

## 河道閉塞湛水部の湛水位監視に向けたブイの現地実証試験

日本工営(株) ○田方智, 新蔵千沙都

国土交通省 九州地方整備局 九州防災・火山技術センター 矢野敦久, 井上遥, 木下響, 立石葉香

### 1. はじめに

地震や豪雨を起因とした崩壊等が発生すると、崩壊土砂により河道が埋塞し、河道閉塞(天然ダム)が形成されることがある。河道閉塞が形成されると、上流側では湛水による浸水被害等が懸念される。また、下流側では河道閉塞が決壊した際に土石流等が発生し、下流域に甚大な被害を及ぼす恐れがある。

これらの二次災害を防ぐため、河道閉塞発生後は、①河道閉塞全体の状況、②湛水部の状況、③閉塞部の状況、④河道閉塞下流の状況等の監視が行われる。土砂災害防止法では、河道閉塞による湛水や湛水を発生原因とする土石流について、土砂災害が想定される土地の区域及び時期を明らかにする緊急調査を行うことが定められている。本検討では、これらの監視項目のうち、②湛水部の状況の監視手法の高度化に着目した。

これまで河道閉塞湛水部の監視として、人力による水位標や水位計等の設置や過去の天然ダム発生事例ではヘリにより投下型水位観測ブイが運搬・設置されている<sup>1)</sup>。このような従来の監視・観測手法は、アクセス困難な山間部や道路途絶が想定される環境下において人力で機材を運搬・設置するには多大な労力と設置するまでの時間を要すること、ヘリを用いる場合は費用が高額である、運行にあたって不確実性があることや、時間を要することが課題であった。これらを踏まえ、近年では無人航空機(UAV)を用いた効率的な湛水部監視が検討されている<sup>2)</sup>。また、近年開発された小型水位観測ブイは約27kgまで軽量化され、UAVによる運搬が可能となった。一方で、設置時にはゲージ部の転倒を防ぐため、河床勾配が緩やかで河床に土砂や流

木が堆積していない箇所を選定する必要があり、水位計の測定範囲は最大40mであるため、天然ダムの水深が40mを超える場合には計測不能となるといった課題がある。他分野ではGNSS等により測位を行う機器・装置の開発・導入が進められており、砂防分野においても、図-1に示すようにGNSS測位を用いることで、水面標高を直接かつ高精度に取得することができれば、越流開始時期や満水到達時間の予測が可能となる。特にCLAS対応の高精度測位では、数cm級の精度で水位変動を把握することができると言われている<sup>3)</sup>。また携帯電話回線に加えて、衛星通信を併用することで、山間部などLTE圏外の現場においても、連続監視が可能となる。

本稿では、河道閉塞(天然ダム)湛水部の監視手法高度化を目標に、迅速性・安全性の観点からUAVによる運搬・投下が可能かつGNSS等の最新技術が導入されている既存観測機器を用いた現地検証を実施した。




### 2. 現地検証

#### 2.1 使用したブイ

海象観測やため池監視等で用いられている測位可能なブイを活用し、現地実証実験を行った。加えて、近年開発されている離着水可能なドローン(以降、「水空一体ドローン」とする)による湛水位監視の適用性を検証した。

選定した測位ブイが河道閉塞湛水部の監視に適用可能であるかを検討するため、土木研究所の「水中環境実験施設」および佐賀県の「嘉瀬川ダム」で現地実証実験を行った。

表-1 現地検証に用いたブイ

メーカー	(株)ブルーオーシャン研究所	ソフトバンク(株)	—	PRODRONE
商品名	みちびき海象ブイ(CLAS版)	ichimiIIを活用した水位計	GNSS単独ブイ(試作)	POV-DA
基本情報	写真			
	検証箇所	土木研究所、嘉瀬川ダム	土木研究所、嘉瀬川ダム	土木研究所、嘉瀬川ダム
測位方式	CLAS(みちびき)	ネットワークRTK+GNSS	GNSS単独	RTK+GNSS
電源	太陽光電池+蓄電池	太陽光電池+蓄電池	—	バッテリー
運用可能時間	・通年24時間連続稼働	・通年24時間連続稼働 ※暗闇下でも6日間程度稼働可	—	・最長飛行時間: 20分 ・着水時最長航行時間: 60分
通信方法	LTE(Lowプラン)	LTE	—	LTE
重量	約14kg	約28kg(本体のみ)	—	約13kg
備考	・漂流式ブイはUAV運搬・回収実績あり	・令和6年能登半島地震にてため池水位監視で活用	・GNSS単独の測位方式による位置情報取得の精度検証の比較のため、簡易的に試作	

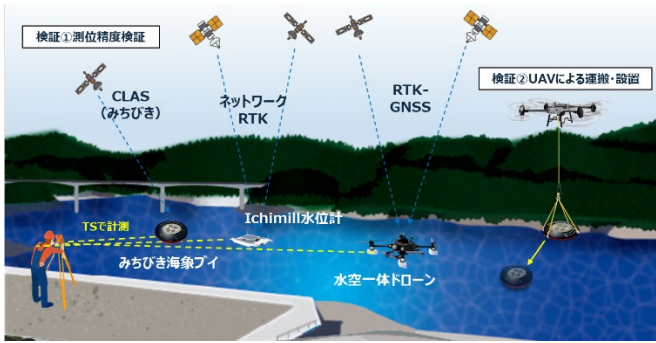


図-1 検証イメージ

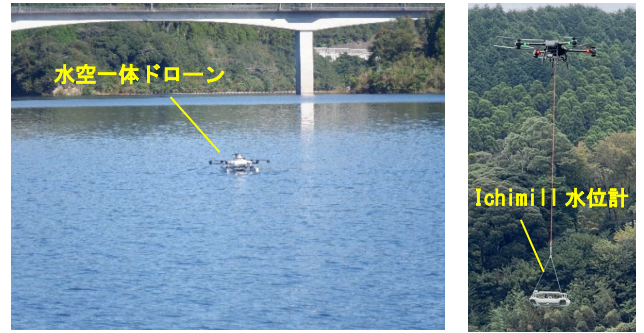


図-2 嘉瀬川ダムにおける実証実験状況

## 2.2 土木研究所水槽における実証実験

実証実験は、土木研究所所有の「水中環境実験施設」内にて実施した。現地検証には、ブルーオーシャン研究所の「みちびき海象ブイ」およびソフトバンクの「ichimill 水位計」を用いた。また GNSS 単独測位方式による水面標高値取得精度と比較するため、簡易的なブイを試作し、併せて検証を行った。

### (1) 測位方式の違いによる精度検証

土木研究所の水槽に設置したブイにより取得した水面標高値について、TS による測量により得られた値との比較を行い、精度について検証した。精度検証の結果、みちびき海象ブイは平均誤差約 10cm、ichimill は約 7cm と高い測位精度を示した。一方、GNSS 単独ブイは平均約 4.3m の大きな誤差が確認され、CLAS およびネットワーク RTK 測位方式の優位性が明らかとなった。GNSS 単独測位は大きな負の誤差を示し、TS 測量値と比較して標高値を著しく低く測定する傾向が認められた。また湛水位の変化に対して、標高(高さ)変化を適切に捉えることが可能か検証を行うため、ユニック車にブイを取り付け上げ下げした際の、標高値の精度検証を行った。精度検証の結果、GNSS 単独ブイは平均 4.5m の誤差が生じたのに対し、みちびき海象ブイ (CLAS) は平均 6cm、ichimill (ネットワーク RTK) は平均 8cm の誤差を示した。一方、みちびき海象ブイは上昇時・下降時に時折誤差が大きくなるケースが認められた。

## 2.3 嘉瀬川ダムにおける実証実験

実フィールドを想定して佐賀県の嘉瀬川ダム湖において実証実験を実施した。本実証実験では、測位精度、UAV による運搬・設置に着目した実験を行った。現地検証には、ブルーオーシャン研究所の「みちびき海象ブイ」およびソフトバンクの「ichimill 水位計」を用いたほか、水空一体ドローンを併用して検証を実施した。

### (1) 測位方式の違いによる精度検証

図-2 に示すようにダム湖に水空一体ドローンを設置した際の位置情報の精度検証を行った。精度検証の結果、水空一体ドローンは平均 6cm の誤差が生じ、高い測位精度を示した。また、みちびき海象ブイを対象にブイが遮蔽物に接近した際の測位モードおよび衛星捕捉数について、確認した。ブイが地形の陰に近づくと、測位モードが RTK から単独測位に変化し、衛星捕捉数が減少することが示された。

### (2) UAV による運搬・設置

「みちびき海象ブイ」および「ichimill 水位計」を対象に、Fly Cart30 を用いた運搬試験を実施し、吊り下げ可能性 (ペイロード) および切り離し機構 (フック) の適用性について検証した。「みちびき海象ブイ」については、アンカー付きのブイを運搬・設置を行い、「ichimill 水位計」については吊り下げた状態での航続距離についても併せて検証した。航続距離の計測は、バッテリー残量が 30% に到達するまでの飛行距離として整理した。検証の結果、図-2 に示すようにみちびき海象ブイ (約 14kg) および ichimill (約 28kg) はいずれも安全に運搬・設置が可能であることを確認した。また「ichimill 水位計」を吊り下げた状態においては、往路を積載状態、復路を非積載状態とした場合、水位計の設置可能範囲は離陸地点から概ね 1.5km 程度であることが示唆された。

## 3. おわりに

本検討では、河道閉塞(天然ダム)における湛水部監視手法の高度化を目的として、GNSS 等の測位技術を活用した既存観測ブイおよび水空一体ドローンを対象に、水槽および実フィールドを想定した現地実証実験を実施した。

検証の結果、CLAS 測位やネットワーク RTK 測位を用いたブイや水位計により、水面標高を数 cm 級の精度で取得できることが確認され、湛水位変動の把握や越流開始時期の推定に有効であることが示された。一方で、遮蔽物の影響により測位モードが変化し、精度が低下するケースも確認され、設置位置や周辺環境を考慮した運用の重要性が明らかとなった。また、UAV による観測機器の運搬・設置に関する検証では、従来は人力やヘリコプターに依存していた山間部・アクセス困難箇所においても、迅速かつ安全に監視機器を設置できる可能性が示された。

今後は、LTE 電波強度が微弱なエリアおよび圏外や天空比が小さく衛星測位に不利な条件下における測位の可否や精度等に着目した実証実験を行うことが望ましい。

### 【参考文献】

- 2011 年台風 12 号による紀伊半島における天然ダム災害への投下型水位観測ブイの適用事例について、平成 24 年度砂防学会研究発表会概要集, p490-491, 2012.
- 50kg でドローン輸送可能に進化!〜ドローン投下型の天然ダム水位観測機器の開発〜、国土交通省九州地方整備局令和 4 年度九州国土交通研究会, 2022.
- 準天頂衛星システムセンチメータ級測位補強サービスの提供開始、日本航海学会誌, p6-9, 2019.