

図-8 フタル酸ジ-2-エチルヘキシル(1 μ g/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。

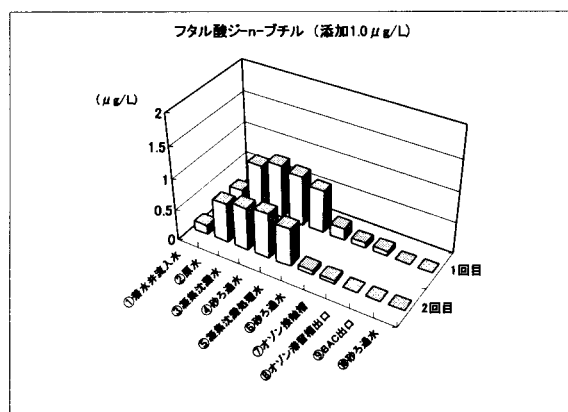
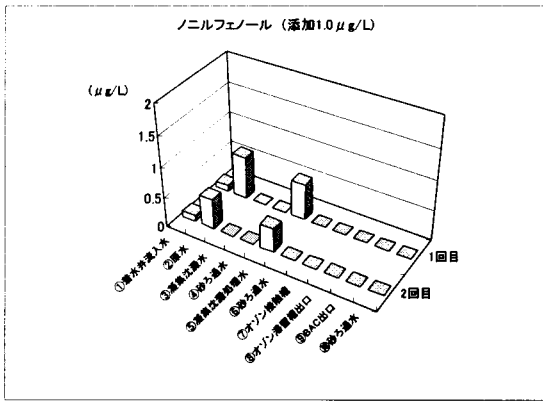
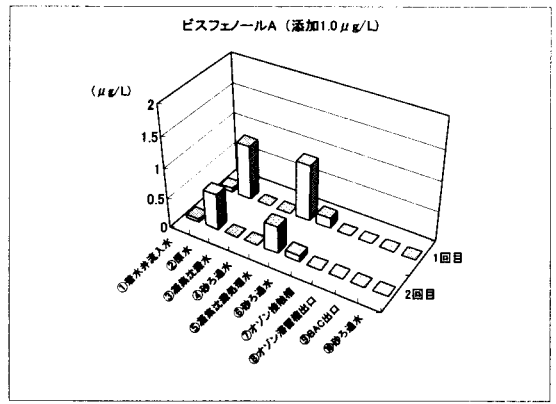


図-9 フタル酸ジ-n-ブチル(1 μ g/L 添加実験)

(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。

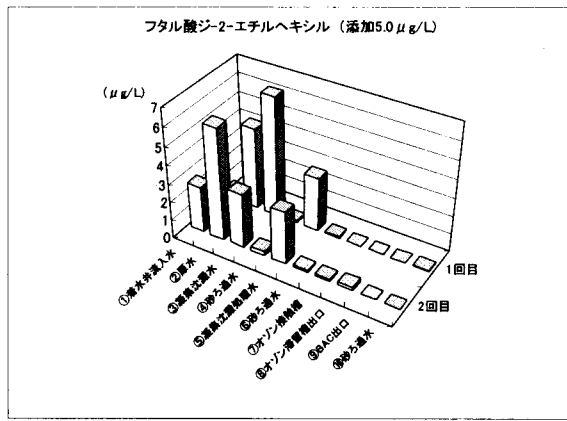


図- 12 フタル酸ジ-2-エチルヘキシル(5 μg/L 添加実験)

(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。

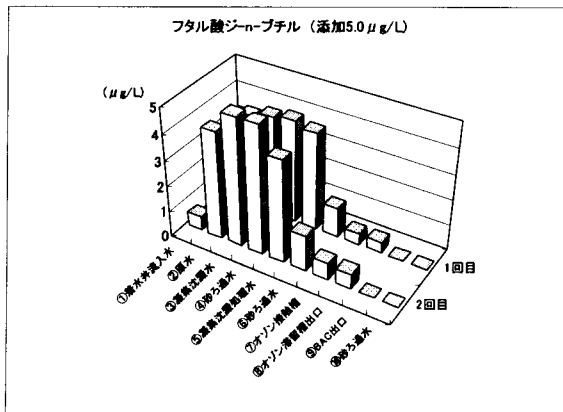


図- 13 フタル酸ジ-n-ブチル(5 μg/L 添加実験)

(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。

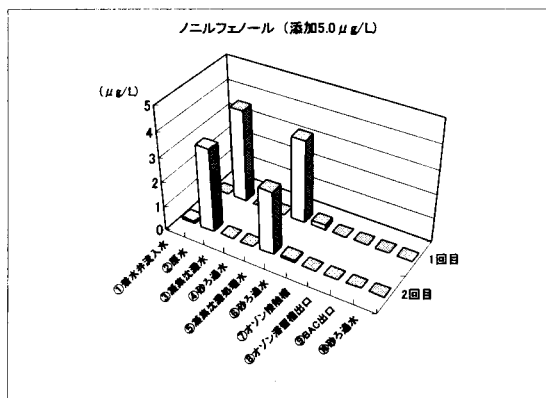


図-14 ノニルフェノール(5 $\mu\text{g/L}$ 添加実験)

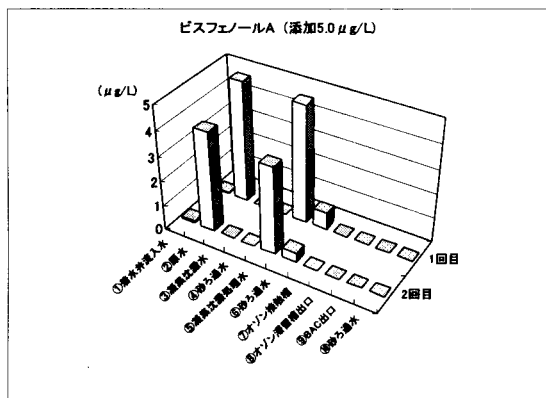


図-15 ビスフェノール A (5 $\mu\text{g/L}$ 添加実験)

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

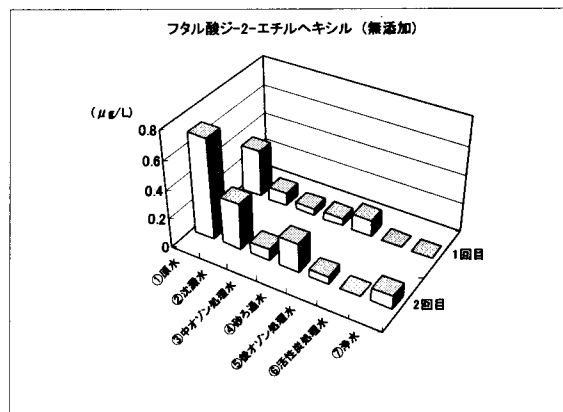
調査試料は、原水、沈澱水、中オゾン処理水、砂ろ過水、後オゾン処理水、活性炭処理水、浄水の7試料である。オゾン注入率は、中オゾン接触槽が0.5 mg/L、後オゾン接触槽では1.0 mg/Lで定率注入され、中オゾン水、後オゾン水の溶存オゾンはそれぞれ0.0mg/L、0.24mg/Lであった。さらに、活性炭処理後に次亜塩素酸ナトリウムを注入して浄水中の遊離残留塩素が1.0 mg/Lになるように制御されている。

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。

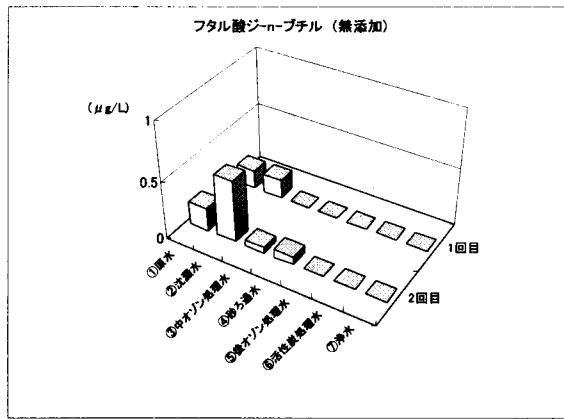


図-17 フタル酸ジ-n-ブチル(無添加実験)

(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。

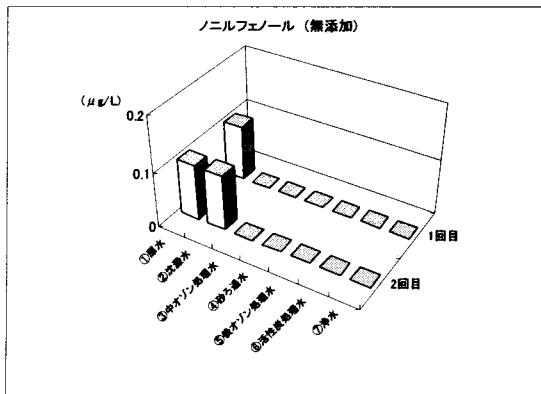


図-18 ノニルフェノール(無添加実験)

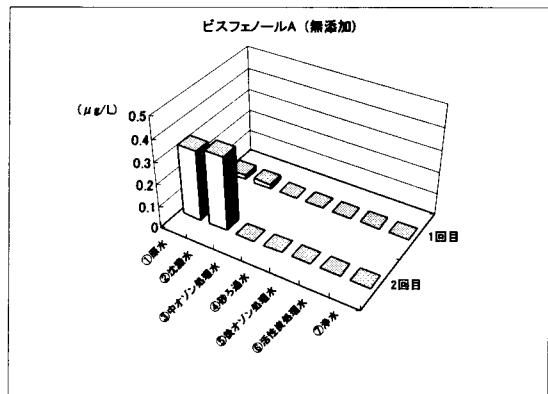


図-19 ビスフェノールA(無添加実験)

(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。

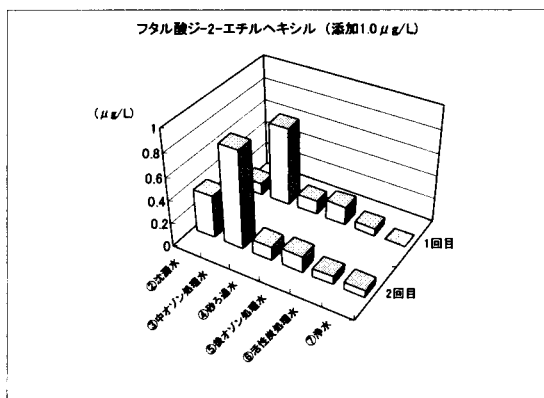
表・31 第1回目添加濃度に対する工程ごとの検出割合

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

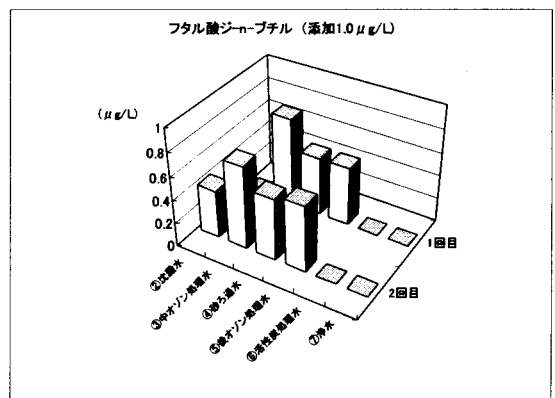
表・32 第2回目添加濃度に対する工程ごとの検出割合

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。

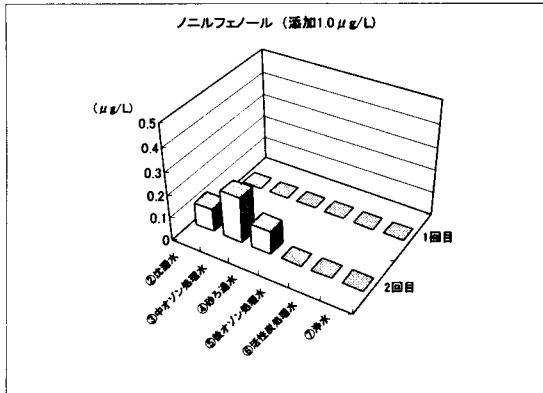


図-22 ノニルフェノール(1μg/L 添加実験)

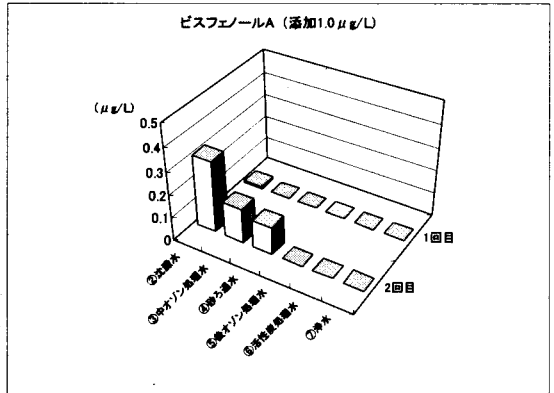


図-23 ビスフェノール A (1μg/L 添加実験)

(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 浄水
	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		
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	