

X 水質状況と浄水処理

室生ダム取水塔における水質

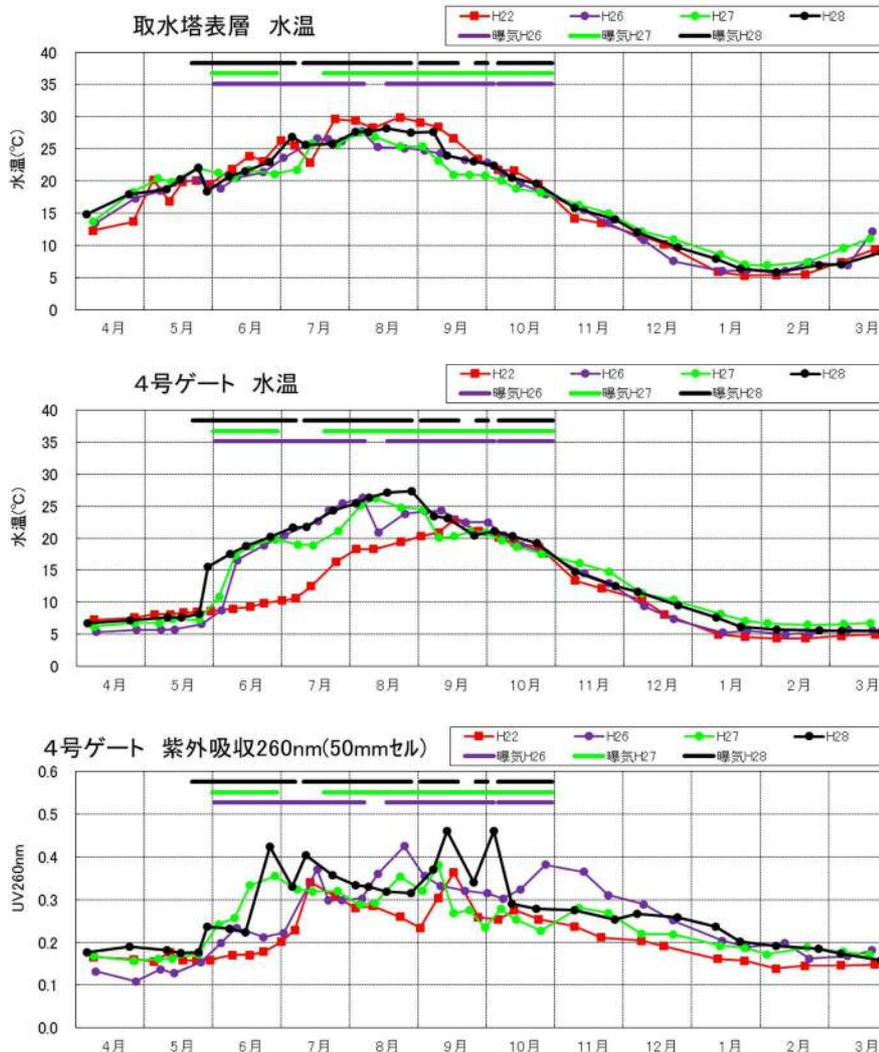
【概要】

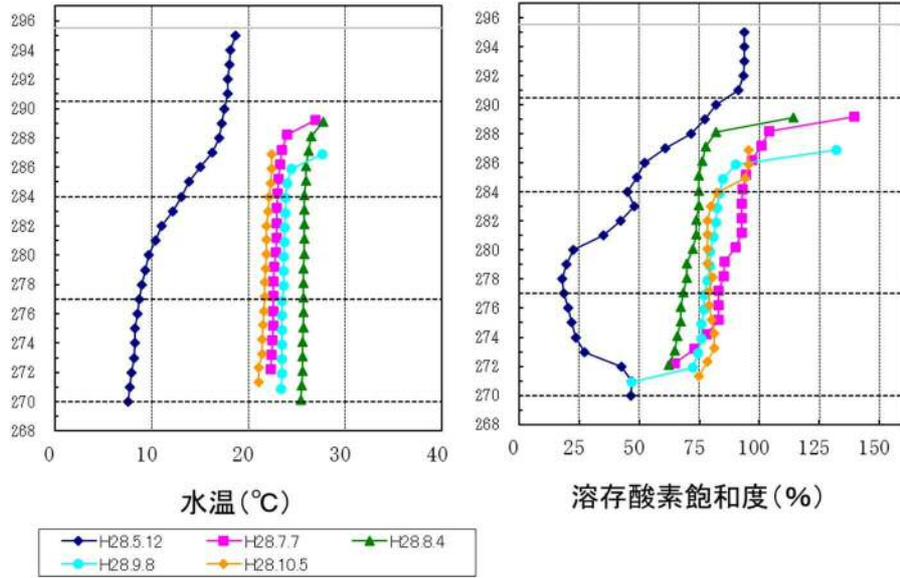
平成28年度は、前年同様マイクロシスティスの大増殖はありませんでした。クロロフィル-a、CODについても一時的な上昇がありましたが例年並みで推移しました。また、かび臭についても特に高くなることはありませんでした。しかし、5月下旬のアナベナの増殖や11月上旬のラフィド藻の増殖等が浄水処理に影響し、粉末活性炭注入期間が例年に比べて長期化しました。

〈浅層曝気の効果と影響〉

1. 水温と溶存酸素について

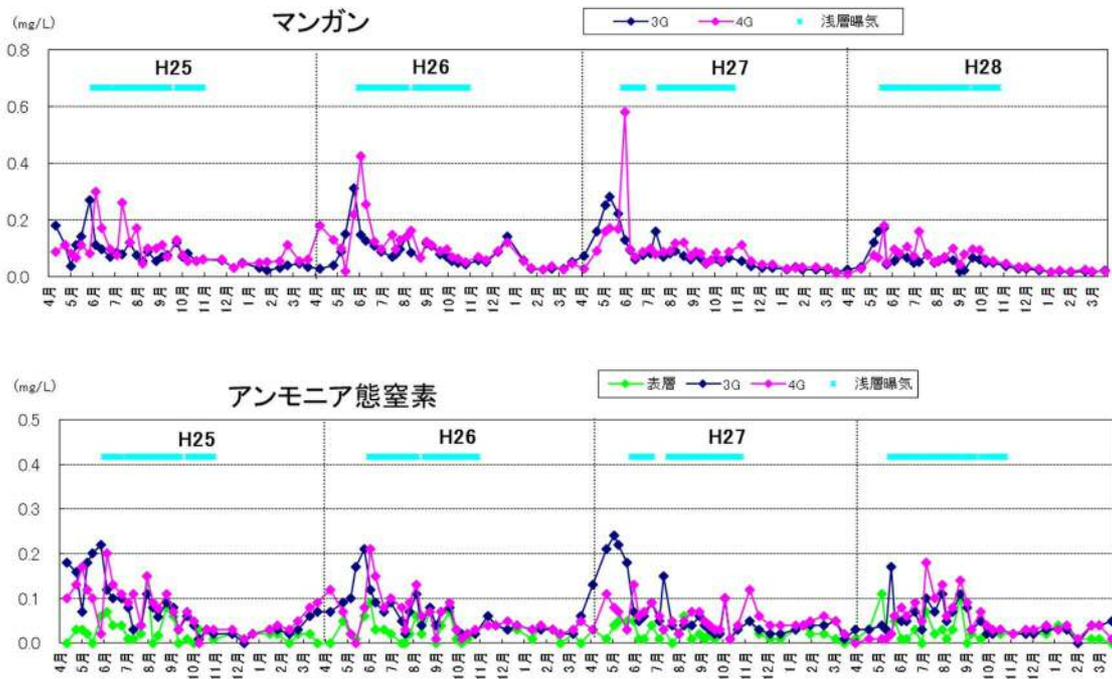
5月23日にダムサイトや取水塔表層等でアナベナによるアオコが発生したことから、同日より浅層曝気の運転が開始され、アオコも減少していきました。その後、点検や出水等による停止期間はありましたが、11月30日まで運転されました。曝気開始前の平成22年度と比べて浅層曝気による水循環効果で、夏季の表層水温の上昇が抑えられています。水温は垂直方向での差がなくなっており、溶存酸素飽和度についてもその効果が現れています。一方、4号ゲートの水温や紫外吸収は曝気開始に伴い上昇しています。





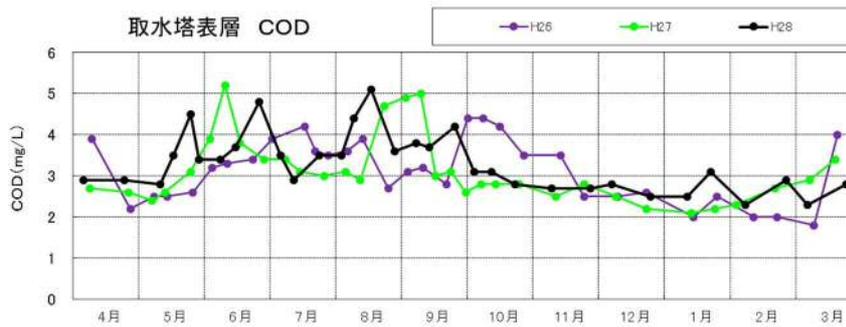
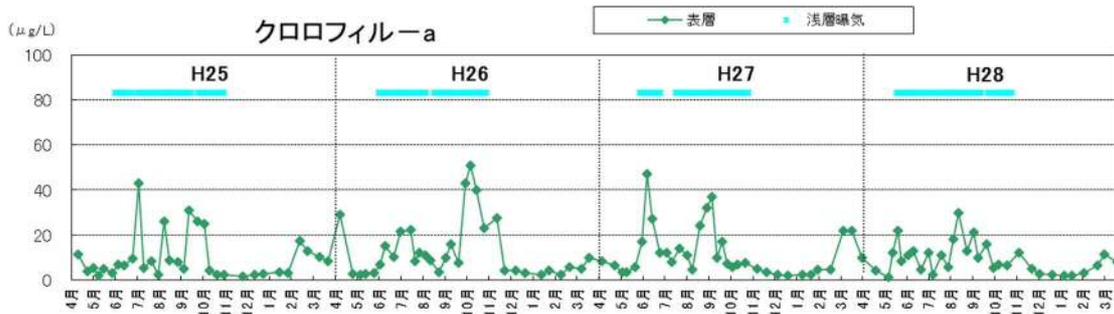
2. マンガンとアンモニア態窒素について

浅層曝気稼働以前は 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が溶出していると考えられていました。昨年度までは曝気稼働後、直後に一時的にマンガン濃度が高くなっていたのですが、今年度はそれほど高くなりませんでした。その後は無酸素層が解消されマンガン、アンモニアの大きなピークはみられませんでした。



3. クロロフィル-a と COD

平成 22 年度以降、ミクロキスティスの大増殖がないため表層のクロロフィル-a (植物プランクトンの指標) は概ね低く推移しています。また、有機物の指標である COD についても、5 月 26 日にアナバナ、6 月 27 日に濁度上昇、8 月 18 日にミクロキスティスによる上昇等はありませんでした。



4. 取水塔表層のミクロスティスの発生状況

平成 28 年度は、8 月上旬より増殖し始め、18 日に最大で 170 群体/mL 検出されました。その後一旦減少した後、9 月 8 日に 120 群体/mL となりましたが、以後減少していき問題となるレベルにはなりませんでした。

5. その他のプランクトンの発生状況

1) アナベナ

前年度 3 月半ば頃より出現していたアナベナ (*Anabaena mendotae*) が水温上昇に伴い大增殖し、5 月 23 日にアオコ状態となりました。翌 24 日には最大で 18000 巻/mL 検出されました。23 日より浅層曝気が開始されアナベナも減少していきました。このアナベナによるかび臭物質の増加はありませんでした。

2) ウログレナ

平成 21 年度からほぼ毎年、5 月中旬から 7 月上旬にかけて生ぐさ臭の原因生物である黄色鞭毛藻ウログレナが出現していましたが、前年度に続き平成 28 年度も検出されませんでした。

3) かび臭原因藻類

フォルミディウムの大増殖はなく 2-MIB は最大 2ng/L と低い値でした。かび臭を産生するアナベナについても大增殖はなく、ジェオスミンは最大 3ng/L と平成 20 年以降横ばい状態です。

4) ラフィド藻

取水塔表層では平成 24 年度頃よりラフィド藻の増殖がみられるようになりました。平成 24 年度と平成 26 年度は 9～12 月頃に、平成 25 年度と平成 27 年度は 6～7 月頃に多く出現しました。平成 28 年度は 11 月頃にダム上流側の下戸橋付近で大增殖がみられ 11 月 10 日には 3300 細胞/mL 検出されました。取水塔表層では 7 月と 10～11 月に増殖がみられましたが大增殖には至りませんでした。しかし、平成 26 年度にもみられたのですが、11 月初旬頃より浄水場原水のトリクロロ酢酸生成能および浄水のトリクロロ酢酸濃度が上昇しました。ダム湖内でのラフィド藻の増殖の影響と推測しています。

春季の室生ダムにおけるアオコ

1. 経過

平成 28 年 5 月 23 日にダムサイトや取水塔付近表層等でアオコが観察され、当日より浅層曝気が始まりました（13:00～ダムサイト、13:15～取水塔）。以後、表層のアオコは減少していき 6 月 2 日頃にほぼ消失しました。



(ダムサイト)



(取水塔付近)

2. 原因藻類

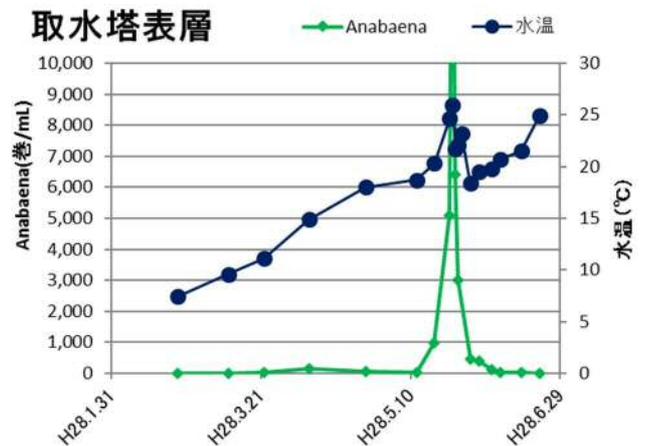
今回のアオコの原因は、*Anabaena mendotae*（アナベナメンドータ）で、これまで室生ダムでは増殖がみられなかったアナベナでした。かび臭は産出しませんでした。



3. 浅層曝気による水温変化とアナベナ数

5 月 23～24 日頃に表層水温が 25～26℃に急上昇しアナベナが大増殖しています。曝気開始により水温は 20℃付近に低下しアナベナも徐々に減少しました。曝気開始前は、ダム湖が成層していたため表層水温 20℃に対して底層は 7℃台でした。曝気開始後、徐々に循環が進み 1 週間後には底層の水温も上昇し、全層でほぼ均一となっています。

取水塔表層



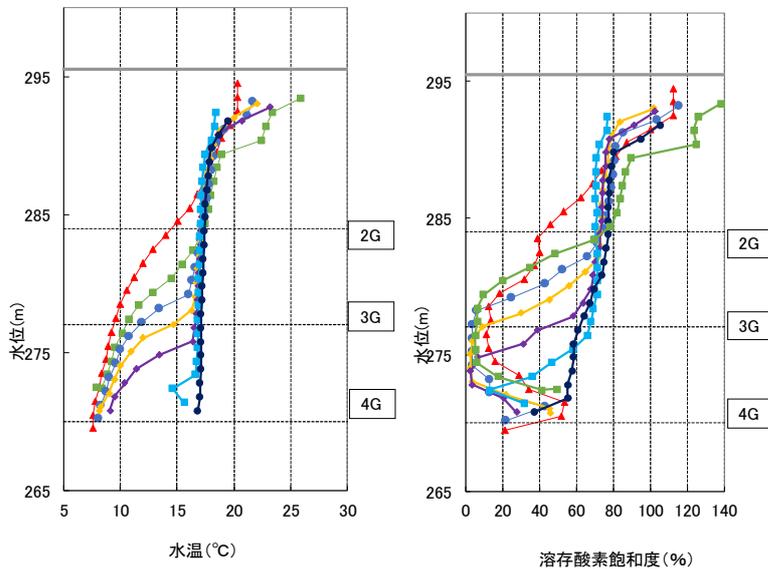
4. 桜井浄水場での対応

5 月 24 日より凝集剤を増量し凝集沈殿での除去を強化し、粉末活性炭注入を開始しました(3ppm)。

年月日	Anabaena (巻/mL)							水温 (°C)						
	取水塔 表層	2号 ゲート	3号 ゲート	4号 ゲート	ダムサイト 表層	下戸橋 表層	桜井浄水場 原水	取水塔 表層	2号 ゲート	3号 ゲート	4号 ゲート	ダムサイト 表層	下戸橋 表層	桜井浄水場 原水
H28.2.22	0	0	0	0	0	2	0	7.4	7.1	6.8	6.5	7.4	7.4	6.9
H28.3.10	5	1	4	0	29		0	9.6	7.2	6.9	6.6	8.6		7.3
H28.3.22	34	0	0	0	61	0	0	11.1	7.4	7.0	6.8	10.8	11.5	7.6
H28.4.6	140	0	0	1	192		0	14.9	8.0	7.2	6.8			7.8
H28.4.25	48	0	0	0	75	13	0	18.0	10.2	7.8	7.2	18.5	18.6	8.2
H28.5.12	25	0	0	0	360		0	18.7	13.1	8.7	7.6	19.2		8.7
H28.5.18	970	2	0	14	740		3	20.3	15.1	9.6	7.6	20.5		8.9
H28.5.23	5,100				99,000		3	24.7				25.5		9.4
H28.5.24	18,000						1	25.9				24.3		9.5
H28.5.25	6,400					3,300	6	21.7				20.1		9.4
H28.5.26	3,000	790	120	4	1,700		23	22.1	17.2	14.7	8.2	20.6	22.6	9.5
H28.5.27							9	23.2				23.8		9.6
H28.5.30	460	400	140	140	340	3,000	30	18.4	17.1	16.8	15.6	17.7	20.5	12.9
H28.5.31							70							14.8
H28.6.1							61							16.5
H28.6.2	390	130	81	25	840	44	38	19.5	17.4	17.1	16.8	18.6	18.8	17.1
H28.6.6	120	44	44	29	110	46	49	19.8	17.6	17.4	17.2	19.2	21.6	17.5
H28.6.7							22							17.7
H28.6.8							9							17.7
H28.6.9	23	28	35	6	14		11	20.7	18.1	17.7	17.5	19.4		17.9
H28.6.10							2							18.1
H28.6.13							6							18.5
H28.6.15							0							19.3
H28.6.16	24	0	4	0	40		0	21.5	19.2	19.0	18.8	20.1	23.2	19.2
H28.6.22	7				0	5		24.9				22.1	24.3	20.2

取水塔水温・溶存酸素飽和度の垂直分布

H28.5.23 13:15～ 取水塔浅層曝気開始



(経過)

曝気開始後

- 5月18日(水) ー 表層のアナベナが970巻/mLに増加。
- 5月23日(月) 0日 木曜日の表層水温は20°Cくらいであったが、この土日で25°C付近まで急上昇しアオコが爆発的に増加した。対策として13:15～浅層曝気を開始。
- 5月24日(火) 1日 表層水温が26°Cと高かった。
- 5月25日(水) 2日
- 5月26日(木) 3日 循環が徐々に進行していくが、3G～4Gの間に無酸素層が存在する。
- 5月27日(金) 4日
- 5月28日(土) 5日
- 5月29日(日) 6日 土日の間に垂直混合が進み4G付近の水温が9°Cから15°Cまで急上昇した。
- 5月30日(月) 7日 湖水がほぼ混合され、表層から4Gまで水温差がほとんどなくなった(17～18°C)。しかし、4Gよりやや上層の水深20m付近に低酸素層が存在。
- 6月2日(木) 10日 水温差がなくなったことに加えて、低酸素層もみられない。アオコはほとんど見られなかった。

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、まず実験に基づく予測式からクロロホルム、ジクロロ酢酸、トリクロロ酢酸のそれぞれについて給水末端で基準値の70%になる値を求めます。次にクロロホルムがジクロロ酢酸、トリクロロ酢酸と相関が高いことから、各クロロホルム値に換算します。そしてその中で最も厳しいクロロホルム値で管理することにより他の物質も安全サイドで管理されると考え、平常時の浄水場出口に独自の管理目標値(クロロホルム濃度:0.011mg/L)を設定し水質管理を行うものです。なお、今回の改訂では原水を取水している室生ダム湖内でプランクトンが発生し、かつジクロロ酢酸とトリクロロ酢酸の生成能比が3を超過した時に、新たな管理目標値(クロロホルム濃度:0.017mg/L、ジクロロ酢酸濃度:0.006mg/L、トリクロロ酢酸濃度:0.006mg/L)を設定しました。

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線吸光度(260nm)等を測定し、その注入率を適宜変更しています。なお、粉末活性炭は期間注入を実施しています。

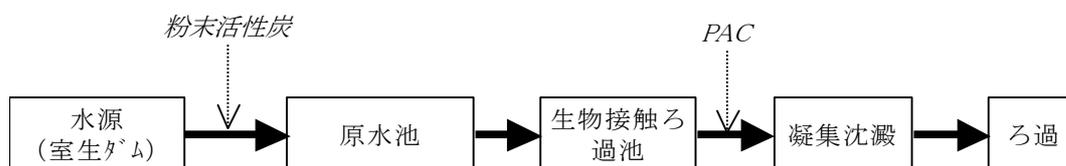


図1. 桜井浄水場の処理フロー

2. 消毒副生成物の水質管理状況

2.1 クロロホルム

今年度の桜井浄水場浄水、受水地、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。水源の室生ダム湖では、浅層曝気による湖水循環(5/23~11/1、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(以下、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。

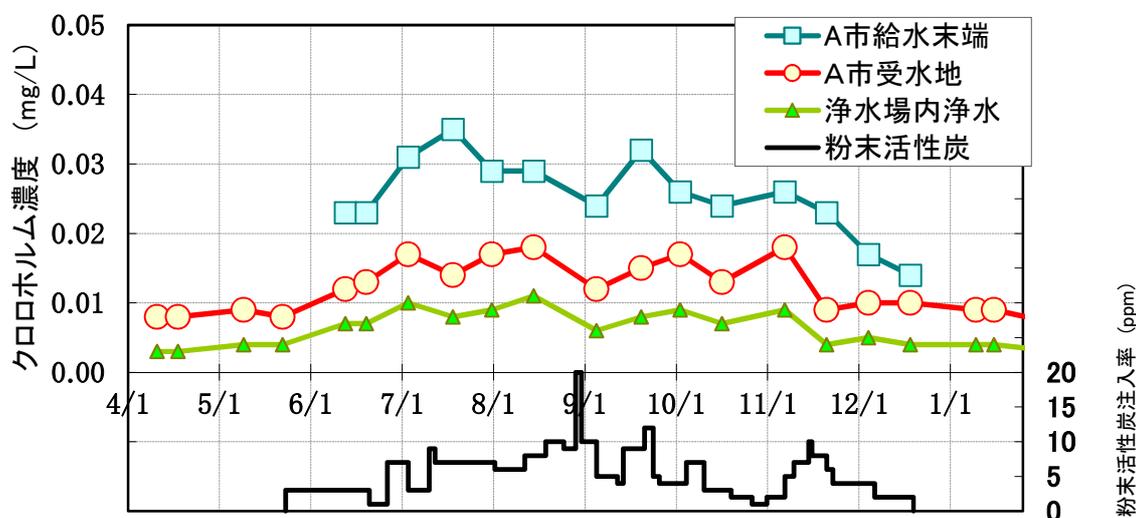


図2. 浄水場内浄水等のクロロホルム濃度及び粉末活性炭注入率の推移

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なっており、最大で0.035mg/L(7/19)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、さらに水温が高かったことが大きな要因と考えられます。

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。

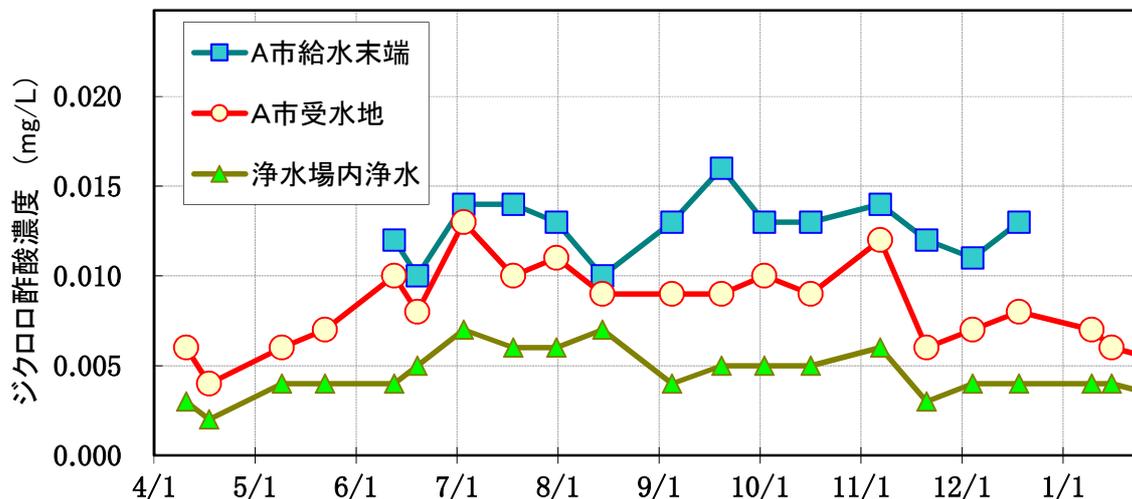


図3. 浄水場内浄水等のジクロロ酢酸濃度の推移

ジクロロ酢酸の最大は受水地で0.013mg/L(7/4)、給水末端で0.016mg/L(9/20)を検出しました。昨年度

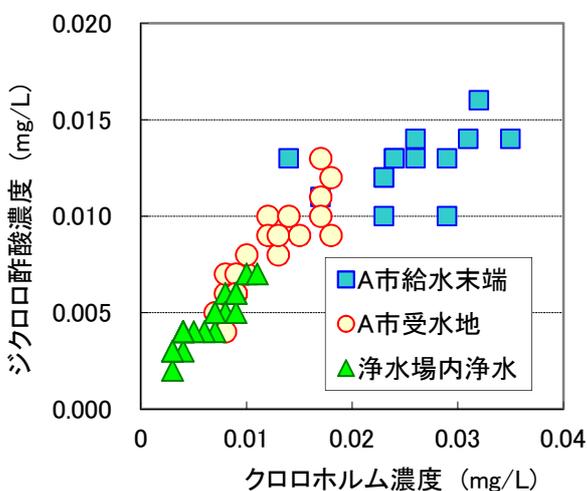


図4. ジクロロ酢酸とクロロホルムの相関

は給水末端の遊離残留塩素が低濃度の期間があり、この期間でのジクロロ酢酸は受水地で0.006~0.012mg/L、給水末端で0.001~0.004mg/Lであったことから、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と報告しましたが、今年度は適切な遊離残留塩素濃度が維持されたため、ジクロロ酢酸濃度の減少は確認できませんでした。

ジクロロ酢酸とクロロホルムの相関を図4に示します。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。

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。

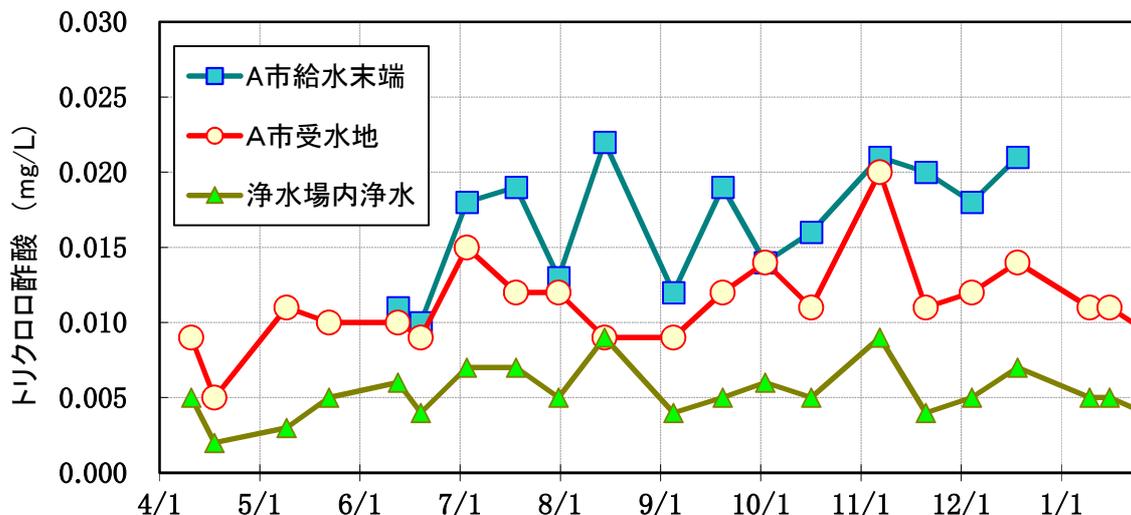
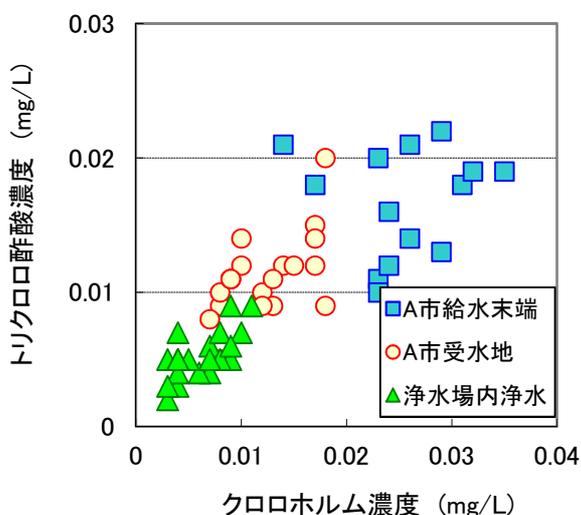


図5. 浄水場内浄水等のトリクロロ酢酸の推移

トリクロロ酢酸の最大は受水地で0.020mg/L(11/7)、給水末端で0.022mg/L(8/15)を検出しました。今年度は11月頃から前駆物質を多く含んだ原水の流入があったため、給水末端でのトリクロロ酢酸濃度はこの時期と

しては高い0.02mg/L付近で推移していました。そこで水源となる室生ダム湖の水質調査を行ったところ、ダム湖内においてラフィド藻の発生を確認しました。さらにその水を検査した結果、クロロホルム、ジクロロ酢酸及びトリクロロ酢酸の各生成能が0.1mg/L以上、また流入原水の生成能比と一致したことから、生成能の上昇にラフィド藻が関係している可能性が高いことがわかりました。

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。ラフィド藻が原因と思われる前駆物質を多く含んだ原水の流入により、昨年度と比較して受水地及び給水末端での相関は低下しています。



吉野川のかび臭状況

【概要】

平成 28 年度の吉野川（下淵頭首工）2-MIB 濃度は、1 年を通じて昨年同様、例年ほどの高い値となることはなく、6 月に年度最大値の 6ng/L、冬期の上昇もなく低い値が続きました。活性炭処理日数は 167 日間でした。また、注入率は最高 5ppm で全体的に低い水準でした。

1. 下淵頭首工の状況

1) かび臭(2-MIB)発生状況

下淵頭首工地点における平成 18～28 年度のかび臭状況を図 1 に示します。

平成 28 年度（黒太線）は 6 月に年度最大値の 6ng/L を検出していますが、年間を通して低い値でした。9 月から 3 月半ばまでは低い値が続き 3ng/L を超えることはありませんでした。平成 18 年度以降では年間最大値は最も低くなりました。

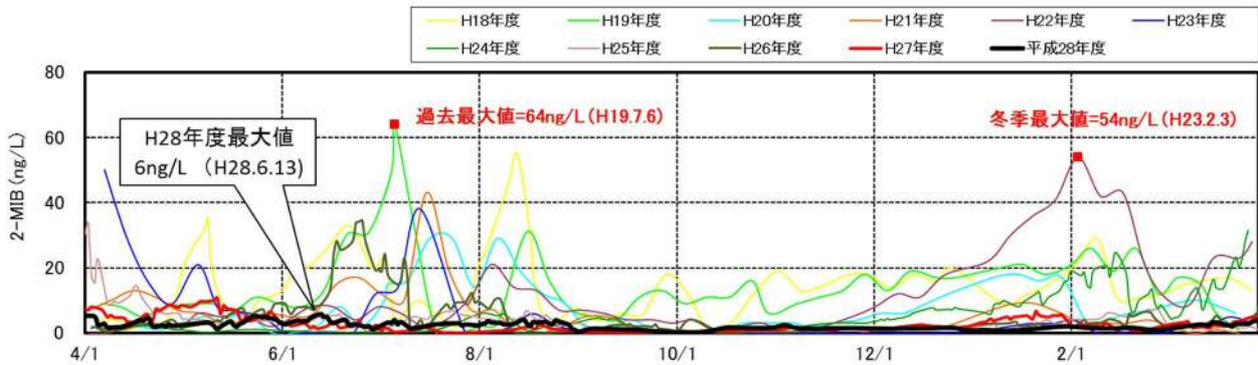


図 1. 下淵頭首工地点の 2-MIB 濃度

2) 流況

下淵頭首工への流入量とかび臭濃度について、図 2 に示します。

平成 28 年度は 6 月下旬頃に 60m³/sec 程度の流入がありました。8 月末までは 50m³/sec を超えるような流入はない状況でした(9 時値)。8 月 30 日に台風等の影響等により 250m³/sec の流入量があり下淵のかび臭濃度は低下しました。その後、9 月 21 日に台風 16 号の影響もあり 230m³/sec 以上の流入がありました。10 月以降は 50m³/sec を超える流入はありませんでした。かび臭濃度は 3 月半ば頃までは、ほぼ低い値で推移しました。冬期の流入量の最大は 2 月 23 日の 46 m³/sec でした。

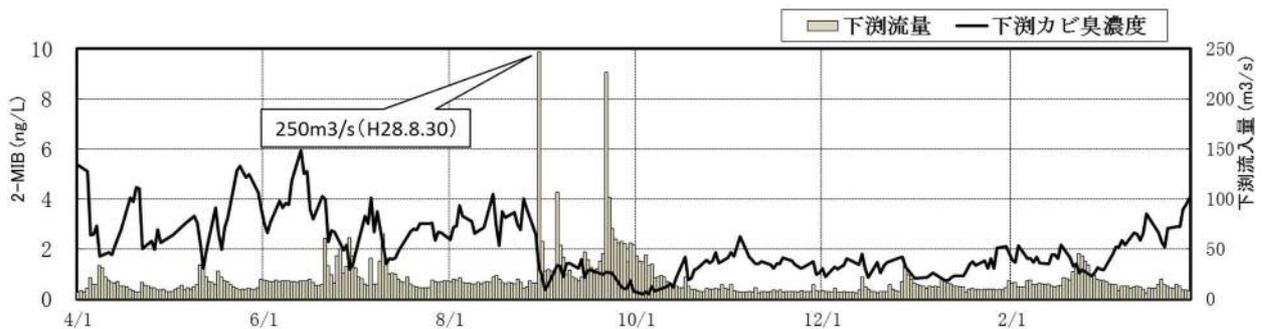


図 2. 下淵頭首工流入量と 2-MIB 濃度

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1に示します。

平成28年度の活性炭処理日数は167日で、年間の46%でした。平成25年12月から活性炭処理基準（管理基準）の見直し（5→3ng/L）がありましたが、9月から3年半ばまでは、原水かび臭濃度があまり高くなり、11月初旬の短期間を除いて注入しませんでした。

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

表1. 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
処理日数		89	329	340	228	222	222	125	178	197	215	181	167
平均注入率 (%)	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。

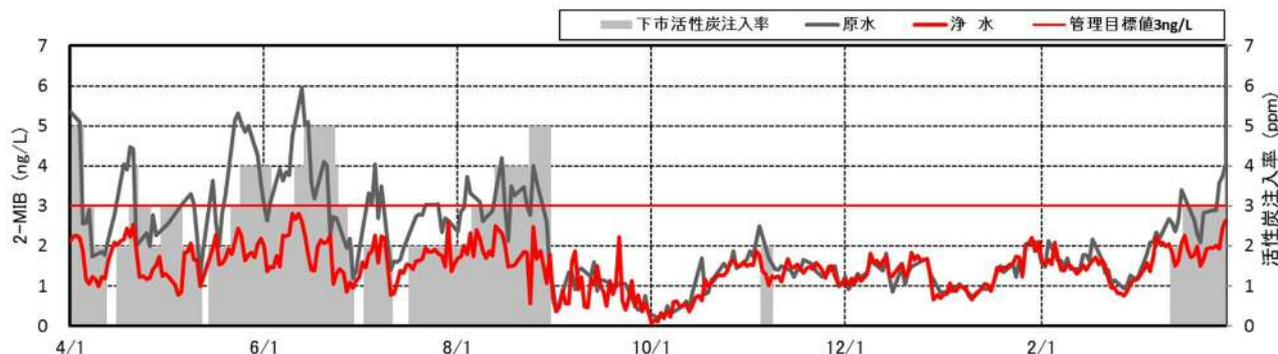


図3. 2-MIB濃度と活性炭注入率

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28年度の夏期にはかび臭濃度が年間最大値の29ng/L(7/21)に上昇しましたが、冬期の上昇はありませんでした。

南国栖と下湊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、夏期に50ng/L以上(最大170ng/L:H19/7/5)の高い濃度を検出しましたが、この時は冬期に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28年度は、最大4ng/L(8/25)でした。

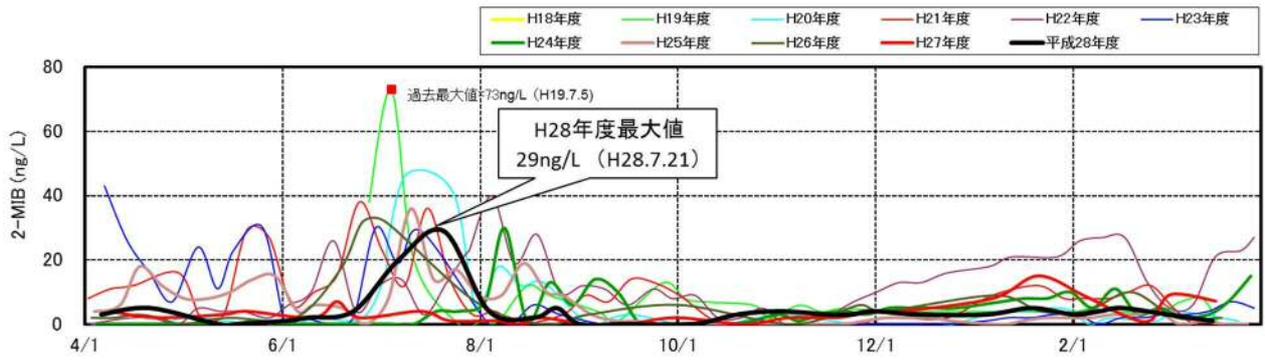


図 4. 南国栖地点の 2-MIB 濃度

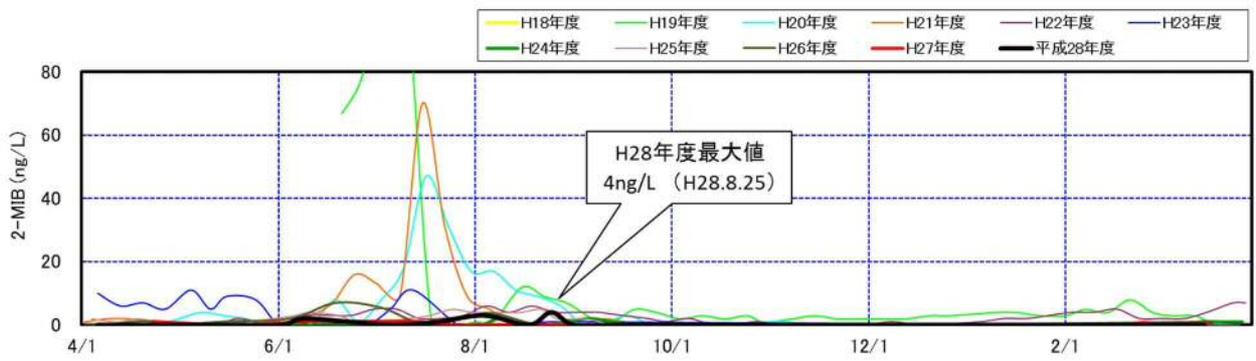


図 5. 檜井地点の 2-MIB 濃度