

由良川における災害に強い ネットワークの実現に向けて

浅井 崇弘

近畿地方整備局 企画部 情報通信技術課 (〒540-8586 大阪府大阪市中央区大手前 1-5-44) .

福知山河川国道事務所が管理している由良川では、迅速に現地の情報収集を行うため、河川水位の計測や水門・樋門等の状態監視を光ネットワークを介して行っている。本稿では、災害時においても信頼性の高い通信を行うため、災害に強い光ネットワークの実現を目的とした冗長化の取組について紹介する。

キーワード 由良川、光ネットワーク、光ケーブル、冗長化

1. はじめ

(1) 由良川の概要

福知山河川国道事務所は、由良川水系の由良川54.1km、土師川2.3kmを直轄で管理している。由良川の上流部は河床勾配が約1/200~1/300と急であり、川の流れる速くなる地形となっている。福知山市や綾部市の市街地を擁する中流部の福知山盆地では、河床勾配が約1/500~1/1,500と緩やかになっているため、洪水が溜まりやすい地形となっている。下流部では、河床勾配が約1/8,000と更に緩やかになり、かつ兩岸に山が迫った狭長な谷底平野となっている。(図-1)

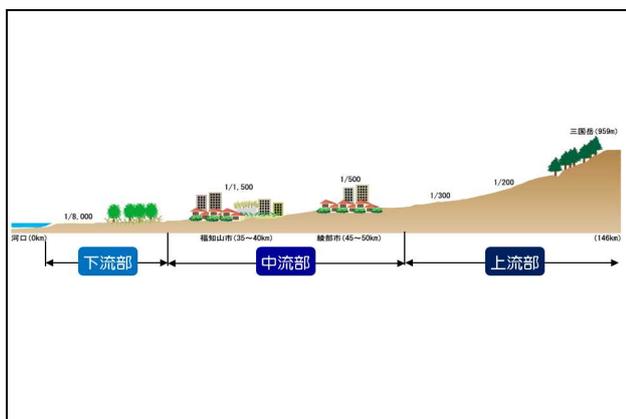


図-1 由良川の地形

(2) 過去の出水被害と由良川の河川整備

前項で記載したとおり、由良川中流部は独特の地形となっているため、洪水時には中流部で溜まった水が下流部へ流れにくくなっている。また、堤防の整備もされていなかったため、福知山市域では古くから多くの洪水被害を受けてきた。(表-1)

■既往洪水の概要

発生年月日	原因	洪水流量 (m ³ /s) 福知山地点	被害の状況
1953年9月25日	台風13号	6,500	死者・行方不明者37人、床上浸水5,307戸、床下浸水2,458戸
1959年9月26日	台風15号	4,384	死者・行方不明者3人、床上浸水4,455戸、床下浸水2,450戸
1961年10月28日	台風26号	2,402	床上浸水767戸、床下浸水1,540戸
1965年9月17日	秋雨前線 台風24号	2,833	床上浸水411戸、床下浸水1,534戸
1972年9月16日	台風20号	4,063	床上浸水527戸、床下浸水1,024戸
1982年8月1日	台風10号	3,636	床上浸水40戸、床下浸水65戸
1983年9月28日	台風10号	3,608	床上浸水23戸、床下浸水49戸
2004年10月20日	台風23号	5,285	死者5人、床上浸水1,251戸、床下浸水418戸
2011年9月21日	台風15号	3,188	床下浸水4戸
2013年9月16日	台風18号	5,390	床上浸水1,102戸、床下浸水500戸
2014年8月16日	秋雨前線 (集中豪)	3,530	床上浸水1,586戸、床下浸水1,712戸(弘法川・法川流域)
2017年10月23日	台風21号	4,278	床上浸水104戸、床下浸水134戸
2018年7月7日	梅雨前線	3,591	床上浸水226戸、床下浸水337戸

表-1 既往洪水の概要

2004年10月の台風23号における出水では、堤防の浸食による光ケーブル管路が剥き出しとなり光ネットワーク切断の危険性があった。(写真-1)



写真-1 大規模出水により剥出しになった管路

2004年の台風23号による洪水被害を受け、由良川下流部の堤防整備を目的とした由良川下流部緊急水防対策を実施し概ね10年かけて完了した。2004年の洪水以外にも、福知山河川国道事務所管内では2013年、2014年と立て続けに大きな洪水被害を受けた。洪水被害を受け2015年より国土交通省、京都府、福知山市が連携し、総合的な治水対策事業を進め2021年に完了した。

2. 由良川の光ネットワークの現状と課題

福知山河川国道事務所管内では、由良川の河川管理を目的としたCCTVカメラを設置している。CCTVカメラの映像は、河川ライブカメラとして地域住民向けにインターネット配信を行っている。CCTVカメラは由良川沿いに設置し、年度を重ねる毎に設置台数も増加した。また、一般の地域住民向けに配信していないが、樋門の内外水を監視するためのCCTVカメラも設置している。由良川沿いの光ケーブルは、CCTVカメラの設置に伴い距離を延伸し、現在も光ネットワークの拡大を進めている。事務所と出張所において、L3SWを通じて通信を行っている光ネットワークを本線系とし、出張所のL2SWから延びている光ネットワークを支線系として整備を進めてきた。CCTVカメラは支線系光ネットワークに含まれている。

光ネットワークの整備を進めているところであるが、支線系光ネットワークの冗長化を考慮していない。そのため、従来の支線系光ネットワークで災害等で光ケーブルが切断した場合、CCTVカメラによる由良川の

河川管理や地域住民への河川ライブカメラ等の映像提供ができなくなる。支線系光ネットワークが冗長化されていないことによる脆弱性の課題があった。課題対策前の支線系光ネットワークは図-2のとおりである。

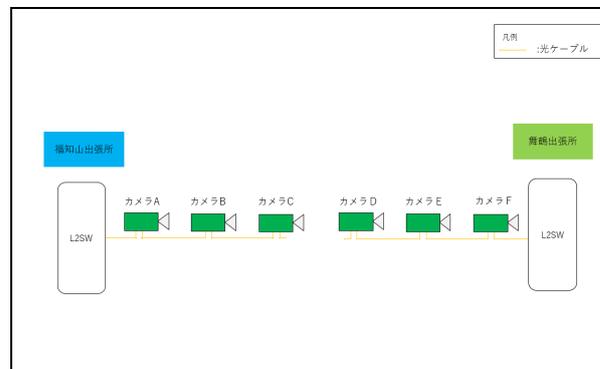


図-2 課題対策前の支線系光ネットワーク

従来の支線系光ネットワークは、各出張所のL2SWから光ケーブルが送受信用に二芯伸びており、CCTVカメラと通信を行っていた。図-2のとおり、カメラ装置同士(図中のカメラA,カメラB,カメラC)が光ケーブルで接続されていた。配置しているCCTV設備は、各出張所のL2SWへデータ通信を行っていた。各出張所のL2SWを通して事務所へデータ送信していた。図-3で災害時に光ケーブルが切断した場合を想定する。図-3の箇所では光ケーブルが切断した場合、出張所のL2SWへ通信を行うための経路が断たれてしまう。結果、図中の福知山出張所に向けて通信を行っているCCTVカメラ設備(図中のカメラA,カメラB,カメラC)が孤立し通信が途切れることになる。

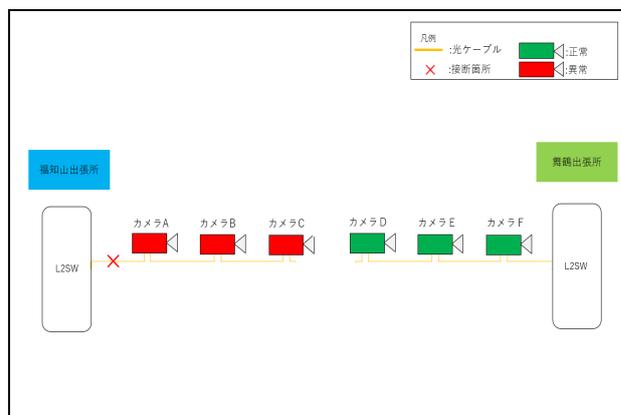


図-3 光ケーブル切断時の支線系光ネットワーク

このような支線系光ネットワークの課題を解消するための手段として冗長化を検討した。検討した結果、

以下のとおり留意すべき事項が判明した。

留意すべき事項：設備にかかる負荷を考慮した
光ネットワーク構築

福知山河川国道事務所で管理するCCTVカメラ設備は、各出張所L2SWに向けて通信を行っている。また、L2SWはL3SWへとデータ通信を行っている。もし図-4のように通信が切断した場合、迂回路をとることになるが、その際、通常の負荷に加えて迂回路方向からの通信による負荷がL2SWにかかる。通信方向が一方向になった際にも、通信異常が発生しない光ネットワークを構築する必要がある。

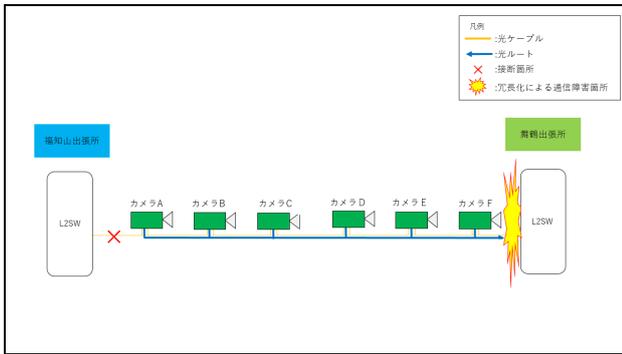


図-4 支線系光ネットワーク障害イメージ

3. 由良川における支線系光ネットワーク整備

本章では、由良川における支線系光ネットワークの冗長化実施による整備の内容を記載する。課題対策後は図-5のようになる。



図-5 課題対策後の支線系光ネットワーク

図-5のとおり、福知山出張所L2SWに向け通信していたCCTVカメラの配置を、福知山出張所—舞鶴出張所L2SW間に振り替えた。本整備により光ケーブル切断時

にも、迂回路による通信が可能となる。また、迂回することによって過負荷となる機器を調査し、更新を同時に実施した。結果、通信切断が起きた際に各L2SWが過負荷となって停止しない。

図-6で、災害時に光ケーブルが切断した際の支線系光ネットワークの迂回方向を示し、実際のデータの流れを記載する。

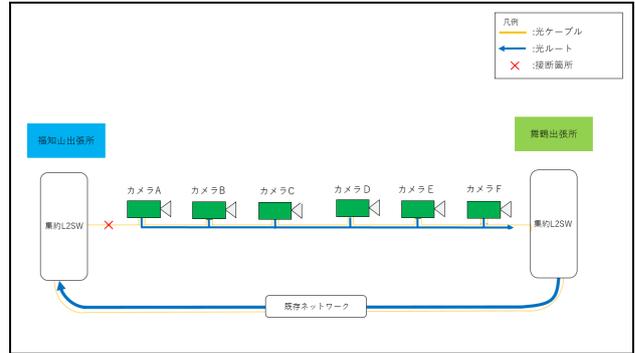


図-6 支線系光ネットワーク切断時の光ルート

福知山出張所へ通信を行っていたCCTVカメラを例に説明する。図-3の場合、光ケーブルが切断した際、福知山出張所L2SWへとデータを送っていた経路が断たれた。結果、同一の光ケーブルを使用した支線系光ネットワークになっていたため通信が途切れた。だが、図-6のように福知山出張所—舞鶴出張所間に光ケーブルの芯線を繋ぎ変えることにより、福知山出張所方向だけでなく舞鶴出張所方向へデータ通信が可能となる。

図-6のような迂回路をとることで、光ケーブル切断時における光ネットワーク障害に対応できる。また、冗長化を行った上で下記点を工夫し取り組んだ。

工夫：冗長化のための支線系光ネットワーク再検討
前章で、設備にかかる負荷を考慮した支線系光ネットワーク構成の必要性について記載したが、更新対象となる機器の更新を全箇所行くと高価になる。既存設備を最大限利用することを検討した。そのためには、各関連設備構成を熟知する必要がある。検討を重ねた結果、以下の内容を実施した。CCTVカメラ間の伝送距離について、CCTVカメラ間の距離が離れている、CCTVカメラとL2SWとの距離が離れている場合には、伝送距離の関係上通信を行えない場合がある。従来の支線系光ネットワークにおいても、伝送距離を延伸させるための機器を配置しているが、各CCTVカメラ間が同じ伝送距離ではない。配置するCCTVカメラを各出張所間で割り振り、伝送距離の延伸が必要なCCTVカメラについては長距離用SFPモジュールを取り付けることにより、既存の設備を最大限利用することができた。

4. 考察

本整備で、各L2SWに向けて一方向に繋ぎこんでいたCCTVカメラをL2SW間に繋ぎ変えた。光ケーブルが切断された際に迂回路をとることができ、災害に強い支線系光ネットワークを実現できた。ただ長距離用SFPモジュールを使用し光ケーブル伝送距離を延伸させるだけでなく、既存の設備を考慮した支線系ネットワークを構築することができた。また、冗長化により災害等で光ケーブルが切断された際に通信が途切れることなく安定した通信が可能となる。結果、支線系光ネットワーク迂回路の確保により脆弱性が解消された。

冗長化により、災害に強い光ネットワーク構築が可能となったが、検討を重ねる中で河川と同様に道路の支線系光ネットワークの冗長化により、図-7のような災害時にさらに強靱な光ネットワークを構築できるのではないかと考える。

本論文は著者の前任地である、近畿地方整備局福知山河川国道事務所で実施した、「由良川における災害に強いネットワークの実現に向けて」の取組についてとりまとめたものである。

謝辞：「由良川における災害に強いネットワークの実現に向けて」の取組でご協力いただいた関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

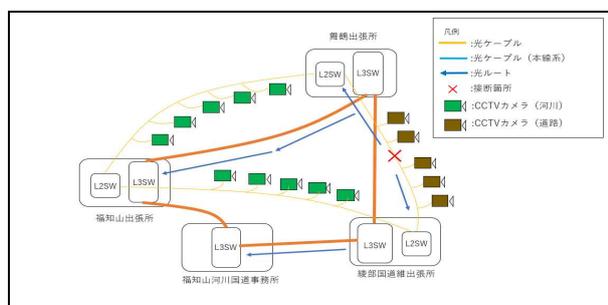


図-7 道路の支線系ネットワークの冗長化

福知山河川国道事務所管内では、河川管理のためのCCTVカメラを整備している。その他、道路管理のCCTVカメラを配置し、各装置は事務所へデータ伝送を行っている。道路の支線系ネットワークの冗長化を行うことができれば、由良川の光ケーブル切断の際だけでなく、道路の支線系光ネットワークで障害が発生した際にも、迂回による通信を行うことができる。そのために必要なこととして、光ケーブル及び通信容量の増大に伴う伝送距離を延伸させるためのSFPモジュール等機器の配置や、ケーブルを送受信する際に経由する各伝送装置容量を増大させる必要がある。なぜなら、河川情報だけでなく道路情報の伝送容量も考慮する必要があるからである。支線系光ネットワークを改修する際には、既存の設備を活かした検討、またコスト面ではなく機能性を重視するなど総合的に判断する必要がある。今後さらなる支線系光ネットワーク整備を行う場合には、伝送容量や伝送距離を考慮することが重要であり、考慮することにより災害時における強靱な光ネットワークの構築ができる。

多機関が連携した 流域タイムラインの作成について

松永 匠¹

¹福知山河川国道事務所 調査課 (〒620-0875京都府福知山市堀小字今岡2459-14)

避難情報着目型タイムラインはほとんどの河川で整備され、災害時に一定の成果が上がっているが、多数の市町村にまたがる河川では、市町村毎にタイムラインが分かれているため、事務所長が十分に活用できない等の課題がある。2021年10月の国土交通省防災業務計画の修正により、従来の避難情報に着目した水害対応タイムラインを複数の市区町村を対象とした流域タイムラインに見直すこととされ、近畿地方整備局管内のモデル河川として由良川で流域タイムラインの作成が試行された。本論文では、由良川において試行された流域タイムラインの作成について報告する。

キーワード 多機関連携、水害対応タイムライン、流域タイムライン、WEBホットライン、災害対策基本法

1. はじめに

(1) 流域タイムライン作成の経緯

洪水、高潮等によって生じる被害を最小限にするためには、市区町村長による避難情報の適切な発令をはじめ、関係機関が適時的確な防災行動を判断・実施する必要がある。

そのためには、河川の氾濫や高潮の発生を前提に、河川管理を担う国等の事務所（以下、「河川事務所」という。）と市区町村等が連携して、災害時の状況を予め想定し共有した上で、「いつ」、「誰が」、「何をするか」に着目して、基本的な防災行動とその実施主体を時系列で整理する「水害対応タイムライン」の作成・活用が有効である。

避難情報着目型タイムラインは全ての国管理河川で整備され、都道府県管理河川でも95%近く整備されるなど、一般の認知度も上がり、災害時においても一定の成果が上げられている。一方、多数の市町村にまたがる河川では、市町村毎にタイムラインが分かれているため、事務所長が十分に活用できず、新任担当者の習熟にも時間がかかり、ふりかえりにも生かされない等の課題がある。これらの課題に対しては、河川事務所から流域自治体等へのトリガー情報に着目した、引継ぎやふりかえりが容易でシンプルな流域タイムラインの作成が有効である。

2021年9月に決定した総力戦で挑む防災・減災プロジェクト第2弾の重点推進施策の1つに「一人でも多くの方が、円滑に避難できるように～住民避難～」があり、住

民等に対して市町村が適切に避難情報を発令できるように、流域でのタイムラインの作成や、WEBホットラインの導入により流域市町村への河川・気象情報の伝達や危機感の共有を円滑化し、的確な避難情報の発令など市町村の防災業務を支援することとされている。

また、2021年10月の国土交通省防災業務計画の修正により、避難情報に着目した水害対応タイムラインを複数の市区町村を対象とした流域タイムラインに見直すこととされた。

(2) 災害対策基本法の改正

2018年7月豪雨、2019年東日本台風、2020年7月豪雨等の近年の豪雨災害において、本来避難すべき避難勧告のタイミングで避難せず、逃げ遅れにより被災する者が多数発生し、避難勧告と避難指示の違いも十分理解されていないことや、いまだ多くの高齢者が被害をうけており、避難行動要支援者の避難の実効性の確保には避難を支援する人が決まっていない等の課題があること、災害発生前に国が対策本部を設置できず、災害が発生するおそれの段階で、地方公共団体が避難先・避難手段の調整を行う手段が無い等の課題が浮き彫りとなった。これらの課題に対応するため2021年5月に災害対策基本法が改正された。

この改正により、避難勧告と避難指示を一本化する等避難情報のあり方の包括的な見直しや、市町村に対する個別避難計画の作成の義務化、災害発生のおそれの段階での国の災害対策本部の設置と住民等を広域避難させる

に当たって必要となる市町村間の協議を可能とするための規定等の設置等が行われた。

(3) 国土交通省防災業務計画の修正

国土交通省防災業務計画は、災害対策基本法第36条に基づき、国土交通省が防災に関してとるべき措置等を定めた計画で、国土交通省が自然災害や重大事故において、予防、応急対策、復旧・復興の各段階でとるべき諸施策を規定しており、直近では2021年10月に修正された。

この修正では、災害対策基本法の改正や流域治水関連法案の制定を踏まえた修正や、2020年度に発生した災害への対応の教訓を踏まえた修正が行われた他、自然災害リスクコミュニケーションの推進を目的として、住民等への的確な情報発信、市町村支援の充実や、防災行動計画（タイムライン）の普及・策定推進等が追加された。

表-1 水害対応タイムラインと法定計画の関係

タイムライン	領域	目的	法定計画 (作成主体)
流域タイムライン	流域	流域単位の市区町村を対象として、河川事務所等の防災行動を確認する	国土交通省防災計画等（地方整備局、事務所等）
市区町村タイムライン	市区町村	市区町村が自らの発令する避難情報などのタイミングを明らかにする	地域防災計画（市区町村）
コミュニティタイムライン	地区	自治会や自主防災組織などの行動を明らかにする	地区防災計画（自治会、自主防災組織）
マイタイムライン	個人、事業者等	施設毎や個人が自らの行動を明らかにする	避難確保計画（要配慮者利用施設）、個別避難計画（要配慮者）

2. 流域タイムラインの概要

(1) 水害対応タイムライン

災害対策基本法に基づき、国土交通省や各地方整備局等においては防災業務計画を、地方公共団体においては地域防災計画を策定し、災害時の行動について定めることとなっており、水害対応タイムラインについてもこれら計画と整合し、定められた基本的な防災行動を時系列で整理したものである必要がある。

このため、水害対応タイムラインについては、実施主体毎に自らの基本的な防災行動を確認できるものにし、河川事務所等の行動を中心に整理する流域単位のタイムライン（流域タイムライン）と、市区町村の行動を中心に整理する市区町村単位のタイムライン（市区町村タイムライン）のほか、マイ・タイムラインなどの世帯や地区毎に任意で作成されるタイムラインなどが、階層的かつ相互に連携し、作成・活用されることが重要である。

なお、既に多機関連携型タイムラインが作成されている場合は、これらが前述のいずれに該当するのかを確認した上で、これまでの経緯等を尊重しつつ活用、改善に努めることとする。

これらの各タイムラインにおける実施主体毎の行動の認識共有の場としては、大規模氾濫減災協議会やその部会等を活用することが考えられる。

(2) 水害対応タイムラインの活用等

作成した水害対応タイムラインについては、毎年、出水期前を基本として市区町村等の関係機関と合同で確認を行うとともに、洪水等の対応に関する演習・訓練等の際にも活用する。また、災害対応やその振り返り、演習・訓練等の際に明らかとなった課題を踏まえて、随時見直し等を行う。

また、これまで実施してきたホットラインのほか、数日前から前日までなどに行うWEB 会議ツールによる危機感共有の場などにおいて、気象警報や洪水予報等について効果的・効率的に伝えるよう努める。

(3) 流域タイムラインの概要

流域タイムラインは、河川事務所等が、その管理する河川の流域を対象に、河川・気象情報をもとに発表する洪水予報など、自らの基本的な防災行動を時系列で確認するとともに、災害後の振り返りに用いることを目的とするものである。

同一の洪水予報の予報区域や、洪水時に特に参考にする水位観測所が同一であるなど、流域単位の市区町村を対象として、河川事務所等の防災行動を確認するための「流域タイムライン」を市区町村等の関係機関と連携して作成・運用する。

なお、これまで活用してきた避難情報着目型タイムラインは、市区町村タイムラインの作成の参考になることに留意する。

a) 対象

国管理区間を対象とする。延長が長い場合などについては、複数のブロック（基準地点受け持ち区間）などに適宜分割する。

b) 段階

基準地点の過去の水位変化の実績をもとに、以下の段階毎の行動を整理する。

- ・数日前（台風接近）
- ・3日前（流域平均雨量の見通し）
- ・洪水予報・予測水位の発表時点

c) 規定すべき事項

表-2に示す規定すべき事項等のうち【必須】かつ【基本】の項目を軸に、地域の特性等に応じて、条件を満た

す場合に必須とする項目を適宜記載する。

また、【必須】かつ【基本】をもとに作成した後も、引き続き関係者との調整を進め、【推奨】とした事項等の記載について検討していくことが重要である。実効性のあるタイムラインとするため、表-2に記載されていない事項等も含め、随時必要な行動等を記載することが望ましい。

一方で、記載事項が膨大になるとかえって活用が困難となる場合があることに留意が必要である。

(4) WEB会議ツールによる危機感の共有

2021年9月に決定した総力戦で挑む防災・減災プロジェクト第2弾の重点推進施策の1つとして、大雨・洪水が想定される数日前～前日において、河川事務所等、气象台、都道府県、市区町村等の対応可能な防災担当者がWEB会議ツールにより一同に会し、危機感や対応の見通しなどの共有により、連絡体制や各組織の災害体制の構築等を促進する。

表-2 流域タイムラインに規定すべき事項

①河川事務所等として規定すべき行動

	基本	条件を満たす場合 (括弧内に条件を付記)
必須	<ul style="list-style-type: none"> 数日前からのWEB会議ツールによる危機感の共有 当日の洪水予報・水位到達情報、水防警報の発表・伝達 氾濫のおそれ、氾濫発生・切迫に関する情報伝達(ホットライン) 	<ul style="list-style-type: none"> 河川管理施設の操作により、支川氾濫や内水により明らかに浸水が発生することが見込まれる情報やその伝達 個別対応区域の避難のための情報(洪水予報の予報区域内に個別に対応する区域があり、河川事務所等がホットライン等を行うこととしている場合) ダムの放流等の情報(本川ダムなど著しい影響のある場合) その他、河川からの氾濫のおそれにより、避難が必要な地域の避難指示や避難行動に関わる連絡(必要に応じて) 流域警戒ステージ(仮称)(警戒レベルや相当情報とは別に、危機感について段階を定めるもの)あるいはこれに類するもの(すでに流域警戒ステージ等を設定している場合)
推奨	<ul style="list-style-type: none"> 流域警戒ステージ(仮称)あるいはこれに類するもの ※警戒レベルや相当情報とは別に、危機感について段階を定めるもの 排水ポンプ車の配備等 	<ul style="list-style-type: none"> 個別対応区域の避難のための情報(洪水予報の予報区域内に個別に対応する区域があり、市区町村や自治会等が自ら判断することとしている場合) 【必要に応じて】 水門等の操作員への出動・退避指示 維持業者・流観業者等への出動・退避指示 災害協定業者(建設業協会、測量協会等)への連絡

②作成にあたり調整の相手方とする関係者

	基本	条件を満たす場合 (括弧内に条件を付記)
必須	<ul style="list-style-type: none"> 气象台 都道府県(建設事務所等) ※本庁河川部局あるいは氾濫域が共通の河川を担当する建設・土木事務所のいずれか、特に氾濫域を共有する河川を担当する部局 氾濫域の市区町村 	<ul style="list-style-type: none"> 都道府県危機管理部(市区町村界を超える広域避難が必要な地域、その他すでに大規模氾濫減災協議会に参画している場合) 都道府県砂防部局(河川氾濫と同時に土砂災害について特に警戒を促す必要のある地域) 道路管理者(避難経路上に雨量規制区間や土砂災害のおそれがある場合) 公共交通機関(避難行動に公共交通の運行状況が大きく影響する場合) 学識者・タイムラインのコーディネートを務める方など(流域タイムラインの作成・振り返り等のために参加することとしている場合) 警察・消防(避難誘導等の主体として期待される地域)
推奨	<ul style="list-style-type: none"> 都道府県危機管理部 都道府県砂防部局 道路管理者 公共交通機関 学識者等・タイムラインのコーディネートを務める方など 警察・消防 	<ul style="list-style-type: none"> 【必要に応じて】 ライフライン企業(電力、ガス、通信等) 報道機関(テレビ、ケーブルテレビ、ラジオ、新聞等) その他主な許可工物の設置者等(道路管理者(橋梁、堤防道路)、水道・下水道事業者(水道橋)ほか)

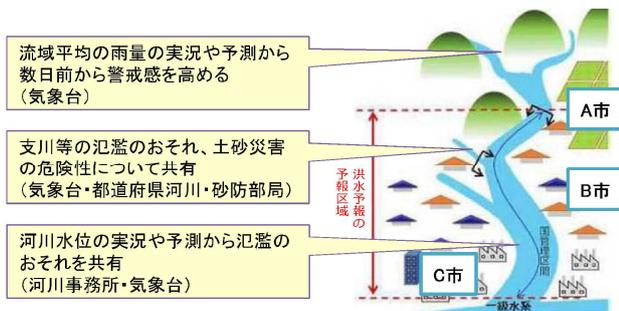


図-1 流域タイムラインのイメージ



図-2 WEB会議ツールによる危機感の共有のイメージ

3. 由良川における流域タイムラインの作成

(1) 既存のタイムライン

由良川の国管理区間の沿川自治体は、福知山市、綾部市、舞鶴市、宮津市である。これらの市では、河川事務所、京都地方気象台、京都府、警察、消防、自衛隊、ライフライン機関、住民等との洪水発生時の情報伝達等の連携を整理した多機関連携型タイムラインが作成されており、氾濫発生時の48時間前から氾濫発生後までの行動が整理されている。

なお、これらのタイムラインは災害対策基本法の改正前に作成されたものであり、避難指示と勧告の一本化等、避難情報のあり方の包括的な見直しは未反映である。

(2) 流域タイムラインの作成

各市が作成していた多機関連携型タイムラインから、市と河川管理者と京都地方気象台に関する箇所を抽出し、近年の大出水である2013年台風第18号洪水の時間軸に合わせて行動のタイミングを調整して合成し、河川事務所と京都地方気象台と沿川4市の行動を整理したタイムラインを作成した。このとき、避難勧告と避難指示の一本化等、災害対策基本法の改正による避難情報のあり方の包括的な見直しを踏まえた修正も行った。

さらに、流域タイムラインに規定すべき事項を踏まえて以下の内容を追加した。

a) WEBホットライン

防災担当者間が危機感や対応の見通し等を共有するためのWEBホットラインのタイミングを追記した。(表-3)

b) 個別対応区域の避難のための情報

由良川は下流部では土地利用一体型水防災事業により宅地嵩上げが実施されていたり、中流部でも堤防未整備区域が残されていたりする等、早期に氾濫が発生する区域が存在し、これらの区域は個別対応区域とされている。

これら個別対応区域については地区別に避難のための情報を連絡するタイミングを記載している。

ただし、福知山市及び舞鶴市については、早期氾濫発生区域が存在することを踏まえて、住民説明会等で早めの避難を呼びかけるとともに、全市に対する避難情報を早めに発令しており、個別対応区域を対象とした避難情報の発令は行っていないことから、個別対応区域毎の避難のための情報は記載していない。

c) ダム放流等の情報

由良川本川には大野ダム(治水、発電)と和知ダム(発電)が存在している。これらのダムについて、事前放流開始、洪水調節開始、緊急放流通知(情報提供、事前通知、開始通知、終了通知)の情報伝達や所定の放流量に達した時の放流連絡のタイミングを追記した。また、沿川4市以外で情報の受け手となる市町があったため、その市町も対象機関に追加した。

表-3 WEBホットラインのタイミングと内容

タイミング	段階	内容	参加者
発災の72時間前	準備のお知らせ	流域平均雨量の実況や予測の情報共有	担当者レベル
発災の24時間前	準備	流域平均雨量の実況や予測の情報共有	担当者レベル
水防団待機水位超過時	準備	水防団待機水位超過・氾濫注意水位到達見込み	担当者レベル
氾濫注意水位超過	警戒レベル2	氾濫注意水位超過・避難判断水位到達見込み	所長、首長
避難判断水位超過	警戒レベル3	避難判断水位超過・氾濫危険水位到達見込み	所長、首長
氾濫危険水位超過時	警戒レベル4	氾濫危険水位超過・氾濫開始相当水位到達見込み	所長、首長
計画高水位超過時	計画高水位超過	計画高水位超過・氾濫開始相当水位到達見込み	所長、首長
氾濫発生時	警戒レベル5	有堤区間での氾濫発生	所長、首長

d) 道路通行規制の情報

由良川下流部では土地利用一体型水防災事業が行われたため、家屋は洪水から防御されているものの、道路は多くの区間が洪水時に浸水する。このため、京都府は京都府警察と連携して、洪水時の道路通行規制を実施している。これらの通行規制のタイミングを追記した。

e) 洪水危機レベル(流域警戒レベル)の情報

警戒レベルや相当情報とは別に、危機感について流域全体での段階を定めるものとして、洪水危機レベル(流域警戒レベル)を新たに設定して追記した。(表-4)

表-4 洪水危機レベルの定義

レベル	定義
0	発災3日前
1	大雨・洪水警報(大雨警報)発令
2	いずれかの基準観測所で氾濫注意水位超過
3	いずれかの基準観測所で避難判断水位超過
4	いずれかの基準観測所で氾濫危険水位超過
5	有堤区間での氾濫発生

(3) 関係機関への意見照会

流域タイムラインは、関係機関への意見照会によりブラッシュアップを行った。この意見照会により、市によっては個別対応区域毎の避難のための情報を記載しないことや、避難所開設のタイミング、災害対策本部への切り替えのタイミング、ダム事前放流のタイミング、住民への注意喚起のタイミング、学校の休校措置のタイミング、消防団によるパトロール開始のタイミング等の修正、追記を行ったほか、以下の意見が出された。

- ・警戒レベルのトリガーについて、各市の基準が気象情報と水位の両方を考慮したり、水位のみを考慮したり等バラバラであるため、考え方を統一したほうが良い。
- ・新たに設定された洪水危機レベルと京都地方気象台が土砂災害、中小河川の洪水、浸水害を対象として発表する警戒レベルが合っていないため、現場が混乱するのではないか。

- ・WEBホットラインは常時接続しておくのか、危機対応中にWEBホットライン用端末の待機で人員を割くことはできない。

4. 終わりに

作成した流域タイムラインについては、毎年、出水期前を基本として市区町村等の関係機関と確認を行うとともに、洪水等の対応に関する演習・訓練等の際に活用することで、常に関係する職員が流域タイムラインの内容を把握できる環境におき、確認された課題については、その課題に関する関係者と認識共有をしつつ随時見直しをする必要がある。

また、災害時に活用するとともに、災害後の振り返りや見直しを行うものとし、各タイムラインの主体毎の行動との整合及び認識共有を図る必要がある。その際、市区町村等の関係機関との認識共有が重要であるため、大

規模氾濫減災協議会等にて議論し、認識を共有するものとする。

今回作成した由良川の流域タイムラインには以下の課題が考えられるため、由良川減災対策協議会の担当者会議等を活用し、ブラッシュアップを進めて行く予定である。

- ・警戒レベルのトリガーの考え方や洪水危機レベルの考え方について、関係機関による意見交換を行い、統一を図る必要がある。
- ・WEBホットラインの具体的な運用方法を決定する必要がある。
- ・流域タイムラインと市区町村タイムライン（既存の他機関連携型タイムライン）の相互の整合を図る必要がある。
- ・洪水等の対応に関する演習・訓練等の際に活用し、関係職員に内容を把握させる必要がある。
- ・災害時に活用し、災害後の振り返りや見直しを行う必要がある。

紀伊山系直轄砂防事業再評価における 土砂・洪水氾濫対策ならびに 中期土砂流出対策の検討について

安田 有佑¹・小杉 恵²

¹近畿地方整備局 紀伊山系砂防事務所 調査課 (〒637-0002奈良県五條市三在町1681)

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

平成23年9月の台風12号による紀伊半島大水害では、3000箇所を超える斜面崩壊及び深層崩壊の発生に伴う河道閉塞が発生し、奈良県、和歌山県、三重県において死者・行方不明者88名、全壊家屋369戸という甚大な被害が生じた。この災害後の活発な土砂流出や土砂堆積による地域の安全度の低下への対策を講じるため、平成29年度より紀伊山系直轄砂防事業を実施している。令和3年度の事業再評価では、最新の研究成果等を反映し、深層崩壊対策を「中期土砂流出対策」として位置づけ、最新の土砂・洪水氾濫解析手法を取り入れて、施設配置の全体計画及び中期的な整備計画の見直しを行ったのでこれを紹介する。

キーワード 事業再評価, 土砂・洪水氾濫, 中期土砂流出対策

1. 紀伊山系直轄砂防事業の概要

平成23年9月に発生した台風12号は、紀伊半島大水害を引き起こし、三重、奈良、和歌山の3県では3000箇所を超える斜面崩壊が発生した。その崩壊土砂量は約1億m³にも及び、奈良県、和歌山県では大規模斜面崩壊による河道閉塞が発生した。また、和歌山県的那智川流域では同時多発的な土石流が発生し、甚大な人的被害、住家被害が生じた。これらの災害を受け、平成24年に近畿地方整備局は紀伊山地砂防事務所を設置し、①大規模斜面崩壊、②河道閉塞箇所の決壊による二次被害のおそれのある箇所に対し緊急的に砂防事業を実施し、安全の確保を進めた。

紀伊半島大水害以後、熊野川、那智川、日置川の3流域では、崩壊斜面等からの土砂流出や下流河川での土砂堆積による地域の安全度の低下が懸念された。そのため近畿地方整備局は、当該3流域において斜面崩壊の拡大や人家のまとまっている集落、生活上重要な道路等への被害を防止・軽減するため、砂防堰堤を中心とした施設の整備を行い、土砂災害に対する安全度の向上を図ることを目的に、平成29年度より「紀伊山系直轄砂防事業」に着手した。これに伴い、紀伊山地砂防事務所を廃止し、「紀伊山系直轄砂防事業」及び木津川上流域における「木津川水系直轄砂防事業」を行う紀伊山系砂防事務所を設置した。平成30年3月には和歌山県田辺市の三越地

区において砂防堰堤や護岸工等の整備が完了し、令和3年2月には奈良県五條市の清水地区において崩壊斜面対策工事が完了した(図-1, 2)。現在、7箇所(冷水, 北股, 長殿, 赤谷, 栗平, 熊野, 那智川)において紀伊半島大水害による被災箇所の復旧工事を実施している。また3箇所(神納川, 三越川, 高田川)において、新たな砂防施設の整備を進めている(図-3)。



図-1 三越地区(平成30年3月整備完了) 図-2 清水地区(令和3年2月整備完了)

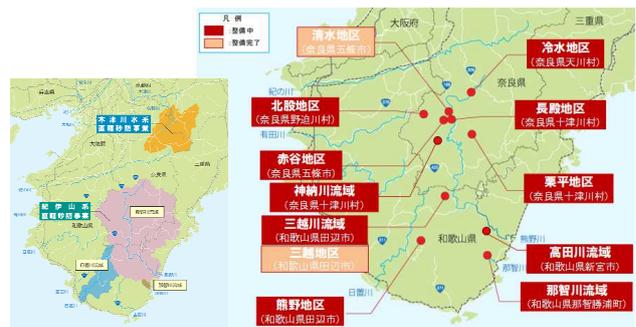


図-3 紀伊山系直轄砂防事業の管内及び整備箇所

2. 紀伊山系直轄砂防事業の事業再評価

平成28年度の新規事業採択時評価から5年が経過することを受けて、令和3年度に紀伊山系直轄砂防事業は事業再評価を実施した。再評価の結果、総事業費は約820億円から約890億円に、B/Cは1.9から1.4に変更することとなったが、総事業費やB/Cが変更した理由としては(1)河川砂防技術基準(計画編)の改定に伴う土砂災害等対策計画などの見直し、(2)土砂災害警戒区域等の指定、(3)施工実績を踏まえた施工規模、工事費単価の見直し、(4)各種事業評価マニュアルの改訂に伴う被害額の見直しが行われたことが上げられる。各項目の概要については、以下の通りである。

(1) 河川砂防技術基準(計画編)の改訂

a) 土砂災害等対策計画の見直し

新規事業採択時評価では平成16年3月改定の河川砂防技術基準(計画編)に準拠しており、この中で土砂災害等対策計画の分類は「水系砂防計画」「土石流対策計画」など災害形態に基づき区分されていた。一方、今回の事業再評価では新たに平成31年3月改訂の河川砂防技術基準(計画編)に準拠しており、土砂災害対策計画は「短期(一連の降雨継続期)土砂流出対策計画」(以下、短期土砂流出対策計画)「中期(土砂流出活発期)土砂流出対策計画」(以下、中期土砂流出対策計画)といったように現象が継続する期間(時間スケール)なども踏まえて区分することとなった(表-1、図-4)。

表-1 新規事業採択時評価と再評価における対策計画の比較

項目	新規採択時評価(H29.3)	再評価(R3.12)
準拠する指針等	・河川砂防技術基準計画編 平成16年3月改定	・河川砂防技術基準計画編 平成31年3月改定
河川砂防技術基準における土砂災害等対策計画の分類	・災害形態に基づき区分	・災害形態、対策計画を検討する現象の継続する期間、保全対象などの対策の目的をふまえて区分
1. 水系砂防計画		A 短期(一連の降雨継続期)土砂流出対策計画
2. 土石流対策計画		・A-1 土砂・洪水氾濫対策計画
3. 崖本対策計画		・A-2 土砂・洪水対策計画
4. 火山砂防計画		・A-3 土砂・洪水氾濫時に流出する崖本の対策計画
5. 天然ダム等異常土砂災害対策計画		B 中期(土砂流出活発期)土砂流出対策計画
		C 長期(土砂流出継続期)土砂流出対策計画
		D 火山砂防地域における土砂災害対策計画
		E 深層崩壊・天然ダム等異常土砂災害対策計画
紀伊山系で対象とする計画	1. 水系砂防計画	A-1 短期(一連の降雨継続期)土砂流出対策計画
	2. 土石流対策計画	土砂・洪水氾濫対策計画
		B 中期(土砂流出活発期)土砂流出対策計画
		A-2 短期(一連の降雨継続期)土砂流出対策計画
		土石流・流水対策計画(流水対策計画は含まない)

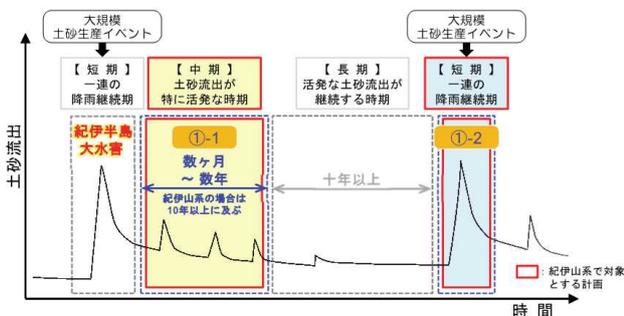


図-4 時間スケールと土砂流出のイメージ(出典:河川砂防技術基準計画編H31.3)

そのため、今回の事業再評価において、紀伊山系で対象とする土砂災害等対策計画も、これに基づき

整理を行った。土砂・洪水氾濫対策を扱う「水系砂防計画」を「短期土砂流出対策計画」と「中期土砂流出対策計画」に時間スケールで分けて整理するとともに、「土石流対策計画」は「短期土砂流出対策計画」に位置づけられたことから、紀伊山系直轄砂防事業で対象とする土砂災害等対策は下記の通りとなった(図-5)。

- ①-1 土砂・洪水氾濫対策(中期土砂流出対策)
- ①-2 土砂・洪水氾濫対策(短期土砂流出対策)
- ② 土石流対策(短期土砂流出対策)



図-5 紀伊山系直轄砂防事業で対象とする土砂災害等対策

b) 土砂・洪水氾濫対策計画(短期土砂流出対策計画)の評価手法の見直し

平成31年3月の河川砂防技術基準(計画編)の改訂等により、土砂・洪水氾濫に影響する本川及び支川に配置した砂防施設の施設効果の評価手法等が確立した。新規事業採択時評価では、計画基準点等における整備対象土砂量から施設効果量を差し引くことで施設効果を評価していたが、今回確立された新たな評価手法では、施設整備前後の数値解析結果の差分により施設効果を評価することとなった。この新たな評価手法により、効率的かつ効果的に土砂・洪水氾濫被害を軽減できる砂防施設配置の再検討を行った(表-2、図-6)。

表-2 新規事業採択時評価と再評価における評価手法の比較

項目	新規採択時評価(H29.3)	再評価(R3.12)
準拠する指針等	・河川砂防技術基準計画編 平成16年3月改定	・河川砂防技術基準計画編 平成31年3月改定
施設効果の評価	・計画基準点等における整備対象土砂量から施設効果量を差し引くことで評価	・施設整備前後の数値解析結果の差分により評価
対象とする土砂	・砂防基本計画で定める計画生産土砂量	・砂防基本計画で定める計画生産土砂量のうち深層崩壊に起因する土砂量を除く
解析に用いる地形河床変動計算	・事業着手時を想定 ・河川管理区間:整備方針縦横断 ・その他区間:航空レーザ測量等	・紀伊半島大水害前を想定 ・河川管理区間:整備方針縦横断 ・その他区間:航空レーザ測量等
解析に用いる地形氾濫計算	・事業着手時を想定 ・数値地図(50mメッシュ標高・国土地理院) ・航空レーザ測量(使用時期不明)	・事業着手時を想定 ・航空レーザ測量(H29)

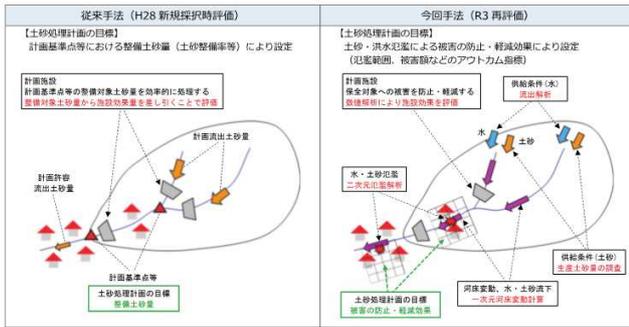


図-6 新規事業採択時評価と再評価における評価手法の変更のイメージ

(2) 土砂災害警戒区域等の指定

紀伊山系直轄砂防事業における土石流対策事業に関して、その事業区域に分布する土砂災害警戒区域は、奈良県域では令和2年3月に、和歌山県域では令和3年4月にそれぞれ指定が完了した(図-7)。また、令和3年1月の「土石流対策事業の費用便益分析マニュアル(案)」の改訂により、土石流対策事業の被害を計上する区域が土石流危険区域から土砂災害警戒区域に変更となった。そのため、今回の再評価でも土石流対策事業の被害を計上する区域を土砂災害警戒区域とした。



図-7 土砂災害防止法に基づく保全区域の見直し

(3) 施工実績を踏まえた施工規模、工事費単価の見直し

紀伊山系直轄砂防事業着手後、熊野川及び日置川における中期土砂流出対策(深層崩壊地からの不安定土砂の流出防止対策)工事では、出水による深層崩壊地の拡大や再崩壊、施工中の砂防施設の被災等がたびたび発生した(図-8)。そのため事業規模が拡大し、事業費が新規事業採択時評価における予定費用と比べて増加した。また、新規採択時評価では近畿地方整備局管内の工事実績により施工単価等を算出し、工事費の算出に用いていたが、今回の再評価ではこれまでの紀伊山系直轄砂防事業区域内の工事実績により算出した施工単価等を用いることとした。



図-8 出水による施工中の堰堤の被災状況

(4) 各種事業評価マニュアルの改訂に伴う被害額見直し

土砂・洪水氾濫対策及び土石流対策における新規事業採択時評価からの便益の変化要因として、砂防事業の費用便益分析マニュアル(案)(R3.1)等の各種事業評価マニュアルの改訂に伴う間接被害等の増加があげられた。また、土砂・洪水氾濫対策では公共土木被害の減少、土石流対策では人的被害単価の減少も変化要因となった。その他、土砂・洪水氾濫対策と土石流対策双方において、物価変動に伴う家屋被害単価等の増加も便益の変化要因となった。これらの変化要因により、土砂・洪水氾濫対策の便益は減少し、土石流対策では増加した。土石流対策の便益の増加額が土砂・洪水氾濫対策の便益の減少額を上回ったため、対策全体の便益は増加する形となった。

以上の項目のうち、(1)河川砂防技術基準(計画編)の改訂に伴うa)土砂災害等対策計画の見直し、b)土砂・洪水氾濫対策計画(短期土砂流出対策計画)の評価手法の見直しについては、近年の新たな研究成果を反映したものである。a)の見直しでは深層崩壊地に残存する不安定土砂の流出防止対策の位置づけを明確にするとともに、その便益の評価方法についても検討しており、紀伊山系直轄砂防事業が全国初の事例である。また、b)の新たな土砂・洪水氾濫対策計画の評価手法を取り入れて施設配置計画を見直した直轄砂防事業は、全国初の事例となった木津川水系直轄砂防事業(紀伊山系砂防事務所管内)と今回事業再評価を行った紀伊山系直轄砂防事業の2事例のみである。そのため、今回の再評価におけるこれらの方法や評価手法を事例として紹介することは、今後他の直轄砂防事業において計画や評価の見直しを行ううえでの参考となる可能性が高い。さらに、当該評価に基づいて砂防施設の施設配置計画を見直した結果や、検討過程で新たに明らかとなった課題を紹介することは、非常に有用なものであると思われる。そのため、これらの検討内容を紹介するとともに、今後想定される課題についても合わせて紹介する。

3. 中期土砂流出対策とその便益の評価手法

新規事業採択時評価では、深層崩壊地に残存する不安定土砂と山腹の崩壊及び渓床等の侵食により生産される土砂が一連の降雨により流出するものとして被害想定を行った。深層崩壊地に残存する不安定土砂の流出に伴う被害を短期的な土砂流出による被害に含め、土砂・洪水氾濫の被害想定において深層崩壊地からの流出土砂量も含めた河床変動計算を行うことで評価している。これに対し再評価では、深層崩壊地に残存する不安定土砂の流出防止対策を「中期土砂流出対策」と位置づけた。不安定土砂は大規模土砂生産イベント後の土砂流出活発期における降雨により流出し、下流の貯水池やダム、河川に堆砂することで通常を上回る土砂堆砂を発生させる。

これにより計画を上回るダム堆砂の進行によるダム機能の阻害や河道の河積阻害を中長期にわたり引き起こすことで誘発される被害を中期土砂流出対策が軽減するものであると評価し、この被害軽減効果を便益として計上することとした。また、事業実施により流出を抑制できる土砂量は便益として評価し、地区ごとに次元河床変動計算を行った(表-3, 図-9)。

表-3 新規事業採択時評価と再評価における中期土砂流出対策計画の便益評価の比較

項目	新規採択 (H29.3)	再評価 (R3.12)
被害想定	・深層崩壊地に残存する不安定土砂と山腹の崩壊及び渓床等の侵食により生産される土砂が一連の降雨により流出するものとして土砂洪水氾濫の被害想定を実施	・深層崩壊地に残存する不安定土砂は、大規模土砂生産イベント後の土砂流出活発期における降雨により流出するものとして被害想定を実施
便益評価	・砂防事業の費用便益分析マニュアル(案)に記載の評価項目のうち計上すべき項目 ・流域特性を考慮した便益 ・交通途絶被害、観光被害、発電所被害、ダム堆砂掘削、河道掘削	・事業実施により流出を抑制できる土砂量を便益として評価 ・流出を抑制できる土砂量=年間流出土砂量とし、地区ごとに次元河床変動計算を実施
評価期間 便益を見込む期間	・整備期間(20年)+供用期間(50年)	・整備期間(20年)または残存土砂が流出する期間(流出可能土砂量/年間流出土砂量)を比較して短い方

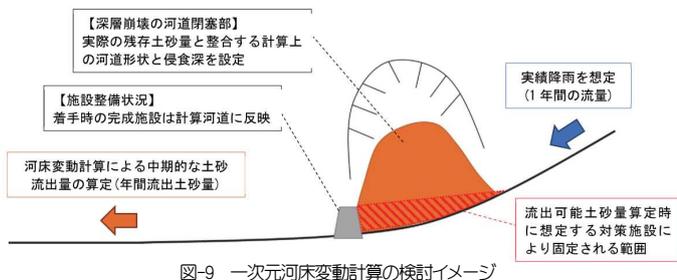


図-9 次元河床変動計算の検討イメージ

便益評価期間に関して、現段階で深層崩壊地からの中期的な土砂流出の影響期間(土砂流出活発期間)の評価方法は確立していない。そのため便益の評価期間は、深層崩壊地ごとで年間流出土砂量を一定とし流出可能土砂量が全て流出する期間、すなわち「残存土砂が流出する期間(流出可能土砂量/年間流出土砂量)」と事業実施期間である「中期計画の整備期間(20年間)」を比較して短い方を採用することとし、便益評価が過大とならないようにした(図-10)。この結果、便益評価期間は熊野地区では流出可能土砂量が全て流出する19年間となり、それ以外の地区では中期計画の整備期間である20年間となった。



図-10 便益評価期間のイメージ(上段: R3再評価 下段: H28新規事業採択時評価)

4. 新たな土砂・洪水氾濫対策計画の評価手法

新たな土砂・洪水氾濫対策計画の評価手法では、施設整備前後の数値解析結果の差分により施設効果を評価している。これまでは、土石流から掃流状集合流動、掃流砂・浮遊砂と変化する複雑な土砂移動形態を一連で解析し、本川及び支川に配置した施設が土砂・洪水氾濫に影響を与える効果を確認する方法が確立されておらず、河床変動計算を行う区間は土砂移動形態が掃流砂・浮遊砂である区間に限られていた。今回の再評価では、土石流から掃流状集合流動、掃流砂・浮遊砂へと遷移する土砂移動形態を河床条件や勾配等を設定した河道上に流す数値シミュレーションにより一連で解析を行った(図-11)。これにより、より実態に近い土砂の流れを解析できるようになり、施設効果も含めより精度の高い施設配置の検討が可能となった。施設配置の見直しの結果、新規事業採択時評価では熊野川、日置川、那智川の3流域の整備箇所数は深層崩壊発生箇所8地区、砂防堰堤等260基であったが、再評価では深層崩壊発生箇所8地区、砂防堰堤等72基となった(図-12)。

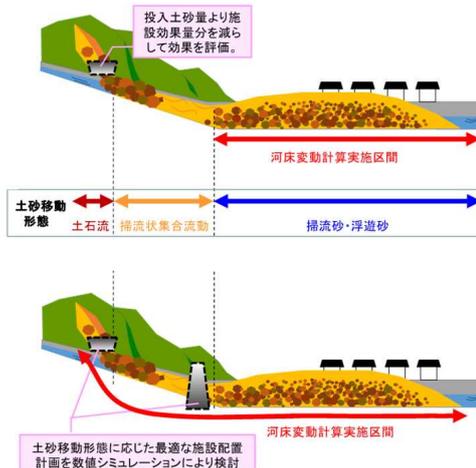


図-11 河床変動計算の比較(上段: H28新規事業採択時評価 下段: R3再評価)

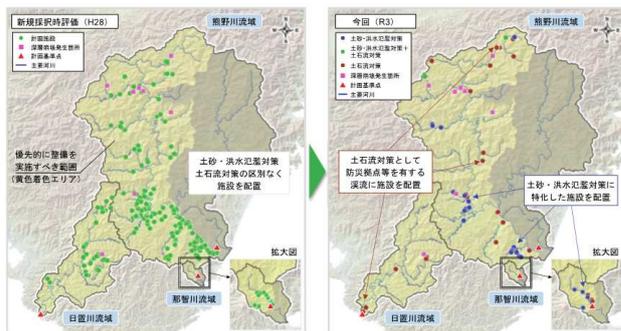


図-12 施設配置計画の見直し結果

5. 今後の検討課題

(1) 中期土砂流出対策の便益評価手法の確立

現時点において、中期土砂流出対策における土砂流出現象の解析手法や便益の評価手法は確立されておらず研究段階にある。このため、今回の再評価では便宜的に短期土砂流出の解析手法を用いて土砂流出現象を想定している。また、便益の評価は深層崩壊地から中期的に流出する土砂を下流の貯水池やダム、河口において掘削、浚渫する費用により代替して評価したが、短期の土砂・洪水氾濫の被害想定と同じ計算モデルを用いて流出土砂量を推定している。今後、中期的な土砂流出現象の解析手法や中期的な土砂流出による被害の推定手法を確立し、深層崩壊地において実施している中期土砂流出対策の便益を見直していく必要がある。

(2) 設計段階における施設効果の再検証

新たな土砂・洪水氾濫計画の評価手法では、河床変動計算や氾濫解析による数値シミュレーションを行うことで、より効果的な施設配置の検討を行うとともに、堰堤規模等を決定している。一方、設計段階において詳細な現地調査や施設規模、堆砂数等の影響範囲などを検討した結果、施設配置計画で決定した施設の位置が移動する可能性がある。施設の位置を変更した場合、当該数値シ

ミュレーションの結果も変化する可能性があるため、再度河床変動計算や氾濫解析を行う必要がある。しかし、個々の施設の設計の都度、数値シミュレーションを行うのは現実的では無く、予備設計、詳細設計と段階を進めていく中で生じうる施設効果の変化についてどのように見直しを進めて行くかについては定められていない。今後、新たな土砂・洪水氾濫計画の評価手法により計画した施設の設計の進め方や数値シミュレーションの見直しの進め方について、明確に定める必要がある。

謝辞：事業再評価にあたっては、熊野川流域、日置川流域、那智川流域のそれぞれの流域について、(株)建設技術研究所、アジア航測(株)、日本工営(株)の皆様にご尽力を賜り事業再評価及び新たな施設配置計画等のとりまとめを頂き、事業評価委員会において事業継続の判断に至りました。この場をお借りして改めて深くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 紀伊山系砂防事務所：紀伊山系直轄砂防事業 事業再評価とりまとめ資料 令和4年3月

道路災害時におけるSNS等の活用による 情報発信について～Twitterは有効か！？～

音峰 大悟¹・八谷 耕介²

¹近畿地方整備局 滋賀国道事務所 管理第二課 (〒520-0803滋賀県大津市竜が丘4番5号)

²近畿地方整備局 滋賀国道事務所 管理第二課 (〒520-0803滋賀県大津市竜が丘4番5号) .

近年、近畿地方整備局では道路災害が発生した際、情報発信ツールの1つであるTwitterに力をいれている。だが実際、道路利用者はどこから道路情報を得ているのか。SNS等の情報発信ツールが普及していく中でTwitterでの発信は本当に有効なのか。本論文では、2021年度に滋賀県で発生した災害状況を踏まえ、道の駅でのアンケート調査や、過去のデータの分析を行い、情報発信の在り方についてまとめたもの報告をする。

キーワード 災害, SNS, Twitter, 情報発信

1. 2021年度の災害発生状況

2021年8月中旬、西日本には前線が停滞し続け、その前線に向かって暖かく湿った空気が流れ込んだため、滋賀県では8月14日を中心に大雨となった。滋賀国道管内では、線状降水帯の影響で、西大津観測所において8月13日14時～8月14日20時で累計雨量242mm、逢坂山観測所において8月13日14時～8月15日1時で累計雨量288mmの雨を観測した。この大雨の影響により、国道1号大津市追分町、国道161号大津市錦織町の宇佐山トンネル南抗口、国道161号大津市高砂町の近江神宮ランプの3箇所で土砂災害が発生し、8月14日から8月19日にかけて国道1号、国道161号で通行止めを実施し、かつ名神高速道路の代替路（無料）措置を行った。

また、冬期には強い冬型の気圧配置の影響でJPCZ（日本海寒帯気団収束帯）が形成され、滋賀県域に流れ込んだ影響で、断続的に大雪に見舞われた。特に、12月26日～27日にかけては彦根市において、48時間降雪量が観測史上1位となる78cmを記録し¹⁾、緊急車両の通行を確保するため、災害対策基本法に基づく区間指定を行い、国道8号滋賀県長浜市木之本町（木之本交差点）から国道8号道の駅竜王かがみの里（滋賀県蒲生郡竜王町鏡）で12月27日～28日に通行止めを実施した。本研究では、これらの災害発生時の情報発信を紹介するとともに、適切な情報発信の方法について検討した。



図-1 通行止め区間の位置図

2. 災害発生時の情報発信について

SNSでの情報発信として、Twitterを使用し、記者発表の内容を投稿するとともに、注意喚起、災害発生後の状況や災害対応を行っている他機関のリツイートを行い、状況をこまめに発信した。また、SNS以外での情報発信として、大きく4つの情報発信を行った。1つめとして、災害発生前に通行規制予測区間についての記者発表を行い、また災害発生後は通行止めに関する情報について発信した。2つめとして、通行止めや迂回を促す情報を道

路情報版で掲示した。3つめとして、通行止めの現場で、迂回路記載のビラを配布した。とくに国道1号の通行止めを行った際に、迂回路となる国道161号は自動二輪車の125cc未満が通行出来ないが、誤って侵入する例があったため、二輪車を対象としたビラを作成することでより効率的に説明することが出来た。4つめとして、通行止めに関する看板の設置を行うとともに、インターネットや道路情報版を見落とした方でも名神の無料措置が分かるよう、通行止め区間の手前とICに繋がる経路に無料措置等記載した看板の設置を行った。

さらに、災害対応時の内部の情報共有について、滋賀国道事務所では12月の災害対応までは、現場班とのやりとりを支給される携帯で行っていたが、画面が小さく情報が伝わりにくい、入力に手間がかかる等、非効率な部分があった。そこで12月以降は、新たに導入された、Microsoft Teamsを駆使し、情報共有の仕方を見直した。

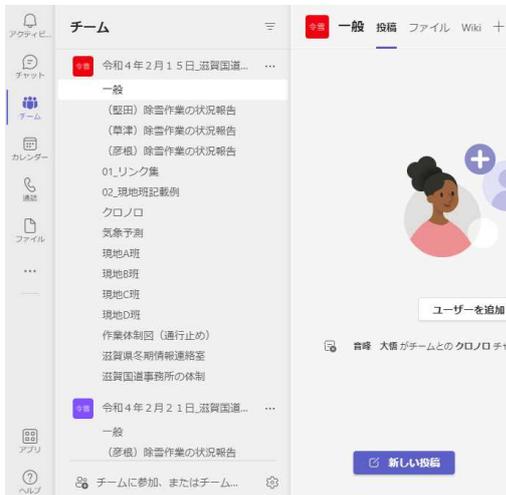


図-2 災害時の情報の一元化

具体的には、図-2の通り、これまで現場毎に連絡がきていた情報や写真、最新の予測情報、クロノロをMicrosoft Teamsで一元管理を行い、対策本部、出張所、現場班が同時に情報を共有できるようにした。今後、共有方法を確立していく必要はあるが、このような作業の効率化を行うことで、Twitterで情報を発信する際に、現場からの正確な情報を提供できることや、現地からの動画通話でより詳しい情報を入手できると考える。

このように、災害発生時には、情報発信を実施してきたが、一方で、現地の道路利用者からは、「通行止めをしているは知らなかった」「どこに情報を載せているのか」など、情報発信について指摘する声があった。また、様々な情報発信ツールが出回る中、情報発信をする立場としても、柔軟な対応が求められると考える。そこで、道路利用者に対して、適切な情報発信の方法に関する、アンケートを実施した。

3. 道路利用者へのアンケートの実施

道路利用者がどこから情報を得ているか、これまで行ってきた滋賀国道事務所の情報共有の仕方について、実際に認知されているのか、他に発信方法があるか検証すべく、道の駅に訪れたドライバー90人に下記の8項目のアンケートを行った。

- ①大雨や大雪等が予想されているときにどこから情報を得ていますか
- ②遠方に移動する前に、移動ルートとなる道路の情報を確認しますか
- ②'大雨や大雪の予報が出ていた場合、確認した情報によって行動は変わりますか
- ③国道を走っていて道路情報版の情報を参考にしますか
- ④道路情報版にどのような情報があると便利でしょうか
- ⑤滋賀国道事務所がTwitterを行っていることを知っていますか
- ⑥道路管理者のTwitterを見たことがありますか
- ⑦大雨、大雪時の道路情報の発信ツールとして、どれが望ましいでしょうか
- ⑧道路情報を知る上で、こういったものがあると便利でしょうか

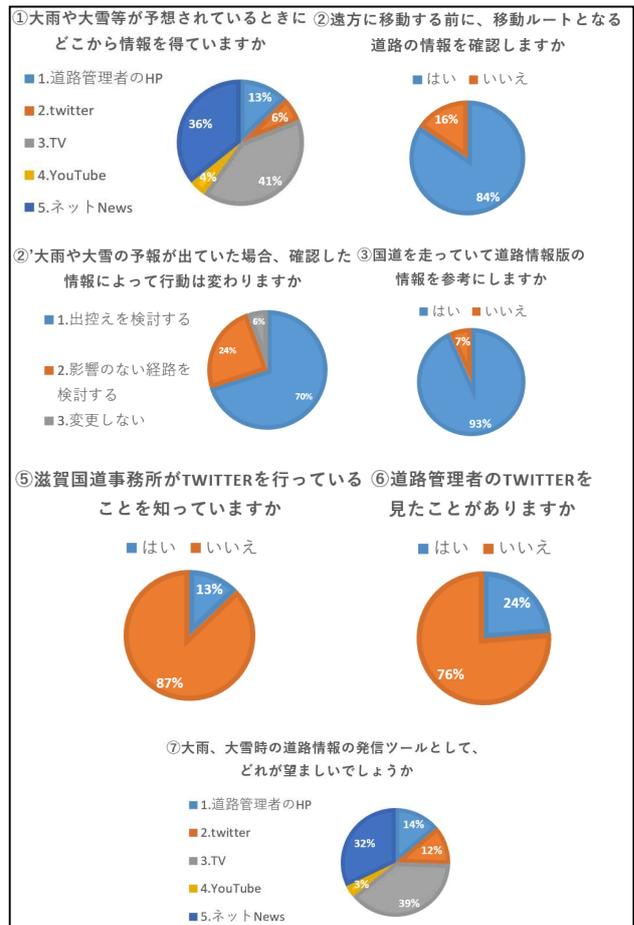


図-3 アンケートの集計グラフ

上記のアンケート結果は図-3のようになった。大雨、大雪時の道路情報の発信ツールとして望ましいものは、1番目にTV (39%)、2番目にネットニュース (32%)、3番目に道路管理者のHP (14%)、4番目にTwitter (12%)であった。④と⑧の間では、迂回路情報の掲載という回答が多く見受けられた。また、②'の結果は、1番目に出控えを検討する (70%)、2番目に影響のない経路を検討する (24%)、変更しない (6%) だった。

本アンケートについては、回答者の内、66%が60代以上であり年代に偏りがあるため、図-4の総務省が出している、主なソーシャルメディア系サービス/アプリ等の利用率 (全年代) を参考にすると、LINEが90.3%、YouTubeが85.2%、Twitter、Instagramともに42.3%であった。

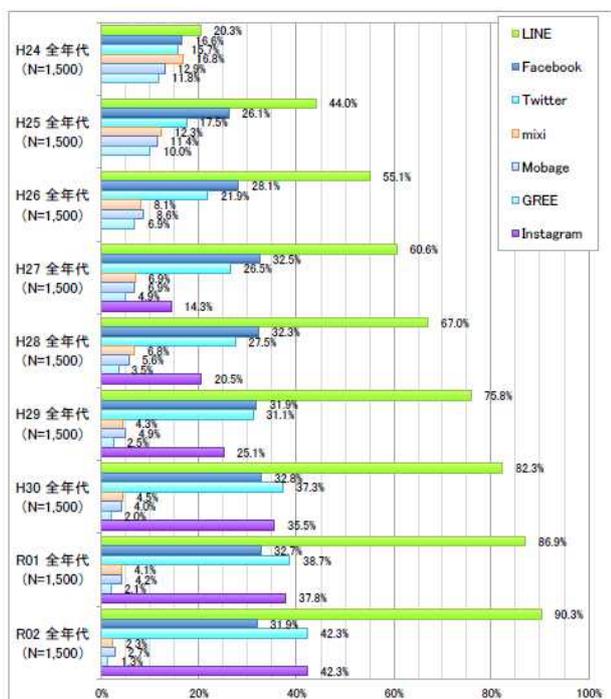


図-4 主なソーシャルメディア系サービス/アプリ等の利用率 (全年代) ¹⁾

4. これからの情報発信の在り方について

アンケートの結果、大雨や大雪の予報が出ている場合、確認した情報によって行動が変わる割合は多く、情報発信は重要である。

図-5の総務省の統計も踏まえると、10代~40代においては、インターネットの利用、50代~60代においては、テレビの利用割合が大きいため、年代別に適した情報発信ツールを選択することが必要であるとわかった。50代~60代のテレビについては、災害が予想される際には、テロップが表示されるなど発信方法としては十分と考え

られるため、今回は、10代~40代において割合の高い、インターネットを使用した発信方法について、特徴を整理して有効性を検討した。

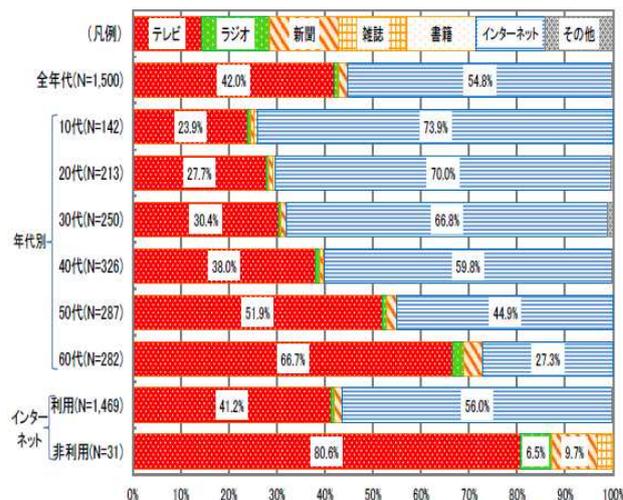


図-5 いち早く世の中のできごとや動きを知る (最も利用するメディア) ¹⁾

(1) twitterでの発信方法について

Twitterを活用していくには、フォロワー数を増やすことが必要であるが、実態として、十分なものとはいえない。そこで今回、滋賀国道事務所のTwitterアカウントで分析したところ、迂回路の情報や災害の情報を投稿することでリツイートが増え、フォロワーが増加していることが分かった。他にも、投稿した内容がインターネットの検索でも引っかかるため、必要としている方に最新の情報を伝えやすいことも分かった。また、アンケート結果より、道路情報板には迂回路を掲示する要望が多かった一方、道路情報板に掲載できる情報量には限りがあるため、Twitterでの検索を促す記載をすることが効果的と考える。

(2) Instagramでの発信方法について

図-4の総務省のデータではソーシャルメディア系サービス/アプリの利用率は年々伸びており、Twitterに並んでいることからInstagramを利用することで情報を発信する補助になると考える。Instagramの具体的な発信方法としては、ストーリーと呼ばれる24時間で削除されてしまう動画投稿を使用し、そこに発信したい内容の抜粋と詳細についてはTwitterに促すような投稿を行う。そうすることで、フォローしている方や検索された方に表示され、フォローしている方には新しい投稿ほどすぐに見られるという即効性があるため、緊急時の情報等の共有がされやすいと考えられる。

(3) YouTubeでの発信方法について

図-4の総務省のデータにあるとおり、ソーシャルメディア系サービス/アプリの利用率が10代から40代での利

用率は90%を超過しており、またTwitterやInstagramとは違い、投稿の文字制限や時間制限がないため、多数の人により詳細な情報発信が可能である。ただ、TwitterやInstagramのような情報発信の即効性がないため、効果的な利用方法としては大雨・大雪が近づいている際の注意喚起や雪みち情報マップを分かりやすく解説しておくこと、広域迂回情報についての動画を作成し、投稿をしておくことで他府県の方にもその地域の道路の特性についての認知度を高めるような発信方法をするとうまいと考える。

以上のことから、Twitterは、最新の情報が簡単に手に入ることで、Instagramは利用率が高く、情報が目にとまりやすいこと、YouTubeは詳細な情報が手に入ることが特徴であり、用途に応じた使い方をすることでより効果的に道路利用者に情報を周知することができると考える。

5. おわりに

本論文では、Instagram、YouTubeといった新たな発信方法について述べたが、実際の運用を考えると、Instagramはストーリーや写真の投稿にかかる作業時間が短いため、投稿の形さえ決めておけば運用できると思うが、YouTubeの運用では、職員の人員不足やメディアリテラシーの低下等の課題があると考えられる。

また、今回のアンケートにおいては、一般の道路利用者からの回答が多かったが、雪害時に立ち往生の原因となるスタック発生状況を調べると、2015年～2022年では、県外ナンバーの大型車が多い結果となった(図-6)。これは、滋賀県が関西・中京・北陸の経済圏のクロスポイントに位置し、積雪地域外からの大型車の通過交通が多いことも要因と考えられる。今後は、それら大型車の運転者を対象にした、効果的な情報発信方法の検討や、広域迂回を促せるように関係機関とも調整していく必要があるだろう。

大型車	事務所 計	うち県外(出)			うち県内(出)			うち県田(出)	
		国道1号	国道161号		国道8号	国道21号		国道161号	
R3年度	スタック 車両台数	10	0		6	5	1	4	4
	スタック箇所				米原市 梅ヶ原①、 彦根市佐 和山町山 田③、 彦根市東 沼波町小 塚① 喜納①	米原市一 色①		高島市マキ ノ野口④	
	車両 ナンバー				四日市① 岐阜① 京都① なにわ①	不明①		堺①、 不明③	
R2年度 R1年度 (該当なし)	スタック 車両台数	0	0		0			0	
	スタック箇所								
	車両 ナンバー								
H30年度	スタック 車両台数	2	2	2	0			0	
	スタック箇所			甲賀市土 山町南土 山②					
	車両 ナンバー			不明②					
H29年度 (該当なし)	スタック 車両台数	0	0		0			0	
	スタック箇所								
	車両 ナンバー								
H28年度	スタック 車両台数	18	3	3	3	3		12	12
	スタック箇所			甲賀市土 山町② 湖南市香 保寺①		彦根市佐 和山① 彦根市外 町① 近江八幡 市西宿町 ①		大津市北小 松⑥ 高島市マキ ノ野津② 高島市マキ ノ野口① 高島市マキ ノ野川③	
	車両 ナンバー			岡山① 宮崎① 不明①		名古屋① 三重① 不明①		福井③ 京都③ 和歌山① 神戸① なにわ① 不明③	
H27年度	スタック 車両台数	2	2	2	0			0	
	スタック箇所			大津市大 谷町① 甲賀市土 山町南土 山①					
	車両 ナンバー			神戸① 不明①					
H26年度	スタック 車両台数	3	0		3	3		0	
	スタック箇所					長浜市木 之元大宮 ① 長浜市西 浅井町管 内② 滋賀① 不明②			
	車両 ナンバー								
H25年度	スタック 車両台数	6	4	4	0			2	2
	スタック箇所			大津市香 保寺② 湖南市朝 国 甲賀市土 山町香鼻 ①				BP北比良 ① BP木戸～ 八屋戸①	
	車両 ナンバー			不明② 奈良① 名古屋①				姫路① 不明①	
H24年度	スタック 車両台数	7	0		0			7	7
	スタック箇所							高島市マキ ノ野口③ 高島市マキ ノ野小沢路 ② BP木戸②	
	車両 ナンバー							大塚① 堺② 富山① 和泉① 北九州① なにわ①	
H23年度	スタック 車両台数	7	0		0			7	7
	スタック箇所							高島市マキ ノ野口⑦	
	車両 ナンバー							不明⑦	

図-6 R3-H23 大型スタック車両まとめ

参考文献

- 1)気象庁：年末年始の日本海側を中心とした大雪について
https://www.jma.go.jp/jma/press/2201/21a/press_r03ooyuki2022_0121.html?119
- 2)総務省：令和2年度情報通信メディアの利用時間と情報行動に関する調査報告書<概要>

部分改修を行ったため池における 試験湛水計画の検討

鎌田 直斗¹

¹ 近畿農政局和歌山平野農地防災事業所工事第二課 (〒640-0413 和歌山県紀の川市貴志川町神戸 327-1)

和歌山平野農地防災事業において部分改修するため池の試験湛水計画について、土地改良事業計画設計基準・計画「ダム」で規定されている試験湛水を参考に、その細部要件と実施フローについて検討した。また、本事業にて改修した森ノ池にて、暫定的に実施した試験湛水の結果と今後確認が必要な事項について整理した。

キーワード ため池、改修、試験湛水

1. はじめに

和歌山平野地区（以下、本地区という）では、降雨形態の変化や都市化の進展に起因する流出形態の変化によって、農業用排水施設の排水機能が不足する状況となっており、しばしば農地、農業用施設等の湛水被害が生じている。和歌山平野農地防災事業は、地区内の排水機場及び農業用排水路等の整備により地域の排水機能を回復し、農業生産の維持及び農業経営の安定を図るものである。

本地区では、排水機能の回復にあたり、排水路周辺に宅地等が近接し、工事施工が困難であること等から、排水路を断面拡幅することができない箇所についてはピーク流出量を低減するため、ため池の改修（洪水吐の切り欠きによる洪水調節機能の付与）を実施している。このような目的で改修したため池は、工事完了後、管理者（関係市）に引渡す。引渡しに当たっては、当該施設が安全かつ確実に貯水可能か事前に確認する必要がある。通常、堤高が 15m を超えるダムでは「土地改良事業計画設計基準・計画「ダム」1）」（以下、ダム基準という）に基づき、試験湛水を実施することになっているが、堤高 15m 未満のフィルタイプ（土構造）の農業用ため池において適用される土地改良事業設計指針「ため池整備」2）（以下、ため池整備指針という）では、ため池工事施工後に実施される試験湛水の方法について記載されていない。

また、ため池工事は、部分改修のみでよい場合も多く、本地区で改修する 2 つのため池である上ノ池・森ノ池（以下、本ため池という）においても堤体の大部分をそのまま残す部分改修となった。一方で、取水設備や洪水吐施工箇所については全面改修であり、コンクリート構

造物と堤体が接する部分が水道となりやすい。

本稿では、部分改修で洪水調節機能を付与するという条件を考慮した上で、ダム基準で規定されている試験湛水を参考に、本ため池の機能を確認する試験湛水計画の細部要件と実施フローについて検討する。また、森ノ池にて、暫定的に実施した試験湛水の結果と今後確認が必要な事項について整理する。

2. 上ノ池・森ノ池の概要

上ノ池・森ノ池は和歌山県紀の川市地内に位置する親子池であり上ノ池が上流、森ノ池が下流である。両池の改修前後の諸元を表-1 に示す。また、航空写真を図-1、

表-1 上ノ池・森ノ池の改修前後の諸元

項目	上ノ池 ※ (改修前)	森ノ池 ※ (改修前)	備考
堤高	56m (54m)	48m (52m)	改修前ため池台帳より。天端標高は改修後も同じ。
常時満水位 (FWL)	EL=67.19m (EL=67.71m)	EL=62.92m (EL=63.47m)	上ノ池(改修前-改修後): -0.52m 森ノ池(改修前-改修後): -0.55m
洪水調節量	0.182m ³ /s (←)	0.331m ³ /s (←)	合計: 0.513m ³ /s
緊急放流工	あり (なし)	あり (なし)	—
改修断面	傾斜遮水ゾーン型 (均一型)	傾斜遮水ゾーン型 (均一型)	—



図-1 上ノ池・森ノ池

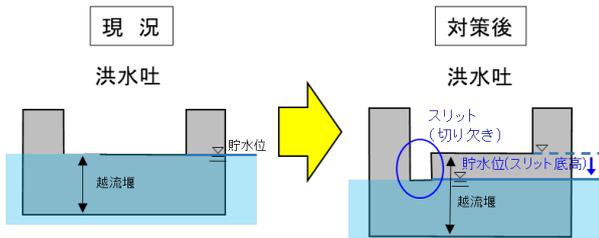


図-2 洪水調節機能の付与のイメージ

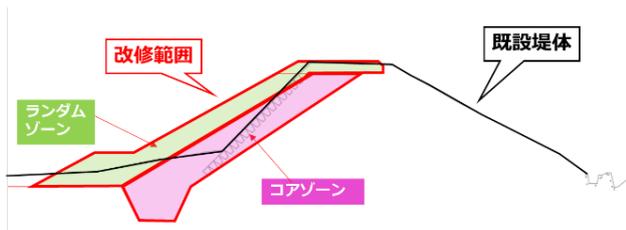


図-3 堤体断面 (森ノ池・上ノ池) ※赤線が改修範囲

洪水調節機能付与のイメージを図-2、堤体断面を図-3、に示す。図-3にて、赤線で囲んでいる範囲が部分改修の範囲である。なお、2022年5月時点では、森ノ池は竣工しており、上ノ池は施工中である。

これらのため池の改修理由は洪水調節機能の付与のためであるが、現況ため池に洪水調節機能を付与するに当たり、安定性、付帯施設の健全性などを診断し、必要に応じた安定性、施設機能を確保するための整備を併せて実施することとしている。上ノ池・森ノ池はレベル1地震動において安定計算を行った結果、上流法面において、不安定という判定になったため、堤体の部分改修を行うこととした。堤体改修断面については、傾斜遮水型として設計しているが、実施工ではコア土、サヤ土とも同じ場所から採取した土を締固め、盛立てている。また、ため池整備指針に基づき、付帯施設（洪水吐、緊急放流工、取水設備）を改修している。

3. 試験湛水計画の検討について

(1) ダム基準における試験湛水実施フローについて

ダム基準の湛水計画を参考にするため、ダムの試験湛水実施にあたり、検討が必要な項目及び検討の順序について、要点を図4のようにまとめた。

試験湛水の基本的なフローは、①1.試験湛水計画図の作成として、(1)~(10)の条件をもとに湛水のパターンを設定した上で、湛水中のダム の状況について、2.計測及び監視計画の策定において策定した②(1)計測計画、③(2)監視計画を実施するというものであり、上記①~③の計画を策定する必要がある。このうち、②(1)計測計画とは、堤体及び基礎地盤の変形や浸透水の流れの状態等を的確に監視するため計測体制（計器選定、計器配置、計測頻度、計測結果の整理方法等）を計画するもので

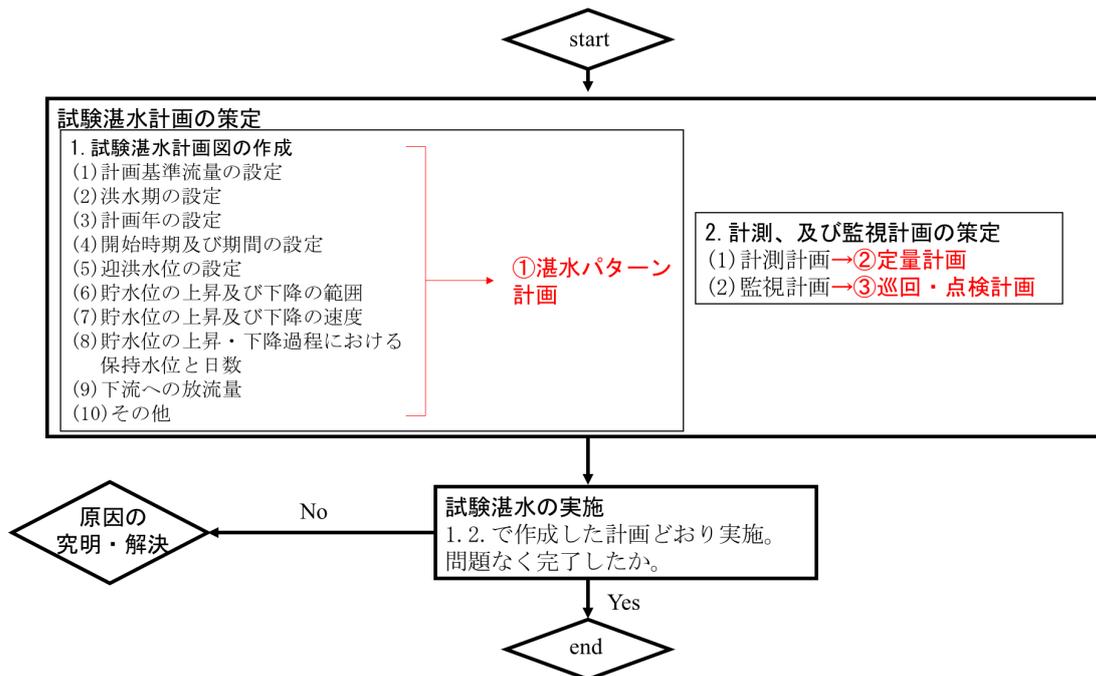


図-4 土地改良事業計画設計基準・計画「ダム」を参考に作成した試験湛水実施フロー

ある。③(2)監視計画とは、緊急時の体制、巡回ルート及び点検項目を設定し結果を取りまとめるものである。以降、この3つの計画について、①「1.試験湛水計画図の作成」を湛水パターン計画、②「2.計測及び監視計画の策定(1)計測計画」を定量計画、③「2.計測及び監視計画の策定(2)監視計画」を巡回・点検計画とする。

(2) 上ノ池・森ノ池における試験湛水計画の細部要件の設定について

上ノ池・森ノ池における試験湛水計画策定にあたり、上記の①～③の計画の詳細について検討した。

まず、①湛水パターン計画について検討する。ダム基準では、湛水パターン計画の策定にあたり、現地の状況を考慮し、図4の(1)～(10)の基本事項を決定することとされている。これらを本ため池の条件で整理したものが表2である。(1)、(2)、(3)、(5)、(9)、(10)については、本ため池の試験湛水では該当しないため考慮しない。(4)開始時期及び期間の設定では、取水が少ない非かんがい期に、試験湛水で確認すべき水位になるように適宜取水、落水を行うこととした。(6)貯水位の上昇及び下降の範囲は、それぞれのため池の緊急放流降下水位から、洪水吐の越流堰の高さまでとした。まず、下降の範囲の検討においては、以下2つの水位を比較し水位の低

い緊急放流降下水位を適用することとした。1.ランダムゾーンもコアゾーンと同等の遮水性を持っていることから、均一型のダムで懸念される間隙水圧の残留の影響を考慮するための非かんがい期の管理水位(上ノ池: EL66.77m、森ノ池: EL62.42m) 2.緊急放流時における降下水位(上ノ池: EL65.96m、森ノ池: EL62.08m)。次に上昇の範囲は、洪水調節機能を持っているため、越流堰の高さまでとした。なお、越流堰までの貯水の確認のためには、切り欠きを堰板等でふさぐ必要がある。また、(7)貯水位の上昇及び下降の速度は、ダム基準で規定されている1.0m/日以下とした場合、ダムと比べて堤高が低い本ため池では、水位変化による影響を詳細に確認できないため、原則、0.5m/日以下とした。ただし、常時満水位から緊急放流降下水位までの落水では、緊急放流工の機能(森ノ池では0.840m/日、上ノ池では1.23m/日下降)の確認のため、1.5m/日以下で行うこととした。(8)貯水位の上昇・下降における保持水位と保持日数については、フィル型のダムでは、堤体内等の浸透流が定常状態になるまで時間を要することからダムの基準で規定されている保持期間の最大日数を設定した。

上記を考慮し、森ノ池をモデルに試験湛水の基本パターンを示したものが図-5である。

次に②定量計画について検討する。ため池整備指針のみならず、ダム基準においても、この計測項目・頻度に

表2 上ノ池・森ノ池における湛水パターン計画の基本事項の整理

土地改良事業計画設計基準・計画「ダム」基本事項	上ノ池・森ノ池における適用	備考
(4)開始時期及び期間	非かんがい期	流入量、流出量の管理調整がかんがい期と比較して容易。
(6)貯水位の上昇及び下降の範囲	上ノ池: EL65.96m~EL67.50m 森ノ池: EL62.08m~EL63.70m	・上昇範囲: 洪水調節機能を持っているため、洪水吐越流堰高さを採用。 ・下降範囲: 緊急降下水位を採用。
(7)貯水位の上昇及び下降の速度	0.5m/日以下 (常時満水位からの下降時は1.5m/日以下)	堤高が低いことを考慮し、ダム基準の速度を半減させた0.5m/日以下とする。なお、緊急放流の確認のため、常時満水位から下げる際には1.5m/日とする。
(8)貯水位の上昇・下降における保持水位と保持日数	常時満水位保持期間: 30日以上 洪水吐越流堰の高さの水位保持期間: 2日以上	堤体内等の浸透流が定常状態になるまで時間を要することから、ダム基準における最大日数に設定。

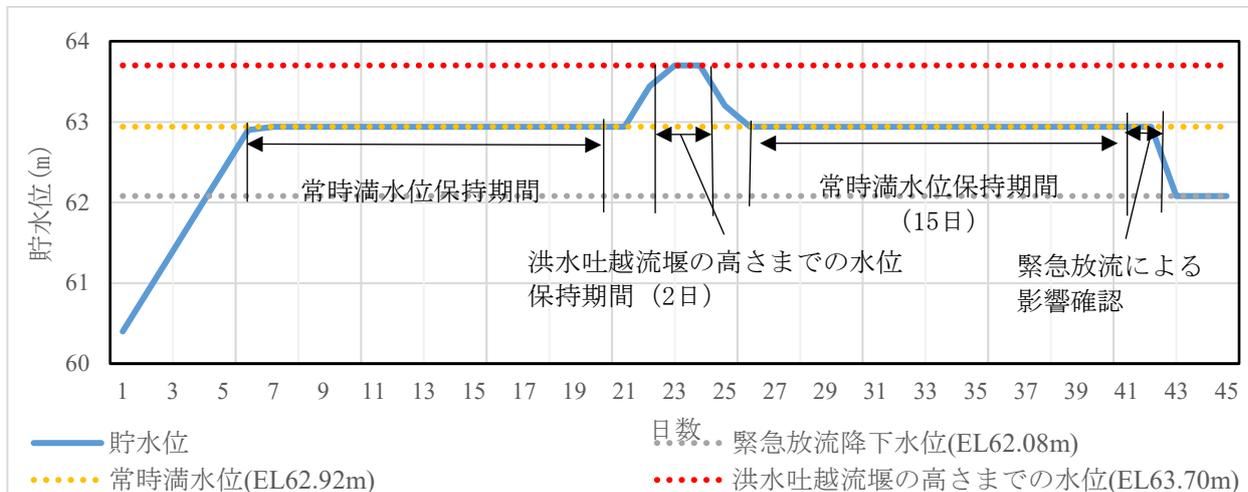


図-5 試験湛水パターン (森ノ池の場合)

ついて明確な規定がない。「農業用ため池試験湛水観測手法の確立(鈴木、菅原、2013)」³⁾では過去に実施したため池の試験湛水の結果、決まった項目・頻度で計測し、経時変化図、貯水位と各観測値の関係図を整理することで、安全性を確認できるとしている。これを参考にした上で本ため池の条件を反映し計画した定量計画について表-3のように整理した。なお、(1)貯水量、(3)表面変位の確認は可能であるが、(2)漏水量は法先ドレーンを設置していないので漏水が明らかな場合でないとい計測できない。

最後に③巡回・点検計画について検討する。ダム基準を参考に、水道になりやすいコンクリート類と堤体盛土の境界付近を重点的に点検箇所を設定し、点検結果について、図-6のような管理日誌にとりまとめるものとした。試験湛水中、1日1回の頻度で実施する。

(3) 上ノ池・森ノ池における試験湛水計画の実施フローについて

最後に試験湛水実施フローを検討した。ダム基準では

表-3 上ノ池・森ノ池における定量計画の整理

観測項目	計測頻度	上ノ池・森ノ池における適用	上ノ池・森ノ池における計測方法
(1)貯水量	1回/1日	実施可能。	量水標を設置し目視。
(2)漏水量(L/mm)	1回/1日	観測不可。	漏水箇所をビーカーで計測。
(3)表面変位	上昇・下降時：1回/1m程度 水位保持期間：1回/2日	実施可能。	傾斜センサ(新規設置が必要)、もしくは定点測量。

、湛水パターン、堤体挙動分析、巡回・点検をすべて計画・実施する。本ため池は部分改修であるため、堤体の太宗は旧堤体土がそのまま残るが、取水設備や洪水吐については全面改修であるため、新設の場合と同等の確認が必要であると考え。これらを踏まえ、本ため池の試験湛水では、①湛水パターン、③巡回・点検のみを先に計画・実施し、巡回・点検において、堤体のすべり・変形、下流面湿潤部の有無等が確認された場合、必要に応じて、計器を用いる②定量を行うこととした。これをまとめたものが図-7である。

4. 試験湛水の結果及び今後の確認事項

現在上ノ池が施工中であることから、森ノ池の流入量、流出量を制御できない。そのため、正式な試験湛水は上ノ池の竣工後、併せて実施するものとし、今回は暫定的に巡回・点検及び貯水位の計測のみを実施した。結果としては、概ね常時満水位まで湛水した状態で30日以上貯水し、巡回・点検時、堤体に異常は見られなかった。今後実施する正式な試験湛水では以下の確認を行う

頻度	点検内容	異常の有無	
巡回点検	1貯水位の上昇の有無(Δh≦0.5m)	有(○)	
	2外法部の変形の有無		
	2-1洪水吐: 定点等実②	有(○) - 2/min	
	2-2取水設備(下種): 定点等実②	有(○) - 2/min	
	2-3取水設備(上種): 定点等実②	有(○) - 2/min	
	2-4上記以外に確認された箇所: 定点等実追加	有(○) - 2/min	
	※2-1~4の定点等実で確認できない場合は触感で確認すること、また歩み出し量が計測可能な場合は歩み計測を継続し、異常の有無欄に記載		
	3堤体の変形		
	3-1堤体-洪水吐接合部のズレ: すべり: 定点等実②	有(○) - mm	
	3-2堤体-取水設備(下種)接合部のズレ: すべり: 定点等実②	有(○) - mm	
	3-3堤体-取水設備(上種)接合部のズレ: すべり: 定点等実②	有(○) - mm	
	3-4上記以外に確認された箇所: 定点等実追加		
3-4-1内法(ブロックマット)のズレ: すべり: 亀裂	有(○) - mm		
3-4-2外法のズレ: すべり: 亀裂	有(○) - mm		
3-4-3天端の沈下: 亀裂	有(○) - mm		
※3-1~4ズレ: すべり: 亀裂等が確認された場合は、変形量の歩み計測を継続し、異常の有無欄に記載			
4試験湛水の継続			
外法の歩み出し量、堤体の変形の急増等、異常の有無、有の場合試験湛水中止、貯水位を降下		有(○)	

図-6 点検様式(森ノ池)

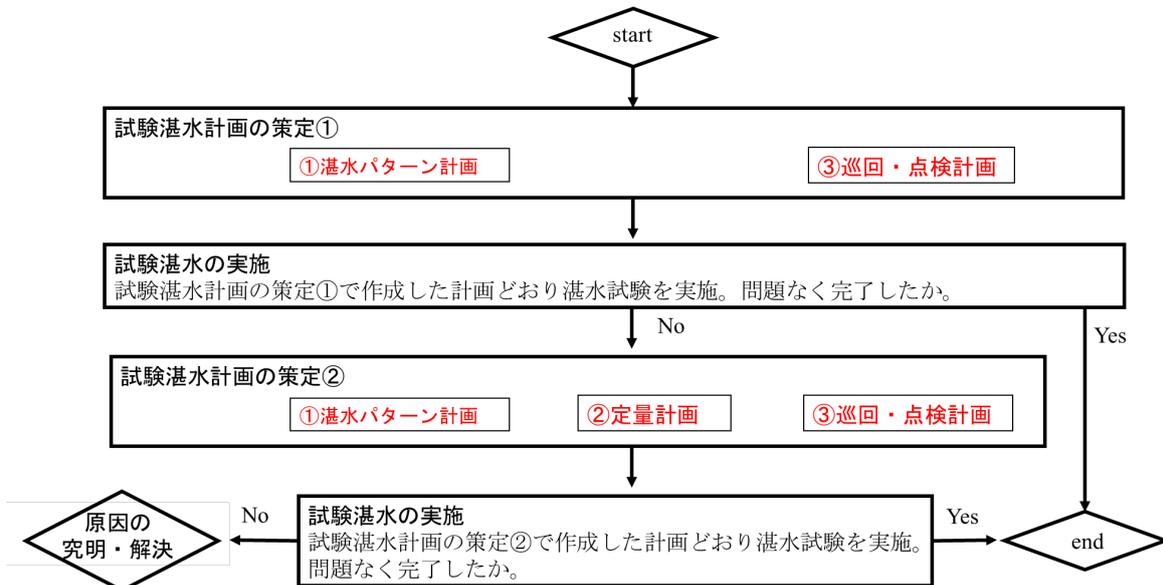


図-7 上ノ池・森ノ池における試験湛水実施フロー

必要がある。1.切り欠きに堰板を設置して洪水吐越流堰の高さまで貯水できるか確認すること。2.緊急放流降下水位まで落水を行い異常がないか確認すること。

5.まとめ

部分改修を行う本ため池における試験湛水の計画フロー及び細部要件についてダム基準等を参考に、試験湛水計画を策定した。今後、実際に試験を実施の上、

新たに検討を要する事項が発生した場合はそれを整理し、試験湛水計画の精度をあげていきたい。

参考文献

- 1)公益社団法人農業土木会：土地改良事業計画設計基準・計画「ダム」2003
- 2)公益社団法人農業農村工学会：土地改良事業設計指針「ため池整備」2015
- 3)鈴木辰也・菅原強「農業用ため池試験湛水観測手法の確立」『H25 農業農村工学大会講演要旨集』pp.362～363,2013

ほ場整備後の大雨による被災と対応

児玉 健¹

¹農林水産省近畿農政局農村振興部水利整備課（〒602-8054京都府京都市上京区丁子風呂町102）

京都府亀岡市内にて国営亀岡中部農地整備事業を実施している。これらのほ場整備実施後に大雨による被災が多く発生しているため、ほ場整備実施後の大雨による被災状況を整理、対策事例と効果について検討し、所内基準への反映と管理面での対応について発表する。

キーワード ほ場整備, 被災, 土羽法面, 管理

1. はじめに

亀岡中部地区(以下、「本地区」という。)は京都府亀岡市の一級河川桂川右岸の農業地帯で、水稻を中心とした土地利用型農業の経営が行われている。しかし、従前の農地は狭小且つ不整形であるため、機械の大型化が困難であり、効率的な農作業の支障となっており、今後耕作放棄地が増加する恐れがある。

このため、国営亀岡中部農地整備事業（以下、「本事業」という。）では、2014年より受益地444haを対象に、耕作放棄地を含めた農地の土地利用を計画的に再編し、さらに担い手への農地の利用集積を進めることにより、生産性の向上と耕作放棄地の解消・発生防止による優良農地の確保を図ることを目的として事業を進めている(図-1)。



図-1 ほ場整備実施状況(左側工事未着手)

事業により平均10a程度のほ場を大区画化するため、従前と比べ、ほ場、道路、水路の高低差が大きくなり、特に工事完成後間もない法面は植生が不十分であることから、近年頻発する大雨により度々被災し、その都度事業所職員による応急復旧作業、その後の整備工事が必要となる等の職員の負担が増加するとともに、事業費及び

地元負担の増嵩、さらに地元農家の営農にも支障が生じている(図-2,3)。



図-2 法面崩壊状況



図-3 大雨時排水路状況

2. 被災要因と被災箇所

(1) 被災要因

(a) 降雨

被災の主な要因は降雨である。本地区では毎年のように梅雨、台風、秋雨の時期を始め集中した降雨は幾度となく発生しているが、2021年には農地・農業用施設の災害復旧事業の対象となる大雨（80mm/日以上、20mm/時間以上）が5回発生しており、そのうち表-1に示す本地区事業計画基準雨量の1/10年確率雨量を超える大雨が1回、その他の4回も1/2年確率雨量を超える大雨であった（表-2）。

表-1 事業計画基準雨量

項目 確率年	日雨量	4時間雨量	1時間雨量
1/10年確率雨量	148 mm/日	98 mm/4hr	48 mm/hr
1/2年確率雨量	93 mm/日	62 mm/4hr	33 mm/hr

なかでも、被害を多くもたらした降雨の特徴としては、5回とも日雨量は100mm/日を超えているものの、日雨量よりも、4時間雨量や1時間雨量で、1/2年確率雨量を上回った5月20日～（70mm/4hr、31mm/hr）と7月2日～（78mm/4hr、33.5mm/hr）の2回の降雨時に被害が集中したことがあげられる（表-2）。

表-2 降雨量一覧(地区内3観測地点の最大値)

期間	日雨量	4時間雨量	1時間雨量	地点
R3/5/20(木)～ R3/5/21(金)	165.0 mm/日	70.0 mm /4hr	31.0 mm/hr	曾我部
R3/7/2(金)～ R3/7/3(土)	100.0 mm/日	78.0 mm /4hr	33.5 mm/hr	曾我部
R3/7/7(水)～ R3/7/8(木)	113.5 mm/日	50.0 mm /4hr	17.5 mm/hr	本梅
R3/8/14(土)～ R3/8/15(日)	109.0 mm/日	50.0 mm /4hr	20.0 mm/hr	佐伯
R3/8/17(火)～ R3/8/18(水)	116.5 mm/日	42.0 mm /4hr	16.0 mm/hr	佐伯

(b) 植生をはじめとする表面被覆

「1.はじめに」でも述べたが、事業の進捗に伴い完成するほ場面積は確実に増加している。従前の安定した植生や石積みで築造された狭小且つ不整形な農地に対し、新たに大きなほ場と道路、水路などを築造するなかで多くの法面（土羽）部分が形成されるわけであるが、本地区の基盤の土質は石礫を多く含む礫混じりの土砂が多いことも起因して、工事完成後年数の浅い法面では植生が

発達せず、数年は降雨や流水による侵食を受けやすい状況となっている。

また、排水路断面設計は土地改良事業標準設計により、図-4に示すとおり、ライニング部で1/2年確率雨量が流下できる断面とし、1/2を超える1/10年確率雨量までの洪水量は土羽部で流下させる設計としている。

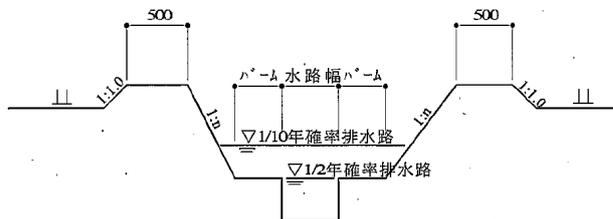


図-4 事業計画排水断面図

(2) 被災箇所

令和3年の5回の降雨のうち、代表的な5月20日～と7月2日～の2回の降雨について工区別の被災箇所数を表-3に示す。大雨とそれによる洪水によって、ほ場、水路、道路ともに植生の不十分な土羽が侵食され崩壊に至るケースや、侵食された土砂が水路内に堆積し通水断面を阻害することで、さらに水路から溢水し二次被害を招くなどの悪循環となっているケースが多くみられた。一方、工事完成後の年数が少し長い佐伯工区と本梅工区の土羽法面では、曾我部工区と比べ被害件数が少なくなっている（表-3）。

表-3 工区別被災箇所数

工区名	ほ場整備実施年度	整備済面積 (ha)	ほ場		水路		
			土羽法面	排水口	本体損傷	土羽法面	土砂堆積
佐伯	H29年度～ H30年度	240	2	0	7	7	7
本梅	100.0 mm /日	198	0	0	0	0	0
曾我部	113.5 mm /日	91.9	15	6	27	27	20

3. 被災状況

(1) 被災箇所の特徴

表-3に示す、被災箇所ごとの状況を分析すると以下のような状況であった。

(1) ほ場

a) 土羽法面：前述の通り、土質の要因や植生が不十分なこと、また大雨により湛水深が上昇し土羽法面が飽和状態になり法面が崩落。完成後2年経過している法面で

も崩落が発生(図-5)。



図-5 ほ場法面崩壊状況

b)土砂流入：道路法面から直接、又は水路に流入した土砂、石礫が越水してほ場に流れ込み、表土上に覆土(図-6)。



図-6 土砂流入状況

c)一筆排水柵：大雨時にほ場内の湛水は一筆排水柵に集中し、枯れ草等が詰まり湛水が畦畔を越水し一筆排水柵付近で崩壊(図-7)。



図-7 一筆排水付近決壊状況

(2) 水路

a) 階段落差工：平坦な箇所においても土羽水深部の流

水で土羽が侵食。階段落差工付近で更に流速が早まり大規模な侵食が発生(図-8)。



図-8 階段落差工法面侵食状況

b)屈曲工：水路線形が直角になっている箇所等で、跳水や曲がり部での水流や渦により土羽法面や畦畔が侵食され、崩壊(図-9)。



図-9 屈曲部法面侵食状況

c)越流：降雨時における用水の取水操作は地元で管理しているが、場所によっては用水路にも排水が流入しており、取水操作の遅れによる溢水で、水路両脇の土砂を侵食し、水路自体が不安定化。

d)流水阻害：水路上流から流下してきた土砂や水路付近の法面が侵食した土砂が水路に流れ込み、通水阻害。

(3) 道路

a) 路面排水：路面を流水が走り、局所的に路肩の崩壊が発生(図-10)。

b)法面浸食：降雨及び路面からの水の供給で、礫分が多く植生の乏しい多くの土羽部で筋状の侵食が発生(図-10)。



図-10 道路法面侵食状況



図-12 屈曲工張りコン設置

(2) 被災箇所への対策事例と効果

次に過年度に被災を受けた箇所において対策した事例とその箇所での状況を確認した。特に被災すると復旧に労力と費用を要するほ場の土羽部と水路関係を中心に確認した。

a) 張りコンクリート(以下、「張りコン」という。): 階段落差工や屈曲工での侵食が予想される箇所を補強設置することで効果が確認された(図-11, 12)。



図-11 階段落差工張りコン設置

b) 張芝: 植物種子を含んでいるため、植生を促進し降雨の影響も軽減する(図-13, 14)。



図-13 張芝設置



図-14 張芝設置後植生状況

c) 板柵工: 法面整形後に法面のずれが予想される箇所に設置することでずれ止め及び水路への土砂侵入の防止を行う。

今回、平成30年の大雨で被災を受けた階段落差工部の張りコンと隣接する高低差のある支線農道の土羽部に対策された張芝の状況を確認した結果、対策後3年間の降雨を経験しているが、大きな変状は確認出来なかった。

(3) 対策の必要な箇所

当初設計の段階で、大雨による被災が予想されるほ場の土羽法面全体に張芝や板柵工による法面の安定や、張りコンによる補強を行えば被災リスクは大きく低減するが、施工に時間を要するため工期を圧迫し、更に事業費及び地元負担も増嵩するため、事業費、事業進捗の面からも現実的でない。工事は受益農家に休耕してもらう限られた期間の中で進めるため、必要最低限で効果のある対策を実施していく必要がある。上記の被災の状況や特徴を踏まえた場合、被災を受けた場合の復旧の関係者調整、施工手間、要する費用、営農への影響等を総合的に考えると、「ほ場の土羽法面の安定」及びほ場の片側に配置され、ほ場内の仮設や小運搬の手間がかかる「水路に対する侵食防止対策」が優先すべき対応であると考えられる。このことから、水路で流速の出やすい階段落差工や衝撃を伴う屈曲部への対応やほ場では土羽法面の昇降のための簡易なポリエチレン製階段を設置する等、工事後被災した際に整備工事が必要とならないよう、手戻りや維持管理に配慮した対策を当初設計の段階で考慮しておくことが効果的であると考えられる。

4. 所内基準への反映と管理面の対応

(1) 所内基準

現在、本事業においては、ほ場整備工事の設計及び工事を進めるうえでの「区画整理標準設計」及び「標準図面集」他、いくつかの執務参考資料を所内基準として整備している。

これらは、ほ場整備の設計、施工を行うために整理されているが、今後は今回報告した工事完成後の事象などにも配慮し、張りコン、柵工、植生工などを盛り込みながら、事業所内で議論の上適宜見直し、改訂を行っていく必要があると考える。

また、令和3年度に検討し試行している内容として、「小段の設置」、「落差樹の設置」を行い今後の状況を観察していくこととしている。

「小段の設置」は、管理のしやすさを兼用し、法面の安定を向上させるために、従来田面差 $H=2.0m$ 以上で設置していた小段を $H=1.2m$ 以上で設置することで、畦畔の強度を上げるとともに、1段の法長を $1.87m$ から $0.93m$ に短くすることで除草作業等適切な維持管理をしてもらうことで法面の安定にもつながると考える(図-15)。

また、「落差樹の設置」は、前述のように礫分の多い法面で、植生が直ちに期待出来ないうえに、急流工や落差工では流速が早く侵食を受けるため、張りコンで保護する対応をとっているが、高低差が大きい場合は水路自体の費用の他、張りコンを行う面積も大きくなり、その範囲がくぼ地となり、周辺ほ場の形状や面積への影響と転落等の安全面のリスクも考え、落差樹の採用を進めている(図-16)。

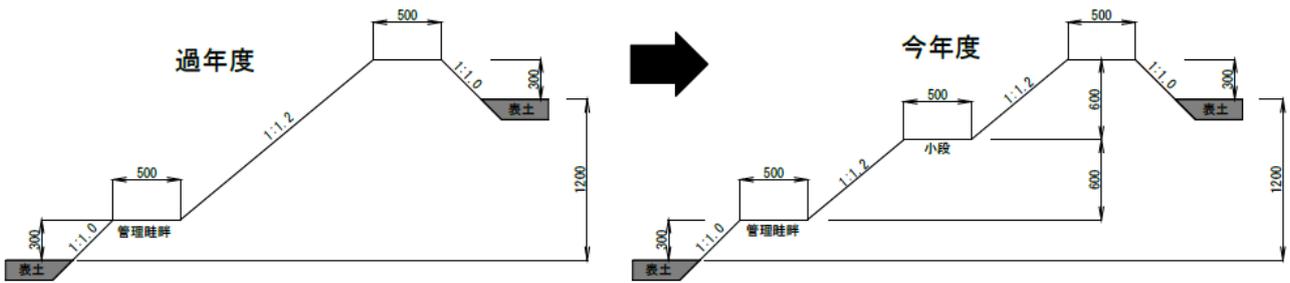


図-15 小段の設置基準変更図

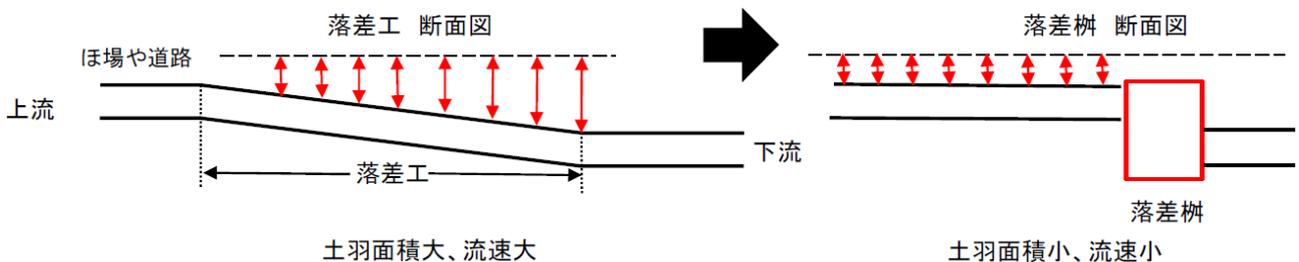


図-16 落差樹のイメージ

その他、ほ場との高低差により法面が多くなりがちな支線道路では、進入路の高低差や法面積を低減するため、縦断勾配の見直し、路面排水による法面侵食を防止するため路肩にアスカーブを設置し排水路に導くなどの対応を進めている。これらについても所内基準類への反映を適切に行っていく(図-17)。



図-17 アスカーブ設置

(2) 管理面での対応

一方、完成後のほ場における大雨等による被災を最小限に防ぐためには、前述のような工事での対応のみでは限界があることは明らかである。本事業が完了すれば、ほ場管理は個人、水管理は地元等、また道路や水路等の施設の管理は土地改良区が担うことになる。また、被災を受ければ、亀岡市や京都府が農家や土地改良区を支援することになるが、ほ場整備によって従前とは違う維持管理が必要となってくる中では、事業所としては管理のことまで考えた整備に心がけるとともに、工事完成後には農家や土地改良区に対し適切な維持管理をお願いしていくことで、大雨等に対する被災を減らしていけるのではないかと考える。

例えば、ほ場の畦畔や土羽法面の保全及び下流の水路のために、畦塗りの徹底や大雨が予想される場合には事前に少し湛水深を低下させてもらい、ダムの洪水調節のような役割を担ってもらい、さらには「田んぼダム」の取組なども期待される。

また、畦畔や土羽の草刈りをした際には、草が一筆排水柵や排水路に落ちて詰まることのないように処分を徹

底してもらう。水路では、大雨が想定される前に分水柵の堰板を調整し、流水の状況をみながら分水柵箇所での適切な分水操作を行い、1箇所の排水路に集中させないようにする。排水路の土羽断面を確保させるために、排水路断面の草刈りを行い、伐採した草は流れて排水路につまらないように撤去を行う。排水路の水が円滑に流れるように、排水路内に堆積している土砂を撤去する。これらのような、管理面での対応を徹底してもらうことにより被災を防止・軽減する大きな効果があると考えられる。

5. まとめ

ほ場整備事業を進めるうえでは、地元農家や関係者の意見に耳を傾けながら、完成したほ場で地域の農業を盛り上げてくれる農家や、道路及び水路等の付帯施設を管理することになる土地改良区等の関係者が、使いやすく、維持管理しやすい、そして大雨に対する被災のリスクが少ない、有効かつ経済的な整備を心掛けていくことが事業を進めるうえでの我々の責務であると考えられる。今後さらに規模の大きな降雨が降ることも予想されるため、情報収集と事前準備を徹底しながら、令和3年に地元建設業協会と締結した有事の際の災害協定も上手く活用し、完了ほ場のみならず工事中の現場での被災を可能な限り最小限に抑えることで、事業費及び地元負担の増加を抑えたとともに円滑な事業推進につなげ、地元農家の皆さんが一日でも早く整備されたほ場で安心して営農してもらえるよう今後も試行錯誤しながら事業推進に努めていきたい。

¹ 田んぼダム：大雨時に田んぼに一時的に雨水を貯めることで、排水路や河川への流出を抑制し、洪水被害を軽減させる取組。

参考文献

- 1) 土地改良技術情報センター：土地改良事業標準設計, pp. 142, 1991
- 2) 農業土木学会：土地改良事業計画設計基準, 計画「ほ場整備」基準書・技術書, pp. 140, 2013
- 3) 亀岡中部農地整備事業所：亀岡中部農地整備事業区画整理標準設計, pp. 55, 2015

大和川の特定都市河川指定について

多田 直峻¹

¹近畿地方整備局 港湾空港部 クルーズ振興・港湾物流企画室 (〒650-0024兵庫県神戸市中央区海岸通29番地)

大和川上流域では1982年(昭和57年)に総合治水対策特定河川に指定されて以来、総合治水対策に取り組んできているが、近年の気候変動の影響による雨の激甚化・頻発化を踏まえ、さらなる治水対策が求められている。そこで、2021年11月1日上流・下流や本川・支川の流域全体を俯瞰し、国や流域自治体、企業・住民等、あらゆる関係者が協働して取り組む「流域治水関連法」が施行されたことを受け、同年12月24日に大和川水系大和川を含む18河川について、特定都市河川浸水被害対策法の改正後、全国初となる特定都市河川指定を行った。本発表は大和川の特定都市河川指定に至った背景、取り組み等について報告するものである。

キーワード 流域治水, 特定都市河川, 流域対策, 雨水浸透阻害行為, 住民への周知

1. はじめに

(1) 大和川概要

大和川は、笠置山地を源にし、奈良盆地の水を集め、奈良県と大阪府の境にある亀の瀬狭窄部、河内平野を経て大阪湾に注ぐ、幹線延長68km、流域面積1,070km²の一級河川である。

大和川流域は、山が浅く保水能力が低いため、昔から水不足や水害に悩まされてきた。特に、中上流域では、降った雨が山に溜まることなく、奈良盆地の低平地を流れ、亀の瀬狭窄部に向けて156本の川が放射状に1本に集まる(図-1)。これにより、亀の瀬上流付近は、勾配の緩い地形特性と狭窄部の堰上げが生じ、洪水氾濫や内水浸水等の水害が発生しやすい特性を有している。

一方の下流部の大阪府域は、宝永元年(1704年)に付け替えられた人工河川で、堤防が高く、人口・資産が高密度に集積するなど、水害リスクが極めて高い。



図-1 大和川流域図

(2) 大和川流域(奈良県域)の浸水被害状況

大和川流域はその災害の発生しやすい特性上、過去に度々浸水被害を伴う災害が発生している。特に1982年(昭和57年)8月洪水では奈良県域で甚大な浸水被害を受け、浸水家屋数が1万戸を超える戦後最大の洪水被害となった。また、近年においても2007年(平成19年)、2017年(平成29年)の洪水等で、100戸を超える浸水被害が発生しており、特に亀の瀬狭窄部上流域や奈良盆地の地盤が低い地域での浸水を繰り返している。

加えて、亀の瀬狭窄部は、日本有数の大規模な地すべり地域であり、1931年~1932年(昭和6年~昭和7年)、1967年(昭和42年)など、大規模な地すべりが発生しており、現在国による地すべり対策事業を施工している。

大和川の治水には亀の瀬狭窄部の対策が必要になるが、その対策を行うためには新たに地すべり対策を行うこととなり、多大な費用と時間を要する。そのため、新たな地すべり対策が必要となる亀の瀬狭窄部の開削等による対策を行わないことを前提に、上下流、本支川の治水安全度のバランスを確保しながら河川整備を推進している。これらのことから、大和川流域(以降、本稿の大和川流域とは奈良県域の大和川流域を指す)では、河床掘削や河道拡幅といった河川の流量を増やし水位を下げる「流す対策」だけでなく、流域の貯留施設等に水を溜め河川への流出を減らす「溜める対策」が重要である。



写真-1 昭和57年8月洪水による被害(奈良県王寺町)



写真-2 昭和7年亀の瀬地すべりによる被害

(3) 大和川流域の都市化進展状況

大和川流域は京阪神地区に隣接しており、文化的・歴史的資源に恵まれていることや交通の利便性も高いことから、昭和30年代後半の高度性経済成長期以降、流域の開発が急速に進展している。

このため、流域内の市街地は1969年(昭和44年)は流域の約16%に過ぎなかったが、1981年(昭和56年)には約23%、2016年(平成28年)には約33%となっており(図-2)、特に大和川支川の佐保川、竜田川、富雄川、葛下川流域等の都市化が著しく、大和川はいわゆる都市河川となっている。

2. 大和川流域における総合治水対策

(1) 総合治水対策特定河川への指定

1982年に大和川流域の北部の河川が総合治水特定河川の指定を受けた。また、1983年に流域内の25市町村(当時)を中心とする大和川流域総合治水対策協議会を発足し、同協議会は1985年7月に総合治水対策の基本方針を定めた「大和川流域整備計画」を策定した。この流域整備計画では、宅地開発等の市街化によって流域の保水機能の低下に伴う河川への流出量増加に対処し、開発地の下流の治水安全度を低下させないために、雨水流出抑制施設の設置等を積極的に図っていくものとしており、治水対策と流域対策の二本柱となっている。

(2) 大和川流域におけるこれまでの流域対策

大和川流域整備計画では各市町村が総合治水対策として雨水流出抑制施設の対策量を定め、大和川流域総合治水対策協議会で進捗点検を行い(図-3)、取組状況を確認してきた。また、平成29年10月の台風21号により奈良県で内水被害が発生したことを受け、奈良県は平成緊急内水対策事業に着手し、内水被害の解消に向けて総合治水対策の一層の加速化に取り組んできた。



図-2 奈良県大和川流域土地利用変化¹⁾

3. 特定都市河川浸水被害対策法

都市部の河川流域における新たなスキームによる一体的な浸水被害対策を進めるために平成15年に特定都市河川浸水被害対策法が施行され、令和3年に全国の河川への展開と更なる浸水被害対策の推進を図るために一部が改正された。

(1) 特定都市河川浸水被害対策法の制定

都市部の水害等の発生に見られるように、河川・下水道施設の整備がある程度進んできた地区においても、依然として浸水被害に見舞われている状況にある。これは、近年の地下空間の利用を始めとする土地利用の高度化の進展や、計画当時に想定していなかった流域状況の変化、河川・下水道の相互影響などによる流出・氾濫形態の変化等により、これまでの河川・下水道の個別の施設計画、施設整備だけでは効果的・効率的に浸水被害を防御できず、予想されない箇所でも浸水被害が生じるなどの問題が顕在化したことによるものと考えられる。こうした問題への対応を目的として、平成15年6月11日に「特定都市河川浸水被害対策法」が制定された。この法律において、河川管理者、下水道管理者、都道府県知事及び市町村長が共同して「流域水害対策計画」を定め、流域一体かつ総合的に浸水被害対策を推進することとなった。

(2) 特定都市河川浸水被害対策法の一部改正

近年、気候変動による水災害が激甚化・頻発化しており、都市部を流れる河川において、従来想定していなかった規模の水害が発生しており、河道等の整備による浸水被害の防止が困難な状況が生じている。このため、ハード整備の加速化・充実や治水計画の見直しに加え、上流・下流や本川・支川の流域全体を俯瞰し、国や流域自治体、企業・住民等、あらゆる関係者が協働して取り組む「流域治水」の実効性を高め、強力に推進するため、「特定都市河川浸水被害対策法等の一部を改正する法律」(令和3年法律第31号、通称「流域治水関連法」)が2021年5月10日に公布され、同年11月1日に特定都市河川浸水被害対策法(以下、法)が施行された。

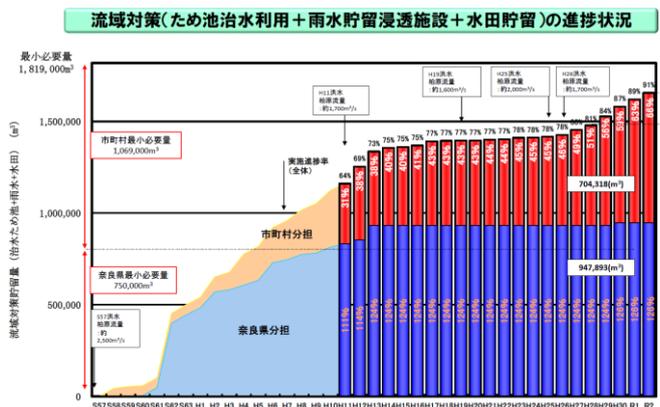


図-3 奈良県流域対策進捗状況²⁾

4. 特定都市河川・特定都市河川流域の指定

大和川流域は、亀の瀬狭窄部によって水位の低下が難しく、近年においても内水氾濫等による浸水被害が頻発している状況にあることから、流域対策をより一層加速させるための法的枠組みである特定都市河川浸水被害対策法等の一部改正により、大和川における特定都市河川、特定都市河川流域の指定について機運が高まった。

(1) 特定都市河川への指定要件

今回の法の改正により、従来の特定都市河川の指定要件である「①市街化の進展」に加えて、バックウォーター現象による排水困難性を考慮した「②接続する河川の状態」、狭窄部等による流量の制限等を考慮した「③周辺地形その他の自然条件」が加えられた(図-4)。これにより、狭窄部でかつ地滑り地帯により当面、河川整備が困難な亀の瀬地区を有している大和川流域が指定の条件に当てはまることとなった。また、大和川及び支川が市街化区域を流れていること、水防法により指定された洪水予報河川・水位周知河川であり、洪水浸水想定区域の指定区域を含んでいることから、そのほかの指定要件である「都市部を流れる河川」、「著しい浸水被害の発生し、又はそのおそれのある」を満たしている。

(2) 第32回大和川流域総合治水対策協議会

大和川流域ではこれまで32回にわたり大和川流域総合治水対策協議会を開催しており、2021年7月に開催した第32回協議会では(写真-3)、奈良県知事をはじめ、流域の各市町村長から大和川の特定都市河川指定について強くご要望いただいた(写真-4)。

指定候補河川のイメージ(①から③のいずれか)

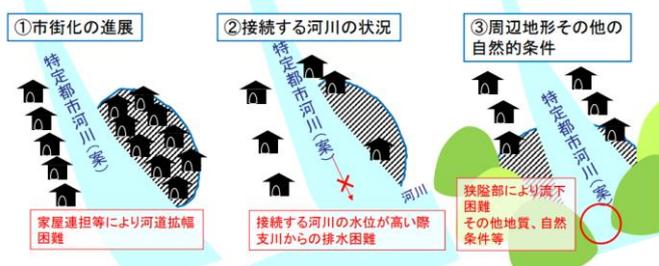


図-4 法改正による指定要件拡大



写真-3 第32回協議会



写真-4 荒井奈良県知事ご発言

(3) 特定都市河川の指定区間の検討

特定都市河川への指定については、大和川流域内の水防法により洪水予報河川(※1)に指定されている大和川及び水位周知河川(※2)に指定されている大和川とその支川の17河川、あわせて18河川の指定を目指した。

指定区間については、大和川の下流端は、府県境の地点とし、支川の下流端は大和川、二次支川の場合は一次支川の合流地点とした。また、各河川の上流端については奈良県や流域市町村により、今後の改修や整備が行われる地区を網羅でき、水防法で指定されている範囲を区間(表-1)とした。

国民経済上重大な損害又は相当な損害を生じのおそれのある河川のうち

(※1) 洪水予報指定河川：水位等の予測が技術的に可能な流域面積が大きい河川

(※2) 水位周知河川：洪水予報河川以外の河川のうち、流域面積が小さく、洪水予報を行う時間的余裕がない河川で、特別警戒水位(氾濫危険水位)を定めて、この水位に到達した旨の情報を出す河川³⁾

(4) 特定都市河川流域の指定区域の検討

特定都市河川流域の指定については、大和川流域に加え、大和川流域に流入する下水道事業区域(図-5)を包括するように指定流域を設定する必要がある。また、大和川流域は当時の流域の決定後の開発により勾配の変化や流域界上に建物が存在する箇所がみられ、自然流域が変化していると考えられる。そこで、指定を行う特定都市河川流域では各市町村に現在の土地状

表-1 特定都市河川指定河川・区間

河川名	区 間	
	上流端	下流端
大和川	桜井市大字小夫地先の県道笛吹橋	奈良県北葛城郡王寺町藤井地先
佐保川	左岸：奈良市中ノ川町字石出 1217 番地先 右岸：奈良市中ノ川町字クレ橋 825 番地先	大和川への合流点
竜田川	左岸：生駒市俵口町 183 番地先 右岸：生駒市俵口町 182 番地先	大和川への合流点
富雄川	左岸：生駒市高山町字滝ノ口 4958 番地先 右岸：生駒市高山町字庄田 4606 番地先	大和川への合流点
岩井川	奈良市紀寺町字中谷 1119 番 1 地先県道六度橋	佐保川への合流点
秋篠川	左岸：奈良市中山町西 1 丁目 755 番の 1 地先 右岸：奈良市学園朝日町 2 丁目 689 番の 1 地先	佐保川への合流点
地藏院川	奈良市藤原町字十六 1 番 2 地先	佐保川への合流点
高瀬川	左岸：奈良市米谷町字コタニ 1584 番の 1 地先 右岸：奈良市米谷町字グイド 1468 番の 2 地先	佐保川への合流点
能登川	奈良市高畑町字市の井 1501 番の 2 地先の市道橋	岩井川への合流点
布留川	左岸：天理市菅原町字下代川向 2014 番地先 右岸：天理市菅原町字下代 1941 番地先	大和川への合流点
寺川	桜井市大字鹿路字辻本 146 番地先の県道辻本橋	大和川への合流点
飛鳥川	高市郡明日香村大字稻森字ウエダ 177 番地先の村道稻森橋	大和川への合流点
米川	左岸：桜井市大字高家字ナカダ 1136 番地先 右岸：桜井市大字高家字ナカダ 1048 番地先	寺川への合流点
曾我川	左岸：御所市大字重阪字内谷 643 番の 1 地先 右岸：御所市大字重阪字内谷 639 番地先	大和川への合流点
葛下川	左岸：葛城市大字南今市字ツツムハラ 174 番の 1 地先 右岸：葛城市大字南今市字五反田 504 番の 2 地先	大和川への合流点
葛城川	左岸：御所市大字鴨神字前ブク 429 番地先 右岸：御所市大字鴨神字上野 1589 番地先	曾我川への合流点
高田川	左岸：葛城市大字南藤井字西の京 323 番地先 右岸：葛城市大字山田字ヨツガ 143 番地先	曾我川への合流点
高取川	左岸：高市郡高取町大字下子島字マトガ 29 番の 1 地先 右岸：高市郡高取町大字上子島字マトバ 2 番の 6 地先	曾我川への合流点

況をもとにした流域界についてヒアリングを行い、流域界を調整(図-6)した後、大和川特定都市河川流域(図-7)を決定した。

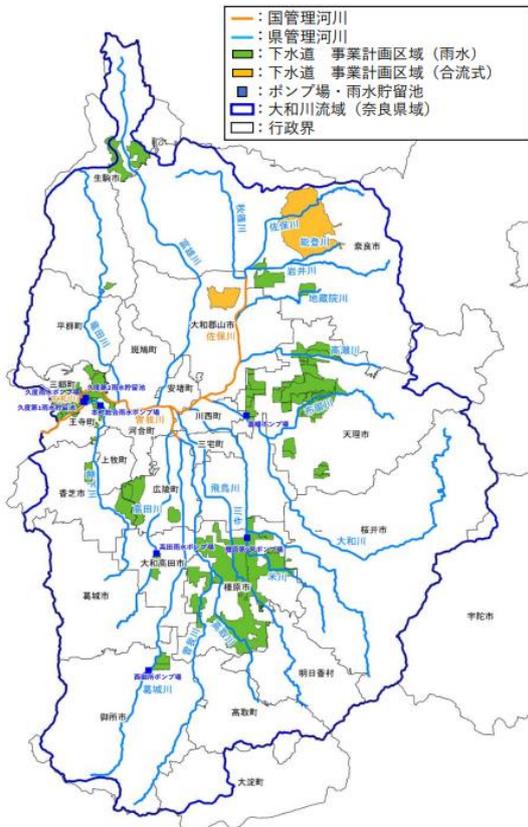


図-5 大和川流域の下水道事業区域

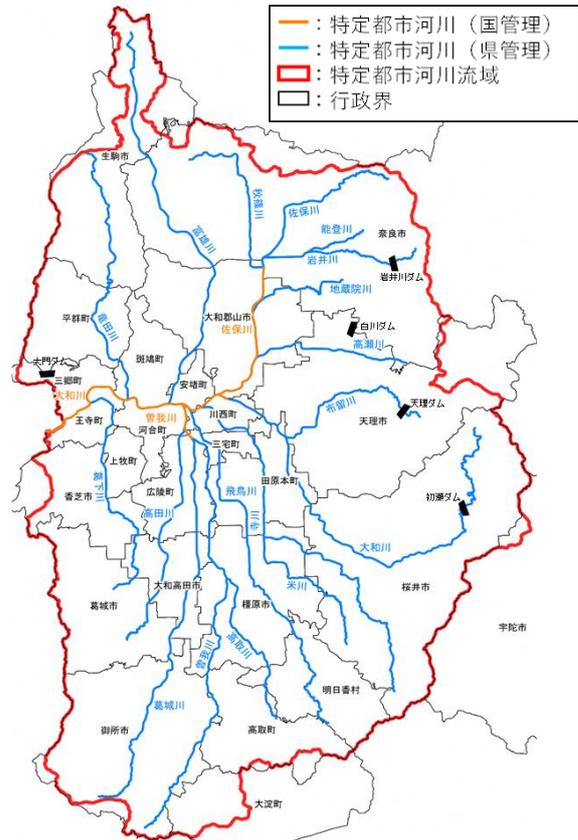


図-7 大和川特定都市河川流域



図-6 指定流域の調整例(上:調整前 下:調整後)
奈良県生駒市ひかりが丘

5. 奈良県総合治水条例との整合

(1) 奈良県総合治水条例における開発行為に対する雨水流出抑制
奈良県の大和川流域では総合治水条例により開発行為に対しての防災調整池(雨水を流域に溜め、河川への流出を抑制する貯留施設)の設置を義務づけており、河川への流出抑制に努めてきた。

(2) 開発行為における総合治水条例との違い
大和川が特定都市河川に指定されると、法による規制が適応されるため、開発行為への流出抑止対策(防災調整池等の貯留施設の設置)に違いが生じる。条例による流出抑制対策は、0.1ha以上の特定開発行為である宅地の造成等が対象であったが、法では0.1ha以上の雨水浸透阻害行為が対象となり、宅地の造成行為等以外にも、駐車場の設置や資材置き場等の造成といった土地の締め固めにより雨水が地下に浸透しにくくなる行為全般に対して流出抑制対策が必要となる。さらに、開発に対する必要な対策量についても条例では、一律の対策量が求められたが、法が適応されると、雨水浸透阻害行為前後の土地の流出係数^(※3)による対策量が必要となる。

表-2 条例と法の対策量についての違い

	条例	法
対象行為	特定開発行為 (宅地への開発行為等)	雨水浸透阻害行為 (雨水が地下に浸透しにくくなる行為)
対象規模	0.1ha以上	0.1ha以上
必要な対策量	土地の状況によらず一律の対策量	行為前後の土地の流出係数に応じた対策量

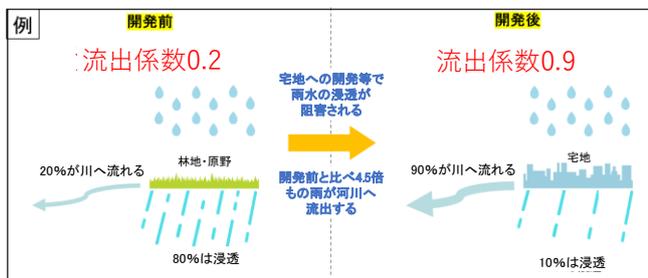


図-8 法により必要とされる対策量イメージ

(※3) 流出係数は雨水がどのくらい河川へ流出するかを表す数値。図-8の場合では開発前(林地・原野)の流出係数は0.2であり降雨の20%が河川へ流出し、開発後(宅地)は流出係数が0.9であり、降雨の90%が河川へ流出している。法では土地利用の変化により、河川への流出量の増加分を貯留し、開発前の流出量と同じにするための対策が求められる。

(3) 法と条例の運用について

これまで、総合治水条例の基準を用いて大和川流域では開発行為に対して対策を行ってきたが、特定都市河川の指定を受け、法の規制が適応されると、開発行為に対して類似した異なる規制が2重で存在することになる。その結果、条例の一部を廃止する必要が生じた。大和川特定都市河川流域における条例の取扱については課題が残る形となった。

(4) 雨水浸透阻害行為の許可申請体制

特定都市河川等の指定と同時に施行される法第30条に基づく雨水浸透阻害行為の許可に関する業務については、指定と同時に都道府県知事等が公表する基準降雨について整理しておく必要があるとともに、許可申請の受付や内容審査、その後の監督処分、立入検査、報告徴収など多岐にわたる業務が同時に発生するため相応の体制や基準等を整えておく必要がある。

奈良県の条例の許可申請の体制については、奈良市内の開発行為については奈良市長が許可申請を行い、それ以外の市町村での開発行為については奈良県知事により許可を行っており、特定都市河川指定後の法による基準の許可申請についても条例による許可申請の体制を引き継ぐものとし、奈良市と奈良県に申請窓口を設置した。

6. 住民等への周知

特定都市河川に指定された流域内では、雨水浸透阻害行為に対して法による規制が適応されるため、あらかじめ住民への周知が必要である。指定前の周知として、特定都市河川および流域内における雨水浸透阻害行為が法による規制を受けることを周知するためのリーフレット(図-9)を作成し、各流域市町村の窓口での設置やHPでの公表を行った。



図-9 流域住民への周知に用いたリーフレット

7. おわりに

2021年12月24日に官報第644号の告示を受け大和川をはじめ18河川ならびに大和川流域は、法改正の後、全国初の特定都市河川および特定河川流域の指定を受けた。

これにより、特定都市河川の整備や雨水貯留浸透施設等の整備について予算の重点化や補助率のかさ上げ等が適応されることになり、奈良県内における流域対策の促進が期待される。

また、指定に伴う流域治水対策を推進するため、大和川河川事務所王寺出張所に「大和川流域相談窓口」を設置した。この窓口では雨水貯留浸透施設の整備やため池治水利用、土地利用規制等といった関係市町村等による流域治水の取り組みに対して技術的支援を行う。

今後は、大和川流域水害対策計画に基づいて、あらゆる関係者が連携し、流域一体で総合的かつ多層的な浸水被害対策を進めていくことが求められる。特に、浸水リスクが高いところについては、まちづくり計画や「大和

川流域における総合治水の推進に関する条例」で定めている市街化編入抑制区域などの土地利用形態も踏まえながら、特定都市河川浸水被害対策法改正で新たに創設された浸水被害防止区域や貯留機能保全区域による土地利用規制を活用するなど、流域住民の安全確保に取り組んでいきたい。

謝辞： 大和川の特定都市河川指定に向けてご尽力，ご協力をいただきました流域自治体ならびに関係機関の皆様に深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 昭和44年，昭和56年は「大和川流域整備計画」より
平成3年，平成9年，平成18年，平成28年は国土数値情報「土地利用細部メッシュ」を用いて集計
- 2) 奈良県河川整備課 提供データ
- 3) 国土交通省HP：洪水予報河川・水位周知河川の指定状況
<https://www.mlit.go.jp/river/bousai/main/saigai/tisiki/syozaiti/pdf/01yohousyuutikasen1910.pdf>

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。

河川における防災関連の 情報収集と提供に関する検討

北村 崇¹

¹近畿地方整備局 近畿技術事務所 技術活用・人材育成課 (〒573-0166大阪府枚方市山田池北町11-1)

近畿技術事務所では、管内の主要な河川事務所に現場が直面する課題やニーズをヒアリングした。その結果、光ファイバ等が接続されていない小規模な樋門等のゲート開閉状況の把握のための電話連絡の効率化を求める声や国・自治体等の管理者を越えた開閉情報の一元化を望む声が最も大きかった。そこで「流域治水」の本格的な実践に向け特定都市河川に指定された大和川水系を対象に低コストでの運用が可能なLPWA通信機器を河川事務所や周辺自治体が管理する水門樋門で実証実験を行い、管理者を越えた情報を一元化できることを確認した。

キーワード 流域治水, LPWA, 情報一元化, 情報提供システム

1. はじめに

近畿地方整備局が管理する河川用設備のうち6割程度は樋門である。その中でも小規模な設備が数多く存在することに加え、近年の少子高齢社会を背景とする人手不足を鑑みると、河川管理レベルを維持するためには職員等の業務効率化が急務である。また、河川やその流域の治水対策を担う管理者は、国・地方自治体・民間等、複数に亘る場合が多く、流域として管理者を超えた情報把握や対策を講じる、いわゆる流域治水対策が重要である。

2. 河川事務所が抱える課題・ニーズについて

管内の主要な水系、かつ管理している設備数が多い川事務所に対して現場が抱える課題やニーズをヒアリング調査した。その結果、水位情報や浸水予測、浸水状況等の情報共有や樋門等の遠隔操作が挙げられた。その中でも開閉状況の情報を一元化するシステム構築の要望が最も大きかった。樋門等は小規模な設備が多く、光ファイバ等が繋がっていない設備も一定数存在しておりこれらの設備は災害時、職員等による電話連絡で開閉状況を把握しているのが現状である。そこで本報告では、管理者の異なる水門樋門の開閉情報を共有できるシステムを構築し、図-1に示すように状況を見える化することで逃げ遅れゼロを目指すものとした。

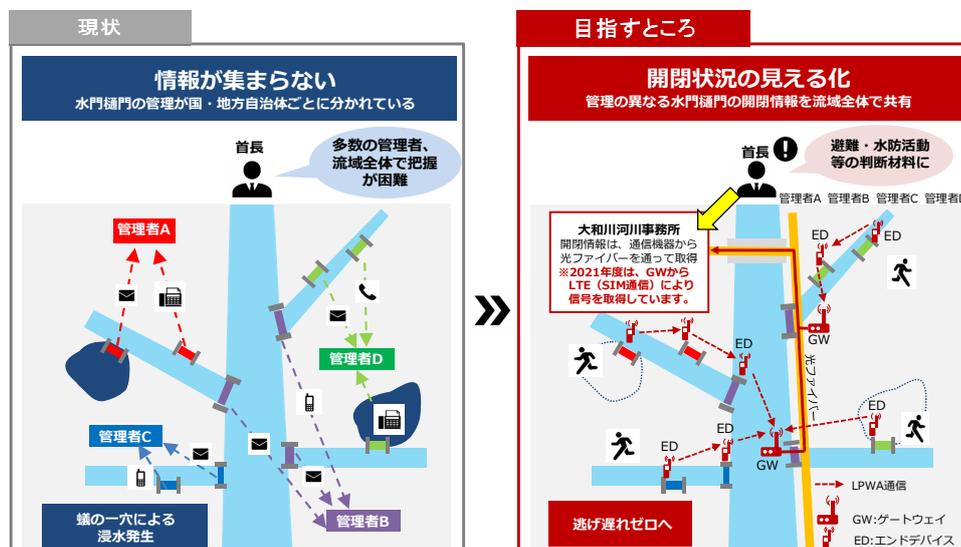


図-1 現状の課題と目指すところ

3. 樋門等開閉情報の一元化システムの構築

(1) 樋門等開閉情報の一元化イメージ

災害時の異常事態で水門等が閉鎖できない場合、周辺の浸水につながるため、その情報は避難指示等の発令に不可欠だが、流域治水内で管理者が異なる水門等が今のような状態になっているのか全容を把握することは困難である。よって開閉状況の把握について管理者の枠を横断した一元的に監視できる仕組みを構築することにより、広域的かつ迅速な避難活動や応急対応に資するものとした。

樋門等の開閉状況の一元化イメージを図-2に示す。管理者の異なる樋門等の開閉状況を無線通信や国土交通省の光ファイバー網により集約し、それらの情報をインターネットを介して閲覧できるようにし、流域全体の状況を把握することで、洪水等の迅速かつ確実な避難判断の情報として活用いただくことを想定した。

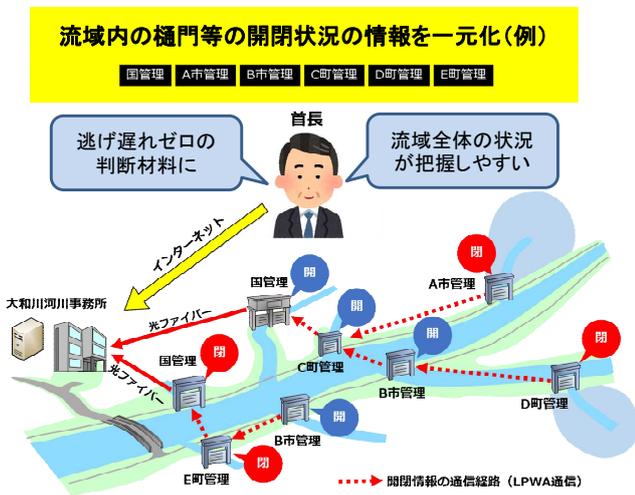
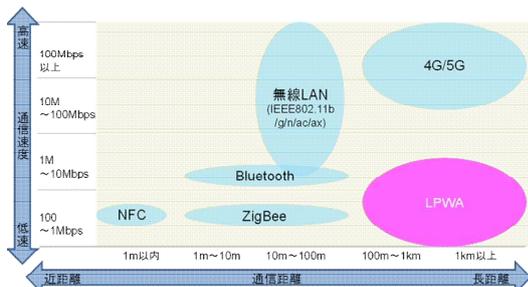


図-2 樋門等の開閉状況の一元化イメージ

(2) 長距離無線技術の適用

開閉状況の一元化を実現するために、有用な従来技術・最新技術等を調査した。その際、現場にて容易に運用が継続できる技術であること、通信機器の設置の簡便さ、初期・運用コスト、並びに汎用性の高さを調査条件とした。その結果、図-3に示すように通信速度は低いものの長距離通信が可能であり、自営通信網が確立可能な省電力広域無線通信（以下、LPWA）が適していることが分かった。



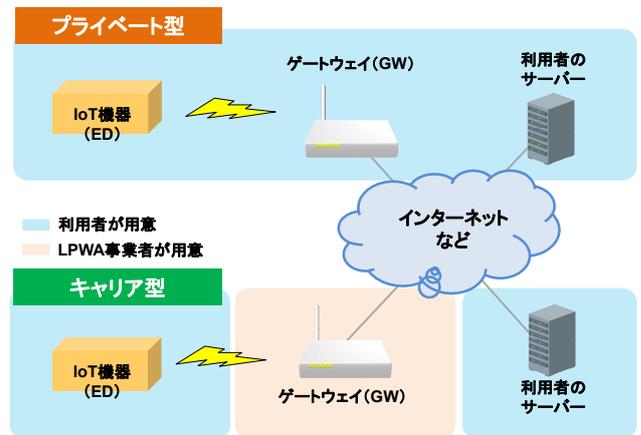
※ 出典：https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/01930/012600001/を参考に作成

図-3 LPWAの特徴（通信距離と通信速度の関係）

(3) LPWAの特徴

LPWAはLow Power Wide Area-networkの略で、身の周りにあるあらゆるものをインターネットに接続するIoTに使われる省電力かつ長距離での無線通信が可能となる通信技術の総称である。図-3に示したようにWi-fiやBluetoothは長距離伝送が不可であるが、LPWAは数百メートルから数キロメートルの長距離伝送や電池一つで数年単位の稼働が可能など低消費電力である一方、通信速度は4Gあるいは5Gといったコストのかかる携帯ネットワークなどと比較すると低速であるという特徴を有している。近年では高齢者宅にタイムカードを設置し、介護者が訪問した時間を記録するなど健康・医療の分野や食品工場、輸送トラック、レストラン等の各拠点において、食品の温度を計測し、データをクラウド上に集約する物流分野等、様々なシーンで活用されている。

また、図-4に示すように、LPWAのサービス形態はプライベート型とキャリア型に分類され、利用者にて通信機器を準備するプライベート型では、機器導入による初期コストはかかるが、通信事業者との契約が不要であり通信費用等の維持管理費を低減することが可能である。



※出典：https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/01930/012600002/を参考に作成

図-4 LPWAのサービス形態

(4) システム構成

本システムでは維持管理費の低減の観点からプライベート型のLPWAを採用した。システム構成は図-5に示すものとし、各水門樋門の開閉信号をLPWAを用いて送信する子局の役割をもつエンドデバイス（以下、ED）および複数のEDから送信された開閉信号を集約する親局の役割をもつゲートウェイ（以下、GW）を地理的な位置関係等を考慮し設置する。また、GWに集約されたデータはLTE回線を用いてクラウドサーバに情報を集約し、水門樋門の開閉状況をWebを介して異なる管理者に提供する。

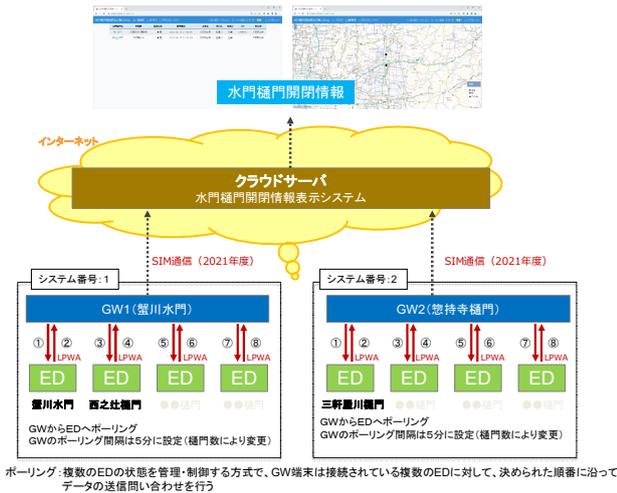


図-5 システム構成図

(5) 機器構成

ゲートの開閉信号を取得するために既設の機側操作盤へ配線を割り込ませ、作業や電動化されていない手動式樋門には新たに開閉センサーを取り付けた。取得した信号は図-6 に示す通信機器を経由して伝送される仕組みである。

通信機器はソーラーパネルとバッテリーを内蔵しており、電源がない箇所でも運用することが可能である。また、水門樋門の操作や保守・点検作業に影響がない箇所に設置するよう留意した。

今回設置した通信機器については、約30万円/台程度であるが、今後は実用化に向けて低価格化を目指すことや、乾電池タイプで小型かつ軽量のタイプの機器を導入する等、適した機器の選定や必要機能を検討していくことを考えている。

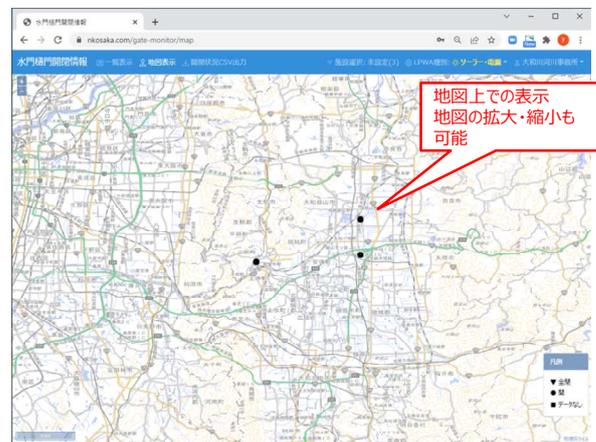


図-6 通信機器のイメージ

(6) 一元化システム表示画面

画面には開閉情報に加え、施設名称や施設管理者、位置情報を一覧にて表示するモードや開閉情報のシンボルを用いて地図上に表示するモードを備え、水門樋門の開閉状況が視覚的に把握できるものとした。また、パソコンのみならずスマートフォン等、インターネットに接続されている様々なデバイスから閲覧可能とし、河川事務所や協力いただいた自治体からも意見を伺いながら画面作成を行った。図-7 にシステム画面を示す。

■ PC表示



■ スマートフォン表示



地図表示や一覧表示で、樋門の開閉状況を見える化

● : 開 ▼ : 全閉

図-7 樋門等開閉情報の一元化システムの表示画面

6. おわりに

本報告では、樋門等開閉情報の一元化システムの構築を目指し、水門樋門の開閉情報の見える化の実現に向けて大和川流域で先駆的に実証実験を実施し、樋門の開閉情報の共有を確認することができた。

また、国直轄管理の水門樋門と設置許可を頂いた自治体管理の樋門にて複数の管理者で情報共有可能な仕組みを試行的に構築することができた。

今後は、出水期の運用により、天候による通信状況やシステム利用者（国・自治体職員）が利用しやすいシ

ステムへ改修すると共に流域の参加自治体を増やし、流域全体としてのシステムを構築していきたいと考えている。また、参加自治体を増やすためにも通信機器やセンサー価格の低廉化に係る検討も進めていく必要がある。

謝辞：本検討を行うに当たり、フィールド提供いただきました大和川河川事務所の皆様、三郷町役場、大和郡山市、機器の選定にあたり助言いただいた土木研究所のご担当者様に感謝いたします。

「史跡」・「名勝」嵐山における 全国初の可動式止水壁設置工事について

川口 智香¹ 文字 聖¹

¹近畿地方整備局 淀川河川事務所 工務第一課 (〒573-1191大阪府枚方市新町2-2-10)

世界的な観光地として知られる嵐山地区は、桂川を含む地区全体が文化財保護法上の「史跡」及び「名勝」に指定されており、年間を通じて多くの観光客で賑わっている。この嵐山特有の環境下で全国初となる「可動式止水壁」の設置は、2020年から2022年までの3ヶ年で工事を完了している。景観や周辺環境に配慮しつつ、工期を厳守するにあたっては、解決すべき様々な課題があった。本稿は、実動に至るまでの設計段階から工事実施にかけて工夫した内容について報告するものである。

キーワード 全国初、可動式止水壁、史跡及び名勝、左岸溢水対策

1. 桂川嵐山地区の工事概要

嵐山地区は、淀川支川の1つである桂川の直轄管理区間の最上流に位置しており、世界的な観光地として知られている。世界遺産である天龍寺と西芳寺に挟まれた地区であり、年間を通じて多くの観光客で賑わっている。また、四季折々の美しい景観や歴史的な経緯から、1927年(昭和2年)には川を含む地区全体が文化財保護法上の「史跡」及び「名勝」に指定されている。

なお、現在、直轄河川のうち「史跡」と「名勝」の両方に指定されているのは、全国で嵐山地区のみである。2012年に治水・景観・文化財の学識者及び地元代表委員で構成する「桂川嵐山地区河川整備検討委員会」を設立し、平成16年洪水対応を目指した河川整備の検討を実施している。さらに、地域住民を主体とした「桂川嵐山地区河川整備地元連絡検討会」を設立し、具体の河川整備について調整を行い、嵐山地区の当面の河川整備として、①可動式止水壁による左岸溢水対策、②堰改築を含む派川の改修、③一の井堰の改築を行う計画となった。



図-1 嵐山地区における整備メニュー

これらは嵐山特有の環境の下で整備を行うため、特殊

な施設構造及び施工条件のもと工事を実施することが要求される。このうち、先行して工事を実施した①可動式止水壁による左岸溢水対策は、全国初の特種な施設構造に加えて、困難な施工条件のもと、2020年から2022年までの3ヶ年で工事を完了し、実運用が始まっている。



図-2 可動式止水壁設置工事における3ヶ年の状況

2. 左岸溢水対策の概要と施工条件等

(1) 左岸溢水対策の概要

左岸溢水対策は、堤防高が不足している区間約260mに

において、全国初の施設となる可動式止水壁を設置する工事である。可動式止水壁は、HWL以上の余裕高の部分が洪水時に限って起立する構造となっており、景観に配慮して護岸は石積み構造、歩道側は石材パネルによる意匠を施した構造を採用している。

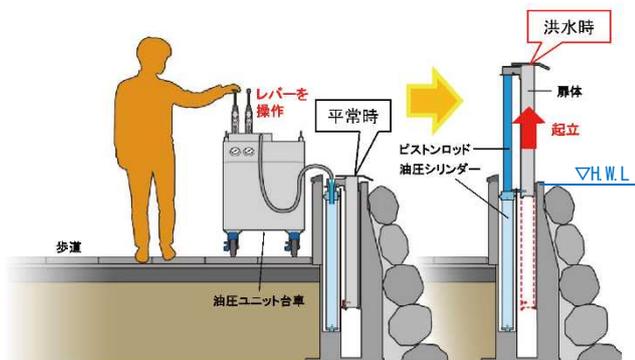


図3 可動式止水壁の構造概要図

(2) 施工条件および施工上の課題点

嵐山地区特有の施工条件および施工において留意しなければならない課題は、以下が挙げられる。

限定された工期：嵐山地区では、年間を通して多くのイベントが計画されており観光客の来訪も多い。そのため、地元協議により施工期間は12月～3月の4ヶ月間に限定されていた。

文化財保護の観点からの掘削範囲の限定：施設の設置箇所は文化財包蔵地であるため、施工時の掘削範囲に関する文化財部局（「京都府 文化財保護課」および「京都市 文化財保護課」）との事前協議により、掘削範囲を必要最小限とするよう制限されていた。

土木工事と機械工事の調整：可動式止水壁の施設構造は、土木工事となる基礎工と機械工事となる可動式止水壁とで構成されているが、土木工事と機械工事では出来高管理基準値が大きく異なることに加え、前例のない可動式止水壁構造であるため、どのように出来形管理を行うかが課題であった。

石積みにおける意匠の調整：嵐山地区では、現状の景観を変えないことが要求されており、景観面で重要な可動式止水壁前面（川側）に設置する石積みは、「桂川嵐山地区河川整備検討委員会」での助言や地元住民の意見を踏まえ、使用する石の色目（明度の低い灰色系）、形状（野面石）、積み方（乱積み）、天端の厚さ（薄く）の条件を規定されており、この条件に適合する石材の入手が課題であった。



図4 使用した石材

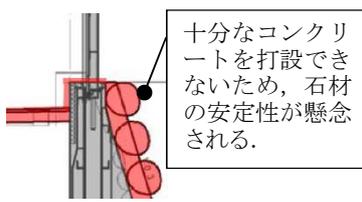


図5 懸念される石材の安定性

また、背面の機械設備と接する状態となるため、石材の安定性が懸念された。そのため、石材の構造安定性を確保しつつ、現場で効率の良い施工を行うことが課題であった。

3. 詳細設計時の工夫点

土木工事と機械工事を同時に行わなければならない環境において、施工条件を満足するとともに安全に施工することが求められていた。これらに対して詳細設計時点において工夫した点を以下に示す。

(1) 限定された工期に対する対応

左岸溢水対策の施設構造は、①基礎構造（土木）②可動式止水壁構造（機械）、③意匠の3つに区分することができる。

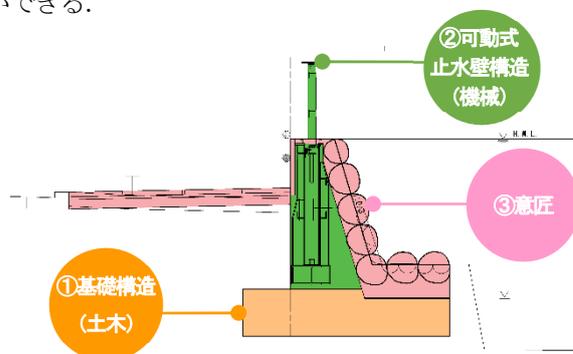


図6 可動式止水壁設置工事の構造区分

施工計画の検討において通常行う詳細設計レベルの検討に対して施工手順を現場作業レベルにまで分解し、事前に工事実施時の課題を抽出した。また、工程計画を立案するにあたっては、施工手順が多く過去の工事事例では工程の把握が困難であったため、可動式止水壁（機械）の設置工事、意匠の石積み工事について可動式止水壁の試作機を用いた実物モデルで試験施工を実施し、施工のサイクルタイムを確認した。その結果を工程計画に反映し、嵐山左岸溢水対策の工事を3ヶ年（1年目：基礎構造（土木）、2年目：可動式止水壁構造（機械）、3年目：（意匠）で工事可能であることを確認した。

項目	令和1年			令和2年				令和3年				令和4年		
	12月	1月	2月	3月	4~11月	12月	1月	2月	3月	4~11月	12月	1月	2月	3月
基礎構造（土木）														
可動式止水壁構造（機械）														
意匠														

表-1 可動式止水壁設置工事の施工工程

また、2年目の可動式止水壁構造の工事において、工期に余裕がない状況であり、仮締切の設置撤去の期間をいかに短縮するかが大きな課題であった。仮締切は、1年目に設置した鋼矢板一重締切構造の鋼矢板を河道内に

存置させることにより、2年目の仮締切設置期間を短縮する計画を採用した。

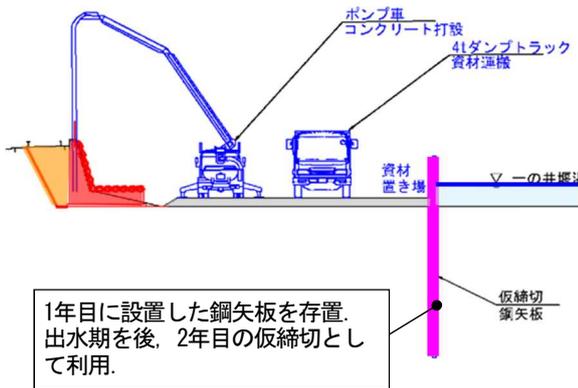


図-7 鋼矢板一重締切構造の採用による工期短縮の概要

(2) 文化財保護の観点からの掘削範囲の限定

構造物の設置範囲は町側も含めて埋蔵文化財包蔵地となっており、掘削などの現状変更を行うには、埋蔵文化財の有無の確認を行いながらの掘削となるため工程への影響が大きい。そのため、当初案であった大型ブロックによる基礎構造をL型擁壁に変更することで床付け面を浅くし、掘削範囲を約1/3に縮小する工夫を行った。

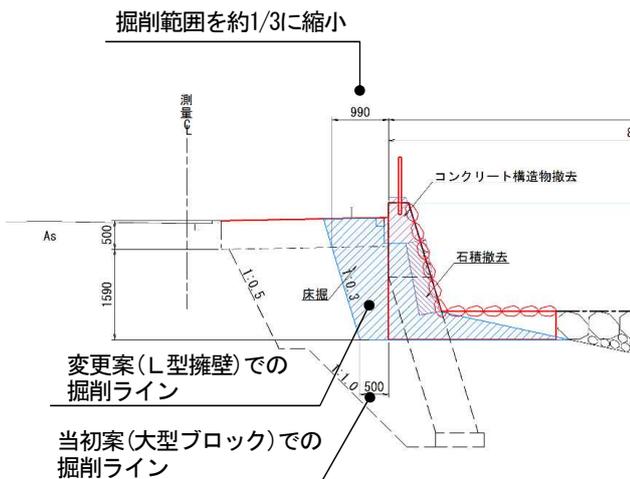


図-8 構造変更による掘削範囲の縮小

(3) 可動式止水壁への工事の際の影響軽減

可動式止水壁を設置した後、背面の埋戻し土投入時および締め固め時において、可動式止水壁に変位等の影響が発生することが懸念された。その対策として、締め固めを必要としない流動化処理土を採用した。流動化処理土は、工事完成後の維持管理等によって再掘削を行う可能性があるため、バックホウで掘削可能な強度に設定した。

また、流動化処理土を用いることにより締め固めの作業時間を削減することが可能となったため、通常の埋戻し土での施工と比較して工期短縮を図ることができた。

(4) 可動式止水壁構造と基礎構造との接合部の施工方法

可動式止水壁の工事は、基礎構造を施工後に実施する。精度を確保しつつ、効率的に可動式止水壁を設置するため、接合部はアンカーおよびアジャスター形式により高さ調整が可能な構造とした。また、接合部の空隙には、無収縮モルタルで間詰め処理を行う計画とした。

工事工程において、煩雑な施工手順であることから、試験施工時に施工手順に関する課題および工事工程の妥当性について確認を行った。

(5) 土木構造物の出来高管理基準値の設定

土木工事と機械工事で出来形管理基準値が大きく異なることに加えて、基礎構造と可動式止水壁構造との接合箇所の出来形を可動式止水壁の設置時に対応可能な許容値に変更した出来高管理基準値を作成した。

対象工程	基準値
基礎構造 (可動式止水壁設置面)	基準高:-30mm 幅:-30mm 厚さ:-30mm 延長:-200mm
意匠(石積護岸)	基準高:±50mm 延長:-200mm

表-2 出来高管理基準値

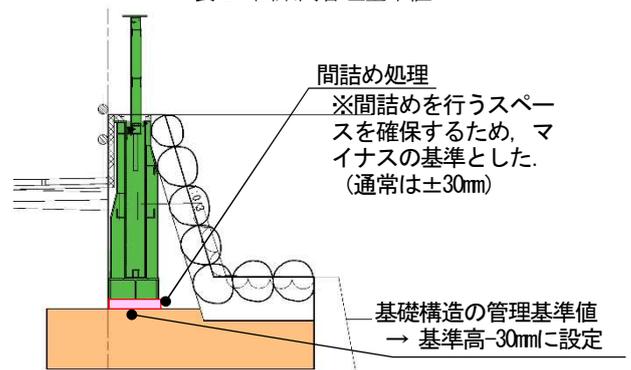


図-9 特に留意した出来高管理基準値

(6) 使用石材による景観と施工手間の確認

意匠に使用する石材の確認および石材の積み方の確認を行うために試験施工を実施した。この試験施工によって使用する石材を決定するとともに、石材の積み方(野面石積)について「桂川嵐山地区河川整備検討委員会」の委員に事前確認を行った。また、上部の石材が不安定になることが確認されたため、アンカーにより固定する方法を採用した。



図-10 石積試験施工における景観の確認状況

(7) 地元や観光客等への配慮

地元に対して工事实施前に説明会を開催し、意見交換を行った。旅館のチェックインやチェックアウト時には工事用車両の通行を控えることなどの要望があり、工事で配慮すべきことを引き継ぎ事項として整理した。

観光客に対しては、CIMを活用した施工中の状況が分かるように工夫するとともに、外国人観光客も視野に入れた5か国語のビラを作成した。



図-11 観光客向けに作成したパンフレット

4. 施工時の工夫

施工時の進捗状況について、毎月淀川河川事務所HPにて公開した。また、工事实施前の工事調整会議、工事实施中において設計業者と施工業者が即座に調整可能な体制を構築し対応した。地元に対しては、事前説明会の開催、個別説明を行い、工事に対する理解を深めていただいた。

3ヶ年にわたった各工事での工夫した点を以下に示す。

(1) 1年目工事（基礎構造：土木）

a) 仮締切構造の変更

鋼矢板一重締切構造においては、締切内の工事用道路が一の井堰の湛水位以下であった。万が一、基礎地盤が不均一であった場合には想定外の湧水による工事進捗への影響が懸念された。

そのため、大型土のうを用いた土堤による仮締切に変更し、土堤天端に資材置場兼用の工事用道路を構築する方針に変更した。



図-12 大型土のうによる土堤締切

b) 工程優先の施工方法への変更

延長約260mの基礎構造を施工するにあたり、本来は鉄筋工、型枠設置、コンクリート打設となる一連の手順において、経済性を考慮してブロック設定を行い施工を実施する。しかし、基礎工は工事工程に対して占める割合が大きいことから、工事实施時の遅延リスクを解消するため施工時には、土工、鉄筋工、コンクリート工が常に繰り返し施工できるように工程を考慮し、アジテータがヤード内に常駐することにより少量であっても連日コンクリート打設できる計画とした。



図-13 基礎構造の施工状況

c) ICT施工の活用

文化財保護の観点から、掘削範囲が限定されている状況での施工となるため、確実な設定範囲内での施工および事前測量や丁張設置などの施工手間の削減を目的としてICT建設機械を導入し施工管理を行った。



図-14 ICT建設機械による掘削状況

(2) 2年目工事（可動式止水壁構造：機械）

a) 可動式止水壁の構造変更による施工時の地元配慮

設計時点の可動式止水壁は、現場での運搬および据え付けに関わる施工性への配慮から4m/1スパンの構造としていた。施工時の吊り込みに25tラフターを想定し、可動式止水壁設置時には一時通行止めを行う計画としていた。地域社会への影響を考慮して通行止めを避けるため、可動式止水壁のスパンを2m/1スパンとして再計画し、事前の工程調整において据え付け計画を行った。その結果、工期内で可動式止水壁の設置が可能と判断し、締切天端からの可動式止水壁の施工に変更を行った。



図-15 可動式止水壁の吊り込み状況

b) 試作機製作による構造および施工性の事前確認

可動式止水壁は、構造の妥当性、施工時の手順および施工時間の検証を行う目的で、可動式止水壁の試作機を製作し、試験施工を行った。



図-16 試作機の確認状況

c) 複数施工業者が交錯する工事における事前工程調整

工事は、土木業者及び可動式止水壁（機械工事）の複数社が、4ヶ月間の短い期間で狭いヤード内での工事を調整して行う必要があった。可動式止水壁は、約125ユニットを搬入して設置する必要があることから、機械設置を3班体制で行った。土木工事との調整に際しては、工事実施前の工事連絡会において施工手順および工程計画を作成し、工事の遅延がないように配慮した。

d) ベッセルダンプの使用による濁水流出防止対策

2年目の施工は、工事工程が非常に厳しいことから、仮締切りの土砂の搬出時において、仮置きを行い曝気する手順を簡略化するため、水を含んだ土砂を直接積み込みして運搬しても濁水が漏れないベッセルダンプを使用した。

(3) 3年目工事（意匠）

a) 意匠施工時の精度管理の工夫

意匠の設計では、止水壁、天端石、立面パネル、石畳端部、石畳舗装の目地が一連で通る設計となっており、図面上で6.7mmの精度で設置を行う計画となっていた。

設置時の手戻りを防止するため、工事受注後に現場計測を再度実施し、現場に合わせたパネルの割り付けをCADを用いて再計画した。その図面を用いて現場で位置出しを行うことで、想定通りの意匠となり工期内で手戻りなく施工を行うことができた。



図-17 意匠における目地の通り

b) 施工時の意匠の有識者への事前確認

意匠の施工においては、現場で設計時の意図を反映するために計3回におよぶ現場での連絡会議を実施し、有識者による施工指導を行い、見栄えに十分に配慮した施工を行った。

(4) 地域貢献

a) バリケードや夜間照明への配慮

バリケードには、着物を羽織った人形の単管バリケードを使用するとともに、夜間の照明には景観が損なわれないようにソフトに点滅する暖色系のソーラーLED灯を設置した。

b) 観光資源に配慮したフェンスシートの設置

嵐山地区の歴史や周辺観光の情報、外国語やQRコードを記載した京都案内などの世界的な観光地である嵐山の周辺環境に配慮した専用のフェンスシートを製作して観光資源に配慮した。



図-18 フェンスシートの設置状況

c) 地元への丁寧な説明

嵐山地域の代表的な会合である嵐山保勝会や十軒会には、週1回のペースで工程および工事進捗の説明を行い、直接意見を伺ったことを工事に反映することで工事の理解を頂き円滑に施工を完了した。

5. 可動式止水壁の実可動

(1) 操作体制及び手順

可動式止水壁の操作体制および手順は、タイムラインを作成するとともに、操作方法や不具合発生時の対応等を記載した操作説明書（マニュアル）および実作業をビデオ撮影しナレーションとともに整理した動画による作業マニュアルを作成し、担当者間で共有している。



図-19 操作説明書の概要

(2) 操作訓練の概要

淀川河川事務所と京都市で可動式止水壁の起立訓練を実施している。今後も定期的な点検や訓練を実施する予定である。



図-20 操作訓練の状況

(3) 実操作

2021年7月7日、前線による降雨の影響で桂川の水位上昇が予測されたことから初めて可動止水壁を実動した。その後8月12日、9月16日の計3回の操作を行った。いずれにおいても可動式止水壁として機能し、現時点では大きな不具合はない状況である。



図-21 実操作の状況

6. まとめ

可動式止水壁設置工事は、観光客が多く施工可能期間が4ヶ月と限られた期間で前例のない構造物を施工するという特殊環境下での難易度の高い工事であった。本工事で得られた知見を踏まえて、同様の特殊環境下での工事を行うに際して参考となる留意事項を以下に整理する。

(1) 準備の徹底

事前に工程を意識した現場作業レベルの施工計画を立案することで工事实施の課題を明らかにし、施工に反映することが有効であると考えます。

(2) 試験施工の実施

本工事では実物大模型を製作し試験施工を行った。試験施工を行うことにより、施工手順の妥当性と工事实施時の課題の抽出、工程計画の妥当性の確認、意匠施工における見栄えの確認を行ったことが、計画通りに施工が完了したものと考えます。

7. 終わりに

(1) 歴史風土を生きつつ変化を遂げる河川行政の在り方

桂川嵐山地区は、歴史や風土による変化を受け入れることが難しい保守的な部分がある反面、嵐山左岸治水対策では、近年の出水における対応として治水を行わざるを得ない変化に対して対応を行うという、両面の異なる対応を行った事例として評価を行うことができる。

(2) 嵐山地区の当面の治水対策の今後について

嵐山地区における当面の治水対策は、嵐山左岸治水対策工事实施後に、堰改築を伴う派川改修、一の井堰の改築、河床掘削を行う予定である。

今後も行政三者と連携し、「桂川嵐山地区河川整備検討委員会」や「桂川嵐山地区河川整備地元連絡会」の意見を聞きながら、事業実施に向けた歩みを進めていく所存である。

謝辞：本稿作成にあたり御教授いただいたすべての方々、本業務に関わった方々に心から感謝いたします。

淀川管内河川レンジャーにおける マイタイムライン普及の取組について

山村 元秀

淀川管内河川レンジャー (〒573-0056大阪府枚方市桜町3-32 中央流域センター)

平成29年3月に公示された新学習指導要領では、その他の重要事項として、防災・安全教育の充実を目指すことが記されている。この新指導要領をふまえた「マイ・タイムライン防災授業」を作成し、京都府城陽市の浸水想定状況をふまえ、学校ごとに授業内容のカスタマイズを行った。学校との事前調整の詳細や、実施した授業の進行のポイント等や、今後の展開に向けた課題についてとりまとめ、報告する。

キーワード 河川教育 防災 流域治水プロジェクト マイ・タイムライン

1. はじめに

住民と行政が一緒になって、川を守り育てていくために誕生した淀川管内河川レンジャー（以下、河川レンジャー）は、年間活動回数200回、参加者数2万人といった活動を継続して行っている。

河川レンジャーでは、気候変動の影響等を踏まえた「流域治水」への転換や、環境保全等を踏まえた「グリーンインフラ」の推進など、社会情勢の変化に応じた新たな河川事業・施策をふまえた展開を進めており、特に近年課題となっている防災に関する活動として「マイ・タイムライン」を地域に普及させる活動に取り組んでいる。

本稿は、河川レンジャーとして京都府城陽市において実施した小学校出前講座（計5回、4校）について報告するものである。



図-1 淀川水系流域治水プロジェクト

表-1 出前講座実施校一覧

実施日	学校名
令和2年11月26日	城陽市立寺田西小学校
令和2年12月3日	城陽市立寺田西小学校
令和3年10月29日	城陽市立青谷小学校
令和3年11月16日	城陽市立古川小学校
令和3年12月7日	城陽市立今池小学校

2. マイ・タイムライン活動の目的

(1) マイ・タイムラインに取り組む目的

「マイ・タイムライン」とは、台風などの進行型の災害に対し河川の水位が上昇する時に、自分自身や家族がとる防災行動を時系列にまとめるものである。

河川レンジャーがマイ・タイムラインを進める事で、行政と住民をつなぐインタープリターとなって、専門的な用語を平易な言葉などへ置き換えたり、写真やイラスト等で見てわかる工夫をすることができる。また、様々な活動経験から培ったスキルを活用し、ワークショップ形式などでの情報共有、対象地域に合わせた資料を作成することができる等のメリットがあると考えられる。

今回実施した出前授業では、小学校教員として勤務し、現在も支援員をしながら、地域の様々な団体や組織と関わり、ボランティアや出前授業もしている自分の経験を最大限に活かすことができることから、マイ・タイムラインを学ぶ防災授業に取り組むこととした。

(2) 学校教育におけるマイ・タイムライン

「河川教育及び防災教育」を学校教育に導入し、より多くの子どもたちが学習する機会をつくるためには、

「社会」や「理科」などの各教科等の学習の中に導入することが効果的である¹⁾。平成29年3月に公示された新学習指導要領では、その他の重要事項として、防災・安全教育の充実を目指すことが記され、「自然災害から人々を守る活動」を小学校4年社会の内容としている。これと関連付けて学習することで高い効果が期待できると考え、4年生を対象とした防災授業を行うこととした。

また、各自治体には社会科の副読本があり、教科書の内容に沿った地域教材を通して学年ごとに地域の自然や環境、歴史等を学んでいる。今回実施した城陽市では、防災マップも教材として取り上げられている。

3. マイ・タイムライン活動の進め方

(1) 学校との調整、事前活動

城陽市が作成するハザードマップをもとに、校区が浸水する学校を調査し、該当する学校長とのアポイントを取った。まず、学校長との打ち合わせでは、授業の目的、内容等を説明することから始めた。賛同を得た上で、当該校では班活動をどのように実施されているのか等の情報を入手した。その他、学年、人数、時間、学習のねらい等をうかがい、要望や進め方について十分な打ち合わせを行った。

また、自治体が作成したハザードマップをもとに、実施校の校区のハザードマップを作成するため、学区の詳細図、通学路安全マップ、学年ごとの地域別児童数が記載されている学校要覧、通学班名の記載されているプリント等を入手した。

担任の先生とは、授業の進め方について詳細な打ち合わせを行った。教室を下見させてもらい、授業のどの場面での資料を配付して、子どもたちにどのような話し合いをさせるのか、設置したテレビに校区のハザードマップを掲示してもらってタイミングや班活動のさせ方、配慮の必要な児童がどこに座っているのかどのような配慮が必要か等についても詳しく確認した。

(2) 学習指導案、教材の作成

学校との打ち合わせで得られた情報をもとに、社会科学学習指導案をまとめた。

学習指導案では、主体的・対話的で深い学びを得られるよう工夫し、水防災に関する基礎知識と避難意識を育むという視点を持ち、授業の目標として、水防災に関する基礎知識を学び、洪水時に自分や家族の身を守る方法を習得し、水防災の意識向上を図るものとして、45分間の授業展開を検討した。

また、理解を助けるため、「マイ・タイムラインシート」「避難行動シール」「チェックシート」等の配付物や「掲示用ラミネート」を作成した。

特に小学4年生では、まだ地図の読み方を学習しておらず、ハザードマップで「自宅付近のハザード」を調べ

ることが難しいため、マップに通学路を書き込み、自宅付近がわかるようにするなどの補助教材を作成した。

いずれも授業実施までに学校側の了解を得た。

(3) 「新しい生活様式」への対応

令和2年の2月に文部科学省から新型コロナウイルス感染症に対応した臨時休業の通達があり、同年5月に学校における新型コロナウイルス感染症に対する衛生管理マニュアル「学校の新しい生活様式」が通達され、同年6月に学校が再開された。

河川レンジャーが出前授業を行う場合は、学校における「新しい生活様式」に即した感染症対策を実施した。



図-2 作成した教材例 (左上：城陽市防災マップ(洪水・土砂災害)をもとに作成 右下：避難行動シール)

社会科学学習指導案					
過程	指導内容	主な学習活動	指導形態	指導上の留意点	教材・教具等
1	対象	4年組 男子 名 女子 名 計 名	指導者		
2	日時	令和 年 月 日 (曜日) 第2校時 9:35~10:20			
3	場所	4年組 教室			
4	単元	自然災害から身を守る活動			
5	本時の目標	水防災に関する基礎知識を学び、洪水時に自分や家族の身を守る方法を習得し、水防災の意識向上を図る。			
6	授業改善の視点	主体的・対話的で深い学びを得られるよう工夫し、水防災に関する基礎知識と避難意識を育む。			
7	本時の展開				
導入	・本児のねらいを知る	多発する洪水被害から身を守る方法を考えよう	一斉	「自然災害から人々を守る活動」の学習内容を振り返る。	掲示用ラミネート
展開	・水害の種類と被害を理解する。 ・自分が住む地域の被害リスクを理解する。	水害が起こるとどうなるのかを知ろう。 防災マップ(洪水・土砂災害)で家や学校のまわりの水害の危険について理解する。	個別	外水氾濫 内水氾濫 土砂災害 高潮など水害の種類と被害を知る。 城陽市(西部)の防災マップをもとに、氾濫した時の水位を知り、避難所の場所や避難経路について考える。	内水・外水・土砂災害・高潮等の写真 城陽市(西部)防災マップ 防災マップで調べてみよう(プリント) 防災マップPP
閉	・マイ・タイムラインを作ってみよう	台風が襲っていつ・どんな行動をとればよいのか考えてみよう。	グループ	いつ・どんなことをするのかをまとめたマイ・タイムラインを作る活動に取り組む。	マイ・タイムラインの表シール
まとめ	・ふりかえり	掲示した写真やキーワードで学習内容を振り返る。おが家のマイ・タイムラインをつくろう。	一斉	自分が水害に備えてできる事、家族と一緒に取り組めることを考える。	

図-3 社会科学学習指導案

4. 授業の進行について

導入部では、「自然災害から身を守る活動」で学習したことを想起させ、自分たちの生活にも関わりがあることを理解できるよう、実際に起きた災害をもとに解説を行った。

展開1ではハザードマップを使って、身近に起きうる水災害を自分で調べるよう指導した。

展開2では、グループワークを行い、児童間での意見交換を通じてマイ・タイムラインを作成するものとした。主な避難行動をイラストで表現したシールをシートに貼ってタイムラインを作成するようにしたことで、わかりやすく楽しみながら取り組ませることができた。

最後に、結果を全体で発表し、まとめを行った。また、学習内容が定着するよう、全体の振り返りを行った。

表-2 授業進行表(1)

項目	時間	説明内容
<p>自己紹介</p> 	1分	<p>河川レンジャーの説明と授業のめあてと自己紹介</p> <ul style="list-style-type: none"> ・住民と行政が一緒になって川づくりを進めるために活動しているコーディネーターが河川レンジャーです。 ・川で魚とりや生き物探し等、楽しんでもらう活動をしています。今日はみんなと一緒に水害から身を守るために何をしたらよいかということを考えていきたいと思います
<p>【導入部】</p> <p>水害の話 外水氾濫／内水氾濫 土砂災害／高潮・高波</p> 	8分	<p>・「自然災害から身を守る活動」で学習したことをもとに「国土交通省近畿整備局淀川河川事務所」でつくった資料を使って城陽市内の水防災について学習します。</p> <p>・「水害」とは何でしたか？台風や大雨など、水が原因となって起こる災害の事ですね。はじめに、水の災害には、どんなものがあるのか学習してみましょう。</p> <p>(写真パネルを見せて、実際に起きた災害を解説してから掲示) まずこのような水害があるということを知っておいてください。</p>
<p>展開1</p> <p>近くで水害は起きるか</p>  <p>ハザードマップの見方 浸水深／土砂災害区域の説明 避難所の確認</p> 	12分	<p>いろいろな水害があることがわかりましたね。どこでどんな水害がおこるのかを予想した地図「城陽市ハザードマップ」でみんなが住んでいる家や、学校のまわりでもこのような水害がおこるのかを調べてみましょう。</p> <p>(チェックシートを配布。①自宅さがし②浸水の深さ③赤線はどなどころ④避難場所を書き込む時間をとる)</p> <p>※地図の見方に関して、学習前なので、マップに通学班の名称で自宅付近のエリアを指し示し、自宅さがしを補助する。</p> <p>自分の家はどこのあるのか分かりましたか？簡単に答え合わせをしてみましょう。</p> <p>あなたの家は河川が氾濫した時の深さは何mになっていましたか？</p> <p>これは、浸水したときの水の高さを表しています。</p> <p>50cmの浸水で、大人でもドアが開けなくなってしまいます。浸水が始まってからの避難では遅く、浸水前に避難することが大切です。</p> <p>赤い線で囲まれている場所はどなどところでしたか？</p> <p>城陽市内の住宅地は半分以上が3m以上浸水する早期の避難区域になっています。</p> <p>避難場所はどこでしたか？〇〇小学校付近には避難場所はありませんね。水に浸かってしまう場所は避難場所には使えません。少し分かりにくいですが市役所の東側にある〇〇会館が一番近くなります。</p> <p>大雨や台風が来ると自分たちが住んでいる場所で水害がおこり、危険な状態になることが分かりましたね。</p>

表3 授業進行表(2)

項目	時間	説明内容
展開2 マイ・タイムラインの 作成 	12分	<p>では、自分たちにできる事はなんでしょう。台風が迫ってくるとしたら、自分や家族はどんな事をしなければならないのか考えてみましょう。</p> <p>(班ごとにワークシートと避難行動シールを配布。シート設定の情報(時間経過・外の状況・警戒レベル)を読みながら、黒板に掲示する)</p> <p>今から、台風が来るまでにしなければならない事を班で相談しながら「行動シール」をおいていき、順番が決まったら、シールをめくって貼ります。貼り直しができるのであとで順番を見直すこともできます。わからないことや、質問はないですか。では、何分まで(時間を区切ってスタートする。児童の状態を観察し、適宜声掛けをする)</p> <p>シールを貼れた班は、それ以外にできる事ややっておいた方がいいことを書いておきましょう。</p>
まとめ 	10分	<p>班で相談しながら完成させた「マイ・タイムライン」を今からチェックしてみましょう。</p> <p>(シールを紹介しつつ警戒レベル1, 2, 3, 4と順番に並べる。避難レベル5にはシールが張れない事や, 3は高齢者避難4で避難を終えておく等を繰り返しおさえる)</p>
学習の振り返り 	2分	<p>こうやって水害に対してどんな準備をしたらいいのか、いつ避難したらいいのかを考えて表にまとめておくとわかりやすいですね。この表の事を「マイ・タイムライン」といいます。</p> <p>台風が迫ってくると慌ててしまうけれど、こうして書いておくといつ、どんなことをしなければならないのか分かりますね。</p> <p>最後に今日の学習のまとめをします。(黒板上の掲示物を順に指さしながら)このように「どんな水害があるか、地域で起こる水害の危険性を知る それに対していつ何をするのかを 家族みんなで考える」これが水害から身を守るためにできる事です。</p> <p>毎年大雨が降って水害が起きたというニュースが流れています。みんなのお家でもしっかりと考えておいてください。</p>



図4 掲示用ラミネートを貼りだした黒板

5. 学習効果について

学習後、アンケートを実施した結果は、図-5の通りである。川の氾濫が起きたら危険と理解したのが97%、避難行動を起こす警戒レベルは3もしくは4と答えた児童が100%となっており、水害・避難行動についての理解が得られたと考えられる。

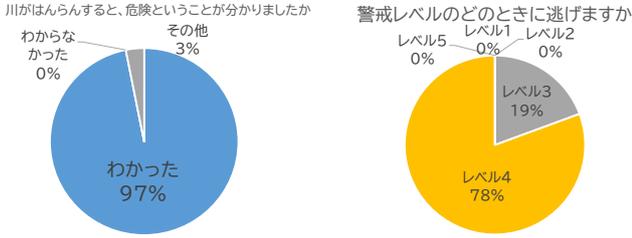


図-5 青谷小学校出前授業アンケート(令和3年10月29日)児童数32名

6. まとめと今後の課題

(1)地域ごとにマイ・タイムライン防災授業をカスタマイズする

4年生の児童を対象にした防災授業の進め方や教材について改善すべき内容は以下の通りである。

- ・地図上で自宅を見つけることが難しいため、通学班の地域名をわかりやすく示すなどの手立てをとっておく。
- ・導入の部分の水災害は、土砂災害と木津川の氾濫、古川や長谷川等市内の河川の内水氾濫など、身近な河川の氾濫を伝えることが理解しやすい。
- ・グループで話し合いながらマイ・タイムラインを作る活動に十分な時間がとれるよう、チェックシートで自宅や避難場所を探す時間を短くできる工夫をする。
- ・担任が使っている振り返りシートに感想を書いてもらうようにすると、児童の理解や感想がよくわかり、次の防災授業の進め方の参考にする事ができる。

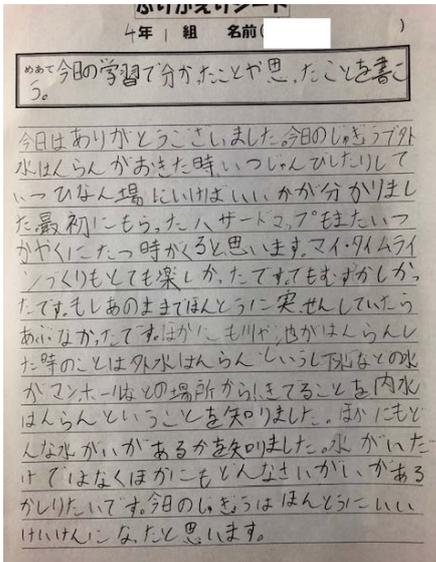


図-6 児童が作成した振り返りシート

(2)より多くの学校で取り組んでいくために

より多くの学校で授業を行うために、考えられる取り組みは以下の通りである。

- ・「防災教育ポータル」は、学校で授業を行う先生方が取り組んでいただく際に役立つ情報・コンテンツとして、国土交通省の最新の取組内容や授業で使用できる教材例・防災教育の事例などを紹介している。しかし、多忙化が改善されない教育現場で取り組んでもらえるようになるには、自治体ごとに作成されている社会科の副読本にマイ・タイムライン防災授業の内容を取り入れてもらうなどの工夫が求められる。
- ・地元メディアなどに取材を呼びかけ、取り組みを広く知らせていただくことも、児童、保護者や、他の学校の関心やモチベーションを高め、効果的である。



図-7 防災教育ポータル(国土交通省HP)



図-8 令和2年12月4日付洛タイ新報紙面より

7. おわりに

これからも、より多くの学校でマイ・タイムライン防災授業に取り組み、すべての児童がその地域に応じた防災授業を学ぶことができるようにしたい。このために河川レンジャーだけでなく、現場の教員が取り組める防災授業を作っていきたいと考えている。

また、そのような防災授業の対象を高齢者にも広め、子どもや高齢者が安全に暮らせる地域を作っていきたい。

参考文献

- 1) 国土交通省：学校教育を理解するためのスタートブック

多機能インフラが連携した大和川高規格堤防整備における先行整備街区の整備について

前中 遼¹

¹近畿地方整備局 大和川河川事務所 工務課 (〒582-0009大阪府柏原市大正2丁目10番8号) .

大和川高規格堤防整備事業では、下流の左岸側（堺市）において、治水事業・道路事業・まちづくり基盤整備事業の多機能インフラが連携して整備を実施している。多機能インフラを一体的に整備することで、高規格堤防整備事業でのこれまでの課題を解決し、事業に伴う地権者の生活再建の負担軽減を図り、かわとまちが一体となった安全で快適な住環境を実現する。

本稿は2021年6月に整備が完了した先行整備街区等の概要について、本事業の中間報告として報告するものである。

キーワード 防災、減災、高規格堤防整備事業、道路事業及びまちづくりとの一体整備

1. はじめに

高規格堤防とは、堤防の高さの30倍の幅を持った堤防であり、堤防破堤を引き起こす代表的なメカニズムである越水、浸透、浸食による被害を回避し、計画規模を超えた洪水にも対応する超過洪水対策として整備される河川堤防である。

害が生じることから、高規格堤防整備事業を実施している。整備延長については、整備区間の見直しにより43.6kmから6.9km（左岸3.1km、右岸3.8km）であり、整備区間は、人口が集中した区域で堤防が決壊すると人的被害が発生する可能性が高い区間として、海拔ゼロメートル地帯を整備区間として設定した（図-2）。

2. 高規格堤防整備事業概要

(1) 高規格堤防整備事業について

高規格堤防整備事業は、1988年3月に、利根川、荒川、多摩川、淀川及び大和川水系において、高規格堤防設置区間が決定され、事業が開始となった。しかし、2010年10月の行政刷新会議において、高規格堤防整備事業は一旦廃止となり、2011年12月に整備区間を見直し、新たな整備区間を決定した。

(2) 大和川高規格堤防整備事業の概要

大和川は、水源を笠置山地に発して佐保川、秋篠川、富雄川、竜田川、寺川、飛鳥川、曾我川、葛下川等の大小の支川を合わせながら西流する。その後、大阪府と奈良県の府県境にある亀の瀬狭窄部を経て、支川石川、東除川、西除川を合わせ、浅香山の狭窄部を通過し、大阪湾に注ぐ幹川流路延長 68km、流域面積 1,070km² の一級河川である¹⁾（図-1）。

下流部においては、人口・資産が集積している大阪平野より高い位置を流下し、堤防が決壊すると壊滅的な被害

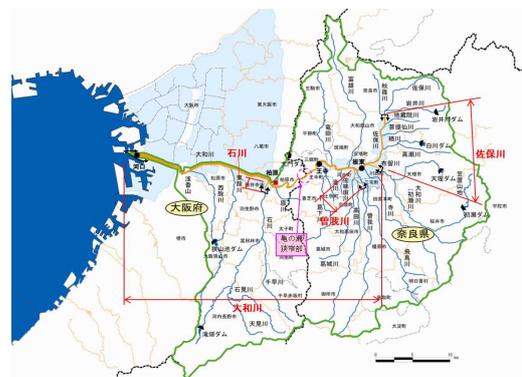


図-1 大和川流域図

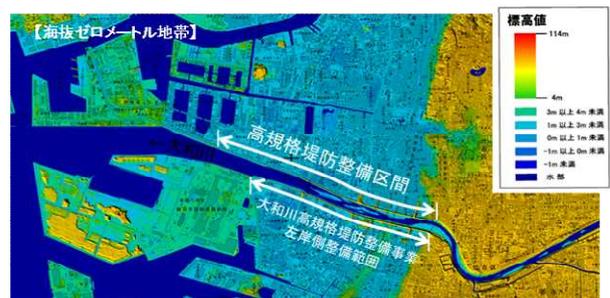


図-2 大和川高規格堤防整備区間(地理院地図に加筆)

左岸側(堺市)において、高規格堤防整備事業による治水事業と阪神高速大和川線事業による道路事業、大和川左岸(三宝)土地区画整理事業(施行者:UR都市機構)によるまちづくり基盤整備事業の多機能インフラが連携して、一体的に整備を進めている。整備としては、地下をシールドトンネル等で阪神高速大和川線が整備され、その上部に高規格堤防盛土を実施し、土地区画整理事業において、高規格堤防の上面に住宅等再建のためのまちづくり基盤整備(公共施設及び宅地整備)を実施する(図-3)。

ただし、整備前に住宅等であったところについては、土地区画整理事業等により建物等の移転に係る補償を行い、地権者自らが移転し、住宅等の撤去後に、高規格堤防盛土を実施し、宅地整備を行うこととなる。

2002年2月に阪神高速・大阪府・堺市・国で各事業の推進、相互の協力を目的とする基本協定を締結し、共同事業として事業を開始した。現行の協定は堺市が政令市になったことをうけ、3者での基本協定となっている。

3. 阪神高速大和川線事業の概要・一体整備

阪神高速大和川線は、左岸側において整備される高規格堤防整備区間の3.1kmを含め、堺市から松原市までを東西に結ぶ9.7kmの高速道路である(図-4)。また、関西交通網のミッシングリンク解消などを目的とした都市再生プロジェクトに位置付けられている大阪都心部における新たな環状道路「大阪都市再生環状道路」の一部を形成している。

大和川線が整備されることで、大阪南部地域における

高速道路の利便性の向上や都心部及び一般道の交通混雑が緩和されるなど、関西都市圏の社会経済活動の活性化に大きく寄与することが期待されている。実際に、高規格堤防との一体整備区間においても大規模商業施設が進出し、マンションが建設された。

高規格堤防との一体整備区間のうち、三宝ジャンクションから鉄砲出入口までの1.4kmが2017年1月28日に供用され、残る区間を含め、2020年3月29日に全線が供用した。阪神高速大和川線の整備と合わせ、高規格堤防盛土を実施し、2021年3月に整備が完了した。

4. 土地区画整理事業等の概要・一体整備

堺市では、都市・居住環境整備重点地域基本計画及び堺市都市計画マスタープランにおいて、阪神高速道路大和川線並びに高規格堤防整備に合わせて、市街地の再整備を積極的に進め、居住環境の改善や産業機能の再編を進める地区を位置付け、まちづくり基盤整備事業を実施している。²⁾

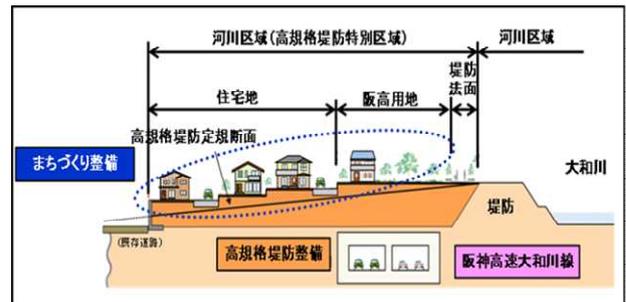


図-3 標準断面図



図-4 阪神高速大和川線平面図及び断面図(阪神高速大和川線事業のパンフレットに加筆)

事業手法を土地区画整理事業として、施行を大阪府・堺市よりUR都市機構に要請し、2017年6月に「南部大阪都市計画事業大和川左岸（三宝）土地区画整理事業」として認可を受け、事業に着手している。施行地区は、高規格堤防整備範囲の左岸側下流、三宝地区で、阪神高速大和川線の上部も含めたものである（図-5）。

三宝地区の土地区画整理事業は、高規格堤防整備事業と一体的に実施することで、早期に防災性の向上を図り、阪神高速大和川線上部や河川用地を有効活用することで、合理的な土地利用を促進し、水と緑に親しむ良好な市街地形成を図ることを目的としている。

高規格堤防整備と一体的に整備することから、整備の手順としては、まず、土地区画整理事業による建物等移転補償を行い、住民が移転し、家屋が撤去される。次に、高規格堤防盛土を実施・完了させる。最後に、住宅を再建するため、土地区画整理事業によるライフライン等を含む区画道路や宅地の整備を実施する（図-6）。

三宝地区については、比較的小規模な宅地（100m²未満）が全体の約7割を占めており、また、老朽家屋・住民の高齢化等の問題を抱えていることから、土地区画整理事業の建物等移転補償での移転による生活再建が困難な地権者が非常に多く存在する地区となっている。そのため、堺市において、土地区画整理事業とは別に、地権者の負担を軽減し、高規格堤防整備事業と土地区画整理事業との一体整備の円滑な推進を図るため、100m²未満の土地を対象に、土地の売却を希望される場合において、「大和川高規格堤防整備事業及び土地区画整理事業との一体整備に伴う用地買収事業」を実施し、堺市が直接土地の買取を行っている。

土地区画整理事業施行地区内での建物等移転補償については、後述する一体整備により確保した、移転種地となる先行整備街区への一度移転と合わせ、以下の3通りの方法から地権者の意向で選択できることとしている。

- ・堺市の直接土地買取による地区外への移転
- ・先行整備街区への一度移転
- ・整備前後で同じ地区内に戻る二度移転

5. 高規格堤防整備事業における課題

高規格堤防整備事業では、事業の長期化やコスト増大等の要因となる以下の課題があった。

- ・高規格堤防整備事業は用地買収を伴わない事業のため、堤防整備期間中は地区外への移転（仮移転）が必須となり、二度移転による地権者の生活再建への負担が大きくなる。
- ・仮移転により二度移転に伴う補償費及び期間が必要となることから、事業のコストが増大し、工期が長期化する。
- ・整備区間に大規模な工場等がある場合には、経営の継続性などもあり、建替や移転計画が実施される時期を待つしかなく、事業が長期化する。

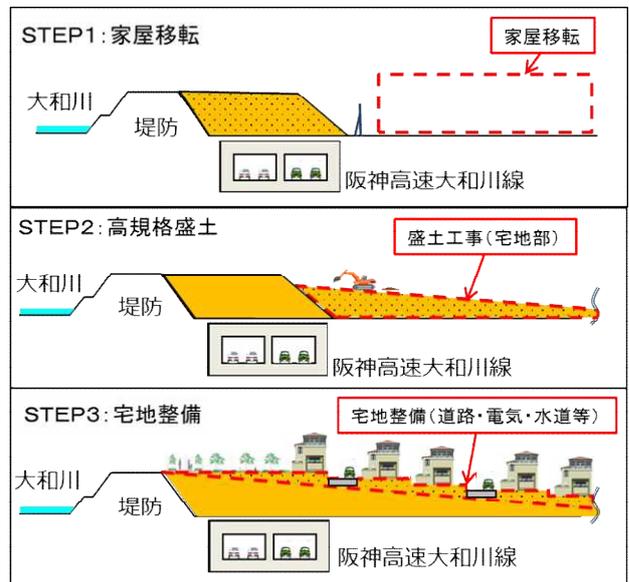


図-6 高規格堤防整備事業及び土地区画整理事業との一体整備の整備手順

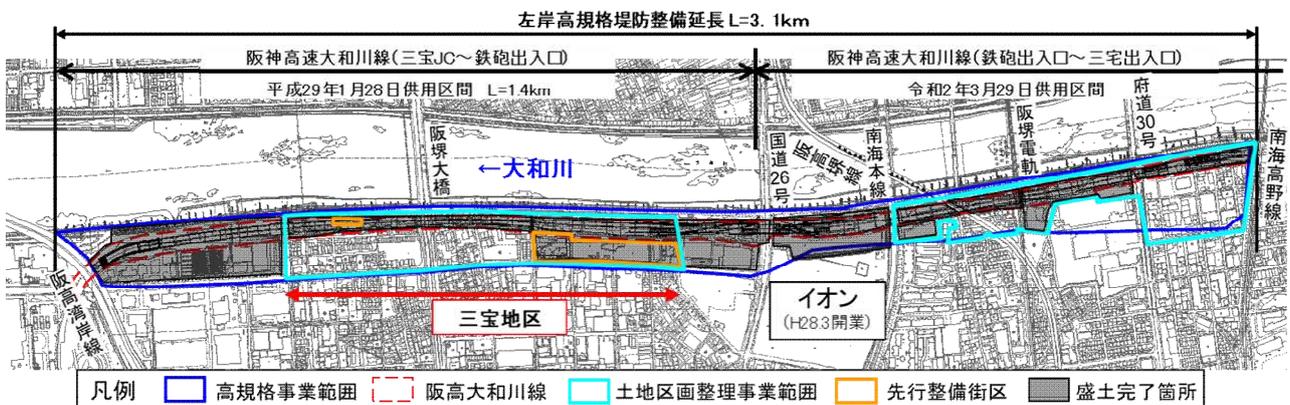


図-5 左岸高規格堤防整備範囲における各事業範囲及び高規格堤防整備実施状況

6. 先行整備街区の確保

左岸側の三宝地区では、道路事業やまちづくり事業の多機能インフラが連携することで、一度移転を可能とする先行整備街区を確保するなど、以下の効果により事業における課題を解決している。

(1) 道路事業との連携・先行整備街区の確保

道路事業単独では、道路区域外の用地買収はできないが、阪神高速大和川線事業においては、高規格堤防整備及び土地区画整理事業が実施されることを前提として、大規模工場等の道路区域外を含めた一括買収を実施した。また、隣接する公園や下水処理施設の堺市用地も合わせて活用することで、移転種地となる先行整備街区の確保を可能とした。

通常、高規格堤防整備及び宅地整備期間中において、地権者は仮移転が必須となり、二度移転による生活再建の負担が生じる。しかし、移転種地を活用し、高規格堤防整備及び宅地整備を先行で実施して、先行整備街区を設けることで、申出換地において先行整備街区への移転を希望した地権者については一度移転での速やかな生活再建を可能とし、地権者の負担を軽減した(図-7)。

また、多くの地権者の仮移転が不要となり、土地区画整理事業の工期短縮を図るとともに、仮移転にかかる補償費用も縮減された。

(2) 減歩緩和による地権者負担の軽減

土地区画整理事業では道路・公園等の公共施設の整備改善に必要な土地を確保するために、宅地の利用増進を考慮しつつ、その一部を活用し(公共減歩)、地権者への負担を求めることが一般的であるが、河川用地である堤防裏法面や日本高速道路保有・債務返済機構の換地である阪神高速大和川線上部の土地の一部を公園として活用する(図-8,9)ことで、公共減歩ゼロを実現した。

また、土地区画整理事業の事業費を国及び堺市が負担していることから、売却により事業費の一部に補填するために確保される保留地を設けないことで、保留地減歩ゼ

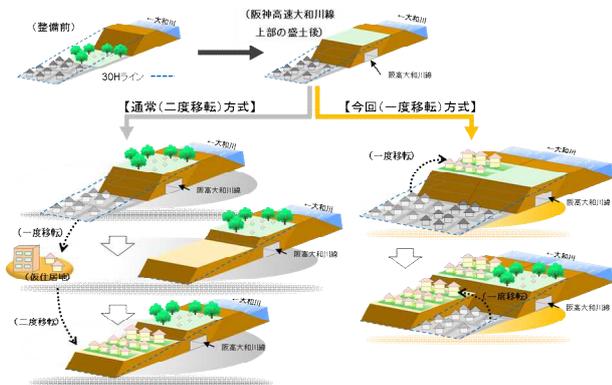


図-7 土地区画整理事業での生活再建手法のイメージ

ロを実現し、地権者の負担を軽減した。

なお、阪神高速大和川線上部の土地の一部については、立体道路制度を適用し、日本高速道路保有・債務返済機構が道路立体区域部分に区分地上権を設定し、宅地としても活用している。

(3) 共同事業による事業費縮減及び工期の短縮

高規格堤防整備事業及び土地区画整理事業をそれぞれの事業単独で行う場合には、宅地整備や区画道路の整備、建物補償など、事業内容に重複が生じるため、一体的に整備を行い、重複する共同事業については、国と堺市での費用負担を定めることで、事業費を縮減した。

また、一体的に整備することで、事業期間が短縮された(図-10)。



図-8 土地区画整理事業での高規格堤防上の活用イメージ

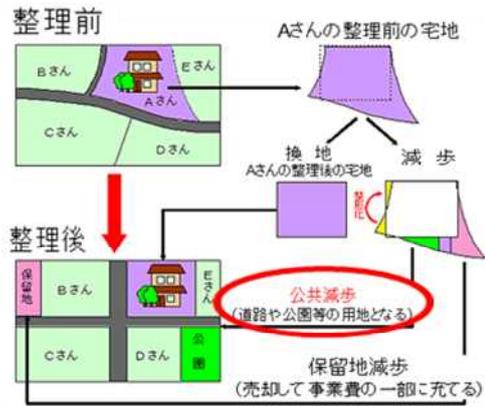


図-9 土地区画整理事業の仕組み(公共減歩)

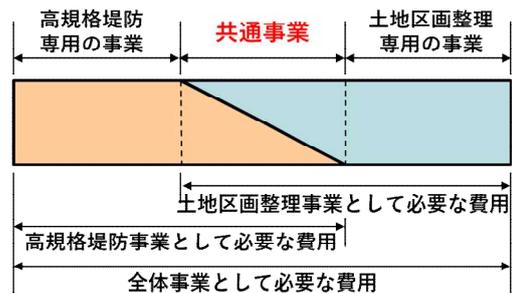


図-10 共同事業費用負担による事業費縮減のイメージ

費用負担の考え方については、分離費用身替り妥当支出法に基づき定めている。これは、共同事業及び高規格堤防整備、土地区画整理でそれぞれ事業を実施した場合の費用を仮想設計にて算出し、共同事業費の中で、重複する部分を折半で支出するものである。

7. まとめ

各事業の多機能インフラ連携による効果で、先行整備街区において、安全で快適な住環境を実現し、街並みは大きく変化した。(図-11,12)

三宝地区では、先行整備街区に引き続き、二度移転を伴う住宅部の建物等移転補償・高規格堤防盛土・宅地整備を連携して進めていく。

左岸側高規格堤防整備範囲の上流においては、三宝地区に続いて、Ⅱ期の土地区画整理事業が予定されており、堺市内でも浸水リスクの高い地域であることから、避難高台確保のためにも早期の高規格堤防整備、堺市の土地区画整理事業Ⅱ期の着手に向け、引き続き、各事業と連携を図っていく必要がある。

高規格堤防を早期に完成させ、まちづくりとの連携により、多くの人口・資産を壊滅的な被害から守り、かわとまちが一体となった安全で快適な住環境を実現していくことが事業に協力いただいた方々や地域に対する誠意と考える。



図-11 先行整備街区 (2007年地理院地図)



図-12 先行整備街区 (2022年4月航空写真)
(UR都市機構撮影)

8. おわりに

高規格堤防整備事業は、限られた河川の都市部のみで行われる事業であるが、それ故に、課題等も多くあり、整備範囲を一連で整備することが難しい。大和川の左岸では、道路事業及びまちづくりとの連携により、事業を整備範囲一連で進めることができている。この取組が、他河川の高規格堤防整備事業をはじめ、他事業の参考となれば幸いである。

謝辞：本稿の執筆にあたり、ご協力いただいた関係者の皆様に感謝の意を表します。

参考文献

- 1)大和川水系河川整備計画
- 2)南部大阪都市計画事業大和川左岸(三宝)土地区画整理事業事業計画書(平成29年6月19日)独立行政法人都市再生機構

粘り強い構造の河川堤防について

黒田 健太¹

¹近畿地方整備局 河川部 水災害予報センター (〒540-8586大阪府大阪市中央区大手前1-5-44) .

令和元年台風19号では142箇所の河川堤防が決壊し、約3万5千haが浸水するなど甚大な被害が生じた。このような被害をうけ、「越水した場合であっても堤防が決壊するまでの時間を少しでも引き延ばす」とした危機管理型ハード対策の概念を発展的に踏襲し、越水に対し危機管理型ハード対策を上回る効果を有する「粘り強い河川堤防」の整備が進められている。本稿では「粘り強い河川堤防」の円山川における整備状況を報告する。

キーワード 粘り強い河川堤防, 円山川, 台風19号

1. 円山川の概要

円山川は、源を兵庫県朝来市生野町円山に発し、大屋川、八木川、稲葉川等の支川を合わせて北流し、豊岡盆地にて、出石川、奈佐川等を合わせ日本海へ注ぐ流域面積1,300km²の一級河川である。また円山川流域の上流部は、山間部を大きく曲流し、谷底平野を形成しながら下流部の豊岡盆地を貫流している。円山川の下流部は河口から約16km上流の出石川合流部までが感潮区間となっており、河床勾配は1/9000と非常に緩やかである。

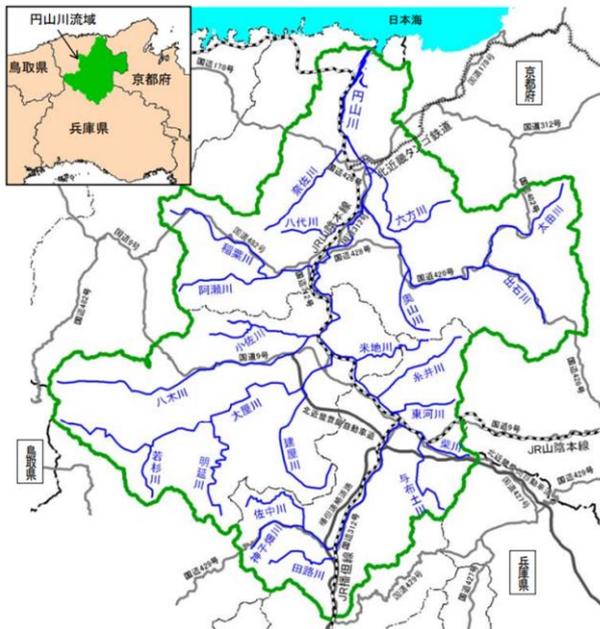


図-1 円山川流域図

2. 過去の災害と被害

円山川の主要な洪水は台風によるものが多く、その中

でも平成16年台風23号では、円山川の立野地点において、水位TP.+8.29mを記録し、支川出石川の弘原地点でも、観測史上最高水位のTP.+5.38mに達した。この豪雨により、円山川と出石川では多くの箇所でも越水が生じ、円山川右岸13.2k(豊岡市立野地先)、出石川左岸5.3k(豊岡市出石町鳥居地先)で堤防が決壊した。また、円山川の水位が危険な状況となり、排水ポンプの運転を停止したこともあって大規模な内水氾濫も発生した。平成30年7月豪雨では、円山川の立野地点において水位TP.+6.96mを記録し、円山川左岸16.0k地点(豊岡市九日市地先)では漏水が発生した。また、奈佐川でも右岸2.4k+40m地点(豊岡市福田地先)で漏水が発生した。

3. 粘り強い河川堤防整備の背景

近年、降雨の激甚化・集中化により治水施設の能力を大きく超える洪水が多発しているが、令和元年台風第19号(令和元年東日本台風)による洪水では、国土交通省の調べによると、全国で142箇所の河川堤防が決壊(うち86%は越水が主要因)し、約3万5千haが浸水するなど甚大な被害が生じた。

このような被害を踏まえ設置した、「令和元年台風19号の被災を踏まえた河川堤防に関する技術検討会報告書(R2年8月)」によれば、台風19号により越水した箇所のうち、予め、被覆型の堤防強化策である「危機管理型ハード対策」を行っていた箇所については、のり尻部の洗掘等が確認されておらず、一定の効果を確認した。

一方で、越水した箇所では、補強されていないのり面(中腹)やのり肩から崩れるといった被災形態が確認され、このような簡易な対策では効果に限界があり、より高い効果を追求する際には、「越水した場合であっても

堤防が決壊するまでの時間を少しでも引き延ばす」とした危機管理型ハード対策の概念を発展的に踏襲し、越水に対し危機管理型ハード対策を上回る効果を有する「粘り強い河川堤防」を目指す必要があることが改めて認識された。

今後も気候変動により洪水による被害がさらに頻発化・激甚化することが考えられ、それに対し、被害を防止・軽減することが求められている。

4. 箇所選定及び工法

(1) 強化箇所の選定

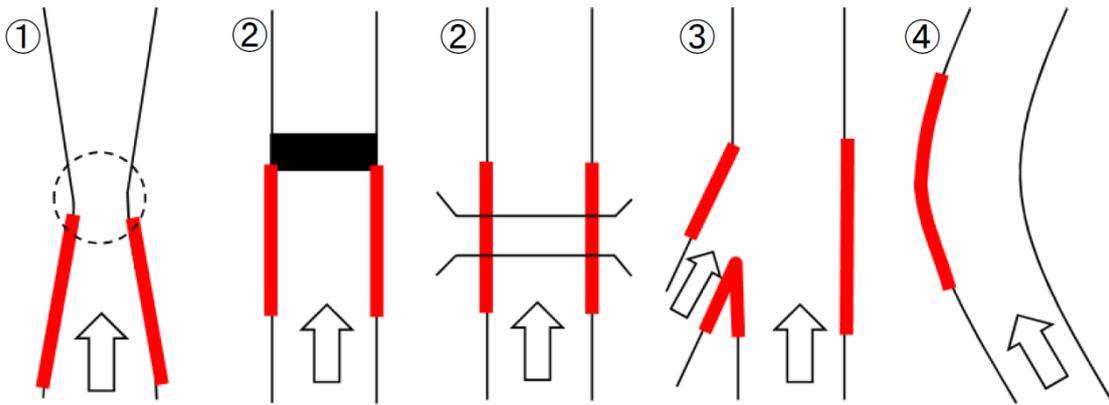


図-2 令和元年東日本台風等に見られた越水しやすい場の特徴

(2) 工法

これまでに様々な工法・資材が提案されている中で、工法線堤及び設計にあたっては、外力、地の自然・社会条件(背後地の状況、利活用、堤防の形状、地盤等)、維持管理、コスト等を踏まえつつ、各工法の河川堤防への越水対策としての知見の蓄積等も総合的に勘案し、選定するものとする。主な個別の工法を下記に示す。

①天端：越流水による法肩部の崩壊の進行を遅らせる

①地理条件としては、令和元年東日本台風等に見られた越水しやすい場の特徴を踏まえ各河川の1狭窄部上流、2横断工作物上流(下流)、3合流点付近、4湾曲部外岸等の区間を抽出する。

②外力等条件としては当面の整備を終えた河道において、基本方針流量(L1)流下による氾濫リスクが高い区間を抽出する。

③氾濫被害条件としては、2,000戸以上かつ重要施設浸水する区間を抽出する。

上記条件①～③を満たす区間を越水に対して粘り強い河川堤防として整備を行う対象区間とする。

ため、天端部は、施工が可能な範囲をできるだけアスファルトで被覆する。被覆構成は、当該河川で実施されている堤防天端の管理用通路の標準的な構造に準じるものとする③裏のり面：ブロックと堤体土の間には吸い出し防止シートを設置することを基本とする。

④法尻：のり尻の平場は越流水の流れを変え、洗掘場所を法尻から遠ざけるものであるため、平場を設けることを基本とする。

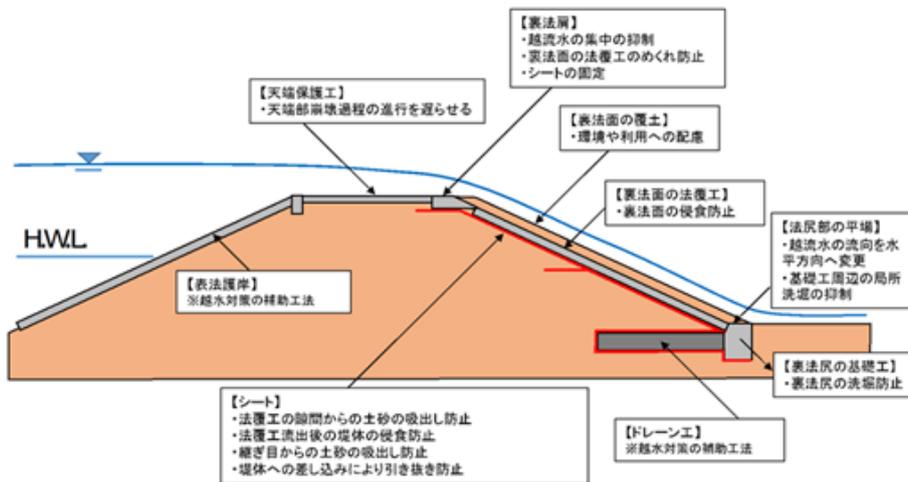


図-3 粘り強い堤防(コンクリートブロック系、かご系)のコンセプト

5. 円山川の事例

(1) 強化箇所の選定

「越水に対して粘り強い河川堤防」として整備を行う対象区間として、条件①～③を満たす13.0k～15.0kを抽出した。この区間の上流側には円山大橋、下流側には

立野大橋が横断し、左岸側には重要施設を含む豊岡市街地が広がっている。

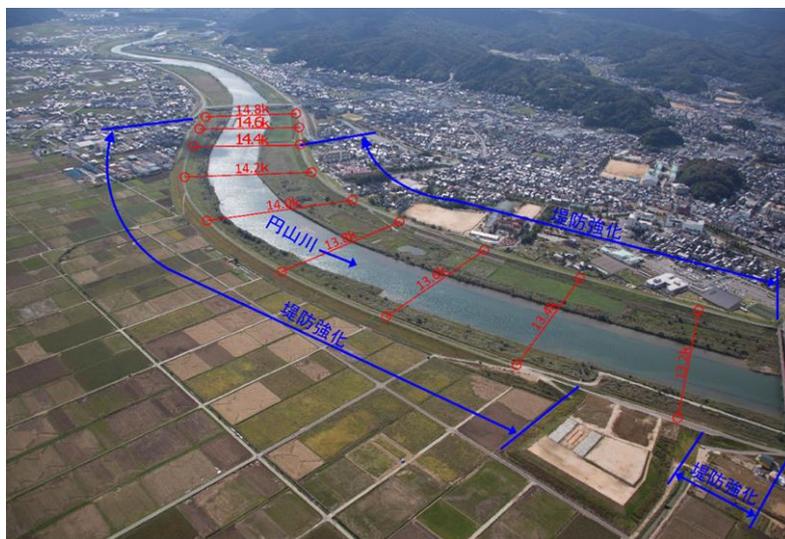


図-4 円山川における選定箇所 (13.0k～15.0k)

(2) 工法

堤防越水時を考慮しているため、堤防整備は、「堤防天端（川裏側法肩）」および「川裏側」を対象とし、

川表側は考慮しない。川裏側にはブロックおよびシートを設置し、その規格は堤防越流時の流速に対して安定する材料とした。以下に円山川での各工法を示す。

表-1 マニュアルと円山川における構造の比較

項目	堤防構造の考え方 (国総研マニュアル)	円山川における考え方及び構造	マニュアルとの 整合性
堤防天端	天端構造	①現場打ちコンクリートで保護する構造としている。 ②段差を設けない構造とする。	○ ○
	天端舗装	①管理用通路に準拠した構造としている。	○
川表法面	法覆構造	①HWL堤のため、法覆工が堤防天端まで設置されている。	—
	のり肩構造	①現場打ちコンクリートで保護する構造とした。	—
川裏法面	法覆構造	①越流水深50cmの場合の流速に耐えうる構造として「覆土ブロック(t=220mm)」を設置する。	○
	シート (遮水・吸出し)	①ブロック下の堤体表面からの土砂の吸出しが生じにくい構造とするため、ブロックと堤体土との間には吸出しシートを設置することを基本とする。	○
		②裏のりをシートで被う場合、堤防縦断方向の重ね合わせ幅は15cm以上とする。	○
		③裏のりをシートで被う際、瓦状に複数枚のシートを施工する。(図-1参照)その場合の重ね長Sは30cm以上を基本とする。	○
のり尻	平場の確保	①基本的には高低差を設けない構造とする。ただし、用地の関係で高低差が生じる場合は擁壁等で処理する。	○
	ドレーン工	①奥行が0.5H(0.5×6m=3m)を確保したドレーン工を設置する。	○

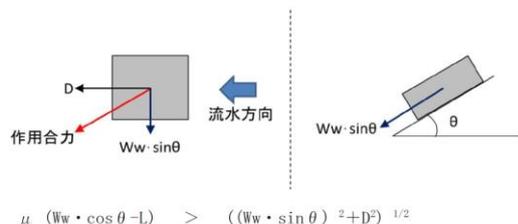
(3) 裏法面安定照査

護岸の力学設計法ではブロックの単体モデルについて図-5左の基本式で定義されているが、これは川表側の護岸ブロックをイメージしており、河川流水に対して直角方向にブロックが抵抗することを示している。しかし、粘り強い河川堤防における裏法面護岸安定照査では越流水を考慮する必要がある。越流水を考慮す

る川裏ブロックの場合は、流水方向が変わるため、右辺の作用合力を変更する必要がある(図-5右)。従って、越流時を考慮する粘り強い河川堤防に安定照査では以下(1a)の通りとなる。

$$\mu(Ww \cdot \cos \theta - L) > Ww \cdot \sin \theta + D \quad (1a)$$

【川表の場合】



【川裏の場合(越流時)】

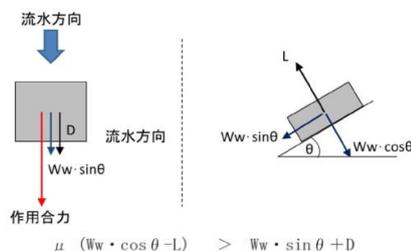


図-5 ブロックの安定照査

(4) 維持管理

「粘り強い河川堤防」の実現にあたっては、①既存の堤防の性能を毀損しないこと、②越水した場合でも決壊までの時間を少しでも長くする越水機能を付加することが必要となる。①既存の堤防の性能を毀損しないことの確認については、「堤防等河川管理施設及び河道の点検・評価要領 平成31年4月」に基づき、これまでと同様の点検・評価を実施することを基本とする。②越水した場合でも決壊までの時間を少しでも長くする越水に対する性能が維持されていることの確認については、変状連鎖図を元に、付録に示すモニタリング項目を新たに追加し、モニタリング方法に基づき、モニタリングを実施するものとする。

円山川の流れる豊岡盆地の地盤構成(沖積層)は、上位よりゆるい砂を主体とした砂層と軟弱な粘性土を主体とした粘土層が分布し、その厚さは豊岡市付近より下流域部では30~40mに達している。また、この下位には沖積基底層にあたる砂礫層が分布している。

このような地質特徴を有する円山川では、軟弱層による堤防の沈下を重点的にモニタリングしていく必要がある。具体的には、天端と裏のり尻を調査員が徒歩により巡視し、「粘り強い河川堤防」のパイロット施工区間の天端、裏のり面、小段、裏のり尻等を目視によりモニタリングを行い、変状が確認された場合は機材等による計測を実施する。また、定期的な水準測量も実施し沈下を含む変状を把握する。



図-6 水準測量の様子(円山川右岸)

6. おわりに

本稿で紹介した「粘り強い河川堤防」だが、越水時の効果に幅や不確実性を有しているなど、その技術はまだ確立されていないことから、円山川のようなパイロット施工河川において施工後のモニタリングを実施し、その評価を行うことで、「粘り強い河川堤防」についての技術の確立に向けての検討を継続していく必要がある。

参考文献

- 1) 近畿地方整備局(2013): 円山川水系河川整備計画(国管理区間)
- 2) 令和元年台風第19号の被災を踏まえた河川堤防に関する技術検討会(2020): 技術検討会報告書

白色凝灰岩に起因する 道路法面変状発生への対応事例について 日高豊岡南道路山本地区

小沼 亮太¹・青木 清隆²

¹浪速国道事務所 大阪湾岸道路整備推進室 大阪湾岸道路西伸部出張所

(〒550-0025 大阪市西区九条南1丁目4番18号)

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 10-3)

2020年11月に供用開始した自動車専用道路の日高豊岡南道路(国道483号北近畿豊岡自動車道)は、その5ヶ月後の2021年3月18日に山本地区の切土法面に変状が発生し、急遽全面通行止めを実施した。その後、防災ドクター(学識経験者)に現地診断を実施して頂き、応急対策及びボーリング等の現地調査を行った。恒久対策にあたっては、特異な「椅子型すべり」であること、分布範囲や劣化程度の把握の難しい「白色凝灰岩」に起因する変状であったため、国立研究開発法人土木研究所、国土交通省国土技術政策総合研究所による技術指導を受け、慎重に検討を進めた。本論文は、今後、他の地域で白色凝灰岩対応を行う際の参考事例になるものと考えている。

キーワード 法面変状, 白色凝灰岩, 椅子型すべり, スレーキング, グラウンドアンカー

1. はじめに

国道483号北近畿豊岡自動車道は、豊岡市を起点とし丹波市に至る延長約73kmの高規格道路であり、兵庫県北部の但馬地域と丹波地域を直結し、さらには京阪神都市圏との連結を強化し、地域の活性化を支援する自動車専用道路である。このうち、日高豊岡南道路は、2020年11月に開通した、但馬空港IC～日高神鍋高原ICの延長6.1kmの区間である。



図-1 日高豊岡南道路位置図

2021年3月18日朝、日高豊岡南道路の切土法面で変状が発生し、その後変状が進行した。直前に多量の降雨があったことから、誘因は降雨であると言える。

2. 被災状況

変状範囲：国道483号日高豊岡南道路(山本地区)

No.125+60～No.126+40付近

変状規模：幅約80m、高さ約20m、奥行き約40m



図-2 全景写真



図-3 法面変状

3. 初期対応

(1) 通行止め実施

a) 上下線通行止め：2021年3月18日発表

国道483号(兵庫県豊岡市日高町山本地先)において法面に変状が確認されたため、2021年3月18日(木)10:00より、但馬空港IC~日高神鍋高原ICの上下線通行止めを実施した。

b) 下り線通行止め解除：2021年4月8日発表

下り線2車線(春日方面)は、ボーリング調査及び変位計測により、影響がないことが確認できたため、2021年4月9日(金)11:00より、但馬空港IC~日高神鍋高原ICの下り線2車線の通行止めを解除した。但馬空港IC~日高神鍋高原ICの上り線は、通行止めを継続した。

c) 上下線通行止め解除：2021年4月27日発表

応急対策工事(後述)が完了したことから、2021年4月28日(水)11:00に但馬空港IC~日高神鍋高原IC上り線1車線の通行止めを解除した。

(2) 変位観測

地すべりブロック内の観測は、伸縮計とパイプ式歪計、自記水位計による常時観測を実施した。地すべりブロック外の観測は、孔内傾斜計と自記水位計による変状監視とした。伸縮計は、発生直後より恒久対策中もリアルタイムでの観測を継続した。パイプ式歪計は連続観測を継続した。

表-1 観測マトリックス

	発生~応急前	応急後~恒久対策中	対策後(1年)	将来(5年)
(頻度)	リアルタイム	週1回~月1回	2ヶ月1回	年1回
ブロック内	伸縮計 パイプ式歪計 定点光波	伸縮計(リアルタイム) パイプ式歪計	パイプ式歪計 (できるだけ残す) 荷重計・温度計	(荷重計に移行) 荷重計・温度計
ブロック外	孔内傾斜計 定点光波	孔内傾斜計	孔内傾斜計	孔内傾斜計

伸縮計及び傾斜計は、図-4に示す位置に設置した。傾斜計は、すべりの不動点中心に置き、すべりの影響がないことを確認した。伸縮計は、不動点と滑動点をつなぎ、伸縮によりすべりの変動を確認した。

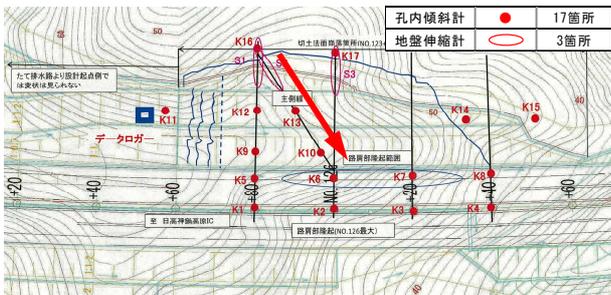


図-4 孔内傾斜計・地盤伸縮計設置箇所

(3) 交通開放に向けた応急対策

法尻に押え盛土(大型土のう5個/断面)を設置し、仮設防護柵を打設し、上り線1車線、下り線2車線を4月28日に交通解放した。

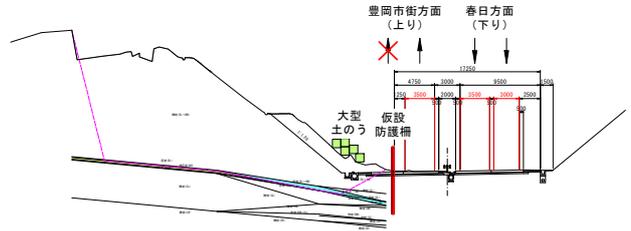


図-5 応急対策断面4月28日

更なる安全対策として、すべり土塊の頭部を排土し、法尻に押え盛土(大型土のう3段)を設置し、安全率Fs=1.05を確保した。6月30日から施工し、7月29日に完了した。

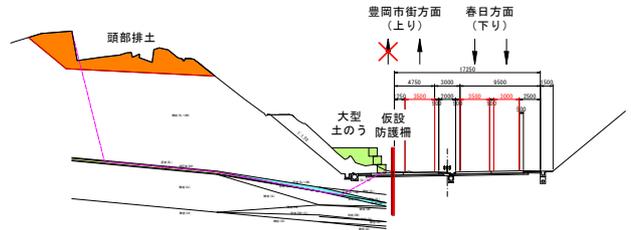


図-6 応急対策断面7月29日

(4) 通行止め基準の設定

雨量による通行止め基準は、恒久対策が完了するまでの間、隣接区間の1/2とし、安全側に設定した。

地盤伸縮計の通行止め基準は、仮設防護柵を設置したことから通行止め基準値を見直したが、通行止めは「避難」に相当するため、地すべり観測便覧の避難基準「地盤伸縮計の1時間4mm/h以上を2時間連続」とした。

表-2 管理基準値

計測器	対応区分			
	要注意	警戒	避難	立入禁止
基準値 伸縮計	1日1mm以上 一定方向に10日 以上、移動累積	1日10mm以上	1時間4mm以上 を2時間連続	1時間10mm以上 を目安に、専門 家の判断
参考値 地盤傾斜計	10日で10~50秒			
参考値 パイプひずみ計	100μ以上累積	100μ以上累積		
基本的な対応	情報提供の開始 1日1回の監視	監視の強化 避難の準備	避難開始	一般的な住宅を 含め、地すべり 地周辺の住民の 立入禁止
主な処理事項	市町村へ情報提供 現地巡視 監視システムの チェック 24時間監視体制 移動ブロックの 監視(1回/1日) 観測器の移設・ 増設の検討 情報伝達方法の 確認	要注意段階の処 理事項を継続し 体制強化 監視の回数増加 24時間監視体制 移動ブロックの 確認 被害想定区域の 再検討	警戒段階の処 理事項を継続し 体制強化	避難段階の処 理事項を継続し 体制強化 立入禁止 人命の保護を最 優先
備考	各対応区分の解除は、観測値がその区分の値を下回った時に検討し、市町村が判断する。			

4. 恒久対策等の技術検討

(1)被災原因

a) 白色凝灰岩

山本地区では、当該地区の南西側において 2020 年 6 月に地すべりが発生している。この時の発生原因として、白色凝灰岩層の存在が明らかにされている。また「白色凝灰岩層の層理面は、おおむね道路と並走する走向で、緩い流れ盤である」との報告がなされている。当該地区においてもこの白色凝灰岩層が連続し、法尻付近に出現することも確認されている。したがって、今回の地すべり発生の素因には「白色凝灰岩層が流れ盤構造で存在していること」が第1に挙げられる。

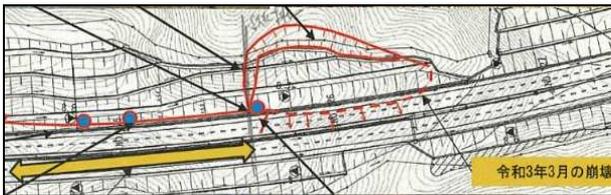


図-7 白色凝灰岩の出現位置

b) 椅子型すべり

鉛直方向の変位より、水平方向の変位が大きいことから、椅子型すべりと推定した。

c) スレーキング試験

脆弱な表層、凝灰岩層の下の硬い層など、全層でスレーキング試験を実施し、スレーキング特性を判定した。すべり面より上位層は、乾湿繰り返しを受けるとスレーキングするものとして検討した。すべり面についてはスレーキングに伴うすべり面強度の低下を検討した。すべり面より下位層は、スレーキングを受けないものとして検討した。

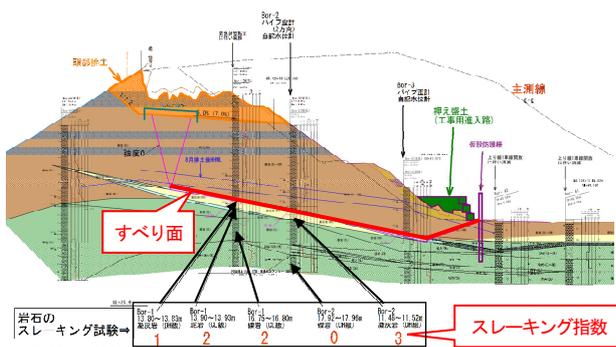


図-8 スレーキング指数断面図

(2)恒久対策の設計方針

a) すべり面強度定数

粘着力 C は層厚、内部摩擦角 ϕ は逆計算ですべり面強度定数 ($C=8\text{kN/m}^2$, $\phi=9.415$) を設定した。

ただし、すべり面末端は、凝灰岩の連続性を踏まえて確認すべきである。また、現道直下はスレーキングを考慮すべきである。

このことから、図-9 に示す当初すべり (すべり面 A) に対して、すべり面延伸した場合 (すべり面 B~E), 及び道路直下をしたを強度低下した場合の安全率を確認した。

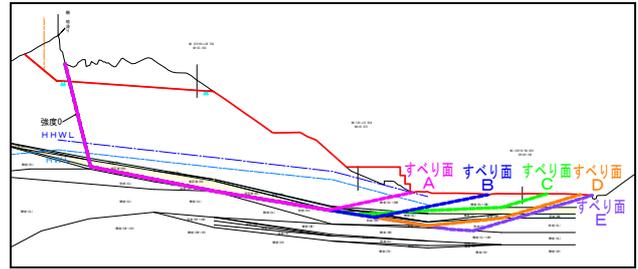


図-9 すべり面末端比較

b) 反力体

施工後の地盤の部分的な緩みに対して、受圧板では面的に抵抗できないため、反力体は連続体にすべきである。このため、反力体は受圧板から連続体に変更した。法枠は支持力不足のため、コンクリート張工法を選定した。

c) アンカーテンドン

KTB アンカーは、施工時の再緊張は困難であることから、再緊張に必要な伸び量を引っ張り出せる構造の SEEE アンカーを選定した。

d) アンカー荷重計

アンカーの将来監視として、アンカー荷重計を設置すべきである。荷重計の誤作動確認ができるように、荷重計を撤去せず、リフトオフ試験を実施できるものがよいことから、恒久的な性能を考慮し、「SAAM-L」を採用した。

e) アンカー配置

上記すべり面強度定数による、必要抑止力に対するアンカー配置を計画した。将来強度低下に備え、粘着力 C は、強度低下を想定し、比較検討した。内部摩擦角 ϕ は、残留強度に近似しているため、低下を考慮しない。

- $C=0\text{kN/m}^2$ 必要抑止力 $Pr=616.5\text{kN/m}$
アンカー縦 5 段, 水平間隔@2.5m
- $C=3\text{kN/m}^2$ 必要抑止力 $Pr=499.2\text{kN/m}$
アンカー縦 4 段, 水平間隔@2.5m
- $C=8\text{kN/m}^2$ 必要抑止力 $Pr=303.8\text{kN/m}$
アンカー縦 3 段, 水平間隔@5.0m 千鳥配置

e) スレーキングを考慮した対策

凝灰岩等のスレーキング試験を追加し、深層ではアンカー定着部、表層では受圧板支持部の将来強度を評価すべきであることから、スレーキングを考慮した対策を実施した。

• 余裕長による対応

定着体はすべり面および凝灰岩、泥岩を抜けた後、

さらに 1m の余裕長を確保した。

・スレーキング特性

定着層は礫岩(岩盤)であり、スレーキング試験後に問題がなかった。また、地表のような乾湿繰り返しを起こさない。

・スレーキングに対する反力体支持力の評価

スレーキングに配慮し、反力体の支持地盤(N値 8~10)は、床掘整形後に現在の法面 N 値 4~5 に低減させて検討する。

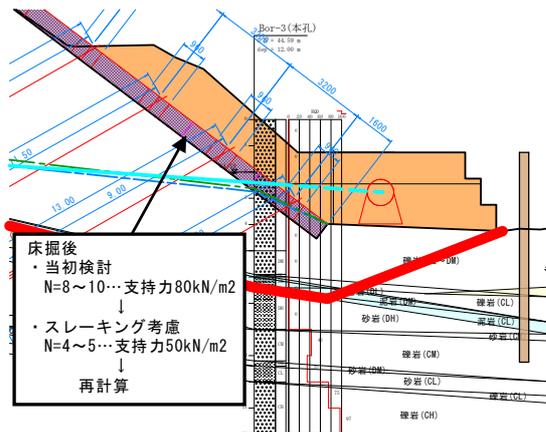


図-10 反力体支持力の評価

5. 恒久対策の設計

(1) 設計内容

対策工法は、今後の降雨に伴う地表水及び地下水の対策を考慮し、抑制工及び抑止工から選定した。

a) 水路工

排土面に入った水を当初滑落崖より地すべりブロック内に入れないための位置、排土面に降った雨をブロック外に出すための位置に設置した。

b) 浸透防止工

排土面の降雨および流入水を地すべりブロックに浸透させないように、張コンクリート工を設置した。

c) 暗渠工

浸透防止工の外側からの流入や浅層地下水に対し、暗渠工を設置した。将来的に張コンクリート工の目的開口による待ち受け対策も兼ねる。

d) 地下水の排水対策

8月降雨では 1m の水位上昇が確認され、今後の降雨による排水は重要であるため、横ボーリング工および透水マットを計画した。

e) 抑止工

恒久対策の技術指導より、将来強度低下に対応した C=0 を設計条件として、アンカー工、反力体工を計画した。

- ・アンカー：5段@3.2m, 水平間隔@2.5m
- ・反力体：連続板 700×960

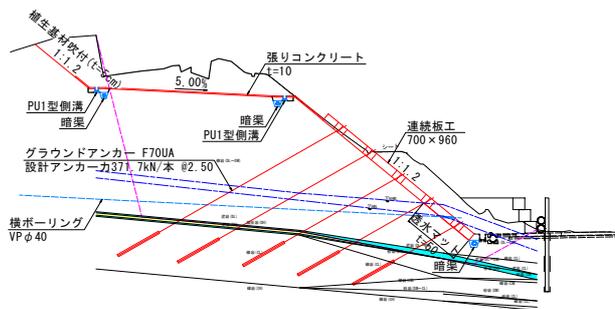


図-11 標準断面図

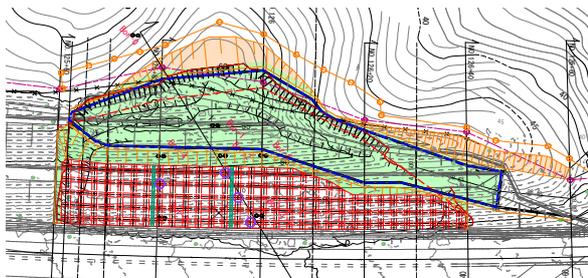


図-12 計画平面図

6. おわりに

恒久対策工事を行う「国道 483 号山本地区法面对策工事」は、2022 年 3 月に契約し、安全確保の為に、早期の完了を目指し工事を進めている。

恒久対策工事完了後は、表-1 の観測マトリックスに基づき、地すべりブロックを観測する。地すべりブロック内の観測は、パイプ歪計及び自記水位計で観測し、パイプ耐久性のため 1 年で終了し、アンカー荷重計の観測に移行する。地すべりブロック外の観測は、孔内傾斜計及び自記水位計で変状観測する。地すべり観測頻度は、施工後 1 年は 2 ヶ月に 1 回、5 年目まで年 1 回とする。アンカー荷重計の耐用年数 5~6 年を考慮し、5 年目までの観測結果によって 6 年目以降の継続観測を判断する。

今後は、先線整備の際の円滑な施工のために得られた経験を活用するなど、技術者としての幅を広げ、より良いインフラ整備に貢献したい。



図-13 アンカー荷重計 (SAAM-L)

参考文献

- 1) 斜面防災対策技術協会：地すべり観測便覧 2012 年 10 月

豊岡道路（Ⅱ期）事業における地質リスクへの取り組みについて

曾根 大輔¹・松谷 翔²

^{1, 2}近畿地方整備局 豊岡河川国道事務所 計画課 (〒668-0025 兵庫県豊岡市幸町10-3)

北近畿豊岡自動車道が通過する但馬地域には、道路土工切土工指針で崩壊発生の懸念がある凝灰岩が広く分布している。このような地形で高規格道路を建設するためには、あらかじめ凝灰岩等を起因とする地域特有の様々な技術的課題を克服する必要があり、凝灰岩の出現による切土工に特化した対策工法の選定と実施工への適用を主目的とする「凝灰岩設計施工マニュアル（案）」の策定を実施することとした。本稿は、上記マニュアル（案）を用いた豊岡道路（Ⅱ期）事業における地質リスクへの取組内容について報告を行うものである。

キーワード 地質・地盤の不確実性（地質リスク）、リスク評価、リスク対応措置

1. はじめに

北近畿豊岡自動車道は、豊岡市から丹波市に至る延長約73kmの高規格道路であり、兵庫県北部の但馬地域と丹波地域の連携及び活性化を支援する自動車専用道路である。そのうち豊岡道路（Ⅱ期）は、兵庫県北部に位置する5.1kmの暫定2車線の道路計画であり、現在は調査設計及び用地取得の段階となっている。

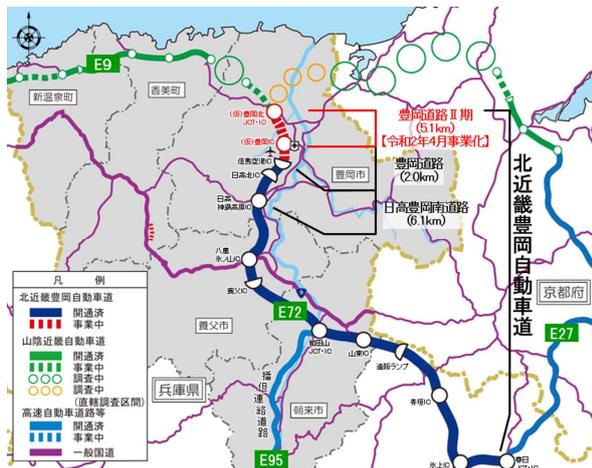


図-1 北近畿豊岡自動車道路線概要図

計画ルート付近は、但馬山地に属し、標高20～125m程度の丘陵性の山地である。後述する地質のため侵食が進み、谷沿いでは45度近い急斜面が形成されている。

地質は新生代新第三紀に堆積・形成された北但層群豊岡累層の礫岩を主としており、その中に凝灰岩および凝灰質砂岩・砂岩が挟在している。

これらの基盤岩類は形成年代が新しく、固結度が低い「堆積軟岩」であり、風化が進行しやすいため、他事業

を含めた周辺の切土斜面では降雨等により凝灰岩や凝灰質砂岩などの弱層をすべり面とする地すべり・崩壊が多発している。

豊岡道路（Ⅱ期）区間についても例に漏れず凝灰岩が見つかり、従来の道路土工指針や示方書のみを用いた道路切土計画をそのまま適用することについては、特に安全性という点では解決すべき問題が多い。

したがって、凝灰岩を有する切土で高規格道路を建設する場合に関して、従来の切土工に地質リスクの観点を踏まえ、最新の被災事例から得られた知見を反映させた、「凝灰岩設計施工マニュアル（案）」（以後、本マニュアル（案）と呼ぶ）を策定し、凝灰岩の出現による切土工に特化した、地質・地盤調査、設計、施工管理、品質管理などを提案することとした。本稿では、地質・地盤調査、設計の取組内容について報告する。

2. 本マニュアル（案）の適用の範囲

本マニュアル（案）の適用範囲は、道路土工指針、道路橋示方書などの基準を基本としながら、北近畿豊岡自動車道の計画路線の地域特性を考慮し、「地質リスク低減のための調査・設計マニュアル(案)改訂版(R3.3)国土交通省 近畿地方整備局」（以後、地質リスクマニュアル（案）と呼ぶ）における地質リスクの考えに準拠しつつ、凝灰岩の出現による切土工に特化した地質・地盤調査、設計、施工管理、品質管理などとし、前述したとおり従来の切土工に地質リスクの観点を踏まえ、最新の被災事例から得られた知見を反映させたものとした。

また、適用条件としては、豊岡道路（Ⅱ期）は既に都市計画決定されており、R2年度に新規事業化していることから、道路予備設計（B）以降の調査、設計と施工

および維持管理までを対象とした。

3. 地質・地盤の不確実性（地質リスク）

本マニュアル（案）における、地質・地盤リスクの概念は「目的に対する不確かさの影響」、定義は「当該事業の目的に対する地質・地盤の不確実性」とし、具体的には、事業のコスト増大や工期の延長等に結びつく可能性のある地形・地質や地下水、地盤等に起因する事業リスクのことを指している。

豊岡道路（Ⅱ期）区間では、切土区間における凝灰岩類は、掘削によるゆるみ、応力解放、含水量の変化によって短時間に粘土化し、周辺の切土斜面同様に地すべりや崩壊に繋がる危険性を孕んでおり、供用済区間である日高豊岡南道路（山本地区）では、施工2年経過した法面での変状発生が確認され、通行止めや対策の追加施工が行っている。

地質リスク検討の流れを図-2に示す。

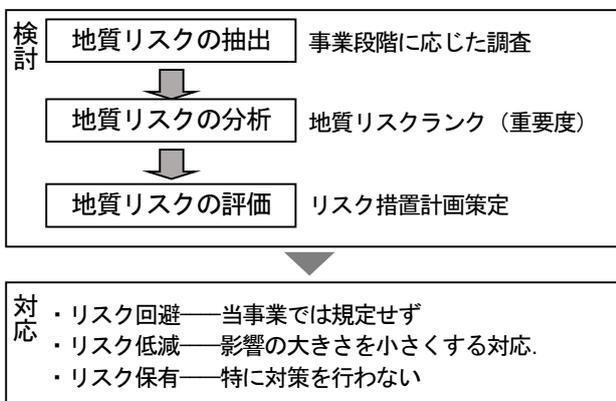


図-2 地質リスク検討の流れ

道路事業においては、事業の進捗に応じて、地質地盤情報が增加するため、各事業段階で、地質リスクの再評価を行い、対応方針の見直しを行う必要があることから、設計・施工に際して、各事業段階で凝灰岩に関連する地質リスク要因を抽出することとした。

また、地質リスクの存在による発現事象を想定し、切土区間ごとに凝灰岩と切土の関係から発現事象を設定した上で、「発生のしやすさ」「影響の大きさ」から地質リスクランク（重要度）を決定するものとした。

決定した地質リスクランクは、ランクに応じ6章にて後述する対応の検討を行い、検討結果は切土区間ごとに表-1に示す引継ぎ帳票に整理する方針とした。

表-1 引継ぎ帳票(例)

不確実性	地盤条件			
	凝灰岩を代表とする風化が早い岩			
想定崩壊事象	風化帯・ゆるみ帯	すべり面となる地質構造(流れ層)	地下水、地表水	地すべり等活動履歴
	「表層崩壊」「浸食崩壊」「大型地すべり」崩壊	「大型地すべり崩壊」	「表層崩壊」「浸食崩壊」「大型地すべり崩壊」	「大型地すべり崩壊」
対応内容・調査	調査ボーリング…風化層の確認	地表調査…凝灰岩の分布(傾斜)の把握 調査BOR…すべり面傾斜の確認	地表調査…斜面内家流水の確認 調査ボーリング…地すべり地形の確認	文献調査(地すべり分布図、空中写真)、地表調査…地すべり地形の確認
	切土勾配の緩勾配化、抑止工検討、崩壊時の被害最小となる用地余裕幅を考慮	切土勾配の緩勾配化、抑止工検討、崩壊時の被害最小となる用地余裕幅を考慮	切土勾配の緩勾配化、地下水排除工、崩壊時の被害最小となる用地余裕幅を考慮	切土勾配の緩勾配化、抑止工検討、地下水排除工、崩壊時の被害最小となる用地余裕幅を考慮
予備設計1次調査段階	対応内容・予備設計	実施した調査ボーリングにより深部までの風化を確認した。	現地調査及びボーリングの連続性から凝灰岩の流れ層を確認した。	調査結果により地すべり地形を確認した。
	対応状況(上段：実施事項等)(下段：未実施の内訳、理由、留意事項、フィードバックの必要性等)			採取された材料がすでに劣化状態にあったため、(供試体)に外装し、崩壊面や劣化層がない試料を用いる必要がある。

4. 地質リスク検討方針と想定事象の整理

地質リスク検討方針の対象は、切土による「のり面または自然斜面を含む不安定化」として、崩壊事象は凝灰岩の出現が懸念される豊岡道路（Ⅱ期）区間の状況から以下の2項目とした。

- 「1) 表層法面崩壊」
- 「2) 大型椅子型すべりの発生」

図-3に想定崩壊事象の概要図を示す。

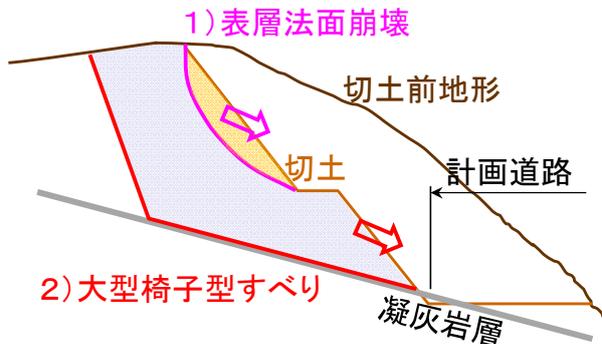


図-3 想定する崩壊事象2項目の概要図

検討方針は、道路土工切土工斜面安定工指針(H21.6)の凝灰岩の記載内容により以下の3項目とした。

■方針1：将来風化が進んでも崩壊しない安定勾配の設定または法面对策工を適用する

◇想定事象を考慮した設定理由

一切土による応力開放や急速に風化するため崩壊の発生を想定し、安定勾配か法面对策工により対応する。

■方針2：凝灰岩が切土部に介在し流れ盤となる場合は安定計算を実施し安定性を評価する

◇想定事象を考慮した設定理由

深い層に凝灰岩があり、かつ流れ盤形状となっている場合、凝灰岩が弱層となって深く広い範囲の崩壊が発生するリスクを考慮して、凝灰岩層のせん断強度を設定し安定解析を実施する。

■方針3：凝灰岩が切土部に介在し、受け盤と想定される場合も崩壊リスクを考慮して、設計段階で取りうるリスク対応を行う

◇想定事象を考慮した設定理由

設計段階での調査ボーリングでは凝灰岩の面的な把握が困難である場合があり、切土施工時に想定できなかった凝灰岩の介在が生じた場合の対応を想定する。

5. 地質リスクランク設定の検討

地質リスクランク設定では、道路予備設計（B）段階での設定として以下の設定を行った。

切土による「のり面または自然斜面を含む不安定化」を対象として、地質調査および切土検討より「影響の大きさ」と「発生のしやすさ」を定めて、それぞれの想定

の大・中・小のマトリックス表により地質リスクランク (A, B, C) を設定した。なお、地質リスクマニュアル(案)でのAAは回避対象であり、既に都市計画決定されている本路線では不可避との考えにより規定していない。

地質リスクランクは、表-2 のマトリックスにより、それぞれの影響度を考慮して設定した。

地質リスクランク
 = 「影響の大きさ」 × 「発生のしやすさ」

表-2 地質リスクマトリックス表 (切土：凝灰岩) 道路予備設計 (B) 段階

		発生のしやすさ		
		小	中	大
影響の大きさ	大	B・低減3	A・低減2	A・低減1
	中	B・低減3	B・低減3	A・低減2
	小	C・保有	B・低減3	A・低減2

- 低減1**：標準的な工法以上の対策を行うため詳細な調査を実施し、確実なリスク低減策を行う
低減2：通常の調査を実施し確実なリスク低減策を行う
低減3：通常の調査を実施し標準的な工法で対応する

影響の大きさを図る指標として、事業継続の可能性、施工への影響、通行車両への影響、周辺への影響の4項目から、一定の定量的な評価が可能な指標を表-3のとおり設定した。

また、凝灰岩による地質リスク要因にみた、調査結果の信頼度の序列と、発生のしやすさの大・中・小について、「影響の大きさ」を表-3に、「発生のしやすさ」を表-4にまとめた。

表-3 各指標による影響の大きさマトリックス表 (切土：凝灰岩) 道路予備設計 (B) 段階

指標	影響の大きさ		
	小	中	大
事業継続の可能性	法面1段程度の変状 ●対策費用1000万円未満	変状範囲が切土法面内の複数段に及ぶ(～40万㎡) ●対策費用1000万円以上	対策費用が甚大(40万～200万㎡)用地外を含む大規模すべり ●対策費用1億円以上
施工への影響	現場対応が可能軽微な追加対策(対策完了までに1か月以内)	追加対策などで対応可能(対策完了までに1か月～半年程度必要)	構造形式の変更のため追加調査や対策工の検討が必要(対策完了までに半年以上)
通行車両への影響	発生後数日で通行規制を解除できる	発生後数週間で通行規制を解除できる	一旦発生すると長期間の通行規制が必要
周辺への影響	通行車両には直接影響しない人家や周辺道路がない	通行車両に間接的に接触する可能性がある人家等の周辺道路に影響を及ぼす可能性がある	通行車両に直接接触する可能性がある人家等に周辺道路を及ぼす可能性がある

6. 地質リスク対応措置の検討

地質リスク対応措置は前項で定めたリスクランク (A, B, C) および対応方針に応じて、具体的な対応と想定事象が発現状態になった際の措置計画を定めた。

表-4 地質リスク要因と発生のしやすさマトリックス表 (切土：凝灰岩) 道路予備設計 (B) 段階

地質リスク要因	発生のしやすさ		
	小	中	大
風化帯ゆるみ帯 断層破砕帯	切土1段以上に及ぶ深層風化(岩質区分III)や深部までゆるんだ地山が分布する	切土2段以上に及ぶ深層風化(岩質区分III)や深部までゆるんだ地山が分布する	切土3段以上に及ぶ深層風化(岩質区分III)や深部までゆるんだ地山が分布する
すべり面となる地質構造(流れ盤、クサビ崩壊)	層理面等が受け盤となる。	層理面等が見かけ傾斜5～10°以上の流れ盤構造で、凝灰岩や白色粘土層の介在なし	凝灰岩や白色粘土層が見かけ傾斜5～10°以上の流れ盤構造で介在する。
地下水 地表水	表流水は切土計画位置から離れた谷部でのみ確認される。	表流水は斜面内の谷部で確認され、切土対象位置より高い場所から流下している。または、ボーリングで確認された水位がやや高い。	斜面内で湧水または滞留した地表水が確認される。または、ボーリングで確認された水位が極めて高い。
地すべり等活動履歴(道路土工指針解表3-4参照)	段差地形等が認められない。切土箇所及び上位斜面に表層崩壊跡が見られない。	段差地形等が認められる。切土箇所及び上位斜面に表層崩壊跡が見られる	明瞭な地すべり地形が認められる。現地踏査により根曲がり等の滑动性が確認される。
スレーキング	スレーキング区分0又は1	スレーキング区分2又は3	スレーキング区分4または、試験に供するための塊状試料が採取できない。(礫岩の礫のみ採取し、試験は行わない)

スレーキング区分は(公社)地盤工学会「岩石のスレーキング試験方法(JGS2125)」による試験結果で、値が大きいほどスレーキングしやすい岩石であることを示す。

設計での具体的な対応は、リスクランクに応じて以下とした。

- リスクランクAでは、構造物や周辺環境に影響が出ない範囲へ回避もしくは標準的な工法以上の対策を講じる(詳細な調査や検討が必要)事業化後の段階であり、詳細な調査を実施して、確実なリスク低減策を講じる。
- リスクランクBでは、標準的な工法で対応(共通仕様書等に示される調査手法で対応)通常の地質調査を行い、調査結果に応じて対策工を検討する。
- リスクランクCでは、次の事業段階へリスクを保有

7. 地質リスク評価の検討

地質リスク評価は、各切土対象別に、以下の点を整理した上で、前項で定めたリスクランクによりランク設定し、リスク措置計画について、設計対応と、必要により調査、施工の観点から整理する。

□整理対象項目

- 平面図(地質踏査結果, 調査箇所, 切土計画入り)
- 横断面図(地質調査結果, 切土計画(検討案))
- 計画諸元 一位置, 切土方角, 切土段数, 最大高
- 地質リスク要因
- 発現事象
- 発生のしやすさ
- 影響の大きさ

今回の道路予備設計（B）段階における1次調査では、調査実施本数に限界があり、事前確認より優先的な箇所から調査を実施したため、定量的な判定ができた箇所を区分-1とし、地質調査が実施できなかった箇所を区分-2とした。区分-1の中から、定量的なリスク評価を行い、低減1～3に区分した。区分-2では定性的なリスク評価となるため、道路土工指針（切土工斜面安定工指針）より、

標準的な切土計画を行い、リスク低減3またはリスク保有と評価した。

豊岡道路II期での検討フローを図-4に示す。

また、リスクランクおよび対応方針別で、豊岡道路（II期）で設定した具体的な対応計画を、予備設計への反映については表-5に、後続調査および申し送りへの反映については表-6に示した。

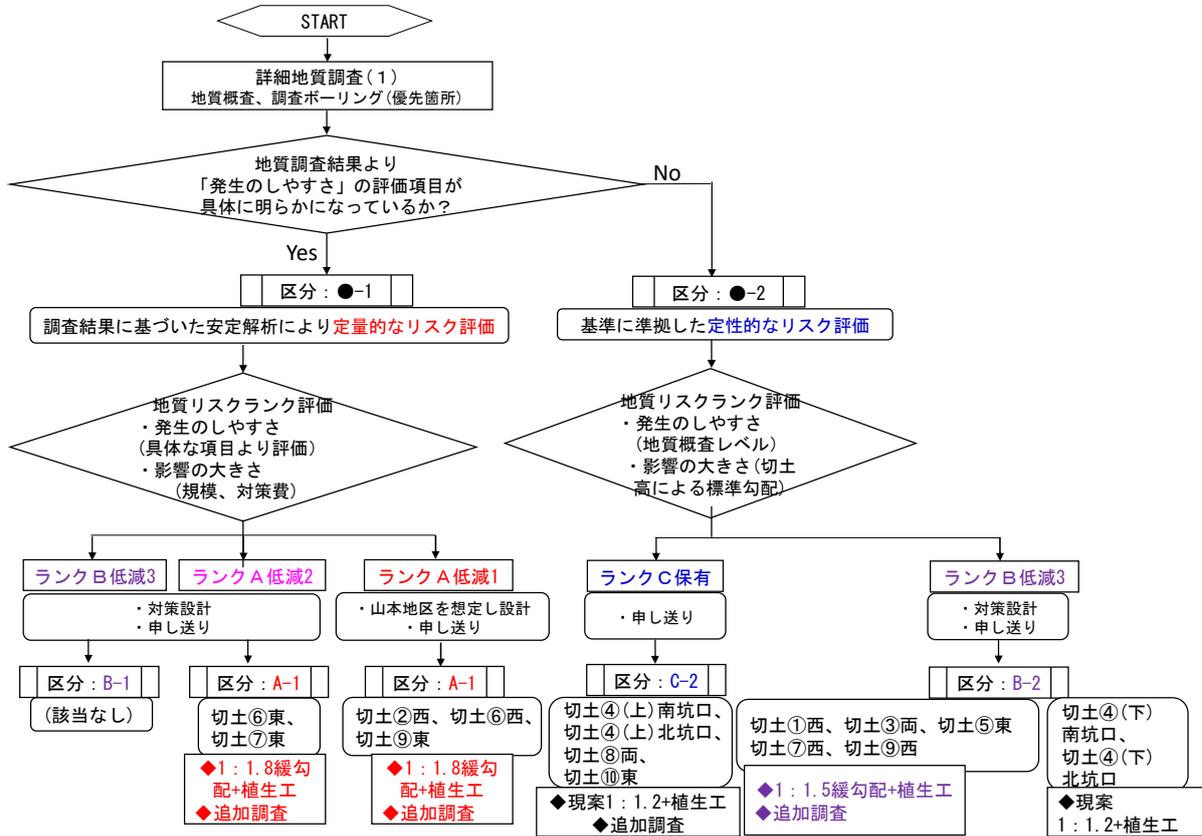


図-4 豊岡道路II期での検討フローと区分別リスク措置計画

表-5 リスクランクおよび対応方針別の対応計画（予備設計への反映）

リスクランク	対応方針	具体的な対応	想定事象の発現状態による対応計画（予備設計への反映）	
A	低減1・低減2	構造物や周辺環境に影響が出ない範囲へ回避もしくは標準的な工法以上の対策を講じる（詳細な調査や検討が必要）	想定事象が発現した場合、構造形式の変更が必要となる場合や、安全性が著しく低下する事象 ○対応案 ○切土計画 ○用地計画	
		事業化後の段階であり、詳細な調査を実施して、確実なリスク低減策を講じる。 ⇒斜面安定計算による検討より安全性と経済性から評価する	切土勾配見直し 切土勾配1:1.8 or 1:1.5 抑制工（または抑制工併用） (ex)グラウトアンカー工、杭工、切土補強土工（鉄筋挿入） ※切土勾配1:1.2（現案のとおり）	用地余裕幅は設計便覧の標準値 別途用地余裕幅を考慮 (ex)抑制工-アンカー工の先端考慮 抑制工-排土工余裕考慮
B	低減3	標準的な工法で対応（共通仕様書等に示される調査手法で対応が可能） 通常の地質調査を行い、調査結果に応じて対策工を検討する ⇒道路土工_切土工斜面安定工指針の標準勾配により設定。	想定事象が発現した場合、軽微な追加対策や、対策範囲の変更により対応できる事象 ○対応案 ○切土計画 ○用地計画	
C	保有	次の事業段階へリスクを保有	事前の低減対策等の必要性が低いため、施工段階や維持管理段階にリスクを保有する事象 ○対応案 ○切土計画 ○用地計画	
			切土勾配見直し 1:1.2（現案：都計計画のとおり） 法面保護工対応 部分的な法面対策工、抑制工 (ex)法枠工（一部鉄筋挿入工併用）、地下水排除工	用地余裕幅は設計便覧の標準値 別途用地余裕幅を考慮 (ex)抑制工-鉄筋挿入工の先端考慮
			切土勾配見直し 1:1.2（現案：都計計画のとおり） 法面保護工対応 植生工、簡易法枠工	用地余裕幅は設計便覧の標準値

表-6 リスクランクおよび対応方針別の対応計画 (後続調査および申し送り事項への反映)

リスクランク	対応方針	具体的な対応	想定事象の発現状態による対応計画(後続調査、申し送り)		
A	低減1	構造物や周辺環境に影響が出ない範囲へ回避もしくは標準的な工法以上の対策を講じるための詳細な調査や検討を行う。 事業化後の段階であり、詳細な調査を実施して、確実なリスク低減策を講じる。	想定事象が発現した場合、構造形式の変更が必要となる場合や、安全性が著しく低下する事象 ○対応案 追加調査計画 施工時の調査観測体制	○内容 調査ボーリング 水位観測 地すべり観測 地すべり観測 法面観察	○方針目的 凝灰岩層の分布の追加把握と観測孔設置 豊水期、融雪時の地下水挙動把握 現状の安定度の把握(法面内外のパイプ歪計) 動態観測による監視体制を併用した切土施工(パイプ歪計、法面内代表点の変位測量) 発注者/地質/設計/施工技術者による切土面の風化状況、凝灰岩分布、湧水状況の把握
	低減2	共通仕様書等に示される調査手法で対応 通常の地質調査を行い、調査結果に応じて対策工の必要性について検討する。	想定事象が発現した場合、軽微な追加対策や、対策範囲の変更により対応できる事象 ○対応案 追加調査計画 施工時の調査観測体制	○内容 追加調査計画 施工時の調査観測体制	○方針目的 切土施工時の観測孔として利用できる調査項目を検討 「低減1」と同等とする
B	低減3	共通仕様書等に示される調査手法で対応 通常の地質調査を行い、調査結果に応じて対策工の必要性について検討する。	想定事象が発現した場合、軽微な追加対策や、対策範囲の変更により対応できる事象 ○対応案 追加調査計画 施工時の調査観測体制	○内容 追加調査計画 施工時の調査観測体制	○方針目的 豊水期、融雪時の地下水挙動把握 動態観測による監視体制を併用した切土施工(法面内代表点の変位測量) 施工者による切土面の風化状況、凝灰岩分布、湧水状況の把握
C	保有	次の事業段階へリスクを保有	事前の低減対策等の必要性が低い場合、施工段階や維持管理段階にリスクを保有する事象 ○対応案 追加調査計画 施工時の調査観測体制	○内容 追加調査計画 施工時の調査観測体制	○方針目的 (異常があった場合に計画する) 施工者による法面の目視点検(亀裂、肌落ちなど異常の有無)

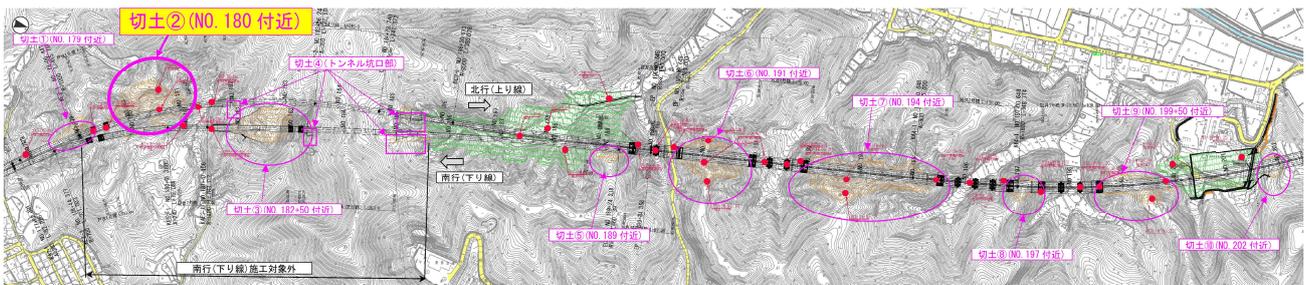
切土箇所の対応方針検討の一例として、地すべり地形を有する切土箇所の検討(図中:切土②箇所)を示す。

ここでは、地表調査および2本の鉛直調査ボーリングより、切土対象の礫岩が強風化され強度が低いことと、凝灰岩が切土に対して流れ盤で傾斜して出現する状況が確認されたため、崩壊対象事象として「1) 表層法面崩壊」「2) 大型椅子型すべりの発生」を想定した。

リスク対応計画として、切土法面勾配を1:1.2、

1:1.5, 1:1.8の3案により安定解析を実施し、各案で必要な法面对策工(植生工, グラウンドアンカー等)を計画し、安定性や経済性の比較から、切土勾配は1:1.8として法面保護工を植生工とする計画が、安定性(斜面安全率)と経済性が良い(都市計画時の計画からの追加コストが低い)と判断した。

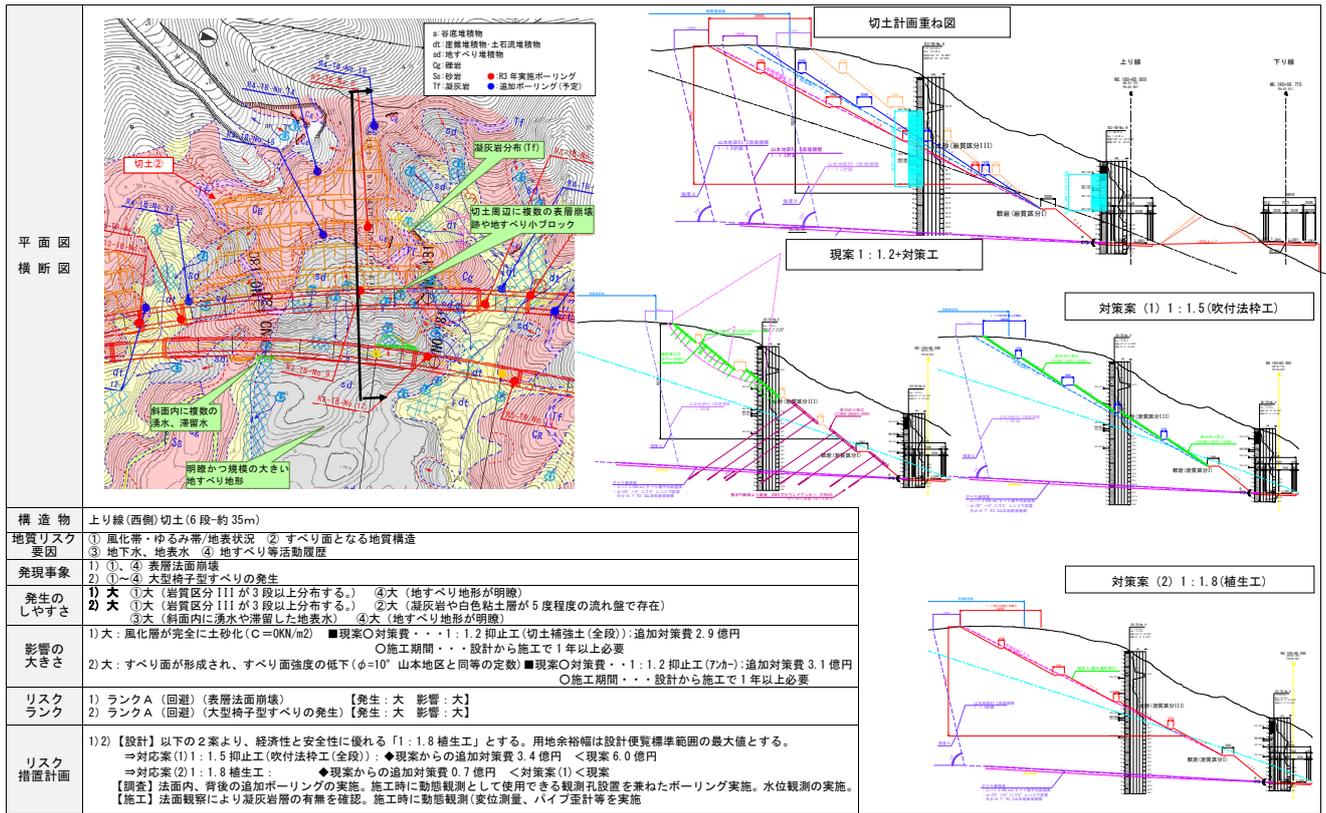
図-5に検討例箇所の位置図およびリスク評価結果を示す。また表-7に切土②箇所の検討例を示す。



地区	切土箇所	測点	R3年ボーリング	最大切土高	【地質リスクランク】 ◆対応措置	区分	地質リスク検討			留意点
							崩壊形態	発生のしやすさ	影響の大きさや評価	
戸牧地区	切土②	No. 180	R3-TB-No. 8 R3-TB-No. 9	西:約35m	【ランクA低減1】 発生:大×影響:大 ◆1:1.8 植生工 ←斜面安定解析結果より理由:安定性(斜面安全率)が高く追加コスト最も低い ◆追加調査	A-1	1) 表層法面崩壊 2) 大型椅子型すべり	1) 大(岩質区分IIIが3段以上、地すべり地形が明確) 2) 大(岩質区分IIIが3段以上、凝灰岩の流れ盤、斜面内に湧水等、地すべり地形が明確)	1) 大: 風化層が完全に土砂化(C=0KN/m2) ■ 現案・・・1:1.2 抑止工(切土補強土(全段))2.9(+3.1)億円 ー 口対応案(1)1:1.5 抑止工(吹付法砕工(全段)):3.4億円 ー 口対応案(2)1:1.8 無対策:0.7億円 2) 大: すべり面が形成され、すべり面強度の低下(φ=10°山本地区と同等の定数) ■ 現案・・・1:1.2 抑止工(アカー):(2.9+)3.1億円 ー 口対応案(1)1:1.5 すべりに対しては対策不要⇒1)の対応案踏襲 ー 口対応案(2)1:1.8 すべりに対しては対策不要⇒1)の対応案踏襲	砂防指定地

図-5 対応方針検討箇所位置図および地質リスク検討整理表(切土②例示)

表-7 切土②箇所事例 地表踏査および切土比較検討により対応計画検討整理表



8. まとめ

当事業は一部区間で法面予備設計が完了し、これまでの地質リスク検討結果により、事業管理者、設計技術者、地質技術者による三者会議により、リスク対応措置を決定した段階である。

今後、詳細設計段階へ引継ぐべき項目について、地質リスク引継ぎ票に整理して、今後の課題を示した。

引継ぎ時に地質リスクについて不明確な事項があれば追加の調査計画を行うなど、不確実性を低減させる方向で以下のような内容を検討する予定である。

- ①凝灰岩などの弱層が確認されている場合は、その連続性について把握できているか。把握できていない場合は、法面計画位置背後も含めた追加調査ボーリングを計画する。
- ②道路縦断方向に法面延長が長く、法面全体の地質状況が把握できていない場合も同様に追加調査ボーリングを計画する。
- ③1次調査における資料調査、現地踏査、調査ボーリング結果で地すべり等の懸念がある場合は、2次調査以降において孔内傾斜計やパイプ歪計などの機器の設置を検討すること。なお、法面背後の調査ボーリングなど、切土範囲外の調査ボーリング孔は施工時及び供用時の動態観測に使用する可能性についても検討する。

④調査精度の向上が期待される調査手法として、高品質ボーリングや口径の大きなボーリング調査によるすべり面深度の確認、ボーリングコア等のスレーキング試験等による材料特性の把握等の例があり、限られた調査の中で精度向上が期待できる手法があれば検討する。

一旦凝灰岩に起因する地質リスクが発現すると、その規模によっては事業全体工程の見直しや大幅な工法変更が必要な可能性も大きい。

今後事業段階が進行した段階において検討を行った箇所の状況を確認し、本検討で整理した本マニュアル(案)の見直しを行い、地質リスクに関する情報について時間軸を設けて、施工や維持管理段階まで共有できるよう整理を進めていきたい。

以上

参考文献

- 1) 日本道路協会: 道路土工指針切土工斜面安定工指針(平成 21年度版)(H21.6)
- 2) 近畿地方整備局: 地質リスク低減のための調査・設計マニュアル(案)改訂版(R3.3)
- 3) (公社)地盤工学会地盤材料試験の方法と解説[第一回改訂版](R2.12)

謝辞: 本論文を作成するにあたりご協力いただきました(株)エイト日本技術開発(豊岡道路(2期)戸牧地区道路予備設計他業務)のご担当者様、また、関係各位に感謝を申し上げます。

道路利用者の安全を最優先とした大雪対応への転換 ～大雪時のタイムラインの作成～

神谷 毅¹・湯佐 直也²

¹近畿地方整備局 福井河川国道事務所 道路管理課 (〒918-8015福井県福井市花堂南2-14-7)

²近畿地方整備局 福井河川国道事務所 河川管理第一課 (〒918-8015福井県福井市花堂南2-14-7)

過年度の大雪対応を振り返り、そこから生まれた教訓に基づき、関係機関で構成する福井県冬期道路情報連絡室で協議・調整を重ねながら、新しいタイムラインを作成した。

本論文では、「道路利用者の安全を最優先とした大雪対応の転換」となる、新しいタイムラインのポイントを紹介するとともに、タイムラインに基づき実施した訓練の内容や2021年度の雪害対応経験を踏まえ、新たに抽出された課題の報告を行う。

さらに「今後のタイムラインのあり方」についても、考察・報告を行うものである。

キーワード 危機管理、安全対策

1. はじめに

福井県は日本海沿岸地域のほぼ中央部に位置し、北陸圏、関西圏、中京圏の3つの圏域に属する地域的特性を有しており、北陸自動車道（以下、「北陸道」という。）や国道8号や27号は、圏域をつなぐ日本海側の道路ネットワークの大動脈である(図-1)。

冬期の気候は、季節風の影響を受けて多雪期が顕著であるが、中でも嶺北地域は典型的な北陸型の特徴を示すのに対して、嶺南地域ではやや山陰型の気候の特徴を示す。また、海岸部や山間部の多様な地形特性により、風向きなど気象のわずかなずれで雪の降る場所などが大きく変わる。近年ではJPCZ等による短期集中的な大雪が発生し、2018年2月や2021年1月には嶺北地域の北陸道と



図-1 福井県の主要幹線道路位置図

国道8号において、大規模な滞留・渋滞が生じるなど、道路利用者や県民生活に大きな影響を与えた。

2. 福井県冬期道路情報連絡室の概要

福井県冬期道路情報連絡室（以下、「連絡室」という）の前身である「福井県 道路情報連絡室」は、2006年豪雪時に福井県の嶺南・嶺北間で交通停滞が発生した原因のひとつである情報量・提供方法ともに十分ではなかったことや、情報提供を行うにあたり各管理者間の連携が密接ではなかったことの反省を受けて、各管理者の情報を共有し、効率的な除雪作業の実施や道路利用者などへ情報を提供することを目的に2006年度冬期シーズン



図-2 福井県冬期道路情報連絡室の概要

より福井県が主体で運営を開始している。

その後、2018年2月の大雪を受けて、名称を「福井県冬期道路情報連絡室」に改め、主体も国に変わり、情報共有や広報に加え、除雪支援などの交通確保に関する調整や協議、合同訓練の実施を盛り込んだ。

【福井県冬期道路情報連絡室で行う主な事業】

- ①各機関が収集する降雪状況と気象予測の情報共有
- ②通行規制、路面状況、交通状況の情報共有
- ③広報（交通需要抑制、広域迂回、通行規制予告等）に関すること
- ④通行止め予定区間、除雪体制等の共有、広域通行止め等に関すること
- ⑤その他、目的を達成するために必要な事項 など

3. 2021年（令和3年）1月の大雪の振り返り

2018年（平成30年）2月の大雪の経験を踏まえ、大雪への対応にあたり迅速かつ的確な判断を行うために必要なタイムラインの策定や予防的通行規制区間の設定などのソフト的対応とチェーン着脱場の設置などのハード的対応を進めてきたところであるが、2021年1月7日から10日にかけての強い冬型の気圧配置により、再び嶺北地域で短期集中的な大雪となり、北陸道で車両滞留が発生し、その解消までに長時間を要することとなった。

福井市では2日間で約100cm、大野市では3日間で約140cmの降雪を記録し、2018年2月豪雪に匹敵する大雪となった(図-3)。



図-3 2021年1月と2018年2月の日最深積雪・日降雪量¹⁾

(1) 北陸自動車道

この大雪により北陸道では、大型車のスタック車両を契機に約1,600台の滞留が発生し、通行止め時間は最大66時間20分（丸岡IC～福井IC）におよんだ。

この間、災害対策基本法に基づく区間指定を行い、警察、自衛隊、福井県の協力による物資配布、渋滞後尾からのUターン等による車両救出及び除雪作業を実施した。

また、滞留解消までに長時間を要する見込みとなったことから、県や運輸部局などと連携して、一時退避希望者（23名）に対して、ホテルや宿泊所の提供を実施した。

(2) 国道8号

北陸道（加賀IC～武生IC）の通行止めにより、並行する国道8号に交通が集中し、渋滞やスタック車両を起因とする滞留車両が発生した。

緊急車両等の通行に支障をきたす恐れが高まったことから、災害対策基本法に基づく区間指定（延長39km）を行い、警察と連携した通行規制や自衛隊と連携した集中



図-4 2021年1月大雪時の北陸自動車道、国道8号、中部縦貫自動車道の規制図

除雪や滞留車両の排出作業を実施した。

また、滞留車両乗員への支援として、自衛隊、福井県、自治体などと連携し食料、水、簡易トイレ等を配布した。

(3) 中部縦貫自動車道

トレーラなど、複数のスタックが発生し、1月8日14時より通行止めを行い、1月9日9時に解除したものの集中除雪のため、13時から再び通行止めを行った。

この間、滞留車両(41台)が点在していたため、除雪により自走による車両退出を急ぐとともに、乗員の長時間車中滞留を回避するため、了解の得られた乗員を路外へ救出し、車中待機を希望する乗員へ食料配布等を実施した。また、宿泊希望者については、ホテルを提供した。

(4) 2021年1月の大雪により生じた課題

2021年1月の短期集中的な降雪により生じた主な課題を以下に記載する。

a) 渋滞・滞留の発生・長期化

事前に国道と高速道路を同時に通行止めをすることもあり得ることを合意していたが、具体的な運用方法(事前広報、通行止め実施箇所、車両誘導方法等)についての検討が不十分で、北陸道においては、断続的に国道8号の渋滞等があったため、北陸道の予防的通行止めの実施を躊躇し、国道8号においては、北陸道が通行止めされ、交通が集中することが見込まれるにもかかわらず、同時通行止めを実施せず、スタックが頻発した(写真-1)。



写真-1 北陸道の滞留(左)と 国道8号の渋滞状況(右)

b) 正確な情報の把握

現場に滞留状況を確認する人員が十分でなく、かつ他業務と兼務で行っていた。途中から現場状況把握のため専任の確認班を配置したが、その規模も十分でなかった。

c) 現地機関の体制確保と関係機関間の連絡体制の構築

朝夕の定例会議以外の情報共有は口頭で共有することが多く、必ずしも十分な共有が図れていなかったことや渋滞延長は情報共有はされていたものの、滞留台数やスタック車両の撤去見込みなどの重要情報や現地の危機感の共有が十分ではなかった。

また、重要情報であるとの認識が不足したことにより、道路管理者及び県から市町への情報共有が遅れた。

d) 滞留者の救助・支援

滞留者の安否確認、一時避難等の意向把握について、複数箇所で滞留車が発生したため、人員不足となり体制確保に時間を要した。

e) 広報、情報提供

広報の対象、内容、頻度が不十分であった。また、荷主に対して十分な広報が行えてなかった。

4. タイムライン改定のポイント

2020年度は北陸道だけでなく、2020年12月に関越自動車道でも大規模な車両滞留が発生するなど、全国各地で社会経済活動に多大な影響を及ぼす事態が発生した。

こうした状況を踏まえ、国土交通省では有識者で構成される「冬期道路交通確保対策検討委員会」を開催し、2018年にとりまとめられた「大雪時の道路交通確保対策中間とりまとめ」(以下、「中間とりまとめ」という。)を改定した(2021年3月)。

中間とりまとめでは2020年度の事象について、人流・物流への影響を最小化する観点から、高速道路とそれに並行する国道を交互に通行止めし集中除雪することで交通を確保しようとする意識が強く、高速道路で立ち往生が断続的に発生していたものの、後続の車両が徐々に流れており滞留は解消できると考えたことや通行止めを躊躇したことが、結果として大規模な車両滞留の発生やその長期化の一因としている。

これらの事象を踏まえ、大規模な車両滞留の発生や長期化を回避することが結果として「道路ネットワーク機能への影響を最小化」することになることから、最大限の除雪に努めつつ「人命を最優先に、幹線道路上の大規模な車両滞留を徹底的に回避する」ことに考え方を転換した。

連絡室では、2021年1月の大雪の課題とこの中間とりまとめを踏まえ、集中的な降雪により安全な交通確保が困難になると認められる場合に、躊躇無く予防的通行止めを行うための必要な行動計画を記したタイムラインを作成した。

タイムラインの主な改定ポイントを以下に記載する。

(1) 改定ポイント

a) 躊躇無く予防的通行止めを行うためのメルクマールやトリガーの位置付け

2021年1月の大雪に伴う渋滞・滞留の一因は、3.(4a)で記載した通行止めの実施を躊躇したことである。

そのため、タイムラインには、躊躇ない通行止めの実効性を高めるため、通行止めの判断や準備を開始するための複数のメルクマールやトリガーを位置付けた。

具体的には、強降雪が見込まれる4日前にトリガーとして、継続的な強降雪の降雪量を定量的に設定し、設定した降雪量を上回る予測の場合は、通行止めの「予定区間」と「時期」を検討することとした(表-1)。

また、高速道においては、実際に通行止めを開始する

表-1 福井県 大雪対応のタイムライン (抜粋) 4日前

時間	トリガーと主な行動
4日前	<p>【トリガー】 各道路管理者の降雪予測により強降雪が継続する可能性がある予測</p> <ul style="list-style-type: none"> ・嶺北(奥越) 45cm/12時間 ・嶺北(南部) 40cm/12時間 ・嶺北(北部)・嶺南 35cm/12時間 <p>【行動】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・情報連絡室の開設【情】 ・通行止め「予定区間」と「時期」の検討【国】【N】 ・除雪体制の検討【国】【N】

表-2 福井県 大雪対応のタイムライン (抜粋) 3h前

時間	トリガーと主な行動
3h前	<p>【トリガー】 高速道において、強降雪などにより路面状況や交通状況(走行速度の低下等)が悪化傾向の状況で、今後も降雪が継続する予測</p> <p>【行動】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・予防的通行止めの実施を総合的に検討【N】 <p style="text-align: center;">↓</p> <p>【トリガー】 高速道の予防的通行止めの実施を判断</p> <p>【行動】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・渋滞調査班は現地基地へ移動【国】 ・直轄国道の同時通行止め等の検討【国】 ・ホットラインの実施(判断の情報)【N】 ・通行止めを実施するための準備開始【N】

3時間前を予防的通行止め実施を判断するタイミングとし、路面や交通が悪化傾向の状況下で、今後も降雪が継続する予測の場合、予防的通行止めの実施を総合的に検討することとした。また、並行する国道においては、高速道が通行止め実施を判断したことをトリガーとして、同時通行止めを検討することとしている(表-2)。

なお、そのタイミングでの国道の通行止めを見送った場合も、高速道通行止め中において、随時、路面状況や降雪状況、交通状況、今後の降雪予測等から総合的に同時通行止め等の判断を行うこととしている。

b) 多様な広報媒体による出控え等の繰り返し呼びかけ

2021年1月の大雪時においても、外出自粛や予防的通行止めの可能性について、マスコミ及びトラック協会などへ広報を行ったが、大型車の流入が止まらなかった。また、滞留者も含め道路利用者への情報提供が質・量・頻度ともに不足していた。

このため、各機関が多様な広報媒体の活用や、具体的な行動の必要性をより訴求する等、情報提供の方法・対象範囲や頻度・内容を見直すこととした。

まず、冬期シーズン前に従来から行っていた要請について、内容を見直すこととし、特に荷主団体には十分な広報が行えていなかった反省を踏まえ、トラック事業者等への不要不急の運送依頼の見合わせ等、より具体的に要請内容を記載した。さらに、荷主団体に所属する企業を一同に集め、交通確保への取り組みや大雪時の出控えな

どの呼びかけを直接行った。

また、大雪が予測される場合は、タイムラインの各段階において各機関がLアラート、SNS、防災アプリ等、多様な広報媒体を活用し、頻度を増やして発信することとした。発信する内容も、大雪が予測される日が近づくにつれ予測精度も高まるため、以下の例のように詳細な情報を発信していくこととした。

＜例＞通行止め可能性区間の情報提供

3日前 北陸自動車道●●JCT～●●JCT

2日前 北陸自動車道●●IC～●●IC

1日前 北陸自動車道●●IC～●●IC (●日 朝)

※以後、6時間毎に更新

なお、タイムラインでは、新たに広報の列を設け、各機関が行う広報を集約して、各段階で行われる広報が一目でわかるように工夫した。

c) 降雪予測、通行止めの可能性のある区間や広報計画など各段階での情報共有

2021年1月の大雪では、3.(4)c)で記載したとおり、十分な情報共有や危機感の共有が図れていなかったことや、さらには情報共有が不足したことにより、市町への情報共有が遅れたことが、課題のひとつとしてあがった。

そのため、タイムラインに連絡室の列を新たに設け、降雪予測、通行止めの可能性のある区間や広報計画など、各段階で連絡室内で共有すべき情報や調整する事項を具体的に記載した。また、従来の県から市町へという通常ルートによる連絡に加え、重要情報については早期に共有をはかるため、道路管理者から首長に直接連絡することを盛り込んだ(ホットライン)。

d) 広域的通行止めを決定するための関係機関との調整

2021年1月の大雪では、北陸道通行止めに伴い、国道8号が渋滞の状態を実施した集中除雪により、10kmを越える渋滞が発生し、さらに渋滞中での集中除雪となったため交通開放までに時間を要するなど悪循環となった。

このように大雪により車両の滞留の発生が予見される時には幹線道路上の大規模な滞留発生を回避するために、県単位にこだわらず、広範囲に予防的な通行止めを行い、集中的な除雪作業を実施する必要がある。また、広範囲に予防的な通行規制を行うにあたっては、広域迂回や交通抑制策も併せて調整しておくことが重要である。

タイムラインでは福井県への流入抑制が必要な場合に

表-3 福井県 大雪対応のタイムライン (抜粋) 1日前

時間	冬期道路情報連絡室
1日前 (24h前)	<p>■県内への流入抑制が必要と判断した時</p> <p>①「広域的な通行止めに伴う連絡室合同調整会議(仮称)」を開催し広域的な通行止め区間等の調整等を行う</p> <ul style="list-style-type: none"> (1)広域的な通行止め区間 (2)Uターン場所 (3)広域的な迂回ルート (4)各機関の広報計画

は、1日前に隣接府県と広域通行止めに伴う連絡室合同調整会議（以下、「合同調整会議」という）を開催し、広域的な通行止め区間やUターン場所などの調整・情報共有を行うこととした(表-3)

なお、合同調整会議で速やかに合意できるよう、予め冬期シーズン前に石川県や滋賀県の情報連絡室と広域迂回、Uターン地点、案内計画、さらには広域的な通行止めの調整を行う実施手順などの調整を行った。

5. 2021年度の訓練及び雪害対応を踏まえた課題

(1) 合同訓練・要請等

冬期シーズンを迎えるにあたり、短期間の集中的な大雪に対し、通行止めなどの実効性を高めるため、関係機関が合同で訓練を行い、連携体制の確認を行った。また、訓練や冬用タイヤ装着率調査の実施時にあわせて、冬用タイヤの装着やタイヤチェーンの携行など啓発活動を行った(表-4)。

①大雪想定訓練では、タイムラインに新たに盛り込んだ合同調整会議を、2021年1月の大雪で大規模な滞留・渋滞が発生した石川県との県境部にあたる嶺北において警報級の大雪となる予測を想定し、試験的に開いた。

訓練には、福井県の連絡室の構成機関を始め、石川県情報連絡本部の構成機関、さらには近畿及び北陸の整備局など約50人が参加した。合同調整会議では、気象台の気象予報や道路管理者の降雪予測などを踏まえて、北陸道と国道8号の同時通行止めとする区間や開始・解除の予定時間を協議し、広域迂回ルートやUターン地点の確認を行った。合同調整会議を進める中で、国道8号が通行止めとなった場合に、その旨を北陸道の情報板に掲げることや先に北陸道を通行止め解除する際にはアクセス道路や国道8号の除雪状況を踏まえて慎重に判断すること等、本番さながらの活発な発言が見られた(写真-2)。

②現地対応訓練においては、予防的通行止めの実効性

を高めるため、予防的通行止めを想定した車線規制や、国道8号のチェーン着脱場を活用した冬用タイヤチェックや立ち往生車両のけん引作業の訓練を行った。訓練では、実施手順や福井県警との連携体制の確認を行い、訓練結果を踏まえて手順等の見直しを行った。また、訓練時に4車線区間において規制を行うことによる交通へに影響を調査し、交通量が多い道路で予防的通行止めや冬用タイヤチェックを行うにあたっては、十分な広報を行い交通量の抑制をはかったうえで実施することが特に重要であることを確認した(写真-3)。



写真-2 ①大雪想定訓練



写真-3 ②現地対応訓練

(2) 2021年度の雪害対応と課題

a) 2021年度の雪害対応の実績

2021年度は降雪に伴う事故等による通行止めはあったものの2018年2月や2021年1月のような短期間の集中的な大雪はなかった。しかし、強降雪が予測される回数は多く、結果、連絡室は6回開設し、計19回の調整会議を行った。また、県を跨ぐ予防的通行止めの可能性があったため隣接府県との広域通行止めに伴う連絡室合同調整会議も京都府、滋賀県、石川県とそれぞれ開催した(表-5)。調整会議は初めての開催にも関わらず冬期シーズン前に訓練で経験し、調整・確認事項が共有できていたため、速やかな調整が行えた。

なお、連絡室開設後、強降雪が予測される期間は福井河川国道事務所へ常駐することを基本としていたが、事務所にコロナ感染者が出たため、感染予防対策として2

表-5 2021年度の大雪対応の実績

連絡室開設期間	調整会議(回)	大雪に関する緊急発表	主な通行止め可能性の発表	広域調整会議	通行止実績 ※は原因
① 12/17~18	3		・北陸道、舞若道 ※滋賀県境跨ぎ		・北陸道 ※事故
②-1 12/22~28	10	12月24日	・舞若道 ※京都府境跨ぎ	京都府(1回)	・R8下り(滋賀県境部) ・北陸道、舞若道(滋賀県跨ぎ) ※滋賀県のR8集中除雪
②-2 12/28~31			・R8、R161 ※滋賀県境跨ぎ ・北陸道 ※滋賀県境跨ぎ	滋賀県(2回)	
③ 1/11	1	1月13日(近畿北中部を対象)			・北陸道、舞若道(滋賀県跨ぎ) ※事故
④ 1/19	1				・舞若道(N西管内) ※緊急工事
⑤ 2/2~6	2		・北陸道 ※石川県境跨ぎ	石川県(1回)	・北陸道(滋賀県跨ぎ) ※スタック車両
⑥ 2/14~17	2	2月14日			

表-4 2021年度 訓練・要請等の実績

番号	訓練等	実施機関	開催日
①	大雪想定訓練	福井県冬期道路情報連絡室	11/11(木)
②	現地対応訓練	福井河川国道	11/11(木)
③	滞留車両救出訓練	NEXCO中日本	11/12(金)
④	除雪機械技術講習会	福井河川国道 福井県	11/26(金)
⑤	鋼製移動式防護柵開閉訓練	NEXCO中日本	11/29(月)
⑥	福井県冬用タイヤ装着率調査	福井河川国道 福井県 NEXCO中日本	12/7(火)
⑦	荷主団体へ要請	福井県冬期道路情報連絡室	12/9(木)
⑧	雪害対応合同訓練(タイヤチェック訓練)	福井河川国道 あわら警察署	12/14(火)
⑨	冬期間の安全・安心な交通確保に向けた事業者説明会	福井県冬期道路情報連絡室	12/20(月)

月の連絡室はWEBによる常駐とした。構成機関からは大きな課題となる意見はなかったため、今年度以降も気象予報等を参考に交通混乱の可能性の度合いに応じて事務所常駐とWEB常駐を使い分けていく方針としている。

b) 2021年度の雪害対応の課題

2021年度は記録的な大雪はなかったものの、雪害対応を振り返ると大きく3点の課題があがった。

1点目は予防的通行止め可能性区間の公表である。2021年度は、高速道においてNEXCO中日本管内で4回、NEXCO西日本管内で1回、直轄国道で1回公表したが、実際の降雪量が降雪予測より下振れしたこともあり、いずれも予防的通行止めは行わなかった。一方、交通量は広報の効果もあり減少傾向が見られたが、今後もこのような状況が続いた場合、その効果が薄れ、真に必要な時に交通総量の抑制が期待できなくなることが懸念される(図-5)。

そのため、民間気象会社による降雪予測の精度向上を期待するとともに、各道路管理者も2021年度の降雪実績と除雪能力等から検証し、予防的通行止め可能性を公表する目安の精度を高める必要がある。

2点目は広報の改善である。2021年度は、強降雪が予測される日が近づき予測精度が高まるにつれ、公表する内容も詳細に記載している。現在は通行止め開始の可能性がある時間帯まで情報提供しているが、終了の目途がわかれば企業や道路利用者もある程度計画を立てやすくなる。

ただし、解除見込みは予測からのずれや作業状況によっても大きく変更することとなり信憑性が高まらない可能性もあることから、開始の時間帯と同様に一定の幅を持たせたり、強降雪が治まる見込みの時間帯とするなど、情報提供の内容については検討が必要である。

3点目は実際に予防的通行止めを行う時の判断である。予防的通行止め可能性区間の公表と違い、降雪予測だけでなく、路面状況、降雪状況、除雪体制、交通状況など総合的に判断する必要がある。

今年度は、実際に予防的通行止めを行うような状況までにはいたらなかったが、交通障害が発生する前に判断する必要があるため、非常に難しいオペレーションである。どういう事象になると通行止めを判断するのか、過

去の大規模滞留につながった際の降雪状況や交通状況などの事例を整理し、それらを参考に大雪対応のシミュレーションを重ねていくことが肝要である。

また、予防的通行止めの実施を判断するにあたり、関係機関への理解を得ることも重要であることから、早め早めに降雪状況や降雪予測、路面状況など通行止めの可能性があることについて共有を図ることも大切である。

6. 今後に向けて (タイムラインのあり方)

改定したタイムラインは、「大雪に関する緊急発表」が行われた場合を想定しており、ケースとしては2021年1月など記録的な大雪時を想定しているが、実際は、タイムラインの内容どおりに事態が進行するとは限らず、新たな状況に対して関係機関が協議を行った上で意思決定し、臨機応変に対応していくことが必要となってくる。

このような、臨機応変な対応も含め大雪への対応能力の強化を図るべく、関係機関が合同で訓練を行い、連携体制について常に確認・見直しを行うことが重要である。

また、タイムラインと実際の行動との比較や、行動の結果生じた事象を基に振り返りを行い、その検証結果をタイムラインに反映させ内容を充実・強化していくことも重要である。

7. おわりに

2021年1月の大雪対応の教訓を踏まえ、タイムラインの作成、関係機関の連携や情報共有の強化、広報の強化をはかってきた。

しかし、短期間の集中的な大雪に対して、人命にも影響を及ぼすおそれのある大規模な車両滞留の発生を回避するためには、道路管理者の除雪体制強化の積み増しや関係機関との連携強化だけでは限界がある。大雪に関する緊急発表が行われるような大雪が予測されている時には、企業や道路利用者・地域住民に非常時であることを認識してもらい、出控えなどを主体的に取り組む協力が不可欠である。

そのため、本稿で報告した取り組みを関係機関と連携して充実・強化させていくとともに、道路利用者等への行動変容を促す取り組みも粘り強く繰り返し実施していきたい。

参考文献

- 1) 福井地方気象台：令和3年1月大雪の振り返り

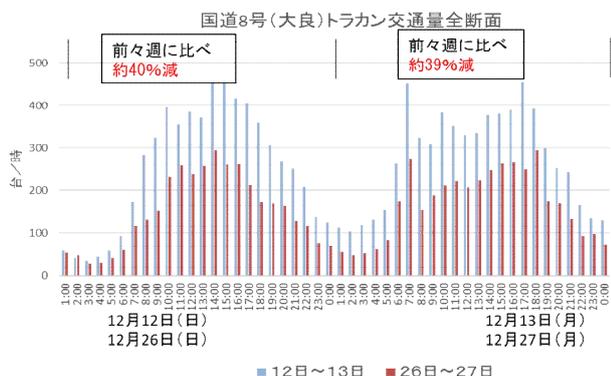


図-5 通常時と大雪予想時の交通量

関西国際空港の越波防止対策における 早期強靱化について

田中 さち・江川 祐輔

関西エアポート株式会社 基盤技術部 空港島保全グループ

(〒549-8501 大阪府泉佐野市泉州空港北1番地)

関西国際空港1期島では、2018年台風21号により未曾有の浸水被害が発生した。1期島の大部分が浸水したことによって空港機能が麻痺し、旅客ターミナルの全面復旧まで2週間以上を要する甚大な被害となった。被害の復旧を果たすと同時に、関西エアポート株式会社は、被災の原因究明を行い、二度と同様の被害を繰り返さぬよう、防災機能強化対策に取り組んできた。同事業のうち、護岸部での越波対策では、その施工にあたり航空当局や周辺事業者と調整し、施工条件を整えることで、空港の強靱化を早期に実現することができた。本論文では、これら一連の取り組みについて報告する。

キーワード 空港, 越波防止対策, 強靱化

1. はじめに

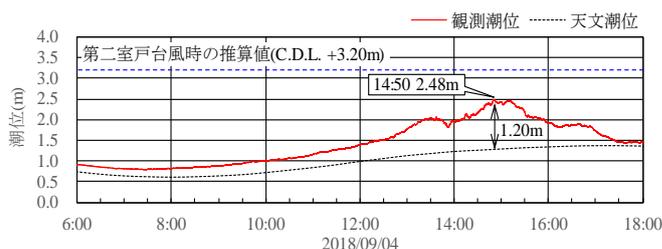
関西国際空港（以下、関西空港）では、2018年台風21号の襲来により、滑走路等の施設や航空機給油施設、貨物地区、ターミナル地区といった1期島の大部分が冠水した。その結果、第1ターミナルビルの約50%の電源喪失等が発生したことで各種機能が麻痺し、全面復旧まで約2週間を要する甚大な浸水被害が発生した。このような長期にわたる空港機能の停止は、関西圏の人流・物流に大きな影響を与えることとなった。

関西空港の空港運営者である関西エアポート株式会社（以下、当社）は、空港の設置管理者である新関西国際空港株式会社と共同で、二度と同様の被害を起さぬよう、空港の強靱化に取り組んできた。同事業のうち延長6km以上にわたる護岸部での越波対策では、設計条件を新たに設定し、既設護岸の嵩上げおよび護岸前面への消波ブロックの追加設置等を実施した。早期の強靱化が求められるなか、これらの対策では、航空当局との調整を行い、航空の安全を確保したうえで施工に有利な条件を整えたとともに、消波ブロックの施工においては大量の資材供給を可能にし、急速施工を実現するなどの工夫を取り入れた。以上の取り組みにより、当初想定より大幅に工期を短縮し、空港の強靱化を実現することができた。本論文では、これら一連の取り組みを報告する。

2. 台風21号による被災状況および災害対策¹⁾²⁾

(1) 台風21号の概要および被災状況

台風21号は、2018年9月4日13時過ぎに、関西空港のすぐ西側を中心気圧約955hPaのまま、時速約60km/hで通過し、想定を超える高波を発生させた。関西空港2期島の南西沖に設置されている観測塔での潮位記録は、天文潮位を1.20m上回る最高潮位C.D.L.+2.48mを記録した（図-1）。



* C.D.L.00m=TP.-0.816m

図-1 潮位の時系列変化

(2) 被災状況

図-2は台風21号通過後、撮影された航空写真である。関西空港1期島の広範囲が冠水していることが分かる。

図-3（左図）に示すのは、1期島東側に位置するVOR/DME部での護岸が海側に大きく転倒したものである。このような護岸の損傷は、関西空港島内への浸水を助長した原因のひとつであった（図-3（右図））



図-2 冠水した関西空港1期島

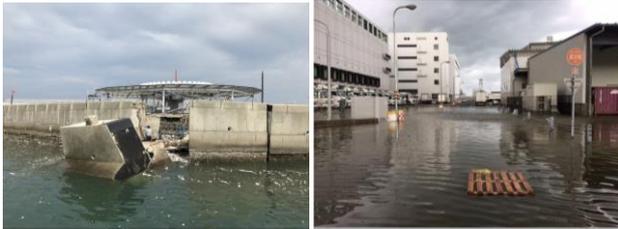


図-3 被災状況

(3) 災害対策の方針

2018年台風21号での被災を受け、当社および新関西国際空港株式会社は災害発生原因の究明と今後の災害対策の方針を策定するため、京都大学防災研究所の平石哲也教授を委員長とした「台風21号越波等検証委員会」（以下、委員会）を立ち上げた。委員会による調査の結果、島内への総浸水量は約230万～270万m³で、浸水の主要因は想定を超える高波が護岸を越波したことであることが明らかになった。

当社は、委員会の助言のもと、今後同様の被害を繰り返さないよう台風等の高潮・高波時に対する「越波防止対策」に加え、想定外の浸水が発生した場合においても主要な空港機能を守るための「浸水被害防止対策」、さらには、被災後の早期復旧を果たすための「排水機能確保対策」という3本柱で防災機能強化を行う方針を策定した（図-4）。

越波防止対策は、図-5に示す護岸嵩上げ、消波ブロック設置、防潮壁の整備からなるものである。越波防止対策の計画にあたっては、1955年以降、2018年台風21号を含む63年間の波浪に関するデータ（429データ）を統計解析して、新たな設計波浪条件を設定している。

護岸嵩上げの対象区域は、台風21号で著しい越波があった東側・南側護岸に加えて、調査で今後の越波リスクが明らかになった北側を含んでおり、総延長6km以上に及ぶ。一方、消波ブロック設置の対象区域は、航空機の安全運航確保の観点から、護岸の嵩上げに制約がある東側護岸の大部分と南側護岸の全区間を含んでおり、総延長4.7kmに及ぶ。また、南側については、護岸を越波した水が滑走路側へ浸水しないよう、控え堤として防潮壁を新設した。

各護岸での旧設計条件および新設計条件の設計波浪高

さと護岸および消波ブロックの必要高さ、新設計条件の断面図を図-6に示す。なお、新設計条件では今後20年程度の気候変動による海面上昇量を考慮している。いずれの護岸も、新設計条件による必要高さの方が高くなったことが分かる。

これらの越波防止対策の効果をシミュレーションで検証した結果を図-7に示す。2018年台風21号のクラスの台風が再来する場合、約230万～270万m³の浸水量が想定されていたが、新条件に対応した越波防止対策により浸水量が約1万m³にまで抑えられる結果となっている。

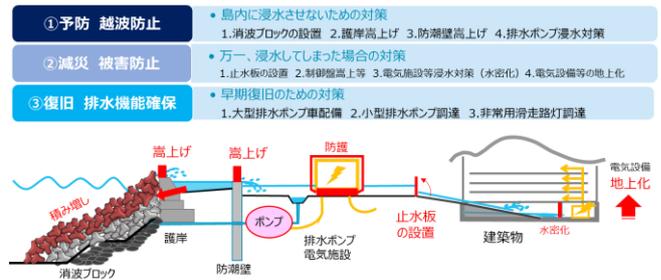


図-4 防災機能強化における方針

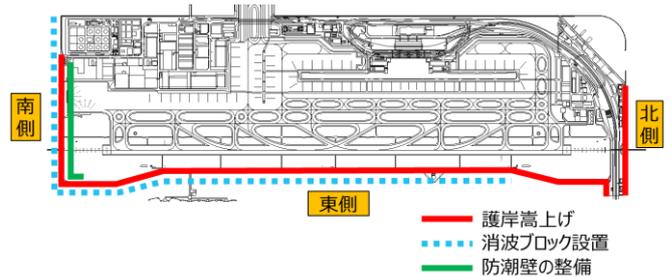


図-5 越波防止対策

エリア	南側護岸		東側護岸		北側護岸		
	旧	新	旧	新	旧	新	
設計条件	なし	あり	なし	なし	あり	なし	なし
消波工の有無	なし	あり	なし	なし	あり	なし	なし
①設計波高 (50年確率波)	3.6 m	3.9 m	1.7 m	2.2 m	2.8 m	3.4 m	
②護岸必要高 CDL	+6.0 m	+6.3 m	+4.5 m	+5.6 m	+4.6 m	+5.0 m	+7.6 m
③消波ブロック必要高 CDL	-	+4.8 m	-	-	+3.4 m	-	-
(参考) 嵩上げ量	-	1.5 m	-	2.7 m	1.7 m	-	2.7 m

※新条件は、今後20年程度の海面上昇量0.1mを考慮

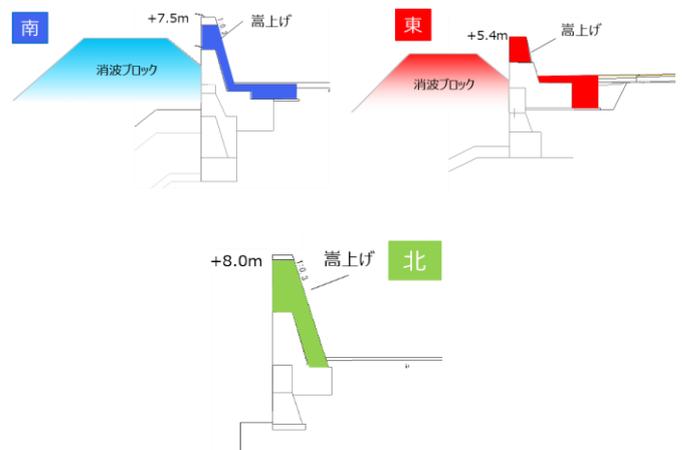
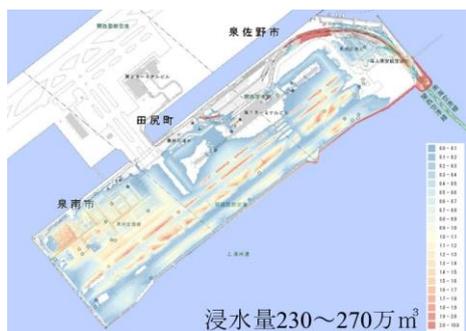


図-6 設計波浪高さと断面図



(a) 対策前



(b) 対策後

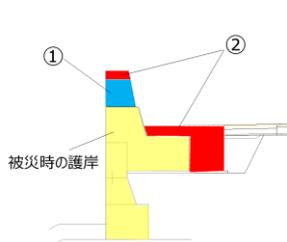
図-7 越波防止対策シミュレーション結果

3. 早期強靱化のための取り組み

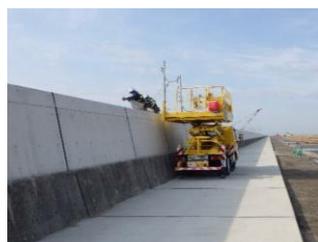
(1) 護岸嵩上げの早期着工

約4.3kmと延長が長く、台風21号の際に最も越波量の多かった東側護岸については、台風被災時に既に旧設計波による嵩上げ計画が存在していた。そこで新設計波に対する断面設計を進めつつ、早期に越波に対する性能を確保するために2019年5月より図-8 (a)中の見直し前の嵩上げ計画断面①を先行着工することとした。さらに新設計波に対応する嵩上げ計画断面②の形状が確定した段階で速やかに2段階目の施工を行った。この結果、東側護岸については断面①の先行嵩上げが2019年11月に完了し、断面②の2段階目の嵩上げが2020年11月に完了した(図-8 (b))。

それぞれ延長が約2.0kmの南側護岸および北側護岸については、新設計波を考慮した設計断面を施工し、2021年4月に嵩上げが完了した(図-8 (c) (d))。なお、2019年の夏以降、台風の接近はあったものの、顕著な越波被害は発生していない。



(a) 東側護岸断面



(b) 東側護岸嵩上げ後



(c) 南側護岸嵩上げ後 (d) 北側護岸嵩上げ後

図-8 各護岸嵩上げ状況

(2) 消波ブロックの大量急速施工

越波防止対策の一つとして1期島の南側および東側の延長約4.7kmに対して、約4万個もの大量の消波ブロックを設置する計画となっていた。極力早期に強靱化を実現するには、消波ブロックの1日あたりの製作個数を増やす必要があった。当初消波ブロックの製作ヤードとして計画していた関西空港2期島ではコンクリート供給元となるプラントが限定され、大量かつ安定した供給が困難な状況であった。そこで、関西空港島外での製作ヤード用地について大阪府と調整し、阪南二区(岸和田市)を使用することとした。この結果、関西空港島内と岸和田の2箇所での製作が可能となり、1日あたり約1,100m³のコンクリートの大量安定供給を実現することができた(図-9 (a)~(c))。

消波ブロックの発注にあたっては、断面諸元や施工条件、波浪条件等の基本的条件を示しつつ、施工業者のより自由度の高い提案を引き出せるRFP(提案依頼書)を発出する方式を採用した。その結果、空隙率が高く経済性に有意な消波ブロックが各社から提案されたため、コンクリート量を大幅に削減することができ、工期の短縮およびコスト削減を実現できた。



(a) 消波ブロック製作ヤード位置図



(b) 関西空港2期島ヤード



(c) 阪南二区 (岸和田市)
図-9 消波ブロック製作ヤード

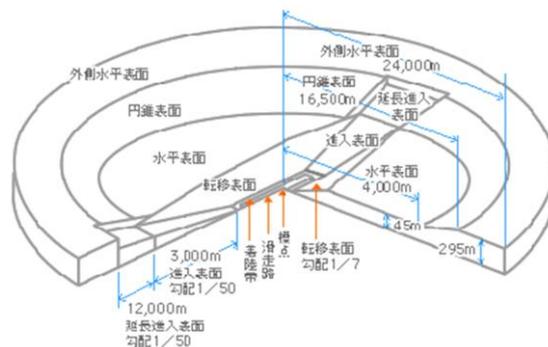


図-10 制限表面

(3) 空港特有の制約への対応

航空法では、航空機が安全に離着陸するために、滑走路を中心として障害物がない一定の空間として制限表面が定められている(図-10)。空港内の工事においてはこの制限表面を確保するという空港特有の制約がある。護岸の嵩上げにおいてはこの制約によって、滑走路閉鎖時の夜間かつ週3日という限られた時間での作業となり、必要工期が長くなる懸念があった。そこで、大阪航空局と事前に十分な調整を行い、進入表面および内側転移表面(図-11)の確保を必須とするとともに航空機の安全な離着陸を確保できる条件を設定することで、航空機の離着陸している昼間の時間帯においても施工できることとなった。具体的には、図-12に示すように施工エリアを計14のエリアに細分し、各細分エリアで作業可能な重機の高さや気象条件を詳細に設定した。

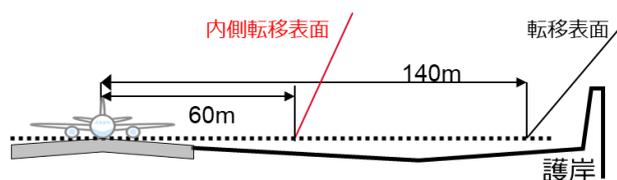


図-11 転移表面と内側転移表面

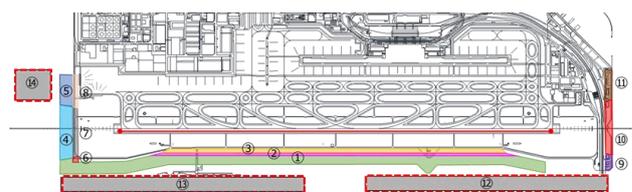


図-12 施工エリア

また、制限表面のみならず、空港には航空機を安全に離着陸させる様々な通信機器や無線施設等などがあり、重機作業のシミュレーションにより電波に影響がない高さを検証しながら施工を進めた。

このように空港を運用しながらの工事であったが、一連の工夫と多くの関係者・事業者の協力により、当初計画の2023年3月完成予定に対し、2021年10月に災害対策工事が完了し、早期強靱化が実現できた(図-13)。

4. おわりに

関西空港では、2018年台風21号による被災を受けて、被災直後から約3年に渡り防災事業として越波防止対策を進めてきた。騒音問題の観点から沖合5kmにつくられた関西空港では、全周海に囲まれた立地条件であることから越波対策は切り離せない問題である。本論文で示した越波防止対策における早期強靱化の一連の取り組みによって関西空港は現在、2018年台風21号クラスの台風・高波が再来しても、顕著な被害を受けることなく空港機能を維持できるようになった。今後はこれらの対策施設が所定の機能を発揮できるようにモニタリングおよび維持管理に努める予定である。引き続き、空港を安全・安心にご利用いただくための環境づくりを進めていきたい。

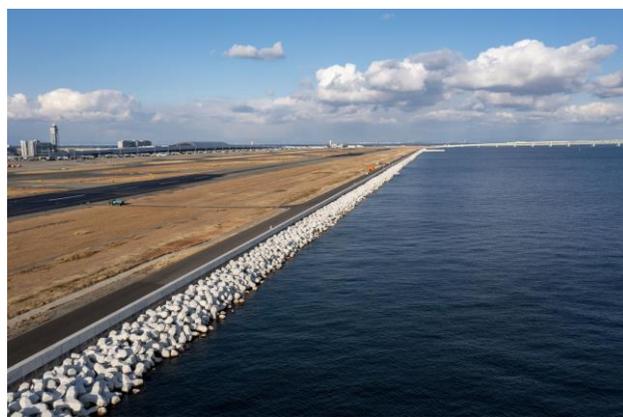


図-13 消波ブロックの設置完了状況

参考文献

- 1) 伊藤康佑, 片木聖樹, 水上純一, 熊谷健蔵: 「関西国際空港における台風201821号による浸水要因と浸水状況の再現」, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol.75, No.2, pp.307-312, 2019
- 2) 塚野裕太, 瀬口均: 「2018年台風21号による被災を受けた関西国際空港の越波対策について」, 令和2年度近畿地方整備局研究発表会

鹿野園地区 地すべり対策工事に関する 取り組みについて

池田 明信

奈良県 奈良土木事務所 工務第二課 (〒630-8303奈良県奈良市南紀寺町2-251)

奈良市鹿野園町で発生した大規模地すべりについて、発生当初から対策工事が進む現在に至るまでの取り組みについて紹介する。ソフト対策としては、地すべり発生直後に避難所を開設した他、伸縮計・GPS・水位計・定点撮影等による24時間監視体制を構築した。また、ハード対策では、地すべりブロック末端部を流れる一級河川岩井川の河道閉塞発生に備えた事前の応急対策工事等の他、頭部排土工、グランドアンカー工及び横ボーリング工といった恒久対策工事を実施した。今後は地すべりの発生原因となった地下水の分布と流入経路を特定し、その結果に応じて集水ボーリング等の抑制工を追加検討していくことが必要だと考える。

キーワード：地すべり，ソフト対策，ハード対策，地下水

1. はじめに

奈良市街地の南東部に位置している奈良市鹿野園町は昔から地下水の豊富な場所であり、周辺住民に利用されてきた。その一方でこの地下水による影響と推察される地すべりが1992年に発生しており、地すべり対策実施後の1995年には国土交通省の「地すべり防止区域」に指定されている。そうした中、2019年8月30日に50.5mmの雨量を観測した際に顕著な変位が確認されるなど再び動き出した中で、2020年7月の梅雨時期の降雨によって木造2階建ての民家は元々あった場所から水平方向に10m以上も移動するといった大規模な地すべりが発生した。また、地すべりブロック末端部には一級河川岩井川が流れており、河道閉塞が発生し土砂ダム崩壊による被害が懸念された。本論文では、この大規模な地すべりが発生してから現在に至るまでのソフト対策及びハード対策としての取り組みについて紹介する。

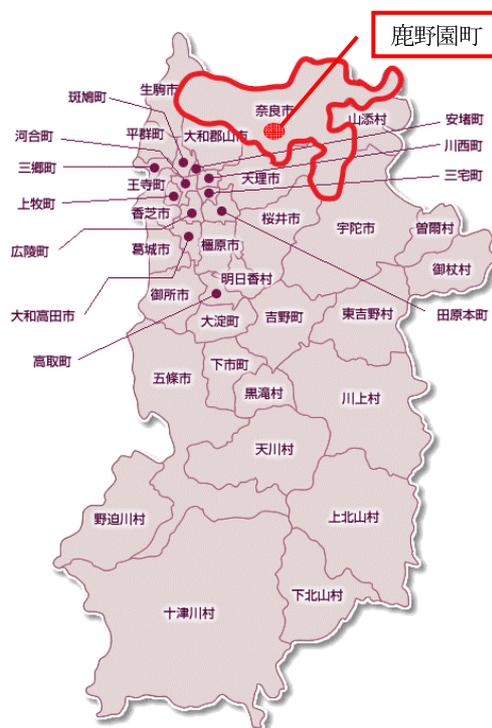


図-1 位置図

2. 地すべりの状況

2020年7月の降雨による被災状況を図-2に示す。写真の上下で見比べた際、民家が主側線上に移動していることが分かる。

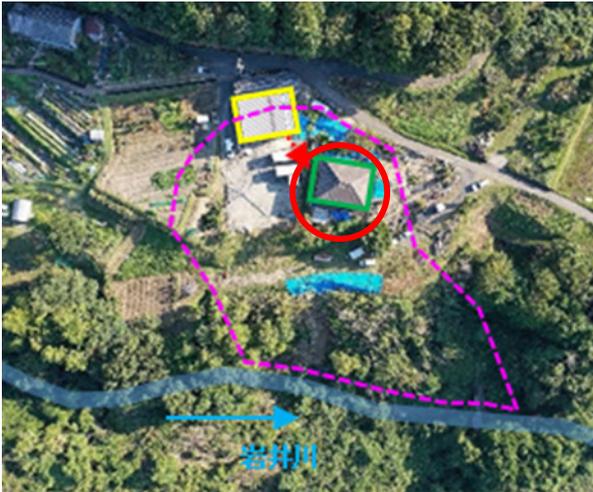


図-2 地すべり状況

写真上：民家移動前 写真下：民家移動後

3. ソフト対策

(1) 避難所の開設

岩井川の河道閉塞の発生とその後の土砂ダム崩壊時の被災が懸念される下流域の人命を守るため、2020年7月14日、県が地すべり等防止法に基づいた立ち退き指示を発令した（本発令は翌日15日に解除）。これを受けて奈良土木事務所では、14日及び15日の2日間、土砂ダム崩壊時の被災が懸念される民家4世帯の住民8人に対して鹿野園町の公民館を避難所として開設し対応にあたった。この時、奈良土木事務所では職員が2人1班体制の班編制を組み、昼夜連続で避難所に待機して更なる地すべりの発生や河道閉塞等の緊急事態に備えた。

(2) 伸縮計・GPS・水位計・定点撮影等による24時間監視体制の構築

避難所閉鎖後も2人1班体制の班編制はそのまま、平日夜間及び土日祝の昼夜間は職員自ら事務所に常駐して地すべりの監視にあたった。現場警備員からの報告に加え、10分間隔で更新される斜面監視用システムの確認を主に行った。また、2020年11月からはLINEアプリを活用した監視報告体制に移行となり、奈良土木事務所職員10名で構成された鹿野園監視チームを設けて日替わりで対応にあたった。当番職員は平日は22時の1回、土日祝日は9時・16時・22時の3回、個人所有の端末を用いて伸縮計等に異常が無いかを確認し（図-3）、LINEグループ（鹿野園監視チーム）上で報告した（図-4）。伸縮計の変位等で異常がある場合は、連絡体制に則り各関係先に連絡する他、当番職員自ら現場へ出動し目視確認も行った。併せて警備員も24時間交代で現場の状況を目視で監視しており、斜面からの落石が頻発していないか、倒木は発生していないか等の報告を受けていた。更に、昼間は施工者も監視しており3重の監視体制を整えていた。これらのLINEアプリの活用及び警備員による監視体制は後述する恒久対策工事（I期工事）完了後、出水期が終了するまで続いた。

種類	地点名	項目	最新値	観測日時	責任	通行状態	監視内容
	S-2'	伸縮計変位	0.0 mm/h	2021/10/09 13:30:00	EXT 13.1 V	正常	
	S-4'	伸縮計変位	0.0 mm/h	2021/10/09 13:30:00	EXT 13.4 V	正常	
	S-5	伸縮計変位	0.0 mm/h	2021/10/09 13:30:00	MAIN 2.8 V	正常	
	S-6	伸縮計変位	0.0 mm/h	2021/10/09 13:30:00	MAIN 2.7 V	正常	
	河川水位(上流)	実水位	0.97 m	2021/10/09 13:30:00	EXT 13.3 V	正常	
	河川水位(下流)	実水位	0.09 m	2021/10/09 13:30:00	EXT 13.4 V	正常	
	R1-No.1	地下水位	8.02 GL-m	2021/10/09 13:00:00	MAIN 2.4 V	正常	
	R2-No.1	地下水位	14.65 GL-m	2021/10/09 13:00:00	MAIN 2.9 V	正常	
	R2-No.2	地下水位	20.00 GL-m	2021/10/09 13:00:00	MAIN 2.9 V	正常	
	ネットワークカメラ2	-	-	2021/10/09 13:30:00	EXT 13.5 V	正常	
	ネットワークカメラ3	-	-	2021/10/09 13:30:00	EXT 13.5 V	正常	

図-3 各計測器のリアルタイムデータ

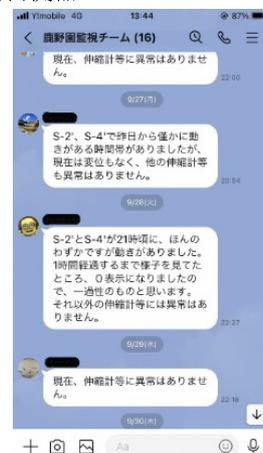


図-4 LINEアプリを活用した報告例

4. ハード対策

(1) 対岸からの工事用進入路の設置及びその他応急対策工事

地すべりが発生した現場は、グラウンドアンカー工・横ボーリング工及び地すべりブロックの排土工の施工に取りかかる直前に活動が活発化した。滑動が続き、岩井川の河道閉塞が発生した場合、地すべりブロックの撤去の際に当初予定していた進入路からアプローチする手段が絶たれることが懸念された。こうした場合でも土砂を撤去できるよう、対岸から緊急で進入路を設けた(図-5)。また、河道が閉塞されても河川の水を流せるよう、直径300mm及び1000mmの排水管を約100mにわたり設置した(図-6)。更に浸水が想定される住宅地の土流側に、氾濫から住宅地を保全するため、高さ2mまで積み上げた大型土のうを約25mにわたり設置した。こうした進入路や大型土のう等の設置以降、地すべりの滑動が落ち着いたために使われる事態には幸いならなかったが、事態悪化を想定した迅速かつ必要な対応策だったと考える。



図-5 工事用進入路設置後



図-6 排水管設置後

(2) 恒久対策工事

本施工現場は図-2で示すように、大規模な地すべりが発生した関係から当初設計で予定していた地形と大きく異なった。地すべりの原因となった地下水の排水及び地すべりブロック頭部の排土等について対策を講じたが、とりわけ頭部排土量については、当初設計の1,200m³から7,500m³にまで増加した(図-8)。また、工事規模の拡大に伴い、工事をⅠ期工事でⅡ期工事に分割した。Ⅰ期工事では頭部排土の他、グラウンドアンカー工44本及び横ボーリング工50m×12本を施工しており2021年9月30日を以て竣工した。ここで本施工現場は工事規模から分割したと述べたが、計画安全率(P.Fs)はⅠ期工事で1.20を確保する設計としている。工事の進捗に伴う計画安全率は次の通りである。

■計画上の安全率

- ・頭部排土の排出完了→1.055
- ・グラウンドアンカー(1段目22本)完了→1.127
- ・グラウンドアンカー(2段目22本)完了→1.201

これは近畿地方整備局設計便覧及び災害手帳に「重要な道路や河川あるいは人家などに重大な影響を与える箇所については原則として1.20とする」と記載されており、本施工現場においてこの設計を満足したものとなっている。続けてⅡ期工事では、岩井川に滑り落ちた地すべりブロック末端部の土砂を撤去する計画であるが、この土砂が現状押さえ盛土としての機能を果たしている。岩井川の護岸復旧の際にはこの土砂を撤去する必要があるため、先行的にグラウンドアンカー工及び横ボーリング工を追加施工し、計画安全率を一時的に1.20以上に高めた上で最後に土砂を撤去する整備計画としている。なお、現在稼働しているⅡ期工事は2022年8月12日竣工予定である。



図-7 2022年4月末時点の現場状況

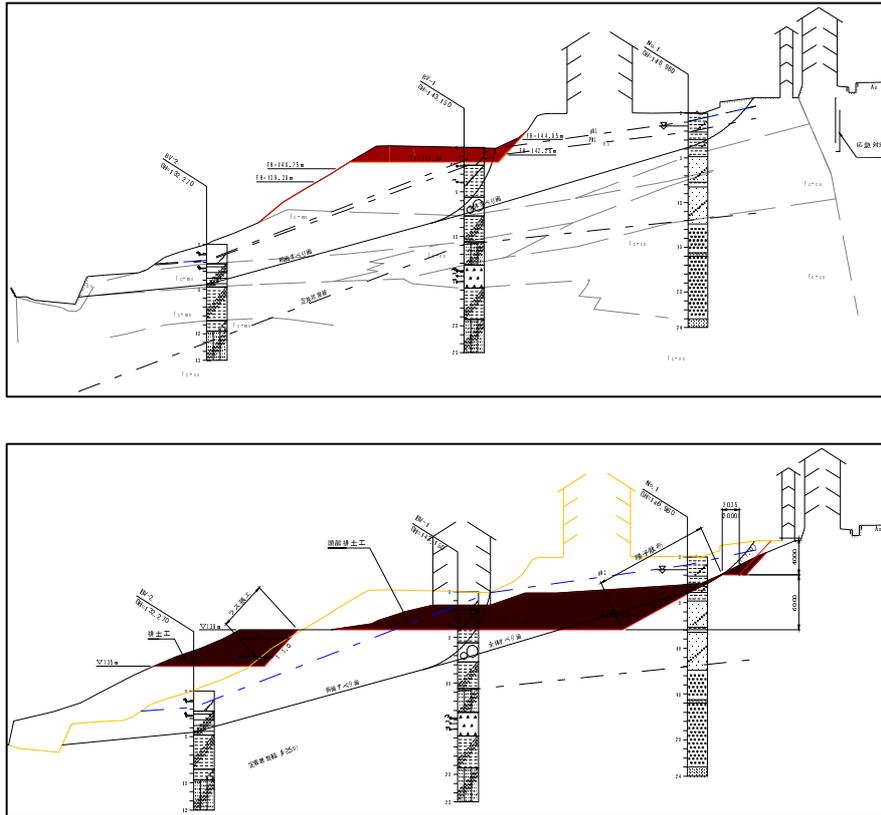


図-8 頭部排土量の変化 (ハッチング箇所が該当)
上：当初設計 下：修正設計

4. 結論

地すべりの原因は地下水による影響が大きいが、この鹿野園地区は特に地下水が豊富であり、I期工事の横ボーリング施工直後からも配管からの排水状況が観察されると共に、地下水位の低下が見受けられた。つまり、地すべりの再発防止という観点からは、本施工現場に流れてくる地下水を上流側で抑制する必要があると考えられる。また、本施工現場の地すべりブロックは全体の一部分であり、実際には広域にわたっても存在することも示唆されている。こうした現状を踏まえ、地下水の流入経路の特定や想定される地すべりブロックの詳細な調査を行い、

その結果に応じて集水ボーリング等の抑制工を追加検討していくことが必要だと考える。また、監視体制についても今回の経験を十分に生かし、更なる効率化やそれに伴う担当職員の負担軽減等を目的とした新たな仕組みを模索していくべきである。引き続き、鹿野園地区の人命・財産を守り、被害想定区域に住んでいる方々の不安を解消できるよう、鹿野園地区の地すべり対策工事を推進して参りたい。

謝辞：最後に、本事業の設計・施工に多大なる尽力を頂いた方々、並びに事業にご理解・ご協力を頂いた地元の皆様方に、この場を借りて深く御礼申し上げます。

アンサンブル予測を活用した 木津川ダム群の貯水池管理

徳永 倫一¹・村田 裕²

¹ 独立行政法人水資源機構 木津川ダム総合管理所 管理課 (〒518-0413三重県名張市下比奈知2811-2)

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

水資源機構木津川ダム総合管理所では、ECMWF（ヨーロッパ中期予報センター）のアンサンブル降雨予測（全球モデル）をベースに、AIによりダウンスケーリングされた初期値の異なる51本の定量的な降雨予測と予測された降雨予測すべてに対し流出予測を行うシステム（以下、「アンサンブル予測システム」という。）を開発し、2020年8月からより効率的な貯水池管理を目指して運用を行っている。

本稿は、アンサンブル予測システムの導入契機や貯水位の柔軟な運用（低水管理）、異常洪水時防災操作の可能性の早期把握や河川管理者等への情報提供（高水管理）など、現在の運用状況を報告するものである。

キーワード アンサンブル、事前放流、貯水池管理、高水管理、低水管理

1. はじめに

近年、前線や台風による想定を超える降雨が多数発生している。2018年7月には、国土交通省所管558ダムのうち213ダムで洪水調節が実施され、ダム下流河川の水位低減により被害の軽減・防止効果が発揮されている。一方で、計画以上の洪水となりダムの洪水調節容量を使い切り、ダムへの流入量と同程度の放流量とする異常洪水時防災操作（以下、「緊急放流」という。）が全国8ダムで実施されている。

これらを受けて、政府は2019年12月に「既存ダムの洪水調節機能の強化に向けた基本方針」を策定し、これを基に2020年4月に国土交通省所管ダム等を対象とした「事前放流ガイドライン」が定められた。

こうした状況の中、木津川ダム総合管理所で管理している5ダム（以下、「木津川5ダム」という。）では、事前放流実施要領の策定と運用を行っているが、2020年8月からは事前放流の高度化（早期判断、放流量の合理的設定等）を目指し、アンサンブル予測システムの試行運用を開始した。

洪水となることや、一方で想定よりも小さい降雨ときはダム容量が回復しないなど、予測の不確実性の程度が分からずダム操作の判断に苦慮することがある。

(2) アンサンブル降雨予測

このような予測の不確実性の程度を把握する手法がアンサンブル（集団）降雨予測である。アンサンブル降雨予測は僅かに異なる初期値を複数用いて多数の予測を行い、平均やばらつきの程度といった統計的な情報を用いて不確実な現象を確率的に予測するものである。また、その予測期間も長時間先まで得ることが可能である（図-1）。

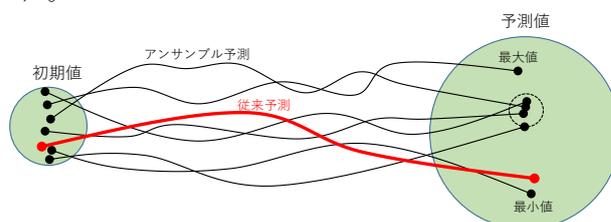


図-1 アンサンブル降雨予測イメージ

2. アンサンブル降雨予測とは

(1) 従来の降雨予測

従来の1本の降雨数値予報では、時間の経過とともに初期値に含まれる誤差が拡大し、想定した降雨とならない場合がある。想定よりも大きい降雨の場合は大規模な

3. アンサンブル予測システム導入の契機

(1) 事前放流

事前放流は、治水の計画規模や河川（河道）・ダム等の施設能力を上回る洪水の発生時に、ダム下流河川の沿川における洪水被害の防止・軽減を目的として、ダムの有効貯水容量を洪水調節に最大限活用できるように予め利

水容量を放流することにより、その容量を確保するものである。

(2) 懸念事項

事前放流は、事前放流ガイドラインに基づき、気象庁のGSMガイダンス及びMSMガイダンスによる予測降雨量が基準降雨量以上となった場合に実施することができる。また、その実施判断は3日前から行うことが基本とされている。

しかし、GSMガイダンスは84時間先(3.5日)まで、MSMガイダンスは39時間先(1.5日)までの予測であることから、実施基準に合致した場合は短期間のうちに事前放流を実施しなければならない。その場合、ダム貯留水の安全かつ有効な事前放流が実施できるかが懸念される。

具体的には、事前放流容量が放流設備能力あるいは放流時間等物理的には放流可能であっても、降雨前の短時間に大量に放流することによる下流河川利用者の安全やゲート等放流による貯留水の無効放流が懸念される。

以上より、アンサンブル予測システムの試行導入は、事前放流における懸念事項の解消と最適化を目指すものであり、そのためにも高度で長期的な降雨予測が求められることがその契機となっている。

4. 木津川5ダムのアンサンブル予測システム

木津川5ダムのアンサンブル予測システムは、ECMWF(ヨーロッパ中期予報センター)の降雨予測データを基に、ダム運用予測に適した高解像度降雨予測の

生成やバイアス補正、ダウンスケーリングといった一連の計算を行い、51本(メンバー)のアンサンブル降雨予測情報を得ている。また、51メンバーの降雨予測情報から上位予測、中位予測、下位予測の3つのシナリオの作成も行っている。

上位予測は、大雨のリスクを見逃さないための安全側の予測であり、予測総雨量が大きい3メンバーを平均して作成している。

中位予測は、最も精度が高いと考えられる予測であり、予測総雨量の中位10メンバーを平均して作成している。

下位予測は、最低でも見込まれる雨を把握するための予測であり、予測総雨量の下位5~10メンバーを平均して作成している。

また、これらの降雨予測情報(51メンバー、上位・中位・下位)すべてに対し木津川5ダムそれぞれの貯留関数モデルによる流出予測計算を行っている。

5. アンサンブル予測システムの活用

アンサンブル予測結果は、図-2のように51メンバーや3つのシナリオで示される。この画面では、15日先までの雨量やダム流入量などが、いつ・どのくらい予測されているかが定性的に把握することができる。

また、予測情報を定量的に把握するため、図-3のように概略表示画面も構築している。この画面では、事前放流の基準降雨量以上となる予測のほか、洪水調節や緊急放流となる予測が51メンバー中にどのくらいの割合で予測されているかが一目で分かるように整理しているものである。

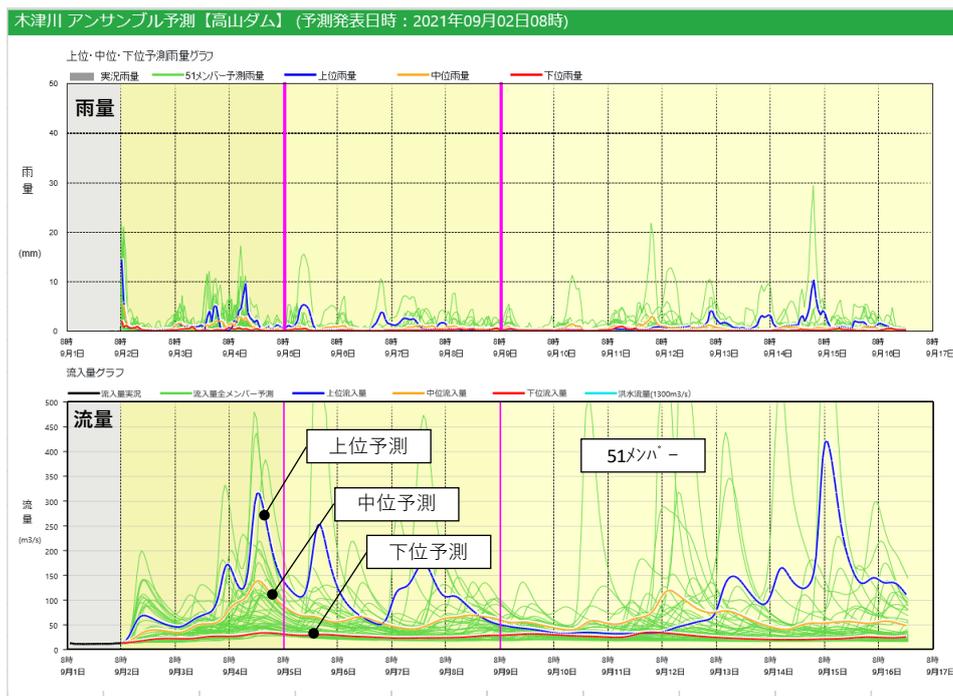


図-2 アンサンブル予測システムグラフ

木津川 概略【高山ダム】

高山ダム 降雨流出予測

高山ダム	~3日先						4日~7日先			8日先~		
	アンサンブル予測			ガイダンス予測	micos72h予測	アンサンブル予測			アンサンブル予測			
	上位	中位	下位			上位	中位	下位	上位	中位	下位	
予測発表時刻	09月02日08時			09月02日08時	09月02日08時	09月02日08時			09月02日08時			
雨量	最大48時間雨量	84.4mm	48.9mm	14.1mm	55.9mm	53.8mm	105.5mm	47.8mm	10.5mm	103.9mm	44.0mm	9.9mm
	130mm/48h超過	0 (0%)			0	事前放流の基準降雨量以上の予測情報						
	300mm/48h超過	0 (0%)			0							
流入量	最大流入量	314.9m³/s	138.3m³/s	33.1m³/s	137.6m³/s	136.5m³/s	252.3m³/s	86.7m³/s	30.4m³/s	420.1m³/s	119.1m³/s	34.2m³/s
	42m³/s超過	44 (86%)			1	ゲート放流、洪水調節、緊急放流の予測情報						
	1300m³/s超過	0 (0%)			0							
下流	有市 9.5m超過	0 (0%)			0	0	0 (0%)			0 (0%)		
	132.2m超過(ただし書き開始)	0 (0%)			0	0	0 (0%)			0 (0%)		
貯水位	回復量(制限水位-0.8m)	51 (100%)			1	1	51 (100%)			51 (100%)		
	回復量(制限水位-1.0m)	51 (100%)			1	1	51 (100%)			51 (100%)		
	回復量(制限水位-1.2m)	51 (100%)			1	1	51 (100%)			51 (100%)		
	回復量(洪水調節容量)	0 (0%)			0	0	0 (0%)			5 (10%)		

図-3 アンサンブル予測システム概略画面

木津川ダム総合管理所では、毎朝、職員がこれらの予測情報を確認し洪水に備えている。アンサンブル予測結果によって、例えば、関係機関との情報共有や防災態勢確保・ダム放流設備点検が従来よりも“早め”に実施することが可能である。

(1) 事前放流への活用

現在の事前放流ガイドラインでは、事前放流の実施判断は3日前からが基本とされている。また、アンサンブル予測システムの試行導入以後、事前放流の基準降雨量以上となる予測を経験していない。そのため、このシステムを活用した事前放流の実施には現時点では至っていない。

しかし、先に述べた事前放流の懸念事項の解消に向けては、下記のダム操作が有効であると考えている。

a) ダム下流河川利用者の安全確保

木津川5ダムの下流には、アユ釣場やキャンプ場のほか、生活道路として利用される潜没橋などがある。事前放流を実施する場合もダムの施設管理規程や事前放流実施要領に基づき安全を確保したダム操作を実施することとなるが、降雨前の短時間に大量に放流することから、河川利用を終える協力を得たり、潜没橋の水没により生活道路の通行止めを措置することとなる。

これに対して、アンサンブル予測システムを活用して長時間かけて事前放流を実施した場合は、少量のダム放流を長時間かけて行うことで洪水調節に必要なダム容量が確保できるため、河川利用者の安全確保や負担軽減となる。また、キャンプ場ではテント1張ごとに待避をお願いする職員の労力も軽減できる。

b) 貯留水の有効活用

政府は2050年カーボンニュートラル（脱炭素社会の実現）を宣言するとともに、2030年度に温室効果ガスの排出量を2013年度比で46%削減する目標を掲げており、再生可能エネルギーの創出が重要となっている。

これについても、短時間にゲートや利水バルブから放流するのではなく、発電放流設備から長時間かけて実施することで、ダム貯留水の有効活用が図れることとなる。

(2) 低水管理への活用

先に述べたとおり、事前放流は利水容量の水を放流し洪水調節に利用可能な容量を確保するものであり、治水上の安全に配慮したものである。しかし、事前放流を実施したものの予測された降雨がなく低下させた水位が回復しないといった利水者への負担増となる一面も持ち合わせている。

アンサンブル予測システムは、事前放流の最適化を契機として試行導入したものであるが、“長期的に降雨が予測されない” “降雨があっても少量” であることも確認できる。そのため、副次的にダムの低水管理にも活用し、日々のダム管理水位の上げ下げ判断に用いている。

a) 従前の低水管理

木津川5ダムでは、突発的な降雨及び利水放流設備や洪水吐き設備の動作に要する時間の遅れ等により、洪水調節の実施前に洪水貯留準備水位を超過しないよう管理水位を設けている。洪水期の管理水位は、制限水位から50cm下がり（高山ダムは100cm下がり）とし、通常はこの水位でダム管理を行っている。（図-4）

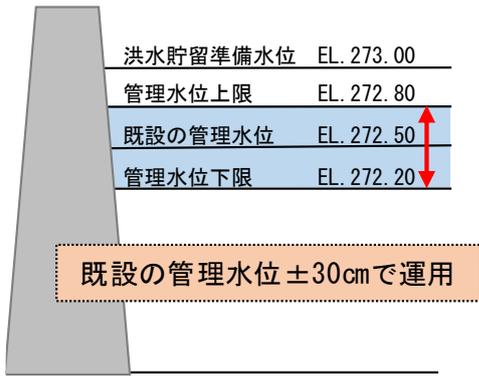


図4 管理水位 (青蓮寺ダムの例)

b) アンサンブル予測システムを活用した低水管理

2021年度洪水期からは、図-5に示すアンサンブル予測システムを活用した貯水位運用表を作成し、少しでも利水者への負担が軽減できるよう従来の管理水位よりも高めの水位でダム管理を行っている。また、管理水位を高くすることで、発電放流設備の有効落差も大きくなり発電効率の向上にも寄与している。

アンサンブル予測システムの活用方法は、下記のとおりである。

①アンサンブル予測結果の確認

職員は毎朝、「3日先まで」「4～8日先まで」の予測情報を確認する。

②3日先までの予測情報による判断 (STEP1)

3日先までに洪水吐きゲートからの放流となるような予測が確認されたら、既設の管理水位もしくは管理水位下限まで水位低下させる。予測がなかったら、STEP2へ進む。

③4～8日先までの予測情報による判断 (STEP2)

4～8日先までに洪水吐きゲートからの放流となる

ような予測が確認されたら、既設の管理水位まで水位低下させる。予測がなかったら、高めの水位を維持もしくは回復させる。

④水位低下方法

STEP1又はSTEP2で水位低下が判断された場合は、従前の管理水位まで水位低下させる。水位低下にあたっては、発電放流設備で実施することを優先する。

6. まとめ

木津川5ダムは、アンサンブル予測システムを試行導入し、2020年8月より効率的な貯水池管理を目指して運用を行っている。

しかし、アンサンブル予測システムの試行導入以後、事前放流の基準降雨量の超過や洪水調節に至る降雨を経験していない。そのため、現在の出水事例検証では、アンサンブル予測結果が流域や事例毎に傾向がばらつくなど、明確な有効性を打ち出すには至っておらず事前放流に関する詳細なルールまで確立できていない状況である。今後も引き続き、事例を収集しアンサンブル予測システムの有効性について検証を行っていききたい。

一方、アンサンブル予測システムを活用した貯水池管理は多くのメリットを考えている。事前放流については今後も出水事例収集やルール確立を行い、利水者や河川管理者と情報共有を行い理解を得た上で実施できるよう努めていきたい。また、低水管理では、現在の管理水位付近での水位管理に加え、さらには洪水貯留準備水位よりも高い水位帯で水位管理など、利水安全度の向上や発電効率の向上に繋がるよう既存インフラ効果がさらに強化できればと考えている。

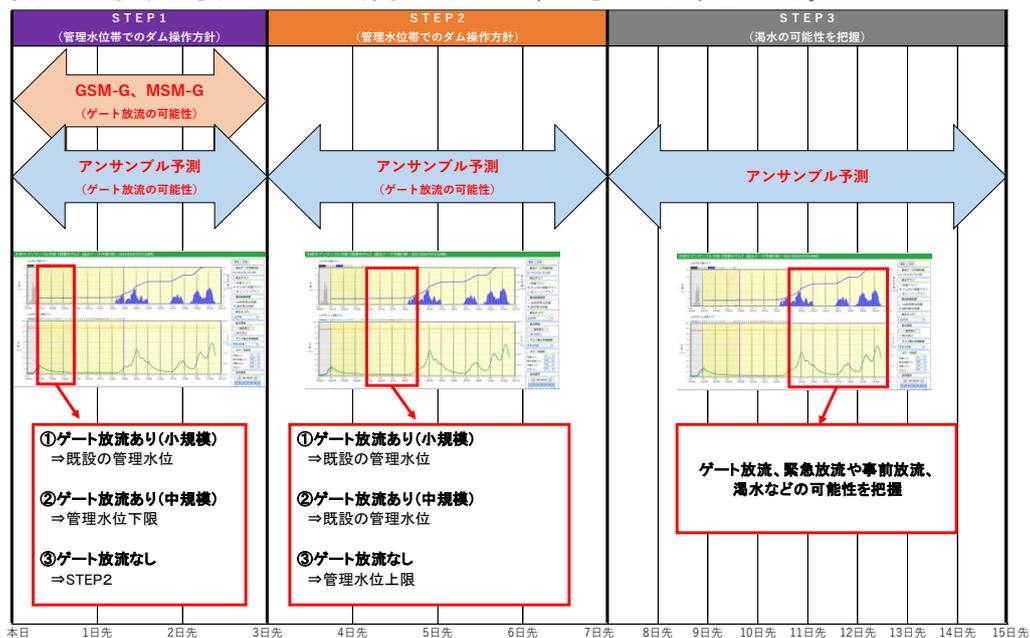


図-5 アンサンブル予測システムを活用した貯水位運用表

和歌山県における石積砂防堰堤の補強対策

橋本 和夫¹

¹和歌山県 県土整備部 砂防課 (〒640-8585和歌山県和歌山市小松原通一丁目1番地)

和歌山県では、2015年度に長寿命化計画を策定し、緊急度の高い施設より対策を行うとともに、ライフサイクルコストを顧慮した長寿命化計画への改定を進めている。

2018年7月豪雨による石積砂防堰堤の被災を受け、本県においても石積砂防堰堤に対する補強の必要性は認識していたが、技術的課題から具体的な対策については実施できていなかった。

石積砂防堰堤の改築・補強対策については、国土交通省により2019年1月に対策方針がとりまとめられている。これを受け、本県における石積砂防堰堤の改築・補強に関する方針と設計事例について報告する。

キーワード 石積砂防堰堤, 設計マニュアル, 段階的な補強対策

1. はじめに

和歌山県では、2012年に発生した笹子トンネル天井板崩落事故を契機とした国のインフラ長寿命化に関する取り組みとして、2015年度に和歌山県砂防関係施設長寿命化計画を策定し、緊急度の高い施設から対策を行うとともに、ライフサイクルコストを顧慮した長寿命化計画への改定を進めている。

2018年7月豪雨による広島県の石積砂防堰堤の被災を受け²⁾、本県においても石積砂防堰堤に対する補強の必要性は認識していたが、技術的課題から具体的な対策については実施できていなかった。

国土交通省は検証チームを立ち上げ³⁾、被災原因を分析するとともに、全国に設置された石積砂防堰堤の改築・補強等の対策方針について検討し、2019年1月に対策方針を発表した⁴⁾。

これを受けて、本県は石積砂防堰堤の改築・補強の対策方針を立て、対策方法の均一化を図るために既設石積砂防堰堤改築設計マニュアルを作成した。

本稿は和歌山県における石積砂防堰堤の改築・補強に関する対策方針と設計事例について報告する。

2. 対象施設の概要

和歌山県における石積の砂防設備については、長寿命化計画策定のための施設点検により、20基の砂防堰堤、53基の床固工の存在が確認される。

表-1に各施設の健全度、設置箇所の地形条件をとりまとめた。

改築・補強の対象は、石張(充填材料が土石で、表面を空石積、練石積で張り立てたもの)、粗石コンクリート(充填材料が粗石コンクリートで、表面を練石積で覆ったもの)の砂防堰堤である。

これらの設備は、1930年から1960年に建設しており、完成後90年以上経過しているものもあり、和歌山県の南部の西牟婁地方に多く設置されている(写真-1)。

表-1 砂防設備一覧表

	施設数	健全度			設置箇所の河床勾配	
		対策不要	経過観察	要対策	土石流区間	掃流区間
砂防堰堤	20	5	7	8	9	11
床固工	53	20	19	14	17	36



写真-1 左会津川砂防堰堤 (田辺市長野地内)

3. 改築設計の基本方針・手順

国土交通省の対策方針を踏まえて検討する場合に、本県では対象施設も多く補強対策の事例もないので、対策方法の均一化を図るために、設計の手順や対策工法をとりまとめた設計マニュアルの作成を行った。設計マニュアルでは、以下の項目について整理を行った。

(1) 改築設計の基本方針

改築設計は、施設の現況の評価に対して適切な措置を行うものとし、必要に応じて当面の安全性の向上を図る対応も検討することとした。

具体的には、次のような現況の評価を行ったうえで対策を検討することとした。

- ・対象堰堤の歴史的・文化的な評価
- ・既設堰堤の安定性の評価（堰堤の健全度、既設砂防堰堤の現行基準への適合性）

改築設計の基本は、現行基準に基づく安定性を確保することであるが、現行基準による改築では、用地の制約等で着手に期間を要する場合がある。早急な困難な場合は、段階的な補強対策を検討するした(図-1)。

(2) 対象堰堤の評価

次に、対象堰堤に関する基本的事項を調査してとりまとめを行った。

a) 歴史的評価に関する事項

特別な愛称などで、広く親しまれる等の国土の歴史的景観に寄与しているものか、デザインが優れている等の造形の規範になっているものか、優れた技術や技能が用いられる場合等の再現をすることが容易ではないものかを調査してとりまとめを行う。

b) 設計外力算定に必要な調査等の事項

土石流が到達すると考え、土石流諸元・最大礫径・流木調査・洪水時の対象流量を調査してとりまとめを行う。

c) 堰堤の状況

既往資料と現地調査により、堤体の形状・周辺状況・堤体の変状・基礎の状況・堤体材料・基礎地盤についてとりまとめを行う。

(3) 現行基準に基づく対応

堰堤の健全度、安定性の検討結果等により、改築・補修が必要な部位を検討したうえで改築設計を行うこととし、改築が必要な部位に対して対策内容を決定したのち、補強および補修工法を検討し決定した(図-2)。

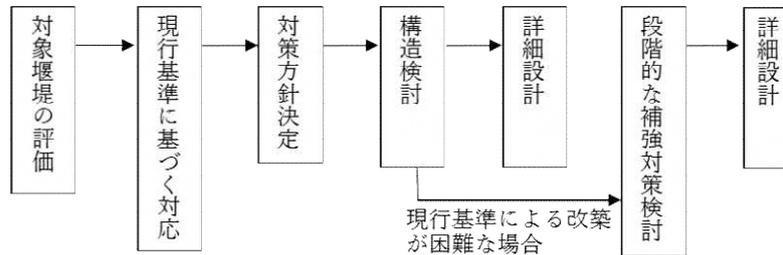


図-1 改築設計の手順

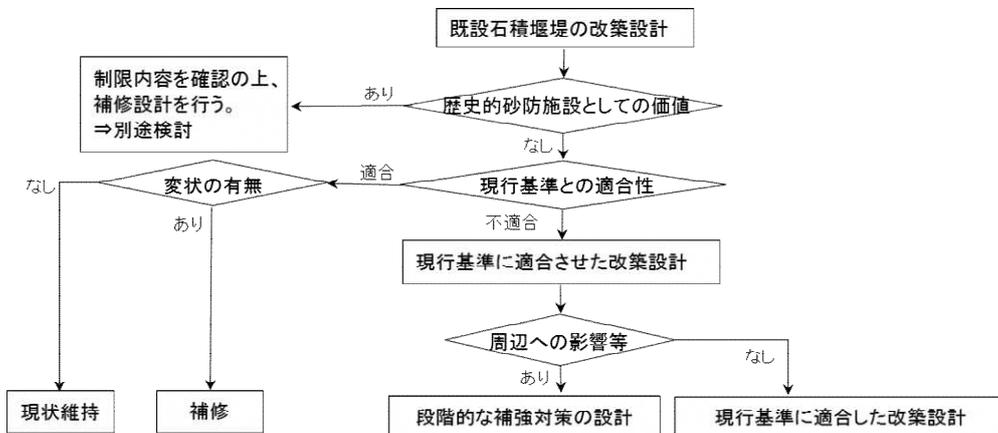


図-2 改築設計のフロー

(4) 段階的な補強対策の検討

国土交通省がとりまとめた「平成30年7月豪雨に伴う石積砂防堰堤の被災検証チーム」には、用地の制約により、改築の実施までに期間を要する場合は、段階的な補強対策を実施し、当面の安全性の向上を図ると記載されている⁴⁾。

「現行基準に基づく改築」と「段階的な補強対策」のどちらを行うかは、施設の重要度などを加味して検討する必要があるが、現行基準に基づき改築する場合に、完成から何十年も経過した石積砂防堰堤は損傷が激しかったり、堤体の形状や内部構造が不明瞭であったりと検討事項が想定される。また場合によっては新設するよりも工事費や施工期間が必要となることがある。

優先的な対策が必要となる箇所において、設計段階で多大な時間を要して、対策が遅れてしまつては本末転倒である。

マニュアルでは施工期間(用地買収)などの理由から現行基準に基づく改築が難しいと判断した場合は、早期に効果を発揮するために、段階的な補強対策を検討することとした。

なお、段階的な補強対策は、最も懸念される事象に対して当面の安全性を確保するための方策であり、あくまで暫定的な対策であるので、現行基準に基づく対応も見据えて実施するとした。

4. 設計事例報告

本県における石積砂防堰堤の補強対策の事例を報告する。

和田川砂防堰堤は、和歌山県田辺市下川上地内の二級河川日置川水系安川の右支川である和田川に設置されている。堰堤高さ 11.2m・堤長 35.5 mで、竣工年度が 1951 年度であり、竣工後約 70 年経過している。

2014 年度に施設点検を実施しており、天端摩耗・損傷・基礎洗堀により健全度評価は要対策となっている。

損傷は、天端面の石積間の充填コンクリートが流れ出し、出水などで下流側の石積が剥離されて、徐々に内部コンクリートの侵食が進んだと想定される(写真-2)。



写真-2 和田川砂防堰堤 (田辺市下川上地内)

図-2に沿って、対象堰堤に関する基本的事項の調査をとりまとめ、対象堰堤の評価を行った。

はじめに歴史的な砂防堰堤施設の評価を行い、対象堰堤は歴史的砂防施設に該当しないため、フローに沿って、現行基準との適合性の確認を行った。

「和歌山県砂防設計要領」に照らし合わせ、安定性について照査した(表-2)。

照査結果より、洪水時の水通しの断面不足、堤体及び袖部の安定性が不適合であることが確認できたので、現行基準不適合として改築設計の検討を行った。

また対象堰堤は損傷・劣化が著しいので、改築に併せて補修も必要である。現地の状況を踏まえて補修・改築方針と対策工を整理した(表-3)。

本来であれば、現行基準に適合させた対策が必要であるが、現行基準に適合させた場合に、安定性の確保に腹付けコンクリートや水通しの断面不足のために嵩上げが必要となるので、新たな用地取得が必要となり着手までに時間を要する。

しかし対象堰堤は、損傷・劣化が著しく、早期に補修が必要であるため、当面の安全性の向上を図る対策として、段階的な補強対策とした。

表-2 照査結果

照査項目	照査結果
水通し断面 (洪水時)	NG
水通し断面 (土石流時)	OK
水通し天端幅	OK
堤体の安定性	NG
袖部の安定性	NG
前庭保護工形式	OK

表-3 補修・改築方針と対策工

損傷状況等	改築・補強方針	備考
水通し断面不足	水通し部の拡幅嵩上げ	腹付けコンクリートと併用
安定性の確保	腹付けコンクリート、堤体等グラウト注入	上流または下流側腹付け
本体積石の欠損、内部コンクリートの侵食	腹付けコンクリート	〃
本体の漏水	グラウト注入	堤体及び袖部全体
水通し石積の欠損	堤冠コンクリートの打ち直し	
基礎洗堀	根継ぎ工の配置	下流側腹付けは根継ぎ工と併用

広島県の石積砂防堰堤の被災は、土石流等の衝突により堤体上部が破壊されたと推定されると、国土交通省の検証チームはとりまとめている⁴⁾。

対象堰堤の直上流には、土石流が発生しうる支川があり、土石流が到達する恐れがあるため、段階的な補強対策にあたり、土石流による被災シナリオを想定して検討を行った。

- ・支川から発生した土石流等が堤体と袖部に直接衝突し、衝突の影響で堤体の上部が破壊、または堤体に大きな亀裂などを生じさせる。
- ・土石流の衝突や流体力により積石の欠損範囲が拡大し、土石流の後続流や本川流量が欠損部に集中して、内部コンクリートを侵食し堤体が破壊される(写真-3)。

被災シナリオから対象堰堤の現況から判断して、段階的な対策工法を選定した(表-4)(図-3)。

対策により袖部の安定性確保、堤体の劣化抑制と基礎洗堀による堤体破壊防止を行うことができる。なお現場は今年度の非出水期に対策工事に着手する予定である。

今後は、用地取得を行い早期に現行基準に適合した施設となるように取り組んでいく。



写真-3 堤体損傷と被災箇所のイメージ

表-4 対策工法と対策効果

対策工法	対策による効果
導流工	土石流による袖部破壊の防止
洗堀防止工	局所洗堀を防ぎ、土石流が直撃しないための防止
堤冠保護工	積石欠落と内部材の劣化流出防止
堤体補修工	堤体の劣化抑制
根継工	堤体破壊の防止(基礎洗堀)

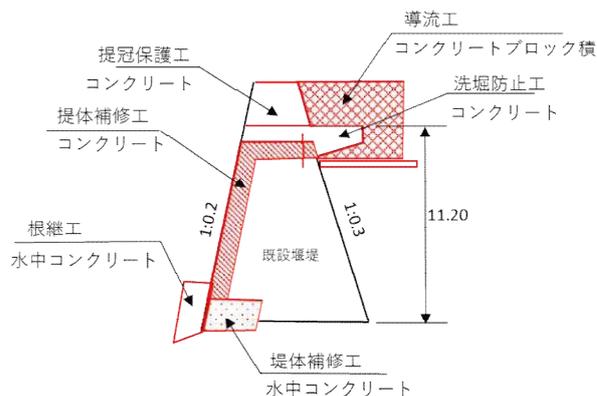


図-3 補強・補修の対策工

5. おわりに

今回、設計マニュアルを作成したことで、改築設計の基本方針から対策工法までの一連の流れについて整理できたと考える。

現在、他施設においても設計を行っているが、現行基準に適合させる場合に、用地取得や堤体の嵩上げにより隣接する道路の付け替えが必要になる等の課題があり、工事着手に時間を要するため、段階的な補強対策で検討している事例が多い。

ただ段階的な補強対策は、あくまで暫定的な対策であるので、現行基準に適合した施設の工事が完了するまで、定期点検や臨時点検を行い、変状に進行が見られないか確認を行っていききたい。

参考文献

- 1) 国土交通省砂防部：砂防関係施設の長寿命化計画策定ガイドライン(案)，2009-6。
- 2) 国土交通省：平成30年7月豪雨における土砂災害の被害実態，https://www.mlit.go.jp/river/sabo/committee_jikkousei/180911/02shiryo2.pdf，2018-9-11。
- 3) 国土交通省砂防部：平成30年7月豪雨に伴う石積砂防堰堤の被災を受けた今後の取組みについて，<https://www.mlit.go.jp/river/sabo/isidumi/isidumientei.pdf>，2018-8-3。
- 4) 国土交通省砂防部：平成30年7月豪雨を踏まえた既設石積砂防堰堤の改築・補強等の対策について，事務連絡2019-1-28。

土砂災害啓発RPG 「命を守るハザードマップ」の開発

西萩 一喜¹・稲田 健二²

¹和歌山県東牟婁振興局新宮建設部管理保全課（〒647-8551 和歌山県新宮市緑ヶ丘2-4-8）

²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）

本研究では、RPG土砂災害啓発コンテンツの第2弾として、「命を守るハザードマップ」と題し、和歌山県内でも土砂災害の危険性が高い和歌山県日高川町の小学校を対象として、その地域のハザードを題材として、ハザードマップや避難行動の大切さを学習できる教材を開発し、その評価や効果について考察した。

キーワード 防災教育，教材，避難行動，ロールプレイング，実践

1. はじめに

小学校では、学習指導要領の改訂¹⁾により、「自然災害に関する知識を得ること」や「災害から身を守ること」、「災害から人々を守る行動」などについて指導することが求められ、2020年度から全面実施されることになっている。しかし、防災教育の教材の作成など、必ずしも土砂災害についての専門知識があるわけではない教員に多大な労力が必要とされる状況となっており、防災教育に効果的な教材の開発が求められている。

デジタルコンテンツを利用した教材の開発も行われている。一般的なデジタルコンテンツ教材は家庭用のコンピュータの普及に伴って関心が高まり、国内外で種々開発されてきた。特に欧米を中心に、ゲームの学習への導入に関して数多くの研究がなされてきた。辻原²⁾は、高専の5年生を対象として、防災教育コンテンツとしてRPG（ロールプレイングゲーム）を作成し、それを用いたゲーム学習のグループとテキスト学習のグループに分け、学習直後と1カ月後にそれぞれのグループに対して学習内容を問う同じテストを行って正答率を比較した。その結果、正答率はともに、ゲーム学習をしたグループが上回り、理解度や定着度の観点から、ゲーム学習を用いた防災教育の効果について言及している。

小学校の防災教育において、導入としては動機付けが重要である。西萩³⁾は、土砂災害啓発を目的としたRPG形式の教材の第一弾として「土砂災害が発生したとき」を開発し、いくつかの小中学校での実践をとおして、その効果を明らかにした。しかし、その時に実施したアンケートにおいて、「自分が住んでいるところで避

難できるかどうか不安」と回答した児童が半数以上いることがわかった。これは、土砂災害の知識を得たこととゲームの中で避難を疑似体験したことで、自分の住む地域で土砂災害が起こることを想像し、自分の知識の乏しさを自覚したことに起因して、不安感が増大したためと考えられる。

そこで、本研究では、地域のハザードを取り込んだ新たなゲームコンテンツ「命を守るハザードマップ」を開発することを目的とした。

防災教育の最も大きな課題の一つは、いかにして「自分事」として捉えてもらうかである。本研究で開発する学習教材は、ここに重点を置き、特定の地域のハザードを題材とし、利用者がRPGの主人公になってゲームを行い、地域における土砂災害のハザードやハザードマップの大切さを学習するものである。

小学生に対する防災教育は、家庭への波及効果も付随すると考えられる。つまり、学校などで習ったことを家に帰って家族に伝えることが期待でき、それによって家族間で防災に対する意識や知識の共有につながる。

2. 教育の目標と学習内容

(1) 土砂災害啓発教育の目標

土砂災害啓発の目標として、国土交通省は以下のよう
に示している⁴⁾。

- 土砂災害の現象・種類やメカニズム、対策等を知り理解すること。
- 自発的・能動的に情報を収集し危険を察知するなど、

自ら考え、主体的に行動することができる。

- c) 自分の身は自分で守ろうとする態度や、地域の一人として協力しようとする態度等を身につけ、主体的な行動に結び付けること。

上記のa)は知識と理解である。b)とc)は知識に基づく思考と判断および行動・協力であり、自助や共助に相当する。ゲーム学習による没入感と臨場感を表現することで、災害を疑似体験できる。とくに、b)とc)についての学習の効果が期待できる。

(2) 学習内容

上記の学習内容を踏まえ、ゲームにおいては以下を主な学習の内容とした。

- ・地域のハザード
- ・ハザードマップの重要性
- ・土砂災害対策施設の役割
- ・早めの避難と声掛けの重要性
- ・避難行動と避難準備

3. ゲームの学習のねらいと特徴

(1) 学習のねらい

ゲームによる学習のねらいについて表-1に示す。

ゲームをするのは、まずは楽しいからであり、そこには内的なモチベーションが必要となる。内的モチベーションとは、なぜゲームをしたいのかに相当する部分であり、自分でできる、好奇心が刺激される、高得点を得たいといった目的意識などである。さらに、ゲームに没入することで、疑似体験を可能とする。このようなねらいを踏まえてゲームを設計することで、効果的な教材となり得る。

(2) ゲームの特徴

本研究で対象とする和歌山県日高川町山野地区は、周りが山に囲まれており、土砂災害の危険性が高い地域の一つである。この地区には、小規模ながら小学校があり、土砂災害に対する啓発や避難行動に関する学習が必要不可欠である。

以下に本ゲームコンテンツの特徴を示す。

- a) ゲームの中で複数のクイズが用意されており、正答率が点数化される。
- b) 対象とする小学校から土砂災害の現場までの映像をドローンで撮影し、ゲーム内に挿入することで臨場感を与える。
- c) 土石流の実験映像を挿入することで、土砂災害を疑似体験することが出来る。
- d) ハザードマップを探る場面を迷路化し、ゲーム性

表-1 ゲームによる学習のねらい

(A)	ゲームの楽しさに付随した教育効果
(B)	内的モチベーションの促進
(B-1)	自立性：能動的に学ぶ
(B-2)	動機づけ：向上心、知的好奇心の刺激
(B-3)	目的意識：高得点を得たい
(C)	疑似体験の感覚：ゲームへの没入感
(D)	ハザードマップの重要性

を持たせ、利用者に目的意識を持たせる。

- e) 対象の市町村で過去に発生した土石流やがけ崩れの画像を用いる。このことで、土砂災害は他人事ではなく、自分の住んでいる身の回りでも発生するということを強く認識させ、自分事として捉えさせる。

4. ゲームコンテンツについて

小学校5・6年生の学習内容を考慮し、シナリオを作成した。シナリオの概要を以下に示す。

防災学習の授業で自分の住んでいる地域や身の回りにある土砂災害対策施設(砂防堰堤等)を見学する。帰宅後、大雨で停電が発生し、がけ崩れで自分の家が孤立してしまう。自分でハザードマップを見つけ出す中で、ハザードマップの重要性を再認識するという「学習編」と「実践編」の2つから構成している。

前半の「学習編」と後半の「実践編」で、合計8つの場面で構成されている。内容については表-2に示す。

図-1は場面3で、対象の市町村において過去に発生した土石流の様子で、図-2は場面5におけるがけ崩れの様子である。また、図-3は場面6における迷路ミニゲームのシーンである。コンテンツの制作には、「RPG ツクール VX Ace」⁹⁾を用いた。

ゲームにかかる時間は15分程度である。ゲームの実施にあたっては、制作したゲームの実行ファイルをWindows PCにインストールすることが必要となる。ゲームの動作環境を表-3に示す¹⁰⁾。

5. ゲームを利用した防災授業

令和4年1月14日に和歌山県日高川町立山野小学校において、本コンテンツを利用した授業を行った。小学校での防災授業の様子を図-4に示す。対象は5年生と6年生で合計8名の児童である。実践にあたっては、児童一人に対して、PC一台とした。当日は、日高川町教育委員会の計らいで、町内全域の小中学校に向けた研究授業と

して開催されることとなった。新型コロナ感染対策の関

係で、実践校以外の関係教諭については、Microsoft Teams⁹⁾を利用し、リモートで授業の様子を観覧する形式

表-2 ゲームの場面

場面	内容
学 習 編	1 休憩時間中に主人公は、遊び半分で防災に関するクイズを出し合っている。
	2 防災の授業が始まり、学校付近にある砂防堰堤までをドローン映像で示される。
	3 クラスで現地の見学に行くことになり、小学校から砂防堰堤まで、プレイヤーが実際に歩いているように示される。急な斜面ではみかんも育つなどポジティブな部分も表示される。 砂防堰堤に到着した後に、その施設に対する説明や実験映像が表示される。また、対象の市町村で過去に発生した土石流やがけ崩れの画像も表示される。
	4 放課後、主人公の二人が教室で談笑していると、学校の放送で一人が呼ばれる。待っているうちに、残った一人は眠気に襲われ、教室で居眠りをする。
実 践 編	5 自宅にいる主人公は、母親から大雨になりそうだから先に風呂に入るように促される。入浴中に停電が発生する。居間で、スマートフォンが圏外になっていることを確認していると、父親が帰宅する。明日食べる物を買いに、父親と車で出かけるが、がけ崩れのため道路が不通になっていた。
	6 買い物ができずに帰宅した主人公は、母親に状況を説明する。近所の人が主人公宅を訪問し、早く逃げるように進言する。家族会議を開き、避難所の場所を確認するため、主人公は2階にハザードマップを探しに行く。 ここで、ミニゲームがスタートし、3分以内にハザードマップが入っている宝箱を探す迷路ゲームが始まる。途中、宝箱を開けると、「はずれ」の場合、避難行動や避難準備に関する情報が表示される。
	7 2階でハザードマップを発見した主人公は、両親に伝え避難所に逃げようとするが、時すでに遅く、自宅の裏山でがけ崩れが発生し、巻き込まれてしまう。その時に、主人公は夢から目が覚める。すなわち、がけ崩れに巻き込まれるというのは、すべて教室で居眠りしたときの夢の中の出来事であったが、ハザードマップの重要性に気づく。
	8 最後に、避難行動や避難準備に関するクイズを出題する。まとめとして、「家族と一緒に、災害時の行動や備えを話し合う」といった内容を取り上げて確認し、ゲームのスコアが表示されエンディングとなる。



図-1 土石流の実際の様子

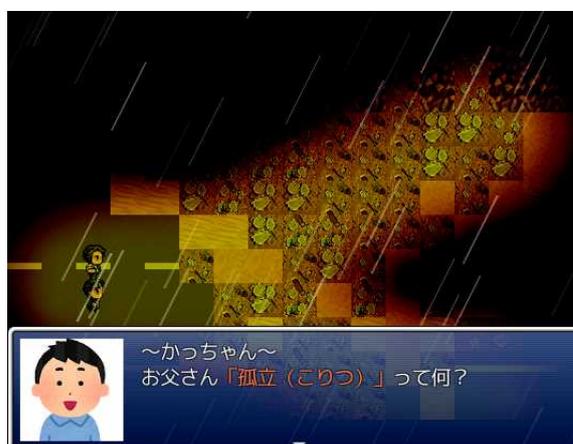


図-2 がけ崩れの様子



図-3 迷路ミニゲーム

表-3 ゲームの動作環境

OS	Microsoft Windows XP/Vista/7/8/8.1/10 日本語版 (32bit/64bit 版 OS 両対応)
CPU	Intel® Pentium®4 2.0GHz 相当以上
メモリー	512MB 以上
ディスプレイ	解像度 1024×768 以上



図-4 Microsoft Teams の会議画面に映し出された山野小学校における授業の様子

となった。なお、小中学校の教諭以外にも、日高川町教育長や日高川町総務課長、和歌山県砂防課の職員も授業の様子を見学した。

6. アンケート調査と評価

(1) アンケート調査について

授業終了後に、ゲームによる学習の効果を評価し、改善のヒントを得るために、アンケート調査を実施した。

a) 児童用

学年を問う設問を除き、21の設問を設けた。内容は、表-1に示すゲーム学習のねらいが達成できたかどうか問うものと、ゲームの中で得られる知識を覚えているかどうかを問うものに分かれる。

b) 先生用

児童用とは別に先生用のアンケートを作成した。内容は、わかりやすい教材になっているか、授業で使えるか、学習の動機づけができていないか、利用した児童・生徒の様子はどうか、具体的な要望の5つの設問を設け、記述式で回答を得た。

(2) アンケート結果と考察

学習のねらいに関連する各設問を表-1の各項目に紐づけて、表-4のように整理した。同表において、例えば「動画（ドローンなどの映像）はわかりやすかったですか。」といった設問については、回答の選択肢として「1.よくわかった」「2.わかりやすかったです」「3.わかりにくかった」「4.わからなかった」のように用意した。このような、理解度や程度を問う設問については、原則4つの選択肢を用意し、2つは肯定的で2つは否定的な回答としている。一方、「家に帰ったら、ハザードマップを見て確認しておこう、と思いますか」のように、「はい」または「いいえ」で回答を求める設問については、

表-4 アンケート調査による表1に示すゲーム学習のねらいの達成度

学習のねらい	設問	5・6年生[%]	
		肯定的回答	平均
(A)	動画（ドローンなどの映像）はわかりやすかったですか。	100	100
	砂防堰堤の役割が理解できましたか。	100	
	土砂災害が起こりそうな場所には、砂防堰堤のような、対策が取られていることを理解できましたか。	100	
	山野地区は土砂災害の危険があることを理解できましたか。	100	
(B-1)	自分の家が土砂災害警戒区域の中にあるかどうか知っていますか。	100	100
	集中できましたか。	100	
(B-2)	ゲームをもう一度、自分でしてみたいですか。	100	100
	動画（ドローンなどの映像）はわかりやすかったですか。	100	
	ハザードマップを日ごろから見ておくことが大切だと思いましたか。	100	
	家に帰ったら、ハザードマップを見て確認しておこう、と思いますか。	100	
	自分の家が土砂災害警戒区域の中にあるかどうか知っていますか。	100	
	今日ゲームをしたことや、知ったことを、家に帰って話そうと思いますか。	100	
(B-3)	もう一度このゲームをしたら、もっとよい点がとれると思いますか。	100	100
	ゲームをもう一度、自分でしてみたいですか。	100	
(C)	もう一度このゲームをしたら、もっとよい点がとれると思いますか。	100	84
	ハザードマップを日ごろから見ておくことが大切だと思いましたか。	100	
	家に帰ったら、ハザードマップを見て確認しておこう、と思いますか。	100	
	自分の命は、自分で守らなければならないと思いましたか。	100	
(D)	自分が住んでいるところで、避難することになったとき、自分でちゃんと避難できると思えますか。	75	84
	避難するときは、近所の人に声かけ（「いっしょに逃げよ」など）しようと思いますか。	88	
	今日ゲームをしたことや、知ったことを、家に帰って話そうと思いますか。	100	
(D)	家のどこかにハザードマップを貼っていますか。 ※	25	100
	上記の設問で「貼っていない」と答えた人にききます。どこに保管しているかわかりますか。 ※	57	
	家でハザードマップを見たことがありますか。 ※	50	
	上記の設問で「見たことがある」と答えた人にききます。ハザードマップを家族と一緒に見たことはありますか。 ※	0	
	ハザードマップを日ごろから見ておくことが大切だと思いましたか。	100	
	家に帰ったら、ハザードマップを見て確認しておこう、と思いますか。	100	

ただし、(D)の「平均」欄については、※の設問に対する回答を除いた数値が示されている。

回答の選択肢は2つとした。なお、同じ設問が複数個所に配置されているものもあるが、これは、学習のねらいに対して設問がそれぞれに当てはまるためである。今回のアンケートは、授業に出席した児童の全員を対象とした。

表-4に、ゲームを用いた学習に対して肯定的な回答をした児童の割合を示す。ゲーム学習のねらいとした表-1に示す項目(A), (B), (C)について、平均値で84~100%の肯定的な回答が得られている。ほとんど100%あるいはそれに近い数値であるが、(C)に分類した「自分が住んでいるところで、避難することになったとき、自分でちゃんと避難できると思いますか。」の設問に対して、肯定的な回答は75%と比較的低い値となっている。先に述べたRPGの第一弾「土砂災害が発生したとき」では、地域を限定しない設定であったため、同様の設問に対して、肯定的な回答が45%しかなかった⁴⁾ことを考慮すると、今回75%の児童から肯定的な回答が得られたことで、地域特化型のゲームにしたことによる効果が現れたと評価できる。

ハザードマップに関する(D)の設問について、家でハザードマップを見たことがある児童は50%で、小学生にしては多い方ではあるとも考えられるが十分とは言えない。しかし、授業が終わった後は、全員がハザードマップの大切さとこれを確認しておくことが必要であることを認識したことがわかり、学習の柱と位置づけ、また本ゲームのタイトルとした「命を守るハザードマップ」が児童に伝わったように考えられる。

また、「今日ゲームをしたことや、知ったことを、家に帰って話そうと思いますか」という問いに対して、肯定的な回答が100%となった。この結果から、小学生を対象とすることの付随的な効果として期待した家族での情報共有についても検証できたと考えられる。

ゲームの中で得られる知識を覚えているかどうかを問う設問については、迷路のミニゲームの途中で避難や避難行動などに関して必要となる情報を表示したが、制限時間内で迷路を脱出することに気が取られ、提供された情報を覚えておくような余裕がなかったようで、これに関する質問の正答率は低かった。しかし、迷路のミニゲーム以外のところで定時された知識を問う質問の正解率は概ね良好であった。

一方、先生用のアンケートの回答として、

- 災害や避難についての学習でこのゲームを教材として用いる場合、児童の好奇心ややる気の向上にも役立つと思う。
- 児童から「またゲームをさせてください」という声が挙がった。
- 学級活動の時間や避難訓練の際に振り返りたい。
- 子供たちは家に帰ってハザードマップを確認し、目につくところに掲示している。

といった肯定的な意見がほとんどであり、ゲーム学習のねらいに対して、教員の立場からも良い評価がなされた。

7. まとめ

本研究では、土砂災害を題材として、災害についての正しい理解と、避難やハザードマップの大切さ、また避難行動の在り方を学習するための防災教育教材の開発を目的とした。以下、主な成果について述べる。

- 1) 地域のハザードを取り上げたRPGコンテンツを作成した。
- 2) 山間部の小学校で実践し、研究授業として、リモートで町内の小中学校の教諭が参加した。
- 3) 実践校におけるアンケート調査から、教材としてのねらいがほぼ達成できていることが分かった。
- 4) 教員や学校に委ねた取り組みでなく、日高川町教育委員会・自治体・センター・和高専との連携関係により継続的に学習する体制ができた。

8. 展開

冒頭でも述べたように、このようなゲームコンテンツの制作においては、特定の地域を対象とすることを避ける。地域を限定して制作してしまうと、他の地域で使いにくくなるためである。

本コンテンツは、ゲーム内においてドローン映像や小学校から砂防堰堤まで、プレイヤーが実際に歩いているように写真がパラパラ漫画のように出てくるような構成になっており、その写真や一部の文言を適宜差し替えることで、他の学校の教材として制作できる。

このように、対象とする地域や学校ごとにゲームを一部編集することは、多数の学校にこのゲームを展開することの妨げになるかもしれないが、一手間をかけることで、「災害を自分事として捉える」という防災教育の大きな課題に対して一助になると考えられる。

本研究を契機として、防災教育は具体的な内容が多く熱意のある教職員に大きな負担が生じたり、教職員の異動で学校の取り組みが途絶えたりする懸念に対して、和歌山県土砂災害啓発センターが中心となって、和歌山高専環境都市工学科辻原研究室、日高川町教育委員会および日高川町の連携関係を構築し、本ゲームコンテンツをアレンジして日高川町内の小中学校の教材として全面的に展開することとなった。また、他の開発したデジタルコンテンツ教材も組み入れ、日高川町教育委員会を通じて町内各小中学校にオンラインで説明会を実施し、今後はこの教材等を用いた防災教育を年間計画に取り入れ、防災教育を進めることとなった。

謝辞：本研究を進めるにあたり、和歌山県土砂災害啓発センターの岸畑明宏氏、筒井和男氏、宮崎徳生氏には資料の提供や助言を頂きました。

和歌山県日高川町立山野小学校では、新型コロナウイルス感染拡大が懸念される中で、十分な対策を講じてゲームを実践させて頂きました。日高川町教育委員長の和佐公生氏には有益な助言を頂き、また山野小学校での授業を町内の研究授業と位置付け、関係の小中学校教諭が参観できるように特別な配慮をして頂きました。

防災科学技術研究所の宮島亜希子氏ならびに松川杏寧氏にはゲームの作成過程において助言や励ましの言葉を頂きました。

和歌山高専環境都市工学科の辻原治教授には研究全般についてご指導を頂き、また終始暖かく励まして頂きました。

ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 文部科学省：小学校学習指導要領（平成29年度告示），2009.
- 2) 辻原治，植前成美：防災教育教材としてのRPGソフトウェアと学習効果，土木学会論文集F3，Vol.74，No.2，pp.I_20-I_28，2018.
- 3) 西萩一喜，辻原治，坂口隆紀，岸畑明宏，筒井和男，宮崎徳生，木下篤彦：土砂災害啓発のためのRPGコンテンツの開発と評価，砂防学会誌，Vol.74，No.4，p.48-53，2021.
- 4) 西萩一喜，辻原治：土砂災害啓発を目的としたRPG防災教育教材の開発，令和3年度国土交通省近畿地方整備局研究発表会，アカウントビリティ・行政サービス部門，No.14，2021.
- 5) 国土交通省砂防部：土砂災害防止教育支援ガイドライン（案），<http://www.sabopc.or.jp/images/library/images/guidebook.pdf>，2009，(2022.2.1閲覧).
- 6) RPG ツクール VX Ace：初心者向け講座，<https://tkool.jp/products/tpgvxace/lecture/index/index.html>，(2022.2.1 閲覧)。
- 7) KADOKAWA GAMES：RPG ツクール VX Ace 初心者向け講座，<https://tkool.jp/products/tpgvxace/index/>，(2022.2.1 閲覧)。
- 8) KADOKAWA GAMES：ツクール web サポート，<https://tkool.jp/support/os.html>，(2022.2.1 閲覧)。
- 9) Microsoft：Teams，<https://www.microsoft.com/ja-jp/microsoft-teams/group-chat-software> (2022.2.1 閲覧)。