

第6章 実施設のPFOS等除去性の確認

6-1. 調査方法

実施設運用炭3種(4池)について、PFOS等の除去性を確認するとともに、共存有機物の影響を把握するため、トリハロメタン生成能等についても確認した。

採水箇所は実施設16池の内、AC1、AC2、AC3(有効径0.9mm、1.2mm)、の4池の流出渠(活性炭処理水)と活性炭吸着池入口(活性炭流入水)の計5地点とした。

測定項目は表6-1に示す総トリハロメタン生成能、クロロホルム生成能、ジブロモクロロメタン生成能、ブロモジクロロメタン生成能、ブロモホルム生成能、2-メチルイソボルネオール(以下2-MIBと称す)、ジェオスミン、PFOS、PFOA、PFHxSの10項目とし、測定回数は表6-1に示すとおりである。

表6-1 水質項目及び調査頻度

分析項目	活性炭流入水	AC1	AC2	AC3 0.9mm	AC3 1.2mm	検体数	検査回数	令和元年度	令和2年度
総トリハロメタン生成能	○	○	○	○	○	5	14	5	9
クロロホルム生成能	○	○	○	○	○	5	14	5	9
ジブロモクロロメタン生成能	○	○	○	○	○	5	14	5	9
ブロモジクロロメタン生成能	○	○	○	○	○	5	14	5	9
ブロモホルム生成能	○	○	○	○	○	5	14	5	9
2-MIB	○	○	○	○	○	5	14	5	9
ジェオスミン	○	○	○	○	○	5	14	5	9
PFOS	○	○	○	○	○	5	30	9	21
PFOA	○	○	○	○	○	5	30	9	21
PFHxS	○	○	○	○	○	5	30	9	21

分析項目

トリハロメタン生成能等：総トリハロメタン生成能、クロロホルム生成能、ジブロモクロロメタン生成能、ブロモジクロロメタン生成能、ブロモホルム生成能、2-MIB、ジェオスミン

PFOS等：PFOS、PFOA、PFHxS(直鎖異性体のみ)

【運転開始日】

活性炭吸着池の運転開始日は以下のとおりである。

活性炭吸着池 AC1 令和元年 11月 30日

活性炭吸着池 AC2、AC3(1.2mm) 令和元年 11月 29日

活性炭吸着池 AC3(0.9mm) 令和元年 11月 28日

【北谷浄水場の水源運用】

令和2年は水源水量に比較的余裕があったため、北谷浄水場において以下の水源運用を行った。

比謝川取水停止期間 令和2年 6月 19日～10月 29日

6-2. 実施設の PFOS 等調査結果

令和元年 12 月より運用を開始した実施設運用炭 4 池(AC1、AC2、AC3(0.9、1.2mm))について、令和元年度はトリハロメタン生成能等 5 回、PFOS 等 10 回、令和 2 年度はトリハロメタン生成能等 9 回、PFOS 等 21 回、計トリハロメタン生成能等 14 回、PFOS 等 30 回測定を行った。

1) トリハロメタン生成能、かび臭物質の結果

総トリハロメタン等の結果を表 6-2~4、図 6-1、2 に、濃度範囲を図 6-3 に、総トリハロメタン生成能除去率を表 6-5、図 6-4 に示す。

(1) 総トリハロメタン生成能

- 活性炭流入水の総トリハロメタン生成能は 22~63 $\mu\text{g/L}$ の範囲で平均 38 $\mu\text{g/L}$ であった。
- 活性炭流入水の各成分比率は、クロロホルム生成能が 17.1%、ジブロモクロロメタン生成能が 39.7%、ブロモジクロロメタン生成能が 27.5%、ブロモホルム生成能が 15.6%であった。
- 活性炭処理水 AC1 の総トリハロメタン生成能は 2.3~22.0 $\mu\text{g/L}$ の範囲で平均 15.0 $\mu\text{g/L}$ であった。令和元年 12 月よりの運用開始であり、徐々に増加傾向がみられる。
- 活性炭処理水 AC1 の各成分比率は、クロロホルム生成能が 19.4%、ジブロモクロロメタン生成能が 37.9%、ブロモジクロロメタン生成能が 25.0%、ブロモホルム生成能が 16.2%であり、活性炭流入水と概ね同じ比率であった。
- 活性炭処理水 AC2 のトリハロメタン生成能は 2.8~27.0 $\mu\text{g/L}$ の範囲で平均 16.0 $\mu\text{g/L}$ であった。令和元年 12 月よりの運用開始であり、徐々に増加傾向がみられる。
- 活性炭処理水 AC2 の各成分比率は、クロロホルム生成能が 18.9%、ジブロモクロロメタン生成能が 39.2%、ブロモジクロロメタン生成能が 25.5%、ブロモホルム生成能が 17.8%であり、活性炭流入水と概ね同じ比率であった。
- 活性炭処理水 AC3 (0.9mm) の総トリハロメタン生成能は 8.5~26.0 $\mu\text{g/L}$ の範囲で平均 18.3 $\mu\text{g/L}$ であった。令和元年 12 月 4 日に 26.0 $\mu\text{g/L}$ と高い値がみられ、除去率も 35%と他の活性炭処理水に比べ低い状況であったが、令和 2 年 1 月 8 日の結果 10.0 $\mu\text{g/L}$ まで低減して、除去率も 73%まで回復しており他の活性炭処理水と同程度となっていた。原因については不明である。
- 活性炭処理水 AC3 (0.9mm) の各成分比率は、クロロホルム生成能が 18.3%、ジブロモクロロメタン生成能が 39.3%、ブロモジクロロメタン生成能が 26.4%、ブロモホルム生成能が 16.2%であり、活性炭流入水と概ね同じ比率であった。
- 活性炭処理水 AC3 (1.2mm) の総トリハロメタン生成能は 7.1~26.0 $\mu\text{g/L}$ の範囲で平均 18.3 $\mu\text{g/L}$ であった。令和元年 12 月よりの運用開始であり、徐々に増加傾向がみられる。

- 活性炭処理水 AC3 (1.2mm) の各成分比率は、クロロホルム生成能が 15.9%、ジブロモクロロメタン生成能が 41.0%、ブロモジクロロメタン生成能が 24.8%、ブロモホルム生成能が 18.4% であり、活性炭流入水と概ね同じ比率であった。
- 図 6-3、4 に示すとおり、現状までの結果では、活性炭処理水 AC1 が総トリハロメタン生成能は低く、除去率も高い傾向がみられた。
- 実施設運用炭 4 池は、従来どおりの仕様とは異なる仕様で導入したが、総トリハロメタン生成能除去性は他の活性炭と比較して問題はなかった。
- AC3 において有効径 0.9mm と 1.2mm を比較すると、令和元年 12 月よりの運用開始であり、徐々に増加傾向がみられているが、粒径による処理水濃度の差はみられなかった。

(2) かび臭物質 (ジェオスミン、2-MIB)

- 活性炭流入水のジェオスミンは 1 未満～3ng/L の範囲であった。2-MIB は 1 未満～5ng/L の範囲であった。濃度レベルは低濃度であった。
- 活性炭処理水 AC1、AC2、AC3 (0.9mm、1.2mm) のジェオスミン及び 2-MIB は全て 1ng/L 未満であった。
- AC3 において、有効径 0.9mm と 1.2mm を比較すると、活性炭流入水が低濃度であることから、粒径による差はみられなかった。

表 6-2 トリハロメタン生成能等 水質検査結果 (その 1)

日付	活性炭流入水						
	生成能					ジェオスミン	2-MIB
	クロロホルム	ジブロモクロロメタン	ブロモジクロロメタン	ブロモホルム	総トリハロメタン		
	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	ng/L	ng/L
2019/12/3	6.1	17.0	12.0	5.4	40	1	2
2020/1/7	4.1	16.0	9.8	8.0	38	2	1
2020/2/4	3.7	12.0	6.6	6.8	29	1	<1
2020/3/3	7.1	12.0	8.6	4.3	32	2	<1
2020/4/7	8.0	22.0	13.0	9.1	52	2	<1
2020/5/19	11.0	13.0	11.0	3.5	38	1	<1
2020/6/3	9.5	15.0	9.3	6.0	40	<1	<1
2020/7/7	8.4	14.0	12.0	3.5	38	<1	<1
2020/8/3	6.8	14.0	12.0	3.6	36	<1	<1
2020/9/7	6.4	10.0	8.8	2.3	28	<1	<1
2020/10/6	3.9	8.5	6.8	2.7	22	<1	<1
2020/11/10	3.1	15.0	8.6	9.5	36	2	1
2020/12/8	4.0	15.0	9.3	6.3	35	3	5
2021/1/19	8.7	26.0	18.0	9.6	63	3	2
最大	11.0	26.0	18.0	9.6	63	3	5
最小	3.1	8.5	6.6	2.3	22	<1	<1
平均	6.5	15.0	10.4	5.8	38	2	2

表 6-3 トリハロメタン生成能等 水質検査結果 (その2)

日付	活性炭処理水 AC1							活性炭処理水 AC2						
	生成能					ジェオスミン	2-MIB	生成能					ジェオスミン	2-MIB
	クロロホルム	ジブロモクロロメタン	ブロモジクロロメタン	ブロモホルム	総トリハロメタン			クロロホルム	ジブロモクロロメタン	ブロモジクロロメタン	ブロモホルム	総トリハロメタン		
	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	ng/L	ng/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	ng/L	ng/L
2019/12/3	0.6	0.7	0.7	0.3	2.3	<1	<1	0.6	0.9	0.8	0.5	2.8	<1	<1
2020/1/7	1.0	2.2	0.9	1.7	5.8	<1	<1	1.1	3.4	1.3	2.9	8.7	<1	<1
2020/2/4	1.8	2.9	1.5	1.1	7.3	<1	<1	1.8	2.8	1.4	1.1	7.1	<1	<1
2020/3/3	2.6	4.4	2.3	1.9	11.0	<1	<1	2.6	4.3	2.2	1.9	11.0	<1	<1
2020/4/7	3.4	4.8	2.7	2.2	13.0	<1	<1	3.3	4.8	2.6	2.2	13.0	<1	<1
2020/5/19	3.9	5.5	3.7	2.0	15.0	<1	<1	4.0	5.7	3.9	2.0	16.0	<1	<1
2020/6/3	5.2	4.8	3.8	3.8	22.0	<1	<1	6.5	9.8	6.5	4.1	27.0	<1	<1
2020/7/7	3.2	7.5	5.8	2.0	18.0	<1	<1	-	-	-	-	-	-	-
2020/8/3	2.4	8.9	5.6	3.2	20.0	<1	<1	2.8	9.6	6.4	3.6	22.0	<1	<1
2020/9/7	3.7	7.1	5.9	1.5	18.0	<1	<1	3.7	7.0	5.9	4.0	18.0	<1	<1
2020/10/6	3.1	5.8	5.3	1.3	16.0	<1	<1	3.1	5.7	5.4	1.2	15.0	<1	<1
2020/11/10	2.0	7.7	5.1	3.0	18.0	<1	<1	2.3	8.2	5.5	3.2	19.0	<1	<1
2020/12/8	1.9	9.7	4.9	5.3	22.0	<1	<1	1.9	10.0	5.2	5.6	23.0	<1	<1
2021/1/19	2.9	9.2	6.6	3.2	22.0	<1	<1	3.6	11.0	7.7	3.7	25.0	<1	<1
最大	5.2	9.7	6.6	5.3	22.0	<1	<1	6.5	11.0	7.7	5.6	27.0	<1	<1
最小	0.6	0.7	0.7	0.3	2.3	<1	<1	0.6	0.9	0.8	0.5	2.8	<1	<1
平均	2.7	5.8	3.9	2.3	15.0	<1	<1	2.9	6.4	4.2	2.8	16.0	<1	<1

※2020/7/7 : AC2 はサンプルの取り違いのため欠測とした。

表 6-4 トリハロメタン生成能等 水質検査結果 (その3)

日付	活性炭処理水 AC3(0.9mm)							活性炭処理水 AC3(1.2mm)						
	生成能					ジェオスミン	2-MIB	生成能					ジェオスミン	2-MIB
	クロロホルム	ジブロモクロロメタン	ブロモジクロロメタン	ブロモホルム	総トリハロメタン			クロロホルム	ジブロモクロロメタン	ブロモジクロロメタン	ブロモホルム	総トリハロメタン		
	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	ng/L	ng/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	ng/L	ng/L
2019/12/3	6.1	7.9	9.6	2.0	26.0	<1	<1	0.4	3.3	1.1	2.3	7.1	<1	<1
2020/1/7	1.2	4.2	1.4	3.5	10.0	<1	<1	1.4	5.8	2.4	4.7	14.0	<1	<1
2020/2/4	2.0	3.4	1.8	1.3	8.5	<1	<1	2.1	4.4	2.2	1.7	10.0	<1	<1
2020/3/3	2.7	4.7	2.7	2.2	12.0	<1	<1	3.0	5.6	3.3	2.5	14.0	<1	<1
2020/4/7	3.4	5.0	3.0	2.1	14.0	<1	<1	3.6	5.5	3.2	2.7	15.0	<1	<1
2020/5/19	4.1	5.8	4.0	2.0	16.0	<1	<1	4.5	6.7	4.9	2.2	18.0	<1	<1
2020/6/3	5.4	8.7	4.9	4.0	23.0	<1	<1	5.8	9.8	5.8	4.2	26.0	<1	<1
2020/7/7	2.8	8.0	5.6	2.4	19.0	<1	<1	3.7	8.3	6.7	2.1	21.0	<1	<1
2020/8/3	3.0	10.0	7.0	3.5	24.0	<1	<1	2.0	11.0	7.6	3.8	26.0	<1	<1
2020/9/7	3.8	7.0	6.2	1.4	18.0	<1	<1	3.9	7.6	6.6	1.5	20.0	<1	<1
2020/10/6	3.0	6.3	5.8	1.4	16.0	<1	<1	2.7	6.9	5.8	1.7	17.0	<1	<1
2020/11/10	1.9	8.5	5.2	4.0	20.0	<1	<1	2.2	8.9	5.8	3.5	20.0	<1	<1
2020/12/8	1.8	9.9	5.2	5.3	22.0	<1	<1	1.8	10.0	5.3	5.6	23.0	<1	<1
2021/1/19	2.9	9.4	6.8	3.1	22.0	<1	<1	3.4	10.0	7.6	3.7	25.0	<1	<1
最大	6.1	10.0	9.6	5.3	26.0	<1	<1	5.8	11.0	7.6	5.6	26.0	<1	<1
最小	1.2	3.4	1.4	1.3	8.5	<1	<1	0.4	3.3	1.1	1.5	7.1	<1	<1
平均	3.2	7.1	4.9	2.7	17.9	<1	<1	2.9	7.1	4.9	3.0	18.3	<1	<1

表 6-5 トリハロメタン生成能除去率

日付	総トリハロメタン生成能除去率(%)			
	AC1	AC2	AC3 (0.9mm)	AC3 (1.2mm)
2019/12/3	94.3	93.0	35.0	82.3
2020/1/7	84.7	77.1	73.7	63.2
2020/2/4	74.8	75.5	70.7	65.5
2020/3/3	65.6	65.6	62.5	56.3
2020/4/7	75.0	75.0	73.1	71.2
2020/5/19	60.5	57.9	57.9	52.6
2020/6/3	45.0	32.5	42.5	35.0
2020/7/7	52.6	-	50.0	44.7
2020/8/3	44.4	38.9	33.3	27.8
2020/9/7	35.7	35.7	35.7	28.6
2020/10/6	27.3	31.8	27.3	22.7
2020/11/10	50.0	47.2	44.4	44.4
2020/12/8	37.1	34.3	37.1	34.3
2021/1/19	65.1	60.3	65.1	60.3

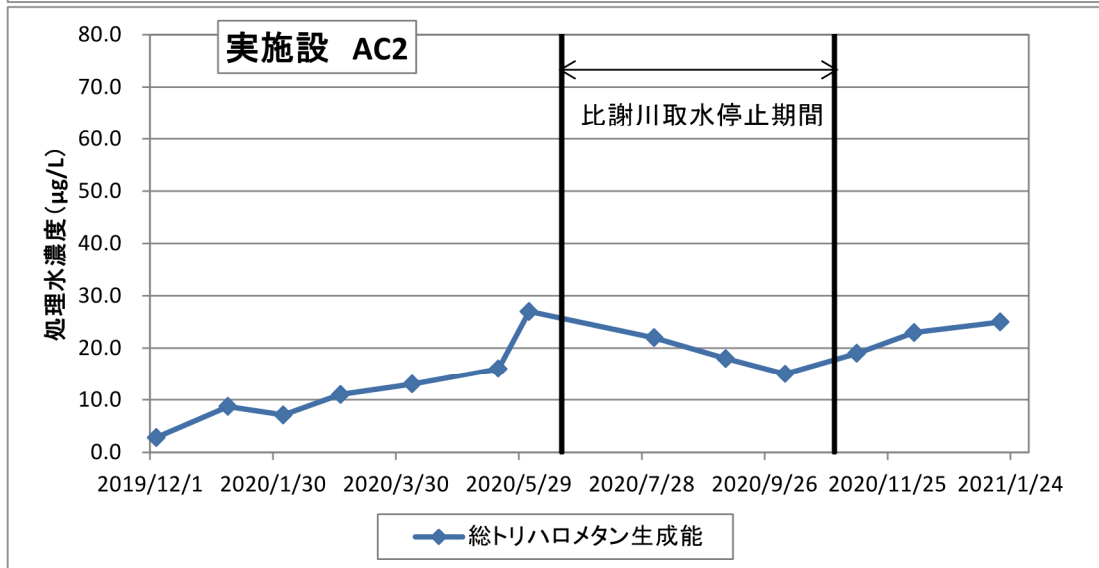
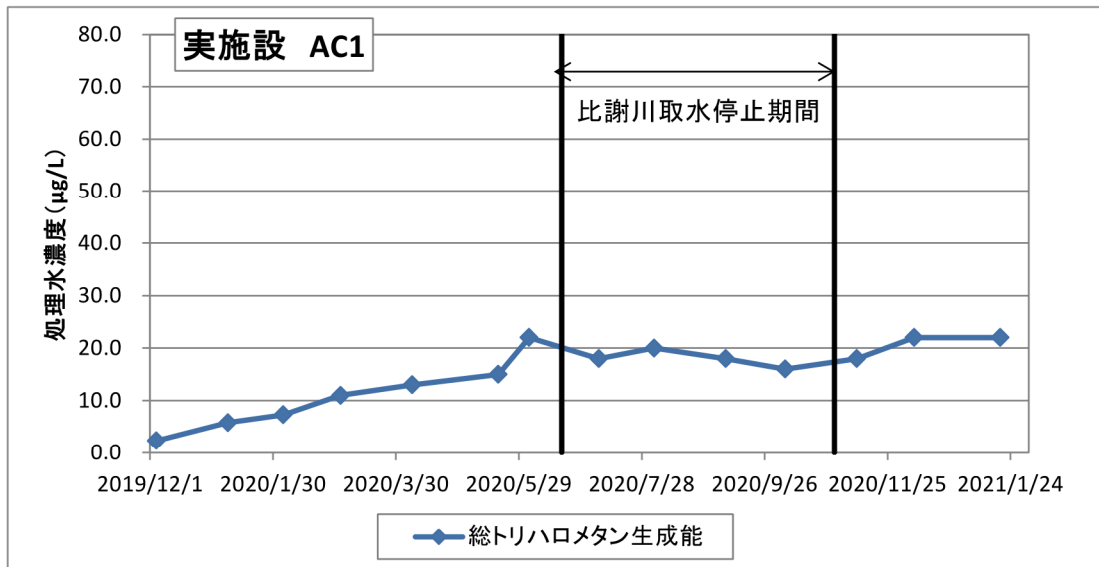
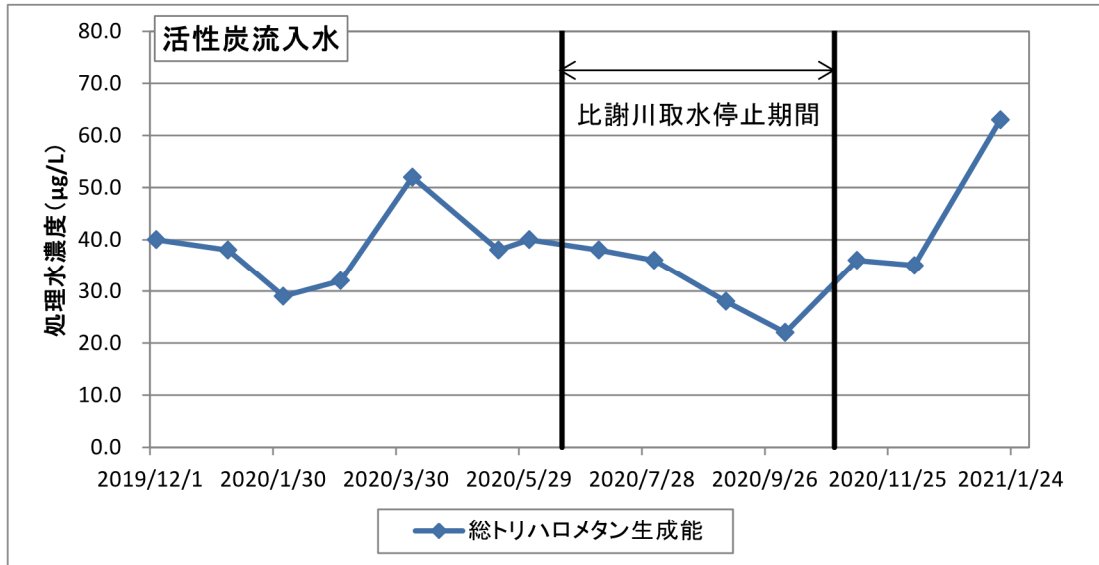


図 6-1 総トリハロメタン生成能の経月変化 (その 1)

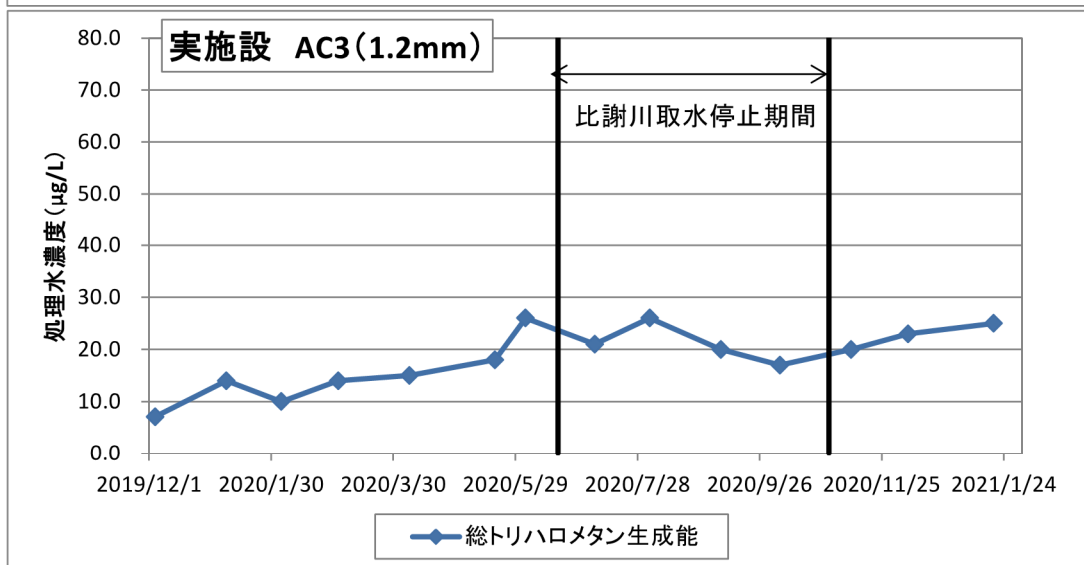
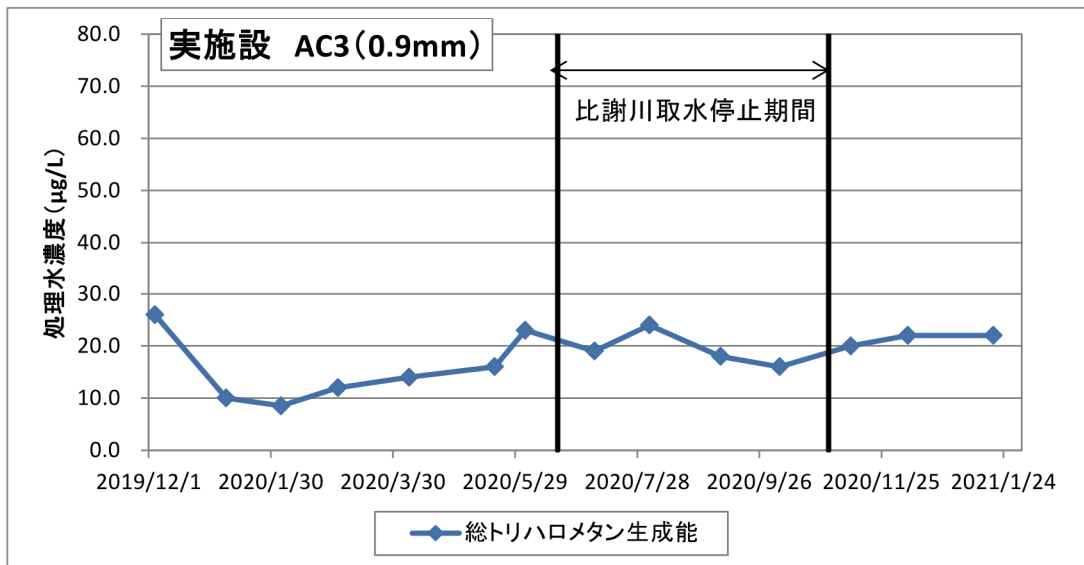


図 6-2 総トリハロメタン生成能の経月変化 (その 2)

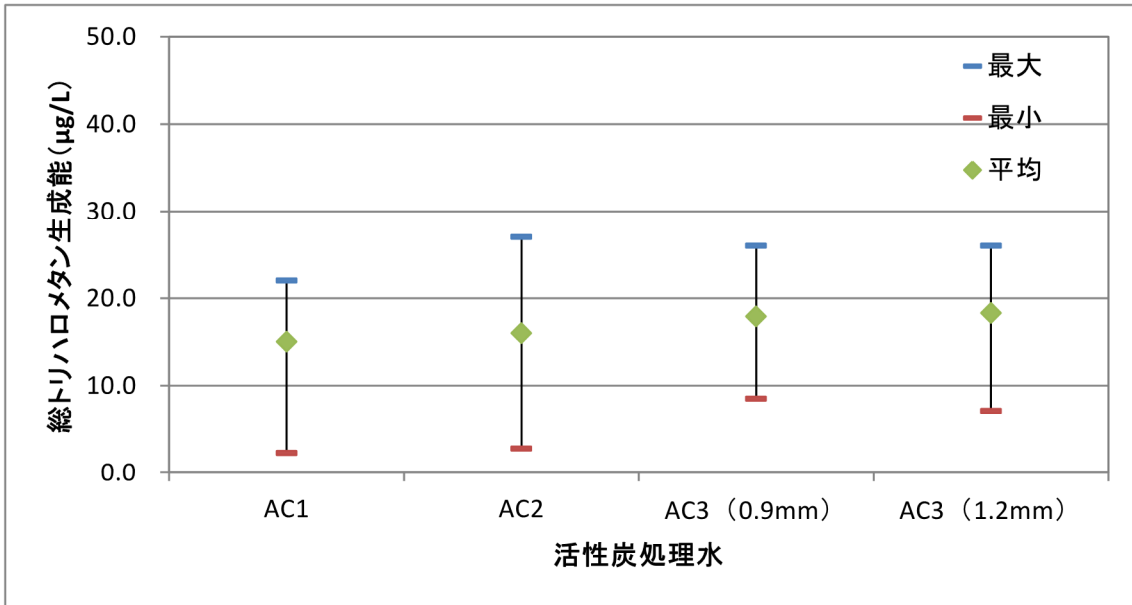


図 6-3 実運用炭におけるトリハロメタン生成能の範囲

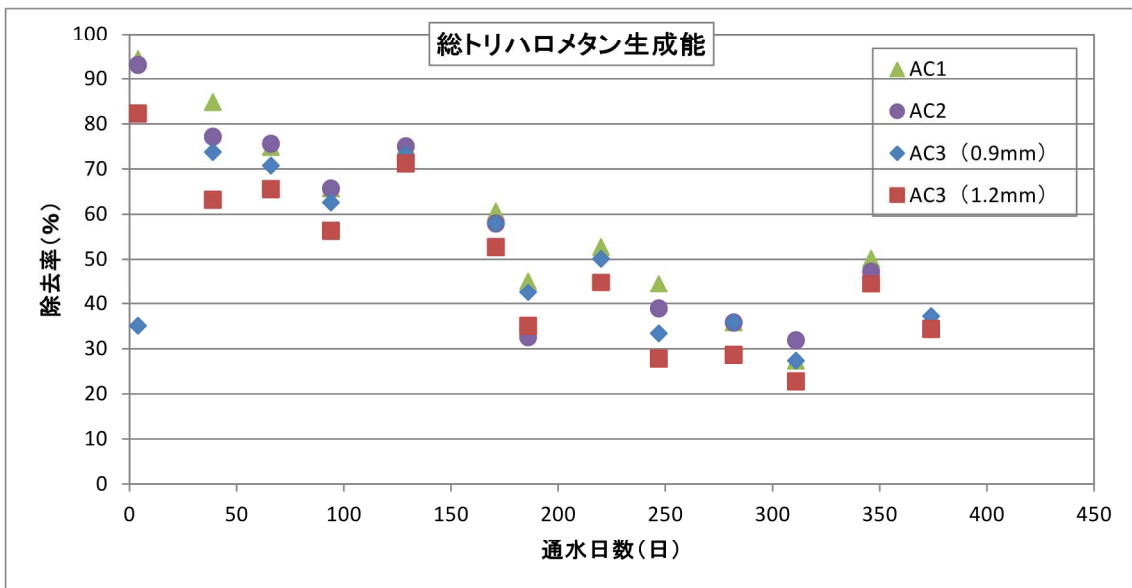


図 6-4 実施設運用炭の総トリハロメタン生成能除去率の通水日数による変化

2) PFOS 等の結果

PFOS 等の結果を表 6-12、13、図 6-7、8 に示す。

北谷浄水場の令和 2 年における水源運用は以下のとおりであった。北谷浄水場の水源運用別における活性炭流入水濃度及び活性炭処理水 AC1、AC2、AC3 (0.9mm、1.2mm) を表 6-6～10 に示す。

令和 2 年 6 月 19 日より

比謝川取水停止

令和 2 年 10 月 30 日より

比謝川取水再開

(1) 活性炭流入水

北谷浄水場の水源運用別活性炭流入水の PFOS 等の結果は表 6-6 に示す。

- 比謝川取水を行っている時期の PFOS は 4～31ng/L の範囲で平均 13ng/L、PFOA は 1 未満～10ng/L の範囲で平均 3ng/L、PFHxS は 3～21ng/L で平均 8ng/L であった。PFOS で 4ng/L が検出された 5 月 19 日は前日に 53.5mm (那覇) の降雨がみられた影響と考えられる。
- 比謝川取水停止期間は、PFOS は 1～2ng/L の範囲で平均 2ng/L、PFOA は 1 未満～2ng/L の範囲で平均 2ng/L、PFHxS は 1 未満～3ng/L の範囲で平均 2ng/L であり、PFOS 等が検出される比謝川取水停止をしたことにより、PFOS 等の濃度は低い値となっていた。
- 北谷浄水場原水における過年度 PFOS 等測定結果では、PFOS 等は 5 : 1 : 3 (PFOS : PFOA : PFHxS) の含有比率で存在しており、活性炭流入水の PFOS 等も概ね原水と同じ含有比率で存在していた。

表 6-6 北谷浄水場の水源運用別 活性炭流入水濃度

水源運用	期間	PFOS (ng/L)			PFOA (ng/L)			PFHxS (ng/L)		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均
比謝川取水期間	令和元年12月1日 ～令和2年6月19日	11	4	8	4	<1	3	9	3	6
比謝川取水停止期間	令和2年6月19日 ～令和2年10月29日	2	1	2	2	<1	2	3	<1	2
比謝川取水期間	令和2年10月30日～	31	4	18	10	2	4	21	4	11

(2) 活性炭処理水 AC1

北谷浄水場の水源運用別活性炭処理水 AC1 の PFOS 等の結果を表 6-7 に示す。

- 比謝川取水を行っている令和 2 年 12 月以降は、新炭であるため活性炭流入水濃度が高くても吸着して処理水濃度は 1ng/L 未満であった。
- 比謝川取水停止期間は、活性炭流入水濃度が低下したため、PFOA 及び PhDs は 1ng/L 検出されたが、PFOS は 1 ng/L 未満であった。
- 比謝川取水を再開した後、活性炭流入水濃度が上昇し、通水期間も 1 年間を経過したことにより、活性炭 AC1 の処理水濃度も増加の傾向がみられていた。

表 6-7 北谷浄水場の水源運用別 活性炭吸着池 AC1 処理水濃度

水源運用	期間	PFOS (ng/L)			PFOA (ng/L)			PFHxS (ng/L)		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均
比謝川取水期間	令和元年12月1日 ～令和2年6月19日	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
比謝川取水停止期間	令和2年6月19日 ～令和2年10月29日	<1	<1	<1	1	<1	<1	1	<1	<1
比謝川取水期間	令和2年10月30日～	6	1	3	3	1	2	6	3	4

(3) 活性炭処理水 AC2

北谷浄水場の水源運用別活性炭処理水 AC2 の PFOS 等の結果を表 6-8 に示す。

- 比謝川取水を行っている令和 2 年 12 月以降は、新炭であるため活性炭流入水濃度が高くても吸着して処理水濃度は 1ng/L 未満であった。
- 比謝川取水停止期間は、活性炭流入水濃度が低下したため、PFOA 及び PhDs は 1ng/L 検出されたが、PFOS は 1 ng/L 未満であった。
- 比謝川取水を再開した後、活性炭流入水濃度が上昇し、通水期間も 1 年間を経過したことにより、活性炭 AC2 の処理水濃度も増加の傾向がみられていた。

表 6-8 北谷浄水場の水源運用別 活性炭吸着池 AC2 処理水濃度

水源運用	期間	PFOS (ng/L)			PFOA (ng/L)			PFHxS (ng/L)		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均
比謝川取水期間	令和元年12月1日 ～令和2年6月19日	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
比謝川取水停止期間	令和2年6月19日 ～令和2年10月29日	<1	<1	<1	1	<1	<1	1	<1	<1
比謝川取水期間	令和2年10月30日～	4	<1	2	3	<1	2	4	1	3

(4) 活性炭処理水 AC3 (0.9mm)

北谷浄水場の水源運用別活性炭処理水 AC3 (0.9mm) の PFOS 等の結果は表 6-9 に示す。

- 比謝川取水を行っている令和 2 年 12 月以降は、新炭であるため活性炭流入水濃度が高くても吸着して処理水濃度は 1ng/L 未満であった。
- 比謝川取水停止期間は、活性炭流入水濃度が低下したため、全ての項目で 1ng/L 未満であった。
- 比謝川取水を再開した後、活性炭流入水濃度が上昇し、通水期間も 1 年間を経過したことにより、活性炭 AC3 (0.9mm) の処理水濃度も増加傾向がみられていた。

表 6-9 北谷浄水場の水源運用別 活性炭吸着池 AC3(0.9mm)処理水濃度

水源運用	期間	PFOS(ng/L)			PFOA(ng/L)			PFHxS(ng/L)		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均
比謝川取水期間	令和元年12月1日 ～令和2年6月19日	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
比謝川取水停止期間	令和2年6月19日 ～令和2年10月29日	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
比謝川取水期間	令和2年10月30日～	4	1	3	4	<1	2	5	1	3

(5) 活性炭処理水 AC3 (1.2mm)

北谷浄水場の水源運用別活性炭処理水 AC3(1.2mm)の PFOS 等の結果を表 6-11 に示す。

- 比謝川取水を行っている令和 2 年 12 月以降は、新炭であるため活性炭流入水濃度が高くても吸着して処理水濃度は 1ng/L 未満であった。
- 比謝川取水停止期間は、活性炭流入水濃度が低下したため、PFOA 及び PhDs は 1ng/L 検出されたが、PFOS は 1ng/L 未満であった。
- 比謝川取水を再開した後、活性炭流入水濃度が上昇し、通水期間も 1 年経過したことにより、活性炭 AC3 (1.2mm) の処理水濃度も増加の傾向がみられており、AC3(0.9mm)よりも高い値となっていた。
- 活性炭の物理特性は、表 6-10 に示すとおり、有効径が変わっても比表面積は変化しない。

表 6-10 粉末活性炭及び粒状活性炭の典型的な物理特性

項目	単位	粉末活性炭	粒状活性炭
比表面積	m ² /g	500～1,500	500～1,500
充填密度	g/cm ³	0.20～0.75	≥0.20
有効径	mm	0.044	0.3～2.0
ヨウ素吸着量	mg/g	≥500	≥500

:ANSI/AWWA Standards B600-10 and B604-05

参考文献：American Water Works Association American society of Civil Engineers
Water Treatment Plant Design

- 活性炭吸着の概念は、図 6-5 に示すとおりであり、細孔内拡散速度は粒径の大きさによる違いはなく、反応速度は細孔内拡散速度と粒子表面積の積で求められる。

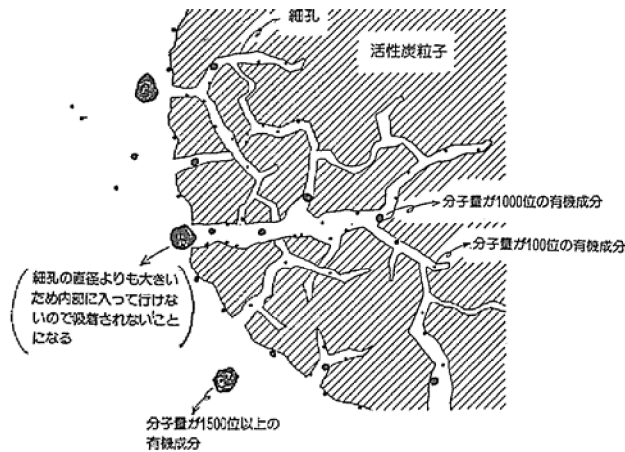
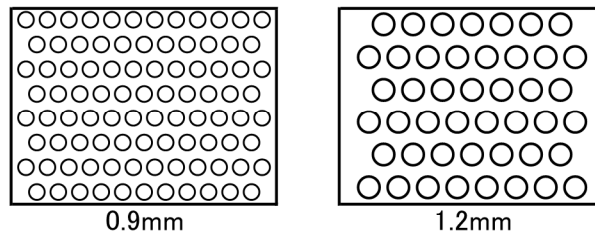


図 6-5 活性炭吸着の概念

(出典：丹保憲仁 他 浄水の技術)

- 活性炭粒径が 0.9mm の場合と 1.2mm の場合の表面積を比較すると、下記の試算のとおり、0.9mm の場合は 1.2mm の場合の 1.33 倍の表面積を有することになる。その結果、0.9mm の方が 1.2mm よりも反応速度が大きくなるものと判断される。そのため、比謝川取水を再開した後の PFOS 等の濃度は、0.9mm の値が低い値であった。



	0.9mm	1.2mm
粒子数	1.9×10^9 個	8.2×10^8 個
表面積	約 4,900 m^2/m^3	3,700 m^2/m^3

図 6-6 1m^3 当たりの活性炭充填粒子数イメージ図

活性炭表面積の比較

直径 0.9mm の場合

$$\begin{aligned}
 \text{1 粒当たりの表面積} &= 4 \times 3.14 \times 0.00045 \times 0.00045 \quad \text{m}^2 \\
 &= 0.00000254 \quad \text{m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{1 粒当たりの体積} &= 4/3 \pi r^3 = 4/3 \times 3.14 \times 0.00045^3 \\
 &= 3.8151\text{E-}10
 \end{aligned}$$

$$\text{1m}^3 \text{ 当たりの充填粒数 (六方最密充填構造に基づき、充填率 } 74\% = \frac{\pi}{3\sqrt{2}})$$

$$(1 \times 0.74 \div 3.8151\text{E-}10) = 1,939,660,821 \quad \text{個}/\text{m}^3$$

1m³当たりの活性炭表面積

$$0.00000254 \times 1,939,660,821 = 4,927 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

直径 1.2mm の場合

$$\begin{aligned} 1 \text{ 粒当たりの表面積} &= 4 \times 3.14 \times 0.0006 \times 0.0006 \text{ m}^2 \\ &= 0.00000452 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ 粒当たりの体積} &= 4/3 \pi r^3 = 4/3 \times 3.14 \times 0.0006^3 \\ &= 9.0432\text{E-}10 \end{aligned}$$

1m³当たりの充填粒数

$$(1 \times 0.74 \div 9.0432\text{E-}10) = 818,294,409 \text{ 個}/\text{m}^3$$

1m³当たりの活性炭表面積

$$0.00000452 \times 818,294,409 = 3,699 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

表面積の比率

$$4,927 \text{ m}^2/\text{m}^3 (\text{: } 0.9\text{mm}) \div 3,699 \text{ m}^2/\text{m}^3 (\text{: } 1.2\text{mm}) = 1.33$$

表 6-11 北谷浄水場の水源運用別 活性炭吸着池 AC3(1.2mm)処理水濃度

水源運用	期間	PFOS(ng/L)			PFOA(ng/L)			PFHxS(ng/L)		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均
比謝川取水期間	令和元年12月1日 ～令和2年6月19日	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
比謝川取水停止期間	令和2年6月19日 ～令和2年10月29日	<1	<1	<1	1	<1	<1	1	<1	<1
比謝川取水期間	令和2年10月30日～	13	2	6	10	1	3	15	3	6

表 6-12 PFOS 等 水質検査結果 (その 1)

日付	活性炭流入水					AC1					AC2				
	PFOS	PFOA	PFHxS	PFOS+PFOA	合計	PFOS	PFOA	PFHxS	PFOS+PFOA	合計	PFOS	PFOA	PFHxS	PFOS+PFOA	合計
	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L
2019/12/3	9	3	6	12	18	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/1/7	11	4	9	15	24	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/1/22	6	1	4	7	11	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/2/4	6	<1	4	7	10	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/2/18	9	2	6	11	17	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/3/3	7	2	5	9	14	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/3/16	7	2	6	9	15	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/3/31	9	2	7	11	18	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/4/7	11	4	9	15	24	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/4/23	10	3	8	13	21	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/5/7	5	2	3	7	10	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/5/19	4	2	3	6	9	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/6/3	10	3	6	13	19	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/6/16	9	3	7	12	19	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/7/7	2	2	2	4	6	<1	<1	<1	<1	<1	-	-	-	-	-
2020/7/20	2	1	1	3	4	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/8/3	2	2	2	4	6	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/8/18	2	2	2	4	6	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/9/7	1	<1	<1	1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/9/23	2	<1	1	2	3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/10/6	2	<1	1	2	3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/10/19	2	2	3	4	7	<1	1	1	1	2	<1	1	1	1	2
2020/11/10	16	5	12	21	33	1	2	3	3	6	<1	1	1	1	2
2020/11/24	31	10	21	41	62	2	2	4	4	8	2	3	4	5	9
2020/12/8	19	6	15	25	40	3	3	6	6	12	2	2	3	4	7
2020/12/21	17	3	9	20	29	4	1	4	5	9	3	<1	2	3	5
2021/1/5	23	3	11	26	37	4	1	4	5	9	2	<1	3	2	5
2021/1/13	15	3	8	18	26	5	1	4	6	10	4	1	3	5	8
2021/1/19	16	3	8	19	27	6	2	4	8	12	3	1	3	4	7
2021/1/25	4	2	4	6	10	2	2	3	4	7	1	1	2	2	4

※2020/7/7 : AC2 はサンプルの取り違いのため欠測とした。

表 6-13 PFOS 等 水質検査結果 (その 2)

日付	AC3(0.9mm)					AC3(1.2mm)				
	PFOS	PFOA	PFHxS	PFOS+ PFOA	合計	PFOS	PFOA	PFHxS	PFOS+ PFOA	合計
	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L
2019/12/3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/1/7	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/1/22	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/2/4	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/2/18	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/3/3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/3/16	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/3/31	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/4/7	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/4/23	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/5/7	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/5/19	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/6/3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/6/16	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/7/7	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/7/20	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	1	1
2020/8/3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	1	1
2020/8/18	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	1
2020/9/7	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/9/23	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/10/6	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2020/10/19	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	1	1
2020/11/10	<1	1	1	1	2	2	2	3	4	7
2020/11/24	4	4	5	8	13	13	10	15	23	38
2020/12/8	4	2	4	6	10	5	4	7	9	16
2020/12/21	3	<1	3	3	6	5	1	4	6	10
2021/1/5	3	<1	3	3	6	6	2	5	8	13
2021/1/13	4	<1	3	4	7	6	1	4	7	11
2021/1/19	4	1	3	5	8	7	2	5	9	14
2021/1/25	1	1	2	2	4	2	2	3	4	7

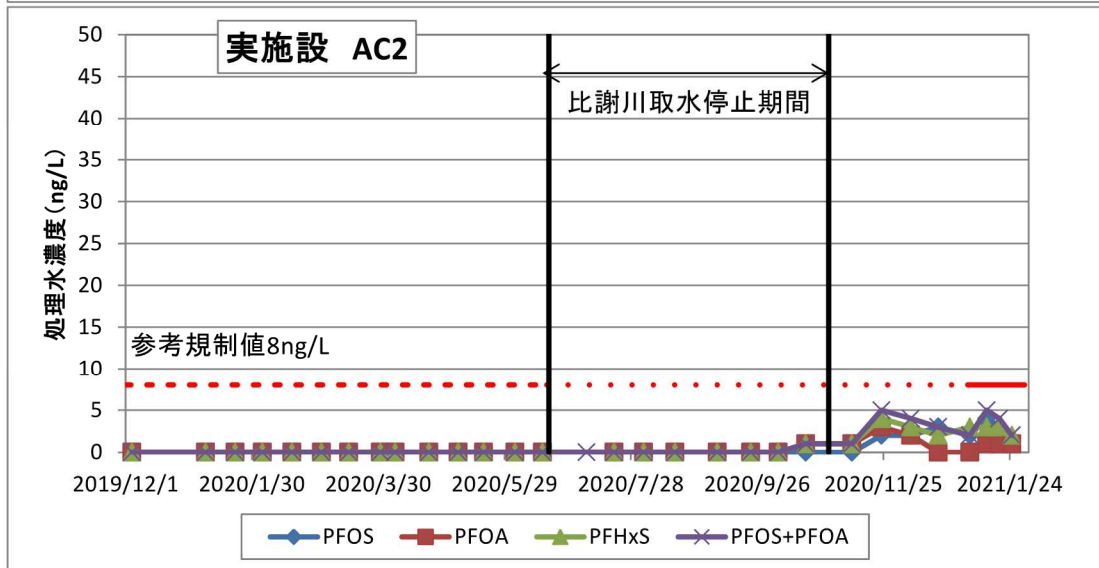
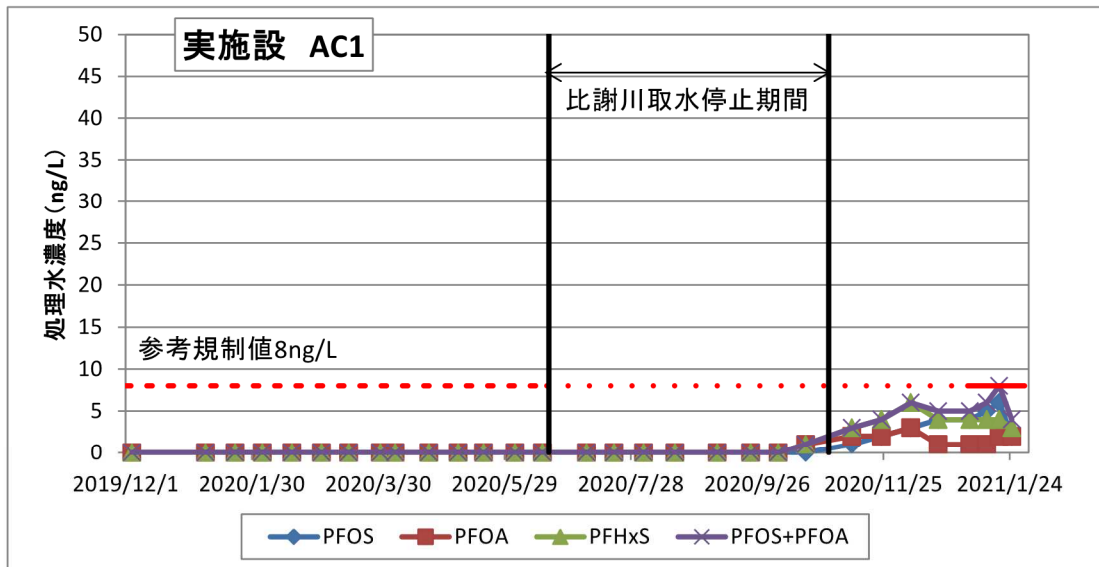
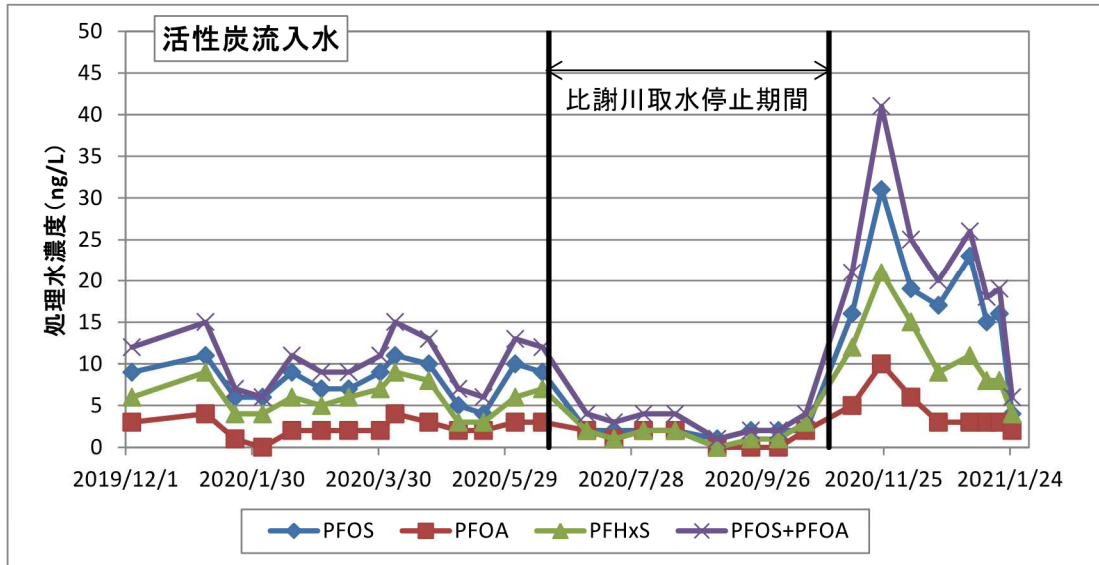


図 6-7 実施設運用炭における PFOS 等水質分析結果 (その 1)

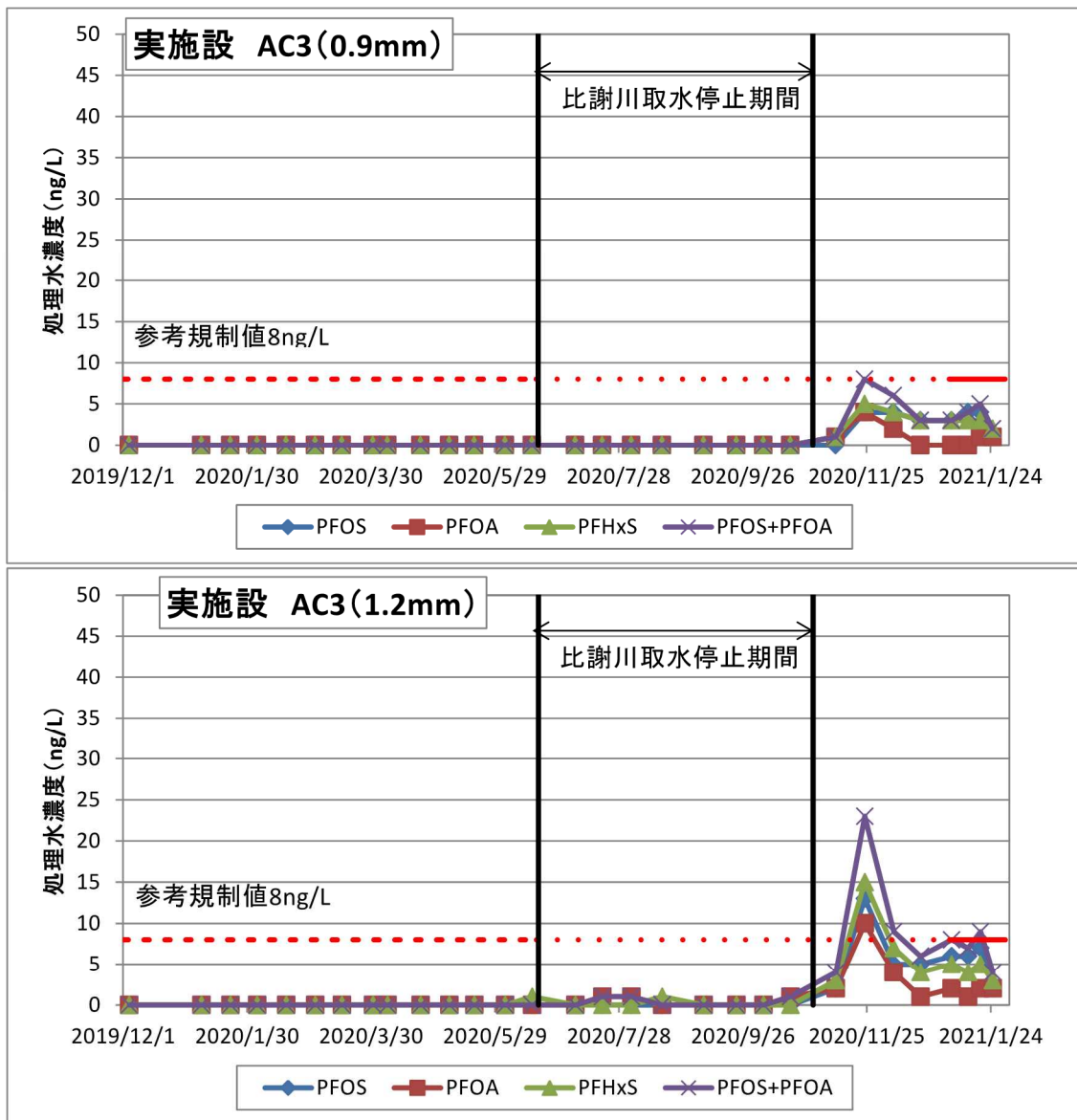


図 6-8 実施設運用炭における PFOS 等水質分析結果 (その 2)