

# 水門・陸閘等の開閉一元監視システムの開発

～電源喪失に備えたLPWA通信による多様な施設管理者所管水門等の一元監視～

山口武志・白川祐樹・杉谷康弘

## 1. はじめに

水門、樋門、陸閘（以下「水門等」という。写真-1）は人々の生活に密接な関わりを持ち、治水・利水などの目的で設置され、その種類も河川水門のみならず農業用水門、港湾や漁港の陸閘など多様であり、さまざまな管理者によって管理運用されている。現状では水門等の開閉情報はそれぞれの施設管理者が所掌し、一元的に首長が把握できる状況にはない。また、動力源喪失、通信途絶、交通途絶といった危機的状況下では、水門等の開操作を行うことができない。



写真-1 水門・樋門・陸閘の例

（国研）土木研究所では、SIP第2期（H30～R4）において、課題「国家レジリエンス（防災・減災）」<sup>1)</sup>の研究開発項目の一つ「スーパー台風被害予測システム」<sup>2)</sup>のサブテーマの一つとして、「危機管理型水門管理システムの開発」に取り組んできた。

「危機管理型水門管理システムの開発」では、スーパー台風等による大規模災害時における電力・通信インフラの機能喪失、交通の途絶などの危機的な状況下においても、水門等の開閉情報を一元的に集約することによる避難指示の的確な発令の実施や、水門等を確実に閉鎖（蟻の一穴を作らない）することを目的として、水門等（河川用、農業用、港湾用、漁港用）あるいは通信技術に精通した7機関にて、以下の3つの項目を実施した。

- ①水門・陸閘等の開閉一元監視システムの開発  
 <実施機関>（国研）土木研究所、（一社）ダム・堰施設技術協会、（一社）建設電気技術協会、筑波大学
- ②電源喪失時における水門等の無動力遠隔自重閉

鎖技術の開発

<実施機関>（一社）ダム・堰施設技術協会

③開閉状況等の画像認識技術等の開発

<実施機関>（国研）土木研究所、（一財）沿岸技術研究センター、（国研）農業・食品産業技術総合研究機構、（国研）水産研究・教育機構

本報文では、「危機管理型水門管理システムの開発」のうち、「①水門・陸閘等の開閉一元監視システムの開発」における（国研）土木研究所の取り組みについて報告する。

## 2. 一元監視システムの開発内容

### 2.1 一元監視システムの構築

大規模停電時の電源喪失に備えるため、バッテリーなどによって数年間通信可能な低消費電力で長距離通信を低コストで可能とするLPWA（Low Power Wide Area）通信を使用し、限られた送信データにより水門等の開閉状況を集約するネットワークを、各実施機関において構築した。集約した開閉状況を一元監視する表示システムは（一社）建設電気技術協会にて構築し、実証試験を行った。

### 2.2 データ伝送フォーマットの作成

多岐にわたる管理者の水門等の開閉状況の一元監視を目的に、LPWA通信でデータ伝送を行うためには、共通のデータ伝送フォーマットの作成が必須であった。そのため、（一社）建設電気技術協会を中心に各実施機関等が連携して、データ伝送フォーマット（案）を作成し、実証試験を行った。データ伝送フォーマットについては、「危機管理型水門管理システムの開発」の成果の一つとして、（一財）日本規格協会によりJSA規格「水門などの開閉状況の一元監視システム用伝送フォーマット（JSA-S1019:2022）」<sup>3)</sup>が、令和4年12月に発行された。

LPWA通信は、低消費電力で長距離通信を低コストで行うことが可能であるが、一方で、データ伝送速度が遅く、データ送信容量が小さいという特徴がある。データ伝送フォーマットは、

11Byteと非常に小さいデータ量に、共通アドレス部、共通監視部、情報部からなっている。共通アドレス部は、監視施設の使用（河川用、農業用等）、施設の設置場所の地域アドレス、シリアル番号からなり、共通監視部ではセンサ等の状態監視、情報部では送信する接点データや計測データにより構成している。また、11Byteのフォーマット本体とは別に、1Byteの情報フォーマット識別部により、13種類のフォーマットを設定し、情報部のどのフォーマットを使用しているか識別できるようにしている（図-1）。

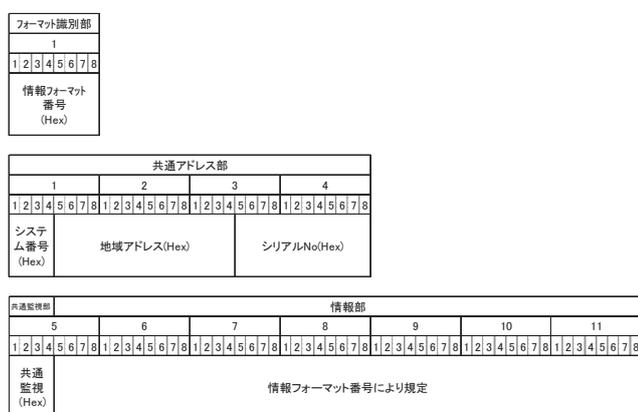


図-1 データ伝送フォーマットの構成 (例)

### 3. 水門等一元監視システムの実証試験

LPWA通信により、データ伝送フォーマットを使用した水門等一元監視システムの実証試験として、川崎市、愛知県、大阪府内の水門等を対象とした。各地域での対象施設は表-1のとおりであり、多様な施設管理者、多様な水門等で実施することができた。

表-1 実証試験対象施設

○対象施設 (川崎市)	
水門・樋門	16か所 国土交通省河川用(2) 川崎市 (河川用(3)、上下水道用(11))
陸閘	1か所 (川崎市港湾用)
○対象施設 (愛知県)	
水門・樋門	19か所 愛知県 (河川用(6)、港湾用(6)、海岸用(4)、漁港用(2)、農業用(1))
○対象施設 (大阪府)	
陸閘	14か所 (大阪府河川用)

#### 3.1 システム構成

実証試験では、水門等の全閉を検知し、それを接点データとして送信するシステムで行った。ま

た、通信端末からは死活監視として、1日1回水門等の状態を送信している。各地域のシステム構成を検討するうえで、水門等に設置した通信端末からのLPWA通信方式、水門等の全閉検知方法の選択の考え方は、以下のとおりである。

#### <LPWA通信方式の選択>

LPWA通信方式のうち、LoRaWAN（無線局免許不要。オープン仕様。利用者において通信端末とゲートウェイで自営ネットワークの構築が可能。自営ネットワーク間の通信料は無料。）でのネットワークの構築を優先し、ゲートウェイ設置の適地がない場合やゲートウェイ用の商用電源が確保できない場合、あるいは各水門等の通信端末とゲートウェイ間の距離が1~2km程度に設置できない場合に、LTE-MやSigfox（LTE-Mは通信会社が無線局免許を取得。Sigfoxは無線局免許不要。いずれも通信会社が基地局を含めたサービスを提供。利用者は通信端末のみ用意。通信端末から商用基地局へのデータ送信に少額の通信料が発生。）の使用を検討した（表-2）。

表-2 LPWA通信方式の選択

条件①	条件②		LPWA通信方式の選択
GW設置可 (商用電源あり)	GW-水門間の距離が 約1~2km以内		
○	○	→	LoRaWAN
	×	→	LTE-M or Sigfox
×	—	→	

#### <水門・樋門全閉検知方法の選択>

停電時でも全閉検知が可能で開度計への設置が容易な角度センサを使用することを主たる手段とし、角度センサが設置できない場合に、セレクトスイッチ（手動切替）や一部では水門・樋門の機側操作盤から全閉信号を直接取り込むようにした（表-3）。

表-3 水門・樋門全閉検知方式の選択

条件①	条件②		全閉検知方法の選択
開度計有 (開閉機 or 操作盤)	角度センサ設置可		
○	○	→	角度センサ
	×	→	セレクトスイッチ ※一部、機側操作盤から全閉信号を取得
×	—	→	

#### <陸閘全閉検知方法の選択>

マグネットセンサでの検知を主たる手段とした。セレクトスイッチは、複数の陸閘や角落しの全閉情報を一つの通信端末でまとめて送信する場合に使用した。

以上の考え方にに基づき設定した各地域のシステム構成は図-2のとおりである。

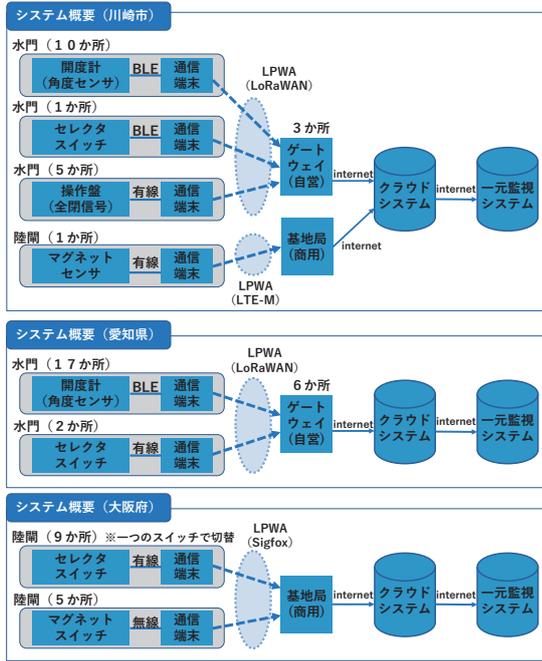


図-2 システム構成図 (川崎市・愛知県・大阪府)

なお、通信機器については、川崎市では、市販品を用いてLPWA通信ネットワークを構築した。愛知県、大阪府の通信端末では、コストの低廉化を目標に、市販品のマイコンボードや通信モジュール等を使用した自作品を開発し、実証試験を行った。水門等への設置例は、図-3のとおりである。

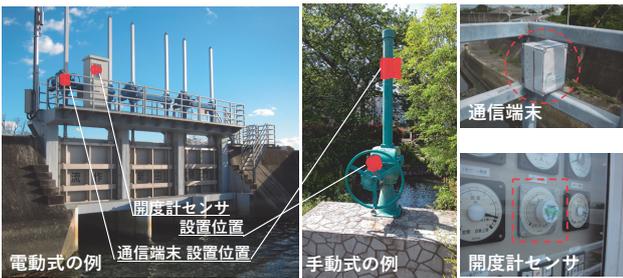


図-3 通信端末やセンサの設置例

### 3.2 実証試験の結果

#### 3.2.1 LoRaWAN通信の電波伝搬調査

川崎市に設置したゲートウェイにおいて、通信端末を移動させてゲートウェイ周辺のLoRaWAN通信の電波伝搬調査を実施した。調査結果として、通信端末とゲートウェイとの通信距離と電波伝搬強度 (RSSI) をグラフ化した (図-4)。なお、受信感度をできるだけ大きくするため、SF (Spreading Factor) の値を最大の12に設定した。

建物の影響や伝搬マージン等を考慮し、通信可能強度の目安を-100dBmとすると、通信距離としては、およそ1~2km程度であることが分かった。測定した水門の周辺環境は、堤防上の見通しの良いところと市街地の建物の影響があるところでは、電波強度の違いが確認された。

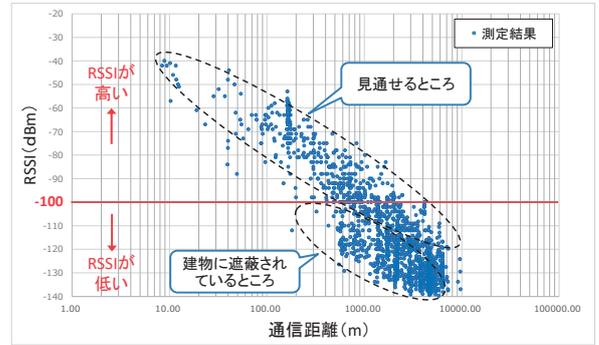


図-4 水門 (川崎市) での電波伝搬調査

#### 3.2.2 通信端末から表示システムへの通信状況

川崎市における実証試験での通信端末から送信されたデータの表示システムへの通信状況は図-5のとおりである。点検時の水門・樋門の開閉操作や1日1回の死活監視データの送信機会に対して、ゲートウェイと通信端末との距離が約2kmまでは、ほぼ100%データが伝送されており、距離が約3.5kmの水門においても約97%の通信率であった。

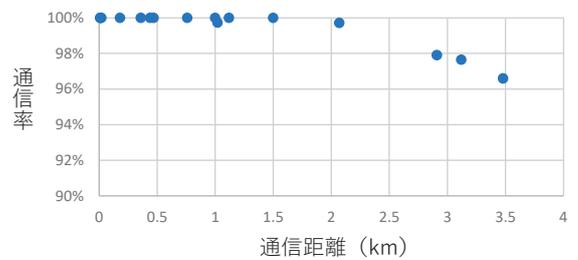


図-5 通信状況 (川崎市)

愛知県の実証試験では、通信端末は汎用部品からなる自作品を使用した。地形により見通しが全くきかない条件であったため、確実に通信できる距離が約1km弱までとなり、それを超えると通信率の低下や、通信不能となったが、通信可能範囲ではシステムとして機能することが確認できた。また、川崎市のLTE-Mや大阪府でのSigfox通信では特に支障は生じなかった。

#### 3.2.3 データ伝送フォーマットについて

データ伝送フォーマットについては、異なる施設管理者による水門等の開閉状況把握におい

て特に支障が生じることはなく、また多種のLPWA通信においても有用であることを表示システムでの表示にて確認した。表示システムでは、水門等のリアルタイムの開閉状況を所管に限らず地図上で確認できるとともに、各水門等の開閉状況や死活監視状況の履歴をグラフとして見ることも可能であった(図-6)。



図-6 表示システムの表示例(地図表示、右上:グラフ表示)

さらに、データ伝送フォーマットの多目的利用として、農業用ため池の水位観測への応用も検証し、有効性を確認した。

#### 4. まとめ

本研究の成果のデータ伝送フォーマットを用い、低消費電力で安価な通信手段であるLPWA通信を使用した、多様な施設管理者の水門・陸閘等の開閉状況一元監視システムの成立性や有効性を確認した。水門等の開閉状況のリアルタイムでの一元監視や操作員の報告の省力化については、実証試験を行った自治体担当者からも評価を頂いた。これまで水門等の一元監視ができていなかったところへの導入や既存システムの冗長化の手段として有効であると考えられる。

一方で、システムを構築するうえでは、使用する通信機器やセンサにより、通信範囲や稼働期間等に影響を及ぼすため、事前に通信状況や機器の性能確認等を行い、現場に適したネットワークの構築が必要である。

土木研究所では、本研究の成果の社会実装を促進するため、「LPWAを活用した水門・樋門・陸閘の開閉状況一元監視システムに関する共同研究」を民間企業等13社とともに実施している。

#### 謝辞

本研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「国家レジリエンス(防災・減災)の強化」(管理法人:(国研)防災科学技術研究所)によって実施された。ここに感謝いたします。

実証試験に多大なるご理解とご協力を頂いた川崎市、愛知県、大阪府及び国土交通省京浜河川事務所の関係者の皆様に、深く感謝申し上げます。また、研究を進めるうえでご協力頂いた関係各位に感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 戦略的イノベーション創造プログラム、国家レジリエンス(防災・減災)の強化  
<https://www.nied-sip2.bosai.go.jp/index.html>
- 2) 戦略的イノベーション創造プログラム、国家レジリエンス(防災・減災)の強化、テーマ6:スーパー台風被害予測システムの開発、  
<https://www.jice.or.jp/sip>
- 3) JSA規格「水門などの開閉状況の一元監視システム用伝送フォーマット(JSA-S1019:2022)」、  
[https://webdesk.jsa.or.jp/books/W11M0090/index/?bunshyo\\_id=JSA-S1019%3A2022](https://webdesk.jsa.or.jp/books/W11M0090/index/?bunshyo_id=JSA-S1019%3A2022)

山口武志



土木研究所 技術推進本部先端技術チーム 主任研究員  
YAMAGUCHI Takeshi

白川祐樹



土木研究所 技術推進本部先端技術チーム 交流研究員  
SHIRAKAWA Yuki

杉谷康弘



研究当時 土木研究所 技術推進本部 上席研究員(特命事項担当)、現 国土交通省国土技術政策総合研究所社会資本マネジメント研究センター 社会資本施工高度化研究室長  
SUGITANI Yasuhiro