

デジタル技術を活用した建築物環境衛生管理基準の達成等に向けた検証研究
レーダー式レベルセンサを活用した排水管閉塞状況自動検知技術に関する検討

研究分担者	大塚 雅之	関東学院大学	建築・環境学部	教授
研究分担者	三好 太郎	国土技術政策総合研究所	上下水道研究部	主任研究官
研究協力者	角野 公亮	関東学院大学	工学研究科	修士課程

研究要旨

本検討では、レーダー式レベルセンサを活用した排水管閉塞状況自動検知技術に関する性能評価を行った。建築物内の排水管を再現した模擬排水管内にレーダー式レベルセンサを設置し、大便器からの排水を実施した場合の水位変動を、データロガーを活用して自動記録した。水位変動の測定は、模擬排水管の閉塞状況を変化させながら複数回実施した。閉塞した排水管を再現するため、ニトリルゴム及びあぶら粘土を用いて作成した疑似停滞物を模擬排水管内に設置したところ、目視観察により、模擬排水管内の水位が上昇していることが確認できた。このような排水管内水位の変化は、設置したレーダー式レベルセンサの出力からも確認することができた。模擬排水管内に設置した模擬停滞物を撤去したところ、模擬排水管内の水位が低下したが、このような変化についても、レーダー式レベルセンサからの出力に反映されていた。以上の結果から、レーダー式レベルセンサを活用することで、排水管内の閉塞状況の自動検知が可能であることが示された。このような技術を活用することにより、当該センサからの出力に基づき、排水管内に設置した洗浄を起動させるといった自動洗浄技術の開発が可能となることが期待される。

A. 研究目的

特定建築物内における飲料水及び雑用水の安全性を確保するためには、受水槽をはじめとする給水装置の衛生管理が必須である。加えて、建築物内で使用された水は、速やかに生活空間から排除されることが必要となる。この時、排水管をはじめとする排水設備が期待される性能を発揮できない状態となっていた場合、使用された水が生活空間にとどまり、衛生環境を悪化させてしまう可能性が懸念される。建築物内における水の衛生管理においては、受水槽や給水設備といった水の供給にかかる設備の衛生管理に加えて、排水管を始めとする、使用した水を排除するための設備も、健全な状態に保っておくことが必須であるといえる。

建築物衛生法¹⁾においては、排水に関する設備の清掃を6カ月以内ごとに1回の頻度で実施することが定められている。排水管においては、配管の劣化や尿石等の付着によって生じる排水管の詰まりによって発生する排水の逆流、汚染、臭気の発生が懸念される(図1)。また、排水管に接続されているトラップが破封した場合、排水管内の臭気やネズミなどの衛生動物が室内へ侵入できるようになる恐れが生じる。加えて、排水を一時的に貯留する排水槽、厨房系統に設置される阻集器についても、不適切な維持管理により悪臭などの障害が発生する可能性がある。これらの問題を未然に防止し、適切な維持管理をするためには、排水設備の状態を継続的に把握することが重要である。本検討では、デジタル技術を活用した排水設

備の維持管理の改善を目指して、排水設備状態の診断・情報取得の自動化に資するデジタル技術の現状と今後の可能性に関して調査を実施した。

B. 現状の技術調査

現状、排水管内の清掃作業は「診断」→「清掃」→「完了」の順で実施されている。建築物衛生法の維持管理に関する記述、既往の診断技術、業者ヒアリングなどにより、各工程において現在活用されている技術を調査した。

B1. 診断技術

表 1 に配管内の劣化診断技術を示す。現状の診断技術は、検査対象設備の稼働を止めない非破壊検査、検査対象設備の稼働を止める破壊検査がある。非破壊検査の手段には、放射線透過試験、超音波肉厚測定、内視鏡検査、外面腐食調査がある。一方、破壊検査の種類には、サンプル管調査（抜管調査）が用いられている。

B1.1. X線技術既往文献調査

配管劣化診断技術を自動化には、非破壊検査が有効であると考えられる。その中でも X 線を用いた放射線透過試験検査に着目し、関連既往文献調査とともに測定機器の自動化の可能性について検討を行った。

B1.2. イメージングプレート法の有効性と事例

市橋ら⁵⁾は、X 線透過検査における従来の撮影媒体を用いるフィルム法と輝尽性蛍光体粉末を用いたイメージングプレート法（以下 IP 法）を比較し、IP 法の優位性を各種観点から考察した。その結果、IP 法は作業工程の削減や作業員の効率化、作業時間の短縮が可能に加え、デジタル画像による判定が可能であるため、診断品質の向上にも寄与することが示された。また、IP 法は撮影感度が高くダイナミックレンジが広いことから、輪郭が鮮明で高品質な画像撮影が可能であり、撮影失敗率の低減にもつながっている。

さらに市橋ら⁶⁾は、実際の建築物での IP 法の適用事例では、IP 法により配管の残存肉厚を高精度に定量化可能であることを確認しており、従来の目視や内視鏡検査では困難であった余寿命の精度の高い評価が可能であることが示された。これ

により、劣化の進行していない系統の特定が可能となり、中長期的な保全計画の合理化に寄与するとともに、当初予定されていた全面改修の縮小や延期が実現され、過剰な設備投資の抑制につながることが確認された。

B1.3. 診断技術の自動化に向けた課題

以上の文献調査から、非破壊検査の放射線透過試験である IP 法は、高精度かつ高効率な診断手法であり、実際の建物にも適用可能であることが確認された。一方、当該手法を採用することで、従来手法であるフィルム法と比較して作業員の負担は削減することが可能であるものの、撮影作業自体は依然として人手に依存しているのが現状である。

B2. 清掃技術

表 2 に配管内の清掃技術を示す。現状の清掃技術は、機械的洗浄方法と化学的洗浄方法がある⁷⁾。機械的洗浄方法では、高圧洗浄法、ワイヤ式清掃法、ロッド法、空圧式洗浄法が用いられている。一方、機械的洗浄方法が適用しにくい場合では化学的洗浄方法が用いられており、詰まりの要因によってアルカリ性剤と酸性剤を使い分ける必要がある。

B3. 自動検知技術

表 3 に自動検知技術を示す。既存技術¹³⁾¹⁴⁾では、管内圧力および空気圧の変動を利用して管内の障害物を検知し、貯水槽から洗浄水を排出し、除去する方法が提案されている。これらの方法については須賀工業株式会社の米田氏により特許（特開-2001-311199）¹³⁾、並びに（特開-2003-56034）¹⁴⁾が取得されていたが、2026 年 2 月現在当該権利は存続期間満了により消滅している。

B4. 現状の技術に関する文献調査のまとめ

文献調査の結果、排水管の診断、清掃に関して、様々な新規技術が適用され始めていることが明らかとなった。しかし、調査した範囲においては、「診断」→「清掃」→「完了」まで一連のデータをデジタル化して収集し、作業工程をフロー化した機器及びシステムは現段階においては実用化されていないことも明らかとなった。これらの作業工程を自動化することができれば、建築物衛生の維持に関して、資すること大であると考えられ

るが、そのためには上述した手法とは技術的思想が異なるものも含め、さらなる技術開発が必要であるといえる。

C. レーダー式レベルセンサを用いた排水管閉塞状況自動検知技術に関する実験的検討

C1. 検討目的

上述した調査結果に基づき、本研究では、デジタル技術を活用した建築物衛生管理の効率化に関する選択肢の1つとして、図2に示すレーダー式レベルセンサを用いた排水管洗浄システムを提案する。この排水管洗浄システムは排水ますに設置したセンサが堆積物による管内閉塞を起因とする排水の水位上昇を検知した後、高圧洗浄装置に信号を送り、配管内を高圧洗浄するものである。本報では、その初期検討として、排水横管内に生じた管内閉塞による排水の水位変動をレーダー式レベルセンサが感知可能か検証し、その結果を報告する。

C2. 実験概要

C2.1. 供試排水横管システム

図3に本実験にて使用した供試排水横管システムの概略図を示す。同図に示した通り、大便器の排水口芯から末端までの全長を約17mとし、末端にはLT継手(100A×100A)を接続した。排水横主管は透明塩化ビニル管、呼び口径は100A(実内径103mm)、こう配は1/100とした。

C2.2. 測定項目及び方法

図2中に測定排水ます①～④にレーダー式レベルセンサを設置し、管内水位H[mm]の経時変化を測定した。また本研究では、排水横管内における管内閉塞発生時の水位変動を確認するために、図4に示す、(1)ニトリルゴム製の抵抗体、(2)油粘土を組み合わせた(3)擬似停滞物を作成し、排水ます内に設置することで管内閉塞を再現した。さらに上流からの大便器排水を連続で行うことで、管内閉塞による排水の水位上昇を確認した。その後、排水横管内が満水状態になったのを目視で確認した後、擬似停滞物を除去し、排水が流れる様子を確認した(図5)。

C2.3. 使用機器の概要

表3に本実験に用いる測定機器の概要を、図5及び図6に測定機器接続の系統図及び測定機器の外観をそれぞれ示す。

C3. 結果と考察

図7に各測定排水ますの水位変動波形及び最高管内水位を示す。同図(1)には上流側の測定排水ます①及び②を、同図(2)には下流側の測定排水ます③及び④の結果を示す。

同図(1)より、測定排水ます①での最高管内水位は173.8s時に219mmであった。また、その前後においても水位が急上昇する波形が複数確認された。これは、大便器から排出された排水が連続的に測定排水ます①の側面に衝突したことにより、一時的に水位が急上昇したためだと考える。一方、測定排水ます②では、331.6s時に24mmであった。最高水位計測時前後の波形を確認すると、前では水位の上昇は瞬時的であるのに対し、後は継続的な水位上昇が確認された。これは、管内閉塞によって生じた水位上昇に加え、さらに大便器からの連続排水が重なったためであると考えられる。

同図(2)より、測定排水ます③における最高管内水位は、384.2s時に70mm、測定排水ます④では、319.0s時に85mmであった。両測定排水ますにおいて、時間が経過するとともに水位が上昇する傾向が確認できた。これは、管内閉塞により排水が排水管内に滞留し、さらに上流から繰り返される連続排水により水位が上昇したものであると考えられる。

その後385.0s時に排水横管内の満水状態を目視確認したため、擬似停滞物を除去した。その結果、両図において管内水位は減少した。

以上の結果から、本実験に用いたレーダー式レベルセンサは排水横管内における管内閉塞に起因する水位変動を検知可能であることが示唆された。

D. 結論

本研究では、排水設備におけるデジタル化促進のための機器利用の可能性の初期検討として、レ

レーダー式レベルセンサを用いた排水管洗浄システムの検討を行った。その結果、レーダー式レベルセンサは排水横管内における水位上昇に反応し、水位変動を測定可能であることが確認された。よって、配管劣化や尿石などの固着物の影響によって管内閉塞が生じ、排水横管内の水位上昇した場合においても、本センサがこれを検知し、洗浄システムと連動することで固着物除去が可能となる。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

<参考文献>

- 1) 建築物衛生法 <https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/seikatsu-eisei10/>（最終確認日 2026/01/29）
- 2) 相澤幸司他：超高層集合住宅の既存排水立て管の更新に伴う調査,建築物環境衛生管理全国大会録集,pp80-81（2026,1）
- 3) 古田祐一他：連立小便器用の排水横枝管内の尿石抑制技術に関する基礎的研究,空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集,pp93-96（2016.9）
- 4) 東京理化学検査株式会社 <https://tokyorigaku.co.jp/business/pipes/>（最終確認 2026/02/02）
- 5) 市橋宏章他：X 線透過検査による建築設備配管劣化診断に関する研究（第 1 報）イメージングプレート（IP）法とフィルム法の比較,空気調和・衛生工学会学術講演論文集,pp145-148,(2019.9)
- 6) 市橋宏章他：X 線透過検査による建築設備配管劣化診断に関する研究（第 3 報）IP 法の活用事例,空気調和・衛生工学会学術講演論文集,pp17-20,(2021.9)
- 7) 一般社団法人全国管洗浄協会 <https://www.zenkankyo.jp/seisou>（最終確認日 2026/02/02）
- 8) Cleansha クリーン社 排水管高圧洗浄/排水管清掃（パイプクリーニング） <https://www.cleansha.co.jp/services/pipecleaning/>（最終確認 2026/02/09）
- 9) 群馬企業株式会社 <https://chuokai-gunma.or.jp/higashi.gunma.kankyo/gunma/kan.html>（最終確認 2026/02/09）
- 10) 街の水道屋さん 山川設備 <https://yamakawasetubi.net/sekou/%E6%8E%92%E6%B0%B4-%E3%81%A4%E3%81%BE%E3%82%8A-%E5%A5%88%E8%89%AF/post-12238/>（最終確認 2026/02/09）
- 11) カンツールショップ <https://www.kantool-shop.jp/shop/g/g302002000000/>（最終確認 2026/02/09）
- 12) ベストなパーツ <https://www.best-parts-media.jp/element/4627>（最終確認 2026/02/09）
- 13) 出願特許公開 No.特開 2001-311199「排水管閉塞自動回避設備」
- 14) 出願特許公開 No.特開 2003-56034「排水管閉塞検知システム及び排水管閉塞自動回避システム」



(1) 配管劣化²⁾



(2) 尿石の付着³⁾

図1 排水管内の詰まり現象

表1 現状の診断技術⁴⁾を参考に著者が作成

	非破壊検査				破壊検査
	放射線透過試験 (X線)	超音波肉厚測定	内視鏡調査	外面腐食調査	サンプル管調査
写真					
手段	携帯式X線装置を用い、X線フィルム上に直線配管の内部情報を反映。	超音波厚さ計を使用し、試験体の表面から超音波のバースを内部に送り、試験体底面から反射してくる超音波バースの往復時間を計り、底面までの距離を計る。	内視鏡を開口部から挿入し、目視にて管内部の状況を観察および記録する。	外部腐食が発生している箇所について錆び及び減肉の状況を記録する。最も腐食していると思われる部分を目視で選択し、錆等を除去したのち機器を用い残存肉厚を測定する。	実際に使用している配管を切り出し内部の腐食具合を目視で確認する。

表2 現状の清掃技術⁷⁾を参考に著者が作成

	物理的洗浄方法				化学的洗浄方法 ¹²⁾
	高圧洗浄法 ⁸⁾	ワイヤ式清掃法 ⁹⁾	ロッド法 ¹⁰⁾	空圧式洗浄法 ¹¹⁾	
写真					
手段	高圧洗浄機または高圧洗浄車からホースで導水ホース先端に取り付けたノズルから噴射する高速噴流により、除去する方法	スクリー形、ブラシ形等のヘッドが先端に取り付けられたワイヤを排水管内に回転させながら挿入し、押し引きを繰り返して除去する方法。	1.0~1.8m程度のロッドを繋ぎ合わせ、手動で排水管内に挿入する方法。最大長さ長さは30m。	空気ポンプを用いて圧縮空気を管内に一気に放出し、その衝撃波で閉塞物を破壊・離脱させる方法。	機械的洗浄方法が適用しにくい場合、非常手段的や補助的に用いられる。

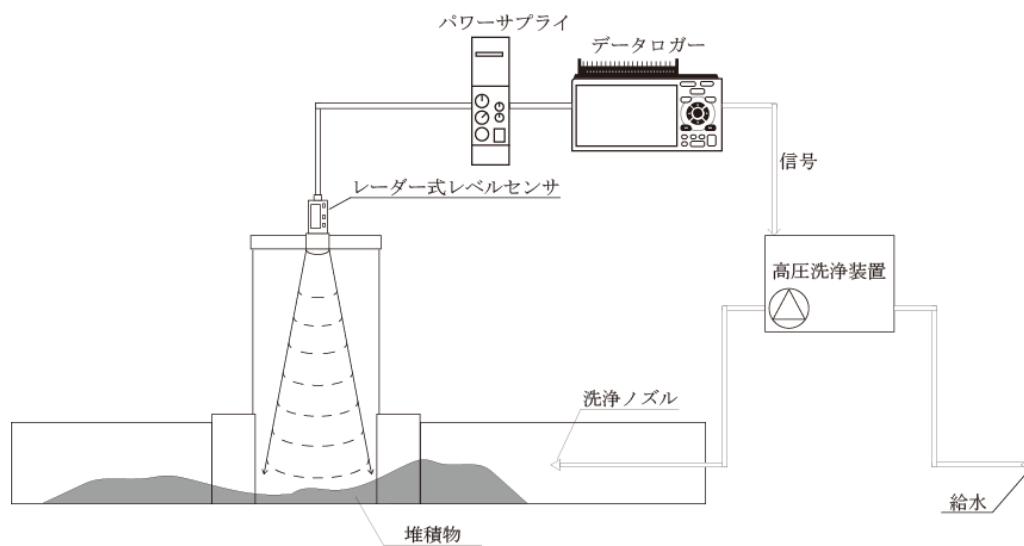


図2 本検討で提案する排水管洗浄システム

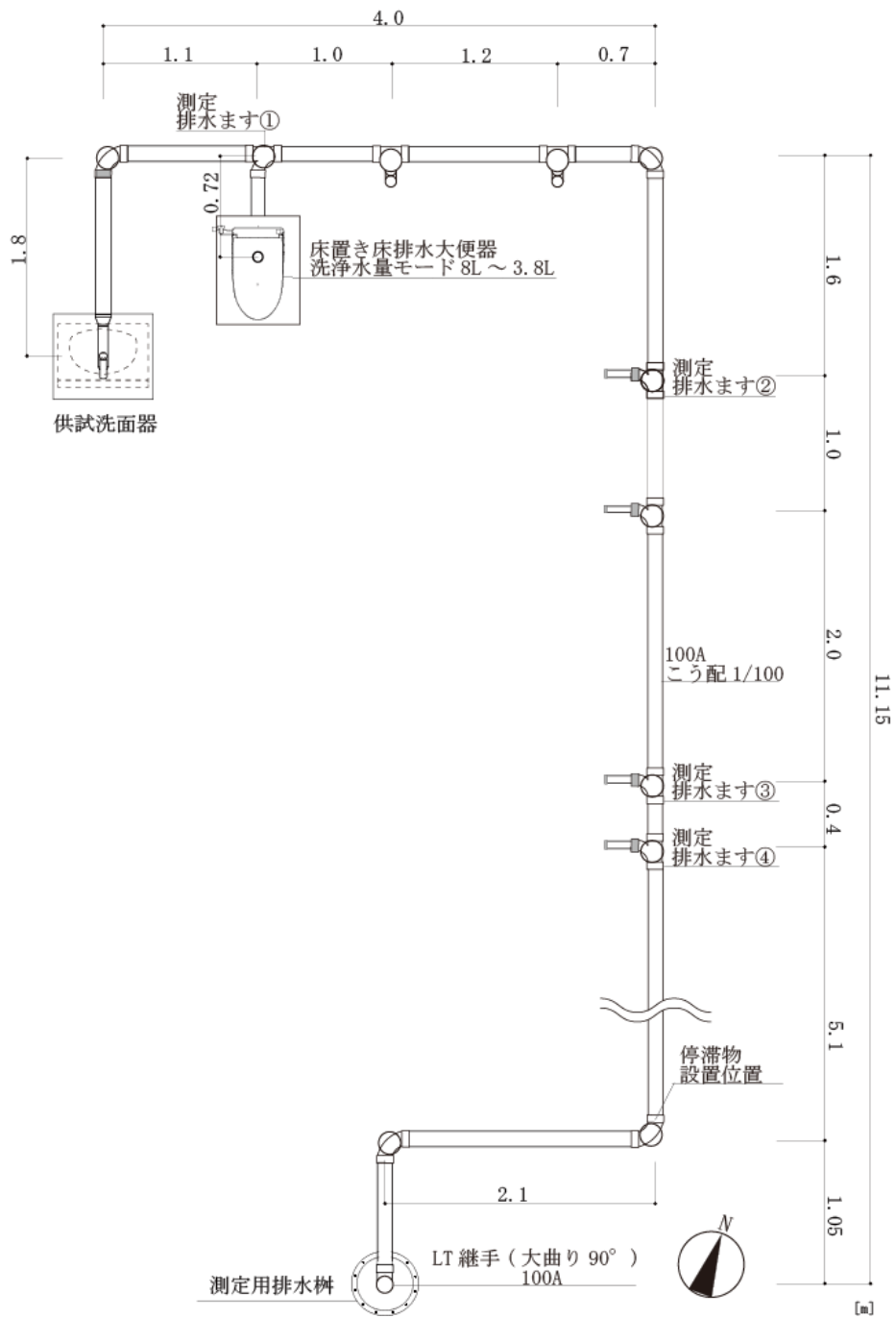


図 3 供試排水横管システムの概略図



(1) 抵抗体



(2) 油粘土



(3) 疑似停滞物

図 4 本研究で使用した疑似停滞物

表 3 測定機器の概要

No.	機器名	製造元	形式	仕様
1	レーダー式レベルセンサ	(株) キーエンス社製	FR-S01	応答時間 0.4s
				感度 1
2	パワーサプライ (最大3台)	(株) キーエンス社製	KZ-US	-
3	パワーサプライ (最大1台)	(株) キーエンス社製	MS2-H50	-
4	データロガー	グラフテック (株)	GL840	-

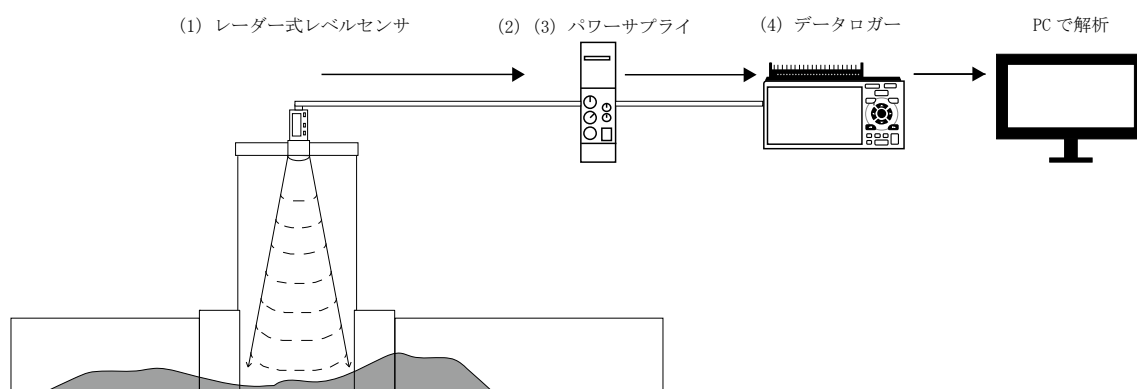


図 5 測定機器接続の系統図

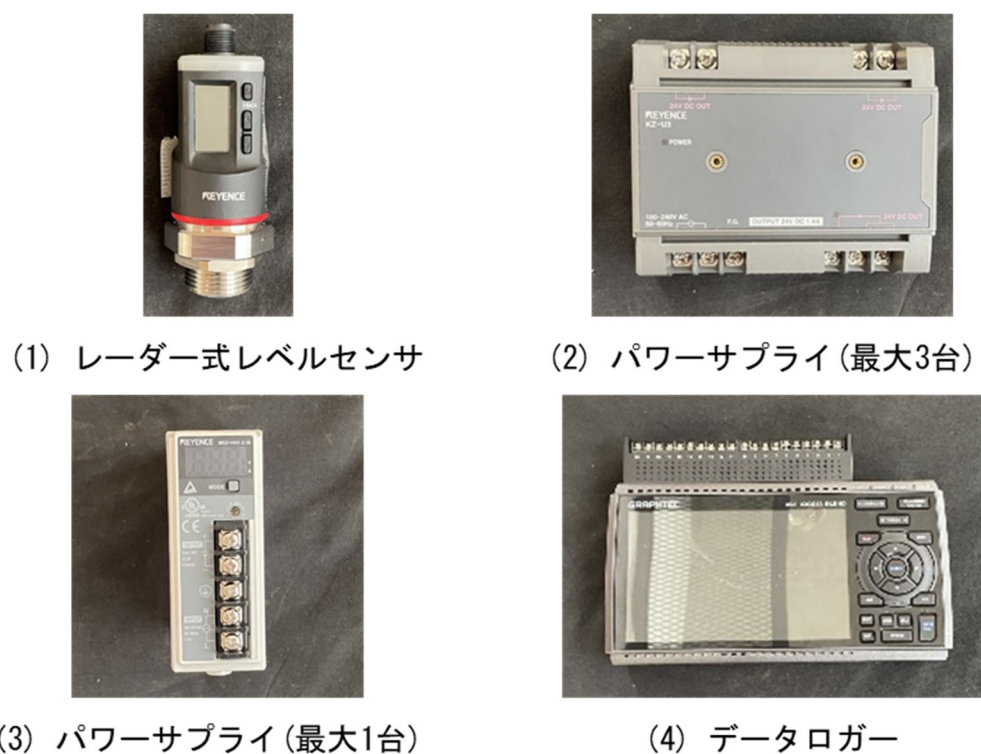
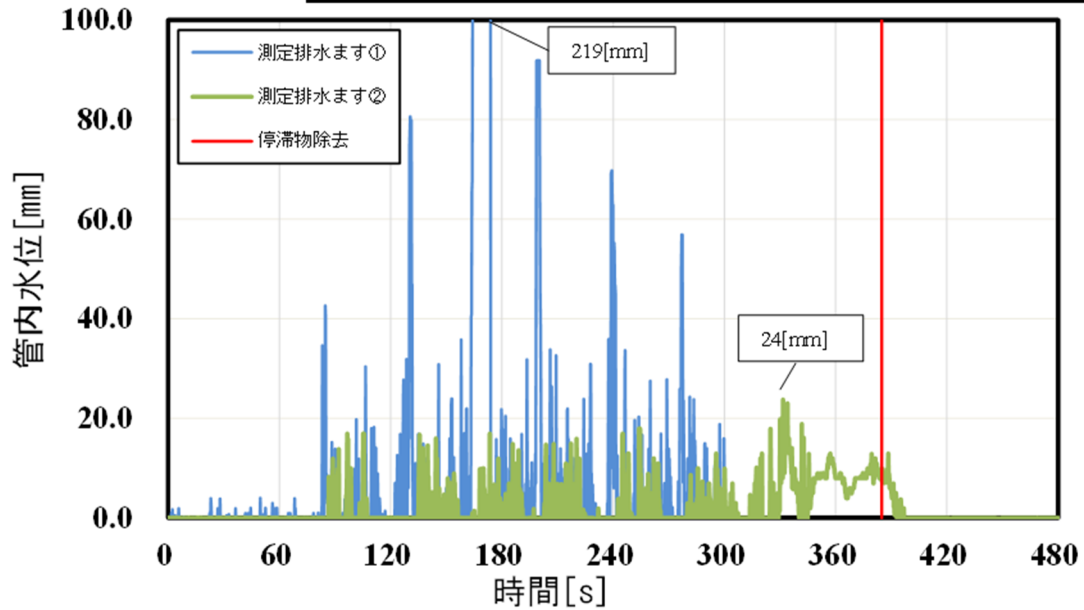


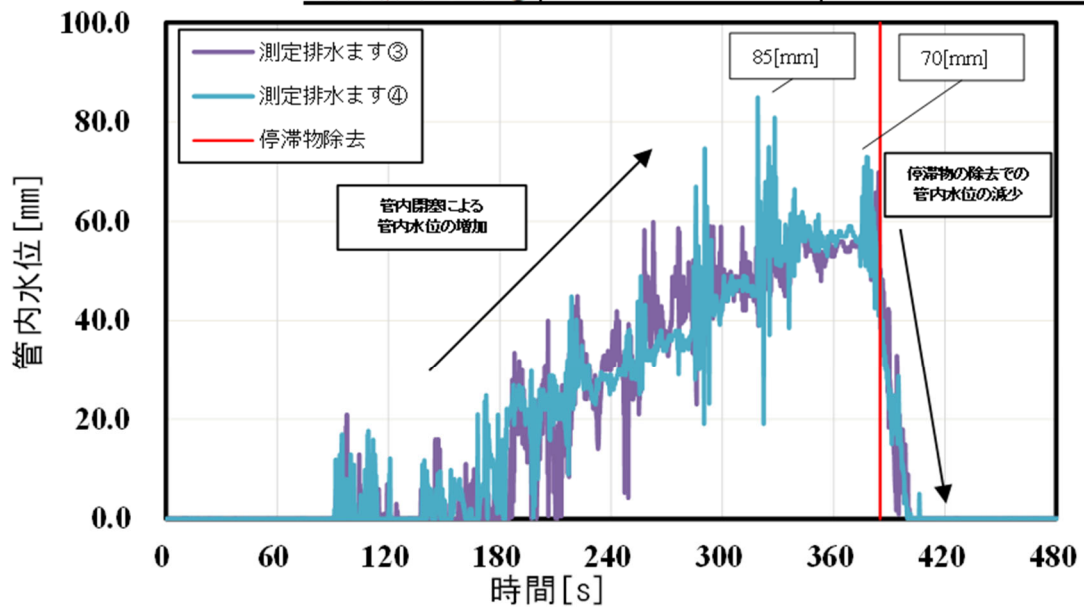
図 6 測定機器の外観

測定箇所	最高管内水位 [mm]	経過時間[s]
測定排水ます①	219	173.8
測定排水ます②	24	331.6



(1) 測定排水ます①及び②

測定箇所	最高管内水位 [mm]	経過時間[s]
測定排水ます③	70	384.2
測定排水ます④	85	319.0



(2) 測定排水ます③及び④

図7 各測定排水ますの水位変動