

六甲山系グリーンベルト整備事業における 樹林整備のあり方について

和泉 美智子¹・山崎 卓也²

¹近畿地方整備局 六甲砂防事務所 調査課 (〒658-0052兵庫県神戸市東灘区住吉東町3-13-15)

²近畿地方整備局 紀南河川国道事務所 (〒646-0003和歌山県田辺市中万呂142)

六甲山系グリーンベルト整備事業は、六甲山系の市街地に接する山腹斜面において土砂災害の防止を図るための樹林帯を保全・育成するものであり、樹林整備における基本的考え方と技術的事項についてとりまとめた「六甲山系グリーンベルト樹林整備マニュアル(案)」にもとづき事業を実施している。1998年の樹林整備開始以降、整備箇所に対するモニタリング調査を行い、調査結果を踏まえた試験施工を実施し、樹林整備手法に関わる知見を蓄積してきた。これらの結果を踏まえた上で、2023年には本マニュアルの改訂を行った。本稿では、今般改訂されたマニュアルの内容を踏まえて樹林整備のあり方について報告する。

キーワード グリーンベルト、樹林整備、植栽方法、危険木

1. はじめに

六甲山系グリーンベルト整備事業（以下、GB整備事業）は、1995（平成7）年1月17日に発生した阪神・淡路大震災により、六甲山において約1,400箇所を超える山腹崩壊や亀裂が発生したことを契機に開始され、兵庫県神戸市須磨区鉢伏山から宝塚市岩倉山にいたる六甲山系の南側斜面を一連の樹林帯として保全・育成するものである。また、①土砂災害の防止、②都市のスプロール化防止、③良好な都市環境、風致景観、生態系及び種の多様性の保全・育成、④健全なレクリエーションの場の提供の4つの機能をもつグリーンベルトの形成を整備の目標としている。



図-1 GB整備事業対象区域

樹林整備を1998（平成10）年から本格的に開始したが、現況植生や立地条件などに応じた目標樹林像を明確化するとともに目標樹林に向けての施業・維持管理手法についての技術的指針を「樹林整備手法検討委員会」にてとりまとめ、「六甲山系グリーンベルト樹林整備マニュアル(案)」として2000（平成12）年3月に初版を発行した。以降、本マニュアルに基づき樹林整備を実施するとともに、2001（平成13）年度からは樹林整備後のモニタリング調査を実施している。モニタリング調査で抽出された課題を踏まえ、2008（平成20）年度からは効率的な整備手法の検討を目的として、各種の試験施工を実施してきた。また、2009（平成21）年3月にはマニュアル改訂を行った。これまでの取り組みにより、様々な知見が蓄積されたため、有識者による検討会を実施の上、2023（令和5）年10月に第2回目となるマニュアルの改訂を行った。

2. GB整備事業における樹林整備

(1) 樹林整備の基本方針

六甲山系は地形が急峻であり、かつ風化の著しい花崗岩によりほぼ全山が覆われている。このため、ひとたび大雨・長雨が降ると土石流や斜面崩壊が発生しやすく、過去に幾多の災害をもたらしている。また、昭和30年

代以降山麓部の都市化が急激に進行し、六甲山系の急斜面直下のみならず山腹斜面にまで住宅が建ち並ぶ状況が見られ、土砂災害が起これば甚大な被害に及ぶ危険性が高い。

このため、GB整備事業範囲内全域で望まれる樹林像は、土砂災害防止効果の高い樹林といえる。従って、基本的な樹林整備の方針は土砂災害防止の観点より設定することが適切と考えられる。

土砂災害防止効果の高い樹林とは、表面侵食防止及び表層崩壊防止の2つの特性を組み合わせた樹林であり、これら2つの特性を有する樹林を『階層構造が発達し、様々な樹齢・樹種が混交する樹林』とし、このような樹林を形成・保全することを基本的な樹林整備の方針とする。六甲山系において自然に成立し得る植生のうち、上記の方針に適合するものはコナラアベマキ群集、エノキムクノキ群集などの落葉広葉樹林である。これらは従来その成立過程から『二次林』（自然植生がいったん崩壊した後、そこに再生した樹林）と称されてきたものであり、都市の背景としての景観を形成してきた樹林である。このため、GB整備事業においては、コナラアベマキ群集やエノキムクノキ群集などの落葉広葉樹林を整備目標として設定する。

土砂災害防止機能を高めるためには、適切な樹林整備・管理を行い、植栽木が早期樹冠閉鎖することにより雨滴による表面侵食を緩和させることが重要である。さらに、早期樹冠閉鎖によって、地中で植栽木の根系が生長し、土壌緊縛力を高めることが期待できる。

従って、樹林整備の基本方針を達成するために、植栽木の活着率を高く維持するとともに、維持管理によって生長を促進することで早期樹冠閉鎖を目指す。

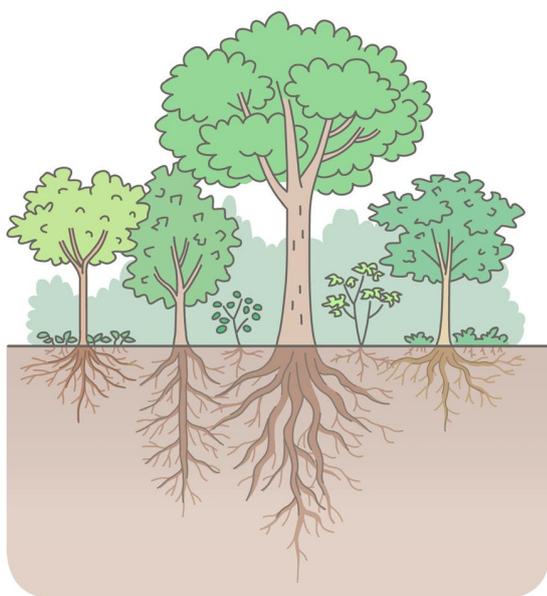


図2 『階層構造が発達し、様々な樹齢・樹種が混交する樹林』イメージ

(2) 整備計画の検討

整備対象地の現状および整備対象とする群落・群集の特性を踏まえ、目標とする樹林へ誘導するために必要な整備内容について整理する。樹林整備における基本的な配慮事項を以下に示す。

- 自然の遷移を妨げないよう現存する植生の活用を図る。
- 林相転換をおこなう場合には、土砂災害防止や景観面に配慮し、顕著な影響を与えるような大面積を対象とした整備は行わず、段階的に行うものとする。特に、市街地からの景観に対しては、十分に配慮しなければならない。

整備計画は、次のフローによるものとする。

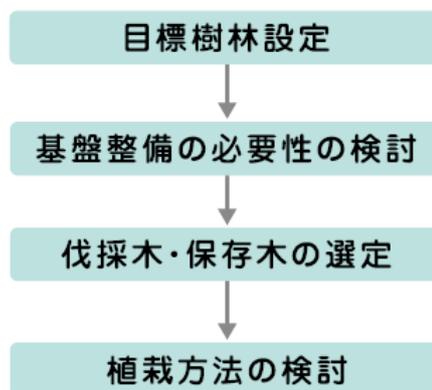


図3 整備計画フロー

目標とする樹林（群落・群集）の設定に際しては、整備対象地のもつ立地条件特性（気候、地形）と、現存する生育種の構成、および周辺の植生状況を総合的に判断して設定するものとする。

基本的には樹林整備の基本方針である落葉広葉樹林を目標樹林として設定することとする。

基盤整備の必要性の検討として、傾斜度35度以上の場合は、植生基盤対策が必要である。

伐採木・保存木は原則として以下の基準により判断する。

○伐採木

- ・目標とする樹林を育成する上で支障となる樹木
例：ニセアカシア、ニワウルシ（シンジュ）、オオバヤシャブシ、スギ、ヒノキ、タケ類等
- ・落葉広葉樹林を目標とする場合は、生育している常緑樹
例：ソヨゴ、ヒサカキ、ヤブツバキ、ネズミモチ、トウネズミモチ、イヌツゲ、シャシャンポ、ナワシログミ等
- ・外来種
例：ニワウルシ（シンジュ）、ニセアカシア、ナンキンハゼ、フサアカシア、トウネズミモチ、セイヨウイボタノキ、

ヒイラギナンテン、イタチハギ等

○保存木

- ・目標とする樹林を目指す上で保存が望ましい樹木
例：目標となる群落・群集の構成種等
- ・ニホンジカの不着好性植物
例：アセビ※、ウリハダカエデ等

※ただし、アセビは常緑広葉樹であり林床の光環境を阻害する可能性があるため、保存する場合は下部の枝の剪定などによって林床の光環境を確保することが望ましい。

○伐採木の処理

伐採木は、残置すると流木になるおそれがあることから搬出することが望ましいが、困難な場合は、土留め工の横木等、適宜有効利用を検討する。

(3) 植栽樹種の選定

植栽樹種は、六甲山系に自生する樹種であることを原則とし、植栽候補樹種一覧表(図-4)の中から目標とする群落・群集の列で選定する。さらに、整備対象地の現地コドラート調査結果をもとに極力多くの樹種を選定することとする。

また、単一樹種の一斉植栽は避けることとし、混交割合については偏りがないように配慮する。

植栽候補樹種 一覧表				
区分	種名	ブナ・シラキ 群集	コナラ アベマキ群集	エノキ ムクノキ群集
落 葉 広 葉 樹	アカシデ	●	●	
	アベマキ	●	●	
	イヌシデ	●	●	○
	イヌブナ	●		
	イロハモミジ		○	●
	ウリハダカエデ		○	○
	ウワミズザクラ	●	●	
	ウラジロノキ	○	●	
	エゴノキ		●	
	エノキ			●
	カスミザクラ	○	●	
	クヌギ		○	
	クマシデ	●		
	クマノミズキ			●
	クリ		●	
	ケヤキ			●
	コシアブラ		○	
	コナラ	○	●	
	コハウチワカエデ	●		
	タカノツメ		●	
ハリギリ		○		
ブナ	●			
ミズキ			●	
ミズナラ	●			
ムクノキ			●	
ヤマザクラ		●		
ヤマボウシ		●	○	

植栽優占度 1:● 各群落・群集の主な構成種
2:○ その他の構成種

参考文献 中西 哲・服部 保・武田義明(1982)神戸の植生、76pp、神戸市環境局
宮脇 昭(編)(1984)日本植生誌 近畿、596pp、至文堂
宮脇 昭(編)(1994)改訂新版日本植生便覧、910pp、至文堂

図-4 植栽候補樹種一覧表

樹種の選定にあたり、近年における新たな課題への対応は次の通りである。

a)ナラ枯れへの対応

ナラ枯れは、ブナ科の樹木にカシノナガキクイムシが穿入することにより枯死する。六甲山系においては2010(平成22)年度に確認されて以降、2016(平成28)年度から急増し、六甲山系の東側から分布が西へと広がっていった。近年では各市区で減少し、今後、数年で六甲山系におけるナラ枯れは収束すると考えられる。しかし、ナラ枯れが収束した数年後に再度ナラ枯れが発生する状況も確認されていることから、六甲山系でも近い将来にナラ枯れが再発する可能性が考えられる。

ナラ枯れに強い樹林を目指すため、ナラ枯れの被害を受けるコナラやアベマキなどのブナ科の落葉広葉樹の植栽比率を意図的に高くしないようにする。

b)ニホンジカへの対応

ニホンジカが侵入した場合、食害により下層植生の消失が懸念される。現時点では六甲山系への定着は確認されていないものの、今後の分布拡大を見越して、ニホンジカの不着好性植物であるウリハダカエデを植栽候補樹種一覧表に加えた。

さらに、食害の激害化により植物が減少し裸地化する可能性がある場合には、緊急的に表土流出を避けることを目的とした植栽樹種として、ニホンジカの不着好性植物であり、さらに、市場における入手のしやすさを勘案するとミツマタが挙げられる。

ミツマタは生長も早く、短期間で群生する。このため、表土流出に有効と考えられる。さらに、萌芽再生をほとんどせず周辺にも拡散しないことから、ニホンジカの被害が減少した際に伐採することとする。

(4) 植栽方法の選定

a)従来工法

従来工法は、樹林整備を開始した1998(平成10)年から2015(平成27)年度まで採用した植栽方法で、2m間隔で植栽木を1本ずつ植栽する方法であり(図-5)、植栽本数は2,500本/haである。従来工法は、植栽間隔が狭いため、ネザサなどを下刈りする際に誤伐が高頻度で発生することが課題であった。

b)3本寄せ植え工法

誤伐の防止及び作業効率化のため、植栽間隔を広くするとともに植栽本数を維持する植栽手法として導入したのが寄せ植え工法である。3本寄せ植え工法は、2010(平成22)年から2015(平成27)年にかけて試験施工を実施したうえで2016(平成28)年度以降導入しており、1カ所に50cm間隔で3本の苗木を植栽する工法である(図-5)。従来工法が100㎡に25カ所植栽するのに対し、3本寄せ植え工法は8カ所植栽することで、植栽本数を概ね2,500本/haとしている。従来工法と比較して植栽間隔が広がったことから、誤伐が発生しにくくなるとともに、1カ所に3本植栽されているため、2本誤伐されても植栽箇所数が減少しないため、早期樹林化が期待でき

る。

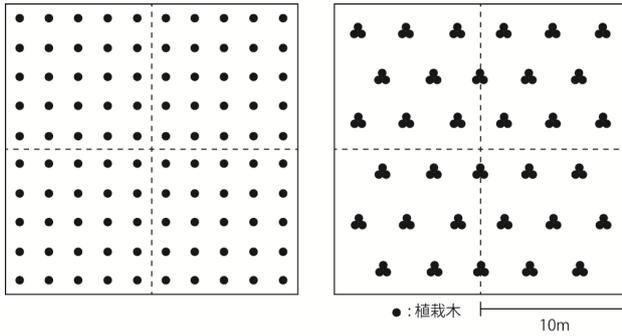


図5 従来工法(左)と3本寄せ植え工法(右)の植栽パターン

c) ツリーシェルター工法

植栽木をツリーシェルターで保護することで、シカやウサギなどの動物による食害や誤伐等の影響を防ぐ工法である。2016(平成28)年度以降一部の地区で導入している。



図6 ツリーシェルターの例

d) 早期樹冠閉鎖を目指した植栽方法の選定

植栽方法別に活着率を比較すると、ツリーシェルターで物理的に植栽木を保護しているツリーシェルター工法が最も高く、従来工法が最も低い値を示した(図-7)。

3本寄せ植え工法は、従来工法より活着率が約20%高い値を示しており、効果的な植栽方法であることが確認できた。

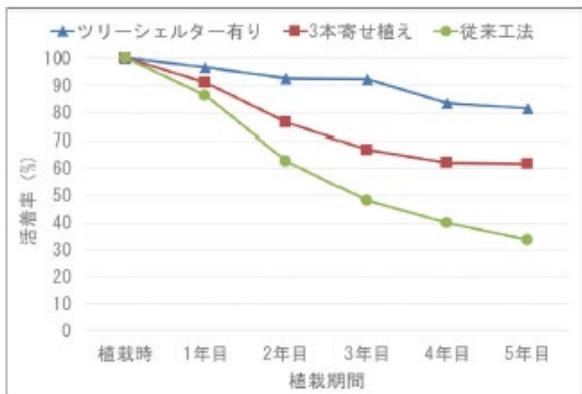


図7 植栽方法の違いによる活着率の経年変化

一方で、早期樹冠閉鎖を達成するためには、立木密度を高く維持することが重要であり、この目標を達成するためには従来工法が最も適している。

従来工法と3本寄せ植え工法で活着率が同じ場合の立木密度(植栽箇所数)を比較すると、従来工法では43箇所/400㎡、3本寄せ植え工法では25箇所/400㎡で、立木密度(植栽箇所数)は従来工法の方が多くなる。

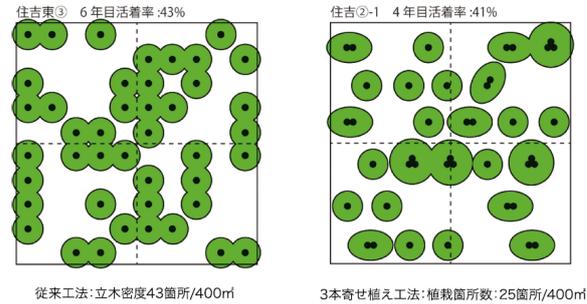


図8 従来工法と3本寄せ植え工法における立木密度の違い

しかし、従来工法は活着率が低いため、現状では効果が確認されていない。

そこで、誤伐対策と早期樹冠閉鎖の両方を目指すために、立木密度と活着率の高い工法を組み合わせた「ツリーシェルター工法+従来工法」を有効な整備手法として採用することとした。

なお、3本寄せ植え工法は2本以上の植栽木が生育している地点が複数存在するため、一箇所あたりの樹冠は大きくなる可能性がある。

よって、現時点では「ツリーシェルター+従来工法」が最も有効な植栽方法であり、次いで、「3本寄せ植え工法」も有効な方法と考えられる。

前述の視点を踏まえ、植栽方法は、「ツリーシェルター+従来工法(2m間隔で植栽)」と「3本寄せ植え工法」のいずれかの方法をフローに基づき選定することとする。なお、3本寄せ植え工法の場合にはツリーシェルターは不要とする。

ネザサが繁茂する状況や急傾斜な立地条件、さらにはニホンジカの分布拡大等植栽木の生長阻害要因を考慮して植栽方法を選定することが重要である。

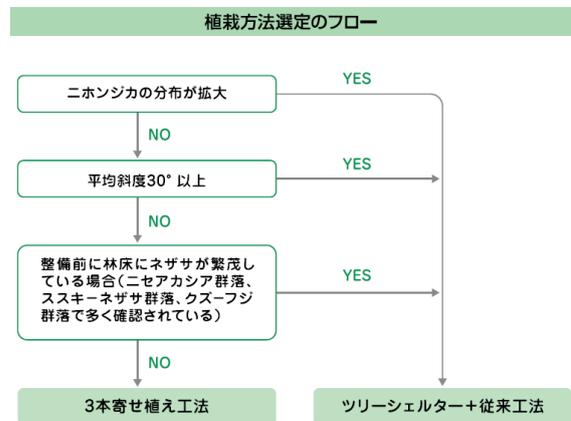


図9 植栽方法選定のフロー

(4) 危険木への対応

住宅地や道路等との境界において枯損木等の倒木による危険が予測される場合は低林管理や低木植栽を行う。なお、倒伏の危険性のある樹木を把握するために対象木の樹勢（枝先の枯れ、葉の多さ、葉の色など）、幹の腐朽や空洞の有無、根元の腐朽や根の張り具合などの観察を定期的に行うことが重要である。

また、斜面对策施設において自然環境や景観に配慮した施工として樹木を残して施工する場合においても、将来の維持管理を考慮して倒伏しやすい樹種や大径木化する樹種は伐採する必要がある。さらに、孤立木で残さず、3本以上のまとまりで残す必要がある。

また、樹木を残して施工した場合は、将来危険木対策として伐採する可能性があり、監視が必要となる。

伐採する樹種と保存する樹種は、植物の分類に関する知識を有する技術者等の意見を踏まえ選定することが望ましい。

倒伏しやすい樹種：ニセアカシア、ニワウルシ、ソヨゴなど

生長が早く大径木化する樹種：クスノキ、アラカシなど

危険が予測される箇所の低林管理等のイメージ(危険木対応)



危険が予測される箇所のイメージ

伐採による低林管理のイメージ

- ・危険木の伐採
- ・伐採後の萌芽などを定期的に管理する。
- ・危険木は原則として地際で伐採する。
- ・萌芽再生を促す場合は、樹種の特徴に応じて地際伐採か高切りを選択する。
- ・高切りした樹体が枯死した場合は、危険木となるため注意が必要である。

低木植栽による低林管理のイメージ

- ・危険が予測される範囲を全て伐採し、低木種を植栽する(植栽候補樹種はP.48を参照)。
- ・植栽木の撫育作業をおこなう。

危険が予測される箇所

樹木が倒伏、落下したときに、樹木が保全対象に直接到達する範囲。

(例)現状の植生樹高(H) > 保全対象までの平面距離(L)で、かつ樹林と保全対象との間に緩衝となるものがない

図-10 危険木対応

3.新たな取り組み

樹林整備及び斜面对策に伴い生じる伐採木は、残置すると流木になるおそれがあることから、搬出することが望ましい。

搬出した樹木の有効活用として、2023年度より、神戸市の主催する「こうべ森と木のプラットフォーム」に参画し、発生した伐採材を木材として活用する試みを開始している。

森とまちをつなぐ

こうべ森と木のプラットフォーム

地域の財産である森林を育み、活用し、次世代へ繋いでいく。公民共創のプラットフォームがスタートします。

<p>地域の森林を育む</p> <p>地域の森林を育むため、森林所有者の皆様をサポートします。森林整備のメリットと負担について、これまでの事業例や木材活用の可能性についてもご提案します。お気軽にご相談ください。</p>	<p>関わり創出</p> <p>森林に関わる機会を創出し、森林を育み、森林循環に貢献する担い手育成に取り組みます。新たな担い手となるプレイヤーも募集しています。</p>
<p>ストック・流通支援</p> <p>市内の製材・加工事業者等のご協力と協力し、森林整備等で発生した針葉樹、広葉樹の丸太や一次製材品のストック・流通支援に取り組みます。森林と都市をつなぎ、情報が交差する場をつくります。</p>	<p>木材を活かす</p> <p>公共建築物、市内建築物、家具等への地域産材の活用の促進、コーディネートをします。また、森林の価値を高める取り組みを行います。地域の森林に貢献したい木材の使い手の皆様、お待ちしております。</p>

主催：神戸市

図-11 こうべ森と木のプラットフォームちらし



図-12 六甲砂防事務所の工事で発生した伐採材(プラットフォームのストックヤードに搬出)

「こうべ森と木のプラットフォーム」では、森林を適切に維持していくためには、保全の視点での管理だけではなく木材活用を含んだサイクルが重要と考え、公民共創により各主体の取り組みを加速化し、森林循環の仕組みを構築することを目指している²⁾。

六甲砂防事務所では、これまで工事等で発生した伐採木は廃棄物として処分してきたところであるが、今後はこのプラットフォームを通じて伐採木を市場に流通させる取り組みを推進していこうと考えている。

4. おわりに

今後は、マニュアルに基づき実施した調査及び整備・管理に関するデータを活用し、改善すべき事項が明らかになった場合は、樹林整備手法について適宜見直すことが必要である。

マニュアルの改訂に関する課題については、次の通りである。

○早期樹冠閉鎖を目指した整備手法の導入

早期樹冠閉鎖することで根茎のネットワークを構築し、土砂災害に強い樹林を整備することとなる。それには、

植栽木の活着率を高める必要がある。動物による食害、ササ刈り時に発生する誤伐、植栽方法の不備による活着不良などの生長阻害要因を極力排除し、活着率を高める整備手法を導入する必要がある。

○費用対効果の高いツリーシェルターの導入

令和5年度時点で導入しているツリーシェルターは、施工費が苗木と同等の価格であり、非常に高価なため全面的な導入が困難な状況である。このため、安価で食害対策や誤伐防止対策に効果ある素材を探す必要がある。

本稿は著者が六甲砂防事務所所属時の所掌業務について記述したものである。

参考文献

- 1) 六甲山系グリーンベルト整備事業樹林整備マニュアル (案) 2023年10月 国土交通省六甲砂防事務所
- 2) こうべ森と木のプラットフォーム ホームページ <https://www.hyogoforest.or.jp/kobe-mori-platform/>

主要地方道宇治木屋線じゅうぶざん 鷲峰山トンネル の施工について

松尾 真希

京都府 山城北土木事務所 道路計画課 (〒610-0331京都府京田辺市田辺明田1) .

京都府南部の山城地域に位置する主要地方道宇治木屋線の鷲峰山トンネルは、複雑な地質構造における最適な支保パターンを選定するため、複数の先方探査技術やAI技術を用いた評価手法を取り入れ、工事における安全性・経済性の両立を図った。また、工事施工時に発生した事象を受けて、今後想定される断層破碎帯付近の体制充実を図るなどの取り組みを行った。

本稿では、これらの取組事例について紹介する他、活用した評価手法の有効性を検討する。

キーワード 山岳トンネル、先行ボーリング、弾性波探査、AI、事象事例

1. はじめに

京都府南部の山城地域に位置する主要地方道宇治木屋線は、宇治市宇治橋西詰を起点に綴喜郡宇治田原町を経由し、相楽郡和束町木屋に至る道路であり、相楽東部地域と京都市域を結ぶ最短ルートである等、地域内の南北アクセス軸の形成を担う重要な路線である。

事業区間である綴喜郡宇治田原町南から相楽郡和束町別所に至る現道(大打峠)区間の約3.6kmは、写真-1に示すとおり、道路幅が狭く、急カーブが連続しており、普通車の離合も困難な交通の難所(幅員5.5m以下が8割以上)であることから、図-1のとおり本区間をバイパス道路で結ぶことにより、安全で円滑な走行を確保する他、異常気象時における道路の信頼性向上や地域産業・観光の振興に寄与するものと考えている。また、整備中の新名神高速道路が綴喜郡宇治田原町内を通過し、新たにインターチェンジが設置される予定であることから、京都府南部地域のアクセス性が向上する他、京都・大阪・名古屋といった大都市との近接性が大幅に改善され、広域的な道路ネットワークの整備効果を京都府南部地域全体に波及させることが可能となる。



写真-1 大打峠の交通現状

2. 事業概要

(1) 事業計画

路線名：主要地方道宇治木屋線

延長：L=3.6km (うち、トンネルL=約3.0km)

幅員：W=7.5m (標準部)、W=7.0m (トンネル部)

(図-2)

内空断面：47.23m²

道路等級：第3種第3級

計画交通量：4,000台/日 (令和12年予測交通量)

設計速度：50km

事業区間：2017年～2025年 (予定)

総事業費：C=122億円

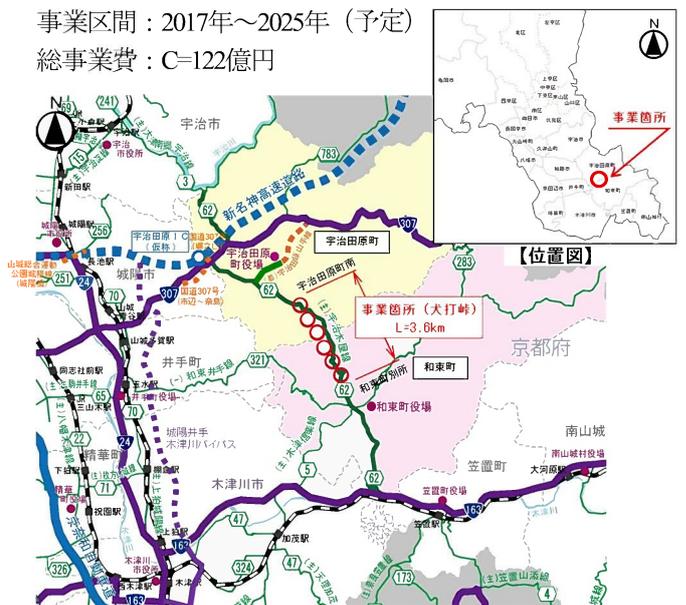


図-1 周辺道路網図

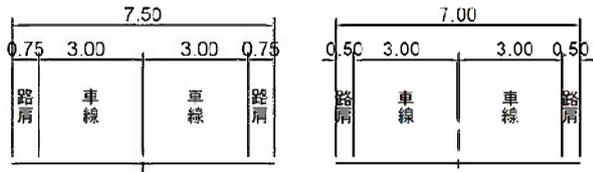


図-2 幅員構成

(2) トンネル部の地質調査結果と支保パターン

本工事の着手に先立ち、事前の地質調査として、①地表地質踏査、②坑口部におけるボーリング調査、③弾性波調査を実施した。これらの調査結果から、図-3の地質縦断面図のとおり、トンネル計画線沿いに断層破碎帯が計9箇所確認されており、トンネル掘削時の突発湧水や不良地山の出現による切羽崩壊、支保工の異常変状が生じるリスクが懸念された。

また本トンネルは、領家変成岩類丹波I型地層群に分類される頁岩とチャートで構成され、弾性波調査等の結果から支保パターンは、図-3の「当初」に示すとおり、CⅠ～DⅢで設計したが、実際は、頁岩の風化が進行し薄い片状に分離している箇所が広範囲に分布している等により、図-3の「変更」に示す安全性と経済性の両立を図った支保パターンに変更する必要が生じた。

3. 適切な地山等級の把握への取り組み

(1) 岩盤判定委員会の開催

トンネルに作用する荷重や地山の挙動等については、周囲の条件が多様なことや地質構造が複雑なこともあり、現段階では理論的解明が必ずしも十分ではない。本事業の当初設計における支保パターンもあくまでも限られた事前調査結果から設計しているため、工事にあたっては、実際の地山状況を総合的に解析し、設計の妥当性を確認しながら進めることが重要であった。

本事業においては、「トンネル地山等級判定マニュアル(試行案)(平成18年9月試行案の改訂版)平成28年7月近畿地方整備局道路部道路工事課」¹⁾を参考に、①設計上の支保パターン変化点、②切羽観察結果から判断される地山等級と実施中の支保パターンが合致しなくなった地点、③同じ支保パターンが50m以上続いた地点、④発注者、施工業者のいずれかが岩盤判定を必要とした地

点にて、岩盤判定委員会を開催し、適切な地山等級を確認しながら工事を進めた。

また岩盤判定委員会においては、①これまでの施工状況や切羽状況(地山、湧水等)の報告、②トンネル坑内の切羽において、抜け落ち、切羽の変化方向等の観察(写真-2)、評価を実施し、図-4に示す切羽観察表に切羽評価点を記入、③切羽評価点を集計し、評価者(発注者3名)全員の平均点を算出。の順に協議を行い、今後の支保パターンを決定する流れで進めた。



写真-2 岩盤判定委員会の状況写真

切羽観察表 [全岩質共通]

1. 切羽基礎情報			切羽に良好な部分と劣悪な部分がある場合は、その両方の評価値を「(D)優良劣悪」で評価する。 劣悪な部分のみが確認された場合は、その劣悪な部分で評価する。 劣悪な部分がない場合は、その良好な部分で評価する。 劣悪な部分がない場合は、その良好な部分で評価する。
トンネル名:	大井トンネル(仮称)		
観察年月日:	令和2年1月1日	観察者:	
断面番号:	No. 10	トンネル区間:	10+000~10+100
坑口からの距離:	m	トンネル径:	φ3.0m
土質/地層:		トンネル掘削機:	トンネル掘削機
地盤形状:		トンネル掘削機:	トンネル掘削機
湧水状況:	(切羽) 湧水量: L/min 色: 濁り	トンネル掘削機:	トンネル掘削機

2. 切羽観察記録			評価区分 劣悪 劣好 優良
(A) 切羽の状況	1. 変状 2. 崩壊 3. 崩壊 4. 崩壊 5. その他		
(B) 崩壊の状況	1. 崩壊の状況 2. 崩壊の状況 3. 崩壊の状況 4. 崩壊の状況 5. その他		
(C) 圧縮強度	1. 圧縮強度 2. 圧縮強度 3. 圧縮強度 4. 圧縮強度 5. その他		
(D) 風化変質	1. 風化変質 2. 風化変質 3. 風化変質 4. 風化変質 5. その他		
(E) 割れ目の状況	1. 割れ目の状況 2. 割れ目の状況 3. 割れ目の状況 4. 割れ目の状況 5. その他		
(F) 割れ目の形状	1. 割れ目の形状 2. 割れ目の形状 3. 割れ目の形状 4. 割れ目の形状 5. その他		
(G) 湧水	1. 湧水 2. 湧水 3. 湧水 4. 湧水 5. その他		
(H) 水による劣化	1. 水による劣化 2. 水による劣化 3. 水による劣化 4. 水による劣化 5. その他		
切羽の劣化方向	1. 劣化方向 2. 劣化方向 3. 劣化方向 4. 劣化方向 5. その他		
評価区分	1. 評価区分 2. 評価区分 3. 評価区分 4. 評価区分 5. その他		

3. 湧水量	1	2	3	4	5
火災	火災量	1.0kg/m以上	0.5kg/m以上	0.2kg/m以上	0.1kg/m以上

図-4 切羽観察表

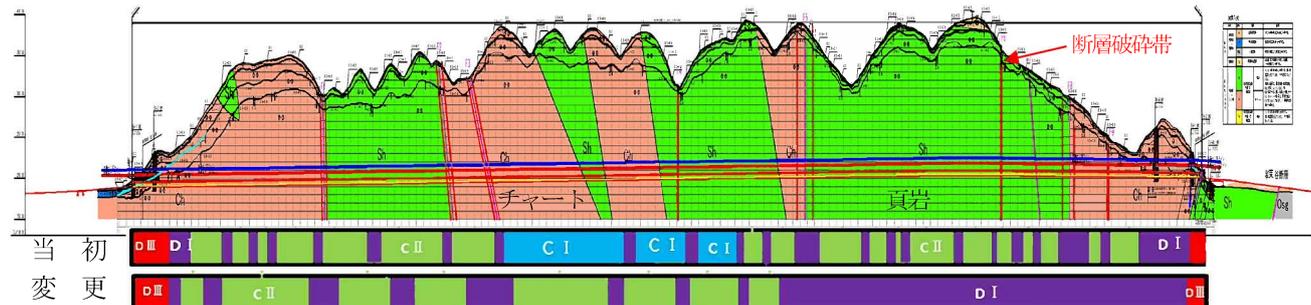


図-3 地質縦断面図及び支保パターン図

(2) 先方探査技術の活用による地山等級評価の精度向上

a) 実施概要

掘削箇所の支保パターンを選定するには、切羽の適切な評価は勿論のこと、今後発現すると見込まれる切羽前方の地質状況を高精度で調査し、正確に把握・分析することが重要であることから、本事業においては、先行ボーリング及び坑内弾性波探査を実施し、岩盤判定委員会での判断に反映させることとした。

先行ボーリング（中尺ノンコア削孔検層）とは、**図-5**、**写真-3**に示す一例のとおり、削孔に要した水圧ハンマーの打撃エネルギー値から前方地山等級を評価するとともに、断層破砕帯等の不良地山を高精度に把握することが可能な技術である。また、ボーリング孔を使用して前方湧水計測を行い、前方の湧水状況を正確に把握することも可能である他、前方地山の水抜きにも効果があった。

坑内弾性波探査とは、**図-6**に示す一例のとおり、弾性波速度の異なる物性値の境界面で反射した反射波から、反射境界面の位置と、P波・S波の速度分布を把握できる技術である。これにより、亀裂などの不連続面の集中箇所や低速度帯による断層破砕帯出現位置等を確認することが可能となった。

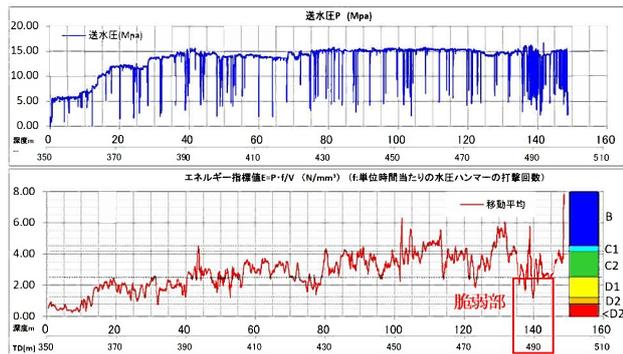


図-5 中尺ノンコア削孔検層解析結果



写真-3 先行ボーリングの実施状況

b) 実施内容の評価

先方探査と実際の切羽の相関性を調査するため、a)実施概要で示した先行ボーリング及び坑内弾性波探査において、ともに脆弱部と懸念されたTD約490m地点における切羽の評価状況を比較した。

実際の切羽は、**写真-4**に示すとおり、左肩部は亀裂間隔も広く比較的安定しているものの、天端部及び右肩部に風化変質による局所的な強度低下が見られ、亀裂間隔も5cm程度と細かく、軽微な肌落ちが生じる状況であることから、支保パターンは先方探査結果と同様、DIが妥当であり相関性が見られる結果となった。

また、延長方向においても実際の脆弱部は、約10m程度継続したことからも、一定の相関関係が見られる結果となった。

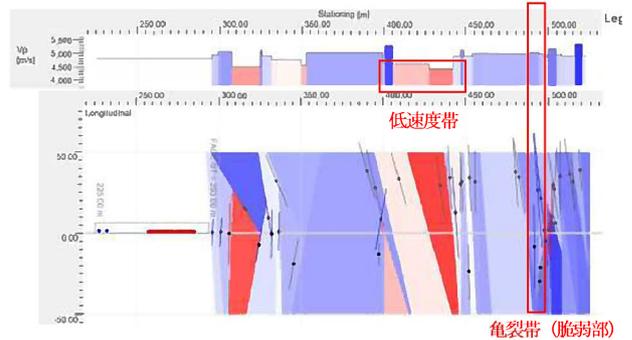
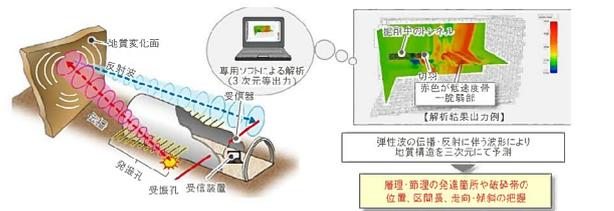


図-6 坑内弾性波探査解析結果



写真-4 切羽(TD489.1m)状況写真

(3) AIを活用した切羽判定によるバラつき評価の軽減

a) 実施概要

切羽観察にあたり、目視による観察結果と共に、AIによる切羽評価システムを採用した。これにより岩盤判定委員会における評価のバラつきが軽減され、切羽評価精度の向上を図ることが可能となった。

b) 実施内容の評価

AIによる切羽評価システムと目視による評価を比較するため、AIによる切羽評価システムを活用せず、岩盤判定委員会を実施したところ、目視においても天端、左肩、右肩で、**図-7**と同様の評価「3」となり、相関性がうかがえる結果となった。

ただし、岩盤判定委員会との比較回数を重ねた結果、写真の角度や照度が起因し、亀裂間隔や圧縮強度の評価結果が目視とAIによる切羽評価システムに差が生じる場面があったことから、AIによる切羽評価システムを活用する上では、撮影時の照度基準や撮影距離・角度の基準を記したマニュアルを作成し、相関性が高い条件を前提とした上で、活用することが重要であると考えます。

(4) 統合穿孔支援システムを活用した安全対策

a) 実施概要

油圧ホイールジャンボを使用した装薬・ロックボルトの穿孔時に**図-8**の一例のとおり、1切羽ごとの全穿孔データを解析し、切羽直前の前方及び周囲地山状況を把握した。調査は、穿孔速度とエネルギーから地山の評価を行うため、脆弱部の位置を切羽が出現する前に正確に把握することができ、作業員の安全性向上に寄与した。

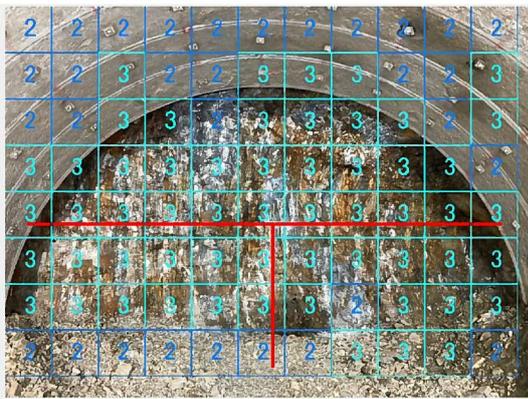


図-7 AI評価図

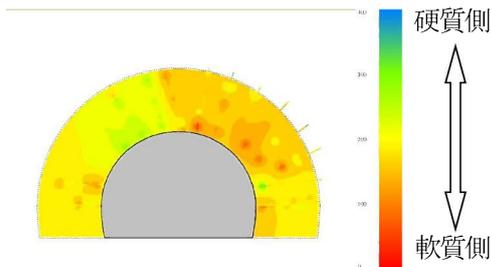


図-8 先行エネルギー分布表示図

4. 工事施工時に発生した事象とその対応

(1) 崩壊状況

- ・崩壊箇所：TD457.3～460.9m地点
→断層破碎帯予定箇所-50m
- ・崩壊時の支保パターン：CII-b
- ・崩壊時の切羽状況：切羽安定、湧水なし、下半未施工
- ・崩壊規模：最大1.5mの右肩部からの土砂流出(**写真-5**)
- ・当時の状況：コソク作業時に作業員が既設支保工の押し出しが進行していることに気づき、作業員全員が切羽から退避。人的被害なし。

(2) 原因究明

崩壊部の背面を対象とした追加ボーリングを実施した結果、**図-9**に示すとおり、崩壊箇所背面にDI相当となる弱層部が薄く介在していることが判明。崩壊原因は、断層破碎帯であるF1断層が想定よりも早期に出現し、かつ角度を持っていたことから、事前の先方探査では支保工背面部の弱層を見抜くことができなかった。

(3) 復旧方法

変状箇所のノンプリズム計測の結果、変状の進行がないことを確認したことから、崩壊箇所下半部の押え盛土を設置の上、崩壊箇所復旧（鋼アーチ支保工再設置、崩壊箇所の吹付充填、注入式フォアポーリングによる支保工背面地山の改良）を実施し、掘削の再開を指示した。



写真-5 支保崩壊状況写真

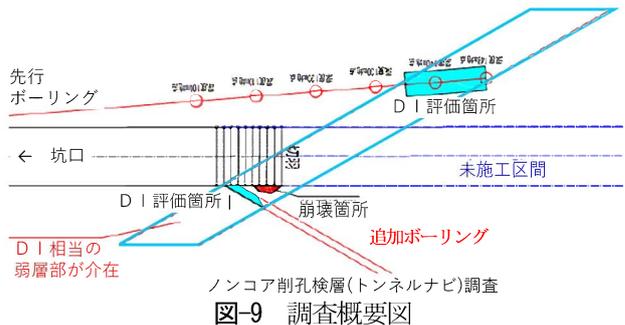


図-9 調査概要図

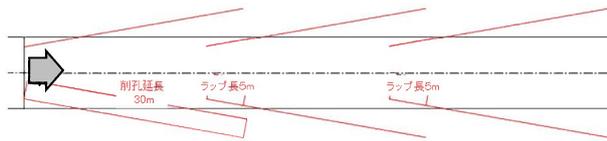


図-10 調査イメージ図

(4) 今回を踏まえた今後の対応策

断層破碎帯であるF1断層が想定よりも約50m早期に出現し、かつ角度を持っていたことを踏まえ、今後の掘削時に以下の対応策をルール化した。

①これまでの先方探査に加え、断層破碎帯予定区間及び前後50m区間においては、図-10に示すとおり、ドリルジャンボを使用したトンネルナビを切羽左右2箇所を実施し、トンネルの前方のみならず側方の地山状態を確認した上で、施工を進めることとした。

②20～30mごとの計測断面としていたA計測を断層破碎帯予定区間では5mごと、前後50m区間は10mごとに設定。これにより、介在的な弱層部を早期に確認することが可能となり、作業員の安全性が向上した。

③A計測による観測結果が管理値を超過した際は、写真-6に示す一例のとおり、トンネル側壁に設置したパトライトで警報し、直ちに作業員に周知の上、円滑な退避を助長するシステムを構築した。

④切羽作業時は、写真-7に示す一例のとおり、切羽監視員による監視を行い、切羽等に異常が発生した場合は、電子ホイッスルもしくはポイントリーダーにて直ちに作業員に退避を促すルールを設定した。

(5) 考察

上述の対応策を講じた結果、断層破碎帯と見られるF2断層以降の箇所においても、安全を確認しながら確実に施工することができ、大きな不良地山の出現による切羽崩壊、支保工の異常変状等が発生することなく、無事に掘削を完工させることができた。

特に断層破碎帯は、F1断層同様、全般的に当初想定箇所よりも早期に出現する傾向があったことから、事前のトンネルナビによる側方の地山状態の確認は、いち早く断層破碎帯の位置・角度を正確に把握することにつながり、支保パターンの適切な選定や安全性向上に大きく寄与したと考える。



写真-6 パトライト設置状況写真

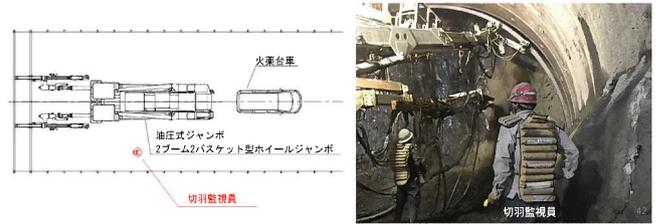


写真-7 切羽監視員配置状況写真

5. おわりに

本稿では、適切な地山等級の把握及び工事施工時に発生した事象とその対応への取組み等について紹介した。

適切な地山等級の把握への取組みについては、岩盤判定委員会の評価における精度向上や作業員の安全性向上等に有効な手段であり、これにより支保パターン選定における経済性と安全性の両立を図ることが可能となった。

また、工事施工時に発生した事象とその対応策については、同様の事象が生じた際の対応方法等については、本稿が今後のトンネル工事施工を行う技術者の一助になれば幸いである。

謝辞： 鷲峰山トンネルの工事を安全に施工いただいた大林・岡野・協栄特定建設工事共同企業体の方々をはじめ、工事にご協力いただいた全ての関係者の方々に深く感謝申し上げます。

参考文献

1) 近畿地方整備局道路部道路工事課：トンネル地山等級判定マニュアル（試行案）（平成18年9月試行案の改訂版）

積雪寒冷地における雪害対応の現状と課題

林 周地¹・西口 喜隆²

¹近畿地方整備局 豊岡河川国道事務所 八鹿国道維持出張所 (〒667-0044兵庫県養父市八鹿町国木字東下タイ134-1)

²近畿地方整備局 豊岡河川国道事務所 道路管理課 (〒668-0025兵庫県豊岡市幸町10番3号)。

近年、全国的に降雪でスタックする車両を原因とする長時間に渡る渋滞が社会問題になっている。豊岡河川国道事務所が管理する兵庫県内の国道9号は豪雪地域であることから、降雪時には、融雪、除雪を行い、通行の安全確保に努めているところである。一方、兵庫県北部地域では、降雪が局地化しており、積雪路面に不慣れなドライバーが冬用装備の準備不足からスタックするリスクが高い状況となっている。2024年1月23日～25日にかけて行った予防的通行規制も踏まえて課題と反省点、対策を述べていく。

キーワード 予防的通行規制，スタック，情報伝達

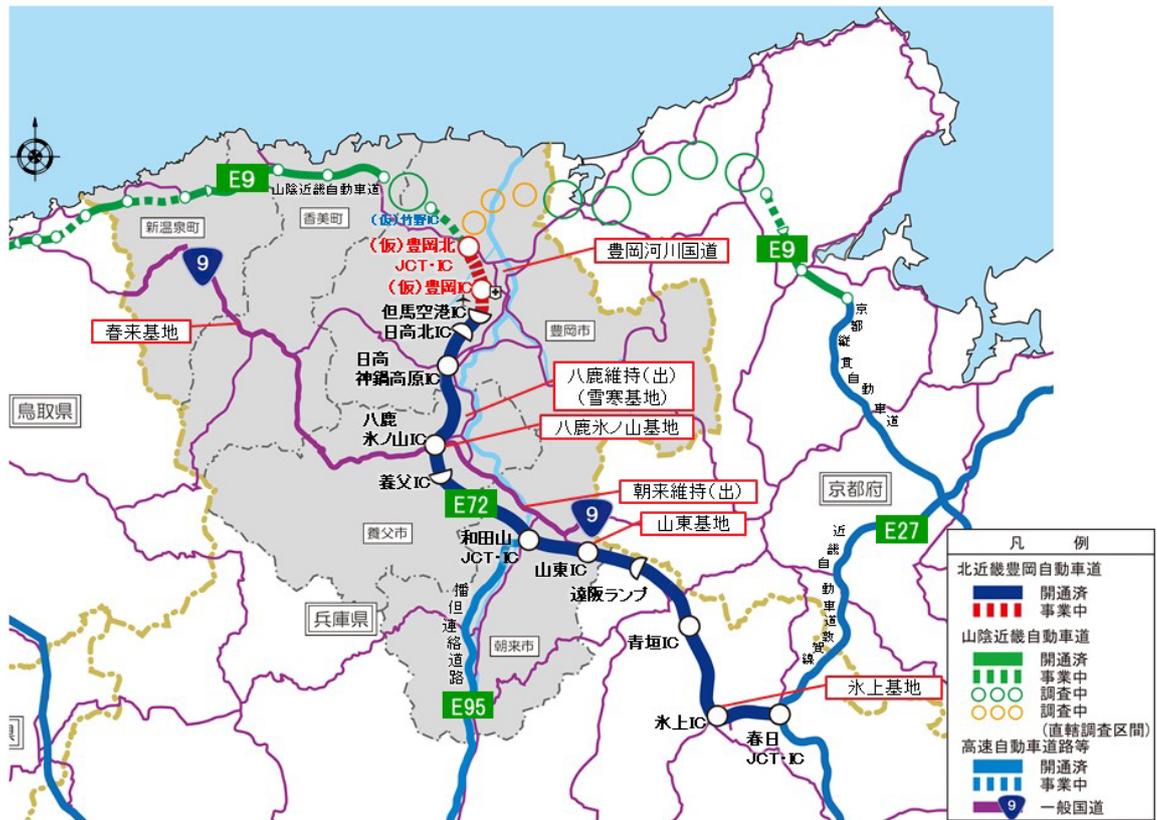


図-1 豊岡河川国道事務所管内図

1. はじめに

近年、全国的に降雪でスタックする車両を原因とする長時間に渡る渋滞が社会問題となっている。

2018年2月に福井県の国道で1500台もの車が立ち往生し、解消までに60時間以上の時間を要することとなった。

また、2021年1月には北陸自動車道などでも大型車が身動きがとれなくなり大規模な渋滞が発生した。

いずれもスタックを原因とする車の立ち往生であり、スタックへの対策が必要である。

そもそもスタックが起こる原因について解説する。

まず信号待ちや渋滞によって停車した車が最初に小さくぼみを作ってしまう。そこへ後続の車が次々とやってくる。車両がタイヤを空転させることによって、くぼみは少しずつ大きくなっていく。そうして乗り越えられないほどにくぼみが大きくなった時、スタックする車両が発生する。

近年の研究によって、道路に積もった雪が5cm以上となるとスタックしやすいということが分かってきた。また、早期の除雪と予防的な通行規制が極めて有効な手段となるということも分かってきている。

また、除雪車両のオペレーターの不足も深刻な問題であり、作業員の平均年齢の高齢化が進行しているため、除雪に関わる仕事に従事する人材の確保も求められている。



画像-1 ノーマルタイヤNO! のチラシ

2. 現状と課題

(1) 国道9号

国道9号は、京都府京都市下京区から山陰地方を經由し、山口県下関市に至る一般国道である。古くから京街

道、山陰街道と呼ばれ、年間約100万人の観光客が訪れ、今も昔も多くの人が行き交う但馬を横断する重要なネットワークである。

また豪雪地帯に指定されており、2市2町を經由し夜久野峠、谷間地（はざまじ）峠、八井谷峠、春來峠、蒲生峠などの市町の境にある峠を多く抱えている。

豊岡河川国道事務所はそのうちの、兵庫県朝来市山東町金浦～鳥取県岩美郡岩美町蒲生までの70.8kmの区間を管理している。

このうち、縦断勾配が5%以上ある区間をリスク箇所として、40.5kmの区間を予防的通行規制区間として設定している。この区間では、過去に大型車のスタックや事故による通行止めが発生し、交通開放までに時間を要している。

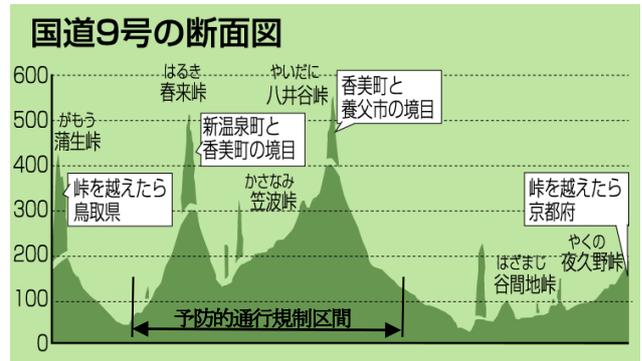


図-2 国道9号の断面図

(2) E72北近畿豊岡自動車道

国道483号（E72北近畿豊岡自動車道）は兵庫県北部地域を縦断する暫定2車線の自動車専用道路で、山陰近畿自動車道と連携させるための延伸工事が進められており、京阪神からのアクセス強化による地域活性化を狙っている。豊岡河川国道事務所では、兵庫県豊岡市上佐野～丹波市春日町野村（遠阪トンネル（有料区間）を除く）を管理している。

近年では急激な気象の変化や周辺との降雪量のギャップの大きさがあり、それを認知していない県外からの旅行者が夏用タイヤで来てしまうことがスタックや事故を誘発する可能性があるため積雪時に冬用タイヤ装着確認を全線で実施している。

3. 課題への対応

(1) 国道9号

上記で述べたように、豊岡河川国道事務所が管理する兵庫県内の国道9号が豪雪地帯であることから、降雪時には融雪、除雪（2工区）を行い、通行の安全確保に努めているところである。

縦断勾配が8%と冬期交通確保のリスク箇所であった「笠波峠」については、トンネルによる新道が2023年10

月に供用し、リスク低減が図られた。

なお、管理区間には散水融雪設備が国道9号延長に対し約43% (約30km) 整備されており、時間降雪量が5cm程度の状態が継続しても融雪が可能な融雪能力を保有している。

また2021年度には積雪が少ない但馬南部地域でも朝来市和田山町で71cmと、24時間降雪量が過去最大を記録するほどの大雪となったため、速やかな交通確保が必要となっている。

(2) 予防的通行規制区間

現状と課題から、予防的通行規制区間を設定し、降雪が激しい場合は通行止めを実施することとした。

2024年1月23日(火)～25日(木)に渡り兵庫県北部に大雪警報が発表され、但馬地域冬期情報連絡会議を開催し、情報共有を行い、SNSを通じた情報発信を実施した。

24日には、3時間で20cmに迫る降雪量が予測され、路面状況の悪化に伴うスタックが懸念されたため、予防的通行規制を実施した。

スタック車両の発生、それに伴う渋滞などを回避することができた。一方で、地域の幹線道路を通行止めにした影響は大きく、利用者からの問合せが複数寄せられ、規制情報の共有等の問題が浮き彫りとなった。

(3) E72北近畿豊岡自動車道冬用タイヤ規制

2024年1月24日に、強い冬型の気圧配置により兵庫県北部に大雪注意報が発表され、豊岡河川国道事務所は北近畿豊岡自動車道における交通安全確保のため1月24日(水)7:30～1月25日(木)16:00にかけて冬用タイヤ規制を実施した。確認台数12729台の内、普通タイヤの車両が71台(内大型車は1台(貨物))確認され、普通タイヤの車両は一般道に引き返していただくこととした。

冬用タイヤ等 確認箇所	調査台数			合計	装着率
	冬用タイヤ	チェーン 装着	普通タイヤ (うち大型車)		
日高神鍋高原IC	2,880	7	6 (0)	2,893	99.79%
八鹿水ノ山IC	2,265	1	1 (1)	2,267	99.96%
養父IC	411	0	0 (0)	411	100.00%
和田山IC	1,865	25	10 (0)	1,900	99.47%
山東IC	647	0	9 (0)	656	98.63%
遠阪IC	86	0	4 (0)	90	95.56%
青垣IC	2,243	0	8 (0)	2,251	99.64%
氷上IC	1,059	0	18 (0)	1,077	98.33%
春日IC	1,167	2	15 (0)	1,184	98.73%
計	12,623	35	71 (1)	12,729	99.44%

表-1 2024年1月24日7:30～25日16:00に実施した冬用タイヤ規制の結果

**E72 北近畿豊岡自動車道①冬用タイヤ規制区間
②入口閉鎖箇所**



表-2 2024年1月24日7:30～25日16:00に実施した冬用タイヤ規制の区間



写真-1 冬用タイヤ規制実施状況

4. 今後の改善

これまでの内容から反省点をまとめて、改善策を述べていく。

まず、予防的通行規制の実施に関しては速やかな情報伝達と規制解除目処が課題であった。

情報共有の手段としてTeamsを使っていたが、現場でTeamsの内容を見ることが出来ない職員が一定数おり、内容が行き渡っていなかった。

また、通行止めの情報が上手く共有されておらず、現場に行き渡っていなかったため、疑問の声が多く上がっていた。メールや電話などの他の手段でも、情報の伝達を行う必要がある。

平日夕方からの通行止めであったことから、自治体SNSや防災無線等を活用し情報発信を実施したが、予防的通行規制区間内の住民等からの問い合わせが殺到しているため、予防的通行規制区間の認知・周知が急務である。

Uターン箇所でもチラシを配布したり、X(旧Twitter)で広報を行ったがノーマルタイヤ車両が存在しているため、引き続き幅広く広報することが必要である。

また、道路管理者だけでなく、自治体SNSや防災無線

等を活用した情報共有の実現や、速やかな除雪体制の確立に向けた作業員の育成を推進することが重要である。

情報共有として、自治体や隣接する鳥取河川国道事務所とも情報共有を行い、広域な情報発信に助力をいただいた。

車両展開場所では車の停止、発進を繰り返すことからスタックしやすい傾向にあり、融雪剤の設置や通行止め要員の休憩スペース確保、要員配置も見直しが必要である。

課題・反省点のまとめは以上となる。

昨年度は事務所で雪寒対応に当たっていたが、現場で作業に当たった方から負担がいかにか大きいかを度々聞くので八鹿国道維持出張所勤務となった今、実現可能な課題への対処に取り組んでいきたいと思う。

和歌山県「命のみなとネットワーク」推進協議会 ～”みなと”の機能を活用した災害対応ネット ワーク形成について～

田邊 陽暉¹

¹近畿地方整備局 和歌山港湾事務所 工務課 (〒640-8404和歌山県和歌山市葉種畑の坪1334)

近年、気候変動の影響により土砂災害を引き起こす大雨や短期間強雨が増加している。

自然災害により陸路が寸断し孤立した被災地において、“みなと”の機能を活用した船舶による海上輸送が有効となる場合がある。

2023年2月、和歌山県下において“みなと”の機能を活用した災害対応支援のネットワークを形成することを目的に、和歌山県「命のみなとネットワーク」推進協議会が設立された。本協議会は2023年度に防災訓練を実施し、事務局である和歌山港湾事務所はアンケート調査や既存文献等をもとに、より実効性の高い訓練計画の検討を行った。

キーワード 自然災害，陸路寸断，孤立集落，防災訓練

1. はじめに

(1) 命のみなとネットワーク

我が国では毎年のように地震・台風等による自然災害が発生している。特に近年、気候変動の影響により土砂災害を引き起こす大雨や短時間強雨の発生件数が増加している¹⁾。

自然災害により陸路が寸断し孤立した被災地において、“みなと”の機能を活用した船舶による海上輸送が有効となる場合がある。2022年9月、国土交通省港湾局は、海上輸送を活用した支援事例が増加していることを踏まえ、国土交通省と関係市町村等が合同で、船舶を活用した物資又は人員輸送に係る訓練を行い、災害対応のための“みなと”の物流・人流ネットワークを強化するとし、このネットワークを「命のみなとネットワーク」と名付けた。

(2) 和歌山県「命のみなとネットワーク」推進協議会

和歌山県は日本最大の半島である紀伊半島の西側に位置し、海岸線延長は650キロメートルに及ぶ。県土の8割以上が山地であり、急傾斜な山が沿岸部まで迫っている場所もあることから、発災時の陸路寸断等を想定して、“みなと”の機能を活用した地域間連携を構築、強化することは重要である。

そのため、県下の各地域で、船舶を活用した訓練

を実施するとともに、海上輸送による救助・救援や物資輸送等の災害対応支援ネットワークを形成することを目的に、関係機関で構成する『和歌山県「命のみなとネットワーク」推進協議会』（以下、協議会という。）が近畿地方の中でいち早く設立され、和歌山港湾事務所に事務局が置かれた。

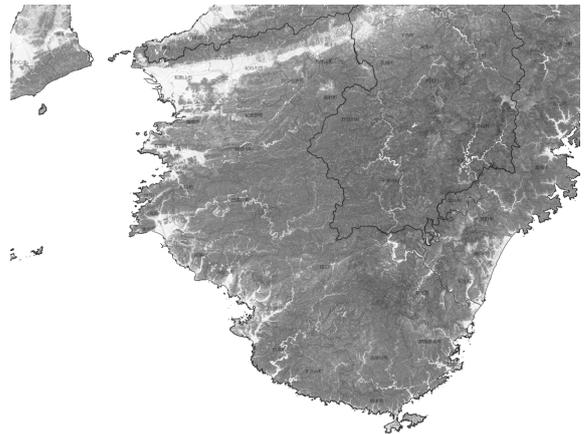


図-1 和歌山県の地形²⁾

協議会は、和歌山県、県内で港湾を有する14市町³⁾、国土交通省近畿運輸局、日本港湾空港建設協会連合会及び国土交通省近畿地方整備局で構成し、各地域の意見や発災時に必要とする支援内容を的確に把握するために、14市町の首長に委員を委嘱している。2023年2月7日に第1回目の協議会を開催し、当

面の実施内容として、各市町のニーズを取り入れた防災訓練を計画・実施することを決定した。

本稿では、協議会の事務局である和歌山港湾事務所（以下、事務所という。）の取組を報告する。

2. 防災訓練で想定する災害

事務局では、協議会で決定した防災訓練の計画にあたり、対象とする自然災害について検討した。

我が国で最も発生頻度の高い自然災害⁴⁾は風水害である。

和歌山県は、前述の通り地理的に多方を海に囲まれ、平地に乏しい等の制約がある。気象面では、北部の沿岸部で降水量が少ない一方、南部は台風・低気圧・前線等の影響を受けやすく、年間降水量3,000ミリメートルを超える多雨地域となっており、2011年台風第12号による大雨（紀伊半島大水害）等の風水害が度々発生している。

そのため、今回の防災訓練では、最も身近と考えられる風水害を対象とした。具体には、長時間の大雨による土砂災害に伴い陸路寸断が発生し、孤立集落となった地域に支援を行うことを想定した。

3. 市町が求める支援

“みなと”を活用した主な支援事例は、陸路が寸断された被災地まで、海から支援物資の緊急輸送を実施する「物資輸送」、被災者や被災地支援要員に対して、宿泊・給食・給水・通信・入浴等の支援を実施する「生活支援」及び陸上交通が寸断された地域で、海上交通により被災者の救援輸送を実施する「代替輸送」がある。

訓練をより効果的なものとするために、各市町がどのような支援を必要としているのかを把握するためのアンケート調査を実施した。アンケート調査は、分類別に次の項目について協議会構成機関の14市町から回答を得た。

(1) 支援分類別の必要性

各支援の優先順位を確認するため、選択式により分類別の必要性を質問した。物資支援、生活支援及び代替支援について、「どちらかという必要」を含め大半の構成機関より必要との回答を得た。

表-1 支援分類別の必要性

項目	必要	どちらかという必要	どちらかという不要	不要
物資輸送	11	3	0	0
生活支援	11	3	0	0
代替輸送	7	6	1	0

(2) 必要な支援内容

続いて、具体的な訓練項目を策定するため、必要とする支援内容について質問し、記述式で回答を得た。アンケート調査の結果、物資輸送としては食料や生活必需品の輸送、生活支援としては給水支援・衛生面に関する支援、代替輸送としては代替交通機関としての輸送が特に求められていることを確認した。主な回答は以下のとおりである。なお、() 書きは回答があった市町の数を示す。

1) 物資輸送

- ・食料や生活必需品の輸送 (5市町)
- ・仮設住宅などの大型資材の輸送 (3市町)
- ・各種燃料の輸送 (3市町)

2) 生活支援

- ・飲料水・生活用水等の給水支援 (8市町)
- ・トイレ・入浴等の衛生面に関する支援 (7市町)

3) 代替輸送

- ・国道等が通行できない場合における代替交通機関としての輸送 (6市町)
- ・傷病者等の搬送 (3市町)

4. 防災訓練実施内容の検討

(1) 孤立想定集落の設定

和歌山県では、土砂災害警戒区域を示す「わかやま土砂災害マップ」がWEB上で公開され、県民等へ防災意識の喚起が促されている。

また、和歌山県地域防災計画の緊急輸送道路ネットワーク計画では、県内の緊急輸送道路が指定されている。緊急輸送道路とは、発災直後から避難・救助をはじめ、物資供給等の応急活動のために、緊急車両の通行を確保すべき重要な路線を指し、発災時には優先的に道路啓開がなされる区間である。そのため、緊急輸送道路が長期間寸断されることは考え難いため、本検討において緊急輸送道路は発災時も通行できるものとした。

これらの既存資料を活用し、防災訓練において被災地となる孤立想定集落を以下の手順で抽出した。

なお、ここでは緊急輸送道路以外の道路を一般道路とする。

- 1) 「わかやま土砂災害マップ」と緊急輸送道路ネットワーク図を重ね合わせ、土砂災害警戒区域に掛かる一般道路を確認する。
- 2) 1) により確認した一般道路は土砂災害により通行不可になるものとし、その結果、緊急輸送道路へアクセス不可となった地域一帯を孤立想定集落と定義する。
- 3) 孤立想定集落のうち、港湾からの支援が可能と

考えられる地域を抽出する。

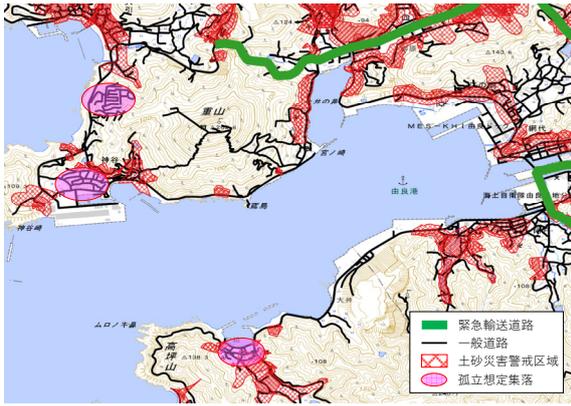


図-2 孤立想定集落の抽出 (由良港の例)⁵⁾

前述の作業により、和歌山県内の沿岸部で25箇所
の孤立想定集落を抽出した。



図-3 抽出した孤立想定集落の分布⁶⁾

(2) 支援の拠点となる“みなと”

和歌山県内には15の港湾があり、そのうち和歌山下津港(和歌山市)、日高港(御坊市)、文里港(田辺市)、新宮港(新宮市)の4港には耐震強化岸壁が整備されている。耐震強化岸壁とは、大規模地震に備え通常の岸壁と比べて耐震性を強化した岸壁である。

耐震強化岸壁は和歌山県地域防災計画において「防災上の拠点となる施設」に指定されており、地震災害に限らず発災時は各地からの支援物資等が集められることが想定される。

これを踏まえ、図-4のとおり県下沿岸域を4つのエリアに分け、被災地への支援は各エリア内の耐震強化岸壁を拠点に実施することとした。

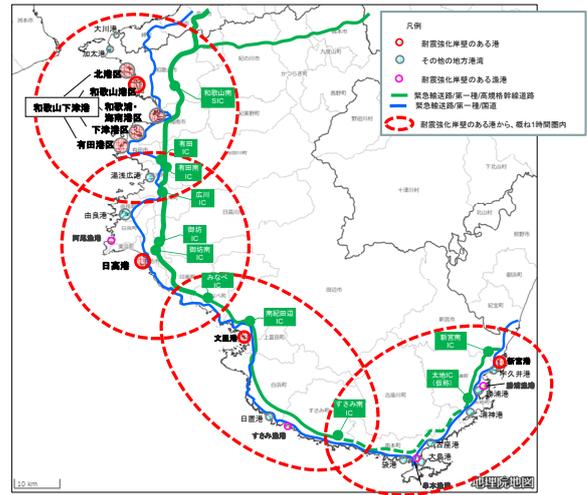


図-4 耐震強化岸壁を拠点としたネットワーク図⁷⁾

(3) 訓練会場の設定

協議会において、和歌山県日高地域(御坊市、美浜町、由良町、日高町)より特に訓練実施への強い要望があった。そのため、(1)で抽出した孤立想定集落のうち、日高地域に位置する集落を被災地とした訓練を実施することとした。

1) 支援元

(2)より被災地直近の耐震強化岸壁を有する港湾である日高港を支援元とし、その背後地を訓練会場とした。

2) 支援先

被災地に近い港湾のうち、以下の条件に合致する岸壁を支援先とし、その背後地を訓練会場とした。しかし、条件を満たす公共岸壁は、いずれも防災訓練実施日に使用予定があったことから、港湾管理者である和歌山県及び周辺の市町により民有岸壁の利用について調整を行った。その結果、由良町にある船舶修理事業社が所有する民有岸壁とその背後地の利用調整が果たされたため、訓練会場として選定した。

(条件)

- ・訓練で使用する船舶が安全に着岸可能であること。
- ・背後地に車両の乗り入れが可能であること。
- ・関係市町との首長参加型による連携訓練であることから、相応の人数が訓練に参加できる広さが確保されていること。

(4) 訓練で使用する船舶等

事務所では、事業実施のために海洋環境整備船「海和歌丸」⁸⁾ならびに港湾業務艇「はやたま」⁹⁾の計2隻の船舶を保有している。事務所直営で運用しているため、発災時などの緊急時においても、迅速に出港できる機動力の高さが強みである。



図-5 海洋環境整備船「海和歌丸」(左)と港湾業務艇「はやたま」(右)

また、協議会構成機関である日本港湾空港建設協会連合会(以下、日港連という。)と近畿地方整備局港湾空港部は、発災時に必要な建設資機材、技術者等を派遣することについて協定を締結している。

防災訓練は、事務所が保有する船舶と日港連が保有する船舶・機材等の派遣により実施した。

(5) 防災訓練の実施項目

3. のアンケート結果を踏まえ、特に求められている支援を中心に、事務所が所有する船舶等で実施可能な支援内容を検討した。

訓練当日の写真と共に主な訓練実施項目を以下に示す。



図-6 海洋環境整備船「海和歌丸」による支援物資搬入出訓練



図-7 日港連からの支援船及び支援重機による支援物資搬入出訓練

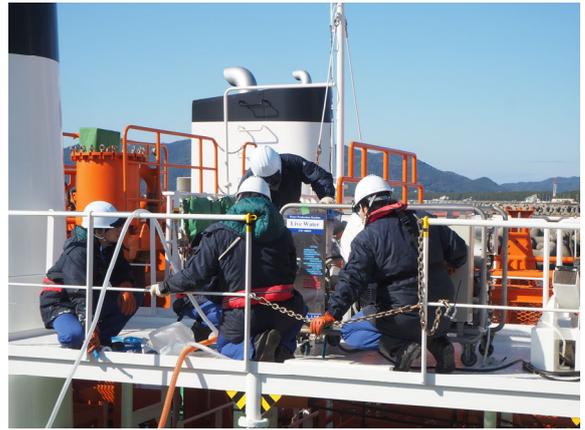


図-8 海洋環境整備船「海和歌丸」に搭載された海水淡水化装置による給水支援訓練



図-9 港湾業務艇「はやたま」による人員輸送訓練

5. 訓練の実施

(1) 訓練の実施

2024年1月29日に日高港および由良港において防災訓練を実施した。訓練には実施場所周辺の4市町(御坊市, 美浜町, 由良町, 日高町)首長をはじめ総勢約110名が参加し、各々が“みなと”を活用した支援の手順等を確認した。

また、訓練会場には新聞社やテレビ局から多数の報道関係者が取材に訪れた。



図-10 取材の様子

(2) 訓練のふりかえり

訓練実施後に、今後の協議会運営方針の参考とするため、参加者に向け訓練内容についてのアンケート調査を実施した。アンケート調査は記述式により良かった点と改善点についての設問を設け、訓練に参加した10市町及び協議会構成機関から回答を得た。

訓練実施内容についてはおおむね肯定的な回答があった一方、今後の展開として、地域住民との連携や風水害以外の災害を想定した訓練について検討を求める声が多く寄せられた。主な回答を以下に示す。

1) 良かった点

- ・ 支援物資の積み込み、障害物除去から支援物資の搬出まで、海上での一連の作業を確認でき、発災時に海上を利用する際のイメージができた。
- ・ 和歌山県は災害時の陸路の寸断の可能性が高く、海路輸送を活用可能とする本訓練は意義がある。
- ・ 国、県、広域市町、企業等が合同で訓練を行うことにより、有事の際、互いの連携の重要性を再確認できた。

2) 改善点

- ・ 港湾のみならず、耐震補強岸壁を有する漁港もネットワークに加えた訓練も検討が必要である。
- ・ 船舶を利用した訓練なので、海上との通信訓練も必要である。
- ・ 地元住民や企業の参加、他の防災訓練と連携して行うなど、船舶による輸送が有効的だということを認識してもらうことが必要である。
- ・ 漁船のような小型船舶を使って、重機を使わずに人力で物資輸送することも必要ではないか。
- ・ 地震災害を想定した訓練も実施して頂きたい。

6. まとめ

アンケート調査を通して市町が求める支援内容を取り入れ、防災訓練の目的を共有・明確化することで、より実効性の高い防災訓練を実施することができた。

今回の訓練では、風水害に伴う土砂災害を想定したが、今後は他の自然災害への適用も検討する必要がある。特に和歌山県では近く発生が予想される南海トラフ巨大地震において甚大な被害が想定されている。地震災害を想定した訓練は、協議会構成機関からも多く要望が寄せられているところであるが、2011年3月に発生した東日本大震災では津波により港湾が壊滅的な被害を受けたほか、2024年1月に発生した能登半島地震では海岸線が隆起し船舶が入港できない漁港が発生するなど、地震災害において“みなと”を利用した支援は課題も多い。港湾の背

後用地を活用した支援要員のベースキャンプや仮設浴場の設置など、船舶を活用した支援のみならず、様々な支援内容について多面的に検討する必要がある。

加えて、現状の協議会構成機関のみでは、実施可能な支援内容に限界がある。今後、支援の幅を広げるためには、自衛隊、消防、地元の漁業組合といった他機関の協力が必要である。あらゆる自然災害に対応できるよう、“みなと”を活用した支援のあり方について、協議会を通じて議論を重ねていきたい。

そのほか、国土交通省では、大規模な自然災害発生時に市町等からの要請に基づき緊急災害対策派遣隊（TEC-FORCE）を派遣している。協議会を通じて船舶が着岸できる”みなと”を把握することは、支援先や隊員の移動手段の拡大といった、TEC-FORCEによる支援の更なる充実化にも寄与するものと考えられる。

おわりに、発災時は各行政機関が協力・連携し、災害対応にあたることが求められるが、いざ発災時に“みなと”の機能を最大限活用した、支援活動がとれるかという点については疑問である。

協議会を介して平時から発災時に活用できる“みなと”や民有の船舶・作業船を把握し、県、市町、国間で互いに検討・協議を重ね、コミュニケーションの機会を設けることは、発災時への備えとして大変有意義であると感じている。

参考文献等

- 1) 国土交通省：国土交通白書2020
- 2) 国土地理院：地理院地図（傾斜量図）
- 3) 和歌山市、海南市、有田市、湯浅町、広川町、由良町、日高町、美浜町、御坊市、田辺市、白浜町、串本町、那智勝浦町、新宮市（斜体は2024年1月29日の防災訓練参加機関を示す）
- 4) 中小企業庁：2019年版 中小企業白書
- 5) 地理院地図並びに国土数値情報（道路データ、緊急輸送道路データ、土砂災害警戒区域データ）を加工して作成
- 6) 和歌山県：わかやま土砂災害マップを加工して作成
- 7) 地理院地図を加工して作成
- 8) 海洋環境整備船「海和歌丸」：通常は、海域の環境保全と航行船舶の安全を図るために、海面に浮遊するゴミの回収（海面清掃）を実施している。油回収装置を搭載しており、大規模な油流出事故発生時は事故海域にて油回収作業を行う。また、被災地等での支援活動を想定し、海水を淡水化できる装置が配備されている。
- 9) 港湾業務艇「はやたま」：通常は、海上作業となる港湾工事における監督・検査業務に使用している。船底にはナローマルチ測深機を設置しており、海底の障害物調査が可能となっている。

ダム付替道路における地山崩落箇所の対応について

河原 光佑¹

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

足羽川ダム工事事務所は足羽川ダム本体・水海川分水施設および付替道路整備を推進している。付替道路工事の切土工および鉄筋挿入工を実施する箇所において、崖錐層があることが判明し、地山崩落も確認された。脆弱な斜面状況においても切土工が可能な対策工法を3案選出し、施工性・安全性・経済性から比較検討をした結果、高所法面削岩機による切土工を採用した。同工法の実用性を確認したことから、本文では足羽川ダム付替道路工事の概要と地山崩落箇所の対応事例について報告する。

キーワード 切土工, 崖錐層, 地山崩落, 高所法面削岩機

1. 足羽川ダム建設事業の概要

(1) 足羽川ダム本体および導水トンネルの事業概要

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

足羽川ダム建設事業は、河川整備計画期間内に整備する足羽川ダム本体・水海川分水施設（分水堰・導水トンネル）および付替道路を令和11年度完成に向け、現在工事中である。また、将来計画として、足羽川、割谷川および赤谷川から洪水を導水する計画である（図-2）。



図-2 足羽川ダム計画平面図



図-1 足羽川ダム位置図



写真-1 ダム本体工事進捗状況写真(2024年6月撮影)

2024年6月末時点の事業進捗状況は、ダム本体は堤体打設が約33%完了しており、河床部放流設備の据付を行っている（写真-1）。導水トンネルは約84%の掘削が完了している。

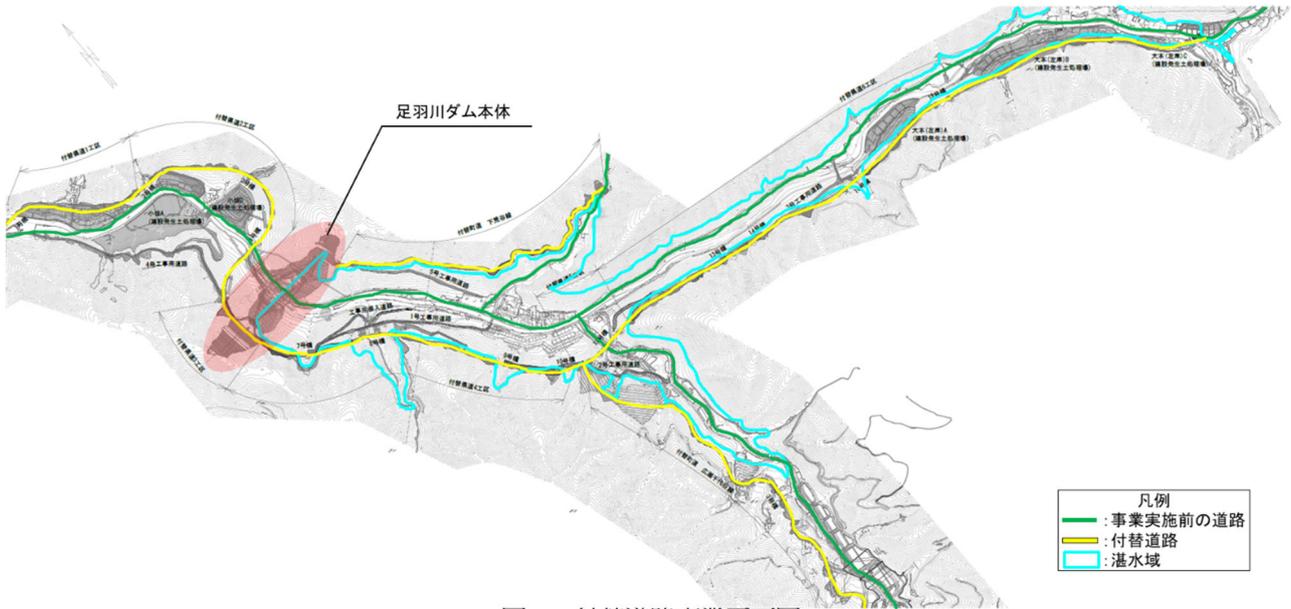


図-3 付替道路事業平面図

(2) 付替道路事業の概要

足羽川ダム建設に伴い、県道・町道等がダム洪水調節時に通行不能となることから、道路管理者である福井県および池田町と協議のうえ、道路を貯水位より高い位置に付け替える事業を推進している。事業延長はそれぞれ付替県道約6.1km、付替町道約4.5kmである。また、付替道路事業において計15橋の橋梁施工を予定している。2024年5月末時点の付替道路事業は進捗率30%である。

2. 付替道路工事の土工部の概要について

足羽川ダム建設事業に伴う付替道路工事は周辺の現場条件・施工条件・経済性等を鑑みて設計を行い、貯水位より高い位置に付け替えるために、平地部および谷部は橋梁や盛土を、山岳部は掘削（切土）および擁壁を実施している。以下は、山岳部の法面工事における施工内容を示す。

図-4に示すとおり、本事務所の付替道路工事の土工部は、1. 地山を掘削する「切土工」、2. 切土部が円弧滑り等による斜面崩落を防ぐために、法面に向かって補強材（鉄筋）を挿入し岩着させる「鉄筋挿入工」、3. 地盤が脆弱である場合は、地耐力の向上を図るために地面に向かって補強材（鉄筋）を挿入し岩着させる「圧縮補強土工」、4. 道路基面を造るために、鉛直な壁面を構築する「補強土壁工」の施工手順で実施している。また鉄筋挿入工では、確実な補強材の形成および工期の短縮を図るべく、削孔に際しパイプを掘進させながらパイプの先端よりセメントミルクを噴射する削孔同時注入方式を部分的に採用している。

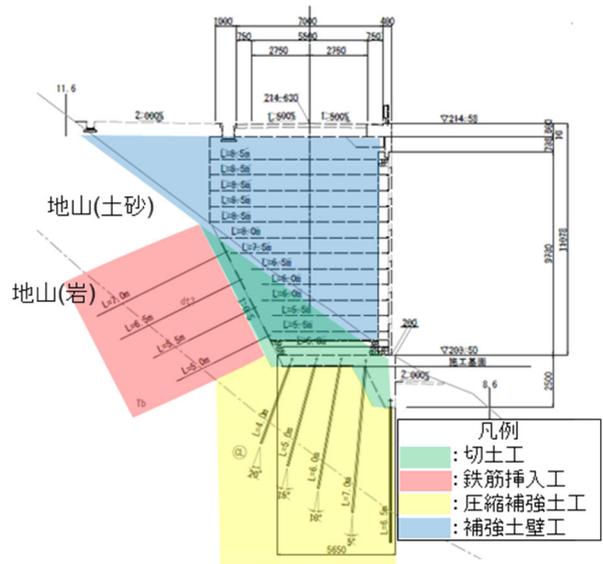


図-4 足羽川ダム付替道路の土工部の施工内容例

3. 地山崩落とその対応

(1) 工事内容

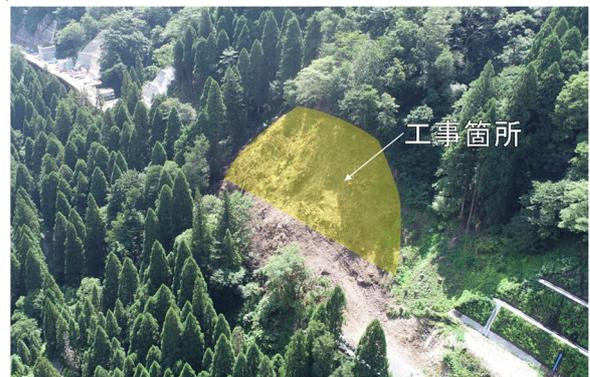


写真2 地山崩落箇所の工事着手前の写真 (2023年8月撮影)

写真-2は付替道路工事中に地山崩落が発生した箇所の工事前の写真である。当該箇所は切土法面高さ約29m、勾配1:0.5の4段法面とし、切土法面が土砂層や軟岩層である場合は中硬岩層に到達するよう鉄筋を挿入し、岩着させる設計である(図-5)。また、施工は地山崩落等の危険性が低い法面最上段から切土工および鉄筋挿入工をする「逆巻き施工」で実施し、法面最上段へ施工機械を到達させるために、バックホウでパイロット道路を形成しながら、切土工を実施する計画としていた。

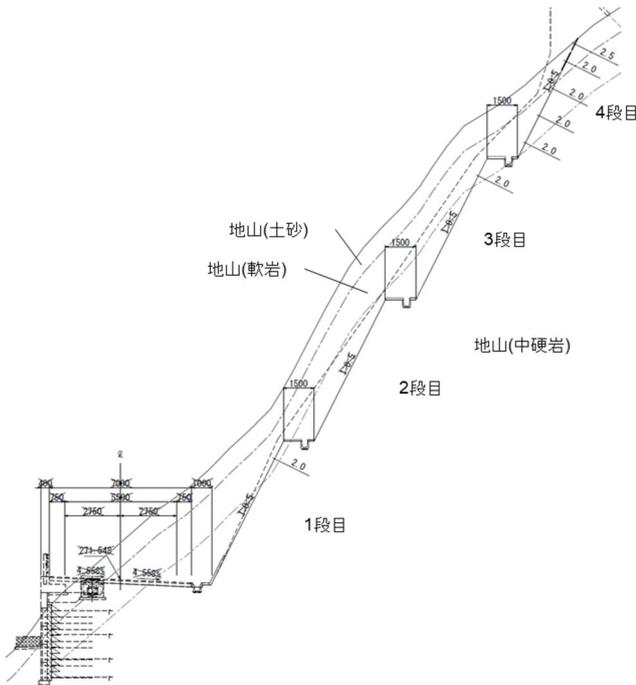


図-5 工事箇所の標準横断面図

(2) 地山崩落

パイロット道路の施工中に、当該箇所の地山が崖錐と呼ばれる急崖または急斜面上の風化岩片が落下し、多様な粒径が、不均質に混じり合った崩土から形成された地形であることが判明した。崖錐上を歩くような不安定な地山であり、地山の脆弱さを確認するために、バックホウで試掘したところ写真-3に示す地山崩落が発生した。

(3) 対応策

上記の現場条件から、当初計画であるパイロット道路を形成しながらバックホウで地山を掘削することは、更なる地山崩落を招き、工事事象の要因となり得る。崖錐層が存在する斜面状況においても切土工が可能な対策工法が必要であることから、以下の3案の施工性・安全性・経済性を比較検討した(表-1)。

- ①：高所法面削岩機による切土工
- ②：昇降路の設置、小型バックホウによる切土工
- ③：工事用道路設置、小型バックホウによる切土工



写真-3 地山崩落(コマ送り)(2023年11月撮影)

①は十分な強度を持つ2本のワイヤーを高所法面削岩機およびアンカー（当該施工箇所はその代替となる法面上部の立木）に接続し、アンカーを起点とし高所法面削岩機を吊り下げ、切土をする方法である。②は法面に構台を設けることで進入路を確保し、小型バックホウを用いて切土をする方法である。③は土のうや袋詰玉石等を積み、裏込め部は盛土とすることで、施工機械の進入路を確保し、小型バックホウを用いて施工する方法である。

施工性について、①はアンカーと法面削岩機をワイヤーで接続後、ただちに着手可能となり、切土は約1ヶ月の施工期間で完了する。一方で②は作業構台の資材搬入および搬出が必要になり、設置および解体が人力となるため、施工期間は約2ヶ月を要する。③は工事用道路を設置するための袋詰玉石が約1,000袋、盛土が約1,500m³必要となり、施工期間は約3ヶ月を要する。以上より、施工性は①が優位である。

安全性において、①は機体の落下・転落等による工事事象の可能性が懸念点として挙げられるが、施工前にアンカーの強度を測定する引張試験を実施し、高所法面削岩機の重量の1.5倍の安全率があることを確認する。また、1本でも機体を支持する十分な強度を発揮するワイヤーを二重化することで、一方のワイヤーの破断が生じたときに、他方のワイヤーで高所法面削岩機を支持され、滑落等を防止できる。一方で、②および③は掘削箇所までは到達可能であるが、掘削作業時は小型バックホウが土足場となり、当該箇所の現場状況においては、小型バックホウが土砂崩落により転落する可能性を伴うため、安全性の確保が不十分であると考えられる。以上より、安全性は①が優位である。

経済性について、①は高所法面削岩機での掘削および法面整形の費用のみが計上されるが、②および③に作業構台や工事用道路の設置費用が伴うため、①が優位である。

よって、施工性・安全性・経済性において①の高所法面削岩機による切土工が他の工法よりも優位であることから、当該箇所は①の工法を採用して施工することとした。

表-1 切土工の工法比較検討表

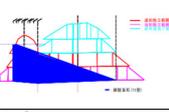
工法	高所法面削岩機による法面掘削(RCM工法)	システム足場+小型バックホウ	袋結玉石+小型バックホウ
概要			
施工性	【1工程】 表地上方に立木を適宜アンカーとする。バックホウ規格0.2m3級(RCM06型)にて施工。重機通路等を必要としないため速やかに施工が可能。 土工で約1ヶ月 (鉄筋挿入工は除く)	【2工程】 システム足場はラフレーンクレーンによる積材の搬入搬出が必要となり、設置・解体は人力となる。 システム足場設置後の掘削作業においては、バックホウ規格が2t(0.06m3級)クラスと小型となる。 システム足場+土工で約2ヶ月 (鉄筋挿入工は除く)	【2工程】 工事用道路を確保するために袋結玉石約1000t、盛土が約1500m3必要となる。 現地状況により、バックホウ規格は0.28m3級(定格総重量1.7t)、袋結玉石の規格は1t型となる。工事用道路を構築する時間が必要となる。 袋結玉石(工事用道路)+土工で約3ヶ月 (鉄筋挿入工は除く)
安全性	ワイヤーを2本使用することで、ワイヤー・反力支点の安全率は1.5となる。上部旋回体は水平になり通常のバックホウの作業と同じ作業が可能。また、キャタピラと旋回体間に空間ができることで掘削土がすり抜ける。	切土法面が崩壊した場合、システム足場上には砂が堆積し、足場が倒壊する可能性がある。システム足場組立解体の施工においては、急峻な法面での作業となる。	袋結玉石の積み段数に対しての安定計算による安全確認が必要となる。
経済性	高削(高所法面削岩機) 1,300万円 法面整形(高所法面削岩機) 840万円 総額: 1,440万円	システム足場 設置・撤去 1,600万円 掘削(小型機械)・法面整形 1,100万円 総額: 2,700万円	袋結玉石 ①製作・設置②撤去 800万円 掘削(0.28m3級)・法面整形 480万円 盛土(設置・撤去) 460万円 総額: 1,740万円
評価	◎	△	△



写真-5 地山崩落箇所の工事完成後(2024年3月撮影)

(4) 高所法面削岩機による切土工の実施

写真4は高所法面削岩機を活用した切土工の状況である。主ウインチ(巻き上げ機)が機体本体に取り付けられているため、ワイヤーにズレが生じないこと・キャタピラを地山に定着させた状態での移動が可能であるため、不要な落石を防止できることが分かる。また、上部旋回体は、リフティング装置により常に水平な状態を確保でき、急峻な斜面においても通常のバックホウと同程度の作業が可能となる。当該箇所の工事においては無事故で終えられ、その実用性を確認した。写真5は完成した工事の写真である。



写真 4 高所法面削岩機を活用した施工状況(2024年1月撮影)

4. まとめ

今回の施工箇所では、切土工および鉄筋挿入工を実施する予定だったが、施工中に地山崩落が発生した。脆弱な斜面状況でも切土工が可能な対策工法を3案選出し、施工性・安全性・経済性の観点から比較検討した結果、高所法面削岩機による切土工を採用し、無事故で工事を終えることができ、その実用性を確認できた。

また、高所法面削岩機は遠隔操作での施工も確立されていると聞いており、施工性および安全性の更なる確保が期待される。

謝辞: 本工事(足羽川ダム付替県道6工区土工12改良工事)の受注者(石黒建設株式会社)の監理技術者、現場代理人をはじめ、地山崩落に対応いただいた関係者の皆様には、多大なるご協力いただきました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1)足羽川ダム工事事務所ホームページ: <https://www.kkr.mlit.go.jp/suwa/>
- 2)けんせつPlazaロッククライミングマシンによる法面掘削工法 | 法面工 | 高所機械施工協会: <https://www.kensetsu-plaza.com/catalog/post/32537>

総空家数削減に向けた 空家活用特区の施策展開について

村上 俊彦

兵庫県 まちづくり部 都市計画課 (〒650-8567兵庫県神戸市中央区下山手通5-10-1)

兵庫県では、独自の特区制度を施行し、多面的・集中的な施策の実施によって空家の活用を促進しているが、空家の増加スピードは今後も加速すると推測されていることから、従前の施策では効果が弱まっていくことが懸念される。そこで、特区制度の特色を整理した上で、総空家数との関係、人口減少に伴う空家の増加、流通空家の余りといった課題に着目し、総空家数の削減に向けた当施策の展開方法について提案する。

キーワード 空家活用特区制度, 空家, 人口減少, 施策展開

1. はじめに

近年、地域における人口減少や既存の住宅・建築物の老朽化、社会的ニーズの変化及び産業構造の変化等に伴い、全国的に空家が年々増加している。兵庫県内の空家も例外なく増加の一途を辿っており、2023年時点での調査結果¹⁾によると、空家数は38.5万戸、空家率は13.8%に上っている。また、県内人口は2009年をピークに減少し、既に本格的な人口減少社会に突入しており、少子化を背景に今後も減少が継続すると見込まれている。今後は、人口に続いて世帯数も本格的に減少すると同時に、単身世帯や夫婦のみ世帯の増加、夫婦と子の世帯の減少が継続し、世帯の小規模化が更に進行すると見込まれることから、2040年時点では空家数が約72.8万戸、空家率は25.5%²⁾と、今後約2倍の数まで空家の増加が予想されている。

県ではこれまで空家対策として、予防・利活用・適正管理の3方向から意識啓発や改修・除却に対する補助などを実施してきたところであり、更なる対策として令和4年度からは新たに「空家活用特区制度」を施行した。これは、特に空家の活用を促進すべき区域を特区として指定し、届出制度を活かした様々な施策を多面的に実施することで、空家の活用を促進し、移住、定住及び地域間の交流の促進並びに地域の活性化を図るものであり、規制緩和を盛り込んだ条例として全国初となる先進的な取組である。

しかし、空家の増加スピードは今後も加速すると推測されており、従前の施策では効果が弱まっていくことが懸念される。

当論文では空家活用特区制度の特色について整理した上で、総空家数の削減を目的とした場合に有効な施策の展開方法について提案する。

2. 空家活用特区制度

(1) 目的

本県の人口減少は深刻で、特に転出超過が続いていることが大きな課題である。また、人口減少に伴い、県内の空家数も年々増加しており、特に腐朽破損等がなく利用できるにもかかわらず流通していない空家は約11万戸あり、今後、人口減少や少子高齢化を背景に管理不全に陥る可能性があった。さらに、ポストコロナ社会における働き方の多様化や地方回帰の流れが加速する中、これらの空家を移住や定住等の受け皿として有効活用していく必要性が高まっていた。

これらのことから、管理不全の空家等の発生を予防するとともに、移住、定住及び交流の促進並びに地域の活性化を図ることを目的とし、特区制度により空家等の活用を促進することとした。

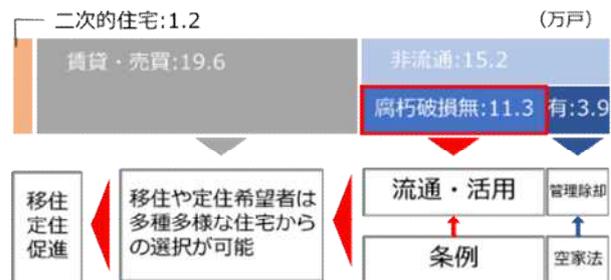


図-1 兵庫県の空家の内訳 (H30 住宅土地統計調査)

(2) 仕組み

特区は、空家等の活用を特に促進する必要がある区域について、市町の申出を受け、県が指定する。特区に指定されると、特区内の空家の所有者は、現在の空家の管理状況や今後の活用計画（空家の所有者及び管理者の氏名や連絡先、建物概要、利用及び管理の状況、活用又は管理の計画等）について市町に届出を行うこととなり、県及び市町はこの届出情報を基に、空家活用サポート、規制緩和、補助金の3つを軸とした施策を多面的に実施することで、空家等の活用を促進していく。

なお、市町が特区の指定申出を行う際には、「空家等活用方針」を定めることとしている。これは、まちづくりの観点を踏まえた空家等の活用に係る目標や、それを達成するための施策を定めるもので、地域の特性や課題に合わせて施策を選択し、実施できる仕組みとしている。



図-2 制度概要

(3) 実施施策

a) 空家活用サポート

空家所有者からの届出情報を市町連携団体（市町と連携協定を結んだ宅地建物取引業団体やNPO等）に提供（所有者同意のないものは除く）する。

空家所有者は、市町連携団体から流通・活用の働きかけや空家バンクの登録サポートなど、伴走型のきめ細かな支援を受けることができる。これにより、売買・賃貸や空家バンクへの登録など、空家の流通を促進する仕組みとなっている。

b) 規制緩和等

届出のあった空家を対象に、その活用を促進するため、建築基準法（接道長さの緩和）や都市計画法に係る規制緩和（市街化調整区域における柔軟な空家の用途変更等）等を行うことが可能である。

- ・道路内支障物件の設置制限（2項道路の後退部分における物件設置制限）
- ・接道長さの緩和（接道長さを4mから2mに緩和：建築基準法〔条例〕）
- ・空家跡地等の活用（線引前住宅除却後の新築を許可：都市計画法）
- ・柔軟な空家の用途変更（空家のカフェやホテル、事務所、社宅等への用途変更を許可：都市計画法）

c) 補助金

県と市町が協力して、既存の補助メニューの拡充（空家の改修工事費に対する補助増額や除却工事費に対する補助対象拡大）など、空家等の活用に係る財政的支援を行う。

- ・空家・二地域居住バンク登録等流通促進支援
市町連携団体に対する空家所有者への流通・活用の働きかけや空家バンクの登録サポート等を行うための費用及び空家等所有者に対する物件を空家バンクに登録する際や物件登録後に実施する登記費用の補助
- ・空家活用助成（空家活用支援事業の拡充）

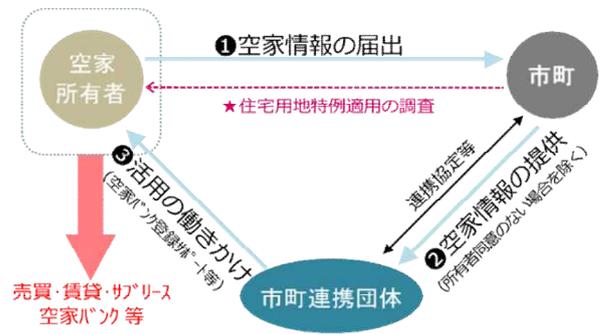


図-3 届出制度の仕組み

空家を住宅、事業所又は地域交流拠点として活用するために必要な改修工事費の補助（特区外に比べ補助額を加算）

- ・古民家活用助成（古民家再生促進支援事業の拡充）
古民家を地域交流施設として再生・活用するために必要な改修工事費の補助（特区外に比べ補助額を加算）
- ・空家除却跡地の活用助成（老朽危険空家除却支援事業の拡充）
空家を除却し、跡地を活用するために必要な除却工事費の補助（特区外に比べ補助対象を拡大（特定空家に加え旧耐震空家を追加））
- ・建物状況調査助成（ひょうごインスペクション実施支援事業の拡充）
建物状況調査に必要な経費の補助（特区外に比べ補助額を加算）

3. 課題

(1) 総空家数との関係

特区制度では、空家を活用する場合に規制緩和や補助金などの施策を実施し、活用をサポートしているのだが、これは「空家を活用すること」に着目しており、元の住

戸がどうなるのかについては考慮していない。

しかし、国の調査³⁾によると、空家に人が住まなくなった理由として1番多いのは、「別の住宅へ転居」であり、全体の41.9%を占めている。つまり、元の住戸が空家となれば、特区内の空家数は減少しても特区外を含む県全体や国全体で見た場合の総空家数は変わらないこととなる。

(2) 人口減少に伴う空家の増加

空家の増加原因は地域における人口減少や既存の住宅・建築物の老朽化、社会的ニーズの変化及び産業構造の変化等様々な要因が関与している。しかし、1番の要因は人口減少によるものと考えられる。

県内の人口、世帯数と住戸数との関係に着目すると、県内の人口は2020年時点で約546万人、世帯数は240万世帯である。一方で、県内の住戸数は2018年時点で268万戸となっている。調査年時に若干の違いはあるが、住戸数が世帯数を上回っているため、1世帯が1つの住戸に住むと考えると、この差が空家数となる。県内市町別の5年間の人口増減率とその他空家率を調べると一定の相関関係が表れていることから、人口が減少するほど活用される住宅の数は減少し、空家が増加することは明らかである。

(3) 流通空家の余り

特区制度は腐朽破損等がなく利用できるにもかかわらず流通していない空家、つまり建物のハード的に利用できるものの活用を目的としている。

しかし、現在県内で賃貸・売買用の空家が約20万戸存在しており、住戸が余っているという現状を考慮すると、これらすべての活用は限りなく困難である。

4. 提案

人口減少に伴う活用住戸数の減少により既存住戸の余りが増えて空家が増加するという事実から、特区内の空家の活用のみに向けた施策ではなく、活用住戸数を増やすこと、既存住戸数を減らすことにより総空家数を減らすための施策展開を提案する。

(1) 活用住戸数の増加

居住者の数は今後も減っていくため、活用住戸数を増やすためには、法人による活用や、一人当たりの居住戸数を増やす必要がある。

a) 事業用活用(用途変更)

特区では特定の用途に対する規制緩和や手厚い補助制度の実施により施設の立地誘導が可能であることから、住宅から店舗等への用途変更を促進し、事業活用を増加させる。

行政も積極的に空家をサテライト型の施設などで空家

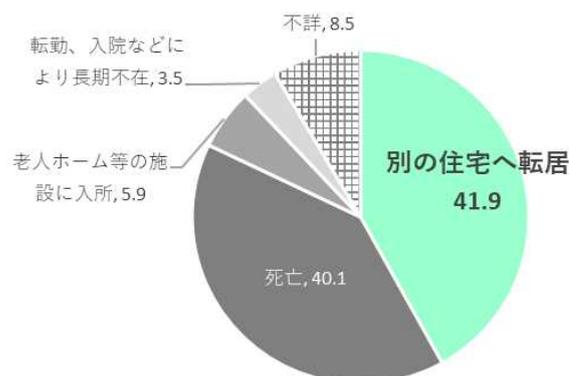
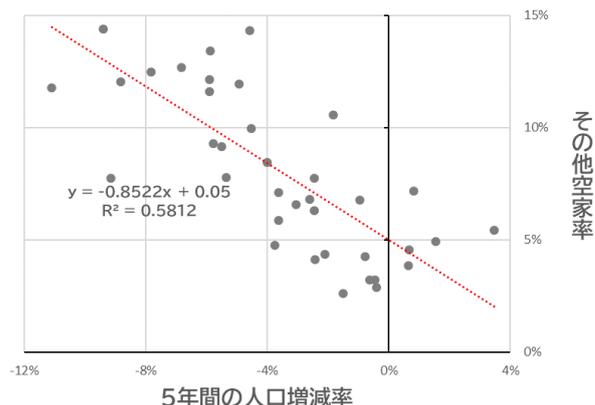


図-4 人が住まなくなった理由



※その他空家…二次的住宅(別荘等)、賃貸用、売却用を除いた空家

図-5 人口増減率とその他空家率の関係(市町別)

を活用し、活用住戸数増加に寄与していく。

b) 多拠点居住

事業用活用と同様に二地域居住や多拠点居住としての活用を促進し、一人当たりの活用数を増加させる。こちらはハード面のみだけでなく、拠点間移動のための交通費助成や、住民票を複数の住所に置くことができないことにより行政サービスが受けられないといった不利益を解消する住民票に準ずるシステムの新設といったソフト面からのサポートも考えられる。

(2) 既存住戸数の削減

空家の市場価値が低いもの(流通や活用見込みがないもの)は除却し、既存住戸数を減らしていくべきである。

a) 除却判断の元となる費用情報の報告・公表

売れる空家は市場流通させ、売れない空家は除却していく。そのためには、空家所有者が自己所有の不動産の価値や除却費用を正しく理解し、固定資産税や都市計画税、管理費用等年間必要経費を理解した上で最適な行動を選択していくことが求められるのだが、不動産の売買価格や建物の除却費用については公表される制度がないため、不動産所有者や一般消費者、あるいは行政においても物件の適正価格や除却費用を判断することは困難である。

そこで、特区における届出制度を活用し、空家でなく

なった場合の届出の際に、空家の売買に係る情報（売買価格、広さ、間取り、立地、日当たり、風通し、設備等）や解体に係る情報（工事費用、規模、工期、周辺の道路状況等）を報告対象とする。集められた情報はプライバシーの観点から届出をしている空家所有者のみを対象に公開することで、空家所有者の売却すべきか除却すべきかといった判断能力（不動産リテラシー）の向上促進を図る。

なお、この判断能力向上により、除却促進だけでなく流通促進効果も期待できる。

b) 専門家判断による除却支援

市場性を鑑みて除却すべき物件（売れない空家）については、市町連携団体により所有者に対して除却のアドバイスを行うことや、アドバイスを受けた物件には解体工事費の補助を行うことで、売れない空家の除却を促進し、既存住戸数の削減を図る。

5. おわりに

特区は届出制度と空家活用サポートにより空家所有者へ働きかけが行える点や、地元と協議の上で区域指定が行われており、住民意識も高く、効果も期待しやすいことから、総空家数の削減に向けた活用住戸数の増加、既存住戸数の削減を面的に促進する新たな事業モデルの実施に適した区域である。

しかし、特区だけの取組では効果が限定的であること

から、検証を行った上で特区内外を問わず「総空家数の削減」という観点を踏まえ、各種施策を県内全域で展開していく必要がある。補助事業を例に挙げると、空家の活用用途や申請者の属性（若年・子育て世帯等）といった要素だけで補助額を決めるのではなく、これまで居住していた「既存住戸」の計画を確認し、次の活用が決まっている場合や取り壊す場合にインセンティブを与えていくなど、総空家数の削減についての判断軸を導入することで、空家を活用する一方で新たな空家が生じるといった事態を防ぎ、施策効果を向上させることができるのではないかと考える。

削減、つまり自ら能動的に減らすという考え方を強く意識して特区制度、ひいては空家政策に取り組むことで、加速度的に増加していく総空家数の減少につなげることが重要であると考えます。

脚注

本論文は、著者が兵庫県まちづくり部住宅政策課に所属していた際における所掌事務を課題設定したものである。

参考文献

- 1) 総務省：令和5年住宅・土地統計調査
- 2) 兵庫県：兵庫県住生活基本計画
- 3) 国土交通省：令和元年空き家所有者実態調査

国道1号京都市東山区～山科区間における 事故対策検討について

伊吹 龍馬

¹ 近畿地方整備局 京都国道事務所 管理第二課（〒600-8234京都府京都市下京区西洞院通塩小路下る南不動堂町808）

事故ゼロプランに指定されている「国道1号京都市東山区～山科区間」における交通事故対策事例として、近畿地整管内では設置事例が少ない事故対策メニューに該当する「路面標示対策（三連ドットライン）」や、観光都市京都ならではの対策メニューとして、観光客（国内外とも）に対しても注意喚起を促すことを目的にデザイン検討を行った「ピクトグラム・英語標記入りの注意喚起看板」の導入事例について報告する。また、効果検証の取り組み工夫として、設置する対策工の対策効果を個別に把握すべく、本件では、対策工の整備ステップ状況に応じた効果検証を行っており、本稿では、それら効果検証の取り組み工夫についても報告する。

キーワード 三連ドットライン、ピクトグラム看板、定量的・定性的評価、段階的な効果検証

1. はじめに

国道1号京都市東山区～山科区間（以下、検討区間）は、過去より追突事故を中心とした交通事故が多発しており、平成22年度に「事故ゼロプラン（事故危険区間重点解消作戦）」箇所のひとつとして抽出されている。抽出後、検討区間における交通安全対策として、注意喚起看板や減速ドットライン等を設置するとともに、対策工の維持修繕に取り組んできたが、検討区間の上り線では、対策後も交通事故が残存しており、平成30年度には、車両相互事故による死亡事故も発生するなど、追加対策の必要性が高まった。

上記背景のもと、令和2年度～令和3年度の「京都府道路交通環境安全推進連絡会議」において、検討区間の対策検討協議を行い、令和4年度に対策工を実施するとともに、令和5年度には効果検証を行った。

意」・「下り坂急カーブ速度注意」・「追突多発地点速度注意！」等を設置し、交通事故件数の減少効果を図っていた。しかし、検討区間の上り線では、東山トンネルから検討区間の下流部に位置する新大石道交差点（主要渋滞箇所）までの区間（以下、事故多発区間）において、物損事故が134件/4年（令和元年～令和4年、事故件数は概数である。）と多く残存しているとともに、平成30年には、死亡事故も発生している状況である。

また、検討区間では通過交通量も多く、迂回路も限られている片側2車線区間でもあることから、一度事故が起こると車線規制等の影響により、渋滞の発生が懸念される区間でもあった。そのため、現状の事故件数を減少させるとともに、重大事故が起こる前の未然防止を目的として、事故多発区間における事故対策を検討し、実施した。

2. 検討区間及び導入対策の概要

(1) 検討区間概要

検討区間（図-1）は、京都府京都市と滋賀県大津市を結び、清水山・六条山上を通過する片側2車線、規制速度50km/hの直轄道路（国道1号）である。検討区間には信号交差点が無く、上下線とも長い下り勾配が続き、速度が高まりやすい他、トンネル区間や急カーブ区間も存在しており、ドライバーのハンドル操作等も多いことが特徴である。

これまで「事故ゼロプラン」の対策として、路面標示対策として「減速ドットライン」・「追突注意」・「アローマーク」や、注意喚起看板対策として「追突注



図-1 検討区間位置および事故多発区間

(2) 事故発生要因と対策概要

a) 事故多発区間における事故発生要因

事故多発区間では、東山トンネルを通過した直後に位置する下り勾配の急カーブに進入後、速度が高まった状態で下り勾配の直線区間を通過し、検討区間の下流に位置する新大石道交差点（主要渋滞箇所）に流入するという道路構造面で特徴がある。

本区間では、既往対策として路面標示「減速ドットライン」・「追突注意」・「アローマーク」や、注意喚起看板「追突注意」・「下り坂急カーブ速度注意」等の安全対策が実施済みであるが、下り勾配の直線区間では、既往対策実施後においても、規制速度50km/hに対し、走行速度の85%マイル速度が約60～70km/hと高い速度状況となっている他、新大石道交差点の滞留末尾付近で、前方車両の挙動（停止・減速等）に追従できず、滞留末尾の車両に追突する事故が多発していた。そのため、更なる速度抑制を目的とした追加事故対策を導入することにした。

b) 三連ドットラインの導入

当初、更なる速度抑制の対策の一つとして、ドライバーに振動と音で注意喚起を図る「段差舗装」の導入検討を行っていた。しかしながら、本検討区間では、速度が高く、交通量が多い交通状況下である他、長い下り勾配であるため、段差上を二輪車が走行することにより生じ得る転倒事故リスクの懸念、更には、近隣住居への騒音・振動リスクも考慮した結果、段差舗装の導入は困難であると判断した。

その中、平成29年度に京都府亀岡市の国道9号の事故危険箇所（直線の下り勾配区間）において「三連ドットライン（路面標示）」を施工したことで、追突事故リスクが低減した対策事例を確認した。当該箇所も本検討区間と同様に、沿道に住居が多く立地していることから、振動・騒音を発しない追突事故対策（速度規制）が必要であったため、振動・騒音を発しない速度抑制対策として、「①走行車道幅員が絞られているようにドライバーに実感させ、視覚的に注意を促す」ことや、「②舗装が無い部分を走行しようとハンドル操作を慎重に行う」ことが対策効果として期待できる「三連ドットライン」を施工している。上記2つの特徴により、現地を走行するドライバーは、視覚的かつ心理的に、慎重に運転するようになり、当該箇所では速度抑制が図られ、追突事故リスクが低減している。

上記の京都府内における先事例の対策効果や、本検討区間における現地特性（直線の下り勾配・沿道に住居が立地）を踏まえ、本検討区間にも「三連ドットライン」を導入し、令和4年度に施工を行っている。（図-2・図-3）。



図-2 事故多発区間における対策位置



図-3 三連ドットライン

c) ピクトグラム・英語表記入り注意喚起看板の導入

「京都府道路交通環境安全推進連絡会議」では、世界的観光都市である京都市ならではの事故対策検討の必要性に着目していた。観光都市京都ならではの対策検討として、日常的に京都府内の道路を運転しないドライバー（国内外の観光客）に対しても、注意喚起を促すことが重要であると判断し、平成30年度より、誰でも注意喚起内容を容易に理解できる対策案として、ピクトグラムや英語表記を取り入れた注意喚起看板（以下、ピクトグラム看板）の検討を進めていた。既往検討では、3種類の注意喚起のピクトグラム看板デザイン案を考案していた。更には、検討した看板デザイン案のうち、最も対策効果を期待できるデザイン案を把握すべく「分かりやすさ」や「目立ちやすさ」の観点について、京都府内の自動車運転者を対象としたアンケート調査を実施している。アンケートの結果、「亀のアニメ風デザインとSLOWDOWNの英語表記を併記（以下、亀のアニメ風デザイン）」したデザイン案が、最も対策効果を期待できる意見があった。

尚、亀のアニメ風デザインが選ばれた理由については、色や絵がアニメ調であるため視認しやすいことや、亀が

ゆったりとした動きを連想させるため、直感的に速度抑制に関する注意喚起デザインであると理解しやすいためであると推測する。

以上の既往検討経緯を踏まえ、本検討区間において、亀のアニメ風デザインによるピクトグラム看板を設置することとし、令和4年度に設置している。(図3・図4)



図-4 ピクトグラム・英語標記注意喚起看板

3. 対策効果検証手法

(1) 段階的な対策工の設置と効果検証

導入した対策「三連ドットライン」および「ピクトグラム看板」の効果検証を行う上で、それぞれの単独対策による効果と、導入した2種類の対策を合わせた効果それぞれ把握すべく、各対策を順に設置 (STEP1~3: 表1) し、対策実施状況に応じた通行車両の速度状況や危険挙動について段階的に検証を行った。

段階的な検証を行うにあたり、まず初めにピクトグラム看板のみを設置 (STEP1) した後、三連ドットラインを設置 (STEP2) した。三連ドットラインを設置する際、先行で設置したピクトグラム看板については、看板自体をカバーで隠すことで、ドライバー目線では、三連ドットラインだけが設置されていると認識できる状態を確保した。また、最終的には、ピクトグラム看板のカバーも取り外し、両対策工を認識できる状況 (STEP3) とした。

表-1 対策工の設置状況

段階	対策 施工日	ピクトグラム 看板	三連 ドットライン
STEP0	①対策前	—	なし
STEP1	①ピクトグラム看板のみ	R5.2.18	あり
STEP2	②三連ドットラインのみ	R5.3.6	なし (カバーで隠す)
STEP3	③ピクトグラム看板 +三連ドットライン	R5.6.15	あり

(2) 対策効果検証内容

対策効果検証として、①速度状況の変化、②急ブレーキ発生回数の変化、③道路利用者意見について、検証を行い、対策効果を把握した (表-2)。

表-2 効果検証内容一覧

効果検証内容・調査	分析条件等概要
①速度状況の変化	【区間分析】 ETC2.0プローブデータ分析 【分析期間】 ・各工事完了直後:平日2週間程度 <STEP0> 令和4年10月17日~28日 (10日間) <STEP1> 令和5年2月19日~3月5日 (内7日間) ※22日・24日データに異常が確認され除外 <STEP2> 令和5年3月7日~20日 (10日間) <STEP3> 令和5年6月15日~28日 (10日間) 【分析指標】 ・対策実施区間の平均速度、85%マイル速度
	【定点分析】 スピードガン調査 【分析期間(共通)】 <STEP0> 令和4年10月24日 <STEP1> 令和5年2月22日 <STEP2> 令和5年3月7日 <STEP3> 令和5年6月20日 【分析指標(共通)】 ・調査箇所の平均速度、85%マイル速度
	【定点分析】 ビデオ調査 (AI画像解析) 【調査方法】 スピードガン調査:現地でスピードガンを用いて車両の瞬間速度を計測 AI画像解析:ビデオ映像からAIで走行車両および、映像内の指定する30m区間を走行した所要時間を判別し、車両の速度を算出
②急ブレーキ発生回数変化	【分析期間】 ETC2.0プローブデータを用いた速度分析と同様 【分析指標】 ・対策実施区間の急ブレーキ発生回数頻度 (回/千走行台キロ) 急ブレーキは-0.3G未満の加速度を対象
③道路利用者意見	【調査方法】 官公庁が配信するSNS・HP閲覧、チラシ広報よりWEBアンケート画面へ誘導 【回答者数】 159名(対策前後ともに検討区間を利用した方) 【収集意見】 対策の認知度・理解度・行動変化・自由意見
	【調査方法】 地元タクシー企業に対するの対面ヒアリング調査 【回答者数】 現地に精通するタクシードライバー2名 【収集意見】 対策の認知度・理解度・行動変化・自由意見

a) ①速度状況の変化

速度状況の変化については、ETC2.0プローブデータによる対策実施区間における速度分析に加え、定点速度評価としてスピードガンを用いた現地計測による速度調査や、ビデオ映像をもとに、AI画像解析を用いた速度調査を実施した (分析区間・位置:図5)。

b) ②急ブレーキ発生回数の変化

急ブレーキ発生回数については、ETC2.0プローブデータを用いて、速度分析と同区間上における急ブレーキ(-0.3G未満)の発生回数を集計し評価した。また、ETC2.0プローブデータの総サンプル数を全体車両台数と仮定した上で、集計した急ブレーキ発生回数を急ブレーキ挙動車両のサンプル数とし、集計区間長で除することで、千走行台キロあたりの評価として、ETC2.0プローブデータ急ブレーキ発生回数の変化を検証した。

c) ③道路利用者意見

道路利用者意見による効果検証として、検討区間を対策前後ともに利用したことがある道路利用者を対象としたアンケート調査や、検討区間を日常的に利用している地元タクシードライバーを対象としたヒアリング調査を、それぞれSTEP3後に実施することで、①速度状況の変化・②急ブレーキ発生回数の変化による定量的評価に加え、定性的評価による効果検証についても実施した。

アンケート・ヒアリング調査では、各対策工における

「対策の認知度（対策に気がついたかどうか）」、「対策の理解度（注意喚起の内容の理解のしやすさ）」、「対策による行動変化（対策に気がついた人が速度を落とす行動をとったか）」について確認するとともに、対策工に対する意見等も把握した。



図-5 速度状況・急ブレーキ発生回数分析区間・位置

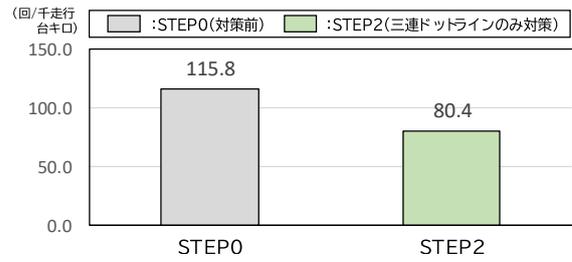


図-7 三連ドットラインによる急ブレーキ発生回数変化

4. 対策効果検証結果

(1) 三連ドットラインの対策効果

a) 速度状況の変化

三連ドットラインの対策効果として、STEP0とSTEP2における速度状況の比較結果を示す(図-6)。対策前後で、平均速度および85%マイル速度については、概ね横ばい傾向にあることが確認できる。ETC2.0プローブデータによる区間分析、スピードガン調査やビデオ調査による定点分析とともに微増・微減の違いはあるものの、同様の傾向(横ばい)を把握することができ、本対策における事故多発区間での速度抑制効果は発現していないことについて確認した。

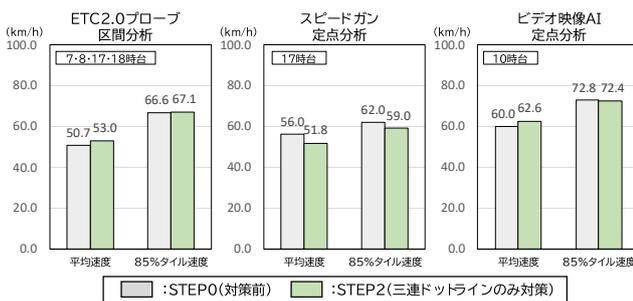


図-6 三連ドットラインによる速度変化

b) 急ブレーキ発生回数変化

三連ドットラインを設置したことによる急ブレーキ発生回数の変化結果を示す(図-7)。ETC2.0プローブデータによる千走行台キロ当たりの急ブレーキ発生回数は減少しており、追突事故リスク等の低減を確認した。

c) 道路利用者意見

三連ドットラインに対する道路利用者意見として、アンケートやヒアリングで得られた意見等を示す(図-8)。

アンケートの結果より、対策に気づいた方は全体の約81%と、多くの方が対策工について認知頂けたことを確認することができるとともに、認知度が高い理由として、「下り坂であるため、視線が下を向く傾向にあり、路面標示に気づきやすい。」といった意見についても把握することができた。また、対策工に気づいたと回答した方の内、約53%の方が、本対策工は速度抑制に関する対策工であることについて理解している他、約61%の方は、実際に減速したとの意見を確認することもでき、具体意見として、「三連ドットの各ドットライン間にタイヤを合わせることに注意が行くことで減速行動をとる。」といった意見を得ることができている。

以上、対策工の認知度・対策工の理解度・行動変容の発現状況の3点より、本対策工を設置することで、ドライバーに対して注意意識を与えることができていることについて把握することができる。

また、ヒアリング調査結果からも、三連ドットラインの対策効果として、「走行位置が明確になり、車線逸脱車等が減り交通の整流化が図られ、車間が広がり、安全性が向上した。」との意見を把握することができている。

加えて、ETC2.0プローブデータによる速度評価の結果、速度抑制効果が発現していないことについて、ヒアリング調査対象者に対して深掘り調査を行ったところ、「交通が整流化したことにより、車間距離が広がり、走行性の向上したことで、事故多発区間における速度は高まっている傾向にある。」との意見も把握することができている。そこで、ヒアリング調査により把握できた走行性の向上要因を裏付けすべく、ビデオデータを再確認した結果、対策前では、車線逸脱走行や急な車線変更を行う車両の存在により、後続車の急ブレーキを促し、車間が狭くなる状況を確認することができたが、対策後では車線逸脱車両等が減り、広い車間で円滑に交通が流れている状況を確認した。

以上、3つの効果検証(速度状況の変化・急ブレーキ発生回数の変化・道路利用者意見)の結果から、三連ドットラインの対策により、ドライバーに対して速度抑制を促すこと自体はできていたが、加速しやすい急な下り坂の道路環境下かつ、交通の整流化等による走行性向上

が起因したことで、総じて速度状況に変化が見られない結果に繋がった一方で、車両逸脱走行や急な車線変更車両が減少したことで、後続車等の急ブレーキ発生回数が減少するとともに、ドライバーへの注意意識も向上していることから、本対策工を設置したことにより事故多発区間上の安全性は向上したものと考える。

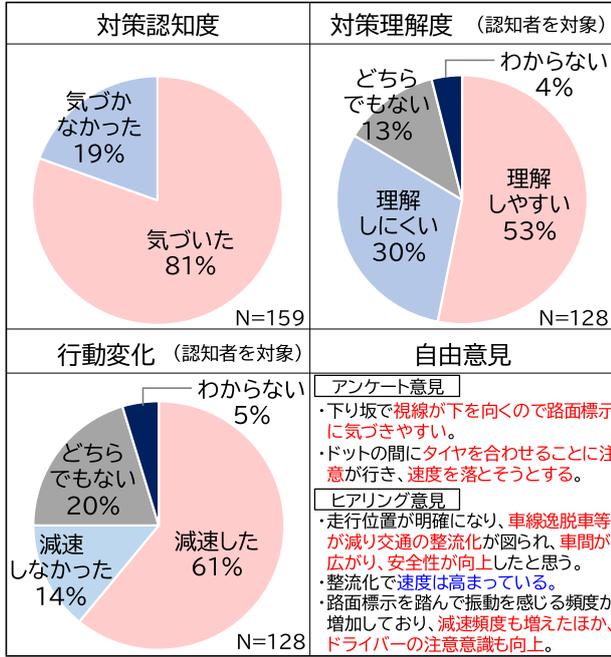


図-8 三連ドットラインに関する道路利用者意見

(2) ピクトグラム看板の対策効果

a) 速度状況の変化

ピクトグラム看板の対策効果として、STEP0とSTEP1における速度状況の比較結果を示す(図-9)。対策前後で、平均速度および85%マイル速度については、ETC2.0プローブデータによる区間分析、スピードガン調査やビデオ調査による定点分析ともに微増・微減の違いはあるものの、同様の傾向(横ばい)を把握することができ、本対策における事故多発区間での速度抑制効果は発現していないことについて確認した。

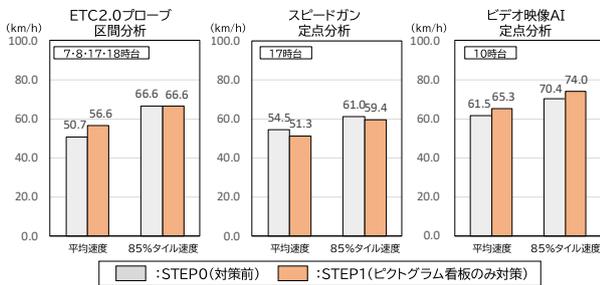


図-9 ピクトグラム看板による速度変化

b) 急ブレーキ発生回数変化

ピクトグラム看板を設置したことによる急ブレーキ発生回数の変化結果を示す(図-10)。ETC2.0プローブデータによる千走行台キロ当たりの急ブレーキ発生回数は減

少しており、追突事故リスク等の低減を確認した。

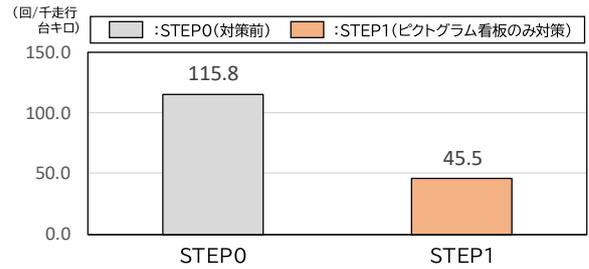


図-10 ピクトグラム看板による急ブレーキ発生回数変化

c) 道路利用者意見

ピクトグラム看板に対する道路利用者意見として、アンケートやヒアリングで得られた意見等を示す(図-11)。アンケートの結果より、本対策に気づいた方は、全体の半数程度に留まるとともに、認知度が低い理由として、「下り坂のカーブ区間では、視線が前方下向きになりやすい。一方で、看板設置位置は車道から逸れているかつ、高い位置に設置されている事から、ピクトグラム看板に気づきにくい。」との意見を得た。一方で、全体の約半数に該当する対策工認知者の内、約66%の方が、本対策工は速度抑制に関する対策工であることについて理解しているとともに、実際に減速された方も、対策工認知者の約半数であることが確認できることから、看板に気づいたドライバーに対しては、注意喚起を促すことが出来ていたことが把握できる。

以上、3つの効果検証の結果から、ピクトグラム看板は、ドライバーに対して注意喚起を促す上では、効果的な対策工であることを確認した。また、本対策工を設置したことで、一部のドライバーは、実際に注意して運転して頂けたことも影響し、安全性の向上(急ブレーキ発生回数の減少)に繋がったものとする。

一方で、対策工について認知頂けていないドライバーも多く残存していることを踏まえると、対策工を検討する際には、看板デザイン検討のみならず、看板設置位置等の検討(例:ドライバーの目線の先になるような位置に看板を設置)も必要であることを把握した。また、アンケート結果より、対策工に対する意見として、「看板の「SLOWDOWN」の英語標記の文字サイズが小さく、走行時の一瞬において、「亀」のピクトグラムだけで、減速を促す注意喚起対策であることを理解するのは難しい。」との意見も確認することができていることから、設置位置のみならず、文字サイズを大きくする・看板に記載する内容をより見えやすく・明確にする等の、看板規格等の検討も必要であり、対策工の認知度を向上させるための検討は、重要な対策検討内容の一つであることについて把握した。

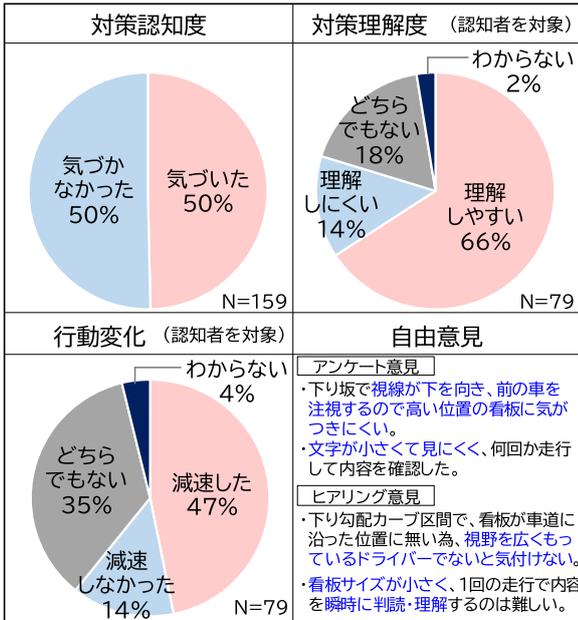


図-11 ピクトグラム看板に関する道路利用者意見

(3) 三連ドットライン+ピクトグラム看板の対策効果

a) 速度状況の変化

三連ドットライン・ピクトグラム看板の両方を設置した段階での対策効果として、STEP0とSTEP3における速度状況の比較結果を示す(図-12)。両対策工を設置した対策後の、平均速度および85%マイル速度については、概ね横ばい傾向にあることが確認できる。ETC2.0プローブデータによる区間分析、スピードガン調査やビデオ調査による定点分析とともに微増・微減の違いはあるものの、同様の傾向を把握することができ、本対策における事故多発区間での速度抑制効果は発現していないことについて確認した。

速度抑制効果が発揮されない理由としては、急ブレーキや車線変更車両の減少効果が影響していると考えられる。アンケートの結果から、過半数以上の方が対策を認知し、実際に減速していることが把握出来ていることを踏まえると、現地のドライバーの多くは、対策自体を認知してはいるが、急ブレーキや車線変更車両の減少により、当該箇所における交通が以前より流動的なものとなり、減速要因が少なくなったためと考える。

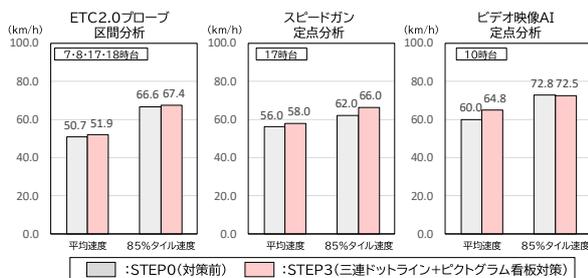


図-12 三連ドットライン+ピクトグラム看板対策による速度変化

b) 急ブレーキ発生回数変化

両対策工を設置した段階での対策効果として、急ブレーキ発生回数の変化結果を示す(図-13)。ETC2.0プローブデータによる千走行台キロ当たりの急ブレーキ発生回数は減少しており、各単独対策と同様に、追突事故リスク等の低減を確認した。

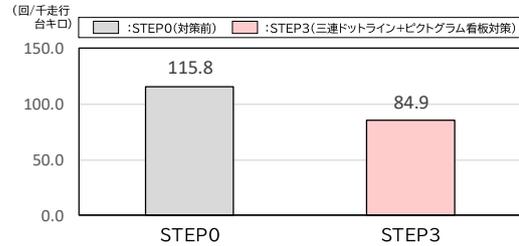


図-13 三連ドットライン+ピクトグラム看板対策による急ブレーキ発生回数変化

5. 結論

本稿では、国道1号京都市東山区～山科区間において検討・導入した先進的な対策事例とその効果に加え、段階的な対策工の設置・段階的な効果検証の取り組み手法について紹介した。

対策効果を把握するにあたり、本事例では、データ分析等による定量的評価のみならず、アンケート・ヒアリング調査による定性的評価も行うことで、データ分析のみでは把握しきれない対策効果(ドライバー目線による道路環境の変化等)や、対策効果が発現していない要因、対策工に対する改良点についても確認することができている。以上を踏まえ、対策効果を把握する際には、定量的評価を行うとともに、必要に応じて、定性的評価による効果検証も実施すべきであることについて把握した。

また、段階的な効果検証を実施したことで、本事例では、対策工ごとに対策効果や課題を明確に確認することもできたことから、本検証手法の有効性についても把握した。

今後、京都府内の事故危険箇所の更なる安全性向上に向け、各種対策検討を進めるにあたり、対策案の立案までの検討に留まらず、対策工の認知度を高める取り組みや、的確に対策効果を把握するための取り組み工夫の検討も重要であると考えられる。

謝辞：効果検証は八千代エンジニアリング(株)に受託いただき、本稿作成にもご協力いただいた。ここに感謝の意を表します。

主要渋滞箇所の見直しに関する 課題と対応について

田中 彩音¹・猿渡 真純²

¹近畿地方整備局 兵庫国道事務所 管理第二課 (〒651-0042兵庫県神戸市中央区波止場町3-11)

²近畿地方整備局 兵庫国道事務所 (〒651-0042兵庫県神戸市中央区波止場町3-11)

兵庫県の主要渋滞箇所は、2012年度の選定以降、2017年度に確定した特定解除フローに基づいて、対策完了箇所の渋滞改善・緩和を確認しながら、特定解除を継続的に進めており、202箇所のうち2023年1月までに33箇所を特定解除している。一方、主要渋滞箇所の選定から10年が経過し、新路線の開通や、各道路管理者による渋滞対策等により県内の道路交通環境は大きく変化し、道路利用者が「渋滞している」と認識している箇所と主要渋滞箇所に乖離が生じていることから、2023年度に特定解除フローの見直しを行うとともに近畿地方初の主要渋滞箇所の追加選定を行った。発表はこれまでの取組および今後の課題を報告するものである。

キーワード 渋滞対策, 交通円滑化, ETC2.0

1. 主要渋滞箇所の見直しの必要性

兵庫県内の渋滞解消推進のため、2009年度に兵庫地区渋滞対策協議会^{※1}発足後、2012年度に兵庫県内で202箇所の主要渋滞箇所を選定し、渋滞解消に向け対策を進めてきた。2024年1月末時点で選定から10年が経過し、33箇所が特定解除済み、51箇所が対策完了、63箇所が対策事業中、55箇所が対策未事業化となっている。選定から10年間で新路線の開通や、各道路管理者による渋滞対策が進んだことで、県内の道路交通環境は大きく変化した。その結果、県内の速度が低い交差点100箇所のうち56箇所が主要渋滞箇所を選定されてない交差点となっており、渋滞箇所の置き換わりが進んでいることが想定される。つまり、自治体が把握している渋滞箇所や道路利用者会議要望箇所等との乖離が生じてきている。そのため、「渋滞していない箇所は特定解除」、「新たな渋滞箇所の追加」を行う、主要渋滞箇所の見直しが必要となった。

2. 2012年度に選定した主要渋滞箇所202箇所の 特定解除

2012年度に選定した主要渋滞箇所は、2017年度に特

定解除フローを確定し、2024年1月までに33箇所を特定解除した。兵庫地区渋滞対策協議会における主要渋滞箇所の特定解除の要件は「①旅行速度20km/h以上」または「②信号待ち回数2回以下」の条件のうちいずれかを2年間連続で確認することとしている。

(1) 特定解除に関する課題への対応

特定解除の取り組みを進めていく中で、特定解除の条件である旅行速度、信号待ち回数ともに、評価を行う上での課題が明らかとなっており、それぞれ検証方法や対応方針を検討してきた。

a) 旅行速度での特定解除判定の課題

特定解除に用いる旅行速度の集計は、兵庫地区では交差点直近のDRMリンクを用いて集計することとしている。しかし、現地の渋滞状況は緩和・解消しているもののリンク長が短い箇所を中心に対策完了後も速度が上がらず特定解除条件を満たせない事例が複数存在していた。そこで、交差点直近リンクと500m以上の区間で速度集計した場合の比較を行ったところ、算出される速度が大きく異なり、特に100m未満の箇所では対策後の速度集計でも10km/hにも満たないような低速度で算出されるケースが多いことが明らかとなった。また、図2-1の通り、DRMリンク単位の旅行速度集計で旅行速度20km/h未満の箇所は、リンク長200m未満の短い箇所が8割を占めていることが明らかとなっている。「対策を実施しても速度向上

が難しい」箇所が多数存在することから、速度向上が見込めない箇所では信号待ち回数をを用いた評価で特定解除判定を行うこととしている。

b) 信号待ち回数による特定解除判定の課題

ETC2.0プローブデータによる旅行速度を用いた特定解除判定は机上の集計で判定でき、低コストかつ効率的に行うことができるが、信号待ち回数の調査を含む渋滞調査は昼間12時間や朝夕ピーク時6時間で10分毎に調査を行うことが一般的である。しかし、調査費用を要し、管理者負担が大きく、予算の都合で2年間連続の調査を行えないなど、解除のタイミングを逃してしまう可能性があることが課題であった。

そのため、旅行速度の低下時間帯や過年度調査結果やETC2.0プローブデータを活用することで渋滞発生時間帯を特定し、その時間帯に絞って調査を行う「信号待ち回数の簡易調査手法」を導入し、道路管理者の負担を軽減した。簡易調査の実施にあたっては、マニュアルや調査票を作成し、各管理者一律に調査時間帯を選定し、同じ調査方法で調査が行えるよう配慮している。

(2) 実感に即した解除を実現するための特定解除フローの見直し

2017年度に兵庫地区渋滞対策協議会で確定した「特定解除フロー」では、対策完了箇所については2年間の解除条件確認で特定解除できるものとしている。一方、対策未完了箇所では2年間の解除条件確認と合わせて「渋滞緩和要因の特定」を行うことが必要となっているが、明確に渋滞緩和要件を特定することは困難であり“積み残し”が生じていることが課題であった。

2023年3月27日に近畿地方整備局道路部道路計画第二課より発出された事務連絡「渋滞対策の加速に向けた取り組みについて」で、実感と乖離が生じている箇所の指定解除が明記されており、実感に即して解除できるよう解除基準を再検討する必要が生じた。そこで、2023年度の特定解除フローの見直しでは、解除条件の2年連続確認と合わせて、「自治体や道路利用者の声を確認し、顕著な渋滞が確認されていないこと」を条件とする特定解除フローに修正し、2023年度第1回渋滞対策協議会で承認された。

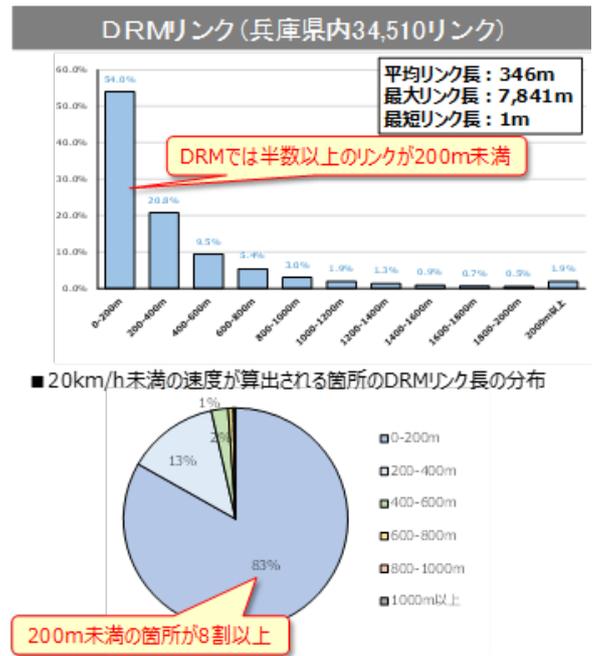


図-2-1 兵庫県内におけるDRMリンク長分布状況

3. 新たな主要渋滞箇所の追加

2012年度の主要渋滞箇所選定以降に2度改定が行われている兵庫県の「渋滞交差点解消プログラム」や、全国道路利用者会議要望で、主要渋滞箇所以外の箇所が「渋滞箇所」として挙げられている状況であった。その結果、上記2つに挙げられている渋滞箇所と渋滞対策協議会が選定している主要渋滞箇所の乖離が生じ、道路管理者から新たな主要渋滞箇所の選定に関する要望が上がっていた。そこで、主要渋滞箇所以外の渋滞に関する取り組みと主要渋滞箇所をリンクさせ、兵庫地区における渋滞解消に向けた取り組みを効果的に推進していくため、関係機関が一体となって渋滞対策を進めていくことが必要と考えられることから、2019年度から各道路管理者の担当者間で追加箇所の選定方針等について検討を開始した。2022年度渋滞対策協議会で「主要渋滞箇所追加に対する意向確認」を行った上で、追加箇所の抽出を進め、2023年度第1回渋滞対策協議会で近畿地整管内で初めて追加が承認された。

兵庫地区における主要渋滞箇所追加の考え方として、2012年度の主要渋滞箇所選定時の考え方を踏襲するものとした。選定方針の検討にあたっては「選定後のモニタリング」と「特定解除判定」を進めてきた中で課題となっている「2012年時の選定条件との整合性」、「解除基準を視野に入れた選定」、「モニタリングを考慮した継続性のある集計方法」、「デ

「一タ精度の確保」の4点に留意して検討を進めた。

(1) 2012年選定時の手法を用いた場合の課題

図3-1に2012年選定時の選定フローを示す。2012年の選定フローにおける課題は以下の通りである。

- ・2012年度選定時の渋滞損失時間は全国一律の算定であり、基準旅行速度等が不明で再現できない
- ・速度の評価基準が平日・休日、12時間・ピーク時等多岐にわたり煩雑である
- ・多くの交差点で信号待ち回数の調査が必要であり道路管理者の負担が大きい。
- ・パブリックコメントは特定地域から集中的に意見が偏る危険性がある。

(2) 交通ビッグデータによる追加箇所選定

a) 適用データの考え方

2012年の選定時は民間プローブデータを使用していたが、民間プローブデータは高額で、経年的なデータ取得する場合コスト面での課題が大きい。現在は「ETC2.0プローブデータ」が国土交通省内部で収集可能となっており、特定解除判定でも使用している。そのため、継続的なモニタリングを行う観点で経年的なデータ取得、コスト面等を考慮し、ETC2.0プローブデータを適用して箇所選定を行うこととした。

b) 速度集計に用いる区間設定手法の整理

区間設定の考え方に応じて、対象交差点の規模やデータ処理方法に大きな差異が生じ、2. (1-a)で述べた通り、特にリンク長が短い場合は速度が低くなるという課題が明らかとなっている。DRMリンクでは、200m未満の極端に短い区間が多いが、交通調査基本区間（センサス区間）では一定の区間延長を有する区間が多く、精度が高い速度集計が可能と考えられた。今回の箇所選定ではより高い精度で主要渋滞箇所を選定し、重点的に対策を検討・実施、モニタリングすることを考慮して「交通調査基本区間（センサス区間）」を基本単位とした。

(3) 評価手法の整理

ドライバーの実感・社会的損失などの渋滞状況について、様々な視点で評価する指標があるが、2012年の主要渋滞箇所選定基準にも含まれる渋滞損失時間平日・休日の12時間平均旅行速度を評価指標とし、渋滞損失時間の合計の「交差点渋滞損失時間」、方向別の旅行速度をサンプル数で加重平均した「交差点速度」により、評価を行うこととした。平日・休日の12時間平均旅行速度による選定について、道路管理者からはピーク時のみの渋滞箇所を網羅できている

のか確認するべきとの意見があった。指標別の重複状況を確認したところ、平日・休日共に、12時間平均旅行速度の遅い順30箇所と、ピーク時平均旅行速度の遅い順30箇所は8割程度重複しており、渋滞損失時間の大きい箇所上位30箇所は他指標の上位箇所との重複割合が小さい状況であったことから、ピーク時のみの混雑箇所も抽出されているものとして各道路管理者との合意を図った。

(4) 地域からの声の選定について

2012年度選定時のパブリックコメントに相当する箇所として、地域の声から追加箇所の選定を行った。ここでは、2012年度選定の主要渋滞箇所との乖離が生じていることが明らかとなっている「兵庫県渋滞交差点解消プログラム」と「全国道路利用者会議」で選定されている箇所から抽出することを基本として検討を進めた。しかしながら兵庫県以外の道路管理者からの声を収集することも必要であることから、「自治体が対策検討を公表している渋滞箇所」を意見照会して追加箇所に組み入れられる形とし、今後追加の検討を行う際の汎用性を高めている。

道路利用者会議要望では、路線全体や区間での要望箇所が多く、箇所の特定が困難な要望箇所も多いことから、追加箇所の選定あたっては「〇〇交差点」といった形で個別箇所への要望がある箇所を対象としている。これらの箇所については、主要渋滞箇所の特定解除条件を満たしていないことを確認した上で、追加候補箇所となるよう、3. (4)で後述する追加箇所の選定フローを設定している。

(5) 追加箇所の選定フロー

2012年時の主要渋滞箇所の選定の考え方を踏襲し、選定後の「モニタリング」・「特定解除判定」を確実にを行うことができる選定方法を設定した。交通ビッグデータ、地域の声ともに、「旅行速度20km/h未満」であることを確認し、上回っている箇所でも管理者が渋滞を感じている場合に信号待ち回数の調査を行い、「信号待ち回数3回以上」を確認した場合追加できるものとしている。なお、ここで行う速度評価は、特定解除で用いるDRMリンク単位の方向別旅行速度が一部の方向でも20km/hを下回っていることを確認しており、将来的な特定解除を行う際に「選定時の時点で解除条件を満たしていない」ことを確認し、2012年度に選定された主要渋滞箇所と同じ条件で特定解除の評価を行うことが出来るようにした。図3-2に示す追加箇所の選定フローを作成し、2023年度第1回渋滞対策協議会で承認された。

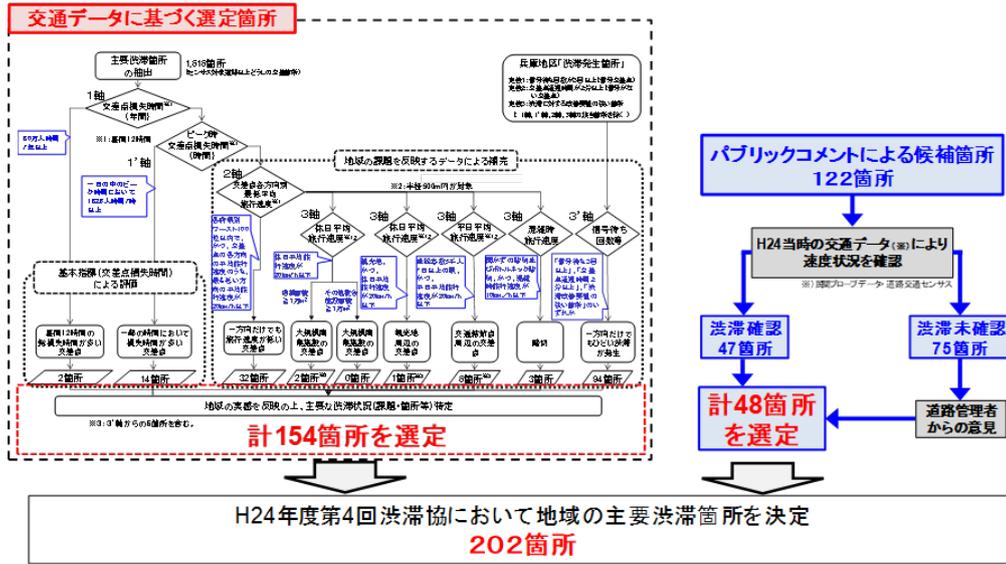


図-3-1 2012年度選定時の選定フロー

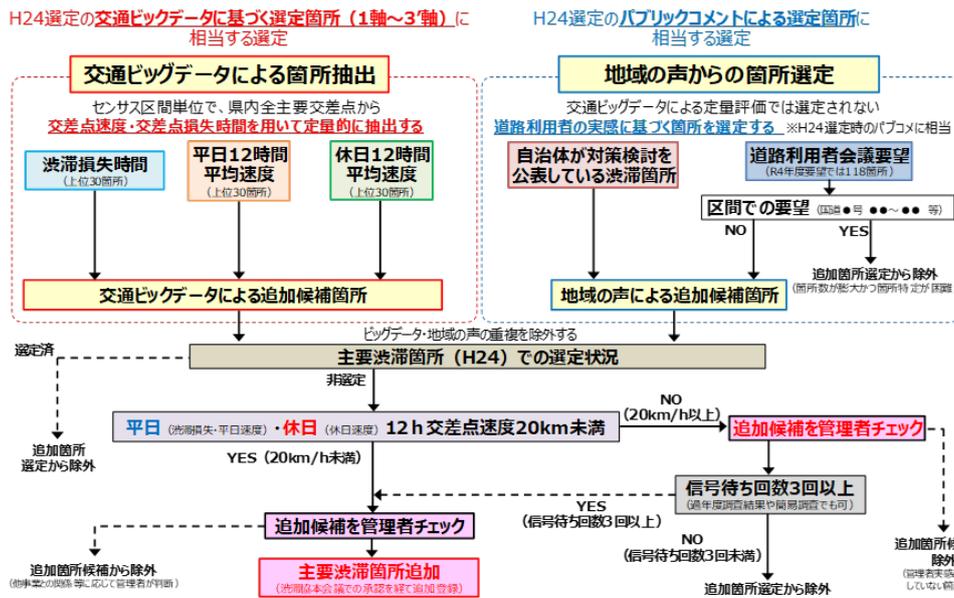


図-3-2 兵庫地区における主要渋滞箇所追加の選定フロー

(6) 追加箇所の選定フローを用いた箇所の選定

交通ビッグデータにより63箇所、地域の声で83箇所が選定され、主要渋滞箇所を選定されている箇所を除外した場合53箇所が追加候補箇所となった。

53箇所の追加候補箇所に対して、「旅行速度20km/h未満」または「信号待ち回数3回以上」であることを確認した箇所に絞り込み、最終的に27箇所が追加箇所として2023年度第2回渋滞対策協議会で承認された。

4. 今後の課題・まとめ

2012年度に202箇所選定された主要渋滞箇所は2023年度1月までに33箇所が特定解除され、169箇所が残る状況であったが、今回主要渋滞箇所を30箇所追加したことにより196箇所の主要渋滞箇所として取り組みを進めていくこととなる。そのため、対策実施、モニタリングを加速し、より一層特定解除を進めていく

必要がある。

(1) 特定解除の加速の必要性

各道路管理者で渋滞対策を進めているが、対策後に適切にモニタリングし、渋滞が緩和・解消している場合は、兵庫地区の特定解除フローに基づいて2年連続の特定解除条件を確認して特定解除を図っていくことが必要である。

各道路管理者でもモニタリングの必要性を認識していただくことが重要であるが、渋滞対策協議会の事務局としても「いつ、どこの対策が終わり、その後いつ調査（モニタリング）する必要があるのか」を把握しておくことが必要と考えられる。

兵庫地区においては2023年度より「特定解除計画」として、各道路管理者から収集した対策完了時期を整理し、各主要渋滞箇所の特定解除に向けたスケジュールを管理している。

また、対策を実施したものの解除条件を満たさなかった箇所について、次の対策を検討することも必要であり、渋滞協の中でPDCAサイクルの運用をモニタリングしていくことが重要である。各道路管理者間で情報共有、地域検討WG等も活用した連携で、一層の取り組みを進めていくことが必要と考えられる。

(2) 2023年度に追加した主要渋滞箇所の特定解除について

今回追加した箇所は「センサス区間単位の数値集計」に基づいた交差点渋滞損失時間や交差点速度で評価して選定を行っているが、特定解除条件である交差点直近のDRMリンク単位で20km/hを下回っていることを最終確認しており、今後特定解除を行う際も、これまでの主要渋滞箇所と同様に、DRMリンク単位の旅行速度評価を行っていく予定である。

(3) 今後の主要渋滞箇所の追加について

兵庫地区においては、2012年以降に個別箇所での対策以外に、新名神高速道路の開通や、都市圏の高速道路の料金改定など、道路ネットワークや「道路の使われ方」の変化もあったことでボトルネック箇所の変化があった可能性が想定される。

全国的な動きとして、主要渋滞箇所数を減らしていくことが求められている中で、毎年の追加を行うことは現状想定していないが、今後、新路線の開通等により交通状況に大きな変化が生じた場合には各道路管理者間で協議して追加箇所の選定を行う可能性は考えられる。

今回作成した選定フローでは、交通ビッグデータの集計は、経年的に使用できるデータ、集計リンクの設定を行っているとともに、地域の声についても自治体が対策検討を公表していれば追加できるようにしているため、大きく変更する必要はないものと考えている。

謝辞： 主要渋滞箇所の見直しにあたり、ご協力いただいた兵庫地区渋滞対策協議会構成員の皆様、「兵庫国道事務所渋滞要因調査分析業務」の受注者である(株)長大様に深く感謝の意を表し、本報告の結びとさせていただきます。

巻末： 本稿は、筆者が前所属（兵庫国道事務所 計画課）に在籍していた際の取り組みをまとめたものである。

付録

※1 兵庫地区渋滞対策協議会の構成員を表1に示す

表-1 兵庫地区渋滞対策協議会 構成員

所属機関名	役職	備考
兵庫県道路利用者会議	会長	
兵庫県商工会議所連合会	事務局長	
(公社)ひょうご観光本部	次長	
国土交通省 近畿地方整備局 道路部 道路計画第二課	課長	
国土交通省 近畿地方整備局 兵庫国道事務所	所長	会長
国道事務所 近畿地方整備局 姫路河川国道事務所	所長	
国道事務所 近畿地方整備局 豊岡河川国道事務所	所長	
国土交通省 神戸運輸管理部 兵庫陸運部	部長	
兵庫県警察本部 交通部 交通規制課	課長	
兵庫県 土木部 道路企画課	課長	副会長
兵庫県 土木部 道路街路課	課長	
兵庫県 土木部 道路保全課	課長	
神戸市 建設局 道路計画課	課長	
西日本高速道路株式会社 関西支社保全サービス事業部 交通計画課	課長	
阪神高速株式会社 計画部 調査課	課長	

山陽道トンネル火災事故に対する交通マネジメントの取り組みについて

高松 晋平¹・香山 卓也²

1. ²近畿地方整備局 調査課 (〒670-8504兵庫県姫路市北条1-250)

近畿地方整備局姫路河川国道事務所が管理する国道2号では、2023年9月5日に発生した山陽自動車道(以下、山陽道)の尼子山トンネル内の火災事故に伴う赤穂IC～播磨JCT間の通行止めにより、通行止め前に比べ約2倍の交通が流入し、交通集中による速度低下が発生した。

そこで、道路利用者団体、有識者、行政、高速道路会社などから構成される検討会を設置し、同年12月15日の下り線(岡山方面)の通行止め解除までの期間、包括的な交通マネジメントを実施した。本文では、姫路河川国道事務所の取組内容及び成果や得られた課題等について記す。

キーワード 交通マネジメント、広域迂回、国道2号

1. はじめに

2023年9月5日に発生した山陽道の尼子山トンネル(下り線)内の火災事故に伴う赤穂IC～播磨JCT間の通行止めにより、国道2号では、通行止め前に比べ約2倍の交通が流入し、交通集中による速度低下が発生した。

2. 事故の概要

2023年9月5日1時8分頃、山陽道尼子山トンネル(下り線)内において、火災事故が発生し、翌日17時30分まで消火活動が続き、鎮火までに約40時間を要した。人的被害は、8名(中等症1名、軽傷7名)、物的被害は、車両32台(焼損車両23台、事故車両9台)にのぼり、大規模な事故となった。これにより、山陽道赤穂IC～播磨JCTでは上下線とも通行止めとなり、一般道の迂回路となる国道2号へ交通量が流入し、交通渋滞が発生した。

上り線は、9月11日に通行止めを解除し、下り線は、NEXCO西日本による復旧作業により、12月15日に通行規制が解除となった。



図1 事故発生箇所及び交通規制区間

2. 交通マネジメント検討会の経緯

事故発生時における周辺の交通状況は、山陽道赤穂IC～播磨JCTでは上下線とも通行止めとなり、交通集中が発生することから、NEXCO西日本において、早期の通行確保及び復旧に向けた対応を進めるとともに、中国自動車道へ広域迂回を促した。

一方、並行する国道2号においては、通行止め前に比べ、約2倍の交通が流入しており、交通集中による速度低下が発生していることから、更なる広域迂回の強化や一般道の混雑緩和を図るため、有識者、行政、高速道路会社などから構成される「山陽道トンネル内火災事故に対する交通マネジメント検討会」を設置し、包括的な交通マネジメントを実施した。

以下、各検討会における検討内容を紹介する。

(1) 第1回検討会(2023年9月8日(金))

会議の設立、火災事故の概要、迂回案内、通行止めの交通状況及び今後の対応について、検討を実施し、以下の項目が決定した。

- 中国道への広域迂回の強化
- 並行する一般道の渋滞情報の収集、提供の強化
- ボトルネック箇所のマネジメントの強化
- 国道250号等の迂回路の見直し
- 山陽道の復旧が長期化する場合への対応検討
- 公共交通への影響や事故の発生状況の把握及び対策の検討

(2) 第2回検討会 (2023年9月13日 (水))

山陽道(上り線)の通行止め解除、交通状況、各機関での取り組み状況の報告、今後の対応について、検討を実施した。

山陽道(上り線)が通行止め解除となったものの、国道2号下り線(岡山方面)では約2倍の交通量が流入し、渋滞が発生している状況であった。

検討会においては、山陽道の休日交通量は平日に比べて多い傾向にあり、特に3連休は連休初日に交通量が大きく増える傾向であるため、国道2号への更なる影響も予想されることから、連休前に中国道への迂回や移動日・移動時間変更の協力呼びかけを強化することを確認した。

(3) 第3回検討会 (2023年10月23日(月))

NEXCO西日本から山陽道(下り線)の復旧見通しが12月下旬と示されたことを踏まえ、交通状況、各機関での取り組み状況、大雪への対応の報告、今後の対応について、以下項目の検討を実施した。

検討会においては、国道2号の県境部は峠道の2車線道路であるため、大雪時には車両のスタックによる滞留等の交通障害が発生する恐れがあり、加えて、今回の火災事故に伴う車両の流入増加や、中国道が通行止めとなった場合に、膨大な車両が国道2号に流入することが見込まれ、大規模な交通障害が発生することも懸念されるため大雪への対応強化のため以下の取組を行うことを確認した。

- a) 鯉峠区間に新たに除雪者、大型トラック牽引用重機などを前線配備
- b) スタック対策のタイヤチェーンを除雪車等に携行
- c) 融雪剤を登坂部路肩に集中配置
- d) CCTVにAI機能を実装し、スタック車両の早期発見



図2 鯉峠前後区間におけるスタック対策

(4) 第4回検討会 (2023年12月11日(月))

山陽道(下り線)の通行止め解除見込みが、NEXCO西日本より発表されたことを受け、これまでの対策について、以下の課題や意見が出された。

- a) 中国道への広域迂回に関し、インセンティブ措置の効果検証、物流事業者への全国的な呼びかけ、広報の対象範囲やより効果的な手法・取組が長期化する場合の検討が必要。
- b) 市民生活への影響を最小とするよう道路管理者が連携し、沿線自治体の意見も踏まえた上で迂回路を設定する必要。
- c) 混雑区間に交通量計測機器が無い場合、CCTV映像等による交通量把握の効率化や情報提供の迅速化が必要。
- d) 公共交通や救急搬送、交通安全への影響について、関係機関の平時からの連携による情報収集体制を確立すること、また、最終的に地域へ与えた影響を丁寧にヒアリングして把握することが必要。
- e) 同様の事象発生に備え、知識の蓄積や取組内容の発信が必要。

4. 取り組み内容及び成果

山陽道(下り線)の通行止め解除までに実施した姫路河川国道事務所の取組内容及び成果及び国道2号の事故発生状況について紹介する。

(1) SNSを用いた情報発信

国道2号は、山陽道通行止めの迂回路として、交通量が約2倍になり、交通渋滞が発生している状況であった。そこで、利用者へ混雑状況を伝える目的として、姫路河川国道事務所の公式X(旧Twitter)では、国道2号の交通集中による速度低下のリアルタイムな状況を伝え、通行に際しての注意喚起を行うなどの情報発信を行った。

(2) 道路情報板及び路側看板等を用いた情報発信

道路利用者に対し、山陽道の交通規制情報等を情報発信した。

また、関係機関との協議・連携により、道路情報板や路側看板により、交通事故抑制に関する注意喚起や、中国道への広域迂回を促すため、国道2号バイパスに架かる歩道橋や跨道橋等に横断幕を設置し、利用者に対し視覚的に情報発信を行った。

●道路情報板の表示内容



図3 ボトルネック箇所のマネジメント強化



図4 国道2号における横断幕の設置状況

(3) 国道2号の交通規制時における代替迂回路設定と道路管理者間の連携

迂回路である国道2号で災害や事故等が発生した場合に備え、速やかに迂回誘導できるよう、道路管理者、交通管理者間で連絡体制を構築した。

山陽道トンネル火災事故後から、国道2号の交通事故による通行規制が、5件発生しており、例年と比べ、わずかに増加した。

11月26日(日)に発生した事故では、上下線を通行止めする事故ではあったが、道路管理者との連絡体制を構築したことにより、速やかな迂回誘導ができ、二次被害が発生しなかった。

(4) 信号現示の適正化の実施

国道2号では、事故発生時より山陽道からの交通が流入し、渋滞が発生している状況であった。そこで、渋滞の緩和を目的として、渋滞の先頭となっている交差点において、現地調査により交差点の交通量等を把握し、関係機関と調整を行ったうえで、信号現示の適正化を実施した。

その結果、国道2号の下り線(岡山方面)の所要時間が最大約3分改善し、信号現示を適正化した交差点においては、平日日中の速度が向上した。



図5 信号現示適正化箇所

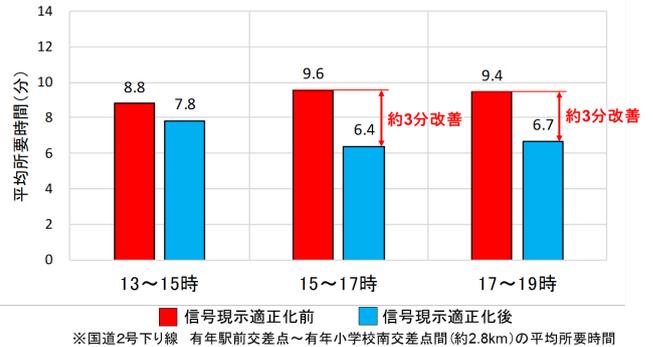


図6 信号現示適正化後の所要時間変化

5. 今後の課題と検討事項

今後の検討事項について、本検討会で取りまとめたものを紹介する。

(1) 迂回路設定の手順

通行止め初期において、赤穂市街を通過する国道250号を迂回路として案内した結果、迂回交通の流入が通勤など市民生活に影響を及ぼした。

今後は、初動段階から道路管理者が連携し、沿線自治体の意見も踏まえた迂回路を設定する必要がある。

(2) リアルタイムの交通状況の把握と提供

国道2号の交通量把握において、混雑区間である赤穂市域に交通量計測機器が設置されておらず、岡山県側のデータでの把握となった。今後は、赤穂市域のCCTV映像等を活用した効率的な交通量把握が必要である。

また、通行止め区間周辺の交通状況の提供が事故発生後の6日後から開始と遅れた。通行止め初期においては、速やかな情報発信が円滑な迂回誘導に繋がることから、情報提供の迅速化に向けた検討が必要である。

さらに、交通状況分析の結果、国道2号以外にも並行する国道5号(姫路上郡線)等に大型車両の重交通が流入していたことが判明した。今後は、面的な交通状況に関係機関で共有する必要がある。

(3) 公共交通や救命搬送、交通安全への影響

山陽道(下り線)の通行止め時に、国道2号への交通集中により、公共交通や救急搬送の定時性への影響について、沿線の消防部局や市役所にヒアリングを実施し、支障が出てないとの回答を得たが、公共交通機関や消防部局と平時から連携し、速やかな情報収集体制の確立が

必要である。また、最終的に地域に与えた影響について丁寧にヒアリングし、把握する必要がある。

(4)火災事故による通行止め時の交通マネジメントの知識の蓄積と発信

今回の検討会については、火災事故による通行止めや長期間の対応など、初めて取り組むものであった。今後、同様の事象が発生した場合に備え、知識の蓄積や取組内容の発信が必要である。

6. まとめ

本文では、山陽道のトンネル火災事故に対する姫路河川国道事務所の取組内容及び成果や得られた課題等について紹介した。

今回の取り組みで、交通渋滞の先頭となっている交差点信号現示の適正化を実施することで、交通渋滞の緩和を図ることができた。

一方で、通行止め初期の迂回路の設定で、沿線の市民生活への影響が生じたことから、道路管理者が連携し、沿線自治体の意見も踏まえた迂回路を設定する必要がある。

今回の検討会のような取り組みやその効果・課題を分析し、全国で情報を共有することで、様々な災害や大規模事故等に迅速に対応するための一つの事例として、今後のより適切な交通マネジメントにつながるであろう。

流域治水関連法改正後、 全国初の土地利用規制に着手

佐藤 昭史¹

¹近畿地方整備局 河川部 河川計画課 (〒540-8586大阪府大阪府中央区大手前3-1-41)

令和3年12月に大和川は改正特定都市河川浸水被害対策法（通称「流域治水関連法」）施行後、全国初の特定都市河川の指定を受け、令和4年5月に流域水害対策計画を策定した。計画策定から2年、大和川の流域治水として、河道掘削や遊水地整備など、従来の流す対策、貯める対策だけでなく、法改正に伴い新たに設けられた被害対象を減らす対策「土地利用規制」について、関係機関及び地元調整を進めてきた。土地利用規制の中でも、住宅の浸水被害を減らしつつ、新たな開発による被害対象を生まないための、貯留機能保全区域を優先して着手し、令和6年7月に全国初の指定となった。全国で推進される流域治水の中でも新たな取り組みとなる土地利用規制について、進め方、規制内容、地元調整経過などの取り組みについて、取りまとめた。

キーワード 流域治水、特定都市河川、土地利用規制、貯留機能保全区域、全国初指定

1. 法改正後全国初の特定都市河川指定

令和3年11月の流域治水関連法制定に伴い、同年12月に大和川が法改正初の特定都市河川指定を受けた。



図-1 大和川流域図

大和川は、奈良盆地を流れる156の支川から集まった水が西に流れ、県境にある唯一の出口の亀の瀬狭窄部を通り、大阪府を流れる河川である。（図-1）昭和57年に発生した洪水では、大阪府域と奈良県域の双方で甚大な浸水被害が発生した。特に奈良県域では、亀の瀬狭窄部からの背水により大和川の水位が上がり、流入する葛下川の洪水が堤防から越水し、JR王寺駅や町役場を含む王寺町市街地がすべて浸水するとともに、斑鳩町や安堵

町、川西町などの中流域でも大和川の内水被害が発生した。その後の洪水対策として、川幅を広げるなど、下流から順に整備を進めてきたが、奈良県の最下流端となる亀の瀬狭窄部では地滑り対策事業を行っており、狭窄部の開削ができないという課題がある。そこで、奈良県域では治水対策として一般的な洪水を下流に流す対策ではなく、中流域で貯留する”総合治水”を進めることとなった。（図-2）



図-2 大和川総合治水対策

大和川流域では、昭和60年に流域整備計画を作成し、これまで40年にわたり、奈良県だけでなく、流域の自治体が連携して奈良盆地での貯留施設整備を推進してきた。頻発して発生する浸水被害を少しでも軽減するため、奈良県では、総合治水の取り組みを平成30年度から条例化し、開発に伴う防災調整池の整備などを義務化する、

「貯める」取り組みを積極的に進めてきた。これらの対策が地域に浸透していることから、特定都市河川の指定手続きにおいても、従来の総合治水対策の延長という観点で対策を検討することが可能となった。特定都市河川の指定の際にも、各自治体からの反発もなく、指定から半年後となる令和4年5月には、奈良県と25市町での流域水害対策計画を作成し、総合治水から流域治水に転換し、行政だけでなく、民間企業、住民の方々も含めてBY ALLで流域治水を推進している。

2. 流域治水の新たな取り組み

「被害対象を減少させる対策」

流域治水という言葉は、治水対策としてもあらゆる関係者と協働した治水対策を意味するものとして用いられる。大和川では、「氾濫をできるだけ防ぐ・減らす対策」として、従来の河川改修や遊水地整備、自治体の雨水貯留浸透施設の整備を進めるとともに、「被害の軽減、早期復旧・復興のための対策」として、新たに水害リスクマップの作成を通じたリスクの可視化と周知、避難訓練やマイタイムラインの作成支援などソフト対策を推進してきた。

流域治水がこれまでの河川整備と大きく異なる点は、河川管理者や行政が進める取り組みだけでなく、流域の基礎自治体における土地利用規制の対策を進め、「被害対象を減少させる」という点である。大和川においても、関係する自治体と協働して、この土地利用規制を新たな取り組みとして推進している。

土地利用規制に係る対策には、水害リスクを抱えるエリアにおいて、宅地のかさ上げや建築物の構造の工夫など、浸水深以上の居住高を設け、水害リスクを減らす住まい方を進める浸水被害防止区域の指定及び田んぼや畑など貯留機能のある地域の開発を防ぎ、従前からの一時的な貯留機能を確保する貯留機能保全区域の指定がある。

特定都市河川浸水被害対策法施行に関するガイドラインに、これらの区域の指定方法や流れなどの記載はあるが、具体的に個人の土地を指定することを想定した場合、どこまでの規制となるのか、罰則規定はどこまで設定するか、盛土などの阻害物整備における届出基準、勧告・指導などどこまで対応するのか等の詳細は指定権者である奈良県が整理する必要があり、全国でもまだ事例が無いため、奈良県単独では、検討が進まない状況にあった。

これに加え、「土地利用規制」という言葉は現状の利用形態や土地の形状などに規制をかけることと想定されるが、貯留機能保全区域では、営農の継続を前提に現在の貯留できる形状をそのまま存置し、その土地の貯留機能を継続するものである。実態として、農地であれば、そのまま農地利用を行う場合に新たな規制がかかるものではなく、転売や別途利用を制限されるだけである。とはいえ、住民感情的には、「規制」という言葉の重みがあることから、大和川河川事務所として、具体的な場所

における地域の認識や要望、課題を把握した上で、奈良県と規制方法や詳細の課題対応などの調整を進めてきた。

3. 土地利用規制の関係者調整

大和川流域では、令和5年6月2日の前線及び台風2号の降雨により、亀の瀬の狭窄部上流では一部で計画高水位を超過し、奈良盆地の大和川中流部においては、一部で床上浸水となる内水被害が発生した。一方で、これまで進めてきた奈良県及び流域の自治体の貯留施設整備が機能し、大和郡山市や田原本町では貯留施設が満杯まで貯留することで、住宅の浸水被害を回避した地域も確認された。

また、川西町では住宅周辺の田畑がすべて池に見えるほど貯留することで、住宅の浸水被害を回避することができた。(図-3)

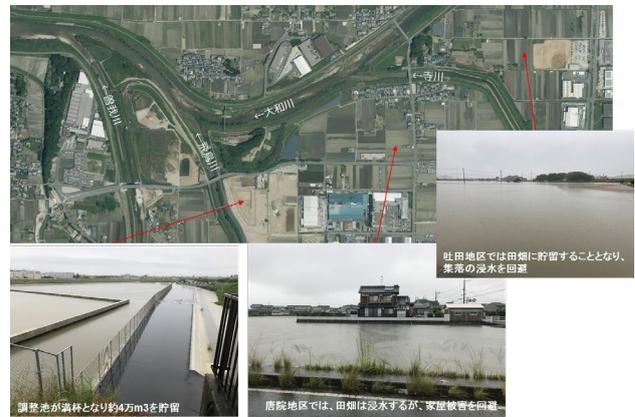


図-3 令和5年6月洪水の浸水状況

この洪水によって、「田んぼを貯留機能保全区域として指定することが、住宅浸水を回避できる」ということが、地元での話題となり、区域指定の理解が大きく進んだため、流域水害対策計画に記載の先行自治体である川西町での調整を進めることとした。

令和5年9月に川西町南吐田地区45名の自治会員に対し、大和川河川事務所と川西町で大和川の流域治水の取り組みや区域指定の概要の説明会を開催した。地元住民からの意見として、「この地域だけを指定するのか」「もっと河川整備を進めるべき」という意見は出たが、3ヶ月前の出水による田んぼでの貯留効果を住民も目の当たりにしたことで、「区域指定については、個人の意見が様々有ると思うが自治会として、今の貯留機能をしっかり地域として残すことが地域の安全に寄与する」「今回の洪水を見ても区域指定に賛成する。自分たちで守る。」との意見をいただき、説明会終了時には参加者45名全員から「総論賛成」の意見をいただいた。

この説明会の結果から、地元の前向きな状況を踏まえ、奈良県においても区域指定を具体的に進めることとなったが、やはり課題となる届け出基準の明確化や指定範囲の考え方など、ガイドラインに掲載がない部分を指定権者の奈良県が決めることが課題となった。

流域治水における土地利用規制は、これから全国展開していくものであることから、大和川や奈良県単独での検討ではなく、国土交通本省とも調整を行い、奈良県とともに、課題の共有や対応方法、また地元がのぞむインセンティブなどの情報を共有した。そこで、区域指定の考え方として、「貯留機能保全区域は、その地域をみんなで守るための宣言であり、地域として新たな開発をさせないことを決める区域というもの」「浸水被害防止区域は、河川からの浸水リスクに比例して一律に定めるものではなく、まちづくりの方針を十分に踏まえて考えていくもの」とまとめ、それぞれの区域指定内容を整理した。これらを奈良県とともに共有し、再整理した上で、奈良県における区域指定の考え方を整理した。

4. 奈良県における区域指定の考え方

奈良県では、区域指定の考え方として、ガイドラインからさらに詳細を整理し、貯留機能保全区域と浸水被害防止区域について、下記の(1)、(2)の内容で知事と流域の首長や整備局長も出席する流域水害対策協議会にて公表を行った。特に貯留機能保全区域については、「地元同意を踏まえるとともに新たに被害対象となる開発を防ぐことから早々に指定に着手する」こと、浸水被害防止区域については、「河川改修の進捗やまちづくりを踏まえた規制となるため、引き続き、特定建築行為の許可基準や審査基準などを整理しつつ、沿川自治体の防災まちづくりの検討、合意形成を踏まえ、指定する」流れを提示した。

(1) 貯留機能保全区域

河川沿いの低地や窪地等、河川の氾濫に伴い進入した水や雨水を一時的に貯留する機能を面的に有し、浸水の拡大を抑制する効用が発揮されている一団の土地とし、元来有している貯留機能を将来にわたって可能な限り保全することを目的とし、都市浸水想定区域のうち、農用地を候補地として選定する。

選定にあたっては、まちづくりの方向性や地元情勢を踏まえ、地権者同意が得られる地域から順次指定を進め、拡大していくこととする。

指定後に必要となる手続きとして、貯留機能阻害行為を行おうとするものは届け出が必要となるが、届け出が不要な行為として、「貯留機能保全区域内の土地の維持管理（営農継続）ために行う行為」や「一時的な利用の供する目的で行う行為」、「非常災害の応急措置として行う行為」を位置づけることを同意書に明記することとした。つまり、農機具が進入する坂路盛土や農地利用における塀の設置など、営農行為を継続する上で必要な行為は届け出不要とすることとした。この結果、貯留機能保全区域として指定しても、従前通りの農業利用する上では新たな規制は無く、指定する一団の区域として、新たな被害対象が生まれる可能性のある開発により住居への浸水増とならないように、地域で保全していくこと

を具体化した指定の考え方を整理した。(図-4)

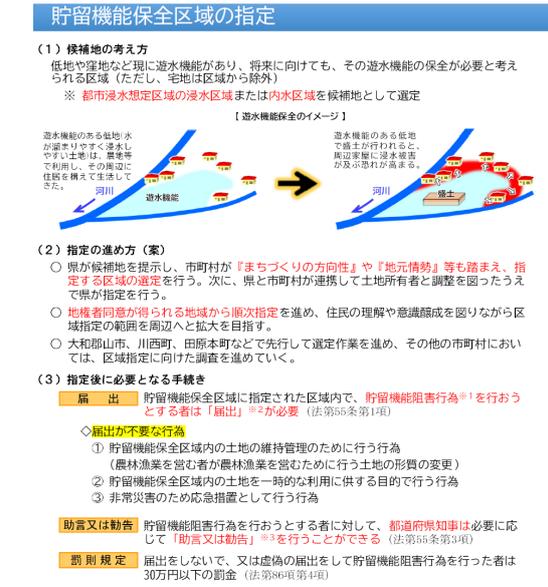


図-4 奈良県の貯留機能保全区域の考え方

(2) 浸水被害防止区域

流域一体的な対策を講じてもおお浸水被害が頻発する危険な地域等において、要配慮者の生命・身体を保護することが極めて困難であり、生命・身体を保護のための必要最低限の開発規制、建築規制を措置することを目的とし、都市浸水想定において浸水深50cm以上となる水害リスクがある区域を対象に市町村の防災まちづくりとして、都市的土地利用をせず「規制」により住民等の生命を保護しようとする地域を選定する。

ただし、水害は比較的避難時間を確保できるという特性から、当該土地からの避難の確実性や容易性等によっては、必ずしも浸水被害防止区域に指定せずに人命を守ることが可能である。このため、一律に指定の基準を設けるのではなく、地域の状況を十分に勘案し、防災まちづくりの方向性を尊重することとした。ここで、区域指定以外の手法として、防災指針を含む立地適正化計画の作成や別のハード対策の実施、安全な避難体制の確保などの対策を踏まえ、まちづくりの方向性や地域の防災力などを踏まえたうえで指定することとした。(図-5)

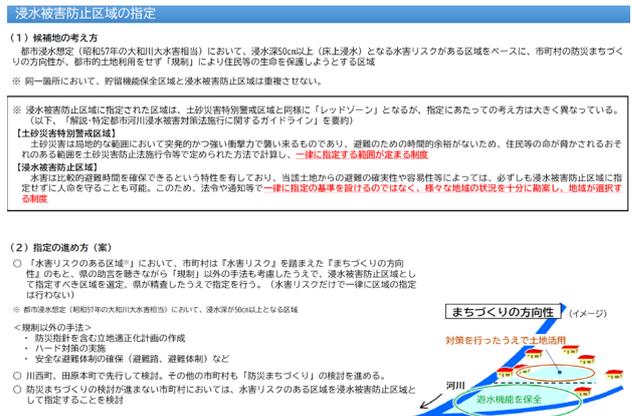


図-5 奈良県の浸水被害防止区域の考え方

5. 全国初の貯留機能保全区域の指定

奈良県の指定基準の公表を踏まえ、9月に地元調整を進めた川西町に加え、大和川流域水害対策計画に記載の先行自治体である田原本町も貯留機能保全区域の指定に向けた調整を開始した。令和6年6月には2町共に同意書が取得できたことから、奈良県に指定手続きの申請を行い、7月30日に奈良県が2地区の指定を告示するとともに、同日知事会見で指定を行ったことが発表された。

(1) 田原本町西代地区

田原本町北部の西代地区(図-6)では、令和6年3月31日に地元説明会を開催し、指定範囲や地元からの要望対応を田原本町が整理し、5月から地権者の同意取得を進め、6月20日に指定範囲全員の同意書を取得することができ、奈良県に申請することとなった。説明会の際に地元からは、「規制は西代地区の田畑を沈める場所に聞こえる。農作物は被害にあっておくと。その前に軽減する施策は無いのか。」という厳しい指摘もあったが、何よりも地域の方の生命と財産を守ること、また転売などで新たな被害対象を生まないことを説明することで、「指定を受けたら何か追加でやらないといけないこともないし、わざわざここに貯めるための壁ができるものでもない。今と変わらないならよい。」という声もあり、説明会でも前向きな議論を進めることができた。

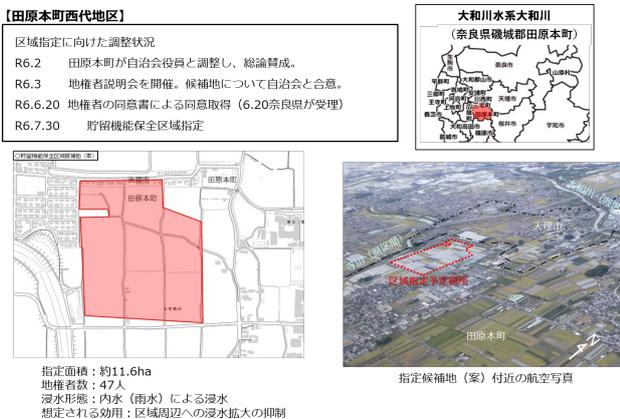


図-6 田原本町西代地区の指定範囲

(2) 川西町南吐田地区

大和川沿川の南吐田地区(図-7)では令和6年3月24日に地元説明会を開催し、9月の説明会以降、「指定することには協力する。」や「近接する遊水地にも早く着手し、早くこの地域を助けていただきたい。」など、治水対策に対する非常に前向きな意見をいただき、4月から同意書取得にむけて調整に入ったものの、指定予定の範囲内の一角に農地から転売された太陽光発電施設となった箇所や、宅地登録、雑種地登録となった場所が確認され、区域の範囲、指定可否について再整理が必要となった。奈良県との協議の結果、宅地は盛土を前提とした土地となるため、貯留機能保全区域としない。雑種地や

太陽光発電地は従前の農地利用時と変わらない低い窪地であれば指定することとした。この整理により、同意書の取得が若干遅れたものの、6月6日に同意書を取得することができた。

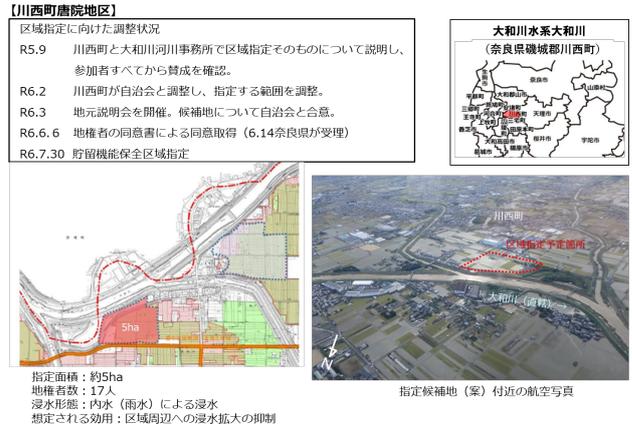


図-7 川西町南吐田地区の指定範囲

6. 今後の展開

今回、全国初となる流域治水の土地利用規制である貯留機能保全区域の手続きを行った2地区においては、1年前に田んぼだけが浸水する洪水が発生し、住民も対策効果を実感したことから、面的な対策への理解が浸透していたが、それでも最初の地元説明から指定手続き開始までには数ヶ月の期間を要した。今後、気候変動や近年の豪雨の激甚化、頻発化を踏まえると、過去に被害があった土地以外にも土地利用規制を広げ、少しでも低い場所での住宅開発等を防ぎ、被害対象を新たに生まないようにすることが求められる。なお、貯留機能保全区域の指定の拡大に向けては、地権者や農地利用者にとってその規制が大きな損害や負担を生むものではないという理解の浸透が不可欠である。土地利用規制がされることで日々の生業や行動に何らかの規制がかかるものではなく、指定区域においても今まで通りの農地利用であれば何も変わらず土地所有者に新たな負担が生じることはない。それよりも、従来の土地機能を継続することで周辺の浸水被害を軽減できるということを広く周知していきたい。

今回の取り組みは、規制というマイナスイメージを払拭しつつ、地域を守る対策を地域住民みんなで進めていくという理解を促進し、気候変動で激甚化する水害に対する、流域治水対策の第一歩として大きく前進できたものと考えている。

冒頭に記載した通り、大和川は県境に狭窄部を抱え、地形上、盆地の底のような流域である。貯留機能保全区域の指定だけでなく、今後、地形を踏まえたまちづくりとして、浸水被害防止区域の指定も考慮し、さらなる流域治水の展開を図るとともに、奈良県で進めている流れを全国に発信し、流域の関係者が同じ方向を向き、総合的かつ多層的な流域治水を進めていきたいと考えている。

以上

国道178号（伊根町蒲入）法面崩壊による 通行止めの早期復旧について

中西 宏彰¹

¹京都府丹後土木事務所 道路計画課 (〒626-0044 京都府宮津市宇吉原2586-2)

2023年11月14日に国道178号（京都府与謝郡伊根町蒲入地内）において、道路法面が崩壊し、全面通行止めが必要となった。当該道路は第2次緊急輸送道路かつ京丹後市と伊根町を結ぶ唯一の幹線道路であることから、早期の通行止め解除が求められる路線である。本報告においては、崩壊発生から本復旧、通行止め解除までを約2ヵ月半という短期間に完了させた方法やその流れ、内容等について報告する。

キーワード 法面崩壊、全面通行止、防災ドクター、早期復旧

1. はじめに

一般国道178号は、舞鶴市を起点とし、宮津市、京丹後市を経て鳥取県岩美町に至る延長約197kmの主要幹線道路であり、第2次緊急輸送道路に指定されている。

(図-1)。うち、丹後土木事務所管内の路線延長は概ね104kmであり、集落間を連絡し、丹後半島を周回する重要な生活道路となっている。また、沿線には天橋立や伊根の舟屋をはじめとする観光資源があり、観光道路として利用されている。交通量は最大で11,153台/24h（与謝野町岩滝）で、最少は今回の報告箇所である1,269台/24hである。



図-1 位置図と周辺の詳細図

2. 法面崩壊の状況及び現地対応

(1) 法面崩壊及び緊急対応

2023年11月14日14時頃、国道178号の伊根町蒲入地内において表層部分の岩盤が崩壊し、道路片側に堆積した旨、伊根町役場から通報があった。当所の対応として、すぐに施設保全課パトロール班及び緊急指定業者によって通行止め措置を行い、現地状況の確認を行った。崩壊の状況は写-1のとおり。

- ・現地は急峻な山地を切り開いた道路で、落石対策のためにロックシェッドや落石防護網が設置されている区間であり、潜在的に落石が起こりやすい地形を有している
- ・ロックシェッド上方の吹付斜面にて小規模な岩盤崩落が発生
- ・崩壊規模は、幅約15m、高さ約10m、深さ約1m
- ・崩土はロックシェッド上が45m³程度、路面上が0.1m³
- ・ポケット式落石防護網工のポケット支柱(1基)及び横ロープアンカーピン(2箇所)の破損
- ・ロックシェッド、ポケット式落石防護網工で防護された道路山側法面での表層岩盤崩壊が発生
- ・ロックシェッドの防護効果によって大部分の崩土崩落を防護することはできたがポケット式落石防護網とロックシェッドのつなぎ目のところで一部の崩土が本線に崩落

(2) 本庁・関係機関への報告

現地確認班と同時並行で、本庁道路管理課及び関係機



写-1 法面崩壊の状況

関へ崩土及び通行止めの状況について報告・周知を行い、同時に施設保全課・道路計画課にて報道対応や関係機関調整、現地対応及び資料収集の役割分担を決定し、分担して復旧にあたることとした。

(3) 迂回路看板の設置と道路情報盤の表示

迂回路が4kmと長くなることや、冬季の観光シーズンを迎え、交通量が増えることが予想されるため、通行止めの周知看板を管内の主要箇所にて18箇所設置し、周知を図った。併せて、道路情報盤の表示、道路情報管理・提供システムへの通行止め情報の掲載を行った。十分に情報を提供することによって通行止めに関する苦情はほとんどなく、復旧目途に関する問合せのみであった。

(4) 雨量の状況の整理

雨量状況を図-2のとおり崩壊日以前から整理したところ、崩壊所の近隣の雨量観測所(伊根観測所)では11月12日7時から雨の降り始めとなり、時間最大雨量は13日1時の12mm、累加雨量は47mm程度であった。13日19時から崩壊日時の14日14時までは時間雨量1mm程度が約2時間おきに観測されていたが、崩壊をもたらすような強くまとまった降雨は観測されず、災害復旧事業の採択の基準となる降雨(20mm/hまたは80mm/24h)までは至らなかった。なお、注意報の発表状況としては11月12日16

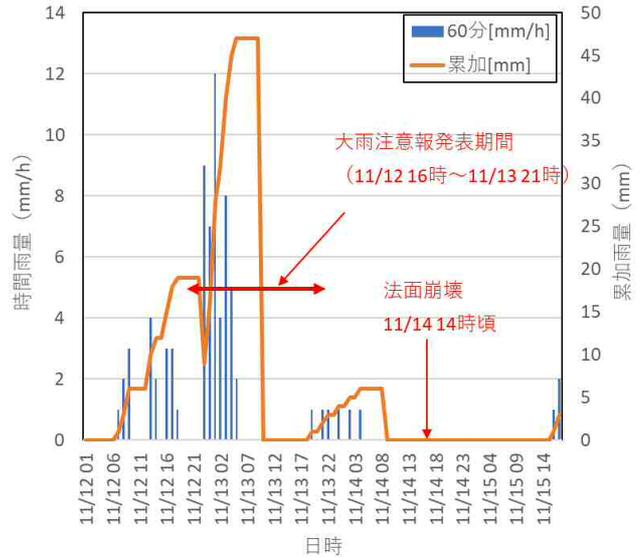


図-2 雨量状況の整理(11/12~15)

時~13日21時までの期間に大雨・洪水注意報が発表されていた。

(5) 設計コンサルタントによる現地調査

崩壊翌日の11月15日に設計コンサルタント2名による緊急調査を実施した。同時に、当課員3名が立会を行って確認した。調査結果のスケッチを図-3に示す。現地踏査時には当所からUAVを持参し、設計コンサルタントが希望する構図の現地写真の撮影を行った。現地踏査後には、当所にてWEB会議で本庁への報告や今後の復旧方針について打合せを行った。復旧の方針は以下の通りとした。

①モルタル吹付

崩壊の頭部付近がオーバーハング状となっており、当該箇所の除去を行ったうえで、モルタル吹付を実施

②落石防護網

崩土の堆積によって落石防護網が変形しており、かつ岩盤崩壊により支柱や横ロープアンカーピンが損傷しているため再設置が必要と考えた。なお、背後斜面に設置されている縦ロープアンカーピンは健全であることを確認した。

③法面補強の有無

法面補強は以下の理由から不要と考えた。

- ・背後斜面に明瞭な開口・段差等の地形が認められず、層厚のある崩壊がただちに発生する可能性は低いこと
- ・下方にロックシェッド工が設置されており、二重の対策となること
- ・今回被災の主要因は、ロックシェッドと落石防護網工の間から土砂のこぼれ落ちであるが、被災斜面まで落石防護網を敷設することにより崩壊発生時にも崩土を法尻に誘導でき、本線まで到達する可能性は低いこと

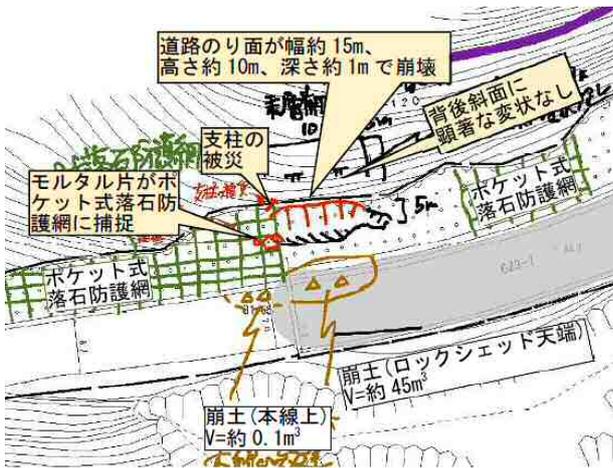


図-3 位置図と周辺の詳細図

復旧方針については本庁から概ね了承を得られたが、防災ドクターの制度の利用について助言があり、制度の活用を行うこととした。

なお、復旧方針で片側交互通行にするべく工法を検討したが、以下の理由により採用しないこととした。

①仮設防護柵を設置し片側交互通行

オーバーハング箇所から落石があった場合、崩壊箇所のうち下部の勾配が緩くなっているため落石の軌道が変化し、仮設防護柵を跳び越えて車道への影響が懸念

②モルタル吹付完了時に片側交互通行

オーバーハング箇所の土塊の撤去と崩壊箇所のモルタル吹付で一定の安全性が確保できるため、片側交互通行での開放を検討したが、落石防護網の設置時に70t吊ラフタレーンクレーンが必要で、アウトリガー張出時に再度全面通行止めが必要

(6) 防災ドクターへの相談

近畿地方整備局の防災ドクター制度を活用し、11月28日に、京都大学の岸田教授にWEB会議にて現地状況及び今後の復旧方針の相談を行った。説明にあたっては、

現地にUAVを飛行させてライブ配信を行い、岸田教授から指示された箇所を動画で配信した。主な診断内容や助言内容は以下の通り。

- ・崩壊面や樹木の成長状況から地下水の供給の可能性
- ・法面の風化の進行や凍結融解作用による法面崩壊の進展の可能性
- ・ロックシェッドを過信せず頂版への堆積状況の確認等、定期的な点検の重要性の指導
- ・道路より下面の法面の変状状況の確認と対策の助言
- ・崩壊形態に関する助言（トップリング崩壊）
- ・復旧工事の工程の確認

今後の進め方については概ね了承をいただいた。防災ドクターとは、近畿地方整備局管内の道路の災害を防止し、良好な道路の保全に資するため、専門的な知識を有する学識経験者等により、道路構造、法面安定等道路機能確保に必要な点検方法やその対策等に関して専門的観点から助言指導を受け、災害特性に応じたより適切な防災対策を推進する事を目的としている。

3. 復旧工事の実施

(1) 業者選定

早期の復旧工事の実施にあたっては、近隣で工事を実施し、かつ法面施工の実績のある施工業者を選定し、工事実施を依頼した。11月17日に施工業者が現地踏査を実施した結果、復旧工事受注の了承と、表-1の工程で実施ができる旨の報告を受けた。

表-1 工程表

	11			12				1			
	13	20	27	4	11	18	25	1	8	15	22
現地踏査	■										
作業ヤード整備		■									
法面伐採				■							
現況測量 (UAV)				■							
法面整形					■						
吹付					■						
土砂撤去					■						
落石防護網					■	■	■	■	■	■	■

※落石防護網の材料調達は2週間程度要する

(2) 準備工

現地状況確認後、12月4日から伐採作業に着手し、滑落崖よりもさらに上部に新たな亀裂の有無を確認しながら行った。新たな亀裂は確認されなかったため、計画通りに進めることとした。伐採作業中は高所・急勾配という地形的条件の他、現場は何も遮るものがなく海からの強い風雨が直接吹き付けるため、作業条件としては不良で、強い風の際には作業が中断することとなったが、2

日間程度で完了させることができた。

(3) 法面整形及びモルタル吹付

不安定土塊の除去は、ロープ作業にて作業員2名で実施した。ロックシェッド本体への影響を考慮し少量ずつ落下させ、大量に落下させないように留意しながら行った。概ね不安定土塊の除去が完了し、露岩している岩質の状況をハンマの打音で確認したところ、高い金属音を発し、風化もなく良質な岩盤であることが確認できた。その後、UAVによる現地測量を行い、地形の状況を把握した。測量後にはラス張とモルタル吹付を行った(写-2)。モルタルには凍結防止材及びナイロン繊維材の混和材を添加し、長期耐久性及を確保した。正月休み後、現地のパトロールを実施し、特に変状がないことを確認した。また1月1日に発生した能登半島地震による変状も確認されなかった。



写-2 ラス張の状況

(4) ポケット式落石防護網

ポケット式落石防護網の施工について、写-3に示す。高所のため70t吊ラフタレーンクレーンにて施工を行った。設置範囲は落石等が発生しても既存道路に影響を与えないようロックシェッド上部を縦断方向に約12m延伸



写-3 落石防護網の設置状況

する形で施工した。

(5) 職員による現地確認

本体工事の完了後、交通開放に向けて道路計画課員3名で現地確認を行った。モルタル吹付の亀裂や湧水、法面上部の滑落崖の有無、支柱設置状況等を主な着眼点として確認を行ったが、特に問題は確認されなかった。

4. 通行止め解除に向けて

(1) 通行止め解除時期の設定と周知

2024年1月19日に本体工事が完了したことから、通行止め解除時期について所内や本庁道路管理課と調整を行った。解除までに仮設足場の撤去や現場の片付け、通行止め区間の道路清掃や安全確認を実施する必要があることから、それらに要する日数や事前の関係機関調整期間を考慮し「2024年1月29日午前10時」を通行止め解除日時に設定した。

また、公には1月24日に記者発表を行うと共に丹後土木事務所のツイッター(X)で投稿を行い、通行止め解除日時を広く周知した。

(2) 通行止め解除の実施

上記で設定した通行止め解除日時に向けて、仮設足場の撤去（道路計画課対応）や通行止め区間の安全確認・道路清掃（施設保全課対応）を行った。1月23～24日にかけて大雪警報が発令される程の大雪（現地で約40cm程度の積雪深を確認）に見舞われたが、仮設足場の前倒し撤去や、円滑な除雪作業の実施等を行い、予定どおり設定した日時で通行止め解除を行った。

5. おわりに

法面崩壊発生後、組織全体が一丸となって適切な情報共有を行い、緊急対応に取り組んだことで約2カ月半という早期に通行止め解除を行うことができた。道路管理者の立場からは対外的な面からも早急に交通解放を行いたくなるころではあるが、応急工事による通行開放のリスクや今後の影響等を鑑みて、少し期間は長くなったが、本復旧工事にてしっかりと安全確保を行い、交通開放を行ったことは正解であったと考える。

また、今回の復旧工事は法面工事ということで、地元

の土木事業者による本体施工が困難な工種であり、専門事業者を確保する必要があるという点で苦勞した部分があった。特に京都府北部地域においては山間部の道路が非常に多く、交通量は南部と比較すると少ないものの、地域住民の生活道路として非常に重要な機能を果たしており、近年の集中豪雨による土砂災害や法面崩壊等のリスクが非常に高まっている中で、迅速な対応が可能な体制確保が必要不可欠になっていると考える。これらに対応するためには、府内には数少ない法面業者との災害協定締結や良好な関係性を築くことが、今後の維持管理等において特に重要ではないかと感じた。

謝辞： 今回の法面崩壊による円滑な復旧工事完了にあたり、各種調整をお世話になった近畿地方整備局、本庁道路管理課や各市町及び関係機関、貴重なご指導・ご助言をいただいた防災ドクターである京都大学岸田教授、迅速な現場対応を行っていただいた工事業者及び設計コンサルタント会社に感謝申し上げます。



写-4 完成状況

滑動中地すべりの災害復旧工事における注意点

的場 智久

兵庫県 まちづくり部公園緑地課 (〒650-8567兵庫県神戸市中央区下山手通5丁目10-1)

現在工事を進めている町道久谷桃観線道路災害復旧工事において、発生した技術的、行政的課題を共有し、今後同種工事を進める際の一助とすることを目的とする。

具体的には滑動が続き地形が変動していく中での安全率の設定方法、施工手順における必須条件、作業中の作業員及び住民に対する避難計画等、「安全」についての様々な課題が生じた。またどのタイミングで何の基準に基づきそれらを定めていくのかについて、関係者で多くの議論を行い、それぞれに実現可能である案を抽出し実行したことをまとめている。今回取り組んだ課題から、今後同種工事をを行う際の注意点を提案する。

キーワード 滑動中地すべり，災害復旧工事，安全

1. はじめに

本論文にて取り上げる工事は滑動中地すべりを対象とした町道災害復旧工事である。本来道路災害はその道路管理者が行うべきものであるが、道路法第17条第8項の規定に基づき町からの要請を受け実施している県下初の代行事業である。

本事業は本県で近年施工例が少ない滑動中地すべりに対する工事であり、工事を進めていく中で技術的、行政的課題が発生した。これを共有し、今後同種工事を進める際の一助とすることを目的とし本論文を執筆する。

(1) 全体計画における安全率について

本工事に限らず地すべり対策施設は安全率（以降Fsと称す）の計算を行い、それが各種条件に対応したFs値を満たすように設計する必要がある。本工事においては「対象保全施設が町道のみ」という条件であり、Fs=1.12を満たす

必要がある（表1）。また滑動中地すべりのFsについては、これまでの経験則からFs=0.95としている。

2. 工事概要

工事概要を以下に示す。

総事業費：626,346千円（今後増額見込）

- ①排水横ボーリング工：650m(50m*5本・80m*5本)
- ②排土工：6,400m³
- ③法面工(グラウンドアーカー工)：138本(4271.5m)
- ④大型ブロック積工：337m²
- ⑤落石防止網工：1,950m²(延長90m)
- ⑥アスファルト舗装工：993m²

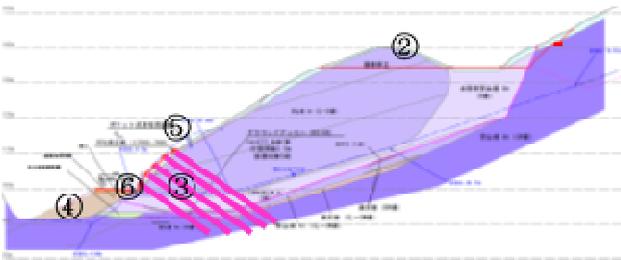


図-1 断面図

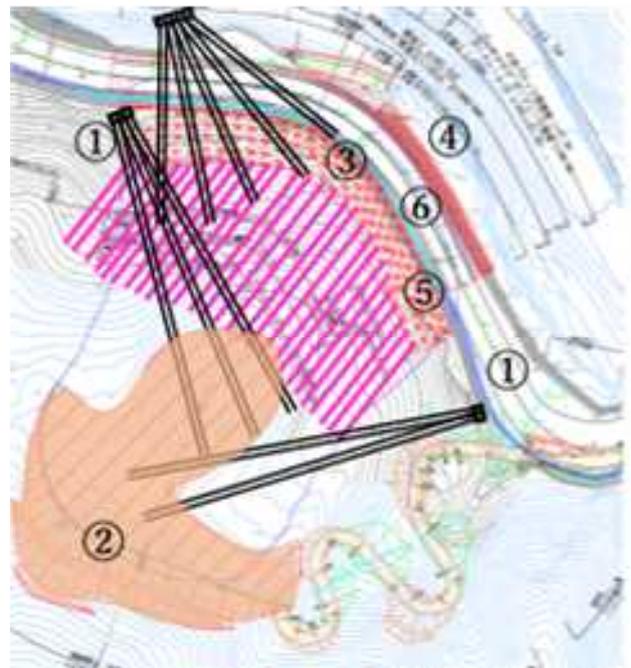


図-2 平面図

表-1 安全率(Fs)

重要な道路、河川、人家等に重大な影響を与える箇所		1.20
上記以外	主要地方道、一般国道	1.15
	市町村道	1.12
応急工事		1.05

a) 段階を踏んだ施工

①排水ボーリング工及び②排土工は抑制工、③グラウンドアンカー工は抑止工に属しており、一般的に抑制工を行った後に抑止工を行うこととされている。これは一定のFsを確保した後でないとも効果を発揮しない、もしくは施設が破損する可能性があるためであり、各段階で目標とするFsを定める必要がある。

本工事は全体で4工程に分かれており、具体的には①排水ボーリング工：Fs=1.00を達成②排土工：Fs=1.06を達成③グラウンドアンカー工：Fs=1.12を達成④道路復旧工：最終Fs達成後の施工としている。

b)グラウンドアンカー工

各工程の中でも③グラウンドアンカー工については滑動停止後での施工が推奨されている。理由はグラウンドアンカーの施工後に滑動した場合、アンカー定着部と表土の押さえ部の間の土砂が流出するなどし、引張力が確保できなくなることで対策効果を失う為である。

3. 課題

本工事は滑動中地すべり災害対策工事であるため1段階施工の計画立案2-作業員及び周辺住民の安全確保に万全を期して施工できるよう入念な施工計画立案の2つが課題となった。具体的には以下の通りである。

(1) 課題1-段階施工の計画立案

Fsの設定について、当初からネックとなっていた要素が二つある。一つは滑動中での施工となり、その断面形状が常に変動していることから、当初設計で検討したFs

を対策工完了まで使える可能性は低かったこと。もう一つは滑動中地すべりについては経験則からFs=0.95としていること。

この2要素から計算と現地状況に差異が生じる事となり、当初計画では①排水ボーリングの完了をもって滑動の停止を見込んでいたが、施工後の経過観測において滑動の継続が確認された。また②排土工においても当初設計高での排土を行った場合、当初の土砂量に満たずFsが目標に到達しない事が確認され、対応を検討する必要が生じた。

(2) 課題2-施工計画における安全対策

本工事は滑動中地すべりが進行している区域での作業となり、作業員の安全確保に特に配慮が必要となった。地すべりの状況に合わせた退避計画を定める必要が生じたが、作業員の退避基準について一般に定められたものが見当たらなかった。また、県外も含めた他現場の資料を確認すると、現場毎に基準値が異なる様子が見受けられ、本工事においても個別に設定する必要が生じた。

また、地すべりの直接影響範囲内には保全人家はないが、普通河川が存在し大きなすべりが生じた際に河道閉塞のおそれがあり、閉塞後に土石流が発生した場合には下流の集落に被害が生じることが予想された。避難基準について地すべり被害を直接受ける場合の参考資料しかなく、本現場に適合した避難体制を確立させる必要が生じた。

4. 対応策

上記課題については、作業員と住民の生命に関わることであることから、各関係者と合意形成を図りながら対応策を決定していく必要があると考え、県（土木、本庁）及び町、施工業者、設計業者からなる安全協議会を発足させて、対応や基準の策定を行い決定と共有を行っ

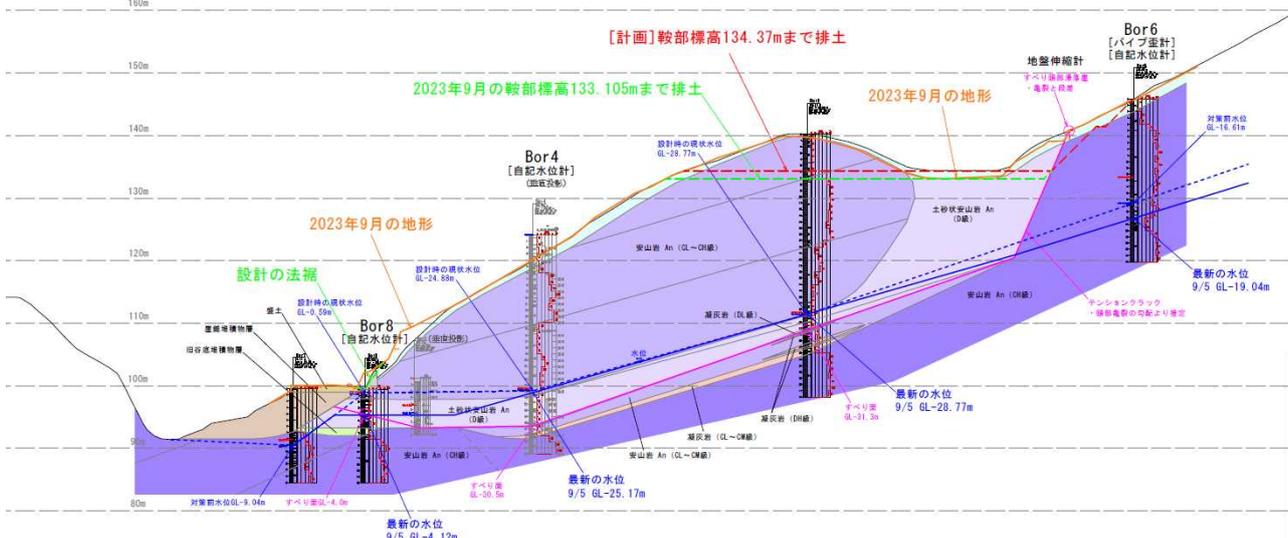


図-3 再検討時断面図

た。また、Fsについては学識経験者との協議を行いながら方針を決定することとした。

(1) 対応1-段階施工の計画立案

まず当初目標である排水ボーリング工による滑動の停止を目指し、排水ボーリングの本数追加を検討した。しかし施工位置や高さの制約条件から、効果を見込める位置での本数追加は困難であるとの結論となった。

次に滑動の停止が全体計画でどの時点までに必要となるかを確認し、他工種でのリカバーを検討した。滑動の停止は上記2.3.2で記載の③グラウンドアンカー工施工時に必要となることが確認され、②排土工の施工で滑動の停止が確認できれば全体計画として問題無いと結論づけた。この結果を基に工事を継続することとし、②排土工を実施した。

また②排土工の計画高について、伐木後に測量を行った結果、地形全体が当初設計高から1m近く下がっており、また道路側に地盤が移動している箇所もあることから、再度Fsを計算する必要性が生じた。解析には時間を要するが、再計算後の計画高は当初より低くなるが見込まれたため、排土作業を継続することに支障はないと判断し、工事と並行しながら再度Fsの計算を行った。結果、計画高を当初から0.9m下げる計算となり、工事を中断することなく進める事ができた。

修正した計画高での施工後は滑動が停止した状態となっている。現在経過観測を継続しており、近日学識経験者と協議を行い次の施工段階に進んでも問題がないか確認することとしている。

(2) 対応2-施工計画における安全対策

作業員退避の考え方及び基準については住民避難に用いる基準や他現場を参考に作成した。その中でも特に配慮した点は、安全第一を前提とした上で作業が頻繁に中断しないように務めたことである。本現場の特色として移動量の計測を一時間刻みで行っていること、移動が一定量で継続しているのではなく数時間おきに発生していることの2点がある。

これらを考慮し一定量以上の移動が継続した際に危険な兆候として判断することとし、2段階に分けた退避を行う事とした。移動量はオンラインで常時共有しているため、現場代理人による移動量確認も時間的ズレがなく、

また退避と同条件で発報する警報器も設置することで安全かつスムーズに施工できた。

住民の避難については地すべりの直撃は見込まれないことから、発災してから避難までは時間的余裕があると予想するが、連絡の遅れは行政不信や二次被害を生むことを念頭に検討を行った。

まず、施工業者を起点として県や町など関係機関への第一報を目的として、上記の作業員の退避も含む発災時の連絡網を作成した。迅速性を考慮し関係機関内での連絡は各機関内で行う事とし、住民への連絡及び避難は町の町民安全課において実施する事となった。また、各々の連絡分担は明確に定めたが、非常時の事を考慮し休日の窓口も含め全連絡先を安全協議会で共有した。これにより工事中以外の土日を含めた住民の避難体制が確保できた。

5. 今後の工事での提案

本論文において挙げた課題については私が事業を引継いだ工事契約時点では検討されておらず、本来であれば設計時に検討しておくべきものであったと考えられることから、以下反省点も含めて今後の同種工事に向けた提案を行う。

(1) 提案1-Fs再計算を考慮

Fsの計算について、担当者や設計者は再度の安定計算が必要になる場合の想定はあったが、実務としての考慮はしていなかった。工事中の設計コンサルタントは移動量の観測業務のみ請負っていた状態であり、設計及び観測業務の契約内容は変更が生じない前提となっていたことから、緊急的な事象であったこともあり契約状況が曖昧なまま相当な工数を実施することとなった。予算の問題等もあり契約については前述の通りに行うしかないと思われるが、設計もしくは観測業務の契約内に現地地形に大きな変動が生じた場合の特記事項を記載し、必要となった際に迅速に再設計を行える体制を整えておくことが必要と考える。また、学識経験者との協議も同様に、事前に承諾もしくは引継を取り付けておく事が必要と考える。

(2) 提案2-安全計画

住民の避難計画については災害として判断した段階で最大の被害想定を検討し、即座に避難連絡網を整備すべきであるとする。また、工事発注に際しては変化する状況に関して施工者、設計者、発注者、地元、地元自治体と情報をよく共有し連携を図るため、4.対応策で述べた安全協議会に類するものを発足させる事が必要と考える。

また、今回のような滑動中の地滑り工事では、作業員は滑動の可能性のある場所での作業を行う必要があるこ

表-2 現場安全管理基準

現場基準値 (移動量)	状態	行動内容
1mm/日	要注意	現場代理人もしくは安全管理者が毎時間の移動量を確認、現場状況に注意しながら施工を行う。
10mm/日	警戒	監督員と協議し現場作業について実施可否の確認を行う。
2mm/時	退避準備	作業員に退避準備を促し、重機は地すべり範囲外へ退避もしくは退避ルート確保と手順の確認を行う。
2mm/時 2時間継続	退避 警報装置稼働	作業員は退避所へ退避し、重機は地すべり範囲外に退避を行い、監督員に報告する。その後の対応は監督員と協議を行う。
10mm/時	立入禁止	作業員は退避所へ退避し、重機は地すべり範囲外に退避を行い、監督員に報告する。その後の対応は安全協議会もしくは専門家と協議を行う。

とから、現場安全管理基準は必須であり、その指針や注意点についてまとめる必要があると考える。

6. 最後に

本工事はまだ施工途中であるが、私は2024年4月に異動となり、本工事の担当からも外れることとなった。関係各所でも同様に異動による担当者の交代が生じ、多く

の関係者が入れ替わった事から次の担当者は大変な気苦労が生じていると聞いている。更に現場にて新たな変状が見受けられ、工事に大きな影響が出ているとも聞き及んでいる。地滑りはその全容が見通しづらいということが身にしみて感じる所であり、次の者にこの困難を託す形となるのは忸怩たる思いである。

工事は未だ続いており、このまま怪我人が出ることなく無事に事業が完了することを願う。

衛生環境に配慮した空輸可能な 防災用水洗トイレについて

生方 健太¹・梅本 秀樹²

¹五條市 都市整備部 まちづくり推進課 (〒637-8501奈良県五條市岡口1-3-1)

²NTN株式会社 未来創造開発本部 自然エネルギー商品ユニット
(〒108-0075東京都港区港南2-16-2太陽生命品川ビル) .

五條市は近年の災害により甚大な被害を受け、「令和5年6月台風2号豪雨災害」では孤立世帯が発生した。この災害を受けて、孤立地区に対する新たな対策として、大型ドローンによる資材運搬体制の構築、空輸による衛生的な仮設トイレの整備を行った。五條市では特に災害時のトイレの確保は重要な課題であると認識しており、2024年(令和6年)1月に発生した能登半島地震の際は仮設トイレの支援を行った。ここでは災害時におけるトイレの課題、支援の方策、今後の衛生的なトイレ環境の充実に向けた活動について報告する。

キーワード 防災用水洗トイレ、災害対応、能登支援、空輸可能

1. はじめに

五條市は、奈良県の南西部、大阪府・和歌山県との接点に位置し、古くから交通の要衝として多くの人々や文化の往来を育んできた。

気候は、北部地域では比較的温暖で小雨であるのに対して、南部地域では標高が高いため、夏季は冷涼で降水量は多く、冬季は寒冷で降雪が見られる。

市の中心部、紀の川(吉野川)沿いの五條新町地区には、重要伝統的建造物群保存地区に指定された古い街並みが残っており、市内には、榮山寺を始め、賀名生皇居跡、大塔宮護良親王遺跡など、歴史的資源が数多く分布している。

また、五條市は柿の生産量日本一を誇っており、日本一柿のまちとしても親しまれている。

2. 近年の災害

(1) 平成23年紀伊半島大水害

2011年(平成23年)9月の台風12号(紀伊半島大水害)に伴う記録的豪雨により、五條市大塔町では赤谷地区、宇井地区などで深層崩壊が発生し、人的被害をはじめライフラインの寸断など甚大な被害を受けた。赤谷地区では、幅460m、高さ600m、長さ850mの崩壊が発生

し、約1,138万m³に上る崩壊土砂で河道が閉塞し、湛水池が形成された(写真-1)。

この災害を受け、国土交通省近畿地方整備局は、大規模斜面崩壊や河道閉塞箇所での決壊による二次災害のおそれのある個所に対し、緊急的に砂防事業を実施するため、2012年(平成24年)4月、五條市内に紀伊山地砂防事務所(現在の紀伊山系砂防事務所)を設置。これにより、市では対応できないような大規模な対策が講じられ、山間部の復旧は格段に加速することとなった。



写真-1 赤谷地区 被害直後

(2) 令和5年6月台風2号豪雨災害

2023年(令和5年)5月29日~6月3日にかけての豪雨および台風2号により、浸水被害や土砂崩れ、倒木、ため池の崩壊など、市内のいたる所で災害が発生した。24時間降雨量は過去最大を記録し、283mm(五條観測

所)となった。家屋や建物の被害は21棟、道路や河川などの土木施設の被害は237件、田畑やため池などの農業施設の被害は190件に上った。

この時、西吉野町北曾木地区では、崩土で通行止めが発生し17世帯56人が孤立した。市では、この事象を受け、孤立地区対策の強化に努めることとした。

なお、本災害は2023年（令和5年）8月30日、激甚災害に指定された。

3. 孤立地区に対する新たな対策

(1) 大型ドローンによる資材運搬体制の構築

2023年（令和5年）8月31日、五條市は、孤立地区等に向けた救援物資の搬送を可能にするため、市内の電気設備業者と協定を交わし、国内最大級の大型ドローンを用いた運搬体制を構築した。このドローンは直径約3.1mで、1回につき重さ約50kgの空輸能力を有する（写真-2）。これにより、孤立地区等に対する迅速で確実な救援物資の補給手段が確保されることとなった。



写真-2 電気設備業者との協定に基づく大型ドローン

(2) 空輸による衛生的な仮設トイレの整備

災害時のトイレの確保は、重要な課題であり適切な対応が求められる。一方で、上下水道が被災した避難所におけるトイレ施設の衛生環境の維持は、排泄物の処理や定期的な清掃など、現実的に多くの問題を抱える。感染症への懸念や害虫の発生によりトイレの使用がためられ、水分の補給や食事を控えることなどから、健康被害を引き起こすこともある。

そこで市では、上下水道に接続せず、循環浄化で継続的に使用可能な仮設の水洗トイレを配備することとした。平時は散策路等に設置し、非常時には被災地へ運搬するものである。なお、孤立地区対策として、ヘリコプター

で空輸可能な仕様とした。

4. 循環式トイレの概要

(1) 開発の経緯

電力確保が困難な僻地や山間部などにおいて、独立型の電源設備は、様々な施設や機器のエネルギーベースとして、その利用価値は高い。2019年 NTN は、貨物輸送用コンテナに風力や太陽光など再生可能エネルギーによる発電装置と蓄電池を格納し、短時間で発電、電力供給を行うことができる移動型独立電源を開発した。この設備は、発電に必要な燃料補給が不要であるため、大規模停電が発生した際の非常対応にも効果を発揮する。機動性も高く、発災時には、トラックやヘリコプターなどで、いち早く被災地へ運送することで、電力供給の緊急拠点を設けることができる。

2021年、コロナ禍における登山など屋外行動の需要が増えた際、トイレの維持管理が課題となった。そこで、施設管理者の負担軽減を目的に、移動型独立電源をベースにした循環式トイレの開発を行った。実証試験を通じて、電源や水道が不要で、排水が出ないイーザーメンタンスの屋外水洗トイレを実現した。一方、移動型独立電源と循環式トイレを合体したことで必然的に質量が増加した。

このトイレは、製品特性に鑑みると、災害時において高い効果を発揮するものと考えられた。一方で、実用化に向けては、運搬の容易性が必須。特に、道路網が寸断された状況では、空輸の可否が広範な利用の成否を分ける。そこで、NTN は孤立地区対策を進める五條市と連携し、空輸タイプの製品開発に着手。ヘリコプター輸送会社と綿密な技術調整を行い、吊り上げ方法や質量、サイズなど必要な仕様を固め、2023年、軽量化を始めとした空輸可能な循環式トイレの開発に成功した。

(2) 機能・特性

このトイレは、再生可能エネルギーで発電した電力を用いて、トイレで発生する汚水を微生物により浄化し、オゾン滅菌することで再度洗浄水として再利用するものである。つまり、電源や上下水道への接続が不要で、環境にやさしい仕組みを有す。処理フローについては、図-1のとおりである。汚水浄化は、利用者の快適性を勘案し、清浄性（きれいな水、においがしない）に長けた循環浄化方式を採用した。汚水浄化は多孔質鉱物を利用した微生物分解を採用しており、環境負荷を考慮し廃棄物となる物理的なフィルターを用いていない。また、浄化に際し、汚水を循環させる機能を持つディスポーザー機能を有するポンプを通過させ汚物を粉碎し速やかな浄化を促す。

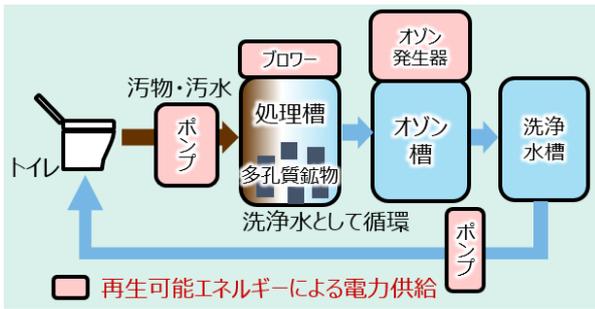


図-1 循環式トイレ処理フロー図

本トイレの汚水処理能力は、ほぼ処理水の量（≒微生物量）により比例するため、輸送に適した処理能力の選定が重要となる。このため、気温（空気密度）により変化するヘリコプターの搬送能力の下限値を考慮した上で、構造上必要な強度を担保し、処理槽、ろ材、発電装置および蓄電装置の最小化を反映し、処理能力を1日あたり15回で設計、約1,600kg（処理水を入れない状態）の質量を実現した。

なお、空輸には支障があるが、陸送対応の大容量タイプであれば、1日あたり200回の処理能力となる。タイプ別の性能比較表については、表-1に示す。

メンテナンスは、日常の定期的な循環水の水質確認と汚泥量等の確認、水質確認結果に基づく汚水の引き抜き、5年/回の蓄電池の交換などの作業が必要となる。

表-1 標準タイプと大容量タイプの性能比較表

タイプ	五條市仕様	10ft (標準)	20ft (大容量)
LxWxH(m)	2.2x2.0x2.7	3.7x2.2x2.7	6.4x2.5x2.7
風車	—	500W	500W
太陽光	1.5kW	2.2kW	3.7kW
蓄電池	3.25kWh	8.8kWh	17.6kWh
計画処理能力	15回/日	30回/日	200回/日
レイアウト			

5. 令和6年能登半島地震への仮設トイレの支援

(1) 五條市の支援

2024年（令和6年）1月1日16時10分、石川県能登地方の深さ16kmにおいて、マグニチュード7.6（最大震度7）の地震が発生し、北陸地方は甚大な被害を受けた。そこで、市は5日、庁内会議を行い、甚大な被害を受け

た能登半島への支援体制を構築した。まずは、奈良県トラック協会五條支部に輸送を依頼し、飲料水などの物資支援を決定した。

(2) トイレの支援

五條市は発災前の2023年（令和5年）12月25日、NTNと循環式トイレの購入、設置に関する契約を交わした。納期は3月20日。地震が発生した際、納品前ではあったが、市とNTNは、緊急協議を行い、当該トイレの有効性を鑑みて、被災地への支援運用を決定した。NTNは至急、実運用に耐えられる製品のチューニングを行った。五條市内への本設前の運用ではあったが、災害時における実効性の検証、モニタリング調査等の位置付けで、その成果を製品に反映することで、五條市への還元を考えた。配備先は、市職員が能登町と調整を行い、各地域への裨益効果が高く、状況確認や維持管理等を確実に実施することができる災害ボランティアセンターとした。これにより、1基のトイレではあるが、実質的には幅広いエリアへの効果を発揮することとなり、また、試行的な運用としての情報収集や適切な製品管理も可能となった。

(3) トイレの運送・設置

今回の設置場所は陸送が可能であったため、トラックによる搬送となった。試行的な運用を実施するにあたり、事前に製品の確認を行う必要があった。そこで、2024年（令和6年）1月16日、五條市役所において、形状や設備などの検査を行うこととした。翌日の17日、災害ボランティアセンターへ設備を搬送した。設置は、循環水の投入、初期の動作確認を含め概ね1時間で完了し、使用可能な状態になった（写真-3）。

災害ボランティアセンターは、2024年（令和6年）1月26日から開設された。



写真-3 循環式トイレの設置

(4) トイレの運用

トイレは女性専用とし、利用時間は災害ボランティアセンターの運営時間に準じて9時から17時までとなった。2024年（令和6年）2月8日から石川県が派遣するボランティアの活動が始まった。実運用上の管理は、災害ボランティアセンターに運用を委託し、遠隔地でも機能の把握ができる装置を設置した上で、月1度のペースでNTNが現地訪問し点検を行うという運用を行った。遠隔監視は、トイレ利用時のみ動作するポンプに連動することで利用回数の把握、発電量、温度、バッテリーの状況をモニター項目として行い、想定外の利用がないか随時確認をした。

表-2 遠隔監視装置による利用人数把握

	1月	2月	3月	4月	5月
使用回数/月	-	120	162	188	168

計画処理能力に対し、表-2に示すとおり、利用者は多いが、一時的な利用回数の増加が余力の範囲内であれば処理が進んでおり、利用に対して問題はなかった。

今回、本トイレを設置した能登地方は、1月～2月にかけて、気温が低く降雪もあり、屋根面の太陽光パネルに降雪が降り積もり発電の阻害や循環水の凍結のリスクが生じた。対策として、本トイレは、屋根面だけでなく、側面にも太陽光パネルを搭載し、屋根に雪がある場合でも、独立した制御系で側面の太陽光パネルにより発電が可能とした。また、凍結防止として循環水を少しずつ流す流動式のトイレを採用し、常に処理水を少量循環させることで凍結を防止した。なお、今回の運用では、系統電源は早期に復旧し使用できる状況であったことや被災地救援という確実な対応を考慮し、万が一の電源失陥を防ぐため、系統電源への接続を行った。

NTNの現地点検では、各種目視点検に加えて、必要に応じ、循環水のpH測定、臭気、外観のチェックを行うことで良好な水質を確認し、適切な運用管理を実施すれば、トイレとしての清浄性を維持することが確認できた（写真-4）。



写真-4 能登町の点検結果（外観、循環水の確認）

今後の課題としては、ヘリコプターでの輸送性を確保した上で、処理能力の増大（利用回数の増加）を目指すことが挙げられる。このため、発電や蓄電効率を向上することによる電気機器の軽量化、躯体の構造部材見直しによる軽量化、ろ材形状の見直しによる処理能力向上など多面的な対応が必要である。汚水処理ユニットを、トイレ室と分離することで、分割輸送し目的地で大きなユニットとしてくみ上げることも有用であると考えられる。このため、NTNでは分割ユニットを新たに開発することも視野に入れて事業を検討している。

6. トイレ環境の充実に向けた期待

能登半島地震では、広域かつ長期にわたり上下水道が寸断され、トイレ環境の衛生問題が大きく着目された。

循環式トイレは、上下水道に接続しなくても、水洗トイレの衛生が確保される次世代型のトイレである。処理能力の増大が当面の課題ではあるが、今後の技術開発によりさらに機能が向上すれば、災害時のトイレの衛生問題が大きく解消される。

一方、災害時に利用する施設は、平常時の利活用とセットで効率よく運営することが望ましい。今回、市は、紀の川の堤防を散策する方々への利用を想定し、本トイレを整備することとした。この時、市外への支援は想定していなかったが、今回の事象で、その効果は確認された。

このトイレの有効性や今後の可能性を鑑みると、今回は市が単独で実施したが、このような利用形態が全国的に展開され、かつ一元的にマネジメントできれば、非常時における備えは劇的に改善されるものとする。つまり、国や都道府県、市町村が、各々の屋外管理施設において、被災地における汎用を想定した循環式トイレを配置し、非常時には、適切に割り振りを行った上で、任地へ搬送するというものである（図-2）。なお、ヘリコプターによる空輸も可能であるため、本市が位置する紀伊



図-2 全国から集結するイメージ図

半島を始め、全国各地の半島対策にも有効である。可能であれば一つの施策もしくはシステムとして全国規模で整備されることに期待する。

7. さいごに

五條市には、公立の小学校が4校存在する。能登半島地震は被害の甚大さから、多くの子供たちから心配の声が上がっていた。本市としては、物理的な支援はもとより応援の気持ちやボランティアで来られる方々への感謝の思いも同時に伝えたいと考えた。そこで教育委員会と

連携し、トイレの配備に合わせ、市内4校すべての児童から応援メッセージを募り、防水対策を施した上でトイレの壁面に貼り付けることとした。メッセージには、「一日も早い復興をお祈りします」「遠いところでも応援します」「一緒にがんばろう」など様々な思いが寄せられた。

最後になりますが、地震の被害を受けた方々に心からお見舞い申し上げますと共に、早期の復旧を祈念いたします。

有田川水害における災害教訓伝承の 取組みについて

中村 豊¹・有田 貴洋²

¹和歌山県土砂災害啓発センター（〒649-5302 和歌山県東牟婁郡那智勝浦町市野々3027-6）

²和歌山県東牟婁振興局農林水産振興部林務課（〒647-8551 和歌山県新宮市緑ヶ丘 2-4-8）

和歌山県では過去に歴史的な大規模土砂災害が繰り返し発生しており、和歌山県紀中を流れる有田川では昭和 28 年に有田川水害（紀州大水害）と呼ばれる災害が発生した。有田川流域には、有田川水害の被害状況や教訓を標した「災害伝承碑」が数多く存在しているため、文献等をもとに現地調査を行った。

地域の防災意識を高めることを目的に、調査結果を有田川流域の地域住民に対し伝承を行った。また、地元の人が自分から興味を持って災害伝承碑を訪れるよう、動画や画像付きの位置図を制作した。

現地調査を行う中で、災害伝承碑は場所がわかっても目につく場所がない、もしくは隠れている等といった課題も見つかり、認知されるためには継続的に地元で伝承していくことが重要である。

キーワード 災害伝承, 有田川水害, YouTube

1. はじめに

和歌山県では過去に明治 22 年・昭和 28 年・昭和 33 年・平成 23 年と歴史的な大規模土砂災害があり、中でも昭和 28 年 7 月 18 日に発生した有田川水害（紀州大水害）は県内各地で大きな被害をもたらした。人的被害は約 26 万 2 千人で和歌山県民の約 4 分の 1 に相当する人が被災した。

特に有田川流域（図-1）に位置する市町の被害は甚大で、上流に位置するかつらぎ町花園では金剛寺の崩壊をはじめとする多数の大規模崩壊が発生して壊滅的な被害を被った。また、下流に位置する有田市・有田川町でも、有田川の氾濫により多数の浸水被害が発生した（写真-1）。今後また自分の住んでいる地域で発生するかもしれない土砂災害・水害に備えるためには「過去の災害に学び、生かす」取組みが重要である。¹⁾

有田川流域には、有田川水害の被害状況や教訓を標した「災害伝承碑」が数多く存在していることが文献等²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾から読み取れる。そこで本研究では文献の位置情報や画像を手掛かりに、実際に現地調査を行った結果について報告する。また、地域の防災意識を高めるために、有田川流域の地域住民に対し伝承を行った事例について報告する。さらに、調査結果をもとに地元の人が自分から興味を持って災害伝承碑を訪れるよう、動画や画像付きの位置図を制作したのでこれも報告する。



図-1 有田川流域



写真-1 有田川水害の被災状況写真
出典：和歌山県災害史⁶⁾

2. 現地調査

文献の中には小字名の表記のみで位置の特定が困難なものもあったため、事前にGoogleマップのストリートビュー機能で周辺を調査し、伝承碑と思われるものにめぼしを付け、大まかな位置を特定し現地調査を行った。

また、文献には伝承碑の写真がないものも多く、現地を訪れてから発見に時間を要したものであったり、砂や雑草で隠れて発見が困難なものもあった(写真-2)。

有田川水害の伝承碑の調査を行う中で、昭和より昔の江戸時代や奈良時代に発生した土砂災害・水害を伝えるものも調査を行った。



写真-2 砂や雑草で隠れた災害伝承碑

有田川流域の市町の調査結果は表-1に示す。文献等に記載があるが発見できなかったものも複数あった(表-2)。

表-1 有田川流域の市町の調査結果

有田川流域	調査伝承碑(基)
有田市(保田地区)	3
有田市(千田地区)	3
有田市(宮原地区)	2
有田川町(吉備地区)	3
有田川町(金屋地区)	1
有田川町(二川地区)	2
有田川町(清水地区)	1
かつらぎ町(花園地区)	5
合計	20

表-2 文献に記載があるが発見できなかった伝承碑
出典: 7.18 水害保田復興記念誌³⁾

所在	備考
有田市下中島	島垣内道路傍
有田市星尾	秋葉山麓登口
有田市千田東	千田東公民館敷地内

3. 地元に伝承した事例

現地調査の結果をもとに、地域の防災機関や消防団へ防災研修と合わせて災害教訓の伝承も行った。

防災の寺子屋実行員会は有田川町金屋地区にある金屋文化保健センターで実施した。会場の近くには有田川水害で被災し、有田川上流から流されていた死者を吊う石碑があるため紹介した。

また、五郷消防団の中には、令和5年台風第2号で被災経験がある方の参加もあり、当時の被害概要と災害の恐ろしさを書き記した手記を紹介した。さらに、有田川水害で被害を出した、五郷地区に近接する二川地区の当時の被害状況と、近く遺された災害伝承碑災害を紹介した。

災害をより自分事として感じてもらうためには自分の住んでいる地域で起こった災害について知ることが有効な手段のひとつであると考え、参加された方は地元で発生した過去の写真や伝承碑を見て、より一層集中して聴いているように見えた(写真-3)。



写真-3 防災研修の様子

4. 動画と位置図の公開

調査結果をもとに地元の人が自分から興味を持って災害伝承碑を訪れるよう、動画や画像付きの位置図を制作した。

動画は災害伝承碑の紹介だけではなく、当時の被災状況の説明や、災害伝承碑が建てられるに至った経緯を入れた。制作した動画は有田川流域だけではなく県内全域を対象とし、合計5本の動画を公式YouTubeチャンネル

で公開した(写真-4)。再生回数は公開から約1か月で合計400回再生を超えた。また、今回の取組みは国土交通省国土地理院HPの映像作品・報道での活用事例で紹介いただき、ますます多くの方の目に留まることが期待できる。



写真-4 公開した動画のYouTubeサムネイルと
二次元コード(左:YouTube 右:国土地理院HP)

また、位置図についても県内全域を対象とし、合計38枚と96基の伝承碑(有田川流域については合計9枚と20基の伝承碑)を写真付きで作成し、ホームページで公開した(写真-5)。また、災害伝承碑の凡例の色で災害伝承碑が建てられる機会となった災害の発生時期が分かる工夫をした。



写真-5 制作した位置図と二次元コード

5. 伝承における課題と考察

有田川水害は発生から70年あまりが経過し、実際に経験したことがない世代へ移り変わっている。さらにはそれを語り継ぐ人が徐々に減少していく中、地元に残された災害伝承碑の重要性はますます増してきているといえる。しかし、文献等をもとに現地調査を行った結果から、

- ・そもそもどこにあるかわからない、もしくは知られていない。
- ・場所がわかっても目につく場所にない、もしくは隠れている。
- ・石碑に刻まれた文字が風化の進行で判読できない(写真-6)。

といった課題点も見つかった。これらは災害伝承碑が認知されていないことから生じる課題であるため、今回の調査結果をもとに制作した動画や位置図を用いて積極的に広報していくことで解決に近づくことができると考える。今後も継続して地元へ伝承していく予定である。



写真-6 風化が進行した災害伝承碑

※本論文は令和5年度第63回治山研究発表会で投稿した「災害伝承碑調査と紹介動画の制作について」の続報である。

参考文献

- 1) 宮崎徳生・筒井和男・岸畑明宏・坂口隆紀・木下篤彦：後世に伝える過去の山地災害に関する調査と防災学習の取り組みについて，第61回治山研究発表会抄録集，p23-24，2021
- 2) 和歌山県立博物館：石に刻まれた災害の記憶災害記念碑一覧
<https://www.hakubutu.wakayama-c.ed.jp/saigai/kouzui-list.pdf>, 参照 2024-2-6
- 3) 国土交通省国土地理院：自然災害伝承碑，
<https://www.gsi.go.jp/bousaichiri/denshouhi.html>，参照 2024-2-6
- 4) 国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター：60年毎に繰り返される紀伊半島の歴史的な大規模土砂災害，<https://www.kkr.mlit.go.jp/kiisankei/center/img/saigaishi.pdf>，参照 2024-2-6
- 5) 7.18 水害保田復興記念誌，著者：地方行政総合研究センター編，p357
- 6) 和歌山県災害史，発行者：和歌山県

水害に対する住民の防災意識向上に資する取組について

伊藤 瑞基¹

¹近畿地方整備局 港湾空港部 港湾計画課 (〒650-0024兵庫県神戸市中央区海岸通29番地)

近年、気候変動の影響により、水害の激甚化・頻発化が懸念されており、毎年のように全国各地の河川で氾濫が発生している。激甚化する水害に備えるためには住民が自らの水害リスクを認識し、自分事として捉え、主体的に行動することが必要不可欠である。一方で、住民の防災意識はあまり高くないのが実情である。そこで、住民が水害リスクを考え水防災意識向上につながる足がかりとして、幅広い年代に興味を持っていただけるように動物のイラストを用いた防災意識アンケートを作成した。地域のイベントでアンケートを実施し、回答者の防災意識レベルに応じたフォローアップを行うことで、確実な防災意識向上を図った。

キーワード 減災、自分事、アンケート

1. はじめに

平成30年7月豪雨や令和元年東日本台風、令和2年7月豪雨など、施設能力を上回る洪水により甚大な豪雨災害が毎年のように発生しており、「施設の能力には限界があり、施設では防ぎきれない大洪水は必ず発生するもの」との考えのもと、社会全体で洪水に備えて取り組むことが重要となっている。その中で、水防災意識社会再構築ビジョン（平成27年12月）が策定され、住民一人ひとりが自然災害に対する「心構え」と「知識」を備えることが急務となっている。大和川流域においても、平成28年4月から減災対策協議会を設置し“避難、防ぐ、回復”の3本柱を設定している。このうち、“避難”の促進策は、知識の習得や意識の啓発を目的とした広義の防災教育、住民一人ひとりが自ら手を動かしながら避難行動を考えていくマイ・タイムラインなど、幅広く実施している。一方で、住民が適切に避難行動できるようにするためには、地域住民の防災意識の到達度合に配慮した対策が求められるが、防災意識の到達度合を確認しながら各取組がどれほど効果を発揮しているかを検討した事例は少ない。田畑らの研究¹⁾では、マイ・タイムライン講習会の効果を統計的に検証しているが、サンプル数が少ないことが課題である。そこで、本稿では地域のイベントでアンケートを実施し、回答者の防災意識レベルに応じたフォローアップを行うことで、確実な防災意識向上を図る取組について報告する。

2. 大和川の特徴

大和川は、奈良県および大阪府を流れ大阪湾に注ぐ、幹線延長68km、流域面積1,070km²の一級河川である。下流部は著しい天井川であり、また人口・資産が集積している地域を流下しており、決壊した場合の氾濫流は広範囲に拡散する。氾濫域には人口・資産が集積しているため、甚大な社会経済被害を及ぼす等、水害リスクが極めて高い中、近年は幸いにも甚大な水害が発生しておらず、水害に対する住民の防災意識の低下が懸念されている。

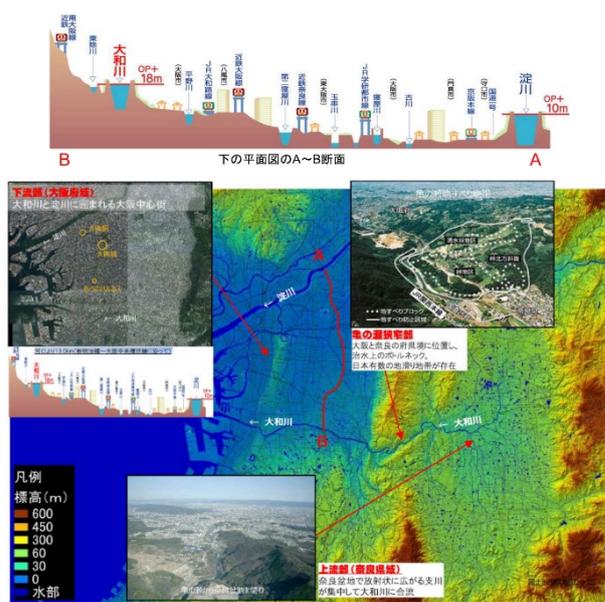


図-1 大和川の地理的特徴

3. 防災意識の分析

(1) 大和川の防災意識構造

本問らの研究²⁾において示された、住民の防災意識レベルを5段階 (①リスクの存在を知る, ②リスクの存在に気づく, ③リスクを深く理解する, ④対処方法を理解する, ⑤対処行動を実行する) で分類した結果 (図-2, 表-1) を活用し, アンケートを分析する手法³⁾を提案した. なお, 防災意識の到達度合(Phase)の評価手法を図-3に示す.

住民の防災意識の現状を把握するために, 大和川上・下流域の32市町村の住民を対象 (表-2) に, 防災に対する興味に回答が左右されにくく, リスクの存在に気づいていない住民からの回答も期待出来るWEBアンケート調査を平成30年度と令和2年度の2時期に実施した.

防災意識の分析結果を図-4に示す. 流域自治体による洪水ハザードマップ作成・周知の取組や近年頻繁に起こる氾濫による報道等により, ハザードマップを知っている人は多くなっている. しかし, 「豪雨で河川の堤防が壊れたりあふれたりすることは起こりうと思わない人(Phase1)」は依然多く, また, ハザードマップを知る人が増えたことでPhase2の割合も減少しているが, 深く理解するまでに至っていない. 一方で, 率先避難者は一定数存在し, これらの人がインフルエンサーとなり, 周囲の人への波及効果が期待される.

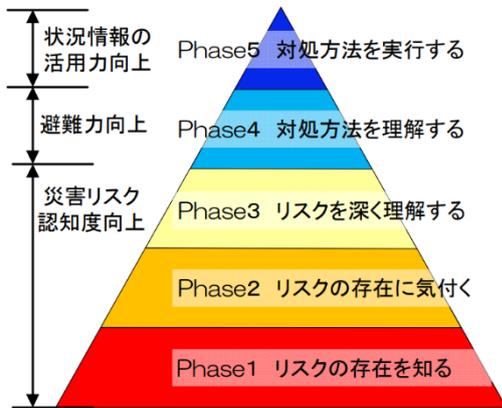


図-2 防災意識Phaseのピラミッド

表-1 住民防災意識の到達度の考え方

防災意識	評価 (アンケートの視点)
災害リスクの認知度向上が必要	Phase1 リスクの存在を知る必要がある
	Phase2 リスクの存在に気付く必要がある
	Phase3 リスクを深く理解する必要がある (洪水発生可能性の認識, 洪水リスク内容の理解)
避難力向上が必要	Phase4 対処方法を理解する必要がある (マイ・タイムライン作成, 防災情報の理解等)
状況情報の活用能力が必要	Phase5 対処行動を実行する必要がある (避難訓練の実施等)

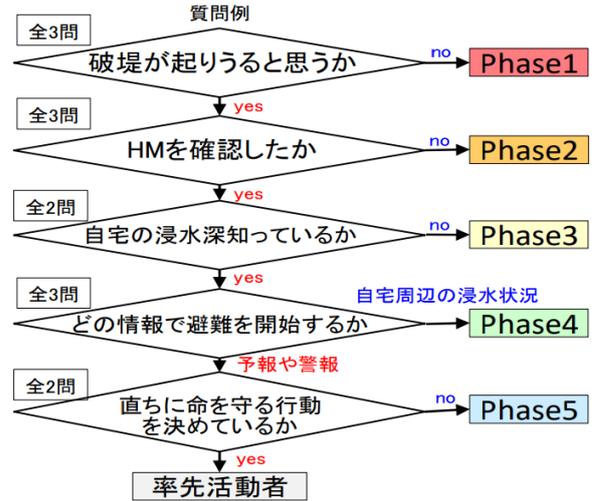
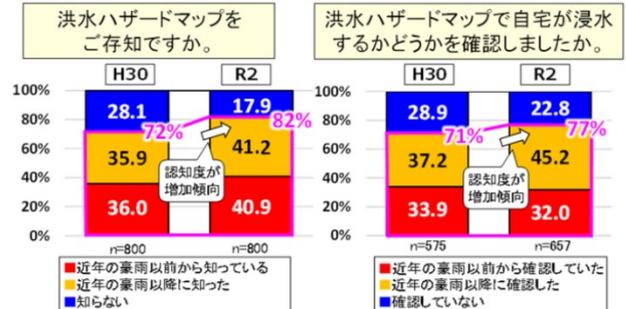


図-3 Phase区分フロー (全13問)

表-2 アンケート概要

項目	大和川下流	大和川上流
対象	8市	24市町村
サンプル	800サンプル	400サンプル
	計 1200 サンプル	
調査方法	WEB アンケート	
実施期間	①平成 31 年 1 月 18 日～23 日 ②令和 2 年 9 月 1 日～6 日	

■洪水ハザードマップの認知度等 (大阪府域の例)



■大和川流域の防災意識構造



図-4 大和川流域の住民防災意識の分析結果

(2) 動物のイラストを用いた防災意識アンケート

地域の防災イベントやマイ・タイムライン講習会に参加して, 防災に関心を強く持っている層は高齢者であり, 関心に偏りがあると感じた. そこで, 図-5に示す通り, 幅広い年代に関心を持っていただけるように親しみやすい動物のイラストを用いた防災意識アンケートを作成し

た。本稿では、河川管理者が行ったマイ・タイムライン講習会と地域の防災イベントでの動物アンケート活用事例を紹介する。

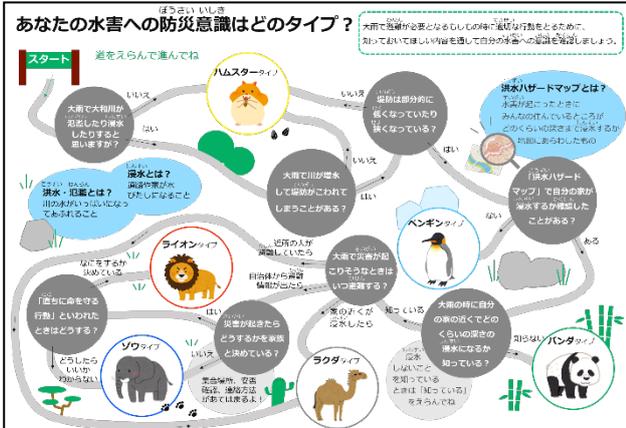


図-5 防災意識アンケート（上：表面，下：裏面）

a) マイ・タイムライン講習会

水害ハザードマップでほぼ区内全域が浸水する可能性がある大阪府東住吉区でマイ・タイムライン作成支援ツール「逃げキッド」を活用し、気象キャスターによる天気や大雨時の防災行動などの解説を盛り込んだ講習会（写真-1）を開催し、区民約100名が参加した。講習会では、参加者に講習会前後で自身の防災意識レベルの変化も確認していただいた。

防災意識レベルの変化は図-6の通りである。マイ・タイムライン講習会を通して、参加者の防災意識レベルが向上したことが分かるとともに講習会の効果を確認できた。

アンケート自体は一般的な設問形式でも同様の調査は可能であるが、動物に例えてアンケートに取り組むことで参加者が楽しみながら、自身の防災意識レベルを一目でわかることが今回の動物を用いたアンケートの長所である。



写真-1 マイ・タイムライン講習会の様子

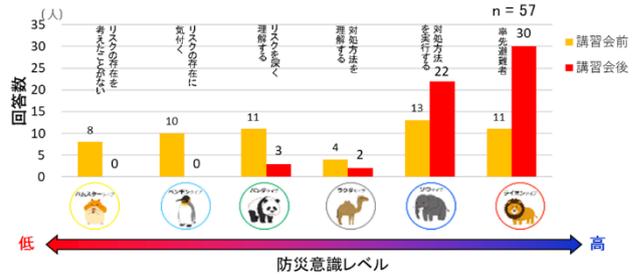


図-6 講習会前後の防災意識レベルの変化

b) 地域の防災イベント

大和川は、特定都市河川浸水被害対策法の改正後、令和3年12月に全国初となる特定都市河川に指定されている。また、特定都市河川の指定を受け、整備局、奈良県、奈良県内の流域自治体により大和川特定都市河川流域の浸水被害防止を図ることを目的とした「大和川流域水害対策計画」を令和4年5月27日に策定している。本計画に沿って、大和川水系大和川等における河道掘削・遊水地・下水道等のハード整備の加速化に加え、公共・民間による雨水貯留浸透施設整備の促進、水害リスクを踏まえたまちづくり・住まいづくり等の浸水被害対策等を流域一体で計画的に進め、流域の早期かつ確実な治水安全度の向上を図る取り組みを行っている。この取り組みを広く流域内の住民に啓発することを目的として、奈良県内のイオンモール大和郡山において、流域治水の動画・模型などを用い、みんなで見る・感じる・知る・作ろう大和川の流域治水啓発イベントを開催し、その一ブースとして防災コーナー（写真-2）を設置した。

来場者の防災意識レベルは図の通りである。参加者はイオンモールに来場される一般の方であり、マイ・タイムライン講習会に参加される方と比較する（図-6、7）と防災意識レベルが低く、ハザードマップを見たことがない、どこにあるか分からない、自宅の浸水深までは把握されていない方が多い。事前に自治体からの協力で回収していた住まいのハザードマップを実際に確認し、持ち帰ってもらい家族と共有してもらうことで防災意識レベル向上を図った。また、マイ・タイムライン講習会と比較すると家族連れの参加者も多く、お子さんが動物に興味を惹かれ親子で参加いただけた。



写真-2 イベントの様子

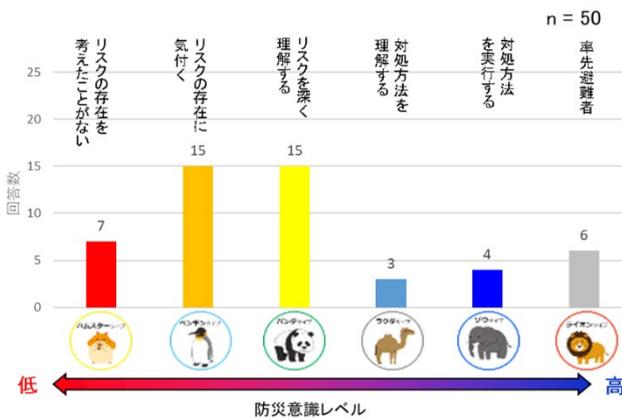
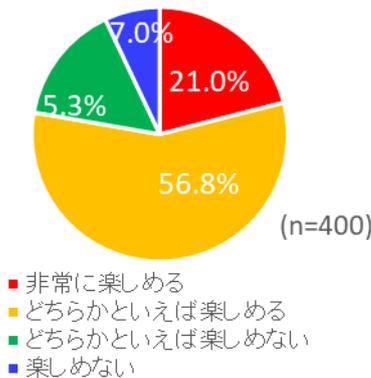


図-7 イベント参加者の防災意識レベル

c) アンケート利用調査

大和川流域の住民400人にWEBで実際に防災意識アンケートを実施いただいた。その後、「アンケートへの回答は楽しめましたか。」と「アンケートを通して、防災に対する関心が高まりましたか。」の2つの設問に回答(図-8)いただいた。結果として、アンケートを楽しめたと回答した人の割合は77.8%と好印象であり、アンケートを通して、防災に対する関心は高まったと回答した割合は71.0%と高く、防災意識アンケートが防災意識向上につながる足がかりとなることが分かった。

■アンケートへの回答は楽しめましたか。



■アンケートを通して、防災に対する関心が高まりましたか。

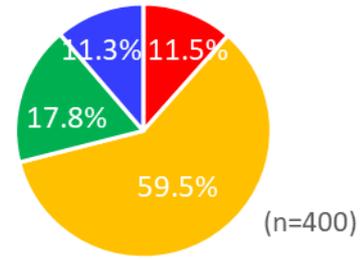


図-8 防災意識アンケートの利用調査

4. 今後の課題と展望

(1) 今後の課題

本研究で検討した結果、動物のイラストを用いた防災意識アンケートを活用することで幅広い年代の方が楽しみながら、自身の防災意識向上につながる事が分かった。一方、防災イベント参加者は一般の方と比較して、すでに防災意識が高い傾向にあり、本当に意識を向上させたい方に届かないことが課題として挙げられる。

(2) 展望

大和川河川事務所では、希望される学校で出前講座を毎年実施している。その中で、子どもが関心を持ちやすい防災意識アンケートは出前講座に適している。河川管理者だけでなく、減災対策協議会構成員の府県や市区町村、また、地域の防災士会にも協力を依頼し、流域内の学校で出前講座や地域のイベントで積極的に防災教育とアンケートを実施することにより、流域全体で確実な防災意識向上が期待される。

巻末：本論文は、従前の配属先(大和川河川事務所)における所掌内容を課題として報告したものである。

参考文献

- 1) 田畑佳祐, 佐藤翔輔, 今村文彦, 向井正大, 鮎川一史, 有友春樹: 非専門家によるマイ・タイムライン講習会の可能性の検証: 専門家講習による効果との比較, 水工学論文集, B1 (水工学) Vol78, No.2, p.1_1027-I_1032, 2022
- 2) 本間基寛, 片田敏孝, 桑沢敬行: 住民の防災意識水準に応じた教育プログラム策定手法に関する研究, 土木計画学研究講演集, Vol.37, No.257, 2008
- 3) 竹村仁志, 片岡輝之, 山下健作, 渡邊俊夫: 大規模水害に対する住民防災意識を考慮した減災対策の強化に向けた広報活動, 第76回土木学会年次学術講演会講演概要集第2部門, II-160, 2021
- 4) 竹村仁志, 片岡輝之, 山下健作, 高野瑞己, 松岡一成: 水防災意識社会再構築の実現に向けた減災対策の方向性, 第78回土木学会年次学術講演会講演概要集第2部門, II-131, 2023

樋門操作のリモコン化による 省力化・安全対策の実現

西村 昌也¹・井村 真己²

¹独立行政法人水資源機構 琵琶湖開発総合管理所 機械課 (〒520-0243滋賀県大津市堅田2-1-10)

²独立行政法人水資源機構 木津川ダム総合管理所 機械課 (〒518-0413三重県名張市下比奈知2811-2)

琵琶湖総管が管理する水門、樋門等（以下「ゲート設備」という。）は、非常に数が多く、かつ広範囲に点在しており、防災時には全職員で巡視、ゲート操作を行う必要がある。これらゲート設備の多くは操作場所が高所にあり、都度梯子で昇降する必要があるため、防災時など悪天候下では、より危険な作業となる。また、操作時には操作者以外に監視人員も必要となる。

以上の状況から、操作者の安全性確保、作業時間の短縮、操作者・監視人員の省力化を目的として、試行的にリモコンの設置に至った。本稿は、リモコン操作に向けた検討や工夫した点、防災時に使用した結果から得た改善点等について報告するものである。

キーワード リモコン化、作業効率化、省力化、安全対策、創意工夫

1. はじめに

(1) 琵琶湖総管の防災態勢と課題

琵琶湖総管が管理しているゲート設備は 158 箇所 263 門あり、琵琶湖周辺の湖岸にある堤防沿いに設置されている。

琵琶湖の水位が※B.S.L. +0.3m 以上になると第一警戒態勢となり、内水排除のためゲート操作を行う可能性が高まる。

琵琶湖総管はゲート設備が多く場所も広範囲に渡るため、エリアを 9 地区に分け、現場班として各地区に 3 名ずつ計 27 名の事務系を含めた全職員で巡視および操作を行う体制を執っている。1 つの班が受け持つゲート設備は平均で 17.5 箇所であり、琵琶湖総管から現地への移動に約 1 時間、更に巡視には 2 時間～3 時間を要する。

このため、内水排除のために複数のゲート設備を操作するとなった場合、いかに安全かつ効率的に操作できるかが管理上の課題となっていた。琵琶湖総管が管理するゲート設備の位置図と防災班の担当エリアを図-1 に示す。

※B.S.L. : 琵琶湖基準水位、B.S.L. ±0m とは東京湾中等潮位 T.P. +84.371m

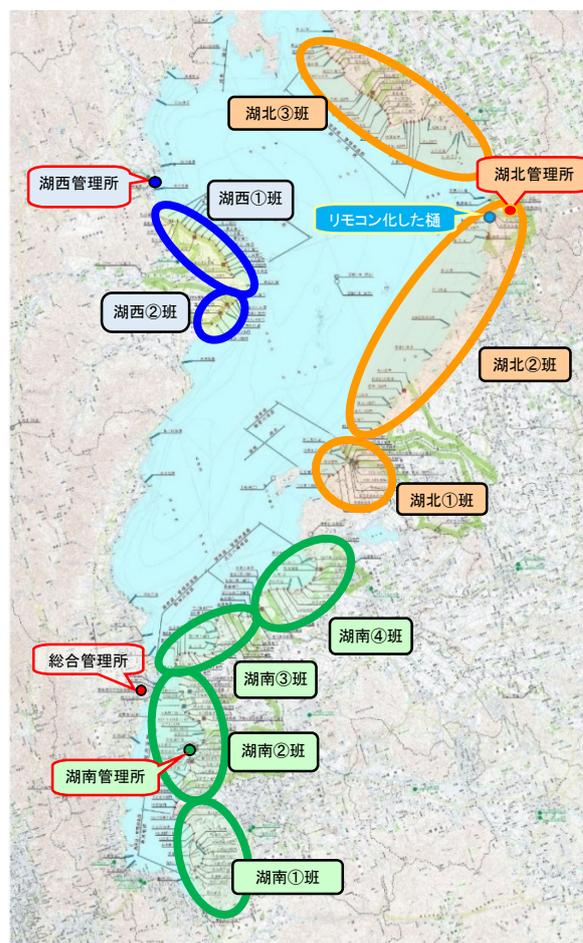


図-1 ゲート設備位置図と防災班のエリアマップ

(2) リモコン化実施の背景

琵琶湖の内水排除操作は、各排水機場の操作基準水位に基づき、琵琶湖および流入河川の水位、流向を監視しながら内水排除を開始するタイミングを図り、それにあわせてポンプ設備およびゲート設備の操作を行う。内陸側から琵琶湖への水の流れが少なくなり、琵琶湖の水位上昇により琵琶湖から内陸側に逆流し始めた段階でゲート設備の閉操作を行うため、現地確認が不可欠となる。

ゲート設備を操作する機側操作盤は、開閉装置の状態を確認しながら操作することを前提に、その至近に設置することが一般的である。また、河川に設置されるゲート設備の場合、開閉装置が扉体の上方に設置されることが多いため、必然的に機側操作盤の設置場所も高所となる。

琵琶湖のゲート設備の場合、機側操作盤へのアクセスは梯子を使用することがほとんどであり、操作者の転落事故に繋がる可能性がある。また、悪天候のなかで昇降する場合はより危険を伴うことになる。更に、第三者の侵入など施設管理上、地上から直接アクセスできないようにしており、高いところでは地面から約2mの高さからしか梯子がない構造となっているため

(写真-1)、安全上別途脚立を用意しなければならない。



写真-1 脚立が必要となるゲート設備の梯子

以上から、コストを最小限に抑えつつ、安全かつ短時間で地上での操作が可能となる、ゲート設備操作のリモコン化を立案するに至った。

(3) リモコン化の対象設備

ゲート設備の開閉方式は、ワイヤロープウインチ式とラック式に大別される。その内、琵琶湖総管のゲート設備の大部分である、開閉装置の機器構成が比較的単純な「ラック式ゲート」に対応するものとして、リモコン化の検討を行なった。

2. リモコン化におけるメリットと設備構成

(1) メリット

安全の確保と効率化がリモコン化の大きな目的となるが、リモコン化することで得られるメリットを以下に示す。

a) 安全対策（転落防止）

梯子の昇降は平常時でも危険を伴うが、特に悪天候の際は梯子や地盤も濡れているため、スリップして転落する等の事故に繋がる可能性が高くなる。高所作業を無くすことで安全が確保されることが、リモコン化の最も大きなメリットであると言える。

b) 省力化

従来は、操作位置から扉体や戸当りを視認できないため、操作者以外に監視員も必要であった。リモコン化により地上操作を可能にすることで、操作者が監視員も兼ねることができると、省力化に繋がる。

c) 故障率低減

従来は、機側操作盤や小扉を開けてブレーカのON/OFFやゲート設備操作を行っていたが、リモコン化により高所に昇らないだけでなく、リモコンだけでブレーカのON/OFFやゲート設備操作を行えるため、機側操作盤内部に雨が吹き込むことで機器が故障することがなくなる。

また、操作者自身や周囲が濡れている状態で高電圧が流れている機器に近づくことも不要となるため、安全面においてもメリットとなる。

(2) 設備構成

今回のリモコン化は、操作場所が高所にあり操作頻度が比較的多い、湖北管内の磯北川樋門を選定した。リモコンで操作するため、機器の追加と機側操作盤の改造を行なっている。ゲート設備全体の設備構成を写真-2に示す。

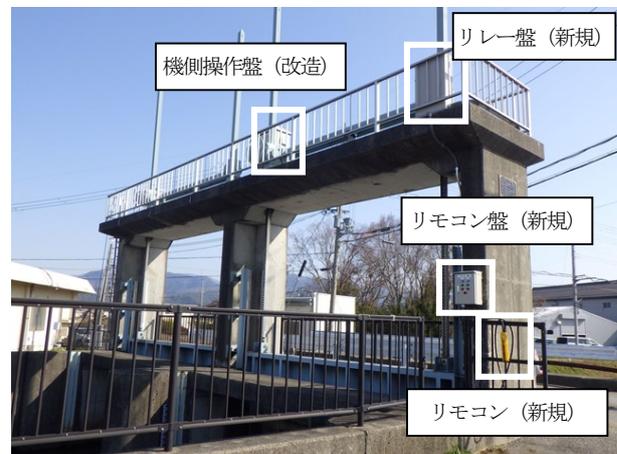


写真-2 リモコンを設置した磯北川樋門全景

次に、追加した機器およびシステム構成 (図-2) を以下に示す。

- 機側操作盤およびリモコン盤からの信号を入出力するためのリレー盤
- リレー盤およびリモコンからの信号を入出力し、故障や状態を表示するためのリモコン盤
- リモコン盤に接続し、ゲート設備を操作するためのリモコン (防水型)

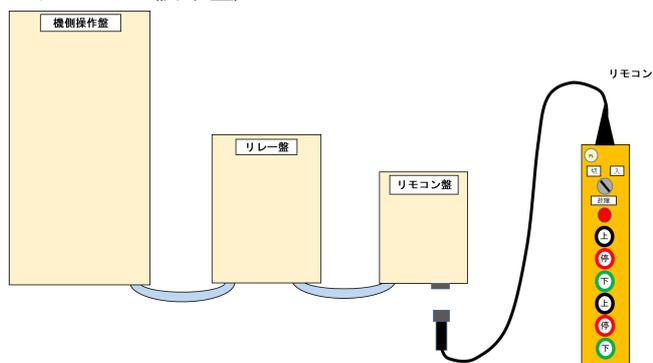


図-2 システム構成

3. リモコン化にあたり検討、工夫した点

(1) 電動式ブレーカの追加

機側操作盤の中に、リモコンでブレーカの ON/OFF を行うための電動式ブレーカ (写真-3) を追加した。

ゲート設備は、通常ブレーカを OFF の状態にしているため、操作時はまず手でブレーカを ON にする。リモコンでブレーカを操作するためには、ブレーカの電動化が必要となるため、電動式ブレーカを採用し、リモコンによる遠隔操作を実現した。

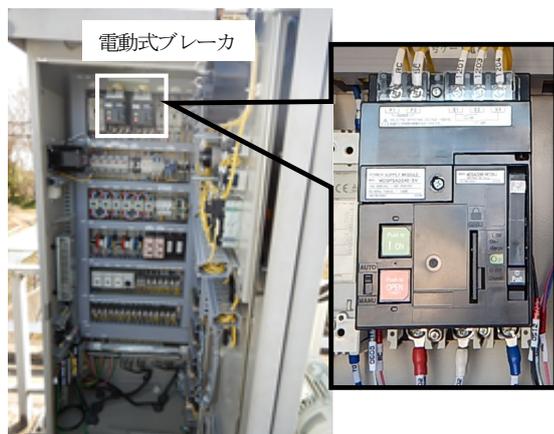


写真-3 電動式ブレーカ

(2) 切替スイッチおよび操作スイッチの追加

同じく機側操作盤内に、電動式ブレーカをON/OFFする

ための操作スイッチ、ブレーカのON/OFFをリモコンで行うか機側操作盤内で行うかを選択するための切替スイッチを追加した (写真-4)。

切替スイッチは誤動作防止を目的としており、切替スイッチを設けることで、点検中にリモコンからの操作を受け付けないようにしている。



写真-4 切替スイッチ(左)とブレーカ ON/OFF 操作スイッチ(右)

(3) 安全対策

感電による事故防止のため、動作電力を AC200V から DC24V に変換して使用する回路設計を行なった。雨の中でリモコンを接続することを想定すると、手元に 200V の電圧が流れてくることは危険を伴うため、低電圧で動作できる仕様になっている。

(4) リモコン

a) 故障表示

リモコン化により、開閉装置の状態が地上では確認できないため、リモコンおよびリモコン盤に故障ランプを設置することで、開閉装置に起きた故障を操作者が地上で瞬時に把握できるようにした。また、発生しても開操作が可能な閉過トルクについては、個別にランプを点灯させ、その場で対処できるようにしている。

(写真-5)



写真-5 リモコンの故障表示

b) 故障復帰

閉過トルクが発生した場合、開操作を行なうことで閉過トルクは解消できる。更に、機側操作盤の故障復帰ボタンを押す代わりとして、リモコンの1号ゲート、

2号ゲートの停止ボタンを同時に押す(写真-6)ことにより、故障復帰できる機能を設けている。

これらの操作を全て地上で対応可能とすることで、機側操作盤が設置されている高所への昇降を不要としている。



写真-6 リモコンの故障復帰方法

c) リモコンの接続

リモコンを使用する際、ケーブルをその都度リモコン盤に接続する必要があるため、リモコンとリモコン盤のコネクタにそれぞれ印(写真-7)を付け、コネクタの向きが一目で分かるようにすることで、接続に時間をかけない工夫を行なっている。



写真-7 リモコン接続部

4. 実際の運用時に見えた改善点

2023年3月に試行的にリモコン化を行い、2023年6月の防災態勢の際、実際に運用(写真-8)を行なった。



写真-8 防災時のゲート設備操作

実操作で見えてきた課題および改善点を以下に示す。

(1) ケーブルの長さ

操作者がリモコンを持って移動できるようにするため、ケーブル長を長めの3mにしていたが、実際に現場で操作する際、ケーブルが長すぎて扱いにくいという意見が出た。なるべく監視場所の近くにリモコン盤を設置することでケーブル長を短くし、より扱いやすいリモコンとなるようにしたい。

(2) 操作中の開度

通常のゲート設備の開閉速度は約0.3m/minで設計されており、正常に動作しているかが瞬時に判断しにくいいため、地上でも開度の変化が見られると良いとの意見もあった。開度計を設置することは可能だが、部品や配線工事の追加が発生しコストアップに繋がるため、目視で確認しながら操作できるように、目印を設ける等の対応を検討している。

(3) リモコン本体

今回のリモコン化試行において、可能な限りコストをかけずに実施するため、クレーン等に使用される汎用の防水型リモコンを活用しているが、コンパクトにしてほしいという意見もあった。コンパクトにできれば持ち運びも容易になり、取り回しもしやすくなる。現状より小さなスイッチが入手できるのかも検討することが必要である。同時に軽量化も実現できないか検討したい。

5. おわりに

今回試行的に行なったリモコン化は1箇所だけであり、時間短縮・省力化の効果は小さい。

また、上述した課題や要望以外にも、仕様の共通化は可能か、ゲート設備ごとで回路が異なった場合でもスムーズに横展開ができるのか、どのゲートに設置するのが効果的か、等も検討が必要である。

リモコン化することで、効率よく、安全で確実な操作を可能にすることは間違いなく、リモコン操作可能箇所が増えるほど効果は大きくなると見込んでいる。

今後も事故なく防災業務を行えるようにするためにも、1つずつ対応を検討しながら実行に移していきたい。

安全・安心な道づくりに参加して 大野油坂道路事業促進業務-PPP

野崎 洸希¹

¹一般社団法人 近畿建設協会 技術管理部 京都事業監理室

(〒600-8234 京都府京都市下京区西洞院通塩小路下る 南不動堂町807 ロードック21京都ビル2F)

中部縦貫自動車道大野油坂道路事業のうち、大野IC～勝原IC間10.0kmが2023年3月19日（日）、勝原IC～九頭竜IC間9.5kmが2023年10月28日（土）に開通した。この事業において大野油坂道路事業促進業務（以下「PPP業務」と記す）は、安全で安心な道づくりを確実に促進するために国土交通省近畿地方整備局福井河川国道事務所（以下「国交省」と記す）と、官民パートナーを組み双方の高い技術力と経験を活かしながら、協働で効率的かつ円滑な事業推進を図った。

キーワード PPP業務, トンネル, 工程管理, 土配計画

1. はじめに

中部縦貫自動車道は、長野県松本市を起点とし岐阜県高山市～福井県大野市を経て福井県福井市に至る約160kmの高規格幹線道路（自動車専用道路）であり、中央自動車道長野線、東海北陸自動車道、北陸自動車道を相互に連絡して広域交通の円滑化を図ることを目的としている。大野油坂道路（以下「本事業」と記す）（図-1）は、この中部縦貫自動車道のうち福井県域に位置し、高速道路ネットワークの形成、災害時の代替路の確保、異

常気象時の交通の確保、文化・地域の資源を活かし地域経済の活性化と医療活動への支援などを目的とする自動車専用道路である。本事業（35.0km）のうち大野IC～勝原IC間（10.0km）は2023年3月19日（日）に、勝原IC～九頭竜IC間（9.5km）は2023年10月28日（土）に開通した。残る九頭竜IC～油坂出入口間（15.5km）についても早期開通が望まれている。

本報告では、大野IC～九頭竜IC間について開通日が迫る中、安全で災害にも強い安心できる道づくりを国交省とともに推進したプロセスについて報告する。

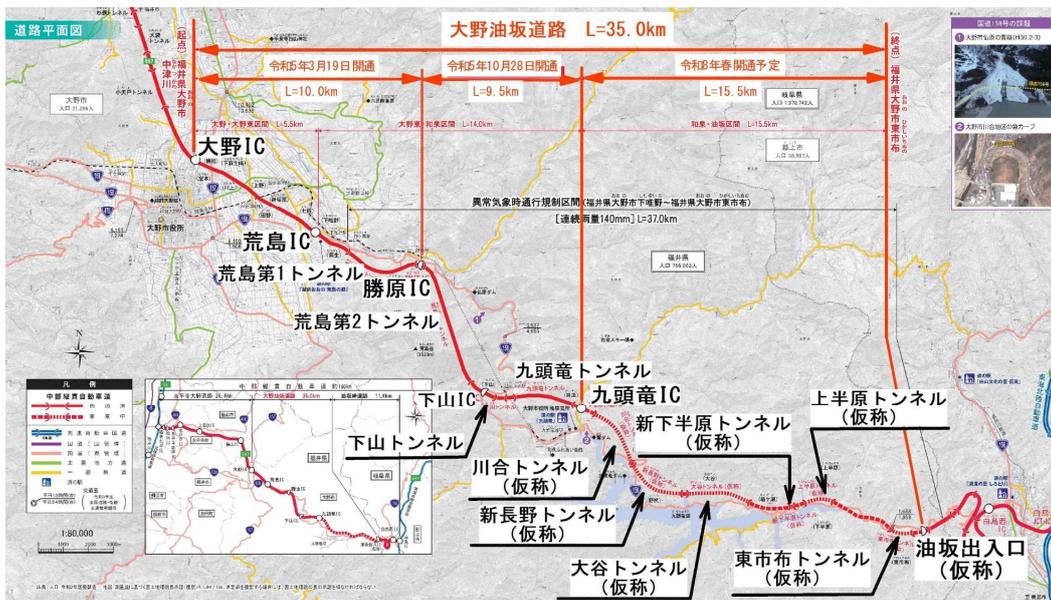


図-1 大野油坂道路 道路平面図

2. 本事業の特徴と現場条件による課題

本事業は、延長35.0kmのうちトンネルが10本（延長の約6割）、橋梁35橋で構成されており、構造物比は全長の約7割となっている。

また、本事業は完成2車線で剛性中央分離帯を有しているため、大断面（約110㎡）のトンネルとなっており、トンネル掘削土（余堀を含む）約320万㎡のうち179万㎡は明かり区間の本線盛土材として活用したが、発生残土141万㎡の利活用を考慮した土配計画と大規模な盛土の工程管理手法が課題となった。

その中でも荒島第2トンネルは延長約4,988mと大断面の長大トンネルとなっており、土木工事以外にも建築・電気・機械など多数の工事の輻輳による工程管理が大きな課題となった。

3. 有効な土配計画と大規模盛土進捗の見える化

大野IC～荒島IC間5.5kmの明かり区間における盛土施工は約124万㎡の盛土に対して約117万㎡の不足となるためトンネル掘削土を活用した（図-2）。また、トンネル掘削土の搬出元・搬出先の調整、盛土量の数量管理方法の「見える化」を実施した。

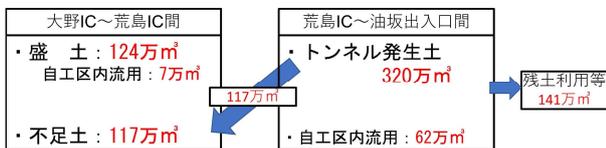


図-2 トンネル掘削土の有効活用

(1) トンネル掘削土の搬出元・搬出先の調整

トンネル掘削土は、路体盛土への活用を第一優先で確保し、トンネル掘削土の排出でベルトコンベアを活用している工事では、トンネル掘削土が小割されているため、橋台背面や補強土壁の盛土材等として有効活用を図った。盛土材の仮置基地として隣接地3箇所約5haの農地の借地を提案し円滑な盛土計画を立案した。

PPP業務において主任監督員や施工業者から聞き取った土配の進捗報告を基に搬出元・搬出先を月ごとに課題を含め毎月整理し土配分計画を作成した。それに基づき翌月以降の方針を、PM（プロジェクトマネジメント）会議等で提案した。また、トンネル掘削土を本線盛土材として活用したものの、約141万㎡の残土が発生し場外処分が必要となる。そのため残土利用計画として下記を提案し、円滑な事業推進とコスト縮減に寄与した。

- ・トンネル掘削土（中硬岩）の国による売払い
- ・トンネル舗装工事における路盤材への有効活用
- ・他の公共工事や民間（官民マッチング）への活用

a) トンネル掘削土（中硬岩）の国による売払い

本事業がある福井県奥越地区は、トンネル吹付材や基礎材等の碎石骨材が逼迫しており、骨材への活用を図ることを目的に硬質のトンネル掘削土は「競争入札による売払い」を提案した。これにより骨材価格の更なる高騰を防ぐとともにトンネル掘削土の処分費低減を図った。

b) トンネル舗装工事における路盤材への有効活用

良質な「中硬岩」のトンネル掘削土約20,000㎡を所定の粒径に破碎し粒度調整してトンネル舗装の路盤材としての活用を提案し実施した。これにより購入（和泉地区単価は運搬費が高騰）するよりコスト縮減となった。

c) 他の公共工事や民間（官民マッチング）への活用

トンネル掘削土の他の公共事業への有効活用を図るため福井県・大野市・勝山市と調整を図った。

また、盛土材として適さない不要土についても建設発生土「官民マッチングシステム」の活用により搬出した。どちらも残土処分費の大幅低減、資源の有効活用が図られた。

(2) 本線部の盛土量の数量管理（工事進捗の見える化）

大野IC～荒島IC間の盛土の工程管理手法として、工事進捗管理図（図-3）を作成した。縦断図を使用し盛土の進捗状況について「見える化」を図ることにより、会議等で関係者に工事進捗情報の共有を行った。

工事進捗管理図は、施工業者よりダンプトラック運搬台数の報告を毎月受け、盛土出来高の実績、今後の予定を月ごとに整理したものとなっている。工事進捗管理図、現地調査を通して盛土状況を確認し、工程遅延等があればヒアリングの上、工事間の調整資料とし、確実な盛土施工に役立て円滑な工程管理に寄与した。

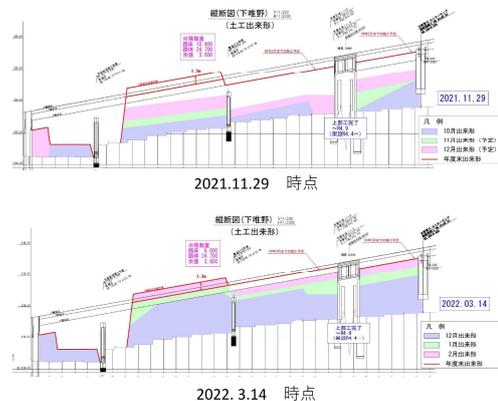


図-3 工事進捗管理図

4. トンネル区間の円滑な施工に向けた取り組み

勝原IC～九頭竜IC間 (9.5 km) では、約7.8 kmがトンネルとなっており、トンネル関連の工事進捗が開通に向けてのポイントとなった。特にその中でも延長約4,988mの荒島第2トンネル、延長約2,388mの九頭竜トンネルにおける掘削完了後のトンネル坑内の覆工・舗装工事・電気機械設備工事等が集中する中での工程管理手法を立案した。

(1) トンネルの工程管理手法

a) 荒島第2トンネル、九頭竜トンネルの概要

荒島第2トンネルは避難坑を有するトンネルであり、起点側(勝原IC側)と終点側(下山IC側)の2工事の受注者が両側からの掘削で施工を行った。

九頭竜トンネルも同じく起点側(岡畑側)と終点側(九頭竜IC側)からの両掘りで施工を行った。

b) 工程の管理手法

PPP業務では工程管理をしていく上で両受注者の工程を反映した斜線工程表(図4)を作成した。その中で「掘削工程注意エリア」を作成し、具体的な掘削の進捗管理を行った。この「掘削工程注意エリア」は「掘削計画線」と「実績をもとにした掘削工程管理限界線」を決め管理した。

掘削の実績線が掘削管理限界線を超えそうな場合は、掘削遅延の原因を調査し工程の見直し・工程回復策等について国交省、現場の施工業者、PPP業務と早め早めに調整した。

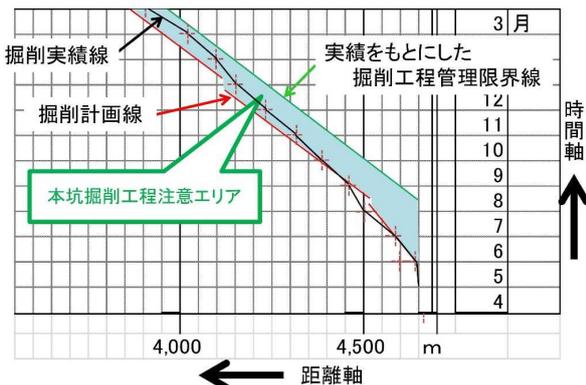


図4 斜線工程「掘削工程注意エリア」

c) トンネル工区境の検討について

トンネルの掘削進捗実績より最短期間で掘削完了できるように、工区境の移動を国交省に提案した(図5)。これにより九頭竜トンネルの場合、当初掘削計画は起点側と終点側で約2.5ヶ月のタイムラグがあったが、両施工業者の協力により工区境の変更を行い、起点側の

掘削到達が2022年6月24日、終点側の貫通が2022年7月15日と、タイムラグも少なく、かつ当初計画貫通時期と大きく変わらず掘削を完了した。

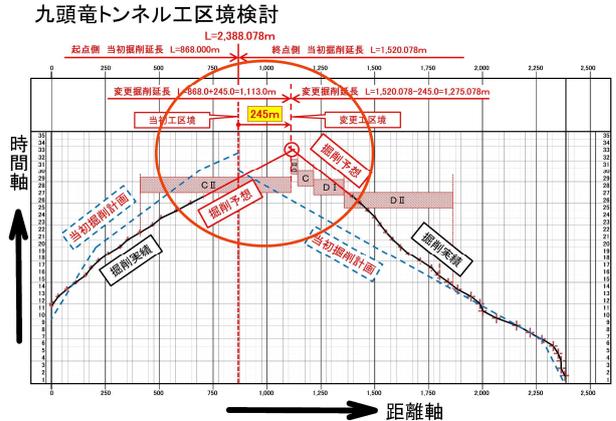


図5 トンネル工区境の検討について

(2) トンネル坑内の工程管理手法の提案

坑内ではトンネル掘削完了後も、コンクリート覆工・舗装工事・電気機械設備工事等の施工が必要となるが、坑内での工事輻輳が著しくなるため、施工ステップごとの進捗が判るように工夫し、これを基に各工事工程の調整を図り、開通時期に間に合わせた。

a) トンネル坑内の施工ステップ図

トンネル掘削完了後、覆工・監視員通路・舗装・設備関係の施工について、施工状況の「見える化」を目的とした施工ステップ図を作成した(図6)。

この施工ステップ図は、施工時期、施工方向、工事ごとの各工種を「いつ施工するか」を施工箇所・施工段階(期間)ごとに「見える化」した資料である。坑内の施工ステップ図を通して掘削完了後の坑内状況を把握し、工事間の工程等の調整資料として活用した。

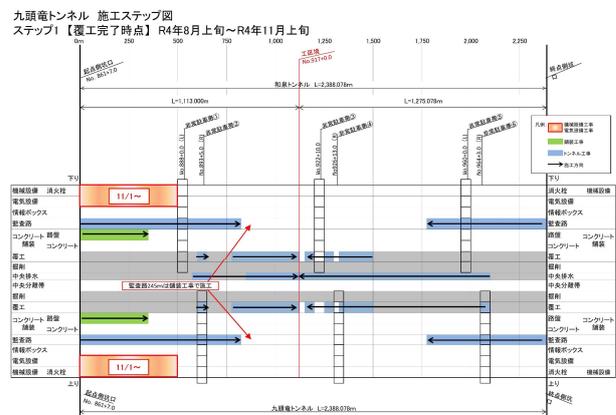


図6 トンネル坑内の施工ステップ図

b) 工事進捗管理工程表

開通時期が迫る中、トンネルに限らず土木工事、電気・機械設備関係等の施工における細かな調整が必要になる。PPP業務では各施工業者の計画工程に対しての進捗管理をしていくにあたり進捗管理工程表(図-7)を作成し進捗状況の「見える化」を進めた。

月に2回、現場からの進捗報告を基に『進捗管理線』の出入りで進捗状況を記載することにより、工種ごとの進捗が一目で分かるように整理した。この進捗管理工程表を基にPM会議等において供用に向けた各工事の進捗状況を共有の上、各課題を整理し円滑な調整を図った。



写真-1 勝原IC～九頭竜IC開通式典

5. 「大野IC～九頭竜IC間」開通とその効果

2023年3月18日(土)には地元主催の大野IC～荒島IC間(5.5km)の中部縦貫道ハイウェイウォークが行われ、翌日の3月19日(日)に大野IC～勝原IC間(10.0km)が開通した。

また、2023年10月28日(土)に勝原IC～九頭竜IC間が開通した(写真-1)。開通式典の1週間前にあたる10月21日(土)には大野IC～勝原IC間の供用時イベントと同じく地元主催の下山IC～九頭竜IC間の中部縦貫道ハイウェイウォーク&ライドが行われた。

開通前後の交通状況は、併行する現道国道158号の「交通の約5割が大野油坂道路に転換」され、事業中区間(九頭竜IC～油坂出入口)における国道158号の「断面交通量も6割増加」している。また大野市役所～和泉地域交流センター間の所要時間も「約11分の短縮」となった。

観光施設の賑わいとして「道の駅九頭竜」では来場者数が「約14%増加」、福井和泉スキー場では早割チケット販売数は「約3倍」となり来訪者数が増加している。

また、和泉地域交流センターから福井県立病院への所要時間が「約18分短縮」、並行する国道158号と比較し「急ブレーキ・横揺れの発生頻度が約1/10以下に低減」され緊急搬送時における患者への負担が軽減された。

6. おわりに

中部縦貫自動車道大野油坂道路は、全線供用まで九頭竜IC～油坂出入口間の15.5kmの区間を残すのみとなっており早期の開通を目指して事業が進められている。これまで大野IC～九頭竜IC間の開通に向けて取り組んだ事業促進のプロセスを活用し確実な開通に向けて取り組んでいく必要がある。

開通時期が迫る中で取り組んだ今回の盛土区間、トンネル区間における工程管理・調整のプロセスは、今後同様の他事業にも活かせる手法と思われる。

謝辞：無事予定どおり開通されたことにホッとすると共に、PPP業務の一つである「発注者、施工会社、関係自治体間の良きパートナーシップ」の構築が供用という成果の表れになったと感じております。福井河川国道事務所の職員の皆様の熱意とご指導頂いたこと、また工事等に携わられた皆様や関係自治体等の皆様のご協力に際し感謝申し上げます。

本論文作成について

本論文は、一般社団法人近畿建設協会技術管理部福井事業監理室に配属されていた際の経験に基づき作成している。

【大野油坂道路】〇〇区間 工事進捗管理工程表

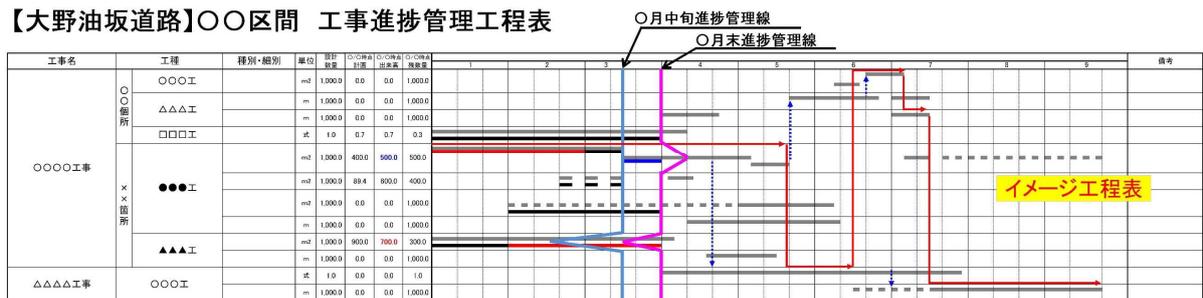


図-7 工事進捗管理工程表

川上ダムの試験湛水における揚圧力の動向と対策

北爪 皓¹・大高 英澄²

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

²独立行政法人水資源機構 琵琶湖開発総合管理所 湖北管理所 所長 (〒521-0011滋賀県米原市中多良1-2) .

川上ダムは、淀川水系木津川支川前深瀬川に建設された重力式コンクリートダムであり、2021年12月に試験湛水を開始し、現在も継続中である。試験湛水中は、安全性の確認のため、揚圧力等の種々の計測等を実施している。2022年10月11日時点では、設計値に対して揚圧力が高い状態が確認されており、洪水時最高水位において堤体の安定条件を満足しない懸念があった。そこで、同年12月より揚圧力低減のための対策を実施した。本稿は、川上ダムの試験湛水の中間報告として、揚圧力計測結果及び揚圧力低減対策の効果について報告するものである。

キーワード 揚圧力, 試験湛水, 基礎排水孔, 対策工, コンクリートダム

1. はじめに

川上ダムは、淀川水系木津川支川前深瀬川に建設された重力式コンクリートダムで、洪水調節、新規利水、流水の正常な機能の維持を目的とした多目的ダムである。ダムの諸元を表-1に示す。

川上ダムは、2021年12月16日に試験湛水を開始しており、現在も継続中である。試験湛水とは、初めて湛水す

表-1 川上ダムの諸元

形式	重力式コンクリートダム
堤高	84.0m
堤体積	455,000m ³
堤頂長	334.0m
総貯水容量	31,000,000m ³
集水面積	54.7 km ²

るときに貯水位を上昇・下降させ、ダム堤体、基礎地盤及び貯水池斜面の安全性を確認する試験である。川上ダムの場合、試験湛水時に洪水時最高水位 (EL.276.9m) まで水位を上昇させ、その後、1m/日を上限に不安定化懸念斜面の最低標高 (EL.245.0m) まで下降させる予定である。ダムは大規模な構造物であり、その安全性が社会に及ぼす影響が極めて大きい。そのため、「試験湛水実施要領 (案)」¹⁾に則り策定した計測・監視計画に基づき、毎揚圧力をはじめ漏水量や変形量等の種々の計測等を実施し、試験湛水中の安全性を確認している。

2. 観測揚圧力に対する堤体の安定検討

(1) 揚圧力の計測方法

川上ダムの揚圧力観測設備の配置図を図-1に示す。川

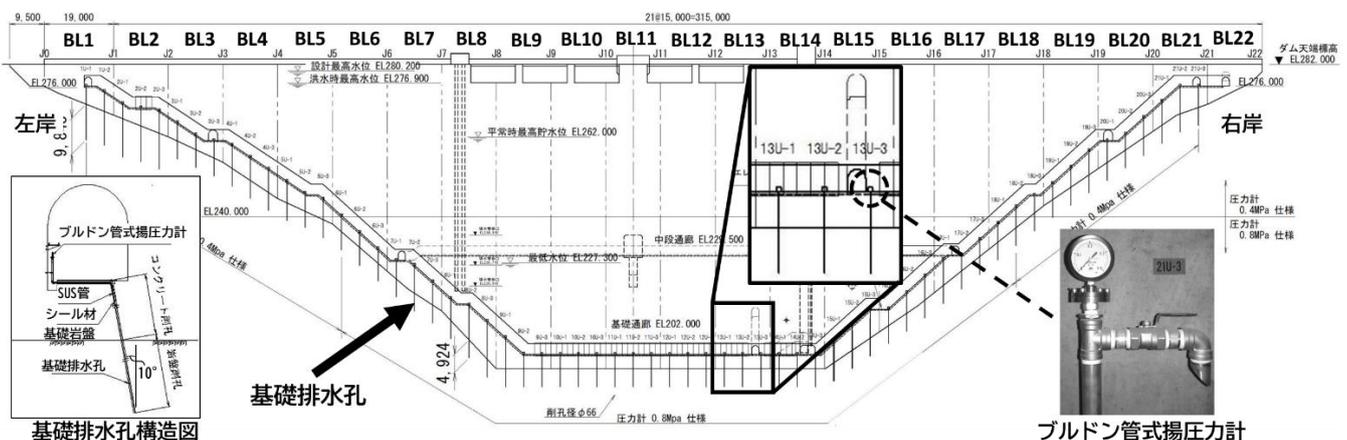


図-1 揚圧力観測設備配置図

上ダムの揚圧力は、基礎監査廊内の基礎排水孔に設置されたブルドン管式揚圧力計（左右岸方向62孔、クロスギヤラリー2孔）により手動計測している。計測は、観測孔を1つおきに閉塞する隔孔閉塞法により行っており、閉塞から1時間後の揚圧力計の数値を記録している。試験湛水中は貯水位の上昇・下降に伴う揚圧力の変動を監視するため、通常、1回/日の計測を行っている。

$$F_s = (\tau_0 B' + fV')/H' \quad (2)$$

ここに、 F_s :せん断摩擦安全率、 τ_0 :岩盤せん断強度、 B' :せん断抵抗を考慮する堤敷長、 f :岩盤内部摩擦係数、 V' :単位幅当たりの傾斜堤敷面に対する鉛直合力、 H' :単位幅当たりの傾斜堤敷面に対する水平合力

(2) 堤体の安定計算手法

堤体の安定条件は次の①～③とおりでである。また、安定計算上の外力モデル及び各貯水位における外力条件を図-2に示す。

- ①堤体上流端の鉛直方向に引張応力を生じない
- ②せん断に対して安全である（安全率4以上）
- ③許容圧縮応力及び許容引張応力を超えないこと

条件①は堤体の転倒に対する検討であり、転倒しないためには、式(1)のとおり、堤体に作用する合力が堤敷の中央三分点内に入ることが条件となる。そのため、Middle Third条件ともいわれる。

$$d = \Sigma M / \Sigma V, L/3 \leq d \leq 2L/3 \quad (1)$$

ここに、 d :合力の作用位置、 ΣM :総モーメント、 ΣV :鉛直合力、 L :堤敷長

条件②は、外力に対するせん断抵抗力の検討である。式(2)の堤敷傾斜 α を考慮したHennyの式により、安全率4以上を満足するものとする。

条件③は、式(3)より堤体の縁応力を求め、その値が堤体コンクリートの許容圧縮応力及び許容引張応力を超えないことを確認する。

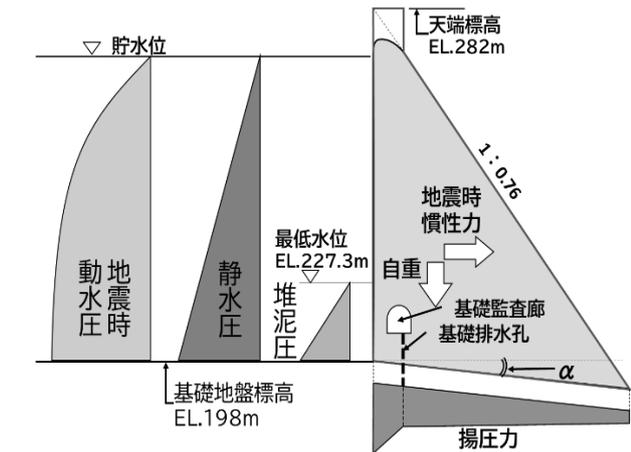
$$\sigma = V/A + My/I \quad (3)$$

ここに、 V :鉛直合力、 A :ブロック毎の底面積、 M :底面中心軸まわりのモーメント、 y :底面中心軸より堤体縁までの距離、 I :底面中心軸に対する断面二次モーメント

(3) 計測揚圧力に対する堤体の安定検討

川上ダムの揚圧力の計測値は、2022年10月11日時点で、設計値（揚圧力係数にして0.2）よりも高い状態が確認されており、洪水時最高水位において堤体の安定条件を満足しないことが懸念された。例えば、観測孔13U-2の場合、揚圧力係数にして0.5程度の値を計測していた。そこで、(2)に示す安定条件を満足する最大の揚圧力を観測孔毎に求めた上で、計測揚圧力に基づく回帰分析を行った。理論上、揚圧力は貯水位（水圧）に比例すると考えられるため、回帰分析は線形回帰分析とした。

13U-2の回帰分析の結果を図-3に示す、13U-2の場合、



	自重	静水圧	堆泥圧	地震時慣性力	地震時動水圧	揚圧力
平常時最高貯水位 EL.262.0m	○	○	○	○	○	○
洪水時最高水位 EL.276.9m	○	○	○	○*	○*	○
設計洪水水位 EL.280.2m	○	○	○	-	-	○

* 洪水時最高水位における水平震度は平常時最高貯水位の1/2

図-2 外力モデル及び貯水位別外力条件

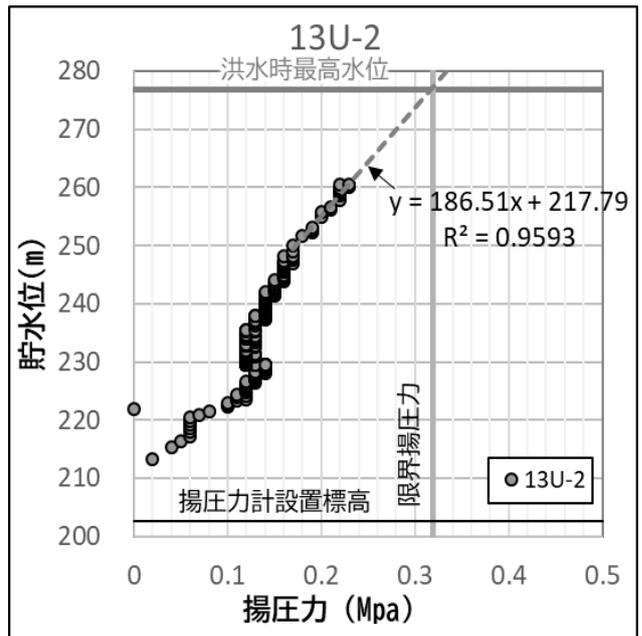


図-3 貯水位-揚圧力相関図(2022年10月11日時点)

洪水時最高水位において安定条件上の最大揚圧力（以下、限界揚圧力）を超えることが推定された、この時の決定係数 R^2 は約0.96であった、一般的に $R^2 \geq 0.5$ で式の当てはまりがよいとされるため、回帰式の説明力は高いものと考えられる。

全観測孔について同様の検討を行い、洪水時最高水位において限界揚圧力を超える観測孔について揚圧力低減のための対策を実施することとした。また、検討の結果、限界揚圧力を超えないと予想される観測孔も、貯水位の上昇に伴い貯水位と揚圧力の関係が変化する可能性がある。そのため、想定揚圧力が3割程度増加する可能性も考慮し、その場合に限界揚圧力を超える観測孔についても対策を実施することとした。

検討の結果、対策の対象となった観測孔を表-2に示す。対策としては、揚圧力を低減する場合の対策工として採用事例²⁾の多い、追加基礎排水孔の施工を採用することとした。追加基礎排水孔は、既存の基礎排水孔に隣接して設ける排水孔であり、常時、開放状態とし、基礎岩盤からの浸透水をそこから排水することで、揚圧力を低減する。

3. 揚圧力低減対策工

(1) 基礎排水孔内カメラ調査

表-2の観測孔について、追加基礎排水孔の施工前に、基礎排水孔の健全性確認のため、孔内カメラによる閉塞状況の調査を行った。BL13の調査写真の例を図-4に示す。調査の結果、基礎排水孔の閉塞はなく、閉塞による揚圧力の上昇はないものと判断した。一部の観測孔では、基礎排水孔に設置したSUS管と孔壁との接着部のシール材

表-2 対策実施対象観測孔

洪水時最高水位で 限界揚圧力を超過	11U-2, 13U-2, 15U-1, 15U-2, 15U-3 計 5/62 孔	合計 10 62 孔
洪水時最高水位で 3割増の場合に限 界揚圧力を超過	10U-2, 12U-2, 14U-3, 16U-1, 16U-2 計 5/62 孔	

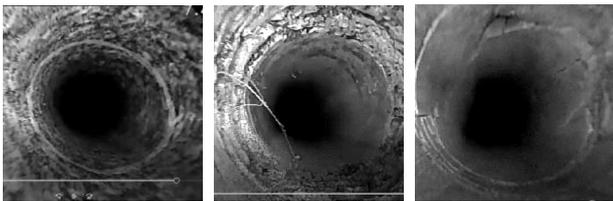


図-4 孔内カメラ調査状況 (BL13)

に剥離を確認したが、シール材を除去及び再施工しても、揚圧力及び基礎岩盤からの漏水量に大きな変化はなく、観測孔を閉塞するものではなかった。

(2) 追加基礎排水孔の施工

孔内カメラ調査より、孔内閉塞による揚圧力への影響がないことが判明したため、表-2の観測孔を対象に当該孔の揚圧力低減を目的として、追加基礎排水孔の施工を実施した。追加基礎排水孔の施工位置を図-5に示す。

追加基礎排水孔の施工は、図-6に示すコアドリル（φ66）により削孔を行った。削孔長は、既存の基礎排水孔と同様に、岩着後5mを削孔するものとした。削孔は2022年12月14日より開始し、2023年1月12日に全15孔の施工が完了した。追加基礎排水孔の削孔後、漏水量等の計測も可能なように、既存基礎排水孔と同様にSUS管を設置した。

4. 対策工による揚圧力低減効果

追加基礎排水孔施工前後の揚圧力水頭の分布状況を図-7に示す。図-7より対策工実施前後で、対策対象孔の揚圧力水頭が低減していることがわかる。

次に、追加基礎排水孔施工後の揚圧力が、堤体の安定性に与える影響を確認するため、2.(3)節と同様の回帰分析を追加基礎排水孔施工後の揚圧力を対象に行った。13U-2の分析結果を図-8に示す。図-8より、追加基礎排水

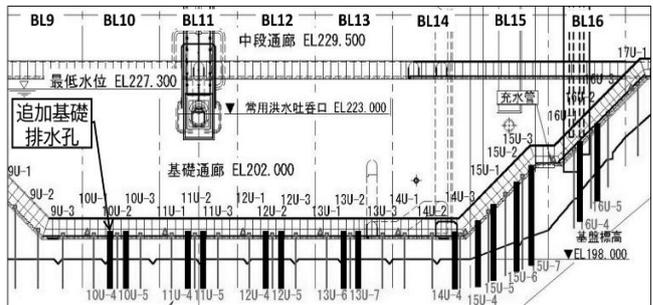


図-5 追加基礎排水孔施工位置

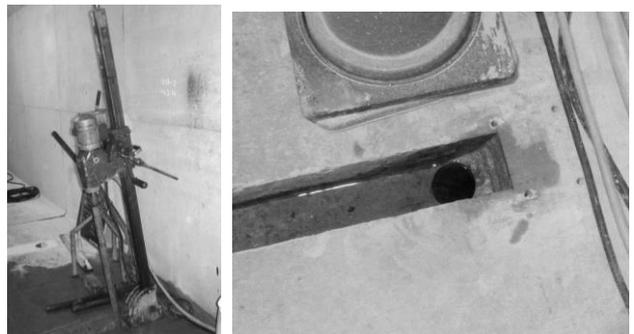


図-6 施工機械(コアドリル)及び追加基礎排水孔

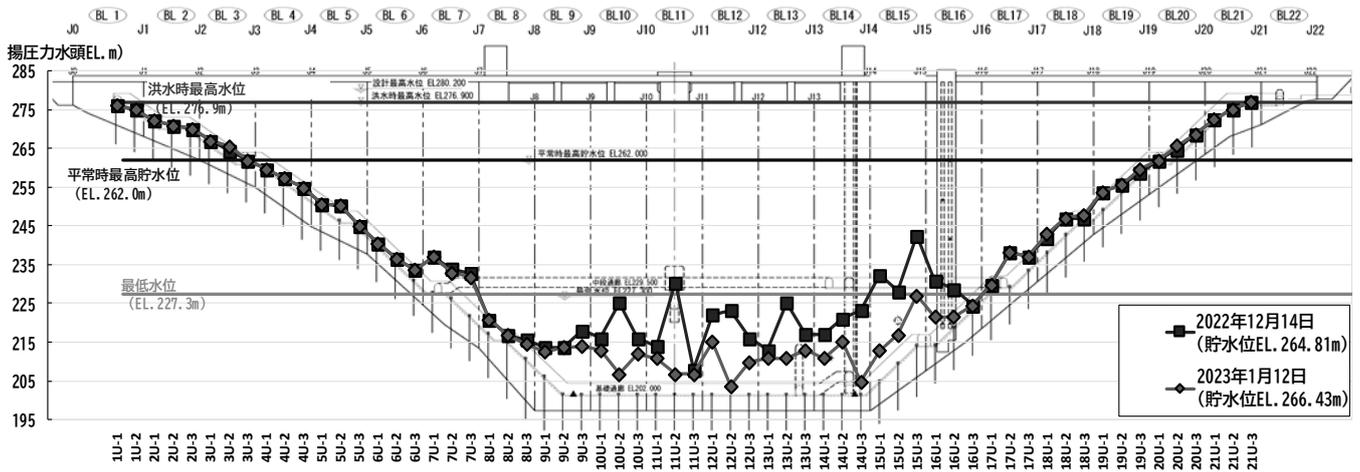


図-7 対策施工前後の揚圧力水頭

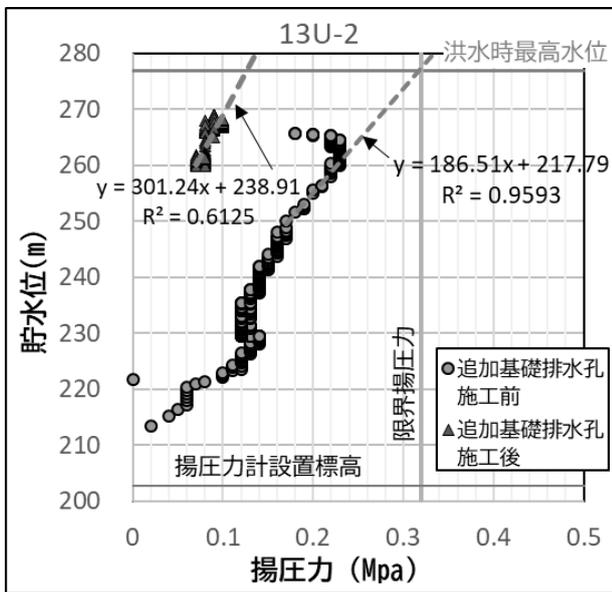


図-8 水位-揚圧力相関図(追加基礎排水孔施工後)

孔施工後の13U-2の揚圧力は、追加基礎排水孔施工前に対して、3~4割程度に低減されていた。施工前は0.5程度であった揚圧力係数は、0.2程度まで低減されており、おおむね設計値と同程度となった。この時のR²は約0.61であり、回帰式の当てはまりはおおむね良好な結果であった。

全観測孔について同様に分析を行った結果、揚圧力係数が設計値まで低減されない観測孔はあるものの、回帰式より推定した洪水時最高水位における揚圧力に対して3割増加しても、限界揚圧力を超える孔はなかった。また、回帰分析の結果、R²≥0.5を確保できない観測孔もあったが、その孔については、対策前の5割程度に揚圧力が低減されており、現状で追加の対策は不要と判断した。なお、追加基礎排水孔施工後の基礎地盤からの漏水量は、全体で約5L/min程度の増加であり、著しい増加や

漏水の濁り等は確認されなかったため、問題ないものと判断した。以上より、本対策により、ダム堤体の安定性が向上したことを確認した。

5. まとめ

川上ダムでは、試験湛水中の揚圧力が設計値に対して高い状態であったことから、洪水時最高水位において堤体の安定条件を満足しないと推定される観測孔について、追加基礎排水孔による揚圧力低減対策を実施した。その結果、全対策対象孔で揚圧力の低減効果が認められ、洪水時最高水位において限界揚圧力を超えると推定される観測孔はなくなった。

以上より、追加基礎排水孔の施工により、堤体の安定性が向上したことを確認した。また、追加基礎排水孔は、揚圧力の低減に効果的であることが示唆されたものと考えている。今回は、計測した揚圧力から将来の揚圧力を推定し、堤体の安定性を検討することで、事前に対策を講じることができた。

今後は、貯水位の上昇に伴う揚圧力の動向に注視しつつ、試験湛水を継続していく。

※本論文の内容は、筆者の従前の所属である独立行政法人水資源機構木津川ダム総合管理所川上ダム管理所における業務に基づくものである。

参考文献

- 1) 建設省河川局開発課：試験湛水実施要領（案）について（建設省河開発第98号）。1999。
- 2) 独立行政法人水資源機構（技術研究発表会）：大山ダム試験湛水実施状況の報告。2012。