〈技術報告〉

高度浄水処理による臭気物質の除去性能

佐藤 進* 飯島 繁雄* 小関 正信*
関 沢 一夫** 原本 博喜**

Removal of Musty Odor Substances by Advanced Water Purification Treatment

Susumu SATO*, Shigeo IJIMA*, Masanobu KOSEKI*,
Kazuo SEKIZAWA* and Hiroki HARAMOTO**

* Environmental Reseach Center, Sumitomo Heavy Industries, Ltd., 1-15 kuryo-zutsumi, Hiratsuka, kanagawa
254 Japan

** Water & Sewage Engineering Department, Sumitomo Jukikai Bldg. 2-1, Kandanishiki-cho, Chiyoda-ku,
Tokyo 101 Japan

Abstract

Field test has been carried out on advanced methods in summer and winter, in combinations with ozonation, activated carbon adsorption, and biological degradation for the purification of surface river water, which was added Geosmin and 2-methylisoborneol (2-MIB) as a supplement. In this paper, we report the results of removing features of the musty odor substances, principal Geosmin and 2-MIB. The outline of results is as follows:

1) In biological treatment which applied only submerged bio filter, the removal ratios of Geosmin and 2-MIB were 34%, and 23% respectively. So, this unit operation didn't seem to be enough for the removal of the musty odor substances.

2) For the more than 80% removal of Geosmin and 2-MIB, ozone additions of $1.5 \sim 1.7 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ and $1.8 \sim 1.9 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ were needed respectively.

3) More than 95% of the musty odor substances were removed in combination with ozone and activated carbon treatment. Activated carbon which followed ozonation performed an effective role in finishing deodorization, and can be expected its long life effectiveness for the removal of the musty odor substances.

Key words: biological treatment, ozonation, activated carbon, Geosmin, 2-methylisoborneol

1. はじめに

近年、各種の産業活動や人口の一部地域への集中に伴い、水質汚濁が進行し湖沼や河川の生態系に悪影響を及ぼすようになった。なかでも藻類等の異常増殖による臭気の発生は、これらの水域を水源としている上水道の異臭味問題^{1),2)}を引き起こし、'90年には日本全国で2,100万人に影響を与えている³⁾。この異臭味のな

かでも特に多く発生するのがかび臭であり、その主な原因物質として藍藻類や放線菌等が代謝産物として生産するジオスミンと2-メチルイソボルネオール(2-MIB)の2物質であることが確認されている⁴⁾。これらの臭気物質は従来の浄水処理設備では十分な除去ができなため、暫定的な対応策として粉末活性炭の注入がなされてきた。しかしこの粉末活性炭の対応では完全な脱臭効果が得られないことから、オゾンや粒状

* 住友重機械工業㈱環境施設事業本部環境技術研究センター 〒254 平塚市久領堤 1-15

** 住友重機械工業㈱環境施設事業本部上下水プロジェクト部 〒101 千代田区神田綿町 2-1 住友重機械ビル

Fig. 1 Pilot plant of advanced water purification process treatment

活性炭を用いた高度浄水設備の研究が全国各地で実施されている。

本研究では、生物処理、オゾン、および活性炭処理を組み入れた通水規模 $30\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ の高度浄水処理パイロットプラント実験 (Fig. 1) を某浄水場で行い、このなかで得られた臭気物質の除去性能について報告する。

2. 実験方法

2.1 実験設備と実験条件

実験のフローは Fig. 2 に示した 4 系列から構成されており、その設備仕様と臭気物質の添加実験を行った期間の運転条件を Table 1 に示した。

生物処理については球状の汙材を充填した生物接触汙過処理とし、臭気添加実験の夏期と冬期では汙材を変えて用いた。夏期の汙材は平均粒径：4mm、比表面積： $1,100\text{m}^2\cdot\text{m}^{-3}$ の球状汙材-A を用いて、'90年10月

Fig. 2 Flowsheet of pilot plant
AC-1 : upflow fixed bed
AC-2 : downflow fixed bed
AC-3 : downflow fixed bed

Table 1 Specification of main devices and operating conditions

Submerged biofilter	Column	$\phi 200 \times 4000\text{mm} \times 1$		
	Media height (mm)	2000		
	LV ($\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$)	280		
	EBCT (min)	10.5		
Ozonation	Contact column	$\phi 150 \times 4500\text{mm} \times 1$		
	Retention column	$\phi 150 \times 4500\text{mm} \times 1$		
	'91. summer	No I column	No II column	
	Ozone dose ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	1.0~2.3	1.0~2.5	
	Contact time (min)	12 ~ 17	15 ~ 25	
	'92. winter	No I column	No II column	
	Ozone dose ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	3.2~3.9	2.0	
	Contact time (min)	22 ~ 27	20 ~ 21	
Coagulation	Coagulation tank	$\phi 1300 \times 1600\text{mm} \times 1$		
	PAC dose ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	20~30		
	Settling time (h)	2~3		
Activated Carbon	AC column	$\phi 200 \times 4000\text{mm} \times 3$		
	'91. summer	AC-1	AC-2	AC-3
	Media height (mm)	1500	1700	2000
	LV ($\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$)	120~220	140~210	230~280
	'92. winter			
	Media height (mm)	1200	-	2000
	LV ($\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$)	170~230	-	240

から通水した。また冬期の汙材は平均粒径：6mm、比表面積： $740\text{m}^2\cdot\text{m}^{-3}$ の球状汙材-B を用いて、'91年10月から通水した。両者共に LV、および空塔接触時間 (EBCT) は同一とし、下向流固定床で通水し、原水の溶存酸素濃度が高いため通気は行わなかった。逆流洗浄は汙材の圧損抵抗の増加に応じて、随時 2~3 回/月の頻度で行った。

オゾン処理は 2 系列として、原水に直接オゾンを注入する前オゾン方式とした。オゾン発生器は酸素富化空気発生装置付きの機種を用いた。オゾン反応槽は同一形状の接触槽と滞留槽の各 1 槽からなり、接触槽でのオゾン注入はディフューザ方式とした。I 系、II 系共に発生オゾン、および排オゾンを紫外外部吸収法によるオゾンガス濃度計で、またオゾン処理水の残留オゾンをオゾン電極による水中オゾン濃度計で常時計測した。冬期実験時に I 系においてオゾン注入率が $3\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 以上に増加して、臭気物質の処理性能を検討した。

凝集沈殿処理は凝集剤としてポリ塩化アルミニウム (PAC) を用いて、注入率： $20\sim 30\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 、沈殿時間：2~3 時間の条件で通水した。

活性炭処理は凝集沈殿と砂汙過の間に組み入れた 2 系列 (AC-1、AC-2) と、原水を直接オゾン-活性炭処理する系列 (AC-3) において比較検討を加えた。AC-1 系列は平均粒径：1.4mm の石炭系粒状破砕炭を充填して、上向流固定床で通水し、他方の AC-2 系列は 1.6mm の木炭系粒状破砕炭を充填して、下向流固定床にて通水した。両者とも '90 年 10 月から通水を行

い、AC-2 については'91年夏期のみ臭気物質添加実験を行った。AC-3 は平均粒径1.5mm の石炭系粒状破砕炭を用いて、'91年5月より下向流固定床で通水した。なお、活性炭の逆流洗浄は1回/日の頻度で行い、水洗には砂汙過処理水を用いた。

2.2 臭気物質調整方法および分析手法

臭気物質の添加実験は'91年夏期(6月, 7月)と'92年冬期(1, 2月)に実施した。実験原水は河川表流水であり、浄水場にて前塩素処理を行う前の取水ラインから分取した。臭気物質添加実験期間の流入原水の性状を Table 2 に示した。臭気物質添加実験開始の'91年5月, および'92年1月の流入原水のジェオスミン濃度は $3 \text{ ng} \cdot \text{l}^{-1}$, 2-MIB 濃度は $2 \text{ ng} \cdot \text{l}^{-1}$ と極めて低い濃度であり, このため実験では市販の特級試薬(和光純薬製)のジェオスミンおよび2-MIB を添加した。両者とも水に難溶解のため極少量の残留農薬試験用メタノールに溶解して, 濃厚溶液を作製しこれを冷却しながら, 原水槽に一定量をポンプで添加した。添加後の原水槽でのジェオスミン濃度は夏期: $10 \sim 140 \text{ ng} \cdot \text{l}^{-1}$, 冬期: $70 \sim 120 \text{ ng} \cdot \text{l}^{-1}$ であり, 2-MIB は夏期: $20 \sim 100 \text{ ng} \cdot \text{l}^{-1}$, 冬期: $100 \sim 160 \text{ ng} \cdot \text{l}^{-1}$ であった。

臭気物質濃度の分析はパーシアントラップ(ジールサイエンス製 TCT-2)による濃縮操作後に, GC-MS(横河電機製 GC: HP5890 SERIES II, MS: HP5971A, カラム: $30\text{m} \times 0.25\text{mmID}$, phase: DB1, キャリアガス: He, 検出質量 m/e : ジェオスミン 112, 2-MIB 95)により定量し, 2回/週の頻度で実施した。その他の分析手法は上水試験方法に準じた。

3. 実験結果および考察

3.1 生物接触汙過処理

生物接触汙過において夏期使用の汙材-A, および冬期使用の汙材-B も共に, 窒素除去速度: $120 \sim 140 \text{ gN} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 程度の硝化能を有し, 生物処理としての機能を十分発揮している状況で, 臭気物質添加実験を行った。夏期と冬期における初期臭気物質濃度と除去率の

Table 2 Raw water quality which were added musty odor substances

	'91. summer	'92. winter
Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	Ave (Min ~ Max) 22.6 (17.9 ~ 27.6)	Ave (Min ~ Max) 9 (8 ~ 11)
pH (-)	7.3 (7.1 ~ 7.4)	7.4 (7.3 ~ 7.4)
E_{250} (-)	0.15 (0.09 ~ 0.37)	0.089 (0.08 ~ 0.097)
TOC ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)	2.07 (1.1 ~ 4.61)	1.46 (1.03 ~ 1.88)
KMnO_4 consu. (")	6.1 (4.4 ~ 11.5)	2.8 (1.9 ~ 4.2)
Cl_2 demand (")	1.8 (0.6 ~ 4.1)	1.8 (1.6 ~ 2.0)
$\text{NH}_4\text{-N}$ (")	0.14 (0.02 ~ 0.33)	0.06 (0.06 ~ 0.07)
Turbidity (NTU)	11.4 (2.8 ~ 35)	3.5 (2.4 ~ 5.5)
T-Fe ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)	1.27 (0.41 ~ 5.53)	0.22 (0.16 ~ 0.30)
T-Mn (")	0.052 (0.023 ~ 0.18)	0.009 (0.007 ~ 0.011)

関係を Fig. 3 に示した。ジェオスミンは初期臭気物質濃度に関係なく, 除去率はほぼ一定で, 平均34.0%であった。一方, 2-MIB では初濃度が増加するのに伴って除去率は減少し, 初濃度が $60 \text{ ng} \cdot \text{l}^{-1}$ 以上では, ほぼ一定の17%程度となった。生物処理においては両物質とも本試験条件では, 高い除去性能は得られなかった。ジェオスミンと2-MIB の処理性能の比較では, 2-MIB の除去率は平均23.1%であり, ジェオスミンに比較して10%程度低く, 生物処理において2-MIB はジェオスミンに比較して, 処理しにくいとみられる。両臭気物質とも夏期と冬期の除去率にさほど差はなく, 水温による処理性能への影響は少ない結果であった。また粒径の異なる汙材 A, B での臭気物質の除去率には, 顕著な差はみられず, 硝化能と共に粒径の大小による処理性能への差異は少ない結果であった。

冬期実験において汙材充填高さ毎のサンプリングを行い, 充填高さ, および EBCT と臭気物質の除去率の関係を Fig. 4 に示した。生物接触汙過における臭気物質の除去速度は, 充填層の上層, 中層, 下層とも同一層厚ではほぼ一定であり, 充填高さが2 mにおける

Fig. 3 Effect of musty odor substances concentration on removal of musty odor substances by submerged biofilter

Fig. 4 The relationship between media height or EBCT and musty odor substances removal

ジェオスミン除去率は26.8%, 2-MIB では17.5%と、その除去速度はかなり小さい結果であった。

今回の生物接触汚過での臭気物質の処理性能は、これまでの同方式の報告^{5)~7)}と比較して若干低い結果であった。この原因として汚材生物膜の臭気物質への馴養不足、LV が $280\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$ と高いこと、および通気の有無等の違いが考えられた。生物接触汚過方式で臭気物質を処理する場合には、適正なLV, SV の設定、通気の有無の検討を要する。また浄水における異臭味の発生は年間を通じて生ずる場合は少なく、断続的に夏期および秋期に集中する場合が多く、生物処理では臭気物質に対する馴養方法、原水濃度の大幅な変動に対応する運転手法の確立が必要とみられる。今回の実験条件下では生物接触汚過における臭気物質の処理性能は低く、同方式単独での臭気物質の処理は困難と判断された。

3.2 オゾン処理

前オゾン処理によるI系, II系でのオゾン注入率と臭気物質除去率の関係をFig. 5に示した。凝集沈殿処理の前段である前オゾン処理では、降雨等による原水の変動を直接受ける⁸⁾。特に今回の夏期実験は梅雨に当り、Table 2に示したように濁度、TOC 等の変動が大きい状況であった。Fig. 5における臭気物質除去率のばらつきは、この原水水質の変動がかなり影響して

いるとみられた。

I系, II系共にオゾン注入率が $2\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 程度までは臭気物質の除去率は増加し、それ以後はほぼ平衡となった。ジェオスミン除去率が80%となるオゾン注入率はI系: $1.7\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, II系: $1.5\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ であり、一方、2-MIB 除去率が80%となるオゾン注入率はI系: $1.9\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, II系: $1.8\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ であった。従って、前オゾンにおいてジェオスミン, 2-MIB 処理にオゾン注入率は $1.5\sim 2.0\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 程度で充分とみられる⁹⁾。この時の接触槽と滞留槽における合計の接触時間は平均 $15\sim 20\text{min}$.であった。またI系, II系共にジェオスミンの除去率は2-MIB に比較して若干高く、生物処理の結果と同様にオゾン処理ではジェオスミンは2-MIB に比較して酸化分解しやすいとみられる。これらの前オゾンの処理性能はすでに報告^{10), 11)}にある中オゾン, および後オゾン処理による実験と、ほぼ同様な結果であった。

冬期にジェオスミン濃度が $100\text{ng}\cdot\text{l}^{-1}$ を越える場合には、オゾン注入率が $2.0\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ で除去率は90%を達成できる。一方、2-MIB 濃度が $100\text{ng}\cdot\text{l}^{-1}$ を越える場合にはオゾン注入率が $3.0\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 以上で90%程度の除去がなされるが、 $2.0\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ では70~90%にばらつき、低水温期に特に2-MIB 濃度が高い時には、オゾンでの処理性能が充分ではない場合が予想される。これは低水温による2-MIB のオゾン処理での効率の低下が、起因しているものと考えられる¹²⁾。このため冬期に2-MIB 濃度が $100\text{ng}\cdot\text{l}^{-1}$ を越える場合には、オゾン注入率の増加等を検討する必要があるとみられる。

3.3 活性炭処理

3.3.1 石炭系, および木炭系活性炭における処理性能比較

石炭系活性炭 AC-1 および木炭系活性炭 AC-2 共に、夏期の臭気物質添加実験に通水200日を経過して、アンモニア性窒素の硝化が進行していることから、活

Fig. 5 Effect of ozone dose on musty odor substances removal

Fig. 6 Removal of musty odor substances by AC-1 or AC-2 in summer

性炭に生物作用が認められた¹³⁾。AC-1, および AC-2 における流入臭気物質濃度と臭気物質除去率の関係を Fig. 6 に示した。AC-1, AC-2 の流入原水は同一の凝集沈殿処理水である。ジェオスミンでの除去率は AC-1 : 99%, AC-2 : 98% と共に高い処理性能を示し, また 2-MIB の除去率は AC-1, AC-2 共に 94% と, ジェオスミンの除去率よりも若干低い結果であった。臭気物質濃度が $60\text{ng}\cdot\text{l}^{-1}$ 以下の場合では, AC-1 と AC-2 の臭気物質の除去性能に顕著な差はみられなかった。この結果から日本では使用実績の少ない木炭系活性炭でも, 石炭系活性炭と同等な臭気物質除去性能を期待できる¹⁴⁾。

3.3.2 石炭系活性炭における処理性能比較

Fig. 2 のフローシートに示したように石炭系活性炭を使用した AC-1, AC-3 は活性炭流入水の水質が異なった。AC-1 の流入水は原水をオゾン処理, 凝集沈殿処理したものであり, AC-3 の流入水は原水をオゾン処理のみしたものである。このため AC-3 流入水は AC-1 に比較して有機物, 無機物とも高い濃度の原水であった。

AC-1 で通水400日, AC-3 では通水200日を経過した冬期実験時に, オゾン注入を停止して, 通水方向に活性炭充填高さ毎のサンプリングを行った。Fig. 7 に

Fig. 7 The relationship between EBCT and reduction of musty odor substances at each AC columns

活性炭充填高さを活性炭での EBCT に置き換えて, 活性炭の EBCT と臭気物質残存率の関係を示した。この結果からジェオスミン, 2-MIB とともに活性炭による除去速度は, 次の 1 次式で近似できるものと判断される。

$$\log C \cdot C_0^{-1} = -kt$$

C : EBCT 毎のジェオスミン, 2-MIB 濃度 ($\text{ng}\cdot\text{l}^{-1}$)

C_0 : 活性炭流入原水濃度

ジェオスミン: $115\text{ng}\cdot\text{l}^{-1}$, 2-MIB: $100\text{ng}\cdot\text{l}^{-1}$

k : 総括除去速度係数 (h^{-1})

t : EBCT (h)

ジェオスミンの総括除去速度係数 k を求めると, AC-1 : 5.63, AC-3 : 5.78 であり, 2-MIB における k は AC-1 : 4.62, AC-3 : 4.80 であった。AC-1, AC-3 のジェオスミンの k は 2-MIB に比べて約 1.2 倍であり, ジェオスミンの除去速度が 2-MIB に比較して, 若干大きく, 活性炭においてもジェオスミンが処理しやすいと考えられる。また AC-1 および AC-3 でのジェオスミン, 2-MIB の k はほぼ同一であり, 活性炭での EBCT が同一であれば, 処理性能に大差ない結果が得られるとみられる。

Fig. 8 に $5\text{ng}\cdot\text{l}^{-1}$ 以上の臭気濃度に対する AC-1 および AC-3 の処理性能を, 夏期と冬期について平均値で示した。AC-1 の冬期においてジェオスミン除去率は 89%, 2-MIB 除去率は 79% となり, 夏期に比較して低い除去率を示した。この要因として水温の低下, 活性炭での吸着量の増加の他に, 前記したように AC-1 の夏期での EBCT が 13min. であるのに対し, 冬期では 9 min. であり, 活性炭での接触時間が短かったことが挙げられる。冬期の EBCT を夏期と同一の 13min. とした場合では, Fig. 7 からジェオスミン除去率は 97%, 2-MIB は 85% が期待できるものと判断される。

Fig. 8 Comparison with removal of musty odor substances at AC-1 and AC-3 in summer and in winter

AC-1は通水400日の経過後も、臭気物質について高い除去性能を示し、さらに長期の臭気物質の処理が可能とみられる。

AC-3における夏期実験は活性炭充填の直後であり、臭気物質の除去は主に活性炭の吸着反応によるものと考えられ、ジェオスミン、2-MIB除去率は99%、98%と高率であった。冬期ではAC-1と同様に硝化作用を示し、活性炭に生物作用も機能していた状態であった。冬期の臭気物質の処理性能ではジェオスミン除去率は94%、2-MIB除去率は81%であった。この冬期の除去率は夏期に比較してジェオスミンでは5%、2-MIBでは17%低下し、AC-3の臭気物質の処理性能はAC-1に比較して短期間に低下した。この原因として水温の低下の他に、AC-3は原水を直接処理することにより、第1にAC-1に比べて有機物除去量が大きく、活性炭の吸着容量が早期に減少したため、第2に原水中の無機物が活性炭の細孔をふさぐこと¹⁵⁾等が推定された。

3.4 オゾン・活性炭における臭気物質の除去性能

オゾンと活性炭を組み合わせた系列での臭気物質の除去率をFig. 9に示した。臭気物質はほぼ溶解性であり、凝集沈殿での臭気物質の除去は生じなかった。逆にオゾン処理水よりも後段の凝集沈殿処理水の臭気物質濃度が高い場合があった。これは凝集沈殿槽の横に設置した原水分配槽からの飛沫が、無蓋の凝集沈殿槽に流入したことが原因と考えられた。

Fig. 9において'91年夏期のデータではオゾン注入率が $1.5\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 以上の結果を示した。オゾン処理の性能はオゾン注入率で変動するが、注入率が $1.5\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 以上でジェオスミン、2-MIB除去率は70%を上回る結果であった。また前述したようにオゾン注入率が $1.8\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 程度で、両臭気物質とも除去率は80%を期待できる。オゾン-凝集沈殿-活性炭系列、および原水-オゾン-活性炭系列でも、オゾンで処理されずに残存した臭

気物質は、Fig. 9に示すように後段の活性炭で80%以上除去された。従って活性炭処理はオゾン処理後の臭気物質の仕上げ処理法として有効である。以上の結果からオゾン、活性炭の両処理方式の組み合わせにより、臭気物質は95%以上の除去が期待できるものとみられる。

4. ま と め

河川水にジェオスミンと2-MIBの標準物質を添加した原水を対象として、 $30\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ の通水規模のパイロットプラントにおいて、生物処理、オゾン、および活性炭処理の実験を行い、臭気物質に対する夏期と冬期の処理性能を求めた。この結果、以下の知見が得られた。

1) 生物接触汚過において、散気なしで通水LV： $280\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$ の条件下では、ジェオスミン除去率は原水初濃度に関係なく一定で、34%であった。一方、2-MIB除去率は原水初濃度の増加に伴って減少し、平均では23%と低い結果であった。

2) 前オゾンで臭気物質の80%除去率を得るためのオゾン注入率はジェオスミンで $1.5\sim 1.7\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 、2-MIBでは $1.8\sim 1.9\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ であった。この場合の接触時間は15~20min.であった。この結果はこれまでに報告のある中オゾン、後オゾンの処理性能とほぼ同様であった。

3) 生物活性炭として機能していた石炭系活性炭(AC-1)と木炭系活性炭(AC-2)での臭気物質除去性能はジェオスミンでは99%、98%、2-MIBでは両者とも94%であり、両者の処理性能の差は少なく、共に高い除去率が期待できる。

4) オゾン-凝集沈殿-活性炭系列のAC-1における臭気物質の冬期除去率は夏期に比べて、ジェオスミンでは10%、2-MIBでは17%減少した。原因としてEBCTが夏期に13min、冬期に9min.と冬期の活性炭での接触時間が短いことが考えられた。夏期と同一のEBTCではジェオスミン除去率：97%、2-MIB：85%が見込まれ、臭気物質の除去ではさらに長期の処理性能が期待できる。

5) オゾン-活性炭系列のAC-3における臭気物質の処理性能はAC-1に比較しても早期に低下した。この原因としてAC-3は原水を直接処理するため、AC-1に比べて有機物除去量が大きく、活性炭の吸着容量の減少が早いこと、また原水中の無機物が活性炭の細孔をふさぐこと等が考えられた。

終わりに上水においては水道基準の大幅な改訂がなされ、従来の水質基準26項目から快適水質項目、監視項目も含めて85項目に増えて、'93年12月より施行され

Fig. 9 Total removal of musty odor substances at each treatment steps

た。これにより上水は「水質新時代」に入り、ますます高度浄水処理の導入が図られるものとみられる。こうした状況下で臭気物質の除去については、オゾンと活性炭の組み合わせの適用がさらに進むものと考えられ、今後とも本課題の研究開発を促進していく予定である。

(原稿受付 1993年7月8日)

(原稿受理 1993年11月12日)

参 考 文 献

- 1) 梶野勝司 (1989) 琵琶湖の臭気原因生物と水質因子, 用水と廃水, 31 (10), 13-19.
- 2) 杉浦則夫 (1989) 霞ヶ浦のかび臭原因生物と環境要因, 用水と廃水, 31 (10), 20-25.
- 3) 滝村朗 (1992) おいしい水づくりをめざして, 土木学会誌, 77 (10), 10-13.
- 4) 日本水道協会 (1979) 異臭味水対策の指針.
- 5) 田中栄次, 北野正明, 宮島年男, 足立伸一, 山本康次, 布浦雅子, 伊都輝夫 (1990) 生物接触汚過による水道原水の前処理, 第41回全国水道研究発表会講演集, 206-208.
- 6) 渡辺徹, 安部嘉輝, 後藤幸雄, 佐藤伸, 伊藤雅喜 (1991) 上向流生物接触汚過法による河川水の処理性能, 第42回全国水道研究発表会講演集, 115-11.
- 7) 寺内信夫, 吉田稔, 伊藤公明, 片桐一成, 江頭和幸, 洲上浩司 (1991) 生物接触汚過による天然臭気の除去, 第42回全国水道研究発表会講演集, 121-123.
- 8) 出口富雄編・著 (1990) オゾンを中心とした高度浄水処理技術, 三しゅう書房.
- 9) 佐藤進, 関沢一夫, 小関正信 (1993) 河川水の浄水処理における前オゾン処理の効果について, 第44回全国水道研究発表会講演集, 240-242.
- 10) 小林敏昭, 難波敬典, 松原宗治, 浦野紘平 (1988) オゾン及び活性炭による浄水処理, 水道協会雑誌, 57 (6), 15-29.
- 11) 海賀信好, 石川勝廣, 西島衛, 鈴木静夫, 真柄泰基 (1991) オゾンと生物活性炭による高度浄水処理プラント実験, 水道協会雑誌, 60 (6), 2-11.
- 12) 安楽幸一, 小林幸夫, 牧豊 (1986) オゾンによる浄水処理, その1. オゾン処理の特性と異臭味の処理, 用水と廃水, 28 (5), 40-49.
- 13) 佐藤進, 関沢一夫, 小関正信, 原本博喜 (1992) オゾン, 活性炭, 生物処理による高度浄水処理実験, 環境技術, 21 (2), 44-46.
- 14) 佐藤進, 関沢一夫, 小関正信, 原本博喜 (1992) オゾン, 活性炭, 生物処理によるかび臭物質の除去性能, 第43回全国水道研究発表会講演集, 241-243.
- 15) 波田達也, 藤江幸一, 浦野紘平 (1993) 生物活性炭による高度浄水処理における活性炭の変化, 第27回日本水環境学会年会講演集, 194-195.