

特集

“生産性の向上と安全対策” を支援する建築設備の ICT

IoT 技術を活用したマンホールの防犯・安全対策支援

兵藤 大輔

(株)日立システムズ

サービス・ソリューション事業統括本部
プラットフォームソリューション事業推進本部
プラットフォームソリューション第2部

1. はじめに

地下には上下水道・電気・ガス・通信などの管路が張り巡らされ、それらの点検孔であるマンホールも同様に社会を支える重要な基盤である。

日本では2019年、2020年とスポーツの国際的な大規模イベントを控え、さらなるインバウンドの増加が見込まれる中、都市機能を支えるインフラの防犯対策の必要性が増している。また、近年ゲリラ豪雨が多く観測されるが、こうした一時的な増水による排水量の増加や、下水管の老朽化などにより雨水や地下水が浸入する不明水の発生で、流れる水が下水道の処理能力を上回ると生活用水の逆流が発生するなど、住民への安全面での対策も必要となっている。

本稿では当社によるマンホールの防犯・安全対策ソリューションを紹介する。

2. ソリューション概要

(株)日立システムズは(株)トミス（代表取締役社長：戸簾俊久、本社：東京都渋谷区／以下、トミス）、(株)イートラスト（代表取締役社長：酒井龍市、本社：東京都台東区／以下、イートラスト）などとともに、2016年5月から「マンホールの防犯・安全対策ソリューション」に関する実証実験に取り組んでおり、専用センサーの開発および既設マンホールに対するセンサー取り付け方法の検討、さまざまな無線通信方式の検討を実施し、2017年10月より「マンホールの防犯・安全対策ソリューション」の販売を開始している。

システム構成としては、後付け式の各種センサーによるマンホール内のデータ収集、データ送信を行う「センサー内蔵型マンホール」、センサーからのデータの受信を行う「基地局（または屋外型ゲートウェイ）」、データの集約、監視ポータルを提供する当社の「クラウド基盤」から成る（図-1）。

センサーから基地局、屋外型ゲートウェイへの通信手段としては「LPWA（Low Power, Wide Area）」を活用する。LPWAは、LoRaWANやSigfoxをはじめとする、低消費電力と広域エリ



図ー１ マンホールの防犯・安全対策ソリューション

ア通信を特長とした無線通信である。

3. 活用シーン

「マンホールの防犯・安全対策ソリューション」の活用シーンを以下に紹介する。

3-1 防犯・テロ対策強化

マンホールへの不正な侵入を許すことは、重要設備の盗難・損壊、予期せぬ地下ルートからの建屋への侵入、ひいてはテロ活動につながる恐れがある。また、国賓の来日、大規模イベントなどの開催時には、そのリスクが増し、会場周辺の駅、道路、空港などのマンホールの蓋の開閉状態を確認する巡回警備が必要となる。マンホールの蓋の開閉を常時監視することは、これらの行為の早期発見に貢献する（図ー2）。

1) システム概要

既設マンホール内部に開閉センサーを取り付ける。マンホールの蓋が開くと、センサーが検知し、LPWA 無線でリアルタイムに通知。蓋が閉まった場合も同様に通知を行う。

2) 効果

イベント会場敷地、周辺道路、駅、空港でのテロ活動の防止、異常の早期発見、巡回警備との連

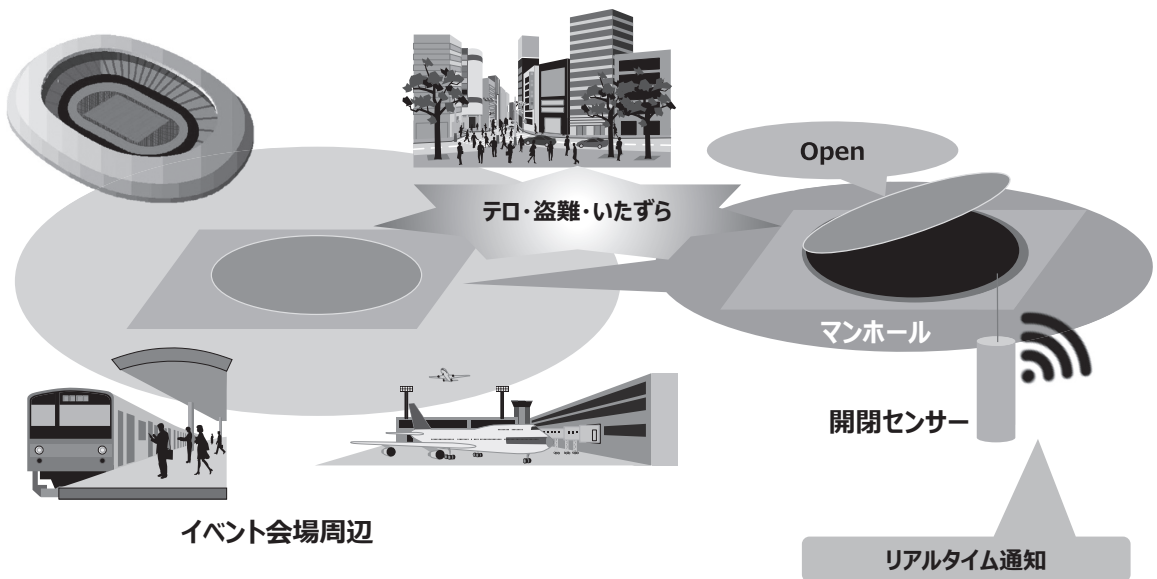
携によるインシデントへの早期対応。

監視対象は住民、来客・来場者の多いエリアのマンホールだけではなく、巡回警備頻度が少ないが重要な設備が埋設されている設備保全用マンホールなども想定している。

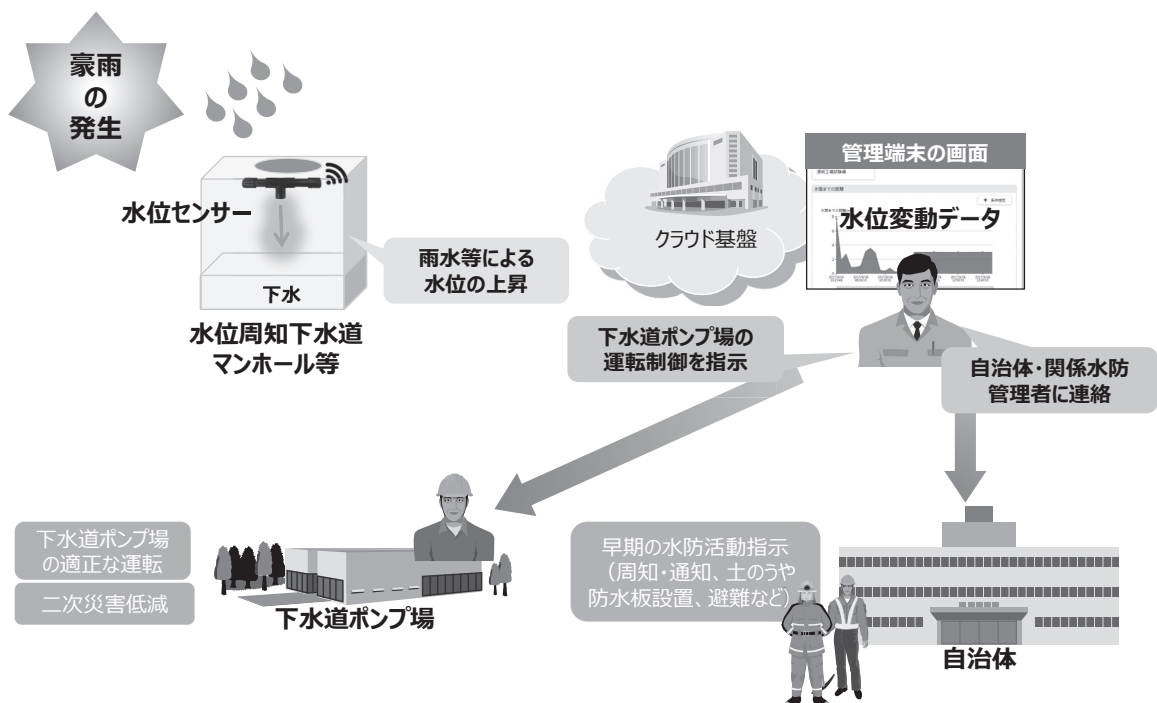
3-2 豪雨対策

また、近年、気候の変動により増加する大型台風や、多発するゲリラ豪雨による被害が後を絶たない。公道の他、空港・鉄道などの交通網の敷地、商業・工業施設などに埋設されている下水道マンホールでは雨水、産業／工業排水、生活排水の流入により水位が変動している。突発的かつ局地的な豪雨による排水量の増加、下水管の老朽化などにより雨水や地下水が浸入する不明水の発生で、流れる水が下水道の処理能力を超え、マンホールから水があふれて噴き出したり、近隣住居への逆流が発生し、浸水被害が拡大している。

これに対し、マンホール内の水位を常時モニターすることで、危険水位付近までの水位上昇を察知し、早期の水防活動につなげることができる（図ー3）。



図ー２ 防犯・テロ対策強化 開閉センサー



図ー３ 降雨等を起因とする水害の抑止 水位センサー

1) システム概要

既設マンホール内に超音波式の水位センサーを取り付ける。超音波により水位センサーから水面までの距離を計測し、定期的にデータを送信する。送信されたデータは当社のクラウド基盤にて一元

管理する。警戒水位を早期に察知するため、水位が一定値まで上昇すると、データの送信間隔を短くする運用も可能である。

本システムで採用している超音波の水位センサーは、圧力センサーなどの方式と比較して低コ

ストで、水との接触が必要なく簡単に導入できる。

2) 効果

下水の水位を遠隔で監視することで、豪雨時などの急激な増水を把握できる。このため、近隣への土のう設置や避難指示などの水防活動などを支援する。また、水位データの分析や予測により下水道ポンプ場の運転適正化や、高水位時には工場排水を一時的に抑制するなどの運用と連携し、被害低減に貢献する。

3-3 酸素や硫化水素の監視による作業員の安全確保

マンホール、下水道、ピットなど通常閉鎖されていて換気不良の場所では、酸素濃度が低下する、または人体に有害な硫化水素が発生する場合がある。酸素欠乏症や硫化水素中毒を防止するために、作業者は入坑前に濃度を計測し、安全性を確認することが建設業法で義務付けられている。

酸素や硫化水素を計測するセンサーをマンホール内に設置し濃度を常時監視することで、リスクの事前診断、入坑時の換気が十分かどうかの確認、万が一の酸素欠乏や硫化水素発生時における救助活動の早期対応を支援する。

通常行われている入坑直前の蓋を開けての酸素や硫化水素の計測を省略するのではなく、これと合わせて活用することで、より安全な作業環境を構築することが期待できる（図-4）。

1) システム概要

既設マンホール内部にガス検知連動センサーと理研計器製ガス検知器を取り付ける。酸素濃度が規定値より低下したり、硫化水素濃度が上昇したりすると、ガス検知器がそれを検知し、クラウド上で異常発生をリアルタイムに通知する。

既設のマンホールだけでなく、トンネルなどの建設現場にも応用可能である。

建設現場によっては、パブリックのLPWA基地局との通信が難しい場合も考えられるが、その場合はプライベートのLPWAゲートウェイを設置し、換気・点検用のたて坑からの通信を検討する。この際、LPWAゲートウェイはたて坑の地上付近、地上部分に設置し、電源供給により稼働する。ガス検知器とガス検知連動センサーはバッテリー動作のため、電源工事は不要である。

2) 効果

事前に酸素欠乏や硫化水素発生の異常を知るこ

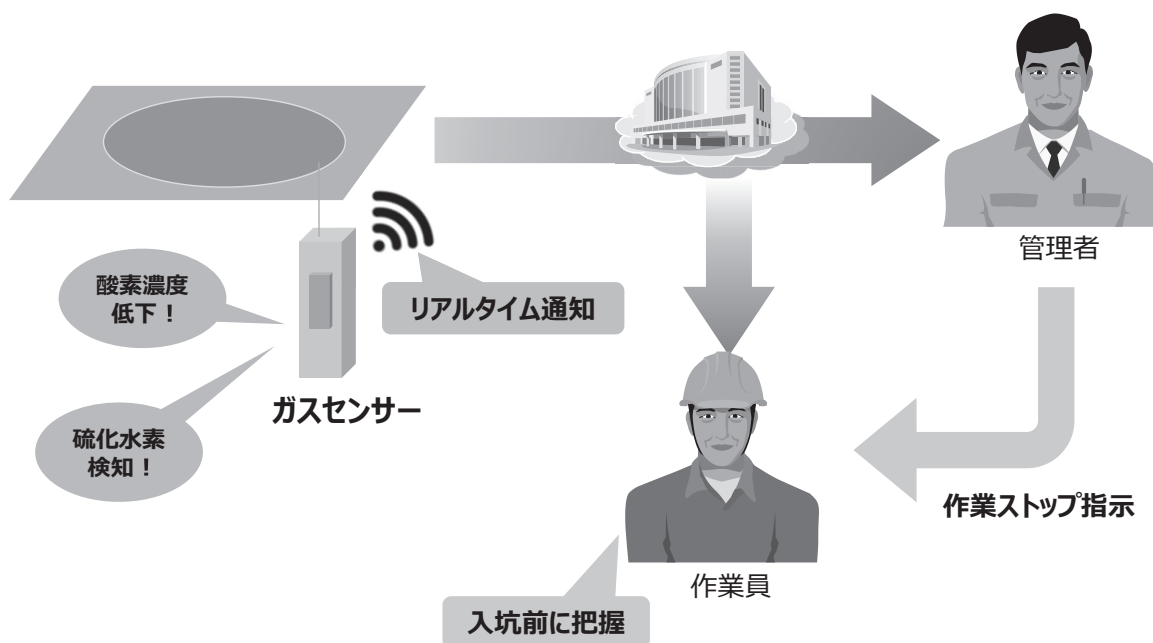


図-4 酸素濃度低下、硫化水素ガス検知による作業員の安全確保 ガスセンサー

とができ、作業計画段階で対策を盛り込みやすく、作業員の安全対策を強化する。

作業中においては万が一の事故発生時に現場作業者が意識を失うなどで連絡が取れない場合も、作業管理者が遠隔で状況を確認でき、酸素濃度低下および硫化水素発生等の早期発見、救助活動につながる他、救助活動での二次被害の予防にも貢献する。

4. 構成・特徴

4-1 柔軟な構成

実証実験や顧客へのヒアリング結果などから、マンホールにはさまざまな種類、サイズ、形状のものがあつ、それぞれのマンホールで遠隔監視を行う必要性や環境要件も異なることが分かつた。このため、本ソリューションでは、多種多様な要件に対応すべく、マンホールに設置するセンサーや無線通信、クラウドなど、図-5のような選択肢から最適なものを組み合わせて構成する方針としている。

4-2 後付け式センサーにより既設マンホールへの簡単な取付

マンホール内で使用するセンサーは、既設マンホールに後付けで設置する。蓋の交換やマンホールの入れ替え、加工工事などが不要となるため、導入時のコストを抑え、スピーディーな展開を実現することができる。

既設マンホールへのセンサー取付方法は、対象マンホールの用途やサイズ、形状、内部構造により異なるため、監視対象のマンホールを現地で下見した上で決定する。

例えば、開閉センサーなどのぶらさげ可能なセンサーを利用する場合は受枠や内蓋、ステップに吊りさげする方法がある(図-6)。超音波式水位センサーは地震や車両通過などで設置位置がずれると計測精度が悪くなる可能性があるため、2点以上での固定が必要となる。その場合は下水道マンホール用の転落防止用梯子や、トミスが開発した専用取付金具を用いて取り付けることが可能である(図-7)。

4-3 環境や用途に合わせたセンサーを提供

本ソリューションでは、多様な環境や用途に対

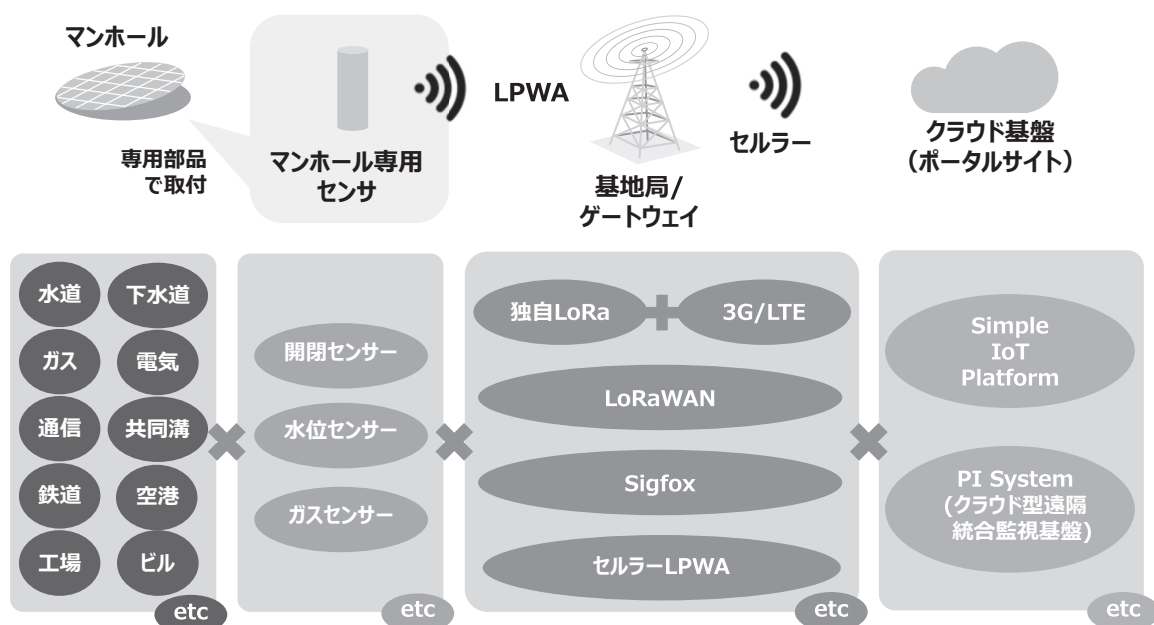
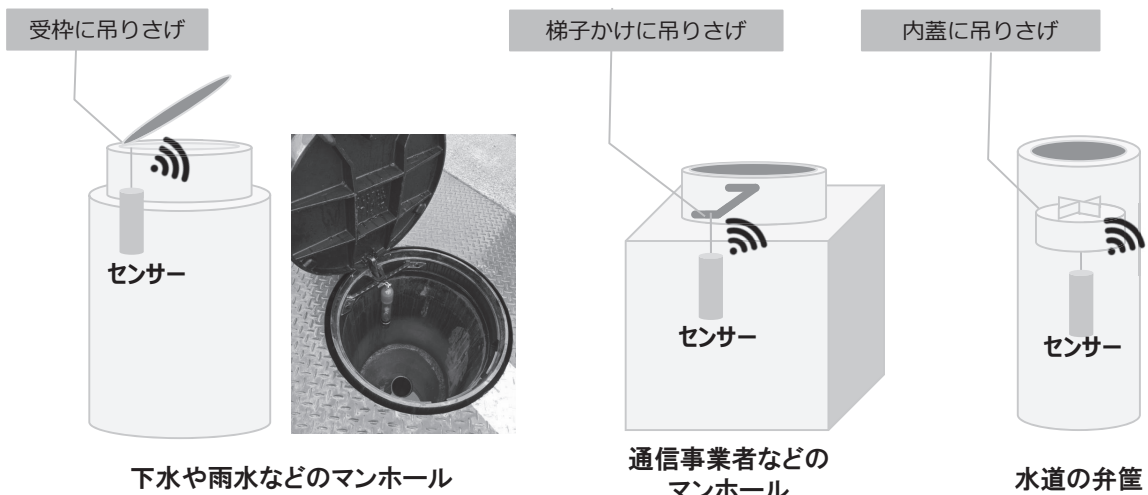
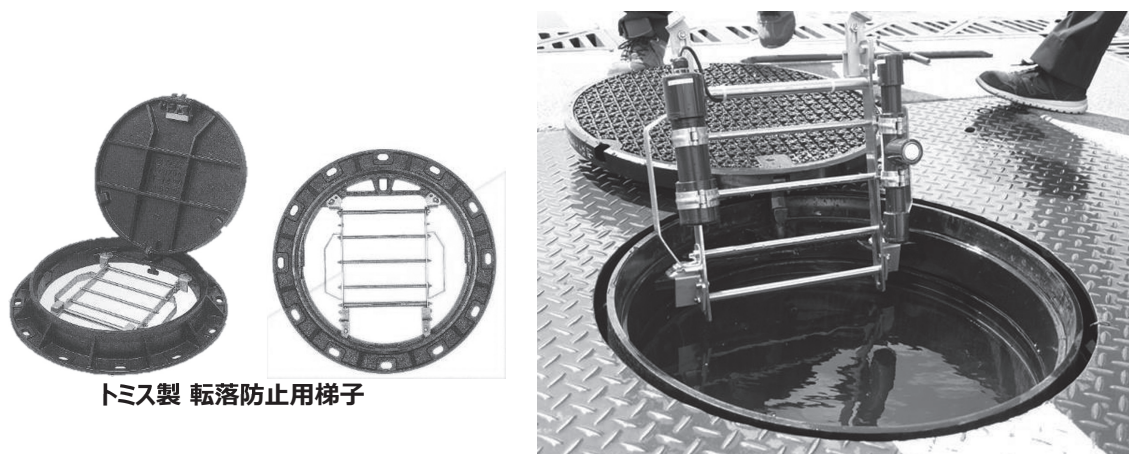


図-5 柔軟な構成



図－6 既設マンホールへの簡単な取り付け



図－7 転落防止梯子への取り付け 水位センサー

応すべく、センサーは必要に応じてカスタマイズを行い提供する。

例えば、水位センサー1つをとっても、マンホールの用途や内部形状、サイズ、水位計測の深さ（水面や底面までの距離）、計測時間間隔などの要件が異なると、センサーの形状や取付方法、搭載する無線通信モジュールなど、最適なものを組み合わせて製造しなければならない。

したがって、まずは図－8のような開閉センサー、水位センサー、ガスセンサーの標準モデルを用意し、これらを顧客の要件に合わせてカスタマイズして提供したり、カスタマイズでも要件に対応することが難しい場合は、オーダーメイドで

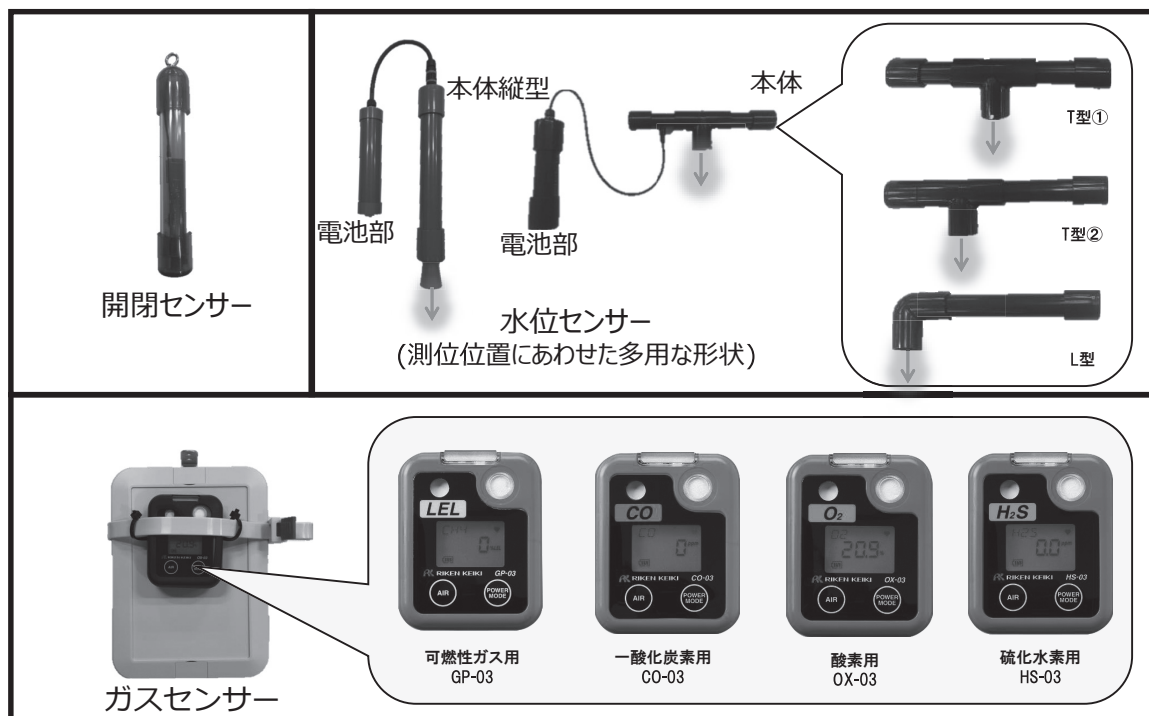
のセンサー開発にも対応する。

4-4 現地環境に応じたネットワークの選択

マンホールはさまざまな場所に埋設されているため、どんな場所でもデータを収集することができるようにならなければならない。しかしながら、マンホール内にセンサーを設置すると、鋳鉄製の分厚い蓋が邪魔をするため、地上と比べて無線通信の電波が大幅に減衰する。

検討を開始した当初、特定小電力無線を使った実験では、マンホール蓋を閉じた状態では、無線通信の距離は40～50mが限界であった。

その後、日本国内で使用できるようになってきたLPWAが本ソリューション開発に勢いをつけ



図－８ 後付け式のさまざまなセンサー

た。

本ソリューションでは、独自の LPWA ゲートウェイを用いたプライベートネットワークや、各通信事業者が提供する LPWA サービスを活用したパブリックネットワークでの提供が可能である。例えば、公道などに埋設されているマンホールには既に設置されている基地局を活用するパブリックネットワークを用いた構成を、工場やビルなどの敷地内やパブリックネットワークでの提供が難しい山間部、過疎地のマンホールの監視にはプライベートネットワークを用いた構成を、というように、監視対象の現地環境やニーズに合わせて最適なネットワークを提案する。

なお、プライベートネットワークでの構築はニーズに応じたエリアの拡張が容易な分、専用のゲートウェイ機器の設置などで初期費がパブリックネットワークでの構築に比べて高価になる。

これまでに、LoRaWAN や Sigfox などの LPWA を使って、蓋を閉じた状態のマンホールからどこまで無線通信可能か計測する実験を行っ

てきた。

例えば 2016 年 12 月から 2017 年 1 月に実施した実証実験では、新潟市の協力を得て、蓋を閉じた水道用マンホールから新潟市秋葉区役所の屋上まで、1 km 以上の距離で無線通信を確認することができた。

今後、国内モバイルキャリア主体で進める LTE-M や NB-IoT、いわゆるセルラー LPWA に関しても展開が一層進み、独自方式も含めた LPWA 全体でのさらなるカバーエリアの広がりが期待される。

４－５ 一元監視を可能にするマルチキャリア対応のクラウド基盤

マンホール蓋が無線電波を減衰させることや、マンホールの周りの環境や状況により、同じ顧客の管理するマンホールでも複数の LPWA を使ってデータ収集を行うケースもありうる。

当社ではこのケースに備え、各 LPWA のキャリア側プラットフォームからデータを転送し、一元監視するためのポータルサイトをクラウド基盤

で提供する。管理者や作業者は、利用している LPWA が何かを意識することなく、当社のポータルサイトを開くだけで、マンホールの監視を行うことができる（図－9）。既にマッピングシステムなどの業務システムを利用している場合は、当社のクラウド基盤から業務システムへのデータ連携にも対応できる。

5. おわりに

当社の「マンホールの防犯・安全対策ソリューション」では、従来では難しかった以下の仕組みを利用している。

- ①電源確保が困難な場所でのセンシング
- ②劣悪・閉鎖環境からの省電力無線通信
- ③全国エリアをカバーできる安価な各通信手段への対応

今後もマンホールでの多種多様なユースケースにあわせ、センサーラインナップ、通信手段を拡充していくとともに、同ソリューションで培った知見・技術をマンホール以外へのフィールドでの適用も進めていく。

※記載している会社名、製品名は、それぞれの会社の登録商標または商標です。



図－9 マルチキャリア対応管理画面