

公益財団法人 水道技術研究センター 御中

公募型実証研究支援事業成果報告書

- 【実証研究の番号】 実支第28-001号
- 【実証研究の名称】 自動水質測定装置運用箇所における管理排水の自動制御による配水管網内水質管理効率化実証研究

【研究成果の概要】

1. 本装置の信頼性

本装置が実フィールドにおいて1年間設計どおりに作動することを確認した。

- 1) 自動管理排水起動/停止
本研究期間を通して不具合はなかった。
- 2) 管理排水流量
本研究期間を通して不具合はなかった。
- 3) フェイルセーフ動作
本研究期間を通して不具合はなかった。
- 4) 耐候性
本研究期間を通して実用に耐えた。

2. 本装置の有効性

本装置が通常の水道事業体水質管理業務中で運用可能なことを確認した。

- 1) 遊離残留塩素濃度0.1mg/l以上達成率
本研究期間を通して本装置によって一定の水質確保が可能であった。

3. その他

フィールド提供事業体から要望のあった2項目について検証した。

- 1) 自動管理排水実施時の騒音検証
騒音の発生が認められ、騒音防止対策の有効性が確認できた。
- 2) 自動管理排水開始後の残塩降下現象検証
現象の発生が認められ、試験運用期間の必要性が確認できた。

平成31年 3月15日

企業名 住友重機械エンバイロメント株式会社
報告者名 中野淳、近藤広記、畑中聡、鈴木訓

公益財団法人 水道技術研究センター 御中

公募型実証研究支援事業成果報告書

【実証研究の番号】

実支第28-001号

【実証研究の名称】

自動水質測定装置運用箇所における管理排水の自動制御による
配水管網内水質管理効率化実証研究

平成31年 3月15日

 住友重機械エンバイロメント株式会社

承認	審査	作成
		

目次

I.	はじめに	P.	1
II.	実証研究の概要	P.	1
III.	実証研究実施内容詳細	P.	3
IV.	実証研究結果	P.	9
V.	実証研究により得られた知見	P.	20
VI.	結論	P.	27

I. はじめに

貴センター並びに実証研究支援委員会ご支援の下、フィールド提供事業者様のご協力を頂戴し「自動水質測定装置運用箇所における管理排水の自動制御による配水管網内水質管理効率化実証研究」（以下「本研究」という。）を完了いたしました。

以下に実証研究成果をご報告申し上げます。

II. 実証研究の概要

1. 研究の名称

自動水質測定装置運用箇所における管理排水の自動制御による
配水管網内水質管理効率化実証研究

2. 研究実施者

社名 住友重機械エンバイロメント株式会社
住所 東京都品川区西五反田7-10-4
研究代表者 基幹技術センター センター長 中野 淳
共同研究者 水処理統括部 プラント営業部 上水グループ
近藤広記、畑中聡、鈴木訓

3. 研究の目的

給水人口減少や水道事業地域広域統合等管理地域の広域化による、配水管内の滞留時間増加により配水管網内の水道水の水質劣化拡大が懸念されている。

加えて、配水管末付近の各種水質管理作業は、技術職員数の減少に伴い今後ますます作業の担い手不足が進行するものと予想される。

このような近況を踏まえ、本研究では、当社が開発した配水水質自動管理装置を適用することにより、監視結果に応じた管理排水自動制御による効率的な配水管網内水質管理実現の可能性を検証する。

適用箇所は、従来の監視機能のみを有する自動水質監視装置の適用が想定される箇所とする。

4. 水道技術向上への寄与度

本研究の結果、配水水質自動管理装置が水道事業者の実フィールドにおいて有効に機能することが確認できた暁には、以下の水道事業を取り巻く諸課題への対応を図ることが期待できる。

- 1) 管末における遊離残留塩素濃度他の自動制御とそれを常時遠隔監視できることによる水質管理メッシュ向上
(水質管理高度化による「安心な水道」実現への貢献)
- 2) 管理排水量の最適化による無収水量の削減
(経営効率化による「持続可能な水道」実現への貢献)

- 3) 配水管網管末での水質管理作業量を削減することによる技術職員不足への対策
 (技術職員が本来業務である漏水調査や管路耐震化設計等に専心できることによる「強靱な水道」実現への貢献)

5. 研究の内容

「配水水質自動管理装置」(製品名:スマフロプラス、型式:SMF-P01)(以下「本装置」という。)の「信頼性」「有効性」「その他」の検証を目的に以下の2フィールドにおいて実機を設置し、1年以上の実稼働試験を実施した。

1) フィールド1 (酷暑地)

フィールド提供事業体 : 京都市上下水道局様

2) フィールド2 (寒冷地)

フィールド提供事業体 : 八戸圏域水道企業団様

6. 全体工程

- 平成29年 3月13日 本研究公募
 平成29年 4月12日 本研究応募
 平成29年 5月17日 第1回実証研究支援委員会(受付審査)
 平成29年 8月 7日 実証研究支援業務委託契約締結
 平成29年10月 1日 フィールド実証試験開始(フィールド1)
 ※フィールド2については本研究応募前より八戸圏域水道企業団様・弊社間で実証研究実施に合意をしていたため、5月より先行
 平成29年10月24日 第2回実証研究支援委員会(フィールド2現地確認)
 平成29年12月 1日 第2回実証研究支援委員会(フィールド1現地確認)
 平成30年 5月22日 第3回実証研究支援委員会(中間報告)
 平成30年 7月30日 実証フィールド現場見学会(フィールド2)
 平成30年 9月30日 フィールド実証試験完了(フィールド1・2)
 平成30年12月11日 実証フィールド現場見学会(フィールド1)
 平成31年 1月22日 第30回水道技術セミナーでの研究内容紹介
 平成31年 3月15日 第5回実証研究支援委員会(成果確認)

表-1. 本研究全体実施工程表

	平成29年度												平成30年度												備考
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
実証研究公募	■																								
受付審査委員会		■																							
実証フィールド調整・契約			■	■	■	■																			
フィールド1実証試験																									
フィールド2実証試験																									
実証支援委員会																									
現地見学会																									
研究成果検証・報告書作成																									
水道技術セミナー																									
最終報告・確認書発行																									

Ⅲ. 実証研究実施内容詳細

1. 配水水質自動管理装置（本装置）概要

製品名：スマフロプラス、型式：SMF-P01

従来より諸水道事業体において運用されている毎日検査対応型（※1）自動水質測定装置（以下水質モニターという）は水道法（※2）に規定される「毎日検査」作業の省力化が可能となる装置である。

本装置は水質モニターに独自の自動管理排水制御機能を付加することにより、現況に即した最低限の管理排水を自動で行うことにより水道法（※3）に規定される「給水栓における水が、遊離残留塩素濃度を0.1mg/l以上保持するように塩素消毒をすること」を順守するための水質管理作業の省力化を可能とする。

また、必要最低限の管理排水を自動制御により実施することにより管理排水量の適正化を可能とする装置である。

毎日検査対象となる色度・濁度・遊離残留塩素に加え、水圧、サンプリング水量、管理排水水量を常時測定、通信装置を介して遠隔地で監視することができる。

本研究では更にpH、水温、導電率の測定機能も付加し、内蔵型通信装置を実装した。

本装置の作動メカニズムは、水質（水圧含む）に任意の閾値を設定することにより自動で管理排水開始・停止及び流量を制御し、滞留等により配水管内で水質が劣化した水道水を排出することで配水管内水質の回復を図るものである。

また、独自の作動ロジック採用により以下のフェイルセーフ機能を有し、採用事業体の要望により設定変更することにより各種の要望を満たせる仕様としている。

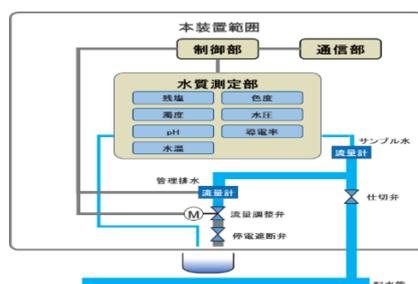
（※1）平成15年厚生労働省告示第318号及び第261号に準拠

（※2）施行規則第15条第1項第1号イ

（※3）施行規則第17条第1項第3号

フェイルセーフ機能

- 1) 配水管内水圧低下時管理排水自動停止機能
- 2) 管理排水量の流量制御による濁水発生抑制機能
- 3) 電動弁採用によるウォーターハンマー抑制機能
- 4) 停電時の管理排水自動停止機能



図－1. 本装置模式図

2. フィールド1 詳細

1) フィールド提供事業体

京都市上下水道局

2) 実施場所

京都府京都市南区久世東土川町

京都市上下水道局久世ポンプ場内

サンプル水及び管理排水は配水管末給水栓より取水、電源は久世ポンプ場内
100V電灯電源コンセントより分取。

3) 実施期間

平成29年10月1日～平成30年9月30日

4) 実施工程

実施工程は表-2. の通り。

表-2. フィールド1 実施工程表

	平成29年度												平成30年度												備考			
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3				
通水試験																												
試運転																												
データ収集、検証期間																												
現地見学会																												
撤去・原状復帰																												

5) 特記事項

- ・酷暑地対策として「遮熱塗装」を実施
- ・酷暑地対策として「除湿器」を内蔵

6) 実施状況

実施状況は図-2. 及び写真-1. の通り。

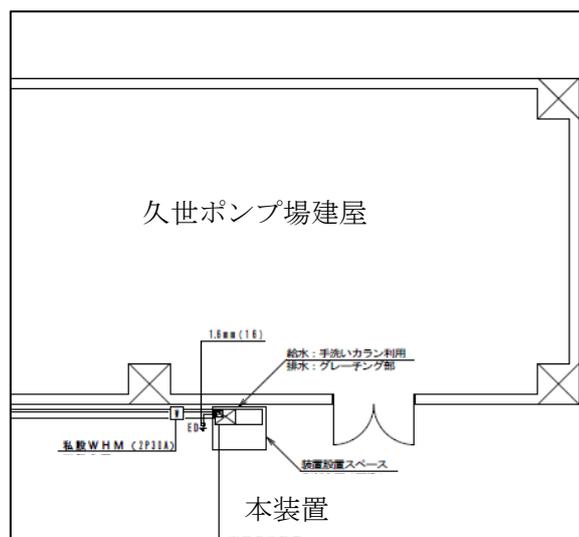


図-2. フィールド1 装置設置配置図



写真-1. フィールド1 実施状況写真

7) 本装置作動設定

本装置作動設定は図-3. の通り。

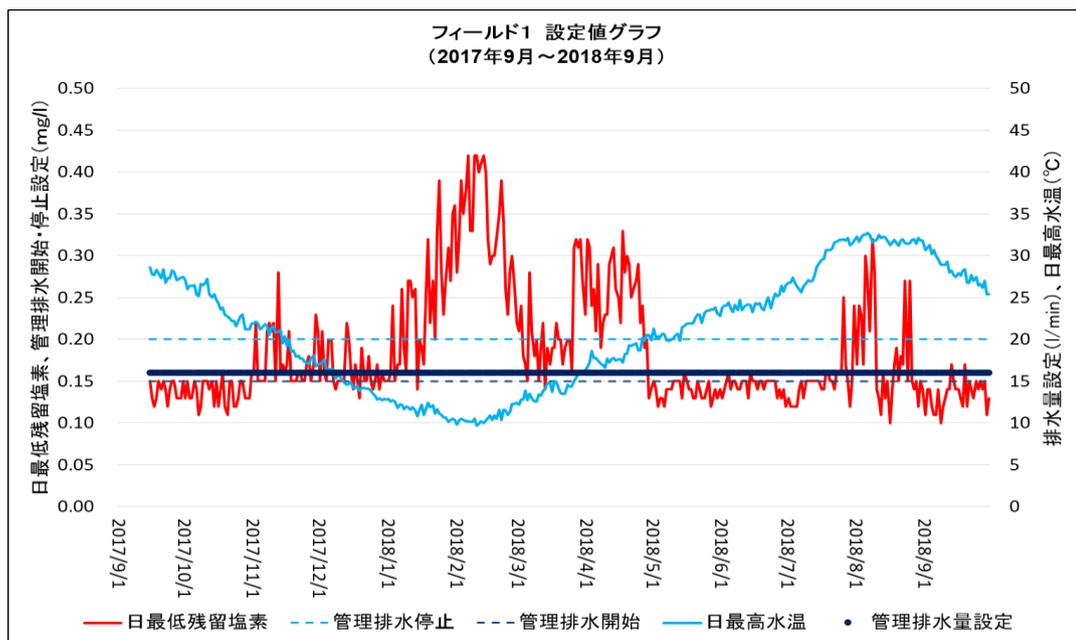


図-3. フィールド1 装置作動設定

3. フィールド2 詳細

1) フィールド提供事業者

八戸圏域水道企業団

2) 実施場所

青森県上北郡おいらせ町山崎

町道豊栄・間木堤線路側帯

サンプル水及び管理排水は配水管末近傍φ30排水管より分岐取水、電源は100V電灯電源を新設。

3) 実施期間

平成29年5月11日～平成30年9月30日

4) 実施工程

実施工程は表-3. の通り。

表-3. フィールド2 実施工程表

	平成29年度												平成30年度												備 考
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
通水試験	■																								
試運転		■																							
データ収集、検証期間		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
現地見学会																									
移設・売渡・原状復帰																									

5) 特記事項

フィールド提供事業者様要望によりフェイルセーフ設定を「水質最優先」とした。

6) 実施状況

実施状況は図-4. 及び写真-2. の通り。

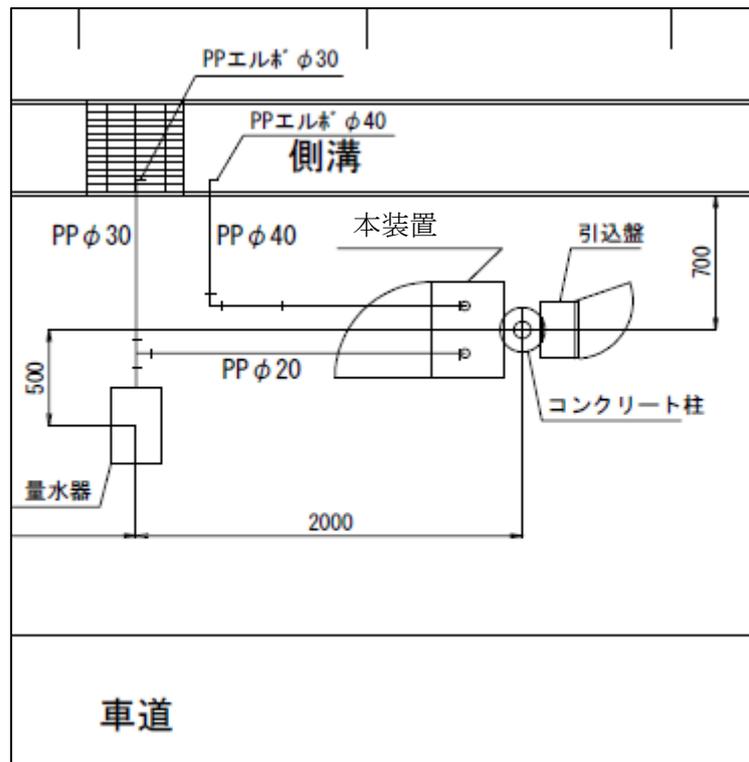


図-4. フィールド2 装置設置配置図



写真-2. フィールド2 実施状況写真

7) 本装置作動設定

本装置作動設定は図-5. 及び図-6. の通り。

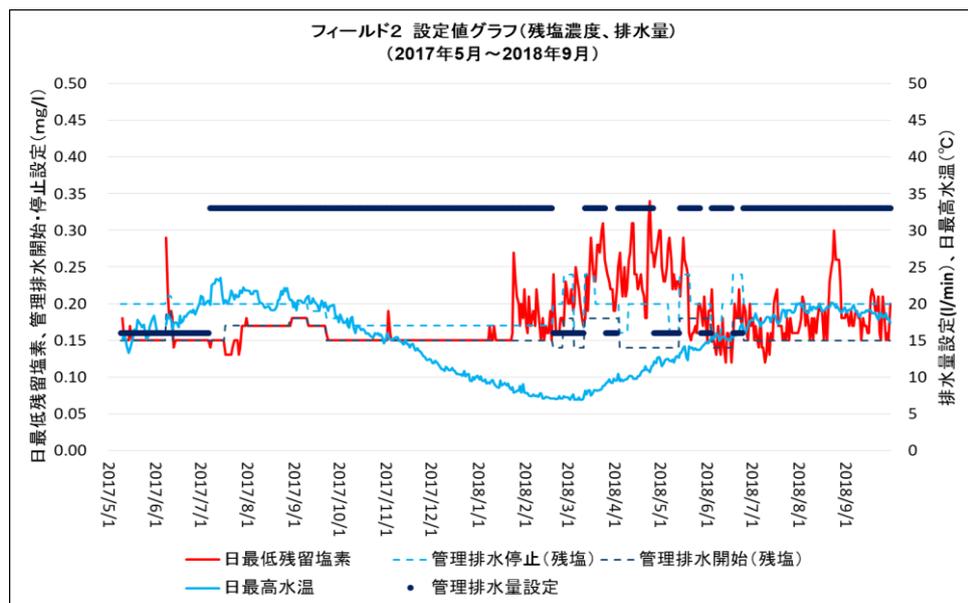


図-5. フィールド2 装置作動設定 (残塩濃度、排水量)

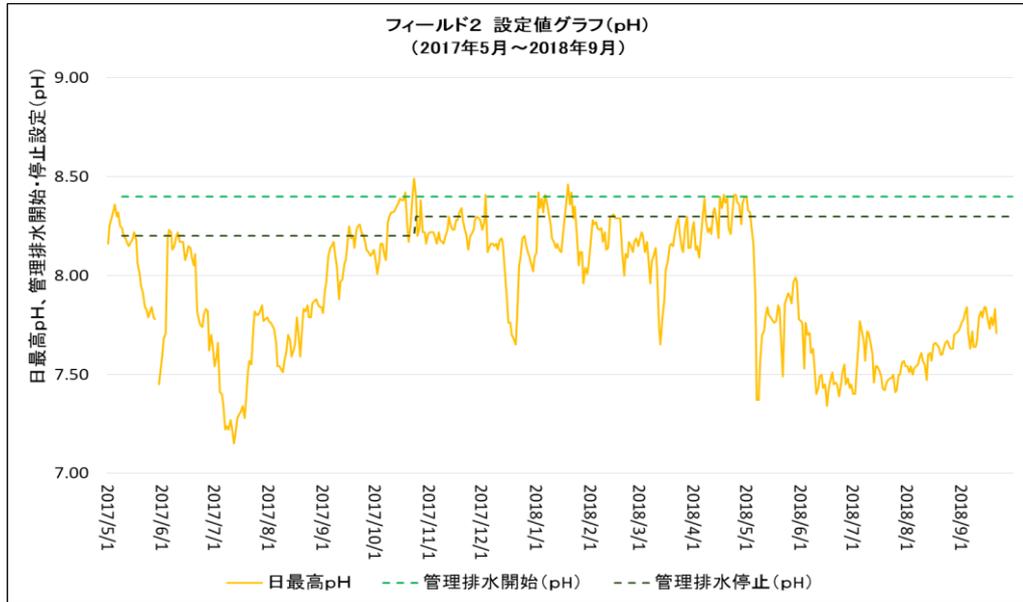


図-6. フィールド2 装置作動設定 (pH)

IV. 実証研究結果

1. 本装置の信頼性

本装置の機能が実運用フィールドにおいて設計通りに動作することにより、所期の目的を達することができることから、大前提である機能の検証を目的に以下4項目のデータを収集し、表-4. の通り実フィールドにおいて1年間本装置が設計通りに作動することを確認した。

- 1) 自動管理排水起動/停止
- 2) 管理排水流量
- 3) フェイルセーフ動作
- 4) 耐候性

表-4. 本装置の信頼性確認内容及び確認結果一覧表

項目	確認内容	確認結果			
		フィールド1		フィールド2	
		結果	確認回数	結果	確認回数
1)自動管理排水起動/停止	管理排水設定値での不良動作回数	0	486	0	898
	管理排水設定値以外での動作回数	0	486	0	898
2)管理排水流量	フィールド毎誤差平均値	-2.45%	4	-0.49%	4
3)フェイルセーフ動作	水圧低下によるフェイルセーフ動作確認	良(※)	69	良(※)	1
	停電によるフェイルセーフ動作確認	良(※)	1	良(※)	1
4)耐候性	水質測定部異常警報発報回数	0	全期間	0	全期間
	筐体内への水の侵入確認回数	0	12	0	17

以下に各々の目的、方法、結果を記す。

- 1) 自動管理排水起動/停止
 - ①目的 自動管理排水動作に不具合がないことを確認する。
 - ②方法 本装置運転データを蓄積し、自動管理排水起動/停止設定値と実動作を比較する。
 - ③結果 表-5. の通り、本研究期間を通して自動管理排水起動/停止の機能に不良な動作はなかったことから、不具合はなかったものと判断する。

表-5. 自動管理排水起動/停止詳細一覧表

	フィールド1	フィールド2
管理排水設定値での全動作回数	486	898
管理排水設定値での不良動作回数	0	0
管理排水設定値以外での動作回数	0	0

※ pHによる起動はフィールド2の21回のみ(898回を含む)

表－6．管理排水動作ロジック一例（参考）

(例) 残塩低下排水	「判定値」設定値検知	(例) 0.15mg/l
	↓	
	「低下確認時間」経過	(例) 5秒
	↓	
	流調電動弁「開」動作開始	
	↓	
	「制御排水流量」設定値にて制御	
	↓	
「復帰値」設定値検知	(例) 0.20mg/l	
↓		
「低下復帰確認時間」経過	(例) 5秒	
↓		
流調電動弁「閉」動作開始		
↓		
流調電動弁「全閉」にて動作終了		

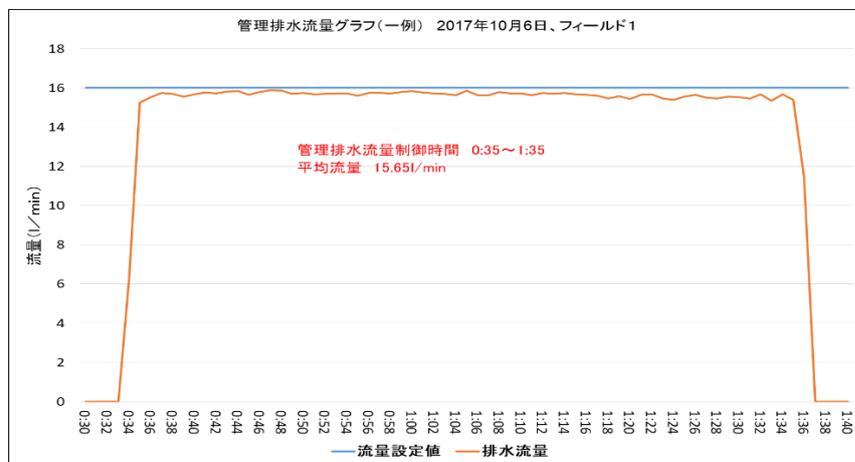
2) 管理排水流量

- ①目的 管理排水量に不具合がないことを確認する。
- ②方法 本装置運転データを蓄積し、自動管理排水量設定値と実動作を比較する。
- ③結果 表－7. の通り、本研究期間中の自動管理排水機能作動時を四季毎にランダムにピックアップし設定値と実測値の差を検証した結果、いずれの場合も設定値±3%以下の誤差に収まっていた。

このことから、管理排水流量制御の機能に不具合はなかったものと判断する。

表－7．管理排水流量設定値/実績比較表

実験地	フィールド1				フィールド2			
	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏
季節								
日付	2017/10/6	2018/3/5	2018/6/29	2018/7/3	2017/10/27	2018/1/15	2018/5/29	2018/7/21
管理排水流量設定値(l/min)	16	16	16	16	33	33	16	33
管理排水流量測定値平均(l/min)	15.65	15.61	15.58	15.59	33.43	33.29	15.65	32.36
誤差	-2.2%	-2.4%	-2.6%	-2.6%	1.3%	0.9%	-2.2%	-1.9%
フィールド毎誤差平均	-2.45%				-0.49%			



図－7．管理排水流量制御詳細一例（参考）

3) フェイルセーフ動作

- ①目的 フェイルセーフ動作に不具合がないことを確認する。
- ②方法 水圧低下発生時の自動管理排水動作及び停電時の停電遮断弁動作について、管理排水流量記録及び当該弁動作を目視確認し判断する。
- ③結果 以下の通り、本研究期間を通してフェイルセーフ機能に不具合はなかったものと判断する。

水圧によるフェイルセーフ動作については以下を確認した。

- ・フィールド1（水圧低下時自動管理排水機能自動停止）
蓄積された本装置運転データより水圧低下による自動管理排水機能停止をピックアップした結果、表-8. の通り、圧力低下検知時は100%弁閉動作が実施されたことを確認した。
- ・フィールド2（水圧低下時自動管理排水機能継続）
自動管理排水機能作動時に水圧低下閾値を変更することにより水圧低下条件を発生させ、管理排水継続を目視し、自動管理排水機能が継続していることを確認した。

停電によるフェイルセーフ動作については以下を確認した。

- ・フィールド1（停電時自動管理排水機能自動停止）
施設電気設備点検による全停電時に自動管理排水機能を作動させたうえで停電遮断弁の全閉を目視し、異常がないことを確認した。
- ・フィールド2（停電時自動管理排水機能継続）
自動管理排水機能作動時にメインブレーカー閉止により停電下条件を発生させ、管理排水継続を目視し、自動管理排水機能が継続していることを確認した。

表-8. フィールド1 圧力低下時の弁閉動作回数

実験期間		2017年10月1日～2018年9月30日
a	排水動作時の圧力低下回数	69
b	作動回数	69
	作動割合 (b/a)	100.0%



写真-3. 停電遮断弁作動状況（参考）

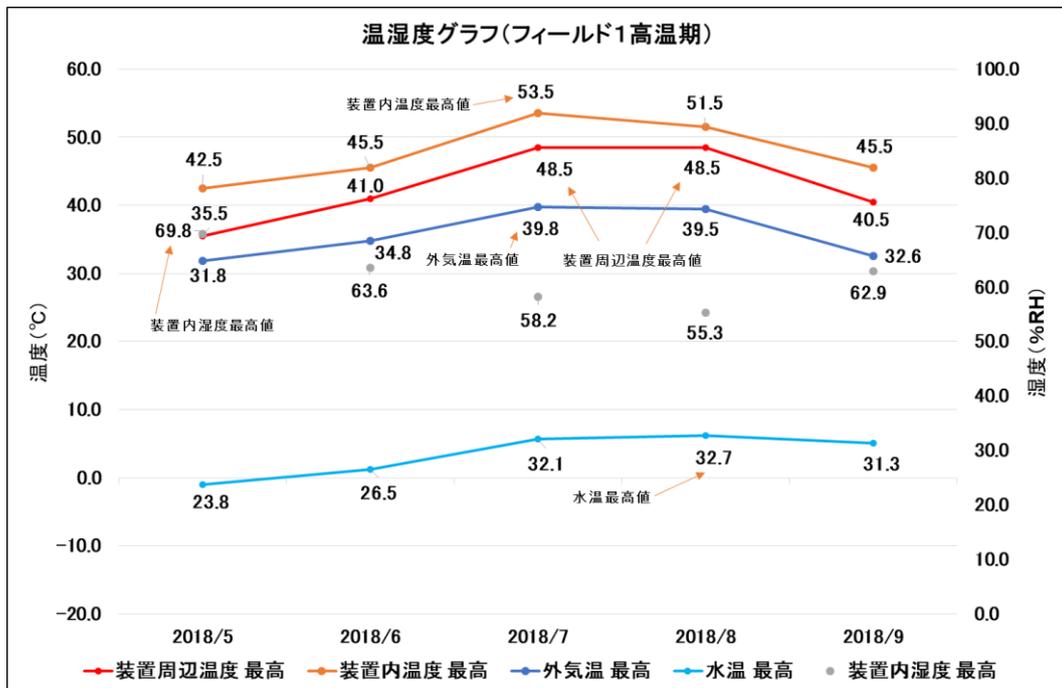
4) 耐候性

- ①目的 筐体を実フィールドに設置した場合の耐候性を確認する。
- ②方法 筐体内及び筐体外の温湿度を蓄積し観測するとともに、警報履歴により水質測定部の異常警報発報確認、定期点検時に外部よりの雨水等の侵入を目視確認する。
- ③結果 表一9. の通り、本研究期間を通して水質測定部の異常警報は発報せず、正常な測定を継続し、定期点検時筐体内への外部からの浸水は認められなかったことから、本装置の耐候性は実用に耐えたものと判断する。
(温度については、高温期は最高を、低温期は最低を表示した)

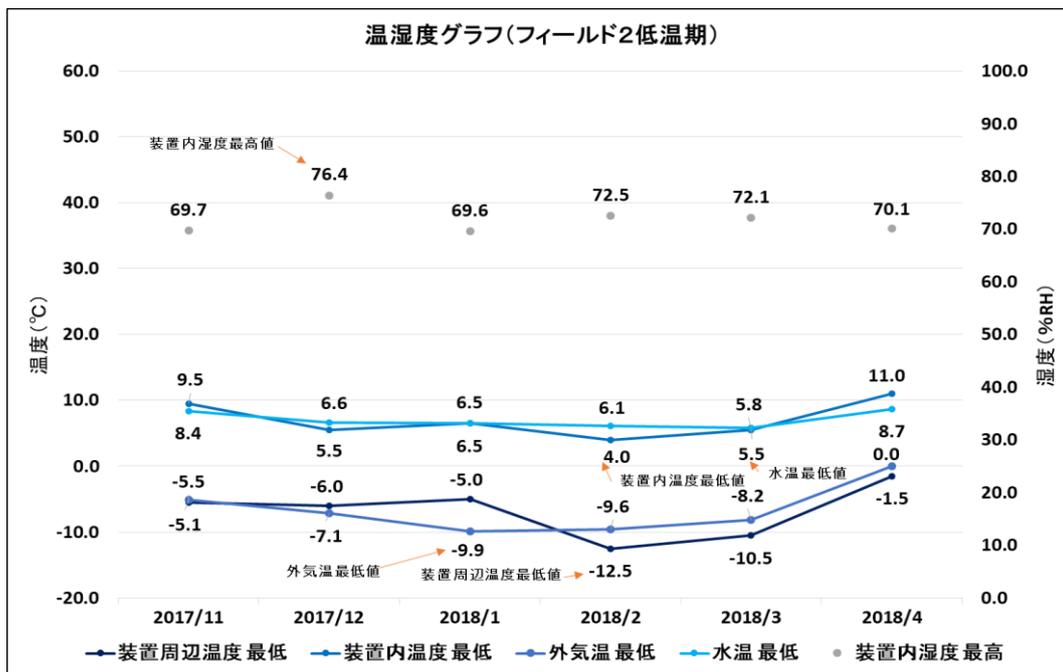
表一9. 耐候性確認記録一覧表

フィールド1																	
測定項目	年月																
	'17.5	'17.6	'17.7	'17.8	'17.9	'17.10	'17.11	'17.12	'18.1	'18.2	'18.3	'18.4	'18.5	'18.6	'18.7	'18.8	'18.9
装置内湿度最高値(%RH)	-	-	-	-	-	70.9	55.0	53.0	46.0	42.0	52.9	58.0	69.8	63.6	58.2	55.3	62.9
装置周辺温度最高値(°C)	-	-	-	-	-	42.5	-	-	-	-	-	-	35.5	41.0	48.5	48.5	40.5
装置周辺温度最低値(°C)	-	-	-	-	-	-	3.5	-0.5	-2.0	-3.0	2.0	5.0	-	-	-	-	-
装置内温度最高値(°C)	-	-	-	-	-	45.0	-	-	-	-	-	-	42.5	45.5	53.5	51.5	45.5
装置内温度最低値(°C)	-	-	-	-	-	-	14.6	12.0	12.0	11.0	15.5	17.5	-	-	-	-	-
異常警報発報	-	-	-	-	-	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し
水の侵入	-	-	-	-	-	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し

フィールド2																	
測定項目	年月																
	'17.5	'17.6	'17.7	'17.8	'17.9	'17.10	'17.11	'17.12	'18.1	'18.2	'18.3	'18.4	'18.5	'18.6	'18.7	'18.8	'18.9
装置内湿度最高値(%RH)	85.8	85.3	71.5	72.5	76.1	70.8	69.7	76.4	69.6	72.5	72.1	70.1	70.9	72.7	74.4	73.1	76.4
装置周辺温度最高値(°C)	36.0	32.0	41.5	47.0	44.0	32.0	-	-	-	-	-	-	29.0	32.5	34.5	40.5	41.0
装置周辺温度最低値(°C)	-	-	-	-	-	-	-5.5	-6.0	-5.0	-12.5	-10.5	-1.5	-	-	-	-	-
装置内温度最高値(°C)	31.5	32.5	41.5	37.0	34.0	31.0	-	-	-	-	-	-	27.0	31.5	34.5	38.0	35.0
装置内温度最低値(°C)	-	-	-	-	-	-	9.5	5.5	6.5	4.0	5.5	11.0	-	-	-	-	-
異常警報発報	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し
水の侵入	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し



図一8. フィールド1 高温期温湿度推移一例 (参考)



図一 9. フィールド 2 低温期温湿度推移一例 (参考)

2. 本装置の有効性

本装置の運用により水道事業体水質管理業務への影響度想定を目的に以下 2 項目のデータを収集し、表一 10. の通り本装置の導入が通常の水道事業体水質管理業務中で運用可能なことを確認した。

- 1) 遊離残留塩素濃度 0.1 mg/l 以上達成率
- 2) メンテナンス作業量

表一 10. 本装置の有効性確認内容及び確認結果一覧表

項目	確認内容	確認結果	
		フィールド1	フィールド2
1) 遊離残留塩素濃度 0.1 mg/l 以上達成率	日最低遊離残留塩素濃度 0.1 mg/l 以上日数/全日数	100%	100%
2) 適正メンテナンス作業量	水質測定機器校正頻度より想定	1回/月程度	1回/月程度

以下に各々の目的、方法、結果を記す。

- 1) 遊離残留塩素濃度 0.1 mg/l 以上達成率

- ①目的 本装置の運用より一定の水質を確保できることを確認する。
- ②方法 本装置運転データを蓄積し、日最低遊離残留塩素濃度が管末水質基準(遊離残留塩素濃度 0.1 mg/l)を下回る数値を計測することがないかを観測する。
ただし、明らかに上流部の水質に起因すると判断される場合や、外部要因によると判断される場合をフィールド提供事業体と協議の上、除外する。

③結果 図-10. 及び図-11. の通り本研究期間を通して日最低遊離残留塩素濃度0.1mg/l以上達成率が100%であることから、本装置の運用により一定の水質が確保できたものと判断する。

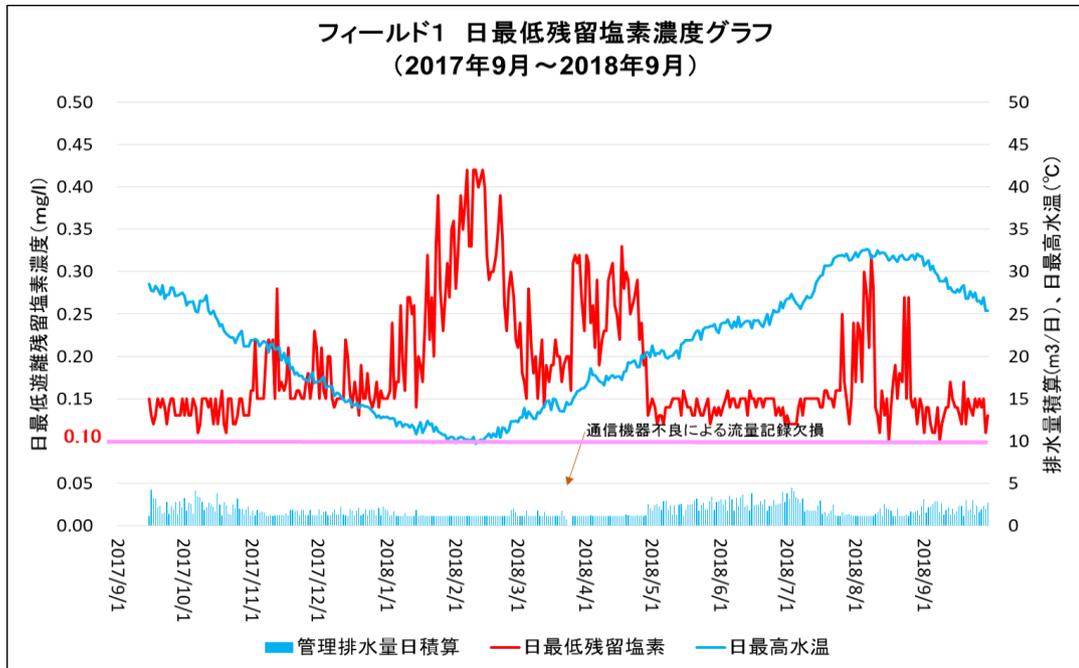


図-10. フィールド1日最低遊離残留塩素濃度

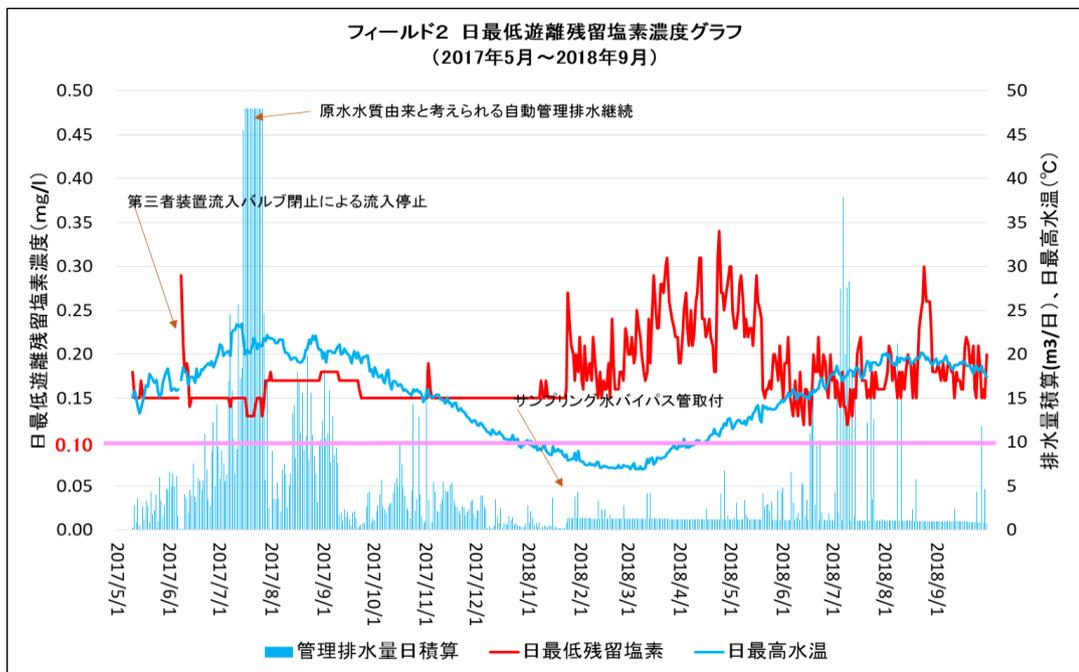


図-11. フィールド2日最低遊離残留塩素濃度

2) 適正メンテナンス作業量

- ①目的 本装置の運用に係る日常の作業負荷を想定する。
- ②方法 本装置運用時の日常管理（定期巡回）、測定機器校正頻度データを蓄積し、機能を正常に維持するための現実的な巡回管理頻度を想定する。
測定機器の校正基準をハンディ計測器（いずれのフィールドとも日常管理との整合性を確保するため、ハンディ計測器は日頃フィールド提供事業体を使用しているものと同じ機種を選定した。）との誤差が遊離残留塩素計で±0.02mg/l、pH計で±0.1~0.2となった時点として1回/月（当初3か月間は2回/月）の頻度で定期的に点検及び必要に応じて校正を行った。
- ③結果 下記より適当な本装置巡回管理頻度は1回/月程度と想定する。

表-11.の通り、測定機器の校正実施間隔が遊離残留塩素濃度計で最大77日・最小28日、pH計で最大258日・最小13日であった。

pH計の最小日数（13日）は当初2回/月に点検を実施した際に気泡の混入が原因と思われる測定値の不具合が確認されたため、毎回点検時に校正を実施したためであり、対策品に交換した‘18年2月1日以降は20日が最小日数となる。

ただし、上記②方法で設定した校正基準は通常水道事業体が運用する基準よりは厳しいと思われることから、適当な巡回管理頻度はpH計における最小日数20日よりも延長できると想定した。

表-11. 巡回管理及び校正記録一覧表

フィールド1

項目		日付															
		9/14	9/29	10/13	10/31	11/16	11/30	12/15	1/17	2/21	3/22	4/19	5/30	6/28	7/27	8/24	8/29
遊離塩素	本装置	0.21	0.20	0.16	0.20	0.27	0.25	0.21	0.50	0.43	0.19	0.55	0.20	0.42	0.35	-	0.33
	携帯型	0.22	0.22	0.16	0.22	0.26	0.28	0.22	0.46	0.42	0.22	0.50	0.24	0.40	0.30	-	0.28
	誤差	-0.01	-0.02	0.00	-0.02	0.01	-0.03	-0.01	0.04	0.01	-0.03	0.05	-0.04	0.02	0.05	-	0.05
pH	本装置	7.42	7.18	7.14	7.20	7.35	7.30	7.49	7.18	7.52	7.55	7.28	7.25	7.12	7.07	6.93	7.09
	携帯型	7.60	7.15	7.10	7.26	7.31	7.33	7.52	7.28	7.57	7.61	7.29	7.38	7.09	7.05	7.00	7.18
	誤差	-0.18	0.03	0.04	-0.06	0.04	-0.03	-0.03	-0.08	-0.05	-0.08	-0.01	-0.11	0.03	0.02	-0.07	-0.09

フィールド2

項目		日付																			
		5/9	5/18	6/13	6/29	7/12	6/2	6/29	6/22	10/17	11/14	12/12	1/11	2/1	3/5	4/11	5/14	6/4	7/3	8/10	9/6
遊離塩素	本装置	0.32	0.18	0.19	0.19	0.20	0.20	0.21	0.20	0.17	0.17	0.19	0.20	0.19	0.31	0.27	0.29	0.24	0.20	0.18	0.20
	携帯型	0.25	0.20	0.15	0.19	0.17	0.20	0.22	0.21	0.18	0.19	0.17	0.24	0.20	0.29	0.34	0.21	0.25	0.19	0.17	0.20
	誤差	0.07	-0.02	0.04	0.00	0.03	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	0.02	-0.04	-0.01	0.02	-0.07	0.08	-0.01	0.01	-0.01	0.00
pH	本装置	7.97	8.16	7.70	8.09	7.61	7.70	7.42	7.87	7.73	8.05	7.97	8.05	8.09	8.03	8.01	7.98	7.68	7.37	7.50	7.60
	携帯型	8.00	8.16	8.09	7.83	7.45	7.80	7.90	7.97	8.03	8.08	8.11	8.33	8.15	8.01	8.00	7.89	7.88	7.43	7.53	7.68
	誤差	-0.03	0.00	-0.39	0.26	0.16	-0.10	-0.18	-0.10	-0.30	-0.03	-0.14	-0.28	-0.06	0.02	0.01	0.09	-0.20	-0.06	-0.03	-0.08

※いずれも着色部は校正実施

3. その他

本研究実施に際しフィールド提供事業者より要望のあった項目並びに本研究実施者が本装置運用ノウハウ獲得のために必要と判断した以下3項目を検証した。

- 1) 自動管理排水実施時の騒音検証（発案：フィールド1 提供事業者）
- 2) 自動管理排水動作開始後の残塩降下現象検証（発案：フィールド2 提供事業者）
- 3) 最適運転設定検証（発案：本研究実施者）

以下に各々の目的、方法、結果を記す。

1) 自動管理排水実施時の騒音検証

- ①目的 フィールド1 提供事業者の要望により、本装置の自動管理排水機能の稼働時に発生する水流音等の騒音についての対策方法を検証する。
- ②方法 騒音測定装置を用い、騒音対策実施前と実施後の環境騒音を測定することにより騒音対策の必要性及び騒音対策の効果を観測する。
- ③結果 図-12. の通り、環境騒音測定の結果、本装置自動管理排水動作作動時は停止時に比べ6 dB程度の騒音が発生していることが判明した。装置内管理排水配管部と管理排水排出先床面に騒音対策を施し、再度同様の測定を実施したところ、本装置の自動管理排水動作作動時も停止時と比べて特段環境騒音に変化は見られないため、騒音対策は有効と判断した。

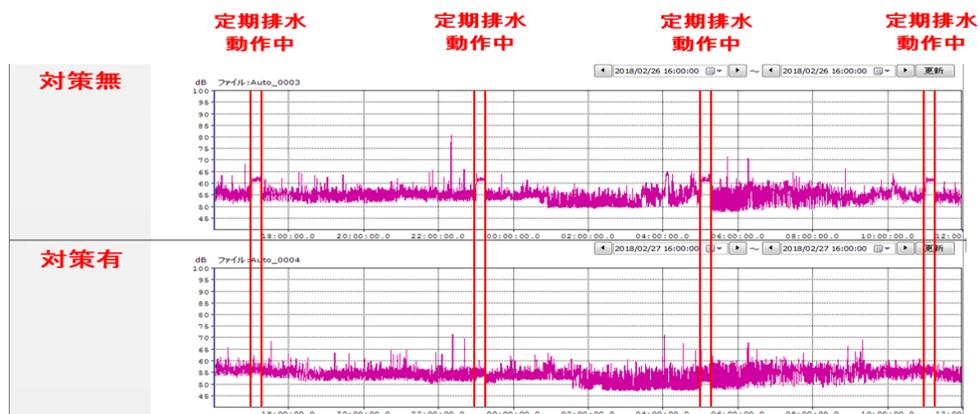


図-12. 騒音対策実施前後環境騒音測定

騒音測定方法	
1. 測定距離	・ 装置直近前面 ・ 高さ=GL+1,000
2. 測定期間	・ 3日間(2昼夜)程度
3. 実験方法	・ 定期排水動作設定により昼夜2回ずつ排水を行い未排水時との騒音を比較
4. 使用機材	・ 騒音計 NL-42型 リオン(株)製

図-13. 環境騒音測定方法（参考）

2) 自動管理排水動作開始後の残塩降下現象検証

- ①目的 フィールド2 提供事業者の知見より自動管理排水装置の設置箇所の諸条件によっては自動管理排水動作開始後に一時的な遊離残留塩素濃度数値の降下現象が発生する可能性があることが想定される。
その幅が大きい場合には一時的に水質管理目標値を下回る計測値が観測される可能性があることから、本装置の自動管理排水動作によってもこのような現象が発生するか否かを確認した。
- ②方法 本装置運転データを蓄積し、自動管理排水動作開始後の一時的な遊離残留塩素低下現象の有無及び発生した場合の程度を観測する。
- ③結果 表－12. の通り、フィールド2 においては自動管理排水動作開始後に遊離残留塩素の低下が発生した現象は計20例発生していた。
また、自動管理排水動作開始後開始設定値より更に最大0.03mg/lの遊離残留塩素濃度の降下が確認されていることから、本装置を実運用に供する際は水質管理目標値より高めの安全率をとった自動管理排水開始設定値により一定期間試験運用を行い、遊離残留塩素濃度降下現象の影響度を把握したうえで本格運用に移行する必要があるものと推定する。

表－12. 自動管理排水動作開始後10分以内遊離残留塩素濃度降下事例一覧

	年	月	日	落ち量(mg/L)	落ち開始時間(時分)	落ちきり時間(時分)	回復開始時間(時分)
1	2017	6	10	0.01	1:59	1:59	2:24
2			10	0.01	0:00	0:00	0:01
3		7	7	0.01	16:59	16:59	22:40
4	2018	5	20	0.02	0:09	0:18	0:56
5			21	0.03	0:06	0:20	0:36
6			23	0.02	0:09	0:16	0:39
7			25	0.02	0:07	0:15	0:34
8			29	0.01	0:23	0:23	0:35
9			31	0.01	0:31	0:31	0:53
10		6	1	0.03	0:15	0:34	1:19
11			7	0.01	0:18	0:18	0:35
12			10	0.01	0:07	0:07	0:13
13			13	0.02	0:12	0:20	1:05
14			17	0.02	0:16	0:47	1:18
15		7	5	0.01	4:25	4:25	4:34
16			7	0.01	5:56	5:56	10:22
17			8	0.01	23:59	23:59	24:28
18			9	0.03	6:24	10:21	11:12
19			10	0.02	0:13	2:28	3:00
20			12	0.02	1:17	3:49	7:47
最大				0.0	23:59	23:59	24:28
最小				0.01	0:00	0:00	0:01
平均				0.02	3:11	3:42	4:45
落ち開始まで10分未満(回)					6	2	1
0.02mg/L以上の落ち開始まで10分未満(回)					4	0	0

落ち開始時間(分) 「弁開」動作から、残塩低下が始まるまでの時間。0.01mg/Lでも低下とみなす。
落ちきり時間(分) 落ち開始時間から、残塩測定値の最下限を記録するまでの時間。
回復開始時間 落ち開始時間から、残塩測定値の最下限を記録後上昇に至るまでの時間。

20例のうち、便宜的に自動管理排水動作開始後10分を「一時的」の定義をとらえてデータを検証した結果、自動管理排水動作開始後の一時的な遊離残留塩素濃度低下現象は6例発生しており、その最大値は0.03 mg/lであった。

2017年6月10日の1例(表-14. 黄色部)は遊離残留塩素濃度の低下幅が計測機器定量下限の0.01 mg/lであり、管理排水流量調整弁の作動直後に低下を記録するとともに直後に回復を記録していることから、計測誤差と判断した。

他5例(表-14. 青色部)はいずれも遊離残留塩素濃度の低下開始から遊離残留塩素濃度の最低値を記録するまで概ね10分以上要していた。

その後上昇を開始するまでにその2倍以上の時間を要していることから、上流部における滞留、水質の不均衡等による遊離残留塩素濃度の低下水が流下した結果と推定した。

3) 最適運転設定検証(フィールド2にて検証)

- ①目的 本装置を実運用に供する際に管理排水量を最小化できる当初設定として理論的に最適な以下の本装置運転設定条件の組み合わせを推定する。

本装置運転条件設定

- ・自動管理排水開始値
- ・自動管理排水停止値
- ・自動管理排水単位時間流量

- ②方法 一定期間毎に本装置運転条件設定を切り替えて運転を実施し、各々の設定で得られた実際の管理排水量データを比較検討する。

- ③結果 表-13. の通り本装置の運転条件設定毎の管理排水量には法則性が認められなかった。

供給される配水水質や気候条件等によっても管理排水量が変動すると考え、以下の各条件を管理排水量に影響する条件ととらえ、回帰分析の手法を用いて寄与度を想定する等の手法を用いたが、結果的に有意な相関を見出すことができなかった。

管理排水量に影響する条件

- ・原水水質
- ・浄水水質
(薬品注入量等含む)
- ・配水水質(同上)
(薬品注入量等含む)
- ・気温

フィールド提供事業者と協議の結果、浄・配水処理上の水質管理は適切に行われていたことから、上記の主因は、配水池一本装置間の需要家の水道使用動向が管理排水量に大きく影響している可能性があることが推察された。

表－13．実証時運転条件設定一覧表

日程	開始値	停止値	幅	流量	管理排水量
4/27～5/6	0.14mg/l	0.20mg/l	0.06mg/l	16l/min	8.2m3
5/7～5/13	0.14mg/l	0.16mg/l	0.02mg/l	16l/min	3.07m3
5/14～5/20	0.18mg/l	0.24mg/l	0.06mg/l	33l/min	3.02m3
5/21～5/27	0.18mg/l	0.20mg/l	0.02mg/l	33l/min	8.06m3
5/28～6/3	0.18mg/l	0.20mg/l	0.02mg/l	16l/min	10.19m3
6/4～6/10	0.14mg/l	0.16mg/l	0.02mg/l	33l/min	8.56m3
6/11～6/17	0.14mg/l	0.20mg/l	0.06mg/l	33l/min	21.81m3
6/18～6/24	0.18mg/l	0.24mg/l	0.06mg/l	16l/min	46.29m3

※管理排水量は期間合計

V. 実証研究により得られた知見

本研究により1年間実フィールドにおいて本装置を試験運用し、本装置に関する知見及び適用対象フィールドに関する知見も得ることができた。

1. 本装置に関する知見

- 1) 本装置の各種動作や耐候性は設計通りの性能を有しており、実用に耐える仕様である。(IV. 1. 本装置の信頼性より。)
- 2) 本装置をにより一定の水質確保が可能である。(IV. 2. 1) 遊離残留塩素濃度0.1mg/l達成率より。)
- 3) 本装置の導入を検討する際の想定管理頻度は概ね1回/月程度が妥当である。(IV. 2. 2) メンテナンス作業量より。)
- 4) 本装置の導入後、運転条件設定にあたっては導入フィールドの特性を見究め、その特性に即した条件を見出す必要がある為、一定期間の試験運用が必要である。(IV. 3. 2) 自動管理排水動作開始時の残塩降下現象検証及びIV. 3. 3) 最適運転設定検証より。)
- 5) 表-14. の通り、運用に係る電力・通信費は水質モニター、本装置とも概ね同等程度であった。(フィールド1については提供事業者より電力費を御支給いただいたため比較しなかった。)

表-14. フィールド2における電力・通信費比較表

電力費	月額	条件
水質モニター	¥1,480	東北電力従量電灯B15A契約(平成29年度平均)
本装置	¥1,131	東北電力従量電灯B10A契約(本研究期間平均)
差額	¥-349	いずれも基本料金+従量料金
通信費	月額	条件
水質モニター	¥2,600	NTT一般公衆アナログ回線(平成29年度平均)
本装置	¥2,322	ASAHIネットLTE128Kプラン(一律)
差額	¥-278	水質モニターは基本料金+通話料、本装置は一律

※いずれも水質モニターについてはフィールド2直近でフィールド2提供事業者が運用中の水質モニター実績値を聴取。

- 6) 表-15. の通り、年間の実績管理排水量に差が生じた。(フィールド1については管理排水量の実績が無いため比較しなかった。)

表-15. フィールド2における実績年間管理排水量比較表

期間	管理排水量	条件
'16.4月~'17.3月	2,441m ³ /年	2回/月管理排水量調整作業実施
'17.10月~'18.9月	714m ³ /年	本装置による自動管理排水実施
差	-1,727m ³ /年	(削減率70.7%)

- 7) 図-14. 及び図-15. の通り高温期においてフィールド1(南向き設置)は装置周辺温度より装置内温度の方が高温を観測したが、フィールド2(北向き設置)はその逆の傾向が観測された。

これはフィールド2の設置方法が装柱方式であるため、装置南面にコンクリート柱があることによる日照遮蔽が主因と推測する。

低温期については大きな傾向の差異は観測されなかった。

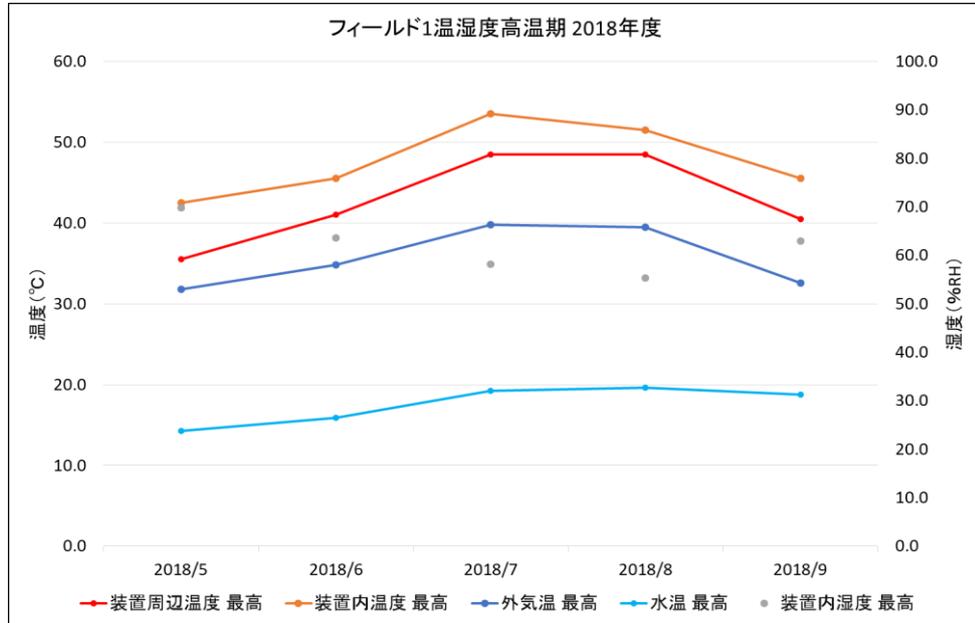


図-14. フィールド1 高温期温湿度推移

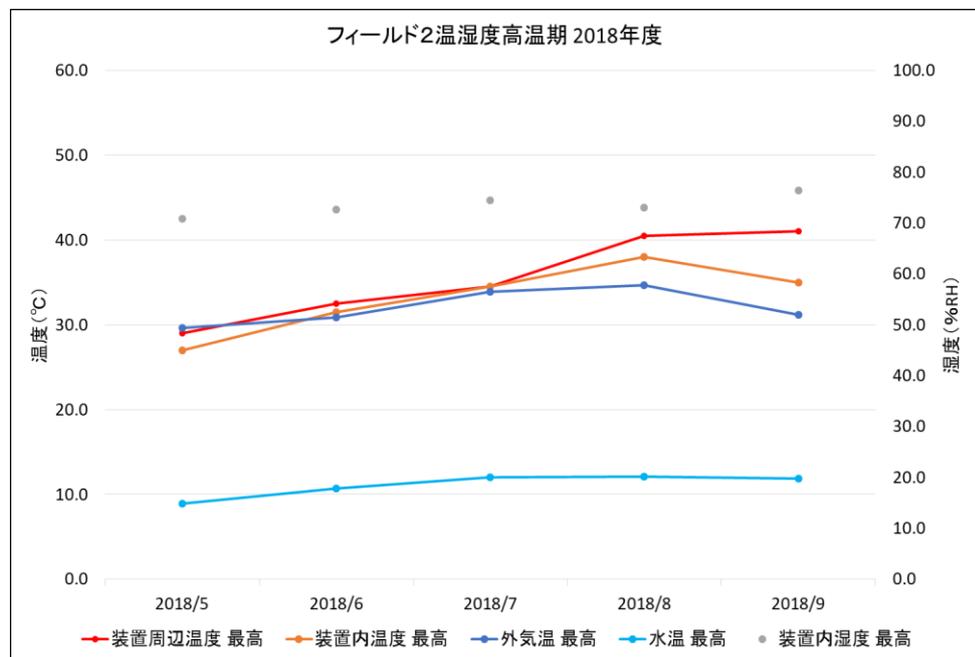
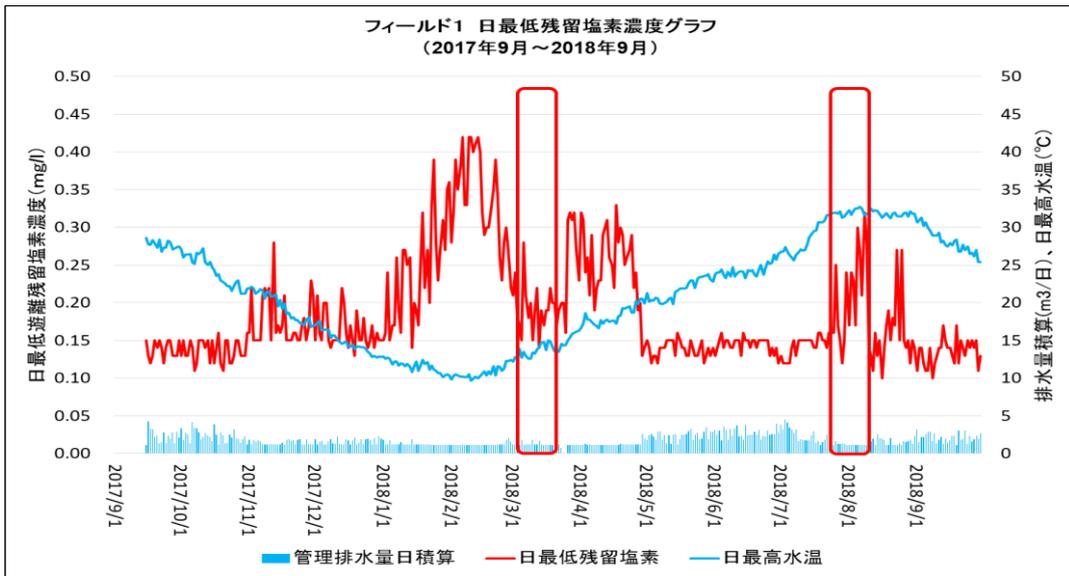


図-15. フィールド2 高温期温湿度推移

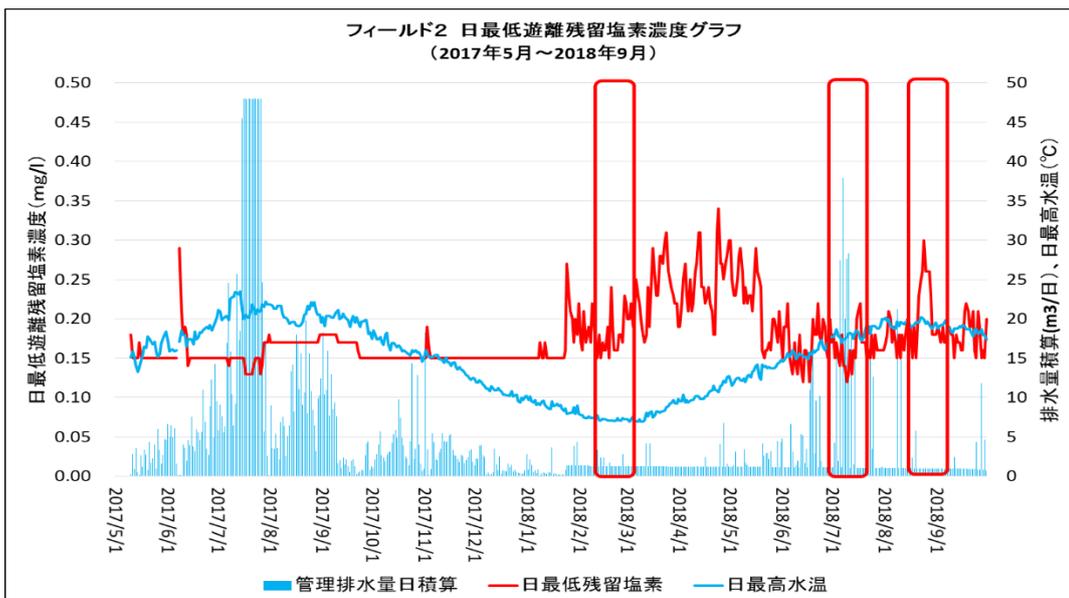
2. 適用対象フィールドに関する知見

1) 水温に大きな変化がない時期でも、遊離残留塩素濃度及び本装置による自動管理排水量（≒管末水質）に大きな変動があった。

主因は需要家の水道使用量の多寡であると思われる。（図－16．フィールド1日最低遊離残留塩素濃度（赤枠部）、図－17．フィールド2日最低遊離残留塩素濃度（赤枠部）及びIV. 3. 2) 自動管理排水動作開始時の残塩降下現象検証より。）



図－16．フィールド1日最低遊離残留塩素濃度



図－17．フィールド2日最低遊離残留塩素濃度

2) 配水水温が、フィールド1については概ね20℃、フィールド2については概ね15℃を超過すると、自動管理排水機能作動後にさらに遊離残留塩素濃度が低下する頻度が上昇する傾向が確認できた。(図-18. フィールド1日最高水温(赤枠部)及び図-19. フィールド2日最高水温(赤枠部)より。)

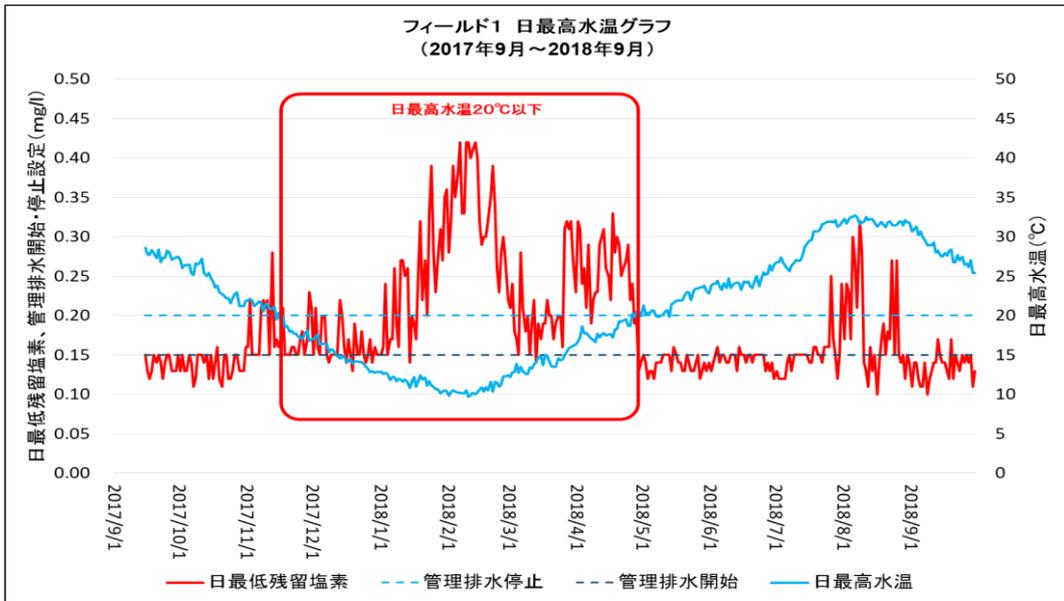


図-18. フィールド1日最高水温

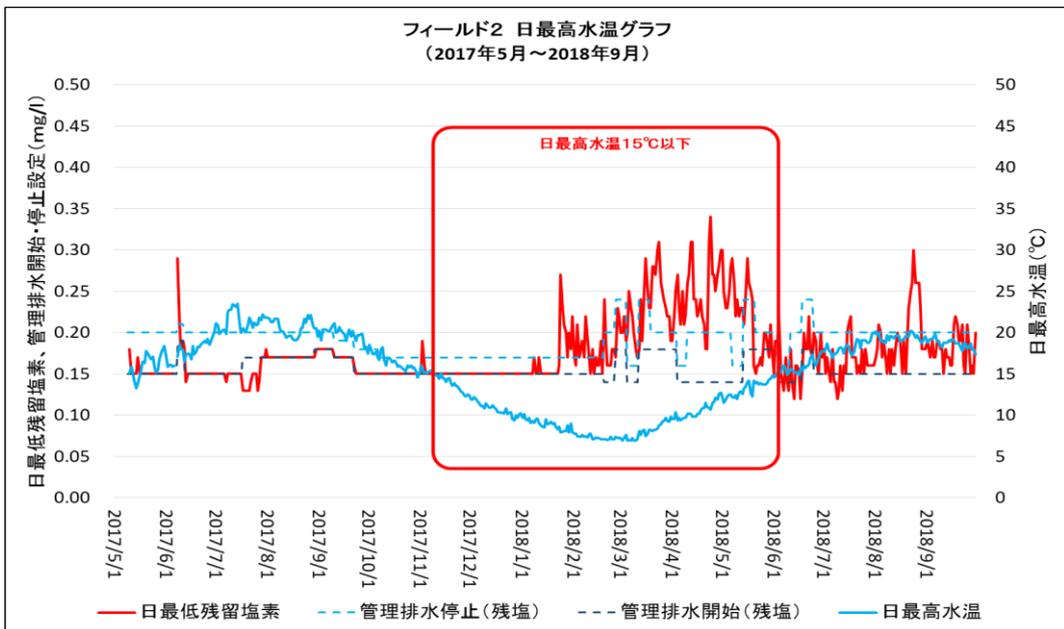


図-19. フィールド2日最高水温

- 3) 両フィールドとも低温期においては全く自動管理排水機能が作動しないうえに高めの管末部遊離残留塩素濃度が測定される時期がある。(図-20. フィールド1日最低遊離残留塩素濃度(赤枠部)、図-21. フィールド2日最低遊離残留塩素濃度(赤枠部)より。)

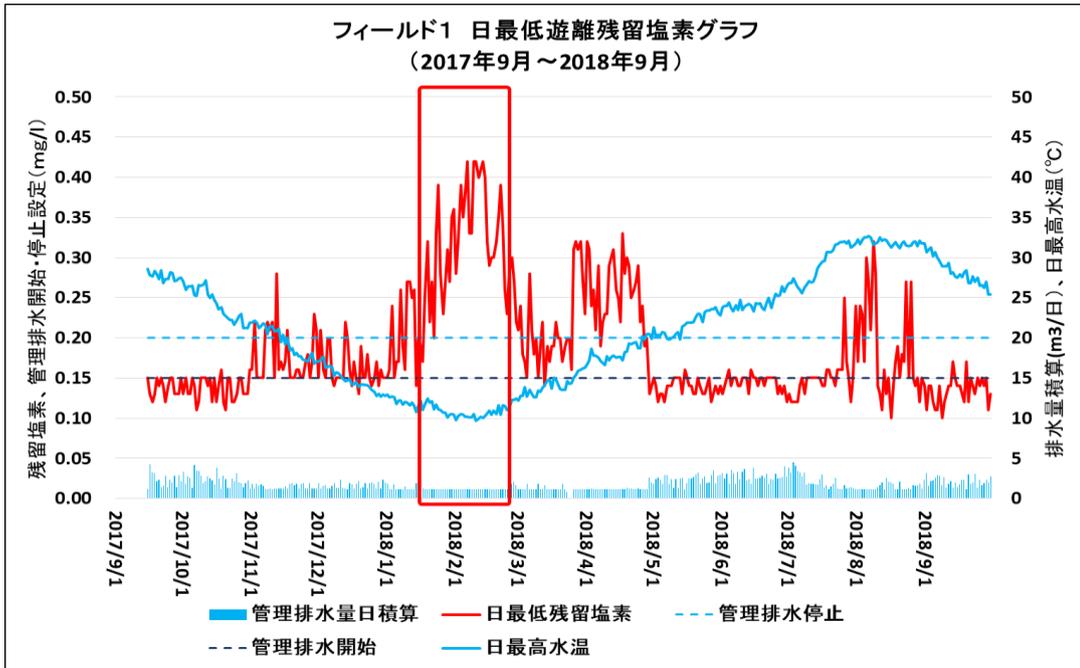


図-20. フィールド1日最低遊離残留塩素

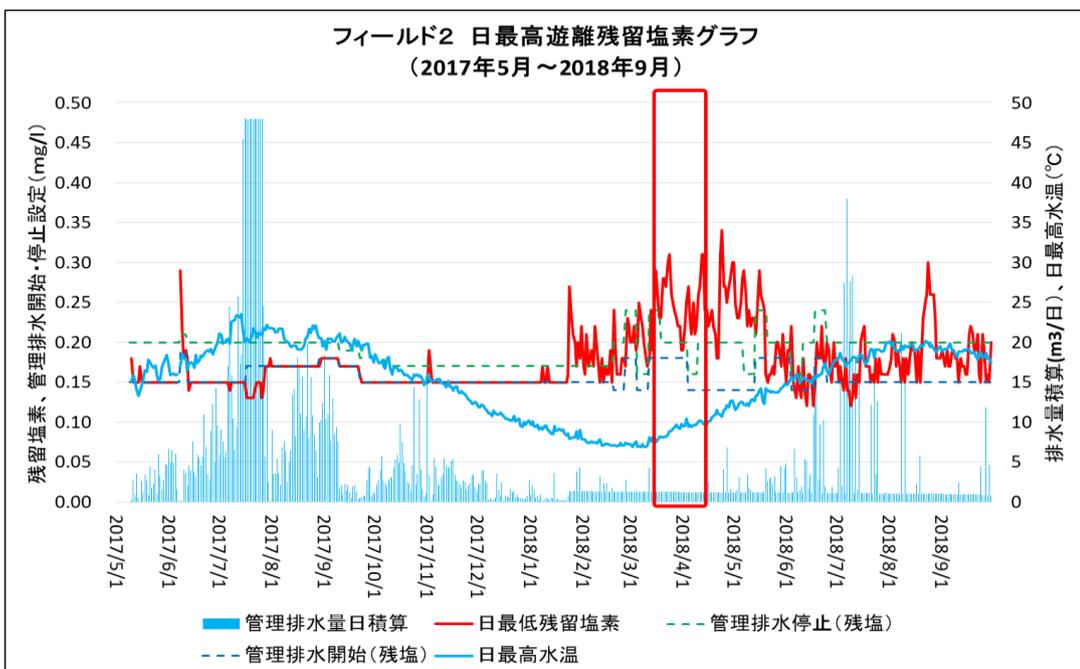


図-21. フィールド2日最低遊離残留塩素

- 4) フィールド2において2017年7月に直近配水池以降の遊離残留塩素が急激に消費される現象が発生し、数日間設定管理排水量を常時排水するケースが観測された。

フィールド2 提供事業者の知見によると、主に原水由来の有機物の影響と考えられる。(図-22. フィールド2 日最低遊離残留塩素グラフ (赤枠部) より。)

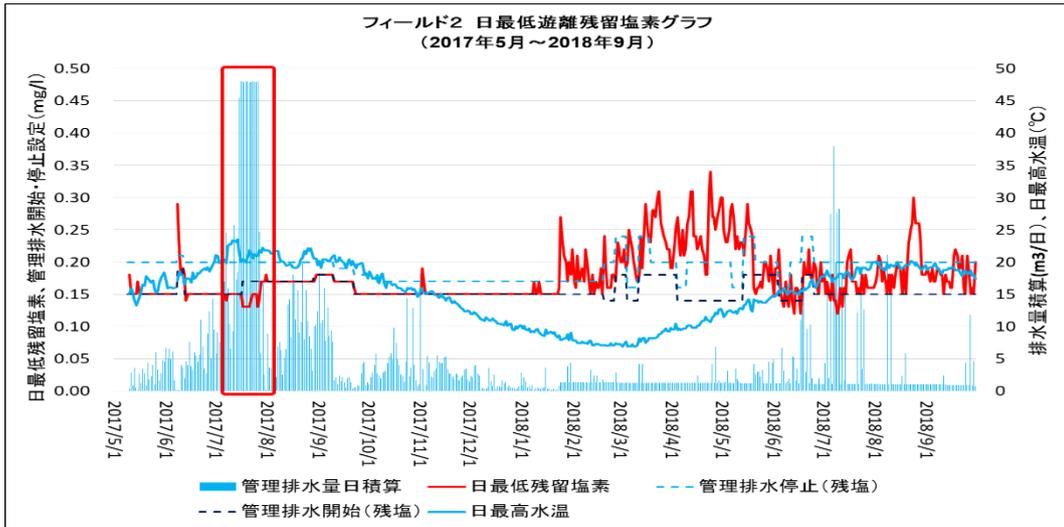


図-22. フィールド2 日最低遊離残留塩素濃度

- 5) フィールド2において主に低温期にpHによる自動管理排水の起動が集中した。

フィールド2 提供事業者の知見によると、主にモルタルライニング管の影響と考えられる。(図-23. フィールド2 日最高pH (赤枠部) より。)

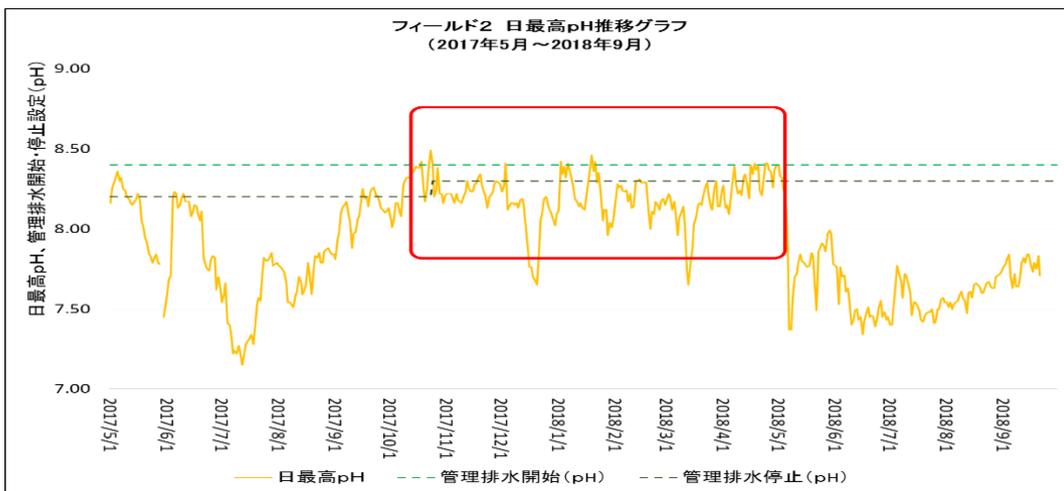


図-23. フィールド2 日最高pH

6) 市街地等管理排水時の騒音が懸念される場合には、遮音対策が有効であることが確認できた。(IV. 3. 1) 自動管理排水実施時の騒音検証より。)

VI. 結論

本研究により本装置は水道事業体のフィールドにおいて想定通りの動作を行い、計測機器の異常も確認されなかったこと等より、実用可能な仕様を有していることが確認された。

合わせて、本装置により一定の水質確保が可能であること、1回/月の定期点検による運用が可能であること、水質モニターと同等の電力量・通信料で運用可能なこと等より、通常の水質管理業務中で運用可能なことが確認された。

また、フィールドにより各種条件が異なるため、実運用の前に作動条件設定を詳細に確認、設定の必要があることも確認できた。

総じて、本装置の機能が設計通りに作動することにより実運用が可能な仕様であることが確認できた。

本装置の導入が諸水道事業体の配水水質管理業務効率化の一助となることが期待できるものとする。

以上