

4. 考察

4.1 水質調査

4.1.1 東京都水道局玉川水処理実験施設

調査試料は、着水井流入水、原水、通常処理系として凝集沈澱水、砂ろ過水、高度浄水処理系として凝集沈澱処理水、砂ろ過水、オゾン接触槽、オゾン滞留槽出口、BAC(生物活性炭)出口、砂ろ過水の10試料である。ただし、無添加実験については、着水井流入水を除いた9試料である。凝集剤はいずれの系統もPAC(ポリ塩化アルミニウム)を用いて、添加率25mg/Lで凝集処理を行っている。なお、通常処理系においては前塩素処理が凝集沈澱池で、高度浄水処理系においては生物活性炭処理後の砂ろ過の前に塩素処理がそれぞれ行われている。塩素注入率は通常処理系の前塩素処理が6.2~19.0mg/L、高度浄水処理系は2.0mg/Lである。また、オゾン注入率は第1回目調査が1.3~1.9mg/L、第2回目調査が0.62~1.2mg/Lであり、オゾン接触槽出口水、オゾン滞留槽出口水の溶存オゾンは、それぞれ0.5 mg/L、0.2 mg/Lであった。

一方、処理実験に使用した原水の水質は、濁度1.8~11度、過マンガン酸カリウム消費量6.2~12mg/L、溶解性有機炭素(DOC)1.6~3.0mg/Lであった。

(1) 無添加実験

調査対象物質の無添加実験では、原水から対象物質4物質のうち、第1回目調査ではフタル酸ジ-2-エチルヘキシルが0.20 μ g/L、ビスフェノールAが0.04 μ g/L検出され、第2回目調査では調査対象物質すべてが検出され、その濃度はフタル酸ジ-2-エチルヘキシルが0.75 μ g/L、フタル酸ジ-n-ブチルが0.16 μ g/L、ノニルフェノールが0.1 μ g/L、ビスフェノールAが0.06 μ g/Lであった。

(a)フタル酸ジ-2-エチルヘキシルは、第1回目調査では通常処理系の凝集沈澱水で原水の約50倍の濃度であったが、砂ろ過水では定量下限値濃度の低値となった。高度浄水処理系においては、凝集沈澱処理水、砂ろ過水、オゾン接触槽の処理水で原水の50%以下の濃度であり、オゾン滞留槽出口、BAC(生物活性炭)出口で不検出であったが、砂ろ過水で0.09mg/Lの濃度で検出した。第2回目調査では、通常処理系の凝集沈澱水で原水の3.3倍の濃度であったが、砂ろ過水では凝集沈澱水濃度の3.2%に低減した。高度浄水処理系においては、すべての処理工程で検出され、検出濃度は凝集沈澱処理水の濃度に対して、砂ろ過水、オゾン接触槽、オゾン滞留槽出口、BAC(生物活性炭)及び砂ろ過水で6.0~16.9%の範囲で検出された。図・4に工程ごとの濃度を示す。

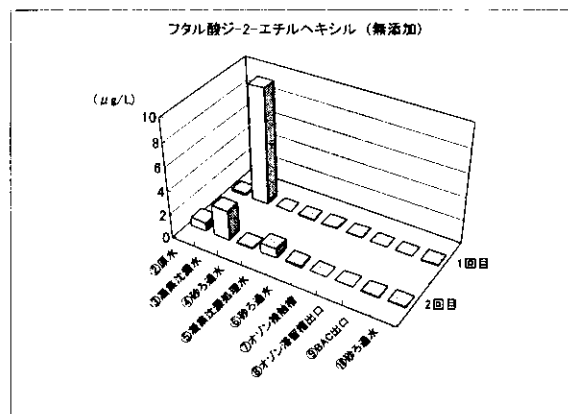


図-4 フタル酸ジ-2-エチルヘキシル(無添加実験)

(b)フタル酸ジ-n-ブチルは、第1回目調査ではすべての処理工程で不検出であった。第2回目調査では、通常処理系の凝集沈澱水、砂ろ過水のいずれも原水濃度とほとんど変わらなかった。一方、高度浄水処理系については、砂ろ過水以降の処理工程ではすべて不検出であった。図-5に工程ごとの濃度を示す。

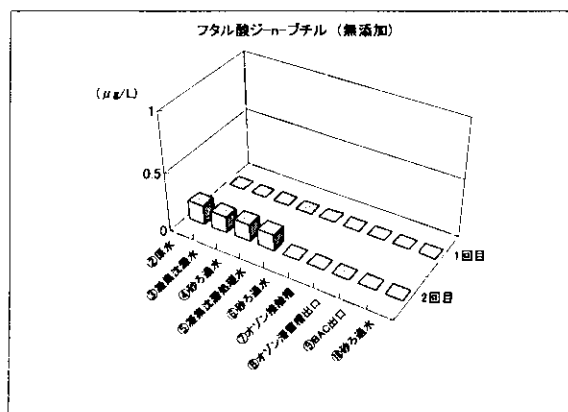


図-5 フタル酸ジ-n-ブチル(無添加実験)

(c)ノニルフェノールは、第1回目調査ではすべての処理工程で不検出であった。第2回目調査では、通常処理系の原水で $0.1 \mu\text{g/L}$ 検出したが、凝集沈澱水で不検出となった。一方、高度浄水処理系は、凝集沈澱処理水で $0.1 \mu\text{g/L}$ 検出したが、砂ろ過水以降の処理工程で不検出となった。図-6に工程ごとの濃度を示す。

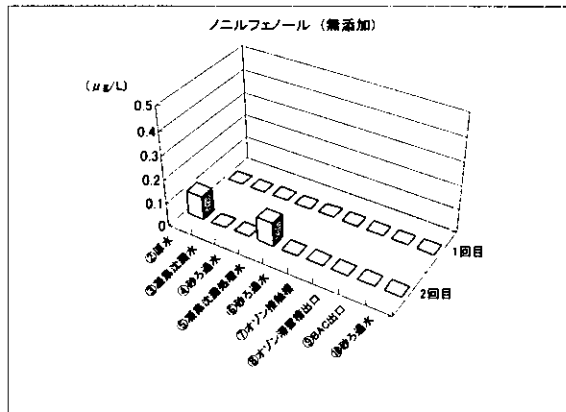


図-6 ノニルフェノール(無添加実験)

(d)ビスフェノール A は、通常処理系の実験において、第 1 回目調査では原水から 0.04 $\mu\text{g/L}$ 検出し、砂ろ過水で不検出となった。第 2 回目調査では原水から 0.06 $\mu\text{g/L}$ 検出し、凝集沈澱水で不検出となった。一方、高度浄水処理系については、1 回目、2 回目ともにオゾン接触槽以降の処理工程ですべて不検出となった。図- 7 に工程ごとの濃度を示す。

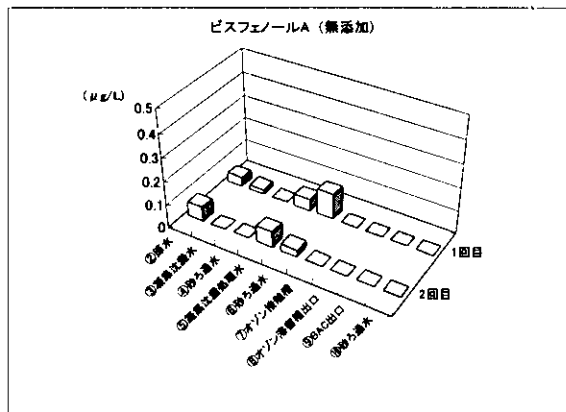


図- 7 ビスフェノール A(無添加実験)

(2) 1 μ g/L 添加実験

調査対象物質の添加箇所は、図・1に示した着水井原水である。原水で検出された濃度を100%とし、各処理工程の検出割合を表・26、表・27に示す。

表・26 第1回目調査(原水濃度を100%とした時の各処理工程の検出割合)

(%)

調査物質	通常処理系		高度浄水処理系					
	② 凝集沈澱水	③ 砂ろ過水	④ 凝集沈澱処理水	⑤ 砂ろ過水	⑥ オゾン接触槽	⑦ オゾン滞留槽出口	⑧ BAC出口	⑨ 砂ろ過水
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	77.0	0	29.5	3.6	0	0	0	5.8
フタル酸ジ-n-ブチル	116.0	108.0	92.0	25.3	12.0	10.7	0	0
ノニルフェノール	0	0	85.7	0	0	0	0	0
ビスフェノールA	0	0	103.3	19.8	0	0	0	0

表・27 第2回目調査(原水濃度を100%とした時の各処理工程の検出割合)

(%)

調査物質	通常処理系		高度浄水処理系					
	② 凝集沈澱水	③ 砂ろ過水	④ 凝集沈澱処理水	⑤ 砂ろ過水	⑥ オゾン接触槽	⑦ オゾン滞留槽出口	⑧ BAC出口	⑨ 砂ろ過水
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	92.3	12.8	76.1	23.1	6.0	4.3	0	6.8
フタル酸ジ-n-ブチル	107.9	114.3	96.8	11.1	7.9	0	0	0
ノニルフェノール	0	0	80.0	0	0	0	0	0
ビスフェノールA	0	0	76.3	16.9	0	0	0	0

(a)フタル酸ジ-2-エチルヘキシルは、通常処理系の添加実験については凝集沈澱水で原水濃度に対して77.0~92.3%に低減し、砂ろ過水では0~12.8%に低減した。高度浄水処理系においては、凝集沈澱処理水で原水に対して29.5~76.1%に低減し、砂ろ過水では3.6~23.1%となった。オゾン接触槽では、第1回目調査ですべて除去され、第2回目調査では6.0%残存した。BAC(生物活性炭)出口ではすべて除去されたが、砂ろ過水で5.8~6.8%の濃度で検出した。図・8に工程ごとの濃度を示す。

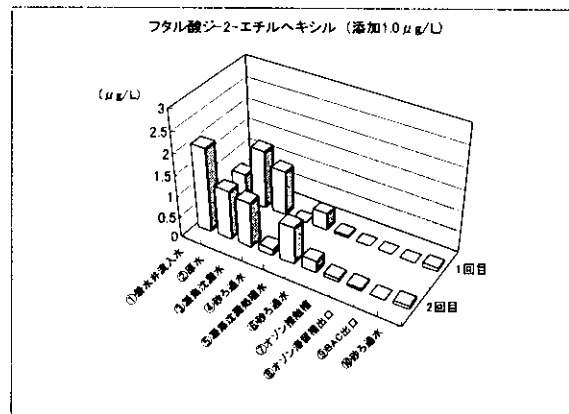


図-8 フタル酸ジ-2-エチルヘキシル(1μg/L 添加実験)

(b)フタル酸ジ-n-ブチルは、通常処理系の凝集沈澱水、砂ろ過水のいずれも原水濃度より 7.9～14.3%増加した。高度浄水処理系凝集沈澱処理水は原水濃度より 3.2～8.0%低減し、後段の砂ろ過水では原水濃度の 11.1～25.3%となった。オゾン接触槽、オゾン滞留槽出口では 0～12.0%に低減し、BAC(生物活性炭)出口についてはすべて除去された。図-9 に工程ごとの濃度を示す。

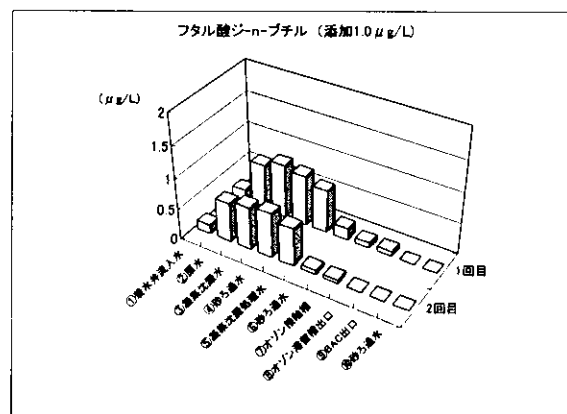


図-9 フタル酸ジ-n-ブチル(1μg/L 添加実験)

(c)アルキルフェノール類は、1回目、2回目調査を通じて、通常処理系では凝集沈澱水で不検出となった。一方、高度浄水処理系では、ノニルフェノールは砂ろ過水で、ビスフェノールAはオゾン接触槽で不検出となった。図-10、図-11に工程ごとの濃度を示す。

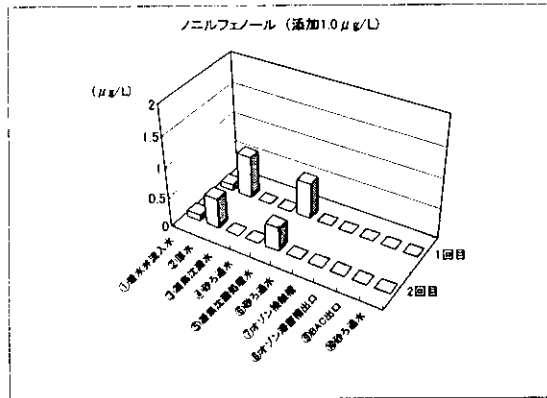


図-10 ノニルフェノール(1 μg/L 添加実験)

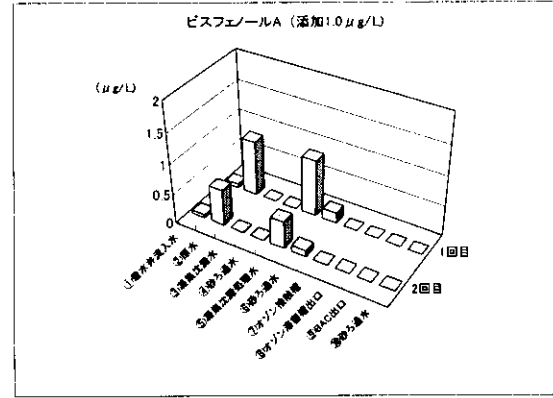


図-11 ビスフェノールA (1 μg/L 添加実験)

(3) 5 μg/L 添加実験

原水で検出された濃度を 100% とし、各処理工程の検出割合を表-28、表-29 に示す。

表-28 第1回目調査(原水濃度を 100% とした時の各処理工程の検出割合)

調査物質	通常処理系		高度浄水処理系					
	② 凝集沈澱水	③ 砂ろ過水	④ 凝集沈澱処理水	⑤ 砂ろ過水	⑥ オゾン接触槽	⑦ オゾン滞留槽出口	⑧ BAC出口	⑨ 砂ろ過水
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	145.8	2.2	66.1	1.8	0	0	0	1.1
フタル酸ジ-n-ブチル	105.7	108.9	103.5	31.4	11.9	11.4	0	0
ノニルフェノール	0	0	89.5	5.3	0	0	0	0
ビスフェノール A	0	0	97.1	14.1	0	0	0	0

表-29 第2回目調査(原水濃度を 100% とした時の各処理工程の検出割合)

調査物質	通常処理系		高度浄水処理系					
	② 凝集沈澱水	③ 砂ろ過水	④ 凝集沈澱処理水	⑤ 砂ろ過水	⑥ オゾン接触槽	⑦ オゾン滞留槽出口	⑧ BAC出口	⑨ 砂ろ過水
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	49.1	3.9	47.6	2.3	2.1	3.0	0	0
フタル酸ジ-n-ブチル	124.2	119.6	95.9	33.7	15.6	14.1	0	0
ノニルフェノール	0	0	76.5	2.9	0	0	0	0
ビスフェノール A	0	0	88.1	9.7	0	0	0	0

(a)フタル酸ジ-2-エチルヘキシルは、通常処理系の添加実験(2回目)については凝集沈澱水で原水濃度に対して 49.1% に低減したが、第 1 回目の調査では逆に 145.8% に増加した。砂ろ過水では 2.2~3.9% に低減した。高度浄水処理系においては、凝集沈澱処理水で原水に対して 47.6~66.1% に低減し、砂ろ過水では 1.8~2.3% になった。オゾン接触槽は、第 1 回目調査ではすべて除去され、第 2 回目調査では 2.1% であった。BAC(生物活性炭)出口ではすべて除去されたが、第 1 回目調査の砂ろ過水で 0.09 μg/L(原水に対して 1.1%) 検出した。図-12 に工程ごとの濃度を示す。

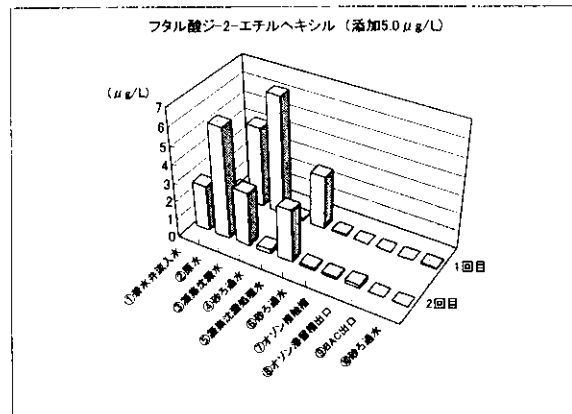


図-12 フタル酸ジ-2-エチルヘキシル(5 μg/L 添加実験)

(b)フタル酸ジ-n-ブチルは、通常処理系の凝集沈澱水、砂ろ過水のいずれも原水濃度より、5.7~24.2%増加した。高度浄水処理系凝集沈澱処理水は、原水と比較し、第1回目調査で3.5%増加し、第2回目調査では4.1%低減した。後段の砂ろ過水では原水の31.4~33.7%となった。オゾン接触槽、オゾン滞留槽出口では11.4~15.6%に低減し、BAC(生物活性炭)出口についてはすべて除去された。図-13に工程ごとの濃度を示す。

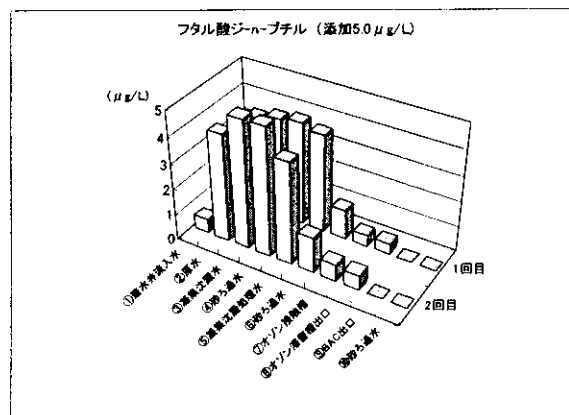
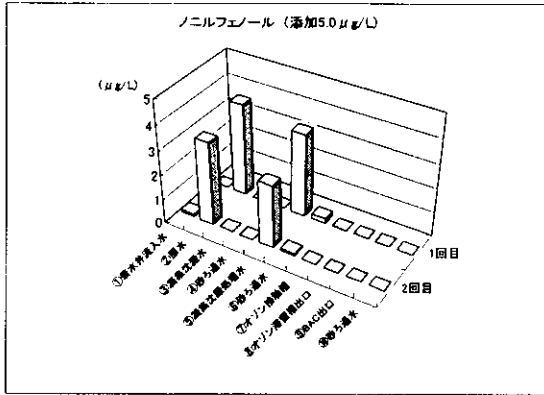
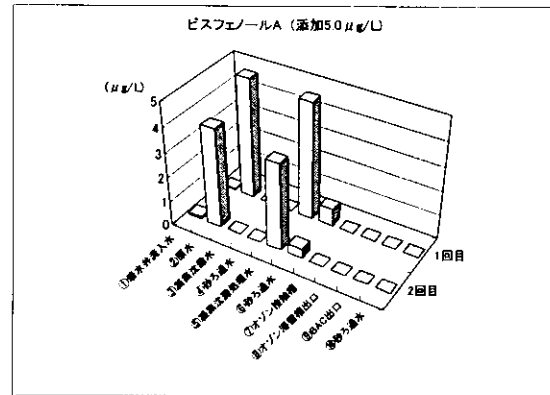


図-13 フタル酸ジ-n-ブチル(5 μg/L 添加実験)

(c)アルキルフェノール類は、1回目、2回目調査を通じて、通常処理系では凝集沈澱水で不検出となった。一方、高度浄水処理系では、オゾン接触槽で不検出となった。1 $\mu\text{g/L}$ の添加実験でも同様の結果であり、アルキルフェノール類は、主に残留塩素、砂ろ過及びオゾン処理によって効果的に除去された。図・14、図・15に工程ごとの濃度を示す。



図・14 ノニルフェノール(5 $\mu\text{g/L}$ 添加実験)



図・15 ビスフェノール A (5 $\mu\text{g/L}$ 添加実験)

4.1.2 通常処理と高度浄水処理の処理特性

添加実験の各工程ごと濃度推移は表-26～表-29に示したとおりである。
砂ろ過水の除去率を表-30に示す。

表-30 砂ろ過水の除去率(原水濃度を基に算出)

(%)

処理系の区分	通常処理系				高度浄水処理系			
	1 μg/L		5 μg/L		1 μg/L		5 μg/L	
調査回数	1回目調査	2回目調査	1回目調査	2回目調査	1回目調査	2回目調査	1回目調査	2回目調査
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	100	87.2	97.8	96.1	96.4	76.9	98.2	97.7
フタル酸ジ-n-ブチル	0	0	0	0	74.7	88.9	68.6	66.3
ノニルフェノール	100	100	100	100	100	100	94.7	97.1
ビスフェノール A	100	100	100	100	80.2	83.1	85.9	90.3

※高度浄水処理系は図-1に示す⑥砂ろ過水

※原水濃度より高い濃度の場合は除去率を0と表示した。

凝集沈澱、砂ろ過工程までの通常処理系と高度浄水処理系の除去率はフタル酸ジ-2-エチルヘキシルについてはほとんど差は見られなかった。一方、同じフタル酸エステル類のフタル酸ジ-n-ブチルは、通常処理系で除去効果が認められなかったのに対し、高度浄水処理系では66.3～88.9%の除去率を示した。(砂ろ過水に残存するフタル酸ジ-n-ブチルはオゾン処理工程で一部残存する場合もあったが、次の工程の生物活性炭で100%除去された。)

また、ノニルフェノール、ビスフェノール A について通常処理系では凝集沈澱工程で100%除去されたが、高度浄水処理系の凝集沈澱処理工程での除去率はノニルフェノール、ビスフェノール A それぞれ平均で17.1%、9.6%であり、次の砂ろ過工程でそれぞれ平均98.0%、84.9%除去された。

このように通常処理系ではアルキルフェノール類の除去効果が高く、フタル酸ジ-n-ブチルの除去効率が低かった。このような除去効果の違いは、通常処理系の凝集沈澱処理に塩素を使用していることに起因しているものと思われる。

4.1.3 大阪市水道局柴島浄水場高度浄水処理実証プラント

調査試料は、原水、沈澱水、中オゾン処理水、砂ろ過水、後オゾン処理水、活性炭処理水、浄水の7試料である。オゾン注入率は、中オゾン接触槽が0.5 mg/L、後オゾン接触槽では1.0 mg/Lで定率注入され、中オゾン水、後オゾン水の溶存オゾンはそれぞれ0.0mg/L、0.24mg/Lであった。さらに、活性炭処理後に次亜塩素酸ナトリウムを注入して浄水中の遊離残留塩素が1.0 mg/Lになるように制御されている。

一方、第2回目の処理実験に使用した原水の水質は、濁度が2度、過マンガン酸カリウム消費量6.6mg/L、溶解性有機炭素(DOC)1.99mg/Lであった。

(1) 無添加実験

第1回目、2回目の調査とも原水中から調査対象の4物質が検出した。検出濃度は、フタル酸ジ-2-エチルヘキシルが0.33 μg/L、0.70 μg/L、フタル酸ジ-n-ブチルが0.16 μg/L、0.20 μg/L、ノニルフェノールが2回の実験ともに0.1 μg/L、ビスフェノールAが0.02 μg/L、0.32 μg/Lであった。

(a)フタル酸ジ-2-エチルヘキシルは、活性炭処理工程で除去されたが、第2回目調査では浄水から0.09 μg/L検出した。図-16に工程ごとの濃度を示す。

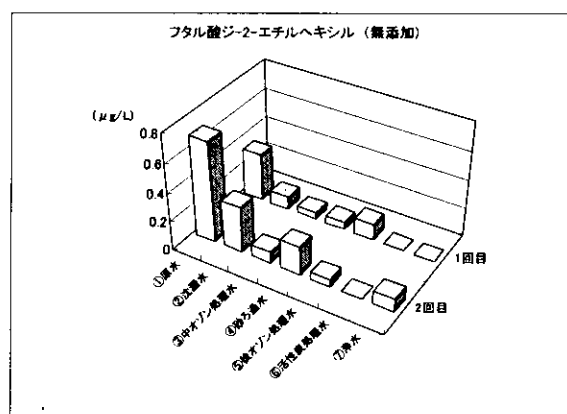


図-16 フタル酸ジ-2-エチルヘキシル(無添加実験)

(b)フタル酸ジ-n-ブチルは、第1回目調査では原水から0.16 μg/Lで検出したが、中オゾン処理工程で不検出となった。第2回目調査では、原水から0.20 μg/Lで検出し、沈澱水から0.53 μg/Lと、原水中の2.65倍の濃度で検出した。次の工程の中オゾン処理工程で沈澱水の90.6%が除去され0.05 μg/Lとなり、後オゾン処理工程ですべて除去された。図-17に工程ごとの濃度を示す。

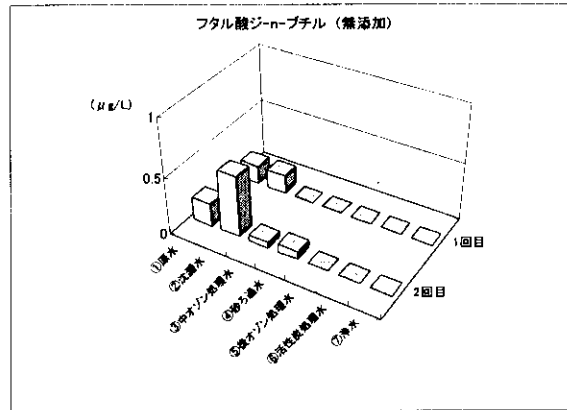


図- 17 フタル酸ジ-n-ブチル(無添加実験)

(c)ノニルフェノールは、第1回目調査では原水から $0.1 \mu\text{g/L}$ 検出し、沈澱水で除去された。第2回目調査では、原水から $0.1 \mu\text{g/L}$ 検出し、中オゾン処理工程で除去された。図- 18に工程ごとの濃度を示す。

(d)ビスフェノール A は、第1回目調査では原水から $0.02 \mu\text{g/L}$ 、沈澱水から $0.02 \mu\text{g/L}$ 検出した。第2回目調査では、原水から $0.32 \mu\text{g/L}$ 、沈澱水から $0.34 \mu\text{g/L}$ 検出した。いずれの調査も中オゾン処理工程ですべて除去された。図- 19に工程ごとの濃度を示す。

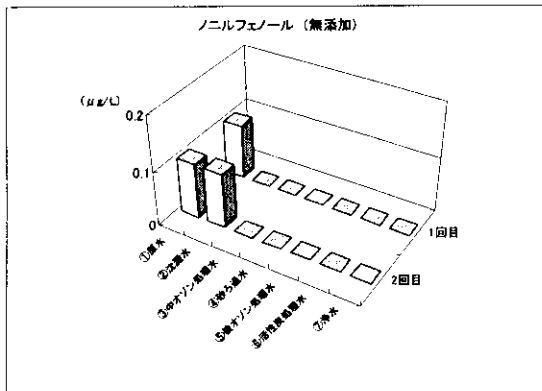


図- 18 ノニルフェノール(無添加実験)

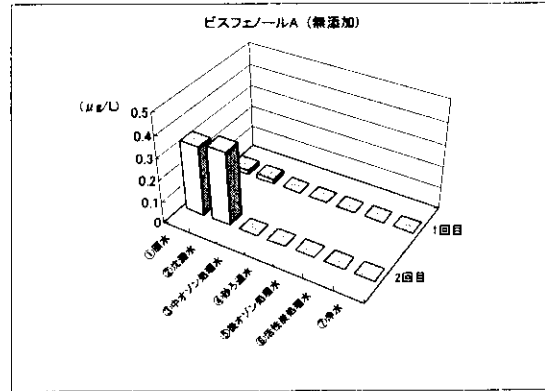


図- 19 ビスフェノール A (無添加実験)

(2) $1 \mu\text{g/L}$ 添加実験

添加箇所は、図- 2に示した工業用水道沈澱池と中オゾン接触槽の間にある。実証プラントの構造上、添加箇所付近での試料の採取はできないため、添加直後の濃度測定はできなかった。

添加濃度($1 \mu\text{g/L}$)を 100%とした場合の各処理工程の検出割合を表- 29、表- 31に示す。

表-31 第1回目添加濃度に対する工程ごとの検出割合

調査物質	調査箇所					
	② 沈 澱 水	③ 中オゾン 処 理 水	④ 砂ろ過水	⑤ 後オゾン 処 理 水	⑥ 活 性 炭 処 理 水	⑦ 浄 水
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	10.0	68.0	12.0	16.0	6.0	0
フタル酸ジ-n-ブチル	0	76.0	50.0	50.0	0	0
ノニルフェノール	0	0	0	0	0	0
ビスフェノールA	1.0	0	0	0	0	0

表-32 第2回目添加濃度に対する工程ごとの検出割合

調査物質	調査箇所					
	② 沈 澱 水	③ 中オゾン 処 理 水	④ 砂ろ過水	⑤ 後オゾン 処 理 水	⑥ 活 性 炭 処 理 水	⑦ 浄 水
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	37.0	85.0	12.0	14.0	7.0	6.0
フタル酸ジ-n-ブチル	41.0	71.0	53.0	57.0	0	0
ノニルフェノール	10.0	20.0	10.0	0	0	0
ビスフェノールA	31.0	15.0	12.0	0	0	0

(a)フタル酸類は、中オゾン処理工程で 68.0~85.0%で検出され、以後、砂ろ過処理、後オゾン処理、活性炭処理で順次低減し、フタル酸ジ-n-ブチルは、活性炭処理水ですべて除去された。一方、フタル酸ジ-2-エチルヘキシルは、第2回目の添加実験で最終工程の浄水で6.0%が残存した。図-20、図-21に工程ごとの濃度を示す。

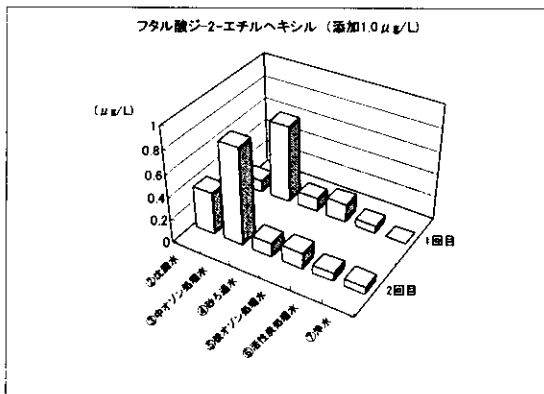


図-20 フタル酸ジ-2-エチルヘキシル
(1 μg/L 添加実験)

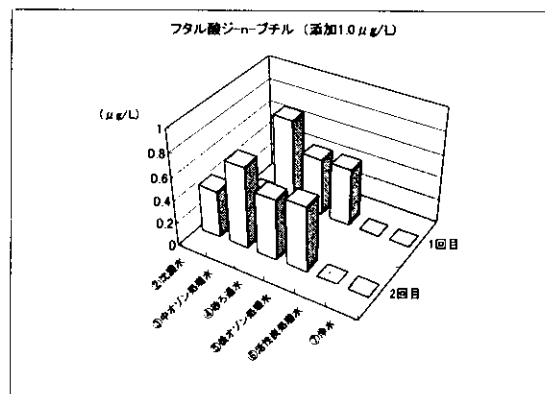
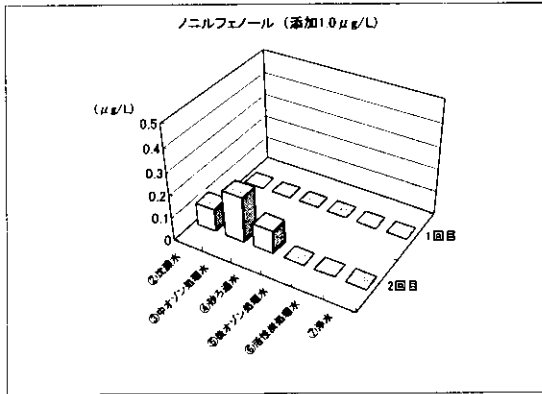
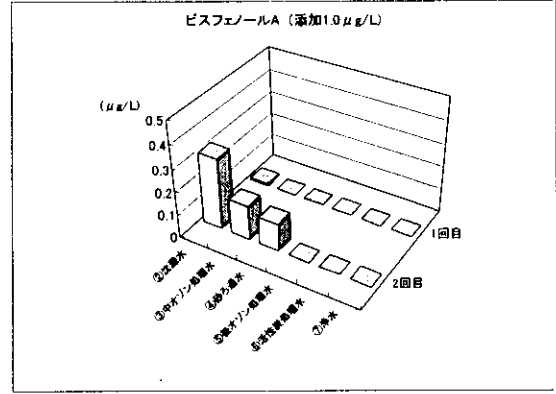


図-21 フタル酸ジ-n-ブチル
(1 μg/L 添加実験)

(b)アルキルフェノール類は、第1回目調査では添加直後の中オゾン処理工程水で2物質ともに検出されなかった。第2回目調査では、中オゾン処理水でノニルフェノールが添加濃度の20.0%、ビスフェノールAが15.0%と、検出割合が低かった。これらの要因としては、添加箇所の試料採取ができなかったことや、中オゾン処理工程でオゾン0.5mg/L注入していることなどが考えられる。第2回目調査で中オゾン処理水に残存したノニルフェノールとビスフェノールAは、後オゾン処理工程で2物質とも除去された。図・22、図・23に工程ごとの濃度を示す。



図・22 ノニルフェノール(1μg/L添加実験)



図・23 ビスフェノールA(1μg/L添加実験)

(3) 5μg/L添加実験

添加濃度に対する工程ごとの検出割合を表・33、表・34に示す。

表・33 第1回目添加濃度に対する工程ごとの検出割合

調査物質	調査箇所						⑦
	②	③	④	⑤	⑥	(%)	
	沈澱水	中オゾン処理水	砂ろ過水	後オゾン処理水	活性炭処理水	浄水	水
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	2.2	69.0	18.8	20.4	3.6	3.8	
フタル酸ジ-n-ブチル	1.4	81.8	52.0	49.2	0	0	
ノニルフェノール	2.0	0	0	0	0	0	
ビスフェノールA	1.4	0	0	0	0	0	

表-34 第2回目添加濃度に対する工程ごとの検出割合

調査物質	調査箇所						(%)
	② 沈 澱 水	③ 中オゾン 処 理 水	④ 砂ろ過水	⑤ 後オゾン 処 理 水	⑥ 活 性 炭 処 理 水	⑦ 浄 水	
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	6.0	75.4	18.6	18.0	7.2	6.4	
フタル酸ジ-n-ブチル	12.4	82.2	61.4	63.4	0	0	
ノニルフェノール	0	20.0	14.0	0	0	0	
ビスフェノールA	4.4	12.2	10.2	0	0	0	

(a)フタル酸類は、中オゾン工程で 69.0～82.2%で検出され、以後、砂ろ過処理、後オゾン処理、活性炭処理で順次低減し、フタル酸ジ-n-ブチルは、活性炭処理工程ですべて除去された。一方、フタル酸ジ-2-エチルヘキシルは、浄水からは極めて低い濃度で検出したが、除去率は、第1回目調査では96.2%、第2回目調査では93.6%であった。図-24、図-25に工程ごとの濃度を示す。

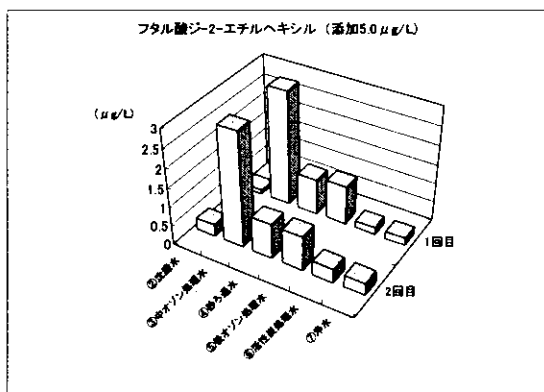


図-24 フタル酸ジ-2-エチルヘキシル (5 μg/L 添加実験)

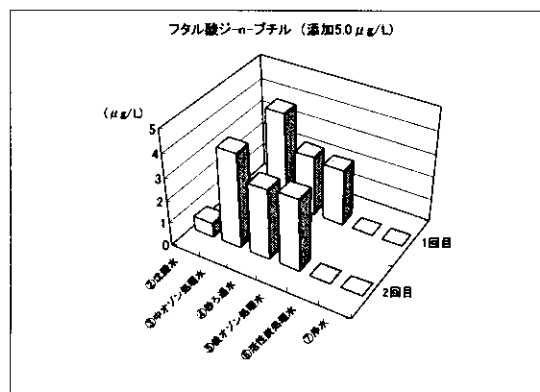


図-25 フタル酸ジ-n-ブチル (5 μg/L 添加実験)

(b)アルキルフェノール類は、第1回目調査では中オゾン処理工程で2物質ともに検出されず、第2回目調査では、中オゾン処理水でノニルフェノールが添加濃度の20.0%、ビスフェノールAが12.2%と検出割合が低かった。この傾向は1 μg/L 添加実験と同様であり、中オゾン処理工程でオゾン注入を行っていることによる現象と考えられる。第2回目調査で中オゾン処理水に残存したノニルフェノールとビスフェノールAは、後オゾン処理工程で2物質とも除去された。図-26、図-27に工程ごとの濃度を示す。

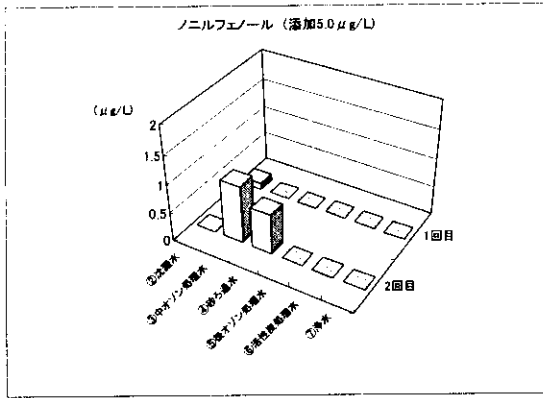


図-26 ノルフェノール(5 μg/L 添加実験)

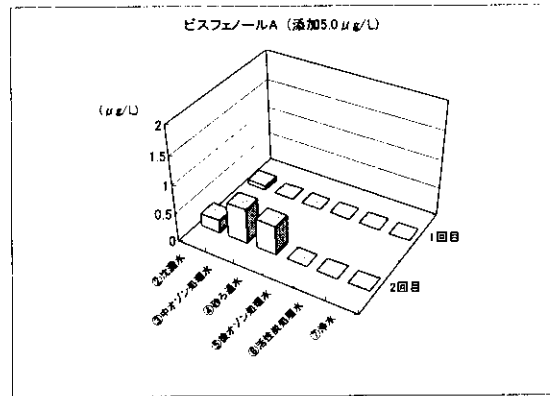


図-27 ビスフェノールA (5 μg/L 添加実験)

4.2 ろ過砂調査

通常処理系及び高度浄水処理系のろ過池において、第2回目調査の $5\mu\text{g/L}$ 添加実験前後のろ過池表層ろ過材を採取し、ろ過材中の調査対象物質の存在を調査した。

ろ過材は、通常処理系は砂単層でろ層厚 60cm 、高度浄水処理系は上層アンスラサイト、ろ層厚 20cm 、下層に砂、ろ層厚 40cm の複層である。

試料の採取は、ろ過池逆洗後採取し、次に10時間で通常処理系では対象物質 75mg 含む水 15m^3 を、高度浄水処理系では対象物質 150mg 含む水 30m^3 を処理した後に再度ろ過砂を採取して、これを添加前後の試料とした。採取箇所は通常処理系が2地点、高度浄水処理系は3地点で採取し、採取範囲は、縦、横 10cm 、深さ 5cm である。

調査結果は、表・24、表・25に示すとおり、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル以外は添加前後で濃度変化は認められなかった。砂ろ過材の濃度から算出できるフタル酸ジ-2-エチルヘキシルの量は、砂の比重を 2.6g/cm^3 、アンスラサイトの比重を 1.5g/cm^3 とし、ろ過材表層 5cm に吸着している場合、次のようになる。

通常処理系

$$52.5\text{cm} \times 60\text{cm} \times 5\text{cm} \times 2.6\text{g/cm}^3 \times 10^{-3} \times 0.88\text{mg/kg} = 36.0\text{mg}$$

高度浄水処理系

$$65\text{cm} \times 100\text{cm} \times 5\text{cm} \times 1.5\text{g/cm}^3 \times 10^{-3} \times 2.09\text{mg/kg} = 101.9\text{mg}$$

一方、砂ろ過工程で除去されたフタル酸ジ-2-エチルヘキシルの量は次のとおりである。

通常処理系

$$2.75\mu\text{g/L} \times 15\text{m}^3 = 41.25\text{mg}$$

高度浄水処理系

$$2.76\mu\text{g/L} \times 30\text{m}^3 = 82.8\text{mg}$$

通常処理系では、水処理工程から算出した負荷量よりろ過材濃度から算出される物質の量が少ない。このことは、ろ過砂の採取層が $0\sim 5\text{cm}$ であり、これより深い層でもフタル酸ジ-2-エチルヘキシルが吸着されているためではないかと思われる。一方、高度浄水処理系では、通常処理系とは逆に負荷量よりろ過材から算出した量が多くなった。この要因は、①フタル酸ジ-2-エチルヘキシルは環境中に広く存在し、工業製品の中にも含まれること。②3地点の添加前後の差が 1.75 、 1.80 、 2.72mg/kg であり、採取箇所によってばらつきがあるためではないかと推測できる。高濃度で検出した箇所を除いた2箇所の平均濃度から算出できる添加物質量は 86.5mg となり、砂ろ過工程で除去された量に近似する。

また、フタル酸ジ-2-エチルヘキシルを除く3物質の物質収支は、通常処理系の砂ろ過工程でフタル酸ジ-n-ブチルがほとんど除去されず、ノニルフェノール、ビスフェノールAが凝集沈澱処理工程で100%処理されて負荷がなかった。以上のことは、砂ろ

ろ過材の分析結果と一致する。一方、高度浄水処理系の水処理工程で除去された量は、フタル酸ジ-n-ブチル 65.0mg、ノニルフェノール 62.5mg、ビスフェノール A 79.3mg であるが、ろ過材の調査ではこの 3 物質ともほとんど検出されなかった。今回の調査でこの現象を説明できる知見は得られなかったが、ろ過材の採取層より深層に吸着されていることや、アルキルフェノール類は吸着された後に形態変化したことが考えられる。

5. 添付資料

1. フタル酸エステル類等の分析法

1. 対象物質

フタル酸ジ-2-エチルヘキシル、フタル酸ジエチル、フタル酸ジ-n-ブチル、フタル酸-n-ブチルベンジル、アジピン酸ジ-2-エチルヘキシル、フタル酸ジシクロヘキシル、フタル酸ジ-n-プロピル、フタル酸ジベンチル、フタル酸ジヘキシル

2. 目標検出限界

本分析法の目標検出限界は $0.2 \mu\text{g/L}$ (アジピン酸ジ-2-エチルヘキシルのみ $0.01 \mu\text{g/L}$) である。更に可能な場合は、目標検出限界を $0.05 \mu\text{g/L}$ まで下げてもよい。

3. 分析法概要

試料水をヘキサンで抽出後、濃縮して GC/MS-SIM で測定する。

4. 試薬・器具

4. 1 試薬

- ・対象物質：市販標準試薬（表-4.1 参照）
- ・内部標準物質（アントレン-d10）：市販標準試薬（表-4.1 参照）
- ・サロゲート物質（フタル酸ジ-2-エチルヘキシル-d4、フタル酸ジ-n-ブチル-d4、フタル酸-n-ブチルベンジル-d4、フタル酸ジシクロヘキシル-d4、フタル酸ジエチル-d4、フタル酸ジベンチル-d4、フタル酸ジ-n-プロピル-d4、フタル酸ジヘキシル-d4、アジピン酸ジ-2-エチルヘキシル-d8）：市販標準試薬（表-4.1 参照）
- ・アセトン、ヘキサン：和光純薬・残留農薬分析用（Grade1000）
- ・精製水：活性炭カートリッジ及び RO 膜で処理したもの