

足羽川ダム建設事業におけるインフラツーリズムの取り組みについて

尼丁 勇輝¹

¹近畿地方整備局 足羽川ダム工事事務所 工事課 (〒918-8239福井県福井市成和1丁目2111)

足羽川ダムは、足羽川、日野川及び九頭竜川の下流域における洪水被害の軽減を目的として建設が進められている洪水調節専用の流水型ダムであり、完成すれば日本最大級のゲート付き流水型ダムとなる。現在ダム本体建設工事はダム堤体のコンクリート打設に向けて基礎掘削及び仮設備の工事を進めており、一般の方にも注目されつつあり、現場見学会への来訪者数が増加傾向にある。また、昨今のインフラ施設を観光とするインフラツーリズムが注目を集めており、足羽川ダムもその一つになることが期待される。本論文では、ダム事業に関する情報発信やプロジェクトチームを編成した活動及びそれらに関連する取り組み内容を紹介する。

キーワード インフラツーリズム、ダム見学、地域活性化

1. 足羽川ダム建設事業について

足羽川ダムは、九頭竜川水系足羽川の支川部子川（福井県今立郡池田町小畑地先）に建設する高さ96m、総貯水容量28,700千 m^3 、有効貯水容量（洪水調節容量）28,200千 m^3 の重力式コンクリートダム（図-1、図-2）である。下流地域の洪水被害軽減を唯一の目的としており、平常時は水を貯留しない洪水調節専用の流水型ダムである。

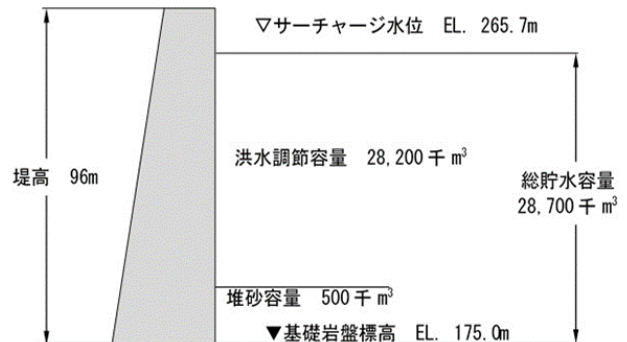


図-2 足羽川ダム貯水池容量配分図



図-1 足羽川ダム位置図

足羽川ダム建設事業は、河川整備計画期間内に整備する足羽川ダム本体及び水海川導水施設（分水堰・導水トンネル）をⅠ期事業として現在工事中である。また、将来計画（Ⅱ期事業）として、足羽川、割谷川及び赤谷川から洪水を導水する計画である（図-3）。

現在供用中の流水型ダムには、辰巳ダム（石川県）、益田川ダム（島根県）などがあるが、いずれも堤高50m程度であり、足羽川ダムが完成すればこれらを上回る国内最大級の流水型ダムとなる（図-4）。

2022年3月時点の事業進捗状況としては、ダム本体は基礎掘削（写真-1）を進行しており、導水トンネルは約66%の掘削が完了している。



図3 足羽川ダム計画平面図



図4 足羽川ダム完成イメージ



写真-1 基礎掘削状況写真 (2022年3月)

2. 足羽川ダム工事事務所における広報活動

近年、インフラ施設を観光するインフラツーリズムが注目されており、巨大な構造物のダイナミックな景観を楽しんだり、インフラ施設の役割や背景を学ぶことができる。そこで、ダムは迫力のある観光資源として期待されており、ダムツーリズムの一環として観光放流やダム堤内外の見学を通して、ダムの持つ役割を一般に発信しているダムも増加している。

足羽川ダムにおいても、国内最大級の流水型ダムとして、多くの方に事業の目的を知っていただくために、積極的に情報発信に取り組んでいる。広報プロジェクトチーム（以下、広報PT）を編成して若手職員主体でアイデアを出し広報活動の内容について定期的に議論を行

っている。広報活動として行ってきた取り組みの事例を以下で紹介する。

(1) 足羽川ダム現場見学会

本格的にダム本体建設工事が始まった足羽川ダムの工事現場を様々な方に体験していただくために、現場見学会を実施し、職員が建設までの背景やダムの機能・役割なども紹介しながら、ダム本体および導水トンネルの現場見学会を行っている（写真-2、写真-3、写真-4）。

令和3年度では、以前まで現場にて事業説明用の看板を用いて説明を行っていたが、より足羽川ダムの事業について知ってもらうためモニターを用いた説明を行った。現場見学会を実施するにあたり、広報PTにおいて事業説明や見学会の流れ、また、新型コロナウイルス感染症の感染予防対策（検温やアルコール消毒、説明者のフェイスシールド着用、参加者のマスク着用、参加人数の制限など）について、事務所内で勉強会を行い、見学会の対応を行った。

さらに、広報PTを中心に見学会を充実させるための様々なアイデアを出して、工夫を凝らした見学会を行っている。その一つに、ダムカードフレームを用いて、ダムの建設地などを背景に世界に一つだけのダムカードが撮影できるようにしたものを設置している。そのほかに、見学者へのアンケートを行い、更なる改善にも取り組んでいる。例として、「インターネットによる工事進捗状況をアップしてほしい。」といった感想をいただき、YouTubeによる情報発信など（後述）を行った。

また、令和3年度の来場者数は令和元年度（平成31年度）よりも、新型コロナウイルス感染症の影響により少なくなっているが、平成30年度、令和2年度の来場者数からは増加しており、一般の方への関心度が上がっていることが分かる（図-5）。



写真-2 現場見学会のようす（モニターによる事業説明）



写真3 現場見学会のようす (基礎掘削状況の見学)



写真4 現場見学会のようす (基礎掘削状況の見学)

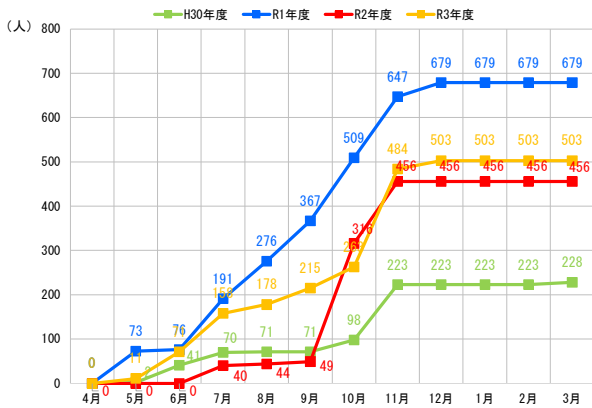


図-5 現場見学会来場者数グラフ (一般)

(2)ダムギャラリーあすわ及びダム本体建設工事展望台

2021年10月1日に、迫力ある建設現場を体験できる展示施設「ダムギャラリーあすわ(写真-5)」及び展望台「ダム本体建設工事展望台(写真-6)」を開設した。自由に見学できる施設となっており、開設後多くの方にご利用いただいている。

「ダムギャラリーあすわ」では、施設内に足羽川ダムに関する説明や資料をパネルと動画で見学できるほか、水海川導水トンネルの水理模型の展示やダム本体の巨大パスによる記念写真コーナーもあり、事業や工事進捗

について見学することができる。また、水没地に住まわれていた方々の生活のようすや池田町に関するパンフレットを設置し、情報提供を行い地域振興の場としても活用している。「ダム本体建設工事展望台」では、ダム建設現場上流からダム本体建設工事を一望できる展望台となっており、日々変化していく工事のようすを見学することができる。すぐ隣には「付替県道7号橋」が架かり、橋脚には洪水時の最高水位を示す印があり、展望台から貯水の規模を肌で体感することができる。

また、「ダムギャラリーあすわ」の開設にあたり、2021年9月30日にオープニングセレモニーを開催し、地域の関係者及び地元の小学生に参加いただいた(写真-7)。セレモニー後に小学生を対象とした足羽川ダムに関する校外学習と、「ダム本体建設工事展望台」において本体工事の現場を見学していただき普段では体験出来ない工事現場を学習してもらうことができた(写真-8, 写真-9)。参加した小学生からは、「ダムの規模に驚いた。国内最大級の流水型ダムということで、池田町の誇りに思う。」といった感想をいただいた。



写真5 ダムギャラリーあすわ室内



写真6 ダム本体建設工事展望台 (2022年11月)



写真7 ダムギャラリーあすわオープニングセレモニー



写真-8 地元小学生を対象とした校外学習



写真-9 地元小学生を対象とした現場見学会

(3) 足羽川ダム ニュースレター

工事の流れや進捗状況、イベント実施時の内容（式典や池田町民限定の現場見学会）について広く情報発信をするため、足羽川ダムニュースレター（資料-1）を定期的に発行している。ニュースレターは年3回程度発行し、池田町役場やまちの市場「こってコテいけだ」などで配布し、足羽川ダムを知ってもらうひとつのツールとして取り組んでいる。令和3年度は、掲載内容については広報PTで議論し、工事進捗状況やオープニングセレモニーについての合計3号（29号～31号）を発刊した。工事の進捗状況やダムについて理解してもらうために、何を

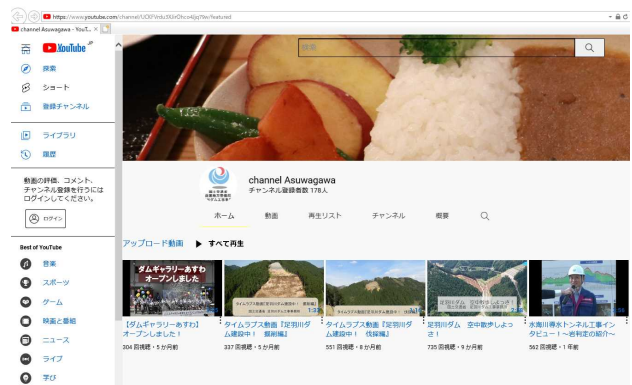


資料-1 ニュースレター31号

紹介するべきか工夫し、わかりやすいニュースレターとなるよう工夫して作成した。今後も進捗状況等について情報発信を行っていく。

(4) 動画を活用した広報活動

YouTubに公式チャンネルChannel Asuwagawaを2017年から設けており、定期的に3～4分の動画を投稿している。令和3年度は、タイムラプスで撮影した本体工事進捗状況の紹介やドローンで建設地の状況を空撮した動画などをアップした。タイムラプスにより樹木伐採から基礎掘削の進捗の様子を閲覧することができる。今後は、ダム堤体のコンクリート打設や水海川分水施設工事の様子を撮影し、進捗状況を紹介することで多くの方に足羽川ダム建設事業に興味を持っていただけたらと考えている。



資料-2 足羽川ダムYouTube公式チャンネル

4. 今後の展望

より多くの方に池田町や足羽川ダムを知ってもらうために様々な活動を行っているが、新型コロナウイルス感染症対策及び安全対策を実施した上で引き続き、現場見学会を開催していく必要がある。また、イベントなど一過性のもとするのではなく、開設した広報施設「ダムギャラリーあすわ」・「ダム本体建設工事展望台」を活用することにより継続的に実施できる企画を用意して、池田町や足羽川ダムのPRを行うことで、来場者も増加し、池田町の地域活性化にも寄与できると考える。そのためには、ニュースレターやYouTubeなどを利用して、広く情報を発信できるよう広報活動に力を入れていく必要がある。また、BIM/CIMを活用した3次元モデル（図-6、図-7）を来場者の方にタブレットを用いて操作していただき、立体的なダム完成後のイメージを来場者の方に体験していただく等、体験を取り入れた広報活動も考えられる。

さらに、足羽川ダム完成後においては、流水型ダムの「平常時には水をためない」という特徴を活かして、ダム壁面でのボルダリングが実施できれば、観光資源が創出され、更なる池田町の魅力向上に繋がると考える。実際に、高知県にある横瀬川ダム（四国地方整備局）では

ダム壁面を活用した、クライミング施設の横瀬川ダムクライミングウォール³⁾がある(写真-10)。平常時はダムを観光資源として積極的に利用することで地域活性化に寄与し、洪水時はダム本来の利用ができれば足羽川ダムの有効活用に繋がると考える。

加えて、池田町内のツリーピクニックアドベンチャーや日本の滝百選に選ばれている龍双ヶ滝など(写真-11、写真-12)⁴⁾と組み合わせたダムツーリズムができれば、さらに注目を集めることができると考えられる。広報活動を通じて、一般の方への事業の理解を得るための一つの手段として、インフラツーリズムを推し進めていきたい。



写真-11 ツリーピクニックアドベンチャーいけだ



図-6 3Dモデルのイメージ例

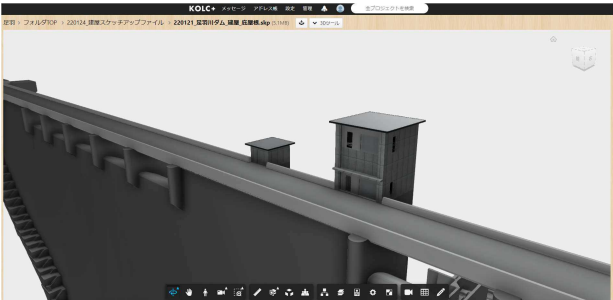


図-7 3Dモデルのイメージ例



写真-12 龍双ヶ滝



写真-10 横瀬川ダムクライミングウォール³⁾

5. おわりに

足羽川ダムでは、工事を進めているため、進捗に応じた広報活動を展開していく必要がある。例えば、工事が完了した後での広報施設について、(仮称)足羽川ダム管理支所(管理棟)に設置することを考慮して設計を行っていく必要があることや工事進捗による事業説明を更新していく必要がある。

今後、来場者が増加していく中で、ダムの魅力を発信するため、これまでの広報活動を継続・拡充していき池田町の地域活性化にも寄与していきたい。

参考文献

- 1) YouTube公式チャンネルChannel Asuwagawa
<https://www.youtube.com/channel/UCKFVrdu3XJrOhco4Jjq79w/featured>
- 2) 渡川ダム統合管理事務所ウェブサイト
<http://www.skr.mlit.go.jp/watarigawadam/>
- 3) 宿毛市ウェブサイト
<https://www.city.sukumo.kochi.jp/docs-18/18068.html>
- 4) 福井県池田町HP
<https://www.town.ikedai.fukui.jp/index.html>

真名川ダムにおける 特定外来生物オオハンゴンソウ 駆除対策検討モニタリングについて

瀧 蒼馬¹・松窪 賢志²

¹近畿地方整備局 琵琶湖河川事務所 管理課 (〒520-2279 滋賀県大津市黒津4-5-1)

²近畿地方整備局 紀伊山系砂防事務所 建設監督官 (〒637-0002 奈良県五條市三在町1681) .

真名川ダム周辺では、既往の河川水辺の国勢調査において 1995 年より特定外来生物のオオハンゴンソウが確認されており、在来種への影響が懸念されている。そのため、これまでにドローン空撮による分布状況調査や、大規模群落の上部刈取りおよび抜根による駆除対策を実施してきたが、後述する駆除効果や処理方法等で課題が存在した。

本稿では、それらの課題の解決を目指し、2021年において実施したモニタリング調査内容や調査結果、並びに駆除方法の比較検討の結果について示す。

キーワード 特定外来生物、オオハンゴンソウ、駆除、真名川ダム、覆土

1. はじめに

真名川ダムでは、既往の河川水辺の国勢調査(植物、環境基図作成)において、1995 年から継続的に特定外来生物のオオハンゴンソウ(写真-1)が確認されている。

また、2019 年 2 月 28 日に開催された第 16 回近畿地方ダム等管理フォローアップ委員会(以下、フォローアップ委員会)では、真名川ダムにおけるオオハンゴンソウなどの駆除に関する意見が挙げられ、駆除対策検討の必要性を指摘された。

そのため、2020 年には、真名川ダムにおけるオオハンゴンソウの分布状況の把握のため、ドローンによる空撮や、中島地区の一部および中島地区下流域(以下、その他 1 地区)(図-1)において上部刈取りや抜根による駆除を実施したが、駆除効果や処理方法等で課題が存在した。

2021年の調査内容としては、上記の課題を踏まえ、中島地区周辺におけるオオハンゴンソウ駆除モニタリング調査計画を策定し、初年度調査として、上部刈取りや抜根等の駆除方法の検討およびその効果検証を行ったものである。



写真-1 オオハンゴンソウ

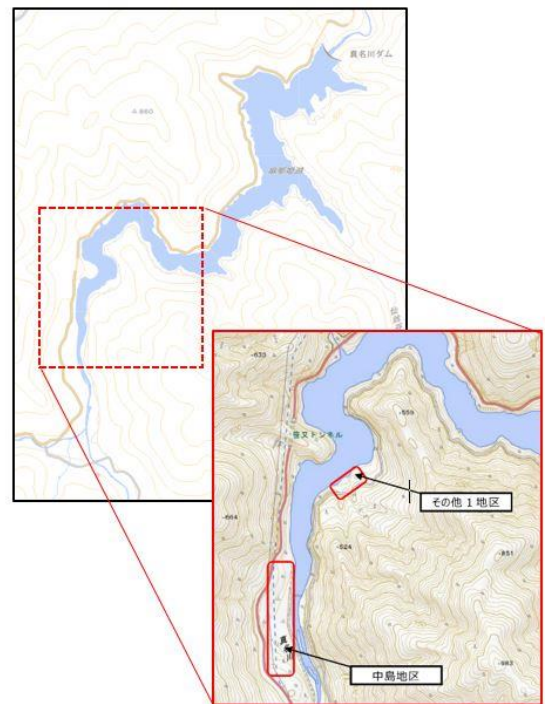


図-1 調査対象位置図

2. オオハンゴンソウの生態的特徴¹⁾

キク目キク科のオオハンゴンソウは、生長により高さが 0.5m から 3.0m 程になる北米原産の多年生草本であり、日本では中部地方以北の寒冷な土地に分布し、肥沃で湿った場所に生育する。

開花期は 7 月から 10 月で、地中水平方向に走る地下茎から茎を叢生する。地下茎から発芽を抑制する物質

が分泌され、他の植物を発芽させないアレロパシー作用がある。また、地下茎のほか、埋土種子(シードバンク)でも増殖することができる繁殖力旺盛な植物である。よって、一度定着すると駆逐することが難しく²⁾、オオハンゴンソウの侵入による在来種の減少が問題となっている。

3. これまでの経緯

(1) 既往調査の整理

真名川ダムにおけるオオハンゴンソウの生息状況は、1995、1998、2003、2014年の河川水辺の国勢調査(植物)および、2010年の河川水辺の国勢調査(環境基図作成)において継続的に確認されている。

また、フォローアップ委員会では、同キク科のオオキンケイギクを含めた外来種について、駆除対策検討の必要性が論点として挙げた。

(2) 2020年における分布状況調査について⁴⁾

2020年では、フォローアップ委員会での意見を踏まえ、8月3日に真名川ダム周辺の中島地区でドローンによる空撮(写真-2)を行い、オオハンゴンソウ分布状況調査を実施した。

調査の結果、中島地区において約21,200m²のオオハンゴンソウ分布を確認した(図-2)。また、その他1地区で、約1,000m²の群落(写真-3)が確認された。

その後、分布拡大抑制のため、中島地区の一部において抜根、その他1地区の全域において上部刈取りによる駆除を実施した。

(3) オオハンゴンソウ駆除の課題

2020年に実施したオオハンゴンソウの駆除については、駆除方法や駆除個体の運搬方法、処理方法等において課題が存在した(表-1)。



写真-2 ドローン撮影によるオオハンゴンソウの分布状況調査

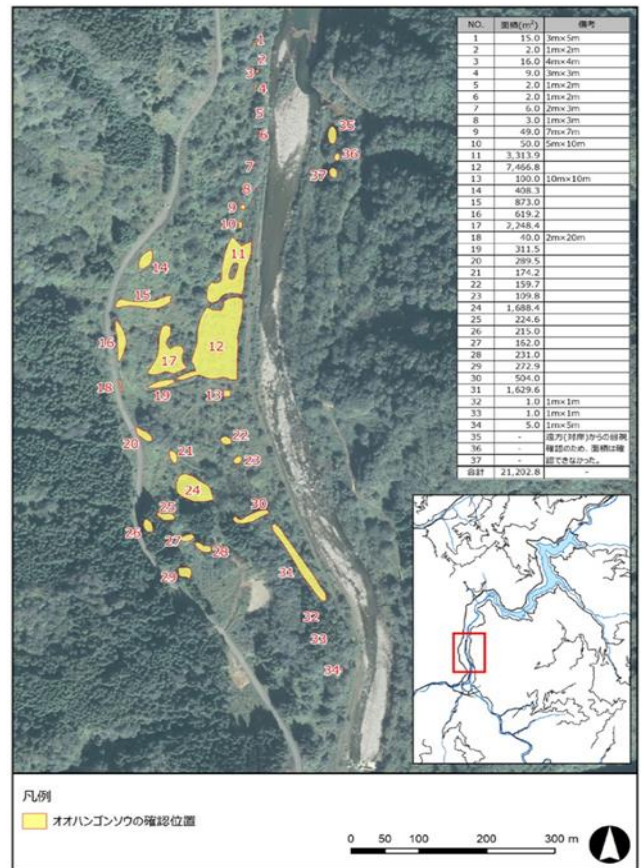


図-2 中島地区におけるオオハンゴンソウの分布図(航空写真)



写真-3 新規確認されたオオハンゴンソウ群落(その他1地区)

表-1 オオハンゴンソウ駆除の課題^{2) 5)}

| 項目 | 課題 |
|------|--|
| 駆除方法 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 「抜根」は駆除効果が悪い。 ▶ 「上部刈取り」は効果が一時的。 |
| 運搬方法 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 当地区への進入路がなく、また急峻な崖、集落跡地の起伏の大きい土地のため、車・大型重機の近寄れない箇所が点在しており、駆除個体の搬出が困難。 ▶ 運搬時に袋が破損し、種子を散布するリスク。 |
| 処理方法 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 運搬が不可である場合、地中に埋め、自然分解させる処理方法があるが、車・重機の近寄れない場所では重労働。 |
| その他 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 真名川ダムでのオオハンゴンソウ群落が定着後複数年経過しており、土壌に埋土種子が含まれると考えられる。 |

(4) オオハンゴウソウ駆除の対策

オオハンゴウソウの駆除は、各地で様々な取組みがされており、駆除方法としては「覆土」が最も作業量見合いの効果が大きいという結果がある(図-3)。

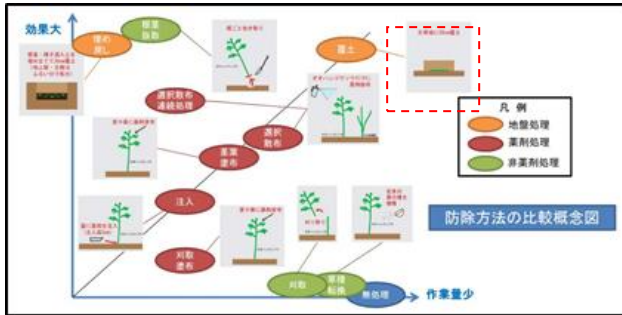


図-3 駆除効果と作業量の二面から評価した比較概念図²⁾

しかし、立地条件などが異なることから、それらの結果をそのまま活用することはできない。そのため、2020年に実施したオオハンゴウソウ駆除の課題への対策(表-2)を踏まえ、効果的な駆除方法の検討を行ったうえで、モニタリング調査計画の作成を行ったものである。

表-2 オオハンゴウソウ駆除の課題への対策^{2) 5)}

| 項目 | 対策 |
|------|--|
| 駆除方法 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 群落規模や立地条件に応じて「覆土」、「抜根」、「上部刈取り」の駆除方法を使い分ける。 ▶ 「上部刈取り」は方法・時期・回数を工夫。 |
| 運搬方法 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 種子ができる7月までに駆除を実施し、現場に残置。現場からの運搬手間をなくす。 |
| 処理方法 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 車・重機の近寄れない場所においては、地中に埋め、自然分解させる方法ではなく、駆除個体の種子が飛散しないよう、シートを敷設し、その上に駆除個体を置く。上からシートを被せ枯死させる。 ▶ その後シートを撤去。現場で自然分解させる。 |
| その他 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 駆除後は生育がみられなくなるまで経過観察。生育がみられた場合は適宜駆除を実施。 ▶ 埋土種子の発芽を抑制するため、抜根や上部刈取り後に防草シートを敷設。 ▶ 覆土前に防草シートを敷設し、防除効果を高める。 |

4. モニタリング調査

(1) 調査目的

本調査では、2020年の駆除で考えられた課題と対策を踏まえ、真名川ダム周辺で効果・効率的な駆除方法を検討する基礎データを得るため、表-3の概要に基づきモニタリング調査を実施することを目的とした。

(2) 調査の概要

覆土、抜根等の4つの駆除方法についてそれぞれ方法・回数を変えた調査区を、中島地区で10調査区、その他1地区で7調査区を設定した。調査期間は2021年5月から11月とし、各地区で各年5回の現地測定を行い、オオ

ハンゴウソウの生育株数や植被率、最大高を測定した(表-3、表-4)。

表-3 モニタリング調査の概要

| 項目 | 課題 |
|------|---|
| 調査期間 | 【全体】 ▶ 2021年～2026年の6年間 【2021年】 ▶ 2021年5月～11月 (中島地区:5月～9月,その他1地区:7月～11月) |
| 測定項目 | ▶ オオハンゴウソウ生育株数(株) ▶ オオハンゴウソウ植被率(%) ▶ オオハンゴウソウ最大高(cm) |
| 駆除方法 | ▶ 覆土: 上部刈取り後、覆土(10cm厚 ^{※1})を行う。 ▶ 刈取り: 刈払機を用いて、上部刈取りを行う。 ▶ 抜根: 手作業で地下茎ごと抜き取る。 ▶ 防草シート: 防草シートで、調査区を覆い、固定する。 |
| 調査区 | ▶ 中島地区: 10調査区 ^{※2} ▶ その他1地区: 7調査区 ^{※2} ※その他1地区は、常時満水位付近での貯留によっては水没するため、防草シートおよび覆土は実施していない。 |

※1: 「オオハンゴウソウ防除の取組」(旭川河川事務所)より、覆土厚10cmでの駆除効果が確認されているため、本調査の覆土厚を10cmと設定した。

※2: 1調査区のサイズは2.0m×2.0mとした。

表-4 モニタリング調査計画(2021年)

| 地区 | 調査区 | 令和3年 | | | | | | | | | | 作業内容 |
|--------|-------|------|----|----|----|----|-----|-----|--|--|--|-----------------|
| | | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | | | | |
| 中島地区 | 調査区1 | | | | | | | | | | | 刈取り上部(覆元)+防草シート |
| | 調査区2 | | | | | | | | | | | 刈取り上部(覆元)のみ |
| | 調査区3 | | | | | | | | | | | 刈取り上部(覆元)のみ |
| | 調査区4 | | | | | | | | | | | 刈取り上部(覆元)のみ |
| | 調査区5 | | | | | | | | | | | 抜根+防草シート |
| | 調査区6 | | | | | | | | | | | 抜根のみ |
| | 調査区7 | | | | | | | | | | | 抜根のみ |
| | 調査区8 | | | | | | | | | | | 抜根のみ |
| | 調査区9 | | | | | | | | | | | 対照区 |
| | 調査区10 | | | | | | | | | | | 覆土(※令和3年度に覆土済み) |
| その他1地区 | 現地測定 | ● | ● | ● | ● | ● | | | | | | 5回 |
| | 調査区2 | | | | | | | | | | | 刈取り上部(覆元)のみ |
| | 調査区3 | | | | | | | | | | | 刈取り上部(覆元)のみ |
| | 調査区4 | | | | | | | | | | | 刈取り上部(覆元)のみ |
| | 調査区6 | | | | | | | | | | | 抜根のみ |
| その他1地区 | 調査区7 | | | | | | | | | | | 抜根のみ |
| | 調査区8 | | | | | | | | | | | 抜根のみ |
| | 調査区9 | | | | | | | | | | | 対照区 |
| | 現地測定 | | | | | | | | | | | 5回 |

○: 上部刈取り作業 ■: 抜根作業 ■: 覆土作業

5. モニタリング調査結果

(1) 中島地区

中島地区においては、2021年5月24,25日に調査区の設定・作業を開始した。

現地測定の結果、覆土、防草シート敷設を行った調査区で駆除効果が確認された。また、抜根を行った調査区では概ねの駆除効果が確認された。また、植被率の調査区9(対照区 駆除作業なし)の結果より、オオハンゴウソウは6～7月に生長し、5月で駆除しきれなかった株は9月時点で約50%が残存することが確認された(図-4)。

(2) その他1地区

その他1地区においては、2021年8月3日に調査区の設定・作業を開始した。

現地測定の結果、8月に上部刈取り・抜根した効果

は11月まで概ね持続していた。駆除効果の高かった方法は、抜根、上部刈取りの順であった(図-5)。

8月以降にオオハンゴンソウの生長があまりみられなかった要因として、冬期から続く常時満水位付近までの貯留により6月末まで生息地が水没していたため、日照不足に陥り地下茎への栄養分の蓄えができなかったこと、また、制限水位に移行する際の水位低下後に生長したことによって、栄養分をある程度消費しており、その状態で上部刈取りを行ったことで、8月以降の生長を抑制できた可能性が考えられた。

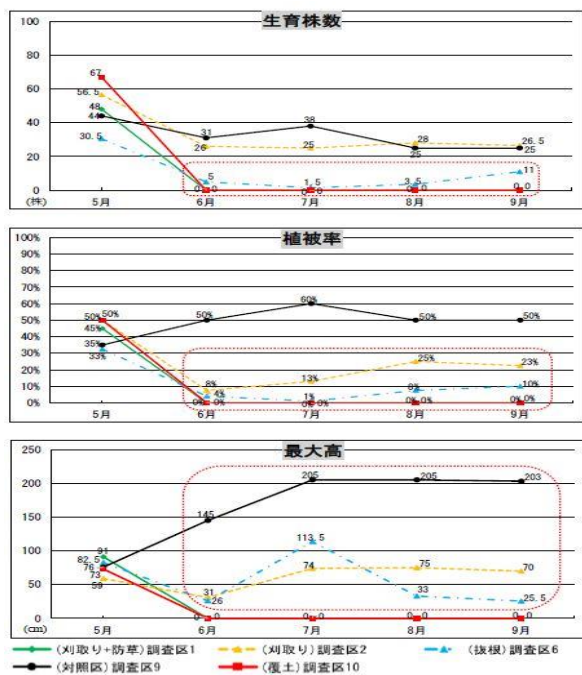


図-4 現地測定結果 (中島地区)

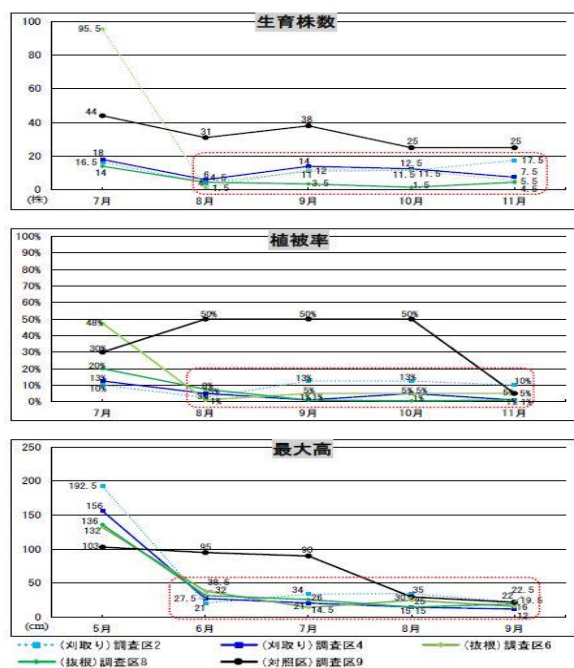


図-5 現地測定結果 (その他1地区)

6. 駆除効果検証

本調査結果を踏まえ、今後の広範囲における駆除を実施した場合の有効な駆除方法について比較検討を行った(表-5、表-6)。

比較検討内容は駆除効果、労力・コスト、効果持続性について、◎、○、△、×の4段階で評価を行った結果、4つの駆除方法の中で覆土が7点と最も高い結果となった。

表-5 各駆除方法の比較検討

| 駆除方法 | 駆除効果 | 労力コスト | 効果持続性 | 合計※ |
|-------|------|-------|-------|-----|
| 上部刈取り | × | △ | × | 1点 |
| 抜根 | △ | × | △ | 2点 |
| 防草シート | ◎ | × | ◎ | 6点 |
| 覆土 | ◎ | △ | ◎ | 7点 |

※評価基準は、◎:3点 ○:2点 △:1点 ×:0点として評価を行った。

表-6 比較検討結果

| 駆除方法 | 比較検討結果 |
|-------|---|
| 上部刈取り | <p>【駆除効果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 上部刈取り後1ヶ月程度は効果が持続するが、その後植被率は上昇する傾向にある。 <p>【労力・コスト】</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 広範囲の駆除を想定した場合、作業日数がかかる。また、毎年作業を行う必要があるため、継続的にコストがかかる。 <p>【持続性】</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 上部刈取り後1ヶ月程度は効果が持続するが、その後新規の株や残存した株が生長を進める。 |
| 抜根 | <p>【駆除効果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 抜根後1ヶ月程度は効果が持続されるが、その後徐々に植被率は上昇する傾向にある。 <p>【労力・コスト】</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 広範囲の駆除を想定した場合、作業日数がかかる。また、毎年作業を行う必要があるため、継続的にコストがかかる。 ▶ 対象種の株を選択して抜根するため、上部刈取りより駆除作業に時間と労力がかかる。 <p>【持続性】</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 抜根約3ヶ月後では、初期の40~50%の株を駆除できていた。 |
| 防草シート | <p>【駆除効果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 防草シート敷設後、株は確認されず、効果は大きい。 <p>【労力・コスト】</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 広範囲の駆除を想定した場合、防草シート敷設前の上部刈取り作業、材料費および敷設作業にコストがかかる。 <p>【持続性】</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 防草シート敷設後、シートが消失または撤去するまで※1。 |
| 覆土※2 | <p>【駆除効果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 覆土後、株は確認されず、効果は大きい。 <p>【労力・コスト】</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 広範囲の駆除を想定した場合、覆土実施前の上部刈取り作業、仮設道路設営や重機作業にコストがかかる。 ▶ ダムの堆砂などを活用した場合、コストを抑えることが可能。 <p>【持続性】</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 覆土後、砂が流出または野生動物による掘り起こしによって、地表面が露出するまで。 |

※1 防草シートについて、紛失した箇所新たに種子が侵入する可能性が高いため、効果持続性としては「シートを消失または撤去するまで」という表現とした。

※2 覆土については、表-9の防獣対策、流水対策を講じた上での評価としている。

7. 今後の覆土計画 (案)

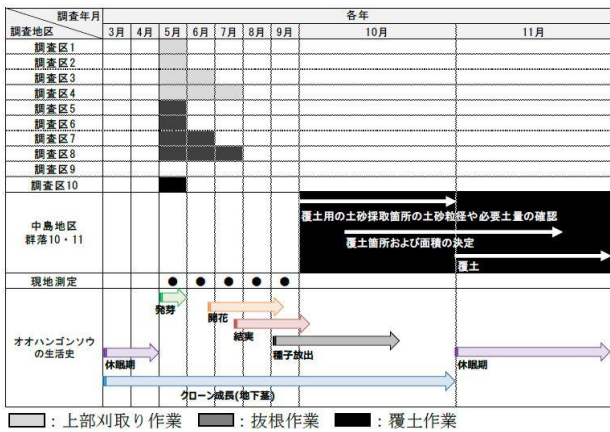
(1) 覆土計画 (案)

先の比較検討により、覆土が最も効果的な駆除方法であると判断されたため、真名川ダムにおける今後の覆土計画(案)を策定した。覆土計画(案)を表-7に示す。

真名川ダムでは定期的に堆砂の撤去を実施していることから、これらを利用していくことが望まれるが、現時点で堆砂活用の可否は不明である。今後、本モニタリング調査と並行して、堆砂の利用の可否を検討していく。仮に、堆砂の利用が可能な場合、利用できる堆砂量から覆土できる面積を算出し、運搬方法等の検討を行い、オオハンゴンソウが休眠期に入る10月から11月にかけて覆土を実施する計画とする。

覆土を優先的に実施する箇所は、現時点ではコスト面や駆除効果の観点から、仮設道路設営の必要がなく、大きな群落が形成されている中島地区の群落10や11(図-2)を優先する。

表-7 覆土計画 (案)



(2) 覆土実施時の留意事項

覆土を実施する際の留意事項を表-8に整理した。

表-8 覆土実施時の留意事項

| 覆土実施の際の留意事項 |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 覆土を実施する際、オオハンゴンソウは休眠期であり、生育株数は少ないと考えられるが、もし背丈が高い株が存在していた場合は、上部刈取りを行い、覆土厚10cm厚外に株が露出しないよう留意する。 覆土箇所は土砂流出の可能性が少ない真名川河道内であるため、対策の実施については検討を行う必要がある。 |

8. 覆土実施における課題と対策

本調査で最も効果的と判断された「覆土」であったが、野生動物による覆土箇所の掘り起こしや、降雨や地表面の流水による土砂の流出等についての課題が明らかとなったため、それらへの対策を表-9に整理した。

表-9 覆土の駆除方法における課題と対策

| 項目 | 課題 |
|-------------------|---|
| 野生動物による掘り起こし | <ul style="list-style-type: none"> 野生動物によって調査区内の土砂が掘り起こされ、地表面が露出してしまふ。 |
| | <p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> 覆土範囲への防獣金網の設置 ⇒覆土範囲四方に防獣金網を設置することで、野生動物による掘り起こしを防ぎ、覆土の露出を軽減させる。 |
| 降雨や地表面の流水による土砂の流出 | <p>課題</p> <ul style="list-style-type: none"> 降雨や地表面の流水によって調査区内の土砂が流出し、地表面が露出してしまふ。 |
| | <p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> 覆土範囲への波板等の設置 ⇒地表面の流水方向に対する覆土範囲に、波板等を埋め込むことで、覆土範囲内への流水の流入を防ぎ、土砂の流出を軽減させる。 |
| 覆土の土砂調達について | <p>課題</p> <ul style="list-style-type: none"> 覆土の用いる土砂について、土砂を購入する場合、覆土範囲を拡大するにつれコストが高くなってしまふ。 |
| | <p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> 真名川ダム上流域における堆砂撤去土砂の活用 ⇒真名川ダムにおいて、堆砂の撤去時に発生する土砂を、覆土に活用することによって、安価に覆土を実施することができる。 ⇒現時点では、堆砂撤去による発生土砂量が不明であること、土砂の運搬方法や運搬経路等も未確定であることから、今後、堆砂の活用については、活用の可否を検討する必要がある。 |
| 真名川流下能力の低下 | <p>課題</p> <ul style="list-style-type: none"> 覆土箇所はダム湖流入河川の河道内であるため、土砂敷設による真名川の流下能力が懸念される。 |
| | <p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> 現状において、覆土箇所は河道断面外であり、出水による水位上昇によって浸水する可能性は低いため、真名川の流下能力に影響する可能性は低いと考えられる。 |
| 出水による土砂流出のコスト | <p>課題</p> <ul style="list-style-type: none"> 堆砂撤去により発生した土砂を覆土に用いたとしても、出水によって流出した場合に、再度堆砂の撤去と敷設にコストがかかってしまふ。 |
| | <p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> 現状において、覆土箇所は河道断面外であり、出水による水位上昇によって浸水する可能性は低いため、真名川の流下能力に影響する可能性は低いと考えられる。 |
| 覆土のための重機類のコスト | <p>課題</p> <ul style="list-style-type: none"> 覆土を実施する際、仮設道路の設置や、小型重機、小型ダンプ機の作業があり、コストがかかってしまふ。 施工するにあたり、広範囲の樹木の伐採が生じる。 |
| | <p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> 仮設道路が最短距離となるよう、また、樹木の伐採面積が最小となるような覆土計画を策定する。 |

9. 今後の展開

2022年では、2021年同様に中島地区およびその他1地区のモニタリング調査を実施する予定である(表-10)。

また、本モニタリング調査の調査期間は駆除作業期間が3年間、その後のモニタリング調査期間が3年間の計6間を想定している。

ただし、各年のモニタリング調査結果を受け、順応的に駆除作業期間やモニタリング調査期間の見直しを行うこととする。

表-10 今後のモニタリング調査計画
(2022～2026)

| 調査地区 | 調査月 | 令和3年 | 令和4年 | 令和5年 | 令和6年 | 令和7年 | 令和8年 | 作業内容 |
|--------|---------|------|------|------|------|------|------|---|
| 調査区1※ | | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | 刈取り上部(根元)+防草シート(3年間) ※令和6年に防草シートを撤去。 |
| 調査区2 | 調査区2-1 | ● | ● | ○ | ○ | ○ | ○ | 刈取り上部(根元)を1回/年(5月) |
| | 調査区2-2 | ● | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 調査区3 | 調査区3-1 | ● | ● | ○ | ○ | ○ | ○ | 刈取り上部(根元)を2回/年(5, 6月) |
| | 調査区3-2 | ● | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 調査区4 | 調査区4-1 | ● | ● | ○ | ○ | ○ | ○ | 刈取り上部(根元)を3回/年(5, 6, 7月) |
| | 調査区4-2 | ● | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 調査区5※ | | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | 抜根+防草シート(3年間) ※令和6年に防草シートを撤去。 |
| 調査区6 | 調査区6-1 | ● | ● | ○ | ○ | ○ | ○ | 抜根のみを1回/年(5月) |
| | 調査区6-2 | ● | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 調査区7 | 調査区7-1 | ● | ● | ○ | ○ | ○ | ○ | 抜根のみを2回/年(5, 6月) |
| | 調査区7-2 | ● | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 調査区8 | 調査区8-1 | ● | ● | ○ | ○ | ○ | ○ | 抜根のみを3回/年(5, 6, 7月) |
| | 調査区8-2 | ● | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 調査区9 | | ● | ● | ○ | ○ | ○ | ○ | 対照区(未駆除) ※駆除停止のため7月に上部刈取り。 |
| 調査区10※ | 調査区10-1 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | 覆土(10cm)のみ |
| | 調査区10-2 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |

[備考]

●：駆除およびモニタリング調査

○：モニタリング調査

△：モニタリング調査および防草シート撤去

※：中島地区のみ

□：2023年に中間の効果検証・2年間継続と3年間継続の効果の差の検証

今後、堆砂撤去の土砂の確保が可能となった場合は、新たに覆土範囲を拡大し、効果的な調査区の設定および覆土による駆除を実施し、今後のモニタリング調査および真名川ダムにおけるオオハンゴンソウ駆除への成果へ寄与していくことを考えている。

巻末

本論文は、従前の配属先（九頭竜川ダム統合管理事務所）における所掌内容を報告したものである。

参考文献

- 1) 環境省 HP 特定外来生物の解説
(<https://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/list/L-syo-03.html>) 一部引用改変
- 2) 「オオハンゴンソウ防除の取組」(旭川河川事務所) 一部引用改変
- 3) 真名川ダム定期報告書(2019年3月) 一部引用改変
- 4) ダム管理フォローアップ年次報告書作成他業務(2021年3月) 一部引用追記
- 5) 「2012年度 特定外来生物オオハンゴンソウの防除について」(2012年 技術発表会 国土交通省北海道開発局)を参考に対策を検討した。

万博関連事業に配慮した夢洲コンテナターミナルの整備方針について ～大阪・関西万博開催時及び同関連事業の交通阻害対策にも寄与～

竹下 航¹

¹近畿地方整備局 大阪港湾・空港整備事務所 第一建設管理官室（〒552-0007 大阪府大阪市港区弁天1丁目2番1-1500号）

大阪港夢洲コンテナターミナル（以下夢洲CT）は、国際コンテナ戦略港湾「阪神港」の中核施設として増大するコンテナの取扱量とコンテナ船の大型化に対応するため、耐震強化岸壁と一体的に機能する荷さばき地拡張整備を進めている。現在、夢洲CT周辺では、道路に入場待ち車両の滞留が発生しており、2025年大阪・関西万博開催に伴い、さらに交通量が増大することから、交通円滑化のための対策が急務となっている。本論文において、大阪港湾・空港整備事務所が実施している「荷さばき地拡張」に依る、サプライ・チェーン強化への効果と共に、万博開催時及び同関連事業時における交通阻害対策への寄与について報告を行うものである。

キーワード 国際コンテナ戦略港湾、万博、サプライチェーン強化、交通阻害対策

1. はじめに

大阪港では、今後のコンテナ貨物の増加及び船舶の大型化に対応するため、北港南地区(夢洲)に大水深連続バースを有する高規格コンテナターミナルを整備している。(図-1)

また、夢洲では2025年4月から大阪・関西万博の開催が決定しており、万博関連工事も行われているところである。このため、工事期間中ならびに万博開催期間中の交通量が増大し、円滑な交通が阻害される恐れがあることから、万博来場車両のみならず、物流車両についても交通円滑化の対策が必要となっている。

本論文では、国土交通省近畿地方整備局ならびに大阪市とで協同で取り組んでいる夢洲地区における万博開催時の物流対策を紹介すると共に、さらに、その中から大阪港湾・空港整備事務所が実施している「荷さばき地拡張」について、万博開催時及び同関連事業時における交通阻害対策への寄与について報告を行うものである。

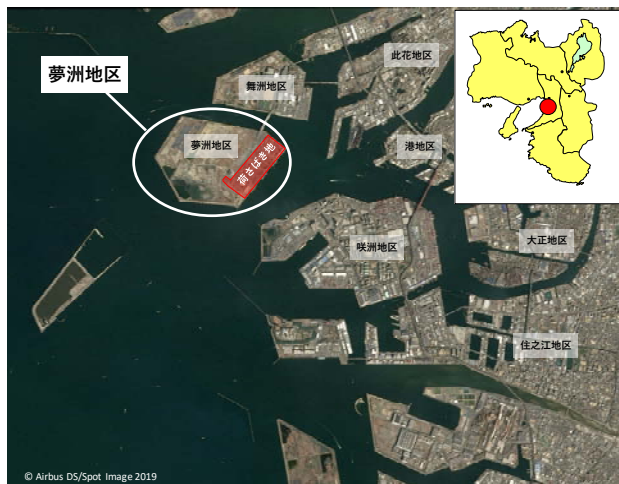


図-1 大阪港及び北港南地区(夢洲)位置図

| 項目 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|----------------|------|---------------------|------|-------------------|----------|------|------|
| ① CONPASの導入 | | 概略・詳細設計 試験期間中の試験 | 試験運用 | 順次導入 | 常時運用 | | |
| ② 車両待機場の整備 | | 詳細設計 | 工事 | 供用開始 | | | |
| ③ ターミナルゲート時間延長 | | 社会実験 検討・協議等 | | | 社会 実験 | | 実施 |
| ④ 荷さばき地拡張 | | 検討・協議等 | 詳細設計 | CT拡充工事 ゲート増設工事 | | 運用 | |

図-2 物流交通対策概略工程

2. 万博開催時の物流交通対策

物流交通対策については、万博が開催される2025年を踏まえた工程で進められており(図-2)、以下にそれぞれの概要を示す。

(1) 新・港湾情報システム(CONPAS)の導入

CONPAS (Container Fast Pass) は、コンテナターミナルのゲート前混雑の解消やコンテナトレーラーのターミナル滞在時間の短縮を図ることでコンテナ物流の効率化及び生産性向上を実現することを目的として、国土交通省が開発したシステムである。(図-3)(表-1)

神戸港で実施した試験運用においては、トレーラー1台あたりのゲート処理時間が約6~8割削減されることが確認できた。(図-4)

表-1 CONPASの特徴

| | |
|-----|--|
| 導入前 | <ul style="list-style-type: none"> ゲートでドライバーが持参した書類を確認し入場 入場手続き後、新たに発行される書類によりトレーラーの行き先を指示 手続き未了により搬出できないコンテナを誤って取りに来る事案も発生 ゲートに来場するまでの間、トレーラーの位置は都度問い合わせが必要 |
| 導入後 | <ul style="list-style-type: none"> ゲートでドライバーが所有するPSカード(身分証)を読み取り入場 入場手続き後、ドライバーの携帯端末にトレーラーの行き先を表示 事前に搬出可否を確認することで、手続き未了のコンテナを誤って取りに来る事案を解消 トレーラー位置情報を事前入手することで事前荷線りを実現 |

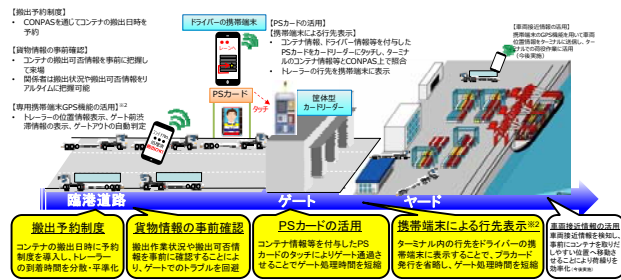


図-3 CONPAS導入イメージ

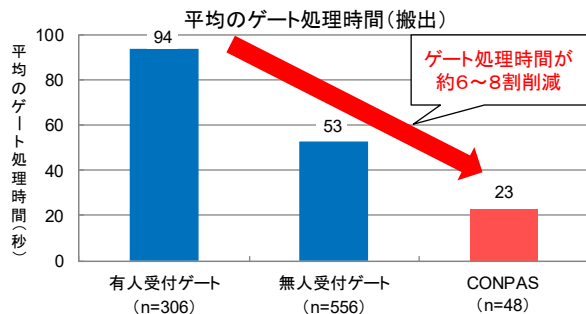


図-4 試験運用における効果検証結果



図-5 車両滞留状況

(2) シャーシ待機場の整備

現状では夢洲のコンテナターミナルに繋がる臨港道路において、断続的にコンテナターミナル積載トレーラーの滞留が発生している。(図-5)

これら道路上に滞留している車両を収容するため、車両待機場を約240台分を追加整備するものである。(図-6)

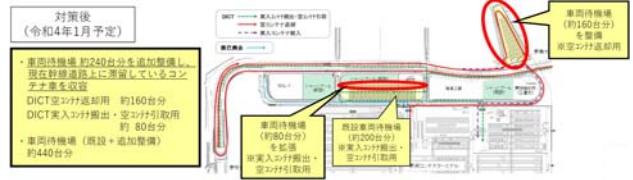


図-6 シャーシ待機場追加整備概要



図-7 ターミナルゲート

(3) ターミナルゲート時間延長

平日は8:30~11:30, 13:00~16:30, 土曜日は8:30~11:30に設定されているゲートオープン時間について、これを延長することで車両を分散させるものである。30分延長することで、最大200台分の車両を分散させることができると想定している。

(4) 荷さばき地拡張

C12荷さばき地を拡張しゲートを増設することにより、ゲート前に待機スペースを100台分確保するとともに、1時間当たり120台分の処理能力を向上させるものであり、詳細は次章に記載する。



図-8 夢洲コンテナターミナル

3. 荷さばき地拡張について

(1) 拡張の必要性について

平成31年3月に大阪港の港湾計画が改訂され、増大するコンテナ貨物の需要に対応するため、北港南地区(夢洲)においてもコンテナ取扱量の拡大が位置づけられた。

平成23年頃より北港南地区(夢洲)ではコンテナ貨物の取扱能力に達しているため、年間取扱貨物量は頭打ちの状態であり、コンテナ貨物の取扱能力を向上させるためにはコンテナの蔵置・受け渡し等を行う荷さばき地の拡張が必要となっている。(図-9)

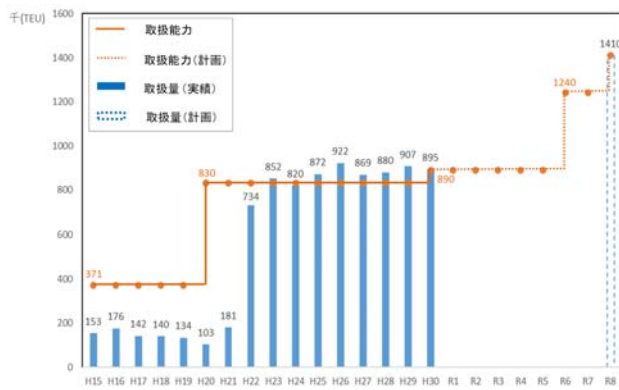


図-9 外貿コンテナ取扱個数の推移

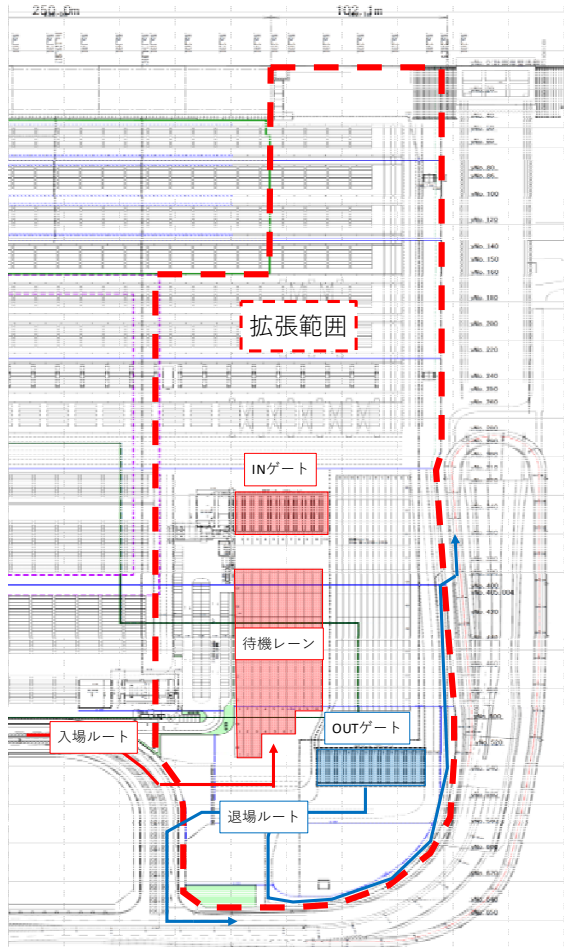


図-10 ターミナル施設配置計画図

(2) 平面計画

コンテナ蔵置エリアを単純に増やすだけでは、ゲートの処理能力がボトルネックとなり、道路上の滞留車両が増加することが予想される。これをふまえて、荷さばき地拡張にあたっては、「ゲートの増設」「待機レーンの設置」をあわせて行うことで、滞留車両を増やすことなく、コンテナ取扱能力の向上させるよう平面計画を作成した。(図-10)

(3) 液状化対策

国際コンテナ戦略港湾「阪神港」の中核施設である夢洲CTは、サプライチェーンを維持するために、大規模災害発生時にも一定の機能維持が求められている。岸壁については耐震強化岸壁として整備されているが、荷さばき地についても同等の機能を有する必要がある。

土質調査の結果、荷さばき地として整備する範囲については、「液状化」が発生する恐れがあると判定されており、液状化対策が必要となっている。荷さばき地においては、使用用途によって必要とされる機能が変換することから、以下のようにエリアごとに工法を設定している。

- ① コンテナ蔵置エリアで大きな変状が発生した場合は、コンテナを移設してから復旧に取り掛かる必要があるため復旧に時間を要すると想定されるが、待機レーンやゲート等で発生した変状については、比較的容易に応急復旧等が可能となる。
- ② したがって、コンテナ蔵置エリアは地震時に大きな変位が出ないように対策を行うこととする。
- ③ 待機レーンやゲート部については液状化対策を実施せず、被災時には応急復旧で対応する方針とする。
- ④ 液状化対策を実施しないエリアについては、地震時に噴砂が発生し早期復旧を妨げる恐れがあるため、地盤と路盤の間に不織布を敷設し、液状化被害の軽減対策を図ることとした。

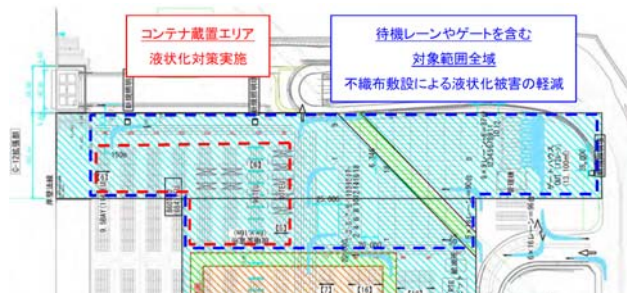


図-11 液状化対策の実施方針(エリア分け)

(4) 対策工法の検討

液状化対策が必要な範囲について、ターミナルユーザーおよび荷役機械メーカーへのヒアリングをふまえ、コンテナの安定性および荷役作業性に着目をして対象範囲全域で勾配3%以内を性能規定値として設定した。また、本荷さばき地における前提条件は以下のとおりである。

- ① 転石を含む砂礫層で細粒分含有率は $F_c=20\%$ 程度である埋立土
- ② 現時点でコンテナヤードとして未利用であるため、施工範囲の占有が可能であり、また空中制限や構造物直下を改良するなどの施工制約条件もない

これらとあわせて、適用性、経済性を比較・検討した結果、深層混合処理工法(硬質地盤対応機械攪拌工法・格子状改良(浮き型))を採用した。なお、拡張部の護岸については、耐震岸壁として整備されておらず、護岸が変形することで背後荷さばき地の沈下が想定されることから、既設護岸についても改良を行うこととした。



図-12 液状化対策平面図

4. まとめ

夢洲コンテナターミナルの整備にあたり、耐震性を有する荷さばき地を整備することで、サプライチェーン強化を図ることができる。

また、物流交通対策をあわせて行うことで、2025年大阪・関西万博開催時及び同関連事業の交通阻害対策にも寄与することができると思われる。

環境と建設がともに生きるには ～山陰近畿自動車道 大宮峰山道路における 取り組み～

平井 文哉

福知山河川国道事務所 計画課 (〒620-0875京都府福知山市字堀小字今岡2459-14)

道路建設を行うにあたって、貴重植物と貴重猛禽類の保全については必ず挙げられる。全国の道路事業では一定規模以上の開発を行う場合、環境影響評価法及び都道府県の条例に基づき、環境影響評価（以下、アセス）の実施が義務付けられている。

本論文では貴重植物はサイコクヒメコウホネ、貴重猛禽類はオオタカに着目し、参考論文の筆者が考案された保全の方法を明らかにすることにより、動植物の絶滅を防ぎつつ道路事業を実施するにあたって注意すべき点を考察する。

キーワード 環境, 貴重植物, 猛禽類, 移植

1. はじめに

現代の道路建設では、建設の計画の際に周りの生態系に影響を及ぼさないようにする必要がある。そのため、開発予定場所に貴重な植物や動物が生息している場合、場所を変えるかその植物や動物を他の場所へ移すといったことを行い、環境と建設のミチゲーションを行いながら事業を進めているところである。

ここでは、調査の対象となる希少種とその調査や保全の方法について明らかにするとともに、道路事業を行う上で貴重植物や猛禽類を保全するために必要な要素を考察する。

2. 植物におけるアセスの実施

アセスを実施する際の手続きでは、開発予定地に希少植物種が確認された場合、まず回避・低減の考え方に基づくルート変更や道路構造の工夫等の事業計画変更を変更し、生息・生育環境への支障を避けることが望ましい。一方で自然環境面以外の外的要因（開発目的の隔たりや施工性・経済性）から回避困難な場合や、計画確定後の工事実施段階で新たに希少植物種の生息が確認された場合等、回避・低減による対応が十分に行えない場合が生じる。そのような場合、代償措置として希少な植物株を事業による影響がない地域へ移動する移植対策が全国のアセス業務で実施されてきた。¹⁾

3. サイコクヒメコウホネの特徴

サイコクヒメコウホネは本種は湖沼やため池、河川、水路などに産する多年生植物であり、本種の和名にある「コウホネ」は土中を横走する太い地下茎を動物の骨に見立てて「河骨」と名称したことにちなむ。一般的な生活サイクルとしては、2月～4月に地下茎の先端から東上に新たな葉を出して4月～10月にかけて展葉し続け、11月～3月には葉が衰退して土中で休眠する。本種は生育する環境によって同一個体内で葉の形状や生理的特徴を変化させる「異形葉」という生態を有しており、水面から突き出す抽水葉、水面に浮かぶ浮葉、水面下に沈む沈水葉の3形に分化する。(図-1)



図-1 サイコクヒメコウホネの葉形

また、移植する際の特徴としては、サイコクヒメコウホネを含むコウホネ属では地下茎から太さ5mm程度の根を複数発生させるが、根は土壌中の養分や水分を吸収する役割があるとともに、楔のように土中に貫入することで植物体が動かないよう固定させる役割も有している。一方で地下茎は海綿質で内部に微小な空隙が存在しているため水より比重が軽く、水中では常に水面方向への浮力が働いている状態にある。このため、コウホネ属植物では水中の根茎を掘り出して再度土中に植栽した際、根と土壌の間に空隙ができると根の固定する力が十分に働かず、地下茎の浮力に負けて植物全体が水面に浮遊してしまうことがある(通称:浮き上がり)。浮遊状態にあると根から栄養が吸収されずに衰弱・枯死してしまうとともに、溜池等に移植した場合には樋管等から流出して消失してしまう恐れがある。

4. 考案された新たな移植手法

移植において挙げられる課題は、大きく分けて3つ挙げられる。1つ目は「植え付け時の地下茎の浮き上がり」であり、サイコクヒメコウホネの特徴で挙げたとおり、水中の根茎を掘り出して再度土中に植栽した際、地下茎の浮力に負けて植物全体が水面に浮遊してしまうことがあるためである。2つ目は「移植作業に時間がかかる」ことであり、気中葉が形成される水深帯として最大1.5m必要であるためである。3つ目は「ため池の水質や貯水能力に与える影響」であり、素焼き鉢などの物体を投入することにより貯水能力の低下についてため池の地権者が懸念を示された例が存在したためである。

そこで考案された移植方法は、生分解性土嚢を用いたため池への移植である。生分解性土嚢とは、トウモロコシなどの再生可能な植物資源由来の樹脂を原料にした繊維を使用した土嚢である。

移植する上で取られた手法は以下の通りとなっている。

- ① 生分解性土嚢の袋口から移植地となる溜池の土壌(浅瀬周辺)をスコップ等で入れ、袋口を縛る。
- ② 土嚢表面の1か所にハサミで切り込みを入れて移植株の葉が出るための開口部を空ける(開口部の大きさは、移植株の地下茎の長さよりも小さくする)。
- ③ ②で空けた開口部から地下茎の先端部(葉が出る場所)が出るように、開口部から移植株をねじ込むように入れて植え込む(葉が展開している場合や、地下茎が開口部から入らない場合は袋口を開けて入れる)。
- ④ ①～③の工程で作成した移植ユニットを溜池内の移植地点まで輸送して、開口部が上面になるように移植地点に設置(投入)する。¹⁾

この土嚢を使用することにより、移植において挙げられる課題も解決できると考えられている。「植え付け時の地下茎の浮き上がり」は土嚢袋の開口部の直径を地下

茎の長さより小さく設定することで、土嚢を詰めた袋からは離脱することがなくなるにより解決される。また、「移植作業に時間がかかる」について、工程①～③はため池内の浅瀬や陸域で作業を実施することが出来、工程④はボート等を用いて運ぶことで水中での作業を行わずに移植が出来るため、移植にかかる時間を抑えられる。さらに、「ため池の水質や貯水能力に与える影響」においても、生分解性土嚢は植物資源由来の樹脂を原料にした繊維を使用されていることにより自然環境の下で炭酸ガスと水に分解されるため、移植先の水質に与える影響は想定されない。また、移植に使用する土嚢もため池内から採取するため、貯水能力への影響も極めて軽微となっている。

移植株からは狙い通り気中葉が形成されて良好に生育しているため、この移植方法は有効であることが証明された。

5. オオタカの特徴

オオタカはユーラシア大陸と北アメリカ大陸北部に広く分布する森林性の中型猛禽類であり、環境省レッドリストで準絶滅危惧種に指定されている希少猛禽類である。本種の国内での営巣地は標高250m以下の平地から広陵地が多いため、道路建設事業などによる影響を受けやすい。そのため、オオタカの繁殖を妨げないよう、営巣地の場所を確認したり、頻繁に巣を変える習性を利用して人工代替巣を工事現場から離れた場所に設置し、オオタカの様子をモニタリングして人工代替巣に住み着いているかを確認することで、人工巣設置箇所として適切な場所を考察した。(図-2)



図-2 人工代替巣に在巢するオオタカ成鳥と雛

6. 人工代替巣についての繁殖利用率と考察

オオタカの繁殖ペアが新しい巣を造る場合は、前年の巣から数百m以内に造ることが多い。3)そういった過去の事例が多いため、人工代替巣を20m~3200m離れた位置に設置したところ、平均は521.1mになった。また、代替巣の繁殖利用率は全体の18%であるのに対し、古巣から250m以内に設置した代替巣に限ると34%にまで上がった。また、巣の素材については古巣と同じ天然素材で造った巣の方が繁殖利用率が高くなったというデータが多いため、もとのオオタカの巣と同じ材料で巣を造る方が良いと考えられる。

以上より、オオタカが繁殖するための巣を造る場合に重要なことは、古巣からの距離と古巣との違いの無さであることといえる。4)

7. 道路事業を行う際の希少植物保全

サイコクヒメコウホネ含む希少植物の多くは効果的な移植方法に関する知見が少ない移植困難種となっている。現在、道路事業地内にサイコクヒメコウホネが生育するため池(図-3)が存在しているが、そのため池内から移植させる移植株が非常に多いため、4で述べた移植方法を利用して、広さや水質、管理のしやすさなど、移植場所をかなり選ぶことになる考えられる。さらに希少植物の移植の取り組みは道路事業に限らず様々な事業で有識者の助言を受けながら試行錯誤しつつ実施されたものであるため、実施事例が少なく、その事例が必ずしも正しいとは言えない。植物はアセスの実施において回避・低減で抑えることは難しい場合が多いため、今後も希少植物を移植する機会が多いと思われる。そのため、移植後のシミュレーションを行い、実際に移植し、課題を見つけていくことが全国の道路事業をより円滑に進めていくために必要であるといえる。

8. 道路事業を行う際の希少猛禽類保全

6で述べたとおり古巣と人工代替巣の距離は短い方が繁殖利用率が高くなることが分かった。だが短い場合、オオタカは古巣の場所からあまり遠くに行ってくれないということであるため、事業箇所付近から動かない可能性が高いと言える。この問題の対策としては、工事を行う際に防音壁を設置したり、人工代替巣から直接視認出

来ない場所で工事を行うようにするといったことが挙げられる。または人工代替巣の移動を定期的に行い、段階的に遠方へ誘導する手法もあるが、複数年かかることと手間がかかることが問題点である。

人工代替巣の設置から繁殖に利用されるまでの期間は複数年を要するケースも見られるが、設置した後も適切な管理を行っていれば繁殖利用率が高まることも示唆されている。そのため、人工代替巣の設置は早めに行い、非繁殖期に巣材を充填するなどの施業を行うことも繁殖利用率を高くする上で重要であるといえる。

だが、人工代替巣の設置先として民有地が選択された事例が多い。地権者の了解を得られなければ好適な場所へ人工代替巣を設置できない場合がある。さらに、人工代替巣設置後の長期的な維持管理は費用や制度の観点から事業者単独では継続困難な場合も多い。そのため、営巣地の保護地域指定や、助成金制度を活用した土地所有者による維持管理の保全などに取り組んでいる事例もあった。費用や制度を含む猛禽類保全のための継続的な仕組みを作成することが重要であるといえる。



(図-3) サイコクヒメコウホネが生育するため池

9. 結論

本研究により、道路事業を実施する際のアセスの手続きとして希少植物と希少猛禽類の保全方法を明らかとなったが、発展途上の技術が多く、今後も知見を蓄積させていくことが重要である。

特に希少植物の移植においては、移植株が育ちやすい環境を明らかにするだけでなく、移植先のため池の深さや気中葉の形成に必要な水深なども考慮して素早く移植を完了させないといけないため、有識者の助言や移植先の調査結果、そして移植後の育ち方や問題点を明らかにし、共有することを続けていく必要がある。

希少猛禽類については代替巣を設置してもオオタカがすぐに利用開始するといった事例は非常に少なく、複数年かかる事例もあるため、早めに代替巣を設置し、順応的管理を行いながら繁殖利用を待つ手法が有効であることが示された。また、今回は人工代替巣を設置するという代償措置を取る際について述べたが、希少植物の移植同様、未だ発展途上の技術であるといえる。オオタカ以外の鳥類についても古巣からの距離などのデータを取り、結果を共有していくことが重要である。

道路事業の計画段階で、希少植物の生息地や希少猛禽類の巣の近辺に使用する土地がかかってしまう事例はよく存在するが、適切な対処が行えるよう、植物移植や代替巣設置についての知識を身につけることが大事であるといえる。希少植物や希少猛禽類の保全において、調査・研究が進行し、今後の環境保全と建設事業の共存に向けた取り組みが現在よりも広がることを期待する。

10. 謝辞

資料をご提供頂きました株式会社東京建設コンサルタントの皆様、今回参考とさせて頂いた資料を作成して頂いた皆様にこの場を借りて御礼申し上げます。

11. 参考文献

- 1)長谷川啓一、上野裕介、大城温、神田真由美、井上隆司、西廣淳：全国の道路事業における希少植物の保全対策としての移植の現状と工夫：移植困難植物（着生・混合栄養・菌従属栄養）に着目して 応用生体工学19（1）、79-90、2016
- 2)林直也・小坂秀樹：水生植物サイコクヒメコウホネの移植事例 一画像解析による生育環境の評価手法と新たな移植技術の考案—
- 3)前橋営林局（1998）オオタカの営巣地における森林施業、日本林業技術協会、東京
- 4)長谷川啓一、上野裕介、大野温、井上隆司：道路事業における希少猛禽類に帯する効果的な人工代替巣の設置手法と利用促進手法の検討：全国 173 事例の分析から 応用生体工学 19（1）、67-78、2016

網干浜太陽光発電所の 発電実績の検証と今後の展望

高谷 拓伸¹

¹企業庁 利水事務所 施設第2課 (〒672-8586兵庫県姫路市飾磨区妻鹿394-13)

「網干浜太陽光発電所」において、これまでの実績をもとに発電量と日射量、太陽光パネルの劣化率等の関係について検証を行った。さらに検証結果から、今後の発電量予測を行い、事業の将来展望について考察を行った。

キーワード 太陽光発電, 再生可能エネルギー, FIT制度, メガソーラープロジェクト

1. はじめに

兵庫県企業庁では、再生可能エネルギー普及拡大への貢献、保有資産の有効活用等を目的に、2013年度より「メガソーラープロジェクト」¹⁾として、水道用水供給事業、工業用水道事業が保有する資産(ダム、土地)、地域整備事業が保有する用地の計12カ所において、総発電量約3万kWの太陽光発電所を整備し管理運営している。そのうち、「網干浜太陽光発電所」は、当プロジェクトにおいて、最初に発電を開始している。

表-1 企業庁が有する太陽光発電所

| 太陽光発電所名 | 所在 | 設置面積 | 発電出力 | 開始時期 |
|------------|-------------|--------|----------|----------|
| 網干浜 | 姫路市網干区網干浜 | 1.5ha | 1,180kW | 2013.11月 |
| 三田カルチャータウン | 三田市学園 | 8.6ha | 6,530kW | 2014.3月 |
| 養老 | 加古川市平荘町養老 | 0.8ha | 550kW | 2014.6月 |
| 豊富 | 姫路市豊富町神谷 | 1.7ha | 1,780kW | 2014.11月 |
| 上西条・都染 | 加古川市八幡町上西条他 | 1.7ha | 1,590kW | 2014.11月 |
| 権現ダム | 加古川市平荘町上原 | 1.9ha | 1,760kW | 2014.11月 |
| 播磨科学公園都市第1 | たつの市新宮町光都 | 6.0ha | 5,000kW | 2014.12月 |
| 佐野 | 淡路市佐野新島 | 2.5ha | 2,000kW | 2015.1月 |
| 播磨科学公園都市第2 | たつの市新宮町光都 | 2.2ha | 2,000kW | 2015.2月 |
| 播磨科学公園都市第3 | 赤穂郡上郡町光都 | 0.7ha | 610kW | 2015.2月 |
| 神谷ダム | 姫路市豊富町神谷 | 3.2ha | 4,990kW | 2016.2月 |
| 平荘ダム | 加古川市平荘町池尻 | 1.6ha | 1,610kW | 2016.2月 |
| 計(12カ所) | | 32.4ha | 29,600kW | |



a) ダムの活用



b) 用地の活用

図-1 土地資産の有効活用状況

2. 網干浜太陽光発電所の概要

(1) 事業概要

- ◆事業期間：2013d.11～2033d.11
 - ◆事業方式：FIT制度(20年間,売電単価 40円/kWh)
 - ◆建設方式：企画提案競技(プロポーザル)にて建設業者を選定
- 《主な採用提案》
- ・建設工事費：約4億2千万円
 - ・維持管理費：約9千万円
 - ・予想発電量：約2千5百万kWh[20年間]
 - ・劣化率：0.50%[毎年]

(2) 施設概要

- ◆発電出力：1,180kW
- ◆発電パネル：5,360枚(220W/枚)
- ◆パネル形式：単結晶シリコン型
- ◆系統連携電圧：3φ60Hz 6,600V



図-2 網干浜太陽光発電所

3. 発電実績の検証

(1) 当初計画

新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の年間月別日射量データベース「MONSOLA」²⁾によって設定された「日射量」及びプロポーザルにて採用されたパネルの「劣化率」を考慮し、20年間の「発電量」を見込んでいる(図-3)。年毎の日射量は一定とし、発電量は、パネルの劣化率(0.50%[年度])に応じて、劣化が進んでいくこととしている。

(2) 発電実績

これまでの「実績日射量」については、毎年、当初計画を上回り、平均で約 10%上回っている結果となっている(図-4)。また、天候等の影響で、各年度によって変動していることが分かる。「実績発電量」についても、実績日射量に応じて全ての年度において当初計画を上回っており、その推移は日射量に概ね比例していることが分かる。しかし、近年の傾向をみると、各年度における日射量の増加に対し、発電量の増加が鈍化していることが分かった。

そこで、式(3a)により、2014年度の実績を基準(n = 1)に、毎年劣化率(0.50%[毎年])を考慮して、当初計画において、各年度の実績日射量で本来発電可能である発電量(理論値)を試算した(表-2)。これを実績発電量と比較すると、全ての年度において実績発電量が下回る結果となり、その差は年々大きくなっている。この原因として、「劣化率」が、当初計画に比べ増加傾向になっていることが示唆される。

$$D = 1,534,088 * (B / 4.19) * (1 - 0.005)^{n-1} \quad (n = 1, 2, \dots, 7.8) \quad (3a)$$

$$E = C - D \quad (3b)$$

ここで、パネルの劣化率を明確にするため、式(3c)により、これまでの「実績発電量」を「実績日射量」から当初計画で用いた NEDO による「計画日射量」に換算し、発電量を試算した(表-3、図-5)。これにより、年変動が大きい日射量の影響を除去でき、純粋なパネルの劣化率の検証が可能となる。

その結果、実績発電量においては、年平均で約 14.0%当初計画を上回っているが、日射量補正した発電量を試

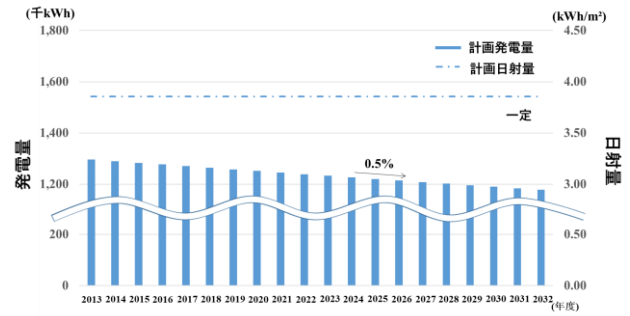


図-3 当初計画発電量と日射量

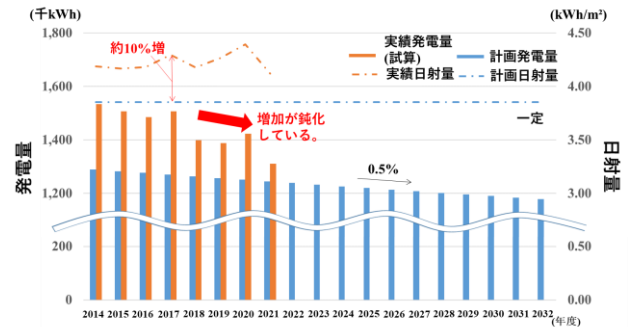


図-4 実績発電量と日射量

表-2 実績日射量における発電量の理論値

| 年度 | 計画日射量 (kWh/m²) | 実績日射量 (kWh/m²) | 実績発電量 (kWh) | 発電量(理論値) (kWh) | 差 (kWh) |
|--------|----------------|----------------|-------------|----------------|-----------|
| | A | B | C | D | E |
| 2014年度 | 3.86 | 4.19 | 1,534,088 | 1,534,088 | 基準 |
| 2015年度 | 3.86 | 4.17 | 1,507,723 | 1,518,841 | ▲ 11,118 |
| 2016年度 | 3.86 | 4.18 | 1,485,975 | 1,516,001 | ▲ 30,026 |
| 2017年度 | 3.86 | 4.30 | 1,507,312 | 1,550,062 | ▲ 42,750 |
| 2018年度 | 3.86 | 4.18 | 1,398,594 | 1,499,506 | ▲ 100,912 |
| 2019年度 | 3.86 | 4.27 | 1,388,738 | 1,523,112 | ▲ 134,374 |
| 2020年度 | 3.86 | 4.40 | 1,422,993 | 1,561,646 | ▲ 138,653 |
| 2021年度 | 3.86 | 4.12 | 1,311,979 | 1,455,726 | ▲ 143,747 |
| 平均 | 3.86 | 4.22 (約10%増) | | | |

表-3 日射量補正後の発電量

| 年度 | 計画発電量 (kWh) | 実績発電量 (kWh) | 計画日射量 (kWh/m²) | 実績日射量 (kWh/m²) | 発電量(試算) (kWh) | 日射量増加分 (%) |
|--------|-------------|---------------------|----------------|----------------|---------------|------------|
| | a | b | c | d | e | f |
| 2014年度 | 1,289,952 | 1,534,088 | 3.86 | 4.19 | 1,411,610 | 8.0 |
| 2015年度 | 1,283,502 | 1,507,723 | 3.86 | 4.17 | 1,394,271 | 7.5 |
| 2016年度 | 1,277,084 | 1,485,975 | 3.86 | 4.18 | 1,369,850 | 7.8 |
| 2017年度 | 1,270,699 | 1,507,312 | 3.86 | 4.30 | 1,352,191 | 10.3 |
| 2018年度 | 1,264,346 | 1,398,594 | 3.86 | 4.18 | 1,290,478 | 7.7 |
| 2019年度 | 1,258,024 | 1,388,738 | 3.86 | 4.27 | 1,255,216 | 9.6 |
| 2020年度 | 1,251,734 | 1,422,993 | 3.86 | 4.40 | 1,248,169 | 12.3 |
| 2021年度 | 1,245,475 | 1,311,979 | 3.86 | 4.12 | 1,228,354 | 6.4 |
| 計 | 10,140,816 | 11,557,402 | 30.85 | 33.80 | 10,550,140 | 69.62 |
| 年平均 | 1,267,602 | 1,444,675 (約14.0%増) | 3.86 | 4.23 | 1,318,768 | 8.70 |

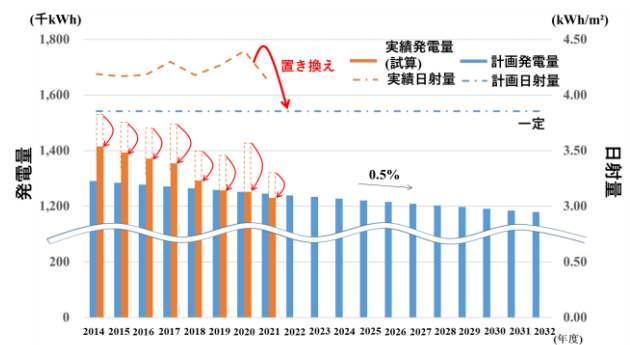


図-5 日射量補正後の発電量推移

算すると、発電開始当初は、当初計画を上回るものの、6年目の2019年度以降では、わずかであるが当初計画を下回る結果となった。これにより、実績におけるパネルの「劣化率」が、当初計画に比べ大きくなっていることが分かった。

また、これまでの実績発電量は、近年の実績日射量が良好なことから十分な発電量を得ているが、計画日射量では、当初計画の発電量を得られないことが分かった。さらに、式(3d)により計算すると、これまでの総発電量の約8.7%が、実績日射量が良好であることによるものであると分かった。

$$e = b * c / d \quad (3c)$$

$$f = (1 - e / b) * 100 \quad (3d)$$

(3) 今後の発電量予測

現在、発電開始から8年目を迎えているが、直近の動向として、「日射量」については、当初計画時点に比べ、全国的に増加している傾向となっており、NEDOにおいても、「日射量」の見直しがなされ、現在、最新版として公表されている。また、「劣化率」については、前述の試算から、当初計画に比べ、実績における劣化が進んでいることが示唆される。

これらを踏まえたうえで、今後の発電量について2つのケースを試算した(表4、図6)。

a) CASE1(「日射量」最新NEDO, 「劣化率」当初計画)

NEDOによる最新版の日射量と、当初計画の劣化率(0.5%[毎年])を適用し、将来の発電量を試算した。

その結果、20年間の総発電量は当初計画よりも約6%増加することとなり、十分な発電量が見込まれる結果となった。

b) CASE2(「日射量」最新NEDO, 「劣化率」実績)

NEDOによる最新版の「日射量」で、「劣化率」は、3章2節で示した実績劣化率の傾向が今後も続くと仮定し、将来の発電量を試算した。

その結果、20年間の総発電量は、当初計画に対して、約2%減少する結果となった。実績劣化率は年々増加傾向にあり、2031年度頃からは総発電量が当初計画を下回る可能性があることが分かった。

表4 日射量補正後の発電量

| | 計画発電量 (kWh) | 実績発電量 (kWh) | CASE1 (kWh) | CASE2 (kWh) |
|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2013年度 | 1,296,434 | 504,093 | 504,093 | 504,093 |
| 2014年度 | 1,289,952 | 1,534,088 | 1,534,088 | 1,534,088 |
| 2015年度 | 1,283,502 | 1,507,723 | 1,507,723 | 1,507,723 |
| 2016年度 | 1,277,084 | 1,485,975 | 1,485,975 | 1,485,975 |
| 2017年度 | 1,270,699 | 1,507,312 | 1,507,312 | 1,507,312 |
| 2018年度 | 1,264,346 | 1,398,594 | 1,398,594 | 1,398,594 |
| 2019年度 | 1,258,024 | 1,388,738 | 1,388,738 | 1,388,738 |
| 2020年度 | 1,251,734 | 1,422,993 | 1,422,993 | 1,422,993 |
| 2021年度 | 1,245,475 | 1,311,979 | 1,311,979 | 1,311,979 |
| 2022年度 | 1,239,248 | | 1,244,454 | 1,218,251 |
| 2023年度 | 1,233,052 | | 1,238,231 | 1,184,715 |
| 2024年度 | 1,226,887 | | 1,232,040 | 1,150,234 |
| 2025年度 | 1,220,753 | | 1,225,880 | 1,114,942 |
| 2026年度 | 1,214,649 | | 1,219,751 | 1,078,975 |
| 2027年度 | 1,208,576 | | 1,213,652 | 1,042,465 |
| 2028年度 | 1,202,533 | | 1,207,584 | 1,005,547 |
| 2029年度 | 1,196,520 | | 1,201,546 | 968,351 |
| 2030年度 | 1,190,537 | | 1,195,538 | 931,002 |
| 2031年度 | 1,184,584 | | 1,189,560 | 893,626 |
| 2032年度 | 1,178,661 | | 1,183,613 | 856,341 |
| 合計 | 24,733,250 | | 25,413,343 | 23,505,945 |

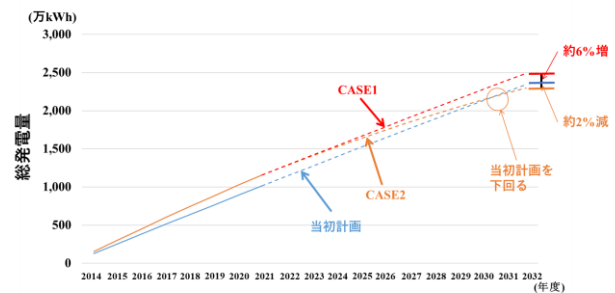


図6 当初計画とCASE1とCASE2の総発電量比較

(4) 考察1

発電実績を検証することで、大きく三つのことが新しく分かった。

一つ目は、日射量の増加である。近年、日射量は増加傾向にあり、当初計画と比較しても、全ての年度において上回っており、良好な状態であることが分かった。

二つ目は、劣化率の増加である。当初計画においては、毎年0.50%を想定していたが、実績発電量は、それ以上の減少が見られ、実績日射量から計画日射量へ補正した場合、2019年度からは、わずかに当初計画を下回っていた。このことより、現在、実績発電量が当初計画を上回っているのは、日射量が良好であることによるものであり、パネルの劣化率は、当初計画よりも大きくなっているということが分かった。

三つ目は、今後の予測発電量である。「日射量」、「劣化率」の観点から2つのCASEで予測を行った結果、年度毎に総発電量を比較すると、当初計画に対し、CASE1では、約6%の増加が見込まれ、CASE2では約2%の減

少が見込まれる結果となった。これより、総発電量の増減に関する「日射量」と「劣化率」の増加は、後者の方が大きく影響しているといえる。

4. 太陽光パネル劣化率調査

(1) 調査概要

3章における検証により発電量の「劣化率」は想定よりも進んでいることが分かった。そこで、個々のパネルにおいて、実際の発電量を調べるため、太陽光パネル劣化率調査を行った。

調査方法としては、網干浜太陽光発電所に設置されている太陽光パネル 20 枚を取り外し、パネルメーカー所有の工場にて、太陽光パネル出力性能試験を行った。また、発電量低下の原因の一つとして想定されるパネル表面の汚れについても調査するため、同太陽光パネル 20 枚の表面を清掃し、再度出力性能試験を行った(図-7)。

(2) 調査結果

図-8、表-5に調査結果を示す。

清掃前の調査結果について、発電量は出荷時に比べ全体的に出力低下が大きく、8年間で約 16.78%の出力低下となった。年平均では、約 2.10%の低下率となり、当初計画における劣化率 (0.50%[毎年]) よりかなり大きくな

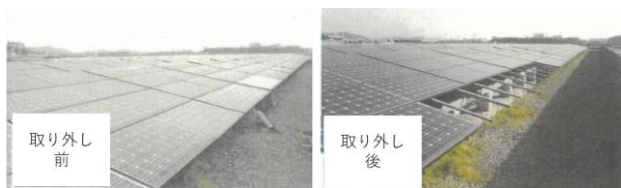


図-7 設置パネルの取り外しの様子

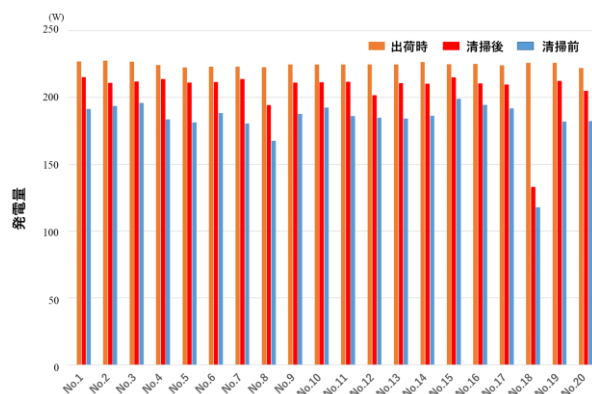


図-8 太陽光劣化率調査結果

っていることが分かった(①)。

清掃後の調査結果について、発電量は出荷時に比べ出力低下は少なく、8年間で約 6.50%の出力低下となった。年平均では、約 0.81%の低下率となり、当初計画における劣化率 (0.50%[毎年]) に比べ大きく分かったことが分かった(②)。

清掃前後の調査結果については、約 10.28%出力低下となった。年平均では、約 1.29%の低下率となり、発電量に大きな影響をもたらしていることが分かった(③)。

これより、統計データとして、年平均の発電量の低下率は約 2.10%であり、そのうちパネル本体が約 0.81%、パネルの汚れが約 1.29%の低下率となっていることが分かった。なお、当初計画における公称出力(220W)に対して、出荷時の単体パネル出力(224.52W)には約 2.05%の差異があることが分かっている。

(3) 考察2

調査結果より、網干浜太陽光発電所にて設置されている太陽光パネルの出力は、想定よりも劣化していることが分かった。また、その要因はパネル表面の汚れによる影響が大きいことが分かった。メーカーの見解では、パネル表面に付着している汚れにより、日射が遮られることで出力低下を起こしており、特にパネルの下側は汚れがたまりやすい為、出力低下に影響していると考えられている。

表-5 各要因における劣化率

| パネル番号 | 出荷時 (W) | 清掃後 (W) | 清掃前 (W) | ①発電量劣化率 (%) | ②パネルの劣化率 (%) | ③汚れによる劣化率 (%) |
|--------|---------------------|------------|------------|----------------|-----------------|------------------|
| No. 1 | 226.79 | 214.99 | 191.19 | 84.30 | 94.80 | 88.93 |
| No. 2 | 227.51 | 210.75 | 193.49 | 85.05 | 92.63 | 91.81 |
| No. 3 | 226.67 | 211.73 | 195.77 | 86.37 | 93.41 | 92.46 |
| No. 4 | 224.08 | 213.56 | 183.35 | 81.82 | 95.31 | 85.85 |
| No. 5 | 222.25 | 210.90 | 181.09 | 81.48 | 94.89 | 85.87 |
| No. 6 | 222.82 | 211.39 | 188.26 | 84.49 | 94.87 | 89.06 |
| No. 7 | 222.98 | 213.64 | 180.30 | 80.86 | 95.81 | 84.39 |
| No. 8 | 222.58 | 194.05 | 167.49 | 75.25 | 87.18 | 86.31 |
| No. 9 | 224.56 | 210.98 | 187.45 | 83.47 | 93.95 | 88.85 |
| No. 10 | 224.53 | 211.10 | 192.19 | 85.60 | 94.02 | 91.04 |
| No. 11 | 224.52 | 211.59 | 185.98 | 82.83 | 94.24 | 87.90 |
| No. 12 | 224.59 | 201.52 | 184.63 | 82.21 | 89.73 | 91.62 |
| No. 13 | 224.54 | 210.49 | 184.11 | 82.00 | 93.74 | 87.47 |
| No. 14 | 226.35 | 210.21 | 186.17 | 82.25 | 92.87 | 88.56 |
| No. 15 | 224.65 | 214.89 | 198.89 | 88.53 | 95.66 | 92.55 |
| No. 16 | 224.99 | 210.33 | 194.43 | 86.42 | 93.48 | 92.44 |
| No. 17 | 223.93 | 209.54 | 191.73 | 85.62 | 93.57 | 91.50 |
| No. 18 | 225.69 | 132.83 | 117.66 | 52.13 | 58.86 | 88.58 |
| No. 19 | 225.69 | 212.24 | 181.72 | 80.52 | 94.04 | 85.62 |
| No. 20 | 221.84 | 204.79 | 182.12 | 82.10 | 92.31 | 88.93 |
| 平均値 | 224.52 (約2.05%増) | 209.93 | 186.86 | 83.22 | 93.50 | 89.72 |
| 平均劣化率 | | | | 16.78 | 6.50 | 10.28 |
| 年平均劣化率 | | | | 2.10 | 0.81 | 1.29 |

※ No. 18は不具合パネルであるため除外。

ここで、3章における発電実績の検証と、本章の太陽光パネル劣化率調査の結果に基づき、個々の要因における年平均の発電量の増減関係について考察する。発電量の増加要因としては、良好な実績日射量、出荷時単体パネル発電量であり、低下要因としては、パネルの劣化率、パネルの汚れである(図-9)。

まず、実績発電量の増減率について、発電開始から2021年度までの実績総発電量と当初計画における総発電量の年平均を比較すると、約14.0%(表-3)の増加となった。

次に、発電量の増加要因の内、良好な実績日射量について、計画日射量に対する実績日射量の比率は、年平均で約8.70%増(表-3)となった。また、出荷時単体パネル発電量について、計画と比べ、約2.05%増(表-5)が分かっている。

次に、発電量の低下要因の内、パネルの汚れについて、太陽光パネル劣化率調査により、年平均で約1.29%(表-5)の低下率となっていることが分かった。同様に、パネル自体の低下率について、年平均で約0.81%(表-5)の低下率となっていることが分かった。

これらの結果より、年平均の実績発電量の増減率に対し、各要因における増減率を足し引きすると、その他の要因による発電量の増加率が、約5.35%存在することが分かった。この増加率は、本調査結果の標準誤差による可能性もあるが、今回分かった要因以外に発電量へ影響する要因が存在している可能性を示している。また、実際には増加要因と低下要因の合計値である可能性も含め、さらなる調査を行う必要がある。想定される増加要因としては、設置箇所の環境状態やパネルの設置方法、気温、パネル更新による電力変換効率の向上などがあり、低下要因としては、電圧上昇抑制やパワコンの変換効率、パネル破損による出力低下などが考えられる。

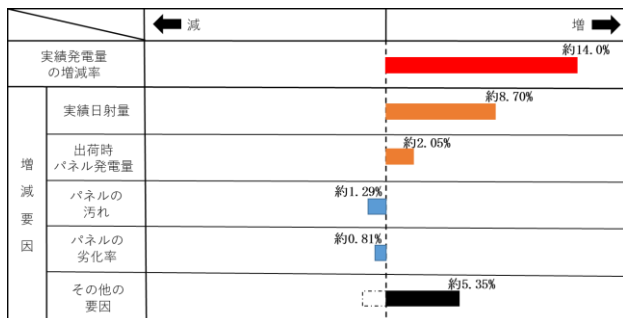


図-9 実績発電量の増減に対する各要因における増減の割合

5. 今後の展望

発電実績の検証から、当初計画で見込んでいる総発電量の確保については、今後の劣化率等の動向が大きく影響することが分かった。さらに、太陽光パネルの劣化率調査をすることで、不透明であった発電量の低下原因が分かった。よって今後は、定期的なメンテナンス及び遠隔監視システムを用いた状況把握を行うことに加え、引き続き発電状況の精査を行っていくことが必要であり、様々なリスクを想定し、早めに検証を行っていくことが重要である。

特に3章において、CASE2にて発電量が当初計画よりも減少すると予測される今年度(2022年度)からは、毎年、発電状況の精査を行う必要がある。また、FIT制度が終了する2033年度以降の発電所の存続の可否を判断するため、終了の5年前である2028年度頃からは、継続または廃止の検討を開始することが望ましい(図-10)。

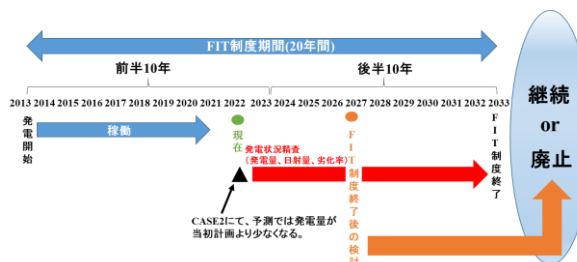


図-10 今後の展望

6. おわりに

今回行った発電実績の検証における今後の発電量予測については、あくまで現時点での実績から、リスクを最大限に見込んだ予測である。今後はこの厳しい検証結果を基に網干浜太陽光発電所運営の参考として役立てることとし、特に発電状況の精査においては、主に、発電電力量、日射量、劣化率などを定期的に把握することが重要である。また、今回実際に太陽光パネル劣化率調査を行い、発電量の劣化には、太陽光パネル自体の劣化に加え、パネル表面の汚れの影響が大きいことが分かった。この結果から、今後の対応策を費用対効果の観点から検討し、定期的なメンテナンスの強化や遠隔監視システムを用いた状況把握など発電状況の監視の重要性を警鐘として他の太陽光発電所に共有したい。

劣化率については、今回の調査にて、各要因における発電量への影響が明らかとなった。今後は、本検証にて、その他の要因となった約 5.35%の発電量の増減要因の調査を行う必要がある。

最後に、本論文を通じて、網干浜太陽光発電事業における発電量の中間的レビューを行ったが、本来の目的である再生可能エネルギーの普及拡大への貢献として、地球温暖化やカーボンニュートラルへの取組みに関して、国の具体的な施策を通じて、その一翼となれるように今後も事業に取り組んでいきたい。

謝辞：本論文作成にあたり、日頃より網干浜太陽光発電所の安全かつ安定した運営に携わっていただいている各関係機関、設備等保守管理業者様に対しまして、改めて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 兵庫県企業庁：兵庫県企業庁メガソーラープロジェクト
- 2) 新エネルギー産業技術総合開発機構：日射量に関するデータベース「MONSOLA-11」

地方部におけるマンション管理適正化の推進について

土佐 真二郎

兵庫県 まちづくり部 住宅政策課 (〒650-8567兵庫県神戸市中央区下山手通5-10-1)

高経年マンションの急増を背景としたマンション管理適正化法の改正により、地方公共団体の役割が追加され、都市部を中心に新たな取組が行われつつある。一方、地方部においては、マンパワー不足などを理由に、マンション管理の適正化に向けた積極的な取組の実施が難しい状況にある。そこで、地方部におけるマンション管理の適正化に関する問題点等を、ストック調査や実態調査の結果から整理し、今後必要となる施策について提案する。

キーワード 高経年マンション、マンション管理適正化推進計画、広域調整、公社、代替執行

1. はじめに

分譲マンション（以下「マンション」という。）は都市部を中心に定着しており、兵庫県内においても、神戸、阪神間を中心に約54万戸、約1万棟のマンションがあり、総住宅数の1/5程度を占めるなど、重要な居住形態の一つとなっている。（表-1）

その一方で、建物・設備の老朽化、管理組合役員の担い手不足、修繕積立金の不足といった課題が顕著になる築35年以上の高経年マンションが全国的に今後急増することを踏まえ、「マンションの管理の適正化の推進に関する法律」（2000年法律149号。以下「マンション管理適正化法」という。）が改正され、町域は県、市域は市によるマンション管理適正化推進計画（以下「推進計画」という。）の策定、管理計画認定制度の運用等が2022年4月から可能となった。

本県では、町域における法定事項を定めるとともに、必要に応じて市域を含む県内全域で講じる施策を定めた推進計画を2022年3月に策定した。本計画では、管理組合役員の担い手不足に陥っている管理組合の自立に向けた支援、管理不全マンションの管理組合等に行政から働きかけるプッシュ型の支援等を重点施策として位置付けている。

一方、県内29市のうち、推進計画の策定を予定している市（策定済みを含む）は5市のみとなっており、特定行政庁以外の市（17市。以下「一般市」という。）に限ると、推進計画の策定を予定しておらず、一般市においてはマンション管理の適正化の推進に積極的ではない状況にある。

表-1 兵庫県内地域別マンションストック棟数・割合
(2019年末時点)

| | 棟数 | 割合 | |
|-----|-----|-------|-------|
| 都市部 | 神戸 | 5,012 | 50.2% |
| | 阪神北 | 2,530 | 25.3% |
| | 阪神南 | 1,126 | 11.3% |
| | 東播磨 | 812 | 8.1% |
| | 中播磨 | 432 | 4.3% |
| 地方部 | 北播磨 | 29 | 0.3% |
| | 西播磨 | 24 | 0.2% |
| | 但馬 | 7 | 0.1% |
| | 丹波 | 0 | 0.0% |
| | 淡路 | 17 | 0.2% |
| | 県内計 | 9,989 | 100% |

そこで、一般市及び町の区域（以下「一般市町域」という。）におけるマンションの管理状況や今後増加が見込まれる問題点を整理し、今後必要となる施策について提案する。

2. 現状、問題点及び課題

(1) 一般市町域のマンションの状況

a) ストックの状況

現在、県全体では高経年マンションが約15.3万戸あり、10年後には約2倍の28.8万戸、20年後には約3倍の44.9万戸となる見込みとなっている。

一方、一般市町域では高経年マンションが1.5千戸あり、5年後には約2倍の2.7千戸、10年後には約3倍の4.3千戸となる見込みで、今後10年間においては、県全

体に比べるとおおよそ倍の速さで増加することとなる。

(図-1)

また、一般市町域では、都市部の市域に比べるとマンションの絶対数は少ないものの、そのほぼ全てが市街地エリアに立地しているため、管理不全に陥ると周辺に与える影響は深刻なものになることが想定される。

b) 管理委託の状況

県内の一般市町域における分譲マンション実態調査の結果によると、委託管理と自主管理の比率が6：4程度となっているが、築年数別に集計すると、高経年マンションでは自主管理が多く、築35年未満のマンションでは半分以上が委託管理となっている。(図-2)

(2) 一般市町域で今後増加が見込まれる問題

近年、都市部を中心にマンションの管理を委託していた会社から契約更新を断られ、マンション管理が継続できなくなるという問題が増えている。小規模なマンションや、建築年次が古いマンションが断られるケースが多く、人件費の高騰などで管理コストが上がり、それらのマンションでは管理会社が利益を出しにくくなっていることが原因の1つとされている。

そのため、一般市町域においては、今後10年間で現在委託管理となっているマンションの高経年化が進み、管理委託を断られるケースが増加しはじめることが想定される。

(3) 管理組合における問題への対応方法

管理組合におけるこの問題への対応方法としては、a) 第三者管理を導入し、管理業者に頼らない管理方式への切替、b) 管理業者の利益を確保できるような複数のマンションによる管理業務の共同発注、c) 管理業者ではなく兵庫県住宅供給公社(以下「公社」という。)への管理委託の3つの方法が考えられる。以下のa)からc)でその具体的な方法等について整理する。

a) 管理業者に頼らない管理方式への切替

管理業者に頼らない管理方式としては、管理組合運営を管理業者に一括で委託せずに、マンション管理士などの第三者に委ねる第三者管理を原則とし、専門家による支援を受けながら、必要に応じて業務毎に分割して発注する方法が考えられる。

第三者管理導入の課題としては、その管理形態が認知されていない、管理規約が外部専門家の役員就任に対応していない、継続して外部専門家に委託するための予算が確保できていないなどがあげられる。

そこで、本県では、管理組合が自立して外部専門家を継続的に活用できるようにするため、2022年度に「マンション管理組合担い手支援事業」を創設した。高経年マンションの管理組合を対象に、以下のSTEP1、2にかかる費用の一部を補助することとしており、第三者管理の導入に向けた有効な支援策になるものとする。(図-3)

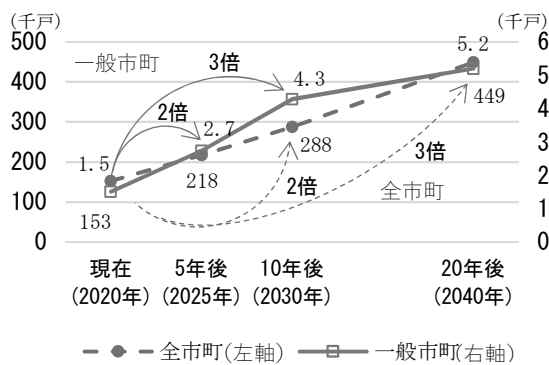


図-1 高経年マンションストック数の推移 (兵庫県)

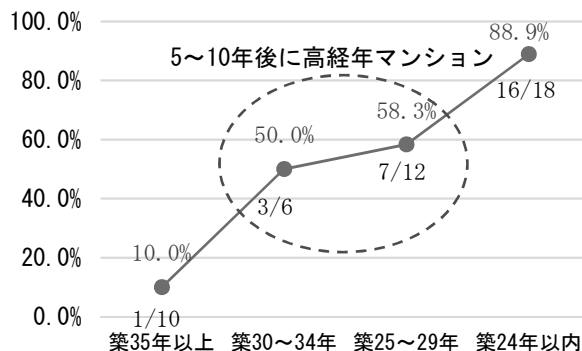


図-2 管理委託をしている分譲マンションの築年数別割合 (一般市町)

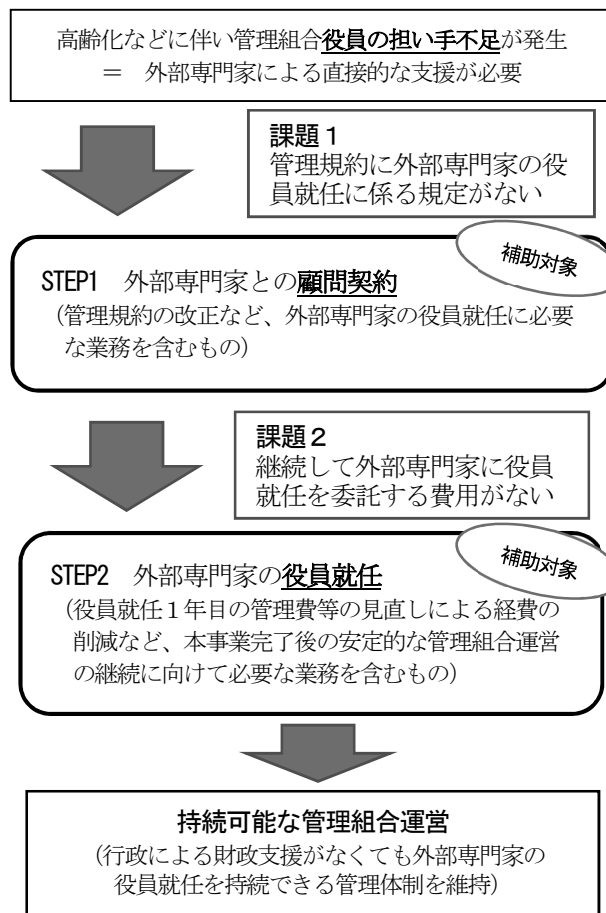


図-3 マンション管理組合担い手支援事業のイメージ

STEP1 外部専門家との顧問契約

- 外部専門家の活用に係る規定の規約への追加の検討、選任方法やチェック体制の検討など、外部専門家の役員就任に向けて必要な業務を行う顧問契約（補助率1/2、補助額上限600千円）

STEP2 外部専門家の役員就任

- 管理業務の委託内容や長期修繕計画等の見直しによる経費の削減など、補助事業完了後の安定的な管理組合運営の継続に向けて必要な業務を行う外部専門家の役員就任（補助率1/2、補助額上限900千円）

b) 複数のマンションによる共同発注

複数のマンションが共同で管理業務を同一業者に委託する共同発注については、マンション管理適正化法の事務主体である一般市毎にマンションの分布をみると、マンション数が少なく、マンション間の距離が遠いため、共同発注による管理者のメリットが期待できないマンションが存在する。けれども、一般市町域のマンションを地図上にプロットし、移動に要する時間を調べると、市町域をまたいで自動車での移動時間が30分以内の距離にマンションが立地しているケースが複数みられ、市町域をまたいで連携することで共同発注による管理者の利益の確保が可能になる場合があることが分かる。しかし、現在のところ、市が市町域をまたいだマンション間の調整を主体的に行う体制がとられていない。（図-4）

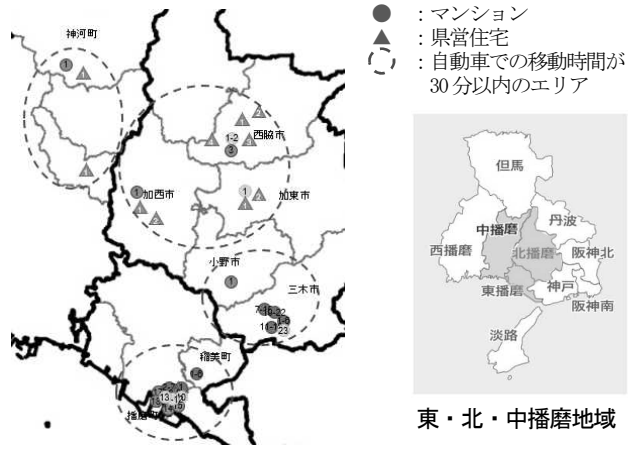
c) 公社への管理業務委託

公社への管理業務の委託については、マンション管理適正化法の改正により、推進計画に公社が民間マンションの管理業務を受託することについて記載した場合、その計画が策定された地域では公社が築20年を経過する民間マンションの管理業務を受託することが可能となった。

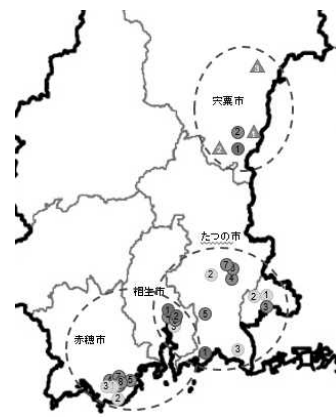
また、マンションの管理業務の中で主な委託業務は、管理費、修繕積立金等の金銭の管理や建物・設備の管理などであり、これらの業務については、県営住宅で受託している家賃の収納や建物・設備の修繕等の業務と類似していることから、公社はマンションの管理業務を行うノウハウを有しているものと考えられる。

さらに、地方部の県営住宅の指定管理者として管理を行う体制等をすでに有していることから、民間事業者では対応できなかった地域においても、公社であれば管理業務を受託することが可能と考えられる。

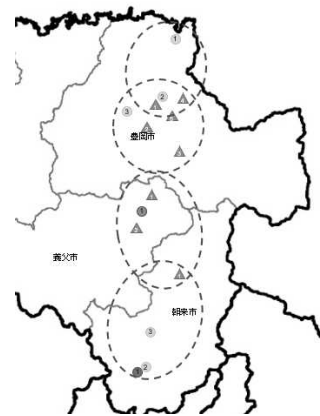
また、公社が指定管理者として管理をしている県営住宅の立地状況をマンションの立地状況とあわせてみると、マンションだけでは距離が遠く共同発注が難しい地方部でも、県営住宅と近接しており、一定のまとまりを作ることができることから、公社に管理業務を委託し県営住宅の管理と連携することにより効率的な管理が可能となる場合があることが分かる。しかし、現在のところ、市が公社とマンション間の調整を行う体制がとられていない。



東・北・中播磨地域



西播磨地域



但馬地域



淡路地域

図-4 一般市町域におけるマンション及び県営住宅の立地状況

(4) 課題

共同発注や公社への委託を実現するためには、市町域をまたいだマンション間の調整や公社との調整が必要となることから、行政がそれらの調整を行うための体制を整備することが必要となる。

3. 今後必要となる施策の提案

以上のことを踏まえ、今後必要となる施策として、県がマンション管理士会と連携し、必要に応じて公社への管理委託も含めた、一般市町域をまたぐ広域調整を主体となっていくことを提案する。以下に、その理由と手法を整理する。

(1) 一般市域において県が主体となって広域調整を行う理由

広域調整を行うためには、管理委託の状況、大規模修繕工事の実施予定、修繕積立金の積立状況など、マンションの管理状況に関する詳細な情報を把握することが必要となる。そのために、管理組合に対する定期的なアンケート調査に加え、アンケートに回答しない管理組合に対しては、行政から働きかけるプッシュ型で管理状況を診断し、管理状況が良好なマンションに対しては、管理計画認定制度による認定取得を促す。

しかし、一般市域では総住宅数に対してマンションが占める割合が低いため、推進計画の策定、管理計画認定制度の運用、プッシュ型の管理状況診断の制度立上げなどにマンパワーを割くことは非効率となっている。(表-2)

一方、県では町域における推進計画を策定し、プッシュ型の管理状況診断や管理計画認定制度の運用に向けた体制を既に整備している。このことから、県は市よりも少ない負担で、マンションの管理に関する詳細な情報を把握するための体制を整備することが可能となっている。さらに、地方部の県営住宅の管理を受託している公社との調整についても、県は公社との強いつながりを有していることから、公社との円滑な調整ができる。このため、県が市に代わって事務を行うことで合理性が高い取組が可能になると考えられる。

(2) 一般市域において県が主体となって事務を行う手法

マンション管理適正化法では、一般市域におけるマンション管理の適正化推進に関する事務の権限を市が有している。計画策定については、県が一般市と共同で策定

表-2 エリア別総住宅数に占めるマンション戸数の割合

(単位：千戸)

| | マンション戸数(A) | 総住宅数(B) | 割合(A/B) |
|----------|------------|---------|---------|
| 特定行政庁の市域 | 536 | 2,212 | 24.2% |
| 一般市域 | 2.9 | 364 | 0.8% |
| 町域 | 2.6 | 104 | 2.5% |
| 計 | 541 | 2,681 | 20.2% |

することが考えられるが、管理計画認定制度の運用や管理状況診断の制度の立上げなどを、県が一般市に変わっていくことは原則できない。そこで、地方自治法第252条の16の2に基づき、県が一般市域におけるマンション管理の適正化推進に関する事務を代替執行する手法が有効と考える。

事務の代替執行とは、地方公共団体が、他の地方公共団体の事務の一部を当該地方公共団体の名において管理し、執行する制度で、権限は代替執行される側に残り、責任を負うという特徴がある。

その他の手法として事務の委託が考えられる。事務の委託は地方公共団体の事務の一部の管理、執行を他の地方公共団体に委ねる制度で、権限を委託した地方公共団体は失い、受託した地方公共団体が責任を負うという特徴がある。

県が市に代わってマンション管理の適正化推進に関する事務を行うこととした場合でも、区域内の詳細な情報をいち早く把握するためには、市の関与が不可欠である。もし、事務の権限を県に移動させてしまう事務の委託や、市に権限が残る代替執行でも、全ての事務を県が行うこととすれば、市の主体性が失われるおそれがある。そのため、市の負担を軽減し円滑に広域調整を行うために必要となる最低限の事務を県が代替執行する。

なお、事務の代替執行を行うためには、県と一般市の間で規約を結ぶことに加え、経費を一般市に負担してもらう必要がある。

4. まとめ

今後、一般市域において高経年マンションが急増し、県による広域調整が必要となった時に備え、まずは推進計画に基づきプッシュ型の管理状況診断や管理計画認定制度を町域において適切に運用し、その効果が一般市に理解されるよう取り組みたい。その上で、県による事務の代替執行等の実現に向けて検討を進めたい。

日本風景街道 熊野における 地域活性化活動について

竹澤 央貴

近畿地方整備局 和歌山河川国道事務所 道路管理第二課 (〒640-8227 和歌山県和歌山市西汀丁16)

本稿では、日本風景街道にルート登録をされている「日本風景街道 熊野」において、地域固有の文化や風土を活かしながら、地域に住む方々が主体となって、「美しいまちづくり」と「まちづくり」の取り組みを紹介するものである。

あわせて、「日本風景街道 熊野」が今後、取り組むべき課題やあり方についての所見を記載している。

キーワード 日本風景街道, 熊野, 地域活性化, 美しいまちづくり, まちづくり

1. はじめに

本稿では、日本風景街道にルート登録をされている「日本風景街道 熊野」において、地域固有の文化や風土を活かしながら、地域に住む方々が主体となって、「美しいまちづくり」と「まちづくり」の取り組みを紹介するものである。

また、「日本風景街道 熊野」が今後、取り組むべき課題やあり方についての所見を記載している。

2. 「日本風景街道 熊野」の概要

「日本風景街道 熊野」は、地域固有の文化や風土を活かしながら、地域に住む方々が主体となって、「美しいまちづくり」、「まちづくり」を取り組みことを目的としたものであり、地域のNPO団体等が31団体所属している。

「日本風景街道 熊野」の活動エリアには、世界遺産である「紀伊山地の霊場と参詣道」、観光地、景勝地が多数存在するエリアとなっている。(図-1)

「日本風景街道 熊野」の取り組みは、平成18年2月より「シーニックバイウェイ紀南」として開始しており、地域固有の文化や風土を活かしながら、地域に住む方々が主体となって、「美しいまちづくり」、「まちづくり」の実現を目指し、平成19年11月に日本風景街道に登録され名称を「日本風景街道 熊野」と改め今日まで活動を継続している。

近年では、地域資源の掘り起こしや交流を深めてもらうことを目的とした「地域の魅力再発見ツアー」(図-2)の実施や道の駅周辺のみどころを紹介した「よしみちマップ」(図-3)の配布による広報活動を行っている。

また、前述に記載した、地域の資源の掘り起こしや広報活動等が評価され、令和3年3月には近畿風景街道推進協議会から近畿優秀活動賞を受けた。(図-4)



図-1 「日本風景街道 熊野」の活動エリア



図-2 地域の魅力再発見ツアー



図-3 よりみちマップ (道の駅くちくま周辺)

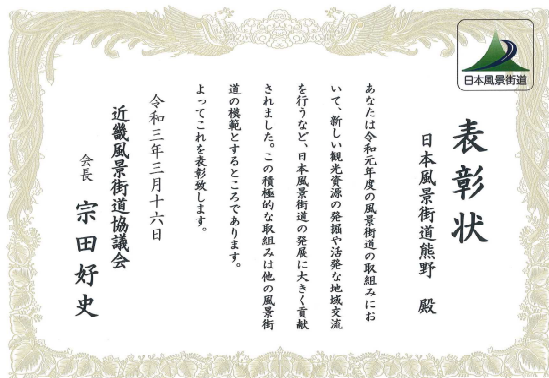


図-4 近畿風景街道 近畿優秀活動賞受賞

3. 「日本風景街道 熊野」体制について

「日本風景街道 熊野」は、体制(図-5)は、総会、推進協議会、部会から構成されておりそれぞれの運営支援として事務局(紀南河川国道事務所)が参画している。

部会では、「歴史・ジオ部会」、「観光部会」、「環境・景観部会」の3部会があり所属団体が強みとしている部分が活かせる部会に参加して個々の活動を行っている。(併任も可)事務局は、各部会で活動を実施しているイベントや植栽活動などの運営補助を行っている。

推進会議では、所属団体から選出された、代表者と各部の部会長から構成された役員(図-6)のみで実施をしている。内容としては、総会へ提出する一年の全体計画の策定や「日本風景街道 熊野」の今後の方針の計画立案および策定、全体活動の実施の計画立案を行っている。

事務局は、推進会議を円滑に進めるための資料作成の補助、方針の助言、近畿風景街道や日本風景街道からの

情報提供などを行っている。推進会議の実施は年4回程度行っている。

総会は、全所属団体の代表者から構成されており、推進会議から提出された1年の全体計画の承認、会計報告、役員の変更を実施している。

事務局は、総会を円滑に進めるための資料作成の補助及び近畿風景街道や日本風景街道からの情報提供などを行っている。総会の実施は年1回行っている。

その他、「日本風景街道 熊野」の活動資金として年1回、会費として¥1,000を徴収している。徴収した会費はイベント時にかかる諸経費や各部会の活動実施にかかる際の費用などに充当しており、管理は事務局で行っている。

体制図

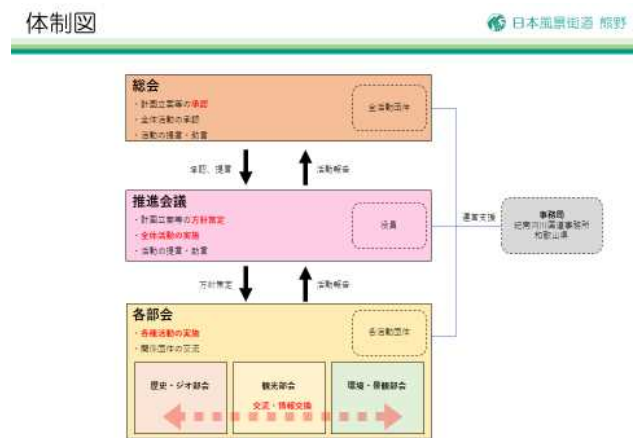


図-5 「日本風景街道 熊野」体制図

令和3年度 役員リスト

| 役職 | 所属団体 | 代表者(敬称略) |
|----------|------------|------------|
| 会長 | [Redacted] | [Redacted] |
| 副会長 | [Redacted] | [Redacted] |
| 会計 | [Redacted] | [Redacted] |
| 会計監査 | [Redacted] | [Redacted] |
| 歴史・ジオ部会長 | [Redacted] | [Redacted] |
| 環境・景観部会長 | [Redacted] | [Redacted] |
| 観光部会長 | [Redacted] | [Redacted] |
| 顧問 | [Redacted] | [Redacted] |

図-6 役員リスト

4. 「日本風景街道 熊野」の取り組み紹介

近年、「日本風景街道 熊野」が取り組んできた活動を紹介します。

① 地域資源を掘り起こす「地域の魅力再発見ツアー」
「観光部会」、「歴史・ジオ部会」が合同で企画しており、地元の方々でも忘れていた魅力または認知されていない地域の魅力を再発見するための活動を実施している。

再発見ツアーを通して、自分たちが住んでいる地域にある魅力を再確認していただくことを目的としている。
(図-7)

② 所属団体主催のイベントとの共催
所属団体である、NPO法人が主催しているイベント(コスモスまつり)に共催しており、イベント時にはブースを出店して「日本風景街道 熊野」の活動を一般の方々にも広めるための広報活動をパネルやチラシを用いて実施している。

また、コスモスまつりではフリーマーケットも実施しており、各団体でもちより物販活動もあわせて実施しており、売り上げの一部は「日本風景街道 熊野」の活動資金に充当している。(図-8)

③ 他の風景街道との交流活動
前々年度は、組織が長期間継続してきたことで、活動の定番化や人材の高齢化などの課題が生じてきていることから組織が持続的に地域を活性化していくための新たな知見を得るとともに、組織の活動を広く普及し連携していくために、日本風景街道の他団体との交流活動を実施している。

交流活動においては、他団体の先進的な活動を視察しノウハウを学ぶとともに、意見交換会を通して互いの活動の水平展開を図ることを目的としている。

これまでに、「日本風景街道 琵琶湖さざなみ街道・中山道」と交流活動を実施しており、互いに意見交換会を行った。

視察先としては、中山道を観光ルートとしての「道」、古道・街道として歴史的価値をもつ「道」、生活道路としての「道」など様々な観点からそれぞれの地域の「良さ」「問題点課題」を見る目的で行っている中山道リレーウォークの活動箇所を視察。

- ・中山道、守山宿、うの家、近江路中山道、各宿場の取り組み説明
- ・うの家、中山道街道交流館、東門院等、守山周辺の見学

また、活動実施にかかる費用については、(一社)近畿建設協会で募集をしている「地域づくり・まちづくり支援事業」を活用した。(図-9)

④ 「日本風景街道熊野」主催のシンポジウムの実施
「紀南の魅力を発信」すること目的として、「日本風景街道 熊野」主催の日本風景街道熊野シンポジウムを実施。

シンポジウムでは、基調講演とパネルディスカッションの2部構成として、講演者とコーディネータに筑波大学名誉教授・日本みち研究所理事長の石田 東生(いしだ はるお)先生をおよびして、パネリストとして紀南地域で活動をされている方々を招待して開催した。

基調講演では、石田先生より「地域再生と風景街道」の講演を承る。

パネルディスカッションでは、「紀南の魅力発信」をテーマに各パネリストが活動を通して発信したい、風景・自然環境・魅力をお話していただき、今後の魅力発信のあり方について議論を深めた。(図-10)



図-7 地域の魅力再発見ツアー



図-8 コスモスまつり





図ー9 近畿交流活動

5. 今後のあり方について

本稿では、「日本風景街道 熊野」の概要および近年取り組んできた活動の紹介を行った。

今後は、組織が長期間継続してきたことで抱えてる、会員の高齢化、活動の停滞化の課題を改善しなければならない。

この解決策として、前々年度と前年度には、新しい風を入れる目的で他団体との交流活動や「日本風景街道熊野」の活動の魅力発信するにはどういった手法があるかなどを議論するシンポジウムを開催するなどの課題の改善を模索する活動を実施した。

また、広報活動においては、活動の実施報告をホームページやSNSに掲載、イベント時には紹介ブースを設置、道の駅では「よりみちマップ」の設置をするなど活動の見える化を実施している。

これらの活動を通して「日本風景街道 熊野」の活動の活性化を図るには、新たな知見を得、それを活用し、繋げることにより発展できるのではないかと考えております。

参考文献

- 1) 紀南河川国道事務所：日本風景街道熊野（ホームページ）



図ー10 日本風景街道熊野シンポジウム

高島浄化センターコンポスト化事業 —下水道リサイクル肥料が目指す地産地消—

榎田 祐介¹・手塚 聡²

^{1,2}滋賀県 琵琶湖環境部 下水道課 (〒520-8577滋賀県大津市京町四丁目1番1号)

下水汚泥のコンポスト化は、汚泥処理にかかるコストを縮減しつつ、CO2削減、資源循環、地産地消を実現する手法の一つである。一方、コンポスト化を事業として成功に導くには、下水汚泥への忌避感の払拭をはじめとして、製造した肥料が地域に受け入れられ活用される必要がある。本報告では、これらを実現するための事業スキームの具体手法や、製造した肥料の利活用推進に係る普及啓発活動に至る事業の全体像を、肥料の効果や安全性に関する定量的分析結果を交えて報告する。

キーワード 下水道, 下水汚泥, バイオマス, 汚泥発酵肥料, 地産地消, 資源循環, 連携構築

1. はじめに

下水処理場(浄化センター)では、汚水を物理的沈殿、微生物による生物的分解、化学的凝集等の作用により、汚水に含まれる有機物等を取り除き、きれいな水にして琵琶湖に放流している。この過程で汚水に含まれる固形物や汚れを食べて増殖した微生物が沈殿したものが「下水汚泥(以下、「汚泥」という)」であり、琵琶湖流域下水道として滋賀県が所管する湖南中部、湖西、東北部、高島の4つの浄化センター(図-1)で発生する汚泥量は、年間12万トンに達し、この処理には多大のコストが投じられている。

汚泥に含まれる有機分をバイオマスとしてとらえて、燃料や肥料として有効利用することが求められており、平成27年度下水道法改正により汚泥の有効利用が努力義務として明文化されたところである。

当県における令和2年度末時点における汚泥の有効利用率はわずか20%であり、全国で最低レベルとなっている。汚泥の大部分を焼却したのち焼却灰を埋め立て処分しているのが現状である。

そのため、有効利用率の向上を目指して、湖西浄化センターでは平成27年度より汚泥を蒸し焼きにして炭化し、固形燃料として売却する「汚泥燃料化事業」を開始したのを皮切りに、平成31年度には湖南中部浄化センターにおいて、県内下水処理場としては初めてとなる、汚泥をメタン発酵してメタンガスを取り出す「嫌気性消化」の導入を決める(令和8年度供用予定)など、汚泥の有効利用の推進を図っている。

今般、高島浄化センターにおいても、従来の産廃処分から転換し、場内に汚泥処理施設を新設して処理を自ら

行うこととし、処理方式として、汚泥を好気性発酵により分解安定化して肥料を製造・販売する「コンポスト化」を県内下水処理場として初導入することとなった。

本稿では、このコンポスト化施設の設計・建設・維持管理運営、および肥料の利活用までをDBO方式により一体で実施する「高島浄化センターコンポスト化事業」について述べるとともに、施設の供用開始に先駆けて実施している肥料の利用促進のための普及啓発活動について報告する。

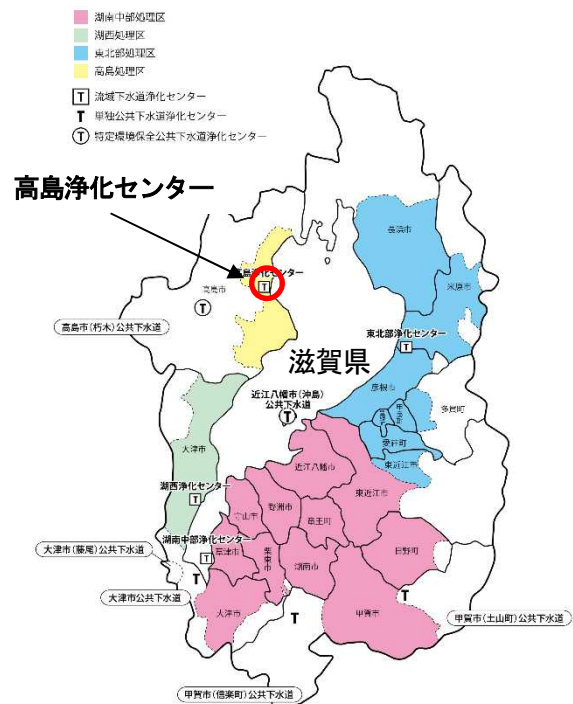


図-1 琵琶湖流域下水道処理区域図

2. 高島浄化センターにおける汚泥処理方式の選定

高島浄化センターは、滋賀県北西部の高島地域をカバーする下水処理場であり、規模としては4つの浄化センターのうちで最も小さいものの、1日あたり約10トン、年間約4千トンの汚泥が発生している(表-1)。汚泥の処分方法として、平成9年度の浄化センター供用開始以来、県外へ産廃処分を行ってきたが、平成29年度に処分単価が前年度比で約1.6倍に高騰したことから新たな処分方式を検討する必要が生じた。

処分費が高騰した状況では処分が継続できないため、平成30年度より隣接処理区の湖西浄化センターの汚泥燃料化施設へ5年間の暫定措置として搬出し、その間に産廃処分に代わる新たな汚泥処理方法を模索することとなった。

当県では、知事の附属機関として「滋賀県下水道審議会」を組織して、下水道事業に係る重要事項について調査審議することとしており、高島浄化センターの次期汚泥処理方式の基本方針について、平成31年2月に知事より審議会会長に諮問された。

審議会において、複数の処理方式を比較検討し、処理の安定性や環境への配慮、汚泥の有効利用、ライフサイクルコストといった複数の評価視点から総合的な審議を行った結果、「コンポスト化」が適当であるとして、令和2年2月に知事に答申いただいた。

さらに、答申には「コンポスト製品の安全性や有効性を担保するとともに、浄化センターが高島地域の循環と共生の一端を担う重要性を鑑み、地域住民と連携して地産地消による資源循環を構築すること。」という一文が添えられていた。これが本事業に特徴的な部分であり、この取り組みについては特に後半に記載する。

3. 下水汚泥コンポスト化とは

有機物が微生物の働きによって分解することを発酵と言い、好氣的発酵を利用して有機物を植物が利用しやすい形に分解・安定化させる工程をコンポスト化(堆肥化

とも言う)と呼んでいる。

このうち、下水汚泥を原料としてコンポスト化により製造した肥料は、肥料の品質の確保等に関する法律(以下、肥料品質確保法という。)により所定の基準をクリアし肥料登録することで「汚泥発酵肥料」に分類される。

本事業は、下水汚泥を“コンポスト化”し、“汚泥発酵肥料”を製造して、“下水道リサイクル肥料”として販売するものである。

汚泥は成分のおよび量的に肥料原料としての価値が高く、そこから生産された肥料は安定した純国産肥料として、地域にとって自給できる貴重な資源であるとされる。

汚泥を原料とした汚泥発酵肥料の特徴として、表-2に示すとおり3大肥料成分(窒素N、リンP、加里K)のうち、窒素、リンが豊富に含まれ、有機質肥料として利用できることや、製造時の発酵熱によって有害な微生物・寄生虫・種子等が死滅・不活性化するとともに、汚泥特有の臭気が減少することなどがあげられる。

本事業では、肥料を浄化センターでの受け渡しによる販売とすることで、流通コストがかからず非常に安価に販売できることから、利用者の肥料代の縮減にもつながり、昨今の化学肥料価格の高騰にあって、代替肥料として使用可能な、価値の高い肥料と考えている。また、図-2のとおり、CO2削減効果としても他の汚泥処理方式よりも優れている。

なお、全国で発生する下水汚泥の約15%が肥料原料として活用されており、自治体が運営する下水汚泥コンポスト化施設も全国に30か所程度が存在する。

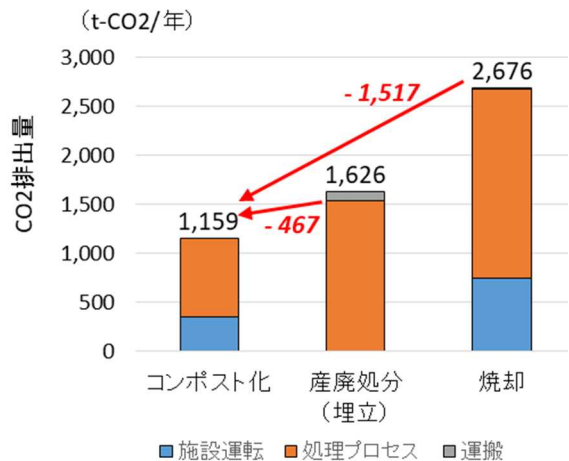


図-2 汚泥処理方式によるCO2排出量

表-1 高島浄化センター概要 (令和2年度末時点)

| 項目 | 内容 |
|--------------|------------------------------------|
| 位置 | 高島市今津町今津 および新旭町糺庭地先 |
| 処理場面積 | 約 7.5ha |
| 処理区域面積 | 2,052.9 ha |
| 処理対象人口 | 40,953 人 |
| 下水排除方式 | 分流式 |
| 処理方法 | 1~2号池 凝集剤添加循環式硝化脱窒法 + 急速ろ過法 |
| | 3~5号池 凝集剤添加ステップ流入式 多段硝化脱窒法 + 急速ろ過法 |
| 処理水量(日最大) | 16,400 m ³ /日 |
| 流入水量(日平均) | 14,072 m ³ /日 |
| 発生汚泥量(脱水ケーキ) | 10.3 t/日 |

表-2 有機質肥料・堆肥の特徴

| 項目 | 下水汚泥肥料 | 牛糞堆肥 | 鶏ふん堆肥 | 生ごみ堆肥 | パーク堆肥 |
|------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| C/N比 | 5~8 | 17~25 | 5~8 | 8~12 | 30~60 |
| 養分含有量(現物%) | 大 N: 4~6 P: 4~6 K: <0.5 | 小 N: 1~2 P: 1~2 K: 1~2 | 大 N: 4~6 P: 4~6 K: 2~3 | 中 N: 2~3 P: 1~2 K: 2~3 | 小 N: 1~2 P: 0.5~2 K: 0.5 |
| 土壌改良効果 | 小 | 大 | 小 | 中 | 大 |
| 備考 | 各種微量元素を豊富に含む | 牛種や飼料の種類で異なる | 臭気が大病原菌懸念 | 塩分、異物混入の可能性 | 発酵促進剤(汚泥堆肥等)を添加 |

4. 官民連携による事業スキーム

汚泥処理施設では、大量の汚泥を安定的に処理するため、施設運転の信頼性に加え、処理の結果生じる製造物を長期間安定して捌いていくことが求められるが、下水道管理者に肥料の販売ノウハウはなく、販売先の安定的確保に苦慮することは明白である。

一方、コンポスト化技術を有する事業者は、自ら製造した肥料の性状を熟知し、利活用や販売にかかるノウハウを保有していることから、肥料の利活用の観点から長期的な運営体制を確保することが事業の安定実施につながるとして、これに適した事業スキームを選定した。

本事業では、図-3に示すように、設計・建設・維持管理・利活用を一体で事業化し、民間の技術やノウハウを活用することができる官民連携手法（PPP/PFI方式）により実施することとした。製造したコンポストは全量を事業者が買い取り、有効利用を行うことを義務付けることで、事業者の肥料利活用のノウハウを活かすとともに、県は肥料販売に伴うリスクを回避できるメリットがある。

PPP/PFI手法の選定については、PFI方式やDBO方式があるが、調達コストが比較的安く、入札手続きに要する期間も短いDBO方式を採用することとし、維持管理期間を20年間として、総事業費約28億円を見込み、「高島浄化センターコンポスト化事業」が始動した。

PFI法の手続きに準じて、実施方針の策定などの手順を踏み、令和4年3月に事業者を特定したところである。今後、設計・建設を経て令和5年度の施設供用・肥料販売開始を目指している。

県の役割としては、事業者のモニタリングにより適正な施設運転を監視するとともに、肥料が地域で有効利用されるよう必要な支援を行っていくことである。

5. マイナスイメージと忌避感

当県で初めての汚泥発酵肥料の製造であり、いかに事業者ノウハウがあろうと、いきなり「どうぞ使ってください」と言って受け入れられるものではない。

汚泥発酵肥料には「下水」「汚泥」からくる臭い・

汚いといったマイナスイメージや、汚泥に含まれる重金属への忌避感があるということが、他自治体の先事例等から認識しており、その克服には相当の努力が必要なことは覚悟していた。

汚水には重金属（ヒ素、カドミウム等）が含まれる可能性があり、これらは汚水処理の過程で汚泥に移行する。そのため、肥料品質確保法で汚泥発酵肥料における重金属の含有量が公定規格として定められている。

この基準をクリアしたものが一般に流通しているが、農地にわずかでも重金属が含まれている可能性のある汚泥発酵肥料を投入することを忌避するものと思われた。

6. コンポスト利用推進に向けて

このようなマイナスイメージや忌避感等から、コンポスト利用に係る課題を把握し、今後の普及啓発の方針について議論するため、令和2年1月に県・市の農政関係者や農業団体を交えた「下水汚泥肥料の利活用検討に関する意見交換会」を行った（図-4）。意見交換会には、国土交通省の下水道エネルギー拠点化コンシェルジュ派遣事業により、専門家の派遣をいただき他府県先事例の紹介や意見交換におけるアドバイス等を頂戴した。

意見交換会では、農政関係者から、下水道リサイクル肥料で生産された農産物へのイメージ低下や、原料の汚泥に含まれる重金属の影響への懸念が示された。一方、利活用を円滑に進めるために必要な取り組みとして、利用者が自ら安全性や肥料効果等を確認して使用を判断できるように必要な試験・実験を行って関連データを整理し公表することや、計画的な普及啓発活動により地域住民



図- 4 意見交換会（右：佐賀市の汚泥発酵肥料で育ったトマトの試食）



図- 3 コンポスト化事業イメージ

に肥料が受け入れられるよう入念な準備を行っていくこと、利用先を農地だけでなく、公園等の緑地も含めて様々な利用先の開拓が重要であることが認識された。

そこで、試験的に汚泥を原料とした肥料を製造して安全性や肥料の成分を確認したうえで、試験圃場や協力農家において試験肥料を利用した栽培試験等を行い、肥料効果や栽培された農作物の安全性を確認するとともに、その結果をもとに普及啓発を進めていくこととした。また、継続的な取り組みとするため「高島浄化センターコンポスト利活用推進計画」を策定し、効果的な利用促進と普及啓発活動を推進していくものとした。

以降はこの取り組みについて紹介する。

7. 栽培試験の実施

(1) 汚泥を原料とした肥料の試験製造

令和元年度に、(一財)日本土壌協会にて約100kgの試験肥料を委託製造し、成分分析等を実施した。その結果、窒素、リンを中心とした肥料成分を含み、重金属の含有量は公定規格よりも十分低いことが確認された。また、植物の発芽、生育状況、異常状況(枯死など)を確認する植害試験で異常は見られなかった。

この結果を受けて、令和2年度には、さらに約5トンの試験肥料を製造し、継続的な栽培試験や普及啓発活動を実施していくこととした。製造した試験肥料の成分分析結果を表-3に示す。前述の汚泥発酵肥料の特徴のとおり、窒素、リンを有効な成分として含んでおり、重金属含有量は公定規格内であった。植害試験(図-5)もクリアし、肥料として登録可能な水準を有することが示された。令和3年12月に肥料登録が完了(登録番号:生第106973号)しており、通常の肥料と同等に利用可能となった。

また、大腸菌などの有害微生物は検出されず、汚泥特有の臭いもほとんどなく、製造工程において適切な発酵

が行われたことが確認できた。

この結果から、高島浄化センターで製造される汚泥発酵肥料は、肥料として有効な成分を含んでいるとともに、重金属含有量は公定規格を大幅に下回っており安全であることが確認された。

(2) 試験圃場における栽培試験

栽培試験は、試験肥料によって様々な農作物を栽培し、化学肥料など他の肥料で育てたものと比較することで、肥料の効果や安全性を確認する試験である。なお、試験にあたっては、農政担当部局へ事前相談を行いながら計画を行った。

試験フィールドとして、県農業技術振興センターへ試験委託が可能か照会したが、空きがないとのことであった。そこで、栽培試験用地として、また継続的な普及啓発フィールドとしての活用も見込んで、高島浄化センター内に試験圃場(ほじょう)を整備することが効果的と判断し、約400m²を造成した(圃場A)。

令和2年度の秋からコマツナの栽培試験を開始した。翌令和3年度には、カボチャ、エダマメ、カブを栽培した(図-6)。

試験概要としては、①下水道リサイクル肥料、②他自治体の下水汚泥肥料、③鶏糞肥料、④化学肥料の4試験区を設け、あらかじめ実施した土壌診断の結果により、肥料成分が同一になるよう各肥料を調整し、施肥した。追肥はしなかった。

収穫物した農作物は、大きさや重さ等を計測ののち、一部を成分分析のため分析業者へ引き渡し、残りを食味試験(食べ比べ)に供した。

成分分析は、糖度や味成分等を計測するとともに、重金属等の含有量も計測した。結果を表-4に示す。

簡単にまとめると、下水道リサイクル肥料は他の肥料に比べると以下のとおりであった。

コマツナにおいては収量が劣ったが、食味で優っていた。

カボチャにおいては収量で同等で、食味で若干劣っ

表-3 試験肥料分析結果

(上:肥料成分、下:重金属含有量)

| 検体名 | 窒素(N) | リン酸(P2O5) | 加里(K2O) | C/N比 |
|------------|-------|-----------|---------|------|
| 試験肥料(R2年度) | 3% | 4% | 1% | 7.5 |

| 項目 | 単位mg/kg | | | | | |
|-------------|---------|-------|------|------|-----|-----|
| | ヒ素 | カドミウム | 水銀 | ニッケル | クロム | 鉛 |
| 試験肥料(R2年度) | 4 | 1未満 | 0.13 | 10 | 9 | 8 |
| 判定 | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| 公定規格(肥料取締法) | 50 | 5 | 2 | 300 | 500 | 100 |

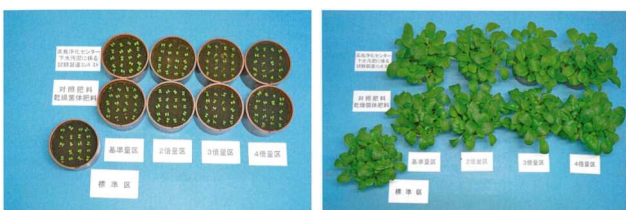


図-5 植害試験(左:発芽状態、右:生育状態)



図-6 カボチャ栽培状況(新聞社取材時)

ていた。

エダマメは天候不順により全試験区で不作となり、一部の分析(重金属含有量のみ)しかできなかった。

また、重金属等の作物への移行に有意な差は認められなかった。

わずかな栽培サンプルで評価を下すことは難しいが、少なくとも他の肥料と変わりなく使えることが確認されたと考えている。

栽培試験は、肥料製造者として品質確認の観点から事業期間に渡って実施していく必要があると考えており、引き続き様々な作物を栽培し、下水道リサイクル肥料の効果的な使い方の提案に繋げていきたいと考えている。

なお、栽培試験における農作業等については委託をしているが、職員も積極的に作業に関与することで、職員自身の下水道リサイクル肥料への理解を深め、普及啓発への意識を高められるよう努めた。

表- 4 収穫物分析結果

| コマツナ | 葉長平均 (cm) | 重量平均 (g) | 総ビタミンC (mg/100g) | 1位 4位 を着色した。 | | 食味試験 評価順位 |
|-------|--------------|-------------|---------------------|-------------------|-----|--------------|
| | | | | 旨味成分 (mg/100g) | 糖度 | |
| ①高島肥料 | 17.0 | 15.1 | 64 | 29 | 4.3 | 1 |
| ②他処理場 | 17.9 | 19.2 | 57 | 19 | 3.9 | 4 |
| ③鶏糞堆肥 | 22.0 | 26.5 | 53 | 19 | 4.4 | 2 |
| ④化学肥料 | 21.2 | 21.9 | 41 | 15 | 3 | 3 |

| カボチャ | 実の直径 (cm) | 重量平均 (g) | 総ビタミンC (mg/100g) | 旨味成分 (mg/100g) | 糖度 | 食味試験 評価順位 |
|-------|--------------|-------------|---------------------|-------------------|------|--------------|
| | | | | | | |
| ②他処理場 | 19.4 | 2,090 | 18 | 11 | 9.9 | 2 |
| ③鶏糞堆肥 | 19.3 | 2,115 | 14 | 17 | 8.5 | 3 |
| ④化学肥料 | 18.9 | 1,973 | 17 | 19 | 10.2 | 1 |



図- 7 チラシ(コンポストレポート Vol.5)

例えば、試験作物の種まきや、収穫などのタイミングで職員の参加を募り、イベント的に農作業を行うことで体験を共有した。記念撮影やチラシの作成(図-7)により、参加者の体験をカタチに残し、それを見た人への波及効果を狙った。

(3) 協力農家における試験利用

試験圃場での栽培試験の他に、普段から農業をしている方(圃場B、C)に実際に肥料を使っただき、栽培モニタリングを実施するとともに、使用感等の感想をヒアリングした。

試験肥料であることから、収穫物の出荷・販売はできないとの条件で試験に協力していただき、使用前後の土壌診断や収穫物分析を行った。

協力農家の感想としては、圃場B、Cともに「普段使っている肥料と同じように育った。」とのことであった。圃場Cでは「肥料が粉体のため風で飛散しやすい、粒状・ペレットの方が使いやすい」とのアドバイスを頂戴した。

圃場Cでは、20年近く化学肥料を使用しない農業を継続されており、下水道リサイクル肥料の資源循環の考えに賛同いただき、引き続きの利用を希望されている。

8. 普及啓発活動の推進

答申の文言にある、地域住民と連携して地産地消による資源循環を構築するためには、計画的に普及啓発活動を進めていく必要がある。

(1) 連携体制の構築

全国的なネットワークとして「BISTRO下水道」がある。国交省、(公社)日本下水道協会、下水道広報プラットフォームが推進する取り組みで、下水道から出た資源(肥料等)を利用して食材を生産し、循環型社会の構築に寄与しながら、安全でおいしい食材を作る手法として注目されている。

当県では、計画の当初よりBISTRO下水道の取り組みを参考にしつつ、令和3年1月に開催された第15回BISTRO下水道推進戦略チーム会合において当県の取り組みを紹介するとともに、全国の先進自治体と意見交換を実施した。

また、庁内部局横断の取り組みとしては、「6. コンポスト利用推進に向けて」記載のとおり、農政関係者を中心に連携体制の構築に努めてきた。令和2年度から、これまで3回の勉強会や意見交換会を開催し、学識経験者や専門家、協力農家を交えて、栽培試験結果等を共有し、意見を頂きながら進めている。

(2) 協力者の開拓

下水道リサイクル肥料の安全性が確認されたことから、利用先開拓として高島市内およびその周辺地域にお

いて、様々な機関、団体、企業等に下水道リサイクル肥料の利用が可能かヒアリングを行った。ヒアリング結果として試験協力者リストを表-5に示す。

公園等においては、指定管理者にアプローチして花壇などでの利用が出来ないか売り込みを実施し、現在3か所の公園等で使用していただいている。現場で花壇を世話している方から高評価で「これまで花が咲きにくかったところにも花が良く咲いた」「お客さんにもきれい咲いていると言われた」などのお言葉を頂いている。

また、会社としてもSDGsへの取り組みを求められている中で、下水道リサイクル肥料の利用は資源循環としてPRしやすい、との感想をいただいたところである。県としても、写真のような看板(図-8)を製作し、現地に掲示して来場者への普及啓発を図っている。この看板をご覧になった農業者から問い合わせがあったり、SNSに掲載されたりと、概ね好評である。

(3) 広報展開

内外へのPRとして、県ホームページでの紹介ページの作成のほか、様々な機会をとらえて認知度向上を図っている。

特に積極的な新聞社等への資料提供、取材対応を心掛けて、時機を逸しないようアンテナを張っている。

今後はSNS等を活用した効果的なPR方法についても検討が必要と考えている。

表- 5 緑地利用の試験協力者

| No | 利用先 | 利用目的 |
|----|---------------------|------|
| 1 | 近江富士花緑公園 | 花壇 |
| 2 | 地球市民の森 | 樹木 |
| 3 | びわ湖こどもの国 | 花壇 |
| 4 | 湖西浄化センターバラ園 | 花壇 |
| 5 | 道の駅あいとうマーガレットステーション | 花壇 |
| 6 | 箱館山 | 花壇 |
| 7 | ラコリーナ | 樹木 |
| 8 | 高島市内小学校(7校) | 花壇 |



図- 8 肥料を使用した花壇と看板(こどもの国)

9. 今後の課題

課題として、特に以下の2点を認識している。

1点目は、今後、このような取り組みを事業期間を通じて継続していくために、職員以外のキーマンとなるべき人物を発掘していく必要がある。現時点でも熱意のある協力者が複数おられるが、今後の事業開始に向けて引き続き関係を保つことが重要である。

もう1点は、肥料中に存在する重金属等の問題である。法律上の公定規格を満足しているものであるが、土壌への蓄積などの影響を懸念する声もある。一般的な肥料と同様に、適正な使用量や土壌改良材との併用など、効果的な使い方や留意点について分かりやすく整理していく。他自治体における先行事例で重金属の土壌への蓄積は確認されないとするモニタリング結果が公表されているが、当県においても継続的に調査していく予定である。

10. まとめ

以上が現状の取り組みである。

下水道リサイクル肥料は肥料として有効な成分を含んでおり、重金属の安全性に問題はないことが確認され、化学肥料と比べても遜色なく育つことが分かった。

ただし、肥料の効果は、土壌の状態(組成、含有成分)や作物によって異なることから、試験圃場や協力農家におけるデータ蓄積に加えて、実際の使用者の感想などもしっかりとモニタリングしていくことが重要と考える。

令和3年度末に事業者が決定することから、事業者と連携した取り組みも重要であり、県としての知見をしっかりと共有し、事業者が有するノウハウと合わせて効果的な普及啓発を推進していく。県としては、肥料の安全性への説明責任を果たすため、引き続き栽培試験等を実施していく必要があると考えている。

下水道は私たちの生活に無くてはならないインフラであるが、住民とのつながりは希薄で、関心を向けられないものであった。今回、汚泥という埋もれた資源を肥料として有効利用することをきっかけに、地産地消や資源循環といったキーワードによって地域とのつながりが出来ていくことに、今後のさらなる展開に大きな期待感を寄せているところである。

謝辞: 本稿に示した成果においては、(公財)淡海環境保全財団の皆様の精力的な活動によるご協力に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) (公財)日本下水道新技術機構:下水道由来肥料の利活用マニュアル(2019年)

琵琶湖内の有人島“沖島”における 環境に配慮した急傾斜地崩壊対策について

安井 潤

滋賀県 大津土木事務所 河川砂防課 (〒520-0807 滋賀県大津市松本1丁目2-1)

滋賀県の琵琶湖内に浮かぶ有人島“沖島”は、日本で唯一、世界でも数少ない淡水湖内の有人島である。島の大半は山地が占めており、わずかな平地に住家が立ち並び、山地と住家の隣接部は土砂災害特別警戒区域に指定されていることから、急傾斜地崩壊対策事業を実施している。希少な離島環境における大規模な工事にあたっては、自然環境への配慮が必要不可欠であった。そこで、滋賀県生物環境アドバイザーのご意見を踏まえながら必要な対策を講じたことにより、工事と自然環境保全の両立を図った。本稿では、その経過と成果を報告するものである。

キーワード 島嶼部 急傾斜地崩壊対策 法面緑化 滋賀県生物環境アドバイザー

1. はじめに

(1) 沖島の歴史・地勢

沖島は、滋賀県近江八幡市長命寺の沖合約2kmの琵琶湖に浮かぶ面積1.52km²の島である。琵琶湖内の4つの島のうちの1つで、人が定住する唯一の島であり、現在約240人が漁業を中心とした産業のもと、生活を営んでいる。淡水湖内の有人島は、日本では沖島のみであり、世界的にみてもスコットランドとデンマークにあるだけで、学術的にも価値の高い貴重な自然環境が残されている。

沖島の大部分は山地が湖岸に迫る地形で、石英斑岩からなり風化・浸食が進み、湖岸には多くの岩石が露出している。南西部の0.1km²にも満たない狭小な平地に人家が軒を接して密集し、その間を軒下道が続くという独特の集落景観を形成している。

その歴史は古く、近辺の湖底から縄文土器や土師器、和同開珎などが採集されている。人の定住は、かつて源平合戦の源氏の生き残りの臣下が住み着いたことから始まっているとされている。そのほか、織田信長が沖島を政治的・軍事的な要所として重要視し、湖上を行き交う船の監視を命じたり、1572年の小田城攻め時に船を三隻出陣させたりし、歴史に深く関わっていたことが沖島共有文書に書き記されている。¹⁾

現在は、通航が一日13往復(日曜日は11往復)運行されており、通勤、通学、レジャー等に利用されている。島内に自動車は無く、島民の移動手段として三輪車が利用されることが多い。

また、島全体が琵琶湖国定公園特別地域(第2種特別地域)内に位置し、沖島頭山城遺跡が発見されている。

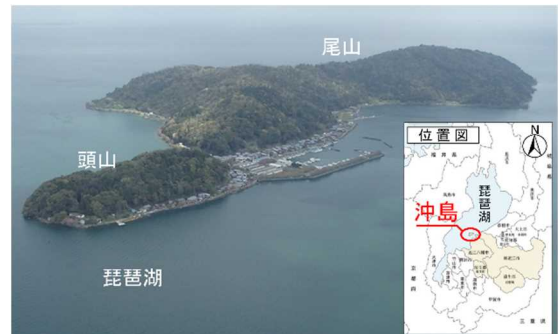


図-1.1 沖島の位置と概況



写真-1.1 島内の様子1



写真-1.2 島内の様子2

(2) 沖島の植物

図-1.2に示す植生図²⁾より、沖島の植生は大部分が二次林で、モチツツジ-アカマツ群集が島の半分を占め、ついでアベマキ-コナラ群集が広い面積を占めている。

沖島は、「近江八幡市沖島の維管束植物目録」(大谷,2007年)²⁾によれば、生育が確認できた維管束植物は合計116科538種類であり、滋賀県レッドデータブック2005年版の掲載種および沖島希産種は12種類確認された。

また、確認された外来植物は86種類(16%)となっている。このことから、外来種が占める割合は増加傾向であるものの、離島という地理的条件のため、外来植物の侵入・繁茂が限定的であると考えられる。

以上のように、唯一の文化、景観、自然環境を有する

沖島の環境を保護・活用するため、2013年に離島振興法による離島振興対策実施地域に追加指定され、滋賀県離島振興計画の下、様々な振興策が進められている。

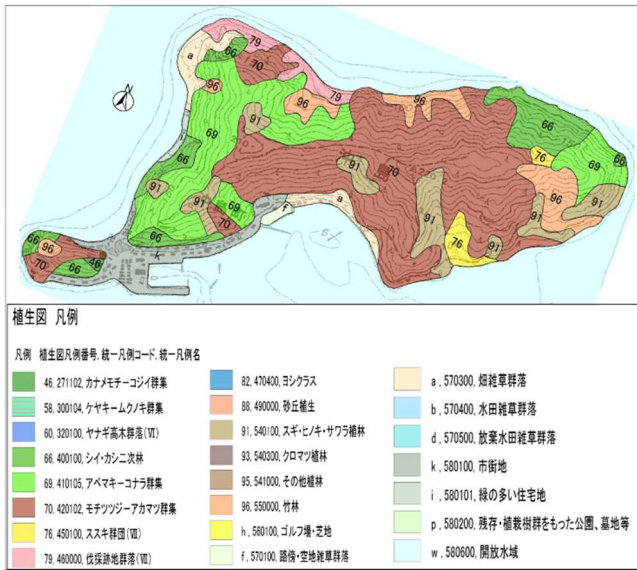


図-1.2 沖島植生図³⁾

2. 沖島における急傾斜地崩壊対策課題

(1) 土砂災害の危険性

沖島は、北東部の尾山(標高220m)と南東部の頭山(標高140m)の2つの山で構成されている。

今回の事業実施箇所である頭山の基盤岩である沖島溶結凝灰岩は、本質的には硬質な岩盤であるが、浅層部分における風化が著しく、概ね1~5mの層厚の表層部は風化が進み土砂化しており、全般的に軟質で平均N値は10以下となっている。

表-2.1 対象斜面の表層部の地盤構成

| 区分 | 記号 | N値目安 | 主な岩盤等級 | 主な地質状況 |
|-----------------|-----|------|--------|--|
| 崩壊土 | dt | 10以下 | — | 礫混じり砂状主体。全体に緩いが、硬質溶結凝灰岩の玉石を多く含む |
| 沖島溶結凝灰岩 極風化部 | Rw3 | 10以下 | DL | 風化によって半固結砂~半固結シルト質砂状。元の岩盤の構造は識別不能。風化残留の硬質部分も点在 |

また、事業実施箇所は、平均斜度は勾配34度、高さ33mの急傾斜地となっており、表層崩壊が懸念される。

頭山外縁部は、この急傾斜地を背に、琵琶湖との間の狭い平坦地に人家が密集している。被害想定区域には保全対象人家34戸があり、道路も狭小であることから、表層崩壊などの災害が発生すると高齢者を中心とする密集人家に大きな被害が予想される。

以上の状況から、図-2.1のとおり土砂災害特別警戒区域(いわゆるレッド)に指定されており、急傾斜地崩壊対策が喫緊の課題となっている。

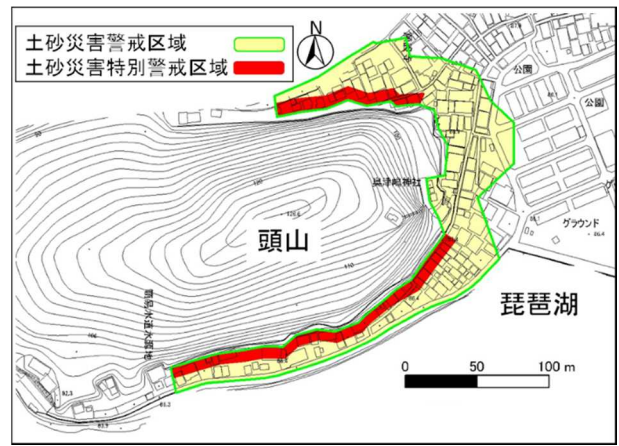


図-2.1 土砂災害警戒区域・土砂災害特別警戒区域 区域図

(2) 事業の概要

沖島地区急傾斜地崩壊対策事業では、頭山の急傾斜地に対して、次のとおりA~D工区に工区分けし、対策をおこなうこととした。

- ・A工区…高強度ネット待受工(2022年1月21日完成予定)
- ・B工区(上部)…ワイヤロープ工, ロープ伏工, ロープ掛工(2019年1月29日完成)
- ・B工区(下部)…吹付法砕工(2021年1月29日完成)
- ・C工区…吹付法砕工(2017年2月28日完成)
- ・D工区…ワイヤロープ工(2019年1月29日完成)

また、設計段階では極力自然環境への影響が小さい工法として、高強度ネット待受工, ワイヤロープ工, ロープ伏工, ロープ掛工を積極的に選定した。

一方、比較的想定崩壊土量が大きいB工区(下部), C工区では、面的に法面の安定を図る必要があったことから、吹付法砕工を選定した。なお、事業箇所の計画平面図は図-2.2に示すとおりである。

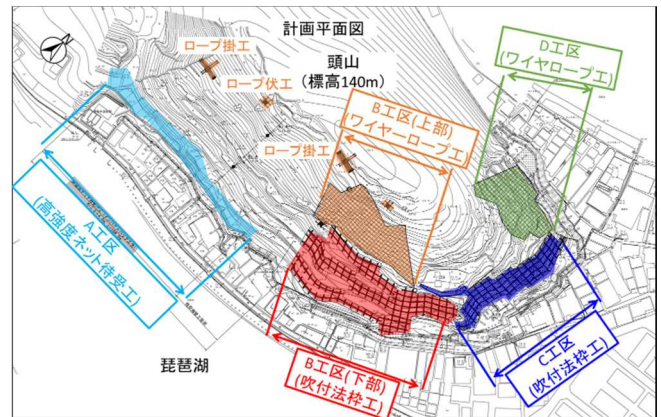


図-2.2 急傾斜地崩壊対策工事 計画平面図

(3) 事業実施による課題

沖島は、自然公園法により第二種特別地域に指定されていることから、優れた自然の風景地として保護することが重要である。なかでも、今回対策を実施する頭山は、斜面中腹部に奥津島神社があり、神社周辺には大径木のシイ、アラカシなどからなる照葉樹が残存し、自然植生

の名残をとどめており、沖島の希少な植生と景観を象徴しているエリアである。

このようなエリアにおいて、大規模な工事をおこなうことで、外来種を持ち込み、植生の大攪乱を起こし、希少な沖島の自然環境を未来永劫失いかねない。

特に、B工区(下部)やC工区で実施する吹付法砕工は、通常、施工範囲の植生の大半の伐採を伴うことから、多大な影響をおよぼすことが懸念された。

つまり、吹付法砕工における植生の回復速度は土質、斜面の向き、標高、周辺環境等、あらゆる要因によって大きく変わるが、図-2.3の施工事例のように、低木林が群落を構成するまで少なくとも数年単位の期間が必要である場合が多く、沖島のB工区(下部)やC工区においても、植生の回復には長期間を要することが想定された。

したがって、この急傾斜地崩壊対策事業に際しては、植生の早期回復と景観の保全を図りつつ、工事を実施することが課題となった。

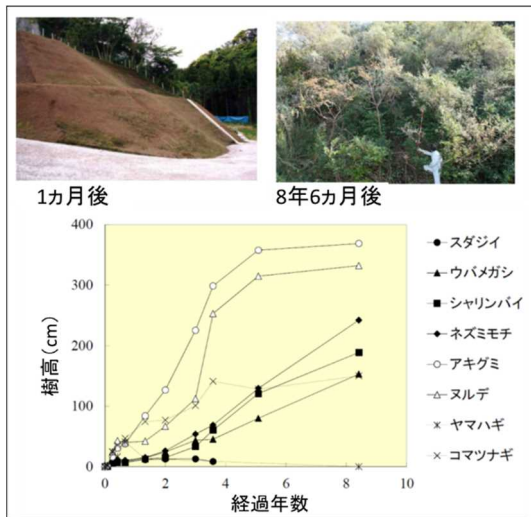


図-2.3 法面緑化工法の植生遷移事例⁴⁾

3. 環境保全との両立の取り組み

この急傾斜地崩壊対策工事に際しては、植生の早期回復と景観の保全を図るため、滋賀県生物環境アドバイザー制度を活用し、学識者の知見を得ながら事業を進めることとした。

なお、生物環境アドバイザー制度地区別連絡会の委員である滋賀県立大学名誉教授小林圭介先生には、特に植生学の専門的立場から継続的な指導・助言とともに、経過観察も含めて全面的にご協力いただいた。

(1) 生物環境アドバイザー制度の活用状況

生物環境アドバイザー制度地区別連絡会は、工事着手の2014年度に先立って2013年度から、現地調査を重ねながら、各工区の工事内容に即して9回開催し、アドバイザーの指導・助言のもとに、最適と考えられる対策の検討をおこなった。

なお、生物環境アドバイザー制度地区別連絡会におけ

る指導・助言の概要を表-3.1に示す。

表-3.1 生物環境アドバイザー制度地区別連絡会助言概要

| | 開催日 | 助言の概要 |
|---|-----------------------|--|
| ① | 2013年7月11日 | ・人為的に外来種を持ち込まないよう配慮する。 ・工事区間内の樹木は可能な限り残す。 ・法枠内については緑化に配慮する。 ・施工前にアドバイザーの指導を受ける。 |
| ② | 2015年3月16日 | ・C工区の伐採予定範囲を確認(現地確認含む) ・樹齢400年程度の大樹は必ず残すこと。 ・枠内緑化方法に関して自然の摂理に基づいた植生回復を図ること。 |
| ③ | 2015年10月6日 | ・C工区の枠内緑化の方法について、試験施工のうえ、総合的に判断で工法決定する。 |
| ④ | 2016年12月8日 | ・C工区の枠内緑化の方法について、試験施工結果も勘案し、環境配慮型マットで施工すること。対象は植被率25%以下の法枠内とすること。 |
| ⑤ | 2017年5月24日 | ・C工区の試験施工結果を確認 ・B工区(上部)、D工区の残すべき樹木について、現地にマークのうえ改めて確認する。 |
| ⑥ | 2017年9月26日 | ・B工区(上部)、D工区の現地で残す樹木を確認。 |
| ⑦ | 2019年8月27日および9月9日 | ・B工区(下部)の吹付法砕工施工にあたり、現地で残す樹木を確認。斜面に対して垂直の高木・亜高木は伐採。水平面に対して垂直の高木は、倒伏しても人家に届かないものは残すこと。 ・C工区の経過は良好(事後の経過観察) |
| ⑧ | コロナ禍により、連絡調整会議のみ書面で開催 | ・A工区の施工に際して、常緑樹・落葉樹共に出来るだけ保護する。 |
| ⑨ | 2021年6月24日 | ・A工区の支障木について、伐採了承。 ・施工済み区間(B,C,D)の経過は良好 |



写真-3.1 生物環境アドバイザー制度地区別連絡会開催状況

(2) 対策内容

本急傾斜地崩壊対策工事ににおけるA工区、B工区(上部)、D工区では比較的自然環境への影響が小さい工法を選定することができた。しかし、B工区(下部)、C工区については、吹付法砕工により自然環境の改変が大きく、対策が重要になった。そこで、B工区(下部)、C工区において実施した対策の詳細を述べる。

a) 法枠内植生工の見直し

設計便覧(案)急傾斜地編(滋賀県土木交通部, 2005年)⁵⁾によると、枠内斜面への浸透水の防止、降雨および表流水による浸食防止のため、中詰工として植生工が望ましいとされている。これに則り、設計段階では予め種子を配合した植生基材吹付工を実施することとしていた。

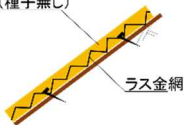
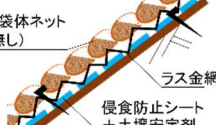
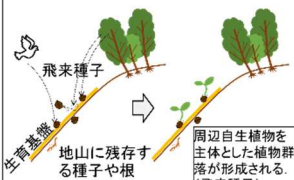
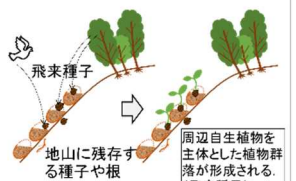
しかし、次の理由①~④より、C工区、B工区(下部)においては、自然植生の早期回復を基本とすることとした。

- ① 種子を含んだ植生基材吹付工によって外来種の侵入を誘発するリスクがあるため。
- ② 施工箇所のうち、切土を伴う箇所は部分的であり、土壤中に埋土種子(シードバンク)が十分含まれていると考えられるため。
- ③ ②および周辺の大径木等からの飛来種子が供給される状況から、植生の自然回復を促すことで結果として植生の早期回復が期待できるため。
- ④ 崩壊が想定される土塊自体は法枠で固定済みであり、

万が一、法枠内に表流水による浸食等が発生した場合は、すぐさま対策が可能であること。

なお、理由②のうち、切土を伴う箇所については、埋土種子が期待できず、飛来種子も捕捉しにくいいため、部分的に枠内の緑化をおこなうこととした。現場条件から、適用可能な無播種植生基材吹付工と環境配慮型マット工を選定した。選定した2工種の概要を表-3.2に示す。

表-3.2 選定した法面緑化工法の概要

| 無播種植生基材吹付工 | 環境配慮型マット工 |
|--|---|
| ラス金網を法面に設置後、生育基盤材(種子無し)を吹き付ける。 植生基材(種子無し)  | ラス金網を法面に設置後、飛来種子の定着率を高めた誘導型植生マットを設置する。 半開式袋体ネット(種子無し) ラス金網 侵食防止シート 土壌安定剤  |
|  <p>飛来種子 生育基盤材 地山に残存する種子や根 周辺自生植物を主体とした植物群落形成される。(飛来種子)</p> |  <p>飛来種子 地山に残存する種子や根 周辺自生植物を主体とした植物群落形成される。(飛来種子)</p> |

ただし、埋土種子や飛来種子がどの程度緑化に寄与するかが不明確であったことから、現場条件に近いC工区隣接地に2m四方の仮設枠を設け、試験施工をおこない、比較したうえで、その結果を勘案して緑化工の工種を選定することとした。



写真-3.2 試験施工の状況

また、C工区切土部以外とB工区(下部)においては、現地盤の埋土種子、後述する大径木の存在、伐採株からの萌芽、斜面の向き(日当たり)、施工区間周辺の植生状況から、早期の自然回復が期待でき、植生回復工事としての手を加えず、経過観察をおこなうこととした。

b) 大径木の残存

各工区内にある大径木は、沖島の景観の主軸となっていること、周囲に多くの種子を供給していること、その根で斜面の露岩を抱えている状況より、可能な限り残存させることとした。

施工上やむを得ず支障となり、伐採が必要な樹木については、生物環境アドバイザーによって、現地で1本ごとに確認したうえで、伐採すべき立木にマーキングをおこない、後に伐採をおこなった。

また、斜面に垂直に生えている木は倒伏の危険性があ

ったことから、伐採することとし、水平面に垂直に生えている木のうち、倒伏しても崖下の住居まで到達しないと考えられる樹木については残存させることとした。(図-3.3、写真-3.3)



図-3.3 大径木の対応模式図



写真-3.3 大径木の対応結果状況

4. 取り組みの結果

(1) 植生回復状況

C工区隣接地において実施した試験施工の結果、写真-4.1のとおり、環境配慮型マット工の方が植生の回復が良好であったことから、C工区切土部には環境配慮型マット工を施工することとした。



写真-4.1 試験施工結果

施工後の状況については、写真-4.2のとおりであり、切土部を含めて植生が回復している状況が確認できた。



写真-4.2 C工区の植生回復状況

(2) 施工後の追跡調査 (B工区(下部)での植生調査)

B工区(下部)では、自然回復による植生回復を図ったが、回復状況は写真-4.3に示すとおり、法枠が見えなくなるほど順調に回復していることが確認できた。



写真-4.3 B工区(下部)の植生回復状況

その後の回復状況および植生遷移の詳細な状況を確認

するため、生物環境アドバイザーの大谷一弘先生のご協力のもと、2021年10月27日に追跡調査をおこなった。

調査は、B工区(下部)のうち7箇所の法枠内を対象に実施した。調査結果の概要は表-4.1のとおりである。

表-4.1 調査結果概要

| 【植生調査結果概要】 | |
|--|---------------------|
| ●調査日時 | 2021年10月27日 |
| ●群落名 | アカメガシワ-カラスザンショウ群落 |
| ●総出現数 | 60種(内、外来種数8種:13.3%) |
| ●亜高木層 T2 | 高さ6.5m, 植被率45% |
| ●低木層 S | 高さ3.7m, 植被率81% |
| ●草本層 H | 高さ0.8m, 植被率28% |
| ・先駆種であるアカメガシワ、カラスザンショウ、クサギが優占種となっている。 | |
| ・木本類では、ヤブツバキ、イロハモミジ等、もともと現地斜面に生育していたと思われる種が確認された。 | |
| ・周辺に残存する大木等の種子からの発芽や切株から萌芽したと考えられるシイやクロガネモチも確認された。 | |
| ・外来種はヒメムカシヨモギやヨウシュヤマゴボウなど先駆性の植物が数種類確認された。 | |



写真-4.3 調査状況



写真-4.4 どんぐりからの発芽



写真-4.5 カラスザンショウ



写真-4.6 切株からの萌芽

植生調査結果から、特に低木層の植被率が高い値となっていることがわかった。これはアカメガシワ、カラスザンショウに代表される先駆性植物が先行して侵入してきた結果と考えられる。

また、施工前のB工区(下部)の主要な樹種であったシイや、イロハモミジといった種の発芽が確認されたが、これは周囲の大径木や残存していた樹木からの飛来種子によるものと考えられる。

これらの結果から、B工区(下部)では、施工後半年経過時点で既に先駆性植物が占めている状況から、通常数年かかるとされる自然林(常緑広葉樹林)に遷移しつつあることが明らかであり、早期の植生回復が確認された。

さらに、追跡調査で確認された外来種が占める割合は13.3%(8種/60種)であり、前述の2007年調査での16%と同程度であった。これは、元の植生が回復しており、事業実施による外来種の侵入が抑えられた結果と考えられる。

5. まとめ

(1) 沖島での取り組み結果

今回の取り組みの結果、施工箇所の植生は、本来沖島に生育している種を中心に驚くほど順調に回復していることが確認できた。このことから、今回の事業の実施により、急傾斜地崩壊対策工事と希少な沖島の自然環境・景観保全との両立を達成することができた。

なお、追跡調査実施日(2021年10月27日)の約2ヶ月前の2021年8月14日には滋賀県の近江八幡観測所において、観測史上1位の225mmの日雨量が観測されている⁶⁾が、法枠内には浸食跡等は確認されなかった。よって、適切な自然植生回復により植生工の本来の目的である表流水による浸食防止の機能を有していることが裏付けられた。

(2) 土木工事と植生

ここまで、沖島における急傾斜地崩壊対策工事と植生の両立について述べてきたが、近年、経済活動のグローバル化や地球温暖化の影響等もあり、外来生物が侵入・繁茂し、社会問題になっている。

特に、河川におけるヤナギ類、ハリエンジュ、タケ・ササ類の繁茂は、流下能力を低下させる原因になる場合があり、気候変動により災害が激甚化しているなかで深刻な課題である。

一方、表-5.1のとおり、これらの種は特性が異なることから、特性に応じた対応が重要である。例えば、ヤナギ類を伐採し枝の処理がおそろかになることで、落枝から萌芽し、ヤナギ林の大繁茂を助長してしまった事例も報告されている。ヤナギは落枝から8割程度の高い確率で萌芽するとされており、その特性を把握せずに対応した結果と考えられる。

表-5.1 ヤナギ類、ハリエンジュ、タケ・ササ類の特性⁷⁾

| 特性 | ヤナギ類 | ハリエンジュ | タケ・ササ類 |
|-------------|-------|-----------------------|--------|
| 萌芽に関する特性の違い | | | |
| 落枝からの再生 | ○ | × | × |
| 切株からの再生 | ○ | ○ | × |
| 地下系・根からの再生 | × | ○ | ○ |
| 種子に関する特性の違い | | | |
| 散布数 | 非常に多い | 多い | 不明 |
| 埋土種子 | 作らない | 作る | 不明 |
| 発芽スイッチ | 吸水 | 非休眠種子：吸水 休眠種子：傷+吸水 | 不明 |

※ タケ・ササ類の種子は数十年に一度しか作られないことから不明な点が多い

筆者を含む土木技術者の多くは、植生回復したい時は単に緑化すればよい、あるいは、防除したい時は単に伐採すればよい、と考えてはいないだろうか。植物は、その種類によって生育する環境に合わない箇所には生えず、逆に生育する環境が揃えば爆発的に繁茂する。

今回の急傾斜地崩壊対策事業の取り組みを通して、植物の特性を知り、特性に合った緑化や防除をおこなうこ

との重要性に気づかされた。今後、緑化や防除をおこなう際には、短絡的な対応をせず、生育している植生を考慮した対応を心がけたい。グリーンインフラが注目され、全国的に導入が進んでいるなか、土木技術者の植物に対する意識の改革が求められている。

(3) 今後の予定

沖島地区急傾斜地崩壊対策事業は、2021年度に残るA工区の高強度ネット待受け工が完成した。今後は、施工後の植生回復状況について、生物環境アドバイザー制度地区別連絡会をとおして、引き続き経過観察を実施していく予定である。

最後に、沖島について詠まれた歌を紹介し、沖島への誘いとして、来春にはさらに本来の自然の植生に回復した頭山を背景に、沖島港の桜が楽しめるかもしれない。



謝辞：本事業に携われた関係者のみなさまに感謝します。とりわけ、本稿執筆に際し、生物環境アドバイザーの枠を超えてご指導・ご鞭撻いただきました小林圭介先生、大谷一弘先生の両先生に深く感謝します。

参考文献

- 1) 小川四良. 1996. 沖島に生きる. 淡海文庫7. サンライズ印刷出版部. 滋賀県彦根市
- 2) 大谷一弘. 2007. 近江八幡市沖島維管束植物目録 ―沖島の森林環境調査より―
- 3) 環境省. 1999. 1/2. 5万現存植生図. 自然環境調査web-GIS
- 4) 斜面樹林化技術協会. 2017. 国内産在来種による自然回復緑化工 斜面樹林化工法 施工事例集(第3版). 斜面樹林化技術協会事務局. 東京都
- 5) 滋賀県土木交通部. 2005. 設計便覧(案)急傾斜地編
- 6) 気象庁. 2021. 観測史上1~10位の値(年間を通じての値). 気象庁ホームページ
- 7) 国土交通省水管理・国土保全局 河川環境課. 2019. 大河川における多自然川づくり ―Q&A形式で理解を深める―. 国土交通省ホームページ
- 8) 岩根順子. 2003. 琵琶湖流域を読む 下 多様な河川世界へのガイドブック. サンライズ印刷出版部. 滋賀県彦根市

奈良公園内の水環境改善に向けた 取り組みについて

馬嶋 美香

奈良県 地域デザイン推進局 奈良公園室 (〒630-8501奈良県奈良市登大路町30)

名勝奈良公園は我が国を代表する公園として、また県有数の観光地や都市近郊の自然地として広く親しまれてきた。そんな奈良公園内の代表的水辺景観である鷺池や猿沢池では、気温の高い夏季には水質の悪化によるアオコの発生や浮草の繁茂、異臭の発生など、良好な水辺景観の維持において課題が生じている。状況改善のため現在奈良県で取り組んでいる、水環境改善に向けた取り組みについて紹介する。

キーワード 景観, 環境, 水質改善

1. はじめに

奈良公園は、1880年の開設以来、多くの観光客が訪れる観光名所である。1922年に国の名勝に指定され、1998年には「古都奈良の文化財」として世界遺産にも登録されており、我が国を代表する公園として広く親しまれる奈良公園内の景観保全は、奈良県の重要な課題となっている。

奈良公園内には、浮見堂がある鷺池や興福寺五重塔が水面に映える猿沢池等、多くの池が奈良の名所として水辺景観を形成しているが、近年、水質の悪化などによりアオコの発生や水の汚濁、浮草の異常繁茂が起り、景観阻害や異臭が発生し、周辺環境に影響を与えている。

本稿は、奈良公園の魅力向上の取り組みの一環として、奈良公園内を代表する池である鷺池、猿沢池の水環境改善対策の検討と今後の方針について報告する。

2. 奈良公園内の水環境について

奈良公園区域周辺には、春日山や若草山、御蓋山を水源として、一級河川佐保川、能登川、準用河川吉城川、菩提川の4本の河川が流れている(図-1)。中でも菩提川においては、奈良公園や奈良市の中心市街地を流下し佐保川へ合流するまでに、春日大社や興福寺などの歴史ある社寺とともに、鷺池や猿沢池など古くからの池が貴重な水辺景観を形成している。

菩提川は佐保川合流点からJR関西本線までの下流部約1,580mを一級河川に指定されており、中流部は下流側から約300mは都市下水路、上流側は奈良市公共下水

道となっている(図-2)。

菩提川上流部は春日大社境内を流れており、境内の池や萬葉植物園の水源にも利用されている。しかし、菩提川の流域は山間部集水域が小さいため上流部は水量が特に少なく、春日大社は古くから吉城川上流に堰をつくり分水することで最低限の水量を確保し、境内の各所で利用している。

菩提川中流部は、市街化に伴い流路のほとんどが暗渠化されており、開水路としてわずかに残る猿沢池南水路は古くからの菩提川の景観が偲べる貴重な水辺として、2004年の水路整備により修景を行っている。

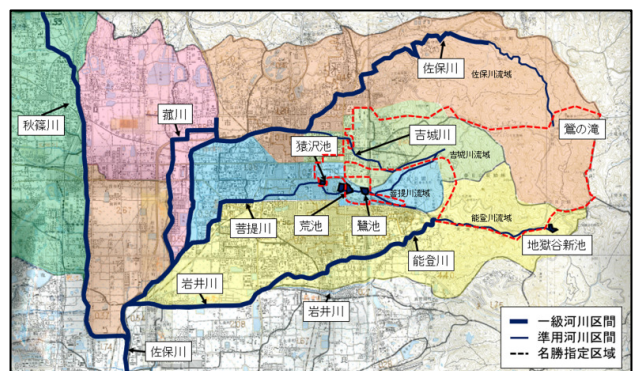


図-1 奈良公園周辺の河川及び流域

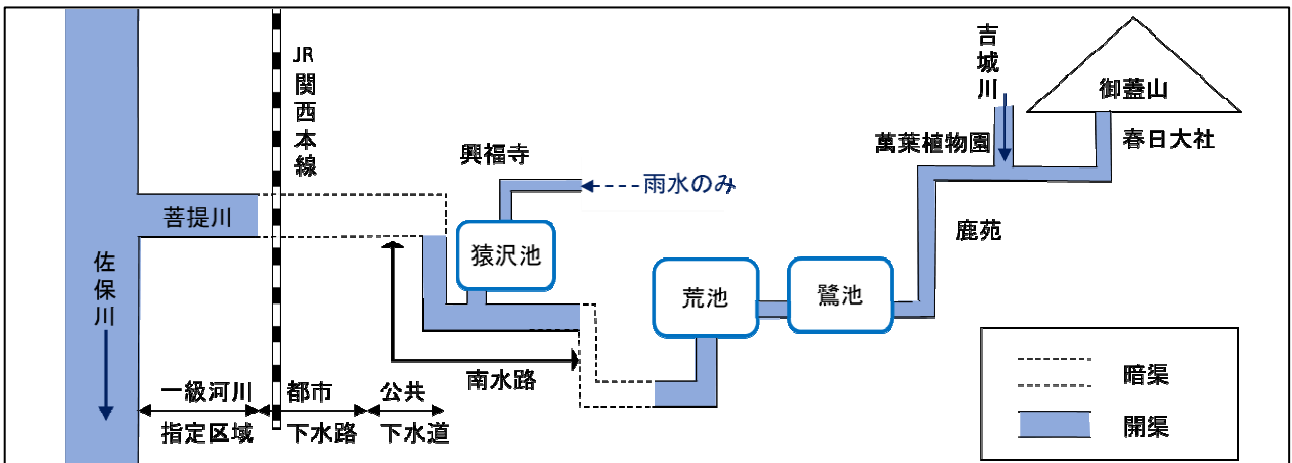


図-2 菩提川流路模式図

3. 課題

水面越しに遠景の御蓋山が望め、池内に浮見堂が浮かぶ鷺池は、奈良公園内の代表的水辺景観を形成しているが、流水量が少なく水質が悪いため、気温の高い夏季にはアオコの発生や浮草の繁茂がしばしば発生し問題となっている(写真-1)。特に、アオコの発生は、水の色が変色し大きく景観が変わってしまうほか、悪臭や水中酸素の欠乏による魚のへい死など、奈良公園の観光地としての価値が損なわれる。加えて、生態系への影響も懸念される重要な問題となっている。

また、興福寺の五重塔や五十二段が水面に映える猿沢池は、奈良県を代表する景観の一つであるが、菩提川流域内にあるにもかかわらず河川からの流入がなく、水が供給されるのは降雨時に興福寺境内から繋がる水路から流入する雨水のみと閉塞性が高く、そのために池の水が茶色く濁っており、景観が損なわれた状態となっている。



写真-1 池に発生したアオコ

4. 原因

アオコは、富栄養化が進んだ湖や池に藍藻類が大量に発生し水面を覆うことで緑色の粉をまいたようになる状態のことであり、またはその原因である藍藻類のことを指す。

アオコの増殖の主な要因として以下の条件が挙げられる(図-3)。

- ① 栄養塩の窒素・リンの流入による富栄養化
- ② 流入量が少なく池水の滞留時間が長い
- ③ 水温が25℃以上
- ④ 十分な日射量による光合成
- ⑤ 底泥へドロ化等による栄養塩(窒素・リン)の供給によって、以上の条件が重なる夏季が、最もアオコが発生しやすい。

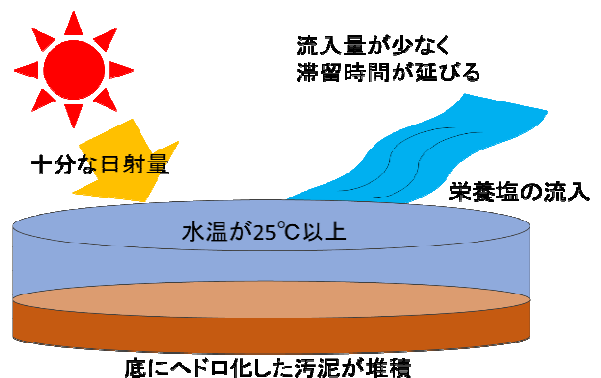


図-3 アオコの増殖要因

上記の条件で挙げた栄養塩である窒素・リンの主な要因として、窒素は堆積した落ち葉や枝等の有機物によるものと考えられる。しかし、リンは自然界ではほとんど存在しないため、動物のフン尿等生物的要因が要因で

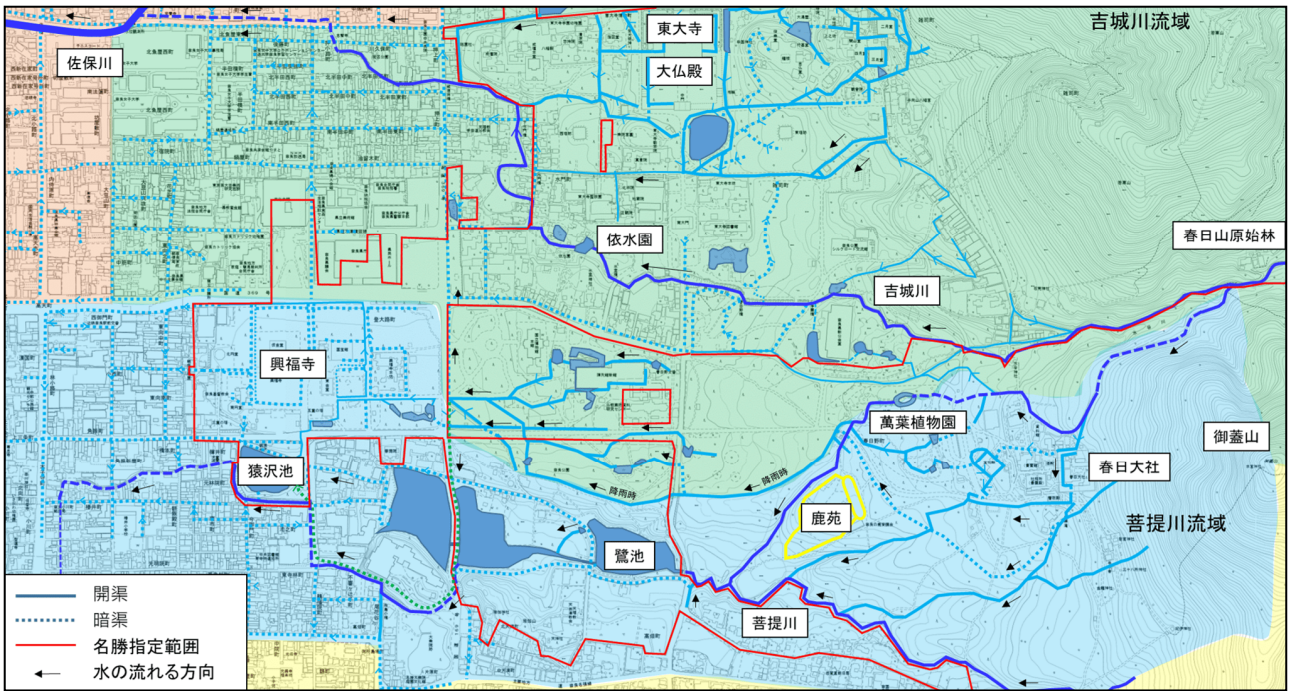


図-4 奈良公園周辺の水の流れ

あると考えられる。菩提川が上流部にある春日山原始林や奈良公園内を流れることで動物のフン尿等が池に流入、堆積していると予想される。

また、アオコの増殖しやすくなる池水の滞留時間は約2週間以上が目安であり、滞留時間を短くするには各池の貯水量にあった流入量が必要であるが、菩提川は御蓋山の西側のみと流域が小さいため水量が少なく、池水の長期間の滞留を招いている現状である。

ないまま菩提川へ排水されている。

5. 対策の検討

対策の検討にあたり、まず水源から各池までの詳細な水の流れを確認するため資料を収集し、流域と流路の把握を行った(図-4)。並行して2021年より河川源流から各池へ流入するまでの水質、水量調査を行い、そのデータを基に対策の方針を検討することとした(図-5)。

その結果、菩提川の水質は、鹿苑上流から鹿苑下流の間でリンの値が約0.05mg/Lから約0.30mg/Lと大幅に高くなり、また、鶯池内では窒素の値が約0.7mg/Lから約1.2mg/Lと高くなることが判明した(図-6)。これらの値は環境基準における日常生活において不快感を生じさせない限度を超えており、改善が必要であることがわかる。

鹿苑は国の天然記念物「奈良のシカ」の保護育成を目的に、1929年に造られた施設であり、年間を通して常に400頭以上の鹿が保護されている。奈良公園内でも鹿の密度が高い場所となっているが、水の浄化処理施設は設置されておらず、苑内を通った雨水はほとんど処理され

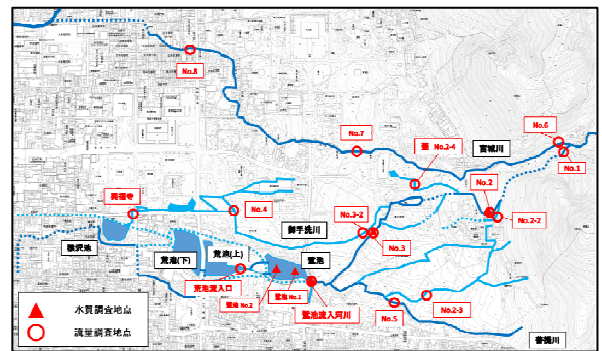


図-5 水質・水量調査位置

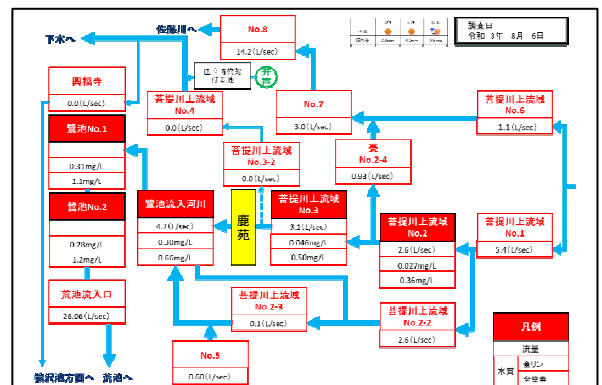


図-6 水質・水量調査結果

鹿が一日に排泄するフンの量は約500g～700gといわれており、鹿苑の収容頭数からフンは年間で約70 t～100 t以上と推定される。毎日清掃することでフンの収集を行っているが、雨天時のフン尿の流出の抑制には限界がある。よって、鹿のフン尿がリンの値増加の主な要因として考えられるため、リンへの対策として、鹿苑からの排水の水質改善が有効である。

また、落ち葉や枝等有機物が主な要因と考えられる窒素への対策として、池内に堆積した有機物がヘドロ化した汚泥への対処が有効である。対策方法として、一般的に曝気や池干し、堆積汚泥の浚渫が有効とされている。それらに併せて、各池に流入する水量を増やす水量対策を実施することで、アオコの増殖を防ぎ、池の水質の改善を目指す。

6. 今後の方針

水質改善の具体的目標として、湖沼における環境基準「V（環境保全）：国民の日常生活において不快感を生じさせない限度」を適用し、リンを0.1mg/L以下、窒素を1.0mg/L以下とする基準値¹⁾を満たすこととし、各対策を計画している。

リンの対策方法としては、鹿苑内からの降雨時の土砂流出を防ぐ土砂柵の整備や、排水浄化施設の整備が

必要である。現在、鹿苑では老朽化した施設の改修工事が進められており、施設の改修に併せて水環境改善を進めていく予定である。

窒素の対策方法として、池内の有機物の分解促進のため曝気装置の設置、定期的な池干し、また、池干しに併せて池内の汚泥の浚渫を予定している。さらに、水量対策においても、有効な方法を検討している状況である。今後は、水質・水量調査によるデータの蓄積を継続し、実施した対策の効果検証と有効な長期的対策を検討していきながら、奈良公園内の水環境改善に努めていきたい。

7. おわりに

奈良公園における水辺景観は、周辺住民だけでなく奈良県を訪れる多くの観光客の目にもとまる大切な観光資源である。引き続き、公園管理者として、多くの方々に楽しんでいただけるよう奈良公園の景観保全に取り組んでいく。

参考文献

- 1) 武田 育郎：よくわかる水環境と水質

綾部宮島線（肱谷バイパス）における （仮称）新肱谷橋の設計について

奥本 龍馬

京都府 建設交通部 道路建設課 （〒602-8570京都府京都市上京区下立売通新町西入藪ノ内町）

京都府南丹市美山町に位置する主要地方道綾部宮島線において、約1.0kmのバイパス事業を計画している。本事業は幅員狭小・線形不良区間及び老朽化施設を迂回することにより、緊急輸送路としての災害時の信頼性の向上及び通行車両の安全確保を目的としている。本稿では本事業の概要及び主な構造物の設計、周辺環境に配慮した景観検討について報告するものである。

キーワード 橋梁設計, 鋼アーチ橋, 景観検討

1. はじめに

主要地方道綾部宮島線は、国道27号と国道162号を結び、南丹市美山町を東西に貫く道路である。本路線は第二次緊急輸送路に指定されているとともに、美山町の代表的な観光地である「かやぶきの里」や「大野ダム」へのアクセス道路にもなっており、地域の活性化を図る上で重要な路線である。

肱谷バイパスは綾部宮島線のうち、幅員狭小・線形不良区間及び老朽化施設をバイパスにより迂回することで、緊急輸送路としての災害時の信頼性の向上及び通行車両の安全の向上を図る事業である。

本文では、肱谷バイパスの事業概要及び計画している「（仮称）新肱谷橋」の設計について報告する。

2. 現道の状況と課題

綾部宮島線の当該地区は、大野ダムの整備に合わせてダム湖に沈む旧道の代替道路として昭和30年代に整備された。バイパス計画区間の現道は幅員狭小・線形不良により大型車の離合が困難となっており、山側は急斜面が連続している。平成16年台風23号では斜面が崩壊し、約1ヶ月にわたり通行止めとなるなど、緊急輸送路としての安全性・信頼性の向上が喫緊の課題となっている。また、肱谷橋、音海橋、大野トンネルといった老朽化した構造物を有しており、肱谷橋においては架設から60年以上が経過しており通行車両の重量制限や速度制限を行っている状況である。



図-1 綾部宮島線の概要

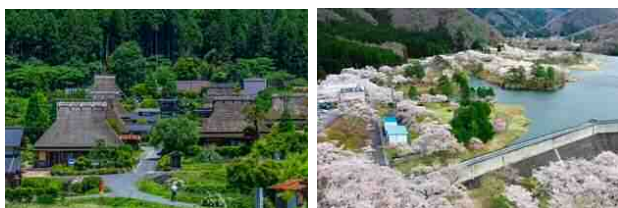


写真-1 かやぶきの里

写真-2 大野ダム



写真-3 現道の状況

3. 事業概要

事業概要を表-1に示す。幅員狭小・線形不良区間や老朽化した構造物を有する現道を迂回する約1.0kmのルートであり、地域住民の生活道路としての安全性・利便性の向上、観光拠点への安全で円滑な移動による広域交流の促進、災害や老朽化による通行止めリスクの軽減などの事業効果が期待される。バイパス上の主な構造物としては(仮称)新肱谷橋、(仮称)小淵橋がある。

表-1 肱谷バイパスの概要

| |
|---|
| (事業概要) 路線名：主要地方道 綾部宮島線 場所：南丹市美山町小淵(おぶち)～三埜(みつの) 延長：L=約1.0km 幅員：6.0(10.0)m 事業期間：平成26年度～ 構造規格：第3種3級 設計速度：50km/h 主な構造物：(仮称)新肱谷橋(L=137.0m) (仮称)小淵橋(L=146.0m) |
|---|



写真-4 肱谷バイパスの概要

4. (仮称)新肱谷橋の設計

(1) (仮称)新肱谷橋の概要

本バイパスで計画している橋梁のうち、(仮称)新肱谷橋の概要を以下に示す。桁下環境が大野ダム湖(一級河川由良川)であることから、ダム湖内に橋脚や仮設構造物を構築しない橋梁形式及び架設工法を採用した。

表-2 新肱谷橋の概要

| |
|---|
| (橋梁概要) 名称：(仮称)新肱谷橋 橋長：137.0m 上部構造：鋼単純ニールセンローゼ橋(バスケットハンドル) 下部構造：逆T式橋台 架設工法：ケーブルエレクション斜吊り工法 交差物件：一級河川由良川(大野ダム湖) |
|---|

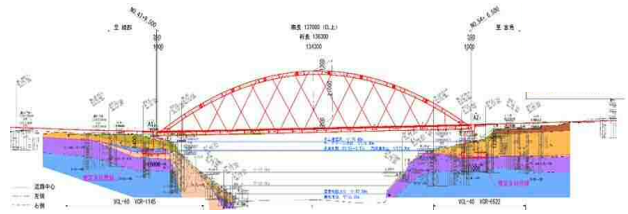


図-2 新肱谷橋側面図

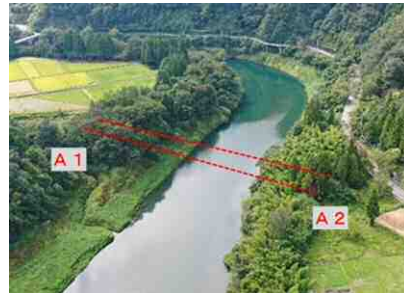


写真-5 新肱谷橋架橋位置

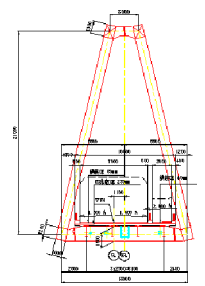


図-3 新肱谷橋断面図

(2) 橋梁形式

基準径間長及び阻害率からすれば2径間まで計画可能であったが、桁下条件がダム湖であり、橋脚を設置する場合、ダム湖内で作業を行うにあたり制約が多いことや地震後の点検や補修工事が困難であることを踏まえ、橋脚の設置を回避し、単径間の橋梁形式で比較選定を行った。その結果、総合的に最も優れるバスケットハンドル式ニールセンローゼ橋を採用した。また、橋台については逆T式橋台を採用した。

(3) 架設工法

前述のとおり桁下が大野ダム湖であることから、湖内に入らず施工可能であるケーブルエレクション斜吊り工法を採用した。以下に架設工法の施工手順を示す。



①鉄塔、引張アンカー設置



②ケーブルクレーン設置



③アーチリブの架設、閉合



④補剛桁、横桁、縦桁の架設



⑤架設設備の解体



⑥橋面を施工し完成

図-4 新肱谷橋施工手順

(4) 積雪対策

新脇谷橋（仮称）の架橋位置は積雪地域であり、アーチリブや上支材等に積雪した場合に橋面への落雪による第三者被害の懸念があるため、積雪対策を検討した。検討した工法を以下に示す。検討した結果、積雪の滑落を防止するためアーチリブの道路側にL型鋼を設置する「アングル工法+除雪（人力）工法」を採用した。

表-3 落雪対策の検討資料

| | ヒーティング工法 | カバー工法 | アングル工法 |
|-------|---------------------------|--------------------------------------|--|
| 参考図 | | | |
| メリット | 熱により積雪を融解させることで人手をかけない | アーチリブ天端を急勾配とすることで、積雪を軽減する | 施工時に設置することで対策が容易である |
| デメリット | ランニングコストがかかり、トコノ維持管理性に劣る。 | 規模が大きくなると景観性を損なう恐れがある。事例では既に撤去されている。 | アングルの許容高さ以上の積雪に対応できない(アングル高さを上げると景観性に劣る) |
| 評価 | △ | △ | ○ |
| | 塗装工法 | チタンパネル工法 | 除雪工法（人力） |
| 参考図 | - | | |
| メリット | - | - | 一般的な対策工法であり、初期コストがわからない |
| デメリット | 滑雪性の悪い塗装は存在しない | メーカーの事業撤退により、製造不可 | 人力作業の人手が必要高所作業車での作業となり、規制を伴う |
| 評価 | x | x | ○ |

(5) 防錆対策

鋼橋の防錆対策は重防食塗装又は耐候性鋼材が一般的であるが、（仮称）新脇谷橋の架橋位置は凍結防止材散布路線であり、通行車両による塩分を含んだ水分の巻き上げや飛散を考慮した防錆対策を検討した。その結果、飛散や巻き上げの影響が無い部材は耐候性鋼材、その他の部材は重防食塗装とする「耐候性鋼材（表面処理）+重防食塗装」による防錆対策を採用した。

表-4 防錆対策の検討資料

| | 第1案 塗装 | 第2案 耐候性鋼材（表面処理）+塗装 |
|-----|--------------------|--------------------------|
| 概略図 | | |
| 評価 | △初期コスト及びLCCで第2案に劣る | ○初期コスト・LCCに優れ、景観性が第1案と同等 |



- 【塗装部材】
 - ・アーチリブ、補鋼桁、上支材、縦桁・端横桁
- 【耐候性鋼材】
 - ・縦桁、中間横桁、対傾構

図-5 新脇谷橋の防錆対策

(6) 景観検討

事業箇所である美山町全域が景観計画区域に指定されている。（仮称）新脇谷橋は橋長130m、アーチライズ20mを超え、（仮称）小淵橋も同規模の大規模な構造物であり、景観に与える影響が大きいことから「綾部宮島線（脇谷バイパス）橋梁景観検討会」を設置し、学識経験者、地元関係者及び行政関係者による検討を踏まえ、景観に配慮した橋色を決定した。

①第1回検討会

架設位置及び周辺環境の確認を行い、フォトモンタージュを作成する視点場の選定及び5色相⇒3色相への絞り込みを行った。色相選定の方針は架橋位置である南丹市の景観計画で定められている使用できる色の範囲内であり、かつ、架橋箇所の景観構成要素である緑、水、空と馴染む色、または緑を引き立たせる色を色相の候補とした。



図-6 視点場の選定資料



図-7 南丹市景観計画の色相範囲（点線枠内）

表-5 南丹市景観計画の色相範囲

| 使用する色相 | 彩度 | 明度 |
|---|------|-------|
| 赤 (R) ・ 黄赤 (YR) ・ 黄 (Y) | 6 以下 | 1 ~ 8 |
| 黄緑 (GY) ・ 緑 (G) ・ 青緑 (BG) ・ 青 (B) ・ 青紫 (PB) ・ 紫 (P) ・ 赤紫 (RP) | 2 以下 | |
| 無彩色 (N) | - | |

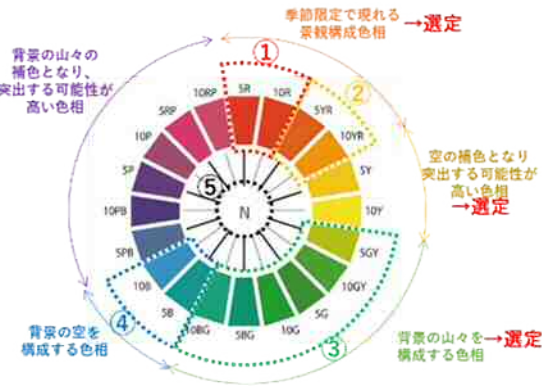


図-8 色相の選定

表-6 色相の特定と選定理由

| No. | 色相候補 | 特性・選定理由 |
|-----|---------|---|
| ① | R | 緑色を引き立たせる色であり、紅葉の色、郵便ポストやお地藏様の前掛けの色として、美山町の集落景観の中に溶け込みながらアクセントとなっている色である。 |
| ② | YR | 自然風景に調和する推奨色*であり、紅葉の色でもある。 |
| ③ | G・GY・BG | 緑と馴染む同系色である。 |
| ④ | B | 空・雲と馴染む同系色である。 |
| ⑤ | N | |
| - | P・RP | 背景の山々の補色で風景から突出する可能性があるため不選定。 |
| - | Y | 背景の空の補色で突出する可能性があるため不選定。 |

②第2回検討会

デザインコンセプトの確定及び3色相(赤系, 黄色系, 緑系)から2色相(黄色系, 緑系)への絞り込みを行った。デザインコンセプトは同形式の長大橋が2橋連続するという特徴を踏まえ「美山町の個性をつなぎみどりに映える双子橋」に決定した。

デザインコンセプト
美山町の個性をつなぎみどりに映える双子橋

| | | |
|--|--|---|
| <p>外部景観</p> <p>豊かな水や緑に馴染み、引き立たせる外部景観</p> <p>シンボル性のある形状特性を活かして、美山町の豊かな水や緑の中になじみながらも、水や緑に映えてその美しさをより引き立たせるような外部景観を創出する。</p> | <p>内部景観</p> <p>美山町の個性ある地域資源のつながりを期待させる、通行して楽しい内部景観</p> <p>大野ダム・かやぶきの里・戸生原生林などの美山町の特徴ある地域資源をつなぐ道筋として行く先を期待を持たせるような開放的でワクワク感のある内部景観を創出する。</p> | <p>2橋の連携</p> <p>新藤谷橋と小洞橋の連続性を意識する</p> <p>同一形式・同規模の2橋が至近距離に架設されるため、2橋の色彩には関連性を持たせる。</p> |
|--|--|---|

図-9 デザインコンセプト

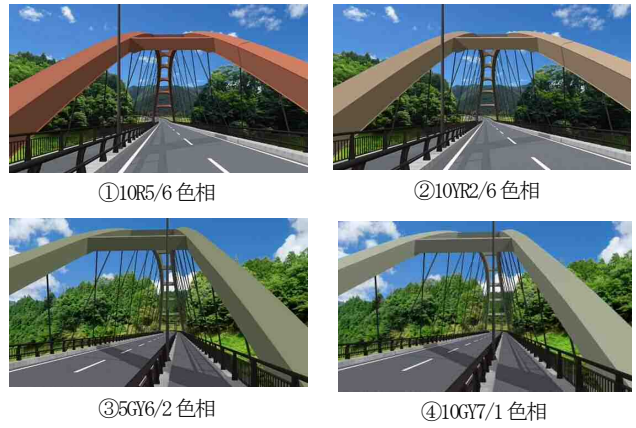


写真-6 候補色相のフォトモンタージュ一例

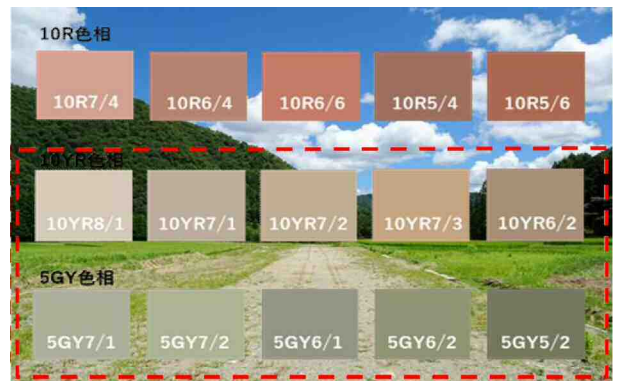


図-10 色相の絞り込み

③第3回検討会

現地で第2回で絞り込んだ8色(2色相×4色)の色見本(90cm×90cm)を現地で掲げ、背景とのバランスや光りの当たり方による見え方を確認し、最終決定を行った。

議論の結果、「5GY 8.0/1.0(マンセル値)」という薄緑色に決定した。



図-11 色の決定



写真-7 現地での色見本確認状況

◎5GY 8.0/1.0
小淵橋



新肱谷橋



写真-8 採用色のフォトモンタージュ

5. 着工を祝う会について

本格的な工事着手に先立ち、令和3年10月に「肱谷バイパスの着工を祝う会」が地元の事業促進協議会の主催で開催された。当日は京都府知事や南丹市町の他、(仮称)新肱谷橋及び(仮称)小淵橋の景観検討会委員の方々にも御出席いただき工事の本格着工を祝った。

また、式典の最後に除幕式を行い、橋梁景観検討会で決定した色による(仮称)新肱谷橋の完成イメージパースが出席者に披露された。



図-9 式典の開催状況



写真-10 披露された完成イメージパース図

6. おわりに

本稿では鋼アーチ橋の設計及び周辺環境に配慮した景観検討について報告した。

これまでに多くの方々にご協力とご尽力をいただき、景観に配慮した長大橋の設計を行うことができた。

昨年度から下部工に着手し、本年度は工事の最盛期に入るため、現場の安全確保を最優先に、一日も早いバイパスの供用を目指し、(仮称)新肱谷橋と(仮称)小淵橋が多くの人に末永く愛され、この地域のさらなる発展に大きく寄与することを期待したい。

室生ダム水質保全施設の運用状況と課題対応策 について

丹羽 祐也¹・古賀 勝之²

¹水資源機構 木津川ダム総合管理所 室生ダム管理所 (〒633-0315奈良県宇陀市室生大野3846)

²水資源機構 木津川ダム総合管理所 室生ダム管理所長代理 (〒633-0315奈良県宇陀市室生大野3846)

室生ダムでは、昭和50年以降、藻類の発生に伴う異臭味障害、景観障害が生じていたが、「室生ダム貯水池及び宇陀川流域清流ルネッサンス21」において、室生ダム貯水池及び流域を対象とした水質・景観改善の取り組みがなされてきた。しかし、令和2年度には藍藻類に起因する異臭味障害の発生や、水質保全ダムの堆積土砂を陸上掘削するために実施しているゴム堰の倒伏時に魚の斃死が発生したことから、水質保全施設の課題対応策について検討を行った。

本論文は、これまでの水質保全施設の運用による効果並びに令和3年度から取り組んでいる水質保全施設の運用状況と課題対応策について報告するものである。

キーワード 水質保全施設、水質保全ダム、曝気設備、藻類、異臭味障害、景観障害

1. はじめに

室生ダムは、木津川水系宇陀川中流部に建設された重力式コンクリートダムで、下流の洪水被害の軽減と、奈良県営水道用水の供給を目的とし、昭和49年4月から管理を開始し、現在で48年が経過している。

室生ダムは管理開始直後から、貯水池の富栄養化が進行することによって、藻類発生に伴う異臭味障害、景観障害が発生し、昭和50年代には社会問題化していた。そこで、平成5年度からは「室生ダム貯水池及び宇陀川流域清流ルネッサンス21協議会」により、流域下水道、公共下水道の整備、合併浄化槽の設置、室生ダム貯水池水質保全事業、室生ダム水環境改善事業など国、県、流域自治体が一体となって取り組んだ結果、藻類の異常発生による景観障害は減少している。

しかし、令和2年度には、藍藻類に起因する異臭味障害の発生や、水質保全ダムに沈降させた栄養塩を含む堆積土砂を陸上掘削するために実施しているゴム堰の倒伏時において、魚の斃死が発生したことから、本論文では、水質保全施設の運用状況及び課題対応策について報告する。

2. 水質保全施設の概要

室生ダムの水質保全施設は、室生ダム貯水池水質

保全事業（平成2年度から平成16年度）において水質保全ダム、室生ダム水環境改善事業（平成19年度から平成22年度）において曝気設備が設置されている。表-1に水質保全施設の諸元、図-1に水質保全施設の位置図を示す。

表-1 水質保全施設の諸元

| 水質保全ダム | |
|-------------|---|
| 型式 | 重力式コンクリートダム |
| 堤高/堤頂長 | 14.50m/114.00m |
| 越流頂標高 | EL.294.50m |
| 集水面積/湛水面積 | 105 km ² /0.08 km ² |
| 貯水容量 | 245,000 m ³ |
| 付帯設備 | ゴム引布製起伏堰ほか |
| ダムサイト浅層曝気設備 | |
| 設置位置/基数 | ダムサイト/1基 |
| 形式 | 水面設置散気管昇降式 |
| 吐出空気量/出力 | 毎分 6.1 m ³ /37kW |
| 吐出水深 | 5m~40.5m |
| 初瀬浅層曝気設備 | |
| 設置位置/基数 | 初瀬/1基 |
| 形式 | 湖底設置式 |
| 吐出空気量/出力 | 毎分 6.1 m ³ /37kW |
| 吐出標高 | EL.267.50m |
| ダムサイト深層曝気設備 | |
| 設置位置/基数 | ダムサイト/1基 |
| 形式 | 水没エアリフト方式 |
| 吐出空気量/出力 | 毎分 2.3 m ³ /15kW |
| 吸込標高/吐出標高 | EL.251.00m/EL.255.00m |

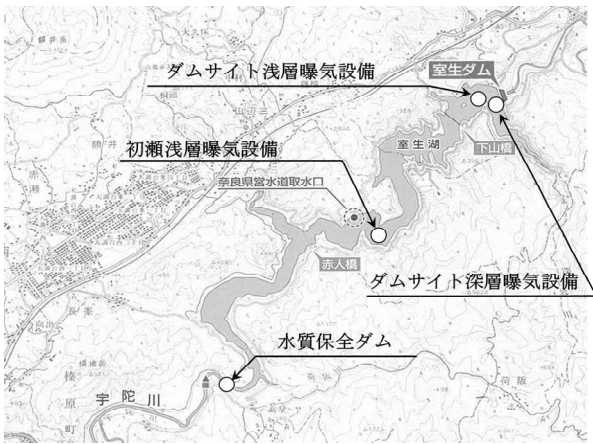


図-1 水質保全施設の位置図

3. 水質保全施設の運用と貯水池水質状況

(1) 貯水池の藻類等発生状況

水質保全施設の運用前後の室生ダム貯水池の藻類等発生状況は、表-2 のとおりである。富栄養化現象の抑制対策として、水質保全ダムを平成16年度に設置し、沈降させた栄養塩を含む堆積土砂の掘削を、平成17年度から実施しており、貯水池に流入する栄養塩を削減している。その後、平成21年度にダムサイト地点に浅層・深層曝気設備を設置し、平成22年度には、桜井浄水場へ送水している奈良県営水道取水口のある初瀬地点に、浅層曝気設備を設置している。平成24年度からの本格稼働により、底層の貧酸素化によるリン、窒素などの溶出が抑制され、近年、アオコの発生は少なくなっている。

表-2 貯水池の藻類等発生状況

| | S49 | S50 | S51 | S52 | S53 | S54 | S55 | S56 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 異臭味・景観障害 | | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| | S57 | S58 | S59 | S60 | S61 | S62 | S63 | H1 |
| 異臭味・景観障害 | □ | □ | □ | □ | ● | ● | ● | ● |
| | H2 | H3 | H4 | H5 | H6 | H7 | H8 | H9 |
| 異臭味・景観障害 | ● | ● | ○ | ● | ○ | | ○ | |
| | H10 | H11 | H12 | H13 | H14 | H15 | H16 | H17 |
| 異臭味・景観障害 | ● | ● | ○ | ● | ○ | ○ | ○ | ● |
| | H18 | H19 | H20 | H21 | H22 | H23 | H24 | H25 |
| 異臭味・景観障害 | ● | ● | ● | ● | ● | ○ | ○ | ○ |
| | H26 | H27 | H28 | H29 | H30 | R1 | R2 | R3 |
| 異臭味・景観障害 | | | ● | ● | ○ | ○ | □ | |

凡例 □：異臭味障害 ○：淡水赤潮 ●：アオコ
 H17：水質保全ダム管理開始、H24：曝気設備管理開始

(2) 流域における下水道整備率と水質経年変化

図-2 に流域における下水道整備率と水質保全ダム負荷削減量、図-3 に流入河川水質の経年変化図（年平均）を示す。流域の下水道整備率は進んでいるが、流入水質の経年変化について、リンとBODは平成11年

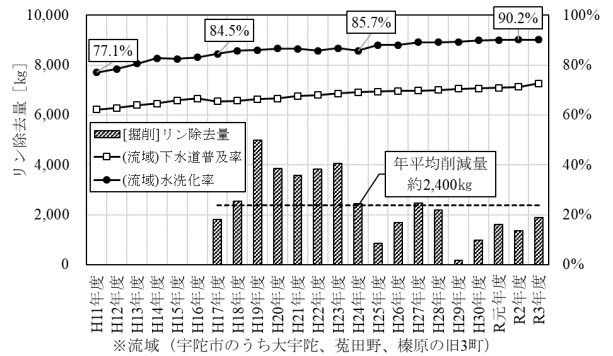


図-2 流域の下水道整備率、水質保全ダムの負荷削減量

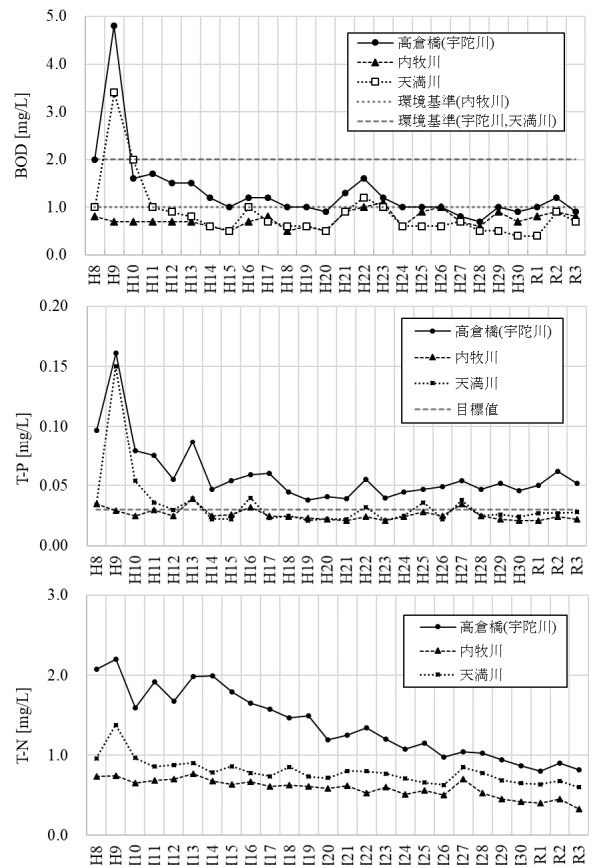


図-3 流入河川水質経年変化図（年平均）

以降横ばい傾向である。一方、リンについては、宇陀川の高倉橋地点において減少傾向である。

(3) 水質保全施設の運用に伴う貯水池状況

水質保全施設の運用に伴う貯水池状況について、設備毎に整理した。「曝気循環設備及び選択取水設備の運用マニュアル（案）」（平成17年10月版 国土交通省河川局河川環境課）では、水温勾配0.5℃/m以上でマイクロシスティスが発生しやすいとされている。そこで、平成17年から令和2年における7月から10月末までの水深5mまでの水温から、水温勾配0.5℃/m以上

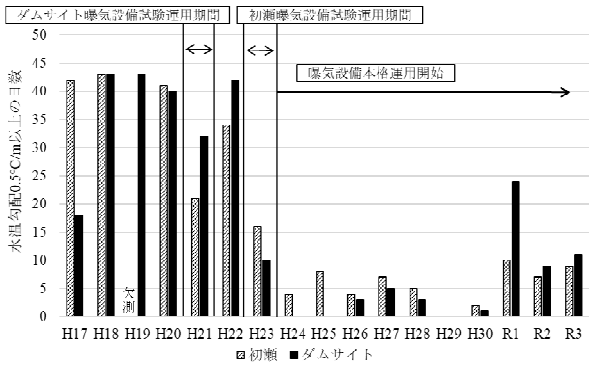


図4 曝気設備による水温勾配改善状況図

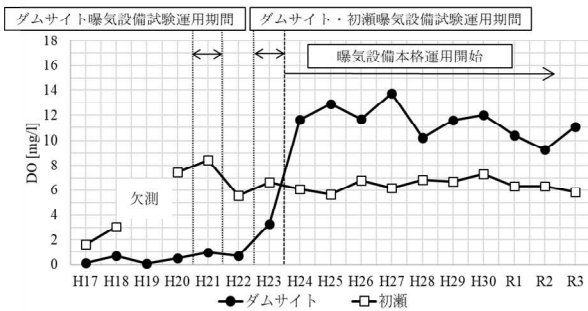


図5 曝気設備による底層DO改善状況図

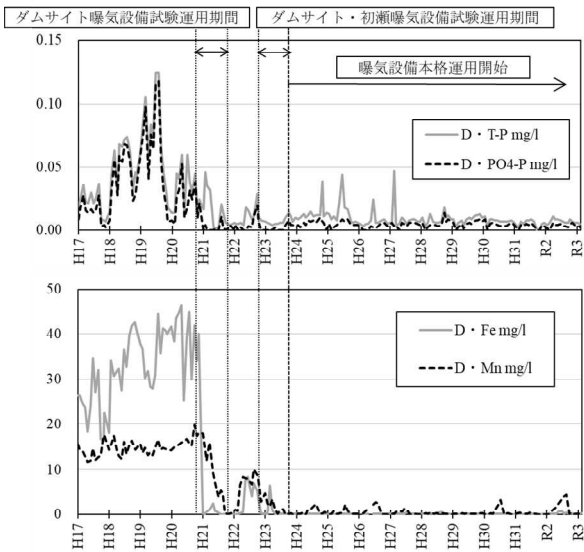


図6 深層曝気設備によるリン, 鉄, Mn溶出状況改善図

となった日数の合計を整理したものを図-4 に示す。曝気設備の本格運用を開始した平成24年度以降、水温勾配0.5°C/m以上の日数が減少していることから、曝気設備によりアオコの原因となるミクロシスティスの発生を抑えていることが分かる。

ダムサイトEL.253~257m, 初瀬EL.272~274mでの7月から10月末までのDOの平均値を図-5 に示す。初瀬の底層DOの状況については平成20~21年でDOは高い

状態であるが、平成17年のDOと比較すると、DOは改善されたことが分かる。ダムサイトについては、平成24年度の本格運用開始以降、底層DOが大きく改善されていることが分かる。

ダムサイト地点での全リン、オルトリン酸態リン、鉄、マンガン年平均を図-6 に示す。深層曝気設備の本格運用を開始した平成24年度以降、リン、鉄、マンガンの値が大きく減少していることから、リン、鉄、マンガンの溶出を抑えられていることが分かる。

4. 水質保全施設の運用見直しと課題対応策

(1) 水質保全施設の運用見直しの経緯

水質保全施設の運用により景観障害は少なくなったが、令和2年6月に異臭味障害が発生し、取水への影響が懸念されたため初瀬の曝気設備を停止した。また、同年10月には、水質保全ダムの堆積土砂を陸上掘削するため、ゴム堰を手動倒伏した際に、魚が斃死したことから、水質保全施設の運用見直し及び課題対応策について検討を行った。

(2) 曝気設備の課題対応策

令和2年度の異臭味障害(カビ臭)は、奈良県営水道取水口付近で発生した藍藻類アナベナによるジェオスミンに起因するものであった。これは、5月上旬頃に形成された水温躍層により、初瀬付近の底層の酸素が消費され、底層DOが低下したことにより発生したと考えられる。そのため、令和3年度は、浅層曝気設備の運転開始期間について見直しを行った。図-7より、令和3年度では、初瀬付近の底層のDOが7mg/L以下(5mg/L以下の範囲拡大)を目安に、浅層曝気の運転について利水者と協議し、早期運転を開始したところ、令和3年度は、景観障害や異臭味障害は発生していない。

令和3年度のダムサイトの深層曝気設備運用については、底質の嫌気化、それに伴うリン、鉄、マンガンなどの溶出を抑制するため、4月の水質調査において、網場地点の底層(底上1m)のDOが3mg/Lを観測した時点で、深層曝気の運転を開始している。深層曝気の早期運転を実施したことから図-8より、4月中旬から底層DOは改善されていることが分かる。また、図-9より、底層のリン、鉄の溶出が抑制されたものと推察される。なお、マンガンについては、溶出の抑制には至っていない。この現象は図-6より、平成30年、令和2年の曝気設備運用開始後も起きているため、引き続き貯水池の監視並びに調査を行っていく。

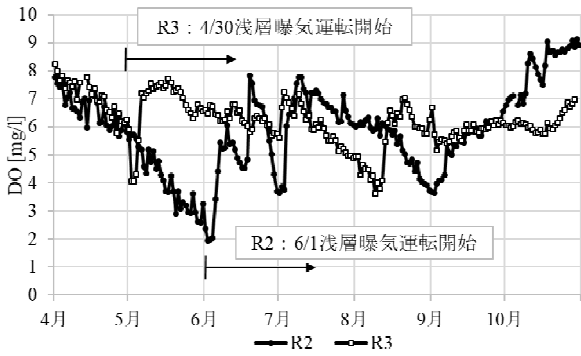


図-7 R2とR3の比較図(初瀬底層DO)

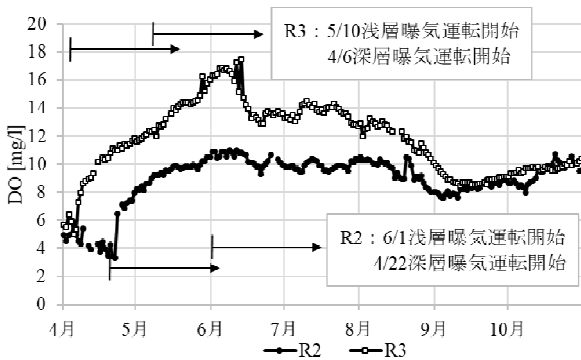


図-8 R2とR3の比較図(ダムサイト底層DO)

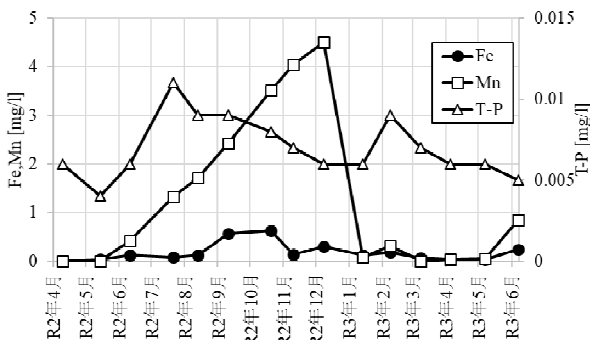


図-9 鉄とマンガンの溶出状況図

(3) 水質保全ダムの課題対応策

水質保全ダムは、出水による $140\text{m}^3/\text{s}$ 以上の流入があった場合、自動でゴム堰が倒伏する仕組みである。また、自動倒伏が堆積土砂の陸上掘削を実施する10月までに無い場合は、ゴム堰を手動で倒伏している。令和2年度は、洪水期に $140\text{m}^3/\text{s}$ 以上の流入がなく、自動倒伏しなかったため、中小出水によって流入してきた栄養塩が約1年間、水質保全ダムに蓄積されている状態が続いた。そのような状態の水質保全ダムを、流入量約 $2\text{m}^3/\text{s}$ 程度の平水時に手動で倒伏させたことにより、濁水を希釈するほどの流量がない状態で高濁度の水がそのまま流下し、酸欠により魚が斃死し

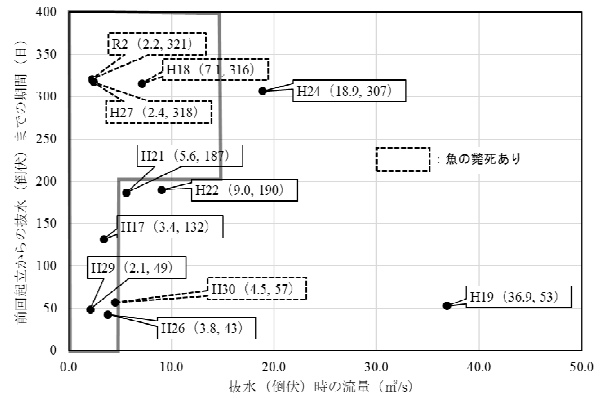


図-10 副ダム抜水(倒伏)時流量と副ダム滞留時間と副ダム倒伏で確認された魚の斃死状況

たものと推察される。なお、貯水池より直接取水している利水者への影響はなかった。

このため、令和3年度から6月以降の1回目の倒伏は $100\text{m}^3/\text{s}$ 程度で手動倒伏を行い、それ以降は、自動倒伏とする運用を行っている。ただし、台風等による出水がなく、自動倒伏しない場合もあるため、貯水池の生物環境並びに利水者への影響を与えないよう、運用の検討を行った。図-10は水質保全ダム倒伏時の流量と水質保全ダムが起立してから倒伏するまでの期間と確認された魚の斃死状況を表した図である。これら過去11回の手動倒伏実績から、起立期間200日間未満の場合は流量 $5\text{m}^3/\text{s}$ 未満、起立期間200日間以上の場合には流量 $15\text{m}^3/\text{s}$ 未満で魚斃死のリスクが高くなることが分かる。したがって、令和3年度では堆積土砂掘削のため、手動倒伏させる場合は、流量 $15\text{m}^3/\text{s}$ 以上で手動倒伏を行うこととした。また、水質保全ダム貯水池内の水質状況を把握するため、令和3年度より水質計を設置し、観測を開始している。

5. 今後の水質保全施設の運用について

曝気設備による貯水池水質状況の改善について、初瀬とダムサイトの浅層曝気設備の運用により、アオコの発生が抑制できていることが分かった。また、ダムサイトの深層曝気設備の運用により、底層からのリン、鉄、マンガンの溶出を抑えていることが分かった。水質保全ダムについては、令和2年度の魚の斃死を踏まえ、倒伏条件の見直しを行ったところ、令和3年度には魚の斃死が確認されなかった。今後の運用にあたっては、堆積土砂掘削の実施時期を含め、利水者と協議の上、より適切かつ効率的な運用を検討し実施していく。水質保全施設の運用により、貯水池水質状況は改善されているが、流入河川の水質に大きな変化は認められないため、引き続き貯水池の水質保全に努めていく。

飛来鳥類の生態に配慮した 播磨臨海地域道路のルート構造の検討について

長戸 良樹¹

¹近畿地方整備局 姫路河川国道事務所 調査課 (〒679-0947兵庫県姫路市北条1-250)

播磨臨海地域道路は、神戸市西区から太子町に至る播磨臨海地域を東西に結ぶ新たな幹線道路として計画されており、兵庫県・神戸市により環境影響評価手続きが実施中である。近年、越冬期に播磨臨海地域へのコウノトリの飛来も確認されていることから、ルート構造の検討に際しては本種への配慮も期待されている。当事務所では、本種への影響及び配慮事項等について検討するための基礎情報を収集することを目的に、事業実施区域およびその周辺におけるコウノトリの飛来・利用状況について現地調査ならびに既存資料調査を実施した。本稿では調査結果をふまえ、播磨臨海地域道路の周辺地域とコウノトリとの関わりについて報告する。

キーワード コウノトリ、播磨臨海地域道路、ため池、利用状況調査

1. はじめに

(1) コウノトリ調査の背景・目的

加古川市、明石市、稲美町等の播磨臨海地域道路の周辺地域ではコウノトリの飛来が確認されており、近年その数は急増し、将来的にさらに増加することが想定される。

当事務所においては、播磨臨海地域道路のルート構造の検討を進めるに当たり、コウノトリ等への影響評価及び配慮すべき事項の検討等を実施することとしている。そのための基礎情報を収集するため、播磨臨海地域道路周辺におけるコウノトリの飛来状況について調査を実施した。具体的には、コウノトリの飛来場所、飛来時期、移動パターン、移動高度等の情報の把握を目的とした現地調査および個体確認情報の収集分析等を実施した。

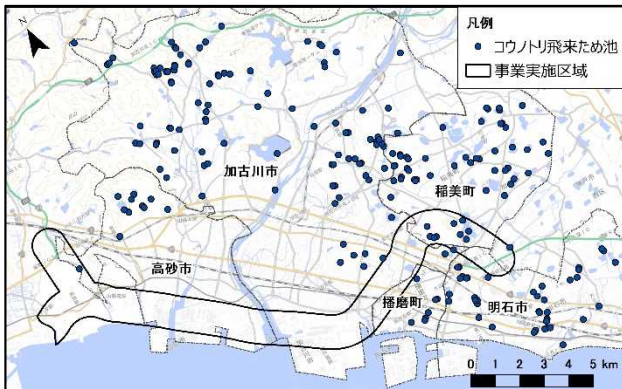


図-1 事業実施区域周辺のコウノトリ飛来ため池

(「いなみ野ため池ミュージアム」のコウノトリ飛来状況報告(2019年9月～2022年3月)をもとに作成)

(2) コウノトリ調査に関する有識者の指摘

コウノトリ調査を計画するにあたり、有識者に聞き取りを行い、いただいた下記の指摘を計画に反映した。

- ・ 播磨臨海地域道路周辺では将来的にコウノトリの飛来が増加することが想定される。今後、必要な対策検討等を行うため、当該地域周辺におけるコウノトリの飛来状況等を把握できるとよい。
- ・ 他事例では、コウノトリが高架橋等を横切の際は、構造物上部の際を通ることが確認されており、このような場合、車との接触による影響が想定される。
- ・ 播磨地域のため池を行き来する個体、四国に渡っていく個体等が存在すると考えられるため、これらの移動パターンが把握できるとよい。
- ・ 調査時期は、越冬場所への移動時期(秋季)および越冬期に実施するとよい。

2. コウノトリの生態及び分布等

(1) コウノトリの一般的な生態

コウノトリは、世界で極東地域にのみ生息する大型の肉食性鳥類であり、湿地生態系の食物連鎖の頂点に位置する頂点捕食者である。世界的に希少種であり、日本においても、国の天然記念物および国内希少野生動物種、環境省や兵庫県で絶滅危惧種に指定され、兵庫県立コウノトリの郷公園を拠点に野生復帰事業が進められている。

主に湿地、湖沼、河川、水田、湧水地などに生息し、ドジョウ、フナなどの魚類をはじめ、ヘビ、カエル類、昆虫類等の多様な動物を餌とする。繁殖は、主にマツ等の高木の樹上のほか、電柱や鉄塔などの人工物にも営巣する。東播磨地域のため池や水路・農地では、主に秋～冬に行うため池のかいぼり（池干し）時にできる浅瀬で、魚類等を食べていると考えられており、コウノトリが飛来するため池は、多くの生物の生息場所として豊かな環境を提供しているとされる。

(2) 全国・兵庫県下の分布状況

これまでの15年以上にわたるコウノトリの野生復帰事業により、成鳥や幼鳥の放鳥等の保護活動が行われた結果、2022年3月時点で、栃木県から鳥取県までの8府県において250個体の野外個体が確認され、33箇所の巣塔で61個体の巣立ち幼鳥が確認されるまでに回復してきている。このうち、兵庫県の野外個体は170個体、巣塔は21個、巣立ち幼鳥は36個体で、生息数・繁殖数ともに国内の半数以上を占めており、近年、兵庫県におけるコウノトリの野外個体数は増加傾向にある。

表-1 国内のコウノトリの野外個体数および繁殖状況
(2022年3月31日時点)

| 分布場所 | 野外個体数 | 巣塔の数 | 巣立ち幼鳥数 | 野外放鳥 |
|------|-------|------|--------|------|
| 栃木県 | 3 | 1 | 2 | — |
| 千葉県 | 10 | — | — | 2 |
| 福井県 | 19 | 4 | 7 | — |
| 京都府 | 19 | 4 | 7 | — |
| 兵庫県 | 170 | 21 | 36 | — |
| 徳島県 | 8 | 1 | 3 | — |
| 鳥取県 | 6 | 1 | 2 | — |
| 島根県 | 14 | 1 | 4 | — |
| 野生個体 | 1 | — | — | — |
| 合計 | 250 | 33 | 61 | 2 |

※「野外個体数（2022年3月31日現在）」、「2021年の兵庫県外の繁殖状況（2021年8月31日現在）」、「2021年の兵庫県内の繁殖状況（2021年8月31日現在）」（以上、コウノトリの郷公園ホームページ）をもとに集計

(3) 東播磨地域の保護活動の状況

播磨臨海地域道路の事業計画地が位置する兵庫県の東播磨地域は、日本でも有数のため池群が分布する地域であり、近年コウノトリの飛来が増加していることから、人口巣塔の設置やため池での浅瀬の造成、水田ビオトープの設置といった保護活動が計画的に展開されている。

表-2 コウノトリの保護活動

| 主な保護活動 | 内容 |
|------------------|---|
| 放鳥 (兵庫・千葉・福井) | ・成鳥：28個体 ・幼鳥：25個体 (2005～2019年実績※) |
| 東播磨地域での人工巣塔設置 | ・東播磨地域に8箇所設置 (2020年12月3日時点) |
| 東播磨地域での生息環境づくり | ・ため池の浅瀬造成 ・水田ビオトープの設置 ・かいぼりリレーの開催 ・ため池等を活用した環境学習 ・地域主体の生物保全活動 |

※「表. リリース方法とその個体数（2020年3月31日現在）」（「コウノトリの郷公園ホームページ」をもとに集計）

3. 調査内容

(1) 文献調査

「いなみ野ため池ミュージアム」のコウノトリ飛来状況報告（2019年9月～2022年3月）をもとに、事業実施区域およびその周辺のため池等における、近年3ヶ年のコウノトリ飛来状況を把握した。

また、「コウノトリ市民科学」の目撃データ（2019年10月～2022年3月）と、現地調査で得られた個体識別の記録を照合し、事業実施区域周辺以外のコウノトリの移動状況について分析を行った。

(2) 現地調査

事業実施区域周辺におけるコウノトリの飛来場所、飛来時期、移動ルート、移動高度等を把握するため、事業実施区域東側に分布する32か所程度のため池を対象に、秋季（令和3年10月）と冬季（令和4年1～2月）に現地調査を実施した。

対象となる各ため池を約1週間おきに延べ4回、定期的な観察し、コウノトリの個体識別データ（足輪の情報）および行動を記録した。また、調査中に既存の高架道路等を横切る飛翔が確認された場合は、その飛翔高度を記録した。調査時間は、日中の8時間（10時～18時）を基本とし、各ため池を1時間程度観察した。夕方には飛去方向を記録し、埒の場所の確認に努めた。

4. 調査結果

(1) 東播磨地域におけるコウノトリの飛来状況

文献調査の結果、調査地域においてコウノトリの飛来が確認された地点および飛来回数、2019年度が53か所に156回、2020年度が69か所に745回、2021年度が108か所に4860回であり、とくに飛来回数は約30倍に増加していた。3年間でコウノトリの飛来が確認されたため池は延べ230か所であり、そのうち事業実施区域内のため池では明石市、稲美町、加古川市、高砂市において延べ11か所でコウノトリが確認されている。

表-1 コウノトリの飛来回数・地点数

| 市町村 | 2019年度 | 2020年度 | 2021年度 |
|-------|------------|----------|------------|
| 明石市 | 11 (12) | 13 (67) | 25 (1994) |
| 事業区域内 | 1 (1) | 0 (0) | 0 (0) |
| 稲美町 | 10 (23) | 18 (145) | 23 (441) |
| 事業区域内 | 1 (2) | 4 (30) | 3 (14) |
| 播磨町 | 3 (6) | 0 (0) | 5 (103) |
| 加古川市 | 23 (91) | 35 (522) | 49 (2266) |
| 事業区域内 | 1 (1) | 0 (0) | 0 (0) |
| 高砂市 | 6 (24) | 3 (10) | 6 (56) |
| 事業区域内 | 1 (2) | 0 (0) | 0 (0) |
| 合計 | 53 (156) | 69 (745) | 108 (4860) |
| 事業区域内 | 4 (6) | 4 (30) | 3 (14) |
| 総計 | 230 (5761) | | |
| 事業区域内 | 11 (50) | | |

(「いなみ野ため池ミュージアム」のコウノトリ飛来状況報告(2019年9月～2022年3月)をもとに作成)

注1) 表中の数値は飛来が確認された地点数(ため池の数)を、()内の数値は飛来回数を示す。

注2) 各年度の数値は、4月～翌年3月までの記録である。

(2)ため池の利用状況

現地調査の結果、確認されたコウノトリは秋季では73例、冬季では90例、合計163例であった。

本調査では、事業実施区域内で11例のコウノトリを確認したが、ため池を採餌や休息場所として利用する個体は、ほとんど確認できなかった。池の多くはかいぼりが実施されておらず水深が深い状態、または実施されていても池の底が乾燥している状態であった。コウノトリは浅瀬を採餌や休息に利用し、水深が深い池や池の底が乾燥している池は利用に適さないため、確認できなかった可能性が考えられた。

一方、事業実施区域外においては149例が確認され、127例は池で採餌や休息する個体であった。残りの22例は池上空の飛翔や、池周辺の鉄塔でとまる個体であった。秋季に多くの個体が確認できたため池でも、冬季には確認されなかった場合もあり、冬季には利用が困難な程度にまで水量が減少していたためと考えられた。

以上のとおり、本調査では、非繁殖期を通して多数の個体が定常的に利用する時は事業実施区域内には見られなかった。かいぼりの状況(採餌可能場所)の変化に応じて、利用するため池及びそれらを結ぶ移動ルートも変化することが要因の一つと考えられた。



写真-1 かいぼり中の浅瀬で採餌や休息するコウノトリ(赤丸内)(加古川市神野町神野:布池)

(3)コウノトリの事業実施区域内外の往来

10月の現地調査で個体識別された27個体のコウノトリについて、国内で記録された「コウノトリ市民科学」の目撃データと照合した結果、兵庫県加西市、香川県丸亀市、京都府与謝野町、福井県、鳥取県等との往来が確認された。

さらに、現地調査後45日間(11月1日～12月15日)の同日撃データの記録を追跡した結果、事業実施区域周辺の兵庫県加古川市、明石市のほか、他地域の兵庫県加西市、加東市、香川県高松市等で確認されていたことから、事業実施区域周辺に引き続き滞在した個体や他地域へ移動した個体が存在すると考えられた。

近年、コウノトリの個体数が増加する中、東播磨地域を拠点に兵庫県外に飛翔している状況が伺えた。

なお、事業実施区域外の一部のため池ではクラッタリングを行うなど、求愛と考えられる行動も確認された。

(4)コウノトリの飛翔高度

高架道路・線路の上を通過したコウノトリは計25例が確認され、高架道路・線路からの飛翔高度は3～130mであった。また、高架道路・線路の下を通過する飛翔は確認されなかった。

確認された飛翔高度のうち、高架道路・線路を走る車・電車への接触が懸念される高度は3mである。この高度を飛翔した5例は、瀬戸川で休息中に住民が近づいたために飛び立ち、高架線路上空を通過した。危険を感じて飛び立ったため、高度を上げる前に高架線路上空を通過したと考えられた。

一方で、ため池から飛び立ち、線路上空を飛翔した4例の飛翔高度は、50mであった。飛び立ち時に人による影響は確認されなかったため、コウノトリは十分に高度を上げてから高架線路上を通過できたと考えられた。



写真-2 高架道路上を通過したコウノトリ(赤丸内)

5. 播磨臨海地域道路とコウノトリの関わり

(1) 事業実施区域とコウノトリ確認箇所の位置関係

本調査では、事業実施区域内のため池に採餌や休息場所として降り立つコウノトリは、ほとんど確認できなかった。

コウノトリの利用の多くは、事業実施区域外のため池で確認された。秋季は事業実施区域から北へ約3km離れた加古川市神野町神野の野々池や布池を中心としたエリアで50例、冬季は事業実施区域から南へ約1km離れた明石市二見町東二見の小池や新池を中心としたエリアで80例確認された。いずれもかいぼり中のため池であり、コウノトリが採餌や休息に利用するのに適した浅瀬が存在したためと考えられた。

東播磨地域では、コウノトリの生息環境づくりとしてため池での浅瀬の造成、水田ビオトープの設置、かいぼりリレーの開催、人工巣塔の設置等のコウノトリ保護活動が計画的に展開されている。今後、こうした活動により、事業実施区域内のため池においても、コウノトリが採餌や休息に利用するのに適した浅瀬が作られる可能性がある。また、将来的に事業実施区域周辺の人工巣塔においてコウノトリが繁殖する可能性もある。

(2) 飛翔高度と路線構造の関係

本調査からは、危険を感じ緊急的に飛び立った場合を除き、コウノトリは十分に高度を上げてから既存高架道路上を飛翔していた。しかしながら、緊急的に飛び立った場合は、飛翔高度を十分上げる前に高度3mで高架線路上空を通過したため、高架線路を走る電車への接触が懸念された。

今後の播磨臨海地域道路のルート構造検討にあたっては、主要な移動ルートを把握した上で、飛行高度と高架区間の高さで離隔が少ない箇所は、衝突防止のため十分な高さのフェンスを設置する等の配慮策が必要となる。なお、飛翔高度と高架区間の高さに一定の離隔が確保されていても、緊急的な飛び立ちにより低高度で高架区間を通過する可能性もあるため、利用頻度の高いため池が近傍に位置する場合は、同様に衝突防止フェンスを設置する等の配慮が考えられる。

また、将来的にコウノトリが人工巣塔等で繁殖した場合、巣塔を中心に行動することから、巣塔周辺の高架区間に対してもフェンス設置の検討が必要となる。

6. まとめ

播磨臨海地域道路の周辺地域ではコウノトリの飛来が確認されており、近年その数は急増し、将来的にさらに増加することが想定される。このため、本種への影響及び配慮事項等の検討に必要な基礎情報を収集することを目的に、現地調査及び既存資料調査を実施した。

調査の結果、コウノトリの利用の多くは、事業実施区域外のため池で確認された。また、事業実施区域内で利用されるため池は流動的なため、それらを結ぶ移動パターンにも定まったものはみられなかった。ただし、今後、東播磨地域のコウノトリ保護活動により、事業実施区域内の利用頻度が増加し、定常的に利用されるため池や主要な移動ルートが形成されることも考えられる。なお、コウノトリはほとんどの場合において既存の高架道路から十分離れた高さを飛翔していたが、危険回避のために緊急的に飛び立った際は、高架線路のわずか3m上空を通過していた。このため、今後のルート構造検討に際しては、主要な移動ルートのうち飛行高度との離隔が少ない高架区間のみでなく、利用頻度の高いため池が近傍に位置する区間についても、衝突防止フェンス設置等の検討が必要と考えられた。

当事務所では、播磨臨海地域道路のルート構造及び配慮策の検討においては今後もコウノトリの飛来状況に留意し、事業実施区域の利用・移動状況をふまえた検討の必要性が高い。

謝辞：調査の実施に際しては、日本工営株式会社、および関係・ご協力頂いた各所の皆様に多大なご支援をいただきました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) いなみ野ため池ミュージアムホームページ：<https://www.inaminotameike-museum.com/>
- 2) コウノトリ市民科学ホームページ：<https://stork.diasjp.net/>

川上ダムの「夢ダム」プロジェクト ～交流人口の増加による地域活性化～

脇本 瞳¹・奥野 紗江²

¹独立行政法人水資源機構 川上ダム建設所 経理課 (〒518-0294三重県伊賀市阿保251)

²独立行政法人水資源機構 川上ダム建設所 総務課 (〒518-0294三重県伊賀市阿保251) .

川上ダムを地域活性化に役立てていただくための取組として平成31年4月より伊賀市役所、伊賀市商工会、青山ハーモニー・フォレスト、伊賀上野観光協会及び川上ダム建設所メンバーを中心とした「川上ダム地域連携プロジェクトチーム」を発足し活動している。

地域の方々と一緒にダムを活用した地域振興について話し合いを重ね、建設中ならではの「今しか出来ない」と、「将来の観光開発に向けたフラグ」をキーワードに、川上ダムのイベント等を協働して企画してきた。

本稿では、管理移行後を見据えた地域活動の紹介に加え、交流人口の増加がもたらす地域活性化について、令和2年度に行った川上ダム「夢ダム」プロジェクト等を中心に報告する。

キーワード 地域連携、持続可能な取組、地域活性化、日本一「夢」の貯まるダム

1. はじめに

川上ダム建設所では、地域とダム事業者との更なる協力関係を築き、川上ダムを地域振興に役立てるためのアイデアや、それを実現するための方策を一緒に考え、共に協力して実行する、「川上ダム地域連携プロジェクトチーム」(以下「地域連携PT」という。)を平成31年4月に発足した。月1回の会議では参加組織それぞれの事情や立場を尊重し、互いにサポートし、協力、連携することで目的の実現を目指した。

令和元年度までの活動実績としては、ダムサイト右岸展望台(WELCOME川上ダム観眺台(みてちょうだい))を広報拠点とするために併設された情報館内の展示施設の整備を行った。また、毎月開催している川上ダム工事現場見学会で、見学会後にダムカレーを食べたいとの声が上がっていたが、川上ダムがある青山地域にはダムカレーを販売している店舗がないため、地域連携PTで開発し、阿保西部区長まちづくり会の皆様の協力により、同会が運営するサロン「いっぷくしてだぁ〜こ」での提供が実現した(図-1)。さらに、ダムツーリズムの推進として商工会主催のバスツアーを開催し、令和元年12月には、ダムナイトツアーの開催に向けた戦略を立てるため、地域連携PTの関係者を中心に「川上ダムナイトイベントを考える会」を立ち上げ、ナイトイベントの試行を行った。



図-1 伊賀青山川上ダムカレー

2. 川上ダムの「夢ダム」プロジェクト

(1) プロジェクトの概要と実施までの経緯

令和2年1月の会議で、ダム堤体のコンクリート打設の最盛期を迎えようとしていたこともあり、高い集客効果が見込まれたため、地域の方から「もっと大きいことがしたい」と強い要望があった。ナイトイベントの試行が無事に終わられた事もあり、令和2年5月の開催を目標に地域連携PT主催の「川上ダムナイトイベント」を企画したが、新型コロナウイルス感染症拡大によりイベントの中止は勿論、地域連携PTの会議もできず、約4ヶ月間、何も出来ない状態が続いた。その後、県をまたぐ移動自粛やイベント開催制限が緩和されたため、令和2年5月25日以降、会議を再開し、コロナ禍でもできるイベントを検討した。そこで令和2年7月に今しか出来ない特別なイベントとして、「メモリアルストーン」イベントを企画し「夢ダム」プロジェクトを立ち上げた。

a) 「メモリアルストーン」イベントについて

「メモリアルストーン」イベントとは、堤体に使用するコンクリート骨材にコメント等を記入するイベントである。本イベントは自身の夢を記入し、「夢」をダムの一部にする「日本一『夢』の貯まるダムづくり」というキャッチコピーとした。さらにダムの完成後においてもリピート率向上の仕掛けとして、メモリアルストーンを堤体打設前に骨材貯蔵ビンへ直接入れることで、1.5m×15mの範囲で自分の「メモリアルストーン」がダムのどこで埋設されているのかを特定出来るという全国でも初めての取組を行った。参加方法は下記の通りである。

- ①川上ダム周辺の店舗・施設等を利用し「利用証明書」を入手する（地域活性化）。
- ②川上ダム観眺台で掘削ズリを入手し、青山ハーモニー・フォレストに移動して、後に説明する「川の記憶」モニュメントの制作に参加する（事業への理解を深める）。
- ③事務手数料（200円）を支払い、骨材を入手する（高校生以下無料）。埋設位置は青山ハーモニー・フォレストのHPにて後日お知らせすることとした（持続可能な体制）。

b) 経済的な効果発現に向けた取組

青山ハーモニー・フォレストは公園、オートキャンプ場、パークゴルフ、ビオトープなど、様々な設備が整っている川上ダムの水特事業で整備された伊賀市の公共施設である。外部からの観光客を増やし、青山地域で消費活動を行ってもらうことを目標に、まずは知名度を向上させようと青山ハーモニー・フォレストをイベントの拠点とした。なお、作業場所の提供や準備などの事務が発生するため、事務手数料として200円を徴収することとした。また、利用証明書の配付については、川上ダム周辺の店舗に依頼することとし、各店舗への協力依頼やイベントの説明は商工会が行った。「夢」と「メモリアルストーン」を結びつける仕掛けとして、「メモリアルストーン」は地元の神社である「種生神社」に祈祷してもらい、願い事が叶うような仕組みにした。これらの取組により、ダム完成後においても、青山ハーモニー・フォレスト等への動線が生まれるという効果が期待でき、経済的にも活性化する仕組みになるのではないかと考える。

c) 地域の方に来て頂く取組について

地域の方に沢山参加してもらうため、伊賀市在中の方であれば、利用証明書は必要なく参加できるようにし、高校生以下は参加無料とした。

(2) オリジナルペーパークラフトの作成

「一足先にまだ見ぬ川上ダムを皆様の手で建設する」というキャッチコピーでオリジナルペーパークラフトのデータを既にHPにアップしていたが、「メモリアルストーン」イベントに併せて、埋設位置を正確に明示した『夢』ダムペーパークラフトのデータも作成し、青山ハ

ーモニー・フォレストのHPにもアップして頂いた（図-2）。



図-2 オリジナルペーパークラフト

(3) Twitter投稿について

打設位置のお知らせについては、青山ハーモニー・フォレストのHPだけでなく、毎月twitterでお知らせをすることとした。6ヶ月間でフォロワー数が176から254に増えた。

また、書いて頂いたメモリアルストーンがどのように投入されているか、骨材の投入状況の動画を作成、公表した。

(4) 「川の記憶」モニュメントの制作

ダム事業を地域活性化に利用し、「夢ダム」づくりとして大々的なPRを行うことは、水没移転者をはじめとする地域に深い思い入れをお持ちの方々にとって、複雑な感情があるのではないかと考えた。

地域に話を持ちかけたところ、水没移転者以外の方からも地元で川が流れていたという記憶を残したいとの意見が多くあり、試験湛水後にはわからなくなる前深瀬川と川上川の姿を川上ダムで掘削した石を並べて、モニュメントとして残す「川の記憶」モニュメント制作イベントを行うこととした（図-3）。このイベントも外部地域からの観光客を増やすために青山ハーモニー・フォレストを拠点とし、「あなたが参加することで「川の記憶」をおよそ1/170サイズのモニュメントとして未来に残すことができます」をキャッチフレーズとした。

施工方法やデザインについては、伊賀市青山支所に助言頂ける方を紹介してもらい、地元のアトリエを構える芸術家に留意点などを指導して頂いた。施工に当たっては、川の位置出しを職員の直営作業で、河道の溝は、地域連携PTにて、深さ30cm、幅1m、長さ20mの川を2本、人力で掘削した。



図-3 「川の記憶」モニュメント制作の様子

3 新しい観光資源の開発

これまでも青山地域の土産物販売を目的に、商品開発を行ってきたが、川上ダム関連の画像等を商品開発に使用することについて、地域連携PTの取組として進めていくことになった。ターゲット層を考えた結果、使用するデザインは、ダム好きの方と一般の方ではニーズが異なるため、大きくはその2パターンから検討することとし、設計図面風のもの、親しみやすい可愛らしいデザインのものを考えていくことにした。

(1) オリジナルトートバックの販売

描かれるイラストが議題となり、阿保や桐ヶ丘でイラスト作成等に秀でた能力を持っている方に依頼をすればより地域の特徴が出せるのではないかと考えた。商工会で、コストを含め調べてもらい、青山高原マラソンでエコバックのイラストを描かれた「パンダさん工房」に協力していただくことになった。見学者は、シニア世代の割合が大きな割合を占めており、幅広い世代に人気のあるものが良いのではないかと考えていたため、リアルなダムのイラストではなく、柔らかい雰囲気イラストとなるよう依頼した。10月中旬に販売した第1弾のトートバックは100枚を発注して、11月には完売した。価格は缶バッチとセットで1200円とした。しかし、川上ダムとわかるものが文字だけだったので、第2弾として川上ダムのイラストが入るバージョンのトートバック製作に向けて、川上ダム職員もデザイン企画に参画して調整を行った。川上ダムのイメージを持っていただくため、パンダさん工房をダム現場へ案内し、伊賀のダムをPRできるよう忍者がいるイメージにしてもらい、非常用洪水吐きや堤頂の建屋は川上ダムの特徴なので、キャラクターと被って隠れないようにして欲しいことなどを要望した。最終的には、職員が勤務するダム管理棟の位置に忍者を配置し、地元の大村神社に伝わる「要石」と「ナマズ」の伝承をモチーフに可愛らしいデザインのトートバックが完成した。第1弾は100枚の製作であったが、第2弾は500枚製作することとしトートバックのみで1200円で販売した(図4)。

また、パンダさん工房とは、イラストの著作権は商工会にて自由に使用・加工出来るよう調整し、トートバック以外の商品開発への展開をしていくことにした。



図4 オリジナルトートバック (第1弾と第2弾)

(2) ダムトーストの提供開始

伊賀青山川上ダムカレーを販売しているいっぷくしてだあ〜こで「伊賀青山川上ダムモーニングセット」の提供を開始した。ダムの形の器にトーストが添えられているのが特徴である。Twitterに投稿したところ「新しい!」などと評判が良かった。ダムの形の器は、木の細工が得意な商工会の方が手作りし、提案して頂いた(図-5)。火曜日を除く平日の10~12時の間で食べる事が出来る。



図-5 伊賀青山川上ダムモーニングセット

4. 考察

(1) 「メモリアルストーン」イベントについて

- 参加者数については下記の通りである。
10月53名, 11月68名, 12月28名, 1月17名,
2月40名, 3月108名
(参加者の合計は314名でそのうち利用証明書は45名)
- マスコミ対応について
中日新聞, 伊賀タウン情報YUU, 朝日新聞

(2) 交流人口の増加による地域活性化

「メモリアルストーン」イベントは地域活性化を目的に外部地域からの観光客を増やし、青山地域で消費活動を行ってもらうことを目標にしていたが、コロナ禍の中での開催もあって、令和2年10月から令和3年3月までの参加者数は314名、利用証明書での参加者数は45名で外部からの参加者は決して多くはない結果となった。しかし、利用証明書の配布を川上ダム周辺の店舗等に協力依頼をしたことで、イベントに協力して頂いた店舗の方から「一緒にまたやってみたい」と言われ協力者が少しずつ増えてきている。また、トートバックの販売や伊賀青山川上ダムカレーの販売を通して、観光客の方から「もっとダムグッズを販売してほしい」などの要望を頂き、地域の方が主体的となって現在もお土産開発を進めている。

このように、地道に地域活動を続けた結果、地域の方々との観光客との交流の機会が増え、地域活動への楽しみを創出したことにより、地域の方々が主体的に関わる参加型の仕組みが構築された。このような経験は、地域創生の各場面において、住民主体の地域資源を生かした

活動を実現させ、持続可能な地域づくりを可能とし、管理移行後においても、継続的に地域が主体となった活動を続けることができると考えている。

5. 「夢ダム」プロジェクトを終えて

(1) 川上ダム試験湛水前特別見学会

令和3年4月に打設完了し、「メモリアルストーン」イベントが終了したため、試験湛水前のダムを利用した新たなイベントとして、500人規模の「川上ダム試験湛水前特別見学会」を令和3年11月14日に開催した。この特別見学会では、ヘルメットを着用せず、貯水池内や天端、堤体左岸下流を見学でき、さらに商工会の提供による飲食・お土産販売を行った。飲食等の提供については、当初2店舗の予定だったが、協力者が増え5店舗に増加した。お土産の販売については、ダムグッズの試行販売として、トートバックも含めて5種類販売した。令和3年10月15日に募集を締切り、応募者数は約1500名となった。

(2) 「今しか出来ない」から持続可能な取組へ

川上ダム「夢ダム」プロジェクトは「今しか出来ない体験」のイベントであるが、自分のメモリアルストーンが特定できるため、建設事業完了後においても川上ダムに対して「特別感」を持てるような取組にした。日本一「夢」が貯まるダムとして、リピート率の向上を目指し将来の観光開発に向けたフラグを立てた。管理移行後も川上ダムは別名「夢ダム」としてイベントや商品開発を進めていく予定である。

(3) マイクロツーリズム

近年はマイクロツーリズムという言葉が盛んに取り上げられている。マイクロツーリズムとは、自宅から1時間から2時間圏内の地元又は近隣への宿泊観光や日帰り観光のことである。「メモリアルストーン」イベントについては半分以上が伊賀市在住の方であり、特別見学会の応募も伊賀市や名張市在住の方がほとんどを占めていた。コロナ禍により、外出自粛で遠方の旅行には行きにくいけれど、どこかに出かけたいという心理から、地元を目を向けている人が多くなっており、どちらも地元の新聞を見て参加や応募される方が多かった。これからもダムを使った青山地域でしか体験出来ないことを提供し、地域の方々との交流を深められるようなイベント等も定期的に行っていきたい。

6. おわりに

地域の方々の主体性を促すことが鍵となり、地域連携PTを通じた活動で、多くの提案を実行に移し、地域の方々と協働して成功事例を積み重ねてきた。これは一時的な関係性で実現できたのではない。数年に渡る地域の

イベントのお手伝い、お祭りへの参加や草刈りなど地道な地域活動により、少しずつ信頼関係を築き、青山地域の魅力の発見と将来について模索し、地域との連携関係が築けたからこそ、実現できたのである。管理移行後も地域連携PTが掲げてきた「地域に親しまれるダムづくりと広報」と「ダムを活用した地場産業の振興」を継いでいきたい。

謝辞：伊賀市役所本庁関係課及び青山支所、伊賀市商工会及び青山支所、青山ハーモニー・フォレスト、伊賀上野観光協会並びに川上ダム職員及び地域連携プロジェクトに関わって頂いた他事務所の機構職員も含めて改めて深く感謝申し上げます。

環境基準改正による大腸菌数測定に向けた 新たな分析手法の取り組みについて

今村 陸人¹・辻内 宏幸¹

¹株式会社近畿地域づくりセンター 水環境研究所 (〒612-8418京都府京都市伏見区竹田向代町14)

公共用水域の水質汚濁に係る環境基準において、「大腸菌群数」に代わり新たな衛生微生物指標として「大腸菌数」へ見直しがなされ、本指標の変更に伴い新たな測定方法および環境基準が令和4年4月から適用されることとなった。本稿では、測定データの信頼性および精度管理を目的に、基準改正に伴う新しい大腸菌数の測定方法の適用に向け取り組んだ調査検討について報告する。具体的には、新手法の工程に関する基礎的な検討、および、従来の大腸菌群数と、新項目の大腸菌数の結果の比較から、水域河川毎における傾向や特性について解析を行った。

キーワード 環境基準, 大腸菌数, 水質保全

1. はじめに

公共用水域における水質汚濁に係る生活環境の保全に関する環境基準¹⁾に、ふん便汚染の指標として「大腸菌群数」が設定されている。これは、公衆衛生上ふん便汚染の指標として大腸菌の選択が妥当であるものの、基準設定当時1971(昭和46)年の培養技術では、大腸菌のみを検出する技術がなかったためである。一方、この大腸菌群数の測定方法は、環境中に広く存在するふん便由来ではない土壌細菌なども計測されるため、過大評価となる問題が指摘されていた²⁾。しかし、近年測定技術の進歩により、簡便かつよりの確にふん便汚染を捉える大腸菌の培養技術が確立された。そのため「水質汚濁に係る環境基準についての一部を改正する件」(2021年10月環境省告示第62号)の公布(2022年4月1日施行)³⁾にて、よりの確なふん便汚染を捉える新たな衛生微生物指標として「大腸菌群数」を「大腸菌数」へ見直すこととなった。

本稿は、環境基準の改正に伴う新たな指標となった大腸菌数について、データの信頼性や基礎的知見の把握を目的に、先行して取り組んだ分析手順の確立と、公共用水域における状況について検討した内容を報告する。

2. 新しい測定方法における分析手順の確立

大腸菌群数から大腸菌数への環境基準の見直しに係る変更に伴い、付表に記された測定方法は、特定酵素基質

培地法である。本法は、滅菌済みのろ過装置にて試料をろ過し、ろ過後のメンブランフィルターを培地の上に乗せ、使用する培地に示されている温度・培養時間にて、恒温器内で培養、規定時間後のコロニー数を計数し、大腸菌数を算出する方法である。しかし、この特定酵素基質培地法には、使用する培地や希釈水について詳細な記載はない。そのため(1)寒天培地、及び(2)希釈水の種類について、それぞれ比較検討を行い、正確に測定を行うための分析手順を確立した。

(1) 特定酵素基質寒天培地

測定方法に準じて、記載される組成を有するまたは同等以上の性能を有する特定酵素基質寒天培地には、XM-G寒天培地およびクロモアガーECC寒天培地の2種類を用いて比較を行った。これらの培地を候補選定した理由は、XM-G寒天培地は現在業務で分析を行っている大腸菌群数のBGLB培地と同じ社製で大腸菌群数との比較が容易にできること、また、クロモアガーECC寒天培地は、他の機関での使用歴に基づくことによる^{2,4)}。なお、特定酵素基質培地法では、青色のコロニーが大腸菌数として計測される(大腸菌以外の細菌は大腸菌群数とされるコロニーで主に赤色を呈す)。

13地点の試料について、それぞれ2連で繰り返し試験を行いその平均値を求めた。培地の種類別と大腸菌数の比較検討例を図-1 および写真-1 に示す。地点によっては若干差が見られたが、各培地間の大腸菌数は5%有意水準で有意な差は認められなかった。また、培養時間ではXM-G寒天培地が20時間±2時間に対し、クロモアガーECC寒天培地は24時間である。したがって、測定

に際して柔軟に適應できるよう勘案し、XM-G寒天培地を採用することとした。

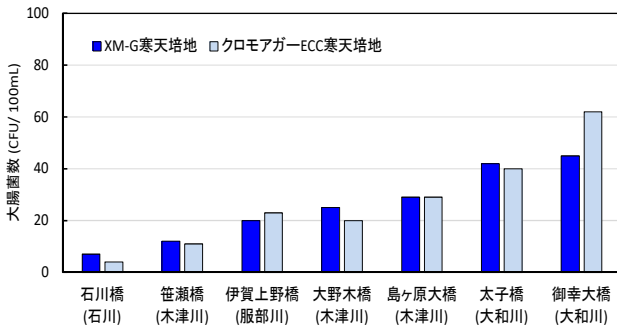
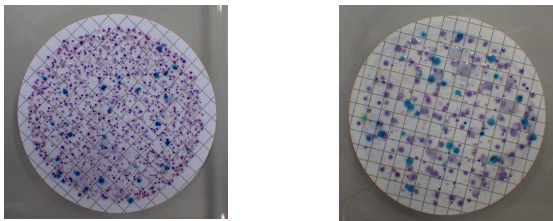


図-1 培地の種類別による大腸菌数の結果(一部抜粋)



(左:XM-G 寒天培地 右:クロモアガー-ECC 寒天培地)
青色のコロニーが大腸菌

写真-1 特定酵素基質寒天培地上のコロニーの様子

(2) 希釈水の種類

希釈水は、滅菌ペプトン水、滅菌リン酸塩緩衝希釈水、滅菌生理食塩水のいずれかと記載されている。XM-G寒天培地を用い、河川水5試料に対する3種類の希釈水の差について比較検討した。各希釈水の種類による大腸菌数の結果は図-2 に示すとおりである。これらのデータを元に希釈水の3種類に対して分散分析を行った結果、有意差は認められなかった。

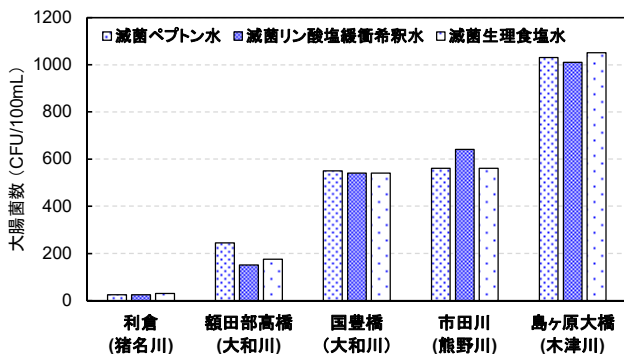


図-2 希釈水の種類別による大腸菌数の比較

さらに、分析手順上のメリット・デメリットについて列挙した比較では、表-1 に示すように、滅菌ペプトン水は保存期間が短く、滅菌生理食塩水は常時調製が必要

となる。一方、滅菌リン酸塩緩衝希釈水は高濃度溶液を作製できる上に保存期限も長く、コスト面や時間的な効率性において優れていると考えられた。よって、滅菌リン酸塩緩衝希釈水を使用することとした。

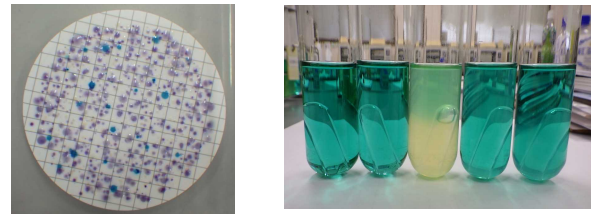
表-1 希釈水の比較

| | メリット | デメリット |
|-------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 滅菌ペプトン水 | — | ・保存期間が短い ・測定時に毎回溶液調製と pH 調整が必要 |
| 滅菌リン酸塩緩衝希釈水 | ・長期保存可能 ・高濃度溶液を調製し使用時に希釈できる | ・高濃度溶液の調製時のみ pH 調整が必要 |
| 滅菌生理食塩水 | ・試薬の入手が容易 | ・測定時に毎回溶液調製が必要 |

3. 公共用水域における大腸菌数測定

(1) 新指標への改正による課題

新しい指標となる大腸菌数の測定の特定酵素基質培地法は、これまでの大腸菌群数の測定方法のプリリアントグリーン・乳糖胆汁ブイヨン培地最確数法と全く異なる分析法である。さらに、これまでの最確数法による単位 MPN/100mLは、大腸菌数に用いる単位 CFU (Colony Forming Unit : コロニー形成単位) / 100mL に変わり、発育したコロニー(集落)数を数えて算出する(写真-2)。



(左:大腸菌数測定 右:大腸菌群数測定)

写真-2 測定方法の違いによる結果の様子

そのため環境省は、新指標の設定に際して、水道での利用を考慮した新たな大腸菌数の基準も設定している(表-2)。すなわち、大腸菌群数と大腸菌数は異なるため、河川や湖沼(ダム)等の公共用水域の水質測定における新しい指標(分析項目)および測定方法の変更は、これまでの測定結果値と異なる数値を示す。また、本培地法は、試料中の菌数が多い場合、適切な範囲に計測数が収まるよう定められているため⁵⁾、あらかじめ予測して希釈を行わなければならない。このように、既存の数値データとの関連性や分析手順(希釈倍率など)への対応が課題であり、新しい基準値への改正による測定結果の判断は、

一層注視が必要となる。すなわち、正確な水質データを測定し管理するためには、事前に既存データとの関係を把握することが、分析において信頼性や精度を担保する上で非常に重要と考える。

表-2 大腸菌数及び大腸菌群数の環境基準値

| 類型 | 新指標 大腸菌数 ¹ (CFU/100mL) | 旧指標 大腸菌群数 (MPN/100mL) |
|--------------|---|-----------------------------|
| 湖沼AA 河川AA | 20 ² 以下 | 50 以下 |
| 湖沼 A 河川 A | 300 以下 | 1,000 以下 |
| 河川 B | 1,000 以下 | 5,000 以下 |

*1: 大腸菌数にかかる基準値については、90%水質値とする。

*2: 水道1級を利用目的としている地点については、大腸菌数100 CFU/100mL以下とする(環境省水・大気環境局水環境課の表をもとに一部改変)。

(2) 大腸菌群と大腸菌の関係

最初に、大腸菌群と大腸菌の関係について概要を述べる。大腸菌群とは、飲料水における環境衛生管理上の汚染指標菌として提案された。これは細菌分類学上の菌名ではなく、衛生学・衛生細菌学における定義であり、乳糖を分解してガスを産生する好気性又は通性嫌気性のグラム陰性桿菌(無芽胞)の総称である。その中には *Escherichia* をはじめ、これら性状を有する細菌群 *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter* など大腸菌以外の細菌(主に土壌細菌群等)も多数含まれ、この細菌群を最確数法により算出した細菌数を大腸菌群数とする。一方、特定酵素基質培地法では、大腸菌群数として計数される細菌群のうち、大腸菌が特異的に持つ酵素βグルクロニダーゼにより青色の大腸菌コロニーを形成することから、それらを計数する方法である。図-3には、ふん便指標における大腸菌と大腸菌群の関係を示す。

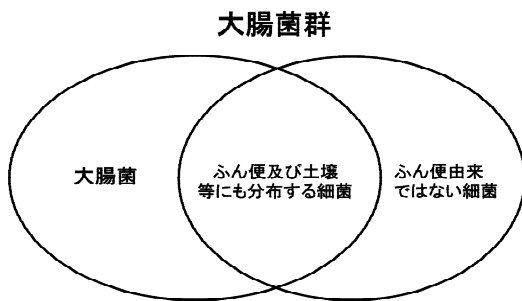


図-3 大腸菌と大腸菌群の関係

(3) 検討方法

検討試料は、ふん便汚染の新しい指標の適用に鑑みて、

近畿管内の各水系の河川・湖沼水を用いた。調査地点は大腸菌群数と比較できるように主に環境基準地点を選定した。また、大腸菌数が分析項目に含まれない河川類型の地点も水系全体を俯瞰するための有用なデータとして蓄積し、知見として活用するために含めた。延べ地点数は76地点である。表-3に示すように、2021年4月~2022年3月に実施し、総計197試料を測定した(なお、諸事情により生物活性の高い夏季のデータが取れなかったことは今後の課題とする)。

測定方法は、前章で検討し確立した分析手順に則り、大腸菌群数と新指標の大腸菌数について、量的な関係や比較検討を行い、それらの結果について考察を試みた。

表-3 対象測定試料数

| 月 | 4 | 5 | 6 | 7 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 |
|------|---|---|----|---|----|----|----|---|----|----|
| 湖沼AA | 2 | 0 | 2 | 4 | 3 | 0 | 22 | 0 | 1 | 40 |
| 湖沼 A | 3 | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 5 | 1 | 1 | 2 |
| 河川AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 河川 A | 5 | 8 | 11 | 1 | 8 | 6 | 14 | 6 | 17 | 21 |
| 河川 B | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 1 | 8 | 2 | 8 | 8 |
| 河川 C | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

(4) 湖沼における結果および考察

湖沼のAA類型($n=74$)とA類型($n=17$)を対象に実施した結果を図-4に示す。当該管内水系におけるAA類型は主に琵琶湖であり、A類型はダム湖が対象である。

図より、これまで大腸菌群数を指標とした湖沼AA類型(琵琶湖)では、環境基準値を超過していた地点の多くが、大腸菌数を指標とすることで、全て環境基準値(100 CFU/100mL以下)を満たすことが明らかとなった。すなわち、近畿の水道水源である琵琶湖では、これまで大腸菌群数が高い値を示していたが、それらはふん便汚染によるものではなく、多くがふん便由来ではない細菌や土壌細菌によるものと考えられた。また、湖沼Aの猿谷ダム、大滝ダムでも同様に大腸菌数は低い値を示し、環境基準に照らし合わせると満足することが示された。

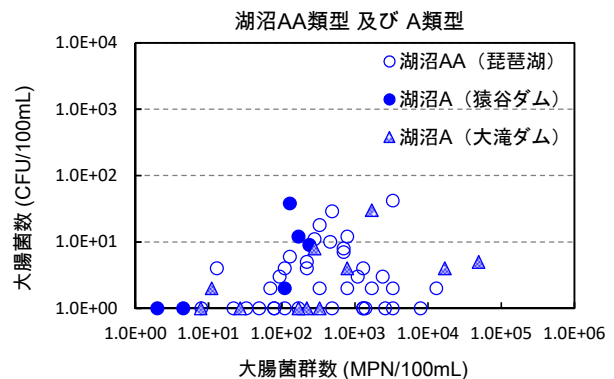


図-4 湖沼AA類型及びA類型における大腸菌数及び大腸菌群数の比較

(5) 河川における結果および考察

河川における大腸菌数と大腸菌群数との関係を図-5に示した。B類型とC類型では高い正の相関 ($r = 0.8202$) がみられ、汚濁が進むほど両者の関係には一定の相関が見られることを示唆している。一方、A類型 ($n=97$, AA類型を除く) の大腸菌数と大腸菌群数の全データのプロットは相関が低く、明確な特徴や関係が見られなかった。

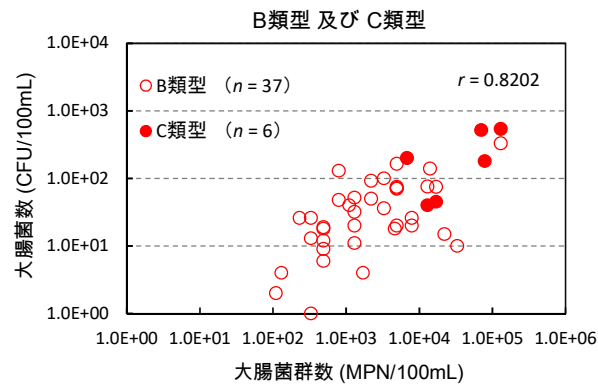
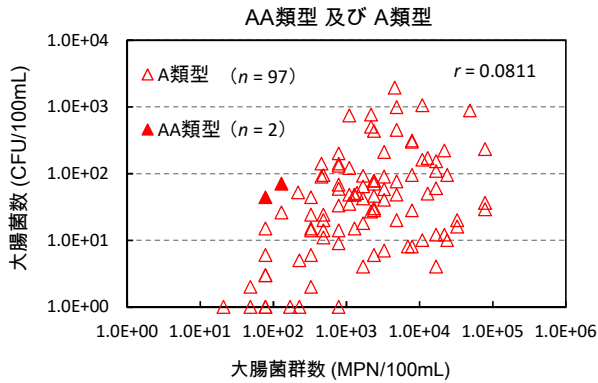


図-5 河川類型別(AA類型及びA類型, B類型及びC類型)における大腸菌数及び大腸菌群数の比較

調査地点が多いAタイプの河川は、各々で調査月、調査回数異なるため、全データではバラつき、明確な傾向が捉えられないと思われる。そこで、大腸菌数と大腸菌群数との関係を、各月における散布図の比較検討に加えて、調査地点間の特性を包括的に理解するため、階層的クラスター分析(正規化あり、ユークリッド距離・ウォード法)を行った。また、大腸菌数と大腸菌群数との関係は、湖沼や河川B, C類型を踏まえ、大腸菌群数は多いが大腸菌数は低い、大腸菌群数も多く大腸菌数も多い、どちらの関係も見られない等に分かれることが予想されたため、クラスター数が3程度になるようカットオフポイントを決定した。以下は、最も多くデータが得られた2022年3月 ($n=21$) の結果である。

階層的クラスター分析の結果、デンドログラム(樹形図)は図-6のように示され、調査地点は3つのクラスターに分類された。これらを散布図に反映したものが図-7

である。3月の結果において宮前橋と島ヶ原大橋は、異なるグループとして分類されたが、別の月でも同様に他の調査地点と分かれる傾向がみられた。

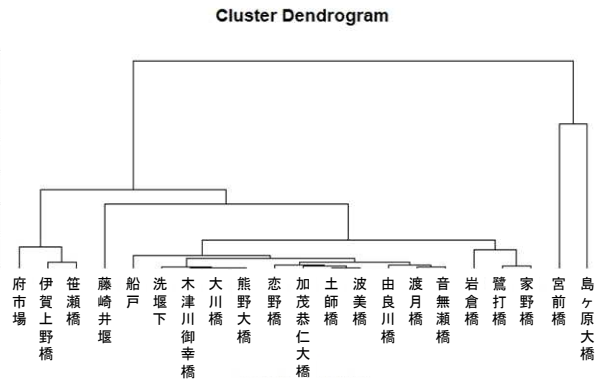


図-6 地点別クラスター分析結果(3月)

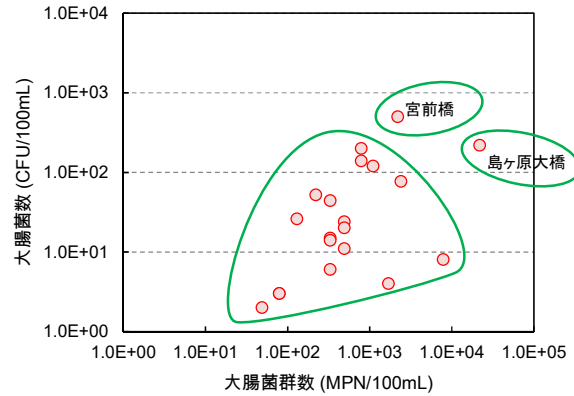


図-7 大腸菌数と大腸菌群数の関係(3月)

宮前橋は、桂川下流の地点で淀川三川合流の手前に位置し、本検討でも最も測定回数が多い地点である。この地点は、大腸菌数が多い月と少ない月が季節に関係なく混在する等、他のA類型とは異なる特徴を示すことも明らかとなった。この挙動の原因には、地点の上流に京都市内から流れる多くの支川が流入し、また、それらは典型的な都市河川で水質が汚濁していることに起因すると考えられた。実際に京都市のデータ⁶⁾によると、西高瀬川や鴨川の大腸菌数は高濃度で観測されることもあるため、これらの混入によっては宮前橋での大腸菌数の濃度にも影響すると示唆された。

一方、島ヶ原大橋は、これまでも大腸菌群数が非常に高い濃度を示し、新基準の大腸菌数も環境基準を超える。本地点は木津川の中間地点に位置し、山間地を利用した家畜業(養豚, 牛, 養鶏)が行われている。ここでは家畜排泄物の積極的な利用に力を入れており、堆肥原料として水田土壌作りや有機栽培等に使用している⁷⁾。また、当地域での汚水処理人口普及率の内訳を見ると下水

道や農業集落排水施設がそれぞれ約20%と低く、半数は合併処理浄化槽である⁸⁻¹⁰⁾。したがって、大腸菌数は汚水処理形態や面源負荷等の要因が影響したと考えられた。

すなわち、この分類された結果の解析では、外れ値となりやすい地点は、(1) 汚濁した流入支川の影響を受ける場所、(2) 下水道の未整備等によるふん便汚染が流入しやすい場所、(3) 家畜や野生動物のフン、堆肥などの影響を受けやすい場所であることがわかった。

以上より、新たな指標の大腸菌について、散布図を作成し階層的クラスタ分析を組み合わせることで、その特徴をより明確に理解し要因等を考察することができた。

4. まとめ

基準改正に伴う新しい大腸菌数の測定方法の適用に向け、測定データの信頼性および精度管理を目的に、分析手順の確立と、近畿管内の水系における地点の大腸菌数と大腸菌群数について、その傾向や特性について検討を行った。

分析手順の確立では、培地や試薬の検討を通じて、コロニー計測などの技術経験を積むことができた。さらに、新しい指標への先行的な取り組みによって、試料に含まれる菌種の組成や環境条件等により細菌数の挙動が異なるケースも散見されたものの、各調査測定地点の過去のデータより、希釈倍率をおおよそ推定できることが示唆された。

大腸菌数と大腸菌群数との関係の検討では、湖沼はこれまで土壌細菌等による影響によって正しくふん便汚染が計測できなかったことが明らかとなった。また、近隣に下水道未整備地域や酪農地域など大腸菌汚染の要因が考えられる河川では、新しい指標によってより明確な汚染実態の把握が期待できる。さらに、未知の試料についても、試料が採取される地点の河川類型や、河川を取り巻く条件(土地利用や汚水処理形態等)から、大腸菌数の範囲についておおよその希釈倍率等の設定が可能であると思われる。大腸菌数の年間調査結果は、年12回の測定値のうち、最大値1つを除外できる90%値評価とされている。今回は生物活性の高い夏季のデータを取得できなかったものの、得られた測定結果は、河川の水質汚濁に関するデータとして有効な判断材料になり、水辺環境の保全における他の項目との考察や解析、また、排水対策

などの河川行政への基礎検討資料として貢献できると思われる。今後も新しい環境基準の指標データの蓄積をしていくとともに、他の水質項目との関係についても解析し、測定精度の管理、および、測定値の代表性など、水環境における幅広い知見を得ることに努めていきたい。

参考文献

- 1) 環境庁：告示59号 水質汚濁に係る環境基準について。
- 2) 渡邊圭司, 池田和弘, 柿本貴志, 見島伊織, 梅沢夏美, 木持謙, 田中仁志, 川合裕子, 木村久美子, 和波一夫, 石井裕一：2019. 特定酵素基質培地法で大腸菌数に影響を及ぼす因子. 全国環境研究会誌 44(3), 63-70.
- 3) 令和3年度水・大気環境局長通知：2021. 水質汚濁に係る環境基準についての一部を改正する件の施行及び地下水の水質汚濁に係る環境基準についての一部を改正する件の施行について. 2021年10月7日.
- 4) 藤田勇, 杉山修, 萩原英明, 柳下正美：2014. 中川水再生センターにおける大腸菌の挙動及び測定法の課題について. 東京都下水道局技術調査年報, Vol.38.
- 5) 環境省：2021. 中央環境審議会水環境・土壌農薬部会生活環境項目環境基準専門委員会, 水質汚濁に係る生活環境の保全に関する環境基準の見直しについて(第2次報告案) 別紙1. 令和3年3月.
- 6) 京都市：2021. R1年度公共用水域及び地下水の水質測定結果. 京都市環境政策局環境企画部環境指導課.
<https://www.city.kyoto.lg.jp/kankyo/page/0000278608.html> (2022年4月28日時点)
- 7) 伊賀市：2007. 伊賀市バイオマスタウン構想. 伊賀市産業振興部農林政策課.
<https://www.city.iga.lg.jp/0000002074.html> (2022年4月27日時点)
- 8) 三重県：2021. 市町別の汚水処理人口普及率の状況(みえの下水道2021-2022). 三重県県土整備部下水道経営課/三重県県土整備部下水道事業課.
<https://www.pref.mie.lg.jp/GESUI/HP/14429013042.htm> (2022年4月28日時点)
- 9) 伊賀市：2019. 伊賀市下水道事業経営戦略2019. 伊賀市上下水道部. <https://www.city.iga.lg.jp/0000004379.html> (2022年4月28日時点)
- 10) 伊賀市：2022. 伊賀市生活排水処理施設整備計画. 伊賀市上下水道部下水道課. <https://www.city.iga.lg.jp/0000004242.html> (2022年4月28日時点)

環境 DNA を用いた一庫ダム湖陸封化アユの調査 について

滝本 雅之¹・内藤 信二²

¹ 独立行政法人水資源機構 一庫ダム管理所 (〒666-0153 兵庫県川西市一庫字唐松 4-1)

² 独立行政法人水資源機構 一庫ダム管理所 (〒666-0153 兵庫県川西市一庫字唐松 4-1)

一庫ダムでは、ダム湖を海の代わりにしてダム湖と流入河川との間で生活史を完結する陸封化アユの存在が以前から確認されている。近年では、水産資源を保護するために漁業協同組合が行っていたアユ仔稚魚の放流が必要なくなるほど、ダム湖から遡上するアユは多くなっている。

今回、陸封化アユの環境資源としての有効性確認や、今後のより環境に配慮したダム管理のための基礎資料を得るため、近年研究が進んでいる環境 DNA を用いたダム湖内における陸封化アユの生息実態を把握する調査を、国立大学法人山口大学と共同で実施したことから、その結果について報告するものである。

キーワード：環境 DNA、陸封化アユ、生息実態調査

1. はじめに

一庫ダムは、淀川水系猪名川の左支川一庫大路次川に位置するダムで、洪水調節、水道用水の供給、流水の正常な機能維持を目的とし、2022年4月に管理開始39年を迎えた多目的ダムである。

一庫大路次川は、ダム建設前は、アユの友釣場として賑わっていたが、ダム完成後は、周辺環境の変化もあり、アユの姿を見かけることがなくなった。このため、2002年度に地元からかつてのようにアユが多く棲める河川への復元が強く要望されたこともあり、2003年度からダム下流



写真-1 流入河川(一庫大路次川_龍化溪谷)
を遡上するアユ(2019年7月)

では、フラッシュ放流や土砂還元、弾力的管理試験の実施による下流河川の環境改善に努めるとともに、ダム上流においても、ダム湖での外来魚駆除、アユの産卵床造成(通称：川の耕し隊)などの取り組みにより、アユを含む河川生物の生息環境の改善を図っている。この結果、近年では、ダム湖から遡上するアユが非常に多い状況が確認されている(写真-1)。

そこで、今回陸封化アユの環境資源としての有効性確認や、今後のより環境に配慮したダム管理のための基礎資料を得るため、近年研究が進んでいる環境 DNA を用いたダム湖内における陸封化アユの生息実態を把握する調査を山口大学と共同で実施することとしたものである。

2. 調査方法

(1)環境 DNA 調査とは

環境 DNA 調査とは、環境中に含まれる「生物由来の DNA」を検出・分析する技術を用いた生物調査である。

日本国内では、「環境 DNA 調査・実験マニュアル ver.2.2」²⁾が公表されるなど、近年、生物調査の有効な一手段として実用化に向けた取り組みが活発に進められて

いる。

なお、環境 DNA 調査は、陸上の堆積物や、水中の堆積物、水等を分析試料として取り扱うことが出来るが、今回の調査は、アユが対象であることから、水を試料として調査を行った。

(2)従来調査との違い¹⁾

環境 DNA 調査と、定置網や投網などによる主に捕獲を主体していた従来生物調査との相違を表-1 に示す。

調査にかかる労力として、従来調査は、漁具等の取り扱いに労力・専門的な知識が必要なこと、使用する漁具等の種類により確認できる種にバイアスがかかること、捕獲した魚類の同定に知識が必要なことから、調査員が限定され広域を短期間に調査することが困難である。一方、環境 DNA 調査では、人為的な汚染や水質異常(赤潮、アオコなど)等に留意が必要であるものの、現地調査は主に採水作業のみであることから、広域を短期間に調査することが可能である。また、生物・生息環境への影響として、従来調査では、漁具による殺傷、立ち入りによる生息環境の踏み荒らしにより影響を与えてしまうが、環境 DNA 調査では、採水のための最小限の立ち入りとなるので、影響はほとんどない。ただし、体長や体重等は捕獲個体の情報は、環境 DNA 調査では得ることが出来ない。

今回の調査では、貯水池及び流入河川におけるアユの生息実態を把握するため定期的に多くの地点での調査が必要

要となることから、環境 DNA 調査は従来調査に比べ、効果的な調査であると考えられる。

(3)環境 DNA 分析の種類^{1) 2)}

環境 DNA の分析は、調査試料に含まれる調査対象の DNA を、ポリメラーゼ連鎖反応(以下、「PCR」という)で分析可能な量に増幅して検出・定量する技術である。魚類の生物種の検出には、PCR によって増幅される DNA 断片の両端に結合する短い人工の一本鎖 DNA (以下「プライマー」という)の特徴により、以下の2つの手法に分けられる。

- ・ Mifish 法・・・水中に漂う DNA を網羅的に増幅・検出する手法。
- ・ 種特異的検出・・・水中の漂う対象種(単一種)の DNA のみを増幅・検出させる方法。

今回の調査では、アユのみを対象とした調査であることから、種特異的検出による環境 DNA の分析を行うこととし、サンプル中の調査対象種の DNA や RNA 量を高い精度で定量することができるリアルタイム PCR 法による環境 DNA の分析を行った。

(4)調査内容

今回の調査は、ダム湖内における陸封化アユの生息実態の把握を行うため、アユの生活史を考慮し、環境 DNA 調査の試料採水位置、試料採取時期を次のとおり定めた。

- ・ 試料採水位置

試料採水位置を図-1 に示す。

アユはその生活史の中で流入河川から貯水池内を移動

表-1 環境 DNA 調査と従来調査との違い

| 比較項目 | 環境DNA調査 | 従来調査 | |
|------|------------------------------|--|--|
| 事前準備 | 調査の実施、生物捕獲にかかる許可申請等 調査機材 | 不要 採水キット 漁具等 | |
| 現地調査 | 調査手法 | 採水 (サンプルの輸送) | 定置網・投網・タモ網による捕獲 |
| | 調査にかかる労力 | 1名×10~20分程度 ¹⁾ (1地点1回当たり) | 3名×2日 ²⁾ (1湖沼3回地点当たり) |
| | 調査者による精度のばらつき 生物・生息環境への影響 | 小さい ほとんどない | 大きい あり (漁具による殺傷、立ち入りによる生息環境の踏み荒らし) |
| 分析作業 | 捕獲個体からの情報 | なし | あり (体長・体重等) |
| | サンプル処理等 | Mifish法 (メタバーコーディング分析等) 種特異的検出 (リアルタイムPCR分析等) | 種の同定等 |

1 試行調査(環境省業務)を基にした想定

2 モニタリングサイト1000 湖沼：淡水魚類調査マニュアルを基にした想定

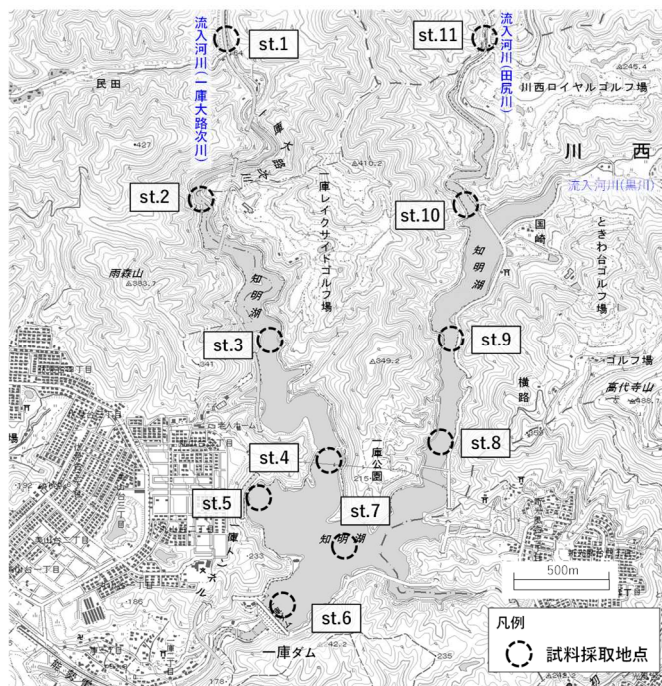


図-1 試料採水位置図



写真-2 現地作業状況(採水とフィールドデータ測定)

することから、流入河川（一庫大路次川、田尻川）における代表地点と過去にアユの産卵が確認されている地点の直下流、及び貯水池内をほぼ等間隔に7地点の計11地点とした。

・試料採水時期

アユの寿命は概ね1年程度であることから、2020年8月から2021年8月までの13カ月間において、月1回採水することとした。

(5)調査手順

調査手順は、現地調査・採水、採水試料の輸送、環境DNAの分析、分析結果の整理解析となる。今回の調査では、を一庫ダム、を山口大学が実施する。ここでは、一庫ダムが実施した手順、について説明する。

現地調査では、各採水地点において採水とフィールドデータを記録する(写真-2)。採水を行う際は、環境DNA分析の支障となる濁度の上昇や水質異常(赤潮、アオコなど)等がないか確認するとともに、採水場所以外からの環境DNA混入などの人為的な汚染を防ぐため、採水作業中のゴム手袋着用及び調査地点毎の交換、採水容器の交換、採水地点の水の攪拌を防ぐなど注意が必要である。また、採水した水を分析場所である山口大学まで輸送する必要があることから、環境DNAを固定するため、塩化ベンザルコニウム液(劣化防止剤)を入れる必要がある。

フィールドデータとしては、pH、水温、電気伝導率を測定した。

採水試料の輸送では、保冷剤などで保冷して、クール便で輸送する。なお、輸送時の汚染の有無を確認するため、天然水を採水試料として塩化ベンザルコニウム液を入れたものを、他の採水試料と共に輸送した。

3 調査結果

2020年8月から2021年8月までに行った環境DNA調査

の結果と流入河川の水温変化を、図-2に示す。

・2020年8月から2020年9月では、流入河川のみでアユの環境DNAが検出され、流入河川の採水地点より上流域でのみアユの生息が確認された。特に、2020年9月は環境DNA濃度が増加していることから、採水地点周辺へ産卵のためにアユが降下してきたものと考えられる。

・産卵期と思われる10月では、どの採水地点でもアユの環境DNAがほとんど検出されなかった。この時期は目視観察でもアユの魚影が確認できなかったことから、採水時期前にはアユの産卵が終了していたことが考えられる。

・2020年11月から2020年12月では、流入河川から貯水池までの全採水地点でアユの環境DNAが検出されており、これは、孵化仔魚が貯水池へと降下している様子を捉えたものと考えられる。

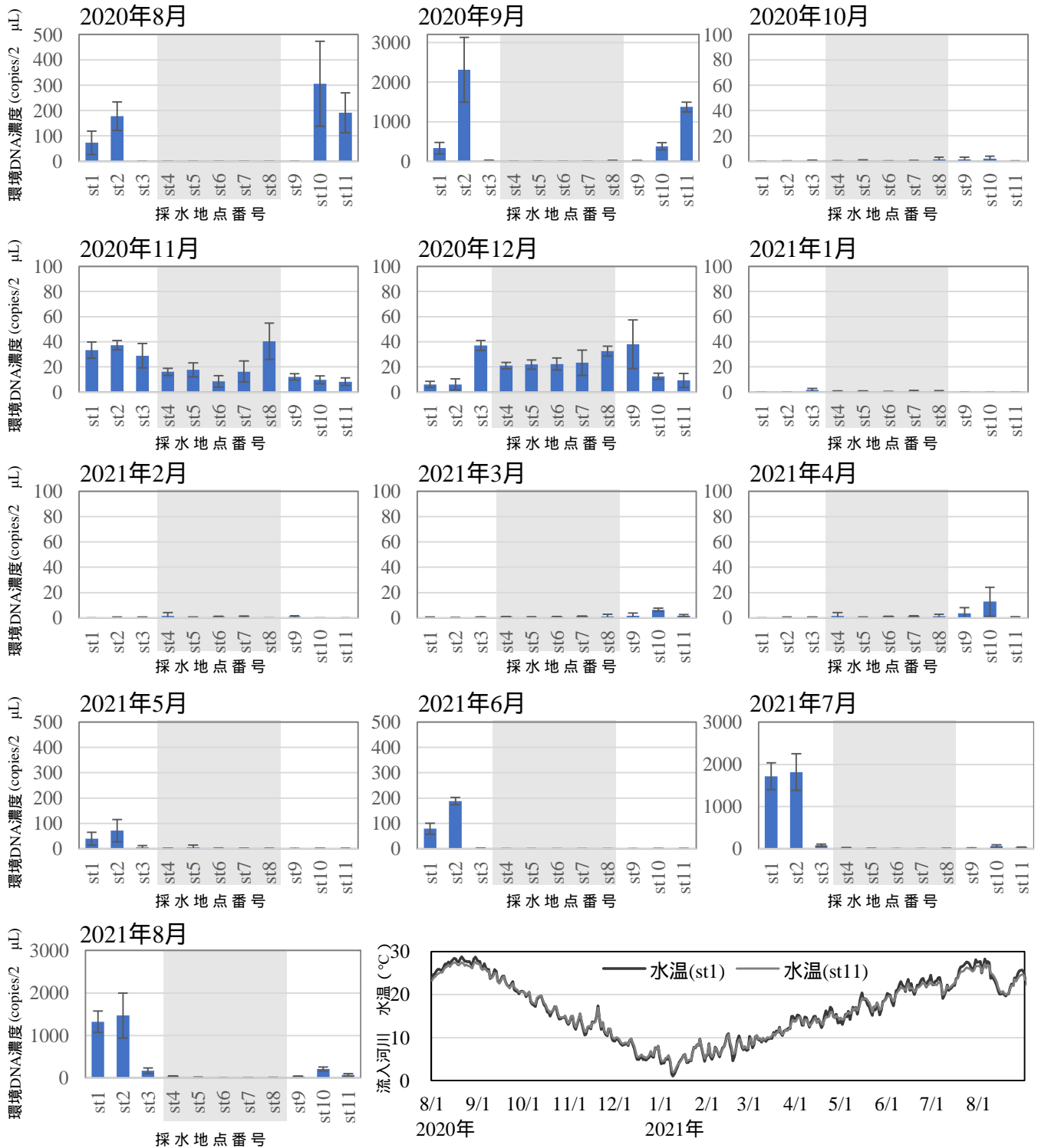
・2021年1月から2021年2月では、アユの環境DNAは全地点でほとんど検出されなかった。この時期は、水温が急激に下がっており、低水温を嫌うアユ仔魚が表層を避けて、貯水池の深場にもぐったため、表層水からでは環境DNAを検出できなかったと考えられる。

・2021年3月以降は、流入河川でアユの環境DNA濃度が増加した。これは、流入河川の水温上昇に伴いアユ仔魚が遡上したため、月毎の環境DNA濃度の変化から、田尻川(st9~11)では3月から4月にかけて、一庫大路次川(st1~3)では4月から5月にかけて遡上が始まったものと考えられる。また、一庫大路次川では、6月以降も環境DNAの検出数が高い状態を維持していることから、アユが試料採水地点の周辺またはその上流側を利用していると考えられる。

4 おわりに

今回の調査では、一庫ダムの陸封化アユは、3月から5月にかけて河川を遡上し、6月から8月に河川で生活するとともに成長、9月から10月末にかけて産卵し、その後孵化した仔魚が海の代わりである貯水池に降下していることが判明した。今後、今回調査を実施しなかった流入河川の上流域でアユの環境DNA濃度を調査することにより、ダム上流域全体のアユの生息実態を把握することができ、よりアユの保全対策に活用できると考えられる。

また、今回の調査により、環境DNA調査が魚類の生息実態の把握に有効であることが判明した。この適用により、アユの産卵床造成の場所や時期の検討、アユの移動を阻害する河川構造物の改善検討、外来魚のより効果的駆除も想定でき、アユの保全に役立てることができると考えられる。



網掛け部分は貯水池内の調査地点、棒グラフ中のエラーバーは標準偏差

図-2 各調査月における環境 DNA 濃度と流入河川水温の推移

謝辞:本調査に当たりまして共同で研究していただくとともに、技術的なご指導、ご助言いただきました、国立大学法人山口大学 赤松教授を始めとした関係者に皆様に、この場をお借りして感謝申し上げます。

参考文献

- 1)環境省自然環境局生物多様性センター(2020):環境 DNA 分析技術を用いた淡水魚類調査手法の手引き 1版
- 2)一般社団法人環境 DNA 学会(2020):環境 DNA 調査・実験マニュアル ver.2.2