

VI 調査・研究

1．農薬調査結果

2．送水のトリハロメタン対策について

1. 農薬調査結果

1 はじめに

平成 28 年度においては、農薬（水質管理目標設定項目）120 項目のうち 114 項目について検査を行った。

筑後川の流域には水田等が多く、原水に高い頻度で農薬が検出されているため、灌漑期（4～9 月）には月 2 回、非灌漑期（10～3 月）には月 1 回調査を実施した。

- ・調査箇所 ... ・原水、活性炭処理水、浄水
- ・調査農薬^(注 1) ... ・灌漑期 月 2 回：114 項目
(GC/MS 及び LC/MS)
- ・非灌漑期 月 1 回：114 項目
- ・定量下限 ... 0.05µg/L または水質管理基準目標値（以下、目標値）の 1/100 の小さい方の値とした。ただし、クロルニトロフェンについては 0.01µg/L とした。

2 調査結果

ア. 農薬類（総農薬方式^(注 2)）

平成 28 年度の原水の農薬検出状況についてグラフに、その内訳を表 1 に示す。

農薬類は 6 月から 8 月にかけて 0.01 を超えて検出された。最高値は 7 月 4 日の 0.04 で、昨年度の最高値 0.47 より低かった。また、農薬が検出された回数は 4 回で昨年度より増加した。

なお、活性炭処理水及び浄水については、すべて 0.01 未満であった。

平成 28 年度 原水農薬検出状況（農薬類）

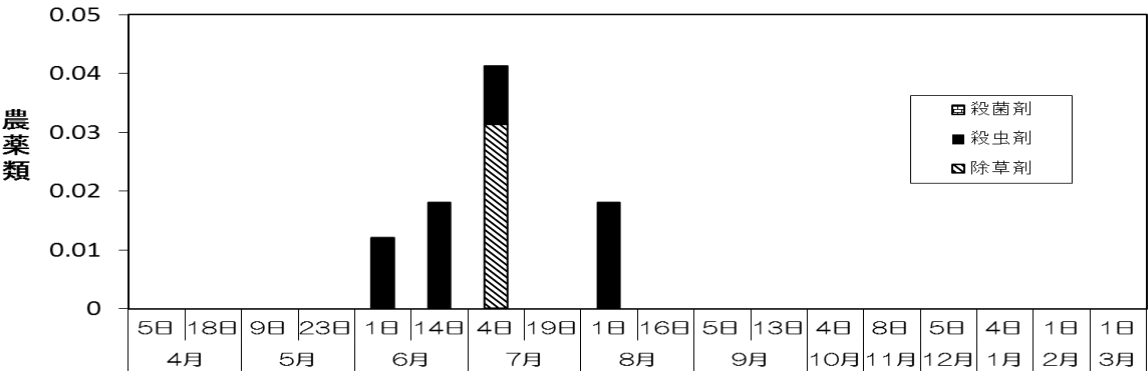


表 1 農薬類の内訳

		除草剤		殺虫剤		殺菌剤
4月	5日	<0.01		<0.01		<0.01
	18日	<0.01		<0.01		<0.01
5月	9日	<0.01		<0.01		<0.01
	23日	<0.01		<0.01		<0.01
6月	1日	<0.01		フィプロニル	0.01	<0.01
	14日	<0.01		フィプロニル	0.02	<0.01
7月	4日	カネブクトール	0.01	フィプロニル	0.01	<0.01
		ピラクロニル	0.02			
	19日	<0.01		<0.01		<0.01
8月	1日	<0.01		ジチカバメート系農薬	0.02	<0.01
	16日	<0.01		<0.01		<0.01
9月	5日	<0.01		<0.01		<0.01
	13日	<0.01		<0.01		<0.01

イ. 農薬検出濃度

原水で 0.05 $\mu\text{g/L}$ 以上または目標値の 100 分の 1 以上検出された農薬をグラフと表 2 に示す。除草剤については、6 月から検出され、7 月に農薬数及び検出濃度ともピークとなり、9 月まで検出された。除草剤は検出される農薬の種類・頻度が多く、中でもブロモブチド、ベンタゾンの検出頻度が高かった。

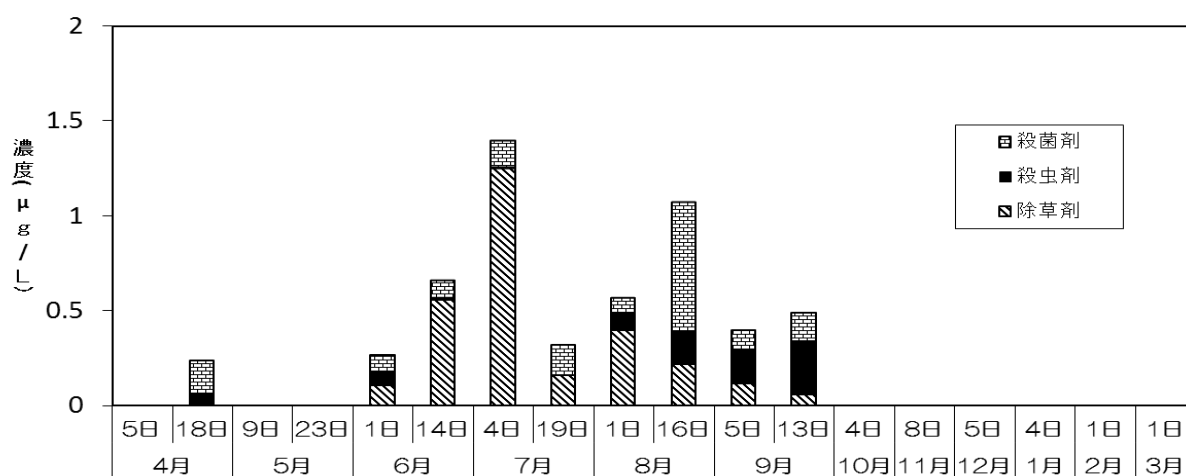
殺虫剤については、4 月にチオファネートメチル、6 月にチウラム、6 月から 7 月にフィプロニル、8 月にジチオカルバメート系農薬、8 月から 9 月にフェリムゾン及びブプロフェジンが検出された。

殺菌剤については、4 月にベノミル、6 月から 8 月にイソプロチオラン、7 月から 8 月にピロキロン、8 月にイプロベンホス、9 月にトリシクラゾールが検出された。

なお、活性炭処理水および浄水については、すべて目標値の 100 分の 1 未満であった。

※0.05 $\mu\text{g/L}$ 以下または目標値の 100 分の 1 以下については、不検出とした。

平成 28 年度 原水農薬検出状況（農薬合計濃度）



3 経年変化

過去 10 年間の検出農薬の合計濃度の平均値を表 3、最高値を表 4 に示す。

除草剤及び農薬合計濃度は、過去 10 年間の平均値より低い値で、殺虫剤は過去 10 年間の平均値と同じ値となった。殺菌剤は平均値より低い傾向が続いている。

最高値については、除草剤・殺虫剤及び殺菌剤いずれも過去 10 年間の平均値より低い値であった。

表 3 農薬合計濃度の平均値 ($\mu\text{g/L}$)

年度	除草剤	殺虫剤	殺菌剤	合計
H18	0.06	0.01	0.13	0.20
H19	0.69	0.09	0.48	1.26
H20	0.16	0.06	0.15	0.37
H21	0.29	0.11	0.23	0.63
H22	0.29	0.10	0.12	0.51
H23	0.32	0.04	0.14	0.50
H24	0.09	0.05	0.13	0.27
H25	1.00	0.05	0.11	1.16
H26	0.60	0.01	0.13	0.75
H27	0.51	0.14	0.14	0.79
H18~27平均	0.40	0.07	0.18	0.64
H28	0.24	0.07	0.14	0.45

農薬が検出された 4~9 月の平均値を示す。

表 4 農薬合計濃度の最高値 ($\mu\text{g/L}$)

年度	除草剤	殺虫剤	殺菌剤	合計
H18	0.75	0.07	0.97	1.79
H19	5.94	0.46	1.07	7.47
H20	1.11	0.22	0.74	2.07
H21	1.94	0.41	1.16	3.51
H22	1.73	0.51	0.86	3.10
H23	1.97	0.19	1.05	3.21
H24	0.78	0.21	1.08	2.07
H25	6.81	0.19	0.29	7.29
H26	5.72	0.10	0.53	6.35
H27	5.75	1.45	0.41	7.60
H18~27平均	3.25	0.38	0.82	4.45
H28	1.25	0.28	0.68	2.21

注 1 農薬類 120 項目のうち、分析法を検討中の項目並びにグリホサートについては、過去に検出例がないため実施せず。

注 2 総農薬方式：農薬類の目標値は、「検出値と目標値の比の和として 1 以下」となっている。

2. 送水のトリハロメタン対策について

1 はじめに

当企業団は、筑後川、多々良川の河川水及び玄海灘の海水を水源（海水淡水化）として、福岡都市圏へ1日平均約24万立方メートルの水道用水を供給している。供給水の水質については、水道水質基準よりもさらに厳しい管理目標値を独自に設定し、総トリハロメタン（THM）の管理目標値は0.040mg/L以下としている。当企業団の送水系統のうち下原系は牛頸浄水場から末端までの到達時間が約56時間と長く、THM濃度が上昇しやすいため、水温の高い夏季は注意が必要である。また、下原系は送水途中で海水淡水化センター生産水（海淡水）及び多々良浄水場浄水（多々良浄水）と混合されるため水質の予測が難しい。当企業団では夏季の下原系送水を中心にTHM対策の取組を行っているので報告する。

2 浄水処理施設及び送水系統

（1）浄水処理施設

浄水処理施設の概要を表1に示す。当企業団の河川水源は筑後川、多々良川があり、浄水処理施設はそれぞれ牛頸浄水場、多々良浄水場である。このうち多々良浄水場は福岡市水道局との共同施設で運転及び水質管理は福岡市水道局に委託している。海水水源は日本海に面した玄海灘で、海水淡水化センターで淡水化している。海淡水は多々良混合施設で多々良浄水と混合して水道用水となり、その一部は下原混合施設でさらに牛頸浄水場浄水（牛頸浄水）と混合される。

表1 浄水処理施設の概要

名称	牛頸浄水場	多々良浄水場※1	海水淡水化センター
水源	筑後川（河川水）	多々良川（河川水）	玄界灘（海水）
施設能力 ($\text{m}^3/\text{日}$)	230,800	122,000 〔うち22,000が 当企業団分〕	50,000
浄水処理 方式	凝集沈でん・ろ過	凝集沈でん・ろ過 +オゾン・粒状活性炭※2	UF膜処理(前処理) +逆浸透方式

※1 福岡市水道局との共同施設

※2 1日最大61,000 m^3

（2）送水系統

送水系統の概要を、図1に示す。牛頸浄水場からの送水系統は、①牛頸浄水場単独の系統（牛頸系）、②牛頸浄水場、夫婦石浄水場（福岡市水道局）の混合系統（糸島系）、③海水淡水化センター、多々良浄水場の混合系統（多々良系）、④海水淡水化センター、多々良浄水場、牛頸浄水場の混合系統（下原系）の4系統がある。特に下原系は、3種類の水が混合される複雑な系統となっている。

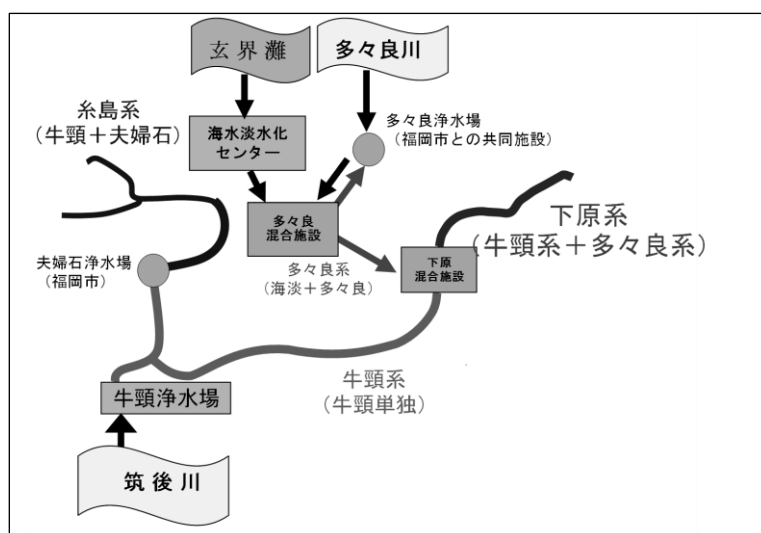


図1 送水システムの概要

3 供給水の水質管理目標（H21.4月運用開始）

当企業団では、水道水質基準よりさらに厳しい供給水の水質管理目標を設定している。総 THM の水質管理目標値は、過去の検出状況等を踏まえ設定された 0.040mg/L 以下となっている。

4 下原系送水 THM 対策の必要性

下原系は牛頭浄水場から最も遠方の送水系統であるため（末端までの到達時間：約 56 時間）、送水中に THM 濃度が上昇しやすく、水温の高い夏季においては総 THM 濃度が水質管理目標の 0.040mg/L 近くまで上昇する（平成 28 年度最高値 0.038mg/L、下原系津丸ポンプ場）場合があり、送水水質の改善による THM 対策が必要である。

5 下原系送水 THM 対策の取組

下原系送水は 3 種類の水が混合され水質の予測が難しいことから、予測式による送水の水質予測及び自動水質計器によるモニタリングを用いた取組を行っている。本格的な取組は平成 25 年度から行っており、経緯を表 2 に示す。海淡水の割合による THM 生成挙動の室内実験（保存試験）、THM 予測式の作成、下原系末端での実測調査、THM 計の設置など THM 把握の取組を行うとともに、牛頭浄水場浄水の水質改善の取組として高塩基度 PAC 導入、ろ過池の遮光ネット設置などを行っている。

表 2 取組の経緯

	H25	H26	H27	H28	H29～
調査・ 水運用	←──				

6 保存試験

(1) 目的

水温、海淡水混合割合等による経時的な THM 生成挙動を確認し、水運用の基礎資料とする。

(2) 保存試験の概要

牛頸浄水、多々良浄水、海淡水の各々（単独水）及び3種の混合水について、保存中に残留塩素（残塩）がなくならないように追塩を行って、恒温器で保存し、THM、残塩、UV 吸収（E260 50mm）を測定した。試験は、平成 25、26 年度に計 14 回、様々な条件で行っており、概要を表 3 に示す。なお、表 3 のすべてパターンを試験したわけではなく、具体的な試験条件は（3）単独水保存試験、（4）混合水保存試験に示すとおりである。

表 3 試験の概要

検水	牛頸浄水、多々良浄水、海淡水の各々（単独水）及び3種の混合水
海淡水割合※1	0～40%
保存方法	2 リットルの褐色ガラス瓶に入れ、恒温槽内で保存
保存時間	最大 168 時間
保存温度	10, 20, 25, 30℃
追塩濃度※2	0.3, 0.5, 0.7mg/L
追塩時期※3	採水日, 12, 24, 36, 48 時間後
測定項目	THM, 残塩, UV 吸収 (E260 50mm)

※1 陸水（牛頸浄水と多々良浄水を 1:1 で混合）と海淡水を混合した水の海淡水の割合

※2 0.1%次亜塩素酸溶液の添加により上乗せする残塩濃度の目標

※3 採水後、追塩を実施するタイミング

(3) 単独水保存試験

ア 試験の概要

単独水保存試験の概要を表 4 に示す。牛頸浄水、多々良浄水、海淡水の各々について、保存試験を行った。追塩は、保存中に残塩がなくならないように行っているが、3 回目以降の試験では追塩時期を 12 時間ごとにずらして THM 生成への影響も試験した。

表 4 単独水保存試験の概要

	実施日	検水※	採水時 牛頸浄水 UV吸収 (E260,50mm)	保存温度 (℃)	保存時間	追塩濃度 (mg/L)	追塩時期
1	H25.5.7	牛頸, 多々良, 海淡	0.038	30	168	0, 0.3, 0.7	0h後(採水日)
2	H25.7.3	牛頸, 多々良, 海淡	0.062	30	168	0, 0.3, 0.7	0h後(採水日)
3	H25.11.25	牛頸, 多々良 (追塩:牛頸のみ)	0.039	20	96	0, 0.5	12, 24, 36, 48h後
4	H26.2.4	牛頸, 多々良 (追塩:牛頸のみ)	0.054	10	96	0, 0.5	12, 24, 36, 48h後
5	H26.7.4	牛頸	0.074	30	96	0.5	0, 12, 24, 36, 48h後
6	H26.7.24	牛頸	0.081	30	96	0.5	0, 24, 48h後
7	H26.12.15	牛頸, 多々良	0.042	10	96	0.5	24h後

※牛頸:牛頸浄水場浄水, 多々良:多々良浄水場浄水, 海淡:海淡生産水

イ 結果

試験全体を通して、追塩による THM の顕著な増加は認められなかった。牛頸浄水の THM 生成挙動（30℃）を図 2 に示す。採水時の UV 吸収値が高いほど THM の生成は早く、UV0.081 では 30 時間程度で総 THM の水質管理目標を超過すると考えられた。多々良浄水の THM 生成挙動（30℃）を図 3 に示す。多々良浄水については水質悪化時のデータがないが、牛頸浄水よりも THM が生成しやすい傾向であった。海淡水については、保存時間にかかわらず THM はほぼ定量下限値未満であった。30℃の保存試験結果から、高水温期において、牛頸浄水の UV 吸収と総 THM の水質管理目標を満足する時間の関係は表 5 に示すような関係と推察された。保存温度 20℃, 10℃では牛頸浄水、多々良浄水ともに 96 時間保存後でも総 THM の水質管理目標を超過しなかった。

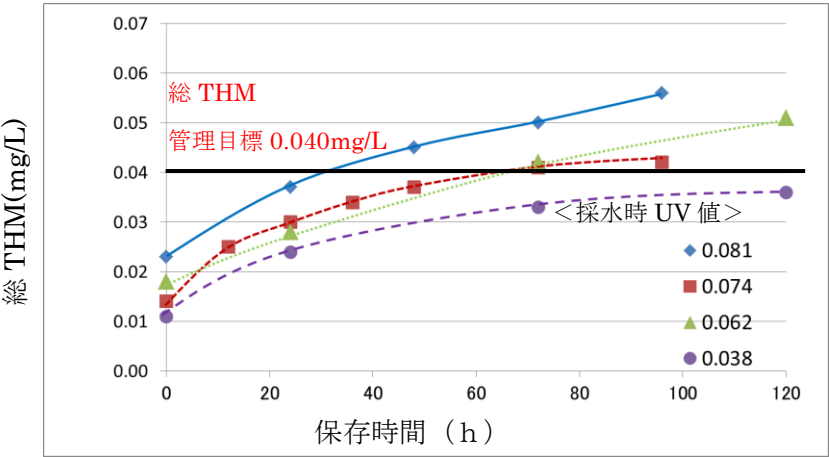


図 2 牛頸浄水の THM 生成挙動（30℃）

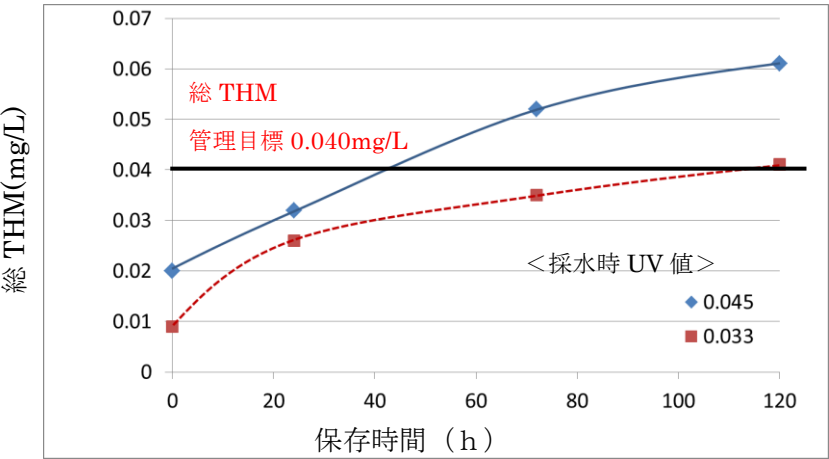


図 3 多々良浄水の THM 生成挙動（30℃）

表 5 30℃における牛頸浄水 UV 吸収値と総 THM の水質管理目標を満足する時間の関係

牛頸浄水 UV 吸収値	総 THM の水質管理目標を満足する時間
0.08 未満	30 時間未満
0.07 未満	50 時間未満
0.06 未満	60 時間未満
0.04 未満	120 時間未満

(4) 混合水保存試験

ア 試験の概要

混合水保存試験の概要を表 6 に示す。陸水（牛頸浄水と多々良浄水を 1 : 1 で混合した水）と海淡水の比率を変えて混合し、試験を行った。表中の海淡水混合割合は陸水と海淡水を混合した水に占める海淡水の割合のことである。なお、混合用の試料水は、各単独水を採水し 24 時間保存した水を使用した。

表 6 混合水保存試験の概要

	実施日	海淡水混合割合※ (%)	採水時 牛頸浄水 UV吸収 (E260,50mm)	保存温度 (℃)	保存時間	追塩濃度 (mg/L)	追塩時期
1	H25.6.4	20, 40	0.064	30	120	0.5	0h後(混合当日)
2	H25.7.3	20, 40	0.062	30	120	0.5	0h後(混合当日)
3	H25.9.24	0, 10, 20, 25, 30, 35, 40	0.046	30	72	0.5	0h後(混合当日)
4	H25.10.22	0, 10, 20, 25, 30, 35, 40	0.042	25	72	0.5	0h後(混合当日)
5	H25.12.16	0, 10, 20, 25, 30, 35, 40	0.043	20	72	0.5	0h後(混合当日)
6	H26.1.14	0, 10, 20, 25, 30, 35, 40	0.052	10	72	0.5	0h後(混合当日)
7	H26.6.23	0, 10, 20, 25, 30, 35, 40	0.081	30	72	0.5	0h後(混合当日)

※陸水(牛頸浄水場浄水:多々良浄水場浄水=1:1で混合した水)と海淡水を混合した水に占める、海淡水の割合

イ 結果

水温 30℃、牛頸浄水水質悪化時（UV 吸収 0.081，E260 50mm）の試験結果を図 4 に示す。夏季高水温期の牛頸浄水水質悪化時は、海淡水混合割合が 30～40%以上でないと総 THM の水質管理目標を満足できない可能性が考えられた。

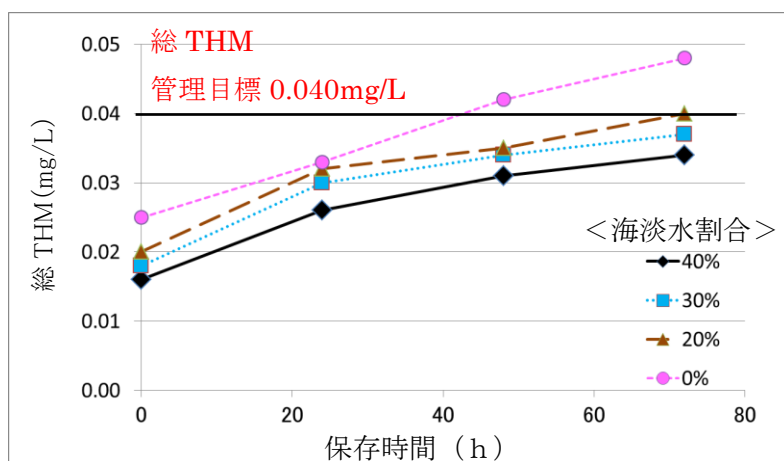


図 4 保存試験結果 (30℃、牛頸 UV0.081)

水温 25℃ (図 5, 牛頸 UV0.042) では、海淡水割合 0%で 72 時間保存した場合に総 THM 濃度が 0.040mg/L まで上昇したが、その他の海淡水混合割合では水質管理目標値以下であった。水温 20℃ 以下ではいずれの混合割合でも総 THM 濃度は水質管理目標以下であった。ただし、水温 25℃以下の試験は、牛頸浄水の UV 吸収が 0.042～0.052 で水質悪化時のデータはない。

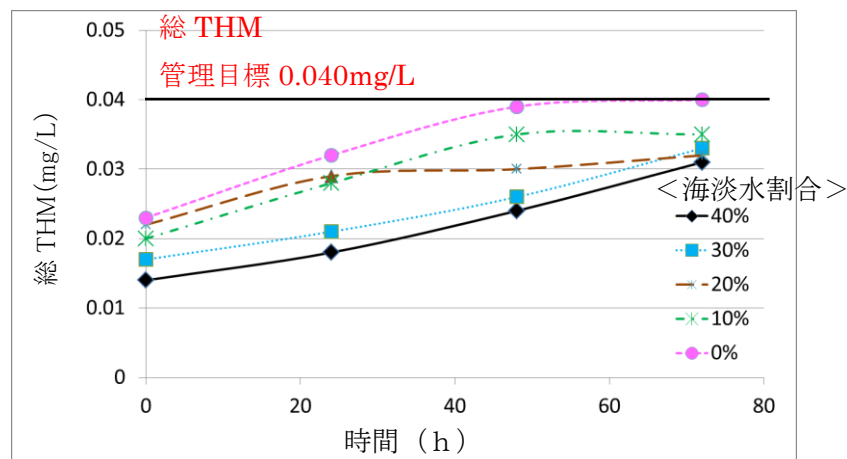


図 5 保存試験結果（25℃，牛頸 UV0.042）

（５）総 THM 予測式

ア 予測式の作成

平成 25 年度の保存試験結果から，下記の総 THM 予測式を作成した。THM 濃度は有機物・水温・滞留時間と関係があることから，非線形最小二乗法により実測値と予測値差の平方の和が少なくなるように係数 a, b, c, d をエクセルのソルバー機能※を用いて計算した。有機物（E260 吸光度 50mm（UV 値））は浄水池出口の値，水温（℃）は浄水出口の値もしくは保存温度，滞留時間（到達時間（h））は保存時間に中塩後浄水出口までのおよその時間（牛頸浄水 6h，多々良浄水 4h）を加算した時間とした。混合水については，有機物の値は混合直後の UV 吸収値，水温は保存温度，滞留時間は単独条件で保存した 24 時間と混合して保存した時間を合わせた時間とした。

※ソルバー機能とは

Microsoft Excel をはじめとする表計算ソフト機能の一種で，複数の変数を含む数式において，目標とする値を得るために，最適な変数の値を求めることができる機能である。

<予測式>

$$\log(\text{総 THM 濃度 } \mu\text{g/L}) = a + b \times \log(\text{初期 UV 値}) + c \times \log(\text{水温 } ^\circ\text{C}) + d \times \log(\text{滞留時間 } \text{h})$$

$$(\text{総 THM 濃度 } \mu\text{g/L}) = 10^{\log(\text{総 THM 濃度 } \mu\text{g/L})} \quad \text{※a, b, c, d は係数}$$

表 7 予測式の係数

		a	b	c	d	決定係数 R ²	データ数 n
1	牛頸系	0.7477	0.8285	0.9058	0.2816	0.983	24
2	多々良浄水	0.8248	1.151	1.1779	0.4298	0.979	24
3	下原系①（海淡 20%）	0.1106	0.5598	0.9693	0.4516	0.956	26
4	下原系②（海淡 40%）	0.00000637	0.6402	0.9951	0.5234	0.952	26

イ 牛頸系各配水池の総 THM 実測値と予測値との比較

平成 25 年度における牛頸系配水池（計 14 ヶ所）の総 THM 実測値と予測値を比較した（図 6）。予測値の算出には、各配水池の水温、UV 吸収、到達時間（浄水出口からの到達時間に 6 時間を加算した時間）を用いた。

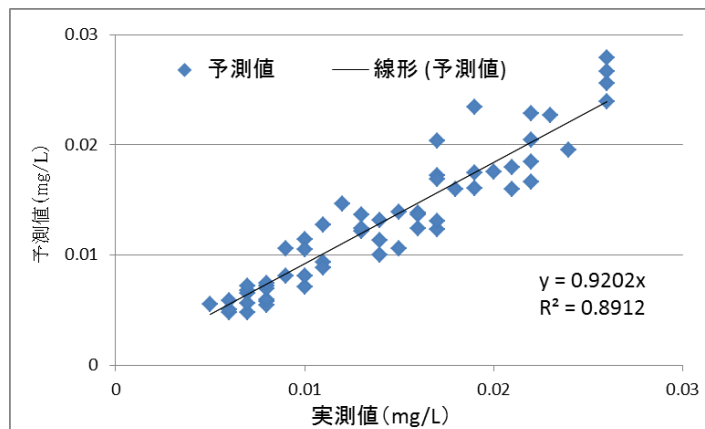


図 6 配水池の総 THM 実測値と予測値の関係

UV 吸収値は時間の経過とともに低下するため、各配水池への送水時間を考慮した浄水池出口の UV 吸収値を入力するのが適当であるが、実測値がないため各配水池の UV 吸収値を入力した。予測値が実測値よりやや低め（係数が 0.9202）であったのは、UV 値を配水池の値を用いた影響が出ていると考えられる（UV 値は時間と共に下がる）。

ウ 牛頸系の UV 吸収値と総 THM 濃度の関係予測

予測式を用いて算出した水温 30℃での牛頸浄水 UV 吸収値、到達時間と総 THM 濃度の関係を図 7 に示す。

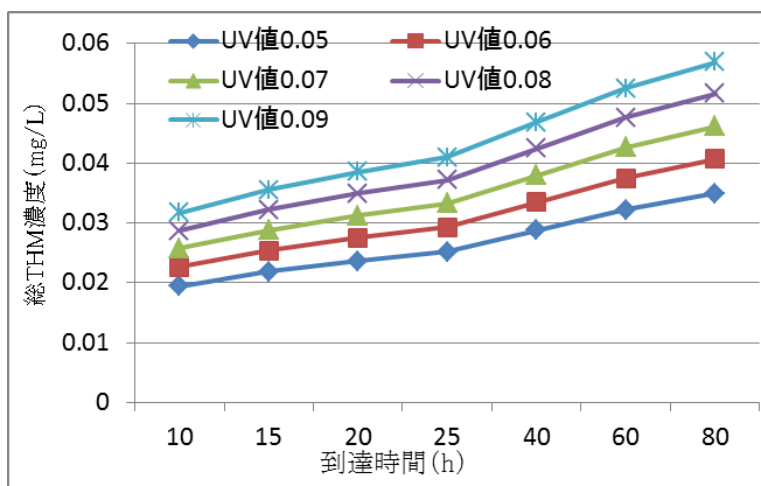


図 7 牛頸浄水 UV 吸収値と総 THM 濃度との関係 (30℃)

牛頸系最遠方配水池篠栗第二配水池（中塩添加後 20～25 時間）を想定すると、水温 30℃で牛頸浄水の UV 値が 0.080 程度（企業団 UV 目標値）で企業団の総 THM の目標値 0.040mg/L に近い値になると予測された。

エ 下原系各配水池の総 THM 実測と予測

(ア) 総 THM 実測値と予測値との比較

平成 25 年度の下原系各配水池の実測値と海淡水 40%, 20% 条件の予測値の関係を図 8 示す。
下原系の海淡水割合は平均で 35% 程度であったので、海淡水 40% 予測値に近い値であった。

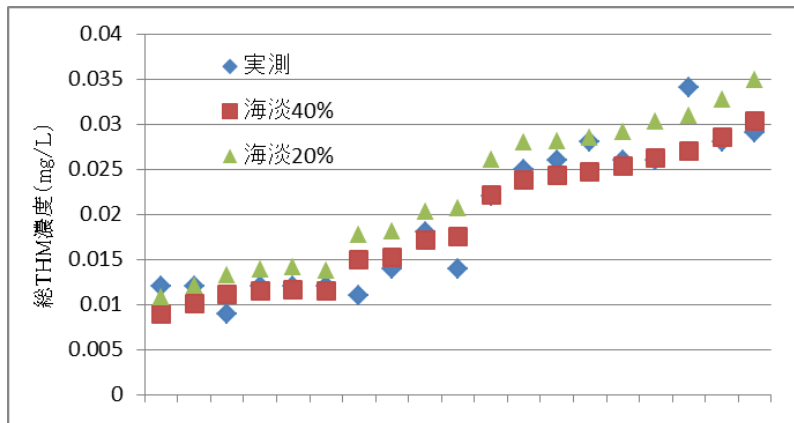
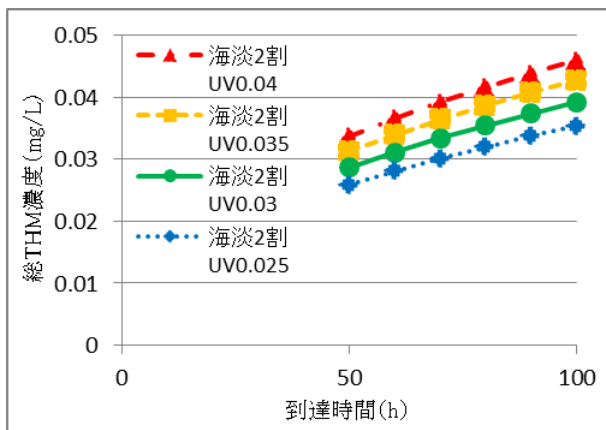


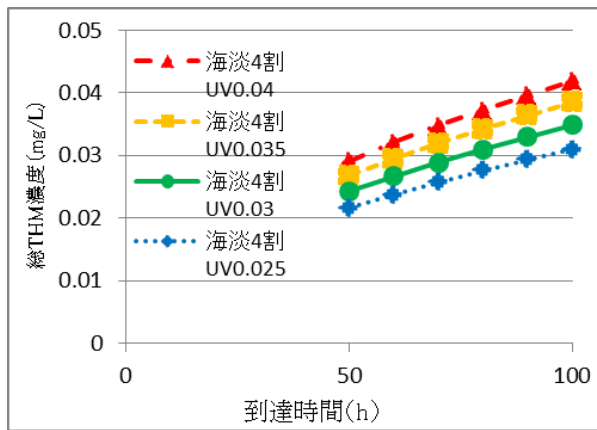
図 8 下原系配水池の実測値，予測値の比較

(イ) 海淡水割合 20%, 40% 時の総 THM 予測

水温 30℃ 時の海淡水 20% の予測結果を図 9，海淡水 40% の予測結果を図 10 に示す。海淡水 20% の場合，UV 値 0.03 で 100 時間後に総 THM 濃度が 0.04mg/L 程度になると予想された。海淡水 40% の場合，UV 値が 0.035 で総 THM 濃度が 100 時間後に 0.04mg/L 程度になると予測された。



(左) 図 9 海淡水 20% 混合水の UV 吸収値と総 THM 濃度との関係 (30℃)



(右) 図 10 海淡水 40% 混合水の UV 吸収値と総 THM 濃度との関係 (30℃)

7 下原系送水の THM 実測調査

(1) 調査概要

平成 27, 28 年度に送水中の THM 濃度変動の実態把握を目的として下原系において夏季を中心に実測調査を行った。調査の概要は以下のとおり。

表 8 THM 実測調査の概要

年度	時期	頻度	回数	調査地点数	分析項目
27	7～9月	週 3 回	計40回	7 地点	気温, 水温, 残留塩素, トリハロメタン類, UV吸収 (E260 50mm)
28	5月～12月	7～9月: 週 2 回 上記以外: 週 1 回	計41回	6 地点	

調査地点については、平成 28 年度からの構成団体の配水池変更（多礼共同配水池→畦町配水池）や津丸ポンプ場における THM 計設置に伴い、年度によって若干異なっており、平成 27 年度は表 9、図 11 のとおり、平成 28 年度は表 10、図 12 のとおりである。

表 9 H27 調査地点

地点番号	施設名称	所在地	検体名	備 考
地点①	牛頸浄水場	大野城市牛頸1丁目	牛頸浄水	牛頸浄水場浄水（1系）
地点②	下原混合施設	福岡市東区下原3丁目	下原（牛頸）	下原混合施設入口の牛頸系送水
地点③	下原混合施設	福岡市東区下原3丁目	下原混合	下原混合施設の混合水 （牛頸系送水＋海淡水系）
地点④	下原混合施設	福岡市東区下原3丁目	下原（海淡水）	下原混合施設入口の海淡水系送水 （多々良混合施設の混合水）
地点⑤	多々良混合施設	糟屋郡粕屋町大字戸原	多々良混合	多々良混合施設の混合水 （海淡水生産水＋多々良浄水場浄水）
地点⑥	医王寺配水池	古賀市筵内	医王寺	医王寺配水池入口 （下原系送水）
地点⑦	多礼共同配水池	宗像市多禮	多礼	多礼共同配水池入口 （下原系送水）

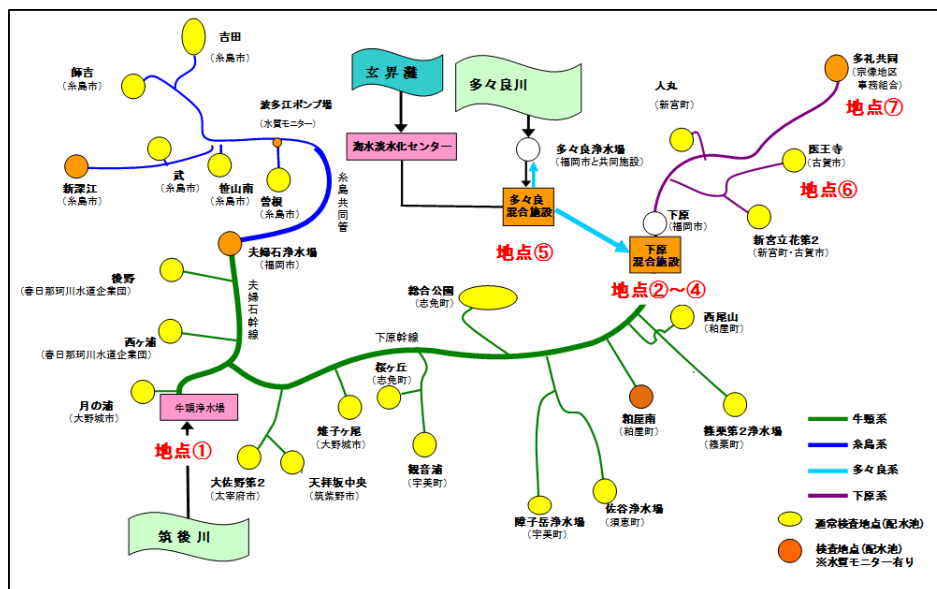


図 11 H27 調査地点

表 10 H28 調査地点

施設名称		所在地	検体名	備考
地点①	牛頸浄水場	大野城市牛頸1丁目	牛頸浄水	牛頸浄水場浄水(1系)
地点②	下原混合施設	福岡市東区下原3丁目	下原（牛頸）	下原混合施設入口の牛頸系送水
地点③	下原混合施設	福岡市東区下原3丁目	下原混合	下原混合施設の混合水
				(牛頸系送水+海淡水)
地点④	下原混合施設	福岡市東区下原3丁目	下原（海淡水）	下原混合施設入口の海淡水系送水
				(多々良混合施設の混合水)
地点⑤	多々良混合施設	糟屋郡粕屋町大字戸原	多々良	多々良浄水場浄水
				(多々良単独水)
地点⑥	津丸ポンプ場	福津市津丸字落合	津丸	津丸ポンプ場(下原系送水)

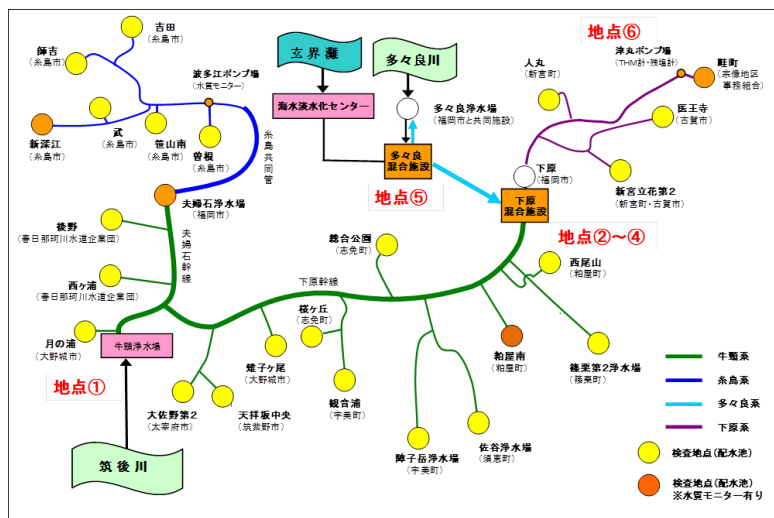


図 12 H28 調査地点

(2) 結果

ア 平成 27 年度の実測調査結果

平成 27 年度の調査結果を図 13 に示す。調査期間 (7 月～9 月) の下原系の海淡水混合割合は概ね 40% (平均 37.9%) であり、最遠方の多礼浄水場においても、総 THM 濃度の最大値は 0.028mg/L (8 月 17 日) で供給水の水質目標を満足していた。総 THM 濃度が最大であったのは、牛頸送水の 下原混合施設入口で 0.032mg/L (8 月 14 日) であった。

イ 平成 28 年度の実測調査結果

平成 28 年度の調査結果を図 14 に示す。平成 27 年度末から畦町配水池が供用開始となり、多礼共同配水池への送水がなくなったため、畦町配水池手前の津丸ポンプ場が最遠方である。総 THM の最高値は、津丸ポンプ場の 0.038mg/L (6 月 20 日) であった。6 月 20 日は、牛頸浄水の UV 吸収が 0.072, 多々良浄水の UV 吸収が 0.045, 下原混合水の UV 吸収が 0.038 であり、UV 吸収値が高めであったことが原因と考えられる。供給水の水質目標値については、すべて満足していた。

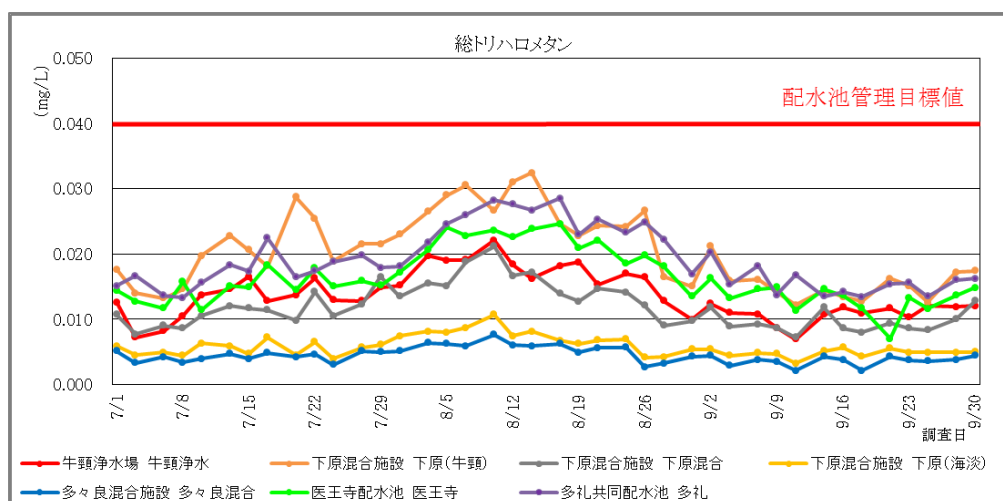


図 13 H27 調査結果 総 THM 濃度(ア)

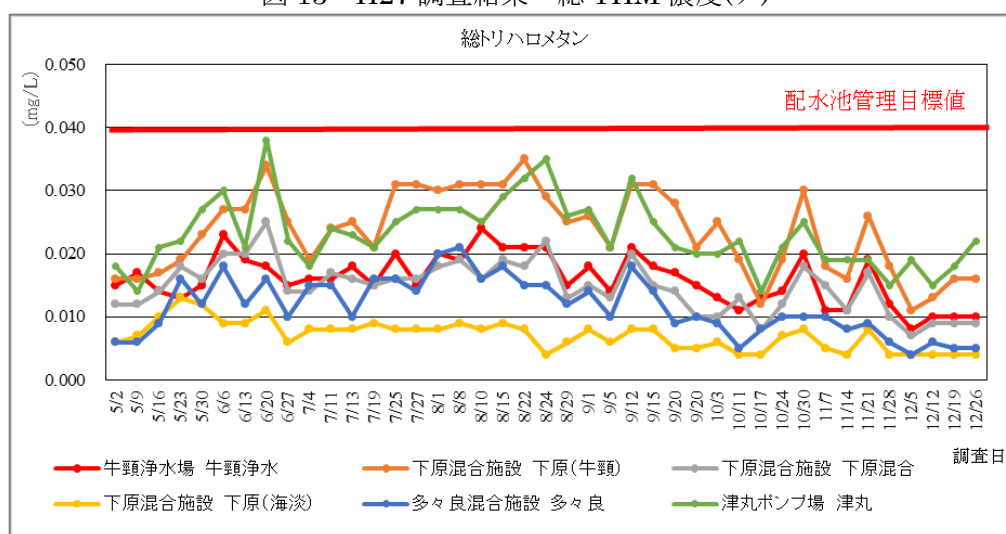


図 14 H28 調査結果 総 THM 濃度(イ)

H28 調査結果における津丸ポンプ場の THM 組成別の測定結果を図 15 に示す。海淡混合割合は、5 月は約 15%，6 月は約 36%，7 月～9 月は約 41%，10～12 月は約 35%で推移した。THM の組成では、海淡の混合割合が高いほどブロム系の THM の比率が高かった。

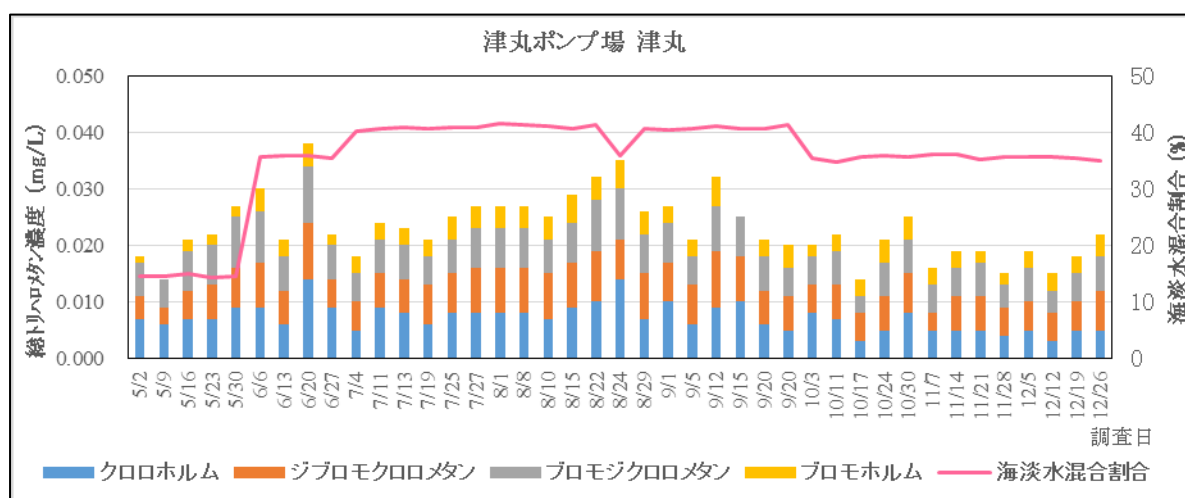


図 15 H28 調査結果 THM 組成

(3) 総 THM 予測式の作成

平成 27, 28 年度の実測調査結果をもとに、新たに牛頸系、下原系の総 THM 予測式を作成した。

ア 牛頸系

牛頸系の予測式は、牛頸浄水の UV 値、水温及び到達時間から牛頸系送水の総 THM 濃度を予測するもので、平成 27, 28 年度の実測調査結果から作成した。予測と実測の相関は図 16 に示すとおりで、 $R^2=0.71$ の相関があった。

<牛頸系予測式>

$$\log(\text{総 THM } \mu\text{g/L}) = 1.53640 + 0.76415 \times \log(\text{初期 UV 値}) + 0.31208 \times \log(\text{水温}) \\ + 0.24439 \times \log(\text{滞留時間})$$

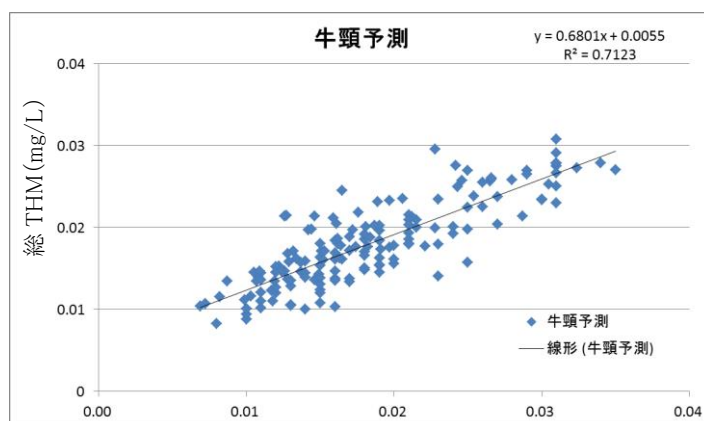


図 16 牛頸系予測と実測の相関

イ 下原系

下原系の予測式は、海淡 35~40%とし、牛頸浄水の UV 値、水温及び到達時間から下原系送水の総 THM 濃度を予測するもので、平成 28 年度の調査結果から作成した予測式がより正確性が高いと考えられたため、平成 28 年度の調査結果のみから作成した。予測と実測の相関は図 17 に示すとおりで、 $R^2=0.73$ の相関があった。

<下原系予測式>

$$\log(\text{総 THM } \mu\text{g/L}) = 0.41020 + 0.69745 \times \log(\text{初期 UV 値}) + 0.45222 \times \log(\text{水温}) \\ + 0.73989 \times \log(\text{滞留時間})$$

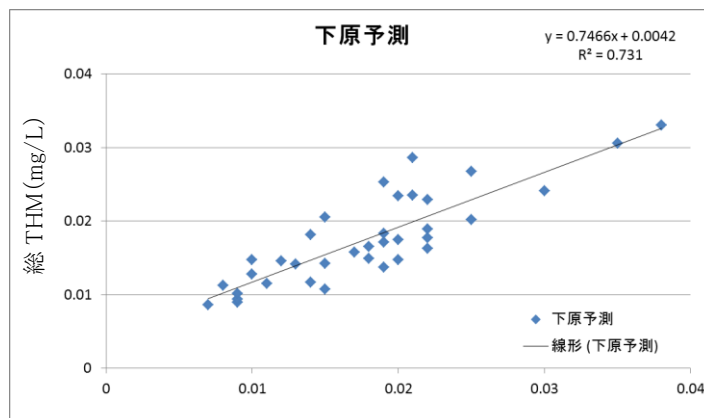


図 17 下原系予測と実測の相関

8 THM 計の設置

(1) THM 計の概要

平成 28 年 7 月から、津丸ポンプ場に THM 計（写真 1）を設置した。THM 計の仕様は表 11 に示すとおりであり、測定方式は膜分離-蛍光定量法で 1 時間に 1 回の測定が可能である。



写真 1 THM 計

測定方法	膜分離-蛍光定量法 ①塩素による分解停止（硫酸ヒドラジンと混合） ②ガス透過性膜で試料水中のTHMを気相に分離し、 キャリア液（アルカリ性ニコチン酸アミド溶液）に再溶解 ③加熱して蛍光物質を生成 ④蛍光測定（励起365nm, 蛍光458nm）
測定成分	総トリハロメタン <各トリハロメタンに対する回収率> クロロホルム 100% ブromoシクロメタン 78% ジブromoシクロメタン 53% ブromoホルム 46% ※分子量が大きいほど見かけの蛍光感度が低くなるため ⇒総トリハロメタンの実測値で補正（補正係数をかける）
測定範囲	0～200 μg/L（クロロホルム当量）
測定間隔	1回／4時間（最大 1回／1時間）

表 11 THM 計仕様

(2) 実測値と THM 計の相関

平成 28 年度の津丸ポンプ場における THM 計の指示値と実測値（図 18）は、 $R^2=0.52$ の相関があった。予測値と実測値は概ね近い数値となっていたが、総 THM 濃度で 0.01mg/L 以上の開きがある場合もあった。THM 計は、直接的にはクロロホルム当量の THM 濃度を測定しているため、クロロホルムは回収率 100%となるが、他の THM は分子中のブロムの数が多くなるにつれて分子量が大きくなり、見かけの蛍光感度が低くなるため、回収率が低下する。そのため、測定値（クロロホルム当量）に補正係数をかけて総 THM を算出している。下原系の送水は、牛頸系と多々良系の比率によってブロム系 THM の比率が変化し（多々良系はブロム系 THM の比率が高い）、誤差が生じることとなるため、多々良系の混合比率が変わればその都度 THM を実測して校正を行うことが望ましい。しかし、GCMS 測定は、検水を持ち帰っての測定となるため、採水、校正作業で遠方の津丸ポンプ場に 2 回行く必要があり、日常的に校正を行うことは困難である。THM 計校正の頻度を含め、THM モニタリング手法の確立が今後の課題である。

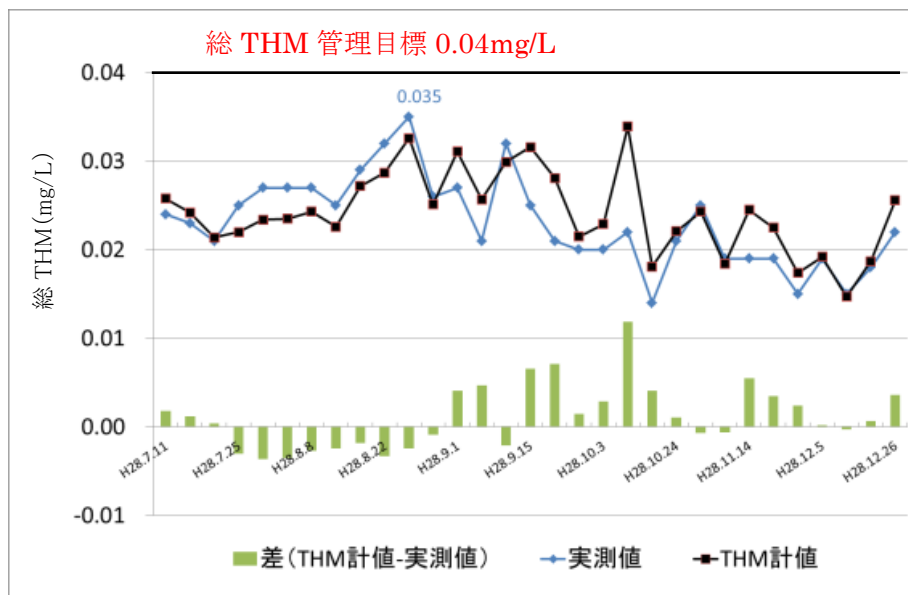


図 18 THM 計指示値と実測値（津丸ポンプ場）

9 牛頸浄水場浄水の水質改善

(1) 高塩基度 PAC の導入の効果

牛頸浄水場では、平成 28 年度から高塩基度 PAC を導入した。高塩基度 PAC と通常 PAC での THM 生成挙動について、ジャーテストで浄水処理を再現し、保存試験を行って比較した。試験方法は図 19 に示すとおり。PAC 注入率 20mg/L、30℃における経過時間と総 THM 濃度の関係式を図 20 に示す。この関係式を用いて 50 時間後の総 THM 濃度を比較すると、高塩基度 PAC では 4～7%の THM 低減効果が試算された。また、高塩基度 PAC では注入率を上げることによる効果が通常 PAC より高いと考えられた。

原水 (3000mL)
↓ ← 硫酸 (現在使用量), 次亜塩素酸ナトリウム (前次亜: 現在使用量)
↓ ← PAC 高塩基度 PAC (注入率, 15, 20, 25 ppm), 通常 PAC (20, 30, 40)
ジャーテスターによる高速攪拌 1 分, 低速攪拌 50 rpm 14 分
↓
30 分静置
↓
上澄み採水 (9 割程度)
↓ ← 次亜塩素酸ナトリウム (中次亜: 現在使用量)
吸引ろ過 (ろ紙 GF/B, 500mL でろ紙交換)
↓
↓ ← 次亜塩素酸ナトリウム (後次亜: 残留塩素 0.8 ppm 目標)
↓ ← pH 調整 (7.4~7.5)
耐熱ねじ口瓶満水
↓
30℃条件で一定時間保存 (12, 24, 48 時間)
↓
測定 (残留塩素, pH, UV260, トリハロメタン)

図 19 高塩基度 PAC による THM 低減化試験方法

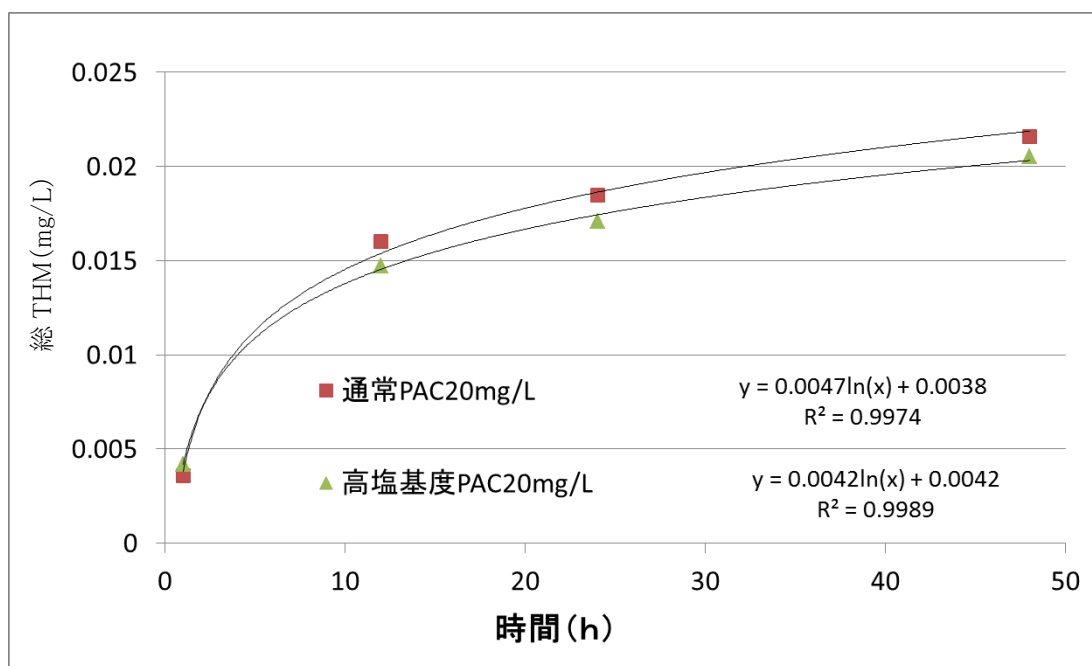


図 20 注入率 20mg/L での総 THM の比較

(2) ろ過池の遮光ネット設置

平成 27 年度に 2 系, 28 年度に 1 系のろ過池に遮光ネット設置を行った(写真 2)。昼間の THM 低減化効果を検証するため, 平成 27 年 8 月 8 日 13:00 に 2 系(遮光ネットあり)と 1 系(遮光ネットなし)のろ過水を採水し, 30℃で 48 時間の保存試験を行ったところ, 48 時間経過後で 14% (昼間)の THM 低減効果が見られた(図 21)。



写真 2 ろ過池遮光ネット

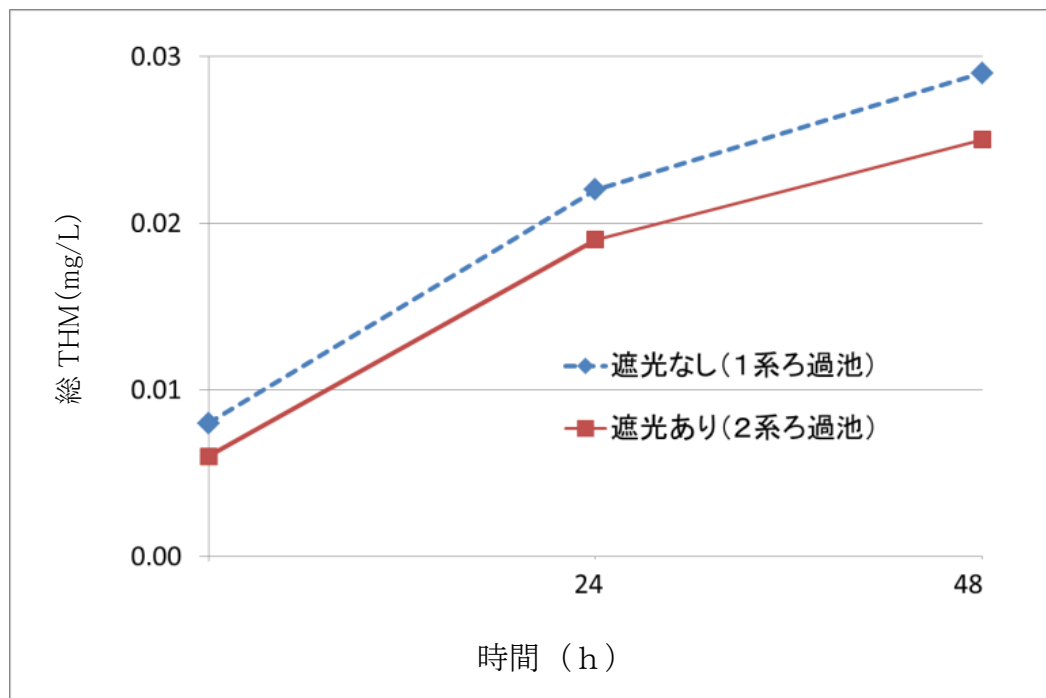


図 21 遮光の有無による昼間の THM 低減化効果

(3) その他（前塩停止の検討）

前塩を停止することにより、THMの生成が抑制されることが知られている。牛頸浄水場では現在年間を通して前塩を注入する運用を行っているが、前塩を停止した場合のTHM低減化効果の知見を得るため、実機において前塩停止試験を行い、塩素混和池水を採水して保存試験を行った。通常の前塩注入条件を平成28年5月31日、前塩停止条件を6月1日に採水した。9時時点の浄水処理状況は表12のとおり。その結果、前塩停止条件で48時間経過後では5%程度のTHM低減効果が見られた（図22）。

	5月31日	6月1日
活性炭注入率 (mg/L)	3	3
硫酸注入率 (mg/L)		
塩素注入率（前塩） (mg/L)	0.79	
塩素注入率（1系中塩） (mg/L)	0.76	1.12
塩素注入率（2系中塩） (mg/L)	0.71	1.23
塩素注入率（後塩） (mg/L)	0.28	0.32
カセイ注入率（前苛性） (mg/L)		
カセイ注入率（後苛性） (mg/L)	1.24	1.0
PAC注入率（1系） (mg/L)	19	19
PAC注入率（2系） (mg/L)	22	21
残留塩素目標値（ろ過水） (mg/L)	0.56	0.56
残留塩素目標値（浄水） (mg/L)	0.71	0.71
凝集目標pH値	7.20	7.20
浄水目標pH値	7.45	7.45
筑後川取水量 (m ³ /h)	8,382	7,955
鳴瀬取水量 (m ³ /日)	19,100	20,000

表12 5月31日（前塩あり）、6月1日（前塩なし）の浄水処理条件（9時時点）

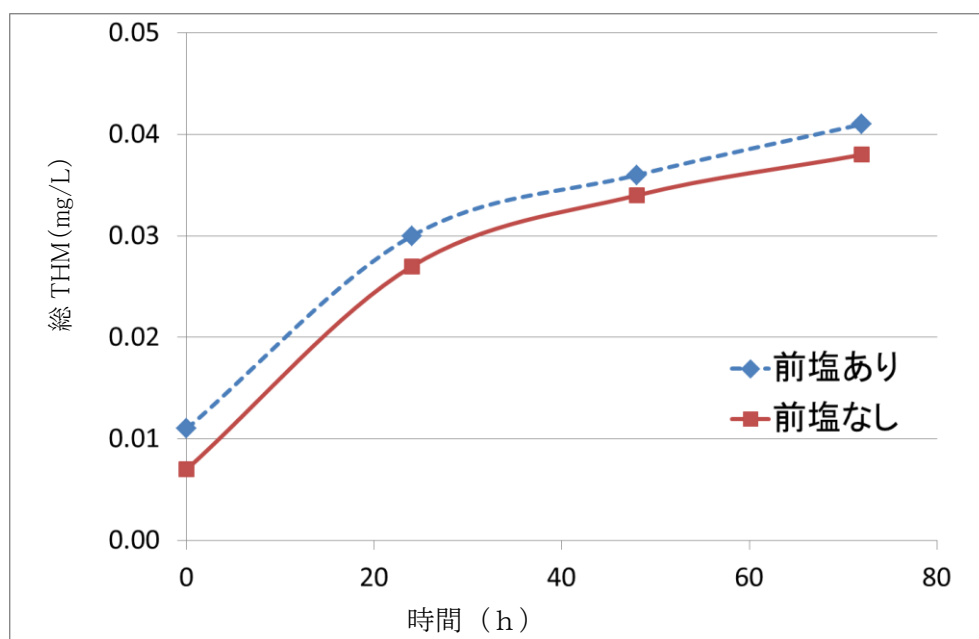


図22 前塩の有無によるTHM生成挙動

10 まとめ

当企業団では、平成 25 年度から下原系を中心とした THM 対策の取組を開始し、保存試験、予測式を作成、実測調査、THM 計の設置、牛頸浄水の水質改善の取組などを行ってきた。

牛頸浄水、多々良浄水、海淡水の保存試験（単独、混合）から、下原系では夏季（水温 30℃）において海淡水の混合割合が 30～40% なければ送水先で供給水の水質目標総 THM 0.04mg/L 以下を満足しない可能性があると考えられた。また試験結果をもとに総 THM 予測式を作成した。

平成 27 年度、平成 28 年度には、下原系送水の THM 実測調査を行い、実態を把握するとともに、実測値から予測式を作り直した。また、平成 28 年 7 月に津丸ポンプ場に THM 計を設置し、連続的な THM 監視を開始した。実測調査結果と THM 計は $R^2=0.52$ の相関があったが、総 THM 濃度で 0.01mg/L 以上の開きがある場合もあった。THM 計は THM の組成が変わることで誤差が生じるため、適切な校正によるモニタリング手法としての確立が今後の課題である。

牛頸浄水場の水質改善の取組として、高塩基度 PAC 導入、ろ過池の遮光ネット設置、前塩停止の検討などを行った。いずれも THM 低減化効果がみられたが、前塩の停止についてはまだ検討中である。

今後は、牛頸浄水場の水質改善の取組をさらに推進していくとともに、THM 計によるモニタリング手法を確立して下原系の THM 対策を推進していく予定である。