

# X 水質状況と浄水処理

## 室生ダム取水塔における水質

### 【概要】

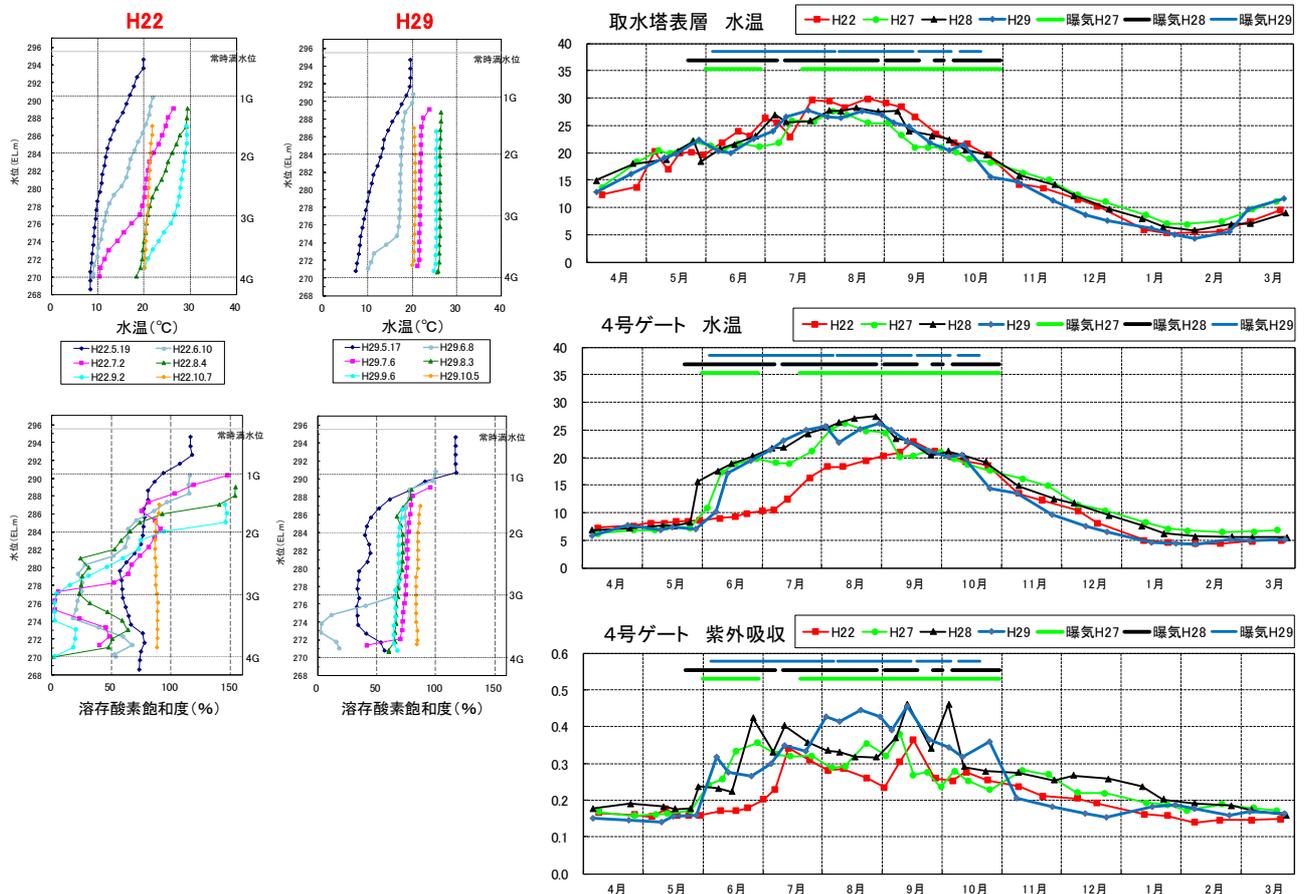
平成 29 年度は、台風や低気圧に伴う出水の影響で例年と比べ夏季の濁度、COD、紫外吸収(260nm 50mm ㉿)等が高い傾向にありました。また、9 月半ば頃にはマイクロキスティスの小規模なアオコが発生しましたが、曝気効果もあり拡大することはありませんでした。10 月に取水塔表層でラフィド藻の増殖がみられ浄水処理への影響(浄水トリクロ酢酸濃度の上昇)が懸念されましたが、台風 21 号に伴う大規模な出水で水が入れ替わり、以後、水質は良好な方向へ向かいました。

### 1. 室生ダム取水塔付近の水質

#### 1) 水温と溶存酸素

アオコ抑制対策として6月5日から浅層曝気装置の運転を開始しました。以後、台風や低気圧の影響で停止した期間がありますが、台風 21 号に伴い10月21日に停止するまで稼働しました。

曝気開始前の平成 22 年度と比べて浅層曝気による水循環効果で、夏季の表層水温の上昇が抑えられています。水温は垂直方向での差がなくなっており、溶存酸素飽和度についてもその効果が現れています。一方、4号ゲートの水温や紫外吸収は曝気開始に伴い上昇しています。

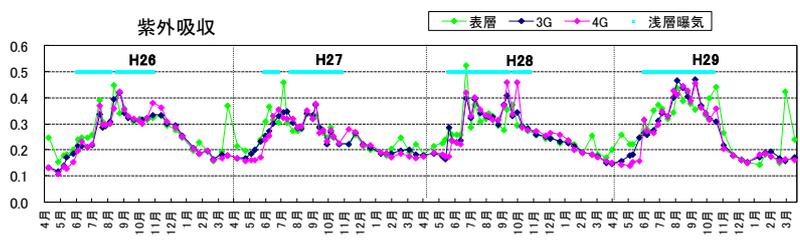
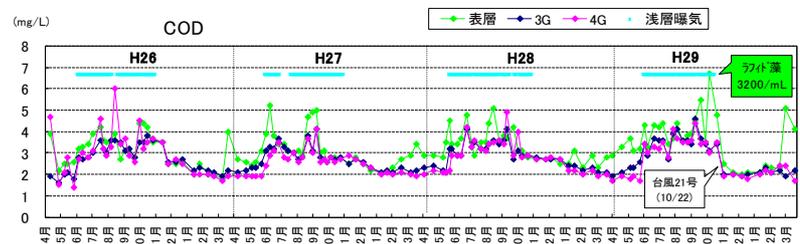
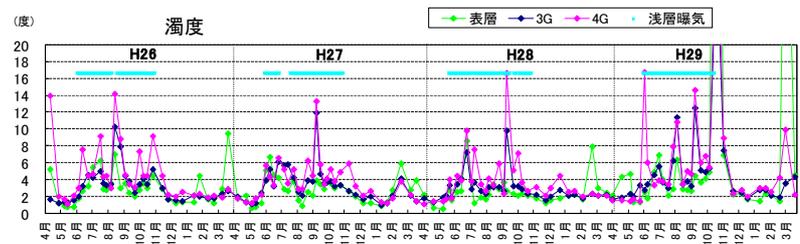
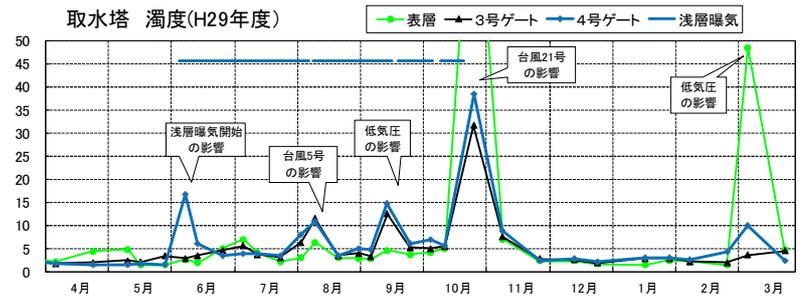


## 2) 濁度、CODと紫外吸収

台風や低気圧等に伴う降雨による出水の影響で濁度が上昇しました。特に台風 21 号に伴う 10 月 22 日の出水では、桜井浄水場の原水濁度が 1000 度を超えたため生物接触ろ過池のバイパス切替を実施しました(※)。

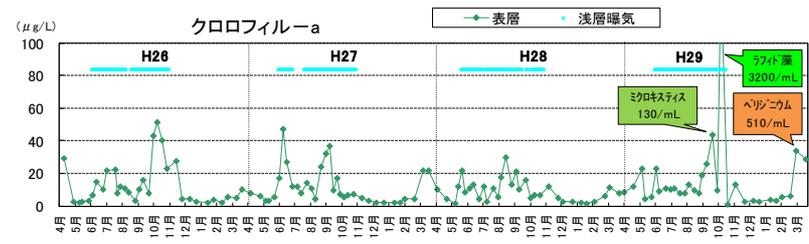
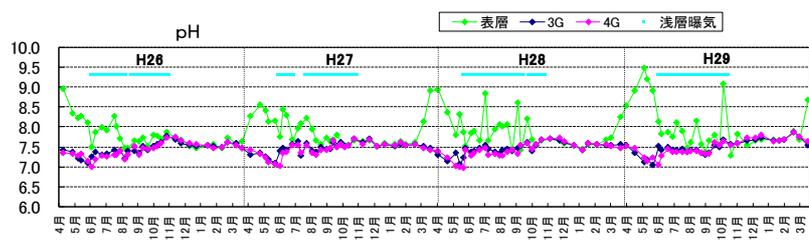
ここ数年と比べると夏季において濁度、COD、紫外吸収が高い傾向がありました。台風 21 号による大規模な出水後は、水質が改善されていきました。

表層の COD については 9 月 25 日のマイクロシスティス増殖時 (130 群体/mL)、10 月 12 日のラフィド藻増殖時 (3200 細胞/mL)、3 月 8 日のペリジニウム増殖時 (510 細胞/mL) 等に上昇がみられました。



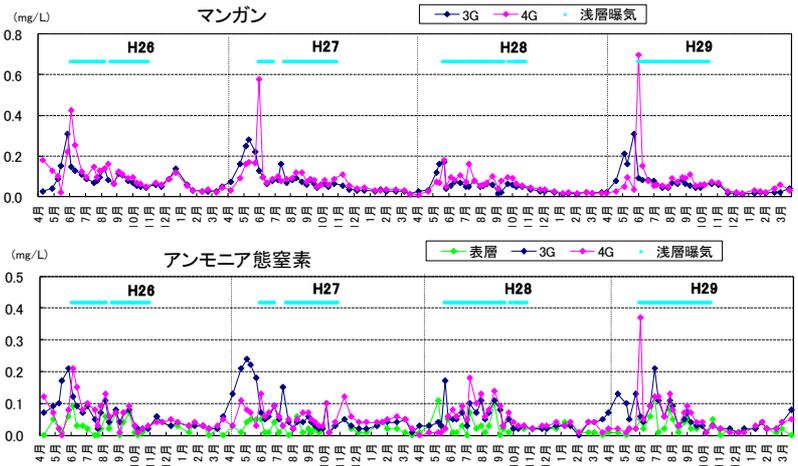
## 3) pHとクロロフィル-a

表層の pH は珪藻類アステリオネラが増殖していた (13000 細胞/mL) 5 月 11 日には、最大 9.5 まで上昇していましたが、曝気装置稼働後は 8.0 ~ 7.5 程度まで低下しました。その後は、ラフィド藻が増殖した 10 月 12 日に 9.1 まで上昇しました。クロロフィル-a が上昇している時期には、マイクロシスティス、ペリジニウム、ラフィド藻等の増殖がみられました。



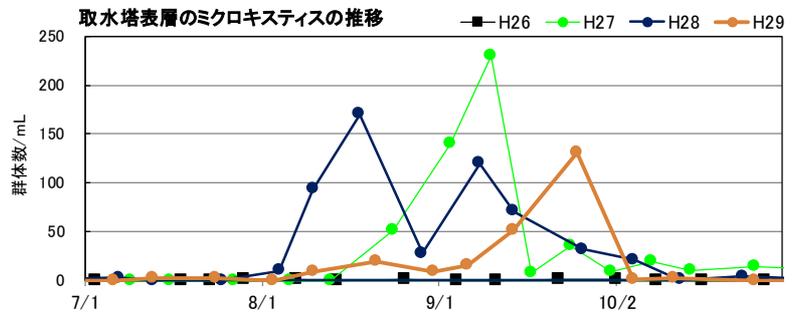
#### 4) マンガンとアンモニア態窒素

浅層曝気装置稼働以前は9月頃まで水温躍層ができ下層で嫌気状態が進み、底質からマンガンやアンモニア態窒素が溶出していると考えられていました。曝気装置稼働後は、直後に一時的にマンガンやアンモニア態窒素の濃度が高くなりましたが、その後は無酸素層が解消されマンガン、アンモニア態窒素の大きなピークはほぼみられず安定していました。



## 2. 取水塔表層のマイクロシスティスの発生状況

平成29年度は、9月上旬よりマイクロシスティスが増殖し始め、20日頃に小規模なアオコが発生しました。9月25日に130 群体/mL 検出しました。9月16日から19日の間、台風18号により曝気を停止していましたが、再開により減少し10月上旬には消失、拡大には至りませんでした。マイクロシスティン-



LRは最大0.0002mg/Lと低いレベルで、桜井浄水場浄水では検出されませんでした。

マイクロシスティス出現状況

出現数: 1mLあたりの群体数

年度	5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月		
	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-30
H29								2	3	9	19	9	16	51	130	1	2				
H28			1	2	5	2	3			93	170	28	120	17	32	21	1	4			
H27					1							51	230	8	35	20	10	14		11	2
H26									1	1		1				1	1				
H25									1	73	4	4	10	150	1						
H24												13	21	10	1		1				
H23								1	2	5	22	38		10			6	4			
H22						1		1	6	9	23	130	64	55	18	10	51	6			8
H21							3	21	40	42	79	1100	440	26	58						
H20					1	8	79	250	360	650	390	100	2000	94	760	34	15				4
H19							2	10	1	6	160	110	130	390	600	200	120	510	46		
H18					4		4	33	51	35	350	400	3300	960	170	360	290	11			1
H17						2		6	1	74	280	650	190	1100	210	110	58	69	30		
H16			2	2		6	240	170	1400	50	17000	290	850	400	580	20					
H15							6	64	68	51	2400	720	6700	400	230	43	20	4			
H14			4	2	2	2	42	5	8	170	240	88	120	4500	52	49	66	13			2
H13						2	12	2	18	8	10	6	8	34	12	4	8	4	8	4	2
H12				4	6		22			1000	640	1100	580	79		100	110	4			
H11							8			12	16		4		4			2			
H10					2	2		2	14			16	60		18	6	2				2
H9					6		1	4	6	3	12	2	23	25	7		13				
H8							13	160	13	1400	19	13	13	6	6				6		
H7										13	210	13		38	25						
H6						12	12	12	62	100	93	87	140	180	130			12	37		
H5						12	25	75	62		750	700	200	12							
H4										12	37	50		37	37						
H3					12		62	62	12	190	50	50	37	50							
H2					12		12	12	6500	5900	2600	140									
H1							12		75		1200	1200	3000	75							

10-99群体/mL

100-999群体/mL

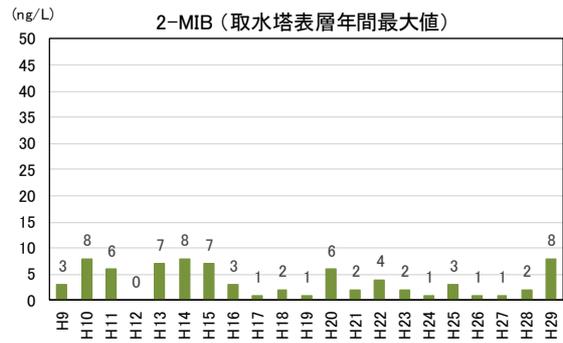
1000群体/mL 以上

### 3. かび臭状況

2-MIBは、近年は低い状態が続いていましたが、平成29年度の年間最大値は8ng/Lとやや増加しました。ジェオスミンは平成18年度にアナベナの増殖により58ng/Lまで増加しましたが、以降は減少し、平成29年度の年間最大値は5ng/Lでした。かび臭物質は宇陀川（高倉橋）において3～4ng/L検出されていたことから、ダム流入河川からの影響も考えられました。

かび臭物質の増加時期は夏季に限られており、粉末活性炭注入期間中であるため桜井浄水場浄水では1ng/L以下でした。

なお、アナベナについては平成28年5月のようなアオコ状態を呈する増殖はみられませんでした。



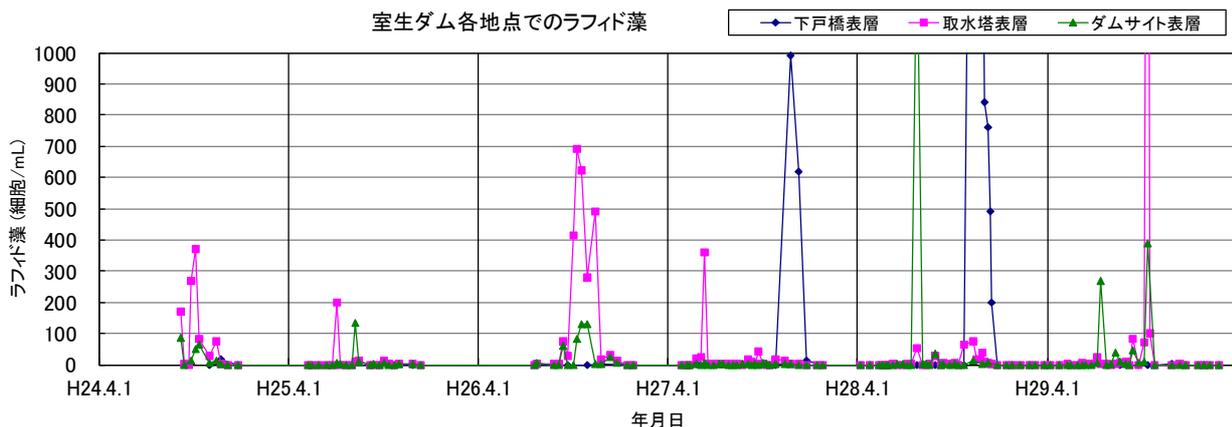
アナベナ出現状況

年度	5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月			
	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-30	
H29		2		4		7							1									
H28	25	970	3000	23	24	23	32	1		11	3		13							3		
H27			2	2	8															5		2
H26									2		1		5			1	3					
H25													2	2	7	7						
H24				2	1								53	68	74							
H23				3	3	1											1					
H22								1		2												
H21																						
H20			1	8	16				1													
H19							4	13	10	1	2											
H18			2			13																
H17											12											
H16													1									

■ : 5-9系状体/ml      ■ : 10-49系状体/ml      ■ : 50系状体/ml 以上

### 4. ラフィド藻

10月12日に取水塔表層で3200細胞/mLと増殖がみられました。10月6～10日の間、低気圧により浅層曝気が停止していたため表層に集まり増殖したと考えられます。その後、曝気再開により混合され浄水場原水への影響もみられましたが、10月22日の台風21号に伴う出水で消失し影響は限定的でした。平成28年度は11月10日頃に下戸橋で増殖がみられましたが、平成29年度はありませんでした。

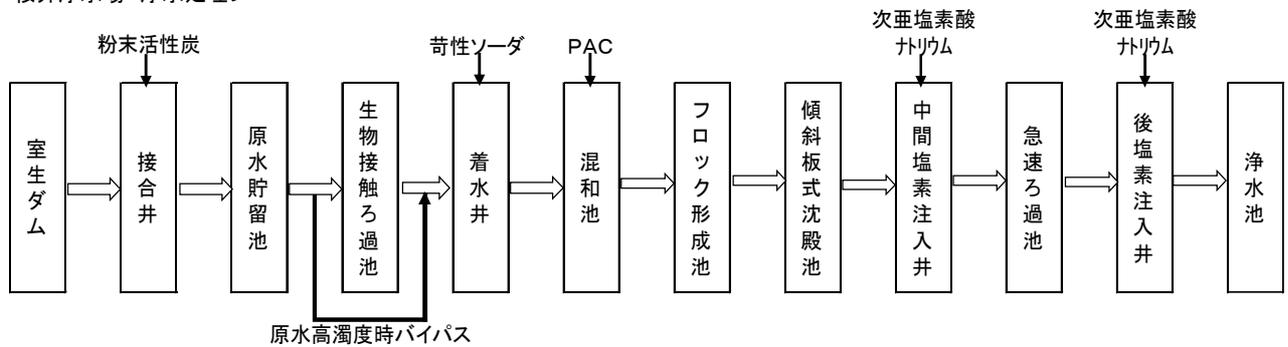


(※) 台風 21 号に伴う高濁度原水の浄水処理について

出水に伴う原水濁度の上昇（最大 1600 度）により生物接触ろ過池が閉塞する可能性があったため、生物接触ろ過池のバイパス切替を行いました。原水貯留池で滞留する間で濁度は 300 度程度まで低下しました。原水の紫外吸収は、最大 0.48 程度まで上昇しましたが、以後は 0.2~0.3 まで低下しました。粉末活性炭は濁度上昇時に増量しましたが、紫外吸収低下後減量しました（濁度は高いが雨水の割合も増え有機物が少ないため）。降雨量が多かったため、以降、ダム水質は良好となっていきました。

浄水処理では、沈殿池濁度が 4~5 度まで上昇しましたが、ろ過水濁度は 0.03 度以下に抑えることができました。アルカリ度低下に伴う凝集不良対策として苛性ソーダの注入を実施しました。次亜塩素酸ナトリウムについては、アンモニア態窒素の影響で中間塩素の消費量が増加し不安定となったため一時最大で 6mg/L 注入しました。今回の浄水処理での PAC 最大注入率は 74ppm、苛性ソーダ最大注入率は 35ppm でした。

桜井浄水場 浄水処理フロー



# 消毒副生成物の実態調査

## 1. 奈良県水道局における消毒副生成物の水質管理

本県では、「消毒副生成物及び異臭味に関する水質管理方針（平成28年7月改訂）」（以下、管理方針）に基づいて消毒副生成物濃度を管理しています。これは、受水市町村給水末端においてクロロホルム・ジクロロ酢酸・トリクロロ酢酸が水質基準値の70%値を超過することのないよう、送水過程における消毒副生成物増加量を予測するとともに浄水場出口に設定した管理目標値以下に制御することで水質管理を行うものです。なお、通常時はクロロホルムとジクロロ酢酸・トリクロロ酢酸の相関が高いことから、浄水クロロホルムを管理目標値（0.011mg/L）以下に制御することで消毒副生成物を一括管理していますが、室生ダム湖内でプランクトン（ラフィド藻）が発生し、かつトリクロロ酢酸とジクロロ酢酸の生成能比（＝トリクロロ酢酸生成能/ジクロロ酢酸生成能）が3を超過した際には、個別の管理目標値（クロロホルム：0.017mg/L、ジクロロ酢酸及びトリクロロ酢酸：0.006mg/L）を設定して管理しています。

桜井浄水場では図1に示した処理工程により浄水処理を行っています。消毒副生成物の低減対策として、粉末活性炭を原水池前（接合井）に注入し、管理方針で設定した管理目標値を超過しないよう、クロロホルム、ジクロロ酢酸及びトリクロロ酢酸の生成能及び浄水中の濃度、さらに原水及び浄水処理過程の紫外吸収等を測定し、その注入率を適宜変更しています。

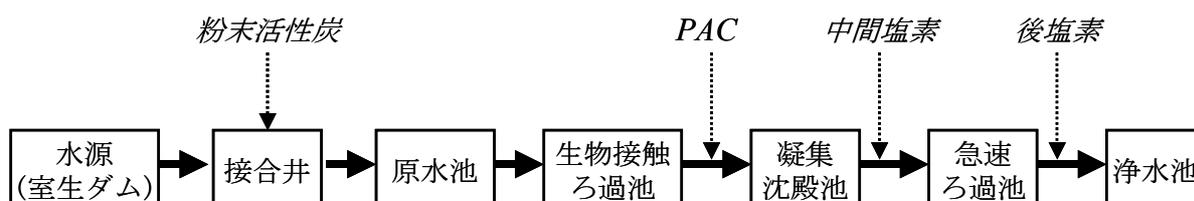


図1. 桜井浄水場の処理フロー

## 2. 消毒副生成物の水質管理状況

水源の室生ダム湖では浅層曝気による湖水循環（6～10月、アオコ抑制対策として）が実施され、この影響で6月初旬から浄水水温が上昇し、消毒副生成物生成促進の要因となっています。また、6月下旬から9月中旬にかけて降雨による濁水が室生ダム湖に流入し、原水中の消毒副生成物前駆物質の量が大きく増減するため、それに応じて粉末活性炭注入率を適宜変更しています。平成29年度は台風通過やゲリラ豪雨の影響により例年以上に原水水質が変動しましたが、期間を通じて給水末端における消毒副生成物濃度を概ね水質基準値の70%を超えない程度に維持することができました。1日1回の浄水測定結果から粉末活性炭注入率を決定していることを踏まえると、管理方針で定めた目標値は妥当なものであると考えています。以下、各項目の管理状況について述べます。

### 2.1 クロロホルム

平成29年度の桜井浄水場内浄水、受水地及び給水末端のクロロホルム濃度及び粉末活性炭注入率の推移を図2に示します。

A市受水地のクロロホルム濃度は浄水の約2倍弱、A市給水末端では約3倍強に増加しています。特に、6月から10月にかけてA市給水過程での増加率が大きく、最大で0.038mg/L（7月18日、8月22日）を検出しました。これは、A市給水末端においてpH値が8付近で推移していたこと、水温が高かったことが要因と考えられます。

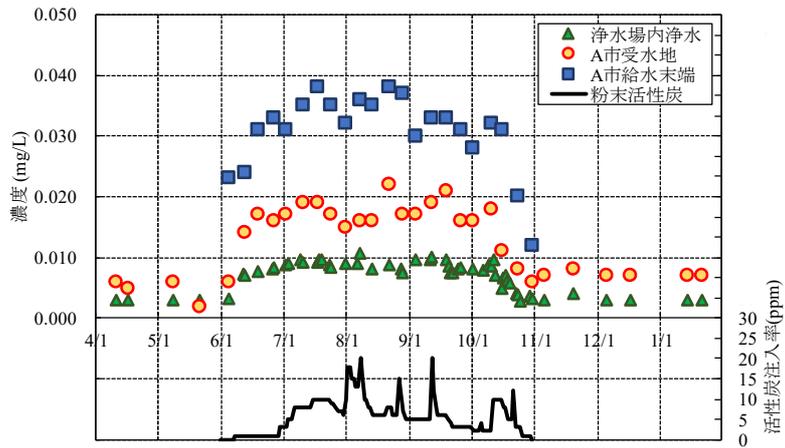


図2. 浄水場内浄水等のクロロホルム濃度及び粉末活性炭注入率の推移

## 2.2 ジクロロ酢酸

桜井浄水場内浄水、受水地及び給水末端におけるジクロロ酢酸濃度の推移を図3に示します。

ジクロロ酢酸の最大濃度は受水地で0.013mg/L (7~9月で4回)、給水末端で0.020mg/L (8月22日) でした。また、給水末端で遊離残留塩素濃度が低い期間におけるジクロロ酢酸は0.001mg/L未満~0.005mg/Lでした。受水地からの送水過程で何らかの要因によりジクロロ酢酸が分解された可能性があります。

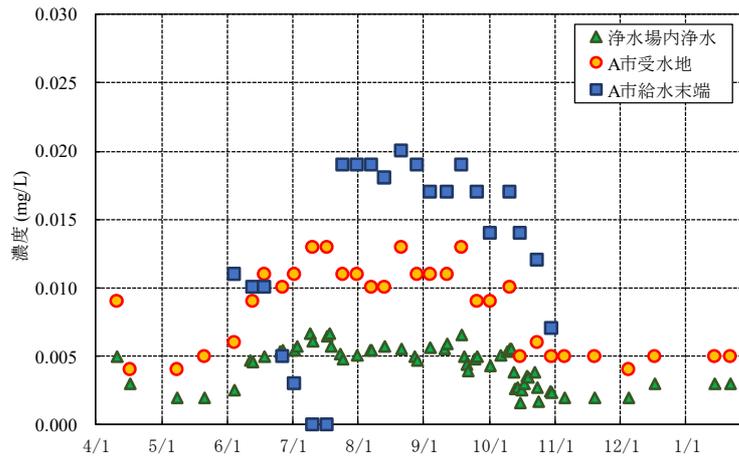


図3. 浄水場内浄水等のジクロロ酢酸濃度の推移

ジクロロ酢酸とクロロホルムの相関を図4に示します。給水末端における遊離残留塩素の低濃度期間を除き、浄水、受水地及び給水末端においてジクロロ酢酸はクロロホルムとの相関が高いことが認められました。

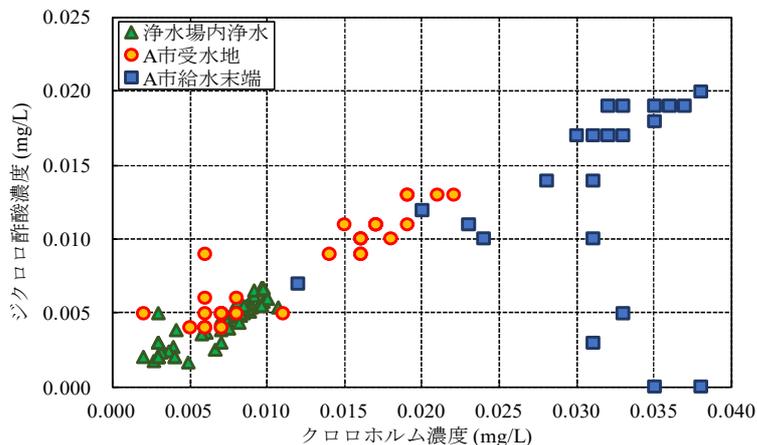


図4. ジクロロ酢酸とクロロホルムの相関

## 2.3 トリクロロ酢酸

桜井浄水場内浄水、受水地及び給水末端におけるトリクロロ酢酸濃度の推移を図5に示します。トリクロロ酢酸の最大濃度は、受水地で0.018mg/L（8月22日）、給水末端で0.025mg/L（8月22日）でした。

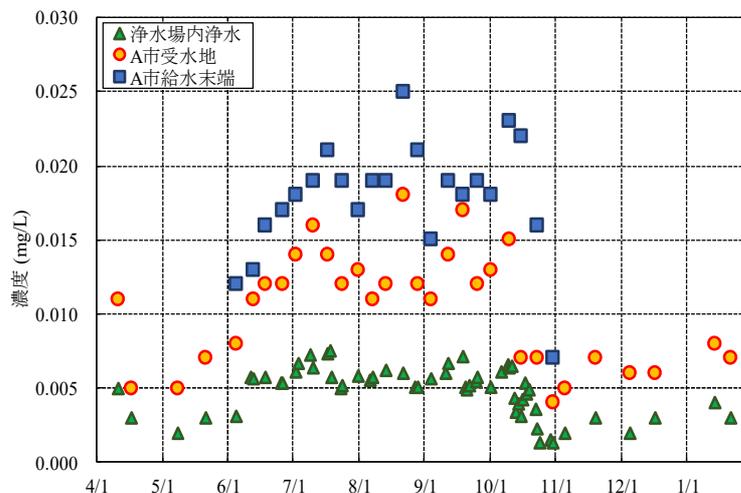


図5. 浄水場内浄水等のトリクロロ酢酸の推移

トリクロロ酢酸とクロロホルムの相関を図6に示します。浄水、受水地では相関が高いことが認められました。また、給水末端も比較的相関が高いという結果でした。今年度は、ラフィド藻の発生期間が短く、原水に影響した期間が短かったことも影響していると考えられます。

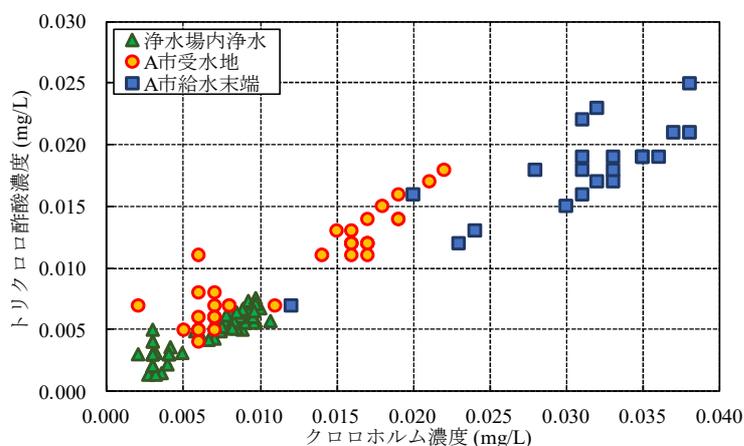


図6. トリクロロ酢酸とクロロホルムの相関

## 3. ラフィド藻の発生状況

10月5日における水源の定期調査にて、ラフィド藻が取水塔表層で検出されました。さらに、10月12日には3200細胞/mL検出されました。そのため、原水のトリクロロ酢酸とジクロロ酢酸の生成能比(以下、生成能比)を確認することで、ラフィド藻が影響した水の浄水場への流入の有無を監視しました。個別の生成能及び生成能比の経過を図7に示します。2日後には生成能比が3を超え、ラフィド藻が影響した水が浄水場に流入したと判断したため、浄水トリクロロ酢酸等について個別の管理目標値を設定して対応しました。ラフィド藻が増殖したこともあり、当面トリクロロ酢酸の生成能の上昇が続くと思われましたが、10月16日の降雨によりラフィド藻が水源で検出されなくなり、原水の生成能比も低下したため、通常時における消毒副生成物の管理対応に戻しました。

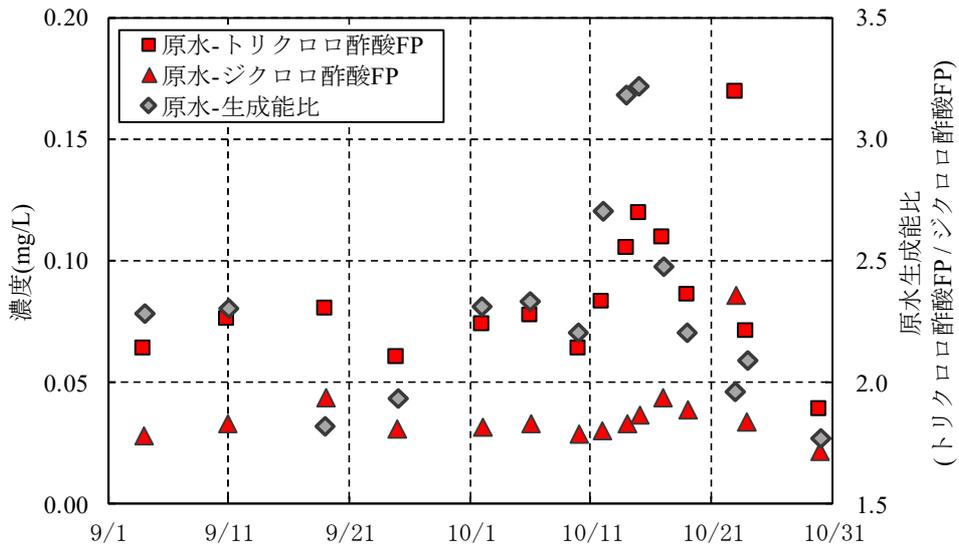


図7. 原水ハロ酢酸生成能および生成能比

この時期の浄水の消毒副生成物濃度を図8に示します。10月5日のラフィド藻発生後は、浄水ハロ酢酸の測定も同時に実施しました。生成能比が3を超過したラフィド藻増殖時（10月12～16日）は、浄水トリクロロ酢酸をラフィド藻増殖時の管理目標値である0.006mg/L以下に制御し、給水末端における管理目標値を超過しないよう管理しました。また、浄水のトリクロロ酢酸濃度とジクロロ酢酸濃度の比（＝トリクロロ酢酸/ジクロロ酢酸）がラフィド藻の増殖した期間だけ上昇していることも判明しました。原水の生成能比を確認する方法では検水の分析前処理に時間がかかり、浄水処理対応（粉末活性炭注入率や浄水管理目標値の変更）が遅れることが課題であったこともあり、今後、浄水のトリクロロ酢酸とジクロロ酢酸濃度比も注視していきたいと考えています。

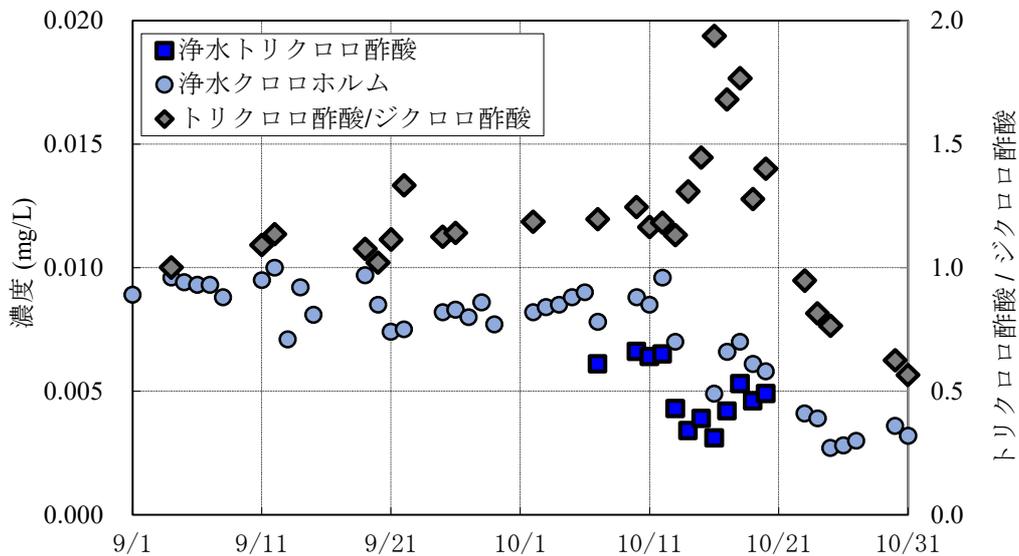


図8. 浄水の消毒副生成物とトリクロロ酢酸・ジクロロ酢酸の濃度比

## 吉野川におけるかび臭発生状況

### 【概要】

平成 29 年度の吉野川（下淵頭首工）2-MIB 濃度は、7 月に年度最大値の 6ng/L を検出しましたが、平成 26 年度以前ほどの高い値となることはなく、年間を通して比較的低い値が続きました。冬季にわずかに上昇傾向がみられたものの、9 月以降は最大 2ng/L と低い値でした。

粉末活性炭処理日数は 67 日間で、平成 17 年度にかび臭の影響を受けて以降最も少ない日数でした。また、注入率は最高 5mg/L（平均 3.0mg/L）で全体的に低い水準でした。

### 1. 下淵頭首工におけるかび臭(2-MIB)発生状況と流況

下淵頭首工地点における平成 18～29 年度のかび臭状況を図 1 に、平成 17～29 年度の月別値・年度最大値を表 1 に、平成 29 年度の下淵頭首工流入量とかび臭状況について図 2 に示します。

平成 29 年度（図 1 の赤太線）は、7 月に年度最大値の 6ng/L を検出していますが、冬季においても 3ng/L を超えることはなく、台風等の出水の影響もあり年間を通して比較的低い値でした。

4 月においては、前年度 3 月半ば頃より上昇し 3～4ng/L の状況が継続していましたが、11 日頃に降雨に伴う河川流量増加により減少しました。さらに 18 日に 90m<sup>3</sup>/s(9 時値、以下同、最大 141 m<sup>3</sup>/s) の流入があり、かび臭濃度の上昇が抑制されました。その後、6 月下旬頃より徐々に上昇し 7 月 20 日に年度最大値の 6ng/L を検出しましたが、8 月 8 日の台風 5 号の出水 (370 m<sup>3</sup>/s、最大 889 m<sup>3</sup>/s の流入) の影響により 3～4ng/L から 1ng/L 未満まで濃度が低下しました。9 月に入り 2ng/L まで上昇しましたが、18 日の台風 18 号に伴う出水 (277 m<sup>3</sup>/s、最大 314 m<sup>3</sup>/s の流入) 等もあり 1ng/L 未満に低下しました。さらに 10 月 23 日に台風 21 号に伴う大規模な出水 (937 m<sup>3</sup>/s、最大 2371 m<sup>3</sup>/s の流入) があり、川底のフラッシング効果によりかび臭は検出されなくなりました。以後 2 月半ば頃まで 1ng/L 以下の低い値が続きました。その後徐々に上昇し 2 月末頃に 3ng/L 近くまで上昇しましたが、3 月 6 日に降雨に伴う河川流量増加により 1ng/L 程度まで濃度が低下し、さらに 9 日に 51 m<sup>3</sup>/s (最大 53 m<sup>3</sup>/s)、21 日に 58 m<sup>3</sup>/s (最大 74 m<sup>3</sup>/s) の流入がありかび臭は低い値が続きました。

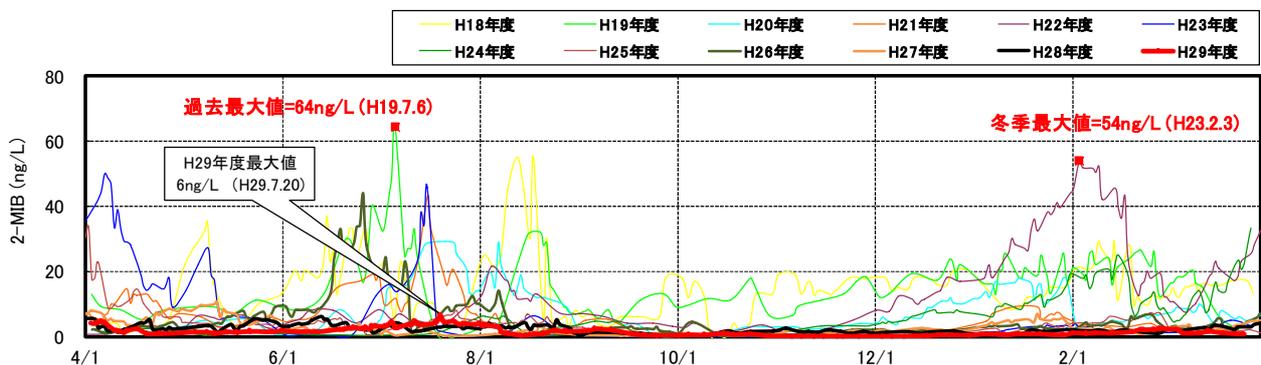


図 1. 下淵頭首工地点の 2-MIB 濃度

表 1. 下渕頭首工地点の 2-MIB 濃度 (月別値・年度最大値)

年度/月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	最大値	月日
H17	<1	1	1	2	3	2	2	4	7	10	7	5	10	1/31
H18	5	35	37	23	55	18	18	19	20	15	29	17	55	8/18
H19	13	11	40	64	32	13	18	18	24	25	26	20	64	7/6
H20	3	5	8	29	29	4	3	4	12	18	7	10	29	7/24
H21	15	6	19	43	7	5	1	<1	2	9	5	2	43	7/16
H22	3	6	8	9	21	7	4	5	18	44	54	32	54	2/3
H23	50	27	12	46	6	<1	<1	<1	<1	3	4	5	50	4/7
H24	2	1	<1	3	6	4	<1	3	8	19	25	33	33	3/28
H25	34	4	6	8	7	3	<1	1	2	4	7	2	34	4/2
H26	4	9	44	24	14	3	4	2	2	4	7	7	44	6/26
H27	9	11	4	2	3	<1	1	2	3	7	3	5	11	5/12
H28	5	5	6	4	5	1	2	3	2	2	2	4	6	6/13
H29	4	1	3	6	4	2	<1	<1	<1	<1	2	2	6	7/20

■ : 3-10ng/L      ■ : 10-20ng/L      ■ : 20ng/L 以上

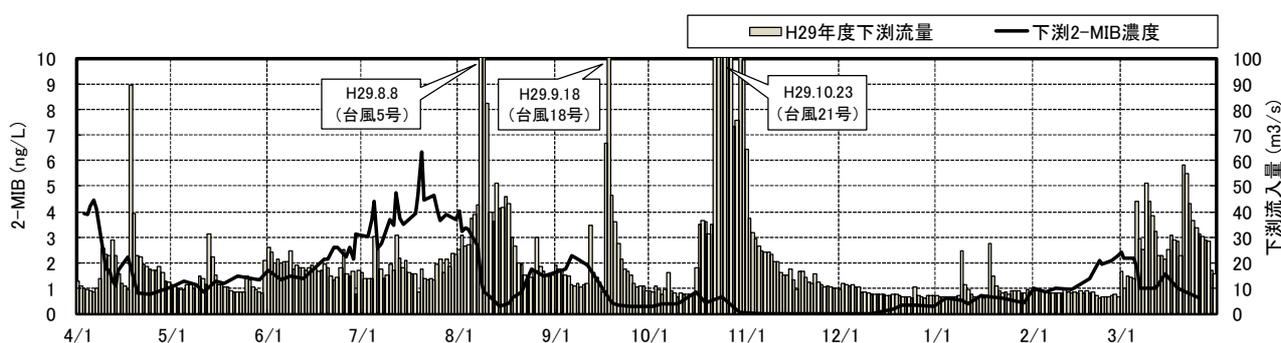


図 2. 下渕頭首工流入量と 2-MIB 濃度

## 2. 粉末活性炭処理状況

御所浄水場および下市取水場における粉末活性炭処理状況を表 2 に示します。

平成 29 年度の活性炭処理日数は 67 日で、年間の 18% でした。注入期間は 4 月 1 日～11 日の 11 日間 (最大 5mg/L)、6 月 22 日～8 月 8 日までの 48 日間 (最大 4mg/L)、2 月 26 日～3 月 6 日までの 8 日間 (最大 2mg/L) でした。

注入期間中の平均注入率は 3.0mg/L と低く、年間最高注入率は 5mg/L でした。

表 2. 御所浄水場および下市取水場における活性炭処理状況

年度	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29
処理日数	89	329	340	228	222	222	125	178	197	215	181	167	67
平均注入率 (mg/L)	御所浄水場	11	12	13	11	8.7	7.8	9.0	7.4	-	-	-	-
	下市取水場	-	6.6	8.9	6.1	7.0	7.1	5.6	5.3	4.5	3.4	2.7	3.0

\* 処理日数は、御所浄水場内と下市取水場の重複処理日を 1 日として計算。

かび臭の粉末活性炭による処理は、図 3 に示すように適切に管理されていました。毎日の原水、浄水のかび臭測定による注入率の設定と下市取水場での恒久設備の完成によって、正確な活性炭注入を行うことができるようになったことから 3ng/L という低い管理目標値でも適切に処理が行えるようになっていきます。

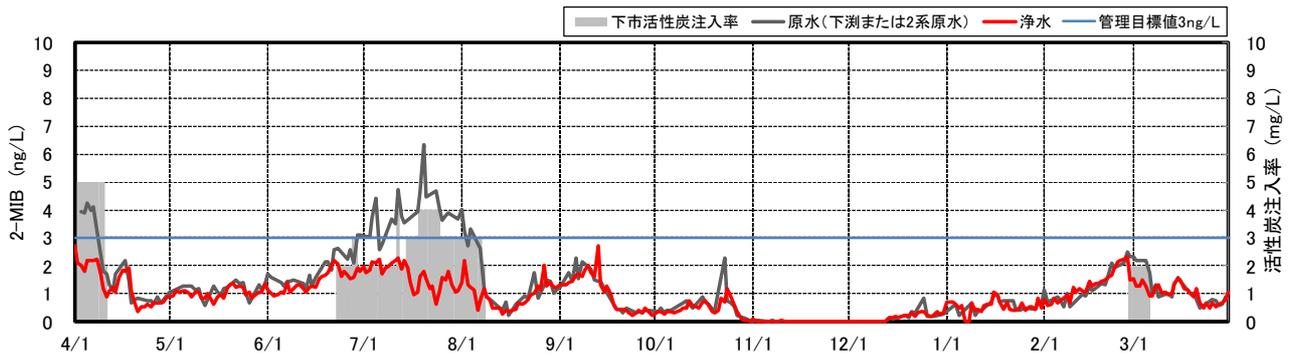


図 3. 2-MIB 濃度と活性炭注入率

### 3. 上流の状況

これまで上流域では南国栖付近での発生が顕著であり、平成 19 年 7 月 5 日には過去最大値の 73ng/L となりました。同地点のかび臭状況を図 4 に示します。

平成 29 年度の夏季にはかび臭濃度が年間最大値の 19ng/L (7 月 20 日) に上昇しましたが、冬季の最大値は 6ng/L (2 月 22 日) でした。

南国栖と下流のほぼ中間に位置する檜井地点のかび臭状況を図 5 に示します。当該地点では、吉野川でのかび臭発生直後の平成 19~21 年度には、夏季に 50ng/L 以上 (最大 170ng/L : 平成 19 年 7 月 5 日) の高い濃度を検出しましたが、この時の冬季は高濃度では検出しませんでした。なお、平成 24 年度以降は常時 10ng/L 以下となり高い濃度を検出していません。平成 29 年度は最大 3ng/L (7 月 20 日) でした。

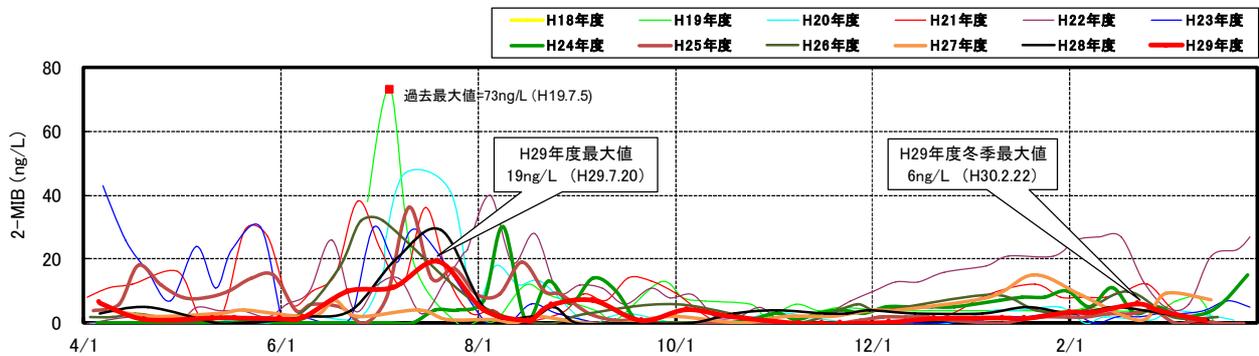


図 4. 南国栖地点の 2-MIB 濃度

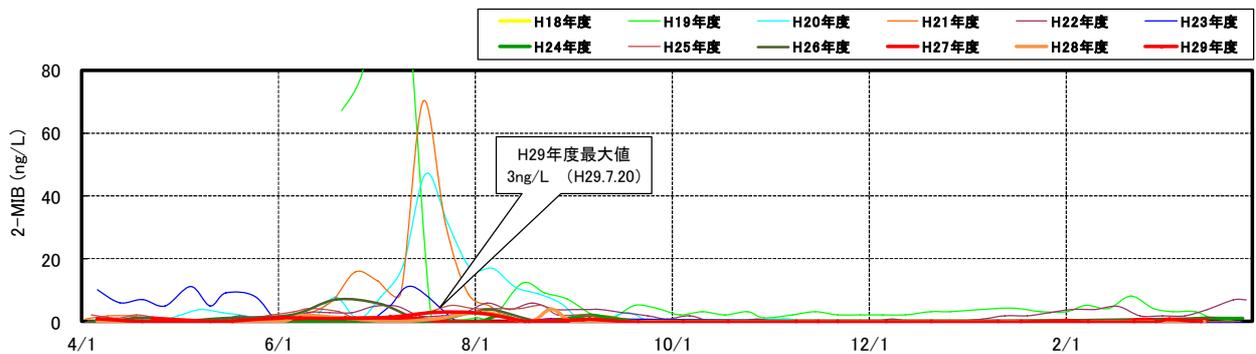


図 5. 檜井地点の 2-MIB 濃度