

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】

令和5年度は、アオコ対策、底層水質改善を目的として4月28日から10月31日まで浅層曝気を実施しました。7月にアナベナの増殖がみられ、7月24日にジェオスミンが36ng/Lまで高くなり、徐々に低下していきましたが年間を通して検出されていました。

ラフィド藻においては10月頃より増殖がみられ、桜井浄水場原水への流入がありました。そのため、トリクロロ酢酸（以降TCAA）とジクロロ酢酸（以降DCAA）の生成能比が3倍を超えましたが、11月に入りTCAAの生成能は徐々に低下していきました。

前年度に引き続き、令和4年5月18日に副ダム（水質保全ダム、H13年3月設置）ゴム堰が破損し倒伏した状態が継続しています。

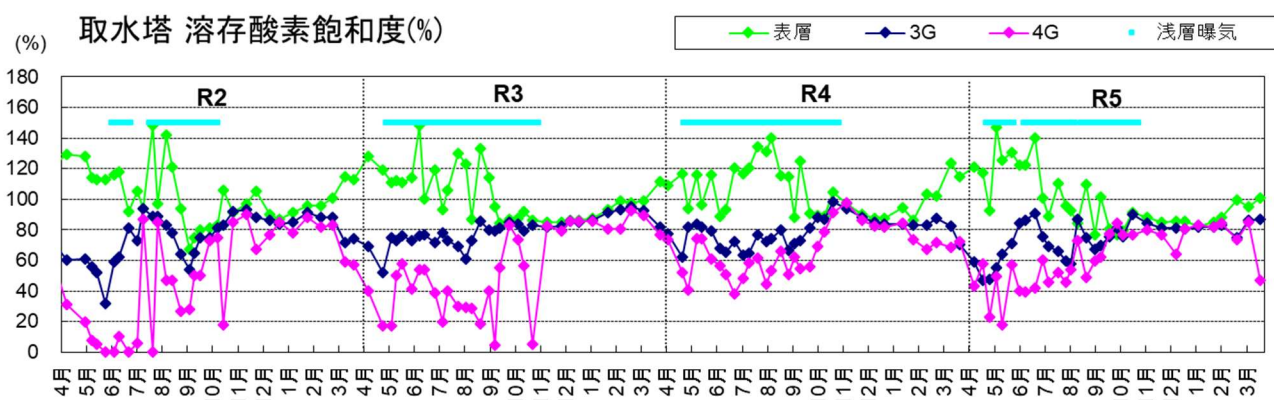
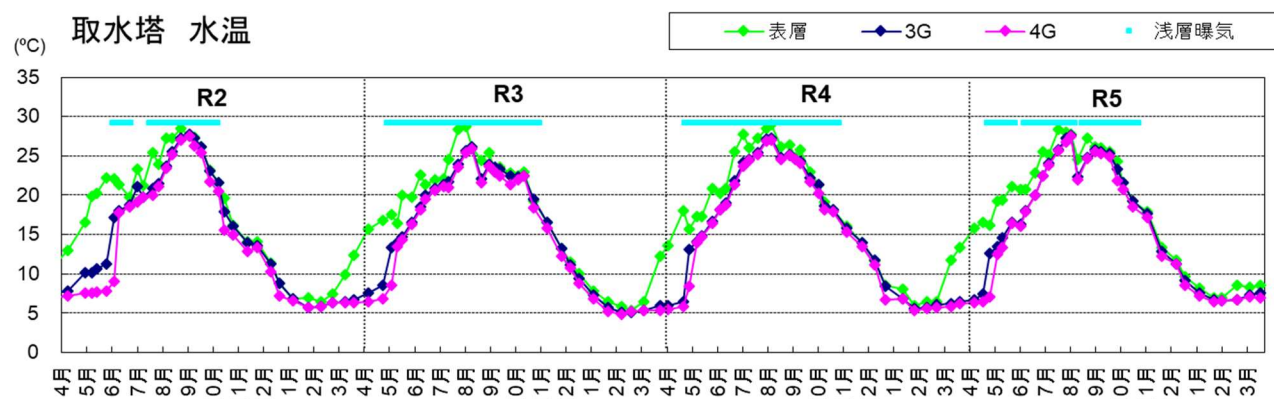
1. 室生ダム取水塔付近の水質

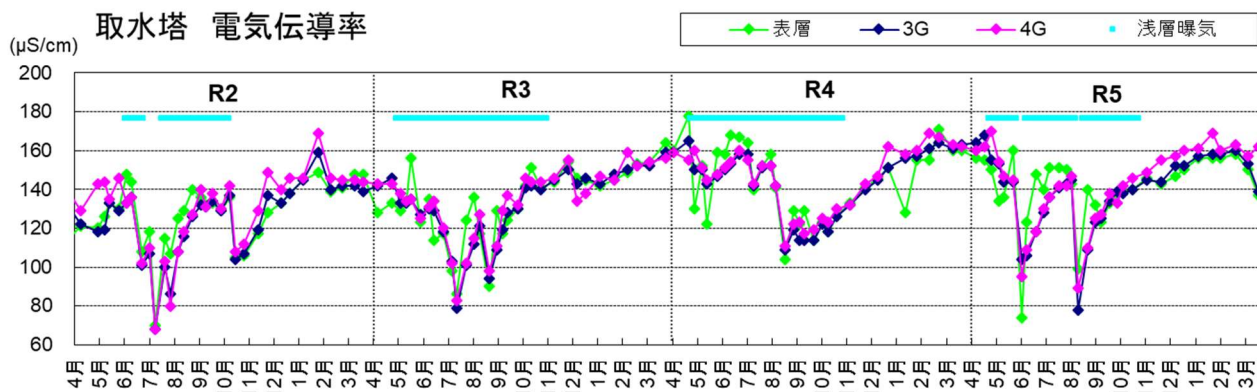
(1) 水況及び水温

令和5年度はプランクトンの増殖抑制を目的として4月28日から浅層曝気装置の運転を開始しました。この影響により、5月上旬より取水塔底層における水温が上昇しています。また、曝気停止期間に溶存酸素量が低下している部分もありますが、溶存酸素飽和度は改善されています。

6月上旬、8月中旬頃の降雨に伴う出水の影響により、水温や電気伝導率が低下しています。

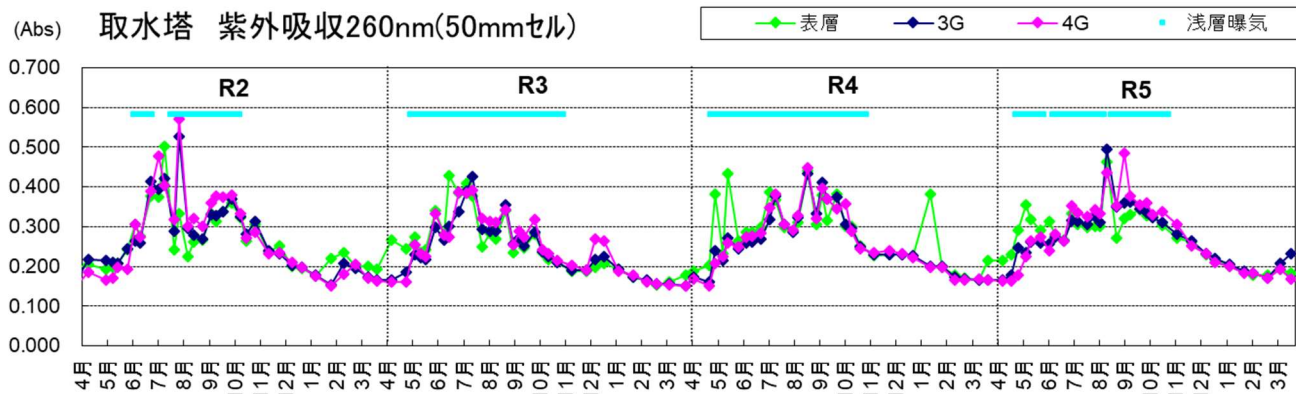
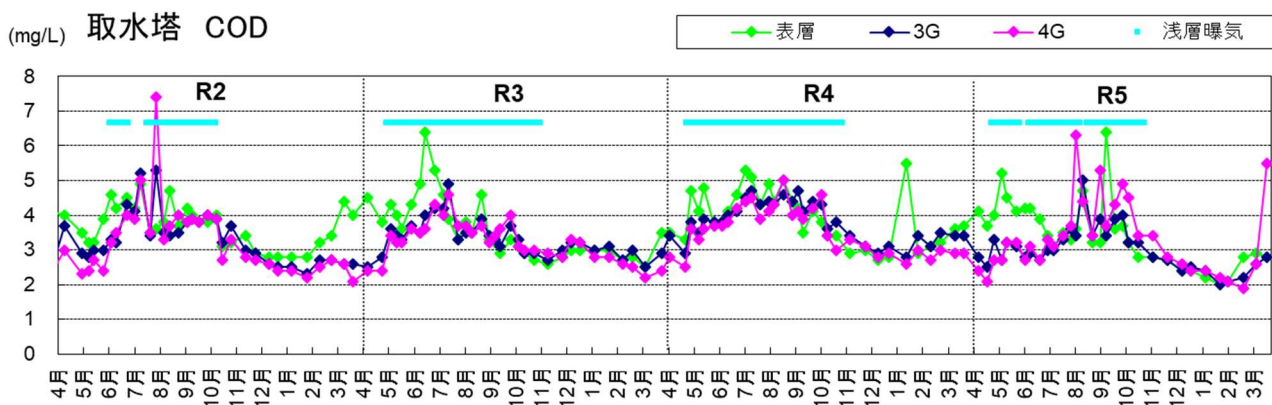
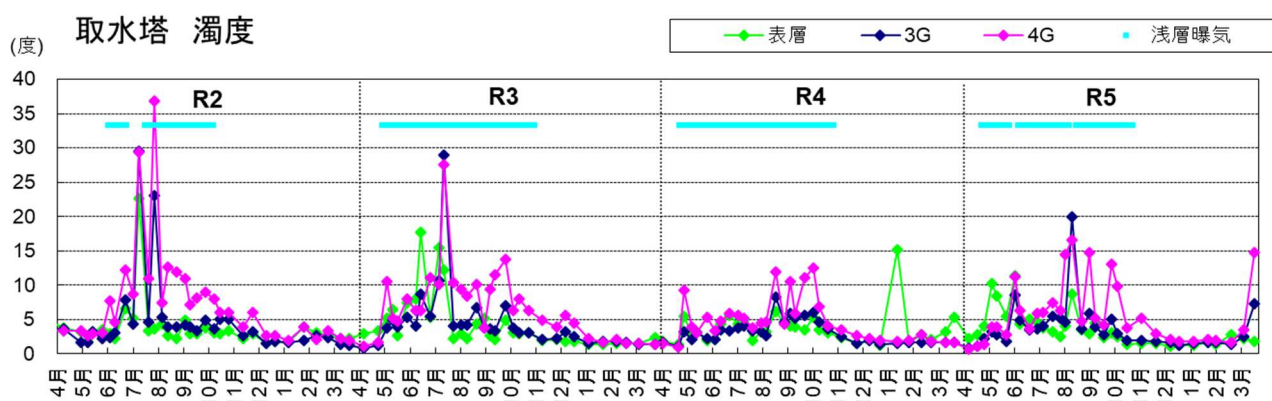
令和5年3月30日より原水水質改善を目的として3号、4号ゲート同時開にて取水をしていました。





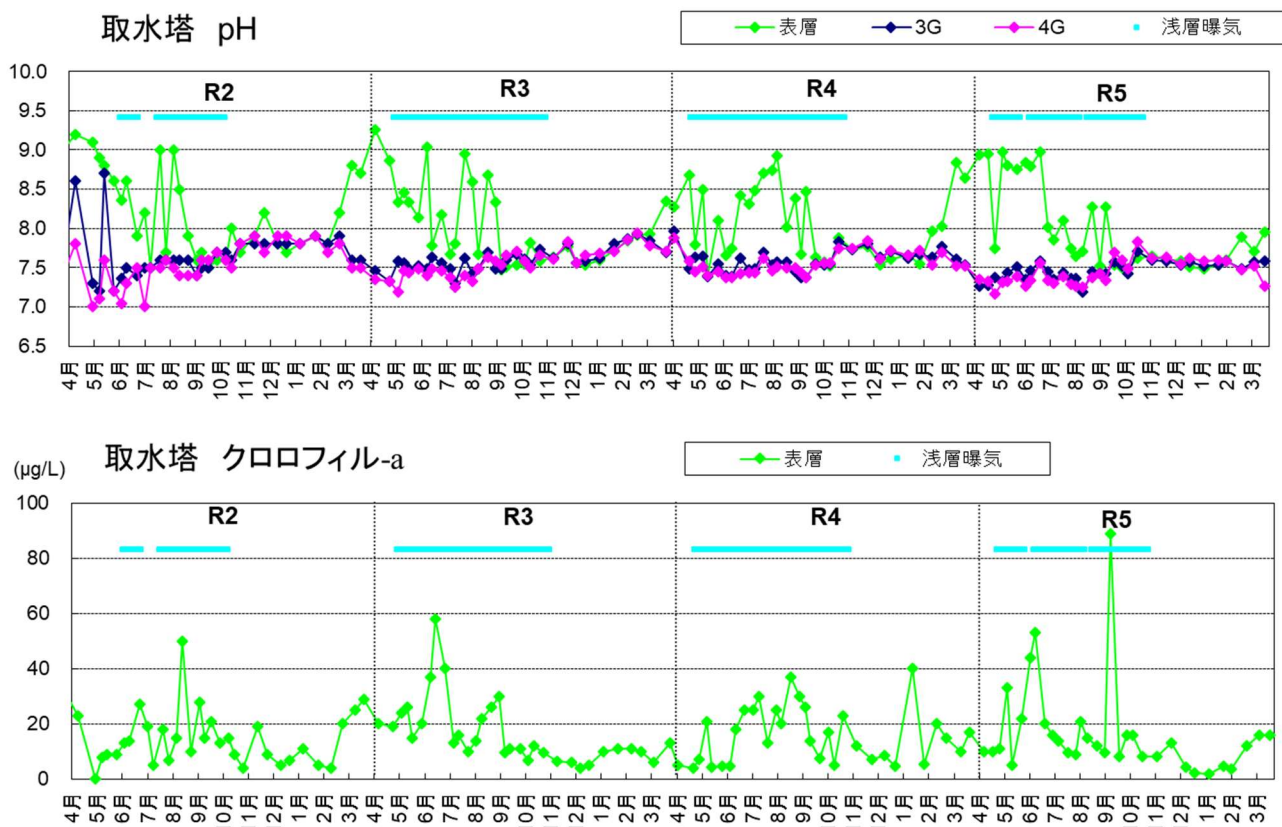
(2) 濁度と COD と紫外吸収

8月～10月は、出水の影響を受け底層まで、濁度、COD 及び紫外吸収 260 nm が高い値を示しました。特に8月は台風7号等により水質悪化がみられました。



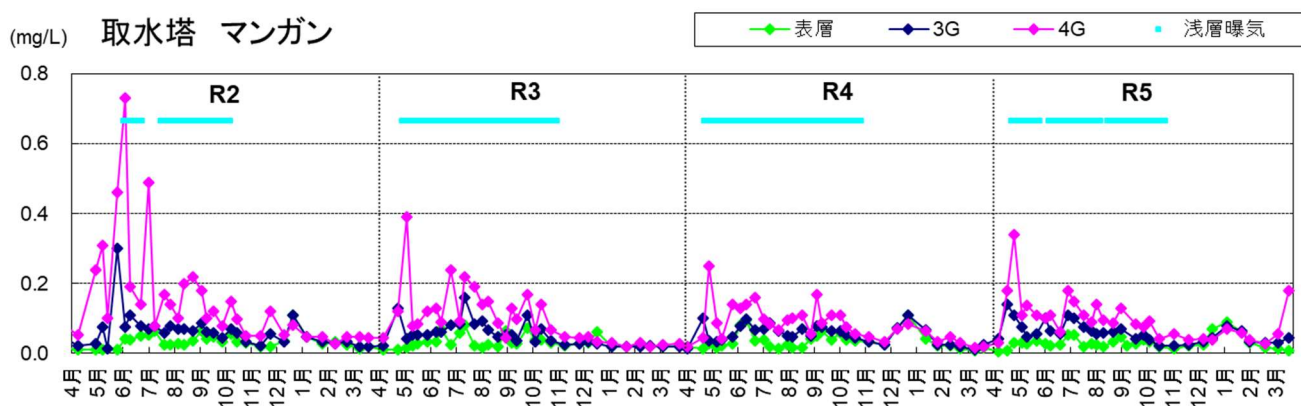
(3) pH、クロロフィル-a

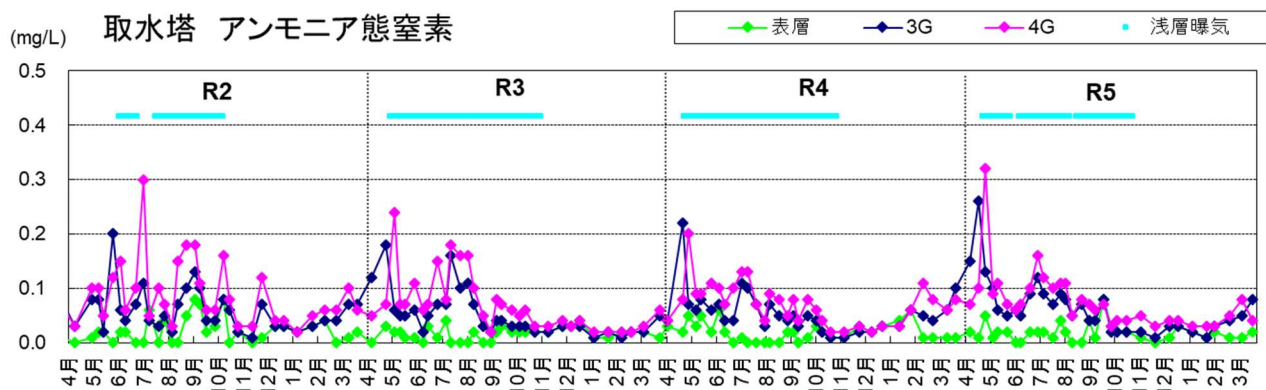
表層の pH、クロロフィル-a は、珪藻類や緑藻類などのプランクトン量が 4～9 月辺りにかけて増加していることから高くなっていると考えられます。



(4) マンガンとアンモニア態窒素

浅層曝気装置稼働後、4 号ゲート付近で 5 月上旬にマンガンやアンモニア態窒素の濃度がやや高くなりましたが、その後は底層の嫌気状態が解消され、マンガンやアンモニア態窒素の濃度が低下し年間を通して大きく上昇することはないと安定して推移しました。





2. 取水塔表層のマイクロスキスティスの発生状況

9月14日の12 群体/mL が最大で僅かにみられましたが、アオコの大増殖には至りませんでした。表層のマイクロスキステン (LR・RR・YR) の最大合計値が 0.0015mg/L、マイクロスキステン-LR は 0.0007mg/L と前年度より少し高い値でしたが、浄水では 0.0001 mg/L 未満のため問題ありませんでした。

ア オ コ 発 生 状 況 (取 水 口 表 層)

取水塔表層マイクロスキスティス出現状況												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		
R5										1	1			12	5	1	1	1					
R4									3	5		3		1	3								
R3										3	1	32	2	2	1	1							
R2				1								2	32	12	15	4	1						
R1								2			2	2			1	10		1					
H30												1	2	8	32	1	3						
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		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										

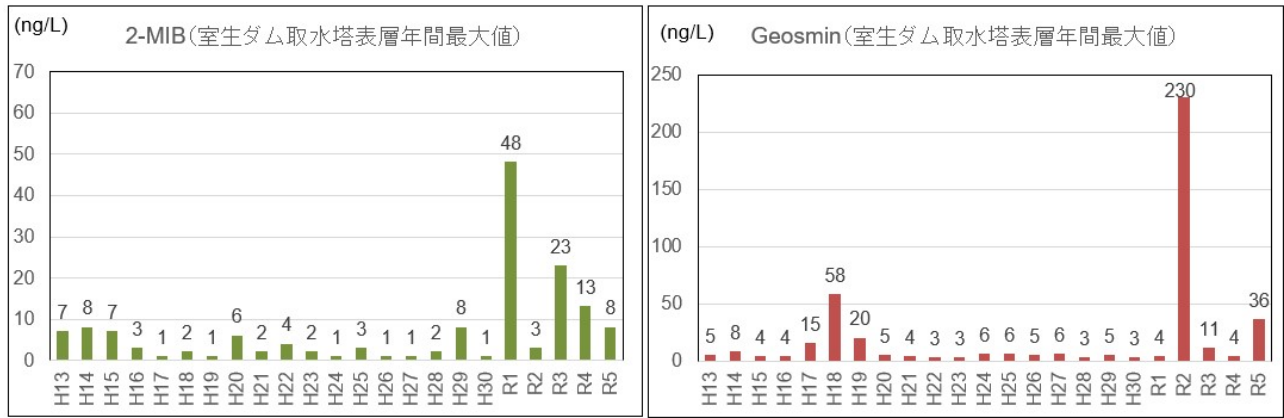
□ : 10-99 群体/mL

■ : 100-999 群体/mL

■ : 1000 群体/mL 以上

3. かび臭状況

取水塔表層において *Phormidium spp.* の増殖はほとんどみられず（6 月 26 日時点で最大数 9 糸状体 /mL）、2-MIB 濃度の最大は 8 ng/L と問題となるほど高くはありませんでした。Geosmin については *Anabaena* 最大数 72 糸状体/mL で年間最大の 36 ng/L となりましたが、生物処理、凝集剤、粉末活性炭 注入により除去されたため問題になることはありませんでした。



取水塔表層フォルミディウム出現状況												出現数: 1mLあたりの糸状体数											
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		
R5				1	4	9			1			1											
R4						1	1	8	18	1600		1000	92	42									
R3				1	5	39	31	6		8	3						1						
R2			1			2				5				1	3								
R1				1	10	160	67	52	36	400	15	14	51	96	50	58	48	1					
H30		1			1							2		4	1	1	5						
H29																							
H28						7	16						3	1									
H27				1	6				1			1	2	2									
H26								1	1			1		1				1					
H25										1		1	6	2	38	3							
H24																	1						
H23														7									
H22						3										1	1		1				
H21																	1						
H20				2	1																		
H19									2														
H18														1									
H17								12													4		
H16						4			4														
H15	8							8	16														
H14				2	2		34	4		4		10		8		4	4						

: 5-9糸状体／ml

: 10-49糸状体／ml

: 50糸状体／ml 以上

取水塔表層アナベナ出現状況

出現数: 1mLあたりの糸状体数

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
R5		1	3		5	2	8	1	72	25	9	6	2					2			
R4								1	14	25		12	2								
R3										2	2	16		2		1	11			1	
R2			1	120		26	1		12	2	12	1			2			2			
R1	2		10	1	6	3	2	44	8	19	1	2	1		3	1	2				1
H30	4	2	26		7	24			3	17			3	1			1				
H29		2		4		7						1			21						
H28	25	970	3000	23	24	23	32	1		11	3		13			3					
H27			2	2	8								5	1				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									
H15																					
H14																					

: 5-9糸状体/mL

: 10-49糸状体/mL

: 50糸状体/mL 以上

4. ラフィド藻

10月11日時点の取水塔表層ラフィド藻 140 細胞/mL と最大値がみられました。また、室生ダムでラフィド藻の増殖により、桜井浄水場原水への流入がみられました。この間の原水のトリクロロ酢酸生成能の最大値は10月30日の0.13mg/Lでジクロロ酢酸生成能は0.041mg/Lになり、通常は2倍程度である生成能比が3倍を超えました。

取水塔表層ラフィド藻出現状況

出現数: 1mLあたりの細胞数

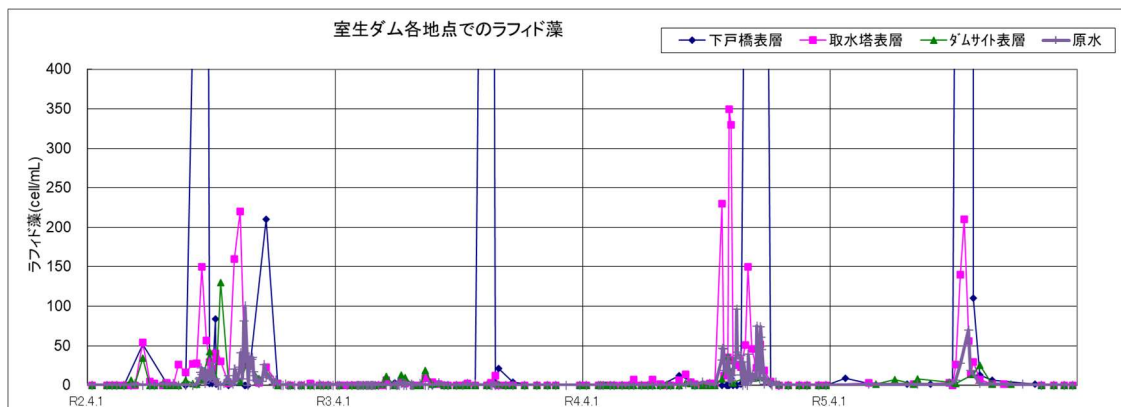
年度	5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月			12月		
	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30
R5			3							1					3	26	140	56	7		1		1	
R4					7			7	1			6	14	1		2	2	230	31		51		22	19
R3					6		5	2		9		4	1				2							
R2						54	5		3		26	16	28	150	29	33	30	2		220	29	3		23
R1				2	2	14	36	8	4	1	4	1	130	180	3	2	3	1		1	23			
H30														36	40	1	94		2					
H29		2		5	2	3	24	1	2	2		9		81		70	3200						1	
H28				2			1	2	52		1	27		6	1	5		64	74	17	40	8		1
H27			19	25	360	1	2	1	1	1	2	0	15	3	41	1		15		11	1	3		
H26								1				1	3	74	26	690	620	280		490	17		30	11
H25							200				10	13				12		1			2			

: 10-99細胞/mL

: 100-499細胞/mL

: 500細胞/mL 以上

上流部の下戸橋表層では、10月26日の13000細胞/mL（水温17.7℃）が最大でした。その後、水温低下もあり1月29日に1細胞/mL（6.7℃）が検出されましたが、12月14日から減少しほぼ終息していました。



「水道水及び原水における化学物質等の実態を踏まえた水質管理の向上に資する研究」

消毒副生成物分科会

奈良県における消毒副生成物の実態調査

奈良県水道局

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る。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(DCAA)及びトリクロロ酢酸(TCAA)が水質基準値の 70%値を超過することのないよう、送水における消毒副生成物増加量を予測し、水質管理を行うものである。通常時は、上記 3 物質における濃度の相関が高いことから、これらの予測値をクロロホルム値として換算し、得られた換算値の中で最も厳しい値であるジクロロ酢酸のクロロホルム換算値(0.011mg/L)を浄水クロロホルム濃度の管理目標値として制御することで、消毒副生成物を一括管理している。ただ、室生ダム湖内でプランクトン(ラフィド藻)が増殖し、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 FP/ジクロロ酢酸 FP 以下、生成能比)が 3 を超過した時は、浄水トリクロロ酢酸について、管理目標値(0.006mg/L)を設定している。

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る。消毒副生成物の低減対策として、粉末活性炭を接合井で注入し、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線吸光度(260nm)等を測定し、その注入率を適宜変更している。なお、粉末活性炭は期間注入を実施している。

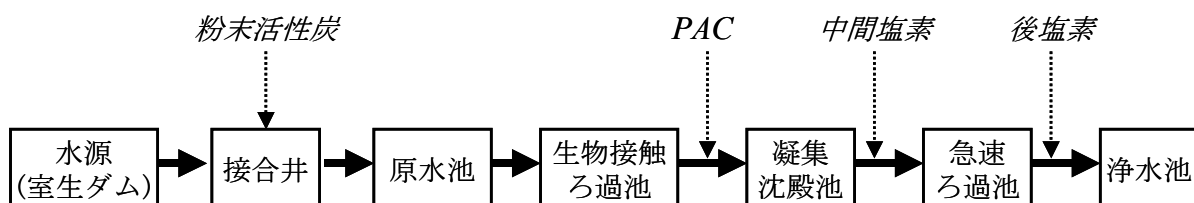


図 1 桜井浄水場の処理フロー

2. 消毒副生成物の水質管理状況

水源の室生ダムでは、台風接近時やダム放流時等の濁水発生時を除いて浅層曝気による湖水循環(4/28～10/31:アオコ抑制対策として)が実施され、この影響で 5 月上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る。また、6 月上旬から 10 月中旬にかけて、降雨による濁水が室生ダムに流入し、原水中的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る。粉末活性炭の注入量は、昨年度から高機能炭(2-MIB 価:3 以下)に変更したことにより、以前に比べて、低く抑えられている。

給水末端における消毒副生成物濃度は、概ね水質基準値の 70%以内に維持することができていた。しかし、10 月 11 日に原水ラフィド藻の増殖が認められたため、監視を強化した。さらに 10 月 23 日に生成能比が 3 程度に増加したため、管理方針に基づき、浄水トリクロロ酢酸濃度の目標値を 0.006mg/L とし、粉末活性炭及び PAC の注入を強化した。その後、原水ラフィド藻は 10 月 30 日には全体的に減少し、11 月 14 日には生成能比が 2.5 程度まで下がったため、監視強化を解除した。

以下に具体的な内容について報告する。

2.1 クロロホルム、ジクロロ酢酸、トリクロロ酢酸について

桜井浄水場浄水、A市受水地及びB市給水末端における、各種消毒副生成物濃度の最大値を表1に、トレンドを図2に示す。

クロロホルム濃度においては、A市受水地では浄水の約2倍、B市給水末端では浄水の3倍強の濃度で推移している。

ジクロロ酢酸濃度において、今年度は、6月～7月上旬にかけて起こる場合があるB市給水末端でのジクロロ酢酸濃度低下は確認できなかった。

トリクロロ酢酸濃度において、例年であれば、10月頃から低下傾向であるが、昨年同様に、ダムでのラフィド藻の発生により、B市給水末端において低下がみられない。しかし、粉末活性炭及びPACの注入を強化したこと、水温が夏場に比べて低下していること、浄水場内浄水の残留塩素濃度が減少したこと等により、概ね水質基準値の70%以内に維持することができている。

表1 各種消毒副生成物の最大濃度

消毒副生成物	地点	最大濃度 mg/L	日付(例)
クロロホルム	浄水	0.010	7月4日
	A市受水地	0.018	8月1日
	B市給水末端	0.033	8月8日
ジクロロ酢酸	浄水	0.007	8月16日
	A市受水地	0.011	8月1日
	B市給水末端	0.018	9月19日
トリクロロ酢酸	浄水	0.008	7月4日
	A市受水地	0.014	10月24日
	B市給水末端	0.021	6月6日

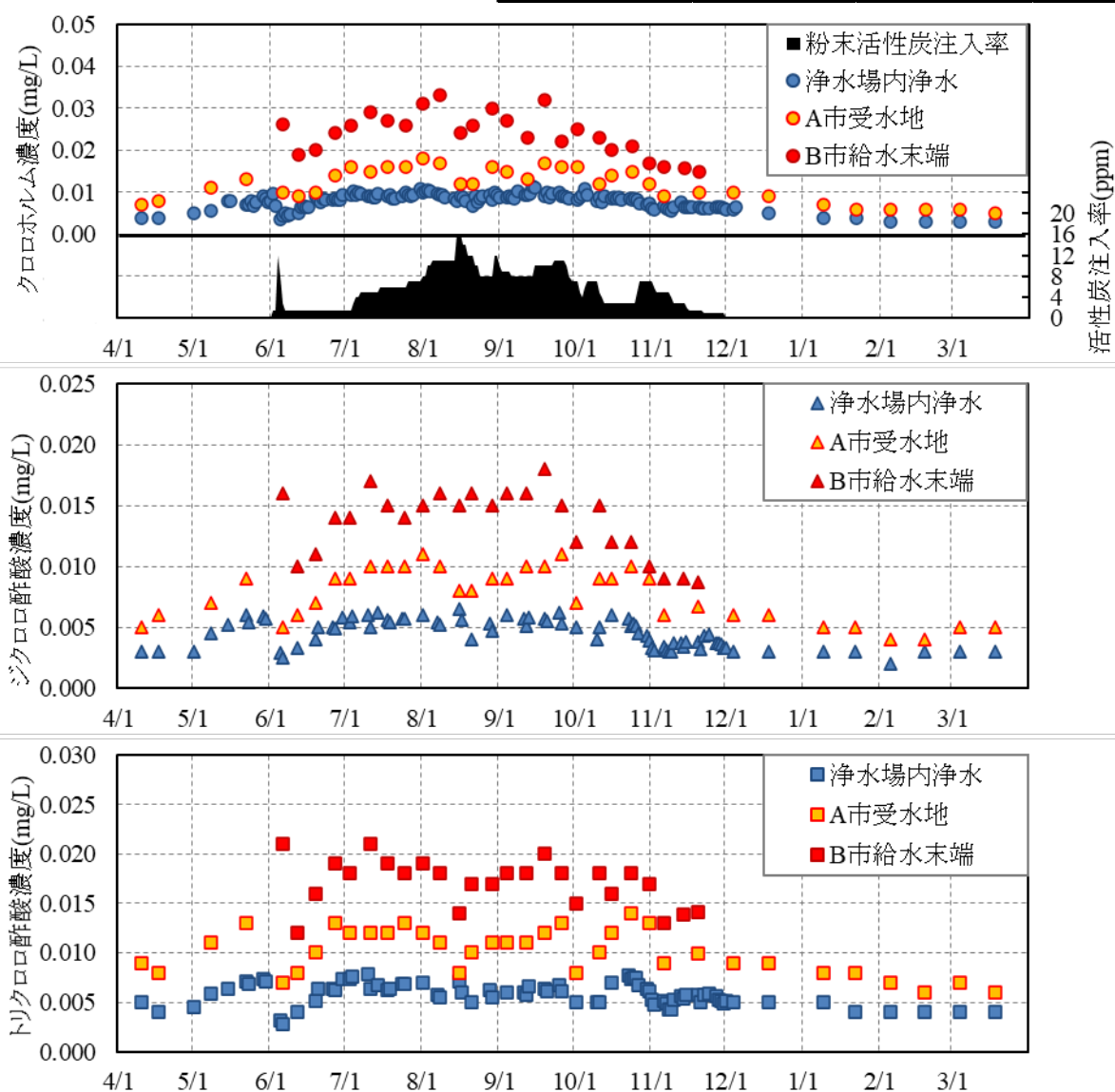


図2 各種消毒副生成物濃度のトレンド

2.2 ラフィド藻発生状況について

10月11日の水源水質調査の際、取水塔表層においてラフィド藻が140細胞/mL観察され、大量発生が認められた。原水においても同日28細胞/mL観察され、その後70細胞/mLまで増加した。それに伴い、原水の生成能比が3程度まで上昇していることから、給水末端におけるトリクロロ酢酸濃度の上昇が懸念されたが、粉末活性炭及びPACの注入を強化させたことや、夏場に比べて送水温度が低下していること、浄水場内浄水の残留塩素濃度が減少したこと等から、給水末端においてのトリクロロ酢酸濃度は概ね水質基準値の70%以内に維持することができていた。

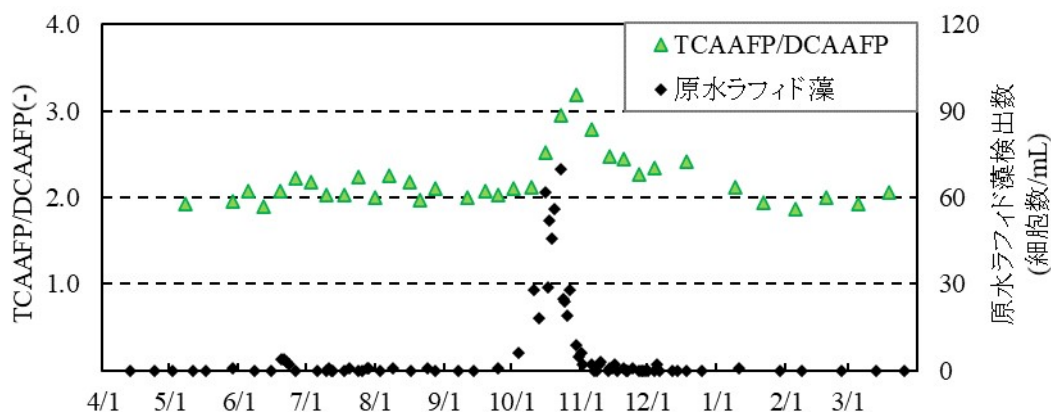


図3 TCAAとDCAAの生成能比と原水ラフィド藻類の検出数

2.3 ブロモクロロ酢酸 (BCAA)、ブロモジクロロ酢酸 (BDCAA) について

A市受水地、B市給水末端でのBCAAとBDCAAの実態について調査した。

なお、測定地点のA市受水地は浄水場から約40時間、B市給水末端は約168時間後に到達する。BCAA濃度、BDCAA濃度のトレンドを図4に示す（なお、定量下限値の1ppb以下の濃度も含めて記載）。BCAA、BDCAAどちらも浄水場内浄水<A市受水地<B市給水末端の傾向であり、今年度は、B市給水末端での濃度低下はみられなかった。

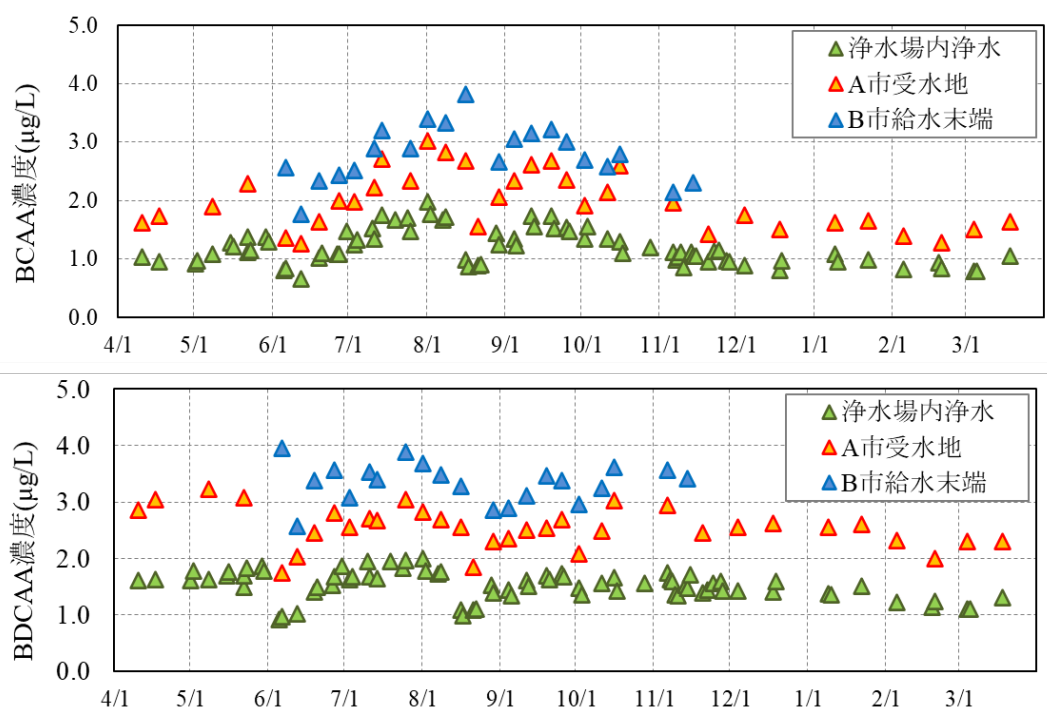


図4 BCAA、BDCAAのトレンド

また、今年度のBCAA,BDCAAの生成能について、原水中のラフィド藻との関係を図5に示した。原水中のラフィド藻の増加と共に、BDCAAFPも増加していることが確認できた。このことから、ラフィド藻類は、トリクロロ酢酸だけでなく、BDCAAの生成にも関与している可能性が考えられた。

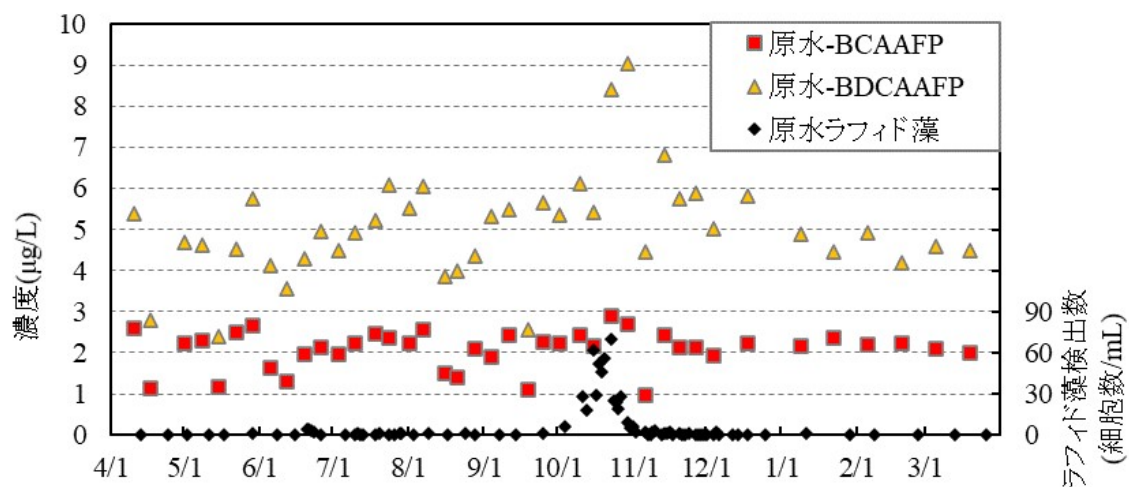


図5 BCAA,BDCAAの生成能と原水中のラフィド藻検出数

吉野川のかび臭状況

【概要】

令和5年度の吉野川（下瀝頭首工）2-MIB濃度は、前半には台風7号などに伴う複数回の出水の影響もあり、一時期を除き概ね10ng/L以下で推移しました。後半は11月頃から上昇を始め、1月18日に年度最高値36ng/Lを記録するなど、特に1月上旬から2月中旬にかけて20ng/Lを超える高い状況でした。その後は低下し、3月末には1ng/L未満となりました。

それに加え、吉野川では出水や水源での水質変化の影響により、特に8月から10月頃にかけて断続的にジェオスミン濃度が上昇しました。

かび臭対策として、奈良県水道局管理目標値（浄水2-MIB=3ng/L、同ジェオスミン=5ng/L）を超えないように粉末活性炭処理を行いました。年間注入日数は312日（年間日数の約85%）、注入期間中の平均注入率は6.3mg/L、最高注入率は16mg/Lでした。

1. 下瀝頭首工地点のかび臭と流況

下瀝頭首工地点における平成19～令和5年度の2-MIB濃度を図1に、令和5年度の下瀝頭首工流入量と2-MIB濃度を図2に示します。

4月から5月の2-MIBは、5月の連休中にやや上昇して7ng/Lとなった他は高くても5ng/Lまでで推移しました。6月初旬には台風2号に伴う出水で一旦1ng/L未満まで低下したものの同月下旬には上昇に転じ、同月末から7月上旬にかけて10ng/Lを超えた時期がありました。8月は10日頃の出水に続いて中旬には台風7号に伴う大きな出水があったため、2-MIBは9月下旬に上昇するまでは低い値が続きました。

10月に入ると流入量がそれまでより安定し、2-MIBも2ng/Lまでで推移していましたが、11月頃から再び上昇を始めました。12月以降は流入量が10m³/sを下回る日が多く、1月中旬まで2-MIBはほぼ単調に上昇を続け、1月18日には年度最高値の36ng/Lを記録しました。その後やや低下するも2月は20ng/Lを超える日が多く、3月は中旬まで10ng/L程度で推移し、月末には降雨により1ng/L未満まで低下しました。

下瀝頭首工地点における平成17～令和5年度の2-MIB濃度の月別及び年度最高値を表1に示します。令和5年度は7月頃と12月以降に2-MIBが上昇した点で前年の令和4年度と似た傾向を示しました。年度最高値の36ng/Lは直近9年間で最も高い値でした。

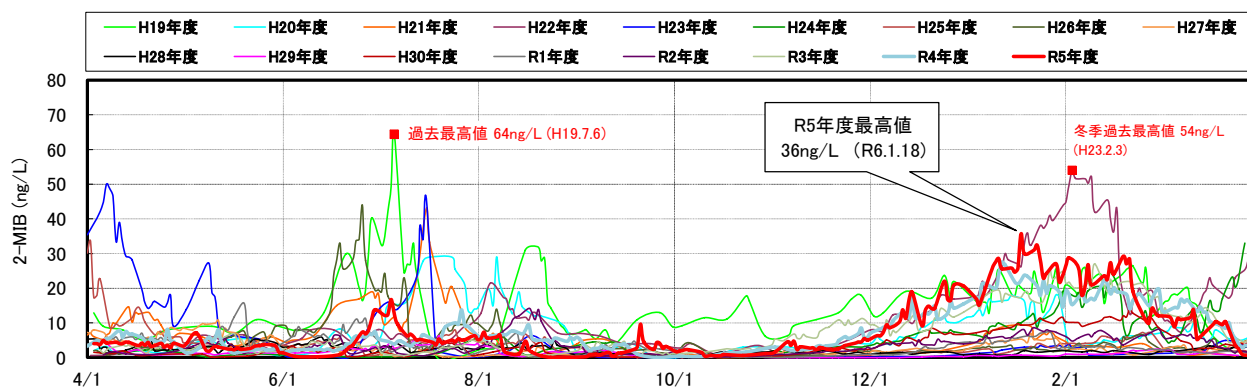


図1. 下瀝頭首工地点の2-MIB濃度

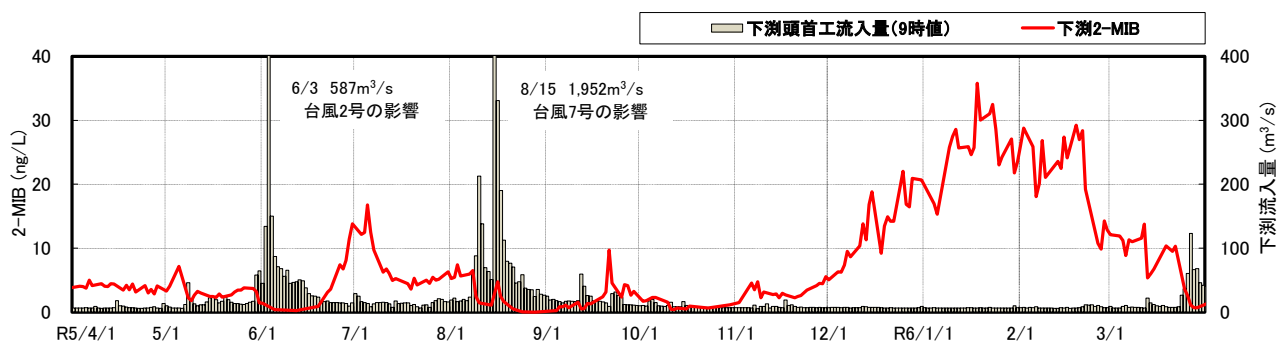


図 2. 下湧頭首工流入量と 2-MIB 濃度

表 1. 下湧頭首工地点 2-MIB 濃度の月別及び年度最高値

年度\月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	最高値	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
H30	2	2	3	6	4	<1	<1	3	8	12	14	9	14	2/21
R1	7	16	11	5	7	5	3	<1	4	7	4	3	16	5/20
R2	2	6	7	3	14	3	2	2	5	9	8	8	14	8/17
R3	4	7	5	5	5	5	3	11	14	25	27	17	27	2/10
R4	8	8	7	14	9	6	2	9	18	28	22	20	28	1/12
R5	5	7	14	17	7	10	2	6	22	36	29	14	36	1/18

:3-10ng/L未満
 :10-20ng/L未満
 :20ng/L以上

2. 粉末活性炭処理状況

粉末活性炭処理状況を表 2 に示します（平成 25 年度以降は下市取水場の恒久設備で粉末活性炭を注入する運用を基本としています）。令和 5 年度の活性炭処理日数は 312 日で、注入期間中の平均注入率は 6.3mg/L、年間最高注入率は 16mg/L でした。

表 2. 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

年度	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	R3	R4	R5
処理日数（＊）	89	329	340	228	222	222	125	178	197	215	181	167	67	180	239	210	304	300	312
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	3.0	5.6	4.0	3.6	5.8	6.3

＊ 御所浄水場・下市取水場のどちらかまたは両方で活性炭処理した日を1日として計算。

粉末活性炭注入率と原水・浄水の 2-MIB 濃度の推移を図 3 に示します。原水・浄水のかび臭濃度や流入量などから粉末活性炭注入率を決定し、下市取水場で正確な注入を行うことにより、浄水 2-MIB 濃度の管理目標値（3ng/L）で適切に管理できていました。また、8 月から 10 月頃にかけて断続的に原水でジェオスミンが上昇したため、その時期にも対策として粉末活性炭を注入しました。

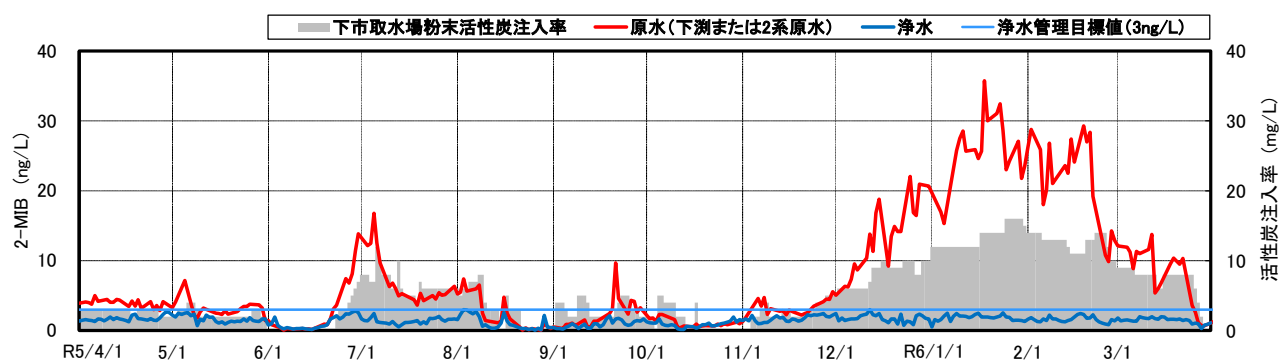


図 3. 粉末活性炭注入率と 2-MIB 濃度

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 2-MIB が過去最高値の 73ng/L となりました。南国栖地点の 2-MIB 濃度を図 4 に示します。

令和 5 年度は 7 月 6 日の 60ng/L が年度最高値であり、その後 9 月下旬に 21ng/L を検出しましたが、冬季は 10ng/L を超えることはありませんでした。

南国栖と下淵のほぼ中間に位置する檜井地点の 2-MIB 濃度を図 5 に示します。ここでは、吉野川でかび臭が発生した直後の平成 19～21 年度には夏季に 40ng/L 以上(最高 170ng/L:平成 19 年 7 月 5 日)の高濃度を検出しましたが、この時の冬季には高濃度では検出されませんでした。令和 5 年度の年度最高値は 2 月 15 日の 7ng/L であり、前年の令和 4 年度と同様に 2-MIB は年間を通して低い水準で推移しました。

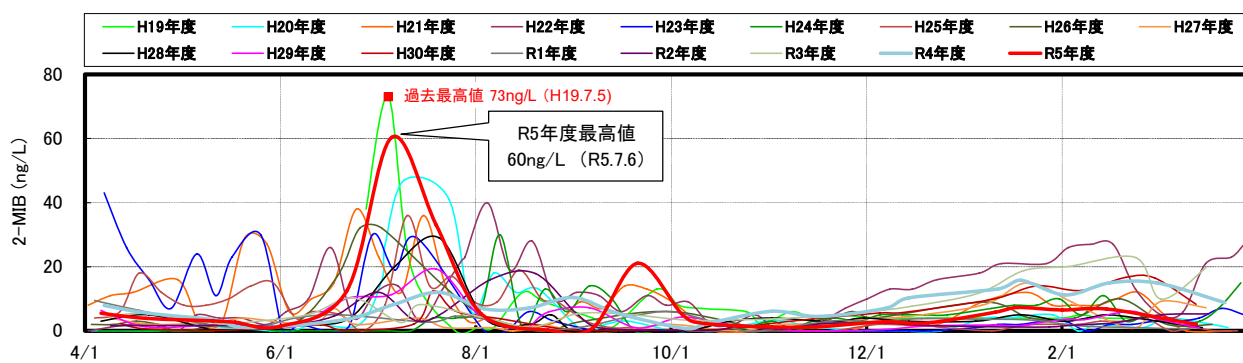


図 4. 南国栖地点の 2-MIB 濃度

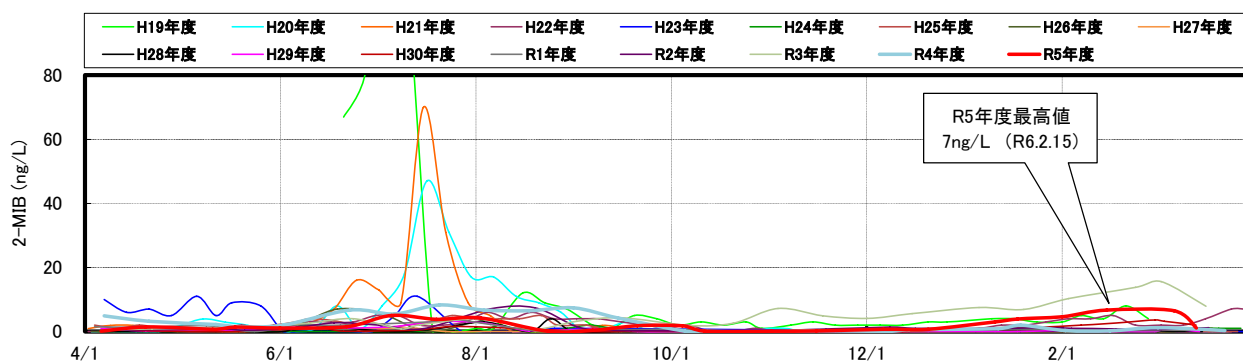


図 5. 檜井地点の 2-MIB 濃度