

自由課題 一般部門<活力>

NO	課題名	所属	発表者	頁
1	積雪寒冷地におけるコンクリート舗装の設計について	国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地保全技術研究グループ 寒地道路保全チーム	上野 千草	3-1
2	鉄筋コンクリート部材中の鉄筋腐食状況および含水状態に関する実態調査	国立研究開発法人 建築研究所 材料研究グループ	松沢 晃一	3-7
3	「金沢河川国道事務所道路デザイン指針(案)」の策定について	北陸地方整備局 金沢河川国道事務所 調査第二課	中 友太郎	3-13
4	名古屋港における集中管理ゲートの開発と実用化 ～ターミナル前混雑による経済損失の解消～	中部地方整備局 港湾空港部 クルーズ振興・港湾物流企画室	淵ノ上 篤史	3-19
5	ダムと自然環境を連動させたインフラツアー開発について	九州地方整備局 立野ダム工事事務所 工務課	長尾 潤	3-25
6	貯砂ダムを活用した地域連携フェスティバルの開催	東北地方整備局 北上川ダム統合管理事務所 湯田ダム管理支所	小松 禎幸	3-30
7	ハツ場ダム周辺地域における地域振興について 「やんばツアーズ」と「チームやんば」	関東地方整備局 ハツ場ダム工事事務所 地域振興課	手塚 祐美	3-35
8	北海道型地域構造の保持・形成に向けた取組 ～生産空間に住み続けられる環境づくりを目指して～	北海道開発局 開発監理部 開発調整課	山本 直之	3-41
9	訪日外国人旅行者によるレンタカー利用実態調査	近畿地方整備局 企画部 広域計画課	森野 由愛	3-47
10	ボランティア・ロード活性化、拡充方策の検討	中国地方整備局 岡山国道事務所 岡南維持出張所	中尾 麻衣	3-53
11	交通流動把握におけるWON調査の有効性に関する一考察	四国地方整備局 松山河川国道事務所 工務第二課	永田 佳之	3-59
12	天然記念物イタセンパラの野生復帰を目指して～平成6年調査 開始以来最多となる稚魚数を確認するまでの道のり～	近畿地方整備局 淀川河川事務所 河川環境課	清重 亜美	3-63
13	バイオマス資源の事業間連携活用～植物系バイオマスを活用した 下水汚泥の脱水技術～	国立研究開発法人 土木研究所 先端材料資源研究センター 材料資源研究グループ	山崎 廉予	3-69
14	砂浜潮間帯に生息する底生端脚類の分布と地盤環境適合場の 一般性	国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 地盤研究領域 動土質研究グループ	梁 順普	3-75

積雪寒冷地における コンクリート舗装の設計について

上野 千草¹・丸山 記美雄¹

¹国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 (〒062-8602 北海道札幌市平岸1-3-1-34)

コンクリート舗装はアスファルト舗装よりも耐久性が高く、長寿命化が期待されている。

一方、積雪寒冷地である北海道では、凍上や融解期の路床の支持力低下によるコンクリート舗装版の破損が懸念されており、普及が進んでいない。本文は、既設舗装の実態調査およびFEM解析により、積雪寒冷地におけるコンクリート舗装の設計法を検証した結果、凍結深さまで非凍上性材料で構成させることが最善であることが確認されたため、報告するものである。

キーワード コンクリート舗装, 積雪寒冷地, 凍上, 設計法

1. はじめに

近年、社会資本整備・維持管理面のコスト縮減に対する社会的要請から、道路舗装においても高耐久化・長寿命化によるLCCの縮減が求められている。そこで、アスファルト舗装よりも耐久性が高く長寿命化が期待できるコンクリート舗装への関心が高まっている。

このような中、平成24年度に国土交通省において、耐久性に優れるコンクリート舗装の積極的活用が施策として示された。また、平成25年4月改訂の設計業務等共通仕様書においては、トンネル部以外の箇所でも、アスファルト舗装とコンクリート舗装のライフサイクルコストを比較検討するように明記された。

しかし、積雪寒冷地である北海道においては、凍上や融解期の路床の支持力低下による構造的な破損が懸念されており、依然として、国道延長に占めるコンクリート舗装の割合は全国平均の5%よりも低い3%程度（平成26年4月1日現在）となっている。

そこで本検討では、凍上に起因するコンクリート舗装版（以下、Co版）の破損の状況を把握するため、既設コンクリート舗装の実態調査を行った。また、凍上により生じるCo版と路盤の間の空間が、コンクリート舗装の寿命に及ぼす影響について、FEM解析および「舗装設計便覧」に示されている疲労度を用いて舗装寿命に及ぼす影響について評価を行った。

その結果、現行の置換率70%の設計法では凍上等による破損を抑制することは難しく、凍結深さまで非凍上性材料で構成させることが最善であることが確認されたため報告するものである。

表-1 設計基準の推移

設計年度	S30	S39・S42	S47	S55	S59	H18
置換率						
凍結深さを考慮する	○	—				
10年間の理論最大凍結深さに対し	—	凍結深まで	—			
10年確率の理論最大凍結深さに対し	—		70%		—	
n年確率の理論最大凍結深さに対し	—				70%	

2. 凍上対策に関する設計基準

コンクリート舗装に関する過去からの凍上対策に関する設計基準を、「セメント・コンクリート舗装要綱」、「舗装設計便覧」よりまとめた。年度別の設計基準を表-1に示す。凍上対策としては、路床材料の非凍上性材料への置換えが示されており、置換え深さについては、昭和39、42年では「凍結する深さまで」とされていたが、昭和47年以降はアスファルト舗装要綱に準拠した「理論最大凍結深さに対し70%の深さ」まで非凍上性の材料で置き換えることとなっている。

本検討においては、積雪寒冷地特有の事項である凍上に対する非凍上性材料の置換率に関する設計基準の検証を主体に行った。

3. 凍上対策に関する設計基準

路床に凍上が発生した場合、図-1に示すようなメカニズムによりCo版にひび割れが入ると考えられる。凍上性の材料で構成された路床まで凍結が入り、路肩から

の水分の供給がある場合、図-1の左図のように、路肩側の路床にアイスレンズが発生・発達し、舗装版が持ち上げられる。ここに車輛荷重が繰り返しかかり縦断的にひび割れが発生する。またこの場合、融解期には路肩端部の支持力の低下をまねき、新たなひび割れの発生要因となる。一方、図-1の右図のように路床にアイスレンズが発生した場合、車輛荷重がかかることにより横断方向にひび割れが発生する。また先述と同様に、融解期には舗装版直下の支持力の低下をまねき、新たなひび割れの発生要因となる。

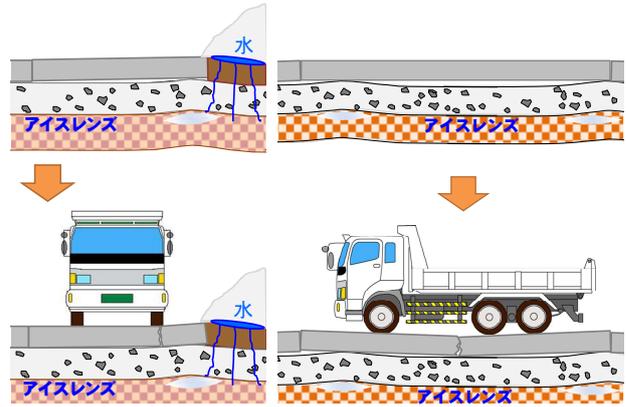


図-1 凍上によるひび割れ発生メカニズム

4. 既設コンクリート舗装の実態調査

既存の設計法で積雪寒冷地に施工されたコンクリート舗装の実態調査を行った。調査箇所はアスファルト舗装によってオーバーレイされていない舗装構成の異なる明かり部のコンクリート舗装2箇所とした。

調査箇所の概要を表-2に示す。なお、調査箇所名については以降表中に示す略称を使用する。

調査内容は、表-3に示す目視調査、凍上量調査、FWD調査の3項目とした。なお、凍上量調査、FWD調査については、後述する目視調査にて構造的なひび割れが確認されたR231増毛のみで行っている。

表-2 調査箇所の概要

調査箇所	略称	交通量区分	施工年	調査時点の供用年数	延長(m)
一般国道229号神恵内村	R229神恵内	N4	H7~8	19~20年	2,838
一般国道231号増毛町	R231増毛	N4	S55~61	29~35年	5,449

表-3 調査項目

調査箇所	調査項目		
	目視調査	凍上量調査	FWD調査
R229神恵内	○	—	—
R231増毛	○	○	○

(1) 調査内容

a) 目視調査

コンクリート舗装区間全延長に対し、徒歩による目視調査を行い、Co版の構造的な破損である写真-1に示すような横断方向に貫通する横断ひび割れと、版の縦断方向に版延長の半分以上の延長にわたる縦断ひび割れが発生しているCo版の枚数をとりまとめた。

b) 凍上量調査

目視調査によって確認されたひび割れと凍上との関連性を把握するため、凍上量調査を実施した。調査期間は平成28年12月~29年3月であり、調査箇所は横断ひび割れが発生しているCo版と、これに隣接する健全なCo版とした。12月に凍上前の路面高を計測し、当該地域において凍上量が最大となると考えられる2月下旬と3月上旬に再度路面高を計測し、その差を凍上量として整理した。

c) FWD調査

FWDによるたわみ量測定法（以下、FWD調査）により、Doたわみ量を測定し、舗装体のDoたわみ量、目地部の荷重伝達率、およびCo版下の空間の有無を評価した。



写真-1 Co版の構造的な破損
(左:横断ひび割れ, 右:縦断ひび割れ)

(2) 調査結果

a) 目視調査

調査結果と、調査箇所の舗装構成を図-2に示す。調査区間の舗装構成は、ともに当該路線の20年確率の理論最

コンクリート舗装 t=20cm	コンクリート舗装版 t=25cm
上層路盤 (切込碎石40mm級) t=25cm	上層路盤 (切込碎石30mm級) t=15cm
凍上抑制層 (切込碎石80mm級) t=25cm or 0cm	下層路盤 (切込碎石40mm級) t=25cm
路床(岩盤)	凍上抑制層 (切込碎石80mm級) t=15cm
	路床(レキ質土) 【凍上性】

調査路線名	R229 神恵内	R231増毛
横断ひび割れCo版数(枚)	0	40
縦断ひび割れCo版数(枚)	0	7
ひび割れ発生頻度(件/km)	0.00	8.63

図-2 舗装構成と目視調査結果

大凍結深さの70%にあたる深さまで凍上性の低い材料で構成されている。また、R229神恵内の路床材料は凍上性が低いと考えられる岩盤である。一方、R231増毛はNEXCO基準の凍上試験で不合格となるレキ質土となっている。

ひび割れの発生数、発生頻度に着目すると、路床が凍上性の材料であるR231増毛はR229神恵内と比較すると高い値となっており、ひび割れの発生に路床材料の凍上性が影響していることが推察される。

b) 凍上量調査

調査箇所近傍のAMeDASデータより整理した凍結指数、最大積雪量、および実測した最大凍上量を表-4に示す。調査期間の凍結指数は平年並みであったが、積雪量は非常に少なく、路面が外気にさらされやすい環境であったことから、路床まで凍結が入ったと考えられ、調査期間に最大13mmの凍上が観測された。

c) FWD調査

最大13mmの凍上が確認されたため、平成29年4月20日にCo版下の支持力等を確認するため、FWD調査を実施した。FWD調査の結果を図-3、表-5に示す。また、FWD調査位置およびCo版のひび割れ発生状況を図-4に示す。D₀たわみ量は、健全な版では平均値が版央で160μm程度、目地部で240μm程度であり、ばらつきは小さい状況であった。一方、ひび割れの生じた版では、D₀た

わみ量は最大で587μmであり、たわみ量、ばらつきともに大きい傾向となった。特に、図-4の図中に赤線で示した新たなひび割れが確認された位置において、たわみ量が大きく、支持力の低下が顕著であった。また、ひび割れの発生している版の目地部では荷重伝達率が80%以下を示し荷重伝達が不十分な箇所が確認された。

d) 実態調査における考察

凍上が生じたCo版におけるD₀たわみ量は400μmを超える値が計測されたことから、路盤面に不陸が生じCo版下に空間が発生していると考えられる。このことから、図-1に示したように凍上に起因して、疲労によりひび割れが発生したと判断される。

また、ひび割れの生じたCo版の目地部では荷重伝達機能が低下しており、今後目地部で段差が発生するなど、走行への影響が懸念される。

さらに、最大凍上量観測日からひび割れ発生を確認するまでの期間は二ヶ月程度であり、凍上による不陸が発生すると短い期間で構造的な破損に至ることが確認され、設計における凍上対策の見直しが必要と考えられる結果となった。

表-4 気象条件と凍上量

	調査年の値	過去10年の平均値
凍結指数 (°C/days)	272.4	256.6
最大積雪深 (cm)	69	136
最大凍上量 (mm)	13	-
最大凍上量観測日	H29.2.22	-

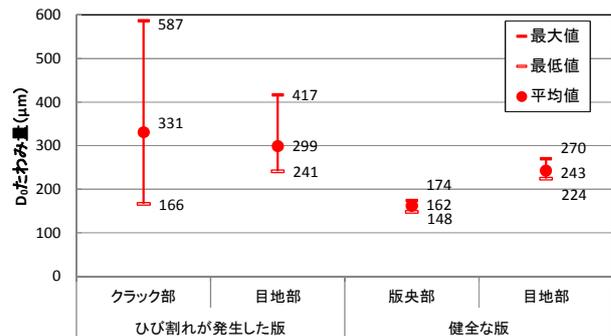


図-3 FWD 調査結果

表-5 FWD 調査結果

No.	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10
箇所	ひび目地	既存ひび	ひび目地	既存ひび	新規ひび	ひび目地	健全版央	健全目地	健全版央	健全目地
D ₀	241	166	268	371	587	288	148	238	174	238
D ₃₀₀	179	158	222	386	530	208	137	184	162	171
荷重伝達	85%	-	91%	-	-	84%	-	87%	-	84%

No.	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
箇所	ひび目地	既存ひび	ひび目地	新規ひび	-	ひび目地	健全版央	健全目地	健全版央	健全目地
D ₀	265	172	417	402	285	317	155	224	170	270
D ₃₀₀	149	163	375	363	303	207	141	183	157	178
荷重伝達	72%	-	95%	-	-	79%	-	90%	-	80%

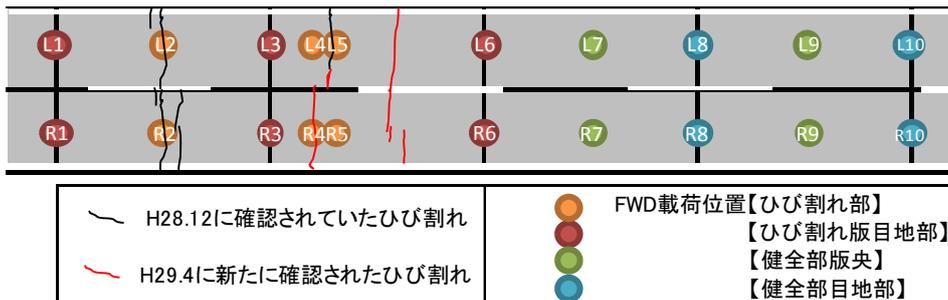


図-4 FWD 調査位置および Co 版のひび割れ発生状況

5. FEMによる凍上の影響の評価

実態調査の結果より、凍上による路盤とCo版の間に生じた空間が早期のひび割れ発生の要因となったと考えられることから、この現象が舗装版へ与える影響を検証するためFEM解析を用い、評価を試みた。

(1) 調査結果

当研究所所有の苫小牧寒地試験道路にて、FEM解析に用いるCo版のサイズに合わせた3.5m×10.0mの範囲において凍上形状の計測を行った。

計測は冬期間、アスファルト舗装の標高をメッシュ状に計測し、秋期に計測した初期値との標高差より凍上量を算出する方法を用いた。なお、軸方向はFEM解析モデルにおける軸方向と一致させている。計測結果をコンター図で表したものを図-5に示す。凍上量は一律ではなく不陸が生じていることがわかる。

この計測結果を用い、平面と仮定したCo版下面と凍上により不陸が生じた路盤表面の間に生じる空間幅を計算した結果、Co版と路盤面の間に最大約19mmの空間が生じた。このことから、今回計測した凍上による不陸形状を凍上によるCo版への影響検証を行うことが可能と判断し、以後の解析に用いることとした。

検証モデル（以下、凍上モデル）は、空間幅5mm未満をCo版と密着、5mm以上10mm未満を5mmの空間、10mm以上15mm未満を10mmの空間、15mm以上20mm未満を15mmの空間として作成した。

(2) 解析条件

FEM解析はPave3Dを用い、モデルサイズはCo版1枚を想定した幅3.5m×長さ10.0m×深さ3.5mとした。

解析モデルの地盤条件を表-6に示す。Co版、粒状材料の弾性係数およびポアソン比は、「舗装設計便覧」に示されている代表的な値を用いた。なお、融解期の路床の支持力低下時における弾性係数については設計CBRの下限値である3に10を乗じた値とした。^{1) 2)}

また、舗装厚についてはR231増毛における現在の20年設計の断面より決定し、凍結深さは当該地区の20年確率理論最大凍結深さである100cmとした。

解析に用いた要素分割間隔はX、Y軸方向ともに12.5cm、Co版におけるZ軸方向の要素分割間隔は5.0cmとした。

荷重条件は実際にダンプトラックを用いた計測により得られた条件³⁾を用いた。荷重位置は図-6の赤色の着色の位置であり、X軸方向は前輪路肩側の荷重中心位置が縦自由端部から100cm離れとなる位置とし、Y軸方向はCo版に生じる引張応力が最大となる位置を繰り返し計算により求めた結果、凍上モデルにおける路盤表面とCo版の間の空間上に後輪が荷重される位置となった。

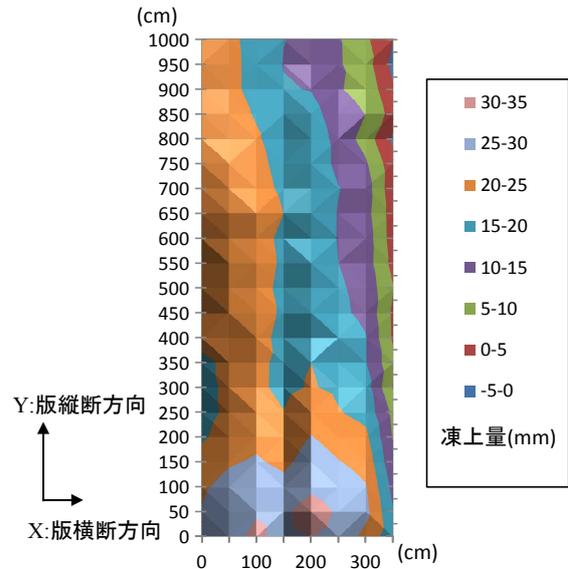


図-5 凍上による不陸高さのコンター図

表-6 解析モデルの地盤条件

	層厚 (mm)	弾性係数 (MPa)	ポアソン比	密度 (kg/m ³)
コンクリート舗装	250	28,000	0.2	2,500
上層路盤	300	200	0.35	2,040
下層路盤	300	200	0.35	2,040
路床	2650	100	0.4	-
路床(支持力低下時)	150	30	0.4	-

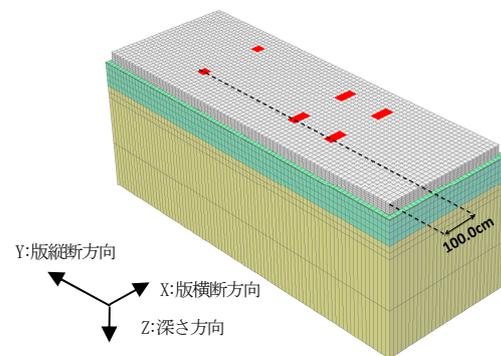


図-6 荷重荷重位置

(3) 解析内容

路盤上面に不陸の発生していない①標準モデルと、凍上により路盤とCo版の間に空間が生じた②凍上モデル、融解期における路床の支持力低下を考慮し深さ85~100cmの位置の支持力を100MPaから30MPaに低減した③支持力低下モデル、およびFWD試験結果より、凍上が発生した箇所が融解期を迎え、Co版と路盤の間に空間が生じている可能性や路床の支持力が低下している可能性が示唆されたことから、凍上モデルにおいて深さ85~100cmの位置の支持力を30MPaに低減した④複合モデルを作成し、解析を行った。

(4) 解析結果

a) 凍上に対する検討

凍上モデルにおけるFEM解析結果を図-6に示す。また、検討モデル別に最大引張応力と発生位置を整理したものを表-7に示す。

凍上モデルの最大引張応力は1.42MPaとなり、標準モデルの0.23MPaと比較して、約6倍の引張応力が生じる結果となった。また、両モデルとも最大引張応力の発生位置は版中央部の下面端部であり、この位置から版下面の横断方向に高い値で引張応力が分布していた。このことから、疲労によりひび割れが生じる場合、版端部下面より横断方向にひび割れが生じると想定される。

b) 支持力低下に対する検討

支持力低下モデルでは表-7に示すように、最大引張応力は0.46MPaであり、支持力低下を起こしていない標準モデルの2倍の値となった。

c) 凍上と融解期の支持力低下の複合作用の検討

複合モデルでは表-7に示すように、最大引張応力は凍上モデルより大きな1.60MPaとなり、標準モデルの約7倍の値となった。

以上より、凍上による不陸や路床の支持力低下によってCo版に生じる引張応力が増大することが確認された。

6. 既設コンクリート舗装の実態調査

FEM解析を行った結果、最大引張応力に差が見られた標準モデルと凍上モデルを用い、凍上により生じるCo版と路盤間の空間が舗装体の寿命に及ぼす影響を評価した。本検討では、舗装寿命を「舗装設計便覧」のコンクリート舗装の理論設計方法を用いて、疲労度を算定し評価を行った。

(1) 条件の設定

積雪寒冷地におけるコンクリート舗装の供用状況を再現するため、以下のように条件を設定した。

温度応力の算定にあたっては、「舗装設計便覧」に示されている温度分布と実測値を比較し、発生頻度分布が近似している「温度差の小さいところ」の分布を引用した。なお、実測値はR231増毛と同一路線の石狩市浜益区送毛のCo版のデータを用いている。

舗装厚・車線数・車線幅員については、石狩市浜益区送毛のCo版の値を用い、舗装厚25cm、車線数2、舗装版延長10.0m、舗装版幅3.5m、車線幅員3.25mとした。

交通量については一般国道231号において既往の車両重量調査結果が無い場合、この区間の交通量(交通量区分N4:大型車交通量341台/日)と同等程度の交通量である一般国道238号稚内市声間(交通量区分N4:大型車交通量547台/日)の調査結果を用いた。

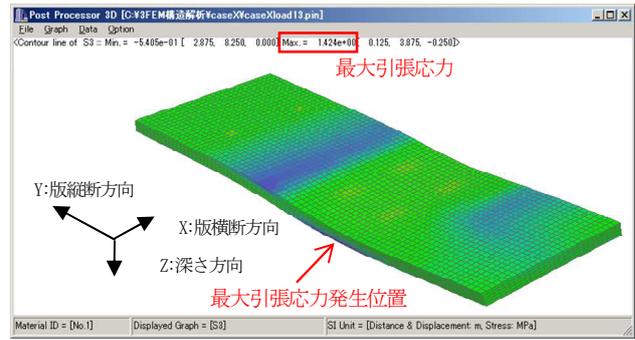


図-6 応力度コンター図(凍上モデル)

表-7 FEM解析結果

	最大引張応力 (MPa)	標準モデル との比較	最大引張応力 発生位置
①標準モデル	0.23	-	版端部下面
②凍上モデル	1.42	6.2倍	版端部下面
③支持力低下モデル	0.46	2.0倍	版端部下面
④複合モデル	1.60	7.0倍	版端部下面

表-8 疲労度の計算条件

設定された舗装の目標	
ひび割れ率〔性能指標値〕(cm/m ²)	10
信頼度(%)	90
舗装版の条件	
舗装の種類	普通コンクリート舗装
曲げ強度(MPa) ※現道の採取コアの平均値	5.4
弾性係数(MPa)	28,000
ポアソン比	0.2
温度膨張係数(1/°C)	10 × 10 ⁻⁶
横目地間隔(m)	10
目地	ダウエルバー使用
交通条件	
大型車混入比率	郊外部
温度差が正の時に走行する大型車数/大型車の全交通量	0.60
温度差が負の時に走行する大型車数/大型車の全交通量	0.40
舗装した十分な幅の路肩	ある
着目点	
着目点	縦自由端部
想定ひび割れ	横ひび割れ

疲労度を算定するための設計期間は、標準モデルでは標準的な設計期間である20年、R231増毛の供用期間である35年、および疲労度1.0を超える期間とした。

疲労度の計算条件を表-8に示す。FEM解析結果をもとに横断ひび割れを対象とし、疲労着目点を縦自由端部・横ひび割れとした。また、曲げ強度は、実態調査を行ったR231増毛等より採取したコア(n=9)の試験結果の平均値である5.4MPaを用いた。

(2) 合成応力の算出

「舗装設計便覧」に示されている疲労度の算定方法には、式(1)に示すように凍上を考慮する項目がないため、式(2)に示すように凍上による影響を反映させることを試みた。

$$\sigma_m = \sigma_{ij} + \sigma_{ik} \quad (1)$$

$$\sigma_m = \sigma_{ij} + \sigma_{ik} + \sigma_{ij} \quad (2)$$

ここに、 σ_m ：合成応力

σ_{cj} ：輪荷重 P_i が走行位置 j を通過した場合の輪荷重応力

σ_{tk} ：コンクリート版上下面温度差 k による温度応力

σ_{ij} ：輪荷重 P_i が走行位置 j を通過した場合の凍上に起因する輪荷重応力の増分

σ_{ij} は表-9 に示す様に、輪荷重 P_i が走行位置 j を通過した場合の「モデル間における各条件の最大引張応力の差」より求めた。表-9 では算出した最大引張応力の代表値として、走行位置 j が縦自由端部から 105cm および 15cm の位置に輪荷重 P_i が作用した場合の計算値と応力差を示している。軸荷重が大きくなるほど、また載荷位置が縦自由端部に近いほど、標準の条件と凍上した条件における応力差が大きくなり、合成応力に加算される値が増加する傾向となっている。

(3) 疲労度の算定

上記にて設定した条件、および得られた合成応力を疲労度の算定式に入れ、計算を行った。なお、疲労度の算定にあたっては、「舗装設計便覧」に示されている「我が国のコンクリート舗装の実績によって検証されている疲労曲線」(以下、A曲線)、および「最近の研究成果によって定められた疲労曲線」(以下、B曲線)の双方の計算を行い、B曲線については「舗装設計便覧」に示される破壊確率50%を用いた。

結果を表-10に示す。網掛け部分は、写真-1に示したような版全幅にわたり貫通する1本の横断ひび割れが生じることとなる疲労度1.0を上回る結果を示している。

標準の条件ではR231増毛の現在の供用年数である35年においても疲労度が1.0を上回らない結果となり、供用48年の条件においてA曲線で疲労度が1.0を超えた。

一方、凍上した条件には、A曲線において18日の供用で、B曲線では90日で疲労度が1.0を上回った。

以上の結果より、凍上が発生しなければ、20年以上構造的な損傷が生じない舗装でも、凍結が路床まで到達し、凍上が発生した場合、数十日でCo版に構造的な損傷の発生する可能性があることが確認された。

(4) 実態調査結果との比較

前述した実態調査において、横断ひび割れ等が他の路線より高い割合で確認されたR231増毛においては、FEM解析と疲労度の算定で示されたように、凍上により生じたCo版と路盤面との空間や、路床の支持力低下によって、車輛走行によりCo版に生じる引張応力が増加し、短い期間に疲労度が1.0を超え構造的な損傷に至ったと判断される。また、実態調査では最大凍上量確認後から60日程度でひび割れが確認されたが、FEM解析を用いた疲労度の算定においても同様の結果となった。

表-9 最大引張応力

軸荷重 P_i (kN)	1日の通過輪数	舗装版端部にかかる最大引張応力 (MPa)				応力差 (MPa)	
		標準モデル		凍上モデル		走行位置 $j=105\text{cm}$	走行位置 $j=15\text{cm}$
		走行位置 $j=105\text{cm}$	走行位置 $j=15\text{cm}$	走行位置 $j=105\text{cm}$	走行位置 $j=15\text{cm}$		
9.8	1,229	0.03	0.12	0.25	0.43	0.22	0.31
19.6	252	0.06	0.23	0.42	0.80	0.37	0.57
29.4	274	0.09	0.35	0.60	1.16	0.52	0.82
39.2	49	0.12	0.46	0.78	1.53	0.67	1.07
49.0	23	0.15	0.58	0.97	1.90	0.82	1.32
58.8	10	0.18	0.69	1.14	2.26	0.97	1.57
68.6	2	0.21	0.81	1.32	2.63	1.12	1.82
78.4	2	0.23	0.92	1.50	3.00	1.27	2.07
88.2	0	0.26	1.04	1.69	3.37	1.42	2.33
98.0	0	0.29	1.15	1.87	3.73	1.57	2.58

表-10 疲労度の試算結果

	設計期間	疲労度	
		A曲線	B曲線
標準の条件	20年	4.10E-01	4.00E-02
	35年(供用年数相当)	7.40E-01	5.00E-02
	48年	1.01E+00	7.00E-02
凍上した条件	18日	1.06E+00	2.00E-02
	60日(1シーズン)	3.14E+03	7.90E-01
	90日	3.29E+03	1.03E+00

7. 結論

一部の凍上性材料が凍結深さ内の路床に用いられていた箇所において、凍上と路床の支持力低下が要因と考えられる Co 版のひび割れを確認した。また、解析の結果、凍上が発生しなければ、20年以上構造的な損傷が生じない Co 版でも、凍結が路床まで到達し、凍上が発生した場合、数十日で構造的な損傷の発生する結果となった。

以上より、凍上性材料が凍結深さ内の路床に用いられ、Co 版下面に不陸が発生すると舗装寿命が低下することが明らかになったことから、積雪寒冷地のコンクリート舗装の路床設計においては、凍結深さまで非凍上性材料で構成させることが最善と考える。

8. 研究成果の普及

当研究所を含む産・学・官から構成された北海道土木技術会において、「積雪寒冷地におけるコンクリート舗装の設計・施工に関する手引き(案)」が平成29年9月にとりまとめられ、本研究成果が反映された。なお、この手引き(案)は、北海道土木技術会または当研究所のHPよりダウンロード可能である。

参考文献

- 1) (公社) 日本道路協会：舗装設計便覧 p.114, 2006.
- 2) 北海道開発局：道路設計要領, p1-5-3, 2017.
- 3) 安倍隆二, 田高淳：動的載荷におけるアスファルト舗装の引張りずみに関する一考察, 寒地土木研究所月報 No. 653, p.12, 2007.

鉄筋コンクリート部材中の 鉄筋腐食状況および含水状態に関する実態調査

松沢 晃一¹

¹建築研究所 材料研究グループ (〒305-0802 茨城県つくば市立原1)

本研究では、鉄筋腐食の要因の1つである水分に着目し、鉄筋コンクリート部材中の質量含水率と部位、方位、降雨などの環境条件との関係、雨掛かり部である庇について部材中の含水状態を測定し、内部の鉄筋腐食状況を確認するとともに、躯体部分についても鉄筋腐食と中性化の関係について検討を行った。その結果、雨掛かりがある場合は、ない場合と比較して降雨などにより部材中の質量含水率が変化しやすいこと、庇は元端側と比較して先端側の質量含水率が高く、鉄筋の腐食度も高くなる傾向にあること、また、中性化は南面で進行しやすく、鉄筋は、東面や南面、雨掛かり部やひび割れ部で腐食しやすいことが確認された。

キーワード 鉄筋コンクリート部材、鉄筋腐食、含水状態、中性化

1. はじめに

既存鉄筋コンクリート造建築物については、持続型社会の形成のための利活用に向けた健全性診断および長寿命化のための維持管理技術の開発が課題となっている。そのため、各関連学協会においても新たな指針や仕様書の作成などが行われている。

鉄筋コンクリート造建築物の耐久性判断は、基本的には鉄筋腐食の有無によるが、一般にはコンクリートの中酸化深さと令第 79 条や品確法の劣化対策評価方法基準などによる鉄筋のかぶり厚さとの対比で行われている。しかし、中性化や塩分が、かぶり厚さに達することと鉄筋腐食の開始とは必ずしも一致しないため、中性化や塩分がかぶり厚さに達した後も継続して使用できるかどうかの耐久性判断の基準がまだ十分に整理されていないのが現状である。さらに、経年した鉄筋コンクリート造建築物を健全に、そして、継続して供用するためには、定期的な補修や改修が不可欠であるが、それらの箇所が健全な状態で維持されているかという情報も十分に整理されていない。

本研究では、鉄筋腐食の要因の1つである水分に着目し、鉄筋コンクリート部材中の質量含水率と部位、方位、降雨などの環境条件との関係に関する実態調査を行った。また、雨掛かり部である庇について、部材中の含水状態を測定し、内部の鉄筋腐食状況を確認するとともに、躯体部分についても鉄筋をはつり出し、鉄筋腐食と中性化の関係について検討を行った。

2. 調査対象建築物

写真－1 に調査対象建築物の外観、表－1 に概要、図－1 に図面を示す。調査対象建築物は、埼玉県草加市にある団地内に立地する 4 階建て壁式鉄筋コンクリート造集合住宅 1 棟である。本建築物は 1963 年に建設された。そして、1983 年に外壁改修をともなう大規模修繕工事が行われ、2015 年まで供用されていた。



(a) 南側

(b) 北側

写真－1 調査対象建築物の外観

表－1 調査対象建築物の概要

諸元	内容
階数・構造種別・用途	4階建・壁式鉄筋コンクリート造・集合住宅
所在地・竣工年	埼玉県草加市・1963年
セメント・コンクリート	N・普通コンクリート
設計基準強度	15N/mm ² (建設時 150kgf/cm ²)
部材の設計厚さ	耐力壁 150mm, スラブ 110mm, 基礎立上り 230mm
外壁仕上げ	モルタル仕上げの上に色モルタル (着色したモルタルで塗厚 3mm 以上) 吹付
外壁改修仕上げ (年)	リシン吹付 (1983年)

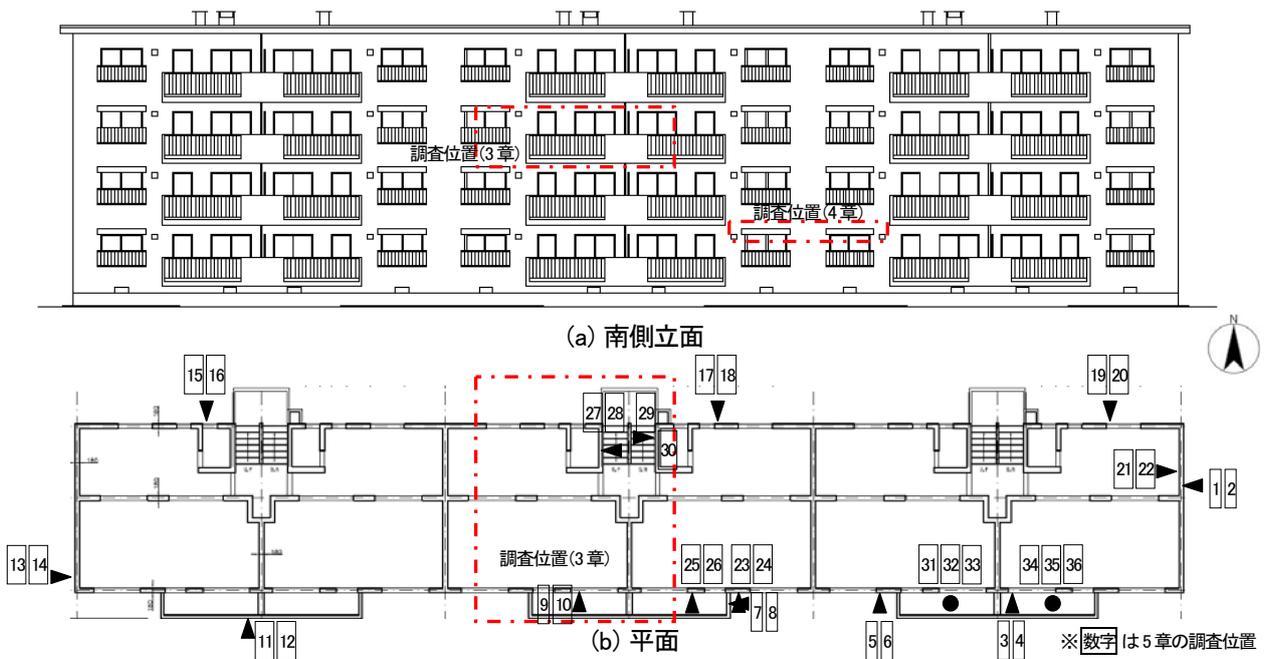


図-1 調査対象建築物の図面

3. 降雨による含水状態の変化

(1) 調査位置

調査は3階部分の壁およびスラブ（バルコニー）について行った（図-1, 2）。壁は南側および北側の雨掛かりの有無で4箇所、スラブは南側の屋内側と屋外側の2箇所とし、試料採取は雨天時または雨天後3回、晴天時2回の計5回行った（表-2）。なお、気象データは、当該建築物から北に約6km離れた位置にある気象庁越谷観測所のものである。

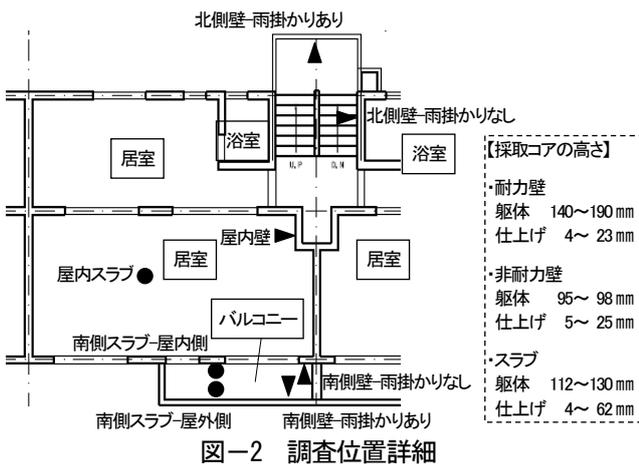


図-2 調査位置詳細

表-2 調査日概要

試料採取日	記号	備考
2016年11月12日	1回目雨天	前日40.5mmの降雨あり
2016年12月8日	2回目晴天	当日までの降雨量20mm以下が7日継続
2017年10月23日	3回目雨天	前日109.0mm、当日45.0mmの降雨あり
2018年1月19日	4回目晴天	降雨量50mmの日から2日後
2018年2月3日	5回目雨天	前々日6.5mm、前日30.0mmの降雨あり

(2) 調査項目

調査項目はコア供試体の質量含水率とした。試料採取には乾式コアドリルを用いて直径83mmのコアを採取し、仕上げモルタルとコンクリートの界面で切断した。そして、コンクリートを両端から25, 50mmの位置で切断した試料（写真-2）をJIS A 1476に準拠して105°Cで乾燥させ、乾燥前後の質量変化により算出した。コアの切断は乾式で行った。調査に先立ち、屋内壁およびスラブについて、湿式コアドリルにて直径100mmのコンクリートコアを採取して圧縮強度試験（JIS A 1107）を行った結果、壁が18.0N/mm²、スラブが26.0N/mm²であった。

(3) 調査結果

図-3に鉄筋コンクリート部材中の含水率分布を示す。南側壁（図-3(a)）では、雨掛かりありは降雨の有無による差はほとんどみられないが、全体に質量含水率が高い。3回目雨天時はコンクリート表層部と比較して、モルタル仕上げ部の質量含水率が高く、晴天時は内部と比較して表層部が低い。雨掛かりなしは、屋内側モルタル仕上げ部の質量含水率が若干高いが、降雨の有無に関係なく、部材内の含水状態はほぼ一定である。なお、雨掛かりなしの方が、雨掛かりありより質量含水率が低い。



写真-2 含水率測定用試料

北側壁 (図-3(b)) は、雨掛かりありは晴天時と比較して雨天時、屋外側と比較して屋内側の質量含水率が高くなる傾向にある。これは、降雨により部材が水を含むこと、屋内側の空気が滞留しやすく、高湿度状態が長時間となると考えられる。雨掛かりなしは、屋外側は降雨の有無による差はほとんどなく、屋内側で降雨により質量含水率が高い。これは、屋外側は雨が掛かりにくく、空気も循環しやすいが、屋内側は空気が滞留しやすいために、湿度が高く、降雨時には、さらに高湿度となると考えられる。なお、北側壁も南側壁と同様に、雨掛かりなしの方が雨掛かりありより質量含水率は小さい。

スラブ (図-3(c)) は、屋外側は上面側の質量含水率が高く、下面は低い、仕上げ部で若干高い。しかし、降雨の有無による差は明確ではない。屋内側も、屋外側と同様の傾向であるが、屋外側と比較して全体的に質量含水率が低い。これは、水勾配の影響が考えられる。

4. 庇の含水状態と鉄筋腐食状況

(1) 調査位置

調査は南側1階部分の庇2箇所 (写真-3) について行った (図-1(a) : 左側を庇B, 右側を庇Cとする)。

(2) 調査項目

調査項目は外観調査、自然電位、鉄筋位置、かぶり厚さ、表面含水率、コンクリートの質量含水率、鉄筋腐食度とした。なお、それぞれの部材のコアによる圧縮強度は、庇Bが22.2N/mm²、庇Cが17.5N/mm²であった。

(3) 調査結果

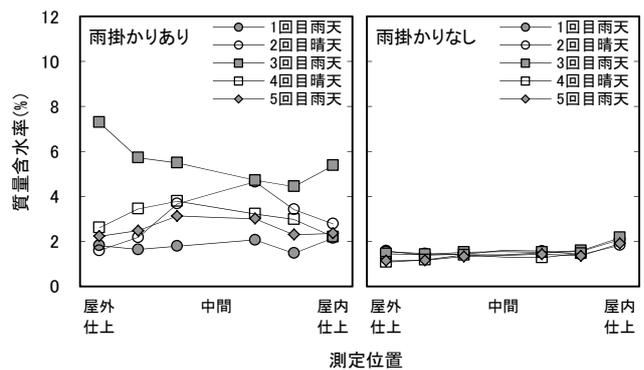
a) 外観

図-4に外観調査結果を示す。両部材とも下面に補修跡があり、庇Bについては上面にも補修跡があった。これらの補修跡は庇の先端側にみられ、先端側の鉄筋が腐食している可能性が示唆される。また、ひび割れは、下面と比較して先端側や上面に多く見られた。これは、日射や降雨などの影響を受けやすい箇所であるためと考えられる。

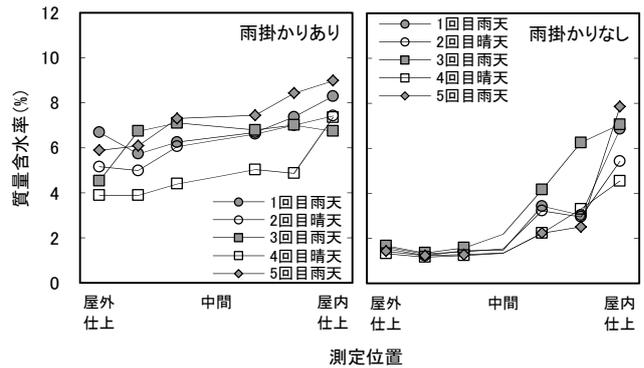
b) 鉄筋位置および自然電位

図-5に鉄筋位置および自然電位の測定結果、表-3にASTMによる鉄筋腐食性評価を示す。なお、図中のコンターは等電位分布を表している。かぶり厚さについては、一部で30mmを下回っていたが、その他は30mm以上が確保されていた。

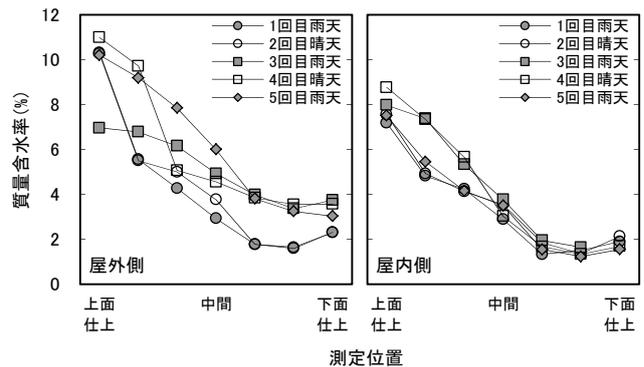
自然電位の測定は、鉄筋の交差点およびその中間点とした。ASTM C 876 (表-3)によれば、鉄筋腐食の可能性は大部分で「不確定」と評価されるが、電位が卑(低い)な傾向にあり、鉄筋が腐食していると推定される。



(a) 南側壁



(b) 北側壁



(c) 南側スラブ

図-3 鉄筋コンクリート部材中の含水率分布



(a) 庇 B(左側)

(b) 庇 C(右側)

写真-3 調査対象の庇

c) 表面含水率

水分率の測定は、分離した二極端子を有する電気抵抗式コンクリート水分計 (測定深度40mm) により、測定位置は鉄筋間の中央部である (図-6)。ばらつきがあるが、元端側より先端側の表面含水率が高い傾向にある。

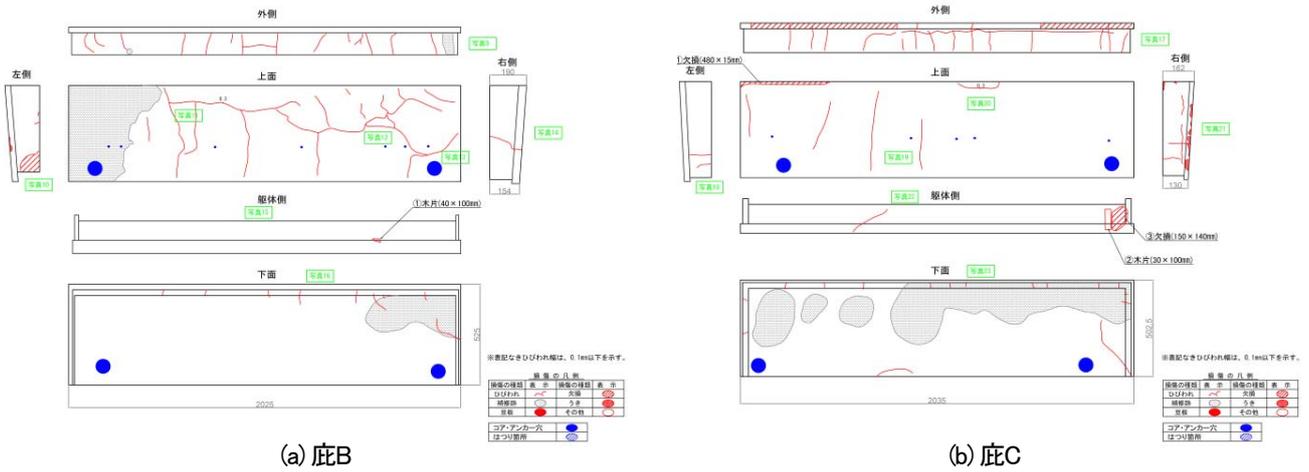


図-4 外観調査結果

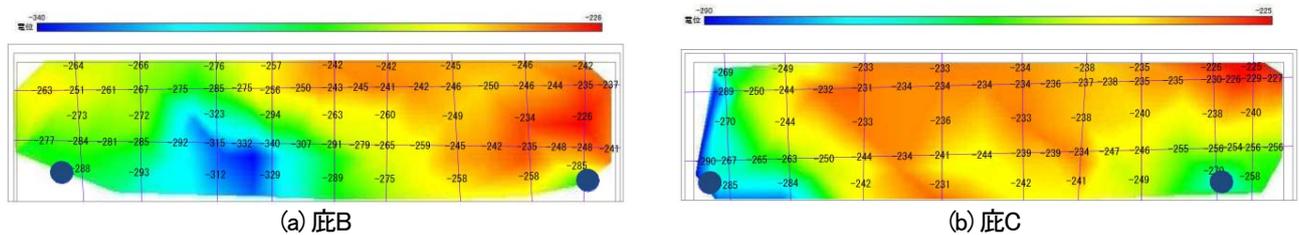


図-5 鉄筋位置および自然電位測定結果（見上げ図，下が元端側）

d) コンクリートの質量含水率

質量含水率測定には、前章と同様に乾式コアドリルを用いて採取した直径83mmのコアを用いた。採取位置は、それぞれの庇で先端側，元端側2箇所ずつとし（図-7），質量含水率は図-8のようにカットした試料から求めた。その結果を図-9に示す。なお，本章では，表層や補修に用いられたモルタル部分を含んだ試料により質量含水率を算出した。

庇 B と庇 C は、同一建築物内で同一材料を用いて施工され、そして、近い場所にある部材であるが、両者で含水状態が大きく異なる。また、同一部材内であってもコアの採取位置，コアの断面内でも含水状態が異なっている。同一庇では、元端側と比較して先端側の質量含水率が高い。これは、元端側から先端側に向かって雨水が流れるためと考えられる。この傾向は表面含水率（図-6）と同様である。また、庇 C で先端側の質量含水率が高いが、補修の影響があると推測される。

表-3 ASTM C 876 による鉄筋腐食性評価

自然電位 (E) (mV vs CSE)	鉄筋腐食の可能性
$-200 < E$	90%以上の確率で腐食なし
$-350 < E \leq -200$	不確定
$E \leq -350$	90%以上の確率で腐食あり

同一部材断面内では、庇の下面から上面にかけて質量含水率が高くなり、上面の表層側で若干低下している。雨水は庇の上面にかかり、徐々に下面に拡散するが、表層に関しては、外気と接しているため、内部と比較して乾燥状態にあると考えられる。

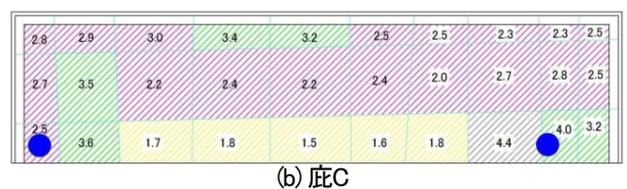
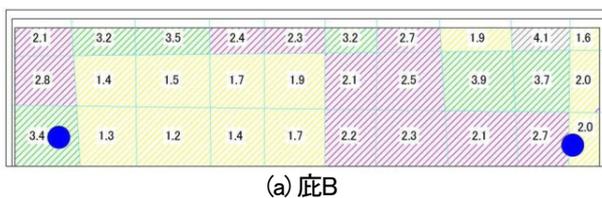


図-6 表面含水率（見上げ図，下が元端側）

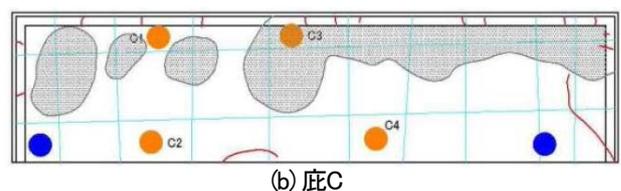
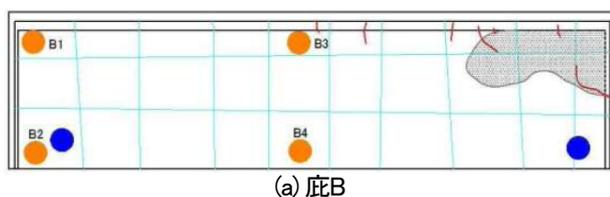


図-7 コア採取位置（見上げ図，下が元端側）

e) 鉄筋の腐食度

ここでは、底Bおよび底Cを切り出した後に鉄筋をはつり出し、内部に配筋されていた鉄筋の種類、径、腐食状況を確認した。その結果、鉄筋の種類は丸鋼、径は9、13mmであり、設計通りであった。図-10に底内部の鉄筋の腐食グレード評価結果を示す。なお、鉄筋の腐食グレード評価は日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断および補修指針（案）・同解説」によった（表-4）。両底の鉄筋とも全体に腐食が確認され、一部には断面欠損もみられた。これは、自然電位測定結果（図-5）と概ね一致する結果となった。

5. 躯体の中性化と鉄筋腐食状況

(1) 調査位置

調査は図-1に示す36箇所について行った。表-5に調査箇所の概要を示す。中性化深さは鉄筋周辺5箇所の平均値、鉄筋の腐食グレードは表-4に準じて評価した。

(2) 調査項目

調査項目は仕上げ状況観察、コンクリートの中性化深さ、鉄筋腐食度とした。調査は、鉄筋位置を鉄筋探査機（電磁波レーダー法）にて確認し、該当箇所の仕上げについて、目視および打診にて確認を行った。その後、電動ピックを用いて、仕上げおよびかぶりコンクリートを範囲150×150mm程度、最大深さ80mm程度までは取り、鉄筋を露出させ、腐食状況を確認した。また、コンクリートをはつり取った箇所に1%フェノールフタレイン溶液を噴霧し（JIS A 1152）、中性化深さを測定した。

(3) 調査結果

a) 中性化深さ

図-11にそれぞれ屋外、屋内、雨掛かり、仕上面のひび割れと中性化深さの関係を示す。屋外は、北面、東面、西面と比較して、南面の壁や基礎梁の中性化が10mm以上進行していた。また、屋内は、測定箇所が少ないものの、中性化が南面の壁や基礎梁と同様に進行していた。雨掛かりの有無、ひび割れの有無については、どちらも顕著な差はみられなかった。

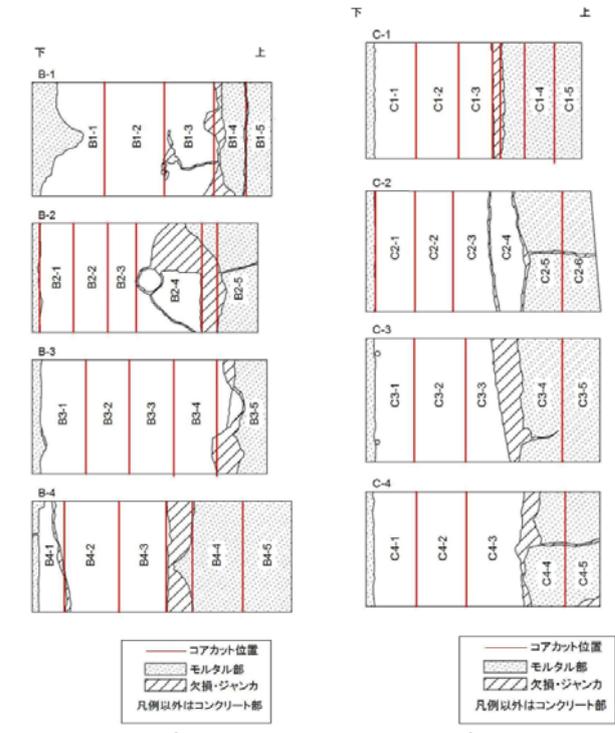
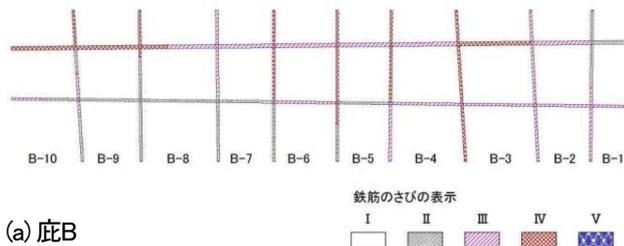


図-8 コア概要（左側が下面）

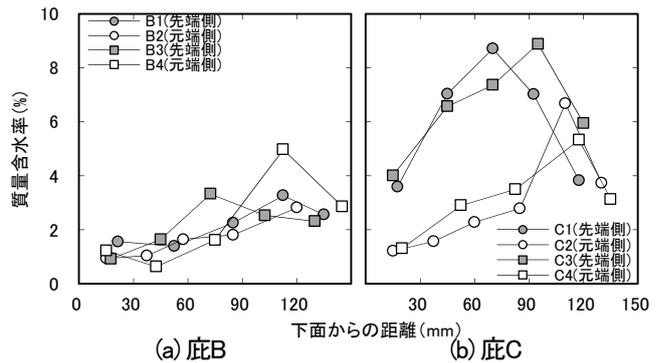


図-9 含水率測定結果

表-4 日本建築学会による鉄筋の腐食度評価基準

グレード	評点	評価基準
I	0	腐食がない状態、または表面にわずかなさびが生じている状態
II	1	表面にさびが広がって生じている状態
III	2	さびが広がって面さびとなり、部分的に浮きさびが生じている状態
IV	4	浮きさびが広がって生じ、コンクリートにさびが付着し、断面積で20%以下の欠損を生じている箇所がある状態
V	6	厚い層状のさびが広がって生じ、断面積で20%を超える著しい欠損を生じている箇所がある状態

(a) 底B

(b) 底C

図-10 鉄筋の腐食グレード（見上げ図、下が元端側）

表-5 調査箇所概要

No.	環境	方位	位置	雨掛 かり	仕上げ ひび 割れ (mm)	躯体 ひび 割れ (mm)	中性化 [*] (mm)	最小 かぶり (mm)	腐食 グレード [*]
1	屋外	東	1F壁	あり	0.20	0.15	538	35	IV
2	屋外	東	1F壁	あり	—	—	454	21	III
3	屋外	南	1F壁	なし	0.15	0.30	(58)	7	III
4	屋外	南	1F壁	なし	—	—	(66)	9	I
5	屋外	南	基礎梁	あり	0.35	0.10以下	(88)	63	II
6	屋外	南	基礎梁	あり	—	—	678	59	I
7	屋外	南	1F手摺壁	あり	1.00	3.00	(76)	28	III
8	屋外	南	1F手摺壁	あり	—	—	478	46	III
9	屋外	南	1F梁	なし	0.20	—	(76)	27	I
10	屋外	南	1F梁	なし	—	—	(76)	26	I
11	屋外	南	1F手摺壁	あり	0.20	—	(38)	0	v
12	屋外	南	1F手摺壁	あり	—	—	(34)	5	IV
13	屋外	西	1F壁	あり	0.10	—	368	1	III
14	屋外	西	1F壁	あり	—	—	182	0	I
15	屋外	北	1F壁	あり	0.15	—	520	52	II
16	屋外	北	1F壁	あり	—	—	716	38	III
17	屋外	北	1F壁	あり	0.25	0.15	368	51	I
18	屋外	北	1F壁	あり	—	—	232	49	I
19	屋外	北	1F壁	あり	0.25	—	32	18	IV
20	屋外	北	1F壁	あり	—	—	28	29	I
21	屋内	東	1F壁	なし	—	0.10	806	46	I
22	屋内	東	1F壁	なし	—	—	460	33	II
23	屋外	南	3F壁	あり	0.10	—	(54)	27	IV
24	屋外	南	3F壁	あり	—	—	(72)	0	III
25	屋外	南	3F壁	なし	0.10	—	(35)	0	II
26	屋外	南	3F壁	なし	—	—	(58)	26	I
27	屋外	北	3F壁	なし	0.30	0.30	(41)	0	IV
28	屋外	北	3F壁	なし	—	—	(46)	18	I
29	屋外	北	2F壁	なし	0.15	—	260	34	I
30	屋外	北	2F壁	なし	—	—	(85)	44	I
31	屋外	南	1Fスラブ	なし	0.10以下	0.10以下	(35)	3	IV
32	屋外	南	1Fスラブ	なし	—	—	(31)	0	IV
33	屋外	南	1Fスラブ	なし	—	—	214	15	II
34	屋外	南	1Fスラブ	なし	0.20	0.30	(33)	0	IV
35	屋外	南	1Fスラブ	なし	—	—	(28)	1	III
36	屋外	南	1Fスラブ	なし	—	—	202	6	II

※ ()は中性化が()内の値以上進行していることを示す

b) 鉄筋腐食グレード

表-6に評価した鉄筋腐食グレードについて、中性化の状況との関係についてまとめたものを示す。これを見ると、鉄筋のかぶり厚さを超える箇所の鉄筋腐食グレード評点平均が1.8、かぶり厚さ以内だと0.8である。全体の評点平均が1.6となっていることから、中性化がかぶり厚さに到達していない箇所では、かぶり厚さを超える箇所と比較して、鉄筋腐食が進行していないことがわかる。なお、文献によっては、かぶり厚さを超える場合であっても鉄筋腐食が進行していないという報告もある¹⁾。この点については、引き続き、詳細な検討が必要であると考えられる。

表-7にそれぞれの環境と鉄筋腐食グレードの関係を示す。屋外は、北面および西面と比較して、東面および南面で評点平均が高くなっており、鉄筋が腐食しやすい環境であると推察される。また、雨掛かりがある場合、ひび割れがある場合は、ない場合と比較してそれぞれ0.7、1.3高くなっており、雨がかかりやすい環境、また、ひび割れが生じている場合には内部の鉄筋が腐食しやすくなっている。

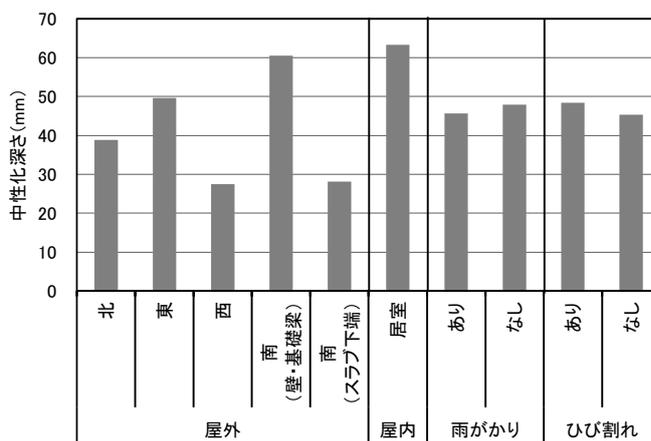


図-11 それぞれの環境と中性化深さの関係

表-6 中性化深さと鉄筋腐食グレードの関係

中性化の状況	数量	I	II	III	IV	V	評点平均
かぶり厚さ超え	30	9	5	8	7	1	1.8
かぶり厚さ以内	6	4	1	0	1	0	0.8
全体	36	13	6	8	8	1	1.6

表-7 それぞれの環境と鉄筋腐食グレードの関係

環境	数量	I	II	III	IV	V	評点平均	
屋外	北	10	6	1	1	2	0	1.1
	東	2	0	0	1	1	0	3.0
	西	2	1	0	1	0	0	1.0
	南 (壁・基礎梁)	14	5	2	4	2	1	1.7
	南 (スラブ下端)	6	0	2	1	3	0	2.7
屋内	居室	2	1	1	0	0	0	0.5
雨掛かり	あり	18	5	2	6	4	1	2.0
	なし	18	8	4	2	4	0	1.3
ひび割れ	あり	17	3	4	3	6	1	2.4
	なし	19	10	2	5	2	0	1.1

6. まとめ

本研究では、鉄筋腐食の要因の1つである水分に着目し、鉄筋コンクリート部材中の質量含水率と部位、方位、降雨などの環境条件との関係、雨掛かり部である底について部材中の含水状態を測定し、内部の鉄筋腐食状況を確認するとともに、躯体部分についても鉄筋のはつり出しを行い、鉄筋腐食と中性化の関係について検討を行った。その結果、雨掛かりがある場合は、ない場合と比較して降雨などにより部材中の質量含水率が変化しやすいこと、底は元端側と比較して先端側の質量含水率が高く、鉄筋の腐食度も高くなる傾向にあること、また、中性化は南面で進行しやすく、鉄筋は、東面や南面、雨掛かり部やひび割れ部で腐食しやすいことが確認された。

参考文献

- 1) 南部禎士ほか：UR賃貸住宅団地の再生・再編に向けた建築物に関する検証について（その2）、日本建築学会大会学術講演梗概集，材料施工，pp.1321-1322，2018.9

「金沢河川国道事務所道路デザイン指針 (案)」の策定について

川原 克美¹・笹原 有紀²・中 友太郎³

^{1,2,3}金沢河川国道事務所 調査第二課 (〒920-8648 石川県金沢市西念4丁目23番5号)

道路を設計する上で、安全性、快適性、交通の円滑さなどは当然考慮されるべきものであるが、それに加えて景観面の美しさも重要な要素の一つである。特に近年は観光立国の推進により、インバウンドが大幅に増加したことで、景観美の重要性はさらに高まったといえる。こうした状況をうけて金沢河川国道事務所では、道路事業が細部にわたって景観や使いやすさへの十分な配慮と一貫性をもって行われるよう、一定の考え方を示すことを目的として、2018年3月に「金沢河川国道事務所道路デザイン指針(案)」を策定した。本論文ではこのデザイン指針の策定までの経緯とその内容、および今後の方針について報告する。

キーワード 道路デザイン, 景観形成, 道路附属物, 道路整備, ガイドライン

1. はじめに

道路を設計する上では安全性、快適性、交通の円滑さなどの実用面での性能の考慮だけでなく、景観面の考慮も重要な要素の一つである。

我が国では、2004年に「景観に配慮した防護柵の整備ガイドライン」が、2005年に「道路デザイン指針(案)」がそれぞれ策定されて以降、道路の設計において景観への配慮がそれまで以上に重視されるようになり、道路景観は大幅に良好になった。さらに近年、我が国では観光立国の推進によって訪日外国人旅行者数が大幅に増え、良好な道路景観の形成がさらに重要性を増していることや、道路緑化を通じた地域環境の向上など豊かな国土の形成に道路を活用するという観点が注目されていることから、時代のニーズに合わせたガイドラインの見直しや更新が必要となった。

こうした状況を受けて、国土交通省では2017年に「道路デザイン指針(案)」の部分的な改定や、防護柵以外の附属物のデザインも対象とした「景観に配慮した道路附属物等ガイドライン」の策定(以下、これらをまとめて全国版ガイドラインとする)を行った。金沢河川国道事務所でも、これらのガイドラインを参考にしつつも、単にその内容をなぞるだけではなく、地域の特性に合わせた道路デザイン指針を示し、管内の道路事業に一貫性を持たせることを目的として、「金沢河川国道事務所道路デザイン指針(案)」(以下、金沢版デザイン指針とする)を策定するに至った。

本論文ではまず金沢河川国道事務所管内の道路の特徴について述べ、次に県市の景観に関するこれまでの取り組みをまとめる。その後、金沢版デザイン指針策定までの経緯とその内容、および今後の方向性について順に述べる。

2. 管内の道路の特徴

金沢河川国道事務所では、国道8号、157号、159号、160号、および470号を管轄している。

このうち8号、157号、159号については金沢市内を通る国道となっている。金沢市は兼六園や金沢城などを代表とした歴史的建造物の存在もあって、写真-1のように現在でも比較的古い街並みを残した都市であり、2015年には北陸新幹線が開通し、東京からのアクセスが改善されたこともあって、観光客数が大きく増加している。北陸新幹線開通後に行われた観光客を対象としたアンケート調査によると、国内外を問わず金沢を訪れる際に期待すること、および実際に訪れてみて満足したことの双方で、「景観や街並み」に関する満足度が比較的高い割合を占めている¹⁾。このことから、金沢市にとって景観は非常に重要な観光資源であり、都市の大きな魅力の一つであることがわかる。

また、能登の海岸沿いを走る160号の写真-2のような海岸景観、一級河川である手取川沿いを走る157号の河川景観も存在するなど、金沢河川国道事務所管内の道路



写真-1 国道157号 武蔵周辺の景観



写真-2 国道160号 海岸沿いの景観

は歴史的な町並みから自然景観に至るまで多様な景観特性を有している。

このように、金沢河川国道事務所管内における美しい景観を守るため、全国版ガイドラインの考え方に準拠しつつ、管内独自の景観形成の考え方を取り入れた現場に即した金沢版デザイン指針の策定に取り組むこととなった。

3. これまでの県市による取り組み

表-1に石川県および各市のこれまでの景観に関連する主な取り組みを示す。

今回策定されたデザイン指針では、国によって定められた指針、技術基準のみならず、これらの県市独自の景観関連計画の考え方も基盤としている。

石川県では、全国に先駆けて「景観条例」と「屋外広告物条例」を一本化した「いしかわ景観総合条例」が策定され、この条例に基づいて策定された「いしかわ景観総合計画」³⁾により県全体としての景観形成の指針が示された。この計画では、県全域を景観エリアとし、そのうえで地域の景観上での位置づけに応じて、景観形成重

表-1 県市における景観関連計画

文 献 名	年 月 (最新版)	発行者・所管課
いしかわ景観総合計画	2008年7月	石川県土木部景観形成推進室
石川県景観計画	2008年10月	石川県土木部景観形成推進室
石川県公共事業景観形成ガイドライン	2009年3月	石川県土木部景観形成推進室
金沢市景観計画	2009年7月	金沢市景観政策課
小松市景観計画	2016年8月	小松市まちデザイン第1課
七尾市景観計画	2015年10月	七尾市都市建築課
輪島市景観計画	2015年10月	輪島市都市整備課
加賀市景観計画	2016年12月	加賀市建築課
白山市景観計画	2017年8月	白山市都市計画課
金沢市歩けるまちづくり基本方針	2004年3月	金沢市交通政策課
金沢らしい夜間景観整備計画	2015年3月	金沢市景観政策課

要エリアおよび特別エリアを定めている。この計画は各景観行政団体の定める景観計画の上位計画として位置づけられており、各景観行政団体が独自の景観計画を策定する際にはこの計画が尊重される。それによって市町の枠を超えた広域的、連続的な景観の保全および創出が進められている。

また、各景観行政団体が策定した独自の景観計画は、近年でも改訂や更新が続けられており、より時代に即したものと変化している。特に金沢市においては、個性と魅力ある景観を磨き高めるため市独自の条例制定や「金沢市歩けるまちづくり基本方針」や「夜間景観整備計画」などに基づき、全国的にも先進的な景観保全や道路修景整備などの取組を続けている。

4. デザイン指針策定までの経緯

金沢版デザイン指針の策定は、2017年の国土交通省による全国版ガイドラインの更新をうけて始まった。

ガイドラインの策定に際しては、道路附属物および歩道構造のデザインについて、色彩や形状などを可能な限り具体的に記載し、管内での道路事業に一貫性を持たせることに軸がおかれた。また、一般的な考え方などは全国版ガイドラインに従いつつ、金沢河川国道事務所独自の方針を明示するという方式がとられた。

全国版ガイドラインに記載のない金沢版独自の視点として、歩行者や自転車を使いやすい道路構造のあり方についても、一般的な考え方を整理したことが挙げられる。例えば、歩道の民地擦り付け勾配や側溝の構造に関しては、ややもするとユーザーにとって使いにくい施工となることが懸念されるため、本ガイドラインにおいて「設計思想として守るべき事項」を明記することで、担当者の共通認識を共有しようとした。

検討体制としては、表-2に示すように事務局長をはじ

表-2 道路デザイン研究会のメンバー構成

役職	備考
事務所長	会長
副所長（道路）	副会長
保全対策官	
建設監督官	
工務第二課 専門官	
調査第二課長	ファシリテーター
調査第二課 専門官	事務局（窓口）
調査第二課 係員	
道路管理第二課 交通対策係長	
金沢国道維持出張所長	

表-3 道路デザイン研究会の開催経緯

回次	開催月	議題
第1回	平成29年10月	・研究会の趣旨説明
第2回	平成29年12月	・写真披露 ・各指針・ガイドラインの概要 ・金沢版道路デザイン指針（案）の目次構成 ・策定スケジュール
第3回	平成30年1月	・写真披露 ・金沢版道路デザイン指針に盛り込む内容の検討
第4回	平成30年2月	・金沢版道路デザイン指針（素案）の検討
第5回	平成30年3月	・金沢版道路デザイン指針（案）のとりまとめ

めとした、10人の職員で構成される「道路デザイン研究会」を設置し、表-3のように計5回に渡り議論を重ねた。

「道路デザイン研究会」では、構成員の視点から、検討の対象とすべき道路附属物の事例写真を収集することから始めた。写真は事業箇所や管理区間に留まらず、構成員が旅行などで訪れた全国各地の事例を持ち寄った。

こうして集まった図-1のような事例写真集を元に、景観上問題に思う箇所や、よいと思う箇所を構成員間で共有し、景観上避けるべきデザインや好ましいデザインなどの意見交換を行いながら考えをまとめるという手法で進めた。

例えば、写真-3の上の写真では、防護柵と電柱で塗装の色が異なり統一感がないため、景観上問題として扱った。一方で、写真-3の下の写真では防護柵と標識で色彩が統一されており、景観上良い例として扱った。

これにより、道路附属物の色彩は、既存の「景観に配慮した防護柵整備ガイドライン 整備マスタープラン」をベースにしつつ、議論された意見を踏まえ、地域毎の道路特性、景観特性により使い分けることとした。

また、設計から工事、維持管理に至る各段階において、構成員が日頃の業務の中で疑問に感じている内容について



図-1 事例写真集の表紙（上）および内容の一部

でも意見交換し、施工段階で配慮すべき側溝と柵の接続部の段差や、現道拡幅時に生じる乗り入れ部の官民境界段差に対応するためのすりつけ形状、乗り入れブロックの形状など、これまで担当者によって対応が異なっていたものについても一定の考え方を示すに至った。

5. デザイン指針の内容⁴⁾

金沢版デザイン指針では防護柵、照明柱、標識柱、歩道、自転車走行空間のデザイン指針および植栽管理の方針について述べられている。ガイドラインの目次を表-4に、表紙と内容の一部を図-2にそれぞれ示す。

本章ではそれぞれの項目における、金沢独自の部分について簡潔に述べる。

(1) 防護柵のデザイン指針

防護柵設置の判断については、防護柵が必要とされない場所（写真-4のように、縁石、ポラード、植樹帯などで代用できるような場所）には、防護柵を設置しないものとしている。

また、同一区間内で異なる種類の防護柵を設置することは基本的に避けるものとしており、ガードレール、ガードケーブル（パイプ）および横断防止柵のそれぞれについて設置すべき状況を明記している。色彩について



写真-3 防護柵と照明柱の色彩が違う例（上）および色彩の統一を図った例（下）

表-4 金沢版デザイン指針の目次

大項目	中項目
防護柵のデザイン方針	<ul style="list-style-type: none"> 防護柵設置の判断と対応 防護柵の形状・デザイン方針 防護柵の色彩選定 視線誘導への配慮
照明柱・標識柱のデザイン方針	<ul style="list-style-type: none"> 色彩の統一 照明柱・標識柱の構造 夜間景観への配慮（金沢市） その他の道路附属物
歩道・自転車走行空間のデザイン方針	<ul style="list-style-type: none"> 側溝構造の選定 歩道接続箇所における排水施設の構造 縁石のデザイン方針 歩道（乗り入れ道）の構造 歩道のデザイン方針 自転車道・自転車走行空間のデザイン方針 舗装（車道・歩道）
植栽管理の方針	<ul style="list-style-type: none"> 植栽管理の基本方針 植栽管理計画

は基本的にはダークブラウンを用いるとしているが、近代的な街並みを有する一部区間はダークグレー、河川眺望や海岸眺望を有する区間はグレーベージュを使用するなど、沿道特性を鑑み、路線、区間別に示している。

(2) 照明柱・標識柱のデザイン指針



図-2 完成した「金沢河川国道事務所道路デザイン指針（第一版）」の表紙（上）および内容の一部（下）



写真-4 植栽・縁石などで代用可能な防護柵

照明柱や標識柱の色彩については防護柵の色彩と統一することとしており、特に景観に配慮すべき一部区間では写真-5のように標識の裏面も色彩を柱と統一することとしている。また、構造については大型柱を用いる際は道路横断方向の幅を極力狭めることや、可能な限り共架を行うことなどを示している。

その他にも、バス停の上屋や視線誘導標の支柱なども写真-6のように可能な限り他の道路附属物の色彩や形状に合わせることをしている。



写真-5 標識裏面を柱の色と統一した例



写真-7 平坦部が確保された歩道乗り入れ部の例



写真-6 視線誘導標を他の道路附属物の色彩とそろえた例



写真-8 色彩過多な道路の例

(3) 歩道・自転車走行空間のデザイン指針

側溝構造や歩道接続箇所における排水施設の構造については、歩行者、自転車の通行に配慮し、側溝形状を比較検討して決定することや、細目グレーチングとすること、段差が生じないようにすりつけを行うことなどを明記した。また、縁石構造については、乗り入れ部の境界ブロックの形状を統一させるほか、車両乗り入れ部などが連続する箇所の縁石構造への配慮を明記した。歩道（乗り入れ部）構造については、官民境界高さに合わせた縦横断計画を検討するなど、平坦部分の確保に努めることとし、写真-7のように施工事例を記載している。

歩道のデザインにおいては、写真-8のように視覚情報が過多にならないように配慮することや、視覚障害者誘導ブロックの輝度や連続性の確保、区間ごとに統一性を持たせることなどが示されている。

自転車道の設計に関しては「金沢自転車通行空間整備ガイドライン（案）」に準拠することが明記されている。

舗装については、車道、歩道ともに補修時に同様の仕様で復旧できるよう、施工完了後に舗装種類および仕様の台帳を作成することとしている。

(4) 植栽管理の方針

道路植栽の基本方針（在り方）として、今回策定されたデザイン指針では、①道路の状況、地域の計画を踏ま

えた適切な植栽、②適切な維持管理による地域の魅力と快適性の向上、③安全、安心の確保、④協働による緑化、維持管理の推進の4点を設定し、植栽地の配置、樹種選定、植栽間隔などの方針を示した。これらを踏まえ、現在の植栽について地域の計画との整合を図りながら、継続的に良好な道路植栽を維持管理するため、図-3のような植栽管理計画（案）策定の方針を示している。

6. 金沢版デザイン指針の運用および今後の方針

管内で行われる道路事業にデザインの一貫性を持たせる上で、今回策定されたガイドラインが、設計から工事、維持管理に至る各段階で受注者および発注者の双方に適切に運用されることが非常に重要であると考えられる。そのため、本ガイドラインは道路附属物、歩道等の設計、維持管理ならびに更新に伴う色彩、構造、デザインの決定に際し適用するものとするが、本指針により難しい場合は、別途検討を行い決定するものとしている。

具体的には、道路附属物の仕様（色彩、構造等）について設計図面への図示や数量計算書の規格欄への明示、工事の特記仕様書での明示等の工夫や、施工時における監督職員による製品等の仕様の照査などの対応を行うよ

金沢地区における植栽管理計画（案）策定の方針

<p>①植栽の見直し</p> <p>生育状況、沿道環境、植栽の役割や機能を踏まえた植栽の見直し</p> <p>例) 郊外部の高木撤去、植栽地の廃止等</p>	<p>②選択と集中による維持管理の充実</p> <p>景観上重要な『まちなか』における維持管理の充実</p> <p>例) 金沢市中心部を通るR157、R159東環の維持管理の充実</p>
<p>③安全・安心の確保</p> <p>維持管理の充実による倒伏、落枝発生の未然防止</p> <p>例) 枯れ枝等の早期発見、早期撤去の実施</p> <p>倒伏、落枝による事故等の発生が予測される樹木の撤去</p> <p>例) 緑地、法面等の巨木化する樹種（コリノキ等）の撤去による事故発生の未然防止</p>	<p>④より一層の道路景観の魅力向上</p> <p>生育空間に合わせた適切な樹種への変更</p> <p>例) 巨木化による課題が生じている樹種を小型の樹種へ変更</p> <p>目標樹形の設定、適切な樹形の維持</p> <p>例) 歩道幅員に合わせた、樹種ごとの目標樹形を設定</p> <p>目標樹形を踏まえた植栽間隔の見直し</p> <p>例) 植栽間隔の適正化による良好な樹形の維持（近接する高木の撤去）</p>

図-3 植栽管理計画策定方針

う、ガイドラインにおいて明記している。なお、維持管理段階においては部分的な修繕となる場合が多いが、部分的な色彩の変更による色彩の新旧混在は避けるべきであり、杓子定規な運用とならないよう留意が必要である旨も明記した。

なお、金沢版デザイン指針の策定作業は全国版ガイドラインが更新された2017年10月から2018年3月の約5ヶ月という非常に短い期間で行われた。そのため、今後実際に運用しながら更なる内容の改善が期待される。また、他の道路管理者とも今後意見交換を重ねながら必要な見直しを行い、適宜改訂を加えていくものである。

7. 最後に

本論文では、金沢版デザイン指針が策定された経緯、その内容および今後の方針について述べた。

道路デザインについては全国版のガイドラインも更新されたばかりであり、今後もその内容や適用について議論が進んでいくだけでなく、各行政機関独自のガイドラインの策定も増加すると考えられる。

その際には、ガイドラインがただ策定されるだけでなく、認知、理解され、実際に現場で用いられることが非常に重要である。

本論文が金沢版デザイン指針に限らずこうしたガイドラインの認知度を広め、理解を深めるための一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 金沢市：金沢市観光調査結果報告書(平成 28 年度).
- 2) 金沢市：金沢市歩けるまちづくり基本方針.
- 3) 石川県：いしかわ景観総合計画.
- 4) 金沢河川国道事務所：金沢河川国道事務所道路デザイン指針(案)

名古屋港における集中管理ゲートの開発と実用化 ～ターミナル前混雑による経済損失の解消～

淵ノ上篤史¹

¹中部地方整備局港湾空港部 クルーズ振興・港湾物流企画室（〒460-8517 名古屋市中区丸の内2-1-36）

コンテナ・ターミナルにおいて、ゲート前のトレーラー渋滞により、運転手の待機時間の増加やコンテナの持込時間が不安定になる等港湾物流の課題となっている。ゲート混雑を解消するため、中部地方整備局は港湾運送事業者らと連携し、個別のターミナルでゲート手続きを行うのではなく、一元的にすべてのトレーラーのゲート手続きを行う集中管理ゲートを提案した。名古屋港における試験運用の結果、ゲート混雑の抜本的な解消に成功した。本稿は、集中管理ゲートの開発コンセプト、現地交通量観測と交通シミュレーションによる渋滞緩和効果、運転手の意識変化を調査し、集中管理ゲートの有効性を報告する。

キーワード：コンテナ輸送，ゲート混雑，物流効率化，コンテナ・ターミナル

1. はじめに

名古屋港は、2017年外貿コンテナ貨物約259万TEU（国内第3位）を取り扱っており、中部地域のものづくりを支える重要な役割を担っている。しかし、名古屋港では、コンテナ・ターミナル（以下「ターミナル」と略す）のターミナルゲート前に1.6kmにも及ぶ待機トレーラーの車列が発生するなど深刻な混雑に悩まされてきた。

ターミナルゲートでは、コンテナの搬出入の際、港湾保安のための3点確認、コンテナの外観チェック、書類の照合確認などのゲート手続きがなされる。ゲート前の混雑は、待機するトレーラー運転手（以下、「運転手」と略す）の時間を浪費するだけでなく、近隣交通にも影響を与え社会的な問題となっている。また、運転手の待機時間は、単に運転手の労働時間を徒に費やすだけでなく、運転手の不足が深刻となっている現状も相まって、我が国の物流の効率化を阻害・逆行する事態でもある。さらに、ターミナルの生産性の低下につながり、港湾の競争力を削いでしまう。

この課題を解消するため、中部地方整備局は、名古屋港運協会及び名古屋港管理組合と連携して、2011年3月末、名古屋港飛島ふ頭にある4つのターミナルの搬出入手続きを一箇所に集約する施設として「集中管理ゲート」を世界で初めて設置した。7年にわたる試験運用の結果、ゲート前の混雑を抜本的に解消している。

本稿では、まず、集中管理ゲートの開発コンセプトを紹介し、次に、試験運用により観測された渋滞緩和効果、運転手の意識調査結果を報告する。さらに、交通シミュレーションによる渋滞緩和効果と費用便益分析を行い、集中管理ゲートの有効性をとりまとめる。最後に、集中管理ゲート導入にあたっての留意点をまとめ、ゲート前混雑に苦しんでいる国内外のターミナルへ混雑改善の一方策として提案するものである。

2. 集中管理ゲートの開発コンセプト

(1) 集中管理ゲート導入前におけるゲート前の混雑状況

飛島ふ頭には、飛島北、NCB、飛島南および飛島ふ頭南側（以下、「TCB」と略す）と4つのターミナルがある。集中管理ゲート導入前の2008年9～10月に、名古屋港管理組合は、飛島北、NCB、飛島南のゲート前の混雑状況を調査している。その結果、各ターミナルにおいて、延長約1.1km～1.6kmにおよぶゲート待ちによる渋滞が確認された。特にNCBと飛島南では、コンテナを搬入するトレーラーの車列が飛島ふ頭中央線まで及んでおり、周辺立地企業からは安全かつ円滑な事業活動に深刻な支障をきたしていることが指摘されていた。

また、TCBにおいては、2012年2月に中部地方整備局が調査を行い、ゲート前から約1.0km（公道上は0.6km）の渋滞を確認している（図-1）。

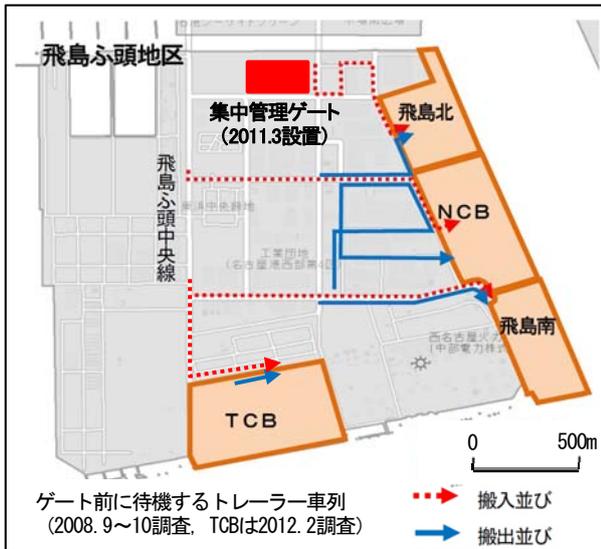


図-1 飛島ふ頭の各ターミナルのゲート前渋滞状況

(2) ゲート手続きと混雑の要因

ターミナル入構に際して、運転手が運ぶコンテナ情報と、それを引き取るターミナル・オペレーター（以下、「オペレーター」と略す）との間で、運転手の持つコンテナ情報と現物のコンテナの番号確認、通関処理の確認、コンテナ外観への損傷の有無の確認、港湾保安のための運転手・コンテナ確認など、厳格な確認作業が行われる。確認を経た運転手は、オペレーターにより決められるコンテナの蔵置場所（以下、「スロット」と称する）までトレーラーを運び、コンテナの引き取りがおこなわれる。

このプロセスは、ゲートでの混雑を惹起する。到着するトレーラー台数に比べてゲート数が少ない場合や、ゲート処理が迅速になされない場合には、ゲート前混雑が発生する。書類に不備があるトレーラー（これは全体の約7%から10%前後混在していると報告がある）には、大幅な手続き時間を浪費する。これらの遅延は、後続のトレーラーにも影響し、待機する車両が増加することになる。待機トレーラーを収容する引き込み線がない場合は、一般交通へも影響することになる。

また、ゲートを通過したトレーラーは、スロットが速やかに決まらなないと、ヤード内で待機せざる得なく、後続のトレーラーに遅延が伝播することになる。

(3) 集中管理ゲートの開発コンセプト

前述の混雑の要因を取り除くため、集中管理ゲートの導入は、ふ頭全体でのゲート処理の全体最適を追求しようとするものである。

開発コンセプトは、まず、個々のターミナルで行っているゲート処理を、集中管理ゲートで一元的に処理し、待機するトレーラーのための引き込み線を用意することで、ゲート処理による混雑の発生を内部化する。次に、ゲート数や検査要員といったゲート処理の資源を集中し、ピーク交通量に対する混雑の発生を効率的に抑制

する。さらに、トレーラーの移動時間を活かし、スロット調整の際に発生する遅延の抑制を図るものである。

また、集中管理ゲートの導入の前提として、名古屋港統一ターミナルシステム（以下、NUTS: Nagoya United Terminal Systemと略す）の存在がある。NUTSは、名古屋港のすべてのターミナルに導入運用されているオペレーション・システムであり、同一フォーマットによる手続きが可能となっている。コンテナやトレーラーなどのゲート処理に必要な情報は、一般的には個々のターミナルのみで独占的に扱われるものである。しかし、名古屋港ではNUTSを利用することでこれらの情報を共有でき、集中管理ゲートを有効に機能させることができた。

このコンセプトは、港湾運送事業者である名港海運㈱と三井造船㈱により2011年に特許登録（特許第4736080号）がなされている。中部地方整備局は、名古屋港運協会（名港海運も協会メンバー）及び名古屋港管理組合と連携して、コンセプトを具体化し、効果の検証に取り組んだ。次に、このコンセプトの詳細を説明する。

a) ゲート処理により発生する混雑の内部化

NUTSを活用した集中管理ゲートの導入により、ゲート処理を集中管理ゲートで行い、個々のターミナルでは行わない。トレーラーは、ゲート前での手続きなしでターミナル構内に入構でき、ゲート前での混雑は発生しないことになる。

また、個々のターミナルには、トレーラーの引き込み線が十分に確保されておらず、ピーク時にトレーラーの車列が臨港道路にあふれ、近隣のターミナルに向かうトレーラーや一般車両の走行に深刻な支障となっていた。このため、集中管理ゲートには十分な滞留レーンを設け、ゲート処理により発生するトレーラーの滞留を集中管理ゲート内に封じ込めることとする（図-2）。

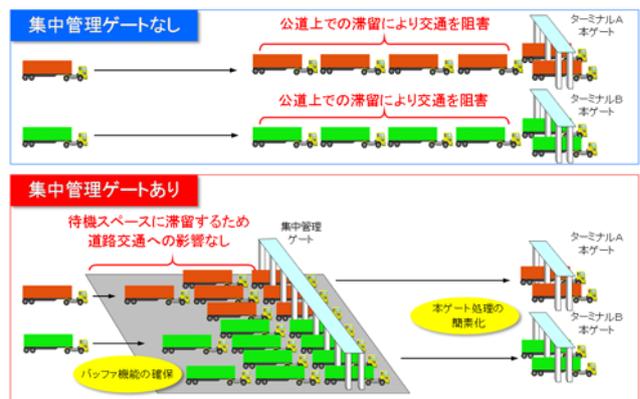


図-2 ゲート処理により発生する混雑の内部化

b) ゲート処理のための資源の集中化による混雑の抑制

ターミナルでは、船舶の入港前日には搬入貨物、入港翌日には搬出貨物の取り扱いが多い（図-3）。荷動きのピーク時に、ゲート処理能力がオーバーフローしがちと

なる。4つのターミナルのゲート処理を一箇所に集約することで、個々のターミナルのピーク時に対応するゲート数や検査要員を十分に賄えることから、ゲート処理能力がオーバーフローすることを抑えることができる。また、各ターミナルの荷動きのピーク日は異なるため、ふ頭全体の荷動きのピークは、個々のターミナルの荷動きのピークの合計より少なくなる。このため、ピーク時に投入するゲート数や検査要員の資源は、個々のターミナルで対応するより、4つのターミナル全体で対応するほうが、より効率的に配分し運用できると期待される。

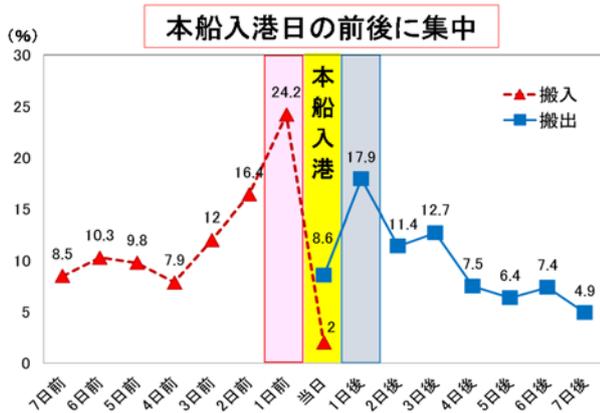


図-3 船舶入港前後における搬出入コンテナの荷動き量の変化

書類不備車両は処理に長時間を要することから、限られたゲート処理能力を大きく損なうことになる。結果として後続のトレーラーの滞留を発生させる要因となる。このため、集中管理ゲートの豊富なゲート数を活用し、書類不備車両が否かでトレーラーを仕分けるゲート運用とすることで、書類不備車両による後続車への影響を避け効率的なゲート処理ができると期待される (図-4)。

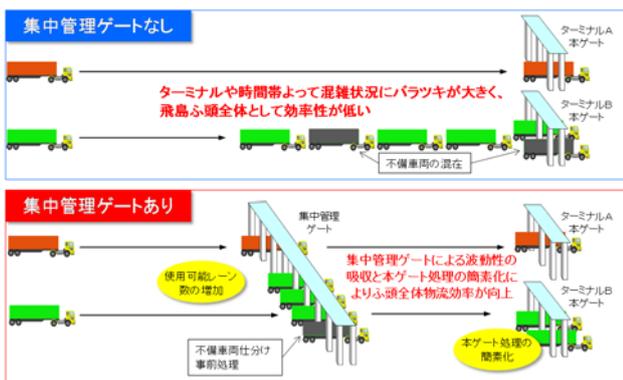


図-4 ゲートの弾力的な運用による混雑の発生抑制

c) スロット調整に起因する遅延の抑制

ゲート手続きを終えたトレーラーはターミナルに入構し、オペレーターは、運転手にスロットを決定し伝える。スロットが決まらなると、トレーラーは、ターミナル内へのスムーズな入構ができず、ゲート前で待機が発生す

ることになる。

しかし、集中管理ゲートで受付をしたコンテナ搬入情報は、NUTSを介することで、個々のオペレーターは同時に取得できる。オペレーターは、トレーラーが集中管理ゲートを出て個々のターミナルゲートまで移動する時間を利用して、スロットの決定や荷役機械の事前手配が可能となる。これにより、ターミナル内での待機時間を削減し渋滞発生が抑制される (図-5)。

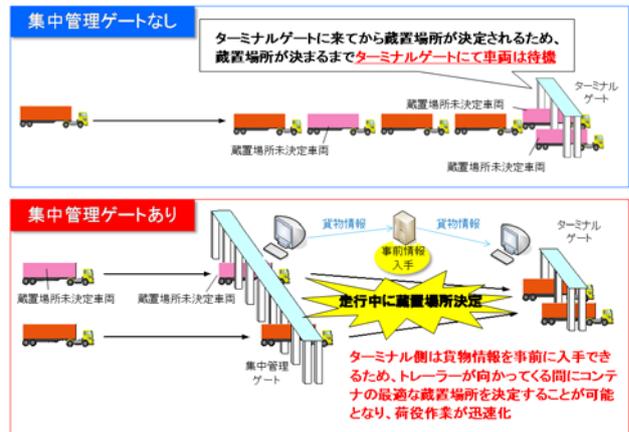


図-5 コンテナ情報を共有した事前スロット調整による遅延時間の抑制

3. 集中管理ゲートの試験運用による混雑軽減効果の検証

本コンセプトを実証するため、国、名古屋港運協会及び名古屋港管理組合の三者が連携し、飛鳥ふ頭に集中管理ゲートの設置・試験運用を行った。設置前後におけるゲート前待機車両台数の変化、トレーラーのゲート到達時間の現地観測、運転手の評価をモニターするとともに、交通シミュレーションによる効果検証と費用対効果分析を実施した。

(1) 集中管理ゲートの施設レイアウト

集中管理ゲートは、約5.7haの敷地に搬出入合わせて22レーンのゲートを設置し、十分な待機レーンを設けた。集中管理ゲートに並ぶトレーラーによる周辺道路の渋滞を溢れないようにした (表-1及び図-6)。

表-1 集中管理ゲートの施設規模

施設	規模	備考
面積	5.7ha	
看賞場	トラックスケール4基	輸出貨物重量計測
ゲート	22レーン	搬入12, 搬出10
待機スペース	220台分	10台/レーン
シャープール	19台分	不備車両退避用
管理棟	処理室, 休憩室	

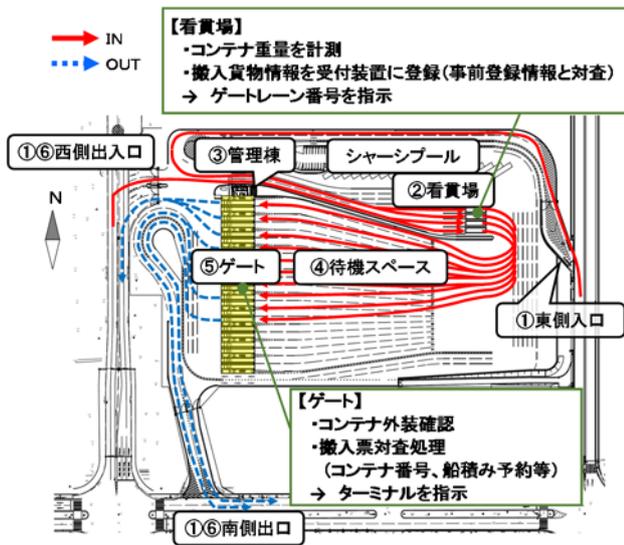


図-6 集中管理ゲートレイアウトとトレーラーの動線

次に、搬入（輸出）貨物を積んだトレーラーの動線に基づいた施設の概要を記す。

a) 看貫場（トラックスケール）

輸出貨物をターミナルに搬入するトレーラーは、集中管理ゲートの施設入口から看貫場へ向かい、コンテナ重量の計測、搬入貨物情報を受付装置に登録する。登録された貨物情報とNUTSに登録されている情報の対査により、通常車両と不備車両の仕分けがなされ、集中管理ゲートのレーン番号の指示を受ける。

b) 集中管理ゲートレーン

トレーラーは指示を受けたレーンに進み、コンテナの外観チェック、搬入票対査処理（コンテナ番号、船積み予約等）を行い、各ターミナルへ向かう旨指示を受ける（写真-1）。

c) 各ターミナルゲート

トレーラーは指示されたターミナルに向かい、そのゲートにおいてコンテナのスロットの指示を受ける。



写真-1 集中管理ゲートでのトレーラー待機状況

(2) 段階的な試験運用

集中管理ゲートは2011年4月よりシステムチェックや動作確認が行われ、同年8月より試験運用を開始した

（表-2）．周辺道路の負荷状況を注視しつつ順次対象とするターミナルを拡大し、2012年6月に全ターミナルの搬入貨物の受け入れを開始した．一方、搬出貨物については2012年12月より順次取り扱いを行い、2017年度末時点でTCBを除く3ターミナルの搬出貨物を取り扱っている．なお、TCB搬出貨物についてはターミナル事業者の意見を踏まえつつ、トライアルにて検証を行った結果、集中管理ゲート及び周辺道路への影響は確認されていない．そのため、全ターミナルの搬入・搬出貨物を取り扱うことも可能であると判断した．

表-2 対象とするターミナルの拡大経緯

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
搬入	飛島北	2011.8					
	NCB		2011.11				
	飛島南			2012.6			
	TCB			2012.4			
搬出	飛島北			2013.5			
	NCB				2015.4		
	飛島南			2012.12			
	TCB						トライアル

(3) ゲート前トレーラーの待機状況の変化

集中管理ゲート設置前は、ピーク時において飛島南ターミナル付近で最大約500m、TCB付近で約600mの滞留が発生していた。集中管理ゲート設置後はピーク時においても滞留がほぼ発生していない（図-7）。他のターミナル前においても同様の結果となっており、集中管理ゲート設置によるゲート前のトレーラー滞留は解消された。

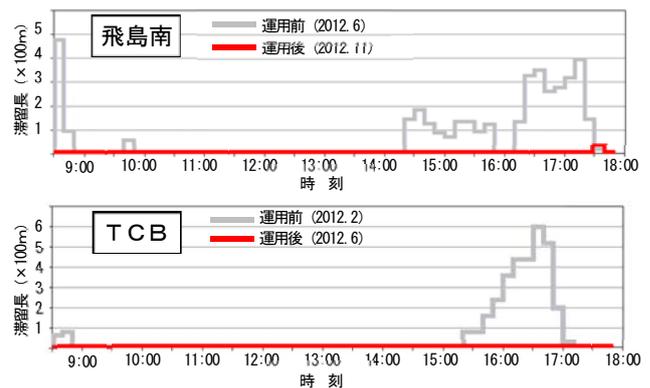


図-7 ターミナルゲート前における滞留長調査結果

(4) ゲート業務の平準化（波動性の吸収による輸送効率の向上）

集中管理ゲート設置に伴い、各ターミナルゲートまでの所要時間を把握し、ゲート業務の平準化の検証を行った。図-8はトレーラーが飛島ふ頭に入ってからTCBターミナルゲートに到達するまでの所要時間を集中管理ゲート

ト運用前後で比較したものである。処理台数は概ね同じであるため、同一条件として比較を行った。集中管理ゲート運用前は最短で5分、最長で49分と、その差は44分であったのに対し、運用後は最短で13分、最長で20分となり、その差7分と短縮されている。つまり、所要時間の開きが小さく平準化されたことにより、時間信頼性が向上したことが分かる。また、時間帯によって短縮効果が異なるものの、全時間帯での平均所要時間は22分から16分となり、6分程度短縮された。

なお、運用前の所要時間の最短が5分であるのに対し、運用後の最短は13分に増加している。これは、集中管理ゲート運用後は必ず集中管理ゲートを經由する必要があるためであるが、運送事業主からは単に所要時間の短縮されたことよりも、いつ運搬しても同じような所要時間でトレーラーが帰還するという時間信頼性が向上したことに対して非常に評価しているという意見を頂いている。

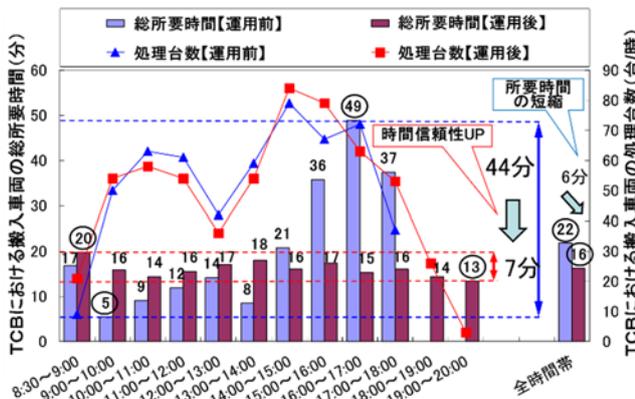


図-8 飛島ふ頭入口～ターミナルゲートまでの所要時間

(5) 集中管理ゲート導入に対する運転手らの評価

集中管理ゲートを利用する運転手と運送事業主を対象に混雑の変化に対するアンケートを実施した(表-3)。

集中管理ゲート運用前と比べ、約7割の方から「良くなった」との回答を得た(図-9)。良くなった具体的な点として、運転手からは、「渋滞・ゲート待ちの解消」、「ターミナル内での荷役作業待ちの短縮」と「時間の安定性(作業時間が事前に読める)」との意見があった。また、運送事業主からは、トレーラーの「作業時間の正確性向上」、「作業時間の短縮」と「回転率の向上」が挙げられた。一方、トレーラーは集中管理ゲートを經由するため、運用前に比べ「ふ頭内の走行距離が長くなった」との指摘があった。

表-3 運転手や事業主へのアンケートの方法

実施時期	2012年9月	
方法	郵送配布・回収	
配布・回収状況	運転手	対象3,496名、回収1,473(42.1%)
	運送事業主	対象269社、回収132(49.1%)

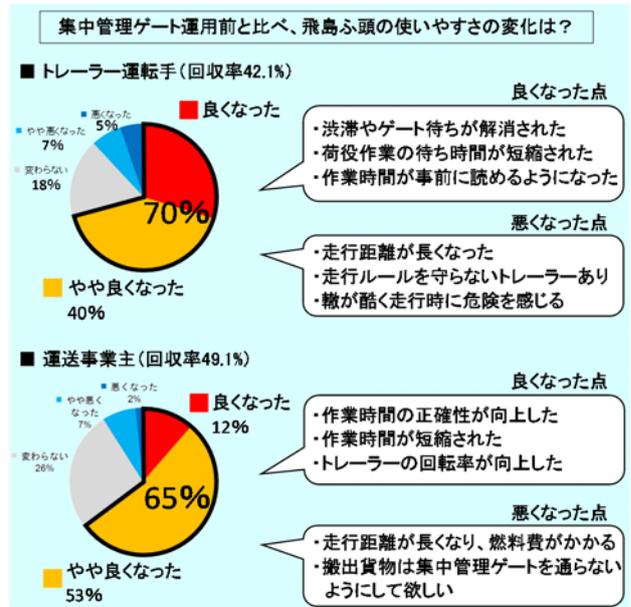


図-9 運転手や運送事業主による集中管理ゲート導入の評価

(6) シミュレーションによるふ頭全体の混雑軽減効果と費用便益分析

a) シミュレーション

集中管理ゲート「あり」・「なし」のケースについて、同じ交通流の条件の下シミュレーションを実施し、結果を比較することで効果の確認を行った。比較するデータは、年間当たりの「所要時間」と「走行距離」とした。シミュレーションは、2015年11月～2016年10月までのNUTSデータを用い、混雑状況を14パターン化(搬入9、搬出5)して実施し、年間発生頻度を乗じて効果を算出した。なお、計測範囲は、飛島ふ頭にトレーラーが進入し、退出するまでとした。

その結果を表-4に示す。トレーラー1台当たりの平均所要時間は6分程度短縮、走行距離は2.2kmの増加であった。先述の通り、集中管理ゲート運用後はコンテナ貨物を積んだトレーラーは必ず集中管理ゲートを經由することから、走行距離が増えているものの、所要時間は短縮される結果となった。

表-4 シミュレーションによる集中管理ゲートの設置効果

	所要時間	走行距離
ゲートなし	419,022 時間/年	39,587.4千km [※]
ゲートあり	339,441 時間/年	41,302.3千km [※]
削減効果	79,581 時間/年 (トレー1台当たり6分5秒短縮)	1,714.9千km/年 増加 (トレー1台当たり2.2km増加)

※走行距離には、一般車両の走行分を含む。

また、各ターミナル前の滞留長を比較した例を表-5に示す。これは、年間で最も混雑するパターンの時間帯において比較したものであり、全てのターミナルにおいて、集中管理ゲート「あり」の場合はトレーラーの滞留がな

い状態であるのに対し、集中管理ゲート「なし」の場合は長い滞留が生じ、非常に混雑し周辺交通への影響が大きい状態であると考えられる。

表-5 各ターミナル前の滞留長比較の一例

	集中管理ゲートあり	集中管理ゲートなし
飛島北	滞留なし	400m
NCB	滞留なし	2,100m
飛島南	滞留なし	200m
TCB	滞留なし	950m

b) 費用対効果分析

シミュレーション結果を基に、費用対効果分析を行い、事業としての投資効果を検証した。

集中管理ゲート設置による便益は、輸送コストの削減額を計上し、その内訳はシミュレーションで算出した所要時間短縮効果と走行費用削減効果とした。トレーラーの走行時間費用原単位は「港湾施設の評価に関する解説書2011」より81円/分・台と設定した。また、走行費用原単位は、シミュレーションによるふ頭内走行の平均速度より68円/台・kmと設定した。費用は整備費と維持管理費を計上した。

計算の結果、供用期間中の総便益 (B) 57.6億円と総費用 (C) 41.4億円より、費用便益比 (B/C) 1.39となり、投資効果としても有意であることが確認された (表-6)。

表-6 費用便益分析の条件と結果

条件	基準年	2016年度
	社会的割引率	
期間		供用後38年間
便益		輸送コスト削減 ・所要時間短縮効果 (原単位: 81円/分・台) ・走行費用削減効果 (原単位: 68円/台・km)
費用		建設費, 維持管理費
結果	総便益 (B)	57.6億円
	総費用 (C)	41.4億円
	費用便益比 (B/C)	1.39

4. まとめ

(1) 集中管理ゲートの効果検証の結果

2011年から約7年かけて実施した、集中管理ゲートの試験運用を経て、実用化のめどを立てることができた。

現地交通観測からは、運用前は最長500~600m程度あったゲート前のトレーラーの渋滞は、運用後にはほぼ解消できた。また、トレーラーの各ゲート到達までの時間が平均で6分の短縮、また、繁閑の差による所要時間の波動を44分から7分に抑えられ、時間信頼性の向上を

確認した。

運転手、事業主のアンケートからは、集中管理ゲートに迂回するため走行距離は長くなるものの、時間短縮効果を評価する声が約7割あった。

数値シミュレーションからは、ふ頭内を走行するトレーラーの走行距離は平均2.2kmの増加するものの、1台当たりの平均所要時間は6分程度短縮し、各ターミナル前の滞留長の減少も確認できた。また、シミュレーションをもとにした費用対便益分析において、費用便益比 (B/C) =1.39と、社会的な効用があることを確認した。

これらの効果が得られた要因として、①NUTSにより運送事業主及び運転手に対する統一的な対応が取れたこと、②集中管理ゲートの設計段階から多方面の関係者の意見を取り入れてきたこと、③試験運用するターミナルを段階的に拡大し運転手の慣熟期間を設けたこと、④集中管理ゲートの効果を直接的に感じるにより、関係者間の協力・信頼関係の醸成ができたことが考えられる。

反省点としては、集中管理ゲートへ行き来する交通量が臨港道路の交通容量を超え、渋滞を引き起こす場合もあった。集中管理ゲートの周辺道路の交通容量も併せてふ頭内交通の効率化を見る視点が重要である。

(2) 今後の取り組み

集中管理ゲートは2017年度末に試験運用を終えた。施設は、地元企業に売却され、引き続き運営されている。今後は、地元企業がより効率的な運営ができるよう、支援を継続する予定である。

また、本検証で得られた知見や成果を「コンテナターミナルゲートの効率化の手引き」として取りまとめた。同じ課題を抱えた港湾やオペレーターに集中管理ゲートによる混雑改善を周知していく予定である。また海外ではゲート前混雑に苦しむ多くの港湾がある。集中管理ゲートを海外インフラ輸出の技術要素として、海外の港湾への展開することも期待する。

謝辞：本検証は、名古屋港運協会、名古屋港管理組合の協力のもと実現した。厚く御礼申し上げます。並びに、効果の検証のご指導を賜った「名古屋港飛島ふ頭物流効率化検討委員会」の委員各位に謝意を表する。

参考文献

- 1) 和田尚久, 土田真也: 名古屋港における港湾物流効率化に向けた取り組み—集中管理ゲートによる渋滞解消—, 平成25年度国土技術研究会。
- 2) 山中育雄: 次世紀への港湾荷役, IT革命時代の港湾 (その5) 名古屋統一ターミナルシステム (NUTS), 港湾荷役第46巻5号, p545-550, 港湾荷役機械化協会, 2001。
- 3) 元野一生, 古市正彦, 瀬木俊輔 [2016], “コンテナ・ターミナルにおけるゲート混雑対策の効果的な運用に関する考察”, 運輸政策研究, Vol.19, No.3, 2016, Autumn.

ダムと自然環境を連動させたインフラツアー開発について

長尾 潤¹ ・ 田脇 康信¹ ・ 河東 立¹

¹九州地方整備局 立野ダム工事事務所 工務課 (〒861-8019 熊本県熊本市東区下南部1-4-73)

白川沿川の洪水被害を防ぐことを目的とした立野ダムは、阿蘇の入口となる立野峡谷に建設予定であり、2018年度に本体着工である。立野峡谷は2016年熊本地震で大きな被害を受けた南阿蘇村内にあり、国の天然記念物である北向谷原始林や柱状節理など貴重な自然環境が周囲に存在する。全国的にダム見学等のインフラツアーは普及しているが、立野ダムではこうした自然環境とダムとを連動させたこれまでにない新しい形のインフラツアーを開発することで、新たな利用層を獲得でき、より地域振興につながることを期待できる。今回、様々な組織と連携してインフラツアー開発に着手し、観光資源化の検討を進めた。

キーワード 立野ダム, 南阿蘇村, インフラツアー, 地域振興, 2016年熊本地震

1. はじめに

立野ダムは、熊本県中央部に位置する白川沿川の洪水被害を防ぐことを目的としている。白川は阿蘇カルデラの南の谷を流下し、同じく阿蘇カルデラの北の谷を流れる黒川と阿蘇カルデラの唯一の切れ目である立野峡谷（立野ダム建設予定地）で合流した後、熊本平野を貫流して有明海に注ぐ一級河川である。立野峡谷は多くの観光客が訪れる熊本県南阿蘇村の西端に位置し、阿蘇への入口となっている（図-1）。また周辺には国の天然記念物である北向谷原始林や2016年熊本地震を引き起こした布田川断層、噴出年代が異なる溶岩、溶岩が冷却してできた柱状節理等多くの豊富な自然環境・観光資源が存在している。

近年、既存または工事中のインフラを活用したインフラツアーが全国各地で実施されており、インフラそのものが地域固有の観光資源として注目されている。それゆえ、立野ダムにおいても南阿蘇村における観光資源の1つとして地域振興に貢献することが期待される。

既存のインフラツアーはダム見学などインフラを中心

としたものであるが、立野ダムにおいては周辺の豊富な自然環境を活かして、ダムとその周囲の自然環境を連動させたこれまでにない新たな形のインフラツアーの開発が可能である。インフラツアーの開発とそのPRの仕方の工夫により、ダムに関心がない観光客の誘致を可能にし、より多くの人にダムについての理解を深めてもらうとともに南阿蘇村における地域振興につながることを期待される。

本論文では、ダム本体工事が本格化する立野ダムと周辺の豊富な自然環境を連動させたインフラツアーの開発に今年度から着手したため、その状況について紹介する。

2. 現状と課題

(1) 立野ダムと周辺の自然環境

立野ダムは2022年度の完成を目指し2018年度に本体着工となる。洪水時のみに貯留する日本最大級の穴あきダムであり、特徴として常時水を貯めないことがあげられ



図-1 立野ダムと周辺の観光資源の位置図



図-2 立野ダム完成イメージパース

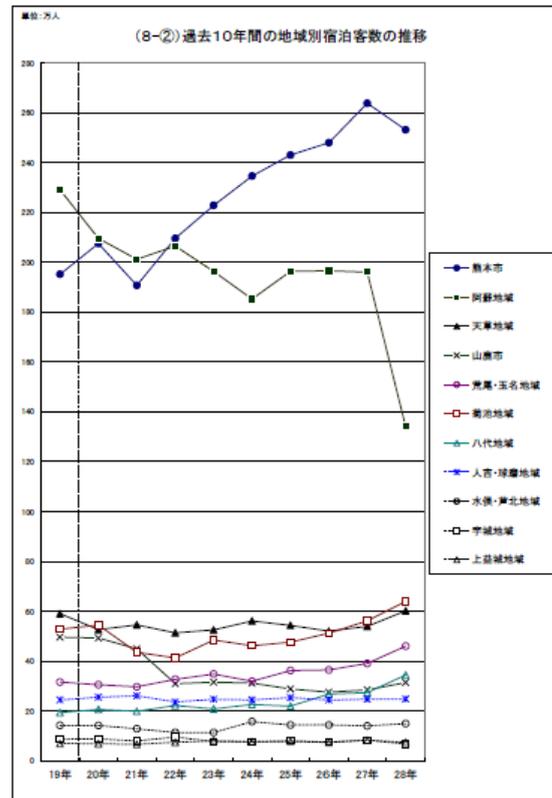
る。ダム建設現場内には、先述した北向谷原始林や立野峡谷、噴出年代の異なる溶岩、柱状節理等の豊富な自然環境がある。こうした自然環境はその景観等を活かして観光資源となることに加えて、特に溶岩については阿蘇カルデラの成り立ちを知ることができる学習材料としても活用できる。しかし、ダム建設工事以前はこれらの資源へのアクセスがなく、十分に活用されていなかった。そのため、阿蘇への入口であるものの多くの観光客が通過してしまい、南阿蘇村内の立野地区への立ち寄りには少なかった。

立野峡谷は阿蘇ユネスコジオパークにおけるジオサイトの1つでもあることから地質学習において重要な場所であり、カルデラ湖の消失の原因となった断層が存在し、阿蘇開拓の神「健甞龍命（たけいわたつのみこと）」の蹴破り伝説と関連づけられている場所である。そのため、将来的にはダムの維持管理用道路等を利用してダムの見学に加えてこれらの自然環境を間近で観察することができる貴重な場所となる（図-2）。また、今後本格化するダム建設現場は完成までの数年間に限定されるため、今しか体験できない価値の高いインフラツアーを提供することができる場所でもある。

(2) 南阿蘇村

立野地区がある南阿蘇村においても阿蘇ユネスコジオパーク内となり、白川水源などの湧水群や火山由来の温泉地などの多数のジオサイトがあり、重要な観光資源となっているとともに、阿蘇地域は熊本県有数の観光地である。熊本県内の地域別の宿泊客数を比較しても熊本市に次いで第2位であることがわかる（図-3）。

しかし、2016年4月14日、4月16日に発生した地震（2016年熊本地震）により、大規模な斜面崩壊や地すべりが発生し、南阿蘇村付近に特に被害が集中した。主要な交通手段である南阿蘇鉄道の一時全線運休や南阿蘇村に通じる阿蘇大橋の崩落などの交通網の麻痺や村外への避難者も多く、南阿蘇村の主要産業の1つである観光業にも大きな影響を与えた。熊本県の過去10年間の地域別の宿泊客数を比較すると、地震前と地震後では阿蘇地域において前年度比約68%と過去10年間で最大の減少であり、他地域に比べて大きく減少していることがわかる（図-3）。地震から2年以上経過し、震災復興へ大きく



(注)平成18年～19年は合併前の市町村単位で集計し、平成20年以降は合併後の市町村単位で集計したもの。

図-3 1)熊本県各地域における過去10年間の観光客数の推移(平成28年熊本県観光統計表)

動いてはいるが、一度離れてしまった観光客を取り戻してはいない。そのため、南阿蘇村の復興のためには、南阿蘇村内に新たな観光資源の開発を行うとともに、受け入れ態勢を構築することで、観光客の誘致が必要である。

3. 課題への対応

観光客の誘致等のために、2018年より立野ダムを活用したインフラツアー開発の検討を進めており、地元観光関係者から成る「阿蘇・立野峡谷」ツーリズム推進協議会（以下、協議会）の設立、産官学連携による「南阿蘇観光未来プロジェクト」（以下、プロジェクト）の発足、阿蘇ジオパーク推進協議会との連携を実施した。図-4に示すように、立野ダムと周囲の自然環境を活用した新たな

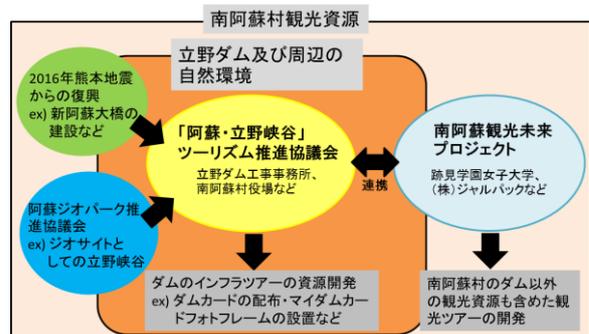


図-4 協議会、プロジェクトの関係図

な資源開発を担う協議会と南阿蘇村全体の観光資源を活用するプロジェクトで連携してインフラツアーを開発し、同時に阿蘇ジオパーク推進協議会と連携してジオサイトを活用したり、防災学習として2016年熊本地震からの復興の様子を活用してツアーに組み込むなどして、これまでにない新しい形のインフラツアーを開発する。

(1) 「阿蘇・立野峡谷」ツーリズム推進協議会の設立

インフラツアー開発に、立野ダム工事事務所に加えて南阿蘇村役場及び南阿蘇村内の観光関係者と一丸となり中長期的な視点で取り組むために、「阿蘇・立野峡谷」ツーリズム推進協議会を2018年4月25日に設立した。日々変化する立野ダムの工事現場だからこそ体験できる、訪れた人のためのインフラツアーを開発するために、「いまだけ・ここだけ・あなただけ」をテーマに観光商品の具体化やインフラツアーの商品化を目的としている。

具体の検討を進めるために、協議会の内部組織として企画部会を設置した。協議会、企画部会の委員を表-1に、2018年10月時点での活動内容を以下に示す。

a) マイダムカードフォトフレームの設置及びダムカード配布

協議会設立と同時に、立野ダムと南阿蘇鉄道の立野橋梁、北向谷原始林を一望できる「立野ダム展望所」に設置した写真撮影用のフレームであるマイダムカードフォトフレーム（以下、PF）の除幕式を実施し、併せてダムカードの配布を開始した（図-5）。PFは、建設中の立野ダムや立野橋梁、北向谷原始林を背景に撮影し、自分だけのダムカードを作成できる。また、ダムカードの配布場所としては管理所・管理支所が一般的であるが、立野ダムにおいては現在未設置のため、地域住民から親し

まれている立野ダム展望所付近の「ニコニコ屋」にて店主の協力のもと配布をしている。

PFの利用状況として、ゴールデンウィーク期やお盆に調査を実施し、晴天日には100人/日が利用していることがわかった。またダムカードの配布数について、9月末時点で約1300枚と好調であることがわかった。

b) 立野ダムカレーの検討・開発

2009年ごろから全国的に増え始め注目度も高い、ダムをモチーフにした「ダムカレー」を立野ダムにおいても開発した。村内の飲食店に提案し、第一弾として立野ダムに最も近い2店舗にて、2018年7月に販売が開始された。南阿蘇村内の野菜を使用して柱状節理や北向谷原始林を表現するなど、地産地消のダムカレーとなっている。今後、他店舗においても開発を進め、村内で立野ダムカレー巡りが出来ることを目指していく。

(2) 南阿蘇観光未来プロジェクトの発足

群馬県八ッ場ダムにおいて「ダム工事現場を活用」したインフラツアーを開発し、当初年間約5千人だったダム見学者を10倍の約5万人に増加させた実績を持つ東京都文京区の「跡見学園女子大学観光コミュニティ学部篠原ゼミ」と、開発したインフラツアーの商品販売を担う株式会社ジャルパックとの産官学連携による「南阿蘇観光未来プロジェクト」を発足した。南阿蘇村役場、立野ダム工事事務所が素材提供を、跡見学園女子大学が商品監修・提案を、株式会社ジャルパックが商品販売を行い、商品の具体の運営やサービス提供についてはDMOが担



図-5 マイダムカードフォトフレームの除幕式の様子とマイダムカードフォトフレームから見た景色

表-1 「阿蘇・立野峡谷」ツーリズム推進協議会委員

「阿蘇・立野峡谷」ツーリズム推進協議会委員	企画部会員
南阿蘇村長(会長)	立野地域復興むらづくり協議会 会長
阿蘇ジオパーク推進協議会 事務局長	阿蘇ジオパークガイド協会 会長
公益財団法人 阿蘇火山博物館 館長	一般社団法人 みなみあそ村観光協会 事務局長
立野ダム対策特別委員会 委員長	株式会社 あそ望の郷みなみあそ 代表取締役社長(部会長)
一般社団法人 みなみあそ村観光協会 代表理事(副会長)	東急不動産(株)阿蘇事務所 所長
阿蘇ジオパークガイド協会 会長	ニコニコ屋 代表
南阿蘇鉄道 株式会社 総務課長	南阿蘇鉄道株式会社 総務課長
株式会社 あそ望の郷みなみあそ 代表取締役社長	熊本県阿蘇地域振興局総務振興課 地域振興班
国土交通省 立野ダム工事事務所 所長	国土交通省 立野ダム工事事務所 副所長
設立時アドバイザー	国土交通省 熊本復興事務所 副所長
跡見学園女子大学 准教授 篠原 靖	南阿蘇村建設課 課長
熊本大学 准教授 田中 尚人	南阿蘇村産業観光課 課長

足度や気がついた点などをアンケート調査したので、その結果を図-8に示す。11月に一般の人を対象にモニターツアーを実施するため、それに向けて課題を解決していく。

よそ者の目線でツアーを開発するという視点が珍しく、多くの報道で取り上げられており、南阿蘇村が注目されるという点で大きな効果を得ている。また、9月20日～23日に東京ビッグサイトで開催された世界最大級の旅の祭典である「ツーリズムEXPOジャパン2018」にて今回のプロジェクトについて発表したことで、ツアーそのものだけでなく、南阿蘇村のPRにもつながった(図-9)。

3) 阿蘇ジオパーク推進協議会との連携

2016年熊本地震を引き起こした布田川断層を確認できる旧村道に阿蘇ジオパーク推進協議会と連携して説明看板を設置した。2018年6月8日にプロジェクトメンバーと阿蘇ジオパーク推進協議会を交えて看板の除幕式を実施した(図-10)。立野峡谷の成り立ちや被災状況を知ることが出来る場所として防災学習やツアーに組み込むこととしている。

4. 今後の課題

今後は、更なる新しい観光資源を掘り起こすとともに、プロジェクトで開発したツアーの改善及び継続的に実施できる体制を構築する必要がある。インフラツアーの受け入れにあたって、今後本格化するダム工事現場における安全性の確保や日々変化する状況に柔軟に対応できるようにする等の課題がある。また、ダム完成後にもつながるように観光客の受け入れ側である地元の盛り上がり体制構築、ジオやインフラについて説明するためのシナリオをよりわかりやすくすることやガイドの養成を行う必要がある。



図-9 ツーリズム EXPO ジャパンでの発表の様子

5. 結論

今回、熊本地震により大きく落ち込んだ南阿蘇村の観光振興に資することと今後本格化する立野ダムの工事現場を活用しつつダム完成後も地元根付いた観光資源につなげ、地域の方から「立野ダムが出来てよかった!」と言っていただけを目指し、「阿蘇・立野峡谷」ツーリズム推進協議会や南阿蘇観光未来プロジェクトを立ち上げ、ダムと自然環境とを連動させたこれまでにないインフラツアーの開発に着手した。立野ダムと自然環境を組み合わせたフォトフレームの設置や地産地消の立野ダムカレーの開発など新たな観光資源やインフラツアーの開発を進めてきた。フォトフレームやダムカード、ダムカレーが好評で多くの報道にも取り上げられていることから、こうした観光資源を作り上げていくことが魅力的なインフラツアーの創出や南阿蘇村の観光のPRにつながる事がわかった。またインフラツアーを検討するうえで、立野ダム周辺以外の南阿蘇村の豊富な観光資源の存在を再認識することができたこと、及び地元観光関係者の方々との良好な関係を構築し、踏み込んだ話を聞いたことが事業に携わる立場として大きな収穫となった。

今後、協議会やプロジェクトを活用し、地元及び外部の意見を組み合わせることで、立野ダムの魅力と周辺の自然環境を活用したこれまでにない新たな形のインフラツアーを開発していく。

謝辞：インフラツアー開発にあたって、ご協力いただいている協議会関係者の皆様やプロジェクトメンバー及び本論文の作成にあたって助言いただいた皆様に深謝する。

参考文献

- 1) 平成28年熊本県 観光統計表



図-10 布田川断層説明看板

貯砂ダムを活用した 地域連携フェスティバルの開催

山内 純一¹・小松 禎幸²

¹東北地方整備局 北上川ダム統合管理事務所 湯田ダム管理支所 支所長 山内 純一（〒024-0341 岩手県和賀郡西和賀町杉名畑44-162-15）

²東北地方整備局 北上川ダム統合管理事務所 湯田ダム管理支所 技官 小松 禎幸（〒024-0341 岩手県和賀郡西和賀町杉名畑44-162-15）

湯田貯砂ダム（錦秋湖大滝）では、貯砂ダムライトアップを実施してきたが、知名度が低く、ライトアップ時の現地来場者は100人弱という状況であった。この美しい風景を多くの方に知って欲しいという思いから、全国初となる「貯砂ダムカード」を発行し、また、ライトアップに合わせて行政・地域住民と一体となり、「地域連携フェスティバル」を開催し、釣り体験や船での湖上体験、流木薪割り体験、クワガタ虫の抽選会といった多彩な企画を実施することで、来場者2,400人超を記録し、アンケート結果も満足度96%のイベントを初開催することができたため、今後のダム関連施設インフラ活用の参考にするものである。

キーワード インフラ活用 地域連携 観光資源 インフラツーリズム

1. 湯田貯砂ダムの概要

湯田貯砂ダムは湯田ダムより上流の位置にあり（下図、赤丸を参照）、岩手県北上市と秋田県横手市を繋ぐ国道107号沿いに位置し、周辺を緑豊かな山脈に囲まれた場所です。



図1 主な周辺設備位置図

当設備は湯田ダムとその完成の際にできた人口湖・錦秋湖に上流からの土砂の流入を防ぐ為に設置された、湯田ダム設備の一部である。

洪水期である7月～9月の間のみ出現し、出現期間中は流れ落ちる滝の裏側を歩くことができる設備となっており、貯砂ダム設備としては全国で唯一、迫力ある滝を間近で体感することができる設備である。



図2 湯田貯砂ダム全景



図3 貯砂ダム通路内

2. 貯砂ダム活用にあたっての課題

(1) ライトアップに関心がない

湯田ダムでは、2015年から貯砂ダムのライトアップを行っており、記者発表も実施しているが、ダムにそもそも興味がない一般の方たちからの関心は低く、貯砂ダムのライトアップを行っていること自体、ほとんど知られていない状況であった。



図4 ライトアップ全景

(2) ライトアップ以外の魅力創出が課題

従来、ライトアップ以外のイベントは行っておらず、ダムに興味がない一般の方たちに、どうすれば興味を持ってもらえるのか、新たな魅力を創出することが課題であった。

(3) リピーター確保のための課題

来場者に「また来たい」と思っただけなければ、地域観光資源として定着できないため、イベントに対する改善点など、来場者の要望をいかに把握し、反映していくかが課題であった。

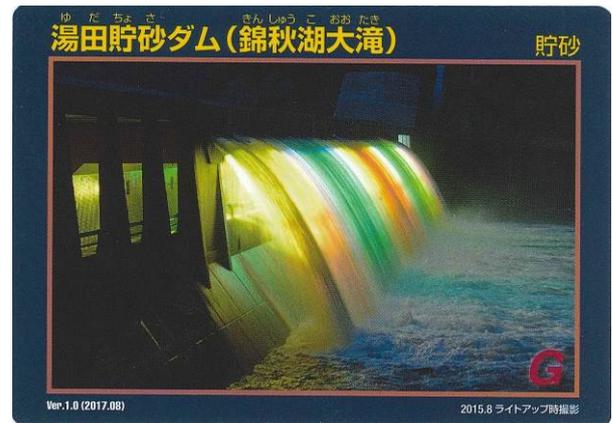
3.課題に対する対応

(1) 関心が無いことへの対応

広く一般の方々に知っていただくため、ダム愛好家の方々のご提案を基に、「全国初の貯砂ダムカード」を作成・配布することとした。

貯砂ダムカードの作成にあたっては、美しいライトアップがなされている状況の写真を採用し、その美しさが広く一般の方々に伝わるように対応した。

また、イベント後の貯砂ダムカードの配布場所は、わかりやすい場所である最寄のJR北上線「ほっとゆだ駅」向かいの湯夢（ゆめ）プラザ内の観光案内所とした。これは、長期的にも地元の西和賀町観光案内所からダムカードを配布していただくことで、地域への観光効果や、貯砂ダムに来られた方々への観光案内にも配慮したものである。



DAM-DATA

所在地: 岩手県和賀郡西和賀町
河川名: 北上川水系和賀川
型式: 重方式コンクリートダム
ゲート: メタルタッチ×2門
スプイラーの形状: 鋼製スプイラー×16基
堤高・堤頂長: 17.50m・123.0m
総貯水容量: 290万m³
管理者: 国土交通省
本体着工/完成年: 1997年/2002年

詳しくはこちら <http://www.thr.mlit.go.jp/kitakata/>

ランダム情報

上流から流れてくる土や砂をせき止めて貯めるために造られたダム。7月～9月の水位が下がる洪水期に姿を現し、ダム内部の通廊から流れ落ちる滝の裏側が見られる全国でも珍しいダム。

こだわり技術

低周波振動に対する対策のため、水膜を分ける構造物（スプイラー）を間隔2mごとに設置し、越流水による水膜を分け、低周波振動の発生を抑制している。

図5 全国初となる湯田貯砂ダムカード

(2) ライトアップ以外の魅力創出への対応

関係機関とのタイアップイベント（錦秋湖大滝サマーLIGHTフェスティバルinにしわが）を実施し、期間中に西和賀町の施設でダムカードを提示することで、料金の割引といったキャンペーンを実施し、イベント会場では、出店等で地域の特産品を提供した。

また、西和賀町関係機関に積極的に協力要請を行い、下記の多彩なイベントにご協力いただけることとなった。



図6 イベントチラシ

a)作業船による湖上体験

西和賀町教育委員会にご協力いただき、作業船を操船し、貯砂ダム上流の湖上体験を実施した。

錦秋湖湖面上を水しぶきをあげながら疾走するという非日常的な体験を用意することで、興味を持ってもらい、実際に来られたかたにも満足していただけるようにした。



図7 湖上体験の様子

b)漁業協同組合による釣り体験

西和賀淡水魚協同組合にご協力いただき、貯砂ダム下流で「湖に生息する魚の釣り体験」を実施した。これは、「オオクチバス」など外来種の放流禁止を啓発するとともに、現在、湖に生息している魚種を参加者に調査していただくことも目的として実施した。

現地には、釣った魚を鑑賞できる大型水槽を準備するとともに、「大物賞はHPアップ」を特典とすることで、キャッチ&リリースでも子供たちが楽しめるよう対応した。



図8 釣り体験の様子

c)森林組合協力による流木薪割り体験

湯田ダムに流れてきた流木を活用し、西和賀町森林組合ご協力のもと、「流木薪割り体験」を実施した。これは、流木を無償提供していることの周知や、流木

に親しむ場を増やし、流木の有効活用を促進することを目的として実施した。

薪割りでは、安全対策が重要であるため、誤って斧で自身を傷つけないような、木製安全防護柵を足下に設置して対応した。



図9 流木薪割り体験の様子

(3) リピーター確保のための対応

地域観光資源として定着していくためには、来場者がどのように感じたか、どこを改善すればもっと良いイベントになるのか、把握することがきわめて重要である。通常、改善点などはアンケートで把握することが多いが、不特定多数を対象にしたイベントでは回収率が低いのが一般的である。そこで、地域資源である湯田ダムで採取した「天然クワガタのプレゼント抽選会」を実施し、アンケート記載紙を抽選券として活用し、アンケート回収率を高めることができるように対応した。



図10 クワガタのプレゼント抽選会の様子

4.対応の結果

(1) 関心が無いことへの対応結果

「全国初の貯砂ダムカード」は、反響が大きく、配布開始からイベント期間二日間だけで、2,200枚以上も配布対応した。また、イベント後も人気は続き、上記で述べた湯夢プラザ内の観光案内所で配布を続け、配布開始から一ヶ月で、3,000枚以上も配布することとなり、西和賀町の観光案内の機会を増やすことができた。

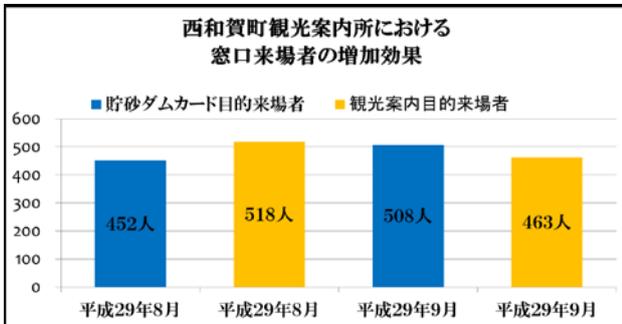


図11 貯砂ダムカード配布による効果

また、ダムカードに掲載したライトアップ写真に関しても、実際にライトアップ状況を鑑賞した方々が、インスタグラム等のSNSに投稿し、それが拡散することで美しいライトアップを知っていただく機会を作ることができた。



図12 SNSに投稿していただいた例

(2) ライトアップ以外の魅力創出への対応結果

2017年は記録的な冷夏であり、同時期の岩手県内の観光施設では、例年に比べ売上げが落ち込む影響が出ていたが、当イベントでは、地域の特産品等を提供した結果、売り切れ続出となった。

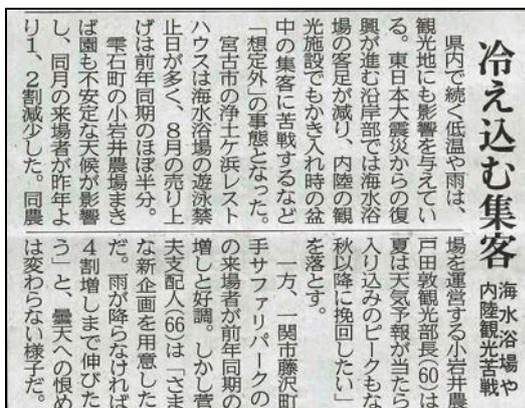


図13 冷夏による影響を報じる新聞（岩手日報）

西和賀町青年部による屋台は完売、キッチンカー道の駅錦秋湖号も、盛岡さんさ踊り並の売上げを記録するなど、地域経済の活性化に貢献することができた。

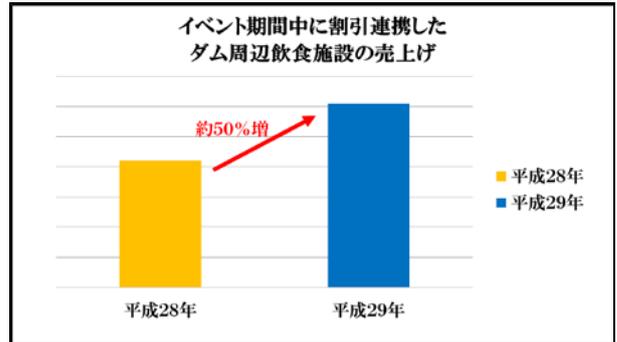


図14 平成28年と平成29年とのイベント期間中比較

また、西和賀町関係機関から、多彩なイベントにご協力いただいた結果、来場者数が2,400人超となり、昨年までの100人に満たない状況に比べ、20倍以上も来場者を増加させることができた。

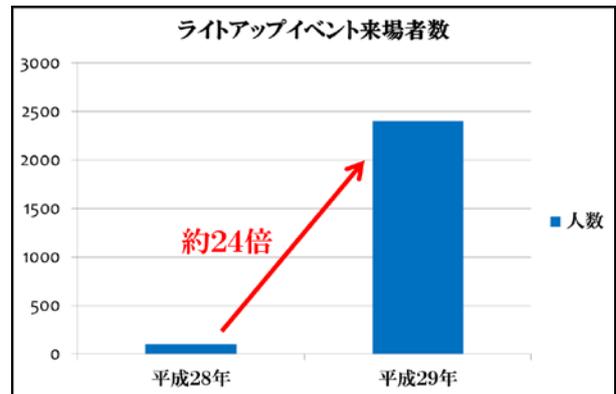


図15 平成28年と平成29年との来場者比較

(3) リピーター確保のための対応結果

アンケートに記入いただいた方を対象として天然クワガタの抽選会を行った結果、アンケートを提出される方が続出し、予想外の長蛇の列が発生した。その結果、アンケート回収も、1,000人以上の回答を回収することができ、今後の改善対応を行うことができた。

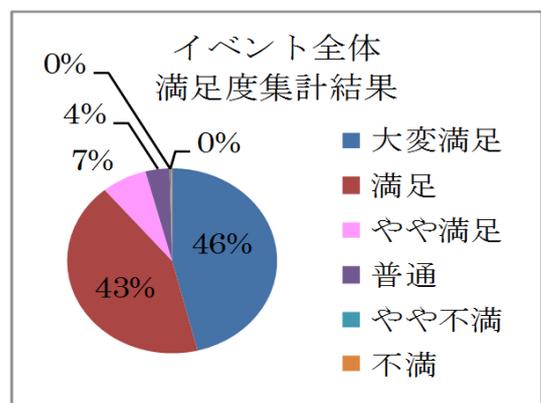


図16 アンケート感想結果

5.おわりに

貯砂ダムを活用した地域連携フェスティバルを開催して、「連携」・「工夫」・「行動」により、初開催でも、大いに地域活性につながるイベントを開催できることがわかった。インフラ設備と地域資源を活かしたイベントとして定着していくためには、来場いただいた方に「面白かった」、「また来たい」と思ってもらえるような配慮が重要であると同時に、地域との協力体制も継続して続けていく必要がある。

防災・減災だけでなく、地域経済を盛り上げる新しい一面をも持った存在となれるように、対応を図ってまいりたい。

興味をもってもらい」、「事業を理解してもらい」といったステップが必要と考えられる。(図-3) 近年こそダム愛好家など、ダムを見学し、ダムに興味をもち、理解してくれる方も増えてきているものの、一般的に見ればダム事業の認知度はまだまだ高くないことから、「事業を知ってもらい」ための情報発信を重点的に実施してきた。ハッ場ダム本体建設工事に着手し、本格化したタイミングに合わせ、新たな広報活動の一環として、実際に現場に来てダム事業を知ってもらい目的でハッ場ダム工事現場見学を開始した。

見学者にハッ場ダムの役割などを正しく理解してもらうことに加え、口コミ、SNSの発信や大勢の方がハッ場ダムを訪れることがニュース性を高め、新聞・テレビで報道されることにより、ハッ場ダムの認知度を上げ、さらに来訪者の増加に繋がると考えられる。

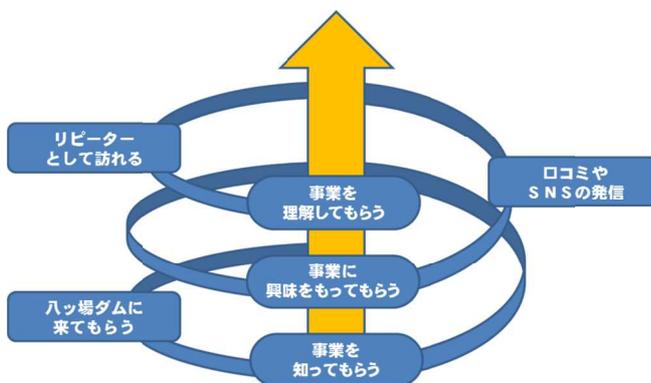


図-3 理解促進概念図

(2)ダム本体工事と着地型観光(地域振興)

ダム完成に向けて、ハッ場地域における地域活性化が必要といえる。関東地方整備局が公表している「宮ヶ瀬ダム定期報告書¹⁾によると、宮ヶ瀬ダムのある清川村総観光客数は本体工事期間中に急増したことが、ダム完成後の観光客数に寄与していると考えられる。

ハッ場ダムでは、1時間圏内に年間300万人が訪れる草津温泉をはじめ、四万温泉、伊香保温泉、軽井沢などの観光地が多数あり、また将来の湖面沿いにある国道145号は1万台/日の交通量がある²⁾。現状では、ハッ場ダム周辺に多くの観光客が来ているものの、ハッ場地域を通過してしまう観光客が大半である。一方で、首都圏ではダム本体建設工事を実施しているのはハッ場ダムだけであり、スケールの大きいダム工事現場は観光資源になりうる。このような状況の中で、ハッ場ダム工事現場見学を着地型観光のプログラムのひとつとして提案し、他の観光地と共に、ダムを含めたハッ場地域に立ち寄ってもらい、これをきっかけに、来訪者がリピーターとなってもらい、持続的な地域振興に繋がると考えられる。

2. 実施内容

ハッ場ダム観光プロジェクト「やんばツアーズ」は、「いまだけ」・「ここだけ」・「あなただけ」をキャッチフレーズに、普段は入ることができないダム工事現場で、地元吾妻郡在住の女性で構成された“やんばコンシェルジュ”が楽しく・わかりやすく案内・説明を行っている⁴⁾。

「やんばツアーズ」は目的別に10本の見学プランがあり、個人旅行を対象とした「個人向け現場見学会」、団体バス旅行を対象とした「団体向け現場見学会」に大別できる。また、誰でも自由に見学できる「車・徒歩でめぐる自由見学場所」、地元住民を主体として行う「チームやんば」主催イベントへの協力の四つをハッ場ダム観光プロジェクトとして位置づけ、旅行者のニーズや旅行スタイルの多様化に応えることができるよう受入体制の確保を行った。

(1) 個人向け現場見学会の概要

個人向け見学会は、通年開催している一般個人向け現場見学会を主に、期間限定の現場見学会及びハッ場ダムファン倶楽部限定の見学会を新たに開設し、より旅行者のニーズに対応できるようにした。

a)ハッ場ダムぷらっと見学会

昨年度までは事前に申込が必要な、見学会を行っていた。(開催日は月曜日～土曜日(木・日曜日・祝日は休み)) 平日は13:30～、土曜は10:30～と13:30～の二回制でバス(定員25名)移動していたため、案内できる人数に制限が生じてしまった。

それを踏まえ、平成30年4月からは、平成29年度に長期休暇期間限定で実施していた「ハッ場ダムぷらっと見学会」を木曜日以外の毎日実施している(今年度10月以降は未定)。より気軽にダム工事の様子を見学に来てもらうため、この見学会では事前予約不要で、見学会の集合場所で直接参加の受付をし、毎回先着40人程度を案内している。平日は11:00～、13:00～の2回、土日祝日は10:00～、11:00～、13:00～、14:00～、15:00～の5回実施する。所要時間は1回約40分である。

見学場所は工事現場であるため、見学者もヘルメットの着用が義務付けられているが、カラーヘルメットを10色用意し、見学者に好きな色を選んでもらい、工事現場をより身近に感じてもらう工夫を行っている。また、子供用のヘルメットも用意するなど、老若男女様々な人が参加し、好評を得ている。(図-4)



図-4 「八ッ場ダムぷらっと見学会」の様子

また、24時間体制でダムの本体工事を行っているため、夜の工事現場の様子も見てもらおうと、毎月第3土曜日には「八ッ場ダム土曜の夜の現場見学会」を行っている。「ぷらっと見学会」と同じく事前予約が不要であり、時間は19:30～の1回実施している。

他にも期間限定の現場見学会等を実施している。

b) 期間限定の現場見学会

「ホテル観賞と夜間工事見学会」, 「名勝吾妻峡の紅葉とダム見学会」, 及び「やんば冬の新名物樹氷と夜間工事見学会」を八ッ場地域ならではの魅力とダム見学をセットで期間限定見学会として開催する。

c) 八ッ場ダムファン倶楽部限定の現場見学会

八ッ場ダムファン倶楽部を立ち上げ、会員向けの特別見学会を開催している。入会資格は八ッ場ダムが好きで、八ッ場ダム及び周辺地域を盛り上げてくれる方を対象としている。

(2) 団体向け現場見学会の概要

団体のバス旅行の見学先の一つとして、八ッ場ダム工事現場を見学することができる。見学可能日は木曜日・年末年始を除く毎日であり、日曜日・祝日など、観光客が多くなる曜日でも開催している。一般団体向けやんばコンシェルジュ御案内ツアーが主となっているが、土木技術者専門向けや訪日外国人向け、小中学生を対象とした教育旅行プログラム、プレミアムフライデー限定ツアーを実施している。ダムの歴史や役割を説明後、工事現場を見学する。

a) 一般団体向けやんばコンシェルジュ御案内ツアー

一般団体向けやんばコンシェルジュ御案内ツアーは、見学箇所をダム上部（右岸天端）のみ、もしくはダム下部（左岸下流）（図-5）を追加する二つのコースがあり、所要時間は50分、90分程度である。参加者には八ッ場ダムカード及び「八基石」（ダムを支える基盤の石）を特典として配付している。



図-5 一般団体向けツアー実施状況（ダム下部にて）

b) 土木技術者・土木系学生向け見学ツアー

土木技術者・土木を専攻している学生など専門知識のある方々の研修や視察などを想定している。最新のダム技術について、やんばコンシェルジュではなく技術者が説明を行うコースである。

c) 訪日外国人向けYanba Inboundツアー

訪日外国人向けでは、概要説明の資料は英語版となる。通訳の同行が必要となるが、日本のダム技術を間近で見学することができる。

d) 小中学生向け教育旅行プログラム

主に小中学生の社会科見学として、工事中の八ッ場ダム見学や、八ッ場ダムの歴史及び必要性について学ぶことができる。三つのコースから選択することができ、やんばコンシェルジュによる講義とダム上部（右岸天端）を見学する基本コース、基本コースに加えダム湖周辺の新たなまちづくりを学ぶコース、基本コースに加え八ッ場ダム模型（図-6）を製作しながら、ダムの型式や役割を学習できるコースがある。



図-6 八ッ場ダム模型

e) プレミアムフライデー限定ヤンバナイトツアー

毎月最終金曜日のみに開催しており、八ッ場ダム本体工事現場の夜間見学をすることができる。（図-7）



図-7 夜間のハッ場ダム本体工事現場

(3) 車・徒歩でめぐる自由見学場所の概要

「車・徒歩でめぐる自由見学場所」は予約をすることなく大規模なダム工事を自由に見学することができる施設である。見学できる箇所は、左岸側にある展望台「やんば見放台」(図-8)、右岸側から見学することのできる「やんば展望広場(仮称)」(図-9)、ダム本体工事現場を正面から見学できる「ハッ場大橋」、パネル展示や模型などでハッ場ダム事業を分かりやすく学ぶことができる「なるほど!やんば資料館」(図-10)がある。「やんば見放台」、「やんば展望広場(仮称)」、ハッ場大橋には、工事現場が見学できるよう、双眼鏡を設置した。また、自由見学場所の各地点に設置してあるスタンプを集める事でハッ場ダムカードを受け取る事ができる。いずれも入場無料で、事前の申込等は不要のため、ハッ場地域での観光を計画していなかった旅行者でも、ダム見学をしながらハッ場地域を散策することができる。

a) やんば見放台

ダム建設の状況を、ダムサイト近くの高い位置から自由気ままに見学してもらえるよう開設した展望台である。

平成27年9月2日にオープンしてから平成30年5月末時点で約32万人の来訪者があった。

平成28年10月にはさらに間近に見学できるようお立ち台を設置し、多くの方に利用されている。



図-8 やんば見放台からの眺望

b) やんば展望広場

ダム建設の状況を右岸側から見学できる平成29年5月1日にオープンした広報施設で、最寄りの駐車場から見学場所まで、高低差がほとんどなく見学することができる。



図-9 やんば展望広場(仮称)からの眺望

c) なるほど!やんば資料館

ダム事業の経緯やダムが完成するまでの流れ等を分かりやすい映像やパネルで学ぶことができる資料館である。

館内には利根川流域全体を描いたフロアマットを設置し、流域の大きさやダムの位置関係を示している。

また、ハッ場ダム周辺のジオラマ模型を設置し、ダム周辺の地形や、地区の名前、場所が一目で分かるように工夫している。平成27年8月11日にオープンしてから平成30年5月末時点で約96,000人の来訪者があった。



図-10 なるほど!やんば資料館館内

(4) 「チームやんば」主催イベントへの協力

「チームやんば」とは長野原全体を盛り上げようとする地元住民と地元自治体、国で構成されている任意団体である。過去、各々の立ち位置で奮闘してきた経緯を踏まえ、各々が連携できる体制づくりの結果、立ち上げられた団体である。

今年度に入り、「チームやんば」主催のイベント「歩け歩け見学会」が開催された。地元町民を対象に募集をかけ、約70人が参加し、旧145号沿いを地元説明者の話を聞きながら約8kmをコースを歩くイベントを行った。(図-11)

今後7月7日にもハッ場大橋の上で「水辺で乾杯」す

るミズベリングのイベントを開催する予定である。そのイベントと連携して、イベントの時間に合わせてダム見学ツアー開催することになっている。



図-11 チームやんば主催イベントの様子

図-13 より当事務所の作成したホームページを参考に多くの人が訪れている事が分かった。また、新聞やテレビといったメディアで見学会を知った人も多く、報道機関向けの現場見学会も効果的と言える。

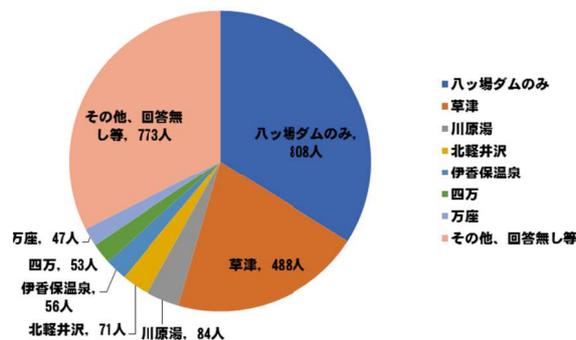


図-14 現場見学会以外の目的地について

3. やんばツアーズ実施の効果

広報活動によって得られた結果を整理する。

(1) 結果

情報発信の取り組みの結果として、個人向け現場見学会で実施しているアンケート結果（平成30年4月2日～4月30日）を以下に示す。

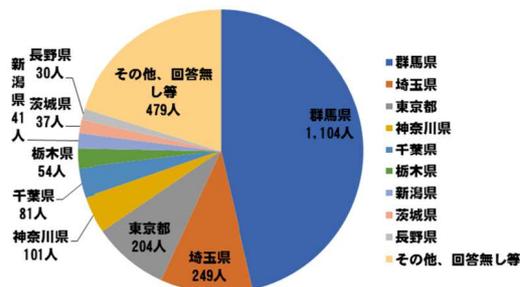


図-12 現場見学会参加者の所在

図-12 より個人向け現場見学会に参加した人の半数近くは県内から参加している。一方で埼玉県や東京都など下流都県の参加者も多いことが分かる。

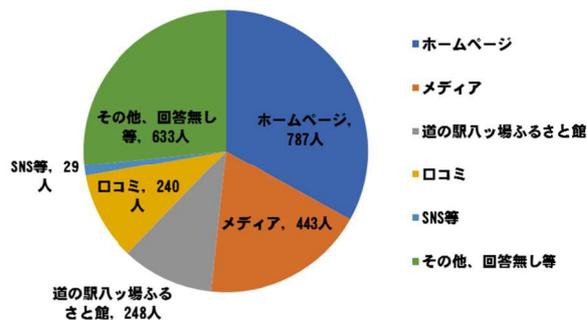


図-13 現場見学会を知った媒体について

図-14 よりハッ場ダムのみを目的地とする参加者が最も多く、当見学会を目的として来る人が多い事が分かった。また、草津温泉を利用する観光客がハッ場ダム見学も訪れている事が確認できた。

平成29年4月から平成30年5月末までの個人向け現場見学会参加者数について下記に示す。(図-15)

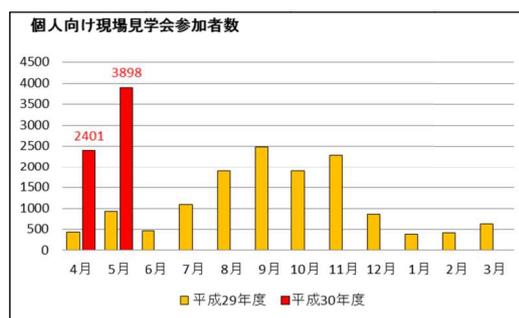


図-15 現場見学会参加者数

平成30年度は、4月より予約不要の「ふらっと見学会」を開始したことにより、前年の同時期より参加者が増加しており、4月は対前年比で約5.5倍となっている。

次に各広報施設（「やんば見放台」及び「なるほど！やんば資料館」）の来訪者数は以下の通りとなった。(図-16) (図-17)

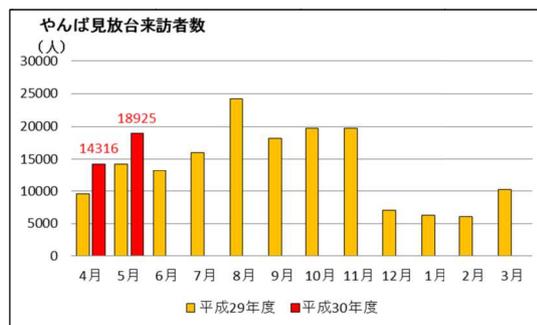


図-16 やんば見放台来訪者数

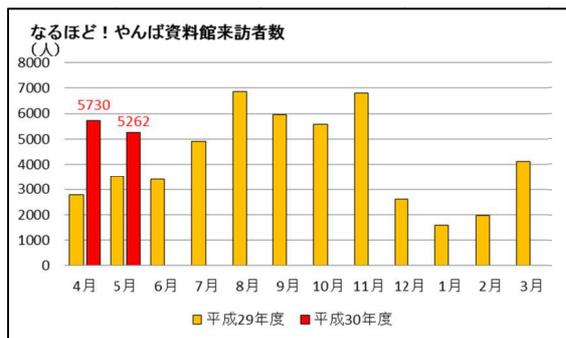


図-17 なるほど！やんば資料館来訪者数

各施設とも、平成30年度の来訪客数が前年度より増加しており、今しか見ることができない八ッ場ダム本体工事現場を見学するニーズが高まっていると考えられる。平成29年度の来訪者数について、秋は紅葉の時期に合わせて訪れる観光客が多く、来訪者数が伸びたが、冬は寒さが厳しく雪が多いためか、来訪者数が少なかった。

4. やんばツアーズにおける課題

上記データより、季節による来訪者数の差が大きいことが課題としてあげられる。年間を通じた来訪者数の増加を図るため、来訪者数の少ない冬季期間を重点的に、八ッ場ダム事業のPRを推進していく必要がある。

群馬県内からの来訪者が多いことと、八ッ場ダムを目的としてくる方が多いことから、群馬県内より、ダムの進捗を確認しにくるリピーターの方が多いことが考えられるが、来訪者の少ない、県外の方へのアプローチ方法を考え、県外からの来訪者数の増加を図る必要がある。

また、個人向け見学会のメインを、事前申し込み不要の「ぶらっと見学会」にしたことで参加者数が増加している。そのため、定員を大幅に上回る人数が参加を希望し、次の回に参加してもらうなどの対応を取っているが、見学スペースが限られているため定員を増加させることは困難であり、現状のスペースを上手く利用しながら、一人でも多くの方にダム見学をしてもらえる様な対応が必要である。(図-18)



図-18 ダム上部（右岸天端）から見学する参加者

5. 考察と今後の方針

見学者が減少する冬季期間の来訪者数の確保に対する方針として、草津の旅館やスキー場に訪れる観光客をターゲットとして、本格化する八ッ場ダム本体工事現場の情報発信をより一層推進していく。

県外からの来訪者数確保に対する方針として、県外への情報発信の推進が考えられるが、情報発信とアプローチの方法としては、地元主体の「チームやんば」で行う印象的なイベントで知ってもらうところから始めたい。その際、情報発信の主体は「チームやんば」で行い、多方面からのアプローチを行っていく。

来訪者数増加に伴う見学スペースの限界に対する方針としては、自由見学場所への誘導が挙げられる。時間的な制約が無いことからダムの見学を気軽に行う事ができる。ただ案内者がいないため、訪れた人が八ッ場ダム事業について理解することができるよう、ダムの諸元・役割などが書かれた分かりやすい広報パネルを設置する等、自由見学場所のさらなる充実を図るとともに、初めて訪れる方のために、分かりやすい地図等を配布する。

また、ダム完成後の持続的な地域振興について、大きな役割を担うであろう「チームやんば」の活動援助があげられる。縦軸の確立と多様化を促すとともに、横軸において、構成員や協力者の拡充やその方法を考え、「チームやんば」拡大へ向け、地域振興へ寄与すべく取組を行っていく。

6. おわりに

八ッ場ダム事業は佳境を迎えており、大規模なダム工事現場を見学できるのは今だけである。八ッ場地域を訪れた方へダム事業の理解を深めて頂けるよう今後も広報活動に取り組んで行くと共に、ダム完成後、地元主体で行う持続的な地域振興に繋がるよう取り組んでいく。

参考文献

- 1) 国土交通省：ホームページ「インフラのストック効果事例」について
http://www.mlit.go.jp/river/stock_kouka/index.html
- 2) 関東地方整備局：関東地方ダム等管理フォローアップ委員会 第24回委員会資料(平成27年12月18日開催)62頁。
http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000643299.pdf
- 3) 群馬県：平成27年度全国道路・街路交通情勢調査一般交通量調査結果(交通量観測地点：長野原町大字林 1567-4地先) <https://www.pref.gunma.jp/contents/100022477.pdf>
- 4) 関東地方整備局河川部・八ッ場ダム工事事務所：八ッ場ダム観光プロジェクト「やんばツアーズ」に関する記者発表資料 2017.3.22
http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000669498.pdf

北海道型地域構造の保持・形成に向けた取組 —生産空間に住み続けられる環境づくりを目指して—

山本 直之¹・本間 薫²・平野 誠治¹

¹北海道開発局 開発監理部 開発調整課 (〒060-8511 北海道札幌市北区北8条西2丁目)

²北海道開発局 小樽開発建設部 小樽港湾事務所 計画課 (〒047-0008 北海道小樽市築港2番2号)

北海道の強みである食と観光等の産業は主に地方部の「生産空間」が担っているが、人口減少等により、将来的にはその維持が危惧されている。そのため、北海道総合開発計画は、「生産空間」の暮らしを支え、人々の対流を促進することで、北海道型地域構造の保持・形成を図ることとしている。

本稿では生産空間の現状と課題を整理し、道内に3箇所設定したモデル圏域における検討を踏まえ、地域で取り組む施策の方向性について考察する。

キーワード：北海道型地域構造、生産空間、地域活性化、地域交流・連携

1. はじめに

北海道の強みである「食」や「観光」などの産業を担っている地域は、主に北海道の都市部ではなく地方部に広域に存在し、農業・漁業に係る生産の場として、我が国の食料供給に大きく貢献するとともに、観光その他の多面的・公益的な機能を提供している(図-1)。

北海道は人口の3分の1以上が札幌市に集中する一方、地方部では、人々が分散して生活する散在・散居形態が主となっており、他の都府県とはスケールの異なる広域分散型社会を形成している。

しかし、今後、全国よりも10年先行している人口減少や高齢化の急速な進行により、将来、北海道の強みを提供できなくなるおそれがある(図-2)。

第8期北海道総合開発計画(以下、「8期計画」という。)では、これら北海道の強みを提供する地域を「生産空間」と位置付けており、「北海道型地域構造の保持・形成」を計画推進の基本方針の一つに掲げ、生産空間での暮らしを広域的に支えつつ、人々の活発な対流を促進するための取組を推進することとしている。

2. 北海道型地域構造とモデル圏域

(1) 北海道型地域構造の基礎圏域

8期計画では、北海道型地域構造における「基礎圏域」は既存の市町村界に拘わらず、土地利用の状況や周辺地域との関わりで提供される都市機能・生活機能などの「機能面」に着目して、①地方部における主として農

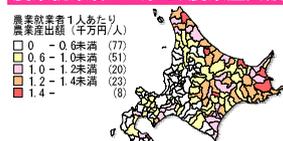
【北海道の強み】・北海道は我が国の食料供給基地・食の輸出、外国人観光客も急増

食料品輸出額(北海道):7年で3倍に 来道外国人旅行者数:12年で7倍に



出典:国土審議会北海道開発分科会第1回計画推進部会資料

農業就業者1人あたり農業産出額



出典:農林水産省「H18生産農業所得統計」、総務省「H22国勢調査 産業別人口」

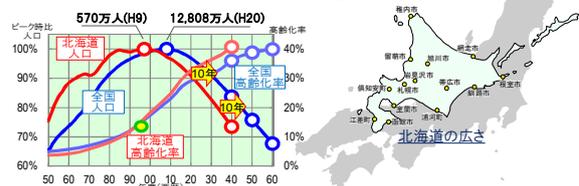
漁業就業者1人あたり漁業生産額



出典:北海道水産林務部「H24北海道水産現勢」、総務省「H22国勢調査 産業別人口」

図-1 北海道の強み

【北海道の課題】・北海道の人口減少は全国よりも10年先に進展・本州等とは距離感の異なる広域分散型社会



出典:国土審議会北海道開発分科会第1回計画推進部会資料

図-2 北海道の課題

業・漁業に係る生産の場となる「生産空間」、②一定程度の人口集積が見られ日常生活の拠点的功能を有する地方部の「市街地」、③医療等でのより高次な都市機能・生活機能を提供する「圏域中心都市」の3層で構成されるとしている。

この3層それぞれの強みを充実させ、各層間の結びつきを強化することにより、都市機能・生活機能が日常生活に支障のない水準で提供される基礎圏域を形成し、生産空間を支える人々が住み続けられることが重要である(図-3)。

(2) 北海道型地域構造の類型化、モデル圏域の選定

北海道内の地域構造について、道路交通網や購買依存などを踏まえてパターン化した場合、①圏域中心都市への依存度が高いパターンの「集中型」と、②一定程度他圏域の圏域中心都市にも依存しているパターンの「分散型」の2パターンに分類される(図-4)。

さらに、内陸、沿岸などの地理的特性や稲作、酪農などの第1次産業の構造も踏まえて、名寄市を中心とした上川北部9市町村(当初5市町、後に追加で4町村が参加。)による「名寄周辺」、帯広市を中心とした十勝南部6市町村による「十勝南」、釧路市を中心とした釧路管内8市町村(当初5市町、後に追加で3町村が参加。)による「釧路」の要素が異なる3地域をモデル圏域として選定し、検討を行った(図-5)。

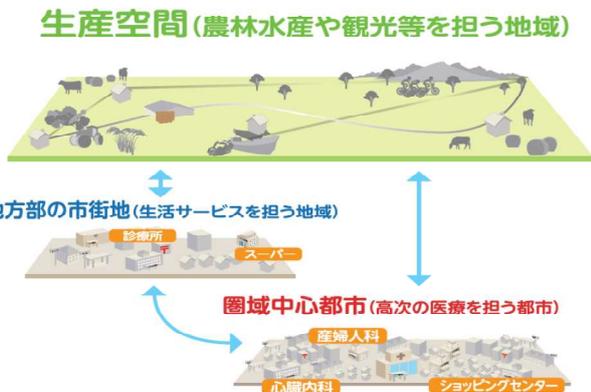
3. 生産空間を支える施策の方向性

(1) 施策を検討する上での4つの着眼点

モデル圏域における検討を進める前に、生産空間に住み続けるためには、どのような施策が考えられるか、まずは一般論として整理した。

8期計画では、生産空間の維持・発展を図るためには、①「所得・雇用の確保」、②「生活機能・集落機能の確保」、③「地域の魅力向上」の取組を三位一体で進めることが必要としている。

これに、激甚化・多様化する災害への対応として、④「安全・安心な社会基盤の形成」を加えた4つの着眼点で整理して施策を検討することとした。



出典:国土審議会北海道開発分科会第1回計画推進部会資料

図-3 北海道型地域構造～頼り頼られる3つの層～

(2) 各着眼点における施策の方向性

a) 所得・雇用の確保

人口減少や高齢化が進行する中、生産空間に住み続けるためには、生産性や付加価値を高めることにより、所得を向上させ、雇用の創出を図る必要がある。

そのための施策としては、農地の大区画化などの基盤整備、ICTやロボット技術を活用したスマート農業、特産品の開発や農林水産業の6次産業化、食・観光関連産業の振興などが考えられる。

参考となる取組事例として、宮城県東松島市では、地域農業の受け皿として設立された法人が、米、麦、野菜等の生産・販売のほか、加工品の開発・販売も行う6次産業化に取り組んだ結果、収益を向上させ、雇用を増や

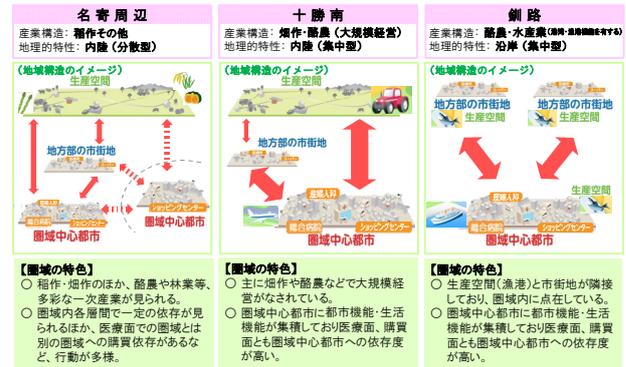
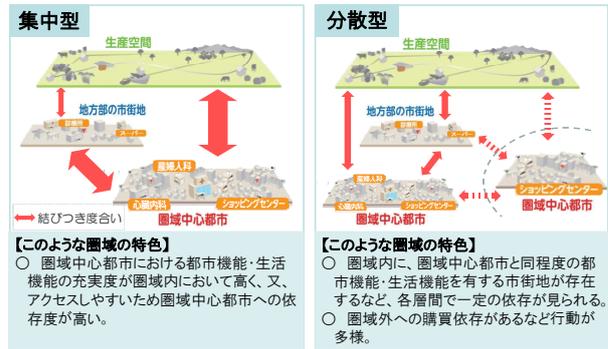


図-4 北海道型地域構造の類型化とモデル3圏域の特徴



図-5 モデル3圏域の構成市町村

すなど震災からの復興、地域の活性化に寄与している¹⁾ (図-6)。

b) 生活機能・集落機能の確保

散居形態を成す生産空間に住み続けるためには、日常生活に必要な医療、買い物、教育等の生活サービスを受受するための交通・情報ネットワーク等を確保することが必要である。

そのための施策としては、高規格幹線道路網等の交通ネットワークの整備、コミュニティバス、デマンド交通等住民ニーズに応じた移手段の確保、路線バスや鉄道等で旅客と貨物を協働輸送する貨客混載による持続可能な人流・物流システムの構築などが考えられる。

また、移動販売・買い物代行など交通弱者対策、生活サービス機能を市街地中心部や道の駅などに集約し機能維持を図る地域の拠点づくり、遠隔医療や様々な情報にアクセス可能とする情報通信環境の整備なども考えられる。

参考となる取組事例として、岩手県西和賀町では、地元スーパー、宅配業者、社会福祉協議会の協働により、商品を高齢者宅まで届けるとともに安否確認も行う「まごころ宅急便」を実施。過疎地に住む高齢者の買い物を支援することで、その地域に住み続けたいという思いを支えている²⁾ (図-7)。

c) 地域の魅力向上

生産空間への定住や交流を促進するためには、人々が「暮らしたい」・「訪れたい」と感じられるような地域の魅力向上を図ることが必要である。

そのための施策としては、サイクルツーリズム、フードツーリズム、シーニックパイウェイなど北海道らしい農村景観や食などの観光資源を活かし、交流人口を拡大する取組が考えられる。

また、子育てや住宅の支援、新規就農や観光業など魅力ある仕事を提供し、移住・二地域居住等を促進する取組も考えられる。

参考となる取組事例として、直近の国勢調査で人口増加率が北海道内で第2位となった東川町では、子育て支援、企業支援の充実のみならず、「写真の町」として、30年以上前から景観を重視した街並みづくりを行うなど被写体としての魅力向上に務め知名度を上げる文化事業を展開している。また、町を応援したい人が寄付によって株主になり、まちづくりに参加する「ひがしかわ株主制度」、日本語を学ぶ外国人の受け入れを強化し町立日本語学校を開設するなどの前例のない取組により魅力を向上させている³⁾ (図-8)。

d) 安全・安心な社会基盤の形成

生産空間で安心して暮らすためには、頻発・激甚化する

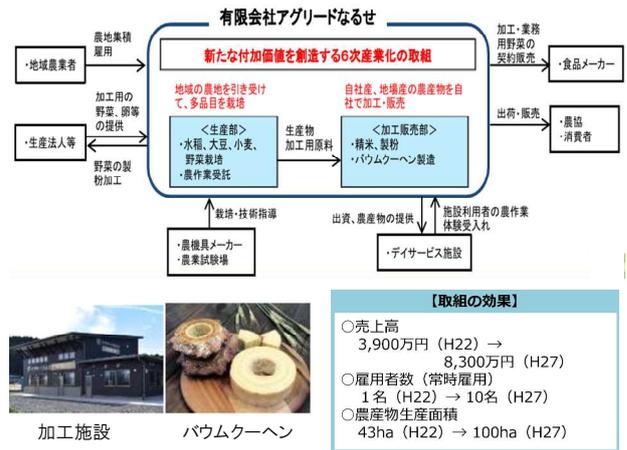


図-6 新たな付加価値を創造した事例 (宮城県東松島市)

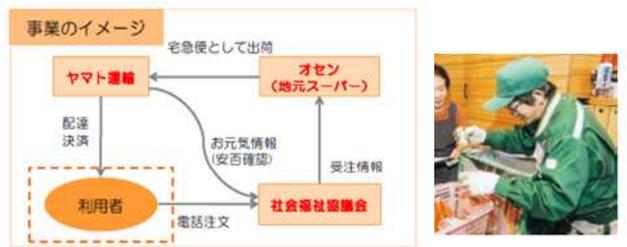


図-7 地域協働による買い物支援の事例 (岩手県西和賀町)



図-8 30年以上続く「写真の町」づくり (北海道東川町)

る自然災害等から命と暮らしを守ることが必要である。

そのための施策としては、河川改修、洪水調節施設、砂防施設、防潮堤などのハード整備のほか、水害対応タイムラインや想定最大規模の洪水に対応したハザードマップの作成、住民参画型の防災訓練、防災教育を実施するなど行政、関係者連携による地域防災力向上の取組が重要である。

また、高度経済成長期以降に集中的に整備されたインフラの老朽化については、各管理者で定めている長寿命化修繕計画等を基に、定期点検、予防的修繕、計画的な更新が必要である。

4. モデル圏域検討会

(1) モデル圏域検討会の発足

「2. 北海道型地域構造とモデル圏域」で記載のとおり、北海道型地域構造の保持・形成に向けて、学識経験

者、民間事業関係者、国及び地方自治体などの様々な立場の関係者が、生産空間に住み続けられる環境づくりを推進するために、道内3圏域（名寄周辺、十勝南、釧路）をモデルとした圏域検討会を発足させた（表-1）。

(2) モデル圏域の現状と課題、施策のイメージ

道内3圏域において検討会を開催するに当たって、まずは客観的な統計データ等から地域の現状と課題を整理し、課題解決のための具体的な施策のイメージを検討した。

a) 所得・雇用の確保

名寄周辺モデル地域の人口は、1960年以降大きく減少し、高齢化率は2045年以降40%代になることが予想されるなど全国、全道と比較しても人口減少、高齢化が進んでいる（図-9）。

また、社会動態は一定程度名寄市への移動が見られるものの、旭川市及び札幌市への流出が上回っている。名寄市の年齢階層別転出・転入者数は、10代で大学入学のためと思われる転入超過が見られるが、その他の世代は転出超過であり、20代及び30代の移動割合が大きいことから、雇用の受け皿をつくり、働く世代の社会減を抑制する取組が必要である（図-10）。

名寄周辺モデル地域の第1次産業は、稲作のほか、畑作、畜産、林業など多種多様であり、農業産出額の構成を見ても、様々な作物が作付けされている。

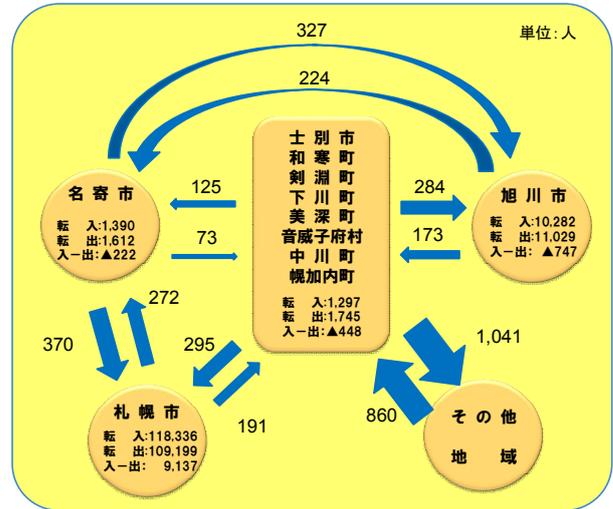
また、農家数・農業就業人口がここ15年で約4割減少する中、農業生産額は微増、耕地面積は横ばい傾向であるため、単純計算であるが1戸当たりの生産性は上がり、産業としての魅力も向上していると考えられ、担い手確保

保対策とともに、生産性を向上させる取組の継続が必要である（表-2）。具体的事例としては、士別市におけるGPS自動走行システム等を利用したスマート農業、剣淵町におけるトマト、かぼちゃなど約300種類の少量多品種を生産し、軽トラックの荷台に積んで持ち寄り販売し地産地消、地域活性化に貢献する「VIVAマルシェ」、美深町におけるチョウザメ飼育研究施設を建設

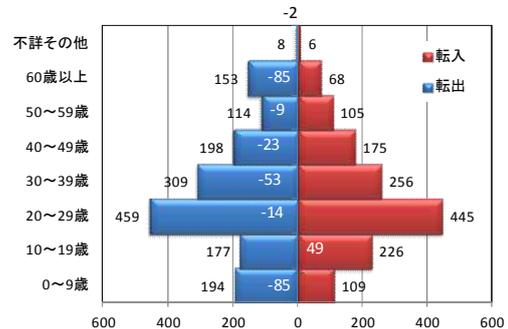
表-1 モデル圏域検討会

モデル地域	構成市町村	検討会開催日	
		第1回	第2回
名寄周辺	名寄市、士別市、和寒町、剣淵町、下川町、美深町、音威子府村、中川町、幌加内町	H29.11.6	H30.3.22
十勝南	帯広市、中札内村、更別村、大樹町、広尾町、幕別町	H29.11.22	H30.10.9
釧路	釧路市、釧路町、厚岸町、浜中町、標茶町、弟子屈町、鶴居村、白糠町	H30.2.7	未定

■社会動態(転入・転出の状況)



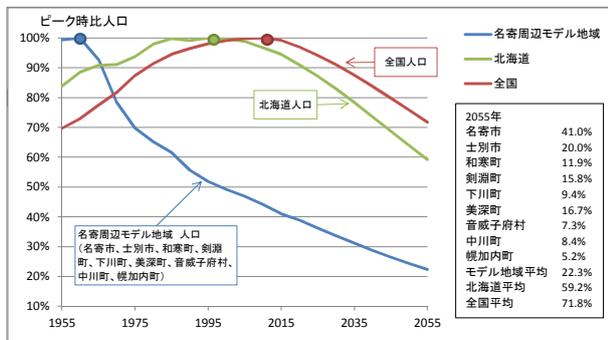
■年齢階層別転出・転入者数(名寄市)



出典：人口動態保健所・市町村別統計、総務省「住民基本台帳人口移動報告 参考表(年齢(10歳階級)、男女、転入・転出市区町村別結果)」2016年

図-10 人口の社会動態

■人口の推移と予測



出典：国勢調査(1955-2015)、社人研将来人口推計(2020-2055)

図-9 人口の推移と予測

表-2 農家1戸当たりの生産性

	H12	H27	増減率
総農家数(戸) (a)	4,006	2,298	-43%
農業生産額(億円) (b)	400	411	3%
総耕地面積(ha) (c)	56,210	56,720	1%
農業生産額(万円)／ 総農家数(戸) (d)=(b)/(a)	998	1,788	79%
総耕地面積(ha)／ 総農家数(戸) (e)=(c)/(a)	14	24	71%

出典：農林水産省「農業センサス」、「生産農業所得統計」、「耕地面積統計」

し、安定生産により特産品として定着させ、雇用拡大を図る取組などが挙げられる。

b) 生活機能・集落機能の確保

十勝南モデル地域における生活施設の分布を見ると、医療施設、商業施設は市街地や圏域中心都市に集中しており、集会施設、郵便局などは生産空間に広く分布している施設があるものの、概ねアクセス距離が長い(図-11)。

また、路線バス等の状況を見ると、帯広市や幕別町の市街地、帯広から広尾までの国道沿線では路線バスの本数が確保されており、それ以外の地域では、コミュニティバス、スクールバス(一般客も乗車できる路線も多い。)、乗合タクシーによる対応を行っている(図-12)。生活拠点となる施設を維持し、地域住民のニーズに合わせた交通ネットワークの利便性確保の取組が必要である。

具体的事例として、十勝南モデル地域においては、道の駅における交通・物流・交流・情報拠点としての機能強化、バス沿線の住宅訪問によるヒアリングを行うなど地道な営業活動により利用者が増加し、路線を維持している十勝バスの取組、大樹町の道の駅を拠点として実証実験を行った自動運転の取組などが挙げられる。

また、名寄周辺モデル地域においては、下川町の一の橋地区における集住化及び、コミュニティバス・乗合タクシーなどによる市街地とのネットワーク化の取組、士別市における貨客混載バスを活用した買い物支援サービスの取組(図-13)などが挙げられる。

c) 地域の魅力向上

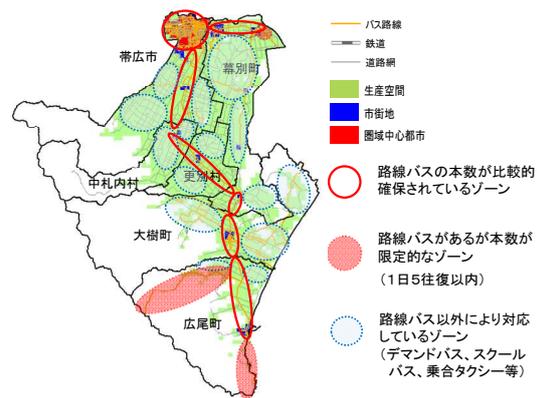
十勝南モデル地域における観光資源の分布は、市街地や圏域中心都市には購買施設、イベント、宿泊施設が多く、生産空間には自然・体験施設が多い。

また、観光客の入込を見ると平成15年以降増加傾向にあるが、道外客の割合が北海道全体と比較して低いことから、自然・体験施設などの地域資源を活用し、交流人

口を拡大するとともに移住・定住を促進する取組が必要である(図-14)。

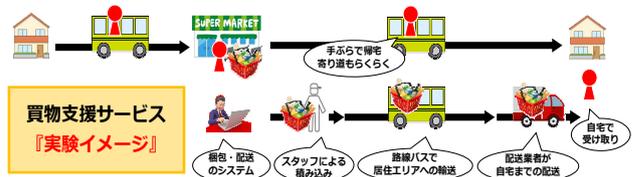
具体的事例として、十勝南モデル地域においては、旅行者の周遊を促進し地域主体で美しい景観づくりに取り組むシーニックバイウェイ北海道「十勝シーニックバイウェイ(南十勝夢街道)」、モデルルートとして試行しているサイクルツーリズム「トカプチ400ルート」、大樹町における「宇宙のまちづくり」を核とした雇用の創出・観光振興の取組などが挙げられる。

また、釧路モデル地域においては、各市町や北海道における新規就農支援、短期移住体験、PR誌等による情報発信などのほか、釧路市における冷涼な気候を活かし



資料:各市町デマンドバス、乗合タクシー、スクールバス資料(H29年度)、十勝バスHP(H29.10)、ジェイ・アール:北海道バスHP(H29.10)、ナビタイム(https://www.navitime.co.jp)

図-12 路線バス等交通ネットワークの現状



出典:北海道運輸局プレスリリース資料

図-13 貨客混載バスを活用した買い物支援サービス

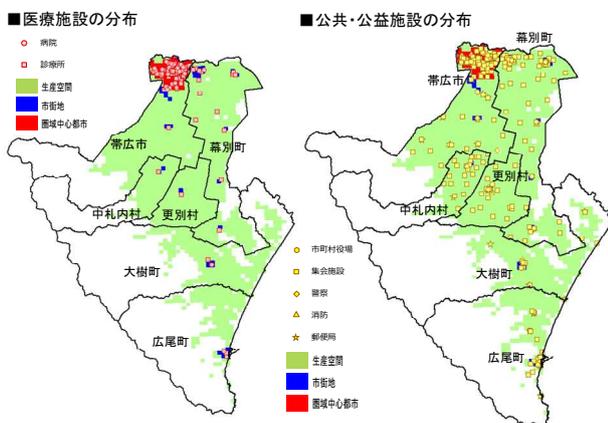
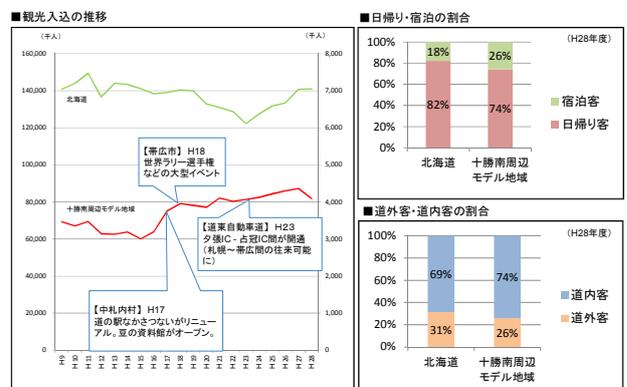


図-11 拠点施設の分布状況



出典:北海道観光入込客数調査報告書

図-14 観光入込客数の推移

た長期滞在事業など移住・二地域居住を促進する取組が挙げられる。

d) 安全・安心な社会基盤の形成

近年、全国的に短時間強雨の発生回数が増加しており、各モデル地域においても、平成28年8月の台風などによる出水被害が頻発している。また、平成29年12月、政府の地震調査委員会が千島海溝沿いで今後30年以内に7～40%の確率でマグニチュード9級の超巨大地震が起きる可能性を指摘、さらに平成30年9月、胆振東部において、北海道内で初めて震度7を観測する地震により甚大な被害が発生した。このため、関係機関が連携の上、さらなるハード対策とソフト対策を組み合わせた防災・減災対策の推進が必要である。

具体的事例としては、各自治体における、洪水発生を前提に「いつ」、「誰が」、「何をするか」をあらかじめ時系列で整理した水害対応タイムラインの作成、関係機関のもと、地域住民が参加する防災セミナー、避難訓練などが挙げられる。

(3) モデル地域圏域検討会開催と施策パッケージ策定

名寄周辺モデル地域では2回の圏域検討会を開催し、圏域全体としての目指す姿などについて、前述の4つの着眼点から意見交換を行い、平成30年4月、圏域の強みや課題、必要とされる施策の方向性や具体的な取組など一つの将来像を共有するための施策パッケージ（第1版）をとりまとめた（図-15）。

施策パッケージでは「豊かな生き方を未来へ」をテーマとし、今後、ワーキングチームを中心に「効率的な物流システムの構築」「広域的な連携によるスポーツ強化団体受入体制の構築」「広域的な連携による観光振興」を喫緊に取り組んでいくこととしている。

十勝南モデル地域においても、平成30年10月に2回目の検討会を開催しており、今後、農業の持続的発展や地域交通の利便性向上などを中心に施策パッケージをとりまとめるところである。

釧路モデル地域では1回目の検討会において、水産品の付加価値向上、釧路港にアクセスする交通体系整備、

若い人や女性の視点によるまちづくり、地震・津波に備える広域的な連携など幅広い分野で議論がされたところであり、今後、2回目の検討会を経て、施策パッケージをとりまとめる予定である。

5. 今後の展開

今後、モデル3圏域においては、テーマに応じてワーキングチーム等により議論を深め、実際に関係者が連携して施策を着実に進めていく予定である。

既に名寄周辺モデル地域では、効率的な物流システム構築のためワーキングチームを開催し、共同輸送の実現などに向けた具体的な議論を進めている。

また、モデル3圏域における検討結果を踏まえて、北海道内の他地域へ同様の取組を展開していく予定であり、その仕組づくりを検討しているところである。

6. おわりに

本稿では、人口減少、少子高齢化が進行する中、北海道の強みである食と観光を担う生産空間に住み続けられる環境づくりを推進するために、北海道型地域構造の特徴、一般論としての施策の方向性、また、検討途中ではあるが、モデル3圏域の現状や課題、施策のイメージなどについて一定程度示した。

急速な人口減少・高齢化の進行に対し、何か一つの施策で抜本的に解消することは難しい。そのため、地域の関係者が知恵を出し合い、各々の施策を最大化させる視点で効果的・効率的に連携し、相乗効果を引き出すとともに、各施策を少しずつでも、着実に実行していくことが重要である。

生産空間を支える取組は、モデル圏域での検討結果を他の地域に展開するなど、全道各地に広げ、地域の持続的かつ自発的な取組にしていく必要がある。

検討会のある出席者から「経済優先から舵を切り、生き方優先の地域に」というご意見があった。そこで暮らしている方々が、笑顔で生き活きと暮らしているからこそ、周りの人を惹きつけ、魅力のある地域と感ずるのだと思う。生産空間で暮らす方々の生活を重視し、毎日、安心して笑顔で暮らすことができるよう、本取組を着実に進めていきたい。

参考文献

- 1) 農林水産省：6次産業化取組事例集，pp. 70, 2017.
- 2) 経済産業省：買い物弱者を支えていくために～24の事例と7つの工夫ver2.0～，pp. 36-37, 2011.
- 3) 東川町ホームページ

<https://town.higashikawa.hokkaido.jp/>

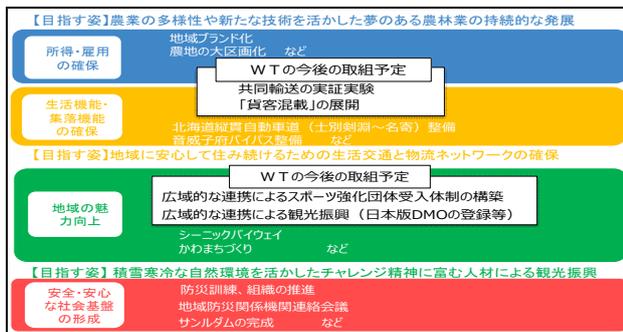


図-15 名寄周辺モデル地域施策パッケージ（第1版）抜粋

訪日外国人旅行者によるレンタカー 利用実態調査

森野 由愛¹, 松原 明日香²

¹近畿地方整備局 企画部 広域計画課 (〒540-8586 大阪府大阪市中央区大手前1-5-44)

²近畿地方整備局 淀川河川事務所 沿川整備課 (〒573-1191 大阪府枚方市新町2丁目2-10)

近年、訪日外国人旅行者は増加し、それに伴い、訪日外国人によるレンタカーの利用も増加している。訪日外国人のレンタカー利用に関する調査はあるが、レンタカーによる観光行動を詳細に把握した調査は少なく、レンタカー利用の利便性・快適性を今まで以上に高めるために、レンタカー利用の実態と課題を把握し、事故防止対策や利用環境の向上を図ることが必要となっている。

本研究は、関西国際空港でレンタカーを借りた訪日外国人旅行者を対象に、ヒアリング調査とGPSを用いた観光行動調査を実施することで、訪日外国人旅行者のレンタカー利用の実態と課題を把握し、今後の訪日外国人旅行者の受入環境整備について考察するものである。

キーワード 観光、道路利用、地域活性化

1. はじめに

2013年、政府は観光立国の実現にむけて観光立国推進閣僚会議を立ち上げ、政府一丸、官民一体となって観光推進に取り組んできた。その結果、訪日外国人旅行者数は2016年10月に2千万人を突破し、2016年3月新たに策定された2020年までに4千万人、2030年までに6千万人という目標に向けて順調に増加している。しかし、観光客が増加している中で、観光客の特定地域への集中が問題としてあがっているところである。

また、訪日外国人旅行者数の増加に伴い、訪日外国人によるレンタカーの利用者数も2015年には70.5万人となり、2011年の17.9万人に比べ約4倍増となっている。

その中で、全国のレンタカーによる死傷事故はここ数年、年間6千件程度で推移しているが、外国人の運転による死傷事故は増加しており、2016年には81件の死傷事故が発生し、2011年の25件に比べ約3倍増となっている(図1)。

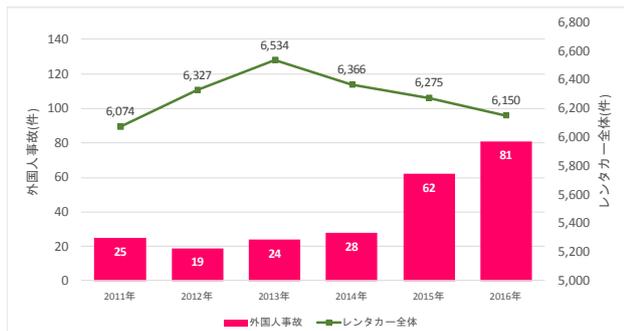


図1 レンタカーによる死傷事故件数の推移¹⁾

訪日外国人のレンタカー利用に関する調査としては、沖縄総合事務局による観光周遊行動および危険挙動に関する調査²⁾などがある。但し、関西では観光行動を詳細に把握した調査は少なく、レンタカー利用の利便性・快適性を今まで以上に高めるために、訪日外国人旅行者によるレンタカー利用の実態と課題を把握し、事故防止対策や利用環境の向上を図ることが必要となっている。

本研究は、関西国際空港でレンタカーを借りた訪日外国人旅行者を対象に、ヒアリング調査とGPSを用いた観光行動調査を実施することで、訪日外国人旅行者のレンタカー利用の実態と課題を把握し、今後の訪日外国人旅行者の受入環境整備について考察するものである。

2. 調査の概要

関西国際空港にレンタカーで発着した訪日外国人を対象に、ヒアリング調査とGPSを用いた観光行動調査を実施した。

(1) ヒアリング調査

ヒアリング調査の概要を表1に示す。関西国際空港に

表1 ヒアリング調査の実施概要

対象	関西国際空港でレンタカーを返却した訪日外国人観光客
調査方法	ヒアリング調査票(英語・中国語・韓国語)を用いたヒアリング(一部、WEBによるアンケート調査を含む)
実施場所	関空島内・ホテル日航関西空港の一階レンタカーカウンター前
実施期間	平成30年2月6日(火)～平成30年2月14日(水) 平成30年2月22日(木)～平成30年3月10日(土)

レンタカーを返却した訪日外国人旅行者を対象に、英語、中国語（繁体字）、ハングルの3言語の調査票を用いて、今回の旅行の概要、レンタカーを利用した理由、レンタカーの予約方法、利用道路を決めるために利用した情報、道の駅の利用状況、レンタカーを利用する上で困ったこと・感じたこと、レンタカーを利用する上で今後改善すれば良いと思うこと等の内容について調査員が聴き取りと書き取りを行う形式で実施した。

なお、2月中旬は中国の春節休みに当たる時期であり、レンタカー各社の繁忙期に当たるため調査を一時休止した。

(2) GPSを用いた観光行動調査

GPSを用いた観光行動調査の概要を表2に示す。関西国際空港でレンタカーを借り、関西国際空港に返却予定の訪日外国人旅行者に対し、調査員がレンタカーへの調査機器(GPS)搭載を依頼し、同意を得たグループを対象に実施した。

GPSは、約10秒間隔で緯度経度を取得するように設定し、調査員が車内の安全な場所に設置するようにした。

なお、ヒアリング調査と同様の理由により、2月中旬は調査を一時休止した。

3. 結果と考察

ヒアリング調査とGPSを用いた観光行動調査の調査件数(有効サンプル数)を表3に示す。香港・マカオが半数以上を占め、その他、台湾、韓国、中国の東アジアが多い。その理由として、香港・マカオは右ハンドル、左側通行であり、日本と共通する交通事情があるからではないかと推測する。また、比較的調査件数の少ない中国は、国際運転免許証を発給していないことや、右側通行であるためレンタカー利用者が少ない可能性がある。

(1) ヒアリング調査

レンタカー利用者の訪日回数を図2に示す。また、レンタカーの利用回数を図3に示す。訪日回数は5~30回が多く、レンタカーの利用回数は、今回が初めてという回答が多いことから、レンタカーを利用する人はリピーターが多いと考えられる。

レンタカーを利用した理由を図4に示す。荷物が多い、小さな子どもがいる、たくさんの場所に行ける、時刻を気にせず移動できるなどの理由が多く上げられ、レンタカーの運搬能力、柔軟性が評価されている。

道の駅の利用目的を図5に示す。レンタカー利用者の約40%が道の駅を利用しており、利用目的は食事、買い物、トイレが多い。一方で、観光地のことを調べるなどの情報発信機能はあまり利用されていない。

表2 GPSを用いた観光行動調査の実施概要

対象	関西国際空港でレンタカーを借り、関西国際空港に返却予定の訪日外国人観光客
調査方法	訪日外国人観光客のレンタカーにGPS調査機器を搭載
実施場所	関西島内・ホテル日航関西空港の一階レンタカーカウンター前
実施期間	平成30年2月6日(火)~平成30年2月14日(水) 平成30年2月22日(木)~平成30年3月10日(土)

表3 調査件数(有効サンプル数)

	国・地域	香港・マカオ	台湾	韓国	中国	その他	合計
ヒアリング調査		285	51	33	21	27	417
GPSを用いた観光行動調査		121	53	18	6	17	215

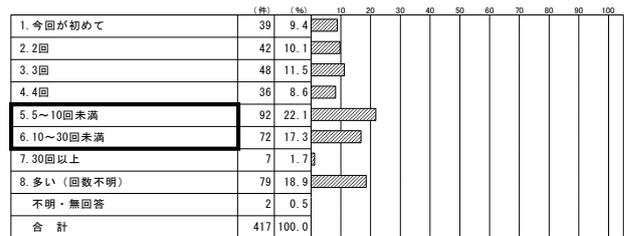


図2 訪日回数

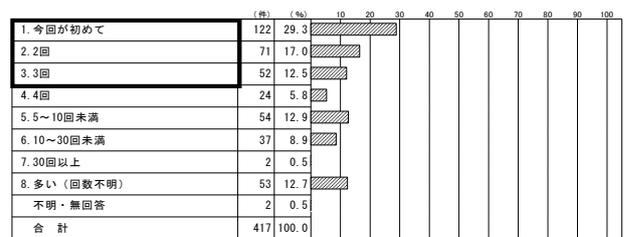


図3 日本でのレンタカー利用回数

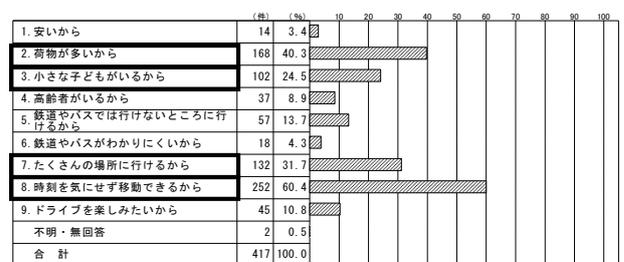


図4 レンタカーを利用した理由(複数回答)

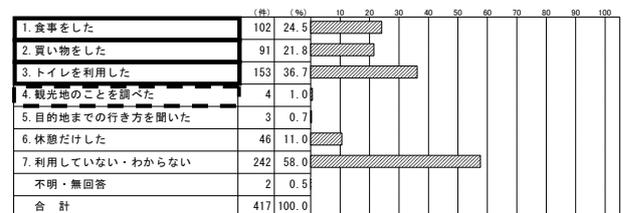


図5 道の駅の利用目的

レンタカー利用の感想と課題を図6に示す。レンタカー利用の満足度はどの項目も高く、特に指摘の多い課題はないが、道に迷う、渋滞、定時性に関する課題がやや多いことから、これらが要因で事故が発生している可能性があると考えられる。

一方、日本でレンタカーを利用する上で望むことを図7に示す。改善が望まれることとしては、駐車場や高速道路の利用料金を安くすること、外国語の道路案内標識を設置することへの指摘が多い。

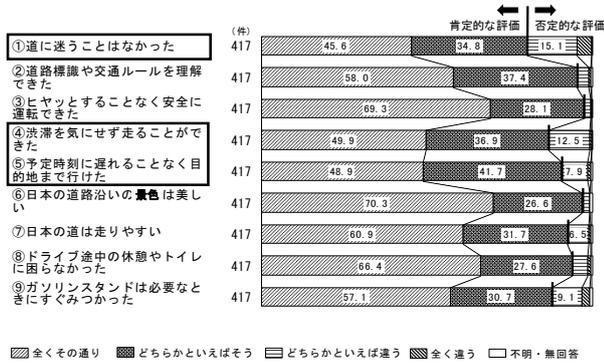


図6 レンタカー利用の感想と課題



図7 レンタカー利用で望むこと（最大3つ）

(2) GPSを用いた観光行動調査

a) 旅行日数

レンタカーの利用日数を図8に示す。平均利用日数は5.7日で、4～7日の利用が多い。このことから、レンタカーを利用することで長期滞在型観光が期待できると考えられる。

b) 周遊パターン

旅行形態について分析を行った結果、いくつかの周遊パターンがみられた。各周遊パターンの該当数を表4に示し、周遊パターンの代表的な例を図10～図15に示す。

訪問場所からみると、近畿・都市部に限られる場合（42%）、紀南・北近畿など近畿地方を広く周遊する場合（32%）、四国地方・中国地方・中部地方・北陸地方など近畿地方以外の観光地をより広域的に周遊する場合（26%）がある。

一方、宿泊場所からみると、1つの都市に宿泊し周辺観光地を巡る場合と、宿泊地を変えながら周遊する場合がある。複数の箇所で宿泊している訪日外国人旅行者は、近畿以外も訪問している割合が高くなることが分かった。

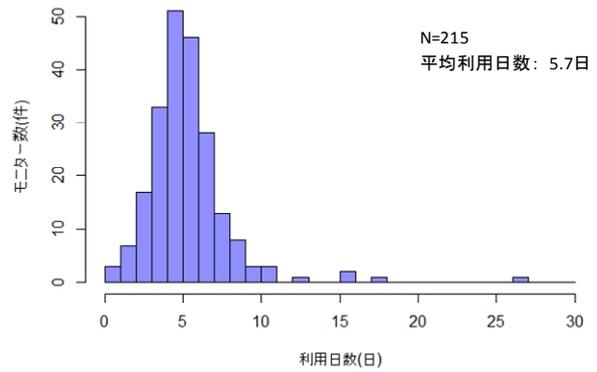


図8 レンタカーの利用日数

表4 訪日外国人レンタカー観光の周遊パターン

訪問場所 (図9参照)	宿泊場所	該当数		概要
		サンプル数	割合 (%)	
近畿・都市部のみ訪問	1箇所	53	24.7	京都市・大阪市・神戸市の他、奈良市、大津市、和歌山市等を訪問するパターン
	複数	38	17.7	
(小計)		(91)	(42.3)	
近畿・地方部も訪問	1箇所	14	6.5	姫路市、紀南（田辺市、白浜町、那智勝浦町等）、北近畿（豊岡市、敦賀市、宮津市等）等を訪問するパターン ※あわせて近畿・都市部を訪問する場合も含む
	複数	54	25.1	
(小計)		(68)	(31.6)	
近畿外も訪問	1箇所	6	2.8	中部（伊勢市、白川村、高山市等）、北陸（金沢市等）、中国（鳥取市、倉敷市等）、四国（高松市、高知市等）等を訪問するパターン ※あわせて近畿を訪問する場合も含む
	複数	50	23.3	
(小計)		(56)	(26.0)	
合計		215	100.0	-

※訪問場所：1時間以上100m以上動いていない場合を訪問場所とした。

※宿泊場所：午前3時時点の訪問場所を宿泊場所とした。旅行期間中の宿泊場所が全て同一の市町村内である場合を「1箇所」、複数の市町村の場合を「複数」とした。

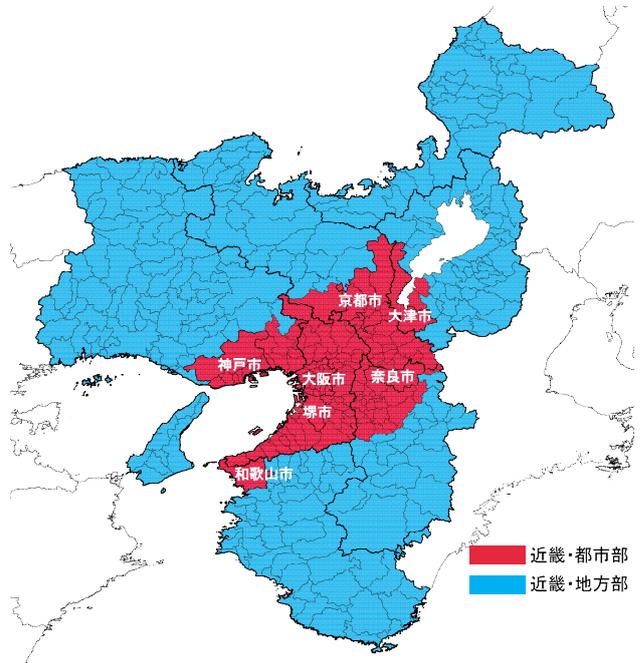


図9 (参考) 集計に利用した訪問場所の地域区分

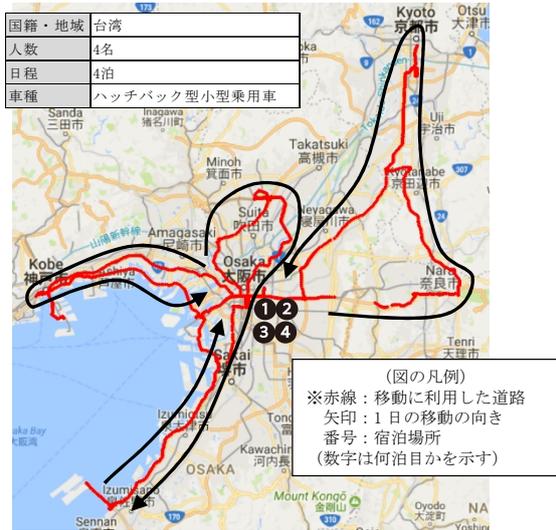


図10 (例1) 近畿・都市部のみ訪問 宿泊地が1箇所



図13 (例4) 近畿・地方部も訪問 宿泊地が複数



図11 (例2) 近畿・都市部のみ訪問 宿泊地が複数



図14 (例5) 近畿外も訪問 宿泊地が1箇所



図12 (例3) 近畿・地方部も訪問 宿泊地が1箇所

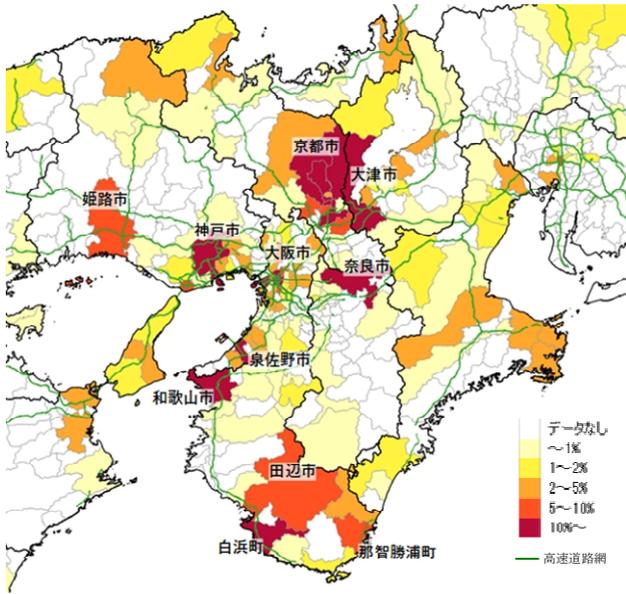


図15 (例6) 近畿外も訪問 宿泊地が複数

また、レンタカー利用による市町村別の訪問率（訪問モニター数 / モニター数）を図16, 図17に示す。訪問率が10%を超える市町村は、大阪市（76%）、京都市（57%）、神戸市（42%）、奈良市（29%）、白浜町（20%）、和歌山市（17%）、大津市（14%）である。その他、紀伊半島、北近畿、四国、中部、北陸など訪問地は広域に広がることも確認できた。

c) 利用道路

一回の旅行当りの総移動距離を図18に、1日当りの移動距離を図19に示す。旅行期間中の総移動距離は200～600kmに上るものが多く、1日当りの移動距離の平均は95km/日に上ることから、長距離移動していることがわかる。



※訪問場所：1時間以上100m以上動いていない場合を訪問場所とした。
 ※高速道路網：「高速道路ナンバリング」の対象となっている路線を表示。

図16 市区町村別訪問率（近畿）

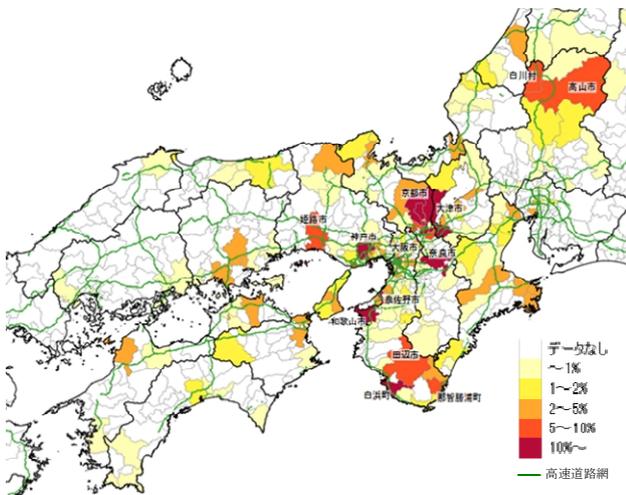


図17 市区町村別訪問率（広域）

そこで、道路種別別の走行台キロを図20に示す。利用された道路の約半数（走行台キロベース）が高速道路（高速自動車国道・都市高速道路）であり、一般道路でも国道の利用が多く、主に主要幹線道路が利用されている。

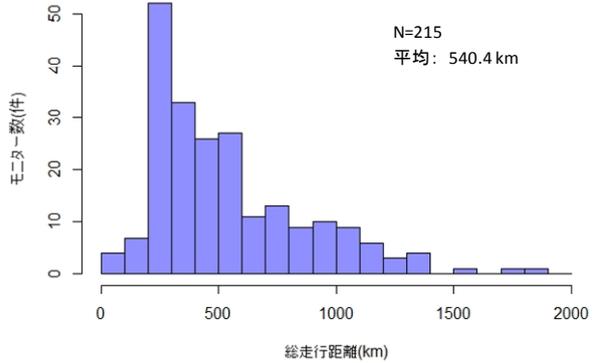


図18 一回の旅行当りの総移動距離

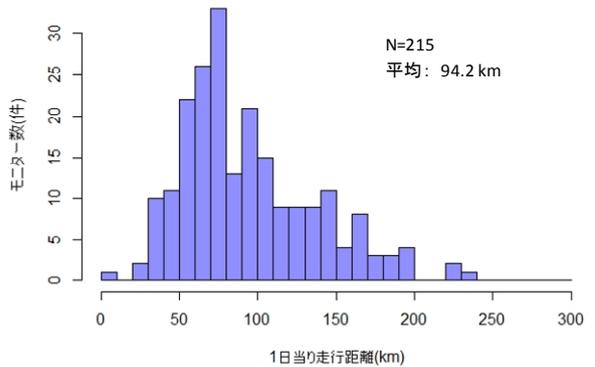


図19 1日当りの移動距離

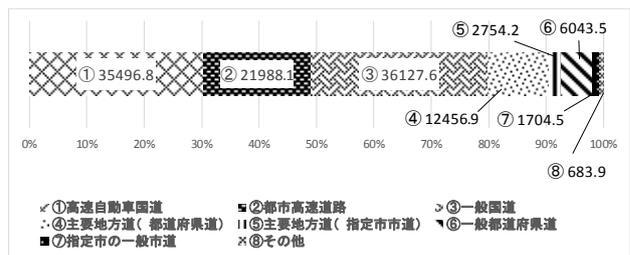


図20 道路種別別の走行台キロ（単位：台キロ）

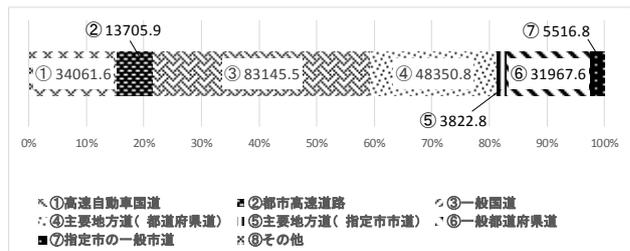


図21（参考）近畿地方における道路種別別走行台キロ（単位：千台キロ）³⁾

各方面で利用の多い道路を表5に示す。

表5 利用の多い道路（括弧内の数字は道路利用率を示す）

行き先	利用の多い道路
京都・大阪間	第二京阪道路(34%), 名神高速道路(21%)
大阪・神戸間	阪神高速3号神戸線(34%), 5号湾岸線(20%)
大阪・奈良間	第二阪奈道路(30%)
京都・奈良間	京奈和自動車道(14%)
紀南方面	阪和自動車道(33%)・紀勢自動車道(7%)
北近畿方面	舞鶴若狭自動車道(5%), 綾部宮津道路(5%)

(3) 受入環境整備に関する考察

レンタカーを利用する外国人は、レンタカーの運搬能力や柔軟性から今後も増加すると見込まれる。また、リピーターの増加、パッケージ旅行から個人旅行へ移行が進むにつれ、訪日外国人旅行者によるレンタカーの利用率は高まるものと考えられる。

本調査結果によりレンタカーを利用して、都市部のみを集中的に観光している訪日外国人旅行者が比較的多い一方、関西国際空港から紀伊半島、北近畿、北陸や中国、四国、中部地方など、広域的に周遊する例も確認できた。

レンタカーを利用する外国人旅行者の約40%が道の駅を利用しているにも関わらず、利用目的はトイレ、食事、買い物等が多く、観光地のことを調べるなど情報発信機能はあまり利用されていないことが分かった。このことから、道の駅において、外国語による案内の充実や外国語対応可能なスタッフの配置が望まれる。

また、訪日外国人の事故件数が増加している中、ヒアリング調査から、事故に繋がる要因にもなる道路が走りにくい、道に迷った、渋滞が多い等の声もあがっている。このことから、レンタカー申込時のパンフレット配布等による交通ルールの周知をはじめとした安全なドライブの啓発やラジオなどでの多言語による渋滞情報配信など、多角的な交通安全対策が必要である。

さらに、ヒアリング調査によると外国語の道路案内標識の設置、駐車場・高速道路の利用料金低減等を望む声と比較的多いことから、道路案内標識の多言語化、ピクトグラム、高速道路のナンバリング制を促進、図柄入り

ナンバープレートの周知拡大や、高速道路乗り放題パスの販売促進等を実施し、レンタカー利用の利便性・快適性を高める必要がある。

現在、訪日外国人旅行者の特定地域への集中が課題となっている一方、少子高齢化が進み、地方における収入をインバウンド消費により高める必要がある中で、先述した対策等を実施し、道路ネットワークをより一層強化し、中国、四国、中部地方との地域間連携を行うことで、訪日外国人旅行者のレンタカー利用者による広域的な周遊促進が図られると考える。

4. おわりに

本研究では、関西国際空港でレンタカーを借りた訪日外国人旅行者を対象に、ヒアリング調査とGPSを用いた観光行動調査を実施することにより、これまで詳細に把握されていなかった訪日外国人旅行者のレンタカー利用の実態を明らかにすることができた。また、これをもとにレンタカー利用の課題と、それを踏まえた受入環境整備について考察を行うことにより、訪日外国人のレンタカー利用による地方周遊促進の可能性を見出すことができた。

今回は冬から春にかけて調査を実施したが、今後は他の季節でも調査し、利用実態を把握する必要がある。また、これらの調査結果を踏まえて受入環境整備を進めていくことが重要であると考えられる。

謝辞：本研究にご協力いただいた株式会社トヨタレンタリース新大阪、ニッポンレンタカー関西株式会社、オリックス自動車株式会社、タイムズモビリティネットワークス株式会社、関西エアポート株式会社の皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 一般社団法人全国レンタカー協会：レンタカー事業の現状について
- 2) 沖縄総合事務局：レンタカーブロープによる観光交通の流動について
- 3) 平成27年度全国道路・街路交通情勢調査 一般交通量調査

ボランティア・ロード 活性化、拡充方策の検討

中尾 麻衣

中国地方整備局 岡山国道事務所 岡南維持出張所 (〒700-0942岡山県岡山市南区豊成2-11-36)

地域に安全かつ快適で美しい道路を提供するには、日常の維持管理が極めて重要であるが道路維持管理費は減少傾向にあり、道路管理者だけでは地域住民が望む水準でインフラを整備し、維持管理するという課題に答えることが難しくなっている。

そのような問題の解決の糸口となり得るのが地域住民との協働の取組である「ボランティア・ロード」制度である。

岡山国道事務所ではボランティア・ロード活性化、拡充に向けたプロジェクトチームを結成し、様々な検討及び取組を行ったので、その一例について説明を行う。

キーワード ボランティア・ロード 道路維持管理 地域協働

1. ボランティア・ロード なぜ必要？

道路維持管理費は年々減少傾向にある一方、老朽化した道路施設の補修等に伴う費用は増大しており、常にコスト縮減を意識しながら効率的に道路維持管理を行うことが求められている。当事務所においても、維持管理項目毎の対象区間や作業頻度等を明確にした「道路維持管理計画」を策定、公表するとともに、この計画を基に実施している。

しかし、この計画の方針は「道路の安全の確保」が基本となっており、地域住民が望む「快適で美しい道路」といった高水準の維持管理までは実施できていないのが現状である。

除草を例に挙げると、運転者から歩行者や交通安全施設等の視認性が確保できない場合など、必要最小限範囲での実施が基本であり、景観の向上に対する要請に対しては、優先順位が低くならざるを得ない。歩道や法面に投棄されたゴミの清掃要望に関しても同様である。

道路管理者が必要最小限の維持管理しか実施できない一方で、地域住民の自発的な清掃や植栽により、一年中美しく保たれている箇所もある。

つまり、「安全の確保」だけでなく「快適で美しい道路の確保」のためには、地域住民と道路管理者が「協働」して実施することが必要である。この協働を推進する仕組みとして注目したの「ボランティア・サポート・プログラム」である。国

土交通省が2000年度に導入した制度であり、地域住民や企業などの「実施団体」、「市町村」及び「道路管理者」がそれぞれの役割を果たしながら協力して道路美化活動を行い、地域に相応しい道づくりを進める取組であり、中国地方整備局内においては「ボランティア・ロード」と呼称している。(図-1)

この制度を上手く活用すれば、快適で美しい道路空間の確保が出来ると考え、いずれは管理区間の大半をボランティア・ロードで埋め尽くすことを目標に活性化、拡充の方向に向かうこととした。

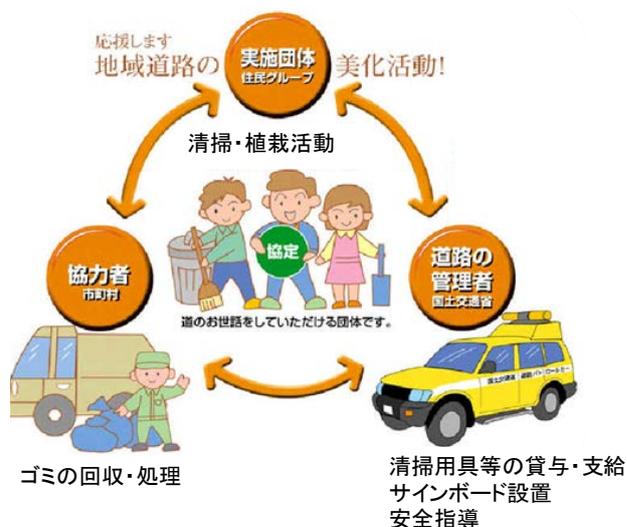


図-1 ボランティア・ロードの仕組み

2. 実施団体数を増やすために

(1) プロジェクトチームの発足

2015年10月、ボランティア・ロード活性化・拡充の検討を行うため、プロジェクトチームを発足させた。選出したメンバーは管理第一課及び出張所の担当者である。ボランティア・ロードについて知らないメンバーもいたため、当事務所管内における実態を把握することからはじめた。

(2) 実態把握

この当時のボランティア・ロードの実施団体数は37団体で、2003年度に急増しその後はほぼ横ばいであることがわかる。(図-2)

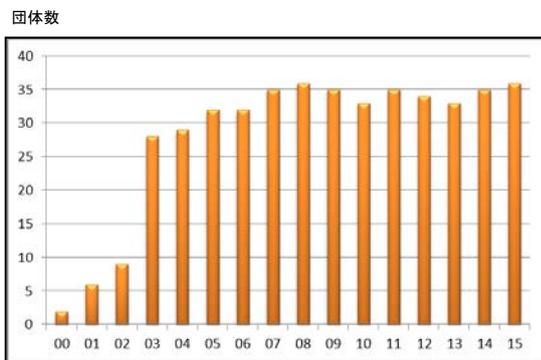


図-2 2015年現在実施団体数推移

属性については、高齢者を中心とした地域住民団体が7割を占め、市町村別に見ると管理延長が長い岡山市が半数を占めるがその内訳は、市町村合併により岡山市に編入された旧御津町、旧建部町の割合が多い。(図-3、図-4)



図-3

属性別実施団体数 (2015)

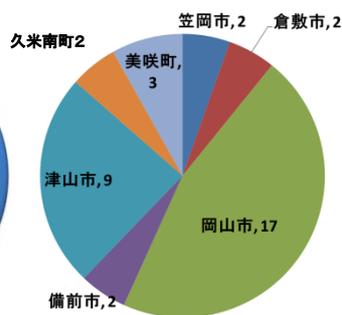


図-4

市町村別実施団体数 (2015)

(3) 問題点の抽出

近年、減少傾向はないものの実施団体数の変化が見られない要因として、周知活動不足が原因のひとつと推測した。しかし、「積極的に周知したところで団体数は増えるのか、他にも問題はあるのだろうか。」というメンバーの声があがった

め、既存の実施団体等、道路管理者以外の意見をまとめた上で問題点を抽出することとした。

a) 実施団体の意見

まず、既存の実施団体からあげられた意見は、「メンバーの高齢化」という自らの問題もあったが、それ以上に道路管理者側の対応に対するものが多数であった。「昔は行っていた意見交換会や合同清掃の場がない。」「相談した事項に対して返答がない。」「支給・貸与品が減らされる一方。」「道路管理者としてボランティア・ロードの位置づけが低くなっている。」などである。

事実、2010年頃を境に意見交換会、合同清掃等を実施していない。丁度この頃は道路特定財源が一般財源化されるなどめまぐるしく情勢が変化した時代で、今まで以上に適正な予算支出が求められるようになった。その結果、実施団体に対する清掃用具や花苗などの財政的支援についても厳しいチェックが入るなど、厳粛な対応へと変化せざるを得ない背景も要因の一つとして考えられる。

b) 一般ボランティアの意見

一般ボランティアとは、ボランティア・ロード実施団体ではないが、実際に清掃や植栽活動をしている団体を指す。「なぜボランティア・ロードに加入しないのか」と質問したところ、「活動報告書を提出する義務が発生するので面倒。」「自由にやりたい。」「清掃用具は自分で用意できるのでメリットが感じられない。」という返答があった。

c) 道路管理者の意見

前述したとおり、周知活動が不十分であり制度そのものが知られていないことが問題であると考えた。周知をしようにも説明用資料がなく、また担当者も制度そのものを熟知していないため、道路管理者としての役割を果たせていないという意見であった。

(4) 方針、役割分担

以上より、一番の問題点はボランティア・ロード本来の目的である「協働」の取組が機能していなかったことである。ここ数年は既存の実施団体とのコミュニケーションの場が大幅に減少しており、「道路管理者は何もしない。」と捉えられ、活動の士気を下げる要員が生まれていた。まずは協力関係を再構築し、制度として機能させることが不可欠である。そのために合同清掃の実施など協働の取組を拡充させること、さらにその取組を積極的に広報し士気の向上を図り、既存の実施団体の活動の活性化につなげることが考えられる。平行して、事務手続き上の運用を見直すことで、負担を減らし、最終的に周知・勧誘活動を行い、新規の実施団体を獲得し拡充につなげるという方向で取組むこととした。

協働の取組・広報拡充は事務所及び出張所、運用の見直しは事務所、周知・勧誘活動は出張所の役割分担とした。

3. 具体的な取組

(1) 既存実施団体との協働取組・広報拡充

a) 合同活動の実施

前章で明らかとなったとおり、実施団体との連携不足を補いコミュニケーションを図るべく、合同清掃等を企画した。

活動後には事務所のホームページや中国地方整備局のフェイスブックに掲載をし、実施団体の活動をPRした。また、報道機関へ取材依頼を積極的に行った結果、その様子がテレビ放映、新聞掲載されるなどの多数の報道成果があった。(図-5)

下伊福花クラブとポーチュラカの植付(2016.5)



山陽新聞 2016.5

RIDAIFUボランティア合同清掃(2016.10)



OHKIによる放映 2016.11

清輝橋学区花いっぱい街づくり運動実行委員会とポーチュラカ等の植付(2017.5)



山陽新聞 2017.9

図-5 報道成果

b) 事務所ホームページのリニューアル

2017年度には当事務所のホームページの大幅なリニューアルを行った。更新前は、制度の仕組みと簡単な団体一覧表の掲載があるのみで更新頻度も少なく、改善の余地があった。

リニューアル後は、既存の実施団体の写真を多く使用し、また図-6 などの新たなコンテンツを作成し、一般向けにわかりやすく、身近に感じてもらえる内容となるよう工夫を行った。

それぞれの思い



ボランティアをはじめたきっかけをインタビュー

活動レポート



3月2日金曜日の午前、春が近づく暖かい気候の中、本社内にいる人達ほぼ全員にあたる35の方に参加してもらいました。
写真にはありませんが、バイクチェーンロックが落ちていたのは驚きでした。
たはこや、空き缶のポイ捨てが多い道ですので、今後とも定期的に美化活動に専念していきます。

図-6 ホームページのコンテンツ

以上の取組により、「士気向上につながった。」「ここ数年道路管理者から連絡がなかったが、話をしやすい関係に戻った。」「新聞記事が普段ポイ捨てしている人の目にとまることにより、道路美化啓蒙活動の一環となる。」という意見につながった。

(2) 運用の見直し

「事務手続きが煩雑。」という多数の意見を受け、新規加入の障害となっている運用について見直しを行った。

a) 活動報告の簡略化

これまでは活動後に書面での報告を必要としていたが、一般ボランティアのみならず、郵送を主な報告手段とする高齢者中心の実施団体からも「手間である。郵送料がかかる。」との声があった。そのため、書面のほか電話での報告も可能とし、実施団体側の負担を軽減することとした。

b) 実施団体の登録名称

当事務所の運用では、実施団体の登録名称に企業名を使用することは不可としていた。しかし、企業にとっては、社会貢献を具体的な形でアピールできる場でもあるにも関わらずそれを妨げるものであったため、企業名での登録を可能とし、それに伴い登録済みの名称変更を行った。（例：岡山かもめ会⇒岡山スイキウ株式会社、アラタニボランティアチーム⇒荒谷建設コンサルタントボランティアチーム）

c) 準ボランティア・ロード制度の確立

「協定までは堅苦しいので自由にやりたい。」等の理由から協定締結には至っていないが定期的に活動している団体を把握するため、より手軽に実施が可能な「準ボランティア・ロード」制度を確立した。

ボランティア・ロードと異なり、初回に簡単な書面を交わした後は、年度当初に前年度の活動実績を伺うのみで、定期的な活動報告の必要性がなく、清掃用具等の貸与・支給も行われないものである。しかし、ボランティア・ロードと同様に団体からの情報に対する迅速な対応、要請に応じての協働作業やゴミの処理は実施し、実績によっては、道路愛護等の表彰対象にもなり得る。道路管理者と信頼関係が出来た後、ボランティア・ロード実施団体へと移行する可能性も考えられる。

(3) 周知・勧誘活動

前述の取組により、既存の実施団体との関係も改善が見られ、ようやく新規の実施団体獲得に向けて動き出す段階となった。そのためには申し込みを待つだけでなく、周知・勧誘活動を行うことが必要である。

当事務所管内は、高齢者が中心の地域住民による実施団体が多く、今後の活動のためにも若手の人材確保が急務である。そこで、まずは国道沿線の店舗・企業を中心に行うこととした。店舗・企業は社会貢献の目的から既に清掃活動を独自に行っている場合が多く、制度の趣旨の賛同を得やすいのではないかと考えられたからである。

実際には、考えていたほど容易にはいかず協定締結まで至らないケースが相次いだ。その一方で効果が見られた事例もあり、次項に示す。

a) 実施団体と協働しての周知・勧誘活動

備前市にて、10年以上にわたり熱心に活動を行っている実施団体の代表者に「現在、ボランティア・ロード活性化・拡充の取組をしている。」と話したところ、沿線店舗・企業の訪問について協力を表明された。この団体も、メンバーの高齢化による今後の活動に対する不安を抱えており、「備前市の美化のためには地元の企業の協力が不可欠だ、協力を仰ぎ、輪を拡げていこう。」と検討していた矢先のことだったようで、道路管理者と意見が一致した形となった。

道路管理者のみの訪問では、「道路管理者としての役割を放棄し、地域に道路美化をおしつけている。」と捉えられることも少なくなかったが地域とつながりが深い実施団体と連携することにより、「道路美化のためには地域協働が不可欠。」というボランティア・ロードの主旨が伝わりやすく、多数の沿線店舗・企業の賛同を得ることができた。結果、周知前は2団体であった備前市内の実施団体数が、2018年度時点では21団体と大幅な増加となった。

また、2016年6月には地域一帯で美化に取り組む意識づくりのため「備前一斉清掃」を企画した。備前市を走る国道2号は、物流及び交流に重要な役割を果たす広域連系軸であり、また日常生活に密着する生活道路でもある。しかし、一般的なゴミだけでなく排泄物の廃棄も多く散見される事象が発生、実施団体や一般道路利用者からもたびたび相談があり問題となっていた。この一斉清掃をPRすることにより、道路美化への啓発となることも期待しての取組であった。

参加者は、ボランティア・ロード11団体、備前市、岡山国道事務所の総勢100名で、当事務所としては初の試みである。（図-7）

実施日の1ヶ月前に、実施団体が清掃していたにも関わらず、90リットルのゴミ袋50袋を回収し、改めてゴミの多さを実感した。

事後のアンケートによると「継続して欲しい」との声が多数で、2017年7月には170名、2018年7月には180名が参加するなど、現在も継続した取組を行っている。



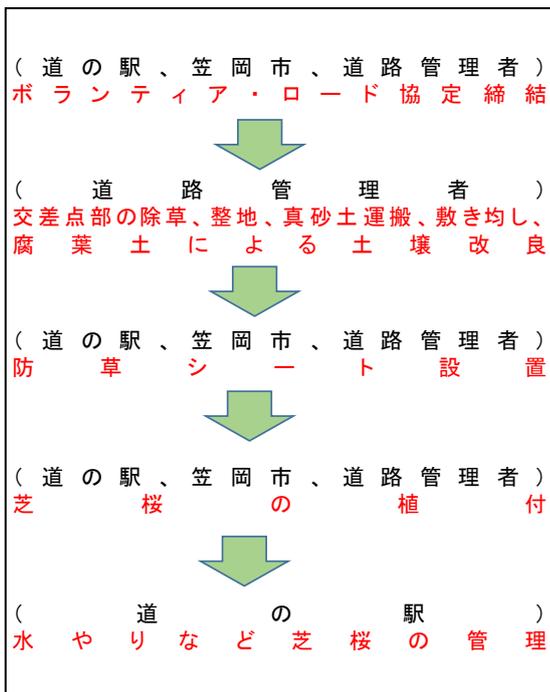
図-7 備前一斉清掃の様子

b) 道の駅への周知・勧誘

「道の駅笠岡ベイファーム」（以下道の駅）は、当事務所が管理する国道 2 号沿いに位置する。2011 年のオープン以来、常に多くの観光者が訪れているが、入り口前の交差点部分に雑草が繁茂し、標識が隠れて見えなくなる、加えて逆走車や一時停止をせずに交差点に進入する車が多く、交通事故が多発するなど非常に危険な状態であった。定期的な除草を行うも、成育の早さには追いつかない状況で抜本的な対策が求められた。

そこで、当事務所は道の駅及び笠岡市にボランティア・ロード制度を紹介し、三者で協力し問題に立ち向かう姿勢を打ち出すこととし、表-8 の案を提示した。

表-8



この案を選定した理由は、芝桜は横に広がり絨毯のように地面を覆い尽くし雑草を抑える効果があり、除草頻度が減少すること、さらに景観の向上が期待できるためである。

道の駅及び笠岡市は、この案に賛同し、「笠岡ベイファーム・天野産業美化クラブ」の名称のもと、2016 年 2 月にボランティア・ロード協定締結を行った。(図-9)



笠岡ゆめネット 2016.2



中国新聞 2016.2

同年 3 月には土壌改良、防草シート設置を終え、同年 4 月には総勢 45 名による芝桜の植栽式を行った。(図-10)当初は小さい苗でしっかり根付くのか心配したものの、現在は春になると鮮やかなピンク色で観光客を出迎えている。(図-11)



中国新聞 2016.4

図-10

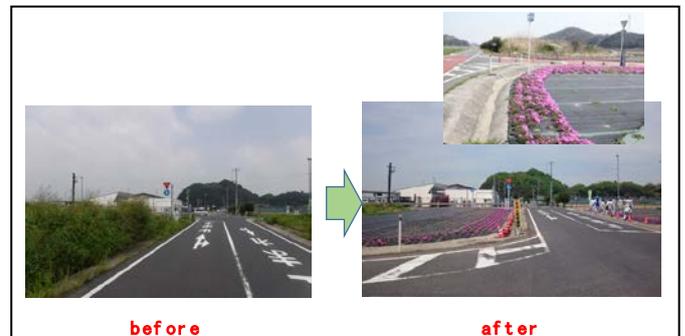


図-11

4. 結果

以上の取組の結果、ほぼ横ばいで推移していた実施団体数がプロジェクトチーム結成後においては、図-12 で示すように 26 団体増加という成果がみられた。

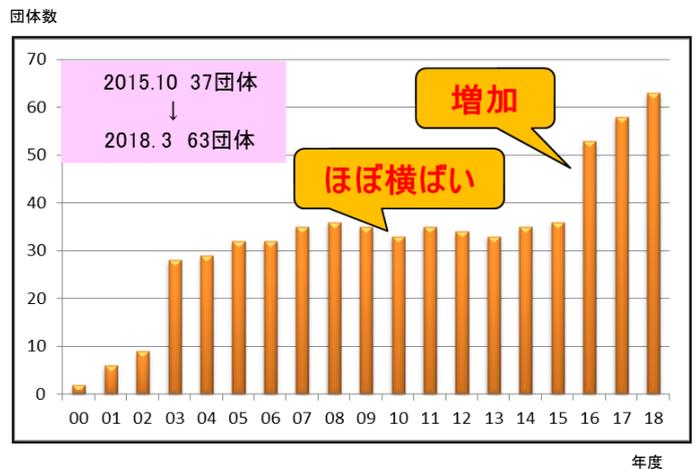


図-12 (2018 年現在団体数推移)

団体属性別に見ると沿線店舗・企業、市町村別に見ると備前市が著しく増加したことがわかる。

(図 13、図-14) 保守工事の実績においても、この区間のゴミの総量は約 4 割減少という効果もあらわれた。

前章の取組が功を奏し、地域の輪が広がることで実施団体の増加につながったといえよう。

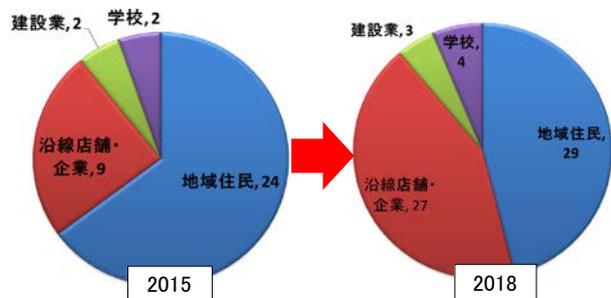


図-13 属性別団体数 2015→2018

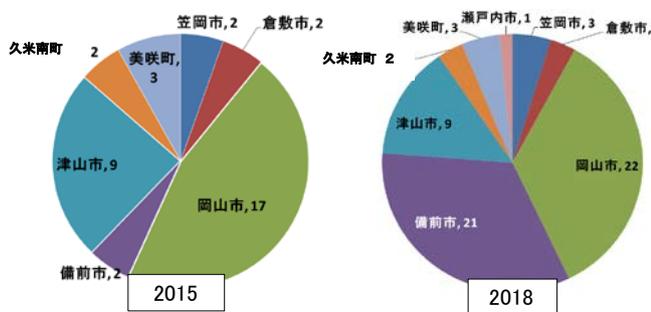


図-14 市町村別団体数 2015→2018

5. 今後の課題

(1) 備前市以外の市町村への波及

備前市は管理延長約 20 kmのうち、ボランティア・ロードによる活動延長が半数を占める 10 kmと大幅な増加となったが、他市町村においては、実施団体が一つもない市町村も見受けられる。このような手薄な地域を中心に周知・勧誘活動を行いたい。実施区域や活動に向かない危険な箇所を地図に表した活動マップの作成をすれば、活動の広がり等を視覚的に捉えられることができ、効率的な周知・勧誘活動が可能となる。

(2) 実施団体との良好な関係の持続

道路管理者側の担当者は異動があり、2～3年

で交代してしまうことから、担当者が替わっても良好な関係を持続できるよう工夫する必要がある。道路管理者向けの勉強会を定期的実施し、基本的な事項を学ぶなど担当者の意識を高め、前向きな取組姿勢を継続させることが必須である。また、実施団体側も年度の経過に伴い、参加者の高齢化、マンネリ化などによる活動停滞等が予想される。定期的な意見交換等により状況変化や新たな課題を的確に把握することも重要である。

(3) 定期的な実施団体の整理

実施団体数を単純に増やすだけでは道路管理者の事務手続きのみが増え、かえって行政コストの増大につながる可能性も考えられる。実質、活動していない実施団体の状況を把握し、場合によっては協定解除等を行うことも必要である。

(4) 支給・貸与品の見直し

実施団体と話をする中で「自分達で除草したいが、鎌のみでは限界がある。草刈り機を貸してくれないか。」との声が多く聞かれた。道路管理者としても合同清掃で自ら除草する機会が多かったが、歩道を覆い尽くすほどの草を鎌のみで行うことは非効率であり、不可能に近いと実感した。

しかし、草刈り機は中国地方整備局の運用上「不可」と明示されているため、貸与には至らなかった。

草刈り機は利便性が高い一方、使用方法を誤ると怪我をしたり、飛び石などで第三者へ被害をあたえるなど凶器にもなり得るため、安全面においてクリアすべき課題は多い。

しかし、地域協働を推進する立場として、実施団体に対する作業の効率化の支援の検討も必要ではないだろうか。例えば、飛び石がほとんどなく除草が行うことが可能なアタッチメント式の草刈り機を貸与する、その使用方法についての講習会を開催し、安全に使用できるよう指導を行うなど、より柔軟な対応が求められる。

(5) まとめ

今後も本章で述べた以外の様々な課題に対峙することが予想されるが、そのたびに検討を重ね、克服することで「最終的に管理区間の大半をボランティア・ロードで埋め尽くし、快適で美しい道路にする」という大きな目標に向かっていきたい。

交通流動把握における WCN 調査 の有効性に関する一考察

松山河川国道事務所 工務第二課 永田 佳之
四国地方整備局 道路管理課 建設専門官 草薙 万男
松山河川国道事務所 工務第二課 係長 宮川 智行

高知県における ETC2.0 の普及率は全国に比べても低く、交通流動を把握するにはサンプル数が少ない状況である。一方で、ETC 車載器の搭載率は高い。そこで、本稿では簡易な ETC 路側機により、ETC 車載器の無線通信に使用する車載器固有の番号 (WCN) を読み取る調査を四国で初めて実施し、WCN 調査データと ETC2.0 による交通流動の分析を行った。また、分析結果とデータの利活用について考察を行い、交通流動把握のための WCN 調査の有効性について報告を行うものである。

キーワード：ETC 車載器、交通流動調査、WCN、ETC2.0、整備効果

1. はじめに

道路整備事業において、自動車の利用経路（以下、交通流動）の実態や道路整備後の交通流動の変化等を把握することは、道路整備による効果や影響を把握する上で必要である。交通流動を把握する手法としては、従来からナンバープレート調査が行われている。しかし、ナンバープレート調査では、調査員が常駐し視認する必要があることから、夜間の調査が困難であるなど課題がある。そのような中、現在、国土交通省では ETC2.0 の普及促進を図っている。ETC2.0 ではプローブ情報を取得できることから、このプローブ情報を解析することで車両の移動を把握することは可能である。しかしながら、高知県では、ETC2.0 車載器のセットアップ台数は 2018 年 2 月時点で約 8,900 台¹⁾であり、高知県の自動車保有台数（二輪車除く）約 546,000 台²⁾の約 1.6%（全国平均：約 4.3%）と全国に比べ低いため、ETC2.0 により交通流動を把握するには現状サンプル数が少ない状況である。一方、ETC 車載器のセットアップ率は約 79%¹⁾と高い。そこで、本稿では高知県内において、料金

決済機能を持たない簡易な ETC 路側機を設置し、ETC 車載器の無線通信に使用する車載器固有の移動局識別情報（以下、WCN：ワイヤレスコールナンバーという）を読み取る調査（以下、WCN 調査という）を四国で初めて実施し、WCN 調査データと ETC2.0 による交通流動の分析を行い、交通流動把握のための WCN 調査の有効性について報告を行うことを目的とする。

2. WCN を用いた調査概要

(1) WCN とは

ETC 車載器と路側機間で無線通信を行う際に ETC 車載器は WCN と呼ばれる ETC 車載器が持つ固有 ID を自動的に送信する機能を有しており、ETC 決済などに用いる ETC 情報とは別に、WCN を取得し活用することが可能となる。そのため、WCN 調査のみでは個人情報特定されることはないデータとして活用可能である。なお、ETC カードが挿入されていない状態でも WCN の取得は可能である。

(2) WCN 調査機器の設置方法

WCN 調査のイメージを図 1 に示す。可搬式の路側機 (DSRC 無線機器) を使用し、最大 5m まで伸びる WCN センサーアンテナを照明柱等の道路付属物に設置し、通行する車両に向けて電波の照射を行う。調査を実施する際は、電波を使用するため総合通信局への無線局申請と、道路管理者への道路使用許可申請が必要となる。

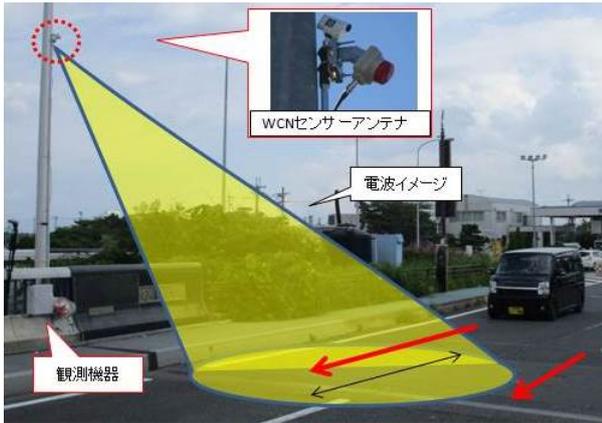


図-1 WCN 調査イメージ

(3) 調査対象箇所及び調査概要

本稿では、平成 28 年 3 月に整備された国道 33 号高知西バイパス (整備区間: 枝川 IC~天神 IC) と現道の国道 33 号の交通流動を把握するために、平成 30 年 3 月 6 日 (火) に、図-2 に示す 4 断面において方向別に 6 時~19 時までの 13 時間 WCN 調査を行った。調査概要を表-1 に示す。



図-2 調査対象箇所 (4 断面)

表-1 調査概要

調査日	平成 30 年 3 月 6 日 (火)
調査時間	6:00~19:00 (合計 13 時間)
調査内容	WCN 調査 (断面: 国道 33 号 4 断面方向別) A: 高知自動車道伊野 IC 付近 B: 吾川郡いの町市街地 C: 高知西バイパス鎌田 IC D: 吾川郡いの町波川

3. WCN 調査結果

(1) WCN の取得状況

今回、WCN 調査における時間帯別取得状況として、図-3 に地点 D の西行き時間帯別交通量 (近接常時観測交通量データ) と WCN 取得数及びその取得率を示す。この結果より、朝夕ピーク時には、取得率は約 70%以上と高い取得率となっていることが分かる。一方、11 時から 14 時台については 30%以下となっている。このことから、当該地域については、ETC 車載器を搭載している乗用車等は朝夕の通勤時間帯に多く移動しており、昼間の時間帯は、セカンドカーのような ETC を車載していない交通が多いことが推察される。また、当日の ETC2.0 の走行データ (暫定値) は、朝の 7 時で 2 台となっており、交通量に対しては約 0.18%、ETC 車載器に対しては約 0.25%と現時点では低い水準となっている。

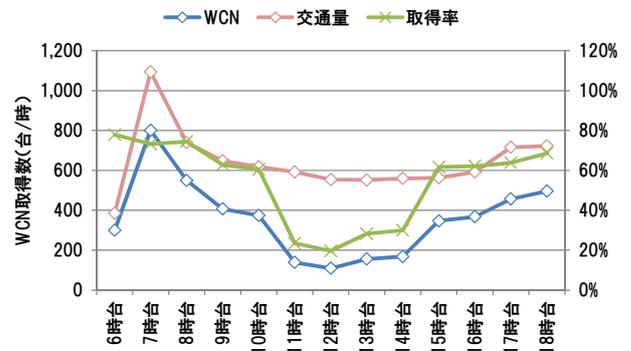


図-3 時間帯別 WCN 取得状況 (地点 D: 西行き)

を示唆している。このように調査地点を複数設定することで、断面間の所要時間比較を行うことも可能である。

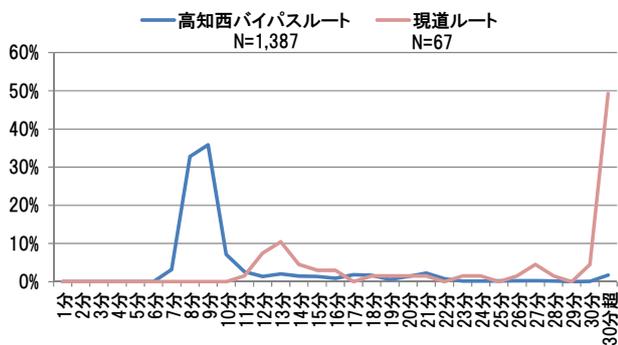


図-7 ルート別所要時間構成比率の比較 (西行き)

4. 新たな評価指標の検討

WCN調査データとETC2.0のデータを組み合わせることにより、通過交通の時間短縮効果について算出した。図-8にWCN調査により把握した通過交通量を示す。この通過交通量に対し、ETC2.0データによる整備前の現道利用の所要時間と整備後の高知西バイパス利用の所要時間差から、通過交通の時間短縮効果を年間値として365倍することにより算出を行った結果を図-9に示す。この結果より、通過交通の時間短縮効果としては年間で11.9万台時間/年の効果が得られることが分かった。このように、WCN調査データとETC2.0データを組み合わせることによる新たな評価指標の検討も可能である。

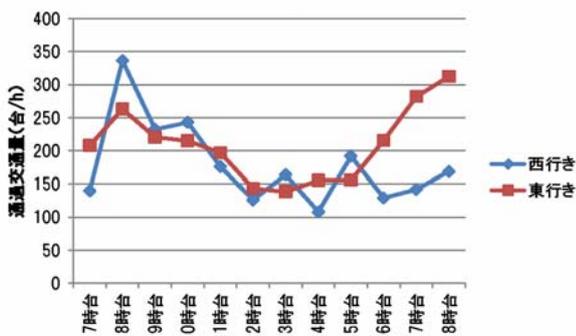


図-8 WCN調査結果より算出した通過交通

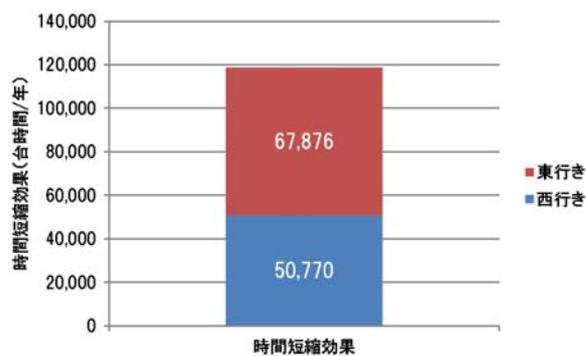


図-9 通過交通の時間短縮効果

5. 結論・おわりに

本稿では、高知県におけるWCN調査データとETC2.0データによる取得率の現況を明らかとし、現時点ではETC2.0データの取得が少ないこと、また交通流動の分析としては、ETC2.0保有者の行動の影響を受ける可能性があることを示唆した。また、通過交通のほか往復行動等の交通流動把握や所要時間分析によるWCN調査の有効性を示した。

今後のWCN調査の課題としては、断面間の詳細な移動経路が把握出来ないこと等が挙げられる。そのため、ETC2.0データ等の他データとWCNデータを組み合わせた分析手法を確立することが必要である。最後に、考えられる今後のWCN調査の利用方法を以下に列記する。

- 調査地点を複数設定することにより、大まかな断面間の交通量や移動経路を把握することによる交通特性の分析。
- 調査を複数日実施することにより、同一車両での日による交通流動の変化の分析。
- 観光地の流入部等に設置して観光交通の滞在時間や流動を把握することによる観光渋滞の分析。
- ETC2.0データによる交通流動把握の補完のための活用。

参考文献

- 1) ETC総合情報ポータルサイト (平成30年2月時点)
- 2) (一財)自動車検査登録情報協会 (平成29年12月時点)

天然記念物イタセンパラの野生復帰を目指して ～平成6年調査開始以来最多となる稚魚数を 確認するまでの道のり～

清重 亜美¹

¹近畿地方整備局 淀川河川事務所 河川環境課 (〒573-1191大阪府枚方市新町2-2-10)

淀川では1970年代から自然豊かな淀川の「シンボルフィッシュ」としてイタセンパラを大切に保護してきた。しかし、2006年（平成18年）以降淀川本川ではイタセンパラの生息が確認できなくなり、反対に外来生物が異常に繁殖するなど淀川の豊かな生物相は深刻な状況に陥った。しかし、行政機関や保全活動を実施している市民ネットワークなどの様々な人々の努力により、イタセンパラの生息環境改善がなされイタセンパラの再導入の実施、そして1994年（平成6年）の調査開始以来最多となるイタセンパラ稚魚数を確認できるまでとなったこれまでの取り組みについて報告する。

キーワード 天然記念物, イタセンパラ, 外来種対策, 住民参加型河川管理, 自然再生

1. 背景

イタセンパラは、昭和49年に魚類で初めて国の天然記念物に指定された。日本国内での分布は富山平野、濃尾平野及び淀川の3箇所であり、いずれも生息数は少ない。

淀川では1970年代から80年代にかけては淀川本川全域に生息が確認されていたが、90年代に入ると下流域でしか確認されなくなった。そして、2005年（平成17年）に城北ワンドで確認されたのを最後に、その後淀川本川でイタセンパラの姿は確認されなくなった。

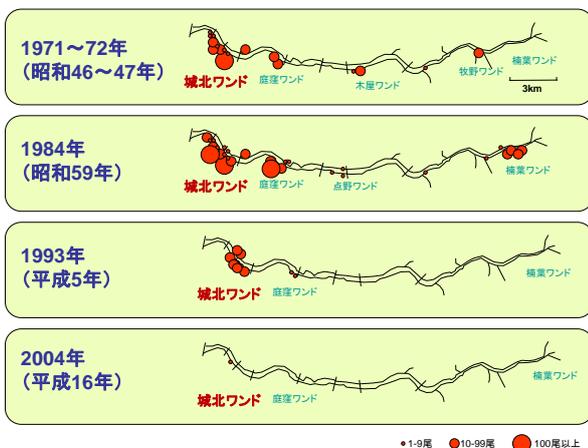


図-1 淀川におけるイタセンパラの生息域の経年変化

2. 城北ワンド環境調査

(1) イタセンパラの生態

イタセンパラは、タナゴの一種で淀川では”ワンド”と呼ばれる河川敷地内の池やたまりのような場所を好んで生息し、本流には生息していない。イタセンパラは二枚貝の中に産卵する特徴を持っており、ワンドに数多く生息する二枚貝のイシガイやドブガイのうち、3～7cmの小型のイシガイを選んで卵を産み込む。産卵期の雄は体が紫紅色となりとても美しい。産卵後1週間程で孵化し、翌年の春頃（5月中旬～6月上旬）に稚魚が貝から泳ぎ出て数尾から数百尾の群れをつくる習性がある。



写真-1 イタセンパラ（雄）

(2) 城北ワンドでの干し上げ調査

淀川左岸11.4k～13k（大阪市旭区）あたりに連なったワンドがあり城北ワンド群と呼ばれている場所がある。城北ワンドは淀川本川におけるイタセンパラの最後の生

息地となった。イタセンパラがいなくなった原因を調べるため、2006年（平成18年）11月にワンド内の水を抜き調査を実施した。調査結果は、確認魚種19種のうち5種が外来種であり、個体数比率では外来種が91%を占め、そのうち88%がブルーギルであった。このブルーギルはオオクチバスとともに1970年代に淀川に侵入し、2000年代の初めまでは目立って増殖することはなかったが、2004年頃から急激に増加した。在来種ではフナ類が178個体と最も多かったが、いずれも体長20cm以上と小型の個体は確認されなかった。外来魚はイタセンパラをはじめとする在来魚の遊泳力の無い稚魚を捕食し、その息を脅かす非常に危険な存在である。

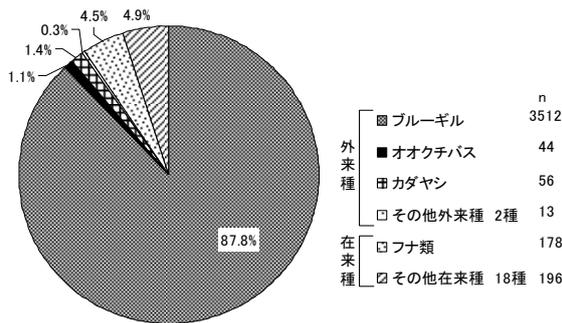


図-2 城北ワンド31号の干し上げ調査で採集された魚類

また、貝類についてはイシガイ、ドブガイ、トンガリササノハガイの順に多く確認されたが、成貝が多く幼貝や稚貝はほとんど確認されなかった。さらに、生貝に対して死骸の割合も多く、貝類の生息環境としては良くない状況であった。



図-3 城北ワンドの位置図

(3) 外来水草の状況

2000年頃の城北ワンドの水面はウォーターレタスなど外来種の水草がワンド一面を覆い尽くすほど繁茂している状態であった。繁殖力はすさまじく、水面を覆い尽くすことで水中の光量、溶存酸素量を低減させ、また枯死したものが河床へ堆積しヘドロ化するなど、魚類や二枚貝などの水生生物への影響は甚大なものであった。

(4) イタセンパラへの影響

イタセンパラの生態から見ると、在来魚を捕食するブルーギルやオオクチバスなどの外来魚の増加や外来水草の異常な繁茂がイタセンパラの生息・生育・繁殖環境にとって非常に大きな影響を与えたため生息が確認されなくなったのではと考えられた。

3. イタセンパラ野生復帰プロジェクト

イタセンパラが2006年（平成18年）以降淀川本川で確認されなくなったことを受け、かつて淀川に生息していた様々な在来種の生息場であった豊かなワンド環境を再生し、再び淀川にイタセンパラを泳がせたいと様々な行政機関や市民団体によるイタセンパラ野生復帰プロジェクトが始まった。

(1) 淀川河川事務所の取組

イタセンパラの生息地となるワンドの数を増やすことで、出水時にワンドから淀川本川に出てしまっても水位が下がった時にまた生息できるワンドにたどりつけるようワンド倍増計画を打ち立て、2009年（平成21年）3月時点で51個あるワンドを90個以上とするワンドの量的整備や、外来種が侵入しにくいワンド構造にするなど既存のワンドの質的改良に取り組んでおり、2018年（平成30年）5月末時点での淀川におけるワンド数は77個となっている。また、イタセンパラを淀川のワンドに再導入（放流）するために必要な検討を行う『淀川イタセンパラ検討会』を設立し再導入に向けてイタセンパラの生息・生育・繁殖環境の調査や検討を始めた。

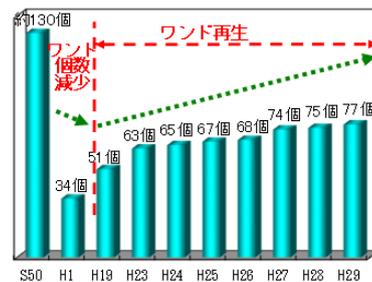


図-4 ワンド個数の推移（年度）

(2) 大阪府立環境農林水産総合研究所の取組

イタセンパラの生息状況調査、繁殖生態の解明、人工繁殖、外来魚や外来水草など外来生物の効果的な駆除方法の研究、その研究結果に基づく外来生物の駆除を実施された。

また、3. (4) で後述する淀川水系イタセンパラ保全市民ネットワークの事務局を担当しており、市民の保全活動に関連する情報の会員への提供、外来種駆除に必要な道具の貸出などを行っている。

(3) 城北わんどイタセンパラ協議会

環境省が事務局となる城北わんどイタセンパラ協議会は淀川河川事務所の他、大阪府や大阪市の関係部署、大阪府警などで構成されており、主に密漁対策に取り組んでいる。イタセンパラは、天然記念物であるがゆえ、また産卵期の雄の婚姻色の姿が美しいことなどの理由から密漁の危険にもさらされている。そのため、年数回、城北ワンドで協議会による密漁パトロールの実施や密漁防止看板の設置を行っているところである。

(4) 淀川水系イタセンパラ保全市民ネットワークの活動

2011年（平成23年）8月に淀川水系イタセンパラ保全市民ネットワーク（以下、イタセンネットと記す）が設立した。イタセンネットは、市民団体、大学、企業、行政などで構成される市民ネットワークであり、高校生から年配の方まで幅広い年齢層で構成されている。城北ワンドを中心に在来種調査、外来種駆除、清掃大会などのイベントや採取した魚の展示などの活動を定期的に行っている。設立当初、連携団体・大学は13団体、行政は4団体により構成されていたイタセンネットは、2018年（平成30年）5月現在では連携団体・大学は36団体、行政は6団体となり設立時から倍増するまでとなった。特に、地曳網による外来魚駆除は4月～11月の間に月2回実施するなど大変な労力をかけ継続的に実施されている。

4. イタセンパラ野生復帰への取組

(1) ワンドの環境改善状況

2006年（平成18年）11月に実施した城北ワンド31号の干し上げ調査時にはブルーギルやオオクチバスなどの外来魚が91%も占めていたが、その後、比率の上下はあったものの、関係機関やイタセンネットの外来魚駆除活動により、近年は、外来魚の個体数比率は5割前後で推移するまでに低下し、一時優占化していた外来種の抑制効果が見られるようになってきている。

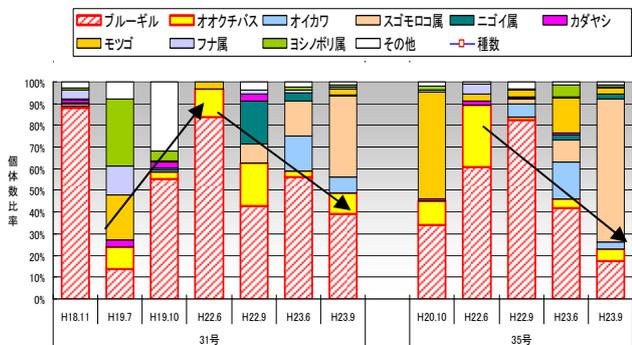


図-5 魚類の個体数比率 (城北ワンド)

イタセンパラなどのタナゴ稚魚数の経年変化を見てみると、2011年（平成23年）以降回復傾向にあり、タナゴ

類の生息環境としては問題ない水準までに回復していると思われる。

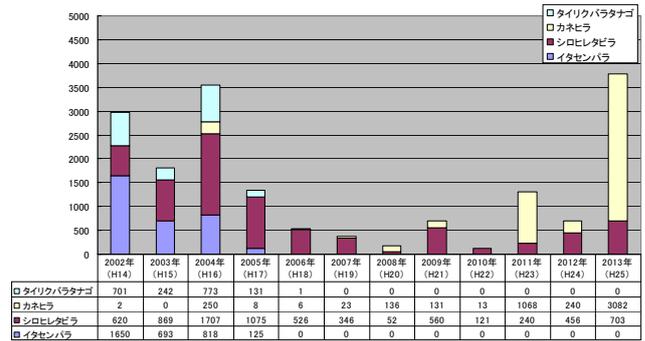


図-6 城北34号～36号ワンドのタナゴ稚魚数経年変化

(2) イタセンパラの再導入

このように、城北ワンドにおけるイタセンパラの生息・生育・繁殖環境の改善が確認されたこと、ワンド環境を維持する継続的な市民活動の体制が確立されたことからイタセンパラを公開にて再導入（放流）する運びとなった。

2013年（平成25年）10月に「淀川城北ワンド群イタセンパラ放流式」を開催し、地元の子供達の手により500個体のイタセンパラの成魚が城北ワンドに放流された。



写真-2 放流式典の様子 (2013年 (平成25年) 10月)

(3) イタセンパラ放流後の稚魚数の推移

図-7に1994年（平成6年）以降実施しているタナゴ稚魚調査によるイタセンパラの個体数の推移を示す。

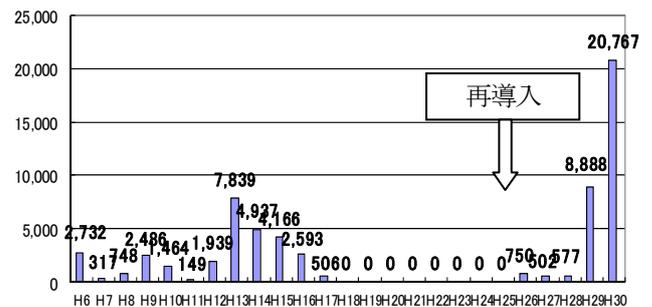


図-7 イタセンパラ稚魚の個体数推移 (城北ワンド)

1994年2013年（平成25年）のイタセンパラ放流後500個体～700個体程度で推移していたが、2018年（平成30年）は1994年（平成6年）の調査開始以来最多となる20,767個体を確認することが出来た。この成果は、これまで実施してきた関係機関・イタセンネットの市民活動による取り組みの相乗効果と思われる。

(4) 野生復帰における目標の達成状況

淀川におけるイタセンパラの野生復帰事業については、表-1のように最終的には特定のワンドのみではなく、淀川の広い範囲にわたってイタセンパラが生息できる環境となるよう目標と指標を定め、随時達成状況を確認しながら事業を進めている。

2013年（平成25年）の再導入後、毎年稚魚が確認されていたことから2016年（平成28年）まででStep2の『第二世代以降の成魚が毎年繁殖すること』を達成していたが、2018年（平成30年）に20,767個体もの稚魚が確認されたことから、Step3の『野生の個体群が大きくなること』に到達したと考えている。

表-1 淀川におけるイタセンパラの野生復帰対策の目標と指標

Step	目標	指標	達成度
1-a	再導入した成魚が野生で繁殖すること	再導入した成魚が野生で繁殖した結果、翌春（貝から泳出した）稚魚が出現すること	H26 達成
1-b	稚魚が成魚まで成長し、生活史を全うすること	第二世代の成魚が確認されること	
2	第二世代以降の成魚が毎年繁殖すること	毎年稚魚が出現すること	H27 H28
3	野生の個体群が大きくなること	稚魚の生息数が増加すること	H29 H30
4	淀川の広い範囲にわたって生息水域が再生されること	淀川の広い範囲において十分な数の生息水域が確認されること	

出典：イタセンパラの野生復帰に向けた淀川本川河道の自然再生短中期プラン

5. 近年の城北ワンドの環境の変化

城北ワンドでは、毎年魚類や貝類の調査を実施している。また外来種対策についても、イタセンパラ放流後も継続実施している。

(1) 二枚貝の調査結果

城北34・35・37号ワンドにおけるイシガイの個体数密度については、2017年（平成29年）6月調査では過年度調査より大きく増加していた。同年9月調査では35・37号ワンドにおいては個体数密度が少し下がったが高い密度で推移している（図-8）。

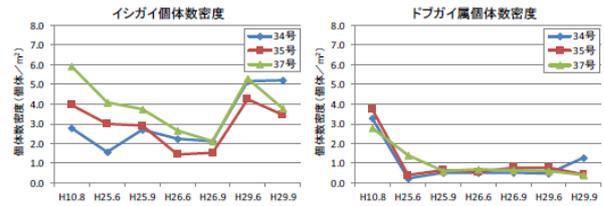


図-8 イシガイ・ドブガイ属の個体数密度の経年変化

また、2014年（平成26年）9月と2017年（平成29年）6月のイシガイの殻長組成を比較すると比較的若いサイズのイシガイが多いことが確認できる（図-9）。イタセンパラの産卵母貝となるイシガイの再生産が行われていると思われる、イタセンパラの産卵環境が改善していることが確認できる。

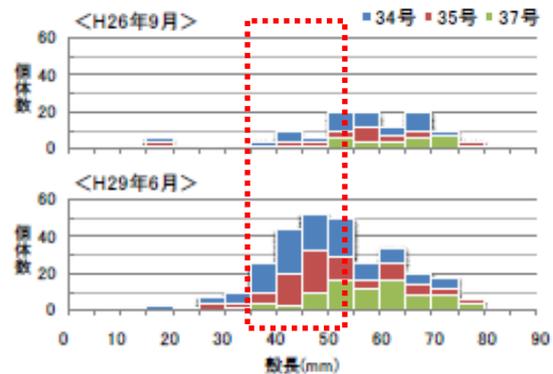


図-9 殻長組成（イシガイ）

2017年（平成29年）の魚類調査の結果を見ると、城北ワンドではヌマチチブ、カマツカ、ヨドゼゼラ、シマヒレヨシノボリが確認されている。これらは二枚貝がグロキディウム幼生を放出した際に寄生することが知られており、これらの魚類がいなければ二枚貝は再生産や生息地の拡大はできない。グロキディウム幼生が寄生する魚類が確認されたことから、城北ワンドでは二枚貝の再生産が可能であると言える。

No.	目名	科名	種名	生活型	城北ワンド								重要種・外来種 調査年 R12017 R13014			
					34号 7/1	34号 8/2	35号 7/1	35号 8/2	35号北 7/3	35号北 8/1	37号 7/3	37号 8/1				
1	コイ目	コイ科	コイ	泳												
2			カダヤシ科	泳											1 他種	
3			フナ属	泳	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
4			カサネ	泳	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
5			イタセンパラ	泳	●	●	●	●	●	●	●	●	●		1 A種 1 他種	
6			シロヒメ	泳	●	●	●	●	●	●	●	●	●		1 B種 1 他種	
7			オイカワ	泳	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
8			モツゴ	泳	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
9			ヒガイ	泳	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
10			ハゼ科	泳	●	●	●	●	●	●	●	●	●		1 他種	
11			ハゼ	泳	●	●	●	●	●	●	●	●	●		1 B種 1 他種	
12			カマツカ	泳	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
13			ヨウメイニギ	泳	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
14			ニゴイ属	泳	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
15			スズキ目	泳	●	●	●	●	●	●	●	●	●		1 他種	
16			ハゼ科	泳	●	●	●	●	●	●	●	●	●		1 他種	
17			ヌマチチブ	回	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
在来種合計 17種					種数合計	15	15	13	13	6	7	6	6	8	5	6
1	コイ目	コイ科	タイクワタナゴ	泳	●	●	●	●	●	●	●	●	●		他種(他)	
2	カダヤシ目	カダヤシ科	カダヤシ	泳	●	●	●	●	●	●	●	●	●		特定-他種(他)	
3	スズキ目	サンフィッシュ科	ブルーギル	泳	●	●	●	●	●	●	●	●	●		特定-他種(他)	
4			オオクチバス	泳	●	●	●	●	●	●	●	●	●		特定-他種(他)	
5			ナマズ	泳	●	●	●	●	●	●	●	●	●		その他	
外来種合計 5種					種数合計	3	4	3	5	3	2	2	4	3	3	5

注1) 種名の表記、配列については、基本的に「河川水辺の国勢調査のための生物リスト(平成28年度生物リスト)」に準拠したが、外来種は在来種とは分けて配列した。

注2) 生活型：一泳：純淡水魚、回：回遊魚、海：汽水・海水魚

注3) イタセンパラは、他に国指定の「天然記念物」、種の保存法による「国内希少野生動物種」に指定されている。

図-10 城北ワンド魚類出現種リスト（平成29年）

(2) 外来種の駆除状況

イタセンバラの放流後である2016年（平成28年）と2017年（平成29年）における淀川河川事務所が実施した外来魚駆除状況について図-11に示す。

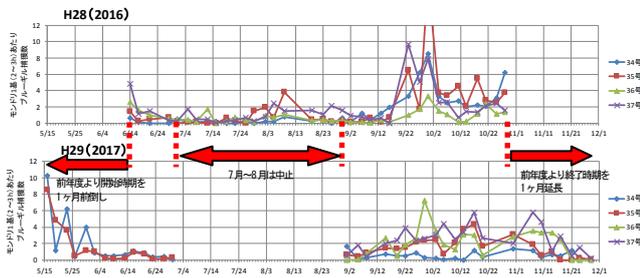


図-11 モンドリ1基/回あたりのブルーギル除去数の月別推移

2016年（平成28年）9月から10月にかけてブルーギルのモンドリ1基/回あたりの捕獲数が非常に多くなったことが確認できる。出水による増水時に淀川本川からワンドにブルーギルが入ってきたためと考えられる。

このことから、10月末までの駆除で取り切れなかった個体が越冬し翌春まで生存した場合、イタセンバラの稚魚期に捕食による影響が大変大きいと考えられるため、2017年（平成29年）度は除去を例年より1ヶ月早く開始し、対象ワンドは再導入ワンド（城北34号・35号）に集中させ、例年モンドリによる除去数が少なくなる7月～8月は中止とする計画を立案し駆除を実施した。そして9月の再開からは対象ワンドをこれまでと同様に城北34号～37号に戻して除去期間を例年より1ヶ月延長し、これまでの努力量を変更せずに当歳魚の除去と翌年への残存個体を減少させる方針を試みた。

2017年（平成29年）の駆除開始時にはモンドリ1基/回あたりの除去数が高かったことから、2016年（平成28年）度の秋季に駆除しきれなかったブルーギルが越冬していたことが分かる。そして例年より1ヶ月早く除去を開始したことでイタセンバラの遊泳力のない稚魚期に対する影響を押さえることができたと考えられる。

(3) 特定外来生物ヌートリアによる新たな問題について

近年、特定外来生物のヌートリアが淀川全域で生息していることが確認されている。ヌートリアは草食と言われているが、ヌートリアが二枚貝を捕食しているところの確認された。また、城北ワンドでも捕食被害にあったとみられる貝の塊も確認され、イタセンバラの産卵場所の減少という新たな問題が出てきた。この問題に対応するため、『城北わんどイタセンバラ協議会』において、城北ワンドにおけるヌートリアの生息実態調査及び防除を実施することとなった。

2017年（平成29年）1月～2月にかけて10基のカゴワナを2週間設置したところ、捕獲阻害もあったが7個体捕

獲することができた。植物が減る冬季にヌートリアを捕獲したことで、イタセンバラが産卵したイシガイが捕食される被害から守ることができたと考えられる。2018年（平成30年）にも1月～2月にかけて同様に実施し、8個体捕獲をした。

6. まとめ

イタセンバラが生息・生育・繁殖できるためには、生息地となるワンド、産卵するための二枚貝、二枚貝が増えるためにヨシノボリなどの魚類の存在、稚魚期などに外来魚から守られることが必要である。イタセンバラの生息が数多く確認できるということは、かつて淀川に生息していた多様な在来種が復活することに繋がると考えられる。これらを実現させるためには外来魚や水草の除去・対策の実施、ヌートリアの試行的防除、密漁対策の実施などを継続する必要がある。しかし、これらの継続した実施は行政だけでは不可能であり、地域のネットワークと連携していくことが必要不可欠である。

城北ワンドでは、ワンド環境保全のシンボルが天然記念物イタセンバラと明確であり、活動する人々のモチベーションも高く活動が継続されている。そのおかげで城北ワンドは在来種の生息環境がこれまで維持され、2018年（平成30年）にはイタセンバラの稚魚が1994年（平成6年）の調査開始以来最多となる20,767個体を確認することができた。

7. 今後の展望

イタセンバラをワンドにて生息・生育・繁殖できる環境を維持していくには、ワンド環境を良い状態で維持していくことが重要であるが、シンボルとなる天然記念物イタセンバラという存在が周りの様々な人々を動かす原動力となり得ることが今回初めて分かった。この原動力を生かし、今後もイタセンバラなど外来魚の生息場となるワンドの質的・量的改善、外来種駆除、密漁対策を継続しつつ、次なるイタセンバラの放流によりイタセンバラの生息域を淀川全体に広げていければ、これまでの行政による維持管理とは違った新たな維持管理の手法となるのではと期待している。

謝辞：本研究にあたり地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所の上原氏には多大なるご協力を頂きましたことに、厚く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 上原一彦 (2016) . イタセンパラ：生息地再生と野生復帰プロジェクト「淡水魚保全の挑戦ー水辺のにぎわいを取り戻す理念と実践」P67ー85 東海大学出版部
- 2) 上原一彦 (2017) . 多様な主体による生物多様性保全に向けてーイタセンネットを例にー
- 3) イタセンパラの野生復帰に向けた淀川本川河道の自然再生短中期プラン

バイオマス資源の事業間連携活用 ～植物系バイオマスを活用した 下水汚泥の脱水技術～

山崎 廉予¹・重村 浩之²

^{1,2} 国立研究開発法人土木研究所 先端材料資源研究センター 材料資源研究グループ
(〒305-8510 茨城県つくば市南原1-6)

近年、下水処理場での地域バイオマス活用の利活用やエネルギー化が推進されている。生ゴミやし尿などの地域バイオマスと比較して、河川等で発生する刈草や湖で繁茂する水草等の植物系バイオマスは、有効利用方法の確立があまり進んでいないのが現状であるといえる。

国立研究開発法人土木研究所では、植物系バイオマスを、下水汚泥の脱水助剤として活用するための技術開発を行っている。この技術は、未利用バイオマスの有効活用、下水汚泥と地域バイオマスの連携処分による省エネルギー化の点で有用であると考えられる。また、下水道事業や河川事業において、バイオマス資源の事業間連携活用の促進の一助になると考えている。

キーワード 地域バイオマス、下水汚泥、脱水助剤、事業間連携活用、植物系バイオマス

1. はじめに

平成25年5月に閣議決定された環境省の循環型社会形成推進基本計画において、「下水処理場を地域のバイオマス活用の拠点としてエネルギー回収を行う取組や下水汚泥と食品廃棄物など他のバイオマスの混合消化・利用によるエネルギー回収効率の向上を推進する」と明記されている。生ゴミやし尿などの地域バイオマスは、下水汚泥と混合嫌気性消化を行うことで、バイオガス化によるエネルギー化事業が、各地で進んでいる¹⁾。一方、河川等で発生する刈草や湖で繁茂する水草等の植物系バイオマスにおいては、下水処理場での有効利用方法が確立されているとは言いにくいのが現状である。

国立研究開発法人土木研究所では、植物系バイオマスの利用方法として、下水汚泥の脱水性を高める物質である、脱水助剤として活用することを考えた。本技術を導入した場合の下水道事業と河川事業でのバイオマス資源の連携活用の一例を図-1に示す。河川事業では、刈草の有効利用が確立できるとともに、刈草処分費が削減できる可能性がある。下水道事業では、凝集剤などの汚泥処理にかかる費用の削減や、脱水汚泥の含水率が低下することで、焼却場への運搬費が削減できる可能性がある。

このように、本技術の確立は、未利用バイオマスの有効活用、下水汚泥と地域バイオマスの連携処分による処分費削減の可能性が見込める点で重要である。

本稿では、刈草や水草等の植物系バイオマスを下水処

理場で受け入れ、下水汚泥の脱水助剤として活用することにより、下水道事業におけるバイオマス受入れを積極的に進め、河川事業におけるバイオマス処分の課題を解決するとともに、両事業におけるバイオマス資源の事業間連携活用の観点を含めた有用な技術開発に向けた研究成果について紹介する。

2. 下水道事業・河川事業が抱える課題

(1) 下水道事業における下水汚泥の減容化

下水処理場で発生する下水汚泥の減容化や有効利用は、下水道事業において、常に課題とされている。下水汚泥の減容化は、脱水や嫌気性消化が一般的である。

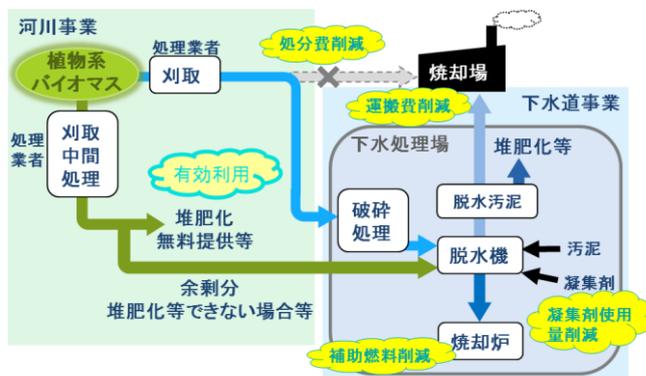


図-1 河川・下水道事業での植物系バイオマス資源の事業間連携活用の一例

脱水後の下水汚泥の含水率は、機械を用いた場合でも全国平均で約80%であり²⁾、脱水汚泥を処分する際に、大量の水も一緒に処分している状況であるといえる。脱水汚泥の含水率を低減することは、その後の汚泥の運搬、焼却、炭化等の維持管理費の削減に繋がる。下水汚泥の脱水性時には、化学薬品である凝集剤を使用することが一般的であり、様々な種類の凝集剤が市販されている。また、高性能な脱水機の開発も各社で行われている。しかし、いずれもコストが高いことや導入コストがかかることが課題として挙げられる。

嫌気性消化は、下水汚泥中の有機物を微生物反応を利用して分解することで、下水汚泥の減容化を行うと同時に、発生する消化ガス（バイオガス）をエネルギーとして利用できる有用な技術として普及している。現在、全国で約300箇所の下水処理場において嫌気性消化が行われているが、その他の下水処理場で新たに設備を構築するためには、導入コストや設置場所の確保が課題として挙げられる。

(2) 河川事業で発生する植物系バイオマス活用の課題

河川管理においては、近年、維持修繕予算が減少傾向にあり、維持管理に係る費用の削減、維持管理の効率化が課題となっている。また、堤防や河川敷の刈草、伐木等を農業やエネルギー資源として活用する取組みが新しく進められつつあり、バイオマス資源としての河川の利活用に関する新たなニーズにどのように応えていくかが課題となっている³⁾。

河川等で発生する刈草の利用方法としては、一般者への無償提供が一般的であるが、処分量が引受先の需要に依存してしまうことや、鮮度や乾燥度等の刈草の品質管理が課題としてあり、刈草の有効利用方法が確立されているとはいえないのが現状である。

また水草は、河川、湖沼等の公共用水域において、富栄養化などの原因により異常発生しがており、水質の悪化、悪臭など、全国的に問題となっている。刈取られた水草は、一部堆肥化され、地域住民に無料配布されているが、それ以外は焼却処分されているのが現状である⁴⁾。

(3) 下水道事業での植物系バイオマス活用

嫌気性消化に受入れられる地域バイオマスとしては、有機物量が多いもの、易分解性であるものや下水汚泥との混合が容易な高含水率であるものが適している。刈草や水草等の植物系バイオマスは、汚泥よりも含水率が低く、有機物量が少ない場合が多いため、生ゴミやし尿と比較して、嫌気性消化での利用の普及には至っていないのが現状である。一方、下水に含まれるティッシュペーパーなどの繊維質や、木質チップ等のバイオマスを脱水助剤として活用する既存の研究がある⁵⁾。植物系バイオマスも繊維質が多く、脱水助剤としての可能性を持っていると考えられる。

3. 植物系バイオマスによる脱水原理と目的

植物系バイオマスを汚泥に混合したときの脱水の原理を図-2に示す。汚泥に植物系バイオマス（固形物）を投入することで、汚泥中に水分の通り道ができ、水分が抜けやすくなる⁵⁾と考えられる。汚泥中の水分が、投入した固形物量以上に減少すれば、水分、汚泥を含めた全体の汚泥の重量や含水率は減少する。植物系バイオマスを混合して脱水したときの汚泥の含水率の変化の原理を図-3に示す。「刈草を汚泥の固形物量に対して10%混合して遠心脱水すると、混合しないよりも3%含水率が削減した」と仮定した。下水汚泥よりも含水率が低い植物系バイオマスを混合することで、脱水汚泥の含水率は物理的に減少するが、植物系バイオマスの固形物と水分を、混合脱水後の汚泥から差し引き、汚泥中の含水率を試算すると、1.4%減少したことがわかる。また、全体量も4%減少することがわかる。これは、投入した固形物量よりも、削減された汚泥中の水分量の方が多いためである。このような原理のもと、植物系バイオマスが下水汚泥の脱水助剤として利用できると想定した。

そこで本研究では、植物系バイオマスと汚泥の混合による脱水性の向上について、実験室レベルで検証を行った。また、本研究提案技術を導入した際の河川事業における刈草処分費、下水処理場における汚泥処分費の試算を行い、経済的な有意性の有無を検証した。

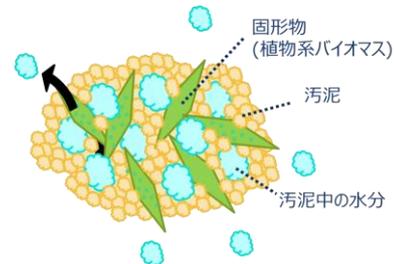


図-2 植物系バイオマスによる汚泥の脱水の原理

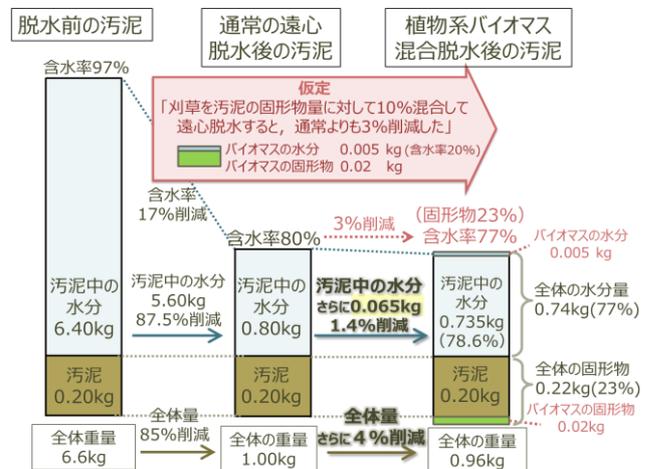


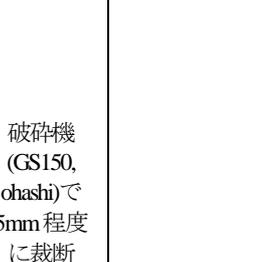
図-3 脱水時の汚泥の含水率の変化の原理

4. 植物系バイオマスによる汚泥の脱水性評価

(1) 植物系バイオマス混合汚泥の脱水試験方法

植物系バイオマスを下水汚泥に混合して脱水することで、汚泥の脱水性が向上するか検証を行った。実験に用いた植物系バイオマスの種類、採取場所、採取方法、前処理方法、汚泥の全固形物 (Total Solids : TS) を表-1に示す。実験に用いた植物系バイオマスは4種類、前処理方法の違いを含めると6種類である。脱水試験に用いた汚泥は、A処理場の最初沈殿池の重力濃縮汚泥と、余剰汚泥の機械濃縮汚泥を1対1で混合した汚泥 (以下、標準 (A))、A処理場の消化汚泥 (以下、消化 (A))、B処理場のOD汚泥の重力濃縮汚泥 (以下、OD (B))、D処理場の消化汚泥 (以下、消化 (D)) の4種類である。それぞれの植物系バイオマスにおいて、表-1に示すように、それぞれ異なる汚泥を用いて脱水試験を行った。植物系バイオマスの混合率は、下水汚泥のTSに対して植物系バイオマスのTSで0%~50%の範囲で検討した。凝集剤は、カチオン系の高分子凝集剤を用いた。凝集剤添加率は、実下水処理場での添加率が1~2%程度であることを考慮して、下水汚泥のTSに対して0%~2.0%の範囲で検討した。脱水方法は、実処理場での脱水方法として最も多く使われている遠心脱水とした。脱水試験は、「脱水セル法遠沈管試験」を参考に、50ml容の100メッシュのろ過筒に凝集剤と刈草を混合した汚泥を投入し、遠心分離機で3,000rpm、20分間の遠心分離を行った⁹⁾。

表-1 実験に用いた植物系バイオマスおよび汚泥の諸元

表記	刈草裁断	刈草粉末	水草 (ヒシ)	水草 (ヒエ)	松 (新)	松 (枯死)	竹	
種類	イネ科未同定		オニビシ	スズメノヒエ	クロマツ			
採取場所	土木研究所敷地内		C処理場内のストックヤード		D処理場内のクロマツ林			
写真								
採取方法	ハサミで裁断後、2~3日放置		琵琶湖南湖の敷地周縁部で表層刈取り後1カ月程度天日干し		高枝バサミで剪定	落下した枯死葉を回収	破砕機 (GS150, ohashi) で5mm程度に裁断	
前処理方法	ハサミで10mm程度に裁断	粉砕機で1~5mm程度に粉砕	破砕機(MGS-1510Si, ミナト)で30~50mm程度に裁断	ハサミで10mm程度に裁断	破砕機(G283D, ohashi)で10~30mm程度に裁断	ハサミで10mm程度に裁断		
バイオマスのTS(%)	87.5	97.7	48.9	92.8	49.4	89.8		88.5
*汚泥種類 (TS(%)), 採取処理場	標準汚泥 (2.85), A処理場	—	標準汚泥(2.53) A処理場	標準汚泥(2.34) A処理場	消化汚泥(1.22), A処理場	消化汚泥(1.35), D処理場		消化汚泥 (1.22), A処理場

*標準汚泥, OD (オキシデーションデッチ) 汚泥は濃縮したものを使用

(2) 植物系バイオマス混合汚泥の脱水試験結果

刈草裁断と標準 (A) の混合脱水試験における含水率の結果を図-4に示す。図-4左には、試験値である、植物系バイオマス混合脱水汚泥の含水率を示す。下水汚泥よりも含水率が低い植物系バイオマスを混合することで、脱水汚泥の含水率は物理的に減少する。そのため、植物系バイオマスの重さと水分量を、混合脱水汚泥から差し引くことで、脱水後の汚泥のみの含水率を試算した。その結果を図-4右に示す。この試算値により、脱水汚泥中に含まれる水分が、植物系バイオマスの混合によって減少したか否かが検証できる。

図-4右より、凝集剤0%では、刈草混合率の増加にほぼ比例して汚泥のみの含水率が低下していることから、刈草の混合により、脱水汚泥の脱水量が増加することが示された。従来の脱水条件に近い、凝集剤2.0%、刈草0%と比較すると、凝集剤2.0%、刈草10%または30%および凝集剤1.0%、刈草10%で、含水率はそれぞれ-2.2%、-1.7%、-0.3%低減した。刈草の混合割合によっては、脱水汚泥の含水率の低減効果がみられ、刈草が脱水助剤として有用であることが示された。

図-5に、各植物系バイオマスと各汚泥の混合脱水試験の結果を示す。縦軸は、バイオマス混合率0%で、各試験における凝集剤添加率が最も大きい条件での汚泥のみの含水率と比較したときの、各条件での汚泥のみの含水率の差を、含水率ポイント差として示している。ポイント差がマイナスの場合、含水率の低減効果がみられる可能性があるかとみることができる。また、結果の配置は、

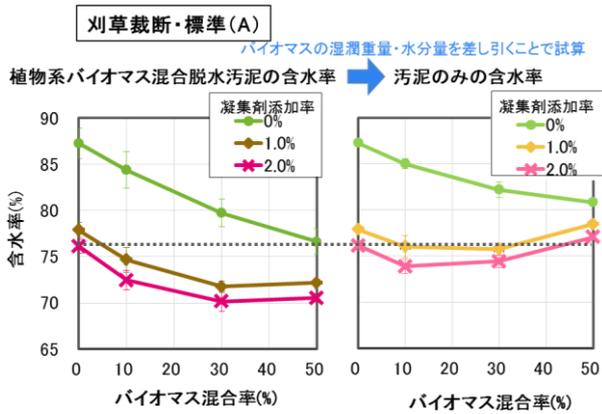


図4 植物系バイオマス混合脱水汚泥と汚泥のみの含水率
汚泥の種類, TSの大小, 植物系バイオマスのサイズ, TSの大小で分類して並べている. この結果より, 脱水汚泥の含水率の低減効果が見えやすい条件を考察した.

図5より, 各結果において, バイオマス混合率の条件は異なるが, 少なくとも1条件以上は, 含水率のポイント差がマイナスになる条件があることがわかる. これより, 本研究の範囲においては, どのような種類の植物系

バイオマスも, 脱水助剤としての素質を持っている可能性が示された. 混合率が低い場合は, 含水率の低減効果が見えにくいが, 高すぎる場合は, 含水率の低減効果が見えない上, 脱水汚泥の総重量が上昇する懸念がある. そのため, 使用したい植物系バイオマスと汚泥の組み合わせにおいて, 事前に最適な混合率を評価する必要がある.

次に, 刈草裁断10%, 凝集剤2.0%の条件において, 汚泥の種類で結果を比較すると, 標準(A)で最も含水率ポイント差が低くなっており, 次いで消化(A), OD(B)の順で低いことがわかる. 刈草粉末を用いた場合も, OD(B)より, 消化(A)で, 含水率の低減効果が見えやすい傾向がある. これより, 汚泥のTSが大きいほど, 脱水汚泥の含水率の低減効果が見えやすい傾向があることが示された.

刈草裁断と刈草粉末の結果を比較すると, 消化(A)において, 刈草粉末10%, 凝集剤2.0%において, 含水率ポイント差が最も低い, 全体としてみると, 刈草裁断の方が, 刈草粉末よりも含水率ポイント差が低い傾向

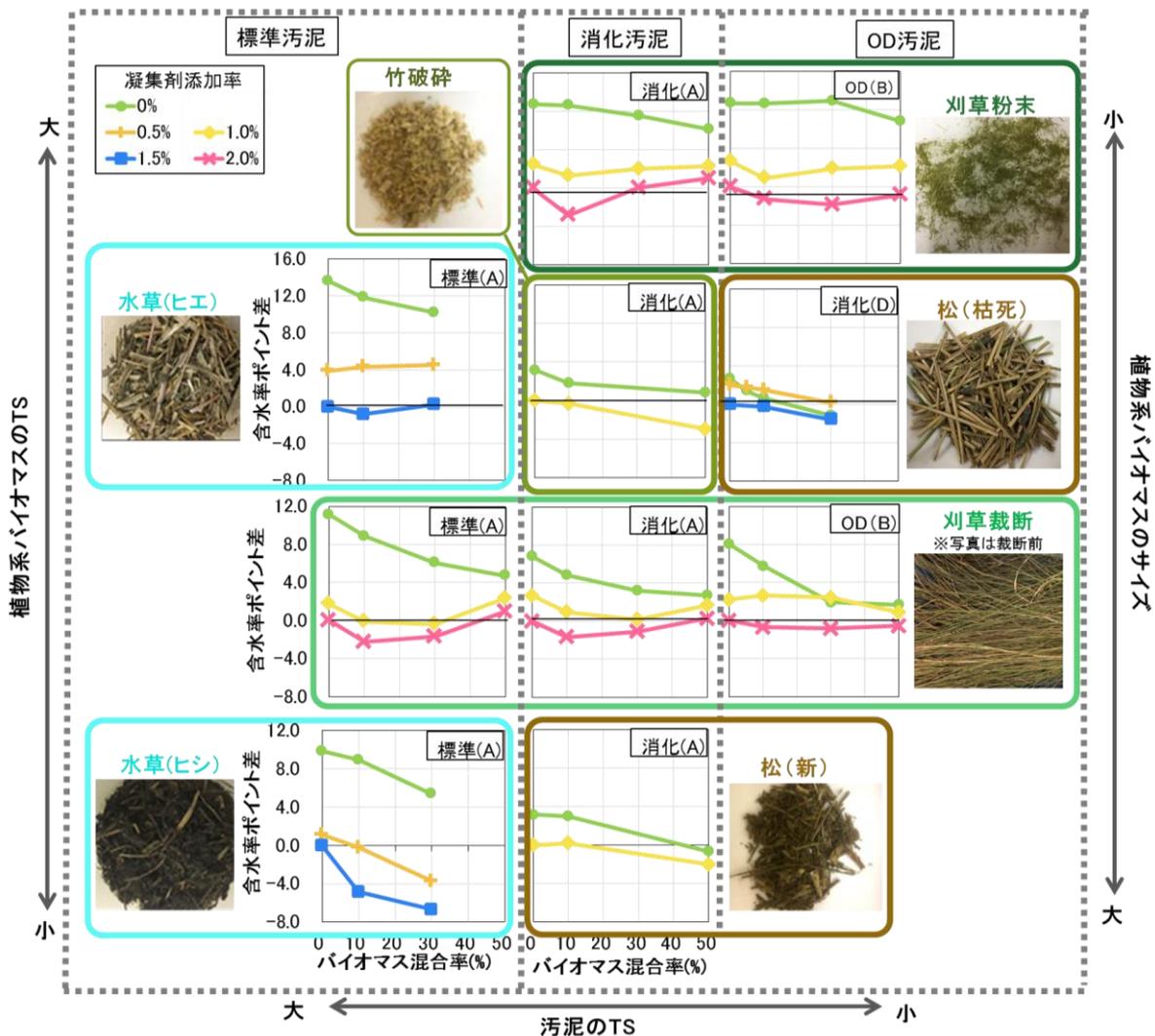


図5 各植物系バイオマスと汚泥の混合脱水試験から試算した汚泥のみの含水率のポイント差
(バイオマス混合率0%, 凝集剤添加率最大時の汚泥のみの含水率と比較)

にあり、マイナスになる条件も多いことがわかる。また、標準汚泥において、バイオマス10%時の結果を各植物系バイオマスと比較すると、水草（ヒシ）が最も含水率ポイント差が低く、次いで刈草裁断、水草（ヒエ）の順で低い結果であった。これより、植物系バイオマスのサイズが大きく、TSが小さいほうが、脱水汚泥の含水率の低減効果が見えやすい傾向があることが示された。

4. 植物系バイオマス活用による処分費削減の検証

(1) 河川事業における植物系バイオマス処分費の試算

河川等で発生する植物バイオマスを下水道事業に受け渡すことで、破碎処理までの処分となり、焼却処理をした場合と比較すると、処分費が削減される可能性がある(図-1)。そこで、植物バイオマスの代表として既存の知見が多くみられる刈草において、処分方法別の刈草処分費を調査した。処分方法は、図-6に示す5ケースとした。従来の処分方法として、焼却場での処分、存置、ロールラッピングで、一般者に無償提供、下水処理場へ受け渡した後、下水処理場で破碎、本研究提案技術を導入した場合の刈草処分方法として、再資源化施設で破碎後、下水処理場への受渡しである⁹⁾⁷⁾。

図-7に、刈草処分費の比較結果を示す。刈草処分費は、処分方法で異なる文献を参考にしたため、焼却処分の費用に対する比率として示すことで比較した。焼却処分と比較すると、その他の処分方法において、処分費が減額することがわかる。ロールラッピングと、下水処理場へ受渡すケースでは、焼却処分と比較して、ほぼ同程度の減額率で処分できることが示された。しかし、その減額率は、破碎処理を河川事業で行うか、下水道事業で行うかによって変わる可能性がある。これは、下水処理場への刈草の受入れが、廃棄物処理としてか有価物としてかによっても変わるため、それぞれの自治体で対応できる方法で受入れる必要がある。また、草刈場所、下水処理場、再資源化施設の距離によって運搬費が変化するため、それぞれのケースで再度試算する必要がある。

ロールラッピング等で、一般者に提供する場合は、刈草の乾燥方法や腐食度などの品質が求められる可能性が高いが、脱水助剤として使用する場合に求められる品質は高くはないと考えており、一般者に提供できない刈草も使用できると考えられる。

なお、茨城県内において、草刈り1回あたりに発生する未利用の刈草を下水処理場で処分する場合、刈草10%で使用すると仮定すると、脱水施設を持つ40処理場において1.4カ月で処分可能である試算結果が出ている⁹⁾。また、琵琶湖南湖で刈取った水草量を1か所の下水処理場で処分する場合、水草30%で使用すると、1年以内に処分できる試算結果が出ている⁹⁾。

以上より、焼却処分よりも、下水処理場へ受渡す方が、

河川事業者の刈草処分費が削減されることが示された。また、発生した植物系バイオマスは、非現実的でない範囲で、下水処理場における処分が行える可能性がある。

(2) 下水道事業における汚泥処分費の試算

植物系バイオマスを汚泥に混合することで、脱水時の凝集剤使用量や発生する脱水汚泥量の変化によって、脱水汚泥処分費が変化する可能性がある。そこで、刈草、標準(A)を用いた場合の汚泥処分費を試算した。脱水汚泥の処分方法は、下水処理場外の焼却場での焼却処分および下水処理場内の焼却炉での焼却の2ケースとした。

下水処理場外の焼却場における焼却処分における汚泥処分費は、脱水時の凝集剤費(820円/kg)、下水処理場外への運搬費及び焼却処分や埋立処分費等を含めた脱水汚泥処分費(16,000円/t(湿重量ベース))の合計とした⁹⁾。刈草の受入れの費用は、実質0円とした。汚泥脱水設備に投入する汚泥量は、高分子凝集剤を使用した濃縮汚泥または消化汚泥の脱水を行っている1,212か所の下水処理場における、平成26年度の一カ月あたりのは脱水設備投入汚泥量の平均値である4,762t/月とした。

下水処理場内の焼却炉での焼却における汚泥処分費は、補助燃料費(A重油, 80円/L)、焼却灰処分費(8,000円/t)¹⁰⁾の合計とした。補助燃料量は、刈草混合脱水汚泥の有機物含有量、保有熱量より、自然限界を試算し、算出した。

それぞれの汚泥処分費の結果を図-8、図-9に示す。汚泥処分費は、凝集剤2%、刈草0%の場合を従来かかる費用とみなし、それに対する比率で示した。図-8より、凝集剤0.5%、刈草0~50%、凝集剤1%、刈草0~30%にお

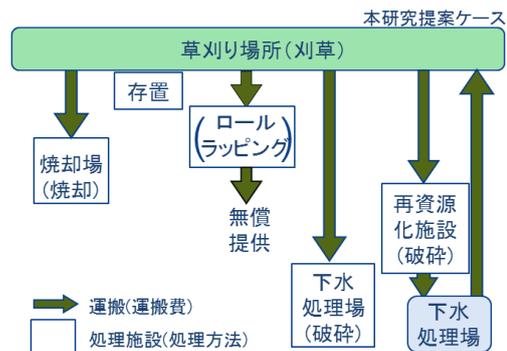


図-6 刈草処分ルートの場合設定

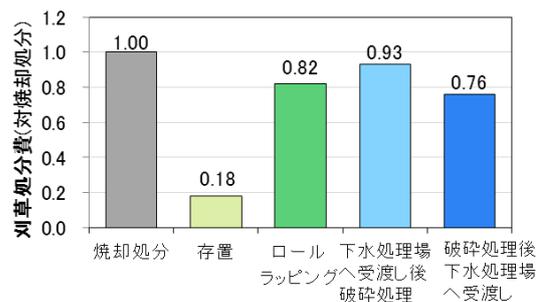


図-7 各刈草処分方法による刈草処分費の比較(対焼却処分費)

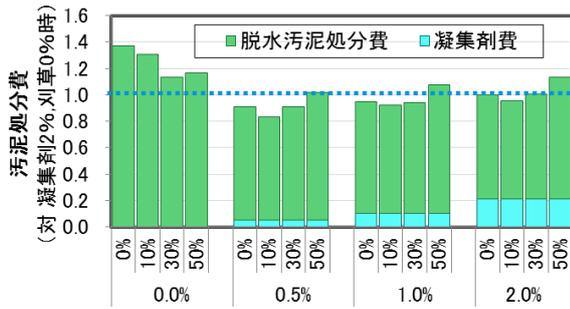


図8 下水処理場外の焼却場において焼却処分する場合の汚泥処分費の試算結果(刈草, 標準(A))

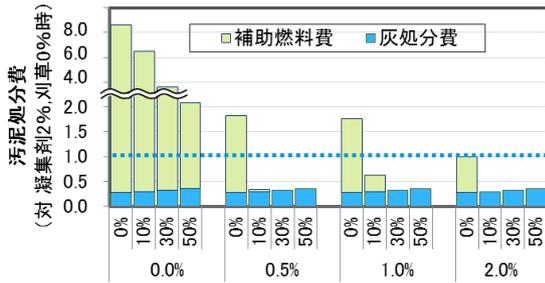


図9 下水処理場内の焼却炉において焼却する場合の汚泥処分費の試算結果(刈草, 標準(A))

いては、凝集剤費の削減が影響し、従来よりも費用が安くなることがわかる。一方、凝集剤2.0%、刈草10%においては、刈草の混合により汚泥の含水率が低減し、汚泥の湿潤重量が減ったため、脱水汚泥処分費が低減し、従来よりも費用が安くなる可能性が示された。図-9より、凝集剤0.5~2.0%、刈草10~50%において、従来よりも費用が安くなる可能性を示した。刈草を混合することで脱水ケーキの保有熱量が上昇し、補助燃料費が削減され、灰分量の増加による灰処分費が増加した場合においても、汚泥処分費が低減されることが示された。

5. まとめ

本研究では、活用が求められている河川等で発生する植物系バイオマスに着目し、下水処理場における汚泥の脱水助剤としての有用性を実験室レベルで検証した。また、河川事業における刈草処分費、下水道事業における汚泥処分費の試算を行った。

その結果、以上の結果より、植物系バイオマスは、どのような種類でも下水汚泥の脱水助剤としての有用性があること、植物系バイオマスのサイズが大きく、TSが小さいほど、脱水助剤としての効果が見えやすい傾向を示すこと、汚泥は、TSが大きいほど脱水助剤の効果が見えやすい傾向を示すことが明らかとなった。

河川事業における刈草処分費は、焼却処分よりも、下水処理場へ受渡す方が、河川事業者の刈草処分費が削減されることが示された。また、下水処理場外の焼却場に

おける焼却処分における汚泥処分費は、従来よりも安くなる条件があることが示された。下水処理場内の焼却炉での焼却においては、刈草混合により灰処分費が増加しても、汚泥処分費が低減されることが示された。

6. 課題

本稿で示した脱水助剤として有効な植物系バイオマス、や含水率の低減効果が見えやすい汚泥の条件は、大まかな傾向として示している。汚泥の違いにより、有機物量などの性状も異なるため、それらも脱水性の違いに影響している可能性があることに留意が必要である。

今後は、ベルトプレス等、脱水方法の検証や、各植物系バイオマスでの処分費の試算等を精査することで、技術の普及に繋げる取り組みを行っていく。

また、実験室レベルでの小規模の脱水実験のみのため、植物系バイオマスのサイズは、大きくても50mm程度までしか検証できていない。実規模機械で脱水試験を行うことで、植物系バイオマスのサイズや混合率を決定するとともに、汚泥の配管、ポンプ、返流水等への影響調査も行う必要がある。

謝辞: A, B, C, D下水処理場の関係者の皆様には、汚泥や植物系バイオマスの採取に関して、多大なるご協力を賜りました。ここに記して謝意を示します。

参考文献

- 1) 竹田 悠人, 栗田 雄佑, 小松 俊哉, 姫野 修司: 下水汚泥と刈草の混合嫌気性消化特性, 土木学会論文集G(環境), 71, pp.19-26, 2015
- 2) 公益社団法人日本下水道協会: 平成26年度版下水道統計, 第71号, 2017
- 3) 社会資本整備審議会: 安全を持続的に確保するための今後の河川管理のあり方について(答申), 2013
- 4) 滋賀県 HP: <http://www.pref.shiga.lg.jp/d/saisei/files/mizukusa/files/youkouriyou.pdf>
- 5) 高橋広治, 奈良朋之, 安藤健彦, 別府智志, 加藤順一, 林 恭子: 繊維状脱水助剤の適用事例報告, 第51回下水道研究発表会講演集, Vol.51, pp.979-981, 2014
- 6) 山崎廉予, 重村浩之: 刈草の汚泥脱水助剤としての利用検討, 土木学会論文集G(環境), Vol.73, No.7, pp.365-373, 2017
- 7) 田知行 志保, 大井 哲哉, 山崎 友子, 中村 晃子, 時田 正樹: 平成28年度北陸地方整備局事業研究発表会, 堤防の刈草処分における新たな取組み(試行)について, 2016
- 8) 山崎憲人, 杉浩行: 河川堤防の刈草を活用した下水汚泥の混合消化のガス発電の経済性と環境負荷軽減の検討, 国土交通省国土技術研究会論文集, pp.169-174, 2014.
- 9) 山崎廉予, 岡安祐司, 重村浩之: 水草バイオマスを汚泥脱水助剤として活用するための基礎的研究, 第17回世界湖沼会議, 05-23, 2018
- 10) 大下和徹, 高岡昌輝, 水野孝昭: 下水汚泥処理における焼却廃熱を利用した発電システムの検討, 土木学会論文集G(環境), Vol.68, No.7, pp.317-324, 2012

砂浜潮間帯に生息する 底生端脚類の分布と地盤環境適合場の一般性

梁 順普¹・佐々 真志¹・高田 宜武²

¹(国研) 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 (〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1)

²(国研) 水産研究・教育機構 日本海区水産研究所 (〒951-8121 新潟県新潟市中央区水道町 1-5939-22)

本研究では、砂浜の潮間帯に生息するナミノリソコエビとその近縁種を含む3種の小型底生端脚類の生物分布とサクシジョンの関係、又、潮汐による地下水位変動に伴うサクシジョンの変動と生物分布の関係を明らかにすることを目的とし、3種の小型底生端脚類がそれぞれ生息し、潮差が大きく異なる新潟県沿岸に位置する五つの海浜、北海道のオホーツク海に面している斜里海浜及び韓国済州道のサムヤン海浜で現地調査を行った。その結果、3種の小型底生端脚類の生物分布はサクシジョンとの関係において、潮差及び潮汐の変動に関わらず、共通的な地盤環境適合場が存在することを明らかにした。

キーワード 砂浜, サクシジョン, 生物分布, ナミノリソコエビ種

1. はじめに

砂浜に生息する各種の小型甲殻類は、海浜の掃除屋として美しい砂浜を保つとともに、多種多様な鳥類及び魚類の餌資源生物として重要な役割を担っている^{1),2)}。このような砂浜の生態系は、砂浜環境を特徴づける波・潮位・底質の粒径といった3つの主因⁴⁾に関連して主に研究されてきており、その種の多様性や生物量は、地盤上の波や流れ等の水理過程及び地形動態に制御されることが広く支持されている^{4),12)}。一方、砂浜生物の多くは地盤中に生息するにも関わらず、土砂内部の物理動態の果たす役割については従来理解が乏しく留まっていた背景があった。

このような背景から、筆者らは、干潟地盤表層の土砂環境場を体系的に捉えうるモニタリング・評価手法を開発し、観測・実験・解析の協働によって、潮汐による地下水位変動に伴う土砂内部のサクシジョンの動態が、生物住環境を形成する上で本質的な役割を担っており、干潟・砂浜の土砂の間隙、剛性、硬さ等の生物住環境の顕著な時間的・空間的変化を引き起こしていることが明らかとなっている^{13),14)}。このようなサクシジョン動態による土砂収縮とせん断強度増加は、地形動態¹⁵⁾や堆積構造の形成^{16),17)}にも重要な役割を果たしており、サクシジョンを核とした地盤環境動態が、多様な生物活動の適合・限界場を支配していることがわかってきている^{14),18),19)}。

上述の新たな知見を砂浜へ展開することにより、従来は不明であった砂浜ベントスの生息分布の規定要因・指標に関して、波の遡上に伴う砂浜内部の水分張力を表す

サクシジョン動態が、砂浜の潮間帯に生息する小型底生端脚類であるナミノリソコエビを含む各種の小型甲殻類の分布域を制御していることが明らかとなっている^{20),21)}。

又、高波イベントに伴う同小型甲殻類の生物生息分布の変化と常時及びイベント過程を通じた各種生物の地盤環境適合場の一般性についても明らかになってきている²⁾。

このような背景から、本研究では、潮差が大きく異なる海浜に生息するナミノリソコエビ及びその近縁種を含む3種の小型底生端脚類の生物分布とサクシジョンの関係における共通的な地盤環境適合場の存在の有無、又、潮汐による地下水位変動に伴うサクシジョンの変動と生物分布の関係を明らかにすることを目的としている。

2. 土砂物理環境と底生生物分布の一体調査

本研究の調査対象となる生物は、砂浜潮間帯の表面に浅く埋蔵し、波によって運ばれるプランクトンを含む微細な有機物粒子を摂餌する^{23),24)}ため、砂浜潮間帯において同一の生態的地位(ニッチ)を占めているといえるナミノリソコエビ(*Haustorioides japonicus*)及びその近縁種であるキタナミノリソコエビ(*Haustorioides munsterhjelmii*)と*Haustorioides koreanus*である。上の3種の小型底生端脚類がそれぞれ生息し、表-1、2及び3に示すように潮差が大きく異なる新潟県の沿岸に位置する五つの海浜(平均潮差:0.25m)、北海道の北東のオホーツク海に面している斜里海浜(潮差:0.81m)及び韓国済州道の北側の沿岸に位置するサムヤン海浜(潮差:2.81m)において、現地調

査を行った(図-1)。具体的には、潮差が最も小さい新潟沿岸の海浜では大潮の干潮時に、斜里海浜では2017年9月大潮の満潮時と干潮時に、潮差が比較的に大きいサムヤン海浜では、2017年5月大潮の満潮時から干潮時の間で約2時間ごとにサクシオン s 、地下水位、各地点の表層土砂サンプリング(直径60mm、深さ50mm)及び底生生物分布用の4つのコアサンプル(直径100mm、深さ100mm)の採集などの土砂物理環境と底生生物分布の一体調査を実施した(図-2)。この際、サクシオン s は次式

$$s = u_a - u_w \quad (1)$$

で定義される。

ここに、 u_a は大気圧、 u_w は間隙水圧である。本定義により、サクシオンは地下水位でゼロとなる。

一般に、干潟で発達するサクシオンは、空気侵入サクシオン値より低いいため、土中水分が常に保持される実質飽和域である一方、砂浜では実質飽和域とサクシオンが空気侵入サクシオン値より高い不飽和帯が形成されることが特徴である(20,21,25)。

3. ナミノリソコエビ及びその近縁種の生物分布

(1) 新潟沿岸の海浜の特徴及びナミノリソコエビの生物分布

ナミノリソコエビ(*H. japonicus*)が生息する新潟沿岸の五つの海浜の特性及びナミノリソコエビの生物密度とサクシオンの関係を表-1と図-3に各々示す。海浜ごとに底質粒径(D_{50})及び前浜勾配などの砂浜特性が違うことがわかる(表-1)。図-3からナミノリソコエビの生物分布の限界は、砂浜特性の違いによらず、サクシオンが約2kPaの場で現れていることがわかる。このような生物分布の

表-1 現地調査を行った新潟沿岸の5海浜とその特性

砂浜	中央粒径 D_{50} (mm)	分級度*	前浜勾配	水温 (°C)	塩分濃度 (psu)	潮差 (m)
四ツ郷屋浜(2009年)	0.176-0.209	1.253-1.338	1/13	18.8	34	0.31
四ツ郷屋浜(2010年)	0.198-0.229	1.266-1.409	1/8	20.9	32.5	0.25
四ツ郷屋浜(2011年)	0.188	1.25	1/11	21.1	33.3	0.21
太郎代浜(2009年)	0.228-0.300	1.3-1.391	1/11	18.6	31	0.29
太郎代浜(2011年)	0.221-0.248	1.382-1.399	1/9	21.3	29.6	0.22
太夫浜(2009年)	0.325-0.368	1.192-1.3	1/6	18.1	20	0.29
間瀬浜(2015年10月)	0.324-0.380	1.21-1.336	1/14	22.8	29.8	0.2
間瀬浜(2015年11月)	0.324-0.380	1.21-1.336	1/7	18.8	31.6	0.2
五ヶ浜(2016年9月)	0.182-0.236	1.237-1.402	1/8	24.5	21.1	0.24
五ヶ浜(2016年10月)	0.182-0.236	1.237-1.402	1/30	22	31.5	0.3

*Trask's sorting coefficient

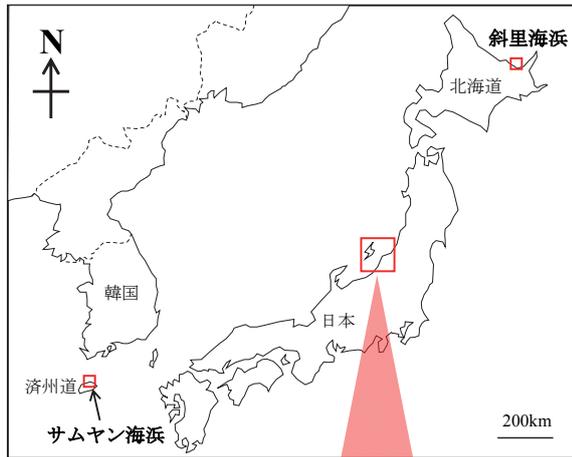


図-1 現地調査を行った海浜

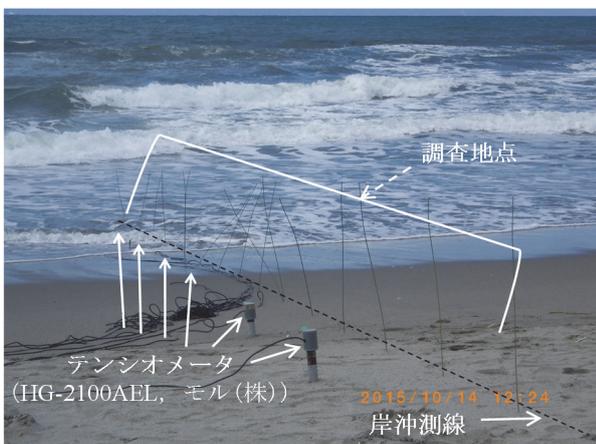


図-2 現地調査様子(新潟県間瀬浜)

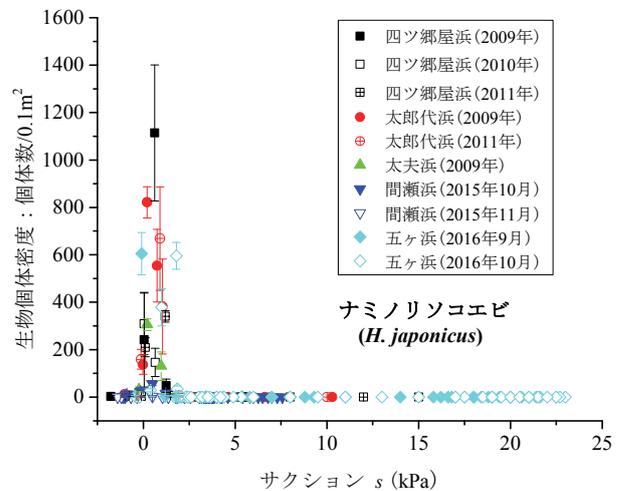


図-3 新潟沿岸の5海浜のナミノリソコエビの生物密度とサクシオンの関係

サクシオンによる制御機構は室内実験と現地試験による検証を通じて明らかになっており²⁾、同生物の分布限界であるサクシオン2kPaでは、サクシオンの動態による繰返し弾塑性収縮とそれに伴う土砂の高密度化及び強度増加によって潜砂不可となる。

(2) ナミノリソコエビの近縁種が生息する海浜の特徴及び生物分布

表-2と図-4及び表-3と図-5は、各々ナミノリソコエビの近縁種であるキタナミノリソコエビ(*H. munsterhjelmi*)と*H. koreanus*がそれぞれ生息している北海道の斜里海浜と韓国済州道のサムヤン海浜の特性(中央粒径及び前浜勾配など)、前浜の高低差、ならびに、潮汐変動に伴う地下水位及びサクシオンの変動を示している。斜里海浜の前浜勾配は、新潟県沿岸に位置する五ヶ浜(2016年10月)の前浜勾配を除いた五つの海浜の前浜勾配より緩いことが読み取れる。この際、五ヶ浜(2016年10月)では高波による堆積作用によって、同海浜の一ヶ月前に比べ急激に勾配が緩くなっていた(表-1)。サムヤン海浜の前浜は急な勾配を有する満潮位斜面部と非常に緩やかなテラス部から成っており(図-5(a))、サムヤン海浜における

表-2 北海道斜里海浜の特徴

D_{50} (mm)	分級度*	前浜勾配	水温 (°C)	塩分濃度 (psu)	潮差 (m)
0.187-0.211	1.246-1.364	1/26	15.8	26.8	0.81

D_{50} : 中央粒径, *Trask's sorting coefficient

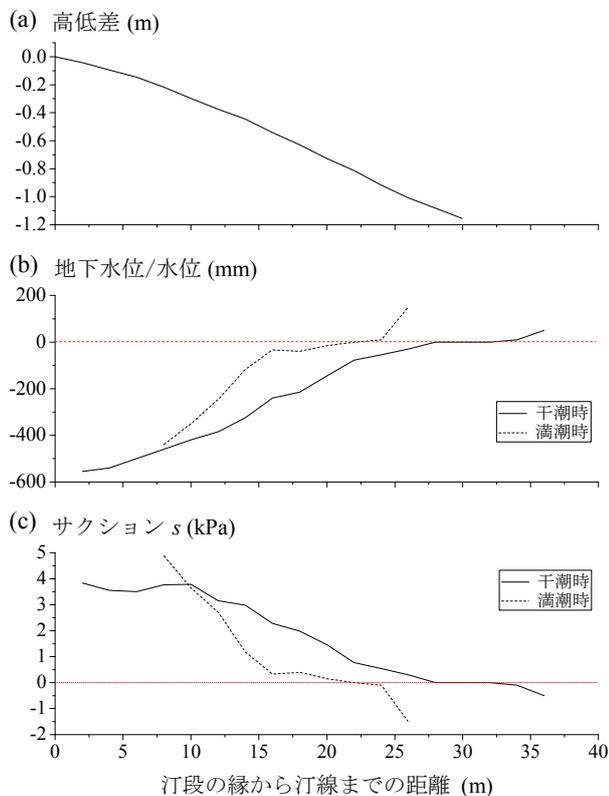


図-4 北海道斜里海浜の特長: (a) 前浜の高低差, 干潮・満潮時の(b) 地下水位及び(c) サクシオンの岸沖分布

前浜の岸沖距離は斜里海浜より約3倍長く、両砂浜とも、潮汐の低下に伴って地下水位は低下し(図-4(b)と図-5(b)), サクシオンは増加していることが分かる(図-4(c)と図-5(c))。

図-6と図-7は斜里海浜とサムヤン海浜における潮汐変動に伴うサクシオンの岸沖分布とキタナミノリソコエビ(*H. munsterhjelmi*)及び*H. koreanus*の岸沖生物分布を各々示している。斜里海浜のキタナミノリソコエビの生物密度はサムヤン海浜の*H. koreanus*に比べ約100倍高く、キタナミノリソコエビの生物分布のピークは、満潮時の岸沖距離が17mの所から干潮時には25mの所まで約8m沖側へ移動していることが読み取れる(図-6)。これは、ナミノソコエビの地盤環境適合場であるサクシオンが0-2kPaの領域が、満潮時の岸沖距離が約13-25mから干潮時には約17-33mへ沖向きに移動しており、これに対応して、当該生物分布が潮汐の低下に伴って沖側へ移動していることと定量的に整合している。一方、サムヤン海浜に生息する*H. koreanus*の場合、斜里海浜に比べ前浜距離が約3倍長いにも関わらず、潮汐の低下に伴う生物の移動が殆どないことが分かる(図-7)。これは、サムヤン海浜では、干潮時に、ナミノソコエビの地盤環境適合場であるサクシオンが0-2kPaの領域が*H. koreanus*が分布している岸側の極めて限られた場(岸沖距離が約20mの付近)に存在しているためといえる。*H. koreanus*にとって、潮差が大きく平坦な長いテラス部を有するサムヤン海浜は干潟といえ、潮差が小さい海浜に比べて移動に必要な距離が非常に長

表-3 韓国済州道サムヤン海浜の特徴

D_{50} (mm)	分級度*	満潮位斜面部の勾配	テラス部の勾配	水温 (°C)	塩分濃度 (psu)	潮差 (m)
0.187-0.331	1.255-1.401	1/9	1/36	20.6	28.7	2.81

D_{50} : 中央粒径, *Trask's sorting coefficient

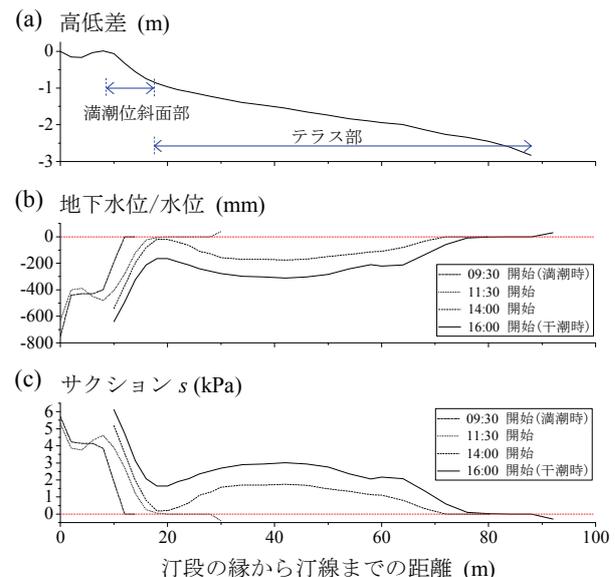


図-5 韓国済州道サムヤン海浜の特長: (a) 前浜の高低差, 潮汐の低下に伴う(b) 地下水位及び(c) サクシオンの岸沖分布の変化

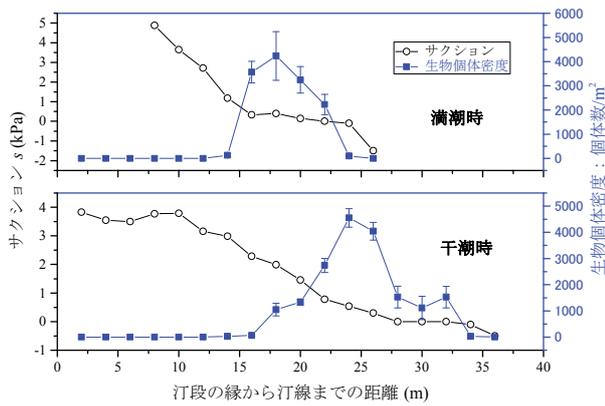


図-6 北海道斜里海浜の潮汐変動に伴うサクシヨンの岸沖分布とキタナミノリソコエビ(*H. munsterhjelmi*)の岸沖生物分布

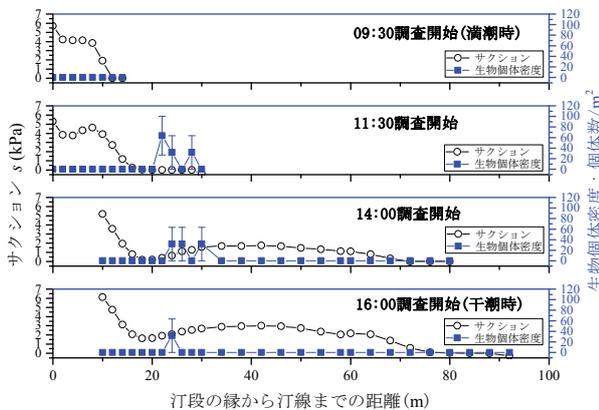


図-7 韓国済州道サムヤン海浜の潮汐変動に伴うサクシヨンの岸沖分布と *H. koreanus* の岸沖生物分布

くなり、それに伴うエネルギー消費及び被食のリスクも高くなると考えられる。なお、潮汐の変動に伴う *H. koreanus* の密度分布に有意な変化がないことは、過去にも報告²⁴⁾されているが、その定量的な成因については分かっていたいなかった。

図-8は潮汐変動に伴うキタナミノリソコエビ (*H. munsterhjelmi*) と *H. koreanus* の生物密度とサクシヨンの関係をそれぞれ示している。ナミノリソコエビの近縁種であるキタナミノリソコエビと *H. koreanus* の分布限界は、潮差と潮汐の変動に依らず、サクシヨンが約2kPaの場で共通して現れていることが分かる。

7. 結論

本研究では、潮差が大きく異なる海浜にそれぞれ生息するナミノリソコエビ及びその近縁種を含む3種の小型底生端脚類の生物分布と潮汐による地下水位変動に伴うサクシヨンの関係を明らかにすることを目的とし、土砂物理環境と底生生物分布の一体調査を行った。その結果、

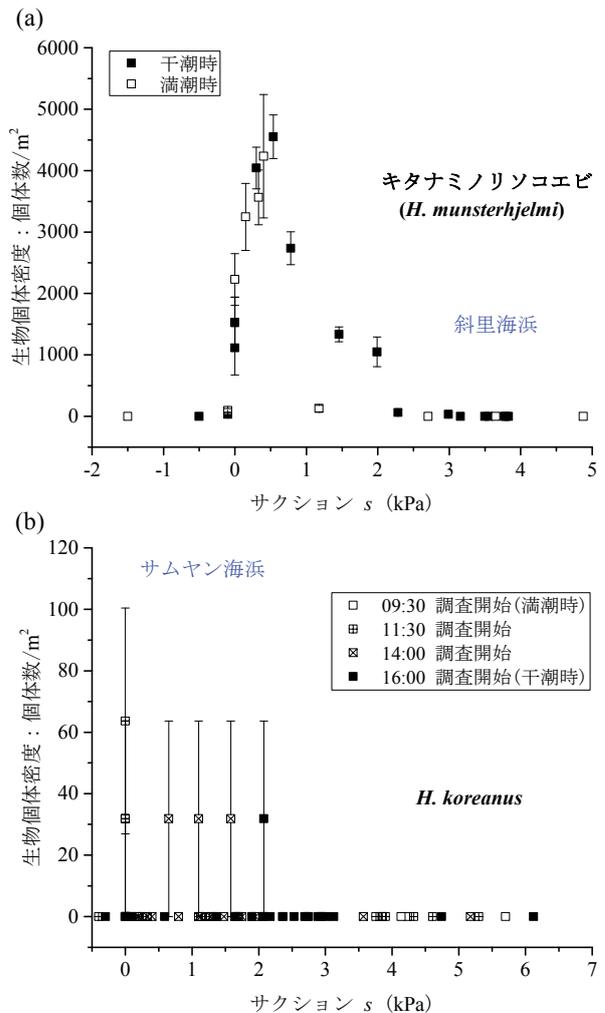


図-8 潮汐変動に伴うナミノリソコエビ近縁種の生物密度とサクシヨンの関係：(a)斜里海浜、(b)サムヤン海浜

ナミノリソコエビ及びその近縁種である3種の小型底生端脚類の生物分布はサクシヨンとの関係において、潮差及び潮汐の変動に関わらず、共通的な地盤環境適合場が存在することを明らかにした。これらの知見は、他種の生物に対する適用は勿論、砂浜の水産資源等の保全・管理にも有効に活用されることが期待できる。

謝辞：本研究は JSPS 科学研究費補助金基盤研究(A)「沿岸底生生態—地盤環境動態の統合評価予測技術の開発(課題番号：JP15H02265)」の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) Takahashi, K., Hirose, T., and Kawaguchi, K. : The importance of intertidal sand-burrowing peracarid crustaceans as prey for fish in the surf-zone of a sandy beach in Otsuchi Bay, northeastern Japan, *Fisheries Science*, Vol. 65, No. 6, pp. 856-864, 1999.
- 2) Kaneko, K. and Omori, M. : Diel and tidal migration and predator-prey relationship of microbenthic animals in intertidal sandy beaches of Sendai Bay, northern Japan, *Benthos Research*, Vol. 58, No. 1, pp. 43-49, 2003.
- 3) Placyk Jr, J.S. and Harrington, B.A. : Prey abundance and habitat use by migratory shorebirds at coastal stopover sites in Connecticut, *Journal of*

- Field Ornithology*, Vol. 75, No. 3, pp. 223-231, 2014.
- 4) Defeo, O. and McLachlan, A. : Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis, *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 295, pp. 1-20, 2005.
 - 5) Schlacher, T.A. and Thompson, L. : Environmental control of community organisation on ocean-exposed sandy beaches, *Marine and Freshwater Research*, Vol. 64, No. 2, pp. 119-129, 2013.
 - 6) McLachlan, A. : Dissipative beaches and macroinfauna communities on exposed intertidal sands, *Journal of Coastal Research*, Vol. 6, No. 1, pp. 57-71, 1990.
 - 7) Jaramillo, E., McLachlan, A., and Dugan, J. : Total sample area and estimates of species richness in exposed sandy beaches, *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 119, pp. 311-314, 1995.
 - 8) Defeo, O., Gomez, J., and Lercari, D. : Testing the swash exclusion hypothesis in sandy beach populations: the mole crab *Emerita brasiliensis* in Uruguay, *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 212, pp. 159-170, 2001.
 - 9) Brazeiro, A. : Geomorphology induces life history changes in invertebrates of sandy beaches: the case of the mole crab *Emerita analoga* in Chile, *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, Vol. 85, pp. 113-120, 2005
 - 10) McLachlan, A. and Dorvlo, A. : Global patterns in sandy beach macrobenthic communities, *Journal of Coastal Research*, Vol. 21, No. 4, pp. 674-687, 2005.
 - 11) Lastra, M., Huz, R., Sánchez-Mata, A.G., Rodil, I.F., Alerts, K., Beloso, S., and López, J. : Ecology of exposed sandy beaches in northern Spain: Environmental factors controlling macrofauna communities, *Journal of Sea Research*, Vol. 55, No. 2, pp. 128-140, 2006.
 - 12) Defeo, O. and McLachlan, A. : Coupling between macrofauna community structure and beach type: a deconstructive meta-analysis, *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 433, pp. 29-41, 2011.
 - 13) Sassa, S. and Watabe, Y. : Role of suction dynamics in evolution of intertidal sandy flats: Field evidence, experiments, and theoretical model, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 112, F01003, doi:10.1029/2006JF000575, 2007.
 - 14) Sassa, S., Watabe, Y., Yang, S., and Kuwae, T. : Burrowing criteria and burrowing mode adjustment in bivalves to varying geoenvironmental conditions in intertidal flats and beaches, *PLoS ONE*, Vol. 6, No. 9, e25041, doi:10.1371/journal.pone.0025041, 2011.
 - 15) Sassa, S. and Watabe, Y. : Persistent sand bars explained by geodynamic effects, *Geophysical Research Letters*, Vol. 36, L01404, doi:10.1029/2008GL036230, 2009.
 - 16) 渡部要一, 佐々真志 : 干潟堆積構造の地球物理学的評価と形成要因:砂質・泥質・砂泥二層干潟, 海岸工学論文集, Vol. 53, pp. 1236-1240, 2006.
 - 17) Watabe, Y. and Sassa, S. : Application of MASW technology to identification of tidal flat stratigraphy and its geoenvironmental interpretation, *Marine Geology*, Vol. 252, pp. 79-88, 2008.
 - 18) Sassa, S. and Watabe, Y. : Threshold, optimum and critical geoenvironmental conditions for burrowing activity of sand bubbler crab, *Scopimera globose*, *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 354, pp. 191-199, 2008.
 - 19) Kuwae, T., Miyoshi, E., Sassa, S., and Watabe, Y. : Foraging mode shift in varying environmental conditions by dunlin *Calidris alpina*, *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 406, pp. 281-289, 2010.
 - 20) 佐々真志, 梁順普, 渡部要一, 梶原直人, 高田宜武 : 砂浜海岸における水産有用魚類の餌資源生物分布に果たすサクシヨンの役割, 土木学会論文集 B2, Vol. 66, pp. 1126-1130, 2010.
 - 21) Sassa, S., Yang, S., Watabe, Y., Kajihara, N., and Takada, Y. : Role of suction in sandy beach habitats and the distributions of three amphipod and isopod species, *Journal of Sea Research*, Vol. 85, pp. 336-342, doi:10.1016/j.seares.2013.06.005, 2014.
 - 22) 梁順普, 佐々真志, 渡辺啓太, 高田宜武 : 高波イベントによる砂浜生物分布の変化と地盤環境適合場の一般性, 土木学会論文集 B3, Vol. 72, pp. 1058-1062, 2016.
 - 23) 上平幸好 : 北海道南西部の砂質海岸に生息する端脚類, *Haustorioides japonicus* (Dogielinotidae)の生態学的研究, 函館大学論究特別号, Vol. 1, pp. 1-106, 1992.
 - 24) Yu, O.H., Soh, H.Y., and Suh, H.L. : Seasonal zonation patterns of benthic amphipods in a sandy shore surf zone of Korea, *Journal of Crustacean Biology*, Vol. 22, No. 2, pp. 459-466, 2002.
 - 25) 佐々真志, 渡部要一, 石井嘉一 : 干潟と砂浜の保水動態機構と許容地下水位の解明, 海岸工学論文集, Vol. 54, pp. 1151-1155, 2007.