

ワンコイン浸水センサ実証実験の現状と 持続的運用に向けた自動販売機搭載型浸水センサの開発

小山 直紀 寺井しおり 山田 正（中央大学研究開発機構）

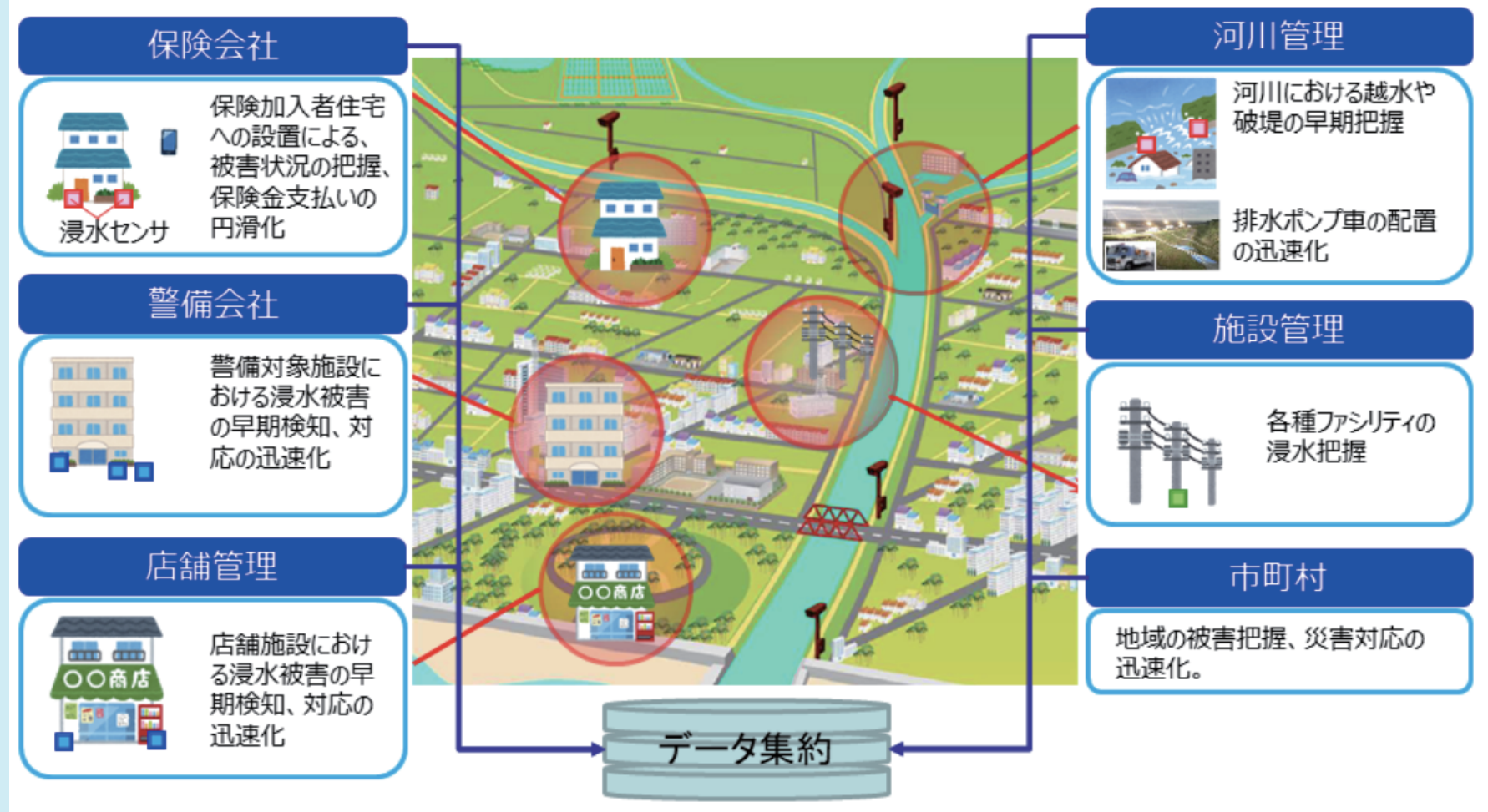
研究背景

国土交通省は 2022 年よりワンコイン浸水センサ実証実験を開始しており、3000 個を超える浸水センサを全国に設置し、現在も増え続けている。

<ワンコインセンサ実証実験参加にあたって設置者が負担する費用>

浸水センサ・通信装置・中継機器 → 無償貸与
通信費用・サーバ運営費 → 初年度のみ国が負担
現場への据付費・運用に伴う電気代 → 設置者が負担
→ **設置者の費用負担がほとんどない形で実証実験に参加できるのがメリット**

長期的に浸水センサを運用していく上では、センサの維持管理費を見込んでおく必要があるが、実証実験終了後の負担を懸念して、参加に二の足を踏んでいる設置者もいる。



(引用) 国土交通省: ワンコインセンサ実証実験, <https://www.mlit.go.jp/river/gijutsu/wankoinsensa/index.html>

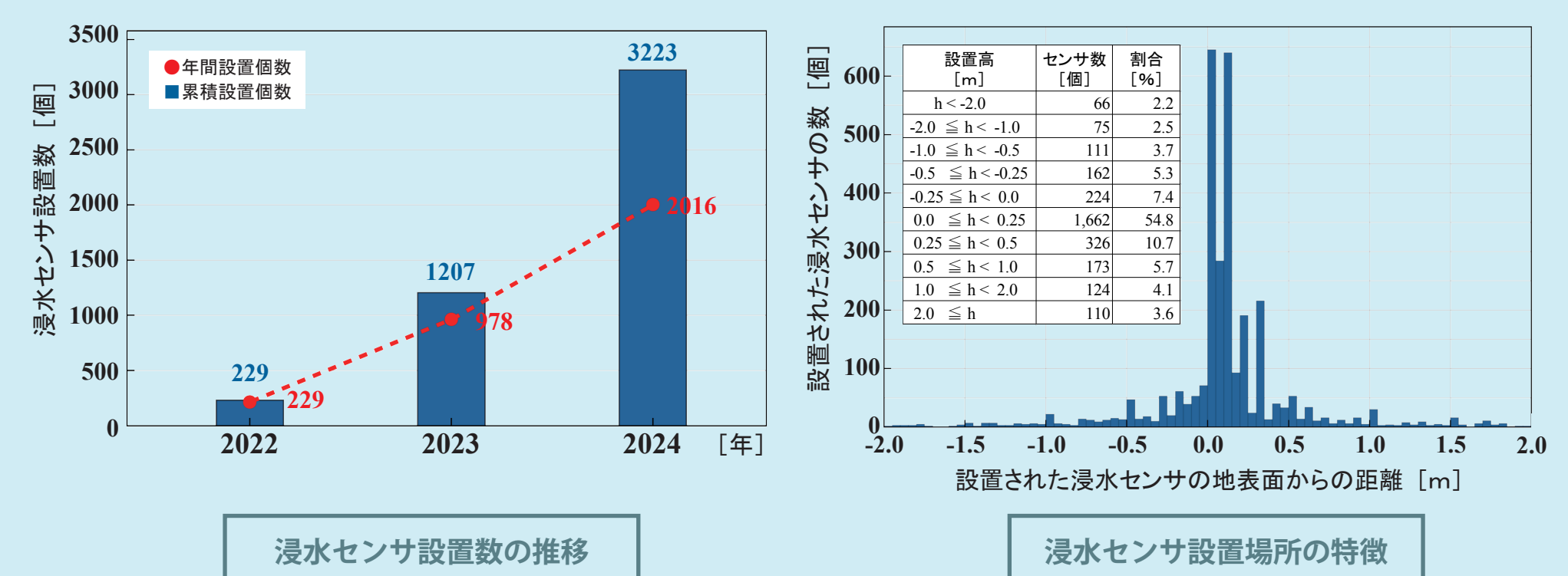
研究の目的

本研究では、①**ワンコイン浸水センサ実証実験の現状を整理する**とともに、当該実験で使用されている②**各社の浸水センサの特徴を分析**するために荒川ロックゲートにて現場実験を行った。さらに、③**「自動販売機搭載型浸水センサ」を開発する**ことで持続的に運用できる浸水センサの可能性について示唆し、今後の浸水センサの維持管理上の課題に対する解決策について提案した。

ワンコイン浸水センサ実証実験の現状

- 浸水センサのうち約 50% は都市域に設置されている。
- 残りの 50% は、河川沿いの堤内地や河川内の護岸、樋門に設置されている。
- 設置高さは約 50% が地表面から 10cm 以内に設置されており、設置者は初期段階の浸水検知を期待していることがわかる。

※いずれも国土交通省から提供された 2024 年 10 月時点のデータを用いて分析



各社浸水センサの特性と現場実験の結果

国土交通省が貸与する浸水センサ 6 種を用いて、人工的に水位を操作できる「**荒川ロックゲート**」において検知性能を確認した。

	浸水検知方式	商用電源	機器構成	浸水判定の仕組み
A社	接触式	必要	浸水センサ → 通信部 (省電力無線通信) → 中継器 (LPWA) → 通信装置 (インターネット) → データ収集サーバ	センサ部に、水が接触すると金属の酸化還元反応により、電圧が発生することで浸水と判定
B社	接触式	不要	浸水センサ → Sigfox → データ収集サーバ	センサ部が水に反応する素材になっており、浸水と判定
C社	フロート式	不要	浸水センサ → 通信装置 (LTE) → データ収集サーバ	浸水するとセンサ内部のフロートが上昇。フロートに内蔵した磁石が本体内部のリードスイッチを開閉することで浸水と判定
D社	電波式	必要	浸水センサ → Bluetooth → 中継器 (WLAN) → 通信装置 (LTE) → データ収集サーバ	センサから中継器へ電波を定期的に送信。浸水すると電波強度は減衰。電波強度が基準値を下回った時に浸水と判定
E社	差圧式	必要	浸水センサ → 特定小電力無線 → 通信装置 (LTE) → データ収集サーバ	センサの圧力 (気圧 + 水圧) を計測。一定圧力以上になったら浸水と判定
F社	接触式	不要	浸水センサ → Sigfox → データ収集サーバ	電極部の内部抵抗を測定。浸水すると内部抵抗の値が変化し浸水と判定

無線接続 → 有線接続

<浸水を検知した場合に浸水センサからデータを送信する方法>

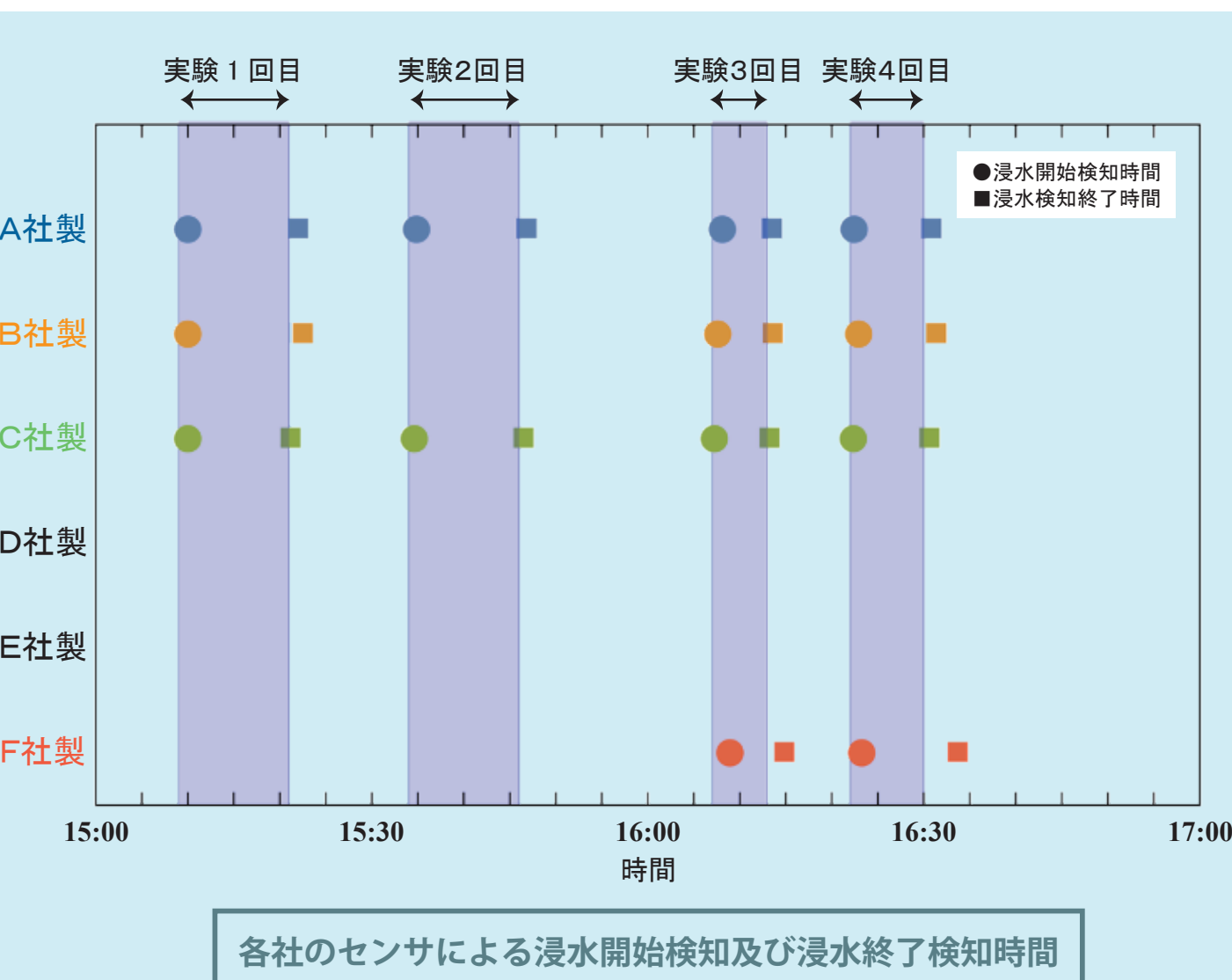
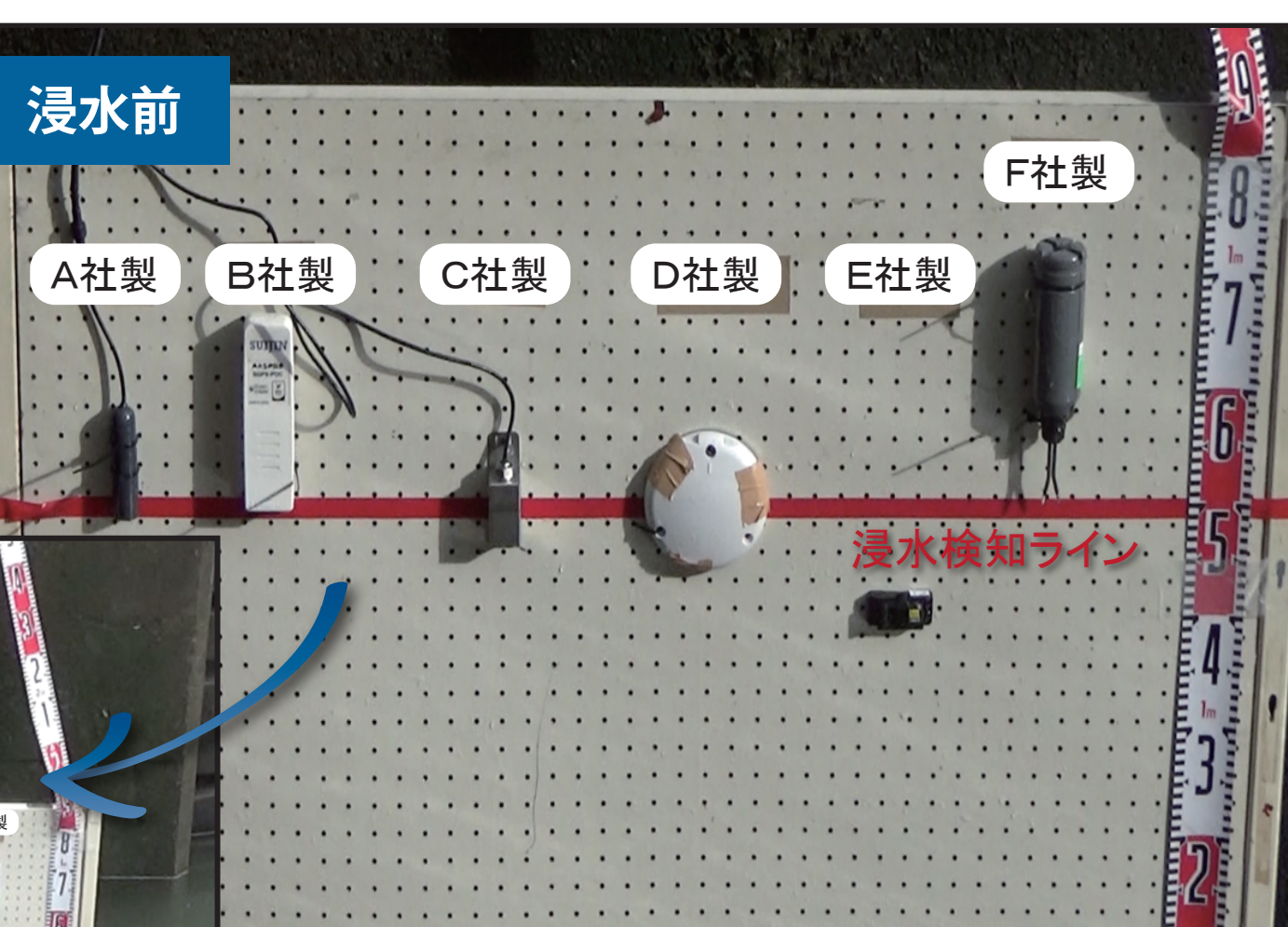
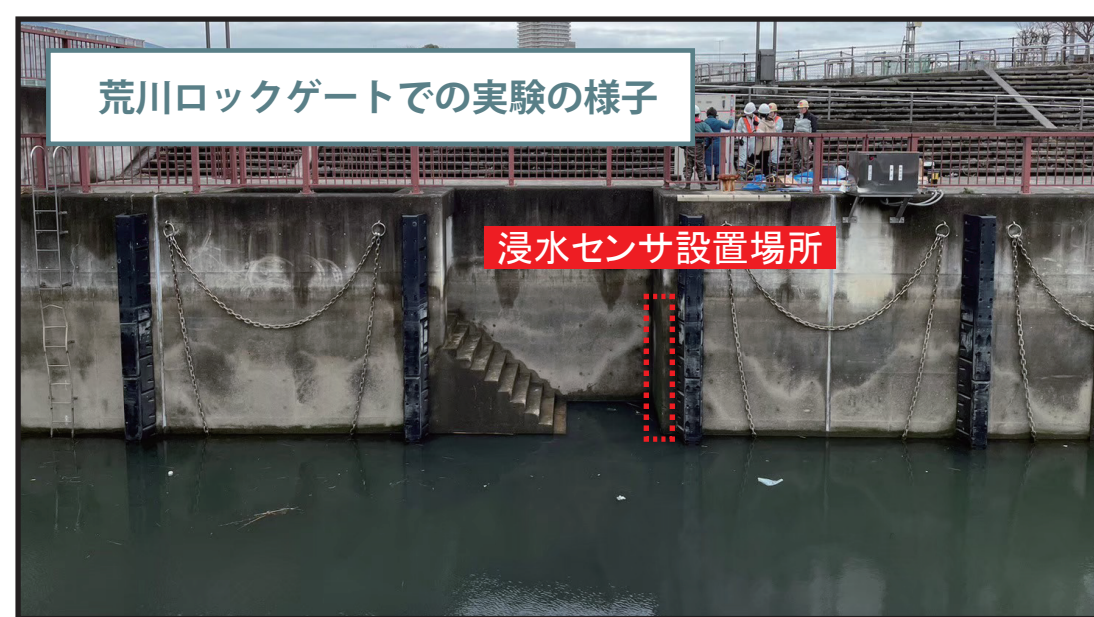
- 【A・C】センサ部と通信部が有線で繋がっており、無線で通信するタイプ → 通信機器を高い位置に置くことで、安定した通信が可能。
- 【B・F】センサー部と通信部が一体型 → センサが完全に浸水した場合、通信が途絶える可能性あり。
- 【D・E】センサ部と通信部が分離しており、無線で通信するタイプ → センサが完全に浸水した場合、通信が途絶える可能性あり。

<実験方法>

荒川ロックゲートにおいて対象とする 6 種のセンサそれぞれについて、検知性能を確認した。実験は右表の通り全 4 回実施し、その結果は下図の通りである。

	最大浸水深 [cm] (浸水検知ラインを基準)	水位上昇速度 [cm/s]
1回目	100	1.0
2回目	30	0.3
3回目	0	0.3
4回目	0	0.3

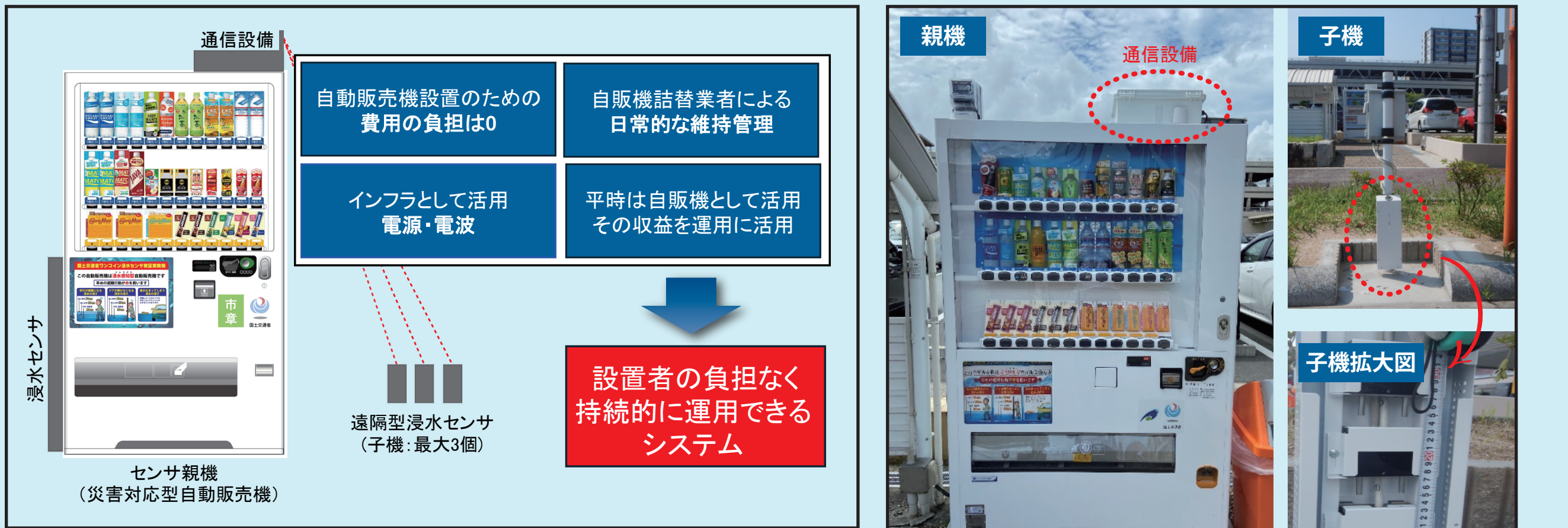
注: センサが水没する水位、緩やかに上昇



- 反応した全ての浸水センサで浸水開始時間及び終了時間を数十秒から数分以内で検知することができた (D社製とE社製は反応しなかった)。
- 実証実験に用いられている浸水センサのうち、本体と通信部分 (中継器) が一体型のもの (B社製・F社製) は、浸水センサが完全に浸水すると通信できない、或いは不安定になる可能性が高い。
- 浸水センサと通信部分 (中継器) が有線で接続されている仕様のものは、構成機器が多くなるものの安定して検知情報を送信することができた (A社製・C社製)。

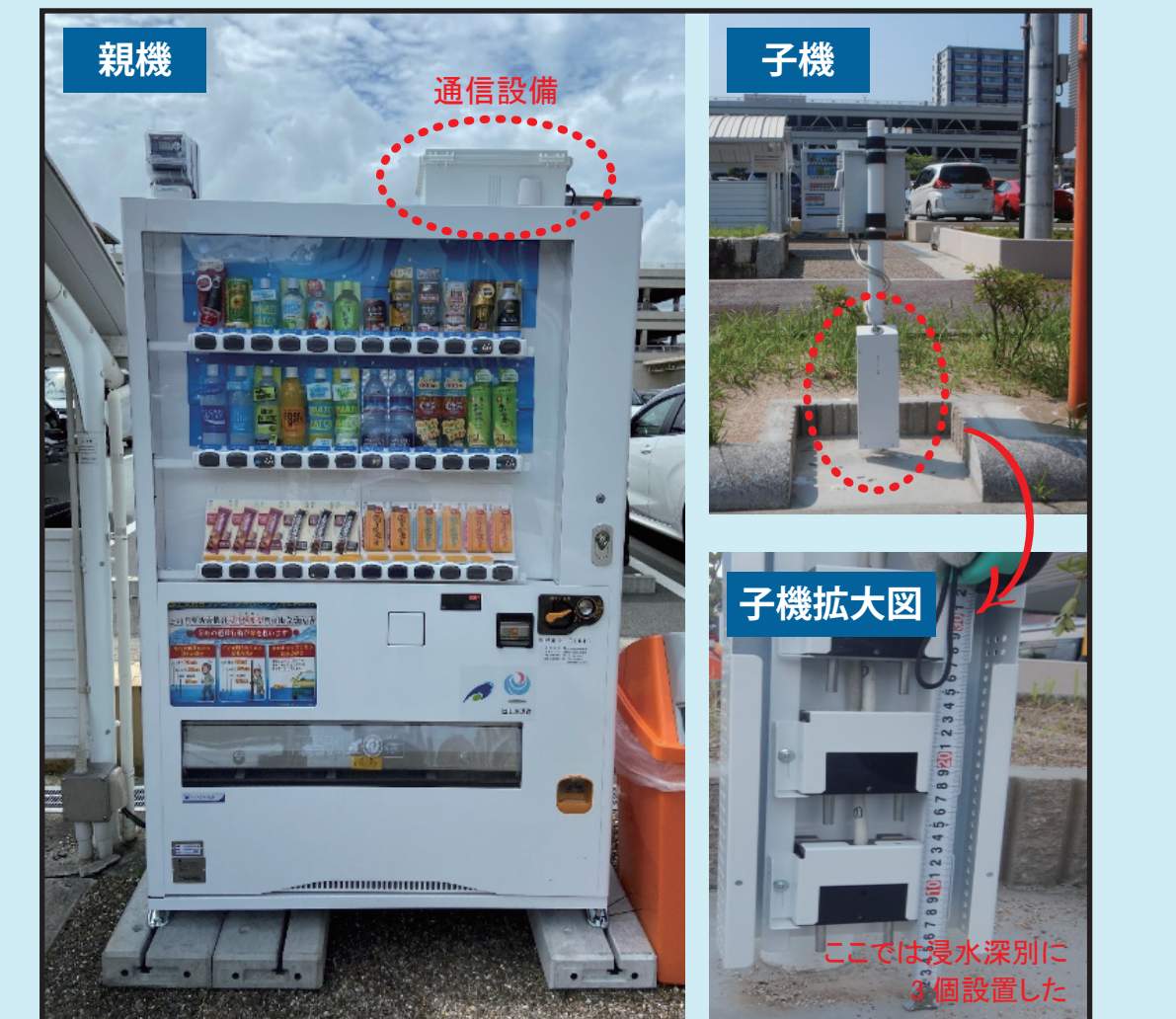
自動販売機搭載型浸水センサの開発

自動販売機は全国に約 393 万台設置されており、そのうち飲料用自動販売機は約 222 万台 (56%) を占めている*。この飲料用自動販売機を活用した「自動販売機搭載型浸水センサ」を中央大学研究開発機構、(一財)河川情報センター、大塚ウエルネスベンディング (株) で開発した。



<自販機搭載型浸水センサの概要>

- 自動販売機を親機として、周辺に浸水センサ (子機) を設置することにより、エリア単位での浸水情報を検知できる (親機にもセンサを設置可能)。
- 子機の数、現在最大 3 台まで設置できる。
- Bluetooth による接続では、親機と子機との距離は 10m~20m 程度まで (現在 Sigfox による通信設備を開発中であり、これが実現できれば、親機と子機との距離は数 km 程度まで離れても接続できる可能性あり)。
- 国が指定する他の浸水センサも取り付け可能。
- **現在全国に約 20 台を設置し、運用中。**



自動販売機搭載型浸水センサ設置例 (三重県津市)



国指定浸水センサ設置例 (高知県いの町)

<自動販売機搭載型浸水センサのメリット>

- ・ **初期の設備投資が不要**
浸水センサの種類によっては電源や通信設備等を必要とするものもあるが、自動販売機には必ずこれらが備わっており新たな設備投資は不要である。
- ・ **日常的な点検作業に関わる人材面・費用面の負担を 0 にできる**
商品の詰め替え業者が定期的に現場を訪問し、詰め替え作業に合わせて浸水センサの点検をすることが可能。
- ・ **持続的な運用に関わるコストを 0 にできる**
浸水センサの設置費・維持管理費 (通信費等) は設置者が負担することとなっているが、自動販売機搭載型浸水センサの場合、設置費は自動販売機メーカーが負担、維持管理費は自動販売機の収益で賄うことができる。

(* 参考文献) 日本自動販売システム機械工業会: 自動販売機普及台数, 2023

まとめ

- ① 実証実験開始から 3 年が経過し、全国に設置された浸水センサは 3000 個を超えた。
- ② 設置された浸水センサの約 50% は地表面から 10cm 以内に設置されており、初期段階の浸水検知を期待して設置されていることがわかった。
- ③ 国指定の浸水センサ 6 種について検知性能を現地実験によって確認したところ、全ての浸水センサにおいて数十秒から数分以内で浸水を検知することができた。
- ④ 浸水センサには、本体と通信部が「一体型のもの」と「有線で接続されているもの」等があり、それぞれ特性が異なることから、想定される浸水深等に応じて、浸水センサを選択することが必要である。
- ⑤ 著者が開発した「自動販売機搭載型浸水センサ」は、メンテナンス面及び費用面で設置者の負担なく持続的に運用できる仕組みを有しており、設置者が懸念している維持管理上の課題に対する解決策を提案できる。
- ⑥ その他、著者らはリアルタイム氾濫計算の開発を進めており、浸水センサの検知情報を取り入れた高速での氾濫予測情報の提供を目指している*。浸水センサが普及することによって、開発しているリアルタイム氾濫予測の精度は向上し、適応できる地域も増えていくことから、全国各地に普及されることを望む。

(* 参考文献) 小山直紀, 山田順人, 山田正: 動的モード分解を用いた超高速氾濫解析手法の提案, 河川技術論文集, Vol.30, pp.459-464, 2024