

福岡第2法務総合庁舎整備事業実施プロセス における営繕職員の取組について

下地 言奈¹・宮森 結季子¹・野田 堅介¹

¹九州地方整備局 営繕部 整備課 (〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2-10-7)

福岡市の中心地の一つである、六本松地区に位置する九州大学六本松キャンパスの跡地において、国、地方自治体、民間施設からなる一体的な整備が行われた。当該地域で福岡第2法務総合庁舎の整備を行うにあたり、地域のまちづくりに貢献するために地域協議会の参加者である福岡高等検察庁のアドバイザーとして参加し、良好なまちづくりへの貢献に取り組んだことや、施設整備にあたり実施した内容について報告するとともに、今後の営繕事業の参考とすることを目的とする。

キーワード 施設整備, 緑道, 景観, まちづくり

1. はじめに

国土交通省では、官庁施設の整備をととして地方公共団体をはじめとする様々な関係者と連携し、まちづくりに貢献する取り組みを推進している。

福岡第2法務総合庁舎の計画地(図-1)は、九州大学六本松キャンパスの跡地であり、これまでは九州大学が地域の顔となっていた。ブロック全体の敷地面積は、65,000㎡と広大な敷地となっており、福岡市の中心市街地での大規模な開発事業として注目を集めたエリアとなっていた。当該ブロックは九州大学から独立行政法人都市再生機構(UR)へ一括売却され、URは平成21年3月に「九州大学六本松キャンパス跡地まちづくりコンセプト」を策定し、「人がいきいきと交流し理性を育む、四季を感じる、賑わいと良心がふれあう街」という将来像を提示し一体的なまちづくりを目指した¹⁾。

URによる既存建物の解体や道路・公園が整備完了後に、敷地は民間事業者や裁判所、福岡第2法務総合庁舎に入居する検察庁等へ譲渡され、六本松キャンパス跡地において、調和のとれた良好なまちづくりを目指して整備が行われた。営繕職員は、調和のとれたまちづくりに貢献するために、福岡第2法務総合庁舎新営事業の企画立案段階から携わり、施設整備や管理運営の提案・協議を行った。

本研究は、福岡第2法務総合庁舎を事例として、様々な関係事業者と連携し、円滑かつ適切に整備事業を進める手法について考察し、今後の官庁施設整備の参考とすることを目的とする。



図-1 本事業の計画地

2. 事業の概要・目的

(1) 整備内容

本事業は、法務省から支出委任を受け、旧福岡第2法務総合庁舎と旧福岡保護観察所の、老朽・狭隘・耐震性不足を解消し、新築・合同集約化による公務の能率増進と、公衆の利便の向上を図ることを目的としている。入居官署は、福岡高等検察庁、福岡地方検察庁、福岡区検察庁、九州地方更生保護委員会、福岡保護観察所で、各官署の業務特性を考慮した施設整備が求められた。

計画地内は、中央にロータリー道路とオープンスペースで構成されたシンボル空間があり、その正面に裁判所、左右に検察庁と弁護士会館が配置されている。

前面道路に面して西側は集合住宅、東側は福岡市科学館や法科大学院、シニアマンションが入居する複合施設があり、それぞれの低層部には日常的な買い物やサービスが提供される商業施設が配置されている。また本敷地を囲うように配置されている緑道も各エリアで特徴があり、春や夏といったテーマが定められ整備が行われた。

(2) まちづくりガイドラインとデザインガイドライン

本事業を進める上で重要な方針である、「九州大学六本松キャンパス跡地まちづくりガイドライン」²⁾（以下、まちづくりガイドライン）及び「青陵の街・六本松デザインガイドライン」³⁾（以下、デザインガイドライン）を基に事業を進めた。まちづくりガイドラインとは、平成23年9月に策定されたもので、土地利用や、道路、公園の配置や規模、オープンスペースの形態や建築物など、関係事業者間での共通のルールを定めたものである。その後、福岡市では、これらグランドデザインを法的に担保するため、「福岡都市計画六本松四丁目東地区地区計画」を平成24年5月に都市計画決定した。

また、これらを上位計画としその理念を実現するため、デザインに関するルールとして、デザインガイドラインが定められた。デザインガイドラインの目的は、周辺環境と調和し六本松にふさわしい一体的な整備を進めることについて、地区内の公共スペースや建物、外構等のデザインに関する具体的な整備ルールを関係者間で協議・策定するものである。さらに、関係者間でまちのイメージを共有し、連携しながら具体的なまちづくり・景観づくりを進めていくことで、まちの資産価値を長期的に維持することを目的としている。これらを踏まえ、設計、施工を進めていく必要があり、様々な関係者との綿密な協議が必要不可欠であった。（図-2）

3. 企画立案段階の営繕の取組

(1) 事業化以前の取組

九州大学の移転が決まり、平成21年に九州大学からURへ敷地が売却されたのち、平成25年以降、各事業者へ敷地が譲渡されていくことになるが、九州地方整備局は、平成22年からこの事業に携わり、平成23年のまちづくりガイドライン策定の際には、福岡第2法務総合庁舎の管理官署である福岡高等検察庁のオブザーバーとして技術協力した。技術協力の目的は、設計マネジメント段階ではできない、事業の全体計画の部分を川上で誘導することによって、支出委任事業を円滑に進行することである。

九州大学六本松キャンパスの跡地で整備される、新たな街の中核となる場所に適した施設を目指すとともに、庁舎の機能を十分に発揮できる良質な施設整備を行うた

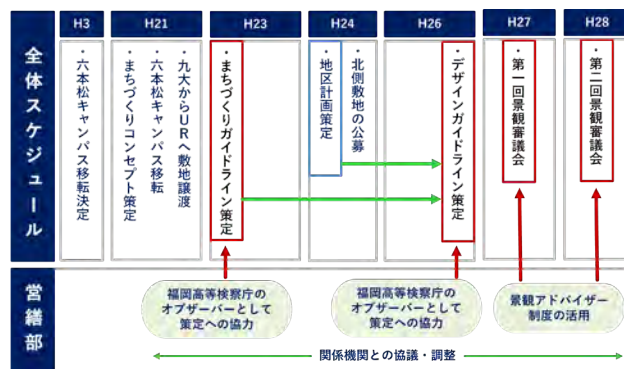


図-2 事業スケジュール⁴⁾

め、管理官署が行う事前検討に対し、営繕部としての知見を活かしアドバイスをを行った。

敷地の緑化率や日影制限等のルールなどについてもこの段階で定められ、そのルールに基づいて計画地全体の施設が計画された。法務総合庁舎の機能を十分に発揮できるように、管理官署が行う事前検討に対し、建物の想定される配置や、日影制限、どのぐらいの緑化率なら達成が可能か、などを早い段階で現地調査やヒアリングを行い、結果をガイドライン策定の際に営繕部のノウハウを生かしながら今後の施設整備、運用を見据えた提案、協議を行った。

(2) 事業化以降の取組

平成26年に青陵の街・六本松地区連絡協議会（以下、協議会）が立ち上げられ、協議会にも福岡高等検察庁のオブザーバーとして参加した。この協議会では各事業者の進捗状況の共有や、デザインガイドラインの策定を行った。

まちづくりガイドライン、デザインガイドラインでの知見を踏まえ、本事業では設計業務の発注にあたり、重点整備項目として目標を3つ設定した。目標①はまちづくりと調和した施設づくり、目標②は利用者が使いやすい施設づくり、目標③は地球にやさしい施設づくりと定め、設計上考慮すべき事項として、2つのガイドラインを適用した。この目標を基に設計事務所からの技術提案を求め、設計事務所を選定するとともに、設計業務受注者決定後、設計マネジメント段階へ進んだ。

4. 設計マネジメント段階における営繕の取組

(1) 地域の景観づくりに貢献する外観

設計マネジメント段階では、2つのガイドラインに基づき、庁舎の外観においては、検察庁にふさわしいファサードづくり、周辺環境との調和を実現すること及び、周辺の歩道に使用されている舗装の色調と調和するよう

に、アースカラーの色調とした。また垂直性・水平性のバランスのとれた均等なデザインとし、検察の理念にふさわしいファサードとするとともに、彫の深いアウトフレームは夏場の日射を遮蔽する効果も意図した設計とした。垂直材を用いた視線の誘導も本事業の特徴の一つであり、外周部のSRC柱を一部変形させ、柱型を斜めにする事で、室内側からの視線を誘導している。これにより、南公園や油山など良好な眺望を望みやすい計画とするとともに、陰影のある表情豊かな外観とした。（図-3）

歩道については、緑豊かで散策などができる歩行者ネットワークとして機能しており、夜になると庭園灯で明るさを確保し安全も確保している。地区内の公園や広場、歩行者空間等をひとつの大きな公園として捉え、緑豊かな空間となった。関係事業者間で調整を行うことで、周辺地域と調和しながら繋がるよう、地区の外周に樹木景観を残しつつ、緑のゆとりある歩行者空間を創出した。（図-4）

(2) 景観アドバイザーの活用

設計を進めていく中で、福岡市の景観アドバイザー制度を活用し、景観審議会を基本設計から実施設計までに計2回実施した。（表-1）植栽関係や屋外照明についてのアドバイスに対して、隣接する施設の計画と調和を図るため、庁舎の前面の歩道をケヤキとシマトネリコのダブル並木とし、維持管理頻度を考慮し選定を行った。通り抜け通路の視認性については、視認性を確保しすぎると、押送車のルートが見えるなど、セキュリティ面で懸念事項があるため、季節感のある樹木などを組みあわせて魅力のある空間づくりを目指しつつ、庭園灯を設置し暗い状況の安全性も確保することで対応した。

また、建築意匠等、外観計画についてはシンボル空間の一部であるロータリー部分の底についてのアドバイスに対して、建物との一体感のある、象徴的なデザインの底・門扉の形状とし、魅力あるロータリー空間づくりを目指し検討を進めた。検討するにあたり、デザイン比較表などを作成し、設計事務所や関係者と協議を重ね、底の象徴性、街区全体の景観、建物外観デザインとの一体感、歩行者からの視認性のなど様々な要素を検討した。

（図-5）さらに、シンボル空間からの歩行者・駐車場からの車利用者共にアクセスしやすい計画とするため、歩行・車寄せに配慮し、上部に底を設ける計画としており、通行人の目にも止まりやすい場所に配置した。



図-3 福岡第2法務総合庁舎 外観



図-4 緑の歩行者空間

	曲線形案	直線形案
底の象徴性		
街区全体の景観		

図-5 底のデザイン比較表

表-1 審査会における主なアドバイス

協議ポイント	審査会における主なアドバイス
配置計画、外構計画について	隣接する敷地の外構空間や緑道の植栽との調和を図るとともに、本市の気候に合う植栽計画とすること。（参考）花が咲く樹木：ツバキ、サザンカ等 常緑樹：ウバメガシ等 通り抜け通路（東側複合施設側、裁判所側）について、緑が多くて視認がよくない。 屋外照明については、シンボル空間側については、隣接するものとの調和を図り、通り抜け通路側については、植栽と合わせて安全で魅力的な空間となるよう検討すること。
建築意匠等、外観計画について	ロータリー部分の底については、象徴的なデザインとし、シンボル空間の一部であるロータリー空間の魅力を高めること。

(3) 特性に配慮した施設づくり

全国の検察庁で初となる認可保育園として、青陵保育園が施設内の1階に整備された。認可保育園は地域枠として、周辺住民の方も利用可能で、地域に開きつつもセキュリティも確保した整備が求められた。保育園という特殊な設計条件を満足に満たすため、保育運営専門業者にヒアリングを実施し、参考とした上で、それらを満たすような設計を進めた。

(4) 地球にやさしい施設づくり

環境負荷低減に配慮した整備も行った。東西面に面する部屋の窓を少なくし、断熱効果に優れた複層ガラスを採用することで日射熱負荷の低減を図った。さらに、エ

エネルギーの高効率利用としてLED照明器具の採用や高効率空調システムを採用し、省エネルギーに取り組んだ。

また本敷地は地区計画により、緑化率30%以上を定められているため、構内緑化の推進も積極的に行った。求められた緑化率を満たすために、地上の植栽帯及び公開空地で緑化を行うとともに、敷地内の駐車場を緑化ブロックで緑化を行い、緑化率30%以上を確保し景観的にも配慮がされた整備を行った。



図-6 現場見学会の様子

5. 施工マネジメント段階における営繕の取組

(1) 工事中の情報共有

工事着工に際し、近隣住民説明会を開催し、工事概要や進捗状況の共有などの協議を実施した。(表-2) 工事を円滑に進めるために近隣説明は重要であり、適切に行う必要がある。近隣説明の範囲としては、「福岡市建築紛争の予防と調整に関する条例」における説明範囲に準じて説明を行い、工事中にも六本松地区連絡協議会や、周辺住民の方へ向けた草ヶ江校区町内会連合会を開催し関係者と協議の上、工事を進めた。

また、営繕部職員は関連機関と調整を行い、安全対策として六本松周辺的大型車両の侵入・走行ルートの指定、台数制限、時間制限など第三者及び工事の安全確保に努めた。具体的には、仮囲いを利用した安全対策や、工事車両の進入ルート、工事期間中における取り組みを共有し、円滑な工事進捗を目指した。さらに、騒音・振動の少ない工法の採用や、工事に伴うほこり等の飛散防止のために、必要に応じて散水を行うなど、周辺地域への配慮した対策を行った。

(2) 現場見学会の実施

工事中には、若手の営繕職員育成の場として現場見学会を実施した。受注者の協力を得て、杭打ちや山留め、鉄骨建方等、現場見学会を複数回開催し、若手技術職員を中心に建築に必要な知識習得の場として活用した。現場見学会の他にも、九州地方整備局が構成員になっている、建設専門工事業雇用促進・労働改善協議会では、建設産業への若年入職者の減少や高齢化等が進行している状況を踏まえ、第一弾の取組として、建設産業の魅力を発信する目的で、県内の工業高校生を対象にした学校キ

ャラバンとして現場見学会を実施した。このように、地域貢献活動の一環として建設現場を公開することによって、将来の地域建設産業の担い手確保・育成に繋がることが期待される。(図-6)

6. プロジェクトを通して

本事業は、九州大学六本松キャンパスの跡地に全国でも事例の少ない司法と一体となったまちづくりに貢献するために、多くの関係事業者と協力し、福岡第2法務総合庁舎の施設整備を行った。事業の企画立案段階から携わることで、事業全体を把握することができ、より効果的な貢献ができるようになる。また、アドバイザー制度を活用することは、施設に求められていることを知る良い機会となり、地域に貢献できる施設づくりのヒントが得られ、施設整備を行う手法の一つとして有効であることを再認識した。一方、様々なアドバイスや協議事項が出されることになるため、営繕事業として実現が可能な意見を営繕職員が取捨選択する必要がある。さらに、協議会への早期参加も重要で、円滑な事業進行に欠かせないものであり、関係者間のコミュニケーションを密にすることで予期せぬ問題を未然に防ぐことができ、経済的かつ効率的に工事を進めることに繋がった。官庁施設にあっては、各施設の特性を考慮した良質な施設整備を行うとともに、本事業の取組を活かし、地域に貢献できるような営繕事業を目指して取り組んでいきたい。

7. 参考文献

- 1) UR都市機構：平成21年3月
九州大学六本松キャンパス跡地まちづくりコンセプト
- 2) UR都市機構：平成23年9月
九州大学六本松キャンパス跡地まちづくりガイドライン
- 3) 青陵の街・六本松地区協議会：平成26年11月
青陵の街・六本松デザインガイドライン
- 4) 第一回ガイドライン委員会資料

表-2 説明会・協議会の開催

説明会、協議会	説明、協議内容	開催頻度
六本松地区連絡協議会 (工事部会)	地区内各工事進捗状況の共有	月に1度
草ヶ江校区町内会連合会	工事概要の説明、作業日、作業時間、 留意事項の説明等	工事着工前～工事完了 随時
まちづくり協議会・近隣住民	工事概要の説明、作業日、作業時間、 留意事項の説明等	工事着工前
中央警察署工事車両説明	工事概要説明、残土及び生コンの運行ルート説明	工事着工前
草ヶ江、鳥飼小学校説明	工事概要の説明、作業日、作業時間、 留意事項の説明等	工事着工前

WISENET2050（パフォーマンス・マネジメント）に関する検討状況について（中間報告）

御厨 羽美¹

¹九州地方整備局 福岡国道事務所 計画課（〒813-0043 福岡県福岡市東区名島3-24-10）

R5.10に公表されたWISENET2050では、「時間的・空間的に偏在する交通需要や渋滞に対して、データを活用したパフォーマンス・マネジメントにより、ボトルネック対策を効率的・効果的に実施し、高規格道路ネットワーク全体のサービス向上を実現します。」とされている。本検討では、パフォーマンス・マネジメントの視点に基づき、福岡国道事務所管内の道路サービスレベルを分析した。特に、混雑時の旅行速度のみならず、閑散時の旅行速度にも着目し、路線全体の特性を評価した。そして、サービスレベルの向上が必要な箇所を把握した。

キーワード WISENET, パフォーマンス・マネジメント, サービスレベル, 旅行速度

1. 取り組み概要

(1) 検討背景および目的

a) 検討背景

令和5年10月に公表された「WISENET2050・政策集」によると、わが国における都市間移動のサービスレベルは地域によるバラつきが大きく、渋滞による時間ロスで顕著な経済損失が発生しているといった現状がある。この状況を受けて、政策集では「2050年、世界一、賢く・安全で・持続可能な基盤ネットワークシステム」をWISENET(ワイズネット)と位置づけ、その実現のための政策展開により、新時代の課題解決と価値創造に貢献します。」とされており、今後はパフォーマンス・マネジメントが重要な視点となっていく。

b) パフォーマンス・マネジメント

WISENET2050・政策集において、パフォーマンス・マネジメントについて以下のように述べられている。

- ・道路ネットワークのサービスレベルをデータに基づいて評価し、効率的・効果的な改善を図る
- ・「時間別・箇所別・方向別」のデータから、パフォーマンスが低い箇所のメカニズムを分析
- ・今後、必要な基準等の整備を検討し、局所的・面的な渋滞対策や、ラウンドアバウトの活用などの新たな対策を機動的に実施

これらの視点を踏まえ、道路のパフォーマンスを適切に把握することが重要である(図-1)。

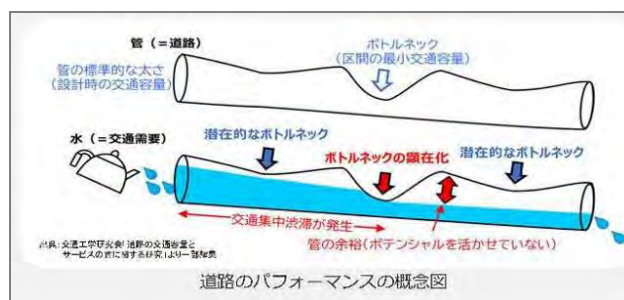


図-1 道路のパフォーマンスの概念図

出典：WISENET2050・政策集（R5.10）（国土交通省）

c) 目的

本検討では、この視点に基づき、福岡国道事務所管内における道路のサービスレベル向上に向けて現状の道路交通等の課題を整理し、対策案を立案することを目的としている。

(2) 取り組みの進め方

福岡国道事務所が管理している国道6路線を対象として、図-2のフローに基づき分析を行った。

従来の渋滞対策は、個別の地点ごとの施策に重点を置いていたが、本検討ではパフォーマンス・マネジメントの視点を踏まえ、上下方向別、時間帯別にサービスレベルを分析した。そして、課題が大きい路線を対象路線として設定し、その中でサービス速度向上を図るべき区間を対象区間として抽出した。さらに、これらの対象区間について、より細かい単位でモニタリングを実施していく。

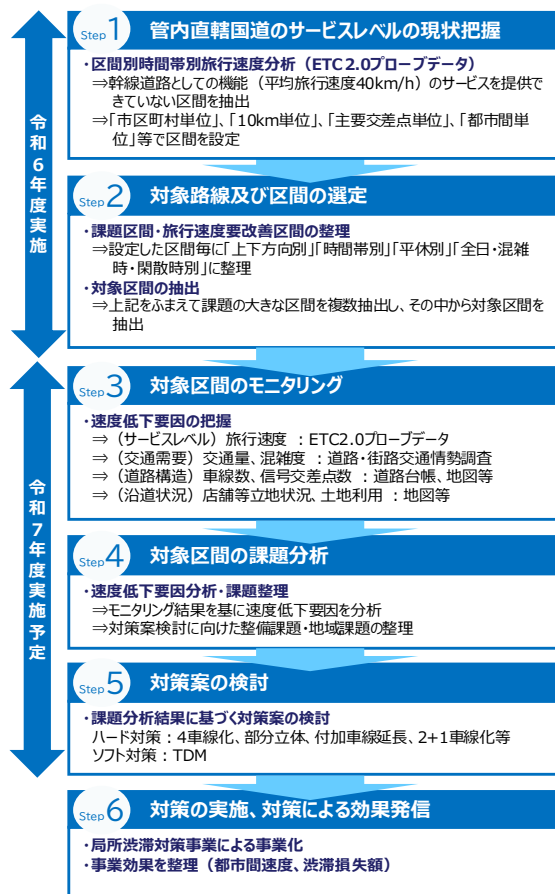


図-2 取組実施フロー

2. サービスレベルの現状把握

(1) 概要

ETC2.0プローブデータを用いて、「福岡県新広域道路交通計画（R3.6）」において設定された一般広域道路のサービス速度（40km/h）を今回のサービスレベルの基準として設定し、分析を行った。具体的には、基準の速度を提供できていない区間を抽出し、管内直轄国道のサービスレベルの現状を分析した。また、各路線の特徴をより詳細に把握するため、混雑時のみならず閑散時の旅行速度にも着目して分析を行った。

表-1 検討区間単位

ケース名	検討方針	イメージ図
区間ケース1 (都市間単位)	・路線別に市町間の区間を設定 ・市町間のサービスレベルの現状を分析	
区間ケース2 (約10km単位)	・路線別に起点から約10km単位で区間を設定 ・主要区間のサービスレベルの現状を分析	
区間ケース3 (主要交差点間単位)	・路線別に起点から主要地方道以上の交差点間を1区間として設定 ・速度低下区間を分析	

検討区間単位については「都市間単位」「約10キロ単位」「主要交差点間単位」の3ケースを設定し、分析を行った(表-1)。

(2) 区間ケース1：都市間単位

俯瞰的にサービスレベルの現状を把握するため、都市間単位で分析を行った(図-3～図-6)。分析の結果、福岡都心部を通過する国道3号、国道202号などの路線では、サービスレベルの基準となる旅行速度である40km/hに対して、混雑時の旅行速度が20km/h以下の区間も見られるなど、速度低下が顕著であることが確認された。さらに、国道3号の現道部分および国道202号では、閑散時においても旅行速度が低く、混雑時・閑散時のいずれにおいてもサービスレベルに課題があることが明らかとなった。

また、県南地域においても、久留米市、大牟田市、柳川市の各都市中心部を通過する国道208号および国道209号において、混雑時・閑散時のいずれにおいても旅行速度が低いことが確認された。

これらの結果から、特に都市部を通過する主要路線において、混雑時・閑散時のいずれにおいても旅行速度の低下が見られることから、道路構造の改善等の必要性について検討が必要であると考えられる。

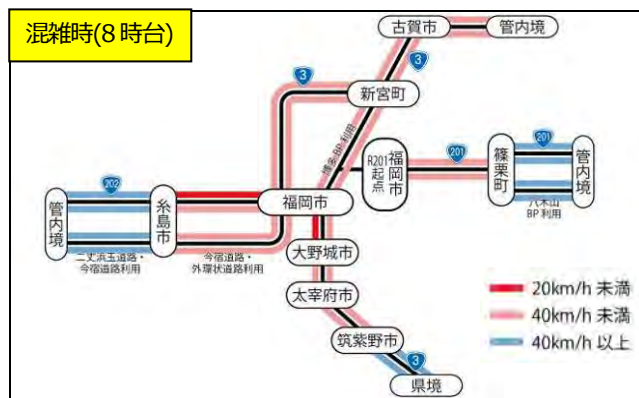


図-3 旅行速度分析結果（県北地域・混雑時）

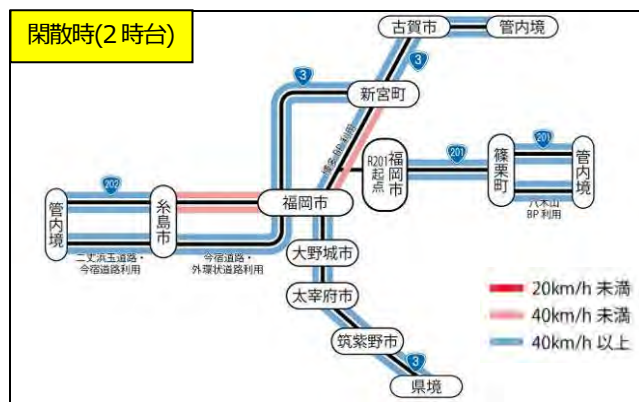


図-4 旅行速度分析結果（県北地域・閑散時）

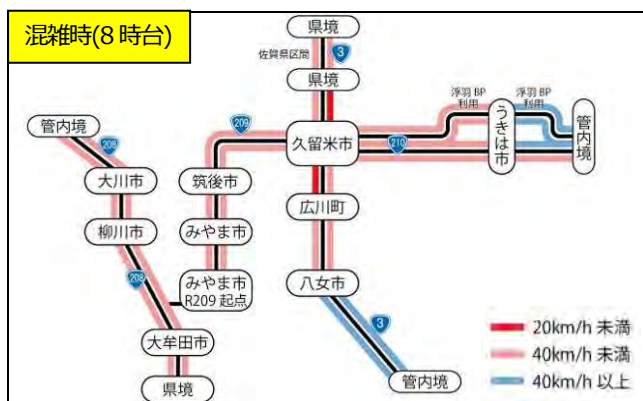


図-5 旅行速度分析結果（県南地域・混雑時）

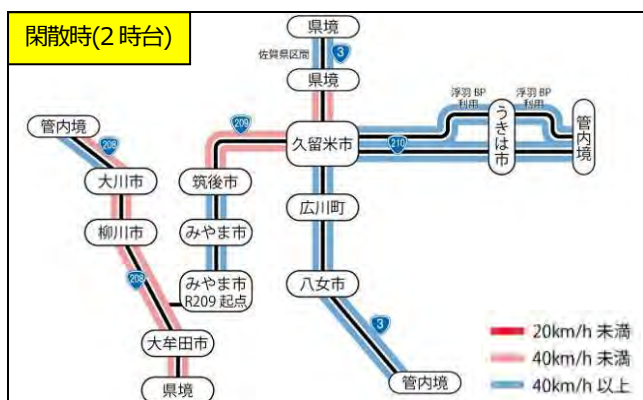


図-6 旅行速度分析結果（県南地域・閑散時）



図-7 旅行速度分析結果（約10km単位・県北地域）



図-8 旅行速度分析結果（約10km単位・県北地域）

(3) 区間ケース 2：約10km単位

ケース 1 より細かくサービスレベルが低い区間を把握するため、路線別に起点から約10km単位で区間を設定した。分析の結果、福岡都心部を通過する国道3号現道部分、博多バイパスの一部区間、国道202号などの路線では、サービスレベルの基準となる旅行速度である40km/hに対して、混雑時の旅行速度が20km/h以下の区間も見られるなど、速度低下が顕著であることが確認された。さらに、国道3号の現道部分および国道202号では、閑散時においても旅行速度が低く、混雑時・閑散時のいずれにおいてもサービスレベルに課題があることが明らかとなった(図-7～図-8)。

これらの結果から、特に都市部を通過する主要路線において、混雑時・閑散時のいずれにおいても旅行速度の低下が見られることから、道路構造の改善等の必要性について検討が必要であると考えられる。

(4) 区間ケース 3：主要交差点間単位

路線別に起点から主要地方道以上の交差点間を1区間として設定し、以下のa)～b)の2つの手法で、速度低下区間および各路線の混雑特性を把握した。

a) 24時間のうち、40km/h以上で走行できる時間数

区間別に時間帯別の平均速度を算出し、40km/h以上のサービス速度を提供できている時間帯を集計した(図-9)。

分析の結果、主に以下の区間では、40km/h以上で走行できる時間数が1日のうち6時間未満であり、混雑時・閑散時のいずれにおいても速度低下が発生していることが明らかとなった。

- ・国道3号（福岡市内）
- ・国道202号（福岡市～糸島市中心部）
- ・国道208号（大牟田市～大川市）
- ・国道209号（久留米市～筑後市）

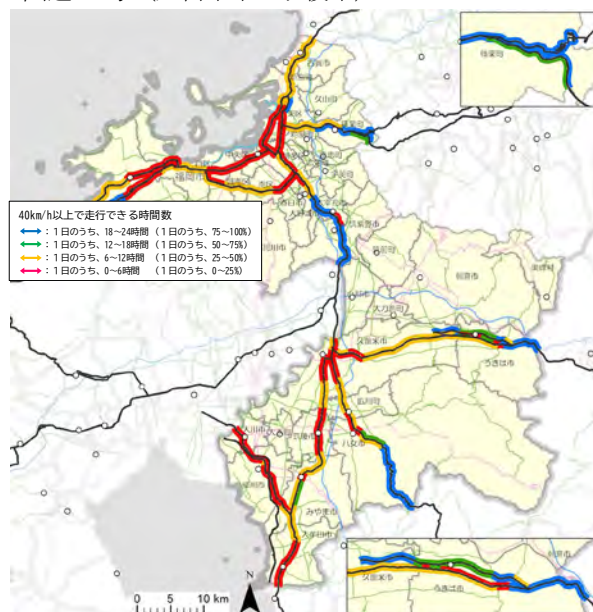


図-9 24時間のうち、40km/h以上で走行できる時間数

b) 低速区間率

各時間帯における主要交差点の区間数に対する旅行速度40km/h以下の区間割合を「低速区間率」として集計した(表-2)。また、各区間において、閑散時の旅行速度に対する混雑時の旅行速度の比を算出し(図-10)、各路線の混雑特性を評価した。

分析の結果、国道3号については混雑時に低速区間が多い一方、閑散時には低速区間が少ないことが確認された。また、国道202号市街地部では、混雑時・閑散時ともに低速区間の割合が高いことに加え、混雑時と閑散時の旅行速度の差が大きいことが確認された。この路線は、管内直轄国道の中で信号交差点密度が最も高く、さらに管内直轄国道の平均と比較して沿道のDID地区の割合が大きいことが特徴である(図-11～図-12)。また、国道208号については、閑散時においても低速区間の割合が比較的高いことが確認された。この路線は、管内直轄国道の平均と比較して信号交差点密度が高いことが特徴である(図-11)。

表-2 低速区間率

旅行速度が40km/h以下となる区間数		朝混雑時：7時台～8時台 夕混雑時：17時台～18時台 閑散時：0時台～4時台			
全区間数					
		40km/h未満区間数の割合			
	集計対象 区間数	24時間	朝混雑時	夕混雑時	閑散時
3号北部(上り)	21	81%	90%	90%	33%
3号北部(下り)	21	81%	86%	86%	43%
3号南部(上り)	10	90%	90%	90%	30%
3号南部(下り)	10	80%	80%	90%	30%
201号(上り)	6	33%	67%	50%	17%
201号(下り)	6	33%	67%	67%	17%
202号市街地部(上り)	16	100%	100%	100%	75%
202号市街地部(下り)	16	100%	100%	100%	63%
202号(上り)	4	0%	25%	25%	0%
202号(下り)	4	0%	0%	25%	0%
208号(上り)	13	100%	100%	100%	69%
208号(下り)	13	92%	92%	100%	77%
209号(上り)	11	82%	100%	100%	36%
209号(下り)	11	73%	100%	100%	27%
210号(上り)	15	53%	67%	73%	27%
210号(下り)	15	60%	73%	73%	27%
合計	192	76%	85%	86%	42%

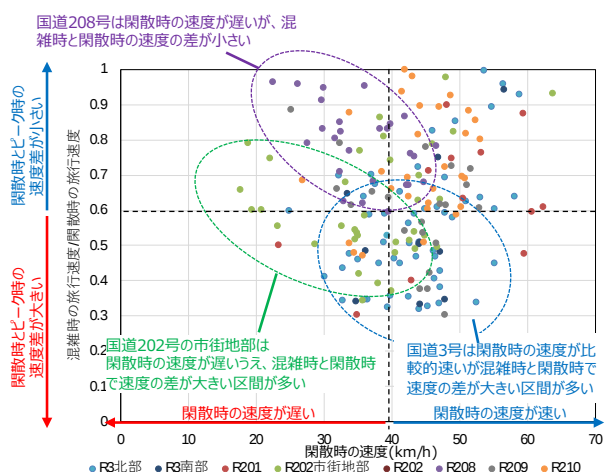


図-10 閑散時旅行速度に対する混雑時旅行速度の比

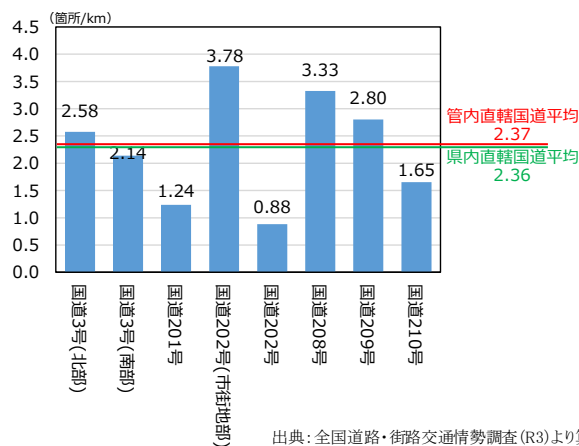


図-11 路線別信号交差点密度

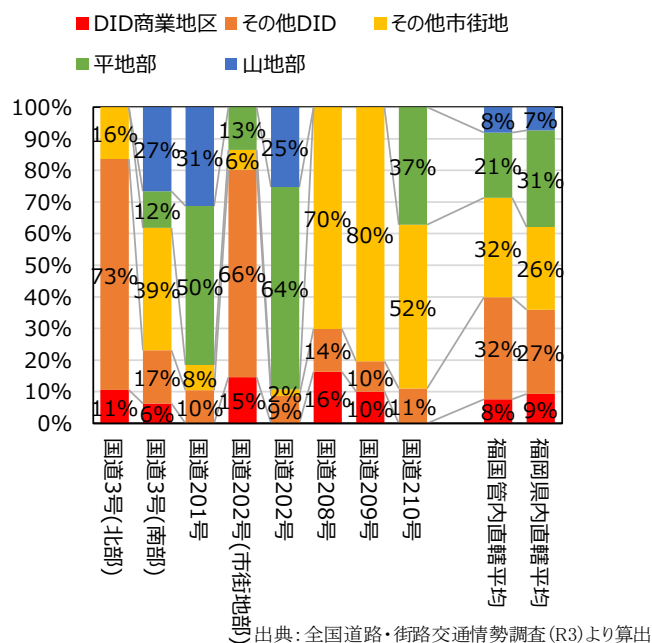


図-12 路線別沿道状況

3. 対象路線の選定

前節までの旅行速度集計結果をもとに、各路線における旅行速度を上下方向別、時間帯別に整理した。そして、全時間帯で低速度となっている区間や、時間帯によって速度差が大きくなっている区間を整理した。分析の結果、全路線の中で、特に旅行速度の低下が見られた国道3号（県北地域）、国道202号、国道208号を令和7年度の検討対象路線とした。

4. 対象区間のモニタリング・課題分析

前節にて抽出した対象路線について、ETC2.0プローブデータ(様式1-2: 走行履歴の位置・時間)を用いて区間旅行速度および所要時間の算定を行った(図-13)。なお、従来の分析では分析区間単位が広いことで平均化されてしまっていたため、速度低下箇所及び速度低下要因を的確に把握するために、200m単位の短区間ごとに分析を行った。例として、国道3号の今在家～博多港間の分析結果を示す(図-13)。この分析により、路線の中で、ピーク時に旅行速度が低下している区間やピーク時と閑

散時(0～4時)いずれにおいても旅行速度が低下している区間等などがあり、速度低下を起こしている区間の特定が可能となった。

5. 今後の検討の方向性

今後は、抽出した箇所について、ETC2.0プローブ個車データを活用した分析(図-14)や、車線数などの道路構造、沿道状況を総合的に考慮した速度低下要因の分析を行う。さらに、整理した速度低下要因を基に、サービスレベルの向上に向けた対策を検討していく予定である。

◆課題区間・旅行速度要改善区間の整理

国道3号 今在家～博多港

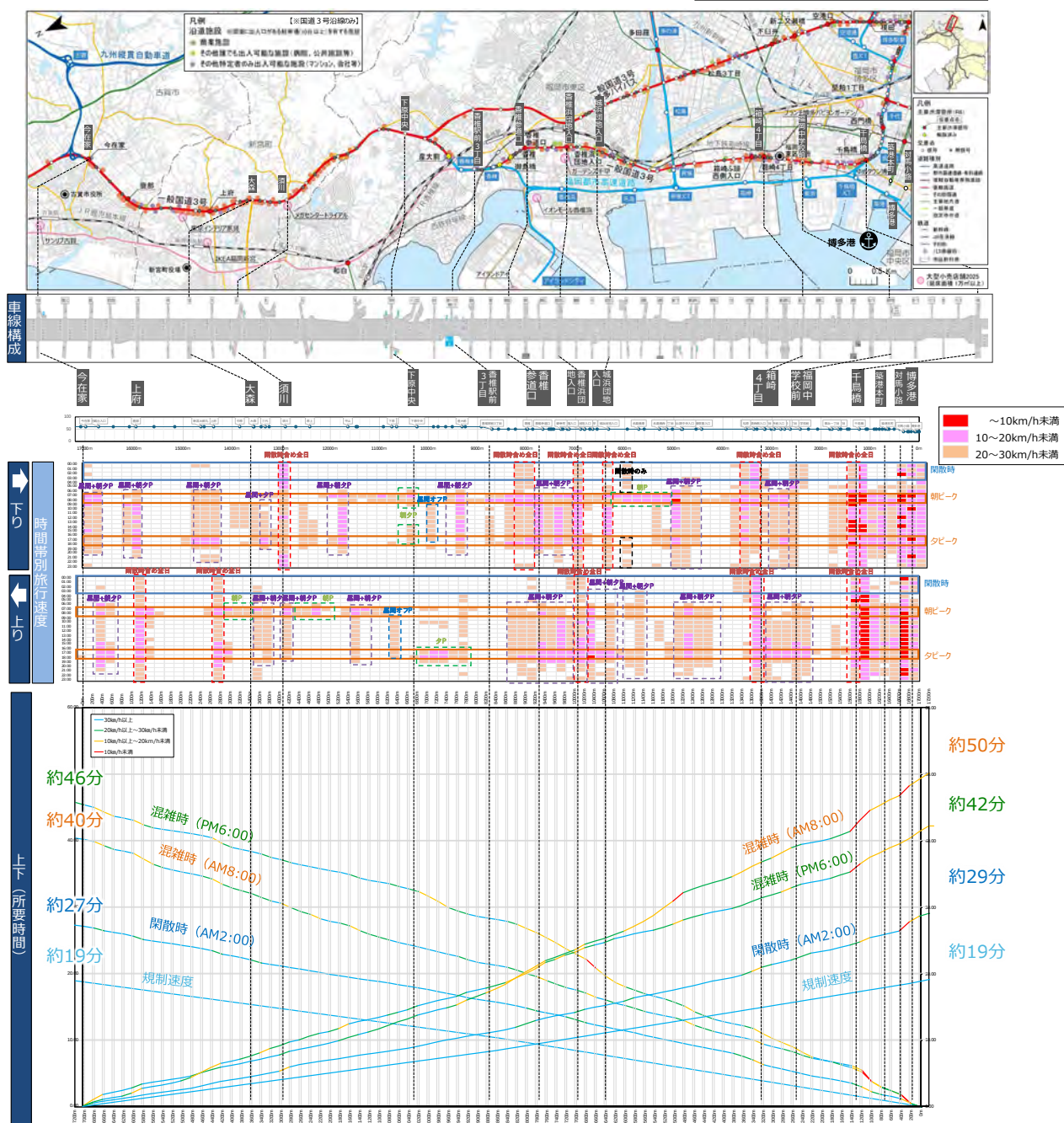


図-13 200m単位での分析(国道3号:今在家～博多港)

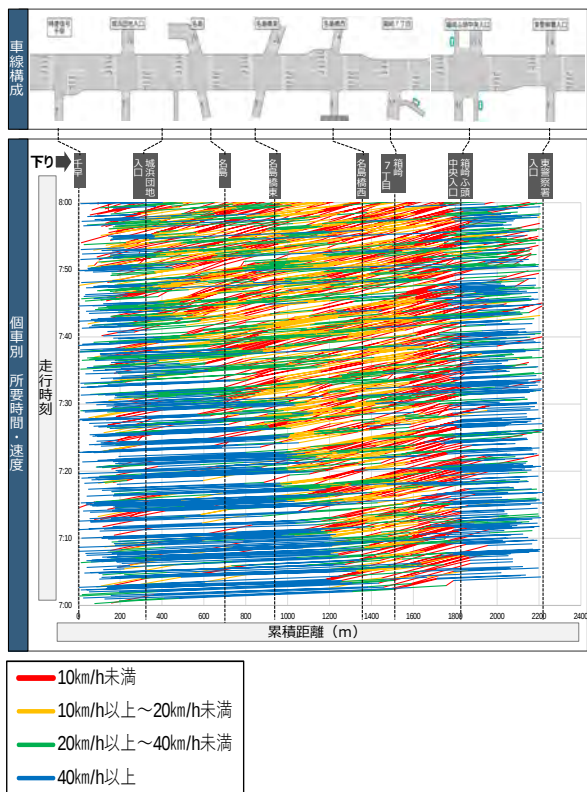


図-14 ETC2.0プローブ個車データ活用のイメージ

6. おわりに

今回、パフォーマンス・マネジメントの視点を踏まえ、混雑時のみならず閑散時の旅行速度にも着目し、福岡国道事務所管内における路線全体のサービスレベルの現状を把握した。また、低速度区間の多かった国道3号、国道202号、国道208号を対象路線として課題区間を抽出した。今後は、速度低下要因を分析し、課題区間のサービスレベルの向上に向けて、課題分析結果に基づく対策案を検討する予定である。

日本一過密な福岡空港の 混雑解消に向けた取り組みについて

原 悠斗¹・廣渡 美涼¹・吉仲 大輔¹

¹九州地方整備局 博多港湾・空港整備事務所 第二工務課

(〒810-0074 福岡県福岡市中央区大手門2-5-33)

福岡空港は利便性が高い空港であることから、航空需要・旅客利用が増加していたが、市街地にあるため施設の十分な拡張ができず、増え続ける需要に十分な対応ができなかった。2003年度より国による「総合的な調査」が進められ、増設滑走路の整備を開始、今般、第2滑走路が2025年3月20日より供用開始した。これにより、九州地方整備局にて行ってきた混雑解消に向けた整備が完了したことから、これまでの検討開始から供用開始に至るまでの取り組みについて報告する。

キーワード 混雑空港、パブリック・インボルブメント、誘導路二重化、滑走路増設、段階施工

1. はじめに

福岡空港は市街地にあつて、J R博多駅から地下鉄でわずか5分でアクセスが可能な極めて利便性が高い空港であり、九州における主要な拠点空港として人流・物流を支え、社会経済活動の発展に大きな役割を果たしてい

る。また、東アジアに近接するという地理的優位性を生かし、アジアの玄関口として、ビジネス・観光等の相互交流において重要な役割を果たしている。

(図-1)

福岡空港の2023年度の年間旅客数は2,493万人であり、滑走路増設事業前の滑走路1本当たりでは、国内で最も利用されている空港である。(図-2)



図-1 博多港・福岡空港周辺アクセス状況

2002年12月の交通政策審議会航空分科会の答申において、福岡空港について将来的に需給が逼迫する等の事態が予想されるとして、既存ストックの有効活用方策、近隣空港との連携方策とともに、新空港や滑走路増設等の抜本的な空港能力向上方策等について、幅広い合意形成を図りつつ総合的な調査を進める必要があると示された。

福岡空港の滑走路処理能力は、当時1時間当たりの離着陸回数が35回であったが、実際には、35回以上となる時間帯があり、その時間帯を中心に混雑・遅延が発生していた。そうした状況の中では、新規路線の就航や増便が困難であるとともに、慢性的な遅延が発生し、利用者の利便性や空港の安定的な利用に重大な影響を及ぼすことが予想された。この様な背景から、滑走路処理能力を向上し、航空機の混雑・遅延の解消及び将来の航空需要への適切な対応を図ることが、福岡空港の喫緊の課題となっていた。

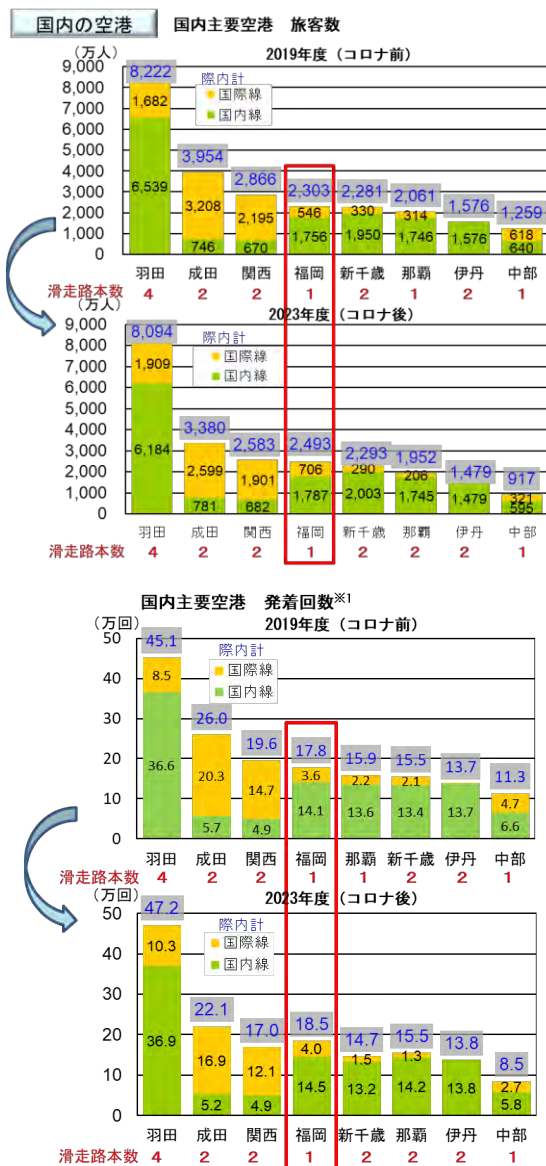


図-2 他空港との比較

2. パブリック・インボルブメント

交通政策審議会の答申を踏まえて、2003年度から国（九州地方整備局、大阪航空局）と地域（福岡県、福岡市）が連携・協力し「総合的な調査」を行うこととなった。

本調査では、空港整備を含む公共事業全般に求められている透明性の確保や、説明責任の一層の遂行の観点から、一般の方からのご意見を頂きながら進める、パブリック・インボルブメント（以下、PIという）の手法を取り入れることとした。（図-3）

まず、既存ストックの有効活用方策として、後述する国内線エプロン付近の平行誘導路を二重化することで、航空機の対面通行が可能となり混雑解消が図れる効果を確認した。次に、近隣空港との連携方策については、佐賀空港と北九州空港へ福岡空港の航空需要を分散させる案について検討を行ったが、両空港のほとんどの利用者は、当該空港周辺に関係した利用者であったため、近隣空港間の交通アクセスを改善しても、福岡空港の需給逼迫の緩和効果はわずかととなり、抜本的な方策とはなり得ないとの結論に至った。最後に、抜本的な空港能力向上方策として、新空港案と滑走路増設案について、諸条件、メリット・デメリット、事業費等について整理し、具体的な比較案を作成した。

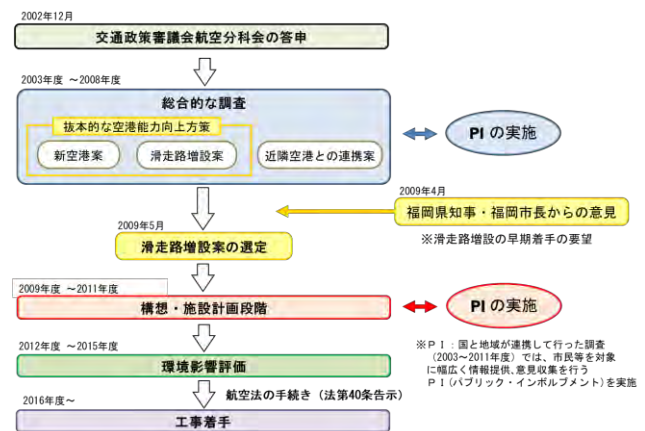


図-3 滑走路増設までの検討経緯

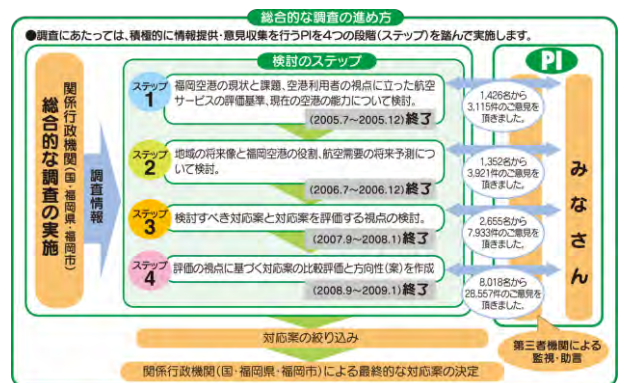


図-4 「総合的な調査」ステップ1～4の概要

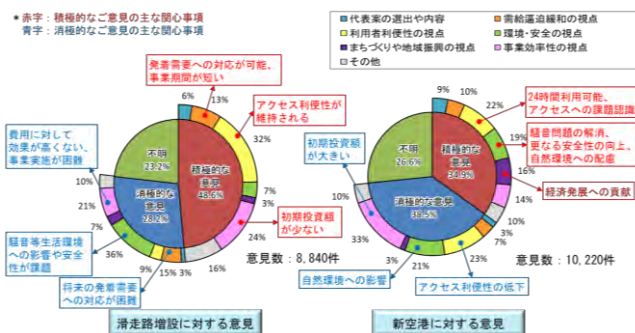


図-5 P I実施結果

2009年4月、「総合的な調査」及びP Iが終了し、地域住民の方々等より、空港の利便性を重要視した増設支持の意見が多かったこと等も踏まえ、福岡県と福岡市から、「福岡空港の過密問題は、誘導路の二重化を行っても切迫しており、容量限界打開のための行動を早く起こす必要がある。」として、滑走路増設に速やかに着手するよう要望があがった。(図-4、図-5)

上記の経緯も踏まえ、速やかに滑走路増設の「構想・施設計画段階」へ移行し、施設配置等の検討を進めることとなった。調査・検討はこれまでと同様に国と地域が連携・協力し、P Iの手法を取り入れて行った。増設する滑走路は2,500mで、既存の滑走路の西側210mに設置されるため、「航空機の運航に対する安全性の確保」や「航空機騒音の影響」等の意見に対する考え方について、ご意見を頂きながら調査・検討を進め、2012年3月に、「構想・施設計画段階」が終了した。

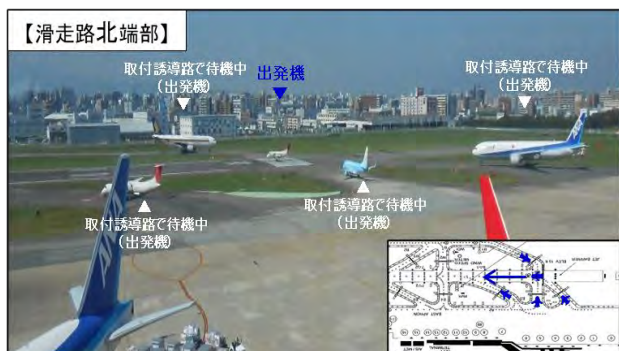


図-6 整備前の混雑状況【滑走路北端部】



図-7 整備前の混雑状況【滑走路南端部】

3. 誘導路二重化の整備

「総合的な調査」の検討結果を受け、国内線旅客ターミナルビルの施設の老朽化・狭小化への対応と併せて、ターミナルビル、エプロンをセットバックし、平行誘導路を二重化する国内線ターミナルビル地域再編事業が計画された。(図-6、図-7、図-8)

国内線ターミナルビル地域再編事業は、2012年度に事業着手した。整備にあたっては、国、空港ビルディング(当時)、給油施設等の工事が密接に関連するため、各工事の調整・連絡を密に行い、整備を進めた。また、2009年7月に国内線エプロン等が冠水しており、排水能力の強化も再編事業に併せ実施している。

整備の手順としては、まずターミナルビルのセットバックの用地確保のため、構内道路の切り回し、駐車場の集約を行った。その後、ターミナルビル及びエプロンをセットバックし、確保した用地に誘導路二重化の整備を行った。

2020年1月30日から、平行誘導路の二重化運用を全面的に開始している。供用開始に伴い、年間16.4万回であった滑走路処理能力が年間17.6万回に増加し、混雑解消が図られた。(図-9)

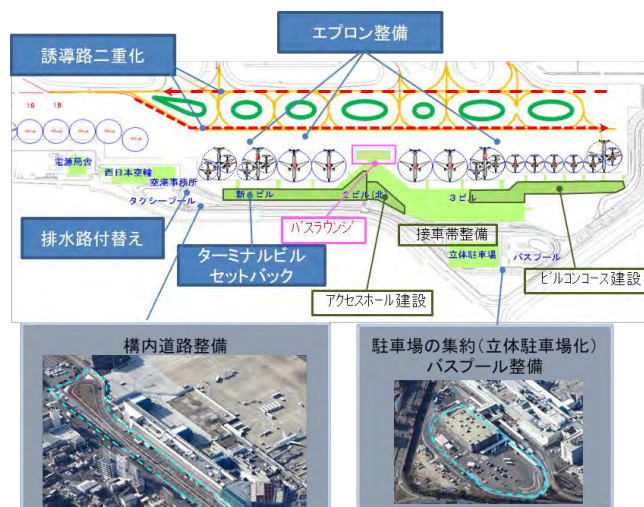


図-8 国内線ターミナルビル再編事業の概要

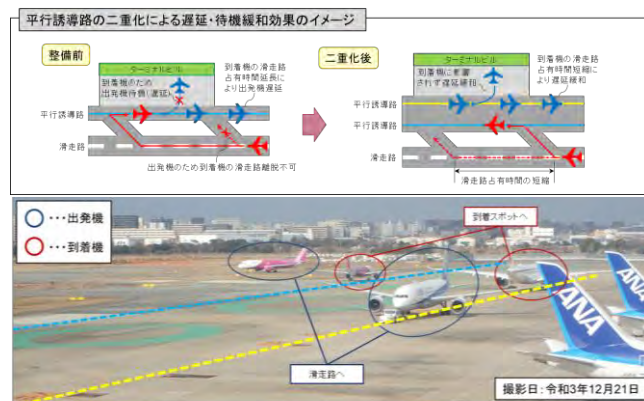


図-9 平行誘導路二重化イメージ図と整備後の状況

4. 滑走路増設事業

2012年8月から滑走路増設のための環境影響評価（環境アセスメント）の手続きに着手し、2015年度に福岡空港滑走路増設事業が新規事業として採択され、整備を開始したが、工事を行ううえでは、様々な課題があった。整備手順としては、まず関連施設をセットバックした後、既設の誘導路及びエプロンをセットバックして、増設滑走路を整備することになるが、空港用地が不足するため、北側と南側の拡張が必要となった。そのため、拡張部については、民間用地等を買収した後、関連施設のセットバックを行った。（図-10、図-11）

関連施設にはヘリコプターの格納庫等もあった。福岡空港では消防、捜索・救助、緊急医療、報道等のヘリコプターと、民航機（固定翼機）の運航が競合することが多く、緊急出動が必要なヘリコプターの地上待機といった課題が生じる等、双方の運航に影響を及ぼしていた。さらに、今後も航空機の発着回数の増加が見込まれていたことから、ヘリコプターの更なる迅速な活動及び、福岡空港の運航効率の向上等を図る必要があった。そのため、ヘリコプターと民航機の混在を改善する目的で、2018年度～2019年度に奈多地区に「奈多ヘリポート」を設置し、2020年3月26日から供用を開始している。（図-12）

大半のヘリコプターについては、奈多地区に移転する

ことになったが、海上保安庁の航空基地については、固定翼機と一体運用を行っていることから、海上保安庁は九州北部周辺海域の捜索救助・警戒監視体制の一層の強化を図るべく、北九州空港に移転することとした。2017年度～2019年度に北九州空港において北九州航空基地を設置し、海上保安庁は2020年4月1日から供用を開始している。（図-13）

福岡空港は都心に近く、市街地に囲まれた空港であるため、空港周辺や航空路直下では騒音問題を抱えている。法令上は24時間運用であるが、緊急時を除いて運用時間は7時から22時までに制限されている。したがって、空港の制限区域内への入場から退場までを含め、22時30分から6時までの間に工事を実施する必要があった。夜間の作業であるため、構造物の撤去等音が出る作業については、騒音対策を徹底して工事を進めた。また、航空機の運航に支障が出ないように、現滑走路と国際線ターミナル間における航空機の運航経路を確保しながら、段階的に工事を進めた。

福岡空港は歴史が古く、1945年に席田飛行場として陸軍が建設し、戦後は米軍により接收されたことから、排水管路やケーブル等、様々な未知の地下埋設物が存在していた。そのため、滑走路増設事業において、土砂を掘削した時に埋設物が多く発見され、その都度、所有者の特定作業や現在も使用されているものか等の確認が必要であった。確認作業や調整によって工事工程に支障をき

●施工の流れ

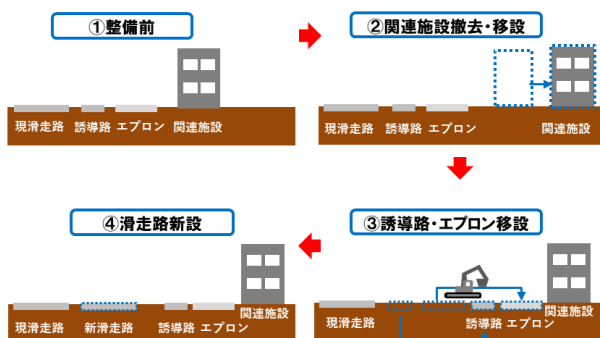


図-10 施工ステップ概略図



図-12 奈多ヘリポート

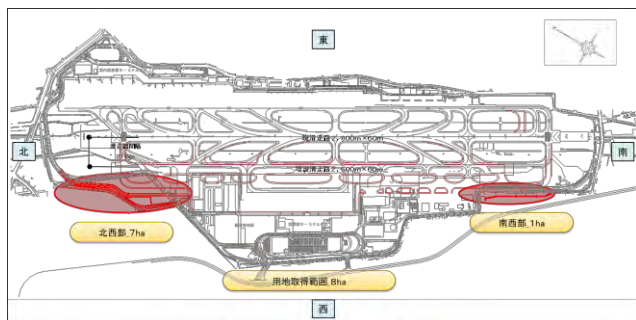


図-11 滑走路増設事業による拡張用地



図-13 北九州空港へ移転した海上保安庁航空基地

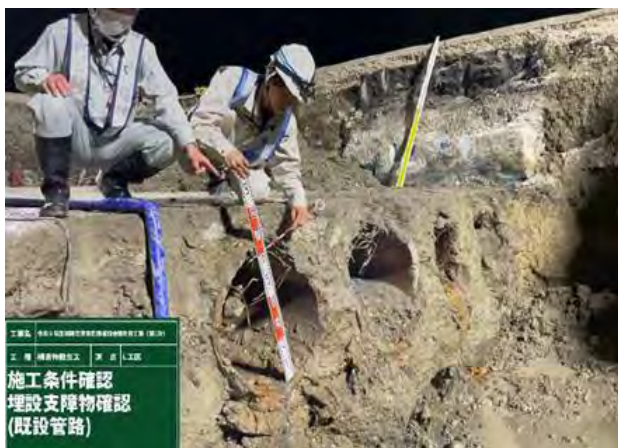


図-14 地下より発見された埋設物

たさないよう迅速に対応することを心がけて、各工事受注者と一丸となって対応した。(図-14)

様々な課題を着実に解消し、当初の予定どおり2024年9月末、滑走路と誘導路の舗装工が完成し、その後、滑走路等の標識工の書換作業や、航空機が降雨時に着陸する際の制動力を向上させるための新滑走路におけるグービング等を行い、2025年3月20日に供用開始した。

供用に先立ち、国際線ターミナルビル増改築のグランドオープンと併せて「福岡空港増設滑走路・国際線旅客ターミナルビル等増改築等供用式」を2025年3月2日に開催した。供用式には、中野国土交通大臣をはじめ、服部福岡県知事、高島福岡市長、地元選出の国会議員など多数の方に参加いただき、盛大に執り行われた。出席者の方々からは、あたたかい賛辞とお褒めの言葉をいただき、大成功を収めた。(図-15)

第2滑走路の増設事業は、前述した「総合的な調査」や「構想・施設計画」の検討を行い、「環境影響評価」などを経て、2015年度に事業化され、新規事業採択時の事業期間、総事業費を変更すること無く整備を完了することができた。

今般、第2滑走路が増設されたことで、年間17.6万回の滑走路処理能力が、年間18.8万回に向上した。

また、第1滑走路と第2滑走路の間隔が210mであるため、平時は2機同時に離着陸することができないが、第1滑走路が閉鎖となった場合や、航空機の安全運航上の事由がある場合など、必要に応じて柔軟に滑走路を運用することが可能となり、空港のリダンダンシーが向上している。

5. 将来の福岡空港

第2滑走路が供用開始した現状の滑走路処理能力は、年間18.8万回となっているが、環境アセスメント上では、「将来的には需要動向を踏まえ、地元の理解を得たうえで増枠の検討」を行うことで、年間21.1万回に増加できることを想定している。

福岡市の都市部では「天神ビッグバン」や「博多コネクティッド」といった再開発事業が進み、福岡空港においても、アジアの玄関口という強みを最大に生かした集



図-15 福岡空港増設滑走路・国際線旅客ターミナルビル等増改築等供用式

客拠点づくりが進んでいる。

福岡空港は2019年4月、国の所有権を残したまま、滑走路やターミナルビル、貨物ビル、駐車場等の運営権をコンセッション方式で民間に委託した。現在、福岡空港を運営しているのは、地元企業グループ等が出資する福岡国際空港株式会社である。同社は「比類なき東・東南アジアの航空ネットワークを有する、東アジアのトップクラスの国際空港」を将来イメージとして、福岡空港の一大リニューアル事業に取り組んでおり、空港を単なる交通拠点にとどまらず、新たなまちづくりともいえるエアポートシティをはじめ、エアライン誘致、空港アクセス、地域共生、空港容量という5つの基本コンセプト

で将来イメージの実現を図る計画である。

6. おわりに

福岡空港の第2滑走路が供用されたことにより、利便性が向上し、地域の発展に寄与していくことを期待している。成長著しいアジアに近接し、今後さらにヒト・モノの交流が活発になる福岡において、空港のみならず、港や鉄道についても連携し、今後も引き続きアジアの玄関口にふさわしい機能強化を図ることで、人流・物流のゲートウェイづくりを進めていきたい。



図-16 事業概要と主な整備箇所

旅行業団体向けインフラツーリズム見学会 ～大山ダム×進撃の巨人 in HITA～

堀 光翔¹・中島 一州²

¹九州地方整備局 筑後川河川事務所 河川環境課 (〒830-8567 福岡県久留米市高野 1 丁目 2 番 1 号)

²九州地方整備局 筑後川河川事務所 河川環境課 (〒830-8567 福岡県久留米市高野 1 丁目 2 番 1 号)

筑後川の上流にある大分県日田市は世界的な人気漫画『進撃の巨人』の「ゆかりの地」であり、プロジェクト『進撃の巨人 in HITA～進撃の日田～』を立ち上げ、地域活性化に取り組んでいる。その中でも大山ダムは、『進撃の巨人』第一話の初めて巨人が襲ってきた「はじまりの場所」を再現した場所として、ファンの間で特に愛されている。

この度、『進撃の巨人』をキーワードに、大分県日田市の観光資源と大山ダムを連動させたインフラツーリズム見学会を企画し、旅行業団体の方々に提案をしたので報告する。

キーワード 大山ダム、筑後川、日田市、進撃の巨人、インフラツーリズム

1. インフラツーリズム

国土交通省では、私たちの生活を支えるダムや河川などのインフラを観光資源として活用し、地域の活性化を目指す取り組みとして、インフラツーリズムを推進している。インフラツーリズムでは、「巨大な構造物のダイナミックな景観を楽しんだり」、「普段は入れないインフラの内部や今しか見られない工事風景など非日常の体験を味わう」ことができる。また、ガイドの案内を聞いたり、展示物を見て回ることによって、「インフラ施設の役割やつくられた背景を学ぶ」ことができるほか、地域と連携した企画に参加することで「インフラ施設周辺の観光資源を楽しむ」のもインフラツーリズムの魅力となっている。



普段入れないダム内部にて漏水量や変位管理の説明



水力発電、放流設備の説明



越流している状況を目の前で確認

2. 『進撃の巨人 in HITA～進撃の日田～』プロジェクト

日田市は世界的な人気漫画『進撃の巨人』の「ゆかりの地」であり、プロジェクト『進撃の巨人 in HITA～進撃の日田～』を立ち上げ、地域活性化に取り組んでいる。官民一体で主人公の銅像建立、ミュージアム開業、コラボ商品販売など、『進撃の巨人』と銘打ったキャンペーンを続け、観光客が増加し続けている。

『進撃の巨人 in HITA ～進撃の日田～』HPでは、数多くのAR（拡張現実）スポットやミュージアムなどの観光地、コラボ商品などが紹介され、『進撃の巨人 in HITAアプリ』をダウンロードすることで、AR、スタンプラリー、スマホゲームをより楽しめるものになっている。

- ・『進撃の巨人』の様々なキャラクターがARで突如出現し、ARキャラクターと一緒に記念撮影も楽しむことができる。
- ・スタンプラリーでは、スタンプを集めると、ここだけでしか手に入らない限定ノベルティやサービスをプレゼントされる。

「自分が『進撃の巨人』を作るに至ったこの町に、何か恩返しができないものか」そんな原作者・諫山創氏の想いと共に、市民有志によって動き出したプロジェクト…それが『進撃の巨人 in HITA ～進撃の日田～』です。

（『進撃の巨人 in HITA ～進撃の日田～』HPのトップページより抜粋）

3. インフラツーリズム見学会

前述のように日田市では地域活性化に取り組んでいる。そこで、今回は従来のインフラ管理者による見学会ではなく、インフラツーリズムを地域と連携した企画とした。具体的には、『進撃の巨人 in HITA～進撃の日田～』HPで紹介されている数多くの観光地の中から、特に筑後川に関連の深い大山ダム等を組み合わせて提案した。参加者には事前に「進撃の巨人 in HITAアプリ」をダウンロードしていただいた。

(1) 大山ダム

普段入れないダム内部にて、漏水量の測定場所を見たり、変位の管理について説明を受けて、大山ダムの役割や管理方法を学んでいた。

当日は幸運なことにいい天気で、且つ、越流していたため、ダム直下から巨大なダムを見上げると、すぐ横を流れ落ちていく水の勢いに驚き、霧状になったマイナス

イオンたっぷりの水滴を浴びて癒やされることができた。

下流広場には「進撃の巨人 エレン・ミカサ・アルミンの少年期の銅像」が設置され、大山ダムの壁面をウォール・マリアに見立て、初めて巨人が襲ってきた「はじまりの場所」を再現されている。

『進撃の巨人』第一話のはじまりの場所で、初めて超大型巨人を目にした驚きを、エレン・ミカサ・アルミンとともに共有していただいた。

スタンプラリーも好評価だった。



全員が「進撃の巨人 エレン・ミカサ・アルミンの少年期の銅像」を後ろから見学



携帯画面で「大山ダム」の上に超大型巨人ARが出現



スタンプラリーも好評価

(2) 道の駅 水辺の郷おおよま

筑後川の中洲に散策路をつくっており、川辺の景色や遊歩道の散策を楽しんでいた。遊歩道では携帯を向けると女型の巨人ARが現れるので、一緒に記念撮影などを楽しまれた。

「進撃の巨人 in HITA ミュージアム」を楽しんでいた。

スタンプラリー有り



©諫山創／講談社

左から「進撃の巨人 in HITA ミュージアム」へ入場
天然鮎や特産品販売もあり



©諫山創／講談社

筑後川遊歩道に携帯を向けると女型の巨人ARが出現

(3) サッポロビール 九州日田工場

直下に流れる雄大な筑後川を見ながらの昼食の後で、「進撃の巨人 in HITA ミュージアム ANNEX」を見にいただいた。ここは先ほどの道の駅 水辺の郷おおよまにある「進撃の巨人 in HITA ミュージアム」とは趣向の変った全く違う作品が展示されており、新しい見方で楽しんでいただいた。

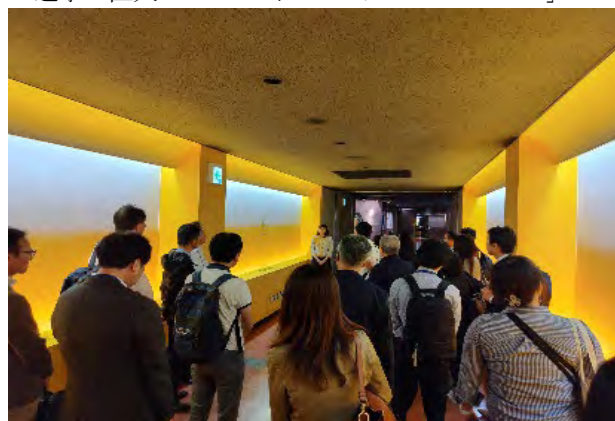
水郷日田の良質な水を地下200mからくみ上げて作られるビール工場の見学をしていただいた。TVアニメ『進撃の巨人』とコラボした缶ビールを販売されている。スタンプラリー有り(「進撃の巨人 in HITA ミュージア

ム ANNEX」)



©諫山創／講談社

「進撃の巨人 in HITA ミュージアム ANNEX」



日田のおいしい水でつくるビール工場の見学

(4) 日田玖珠地域産業振興センター

筑後川を活用した筏運送による竹木の商いにより、日田市は日本有数の林業地として歴史を刻んできた。ここでは日田杉を使った下駄や家具、その他各種日田特産品とともに、『進撃の巨人』コラボ商品も多数取り揃えている。

『進撃の巨人』のキャラクターパネル、リヴァイ兵士の椅子、特大タペストリーなどが展示されている。

スタンプラリー有り



©諫山創／講談社

日田杉を使った下駄



特産品やコラボ商品多数



数多くのパネルやリヴァイの椅子などの展示

4. 意見交換

インフラツアーの商品化に向けた意見交換を行った。

皆さん笑顔で、「アプリを使ったARやスタンプラリーが忙しくて楽しかった。」「71歳でアニメを見たこともないけど楽しめた。」と目の肥えた旅行会社の方々から、多くの喜びの声をいただいた。

主なご意見は次の通り

- ・インフラツアーを商品化するには、ストーリー性を持たせるとか、ここだけしか見ることのできない景色など、このツアーならではの特別感がほしい。
- 例) 普段入ることのできないダム内部を見て、管理の方法を知る。
- 例) 冬至の15時頃限定だが、ダム放水口を通った太陽がダム下流の橋の真ん中にスポットライトをあてる。
- 例) 日田杉の森は進撃の巨人の印象的なシーンなのではないか。日田杉の森の現地視察も魅力的だと思う。(アンケートより)

- ・リピーター確保のために、ダムカードの新しいバージョンを変えていってはどうか。
- ・周辺の松原ダム遊覧船など別の選択肢を用意して紹介することもできるのではないか。
- ・ダムの中は夏でも涼しいので「夏に涼みに行こう!」といったツアーも組めるのではないか。
- ・『進撃の巨人』のせっかくのパネルが多くて重なってしまい、吹き出しの文字まで写真にうまく撮れなくて残念だった。スペースを取ることが難ければ、思い切って入替をしても良いのではないか。
- ・他、プロ目線での貴重なアドバイスをいただいた。



意見交換会：旅行業団体の方々から良い感触が得られた。

その後いただいたアンケート結果でも非常に良い結果をいただいております、個別にもここで御紹介できないほど数多くの意見をいただいた。立体機動装置を使った巨人討伐のアミューズメントや等身大のパネルが等身大のフィギュアになるとうれしいといった夢のような提案から、厳しめの意見までいただいたが、まずは数多くの意見をいただけたことが次につながっていると思う。

5. まとめ

今回、『進撃の巨人』をキーワードに、大分県日田市の観光資源と大山ダムを連動させたインフラツーリズム見学会を企画し、旅行業団体の方々に提案をした。

旅の経験豊かな旅行業団体の方々にも、新しい体験があった模様で、『進撃の巨人 in HITTAアプリ』を使ったARやスタンプラリーを楽しみながら、ダムのダイナミックな景観や日田の観光地や特産品、歴史などの魅力を改めて見直してもらえたのではないかと。更に日田をより深く知る上で、違う角度、筑後川という切り口から捉えることもできることを紹介できたのではないかと。

従来のインフラ管理者による見学会ではなく、インフラツーリズムを地域と連携した企画にしたことによって、次のような波及効果も生まれてくる。

- ・施設管理者にとって、これまで社会貢献・教育事業として見学会を行ってきたが、今回は地域の方々、『進撃の巨人』ファンの方々との新しい組み合わせの見学会となり、より多くの方々に土木インフラの重要性、理解が促進され、新しい企画・プログラムが生まれる可能性が広がった。今回は大山ダムであったが、近傍の松原ダム、下笠ダムや3ダム比較ツアーといった意見もあった。
- ・地域関係者にとっては、インフラとストーリーで繋がる立寄りスポットが増えてくれば、地域内の消費額が増え、地域経済に好影響を及ぼす。
- ・来訪者にとっては、地域を知り、楽しむスポットや視点が広がる。また、インフラツーリズムを体験することでインフラに対する興味関心が広がり、防災に関する知識や心構えが深まる。
- ・旅行会社にとっても、これまでのインフラツーリズム見学会と違って、『進撃の巨人』のキーワードで組み立てることによって、単なるインフラの見学会ではなく、旅行会社がいろんな企画をたてやすくなっている。

今回の見学会を行うにあたり、私たち関係者全員が自主的にコミックの全巻読み直しやアニメを見直して、何度もいろんな場所に行ってみて、そこで『進撃の巨人』の話しをしながら、自分たちが楽しいと思えるツアーを提案できた。

「日田市のためになにか恩返しできることはないか」原作者・諫山創氏の想いに日田市、筑後川を守るためのインフラ「大山ダム」を組み合わせることで、両者の魅力を大きく結びつけるきっかけになったのではないかと思われる。

謝辞：インフラツーリズム見学会～大山ダム×進撃の巨人 in HITA～は、ご協力いただいた全ての関係者の皆様のお力により実現、実行されたものである。この場をお借りして敬意と感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 『進撃の巨人 in HITA ～進撃の日田～』 HP
<https://shingeki-hita.com/>

有明海沿岸道路 大川佐賀道路（諸富IC～（仮称）川副IC） の軟弱地盤対策と深層混合処理工の品質管理

浜田 拓弥¹・檜原 伸介²・西川 剛一³

¹九州地方整備局 有明海沿岸国道事務所 工務課 （〒832-0824 福岡県柳川市三橋町藤吉495）

²九州地方整備局 有明海沿岸国道事務所 工務課 （〒832-0824 福岡県柳川市三橋町藤吉495）

³一般財団法人 土木研究センター 技術研究所 （〒300-2624 茨城県つくば市西沢2-2）

大川佐賀道路は、佐賀・福岡間を結ぶ延長9kmの高規格道路である。計画区間は、軟弱地盤地帯上であり、盛土の軟弱地盤対策が必須となる。地域特性を考慮し策定された技術基準（案）に基づき、浅層混合処理工＋深層混合処理工（低改良率（10～30%未満）・着底式）を採用し、盛土の安定や沈下・変形抑制及び環境への負荷軽減を図っている。ただし、低改良率のため、改良杭1本の荷重負担は従来（改良率30%以上）より大きく、改良強度も高強度であること、地層構成や土質特性が複雑であることから、細心の注意を払った品質管理が重要となる。本稿では、本道路における軟弱地盤対策の概要と品質管理について報告する。

キーワード 大川佐賀道路、高規格道路、軟弱地盤、深層混合処理工、品質管理

1. はじめに

大川佐賀道路は、福岡県～佐賀県間を結ぶ延長9kmの高規格道路である。この道路は、有明海沿岸地域の活性化、物流の効率化、九州佐賀国際空港や三池港へのアクセス向上、さらに災害時の緊急輸送路等を目的として建設が進められており、有明海沿岸道路の一部区間として、九州の広域道路ネットワーク計画の一翼を担っている。

有明海沿岸国道事務所では、一部区間開通している「大川佐賀道路（大野島IC～諸富IC間（延長：1.7km））」の維持管理、および未開通区間である「大川佐賀道路（諸富IC～（仮）佐賀JCT（延長：7.3km））」の建設を進めている。また、現在供用されている有明海沿岸道路（三池港IC～大野島IC）の維持管理、熊本県側の「三池港IC連絡路（三池港IC～（仮）荒尾北IC（延長：2.7km））」の建設を進めている。また、（仮）荒尾北ICから熊本県側に向かう延長：2.2kmの区間を「荒尾道路」として新規事業化し、調査・設計を進めている（図-1）。

この道路は、低平地かつ日本でも有数の軟弱地盤地帯に計画されており、このような地盤上に高盛土や長大橋等を建設する実績が少なかったことから、建設にあたっては、軟弱地盤に対する各構造物の安全性の確保や、周辺環境への配慮、建設コストの縮減等の様々な課題に取り組んでいる。

本稿では、大川佐賀道路の一般盛土部で採用されてい

る軟弱地盤対策の概要を紹介するとともに、軟弱地盤対策の機能確保のために取り組んでいる深層混合処理工の品質管理について報告する。

2. 有明海沿岸地域に分布する軟弱地盤

有明海沿岸地域は、有明粘土や蓮池層と呼ばれる非常に柔らかい粘性土主体の地層（N=0～1）で構成されており、大川佐賀道路（佐賀県側）では、軟弱層の層厚が20m程度と福岡県から佐賀県に向かって軟弱層の層厚が厚く変化する傾向を示している。特に、大川佐賀道路（諸富IC～川副IC）間の地層構成は、有明粘土層を挟ん



図-1 有明海沿岸道路の概要図

で上層と下層に局所的に腐植物を混入する蓮池層、有明粘土層の中間には、牡蠣殻を多く混入する砂質土層が存在している。この中間砂層は、一部区間で厚く比較的締まった状態で堆積しており、当該区間は、有明海沿岸地域でも堆積環境によって地層構成が異なる複雑な地盤となっている（図-2）。

「大川佐賀道路」を含む有明海沿岸道路の計画区間に分布する有明粘土の概略の土質特性を表-1に示す。含水比が75～130%程度、圧縮指数が0.5～2.2程度と、全体に非常に軟弱な地盤特性を示しており、自然含水比や圧縮性が「有明海沿岸道路（福岡県側）」区間の粘性土より高い傾向にある。そのため、福岡県側よりさらに軟弱で、沈下収束に要する時間も長くなる特徴を示している。また、蓮池層には深層混合処理工の固化不良の原因となる有機物を部分的に混入する箇所も認められる。

このような地盤上に盛土を無処理で盛り立てることは困難であり、盛土の軟弱地盤対策は必須となる。

3. 盛土の軟弱地盤対策の概要

(1) 有明海沿岸地域の地盤特性に配慮した技術基準（案）の策定

当該地域に分布する軟弱地盤上に盛土を施工する場合は、盛土の安定、走行性の悪化につながる沈下、周辺地盤の変形への対策等、道路機能を確保するのに必要な軟弱地盤対策が必須となる。しかし、この軟弱地盤の特性を適切に設計に反映しなければ、合理的かつ経済的な対策とならず、対策コストが莫大になる可能性がある。

そこで、学識経験者、有識者等で構成される「検討委員会」を組織し、実物大の試験盛土（複数の軟弱地盤対策）による検証（図-3）を行い、当該道路の建設に係る調査、設計、施工、品質管理等に関する考え方を示した「有明海沿岸道路軟弱地盤対策技術基準（案）」¹⁾および「大川佐賀道路軟弱地盤対策 設計施工運用指針（案）」²⁾を策定した。

本計画区間の軟弱地盤対策の調査・設計・施工・維持

表-1 有明海沿岸に分布する有明粘土の概略の土質特性

比較項目	大川佐賀道路 (諸富 IC～川副 IC) 【佐賀県側】	有明海沿岸道路 (三池港 IC～諸富 IC) 【福岡県側】
軟弱層厚	20 m 程度	10 m 程度
自然含水比	75 % ～ 130 %	50 % ～ 75 %
圧縮指数	0.5 ～ 2.2	0.4 ～ 1.6
圧密係数	100 ～ 300 (cm ² /日) 沈下速度が遅い	700 ～ 1,400 (cm ² /日) 沈下速度が速い
沈下収束期間	比較的長い	比較的短い
土質的な特徴	・粘土主体 ・中間砂層が分布	・シルト主体 ・中間砂層が分布

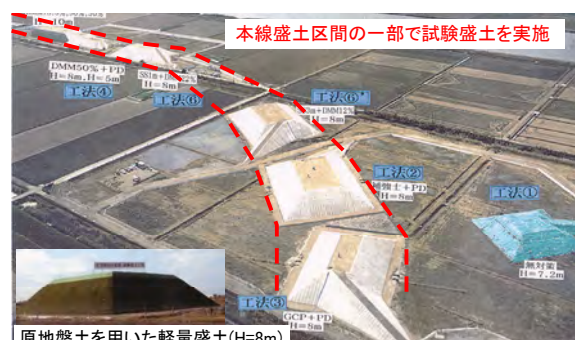


図-3 福岡県側で実施された試験盛土の実施状況

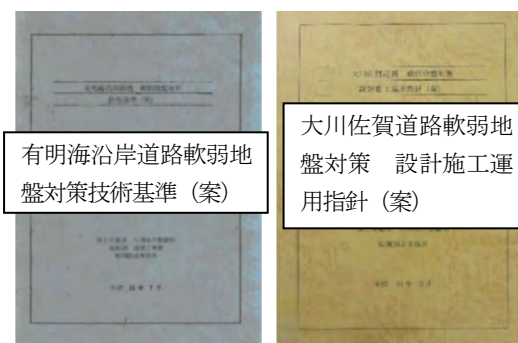


図-4 策定された技術基準（案）及び運用指針（案）

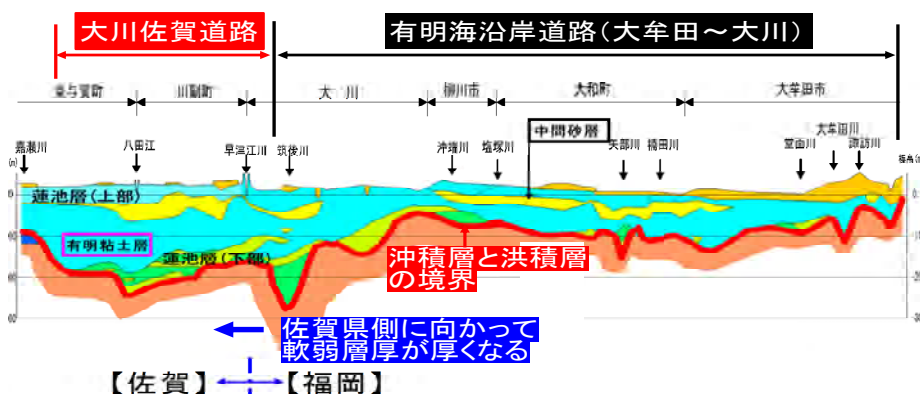


図-2 有明海沿岸地域の地質縦断面図（諸富IC～東与賀IC）

管理は、地域の地盤特性を考慮したこれらの基準（案）に基づき行っている。

(2) 盛土の軟弱地盤対策の考え方³⁾

当該地域における盛土の軟弱地盤対策は、盛土の耐震性、および安定性を確保したうえで、設計区間の地盤条件や現場条件（近接構造物の有無等）に応じて、沈下許容型の軟弱地盤対策と沈下抑制型の軟弱地盤対策を適切に配置している。図-5に有明海沿岸道路における盛土の軟弱地盤対策の考え方の模式図を示す。

沈下許容型の軟弱地盤対策は、地盤特性から比較的短期間で沈下が収束傾向を示し、周辺に家屋等の重要な構造物が近接しない区間に採用している。この軟弱地盤対策の設計では、特に施工中の沈下量は規定せず、供用後3年間の残留沈下量を規定している（図-5、図-6）。

一方で、周辺に家屋などの機能保全が必要な構造物が近接する場合は、周辺地盤の変形抑制も含め、盛土および活荷重により生じる総沈下量を抑制する対策としている（図-5、図-7）。

(3) 大川佐賀道路【諸富IC～仮）川副IC】で採用された軟弱地盤対策

当該区間に分布する軟弱層は前述の通り、福岡県側（三池港IC～諸富IC）より更に軟弱な粘土としての特徴を示している。また、盛土法尻から官民境界までの距離が短く、周辺には水田や家屋が近接するため、周辺地盤の変形を極力抑制する必要があった。

この設計条件に対応した軟弱地盤対策として、「浅層混合処理+低改良率深層混合処理工（着底式）」⁴⁾（図-7）を採用している。当工法は、従来までの最低改良率30%以上を基本とした深層混合処理工（改良杭）ではなく、福岡県側での試験盛土や施工実績等を参考に、表層部に固化盤（浅層混合処理）を構築し、その直下に低改良率(20%程度)で深層混合処理工を配置する対策としている。これにより、盛土の安定確保及び盛土の沈下や周辺地盤の変形を抑制すると共に、軟弱地盤対策費用の縮減を図っている。

4. 大川佐賀道路での深層混合処理工の品質管理

本稿では当該区間で採用されている「浅層混合処理+低改良率深層混合処理工（着底式）」のうち、深層混合処理工の品質管理について報告する。

上述したように、深層混合処理工は、低改良率のため、改良杭1本あたりの荷重負担は従来（改良率30%以上）より増加する。そのため、改良杭1本ごとに高い品質が求められ、その品質を確保するための管理が非常に重要となる。ここでは、現場配合試験と針貫入試験を採用し

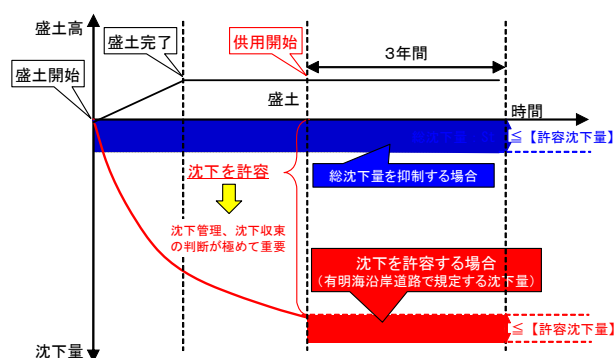


図-5 大川佐賀道路での盛土の軟弱地盤対策の考え方

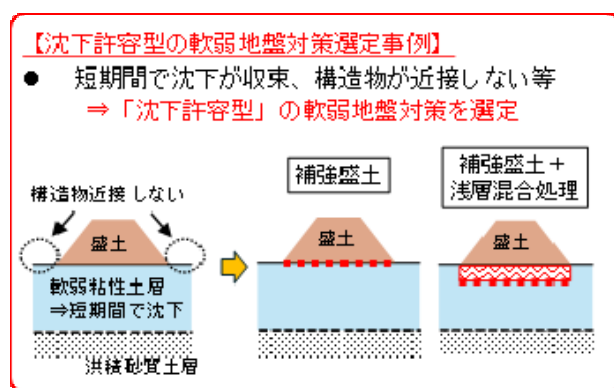


図-6 沈下許容型の盛土の軟弱地盤対策

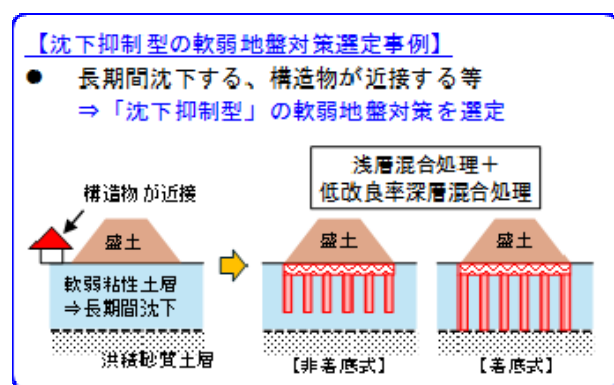


図-7 沈下抑制型の盛土の軟弱地盤対策

た品質管理について報告する。

(1) 現場配合試験の実施

深層混合処理工の施工では、一般的に本施工での固化材の種類や添加量を室内配合試験結果に基づき決定することが多い（図-8）。

当該地区では、室内配合試験のみで固化材の種類や添加量を決定した場合、緩い砂層の介在や粘性土の一部に

有機質土が混入することがあるため、過大な添加量の設定や深層混合処理工（改良杭）に不均質で脆弱な部分が生じることが懸念される。そこで、このような品質低下を防ぐために、2段階の配合試験⁵⁾（室内配合試験と現場配合試験）を実施し、本施工における適切な固化材の添加量を決定している（図-8）。

図-9に大川佐賀道路（諸富IC～川副IC）における室内配合試験と現場配合試験のセメント系固化材の最適添加量の関係を示す。

砂質土主体の土質では、室内配合試験で強度が極端に低下するケースが認められる。この原因は、供試体がブリー징の影響を受けたことによるものと考えられる。

一方、ブリー징の影響を受けていない供試体では、現場配合試験と室内配合試験で求められる添加量の差は10～30kg/m³程度に収まっている。仮に、現場配合試験を実施していない場合は、過大な添加量で本施工を行った可能性もあり、現場配合試験を実施することの重要性が確認できる。

粘性土主体の土質は、現場配合試験で求まる最適添加量の方が室内配合試験結果より多くなる傾向を示しており、最大で80kg/m³程度の差異が生じている。こちらも現場配合試験による強度確認により、現地に適した最適な添加量の設定ができていると考えている。

このように現場配合試験（試験杭の打設）を実施することで、原地盤での改良強度を直接確認でき、地盤条件に適した最適な添加量が設定できていると考えている。また、事前に現場条件に適した攪拌方法等も把握でき、本施工時の手戻りを最小限に抑えられる。

(2) 針貫入試験の実施¹²⁾

図-10に一軸圧縮試験と針貫入試験の品質管理に関する模式図、図-11に針貫入試験実施状況を示す。改良体の品質確認時に実施する一軸圧縮試験は採取試料数が限定的であるため、強度が不明な部分が一定範囲残り、弱部を検出できない可能性がある。

一方、針貫入試験は、一軸圧縮試験との相関があり、簡易的で多点測定(10cm間隔)が可能ことから、一軸圧縮試験だけでは強度が不明確な範囲の強度が確認でき、現場配合試験や本施工後の改良体の品質確認時に局所的な弱部の抽出が可能である。



図-11 針貫入試験の実施状況

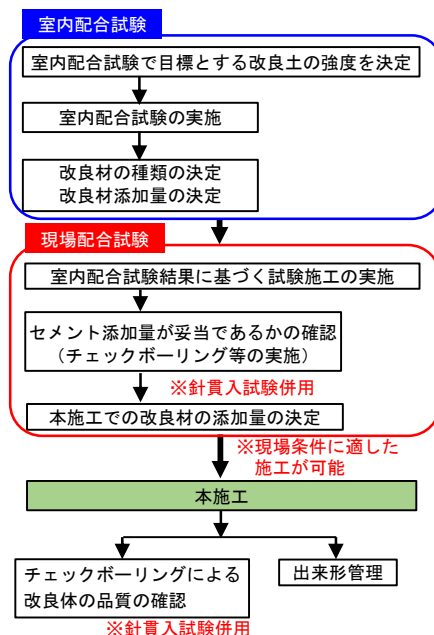


図-8 大川佐賀道路での盛土の軟弱地盤対策の考え方

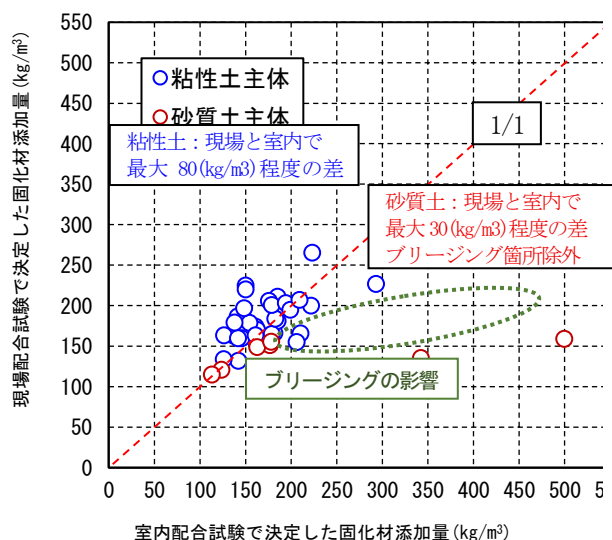


図-9 室内配合試験と現場配合試験の最適添加量の関係

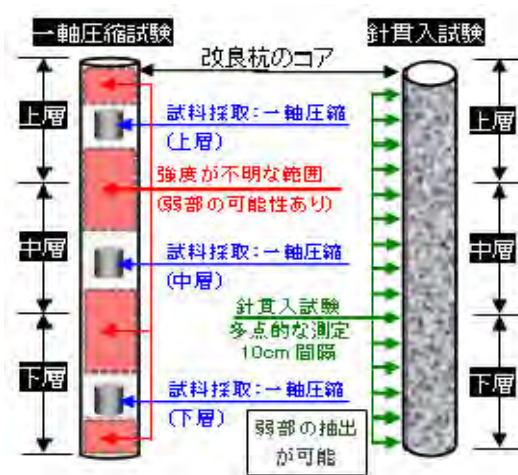


図-10 針貫入試験と一軸圧縮試験の概念図

図-12、図-13に当該地区で現場配合試験時に実施した針貫入試験結果を示す。針貫入試験により、連続した強度確認を行うことで、不均質で脆弱な範囲（強度が発現しない範囲）が確認できる。また、攪拌方法を工夫する区間（攪拌速度の調整やダブリング区間の設定など）の設定にも活用できる。

今回の試験結果では、攪拌方法にダブリングを採用した結果、品質の確保された改良杭の構築が可能となったことが確認できた。この試験を活用することで、本施工前に攪拌方法の課題や攪拌方法の効果を把握でき、現場条件に適した手戻りの少ない本施工が可能となると考えている。

5. おわりに

本稿では、大川佐賀道路（諸富IC～（仮）川副IC）における軟弱地盤対策工法、深層混合処理工の品質管理について報告した。

当該区間のような軟弱地盤に道路を建設する際は、地

盤特性に応じた調査・設計・施工が必要である。また、設計上の機能を確保し、合理的かつ経済的な土工構造物を建設するためには、品質管理が必要不可欠である。

今後も有明海沿岸地域の地盤特性に配慮した調査・設計・施工により、安全かつ経済的で信頼性の高い道路建設を行っていきたい。

参考文献

- 1) 有明海沿岸道路軟弱地盤対策工法検討委員会：有明海沿岸道路軟弱地盤対策技術基準（案），国土交通省九州地方整備局，2003.
- 2) 大川佐賀道路軟弱地盤対策技術基準検討委員会：大川佐賀道路軟弱地盤対策設計施工運用指針（案），国土交通省九州地方整備局，2018.
- 3) 檜原伸介・平野智志・田中良幸・西川剛一・遠藤正悟：有明海沿岸道路における盛土の軟弱地盤対策，および防災・減災への取組み，地盤工学会誌，72(4)（2024），pp.9-13 2024.
- 4) 轟 敏信 駒延勝広 了戒公利 有明海沿岸道路建設における軟弱地盤対策の取組み ～その 3：変形抑制型の軟弱地盤対策～ 土木技術資料53-4(2011)
- 5) 一般財団法人土木研究センター：「陸上工事における深層混合処理工設計・施工マニュアル増補版」R4.4

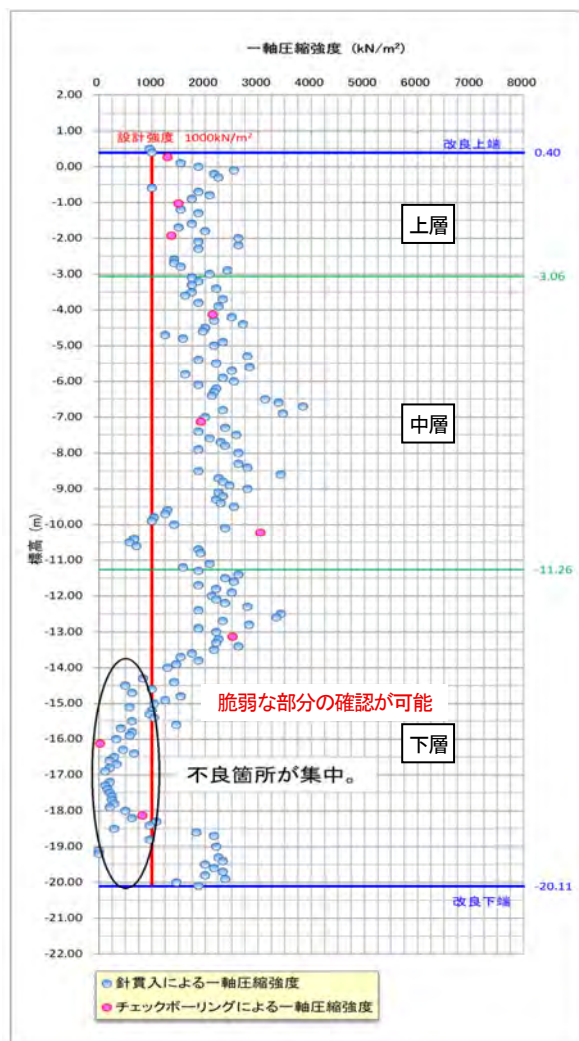


図-12 針貫入試験結果（弱部の確認）

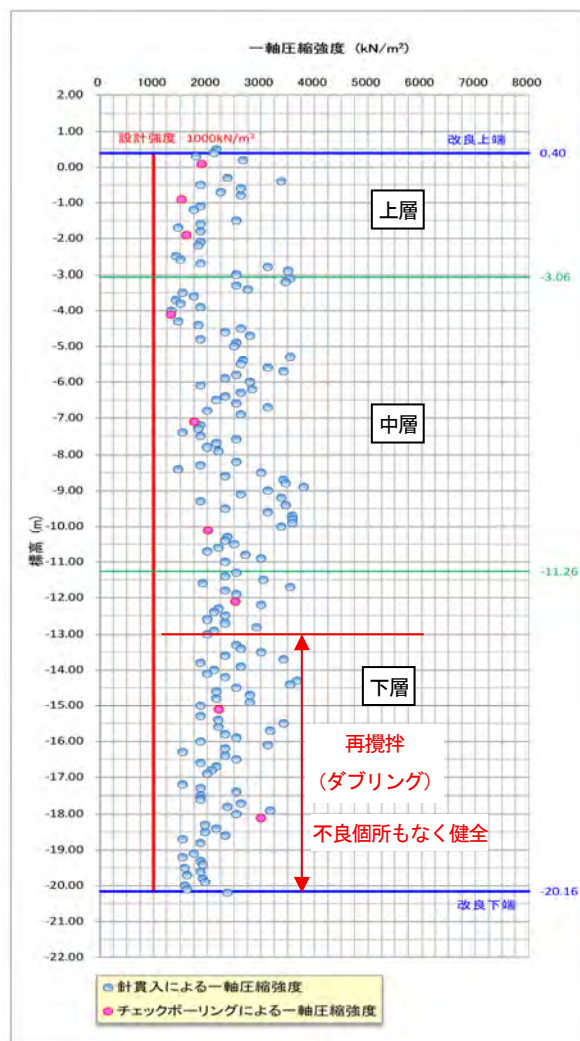


図-13 針貫入試験結果（攪拌方法の効果確認）

関門海峡における海藻の生存競争と環境変化

床次 柊馬¹・村上 和之¹

¹九州地方整備局 関門航路事務所 (〒802-0001 福岡県北九州市小倉北区浅野3-7-38)

本研究は、関門航路の安全確保と環境保全の両立に向けて、藻場の変化とその背景を科学的に明らかにし、工事が周辺環境に与える影響を評価したものである。環境調査は、令和元年度から継続して春・夏・秋・冬の四季にわたり、6地点でのデータ収集を行っているが、近年の傾向として、多年生種のツルアラメが減少し、単年生種のワカメが増加する現象が見られた。これらの変化の主要因として、海藻食動物（魚類・ウニ類）による食害と夏季の高水温の影響が強く関与していることが示唆された。本研究では、調査結果を詳細に分析し、藻場の衰退メカニズムを考察した。

キーワード 関門航路、藻場、生態系、海藻食動物、高水温

1. 研究の背景と目的

関門航路は、日本有数の海上交通の要衝であり、航行の安全確保と物流効率化のため、定期的に浚渫工事（海底の土砂を掘り下げる作業）を行っている。工事に当たっては、掘削時に生じる濁りを拡散しないよう密閉されたグラブの使用や作業エリアを汚濁防止用カーテンで四方を囲むなどの対策と、作業中は2回/日の水質監視を行い、細心の注意を払って工事を進めている。工事箇所周辺の浅海域には、海藻が密生する藻場が広がっており、漁業関係者にとっても重要な自然環境である。沿岸域における藻場の変化は、生態系全体のバランスに関わる重要な要素であり、近年の気候変動等に伴う海域環境の変化が、藻場の生育に影響しているとの指摘もある。対象海域では主に大型の海藻（写真-1）が優占しているが、ツルアラメの減少が顕著である一方で、ワカメの増加が確認された。これらの変化の背景には、海藻を餌として食べる魚類やウニ類による生物的な影響とともに、夏季の海水温の上昇などの影響が密接に関与していると考えられる。本研究では、藻場構成種の変遷や水温、食害、生物の分布、堆積泥量などを定量的に評価することで、自然変動と工事の影響を見極め、藻場の衰退メカニズムを考察した。



写真-1 調査対象海域で確認される代表的な海藻種

2. 調査内容と概要

環境調査は、工事区域周辺の6箇所（図-1）において、令和元年度から6年度にかけて表-1に示す調査項目と内容を春・夏・秋・冬の四季にわたり定点観測により行った。

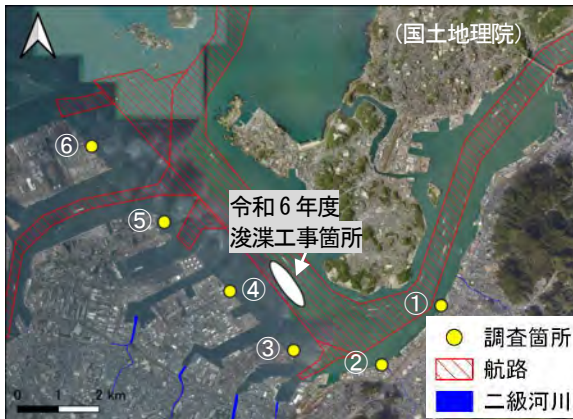


図-1 調査箇所の位置

表-1 調査項目と内容

調査項目	調査内容
コドラート調査 1箇所×2地点 2m×2m範囲 ※四隅に目印	海藻の種類別被度、周辺状況 藻場構成種の個体数・全長 海藻食動物の分布状況・食害状況 水質観測（クロロフィル量等）
堆積泥量調査 ※岩盤上を対象	粒径75μm未満の細粒分などを区別 強熱減量（有機物量の指標）の分析
水温の連続観測 ※海底面に設置	春季から冬季までの期間で連続観測 30分に1データの観測間隔

コドラート調査：一定範囲を区切って調べる方法
被度：海底面を海藻が覆っている割合（%）

3. 調査結果の分析1（藻場の変化）

(1) 藻場構成種の変化

調査箇所①の結果を図-2に示す。図中の上段のグラフは、藻場構成種であるツルアラメとワカメの被度の推移を示している。下段の断面図は、令和6年5月の調査箇所①に設置しているコドラートの周辺状況を岸から沖方向に15m程度の測線を設定して観察した結果である。

調査を開始した令和元年から2年までは、ツルアラメの被度が優占していた。一方で令和3年から4年にかけてツルアラメの被度が減少し、令和4年以降では春季（5月）にワカメの被度が増加し、優占種が変化した。

ツルアラメは多年生種、ワカメは単年生種であり、それぞれの海藻種の生態的特性を以下に列挙する。

【ワカメ】：単年生種

- ・冬季から春季（初夏）にかけて現存量が増加する。
- ・初夏に胞子を放出し、親個体は枯死して消失する。
- ・夏季から秋季では、藻体を目視では確認できない。

【ツルアラメ】：多年生種

- ・年間を通して目視で確認できる海藻種である。
- ・秋季に胞子による繁殖を行うが、親個体は残存する。
- ・胞子による有性生殖の他、栄養繁殖でも生長する。

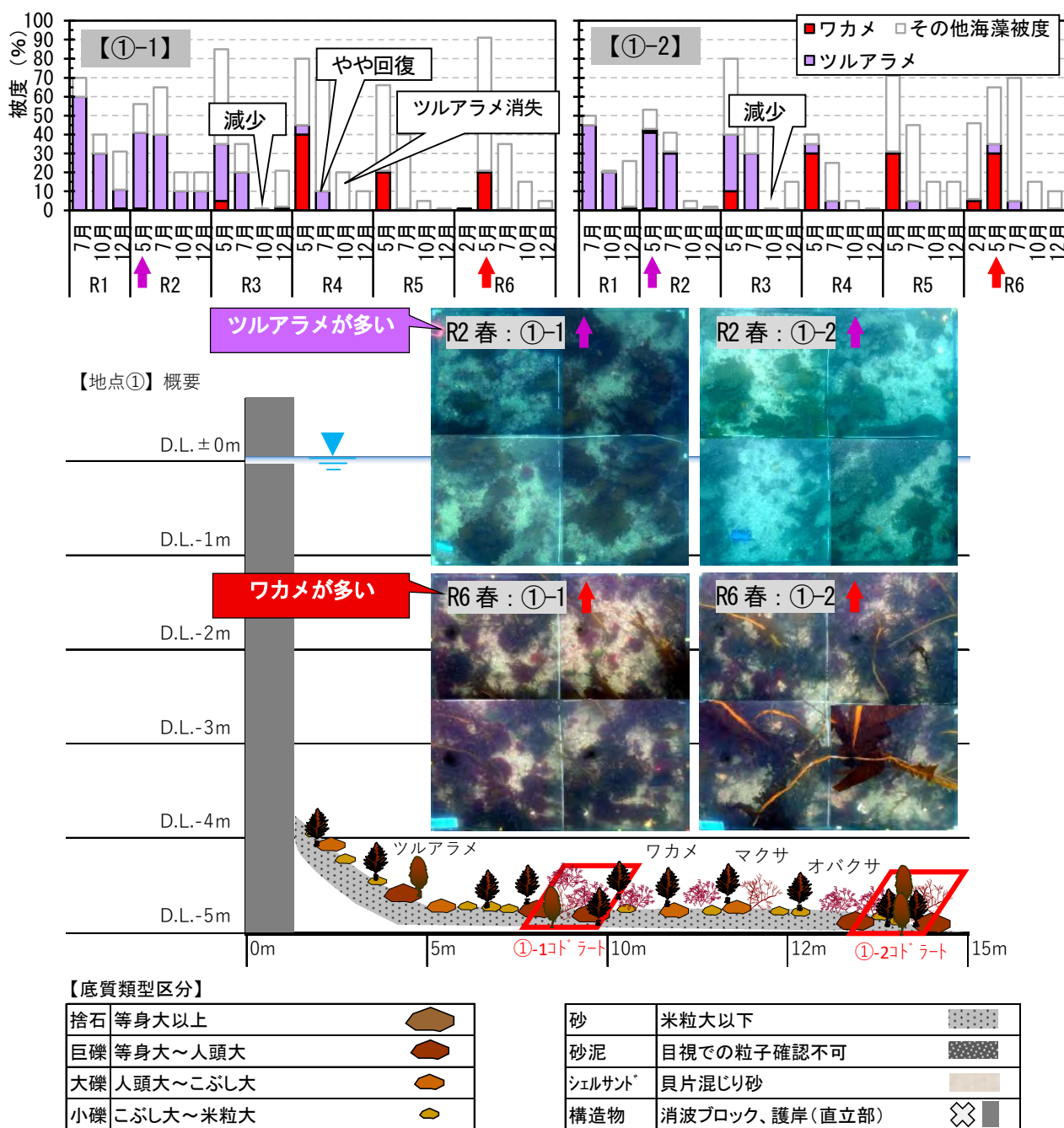


図-2 調査箇所①の結果（上段グラフ：ツルアラメとワカメの被度の推移、下段断面図：令和6年5月の周辺状況）

(2) 海藻食魚類による影響

調査箇所①では、令和3年の秋季（10月）にツルアラメの被度が大きく減少したが、海藻食の魚類であるメジナ類（写真-2 b）を多数発見し、海藻の被度が低下する食害を併せて確認した。海藻食の魚類は、主に海藻の葉の部分を食べ、U字型の食痕を残すことが多いことから（写真-2 a）、海藻の茎の部分や仮根が岩盤上に残ったと考えられる（写真-2 c）。

多年生種であるツルアラメは、孢子による有性生殖（受精により子孫を残していく方法）と仮根：かこん（匍匐枝：ほふくし）からの栄養繁殖（根・茎・葉などの栄養器官から新しい個体が育つ増え方）の二つの方法で繁殖する。ツルアラメは葉の部分に食害を受けても、残存した仮根から栄養繁殖を行い回復することが可能である。したがって、栄養繁殖によって葉の部分が生長し（写真-2 d）、令和4年の5月から7月では、ツルアラメの被度がやや回復した。

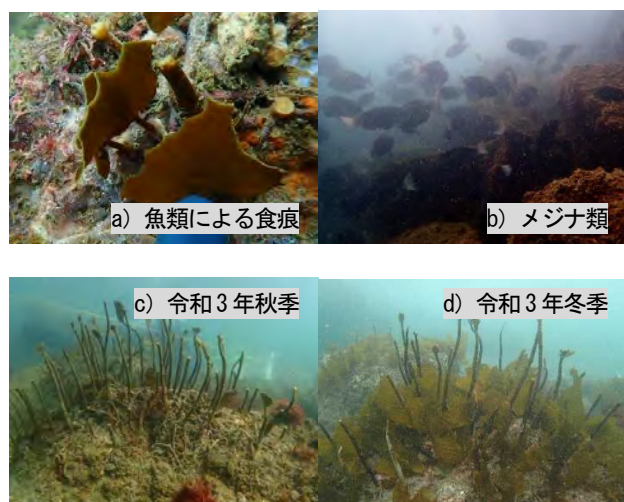


写真-2 海藻食魚類による食害（被度低下）の状況

(3) 夏季の高水温による影響

調査箇所①では、令和4年の秋季（10月）以降、①-1のコドラートでツルアラメが消失しており、①-2では、わずかにツルアラメが残存しているが、被度は5%未満から増加していない。図-3は、各調査箇所に設置した水温計の観測結果より、夏季（8月から9月）に水温27℃を越えた割合を整理したグラフである。馬場（2021）¹⁾の報告によれば、水温27℃はツルアラメの孢子体（目視で藻体を確認できる世代）が生育できる上限とされている。このグラフから夏季の水温27℃を越える割合は、令和4年より50%に達する箇所が増加し、翌年以降も夏季の水温が高い状態が継続している。よって、ツルアラメは、27℃を超える高水温下に長期間さらされて枯死したと考えられる。

海藻食魚類による食害と、高水温によって海藻類が枯死して裸地化した状況について、影響の違いを表-2で比較した。前述したツルアラメ消失は、表-2の右側に示した写真の状況である。令和4年以降も、毎年夏季に高水温が継続しているが、翌年の5月（春季）には、ワカメが安定的に確認されている。これは、ワカメの配偶体の生育上限水温と関係があると考えられる。単年生種のワカメは、初夏に孢子による繁殖を行い親個体（おやかたい）は枯死して消失する。夏季から秋季では、藻体を目視確認できないが、岩盤等の表面で配偶体という肉眼では確認できない微細な世代として存在している。

ワカメの配偶体の生育限界水温は、藤田ら（2010）²⁾の報告によれば、28℃とされており、ツルアラメと比較して、ワカメの方が1℃程度ではあるが、高水温への耐性がある。したがって、夏季の高水温下でも配偶体が残存し、冬季の水温低下に伴い生長することで、翌年の春季では肉眼で確認できる孢子体が生長したと考えられる。

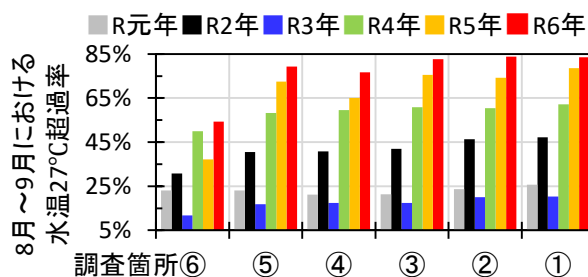


図-3 夏季（8月から9月）の期間で水温27℃を超えた割合

表-2 海藻食魚類による食害と高水温による影響の違い

令和3年秋季（食害）	令和4年秋季（高水温）
- 海藻食魚類は、海藻の葉の部分を食べるため、茎や仮根は岩盤上に残存する。 - 残存した部分から栄養繁殖で生長し、藻場が回復する。	- 高水温が長く継続すると、仮根すら残さず枯死して流失する。 - 栄養繁殖による回復は見込めない。 - 他の場所から孢子が流れ着き、着底する新規加入による回復を期待するしかない。

(4) 食害と高水温による藻場衰退過程

海藻食魚類による食害と高水温の二つの要因により、藻場が衰退していく過程を図-4に示す。令和3年の夏季から秋季は、魚類による食害でツルアラメの被度が大きく低下している。これは食痕の形状と仮根や茎部が基質上に残存する特徴から魚類による食害と判断ができる。その後、残存部が栄養繁殖により生長したことで、令和4年の春季から夏季は、被度の回復が可能であったと考えられる。しかし、令和4年の夏季にツルアラメの生育

上限水温27℃を超える高水温が継続したことで、ツルアラメは仮根も残さず枯死し、大幅に被度が低下した。これまで優占種であったツルアラメの消失により裸地が増え、単年生種の海藻類が新規加入しやすい環境が整うことで、令和5年以降の春季にワカメの被度が急増したと考えられる。夏季のワカメは、肉眼では見えない微細な配偶体として岩盤表面に付着しており、その生育上限水温は28℃と比較的高水温への耐性がある。

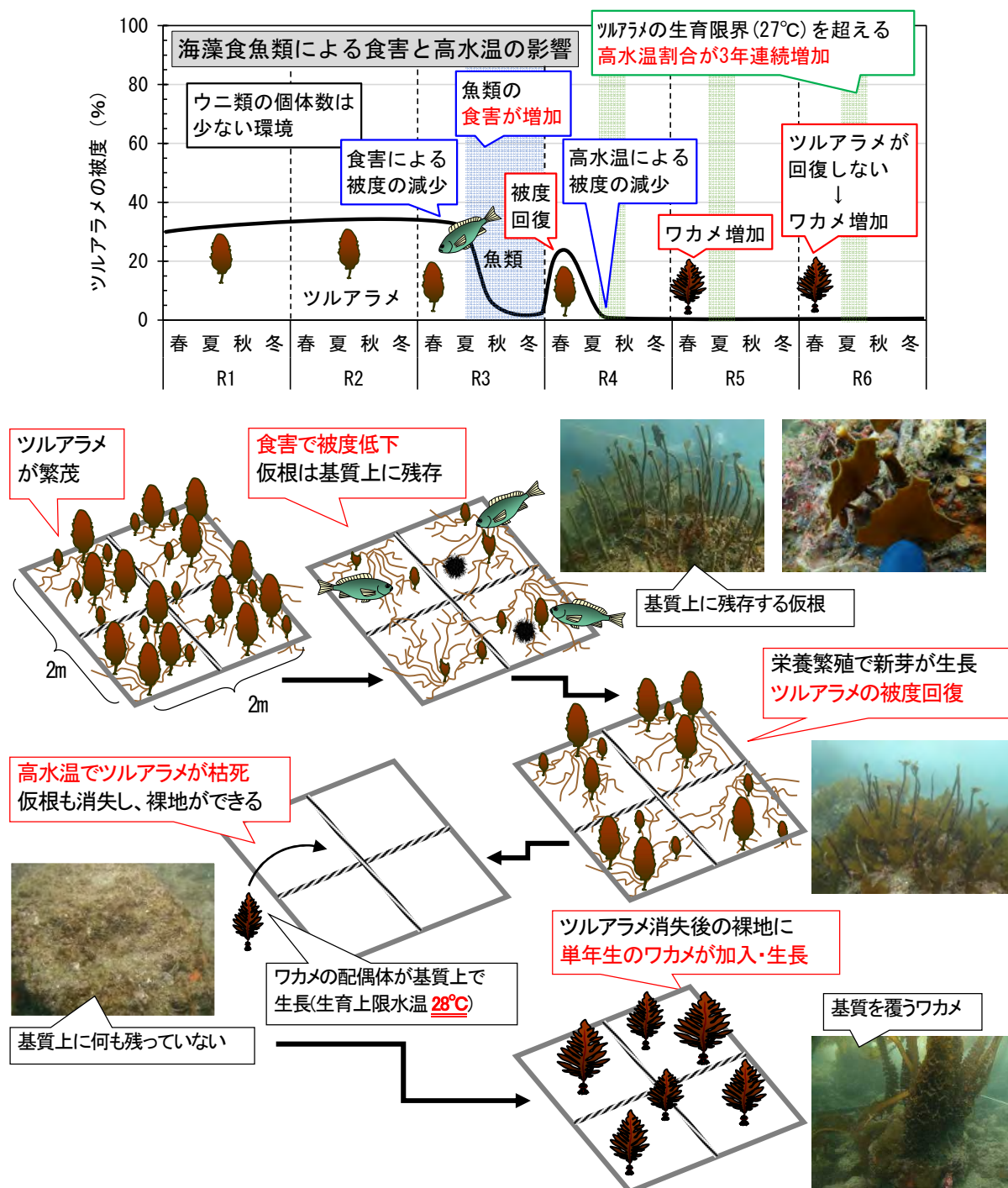


図-4 海藻食魚類による食害と高水温の二つの要因による藻場衰退過程

(5) ウニ類による影響

藻場を衰退させる海藻食動物としては、海藻食の魚類の他に、ウニ類が挙げられる。調査箇所⑥のコドラート⑥-1の結果を図-5に示す。令和2年の春季（5月）では、ツルアラメが繁茂しているが、同年の夏季（7月）以降、ツルアラメの被度が大きく低下した。令和4年の春季（5月）以降では、毎年春季にワカメを確認するが、その被度は低い。コドラート⑥-1ではウニ類の個体数が多い状態が恒常的で、それによる食害が影響して海藻類の着生・生長が阻害されたと考えられる。これは写真-3 b) に見られる黒色の斑点模様のウニ類（ムラサキウニ）をコドラート内（2m×2m範囲）において、約40個体の分布を確認したことによる。ウニ類は大型の海藻類を根こそぎ食べ尽くした後、小型の海藻類もすべて食べ、更に岩盤に付着する微細な藻類を岩盤ごと齧り取ってしまう。このため、ワカメのような単年生種の海藻類の配偶体（目に見えない世代）が着生しても生長する前に齧り取られ、裸地の状態が継続する。このような状態を「磯焼け」と称している。

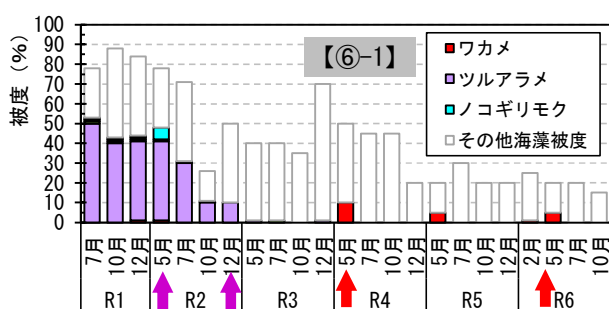


図-5 調査箇所⑥（コドラート⑥-1）の結果（被度の推移）

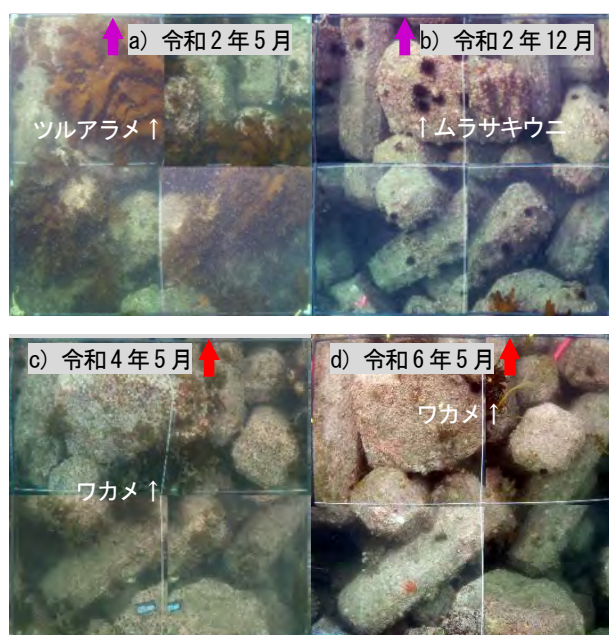


写真-3 調査箇所⑥（コドラート⑥-1）の海底面状況

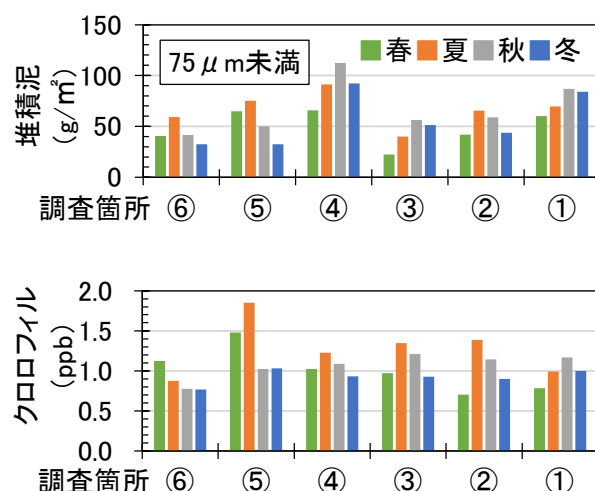
4. 調査結果の分析2（堆積泥量の変動）

海藻類の生長に悪影響を及ぼす可能性がある堆積泥量を測定するため、コドラート内（2m×2m範囲）とその周辺について、潜水士により試料を採取した（写真-4）。採取方法は、予め定めた位置（10cm×10cm範囲）の岩盤上から手動ポンプを使用し、吸引を10回と定めて採取量を統一している。

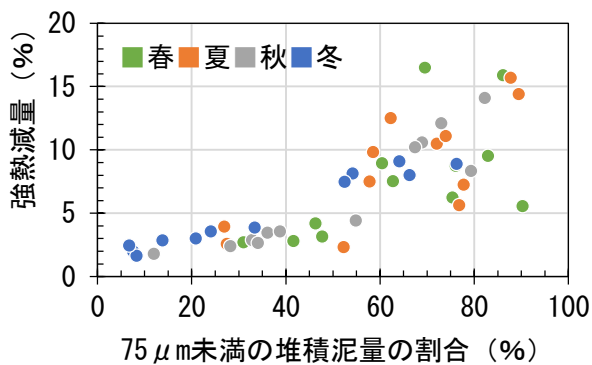
浚渫工事は、例年7月から11月末までの期間で行うことが多く、夏季から秋季にかけて浚渫土量の累積値が上昇している。また、海底の土砂を掘り下げる時に発生し浮遊する土砂は、粒径75μm未満の細粒分が多いと判断している。堆積泥量のうちの75μm未満の細粒分は、図-6の上段に示すように、工事が始まる前の春季（5月）は少なく、工事中の秋季（10月）に多くなる傾向がある。植物プランクトンの指標であるクロロフィル量の季節的変動を図-6の下段に示す。両方で季節的な変動の傾向が類似していることから、細粒分には生物由来の有機物が多く含まれると判断している。有機物量の指標である強熱減量と、粒径75μm未満の堆積泥量の割合を図-7に示す。この図より、粒径75μm未満の割合が増えると強熱減量（有機物量）が増え、特に夏季から秋季に増加が目立つ傾向にあることから、堆積泥量の季節的な変動は、工事単独の影響とは断定しがたい。



写真-4 堆積泥の採取状況



※ここで示す結果は令和元年から令和6年までの平均値である
図-6 粒径75μm未満の堆積泥量とクロロフィル量の季節変動



※ここで示す結果は令和6年の値である

図-7 75 μ m未満の堆積泥量が占める割合と強熱減量の関係

5. 藻場変化の背景と影響

ここでは、関門海峡周辺海域で確認された藻場構成種が変遷した要因を分析し、藻場の衰退メカニズムを考察する。また、海藻類が着生する基盤となる岩盤の上に堆積する泥量の季節的な変動も併せて分析し、以下の結論を導いた。

(1) 藻場構成種が変化した要因

調査を開始した令和元年度においては、多年生種のツルアラメが年間を通じて分布しており、魚介類の産卵場等、重要な生態系の下支えを担っていた。海藻食の魚類がツルアラメを食べることで、一時的な現存量の減少がみられたが、ツルアラメの栄養繁殖によって現存量の回復の兆しがみられていた。

このような状況の中、令和4年より夏季の水温が高温化してツルアラメの生育限界に達する頻度が増えたことにより、ツルアラメが枯死して消失した。大型の海藻が消失した後、岩盤には裸地が生じてワカメのような単年生種の胞子（配偶体：肉眼では確認できない世代）が着底することで、翌年の春季にはワカメが繁茂する結果となった。なお、ワカメの胞子（配偶体）は、ツルアラメよりも生育できる限界水温が高く、高水温耐性が備わっていると言える。

このように、夏季の高水温化と海藻種の生態的特性の違いによって、藻場構成種が変化するに至った。

(2) 海藻食動物による藻場の衰退

魚類が海藻を食べる場合は、海藻の葉の部分を主に食べるため、茎の部分や仮根が残存し、栄養繁殖によって回復する。一方、ウニ類は海藻類を根こそぎ食べ尽くし、餌が乏しく痩せた状態でも長期間生存して岩盤表面の齧り取りを継続する。そのため、ツルアラメが食べ尽くされて岩盤が裸地化し、ワカメのような単年生の海藻類の胞子（配偶体）が着生しても生長する前に齧り取られるため、裸地の状態が継続した。

(3) 堆積泥量が季節的に変動する要因

浮遊する粒径75 μ m未満の細粒分に着目すると、堆積泥量の季節的な変動は、植物プランクトンの指標であるクロロフィル量の季節的な変動傾向と類似していた。粒径75 μ m未満の堆積泥量の割合を有機物量の指標である強熱減量の比率で季節別に比較すると、75 μ m未満の割合が増えると強熱減量（有機物量）も増え、特に夏季から秋季に増加が目立つ傾向にあった。このことから堆積泥量の季節的な変動は、生物由来のものと重なるため、工事の直接的な影響は限定的であると判断できた。

6. 今後の対策と展望

港湾施設の技術上の基準・同解説（2018）³の部分改訂（令和7年4月1日）があり、「地球温暖化がもたらす気候変動への緩和策となる藻場・干潟等および生物共生型構造物等のブルーインフラ整備の推進」に関する記述が追加された。藻場等のブルーカーボン生態系は、温室効果ガスのひとつである二酸化炭素を吸収・貯留する機能を有するのみならず、生物多様性の保全にも繋がり、持続可能な社会を構築する上で、重要な役割を果たすと考えている。

今後は、調査研究と一体となった実証的な試行を通じて、関門海峡における藻場の再生とブルーカーボン機能の強化を図るとともに、浚渫土砂の有効活用による持続可能な海域管理の確立を目指す必要がある。具体的には、発生土砂を粒径選別や脱水処理によって、環境負荷の低い材料にして、浅海域での藻場の着生基盤に転用することで、環境保全と資源循環が両立できる。また、海藻食動物による食害対策等の生態的側面も重要であることから、地域住民や漁業者、多様な主体と連携し、順応的な管理手法による維持管理の体制構築と改善効果を把握する長期的なモニタリングが必要である。

藻場は海の豊かさを支える重要な生態系であり、国の責任として安全な航路を確保しつつ、地域の環境や漁業と調和した持続可能な海域管理を進めることが、今後益々重要となる。

謝辞：本研究の実施にあたり、ご協力いただいた関係者の皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 馬場将輔（2021）：海生研研報，第26号，pp. 1-28.
- 2) 藤田大介・村瀬昇・桑原久実（2010）：磯焼け対策シリーズ 3 藻場を見守り育てる知恵と技術，（株）成山堂書店，pp. 35-38.
- 3) 公益社団法人 日本港湾協会（2018）：港湾の施設の技術上の基準・同解説，日本港湾協会，pp. 87-89.

生態系ネットワークにおける エコサークルおんががわの取組

谷口 千裕¹, 江藤 孝倫¹, 小野 宏紀¹

¹九州地方整備局 遠賀川河川事務所 河川環境課 (〒812-0013 福岡県直方市溝堀1-1-1)。

遠賀川流域では、様々な環境創出・環境維持に関する事業を展開し、一定の成果を上げてきた。一方で、近年は気候変動の影響や、当初想定していない外来種の流入などにより生態系等の環境が大きく変わろうとしており、流域に暮らす生物や人々の生活を脅かすものである。その影響は、川だけではなく川の流域一帯にも及んでいることから、産学官民が力を合わせ、環境保全・再生に資する取組を推進する必要がある。そこで、九州内の国管理河川では初の制度となる環境サポーター制度「エコサークルおんががわ」を創設し、流域に暮らす住民、団体、企業、学校などが協力して、環境の保全・再生活動に参画しやすい仕組みを確立した。

キーワード 生態系ネットワーク、遠賀川流域環境サポーター制度、エコサークルおんががわ、自然環境保全、多自然川づくり、外来生物駆除、河川清掃、環境学習

1. 遠賀川の流域特性

遠賀川は、九州北部、福岡県嘉麻市の馬見山を源として筑豊平野を貫流し、大分県境の英彦山を源とする支流の彦山川と合流して、その後犬鳴などの支流を合わせ響灘に注ぐ、流域面積1,026 km²、幹川流路延長61 kmの一級河川であり、全流域面積のうち山地が約8割、平地が約2割を占めている。流域内人口は国管理河川において九州最大の約62万人であり、人口密度は九州の一級河川（20水系）の中で最も高い。古くからその流域は稲作文化や石炭産業などで栄え、遠賀川は福岡県北部の社会、経済、文化を支えてきた。

早期から河川改修工事が繰り返され、都市化が進んだ河川であり過去から水質汚濁の問題をかかえてきた。昭和初期の石炭採掘の隆盛時には、石炭の選別に利用した水を遠賀川へ排水していたため、「ぜんざい川」と呼ばれるほど川は黒く濁っていた。石炭産業による水質汚濁は炭鉱閉山により改善され、生活排水については污水处理の進歩や河川水質浄化事業、地域における啓発活動等によって改善傾向にある。しかしながら、污水处理率は依然として低く、河川の水質は九州内の一級水系ではワースト上位に位置している。

また、流域内から河川に流れ込むゴミや、河川敷に投棄されるゴミは非常に多く、洪水時には河口堰貯水池に大量のゴミが流れ着き、下流域にとっては大きな問題となっている。

2. これまでの生態系ネットワークの取組

昨今では、鉱害復旧等による護岸整備により河川の直線化や高水敷の乾燥化が進み、高水敷は運動広場や採草地として広く利用されている。これにより、ワンドやたまり、砂州、ヨシ原等の湿地環境が減少した。さらに、農業用水や水道用水の取水のために設置された多数の堰により、長大な灌水域が出現し瀬や淵も減少したことなどを受け、遠賀川ではこれまでに「多自然川づくり」を基本とした河川整備が進められてきたが、多様な生物やその生息環境を再生するには多くの課題が残されている。

かねてより、流域の各地で森林保全や河川の自然再生、環境学習などの取組が個々に行われてきたが、流域レベルで生態系ネットワークの形成を促進するためには、各主体が共通の目標を持ち、連携と協働により取り組んでいくことが必要であった。複数の市町村にわたって流れている河川においては、従来は利害の対立する上下流の自治体間の統制が困難であったが、遠賀川流域における生物多様性の保全・再生に資する取組を実践していくために、国土交通省、環境省、福岡県、流域内の21市町村からなる「遠賀川流域生態系ネットワーク形成推進協議会」を平成30年8月に組織し、様々な取組により河川環境の保全・再生・創出において一定の成果をあげてきた。

(1) 遠賀川河口堰多自然魚道の設置

遠賀川河口堰は、もとより洪水疎通能力の増大と北九州市の都市用水確保を目的として昭和50年から本体工事

に着手し、昭和58年から管理運用を開始している。また、海洋と河川の双方を育成の場とする魚類の生息環境として極めて重要な役割を果たしている。

一方で、河口堰の魚道は落差が大きいこと等により魚類が遡上しやすいとは言えない状況であった。そこで、サケなどの大型魚類や、ヌマチチブなどの川底を這うように移動する魚、シラウオなどの著しく泳ぐ力が弱い魚等、多種多様な魚を対象として既設魚道を改良し、多自然魚道（せせらぎ式水路）を新設した。

その結果、河口堰多自然魚道では、アユやウナギの遡上、底生類であるハゼ類の産卵、ツチフキ等の遊泳力の小さな魚を確認し、多様な魚類の遡上経路、生息場として機能している（図-1）。

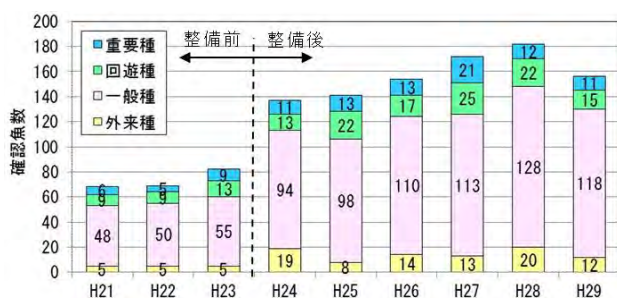


図-1 河口堰多自然魚道における魚数の推移

(2) 自然再生事業による湿地環境の再生

平成16年度～26年度に自然再生事業を実施し、失われた遠賀川の上流風景を中島で新たに創出した。中島の地盤を掘り下げ冠水頻度の高い陸域を出現させることで、ワンド、たまりやヨシ群落等の氾濫原的湿地の保全・再生を実現した。その結果、指標植物であるミゾソバやニホンアカガエル等も確認されるようになった。また、整備前は2群落しか存在しなかった植生が、整備後は5群落にまで増大し、多種多様な生物の生息・生育環境が創出されている（図-2）。

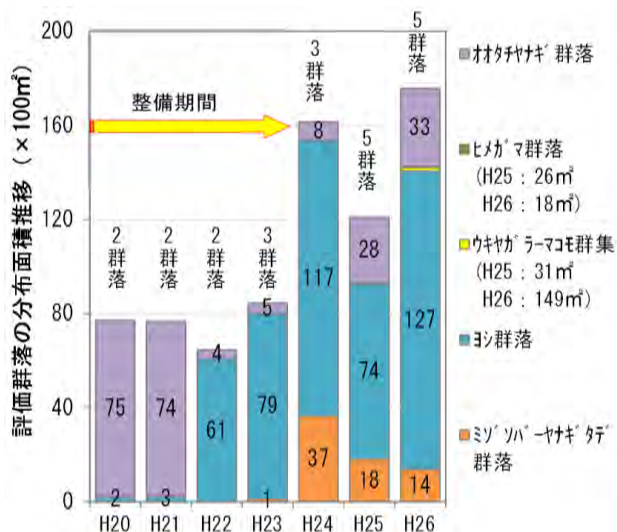


図-2 中島自然再生事業における湿地の群落推移

(3) エコロジカルネットワーク事業

河川と背後地の水路・水田の水面の連続性を隔てている樋門の段差を解消し、魚類等の生物の生息・繁殖環境を創出するため、九州初の取組としてエコロジカルネットワーク事業を実施した。以前までは、水路の水深が浅い事や大きな段差がある事により、魚類等の生物の移動が制限されていた。そのため、水路の構造を階段状にすることで落差を解消し魚が遡上できる環境を整備した。また、一部分を蛇行させるなど多様な形状に設計することで、生物の生息環境を創出した。水路ー水田間を自由に行き来が出来るよう簡易魚道の設置も同時に行った。河川川表（河川側）・川裏（水田側）双方の水路整備等により、「評価種」や希少な「重要種」の確認種数が増加傾向にあり、魚類等の移動の横断性確保が図られている（図-3）。



図-3 エコロジカルネットワーク事業(御徳地区)の整備前後における指標生物の分布

3. 遠賀川流域における環境関連諸課題

流域の自然環境や社会環境、河川の水環境や生物の生息・成育環境等において、森林の荒廃、湿地環境の減少、なり手不足、水質汚濁、ゴミの投棄、動植物の生息・生育地の減少等、以前として数多くの課題が存在しており、以下に一部を取り上げる。

(1) 外来生物の侵入

遠賀川流域には、多くの外来種が定着しており、外来種が侵入すると元々その場所で生活していた在来種を捕食したり、生息・生育環境や餌を奪い合う競合が発生する。近縁の在来種と交雑し雑種が生じる場合もあり、生物多様性の低下につながる。

特定外来生物の一つであるオオキンケイギクは、遠賀川流域の上流から河口まで広範囲に渡り分布している（図-4）。繁殖力が強く、占有する面積が大きいため他の植物の生育を阻害する。また、再生力も高く刈り取っただけではたちまちに再生するため、根茎を丁寧に抜き取る必要がある。また、土壌中に種子が無くなる

まで少なくとも5年程度は駆除を継続することが必要とされる。

また、我々の主食であるイネや他の水生植物を食い荒らす外来生物であるスクミリンゴガイにおいても、遠賀川流域上流から下流域まで広く生息しており、駆除対象として地域住民の関心が高い。駆除方法としては、冬期に田んぼを耕し貝を破壊、または貝を寒風にさらすことで絶命させる、卵を物理的につぶす、水深が浅いと活動が制限されることから水田の水深を4cm以下にするといったことが有効と考えられる。しかし、河川事務所や自治体だけでは対応が困難であり、農業関係者等の協力を仰ぐ等、地域ぐるみでの取組が求められる。

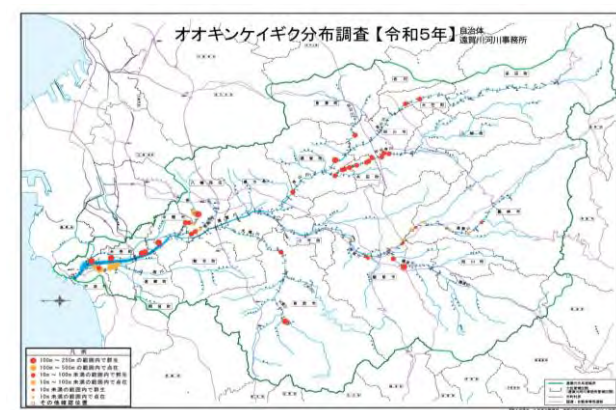


図-4 遠賀川流域におけるオオキンケイギクの分布(R5)

(2) ゴミ問題

遠賀川流域内においては、日常のゴミのポイ捨てだけでなく家電用品の不法投棄が後を絶たない。投棄されたゴミは生態系を含めた環境・景観を悪化させるのみならず、川を通じて河口堰へ集まりゲート操作に支障をきたす他、船舶の安全航行や漁業への被害等が懸念される。毎年、春の遠賀川一斉清掃を実施するなど、流域各地で清掃活動に取り組んでおり、昨年度の清掃活動にて回収したゴミの総量は15トン以上に及ぶ(図-5)。河口堰においても漂着したゴミの撤去作業を実施し、年平均3000㎡のゴミを回収しており、人力で一つ一つ分別した後に処分を行っている(図-6、図-7)。



図-5 遠賀川流域の清掃活動におけるゴミ回収量



図-6 河口堰におけるゴミ等回収量



図-7 河口堰に漂着したゴミ

4. サポーター制度の確立

河川流域の環境問題は広範囲にわたり持続的な活動が求められることから、時間、人、資金が必要とされる。サステナブルな活動を形成すべく、住民、企業、団体等の多様な主体の連携体制の構築を目的として、令和6年11月にサポート制度『エコサークルおなががわ』を確立した。

(1) 制度の概要

- ・制度の登録者(サポーター)は、住民、団体、企業、学校、行政機関など趣旨に賛同する全ての方が対象
- ・遠賀川流域での環境保全・再生に関する活動報告、活動、活動予定の登録、閲覧が行える
- ・公式ロゴマークの使用ができる
- ・ボランティア証明書の申請ができる

サポーターとなることで流域各地での活動予定を把握でき、活動へ参加したい場合や協力者を募集する場合は連絡や周知を容易に行うことができる。また、流域各地のサポーター情報を閲覧できるため、登録した活動報告を元に住民、企業、団体等へ紹介することも可能となる。本制度による、環境の保全・再生活動を行った団体や個

人から申請があった場合は、事務局にて活動実績を確認後、「ボランティア証明書」が交付される。

この制度により、単に流域全体の環境保全・再生が見込めるだけでなく、活動団体の活性化や、参加者を募ることで新たな支援者の発掘につながる事が期待される。現状、流域での活動において人手が集まらない現象は各地で発生している。かねてより環境活動に取り組んできた企業、市民、団体においては、自組織や個人の活動を外部に発信する場となり、新規加入のきっかけを創出できることや、他組織との交流の場が生じ、活動の活力となる。活動の参加者においては環境保全・再生への理解が深まるほか、ボランティア活動の証明書を取得できるため、就職活動などにおいてアピールの材料となるなど環境問題への積極的な姿勢を対外的に示すことができる。また、企業においては、ブランドイメージや従業員のモチベーション向上にもつながる。



図8 サポーター制度の概要図

(2) 活動実績

現在、25の企業、14の団体、3の行政機関がサポーターとして登録しており、令和6年11月からの設立以来23件の活動予定、活動報告が掲載されてきた実績がある（令和7年6月現在）。

令和7年5月に開催した外来生物勉強会では、サポーター制度を活用し広く周知した結果、新規に流域の河川関係団体や企業（8社）からの参加があった。以前は主に市町村等の行政機関向けに開催していた外来生物勉強会だったが、根本的になぜ外来種を駆除する必要があるのかといった基礎的な概要から、適切な駆除方法や他の生物種との見分け方など専門的な知識も学べるよう、幅広い方を対象とした内容に工夫して勉強会を実施し見識を深めた。

学生サポーター「生き物の未来を守り隊」様においては、芦屋海浜公園や芦屋海岸岩場の漂着ゴミ回収等の清掃活動、生物調査、砂の鉋物の調査などに定期的に取り組んでいる。企業サポーター「第一環境株式会社九州・沖縄支店」様では、令和6年9月に開催した芦屋海岸クリーンキャンペーンに参加するなど地域美化と環境保全に努めている。

5. 今後の展望

流域の環境保全には、健全な生態系ネットワークの形成が必要不可欠である。生態系ネットワークとは、文字通り様々な生態系のつながりを意味している。その重要性が注目され日本の国土保全と生態系の多面的機能を発揮するために、生態系ネットワークの保全と再生が日本各地で積極的に行われている。このネットワークの広さは様々であり、広域な生態系ネットワークは、複数の生態系のつながりによって維持されるため、その基礎はそれぞれの生態系と言える。それ故に各々の生態系の中の生物多様性保全や小さなネットワークの再生の積み重ねが重要であろう。一方で国際的なネイチャーポジティブ経済への移行などにより企業活動においてもサステナビリティや生物多様性への関心が高まり、流域環境の改善、あるいは関心を持つ民間企業も増えてきている。加えて多数のステークホルダーを結びつける支援団体の存在も重要とされている。しかし、特に国内においては支援団体の数やその育成体制が十分でないことが課題としてあげられる。流域全体の環境保全に対応していくためには、流域の各主体が互いに情報と流域共同体意識を共有し、効果的で効率的な活動の推進と支援が不可欠である。

令和5年7月に閣議決定された第三次国土形成計画に「グリーン国土の創造」という文言が追加されたように、ネイチャーポジティブ経済への移行は確実に進むと考えられる。このような情勢にあって、今後本格的な生物多様性政策あるいはネイチャーポジティブ政策が実施される可能性が高い。その場合に限られた公的資金や資源だけでは実現が困難であり、これまで以上に民間企業や住民、支援団体と連携して進める必要がある。そのためには、まず民間企業とのコミュニケーションを深める必要があり、環境保全の活動へ民間企業の参画を促すことが有効であると考えられる。

流域内における多様な主体の連携を進めるためには、支援団体などの組織の充実を図る必要があり、人的・組織的強化が求められている。本稿で取り上げたサポーター制度は、流域の生物多様性保全・再生へ寄与することが大いに期待される。今後も制度の充実化や推進のための仕組みづくりを進めていく。

謝辞：本サポーター制度は、遠賀川流域生態系ネットワーク形成推進協議会で議論を重ねながら設立に至った。その後の利活用を含めれば、地域住民、企業、団体、学校、各自治体など多くの方々の関わりの中で成り立っている制度である。協議会メンバーの方々をはじめ、この制度に関わっている全ての方々に対し、感謝の意を表したい。

川辺川の流水型ダムにおける環境保全対策の取組 仮排水路トンネルにおけるアユ遡上実験について

今村 福¹・秋山 秀樹¹・福永 健志¹

¹九州地方整備局 川辺川ダム砂防事務所 調査設計課 (〒868-0095熊本県球磨郡相良村大字柳瀬3317)

川辺川の流水型ダムでは、令和9年度に本体工事に着工する予定であり、その期間は川の流れを延長575mの仮排水路トンネルに転流する。転流期間中はトンネル内の流速が大きくなることから、アユを始めとした魚類が遡上できるように、トンネル内の流速を低減させる必要がある。一方、アユが暗くて長いトンネル内を遡上するかどうかは知見も少ないことから、トンネル内の環境整備の検討を進めるにあたっては、球磨川産のアユを用いてトンネル内を遡上するかどうか現地実験を行い確認することとした。結果、流量の違いにより遡上数に違いはあったものの、暗くて長いトンネル内においてもアユが遡上することを確認した。

キーワード 流水型ダム、環境影響評価、仮排水路トンネル、アユの遡上実験、セルフライニング

1. はじめに

球磨川流域では、過去に幾度となく洪水による氾濫被害を受けており、昭和41年に旧川辺川ダム事業計画が発表され、ダム建設事業が行われてきたが、平成20年に熊本県知事が旧川辺川ダム計画の白紙撤回を表明されたことで、旧川辺川ダム建設事業は中止された。令和2年7月豪雨では、前線性の降雨に起因して観測史上最大の流量を記録し、約6,280戸の家屋等の浸水被害が確認された。その後、令和4年8月に策定した球磨川水系河川整備計画では、球磨川流域における洪水被害の防止又は軽減を目的として、洪水調節専用の流水型ダムを川辺川に整備することを位置づけ、現在、計画に必要となる治水機能の確保と環境影響の最小化の両立を目指し、事業を進めている。

これまで熊本県知事の要望を受け、令和3年から環境影響評価の手続きを行い、環境影響の最小化を目標に、ダムの構造や運用について改良を重ね、令和6年10月に最終の環境影響評価レポートを公表した。

環境影響評価では、ダム建設による影響を予測・評価し、影響が大きいものについては、環境保全措置として対策を位置付けており、工事中におけるダム上下流の河川の連続性を確保する対策の1つとして、仮排水路トンネル内の環境整備を位置づけている。

本稿では、上記対策を進める上で実施した、仮排水路トンネルにおけるアユの遡上実験結果について報告する。また、今後のトンネル内の環境整備の進

め方についても紹介する。

2. 仮排水路トンネルにおける河川の連続性の評価

川辺川の流水型ダムでは、令和9年度に本体工事に着工する予定であり、その期間は川の流れを仮排水路トンネルに転流する(図-1)。転流期間中はトンネル内の流速が大きくなることから、アユやニホンウナギ、サクラマス(ヤマメ)等の移動が困難と予測されている。このため、仮排水路トンネル内部の河床を改良し、多彩な河床環境を再現することが求められている。一方、トンネル内部を流下する土砂に伴うコンクリート底面の摩耗対策も必要であり、並行して、「セルフライニング」手法について検討を行うこととしている。



図-1 川辺川ダムの仮排水路トンネルの位置図

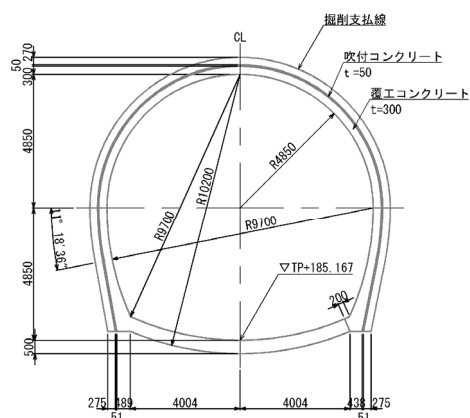


図-2 仮排水路トンネル内部の構造図

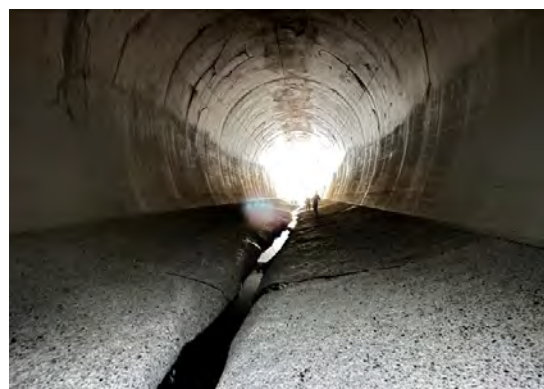


図-3 仮排水路トンネル内の摩耗状況

中心部が摩耗損傷している状況である（図-3）。

3. アユ遡上実験の内容

(1) 実験の目的

仮排水路トンネルに転流期間中もアユを始めとした魚類が遡上できるようにすることが求められているが、そもそも、アユ等の魚類が暗くて長いトンネル内を遡上するかは知見が少ない。そのため、地域の代表的な種であるアユを対象に、暗くて長い仮排水路トンネル内を遡上するかどうか確認することを目的に実験を行うこととした。

(2) 仮排水路トンネルの構造

仮排水路トンネルの構造について、呑口部は、幅12m、呑口部からトンネル内部までの幅約10m、勾配1/25であり、トンネル内部は、断面形状標準馬蹄形 $2r=9.7m$ 、全長約575m、勾配1/150である（図-2）。

仮排水路トンネルは、旧川辺川ダム事業計画時に施工されており、平成11年に完成している。完成から現在まで約26年間、増水時に仮排水路トンネル内に水や土砂が流れ込んでいるため、トンネル内部の河床

(3) 実験内容

本実験は、仮排水路トンネル内において、2パターンの流量で実験を行った。実験1回目は、サイフォンにより、現地で通水できる最大流量の約0.06m³/sの状態で行い、この際の流速は、0.5～0.9m/sであった。実験2回目は、川辺川の増水時の最小流量である約1.5m³/sの状態で行い、この際の流速は、約1.6m/sであった。

本実験に用いたアユは、地域ごとのアユの特性に考慮して、実際に球磨川で掬い上げられた球磨川産のアユと養殖アユの2種類とした。また、トンネル内では暗くてアユの遡上状況が確認できないことを踏まえ、一部のアユには、RFIDタグを装着し、追跡できるようにした。

アユを図4の放流箇所に放流し、観測地点で遡上してきたアユの個体数を測定した。

遡上実験の実施場所を図4、実験に用いたアユの内訳を表-1に示す。

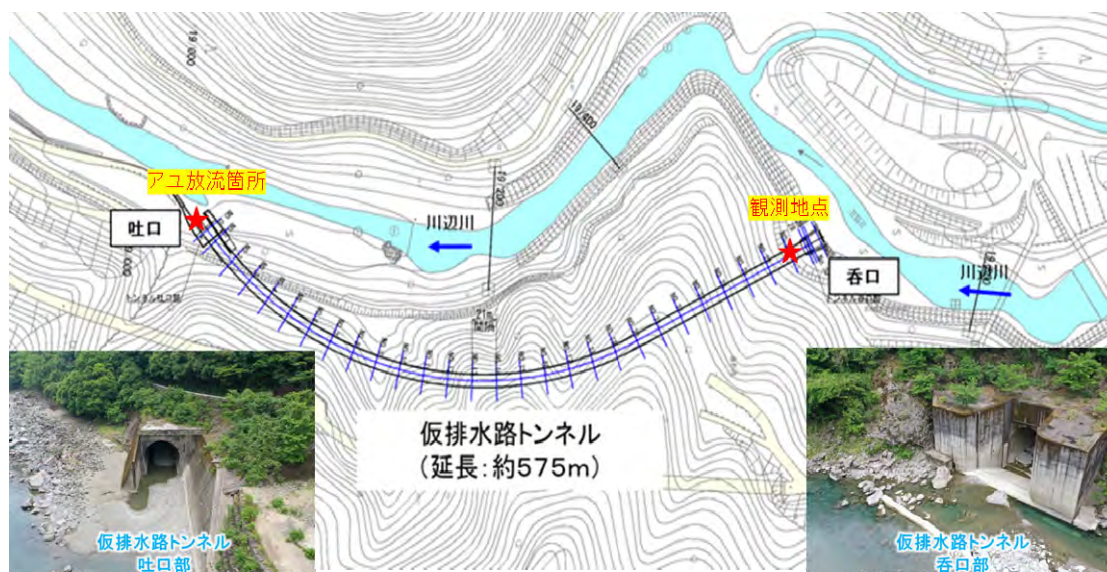


図-4 アユ遡上実験の実施場所

表-1 アユの内訳表

アユの内訳表					
	アユの種類	個体数	養生開始日	実験日	RFIDタグ付きアユの個体数
1 回 目	掬い上げアユ ※標準体長4.0~9.0cm程度	614個体	4月21日	4月24日	なし
	養殖アユ ※標準体長6.0~13.0cm程度	108個体	4月22日	4月24日	60個体
2 回 目	掬い上げアユ ※標準体長5.0~15.0cm程度	525個体	5月13日	5月14日	60個体
	養殖アユ ※標準体長8.0~15.0cm程度	210個体	5月11日	5月14日	60個体

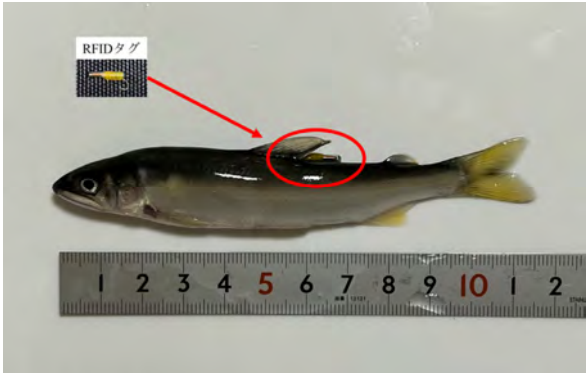


写真-1 RFIDタグを装着したアユ

(4) 実験の方法

実験日の1~3日前から仮排水路トンネル下流端に設置した生け簀にアユを放流し水に慣らした後、実験を行った。実験時間は、実験1回目が12:30~18:00までの5.5時間、実験2回目が14:00~18:00までの4時間とした。

アユの確認方法は、確実な観測結果を得るために、バイオテレメトリー調査、ビデオカメラ調査、捕獲調査、目視観察の4つの方法を併用した(表-2)。

テレメトリー調査について、RFIDタグを装着したアユの個体数は、実験1回目60個体、実験2回目120個体とした(表-1)。地点ごとにアユの遡上状況を目視観察及びビデオカメラにより記録した。

実験終了後翌日に、仮排水路トンネル呑口で遡上したアユを捕獲し、個体数等を測定した。

今回、バイオテレメトリー調査で利用するRFIDタグを装着したアユの写真を写真-1に示す。

4. アユ遡上実験の結果・考察

(1) 実験1回目(流量約0.06m³/s)での実験結果

図-4の放流箇所放流した722個体のうち、実験終了18時までに仮排水路トンネル呑口部で624個体の遡上状況が目視確認により確認できた。なお、実験終了後翌日では、呑口部の捕獲調査で596個体しか確認できておらず、遡上してきたアユの一部は降下した可能性が考えられた。

表-2 アユの遡上の確認方法

アユの遡上の確認方法			
	調査案	調査概要	得られる調査結果の特徴
1	バイオテレメトリー調査	アユ魚体に電波発信機を装着し、受信機上を遡上したアユの数をカウント	複数台の機器を設置することで、トンネル内部で何時にどこまで遡上したか結果を得ることができる。視界に制限されないため、確認の結果は比較的安定する。
2	ビデオカメラ調査	水上部、水中部にビデオカメラを設置し、遡上したアユをカウント	複数台の機器を設置することで、トンネル内部で何時にどこまで遡上したか結果を得ることができる。視界に制限されるため、水が濁った場合などに見落としが生じる可能性がある。
3	捕獲調査	漁具を用いて遡上したアユを捕獲しカウント	トンネル内部複数箇所での採捕を行うことは困難であるため、基本的に遡上した個体のみの確認となる。また、いつ遡上したかはわからない。
4	目視観察	呑口部付近に調査員2名を配置し、目視観察で遡上したアユの数をカウント	呑口部付近に調査員2名を設置することで呑口部までアユが遡上したか結果を得ることができる。視界に制限されるため、水が濁った場合などに見落としが生じる可能性がある。また、いつ遡上したかは記録していない。



写真-2 アユが遡上している様子

(2) 実験2回目(流量約1.5m³/s)での実験結果

図-4の放流箇所に放流した735個体のうち、実験終了の18時までに仮排水路トンネル呑口部で153個体の遡上状況が目視確認により確認できた。なお、実験終了後翌日では、呑口部の捕獲調査で433個体が確認できた。

実験時にアユが遡上している様子を写真-2に示す。

(3) 考察

本実験の結果から、球磨川産のアユが暗くて長い仮排水路トンネル内を遡上することが確認できた。しかしながら、実験1回目と実験2回目のアユの遡上数を比較すると実験2回目の方が約150個体減少していた。ここで、トンネル内の流速に着目してみると、実験1回目の流速は0.5~0.9m/s、実験2回目の流速は約1.6m/sであり、アユの巡航速度が約1m/s、突進速度が約2m/sであることを踏まえると、実験2回目の流速はアユの巡航速度を超えており、アユが遡上しにくい環境であったことが要因の1つとして考えられた。



写真-3 仮排水路トンネル呑口部

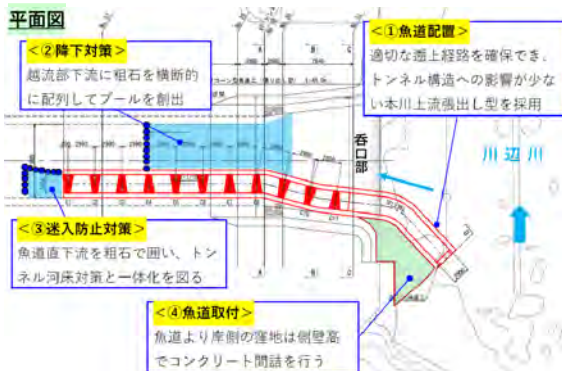


図-5 魚道の配置計画（案）

5. 仮排水路トンネル内部の検討

(1) 仮排水路トンネル呑口部の魚道設計

実験結果を踏まえ、転流期間中もアユ等の魚類が仮排水路トンネル内を遡上できるよう、環境整備の具体化を進める。仮排水路トンネル呑口部は、勾配が1/2.5と急斜面であるため、流速がかなり大きくなっている（写真-3）。アユがトンネル吐口部から暗く長いトンネルを遡上したとしても、呑口部の段差により、上流側へいくことは困難であるため、呑口部に魚道を設置し連続性を確保する必要がある。そのため、現在、図-5のとおり、魚道の詳細な設計等の検討を行っている。

(2) 仮排水路トンネル内部の河床

仮排水路トンネル内部の検討を進めるにあたっては、連続性の確保とトンネル内部の河床の摩耗対策の2つの観点から検討を進めている。

連続性の確保については、仮排水路トンネル内の流速を抑え、多様な河床環境を再現することが求められている。上記2つの観点を満たすべく、現在、仮排水路トンネル内部に栈粗度の設置を検討している。栈粗度を設置することで、トンネル内の流速低減効果やセルフライニング（トンネル内部に流下してくる土砂を栈粗度で捕捉し、その土砂により底面が保護されるしくみ）による摩耗対策効果も期待している（図-6）。

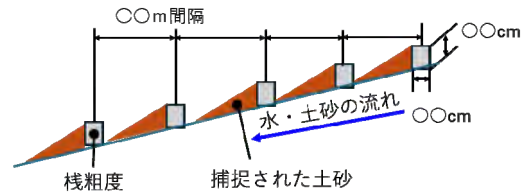


図-6 セルフライニングのイメージ（縦断面図）

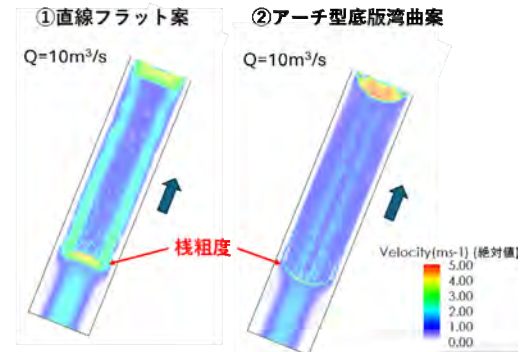


図-7 流況分布図

栈粗度形状の検討にあたっては、直線フラット型とアーチ型底版湾曲の2種類で流速を抑える機能に違いがあるかを流況解析を用いて、流況変化を確認しながら検討を行った。図-7のとおり、アーチ型底版湾曲の方が流速を抑えられていることが分かる。この解析結果から栈粗度の形状は、アーチ型底版湾曲で検討を進めており、今後栈粗度の最適な高さや間隔について流況解析を用いて決定していく。また、検討にあたっては、セルフライニングを先行して研究されている京都大学と連携しながら進めているところであり、引き続き最新の知見も踏まえながら検討を進めて行く。

6. さいごに

本実験により、暗くて長い仮排水路トンネル内でも球磨川産のアユが遡上できることが明らかになった。

一方、ダム本体工事中における仮排水路トンネル内の流量は、実験よりもさらに大きくなる。そのため、本内容で紹介した実験結果に加え、仮排水路トンネル内の流速を低減することが重要になる。また、これらの結果は、地域の方々に理解をいただくために事務所のウェブサイト公表などの取組も行っている。

今後もダムの影響の最小化だけでなく、上流や下流の河川も含め一体的な環境再生や創出につながるよう、地域と協働しながら対策を実施していく。

洋上風力発電の基地港湾整備の事例 -北九州港響灘東地区-

坂田 咲帆¹・木下 栄一郎¹

¹九州地方整備局 北九州港湾・空港整備事務所 企画調整課（〒801-0841 福岡県北九州市門司区西海岸1-4-40）

北九州港では2020年度より国際物流ターミナル整備事業として基地港湾の整備が進められており、2024年10月にその供用を開始している。岸壁構造は著大な荷重に対応するために新技術である固化処理土式係船岸(地盤を固化処理する工法)を採用した。しかし、地盤改良杭の高止まりが発生し設計深度までの地盤改良が不能となった。そこで超硬質地盤対応型の深層混合処理工を適用することで所定の地耐力確保に成功した。本稿では、基地港湾特有の使用目的を踏まえた構造形式選定の考え方と地耐力強化のために実施した深層混合処理工について報告する。

キーワード 基地港湾、固化処理土式係船岸、地盤改良工事、高止まり

1. 基地港湾の整備概要

北九州港は、2020年9月に秋田港、能代港、鹿島港と共に「基地港湾」に指定された。基地港湾とは、洋上風力発電の設備及び維持管理に利用するために、重厚長大な資機材を扱うことが可能な地耐力と広さを備えた碼頭を有する海洋再生可能エネルギー発電設備等拠点港湾のことである。北九州港では、2020年度より国際物流ターミナル整備事業として基地港湾の整備が進められており、2024年10月にその供用を開始している。本稿では、基地港湾特有の使用目的を踏まえた構造形式選定の考え方と地耐力強化のために実施した深層混合処理工について報告する。図-1に位置図、図-2に岸壁構造を示す。

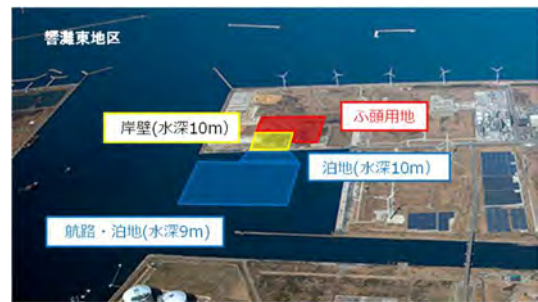


図-1 北九州港の事業位置

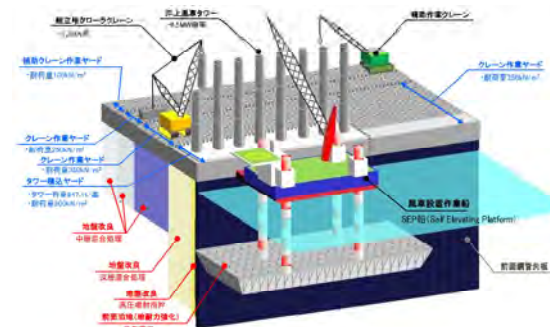


図-2 北九州港基地港湾の岸壁構造

2. 使用目的に伴う設計条件及び構造形式選定

(1) 設計条件

図-3は本港のヤードレイアウトである。洋上風力タワーの積込を行うタワー積込ヤードと、タワー組立作業を行うクレーン作業ヤード①～③に分けられる。タワー積込ヤードでは、タワーから伝達される著大な荷重に対する地耐力を確保するとともに、ヤードの沈下を供用しない性能が求められた。クレーン作業ヤード①～③では、巨大な資機材やクレーンの荷重が作用することから、通常岸壁の上載荷重が20kN/m²に対し100～350kN/m²と、通常の港湾施設と比して大きな地耐力を確保する必要があった。

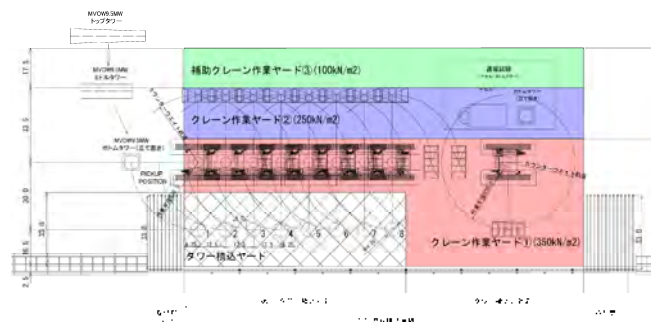


図-3 北九州港基地港湾のヤードレイアウト

(2) 構造形式選定

表-1は構造形式の比較検討結果である。前述のとおり著大な荷重が作用することに加えタワー積込ヤードでは沈下を許容しない性能が求められるため、適応可能な構造形式として固化処理土式係船岸とジャケット式栈橋を抽出し、経済性に優れる固化処理土式係船岸を選定した。

ジャケット式栈橋は、ジャケット本体は工場製作のため施工期間の短縮が図れるが、著大な荷重に対応するために大口径の杭を支持層へ15m根入れする必要がある、施工費用が高額であった。

一方で固化処理土式係船岸は、深層混合処理工によって所定の改良強度で地盤をブロック状に改良し、その改良体を岸壁本体工とする比較的新しい技術⁹⁾である。改良体はセメント固化した塊のため、重力式構造物相当の本体工となり自重と改良体強度によって地震や土圧、載荷重に対して抵抗することが特徴である。本施設では、既設護岸を撤去後に打設した矢板背後に高強度の改良体を造成することで確実な地耐力の確保と沈下防止が期待できた。加えて、地盤改良は陸上工事が主体であるため、地盤改良機の調達性も良く海象の影響を受けにくいなどの施工面でも優れた。

3. 工事概要

北九州港における岸壁整備工事全体の施工ステップを図-3に示す。本稿では、図-3の内ステップ4に該当する地盤改良工事について紹介する。工事概要を以下に示す。

工 事 名：令和4年度北九州港（響灘東地区）
岸壁（-10m）地盤改良工事

工事場所：福岡県北九州市若松区響町

本工事では既設岸壁撤去後の埋戻し土(ステップ③)およびその下部の在来地盤に対して、地耐力強化のため深層混合処理工法、と高圧噴射攪拌工法による地盤改良を施工した。また、岸壁前面には施工時の矢板の安定、および変位対策として雑石仮置き（カウンター）を設けた。

本工事の改良対象層は、埋土層（Ss層）および在来の粘性土層（Ac2層）下端までである。埋土層には、最大粒径φ100mm程度の礫混り土の利用が計画されていたことや、比較的硬質な在来粘性土層（Ac2層：最大N値=9、粘着力c=80kN/m²）を改良する必要があったことから、一般的な深層混合処理工よりも硬質地盤への適用性の高いCI-CMC-HA工法が採用された。また、自立式鋼管矢板との深層混合処理工の間詰には高圧噴射攪拌工であるFTJ工法が採用された。



図-3 岸壁整備全体の施工ステップ^{図2)}

表-1 構造形式比較表

構造形式	固化処理土式係船岸	ジャケット式栈橋
模式図		
概要	- 既設護岸撤去後に矢板を打設する。 - 矢板背後地盤を深層混合処理工によって地盤改良し、改良体を岸壁の本体工として利用する。 - タワーは改良体上に設置し改良体で支持する。	- 既設護岸前面にジャケット式栈橋を構築する。 - タワーは栈橋上に設置し栈橋で支持する。 - 既設護岸背後に設けるクレーン作業ヤード直下は、地盤改良体で支持する。
費用	1.00	1.06
施工期間	3年7ヶ月	2年0ヶ月
評価	○(経済性に優れる)	△(経済性に劣る)

標準断面図を図-4に、地盤改良工の諸元を以下に示す。

工 法：硬質地盤対応型深層混合処理工，高圧
噴射攪拌工（CI-CMC-HA，-HG工法，
FTJ工法）

改 良 径：φ1600mm×2軸施工，φ1800mm

改 良 形 式：ブロック式（接円ラップ式）

改 良 率：85%

設計基準強度：1,300～2,100kN/m²

改 良 深 度：21.7m

4. 貫入不能範囲における硬質地盤対応型の深層混合工について

(1) 転石混入による高止まりの発生

施工に先立ち、地盤改良機による貫入試験を実施した。埋戻し後の地盤の調査ボーリングにおいては、埋土層内にφ50mm～100mm程度の大礫の混入は認められたものの、地盤改良の施工障害となりうるφ100mm以上の転石等の混入は確認できなかった。しかし、貫入試験では12カ所の試験箇所のうち、約7割にあたる8カ所で貫入不能による高止まりが生じた。高止まりは、埋土層と原地盤の境界付近（掘削底面付近）の深度で発生していたことから、埋戻しに用いられた材料に粒径の大きい礫や転石等が介在しており、これが掘削底面に堆積したことが原因だと推察された。写真-1は、貫入試験施工中に確認できた転石の一例（転石径φ300mm程度）である。

(2) 硬質地盤対応型の深層混合処理工

貫入不能が生じた範囲については、高トルクを有し、転石等を巻き込んで改良が可能な超硬質地盤対応型の深層混合処理工（CI-CMC-HG工法：図-5）を適用した。これは、従来のCI-CMC工法の更なる貫入能力の向上を目指し、これまでの約2倍のトルクを有する高トルクインバータモータを採用した超硬質オーガーと、攪拌翼の先端からエアースラリーを噴射する先端吐出機構の併用により、N値50を超える砂礫地盤等の硬質地盤へ適用範

囲を広げた深層混合処理工である²⁾。改良径は一般的に広く用いられるφ1600mm×2軸施工と同一のため、硬質地盤等の問題が生じた際に改良径や配置を変えることなく超硬質地盤対応型への仕様変更が可能である。

表-2に工法ごとの高止まりの発生割合を示す。CI-CMC-HG工法の適用により、高止まりは大幅に改善され、全数量のうちの0.3%（2セット）に留まった。高止まりが生じた2セットの下部の未改良深度については、後施工にて高圧噴射攪拌工により改良し、事後調査ボーリングにてその密着性を確認した。



図-5 CI-CMC-HG 工法

表-2 高止まりの発生率

工法	施工数量 (set)	高止まり 発生数量 (set)	高止まり 発生率 (%)	備考
CI-CMC-HA工法	12	8	66.7%	試験施工
CI-CMC-HG工法	648	2	0.3%	

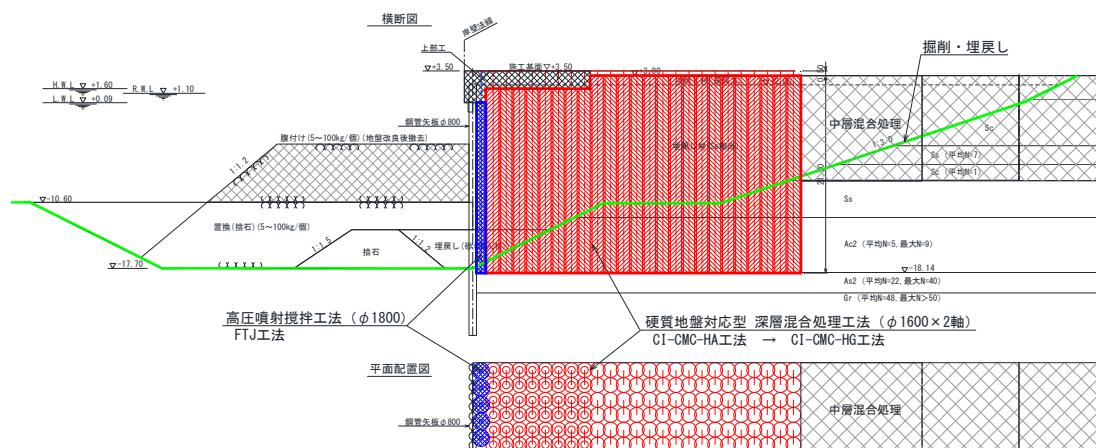


図-4 標準断面図



写真-1 確認された転石

(3) 工法の整理

適用地盤の能力別の深層混合処理工法を表-3に纏める。本工事ではこのうち、硬質地盤対応型であるCI-CMC-HA工法およびHG工法による施工を実施した。

CI-CMC-HG工法は従来技術よりも高いトルクを発揮するモーターや、剛性の高い攪拌翼を搭載していることから、300mm程度の転石が介在する地盤条件下においても、転石を巻き込みながら改良杭を造成することができた。

表-3 能力別の深層混合処理工（CI-CMC工法）の比較整理

工法	標準仕様		
	CI-CMC工法	CI-CMC-HA工法	CI-CMC-HG工法
NETIS	掲載範囲終了	QS-160049-VE	QS-200009-A
概要	エジェクター吐出方式を搭載する攪拌翼式の深層混合処理工	左記工法から攪拌翼の改善により、硬質地盤への適用が可能	左記工法から高トルクインバータモーター・先端吐出機構の搭載により、超硬質地盤への適用が可能
模式図			
改良径	φ1600×2軸 など	φ1600×2軸 など	φ1600×2軸
搭載技術	・エジェクター吐出機構	・エジェクター吐出機構 ・改良攪拌翼 ・改良攪拌翼	・エジェクター吐出機構 ・改良攪拌翼 ・改良攪拌翼 ・高トルクインバータ一式
適用地盤の目安	砂質土：最大N値≦35 粘質土：最大N値≦15	砂質土：最大N値≦50 粘質土：最大N値≦15	砂質土：最大N値≦100 粘質土：最大N値≦30
周辺変位	変位低減型	変位低減型	変位低減型
備考	NETIS掲載終了後は土木工事標準仕様集第2巻にスラリー量≦1600×2軸（変位低減型）として掲載	湖沼3m程度までの硬質層にも対応可能	超硬質地盤や転石混入地盤への適用左記工法からアタッチメント変更により工法変更可能

5. 施工上の課題と工夫

(1) 前進施工による矢板への変位影響低減

今回の施工条件は岸壁法線上の鋼管矢板に極めて近接した施工であった。鋼管矢板の自立高さは7m程度であり、また背面も造成して間もない水中投入による埋戻しであったために、施工機荷重による矢板の変位が懸念された。

そこで、施工方法の工夫として、打設・固化した改良域の上に施工機械が位置するよう、前進しながらの施工順序とし、施工機荷重による矢板への変位影響を抑制した。（図-5、写真-2）

(2) 環境負荷低減を鑑みた水固化材比（W/C）の設定

深層混合処理工における一般的な変位低減の工法では地中に投入したスラリー量と同等の排泥を地上に回収することで、周辺変位の低減を図っている。排泥を確実に回収するためには一定の水準を満たすスラリー量や、攪拌域の流動性の確保が必要となる。一方で、環境負荷の低減のために排出土の削減も必要不可欠である。そこで本工事では標準部は水固化材比（W/C）を一般値よりも低い W/C=60%とし排泥量の削減を図りながら、矢板に近接したエリアでは W/C=100%として変位低減対策との両立を図った。各仕様における改良杭の品質について表-4に示す。

(3) 高止まり杭下部の高圧噴射攪拌工

深層混合処理工により高止まりが生じた杭の下部は、高圧噴射攪拌工による改良を実施した。高圧噴射攪拌工はFTJ工法を用い、深層混合処理工の既設改良杭はロータリーパーカッションドリルにより先行削孔した。施工後は事後調査ボーリングによりコアを採取し、両改良工法の密着性を確認した。図-6に採取したコアを示す。

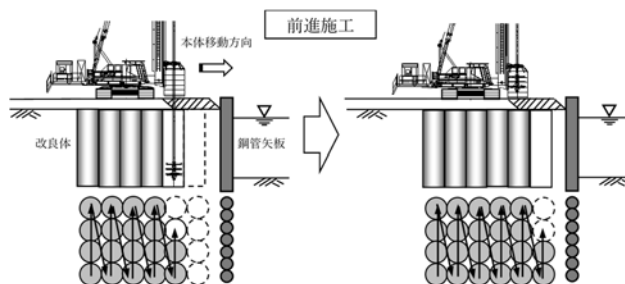


図-5 前進方向への施工順序による変位低減

表-4 W/C別の改良杭の品質

W/C	施工ケース	60%	100%
土質区分		砂質土	
設計基準強度 (kN/m ²)		1,300	
平均値 μ (kN/m ²)		3,773	3,165
最小値 M_i (kN/m ²)		2,447	2,207
最大値 M_a (kN/m ²)		5,994	4,461
標準偏差 σ		914.5	647.9
変動係数 CV		24.2%	20.5%
サンプル数 n (個)		18	18



写真-2 施工状況



図-6 高止まり部の改良体の事後調査

6. まとめ

固化処理土式係船岸という新しい構造形式の深層混合処理工の施工事例を紹介した。転石の介在や自立矢板に近接した施工などの課題に対して、近年の工法の進化や施工の工夫によりこれを克服することができた。本稿で紹介した対策工法は今後同様の工事を行う際に参考になると思われ、固化処理土式係船岸の適用性の拡大に繋がれることを期待する。

参考文献

- CDM 研究会：深層混合処理工法による岸壁構造設計・施工マニュアル（案）（第2版），2024。
- 田中ら：超硬質地盤に適応した深層混合処理工の開発CI-CMC-HG工法，建設機械施工Vol71No.10，pp.37-40，2019。

樋島大橋における直轄診断結果報告

山崎瑠里香¹ 平野智志²

¹九州地方整備局 熊本河川国道事務所 道路管理第二課 (〒861-8029 熊本県熊本市東区西原1-12-1)

²九州地方整備局 熊本河川国道事務所 道路管理第二課 (〒861-8029 熊本県熊本市東区西原1-12-1)

熊本県上天草市が管理する樋島大橋は海上に掛る吊橋であり、長年にわたる飛来塩分や雨水浸透の影響によって主ケーブルを構成する素線が局部的に腐食・破断していることが過年度の調査で確認されている。吊橋の主ケーブルは揺れやすい構造であり、風や交通荷重による繰返し荷重によって疲労が蓄積しやすい特徴を有している。腐食した素線に対する耐荷力や疲労強度の評価等、樋島大橋の維持管理については高度な保全技術を要することから、上天草市から要請を受けた国土交通省によって当該橋梁の直轄診断を行った。本稿では、主ケーブルの開封調査や素線特性把握を目的とした室内試験、さらには主塔基部の非破壊試験を基にした橋梁全体の直轄診断結果について報告する。

キーワード 吊橋、直轄診断、主ケーブル、素線特性試験、疲労、維持管理

1. はじめに

樋島大橋は吊橋であり、上天草市の八代海に浮かぶ坊主島と樋島を結ぶ、島民唯一の生活道路である。2018年の吊橋部主ケーブルを防護するカバー交換工事の際、ケーブルを構成している素線の腐食や局部的破断が確認されている。

主ケーブルの損傷を生じた状態での吊橋維持管理については国内事例も少なく、ケーブル構造特有の高度な保全技術を必要とする。また、島民唯一の交通道路であることによる社会的影響の大きさ、上天草市の技術力等に鑑みて支援が必要なことから、上天草市より要請を受けた国土交通省が、「道路メンテナンス技術者集団」(九州地方整備局道路部、国土技術政策総合研究所、土木研究所、熊本河川国道事務所、九州道路メ

ンテナンスセンター)を派遣して直轄診断を行い、令和7年3月に診断結果を取り纏めた。

ここでは、樋島大橋の直轄診断結果を報告する。

2. 樋島大橋の概要

樋島大橋は、補剛トラス吊橋を有する橋長290.9mの橋梁である。吊橋部は主ケーブル両端がアンカレイジで固定されており、ケーブルバンドで連結されたハンガーロープで上部構造を懸垂する構造形式である。樋島側には鋼桁で曲線半径の小さいループ橋が取り付けられている。橋梁概要を図-1、表-1、写真-1に示す。昭和47年に建設され、供用から52年が経過している。海上橋であり、飛沫や風に混り塩分供給される環境である。

表-1 橋梁諸元

橋梁名	樋島大橋	橋長	290.9m
路線名	市道坊主島下橋川線	径間数	8径間
管理者	上天草市	全幅員	5.2m
適用示方書	昭和31年鋼道路橋設計示方書	設計活荷重	T-14
上部構造	鋼単純鋼桁+2ヒンジ補剛トラス吊橋+鋼単純鋼桁2連+鋼4径間連続鋼桁		
下部構造	重力式橋台2基+壁式橋脚1基+張出式橋脚7基		
基礎形式	直接基礎		
その他	主ケーブル7ヶ所、耐風索7ヶ所、耐風索7ヶ所、耐風索7ヶ所		



図-1(1) 樋島大橋 位置図



写真-1 樋島大橋 外観写真

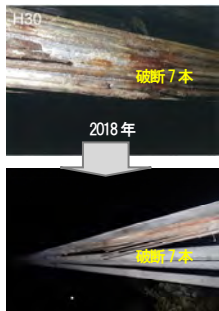


写真-2(1) 主な素線破断状況 (右側スプレー部)

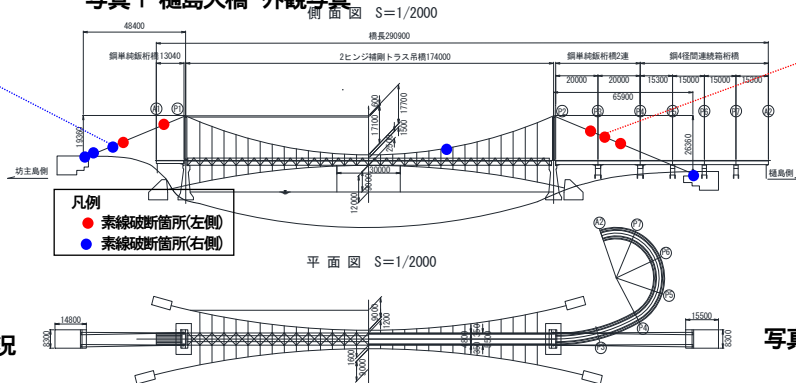


図-1(2) 樋島大橋 一般図



写真-2(2) 主な素線破断状況 (左側斜材部)

通常の橋梁定期点検や、点検結果に基づく再塗装や断面修復、支承交換等の補修設計及び工事を含む維持管理は、上天草市によって定期的の実施されている状況である。2018年(平成30年)における防食テープ交換の際に露見した主ケーブル損傷の概要を写真-2に示す。

3. 直轄診断経緯

2024年(令和6年)9月～2025年(令和7年)3月の直轄診断報告までの主な取組みを表-2に示す。本稿では、外観調査結果のまとめ、樋島大橋の損傷の中でも、最も健全性診断が難しいとされた主ケーブル損傷を中心として、その診断に必要な詳細調査・試験、及びその結果に基づく診断結果を取り纏め、その他、特筆すべき主損傷と診断結果について、以下に述べる。

表-2 直轄診断の取組み経緯

時期	主な取組
2024/9/20	・外観調査
2024/11/18～11/21	・主ケーブル、主塔等詳細調査
2024/12/18～1/23	・索線強度室内試験
～2025/3末	・調査・試験結果に基づく直轄診断

4. 外観調査結果

(1) 主ケーブル部

主ケーブルは防食テープにて被覆されており、劣化因子となる水分や塩分から保護されている。損傷概要を写真-3,4に示す。現在の被覆材は2018年に設置されたものであり、調査時点で設置後7年程度が経過していた。各所で局部的な破れが確認されたが、破れた箇所から漏水や錆汁流出は確認されていない。原因は鳥のついでと推察される。



写真-3 被覆材の損傷



写真-4 被覆材の損傷

(2) 主塔部

主塔は主ケーブルを介して上部構造を支持しているため、常時大きな圧縮力を受ける構造である。塔柱部の水抜き孔からの錆汁発生、水平材の孔食が確認された。損傷概要を写真-5,6に示す。



写真-5 主塔全景

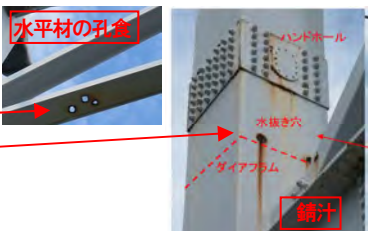


写真-6 損傷写真

(3) 耐風索部

①ワイヤーロープの損傷

耐風索はワイヤー素線を束ね、ロープにした構造である。吊橋は剛性が低い構造であることから、耐風索を設置することによって風荷重やねじれによる変位を制限し、安定性を高めている。ワイヤーロープには全体に素線腐食が見られ、坊主島より左側のワイヤーロープ素線には一部破断が確認された。特に高低差の低いアンカレイジ部付近は腐食が進行している。損傷概要を写真-7～9に示す。



写真-7 耐風索



写真-8 耐風索定着部

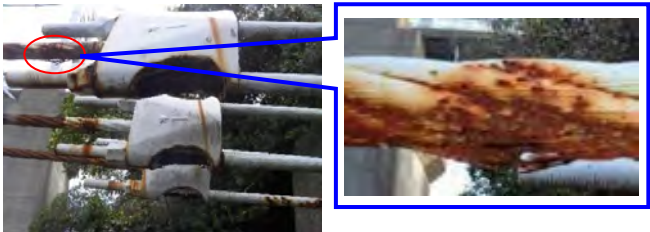


写真-9 耐風索素線の破断

②定着金具の損傷

定着金具も全体的に腐食が見られ、特にタイロッド下面の腐食が著しく減肉が生じている。損傷概要を写真-10に示す。塩分を含んだ水が重力に従ってタイロッド下面に集水することで、腐食を進行させる原因と考えられる。



写真-10 耐風索定着金具下面の腐食

(4) 支承部

取付高架橋のP5, P6橋脚上支承において、サイドブロックが破断している。損傷概要を写真-11に示す。サイドブロックは、支承部に掛る水平力に抵抗する部材である。破断の原因の1つとしては、地震等による強い外力によるもの以外に、側径間がループ形状であることから、温度伸縮挙動が複雑になり、支承の有する可動域では追従できなかった可能性も考えられる。サイ

ドブロックの損傷メカニズムを図-2に示す。現行の状態で地震等の大きな水平力が発生した場合は、他の支承への水平荷重の負担分が増加し、安全性が損なわれると考えられる。



写真-11 サイドブロック破断

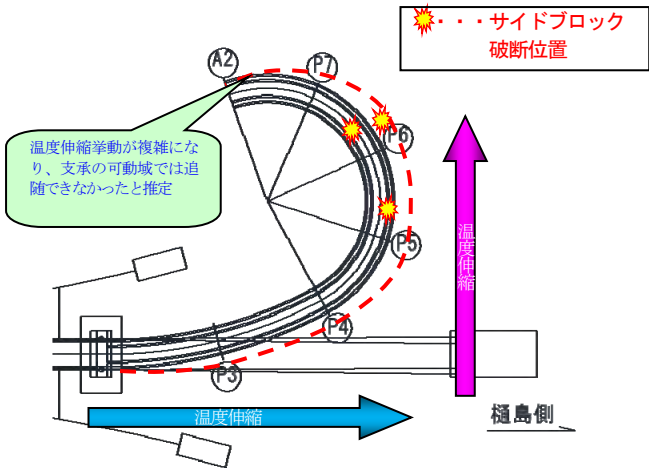


図-2 P5, P6支承サイドブロックの損傷メカニズム概要 (取付高架橋 平面図)

(5) アンカレイジ周辺の地山部

架橋位置周辺で一部地山崩壊や吹き付けモルタルのひび割れ・剥離が確認された。損傷概要を写真-12に示す。吹付モルタルは地山の風化防止や浸食防止を目的としたものでモルタルの変状は地山保護機能を低下させる。地山が崩落すると、アンカレッジの損傷や不安定化、異常変位が生じて、吊橋全体が不安定化する等の可能性も考えられる。



写真-12 地山被覆モルタルのひび割れ・剥離

5. 主ケーブルの性能評価に向けた調査・試験

(1) ケーブル諸元

主ケーブルはφ5mmの素線が91本束となったPWS91をさらに7本束ね、計637本の素線が一体となった平行スト

ランド形式のケーブルである。2018年に水分遮断・腐食防止を目的として、FRP被覆材から防食テープ被覆に交換している。主ケーブル概要を図3 写真-13に示す。

φ5×637本 (PWS91×7本束)

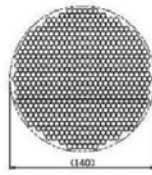


図3 主ケーブル断面諸元



写真-13 主ケーブル概要

(2) 調査・試験一覧

主ケーブルの性能評価を目的として実施した調査及び試験の一覧を表3に示す。

表3 主ケーブル調査・試験項目一覧

調査・試験内容	目的
防食テープ剥離観察	2018年からの素線破断進行状況確認
くさび割調査	素線束の内深部腐食進行状況把握
引張強度試験	素線腐食程度と引張強度低下の関係性把握
疲労強度試験	素線腐食程度と疲労強度低下の関係性把握
応力ひずみ曲線	腐食状況下での剛性低下や破断までの伸び量把握
破断面観察	破断理由の推定

(3) ケーブル開封調査・くさび割調査

素線腐食状態確認を目的として、防食テープを撤去し、開封調査およびくさび打込みによる内深部腐食確認を行った。調査概要を写真-14,15に示す。調査箇所は2018年くさび割調査9箇所と、9/20の外観調査においてスプレー部でテープが剥がれて素線露出を発見した1箇所の、計10箇所とした。



写真-14 くさび割調査状況



写真-15 素線腐食

素線破断や腐食状況は2021年から進行は見られず、防食テープ遮水効果が発揮されている。素線内部腐食状況の過年度との比較を、代表して最も素線破断が進行している終点側左斜材において図-4に示す。また素線腐食分布状況を腐食マップとして示した結果を図-5に示す。損傷の全体的傾向は、劣化因子に接触しやすい外周部素線、下方素線の腐食程度が大きい傾向である。

2021年(令和3年)		2024年(令和6年)	
	1層~5層: 全面赤錆		1層~5層: 全面赤錆

図4 終点側左斜材部における素線内部腐食状況

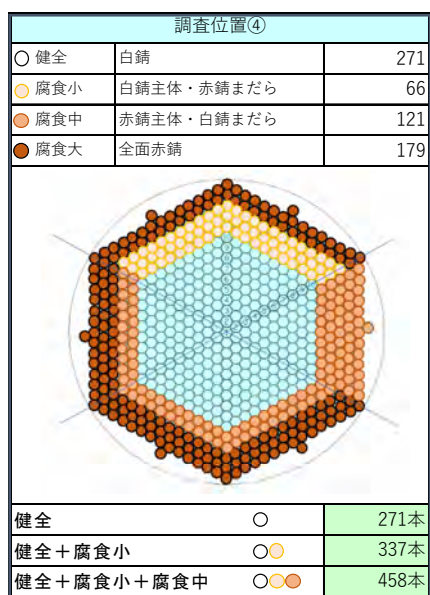


図5 素線断面の腐食分布(腐食マップ)

(4) 室内試験試料の採取

素線の強度や疲労特性を把握するため素線試験を行うに当たり、開封調査の際に破断箇所から素線サンプルを採取した。腐食程度と強度特性関連性を確認するため、既往文献^⑥を基に、健全/腐食小/腐食中/腐食大の4つに分類し、採取を行った。素線サンプルの腐食グレードによる区分を表4、素線サンプルの採取状況を写真-16に、素線サンプル写真を写真-17に示す。

表4 素線サンプル腐食グレード概要

サンプル名称	素線サンプル腐食状況
健全	変状が認められない
腐食小	白錆主体で赤錆がほとんど無い
腐食中	赤錆が主体的で白錆がまだら程度
腐食大	素線全面が赤錆化

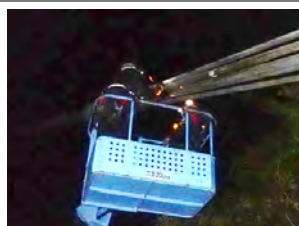


写真-16 素線サンプル採取



写真-17 素線サンプル

(5) 機械的性質試験

① 引張強度試験^①

引張試験は破断時荷重と破断までの伸び率を計測することを目的として実施した。破断に至るまでの過程を示した応力ひずみ曲線を図6、試験結果を表5に示す。

引張強度：ケーブル材料規格^②は、素線引張強度：1570N/mm²、破断荷重：1570N/mm²×19.6mm²≒30.8kNであ

る。表-5より破断荷重は概ね30kN程度であり、規格値からの大きな乖離は確認されず、腐食程度に関わらず、破断強度低下は生じていないと考えられる。

破断時伸び：表-5より腐食大/腐食中では破断時伸び率が、規格値4.0%を下回る結果となり、腐食が進行している素線は靱性が低下する傾向にあると考えられる。

実応力範囲での素線特性：ケーブルの最大張力に対して、腐食・破断した素線は外力に抵抗しないとして除外し健全素線のみの本数(271本)から算定される、最も安全側の素線実応力は1183MPaである。

ケーブルの最大張力：T=640.4t

くさび割り調査での健全素線本数の最小値：271本

素線1本の断面積：19.6mm²

素線応力

$$640.4 \times 1000 \times 9.81 \div (271 \times 19.6) = 1183 \text{ N/mm}^2 (\text{MPa})$$

引張特性に対する評価：発生応力1183MPaは、降伏応力1200MPaに収まっており、さらに、降伏以内であれば図-6から分かるように、腐食程度に寄らず剛性勾配は一定、破断伸びの低下も影響ない範囲である。

以上より、現時点では、設計で考慮されている日常的な死荷重や活荷重の载荷については供用は問題ないと考えられる。

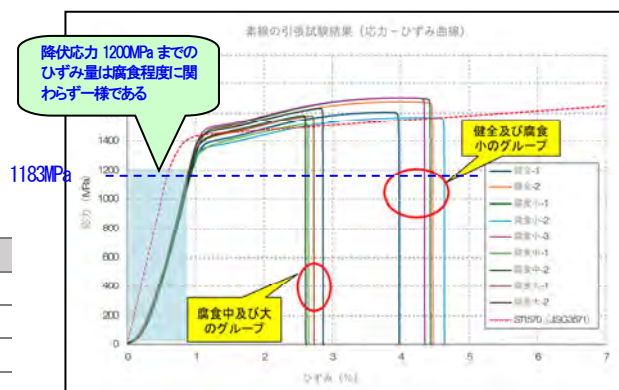


図6 引張試験素線の応力ひずみ曲線

表5 引張試験結果

試験No.	腐食状況	採取位置	破断荷重 (kN) ^{※1}	突合せ伸び (%) ^{※2}	残存断面率 (%)
N0.1	健全-1	—	31.480	4.6	100.5
N0.2	健全-2	—	32.918	6.0	99.1
N0.3	小-1	P1R塔側2本目	33.445	6.0	99.2
N0.4	小-2	10R上2本目	30.739	6.4	100.4
N0.5	小-3	P1L定着部2本目	33.464	5.0	100.5
N0.6	中-1	P2L2本目	29.814	2.6	90.5
N0.7	中-2	10R下2本目	32.008	3.0	95.3
N0.8	大-1	P1L塔側1本目	30.964	2.8	92.0
N0.9	大-2	P1L塔側2本目	31.038	2.6	95.4

破断荷重は規格値 (30.8kN) を概ね満足

腐食中・大は伸び率4.0%未満

※1:素線強度 1570MPa、断面積 19.6mm² の場合の耐力は $P_u=30.8\text{kN}$

※2:製品の規格値は 4.0%以上

②疲労強度試験³⁾

疲労試験は、現時点の素線が有している疲労強度を腐食程度別に収集することを目的に実施した。試験の最小応力は、設計計算書から推定される常時荷重550MPa程度として500MPaとし、応力幅を150～300MPaまでの4つにを設定し、サンプルを以下のように分類した。疲労試験の素線サンプル概要を表-6に示す。

表-6 疲労試験サンプル概要

応力幅	素線サンプル分類(本)
応力幅300MPa	健全 :2(No.6,7)、腐食小:1(No.3)
応力幅250MPa	腐食小:1(No.8)、腐食中:1(No.9)
応力幅200MPa	腐食小:1(No.2)、腐食中:1(No.1)、腐食大:2(No.4,5)
応力幅150MPa	腐食大:1(No.10)

繰返し回数は、既往研究文献⁴⁾や過年度試験結果を参考に200万回と設定した。試験の結果、力の掛かり具合の僅かな差が繰返し载荷に影響し、10本中5本がチャック部での破断となり純粋な疲労強度が計測できなかった。残り5本中4本は繰返し回数200万回で未破断であり一定の強度を示した。残り1本(No. 9供試体)は、応力幅250MPaで繰返し回数49万回強で破断した。既往研究文献⁴⁾と比較すると、同程度の腐食した素線(腐食中)では、応力振幅250MPaで繰返し回数200万回を有する傾向にあるが、これに比べると強度が低下している。要因としては供用中の繰返し荷重の作用による疲労蓄積と推定される。従って、引張強度は十分満足しているものの、素線全体の評価としては、安全側の判断として疲労強度低下のリスクがあると判断した。疲労試験結果一覧表を以下の表-7に示す。

表-7 疲労試験結果

サンプルNo.	下限応力 σ_{min} (MPa)	応力幅 $\Delta\sigma$ (MPa)	繰返し回数 (回)	残存断面率 (%)	破断位置	
NO.1 (中-1)	500	200	2000,000	93.7	未破断	→ 強度有り
NO.2 (小-1)	500	200	2000,000	97.0	未破断	→ 強度有り
NO.3 (小-2)	500	300	733,804	99.3	上チャック	
NO.4 (大-1)	500	200	1,199,284	92.1	下チャック	
NO.5 (大-2)	500	200	918,842	95.0	上チャック	参考値 (計測不能)
NO.6 (健全-1)	500	300	358,489	99.6	下チャック	
NO.7 (健全-2)	500	300	1,205,583	99.2	上チャック	強度有り
NO.8 (小-3)	500	250	2,000,000	99.3	未破断	→ 強度低下
NO.9 (中-2)	500	250	492,339	97.1	中心部	→ 強度有り
NO.10 (大-3)	500	150	2,000,000	95.8	未破断	→

(6) 主ケーブルの総合的評価

- 腐食が進行しても素線引張強度は低下していない。

- 腐食中/腐食大では破断時の伸びが低下する傾向。
- ただし、腐食・破断により耐力低下した素線を除外した健全素線271本のみで抵抗するとしても、素線応力は1183MPaであり実応力範囲は降伏応力以内。
- 実応力範囲内であれば腐食程度に寄らず剛性勾配は一定であり破断時伸びの低下は影響せず、素線が束で一体となって抵抗すると考えられる。
- 一方で、素線の疲労強度は低下しているため、予測不能な疲労破断が生じるリスクを抱えている。
- 以上より、現時点では日常的な供用で主ケーブルが安全性を喪失する可能性は低いが、脆性的な疲労破断が生じる懸念や腐食進行によるケーブルの耐荷性能低下は今後も継続すると評価される。

6. その他詳細調査結果

(1) 主塔基部の内部損傷調査

目視できない主塔基部内の変状を確認するため、超音波を使った滞水有無を調査した。調査概要を写真-18,19に示す。P1主塔基部は滞水が疑われる反射源は認められなかった。P2主塔基部には滞水が疑われる反射源が認められ、P2の北側(起点より左側)では滞水位730mm程度、南側(起点より右側)では滞水位270mm程度と推測された。P2基部で超音波による板厚測定を行った結果、P2南側の主塔塔柱の滞水の乾湿繰返し位置では1.4mm程度の減肉の疑いがあることが判明した。また主塔柱基部においても3.6mm程度の減肉疑いがあることが判明した。計測結果を図-7に示す。

(2) 主塔柱ダイヤフラムの腐食

水抜き孔より内視鏡を挿入し、内部観察を行ったところ、ダイヤフラム上面が層状錆化(ダイヤフラム上面に錆が層を成して形成されている状態)していることが確認された。損傷概要を写真-20,21に示す。P2主塔基部に水の滞水が疑われることを踏まえると、孔食(腐食の進行によってダイヤフラムを貫通している状態)が発生している可能性がある。このままダイヤフラムの腐食が進行すると、主塔塔柱断面の変形を拘束できなくなり、主塔に局部座屈が発生することが懸念される。



写真-18 塔柱滞水調査

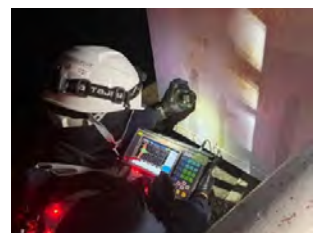


写真-19 超音波調査状況

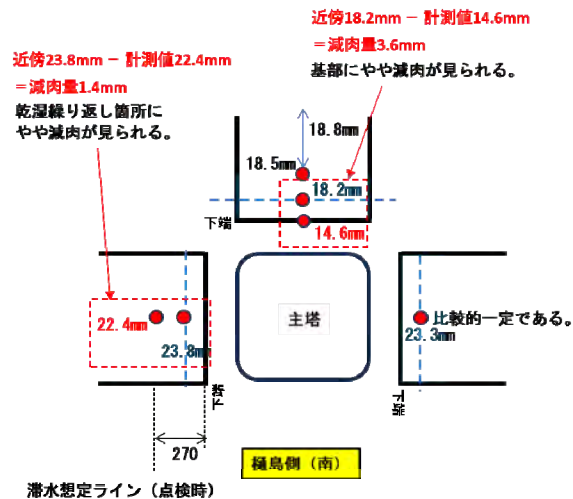


図-7 滞水位置と板厚

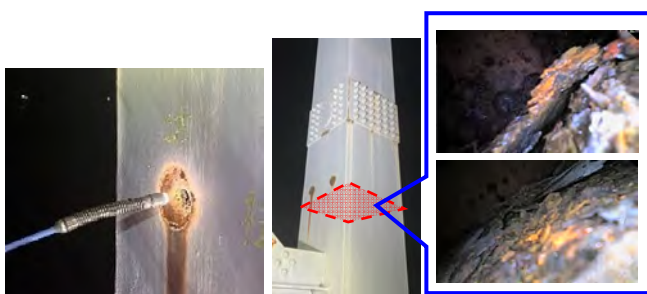


写真-20 内視鏡調査

写真-21 ダイヤフラムの腐食

7. 樺島大橋の直轄診断結果

主ケーブルの素線破断や腐食が進行した状況下で通行を継続することに対して、現時点では安全性を最低限確保しており、設計時に想定している荷重条件下では直ちに落橋に至ることはないと判断された。一方で、主ケーブル並びに、主塔基部や耐風索においては耐荷性能の低下が生じていることが明らかとなったため、今後、耐久性および耐荷性能の回復に向けて、必要な追加調査・設計・補修を進めていく必要がある。

8. おわりに

今回、直轄診断の対象となった吊橋は、特殊な構造形式を有することから、「道路メンテナンス技術集団」が調査や考察の際に着眼する点が一般的な桁橋やトラス橋等と異なっており、多くの知見を得ることができた。

インフラ構造物の老朽化、土木業界従事者の減少、技術職員の不足といった問題が進行する中、効率的な維持管理を推進するに当たり、貴重な経験を得ることができたため、今後の業務に活かしていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 日本産業規格 JIS Z 2241：金属材料引張試験方法
- 2) 構造用ケーブル材料規格：JSS II 03, 04, 05, 06, 11-1994
- 3) 日本産業規格 JIS Z 2273：金属材料の疲れ試験方法 通則
- 4) 土木学会論文集A Vol. 162：腐食した亜鉛めっき鋼線の疲労特性
- 5) 鋼構造シリーズ16. ケーブルを使った合理化橋梁技術へのノウハウ：土木学会、平成19年3月
- 6) ケーブル腐食を考慮した斜張橋の終局強度および疲労寿命 構造工学論文集 Vol. 67A：土木学会、令和3年3月

天満・永昌地区かわまちづくり

田中 智規・塩塚 大輔・田原 秀樹

九州地方整備局 長崎河川国道事務所 流域治水課（〒851-0121 長崎県長崎市宿町 316-1）

本明川「天満・永昌地区」とは、諫早市の中心市街部に位置する地区であり、河川内は、散策や水遊び、魚釣りのほか、諫早万灯かわまつり、魚つかみ取り大会等のイベントなどに利活用されている。しかし、河川内通路の一部区間では、急勾配な階段や、道が途中で途切れる等、安心・安全に利用しにくい状況にあった。そこで、本明川沿川住民からなる「本明川河川利用懇談会」や「本明川オピニオン懇談会」で議論し、誰もが安全で安心して利用出来るように、面的整備や拠点整備などのかわまちづくりに取り組んだため、その内容をここに紹介する。

キーワード かわまちづくり、河川維持管理、川づくり、地域連携

1. はじめに

諫早市の中心市街部を流れる本明川において街である天満永昌地区は昭和32年7月に諫早大水害の被害にあった。死者・行方不明者630名の内、（永昌町102名・天満町120名）と多数の犠牲者がでており、諫早市内で特に被害を受けた地区である。そのため、この被害を受けてからは、大水害の記憶・思いを風化させないためにも、毎年7月25日に「諫早万灯かわまつり」が開催されるようになった。（写真-1）。

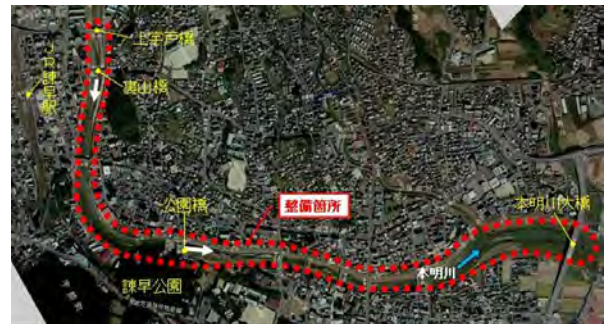


写真-1 諫早万灯かわまつり

他にも、当該地区は、地域住民の方が日常的に管理用通路等を利用したり魚のつかみ取り大会など河

川内でイベント等も行われていた。おり、身近な親しみのある河川空間であった。

今回、この地区において、かわまちづくりの事業として、散策路、階段、駅前公園（諫早市管理）等の整備を平成24年度から取り組み、令和6年に完成したため、実施内容を報告する。



2. かわまちづくりにあたり

諫早市のシンボルとなっている本明川河川敷は日頃より多くの人々が日常的に使用している空間であり、過年度より河川公園や飛び石などが既に整備されていた。

これら河川空間をより安全・安心して利用できるよう、また利用しやすい様に整備すべく沿川住民からなる「本明川河川利用懇談会」や「本明川オピニオン懇談会」の場を活用し、整備内容について、地域の皆さんと話し合い、日頃使用している感想、実

際に現地にて具体的意見などを伺った。

(写真-2)



写真-2 地域の方々と意見交換や現地確認

3. 整備内容

当該地区は諫早駅周辺であり、整備コンセプトとして、次の4つの視点を掲げた。

- ①毎日「生活するひと」が、便利で暮らしやすいまち
- ②「訪れるひと」にとって魅力があり、多くのひとが交流するまち
- ③高齢者も身障者も、誰もが安全で安心して歩しやすいまち
- ④四季を感じて癒される空間があるまち

これらのコンセプトに対し、次の様な整備を市街部区間（約3km）にて実施した。

1) 高水敷の通路整備

市街部の散策路、地域住民の生活通路として従前より活用されていた高水敷であったが、通路が未舗装で一部凸凹であったこと、一部区間で通路が途切れている状況にあった。

これを周回できる管理用通路として一連区間で舗装整備することにより、散策等の日常的な河川利用時の利便性・安全性向上、イベント時の動線確保、再開発が行われている諫早駅周辺から市役所などの下流域までの歩行者ネットワークの確保、河川管理者の河川巡視の円滑化を図った。(図-1)



未舗装の
通路



管理用
通路

図-1 高水敷の通路整備

2) 管理階段の整備

当該地区は堤防が特殊堤（パラペット）ということもあり、河川へ降りる階段も急勾配で踏み幅も狭い状態にあった。そこで昇降方向を河川に対し鉛直方向から流下方向に見直すことにより、勾配を緩くし、踏み幅を確保した管理用階段の整備を行った。このことにより日常的な河川利用者の利便性・安全性の向上を図った。(図-2)



急な勾配
の階段



図－２ 管理階段の整備

3) 駅前公園と一体となった整備

九州新幹線西九州ルートの開業にあわせ、広域交通の拠点である諫早駅周辺地区を整備することで、「交通結節拠点の形成」、「公共公益サービス拠点の形成」として、駅前公園の整備を行った。（写真－２）



写真－２ 駅前公園リニューアル

駅前公園とそのすぐ横を流れる本明川河川敷が一体となった利活用を目指し、パラペット堤をなくし、イベント広場となるよう高水敷への坂路、階段の整備、高水敷の整正などの整備を行った。（図－４）



図－３ 駅前公園の堤防整備

また、同公園に設置する河川名を記した看板は、本明川を連想させる石橋と飛び石をモチーフに有識者がデザインした看板を設置した。（写真－３）



写真－３ 河川名看板

4. 整備効果

散策路などの整備により、これまでより多くの方々に、安全・安心して利用できる水辺の憩い・散策空間の創出となった。（写真－５）



写真－４ 周回散策路の利用

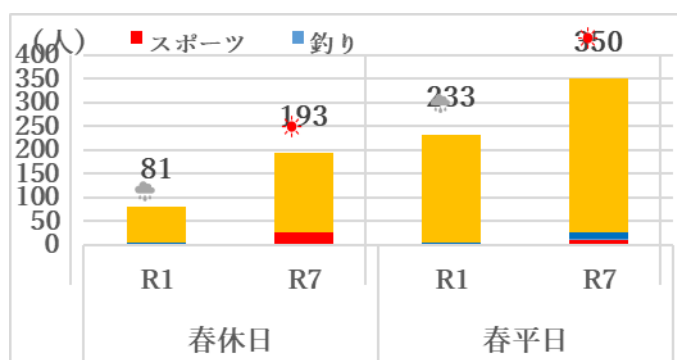
特に整備区間の中央にある固定堰で分断されていた諫早神社と下流の河川敷が管理用通路で繋がったことにより、上下流の周遊ができるようになったことに起因し、河川敷でやぶさめ奉納が約 100 年ぶりの平成 30 年 4 月から復活した。(写真－５)



写真－５ 流鏝馬

その他、河川内利活用の事例は次のとおりであり、利用者数は年々増えている。(図－４)

- ・沿川住民の憩い、安らぎの場
- ・散策、ジョギングや水遊びなど日常的な利用
- ・「本明川魚つかみ取り大会」等のイベント、
- ・近隣小学校の環境学習などの活用



図－４ 利用者数の推移



写真－６ 高水敷広場のイベント

５. おわりに

諫早市の「歴史と文化、水と緑を活かした中心地区の活性化」を目標に、国、市、周辺商店街の方々と連携し、中心市街地の再生と賑わいの回復、円滑な交通の流れを確保、安全・安心な水辺空間の創出に取り組んだ。

かわまちづくりの取り組みは、単に社会基盤整備のみならず、地域の活性化、流域の更なる魅力アップの取り組みであり、地域が元気になる取り組みであった。

今後も諫早固有の自然に触れ、季節ごとの地域イベントに出会い、懐かしさや四季を感じることできる本明川の保全・創出に努めていきたい。

最後に、本事業にご協力いただいた多くの方々にこの場を借りて、心から深く感謝申しあげる。

京町温泉地区かわまちづくり ～河川空間のオープン化への取り組みとこれから～

進 広尚¹・中山 晋孝²・大窪 雄大³

¹⁻³九州地方整備局 川内川河川事務所 京町出張所 (〒889-4151 宮崎県えびの市大字向江1008-9)

えびの市京町温泉地区は、地域の更なる活性化を目指して、2021年3月に「川内川水系かわまちづくり計画」に追加され、2025年3月に整備が完了した。本稿では、当地区のかわまち事業のこれまでの取り組み、河川空間のオープン化へ向けた今後の展開について報告する。

キーワード かわまちづくり、川内川、地域連携、京町温泉地区

1. はじめに

川内川(図-1)は、羽月川、隈之城川等の支川を合わせ川内平野を貫流し薩摩灘へ注ぐ、熊本県、宮崎県及び鹿児島県の3県、6市4町にまたがる幹川流路延長137km、流域面積1,600km²の一級河川である。

上流部に位置する宮崎県えびの市は、クルソン峡や豊かな観光資源や史跡、神社、仏閣等の歴史的資源にも恵まれている。また、すぐれた砂質土壌で農作物の栽培に適し、なかでも質・量ともに県内一を誇る“えびの米”の産地となっている。

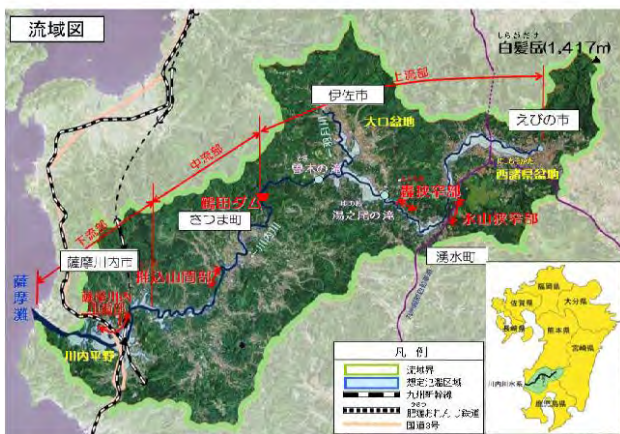


図-1 川内川流域図

えびの市では、京町温泉地区の他に、2014年～2017年にかけて湯田地区においてもかわまちづくりの整備が完了しており、今後益々の地域活性化が見込まれているところである。

2. 京町温泉地区かわまちづくりの概要

今回整備が完了したえびの市京町温泉地区(図-2)は、例年開催される、えびの京町温泉夏祭り花火大会の会場として、また、親子サイクリングや親子バーベキューなど、アウトドアイベントの会場として利用されており、観光の中心となるとともに地域の憩いの場として活躍している。『えびの市の魅力をかかわまちでつなぎ、住民参加型の持続可能なかわまちづくりの実現～「アウトドアシティえびの」の更なる活性化を目指して～』のコンセプトの下、えびの市のまちづくりと川内川のかわまちづくりの融合により、周辺観光拠点等の地域資源を活かした、観光・交流拠点として、地域交流の促進と地域活性化を目的に、2021年3月に川内川水系かわまちづくり計画に追加され、事業が開始された。



図-2 京町温泉地区かわまちづくり整備箇所

3. 地域連携による取り組み

(1) 協議会の設置

2021年6月、整備計画や水辺の利活用計画、施設等の維持管理方法について検討することを目的に、地元自治会長、関係組合長や協会、自治体等からなる「京町温泉地区かわまちづくり推進協議会」(写真-1)を、また、その下部組織として「作業部会」を設置した。

作業部会では、推進協議会でなされないより具体的な内容が議論されるとともに、後述の社会実験内容の検討を行うなど、綿密な会議が複数回にわたって実施された。



写真-1 京町温泉地区かわまちづくり推進協議会の様子

(2) 社会実験の実施

作業部会で議論された利活用・整備内容の具体化のため、並びに机上でしか確認していなかった課題の抽出や、整備メニューの妥当性(位置等)について実際に地域の方に利用していただき、フィードバックを整備に反映させることを図り、地元事業者や関係協会の協働による社会実験を計2回行った。

a) カヌー・SUP体験、その他体験学習

2022年8月21日に、地元小中学生およびその保護者を対象に、カヌー・SUP体験等を行った。(写真-2)

約50名が参加し、現場では体験学習として、漁協組合やカヌー協会協力の下、うなぎの放流や川魚の展示、カヌーによる河川清掃、地元事業者によるバーベキューも



写真-2 社会実験の記念撮影

実施され、大きな賑わいを見せた。今後の利活用への期待が持てる結果となった。

b) キャンプ・e-bike・カヌー体験

2022年10月15日～2022年10月16日には、2日間にかけてキャンプ・e-bike(電動アシスト自転車)・カヌー体験を行った。(写真-3)

今回の社会実験では約50名が参加し、前回同様、活気のあるものとなった。1回目とは異なり、京町温泉旅館組合との連携の下、参加者が周辺施設へ足を伸ばし、地域と広域的なつながりを持ってもらえるように、京町温泉の入浴割引券や周辺マップを配布するなど、温泉郷ならではの取り組みも行われた。



写真-3 キャンプ体験の様子

(3) 3者会談の実施

えびの市長、京町温泉地区かわまちづくり推進協議会会長、川内川河川事務所長の3者で、これまでの検討状況と地域の組織、団体の主な意見や取り組み状況を共有し、かわまちづくりの推進を図ることを目的に、3者会談を計3回実施した。(写真-4)

作業部会にて固まった作業方針や社会実験後の経過報告、また工事期間中における途中経過などについて、随時、情報共有と認識のすり合わせを行った。

また、会談には社会実験を実施した地元事業者の代表も参加し、今後のスキームからフォローアップまで、広く議論が行われた。



写真-4 3者会談の様子(web)

4. 整備の実施

(1) 整備内容の決定

整備内容は社会実験の参加者によるアンケート調査の結果と作業部会での意見交換を基に決定された。

社会実験の結果、アンケートに回答いただいた多くの方々からは好評の評価をいただいた。一方で、「トイレや手洗い場が近くにない、車両通行時に砂埃が発生する」といったような声も見受けられた。（図-3）

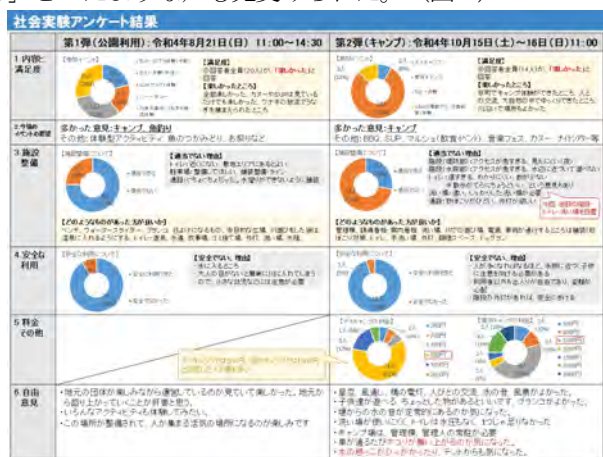


図-3 社会実験アンケート結果

また、作業部会では、「護岸から水辺に安全に近づけない、堤防から高水敷までの車道幅が狭い、整地がされておらず少しの雨でぬかるむため子供たちが安全に利用できない、駐車場としても利用しづらい」などの課題が挙げられた。（写真-5）



写真-5 工事着手前写真

(2) 工事の実施

工事は2023～2024年度の2か年に渡って行われた。内容は、前述の課題を踏まえ、堤防から高水敷へのアクセスのための大型階段の設置および坂路拡幅、芝生の整備、管理用通路（散策路）、駐車場、トイレおよび手足洗い場の設置、船着き場の改良（階段護岸）等である。これらの整備により、地元の住民や子供たち、カヌー利用者の当該箇所へのアクセス性と利用の安全性が高められ、快適で賑わいのある水辺空間が創出された。（写真-6）



写真-6 工事着後写真

また、地域住民へのかわまち事業に対する意識づくりの一環として、工事の期間中においても、当該箇所で開催され、多くの方々に参加いただいた。（写真-7、8）



写真-7 水辺で乾杯



写真-8 えびの京町温泉夏祭り花火大会

5. 河川空間のオープン化へ向けて

(1) 都市・地域再生等利用区域の指定

従来、河川敷地の占用は地方公共団体・公益事業者等の公的主体が、公共性・公益性のある施設を設置する場合に限られていたが、地域のニーズに対応した河川敷地の多様な利用を可能にするため、2011年3月、河川敷地占用許可準則の一部が改正され、全国の河川管理者が指定した区域（都市・地域再生等利用区域）で広場やイベント施設等を設置することが認められるとともに、占用主体として民間事業者等も認められることとなった。

本制度の基本方針として、指定する区域、その区域を占用する主体、占用方針について地域の合意が図られていること、通常の占用許可でも満たすべき基準に該当すること、都市・地域の再生及び河川敷地の適正な利用に資することが挙げられている。

これらは「河川空間のオープン化」と呼ばれ、この制度を利用し、河川敷地を開放することで、河川管理者は水辺空間の管理等に民間の力を借りることができる。また、市町村にとっては、河川空間を有効活用することで、まちににぎわいを創出することができるようになる。

（図-4）

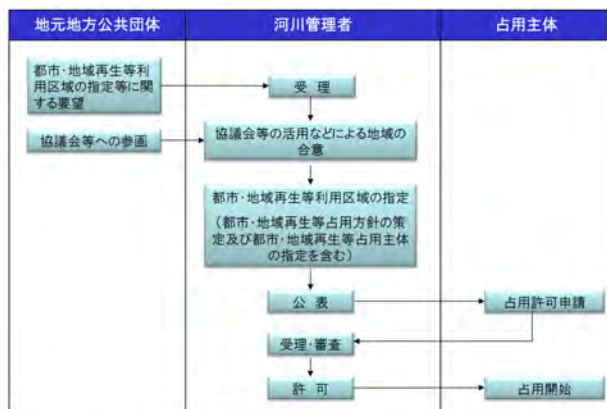


図-4 河川空間オープン化の流れ

(2) オープン化へ向けた新体制の構築

整備完了後の河川公園の積極的な活用のため、また、整備を行った周辺施設、地域産業を活用した活性化方策の検討及び実現性について議論しつつ、都市・地域再生等利用区域に指定されるための地域合意を図るため、2025年10月に「えびの京町地区河川公園周辺地域活性化推進協議会」を設置した。（図-5）

当協議会はこれまで計4回実施され、オープン化へ向けて活発に活動を行っている。

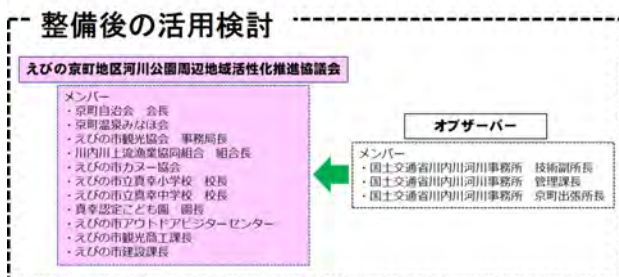


図-5 えびの京町地区河川公園周辺地域活性化推進協議会

6. 今後の取り組み

現在、整備が完了した区域を占用しているえびの市が、公募によって選定された民間事業者と契約を締結、試験的にキャンプ場として使用し、実際に民間事業者による運営を行い地域活性化へ貢献するのかどうか、また、継続的に運営ができるほどの収益をあげることができるかを検証するための社会実験を実施しようとしているところである。

社会実験は2025年度から2026年度を予定しており、実験により継続して事業を行うことができると判断された場合は、前述の協議会により合意がなされ、都市・地域再生等利用区域の指定に向けて手続きを進めていく予定である。

7. おわりに

行政、地元事業者そして地域の住民を含めた多くの関係者と議論や社会実験、イベントを重ね、京町温泉地区かわまちづくり事業の整備が完了した。（写真-9）

これまで、完成に向けて綿密に整備内容等を決定してきたが、今年から実施される試験的運営を行うことで、当初見られなかった課題が浮かび上がることも考えられ、それぞれに準じた維持管理が求められてくる。

そのような課題解決の為に、地元住民、自治体の声に耳を傾けながら、引き続き、コンセプトにある「えびの市の魅力をかかわとまちでつなぎ、住民参加型の持続可能なかわまちづくりの実現」に向け、官民一体となつてかわまち事業を進めていきたいと思う。



写真-9 京町温泉地区かわまちづくり完成式典

九州初の道路シールドトンネルの 中間報告（市街地部を通過） ～鹿児島3号東西道路シールドトンネル （下り線）新設工事～

樋口 昌宏¹・河野 敏和¹・富山 達也¹・勝田 弘志¹

¹九州地方整備局 鹿児島国道事務所 工務課 （〒892-0812 鹿児島県鹿児島市浜町2番5号）

鹿児島東西道路は、鹿児島市街地部に位置する延長3.4kmの自動車専用道路であり、このうち延長2.3kmのシールドトンネルを施工している。シールドトンネル工事は、令和5年11月より掘進を開始しており、各種近接構造物へ有害な変状を与えることなく市街地部を通過し、令和7年2月より、土被りが相対的に大きく、地盤の安定した山岳部の掘進を行っている。

本稿では、市街地部の通過に伴う技術的な課題、施工管理、計測管理等について報告する。

キーワード 鹿児島東西道路、シールド工法、低土被り、騒音、振動、計測管理

1. はじめに

鹿児島東西道路（延長約3.4km、完成4車線）は、鹿児島市に位置し、九州縦貫自動車道や南九州西回り自動車道との結節点である鹿児島ICと鹿児島市中心市街地および重要港湾である鹿児島港を結び、アクセス機能強化と都市交通円滑化、交通混雑の緩和を目的とした高規格道路である（図-1）。

このうち、本工事は九州地方で初めてとなるシールド工法による道路トンネル工事であり、外径11.34mの泥土圧式シールドマシンにより、シラス地盤を約2.3km掘進するものである。シールドマシンは市街地部を発進し、供用中の幹線道路直下を掘削しながら、九州電力洞道や鹿児島市電、九州旅客鉄道（以下、JR九州）軌道等の各種構造物に近接した中で掘進する施工条件であることから、各構造物の管理者と事前協議を行い、慎重な掘削が求められた。本稿では、市街地部の通過に伴う技術的な課題、施工管理、計測管理等について報告する。

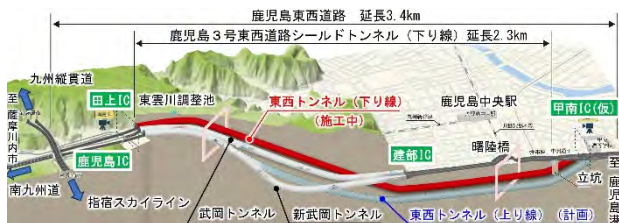


図-1 鹿児島東西道路 概要図

2. 市街地部における施工条件の概況

市街地部の概況を図-2に示す。シールドマシンは、都市部の幹線道路の中央部に発進立坑を設けて発進していることから、沿線の家屋や店舗等、周辺環境に配慮した施工が求められる。特に、九州電力洞道、鹿児島市電、曙陸橋、JR九州軌道（鹿児島本線、指宿枕崎線）においては、社会的に影響の大きな重要構造物の直下でのシールド掘削であり、各構造物への影響を最小限に抑えるため、事前の予測解析や施工時の変状計測を行いながら、慎重にシールドを掘進することが求められた。また、多岐にわたる管理者に対して、承認期間を考慮して早期の協議を実施する必要があった。



図-2 市街地部の概況

3. 市街地部における土質概況

本工事の平面図および土質縦断図を図-3,4に示す。トンネル全線において、九州南部に分布する特殊土であるシラス地盤の掘削となる。シラス地盤は火砕流堆積物であり、一般的な砂質土と比較して間隙率が大きく、水が加わると流動性が増加して崩壊しやすい傾向にある⁹⁾。このことから、市街地部はもとより、Si-M層（設計N値＝45）を主体とする山岳部の掘進においても、慎重な施工が求められる。

市街地部における土質縦断図を図-5に示す。シールドは発進後、1 D程度の土被りはあるものの、シールド上部には緩い砂質土地盤であるUs層（設計N値=12）が堆積している。このように、シールド掘削による変状が地表面に伝わりやすい地盤の中で、各構造物の直下を掘削する施工条件となるため、変状の抑制対策を検討する必要がある。

4. 市街地部における施工時の課題と対応

(1) シールド掘進に伴う地盤変状の概要

シールド掘進に伴う地盤変状として、シールド前面の切羽圧のバランスに起因した前方での先行沈下、シールドマシンとセグメントの外径差（テールボイド）に起因した後方での後続沈下が生じる（図-6）。

左記の変状を抑制するため、シールド前方の先行沈下に対しては、適切な切羽圧の設定を行うこと、後方の後続沈下に対しては、適切な裏込め注入圧を設定することが求められる。一般的には、切羽圧や裏込め注入圧の管理値は机上計算により設定されるが、本工事においては、適切な施工管理値の設定のため、施工ヤード内においてトライアル区間を設け、地盤変状に関する計測を行うことで、切羽圧および裏込め注入圧の設定の妥当性を検証することとした。

なお、図-5中に示されている曙陸橋の歩道橋の杭は、トンネル線形と干渉するものであり、当初はシールドマシンで杭を直接切削して掘進する計画であったが、本工事の技術検討委員会に諮問の上、シールド掘削前に歩道橋とその杭を一時撤去し、流動化処理土による埋戻しを行った後にシールド掘削する計画へ変更となった。これより、当該部での変状リスクを低減できたものとする。

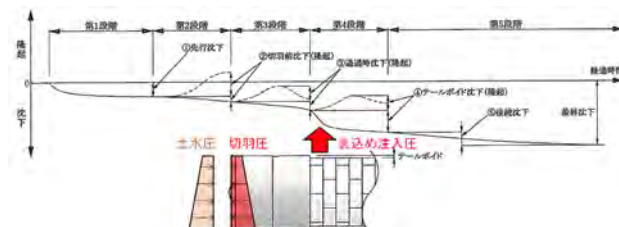


図-6 シールド掘進による地盤変位の概要²⁾



图-3 平面图

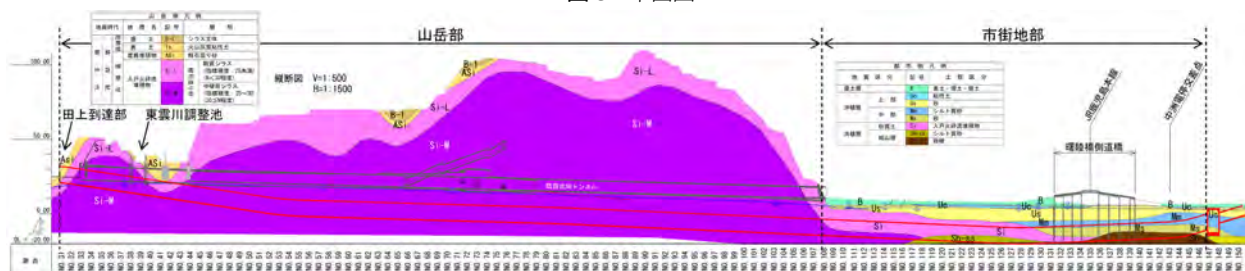


図-4 土質縦断面図

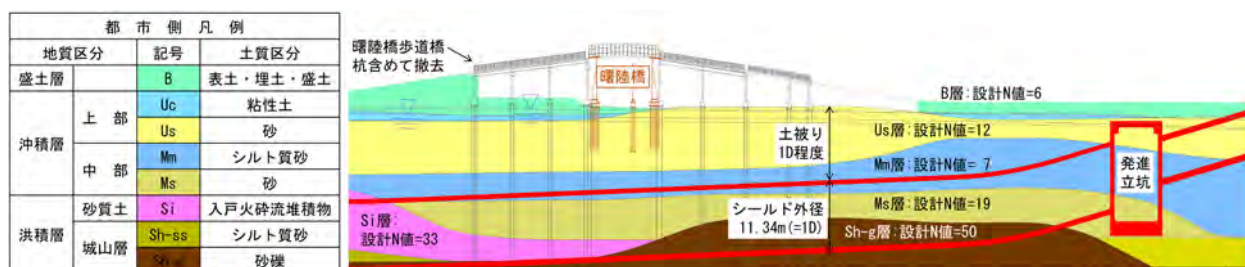


図-5 市街地部における土質縦断図

(2) 発進後の施工ヤード内におけるトライアル掘進

a) 計測内容

トライアル掘進の概要を図-7に示す。計測機器は施工ヤード内に設置しており、トータルステーションによる地表面の沈下量の計測および層別沈下計による地中の沈下量の計測を行った。解析値と計測値を比較した結果を図-8に示す。地表面の沈下については、解析値4.7mmに対して計測値4.8mmと、概ね一致している結果を得ており、層別沈下計の計測値は、各層で解析値と1mm以内の差であったことから、解析値と計測値が同程度であると判断した。以上より、机上計算による切羽圧および裏込め注入圧の管理値（上限値、下限値）の設定が妥当であることを確認した。なお、地盤変状をゼロにするべく、上限値を超えて切羽圧や裏込め注入圧を高める場合、必要以上に地盤が乱されて沈下を招く恐れや、セグメントに過度な荷重が作用する可能性があることから、上限値を超えた切羽圧や裏込め注入圧を作用させていない。

切羽圧と裏込め注入圧の設定を、以下に示す。

切羽圧

- ・ 上限値＝静止土圧＋水圧＋予備圧20kPa
- ・ 下限値＝主働土圧＋水圧＋予備圧20kPa

裏込め注入圧

- ・ 上限値＝切羽圧の上限値＋200kPa
- ・ 下限値＝切羽圧の上限値＋ 20kPa

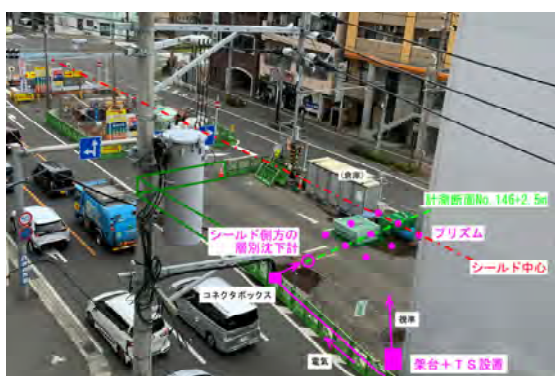


図-7 発進部トライアル掘進概要

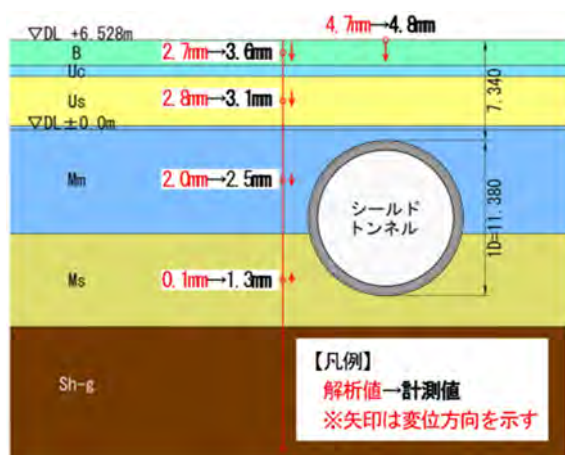


図-8 解析値と計測値の比較（立坑から切羽を望む）

b) 騒音振動対策：滑材の変更

一方、地表面ではシールドマシン掘進による振動・騒音の発生が一部区間にて確認された。これは、シールドマシンと地盤との摩擦に起因するものであり、通常、シールドマシン外面から滑剤を吐出することにより、摩擦を低減することが出来る（図-9,10）。

トライアル掘進においても、当初設計の「凝結材＋助剤」の滑剤を注入していたものの、振動・騒音の発生が確認されたため、摩擦低減効果のより大きい「高分子（サイレントゲル）」に滑剤を変更し、以降の掘進を行うこととした（図-11）。

滑剤変更後、地表面における振動計測にて、一定の振動低減効果があることを確認した（図-12）。

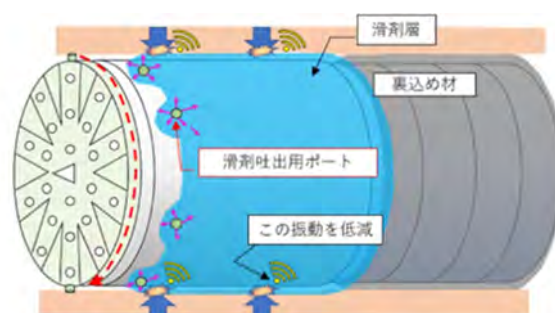


図-9 振動発生の概要

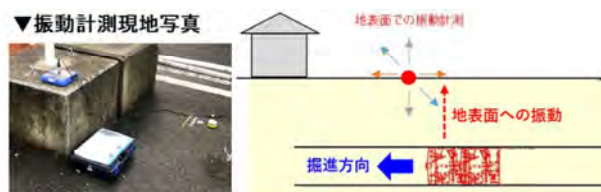


図-10 振動の計測状況



図-11 滑剤の性状

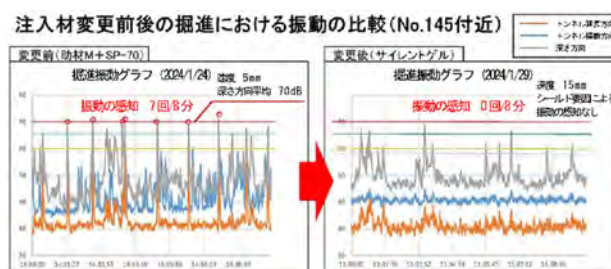


図-12 滑剤変更による振動低減の効果

(3) 市街地部における各種課題と対応

a) 幹線道路（市道中洲通線、県道24号）

市街地部においては、供用中の幹線道路の直下を施工することから、手動測量により路面変状をモニタリングしており、測定結果を定期的に鹿児島国道事務所HPにて公開している。管理値の設定においては、過去の工事の事例を参考に、表-1の通り設定しており、一次管理値以内で市街地部の掘削を完了している。

b) 中洲電停交差点：九州電力洞道

対象構造物は、GL-4.5m付近に位置するφ220mmの電力洞道（電力管）である（図-13,14）。管理者との協議により、洞道の限界値を10mmとする回答を得たが、地中の洞道に対して計測機器を直接取り付けることが出来ないため、どのように管理を行うかが課題であった。

これに対して、管理者協議の上、二次元FEM解析結果における地表面変位と洞道位置の変位との関係性を踏まえ、地表面変位の実測値から洞道変位を推定することとした。具体的には、図-15の解析結果において、地表面沈下4.2mmに対して洞道位置の沈下が4.9mmと、1.17倍の変位が表れると推定された。これより、洞道の限界値10mmに対応する地表面変位を $10\text{mm} \div 1.17 = 8.5\text{mm}$ と定め、各管理値を設定するものとした（表-2）。

c) 中洲電停交差点：鹿児島市電

対象構造物は、地表面に位置する鹿児島市電の軌道である（図-13,14）。管理者協議の上、限界値は「鹿児島市交通局軌道整備心得」に示される、軌道の10m弦正矢法による高低・通りで、各10mmとした。10m弦正矢法による軌道管理の概要図を図-16に示す。これは、レールに10mの糸を張り、その直線に対するレールの偏差として表される値である。管理値は電車の走行性から定められるもので、各鉄軌道事業者で整備基準値が設定されている³⁾。鹿児島市電の軌道の管理値の設定を表-3に示す。

計測における工夫として、平面図（図-13）に示すように、5mピッチで軌道の変位を計測することで、10m弦正矢法での処理を容易としている（例えば6mピッチであれば、12m弦となってしまいうため、線形補完して10m弦での値を推定する等の処理が必要となる）。

施工における工夫として、計測データを常時モニタリングすることはもとより、中洲電停交差点においては、九州電力洞道・鹿児島市電・幹線道路等、社会的に影響の大きな重要構造物の直下での施工となるため、迅速に通過することを目的として、土日を通じた連続掘進を行うこととし、問題無く施工を完了している。（なお、本工事は4週8休適用工事であるため、別途閉所日を設けた。）

表-1 路面変状の管理値の設定

管理値	設定値	超過時の主な対応
一次管理値	±10mm	計測頻度アップ
二次管理値	±15mm	施工方法再検討，対応協議
三次管理値	±20mm	対策工検討，協議，実施

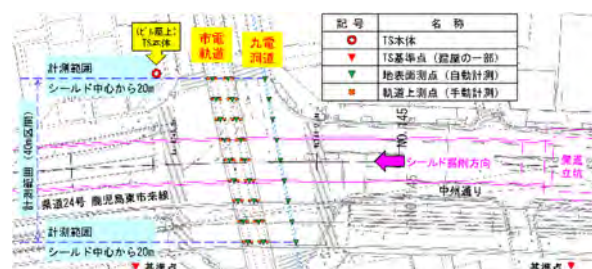


図-13 平面図

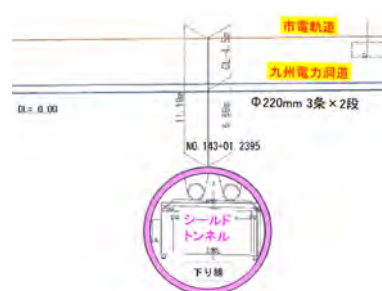


図-14 横断面図

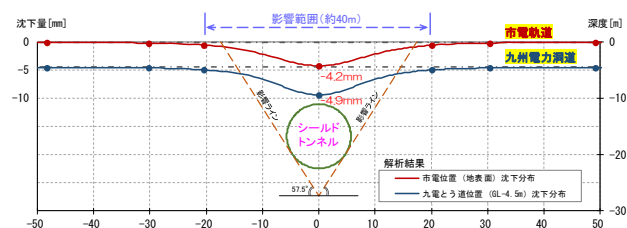


図-15 二次元FEM解析による沈下量の予測解析

表-2 九州電力洞道管理のための地表面変位の管理値の設定

管理値	設定値	超過時の主な対応
一次管理値	±8.5mm×50%＝±4.2mm	計測頻度アップ
二次管理値	±8.5mm×80%＝±6.8mm	工事中断，対応協議
限界値	±8.5mm	対策工協議，実施

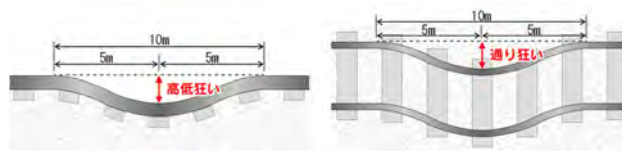


図-16 10m弦正矢法による軌道管理の概要図

表-3 鹿児島市電の管理値（10m弦正矢法：高低・通り）の設定

管理値	設定値	超過時の主な対応
一次管理値	±10mm×50%＝±5mm	計測頻度アップ
二次管理値	±10mm×80%＝±8mm	工事中断，対応協議
限界値	±10mm	対策工協議，実施

d) 曙陸橋

対象構造物は杭基礎形式の橋台および橋脚であり、片側2車線の車道を供用する道路橋である。図-17の概況に示す通り、JR九州軌道を跨線している。シールドトンネルとの位置関係は、平面図・縦断面図・横断面図(図-18,19)に示す通り、深度方向に曙陸橋の杭との離隔を確保している。なお、北側歩道橋については、先述の通り、杭を含めて歩道橋を一時撤去している。

計測方法は、橋台、橋脚の北面および南面にプリズムを設置し、JR敷地外に設置したTS(トータルステーション)から自動測量を行う方法とした。プリズムの設置はJR敷地内となるため、敷地の管理者であるJR九州と協議の上、夜間の線路閉鎖時に施工を行った。

曙陸橋の橋台、橋脚の変位の管理値は、管理者である鹿児島地域振興局との協議の上で、表-4の通りに設定した。これは、参考文献4)に示されている、シールド工事における同様の事例を参考に、限界値 $\pm 10\text{mm}$ を設定したものである。施工は、問題なく掘削を完了している。



図-17 曙陸橋およびJR九州軌道一北側の概況



図-18 平面図

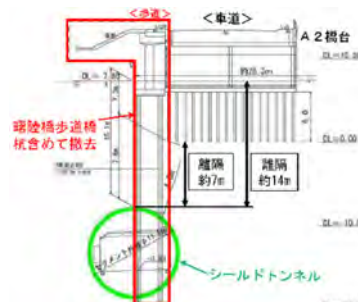


図-19 横断面図(起点側から終点側を望む)

e) JR九州軌道

対象構造物は地上を走行するJR九州軌道(鹿児島本線、指宿枕崎線)である。先述の鹿児島市電の管理と同様に、10m弦正矢法による軌道変位の高低・通りを管理するものである。表-5に管理値を示す。なお、計測業務は管理者に委託しており、計測機器として管理者指定の軌道変位自動測定器を軌道近傍に設置し、計測データを常時監視できる体制を構築した。

また、JR九州軌道に対しては、事前の二次元FEM解析結果を踏まえ、2つの対策工を管理者に委託、施工している。対策工は、軌道の変位を抑制するための補強桁の設置と、軌道下の地盤変状を抑制するための薬液注入工法による地盤改良であり、いずれも夜間の線路閉鎖時に時間が制約された中での施工であった。

曙陸橋部の通過においては、中洲電停交差点と同様に、社会的に影響の大きな重要構造物の直下での施工となるため、迅速に通過することを目的として、土日を通じた2週間にわたる連続掘進を行った。上記の対策工、施工上の工夫により、軌道の変状は高低・通りともに問題なく施工を完了している。

なお、シールド掘削に伴い、変状が生じた際の軌道整備作業員を管理者にて確保頂くために、管理者・発注者・受注者で密に連携し、確実な情報伝達を行うために細心の注意を払ったことが苦慮した点である。

表-4 曙陸橋の管理値の設定

管理値	設定値	超過時の主な対応
一次管理値	$\pm 10\text{mm} \times 50\% = \pm 5\text{mm}$	計測頻度アップ
二次管理値	$\pm 10\text{mm} \times 80\% = \pm 8\text{mm}$	工事中断、対応協議
限界値	$\pm 10\text{mm}$	対策工協議、実施

表-5 JR九州軌道の管理値の設定

項目	管理値	設定値	超過時の主な対応
高低・通り 10m弦正矢法	警戒値	$\pm 8\text{mm}$	計測頻度アップ
	補修実施値	$\pm 15\text{mm}$	軌道補修実施
	限界値	$\pm 22\text{mm}$	対策工協議、実施

(4) モニタリング結果の公表

市街地におけるシールドトンネルの施工にあたっては、施工の安全性確保、周辺の生活環境への影響の低減策のほか、地域の安心を確保するために、シールドマシン直上における地表面の変位や、振動・騒音・低周波の計測を行い、モニタリング結果を公表している。(図-20)



図-20 鹿児島国道事務所HP(モニタリング結果公開)

5. 今後の予定

現在、シールドトンネルは、土被りが大きく、安定した地盤である山岳部を掘削している。今後のシールド掘削における要所と計画を以下に記す。

a) 東雲川調整池部における杭の直接切削

東雲川調整池部の概要図を図-21に示す。当該箇所においては、シールド掘削断面と調整池擁壁の基礎杭が干渉しており、無対策の状態ではシールド掘削を行った場合は、基礎杭が大割れし、シールドマシン内で排土を行うスクリーコンベアが閉塞し、掘進が不能となる可能性がある。

これに対して、高圧噴射攪拌工法を用いて杭切削部の地盤改良を行うことにより、杭を小割りにして掘削、排土する計画としている（現在、地盤改良の施工を完了している）。加えて、小型のシールド機を使用した切削実験⁹⁾により切削可能であることを検証しているものの、実施工においては擁壁に沈下計を設置し、不同沈下等の異常が無い常時監視できる体制を構築し、シールド掘進を行う予定である。

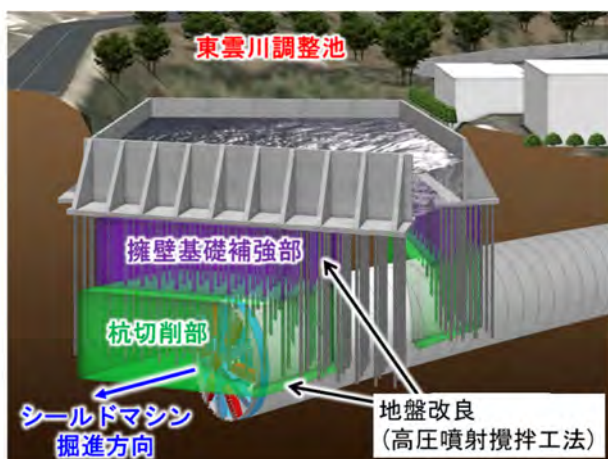


図-21 東雲川調整池部の概要

b) 田上到達部における急傾斜地への到達

田上到達部の概要図を図-22に示す。当該箇所においては、上部の住宅地、鹿児島県より急傾斜地崩壊危険区域に指定されている急斜面、側部の既設擁壁・国道3号（※市街地部の県道24号と接続している）に囲まれた中での施工となり、各構造物への影響抑制が求められる。

これに対して、シールドの到達過程を考慮した三次元逐次掘削解析を行うことで事前の変状予測を実施しており（図-23）、到達時には各種構造物に対して計測機器を設置し、異常が無い常時監視できる体制を構築し、シールド掘進を行う予定である。

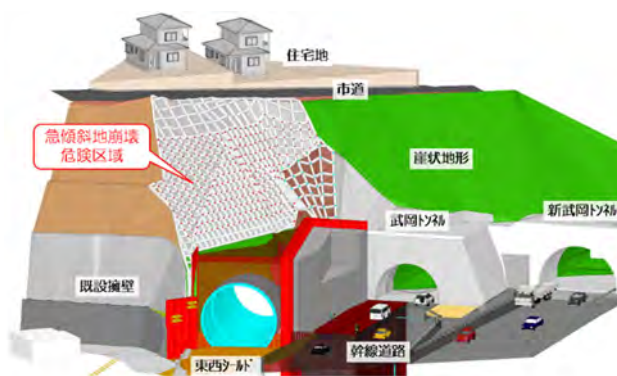


図-22 到達部の概要

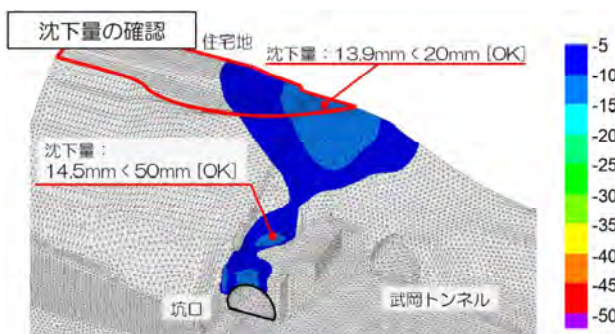


図-23 三次元掘削解析による到達時の沈下量の事前予測

6. おわりに

本稿では、鹿児島3号東西道路シールドトンネル（下り線）新設工事における、市街地部の各種近接構造物に対する事前協議内容、計測内容と結果について報告した。現在、各種構造物へ有害な変状を与えることなく、シールド掘進ができている状況である。

シールド工事に限らず、都市部での工事においては、近接構造物の管理者との管理値設定や対策工事など、事前協議が必須となる。本事例が他の都市部における工事の参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 「土かぶりの浅いシラス地帯を中壁式NATMで挑む一般国道3号鹿児島バイパス武岡トンネル」（1988.7.トンネルと地下, Vol.19, No.7, pp.55-62：瀬戸口忠臣 他）
- 2) 「トンネル標準示方書 シールド工法編」（2016年、土木学会）
- 3) 「都市部鉄道構造物の近接施工対策マニュアル」（平成19年、鉄道総合技術研究所）
- 4) 「都市部近接施工ガイドライン」（2016年、日本トンネル技術協会）
- 5) 「シールド機によるPHC杭の直接切削実験」（令和4年度土木学会全国大会 年次学術講演会投稿論文、中村凌太郎 他）

球磨川かわづくりデザイン検討会による 良好な水辺空間の創造

北村 峻馬¹・一ノ瀬 誠¹・松本 敏幸¹

¹九州地方整備局 八代河川国道事務所 流域治水課 (〒866-0831 熊本県八代市萩原町1丁目708-2)

令和2年7月豪雨にて甚大な被害が発生し、球磨川水系緊急治水対策プロジェクトにてとりまとめられた治水対策の推進が図られているところであるが、球磨川水系河川整備計画（国管理区間）の基本理念に基づく河川整備の実施にあたり、動植物の生息・生育・繁殖環境や景観、水辺空間の利活用等に資する「かわづくり」を推進するため、球磨川かわづくりデザイン検討会を設置し、環境・景観カルテにとりまとめ、その内容を現地施工時に生かすこととしている。

本論文では、球磨川かわづくりデザイン検討会による良好な水辺空間の創造についての取組についてとりまとめる。

キーワード：令和2年7月豪雨、球磨川水系緊急治水対策プロジェクト、
球磨川かわづくりデザイン会議、自然再生

1. はじめに

熊本県南部を流れる球磨川は、日本三大急流の一つとして知られ、豊かな自然環境を育んできた。しかし、2020年7月の豪雨災害では甚大な被害を受けたことを受け、早急な地域社会の復興と治水対策の強化を目的とした球磨川緊急治水対策プロジェクトが行われている。その例として、被災箇所における河道掘削、堤防整備、輪中堤・宅地かさ上げ、遊水地整備等の取り組みが挙げられる。こうした治水対策を並行して、「球磨川かわづくりデザイン検討会」（以下、本検討会とする）が2024年度に設置され、環境や景観、利活用に配慮した河川整備を目指す新たな取り組みが始まった。本論では、本検討会の設立背景、環境や景観に配慮した整備の具体的事例、そして今後の展望について提示する。

2. 背景

球磨川にはアユ、ヤマセミ、カワセミなど、多様な動植物が生殖している。そうした球磨川流域に多大な被害が生じた2020年7月豪雨を受けて、球磨川流域治水プロジェクトが2021年より開始され、今もなお継続している。事業の主な例は、河道掘削、宅地かさ上げ、引堤、遊水池整備である。こうした事業には水中の掘

削、護岸整備や築堤が含まれ、いずれも動植物の生育環境への影響や景観の変化が懸念されるものである。従って、球磨川の各事業箇所において、少しでも動植物の生育環境に好影響をもたらす、また景観や利活用に資する事業推進が望ましい。

こうした背景を受け、景観・環境・利活用に関する課題、配慮事項、対策工等を検討することを目的として「球磨川かわづくりデザイン検討会」が発足された。本検討会は学識者、河川協力団体、漁業組合、主催者の八代河川国道事務所で構成され、学識者等より事業箇所毎に必要な配慮事項及び対策工について、専門的知見やアイデア等を幅広く聴取し、それを設計・施工に反映させることを主な目的としている。

本検討会は、動植物の生育・繁殖環境の創出に着目する環境ワーキンググループ（以下、環境WGとする）と、景観上、利活用上の観点に注目する景観ワーキンググループ（以下、景観WGとする）に大別される。次章以降では、環境WGと景観WGのそれぞれにおける検討内容について述べる。

3. 良好な自然環境創出に向けた方策

(1) 環境WGにおける取り組みの概要

環境WGにおいては、球磨川流域全体の良好な自然環境の再生・創出に向けた方策である「球磨川自然再生計画」のとりまとめを行っている。この計画は、歴史

的変遷やこれまでの検討経緯を踏まえて球磨川水系の河川環境の現状と課題を洗い出し、河川環境の保全、再生、創出に資する計画である。また、本計画は自然再生事業はもちろんのこと、河川改修事業や維持管理等の河川管理の様々な段階を対象としている。

2024年度の取り組みとしては、図-1に示す現地調査を行ったうえで、球磨川直轄区間における河川環境の現況と課題抽出、自然再生計画案の検討を行ってきた。

具体的な自然再生メニューとしては、河口域の干潟やヨシ原の保全・再生、二ホンウナギ等の生息地となっている礫州や礫河床の保全、河口域における水域と陸域の移行帯の再生、瀬淵環境の保全・再生等が挙げられる。

(2) 瀬淵環境の保全・再生に関する取り組み

ここでは、自然再生計画案の一つである瀬淵環境の保全・再生について述べる。球磨川下流域はアユの生息地として有名である。球磨川下流域の萩原地区にかつて存在していた八の字堰の下流側は、球磨川下流域唯一の流水区間となっており、瀬を重要な生育場とす

るアユの貴重な産卵場の一つであった。しかし1900年代後半の河川改修で八の字堰が消失し、アユの生息環境に悪影響が及んでいた。これを受け、2019年にアユの産卵場所となる瀬を復元するため図-2で示す八の字堰が整備された。

本検討会の環境WGにおいては、瀬淵の保全・再生に関して、八の字堰付近を継続してモニタリングを行い、瀬の質の低下がみられた際には改善取組を行うことを盛り込んでいる。先述した2019年の八の字堰整備による瀬の再生で、アユ等の魚類の良好な生息環境が形成されつつあるものの、アユの産卵床面積は減少傾向となり、産卵場は漁業者の瀬付けにより維持されている。

こうした背景から、本検討会の取組の一環として、八の字堰周辺における瀬の質を改善を図るため、2024年11月に堰右岸下流の図-2に示す箇所、土砂投入による試行を行った。土砂投入は11月8日、11日～14日に行われたほか、18日に流量低下したため一部掘下げが行われた。その結果、産卵場付近の水深、流速に関してアユの産卵に適した環境が形成していることを確認し、同月20日にはアユの産卵も確認した。従って、土砂投



図-1 環境 WG における現地調査状況



図-2 八の字堰における土砂投入箇所



図-3 景観 WG の検討を行う上でのゾーニング

入がアユの生育環境改善に寄与したことが示唆される。モニタリングは今後とも継続する予定である。

4. 景観に配慮した河川整備の検討

本検討会の景観WGにおいては、球磨川25k~63kの区間を図-3に示す5つのエリアにゾーニングし、エリア毎に求められる景観に配慮した河川改修の検討を行った。本章では、その具体例について述べる。

(1) 中津道地区の景観検討

まず、八代市南部に位置する中津道地区を例に挙げる。当地区では、護岸設計に関して景観に配慮する検討を行った。検討の対象とした箇所を対岸側から見た図を図-4に示しており、図中には景観検討の結果を記している。この箇所では、神社の御神木が河道に隣接しており、当初の護岸設計では樹木が護岸に干渉することとなっていた。本検討会における検討の結果、御神木の撤去及び移植を回避し、原位置保存を図るべきとの意見が上がった。これを受けて見直した護岸設計では、護岸法線を樹木背後へシフトし、アンカー式擁壁を採用するとともに、樹根部にはヒンジ式連結ブロックを採用した。また、本検討では護岸の勾配につい

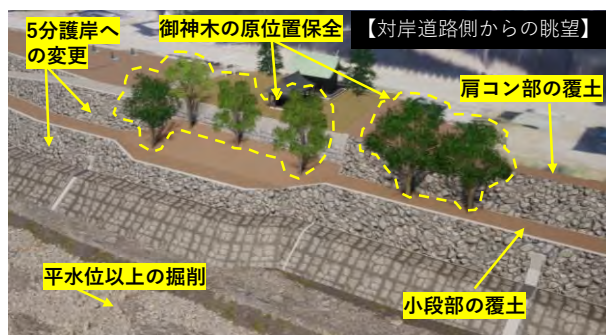


図-4 中津道地区における景観検討結果

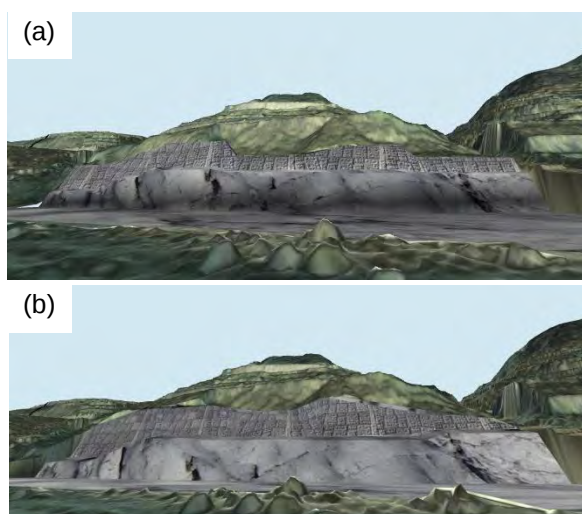


図-5 大瀬地区における岩盤上部ブロックの整備案：(a)小段幅 2m 案、(b)小段幅 7m 案

ても見直しがなされた。護岸勾配を1割から5分の急勾配に変更し、護岸の露出する面積を抑制することとした。なお、図-4に示す通り当該箇所では河道掘削も計画されており、その掘削断面を平水位以上としている。これは、環境WGにおける検討の一部であり、アユの生息域である瀬の改変を防ぐためである。

(2) 大瀬地区の景観検討

図-3中の区間3に位置している大瀬地区においては、図-5に示すように、岩盤法面上部に大型ブロックの設置が整備メニューに含まれている。ブロックの小段幅に関して、図-5(a)に示す2mとする案と図-5(b)に示す7m案のうち一方を選定するにあたり、検討会委員からの指摘として岩盤法面が構造物の一部に見えないような景観上の検討を行う必要性が挙げられた。これを受けて高品質VRにより2案の比較を行った。その結果、相対的に岩盤法面が構造物の一部に見えにくいとの判断のもと2m案が採用された。

(3) 小口地区の景観検討

ここでは、図-3中の区間3に含まれる小口地区における検討について説明する。この地区では護岸はなく岩掘削が整備メニューに盛り込まれており、当初は掘削面を平面的とする計画であった。しかし、法面の岩掘削は現況地形に合わせた凹凸をつけるべきとの検討結果に応じ、岩の凹凸に合わせた計画へ見直した。なお、図-6(a)に当初計画を、図-6(b)に見直し後の計画を示す。

(4) 人吉地区における検討状況

人吉地区では、流下能力向上（河積確保）を目標とした平水位以下の河床掘削について検討している。

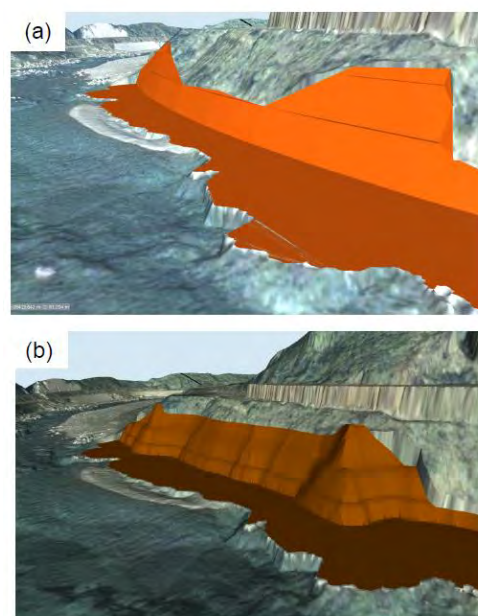


図-6 小口地区の岩掘削計画：(a)原案、(b)見直し後

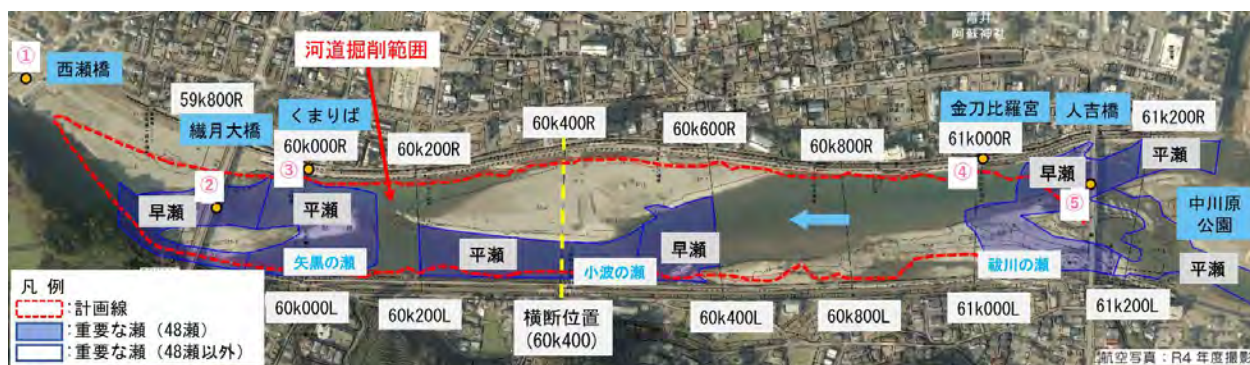


図-7 人吉地区における瀬淵

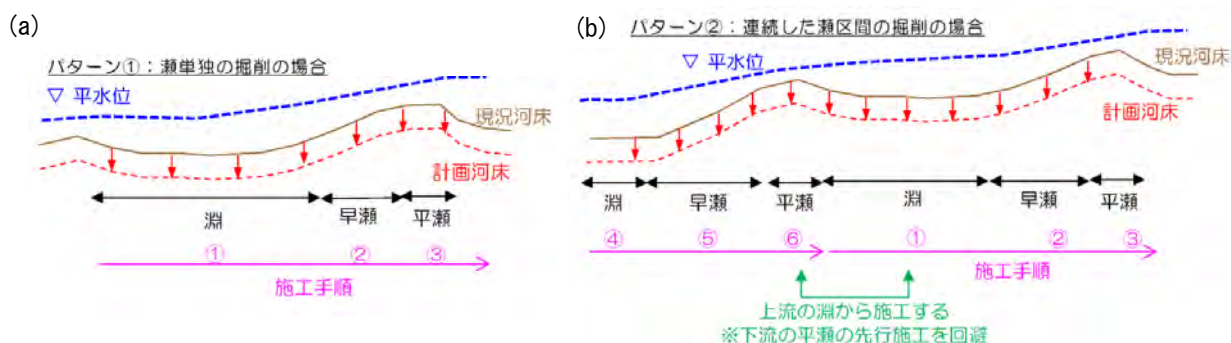


図-8 人吉地区における掘削検討案

当初、スライドダウンによる掘削高は横断方向に留意して断面を検討していたが、スライドダウン掘削の有効性を高めるには滞筋縦断方向でスライド量を設定し、横断方向にスライド量を展開した方がよいとの意見を受け、掘削断面の見直しを実施した。

また、河道掘削は下流側からの施工を予定していたが、施工時も縦断形の相対的な高さ関係（順勾配・逆勾配）を維持した方がよいとの意見を受け、掘削の施工手順についても見直しを行った。人吉地区における瀬淵の分布及び河道掘削範囲について図-7に示す。ここで、見直し後における瀬単独の掘削手順について図-8(a)に示す。下流側の淵からの上流方向へ掘削を行うことで、現況地形の相対的な高さ関係の維持、さらには流況維持を図る。続いて、瀬の連続箇所における掘削の施工手順について図-8(b)に示す。このような箇所では、最初に上流側の淵から上流方向へ掘削し、次に下流側の淵から上流方向へ掘削を実施することとした。上流側の淵から施工を行うのは、下流側の平瀬の先行施工を回避し、瀬の消失を防止するためである。

5. 結論

本論では、球磨川の河川整備を進めるうえで環境や景観の配慮をするために学識者に意見を伺うことを目的とした「球磨川かわづくりデザイン検討会」につい

て、その具体的な検討内容を述べた。

環境WGでは生態系の保全に重きを置き、流域全体を俯瞰した自然再生計画案を2024年度までに作成している。このうち計画案の一つである八の字堰の瀬の保全については、土砂投入による試行を行った結果、アユの生育環境が改善した。景観WGにおいては、河道掘削、護岸設計等の河川整備メニューにおいて、有識者の指摘を踏まえ、既存の景観を維持し自然な造形を保持するような計画案が採用されている。

今後も本検討会を定期的に開催し、学識者の意見を反映させた計画を推進し、適宜進捗確認を行うことで、生物多様性と景観価値を両立した球磨川の河川整備につながると考える。

球磨川は、国内有数の良好な水質を誇り、上・中・下流部でそれぞれ異なる地形が織りなす特有の景観や豊かな自然環境を持つ河川であり、日常的にアユ釣りや球磨川くだりといった河川利用が行われ、豊富な水資源は農業・産業に利用されるなど、球磨川は流域の人々の生活・文化・営みと密接に関係するとともに豊かな恵みを人々へ与えてきた、地域の宝であり、流域住民にとってかけがえのない財産である。2020年7月豪雨にて甚大な被害が発生し、大規模災害関連事業にて治水対策の推進が図られているところであるが、「緑の流域治水」による、球磨川流域における「命と環境の両立」「2020年7月豪雨からの復旧と創造的復興」「持続可能な発展」の実現に向け取り組んでいく。

西之表港洲之崎地区における 希少サンゴ類の移植

石田 竜也¹・平田 真彦²

¹九州地方整備局 西之表港湾事務所 第三建設管理官室（〒891-3101 鹿児島県西之表市西之表16314-6）。

²九州地方整備局 西之表港湾事務所 工務課（〒891-3101 鹿児島県西之表市西之表16314-6）。

西之表港洲之崎地区複合一貫輸送ターミナル整備事業では、大規模地震発生時の緊急物資輸送拠点の維持を目的として耐震強化岸壁の整備を計画しているが、実施海域において、環境省海洋生物レッドリスト2017に記載の絶滅危惧IB類であるタネガシマハナサンゴが確認された。そのため、専門家を交えて環境保全措置の検討を行い、本種の事業区域外への移植計画を検討することとなった。移植には有用となる事例はほとんどないため、試験移植を実施し、モニタリングを行った。その結果、試験移植群体の成育は概ね良好であり、移植手法や移植先の適性を確認することができたため本移植を実施した。引き続き移植後の事後調査を実施する。

キーワード 公有水面埋立法、タネガシマハナサンゴ、絶滅危惧IB類、環境保全措置、移植

1. はじめに

西之表港洲之崎地区複合一貫輸送ターミナル整備事業は、貨物需要の増大に伴う船舶の大型化への対応や大規模地震発生時の緊急物資輸送拠点の維持を目的として、耐震強化岸壁の整備、泊地の浚渫等を行うものである（図-1）。

今般、公有水面埋立法に基づく埋立申請の添付図書である「環境保全に関し講じる措置を記載した図書（環境保全図書）」の作成における事業実施海域周辺での環境調査において、環境省海洋生物レッドリスト2017に記載の絶滅危惧IB類であるタネガシマハナサンゴ（図-2）が確認された。本種は種子島では天然記念物に指定されている3か所以外では生息が確認されておらず、西之表港における生息は、学術上及び種子島周辺の個体群保全の観点から貴重であると考えられることから、移植等の環境保全措置を実施することとした。しかし、本種は、国内で移植が実施されている他のサンゴ類と比べて特殊な生態を有するとされており、環境保全措置を検討するにあたり有用となる事例はほとんどない。

以上のことから、本事業では、環境への影響を実行可能な範囲内でできる限り回避又は低減させることを目的として学識経験者や専門家を交えて本種を対象に環境保全措置及び事後調査の検討を行った。

本稿は環境保全措置の一つである本種の移植について報告するものである。

2. タネガシマハナサンゴの生息環境

タネガシマハナサンゴは、国内では種子島と屋久島に分布しており、種子島東海岸の2か所、西海岸の1か所の生息地の群体が鹿児島県の天然記念物（地域指定）となっている。これまでの知見から波当たりが弱い礁斜面・



図-1 西之表港洲之崎地区複合一貫輸送ターミナル整備事業の概要

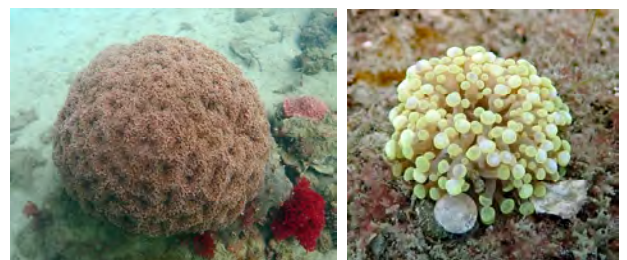


図-2 西之表港で確認されたタネガシマハナサンゴ

岩礁斜面ならびに内湾域の水深10m以浅に生息し、基盤への定着部位は上部よりはややオーバーハングしたような所を好むとされている。事業実施海域においても同様に濁りのある環境に生息しているが、種子島の他の生息域と比較して水深10m付近の深場に多く生息しているといった特徴がある。環境耐性としては、表-1のような場所に生息すると考えられている¹⁾。

3. 移植計画

(1) 移植手法及び移植対象

サンゴの移植方法には、採取後移植先へポンド等で固定する無性生殖移植と産卵を利用した有性生殖移植がある。本事業では、実行可能な環境保全措置を講じる必要があることから、事業影響を受ける群体を直接保全でき、有性生殖移植法より確実性がある無性生殖移植法を採用した。移植対象については、工事により直接改変の影響を受ける埋立計画地、泊地浚渫箇所のほか水中構造物の法尻までにかかる群体を対象とした他、上述の区域に近接する群体についても事業影響を考慮し移植対象とした。

(2) 配置方法

タネガシマハナサンゴは、雌雄異体であり、幼生放出型の繁殖様式を持つ。雌雄異体であることから同所的に雌雄が存在することが繁殖のために必要であると考えられるため、繁殖に寄与すると考えられるサイズの群体については、事前に繁殖状況を確認して雌雄を判別し、可能な限り雌雄で同所的に存在するよう群体を配置した。

また、繁殖様式から幼生の拡散能力は高くないことが想定されるため、受精確率の向上を図るために高密度で群体を配置することとした。

(3) 移植方法の工夫

タネガシマハナサンゴは本体を保護する骨格が脆く、ポリプが壊れやすいため、移植作業中に群体が破損することが懸念される。そのため、基盤ごと移動可能な群体は、基盤ごと移植を行った。また、採取した群体を水中で移動させる際に、水流によりポリプが破損する恐れがあることから、採取した群体を水中で水封して水流の影響を低減させる手法を採用し、また運搬する際には、水温が上昇しないように船上水槽に収容し、水封した群体が酸欠にならないよう効率的な作業及び動線となるように留意した。

4. 移植先の選定

(1) 移植候補地の選定

西之表港内及び港外において移植候補地を選定するために既往知見から適性を判定する環境条件を設定した。適性の判定条件は、本種の特性を踏まえて、①本種が生息している、②群体サイズが多様である、③事業実施区域から離れている、④波浪を遮るものがある、⑤河川が流入していることとして、より多くの条件を満たす場所を移植候補地として選定した。

(2) 移植候補地の環境基盤調査

更に、選定された移植候補地の環境構造（基盤、他生物の生息状況）を調査して⑥地盤水深、⑦サンゴ被度、⑧食害生物の生息状況、⑨移植スペースなどの移植候補地の評価を行った。選定された全移植候補地において、移植群体が固定可能な岩盤等が存在することから、移植対象群体の状況に合わせて群体を移植することが可能であった。

表-1 タネガシマハナサンゴの環境耐性¹⁾

項目	環境耐性
水温	・遮蔽的環境の浅所に生育することから、生息可能な水温幅は比較的広い。 ・高水温耐性は低いか中程度。
光・濁度	・水深10m以浅の浅所に生息することやオーバーハングした部分を好むことから、要求照度は中程度。 ・遮蔽的環境の浅所に生息していることから、濁度耐性は弱くない。
堆積	・本種が属する<i>Euphyllia</i> 属の種は堆積耐性が高いと考えれるが、本種の定着部位が上部より側面のややオーバーハングしたような所であることから、本属の他種と比べて耐性は弱い。
波浪・濁流	・遮蔽環境を好むことから、波浪・潮流耐性は弱い。脆弱なポリプを昼夜伸ばすことができる環境が必要。
その他	・上記以外には、本種の特異的な環境耐性についての知見はない。

5. 試験移植

(1) 試験移植計画

タネガシマハナサンゴは、前述のとおり、環境保全措置の事例が無く、また、衝撃に弱く非常に脆い特性があり、他事例で実施されている移植方法での確実性は担保されない。そのため、本事業では、本移植計画の実行性が高いものであることを事前に確認するため、本移植を実施する前に少数群体を試験的に移植し、移植の手法・手順及び生残状況を確認することとした。

移植群体は、着生基盤の状況ごとの移植手順を確認するため、基盤ごと移動が可能な群体及び基盤ごと移動が困難な群体から選定した。移植先は、前項で候補地に選定した5か所（表-2）とし、各地に基盤ごと移動が可能な群体と基盤ごと移動が困難な群体を同数ずつ移植を行った。

また、本種の固定作業に関して水中ボンドの適性を評価するため、水中ボンドを使用しない方法での試験移植も行った。

(2) 試験移植の実施

試験移植の実施時期は、本種の繁殖時期が7～8月ごろであることを考慮し、繁殖期後の9月とした。採取した群体は、水面から出さないように水封してから船に運び上げ、移植先まで運搬した。

基盤ごと移動が可能な群体は、ダイバーが基盤ごと採取し、基盤ごと移植先の岩盤に水中ボンドで固定した。また、一部の群体については、基盤を岩盤の割れ目に静置し、周囲を礫等で囲み固定した。基盤ごと移動が困難な群体については、基盤から群体を剥離し、水中ボンドで移植先の岩盤に直接固定した（図-3）。

表-2 移植候補地の選定結果

候補地		環境条件1			環境条件2		環境基盤調査			
		対象種が生息	群体サイズが多様	事業区域から離れている	波浪の影響を受けにくい	河川流入（濁り発生）	水深(m)	サンゴ被度(%) 海藻被度(%)	食害生物	移植スペース
港内	St.1	○	○	○	○	○	-6.7～-11.3	1%未満～30% 1%未満～15%	レイシガイ類（少ない）	○
	St.2	○	△ 小型のみ	○	○	○	-8.5～-11.9	1%未満～20% 1%未満～80%	レイシガイ類（少ない）	○
	St.3	△ 近隣で確認例	-	○	○	○	1.2～-3.0	0～50% 0～10%	なし	△ 少ない
港外	St.4	○	○	○	△ 激浪時に越波	○	0.5～-2.1	0～30% 5%未満～30%	なし	○
	St.5	△ 近隣で確認例	-	○	○	○	1.3～-6.5	5%未満～50% 5%未満～70%	レイシガイ類（少ない）	○

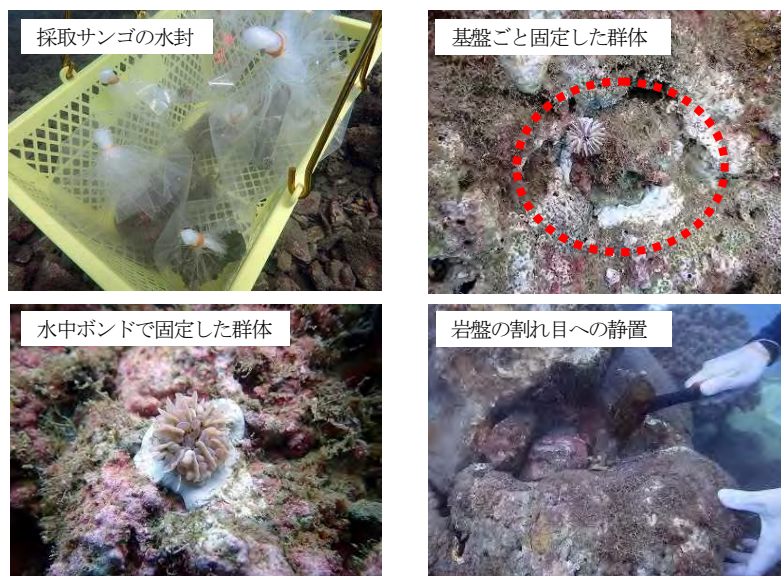


図-3 試験移植概要

(3) 試験移植のモニタリング

試験移植の手法及び手順、移植先の生息環境の評価を行うためモニタリングを実施した。モニタリング時期を移植直後、1か月後、3か月後、5か月後、10か月後とし、調査項目は表-3に示す項目とした。また、モニタリング対象は移植の評価を行うため、移植候補地に生息する天然群体（生息していない場合は類似種）についてもモニタリング対象とした。

(4) 試験移植の結果

試験移植した群体のモニタリング結果を図-4に示す。試験移植を実施した5か所のうち、St.5では浮泥の堆積や部分死が他の地点より多くみられ3か月後には生残率は25%まで減少した。他の地点の生残率は92%～100%であった。St.2では基盤ごと水中ボンドで固定した群体が消失し、5か月後に生残率が減少した。St.1では生残率は100%であったが、隔壁の破損や部分死が多くみられた。手法別の生残率は全地点で特段の差はなかった。

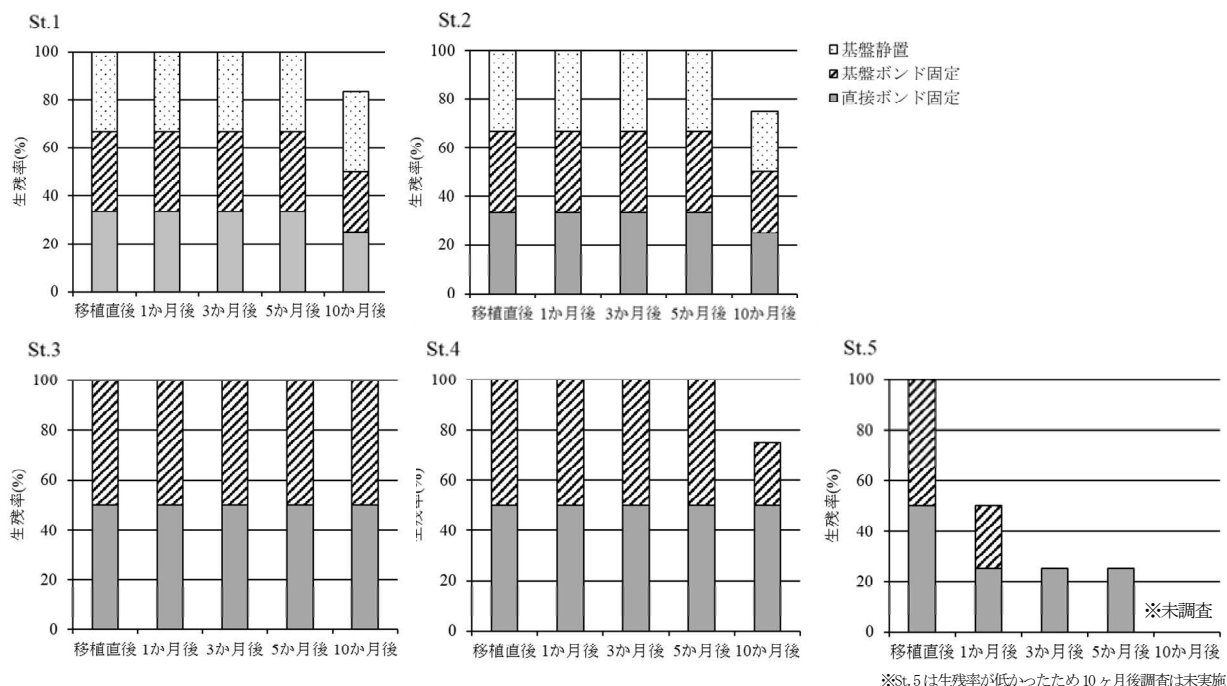
6. 試験移植及び移植先及び手法の評価

試験移植の結果から実施した手法及び移植先について評価した。移植手法については、水中ボンドを使用した方法と使用しない方法（基盤の静置）では生残率に差がみられなかったことから水中ボンドによる影響はなかったと考えられる。また、ボンドを使用しない方法でも基盤の転倒はみられなかった。これらのことから水中ボンド及び基盤静置による固定方法はどちらも適用可能な固定方法であると考えられる。

移植先については、St.1～4で生残率が高かったが、St.5では生残率が大きく低下しサンゴにとって好適な環境ではなかったと考えられるため候補地から除外した。St.4は生残率は高かったものの移植前の夏季の白化状況より、他の候補地よりも水深が浅く高水温になることが懸念されたため最終的に移植候補地から除外した。St.1～3については、生残が期待できるため移植先として適正と判断した。

表-3 試験移植モニタリング調査項目

項 目	調査内容
群体	群体数、群体形、群体毎の長径
生存・死滅状況	サンゴ群体の死滅部の割合を%で測定
固着	サンゴの固着状況
地形・底質	水深、底質の概観、構造形態
白化の状況	サンゴ群体の白化状況を記録
破損の状況	サンゴ群体の破損状況を記録
病気の状況	病気に罹患しているサンゴの割合(%)及び推定される病名を記録
食害の状況	オニヒトデ、サンゴ食巻貝等による食害の有無及び食害者を記録
海藻類の繁茂状況	海藻類の付着状況を記録
浮泥の堆積状況	堆積した浮泥の堆積物の厚さを記録
備考、特記事項	アンカーなどによる人的被害、台風被害など



7. 本移植及び事後調査計画

得られたモニタリング結果を移植計画や事後調査計画に反映し、改変区域及びその近傍の群体をすべて移植した。現在は本移植後の経過として表-4に示す事後調査項目のモニタリングを実施している。本移植群体について事後調査のモニタリング結果を図-5に示すが、移植群体数の変化は小さく高い生残率を示している。

8. おわりに

西之表港洲之崎地区複合一貫輸送ターミナル整備事業では、種子島に初めて耐震強化岸壁が整備されることとなり、大規模地震後速やかに荷役作業ができるようになるため、島民の安心安全の確保に貢献できるものになる。

また、希少な生物であるタネガシマハナサンゴについて、これまで環境保全措置の事例がないことから、本移植前に試験移植により移植手法や移植先の適性を確認したことで有用な知見を得ることができ、本移植群体は高い生残率を維持している。今後も事後調査の結果を踏まえて、より効果の高い環境保全策を講じることで、埋立を含む港湾の整備における環境的な負荷を最大限軽減できるよう努めていく。

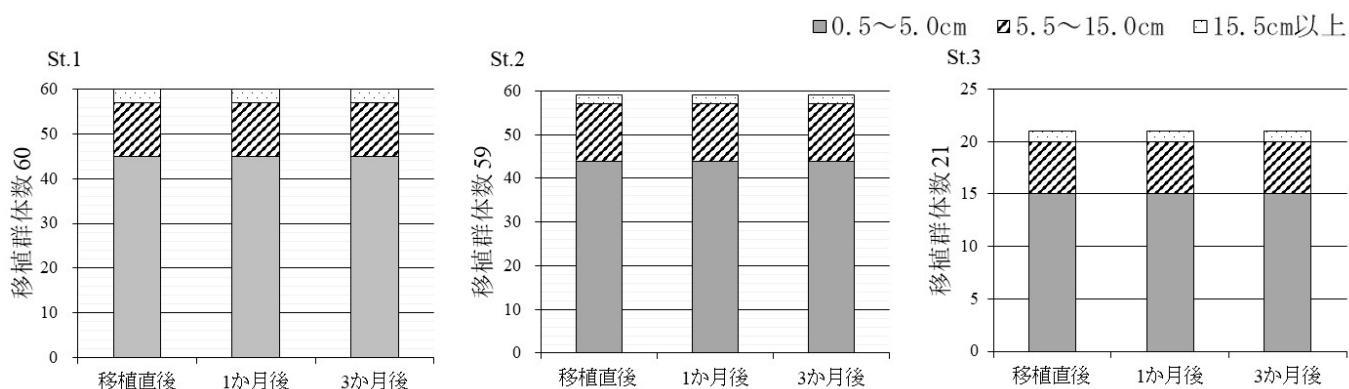
参考文献

- 1) 環境省自然環境局野生生物課希少種保全推進室(2017)：レッドリスト掲載サンゴの種ごとの環境特性について

表-4 事後調査項目

項目	対象	内容	調査時期
移植群体モニタリング	・移植群体 ・移植先の天然群体	タネガシマハナサンゴの成育状況	・調査時期：移植直後、1、3、6、12か月、以降年2回(夏季、冬季) ・調査期間：移植後～工事後1回(夏季)
改変区域周辺モニタリング	・移植対象としない改変区域周辺の群体	タネガシマハナサンゴの成育状況	・調査時期：年2回(夏季、冬季) ・調査期間：工事前、工事中、工事後
水質・底質調査	・タネガシマハナサンゴの生息環境	サンゴの生息と関わりが深いと考えられる項目(水質/底質)	・調査時期：年2回(夏季、冬季) ・調査期間：工事前、工事中、工事後
濁り監視	・工事箇所近傍	濁度計による測定	・調査時期：2回/日(満潮から下げ潮時を含む) ・調査期間：工事中

図-5 本移植群体のモニタリング結果



鶴田ダムインフラツーリズムの取り組みについて

前田 智喜¹ 上村 雅文² 長友 幸一³ 東野 拓実⁴

^{1~4}九州地方整備局 鶴田ダム管理所（〒895-2102 鹿児島県薩摩郡さつま町神子 3988-2）

本稿では都市・地域再生等利用区域の指定（河川空間のオープン化）を含めた鶴田ダムでのインフラツーリズムの取り組みをまとめたものである。

キーワード ダム 河川空間のオープン化 インフラツーリズム

1. はじめに

ダム、橋、港や歴史的な施設などインフラ施設を観光するインフラツーリズムは、普段は入れない場所・いけない場所に行くことができる、子供だけでなく大人にも学びの場となるなどいくつかの魅力があり、注目されている。

国土交通省でも、従来の土木広報としてのインフラ見学会だけでなく、民間や地域と連携し付加価値をつけ、より広範囲から多くの観光客を呼び寄せ、インフラを観光資源とした地域振興・地域活性化を目標としているプロジェクトを立ち上げている。

また、ダムや橋といった河川区域にあるインフラ施設での地域や民間との連携にかかわる法令に都市及び地域の再生等のために利用する施設に係る占用の特例（河川空間のオープン化の特例）というものがある。河川敷地内の占用は原則として公共性、公益性を有するもの等（地方公共団体、公共交通事業者等）に限定されていたが、平成23年に追加された上記特例により条件付きではあるが事業者等も営業活動を行うことができるようになった。

本稿では、河川空間のオープン化を含めた鶴田ダムにおけるインフラツーリズムの取り組みについて紹介する。

2. 鶴田ダムの概要

川内川は、熊本県の白髪岳に発し、宮崎県を通って鹿児島県に入り、湯之尾滝を経て曾木の滝から鶴田ダムへと流入し、その後、川内平野を下り東シナ海へとそそぐ、流域面積1600km²、長さ137kmの九州屈指の大河川である（図1）。



図-1 鶴田ダム流域図

その流域は3県、3市2町（薩摩川内市、さつま町、伊佐市、湧水町、えびの市）にまたがり、流域内人口約20万人を抱えている。集水域805km²の鶴田ダムは、川内川河口から約51kmに位置しており、洪水調節と発電することを目的に建設された多目的ダムである。ダムの高さは117.5m、ダム湖にたまる水の量は1億2千3百万m³で、九州のダムでは最大規模の重力式コンクリートダム

である。

鶴田ダムでは、管理開始以来2度の緊急放流を実施している。1回目の昭和47年7月洪水では、緊急放流を伴う洪水調節を行い、下流域で大きな被害が生じた。このような状況を踏まえ昭和48年3月に川内川の治水計画の見直しにより計画規模を年超過確率1/80 から1/100 に変更し、鶴田ダムでは、発電容量の一部を買い取り、洪水調節容量を4200万 m^3 から7500万 m^3 に増強する再開発を実施している。

2回目の平成18年7月の鹿児島県北部豪雨災害では、鹿児島県北部を中心とした記録的な豪雨に伴い、川内川の上流から下流に至る3市2町にかけて浸水面積約2777ha、浸水家屋2347戸という甚大な被害が発生した。この記録的な豪雨を契機に翌平成19年より鶴田ダム再開発事業に着手し洪水調節容量を7500万 m^3 から9800万 m^3 へ約1.3倍に増加させる事業が平成30年度に完了した(図2)。再開発後に起きた令和3年7月の洪水では平成18年7月の洪水を超える4107 m^3/s もの最大流入量が記録されたが(平成18年時は4043 m^3/s)、最大流入時に約3000 m^3/s 減らす洪水調節を実施した。このとき、下流の宮之城観測所では水位上昇を約3.5m抑えることができたと推定され、堤防からの氾濫を防止している。



図-2 再開発後の鶴田ダム

3. インフラツーリズム魅力倍増プロジェクト

国土交通省ではインフラ施設を観光資源として活用し、地域活性化やインバウンド誘致を図ることを目的とした「インフラツーリズム魅力倍増プロジェクト」が2019年から進められている。このプロジェクトは、社会実験を実施するいくつかのモデル地区を選定し、社会実験や広報活動などにより、土木広報としてのインフラの見学会から、地域や民間と連携を行い、観光資源としての魅力を増やすことで、地域活性化につなげるというインフラツーリズムの拡大を目指している。鶴田ダムは、令和元年7月から令和6年3月にかけてモデル地区に選定されていた。

4. 河川空間のオープン化

(1) 河川空間のオープン化とは

河川区域内の敷地は河川管理者の許可を受けることで、公園や広場等の設置やダムの設置など一般の利用を増進するものや公利を増進するものなど目的や様態によっては河川法第24条により占用の許可が得られる。占用主体は地方公共団体や公共交通事業者など公共性を有する団体であることとされていたが、河川空間を積極的に活用したいという要望等の高まりを受け、営業活動を行う事業者等による河川敷地の利用を平成16年3月から社会実験として実施し、その結果を踏まえ、平成23年に河川敷地占用許可準則が一部改正され、営業活動を行う事業者等

も占有が可能となり、占有敷地内にオープンカフェやキャンプ場など有料の施設も設置が可能となった。

（２）占有許可の基本方針等

占有は、河川管理者が都市及び地域再生等のために利用する施設が占有することができる河川敷地の区域（都市・地域再生等利用区域）として指定した場所に限定されている。区域は、河川管理者及び地方公共団体等で構成する協議会等の活用により、地域の合意を図ったうえで指定する。都市及び地域の再生等の観点から、地域の要望に対応した河川区域の多様な利用を行うために、区域だけでなく占有主体や占有方針（施設や許可条件等）もあらかじめ地域の合意を得る必要がある。それに加えて、通常の占有許可における基準も満たす必要がある。

占有主体は「河川敷地占有許可準則第６に掲げる占有主体」、「営業活動を行う事業者等で、協議会等において適切であると認められたもの」、「営業活動を行う事業者等（河川管理者のみの判断で占有許可を行うもの）」の３つに分類されており、占有主体ごとに１０年以内、３年以内と占有の許可期間の上限が異なっている。

５．鶴田ダムにおけるインフラツーリズム

（１）鶴田ダムの見学者の推移

もともと、鶴田ダムでは昭和４２年に完成して以来、年間１０００人を超える見学者がおり、鹿児島県における社会科見学の間として定着していた。

平成２５年から平成３０年ごろまでにかけて行われた鶴田ダム再開発事業の期間はほか

のダムでは見られない工事を見学するために年間３０００人を超える見学者がいた。コロナ過で激減してしまったが、年が経つにつれ回復傾向にあり、鶴田ダムはインフラツーリズムにおける魅力を十分に持っていると考えられる。

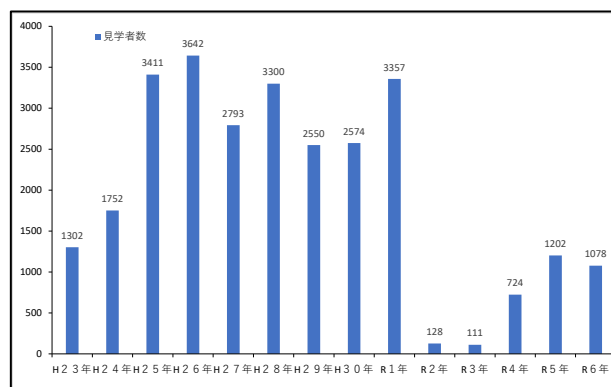


図-3 鶴田ダム見学者推移(H23~R6)

（２）インフラツーリズムに関する取り組み

鶴田ダムは令和元年にインフラツーリズムの魅力増進プロジェクトのモデル地区に選定されている。それを受けて、令和２年に鶴田ダムインフラツアーを実施し、２０名の参加を受けたが、コロナウイルスの流行に伴い活動を一時中断していた。コロナの流行が落ち着いた令和４年に「大鶴湖インフラツーリズム関係者会議」を設置した。これにより、大鶴湖（鶴田ダム貯水池）にかかわる地方自治体（上流側の伊佐市、下流側のさつま町）、ＮＰＯ、企業等が参加し、大鶴湖のインフラツーリズムの観光資源としての利用方法を考える場ができた。

インフラツーリズムとしての利用方法にダム見学があったが、鶴田ダム管理所の職員が平日のみ対応し、土木広報の一環として行っているものしかなかった（職員の対応にも限界があり、発展性がない）。また、他のイン

フラツリーズの企画も単発のものでしかなく持続的に続けることができる取り組みではなかったため、持続可能なインフラツリーの体制づくりが必要となった。そこで、令和5年に平日に職員が行っていたダム見学を有料で平日（火曜日を除く）と第2、第4日曜日に行うダム見学の有料化をさつま町大鶴湖ゆうゆう館の事業にて試行した。この試行時には、大人1人500円で行い、同年10月までに300人以上の見学客がいたため、十分にインフラツリーとしての魅力があり持続できると判断し、令和5年10月に、鹿児島県で初の指定（ダム見学としての利用は九州で初）を行い、河川空間のオープン化を行った。オープン化の流れとしては、令和4年に設立した「大鶴湖（鶴田ダム湖）インフラツリー関係者会議」ともともとあった「奥薩摩・水と緑の郷づくり推進協議会」を利用し、さつま町や伊佐市のPR課の課長や地元のNPO等の実際に動く人たちが参加しているインフラツリー関係者会議でまとめたものを、国や伊佐市長、さつま町長が参加している奥薩摩・水と緑の郷づくり推進協議会に報告し承認を得ることで、地域の合意を得たとして、占用許可を得ている。占用箇所は図-4と図-5のとおり、鶴田ダム周辺の広場と監査廊内でダム見学に使用する地下1階と地下2階を指定している。さつま町が占用主体となり、さつま町がダム見学を担当するNPO「ひっ翔べ！奥さつま探検隊」と施設の使用契約を結び、有料のダム見学を行う。また、ダム見学の案内ガイドはさつま町及び鶴田ダム管理所より公募しており、申し込んで鶴田ダム管理所とさつま町で承認をもらったあと、研修を行い誰でもダム見学の案内ガイドになることが可能である。承認され

たダム見学の案内ガイドにひっ翔べ！奥さつま探検隊のダム見学担当の方が対応依頼をする形で有料のダム見学を行っていく。ダム見学は11時から12時と14時から15時までの1日2回まで行われる。また、1人500円としていた見学科もこの金額では持続的にダム見学を続ける（ダム見学の収入でダム見学案内ガイド料を支払う）ことはできないという結論に至り、見学者にアンケートを取り、2倍の1000円でもダム見学に来るという意見が多くあったことを踏まえ、1人1000円に変更してダム見学を行っている。

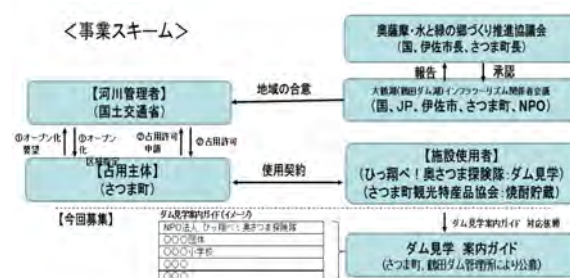


図-4 オープン化事業スキーム



図-5 オープン化占用区間（ダム平面図）

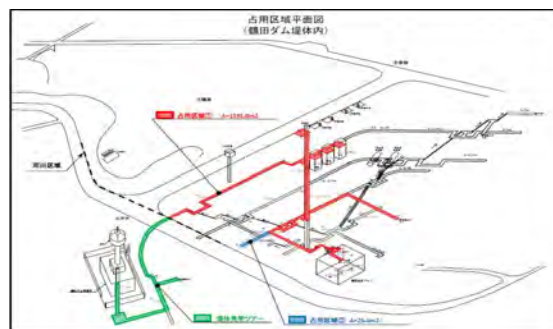


図-5 オープン化占用区間（監査廊内）

令和5年11月には、鶴田ダムの河川空間のオープン化を記念して、鶴田ダムの点検放流に合わせて「鶴田ダム 秋の大鶴湖祭り in2023」を開催。鶴田ダムのコンジットゲート1～3号から迫力のある放流を間近で見られることを売りにしたダム堤体内見学や、コンジット広場の開放を行い、ダム湖の上流ではダムの貯水位によって水没し見える形が変わる曾木発電所遺構に近づき触ることができる遊覧船の運航が行われるイベントを行った。点検放流に合わせて行われたダム見学は4回行われたが予約がすべて埋まり（1枠30人を上限）、当日もダム見学に参加できないかという意見があるほど盛況だったため、鶴田ダムはインフラツーリズムとしての魅力が十分にあると再認識できた。このイベントは毎年行っていくことを目標としており、令



図-6 オープニングセレモニー（上）と点検放流（下）の様子。

和6年11月も令和5年時の反省等を踏まえつつ、同様に行っている。

（3）鶴田ダム見学の課題

鶴田ダムにおける有料のダム見学は始まったが、まだまだ課題は多く残っている。

一つ目は、人手が足りないことである。さつま町及び鶴田ダム管理所でダム見学の案内ガイドを募集しているが、まだまだ案内ガイドは少なく、鶴田ダム管理所の非常勤職員にも手伝ってもらっているのが現状である。また、ダム見学には平日・休日開催の両方とも防犯の都合で職員が必ず1名は同行しなければならない（セキュリティの都合でダム内に入る鍵は職員が開閉しなければならない）が、ダム管理所に勤務している職員は少なく、休日ごとに開催した場合、ほとんどの休みがなくなってしまう。これらのことから、集客が見込める休日の開催が第2、第4日曜日に制限されている。

二つ目は、見学者が少ないということだ。年間の有料見学者は年間500人から600人ほどである。そのうちの3分の1くらいが大鶴湖祭り時のダム見学者であり、通常時のダム見学者はまだまだ少ない。安定したダム見学の運営をする（案内ガイド料は見学1回につき、2400円で大体2名つく）ためにも有料のダム見学者1000人（売上100万円）を直近の目標としている。

このように、鶴田ダムのダム見学は課題もまだまだ多い。改善・改良を繰り返しながら、地域に貢献できるインフラツーリズムの場として発展していくことを目標とする。

6. その他の取り組み

鶴田ダムでは、鶴田ダムを利用した取り組

みがもう一つあり、鶴田ダム内にさつま町内の3つの醸造所の購入した焼酎を最大20年保管する「鶴田ダムエイジング焼酎プロジェクト」というものだ。こちらは、令和1年度から鶴田ダム管理所・さつま町・さつま町観光特産品協会の三者で協議を行い始めた取り組みである。鶴田ダム内は分厚いコンクリートの塊の中に監査廊があり、夏でも16度前後で年中気温が変わらない。そのため、ワインなどのようにさつま町の地元の焼酎を貯蔵してみてはどうかということから始まり、味の変化が認められたため、ダム見学に向けた河川空間のオープン化の際に焼酎を貯蔵する場所のオープン化申請も行った。こちらも占用主体はさつま町でさつま町観光特産品協会と使用契約を結んでいる。こちらの貯蔵している焼酎は試飲会での意見から3年以降の貯蔵で味がまろやかに変わっていることが確認

されている。今後、各種試飲会や地元温泉旅館での振る舞い酒による口コミ等のエイジング焼酎のPRが取り組まれている。成分の分析等による付加価値付けができれば、より効果的なPRにつながる可能性がある。

7. まとめ

鶴田ダムではインフラツーリズムの取り組みとしてダム見学の有料化を行ったが、まだまだ課題も多くあり、土木広報としてのインフラ見学会の段階から脱却したばかりである。今後は、周辺地域等と協力し合い、付加価値を加え、周辺地域の活性化につながるインフラツーリズムになるよう発展すること最終目標に、見学者1000人を目標とし安定した運営を目指す。

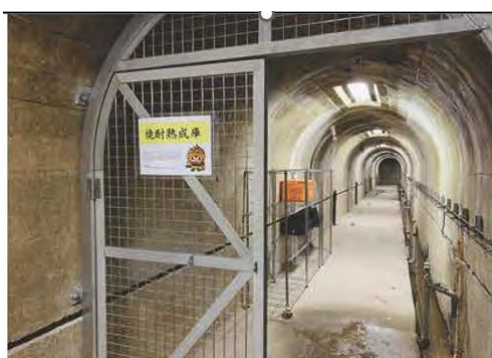


図-7 エイジング焼酎(上)と保管場所(下)