

受水槽内塩素消費量実態調査
結果報告書
(資料編【概要】)

目 次

1 測定結果抜粋 (A 調査)	1/28
1. 1 No. 2	2/28
1. 2 No. 4	4/28
1. 3 No. 8	6/28
2 測定結果抜粋 (B 調査)	8/28
2. 1 No. 1	9/28
2. 2 No. 2	11/28
2. 3 No. 3	13/28
2. 4 No. 4	15/28
3 文献一覧	16/28

1 測定結果抜粋（A 調査）

1.1 No. 2

①夏期調査

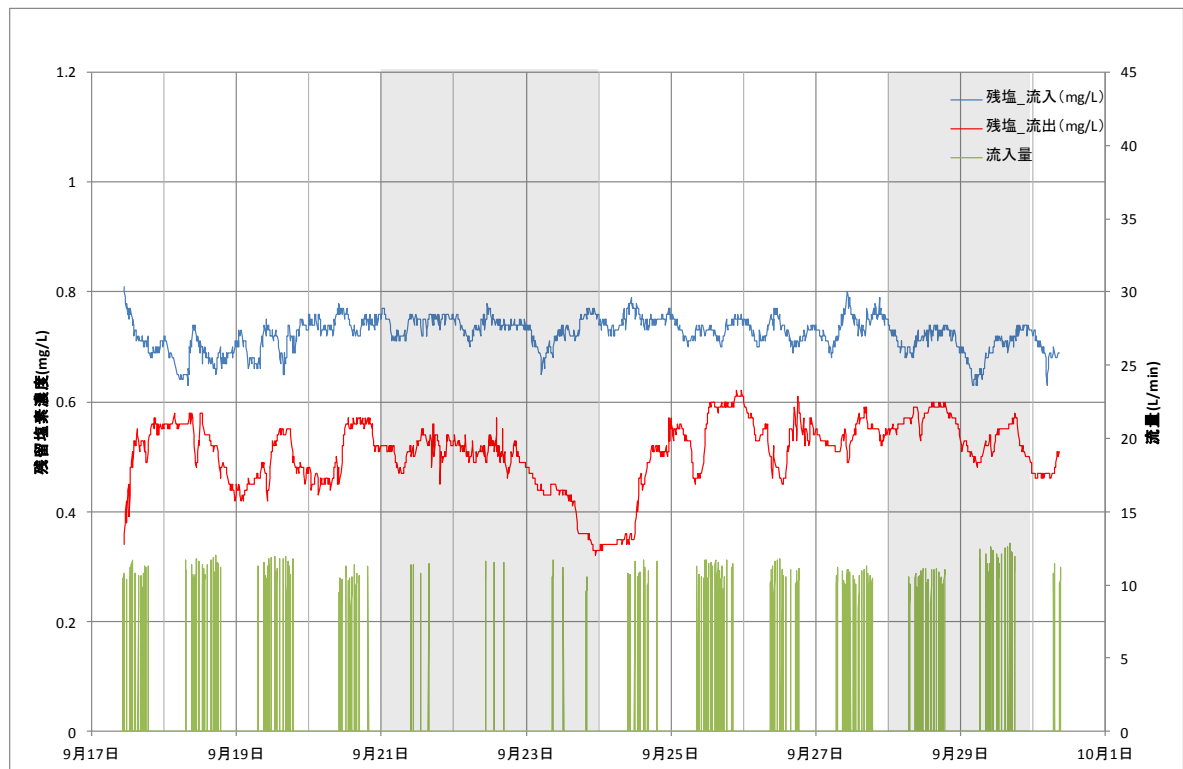


図 1.1.1 残留塩素濃度・流量 (No. 2_夏期)

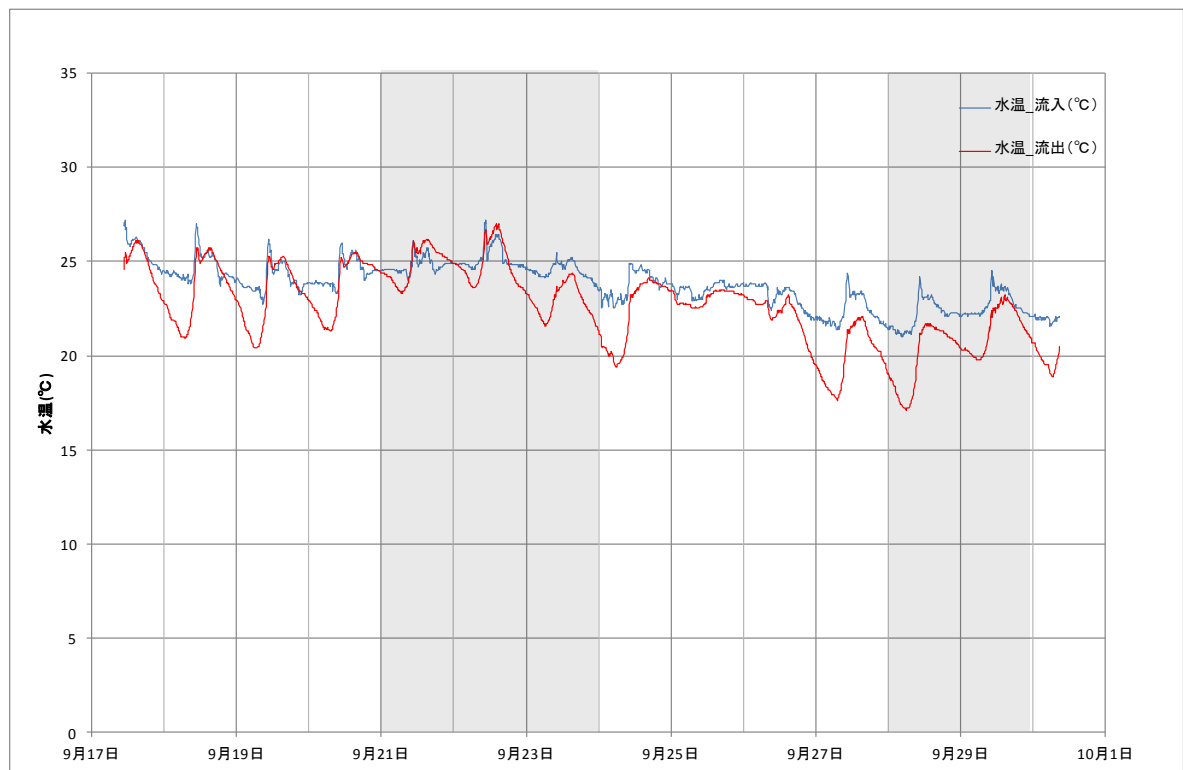


図 1.1.2 水温 (No. 2_夏期)

②冬期調査

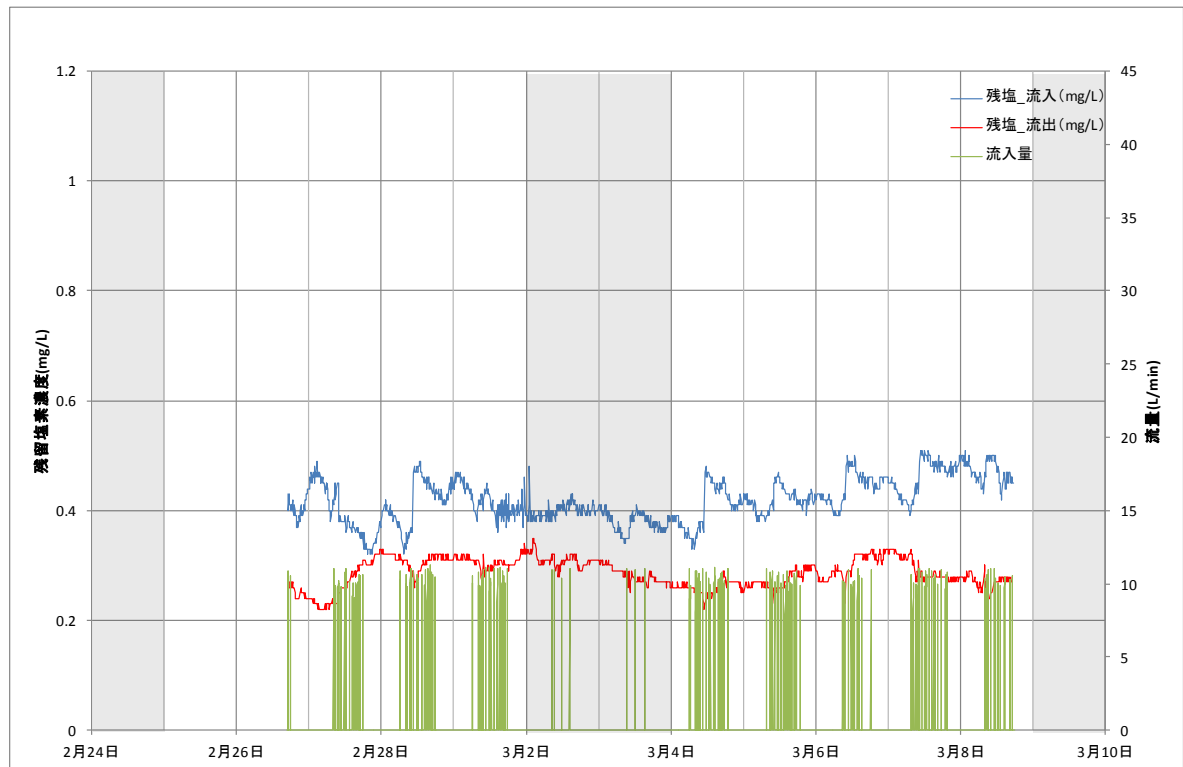


図 1.1.3 残留塩素濃度・流量 (No. 2_冬期)

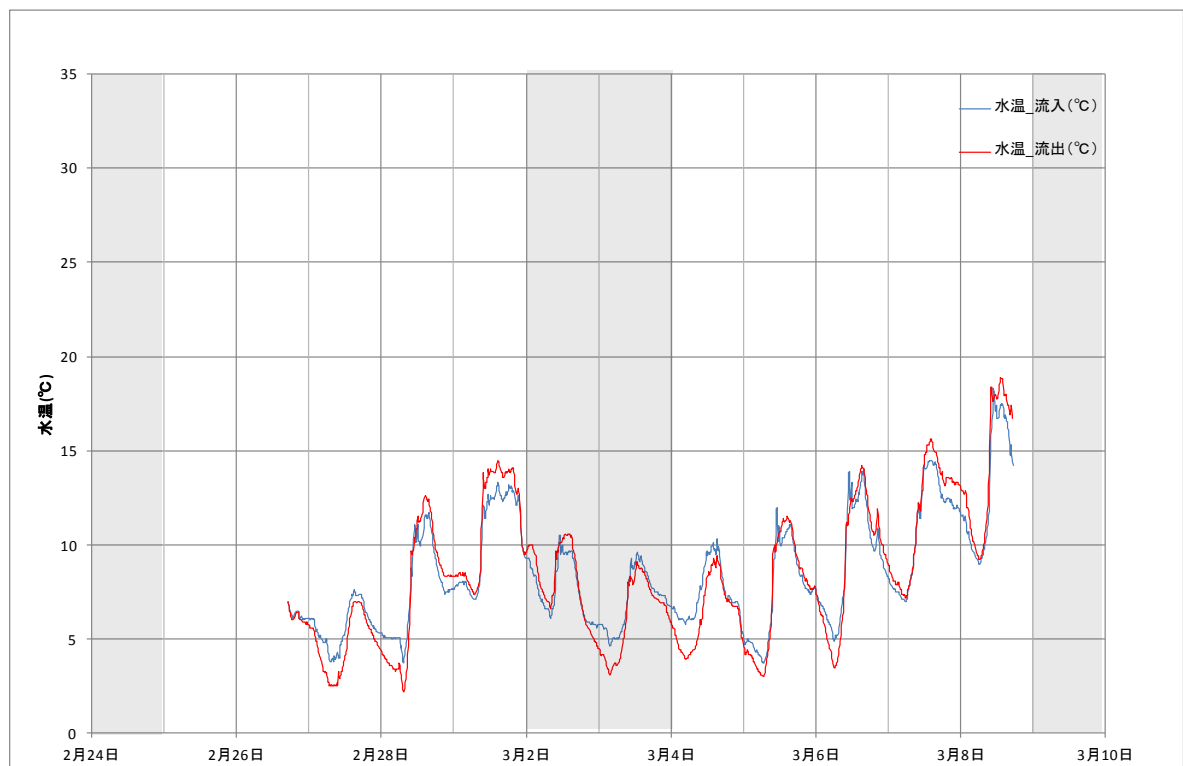


図 1.1.4 水温 (No. 2_冬期)

1.2 No. 4

①夏期調査

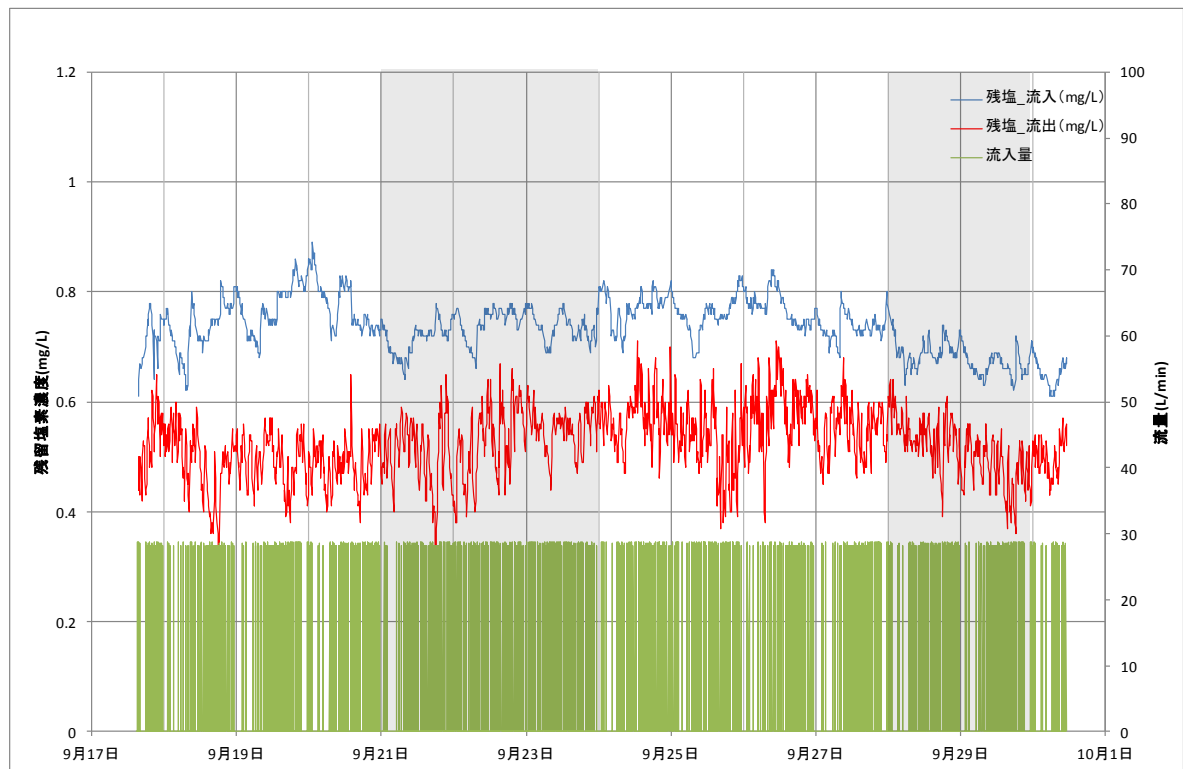


図 1.2.1 残留塩素濃度・流量 (No. 4_夏期)

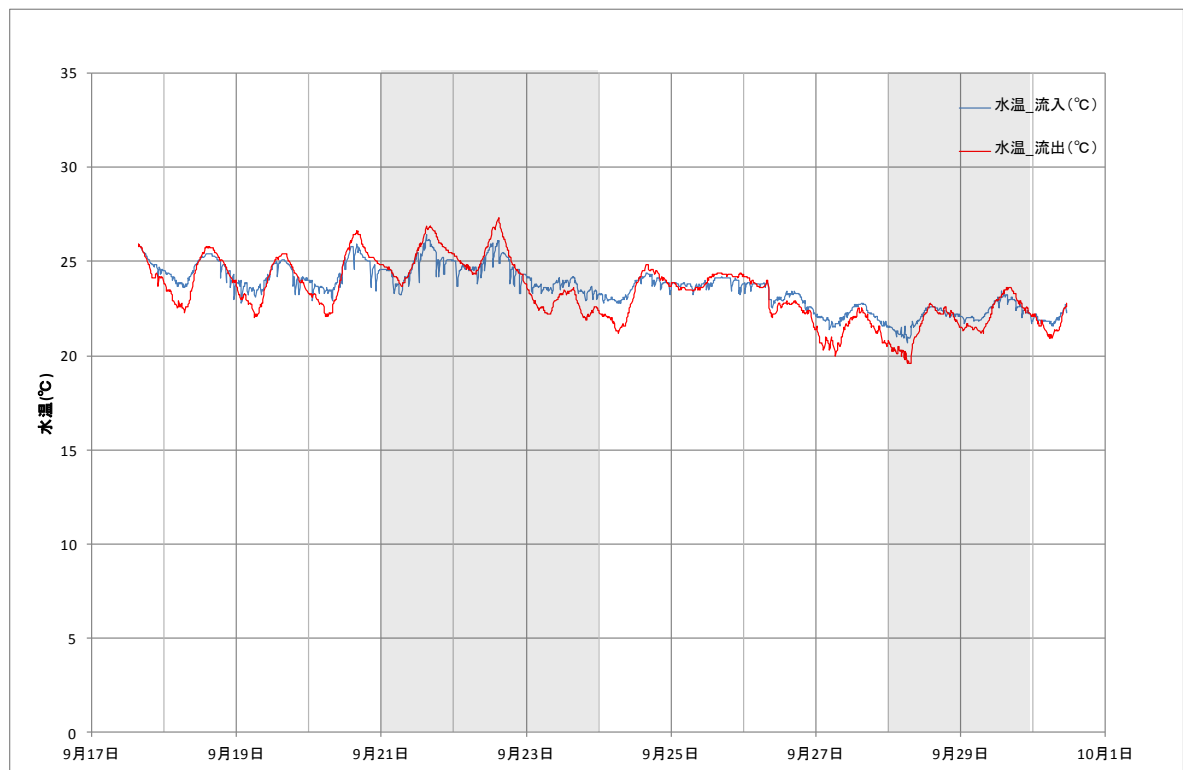


図 1.2.2 水温 (No. 4_夏期)

②冬期調査

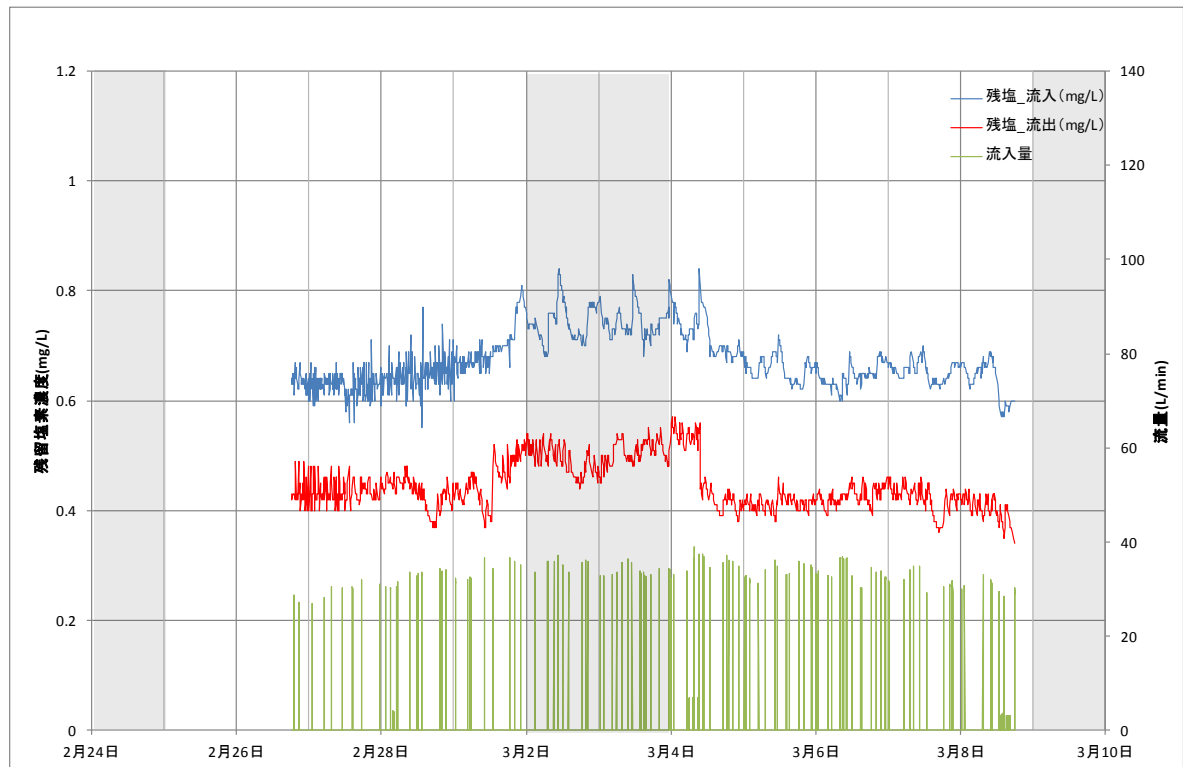


図 1.2.3 残留塩素濃度・流量 (No. 4_冬期)

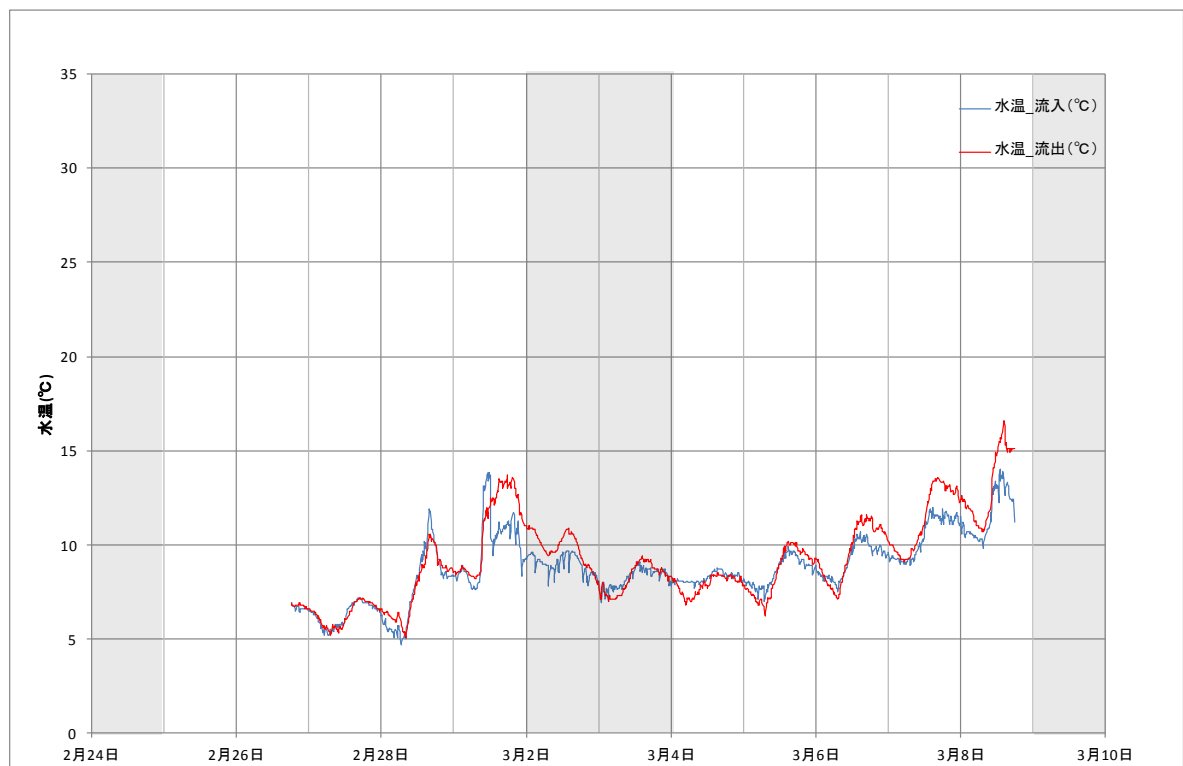


図 1.2.4 水温 (No. 4_冬期)

1.3 No. 8

①夏期調査

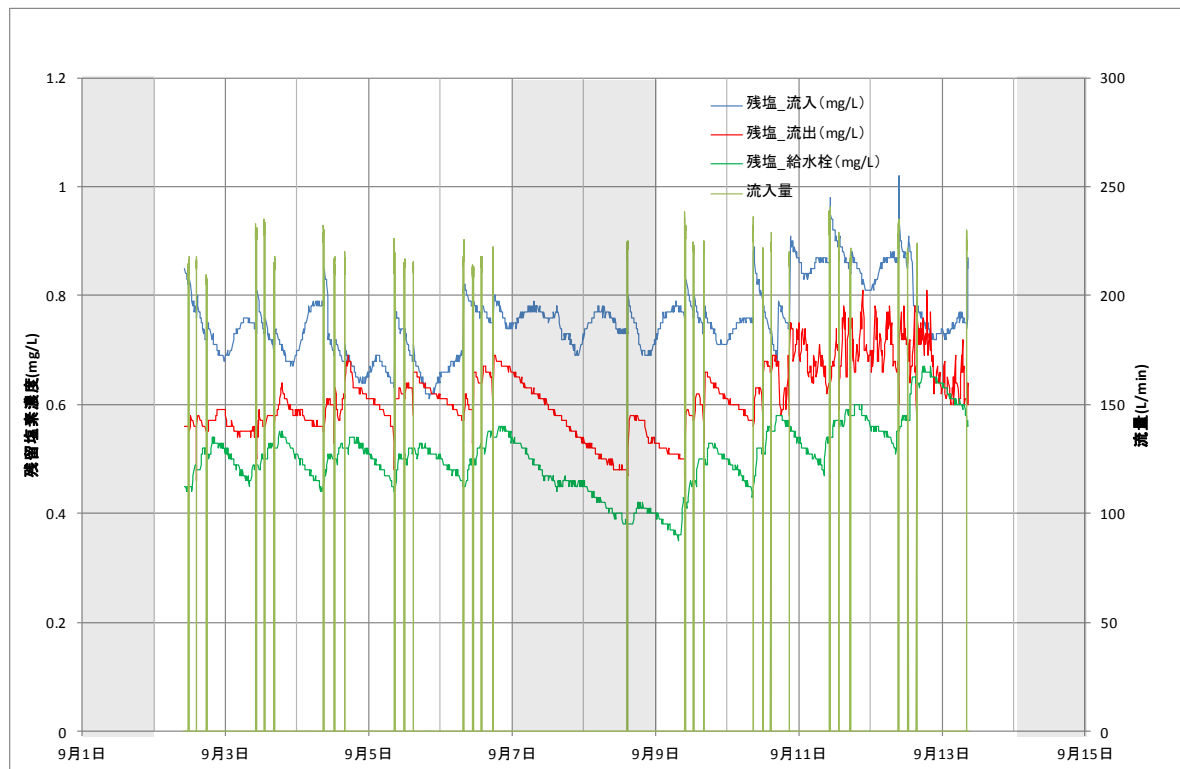


図 1.3.1 残留塩素濃度・流量 (No. 8_夏期)

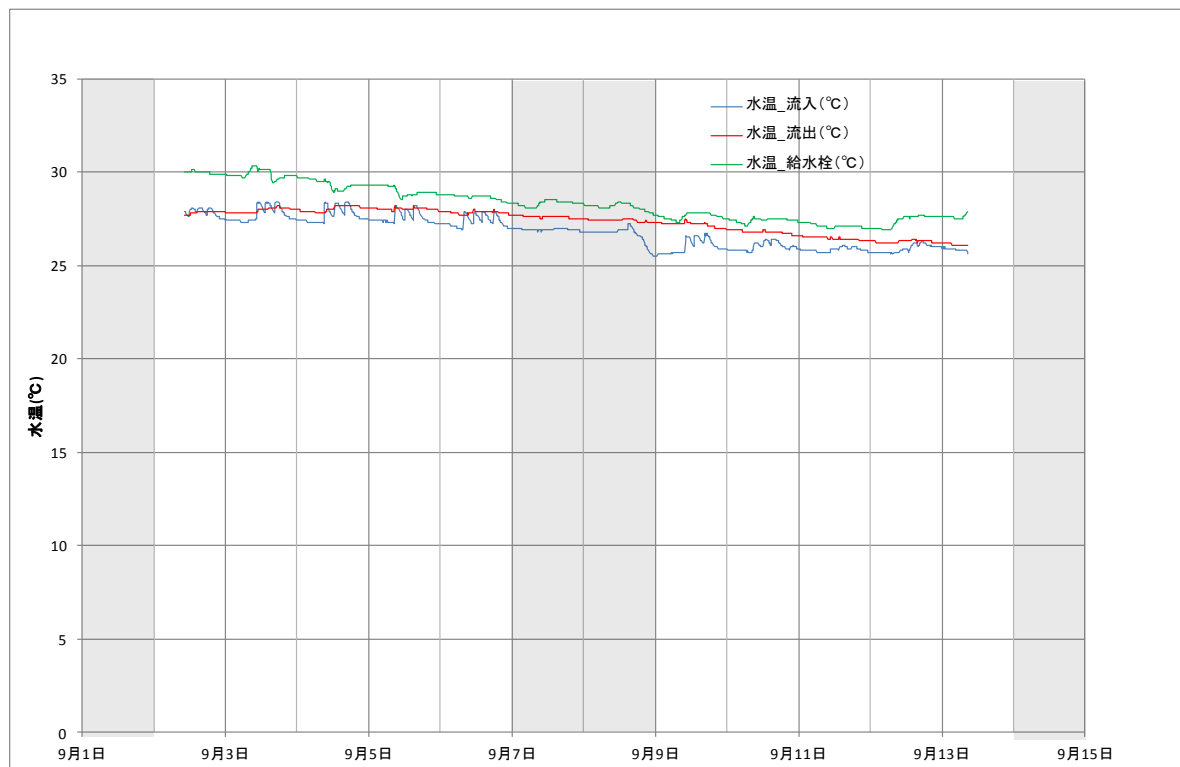


図 1.3.2 水温 (No. 8_夏期)

②冬期調査

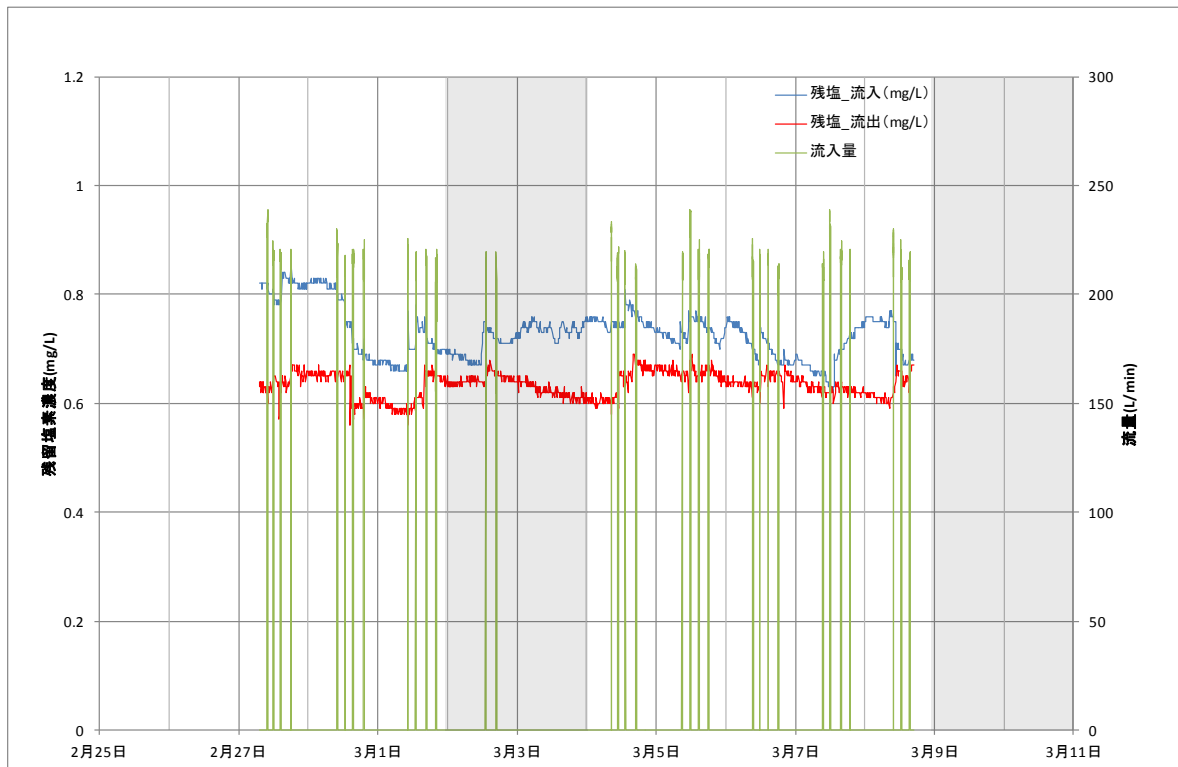


図 1.3.3 残留塩素濃度・流量 (No. 8_冬期)

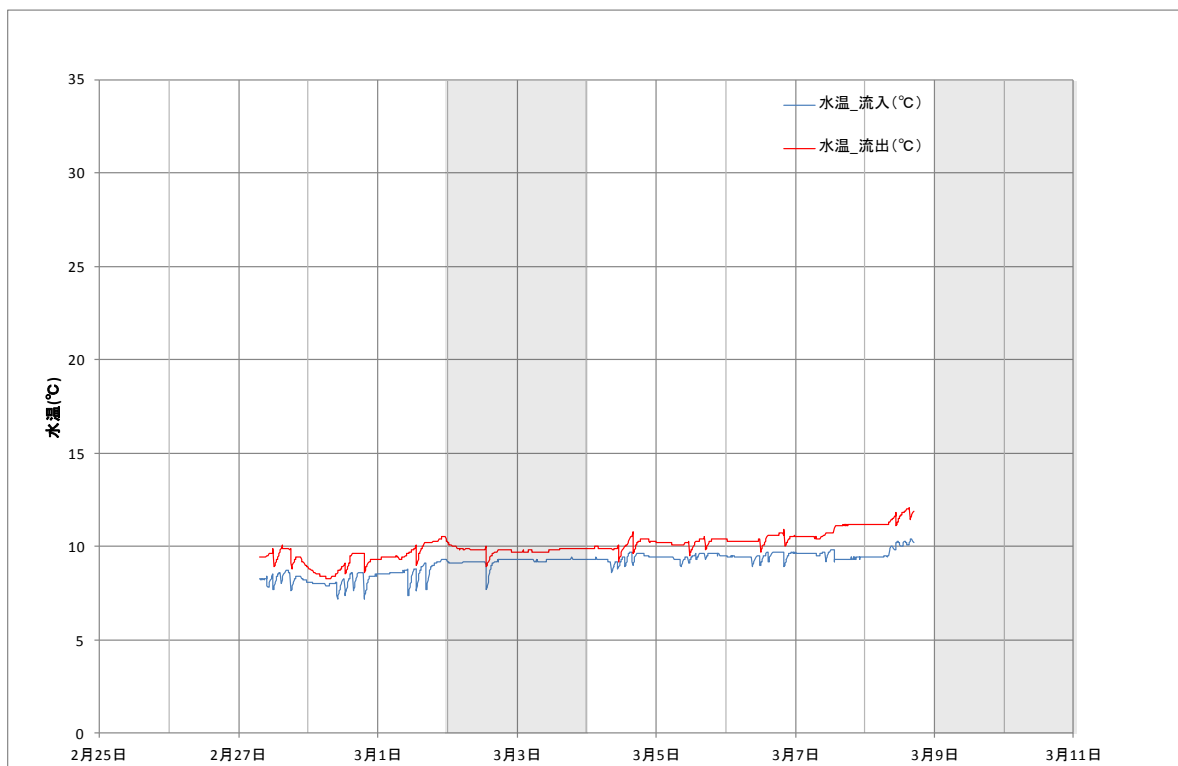


図 1.3.4 水温 (No. 8_冬期)

2 測定結果抜粋（B 調査）

2.1 No. 1

①平成 25 年 1 月 11 日～平成 25 年 2 月 8 日

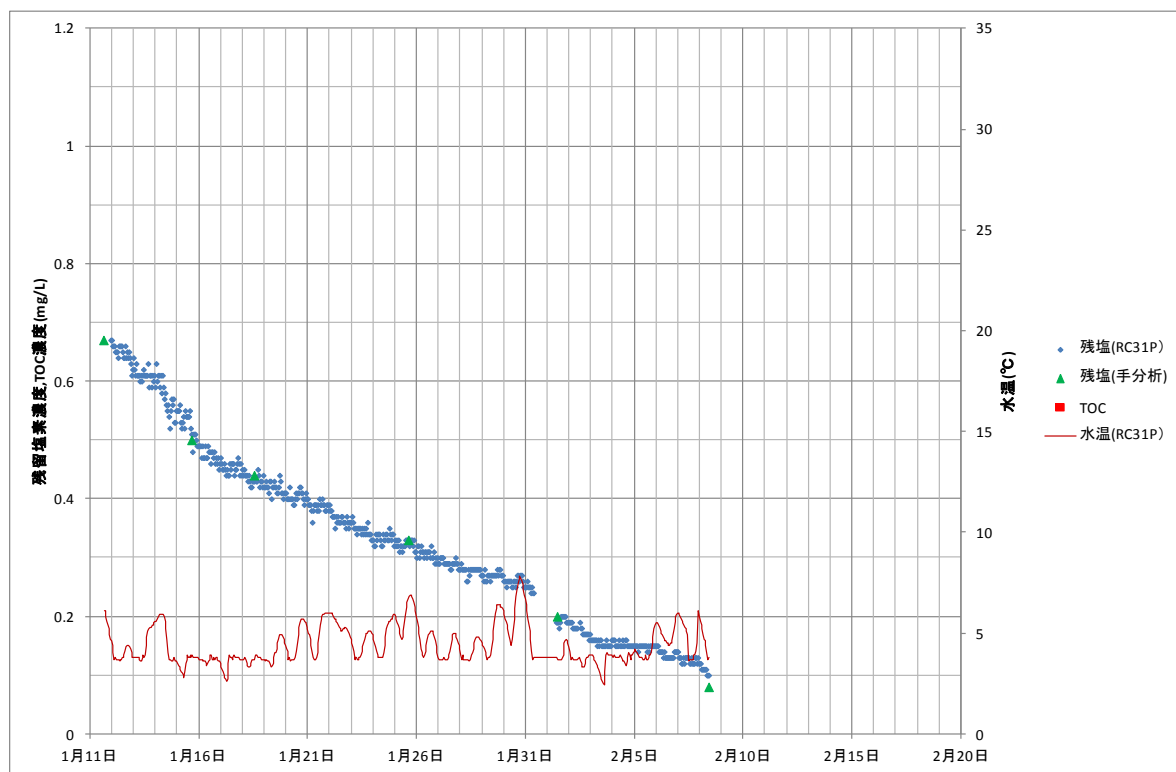


図 2.1.1 No. 1 (平成 25 年 1 月 11 日～平成 25 年 2 月 8 日)

②平成 25 年 5 月 21 日～平成 25 年 6 月 6 日

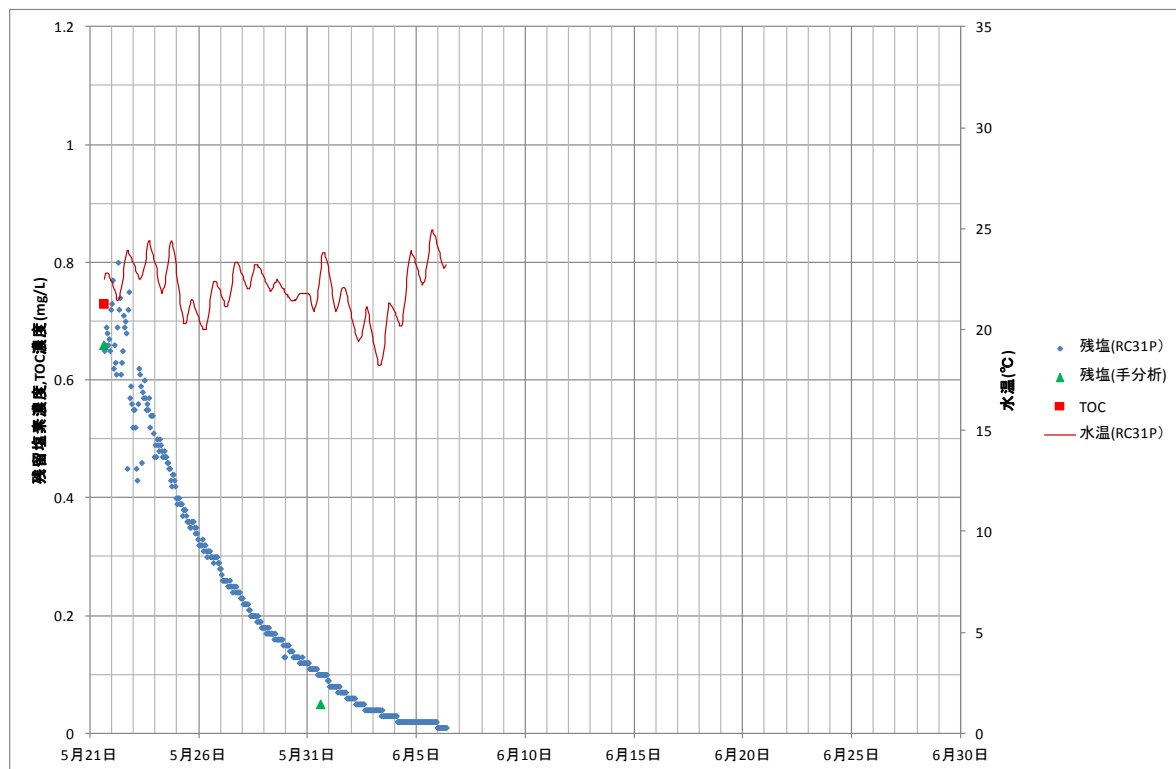


図 2.1.2 No. 1 (平成 25 年 5 月 21 日～平成 25 年 6 月 6 日)

③平成 25 年 6 月 6 日～平成 25 年 6 月 27 日

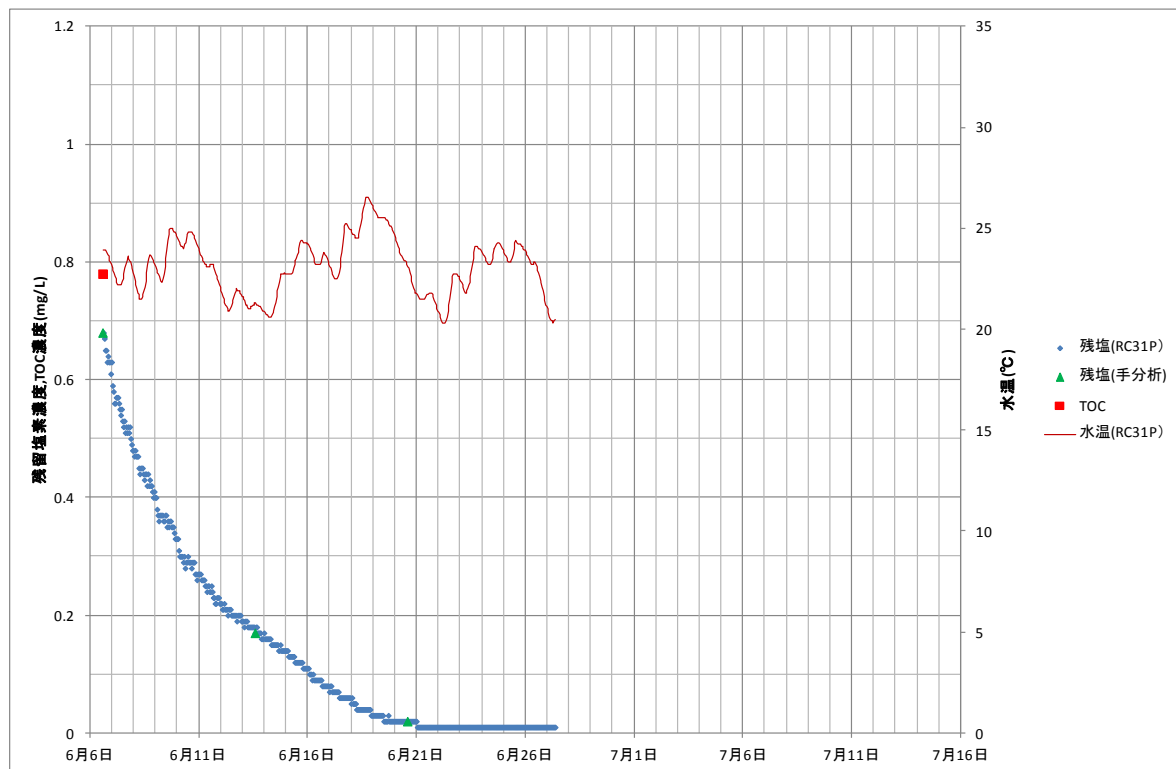


図 2. 1. 3 No. 1 (平成 25 年 6 月 6 日～平成 25 年 6 月 27 日)

④平成 25 年 8 月 21 日～平成 25 年 9 月 10 日

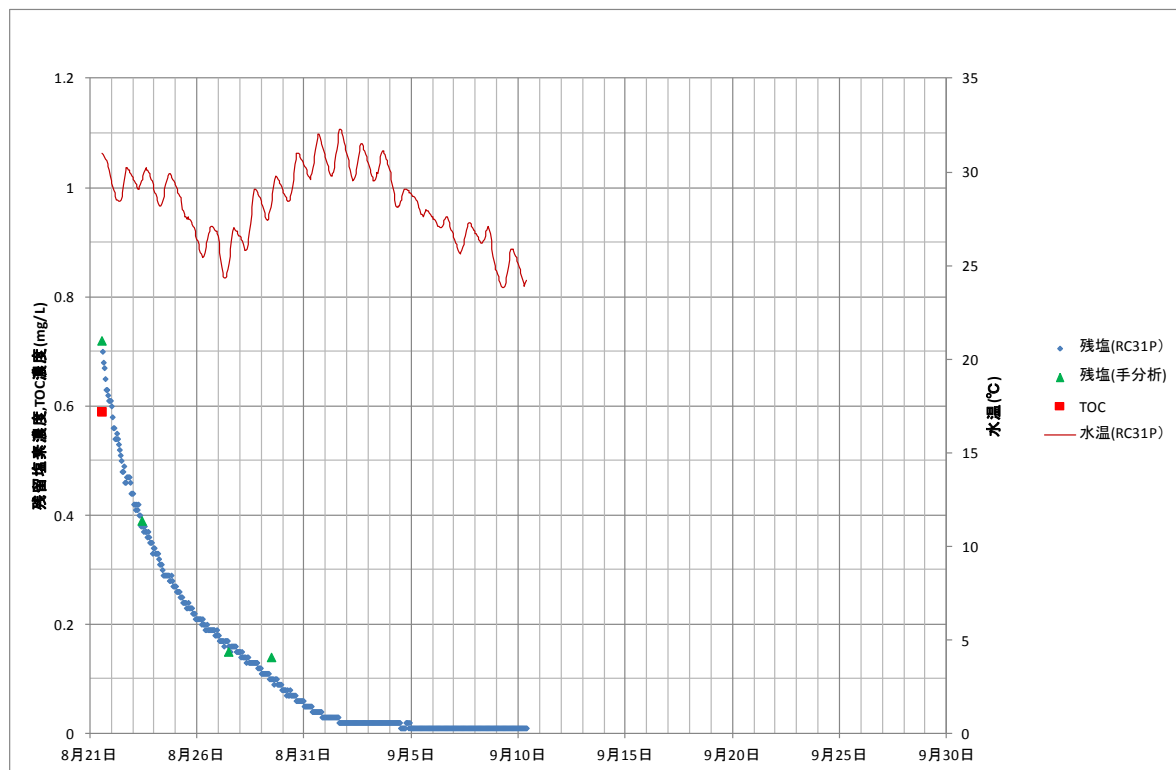


図 2. 1. 4 No. 1 (平成 25 年 8 月 21 日～平成 25 年 9 月 10 日)

2.2 No. 2

①平成 25 年 3 月 1 日～平成 25 年 3 月 28 日

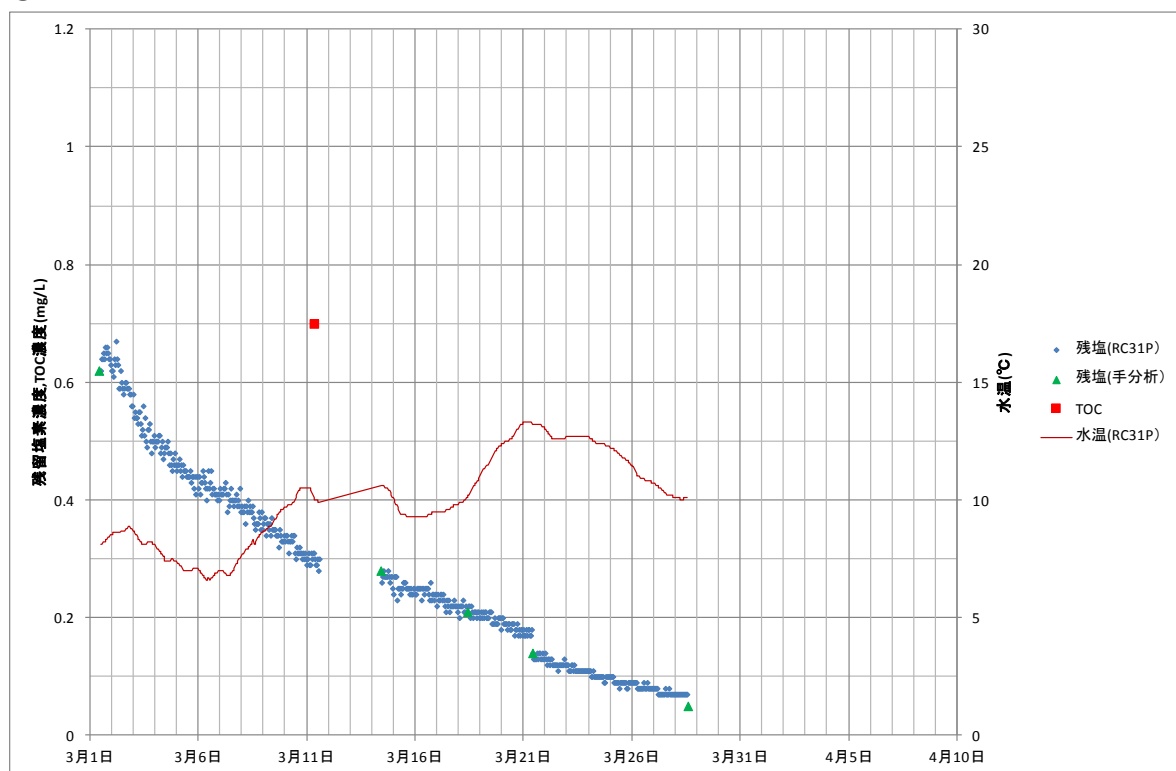


図 2.2.1 No.2(平成 25 年 3 月 1 日～平成 25 年 3 月 28 日)

②平成 25 年 6 月 6 日～平成 25 年 6 月 27 日

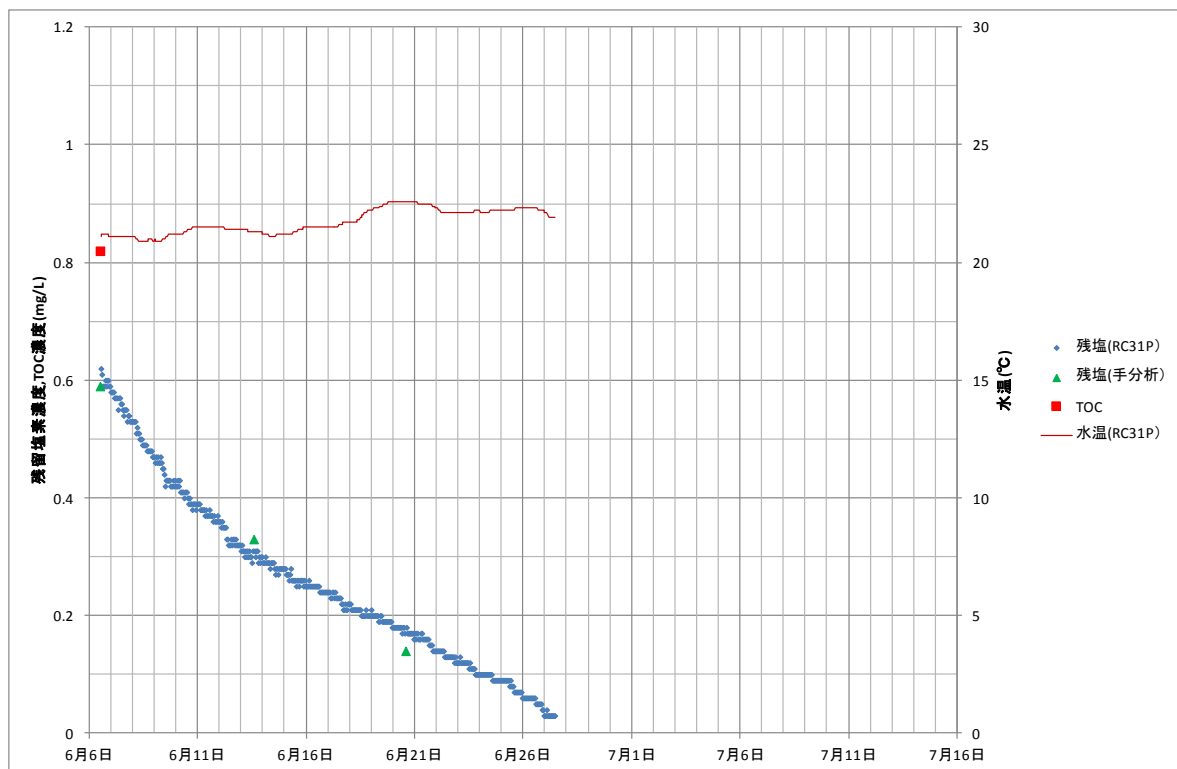


図 2.2.2 No.2(平成 25 年 6 月 6 日～平成 25 年 6 月 27 日)

③平成 25 年 7 月 30 日～平成 25 年 8 月 13 日

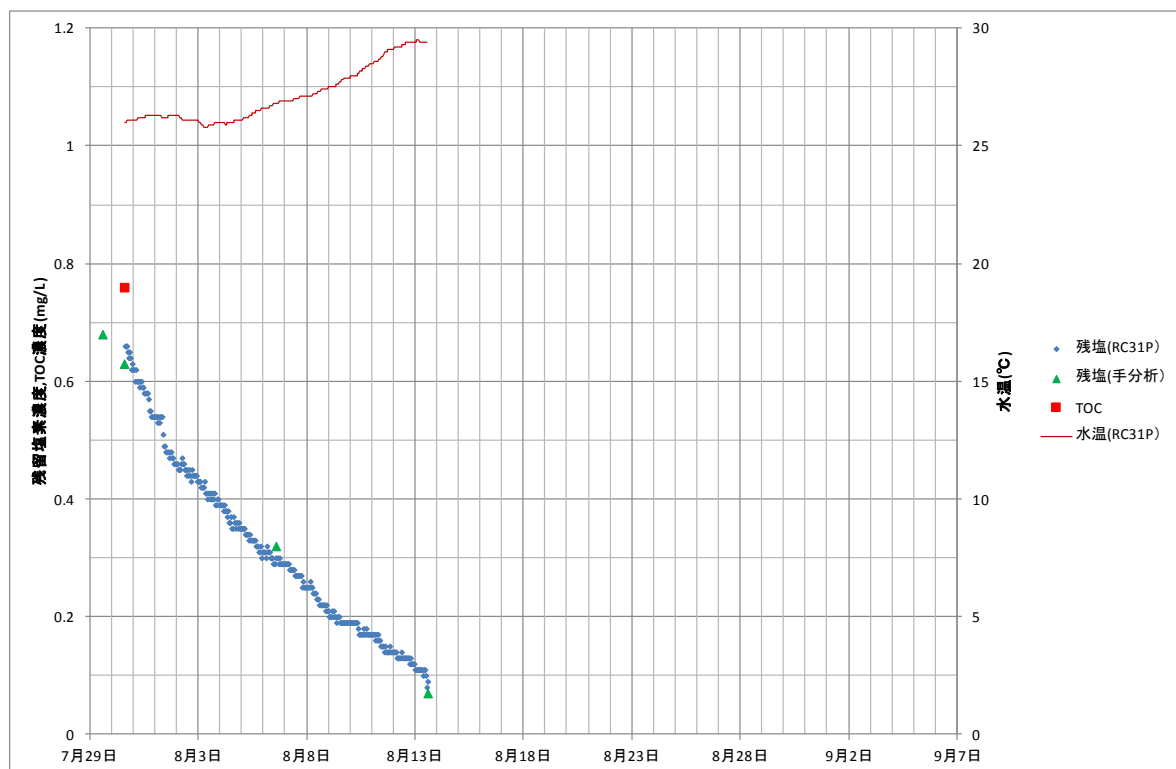


図 2. 2. 3 No. 2(平成 25 年 7 月 30 日～平成 25 年 8 月 13 日)

④平成 25 年 8 月 21 日～平成 25 年 9 月 10 日

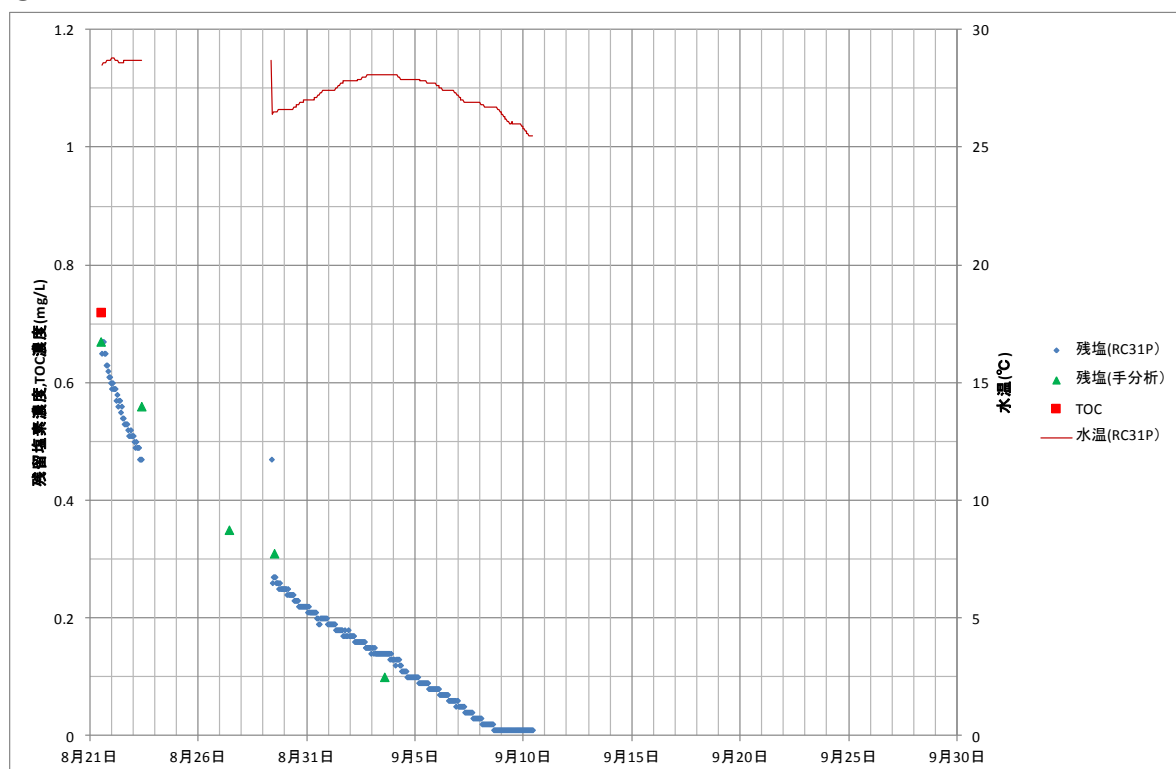


図 2. 2. 4 No. 2(平成 25 年 8 月 21 日～平成 25 年 9 月 10 日)

2.3 No. 3

①平成 25 年 4 月 15 日～平成 25 年 5 月 16 日

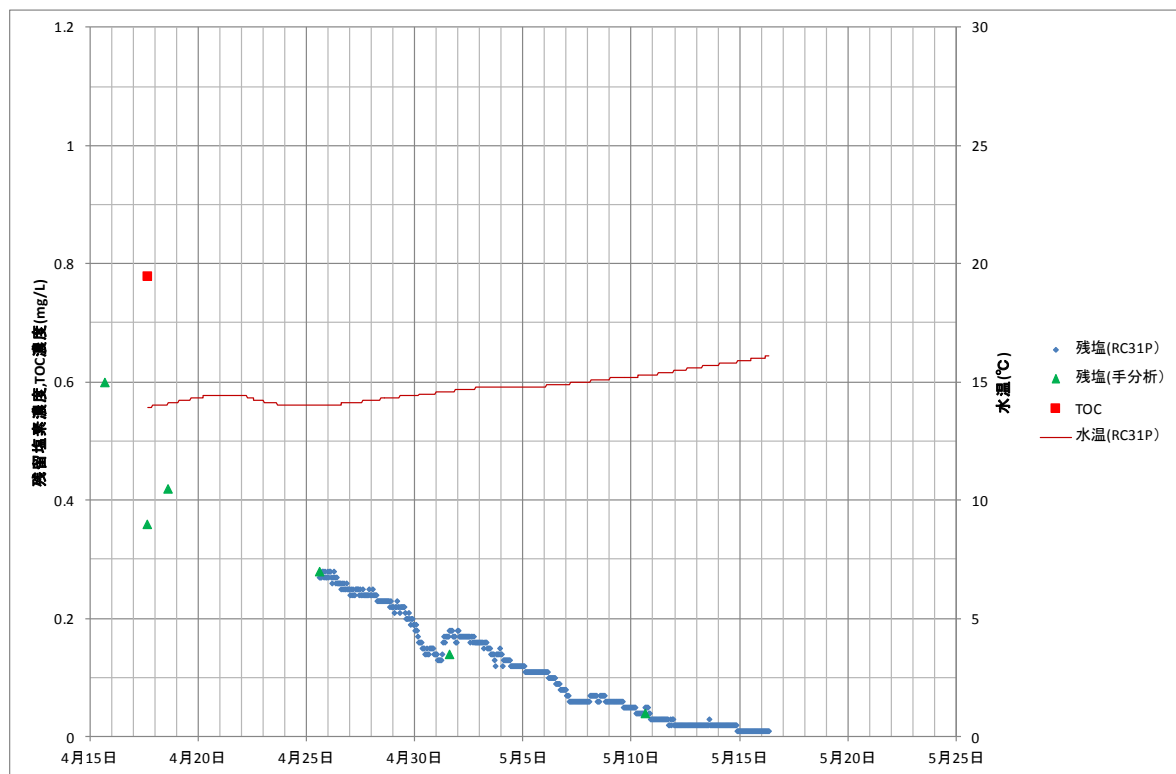


図 2.3.1 No. 3(平成 25 年 4 月 15 日～平成 25 年 5 月 16 日)

②平成 25 年 7 月 16 日～平成 25 年 8 月 20 日

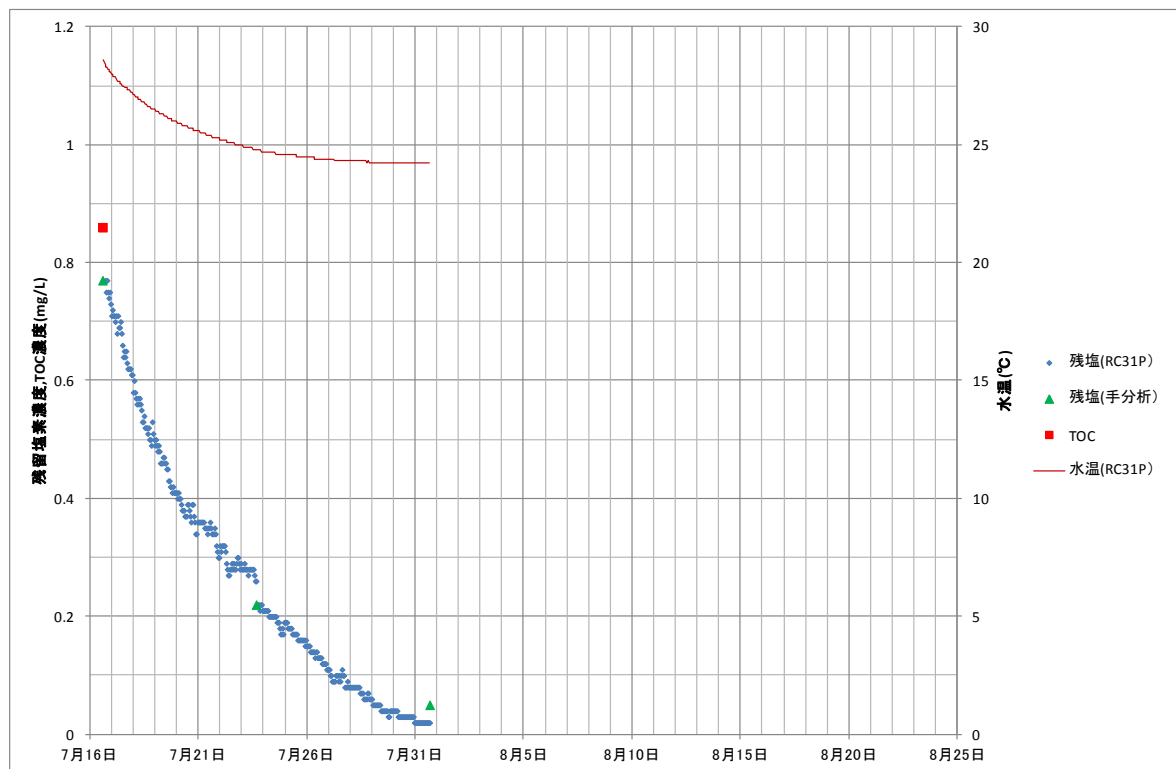


図 2.3.2 No. 3(平成 25 年 7 月 16 日～平成 25 年 8 月 20 日)

③平成 25 年 8 月 20 日～平成 25 年 9 月 9 日

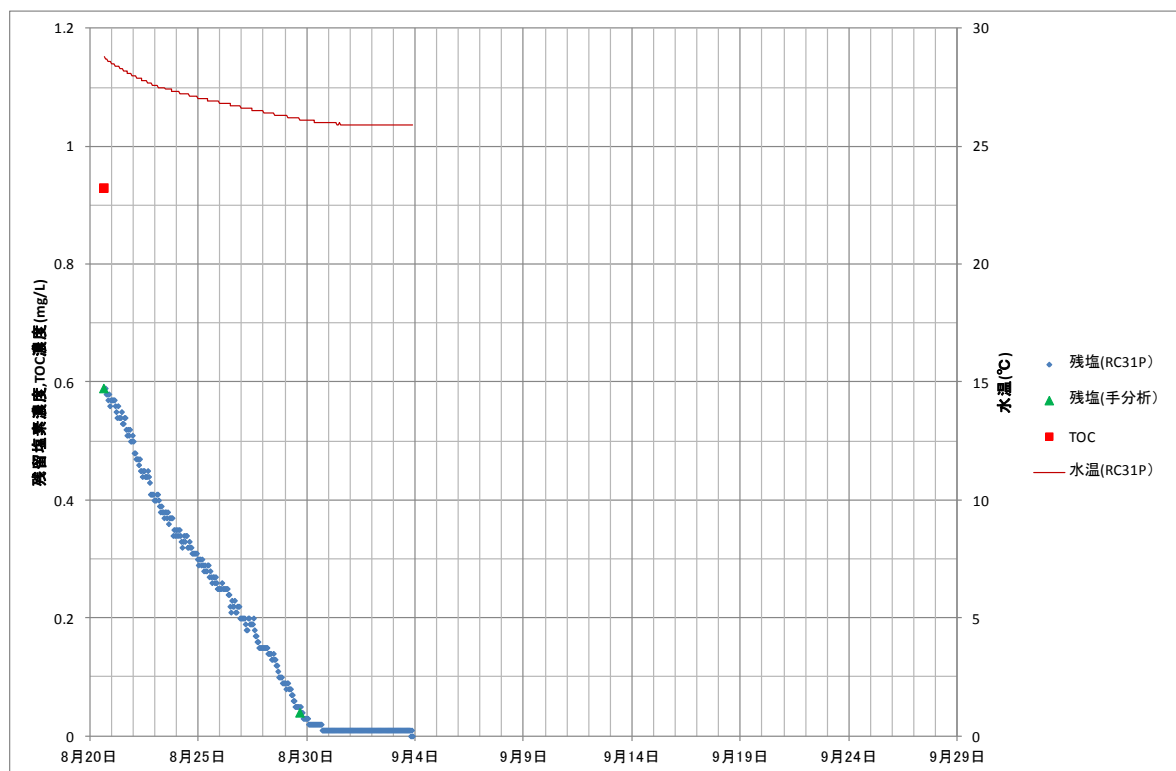


図 2. 3. 3 No. 3 (平成 25 年 8 月 20 日～平成 25 年 9 月 9 日)

④平成 25 年 9 月 9 日～平成 25 年 10 月 1 日

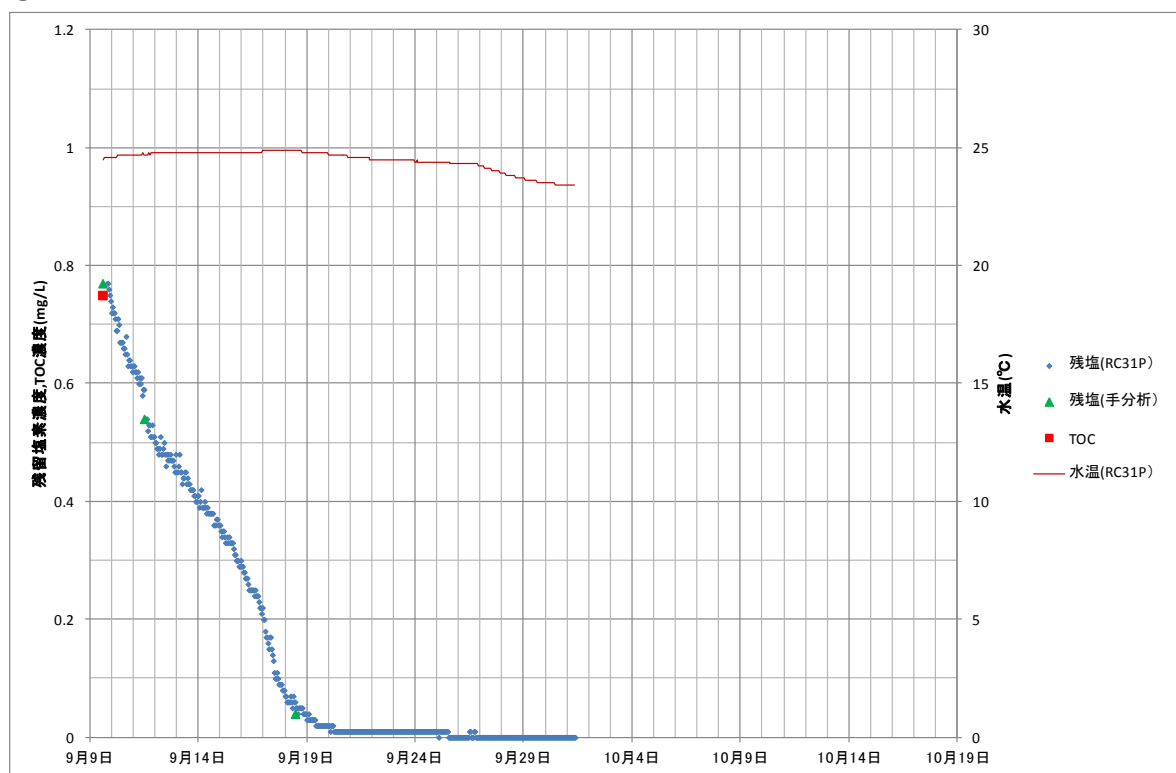


図 2. 3. 4 No. 3 (平成 25 年 9 月 9 日～平成 25 年 10 月 1 日)

2.4 No. 4

①平成 24 年 8 月 29 日～平成 25 年 9 月 11 日

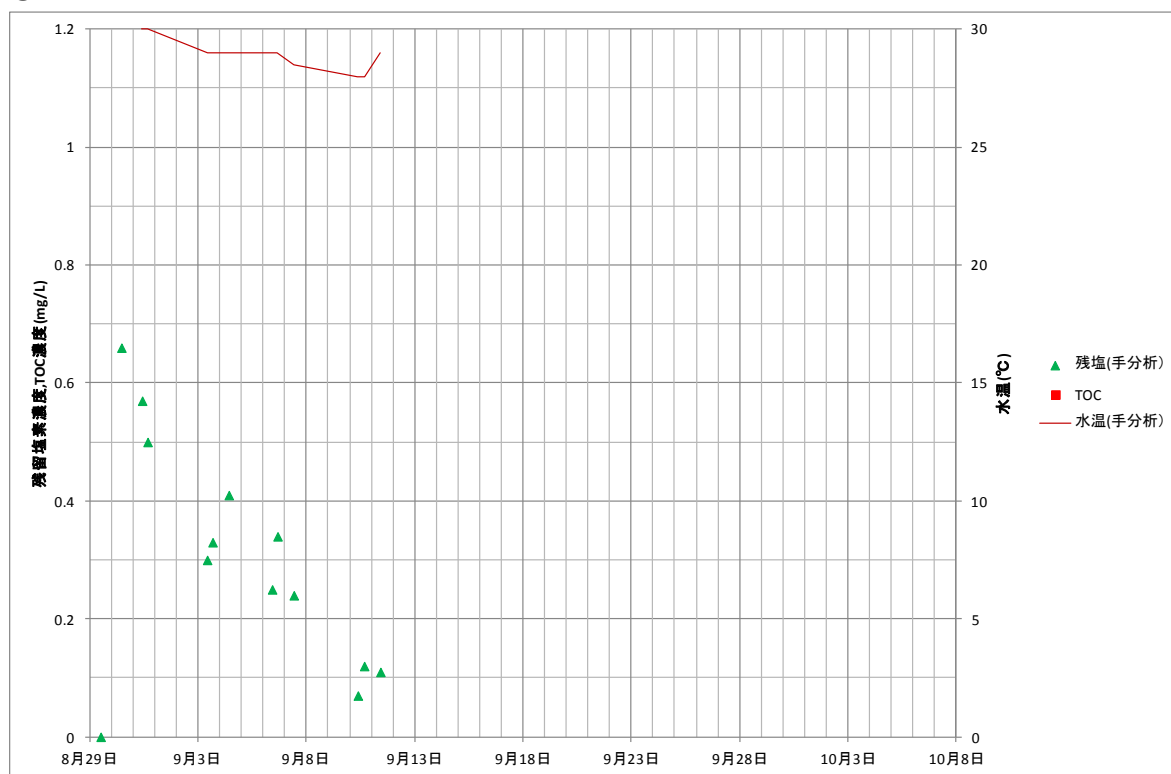


図 2.4.1 No. 4(平成 24 年 8 月 29 日～平成 25 年 9 月 11 日)

②平成 25 年 1 月 23 日～平成 25 年 2 月 15 日



図 2.4.2 No. 4(平成 25 年 1 月 23 日～平成 25 年 2 月 15 日)

3 文献一覽

表 文献一覧

No.	標 題	著 者	資 料
1	遊離残留塩素減量の実態調査レポート	斉藤 敬子	設備と管理 5月号,1992
2	中高層ビルの受水槽水及び給水栓水の水質	佐谷戸 安好、中室 克彦、岡 恒、杉本 潔、 棟近 悦彦、瀧川 修一、平原 嘉親	水道協会雑誌 第62巻 第10号 (第709号),1993
3	給水タンク内の構造等に起因した残留塩素の消失に関する研究	岡田 誠之、金子 岳夫	空気調和・衛生工学会論文集 No.98,2005
4	配水管網における水質変化(Ⅲ) ー管路内の残留塩素濃度減少速度係数ー	後藤 圭司	水道協会雑誌 第51巻 第4号 (第571号),1982
5	大型緊急貯水槽の残留塩素濃度変化の予測	園田 克樹、山口 以昌、高雄 信吾、中島 良和	水道協会雑誌 第68巻 第5号 (第776号),1999
6	飲料水の衛生学的研究(第3報)貯水槽における残留塩素の挙動	山本 耕司、鶴保 謙四郎、細川 守、山本 功、 加藤 敬香、近藤 雅臣	衛生化学 27(5),1981
7	東京都における残留塩素低減化に向けた取組	保坂 幸尚	水道協会雑誌 第79巻 第12号 (第915号),2010
8	受水槽・高置水槽における水道水中の残留塩素の消失	岡田 誠之	用水と廃水 Vol.48 No.6,2006
9	送配水系統における実用的な残留塩素濃度予測式	佐藤 親房、吉沢 健一、及川 智、尾崎 勝、 苧阪 晴男、稲員 とよの、小泉 明	水道協会雑誌 第77巻 第11号 (第890号),2008
10	全有機炭素(TOC)を考慮した残留塩素減少に関する化学反応論モデル	佐藤 親房、吉沢 健一、及川 智、北澤 弘美、 稲員 とよの、小泉 明	水道協会雑誌 第76巻 第10号 (第877号),2007
11	貯水槽水道における残留塩素濃度の減少に関する研究	牛窪 俊之	水道協会雑誌 第77巻 第11号 (第890号),2008

文献 No.	1		
文献名	遊離残留塩素減量の実態調査レポート		
出典	設備と管理 5月号, 1992		Page. 40 ~ 44
著者名	斉藤 敬子		
	ビル管理教育センター		
キーワード	水の滞留	水温	受水槽の材質
	配管の材質		
概要	水道法、ビル管理法より遊離残留塩素濃度として 0.1ppm 以上（結合残留塩素の場合は 0.4ppm）に確保することが義務付けられている。しかし、水中の遊離残留塩素は受水槽に貯留され、給水管を経由するうちに減少する。よって、給水施設における残留塩素減少量の実態調査を冬季と夏季に、原因として考えられる水の滞留、水温、受水槽の材質、配管の材質、給水方式の違い、建築物の用途の違い等が実際の施設内では、どのような影響を与えているかについて調査を行った。 1～2 日間程度の滞留が起こった場合、受水槽及び高置水槽水は受水槽の材質によらず、また季節に関わらず遊離残留塩素を 0.1ppm 以上は確保できていた。しかし、滞留時間に伴う残留塩素の減少量は、FRP 製受水槽より RC 製の方が減少は大きかった。水の滞留が著しい影響を与え、特に水温の上昇が著しい夏季においては、給水栓末端水の残留塩素の消失が加速される。 また、現在亜鉛引き鋼管を使用している施設が多いが、これは経年的に管の腐食が進行し、残留塩素の減少を促進させていく。なお、遊離残留塩素の指標が 0.3mg/ℓとなった参考文献である。		

文献 No.	2		
文献名	中高層ビルの受水槽水及び給水栓水の水質		
出典	水道協会雑誌 第 62 巻 第 10 号 (第 709 号) , 1993		
		Page.	46 ～ 52
著者名	佐谷戸 安好	中室 克彦	岡 恒
	摂津大学	摂津大学	大阪府薬剤師会試験検査センター
	杉本 潔	棟近 悦彦	瀧川 修一
	大阪府薬剤師会試験検査センター	大阪府薬剤師会試験検査センター	大阪府薬剤師会試験検査センター
	平原 嘉親		
	大阪府薬剤師会試験検査センター		
キーワード	受水槽水	給水栓水	銅
	溶出	給水装置	
概要	ビル給水配管系の材質としては、水道用硬質塩化ビニルライニング鋼管、枝管としては水道用硬質塩化ビニル管が使用され、これらの材質の主成分は塩化ビニル重合体で安定剤として鉛化合物を含有する。青銅铸件（BC6）は銅、すず、亜鉛、鉛の合金であり、バルブ、揚水ポンプ、配管継手、給水栓に使用されている。 給水装置からの金属の溶出試験は、水道用硬質塩化ビニル管と青銅铸件製及び黄銅铸件製の給水栓について行った。給水配管系の延長距離が長いと考えられるビルでは給水栓水中銅濃度が受水槽水中のそれより上昇する傾向が認められた。中層ビルの給水配管系内 90 時間滞留水について、開栓後の給水栓水中の銅、亜鉛、鉛濃度の変化について測定した結果、給水栓開栓直後の各濃度は、それ以後の水道水の濃度より 10 倍以上高かった。青銅铸件（BC6）製及び黄銅铸件製の給水栓においては未使用及び 5 年使用にかかわらず銅の溶出が認められた。		

文献 No.	3					
文献名	給水タンク内の構造等に起因した残留塩素の消失に関する研究					
出典	空気調和・衛生工学会論文集 No. 98, 2005		Page.	29	～	35
著者名	岡田 誠之	金子 岳夫				
	東北文化学園大学	東京都中央区保健所				
キーワード	残留塩素	水槽	給排水衛生設備			
	水質					
概要	水槽に流入する部位（直管・ボールタップ）での発散、落下距離の影響、滞留水の水表面からの発散について実験的に検討し、残留塩素の減少しにくい水槽への給水方法を提案することを目的に検討を進めた。 時間経過による塩素の減少や水道水が接触する設備部位での減少等については調査例が皆無であった。水槽に流入する部位がボールタップの場合、水温 10℃程度で、1m 落下すると残留塩素濃度の減少が約 10%であった。水槽に流入される時点が直管開放口の場合、水温 10℃程度で 0.72m 落下すると残留塩素濃度の減少が約 5%であった。水槽内の滞流水からの発散は、水温と水深が影響すること、あらたに残留塩素の減少の程度も明らかとなった。					

文献 No.	4		
文献名	配水管網における水質変化（Ⅲ） ー管路内の残留塩素濃度減少速度係数ー		
出典	水道協会雑誌 第 51 巻 第 4 号（第 571 号）, 1982		
著者名	後藤 圭司		
	東京都水道局		
キーワード	残留塩素濃度	減少特性	減少速度係数
	配管材料		
概要	残留塩素の測定には、オルトトリジン（OTA）法、DPD 比色法、電流滴定法、DPD モール塩法があり測定法の比較を行った。結果、DPD モール塩法は操作は簡単であり精度は 4 方法中抜きん出て高かった。 水道水中の残留塩素は減少要因として、①有効塩素の HClO や ClO^- 自体が分解して Cl^- となり、または Cl_2 ガスとなって揮散する。②給・配水器材との接触による反応。③浄水中の被酸化物質、たとえば殺菌した細菌類などとの反応によって消費され、その濃度が時間とともに減少して行く。よって、(a) 浄水水質 (b) 水温 (c) 配管材料（内面）の種類 (d) 配管内面との接触率。以上が減少要因の項目となる。 残留塩素濃度の減少速度は、残留塩素の配管材料表面への拡散速度（配管材料表面で消費されるとする）を意味し、減少速度係数を求めることは、固（配管材料）・液（水道水）界面における境膜物質移動係数を求めることに相当する。配水小管の材料としては、タール塗装铸铁管（FC 管）、モルタルライニング・ダクタイル铸铁管（FCD 管）および石綿セメント管（ACP 管）が主でその材質と水温、残留塩素濃度の減少について重回帰分析によって適合度のよい偏回帰係数を算出した。		

文献 No.	5		
文献名	大型緊急貯水槽の残留塩素濃度変化の予測		
出典	水道協会雑誌 第 68 巻 第 5 号（第 776 号）, 1999		
	Page.	87	～ 91
著者名	園田 克樹	山口 以昌	高雄 信吾
	NKK エンジニアリング研究所	NKK エンジニアリング研究所	NKK エンジニアリング研究所
	中島 良和		
	NKK 環境エンジニアリング本部		
キーワード	大型緊急貯水槽	トレーサ	
概要	緊急貯水槽は地震などの災害時に飲料水を確保することを目的として、水道配水管路の途中に組み込まれる貯水機能を持つ大口径配管（タンク）である。 貯水槽に流入するトレーサー濃度がステップ状に変化したときの貯水槽出口濃度の時間応答の実験結果を基に貯水槽の濃度伝達関数を算定し、大型貯水槽内におけるトレーサー滞在時間の確率密度と残留塩素減少関数を用いて大型貯水槽の残留塩素濃度変化を予測した。		

文献 No.	6		
文献名	飲料水の衛生学的研究（第 3 報）貯水槽における残留塩素の挙動		
出典	衛生化学 27(5), 1981		
		Page.	309 ～ 316
著者名	山本耕司	鶴保謙四郎	細川守
	大阪市立環境科学研究所	大阪市立環境科学研究所	大阪市立環境科学研究所
	山本功	加藤敬香	近藤雅臣
	大阪市立環境科学研究所	大阪市立環境科学研究所	大阪大学
キーワード	貯水槽	残留塩素	遊離塩素
	モデル解析		
概要	FRP 製水槽を用い、水槽中の遊離塩素の消失挙動を検討した。FRP 製水槽での遊離塩素の消失は、主に水道水中の微量物質による消費と、空気中への遊離塩素の気化によるものであった。実験結果およびモデル解析より、貯水槽の設計、設置には空気中の気化を少なくするために、気液界面積（水面の面積）を小さくする。水道水中の微量物質による消費を少なくするため、貯水槽の容量を小さくするなどによる滞留時間の短縮と、太陽光の直射をさけ水槽を屋内に設置するなど設置条件を考慮し、水温上昇を可能な限り抑えることが必要である。		

文献 No.	7		
文献名	東京都における残留塩素低減化に向けた取組		
出典	水道協会雑誌 第 79 巻 第 12 号（第 915 号）, 2010		
		Page.	2 ～ 5
著者名	保坂 幸尚		
	東京都水道局		
キーワード	塩素消費量	おいしい水	残留塩素
	低減化	追加塩素処理	
概要	東京都水道局では、さらなる水質の向上を目指して、平成 16 年 6 月から「安全でおいしい水プロジェクト」をスタートさせた。残留塩素については、水道法施行規則で定められた遊離残留塩素 0.1mg/ℓ以上の保持を遵守しながら、ほとんどの人が消毒用の塩素のにおいを感じないレベルとして、0.4mg/ℓ以下を水質目標として掲げ、残留塩素低減化の取組を推進している。 オゾン処理と生物活性炭処理を組み合わせた高度浄水処理の導入は、残留塩素の消費抑制対策の一つである。また、受水槽内での水の回転数が概ね 1 日当たり 1 回転以下となると、受水槽の入口から給水栓に至る貯水槽水道全体での残留塩素消費量が大きくなることがわかってきた。残留塩素の平準化対策として、送配水系統の中間にある給水所において、塩素を追加して注入する設備（追加塩素注入設備）の整備を推進している。 また残留塩素の適正な管理として冬期においては、可能な給水区域で 0.35mg/ℓの管理目標値とし、春期及び秋期では 0.45mg/ℓとすることにより、残留塩素濃度が変動する中で少しでも 0.4mg/ℓ以下となる給水栓を増やすよう、きめ細かな残留塩素の管理を行っている。		

文献 No.	8			
文献名	受水槽・高置水槽における水道水中の残留塩素の消失			
出典	用水と廃水 Vol. 48 No. 6, 2006		Page.	11 ~ 15
著者名	岡田 誠之			
	東北文化学園大学			
キーワード	残留塩素	ボールタップ	発散係数	
概要	建物内の一般水栓から流れ出る水は、残留塩素が基準値以上に検出されなければならないことが前提となる。水槽に流入する部位（直管・ボールタップ）での発散、落下距離の影響、滞留水の水表面からの発散について実験的に検討し以下の結果が得られた。水槽に流入する部位がボールタップの場合、水温 10℃程度で、1m 落下すると残留塩素濃度の減少が約 10%であった。水槽に流入される時点が直管開放口の場合、水温 10℃程度で 0.72m落下すると残留塩素濃度の減少が 5%であった。水温が高く、水深が浅いと水中から塩素が気中に発散する度合いが多くなるので、水中の塩素が速く減少する。水槽内の滞留水からの発散は、水温と水深が影響すること、あらたに残留塩素の減少の程度も明らかとなった。			

文献 No.	9		
文献名	送配水系統における実用的な残留塩素濃度予測式		
出典	水道協会雑誌 第 77 巻 第 11 号 (第 890 号) , 2008		
		Page	4 ~ 14
著者名	佐藤 親房	吉沢 健一	及川 智
	東京都水道局	東京都水道局	東京都水道局
	尾崎 勝	苧阪 晴男	稲員 とよの
	東京都水道局	東京都水道局	首都大学東京
	小泉 明		
	首都大学東京		
キーワード	残留塩素減少係数	TOC	水質予測
	水温		
概要	塩素添加直後に見られる急速な残留塩素濃度減少反応について考慮できるモデルを検討したが、水質項目からの予測モデル導出は困難であることが分かった。急速な反応が残留塩素濃度減少に占める割合を検討したところ、塩素添加後 8 時間以降でその影響が小さくなることが分かった。前報「全有機炭素 (TOC) を考慮した残留塩素減少に関する化学反応論モデル」にて提案された予測式を塩素添加後の経過時間で補正することにより、浄水場出口における水質から、それ以降の残留塩素濃度を実用上問題のない精度で予測することが可能であることが明らかになった。 経過時間による定数Bの補正式と残留塩素濃度減少係数の予測式を用いた残留塩素濃度減少係数及び残留塩素濃度の予測精度について検証したところ、実用上十分な精度が得られることが分かった。 $B = 6.90 \times 10^4 \exp (-1.85 \times 10^{-2} t_B)$		

文献 No.	10		
文献名	全有機炭素（TOC）を考慮した残留塩素減少に関する化学反応論モデル		
出典	水道協会雑誌 第 76 巻 第 10 号（第 877 号）, 2007		
		Page.	9 ～ 20
著者名	佐藤 親房	吉沢 健一	及川 智
	東京都水道局	東京都水道局	東京都水道局
	北澤 弘美	稲員 とよの	小泉 明
	東京都水道局	首都大学東京	首都大学東京
キーワード	残留塩素減少速度係数	TOC	水質予測
	水温		
概要	大規模な配水管網においては塩素の注入箇所から監視箇所までの流達時間は長時間であり、配水管網における残留塩素濃度の挙動を予測することが非常に重要である。水中における残留塩素減少速度について検討し、水温と全有機炭素（TOC）を考慮した残留塩素減少速度係数の予測式の導入を試みた。残留塩素減少反応は一次反応及び二次反応の両方で表すことができ、二次反応の適合性が若干高かった。また、二次反応における化学量論的關係から、残留塩素減少反応では有機物に対する残留塩素の反応性が変化することが示唆された。しかし、この化学量論的關係は変動が大きく、予測精度が低下することが懸念された為、一次反応モデルを用い、Arrhenius 式において TOC 濃度と初期残留塩素濃度を補正因子とすることで、精度の高い予測式を得た。 $k_{b1} = 4.55 \times 10^4 \cdot \frac{[TOC]}{C_0} \cdot \exp\left(-\frac{3.90 \times 10^4}{RT}\right)$		

文献 No.	11		
文献名	貯水槽水道における残留塩素濃度の減少に関する研究		
出典	水道協会雑誌 第 77 巻 第 11 号 (第 890 号) , 2008		
		Page.	22 ~ 30
著者名	牛窪 俊之		
	横浜市水道局		
キーワード	受水槽	塩素消費量	おいしい水
	残留塩素	統計解析	
概要	横浜市では現在、貯水槽水道の巡回点検を実施中であり、得られた施設情報と残留塩素濃度との関係を統計的に解析し関連性を定量化した。 結果、受水槽内で残留塩素濃度は平均 0.083mg/l減少し、気温や水温との相関性が高いことが判明した。また、点検月、設置場所、材質、受水槽入替回数を説明変数とし、受水槽内の残留塩素濃度の減少量を被説明変数とする推計式を作成した。 受水槽入替回数と残留塩素濃度減少量との関係では、入替回数が増えるに従い残留塩素濃度の減少量が抑えられる傾向であった。また、受水槽容量と残留塩素濃度減少量との関係では、受水槽容量が増えるに従い残留塩素濃度の減少量が抑えられる傾向であった。		
	受水槽内における残留塩素濃度減少量の推計式（一般式） $D = 0.074 + Mo + P + Ma - 0.006 \times T$ [減少量] [定数] [Mo:月] [P:設置場所] [Ma:材質] [T:入替回数] （重相関係数：0.257） 受水槽内における残留塩素濃度減少量の推計式（簡便式：8月・屋外・FRP製の場合を基準とする） $D = 0.122 - 0.006 \times T + \sum_{i=1}^3 C_i$ [減少量] [定数] [T:入替回数] [$\sum_{i=1}^3 C_i$: 補正量]		