## 橋梁定期点検結果(2巡目)を踏まえた一考察

岡本 誠1・梶尾 辰史2

1九州地方整備局 九州道路メンテナンスセンター 技術課 (〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2-11-1)

2九州地方整備局 九州道路メンテナンスセンター 技術課 (〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2-11-1)

平成26年3月に道路の維持修繕に関する省令・告示が公布されて以来、道路橋は、基本、5年に1回の頻度で近接目視による点検が実施されており、令和6年度から3巡目を迎えている。社会資本整備審議会道路分科会道路メンテナンス技術小委員会においては、平成25年6月に「予防的な修繕等による機能の保持・回復や、耐震補強等による新設後に求められるようになった機能の確保を一体的に行い、施設に求められる性能を保持する期間を延ばすため、構造物の長寿命化に取り組むべきである」と記されている<sup>1)</sup>。今回、九州地方整備局が管理する橋梁において、1巡目定期点検(平成26年~平成30年)から2巡目定期点検(令和元年~令和3年)の遷移状況等についての分析及び考察を行った。

キーワード 橋梁定期点検、道路メンテナンス、健全性診断、予防保全

## 1. はじめに

道路橋は、基本、平成26年から5年に1回の頻度で近接 目視による定期点検が実施されている。九州地方整備局 が管理する橋梁は令和5年3月31日現在で4,625橋あり、 建設後の平均経過年数は約40年となっている。建設後50 年以上となる橋梁数の割合は、現在の約38%(1,507 橋)が、10年後には約53%(2,089橋)、20年後には約 66%(2,611橋)となり、高齢化が急速に進んでいく状 況となっている(図-1)。

今後は、定期点検による確実な状態の把握を行い、施設の機能や性能に不具合が発生する前に修繕等の対策を講じる予防保全による長寿命化を図ることが重要である。そこで、九州地方整備局が管理する橋梁において、1巡目から2巡目の定期点検の遷移状況等を分析し、予防保全による長寿命化を図る上での今後の課題等について考察した。

## 2. 1巡目と2巡目の定期点検結果の概要

九州地方整備局では、平成26年から平成30年の1巡目点検(以後、「前回点検」という)において、次回点検までに措置を講ずべき橋梁(判定区分Ⅲ・IV)が303橋であった<sup>2</sup>。2巡目定期点検(以後、「最新点検」という)の令和元年から令和3年までの3年間においては、次回点検までに措置を講ずべき橋梁(判定区分Ⅲ)が428橋となり、前回点検より約1.4倍となっている。そのうち、前回点検において判定区分 I・IIの橋梁が、最新点検において判定区分Ⅲに移行した橋梁は361橋であった。前回点検において判定区分Ⅲの橋梁が、最新点検でも判定区分Ⅲである橋梁は67橋であった。

修繕等の措置を行っているにもかかわらず、令和元年から令和3年までの3年間という短期間で判定区分Ⅲに遷移した橋梁が前回点検よりも増えている。判定区分Ⅲが修繕等の措置を行うことで、判定区分Ⅲが減っていくこ



図-1 建設後50年以上の橋梁数の推移

※建設年次が不明な橋梁を除く 3,939 橋で集計

とが理想的であるが、実際には増加しているので、今回、 その要因等を分析及び考察することとした。

なお、今回の分析結果等は、統計的なデータから整理 したもので、個別の損傷状況等との整合性を網羅的に分 析したものではないため、あくまでも一考察としている。

#### 2. 分析内容

#### (1) 分析対象橋梁の抽出

平成26年から令和3年までに間に点検結果が2回以上存在する2,804橋のうち、前回点検で判定区分Ⅰ・Ⅱの橋梁が最新点検で判定区分Ⅲであった橋梁361橋と、前回点検で判定区分Ⅲの橋梁が最新点検で判定区分Ⅲであった橋梁67橋の計428橋を今回の分析対象橋梁とした。

#### (2) 判定区分Ⅲの橋梁種別の割合

分析対象橋梁428橋の橋梁管理カルテデータから得られる橋梁諸元を事務所別に整理した。

橋種別では、鋼橋、PC橋、RC橋が約30%ずつで、残り約10%が混合橋とその他の橋梁となっており(表-1)、橋種別での偏りはなく、橋種により判定区分がⅢとなるような関連性は見受けられなかった。

#### (3) 健全性の診断結果の遷移傾向の分析

分析対象橋梁(428橋)のうち判定区分 I が判定区分 IIIへと遷移した橋梁(180橋)と判定区分 III が判定区分 III へと遷移した橋梁(181橋)について、判定区分 III へと遷移しやすい損傷等の有無や判定区分 I から判定区分 III へ早期に遷移する可能性がある損傷の有無という項目で分析した。

また、判定区分Ⅲが判定区分Ⅲへと維持した橋梁(67橋)についても整理した。具体的には、前回点検と最新点検の橋単位の健全性の診断の区分から設定した遷移グループ(前回点検Ⅰから最新点検Ⅲに遷移したグループ(以後、「遷移グループ①」という)、前回点検Ⅱから最新点検Ⅲに遷移したグループ(以後、「遷移グループ②」という)、前回点検Ⅲから最新点検Ⅲに遷移したグループ(以後、「遷移グループ③」という)毎に、部材種別毎(主桁、床版、下部構造、支承)の損傷状況を損傷種別の観点から整理し、各遷移グループとの関連性について分析した。整理にあたっては、部材種別を「主要部材」と「その他」に分類した。分類は橋梁定期点検要領(出31.3国土交通省道路局 国道・技術課)³を参考にした。

表-1 事務所別橋種別橋梁数

| 事務所     | 鋼橋  | PC橋 | RC橋 | 混合橋 | その他 | 合計  |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 福岡国道    | 16  | 32  | 18  | 7   | 0   | 73  |
| 北九州国道   | 12  | 17  | 5   | 5   | 0   | 39  |
| 佐賀国道    | 32  | 28  | 16  | 2   | 1   | 79  |
| 長崎河川国道  | 4   | 7   | 16  | 1   | 1   | 29  |
| 熊本河川国道  | 24  | 18  | 27  | 5   | 0   | 74  |
| 大分河川国道  | 10  | 13  | 6   | 1   | 0   | 30  |
| 佐伯河川国道  | 3   | 5   | 5   | 4   | 1   | 18  |
| 宮崎河川国道  | 3   | 6   | 6   | 0   | 8   | 23  |
| 延岡河川国道  | 0   | 7   | 1   | 0   | 2   | 10  |
| 大隅河川国道  | 3   | 6   | 3   | 1   | 1   | 14  |
| 鹿児島国道   | 5   | 6   | 11  | 3   | 6   | 31  |
| 有明海沿岸国道 | 2   | 1   | 0   | 1   | 0   | 4   |
| 八代河川国道  | 3   | 1   | 0   | 0   | 0   | 4   |
| 合計      | 117 | 147 | 114 | 30  | 20  | 428 |
| 割合      | 27% | 34% | 27% | 12  | 2%  |     |

鋼橋における主桁の損傷種類内訳を図-2に示す。今回、全体で50%以上を占める損傷を判定区分Ⅲに遷移しやすい損傷と想定したところ、遷移グループ全体としては、「腐食」が約50%、「防食機能の劣化」が約40%と約9割を占めており、鋼橋の主桁においては、「腐食」が判定区分Ⅲに遷移しやすい損傷の可能性が高い。また、遷移グループ①では、「防食機能の劣化」が約50%、「腐食」が約40%となっているのに対して、遷移グループ②では、「防食機能の劣化」が約30%、「腐食」が約60%である。今回、遷移グループ①で50%以上の損傷又は、遷移グループ②の割合に比べて遷移グループ①の割合が増加している損傷である「防食機能の劣化」は判定区分Ⅲへ早期に遷移する可能性がある損傷と想定することができる。

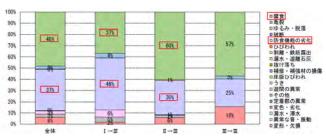


図-2 鋼橋における主桁の損傷種類内訳

PC橋における主桁の損傷種類内訳を図-3に示す。今回、全体で50%以上を占める損傷を判定区分Ⅲに遷移しやすい損傷と想定したところ、遷移グループ全体としては、「ひびわれ」が約70%となっており、PC橋の主桁においては、「ひびわれ」が判定区分Ⅲに遷移しやすい損傷の可能性が高い。また、遷移グループ①では、「ひびわれ」が約80%、遷移グループ②でも、「ひびわれ」が約80%である。今回、遷移グループ①で50%以上の損傷又は、遷移グループ②の割合に比べて遷移グループ①の割合が増加している損傷である「ひびわれ」は判定区分Ⅲへ早期に遷移する可能性がある損傷と想定することができる。

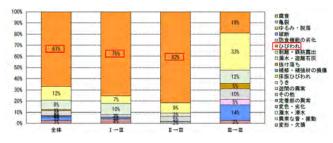


図-3 PC橋における主桁の損傷種類内訳

RC橋における主桁の損傷種類内訳を図-4に示す。今回、全体で50%以上を占める損傷を判定区分Ⅲに遷移しやすい損傷と想定したところ、遷移グループ全体としては、「ひびわれ」が約20%、「剥離・鉄筋露出」が約30%、「補修・補強材の損傷」が約10%、「うき」が約20%となっており、特に遷移しやすい損傷であると判断

できるような関連性は確認できなかった。また、遷移グループ①では、「ひびわれ」が約30%、「剥離・鉄筋露出」が約20%、「補修・補強材の損傷」が約10%、「うき」が約30%となっているのに対して、遷移グループ②では、「ひびわれ」が約10%、「剥離・鉄筋露出」が約40%、「補修・補強材の損傷」が約10%、「うき」が約20%である。今回、遷移グループ①で50%以上の損傷又は、遷移グループ②の割合に比べて遷移グループ①の割合が増加している損傷である「ひびわれ」、「補修・補強材の損傷」、「うき」は判定区分Ⅲへ早期に遷移する可能性がある損傷と想定することができる。

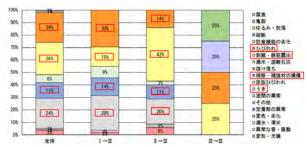


図-4 RC橋における主桁の損傷種類内訳

床版の損傷種類内訳を図-5に示す。今回、全体で50% 以上を占める損傷を判定区分Ⅲに遷移しやすい損傷と想 定したところ、遷移グループ全体としては、「腐食」が 約20%、「防食機能の劣化」が約10%、「剥離・鉄筋露 出」が約10%、「漏水・遊離石灰」が約20%、「補修・ 補強材」の損傷が約10%、「床版ひびわれ」が約20%と なっており、特に遷移しやすい損傷であると判断できる ような関連性は確認できなかった。また、遷移グループ ①では、「腐食」と「防食機能の劣化」が約10%、「剥 離・鉄筋露出」が約5%、「漏水・遊離石灰」が約20%、 「補修・補強材」の損傷が約10%、「床版ひびわれ」が 約20%となっているのに対して、遷移グループ②では、 「腐食」が約30%、「防食機能の劣化」が約20%、「剥 離・鉄筋露出」が約20%、「漏水・遊離石灰」が約10%、 「補修・補強材」の損傷が約10%、「床版ひびわれ」が 0%である。今回、遷移グループ①で50%以上の損傷又 は、遷移グループ②の割合に比べて遷移グループ①の割 合が増加している損傷である「漏水・遊離石灰」、「床 版ひびわれ」は判定区分Ⅲへ早期に遷移する可能性があ る損傷と想定することができる。

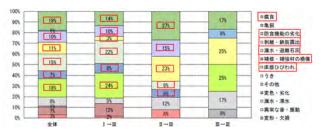


図-5 床版の損傷種類内訳

下部構造の損傷種類内訳を図-6に示す。今回、全体で50%以上を占める損傷を判定区分Ⅲに遷移しやすい損傷と想定したところ、遷移グループ全体としては、「ひびわれ」が約70%となっており、下部構造においては、「ひびわれ」が判定区分Ⅲに遷移しやすい損傷の可能性が高い。また、遷移グループ①では、「ひびわれ」が約60%、遷移グループ②でも、「ひびわれ」が約90%である。今回、遷移グループ①で50%以上の損傷又は、遷移グループ②の割合に比べて遷移グループ①の割合が増加している損傷である「ひびわれ」は判定区分Ⅲへ早期に遷移する可能性がある損傷と想定することができる。

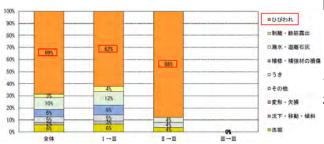


図-6 下部構造の損傷種類内訳

鋼製支承の損傷種類内訳を図-7に示す。今回、全体で50%以上を占める損傷を判定区分Ⅲに遷移しやすい損傷と想定したところ、遷移グループ全体としては、「腐食」が約60%、「防食機能の劣化」が約30%となっており、鋼製支承においては、「腐食」が判定区分Ⅲに遷移しやすい損傷の可能性が高い。また、遷移グループ①では、「腐食」が約60%、「防食機能の劣化」が約40%となっているのに対して、遷移グループ②では、「腐食」が約60%、「防食機能の劣化」が約30%である。今回、遷移グループ①で50%以上の損傷又は、遷移グループ②の割合に比べて遷移グループ①の割合が増加している損傷である「腐食」、「防食機能の劣化」は判定区分Ⅲへ早期に遷移する可能性がある損傷と想定することができる。

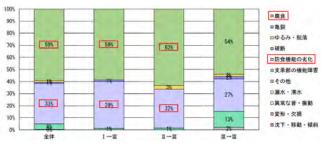


図-7 鋼製支承の損傷種類内訳

なお、今回は各部材と遷移状況について、各損傷の種類を整理して、そのデータから判定区分Ⅲに早期に遷移しやすいのかといった視点で、分析し、想定した。今後は、この想定に対して、個別の点検調書等を詳細に分析して、影響度などを整理していきたいと考えている。

## 4. おわりに

今回、最新点検において判定区分Ⅲとなった428橋での遷移傾向分析を行い、各部材毎で判定区分Ⅲに遷移する可能性がある損傷の整理を行った。また、各部材毎の遷移グループの損傷の内訳を比較することで判定区分Ⅲへ早期に遷移する可能性がある損傷について整理した。

その結果、その要因は、部材に起因するものか、診断が難しい損傷なのか、人為的なものによる影響なのか、 想定できる要因がいくつかある。今後は、想定(仮説) の検証のため、定期点検の個別調書の詳細を確認し、今 回整理した結果と比較し、検証していきたいと考えている。

**謝辞**:本論文の作成にあたり、ご指導、ご助言をいただきました関係者の皆様に心より感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 社会資本整備審議会 道路分科会道路メンテナンス技術小委員会:道路のメンテナンスサイクルの構築に向けて、平成25年6月.
- 2) RSJ インタビュー 国土交通省 九州地方整備局 道路部長:1巡目 点検のⅢ判定、https://r2sj.net/interview/1649、2024.07.16. (2024.
   7.16閲覧)
- 3) 国土交通省道路局 国道·技術課:橋梁定期点検要領、平成31年3月.

# 海の中道海浜公園における 施設更新の取り組みについて

天磨 尚也1·坂元 大地2

1.2国営海の中道海浜公園事務所 工務課 (〒811-0321福岡県福岡市東区大字西戸崎18-25).

海の中道海浜公園では、約540haという広大な空間と豊かな自然を最大限に活かして、多様なレクリエーションを提供していくことを目指している。一方、開園後40年を経てそれを支える各種の公園施設を限られた予算で効率的・効果的に整備、管理していく必要があり、今後想定される社会情勢の変化等に対応し、計画的に公園の魅力・ストック効果を高めていくために様々な取組を進めている。本稿では、公園施設の集約・再編などの選択と集中による魅力向上・管理の効率化について本公園の取組を紹介する。

キーワード ストック効果,魅力向上,集約・再編,再整備,ユニバーサルデザイン

## 1. はじめに

海の中道海浜公園は、福岡県福岡市の北部に位置し、玄界灘と博多湾を隔てて志賀島へ伸びる半島「海の中道」において、北部九州における広域的なレクリエーション利用、白砂青松の良好な自然環境の保全等を目的に整備・管理運営を行っている計画面積約540haの国営公園である。1981年に開園して以降、順次開園区域を拡大しており、2024年3月末現在で約350haを供用している。現在、未供用区域の整備を推進するとともに、既開園区

域の魅力向上のための再整備を同時に進めている。

本公園は、国が公園管理者として公園全体の整備、管理を行っており、国による広場、遊具等の整備や花修景のほか、民間事業者等によるプール、水族館(マリンワールド海の中道)、ホテル(ザ・ルイガンズ)等の整備、運営を組み合わせることで、官民連携により多様なレクリエーションを提供している。(図1)

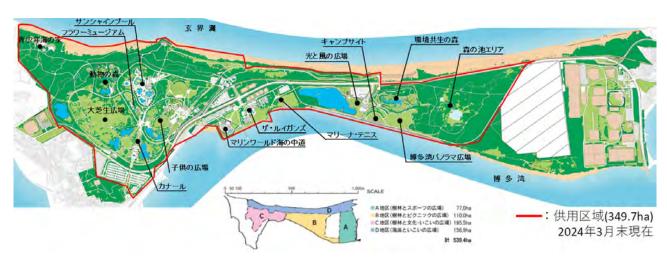


図1 公園計画図

## 2. 公園の魅力を維持・継承するための取組

## (1) 魅力向上推進協議会の設置

本公園では、計画的に自然を保全、再生しながらその環境を活かしたレクリエーションを提供するというこれまでの計画理念を継承しつつ、社会情勢の変化等にも柔軟に対応して今後も多くの方に満足頂ける公園であり続ける体制を構築するため、都市公園法第17条の2に基づき公園管理者、施設の管理運営を行う者、学識経験者、関係地方公共団体からなる国営海の中道海浜公園魅力向上推進協議会を2020年7月に設置した。

## (2) うみなかビジョン2030の策定

国営海の中道海浜公園魅力向上推進協議会において、概ね10年後(2030年)に実現を目指す将来像(ビジョン)を明確にしつつ、継続的にストック効果を高めていけるよう、計画的な取組を推進するために2021年3月に「うみなかビジョン2030」を策定した。

ビジョンでは、エリア別の整備、管理運営の方向性を 示し、進めていくべき施策を立案した。

この中で、現在の公園利用の中心エリアであるC地区においては、「当初開園時の1981年に整備された公園施

設が多いエリアでもあるため、安全で魅力的な公園施設 を継続的に維持管理できるよう、老朽化施設の統廃合等 により管理の効率化を図る」こととした。

## 3. うみなかビジョン2030を具体化するための取組

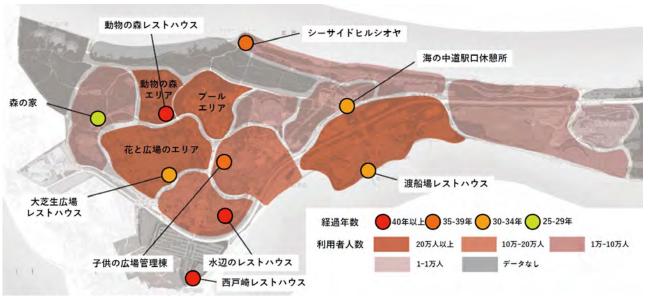
#### (1) 利用状況の分析

2019年度の利用実態調査の結果を基にエリア毎の利用 状況の傾向把握を行った。パークエリア内で最も利用者 が多いのは「花と広場のエリア」であり、次いで「動物 の森エリア」、「プールエリア」となっている。

#### (2) 公園施設の状況

休憩施設の施設経過年数をみると「西戸崎レストハウス」「水辺のレストハウス」「動物の森レストハウス」が整備から40年以上が経過している。(図2)

エリア毎の利用者数や利用軌跡と公園施設の経過年数を重ね合わせると、公共交通機関の利用の変化等より、休憩施設の「西戸崎レストハウス」は利用が少ないことが確認された。



※エリアごとの利用者数について

利用実態調査 (2019 年度) による施設利用割合に基づき算出

算出手順):①バークエリアの利用者数に、利用実搬調査における施設利用割合(2019年度)を乗じて個別施設の利用者数を算出

②各エリア内で最も多い施設利用者数を当該エリアの利用者数とした ※エリア内に調査で聞き取った施設がない場合は「データなし」としている

※リゾートエリアは、マリンワールド海の中道の年間入館者数を採用

#### (3) 各公園施設の課題(図3)

以下の通り老朽化した公園施設や、整備当初に想定されていた効果が現在では発揮されていないものもある。

#### 【海の中道駅口】

ゲート建物の老朽化に加え利便性(待合、誘導、案内機能等)が不足している。

#### 【動物の森】

設置後40年以上が経過し、レストハウスの老朽化が著しい。また4つあるゲートの利用割合には大きな差があり、正門(南門)の利用者が約8割と圧倒的に多い一方で、東門・西門の利用者は少ない。

#### 【西戸崎レストハウス・水辺のレストハウス】

設置後40年以上が経過し老朽化している。また現在では利用動線から外れた位置にあるため利用者数が少ない。

## 【花桟敷・シンフォニーガーデン】

新たに花の丘やフラワーミュージアム等の大型規模花 修景を展開したこと等により利用動向が変化しており、 より効果的な花修景を検討する必要がある。

#### 【トイレ・遊具】

トイレは、老朽化が進み、視認しづらい配置のものや、 ユニバーサルデザインに未対応のものもある。また遊 具はユニバーサルデザインに対応したものが設置され ているものの、老朽化が進んでいる。



図3 各公園施設の配置

## 4. 再整備に向けた計画

公園施設の魅力向上、ストック効果の発揮及び効率 的・効果的な整備、管理のため、うみなかビジョン2030 をふまえつつ、公園施設の再整備を計画した。

## (1) 「選択と集中」による公園施設の再整備(図4)

サービス水準を維持・向上させつつ維持管理をいかに 効率化するかが課題である。このため、老朽化した公園 施設や効果が発揮されていない公園施設について、計画 的に施設のスクラップ&ビルドと公園の魅力向上を両立 させるための「選択と集中」を行っていく。



図4 再整備にあたっての方針

## <海の中道駅口への施設・花修景の集約>

## 【海の中道駅口】

ゲートをリニューアルし、休憩場所、飲食・物販施設の導入により鉄道・バス待ち時の休憩機能の強化を図る。また、花桟敷・シンフォニーガーデンの花壇を廃止した上で新たな花壇等を設置し、フォトジェニックな景観を創出することで、花修景を強化し更なる魅力向上を図る。

#### 【西戸崎レストハウス】

現在では利用動線から外れ、施設の利用者数が低下したため廃止する。

#### <C地区中心拠点への施設・動線の集約>

利用者が多いが相互にアクセスしづらい4施設(動物の森、サンシャインプール、フラワーミュージアム、大芝生広場)にアクセスしやすいよう動線を集め、利便性向上と管理の効率化を図る。

#### 【動物の森】

老朽化が著しいレストハウスについて、ユニバーサルデザインに配慮し、休憩スペース、飲食・物販等の機能を強化してリニューアルする。

### 【水辺のレストハウス】

老朽化し施設の効果が発揮されていないため集約する。 **<トイレの集約・ユニバーサルデザイン強化>** 

## 【トイレ・遊具】

分かりづらい場所にある老朽化したトイレ3箇所を廃止し、視認しやすい場所にユニバーサルデザイントイレ1箇所を新設する。またユニバーサルデザイン遊具を新設する。

### (2) 取組状況

これまで以下の取組を実施した。

- ・分かりづらい場所にある老朽化したトイレ3箇所を撤去し、視認しやすい場所に車いす利用者や乳幼児連れ利用者に配慮したユニバーサルデザイントイレ1箇所を2022年に設置した。(写真1,2)
- ・動物の森をイメージし、アクセスしやすい緩やかなスロープなどを配置したユニバーサルデザイン遊具を2022年に設置した。(写真3)
- ・公共交通機関の利用の変化等により、現在では施設の 効果が発揮されていない西戸崎レストハウスを2022年に 撤去した。



写真1 老朽化したトイレ3箇所(2022年撤去)



写真2 ユニバーサルデザイントイレ (2022年設置)



写真3 ユニバーサルデザイン遊具(2022年設置)

# 5. 公園施設の集約・再編などの選択と集中による効果

第一に社会情勢やニーズ等の変化に対応して、公園施設を更新することで利便性や快適性・安全性を高め、利用者数の増加及び満足度の向上等のストック効果を高めることができる。第二に公園施設の集約・再編により点検や清掃費等の施設管理費を縮減することができる。

## 6. まとめ

本稿では、公園施設の集約・再編などの選択と集中による魅力向上・管理の効率化について取組の一部を紹介した。

引き続き、限られた維持管理費の中で、サービス水準 を維持・向上できるよう、現状を分析し、利用者のニー ズや社会情勢に対応した公園づくりに取組む必要がある。 今後もより一層多くの方に利用され、満足してもらえ る魅力的な公園となるよう「オールうみなか」で取り組 んでいきたい。

### 参考文献

 うみなかビジョン2030~国営海の中道海浜公園の将来像~: 令和3年3月策定、国営海の中道海浜公園魅力向上推進協議会

## 番匠川における正常流量の検討について

## 山村 真梨1·荒巻 栄輔1·阿部 高久1

1九州地方整備局 佐伯河川国道事務所 流域治水課 (〒876-0813 大分県佐伯市長島町4-14-14)

本稿は、河川管理において、低水管理上の目標となる正常流量(流水の正常な機能を維持するために必要な流量)の検討内容を詳述するとともに今後の課題を考察するものである.

また、番匠川の一部区間でみられる伏流現象を踏まえ、これまで実施した同時流量観測調査結果を水収支条件に追加し、再検討を行った内容を併せて報告する.

キーワード 正常流量、伏流水、同時流量観測、河川維持流量、水収支条件、低水管理

#### 1. はじめに

番匠川水系の正常流量について、既往調査検討資料及び最新の正常流量検討の手引きや知見等、また、これまでの同時流量観測調査結果を踏まえ再検討を行った内容を報告するとともに、番匠川の正常流量設定における今後の課題を考察するものである.

## 2. 番匠川の概要

番匠川は、その源を大分県佐伯市の三国峠に発し、急峻で屈曲の多い渓谷を流下し、途中久留須川、井崎川等を合わせながら東に流れ、山間部を抜けて、ゆるやかに蛇行し佐伯市街地に至り、さらに堅田川を合わせて佐伯湾に注ぐ、幹川流路延長38km、流域面積464kmの一級河川である(図-1). 番匠川流域は、大分県南部に位置し、番匠川と周囲の山々が調和して緑豊かな景観美を造り、またその沿川は豊かな自然環境を有しているとともに、良好な水質から清流番匠川として親しまれている。流域の土地利用は、山地等が約95%、水田や果樹園等の農地が約3%、宅地等市街地が約2%となっている。その流域は、大分県南地域における社会、経済、文化の基盤をなすとともに、古くから人々の生活、文化と深い結びつきを持っている。1)

また、番匠川は地形、地質等により、透水性が高く、



図-1 番匠川流域図

特有の伏流現象がみられる河川である. 伏流現象は,最深河床高が高い山梨橋付近の区間で伏流し,最深河床高が低く,地下水位が河川水位より高い番匠橋下流区間で伏流水が還元している可能性がある (図-2)

## 3. 正常流量とは

正常流量とは,動植物の保護,漁業,景観,水質等を総合的に考慮し,渇水時においてもその箇所に必要とされる維持流量,水利使用のために必要とされる水利流量

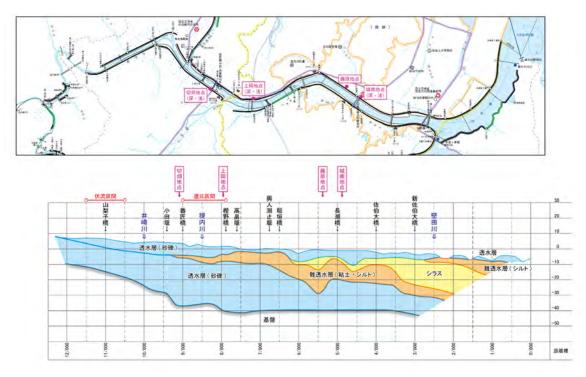


図-2 番匠川地層縦断図

の双方を満足するように、支川の流入量や取排水量等の 実態を踏まえ設定した流量である.正常流量は、低水管 理上の目標として定める流量であり、河川管理者は、こ の流量を維持し、川らしさ・河川環境を保持できるよう に日々管理を行う必要がある.

番匠川の正常流量は、現行基本方針策定時に検討が行われたものの、番匠川特有の伏流現象について、表流水量と伏流水量及びその還元量の相互関係が定量的に明らかになっていないことから、今後調査検討していくものとされている。

## 4. 検討方法

#### (1) 検討フロー

正常流量の検討は正常流量検討の手引き<sup>2)</sup> や最新の知見等を踏まえ、図-3の検討フローに沿って検討を行った。河川維持流量は、①「動植物の生息地又は生育地の状況」及び「漁業」、②「景観」、③「流水の清潔の保持」、④「舟運」。⑤「塩害の防止」、⑥「河口閉塞の防止」、⑥「河川管理施設の保護」、⑧「地下水位の維持」の8項目に必要な流量を検討し、それらを満足する流量として設定する。番匠川では、①「動植物の生息地又は生育地の状況」及び「漁業」、②「景観」、③「流水の清潔の保持」に必要な流量を検討し、河川維持流量を設定した。その他の項目については河川流量の変化に伴う影響や被害事例はないことから、必要流量を設定する必要は特にないと考えられる。

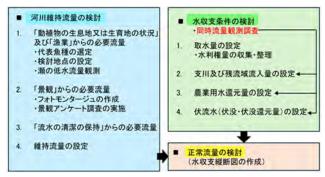


図-3 検討フロー

## (2) 同時流量観測調査

水収支条件の検討において、取水量、支川及び残流域流入量、農業用水還元率の設定方法は様々であるが、他河川においても必ず検討・設定される項目である。番匠川では、特有の伏流現象を定量的に明らかにし、水収支条件に設定することが必要になるが、正常流量検討の手引きに表流水と伏流水及び還元量の相互関係の検討方法に関する記載はない。そこで、正常流量の対象となる渇水時から低水時における同時流量観測調査を実施し、番匠川の水収支実態、伏流現象の整理を行った。同時流量観測調査は平成25年度から令和4年度に合計31回の観測を実施しており、観測調査地点は、本川、支川を含み合計49地点である(図-4)

## (3) 伏没量・伏没還元量の算定の考え方

同時流量観測調査結果を用いた,伏流現象の定量化に 関する考え方を図-5のイメージ図を用いて示す.

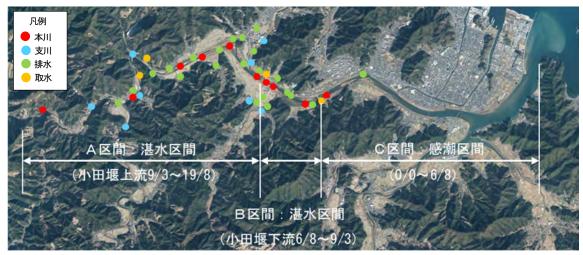


図-4 同時流量観測調査位置図

本検討において、河川水が浸透し地中に潜り込む量を 「伏没量」、地中に潜り込んだ河川水が湧き出し、戻っ てくる量を「伏没還元量」とした。

伏没や伏没還元が生じない区間では、①本川上流流量から②取水量を引き、③支川流入量、④農業還元量を足して算出された⑤本川下流推定流量は、⑥の本川下流同時流量と一致するはずである。

一致しない場合は、本川で伏没・伏没還元が生じている可能性が考えられる.

## 5. 河川維持流量の検討

## (1) 「動植物の生息地又は生育地の状況」及び「漁業」 からの必要流量

「動植物の生息地又は生育地の状況」及び「漁業」からの必要流量は以下の手順で算定した.

- ① 代表魚種の選定
- ② 検討地点の選定
- ③ 検討地点の測量及び低水流量観測
- ④ 必要流量の算定

番匠川の代表魚種は、平成4年から平成30年までの河川水辺の国勢調査結果を踏まえ、アユ、オイカワ、ヨシノボリ類を設定した。検討地点は代表魚種の産卵箇所等を踏まえ、11地点を設定した(図-6). これらの11地点で令和5年11月に瀬の断面測量及び低水流量観測を実施し、検討地点における断面特性、代表魚種に対する必要流量を算定した.

## (2) 「景観」からの必要流量

「景観」からの必要流量は以下手順で選定した.

- ①河川景観上, 重要な視点場の選定
- ②フォトモンタージュ写真の作成
- ③地域住民へのアンケート調査
- ④ 必要流量の算定

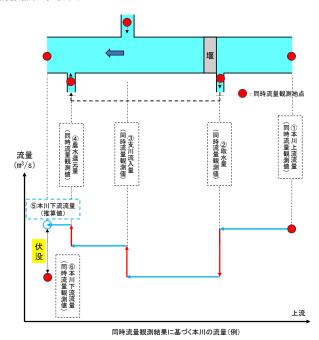


図-5 伏没量・伏没還元量の算定イメージ図

現地調査を実施し、重要な視点場として5地点を設定した.5地点で撮影した写真から水面幅を変化させたフォトモンタージュ写真を作成し(図-7)、令和5年10月に地域住民へのアンケート調査を実施した。アンケート調査の結果、合計56名の回答が得られ(56名×5箇所=280サンプル)、8割以上の人が30%水面幅確保(W/B=30%)を許容できると回答した。この結果から5地点において30%水面幅を確保できる流量を算定した。

### (3) 「流水の清潔の保持」からの必要流量

「流水の清潔の保持」からの必要流量は番匠橋における将来流出負荷量に対して、評価基準(環境基準値の2倍値に設定)を満足するために必要な流量を算定した、流出負荷量は「豊後水域流域別下水堂整備総合計画(平成27年7月:大分県)」3により算定されている値(62.5



図-6 「動植物の生育地又は生育地の状況」及び「漁業」からの必要流量検討対象地点図

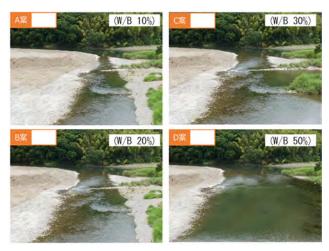


図-7 景観アンケートフォトモンタージュ写真(森下橋下流)

kg/日)を使用した.評価基準は、番匠橋地点における BODの環境基準値として2mg/lを設定した.その結果、 必要流量は番匠橋地点において0.18㎡と算定された.

## (4) 河川維持流量の設定

(1) から(3)のすべての項目別必要流量を満足する河川維持流量を設定した.維持流量は「動植物の生息地又は生育地の状況」及び「漁業」からの必要流量(魚類の移動・産卵)で決定した.

## 6. 水収支条件の検討

#### (1) 取水量の設定

最新の許可水利権に関する情報収集を行ったところ, おおむね水利権量が取水されていることが確認できたため,期別ごとに取水量として設定した.

## (2) 農業用水還元量の設定

農業用水還元率は、同時流量観測調査の結果を基に設定した。番匠川の農業用水還元率はかんがい期で48~57%、非かんがい期で100%であった。

## (3) 支川及び残流域流入量の設定

支川及び残流域流入量は、同時流量観測調査の結果を基に、支川7河川の流入量と自然流量に近いと考えられる小川橋流量の相関関係から設定した。支川流入量は、概ねW=1/10渇水時規模を想定するため、小川橋W=1/10渇水流量(かんがい期:0.40 m3/s、非かんがい期:0.25 m3/s)見合いの支川流入量として設定した。

## (4) 伏流水 (伏没量・伏没還元量) の設定

伏流水(伏没量・伏没還元量)は、同時流量観測調査の結果を基に、観測日ごとの区間毎に伏没量・伏没還元量を算出した。算出結果を基に、番匠橋流量が1.0m³/s以下,2.0m³/s以下,3.0m³/s以下,4.0m³/s以下,

5.0m³/s以下の場合に分けて整理し、標準偏差用いて、 各区間における伏没量・伏没還元量のデータのばらつき を確認した.

この結果、番匠橋流量が2.0㎡/s程度以上の場合、比較的ばらつきが大きい傾向がみられた.このことから、番匠川流量が3.0㎡/s以下の場合(ケース1),2.0㎡/s以下の場合(ケース2),1.0㎡/s以下の場合(ケース3)に分けて、伏没量・伏没還元量を算出し、水収支条件として検討することとした.また、番匠川の伏流現象として小田井堰上流で伏流、小田井堰下流で還元傾向であることが確認された(図-8)

## 7. 正常流量(案)の検討

河川維持流量,水収支条件を踏まえ,番匠川における正常流量(案)を算定した. 図-9にかんがい期及び,番匠橋流量が2.0㎡/s以下の場合における伏没・伏没還元量平均値を用いた正常流量水収支縦断図を示す. 基準地点:番匠橋地点(8k950)における正常流量(案)として,通年概ね0.7 m3/sとした.番匠橋の平均低水流量は1.97m3/s,平均渇水流量は0.87m3/sであり,平常時より概ね0.7m3/sは確保されているため,実流況からみても正常流量(案)は妥当であると考えられる.

## 8. 今後の課題

基準地点:番匠橋地点(8k950)における正常流量(案)として,通年概ね0.7 m³/sとした.近年,番匠川本川において,瀬切れは発生しておらず,渇水被害(魚類のへい死や水質障害等)もないが,瀬切れ現象の発生について,実態は明らかになっていない.過去の瀬切れ発生時の河川状況を以下に整理した.

- ・【平成19年】番匠橋流量の0.67㎡/sが2月3日から2月20日までの期間で継続し、**写真-1**のとおり瀬切れが生じた.
- ・【平成23年】番匠橋流量の0.30m³/s以下が1月から5月 下旬まで継続し、**写真-2**のとおり瀬切れが生じた.

一方,平成26年11月下旬から平成27年2月にも0.7㎡/s 以下が継続し,0.11㎡/sまで減少したものの,瀬切れは 生じていない.

以上より,正常流量は番匠橋地点で概ね0.7㎡/s程度あれば瀬切れの発生はないものと想定されるが,瀬切れ現象は,番匠橋流量の規模のほか,流況の継続期間,降水量の累積等が関係すると思われるため,番匠橋の正常流量案0.7㎡/sを目安として,引き続き河川状況を注視・モニタリングし,データを蓄積していく必要があると考えられる.

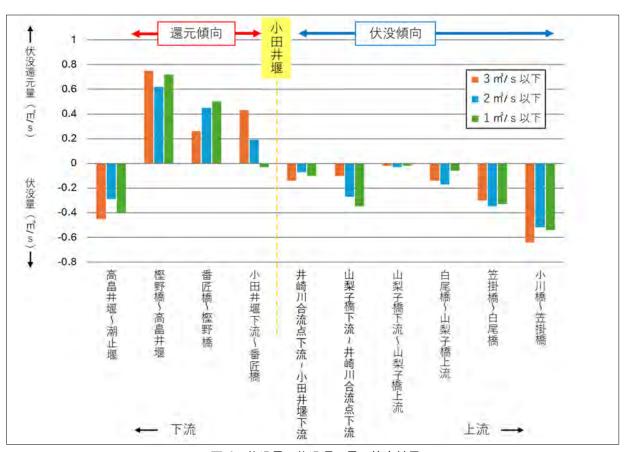


図-8 伏没量・伏没還元量の算定結果

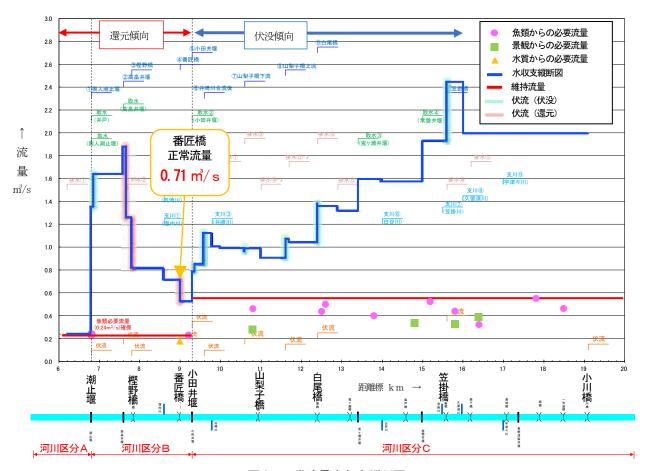


図-9 正常流量水収支縦断図



写真-1 山梨子橋下流の様子 (H19.2.1撮影)



写真-2 小田堰地点の様子(H23.4撮影)

## 参考文献

- 1) 九州地方整備局,大分県:番匠川水系河川整備計画, p1-1-1,2024.
- 2) 国土交通省河川局河川環境課:正常流量検討の手引き(案),2007.
- 3) 大分県:豊後水域流域別下水道整備総合計画,2015.

## 嘉瀬川の低水流量観測高度化について

高椋 大平1・福島 研一郎1・白井 耕平1・亀山 直幸2・永瀬 真豪1

1九州地方整備局 佐賀河川事務所 管理課 (〒849-0918 佐賀県佐賀市兵庫南2-1-34).

2九州地方整備局 佐賀河川事務所 流域治水課 (〒849-0918 佐賀県佐賀市兵庫南2-1-34).

一級河川嘉瀬川水系嘉瀬川にはダム・堰・導水路等の河川管理施設に加え、頭首工や発電施設を管理する利水者も多いため、水収支が複雑であり、高度な低水流量管理が求められる。また、低水流量管理は、各基準地点での流量観測結果から求めたH-Q換算流量を用いて実施しているが、観測所の計測断面が変化しやすい砂河床であることから、断面変化に応じ適宜H-Q式の更新を行っている。このような現状から、嘉瀬川の低水流量管理には労力を要しており、より効率的な管理手法について模索しているところである。そこで、今回はDX技術を用いた低水での流量観測の高度化について検証、画像解析による低水流量観測の有用性が得られた。

キーワード 低水流量観測,画像解析,DX

#### はじめに

嘉瀬川はその源を佐賀県佐賀市三瀬村背振山系に発し、神水川、天河川、名尾川等の支川を合わせながら山間部を南流し、途中多布施川を分派し、さらに下流で祇園川を合わせて佐賀平野を貫流し、有明海に注ぐ、幹川流路延長57km、流域面積368kmの一級河川であるり。図-1に嘉瀬川流域図を示す。その流域は佐賀県の県都佐賀市を含む3市にまたがり、古くからの流域の社会・文化・経済の基盤をなし、治水・利水・環境上極めて重要な河川である。

また, 嘉瀬川は, 利水者が多く, 複雑で細かな流量管理が求められているが, 嘉瀬川ダム・発電所・



図-1 嘉瀬川流域図

川上頭首工・石井樋管・佐賀導水路等,利水関連 施設が多く,日々の低水管理は他機関とも協力しな がら行っている.

#### 2. 嘉瀬川の水利用の現状と課題解決に向けて

#### (1) 嘉瀬川の水利用の現状と課題

嘉瀬川の水利用の概略図は、図-2に示すとおりである。 嘉瀬川ダムの補給は基準地点である川上地点流量にて管理しており、その下流に位置する川上頭首工直下で維持流量を確保するようにしている。

一方で、佐賀導水路の管理は、川上地点とは別に 池森地点流量により管理している。池森観測所は嘉 瀬川大堰の湛水域に位置しており、その影響を受け るため、低水流量観測の精度が低い。そこでその影響を受けない上流の渡瀬橋地点の流量から池森地点 の流量を算出している。

図・2に示すとおり、嘉瀬川水系には大規模な取水施設等が多く、水収支が複雑であり、高度な低水流量管理が求められている。特に佐賀導水路については、嘉瀬川の流量が不足する場合に城原川及び筑後川からの補給となり、他の水系から補給することを考慮し、高い精度での流量管理が求められ、その精度管理が重要となっている。

川上,渡瀬橋地点の流量は,H-Q式による換算流量で把握しており,毎年H-Q式の更新をかけている.し

かし、河床が砂河床のため断面の変化が起きやすく、高い精度のH-Q式が得られない。加えて、嘉瀬川水系では渇水が頻発しており、精度確保のため渇水時にもH-Q式の更新を行っている。このように嘉瀬川水系においてH-Q式による換算流量により低水流量管理を行う場合、短期間での更新を余儀なくされ、非常に労力を要していることが課題である。

## (2) 課題解決に向けた観測手法の検討

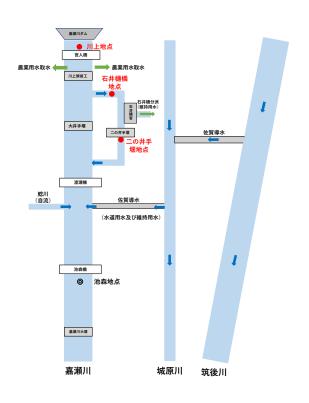


図-2 嘉瀬川の水利用の概略図 (灌漑期の複雑な水収支を示している)

今回は、精度の高い流量管理の補助、流量観測の 省力化を目的に流量観測の高度化を図り、リアルタ イムで観測可能な手法について検討を行った。そこ で、リアルタイムでの観測可能な画像解析による流 量観測データと、従来のプロペラ式による低水流量 観測データを比較し、今後、活用可能か検証を行っ た。

観測箇所は、下記の3地点を選定した. 観測箇所の位置図を図-3、図-4~図-6に各観測箇所おける観測状況<sup>6</sup>をそれぞれ示す.

## ○川上地点

嘉瀬川ダムの補給基準地点であることから,川上 観測地点を選定した.





図-3 観測箇所の位置図(上:川上地点,下:石井樋橋・二の井手堰地点)



図-4 川上地点における観測状況

#### ○石井樋橋地点

川上頭首工直下の流量について実態把握をするため,石井樋橋地点を選定した.

展向風速計 既設 CCTV 風向風速計 流量観測用 カメラ 機器収納 ボックス

図-5 石井樋橋地点における観測状況

## ○二の井手堰地点

渡瀬橋地点での画像解析による観測を試みたが、 水面の波紋が適切に捉えられなかったため、精度が 低くなることが分かった.よって池森地点の流量を 把握するために代替の観測所として二の井手堰地点 を選定した.



図-6 二の井手堰地点における観測状況

## 3. 画像解析による流量観測手法の概要

## (1) 画像解析による流速の測定

本検討においては、画像解析のSTTV (Space-Time Image Velocimetry) 手法(以下STIV手法) $^{\eta}$ による流量観測方法を採用した。

STIV手法は、時空間画像に現われる縞パターンの平均勾配を自動的に算出する手段である。この方法ではノイズや遮断物による影響を受けにくく、観測時にお

けるビデオカメラレンズの雨滴付着時や夜間撮影といった悪条件を含む様々な画像条件でも縞パターンの平均勾配を抽出できる. (図-7に測定機器及び概略図を示している.)

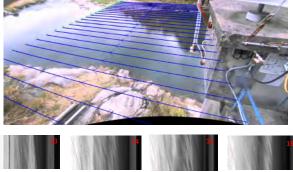


波紋や浮遊物の動きから河川の表面流速を求める

STIV角4析のイメージ
時刻に時の検査線
時刻は2時の検査線
時刻は3時の検査線
時刻は4時の検査線
時刻は5時の検査線
時刻は5時の検査線

↓ 時刻t6時の検査線

流速 V=L/T



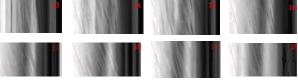


図-7 測定機器及び概略図 (上:測定機器,中:STIV 手法による流速算定の原理,下:川上地点の縞パターン)

## (2) 更正係数の算定

非接触型流速の手引き  $^{8}$ によると流量を算出するには,画像解析(STIV 手法)で求められた各区分表面流速( $v_i$ )に,更正係数(f=0.85)を乗じて各区分断面の平均流速( $V_i$ )を求める.

(1)に代表流速の計算式を示す.

$$V_i = v_i \times f$$
 (1)

 $V_i$ : 代表流速,  $v_i$ : 表面流速, f: 更正係数

しかし、この更正係数 0.85 は、高水時の流量算出を目的として検討されたものであるため、今回の検討では、低水時に各地点で超音波ドップラー流速計(ADCP)により測定した結果をもとに更正係数を算定したの。

図-8 に川上地点での観測結果を示す. なお,紙面の都合上,川上地点の観測結果のみ図示している.

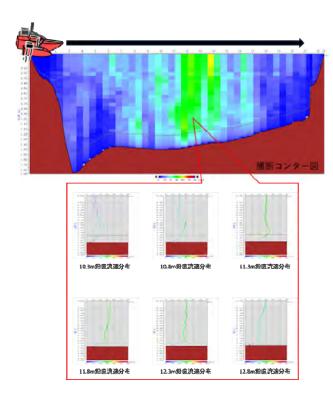


図-8 川上地点でのADCP測定結果

#### (3) 流量の算出

流量(Q)は区分求積法により算出する. (2)に流量の計算式を示す.

$$Q=\Sigma V_i \Delta A_i$$
 (2)

Q:流量, Vi:代表流速, ΔAi:区間流積

以下に,実際に観測した結果から算定された更正係数と,各地点の流量を示す.

#### 4. 検証結果および考察

今回の検討では、計3回(第1回11月24日,第2回12月25日,第3回1月25日)の観測を行ったが、流速の観測結果は紙面の都合上、第3回目の観測結果のみ示す。

## (1) 川上地点での検証結果

川上地点における測線(検査線)は、測線の長さ 40m, 測線24本, 測線間隔2mに設定した. 観測結果は 図-9, 表-1のグラフのとおりとなった<sup>6</sup>.

流速は、平均誤差は小さいが、各測線で見ていく と、左岸から流心付近では誤差が大きくなった. 左 岸では画像解析の方が速く、流心付近では画像解析 の方が遅い結果となった.

更正係数は、各観測において0.85に近い値で算定され、高水時と同等の更正係数となった.

流量は、平均誤差が小さく、画像解析でも低水流量観測と同等の値が得られることが分かった.

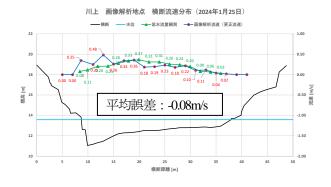


図-9 川上地点における流速観測結果

表-1 川上地点における更正係数と流量観測結果

|           | 画像   | 解析       | 低水流           | 部分(2/)   |
|-----------|------|----------|---------------|----------|
|           | 更正係数 | 流量(m3/s) | 量観測<br>(m3/s) | 誤差(m3/s) |
| 第1回 (11月) | 0.83 | 5.5      | 4.98          | 0.52     |
| 第2回 (12月) | 0.85 | 4.99     | 5.51          | -0.52    |
| 第3回 (1月)  | 0.86 | 5.39     | 5.8           | -0.41    |
| 平均誤差      |      |          |               | -0.13    |

## (2) 石井樋橋地点について

石井樋橋地点における測線(検査線)は、測線の 長さ20m, 測線17本, 測線間隔1mに設定した。観測結 果は図-10, 表-2のグラフのとおりとなった<sup>6</sup>. 流速は、平均誤差は小さく画像解析と低水流量観測で概ね一致する結果となった.しかし、各測線毎で見ていくと断面全体で誤差が生じている.左右岸側では画像解析の方が遅く、流心付近では、画像解析の方が速い結果となった.

更正係数は、0.9程度の値が算定され、高水時より も大きい結果となった。

流量は、川上地点と同様に平均誤差が小さく、画像解析でも低水流量観測と同等の値が得られることが分かった.

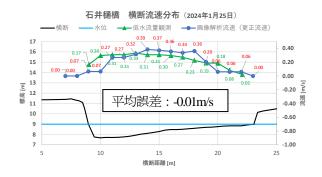


図-10 石井樋橋地点における流速観測結果

表-2 石井樋橋地点における更正係数と流量観測結果

|          | 画像解析      |          | 低水流           | 到 关 / 2/) |
|----------|-----------|----------|---------------|-----------|
|          | 更正係数      | 流量(m3/s) | 量観測<br>(m3/s) | 誤差(m3/s)  |
| 第1回(11月) | 0.89 2.05 |          | 2.44          | -0.39     |
| 第2回(12月) | 0.9 2.19  |          | 2.57          | -0.38     |
| 第3回(1月)  | 0.89 2.18 |          | 2.38          | -0.20     |
| 平均誤差     |           |          |               | -0.32     |

## (3) 二の井手堰地点について

二の井手堰下流地点における測線(検査線)は、 測線の長さ20m, 測線9本, 測線間隔1mに設定した. 観測結果は図-11, 表-3のグラフのとおりとなった<sup>®</sup>.

流速は、ほぼすべての測線において、画像解析と、 低水流量観測とで概ね一致する結果となった.

更正係数は,石井樋橋同様,0.9程度の値が算定され,高水時よりも大きく算定された.

流量も,画像解析と,低水流量観測結果とで概ね 一致する結果となった.

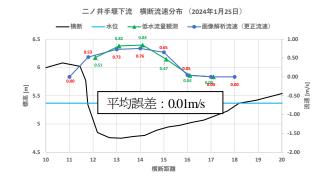


図-11 二の井手堰地点における流速観測結果

表-3 二の井手堰地点における更正係数と流量観測結果

|          | 画像解析<br>更正係数 流量(m3/s) |      | 低水流           | 到 关 / 2 / ) |
|----------|-----------------------|------|---------------|-------------|
|          |                       |      | 量観測<br>(m3/s) | 誤差(m3/s)    |
| 第1回(11月) | 0.87 1.28             |      | 1.08          | 0.2         |
| 第2回(12月) | 0.92                  | 1.16 | 1.19          | -0.03       |
| 第3回(1月)  | 0.96                  | 1.41 | 1.58          | -0.17       |
| 平均誤差     |                       | 0,50 |               | 0.01        |

#### (4)考察

#### ○流速測定結果について

川上地点,石井樋橋地点において,各測線毎で誤差が生じた要因を分析したところ,図-12に示す観測状況から,川上地点では左岸から流心付近で,太陽が水面に反射し,水面が白く光り,水面波紋を捉えることが難しくなる時間帯があることがわかった.





図-12 実際の観測状況(上:川上地点,下:石井樋橋地点)

また、石井樋橋地点では橋の陰が観測位置に映り、あらかじめ設定していた測線とその陰が重なる場所があった。こういった光や陰が水面に映るとカメラにより水面波紋を捉えることが難しくなるため、測定に影響を及ぼしたと考えられる。そのため、川上地点では流心付近、石井樋橋付近では断面全体で誤差が生じたと考えられる。

#### ○更正係数の算定結果について

石井樋橋地点,二の井手堰地点では低水流量観測の結果,更正係数が0.9程度と算定され,高水時で用いる値より高くなった.これは,観測地点の水深が0.5~Im程度と非常に浅く,表面流速と,断面の代表流速に差があまり生じなかったためだと考えられる.低水流量観測時の更正係数は,明確な値が設定されておらず,今回算定された値も各地点の特性から算定されたものであるため,今後も引き続き検証していく必要がある.

#### ○流量の算出結果について

画像解析により算出した流量と低水流量観測により算出した流量を比較した結果,3地点すべてにおいて同等の値が得られた.更正係数は実際に測定した結果から算定しているため,流量の算出は流速測定結果による影響が大きくなってくる.画像解析による流速測定は,光や陰の影響で測定が難しくなることはあったが,各観測所での平均誤差を見ると0.01~0.08m/sと非常に小さい.そのため,算出された流量も誤差が小さく低水流量観測と同等の値となったと考えられる.

#### 5. まとめ

今回検討した3地点すべてにおいて、画像解析による流量観測でも低水流量観測とほぼ同等の値を計測することが出来た.しかし、光や陰の影響により計測できない時間帯や状況が発生することがあった.また、嘉瀬川水系では、精度の高い低水流量管理が求められているのが現状である.今回の検討により、画像解析による流量観測は可能であることはわかったが、1ヶ年のみであること、検証した時期が非出水期の3ヶ月と期間が短く、データが少ない.嘉瀬川における低水流量観測の高度化に向けて、あまり実例がないが、今後も、観測箇所のカメラの画角の検証、異なる時期での検証等引き続き行い、データを蓄積し、精度をさらに上げていく必要がある.

#### 参考文献

九州地方整備局筑後川河川事務所:嘉瀬川水系河川維持管理計画,平成24年5月.

2)櫻井祥貴,中嶋将之:画像解析による流量観測について, 令和3年度 九州国土交通研究会, 2021..

3福岡達信,水野寛太,柳瀬伸一,西澤諒亮,日高初淑,中岡洋一:流量観測高度化に向けた複数の流量観測手法の観測精度の比較検証,河川技術論文集,第22巻,p.85-90,2016

4)佐々木章允,渡邊康玄,井上和哉,森岡洸太朗,大島省吾:常呂川における流量観測高度化の取り組みと流量算出精度向上の検討,河川技術論文集,第29巻,p.37-42,2023.5)橋場雅弘,藤田一郎,太田陽子,土田宏一,甲斐達也:赤外線カメラを用いた STIV 法による無人流量観測の有効性,第26巻,p.163-168,2020.

- 6) いであ株式会社: 令和 5 年度佐賀河川事務所管内流量観 測高度化検討業務報告書, 令和6年2月.
- 7) 国立研究開発法人土木研究所 水工研究グループ 水文チーム:流量観測の高度化マニュアル (高水流量観測編).
- 8) 国土交通省水管理・国土保全局河川計画課 河川情報企画室: 非接触型流速計測法の手引き(案), 令和5年3月.

# 阿蘇立野ダムの特性に配慮した 試験湛水について

藤村 晋吾1•髙場 悦郎1•堀之内 亨太1

1九州地方整備局 熊本河川国道事務所 河川管理課 (〒861-8029 熊本県熊本市東区西原1-12-1).

阿蘇立野ダムは直轄初の洪水調節専用(流水型)ダムとして2024年3月に完成したダムである。阿蘇立野ダムでは完成前の2023年1月15日から2月8日にかけて試験湛水を行った。試験湛水とは通常の管理に移行する前に、サーチャージ水位以下の範囲内で、貯水位を上昇及び下降させ、ダム、基礎地盤及び貯水池周辺地山の安全性を確認することを言う。阿蘇立野ダムでは流水型の特性やダム上流側に広がる国の天然記念物に指定されている阿蘇北向谷原始林を始めとした豊かな自然環境への配慮を行いかつデジタル技術を積極的に活用した試験湛水を行った。本稿では、阿蘇立野ダムの試験湛水における先進的な取り組みについて報告する。

キーワード 阿蘇立野ダム, 試験湛水, BIM/CIM, 自動計測,流水型ダム

## 1. 阿蘇立野ダムの概要

阿蘇立野ダムは、熊本県の中央を流れる白川沿川の洪水被害の防止・軽減を目的とした洪水調節専用(流水型ダム)である(図—1).流水型ダムとは平常時に水を貯めず、河川の流れを維持し、洪水時のみに一時的に水を貯留するダムであり、一般的な貯水型ダムと比較し環境への負荷は小さいと考えられている(写真一1).

一方で、ダム建設地は多くの観光客が訪れる観光地阿蘇の玄関口に位置し、周辺には、「阿蘇くじゅう国立公園」や国の天然記念物に指定されている「阿蘇北向谷原始林」が位置するなど豊かな自然環境が存在する.

また、阿蘇ユネスコジオパークにおけるジオサイトの一つでもあることから環境や景観への配慮も重要であった.



図-1 阿蘇立野ダム流域図



写真-1 ダム上流側から下流側を望む

## 2. 阿蘇立野ダムの試験湛水における課題

ダムは大規模な土木構造物であり、その安全性が社会 に及ぼす影響は極めて大きい.よって、入念な地質調査、 設計、施工を行うことは当然であるが、通常の管理に移 行する前に、試験湛水を実施して安全性を確認する必要 がある.しかし、阿蘇立野ダムが試験湛水を行うにあた って、いくつかの課題があった.

1つ目の課題は、実運用時と比較し、試験湛水時の貯水位変動が非常に遅くなってしまう点である。阿蘇立野ダムは流水型ダムであるため実運用時の水位の上昇・下降は1日程度の事象である。一般的な試験湛水(水位下降速度1m/日以下)で実施する場合、70日程度時間を要す

ることとなり実運用時の水位変動と乖離した条件での試験 温水となってしまい、ダム堤体、基礎地盤、貯水池周辺地山の確実な安全性の確認に対して課題となった.

2つ目の課題は、国の天然記念物である「阿蘇北向谷原始林」を始めとした自然環境へ与える影響である.試験湛水を実施することで「阿蘇北向谷原始林」全体の植生のうち4%程度が冠水することとなり衰退や枯死する可能性があった(図一2).実運用時は水位変動が1日程度の事象であるため自然環境へ与える影響は小さいが、試験湛水時は貯水期間が長くなるため実運用時と比べ自然環境への負荷が大きくなってしまう.

阿蘇立野ダムでは、これらの課題への対応が試験湛水を行う上で必要となった.

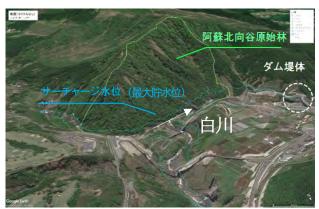


図-2 阿蘇北向谷原始林の冠水範囲

### 3. 阿蘇立野ダムの試験湛水計画

阿蘇立野ダムの抱える課題を考慮し、表―1に示す2つの基本方針をもとに試験湛水計画を立案することとした。

## 【阿蘇立野ダムにおける試験湛水の基本方針】

#### ダム・基礎地盤及び貯水池周辺地山の安全性を確実に確認する

ダム、基礎地盤及び貯水池周辺地山の安全性を確実に確認するために、実 運用に近い水位下降速度による試験湛水計画とすることで安全性を確実に確 認する。なお、貯水位の上昇・下降範囲やサーチャージ水位における保持時間 などは、「試験湛水実施要領(案)」に準じた方法を前提として、水位下降速度を 速めることに対して、計器観測の充実を図りつつ、必要な計測体制を確保する。

#### 自然環境(阿蘇北向谷原始林)への影響を極力低減させる

自然環境(阿蘇北向谷原始林)への影響を極力低減させるため試験湛水期間をできる限り短くするものとし、水位下降速度を、下流河川へ影響が無い範囲内で可能な限り速くし、試験湛水の長期化を回避する。

表―1 阿蘇立野ダムにおける試験湛水の基本方針

試験湛水計画の立案にあたっては、構造面、環境面の技術的な確認・評価を行うため、有識者で構成される『立野ダム試験湛水検討委員会(以下,委員会とする.)』を設立し、試験湛水の方法、結果について公開の場で計4回にわたって審議いただいた.

委員会にて、阿蘇立野ダムの試験湛水における課題への対応を検討し、試験湛水計画を立案した.

#### (1) 実運用時との水位変動の乖離への対応

試験湛水を実施するにあたり遵守しなければならない 事項の原則が『試験湛水実施要領(案)(以下,要領と する.)』に定められており、試験湛水を行う時は、要 領に基づいて行わなければならない. 要領では、貯水位 の下降速度は観測・監視体制への負担軽減のため、1m/ 日を原則とされている(表-2). しかし、貯水池周辺 地山の安全確認のために必要がある場合には、万全の監 視体制のもと適切な下降速度により水位下降を行い、そ の挙動を把握して安全性の評価を行うことが望ましいと されている.よって、試験湛水期間をできる限り短くす るため、1m/日を超える下降速度で水位を下降させるこ ととした. 水位下降速度はダム下流河川の安全を確保し つつ実施できる最大の放流量(試験湛水時のみに使用す る水位低下放流ゲートの最大貯水時の放流量:約64m<sup>2</sup>/ s) とした(写真-2). 1m/日を超える水位下降速度 とすることで70日程度かかる試験湛水期間を20日程度と なるシミュレーション結果を得られた(表-3). 試験 湛水期間を20日程度とすることで実運用時の水位変動速 度に近づけるとともに, 阿蘇北向谷原始林の冠水日数を 減らすことで環境負荷の軽減を行うことができる. しか し、水位下降速度を速めることによっていくつかの課題 が生じる.

#### 3.4 貯水位の下降速度

試験湛水中の貯水位の下降速度は、洪水処理後の水位低下等の止むを得ない場合を除き、1m/日以下とする。

ただし、必要があると認められる場合には、一定期間の範囲内でこれを超える速度で 計画的に降下させるものとする。

#### 【解説】

非洪水期の貯水位の下降は、速度、実施時期などが制御可能な状態で実施できるほか、 水位上昇時や水位保持時の観測・監視の結果を反映させた計画とすることができる。

そのため、試験湛水中の観測・監視体制への負担を軽減するため、一般的には $1 \, \mathrm{m} / \mathrm{H}$ 以下で水位降下を行っている。

しかしながら、実運用中に生じる可能性のある地すべり等貯水池周辺地山等の安全性を 確認することが必要な場合には、適正な計画及び万全の監視体制のもと、必要な貯水位の 範囲において、適切な下降速度により水位降下を行い、その挙動を把握して安全性の評価 を行うことが望ましい。

## 表-2 貯水位の下降速度について (試験湛水実施要領(案)抜粋)



写真-2 水位低下放流ゲート

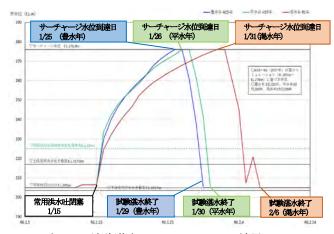


表-3 試験湛水シミュレーション結果

#### a) 水位下降速度を速めることによる課題

通常のダムでは、1m/日の速度で水位を下降させるため試験湛水期間が長い.よって、ダム堤体や周辺地山に異常が起きていないかを確認及びデータを蓄積するためのダム堤体内や周辺地山等に設置している計測機器のデータ回収頻度が1回/日となっている.

しかし、阿蘇立野ダムは20m/日以上の速度で下降させるため、1回/日の計測機器のデータ回収では、異常の察知が遅れる可能性や蓄積データが不足してしまうといった課題が生じた。そのため、異常察知の遅れ防止及びデータが不足しないような取組を行う必要が生じた。

#### b) 観測計器の自動化

異常察知が遅れる可能性及びデータ不足への対策として、計測頻度を1回/時間とすることで1回/日で下降する一般的な試験湛水と同等のデータを確保することとした.しかし、阿蘇立野ダムは計測機器を313個設置する計画としており、1回/時間の計測となると計測回数が膨大となり、従来どおりの人による計測では間に合わなくなってしまう.

そこで、阿蘇立野ダムでは、従来手動計測で行っていた基礎排水量、継目排水量、揚圧力を含む全計測機器の自動化を行った(写真-3).

計測機器の自動化を図ることで、計測機器の箇所まで 行きデータを回収する必要がなくなり、自動で管理所に 計測データが送られてくるため1回/時間の計測を行うこ とが可能となった.

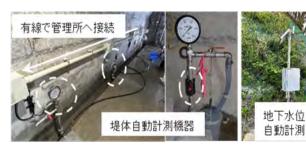


写真-3 自動計測状況

#### c) 試験湛水CIMの構築

自動計測によって送られてくる膨大なデータを適切に管理,監視するために試験湛水CIMの構築を行った. 試験湛水CIMの機能としてダム堤体や監査廊,堤体内部の計測機器の位置を3次元モデルで見える化を行えるようにした.試験湛水中は事務官や若手職員などのダム管理初心者も当番として,データの監視や巡視を行うこととなる.しかし,阿蘇立野ダムの監査廊は複雑で,かつ,計器の設置も横断方向だけではなく,上下流方向にも設置されているため,2次元断面図だけでは理解しづらい.CIMを活用することで事務官や若手職員などのダム管理初心者でも各機器,設備の位置の確認が容易となった(図—3).

また、自動計測によって計測されたデータをシステムに自動で収集・蓄積するプログラムを作成することでデータの入力する手間が省けるうえ、誤入力の可能性もなくなった(図—4).

さらに、異常値が計測された場合、該当する計測器の 色を変更する機能や設定した閾値を上回る値を計測した 際には、あらかじめ設定したアカウントにメールを送信 する機能を搭載することで異常察知の遅れ防止や確認漏 れを防止することができ、データ管理の省力化及び高度 化に繋がった(図-5).

試験湛水CIMは、クラウドを基盤としたシステム環境で構築したことで、従来のように操作室等の限られた場所でしか確認ができなかった計測値等の情報を携帯やタブレットがあれば、どこにいても、リアルタイムで確認が行える環境となり業務の高度化・効率化を可能とした(写真—4).



図-3 BIM/CIMモデルで計測機器を見える化

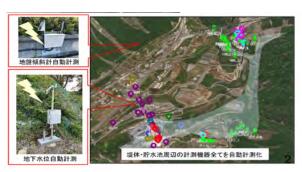


図-4 計測データ自動収集・蓄積

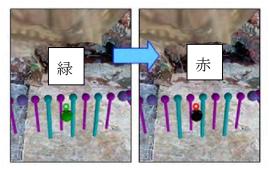


図-5 BIM/CIMモデルで計測機器を見える化



写真-4 試験湛水CIMによるリアルタイムデータ 監視

#### (2) 自然環境(阿蘇北向谷原始林)への対応

水位下降速度を速め、試験湛水期間を短縮することは 実運用時に近い貯水位変動速度とするだけではなく、自 然環境(阿蘇北向谷原始林)への影響を減少させること にも繋がることとなる。さらに、阿蘇北向谷原始林が植 生するEL.225m以上の湛水日数が異常渇水等により25日 を超過することが懸念される場合は試験湛水を中断する という中止基準の設定を設け、中断した場合は、それま でに取得した計測でデータや記録、阿蘇北向原始林のモニタリング調査結果等を整理し、総合的に判断したうえ で再開の手順について検討することとした。中止基準を 25日超過としたのは過去の事例で26日を超過すると半数 以上の樹林が衰退、枯死していると考えられるからであ る。これらの対応を取ることで自然環境(阿蘇北向谷原 始林)への影響を軽減することにした。

また、試験湛水による阿蘇北向谷原始林への環境変化を詳細かつ適切に把握するため、一般的な試験湛水前後のモニタリング調査(概況把握調査)に加えて、毎末調査を追加で行うこととした.

さらに、阿蘇立野ダムは流水型ダムであり、出水で貯水するたびに環境調査を行うとかなり労力がかかるため、従来の調査方法である毎本調査に変わる新技術の試行を行うこととした。内容としては、現地を目視して活力度を評価する毎本調査とドローン撮影にて評価するNDVI調査の関係性を解析し、NDVI調査のみで冠水による影響評価を行えないかを検討するものである。NDV

I 調査のみでの影響評価が可能となれば大幅な省力化や 効率化に繋げることができる.

#### a) 毎木調査

毎木調査とは、調査対象となる樹木の樹種、樹高、活力度、位置等を現地で1本毎観察し、記録していく調査である(写真—5). 阿蘇立野ダムでは阿蘇北向谷原始林内外の樹高 1 m以上の総計1600本以上を対象に実施することとした. この調査を試験湛水前の2022年10月から年4回実施し、阿蘇北向谷原始林の環境変化のデータを事前に蓄積した. 蓄積したデータと試験湛水後のデータを比較することで試験湛水による影響を把握することとした.



写真-5 每木調査実施状況

#### b) NDV I 調査

急峻な地形である阿蘇北向谷原始林とその周辺地域において、現地への立ち入りが困難な箇所については、広域的かつ高頻度のデータを取得するため、ドローンによる空撮とマルチスペクトル画像の解析による全体的な植生の活性度調査(NDVI調査)を実施することとした。NVDI調査と毎末調査は同時に行い、貯水池斜面全体のNDVIデータの取得を行った。NDVI値とは、樹木の活力度を示した値である。

## 4. 阿蘇立野ダムの試験湛水の状況

2024年1月15日9時より試験湛水に伴う貯留を開始し、 2月3日20時40分にはSWL 276mに到達(写真-6)、貯水位 を一定の期間保持した後、2月5日10時から貯水位低下を 開始し、2月8日12時に元の河川水位となり貯水位下降が 完了した(表-4).

阿蘇北向谷原始林の冠水日数は、最大で約23日間であった。令和5年度の白川は渇水傾向にあり、事前予測と比較し約3日間長い冠水となったが、異常渇水の場合の試験湛水中断基準(25日間以上)を上回ることはなかった(表-5).また、一般的な試験湛水(1m/日以下で下降)よりも水位下降速度を速めたことで、冠水期間は、約70日間から約23日間へ約47日間短縮されたと推定して

いる.

また、流水型ダムは網場設備が計画されていないため、 試験湛水時は仮設網場を設置し流木や塵芥の捕捉処理を 行ったり、降雨による濁水流入により冠水した樹木につ いたシルト分などを洗い落とし植性への影響を抑えられ ないか試行するなど丁寧に試験湛水を進捗した(写真一 7).



写真-6 ダム越流様子

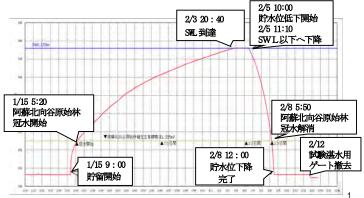


表-4 試験湛水水位変動グラフ

| 標高範囲            | シミュレーション<br>結果(渇水年) | 試験湛水実績   |
|-----------------|---------------------|----------|
| EL.270m~EL.276m | 6日間                 | 6日間(±0)  |
| EL.260m~EL.270m | 11日間                | 12日間(+1) |
| EL.250m~EL.260m | 14日間                | 16日間(+2) |
| EL.240m~EL.250m | 17日間                | 19日間(+2) |
| EL.230m~EL.240m | 19日間                | 22日間(+3) |
| EL.225m以上       | 20日間                | 23日間(+3) |

表-5 標高別浸水日数



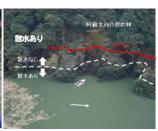


写真-7 高圧洗浄機による樹木への散水

## 5. 試験湛水の結果

試験湛水により、ダム堤体及び基礎地盤、貯水池周辺の安全性を確認することができた。自動計測においては、一部、自動計測機器の観測値に異常値も確認されたが手動計測を並行して実施することで計測結果を補完し、適切に監視することができた。蓄積データに関しても1回時間の計測としたことで解析に必要な計測データが不足することはなかった。今回の結果から、今後のダムモニタリングや維持管理の高度化や効率化につながることを確認できた。

試験湛水による阿蘇北向谷原始林への影響について, 各影響調査の結果は以下のとおりである.

#### a) 毎木調査結果

試験湛水前後に行った1600本以上の毎木調査結果のうち、試験湛水により冠水した範囲で、樹冠まで冠水した408本の調査結果を比較した。阿蘇北向谷原始林における湛水の影響を受ける主な群落である、ムクノキ群落、スダジイ群落に着目して、既存ダムの調査結果を活用し、冠水影響想定を作成した。作成した想定データと試験湛水前後の毎木調査で確認した活力度の維持割合を比較した結果、想定していたよりも活力度が維持されていることが確認できた(表-6)。今後も同様の手法でモニタリングを継続し、試験湛水による影響を観察していく。

| 提高範囲 W水日数<br>1 | 服水田敷 | 阿蘇北向谷原始林<br>のスダジイ群落面積 | 耐水日敷に対し<br>活力度(1,2)が維持 | 阿蘇北向谷原始林のスダジイ辞落で<br>活力度(1,2)が維持される面積・割合 |     |  |
|----------------|------|-----------------------|------------------------|---|-----|--|
|                | (ha) | される樹木の割合              | 而積(ha)                 | 維持される割合<br>5                            |     |  |
| 276m以下         |      | 2.02                  |                        | 1.73                                    | 85% |  |
| 276m-270m      | 6日   | 0.63                  | 91%                    | 0.57                                    |     |  |
| 270m-260m      | 11日  | 0.66                  | 85%                    | 0.56                                    |     |  |
| 260m-250m      | 14日  | 0.36                  | 85%                    | 0.31                                    |     |  |
| 250m-240m      | 17日  | 0.28                  | 78%                    | 0.22                                    |     |  |
| 240m-230m      | 19日  | 0.08                  | 78%                    | 0.07                                    |     |  |
| 230m-220m      | 20日  | 0.01                  | 78%                    | 0.01                                    |     |  |

|      | 試験湛水前後                                  | そのモニタリング結果         | 9       |  |  |  |
|------|---|--------------------|---------|--|--|--|
| 冠水日数 | 阿蘇北向谷原始林のスダジイ群落で<br>活力度(1,2)が維持された本数・割合 |                    |         |  |  |  |
| (実績) | R5秋(R5.11)<br>試験湛水前                     | R5冬(R6.2)<br>試験灌水後 | 維持された割合 |  |  |  |
|      | 139                                     | 133                | 96%     |  |  |  |
| 6日   | 17                                      | 17                 | 100%    |  |  |  |
| 12日  | 28                                      | 28                 | 100%    |  |  |  |
| 16日  | 18                                      | 18                 | 100%    |  |  |  |
| 19日  | 36                                      | 33                 | 92%     |  |  |  |
| 22日  | 40                                      | 37                 | 93%     |  |  |  |
| 23日  | _                                       | _                  | _       |  |  |  |

| 標高範囲 泡水日数       |     | 冠水日数に対し<br>活力度(1.2)が維持 | 阿蘇北向谷原始林のムクノキ群落で<br>活力度(1,2)が維持される面積・網合 |             |              |
|-----------------|-----|------------------------|---|-------------|--------------|
| 100 760 412 622 | 1   | (ha)<br>2              | される樹木の割合                                | 面積(ha)<br>4 | 維持される割合<br>5 |
| 278m以下          | 1   | 1.74                   |   | 1.51        | 86%          |
| 276m-270m       | 6日  | 0.19                   | 92%                                     | 0.18        |              |
| 270m=260m       | 11日 | 0.42                   | 90%                                     | 0.38        |              |
| 260m-250m       | 14日 | 0.25                   | 90%                                     | 0.23        |              |
| 250m-240m       | 17日 | 0.11                   | 83%                                     | 0.09        |              |
| 240m-230m       | 19日 | 0.06                   | 83%                                     | 0,05        |              |
| 230m-220m       | 20日 | 0.70                   | 83%                                     | 0.58        |              |

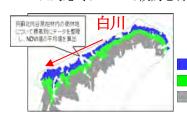
|      | 試験湛水前後                                  | そのモニタリング結果         |         |  |  |  |
|------|---|--------------------|---------|--|--|--|
| 冠水日数 | 阿蘇北向谷原始林のムクノキ群落で<br>活力度(1.2)が維持された本数・割合 |                    |         |  |  |  |
| (実績) | R5秋(R5.11)<br>試験湛水前                     | R5冬(R6.2)<br>試験湛水後 | 維持された割合 |  |  |  |
|      | 99                                      | 93                 | 94%     |  |  |  |
| 6日   | 18                                      | 18                 | 100%    |  |  |  |
| 12日  | 81                                      | 75                 | 93%     |  |  |  |
| 16日  |   | -                  |         |  |  |  |
| 19日  |   |                    | _       |  |  |  |
| 22日  | _                                       | _                  | _       |  |  |  |
| 23日  |   |                    |         |  |  |  |

表-6 活力度の維持割合比較表

#### b) NDVI調査結果

試験湛水完了直後のNDVI調査結果と前年同季の結果を比較したところ,試験湛水によって冠水した範囲はNDVI値が低下していた。今回の結果から,冠水した範囲が一定程度植生の活性度が低下した可能性を示している(図ー6). ただし,NDVI値は植物表面の分光反射より算出するため,試験湛水後は地表の水分や葉の表面のシルトの付着などがデータに影響を与えている可能性もあり,試験湛水後の調査結果が極端に低い要因になっている可能性がある。今後も,試験湛水前の同季節との比較を行うことで植生の活性度についてモニタリングしていく.なお,3週間後に同様な調査を実施したところNDVI値は回復傾向にあった。

今回の調査においては、抜本的な調査手法の変更につながる結果は得られなかったが、省人化を図る糸口を見出すことができた.今後、季節別や樹種別等用途に応じた対応等について検討を行っていく.



|               | NDVI値の平均値                  |                       |                         |  |  |
|---------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------|--|--|
| NDVIの算出範囲     | R5 1 29<br>(試験基水前<br>前年回季) | R6213<br>(試験基本<br>重規) | F6228<br>(試験基本<br>3 直後) |  |  |
| EL 276m (SWL) | 0.27                       | -0.02                 | 0.13                    |  |  |
| EL.276~310m   | 0.09                       | 0.09                  | 0.14                    |  |  |
| EL.310~370m   | 0.27                       | 0.15                  | 0.20                    |  |  |

図-6 NDVI調査による試験湛水前後のNDVI値の変動

#### 6. ダム完成式

試験湛水を終えた阿蘇立野ダムは2024年2月17日にダム完成式典を開催した.建設事業着手から41年の年月を経て阿蘇立野ダムは完成を迎えることができた.完成式には事業促進にご尽力いただいた多くの方に出席いただ

た.

また、完成式にあわせて「阿蘇立野ダム」という新名称を発表し、出席者全員によるダム式万歳で式を締めくくった(写真一8).



写真-8 ダム式万歳

## 7. 最後に

流水型ダムである特徴と周辺環境の豊かな地形,自然環境といった様々な条件がある中でデジタル技術の積極的な活用,試験湛水検討委員会や流域自治体,利水者,下流河川利用者,環境省・文化庁などの関連機関を始めとした多くの方のご協力の下,無事試験湛水を終え,管理へ移行することができた.

今回、阿蘇立野ダムの試験湛水で行った計器自動化や管理CIMの構築は維持管理の高度化や省力化を行えるため、人手不足を解決する上で有効な手段となる。今後のダム事業において阿蘇立野ダムにて得られたデータや経験が活かされることを願う.

これからは、阿蘇立野ダムが治水効果を発揮し、下流の安全に寄与することはもちろんのこと、阿蘇立野ダムのことをより多くの方に知ってもらうために情報発信を行っていくことが重要である。その一環として、建設時代から阿蘇立野ダムでは地域振興の活動を行ってきた。ダムガイドの育成や試験湛水の満水時にはダムのライトアップやマルシェ等を行った(写真一9). 現在は「マインクラフト」というゲームアプリでダムを再現し、一般の方が遊べる環境を作るといった取り組みを行い大きな反響があった。今後も、情報発信を行っていき、多くの方に愛されるダムであり続けたい。



写真-9 ライトアップ状況

## 福智町のマスプロダクツ型排水ポンプについて

甲斐 剛小舛田 裕司小平岡 優果中

1九州地方整備局 遠賀川河川事務所 施設管理課 (〒822-0013 福岡県直方市溝堀1丁目1-1)

近年、全国各地で大規模な内水氾濫が頻発しており、迅速な内水被害対策が求められている。それに伴い、被害軽減を目的とした排水ポンプ設備への期待は高いものになっている。

現在、国土交通省では、量産品の車両エンジンを活用した河川用排水ポンプ設備の開発に取り組んでいる。設備の耐久性、操作性、現場適用性、維持管理性等を検証するために、試験装置が福岡県福智町の遠賀川水系彦山川に設置されたので紹介する。

キーワード マスプロ、試験装置、遠賀川、排水ポンプ

## 1. はじめに

近年、全国各地で内水氾濫が頻発しており、内水被害 は年々増加傾向にある。そのため、内水被害を軽減する ための排水ポンプ設備は期待が高いものとなっている。

一方で、排水ポンプ設備の多くは高度経済成長期 (1970年代をピーク) に整備された設備が多く、10年後には、設置後40年以上経過した設備の急増が見込まれている。それに比例し設備の老朽化も進んでおり、今後一斉に修理や更新等が来る事が予想される。 (図-1) 加えて、排水ポンプ設備は特注・受注生産が多いため、扱える業者が限定される傾向にあるとともに、故障等に伴う部品供給に時間を要する事があることからメンテナンス性の改善も課題となっている。

これらを踏まえ国土交通省では、経済性・操作性・維持管理性の向上を目的とし、設備機器の規格・量産品の活用への転換を図る「マスプロダクツ型排水ポンプ」の開発に着手した。

マスプロダクツ型排水ポンプは、導入コストの低

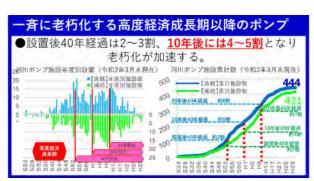


図-1 ポンプ経過年数

減・操作性・維持管理性の向上のみならず、リダンダンシー確保の考えに基づいた小口分散化・予備品の準備による機能確保、主要機器の交換保全による総合的な信頼性の向上も期待できるため、2022年の社会資本整備審議会河川分科会河川機械設備小委員会においても機械設備のマスプロダクツ化について答申<sup>1)</sup>があったところである。

2021年には、国立研究開発法人土木研究所で実証試験を行いマスプロダクツ型排水ポンプの技術の成立性について確認が行われた。

2022年からは、公募選定された全国6カ所の自治体にマスプロダクツ型排水ポンプを設置し、実稼働に併せて耐久性・操作性・現場適用性・維持管理性等の検証を行う現場実証試験に着手した。九州においては、福岡県の福智町とみやま市が現場実証試験地に選定された。

本稿では2023年5月に遠賀川水系彦山川に設置が完了 した福智町のマスプロダクツ型排水ポンプ現場実証試験 設備について紹介する。

## 2. 遠賀川について

## (1) 遠賀川の詳細

遠賀川は、嘉麻市の馬見山(標高978m)を源流に、 穂波川、彦山川などの支川と合流しながら響灘に注ぐ、 流域面積1,026km²、幹川流路延長61kmの1級河川である。 また、流域には九州直轄20水系最多の22市町村(7市14 町1村)が接しており、北九州市や福岡市のベットタウ ンとして宅地開発が進んでいる。そのため、流域内人口 は約62万人となっており、流域内の人口密度は約603人 /km²と直轄20水系の中で最も高く、流域内に多くの人口、

### (2) 現場実証試験地について

遠賀川流域の年平均降水量は1,500~2,000mmとなっており、年降水量の3~4割が梅雨時期に集中している。今回の現場実証試験は遠賀川水系彦山川(左岸3k600)の福智町草場地区で行われている。本地区でも、平成30年7月豪雨で一部家屋の浸水被害が発生した。(図-3)さらに、地区内で発生した内水氾濫により、道路が冠水してしまい排水ポンプ車を含む緊急車両の通行に支障を来した。そのため、今回のマスプロダクツ型排水ポンプは内水被害の対策としても期待されている。

現場実証試験後は、自治体に引き渡すことになっており、設備設置4年後の2027年を目処としている。

## 3. 設備概要

## (1) 機器構成

福智町のマスプロダクツ型排水ポンプ設備は、ポンプ本体 (横軸斜流、排水量1m3/sec、全揚程6m、実揚程3.3m、口径700mm、定格回転446rpm)、原動機(自動車用ディーゼルエンジン、定格出力107kw/3400rpm)、減速機(油圧クラッチ内蔵)、吸込・吐出配管、吐出弁、真空ポンプ、機側操作盤、稼働データ自動計測装置、予備発電機、屋根(汎用カーポート)及び待機室(汎用車庫)で構成されている。

除塵設備、吸込水槽、上屋・操作室、吐出水槽、吐出樋 門等は、省略している。また、吸込配管は支川側の吸水 ピットまで延伸し、吐出配管は堤防乗越しとしている。 (図-4)

## (2) 機器据付

機器類の据付高については、内水解析等の許容湛水位ではなく、既往最高浸水実績高を基準に敷地造成を行った。また、配管乗越しの堤防天端は、兼用道路で交通量が多く集落の進入路も近いため、配管据付のための堤防嵩上げが困難である一方、乗越し部の配管は計画高水位以上、堤防定規断面外に据付を行う必要があることから、配管を分岐(φ700×1本からφ300×4本)して対応した。敷地内の地盤については、RC構造の上屋、吸込水槽等の土木構造物を大幅に省略したことから、地盤改良や杭基礎が不要となった。



図-2 遠賀川流域図



図-3 試験地及び浸水状況



図-4 ポンプ設備全景

#### (3) 水位条件

#### a) 操作水位

ポンプ運転始動水位については、ポンプ全揚程と堤防の乗越し高さが与条件となったため、主に配管損失により決定された。また、配管延長が通常よりも長いため、設置後のメンテナンススペース等を確保した上で、屈曲が少なく直線的なルートを選定し配管長の短縮を図った。結果的に既往最高浸水実績高より80cm程低い位置に運転始動水位(表-1)をとることができた。

## b) 操作要領

操作要領は今回試験設備であることから既存の自然排水ゲートの操作要領及び始動、停止水位や運転可能水位を示した操作マニュアル(案)を作成し、自治体に提供している。また、維持管理については覚書を交わして試験期間中の点検、整備については国が行い、操作に関しては自治体で行うこととしている。

#### (4) 原動機

原動機は、自動車用エンジン本体(2.2L直列4気筒過 給機付)、給排気装置、冷却装置、燃料サブタンク(18L)、エンジン始動用バッテリー(自動車用DC12V)及びエンジン制御用のサブコントローラーをパッケージ化しており、パッケージ単独での運転も可能な仕様となっている。サイズは寸法H1,800×W1,600×L2,340、重量2,200kgで、ボルト着脱と吊り金具によりパッケージごと交換が可能となっている(図-5)。

また、原動機は自動車用エンジンを定置式として使用することから、冷却性能の向上を目的として、ラジエター3基、インタークーラー、オイルクーラー各1基に電動式ファンを配置させている。ファンはモーター回転数の切換だけでも冷却性能の増幅ができることから定置式の場合には有効と考えられる。

ただし、水温、油温、排気温度等が安定しても自動車では想定されないエンジン最高出力(109kw/3,500rpm)近辺の高圧、高負荷での連続運転となるため、内部シール類や摺動部品の耐久性等については今後注視していく必要があると考える。減速機については別置となっており、これを介して横軸斜流ポンプに接続している。

| 項目  | aleter       | 144   |   | 助                            |  |
|---|--------------|---|---|------------------------------|--|
| (1)計画高水位  | T, P+12, 65  | m   | (年(1)月 3K620 )地水                                |                              |  |
| (2) 許容據水位   | T, P+11. 80  | m   | 既往最高浸水実績高                                       | 機器据付高<br>T.P+12.30           |  |
| (3)場內地最低地盤高   | T. P+11, 52  | 110   | 場內地艦評価高   | _ 1.1 / 1.2.00               |  |
| (4) 運転始動水位  | T. P+11. 02  | m   |   |                              |  |
| (6) 運航停止水位  | T. P+10: 42  | in  |   |                              |  |
| (6) 体水制限水位  | T. P. 12, 65 | m   | /作用 38620 地点 HVL                                |                              |  |
| (7) 順承標の 0 点高   |              |   | 113 -711-011-                                   | T. P+8. 65 m<br>T. P+8. 65 m |  |
| (8) 水位条件<br>内水位侧(草場補門排水路。   |              |   | <ul><li>株位側(森山川)</li><li>排水側線水位 T.P+1</li></ul> | 2, 65m                       |  |
| <ul> <li>▽許容祺水位 T.P=11.80m</li> <li>▽運転站動水位 T.P=11.02m</li> </ul> |              | ×   | 粉:水即除水吐   | 2, 0518                      |  |
| ▽運転停止水位 F.PH0.42m  ▽運転可能最高異本権水位 T.P10.12m                         |              | 【整成体制水位】(草原植門警戒体制水位と同じ)<br>▽赤池水位観測所 3.3 m T.P-H.53m |   |                              |  |

表-1水位条件一覧



図-5原動機(内部)

## (5) 非常用設備

河川用排水ポンプは待機系の非常用設備であり豪雨、 災害発生時等に確実な起動と連続運転が求められる。機 構、制御は複雑なものでなく容易に稼働できるものでな ければならない。

本設備では起動時の信頼性を確保するため、予備発電による電源系統の二重化、真空ポンプの2台設置、エンジン始動用バッテリーの常時充電などの対策を実施している。

燃料タンクは少量危険物の貯蔵、取扱数量未満として 150L のタンクを設置しており、運転時間は 7 時間程度 となる。長時間運転となった場合には補給作業が必要と なるが、給油車が手配できれば車両給油と同じ要領で給油ができる方式としている。(図 6)

また、制御盤、真空ポンプに係る電気配管等について は屋外配管となっている。暴風雨時の飛来物等には弱い 面があるが、配管損傷、配線断線、漏水等の不具合箇所 は特定しやすく修理交換時の作業性も良い。場内の機器 についても全体が見渡せる配置となっておりポンプ起動 時には各機器の運転状況が順番に目視や動作音で確認できるので、始動渋滞等が発生した場合でも不具合箇所を発見しやすい。(図-7)

#### (6) マスプロダクツ型排水ポンプの特徴

マスプロダクツとなる自動車用エンジンの採用では、ポンプ製作会社と自動車関連会社が連携して原動機を製作する。ポンプ設備には原動機と連動する満水装置や吐出弁など自動車では使用しないポンプ特有のシステムが組み込まれているため、原動機とポンプ盤間の制御信号の受け渡しは十分に調整を図る必要がある。また、ポンプ前後(吸込、吐出側)はすべて配管類で構成されることから、通常の機場に比べ管路が長くなり損失が大きくなる。このため満水時間や実揚程を考慮して配管レイアウト決めることも重要となる。

福智町のマスプロダクツ型排水ポンプ設備は土木構造物等を大幅に省略できたことから、土木、電気、営繕、機械を含め約1年で完成している。2~3年程度の施工期間を要する従来ポンプ設備に比べ工期は短縮された。2

## 4. 今後の実証試験予定

現在、マスプロダクツ型排水ポンプは実証試験段階の 設備であるため、今後実排水における稼働データ (稼働 時間、流量、温度等)を収集し、性能や信頼性の検証を 行っていく予定としている。また、操作性や機器の交 換保全、点検整備項目の検証といった運用面や維持管理 性についても現地実証試験を計画している。



図-6 予備発電機、燃料タンク



図-7 配管設置状況

## 5. おわりに

今回設置したマスプロダクツ型排水ポンプは、試験期間終了後も現地で継続して実排水での使用を予定しているため、今後の現場実証試験において、排水ポンプ設備としての有効性が確認されることを期待したい。また、近年浸水被害が増加傾向にあるため、マスプロダクツ型排水ポンプの実用化に向けて、本試験中に明らかとなった課題等を踏まえ、機器仕様や操作性の向上等の改良や工夫を行うことも大切だと考える。

冒頭でも述べたように、既存のポンプ設備は老朽化が 進んでおり、修繕、更新費用も膨大になることが見込ま れるため、量産品を活用するマスプロダクツ型排水ポン プの技術が解決に貢献できると幸いである。

#### 6. 参考文献

- 1) 国土交通省:河川機械設備のあり方について
- 2) 土木技術資料 九州におけるマスプロダクツ型排水ポンプ開発の取組み

# FRGカバー工法による 重力式岸壁の補修について

増山 祐哉1・吉田 潤1・有田 孔人2・黒岩 寛2

<sup>1</sup>九州地方整備局 長崎港湾・空港整備事務所 海洋利用調整室(〒850-0961 長崎県長崎市小ヶ倉町3丁目76-72) <sup>2</sup>九州地方整備局 長崎港湾・空港整備事務所 保全課(〒857-0852 長崎県佐世保市干尽町4-1)

佐世保港前畑地区の岸壁(-10m)および岸壁(-11m)は、供用開始から50年以上が経過し、老朽化によるコンクリートの剥離・欠損が確認されたことから、2023年より補修工事を開始している。本論文では、現場条件および維持管理面を考慮した補修工法の選定経緯および重力式岸壁の補修状況について発表する。

キーワード セルラーブロック、岸壁補修、予防保全型維持管理、工期短縮、FRGカバー工法

#### 1. はじめに

佐世保港は、長崎県北部地域の中央に位置する重要港湾であり、古くより軍港および造船業や重工業を中心とした生産拠点としての役割や、海外から石炭や畜産飼料等を受け入れる貿易港として発展を続け、2019年に開港130周年を迎えた港である。

また、佐世保港の背後圏には大型観光施設ハウステンボスなどの多様な観光資源があり、2014年から東アジアに近接する地理的な優位性を活かした大型クルーズ客船の受入を開始するなど、佐世保市は「国際観光の活性化と観光都市機能の強化」の実現に向けた取り組みを推進している.

このように佐世保港は機能毎に分離集約化されており、1つの港で基地機能・商港機能の両立化および効率化を実現させている(**写真-1**).



写真-1 佐世保港全景

## (1) 対象施設について

対象施設は, 佐世保港前畑地区の岸壁(-10m)および 岸壁(-11m)である.

以下に対象施設を写真-2 および図-1 に示す.

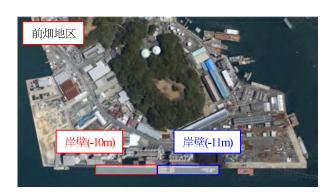


写真-2 佐世保港前畑地区

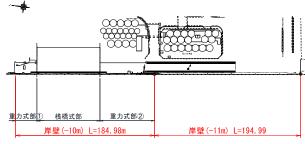


図-1 施設平面図

#### (2) 利用状況について

岸壁(-10m)および岸壁(-11m)は, 主に飼料と石炭を取り扱っている岸壁であり, 内航船が週 1~2回, 2

日間程度着岸するなど利用頻度が高い(表-1).

岸壁にはアンローダーが設置され、背後のサイロに 直接飼料が搬入されている. また, 岸壁(-11m)の一部 は石炭の専用岸壁となっており, 荷下ろしされた石 炭が岸壁背後にバラ積みされている(写真-3). そのた め代替施設がなく、補修工事にあたっては岸壁を供 用しながらの施工を行う必要がある.

| 7 |    |                       |        |      |  |  |
|---|----|-----------------------|--------|------|--|--|
| 船舶                                      | 貨物 | 利用バース                 | 着岸頻度   | 係留期間 |  |  |
| 外航船                                     | 飼料 | 岸壁(-10m)~<br>岸壁(-11m) | 約6回/年  | 約5日間 |  |  |
| 外航船                                     | 石炭 | 岸壁(-11m)              | 約4回/年  | 約5日間 |  |  |
| 内航船                                     | 飼料 | 岸壁(-10m)              | 1~2回/週 | 約2日間 |  |  |
| 内航船                                     | 飼料 | 岸壁(-11m)              | 不定期    | 約2日間 |  |  |

表-1 船舶の着岸状況



写真-3 着岸状況 (岸壁(-11m))

## 2. 老朽化の状況

## (1) 構造形式について

佐世保港前畑地区の岸壁(-10m)および岸壁(-11m)の 構造形式の特徴として, 岸壁前面が鉄筋コンクリー トの壁面で形成され, 内側に割石を詰めて壁体が構 成されたセルラーブロック式岸壁である. 両施設と もに 1960 年代から 1970 年代に整備され、50 年以上が 経過した施設である. 岸壁(-10m)の標準断面図を図-2 に示す.



図-2 標準断面図 (岸壁(-10m))

## (2) 老朽化状況について

本岸壁は、供用開始から 50 年以上が経過している ため, 施設の劣化状況を把握するため, 潜水士によ る目視調査を実施した.

目視調査の結果, 岸壁(-10m)および岸壁(-11m)の両 施設において、全体的にコンクリートの品質が劣化 しており断面欠損および鉄筋露出が多く見受けられ, 波浪、潮流により表面のコンクリートが洗い流され たものと推測された(写真-4,写真-5).

断面欠損が著しい箇所では, 求められる断面性能 を満足していないと推定されるほか、劣化した箇所 から欠損や鉄筋の腐食が広がっていくことが懸念さ れ、施設の安定性に関わる損傷であると判断された.

本体工は鉄筋コンクリート製のセルラーブロック であり,前壁は内部土圧などの外力に対して鉄筋コ ンクリート部材として耐力を保有する必要がある.

そのため、岸壁の利用および安全性に支障をきた す前に, 予防保全的な対策を施すことが望ましいこ とから、岸壁前面の全面的な補強を行うこととした.



写真-4 セルラーブロック欠損部 (岸壁(-10m))



写真-5 セルラーブロック鉄筋露出(岸壁(-11m))

## 3. FRG カバー工法の選定経緯

#### (1) 補修工法の抽出・比較

一般に、コンクリートの剥離・欠損等の変状は損 傷範囲に応じて、断面修復工法で部分的な補強・補 修が行われることが多い.

しかし、断面修復工法は、欠損箇所に対してピンポイントの施工となるため、本岸壁のような損傷箇所の多い現場では、工期が長くなる傾向にある. さらに、前述のとおり、本岸壁は船舶が頻繁に着岸しており、代替施設もないことから、船舶の停泊中は潜水作業ができず、さらに工期が延長することが予想された.

また、断面修復工法による補修は事後保全的な補修であり、予防保全措置として別の工法を併用する必要があることから、工期短縮の観点からも、現状の劣化・損傷に対する補修に加え、予防保全的な補修を一度に実施できる補修工法が望ましく、本岸壁の補修工法はセルラーブロックと同様部材の鉄筋コンクリート被覆工法を抽出した.

鉄筋コンクリート被覆工法は、前面コンクリートの表面に、新たな鉄筋コンクリートを打設する工法であり、広範囲の補修が可能であることから、潜水作業の軽減および工期短縮が見込める。また、劣化・損傷の補修と今後の予防保全を一括に行うことができるため、本岸壁においては適用性が高いと判断した。

断面修復工法と鉄筋コンクリート被覆工法の対比表を**表-2**に示す.

表-2 断面修復工法と鉄筋コンクリート被覆工法の対比表

|      | 断面修復工法  | 鉄筋コンクリート被覆工法 |
|------|---------|--------------|
| 施工単位 | 劣化・損傷部位 | 岸壁全体         |
| 施工性  | Δ       | 0            |
| 工期   | Δ       | 0            |

#### (2) FRG カバー工法の選定

鉄筋コンクリート被覆工法は、従来の鋼製型枠に加え、工期短縮が見込める埋設型枠を含めた表-3に示す3工法を抽出し、比較検討を行った.

表-3 鉄筋コンクリート被覆工法一覧

| 案-1                | 鋼製型枠工法         |
|--------------------|----------------|
| > <del> </del>   1 | <b>判汉王十二</b> 亿 |

案-2 埋設型枠工法【PCコンクリート製保護カバー工法】

案-3 埋設型枠工法【FRG(樹脂製保護)カバー工法】

鋼製型枠工法は、従来の鋼製型枠により鉄筋コンクリート被覆を形成する工法である. 鉄筋コンクリ

ートが表面に露出するため、埋設型枠と比較して腐食による再劣化が懸念されるほか、型枠が大型かつ重量が大きいため、大型の施工機械を必要とし施工中岸壁の供用に支障を与える懸念があった.

PC コンクリート製保護カバー工法は、工場製作した PC コンクリートを型枠として、間隙に水中不分離性コンクリートを打設し、鉄筋コンクリート被覆を形成する工法である. PC コンクリート型枠は、転用せず埋設する. 埋設型枠は漂流物等の衝撃に強いが、腐食性に難がある. また、PC コンクリートの重量が大きく、既設構造物に大きな荷重がかかる他、大型の施工機械を要し、施工中岸壁の供用に支障を与える懸念があった.

FRGカバー工法は工場製作した,FRP製高耐久埋設型枠(FRGカバー)をセルラーブロックに設置した取付金具に固定し,間隙に水中不分離性コンクリートを注入する工法である.鉄筋コンクリートが表面に露出せず,FRGカバーが耐食性素材であることから,腐食に強い.また,主な部材(FRGカバー,取付金具,鉄筋)が工場製作であり,現地施工が下地処理および各部材の取付,コンクリート注入のみであるため,現場作業時間の短縮が可能である(図-3).また,FRGカバーは鋼製型枠およびPCコンクリート製理設型枠と比較して軽量のため,大型重機が不要であり,水中作業も軽減・短縮され,施工時の安全性にも優れる.

以上より, 表-4 に示す通り施工性, 工期短縮, 経済性のすべてに優れる FRG カバー工法が本岸壁の補修に最適であると判断し, 採用した.

表-4 鉄筋コンクリート被覆工法の比較検討

|      | 案-1         | 案-2         | 案-3 |
|------|-------------|-------------|-----|
| 施工性  | $\triangle$ | $\triangle$ | 0   |
| 工期短縮 | $\triangle$ | Δ           | 0   |
| 耐食性  | $\triangle$ | Δ           | 0   |
| 経済性  | 3位          | 2位          | 1位  |

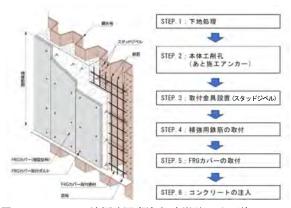


図-3 FRG カバー工法概略図(鋼矢板式岸壁)および施工フロー

## 4. 本岸壁への適用にあたっての課題と対策

FRG カバー工法は、鋼矢板式岸壁および鋼管矢板 式岸壁において実績のある工法であり、本岸壁への 適応にあたって課題があった.

鋼矢板式岸壁および鋼管矢板式岸壁では,取付金具(鋼矢板面)とカバー面の間に凹凸による隙間が生じるため,FRGカバー上部からのコンクリートの注入によって施工することが可能であった.しかし,本岸壁はセルラーブロック式岸壁であり,取付金具とカバー面が密着することから,取付金具の上端にコンクリートが堆積し,十分にコンクリートが充填されない可能性が懸念された.

設計時におけるセルラーブロックに適応した FRG カバー工法概略図を図-4に示す.

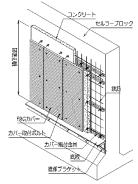


図4 FRGカバー工法概略図(セルラーブロック)

そこで、打設コンクリートの横移動を均等化するため、FRG カバーの工場製作時にコンクリート注入口(図-5、写真-6)を等間隔かつ左右対象の位置に配置した。また、取付金具の一部に切り欠き(図-6、写真-7)を設けることで、コンクリートの充填性を確保した。これにより、コンクリートは十分に充填され確実な施工が可能となった。しかし、本対策ではコンクリートの充填には想定以上の時間を要したため、今後の施工ではコンクリートの注入口の増設や、取付金具の鋼材をフラットバーに変更することによって、さらに施工性を向上させることができると考えられる。

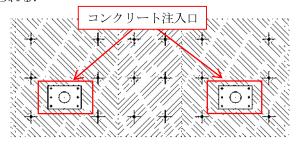


図-5 FRGカバー平面図



写真-6 FRGカバー

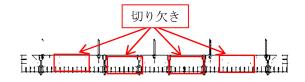


図-6 取付金具の形状及び切り欠き部



写真-7 取付金具

また、各部材はセルラーブロックの形(目地)に合わせて設計しており、岸壁背後の残留水位の影響 (水圧差による滑動・転倒)を防ぐために、それぞれの形に適した、A タイプ~G タイプの形状で製作した(図-7).

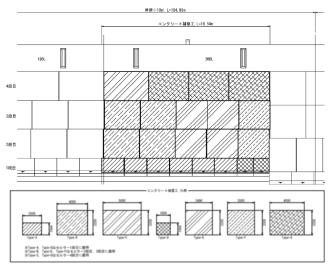


図-7 FRGカバー設置横断図

## 5. FRG カバー工法の現場施工時の工夫

## (1) 岸壁供用下での円滑な施工のための取り組み

事前調整として、本岸壁は利用頻度が高いため、 供用しながらの施工を行う必要があり、別件の工事 現場も隣接していたことから、施工予定および荷役 接岸関係の管理表を作成して、隣接現場・荷役業者・港 湾管理者へ周知することで工程調整を図り、第三者 への影響を配慮した施工を行った.

## (2) 現地セルラーブロックへの適応

現地施工においては、セルラーブロック製作の許容範囲が-lcm~+2cm に設定されており、本岸壁についても設計形状に対して許容範囲内のばらつきが確認された.

このことは、FRG カバーは各セルラーブロックの 正面形状に合わせて製作するため、実際のセルラー ブロックが大きい場合、全面を被覆できない可能性 があった。そこで、FRG カバーに予め余裕代を設け て製作し、施工時にセルラーブロックの寸法に合わ せて現地加工することによって対応した。これによ り、形状にばらつきのあるセルラーブロックに対し ても支障なく取付を行うことができた。なお、FRG カバーの材質は一般的な FRP(繊維強化プラスチッ ク)であることから、カッター等を用いて現地での 切断が可能である.

ただし、現地加工の手間が発生することから、想定よりも工期が延長する可能性もあるため、現地施工を伴わない調整方法を検討することが望ましい.

案としては、FRG カバー取付用のボルト孔を拡大し、上下左右への調整代を設け、FRG カバーの間隙には別途 FRP 製のブラケットを設置することで対策が可能と考えられる(図-8). 工期短縮のため、これらの創意工夫は今後の課題となる.

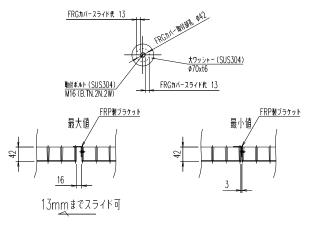


図-8 FRGカバー調整代

#### 6. 維持管理上の課題

港湾鋼構造物 防食・補修マニュアルにおいて,予め設定した施工計画の下で十分な品質管理のもとで施工されたコンクリート鉄筋コンクリート被覆は,50年程度の耐用年数が期待できるとされている.FRGカバー工法の補修メカニズムは一般的な鉄筋コンクリート被覆と同様であり,適切に維持管理をされた場合の耐用年数は50年程度を期待できると考えているが,FRGカバー工法は新技術のため今後のデータの収集が必要である.

また,FRG カバー工法の維持管理手法は一般的な 鉄筋コンクリート被覆工法と同等で問題ないと思わ れるが,適切な点検頻度および点検手法などの検討 は今後の課題である.

#### 7. おわりに

本施設の予防保全措置においては、対象施設が頻繁に利用されていることから、岸壁を供用しながらの施工が重要視されていた。従来の鋼製型枠を用いた鉄筋コンクリート被覆工法では、クレーンなどの大型機械を利用し、現地作業時間も長いことから、岸壁の利用に支障をきたす可能性があったが、FRGカバー工法により、現地作業時間を短縮することができ、岸壁の利用への支障が軽減できたと考えている。

FRG カバー工法は、NETIS にも登録(登録番号: KTK-170019-A)されている新技術であるが、これまでの実績は鋼矢板式岸壁の補強・補修および防食においてであり、セルラーブロックを含む鉄筋コンクリート構造物への適応は事例がなかった。本事業はFRG カバー工法の鉄筋コンクリート構造物への適用の初事例となるが、補修メカニズムは従来の鉄筋コンクリート被覆工法と同様であり、鉄筋コンクリート構造物への適用に問題はない。

FRG カバー工法を採用することによって,事後保全と予防保全を同時に実施することができ,低コストな維持管理および工期短縮につながる.本岸壁と同様に利用が頻繁であり,施工中の供用が制約となる施設のメンテナンス手法として今後活用が期待される.

本事例が、増大する岸壁補修工事の工法選定にあ たっての一助となれば幸いである.

# 岸壁改良における撤去材の有効活用について ~豊かな漁場づくりへの協力~

山北 功二1·西山 隆盛1·木田 笙冴1

1九州地方整備局 唐津港湾事務所 工務課 (〒847-0861 佐賀県唐津市二夕子3丁目214番地6)

唐津港(妙見地区)岸壁(-7.5m)は,整備後40年以上経過し,床板等の老朽化が進行していることから,岸壁改良による予防保全事業が進められている.本稿では,岸壁改良工事で発生する撤去材の有効活用を図ることを目的に実施した魚礁材設置における事前検討や設置方法及びその効果検証について報告する.

キーワード 岸壁改良, 予防保全事業, 撤去材, 有効活用, 魚礁

#### 1. はじめに

唐津港は、佐賀県の北部に位置し、玄界灘を経て日本海に面する港湾であり、港の前面に点在する大島、高島等により、静穏な泊地が得られる天然の良港であり、古くから大陸との交易で栄え、近代においては、石炭の積出港として地域の振興はもとより我が国の経済社会の進展に重要な役割を果たしてきた。現在では、LPGや建設資材などを取り扱う物流基地、水産加工などの工場が立地する水産基地として、さらに観光港、海洋性スポーツ・レクリエーションの場として、本来「みなと」がもつ多様な機能を有する多機能型の港湾として重要な役割を果たしている。写真-1.1



写真-11 唐津港全景

唐津港の中でも特に外内貿の貨物を多く取り扱い、背後には工場が立地し、物流・生産ゾーンとしての役割を

果たしている妙見地区は、昭和40年代から昭和60年代にかけて整備され、妙見地区岸壁(-7.5m)においては、整備後45年以上が経過しており、床版等の老朽化が進行していることから、岸壁の一部を制限しながら利用しており、非効率な荷役が強いられているため、早急な改良が求められている。**写真-1.2** 



写真-1.2 唐津港妙見地区岸壁(-7.5m)老朽化状況

現在、唐津港湾事務所では、荷役作業の効率化を目的とした唐津港妙見地区岸壁(-7.5m)(改良)の予防保全事業を2020年度から施工中である。工事にあっては、工事コストの削減及び工事期間の短縮を目的に、改良工事で発生するコンクリートの撤去材を処分せず、周辺の漁場へ魚礁として有効活用を図ることとした。写真-1.3



写真-1.3 唐津港妙見地区岸壁(-7.5m)(改良)

## 2. 撤去材有効利用の検討

#### (1) 海洋投入に関する評価

岸壁改良工事において発生する撤去材を魚礁として有 効利用するためには、撤去材が海洋投入可能かを評価す る必要がある。また、撤去材はコンクリートであること から評価にあたっては、産業廃棄物等の海洋投入処分に 係る基準や、水質や土壌に係る基準の全てを満足するよ う判定基準値を設定した。表-2.1

表-2.1 コンクリート分析試験項目の判定基準

|   | 対象                           |                            |  |
|---|------------------------------|----------------------------|--|
| 海洋汚染等及び海上災害の防止<br>に規定する埋立場所等に排出し<br>る判定基準を定める省令(S48<br>る判定基準】 | 土壤等                          |                            |  |
| 金属等を含む産業展棄物に係<br>る判定基準を定める省令                                  | 【埋立処分に係る判定基準】                | 産業廃業物・下水汚泥・<br>鉱さい等        |  |
| (S48年総理府令第5号)   | 【海洋投入処分に係る判定基準】              | 金属等を含む倉里廃棄物等<br>汚泥・建設発生汚泥等 |  |
| 環境庁告示 59 号: 水質汚濁に6<br>59 号)【人の環境の保護に関す                        | 系る環境基準(S46 年環境庁告示策<br>る環境基準】 | 水質等                        |  |
| 環境庁告示 46 号: 土壌の汚染!<br>46 号)                                   | 土壤等                          |                            |  |
| 環境省告示 68 号:ダイオキシ<br>及び土壌の汚染に係る環境基準                            | ダイオキシン                       |                            |  |

コンクリート分析試験の結果,全ての試験項目で判定 基準を満足し,海洋投入しても環境面への影響はないこ とが確認できたことから,岸壁改良で発生する撤去材を 魚礁へ利用することは可能であると評価した. **表-2.2** 

表-2.2 コンクリート分析試験結果

|                          |        | 分析 4   | <b>计量程度</b> | hove           | 判定 |
|--------------------------|--------|--------|-------------|----------------|----|
| 4 6                      | 定量下层值  | No. 1  | No. 2       | 料定基準           | 林县 |
| アルキル水鹽化合額 (mg/L)         | 0.0005 | 往出せず   | 検出せず        | 検出されないこと       | 0  |
| 木 個 又 は そ の 化 会 物 (mg/L) | 0.0005 | 検出せず   | 検出せず        | 0.0005mg/LNF   | 0  |
| カドミウム又はその化会物 (ME/L)      | 0.001  | 検出せず   | 検出せず        | 0.000mg/L版下    | 0  |
| 能又はその化会物 (mt/L)          | 0.005  | 検出せず   | 検出せず        | 0.01mg/L以下     | 0  |
| 有機リン化合物 (のに)             | 0.1    | 検出せず   | 検出せず        | 検出されないこと       | 0  |
| 大西クロム化会額(ng/L)           | 0.02   | 0.03   | 0.02        | 0.05mg/LELF    | 0  |
| ひ 悪 又 住 そ の 化 会 物 (ME/L) | 0.00t  | 核出せず   | 検出せず        | 0.01mg/L以下     | 0  |
| シ ア ン 化 会 物 (ng/L)       | 0.1    | 検出せず   | 検出せず        | 検出されないこと       | 0  |
| ポリ塩化ピフェニル (FCB) (MZ/L)   | 0,0005 | 検出せず   | 検出せず        | 検出されないこと       | 0  |
| トリラロロエチレン (mgl)          | 0.001  | 検出せず   | 独出せず        | 0.01mg/LEEF    | 0  |
| テトラクロロエチレン (Mg/L)        | 0.001  | 横出せず   | 検出せず        | 0.01mg/LELF    | 0  |
| 5 9 B B 3 9 > (leg/L)    | 0.002  | 株出せず   | 接出せず        | 0.02mg/LRFF    | 0  |
| 网络化黄素(mg/L)              | 0.0002 | 検出せず   | 技出せず        | 0.002mg/LELF   | 0  |
| 1.2- ジクロロエラン (元/1.)      | 0.0004 | 株出せず   | 検出せず        | 0.004mg/LELF   | 0  |
| 1.1- ジクロロエチレン (mg/L)     | 0.01   | 株出せず   | 検出せず        | 0 Ing/LUF      | 0  |
| シスキンジクロロエテレシ (地/1)       | 0,004  | 検出せず   | 検出せず        | 0.04mg/L以下     | 0  |
| 1.1.1-トリクロロエタン (間())     | 0.01   | 検出せず   | 機出せず        | INE/LUT        | 0  |
| 1.1.2-トリクロロエタン (現化)      | 0.0006 | 株出せず   | 核出せず        | 0.006mg/LAXT   | 0  |
| 13- 300000000000000      | 0.0002 | 検出せず   | 検出せず        | 0.002mg/LUF    | 0  |
| 7 7 5 A (mg/L)           | 0.002  | 検出せず   | 検出せず        | 0.00Sag/L以下    | 0  |
| > 7 9 > (ag(L)           | 0.0005 | 検出せず   | 検出せず        | 0.002mg/L以下    | 0  |
| チオペンカルブ (ng/L)           | 0.002  | 株出せず   | 検出せず        | 0.02mg/L以下     | 0  |
|                          | 0.001  | 検出せず   | 検出せず        | 0.01mg/L以下     | 0  |
| セレン又はその化合物 (触/に)         | 0.001  | 務出せず   | 検出せず        | 0.01ag/L以下     | .0 |
| 有精煌素化含物(吨/L              | 0.5    | 検出せず   | 検出せず        | INE/LUF        | 0  |
| 朝又はその化会物 (me/L)          | 0.01   | 検出せず   | 株出せず        | 0.14mg/LEF     | 0  |
| 豆 細 又 は そ の 化 会 物 (ng/L) | 0.01   | 様出せず   | 検出せず        | 0. Sing/LELT   | 0  |
| ふっ化物(ふっ妻文はその化合物) (600(儿) | 0.1    | 検出せず   | 検出せず        | 3, 0mg/L以下     | 0  |
| ペリリウム又はその化合物 (畑/し)       | 0.01   | 検出せず   | 接出せず        | 0 25mg/L以下     | 0  |
| クロム又はその化会物 (町/L)         | 0.01   | 0.03   | 0.02        | 0. 2mg/LSLT    | 0  |
| ニッケル又はその化合物 (町/L)        | 0.01   | 模出せず   | 接出せず        | 0.12mg/LELT    | 0  |
| パナジウム又はその化合物 (mg/L)      | 0.01   | 機出せず   | 技出せず        | 0.15mg/LEF     | 0  |
| 2 x / - / 10 (mg/L)      | 0.02   | 検出せず   | 映出せず        | 0. 2mg/LULT    | 0  |
| 1.4- 5 x + 9 > [se/L]    | 0.005  | 株出せず   | 検出せず        | 0.05mg/LHF     | 0  |
| ∞ダイオキシン類(常出量) [pg-TEG/L] | - W    | 0 0045 | 0.0012      | 10pg-TEQ/LELT  | 0  |
| ダイオキシン類(含有量』(pg-TEO/g)   | -      | 0.080  | 0.083       | 150pg-TEQ/gB/F | 0  |

注》〇は判定基準を適足したことを示す。

#### (2) 海域環境への影響検討

撤去材の有効利用にあたっては、撤去材の評価以外にも「海域における土砂類の有効利用に関する指針」(環境省 平成30年9月)に基づき、海域環境への影響及び有効利用目的の達成状況について、モニタリング計画を立案し、当該計画に沿ってモニタリングを実施する.表-2.3

**表-2.3** モニタリング調査項目

| 調査項目及び内容         |              |  |
|------------------|--------------|--|
| 水質環境             | 魚類蝟集状況調査     |  |
| 水素イオン濃度(pH)      | 船上調査 (魚群探知機) |  |
| 溶存酸素量(DO)        | 潜水士による目視観察   |  |
| 化学的酸素要求量(СОДмн)  | 水中ビデオカメラ撮影   |  |
| 水温、塩分、水中光量子      |              |  |
| 底質環境             | 付着生物         |  |
| 粒度組成             | 付着植物、付着生物    |  |
| 化学的酸素要求量(CODsed) | 魚礁形状把握調査     |  |
| 全硫化物(T-S)        | マルチビーム音響測深   |  |

#### (3) 関係機関との調整

撤去材の魚礁への有効活用は、法令または条例に基づく環境影響評価の対象ではないが、海洋環境の保全に関して関係行政機関(環境部局)、当該海域の管理者(海岸管理者、港湾管理者)、漁業者を含めた海洋利用者等に意見を求めることも重要である.

## 3. 魚礁設置の検討

### (1) 海域の選定

魚礁の設置にあたっては、7 箇所の候補地から漁業者の意見を踏まえ音無瀬に設置することとした. 設置箇所は、天然礁の補完を目的として瀬と瀬の間とし、小型底曳船が瀬のギリギリまで操業するため、瀬からはみ出さない範囲とした. 図-3.1、図-3.2

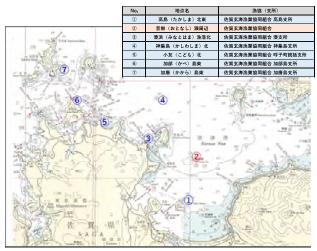


図-3.1 魚礁設置候補地

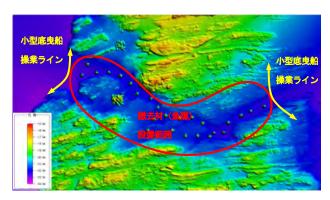


図-3.2 魚礁設置位置図

## (2) 対象魚種の選定

魚礁設置により蝟集効果を期待する魚種について,漁業者へヒアリングした結果,タイ・イサキ・アジであり,当該海域で捕れる魚類を前出の魚群分布様式の類型で分類すると,【II型:タイ・イサキ】【III型:アジ】となり,II型を主とすることとした.表-3.1

表-3.1 人工魚礁の主要対象種()

| T 300 | 魚礁に体の大部分を接触させている種                                     |
|-------|---|
| I型    | アイナメ、カサゴ、キジハタ、マハタ、クジメ、オコゼ、マダコなど                       |
|       | 体を魚礁に接触させることは少ないが、魚礁のこく近い所に位置している種                    |
| II E  | マダイ、クロダイ、イシダイ、メバル、クロソイ、ウスメバル、イサキ、カワハギ<br>ウマヅラハギ、メジナなど |
| m mi  | 魚礁から離れた表層、中層に位置する種                                    |
| 四型    | マアジ、マサバ、ブリ、カンパチ、カツオ、シマアジ、シイラなど                        |
| n (m) | 魚礁周辺の海底に位置する種   |
| IV    | ヒラメ、ムシガレイ、アマダイ、シロギス、カジカなど                             |

### (3) 魚礁構造の検討

魚礁構造の目的としては、天然礁を補完するための人工魚礁の造成,天然礁に匹敵するような人工魚礁の2つに大別されるが,漁業者ヒアリング結果より,天然礁の補完を目的とした魚礁造成とした.

魚礁ブロックとなる撤去材は、50 空 m3 以下の小型単体となる.一般的に魚礁性の高い I 型,Ⅱ型種が対象魚種の場合は、小型単体の集合体とすることが多いとされている.また,Ⅲ型魚種は、体を魚礁に接触させることは少ないが、魚礁のごく近い所に位置しており,Ⅲ型魚種は、魚礁から離れた表層、中層に位置するとされていることから、魚礁構造においては、可能な限りの高さを確保する構造とした.図-3.3

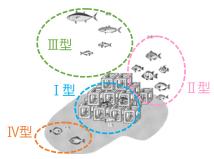


図-3.3 日中の魚群分布様式1)

## 4. 撤去材の据付実施

形が一定ではない撤去材を海中に精度よく据え付けるには、吊り金具や連結金具設置等の事前準備や長期の施工期間が必要となる.更に魚礁を設置する音無瀬は、水深 20m以上と深く、潜水士による作業が困難であり、撤去材の据付を直接確認することが困難な状況のため、目標とする魚礁をいかにして精度よく造成するかが課題であった. 写真-4.1



写真-4.1 撤去材据付状况

## (1) 撤去材の据付管理

撤去ブロックをより精度よく据え付けるために,撤去材をタイプ別に区別し、タイプ別に組み合わせた撤去材据付配置計画を立てた.また,据付にあたっては,撤去材一つ一つに座標を設け,GNSSを使用した3次元施工管理システムを活用し据付を実施した.写真-4.2、写真-4.3



写真-4.2 撤去材タイプ別仮置き状況

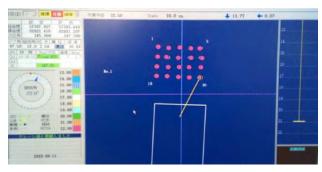


写真4.3 撤去材据付施工管理状况

#### (2) 安全な施工への配慮

撤去材の据付においては、魚礁を設置する音無瀬の水深が 20m以上と深く、潜水士による玉掛け取り外しが困難であったため、玉掛け自動解除装置を使用し施工を実施した.この装置はフック上部に浮きを設置し、ワイヤーに係る荷重が低減した際に、浮力によって自動的にフックを解除する装置であり、これにより潜水士が深い箇所へ潜ることもない安全な施工が実施できた. 写真44



写真-4.4 玉掛け自動解除装置

### (3) 魚礁設置状況

直接,潜水士が確認できない状況で,魚礁造成を施工した結果,設置位置は平均 0.40m の誤差であり,積み上げ高さは,目標の 4.00m に対して平均 5.17m であった. 誤差が生じた要因としては,撤去材であるため全ての据付面が平坦でないこと,据付時の据付向きまでは制御できなかったことが考えられたが,目標とする魚礁は造成された. 図4.1,写真4.5

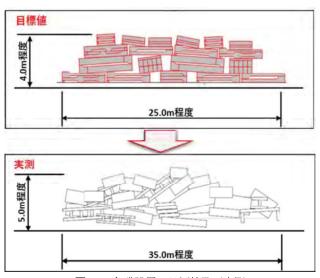


図-4.1 魚礁設置の目標値及び実測



写真-4.5 据付後の状況

### 5. 魚礁効果及び海域環境評価の検証

魚礁設置後は,設置直後の初期値としての現況を把握するとこを目的に,深浅測量,水質調査,底質調査,魚類等蝟集状況調査のモニタリング調査を実施した.

### (1) 深浅測量

深浅測量では、今回設置し魚礁の形状を明確にするとともに、周辺地形との関係について整理した、深浅測量はマルチビーム音響測深機により海底地形の面的な把握を行い、魚礁ブロックの形状を把握した、深浅測量の結果、周囲の天然礁の最も浅い箇所の水深値の DL-15.05mに対して、魚礁の最も浅い箇所の水深値は DL-15.13m であり、天然礁より深く施工されていることを確認した。また、最も高い箇所で 6.6m あり、魚礁平均高さとしては4.0mの魚礁であることを確認した。 図-5.1、図-5.2

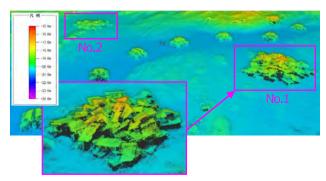


図-5.1 鯨瞰図 (魚礁設置状況)

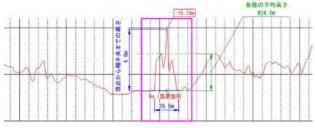


図-5.2 魚礁No. 1断面図

### (2) 水質調査

水質調査では、撤去材を魚礁に有効活用することによる周辺の海域環境への影響を確認するとともに、生物生息基盤としての基礎条件について確認した.

多項目水質計による現地観測と採水分析を行った結果, 魚礁近傍と対照点の水質に有意な差はなく,また,pH, COD,DO の分析結果は,佐賀県の玄海海域における環境 基準の範囲内にあり,魚礁設置による周辺の水環境への 影響は認められなかった.また,生物生息基盤として観 測した光環境は,魚礁天端面と同じ水深帯における値が, 藻場構成種の生育条件を僅かに上回った(表層の値を 100としたときの減衰率 0.5~1.5%に対し 1.3~1.5%). 表-5.1,表-5.2

| 表-5.1 | 現地観測結果 |
|-------|--------|
|       |        |

| 2000 2000 2000 |                      |       |       |      |       |       |      |
|----------------|----------------------|-------|-------|------|-------|-------|------|
|                |                      |       | 魚礁近傍点 |      |       | 対照点   |      |
| 全水             | 深(m)                 |       | 22.0  |      | 22.3  |       |      |
| 透明             | 度(m)                 |       | 5.1   |      |       | 5.1   |      |
| 採水             | 層                    | 表層    | 中層    | 下層   | 表層    | 中層    | 下層   |
| 採水:            | 水深(m)                | 0.5   | 11.0  | 21.0 | 0.5   | 11.2  | 21.3 |
| 水温             | (°C)                 | 18.4  | 18.4  | 18.5 | 18.7  | 18.6  | 18.5 |
| 採水I            | 時刻                   | 9:17  | 9:27  | 9:22 | 9:48  | 10:03 | 9:56 |
| 塩分             |                      | 34.5  | 34.4  | 34.3 | 34.5  | 34.4  | 34.3 |
| На             |                      | 8.1   | 8.1   | 8.1  | 8.1   | 8.1   | 8.1  |
| 濁度             | (FTU)                | 0.2   | 0.5   | 0.7  | 0.6   | 0.6   | 0.7  |
| DO(            | mg/L)                | 7.9   | 7.4   | 8.1  | 7.4   | 7.4   | 7.3  |
| 光量子            | 相対光量<br>(μmol/(m²·s) | 617.5 | 82.7  | 14.1 | 873.3 | 86.0  | 14.7 |
| 于              | 光透過率(%)              | 100.0 | 13.4  | 2.3  | 100.0 | 9.9   | 1.7  |
| クロロ            | コフィル(μg/L)           | 0.5   | 1.1   | 1.1  | 0.7   | 1.2   | 1.0  |
| 試料             | の臭気                  | なし    | なし    | なし   | なし    | なし    | なし   |
| 試料             | の外観                  | 無色澄明  | 無色澄明  | 無色澄明 | 無色澄明  | 無色澄明  | 無色澄明 |

表-5.2 水質分析結果

|           | 魚礁近傍点   |         |         |         | 対照点     |         |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 全水深(m)    | 22.0    |         |         | 22.3    |         |         |
| 採水層       | 表層      | 中層      | 下層      | 表層      | 中層      | 下層      |
| 採水水深(m)   | 0.5     | 11.0    | 21.0    | 0.5     | 11.2    | 21.3    |
| Hq        | 8.2     | 8.2     | 8.1     | 8.2     | 8.1     | 8.2     |
| DO(mg/L)  | 7.9     | 7.8     | 7.7     | 7.7     | 7.7     | 7.7     |
| COD(mg/L) | 定量下限值未満 | 定量下限值未满 | 定量下限值未満 | 定量下限值未満 | 定量下限值未满 | 定量下限值未満 |

### (3) 底質調査

底質調査では、魚礁設置直後の海域環境が変化する前の初期状況を明らかにすることを目的として整理した.

採泥試料の外観観察と分析試験を行った結果,魚礁近傍と対照点の底質とも,粒度組成は,粘土分,シルト分が少なく,T-S,CODsed の分析結果は,水産用水基準の基準値以下の正常泥であった.これらのことから,魚礁設置直後の段階では魚礁設置による周辺の底質環境への影響は認められなかった.表-5.3

表-5.3 底質分析結果

| 項目           | 魚礁近傍点   | 対照点     | 水産用水基準    |
|--------------|---------|---------|-----------|
| CODsed(mg/g) | 2.1     | 1.8     | 20mg/g以下  |
| 硫化物(mg/g)    | 定量下限値未満 | 定量下限値未満 | 0.2mg/g以下 |

#### (4) 魚類等蝟集状況調査

魚類等蝟集状況調査では、魚礁に蝟集する魚類の生息 状況を把握することを目的として整理した.

ROV (遠隔操作型無人潜水機) 及び潜水目視観察による魚介類の種類・量の把握と海藻類,付着生物の被度の把握を行った結果,魚礁で観察された魚類は,対照区と比較して種類数,個体数ともに多く,水産有用種についても同様の傾向にあった.魚類の優占種は,マアジ(魚礁から離れた表中層にいる種)とネンブツダイ(魚礁のごく近くにいる種)が多く観察された.海藻は,2種観察されが,被度1%未満と低くかった.付着動物は,4~6種観察され,被度5%以上確認されたのはサンカクフジツボ,キクザルガイ属,イタボガキ科が確認された.表-5.4,図-5.3,図-5.4,写真-5.1

表-5.4 魚類等蝟集状況調査結果まとめ

|             | 対象魚礁     |                     | 魚礁区<br>No.1 | 魚礁区<br>No.2 | 対照区       |
|-------------|----------|---------------------|-------------|-------------|-----------|
|             | (観察水深)   |                     | (21~22m)    | (21~22m)    | (17~22m)  |
|             | 全体       | 種類数(種)              | 17          | 17          | 5~7       |
|             | <b>H</b> | 個体数(個体)             | 208         | 342.5       | 12.0~16.5 |
|             | 有用種      | 種類数(種)              | 9           | 7           | 2~4       |
| 魚類          | 円円値      | 個体数(個体)             | 144         | 147         | 6.0~10.5  |
|             |          |                     | マアジ         | マアジ         | ホシササノハベラ  |
|             | 優占種      | 上位3種かつ総<br>個体数5 %以上 | キュウセン       | ネンブツダイ      | キュウセン     |
|             |          |                     | ネンブツダイ      | クロホシイシモチ    | カサゴ       |
|             | 全体       | 種類数(種)              | 2           | 2           |           |
| 海藻          | <b>H</b> | 被度                  | 5%未満        | 5%未満        |           |
|             | 優占種      | 被度5%以上              | i           | ii.         |           |
|             | 全体       | 種類数(種)              | 6           | 4           | /         |
|             | 土体       | 被度                  | 20%         | 10%         |           |
| 付<br>着<br>動 |          |                     | サンカクフジツボ    | サンカクフジツボ    |           |
| 動物          |          | 上位3種かつ              | キクザルガイ属     | Ξ           |           |
| 720         | 優占種      | 被度5%以上              | イタボガキ科      | Ξ           | /         |
|             |          |                     | =           | =           |           |





図-5.3 確認種類数及び確認個体数



図-5.4 魚礁NO. 1魚類蝟集状況模式図



写真-5.1 魚礁区で確認された魚類

## 6. おわりに

本論文では、岸壁改良工事で発生する撤去材を魚礁材へ有効活用するための方法やその効果について述べた.本来であれば産業廃棄物となる撤去材を事前に関係者との調整を図り、基準に沿ったモニタリング等を実施することで、有効活用することができた. 魚類等蝟集状況調査結果からも魚礁設置後からある程度の効果が出ていることも確認でき、今後も魚介類の種類・量が増えることも期待され、豊かな漁場づくりへ協力することができた.また、工事の実施においても、工事コストの削減及び工事期間の短縮以外に、コンクリート破砕時の騒音・振動や CO2 排出を防ぐことができ、現場周辺環境へ配慮することができたと考える.

謝辞:撤去材を魚礁材へ有効活用するにあたり,佐賀玄 海漁業協同組合をはじめ,協力していただいた地元関係 各位の皆様に感謝申し上げます.

#### 参考文献

1) 財団法人漁港漁場漁村技術研究所発行 「人工魚礁魚類蝟集量調査マニュアル」

# 六角川水系における持続可能な排水機場の 操作体制確保に向けた取り組みの報告

井口陽南1・山下剛司1・辻丸祥子1・大村健之1

1九州地方整備局 武雄河川事務所 管理課 (〒843-0023 佐賀県武雄市武雄町大字昭和745).

洪水、内水や高潮等による堤内地の浸水被害の軽減を目的として設置された排水機場は、内水域の住民の安全と社会経済活動を支える防災施設である。国土交通省では、操作の信頼度向上及び操作員の担い手不足への対策として遠隔操作・監視機能の導入を進めているが、操作の現場ではポンプ設備の老朽化の進行に伴うインシデントの発生、塵芥の流入によるポンプ機能停止などの緊急対応で満身創痍な状態が続いている。

本報告では、地域の防災施設として排水機場を将来へ引き継いでいくために、操作の現状や操作体制の課題を流域治水の課題として取り組みはじめた六角川水系流域治水協議会の事例を紹介する.

キーワード 流域治水協議会、排水機場、安全な操作、水防災意識社会の再構築

## 1. はじめに

佐賀県南部に位置する六角川流域の6市町には、堤内地の浸水被害の軽減を目的とする排水機場が87施設設置され、その総排水量は531.lm³/sとなる。そのうち、16施設を武雄河川事務所(以下「河川事務所」という)で管理し、その操作は地域住民等が担っており、地域を水害から守りたいという強い水防意識に支えられている。

そのような中,六角川水系では2019年8月,2021年8月と大規模な浸水被害が発生.施設の能力を超える洪水で排水が追いつかず浸水して運転停止する排水機場,長時間運転に伴う燃料の不足,操作員の逃げ遅れ,運転中に除塵機で操作員が死亡する事故が発生し,排水機場の操作員の安全性及び設備の排水機能の確保が課題となった.

本報告は、排水機場操作の現状や操作体制の課題を流域治水の課題として取り組みはじめた六角川水系流域治水協議会の事例を紹介する.

## 2. 排水機場の管理と操作の考え方

## (1) 排水機場の設置の根拠法と管理者

排水機場87施設の内,河川を排水先とする排水機場は73施設で,その設置目的別の内訳を表-1に示す.

排水機場は、内水域の排水対策として設けられた施設であるため排水機場に接続する支川・水路等の管理者が施設の管理者となる<sup>1</sup>. 支川が一級河川の場合は、本川管理者である国土交通省と支川管理者の都道府県で協議して施設管理者を定めている<sup>2</sup>. 六角川水系の場合は河川事務所が16施設、佐賀県が21施設を管理している.

### (2) 河川の排水機場の操作

六角川水系の河川の排水機場の操作は、河川法第99条に基づき排水機場を設置する水防管理団体である市町に委託している.これは、排水機場の操作が公共的、地域防災的なものであり、出水時においてはその緊急性に迅速且つ的確な行動・判断を必要とし、地域防災を責務とする市町は当該地域特性を熟知し、施設の操作や災害時の対応を水防活動と連携する体制が確立されているためである.

委託先の市町は、地域住民又は地元建設会社に再委託しており、その内訳は地元住民が49%、地元建設会社が24%、自治会・自主防災組織が19%、水利組合が3%、その他5%となる。2024年4月時点で、操作員の平均年齢は65歳、操作員数は各排水機場2名以上を確保している。

### (3) 河川以外の排水機場の操作

六角川水系の河川以外の排水機場の操作について,施設管理者に確認したところ,操作は地元住民への委託が66%,水利組合・自治会の団体への委託が34%であった.

表-1 河川を排水先とする排水機場の種別

| 目的とする事象        | 排水機場設置の<br>根拠法(上段)と所掌<br>官庁(下段) | 集水域の<br>支川・排水路の<br>種別 | 排水機場の<br>施設管理者                     | 六角川<br>水系の<br>設置数 |
|----------------|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|-------------------|
|                | 河川法<br>国土交通省                    | 河川                    | 河川管理者<br>(国又は県)                    | 37                |
| 家屋の浸水被害<br>の軽減 | 下水道法<br>国土交通省                   | 下水道                   | 下水道管理者<br>(市町)                     | 0                 |
|                | 地方自治法<br>総務省                    | 水路、普通河川<br>等          | 水路等管理者<br>(市町)                     | 8                 |
| 農地の湛水防除        | 土地改良法農林水産省                      | 農業用排水路                | 農業用排水路<br>管理者(県・<br>市町又は土地<br>改良区) | 13                |
| 鉱害復旧事業         | 臨時石炭鉱害復旧法<br>経済産業省              | 水路等                   | 事業後は<br>市町に移管                      | 15                |

## 3. 2021年8月洪水時操作における課題と対応

六角川水系では、2019年8月洪水、2021年8月洪水と大規模な浸水被害が発生.施設の能力を超える洪水で排水が追いつかず浸水して運転停止する排水機場,長時間運転に伴う燃料の不足など排水機能の確保が課題となった。また、操作員の逃げ遅れによる孤立、2021年8月洪水では長時間の運転中に除塵機で操作員が死亡する事故が発生し、排水機場の操作員の安全確保が重大な課題となった。2021年8月洪水後、河川事務所では操作員の安全対策の徹底を市町に依頼するとともに、県及び市町と連携して以下の対応を実施した。

## (1) 操作の安全性に関するアンケートの実施

- ・河川事務所で管理する排水機場22施設の操作員を 対象に操作の安全性に関するアンケートを実施.
- ・その結果、「危険を感じる作業」として最も多く の回答があったのは「除塵機のゴミ除去」であっ た、次に「無し」の回答となった(表2).
- ・なお、除塵機のゴミの実態を把握するため、2021 年の各排水機場の塵芥処分量を調査したところ、 22施設中8施設の排水機場で処分量が0であり、除 塵機のゴミ除去作業の操作員の負担は施設により 異なることを確認している.

表-2 「危険を感じる作業」の回答結果(複数回答)

| 内容             | 回答数  |
|----------------|------|
| 除塵機のゴミ除去       | 12施設 |
| 無し             | 9施設  |
| 照明が暗い中の作業 (夜中) | 4施設  |
| その他            | 4施設  |

#### (2) 安全管理マニュアルの作成

- ・(1)のアンケート結果を踏まえて、河川事務所と佐 賀県で協働して「排水機場安全管理マニュアル」 を2022年3月に作成し、委託先の市町を通じて操作 員へ配布した.
- ・河川事務所では毎年出水期前に全ての排水機場を 対象に職員が操作員に個別に操作説明を実施して おり、2022年度は上記マニュアルを用いて説明を 行った.

#### (3) 緊急時の操作支援体制の強化

- ・除塵機のゴミ除去作業や操作トラブルなどの不測 の事態に備えるため、大雨時に即時に出動できる 技術者を待機させるなど支援体制を強化した.
- (4) 委託先の市と調整して操作員を個人への委託から 自治会への委託に移行した.

### (5) 安全な操作のための設備の改善

- ・事故が発生した排水機場では除塵設備の転落防護 柵及び昇降階段の改善を実施した.
- ・河川事務所が管理する全ての排水機場を対象に職員による安全点検を行い,必要に応じて応急措置を実施した.

## 4. 実務者会議の設置

2022年11月開催の六角川水系流域治水協議会(以下「流域治水協議会」という)で、前項の排水機場操作員の安全確保の対応を報告した.協議会での議論の結果、排水機場操作員の安全対策は個別に議論する場を設けて、引き続き検討していくことを確認した.

その後,2023年3月に排水機場の操作員と行政職員と の意見交換会(以下「操作員との意見交換会」という) を開催.操作員の要望や意見を確認した(表-3).

2023年5月開催の流域治水協議会で、「排水機場の安全な操作に関する実務者会議(以下「実務者会議」という)」の設置を報告した.

表-3 操作員との意見交換会における主な意見

| 分類    | 主な意見   |
|-------|--|
| 退避    | 退避ルールの明文化/避難場所の確保/再開の判断方法                                    |
| 参集    | 夜間の参集は危険/施設周辺の浸水で参集できない.                                     |
| 操作    | 雷雨時の野外作業/除塵機の改良/操作盤の改良                                       |
| 施設環境  | トイレの洋式化/仮眠室/老朽化対策  |
| 操作員確保 | 事故防止と交代要員の確保/地元の民間事業者や建<br>設業者の参加/地域全体で考えるべき/補償・保<br>険・報酬の改善 |
| 地域連携  | 操作員の活動を地域に伝える/農業者の理解 (塵芥<br>発生抑制) /操作員以外の地域の協力体制の構築          |
| 研修・訓練 | 新人研修システムの確立/意見交換の場がほしい                                       |

### (1) 実務者会議の構成メンバー

実務者会議は9つの行政機関で構成する. 実効性の高い議論ができるよう実務担当者をメンバーとし, アドバイザとして2名の学識者に参加を依頼した.

表-4 実務者会議の構成組織

|       | 実務者会議メンバー                 |  |  |  |  |  |  |
|-------|---------------------------|--|--|--|--|--|--|
| 玉     | 九州地方整備局 武雄河川事務所           |  |  |  |  |  |  |
| (2)   | 九州農政局 北部九州土地改良調査管理事務所     |  |  |  |  |  |  |
| 佐賀県   | 県土整備部河川砂防課,農林水産部農地整備課     |  |  |  |  |  |  |
| (1)   | 佐賀中部農林事務所農村環境課**          |  |  |  |  |  |  |
|       | 杵藤農林事務所農村環境課 <sup>※</sup> |  |  |  |  |  |  |
|       | 佐賀土木事務所河川課,杵藤土木事務所管理課     |  |  |  |  |  |  |
| 流域市町  | 多久市農林課,都市建設課              |  |  |  |  |  |  |
| (6)   | 武雄市農林課,建設課,治水対策課          |  |  |  |  |  |  |
|       | 小城市農村整備課,建設課              |  |  |  |  |  |  |
|       | 大町町農林建設課                  |  |  |  |  |  |  |
|       | 江北町基盤整備課                  |  |  |  |  |  |  |
|       | 白石町建設課                    |  |  |  |  |  |  |
| アドバイザ | 東京大学 松尾一郎 客員教授            |  |  |  |  |  |  |
|       | 京都大学 井上智夫 特任教授            |  |  |  |  |  |  |

※六角川水系流域治水協議会メンバー以外

## (2) 検討項目

検討項目は以下の3点とした. 2023年の実務者会議の取り組みを次項で紹介する.

- ① 安全な退避
- ② 安全な操作
- ③ 施設・環境改善

## 5. 洪水時の排水機場操作タイムラインの作成

検討項目「①安全な退避」の取り組みとして、洪水時の排水機場操作タイムラインの作成を進めている.

### (1) タイムライン作成の経緯

河川を排水先とする排水機場の73施設で操作要領の現状を確認したところ、全ての施設で操作要領又は操作基準が作成されていたが、緊急時の操作員の退避に関する条項が記されているのは河川事務所が管理する16施設のみであった.

そのため、浸水で孤立しやすい排水機場などを対象に、緊急時の操作員の退避ルールや方法を検討するため、洪水の警戒レベルに応じた操作のためのタイムラインを作成することとした.

### (2) 作成者

操作員との意見交換会で、操作中は家族の安否が気にかかること、ポンプ運転調整について地域住民から操作員に苦情があること、地域の防災操作を担う責任から浸水の危険が迫っても退避できず操作を続けざるをえないとの意見が出された.

そのため、地域住民に排水機場の操作ルール及び緊急時には操作員が退避することに理解を得て、地域住民からの支援・協力を得るために、操作員以外の地域住民にもタイムライン作成に参加をよびかけた.

## (3) ワークショップの開催

2023年度は、市管理の排水機場1施設と県管理の排水機場の1施設の計2施設を対象に操作タイムラインを作成するためのワークショップを開催. ワークショップは1回当たり2時間程度で3回の開催とした(表-6).

参加者は各施設の操作員,地域の災害に精通した自治会長・消防団,地域の水利に精通した生産組合員等,施設管理者である県・市の職員を合わせて20~30名となった.

なお、施設管理者以外の実務者会議メンバーはファシリテータ、スタッフとして参加し、流域の課題として取り組むことを共通認識した.アドバイザからは各回終了後に助言をいただいている.

表-5 ワークショップの内容

|       | 内容                  |
|-------|---------------------|
| 第1回   | 現地調査と排水機場操作について意見交換 |
| 第2回   | 地域の危険箇所、警戒レベル別の行動整理 |
| 第3回** | 排水機場操作タイムラインの作成     |

※2024年8月上旬に開催予定

### (4) 参加者の声

- ・ワークショップで話し合うことは、地域の人たち の災害に対する関心を深めるいい機会だと思う
- ・ 水防時の役割分担をしつかりとする必要がある.

### (5) アドバイザからの助言

・操作員の犠牲のもとで地域の安全があってはならない.

・操作員の安全性、地域の排水の安全性を決めるタイミングをルール化し、地域のみなさんが理解しておくことがよい.

### (6) 地域住民への周知方法

作成したタイムラインは関係する地域住民に配布する 予定である.

## 6. 排水機場操作技術講習会の開催

検討項目「②安全な操作」の取り組みとして、操作員 との意見交換会で要望があった安全技術講習会を2023年 8月に開催した. 六角川水系以外の嘉瀬川・松浦川水系 に設置した排水機場の操作員や行政職員にも参加者を募 ったところ、操作員57名含む87名の参加者があった.

参加者の75%から「満足」,「やや満足」の回答を得た(図-2).また,「水平コンベア,傾斜コンベアの非常停止ワイヤーの存在がわかってよかった」,「今後も定期的に講習会を開いて欲しい」との意見をいただいた.





図-1 講習会の実施状況(左:座学,右:実地)



図-2 講習会の満足度(回答数:37)

### 7. 塵芥抑制のための地域住民への啓発

同じく検討項目「②安全な操作」の取り組みとして、 除塵機のゴミ除去作業の負担軽減に向けて、塵芥抑制の 啓発を地域住民に向けて行った.

これは、塵芥量が多い排水機場では操作員が「危険を感じる作業」として「除塵機のゴミ除去」の作業を回答しているのに対し、塵芥作業が少ない排水機場は「危険を感じる作業」は「無し」と回答しているためである。また、塵芥はポンプトラブルや故障の主な原因の一つとなっている。

塵芥の発生抑制は地域住民及び農家の理解・協力を必要とするため、河川事務所が住民向けに定期配布している「川ら版」で、洪水時の排水機場の塵芥の現状を紹介するなど、塵芥抑制を啓発した(1.8万世帯に配布).

## 8. 施設・環境改善の実施

検討項目「③施設・環境改善」として、各施設管理者で取り組みを進めており、その一部を図-3に紹介する.





図-3 施設・操作環境改善

(左:内水監視カメラの公開,右:遠隔操作設備の導入)

## 9. 報道機関による講演

2021年8月洪水後,NHK佐賀放送局では、ホームページに「佐賀から考える どう守る排水機場操作員」の特集ページを公開し、佐賀県の排水機場等の操作員を対象にしたアンケートを独自に実施されていた.

そのため、実務者会議では、取材したアナウンサー及 び記者を講師として招き、アンケート結果及び取材され た際の操作員及び地域住民の声を紹介頂いた. また、操 作員の現状及び課題について意見交換した.

## 10. 今後の展開

### (1) 操作要領又は操作基準に退避基準の反映検討

緊急時の操作員の退避について記載がない操作要領 又は操作基準は、2023年度のワークショップでの検討 を参考にして実務者会議で退避条項の追加及び記載内 容について検討を進めていく予定である。

#### (2) 操作員の担い手確保のための広報検討

ワークショップに参加した操作員から、操作の現状がたびたび報道でとりあげられたことで、地域住民から「ありがとう」と言われるようになり大変嬉しかったとの発言があった.

操作員は、水防団と同じく「地域を水害から守る」 という水防の精神で操作にあたっている。排水機場の 操作が地域を水害から守る活動として認知されるため に積極的な広報が必要である。処遇改善と合わせて引 き続き検討していきたい。

## (3) 施設の統廃合の検討

操作員との意見交換会で、内水域の流出系統の見直 しについて指摘があった。六角川水系では、排水機場、 水門・樋門の多くが設置後数十年を経過し、設置当時 と現在では土地利用や水利形態が変化している地域が ある。また、同じ内水域に管理者が異なる排水機場を 隣接して設置している地域もある。

操作員の担い手不足の対策の一案として,排水系統の見直しや施設の統廃合についての検討を進めていく 必要がある.

## (4) 長期化する洪水に備えた水防体制の再構築

河川事務所が管理する排水機場の過去10年の操作状況を表-6に示す。2019年8月洪水,2021年8月洪水を含む2019年~2023年の5年間とその前の5年間を比較すると、年平均稼働回数は大きく変わらないものの、年平均稼働時間が1.5倍となり、近年洪水が長期化している(表-6).

一方,河川の排水機場は家屋の床上浸水被害の解消を目的として排水量を決定しているため,正常に運転しても床下浸水被害の発生が予見されるなど,その効果及び受益地域が限定的な防災施設である。そのため操作は地域の水防活動との連携が必要となるが,河川事務所で設置した排水機場に接続する20の支川(水路含む)のうち,水防警報指定河川は2河川にとどまる。施設の能力を超える洪水が発生した場合,支川側で氾濫するが河川事務所は支川を監視していない。

今後, 洪水の長期化に備えて支川管理者及び水防管理者による支川の監視体制の強化, 外水氾濫型から内水氾濫型への水防体制の再構築について議論を進める必要がある.

表-6 河川事務所管理排水機場の操作実態

|             | ①年平均稼働回数 | ②年平均稼働時間 |
|-------------|----------|----------|
| 2014年~2018年 | 4.29回    | 30時間02分  |
| 2019年~2023年 | 4.24回    | 43時間58分  |

### 11. おわりに

大雨時のみに運転する排水機場は、年間で見ると不稼働期間が長いため、定期的なメンテナンスを実施しても、初動時にトラブルが発生しやすい. 施設の老朽化対策が追いつかないまま遠隔化・自動化が進み現場に操作員が不在となれば、その相反として現場で発生するトラブルへの対応遅れのリスクが高まる懸念がある.

地域の防災施設として排水機場を将来へ引き継いでいくには、その受益地域である地域住民一人一人が、施設の役割と能力の限界、操作に伴うリスクを正しく理解し、地域をどのように守りたいかを考える水防災意識社会の再構築が必要である.

謝辞:東京大学松尾一郎教授,京都大学井上智夫特任教授には実務者会議の設置,ワークショップ開催及び実務者会議への参加等多大なるご尽力・御助言を賜りました。また,NHK佐賀放送局をはじめとして地元報道機関には,丁寧な取材で操作員の実情を広く一般に周知いただきました。ここに記して感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) 国土交通省: 平成14年4月23日付け国河発第19号「内水対策の取り組みについて」
- 2) 国土交通省: 平成14年4月23日付け国河発第20号「排水機場の直轄管理について」

# 川辺川流域における衛星画像解析を活用した 流域モニタリングについて

和洋1・大原 崇裕1・地町 優志1 下窪

1九州地方整備局 川辺川ダム砂防事務所 砂防工事課 (〒868-0095 熊本県球磨郡相良村柳瀬3317)

川辺川砂防事業の流域面積は498km²と広大なうえ、非常に急峻な地形と激甚化する豪雨によ り頻繁に土砂移動が発生している. 令和5年度には, 大規模な土砂移動など, 広範囲にわたる災 害の早期発見と迅速な対応が可能になることを目標として,流域モニタリングについて検討が 行われている. 本稿では、その一部として、リモートセンシング技術(光学画像, SAR画像) を活用し、人工知能(AI)による解析を通じて効果的な流域監視手法について検討した取り組 みについて報告する.

キーワード 大規模崩壊,モニタリング,光学画像,SAR画像,AI(人工知能)解析

#### 1. はじめに

川辺川流域の砂防事業は、1954年(昭和29年)より熊 本県の補助事業として行われてきた. 1963年(昭和38 年)から3年連続の集中豪雨により多数の深層崩壊や山 腹崩壊が発生した。特に五木村頭地~宮園間においては 河床が2m~7m上昇する土砂洪水氾濫が発生し,人的被害 を伴う災害となった、熊本県からの要望を受けて1967年 (昭和42年)6月に国の直轄砂防事業に編入し、これま でに直轄砂防流域内に122基と県管理施設の24基(計146 施設)の砂防関係施設を整備し、川辺川流域の土砂災害 からの被害低減に努めている.

川辺川ダム砂防事務所が管轄する川辺川砂防流域は 498km²と広大で、相良村・五木村・八代市泉町の各地域 の集落も広範囲に点在している. 過去には大規模かつ広 範囲に渡る土砂災害による、道路の寸断により、長期に 及ぶ孤立が発生している.

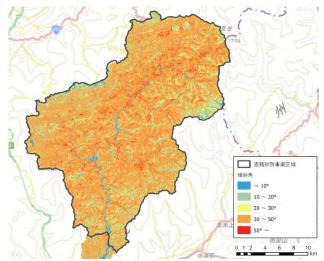
川辺川流域は急峻な地形と頻繁に発生する土砂移動の ため、災害時に多発する道路通行不能箇所や急激な河床 変動による観測機器の機能不全等の多くの課題がある. このような背景から、流域の状況を平常時から災害発生 時にかけて、必要な精度で効率的に把握することが急務 である. 本稿では、この課題に対応するため、リモート センシング技術を活用し、人工知能(AI)による解析を 通じて効果的な流域監視手法の確立を目指した取り組み について紹介する.

## 2. 川辺川流域の現状

川辺川直轄砂防事業区域内の山腹には20度以上の非常 に急峻な斜面が多く分布している(図-1). また, 地質 的には「秩父帯」や「四万十帯」の付加体堆積岩類が広 く分布しており、脆弱で、豪雨時は崩壊や土石流が発生 しやすい状態である.

一方で、川辺川流域では、通信カメラの確保が難しく、 監視カメラや水位計は本川の主要地点のみに配置されて いるため、監視カメラや水位計等による崩壊地発生の把 握や流域監視が困難な状況である.

図-1 傾斜区分図



## 3. 川辺川における流域モニタリングの視点

川辺川流域のモニタリングは、豪雨や地震後の流域内 の変状箇所を効率的に把握して、事務所としての対応や 関係機関への情報提供を検討する「緊急時のモニタリン グ」と、出水後一定期間を経た経過観察的なモニタリン グ、さらには中小降雨や平常時からの土砂移動状況の変 化等を把握する「平常時のモニタリング」が考えられる. 本業務では監視カメラや水位計による監視が困難な川辺 川流域特有の課題に着目し、「緊急時のモニタリング」 を対象として通信環境に依存せず情報を得られる、衛星 画像を使って人工知能(AI)による解析を行う流域監視 手法を検討した。

## 4. 衛星画像を活用した流域監視手法の検討

## (1) 衛星画像取得特性の整理

川辺川流域を対象とした災害時の広域監視における衛星の有効性を確認するため、光学画像およびSAR画像の取得特性を発災後の入手性と画像の特徴について整理すると表-1に示すとおりである.

表-1 衛星画像取得特性

| - <b>-</b> | VI 244-T-1/4  | 0.4 D .T./#     |
|------------|---------------|-----------------|
| 項目         | 光学画像          | SAR 画像          |
|            | ・天候や撮影範囲の影響を受 | ・天候の影響を受けない(衛星  |
| 発災後の       | ける(太陽光の反射による観 | より照射するマイクロ波の反射  |
| 入手性        | 測)            | による観測)          |
|            | ・翌日~1月後の場合もある | •平均28時間程度       |
|            | ・直感的な解釈が容易    | ・直感的な解釈が困難      |
| 画像の        | ・急峻な地形では影が発生し | ・画像の精度によりノイズが含ま |
| 特徴         | やすく、小規模崩壊地の視認 | れる              |
|            | 性が悪い          | ・不可視範囲が生じる      |

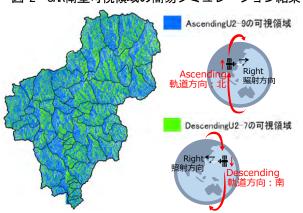
災害発生時に、必要な精度で効率的に把握する事に着目した結果、光学画像は天候により入手に時間がかかってしまうが、SAR画像は天候に左右されない特徴があるため災害時の早期発見に向いていると考え、今回はSAR画像について整理した.

## (2) SAR画像の特徴

SAR画像は衛星より照射するマイクロ波の反射を観測しているため夜間・悪天候時にも観測が可能というメリットがあるが、画像をAI解析をするにはJAXAに緊急観測要請を行う必要がある。

また、SAR画像には不可視範囲が生じる欠点があるが、 観測特性に起因する可視・不可視領域を簡易シミュレー ションにより確認したところ、2方向の衛星進行方向の データを用いることで川辺川流域全体の監視が可能であ ることを確認した(図-2).

図-2 SAR衛星可視領域の簡易シミュレーション結果

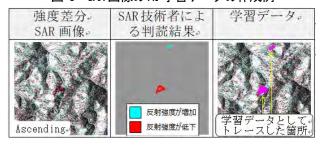


## 5. 検証対象とする大規模崩壊地の選定

AIでの解析に先立ち、過去の災害における大規模崩壊箇所から、崩壊地自動抽出の検証対象とする大規模崩壊箇所を選定した。解析の対象とする災害は、川辺川流域における災害実績と令和4年度時点の衛星画像の取得状況から令和2年7月豪雨とした。令和2年7月豪雨前後での空撮の判読結果から抽出した崩壊地のうち、大規模崩壊の基準を面積2、000㎡以上(国総研1110号より)と斜面勾配20度以上(砂防基本計画策定指針(土石流・・流木対策編)解説より)とした場合、86箇所が大規模崩壊地として抽出された。

なお SAR 画像は直感的な解釈が困難という課題があるため、判読結果は判読者により異なる場合がある. 運用者のスキルレベルに関わらず、一貫した判断基準での監視を可能にするために、AI モデルを構築のための学習データは、SAR 画像解析専門技術者(以下、SAR 技術者)の知見を基にした(図-3).

図-3 SAR 画像の AI 学習データの作成例



これら専門家による強度差分SAR画像の判読結果と比較すると15箇所が重複していたことから、これらをSAR画像のAI解析における検証対象とした(表-2).

表-2 強度差分SAR画像の崩壊地判読結果

|     | 公 2 国及在为5 m 国际 5 m 动 4 m 动 4 m 和 4 m A 4 |         |      |                       |             |  |  |
|-----|--|---------|------|-----------------------|-------------|--|--|
| No  | 流域   | 崩壊      | 斜面の  | 強度差分SAR画像の<br>視認性確認結果 |             |  |  |
| 140 | 771C-94  | 面積      | 傾斜方向 | Ascending             | Descending  |  |  |
|     |  |         |      | Right                 | Right       |  |  |
| 1   | 椎葉谷川   | 2, 030  | 北    | 可視域                   | 不可視域        |  |  |
| 2   | 田代川  | 2, 319  | 北    | 可視域                   | 可視域         |  |  |
| 3   | 山の津谷川  | 2, 559  | 北    | 可視域                   | 部分的に<br>可視域 |  |  |
| 4   | 西の内谷川  | 5, 209  | 北    | 部分的に<br>可視域           | 可視域         |  |  |
| 5   | 入鴨川  | 3, 411  | 北東   | 不可視域                  | 可視域         |  |  |
| 6   | 宮目木川   | 44, 311 | 北東   | 不可視域                  | 可視域         |  |  |
| 7   | 宮目木川   | 5, 105  | 北東   | 不可視域                  | 可視域         |  |  |
| 8   | 宮目木川   | 2, 325  | 北西   | 可視域                   | 可視域         |  |  |
| 9   | 久連子川   | 7, 333  | 北西   | 部分的に<br>可視域           | 部分的に<br>可視域 |  |  |
| 10  | 平瀬川  | 5, 764  | 北西   | 部分的に<br>可視域           | 可視域         |  |  |
| 11  | 西の内谷川  | 22, 518 | 北西   | 可視域                   | 部分的に<br>可視域 |  |  |
| 12  | 西の内谷川  | 3, 490  | 北西   | 可視域                   | 不可視域        |  |  |
| 13  | 川辺川本流2   | 2, 921  | 北西   | 可視域                   | 不可視域        |  |  |
| 14  | 五木小川   | 2, 569  | 南    | 可視域                   | 部分的に<br>可視域 |  |  |
| 15  | 椎葉谷川   | 2, 708  | 南東   | 部分的に<br>可視域           | 部分的に<br>可視域 |  |  |

さらにモデルの構築には、Ascending および Descending の撮影軌道により得られた川辺川流域の強度 差分 SAR 画像から最大 400 枚の学習データを作成した (表-3). Case2 では Case1 の 100 枚の画像に対して、 それぞれ、90 度、100 度、270 度回転を行い、4 倍の画 像を作成した.

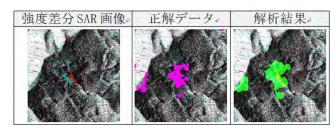
表-3 SAR画像のAI解析ケース一覧

| ケース   | 枚数  | 内訳                  | 学習データ作成方法の概要         |
|-------|-----|---------------------|----------------------|
| Case1 | 100 | Ascending Right:50  | 専門家が抽出した赤・シアン        |
|       |     | Descending Right:50 | の集中した領域をトレーヌ         |
| Case2 | 400 | Ascending Right:200 | Case1 の 100 枚の画像に対して |
|       |     | Descending          | それぞれ回転を行い、データ        |
|       |     | Right:200           | 拡張                   |

## 6. 強度差分SAR画像による解析結果

SAR 画像の AI 解析により, SAR 技術者による判読箇所 (強度差分 SAR 画像上における崩壊地の特徴である赤と シアンが集中する領域)を概ね検出することができた. (図-4)

図-4 SAR 画像の AI 学習データの作成例



解析結果の精度は、正検出率と誤検出率により評価した。それぞれの定義は表-4に示すとおりである。

表-4 精度評価指標

| <b>找 + 相及計画消</b> |  |      |                                       |  |  |  |
|------------------|--|------|---------------------------------------|--|--|--|
| 評価指標             | 概要   | 最適値  | 算出式                                   |  |  |  |
| 正検出率             | 正解値のクラスに対<br>して AI が正しく正<br>解値と推測したピク<br>セル数の割合  | 1. 0 | AIが正しく正解値と推<br>測したピクセル数<br>正解値のピクセル数  |  |  |  |
| 誤検出率             | 不正解値のクラスに<br>対して AI が誤って<br>正解値と予測したピ<br>クセル数の割合 | 0. 0 | AIが誤って正解値と推<br>測したピクセル数<br>不正解値のピクセル数 |  |  |  |

各ケースの学習データ及び検証データに対する検出率は表-5に示すとおりである。2ケースの解析結果の比較により、明瞭な崩壊地のみを対象として学習データとすることで6割程度の正検出率を確保できたが、学習枚数を増やすことでさらに正検出率が向上することが確認できた。

表-5 精度評価指標

|       | 我 0 有成 m m m |        |        |  |  |  |  |  |
|-------|--------------|--------|--------|--|--|--|--|--|
| 対象データ | 項目           | case1  | case2  |  |  |  |  |  |
| 学習データ | 正検出率         | 0. 997 | 0. 999 |  |  |  |  |  |
|       | 誤検出率         | 0. 010 | 0. 012 |  |  |  |  |  |
| 検証データ | 正検出率         | 0. 600 | 0. 757 |  |  |  |  |  |
|       | 誤検出率         | 0. 033 | 0. 078 |  |  |  |  |  |

## 7. Case2 による SAR 画像 AI 解析の 川辺川流域への適用結果

## (1) SAR画像AI解析(フィルタリング無し)

Asceendig および Descending の強度差分 SAR 画像に対する AI 検出結果を図-5 に示す. 流域全体で多数検出されているが,これは SAR 画像の精度により強度差分 SAR 画像にみられるノイズであり,面積は小さい.

図-5 SAR 画像の AI 検出結果

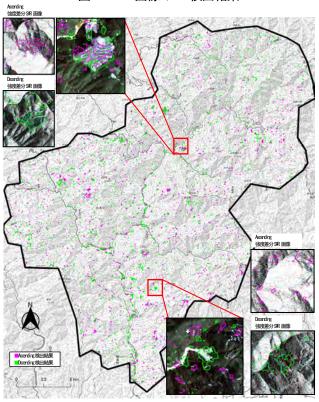
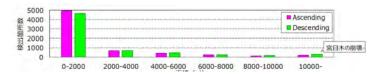


表-6 検出箇所のヒストグラム

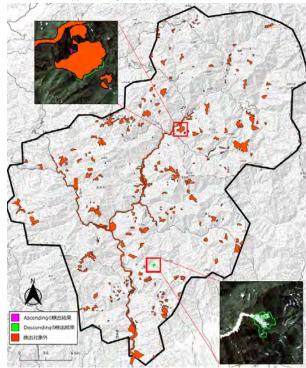


### (2) SAR画像AI解析(フィルタリング有り)

一般的に SAR 画像は、画像固有のノイズにより、比較的小規模な領域が多数検出される傾向がある。そこで、川辺川流域全体に AI 解析を適用するにあたっては、AI 解析結果に対し、以下の2種類のフィルリングを行った。

- ・フィルタリング条件①;面積の閾値;4万㎡以上 (≒宮目木川流域の崩壊程度の規模),斜面勾配 が20度以上
- ・フィルタリング条件②;対象外領域(水面や人工改変地等の領域)※対象災害前の光学画像から作成

図-5 SAR 画像の AI 解析結果 (フィルタリング有り)



フィルタリング適用後には 1 箇所のみ抽出されたが、これは規模の大きい宮目木川流域の崩壊である.

## 8. 崩壊地自動抽出における課題

## (1) AI画像解析モデルの精度向上

AI画像解析モデルの精度向上には、ある程度多くの学習データが必要となる。しかし、「大規模な崩壊の発生は稀であること」、さらに「崩壊後を捉えた画像の多くが1時期であること」から多くの学習データを確保することは困難である。AI画像解析モデルの精度向上のためには、今後も画像データの収集・学習が必要となる。

### (2) モニタリング体制の構築

## 1) 大規模崩壊地抽出対象外領域の随時更新

SAR画像のAI解析において、伐採地など人工改変地の対象外領域を設定することより、抽出精度を確保した. 対象外領域を整理するのはある程度の時間を要する. そのため、実際の運用にあたっては、抽出精度確保のため、関連部局との情報交換により人工改変地の位置情報を随時更新していくことが望ましい.

## 2) AI画像解析の自動化

現時点では、AI画像解析モデルを実行するのにいくつかの個別処理が必要である。今後は、実際の運用を見据え、これら処理を職員でも実行可能なように、GUIを実装したアプリケーションの開発により簡素化を図る必要がある。

## 9. さいごに

今回の業務では、川辺川流域全体を光学画像やSAR画像をAI解析し、川辺川流域全体の大規模崩壊箇所を把握できれば、人的被害を防ぐ事ができ、二次災害も防ぐことに繋げられると感じた。

国土交通省に入省して1年が経ち、分からない事ばかりで学びの日々が続いてる。学校の授業では習っていないことが常に日常で出てきており、そのたびに自分の知識不足を痛感している。しかし、今回の業務で学んだ光学画像、SAR画像などのように知らなかったことを知ったときは喜びを感じる。自分自身の知識を深めることで別の業務でも活用でき、打合せ時の理解度が深まるので学びを意識し、日頃からアンテナを高くし多くの情報を得ながら日々業務に取り組んでいきたい。

また.公共事業を展開していくには、如何にして地域 住民の方たちと信頼関係を築いていくことが大切であり、 また自分自身の技術力・説明能力・調整能力等を高めて いくことを目標として、今後の業務等に取り組んで成長 をしていきたい.

参考文献1). 川辺川流域モニタリング高度化検討業務(令和5年度), 国土技術政策総合研究資料第1110号, 砂防基本計画策定指針(土石流. ・流木対策編)解説

# フラップゲート遠隔監視 ~河川管理の「効率化」にむけて~

七種 悠1・後藤 雄大1・中島 清文1

1九州地方整備局 山国川河川事務所 管理課 (〒871-0026 大分県中津市高瀬1851-2).

現在、操作員の人手不足や安全確保、設備の老朽化といった課題に向けて全国的に樋門樋管のフラップゲート化(無動力化)が進められている。これにより操作員の安全が確保される反面、現地で確認できない事項が増えるといったデメリットや、不完全閉塞による逆流が起きた場合に地域の浸水被害の拡大に繋がる恐れがある。これらの課題を解決する手段として、「フラップゲートの遠隔監視」を実施することにより、逆流の早期発見に貢献する。本検証では、低コストかつ通信の信頼性の向上をはかり適切な遠隔監視方法や通信方式を検討し、検証を実施したので報告する。

キーワード 水防・防災,業務の効率化,無動力ゲート,維持管理,樋門樋管

## 1. フラップゲート導入の経緯

#### (1) 樋門樋管の運用と課題

樋門樋管の役割として、以下の項目がある.

- 内水の排水
- ・農水、工水、用水の取水
- ・本川からの逆流防止(洪水時)

上記に示したシチュエーションにより開閉操作を行う必要がある.具体的には、内水の排水および農水などの取水の際はゲートを開ける作業が必要になり、洪水による本川水位上昇時には、逆流による内水被害を抑えるためにゲート閉めなくてはならない.このような作業は現地で操作員により行われてきている.

操作面では操作員の高齢化による人手不足や,増水した河川に近づいて確認する必要があるなどの危険性がある.設備面では随時修繕・更新作業がなされているが高度経済成長期に整備された樋門樋管は多く,今後の設備の老朽化が問題である.また,近年の災害は気候変動の影響により激甚化・頻発化している.このように様々な課題が浮き彫りになってきている.

### (2) 防災・減災、国土強靭化のための5か年加速化対策()

(1)に掲げた樋門樋管のみならず、全国的に様々なインフラにおいて対応の必要があったため、2020年12月に「防災・減災、国土強靭化のための5か年加速化対策」が閣議決定された。 樋門樋管については(1)で示した課題の解決に向けて、「5か年加速化対策に関する

中長期目標」の2予防保全型インフラメンテナンスへの 転換に向けた老朽化対策(79-1,79-2) に記載されてい る. 具体的な内容を以下に示す.

- ・河川管理施設の老朽化対策(79-1)
  - →老朽化した河川管理施設の修繕・更新を実施する.
- ・河川管理施設の高度化・効率化対策 (79-2)
  - →河川管理施設の無動力化・遠隔操作化を実施する.

### (3) 山国川の現状

山国川は福岡県と大分県の県境に位置し、流域面積は540km、河川流路延長は56kmである。流域内市町村として、大分県中津市・日田市・宇佐市・玖珠町、福岡県上毛町・吉富町がある。また、山国川(大臣直轄管理区間)には合計63基の樋門樋管があり、無動力化の必要がある樋門樋管について順次無動力化を進めている。無動力化に該当するすべての樋門樋管で施工が完了すると、全体の7割を超える樋門樋管が無動力化される。このように山国川には多くのフラップゲートがあることがわかる(図-1)。

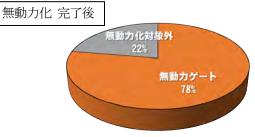


図-1 山国川における無動力式ゲートの割合

## 2. フラップゲートの課題

樋門樋管の無動力化(フラップゲート化)のメリットとして、フラップゲートは自動開閉するため大雨の中に操作不要である(操作員の安全が確保される)ことや、夜間や急な河川増水時に操作遅れが発生しないことが挙げられる。メリットがある一方で、次のようなデメリットがある。フラップゲートに木などの異物が挟まることを原因として不完全閉塞が発生し(図-2)、逆流に伴う内水被害に繋がる可能性があること。昼は目視で不完全閉塞を確認できるが、夜間は暗くて確認できないケースがあるなど、このような事象が発生している。



図-2 フラップゲートに異物が挟まった状態(イメージ)

## 3. 課題解決にむけて

## (1) 検討事項

フラップゲートの課題を踏まえ、自治体の方よりフラップゲートにおける逆流を早期発見したいという声が上がっている.しかし、人の目によって四六時中監視することは現実的に不可能であるため、フラップゲートの遠隔監視について検証を実施することにした.検証を実施するうえでの課題として、1.で述べた通りフラップゲートは数多くあるため、実際に遠隔監視を導入しようとすると膨大な費用がかかる.よって、今回は性能を最低限確保しつつ低コストを第一に遠隔監視方法や通信方式の検証を実施した.

## (2) 遠隔監視の概要

まず、逆流を検知するために必要な要素を検討した。 図-3に逆流が発生する条件を示す。

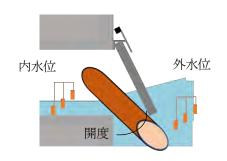


図-3 逆流発生条件

図-3は外水位が内水位より高いにもかかわらずフラップゲートに木が挟まって閉まっていない、不完全閉塞の状態である.この状況が発生すると、河川の水は逆流を起こし内水被害を伴う可能性がある.逆流を検知するために、まず内水位と外水位の水位差を検出し、次に開度状況からゲートに挟まった異物を検出するため、「内水位」「外水位」「フラップゲートの開度」の3つが必要と考えた.最後に、現地の逆流有無情報を監視場所である山国川河川事務所に伝送することによって、遠隔監視システムが成り立つ.

## 4. 検証開始

## (1) 逆流検知

### a) 水位測定

候補として電極センサ、圧力式水位計、電波式水位計の3つを挙げ、コスト、施工性、精度の3つを基準として比較した。結果として、内外水位の差を判定可能かつ低コストで導入可能なことから電極センサを採用した。電極センサとは、センサ先端に導電性液体の有無を検出するものであり、タンクの残容量監視などに使われている。現地施工については、塩化ビニル管内の異なる高さ3点に電極センサを付属し、内水側と外水側それぞれの水路脇に設置する(図-4). なお現状の樋門樋管には、過去に多く整備された4-20mAの旧型水位計が存在する。当水位計はアナログ出力であるため既設水位表示板から分岐して監視装置に入力することが簡単である。このように既設水位計がある場合は、新規水位計の導入コストがかからない。





図-4 内水位測定(左),外水位測定(右)

#### b) 開度測定

候補としてジャイロセンサ、磁石式センサ、接触式センサの3つを挙げ、コスト、施工性、精度の3つを基準として比較した。比較するうえで最低限の性能を維持しつつ、特にコストに重点を置いた。結果として、複雑な動作をするフラップゲートに設置するセンサとして必要な精度に優れ、耐久性・防水性も兼ねそろえるジャイロセンサを採用した。ジャイロセンサはゲーム機のコントローラなどに使用されており、傾きつまりゲート開度を測定可能である。現地施工については、さらに精度を高めるためにフラップゲートのどこにジャイロセンサを付けるかが重要である。検証を続けた結果、ゲート下端は開閉動作が激しいため検知した開度のバラツキが多く見られた。一方でゲート上端は下端より動きが穏やかであるため角度検知の精度が最もよかった。よって、ジャイロセンサはフラップゲート上端に設置した(図-5)。



図-5 ジャイロセンサの設置場所

### (2) 通信経路の確立

候補として、河川カメラ映像の伝送などに用いられる 国土交通省光回線(以下、光回線という。)、スマート フォンなどの通信に用いられるLTE無線回線、省電力 かつ伝送距離が長いLPWA(Low Power Wide Aria)無 線、網目のようにネットワークを構築するため通信の信 頼度が高いメッシュ無線を挙げた。これらの通信回線に ついて、どれも性能上の問題はないため、それぞれのコ ストと精度を比較するためにすべて検証を実施する。

### (3) 電源の取得

電源の取得について、商用電源を引き込んでいる樋門 樋管は商用電源を使用する.

商用電源を引き込んでいない樋門樋管はその他の給電 方法を検討する必要がある. そこでソーラーパネルの設 置を検討し, 今回検証した.

### (4) フィールドの選定

樋門樋管は商用電源の有無や既設光回線の有無,既設内外水位計の有無などそれぞれ条件が異なる. そのため以下の3基をフィールドとして選定し,それぞれの条件に沿って以下の通り検証を実施した. なお,遠隔監視の監視側は山国川河川事務所とした.



図-6 各樋門樋管における条件図

以下にそれぞれのフィードで実施する検証項目を示す. a)原井樋管

(1)逆流検知, (2)LTE無線, (3)ソーラーパネル **b**)広津第3 樋管

(1)ゲート開度の取得, (2)光回線, (3)商用電源 c)佐知第1 樋管(佐知第4 樋管経由)

(1)内外水位の取得, (2)佐知 1 →佐知 4 : L PWA無線, 佐知 4 →事務所 : 光回線, (3)商用電源

## d)管内11基の樋門樋管

(1) -, (2)メッシュ無線, (3)可搬型バッテリー メッシュ無線の伝送試験のため, 可搬型バッテリーを 利用した.

## 5. 検証から得られた成果と考察

### (1) 逆流検知

本検証の目的であったフラップゲートの遠隔監視について事務所で逆流を検知することに成功し、逆流の早期発見が可能であることを確認できた。事務所側の監視端末では、管内図表示によって一目で状況を把握できる(図-7)ほか、発生中信号や信号履歴の表示、設備稼働状況の監視、トレンドグラフを確認可能である。逆流検知について、ジャイロセンサと電極センサを利用することにより、最低限かつ低コストで検知可能であることが実証できた。



図-7 管内図表示

### (2) 適切な通信方式の考察

通信方式は検証を実施した光回線, LTE無線回線, LPWA無線,メッシュ無線の4つについて,通信の信頼度・送信距離・導入コスト・運用コストの4つの項目で比較し,遠隔監視に適切な通信方式を考察した.

通信の信頼度は洪水時を想定したうえで比較した結果、4つの通信方式の中で唯一光回線は有線であり、そのほかは無線であるため光回線の信頼度は最も高かった.一方、LTE無線回線は2023年7月出水の際に、通信障害により時折通信断となった.LPWA無線は正常に通信可能であり、出水後に設置したため引き続き経過観察中である.メッシュ無線は、網状にネットワークを構成しているため信頼度は高い.また、LPWA無線とメッシュ無線は1台の通信装置で複数監視できるため、導入機器数を抑えることにより低コストでの導入に繋げることができる.

送信距離は通信可能距離が長いほど良い評価とし比較した。光回線およびLTE無線回線は広範囲に敷設されているため高評価であった。LPWA無線は検証で約4kmの通信に成功し、障害物が経路上に存在しても通信できたため、樋管間の通信を行うために十分な距離を確保していることがわかった。メッシュ無線は検証より、経路上に高架橋や竹藪があると通信不能となることがわかった。原因として、LPWA無線は429MHzで障害物を回り込んで長距離通信可能であることに対して、メッシュ無線は2.4GHzと高周波であり伝送可能距離は最大1km程で障害物の影響を大きく受けるため、今回の遠隔監視においては適性が低いことが確認できた。

導入コストは通信機器を新たに設置する際にかかるコストを目安に比較した..光回線は配管や配線の作業が必要になるため高コストであるが、既設光回線が現地にある場合はこの費用は掛からない. LTE無線回線は必要な装置がルータのみであるため低コストで導入可能である. LPWA無線は無線機本体コストが10万円ほどで導入可能である.メッシュ無線は無線機本体コストが50万円ほどと高コストである.

運用コストは通信費を目安にした。光回線およびLPWA無線、メッシュ無線は自営の通信回線であるため通信費は無料である一方、LTE無線回線はSIM使用量として年間約7万円のコストがかかる。

以上の結果を表-1 にまとめると、光回線とLPWA 無線の評価が高いことがわかる。また無線を利用すると なると無線法に係るが、LPWA無線は特定小電力無線 であるため開局申請や変更申請などの法的手続きを必要 としない。よって光回線が既にある樋管は既設光回線を 利用し、現状ない樋管はLPWA無線で光回線がある樋 管に送信して通信する、光回線とLPWA無線の兼用が 低コストで導入するうえで効果的であることがわかった。

表-1 通信方式の適正度

| 項目                               | 光回線(国)    | LTE無線回線                          | LPWA無線    | メッシュ無線    |
|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|-----------|
| 通信の信頼度<br>※ <mark>洪水筒</mark> を想定 | 0         | ×                                | 0         | 0         |
| 送信距離                             | ◎<br>制限なし | <ul><li>◎</li><li>制限なし</li></ul> | 〇<br>約4km | ×<br>約1km |
| 導入コスト                            | ××        | 0                                | 0         | ×         |
| 運用コスト                            | 0         | ×                                | 0         | 0         |

※すでに光回線があるところ…

## (3) 電源の取得

電源の取得について、商用電源から取得可能な樋門樋 管についてはそのまま商用電源を利用可能である. 停電 時は通信断の信号を受信できるほか、動力式ゲートに備 えられている発電機を流用することにより対応可能であ る. 商用電源を引き込んでいない樋門樋管についてはソ ーラーパネルを設置したが、消費電力が2.0WのLT E無線回線を利用すると充電量が不足した. そこでソー ラーパネル面積の拡大や、ゲート開度に変化があったと きのみ通信する間欠監視方式を採用した. これによって 間欠監視方式は消費電力量を26%カットでき、3時間 に1度動作状況を事務所に送信することにより装置の正 常動作を確認できた、さらに省電力化を目指して消費電 力が大きいLTE無線機を省電力のLPWA無線に変更 することにより、当初と比べて消費電力量を28%カッ トでき、ソーラーパネルにより給電可能であることがわ かった. よって、電源取得の面においてもLPWA無線 は優位である.

## (4) 事務所での監視状況

事務所防災室の大型モニターに監視状況を4分割で表示することによって、防災業務に従事しながらフラップゲートの不完全閉塞を早期発見できるようにした. 通常時は4分割画面が全画面表示されるが、異常発生時のみ画面左側と上部にテロップがポップアップ表示されるため気づきやすい表示とした(図-8).



図-8 事務所防災室での監視状況

### あり方などを総合的に検討する必要がある.

## 6. 遠隔監視にかかる合計コスト

今回はフラップゲートの遠隔監視による逆流検知に必要な逆流検知方法、通信方式、電源取得方法について検証を実施した。検証を経て、監視される1樋管あたり100万円程度、監視する事務所あたり150万円程度で導入可能であることがわかった。なお、水位計や電源引込柱などは既設設備を利用すること、事務所側の監視装置は複数監視可能かつ省電力のLPWA無線を利用することによりさらに低コストで導入可能である。

## 7. 課題と今後の方向性

今回の検証から必要最低限の機器で構成することや省電力のLPWA無線、既設の装置を利用すること、1 台で複数監視できることにより1 樋管あたりの導入コストは低いことがわかった。一方課題として、1 樋管あたりの導入コストは低いが樋門樋管は山国川に多数あるため、基数が増えるにつれてコストが増していく課題がある。よって今後は、予算確保や将来の自治体への操作委託の

## 8. 結論

今回の検証でフラップゲートの遠隔監視について技術面,コスト面に関して検証が完了し,フラップゲートの遠隔監視導入において必要な装置やコスト,創意工夫など様々な成果を得ることができた.よって将来的にフラップゲートの遠隔監視を導入する際に必要なデータを集計でき,フラップゲートの不完全閉塞による逆流の早期発見が可能になると考える.また将来的にフラップゲートの遠隔監視が普及することによりさらに災害に強いインフラ設備,そして時間に限りがある災害時や緊急時の管理効率化に寄与できるものであると考える.

### 参考文献

1) 内閣官房:防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策

# カビ臭抑制を目指した曝気循環設備の 試験運用(経過報告)

高上 沙羅葉1・中川 義久2

1·2水資源機構 筑後川下流総合管理所福岡導水事業所 管理課 (〒830-0002 福岡県久留米市高野1-1-1)

山口調整池では、2001年9月の管理開始当初より曝気循環設備による貯留水の水質保全対策を行い、2012年4月からは更なる水質改善のため設備を更新し、アオコの抑制及び下層DOの改善については一定の効果を確認している。一方で、2014年よりカビ臭物質の抑制が課題となっており、一因として曝気循環設備の過剰運転の可能性が示唆されたことから、2021年度より調整池の水質に応じて段階的に曝気循環設備の運転時間及び運転台数を増減する運用を開始している。2022年までの試験運用では、運用方法とカビ臭抑制効果の相関について明確に把握するには至らなかった一方、水道水質基準値を超えるカビ臭物質は検出されなかった。

キーワード カビ臭, ジェオスミン, 水質保全対策, 曝気循環設備, 気泡式循環施設

### 1. はじめに

カビ臭の原因物質は、主に土臭を呈するジェオスミンと、墨汁臭と表現される2-MIB(2-メチルイソボルネオール)であり、これらの物質は水中の藍藻や放線菌類が産生する代謝産物である。2種類のうち山口調整池において発生するのは主にジェオスミンであり、2014年から2021年まで毎年、水道水質基準を超える10mg/L以上の濃度で確認されている。

毎月1回の定期水質調査ではジェオスミンの発生要因を特定することは困難であったため、2020年度にカビ臭発生要因の検証を目的として水中及び底泥中のプランクトン培養実験を実施した。その結果、次の2点が示唆されたことにより、従来の曝気循環設備の運転方法の見直しを図る必要性が示されたり。

- ① ジェオスミン産生生物は、発生時の細胞密度との 相関から、放線菌よりも藍藻由来の可能性が高い
- ② 曝気循環設備の過剰運転により下層の栄養塩類が 有光層へ供給され、藍藻の増殖に適した環境となっている可能性がある

本稿では、試験的に曝気循環設備の運用方法を変更した2021年4月から2022年12月までの水質との関係について 検討したので報告する.

## 2. 山口調整池の概要

福岡導水施設の山口調整池(天拝湖)は、福岡導水取水口から約20km下流の福岡県筑紫野市に位置する有効貯水容量390万㎡、堤高60m、堤長326mの中央遮水ゾーン型ロックフィルダムの調整池であり、取水制限やトラブル等が発生した場合は、導水路へ利水補給することで福岡都市圏への水道用水の安定供給を図る施設である。筑後川から取水した水を注水(貯留)し、取水制限等に備えて通常時は満水状態(最大水深約28m、湛水面積0.26km)を維持している。



図-1 山口調整池の曝気循環設備の設置位置

貯留水を効率的に循環させ藻類の発生抑制を図るため、2012年4月以降は管理開始時に設置された深層曝気設備及び間欠式空気揚水筒設備に代えて、連続的に気泡を発生する連続式空気揚水筒設備(No.1~4)及び連続式散気管設備(No.5)を図-1に示す位置に設置している.設備の諸元を表-1に示す. これ以降、大規模なアオコは発生していない一方、図-2に示すとおり水道水質基準値の10ng/Lを超すジェオスミンが主に秋から冬の間に検出されている.

山口調整池の植物プランクトンは、年間を通して珪藻及び緑藻が多くを占め、優占種は珪藻であることが多い、一方、9~3月には藍藻が優占することがあり、2020年度の検証では特にカビ臭産生能を持つ浮遊性<sup>2</sup>(細胞内のガス胞により浮力を持つ)のDolichospermum crassumとジェオスミン濃度との相関関係が強いことが示唆された。

|            |       | 連続式空気揚水筒<br>No.1 No.2 No.3 No.4 |       |       |       |  |
|------------|-------|---------------------------------|-------|-------|-------|--|
|            | No.1  |                                 |       |       |       |  |
| 筒内径(mm)    | 1,000 | 500                             | 1,000 | 500   | -     |  |
| 筒長(m)      | 8.0   | 8.0                             | 4.0   | 4.0   | -     |  |
| 設置標高(EL.m) | 92.74 | 92.78                           | 89.86 | 90.69 | 89.41 |  |
| 吐出量(L/min) | 700   | 500                             | 700   | 500   | 1,300 |  |

表-1 曝気循環設備の諸元

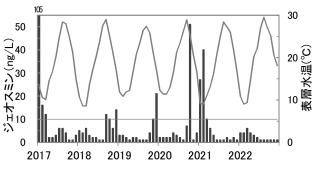
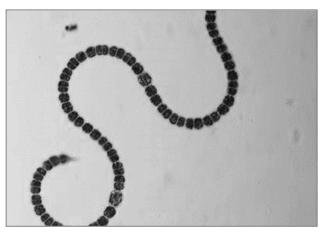


図-2 ジェオスミン発生状況



⊠-3 Dolichospermum sp.

図-3に示すDolichospermum属(旧Anabaena属)は、藍藻の中でも比較的低水温( $125\sim15^{\circ}$ C)であっても発生することが知られており $^{3}$ 、山口調整池でも秋から冬に検出されることが多い.

### 3. 曝気循環設備の運用方法

2012年度以降は、下層が嫌気化しないことを確認した上で、6月までは間断運転としている。運転を切り替える指標として、山口調整池中央部に設置された水質自動観測設備(観測項目:水温、濁度、pH、DO、EC、紫外線吸光度/水深1m/6h)の観測結果を用いている。

### (1) 既往の運用方法

2020年度以前の運用方法を以下に示す.

- 運転開始(全基):表層水温が12℃に上昇した時点(水温躍層が形成され始める時点)
- 下層D06.0mg/L以上を満たす場合は日中6~12hの間 断運転
- 夏期(7~9月)は24hの連続運転
- 運転停止:表層水温20℃程度に低下(植物プランクトンの活性が落ち着く)かつ下層DO6.0mg/L以上を満たした時点

### (2) 試験運用の方法

湖底で越冬した藍藻や夏季の底泥から溶出した栄養塩 及び微量金属類の循環を過度に促進しないことで、春先 の運転開始時及び秋以降の運転停止時の藍藻の増殖を防 ぐことを目的として、2021年度より以下の方法で運用し ている.

- 運転開始(1基):表層水温が12℃に上昇した時点・以後,下層DOが3.0mg/Lを下回る場合は運転台数を増加(嫌気化の目安:<2mg/L<sup>4</sup>)
- 全基運転しても下層DOが3.0mg/Lを下回る場合は運転時間を段階的に増加(4h→8h→12h→24h)
- 運転停止:下層DOの上昇傾向がみられた時点で運転時間を段階的に低減・水温勾配が解消し下層 DO6.0mg/L以上に上昇した時点で全基停止

(1)と異なる点は、運転台数及び運転時間を段階的に増減することと、水温勾配が解消し自然鉛直循環の傾向を確認した時点で運転を停止する点である.

## 4. 試験運用の結果

試験運用を開始した2021年4月をまたぐ3カ年の曝気循 環設備の運用実績を表-2に示す. 2022年は2020年と比較 して稼働日数80%, 総稼働時間13%となった. また, 運転 期間は例年より約2ヶ月短く、夏季にも間断運転を続け たが水道水質基準値以上のジェオスミン及びアオコ等の 水質障害は発生しなかった.

### (1) 水質調査結果

定期水質調査結果を次に示す、採水箇所は水質自動観 測設備付近とし、月1回の分析を行った.

調整池表層の栄養塩の周年変動を図-4に示す.試験運 用開始前後で各項目の年平均値に差異はみられず、N/P 比は年間を通じて10~20で、多いときは35程度であった。 したがって、リンが植物プランクトンの成長を制限する 主要な因子であると考えられた.

山口調整池の放流量・注水量実績を図-5に示す. 注水 は①2020年2~4月 ②2020年7~9月 ③2020年11月~翌2 月 ④2021年11~翌2月 に行われた. 同時期に図-4のT-N及びT-P濃度が上昇していることから、筑後川から取水 した原水を注水することで栄養塩が供給されていること が分かる.

さらに、図-6より植物プランクトン数の増加もみられ ることから, 低水温期であっても注水による栄養塩の供 給が一次生産を促すことが示唆された.

## (2) 藍藻類が関連するジェオスミン発生状況

ジェオスミン濃度と植物プランクトン細胞数の周年変 動を図-6に示した. 試験運用期間のジェオスミン濃度は 水道水質基準値を超えることはなかったものの、2022年 1~4月にカビ臭発生目安とされる5ng/L以上が検出され た. このとき、藍藻ではジェオスミン産生能を持つ Aphanizomenon属が100cells/mL以上確認された.

なお、ジェオスミン濃度が51ng/Lとなった2020年10月 の優占種はジェオスミン産生性藍藻のDolichospermum属 であったが、次に高い値の2021年2月、1月及び2022年4月 は珪藻が優占種であった.

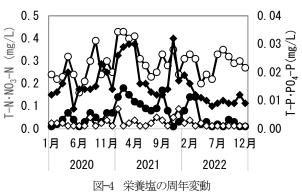
ジェオスミン産生性藍藻は発生時期や環境要因により 産生量が異なり、優占種化しなくてもカビ臭現象が顕在 化する3ことが知られている. その発生要件は未解明な 部分が多く、周年変動を踏まえて考えると、山口調整池 では春先よりも秋~冬にかけて発生する藍藻がジェオス ミン濃度に関与している可能性が高いことがうかがえる.

表-2 曝気運転設備の稼働実績

| 【2020年】      |                    |              |             |       |
|--------------|--------------------|--------------|-------------|-------|
| 曝気装置運転期間     | 曝気装置<br>運用数<br>(基) | 稼働時間<br>(時間) | 稼働日数<br>(日) | 総稼働時間 |
| 3月24日~6月16日  | 5                  | 8            | 85          | 3400  |
| 6月17日 ~7月7日  | 5                  | 12           | 21          | 1260  |
| 7月8日 ~11月25日 | 5                  | 24           | 141         | 16920 |
| 合言           | 247                | 21580        |             |       |

| 【2021年】     |                    |           |      |       |
|-------------|--------------------|-----------|------|-------|
| 曝気装置運転期間    | 曝気装置<br>運用数<br>(基) | 稼働時間 (時間) | 稼働日数 | 総稼働時間 |
| 3月24日~5月9日  | 5                  | 8         | 47   | 1880  |
| 5月10日~5月17日 | 1                  | 6         | 8    | 48    |
| 5月18日~5月30日 | 2                  | 6         | 13   | 156   |
| 5月31日~6月9日  | 3                  | 6         | 10   | 180   |
| 6月10日~6月29日 | 4                  | 6         | 20   | 480   |
| 6月30日~7月5日  | 5                  | 6         | 6    | 180   |
| 7月6日~12月5日  | 5                  | 8         | 153  | 6120  |
| 合言          | 257                | 9044      |      |       |

| 【2022年】      |                    |           |      |       |
|--------------|--------------------|-----------|------|-------|
| 曝気装置運転期間     | 曝気装置<br>運用数<br>(基) | 稼働時間 (時間) | 稼働日数 | 総稼働時間 |
| 4月1日~5月24日   | 1                  | 4         | 54   | 216   |
| 5月25日~6月2日   | 1                  | 6         | 9    | 54    |
| 6月3日 ~6月22日  | 3                  | 6         | 20   | 360   |
| 6月23日~8月9日   | 1                  | 12        | 48   | 576   |
| 8月10日~8月18日  | 3                  | 6         | 9    | 162   |
| 8月19日~9月21日  | 3                  | 12        | 34   | 1224  |
| 9月22日~10月13日 | 3                  | 4         | 22   | 264   |
| 合計           |                    |           | 196  | 2856  |



○ : T-N • : NO3-N • : T-P · : PO4-P

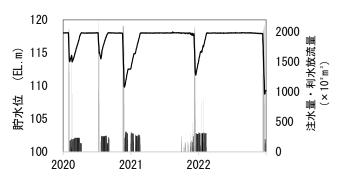


図-5 山口調整池の利水放流量・注水量実績 ─: 貯水位 | : 利水放流量 | : 注水量

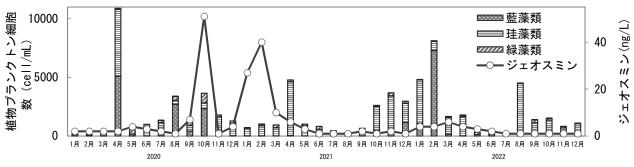


図-6 ジェオスミン濃度と植物プランクトン細胞数の周年変動

## (3) 放線菌が関連するカビ臭物質発生状況

2022年は、定期水質調査と併せて底質調査により放線菌とカビ臭物質の周年変動を確認した。その結果を図-7に示す。放線菌は1~3月に35,000~43,000cfu/gと最も多く確認された。これは、曝気循環設備が稼働していないために湖底からの巻き上げが少なく、放線菌が生息する浮泥や植物プランクトンが堆積しやすい環境であったことが推察される。ジェオスミンは、定量下限値0.01~0.08  $\mu$  g/kg・dryで変動し、10月に最大値となった。2-MIBは2月に0.11  $\mu$  g/kg・dryで最大値を示して以降、0.04  $\mu$  g/kg・dry以下で変動した。

底質と水中のジェオスミン濃度に相関はみられなかった一方,放線菌が多かった1~3月は水中ジェオスミン濃度が5ng/L以上あったことから,底質で発生したジェオスミンが水中に放出していた可能性がある.

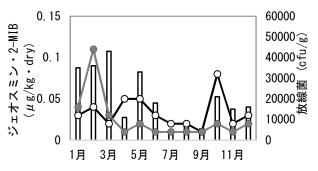


図-7 底質中のカビ臭物質濃度と放線菌コロニー形成単位 □: 放線菌 ○: ジェオスミン ●: 2-MIB

### 5. おわり**に**

カビ臭発生を抑制するための曝気循環設備の試験運用 経過について、以下にまとめる.

○ 曝気循環設備の運転開始・停止時の台数及び時間 を段階的に増減し、かつ運転日数及び総稼働時間 を従来までより減じても、水道水質基準値を超え

- るカビ臭物質及びアオコの発生はなく,その原因 となる生物の増加もみられなかった.
- カビ臭発生目安とされる5ng/L以上のジェオスミン が検出された2022年1~4月のうち、曝気循環設備 を運転していたのは4月のみであった。
- 曝気循環設備を停止していた2022年1~3月は Aphanizomenon属が100cells/mL以上あったが、ジェオ スミン濃度は水道水質基準値を下回った。

2022年までの試験運用では、曝気循環設備の運用方法とカビ臭抑制効果の相関について明確に把握することができなかった。今後の課題として、山口調整池の回転率は10年平均(2012~2021年)で0.5と低く、かつカビ臭発生メカニズムは明確でないため、引き続き曝気循環設備の運転状況とカビ臭発生因子との関係についてデータを蓄積する必要がある。また、本稿では断続的に課題となっているジェオスミンを主題としたが、その他の水質障害を引き起こす物質についても注視しながら試験運用の効果検証を重ね、曝気循環設備の最適な運用方法を構築したい。

### 参考文献

- 1) 岳小原幸徳、藤松純弘:山口調整池におけるカビ臭発生要因 の検証について(経過報告),令和3年度水資源機構筑後川 局技術研究発表会資料(2021).
- 2) 新山優子, 辻彰洋: 藍藻ネンジュモ目の浮遊性種の分類学的 変更と類似種の比較, 陸水学雑誌, 74:153-164 (2013)
- 3) 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課:ダム貯水池水 質改善に向けた気泡式循環施設マニュアル(案)~富栄養化対 策のための気泡式(曝気式)循環施設に関する技術資料~ (2022)
- 4) 今本博臣,高玉はるか,太田志津子,古里栄一:ダム貯水池 低層における嫌気層の形成と障害の発生,ダム工学,25(2): 89-98 (2015)

# 新技術を用いた構造物の定期点検の手法について

富永 拓也<sup>1</sup>·森崎 考史<sup>1</sup>

1. 九州地方整備局鹿児島国道事務所管理第二課(〒892-0812 鹿児島県鹿児島市浜町2番5号)

道路の維持管理において、増加する道路の老朽化施設への対応や激甚化する災害・豪雨への対応により、業務量の増加など、維持管理を取り巻く状況は大きく変化している。橋梁やトンネルなどの構造物の定期点検を行う上で、点検における労力削減や工期短縮を行うことを目的として、点検支援技術を一部導入しており、本文では過年度業務にて活用した新技術について紹介を行うものである。

キーワード 維持管理, 定期点検, 点検支援技術, 新技術

### 1. はじめに

鹿児島国道事務所では、国道3号、10号、58号、220号、225号、226号の6路線を管理しており、管理延長は313.6kmに及ぶ。(図-1)



図-1 管理区域図

トンネルや橋梁等は高度経済成長期に集中的に整備されてきた構造物が多く、供用から50年以上経過しているということもあり、老朽化が進行し、深刻な問題となっている。これらの道路構造物の長寿命化を目的に、効率的に維持管理していくため、2014年度より点検要領がまとめられ、以降、定期点検を実施している。

点検対象となる道路構造物については、橋梁やトンネルをはじめ、横断歩道橋、標識等の道路附属物なども多く、点検の実施方法も近接目視を基本としているため、健全性の診断をする上で、点検する人の技術力等によって評価が異なる恐れがあった。

これらの、技術力の差を埋めることと、作業効率の向 上等を目的として、2018年度より点検支援技術の活 用を試行的に行っており、本文では、これまで実際に当 事務所で使用された点検支援技術の紹介を行う。

## 2. 定期点検

維持管理は、点検→診断→措置→記録→ (次の点検) の業務サイクル (メンテナンスサイクル) を通して、長寿命化計画等の内容を充実し、予防的な保全を進めることを基本的な考えとしている。 (図-2)

このメンテナンスサイクルを計画的に行うため、また 適切な補修計画を実行するために、定期点検として、概 ね5年に1回のペースで道路構造物の点検を実施し、劣 化の状況(箇所、度合いなど)を写真と絵柄で記録する 事で、損傷状態の把握を行っている。



図-2 メンテナンスサイクルのイメージ図

定期点検は、「事前調査及び現地調査」⇒「点検準備」⇒「点検の実施」⇒「点検結果の整理」⇒「健全性の診断」の順で実施され、点検方法を選定するため、事前調査及び現地踏査を実施の上、実施計画を立案。

点検については近接目視を基本としており、高所での 作業は、高所作業車や橋梁点検車などを用いて点検を実 施している。

## 3. 点検支援技術(新技術)

## (1) 点検支援技術とは

点検支援技術とは、作業効率化のために国が主導 で点検に活用できる技術として整理し、2018年 度より全国で試行されている。

2024年4月時点で、橋梁点検の支援技術として175技術、トンネル点検の支援技術として81 技術が、点検支援性能カタログに掲載されており、 その他舗装や土工部、道路巡視についても、支援技 術が点検支援性能カタログに掲載されている。

#### (2) 点検支援技術導入について

国土交通省では、2022年度より新技術を用いた定期点検の高度化・効率化を促進するため、直轄 国道の橋梁とトンネルの定期点検業務の一部項目において、2023年度からは舗装点検業務の一部項目において点検支援技術の活用の原則化を実施。点検業務の大幅な効率化が期待できる項目については、新技術活用の原則化を行っている。(表-1)

| 橋梁   | ・人による外観性状の記録が困難な場所での写真撮影・記録・点検支援技術を用いた3次元写真記録・<br>・機器等による損傷図作成・<br>・水中部の河床、基礎、護床工等の位置計測・<br>・斜面上に築造された下部構造本体及び斜面の点群データ取得(形状把握)<br>・コンクリート構造の鋼材位置のコンクリート中に含まれる塩化物イオン量計測、又はかぶ<br>りコンクリート内の塩化物イオン量の深さ方向の把握(塩害の影響地域に位置する橋梁) |
|------|---|
| トンネル | ・トンネル内面の覆工等の変状(ひび割れ、うき、剥離等)を画像等で計測・記録   |
| 舗装   | ・舗装 の変状(ひび割れ、わだち 等)を画像等で計測・判定   |

表-1 点検支援技術の活用を原則とする項目

新技術を導入することで、地方公共団体など他の 道路管理者での新技術活用を促すとともに、民間企 業の技術開発の促進が期待される。

## 4. 事例紹介

鹿児島国道事務所では、これまでに多くの新技術を用いた点検を実施しており、実際にどのような効果が見られるのかを踏まえ、今回いくつかの事例を紹介する。

### (1) 国道10号 鳥越隧道(写真-1)



写真-1 鳥越隧道

#### a)諸元

鳥越隧道は国道10号に位置するトンネルで、 1957年に供用した延長367m、道路幅員 8.8mのトンネルである。

### b) 実施した新技術

「現場組立式画像撮影技術【コンサル独自技術】(NETIS登録:なし)」:近接目視にてチョーキングしたひび割れ長さ、うきなどの変状について、覆工表面を撮影し、スケッチ作業を代替できる技術。(写真-2、図-3)

「トンネル覆工展開図自動作成システム (NETIS登録: SK-220001-A)」:補修材の車両接 触跡等の変状について、3次元レーザースキャナで覆工表面を撮影し、トンネル内部形状を記 録し、変状展開図等を自動作成する技術。(写 真-3、図-4)



写真-2 点検状況1 (2024年6月撮影)

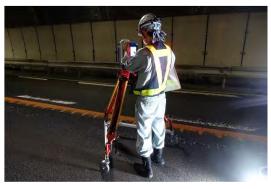


写真-3 点検状況 2 (3次元レーザースキャナ \_2024年6月撮影)

### c)活用効果

取得した画像、3次元点群データから変状展開図を作成することで、変状の範囲・位置、内空形状等を精度良く記録化し、点検成果の品質向上を図るとともに、現場作業時の記録作業を簡略化し、点検スケッチの漏れ防止や現場作業の短縮化を図ることが出来た。

また、3次元レーザースキャナの活用については、今回は補修材の車両接触跡の変状が確認された区間について内空形状把握のために活用を

実施し、画像撮影技術と組み合わせることで変 状箇所の正確な位置及び内空断面(建築限界) の把握を行うことが出来た。

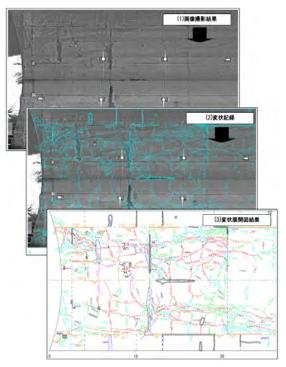


図-3 画像撮影による点検結果 (イメージ)

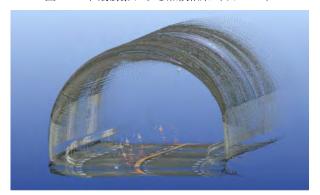


図-4 3次元レーザースキャナによる取得データ

## d)活用が見込まれる構造物

画像撮影技術については、覆工表面の状況を画像として記録することができるので、カルバート、水路トンネル等の構造物に対して活用が見込まれる。

また、3次元レーザースキャナの活用については、外力による変状による変形挙動や内空断面 (建築限界) の形状把握を行いたい場合に活用が見込まれる。

## (2) 国道3号 都川橋ランプ(写真-5)



写真-5 国道3号 都川橋ランプ

## a)諸元

都川橋ランプは南九州西回り自動車道に位置する単径間の橋梁で、2005年に供用した橋長36.1m、道路幅員19.4mのPC橋である。

## b) 実施した新技術

「点検ロボットカメラによる写真撮影 (NETIS 登録: KT-160016-VE)」:点検員が近接するのに 梯子や脚立、ロープアクセス等を必要とする部 位に対して、それらを必要とすることなく、点 検員が離れた場所よりカメラで視準して点検することを可能とする技術である。

(写真-6, 7)



写真-6 点検状況1 (2023年11月撮影)



写真-7 点検状況 2 (2023年11月撮影)

### c)活用効果

従来技術では、梯子を用いた近接目視や場合によっては、橋梁点検車を用いた損傷状況の把握を行っていたが、新技術を活用することで、従来技術よりも安価に調査が行える点に加え、遠隔操作による安全性の向上、近接した高画質な損傷写真の取得+スケール計測による損傷程度の定量化が可能になった。(図-5)



図-5 新技術による計測 (イメージ)

## d) 活用が見込まれる構造物

従来の点検では、桁下高さが5.0 m以上の橋梁を点検する場合は安全面より梯子による点検は行えず、代替案として高所作業車や橋梁点検車を採用するケースが多いが、これらは高所作業車及び橋梁点検車のバケットが桁下面に侵入可能であることが前提となっており、侵入不可となった橋梁は遠望目視による点検を実施する必要になる。

このような従来の点検方法にて近接目視が困難な橋梁について、新技術の活用が見込まれる。

## (3) 国道10号 溝橋3 (439.298) (写真-8)



写真-8 国道10号 溝橋3

#### a)諸元

溝橋 3 (439.298) は国道 1 0 号加治木バイパスに位置する溝橋で、橋長 6.2 m、道路幅員 2 2 mの橋梁である。

### b) 実施した新技術

「BLUE DOCTOR (NETIS 登録: QS-180009-VR)」: 点検時の高所作業車、脚立などの設備 を使用せず、交通規制を必要としないことによ る社会的な影響の減縮、点検作業の効率化が図 られる打音検査の代替となる技術である。

(写真-9)



写真-9 点検状況 (2023年11月撮影)

### c)活用効果

従来技術では、高所作業車や脚立を用いた打音 検査を行っていたが、新技術を活用することで、 従来技術よりも安価に調査が行える点に加え、

「うき」が確認された場合は、叩き落としを行う必要があるが、事前に叩き落とす範囲を明らかにしているため、たたき落としの作業も短時間で済むことから、交通規制の時間短縮をおこなうことが可能となった。また、ハンマーの振動をセンサーが感知し、自動で浮き・剥離などの損傷の確認を行えることから、点検する人の技術力の差を無くし、判断内容が異なる事を防ぐ事が出来た。(図-6)

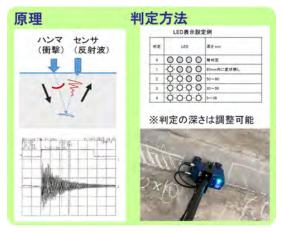


図-6 新技術による計測 (イメージ)

## d)活用が見込まれる構造物

コンクリート表面に対しまっすぐ押し当てるコツが必要なため、溝橋や床版橋等の平滑なコンクリート面の打音検査を実施する構造物に対して、技術の活用が見込まれる。

なお、熟練作業者でなくても、点検要領を満たす点検作 業が可能となるため、若手技術者など経験が浅い技術者 の補助としての活用も期待される。

## 5. 今後の課題

#### (1) コスト面

新技術の課題として一番の課題は、コスト面での 課題が大きい。

作業効率や精度、安全面を考えると新技術の方が 魅力的だが、高所作業などの特定の条件下を満たさ ないと、新技術にかかる費用は従来技術より高価に なるため採用しづらい状況となっている。

#### (2) 技術面での課題

今回用いた新技術において、画像点検技術については、あくまで「近接目視点検の代替」であり、現状の画像点検技術では目視のみでは確認できない「うき」まで把握できないことが課題として挙げられる。

そのため、「うき」の確認のためには別途、打音 検査が必要になり、撮影した画像に対する自動解析 機能は無く、損傷図作成にかかる作業が発生するな ど、外業の手間が増え、現場作業に時間がかかると いった課題もみられた。

また、打音検査の代替技術については、従来の打音検査に比べると、打音検査を全面で実施する必要があり、点検の効率は劣ってしまうといった課題や、「うき」や損傷が確認できた際に、マーキングやたたき落としの為に脚立等の準備が別で必要になるといった課題が挙げられる。

なので、打音検査の代替技術は、従来点検と併用 されることが多く、新技術単体で点検を完結するこ とは現時点では難しい。

## 6. おわりに

今回、鹿児島国道事務所にて実施された新技術について、事例を収集するにあたり、数多くの話を伺う事が出来、その中で強く感じたことは、日本で問題視されている道路構造物の老朽化や、技術者の高齢化・人手不足による技術力の継承がなされていないなど、点検業務を行う上で様々な課題がある中、新技術を活用することは、とても有用なことだという点である。

今後、道路構造物の老朽化や人手不足はさらに深刻化していくことが懸念される中で、新技術を活用することで精度の高い点検や診断ができ、点検する人に関係なく、見落としを防ぎ、記録にも残すことで効率的な維持管理につながる(事後保全をなくし予防保全に切り替える)ことから、新技術の普及は不可欠なものと考えられる。

そのためにも、新技術の活用については、従来方 法と比較して単純にコスト面で判断するのではなく、 工期縮減、安全性向上、省力化などの委託業者の取り巻く環境の改善を視野に入れて、点検手法を検討してもらい、新技術の活用を数多く実施してもらう必要がある。

新技術の活用事例が増えることで、今回挙げられた課題の改善だけでなく、よりよい点検技術の発展に繋がる。そのためにも、今後は積極的な新技術の活用を取り組んでいきたい。

**謝辞**:今回の発表にあたり、新技術を活用した点検事例について情報提供いただいた(株)オリエンタルコンサルタンツ、アジア航測(株)、(株)建設技術研究所の皆様をはじめ、ご協力いただきました関係各位に深く感謝申し上げます。

### 参考文献

1) 国土交通省HP: 「道路に関する新技術の活用」

2) 国土交通省HP: 「直轄点検における点検支援技術活用原則

化の取組」