

# ETC2.0プローブ情報等を利用した 渋滞要因分析

田中 良寛<sup>1</sup>・加藤 哲<sup>1</sup>・立川 太一<sup>1</sup>・橋本 浩良<sup>1</sup>・瀬戸下 伸介<sup>1</sup>

<sup>1</sup>国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 道路研究室 (〒305-0804茨城県つくば市旭1)

渋滞対策を効率的に執行するためには、道路交通の実態を観測し、課題を分析した上で、対策の計画・実行・評価・改善に継続的に取り組む必要がある。渋滞状況を把握するために行われる渋滞実態調査は、これまで主として人手・目視によって実施されているが、全ての渋滞箇所において継続的に調査を実施することは費用の観点から困難である。一方、ETC2.0対応車載器の普及などにより、渋滞要因分析に必要な旅行速度等の情報を、精度良く早期に低コストで入手することが可能となってきている。本稿では、渋滞対策の効率的な執行を目的として研究開発中であるETC2.0プローブ情報等を利用した渋滞要因分析手法について研究状況を紹介する。

キーワード ETC2.0プローブ情報、渋滞対策、渋滞実態調査、渋滞要因分析

## 1. はじめに

### (1) 背景

国土交通省では、平成28年3月に国土交通大臣を本部長とする「国土交通省生産性革命本部」が設置され、「生産性革命に向けたピンポイント渋滞対策」が国土交通省生産性革命プロジェクトの1つに位置づけられている<sup>1)</sup>。また、社会資本整備審議会道路分科会国土幹線道路部会中間答申「高速道路を中心とした『道路を賢く使う取組』(平成27年7月)」では、円滑な走行を実現するための取組として、ICTの活用、渋滞要因の分析手法の確立、ボトルネック箇所とその要因の把握、適切な対策の実施などが示されている<sup>2)</sup>。

渋滞対策を効率的に執行するためには、まず適切な渋滞要因の把握が重要である。国土交通省土木設計業務等共通仕様書(案)による交通渋滞調査では、「交通渋滞実態調査マニュアル(案)(平成2年4月 建設省土木研究所)<sup>3)</sup>」に基づき、主に人手・目視による現地観測を実施している。しかしながら、経費等の制約から、調査は特定の日、時間帯に限って実施されることが多く、必ずしも渋滞の実態を捉えきれていない可能性がある。

一方、カーナビ、ETC2.0対応車載器等の普及により、旅行速度や急減速挙動などの渋滞要因分析に有効なデータが、面的かつ時系列的に蓄積され、精度良く早期に低コストで入手し分析することが可能となってきている。

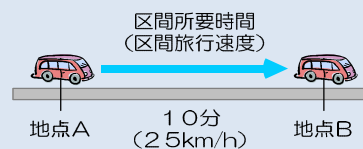
国土技術政策総合研究所では、円滑かつ快適で、社会全体の生産性向上に資する道路交通サービスを実現する

ために必要な道路交通データの収集・分析手法に関する研究を進めている。本稿では、研究開発中であるETC2.0プローブ情報等を利用した渋滞要因分析手法について、研究状況を紹介する。

### (2) 既往の取組のレビュー及び本提案の位置づけ

渋滞等の交通状況の分析には、車両から収集される位置に関する時系列データであるプローブデータ<sup>4)</sup>を用いる。プローブデータには、「民間プローブデータ」と呼ばれるDRM<sup>5)</sup>区間単位に集約された旅行時間・旅行速度データと、「ETC2.0プローブ情報」と呼ばれるよりプリミティブな走行履歴・挙動履歴データがある(図-1)。

- 民間プローブデータ
  - ・ DRM区間単位の平均旅行時間・旅行速度



- ETC2.0プローブ情報
  - ・ 匿名車両の200m毎の位置・時刻 (走行速度)
  - ・ 匿名車両の前後左右の加速度、ヨー角速度
  - ・ 車両情報 (自動車の種別・用途等)

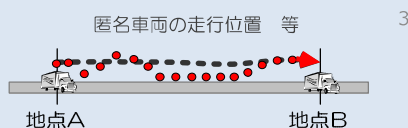


図-1 交通状況の分析に用いられるプローブデータ

実務での利用は、取扱開始時期（平成22年度～）、サンプル数の多さ、データハンドリングの容易性などから民間プローブデータが先行している。民間プローブデータを利用した渋滞に関する分析としては、橋本ら<sup>9)</sup>がボトルネック交差点とその影響範囲の特定方法を提案しており、民間プローブデータを活用することで渋滞の起点へのなりやすさや下流側の渋滞の影響の受けやすさを把握できることを示している。また、田中ら<sup>7)</sup>は、民間プローブデータとビデオ観測を組み合わせた渋滞要因分析を試みている。

一方、ETC2.0プローブ情報を利用した渋滞に関する分析としては、藤井ら<sup>8)</sup>が経路情報等を踏まえた渋滞要因分析手法の検討を試みている。また、加藤ら<sup>9)</sup>は主要渋滞交差点を対象として「渋滞」と「渋滞を避けるための抜け道利用」という視点から、渋滞状況と生活道路の交通安全を関連づけた考察を行っている。

ETC2.0プローブ情報の供給が開始され、道路行政への活用の検討が本格化したのは平成27年以降である。このため、ETC2.0プローブ情報を利用した交通分析手法の確立が急務となっている。

本研究では、研究開発中のETC2.0プローブ情報等による渋滞要因分析手法を実際の交通課題箇所を対象に適用した結果を基に手法の有効性を確認した。

### (3) ETC2.0プローブ情報の特徴と普及の現状

民間プローブデータは、車両の位置および測位時刻を等時間隔（数秒毎）にサンプリングし、携帯電話等の公衆回線を通じて収集している。一方、ETC2.0プローブ情報は、車両の位置を等距離間隔（200m）または45度折進ごとにサンプリングし、測位時刻と併せて車載器に蓄積している。また、車両挙動が閾値（表-1）を超過した場合も、挙動の値、発生位置および発生時刻が車載器に蓄積される。車載器に蓄積されたデータは、高速道路や直轄国道に設置されている路側機との無線通信により収集している。車載器に蓄積可能な走行履歴は概ね80km分程度、挙動履歴は31事象であり、蓄積可能容量を超過した場合は最も古いデータが削除され、新しいデータに上書きされる。

ETC2.0プローブ情報は全道路を対象にデータ収集がなされており、サーバに保管されている過去のデータを振

表-1 ETC2.0プローブ情報の分解能・閾値

データ項目	センシング周期	分解能	閾値
時刻	1sec	1sec	
緯度/経度	1sec	10 <sup>-5</sup> 度	
方位	1sec	16方位	
地点速度	≦0.3sec	1km/h	
前後加速度	≦0.3sec	0.01G	-0.25G
左右加速度	≦0.3sec	0.01G	±0.25G
ヨー角速度	≦0.3sec	0.1deg/sec	±8.5deg/sec

り返っての分析が可能である。精度や信頼性はサンプルの量と質（車載器の普及、路側機の設置状況）に依存するものの、急減速の発生状況や概ねの起終点や経路がわかるといった特徴がある。

ETC2.0対応車載器の累計セットアップ台数は平成28年8月末時点で約160万台に上る。従来型のETCは平成13年3月より一般利用を開始しており、現在では我が国の自動車保有台数約7,730万台（平成28年3月）のうち、約4,944万台（平成27年3月）が車載器を搭載している。我が国の平均車齢が乗用車8.29年、貨物車11.09年（平成27年3月）であることから、ETCからETC2.0への車載器の置き換えが進むに従い、ETC2.0プローブ情報の漸増が期待される。車載器の普及率は全国平均で約1.5%であるが、地域毎にばらつきがある。東京都では約5%にのぼるものの、沖縄県では約0.2%にとどまっている。

路側機は高速道路：約1,600箇所、直轄国道：約1,800箇所の他、一部の道の駅等に設置されている。国土技術政策総合研究所では、可搬型の路側機の開発に取り組んでおり、観光地、渋滞箇所等への展開を検討している。

## 2. 渋滞要因分析のためのデータ分析手法

### (1) 右折車による直進阻害

A交差点に流入する交通について、ETC2.0プローブ情報の地点速度から進行方向別の速度分布等を整理し、右折車による直進阻害状況を明らかにする。

### (2) 信号現示の調整による混雑緩和

B交差点における信号現示変更前後の通過所要時間を民間プローブデータにより整理し、混雑緩和状況を明らかにする。

## 3. 分析手法の有効性の検証

### (1) 右折車による直進阻害

A交差点は一般国道と主要地方道・一般都道府県道の交差点であり、X市における交差点別渋滞損失時間ワースト10にランキングされている。国道はA交差点で直角に折れ北西方面と南西方面を結ぶ形で指定されており、渋滞は北西方面からA交差点への流入で発生している。一方、南西方面から北西方面は常時左折可の運用となっているため目立った渋滞は発生していない（図-2）。

渋滞方向のETC2.0プローブ情報を集計すると、直進よりも南西方面への右折の需要が最も多く、隣の信号交差点まで10km/h以下の速度が点在している。また、右折では交差点付近で急減速が頻発している（図-3）。



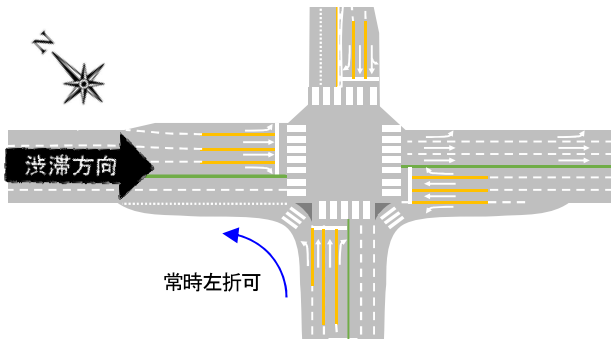
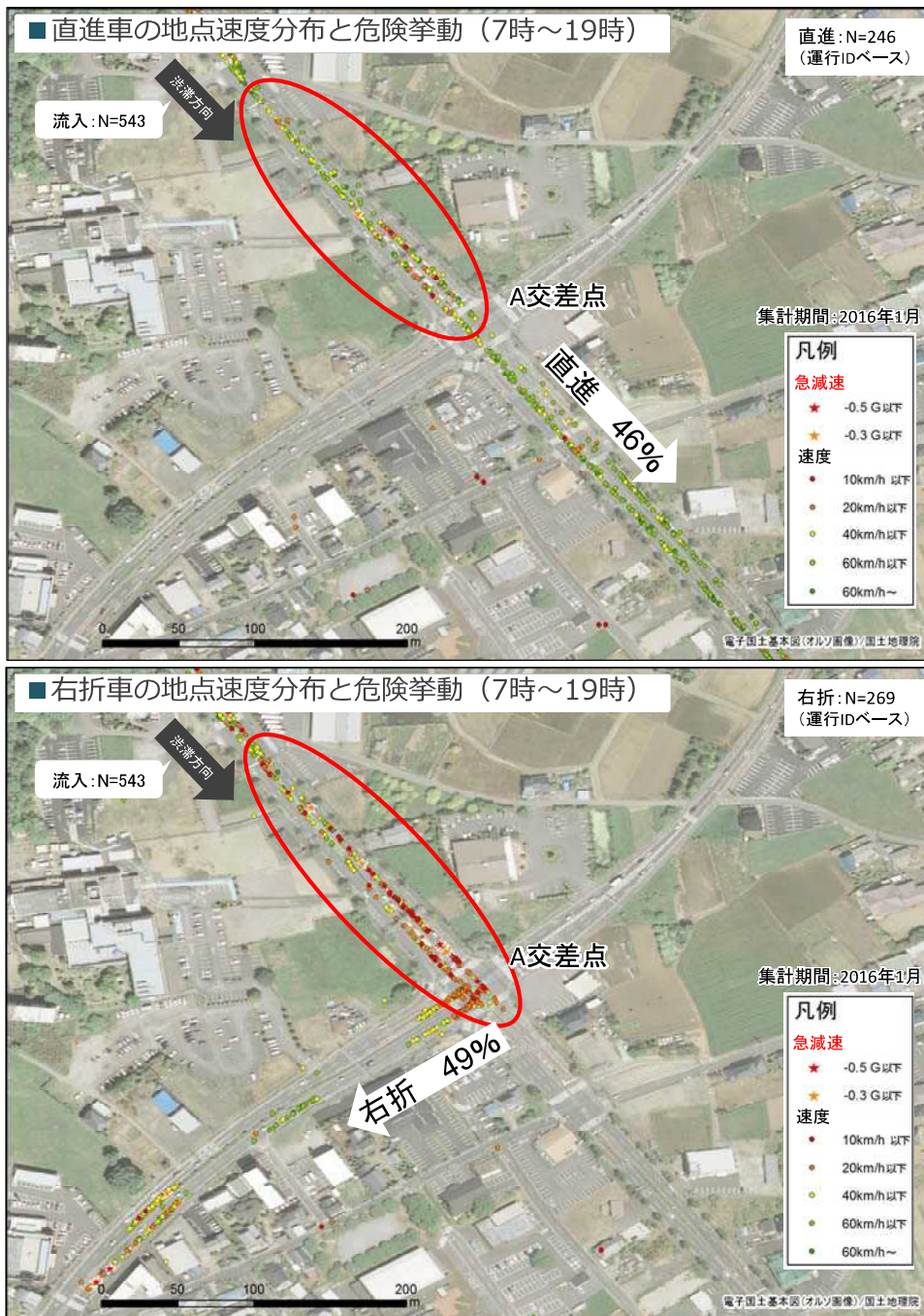


図-2 A交差点の形状

ETC2.0プローブ情報から直進車と右折車の地点速度分布を距離帯別に集計すると、右折車はA交差点から200mの位置まで20km/h以下の頻度が高く、右折待ちの滞留長が直進車線にはみ出し右折待ち車両に直進車が阻害されている様子が把握できる(図-4)。A交差点では北西方面からの右折は需要に対して容量が小さく、直進車の速度低下を誘発している。一方、左折車は少なく左折専用車線はほとんど利用されていない。路側機の設置の偏りやサンプル数が少ないことについて留意が必要であるが、ETC2.0プローブ情報の分析は、直進右左折の割合、右折待ちの滞留長や右折車による直進阻害状況等の把握に有効と考えられる。



※H28年1月のETC2.0プローブ(様式1-2、1-4)を集計

図-3 A交差点に北西方面から流入する交通の地点速度分布(7時～19時)

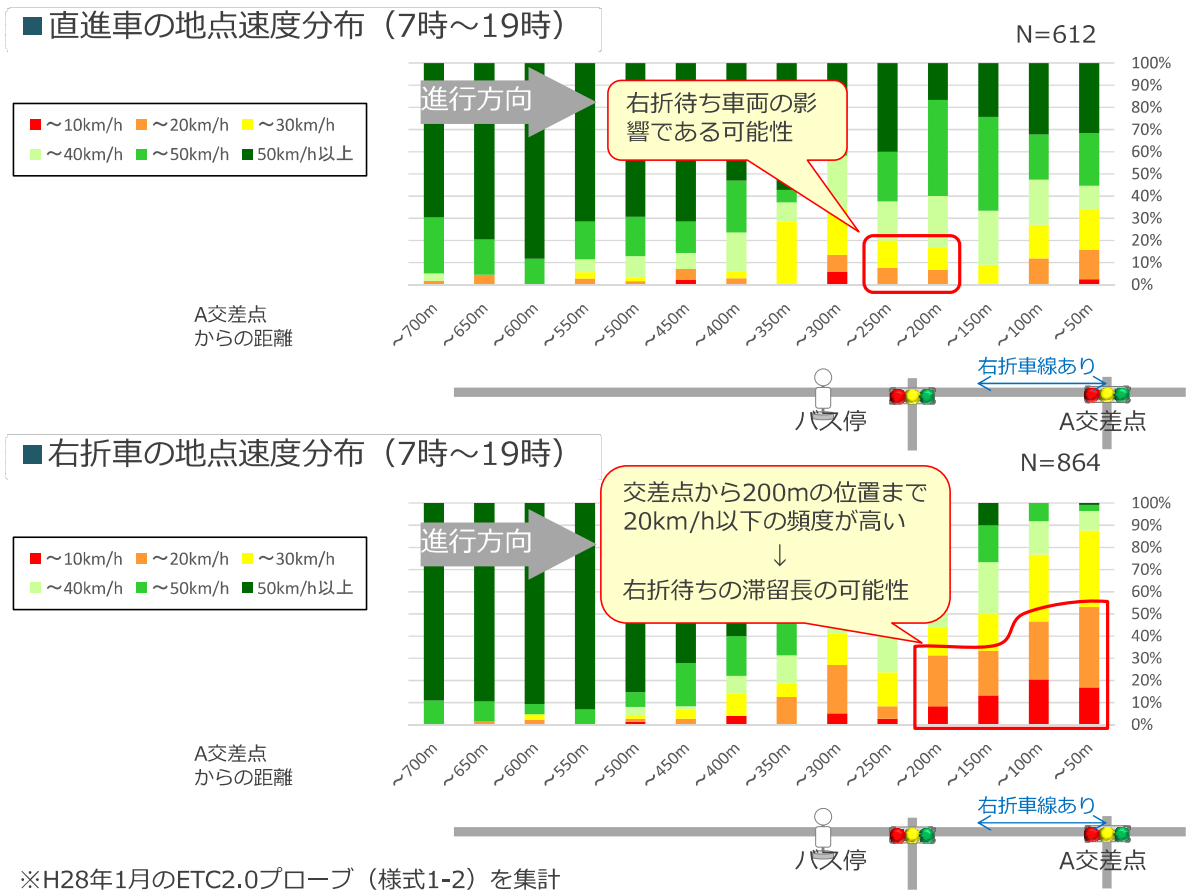
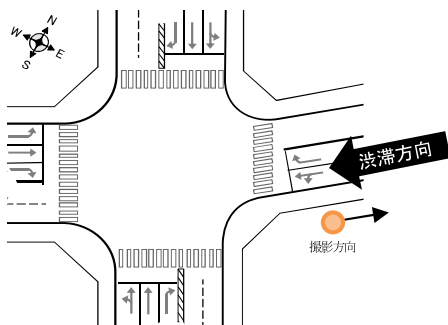


図-4 A交差点に北西方面から流入する交通の右折車線の渋滞末尾の位置

(2) 信号現示の調整による混雑緩和

B交差点は主要地方道と一般市道の交差点であり、X市における交差点別渋滞損失時間ワースト10にランクイン

されている（図-5）。B交差点では平成28年に信号現示が調整され、東西方向の青時間が6秒延長されている。



■サイクル長: 140秒

	1φ	2φ	3φ	4φ	5φ	6φ
H27.11	64秒	12秒	2秒	45秒	15秒	2秒
			全赤			全赤
H28.4	61秒(▼3秒)	11秒(▼1秒)	2秒	51秒(△6秒)	13秒(▼2秒)	2秒

図-5 B交差点の形状と信号現示の調整状況

信号現示変更前後において、一般市道の西向き流入リンク（L=約860m）の通過時間を確認したところ、平日8時台の所要時間が約7分から半減しており、信号現示調整による混雑緩和の効果が確認できた（図-6）。一方、南北方向の通過時間を信号現示調整前後で確認したところ、南向き流入リンク（L=約310m）では大きな変化は認め

られなかったものの、北向き流入リンク（L=約180m）では18時台の右折の所要時間が約90秒増加するなど負の影響が確認された（図-7）。B交差点の上流側、下流側、並行区間の状況変化等にも留意が必要であるが、プローブデータの活用は渋滞対策の実施効果や影響の把握に有効と考えられる。

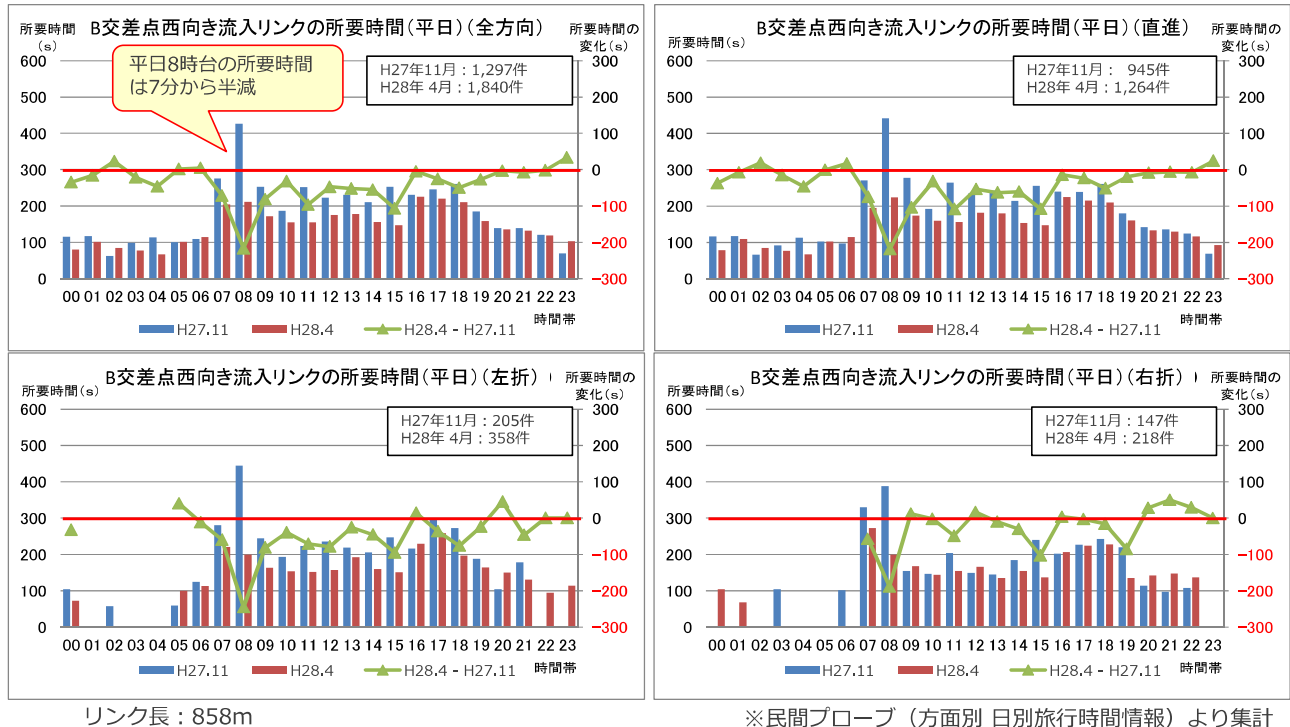


図-6 B交差点への西向き流入方向の時間別平均所要時間（平日）

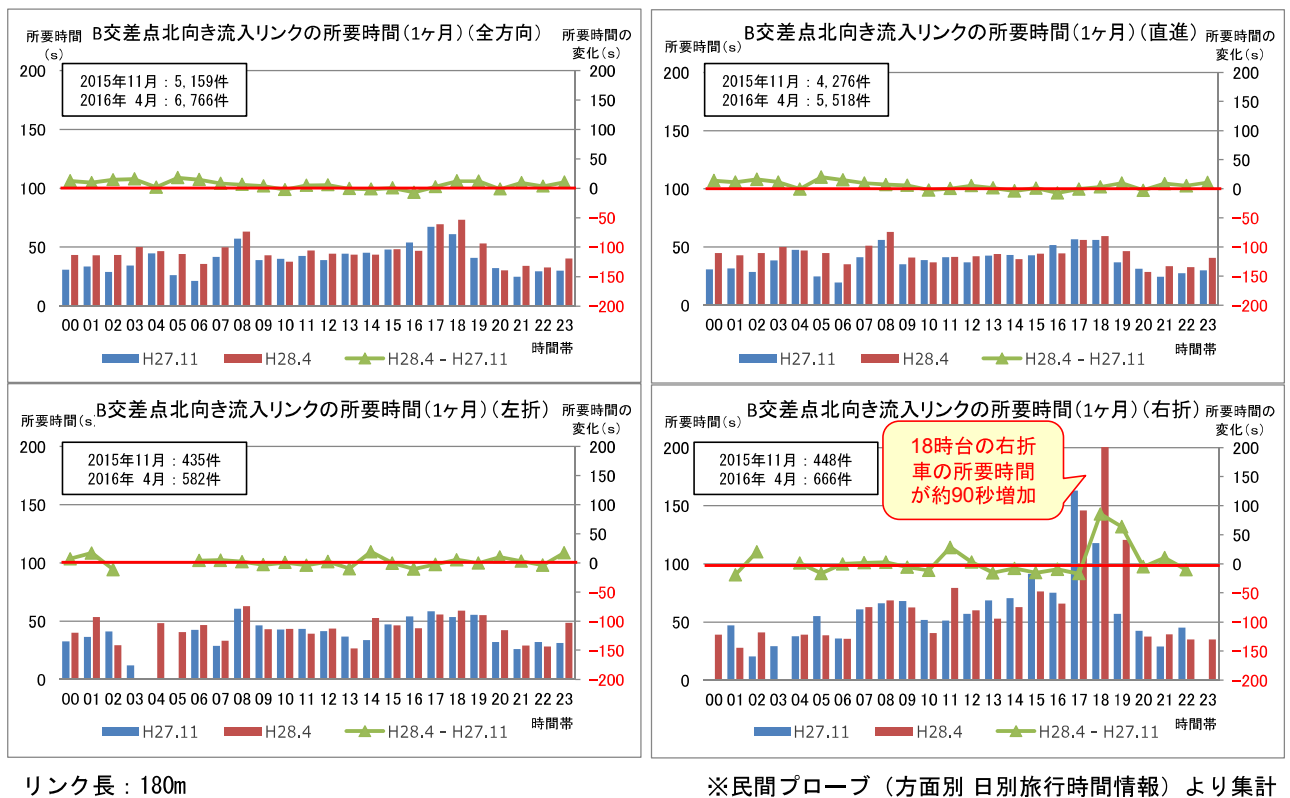


図-7 B交差点への北向き流入方向の時間別平均所要時間（1ヶ月）



## 4. おわりに

渋滞対策を効率的に執行するためには、道路交通の実態を観測し、課題を分析した上で、対策の計画・実行・評価・改善に継続的に取り組む必要がある。

本稿では、ETC2.0プローブ情報等を利用した渋滞要因分析手法を提案し、実検証によりその有効性を確認した。提案した分析手法を用い、渋滞対策の実施前後で、旅行速度や旅行時間の平均やばらつき（標準偏差）などの指標を、時間帯別、平休日別、月別、季節別等の様々な区分で算定することにより、時間変動、月変動、日変動、季節変動等の様々な変動を捉えることが可能となり、この結果をもとに、速達性の変化や、旅行時間の安定性・信頼性などの渋滞対策の実施効果を計測・把握することが可能と考えられる。

渋滞対策のPDCAサイクルのうち、以下のような場面でETC2.0プローブ情報等による分析が有効であると考えられる（図-8）。



### ■ 要対策箇所候補の抽出 (Plan)

プローブデータを用いることにより、客観的な要対策箇所候補の抽出が可能となる。幅員5.5m以上の道路における24時間365日のデータが蓄積されていることから、要対策候補箇所に加えて周辺への影響範囲の把握が可能となる。

### ■ 渋滞要因分析 (Plan)

プローブデータから速度低下方向や時間帯を特定し、交通量など他のデータと組み合わせることにより、渋滞要因候補の概況分析が可能となる。概況分析結果を踏まえて的を絞った渋滞実態調査（現地調査）の計画立案が可能となり、調査費用縮減が可能となる。

### ■ 渋滞対策事業の実施 (Do)

客観的なデータを基にした渋滞要因分析により効果的な対策の立案と実施（Do）が可能となる。

### ■ 効果の評価 (Check) および 追加対策検討 (Action)

プローブデータはデータ入手までのタイムラグが短いことから、対策実施効果の事後評価や追加対策の検討を迅速に実施することが可能となる。

図-8 渋滞対策のPDCAサイクルにおけるプローブデータの活用

今後は、より実効性のある渋滞対策の実施に向けて手法をマニュアル化し、実務展開を図ると共に、渋滞対策へのプローブデータ活用の展開を図る（図-9）。

### ● 道路の交通容量を拡大する方法

- ・ 既存道路の有効活用 | 車線運用の見直し（右折レーン捻出等）、信号現示の適正化 等

### ● 自動車の交通需要を調整する方法

- ・ 時間的平準化 | 渋滞予測により行動の変容を促す 等
- ・ 空間的分散化 | 他の道路への誘導（ETC2.0圏央道2割引）等
- ・ 輸送効率向上 | ETC2.0車両運行管理支援サービス、特殊車両通行許可支援手続きの簡素化 等

**大手術より先ずは小手術・体質改善!!**

図-9 渋滞対策へのプローブデータ活用の展開

## 参考文献

- 1) 国土交通省生産性革命本部：国土交通省生産革命プロジェクトパンフレット、<http://www.mlit.go.jp/common/001143620.pdf>（2016.9.27 閲覧）
- 2) 社会資本整備審議会道路分科会国土幹線道路部会：高速道路を中心とした「道路を賢く使う取組」の中間答申、[http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/road01\\_sg\\_000250.html](http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/road01_sg_000250.html)（2016.9.27 閲覧）
- 3) 建設省土木研究所：土木研究所資料第 2970 号 交通渋滞の原因と対策に関する研究，1991.
- 4) Makino, H., Kanoshima, H. and Tanaka, Y.: SYSTEM ON ROAD TRANSPORT ANALYSIS BY PROBE DATA AND ITS APPLICATION, 25th WORLD ROAD CONGRESS SEOUL 2015, 2015.
- 5) 一般財団法人日本デジタル道路地図協会：デジタル道路地図データベースとは、<http://www.drm.jp/databse/structure.html>、（2016.9.27 閲覧）
- 6) 橋本浩良，水木智英，高宮進：プローブデータを利用したボトルネック交差点とその影響範囲の特定方法，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol.70, No.5（土木計画学研究・論文集第31巻），2014.
- 7) 田中良寛，橋本浩良，高宮進：プローブデータやビデオ観測データを組み合わせた渋滞要因分析，第53回土木計画学研究発表会論文集，2016.
- 8) 藤井涼，森賢二，塚原浩司，草野裕一，渡部康裕，上野一宏：道路プローブデータを用いた渋滞要因分析，第53回土木計画学研究発表会論文集，2016.
- 9) 加藤哲，田中良寛，橋本浩良，瀬戸下伸介：ETC2.0プローブを利用した渋滞状況及び危険挙動発生状況の分析，第41回土木情報学シンポジウム論文集，2016



# NEXCO中日本における植物発生材の リサイクルの取組み

前田 憲治<sup>1</sup>・野村 謙二<sup>1</sup>

<sup>1</sup>中日本高速道路（株）東京支社 環境・技術管理部 （〒105-6011 東京都港区虎ノ門4-3-1）

高速道路ののり面等から発生する植物発生材は、大部分を外部に委託してリサイクルや焼却処分がなされている。しかし、NEXCO中日本の環境方針に基づく資源の有効活用の重要性に鑑み、植物発生材の一部を内部でリサイクルすることとした。リサイクル方法として複数の手段が検討され、東京支社においてはペレット燃料化が試みられた。本稿では、植物ペレットの製造および内部利用に関する事前検討および試行運用の状況を報告する。

キーワード 高速道路、植物発生材、リサイクル、ペレット

## 1. 植物発生材の現状と問題

### (1) 植物発生材のリサイクルに関する現状

中日本高速道路（株）（以下、「NEXCO中日本」という。）管内の高速道路では、年間約60万m<sup>3</sup>の刈草や伐採木等（以下、「植物発生材」という。）が維持作業等により発生する。植物発生材は、かつてはその一部を自社内の堆肥プラントにおいて堆肥化し、高速道路の建設現場において、のり面植栽時の土壌改良材として有効活用されてきた。

しかし近年の建設ストックの縮小化に伴い、堆肥利用は減少傾向にある。2014年度の堆肥としての再利用は、全発生量の4%に過ぎず、他の手段と合わせた内部リサイクルの割合は21%にとどまっている。

### (2) 問題点

年間約60万m<sup>3</sup>の植物発生材のうち、およそ8割が外部に委託してリサイクル処分、あるいは焼却処分されてい

る。（図-1）

2014年度に外部処分にかかった費用は約3億円に達しており、その費用は、新規供用路線が増えるごとに今後さらに増加する。

## 2. NEXCO中日本の方針

### (1) 環境方針

NEXCO中日本は、環境に対する経営方針を「環境方針」として定め、これを公表している。その中で環境に関わる経営上の重点施策を3つ定めている。

- ①地球温暖化の抑制
- ②資源の3Rの推進
- ③地域環境への配慮

植物発生材の取扱い方針は、上記②の施策に基づいて決定される。すなわち、資源の3Rの一環として、「リサイクル（再生利用）」が求められる。

### (2) 植物発生材のリサイクルの必要性

すでに問題点として述べたように、植物発生材を外部処分するための費用は今後も増加し、維持管理費の圧迫につながる。

加えて、会社の環境方針に基づき、資源の3Rを進めていくことがCSR（企業の社会的責任）の観点からも求められている。

これらの事情を踏まえ、植物発生材の内部リサイクルを推進することが会社の経営方針として2012年に決定された。

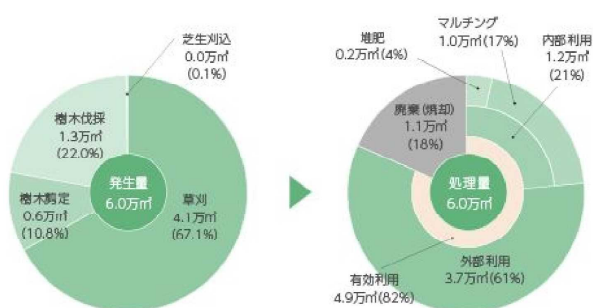


図-1 植物発生材のリサイクル状況（2014年度）

### 3. リサイクル方法の検討

#### (1) リサイクル方法の候補

堆肥に代わる植物発生材のリサイクル方法として、バイオマス技術に関する調査を進めた結果、比較的技術的熟度の高い3方式が検討された。

- ①ペレット燃料
- ②熱分解ガス化発電
- ③メタン発酵ガス化発電

いずれもNEXCO中日本において経験のない技術であるため、予備調査や内部検討を経て、①の方式の実現性について研究することとなった。

#### (2) ペレット燃料化にかかる課題

高速道路で発生する植物は、体積比で約6割が草本類（刈草）、約4割が木本類（剪定枝および伐採木）である。木本類から製造される木質ペレットは、木材の構成要素の1つである物質（リグニン）が軟化して、接着剤のような役割を果たすため、接着剤が無くても固形化が可能であると一般に考えられている<sup>1)</sup>。（一方、水素結合が固形化に大きな役割を果たしているという見解もある<sup>2)</sup>。）しかし、草本類にはリグニンが含まれないため、ペレット化は不可能と考えられていたためこれまで国内外で実用化された実績が無く、技術的な可否も含めて研究が必要であった。

また、製造したペレット燃料を有効に内部利用するリサイクルの仕組みを構築することも重要な課題であった。

### 4. ペレット化に向けた技術的検討

#### (1) 技術的な課題の整理

前項で述べたように、草本類を材料としたペレット（以下、「刈草ペレット」という。）の製造は技術的に未知であった。技術的な検討課題を改めて整理すると、以下ようになる。

- ・刈草ペレットの製造について、その技術的可否も含めて検討が必要
- ・木質ペレット、刈草ペレットそれぞれの品質について検証が必要
- ・ペレットを一般的なペレットボイラーやペレットストーブで燃焼させた時の技術的な問題について検証が必要

#### (2) 刈草ペレットの製造にかかる技術検討

##### a) 草本類の破碎試験

高速道路の維持作業等で発生した刈草を、外部のペレット工場に搬入して、破碎機で破碎試験を行った。搬入時の刈草は含水率がおおむね60%台であり、そのままでは破碎に適さないため、50%以下になるまで天日乾燥し

た。（図-2）

乾燥後に材料を一次破碎機、二次破碎機に順次投入した。両破碎機は、木質ペレットの製造に使用されているものと同じである。（図-3）

破碎の結果は、表-1のとおりである。



図-2 刈草の乾燥状況



図-3 上：一次破碎機、下：二次破碎機

表-1 刈草の破碎結果

	スクリーン (mm)	破碎後含水率 (%)	重量 (kg)
一次破碎	φ 50	38.5-42.5	800
二次破碎	φ 15	33.0-42.3	692

破碎の結果、破碎機への負荷は小さく、安定して破碎作業ができた。一方、刈草特有の含水率の高さから、材料が投入口付近でブリッジを形成し、処理効率を下げることが分かった。

##### b) 造粒試験

破碎された材料をペレット造粒する試験を行った。一

一般的にペレットの成形は、リングダイと呼ばれる鉄製リングに明けられた孔に、材料を押し込み、圧縮と熱により固結させる。

試験体の成否の評価は、造粒時点におけるペレットの固まり具合と粉化率（固結せず粉体のまま残った材料の重量の比率）により判断した。

試行錯誤の結果、造粒の成否は、含水率と圧力が支配的要素であることが判明した。（図-4）

このため、含水率はいったん材料を10%未満に乾燥させた上で、加水して水分調整することとした。圧力は、数値的に管理することができなかつたため、リングダイのサイズを入れ替えることで調節した。

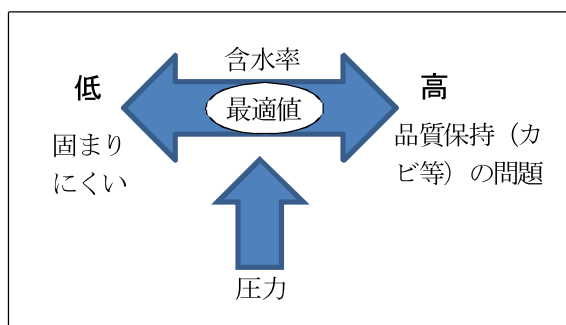


図4 造粒の支配要素

造粒試験の結果、もっとも高い評価が得られた含水率は、表-2のようになった。リングダイのサイズは、φ6mm×L34mmが最適の結果を得た。（図-5）

表-2 造粒試験の結果

材料含水率 (%)	ペレット含水率 (%)	粉化率 (%)
16.5	11.1	1.6



図5 造粒されたペレット

一般的な木質ペレットの含水率が6~8%であることから、刈草ペレットの含水率（11.1%）は高いと言える。なお、リングダイによるペレット製造は、成型時の熱と圧力で材料の水分が逸散するため、長時間連続運転下では高温によりペレット水分が低下し、粉化率が上がるこ

とが予想される。したがって、機械の状況に応じた細かな水分調整が必要となる。

### (3) 刈草ペレットの性状にかかる技術検討

#### a) ペレットボイラーでの燃焼試験

製造された刈草ペレットを、ペレットボイラーで燃焼させた。ボイラーの緒元は、表-3のとおりである。

表-3 ペレットボイラー緒元

定格出力	290kW (250,000kcal/h)
最大使用圧力	無圧開放方式
ボイラー構造	煙管式

燃焼は、約5時間連続稼働して行った。燃焼試験の結果得られた知見は、以下の通りである。

着火性：問題なし

燃焼性：燃焼が進むにつれ、燃焼灰が燃焼室に滞留し、気流を妨げてやや不完全燃焼の状況を呈した。

燃焼灰：燃焼室に比重の重い灰がたまった。

木質ペレットと比較すると、燃焼灰の量が多く比重が大きい他、長時間の燃焼で灰が固結し「クリンカー」が形成される可能性が示唆された。

#### b) ペレットの成分分析

製造された刈草ペレットの品質分析を行った、分析結果は表-4のとおりである。

表-4 刈草ペレットの品質分析（項目抜粋）

項目	分析結果	参考基準 <sup>※)</sup>
発熱量：kcal/kg	3,750~4,060	3,820以上
含水率：%	11.1	10以下
灰分：%	6.52	1~5

※) 日本木質ペレット協会によるC規格<sup>3)</sup>

国内で一般的に流通している木質ペレットのうち、品質が低いC規格と比較しても、やや品質が劣る結果となった。

## 5. ペレットによる植物発生材のリサイクル計画

前項での技術的検討を踏まえ、リサイクル計画を検討した。

### (1) リサイクルの全体計画

高速道路の維持作業等で生じた植物発生材（木本類および草本類）を自社プラントでペレット燃料に加工し、これを自社ボイラーで燃焼させ、管理棟の冷暖房に活用する内部リサイクルの仕組みを計画した。（図-6）





図6 リサイクル計画の全体概要

## (2) ペレット製造プラントの計画

植物発生材からペレットを製造するプラントの整備を計画した。

場所は、神奈川県山北町にある堆肥プラントの建屋を利用し、機械ユニットの据替によるものとし、コストを縮減した。

受入れ能力は、東京支社管内の東名高速道路（東京～豊川間）および新東名高速道路（御殿場JCT～新城間）で年間に発生する植物発生材を想定し、18,000m<sup>3</sup>/年とした。これにより、年間最大約500tのペレット製造を期待できる。

ただし、植物発生材の遠距離輸送による効率低下を考慮し、初期段階においては近隣（プラントから概ね50km以内）の植物発生材を受け入れることで、年間約190tを製造する計画とした。

## (3) ペレットボイラーの計画

新東名高速道路 藤枝岡部料金所（静岡県藤枝市）にある既設のペレットボイラー焚冷暖房設備を利用し、自社製ペレットを投入する計画とした。これにより、年間190tの消費を期待できる。

## 6. リサイクルの試行運用

### (1) ペレット製造プラントの整備および試行運用

ペレット製造プラントは、2014年6月に完成し、同年8月から試行運用を開始した。図-7に施設の全景を、図-8に施設の概要を示す。

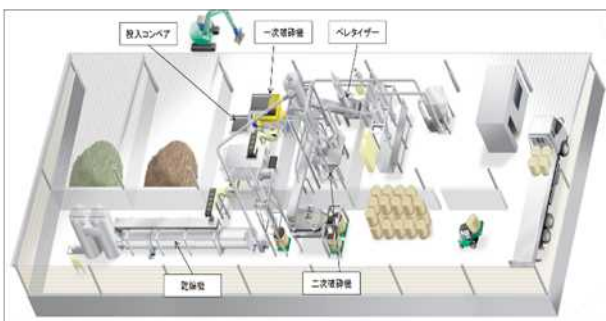


図-7 ペレット製造プラント全景

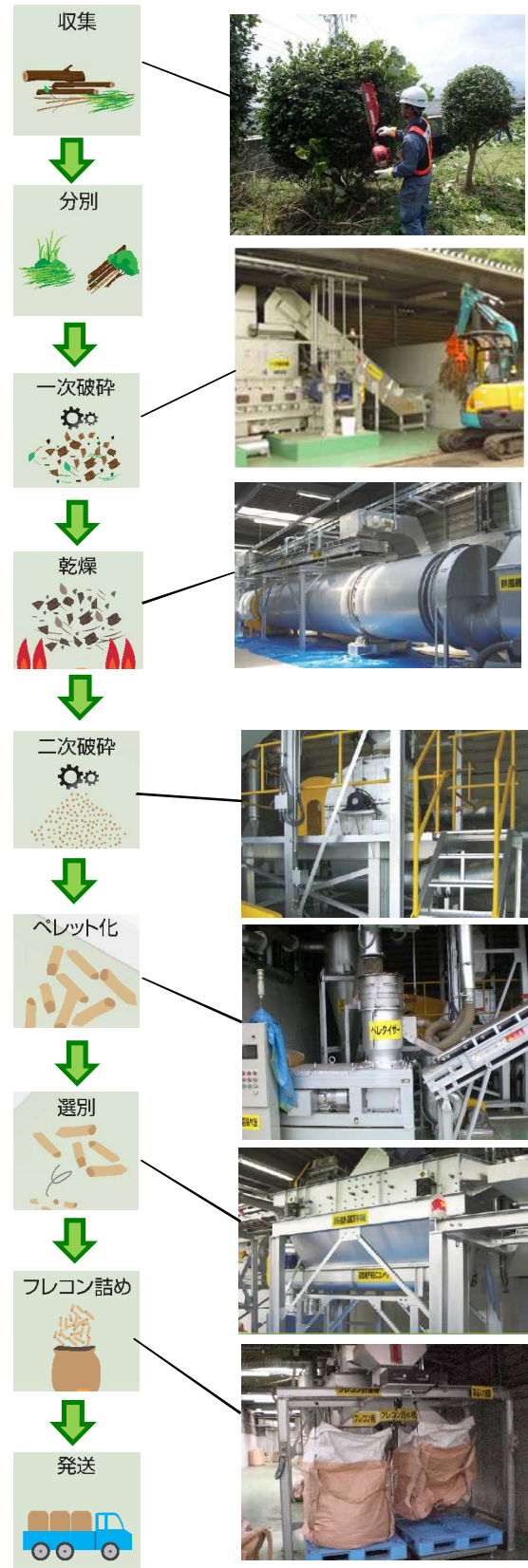


図-8 ペレット製造プラント概要



試行運用段階で新たに明らかになった諸問題とその対応を、以下に紹介する。

#### a) 製造能力

当プラントにおけるペレットの製造能力は、365kg/hで設計されており、1日約2tのペレット製造を期待していたが、試行運用においては1日当たり1.0t未満であった。能力が限定された原因として考えられたのは、

- ・金属（釘など）やビニール袋、ペットボトルなどの不純物が多く、機械トラブルが頻発したこと。
- ・材料の水分調整が難しく、未形成の粉化率が10%程度と高くなったこと。
- ・プラントの各工程を担う個々のマシンの能力が一律でなく、手動オペレーションによる各マシンの速度調整に手間取ったこと。

などが挙げられる。

これらの問題の解決策として、以下の対策を講じた。

- ・金属が破碎機に混入しないよう、材料投入用のベルトコンベアに電磁石を装着し、自動で除去した。また、ビニール等は材料投入時に人力除去した。
- ・安定した造粒ができるよう、一次破碎後の材料を水分計にかけ、測定された水分に応じて乾燥機を速度を調整して、最適な水分を保持できるようにした。
- ・製造メーカーの運用指導を受け、運転員が各マシンの運転速度の調整に習熟できるようにした。

これらの取組みにより、試行運用開始1年後には、1日当たり1.0t～1.5tのペレットを安定的に製造できるようになった。

#### b) ペレットの品質

プラントで生産された自社製ペレットの品質検査を行った。検査は木質ペレット、刈草ペレットの両方に対して行った。

木質ペレットを民間基準と比較すると、最も低い規格をほぼ満たしていることが確認できた。一方、刈草ペレットは国内外で実用化されておらず、品質基準も存在しないが、木質ペレットとの品質比較をすると、含水率が高い、発熱量は小さい、灰分が多い、という性質が明らかになった。（表-5）

一方、品質の不安定さが認められた。特に刈草ペレットは、含水率が高めのロットは、3か月経過時点でカビによる変色や粉化が認められる場合があった。品質のばらつきについて、今後も検証していく必要がある。

表-5 ペレットの品質分析（項目抜粋）

項目	木質ペレット	刈草ペレット	参考基準 <sup>※)</sup>
直径mm	7.2	7.2	6～8
長さ%	100	100	30≤L<40mmの比率
かさ密度kg/m <sup>3</sup>	650	650	650～750
含水率%	9.9	13.6	10以下
発熱量kcal/kg	3920～4254	3500～3870	3820～4200
灰分%	3.1	11.1	1.0～5.0

※) 日本木質ペレット協会によるC規格<sup>3)</sup>

#### (2) ペレットボイラーの試行運用

藤枝岡部料金所のペレットボイラーで、自社製ペレットを燃焼させた。（図-9）刈草ペレットを燃焼させたところ、燃焼灰が燃焼室に滞留し、固結してクリンカーを形成する現象が発生した。（図-10）この現象は、運転そのものが継続できない重大な問題である。

クリンカーが発生する要因の一つは、草本類の成分にある。草本類にはケイ素が多く含まれる<sup>4)</sup>ため、燃焼灰に含まれるガラス質成分が固結するとクリンカーを形成する。もう一つの要因として、燃焼温度が考えられる。一般的に炉内の温度が900℃～1200℃になるとクリンカーが発生しやすいと言われている。当該ボイラーは炉内温度の計測装置を備えていないが、クリンカーが発生した事実を考えると、炉内温度が上記の範囲に達したと推定される。

一方、木本類は竹を除きケイ素の含有量が少ないため、クリンカーが問題となることは少ない。



図-9 ペレットボイラーの燃焼状況



図-10 クリンカーの発生状況

当該ボイラーにおいては、当面は木質ペレットを使用して運用することとした。刈草ペレットを使用した安定的な運用技術の確立には、更なる検証を要する。

### (3) リサイクルの運用実績

本リサイクルの取り組みは、2014年8月から試行運用を開始している。2015年12月までの製造および使用の実績は、表-6のとおりである。

表-6 ペレットの製造および使用実績

	木質ペレット	刈草ペレット	合計
製造・使用量 (t)	22.5	68.5	91.0

## 7. 今後の展開

### (1) 改善すべき課題

試行運用を通じて明らかになった課題は以下の通りである。

#### a) 製造能力の向上

これまでの日当たり製造能力は1.0～1.5tであったが、これを2t/日程度に向上させる必要がある。これにより、年間生産量200t～300tを見込むことができる。

#### b) 品質の安定化

材料が不均一なため、ペレットの品質にばらつきがみられる。今後はばらつきの原因や対策を検討していく必要がある。

#### c) 刈草ペレットの燃焼安定化

これまでクリンカー等の問題で安定的に燃焼できな

い刈草ペレットについて、ボイラーの改良や運用改善を検討していく必要がある。

#### d) 未形成ペレットや燃焼灰の利用方法の拡大

現在のところ、利用方法はボイラーによる燃焼に限られているが、未形成のペレットや燃焼灰の有効利用についても検討していく必要がある。

#### e) 運用コストの削減

製造プラントの稼働、ボイラーの保守等にかかるコストを見える化し、削減を図っていく必要がある。

## (2) 対応方針

上記課題のうち、a)～c)に対しては、引き続きデータを蓄積して具体的な改善点を抽出していきたい。

課題d)については、例えば未形成ペレットを花壇に敷均しのマルチング材として利用する方法考えられ、現在検証中である。燃焼灰はアルカリ分を多く含むため、土壌改良材としての利用が期待できる。

課題e)については、運用員の稼働データを蓄積中である。これまでは運用員へのノウハウ習得を主として効率性を向上させてきたが、更なる効率性向上のためには、ノウハウをマニュアル等に形式化化することで広く共有を図るべきであると考えている。

## 8. おわりに

草本類を用いたペレット化事業は国内外で初めての取り組みであり、未知の部分が多く試行錯誤の連続である。一方で、道路の植物発生材をリサイクルする取り組みとしては、汎用性が高いと考えている。今後も未知の難題に挑戦し、本事業を軌道に乗せていきたい。

以上

### 参考文献

- 1) (一社)日本木質ペレット協会：ホームページ「木質ペレットとは」
- 2) (独法)森林総合研究所：木質ペレット成型機構の解明 2010.3
- 3) (一社)日本木質ペレット協会：品質規格 2011.3
- 4) (独法)土木研究所：草木系バイオマスの組成分析データ集 2008.2

# 伊豆半島における観光期の 道路を賢く使う取り組み

鳥畑一博<sup>1</sup>

<sup>1</sup>中部地方整備局 沼津河川国道事務所 調査第二課（〒410-8567 静岡県沼津市下香貫外原3244-2）

伊豆半島では、GWや夏休みを中心とした観光期において、主要な幹線道路等で渋滞が発生している。観光期は、交通需要が突出するため、道路整備によるハード対策とあわせ、「道路を賢く使う」取り組みとして、ソフト対策を検討することが重要な課題であった。

東駿河湾環状道路（沼津IC方面）の登坂部を対象に、LED表示板による速度低下抑制情報提供と速度回復促進情報提供による渋滞対策実験の効果検証を行った結果、低速車両の割合が低下する等の効果を確認した。また、その他取り組みとして、伊豆スカイラインの料金割引を行った結果、同道路の交通量増加と、国道135号からの転換を確認した。

キーワード：道路を賢く使う、ソフト対策、LED表示板、料金割引

## 1. はじめに

伊豆半島では、GWや夏休みを中心とした観光期において、主要な幹線道路等で渋滞が発生している。これは、伊豆半島の観光地としての魅力に起因した交通需要の多さと、道路の交通容量に課題があり、これらを踏まえた渋滞対策が求められている。特に、観光期は交通需要が突出するため、道路整備によるハード対策とあわせ、「道路を賢く使う」取り組みとして、ソフト対策を検討することが重要な課題であった。

本稿では、伊豆半島の玄関口で、主要な幹線道路である東駿河湾環状道路（沼津IC方面）の登坂部を対象に、民間プローブデータとETC2.0プローブ情報を活用した渋滞状況分析を行い、当該道路の渋滞状況を俯瞰した上で、LED表示板による速度低下抑制情報提供と速度回復促進情報提供による渋滞対策実験の効果検証を行う。また、その他取り組みとして、伊豆スカイラインの料金割引の効果検証について報告するものである。

## 2. 東駿河湾環状道路の渋滞状況分析

ここでは、民間プローブデータとETC2.0プローブ情報を用いて東駿河湾環状道路（沼津IC方面）の渋滞状況分析を行い、当該道路の渋滞状況を俯瞰する。

### (1) 対象区間の概要

東駿河湾環状道路は、伊豆縦貫自動車道の一部を構成し、沼津岡宮ICから函南塚本ICまで16.8kmが開通している（図-1）。東名高速道路の沼津IC、新東名高速道路の長泉沼津ICと接続し、伊豆半島の玄関口となっている。また、平成26年2月11日に三島塚原IC～函南塚本ICが開通したことで、三島市街を迂回する都市圏環状道路として機能している。

本稿で対象とする区間は、沼津IC方面（北方向）へ向かう下り線の、大場・函南ICから、三島玉沢ICを経由して、三島塚原ICまでである。

### (2) 曜日別渋滞発生パターン分析

民間プローブデータより作成した休日の渋滞モザイク

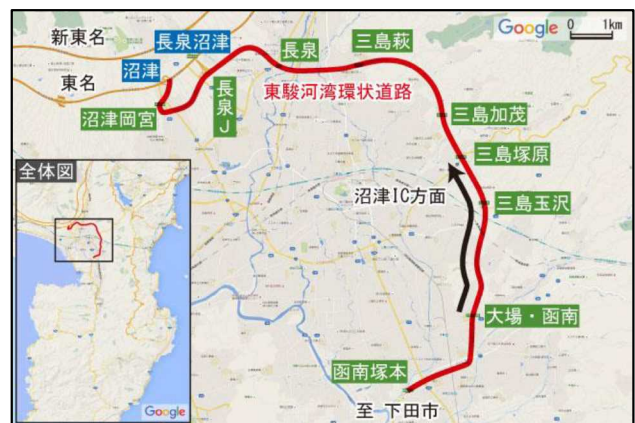


図-1 東駿河湾環状道路の位置図



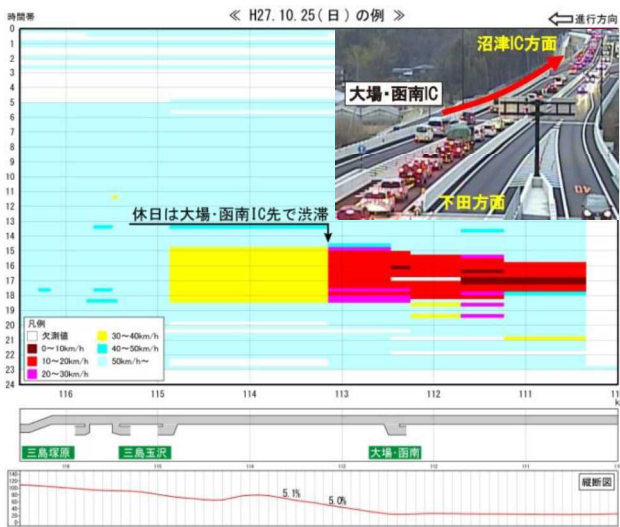


図-2 休日の渋滞発生パターン（渋滞モザイク図）

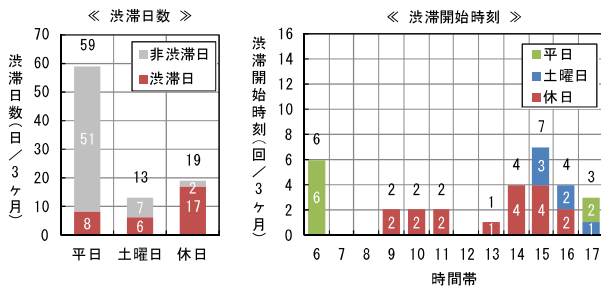


図-3 対象ボトルネックの渋滞日数と渋滞開始時刻 (H27.9~11)

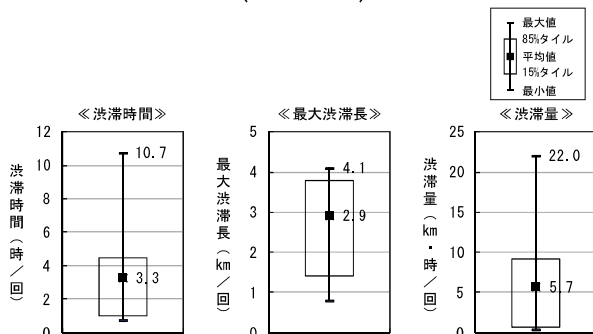


図-4 対象ボトルネックの渋滞諸元 (H27.9~11)

図の一例を図-2に示す。図は平成27年10月25日（日）の例であり、大場・函南IC先の登坂部が、速度10~30km/hを示し渋滞先頭地点となっている。また、それより先は30~40km/hの速度域であり、渋滞回復流を示している。休日に発生する渋滞の大部分は、大場・函南IC付近を渋滞先頭地点とするこのパターンであり、本稿ではこのボトルネックを対象とする。

なお、紙面の都合上割愛するが、平日はさらに下流の三島玉沢IC合流部付近が、渋滞先頭地点である。

### (3) 渋滞状況分析

平成27年9~11月の3ヶ月を対象に、民間プローブデータより渋滞モザイク図を描画し、渋滞状況を日別に判読した。具体的には、渋滞先頭地点（ボトルネック位置）、

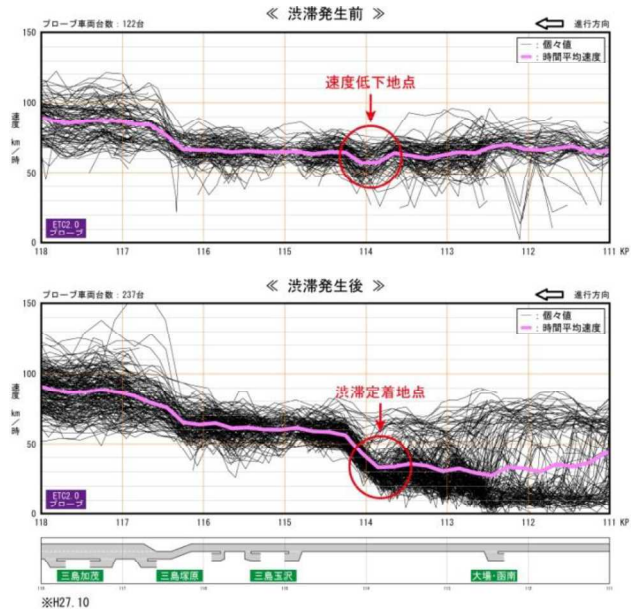


図-5 対象ボトルネックの速度プロファイル

渋滞開始/終了時刻、最大渋滞長を判読した。民間プローブデータの制約上、時刻は15分ピッチであり、渋滞先頭地点と渋滞長はDRMリンク端の位置に依存する。

図-2に示す渋滞モザイク図の描画範囲は、全13DRMリンクで構成し、リンク長は54~1,723m（平均559m）である。また、前述の通り30~40km/hの速度域が渋滞回復流を示していることから、30km/h以下を渋滞と定義した。

対象ボトルネックの渋滞日数と渋滞開始時刻を図-3に示す。対象ボトルネックでは、休日の9割（=17/19）の日で渋滞が発生している。土曜日は半分（=6/13）の日で、平日でも稀に（=8/59）渋滞が発生している。また、土曜日と休日の渋滞は14~16時台に多く発生している。

次に、対象ボトルネックの渋滞諸元を図-4に示す。平均渋滞時間は3.3時間/回であるが、最も長い時は10.7時間である。また、平均最大渋滞長は2.9km/回であるが、最も長い時は4.1kmである。このように渋滞が多く発生しており、渋滞対策の必要性を改めて確認した。

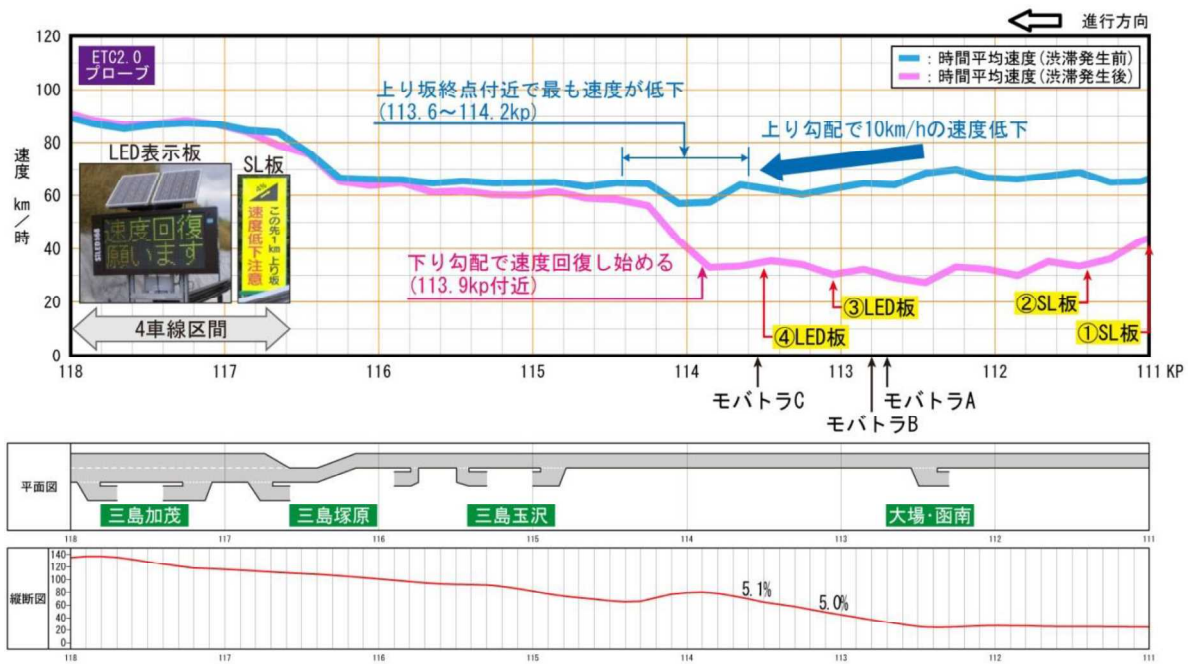
### (4) ボトルネック位置分析

民間プローブデータでは、渋滞先頭地点がDRMリンク端の位置でしか把握できない。そのため、詳細なボトルネック位置を把握することが不可能であり、渋滞対策を検討する上で、課題となっていた。

そこで、ETC2.0プローブ情報より詳細なボトルネック位置の把握を試みた。具体的には、1) 高密度時の速度低下状況を分析するため、渋滞発生前2時間以内にボトルネック地点を通過した車両を日別に抽出し、速度プロファイルを描画するとともに、2) 渋滞定着地点を分析するため、渋滞発生後にボトルネック地点を通過した車両を日別に抽出し、速度プロファイルを描画した。

図-5は、対象ボトルネックの速度プロファイルを渋滞発生前と渋滞発生後に区分したものである。図中の黒線





※H27.10

図-6 対象ボトルネックの速度プロファイルとLED表示板等の設置位置

は、個々の車両の速度変動を表わしており、ピンク線はこれら個々の車両の時間平均速度である。このボトルネックは、登坂部で速度低下し、上り坂から下り坂に差し掛かる113.9kp付近が渋滞定着地点（ボトルネック位置）である。ETC2.0プローブ情報は、民間プローブデータに対して空間分解能が細かい。同データを利用することで、詳細にボトルネック位置を特定できた。

### 3. 東駿河湾環状道路の渋滞対策実験の効果検証

#### (1) 渋滞対策実験の概要

「道路を賢く使う」取組みとしての渋滞対策は、LED表示板による情報提供を検討した。中谷ら<sup>1)</sup>、竹内ら<sup>2)</sup>、山田ら<sup>3)</sup>は路肩にLED標識を設置し、渋滞先頭地点を知らせるとともに、速度回復を促す情報を提供したところ、渋滞発生後捌け交通量（渋滞中の交通容量）が4~7%増加することを明らかにした。情報によって緩慢になったアクセルワークを是正し、加速を促すことで渋滞発生後捌け交通量の増加を狙ったものである。

本実験はこれを援用したものであり、図-6に示す③と④の地点にLED表示板を設置した。LED表示板は、ETC2.0プローブ情報で分析した渋滞発生前の速度低下地点と渋滞発生後の渋滞定着地点より上流の位置から選定した。③は急な縦断勾配地点で、「上り勾配」と「速度低下注意！」を交互表示し、④は上り勾配終了地点手前で、「速度回復願います」を表示した。言葉の通り、③は登坂部の速度低下を抑制し、④は速度回復を促すものである。このメッセージは常時点灯であることから、非渋滞時と渋滞時の両方で意味のある表示内容とした。

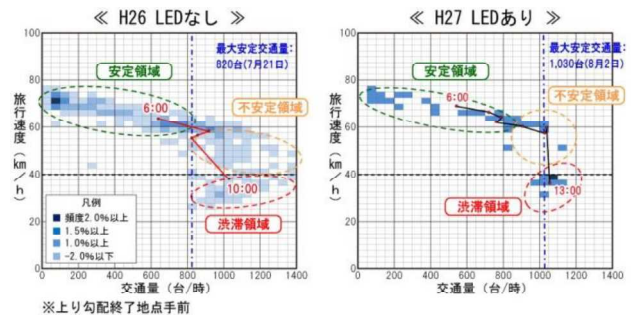


図-7 モバトラCの交通量階層別速度出現頻度（休日）

その他、①と②において「この先1km上り坂/速度低下注意」と記載した縦型のSL板を設置した。また、時間分散を図るため、沼津IC方面の上流に位置する伊豆中央道の料金所で、下田方面利用者に対して、当該区間の渋滞状況を示したピラを配布し、帰路（沼津IC方面）利用時の参考にさせていただいた。

#### (2) 交通量階層別速度出現頻度の変化

当該区間には車両感知器が設置されていないことから、実験期間中は本線上にモバトラを3基設置した（図-6参照）。交通量階層別速度出現頻度の変化を図-7に示す。なお、図は上り勾配終了地点手前（モバトラC）のデータである。また、以降も含め、比較対象となるLED表示板なしは平成26年7月12日~8月11日、実験中のLED表示板ありは平成27年8月1日~8月7日としている。

LED表示板設置後は、渋滞領域の発生頻度が減少している。渋滞発生後の速度回復が促進された可能性がある。速度が高くなっていることから、損失時間の減少効果があったことが確認できる。また、期間内の渋滞直前交通量のうち最も少ない交通量、いわゆる渋滞することがな

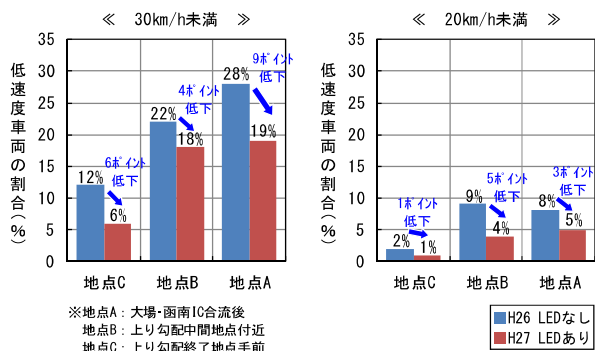


図-8 地点別低速車両の割合（休日）

い交通量として、最大安定交通量を定義し分析した結果、LED表示板設置前は820台/時であったのに対し、設置後は1030台/時となり、210台/時（26%）増加した。交通容量の増加効果があった可能性がある。

### (3) 低速車両の発生割合

図-8は、各地点の低速車発生割合である。30km/h未満の発生割合をみると、地点A～CのいずれもLED表示板設置後に低下している。また、20km/h未満の発生割合も低下している。本実験は、速度低下防止と速度回復促進を狙ったものであるが、狙い通り渋滞発生後の速度回復が促進された可能性を改めて確認した。

## 4. その他取組みの紹介

ここでは、その他取組みとして、伊豆スカイラインの料金割引による国道135号の渋滞対策について紹介する。

### (1) 料金割引の概要

伊豆スカイラインでは、静岡県道路公社と静岡県が主体となり、富士山の日（2月23日）を含む平成28年2月19日～28日の10日間において、通行料金割引キャンペーンを実施した。具体的には全車種・全区間で、上限200円とした（普通車は全線利用で通常980円のため780円の得になる）。これは、河津桜まつり等早春イベントの開催により渋滞が想定される国道135号から、当該道路への交通量の転換を促し、混雑緩和を期待したものである。

### (2) 交通量の変化分析

割引期間中における伊豆スカイラインの平均日交通量は、平日が2,511台/日、休日が6,383台/日であった。平日は通常時の1.3倍、休日は1.9倍であった。

割引期間中に中大見口交差点で交通量調査を実施した（図-9）。当該交差点は南の河津町より国道135号を北上した地点であり、左折して約10kmの位置に伊豆スカイライン天城高原料金所がある。図-10の左折割合をみると、11～19時台の東京方面へ帰路につく時間帯は、割



図-9 伊豆スカイラインと国道135号の位置図

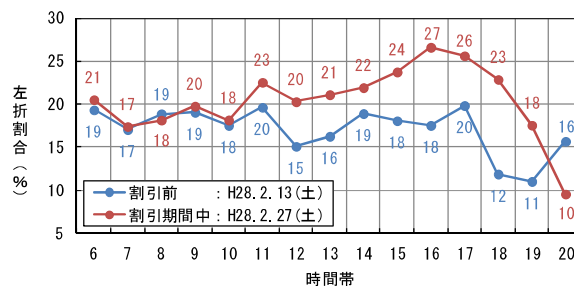


図-10 伊豆スカイライン方面への交通量の変化（中大見口交差点）

引前に比べて割引期間中に高く、国道135号から伊豆スカイラインに転換があった可能性を示唆している。

## 5. まとめと今後の課題

東駿河湾環状道路（沼津IC方面）のLED表示板による渋滞対策は、速度向上効果があったことを確認した。一方で、簡易的に交通状況を把握できるモバトラを使用したことから、より正確な交通容量の増加効果が不明である。数日を対象にVTR調査を実施し、その効果を明らかにしていくことが重要と考える。また、LED表示板に代えて、大型看板を設置する等恒久的な対策を検討することも考えられる。

### 参考文献

- 1) 中谷了, 皆方忠雄, 佐藤久長, 市川昌: 渋滞巻き込まれ時間を考慮したLED標識による速度回復情報提供の効果検証, 第25回交通工学研究発表会論文報告集, pp.173-176, 2005.
- 2) 竹内利夫, 佐藤久長, 皆方忠雄: 高速道路渋滞対策の最前線—サグ部の速度低下による渋滞の緩和を目指して—, 土木学会誌, Vol.91, No.5, pp.60-63, 2006.
- 3) 山田芳嗣, 阿部重雄, 長瀬博紀: LED表示板を活用した渋滞対策について, 第23回交通工学研究発表会論文報告集, pp.205-208, 2003.

# 平成27年9月関東・東北豪雨における 鬼怒川上流4ダムでの現場対応

大塚 新吾<sup>1</sup>

<sup>1</sup>関東地方整備局 鬼怒川ダム統合管理事務所 川治ダム管理支所  
(〒321-2611 栃木県日光市川治温泉川治319-6)

平成27年9月関東・東北豪雨は鬼怒川水系にとって過去最大の降雨であり、鬼怒川下流部において大きな被害が生じた。また、五十里・川俣・川治・湯西川ダムのある上流域においても、土砂災害やそれに伴うインフラの寸断などが発生し、一時的にダムが孤立化することとなった。本稿では、被災によるダム管理への影響や課題を整理するとともに、発災時の住民対応や復興支援など、ダムが果たした役割を報告するものである。

キーワード ダム、災害対応、危機管理、住民対応、復興支援

## 1. はじめに

鬼怒川は、栃木県と群馬県の県境にある鬼怒沼を水源とし、男鹿川等を併せて茨城県守谷市で利根川に合流する流域面積1,784km<sup>2</sup>、流路延長176.7kmの利根川水系の支川である。

この上流域に五十里・川俣・川治・湯西川の4ダムがあり、洪水調節やかんがい・都市用水補給等において統合管理を行っている(図-1)。



図-1 鬼怒川流域の概要

## 2. 降雨の概要

平成27年9月9日10時過ぎに愛知県知多半島に上陸した台風第18号は、日本海に進み同日21時に温帯低気圧となった。台風第18号や台風から変わった低気圧に向かって南から湿った空気が流れ込んだ影響で、関東地方や東北地方では記録的な豪雨となった(図-2)。

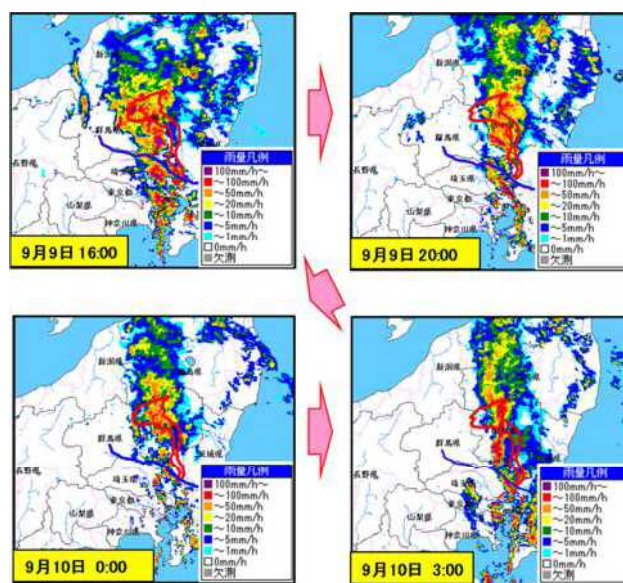


図-2 レーダ雨量図



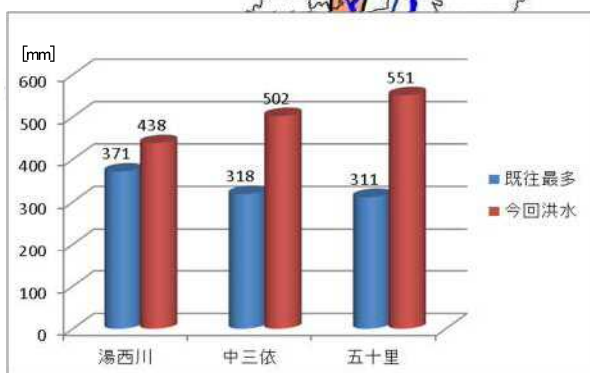


図-3 鬼怒川上流域の24時間雨量

また、9月9日から9月10日にかけて、栃木県日光市五十里雨量観測所で、観測開始以来最多の24時間雨量551mmを記録するなど、鬼怒川上流域の各観測所でも最多雨量を記録した(図-3)。

### 3. 周辺の被害状況

台風18号等の激しい降雨により、鬼怒川上流4ダム周辺において土砂流出による国道や県道の崩落並びに通行止めが多数発生し(図-4)(図-5)、電気・通信・水道といった管理支所へのライフラインが一時断となった。これら被災箇所への回復には短い箇所でも数時間、長い箇所では2週間程度の期間を要した。

また、五十里ダムでは9月9日夜から9月10日6:00まで、湯西川ダムでは9月9日夜から9月10日15:00まで、それぞれ管理支所へ至る道路が全て通行止めとなり、孤立化した。幸いにして孤立化は半日程度で解消したものの、しばらくの間、各ダムへは迂回ルートでのアクセスを余儀なくされた。

### 4. ダム管理への支障とその対応

ダム周辺の道路やライフライン被災により、ダム管理



図-4 ダム周辺の道路被災状況



図-5 道路崩落

に支障となった事象を以下に示す。

#### (1) 道路崩落による警報巡視不能

ダムにおいては、クレストゲートやコンジットゲートから放流を開始するとき、急激な増量操作を行うときなどに、河川利用者や沿川住民への周知のためサイレン吹鳴や警報車による巡視を実施することとされている。

五十里ダム及び川治ダムにおける警報巡視ルートは国道121号を通過して下流に向かうため(図-4参照)、道路崩落のあった9月9日夜以降は管理支所からの警報巡視が不能となった。

9月9日深夜に川治ダムでは計画規模を超える洪水時の操作(いわゆる「ただし書き操作」)の準備をしており、実際に移行するには警報巡視が必要であったため、実施方法について事務所と調整を行った。なお、今回は幸いにしてただし書き操作に移行することはなかった。

(対応状況)

- ・ 通行止め箇所から上流側を支所で実施
- ・ 通行止め箇所から下流側を事務所で実施

#### (2) 光ケーブル切断による情報途絶

事務所と各ダムを接続する光ケーブルは川治ダムを中心としたスター型構成となっており、4ダムへのアクセ



表-1 湯西川ダム非常用発電設備稼働と燃料補給

日時	事象	停電	孤立化
9月9日	6:45 注意体制		
	12:40 警戒体制		
9月10日	2:39 停電発生／道路崩落 非常用発電設備稼働	■	■
	13:00 燃料、エンジンオイル手配	■	■
	15:00 迂回路(林道)開通	■	■
9月11日	14:00 軽油700L補給	■	
	17:13 停電復旧		
9月12日	11:00 エンジンオイル補給		

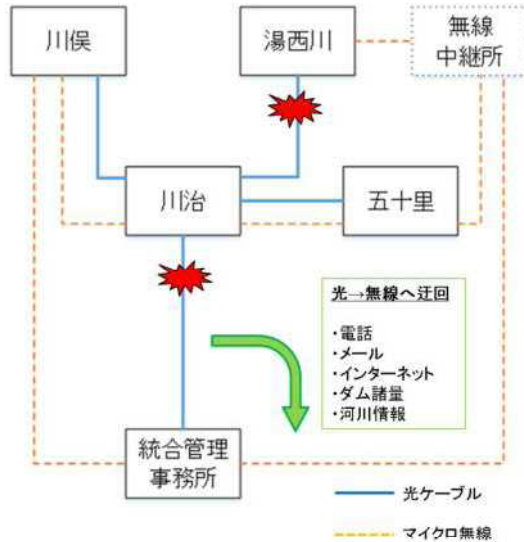


図-6 鬼怒川ダムのネットワーク構成

スルートの都合上二重化されていない(図-6)。

このため、今回のように事務所～川治間で光ケーブルが切断されるとバックアップ回線であるマイクロ無線へ迂回することとなる。電話やメール、河川情報（ダム諸量やテレメータ）などほとんどのデータはマイクロ無線に迂回したため大きな混乱は生じなかったが、映像データは回線容量の都合上、迂回しないように設定されている。

**a) 地上デジタル放送配信（事務所→管理支所）**

各管理支所では地形上の問題で地上デジタル放送を受信できないため、事務所を受信した映像を光ケーブルで支所向けに配信している。今回配信が停止したことにより災害関連の報道を視聴できなかったため、下流の被害状況把握が困難であった。

（対応状況）

- ・適宜インターネットで情報収集（テキスト中心）
- ・事務所との電話連絡時に情報収集（事務所も忙しい）

**b) CCTV映像閲覧（管理支所→事務所）**

施設監視や空間監視CCTVは当該管理支所で閲覧制御するだけでなく、事務所においても状況把握に利用している。今回CCTV映像の断により事務所での状況把握が困難となったものの、実際の放流操作や巡視を行う管理支所では正常に閲覧制御が可能であったため、影響は最小限であった。

ただし、本局や本省、外部に対してCCTV映像を配信する可能性を考慮すると潜在的な支障があったといえる。

（対応状況）

- ・管理支所での出水対応に支障なし
- ・上部機関への映像伝送不能

**(3) 非常用発電設備の燃料確保**

五十里・川治・湯西川ダムにおいて停電が発生したが、孤立化を含めて湯西川ダムでの対応状況を表-1に示す。停電発生時には燃料に余裕があったものの、停電復旧の目処がたたないとの情報から早めの手配を行った。今回、燃料チェック時にエンジンオイルの補給ストックがないことが判明し、あわせて手配している。燃料残量チェックや手配については重要性が周知されているが、エンジンオイルの確認も重要であることを再認識した。

なお、川治ダムでは数時間で停電が復旧したが、管理用水力発電設備が稼働しているため、停電が長期化しても問題はない。湯西川ダムでは今年度新設稼働予定であり、五十里ダムでも計画されているところである。管理用水力発電には未利用エネルギーの有効活用というだけでなく、防災力の向上（停電長期化時にも安定電源供給）というメリットもあるため、積極的に採用を検討していくべきと考える。

（対応状況）

- ・燃料及びエンジンオイルの早期手配

**5. 映像配信方法の検討**

4章で述べた3件のうち、現場から改善要望のあった光ケーブル切断時の映像配信対策について検討を行った。

1つ目の対策案は光ルートを二重化することにより信頼性を確保するもの、2つ目の対策案は無線回線で映像伝送を行うものである。

道路や河川の事務所では光ケーブルの二重化が一般的であるが、ダム支所は山間にあるため、アクセスルートが限られること、また今回のように土砂崩れ等でのケーブル切断リスクが比較的高いことから、整備費用に見合った信頼性を確保できないと考えられる。

それよりは高信頼性の無線回線を有効活用し、光ケー

表-2 光ケーブル切断時の映像配信

	光ルート二重化	無線回線の有効活用
概要	日光砂防事務所～川治間(県道169号)に光ケーブルを追加で敷設する。(日光砂防～鬼怒川ダムは既設光利用)	高圧縮方式や準動画により容量を小さくして無線回線にのせる
整備内容	光ケーブル 約30km 自営柱、土工 一式	エンコーダ/デコーダ 5組 (事務所&各支所) 映像切替システム 一式
概算費用	100,000千円以上 (施工方法により増)	20,000千円
光切断時のサービスレベル	高画質の映像を全数配信可能	中画質の映像または準動画を1回線配信可能 (配信映像は選択)
メリット	一方の光ルートが健全であればサービスレベルを維持できる	整備費用が安価 無線回線を利用するので信頼性が高い
デメリット	整備費用が高価 追加ルートも山間のため、相応のケーブル切断リスクがある	配信映像が限定される
評価	×	○

ブルが多地点で切断されても最低限の映像配信機能を維持できるようにする方が鬼怒川ダムの実状に合っている。2案の比較表を表-2に示す。

導入にあたっては必要な画質や使い勝手を整理した上で「災害時でも簡単に使える」システムとすることが重要である。

## 6. 住民・観光客等の対応

今回の出水対応中並びに事後において、以下のとおり住民や観光客対応を行った。

### (1) 帰宅困難者の保護

出水対応中に、警察から管理支所宛に帰宅困難者の保

護依頼があった。道路が被災しており現地に向かえないため、一時的な保護を依頼されたものである。

利用していない会議室を開放し、そこで休憩・仮眠をとってもらったが、職員や支援員は全員出水対応で忙しく、なかなか目の届かない状況であった。

ダムが山間地にあることを考慮すると、今回のような道路被災により消防救急活動ができないことは十分に考えられ、ダムの“一時的な受入拠点”としての機能も検討していく必要がある。具体的には、管理支所のどこを開放するのか、どのような備蓄品を提供できるのか、対応に人を割けるのか、といった課題がある。

その一方で、ダムにとっては出水対応が最優先であるため、受け入れることがダム管理に支障を与えない運用としなければならない。

### (2) ダムを活用した復興支援

湯西川ダム付近で県道が崩落(図-5)したことにより、地元の主要観光地である湯西川温泉へのアクセスができなくなった(図-7中①)。そこで、堤体下流部へアクセス可能な旧県道と堤体エレベータを活用し、湯西川温泉への観光客輸送に支援した(図-7中②)。また、ダム管理用道路から県道への接続部を整備することで、県道を暫定供用することができた(図-7中③)。

今回の対応においては、被災箇所復旧の長期化が懸念されたことから地元要望を受けて支援を行った。ダムを活用することで発災から短期間で地元住民や観光客の交通手段が確保され、地元における紅葉シーズンの観光客受け入れに貢献できた。被災による影響を最小限に抑えられたことから、自治体や地元の旅館組合からも感謝の声が寄せられた。

これは被災箇所とダム堤体や管理用道路の位置関係か



図-7 湯西川ダムを活用した復興支援

らうまく活用できたケースであるが、平常時から近隣のアクセス道路や管理用道路を含めたダム関連施設の位置関係を十分把握するとともに、被災時の相互協力について自治体等と話し合うことが重要である。

## 7. おわりに

今回の出水対応では、過去最多の雨量により広範囲にインフラ被災が発生する中で、通常と異なる条件でのダム管理を行った。また、帰宅困難者の保護や迂回ルート確保などの支援により、出水対応だけではないダムの役

割も明らかとなった。

今回得られた経験や知見が一過性のものとならないよう、また必要に応じて他ダムでの参考事例となるよう積極的に情報発信や共有を行っていくことが必要である。

鬼怒川ダム統合管理事務所では、危機管理意識を高める手段の一つとして、平成28年2月に職員や支援員自らが想定リスクや対応策の洗い出し・討議を行うワークショップを開催した。参加者からは概ね好意的な感想が寄せられており、情報共有や議論の場として定期的な開催を検討していくこととしている。



# 市町村との協働による コンパクトシティに関する研究

吉田 雄<sup>1</sup>・近藤 雅<sup>1</sup>・小林 航<sup>2</sup>

<sup>1</sup>秋田県 建設部 都市計画課 (〒010-8570 秋田県秋田市山王4-1-1)

<sup>2</sup>秋田県 山本地域振興局建設部 工務課 (〒016-0815 秋田県能代市御成町1-10)

今後の本格的な人口減少・高齢社会が到来する中、持続可能な都市（コンパクトシティ）を実現するため、県と市町村職員が協働で、県内都市の現状把握と将来人口密度推計、D I Dでみる居住と関連性がある都市機能、先行している他都道府県の都市の取組等を研究している。

本稿は、こうした市町村との協働研究で明らかにした、全国的な地方都市の課題として指摘されている項目についての県内都市の傾向と、居住を維持・誘導する上で有効であると考えられる都市機能等について報告する。

キーワード コンパクトシティ、まちづくり、県・市町村協働

## 1. はじめに

今後の本格的な人口減少・高齢社会が到来する中、各都市においては、拡散した市街地を集約型の都市構造へと転換し、居住と経済活動の場として持続可能な都市（コンパクトシティ）を実現することが求められている。

人口減少が急激に進行する本県においてもコンパクトシティに向けた取組を進展させるため、都市計画を有する全市町村職員を対象に勉強会を実施し、各都市の現状把握や将来人口密度推計等を踏まえた都市が抱える課題等の整理・共有化を図っている。

また、コンパクトシティに向けた取組を具体化する「立地適正化計画」の策定に意欲的な市町村職員を対象に検討会・研究会を発足し、D I Dでみる居住と関連性がある都市機能や、先行している他都道府県の都市の取組等、計画策定に向けたより具体的な研究を行っている。

課題解決に向けた取組方法については、市町村の意向も踏まえ、勉強会と検討会・研究会のように対象を分けており、勉強会では都市のコンパクト化に向けた基礎作りを行うことで全体的な底上げを図り、検討会・研究会では参加都市の取組を加速・深化させるとともにその他の都市への普及・拡大を図っている。

本稿では、こうした市町村との協働で取り組んだ研究成果等について報告する。

## 2. 都市の現状把握と将来人口密度推計

### (1) 全国的な地方都市の現状と課題

国土交通省都市再生構築戦略検討委員会では、全国的

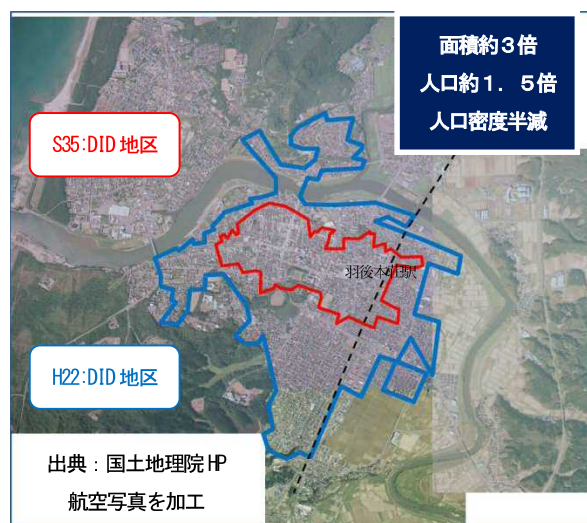
な地方都市の現状として、「市街地の低密度化」、「住宅地等の外延化」、「中心市街地の空洞化」、「地方財政の逼迫化」を指摘しており、この状況が続けば「まちの衰退」に繋がると警鐘を鳴らしている。

### (2) 県内都市の現状把握

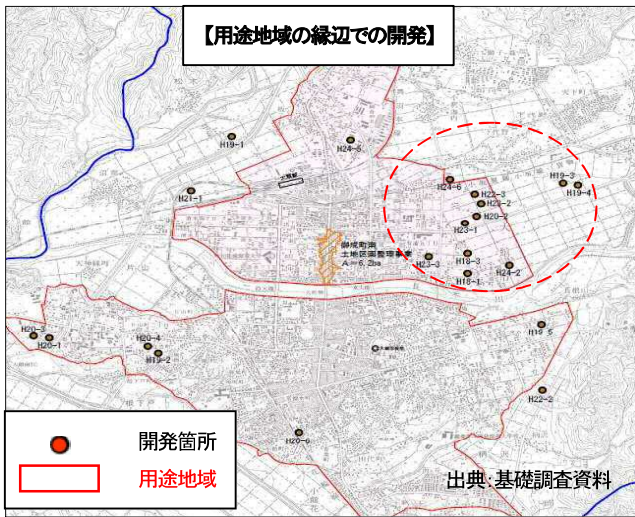
県内の都市計画を有する全市町村職員を対象とした勉強会の中で、指摘されている上記4項目について適合性を検証した結果、同様の傾向が顕著に見られ、今後もその傾向が進行すると推察される。以下に代表事例を示す。

#### a) 市街地の低密度化

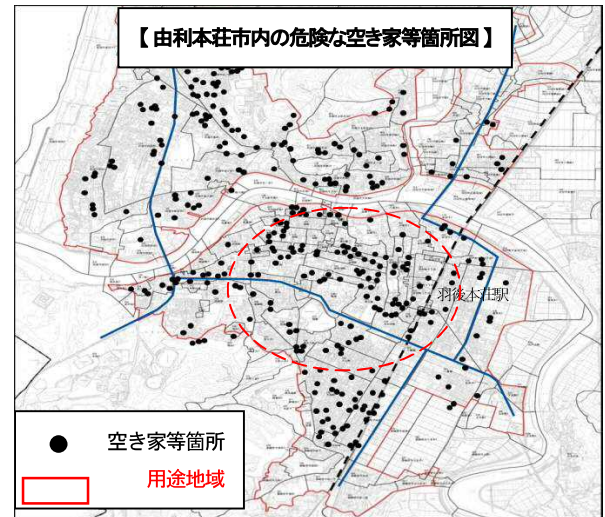
D I D面積は人口減少が進んでいる現在においても拡大している都市が多く、D I D人口密度は県人口がピーク時期である昭和30～40年代を境に年々減少してお



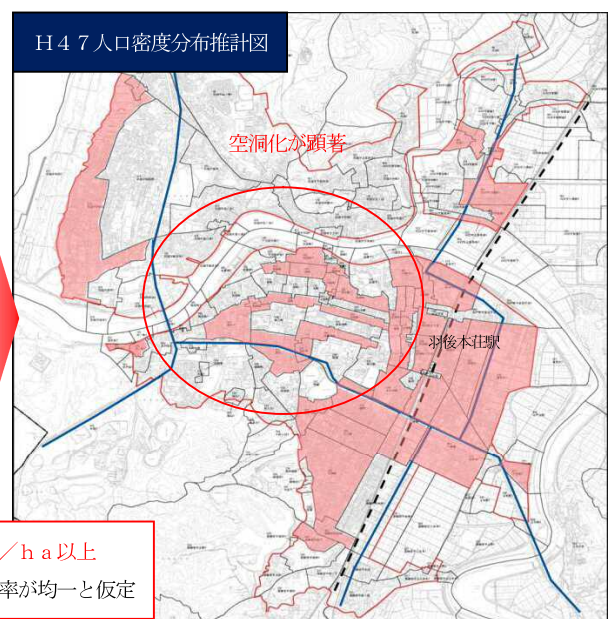
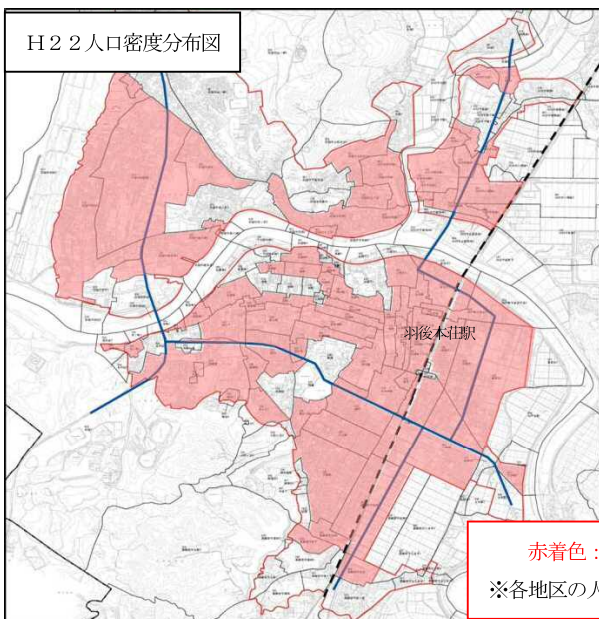
図一 市街地の低密度化



図一 2 住宅地等の外延化



図一 3 中心市街地の空洞化



図一 4 人口密度推計図

り、すべての都市において低密度化が進行している。代表事例として由利本荘市における昭和35年と平成22年のD I D区域図を示す。(図一 1 参照)

#### b) 住宅地等の外延化

近年、開発行為件数は減少しているものの、用途地域縁辺部や用途地域外での開発等が顕著であり、住宅地等の外延化が進行している。代表事例として大館市における近年の開発行為箇所図を示す。(図一 2 参照)

#### c) 中心市街地の空洞化

県内の住宅ストック等の推移によると、全国の傾向と同様に空き家数、空き家率が漸増しており、人口が集中している市街地の空洞化が進行していると予想される。代表事例として由利本荘市における危険な空き家等の状況を示す。(図一 3 参照)

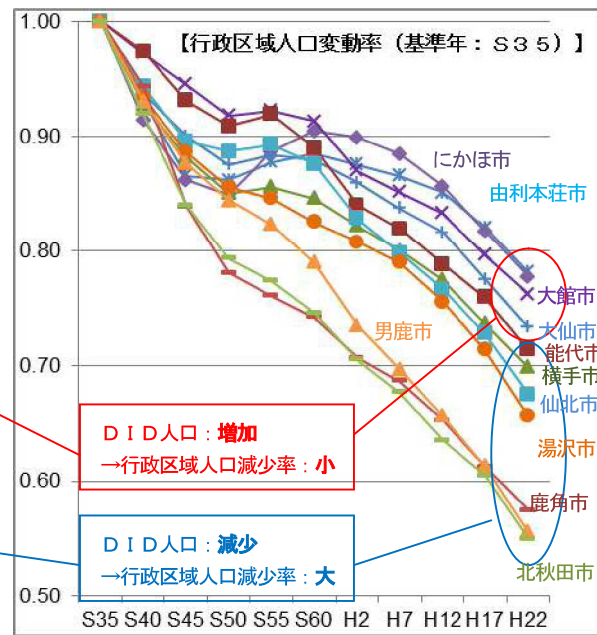
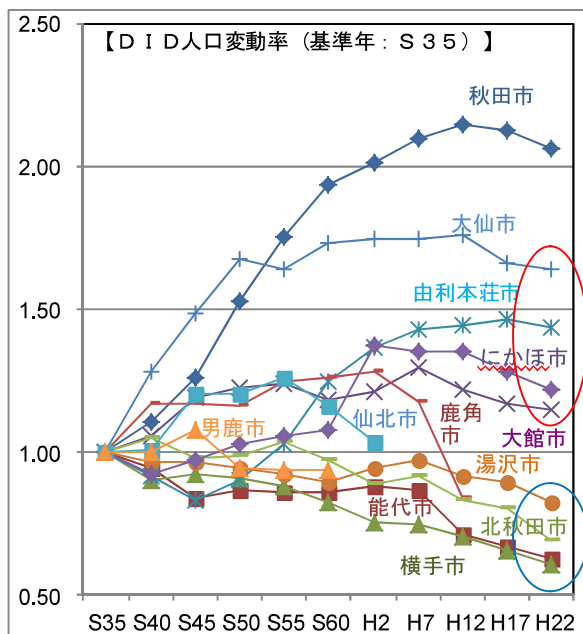
#### d) 地方財政の逼迫化

県内市町村において、近年の人口1人当たり歳出額が増加基調にあること、財政力指数が低下傾向にあることから、財政の逼迫化が進んでいると考えられる。今後の社会保障費及び社会インフラの維持管理費等の増加を考慮すれば、一層の逼迫化が危惧される。

#### (3) 将来人口密度推計

国立社会保障・人口問題研究所が公表している将来人口推計を踏まえ、各地区の人口減少率が均一と仮定した20年後(平成47年)の人口密度推計を作成した結果、中心市街地の空洞化が進行し、過去の20年間とは比較できないほど中心部の衰退が加速する可能性が推察される。代表事例として由利本荘市を示す。(図一 4 参照)





図一五 DID人口と行政区域人口の変動率（基準年：昭和35年）

### 3. DIDでみる居住と関連性がある都市機能

#### (1) DID人口の変遷と行政区域人口の変遷

「立地適正化計画」の策定に意欲的な市町村職員を対象とした検討会・研究会の中で、DIDの変遷等について研究した結果、県内各都市のDID人口密度の低密度化は進んでいるものの、その中でも昭和35年からDID人口が増加している都市と、減少している都市があることが分かる。行政区域全体の人口変動をみると秋田市以外は昭和35年から減少しているが、DID人口が増加しているグループは減少率が小さく、DID人口が減少しているグループ減少率が大きいことから、DIDの人口減少は行政区域全体の人口減少を加速していると推察できる。（図一五参照）

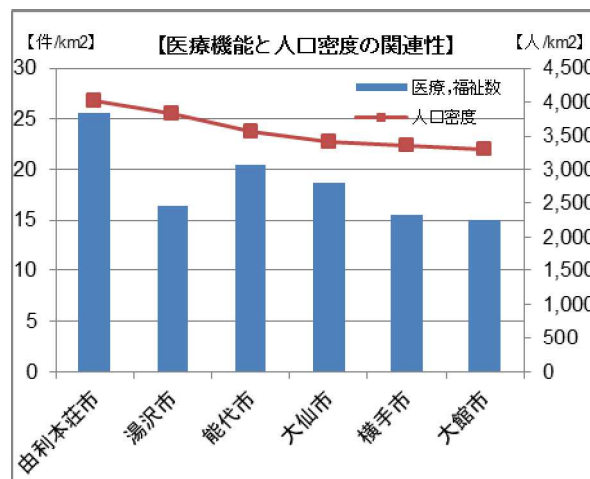
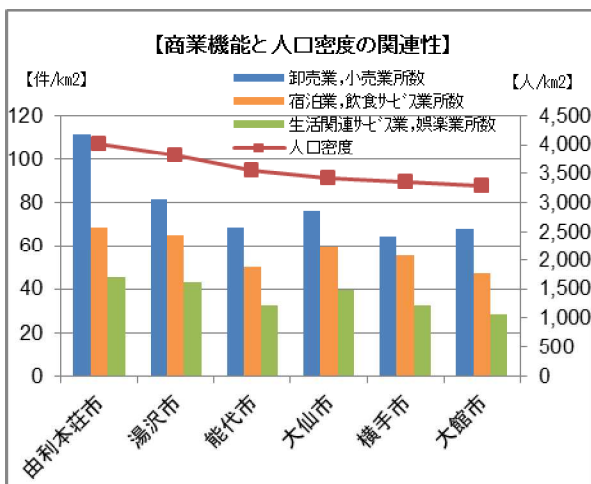
増田寛也氏著「地方消滅」では、人口流出回避のために都市や拠点に機能を集約して人の流れを止める「ダム

機能」を構築することが大切だと主張しており、DID（≒都市）を維持することが行政区域全体の人口流出に歯止めをかける効果があると推察できる。

#### (2) 居住と関連性がある都市機能

国土交通省国土交通政策研究所で公表している「居住地と居住形態の選択要因の把握を通じた多世代共存社会、ストック循環型社会の形成に関する調査研究」によれば、「生活しやすい立地条件」として、「通勤通学等」、及び「買い物の利便性」、「日常的な医療サービス」や「子育て環境」といった点が挙げられている。

上記項目に関連する都市機能（平成24年経済センサス等より抽出）について、県内の都市特性が類似した6市（核となる旧市がありDIDを有する市）のDIDと比較すると、主要な交通手段が自動車であるため「公共交通機能（通勤通学等）」は人口密度と相関性が見られ



図一六 県内6市のDIDにおける都市機能密度と人口密度の関連性



なかったものの、「商業機能（買い物の利便性）」、「医療機能（日常的な医療サービス）」、「子育て支援機能（子育て環境等）」の都市機能は人口と相関性が見てとれ、居住と関連性がある都市機能であると推察される。（図－6 参照）

#### 4. 先行都市の取組

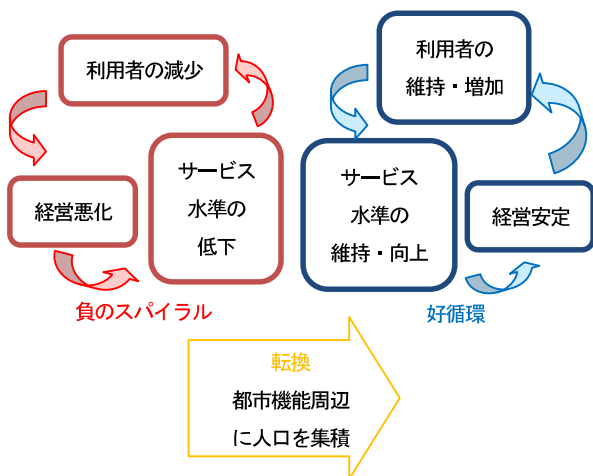
「立地適正化計画」策定に向けた取組が先行している都市の取組について研究した結果、中心市街地や地域拠点に不足する「商業機能」や「医療機能」、「子育て支援機能」等を都市機能誘導施設として位置付けており、このことから居住人口を維持・誘導する上で有効な都市機能であると推察される。

一方で、都市機能を維持するためにはその周辺に一定の人口集積が不可欠であり、都市機能からの徒歩圏距離を居住誘導区域として定め、現状の都市機能と居住の負のスパイラルを好循環へ転換することを目指している。（表－1、図－7 参照）

表－1 立地適正化計画の取組が先行している都市の居住誘導区域の考え方

都市名	居住誘導区域の考え方
新潟県 見附市	○都市機能誘導区域の外縁 300m 圏 ○路線・コミュニティバスの沿線 300m 圏 ○鉄道駅から 500m 圏
熊本県 熊本市	○公共交通軸沿線 ・全ての鉄軌道(JR, 市電, 電鉄)から半径 500m 圏 ・運行本数 75 本/日以上バス路線から半径 300m 圏

※新潟県見附市はH27.11時点の検討情報、熊本県熊本市はH28.3時点の計画



図－7 都市機能と居住の相関図

#### 5. まとめ

全国的に地方都市が抱える課題として指摘されている「市街地の低密度化」、「住宅地等の外延化」、「中心市街地の空洞化」、「地方財政の逼迫化」は、本県でも同様の傾向が顕著に見られ、また、将来人口密度推計の結果、過去とは比較できないほど中心部の衰退が加速する可能性が推察される。

DIIDにおける都市機能密度と人口密度の関連性や、先行都市の取組から、「商業機能（買い物等）」、「医療機能（日常的な医療サービス）」、「子育て支援機能（子育て環境）」等は、居住を維持・誘導する上で有効な都市機能であると推察される。

一方で、都市機能を維持するためにはその周辺に一定の人口集積が不可欠であり、現状の都市機能と居住の負のスパイラルを好循環へ転換する必要がある。

#### 6. 今後に向けて

平成27年10月に策定された地方版総合戦略である「あきた未来総合戦略」において、「都市のコンパクト化の推進」を位置付けている。

それを受け、平成28年度からは、検討会・研究会の中で、モデル都市の都市構造分析と誘導方策等を検討し、そのケーススタディを取りまとめた「秋田県立地適正化計画策定ガイドライン」を作成することとしている。

また、市町村職員だけではなく、まちづくりに携わる民間の方々に対象を拡大し、コンパクトなまちづくりに関する講習会や、まちの賑わいづくりに関するワークショップを開催することとしており、官民協働で「都市のコンパクト化とまちの賑わいづくり」の取組を進展させたい。

#### 参考文献

- 1) 「国政調査」総務省統計局
- 2) 「都市計画基礎調査報告書」
- 3) 「市町村財政概要」県市町村課
- 4) 「H25.3 日本の地域別将来推計人口」国立社会保障・人口問題研究所
- 5) 「地方消滅」増田寛也
- 6) 「H26.5 居住地と居住形態の選択要因の把握を通じた多世代共存社会、ストック循環型社会の形成に関する調査研究」国土交通省国土交通政策研究所
- 7) 「H24 経済センサスー活動調査」総務省統計局
- 8) 「H27.6 秋田県内幼稚園保育所一覧」秋田県教育庁幼保推進課
- 9) 「コンパクトシティに関する講習会資料」見附市建設課
- 10) 「熊本市立地適正化計画」熊本市都市政策課

# 地域住民と協働する トキの野生復帰に向けた河川の自然再生

山川 雄太郎<sup>1</sup>

<sup>1</sup>新潟県佐渡地域振興局地域整備部 治水課 主任 (〒952-1555 佐渡市相川二町目浜町20-1)

佐渡島内を流れる天王川の流域にはトキ野生復帰ステーションが立地し、野生下のトキの個体数も多い。天王川の自然再生を行うことで、より自然に近い多様なトキの採餌環境を創出することを目指している。本論文では、学識者と地域住民との2つの会議で並行して、計画策定から将来の維持管理までを検討するプロセスと、生物多様性に配慮した河川計画について紹介し、他の河川環境事業の参考とするものである。

キーワード 多自然川づくり, 協働, トキ, 生物多様性, 自然再生

## 1. はじめに

### (1) 佐渡島の概要

佐渡島は新潟県西部に位置し、面積約855km<sup>2</sup>、海岸線約281kmの離島であり、二級河川は145河川、総延長は約377kmである。また、20～80万年前には本土と隔てられていて、日本の中でも地理的隔離が長く続いている島の内のひとつであり<sup>1)</sup>、そのことから、動物相は貧弱に(種類数が少なく)なっている<sup>2)</sup>。

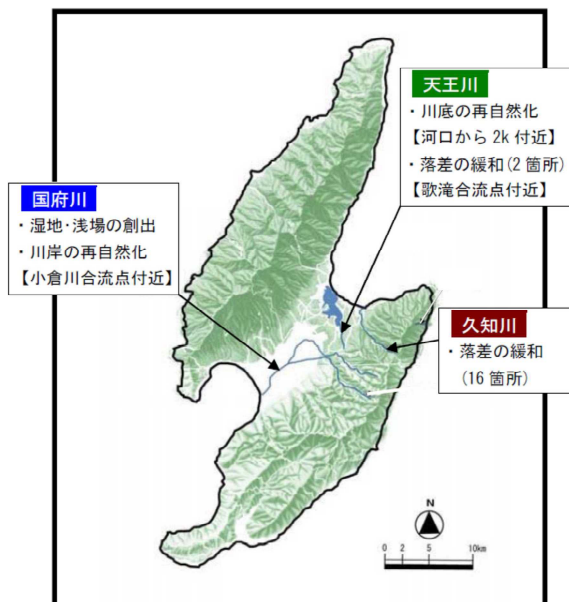


図-1. 事業箇所

### (2) 計画の概要

平成15年3月に環境省は「環境再生ビジョン」を策定し「2015年頃に小佐渡東部に60羽のトキを定着させる」

と目標を設定した。各分野においてもトキの野生復帰を支援するため、平成16年1月に環境省、国土交通省、農林水産省の連名で「トキ保護増殖事業計画」が変更された。平成17年3月に新潟県も「新潟県トキ野生復帰推進計画」を策定している。

それらの計画を受け、新潟県佐渡地域振興局地域整備部では、山岸哲 財団法人山階鳥類研究所長(当時)を委員長として河川工学や生物学の学識経験者による「トキの野生復帰に向けた川づくり検討委員会」を開催し、平成18年7月に川づくりの面からトキの野生復帰を支援する「佐渡地域河川自然再生計画(以下、自然再生計画)」を策定した。河川における生態系の多様性の保全・再生・創出を目標として川づくりを推進していくこととした。

自然再生計画では、あらかじめ定められた事業スケジュールを重視するこれまでの事業の進め方とは違い、事業実施による自然の反応をモニタリングし、その状況に応じて計画の内容にフィードバックしながら、順応的に見直し、段階的に事業を実施していくこととしている。

## 2. 現在の状況

### (1) これまでの事業成果

自然再生計画では順応的・段階的な整備方針が示され、対象河川では概ね1段階目の施工が実施済みである。

国府川では低水護岸が矢板護岸になっていることから水際部の環境を改善するために、矢板護岸前面に寄石をして水際部の多孔質化を行うとともに、笠コンクリートを一部撤去し、高水敷を湿地化している。

大野川では河川改修事業の実施にあわせて多自然川づ

くりの手法を用いて河川環境の改善を図っている。

久知川では既存の25か所の落差工によって縦断方向の連続性が分断されていたため、そのうち落差の大きい16基の落差工を全断面魚道に改築し、連続性を確保した。

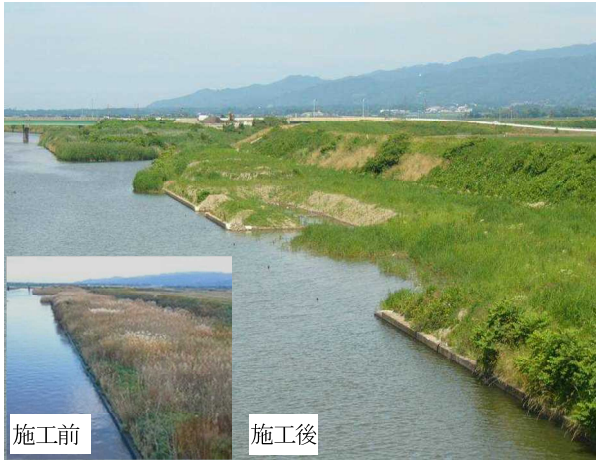


写真-1 国府川高水敷の湿地化

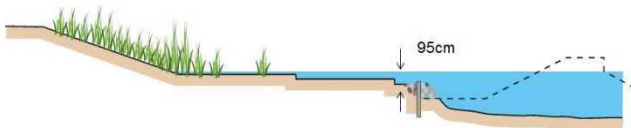


図-2 国府川高水敷の湿地化箇所断面

天王川では三面張り河道の底張りコンクリートを撤去し河床を再自然化するとともに、落差工を解消した。

これらの河川では生物モニタリングの結果、生物の種類数、個体数ともに増加した結果が出ている。生物の種類数が少ない離島という条件から考えると、種類数の増加は特に大きな効果だと評価している。

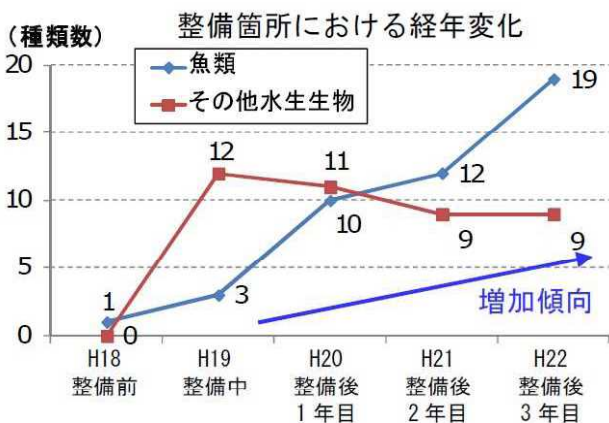


図-3 国府川高水敷湿地化箇所の生物モニタリング結果

## (2) 放鳥後のトキの現況について

平成20年以降、環境省によりトキの自然放鳥が行われており、平成28年9月現在で野生下の個体の総数は200羽程度となっている。<sup>3)</sup>

現在、トキは佐渡島内で主に水田を餌場に行っていることから、農業者は島内全域で農薬と化学肥料の使用量を

従来の5割減にして耕作している。しかし、水稻の丈がトキの体高より高くなる夏期や、積雪のある冬期など、季節的に水田を餌場にし難い期間があることが分かってきた。野生下のトキの個体数が増えるにつれて、より多様な餌場環境の確保が課題となってきている。

このような中、河川の営力により植生が低く抑えられる水際部や寄州などが、季節の影響を受けにくい餌場として、河川に求められる役割が大きくなっている。

## (3) 次段階への事業展開

放鳥後の状況の変化に対して、段階的・順応的な計画を立てていたため、河川事業は柔軟に対応することが可能であった。段階整備の1段階目まで完了していた計画対象河川において、次段階への展開を検討した。

計画対象河川のうち、天王川は流域にトキ野生復帰ステーションが立地し、周辺に生息するトキの個体数が多いことから<sup>2)</sup>、河川だけでなく天王川流域全体を意識して事業を次段階へ進めることとした。

## 3. 天王川中流域での事業展開

### (1) 天王川について

天王川は小佐渡丘陵北西部に源を発し、国仲平野東縁の洪積台地間の水田地帯を北に流下し汽水湖の加茂湖に注ぐ、河川延長約4.9km、流域面積約7.6km<sup>2</sup>の二級河川である。

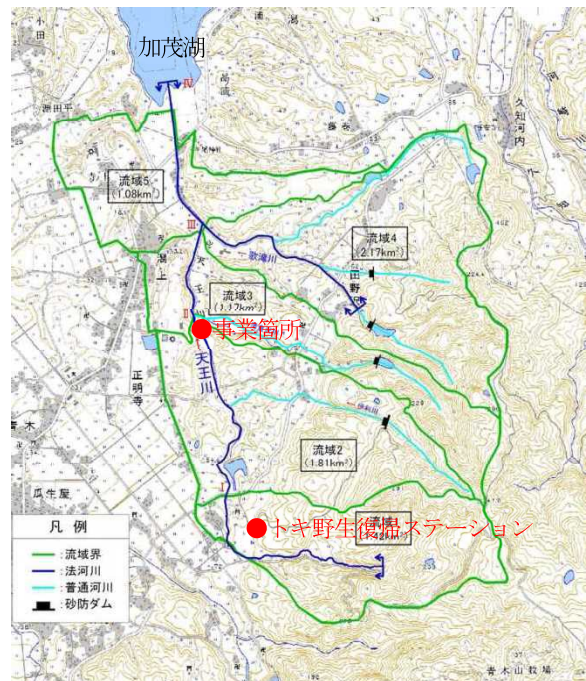


図-4 天王川流域図

河川延長の4,900mが掘込河道であり、上流約2,400mがセグメントM、中流約1,500m間がセグメント1になっており、昭和50年代以降にコンクリート三面張りに改修されている。また、下流1,000m間がセグメント2で昭和40年代



にコンクリート護岸（二面張り）で改修されており、計画流量規模は概ね1/5確率になっている。

流域の土地利用は山間部は森林で全体の約66%，平野部は水田で全体の約29%，その他が宅地などになっている。また、天王川の一部区間にはホテルが自生し地元団体が保護活動を行っている。下流の加茂湖では内水面漁協によりカキの養殖が行われている。

## (2) 天王川的环境整備方針

天王川流域では、地域住民により水田ビオトープが良好に管理されている一方で、耕作放棄地が散見される。耕作放棄地を利用して河道を広げ、流速を落とすことでコンクリート護岸を土羽護岸に改築するとともに、広げた河道空間にトキの餌場となる湿地を形成することとした。



写真-2 天王川中流域 事業箇所

## (3) アドバイザリー会議

事業の展開に際し「順応的・段階的な取り組み」を踏まえて、事業の推進とそこから生じる様々な課題と、それに対する解決方法を専門的見地から検討し助言を頂くことを目的に「トキの野生復帰に向けた川づくりアドバイザリー会議（以下アドバイザリー会議）」を開催している。構成員は表-1の6名に依頼しており、平成19年以降現在までに10回開催している。

表-1 アドバイザリー会議構成員

天野 邦彦	国交省 国土技術政策総合研究所 河川研究部長
大場 信義	大場蛭研究所 所長
尾崎 清明	公益財団法人 山階鳥類研究所 副所長
島谷 幸宏	九州大学 大学院工学研究院 教授
関島 恒夫	新潟大学 農学部生産環境科学科 教授（座長）
陸 旻皎	長岡技術科学大学 環境・建設系 教授
所属は平成28年9月時点、五十音順、敬称略	

## (3) 座談会

自然再生計画では地域住民とのパートナーシップにより地域全体での取り組みを行うこととしている。地域住民に様々な価値観があることを前提に、①地域との情報の共有、②計画・設計・施工段階での意見交換、③モニタリングや維持管理での役割分担などについて、手順を

踏んで議論し実践するプロセスが重要だと規定している。このプロセスを経てはじめて地域合意が形成され、活動への積極的・自主的な参加につながるようになるという考え方である。

このような考え方にに基づき、地域住民による「トキと人の共生を目指した水辺づくり座談会（以下、座談会）」を開催している。佐渡の文化や住民性を考慮した名称としている。参加者は自由参加で、河川や環境に興味・関心のある方が多く集まり、自由な意見を出し合ってきた。

進行役を平成19年から平成22年まで桑子敏夫 東京工業大学大学院 教授（当時）、平成23年以降は関島恒夫 新潟大学農学部生産環境科学科 教授が務め、平成19年以降現在までに14回開催し、合意形成を図っている。

## (4) 会議の位置づけ

アドバイザリー会議と座談会は上下の関係性ではなく並列で、互いに車の両輪のように機能し、それぞれの会議で出た意見は次の互いの会議で紹介され取り入れられることを繰り返しながら進めている。2つの会議の意見を尊重し、県は事業の実施や設計に反映させている。

## 4. 合意形成について

### (1) 合意形成手法の導入

事業当初は県も前例のない事業のためノウハウもなく、放鳥前ということもあり住民も河川環境に対する意識は高くなかった。このような状況で合意形成の手法として、「県が計画を説明して住民に納得してもらおう」という従来の手法ではうまくいかないことが予想された。

このため、桑子教授に座談会の進行役を依頼した。合意形成は学問的に様々な手法が存在するが、桑子教授が得意とする哲学的な手法を用い、事業に対する参加者の意識の啓発を行いながら合意形成を図ることで、多くの意見が出され、活発な議論が行われた。



写真-3 座談会開催風景

### (2) 問題の発生

このような体制で事業の推進を図ってきたが、平成26年頃には地域との合意形成の場である座談会がうまく進まなくなり、事業の進捗が停滞してしまった。

問題として、ひとつは、河川環境整備の計画内容や維持管理の手法に対する思いや認識について、県と参加者の間にギャップが生じてきたこと。ふたつめとして、参加者から出た自由な意見を現実的な計画に反映しきれず、問題の解決のために参加者に納得してもらえような解決策の提案を県が行えなかったことなどがあったと考えられる。

具体的な意見や、対応策が参加者と県のお互いから出ない中、座談会の開催頻度が減少していった。議論するプロセスを経て合意が形成されるという考え方からすると、議論が進展しないことも問題だが、開催頻度が減っていったことの方が大きな問題だったと考えている。

### (3) 問題の解決に向けて

座談会は参加者は自由参加で、毎回の議論のテーマは決めているものの、県は基になる案は提案していなかった。参加者の自由な発想から出された意見に対して参加者同士で検討していく中で、意見が洗練されていき、座談会としての結論が出るころには、参加者の河川環境に対する意識が自然と育まれ向上している、というような手法を採っていた。

この手法は事業の初期段階では効果を発揮し、地域住民の意識の向上に大いに効果を発揮したと考えている。しかし、事業が進捗し、詳細設計や現場施工を目前にした段階になると、前述のような問題が生じ、計画が具体化していかなかった。このため、合意形成の手法を転換することで、より具体的・建設的な意見交換ができる場をつくることとした。

### (4) 問題の解決手法の検討

課題の解決に向けた手法を考える際に、合意形成手法の転換以外に、地域住民の興味の低下により議論が捗らないことも考えられた。実際、佐渡市などが整備したビオトープでは維持管理が継続して行われず、トキの餌場としての役割が十分果たせなくなっている箇所が島内で多く見られる。自然放鳥が進み、佐渡島内の一部地区ではトキが珍しくない鳥になってしまった今、ビオトープなどの維持管理に向けた地域住民の意識は放鳥前後と比べて高くなってきている。

しかし一方では、平成26年度に事業再評価を行った際に仮想市場法（CVM）調査を実施し、島内全域の世帯に対して支払意志額をアンケートにより計測した。その結果、支払意志額が高く、費用対効果（B/C）は3.3であった。このことから河川事業に対しては地域住民の興味・関心はあるものと考えられ、合意形成の手法を転換することで継続することとした。

### (5) 合意形成手法の転換と成果

参加者が自由でかつ、自由な意見を言える座談会は良い場であり、その長所は活かしたままにするため、座談

会の下部組織になる「天王川自然再生ワーキンググループ（以下、ワーキンググループ）」を立ち上げ、議論を進めることにした。

地域の意見を反映できるように様々な立場の方に声をかけ、有志から参集を得た。構成員は地元区長、地域のNPOなどの各団体、小学校、環境省、佐渡市、新潟県をメンバーとして、傍聴も可能とした。

毎回、県から基になる計画案を提示し、メンバーから自由な意見を出してもらい、県は次回までにその意見を計画に反映させ、また基になる案として提示する、ということを繰り返した。また、河川環境や魚類の専門家に講演をお願いした回もあり、講師と意見交換をすることでメンバーの自然再生への理解も深まった。

合意形成の手法を事業の展開に応じて転換することで、議論も進み平成27年度以降10回開催し、地域の意見をより具体化して反映させることができた。



写真-4 ワーキンググループ開催風景

## 5. 河川のレイアウトと環境要素

### (1) 各種調査

水質調査(13項目)、水位観測による水文調査、ボーリングとサンプリングによる土質調査、生物モニタリング、流水中の浮遊砂量の各種の事前調査を行っている。



写真-5 計画箇所の航空写真

### (2) 基本的なレイアウトの決定

河川諸元や調査結果、地域住民の意見を基に、以下の(3)から(8)で述べる必要とされる環境要素を踏まえて、基本的なレイアウトを決定した。

### (3) 湿地・池の配置

トキの主な餌場になる水深10cm前後の湿地を上流側の



左右岸に配置し、水深50cm程度の池を下流側に配置した。トキの主な餌生物であるドジョウが産卵時に上流の湿地へ移動する生態を考慮したものである。また、川と湿地、川と池、湿地と池というそれぞれ異なる環境同士を互いに連続させ、多様な生物の生息・移動環境を確保した。

#### (4) 池の配置

土羽護岸になることに対して、加茂湖の漁業者から濁水の懸念が示された。カキの稚貝の生育環境を考慮すると、粒径1mm以下の浮遊砂が生育の支障であり、掃流砂が加茂湖へ流入するのは大きな問題ではないことから、浮遊砂を捕捉するため、沈砂池的な機能を必要とした。

#### (5) 低水路の配置

昭和22年の航空写真は既に河川の1次改修後であったために周辺地形を参考にした。左右岸の山の地形に沿い左右へ蛇行していたと考え、左岸側を山付きにすることで日射も遮断し、生物の生息・移動環境も確保した。

#### (6) リター供給量と日射遮断機能

河畔樹林による日射の遮断により水生植物による光合成の他に河川外からの有機物の供給が多くなる。河道内への落葉が底生生物の餌になり、秋から春にかけて供給量が多くなる。また、落下昆虫は魚類の餌になり、その供給量は夏に最大になる。このリター供給量(有機物の供給量)が河道内の生物多様性に大きく作用する。

また、流域が小さく水量が少ないため、左岸側(西側)の自然斜面を用いて水面を日陰にすることで夏季に水温が高くなることを防ぐと共に、一様でない日照環境を創出することで多様な生物の生息環境を創出する。

#### (7) ホタルの生息範囲の拡大

下流の河道内に自生するホタルの生息環境と同じ条件を設計箇所にも設けることとした。山付きにしてリター供給と日射の調整を行うことで、ホタルの餌生物のカワニナの餌になる藻の繁殖と、ホタルの産卵環境になる日陰の河岸のコケの生育環境を両立した。ホタルが自生できる河川環境を用意することで、ホタルの生息範囲が拡大していくことを期待する。

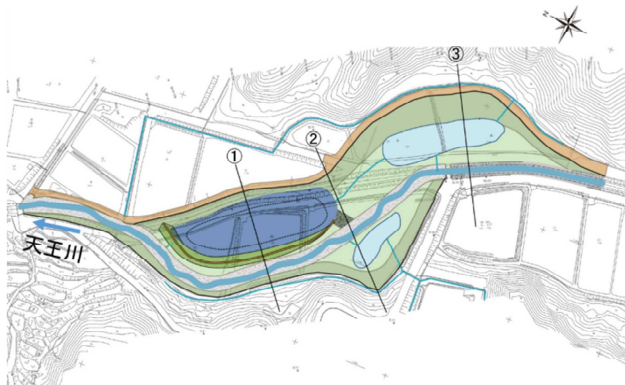


図-5 ワーキング検討後のレイアウト修正案

#### (8) 河川管理用通路の配置

通常、河川管理用通路は河川の両岸に3mずつ確保されることが多いが、河道と周辺環境との分断を生じさせるため右岸の片側のみに配置することとした。

### 6. 河川の詳細設計

#### (1) 求める環境の実現に向けて

必要とされる環境要素とレイアウトを実現するための水理条件について検討を進めた。

#### (2) 川幅水深比と掃流力の設定

天王川の流量は少なく、平水流量は $Q=0.25\text{m}^3/\text{s}$ である。川の営力を確保しつつ河道内の空間を最大にするため川幅水深比を3にした上で、低々水路(みお筋)を設定した。同時に掃流力の確認も行い<sup>4)</sup>、平均年最大流量 $Q=5.0\text{m}^3/\text{s}$ 時の無次元掃流力は $\tau_{*R} = 0.051 > 0.050$ であり、このとき単列砂州(交互砂州)が形成され、年平均最大流量より大きい流量の場合、砂州は形成されず攪乱が起こる。

これにより河床材料を常に動かしつつ、攪乱を受けやすい寄州を河道内に形成することができる。

#### (3) 年間20~30回の氾濫による攪乱効果

河川の営力を用いて攪乱を起こすことで湿地環境を確保し、水生生物の生息環境の確保、植物繁茂の抑制、陸生遷移を防ぎ外来種の侵入を防止する。このため年20~30回程度、河道から湿地へ河川水を氾濫させることとして、低々水路(みお筋)の流量を $Q=0.5\text{m}^3/\text{s}$ とした。また、上流の湿地では河道は自由に動くことを許容する。

#### (4) 河床材料の設定

土質調査より計画河床高の土質は平均粒径 $d=0.25\text{mm}$ 前後の砂質土であるが、天王川の上下流の現況の河床材料は $D_{60}=58\text{mm}$ の礫である。上流には土砂供給を阻害する横断構造物がないため、長期間の河川の作用で河床材料は同様に再生・形成されるが、下流への濁水対策のため自然の河床形成を待てないことから平均粒径 $D_{60}=58\text{mm}$ 前後の河床材料を計画河床に敷設することとした。

#### (5) 不等流計算による水理条件の確認

拡幅した河道内の水理諸元を不等流計算によって確認した。特に河道と池で分流する箇所では、合流点での出発水位を等しくし、分流個所の水位が等しくなるまで分流の比率を変えて複数回トライアル計算を行った。これにより、河道と池の分流量に加え、流速、水面形を求めることができた。池への分流量が分かることで、沈砂池の計算を用いて土砂の補足量を算出した。

また、不等流計算によって調整池の効果についても算出でき、1/3確率雨量時に流量で $1.0\text{m}^3/\text{s}$ (7.0%)、水位で



7.0cm(4.2%)低減させることができた。これは同じく新潟県が施工した刈谷田川遊水地(流量の10.3%,水位を3.7%低減)と同等の割合の効果を発揮することが分かり副次的に遊水地的な機能も有することが分かった。

## (6) 成果

ワーキンググループで検討を重ね、座談会やアドバイザーからの意見を反映して設計を進めることができた。写真-5は現況の航空写真図であり、ワーキンググループでの検討により、図-5のレイアウト修正案が完成し、座談会で地域の合意を得た。その後、アドバイザー会議を経て、得られた意見を基に計画平面図に描き起こしたものが図-6であり、一連の取り組みの成果となった。



図-6 設計平面図

## 6. まとめ

### (1) 考察

この天王川の自然再生事業は河川だけでなく、周辺環境も含む流域全体を考慮した計画になっており、他に事例の少ないことであると思う。さらに、他の環境整備事業では生物の指標を1種類程度で評価している事業が多いと思われるが、トキの餌生物全般を対象とし、生物多様性を創出しようとしている点も特長だと考えている。

順応的・段階的な整備方針に加え、地域住民とのパートナーシップにより地域全体で議論し実践するプロセスが重要だと考えている。これを計画段階から実践してきたが、議論を重ねるたびに地域住民の理解が深まってくことを感じた。また、県の柔軟な姿勢や意見に耳を傾ける努力に対して、地域住民から好評をいただくこともあった。今回、設計を進めることができたが、それ以上に地域との信頼関係を築けたことが成果と言えるのではないかと感じている。

このまま地域との話し合いを続けていくことで、今後生じるであろう維持管理や利活用の問題も解決していきたいと考えている。事業のために始めた合意形成ではあるが、この取り組みが地域づくりや地方創生のような大きな流れにつながっていったらと思う。

なお、本稿で紹介した取り組みが多自然川づくりや自然再生事業にとってのモデル的な事業になり、今後、他の河川で展開される事業の参考となれば幸いである。

### (2) 維持管理への展開

本稿で述べた設計を基に、今秋から現場施工に着手する予定としている。それと並行して、地域との話し合いは維持管理の段階へと進んでいる。計画箇所は完成後には、河川管理者による通常の維持管理に加えて、地域住民による利活用や維持管理を想定している。

すでに地元団体による河川内の生物調査などが行われており、利活用の面では一歩進んでいる部分もある。今後は、地元団体が主体的に携わる維持管理の枠組みづくりを検討しており、企業CSRの導入の検討や、県と地元企業が協働してヒツジを用いた除草の実証実験なども行っている。



写真-6 ヒツジによる除草の実証実験

### (3) 最後に

今回、専門家や地域住民の皆さんから多くの意見やご協力を頂いて天王川中流域の設計を進めることができた。これについて謝意を表したい。

最近では事業について、新潟日報<sup>5)</sup>や読売新聞<sup>6)</sup>、日経コンストラクション<sup>7)</sup>でも取り上げられ、注目を集め始めている。今後はできるだけ早く現場を形にして、一日も早くトキが舞う河川にしていきたい。その頃には全国から佐渡に観光客を集め、かつ地域住民が地元を誇りを持ってようになるための重要な場として機能する事を切に願っている。

### 付録：

天王川の自然再生についての事業紹介—新潟県佐渡地域振興局地域整備部ホームページ

[http://www.pref.niigata.lg.jp/sado\\_seibi/1222192933458.html](http://www.pref.niigata.lg.jp/sado_seibi/1222192933458.html)

### 参考文献

- 1)新潟県佐渡市：佐渡島環境大全改訂版，p38，2012.
- 2)新潟県佐渡市：佐渡島環境大全改訂版，p40，2012.
- 3)環境省：トキかわら版(2016年9月号).
- 4)多自然川づくり研究会：多自然川づくりポイントブックⅢ，p21，2011.
- 5)新潟日報：平成27年7月4日記事，平成27年8月26日記事，平成28年2月4日記事，平成28年9月17日記事
- 6)読売新聞：平成27年7月16日記事，平成27年12月4日記事.
- 7)日経コンストラクション：2015.9.28号，p13.

# 訪日外国人旅行者からみる「関西」の地域観光 ～「SNS（ソーシャル・ネットワーキング・サービス）」から探る意識分析～

柳川 雄司

近畿地方整備局 木津川上流河川事務所 工務課 (〒518-0723 三重県名張市木屋町812-1)

日本を訪れる外国人旅行者の観光を「地方創生」へ繋げていくうえで、早急な受入環境整備が望まれているところである。

外国人旅行者が実際に日本を訪れた際に感じたニーズを精度よく把握することが、今後の整備における重要な情報となる。

本研究は、日本を訪れた外国人旅行者の受入環境整備に対するニーズを把握するため、SNS（ソーシャル・ネットワーキング・サービス）を活用し、集約された現場での「つぶやき」から、今後の受入環境整備にむけた取組について考察するものである。

キーワード 観光，地域活性化，SNS分析

## 1. はじめに

日本を訪れる外国人旅行者は、かつてないペースで増加しており、2015年の訪日外国人旅行者数は約1973万人となった。「明日の日本を支える観光ビジョンー世界が訪れたい日本へ」において、政府は、目標としていた2020年2000万人を4000万人としたところである。増加する外国人旅行者の観光を「地方創生」へ繋げていくうえでは、「すべての旅行者が、ストレスなく快適に観光を満喫できる環境」にしていく事が重要であり、受入環境整備の早急な対応が望まれるところである。

受入環境整備を実施していくうえで、外国人旅行者が実際に日本を訪れた際に感じたニーズを把握し、対応していくことが施策の核心となってくることから、いかに外国人旅行者の「生の声」を集約し、情報の精度を保つ調査ができるかが鍵となる。

本研究は、SNS（ソーシャル・ネットワーキング・サービス）で発信されている観光に関する「つぶやき」を集め、外国人旅行者のニーズを把握することで、今後の受入環境整備にむけた取組を考察する。

## 2. 外国人旅行者の「つぶやき」集約

### (1) 調査対象国、言語の抽出

「つぶやき」を効率的に集約するため、調査対象国を選定することとした。

選定においては、近畿圏の「地方創生」を見据え、近畿圏に宿泊する上位国を対象とした。

近畿圏の外国人宿泊者数は近年急速に伸びており、中でも中華圏（台湾、中国、香港）の伸びは特に高い。また、アメリカ、オーストラリア国籍の宿泊者数も多いことから、言語の抽出は「中国語」「韓国語」「英語」で発信される「つぶやき」を主な調査対象とした。

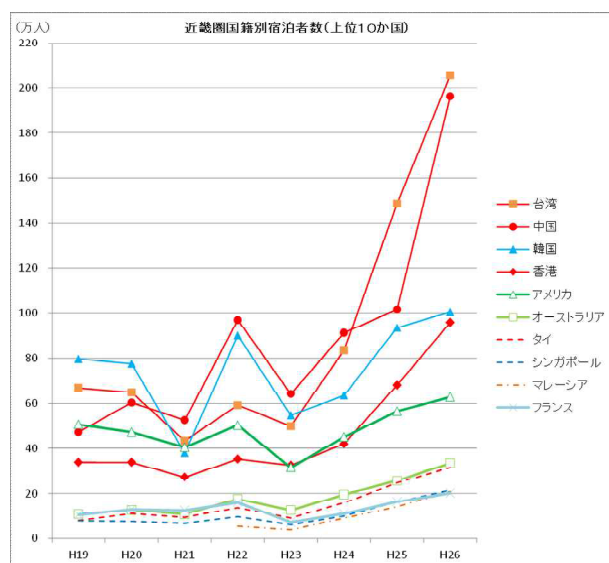


図-1 近畿圏国籍別宿泊者数（上位10カ国）<sup>1)</sup>

表-1 取得データ内容

SNS	Twitter (ツイッター)	Weibo (ウエイボ)
利用目的	英語、韓国語、中国語(台湾等)を利用する諸外国人のつぶやきデータとして	中国人のつぶやきデータとして
データ提供	株式会社NTTデータ	株式会社ナイトレイ
利用形態	正規版 Tweet データ (CSV テキストデータ)	Web サイト[inbound insight] (解析結果閲覧ツール利用)
取得情報	つぶやき、緯度経度、アカウント等	つぶやき、国籍、場所
取得期間	平成 26 年 12 月 1 日～平成 27 年 11 月 30 日 (1 年間)	平成 27 年 11 月～平成 28 年 1 月 (30 日分のデータ)

(2) SNSの選定

SNSには、日本国内で利用の多い「LINE」「Facebook」「Twitter」等、様々なツールがある。「つぶやき」を効率的に集約するため、調査対象国におけるSNS利用シェアの高いツールを整理した。

結果、主に「Facebook」「Twitter」が各国で利用シェアが高い。しかし、「中国」においては、「Weibo」をはじめとする独自のSNSが利用されている。

このうち、「Facebook」は、第三者が情報を取得することが不可能であることから、本研究においては、「Twitter」及び「Weibo」を対象とした。

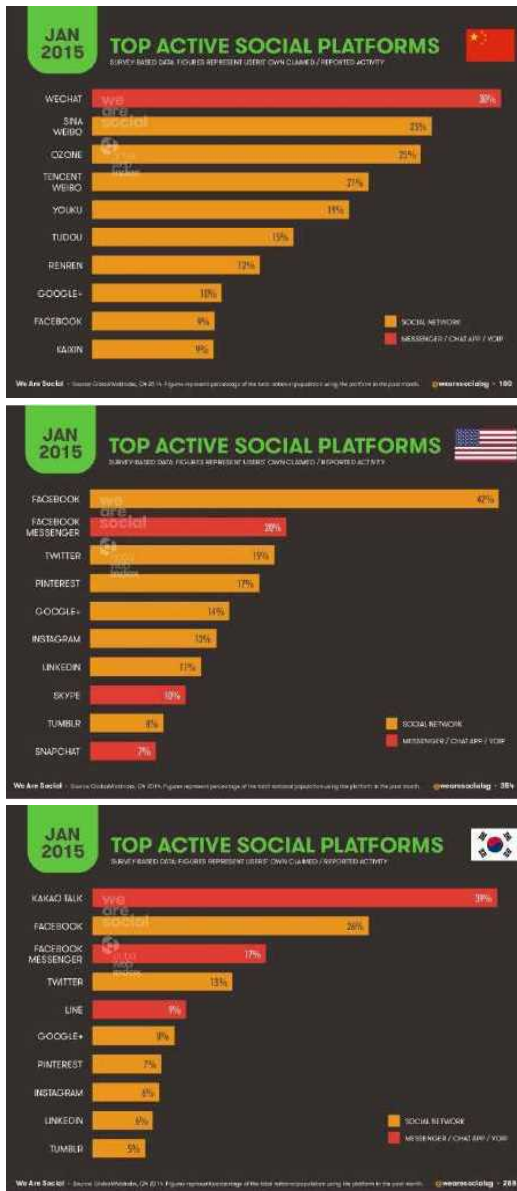


図-2 各国におけるSNS利用シェア (上から中国, アメリカ, 韓国) <sup>2)</sup>

3. 外国人旅行者の「つぶやき」分析

(1) 位置情報分析 (観光客の動線解析)

「Twitter」のデータに付随する位置情報から、外国人観光客がどのような動線を描いているかを把握し、周遊状況として可視化し、そこから得られる情報について分析、整理を行った。

a) 外国人観光客の抽出

「Twitter」の全データには、日本に在住している外国人も多く含まれているため、外国人観光客を抽出するためにはフィルタリング処理が必要がある。

フィルタリング処理は、ユーザーのアカウント毎に近畿圏範囲内で「つぶやき」の開始及び終了時刻を検出し、開始時刻と終了時刻を近畿圏に「入った時刻」と「離脱した時刻」と想定、この期間が3ヶ月以内のものを外国人観光客(近畿圏への短期滞在者)と想定し抽出対象とした。また、「つぶやき」の言語設定は英語だが、ユーザー設定が日本語になっている場合等、英語を利用する日本在住者と考えられるデータは対象から除外した。

フィルタリング処理された「つぶやき」の位置(プロット)は以下の通りとなった。

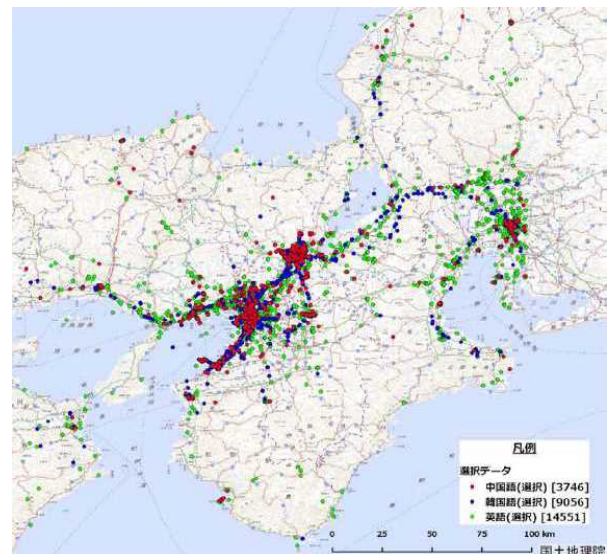


図-3 「つぶやき」の位置 (フィルタリング処理後)



**b) 外国人観光客の動線分析**

次にフィルタリング処理をした外国人観光客の「つぶやき」位置を「点」とし、「つぶやき」位置を結ぶことで、動線及び行動圏を「線」とすることで可視化した。

この結果、「英語」でつぶやいている観光客の行動圏が、「中国語」「韓国語」でつぶやいている観光客よりも広いことがわかる。

「英語」でつぶやいている観光客の一部が「リピーター」となり、個人旅行による行動圏の広がりが見られているものと考えられる。

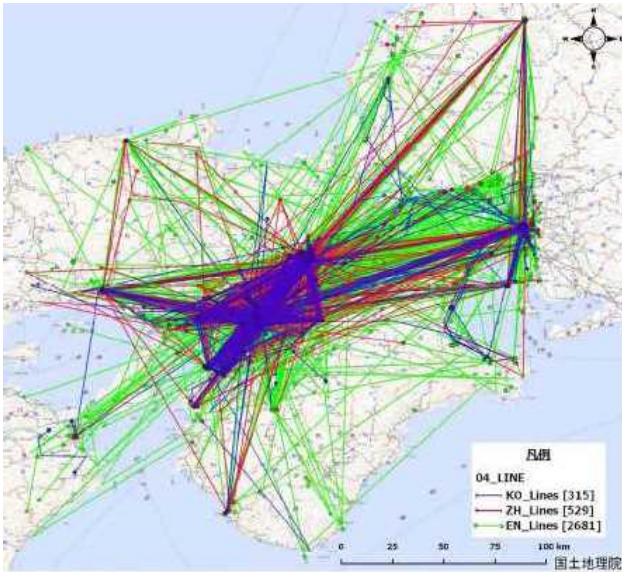


図4 外国人観光客の言語別行動圏  
(赤色：中国語，青色：韓国語，緑色：英語)

**(2) テキスト分析（「つぶやき」による意識調査）**

「Twitter」及び「Weibo」のつぶやきから、近畿圏を訪れる外国人観光客の観光やインフラ整備に関する関心等について分析、整理を行った。

**a) 調査キーワードの設定**

外国人旅行者の観光を「地方創生」へ繋げていく事を念頭に、観光に関するインフラ整備について外国人旅行者が現場でどのように感じているかを把握するため、調査キーワードを以下の通り設定した。

表-2 調査キーワード

【事象】 事故、渋滞、通行止め、駐車
【観光】 観光、宿泊
【施設】 公園、道路、高速道路、道の駅、ホテル、旅館、民宿、トイレ
【移動手段】 飛行機、バス、タクシー、自動車、鉄道、JR、私鉄、地下鉄、新幹線、電車、レンタカー、自転車、バイク、フェリー、船
【交通関連】 標識、ターミナル、駅、空港、フライト、港、ドライブ

**b) キーワードによる検索結果**

調査キーワードによる検索により「中国語」2505件、

「韓国語」1780件、「英語」4266件の「つぶやき」を最終的に抽出し、「肯定的なつぶやき」と「否定的なつぶやき」として整理した。

「宿泊」をキーワードとした検索では、ホテル・旅館に関しては、接客・サービスが良い、設備・備品が充実しているなどの肯定的な書き込みが大部分であり、場所が分かりづらい、値段が高いなどの否定的な書き込みもあるが、頻度は少ない。

「道路・高速道路・駐車場」をキーワードとした検索では、渋滞や駐車場の空きがないなどの否定的な書き込みが多い。また、関心があまり持たれていないのか「つぶやき」も少ない。

「鉄道・駅」をキーワードとした検索では、観光や買い物で利用、割安なパス、風景や電車デザイン、車内設備、分かりやすい案内表示などを評価する書き込みが多く、旅行の重要な交通手段として活用されている。また、否定的な書き込みとしては、路線や駅構内の複雑さ、切符購入の複雑さなどに関するものが多く、迷う、乗り換えを間違えるなどの「つぶやき」が多くみられた。

表-3 抽出した「つぶやき」の例

キーワード	言語	翻訳
鉄道関係	中国語	多次在大阪站下邊の地下通道迷路，簡直是蟻穴
	日本語(翻訳)	大阪の地下通路で何度も迷っている、まるで蟻の巣みたい...
道路関係	韓国語	고속도로 휴게소 엘리터 ㅋㅋㅋㅋㅋ
	日本語(翻訳)	高速道路のサービスエリアのクオリティ、フッフ。
トイレ	英語	Best Japanese loo so far... As well as all the other new fangled stuff, on this one the lid opened by itself when I walked in the room!
	日本語(翻訳)	日本のトイレの中でも最高。いろんな最新機能あるけど、これは自動でふたが開いた！

表-4 検索結果整理 (抜粋)

キーワード	肯定的なつぶやき	否定的なつぶやき
宿泊	<ul style="list-style-type: none"> <li>接客・サービス・雰囲気が良い。</li> <li>設備・備品が充実している。</li> <li>温泉が良い。</li> <li>初めて浴衣を着た。</li> <li>景色・夜景・庭がきれい。</li> <li>レンタサイクルが利用できる。</li> <li>送迎バスがある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>場所が分かりづらい。</li> <li>値段が高い。</li> <li>部屋が狭い。</li> <li>言葉が分からない。</li> <li>浴衣のサイズがない。</li> </ul>
道路	<ul style="list-style-type: none"> <li>道が清潔</li> <li>サービスエリアのトイレがきれい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高速道路が渋滞。</li> <li>道路が滑りやすい。</li> <li>サービスエリアのごみ分別が複雑。</li> <li>有料駐車場の空きがない。</li> </ul>
鉄道	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下鉄に乗って観光、買い物。</li> <li>JR/バスが便利。</li> <li>1日乗車券が便利。</li> <li>電車からの風景が良い。</li> <li>車両デザインが楽しい・可愛い。</li> <li>新幹線は速い。</li> <li>女性専用車両が良い。</li> <li>車内でWiFiが使える。</li> <li>座席暖房が良い。</li> <li>座席が回転でき向かい合わせになる。</li> <li>折り畳みテーブルが便利。</li> <li>指定席の表示は分かりやすい。</li> <li>忘れ物が返ってきた。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>路線が多く複雑、分かりにくい。</li> <li>切り離し時の車両の行き先が分からない。</li> <li>切符が難しい</li> <li>事故により遅れている</li> <li>電車が遅延している。(通勤等)</li> <li>新幹線の料金が安い。</li> <li>座席が狭い。</li> <li>暖房が温かすぎる。</li> </ul>
駅	<ul style="list-style-type: none"> <li>案内サインは分かりやすい、ゆっくりたどれば分かる。中国語表記もある。</li> <li>停車表示が分かりやすい。</li> <li>主要駅では中国語のアナウンスがある。</li> <li>新幹線駅の乗り換えが便利。</li> <li>トイレがきれい。</li> <li>駅デザインが良い。(京都駅の階段・眺望・ライトアップ、白浜駅)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>駅構内が広い、複雑、乗り入れ路線が多い、出入口が分かりにくい。(特に主要駅)</li> <li>言葉が通じない。</li> <li>乗り換えが分かりづらい。(切符を買って間違えた、乗り間違えた)</li> </ul>

## 4. SNSの情報から得られた現状と課題

### (1) 位置情報分析からの現状と課題

近畿圏における訪日外国人旅行者の滞在エリアは、大阪、京都が中心である。特に、「中国語」ユーザーは大阪、京都へのみ来訪する傾向が強い。「英語」ユーザーは、近畿圏の広範囲なエリアで滞在している。

広範囲なエリアで滞在しているのは、主に「リピーター」であることから、「中国語」「韓国語」ユーザーといったアジアからの「リピーター」を今後、確保するため、地方への誘導や移動手段の確保等の工夫が必要となってくる。

### (2) テキスト分析からの現状と課題

SNSによる「つぶやき」が投稿されるのも、移動時における位置や方向を確認するのも、そのほとんどが「スマートフォン」を用いている。このことから、「スマートフォンの動作環境(Wi-Fiの受信エリア)」に関する快適性について不満を持っている外国人観光客が多く、フリーで利用できるWi-Fi受信エリアの拡充等が求められる。また、近畿圏では大阪を中心に都市機能の発達による利便性の高さなどは評価される一方で、電車の乗り換えの複雑さや、地下街をはじめとする歩道上における方角の不明瞭さについて、不満に思っている外国人観光客も多いことから、サインや案内板の工夫が必要となってくる。

## 5. 今後の受入環境整備にむけた取組

### (1) 地方への誘導方策と受入環境の充実

#### a) スマートフォンの活用による環境整備

スマートフォンが快適に繋がるとともに、わかりやすい外国人旅行者向けパンフレットとスマートフォンアプリの連携による旅行者の位置や方向の確認、情報取得を可能とするため、地方都市におけるフリーWi-Fiスポットの拡充やアプリでのPRが必要である。

#### b) レンタカー利用客に「やさしい」標識の設置

今後は、中国、韓国といったアジアの「リピーター」は、団体旅行から個人旅行へシフトしていく事が予想され、「リピーター」を地方へ誘導するために、レンタカー利用の拡充が必要となる。レンタカーを利用する外国人旅行者が、目的地まで快適にた

どり着けるよう、道路案内標識における名称の統一化、表示板に方位表示を入れる等の工夫が必要である。



写真-1 方位表示を入れた案内標識例

### (2) 潜在的な「近畿圏の魅力」をもっとPR

#### a) 個人旅行でしか味わえない観光資源のPR

団体旅行の外国人旅行者には伝え切れていない日本文化は数多くある。今後、個人旅行へシフトするにあたり、個人でしか味わえないような潜在的な観光資源を発掘し、その魅力を全面的にPRしていく事が地方都市への誘導に必要である。

#### 【個人旅行で味わう観光資源例】

- ・ご当地グルメや大食い大会等、食のイベント
- ・夜店、銭湯、打ち水等、普段の生活
- ・ゆるキャラ、メイド喫茶、アニメ聖地等の文化



写真-2 食に関するイベント (B-1グランプリ in名張)

#### b) 「意外なモノに興味を示す」外国人旅行者へのPR

集約した「つぶやき」から、訪日外国人旅行者が日本に住んでいる者には考えつかない意外なモノに興味を示していることが分かってくる。

例えば、トイレである。公衆トイレの綺麗さの他に便座の自動開閉、ヒーター、ウォシュレット等のシステムに感動されていたり、高いクオリティの製品に対する価格に対する感動も多くあった。

このような、意外なものへの興味を示すことを把握することで、潜在的な資源の発掘に期待できる。

#### 【外国人旅行者が興味を示す以外なもの例】

- ・カプセルホテル
- ・100円ショップ

### c)観光資源としての潜在的なスポットを発掘

観光とは全く異なる目的で造られた構造物が観光スポットになってきている等、日本国内の観光資源の発掘も話題となっており、今後、訪日外国人旅行者が集まることが期待されるため、PRが重要となる。



写真3 観光スポットになりつつある公共構造物  
(首都圏外郭放水路)

### 6. おわりに

今回、一定の期間で入手したSNSデータから、日本を訪れた外国人観光客の意識を分析し、今後の受入環境整備の方向性について考察した。

今後は、季節毎のニーズ、地域毎のニーズ等、情報量を増やすとともに、行動圏については、移動手段を把握していく等、分析の精度をあげ、外国人観光客の受入環境整備に対するニーズを更に正確に把握することが求められる。

本研究が、日本を訪れる外国人旅行者の観光を「地方創生」へ繋げていくうえでの一助となれば幸いである。

※本論文の内容は、柳川の従前の所属である企画部広域計画課における業務に基づくものである。

#### 参考文献

- 1)観光庁：宿泊旅行統計調査
- 2)出典：We Are Social (Digital, Social & Mobile in 2015)



# コガタノゲンゴロウと川づくり

灘脇 篤郎・神田 学・馬越 唯斗

中国地方整備局 倉吉河川国道事務所 工務第一課 (〒682-0018 鳥取県倉吉市福庭町1-18)

倉吉河川国道事務所では、天神川水系の直轄管理区間の流下能力の向上を目的とした河床掘削などの河川工事を進めている。一方で、その河川工事箇所周辺には「鳥取県希少野生動植物の保護に関する条例」における“特定希少野生動物”に指定され、捕獲や殺傷が禁止されている「コガタノゲンゴロウ」が生息している。コガタノゲンゴロウにとっては河川敷の水たまりなどが重要な生息環境となっており、事業を進めるにあたっては生息保護が必要である。

本論は、コガタノゲンゴロウの生息に配慮した河川事業の一施工例について報告するものである。

キーワード コガタノゲンゴロウ, 保護・移植, 代替地整備

## 1. はじめに

天神川水系は、上流からの大量の土石の流出、合流部の破堤などにより、度々水害が発生してきた。1544年の洪水以降、堤防の築造などの対策が行われてきたといわれており、明治以降も部分的な河川改修が行われていたが、ほとんどは従来の貧弱な堤防のままであったため、度々水害が発生していた。特に昭和9年の室戸台風では、流域の各所の堤防が決壊し多大な被害を被り、これを契機に、砂防事業や河川事業が直轄事業として始まった。

その一方、天神川水系では、平成14年に「鳥取県希少野生動植物の保護に関する条例」に基づき、特定希少野生動植物に指定され、捕獲・殺傷等が禁止されている水生昆虫コガタノゲンゴロウ(図-1参照)を確認した。そのため、河川改修工事を進めるにあたって、本種の生息環境に配慮する必要がある。

本論では、コガタノゲンゴロウに配慮した河川事業の一施工例について報告するものである。



図-1 コガタノゲンゴロウ (平均体長26~27mm)

## 2. コガタノゲンゴロウの生態特性

コガタノゲンゴロウの繁殖地は主に水田で、水生植物の茎に産卵する。卵から孵化した幼虫は水田でオタマシヤクシなどを捕食して成長する。蛹化は畦の土中で行われ、羽化後も水田で過ごし、9月頃の水田の水抜き後は越冬水域に移動し翌年の春までそこで過ごす(図-2参照)。越冬水域にはため池、河川の水たまり・ワンド等の止水水域が選ばれる。堤内地のため池は天敵となるブラックバスの定着等により、越冬水域としての“質”が低下している。河川の越冬水域としての重要性が増している。



図-2 コガタノゲンゴロウの生活サイクル

## 3. 河川事業における本種の保全に向けた課題

コガタノゲンゴロウは、天神川水系においては、平成15年に実施された「河川水辺の国勢調査(魚介類・底生生物)」において、支川国府川の水たまりで初めて確認され、その生息が明らかとなった。河床掘削などの河川事業は本種の生息環境を奪うことになりかねず、加えて施工が非出水期である11月以降であり、本種が河川に生息する期間と重複する。流域住民の生命・財産を守る河川事業も不可避であるため、“河川事業”と“本種の保全”の両立が求められた。

しかしながら、本種の保全事例はなく、事業実施にあたっては、本種に配慮した河川事業の手法確立が課題となった。

#### 4. 直轄管理区間における生息状況と保全方針

本種に配慮した河川事業に必要となる生息分布・越冬水域の環境条件等の基礎情報の収集を目的として、平成18年度より表-1に示す生息状況調査を実施した。

その結果、天神川水系における本種の保全に係る基礎情報として、表-2に示す知見が得られた。

天神川水系直轄管理区間において、特に、河積確保のため広範囲に河床掘削が計画されている小鴨川において多数個体の生息が確認された。こうした本種の生息状況を踏まえて検討した結果、支川を中心に広く本種が越冬利用しているため、河川事業における越冬水域の改変に際しては保全措置が必要となり、「生息個体の保護・移植」並びに「代替地の整備」を行う方針とした。

表-1 生息状況調査の実施状況

年度	調査概要
H18 ～ H19	天神川水系における生息状況・環境把握 ・範囲：直轄管理区間（止水様環境35地点） ・時期：平成18年11月，平成19年5月，6月，7月，8月，10月及び12月
H24	平成23年9月出水による河川環境変化に伴う生息状況・環境変化の把握 ・範囲：小鴨川直轄管理区間（止水様環境18地点） ・時期：平成24年9月，10月
備考	越冬水域の環境条件把握のため、大きさ・水深・水温・水の濁りの有無・底質・植生有無・堤内地の土地利用等を記録した環境カルテを地点ごとに作成。



写真-1 調査状況とコガタノゲンゴロウ越冬水域

表-2 生息状況調査結果の概要

生息状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・天神川水系直轄管理区間においては、支川小鴨川・国府川の河川敷を中心に越冬水域が分布する。</li> <li>・河川敷の越冬水域は、氾濫時の流路跡等の池・水たまりが多く、流路と連続するワンドも利用される。</li> <li>・堤内地に繁殖環境となる水田が広く分布する区間で越冬個体数が多い。</li> <li>・出水による水たまり・ワンド等の創出・消失により分布状況も変化するが、上記の傾向は変わらない。</li> <li>・繁殖確認は1例のみであり、河川は越冬場所としての利用がほとんどである。</li> </ul>
越冬水域の特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・確認された水域の水深は10～70cm（水深30～40cm付近の確認数が多い）。</li> <li>・水の循環があり、濁りが少ない。</li> <li>・イネ科等の抽水植物帯がある（ただし、河岸の植物に水面が覆われると越冬個体数は減少）。</li> <li>・底質は泥や礫。</li> <li>・水温変化が小さく、冬季の最低水温が4℃以上。</li> </ul>

#### 5. 河床整備事業における保護・移植

小鴨川の河積確保のため、平成23年度より実施している小鴨地区の河床掘削事業の平成25年度施工箇所に本種の越冬水域が存在したため（図-3参照）、保全措置として着工前に生息個体の保護・移植を実施した。移植先は工事の影響がない上流側の既知越冬水域のうち、比較的規模が大きい箇所を選定した。



図-3 保護・移植位置図

##### 5-1 保護・移植の流れ

本種は、条例により殺傷が禁止されているため、捕り漏らしを防止する必要があった。また、堤内地（繁殖環境）から河川（越冬環境）への飛来は長期間に及ぶことも踏まえ、保護・移植事例はなく、確立された手法がないため、有識者との意見交換も交えながら、モニタリングにより移植後の移植先への定着・移植元への回帰状況を確認しつつ、複数回に分け順応的に保護・移植を行う計画とした（図-4参照）。

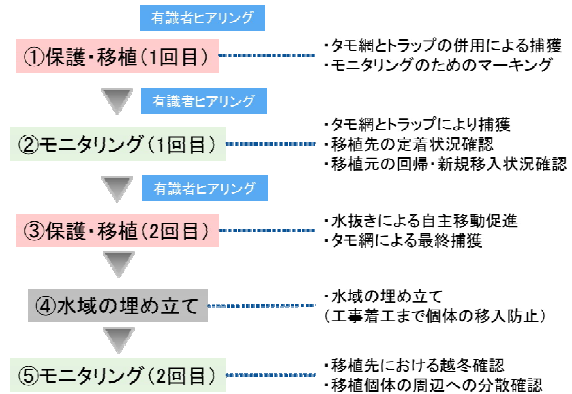


図-4 保護・移植のフロー

##### 5-2 保護・移植手法

保護は「タモ網・トラップによる捕獲」を基本とし、生息水域が干上がった際に飛び去る本種の生態を利用した手法「水抜きによる自主移動の誘発」も採用した。保護手法の概要を表-3に示す。

保護した個体は、泳ぎ疲れて弱ることのないよう、水を張り、捉まって休める礫・植物を配置した蓋付きバケツに入れて移植先へ搬送し、放流した。



表-3 保護手法の概要

保護手法	概要
タモ網・トラップによる捕獲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・誘引物質を入れたカゴワナトラップとタモ網（トラップが使用できない浅場など）により生息個体を捕獲した。</li> <li>・カゴワナトラップは夕方設置し、翌朝回収した。</li> <li>・個体の一部については、移植先への定着状況を確認するため上翅にマーキングした。</li> </ul>
水抜きによる自主移動の誘発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・移植元に溜まった水をポンプによって排水し、干上がらせることで飛翔・移動を誘発した（下図参照）。</li> <li>・一昼夜干上がった状態で放置した後、湛水・再移入防止のため埋め立てた。</li> </ul>

- ・ポンプにより溜まった水を流路へ排水。
- ・吸い込み防止のための配慮（コガネツルを敷いて覆った）。

5-3 保護・移植結果

(1) 保護・移植個体数

保護・移植調査により計2,356個体（うちトラップによる捕獲が1,268個体）を保護し、移植先へ放流した。各調査日における保護・移植個体数を表-4に示す。

表-4 保護・移植個体数

調査内容	調査日(H25年)	保護・移植個体数	
①保護・移植調査 1回目	9/30~10/1	983	1,519
	10/1~10/2	396	
	10/2~10/3	140	
②補足調査 <sup>注1</sup> (モニタリング1回目)	10/17~10/18	408	408
③保護・移植調査 2回目	11/6	300	429
	11/9	129	
合計保護・移植個体数		2,356 <sup>注2</sup>	

注1) 移植元への移植先からの帰着及び新規移入状況確認のため補足的に捕獲調査を実施（帰着は確認されなかった）。

注2) 捕獲個体のうち計426個体をマーキングし、移植先へ放流。



写真-2 保護・移植調査の実施状況

(2) 「水抜きによる自主移動の促進」実施状況

水抜きの実施状況を写真-3に示す。水抜き時、狭まった水域より這い上がって飛び去る数個体が目撃確認された。



写真-3 「水抜き」及び「埋め立て」実施状況

(3) 移植先への定着・越冬状況

1回目のモニタリング(実施日：H25/10/17~10/18)によりマーキング個体のうち87個体（計347個体捕獲）、2回目のモニタリング(実施日：H26/4/30~5/1)により同12個体（計107個体捕獲）が捕獲され、移植先への定着・越冬が確認された。また、2回の調査を通して、移植先において死滅個体の残骸や共食い等の異常は見られなかった。

(4) まとめ・考察

一連の調査の結果、計2,356個体のコガタノゲンゴロウを保護・移植した。本種の保護・移植の先駆的な事例であるため、以下に保護・移植手法について検証した。

**捕獲方法：**トラップは短時間で設置・回収が可能であるうえ、極めて多数が捕獲されるなど、非常に効率的かつ効果的であった。一方で、トラップ回収後もタモ網で多数が捕獲されたことから、トラップだけでは不十分であり、タモ網による捕獲も併用する必要がある。

**水抜きによる自主移動の誘発：**実際に自主的に移動を行った個体が確認されたほか、本種は夜間に活動性が高まる傾向があることから、夜間に自主的に移動した個体の存在が推察される。加えて、水域が狭まることで残存個体のタモ網による捕獲も容易となるなど、非常に効果的な手法であった。

**水域の埋め立て：**保護・移植調査1回目後に実施した補足調査、またその後の保護・移植2回目調査においても比較的多数個体が捕獲された。これは、堤内地から河川への移動が長期間に及ぶことを示している。よって、保



護・移植実施後の水域を放置した場合、新たに個体が入る恐れがあるため、捕獲・移植後早期に埋め立てを行う必要がある。

まとめ：採用した手法はいずれも効果的な手法であったが、本種は気温・水温の低下とともに活動性が鈍り、トラップの捕獲効率や水抜き時の移動性も下がるため、実施するタイミングが重要となる。水域の埋め立てには重機を用いるため、施工時期が決まった後に、水温・気温を考慮しこれらの手法を効果的に組み合わせた安全性の高い保護・移植計画を検討する必要がある。

## 6. 代替地の整備とその効果

河川工事により消失した本種の越冬水域を代償するため、代替地（越冬水域）を整備した。

### 6-1 越冬水域に求められる環境条件と整備イメージ

代替地の整備にあたっては、越冬水域に必要な環境条件を把握し、可能な限りそれを再現する必要があるが、本種を対象とした代替地の整備事例はなく、代替地に必要な環境条件は不明であった。

文献等より得られる生態情報に加え、有識者の助言、当地で越冬利用が確認された水域の環境情報（表-2参照）を加味し、当地の越冬水域に必要なとされる環境条件を以下に整理した（図-5にイメージ図を示す）。

#### 〔代替地整備のポイント〕

- 飛来する個体に認識しやすいよう水面幅を広めとする（2m以上が目安、河岸の植物が倒伏しても水面を覆うことのないように）。
- 水温変化を抑え、冬季に凍結することのないよう最深部の水深を1m程度とする。
- 隠れ場所を創出するため、中石を配置するほか、水際は抽水植物帯の生育を促す緩傾斜とする。
- 湧水等により水の交換を確保する。

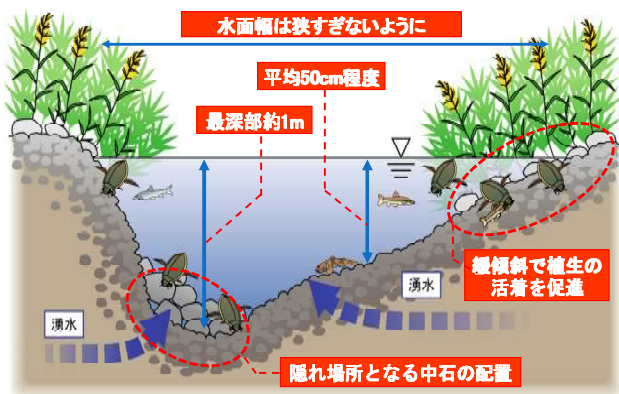


図-5 代替地の整備イメージ

### 6-2 代替地の整備事例1

#### (1) 代替地の整備

前述した河床掘削により改変した区域に位置し、計2,356個体が捕獲された越冬水域の改変に伴い、施工後

に代替地の整備を行った（写真4参照）。

改変前の越冬水域は伏流水の浸み出しが見られたが、河床整備後はその確保が困難なため、本流との水交換を期待し、本流際に整備した。

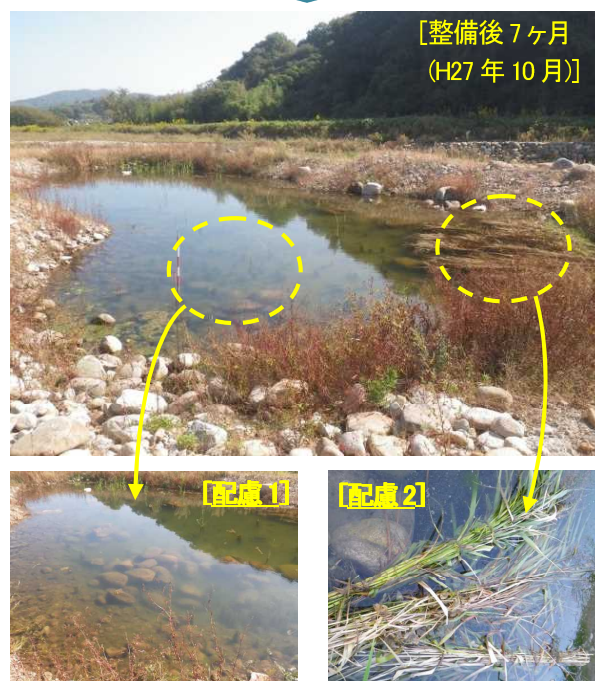


写真4 代替地の整備事例1

配慮1：底に中石を配置し隠れ場所を創出

配慮2：刈ったツルヨシを束ねて投入し隠れ場所を創出（抽水植物帯が生育するまでの一時的な隠れ場として）

#### (2) 整備後の効果検証

整備完了後、越冬前後に各1回のモニタリングを行い利用状況を確認した（越冬前：H27年9月，越冬後：H28年4月）。

トラップ調査を行った越冬前には、約200個体が捕獲されたほか、約600個体が生息していると推定された（標識一再捕獲法による推定値）。越冬後調査においても無事越冬した個体が確認された。

また、ハビタットごとに設置したトラップの捕獲個体数を見ると（表-5参照）、遮蔽物のない箇所と比べ中石やツルヨシ束を配置した付近で捕獲数が多く、隠れ場所を創出するために実施した配慮の有効性が確認された。加えて、自生したヒメガマや沈水植物付近においても多数個体が捕獲されたことから、隠れ場所の重要性が改めて確認された。

表-5 ハビタットごとのトラップによる捕獲個体数

中石	ツルヨシ束	ヒカマ	沈水植物	遮蔽なし
34	47	27	86	9

なお、越冬水域としての適性を確認するため、越冬期間中、水温ロガーを用いて連続観測を行った結果、水温が閾値である4℃を下回ることはなかった（図-6参照）。

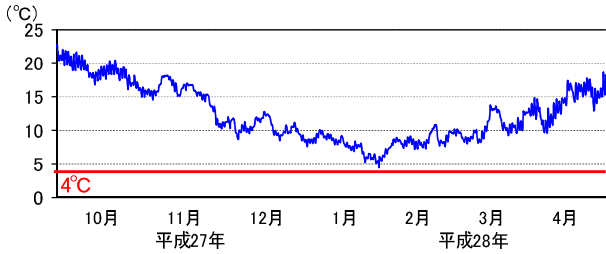


図-6 越冬期間中の水温の経時変化

### 6-3 代替地の整備事例2

堤防整備工事に際し、工事区域に本種の越冬水域が確認されたため、保護・移植調査を行った後に着工し、堤防整備完了後に代替地を整備した。

#### (1) 整備計画の検討

本事例においては、河川の持つ洗掘・堆積といった作用を活かし、代替地の長期的な維持を図るため、変更前の当該水域の形成要因を確認し、整備位置・形態等を検討した。

当該越冬水域は、出水時の水衝部に位置し、洗掘を受けた流路跡に成立したものであり、伏流した河川水の湧出水により水交換が生じている（図-7参照）。これを踏まえ検討し、代替地は同所に湧出水により水交換を確保した池形式での整備が妥当と判断した。

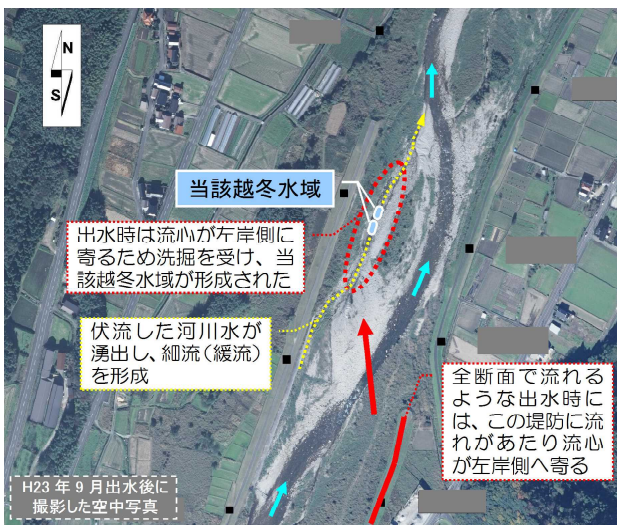


図-7 当該越冬水域の形成要因

#### (2) 代替地の整備

堤防整備工事後に整備した代替地を写真-5に示す。

変更前の越冬水域があった位置近傍に、伏流の湧出水を利用して整備した。整備直後であり、今後、本種の越冬利用状況、環境の変遷を調査予定である。



工事による地形変更→代替地整備



写真-5 代替地の整備事例2

配慮1：抽水植物の生育を促すため、ツルヨシを植栽  
 配慮2：伏流の湧出水を引水し水交換を確保

## 7. まとめ

今回の保護・移植事例を踏まえ河川工事における本種への対応をフローに整理した（図-8）。今後は事務所で河川工事を行う際にはこのフローに従い、本種の保護・移植を検討・実施し、保全を図っていく。

一方、代替地についても越冬利用が確認され、その整備効果が確認された。しかしながら、出水を経験しておらず、出水により代替地がどう変化するかといった情報は得られていない。

代替地は基本的に、周辺に越冬水域が存在しない状況を回避することを目的とした一時的な整備と考えている。表-1に示す調査において、天然の越冬水域についても出水により埋没・生成が確認されるなど、恒久的な整備・管理は難しい。“出水により越冬水域に土砂が堆積し埋没しても、周辺では流れの洗掘を受けて新たな越冬水域が出現する”、こうした変遷を繰り返し、現在まで



河川全体で越冬水域が維持されてきたと考えられる。

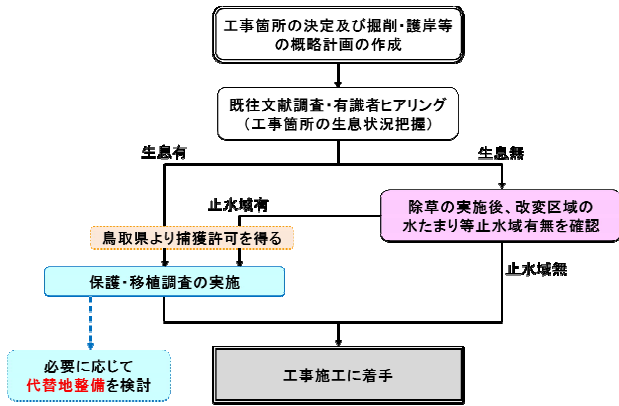


図-8 コガタノゲンゴロウの保全フロー

ただ、整備事例2で示したように、過去の出水時の流況等を踏まえて整備することで、代替地を長期的に維持できれば整備効果も高まる。

今後は出水後の状況を踏まえて、整備位置・形態等を検討し、整備効果を高めていく。

謝辞：國本洸紀氏（鳥取昆虫同好会）には、長きに渡り、生息状況調査、保護・移植、代替地の整備まで全般にわたって多大なるご指導を頂きました。ここに深く感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 國本洸紀(2005-2014)：コガタノゲンゴロウの生態（その1）～（その7）．ゆらぎあNo.23～No.32.
- 2) 鳥取県(2012)：レッドデータブックとっとり改訂版 鳥取県の絶滅のおそれのある野生動植物.
- 3) 環境省(2015)：レッドデータブック2014－日本の絶滅のおそれのある野生生物－.



# 国道11号 上天神交差点の 交通事故縮減を目指して

成田 学

四国地方整備局 香川河川国道事務所 交通対策課 (〒760-8546 香川県高松市福岡町4-26-32)

香川県直轄道路内における事故多発区間である一般国道11号上天神交差点～峰山口交差点間では、上り線にて交通事故縮減を目指した段階的な事故対策を実施してきた。本稿では事故対策の効果検証を行い、顕在化した事故に着目した評価や、ビッグデータ（民間プローブ急減速データ）を用いた潜在的な危険事象の評価等、様々な視点から事故対策の効果を検証し、とりまとめた成果を報告する。

キーワード 事故対策, 事故多発区間, 交通挙動分析, 民間プローブ急減速データ, 効果検証

## 1. はじめに

一般国道11号上天神交差点～峰山口交差点間（以下、「本区間」という。）は、断面交通量が57,745台/日と香川県内で最も多く主要渋滞箇所指定されている。また、本区間は6車線道路に加え、交通円滑化のために上天神交差点をアンダーパスする地下道が設置されていることから、車線変更による車両の幅轆が生じやすく事故が多発する区間となっている。（図-1）これまでも「香川県交通事故対策会議」にて本区間における交通事故対策が検討されてきたが、上り線は依然として多数の事故が残存することから平成25年、平成26年と短期間で段階的な事故対策を実施している。短期間に複数の対策を実施した場合、十分な評価期間が確保できないため、事故件数等の評価だけでは個々の対策における適正な評価が困難であった。本稿では、民間プローブ急減速データ（以下、「プローブデータ」という。）を用いた早期効果検証結果について報告する。



図-1 一般国道11号（上天神～峰山口交差点間）概要

る交通の影響により、事前の車線変更が必要となるが、車線数が多く案内表示が少ないため、不慣れたドライバーに迷いが生じ、突然の車線変更による織込み交通が多発し、追突事故が発生していると考えられた。（図-2）さらに、本区間は徳島方面へ直進する車両の交通量が多いが、直進車線は1車線であり交通容量不足から交通渋滞が発生している。これにより、混雑時は手前の上天神西交差点を跨ぐように先詰まりが発生しており、急な車線変更による追突事故が多発している。（図-2）

また、上天神交差点を左折し高松駅に向かう交通が多く左折車線が2車線設置されているが、上天神交差点上り線流入部を直進する二輪車が左折車線を走行し、左折車と交錯する事故が発生している。（図-2）

以上より、本区間においては以下の特徴的な事故に着目した対策を実施した。本稿ではこの対策に対する早期効果検証を行った。

- ① 単路部における追突事故
- ② 上天神交差点における左折巻込み事故

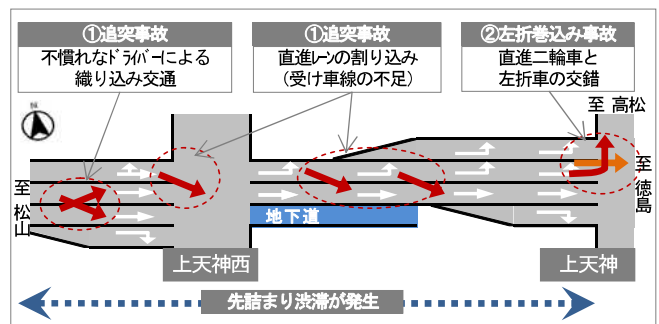


図-2 事故発生状況 概要図

## 2. 事故発生状況の整理

本区間上り線は、上天神西交差点部の地下道を通りす



図-3 本区間単路部 事故類型別事故件数の構成割合

### 3. 事故要因の分析と対策内容

#### (1) 事故要因の整理と対策の方針

本区間の事故発生状況を踏まえ、着目する事故に対して要因を分析した上で、課題解消に向けた対策を実施した。(表-1) 対策は、2種事業対策として平成25年2月に「カラー連携表示」を優先的に実施し、構造変更を伴う1種事業対策として平成26年12月に「上天神交差点流入部の5車線化」を段階的に実施した。

表-1 対策方針の整理

着目事故	事故要因	対策
追突事故	<ul style="list-style-type: none"> <li>車線数が多く案内表示が少ないため、不慣れたドライバーに迷いが生じ、突然の車線変更による織込み交通が多発。</li> <li>渋滞発生時に無理な割り込みが多発。</li> </ul>	カラー連携表示  5車線化
左折巻き込み事故	<ul style="list-style-type: none"> <li>上天神交差点上り線流入部にて左折車線を直進する二輪車が左折車と錯綜。</li> </ul>	5車線化

#### (2) 対策①：カラー連携表示について

平成24年度の香川県事故対策会議における議論を踏まえ、本区間に不慣れたドライバーに対する案内誘導方策として「カラー連携表示」による、行き先別の路面カラー表示と整合する看板を設置した。(図-4) 対策の狙いは、わかりやすい車線誘導により、前もって余裕のある車線変更を誘導し、交差点手前での無理な車線変更を抑制し、追突事故を抑制することであった。(図-5)

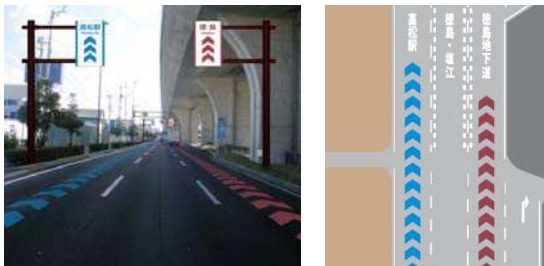


図-4 対策実施内容 (カラー連携表示)

#### (3) 対策②：上天神交差点流入部の5車線化について

交通渋滞に起因する追突事故対策として、上天神交差点上り線流入部の車線数を5車線に増設し、直進レーンを2車線とすることで容量拡大を行った。これにより直

進車線の先詰まり渋滞を解消し、無理な車線変更による追突事故を抑制した。(図-6)

また、車線運用の変更に伴い、左折巻き込み事故に対しては、上天神交差点に流入する直進二輪車が、車線変更を行わずに直進車線を通行出来ることから直進二輪車と左折車との交錯を抑制した。(図-6)

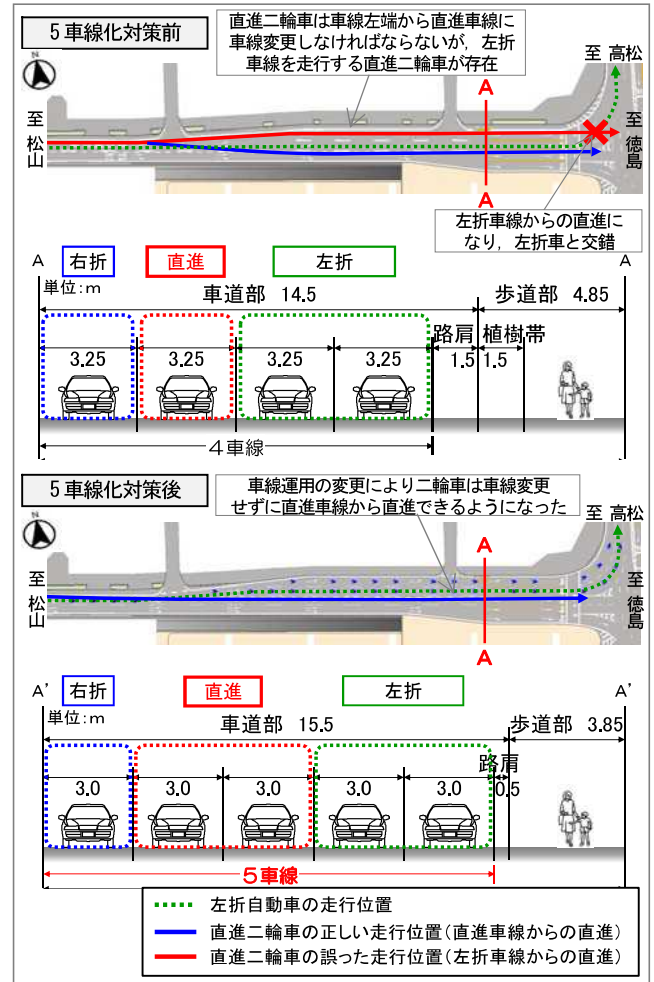


図-6 対策実施内容 (5車線化)



写真-1 左：対策前 右：対策後

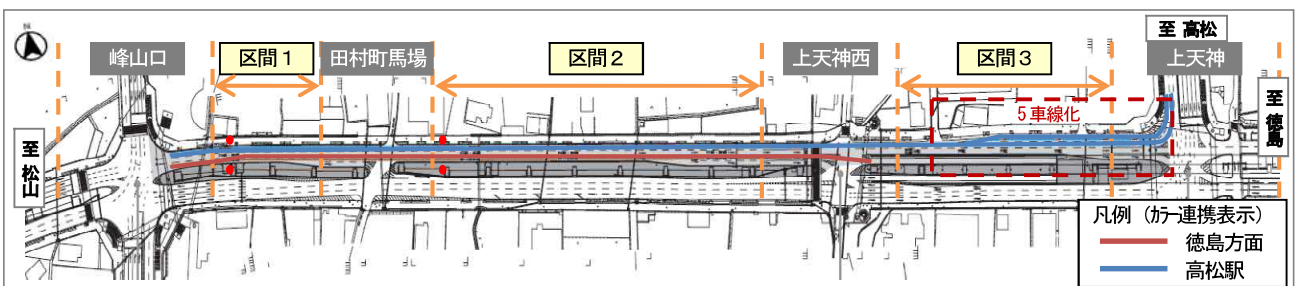


図-5 対策実施内容 (カラー連携表示・5車線化)

## 4. 効果検証結果

### (1) 効果検証内容の整理

着目する事故に対し、事故データ分析や挙動調査等を行い対策の効果検証を実施した。(表-2)

表-2 効果検証項目一覧

着目事故	効果検証項目
追突事故	<b>■事故データ分析 (件数/年)</b> イタルダ区間別に事故発生件数を整理し、本区間で発生した事故件数の増減を評価。
	<b>■急制動分析 (プローブデータ)</b> 民間プローブデータを活用し、急減速挙動発生割合 (回/千台) を算出。対策前後の発生割合を比較し、危険挙動の増減を評価。
	<b>■挙動調査 (ビデオ調査)</b> 交通挙動調査を実施し、無理な車線変更等による危険挙動発生割合を評価。
左折巻き込み事故	<b>■事故データ分析 (件数/年)</b> 対策前後の左折巻き込み事故発生の有無を評価。
	<b>■挙動調査 (ビデオ調査)</b> 交通挙動調査を実施し、左折車線を走行し、直進する二輪車の発生件数を評価。

### (2) 単路部における追突事故に対する効果検証

#### a) カラー連携表示による効果検証

2種事業として実施した「カラー連携表示」による対策効果の検証を行った。

事故データからは、追突事故件数が全体的に減少している結果が得られた。ただし、地下道における追突事故に関しては、増加傾向にあり、本対策による副作用が生じている可能性が考えられる。(図-7)

プローブデータからは、対象区間全体で急減速挙動が減少している結果が得られた。また、実際の挙動を確認するために実施したビデオ調査からは、上天神西交差点東行き流入部において急な割り込みによる危険挙動が減少する結果が得られており、プローブデータから得られた結果とも合致することから、追突事故の要因となる挙動が減少していると考えられる。(図-8)

これは、「カラー連携表示」対策により、目的地までの進路が明確になり、前もって余裕のある車線変更を行うことができ、不慣れたドライバーの急な車線変更や割り込みが減少した結果であると考えられる。

#### b) 上天神交差点流入部の5車線化による効果検証

1種事業として追加実施した「上天神交差点流入部の5車線化」による対策効果の検証を行った。

事故データからは、「カラー連携表示」による対策からさらに事故件数が減少している結果が得られた。しかし、地下道の追突事故に関しては、減少傾向にあるものの、依然として無対策時と比較して増加している状況となっている。(図-7)

プローブデータから取得した急減速挙動の分析及びビ

デオ調査による挙動調査結果からも、「カラー連携表示」による対策からさらなる減少がみられた。(図-8, 9)

これは、5車線化対策により、上天神交差点付近の渋滞が軽減され、先詰まりによる無理な割り込みが減少した結果であると考えられる。

### c) まとめ

追突事故に対する対策として実施した、「カラー連携表示」および「上天神交差点流入部の5車線化」の対策においては、事故データ、挙動データともに減少傾向にあり、対策効果があるという結果となった。また、ビデオ撮影による挙動調査からも、危険挙動が減少している結果が得られた。

以上の分析結果より、「カラー連携表示」および「上天神交差点流入部の5車線化」の対策によって、車線変更を誘発する環境が是正されたことで、無理な割り込みが減少し、危険挙動が減少した。これにより追突事故対策として一定の有効性が確認できたと考える。

一方で、地下道に関しては「カラー連携表示」の副作用から追突事故が増加した。これは、対策直後の不慣れによる判断ミスが要因と考えられるが、5車線化後減少傾向にあるため、今後引き続きモニタリングを行う必要があると考えられる。

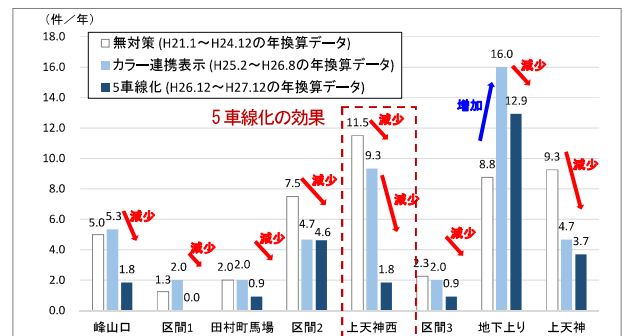


図-7 区間別 追突事故件数 (件/年)

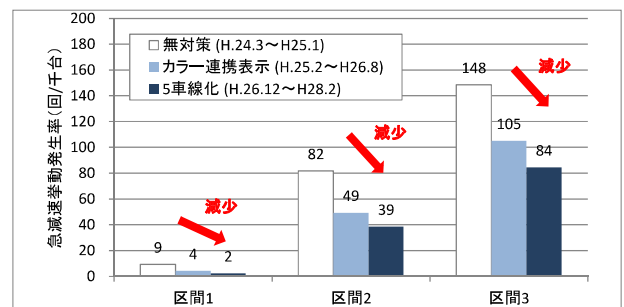


図-8 区間別急減速発生割合 (回/千台)

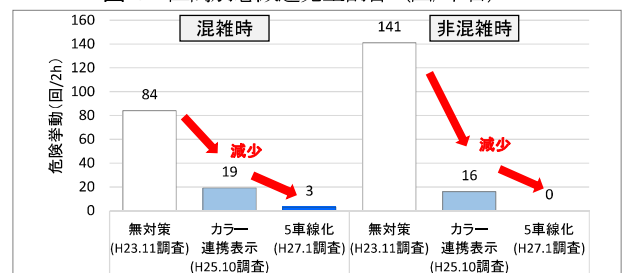


図-9 上天神西交差点 急な割り込みの挙動件数 (回/2h)



### (3) 上天神交差点における左折巻込み事故に対する効果検証

#### a) 上天神交差点流入部の5車線化による効果検証

1種事業対策として「上天神交差点流入部の5車線化」による対策効果の検証を行った。

左折巻込み事故に着目した事故データ分析結果では、5車線化後事故が発生していないという結果が得られた。(図-10)

ビデオ調査からは、上天神交差点東行き流入部の車線運用を変更したことにより、左折車線を走行する直進二輪車の発生割合が減少している結果が得られた。(図-11)

これは、5車線化対策により、上天神交差点東行き流入部を直進する二輪車について、左折車との交錯が発生しない車線での走行が定常化したことで、左折巻込み事故が減少した結果であると考えられる。

以上の分析結果より、「上天神交差点流入部の5車線化」対策に関しては、左折巻込み事故対策として有効性が確認できたと考える。

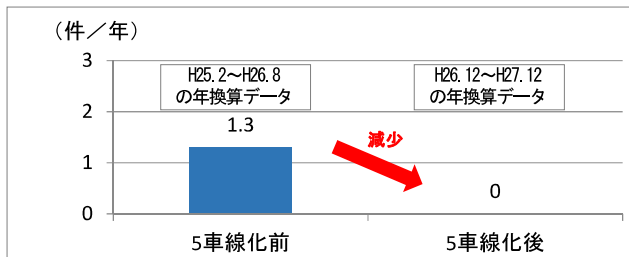


図-10 上天神交差点 左折巻込み事故件数 (件/年)

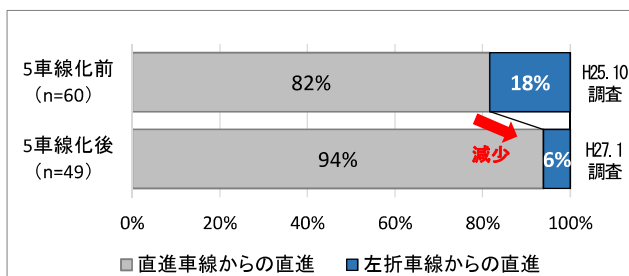


図-11 左折車線を走行する直進二輪車の割合 (回/4h)

### 5. 今後の課題・追加対策の検討

本区間は、着目事故に対する事故対策効果として一定の有効性を確認できた一方で、地下道内の事故件数の増加が課題となった。本区間は5車線化後の事故データ分析期間が1年間であったため、今後も引き続きモニタリングを行い、複数年での事故データ分析や交通挙動調査を実施し、効果検証の精度を高めていく必要があると考えられる。今後、モニタリングにより地下道内の事故件数に減少がみられない場合は、事故データ及び交通挙動調査等を踏まえた事故要因分析を行い、追加対策を検討する必要がある。

### 6. まとめ

本稿では、対策後の早期効果評価を目的とし、事故データによる顕在化された効果評価だけでなく潜在的な危険事象に着目した交通挙動分析を行った。交通挙動分析の評価手法として、ビデオ調査による危険挙動分析を行ったほか、プローブデータを活用し急減速挙動に着目したヒヤリハット事象の削減状況の把握を行った。

本区間では、短期間に段階的な複数の対策を実施しており、対策の個々の効果検証を適正に行う場合、これまでの事故件数等の評価では十分な評価期間を確保できなかったが、プローブデータを活用することで早期効果評価が可能となった。結果として、事故件数やビデオ調査と、プローブデータによる危険挙動分析内容には相関性が確認されたことから、プローブデータを活用した挙動分析は有効な評価手段であったといえる。

本稿では対策前後期間の都合上、平成27年度より本格的な運用が開始されたETC2.0プローブデータを用いた分析は実施できなかった。ETC2.0プローブデータは、一般道へのITSスポットの普及により、データ量が飛躍的に増加しており、今回分析に使用した民間プローブデータと比較して多くの情報を有している。そのため、今後対策を実施する箇所においては、ETC2.0プローブデータを積極的に活用し、交通事故の縮減を目指した効率的な事故対策の推進を進めていく。

### 参考文献

- 1) 交通事故対策・評価マニュアルおよび交通事故対策事例集、(財)交通事故総合分析センター
- 2) 交差点事故対策の手引、(社)交通工学研究会

# エコロジカルネットワーク再生事業における 施工時の工夫と整備効果について

西野公雄<sup>1</sup>・松本和信<sup>2</sup>・田中聡<sup>1</sup>

<sup>1</sup>九州地方整備局 遠賀川河川事務所 直方出張所（〒822-0002 福岡県直方市頓野3330-1）

<sup>2</sup>九州地方整備局 遠賀川河川事務所 河川環境課（〒822-0013 福岡県直方市溝掘 1-1-1）

本論文では、遠賀川御徳地区にて樋管の水路等により分断されたエコロジカルネットワークを再生するため、生物環境に配慮した計画を地元住民の方々や学識経験者等と共に検討し、工夫しながら施工した取り組みと整備後の効果について報告する。

キーワード 環境，地域連携，自然再生，魚がのぼりやすい川づくり，水環境学習

## 1. はじめに

戦後まもない時代、1955年頃までの遠賀川の水辺にはワンドやクリークが至る所に見られ、多様な生物が生息できる河川環境が広がっていた。

そのような中、西日本大水害（1953年）に代表される度重なる水害を防ぐため、高度経済成長期以降に堤防や樋門樋管の整備を進めてきた結果、洪水被害は大幅に軽減されたものの、樋門樋管の段差等により魚類等の川表から川裏水路への移動経路が隔てられることとなった。

本論文では、遠賀川における川裏水路への移動経路を確保し、魚類等の生息・生育環境を改善するため、平成21年度より取り組んでいる遠賀川水系エコロジカルネットワーク再生事業の2箇所目（全5箇所）である御徳地区において、生物環境に配慮した計画を地元住民の方々や学識経験者等と共に検討し、工夫しながら施工した取り組みと整備後の効果について報告する。



写真1 遠賀川のクリーク(1955年頃)<sup>1)</sup>



図1 遠賀川流域図

## 2. エコロジカルネットワーク再生事業とは

エコロジカルネットワークとは“野生生物が生息・生育する様々な空間のつながり”である。本来、河川に生息する魚には、水田や水路を産卵場として利用する種や出水時に水路を避難場所として利用する種等、水田や水路と関わりを持つ種が数多く存在している。そこで、河川と水路・水田との連続性を隔てている樋門樋管の段差を解消し、失われていた魚類等の生息・生育に適した自然環境を再生することを目的として、遠賀川では2009年7月に学識経験者、住民代表、関係行政機関及び河川管理者等で構成する『遠賀川水系エコロジカルネットワーク検討会』（以下「検討会」という。）を設立し、検討会より助言を頂きながら遠賀川水系エコロジカルネットワーク再生事業を進めている。

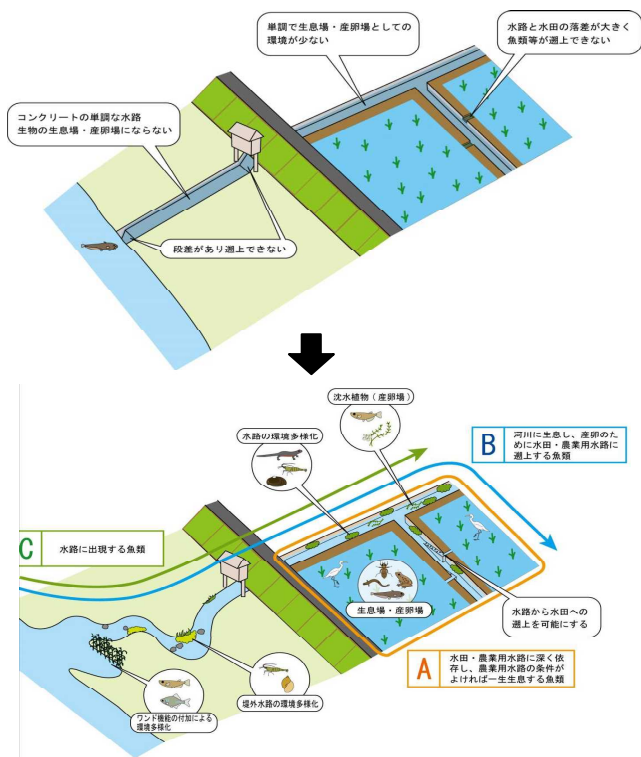


図2 エコロジカルネットワーク再生事業 模式図

### 3. 整備箇所

今回の整備箇所は遠賀川河口から約23km上流に位置し、堤内地の集落や水田の排水機能を担う御徳第一排水涵管である。本川と川表水路との高低差が約160cm、川表水路と涵管底盤との高低差が約40cmと段差が大きいため本川から川裏水路までの魚類等の遡上が難しく、また、コンクリート張りの川表水路を流れる水の流量が少ないため魚類等の生息場、避難場、産卵場としての機能が低いといった課題がある。本涵管を整備対象とした理由は、遠賀川に設置した涵管の中でも以下の3つの特徴を有しているためである。

- ①川表水路の段差を改善しやすい。
- ②地域のまちづくり団体が意欲的で、周辺の整備や管理について協力が得られやすい。
- ③約400m離れた所に小竹北小学校があり、環境学習の場として活用しやすい。



写真2 本川と川表水路【整備前】



写真3 涵管底盤と川表水路【整備前】

### 4. 計画段階

計画立案においては検討会より助言を頂きながら進め、さらに、2013年11月に設立した地元住民、教育関係者、有識者、行政機関等からなる『御徳地区エコロジカルネットワーク住民ワーキング』（以下「住民ワーキング」という。）にて現地確認や意見交換を行い、地域との連携を図りながら計画を策定した。



写真4 住民ワーキング開催状況

住民ワーキングでは「石組みの落差工によって魚が上れるようにしてほしい」「子ども達が環境学習の場として利用しやすいようにしてほしい」「生息する生物を紹介する看板がほしい」等、多くの意見が出された。これらの意見を踏まえ、本川と川表水路との高低差は巨石を用いた落差工、川表水路と涵管底盤との高低差は丸太を用いた堰上げ、さらに涵管川裏にも角落しを用いた堰上げを計画し、段差を解消することで水域の連続性を確保することとした。また、環境学習や水辺利用がしやすいように、管理用通路と階段を計画した。



図3 完成イメージ



## 5. 施工時の工夫

先述の計画に基づき施工時に取り組んだ生物環境に配慮した工夫を紹介する。

### (1) 石積みの工夫

石積みの落差工における流水状況を確認するため実際に水を流したところ、落差工に想定以上に高低差があり、また、石の隙間から水が透過し、魚類等が遡上出来る状況ではなかった。このため、住民ワーキングメンバーでもある魚類専門家を現場へ招き、「落差工の高低差を解消するため、通水上にある石を効果的に抜くこと」「伏流箇所隙間に粘土で間詰めを行うこと」等の助言を基に、石の並べ替えを行った。



写真5 並べ替え前 (水は石の表面を流れない)



写真6 並べ替え後 (水は石の表面を流下)

落差工の高低差における施工管理にあたっては、魚の遡上の目安として『魚がのぼりやすい川づくりの手引き<sup>2)</sup>』を参考に20cm以下と独自管理基準を設定し、落差工の出来形確認を行った。



写真7 落差工高低差 20 cm以下

また、「深みが浅く、遡上する魚が休憩できない」との指摘もあり、魚の休憩場となる深みについても『魚がのぼりやすい川づくりの手引き<sup>2)</sup>』を参考に30cm以上と独自管理基準を設定し、石を再配置した。



写真8 階段式プール水深 30 cm以上

### (2) 置き石の工夫

本川から階段式落差工に至る取付水路について、学識経験者より「本川との合流部をワンド状にして生息・産卵できる場所を設けること」「生息範囲を広くするため、入り江を奥深くまで確保すること」等の助言があり、流れが緩やかで、かつ水路の法勾配に変化をもたせた入り江を奥深くまで計画した。入り江の法尻には魚の隠れ家をイメージしながら大小様々な石を配置し、深みに変化をもたせて環境の多様性を創出した。

また、階段を降りきった所には、環境学習時に足元がはまることが予見できたため、安定した足場となるよう巨石と碎石を組み合わせで敷き詰めた。



写真9 取付水路 施工状況



写真10 取付水路 完成から1ヶ月後



### (3) 丸太を用いた工夫

樋管底盤と川表水路をつなぐ斜路部には、半分にカットした丸太を既設の水路底に設置することで水深を確保し、丸太の切欠きで流れを蛇行させることで流速を緩和し、魚類等が遡上できるよう配慮した。また、勾配が緩く水量が少ない川表水路についても丸太で堰上げするとともに、魚の隠れ家として植生土嚢を両サイドに設置し、安定した水深の確保とコンクリート張り水路の環境改善を行った。

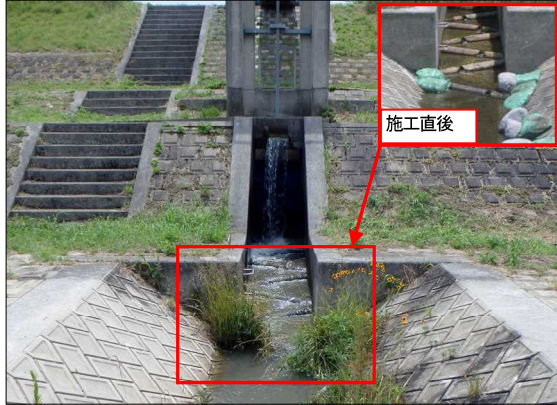


写真11 丸太を用いた堰上げ（1年経過）

### (4) 地元自治体との連携

今回の整備では、川表から川裏まで一貫して改善を図る必要がある。そのため、川裏水路の段差や田面との高低差の改善については、用排水路の管理者である地元自治体に協力を頂き、整備して頂いた。



写真12 川裏水路における角落しを用いた段差解消

川裏水路の段差について、木製の角落しを設置することで水深の確保し、川裏水路と田面との高低差については、波付ポリエチレンU字溝を用いた簡易魚道を設置することで段差を改良した。



写真13 簡易魚道

### (5) 遡上実験

施工段階で実験するケースは少ないが、事例が少なく魚類等が実際に遡上できるか心配であったことから、落差工が概ね完成した2015年4月22日、魚類専門家による指導のもと遡上実験を行った。実験には前日と当日に遠賀川で採捕した4種67個体（アユ1、オイカワ15、ニホンウナギ(カコ)30、モクズガニ21）を用いた。



写真14 遡上実験の様子

アユとオイカワを最下段に放ち、最下段から3番目の深みにニホンウナギとモクズガニを放ったが、採捕によるストレスや水温差による活性低下の影響なのか、それとも観察者が多いためなのか、殆どの個体はその場に留まるか石の下に隠れた。ところが、約7時間後にもう一度現地状況を確認したところ、最上段にオイカワ1個体が遡上したことを確認した。これにより、オイカワが最上段部まで遡上したことから、落差工は一定の機能を確保することができたものと考えられる。

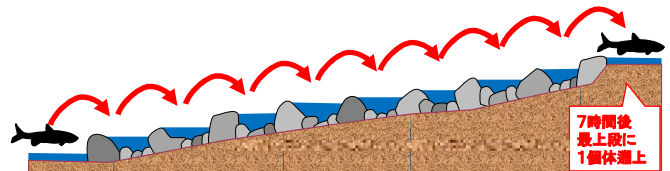


図4 遡上実験 模式図

なお、実験後も継続して遡上状況を調査したところ、実験から6日後、実験では放流していない小型のドンコ2個体とエビ1個体を中段部で確認した。また、遡上実験直後に実施した調査では、川裏水路でヨシノボリ属やナマズ、ギンブナ、ドンコ等を確認する等、多くの魚種の遡上を確認した。



写真15 川裏水路で初確認されたナマズ



## 6. 整備効果

### (1) 魚類調査

整備後、2015年春から2016年春にかけて実施した魚類調査において早速効果が現れた。

川表水路における整備前と整備後の発見魚種を比較したところ、整備前の14種に対し、整備後は20種と魚種が増え、環境省RLで絶滅危惧Ⅱ類に選定されているオナガスジシマドジョウも初確認された。さらに水路の上流から下流まで広範囲に絶滅危惧Ⅱ類のミナミメダカや絶滅危惧Ⅰ類のツチフキを多数確認しており、川表水路に創出された静水域や階段式プールが魚類の生息空間として機能していることが示唆できる。

川裏用排水路については、整備前の6種に対し、整備後は7種と魚種が増え、ナマズ、ギンブナ、オイカワ、タカハヤを初確認した。夏の調査では新たに設置した簡易魚道でギンブナの死骸が確認され、産卵のため水田まで遡上した可能性があることが伺えた。この結果と前項の遡上実験の結果を踏まえると、本川から川裏へ遡上出来る環境が整備前に比べ改善していることが推測できる。

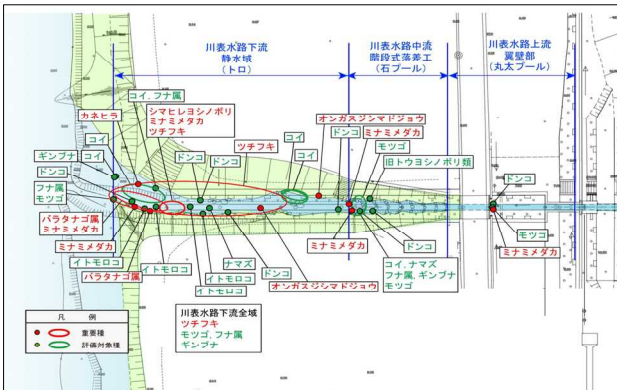


図5 川表水路における発見魚種位置図 (2015年度)

表1 魚類確認種の経年比較

No.	種和名	環境省RL2012	外来種	川表水路		川裏用排水路	
				2013,2014 春・夏・秋	2015,2016 春・夏・秋	2013,2014 春・夏・秋	2015,2016 春・夏・秋
1	コイ			9	29		
2	ゲンゴロウフナ		国内		56		
3	ギンブナ			34	98		5
4	カホヒラ				1		
5	バラタナゴ属 ※1				5		
6	オイカワ			22	269		4
7	カワムツ			2		2	
8	タカハヤ						3
9	モツゴ			43	109		
10	タモロコ		国内		9		
11	カマツカ				1		
12	ツチフキ	危惧Ⅱ			34		
13	イトモロコ				5		
14	ドジョウ			1	2	2	
15	オナガスジシマドジョウ	危惧Ⅰ			13		
16	ナマズ			1	4		3
17	ミナミメダカ	危惧Ⅱ		18	29	7	10
18	ブルーギル		特定	53	63		
19	オオクチバス		特定	1	19		
20	ドンコ			17	33	19	52
21	シマヘレシノボリ ※2	準危惧		23	20	84	46
22	旧トウヨシノボリ類 ※3			1	1	3	
23	カムルチ		要注意	1			
種数合計				14	20	6	7
個体数合計				226	800	117	123

※1:ニッポンバラタナゴとバラタナゴ属交雑個体の双方が含まれる可能性があるため、重要種のカテゴリには表記していない。  
 ※2:外部形態からシマヘレシノボリと同定。  
 ※3:旧トウヨシノボリ橙色型、型不明を含む。  
 ※4:水路環境整備工事は2015年5月に完成。

調査実施日: 2013秋(10月30日)  
 2014春(6月28日)  
 夏(9月6,8日)  
 2015春(6月24日)  
 夏(8月29日)  
 秋(11月2日)  
 2016春(7月6日)

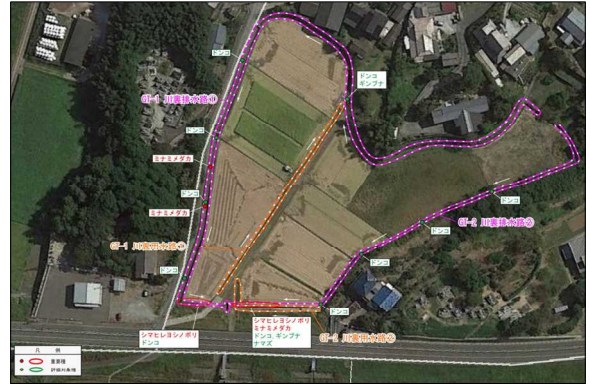


図6 川裏水路における発見魚種位置図 (2015年度)

### (2) 底生動物・植物調査

底生動物について、川裏水路では顕著な種数の増加はみられないものの回遊性のモクズガニを初確認する等、遡上条件が改善された可能性が見受けられた。また、川表水路では整備前に比べ種数が増加し、重要種のヨコミゾドロムシやミナミヌマエビ、トンボ類の複数種等、静水域を好む種が多く確認され、河川のワンドと同様の機能を発揮し始めていることが示唆された。

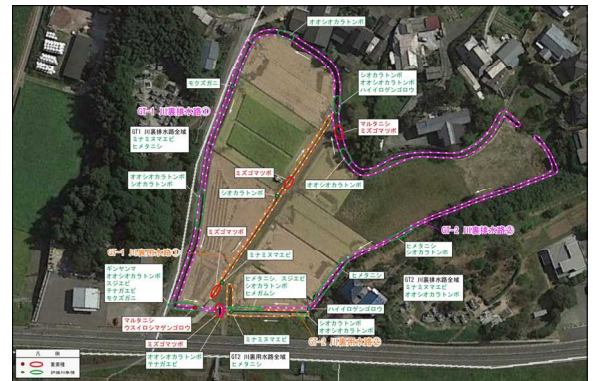


図7 川裏水路における発見底生動物位置図 (2015年度)

植物調査について、川裏水路では顕著な変化はなかったものの、川表水路では整備前に比べ種数が増加し、絶滅危惧Ⅱ類のコギシギシを初確認する等、重要種も多数確認された。これは、川表水路法面にて表土を転用したことで在来種が早期に回復し、また、時間の経過とともに川表水路水際で湿生植物や抽水植物が繁茂したことで、植生が多様化したものと推測できる。



写真16 完成から1年後の御徳第一排水樋管



## 7. 環境学習

新しく生まれ変わった水路について、近隣の小竹北小学校にて水路の愛称が検討され、児童による投票の結果、『わくわくごとくリバー』と命名された。現在、同小学校にて授業の中に生物調査、水質調査を組み込む等、環境学習の場として活用されている。

生物調査では児童の関心が非常に高く、積極的に生物とふれあう姿が見られ、完成当時の小竹北小学校2年生は卒業までの間『水辺調査隊』として生き物調査や清掃等を継続的に行う予定であり、新しく発見した生き物については現地に設置された看板に写真を貼りつけ、自分の生まれ故郷にどのような生き物が生息しているか、理解を深めて頂くこととしている。



写真 17 生物調査の様子

環境学習の様様については、地元自治体の町報にて掲載があり、併せて『わくわくごとくリバー』の紹介も特集記事として掲載して頂いた。特集記事には、エコロジカルネットワークの目的から検討会・住民ワーキングでの意見、『わくわくごとくリバー』の命名についても紹介された。広く地元住民の皆様にご覧することができ、その効果なのか、整備後に『わくわくごとくリバー』の落差工にて魚の姿を覗いたり、周辺を散歩する人の姿を見かけることが多くなった。



図 8 小竹町町報 (2016.6月号)

## 8. 結論

今回の一連の川づくりは、地元住民の方々、学識経験者等と共に計画を進め、施工時に石の並べ替えや遡上実験等、生物の生息・生育環境に配慮しながら本川と川裏水路の連続性を確保したことで、生物の種数が増加し、重要種が新たに確認される等、生物にとって快適な空間を創造できたと考える。特に、生物調査の結果から、川裏水路への遡上への寄与、川表水路での生息・生育空間としての寄与の2つの面で効果を上げたと判断できる。

完成後約1年が経過した現在、『わくわくごとくリバー』には魚や鳥など様々な生き物が集い、集まった生き物を観察するため子ども達も集まり、徐々に地域に愛される場になりつつある。

『わくわくごとくリバー』は、小学校における環境学習の場としての機能はもちろん、地元から「来年3月にサケの稚魚放流を行いたい」との声もあり、自然とのふれあいの場として有効に利用されることが期待されている。今後も利活用や維持管理等について関係者と議論を深め、生物の生息・生育空間を確保しながら、人々の心が穏やかになる空間として次世代へ継承されるよう、努めて参りたい。



写真 18 完成直後に立ち寄った子ども達

### 謝辞

御徳地区エコロジカルネットワーク再生事業の計画着手から施工完了までの間、多大なご協力を頂いた地元住民の皆様、魚類専門家である遠賀川河川環境保全モニターの上野氏、九州大学小野名誉教授、九州工業大学大学院工学府伊東教授、九州大学大学院農学研究院鬼倉助教、小竹北小学校の皆様、小竹町役場の皆様、そして事業に携われた全ての関係者の皆様にご挨拶を記す。

### 参考文献

- 1) 川のながれ、時の流れー : 遠賀川河川事務所 (2008.3)
- 2) 魚がのぼりやすい川づくりの手引き : 国土交通省河川局 (2005.3)

# R C床版上の基層用アスファルト混合物の性能に関する検討

## —舗装およびR C床版の長寿命化に向けて—

星 卓見<sup>1</sup>・丸山 記美雄<sup>1</sup>・木村 孝司<sup>1</sup>

<sup>1</sup>寒地土木研究所 寒地道路保全チーム（〒062-8602札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34）

本研究は、R C床版上の舗装体内部への水分の浸入と床版上の滞水を防止し、橋面舗装のはく離抵抗性の向上を図ることを目的としている。このため、候補となる数種のアスファルト混合物について、床版上の滞水につながる混合物層下面の凹凸量のほか、耐水性、水密性等の要求性能を室内試験により評価した。その結果、アスモル分が多く、粗骨材の割合が低い細密粒度ギャップアスコンが基層用混合物として有利であることが示唆された。

キーワード 橋面舗装、はく離、R C床版、予防保全

### 1. はじめに

道路橋は、車両による繰り返し荷重、振動、衝撃、せん断等の力学的作用や降雨、風雪、温度変化等の気象作用、さらに床版の膨張収縮などが複雑に作用する環境におかれ、舗装、床版防水層及び床版で形成される構造体が疲労を受ける。この内、床版防水層に直接接する基層用アスファルト混合物は、防水層と密着して構造体を保護するが、舗装体のひび割れや施工目地、橋梁付属物（排水柵、伸縮装置等）付近のすき間から浸入した水分が混合物中及び床版上に滞水した状態で、夏期の高温時に輪荷重の作用を受けることで、混合物のはく離やブリスタリングが生じる例が散見されている（写真-1）。



写真-1 水分の浸入による基層のはく離

上述の課題解決のための方策としては、舗装の増厚や透水性の極めて低いグースアスファルトの使用等が考えられるが、死荷重の増加や建設コストの増大といった問題がある。

このような背景から本研究では、舗装体内部への水分

の浸入とR C床版上の滞水を防止し、はく離抵抗性が高い基層用アスファルト混合物を選定することで橋面舗装の耐久性の向上を図り、R C床版の長寿命化にも資することを目的としている。

本報では、R C床版上に施工する基層用アスファルト混合物（以下、基層用混合物）として、候補となる数種のアスファルト混合物について要求性能を評価した結果<sup>1)</sup>について報告する。

### 2. 試験研究の方法

基層底面はテクスチャが粗く、間隙群（凹み）があるため水分が滞留する空間となり、ブリスタリングの発生やアスファルト混合物のはく離の一因になると考えられる（図-1）。既往の研究では、この間隙群（凹み）が浸入した水の滞留及び水平方向への拡散空間になり得ること、及び混合物中の粗骨材の割合が低く、アスモル分の割合が高い混合物ほど混合物層底面のきめが浅く、間隙群（凹み）の形成抑制に効果的であるとの報告がある<sup>2)</sup>。

筆者らは、数種類のアスファルト混合物の供試体を用いて、床版上の滞水につながる混合物層下面の凹凸量を数値化して評価するとともに、基層用混合物に求められる性能を各種室内試験により検証した。

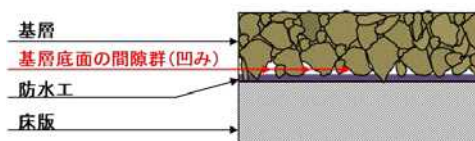


図-1 基層底面の間隙群（凹み）のイメージ

(1) 試験対象とした基層用混合物とバインダーの選定

本研究に用いた混合物の諸元を表-1に示す。排水性舗装区間の橋梁部の基層及び重交通区間の流動対策として表層に使用されている細密粒度ギャップアスコン(13F55)改質Ⅱ型及び東・中・西日本高速道路株式会社(以下、NEXCO)でRC床版橋面の基層として使用されているSMAを対象とした。なお、SMAは、ストレートアスファルトを用いてNEXCOの中間層用配合設計標準粒度範囲<sup>3)</sup>をもとに繊維質補強材0.3%(外割)を添加して配合設計を行い、この配合を用いてストレートアスファルト及び改質Ⅱ型を使用した混合物とした。このほか、基層用混合物として一般的に使用されている粗粒度アスコンを比較用として用いた。

表-1 混合物の諸元

項目	粗粒度 アスコン (20)	細密粒度 ギャップアス コン(13F55)	SMA (13)	
	合 成 粒 度			
ふるい通過重量百分率 (%)	26.5	100.0		
	19.0	98.8	100.0	100.0
	13.2	81.0	98.1	97.5
	4.75	45.1	62.1	42.5
	2.36	30.0	44.9	27.4
	600μ	16.9	41.6	20.3
	300μ	11.7	31.1	17.1
	150μ	6.6	12.0	12.7
	75μ	4.6	9.2	10.5
アスファルト種別	ST	改Ⅱ	ST	改Ⅱ
アスファルト量(%)	5.3	6.0	7.7	
空隙率(%)	4.0	3.5	2.3	2.2
略号	粗粒_ST	細密_Ⅱ	SMA_ST	SMA_Ⅱ

※1 表中の記号は次の内容を示す。

ST : ストレートアスファルト

Ⅱ : ポリマー改質アスファルトⅡ型

※2 以下、図中では表中の略号を用いる。

(2) 要求性能と評価方法

舗装表面からの水分の浸入及び床版上の滞水に起因する損傷に対する抵抗性を含め、基層用混合物に求められる性能とこれを評価するための試験項目及び評価値を表-2のとおり整理した。

なお、「非滯水性」とは、浸入した水の滞留及び水平方向への拡散空間となる基層用混合物層底面の間隙群(凹み)の割合が低いことと定義した。

表-2 要求性能と評価試験項目及び評価値

要求性能	試験方法	評価値
非滯水性	プリンティング法	接地面積率
	CTM	MPD

水密性	加圧透水試験	透水係数
耐水性	水浸マーシャル安定度試験	残留安定度
はく離抵抗性	水浸ホイールトラッキング試験	はく離率
防水工の低損傷性	目視による防水工の損傷状況確認	損傷点数
骨材飛散抵抗性	低温カンタプロ試験	損失率

3. 試験結果

(1) 非滯水性

a) プリンティング法による2値化と接地面積

ホイールトラッキング試験用供試体の底面をプリンティング法を用いて紙に転写した後、混合物毎に撮影した3枚のデジタル画像の中央部分(30cm×30cm)を切り出して画像処理・解析ソフトウェアで2値化し、各々の面積の平均値を算出した。供試体底面の転写状況を写真-2に、2値化した画像の例を写真-3に示す。



写真-2 供試体底面の転写状況

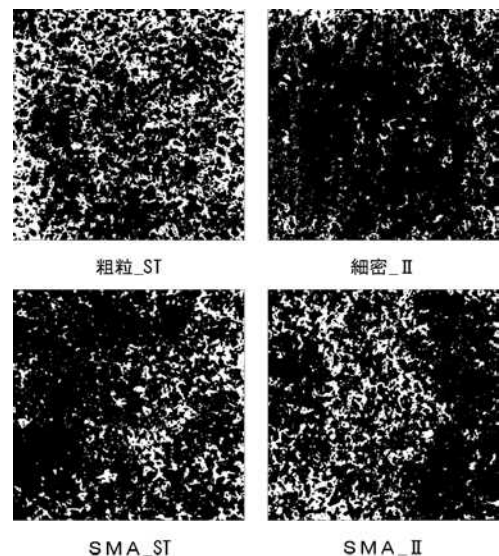


写真-3 2値化した混合物底面の画像(例)



画像の白色部分は供試体底面に空隙（凹み）があるためにインクが用紙に付着しなかった箇所を示し、黒色は凹みが無く平滑性が高い部分で、実際の施工時には床版面の防水層と密着すると想定される部分を表す。

ここで、画像の黒色部分の面積を接地面積（下層と接する面積）、全体面積（30cm×30cm）に対する接地面積の割合を「接地面積率」として算出し、この接地面積率から各混合物の非滯水性を評価した。

### b) 接地面積率と「粗骨材重量比」及び「アスモル重量比」の比較

各混合物中の 2.36mm 以上の粗骨材の合計重量とアスファルト混合物の全体重量の比を「粗骨材重量比」とし、2.36mm 未満の細骨材、石粉及びアスファルトの合計重量とアスファルト混合物の全体重量の比を「アスモル重量比」として算出した。

ここで求めた混合物別の粗骨材重量比及びアスモル重量比と前項で求めた接地面積率の関係を図-2 に示す。

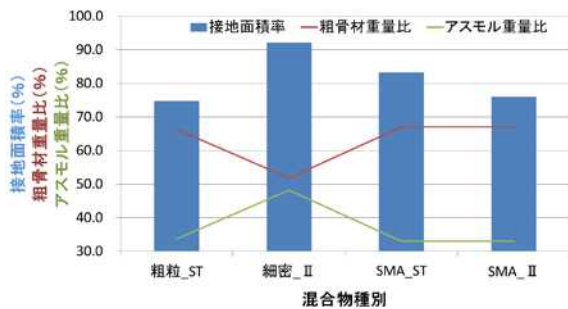


図-2 混合物別の粗骨材重量比及びアスモル重量比と接地面積率

試験の結果、接地面積率が一番高い混合物は細密粒度ギャップアスコン（改質II型）の92%であった。この結果から、細密粒度ギャップアスコンは、他の混合物に比べて混合物層底面の平滑性が高く、小さな間隙群の形成の割合が低いことが確認された。

また、粗骨材重量比とアスモル重量比の観点から接地面積率を比較した場合、アスモル重量比が高く、粗骨材重量比が低い混合物は接地面積率が高い傾向を示すことを確認した。

以上の結果から、混合物底面の小さな間隙群の形成の割合が低く、非滯水性が高いアスファルト混合物として細密粒度ギャップアスコンが有利であることが示唆された。

### c) CTM を用いた MPD 測定試験

回転式きめ深さ測定装置（CTM：Circular Track Meter）を用いた舗装路面のきめ深さ測定方法<sup>4)</sup>により、前述の接地面積を計測した供試体底面及び上面のきめ深さ（以下、MPD：Mean Profile Depth）を計測し、MPD と

接地面積率との関係について検証した。

各混合物の供試体「底面」の MPD と接地面積率の関係を図-3 に、供試体「上面」の MPD と接地面積率の関係を図-4 に示す。

双方の図から MPD と接地面積率には高い相関が見られ、MPD が小さな混合物ほど接地面積率が高い傾向を示した。なお、この MPD と接地面積率の関係は、供試体「底面」、「上面」ともに同様の傾向を示すことから、供試体「上面」の MPD でも混合物底面の小さな間隙群の形成の割合を評価できることが明らかとなった。

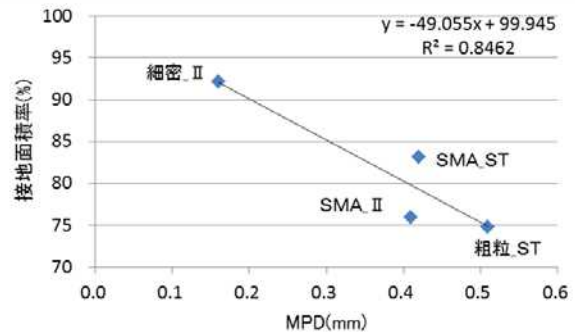


図-3 供試体「底面」のMPDと接地面積率

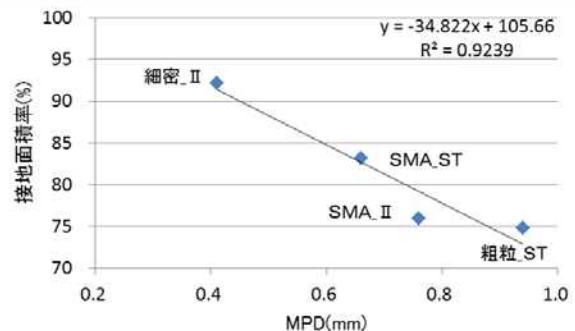


図-4 供試体「上面」のMPDと接地面積率

### (2) 水密性及び耐水性

各混合物の水密性を評価するために加圧透水試験を、耐水性を評価するために水浸マーシャル安定度試験を実施した。

#### a) 加圧透水試験

加圧透水試験は、アスファルト混合物の加圧透水試験方法<sup>4)</sup>に拠り、ゴムスリーブで漏水を防止するタイプの試験機を使用した。

目標締め固め度 96%及び 98%の供試体の加圧透水試験結果（水圧 150kPa）を表-3 に示す。

水利用アスファルト混合物では  $1 \times 10^{-7}$  cm/sec 以下の透水係数を不透水の目安（以下、便宜的に「不透水」と表記）としているが、細密粒度ギャップアスコン（改質II型）及びSMA（ストアス、改質II型）は、締め固め度が 96%及び 98%ともに不透水で水密性が高い。これ

に対し、粗粒度アスコンは締め固め度が 96%及び 98%ともに透水しており、水密性の低い混合物であることを確認した。

表-3 加圧透水試験結果 (水圧 150kPa)

混合物種別	透水係数 (cm/sec)	
	締め固め度96%	締め固め度98%
粗粒_ST	$243 \times 10^{-5}$	$340 \times 10^{-6}$
細密_II	不透水	不透水
SMA_ST	不透水	不透水
SMA_II	不透水	不透水

### b) 水浸マーシャル安定度試験

水の影響を受けやすい混合物の耐水性を評価する指標として、国土交通省北海道開発局 (以下、開発局) では水浸マーシャル安定度試験<sup>4)</sup>から求められる残留安定度の規格値を 75%以上と規定している。

試験の結果、**図-5** に示すとおり全ての混合物の残留安定度が 75%以上となり、開発局の規格値を満足する結果となった。なお、最高値は細密粒度ギャップアスコン (改質 II 型) の 99%で、残留安定度から耐水性を評価する場合、細密粒度ギャップアスコン (改質 II 型) は、最も耐水性に優れていることを確認した。

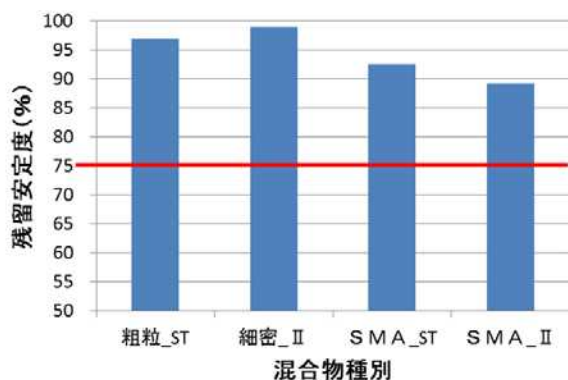


図-5 各混合物の残留安定度

### (3) はく離抵抗性

混合物のはく離抵抗性を評価するため、混合物層底面からの水の浸入を対象とした試験方法による水浸ホールトラッキング試験<sup>4)</sup>を実施した。なお、供試体の寸法は 30cm×30cm×5cm とした。

水浸ホールトラッキング試験後の供試体断面のはく離率及び目視によるはく離状況の観察結果から各混合物のはく離抵抗性を評価した。

はく離率の算出にあたっては、全ての供試体において骨材の剥落による供試体底面の欠損は無かったため、供

試体を 4 分割した 2 方向断面において、骨材からアスファルト被膜がはく離している範囲を特定し、当該断面の剥離面積を算出し、この値を全断面積で除してはく離率を求めた。

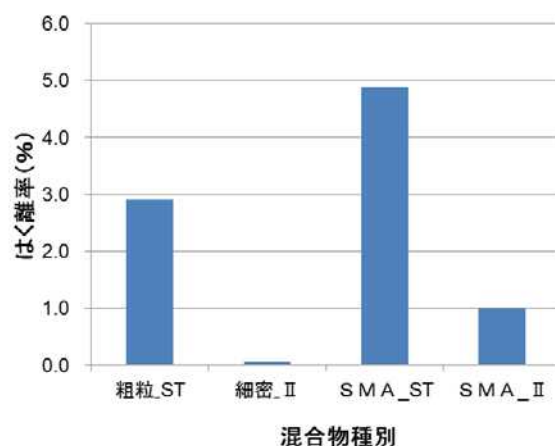


図-6 はく離率

各混合物のはく離率を**図-6** に示す。試験の結果、粗粒度アスコン (ストアス) 及び SMA (ストアス、改質 II 型) のはく離率が約 1%以上であったのに対し、細密粒度ギャップアスコン (改質 II 型) は 0.1%以下と低い値となった。

このことから、混合物底面に水分が存在し、交通荷重の作用を受ける条件下で混合物層の底面からはく離が進行した場合、細密粒度ギャップアスコン (改質 II 型) は、他の混合物に比べ、はく離抵抗性が高いことを確認した。

なお、**写真-4** は水浸ホールトラッキング試験後の供試体底面のはく離状況の例であるが、粗粒度アスコン (ストアス) では供試体底面の粗骨材からアスファルト被膜がはく離している部分 (赤線の囲み) が多く、これと比較して細密粒度ギャップアスコン (改質 II 型) は、はく離が殆どないことが分かる。

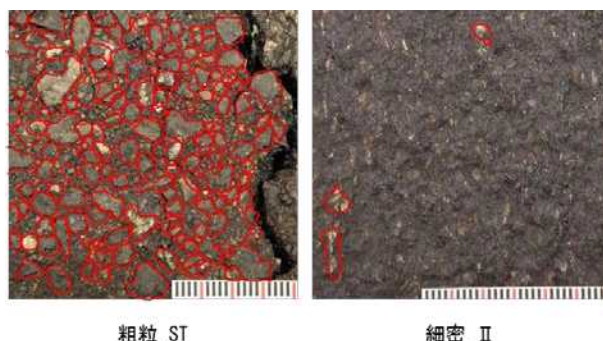


写真-4 供試体底面のはく離の状況

また、**写真-5** は、水浸ホールトラッキング試験によって混合物中の骨材からはく離したアスファルト分が、供試体底面に敷かれた不織布に附着している様子で、黒

色が付着したアスファルト分である。この写真から、粗粒度アスコン（ストアス）は、細密粒度ギャップアスコン（改質Ⅱ型）に比べて付着したアスファルト分が多いことが分かる。この不織布に付着したアスファルト分の質量を計測した結果（図-7）、細密粒度ギャップアスコン（改質Ⅱ型）の質量が一番小さく、混合物中の骨材からはく離れたアスファルト分が少ないことを数値的に読み取ることができる。

これらの不織布の観察結果からも、細密粒度ギャップアスコン（改質Ⅱ型）のはく離抵抗性が高いことが裏付けられた。

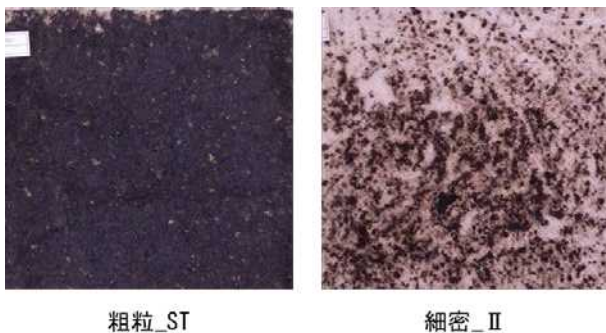


写真-5 不織布へのアスファルト付着状況 (例)

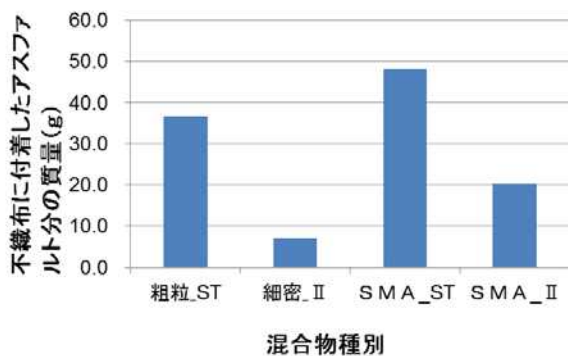


図-7 不織布の質量

#### (4) 防水工の損傷状況の確認

基層用混合物を転圧する際、混合物中の粗骨材の稜角部が防水工を貫通してRC床版に達することで、床版への水分の浸入経路になる可能性が想定される。

この防水工の損傷の有無を確認するため、コンクリート板上に防水工及び基層用混合物をともに施工した供試体を用いて、混合物中の粗骨材の稜角部が防水工を貫通してコンクリート板に達した点数を数えることで、各混合物が防水工へ与える損傷の程度を評価した。

なお、供試体の作成は、道路橋床版防水便覧(付録-1)<sup>5)</sup>に拠り、30cm×30cm×厚さ 6cm のコンクリート平板上にプライマーを塗布した後、塗膜系床版防水層（アスファルト加熱型）を厚さ 1.0～1.5mm 程度施工し、その

上に厚さ 4cm の基層用混合物をローラー転圧により重ねた。これを切断して寸法 30cm×5cm×厚さ 10cm の3個の供試体を作成した。

この3個の供試体の隣り合った4つの切断面上で、混合物中の粗骨材の稜角部が防水工を貫通してRC床版に達している点数の1断面当たりの平均値を算出した。

SMA（改質Ⅱ型）の供試体切断面を写真-6に例示する。アスファルト混合物中の骨材の角が防水工を貫通してコンクリート板に達しているのが確認できる。

試験結果を図-8に示す。粗粒度アスコン及びSMA（ストアス、改質Ⅱ型）は骨材が防水工を貫通した点数が高いのに対し、細密粒度ギャップアスコン（改質Ⅱ型）の点数が低く、防水工の損傷が少ない結果となった。

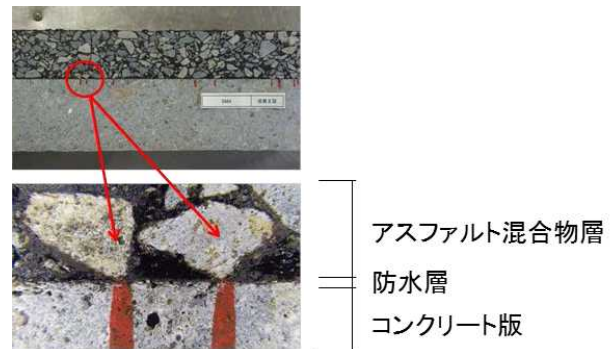


写真-6 供試体切断面の例 (SMA (改質Ⅱ型))

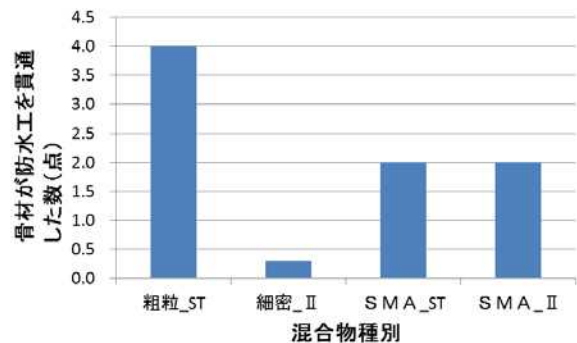


図-8 骨材が防水工を貫通した点数の比較

#### (5) 骨材飛散抵抗性

舗装性能評価法別冊<sup>6)</sup>では、タイヤチェーンを装着した車両の走行等によって発生する衝撃骨材飛散の程度を衝撃骨材飛散値とし、測定方法はロサンゼルス試験機を使ったカンタブロ試験方法を規定している。

道路橋の伸縮装置近傍は通過車両の衝撃による混合物の骨材飛散が懸念される。これに対し、筆者らは現地における通過車両が混合物に与える作用と類似した条件の試験方法として上記カンタブロ試験が適当と考え、基層用混合物の衝撃に対する抵抗性を評価する方法として用



いた。なお、試験温度は開発局の試験条件に準拠し供試体温度 $-20^{\circ}\text{C}$ 、室温 $-20^{\circ}\text{C}$ とした。カンタブロ試験結果を図-9に示す。

細密粒度ギャップアスコン（改質Ⅱ型）及びSMA（改質Ⅱ型）の損失率が約14%で、両者の混合物はバインダーにストレートアスファルトを用いた粗粒度アスコン及びSMA（ストアス）と比較して、骨材飛散抵抗性の高い混合物であることを確認した。

この結果は、ストレートアスファルトに比べて凝集力の高いポリマー改質アスファルトの特性に起因すると推察される。

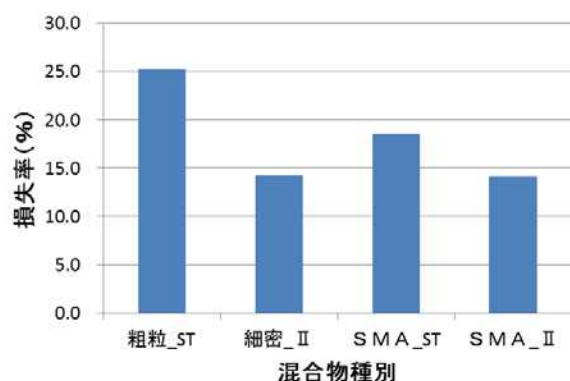


図-9 カンタブロ損失率

#### (6) その他の耐久性

各混合物の塑性変形抵抗性（耐流動性）を把握するため、ホイールトラッキング試験<sup>4)</sup>に拠り動的安定度（以下、DS：Dynamic Stability）を計測した。各混合物のDSを図-10に示す。

試験の結果、ストレートアスファルトを使用している粗粒度アスコンは、DSが1,000（回/mm）未満、SMA（ストアス）で約1,100（回/mm）であったのに対し、改質アスファルトを用いた細密粒度ギャップアスコン（改質Ⅱ型）及びSMA（改質Ⅱ型）は3,000（回/mm）以上の高い値を示した。

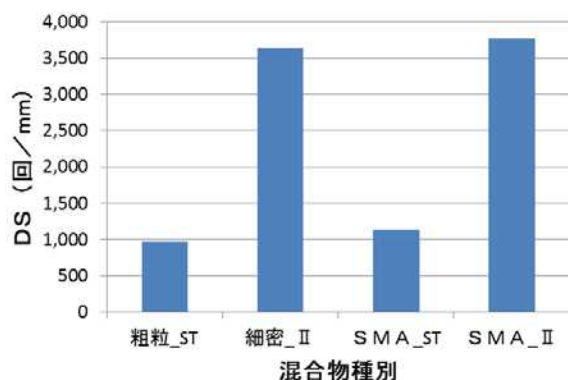


図-10 動的安定度 (DS)

## 4. まとめ

本検討の結果、細密粒度ギャップアスコン（改質Ⅱ型）は、水の滞留及び水平方向への拡散空間になり得る混合物層底面の小さな間隙群の形成が少ない混合物で、他の混合物と比較して水密性、耐水性、はく離抵抗性、防水工の低損傷性及び骨材飛散抵抗性にも優れていることを確認した。

なお、SMA（ストアス、改質Ⅱ型）は細密粒度ギャップアスコン（改質Ⅱ型）と同様に水密性が高く、さらにSMA（改質Ⅱ型）については骨材飛散抵抗性にも優れた試験結果が得られた。しかし、これらは混合物層底面の平滑性が低く、小さな間隙群の形成の割合が高いことから非滞水性の面で懸念が残るほか、耐水性やはく離抵抗性といった水分の影響による損傷に対する抵抗性に劣ることから、RC床版上の基層用混合物としては細密粒度ギャップアスコン（改質Ⅱ型）がより適していると判断することが出来る。

また、塑性変形抵抗性の面では、橋梁部は車両の走行位置が限定される等の理由から一般部に比べて流動しやういことを考慮すると、基層用混合物にポリマー改質アスファルトを使用することで塑性変形抵抗性を高め、流動による補修頻度の低減を図ることは有益である。

以上の結果から、橋面舗装及びRC床版の長寿命化を図ることが可能な予防保全対策として、RC床版上の基層用混合物に細密粒度ギャップアスコン（改質Ⅱ型）を用いることが有効であることが明らかとなった。

この細密粒度ギャップアスコン（改質Ⅱ型）は、既に現場での豊富な施工実績があり、施工が容易で品質や出来映えにおいても信頼性の高い混合物であることから、現場への適用性も高い。

#### 参考文献

- 1) 国立研究開発法人土木研究所：平成26年度土木研究所成果報告書（重点-32 積雪寒冷地における道路舗装の予防保全に関する研究、pp.6~15、2015
- 2) 加藤亮、宮永憲一：橋梁床版防水工の高度化に対応したレベリング層用混合物の検討、道路建設、（社）日本道路建設業協会、No.739、pp.64-70、2013.7
- 3) 東日本高速道路株式会社、中日本高速道路株式会社、西日本高速道路株式会社：設計要領第1集 舗装編、（株）高速道路総合研究所、平成21年7月
- 4) 日本道路協会：舗装調査・試験法便覧（第1分冊、第3分冊）、平成19年6月
- 5) 日本道路協会：道路橋床版防水便覧、平成19年3月
- 6) 日本道路協会：舗装性能評価法 別冊、平成20年3月

# 路面すべり摩擦係数の推定による 冬期道路管理の適正化に関する研究 —冬期路面改善シミュレータWIRIS(ウィリス)の開発—

藤本 明宏<sup>1</sup>・佐藤 賢治<sup>1</sup>・中島 知幸<sup>1</sup>・徳永 ロベルト<sup>1</sup>  
高橋 尚人<sup>1</sup>・石田 樹<sup>1</sup>

<sup>1</sup>国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地交通チーム

(〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号)

本研究では、客観的・統一的な冬期路面管理を推進させるために、気象条件、交通条件、路面状態および舗装条件を考慮して凍結防止剤散布後の路面すべり摩擦係数 $\mu$ を推定する手法(路面すべり推定法)を構築した。本論文では、路面すべり推定法を基に、適切な冬期路面管理作業を推奨し、最適な凍結防止剤散布量を計算する冬期路面改善シミュレータWIRIS(Winter Road Surface Improvement Simulator、ウィリス)を構築するとともに、計算結果より最適な凍結防止剤散布量を踏まえて推奨対策について検証した。

キーワード 冬期道路管理、凍結防止剤、コスト縮減、効率化、路面すべり摩擦係数

## 1. はじめに

冬期道路では、雨水や融雪水の凍結、霜凍結、圧雪表面の融解・再凍結などにより、極めて滑り易い路面が形成される場合がある。冬期道路管理では、事前に凍結防止剤散布(事前散布)を行い、凍結路面の発生抑止に努めるとともに、発生した凍結路面に対しても路面すべり摩擦係数( $\mu$ )の改善を目的に凍結防止剤散布(事後散布)を実施している。一般的に、平地部など夜間の凍結と日中の融解を繰り返すような地域では事前散布が、山間部や北海道など昼夜を問わず路面が雪氷で覆われる期間が長い地域では事後散布が、それぞれ主流となっている。平成3年度から平成6年度に亘る北海道での事前散布と事後散布の比率はおよそ1:3である<sup>1)</sup>。新潟国道事務所管内の新発田地区では全散布の約3割が事後散布と報告されている<sup>2)</sup>。いずれにしても凍結防止剤散布は冬期道路の安全性確保に欠くことができない対策であり、道路予算の縮減や顕在化しつつある橋梁の塩害問題等を背景に、その効率化は益々重要となっている。本研究では事後散布に着目し、その効率化を目指す。

事後散布作業を効率的・効果的に実施するための資料として冬期路面管理マニュアル(案)<sup>3)</sup>や除雪・防雪ハンドブック<sup>4)</sup>がある。冬期路面管理マニュアル(案)には、「散布は気温と雪水量を総合的に判断し、状況にあ

わせて効果的な散布に心掛ける必要がある」と前置きした上で、気温 $-8^{\circ}\text{C}$ 程度を境に、それ以上では塩化ナトリウムの散布を、それ以下では防滑材の散布を推奨している(塩化カルシウムの場合は気温 $-12^{\circ}\text{C}$ 程度が境)。散布量について、冬期路面管理マニュアル(案)には参考値として薄い圧雪や氷板路面には $30\text{ g/m}^2$ 、氷膜路面には $15\text{ g/m}^2$ と記載されている<sup>3)</sup>。また、除雪・防雪ハンドブックには路面水分の凍結防止を目的とする場合は標準散布量として $20\sim 40\text{ g/m}^2$ と記載されている<sup>4)</sup>。それでもなお、路面雪氷状態が気象、舗装の種類、交通などの影響を受けて多様に変化するため、散布作業を適切に判断・実行することは依然として容易でなく、散布作業の体系化が成熟しているとは言いがたい。例えば、北陸自動車道や新潟県の国道では気象の変動もあるが、凍結防止剤の散布量は年々増大傾向にある<sup>2) 5)</sup>。

以下に、現状の事後散布作業に関する問題点を挙げる。

- (i) 散布後の路面雪氷状態や $\mu$ を推定する術がなく、事前に散布効果を評価できない。
- (ii) 散布作業内容の決定において、路面上の水分量、交通および舗装の影響を十分に考慮できておらず、交通量や舗装の種類を問わず一律に凍結防止剤を散布している。
- (iii) 圧雪層に凍結防止剤を散布し、圧雪表面の融解・再凍結によって却って滑り易い路面の発生を助長させる場合がある<sup>6)</sup>。

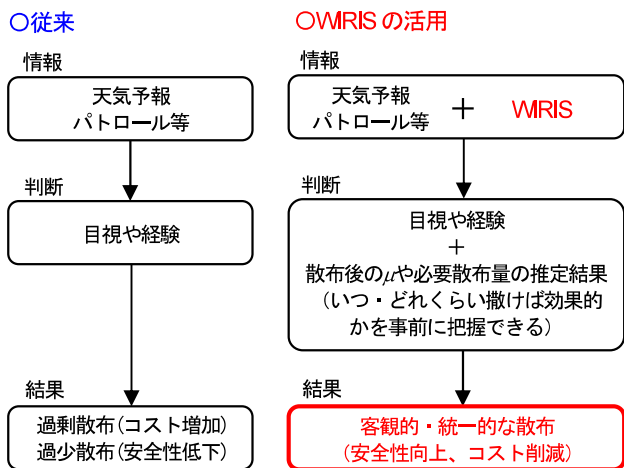


図-1 冬期道路管理へのWIRISの活用イメージ

上記(iii)に関しては、路面上の圧雪を取り除いてから散布すべきであるが、どの程度の圧雪厚であれば散布効果があるかを判断するための知見やツールが乏しいことに問題の根幹がある。

これまでに筆者らは、従来の気象条件に加えて、交通条件、路面状態および舗装条件を考慮して凍結防止剤の事後散布後の $\mu$ を推定する手法（路面すべり推定法）を構築してきた<sup>7)9)</sup>。本研究では路面すべり推定法を基に、適切な冬期路面管理作業を推奨する冬期路面改善シミュレータ:ウィリス(Winter Road Surface Improvement Simulator: WIRIS)を開発した。図-1に示すように、冬期道路管理にWIRISを活用することにより、事後散布内容を $\mu$ によって客観的に決定する事が可能になる。また、散布車のオペレータの熟練度や主観に関係なく、誰でも同じ作業になるような統一的な事後散布の実施が促進される。これにより、過剰散布や過少散布が減り、確実な冬期交通の安全性確保と冬期道路管理費用の削減が期待できる。

本論文ではWIRISを紹介するとともに、WIRISによる計算結果から氷膜・氷板（以下、凍結と総称）路面と圧雪路面への凍結防止剤の事後散布について考察する。

## 2. 路面すべり推定法

以下に、図-2に従って路面すべり推定法の理論を記述する。

同図の上部に記した凍結防止剤散布前の状態（以下、状態1）と同図の下部に記した凍結防止剤散布後に十分に時間が経過して雪氷の融解と凍結防止剤の溶解が完了した平衡状態（以下、状態2）を考える。ここで、状態1における雪氷厚 $H_i$  (mm)、即ち $H_{i-1}$  (mm)、路面温度 $T$  (°C)、凍結防止剤の散布量 $M_{ss-in}$  (kg/m<sup>2</sup>)、舗装の

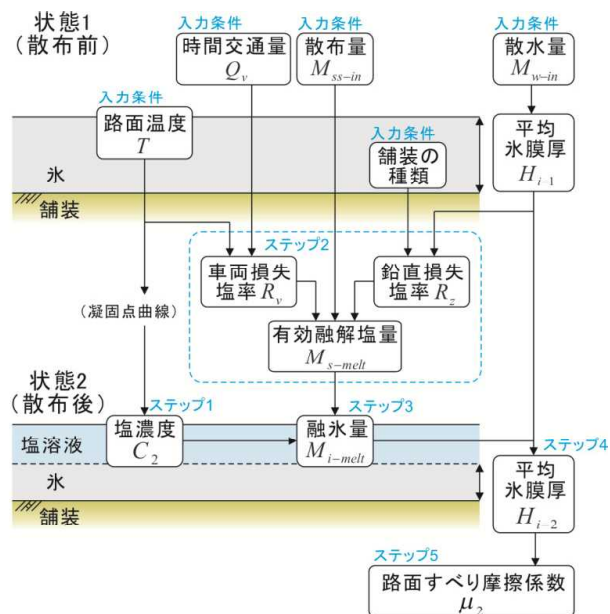


図-2 路面すべり推定法の概念図

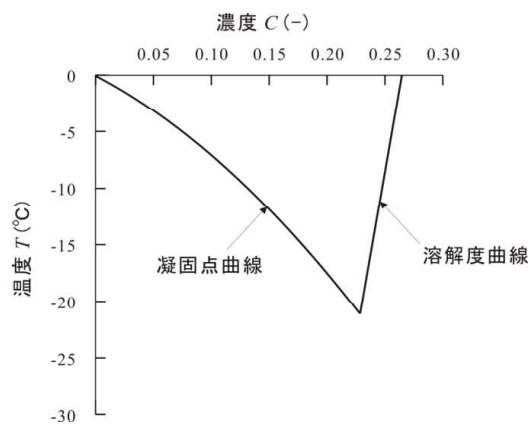


図-3 塩化ナトリウムの状態図<sup>9)</sup>

種類および時間交通量 $Q_v$  (台/h) は入力条件とする。

状態2の $\mu$  ( $\mu_2$ ) は次の5つのステップで求められる。

ステップ1: 凍結防止剤散布によって発生した塩溶液は、凝固点曲線<sup>9)</sup>上の $T$ に対応する塩濃度 $C$  (kg/kg) になるまで周囲の氷を融かすことで希釈する。従って、状態2における $C$  ( $C_2$ ) は $T$ が既知であれば凝固点曲線(図-3)から推定できる。本研究では、凍結防止剤に塩化ナトリウムを選び、その凝固点曲線を二次関数、

$$C_2 = -0.017(0.02T + 1.63) \quad (1)$$

で近似させた。

ステップ2: 路面上の凍結防止剤は道路勾配に伴う流出（以下、表流損失塩）や通過車両に伴う飛散（以下、車両損失塩）によって損失する。また、SMA舗装や排水性舗装では凍結防止剤は舗装内部への損失（以下、鉛直損失塩）が生じる。これらの損失を考慮するために、路面上の氷の融解に作用する凍結防止剤の質量を有効融解塩量 $M_{s-melt}$  (kg/m<sup>2</sup>) と定義し、式(2)で与える。



$$M_{s-melt} = M_{ss-in} (1 - R_z) (1 - R_v) (1 - R_x) \quad (2)$$

ここに、 $R_x$  :  $M_{ss-in}$  に対する表流損失塩量の比、 $R_z$  :  $M_{ss-in}$  に対する鉛直損失塩量の比（鉛直損失塩率）、 $R_v$  :  $M_{ss-in}$  に対する車両損失塩量の比（車両損失塩率）である。

$R_z$  は、 $H_i$  を用いて定式化されている<sup>9)</sup>。

$$R_z = a_1 H_i + a_2 \quad (3)$$

式(3)中の係数  $a_1$  および  $a_2$  は舗装の種類によって異なり、表-1 に示される<sup>9)</sup>。

$R_v$  は、 $Q_v$  と  $T$  を用いて次のように表される<sup>8)</sup>。

$$R_v = b_1 + b_2 \ln(Q_v) \quad (4)$$

$$b_1 = \exp(0.66T) + 2.64 \times 10^{-3} T \quad (5)$$

$$b_2 = -\frac{T}{16.33} \exp\left(\frac{T}{3.27}\right) \quad (6)$$

なお、本研究では事後散布に起因して発生する塩溶液は極薄層であるため  $R_x = 0$  とする。また、圧雪路面の場合は、発生した塩溶液が毛管作用により圧雪内に保持されると考えられるので、 $R_z = 0$  および  $R_v = 0$  とした。

ステップ 3 : 凍結防止剤散布に起因して発生する融氷量  $M_{i-melt}$  ( $\text{kg/m}^2$ ) は、 $M_{s-melt}$  および  $C_2$  との関係式、

$$C_2 = \frac{M_{s-melt}}{M_{i-melt} + M_{s-melt}} \quad (7)$$

を変形して求められる。すなわち、

$$M_{i-melt} = \frac{1 - C_2}{C_2} M_{s-melt} \quad (8)$$

ステップ 4 : 式(9)に示すように状態 2 の  $H$  ( $H_2$ ) は、 $H_{i-1}$  から式(10)に示す  $M_{i-melt}$  を換算した融氷厚  $H_{i-melt}$  (mm) を引いて求められる。

$$H_{i-2} = H_{i-1} - H_{i-melt} \quad (9)$$

$$H_{i-melt} = \frac{M_{i-melt}}{\rho} \times 10^{-3} \quad (10)$$

ここに、 $\rho$  : 密度 ( $\text{kg/m}^3$ ) であり、凍結路面と圧雪路面で区別して与えられる。凍結路面では氷の密度  $\rho$  ( $\text{kg/m}^3$ ) として  $T$  を変数にした関数で与えられ<sup>10)</sup>、圧雪路面では雪の密度  $\rho_s$  ( $\text{kg/m}^3$ ) として車の走行による圧密<sup>11)</sup>を考慮して与えられる。すなわち、

$$\rho = \begin{cases} \rho_i = 0.1T + 916.4 & (\text{凍結路面}) \\ \rho_s = 500.0 & (\text{圧雪路面}) \end{cases} \quad (11)$$

ステップ 5 : 凍結での  $\mu_2$  は式(12)の  $\mu$  と  $H_i$  の関係式<sup>7)</sup>の  $H_i$  に  $H_2$  を代入して算出される。

$$\mu_2 = c_1 \exp(c_2 H_{i-2}) + c_3 \quad (12)$$

表-1 舗装の種類に関連する係数

係数	$R_z$		$\mu_2$		
	$a_1$	$a_2$	$c_1$	$c_2$	$c_3$
密粒度舗装	0	0	0.42	-3.0	0.05
SMA 舗装	-0.33	0.80	0.47	-4.1	0.05
排水性舗装	-0.29	0.96	0.54	-5.8	0.05

ここに、 $c_1$ 、 $c_2$  および  $c_3$  : 係数であり、舗装の種類別に表-1 に示される数値<sup>7)</sup>を用いる。

圧雪での  $\mu_2$  は、 $H_{i-2}$ 、質量含水率  $\Theta_s$  および  $\rho_s$  から算出される換算氷厚  $H'_{i-2}$  (mm) と  $\mu$  の関係式<sup>12)</sup>を用いて算出される。 $H'_{i-2}$  の計算式と  $\mu$  と  $H'_{i-2}$  の関係式をそれぞれ以下に示す。

$$H'_{i-2} = \frac{H_{i-2} \cdot \Theta_s \cdot \rho_s}{\rho_i} \quad (13)$$

$$\mu_2 = 0.17 \exp(-0.45 H'_{i-2}) + 0.27 \quad (14)$$

なお、圧雪路面では舗装の種類は考慮されない。

本論文では記載しないが、路面すべり推定法の計算精度については、限られた条件ではあるものの、試験道路で実施した野外試験を通じて検証されている。詳細については、参考文献8)を参照されたい。

### 3. 冬期路面改善シミュレータWIRIS(ウィリス)

#### (1) 概要

図-4 に WIRIS の画面を示す。WIRIS は同図左の入力画面と同図右の出力画面に分けられる。入力画面には、「I. 計算条件」と「II. 管理水準」があり、全ての項目の入力は必須である。入力の結果は、出力画面の「III. 計算結果」および「IV. 推奨対策」に反映される。また、推奨対策の横には検討事項の欄を設けており、さらに検討が必要な事項を表示する。

WIRIS は Microsoft Office Excel で作られており、EXCEL 2000 以降の後継版で作動する。

#### (2) 入力情報

表-2 は入力画面の項目一覧である。以下に各項目について詳細を記載する。

##### a) 路面状態

WIRIS は、「凍結」と「圧雪」の路面状態を対象とする。よって乾燥や湿潤路面への凍結防止剤の事前散布は考慮されない。凍結と圧雪の路面状態の違いにより、式(11)に示すように  $H_2$  を計算する際の  $\rho$  が異なる。また、式(12)および(14)に示す  $\mu_2$  を求める式も異なる。

【ウィリスで得られる情報】

- ・除雪や散布の必要性
- ・散布後の雪氷厚や $\mu$ の推定値
- ・推奨対策
- ・必要な散布量



図-4 冬期路面改善シミュレータ WIRIS

表-2 入力項目の一覧

I. 計算条件			
a. 路面状態	凍結	圧雪	
b. 温度 $T$	0°C以上		
c. 雪氷厚 $H_{i1}$	0 mm 以上		
d. 凍結防止剤の散布量 $M_{s-in}$	0 g/m <sup>2</sup> 以上		
e. 区域 (交通量) $Q_v$	都市部 (1000 台/h)	郊外部 (100 台/h)	山間部 (10 台/h)
f. 舗装の種類	密粒度舗装	SMA 舗装	排水性舗装
II. 管理水準			
g. $\mu$ 水準 $\mu_{sta}$	低 $\mu$ 管理 (0.15)	中 $\mu$ 管理 (0.25)	高 $\mu$ 管理 (0.35)
h. 除雪水準 $H_{sfsta}$	5 cm	10 cm	15 cm

b) 路面温度  $T$

対象とする  $T$  を入力する。

c) 雪氷厚  $H_{i1}$

対象とする  $H_{i1}$  の厚さを入力する。参考文献 9) に示したが、SMA 舗装および排水性舗装は水分が舗装内部で貯留・浸透するため、その  $H_{i1}$  は同じ水分供給量  $M_{w-in}$  (kg/m<sup>2</sup>) であっても密粒度舗装に比べて薄い。参考までに、各舗装における  $M_{w-in}$  と  $H_i$  の関係式 9) を以下に示す。

$$\text{密粒度舗装} : H_i = 1.09 M_{w-in} \quad (15)$$

$$\text{SMA 舗装} : H_i = \begin{cases} 0.23 M_{w-in}^2 & (0 \leq M_{w-in} < 2.0) \\ 1.09 M_{w-in} - 1.26 & (2.0 \leq M_{w-in}) \end{cases} \quad (16)$$

$$\text{排水性舗装} : H_i = \begin{cases} 0.15 M_{w-in}^2 & (0 \leq M_{w-in} < 2.0) \\ 1.09 M_{w-in} - 1.58 & (2.0 \leq M_{w-in}) \end{cases} \quad (17)$$

ただし、これらの関係は劣化のない舗装で求めたものである。SMA 舗装および排水性舗装の  $H_i$  は、 $T$  に加えて舗装のテクスチャや排水機能に依存すると考えられる。

d) 凍結防止剤の散布量  $M_{s-in}$

任意の  $M_{s-in}$  を設定可能であるが、散布実態に即して、1章に記載したように 20~40 g/m<sup>2</sup> 程度を設定することを推奨する。

e) 交通量  $Q_v$

対象とする区域を「都市部」、「郊外部」、または「山間部」から選択する。これらの区域の  $Q_v$  は 1000、100 および 10 台/h にそれぞれ設定される。対象とする路線の  $Q_v$  については道路交通センサ等を参考にされたい。

f) 舗装の種類

対象とする舗装を「密粒度舗装」、「SMA 舗装」、または「排水性舗装」から選択する。この選択により、表-1 に示す係数が変化する。

g)  $\mu$ 水準  $\mu_{sta}$

対象とする  $\mu$  の水準  $\mu_{sta}$  を「低 $\mu$ 管理」、「中 $\mu$ 管理」、または「高 $\mu$ 管理」から選択する。低 $\mu$ 管理から順に  $\mu_{sta}$  は 0.15、0.25、または 0.35 にそれぞれ設定される。なお、 $\mu_{sta} = 0.15$  および 0.35 は氷結路面と湿潤路面における制動停止距離 (設計速度 50 km/h) に必要な数値として、道路構造令 13) に定められている。また、フィンランドでは、 $\mu < 0.20$  を凍結状態として滑り易い路面、 $\mu \geq 0.30$  を乾燥・湿潤状態として滑り難い路面と定義されている 14)。

h) 除雪水準  $H_{sfsta}$

対象とする除雪水準を「5 cm」、「10 cm」、または「15 cm」から選択する。一例として、北海道の国道における新雪除雪の出動水準は、累計降雪量 5~10 cm を目安として定められている 15)。

(3) 出力情報

a) 対策の要否

ここでは、除雪作業と散布作業の要否を示す。まず、

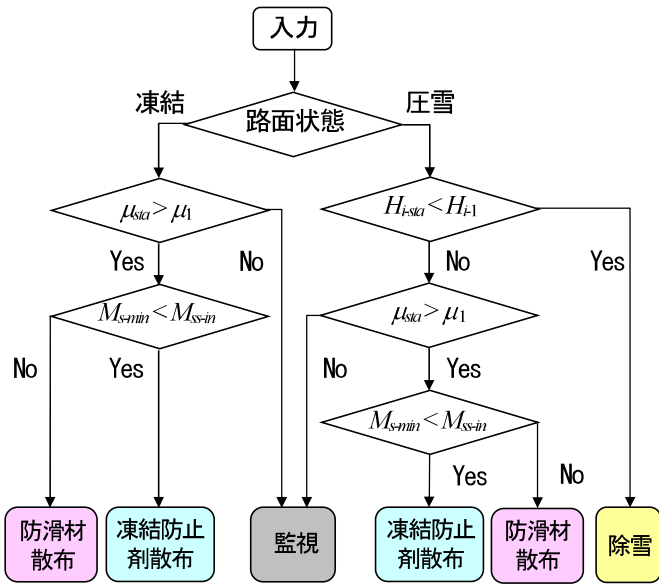


図-5 推奨対策の判別フロー

除雪作業に関して、 $H_{l1}$  と除雪水準の累計降雪量  $H_{sf-sta}$  (cm) を式(18)で変換した路面雪氷厚  $H_{f-sta}$  (mm) を比較し、 $H_{l1} \leq H_{f-sta}$  の場合に「除雪不要」、逆に  $H_{l1} > H_{f-sta}$  の場合に「要除雪」と表示される。

$$H_{f-sta} = \frac{H_{sf-sta} \rho_s}{10 \rho_{sf}} \quad (18)$$

ここに、 $\rho_{sf}$ : 降雪密度 ( $\text{kg/m}^3$ ) である。また、散布作業に関して、 $\mu_l$  と  $\mu$  水準  $\mu_{sta}$  を比較し、 $\mu_l > \mu_{sta}$  の場合に「散布不要」、 $\mu_l \leq \mu_{sta}$  の場合に「要散布」と表示される。

#### b) 凍結防止剤散布後

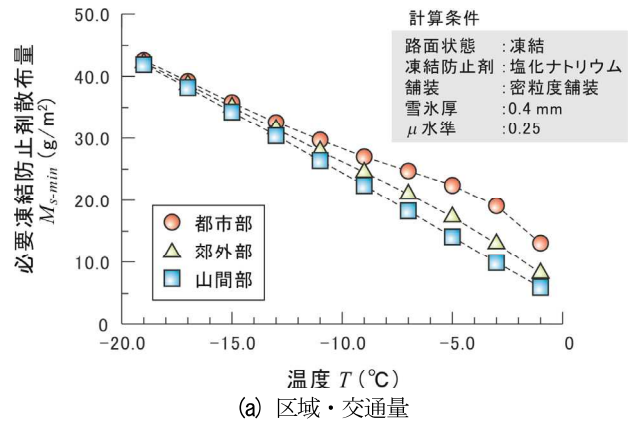
2章で述べた理論に従い、 $H_{l2}$  と  $\mu_2$  を表示する。

#### c) 推奨対策

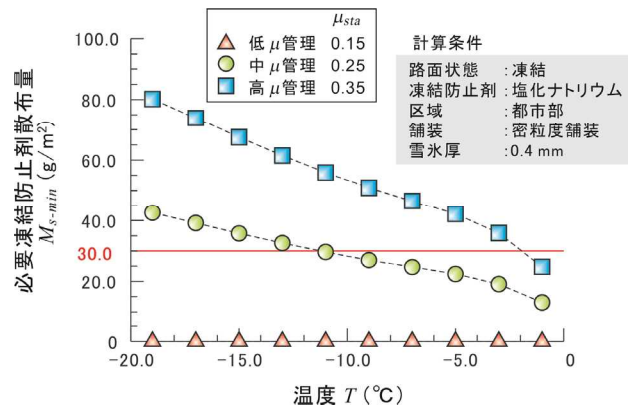
推奨対策は、図-5 のフローに従って「除雪」、「凍結防止剤散布」、「防滑材散布」、または「監視」から判別される。以下に判別の詳細について述べる。

まず、路面状態の中で「凍結」を選択した場合について述べる。WIRIS の出力結果より、 $\mu$  の水準値  $\mu_{sta} \leq \mu_l$  の場合は「監視」が選択される。 $\mu_{sta} > \mu_l$  の場合は、 $\mu_{sta}$  まで改善させるために必要な凍結防止剤散布量  $M_{s-min}$  ( $\text{g/m}^2$ ) と  $M_{s-in}$  を比較し、 $M_{s-min} < M_{s-in}$  の場合は「凍結防止剤散布」が表示される。また、検討事項の欄には「凍結防止剤散布量の削減」と表示され、さらに  $M_{s-min}$  も表示される。 $M_{s-min} \geq M_s$  の場合は「防滑材散布」が表示される。検討事項欄には「凍結防止剤散布量の増加」と表示される。

路面状態で「圧雪」を選択した場合は、除雪水準  $H_{l1}$  と  $H_{sf-sta}$  を比較し、 $H_{sf-sta} < H_{l1}$  で「除雪」が表示される。 $H_{sf-sta} \geq H_{l1}$  では、上述の「凍結」を選択した場合と同様に  $\mu_{sta}$  と  $\mu_l$  および  $M_{s-min}$  と  $M_{s-in}$  の比較を行い、「監視」、「防滑材散布」、または「凍結防止剤散布」が選ばれる。なお、「防滑材散布」が表示された場合は、検討事項の欄に「凍結防止剤散布量の増加」と「除雪水準の低下」と表示される。



(a) 区域・交通量



(b)  $\mu$  水準

図-6 凍結路面における必要凍結防止剤散布量

## 4. 計算結果に関する検証

### (1) 凍結路面

図-6 は凍結路面での WIRIS の計算結果であり、(a) は区域・交通量が  $M_{s-min}$  に及ぼす影響について、(b) は  $\mu$  水準が  $M_{s-min}$  に及ぼす影響について、それぞれ示す。これら計算条件は同図に示されるとおりである。

まず、同図 (a) の区域・交通量に着目する。いずれの区域においても、 $T$  が低下すると融水量が減少するため  $M_{s-min}$  は必然的に増大する。また、同じ  $T$  であっても山間部、郊外部、都市部の順で ( $Q_v$  が多くなるほど)  $M_{s-min}$  は大きくなる。これは  $Q_v$  が大きいほど車両による凍結防止剤の飛散が顕著になるためである。

次に、同図 (b) の  $\mu$  水準について述べる。本計算条件の  $H_{l1} = 0.4 \text{ mm}$  に対して  $\mu_l = 0.18$  であるため、低  $\mu$  管理 ( $\mu_{sta} = 0.15$ ) では  $T$  に関係なく散布は必要としない。中  $\mu$  管理と高  $\mu$  管理を比較すると、高  $\mu$  管理  $\mu_{sta} = 0.35$  の  $M_{s-min}$  は中  $\mu$  管理  $\mu_{sta} = 0.25$  のそれに比較しておよそ2倍となる。また、 $M_{s-in} = 30 \text{ g/m}^2$  と設定した場合、 $\mu_l > \mu_{sta}$  を満たす  $T$  は、中  $\mu$  管理では  $-10.9^\circ\text{C}$  以上、高  $\mu$  管理では  $-2.2^\circ\text{C}$  以上となる。



## (2) 圧雪路面

圧雪路面における  $M_{s-min}$  と推奨対策に関する計算の条件および結果を図-7 に示す。同図(a)は高 $\mu$ 管理の結果であり、(b)は中 $\mu$ 管理の結果である。

同図(a)の高 $\mu$ 管理をみると、推奨対策は、 $H_{f1} < 1.7$  mmでは $\mu_{fsk} < \mu_1$ より「監視」となる。1.7 ≤  $H_{f1} < 2.1$  mmでは「凍結防止剤散布」となる。 $H_{f1} \geq 2.1$  mmでは、 $M_{s-min} > M_{s-m}$ となることを意味する。本計算条件の  $H_{fsk} = 10$  cmでは  $H_{fsk} = 5.1$  mmとなるため、2.1 ≤  $H_{f1} < 5.1$  mmでは「防滑材散布」が表記され、 $H_{f1} \geq 5.1$  mmでは「除雪」が選択される。同図より  $M_{s-min}$  は  $H_{f1}$  の増大とともに線形的に増加することが知れる。ここで、1章(iii)で述べた圧雪路面への散布について考察する。同図において、「防滑材散布」を「凍結防止剤散布」で代替しようとする  $M_{s-min}$  は最大 222 g/m<sup>2</sup> となり、実際の散布量と比較して過剰で現実的でない。代替策として、 $H_{fsk}$  を 5 cm に下げること、 $M_{s-min}$  は最大 55 g/m<sup>2</sup> まで低下させることができる。この他に後述するように  $\mu$  水準を下げると散布は不要になる。

同図(b)の中 $\mu$ 管理について述べる。 $H_{f1} < 5.1$  mmでは「監視」となり、それ以上で「除雪」となる。気温-8℃かつ  $\mu_{fsk} = 0.35$  では「凍結防止剤散布」および「防滑材散布」の選択はなくなる。

## 5. おわりに

本研究では、客観的・統一的な冬期路面管理を推進させるために、凍結防止剤散布後の路面すべり摩擦係数 $\mu$ の推定法を基にした冬期路面改善シミュレータ WIRIS (Winter Road Surface Improvement Simulator、ウィリス) を構築するとともに、計算結果より必要な凍結防止剤散布量を踏まえて推奨対策について検証した。

凍結防止剤の最適化を図る上で、凍結防止剤の散布効果を評価することは不可欠である。本研究により、従来までの気温だけでなく、雪氷厚、交通条件および舗装条件を考慮して、凍結防止剤の散布量の決定および適切な対策を判断できる可能が高まった。

今後は、WIRIS の有効な活用に関して道路管理者と協議し、今まで以上に合理的かつ客観的な冬期道路管理方法の提案を行う。

## 参考文献

- 1) 川村浩二、高木秀貴、大沼秀次：北海道開発局における凍結路面対策について、北海道開発局技術研究発表会、No.39、pp.107-112、1995。
- 2) 藤崎太一、武藤正広、長澤輝：凍結防止剤散布の効率化に関する研究、北陸雪氷シンポジウム、Vol.21、2006。
- 3) 社団法人日本建設機械化協会：2005 除雪・防雪ハンドブック (除雪編)、pp.192-216、2004。

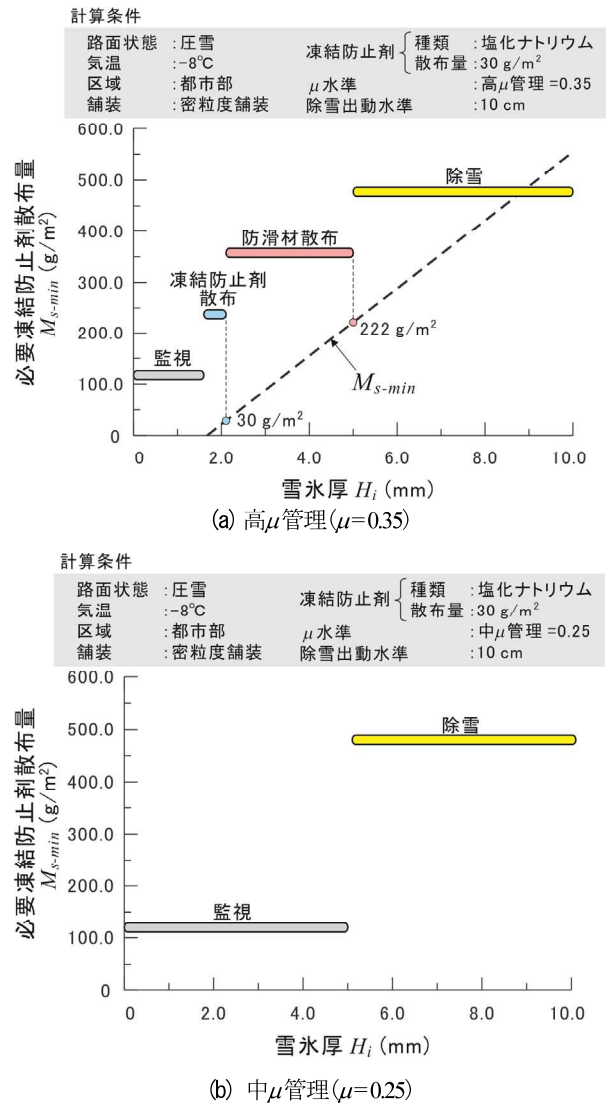


図-7 圧雪路面における必要凍結防止剤散布量および推奨対策に関する検討

- 4) 北海道開発局：冬期路面管理マニュアル (案)、pp.14-27、1997。
- 5) 石川裕一：凍結防止剤の影響を受ける既設道路橋の耐久性向上に関する研究(学位論文)、長岡技術科学大学、22、2013。
- 6) 村国誠：冬期路面管理に使用する薬剤、(3) 薬剤の融雪メカニズム、ゆき、No.12、pp.97-103、1993。
- 7) 藤本明宏、山本悠介、田中俊輔、川端優一、武市靖：凍結防止剤散布による氷膜の融解を伴う密粒度および粗面系舗装面のすべり摩擦係数の推定法、土木学会論文集 E1 (舗装工学)、Vol. 70、No. 3、I\_1-I\_3、2014。
- 8) 藤本明宏、山田慎也、田中俊輔、高橋尚人、武市靖：通過車両の影響を考慮した凍結防止剤事後散布後の路面すべり抵抗推定法の構築と検証、土木学会論文集 E1、Vol. 71、No. 2、pp. 81-96、2015。
- 9) 藤本明宏、山田慎也、田中俊輔、高橋尚人、武市

靖：SMA・排水性舗装に対する路面すべり推定法の適用性向上と凍結防止剤事後散布の有効性評価、土木学会論文集 E1（舗装工学）、Vol. 71、No. 3、pp. 47-54、2015.

- 10) 前野紀一、福田正巳：雪氷の構造と物性、p. 201、1986.
- 11) 成瀬廉二、石川信敬、武市靖、前野紀一：道路雪氷の消耗過程の特性、低温科学物理篇、Vol. 46、p. 135-149、1988.
- 12) 藤本明宏、渡邊洋、齊田光、福原輝幸：シャーベツト路面の滑り摩擦特性、日本雪工学会誌、Vol. 28、No. 2、pp. 99-106、2012.
- 13) 日本道路協会：道路構造令の解説と運用、pp. 384-385、2004.
- 14) SNOW AND ICE DATABOOK – 2010 Edition, PIARC Technical Committee B5 Winter Service, p. 70, 2010.
- 15) 国土交通省北海道開発局：道路の維持管理計画（案）、p. 7、2014.

# 那覇空港滑走路増設事業における 施工期間短縮への取り組みについて ～平成31年12月の工事完成を目指して～

荒木 幸宏<sup>1</sup>・飯塚 幸司<sup>1</sup>

<sup>1</sup>内閣府 沖縄総合事務局 那覇港湾・空港整備事務所 那覇空港新滑走路整備推進室 第一工事課  
(〒901-0142 沖縄県那覇市鏡水344)

那覇空港滑走路増設事業は、当初は平成33年3月末の供用開始を予定していたが、地元沖縄県からの早期供用という強い要望を受け、工事完成は平成31年12月、供用開始は平成32年3月を目指すことになった。本事業の施工場所はこれまでに施工実績がない外海に面した高波浪海域であり、加えてリーフを有する特異な地形となっている。更に、冬季の施工条件も想定より厳しいものであった。このような厳しい条件下で平成31年12月の工事完成を目指して取り組んだ施工期間短縮の取組や、関係者間での情報共有を図ることを目的に構築した工事情報化システムについて報告する。

キーワード 施工期間短縮 滑走路増設 護岸工事 埋立工事

## 1. はじめに

本事業は、当初、平成33年3月末の供用開始を目指した計画であったが、地元沖縄県からの早期供用という強い要望を受け、平成32年3月に供用開始する計画に見直しを行った。

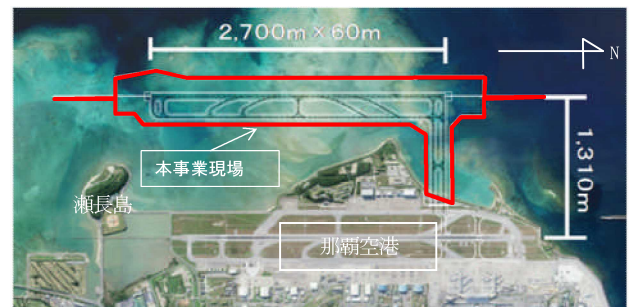
当初計画も厳しい計画工程であり、課題は多くあった。以下の取組を実施することで、沖縄県の要望する供用開始時期を実現することとした。

- ・土砂搬入能力が高い作業船の調達  
(県外からの調達)
- ・護岸工事の並行作業及び一部前倒し  
(実績の無い場所での施工)
- ・資材や人員の集中投入による全体工程の短縮  
(適切な時期に必要な量の調達が可能に)
- ・沖縄県(埋立免許権者)の手続き等の協力  
(審査期間の短縮)

また、供用開始が12ヶ月間早まったことにより工事の輻輳や増設工事関係者間での情報を適切に共有することが必要であることから、「工事情報共有システム」を構築した。

以下に、事業概要、工事実施における課題、工事

実施における課題に対する対応、今後想定される課題と対応、本事業の進捗状況について報告する。



図一1 本事業範囲位置図

## 2. 事業概要

本事業は、那覇空港の現滑走路から西へ約1,310m離れた沖合海域に約160haを埋立し、長さ2,700m、幅60mの滑走路1本を増設する那覇空港の増設事業である。

整備実施手順としては、まずは護岸工事により埋立護岸の形成を実施する。

次に護岸工事完了後、埋立工事(埋立土量:約990万m<sup>3</sup> 埋立面積:160ha)並びに進入灯工事(南側:575m、北側:540m)を行い、埋立工事が完了次第に舗装工事及び空港施設工(無線施設・航空灯火)を行う。



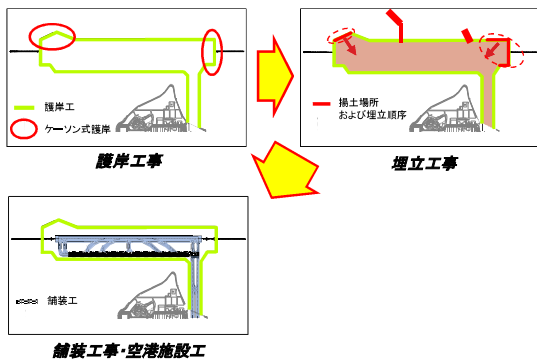


図-2 主な施工ステップ図

### 3. 工事実施における課題

#### (1) 厳しい現場条件

本現場は、今までに施工実績が無い外海での施工であり、高波浪の影響を受けやすい現場環境となっている。工事着手後も台風及び高波浪の影響により、度々作業の中止を余儀なくされている。

特に高波浪の影響を受けやすい北工区では頻繁に作業中止(平成26年11月～平成27年2月休止率 78.3%)となっており、実施工程の遅れが懸念されていることから、施工期間短縮の取組みが必要である。



図-3 傾斜堤護岸への高波浪の来襲

#### (2) 護岸工事の材料不足

本現場は、遮蔽物が無く直接外海に面していることから、台風や冬季風浪の影響で安定的に連続した施工日を確保することが困難な状況となっている。

よって、施工可能な時期に集中して多くの資材を調達し、集中的に工事を実施せざるを得ない状況となった。



図-4 那覇空港衛星写真

更に、護岸工事の主要資材は石材であるが、当初想定していた沖縄県内の石材供給能力に制約があり、増設工事が必要とする時期に必要な量の石材が確保できないことが判明した。

#### (3) 工事の輻輳による情報共有

本事業は、全体工程が短縮されたことにより、海上工事と陸上工事といった様々な工事を同時期に並行して施工せざるを得ない状況(最大31件)となっている。

また、工事が集中したことにより広大な作業ヤードも必要となる。しかし、現場周辺でまとまった作業ヤードが確保できないことから、施工箇所も複数(那覇空港、浦添市、糸満市、沖縄市、うるま市)に分かれることになったため、以下に増設工事関係者間で関連する工事情報を共有するかが課題となった。

### 4. 工事実施における課題に対する対応

以上の工事実施に伴い発生した課題により、実施工程の遅れが懸念されることから、厳しい現場条件に対応した施工方法の工夫、材料不足への対応、工事情報化システムの構築について取り組んだ。

#### (1) 厳しい現場条件に対応した施工方法の工夫

主な施工方法の工夫として、陸上施工によるケーソン製作、材料変更による護岸荒均し作業の省略化、ケーソン蓋コンクリートのプレキャスト化を実施しており以下に紹介する。。

##### ① 陸上施工によるケーソン製作

沖縄県では、陸上でのケーソン製作の実績は無く、フローティングドック船によるケーソン製作が一般的である。しかし、本事業では、短期間に60函ものケーソンを製作する必要があり、これに対応できるフローティングドック船を沖縄県内外から調達するのは困難であった。検討の結果、空港に隣接する那覇港においてケーソンを陸上製作が出来るヤードを確保するよう調整が出来たことから、フローティングドック船による製作から陸上製作に変更し同時並行

で複数のケーソンを製作することが可能になり、施工期間短縮に繋がった。

但し、製作したケーソンを吊り下ろす大型起重機船は県内に無いことから、県外から調達することが生じた。



図-5 ケーソンの陸上製作

## ② 護岸荒均し作業の省略化（高伸度シートの採用）

護岸から埋立柱材の流出を防止するために敷設する防砂シートは、敷設する前にシートの破損を防ぐため護岸の荒均し作業が必要である。しかし、工程短縮の観点から検討した結果、防砂シートの規格を高伸度性（伸び率を60%以上から110%以上）に変更することで、防砂シート敷設前に行う護岸裏込部の荒均し作業を省略すること可能となり、約2ヶ月の施工期間短縮になった。



図-6 防砂シート敷設状況について

## ③ ケーソン蓋コンクリートのプレキャスト化

ケーソン据付けの一連の作業は、艀装→浮上→曳航→据付→中詰砂投入・均し→蓋コンクリート打設→根固ブロック据付といった通常9日（稼働率含まず）の継続した施工日が必要となる。しかし、当該

海域は、台風や冬季風浪の影響で連続した施工日を確保することが出来ない場合もあることから、ケーソン据付後に実施するケーソン蓋コンクリートをプレキャストコンクリート版（PC版）に変更した。

PC版に変更したことにより、海上作業期間が短縮され、トータルで約2ヶ月の施工期間短縮に繋がった。また、海上作業の日数が減ることで、被災リスクの低減にも繋がった。



図-7 ケーソン蓋コンクリート設置状況

## (2)材料不足への対応

当初の石材調達計画では、沖縄県北部にある本部地区鉾山のみを想定していたが、当時は9件もの護岸工事が同時期に実施される状況下で、台風の度重なる来襲により休止日が多発したことから、施工可能日に集中して石材を調達し施工する必要が生じた。しかし、本部鉾山だけの調達では積出能力に制約があり、増設事業全体で必要とする石材の確保が困難であるため、施工可能日に石材の必要量が確保できるよう調達計画の見直しを図った。

まずは、沖縄県内で追加調達可能な鉾山を調査した。調査の結果、国頭鉾山及び石垣鉾山からも調達可能であったが、必要量には不足していたことから、沖縄県外とはなるが運搬時間も踏まえ奄美大島鉾山からも石材調達を行うよう調達計画を見直した。

その結果、本部鉾山、国頭鉾山、石垣鉾山、奄美大島鉾山の4鉾山から石材を供給することで、安定的な調達が可能となり工程を約4ヶ月短縮することができた。

また、県外産の奄美大島鉾山から調達するにあたっては、沖縄県の『公有水面埋立事業における埋立柱材に係る外来生物の侵入防止に関する条例』に基づき、沖縄県知事に搬入予定日の90日前までに必要な10項目（埋立柱材の種類・用途・数量・採取場所、搬出経路・特定外来生物の付着又は混入の調査結果等）について届出を行った。

また、県外産の石材を海上投入する際には、投入前に石材に特定外来生物の付着・混入のないことを

確認してから投入を行っている。

現時点で使用した県外産石材には特定外来生物の付着・混入は確認されていない。



図一八 各鉱山の位置図

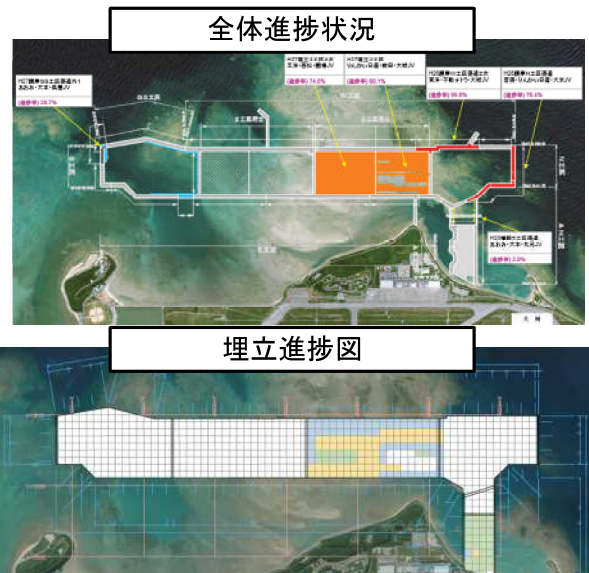


図一九 特定外来生物混入有無確認状況

### (3) 情報共有の取り組み

施工期間が5年10カ月と厳しい工程で計画され、大規模工事から小規模工事、陸上工事や海上工事等と、多岐にわたる工事が同時期に実施される計画となっている。工事が円滑且つ安全に進めるためには如何に関係者間で情報共有が図れるかが重要であることから、工事情報化システムの構築を行った。

工事情報化システムは、日々の作業現場の確認や工程調整、進捗状況の確認、埋立情報、水質監視情報など、相互調整に必要な情報を効率的に把握が確認できるシステムとした。工事情報化システムが構築されたことで、関係者間での情報共有が図られ本事業の円滑化に繋がっている。

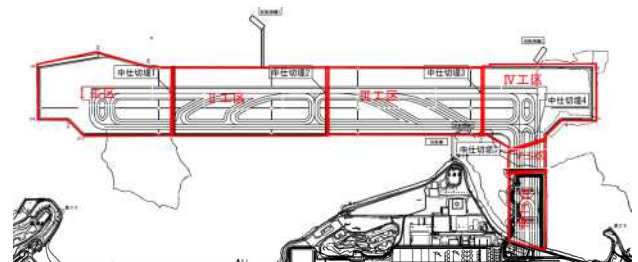


図一〇 工事情報化システムの全体進捗図・埋立進捗図

## 5. 今後想定される課題と対応

本事業は現在、埋立護岸が約90%概成しており、2工区、3工区、4工区及び6工区(平成28年9月現在)が外海と締め切られた。平成27年9月より6工区から埋立工事が開始されている。現在は、6工区の水中部埋立が完了し、平成28年4月からは3工区の水中部埋立工事を鋭意施工中であり、順次2工区の水中部埋立工事へ着手予定で、本事業の主要工事が護岸工事から埋立工事へと移行してきている。

本事業を今後も遅延無く完成させるためには埋立工事の課題についても十分な対応が必要である。



図一〇 本事業の工区割り

### (1) 埋立工事の課題・対応

埋立工事の課題は、下記のとおりである。

- ・埋立材投入に伴う濁り
- ・埋立材のゾーニングに伴う投入管理

#### a)埋立材投入に伴う濁りについて

埋立材を投入するに当たっては、埋立用地内から外海に濁水等が流出しない対策が必要である。濁水等の流出防止策として、護岸の裏込部に防砂シートを敷設し、その後フィルター役割を果たす



海砂の層を形成することとしている。フィルター層を設けることで、濁水がフィルター層の中で濾過されることとなり、外海への濁り流出防止となる。

しかし、以上の対策の実施にあたっては、工程上フィルター層の施工を優先して実施する必要があり、材料となる砂を優先して調達するなど、適切かつ確実な埋立施工計画が必要である。

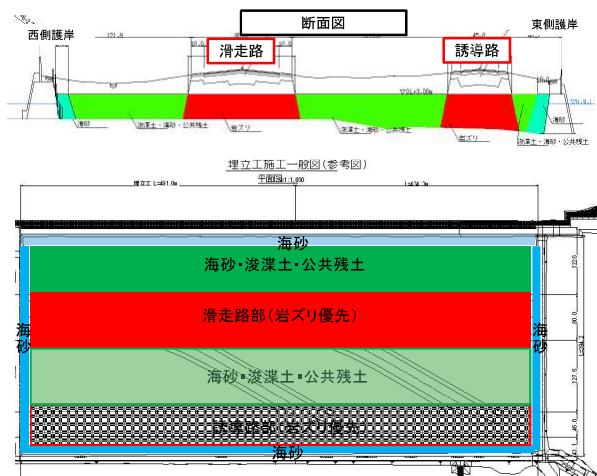
b)埋立柱材のゾーニングに伴う投入管理について

埋立後は、滑走路及び誘導路の舗装工事となるが、良好な舗装を実施するためには滑走路・誘導路部の良質な路床を確保する必要があり、その管理のため埋立柱材のゾーニングを実施している。

滑走路及び誘導路の直下には、非液状化材である岩ズリ、その他の箇所については、海砂、浚渫土及び公共残土を投入するゾーニングを行っている。

(調査班に確認)

また、設計で決定したゾーニングと実際の施工で投入した材料がどのようになっているのか管理する必要があり、埋立工事の投入管理が把握できる工事情報化システムを活用するなど、効率的な施工管理を行うこととしている。



図一 1 1 埋立工事のゾーニング断面図・平面図

6. 進捗状況

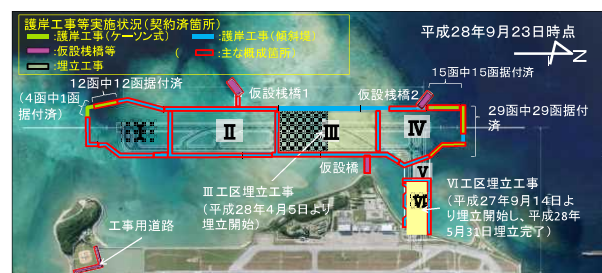
平成26年1月の工事着手から平成28年9月までに2年9ヶ月を経過し、全体工程の折り返し地点となっているが、これまでに報告した課題への対応により着実に進捗してきている。以下に、進捗状況を報告する。

本事業は6工区（Ⅰ工区～Ⅵ工区）に分けて実施することとしているが、先行して浚渫工事や資機材運搬用の仮設棧橋工事を実施し護岸工事へ着手、各工区の護岸を締切次第埋立工事に着手してきており、

平成28年8月末現在で護岸工事が約94%、埋立工事が約11%完了している。（最新データに）

また、平成26年1月の工事着手から、平成28年9月末現在の約2年9ヶ月の短い期間に92件もの工事を契約し、80件の工事が完了している。

- 浚渫工事：浚渫土量 約26万m<sup>3</sup>
- 製作工事：ケーソン60函  
各種ブロック約5万4千個  
通水函3函
- 護岸工事：約8.0km護岸築造  
傾斜堤護岸：捨石投入150万m<sup>3</sup>  
ケーソン式護岸：全60函 57函据付済
- 埋立工事：約118万m<sup>3</sup>埋立済



図一 1 2 全体進捗状況

表一 1 工種別工事契約件数

種別工事	契約済工事	完了工事	施工工事
浚渫工事	6	6	0
製作工事	52	50	2
仮設棧橋工事	3	3	0
護岸工事	17	14	3
埋立工事	5	1	4
進入灯工事	1	0	1
その他工事	8	6	2
合計	92	80	12



図一 1 3 那覇空港進捗状況(平成28年8月現在)

7. まとめ

本事業着工後、想定以上に厳しい気象・海象条件等の中で工事を実施せざるを得ず実施工程の遅延等

も懸念されていたが、様々な取り組みにより全体工程に影響が無いように工事を進めている。

本事業の完成まで、残り3年1ヶ月となり、今後は護岸から、本格的な埋立工事、舗装工事へと工種が変わってくることから、新たな課題も出てくるかと思われる。今後も、その課題に対し臨機応変に対応し、平成31年12月には本事業を完成できるよう引き続き取り組んで行く。