXFPはTOXとなりうる物質である。

確な傾向は認められなかった。これは15度前後の濁度に対して、下部のA/W式レオポルドブロックより曝気している空気が影響が大きいと考えられる。しかしながら、汙過機能は期待でき、また金属の除去については、同様な実験の散水汙床法と同程度の除去率を得ており、Feは、特異点を除けば平均35%の除去率、Mnは平均54%の除去率が得られた。

2. 2. 8 グラセミック-Gの硝化菌について

実験中の生物接触汙過槽に充填されている汙材を採取し、その硝酸菌、亜硝酸菌の定量を試みた。採取箇所、採取時の条件は、次のとおりである。

採取箇所：生物接触汙過槽中央部

採取時条件：水温9.0℃

原水 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度 1.75 mg/ℓ

処理水 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度 0.14 mg/ℓ

分析方法としては、採取汙材に約4分間超音波処理⁶⁾を行い、レーニス培地を用いて約1ヶ月間25~30℃で培養する上水試験方法⁷⁾にもとづいて定量した。その結果を次に示す。共に汙材100g当りの菌数である。

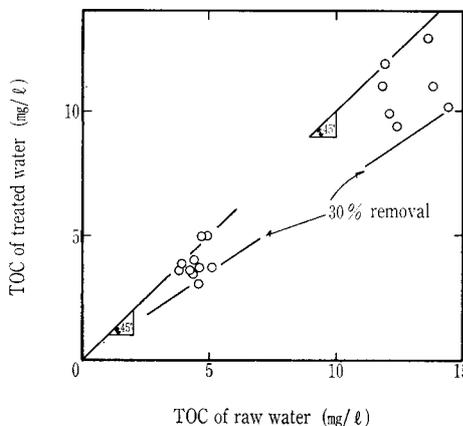
硝酸菌 1.3×10^6 (MPN算出法)

亜硝酸菌 1.1×10^6 (MPN算出法)

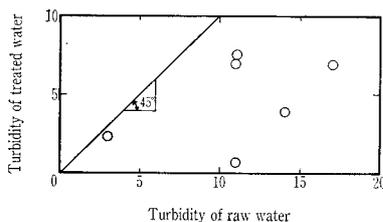
ここで、亜硝酸菌数と $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の除去より、亜硝酸菌当りのみかけの $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 除去速度を計算すると、29.3 ng/dを得た。この値を当社の実験結果(ハニコム法)と比較すると、生物接触汙過の方が大きな除去速度を有する。

2. 2. 9 生物接触汙過とハニコム法との比較

生物接触汙過法とハニコム法との比較実験を行った。



第12図 原水、処理水のTOC
Fig. 12 TOC of raw water, treated water



第13図 原水、処理水濁度
Fig. 13 Turbidity of raw water, treated water

ハニコム法も同じ淀川原水を使用した。実験条件を次に示す。

処理水量 4m³/h 接触時間 1 hr

処理段数 2段(セルサイズ 13 mm, 8 mm)

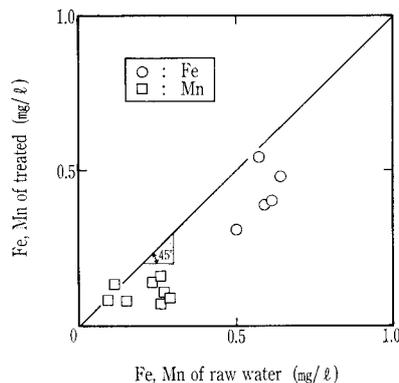
空気量 8 Nm³/h 充填材容量 4 m³

第15図に $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 負荷と $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 除去速度の関係を示す。水温24~30℃の間は夏期であり NH_4Cl を添加し実験を行った。

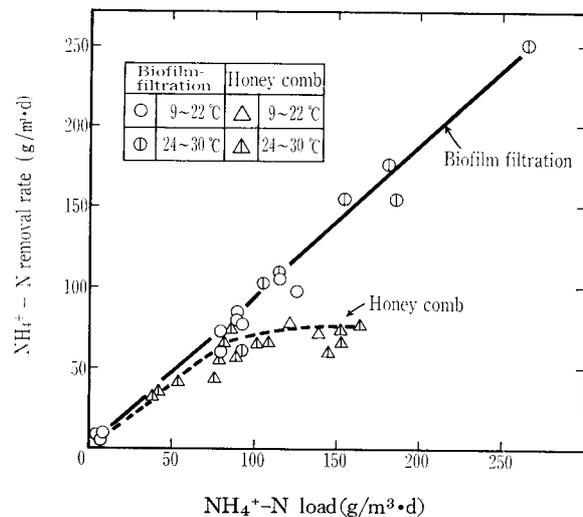
これによりハニコム法は $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 負荷が100 g/m³・dを境にして $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 除去率が悪くなるのがわかる。これに反して生物接触汙過法は、夏期において250 g/m³・dまで高い除去率が得られた。

2. 2. 10 生物接触汙過法によるかび臭の除去

第2表に生物接触汙過によるかび臭除去の結果を示す。かび臭物質として和光純薬製上水試験用の2MIBとGeを添加して行った。これより2MIBの場合、56%、75%除去と良い結果を得た。Geの場合、原水濃度が29 ng/ℓと低い時は、除去率も低い、69 ng/ℓでは83%除去とこれも良い結果を得た。しかし実際の藻類の発するかび臭での除去ではなく、いくつかの問題点があると思われる。



第14図 原水、処理水のFe, Mn
Fig. 14 Fe, Mn of raw water, treated water



第15図 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 負荷と $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 除去速度の関係
Fig. 15 Relationship of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ load vs. $\text{NH}_4^+\text{-N}$ removal rate

そこで現在では単離した *Phormidium tenue* の培養液を用いて調査を行っている。またより良い除去率を得るために、グラセミック-Gに特殊処理した汙材でも実験中である。今後実験結果を本誌にて報告したいと考えている。

2.3 生物処理実験のまとめ

グラセミック-G (多孔質汙材) を使用した生物接触汙過 (汙過速度、滞留時間を一定) 実験を行い、以下の知見を得た。

- 1) $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 負荷の急激な変動がない場合には、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 負荷が $150 \text{ g/m}^3\cdot\text{d}$ までは負荷、水温に関係なく平均91.3%という高い $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 除去率を得た。
- 2) 塩素要求量減少率に関しても、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 負荷が $130 \text{ g/m}^3\cdot\text{d}$ までは負荷、水温に関係なく平均75.5%を得た。また生物接触汙過により塩素要求量は、原水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 以外の安定な有機物により $2\sim3 \text{ mg/l}$ までしか減少させることはできない。

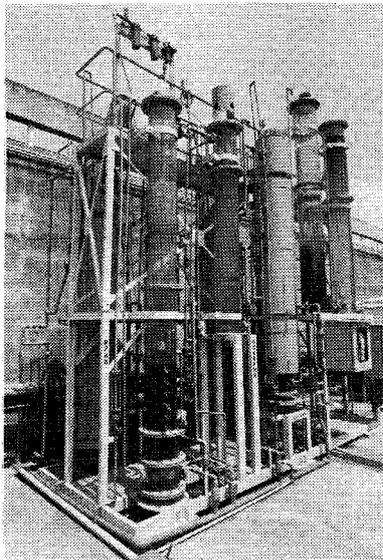


写真3 高度処理実験プラント全景
Photo.3 Pilot plant

3) 生物接触汙過により、THMFP, TOXFP の低減の傾向は認められず、逆に処理水の値が原水を上回る場合もあった。しかしTOXの場合は低水温期において直線性が見い出された。

4) グラセミック-G の硝化菌の定量を行い、亜硝酸菌当りのみかけの $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 除去速度は、当社実験におけるハニコム法よりも高い値を得た。

3. オゾン・活性炭処理実験について

最近、各水道事業者において、高度処理としてオゾン・活性炭処理実験を行い、一種のブームとなっている。これは、現状の浄水工程においてかび臭の除去、微量の有機塩素化合物の低減には限界があり、消費者の水道水に対する

第2表 生物接触汙過におけるかび臭除去実験

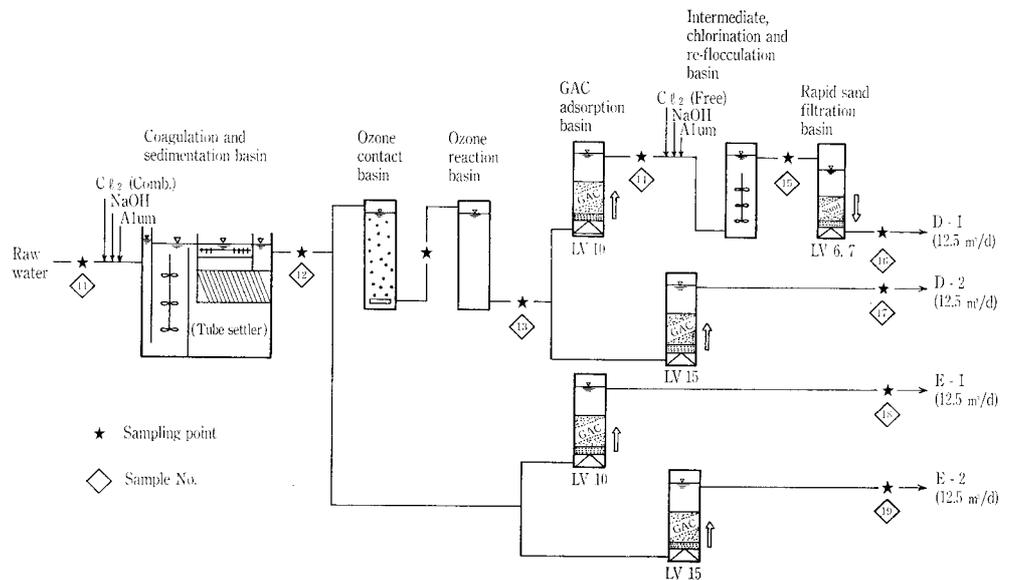
Table 2 Removal of earthy-musty taste and odor by biocontact-filtration

	RUN-1		RUN-2	
	2MIB	Ge	2MIB	Ge
Raw water	130	29	208	69
Biocontact-filtration treated water	32	19	92	12
Removal rate (%)	75	34	56	83

第3表 実験設備仕様

Table 3 Pilot plant specification

Coagulation and sedimentation basin	Retention time 60 min tube settler
Ozone contact reaction basin	$\phi 350 \text{ mm} \times 2$ Ozone generator 15 g/h
GAC adsorption basin	(Fluidized bed) $\phi 260 \text{ mm} \times 2$ $\phi 210 \text{ mm} \times 2$
Intermediate chlorination and re-flocculation basin	Retention time 20 min
Rapid sand filtration basin	Filtration rate 160 m/d
Other equipment	Ozone dosing equipment Chemical dosing equipment pH chlorine controller



第16図
高度処理実験フロー
Fig. 16
Flow sheet

第4表 高度処理プラントかび臭除去実験

Table 4 Removal earthy-musty taste and odor by advanced treatment system (Unit; ng/l)

No.	Water	O3 dose	2-MIB
11	Raw water	—	153
12	Sedimentation	—	95
13	Ozone	0.5 ppm	37
		1.0 ppm	23
		2.0 ppm	27
		3.0 ppm	7
14	O3+GAC	2.0 ppm	4
18	GAC	0.0 ppm	18

ニーズが、量から質へと転換していることに端を発していると思われる。

ではなぜオゾンが使われるのであろうか。次にオゾンの特長を述べる。⁸⁾

- (1) かび臭、色度に優れた効果を有する。
- (2) 鉄、マンガンの除去効果が大きい。
- (3) ウイルスの不活化、病原菌に対する殺菌効果がある。
- (4) 有機塩素化合物の生成量を減少させる。

THM はオゾンでは分解できないが THMFP は酸化され生成量を減少させることができる。

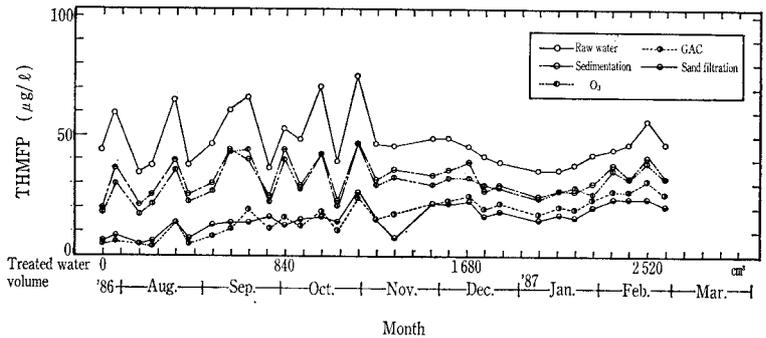
当社では、2節で述べた生物処理実験と併行してオゾン・活性炭処理実験を行っているのでその概要を示す。

3.1 実験設備概要

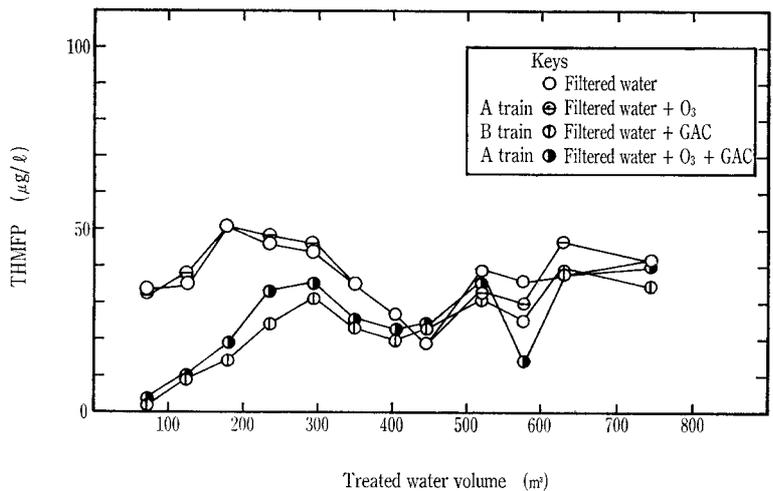
本実験設備は、淀川を水源とするI浄水場内にある。実験フローを第16図に、設備仕様を第3表に、全景を写真3に、その特長を次に示す。

- 1) 当初、除臭等に対する効果を考慮し、オゾン・活性炭を最終工程とする実験プラントを稼動し調査を行っていたが、微粉炭のリーク等の問題点が生じたために最終工程は従来通りの砂濾過とする方向で検討し直し、オゾン・活性炭処理を沈殿と急速濾過の間で行う。
- 2) 従来の前塩素処理（ブレイクポイント法）をやめ、凝集沈殿池の通水機能を維持するための必要最小限の塩素しか注入しない。（これは藻類の光合成等による沈殿スラッジの再浮上を防ぐためである。）
- 3) 活性炭吸着塔は、粒状活性炭を使用した流動層とし、抑留したSSを1日1回A/W式レオポルドブロックを用いて空気洗浄を行って排除する。
- 4) 中間塩素接触塔において中間塩素処理を行い、なおかつマイクロブロックを形成するために、再度凝集剤を注入する。
- 5) これら一連の処理は、水位差のみで行われる。

3.2 実験条件および実験結果



第17図 THMFPの経時変化
Fig. 17 Variation of THMFP



第18図 THMFPと通水量の関係
Fig. 18 Relationship with THMFP and treated water volume

次に実験条件を示す。

日処理量：4系列で50 m³

凝集沈殿：凝集剤として硫酸バンド、アルカリ剤としてNaOHを使用し、塩素注入量は沈殿水で結合型塩素をわずかに残す程度注入する。

オゾン：通常は2 ppm注入し、滞留時間を15 minとする。

活性炭吸着：LVは10, 15 m/hの2種類、空塔滞留時間は6 minである。

中間塩素：ブレイクポイント処理を行い、再度硫酸バンドを注入する。

3.2.1 かび臭除去について

本実験設備に *Phormidium tenue* 培養液を注入し、各処理工程の2 M I Bの除去を追跡したその結果を第4表に示す。これより原水の2 M I B濃度が153 ng/lの場合、オゾン2 ppm注入することで、活性炭処理水での2 M I B濃度は4 ng/lと97.4%の除去率を得た。オゾンの注入量の増加に伴い、2 M I Bの除去率が良くなることから、対象である活性炭処理のみでは、除去率が88.2%である。

3.2.2 THMFPについて

第17図に本実験のTHMFPの経日変化を示す。第18図に浄水工程の最終処理である砂濾過水にオゾン活性炭処理を行った場合のTHMFPの経日変化を示す。これらより

砂濾過水に処理を施した場合通水倍量が約20000で活性炭処理水が原水（この場合の原水は砂濾過水）を上回り破過するが、本実験の場合通水倍量の増加に伴い除去率は悪くなるが破過は認められず、またWHOガイドライン値（ CHCl_3 で $30 \mu\text{g}/\ell$ ）以下の水質を得ている。これはブレイクポイント処理を行う前で凝集沈殿、オゾン、活性炭処理を行っているためであると思われる。

3. 2. 3 Fe, Mn の除去について

第19図に Fe, 第20図に Mn の経日変化を示す。これらより Fe, Mn 共に凝集沈殿、活性炭吸着により除去されるが、オゾンによる明確な効果は認められない。滞留時間20 min の中間塩素および砂濾過により、水道水の色度成分である Fe, Mn はほぼ完全に除去できることがわかる。

2. 3 オゾン・活性炭処理実験のまとめ

- (1) かび臭（2 MIB）の除去には、オゾン・活性炭併用処理が有効である。
- (2) THMFP は通水倍量の増加に伴い除去率は悪くなっていくが、砂濾過水にオゾン・活性炭処理のように破過は認められず、制御目標値（ $0.1 \text{ mg}/\ell$ ）以下の水質を得ている。
- (3) 本実験フローにおいて Fe, Mn の色度成分は、ほぼ完全に除去できる。

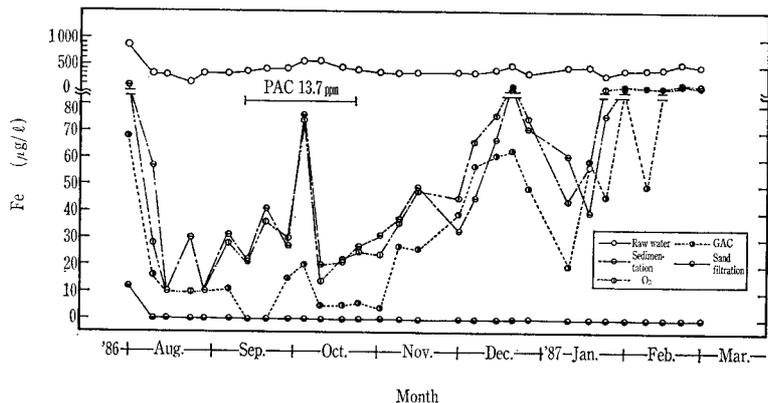
むすび

以上、上水の高度処理について概要を述べた。これからもおいしい水、安全な水に対する要求は高くなるものと思われ、この問題は水道事業者だけの問題でなく、水処理メーカーの問題でもある。当社は、今後更に研究開発を続けよりおいしく、より安全な水造りを追求したいと考えている。

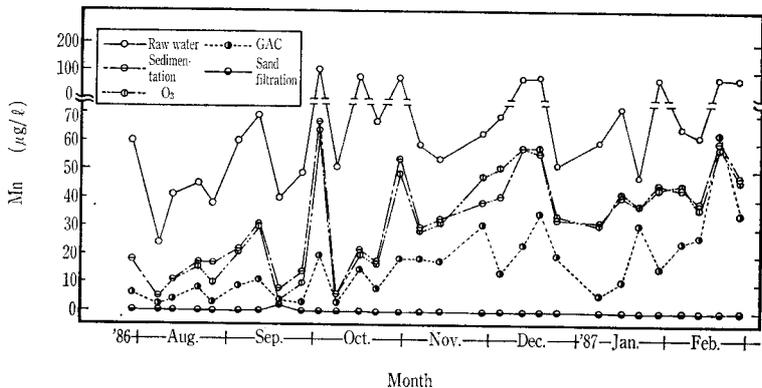
本実験を行うにあたり、多方面にわたりご指導を頂いた阪神水道企業団殿に謹んでお礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 丹保憲仁, 新体系土木工学38巻上水道, 1980, 技報堂出版 p. 83
- 2) 丹保憲仁, 水道とトリハロメタン1983, 技報堂出版 p. 4



第19図 鉄の経日変化
Fig. 19 Variation of Fe by ozone and granular activated carbon



第20図 マンガンの経日変化
Fig. 20 Variation of Mn by ozone and granular activated carbon

- 3) 八木正一, 水中の臭気物質, 水質汚濁研究, 1985, Vol. 8 No. 11, p. 16
- 4) 佐藤敦久, 水道水の臭気, 水質汚濁研究, 1985, Vol. 8 No. 11, p. 20
- 5) 武蔵等, 生物活性炭処理に関する研究, 第38回全国水道研究発表会講演集1987, p. 204
- 6) 真柄泰基監訳, USEPA 編 飲料水とトリハロメタン制御, 1985, 公害対策技術同友会, p. 246
- 7) 厚生省生活衛生局水道環境部監修, 上水試験方法1986, 日本水道協会, p. 646
- 8) 衛生常設調査委員会, オゾン処理調査報告書, 1984, 水道協会雑誌, 第53巻第11号, p. 42