

# 想定し得る最大規模の高潮浸水想定について

藤原 俊介

兵庫県 県土整備部 土木局 港湾課 (〒650-8567兵庫県神戸市中央区下山手通5-10-1)

近年、洪水のほか内水・高潮等により、想定を超える浸水被害が多発し、今後も発生する可能性があることを踏まえ、想定し得る最大規模の洪水・内水・高潮に対する危機管理・避難警戒体制等の充実・強化を図るため、2015年5月に水防法が改正された。

改正された水防法では、知事が水位周知海岸と高潮特別警戒水位を指定し、水位周知海岸においては、想定し得る最大規模の高潮浸水想定区域を指定することとなった。本論文では、2019年8、9月に公表した大阪湾沿岸の高潮浸水想定区域図を考察するとともに、活用方法や高潮特別警戒水位の設定等に関する課題を整理し、問題解決の方向性について論じる。

キーワード 水防法改正, 想定最大規模の高潮, 浸水想定

## 1. 水防法改正と兵庫県の取組み

### (1) 水防法改正

#### a) 水位周知海岸・高潮特別警戒水位

水防法第13条の3において、知事は高潮により相当な損害を生ずるおそれがある海岸を指定し、警戒水位を超える水位であって、高潮による災害発生を特に警戒すべき水位として高潮特別警戒水位を定める必要がある。また、当該海岸の水位がこれに達したときは、水位を示して水防計画で定める水防管理者及び量水標管理者に通知するとともに、一般に周知させなければならないとされている。

兵庫県においては、2019年度から検討を行い、2020年度末以降の指定を予定している。なお、2020年6月時点で、全国で水位周知海岸の指定と高潮特別警戒水位の設定の両方を終えているのは神奈川県のみである。



図-1 全国の公表または指定の状況

#### b) 高潮浸水想定区域

水防法第14条の3において、知事は水位周知海岸について、高潮時の円滑かつ迅速な避難を確保し被害の軽減を図るため、想定し得る最大規模の高潮により氾濫が発生した場合に浸水が想定される区域を高潮浸水想定区域として指定し、その区域と浸水した場合に想定される水深を明らかにするものとされている。

兵庫県においては、高潮による浸水の危険性を県民に周知し、対策の検討に繋げていくという観点で、高潮浸水想定区域図を早期に公表すべきとの考えから、法指定前ではあるが2019年8月に大阪湾沿岸のうち尼崎市～芦屋市沿岸を、2019年9月に神戸市沿岸を公表した。

### (2) 兵庫県の取組み

兵庫県では、2015年の水防法改正以前より、県管理の港湾・漁港を対象に、国が作成した「津波・高潮ハザードマップマニュアル（2004年4月）」をもとに、高潮浸水予測区域図を作成し、兵庫県の防災関連情報サイトであるCGハザードマップで公表（2007年）してきた。

しかし、高潮浸水予測区域図は、法に基づくものではなく、兵庫県独自の取組みであったことと、水防法改正で示された想定し得る最大規模の高潮における台風等の外力条件は、これを上回る設定条件となるため、水防法改正を踏まえ国が作成した「高潮浸水想定区域図作成の手引き Ver.1.10（2015年7月）」に基づき、新たに高潮浸水想定区域図を作成した。

表-1 高潮浸水想定区域図作成に用いる外力条件

	水防法改正による国の手引き	従来の条件(2007)
台風を中心気圧	室戸台風 (910hPa) 減衰なし	第二室戸台風 (925~940hPa) 実績により減衰
台風経路	過去に大きな潮位偏差を生じた台風の経路を参考に平行移動した最悪コース	第二室戸を平行移動した最悪コース
風速半径・移動速度	伊勢湾台風(75km, 73km/h) 減衰なし	第二室戸台風 実績により減衰
防潮堤の扱い	設計条件超えて破堤	破堤なし
閘水門	閉鎖 (設計条件超え破堤)	閉鎖, 未閉鎖 (破堤なし)
準拠マニュアル	高潮浸水想定区域図作成の手引き(2015.7)	津波・高潮ハザードマップマニュアル(2004.4)

## 2. 高潮浸水想定区域図

### (1) 特徴

2015年の水防法改正を踏まえ作成した高潮浸水想定区域図の計算条件としては、以下の特徴がある。

- ・想定し得る最大規模の高潮となる台風を想定していること
- ・河川による洪水及び波浪の影響を見込んでいること
- ・堤防等の破壊を想定していること
- ・海岸保全施設や高潮の影響を受ける河川施設のこれまでの整備状況等を踏まえていること
- ・現在の学術的、科学的な知見により作成したものであること

### (2) 外力条件

大阪湾沿岸における高潮浸水想定区域図の計算に用いた外力条件は表-1のとおりである。従来の高潮浸水予測区域図で想定した台風よりも厳しい条件となっており、今回想定している台風の中心気圧は、我が国既往最大規模である室戸台風級の910hPaで、大阪湾周辺を通過する確率は500年から4,000年に1回程度（経路を考慮しない中

心気圧の確率評価）である。

### (3) 兵庫県独自の取組み（堤防等が破壊しない場合の浸水想定区域図の公表）

兵庫県では昭和30年代から様々な高潮防護施設の整備が進められ、高潮対策が概ね完了していたことから、施設で守られて安全であるとの意識が住民の中にある。そこで、県独自に堤防等が破壊しない条件の高潮浸水想定区域図を参考として公表し、想定最大規模の高潮に対しては施設があっても浸水域が広がる状況を示した。なお、兵庫県では2018年台風第21号での浸水被害を踏まえ、ハード対策の計画として、兵庫県高潮対策10箇年計画を2020年6月に策定、公表した。

## 3. 高潮浸水想定の結果と考察

### (1) 結果概要

尼崎市～神戸市沿岸の最大潮位と浸水想定区域の結果を図-2に示す。市域の4割がゼロメートル地帯である尼崎市では、阪神尼崎駅周辺で浸水深が6.0mとなり、市域



図-2 高潮浸水想定区域 (大阪湾沿岸)



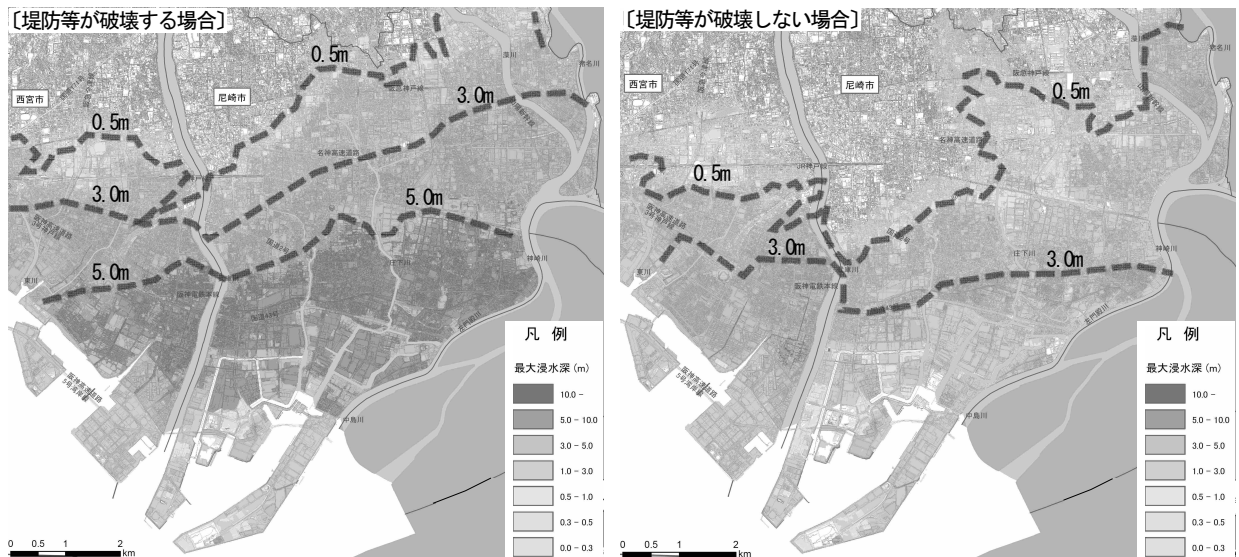


図-3 高潮浸水想定区域の比較（左：堤防等が破壊する場合 右：堤防等が破壊しない場合）

の4分の3が浸水する結果となった。尼崎市や西宮市では、一般的な一戸建ての2階が水に浸かる3m以上の範囲が全体の浸水域の5割強となる。また、神戸市においては、南海トラフ地震の津波想定より約2.4倍広い範囲が浸水する。

(2) 地形による特徴

各市の最大潮位は、東に向かうほど高くなっており、これは尼崎市や大阪市など大阪湾の奥側で吹き寄せによる潮位の上昇が大きくなるが反映されている。実際に2018年台風第21号による最高潮位においても、神戸検潮所のTP+233cmに対して、尼崎検潮所ではTP+353cmを記録した。

浸水範囲や浸水深は、潮位と地盤高の影響を大きく受けるため、海域での潮位が高く、標高の低い土地が内陸まで広がる尼崎市から西宮市にかけては、浸水範囲、浸水深ともに大きくなり、一方で海域の潮位が湾奥部ほど高くなく、六甲山が市街地に近接して平地が少ない神戸市沿岸においては、浸水範囲が狭く浸水深も小さくなる傾向があった。

(3) 堤防等が破壊する場合と破壊しない場合の比較

表-2に堤防等の破壊の有無による浸水面積の差異を示す。尼崎市では、堤防等が破壊する場合に全体で38.62km<sup>2</sup>が浸水するが、堤防等が破壊しない場合の浸水面積は32.39km<sup>2</sup>であった。また、3m以上の浸水面積については、同様に23.16km<sup>2</sup>が4.10km<sup>2</sup>となった。

これらのことから、堤防等が全て破壊する場合と比べて、堤防等があることにより浸水面積、浸水深がある程度は抑えられるものの、想定し得る最大規模の高潮に対しては、堤防等の破壊、非破壊の違いによらず、広範囲で浸水が生じる恐れがあることが明らかになった。

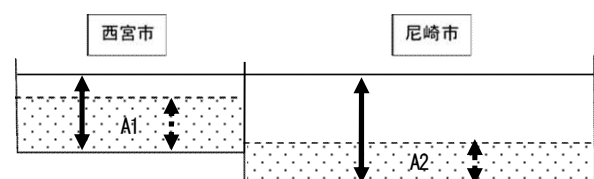
表-2 堤防等の破壊有無による各市の浸水面積

市名	堤防等の破壊有無	浸水面積 (km <sup>2</sup> )	
		全体	3m以上
尼崎市	破壊あり	38.62	23.16
	破壊なし	32.39	4.10
西宮市	破壊あり	20.69	10.81
	破壊なし	19.53	5.95
芦屋市	破壊あり	3.74	0.81
	破壊なし	3.44	0.10
伊丹市	破壊あり	0.56	—
	破壊なし	0.17	—
神戸市	破壊あり	38.29	2.79
	破壊なし	37.21	2.72

堤防等が破壊しない場合の浸水面積の減少の割合は、尼崎市で大きく西宮市で小さくなり、3m以上の浸水深の面積についても、堤防等が破壊しない場合、西宮市が尼崎市を逆転して面積が大きくなっていった。

この要因を考察するために、図-4に両市の地形の模式図を示した。この図は尼崎市と西宮市の地形を比較した場合に尼崎市の地盤が低く、また、尼崎市では地盤の低い面積が西宮市より大きいことを示している。

堤防等が破壊する場合、海域から陸域への海水の流入量が非常に多いため、図-4に示すように両市とも最大まで潮位が上昇する。この時、尼崎市の浸水深と浸水面積が西宮市より大きくなっている。一方で、堤防等が破壊



実線：堤防等が破壊する場合の水面、浸水深  
破線：堤防等が破壊しない場合の水面、浸水深  
※ 流入量が同程度の場合にはA1≒A2となる

図-4 堤防破壊有無による浸水深の差

しない場合、流入が一定量にとどまり、仮に両市への流入量が同程度であるとする、尼崎市は低地が広く広がるため浸水深が浅くなり、西宮市は尼崎市に比べると浸水深が深くなる。このため、堤防等が破壊しない場合における3m以上の浸水深の面積は、西宮市の方が大きくなると考えられた。

#### 4. 課題と問題

##### (1) 高潮浸水想定区域図の活用

高潮は局地的な大雨により発生する洪水や、地震により発生する津波と比べて、発生時期をある程度予測することが可能である。このため、台風接近前に避難行動を行うことができる。そのことから、沿岸域の住民は、高潮時に円滑かつ迅速な避難を行い、被害軽減を図るために、平時から兵庫県の公表した図面や、今後市町が作成するハザードマップを確認し、自分の家や学校、職場等における浸水深を把握しておくことが重要である。

しかし、我が国において、高潮は河川の氾濫や土砂災害、津波と比べて近年発生が少なく、馴染みの薄い災害であり、住民からすれば、高潮がどのようにして発生するものか、浸水想定区域図をどのように見ればいいのか分からないといった問題がある。

また、高潮の浸水想定区域図は、発生頻度の低い想定し得る最大規模の台風に基づいて作成しているため、避難計画を作成する市からは、発生頻度の高い台風による浸水区域を示してほしいとの要望がある。さらには、想定し得る最大規模の高潮においては、沿岸域の大部分が浸水の影響を受けるため、市外への広域避難が必要となり、避難手段、避難先の確保等、様々な課題がある。

##### (2) 高潮特別警戒水位の設定

2018年台風第21号においては、図-5に示すように急激

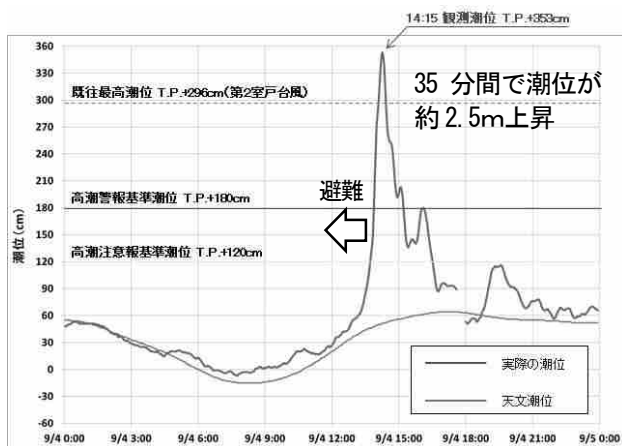


図-5 2018年台風第21号での実測潮位（尼崎検潮所）

な潮位上昇が記録されており、避難のリードタイムを考慮して高潮特別警戒水位を設定すると、その水位は平時の潮位と変わらないものとなり、高潮特別警戒水位を設定する意味がなくなってしまう。神奈川県において、高潮特別警戒水位は垂直避難を呼びかける最終勧告を行う水位との考えを採用しており、兵庫県においても、高潮特別警戒水位の設定にあたってリードタイムの考え方を慎重に検討する必要がある。

#### 5. 住民避難への活用に向けて

水防法改正の趣旨としては、想定し得る最大規模の災害に対する危機管理・避難警戒体制等の充実・強化を図ることが目的である。そのためには、避難計画を作る側の行政と、実行する側の住民が、相互に防災に向けた取り組みを進める必要がある。

高潮浸水想定区域図を実際の住民避難に活用できるようにするためには、第一に住民の理解を深めることが重要であることから、兵庫県においては、洪水と合わせて災害の特徴の説明や、活用方法を示した冊子を作成した（図-6）。また、想定し得る最大規模の高潮等の災害が発生した場合に備えて、県の防災部局においては、2019年度より大規模水害避難対策検討委員会を立ち上げ、広域避難対策の検討を始めている。施設の能力を上回る外力により氾濫等が発生しても、人命、資産、社会経済の被害をできる限り軽減する減災対策に取り組んでいくためには、高潮特別警戒水位等の検討においても住民の立場になって考えることが大前提であり、防災部局や市町など関係機関と連携した取り組みが必要である。



図-6 浸水想定区域図 確認ガイド

# 千苺ダムの治水活用について

松井 剛志

兵庫県 県土整備部 土木局 河川整備課 (〒650-8567兵庫県神戸市中央区下山手通5-10-1)

兵庫県では、1983（昭和58）年9月の台風10号を契機に、1987（昭和62）年から武庫川水系の治水事業に取り組んでいる。2011（平成23）年8月に策定した河川整備計画では、1961（昭和36）年6月の戦後最大洪水を安全に流下させるため、2030年を目標年次として河道対策や流域対策に取り組んでいるが、対策が完成するまでに時間を要し、記録的な大雨も多発しているため、それまでの間の治水安全度を少しでも向上させる付加的な対策（河川整備計画には位置付けず、神戸市上水道の水利権変更を行わない。）として、神戸市の協力を得ながら県単独事業として取り組んでいる。

本論文では、全国でも事例のない水道専用ダムの治水活用について、利水ダムを治水活用する場合の課題及び放流設備に関する技術的な課題について取り組んだ内容を報告する。

キーワード ダム再生, 利水ダム, 現物補償, 放流設備

## 1. はじめに

兵庫県東部を流れる（二）武庫川水系は、氾濫区域内人口約110万人を抱える重要な水系で、二級河川としては全国一の規模を有する。千苺ダムは、（二）武庫川水系羽束川に位置し、1919（大正8）年に築造された神戸市の水道専用ダムであり、神戸市北部地域の重要な水源として活用されている。ダムの形式は直線型重力堰堤粗石モルタル（表-1）で、ダム本堤のほか副堤（放流堰堤）を有している。

表-1 千苺ダム概要

所在地	神戸市北区道場町
河川名	(二)武庫川水系羽束川
目的	水道専用
型式	重力式粗石モルタル積ダム
堤高	42.4m
堤頂長	106.7m
流域面積	94.5km <sup>2</sup>
総貯水容量	1,171千m <sup>3</sup>

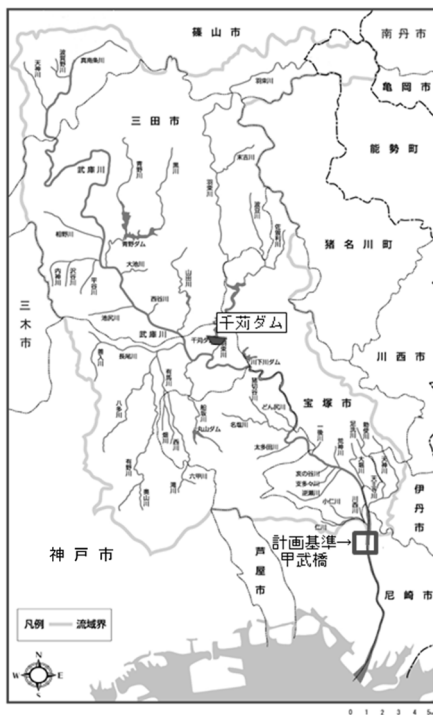


図-1 千苺ダム位置図

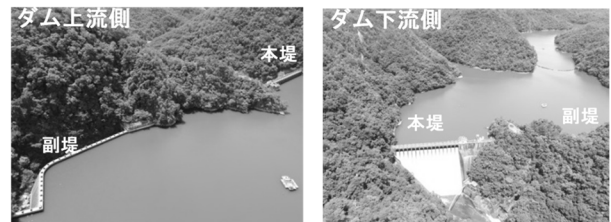


写真-1 千苺ダム

## 2. 千苺ダムの治水活用

千苺ダムは、神戸市が洪水期（6月～10月）に本堤のゲート17門を開けて、貯水位を常時満水位から1.5m低下（洪水期制限水位）して運用している。

治水活用は、現在、洪水期制限水位から水位をさらに低下させる設備がないことから、兵庫県がダムの副堤付近に新たに放流設備を設けて、洪水期のうち7月から9月の3か月間貯水位をさらに1.0m低下（治水活用水位）させ、大雨が降った時に水が貯められる容量を約100万m<sup>3</sup>確保する（図-2）。

治水活用による効果は、河川整備計画対象洪水（昭和36年6月の戦後最大洪水と同規模）を、計画基準点（甲武橋）において、約50m<sup>3</sup>/s低減（約5cm水位低下）させる。

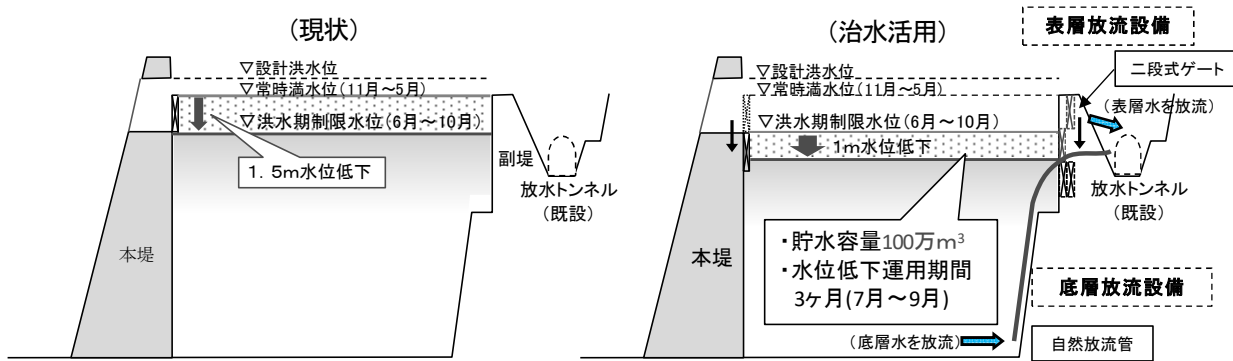
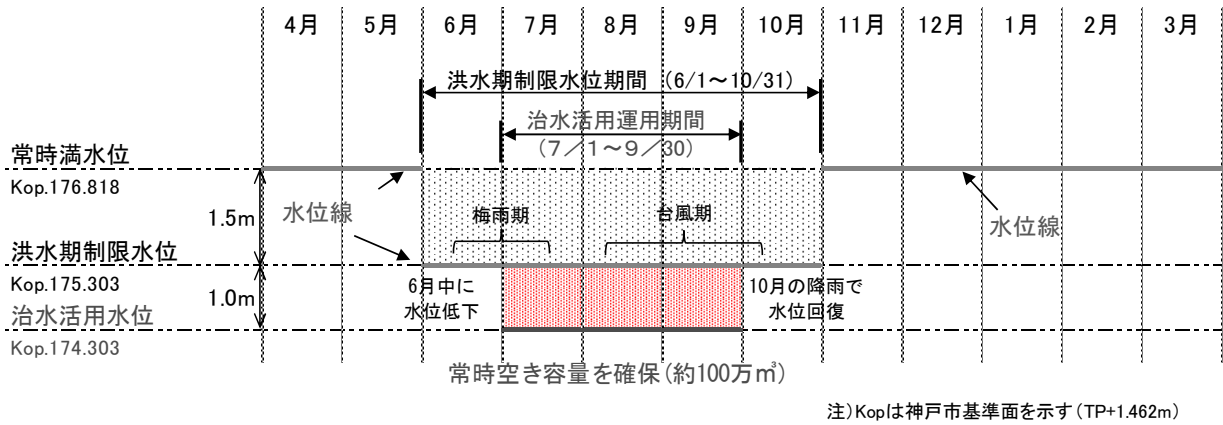


図-2 治水活用説明図

### 3. 工事の概要

<総事業費>

23億円（内水道水確保のための工事費：4億円）

<事業期間>

平成30年度～令和4年度

<工事内容>

- ①貯水位低下用の放流設備を副堤に設置（本体工事）
  - ・表層放流設備  
二段式ゲート：1門（高さ2.5m×幅4m）
  - ・底層放流設備  
放流管：1基（φ500mm）
- ②三田西宮連絡管と連結する接続管を設置  
（水道水補償対策工事）

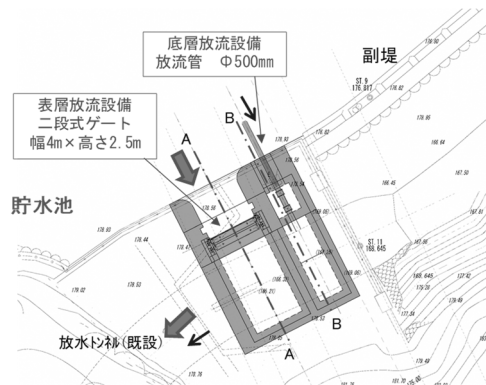


図-3 放流設備平面図

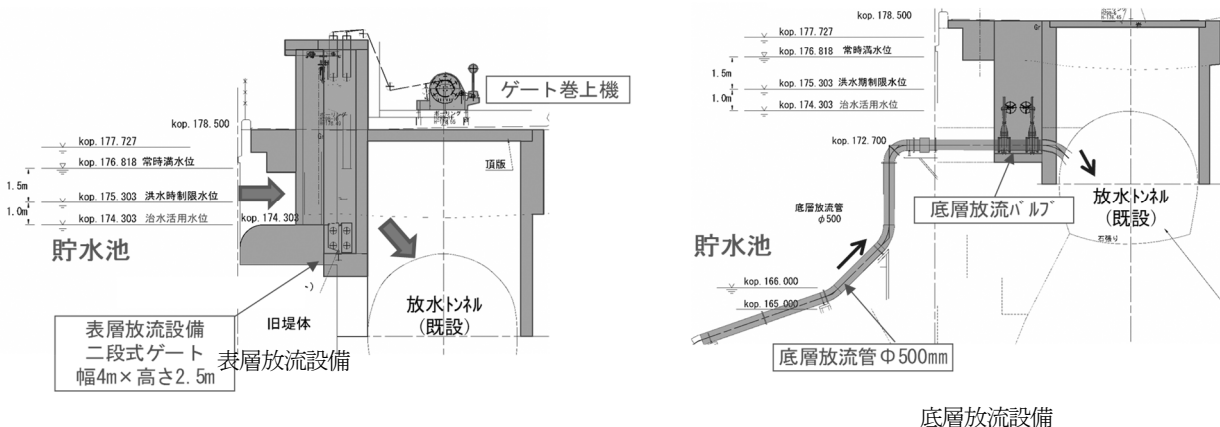


図-4 放流設備断面図



写真-2完成パース

#### 4. 治水活用の課題

神戸市の水道専用ダムの治水活用に当たり、水位低下に伴う市の水道用水に影響を与えた場合のバックアップ（補償）と、水道原水の水質を維持するための放流方法という二つの課題がある。特に、放流設備は、本堤が登録有形文化財に指定されていることから、副堤（余水吐き・放流堰堤）への設置を基本とし、原水の水質について水道用水としての使用上、水量の確保及び悪影響を及ぼさない方式・規模のものを選定する必要が生じた。次章では、これらの課題とその対策について述べる。

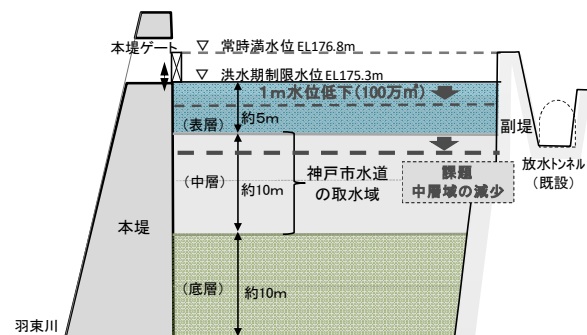


図-5 神戸市水道の取水域

#### 5. 水道水としての課題とその対応

一般的に、多目的ダムで利水容量等を治水活用する場合は、損失補償が多い。千叡ダムは、神戸市の水道事業において貴重な水道水源であり、治水活用に起因した水道水が不足した場合の対策が必要である。今回の治水活用では、後に水位が戻らない場合の渇水対策と貯水位が下がることによる水質悪化時の対策が想定されるため、これらの対応が必要となる。

千叡ダム治水活用事業では、現物補償により水道水の確保を行うために関係機関と調整のうえ、下記の対策を実施することとした。

#### (1) 水位が戻らない場合の渇水対策

治水活用終了後の10月に貯水位が回復せず水量不足が生じた場合、阪神水道企業団からの送水を増量して対処する（図-6）。

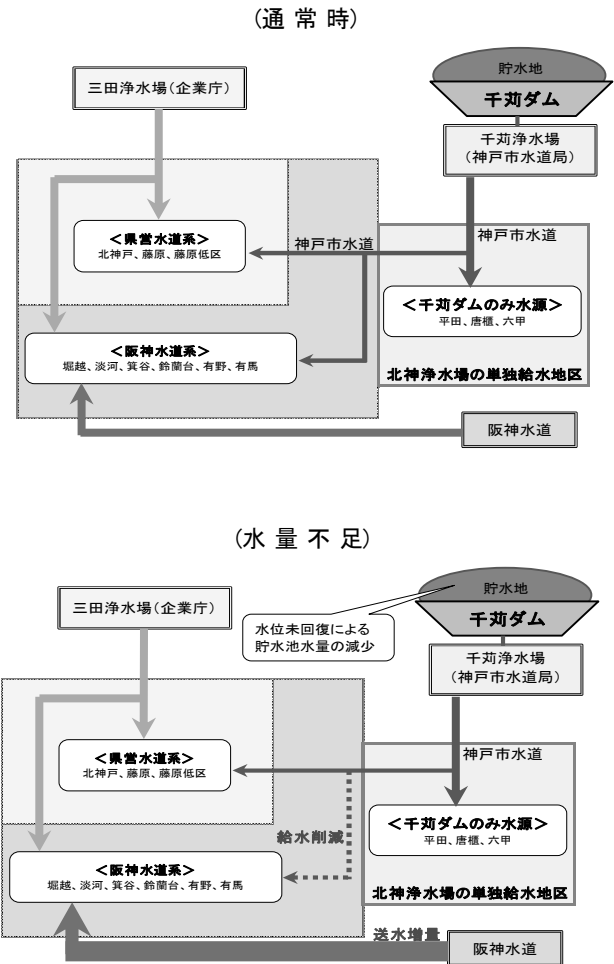


図-6 水位が戻らない場合の渇水対策

#### (2) 貯水位が下がることによる水質悪化時の対策

千叡ダムの治水活用事業が起因して貯水池全体の水質悪化が生じた場合、千叡浄水場の単独給水区域への給水が困難となる。水質悪化は、特にカビ臭産生物の異常発生が想定され、カビ臭原因物質であるジハスシと2MIB（ジメチルイソボルネオール）が高濃度化し、浄水場での処理が困難となった場合である。

水質悪化により千叡ダムが使用不可能となった場合、千叡ダムによる給水区域へ県営水道からの応援給水を可能とするため、兵庫県企業庁が設置する三田西宮連絡管と神戸市水道管を連結する“接続管”を設置して、兵庫県企業庁及び阪神水道企業団からの送水を増量して対処する（図-7）。



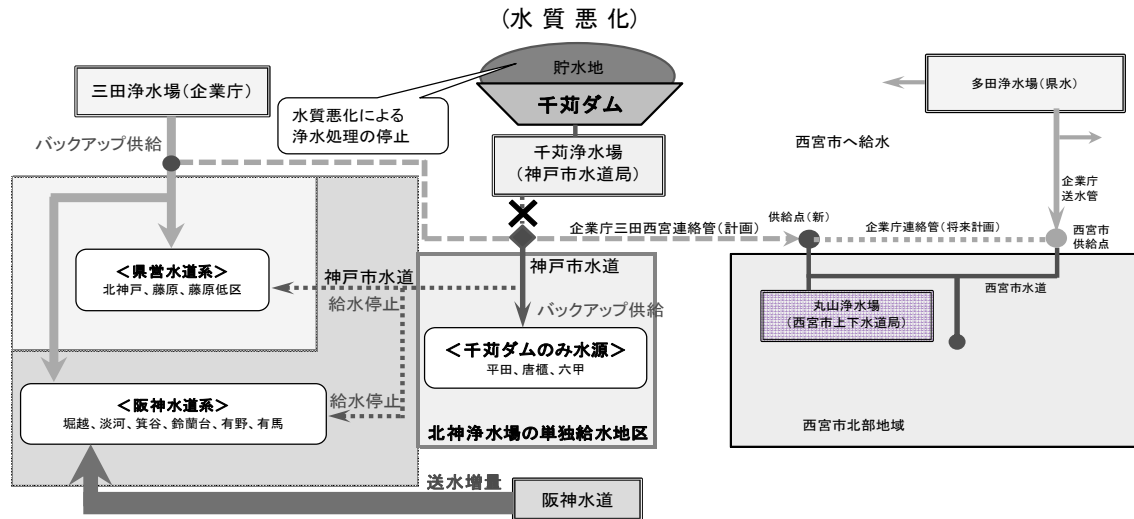


図-7 水質悪化時の対策

## 6. 放流設備に関する技術的な課題とその対応

新たに設ける放流設備は、本堤が有形文化財に指定されていることから、副堤（余水吐き・放流堰堤）への設置を基本として計画を進める。洪水期制限水位から治水活用水位への移行期間は、水道用水として良好な中層部を乱すことなく、表層から放流することが必要なことから、表層放流設備のゲートの形式について検討した。

また、水位低下の際には、水道原水の水質を維持及び中層域（図-5）を確保するため、底層水と表層水をあわせて放流する等の措置を行うための底層放流設備についても検討した。なお、水位低下を含めた具体的な運用方法については、試験運用時にトンネル内の減勢効果及び底層放流水の水質状況を判断して決定する。

表-2 表層放流設備の諸元

門数	1門
ゲート形式	二段式ステンレス鋼製ドロップゲート
純径間	4.0m
有効高	2.515m
水密方式	前面3方ゴム水密（連続水密）
開閉装置形式	1モータ2ドラム式電動ワイヤロープウインチ式
開閉速度	0.3m/min
操作方式	機側操作

### (1) 表層放流設備

表層から放流することが必要なことから、ゲート形式は本堤部に設置されている越流タイプとすることを条件とした。越流タイプのゲート形式は、ドロップゲートの採用が考えられるが、治水活用により貯水位を低下させる際、良好な中層部を確保するため図-9のように段階的な水位低下（現在は3段階）を実施することから多段式ゲート（ドロップ形式をコンパクト化）を採用した。表-3に経済性及び水質への影響を含めた検討結果を示す。

扉体は、二段扉の構成となっており、貯水位を段階的に低下させるものである。図-10の通りゲートを全開する時は、2段の扉体を一旦底部の戸当たりまで下げ、2段を同時に引上げる操作を行うことで、扉体上部側面の戸溝を塞ぐ整流板の高さを低く抑えたものとし、維持管理の簡素化が行える構造とした。

放流は、図-8に示すように、既設トンネル上部を取壊し、ゲートからトンネルに流れる構造とした。

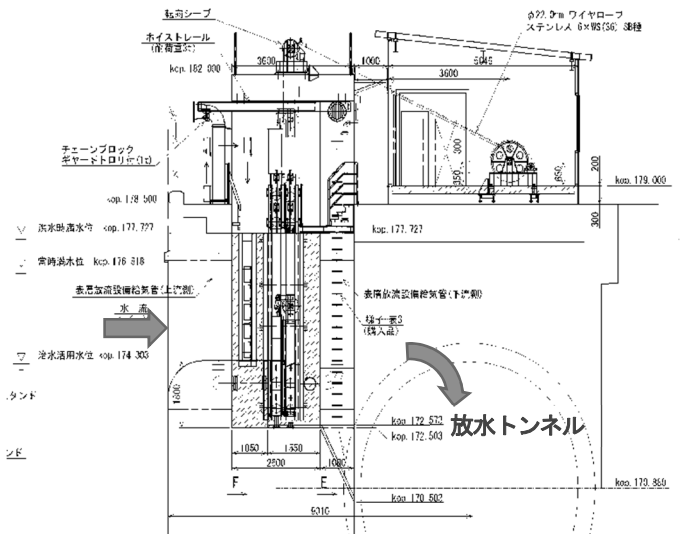


図-8 表層放流設備表層側面図

一般部門 (安全・安心) II : No. 02

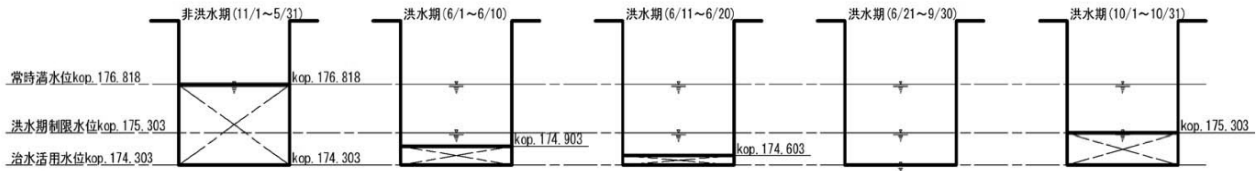


図-9 表層放流設備のゲート操作案

表-3 表層放流設備の諸元

項目	ドロップゲート (本堤のゲート形式)	多段式ゲート (ドロップ形式をコンパクト化)	フラップゲート
概要図			
構造	<ul style="list-style-type: none"> <li>本堤で利用されているゲート形式でありゲートを自重で下げてゲートを開扉。</li> <li>維持管理のためゲートを引上げる高さとして、越流水深を考慮したゲート引き上げ高さとするため門柱の高さが高くなる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ドロップゲートを分割してゲート高を低くした形式。</li> <li>ダム取水設備に利用。</li> <li>第1案のドロップゲートと比較すると扉体が多く門柱の幅が広がるが、高さは抑えられる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>油圧シリンダで起伏式のゲート进行操作。</li> <li>ゲートの躯体が下流面まで必要。</li> <li>油圧シリンダを利用するため、油脂類の流出の可能性があり水質への影響が懸念。</li> <li>一般に常時満水位以下には設置しない形式。</li> </ul>
水質への影響	本堤で利用している形式であり、問題ない。	本堤で利用している形式であり、問題ない。	油圧シリンダなどの油脂類の流出が懸念。
維持管理	維持管理のゲートへのアクセスが貯水位以上であり安全に作業が行える。	維持管理のゲートへのアクセスが貯水位以上であり安全に作業が行える。	維持管理のため貯水位以下のゲートにアクセスするため安全性に問題。
経済性	ゲートの高さにより、戸当りの門柱が高くなるため経済性に劣る傾向がある。	第1案より門柱を低くできるため、第1案より経済性に優れる。	維持管理のための角落しの開閉のためにはドロップゲートと同様の門柱が必要。経済性に劣る。
評価	△	○	×

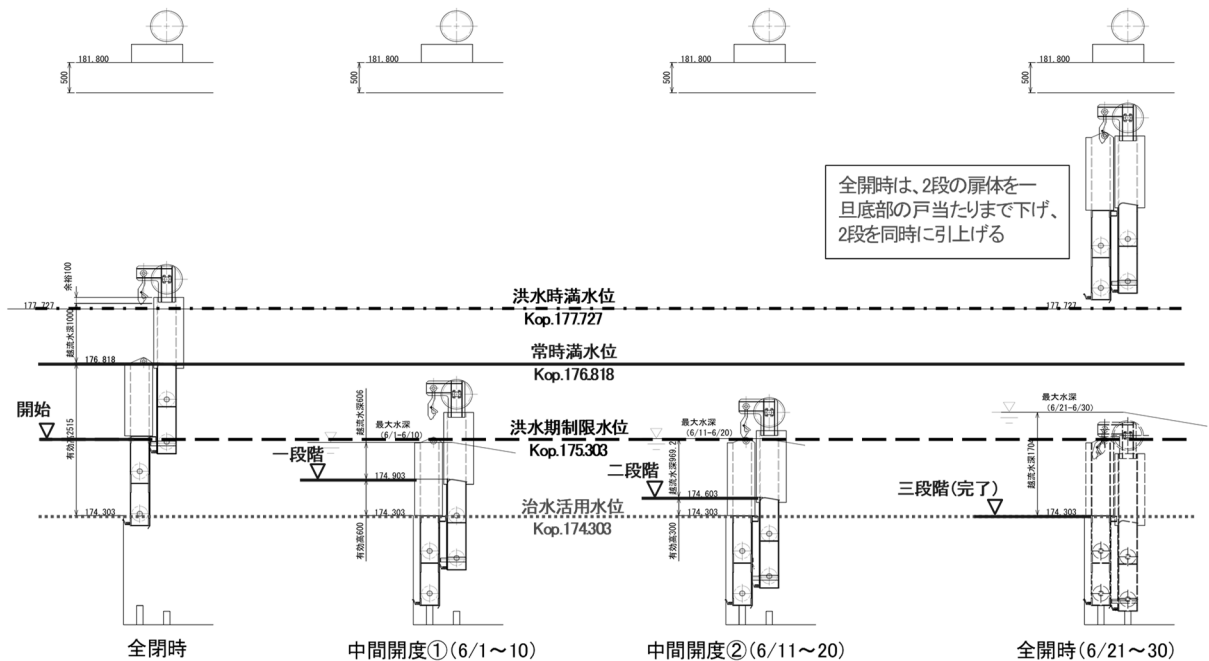


図-10 越流放流イメージと整流板

(2) 底層放流設備

底層放流設備からの放流量は、表層放流設備の放流量割合で決定するため、維持管理の簡素化の観点から放流バルブを全開とし、治水活用水位に達すると底層放流設備からの放流が停止するようにした自然放流方式を採用した（図-13）。底層放流設備の放流量は、表層放流設備からの放流量に対して濁水を希釈するために放流量が10:1になるように、底層放流管径を計画した。

また、運用中の水道専用ダムであることから、水中コンクリート等で固定台を設けることができないための、海洋深層水取水管及び取水口の施工事例を採用した。

海洋深層水取水設備は、図-11に示すように、取水管、取水口が海底に沈められていて、深層水取水管は、海底面の起伏になじみ、施工時に海面から海底まで懸垂した状態における張力に耐えうるといった性能が要求される。

また、深層水取水口は、海底の砂や海底の砂や泥の侵入を防ぐ必要があり、かつ200mもの深さとなることからメンテナンスフリーであることが要求され、取水管端部を海底面からある程度高さを持つ架台（六角錐形や三角錐形）が設けられる。

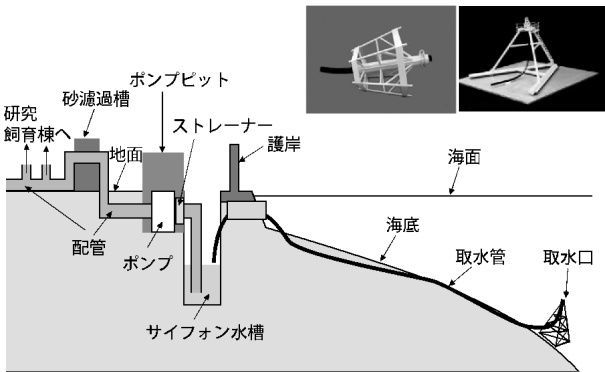


図-11 海洋深層水取水施設概要図<sup>1)</sup>

本事業では、前述のとおり、メンテナンスフリーの海洋深層水用支持架台を湖底に沈めることとした。管については、ダム・堰施設技術基準に基づき堤体支持部（直線部）はステンレス鋼管を採用し、湖底支持部については、耐食性・経済性に加えて、神戸市からの「将来取水位置の変更にも対応できるように」との要望に対応するため、可とう性及び施工性に優れた硬質ポリエチレン管を採用した。呑口管についても、最先端部が閉塞した場合にも対応できるように、上向きに予備呑口管を設けた（図-12）。

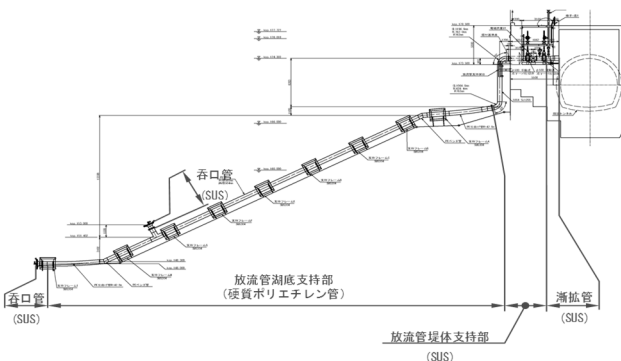


図-12 底層放流管構成（縦断面図）

表-4 底層放流設備の諸元

条数	1条
主バルブ形式	ステンレス鋳鋼製 片テーパ式電動仕切弁
副バルブ形式	ステンレス鋳鋼製 片テーパ式手動仕切弁
バルブ口径	500A
放流管形式	放流管湖底支持部 円形断面硬質ポリエチレン管
	放流管堤体支持部 円形断面ステンレス鋼管
	漸拡管 円形断面ステンレス鋼管
	呑口管 ベルマウス形ステンレス鋼管

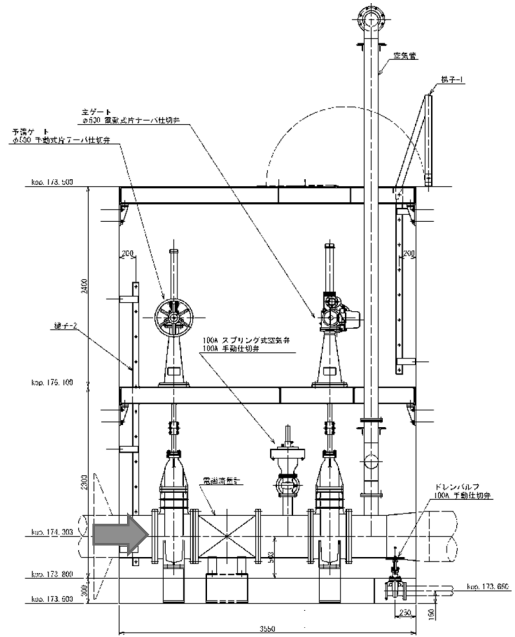


図-13 底層放流バルブ配置図

7. おわりに

令和元年11月から本工事に着手し、令和3年度末の完成を目指して施工している。工事の資機材の運搬や施工は、運用中の水道専用ダム湖面上に台船を使用する作業となることから、神戸市と工事の水質監視基準について覚書を交わし、連携を図りながら慎重に工事を進めている。

本論文では、紙面の都合上、施工方法について記述できなかったが、施工中は本工事により設置する独自の水質監視装置に基づいて工事を進めていく。また、陸上からアクセスすることができない厳しい制約から、施工においても独自の工夫を凝らして今後取り組んで行く予定である。

参考文献

- 1) 一般論文 海洋深層水取水事業の展開（古河電工時報第112号）



# シンポジウムを通じた水防災意識社会の向上

吉田 昌央<sup>1</sup>

<sup>1</sup>近畿地方整備局 港湾空港部 港湾空港防災・危機管理課 （〒650-0024兵庫県神戸市中央区海岸通29）

野洲川放水路は、昭和28年の大水害を契機に整備され、40年を経過した。しかしながら、時間の経過とともに、野洲川放水路の恩恵を受けつつも、度重なる洪水の恐怖と戦った歴史を知らない住民が増えつつある状況にある中で、野洲川放水路の通水40周年を契機に、改めて野洲川の歴史を学び考え、後世に伝えることが重要である。今後頻発する恐れのある洪水災害等に備える自助・共助等の水防災意識社会の向上を図る必要があるため、地域と連携したシンポジウムを企画・実行した。地域に野洲川や水防災についての理解を深めてもらう機会を設けたことで、明日への取組に弾みを付け、人々の防災・減災意識の向上に寄与した。

キーワード 水ビジョン、地域連携、シンポジウム、防災意識向上、かわカード

## 1. 野洲川の歴史と現状

### (1) 野洲川の河川改修

野洲川は、古来より「近江太郎」とも呼ばれる暴れ川であり、周辺に住む人々はたび重なる洪水氾濫のため多大な被害を受け続けてきた。1953年（昭和28年）台風13号洪水を機に、野洲川の根本的な河川改修実施により安心できる川にしてほしいとの思いが地域住民の間で高まったことから、野洲川の河川改修が国の直轄事業として事業化された（図-1）。その後、1971年（昭和46年）に改修工事が開始され、1979年（昭和54年）6月2日に野洲川放水路が通水した。

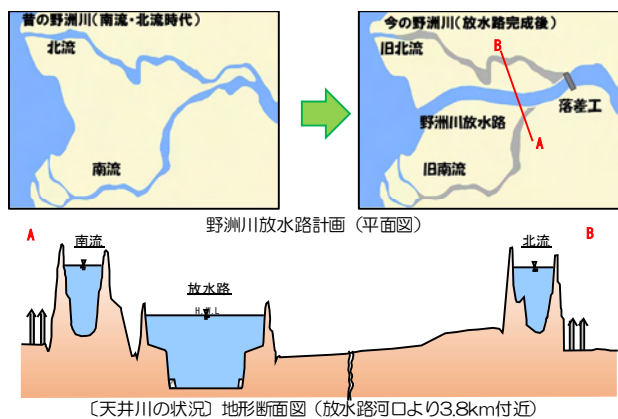


図-1 野洲川の河川改修の概要

### (2) 河川改修による流域の治水安全度向上

過去の文献によると、野洲川では1503年（文亀3年）から明治までの期間で堤防の決壊による水害が少なくと

も35回は発生しており、平均するとほぼ10年に1度の割合で発生していたこととなる。また、1868年（明治元年）から野洲川放水路が建設されるまでにも水害が発生しており、小規模のものを含めると4年に1度の割合で水害が発生していた。

野洲川放水路が完成した1979年以降、野洲川直轄管理区間においては堤防の決壊を伴う災害は発生しておらず、放水路の完成が流域の治水安全度の向上に寄与していることが示されている。

### (3) 周辺住民の意識の変化

過去の水害の歴史から、野洲川周辺の住民は治水に対する意識が高かった。しかし、近年は洪水による大きな被害が発生していないこともあり、そのような歴史を知らない周辺住民が増えつつある。

放水路通水により安全度が高い川になったものの、近年の「平成27年9月関東・東北豪雨」「平成30年7月西日本豪雨」「令和元年10月台風19号」のように、想定外の降雨による災害の激甚化を踏まえると、周辺の住民に水害の恐ろしさや治水の重要性を再認識していただく必要がある。

2019年（令和元年）に野洲川放水路は通水40周年を迎えた。この機会に改めて野洲川の歴史を学び、周辺住民の防災意識を高めることを目的として、「いのちを守る自主防災シンポジウム」（以下、シンポジウム）が開催された。シンポジウムについては地域と連携して行うことが重要であると考えられたことから、野洲川周辺自治体や地域団体との連携した取り組みにより、地域一体となった防災意識向上を図った。

## 2. シンポジウムを通じた取り組み

### (1) シンポジウムの概要

#### a) いのちを守る自主防災シンポジウム概要

シンポジウムの概要は以下に示すとおりである。

##### 【シンポジウムの概要】

- 名称：いのちを守る自主防災シンポジウム
- 日時：令和元年9月15日（日）11:00～17:00
- 場所：守山市民ホール
- 参加人数：約1,100人
- 主催
  - ・野洲川地域安全協議会
  - ・野洲川改修促進協議会
  - ・いのちを守る自主防災シンポジウム実行委員会  
（草津市、野洲市、栗東市、湖南市、甲賀市、近江八幡市、守山市、近畿地方整備局、彦根地方気象台、滋賀県）
  - ・一般財団法人自治総合センター

#### b) シンポジウム実施に向けた協議の実施

近年の想定外の水害の頻発化を受け、「水防災意識社会 再構築ビジョン」が新たに策定され、水防災意識社会構築に向けた取り組みの必要性が示されている。同ビジョンに基づき、野洲川周辺自治体により構成される「野洲川地域安全協議会」（以下、協議会）が平成30年に設置され、流域における洪水氾濫の被害を軽減する総合的・一体的な対策が進められている。

シンポジウムの実施主体である「いのちを守る自主防災シンポジウム実行委員会」（以下、実行委員会）は、協議会の下部組織として設置されたものであり、シンポジウムを通じた防災意識向上を目指す上では周辺自治体や関係団体との連携による取り組みが必要であると考えられた。そのため、周辺自治体、琵琶湖河川事務所等による幹事会、調整会議を複数回実施し、シンポジウム開催に向けて周辺自治体と連携して実施すべき事項を調整した。

### (2) 地域と連携した事前広報

地域と連携した取り組みにより野洲川放水路が通水40周年を迎えることを地域住民に周知するとともに、シンポジウムの広報を行った。

#### a) かわカード・やす楽キャンペーンの開催

野洲川の歴史や現在の姿をより多くの方に知っていただき、野洲川について改めて学んでもらうことを目的として、野洲川周辺の治水・利用に関わる施設を対象とした「かわカード」を作成した（図-2）。

「かわカード」の配布の際に、現地の写真を提示することを条件とすることで、地域住民が野洲川を訪れる機

会を創出した（図-3）。

また、「かわカード」を活用した取組として、「野洲川を楽しもう！安く楽しもう！」をキャッチコピーとした「やす楽キャンペーン」を開催した（図-3）。対象店舗において「かわカード」を提示することでさまざまな特典を受けることができるキャンペーンであり、地元の商店等の協力を得て、野洲川放水路通水40周年の広報とともに、地域の活性化を図った。キャンペーンを実施するにあたり、YouTubeによる紹介動画を作成することでより幅広い年齢層への情報発信を目指した（図-4）。



図-2 かわカード

#### かわカード入手方法

- 1 対象施設を訪れて写真撮影
- 2 かわカードを配布する公共施設で写真を確認してもらう
- 3 かわカードをGET!!

**やす楽キャンペーン**  
かわカードを地域の対象店舗に提示することで、さまざまな特典をGET!

図-3 かわカードの入手方法とやす楽キャンペーンの概要



図-4 YouTubeにおけるキャンペーン紹介動画

#### b) 地元自治体と連携した取り組み

シンポジウムに関する広報においては、実行委員会構成機関と協働して実施した。シンポジウムの広報チラシ、ポスターを各自治体の小中学校、自治会、公共施設において配布いただくとともに、各自治体ホームページや広報誌における広報実施を依頼した（図-5）。また、シンポジウム当日には、各自治体広報マスコットキャラクターに参加いただき、シンポジウムを盛り上げていただいた（図-6）。





図-5 守山市広報誌での広報実施



図-6 各自治体マスコットキャラクターによる参加者の出迎え

c) 地元企業等と連携した取り組み

シンポジウムの広報実施にあたっては、NHK大津放送局、びわ湖放送株式会社（以下、BBC）等の地域に密着した地元メディアに協力いただいた（図-7）。また、シンポジウム当日には、BBCの人気キャラクターである「野洲のおっさん」に登場いただき、防災意識向上の取り組みに協力いただいた。

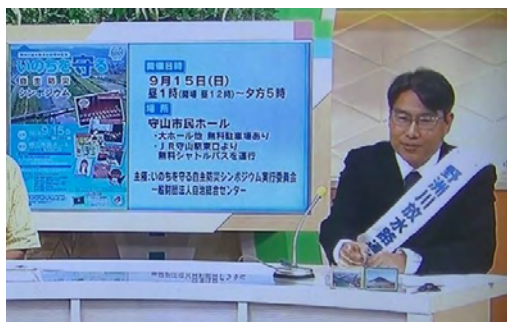


図-7 地元メディアでの琵琶湖河川事務所職員による広報実施

(3) 防災意識向上に向けた取り組み

シンポジウムにおいては、地域の団体等と連携したプログラムにより野洲川の歴史を地域住民に伝えるとともに、地域における防災意識向上を目指した取り組みの紹介、防災クイズやパネルディスカッション等を通して、地域住民の防災意識向上を図った。シンポジウムのプログラムの一例を以下に示す。

a) 紙芝居「野洲川改修物語」

紙芝居「野洲川改修物語」は、野洲川改修までの住民の姿を描いた「野洲川物語」（田村喜子著）を元に、地元の活動団体である「もりやま青年団」が作成したものである。「野洲川改修の歴史」という難しい題材を、紙芝居を通して分かりやすく伝えることで、野洲川放水路の歴史を地域住民に改めて学んでいただくことができたと考えられる（図-8）。

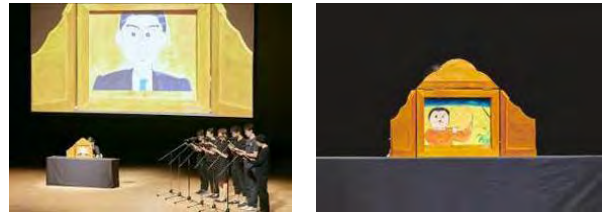


図-8 紙芝居「野洲川改修物語」

b) 地元小学校での防災・環境教育

栗東市立葉山小学校は水防災意識社会再構築ビジョンのモデル校として、過年度より国土交通省と連携した水防災教育の授業づくりに取り組んでいる。令和元年度には、水災害を防ぐための国、自治体の取り組みを説明するとともに、災害が起こった際にどう行動すべきか、生徒自身に考えさせる授業が行われた（図-9）。また、野洲市立北野小学校では、「私たちのマザーレイクを守ろうプロジェクト」と題し、野洲川をフィールドとした生物調査・水質調査が行われている（図-9）。

シンポジウムでは、各校での取り組みを、教諭または生徒自身に紹介いただいた。このような河川を対象とした防災・環境教育の実施は、子供たちの河川への関心を深めるとともに、防災意識の向上に寄与するものと考えられる。



葉山小学校の防災学習発表



図-9 小学校の学習発表

c) 野洲のおっさんの防災クイズ

防災に関する知識を伝えようとする場合、内容が難しくなりがちであり、特に子供には理解しにくいことも考えられる。そのため、防災意識の向上を目的とし、BBCの人気キャラクターである「野洲のおっさん」と協働し、防災の知識を分かりやすく伝える「野洲のおっさんの防災クイズ」を行った（図-10）。人気のキャラクターと協働した取り組みにより、難しくなりがちな防災の知識を分かりやすく伝えることができたと考えられる。

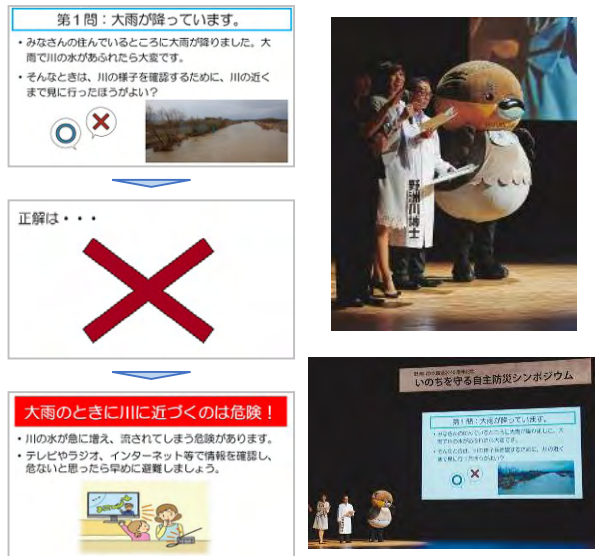


図-10 防災クイズの流れと実施状況

d) パネルディスカッション

「野洲川の恵みと水災害を想定した安全なまちづくり」をテーマとして、さまざまな視点から防災について考えるパネルディスカッションを実施した（図-11,12）。パネルディスカッションには、防災を専門とする有識者や気象予報士、行政担当者、自治体首長の他、住民の目線で防災に取り組んでいる住民団体の方に参加いただき、多様な視点で防災について議論いただいた。このような議論を通して、地域住民に防災について考える機会を提供することができたと考えられる。

■テーマ：「野洲川の恵みと水災害を想定した安全なまちづくり」

■進め方

- ① パネラー各自がテーマに沿った「キーワード」を提示し、キーワードに関連した事項や取り組みについて話題提供
- ② 洪水浸水想定区域図（想定最大規模）を提示し、水害が発生することを想定して何をしておくべきか等を議論
- ③ 議論の結果パネラー各自が感じたことを会場と共有し、来場者自身にも防災について改めて考えていただく

図-11 パネルディスカッションの進め方

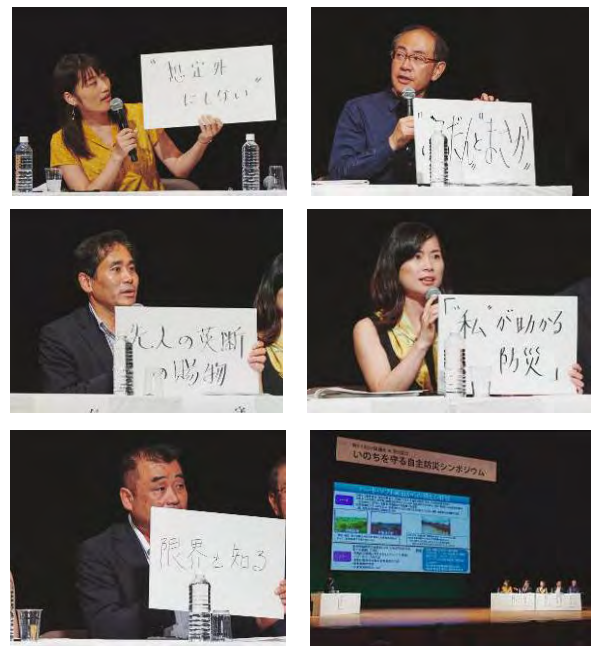


図-12 パネルディスカッションの実施状況

3. シンポジウムの効果

シンポジウム参加者を対象としてアンケートを実施し、シンポジウム実施による防災意識向上の効果を評価した。

(1) シンポジウムに参加した感想

シンポジウムの感想として、参加した方の9割以上が「大変良かった」「少し良かった」と回答しており、シンポジウムの内容は適切であったと考えられる（図-13）。

一方で、シンポジウムの開催時間が長すぎるという意見も挙げられており、今後同様の取り組みを行う際は短時間で内容を伝えられる構成にする必要があると考えられる。

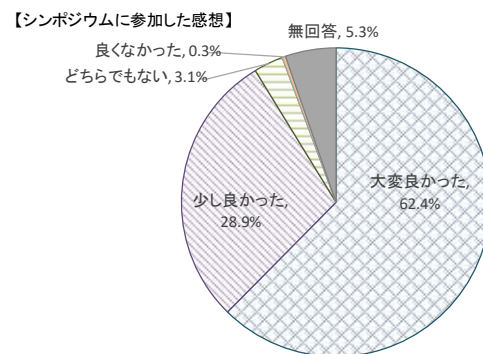


図-13 アンケート結果（シンポジウムに参加した感想）



(2) シンポジウム参加による防災意識の向上

シンポジウム参加者の9割以上が、シンポジウムに参加したことで防災意識が高まったと回答しており、シンポジウムの目的である地域住民の防災意識向上が果たされたと考えられる（図-14）。

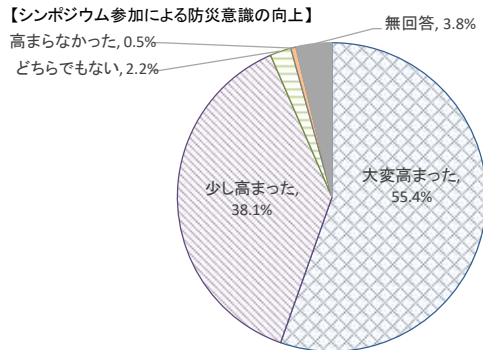


図-14 アンケート結果（シンポジウム参加による防災意識の向上）

(3) ハザードマップの認知度

アンケートにおいて、「ハザードマップ等を確認したことがあるか」を聞き取ったところ、半数程度の方が「知らなかった」「知っているが確認していない」と回答した。年代別にみると、特に20代以下でその傾向が顕著であり、今後、特に20代以下を対象としたハザードマップ等の認知度の向上が求められる（図-15）。

【ハザードマップを確認したことがあるか】

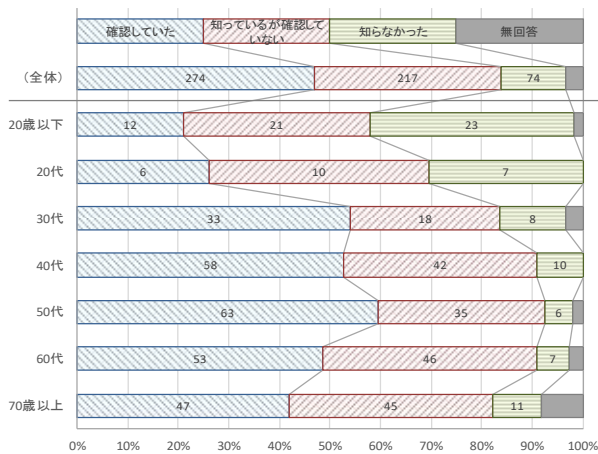


図-15 アンケート結果（ハザードマップの確認について）※図中の数字は回答者数を示す。

(4) 今後の取り組み

ハザードマップ認知度向上を目指す取り組みとして、イベント等を通じた啓発が考えられる。アンケート結果より、「ハザードマップ等を確認したことがない」と回答した方の8割以上が、シンポジウム参加後には「ハザードマップを確認したい」と回答していた（図-16）。そのため、今後もこのようなイベントを通してハザードマップ等の防災啓発を行うことにより、災害への備えを

地域住民に求めることが必要である。

（確認していない、知らなかった方のみ）

【シンポジウムに参加して、ハザードマップを確認したいと思ったか】

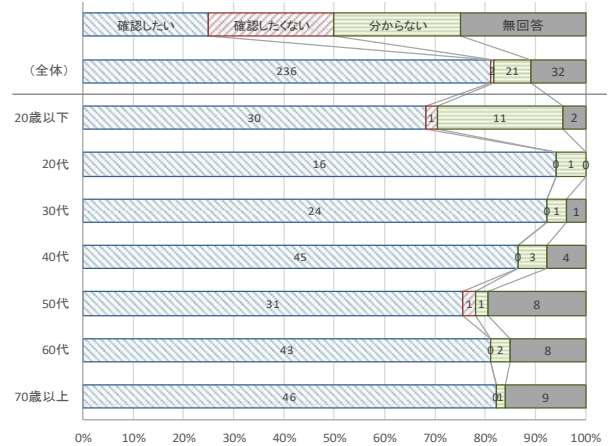


図-16 アンケート結果（ハザードマップの確認について）※図中の数字は回答者数を示す。

4. まとめ

野洲川放水路通水40周年を機会とし、地域住民の防災意識向上に向けたシンポジウムを開催した。シンポジウム開催にあたり、野洲川地域安全協議会を構成する各自治体や地域団体等との地域連携に着目した。その結果、より多くの流域住民に対して、自らの目線で防災について考える機会を提供することができ、シンポジウムの目的である防災意識向上が達成されたと考えられる。また令和2年度に瀬田川洗堰完成60周年を迎えるにあたり、瀬田川沿川の人々への情報発信のあり方について知見を得ることができた。

今後も河川管理者としてハード対策等を進めることにより水害へと備えていく必要がある。一方で、近年の想定外の降雨による災害の激甚化を考慮すると、河川管理者による取り組みだけでなく、住民目線での防災意識の向上、自助の取り組みを進めていく必要がある。今回野洲川で実施された地域連携による取り組みは、住民の防災意識向上の観点から有用な取り組みであり、今後他の河川流域でもハザードマップ等の防災啓発、学校における防災学習や協議会での広域的な避難計画の策定等を実施することで、住民の防災意識を向上させ、想定外の災害への備えとすることができると思われる。

本論文は著者の前任地である、近畿地方整備局琵琶湖河川事務所での成果を取りまとめたものである。

謝辞：シンポジウム開催にあたり、ご出席、ご協力いただきました関係者の皆様方に、心より感謝申し上げます。

# 豪雨災害を踏まえた訓練等の取り組みについて

寺本 健太郎

近畿地方整備局神戸港湾事務所保全課（〒651-0082兵庫県神戸市中央区小野浜町7-30）

2018年に発生した集中豪雨（平成30年7月豪雨）により、大量の漂流物が瀬戸内海に流出し、特に広島湾周辺海域においては漂流物流出が顕著であったことから、漂流物の回収支援として神戸港湾事務所では所有している「Dr.海洋」及び「クリーンはりま」を派遣したが、担務海域外での災害支援は初めてであったため、現場では様々な課題が発生したところである。

本稿では担務海域外での支援活動を踏まえて、実施可能なところから取り組んでいる担務海域外での習熟訓練や対応を報告し、さらなる取組みの強化として、さらなる習熟訓練や担務海域を超えた地方整備局・事務所との連携強化について紹介する。

キーワード 災害、海洋環境整備船、漂流物回収、習熟訓練、連携強化

## 1. はじめに

船舶航行の安全を確保し、海域環境の保全を図るため、近畿地方整備局においては、神戸港湾事務所では「Dr.海洋」及び「クリーンはりま」、和歌山港湾事務所では「海和歌丸」という海洋環境整備船を配備している。そのうち、神戸港湾事務所では担務海域の大阪湾及び播磨灘の海面に浮遊する流木等のごみ（以下、「漂流物」という）や船舶等から流出した油の回収作業、いわゆる海洋汚染防除業務を実施している（図-1）。

近年、梅雨時期や台風時期等における異常気象による集中豪雨によって、河川から大量の漂流物が流出している。2017年に発生した九州北部豪雨により、九州地方の周辺海域に大量の流木等の漂流物が発生したことから、海洋環境整備船を保有する九州地方整備局以外に、中国地方整備局広島港湾・空港整備事務所の海洋環境整備船「おんど2000」が海洋汚染防除業務の担務海域を越えて回収作業を行った<sup>1)</sup>。

また、2018年に西日本付近を中心に甚大な被害をもたらした集中豪雨（平成30年7月豪雨）においては、当時の観測史上最大級となる雨量が観測され、中国地方では死者87名の未曾有の被害をもたらすとともに、各地で河川の氾濫や土砂災害が発生し、また大量の漂流物が瀬戸内海の広範囲に流出した。被害が甚大であったことから、複数の海洋環境整備船や港湾業務艇が担務海域を越えて救護物資、支援物資、給水及び漂流物回収作業の支援を実施した<sup>2)</sup>。

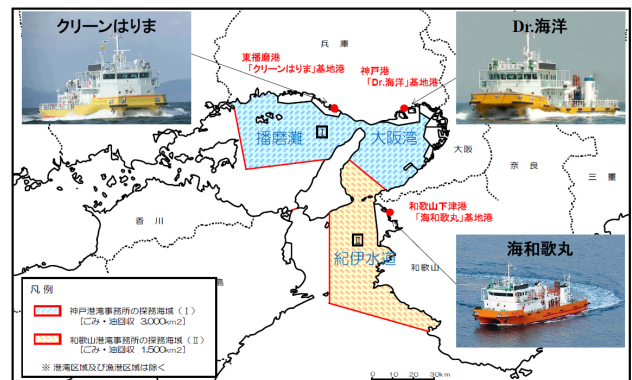


図-1 近畿地方整備局管内の海洋環境整備船担務海域  
（神戸港湾事務所の担務海域は大阪湾及び播磨灘）

## 2. 2018年7月集中豪雨での支援について

### (1) 支援概要

2018年7月に発生した集中豪雨により、大量の漂流物が瀬戸内海に流出したことから、近畿地方整備局においては、神戸港湾事務所の海洋環境整備船2隻と和歌山港湾事務所の海洋環境整備船1隻が、7月13日から31日までの約3週間に渡って広島湾周辺海域で漂流物回収作業を実施した。そのうち、第一陣で7月13日から19日まで「クリーンはりま」を派遣し、第二陣で7月18日から22日まで「Dr.海洋」を派遣し、2隻で約320m<sup>3</sup>（うち流木58本）の漂流物を回収した（写真-1、写真-2、図-2及び図-3）。なお、広島湾周辺海域での7月9日～8月16日にかけて漂流物回収量は約1,670m<sup>3</sup>であり、同海域での前年度1年分相当に及んだ。

また、漂流物回収作業以外にも、集中豪雨の影響によ



って派遣先の広島県内の広範囲で断水が発生したため、「クリーンはりま」においては海水から飲料水を生成する「海水淡水化装置」を積載し、給水支援を予定していたが、給水支援は不要となったため、「海水淡水化装置」を使用することはなかったが、合わせて積載していたポリタンク（20L）100本を物資提供したところである。

(2) 支援に際しての課題について

支援に際して担務海域外での航行や係留であったため、現場では様々な問題が生じた。例えば、支援にあたる海域については、普段航行しない海域であり、また地域特性として瀬戸内海特有の大小島々が点在した狭隘な場所があることから、乗組員は危険と隣り合わせの環境であった。これに対しては、地元の海域を十分把握した中国地方整備局のデスク職員が上乗りして航行案内をしていただき、狭隘な海域では広島港湾・空港整備事務所の海洋環境整備船「おんど2000」に先導して頂き、現地の航行に対応できた。

また、係留時においても地域特性として瀬戸内海の潮位の干満差が大阪湾と比較して大きく、船舶側の防舷材より岸壁側の既設防舷材の方が大きかったため、船舶側面と岸壁が接触する恐れがあり、接岸できなかった（写真-3）。これに対しても、広島港湾・空港整備事務所の「おんど2000」から急遽、防舷材を貸与頂き、無事に接岸できた。

以上より、担務海域外での漂流物回収作業を実施した経験を踏まえて、実施可能なところから取り組んでいる訓練や対応について、次章にて紹介する。

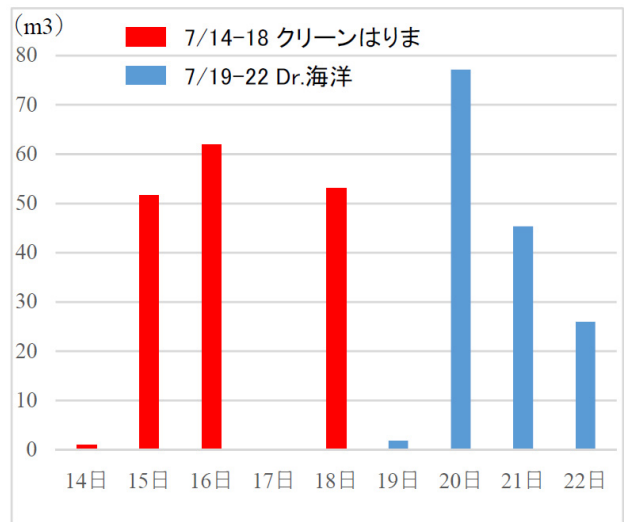


図-2 回収量



図-3 活動範囲



写真-1 浮遊物回収の様子  
 (当時の首相官邸特設ページより)

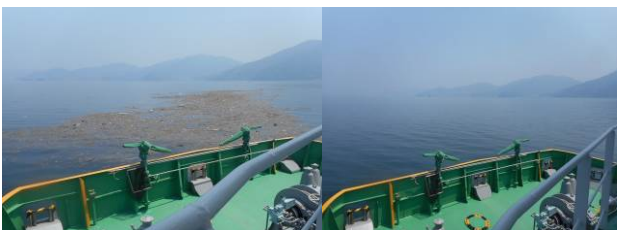


写真-2 漂流物回収の様子（回収前と回収後）



写真-3 岸壁係留時の様子

3. 支援活動を踏まえた習熟訓練や対応について

(1) 担務海域を超えた航行訓練

担務海域外の被災地への航行を想定して、2019年度に播磨灘において、予め航行計画を作成し、避難港の確認、寄港地で係留して予定どおり日帰りで実施可能か確認す

る航行訓練を実施した（図4）。また、寄港地の亀浦港（徳島県）は公共岸壁であったが、小松島港湾・空港整備事務所の関係者と連携して円滑に係留することができ、係留策の位置や間隔、船と岸壁との離隔も確認できた（写真4）。

航行訓練の際にはデスク職員も上乗りし、船内を統括する訓練を実施した。船内の無線WI-FIを使用して、本局及び事務所関係課へ航行情報のやり取りをメールで行い、リアルタイムでの相互通信を確認した。

なお、航行中において、沿岸部・沖合で定置網漁や漁船、漁業ブイなどが点在しており、担務海域外での航行では細心の注意が必要になる課題の抽出がされた。

また、本訓練は6月下旬に実施したため、日中での作業時間が確保できたが、冬場等の日中時間が確保できなくなる場合などは、夜間航行や訓練海域での係船場の確保などを考えた新たな訓練計画を構築することが今後の課題として抽出された。

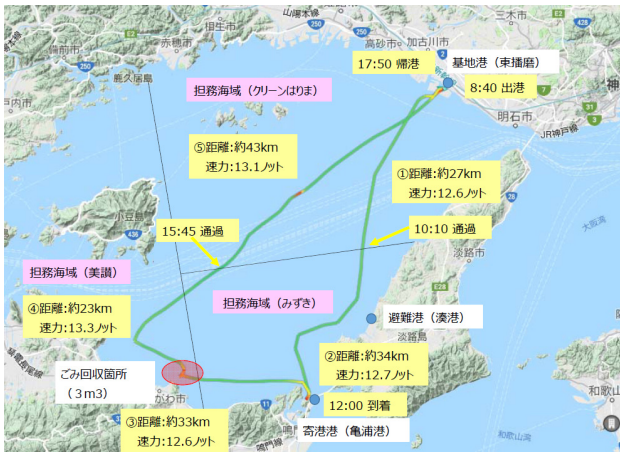


図4 航海訓練航跡図

(<https://marinetraffic.com>より編集)



写真4 岸壁係留時の確認

(2) 事前の必要積載資材の確認・調達

支援活動においては、事前の準備が不十分であったた

め、必要積載資材確認リストを作成しており、潮位の干満差や岸壁側の既設防舷材に対応して係留するため、2019年に発泡ポリエチレン製の軽量型可搬式防舷材を調達した（表-1、写真5）。確認リストの中には、船舶（海洋環境整備船）とデスクで最低限準備すべきものを明記し、関係者で共有するとともに、担当経験の浅い職員でも分かるように整理した。

表-1 必要積載資材確認リスト

	海図（紙・電子）	必要に応じて更新
船舶	航海用レーダ	必要に応じて海岸線データ更新
	AIS表示パソコン	必要に応じて海岸線データ更新
	無線WI-FI機	PC通信用
	可搬式防舷材	
	予備の係留ロープ	
	塵芥コンテナ陸揚用ワイヤーロープ	
	ホース（船体清掃、清水供給用）	
	陸電ケーブル	
	海水淡水化装置	給水支援用
	スポットクーラー	クーラーが故障した場合
デスク	船舶建造完成図書	
	予備品・消耗品	応急修理用
	港湾計画図	被災支援港湾・基地港等
	係留岸壁図面	断面図・平面図・防舷材・係留策配置図
	デジタルカメラ	GPS緯度精度付与設定
	（緊急）連絡先リスト	

※必要資材はあくまで一部である。



写真5 可搬式防舷材（直径67cm×高さ115cm）

4. さらなる取り組みについて

(1) 習熟訓練の強化

a) 夜間航行訓練

災害支援時においては被災地への早期到達が求められるが、海洋環境整備船は乗組員が少なく、24時間運航ができる体制が整っていないため、通常は日中のみの航行であり、夜間航行は危険を伴うことから実施しないが、日をまたいだ航行をすると被災地への到達が遅れる。また、災害支援中にやむをえず緊急時に夜間航行をしなければいけない状況に陥る可能性もある。

夜間航行は日中と比較して他船、障害物、定置網やしかけなどの視認性が低下するため、日中以上にレーダーによる監視や目視による見張り、適切な判断が可能になる安全な速力を徹底し、乗組員間で安全な航行を意識高めたうえで無事に航行する訓練を検討している。



**b) 継続的な習熟訓練**

前章にて紹介した担務海域外を超えた航行訓練について、今年度も引き続き遠距離の海域において、時期や係船場を考慮し、継続的な訓練を行い、さらに習熟練度を高める訓練を計画している。

**(2) 担務海域を超えた他地方整備局・事務所との連携**

**a) 本局間の連携**

豪雨災害が各地で頻発する昨今、海洋環境整備船の連携に係る諸課題を予め抽出・検討し、連携による短期集中的な回収を常に可能とする必要がある。

上記の趣旨の基、2017年度より九州・四国・中国・近畿地方整備局の本局の連携強化として「海洋環境整備船の連携強化会議」を設置しており、情報交換を実施している。今年度は近畿地方整備局で開催予定である。

会議の中で2018年7月の集中豪雨で回収した漂流物の陸揚げにおいて、陸揚げのための待機時間が課題として抽出された。四国地方整備局高松港湾・空港整備事務所の海洋環境整備船「美讃」においては、起重機船と連携してゴミの瀬取りをした実績があり、有効的であることが情報共有されている（写真-6）。同会議を踏まえて、近畿地方整備局においても、今後は起重機船や台船などの大型船を所有している災害協定団体とも連携を密にして、効率的なゴミ回収作業を検討していきたいと考えている。



写真-6 起重機船と連携したゴミ回収（「美讃」の事例）

**b) 事務所間の連携**

神戸港湾事務所においては、2018年度より四国地方整備局の小松島港湾・空港整備事務所の海洋環境整備船「みずき」と合同で油防除訓練を実施している。2018年度は淡路島都志港沖、2019年度は武庫川第一防波堤沖において、油流出災害を想定して、船舶どおしで連絡を取りながら、油回収機による浮遊油回収訓練、放水と航走による油拡散訓練を実施した（写真-7）。訓練を通じて、事務所のデスク職員及び乗組員相互における協力体制の

確認と習熟を行い、事務所間でも連携強化を図っており、今年度も引き続き実施する方向で検討している。



写真-7 「みずき」との合同訓練（2019年度実施時）  
（左からクリーンはりま、みずき、Dr.海洋の順番）

**5. おわりに**

本稿では2018年に神戸港湾事務所が初めて担務海域を超えて支援した活動を踏まえて取り組んだ習熟訓練や対応を報告し、さらなる取り組みとして訓練強化や担務海域を超えた連携強化を紹介した。

なお、習熟訓練については、予算の制約もあるため、習熟効果を確認したうえで効果的な訓練を実施すべきあり、実施にあたっては海域・係船場の情報収集をしっかりと行い、乗組員と共有すべきである。

また、連携強化についても、平時における事務所デスク職員と乗組員との連携を密にするのは言うまでもない。

今後も引き続き船舶航行の安全を確保し、海域環境の保全を図りつつ、災害が発生した場合に備えて、海洋環境整備船の訓練及び連携強化を引き続き進めていきたい。

本論文は著者の前所属課である、近畿地方整備局神戸港湾事務所海洋環境・防災課での成果を取りまとめたものである。

**参考文献**

- 1) 国土交通省港湾局：九州北部の大雨による海域における流木等漂流物への対応（海洋環境整備船「おんど2000」の緊急出動）  
([https://www.mlit.go.jp/report/press/port07\\_hh\\_000100.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/port07_hh_000100.html))
- 2) 国土交通省港湾局：平成30年7月豪雨に係る港湾局の対応  
([https://www.mlit.go.jp/kowan/kowan\\_tk3\\_000021.html](https://www.mlit.go.jp/kowan/kowan_tk3_000021.html))

# 確実な樋門操作のための工夫と操作員とのコミュニケーション向上の取り組みについて

榊 峻平

福知山河川国道事務所 河川管理課 (620-0875 京都府福知山市字堀小字今岡2459-14)

由良川の福知山河川国道事務所管内では、地域から水門等水位観測員（以下操作員）を任命し管理を委嘱している。2018年（平成30年）7月豪雨では、樋門操作の出動時間が昼夜を問わず長時間に及んだことから、樋門操作の確実性や樋門操作時の体制が課題となったため、2018年（平成30年）7月以降樋門の環境改善に取り組んでいる。また、「樋門ニュース」というチラシを3ヶ月に一度配布し、操作方法や操作員の紹介等を行っている。

キーワード 河川管理施設、樋門、操作

## 1. はじめに

### (1) 由良川の概要

福知山河川国道事務所では、由良川水系の直轄管理区間の由良川54.1km、土師川2.3kmを管理している。（図-1）



図-1 由良川流域図

由良川の上流部は河床勾配が約1/200～1/300と急で流れが速いが、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と緩くなり洪水が溜まりやすく、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。

このような地形から、洪水時に中流部で溜まった洪水は、出口が狭まった下流部へ流れにくく、水害が発生しやすい地形となっている。このことから由良川は古くか

ら多くの洪水被害を受けてきた。

近年、大規模な内水被害が発生し、より樋門操作の重要性が高まっている。また、由良川の新堤の築堤延長が増加し、堤防管理延長が年々増加していることから樋門等の数も増え、新たに操作員も増え、より一層樋門の確実な操作ができるよう取り組むことが必要である。（図-2）



(図-2)



## 2. 確実な樋門操作のための取り組み

### (1) 合同点検の実施

毎年出水期前に各樋門の点検に立ち会い、樋門操作の再確認やゲート操作に正常に行えるか等の確認をするとともに、要望等の聞き取りを行い、現状の確認を行っている。（写真-1）



（写真-1）

### (3) 樋門操作に関する資料の設置

各樋門ごとに樋門の操作水位や退避水位に関する資料やよくある誤った操作を行わないための注意喚起の資料等の設置を行い、操作のタイミング等の認識と誤操作の防止に役立っている。（写真-2）



（写真-2）

### (3) 樋門ニュースの配布

樋門操作員向けに機械操作の方法や点検時に発生した不具合の対処方法、点検時にあった要望等への対応等を河川管理課と防災課で発信し、再度樋門の操作手法や点検方法の確認を行っている。また、河川管理課や防災課などで行っている事業やイベント等のお知らせ等も掲載し、操作員の意欲向上に取り組んでいる。

樋門点検時に立ち会い、樋門操作に関する意見や要望等の聞き取りを行った内容や操作員の紹介を樋門ニュースの中でしている。また、配布の際に操作員全員に直接配布を行い、直接会話をする機会を設け、操作員の方からも気軽に分からないことや要望等を言いやすい関係を築いている。



（図-2）

## 4 樋門環境改善

### (1) 物品等の設置

2018年（平成30年）7月豪雨の際に平均出勤時間が50時間であったことや操作員の方が高齢者であることを踏まえ、操作員の健康や長時間になった際の肉体的疲労を考慮し、樋門上屋内にエアコン、簡易トイレ、非常食や救急キット等を揃えた非常用ボックスの設置や出水期間中は簡易ベッドのリース等を行っている。また、樋門上

屋に十分なスペースがない樋門については、休憩場所としてユニットハウスの設置を行っている。（写真-2）  
（写真-3）



（写真-3）

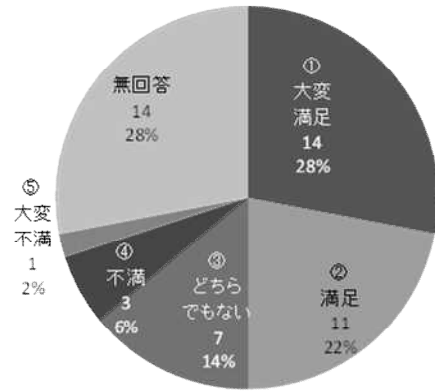


（写真-4）

**(2) 樋門環境改善のアンケート結果**

環境改善対策を試行した樋門の操作員に対し、設備の使用状況や使用感、今後の意向等についてアンケートを実施した。

アンケートの結果として、満足したという結果を半数程度いただいた。また、その他設置してほしいもの等の要望もあったため、引き続きよりよい環境づくりに努めたい。また、情報提供ツール等を用いて、水位や気象情報の把握をしたいという意見があったので、タブレット等の活用で情報収集の他に水位報告等の効率化につなげていきたいと考えている。（図-3）（図-4）



（図-3） エアコン設置に対する回答

出張所	出張番号	樋元施設名	位置(距離)	電気ポット	時計(タイマー)	アンケート要望		
						懐中電灯	冷蔵庫・クーラーボックス	その他
福知山出張所	1	里第一樋門	右岸50.2km+140m					
	2	荒島川樋門	左岸45.0km					
	3	位田第一樋門	左岸46.4km+10m					
	4	栗樋門	右岸47.0km+185m					
	5	位田第二樋門	右岸49.0km+124m					長靴・着脱機の前テレビ(小室)
	6	里第二樋門	右岸50.4km+00m					
	7	味方第一樋門	右岸52.5km+85m					
	8	光谷川樋門	右岸51.2km+45m		○			カッパ・長靴
	9	味方第二樋門	右岸52.0km+168m					扇風機・ほうき・ちりとり・二人かけソファ
	10	相長川水門	右岸46.6km					
	11	東谷川樋門	右岸58.6km+100m					
	12	松北川樋門	左岸55.0km+130m					
	13	松法川緊急排水ポンプ設備	左岸55.0km+130m					
	14	荒河排水機場樋門	左岸34.0km+124.0m					
	15	法川排水機場樋門	左岸37.4km+110.0m					
	16	倉谷川樋門	右岸53.8km+05m					机
	17	酒部樋門	右岸53.2km+15m		○			充電器・100V電源
18	河谷川樋門	右岸34.8km+38m		○	○			
19	中野樋門	右岸53.8km+40m		○				
20	17動機樋門	左岸31.8km					濡手の毛布	
舞鶴出張所	18	渡谷川樋門	左岸26.6km					
	19	藤原川樋門	左岸25.9km			○		
	20	尾藤川樋門	右岸25.2km					
	21	谷河川樋門	左岸27.8km	○				
	22	公平川樋門	左岸25.2km					
	23	比木川樋門	右岸22.1km+110m	○			○	
	24	上野川樋門	左岸23.4km					小型無線機
	25	志高中央樋門	左岸10.8km				○	TVアンテナ
	26	八戸地川樋門	左岸5.6km		○			
	27	入田川樋門	右岸7.4km		○			
28	鹿谷川樋門	右岸7.0km						
29	土佐川樋門	右岸5.2km		○				
合計				4	4	2	2	

（図-4） 今後の要望

**5. 今後の樋門の管理について**

**(1) 樋門管理方法の再構築**

気候変動に伴う降雨の激甚化・集中化が進む中、操作員が出動するのは、荒天の中で昼夜間問わず出動となることがある。また、由良川では、長時間の出動となる場合もあり、30毎の水位観測、水位報告等を行っていただくため操作員の肉体的負担が大きいことや操作員の高齢化や操作員の担い手が少ないこともあり、操作員の負担を軽減し安全に管理するためにも樋門管理の方法を変えていく必要がある。

**(2) 消防団への委託**

地元の消防団への委託を行うことで、バックアップ体制の確保が可能となり、地域における防災意識の向上及び確実な操作体制にもつながると考える。しかし、消防団で水防活動も行っているため、人員の確保が課題である。

**(3) 樋門の無動力化について**

小規模な樋門でかつ背後地の状況を考慮し樋門の無動力化を検討している。樋門無動力化後も点検等において

不完全閉塞が発生しないよう管理が必要となってくる。  
また、万が一不完全閉塞が生じた場合に対応出来るよう体制を整えておくことが重要であるため、地域特性に応じたを行っていく必要がある。（写真-5）

(4) 遠隔操作

樋門の遠隔操作については、遠隔操作をするための機能は整備されているが、原則機側操作で行うというのが基本であり、夜間でも水位や周辺状況の確認を行うための監視体制や故障状況を把握できる機能等の整備が必要となってくる。

6.まとめ

操作員と連携を密にとり、誤った操作方法等を改善し、確実な操作につなげていきたい。

樋門管理において現状では、出水時には操作員に負担が大きいと、まず交代要員の確保等に努め操作員一人にかかる負担を軽減し、確実な樋門操作を行うことが出来る環境づくりをし、その後としては、担い手の減少が懸念されるため、できるだけ人員を削減し樋門操作を確実に行うことのできる設備の整備を行う必要がある。

# 宇治市における浸水対策事業の現状について

吉田 幸史<sup>1</sup>・井上 和樹<sup>2</sup>

<sup>1</sup>宇治市 建設部 雨水対策課（〒611-8501京都府宇治市宇治琵琶33）

<sup>2</sup>宇治市 上下水道部 配水課（〒611-8501京都府宇治市宇治琵琶33）。

近年、短時間かつ局所的な集中豪雨が全国的に多発しており、本市においても、2008年以降は記録的な大雨に見舞われ、多くの浸水被害が発生している。今後も、このような状況は続くものと予想され、雨に強い安心・安全なまちづくりとして、効果的かつ効率的な雨水整備が求められている。このような状況を踏まえて、本市では浸水被害の解消を目的に、宇治川左岸地区（洛南処理区）1,578haにおいて事業計画を策定し事業を実施しているところである。

本報告では、事業計画の策定手法、事業の取組状況、宇治市におけるその他の浸水対策事業を紹介するものである。

キーワード 安全，浸水対策，事業計画

## 1. はじめに

本市は、京都盆地の東南部に位置しており、東部に豊かな自然環境が残された山地が広がり、西部は巨椋池干拓地であるため平らな土地が広がっている。そして、琵琶湖から流れ出る宇治川が市の中央部を南北に縦断している。

事業計画対象地域である宇治川左岸地区（洛南処理区）においては、前述したとおり巨椋池の干拓跡地が広がっており、その多くは低地で平坦な特徴がある。下流域にある水路も農業用と兼用となっていることにより勾配が緩やかであるため、過去より浸水被害がたびたび発生している。このような特徴から、貯留等による雨水の流出抑制が効果的な浸水対策となると考えた。

## 2. 宇治市の降雨状況について

気象庁では、1時間に50ミリ以上80ミリ未満の雨を「非常に激しい雨」、80ミリ以上の雨を「猛烈な雨」として表現しており、災害に対する降雨の目安として、1時間の降雨量が50ミリを越えると、災害が多発する恐れがあると言われている。

図-1 本市の降雨状況を見ると、近年、年最大1時間降雨量が増加傾向にあることが分かる。

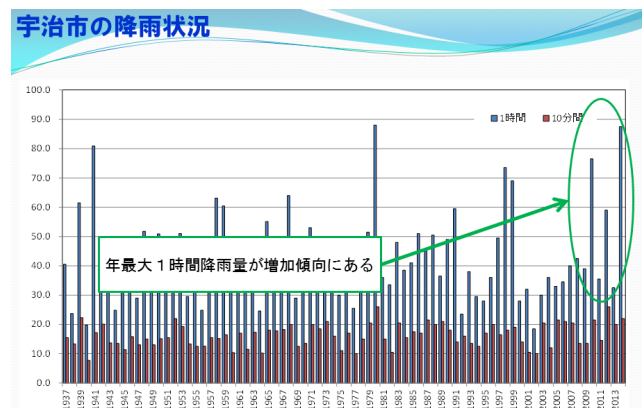


図-1 本市の降雨状況

## 3. 宇治市の浸水被害状況について

近年、本市では局地的豪雨等の発生により、浸水被害が多発している状況である。2008年の局地的豪雨による浸水被害を皮切りに、特に2012年8月に発生した京都府南部地域豪雨では、約2,000棟を上回る建物被害や、多数の道路や河川の損壊被害など、市内各所に甚大な被害をもたらした災害であった。

2016年においても、局地的豪雨によって、8月、9月、10月と3回の浸水被害が発生している。（図-2、写真-1参照）



日時	最大時間雨量	最大10分間雨量	累計雨量	床上浸水	床下浸水
2008年6月20日 (平成20年)	52.5 mm	11.5 mm	130.5 mm	8 戸	189 戸
2009年6月16日 (平成21年)	77.0 mm	26.5 mm	87.5 mm	27 戸	256 戸
2011年7月28日 (平成23年)	94.0 mm	30.5 mm	118.5 mm	7 戸	41 戸
2012年8月13日 (平成24年)	78.5 mm	20.5 mm	311.0 mm	779 戸	1296 戸
2013年7月13日 (平成25年)	44.5 mm	14.5 mm	79.0 mm	1 戸	10 戸
2014年8月10日 (平成26年)	34.5 mm	7.5 mm	204.0 mm	1 戸	1 戸
2016年8月16日 (平成28年)	54.5 mm	12.5 mm	84.0 mm	0 戸	10 戸
2016年9月28日 (平成28年)	37.5 mm	20.0 mm	139.5 mm	2 戸	7 戸
2016年10月9日 (平成28年)	53.0 mm	17.0 mm	65.0 mm	0 戸	1 戸

図-2 本市における局地的豪雨発生状況



写真-1 浸水状況

2008年以降から局地的豪雨と呼ばれる激しい雨や浸水被害が頻繁に発生しており、本格的な雨水対策の取り組みを開始する契機となった。

#### 4. 計画条件の整理

事業計画策定においては、流出解析、浸水シミュレーションを活用している。この浸水シミュレーションは、排水区の特性を反映した流出・氾濫現象を解析することにより、精度の高い浸水状況を把握することができる。又、調整池などの既存施設の能力を適切に評価することで、既存ストックを最大限活用した浸水対策を策定することを可能とした。この事業計画を策定する上で、計画条件を表-1のとおりとした。

項目	計画条件
整備目標	10年確率
降雨強度式	$I = \frac{6223}{t + 38}$ (時間降雨 63.5mm/hr)

平均流速公式	マンニング $V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$		
粗度係数	暗渠	鉄筋コンクリート管,ボックスパイプ	0.013
	開渠 台形水路	コンクリート三面張水路	0.017
		二面ブロック張水路(泥土床)	0.025
		素堀水路	0.030
		古川,井川,名木川	0.030

表-1 計画条件の整理

#### (1)整備目標

周辺他都市においても10年確率降雨を整備目標としており、本市においても整備目標は重点地区を中心に整備を行うことから、10年に1回程度の大雨に対応する計画とした。

#### (2)降雨強度公式

既存の降雨強度公式を採用した。

#### (3)平均流速公式

平均流速公式はマンニング式を採用することとした。

#### (4)粗度係数

粗度係数は、「下水道施設計画・設計指針と解説-2009年版-」に準拠して設定した。また、一級河川である古川及び井川、準用河川名木川については、上位計画に準拠し0.030に設定した。

これらの計画条件と現地調査結果をもとに現状水路をモデル化し、キャリブレーション(解析を行うためのパラメータ設定)を本市における浸水実績とシミュレーションによる想定浸水区域図とで比較を行い、現状に基づく流出解析モデルによるシミュレーションで浸水が予想される場所の抽出を行った。

#### 5. 事業計画の策定

事業計画の策定にあたっては、効果的な改善対策施設の設置場所や規模を検討した。計画の策定にあたり、計画方針を表-2に示す。

		計 画 方 針
計画目標降雨		・10年確率降雨とする。
検討諸元	対象水路	・水路幅500mm以上を基本とする。 （重要な水路は、500mm未満でも対象とする）
	流出係数	・将来の市街化を想定し、市街化区域の田畑、空地は宅地として設定する。
対策施設の考え方	基本方針	・現況用地幅での水路改修を基本とする。 ・用地取得が必要等の理由により改修が困難である場合、雨水調整池（貯留管）を検討
	水路の余裕高	・余裕高は考慮しない ・溢水（水位が地表面を超えない）が生じない計画とする
	貯留施設	・公共用地を利用し、雨水調整池を優先する ・公共用地がない場合は公道下へ貯留管を計画する ・公共用地、公道下の利用が共に困難な場合は、民地の買収を検討 ・分水施設は、横越流の堰構造とする。堰長は3mを標準とし、せき高は浸水が生じない高さをシミュレーションによって求める。

表-2 計画方針

この計画方針に基づき、シミュレーションで抽出した浸水想定箇所に対策をたてた。その対策箇所の内、雨水貯留施設等についてを図-3に示す。

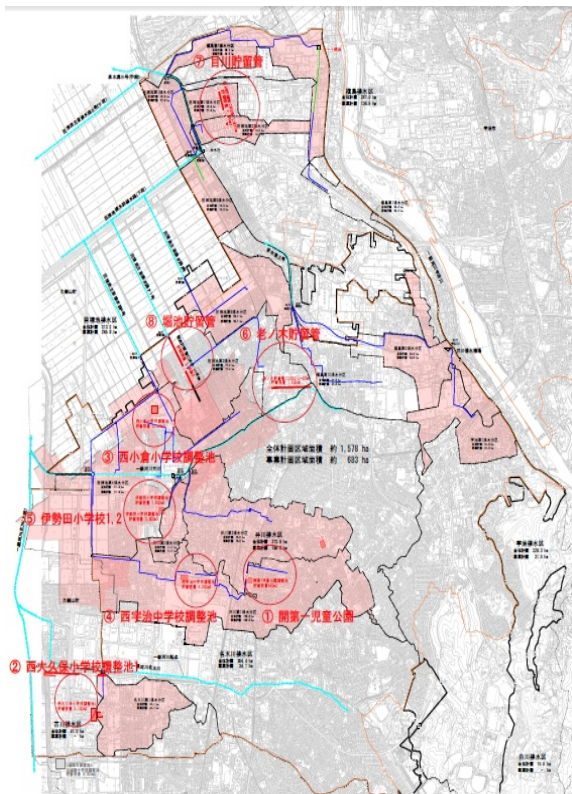


図-3 事業計画位置図

## 6. 事業の取組状況

前項の雨水貯留施設等の取組み状況を下記に示す。

開第一児童公園調整池  
プレキャスト式雨水地下貯留施設 V=540 m<sup>3</sup>  
2016年 完成

西大久保小学校調整池1  
雨水流出抑制施設 V=2100 m<sup>3</sup>  
2016年 完成

西小倉小学校調整池  
雨水流出抑制施設 V=2100 m<sup>3</sup>  
2017年 完成

西宇治中学校調整池  
プレキャスト式雨水地下貯留施設 V=4300 m<sup>3</sup>  
2018年 完成

伊勢田小学校調整池1,2  
プレキャスト式雨水地下貯留施設 V=4600 m<sup>3</sup>  
2018年 完成

老ノ木貯留管  
雨水地下貯留施設 2200 V=1500 m<sup>3</sup>  
2019年 完成

目川貯留管  
雨水地下貯留施設 3000 V=1700 m<sup>3</sup>  
2019年 工事着工

堀池貯留管  
雨水地下貯留施設 2400 V=2400 m<sup>3</sup>  
2020年 工事着工予定

2020年6月現在、6箇所の雨水貯留施設が供用中であり、2箇所の施設が工事中又は工事着工予定となっている。これらの施設が完成すると、10年確率降雨による浸水想定箇所が110箇所から64箇所に減少し46箇所の浸水想定箇所が解消する効果をシミュレーションにて確認できており、今後の事業により浸水想定箇所0を目指して整備を行う予定である。



写真-2 貯留施設(伊勢田小学校)



又、これら各々の施設には、写真-3のような施設の概要や仕組みを説明した啓発看板を取り付け、多くの人に周知することで、本市の浸水対策について広く理解してもらおうよう取り組んだ。また、工事期間中においては、住民向けの工事説明会や現場見学会を行い浸水対策事業を身近に感じてもらえるように努力した。



写真-3 啓発看板

### 7. 民間開発事業での取り組み

本市における浸水対策事業として、民間開発事業において協力要請をしている雨水流出抑制施設の整備がある。

都市化が進んでいるなか、山地等が開発事業などにより宅地や道路に変化している。これも浸水被害の一つの原因であることから開発面積に流出係数の差を掛けた貯留量を開発地に各々貯留して頂くよう協力要請をしている。2009年では3件であった雨水流出抑制施設が、事業者の理解が広がっていくことで、年々件数が増えてきている。雨水流出抑制施設の種類（表-3参照）として、浸透枳や地下貯留などがあるが、地下貯留の設置は、事業者にとって大きな費用負担となることから、側溝貯留や緑地帯による緑地貯留、駐車場を利用した駐車場貯留によって、雨水流出を抑制する工夫をお願いしているところである。

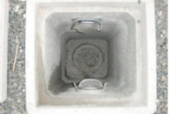





浸透枳	側溝貯留
敷地内の雨水を浸透枳に集水し浸透させることで流出抑制を図る。	側溝に壁を設けて流出口を小さくし、側溝の排水の流出抑制を図るもの。
	
地下貯留	地下浸透貯留
敷地内に降った雨水を地下に設けた貯留施設に集水し、一時的に貯留することで流出抑制を図るもの。	敷地内の雨水を敷地地下に設けた貯留浸透施設に集水し浸透させることで流出抑制を図るもの。
	
駐車場貯留	緑地貯留
敷地内に降った雨水を駐車場の地表面に集水し、一時的に貯留することで流出抑制を図るもの。	敷地内に降った雨水を緑地（園芸槽をかき上げて雨水が貯留できる構造）に集水し、一時的に貯留することで流出抑制を図るもの。
	

表-3 雨水流出抑制施設種類

### 8. 今後の課題

供用を開始している各々の雨水貯留施設内部、雨水の取り込みや放流に関連する水路に水位計を設置しており、降雨毎の各施設における水位変化のデータを蓄積している。

今後は、データを基に取水口に取り付けた堰板（写真-4参照）により堰高の調整を行い、実際の降雨に対して、貯留施設の整備効果を最大限発揮出来るよう検証を行っていく。



写真-4 取水口堰板

### 9. おわりに

近年、全国で局地的豪雨が多発しており浸水被害のみならず土砂災害等、大きな被害や損害を各地に与えているところである。

本市における浸水対策事業については、本市が行うハード対策のみならず、地域との連携や開発等事業者の協力を得た対策についても順次取り組んでいるところである。

雨水対策事業は、地域の関心も非常に高くなっており、整備した雨水貯留施設についても効果の発揮が期待されているところである。今後も、雨に強いまちづくりが、さらに進むように市民の皆様との協働による浸水対策の実施、安心・安全なまちづくりに取り組んでいきたいと考えている。

# 谷河川河道閉塞（天然ダム）の対応について

木下 大輔<sup>1</sup>

<sup>1</sup>京都府 建設交通部 砂防課 （〒602-8570 京都府京都市上京区下立売通新町西入藪ノ内町）

平成30年7月豪雨により、京都府福知山市大江町公庄（ぐじょう）地内の一級河川由良川水系谷河川（たにごがわ）で河道閉塞（天然ダム）が発生した。河道閉塞の下流には大江町公庄の集落や国道175号、京都丹後鉄道が横断している。これらの保全のため、避難行動を促す情報提供、迅速な応急対策、河道閉塞の決壊による二次災害防止の恒久対策工事を緊急的に実施しており、これまでに実施した河道閉塞の対応状況を報告する。

キーワード 河道閉塞、天然ダム、由良川水系、京都府、福知山市

## 1. はじめに

平成30年7月豪雨により、京都府福知山市大江町公庄（ぐじょう）地先（図-1）の一級河川由良川水系谷河川（たにごがわ）で河道閉塞（天然ダム）が発生した（図-2）。

河道閉塞の下流には、大江町公庄の集落や国道175号、京都丹後鉄道が横断している。京都府では、これらの保全のため、避難行動を促す情報提供、迅速な応急対策、河道閉塞の決壊による二次災害防止の恒久対策工事を緊急的に実施している。

今回、これまで実施した河道閉塞の対応について報告する。

れる。その後、幸いにも河道閉塞の決壊に至らず、土石流は発生しなかった。

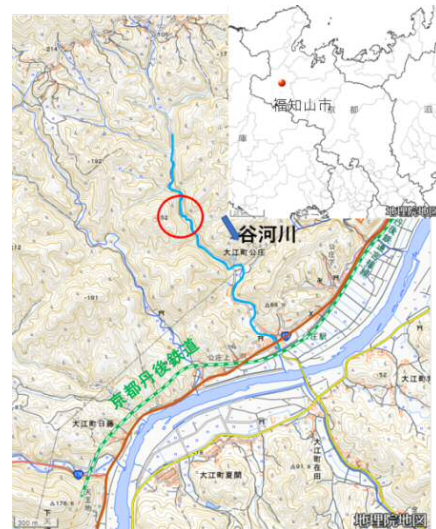


図-1 位置図

## 2. 河道閉塞の概要

### (1)概要

谷河川の右岸斜面で発生した地すべりにより河道閉塞が発生した。崩壊規模は奥行180 m、幅110 m、層厚30 m、想定地すべり土塊は約40万m<sup>3</sup>と推定されている。谷河川の既設護岸ブロックの残骸が河道閉塞箇所の天端左岸側に移動しており、地すべり土塊の末端が左岸側にせり上げるように河道閉塞している（図-3、4）。

7月豪雨（7月5日～7日）における近傍のアメダス福知山観測所の雨量データは、連続雨量439.5 mm、最大24時間雨量281 mm、最大時間雨量59.5 mm/hの降雨であった（図-5）。地すべり発生は、地元住民の聞き取りから、大雨特別警報発令（6日22時50分）後の7日未明と推測さ



図-2 被災後の谷河川（2018年7月8日）





図-3 既設護岸

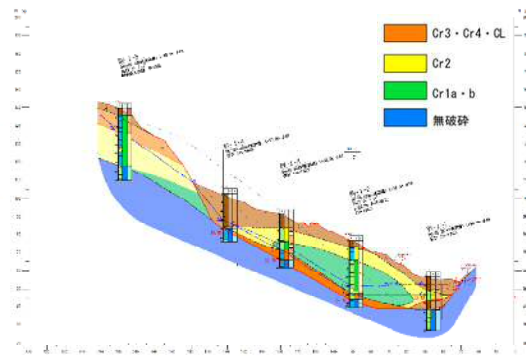


図-4 崩壊断面・破砕度区分

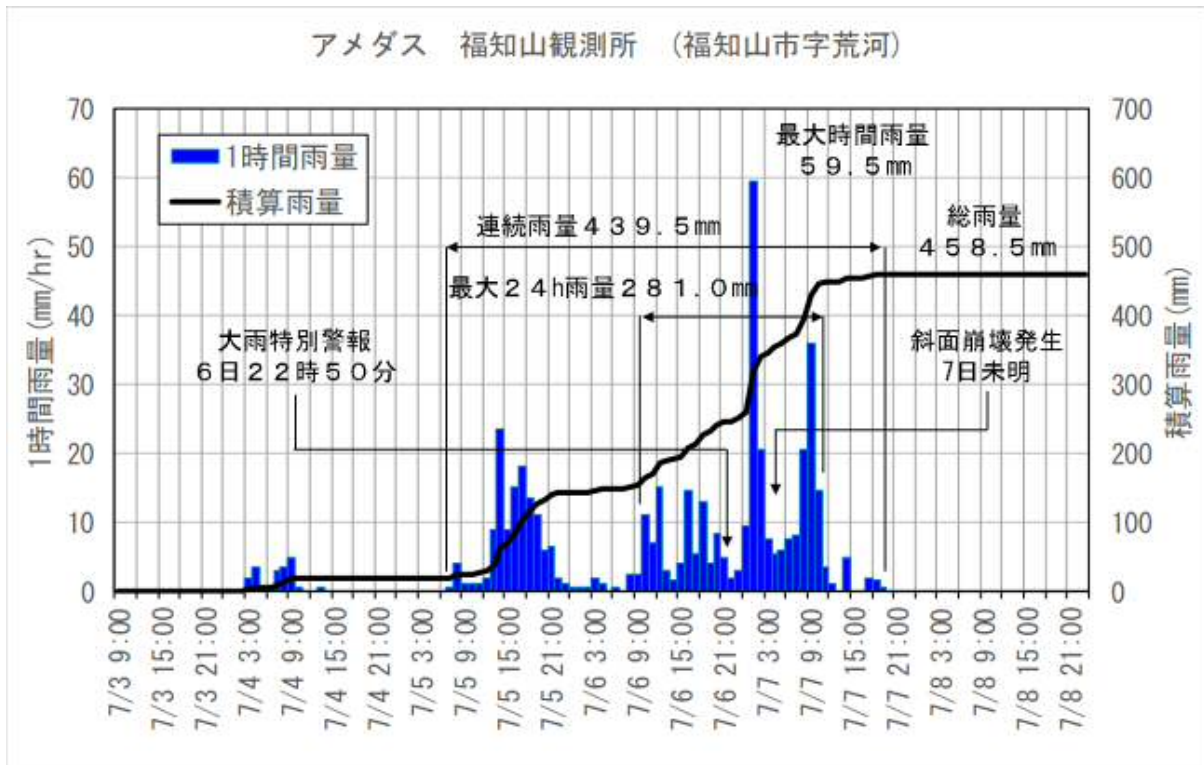


図-5 アメダス福知山観測所一雨量データ

(2) 地質・地形

当地区周辺の広域地質図によると、調査地周辺は古生代の舞鶴層群の分布域であり、頁岩、砂岩および礫岩からなる。

地質構造は、ENE～WSW走向で、傾斜方位は南北どちらの記載もあるが傾斜角は $50^{\circ}$ ～ $60^{\circ}$ と高角をなす。調査地周辺では、泥岩に砂岩、礫岩を挟んでいる。

3. 初動対応と緊急対応

(1) 初動対応の概要

河道閉塞が発生した直後の7月9日に河道閉塞部、下流

集落付近および湛水池上流の状況把握のため現地調査を実施し、この調査を踏まえ、現地基礎情報の整理、湛水量の概算および縦横断図を作成した。現地状況に対する認識の共有を図るため、翌10日に土砂災害専門家（TEC-FORCE高度技術指導班、9月28日にも調査を実施）である国土技術政策総合研究所主任研究官から技術的助言（図-6）を受け、緊急対応として湛水池水位等の監視体制の構築、監視データの配信システム整備を喫緊の対応として決定した。7月13日から緊急対応に着手し、7月21日からWebシステムにより運用を開始した（図-7）。

また、7月15日には、国土交通副大臣の上空から視察、翌16日には、砂防学会災害調査団等に現地調査が行われた。

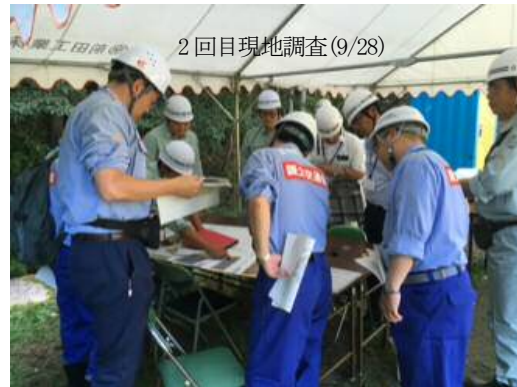


図-6 国土技術政策総合研究所現地調査

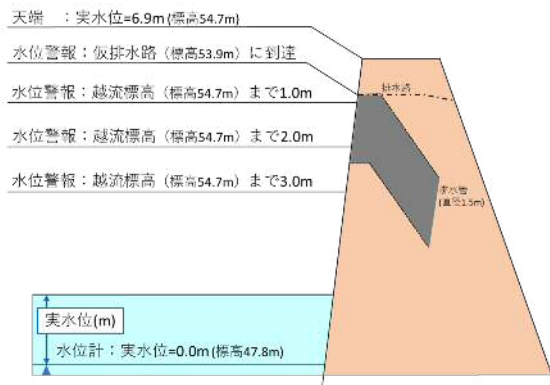


図-7 湛水池の水位の監視

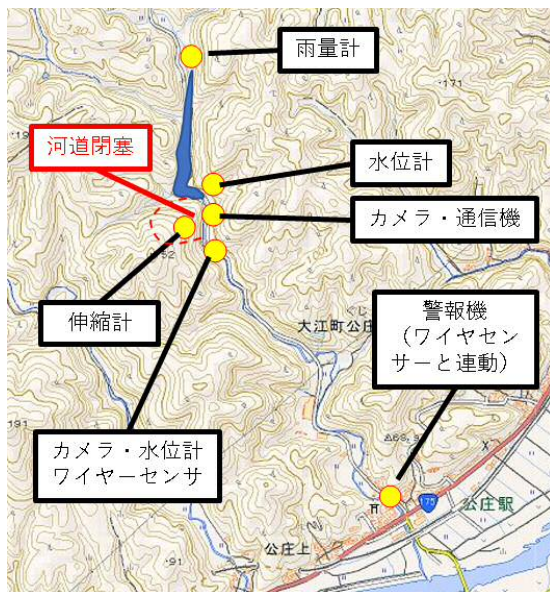


図-8 監視機器配置図

(2) 監視体制

河道閉塞が決壊した場合、下流の保全対象である人家、国道および鉄道等に被害をもたらす可能性があるこ

と、さらに、斜面の状況および河道閉塞に伴う湛水状況、地すべりの挙動を監視し、調査時および工事の安全管理の補足情報として活用することを目的とし、観測機器等を用いた監視計画を検討(図-8)のとおり配置した。

(3) 応急対策設計

河道閉塞に対する応急対策については、以下のとおり5つの方針を設けて検討した。

- ①湛水池からの排水、水位上昇の緩和
- ②越流時の河道閉塞の侵食量を軽減
- ③河道閉塞部の安定性を確保し浸透破壊の危険性を軽減
- ④越流・侵食時の急激な土砂流出を緩和
- ⑤対策工実施のため、進入路を確保

具体的な対応としては、以下のとおりとした(図-9、10)。

- ①水中ポンプによる排水
- ②仮排水管工事(高密度ポリエチレン管φ1.5m)  
 河道閉塞下流面における表面保護工(袋詰め玉石工)  
 河道閉塞天端に排水路(大型土のう)
- ③漏水対策暗渠管設置(φ0.3m)
- ④河道閉塞下流部にブロック積堰堤の配置(2基)
- ⑤河道閉塞部における流木除去工  
 河道閉塞天端への仮設道路を配置





図-9 応急対策工事の状況



図-10 応急対策工事の概要

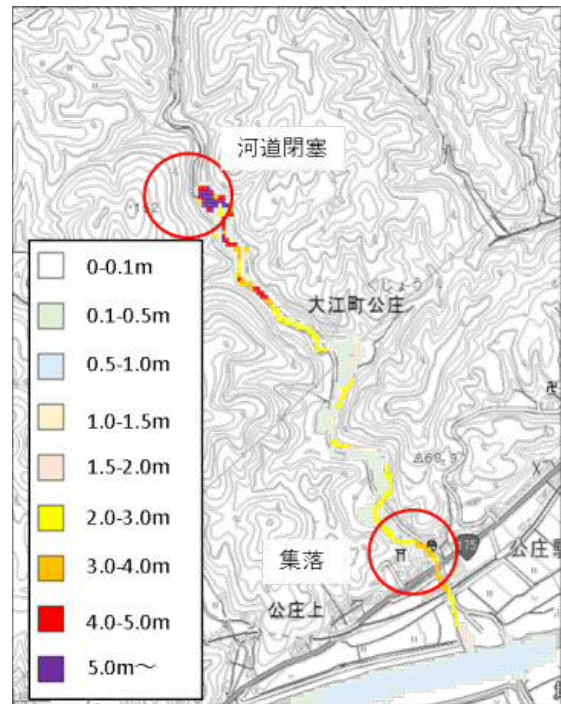


図-11 氾濫解析結果（凡例は最大流動深）

## (2) 警戒避難体制

河道閉塞の下流には、大江町公庄の集落や国道175号、京都丹後鉄道が横断していることから現地の状況や異常等が発生した場合、早期の情報伝達のため、近畿地方整備局からの指導を踏まえ連絡体制図を作成した。これと同時に福知山市が住民の避難情報・行動に係る判断基準を早期に作成した。

## 4. 河道閉塞決壊による下流への影響評価

河道閉塞が決壊した場合、発生する土石流が下流の集落にどのような影響を与えるのか、河床変動計算による河道閉塞決壊時の発生流量の設定と二次元氾濫解析を実施した。谷河川の河床勾配が1/40程度と比較的緩いことから、集落の上流は流下幅が比較的広くなり耕作地が分布することから河道閉塞が決壊しても人家周辺において氾濫は発生しないことを確認した（図-11）。

## 5. 恒久対策の検討

### (1) 恒久対策の概要

河道閉塞の対応としては、2018年度に国の災害関連緊急砂防事業の採択を受け、前述の監視体制および応急対策工の整備については、早期に完了した。また、恒久対策については、河道閉塞のかん止を目的とした砂防堰堤の整備を第1期工事として実施しているところである。さらに、崩壊法面の対策として国の特別緊急砂防事業の採択を受け、第2期工事として2021年度までに地すべり対策工の実施を予定している（図-10）。

### (2) 第1期工事（砂防堰堤）

河道閉塞の決壊による二次災害防止を目的に、河道閉塞のかん止のための砂防堰堤を計画する。基本方針は、以下のとおりである。

- ①河道閉塞の急激な侵食に伴う土砂流出を抑制するため、河道閉塞の脚部下流に砂防堰堤を設置。
- ②崩壊斜面の不安定土塊のかん止・発生防止を目的とすることから不透過型堰堤を採用。
- ③砂防堰堤の堆砂敷は現地発生土により埋戻し河道閉塞をかん止して安定化を図る。
- ④堰堤高は、河道閉塞の安定性を確保できる高さとする。
- ⑤効果の発現を早期に実現するため、工期縮減を考慮した計画とする。

上記の基本方針を踏まえ、ハイダムによる対策とローダム+河道閉塞切り下げによる対策を比較の上、図-12のとおりローダム+河道閉塞の切り下げによる対策に決定した。

### (3) 第2期工事（法面工）

地すべり対策工の検討に当たり、対策工選定の与条件は以下のとおりである。

- ①第1期工事の砂防堰堤を先行実施し、堆砂敷は地すべりで発生した土砂を埋土する必要がある。
- ②地すべりは、全体的に安定しているものの、中腹部から頭部では変動がある。
- ③地下水が豊富
- ④地すべり末端は、河川の流路を確保する必要があるため、最低限切り下げの必要がある。

上記を踏まえ、比較検討を実施した。工法としては、頭部排土+集水井+河道閉塞の切り下げを選定した。（図-13）

## 6. 台風24号における現場の状況

河道閉塞後、初めて大雨をもたらした2018年9月28日

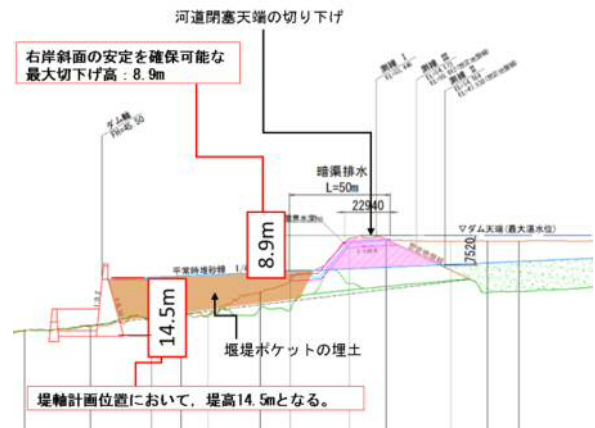


図-12 砂防堰堤工の考え方

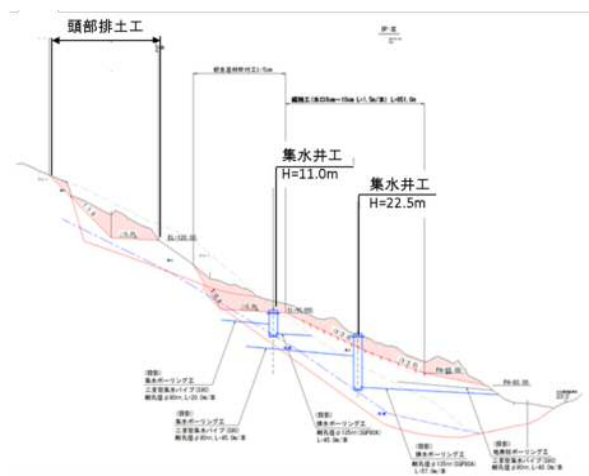


図-13 法面対策工

～10月1日の台風24号において、緊急対策として設置した雨量計により、連続雨量204 mm、最大24時間雨量149.5 mm、時間雨量34 mm/hの降雨を観測した。湛水位と雨量との関係（図-14）から、一時的に河道閉塞の天端を越流したと思われるが、幸いにもその後の降雨がなく河道閉塞の決壊には至らなかった。これについては、仮排水管の効果があつたと推測する。

ただ、まとまった降雨であったため、応急対策工で実施した仮排水管の一部の流出および市道の一部破損が発生した（図-15）。被災後は、早急に復旧を実施し次期出水に備えた。その後（2020年5月末現在）、河道閉塞を越流した降雨はない。

## 7. おわりに

河道閉塞（天然ダム）への対応については、京都府で初めての事例であり、試行錯誤しながら事業を進めている。



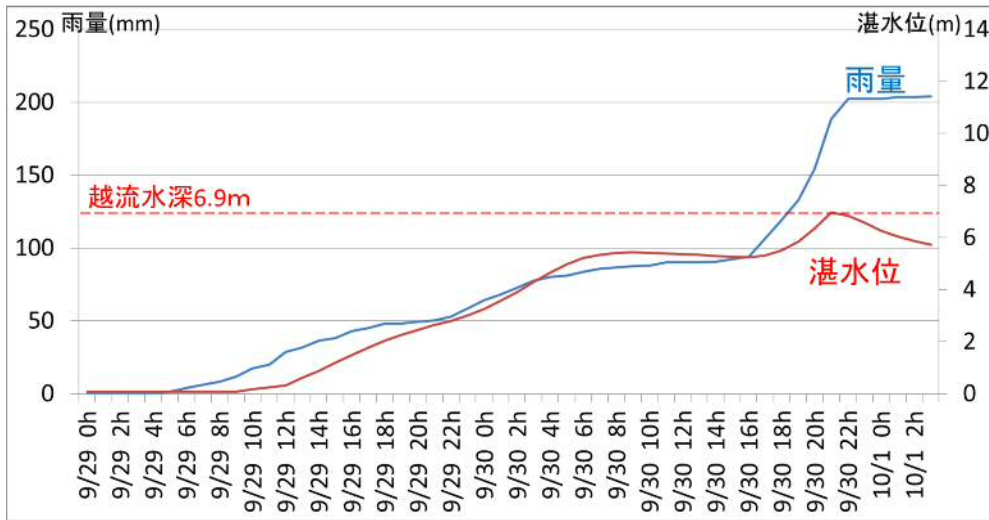


図-14 湛水位と雨量の関係



図-15 台風24号の被災状況

今回、本稿では発生からの初動対応、応急対応および恒久対策の検討などの経緯を紹介した。

現在、図-16のとおり砂防堰堤の本堤は完成したところであり、まだまだ気を緩められない状況である。2021年度完成に向け、住民の安心・安全のため、早期完成へ目指してまいります。

最後に、指導・助言いただいた関係者の皆様に深く謝意を表します。



図-16 工事中の状況（2020年4月末撮影）

# 天ヶ瀬ダム再開発事業流入部の コンクリート打設について

植前 成美<sup>1</sup>・吉田 真人<sup>2</sup>

<sup>1</sup>近畿地方整備局 琵琶湖河川事務所 工務課（〒520-2279滋賀県大津市黒津4-5-1）

<sup>2</sup>近畿地方整備局 琵琶湖河川事務所（〒520-2279滋賀県大津市黒津4-5-1）

天ヶ瀬ダム再開発事業は既設天ヶ瀬ダムが持つ治水・利水の機能を向上するために、ダムの左岸側に全長617mのトンネル式放流設備を建設する事業である。

ダム湖内に設置する流入部は、約16,000m<sup>3</sup>のコンクリートを地上から大深度下（垂直方向最大約50m）にかけて打設して構築する大規模な構造物で、打込高さや打上がり速度、温度管理等に十分留意して施工する必要があり、その打設計画や監督体制等に係る検討内容を報告する。

キーワード 天ヶ瀬ダム、ダム再開発、マスコンクリート、大深度打設

## 1. はじめに

### (1) 天ヶ瀬ダム再開発事業の概要

天ヶ瀬ダムは図-1に示す通り京都府南部の淀川水系宇治川に位置する昭和39年に完成したダムで、治水・水道用水補給・発電に用いられている多目的ダムである。

天ヶ瀬ダム再開発事業は天ヶ瀬ダム下流の宇治川・淀川の洪水調節、水道用水の安定供給、発電機能増強を目的として、天ヶ瀬ダムの放流能力を600m<sup>3</sup>/s増強させるため、ダムの左岸側に全長617mのトンネル式放流設備を建設する事業である。トンネル式放流設備は、流入部、導流部、ゲート室部、減勢池部、吐口部で構成される（図-2）。

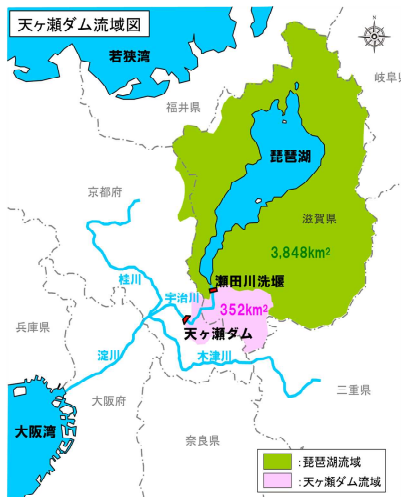


図-1 天ヶ瀬ダム位置図

### (2) 流入部の概要

流入部はトンネル式放流設備の最上流部に位置するダム湖（鳳凰湖）からの取水口となるもので、安定してトンネルに水を取り込めるよう最大水深約40mとなる位置に取水口を設置している。流入部本体は約16,000m<sup>3</sup>のコンクリートを地上から大深度下にかけて打設して構築された構造物である。流入部建設工事の施工フローは図-3に示す通りである。



図-2 トンネル式放流設備イメージ図

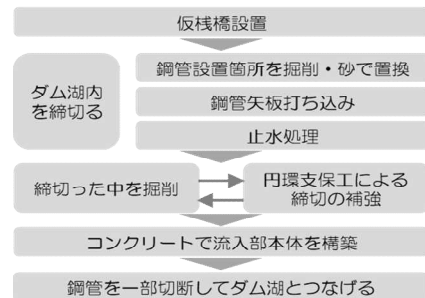


図-3 流入部建設工事の施工フロー



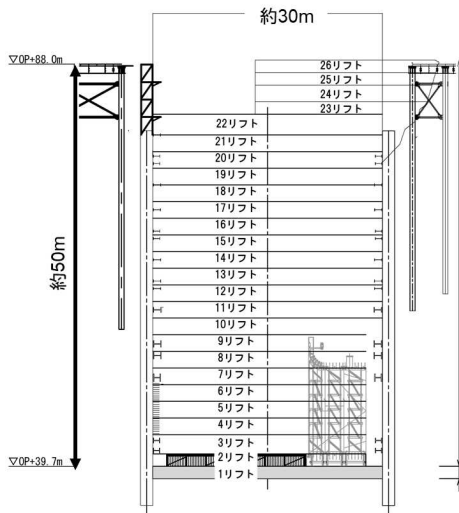


図-4 流入部リフト割図



図-5 流入部イメージ図



図-6 トランジション管

## 2. コンクリート打設時における課題

流入部本体は高さ約50m、直径約30mの円柱状であり、約16,000m<sup>3</sup>のコンクリートにより構築され、26リフトに分割しコンクリート打設を行った（図-4）。その為、コンクリートの打設高さへの対応をはじめ、コンクリート圧送管の配置計画、現場への搬入計画等、諸課題への対応が必要となる。また、構造物は全体的にマスコンクリートとなるため、温度応力によるひび割れが懸念された。

### (1) 材料に関する課題

施工ヤードはダム湖内の急峻な地形に設置した仮栈橋上になり、施工ヤード面から打設面までの高低差は最大約50m、水平打設距離約30mとなることから、コンクリート材料について以下に示す課題が考えられた。

- ①コンクリートの材料分離により、配管閉塞をさせない配合のコンクリートとすること
- ②50m下へ良質なコンクリートを打設すること（特に複雑な形状のトランジション管周辺（図-6））
- ③大量のコンクリートを打設することから、緻密な資材搬入計画により、品質を確保する必要があること
- ④マスコンクリートへの対応（主に温度応力によるクラック対応）が必要であること

### (2) 設備にかかる課題

一度の打設数量が数百～数千m<sup>3</sup>程度と非常に多いため、如何に良質で密実なコンクリートを確実に打設するか打設設備について以下に示す課題が考えられた。

- ①コンクリートの材料分離及び品質低下を防ぐための鉛直配管の形状
- ②広範囲打設における打設面の配管形状及びトランジション管下部の打設方法

- ③壁厚9m（約600m<sup>2</sup>）での打設時の作業床及び配管の設置方法
- ④打設時のブリーディング水の処理方法

### (3) 施工監督における課題

大規模構造物であること、また、最大850m<sup>3</sup>/日（12時間）のコンクリートを打設することから、施工監督にあたり、以下に示す課題が考えられた。

- ①施工計画の十分な確認。特にジャンカ抑制の打設方策、温度ひび割れを抑制する方策
- ②車両輻輳等による安全対策
- ③立会のタイミング、確認内容等

## 3. 課題への対応・対策

前出のとおり、前例の無い大規模な構造物であるため、様々な課題が考えられ、躯体構築前に材料、設備、監督手法等の十分な計画を受注者と調整した。その概要を述べる。

### (1) 材料に関する課題への対策

上記2. (1)の課題に対して、それぞれ以下の通り対策を行い、コンクリート性状や圧送性に問題がないことを確認した。

①、②について、トランジション管周辺（底版及び1リフト目）は充填性を高めるために高流動コンクリート、それ以外については普通コンクリートを使用することとし、コンクリートの配合試験及び配管を使用した圧送試験を実施し、スランプフローとスランプの経時変化を確認した。

配合試験において、高流動コンクリートは、温度が30～32℃の状態ですランプ後2時間までスランプフローを保持することを確認した。普通コンクリートに関しても同

様の温度で現場到着から90分まで極端なスランプロスは認められず、静置したコンクリート状態も良好であり、スランプ保持が非常に良いコンクリートであることが分かった。

この結果を踏まえ、水平圧送試験を実施した（図-7）。高流動コンクリートに関しては、圧送後に粘性が小さくなりスランプフローが伸びることが確認されたため、鉛直圧送試験時には混和剤を増量することとし、普通コンクリートに関しては圧送後に静置したコンクリートについて30分間はスランプロスが無く、圧送性が非常に良好であることが確認できた。

以上の結果を基に実際に使用する鉛直下向きの配管を使用し、鉛直圧送試験を実施した（図-8）。高流動コンクリートは、圧送前後でのスランプロスは確認されなかったものの、数値として確認はできなかったが、見た目の流動性等から粘性が下がっているように感じられたため、製造時に水分を抑え粘性が大きくなるよう管理することとした。普通コンクリートは、水平圧送試験と比較し圧送後のスランプロス発現が早かったが、圧送性に問題がないことを確認することができた。

③については、水平距離を考慮してコンクリートポンプ車を3台据え付けることとしていたため、施工ヤード平面図でコンクリートポンプ車の配置場所やアジテータ車の待機場所等の配置計画を行った上で、生コンプラント等関係者との調整を行い、アジテータ車の現地到着時間の管理や納入場所等の緻密な計画を立案した。

④については、温度応力解析及びコンクリート材料の見直しを行い、その結果について学識者を委員とした施工技術監理委員会に諮ったうえで、低熱セメントの使用や鉄筋量を増やす等の対策を行った。

## (2) 設備にかかる課題への対策

前記2. (2)の検討事項について、それぞれ下記の通り対策を講じた。

①については、コンクリートの材料分離を防ぐため、鉛直配管の中間（1箇所）にバンド管（45°，1000R×2）（図-9）を入れ、垂直落下距離を減少させることとした。また、品質低下防止のためには配管内を常にコンクリートが充填された状態を保ち、コンクリートの自由落下を防ぐ必要があった。そこで鉛直配管の下端にシャッター式バルブ（図-10）を設置し、コンクリートが途切れそうになった際にバルブを閉めることで常に充填された状態を保ち、コンクリートが途切れることなく打設することができた。

②については、広範囲での大量打設となるため、筒先移動が多くなることによる時間ロスやコールドジョイントの発生が懸念された。そこで圧送配管を分岐させて筒先を増設することにより打ち重ね時間の短縮を図った（図-11）。また、施工パターンに合わせた打設の立案や筒先挿入位置の明示、筒先移動の時間を管理することにより打ち重ね時間を厳守させ、コールドジョイントの発生を防いだ。



図-9 配管設置状況（左）とバンド管（右）

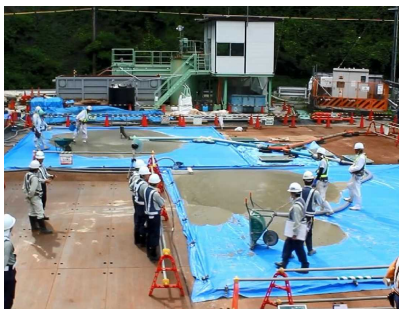


図-7 水平圧送試験



図-10 シャッター式バルブ

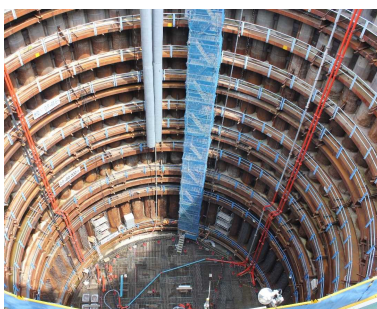


図-8 鉛直圧送試験



図-11 分岐配管設置状況



トランジション管（図-11赤枠）下部については、確実にコンクリートを充填させるため、埋設の配管を設置してコンクリートが管の下部で吹き上がるような配置にして打設を行うことで密実に充填させることができた。

③について、壁厚が最大9mとなり、躯体外側の足場からコンクリートの打込み～締固めを行うことは不可能であったため、躯体内部に鋼製の打設用作業架台を設置した（図-12）。また、架台の高さをコンクリート打設天端より30cm程度かさ上げすることで容易に配管を移動することができた。

④について、底版においては栈橋上からブリーディング水を吸引する必要があるため、約50mの高低差においてバキューム車での吸い上げが可能か検討したところ、100m<sup>3</sup>/min以上の風速が必要で、通常のバキューム車（排気量4m<sup>3</sup>/min、揚程約5～10m）では対応できないことが分かったため、超高圧バキューム車（排気量130m<sup>3</sup>/min、揚程約50～70m）（図-13）を手配して処理を行った。また、壁部の打設においては足場上に設置することができる可搬式のミニバキューマーを採用してブリーディング水の処理を実施して良質なコンクリートを打設することができた。

### ③ 施工監督における課題への対応

前記2. ③の課題に対して、受注者と協議の上、それぞれ下記の通り対応した。

①, ②について、コンクリート量、リフト高、打設時の高低差等を踏まえた上で、ジャンカ、温度ひび割れを抑制するため、施工事例の確認や検討できる範囲での試

験施工の依頼、また、不具合が生じた場合の対応等に関して受注者との入念な調整を行った。さらに、打設時は足場・作業床等を多数の作業員が行き来するので、安全通路の設置や頭上注意の注意喚起（図-14）が出来ているかなどの（多数の車両が輻輳することから、頻繁に現場確認を行ったり、交通安全連絡会を設置することで受注者の意識を高めさせたりなど）安全対策についても十分な確認を行った。

③について、事前に検査する項目、時間等の調整を行った上で、打設設備の不具合の発生により検査が実施不可能になるなど予定外の事象に対応するため、連絡体制を事前に確認しておくほか、事象に応じた対応方針について、受注者との協議を行った。

### (4) その他の対策

良質なコンクリートとするため、打設後に湿潤シートを貼付し乾燥を防止するとともに、冬季はジェットヒーターを使用し（図-15）、夏季は直射日光による乾燥防止のための日よけを設置するなどの対策をしているが、さらに、養生水の温度に留意し、冬季には温水を使用するなど、急激な温度変化を与えないよう考慮した。

また、供用後は常時水中に存置される構造物であるが、供用されるまでの施工期間中において打ち継ぎ目からの水分の浸透による鉄筋の腐食及びコンクリートへのひび割れ防止を目的として、打ち継ぎ処理剤を使用するとともに、打ち継ぎ面の外周に水膨張性止水剤を設置した。



図-12 作業架台設置状況



図-13 超高圧バキューム車



図-14 頭上の注意喚起（ピンクリボンの設置）

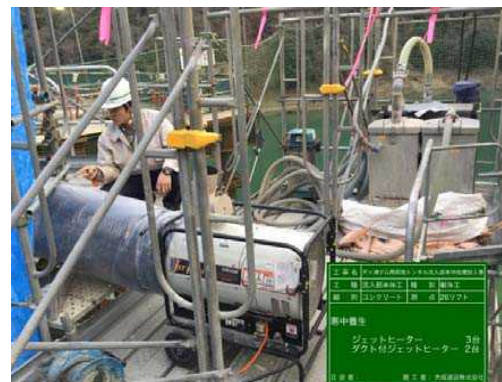


図-15 ジェットヒーター使用状況



## 4. 結果報告

様々な課題への対策により、流入部の躯体は、高い品質のコンクリート打設ができた。近畿地方整備局平成29年度コンクリート構造物品質コンテストでは、特別優秀賞を受賞している。

### (1) クラックの状況

躯体完成後、発注者、受注者とも目視検査を実施しているが、非常に精度よく仕上がっている。底版では0.3mm以下のヘアクラックを確認したが、品質に影響の恐れがあるクラックは確認できなかった。また、局所的にクラックが集中している箇所も確認できなかった。

### (2) 打ち継ぎ目の状況

全てのリフトにおいて、コールドジョイントは確認されず、また、リフト間の打ち継ぎ目についても、漏水等の不具合は確認されなかった。

### (3) 全体の仕上がり

コンクリート打設計画を緻密に検討した上で、養生方法等にも細心の注意を払った結果、躯体コンクリートの全体的な仕上がりは、ひび割れや表面気泡がなく、打ち継ぎ目も目視できない状況となっている。



図-16 構築完了後の流入部（立抗内より）

## 5. 他事例への応用

今回の施工では、大深度への大量のコンクリート打設を行ったが、コンクリートの性状を十分に検討し、圧送管等の設備を工夫した上で適切な施工管理をすることで、求められる品質のコンクリート構造物を構築することができた。

温度応力対策や分岐配管、吐出弁等の技術は、大規模な橋脚や地下トンネル工事等にも十分応用できるものである。

## 6. おわりに

本工事は、入念な打設計画の策定や様々な課題への対策を行ったことで、非常に品質の良いコンクリート構造物を構築することができた。

本事業も終盤に差し掛かり、日々、受発注者間において事業の早期完了に向けて鋭意取り組んでいる。

**謝辞：**本稿の執筆にあたり、施工業者である大成建設の方々から資料提供等でご協力いただきました。また、本工事を担当している職員からも助言やご協力をいただいたことに、この場を借りてお礼を申し上げます。

## 参考文献

- 1) ダム湖内に構築するコンクリート構造物の配管圧送試験について、平成30年度土木学会全国大会発表論文
- 2) ダム湖内に構築するコンクリート構造物における大深度コンクリート打設について、令和元年度土木学会全国大会発表論文



図-17 流入部全景

# 大戸川ダムが滋賀県内に与える 効果の検証について

中西 宣敬<sup>1</sup>・怡土 義博<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 滋賀県 高島土木事務所 河川砂防課（〒520-1621滋賀県高島市今津町今津1758）

<sup>2</sup> 大阪府 都市整備部 河川室 河川環境課（〒540-8570大阪府大阪市中央区大手前2丁目）

大戸川ダムは国によって計画されているダムであるが、他の治水事業との優先順位の関係から現在凍結されているダムである。しかしながら、近年、全国各地で毎年のように豪雨による災害が発生していることや、大戸川下流の河川整備の進捗が図られてきたことなどから、滋賀県として、大戸川ダムが滋賀県内に与える治水効果と影響を検証したので、その結果について報告する。

キーワード 大戸川ダム、琵琶湖水位、線状降水帯、異常洪水時防災操作

## 1. はじめに

甲賀市から大津市を経て瀬田川に流入する大戸川に計画されている大戸川ダム（図-1）は、淀川流域全体の治水安全度の向上を目的として、国が主体となり事業が進められてきた。昭和43年（1968年）のダム計画調査を皮切りに、これまで湛水域の集落の集団移転や付替道路事業の着工などが進捗している。一方で、当初計画時の治水、利水、発電を目的とした多目的ダムから利水撤退による洪水調節専用ダムへの計画の変更がなされ、淀川の中上流域における大戸川ダム以外の治水事業の進捗状況

との優先順位の検討などから、平成21年（2009年）3月31日に近畿地方整備局により策定された「淀川水系河川整備計画」において、“大戸川ダムの本体工事は当面実施しない（凍結する）”と位置づけられた。

その後、「今後の治水対策のあり方に関する有識者会議」を経て、平成28年（2016年）7月に国土交通省の対応方針として、大戸川ダム事業の「継続」の決定がなされた。また、滋賀県の事業である大戸川の河川改修については、県が平成25年（2013年）3月に策定した「淀川水系信楽・大津圏域河川整備計画」にて、大戸川ダムとの整合性を図りつつ河川改修を進めることとした。

近年、全国各地で毎年のように豪雨による災害が発生していることや、大戸川下流の河川整備の進捗が図られてきたことなどから、大戸川の治水安全度をより一層高める必要性があり、滋賀県として、現在凍結されている大戸川ダムが滋賀県内に与える治水効果と影響を検証したので、その結果について報告する。



図-1 大戸川流域および大戸川ダムの位置

## 2. 検証した内容の設定について

### (1) 検証のテーマについて

今回の検証では、大戸川ダムが滋賀県内に与える治水効果や影響について検証することを目的とし、次の2つのテーマを定めた。

#### a)大戸川流域に与える治水効果の検証

大戸川ダムの本来の目的は前述のとおり、淀川水系全体の治水安全度の向上であるが、大戸川下流部の治水効果も期待できることから、大戸川のダム建設予定地下流における治水効果を検証した。

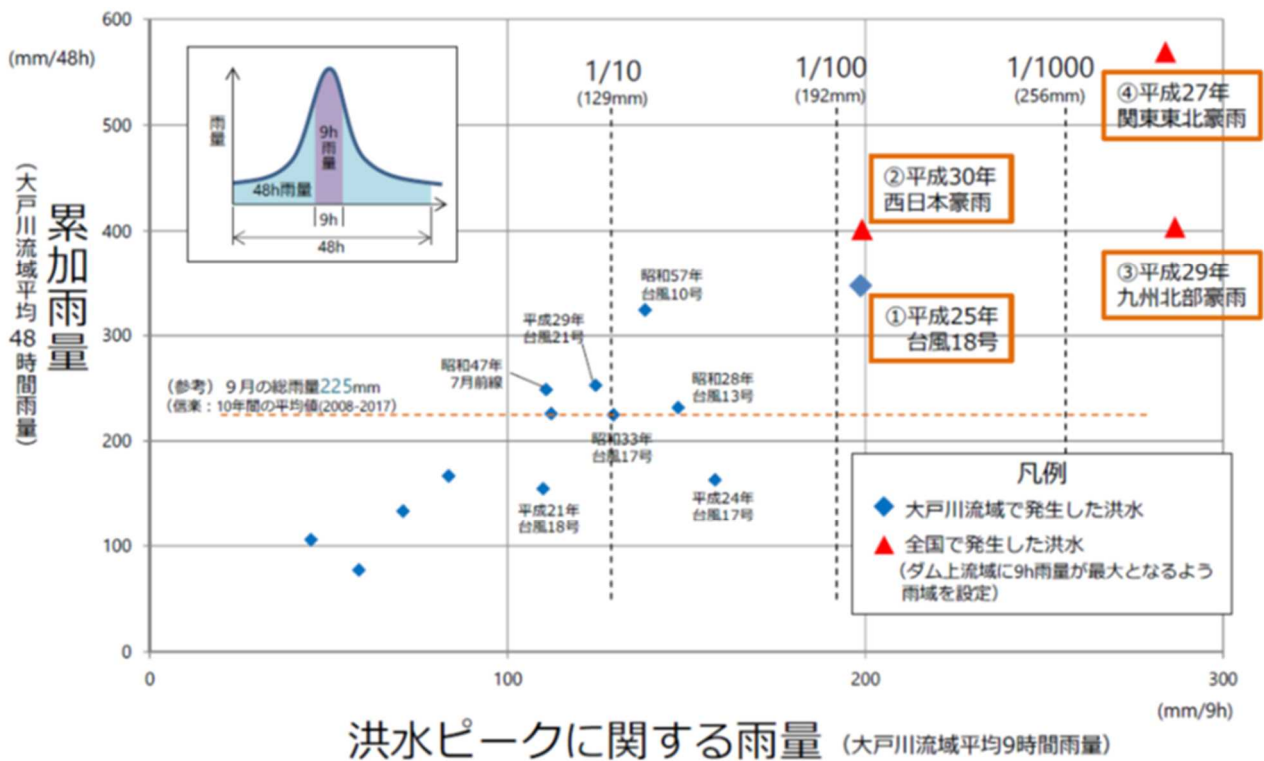


図-2 過去の主要洪水と今回検証した降雨

**b) 瀬田川洗堰操作に与える影響の検証**

大戸川は瀬田川に合流しているが、合流点のすぐ上流には、国が管理する瀬田川洗堰があり、下流には同じく国が管理する天ヶ瀬ダムが位置している。瀬田川洗堰は、琵琶湖から唯一の流出河川である瀬田川の流量を調整する施設であり、その操作は天ヶ瀬ダムの流入量と密接に結びついている。大戸川ダムが整備された場合、瀬田川の流量にも変化が生じ、天ヶ瀬ダムの流入量も変化する。その結果、瀬田川洗堰操作にも影響を及ぼすことが想定される。瀬田川洗堰の操作は琵琶湖水位に直結し、琵琶湖湖辺域にも影響を及ぼすことから、県としてその影響を検証することとした。

**(2) 検証に用いる降雨について**

河川に関する検証を行うためには、検証対象の降雨をいかにして定めるかが重要である。今回の検証においては、大戸川流域がこれまでに経験した最大の降雨である「平成25年（2013年）台風18号豪雨（以下、H25豪雨）」に加え、近年全国で大きな被害をもたらした降雨も併せて対象降雨とした。

対象降雨としては、豪雨による災害が発生しやすいとされる「線状降水帯」が発生した降雨を選定した。具体的には、「平成30年（2018年）西日本豪雨（以下、H30豪雨）」、「平成29年（2017年）九州北部豪雨（以下、H29豪雨）」、「平成27年（2015年）関東東北豪雨（以下、H27豪雨）」を対象とした。検証に当たっては、それぞれの豪雨の空間的・時間的な推移はもとの降雨とし、大戸川流域に大戸川の計画降雨としている9時間雨量が

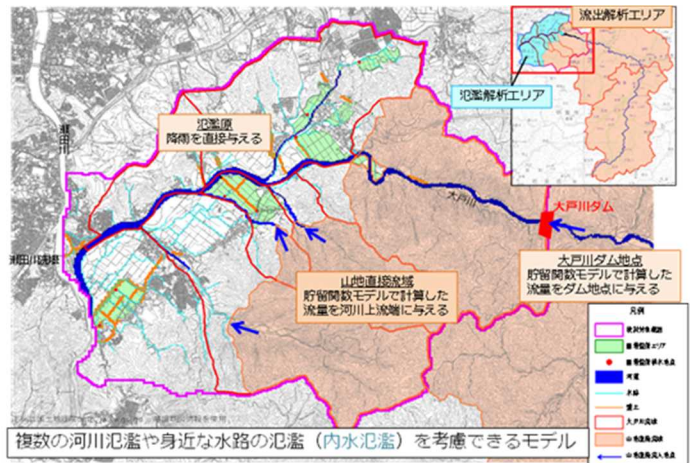


図-3 大戸川流域に与える治水効果を検証する際の解析モデル

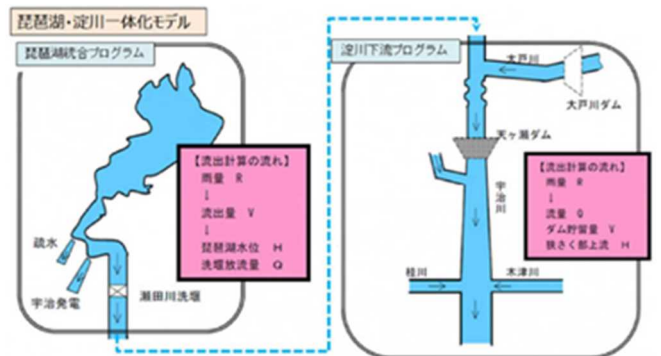


図-4 瀬田川洗堰に与える影響を検証する際の解析モデル



最大となるような雨域を設定した。

それぞれの降雨の関係性については図-2に示す。図-2に示したとおり、対象降雨を大戸川流域で評価した場合には、降雨確率として1000年を超える降雨もあるが、昨今の全国での水害状況などから、検証に加えることとした。

(3) その他の設定項目について

a)解析に用いる氾濫計算モデル

解析に用いる氾濫計算モデルとしては、大戸川流域に与える治水効果の検証の際には、「地先の安全度マップ」と同様、内水氾濫を考慮できるモデルを用いる。このモデルは、解析範囲を氾濫原と山地部分及び河川・水路に分割し、山地部分からの流出流量を河川・水路への流入量としつつ、氾濫原全体を対象となる雨を降らせることで、氾濫原内の比較的小規模な河川・水路からの氾濫も考慮可能なモデルである(図-3)。地先の安全度マップの解析の際には、山地部分からの流出量を合成合理式にて算出しているが、今回の検証では、国による検証<sup>2)</sup>との整合性を図る必要があるため、貯留関数法により計算した流量を与えた。河川・水路については、比較的大きい河川については一次元不定流モデルにて、小規模な河川や幹線水路は水路幅を指標とした等流モデルを構築した。また、氾濫原については、25mメッシュに分割し、

地盤高や土地利用などを反映させた平面二次元不定流モデルにて解析を行った。

また、瀬田川洗堰に与える影響の検証の際には、国による淀川水系河川整備計画等の検討に用いられている「琵琶湖・淀川一体化モデル」<sup>3)</sup>を用いることとした(図-4)。なお、このモデルは、国や関係府県の河川技術者によって構築されたモデルである。

b)大戸川ダムの操作

大戸川ダムは通常時は水を貯めず、洪水時に一時的に貯水する流水型ダムとして計画されているが、その操作については、詳細が未定である。そのため、貯水後のダムからの放流について、洪水調節時には280m<sup>3</sup>/sの一定量放流、降雨後の放流も280m<sup>3</sup>/sの一定量放流とした。

また、異常洪水時防災操作の開始は、大戸川ダムの計画貯水位のおおよそ8割に当たる1,825万m<sup>3</sup>(洪水調整容量2,190万m<sup>3</sup>÷1.2)を超過した時点とした。

c)大戸川の整備状況

大戸川は前述のとおり、大戸川ダムとの整合性を図りつつ、現在整備を進めている。今回の検証においては、「河川改修着手前(概ね平成20年(2008年)ごろ)」「河川改修後(概ね1/100降雨対応)」「ダム整備後(1/100降雨対応)」の各状況にて解析を実施した。

d)その他の解析条件

河川の破堤条件として、計画高水位(H.W.L.)に到達し

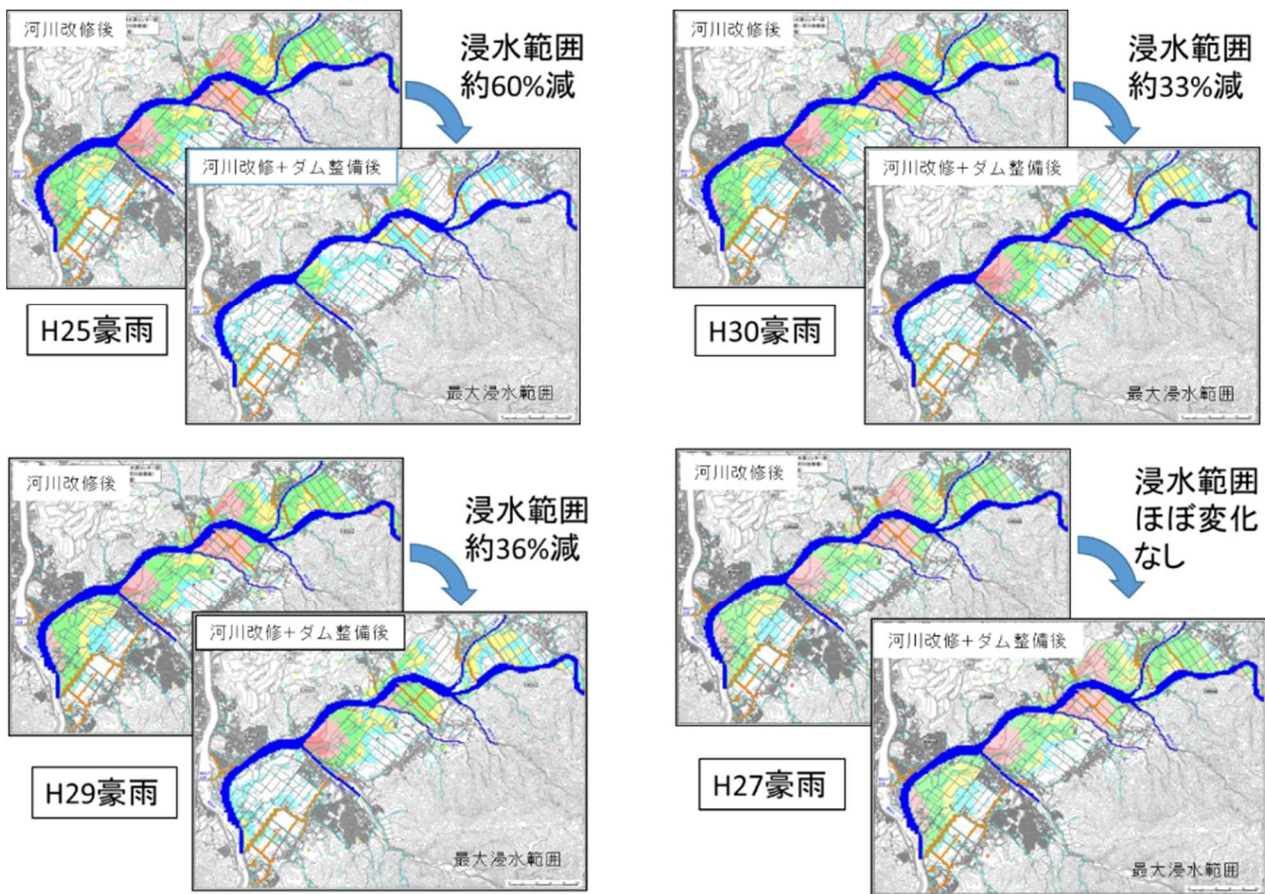


図-5 4洪水の解析結果



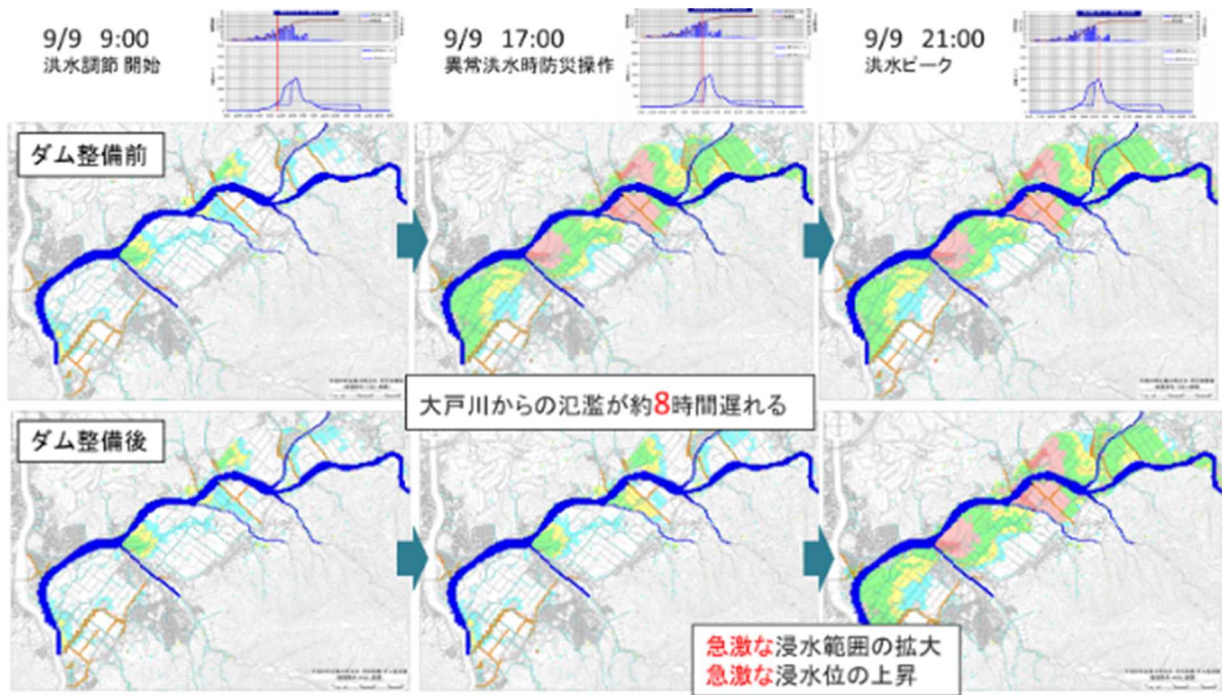


図-6 H27 豪雨における浸水の時間経過

た時点で破堤とする HWL 破堤と、堤防は破堤せずに、越水のみを考慮する無破堤の条件で検証したが、本稿においては、HWL 破堤の結果について報告する。

また、流出量の計算にあたっては、全ての対象降雨において、平均的な湿潤状態によって解析を行った。

### 3. 大戸川流域に与える治水効果について

#### (1) 検討の結果

前述した4洪水について検討した結果を図-5に示す。今回検証した降雨の中で最大の規模である H27豪雨を除き、大戸川ダムの整備前に比べ整備後の方が浸水エリアは大きく減少(対象降雨により33%から60%減少)することが判明した。特に、H30豪雨及びH29豪雨では、ダム

の計画貯水量を超え、異常洪水時防災操作がなされたものの、洪水のピークが大戸川ダムで貯留されたことにより、浸水範囲は減少した。H27豪雨でも異常洪水時防災操作が行われているが、本操作後に洪水のピークを迎えたことから、最大浸水範囲に大きな差はなかった。一方、浸水の時間経過によると、氾濫の発生が大戸川ダム整備前に比べ約8時間後になり、豪雨時の避難時間や避難路の確保が期待できる(図-6)。

また、全国のダムの事例による効果として、洪水時の大量の土砂や流木の捕捉がある。近年の豪雨災害では、橋梁部等への流木による閉塞が発生することで、周辺への浸水被害の発生も問題視されている。大戸川ダムの下流にも多くの橋梁部があり、過去の水害でも閉塞には至らないまでも流木による被害も確認されている(写真-1)。そのため、流水型ダムにおける流木対策の検討は必要になるが、当地区におけるダムによる流木捕捉の効果は十分大きいと考えられる。

#### (2) 判明した課題

一方で、大戸川ダムの本来の計画を超える降雨を対象とした今回の解析により、新たに判明した課題もある。

一点目として、浸水時間が延長する場合がある。これは、大戸川からの氾濫が抑制された場合においても確認された。つまり、大戸川ダム整備前には氾濫していた水が、大戸川ダムの整備により貯留され、降雨後にその水が放流されることにより、大戸川ダム整備前に比べ、大戸川の水位が高い状況が続く。そのため、内水の流下が阻害され、その結果として、内水による浸水時間が整備前に比べ延長されたものである。



写真-1 H25 豪雨時の大戸川沿川における流木被害

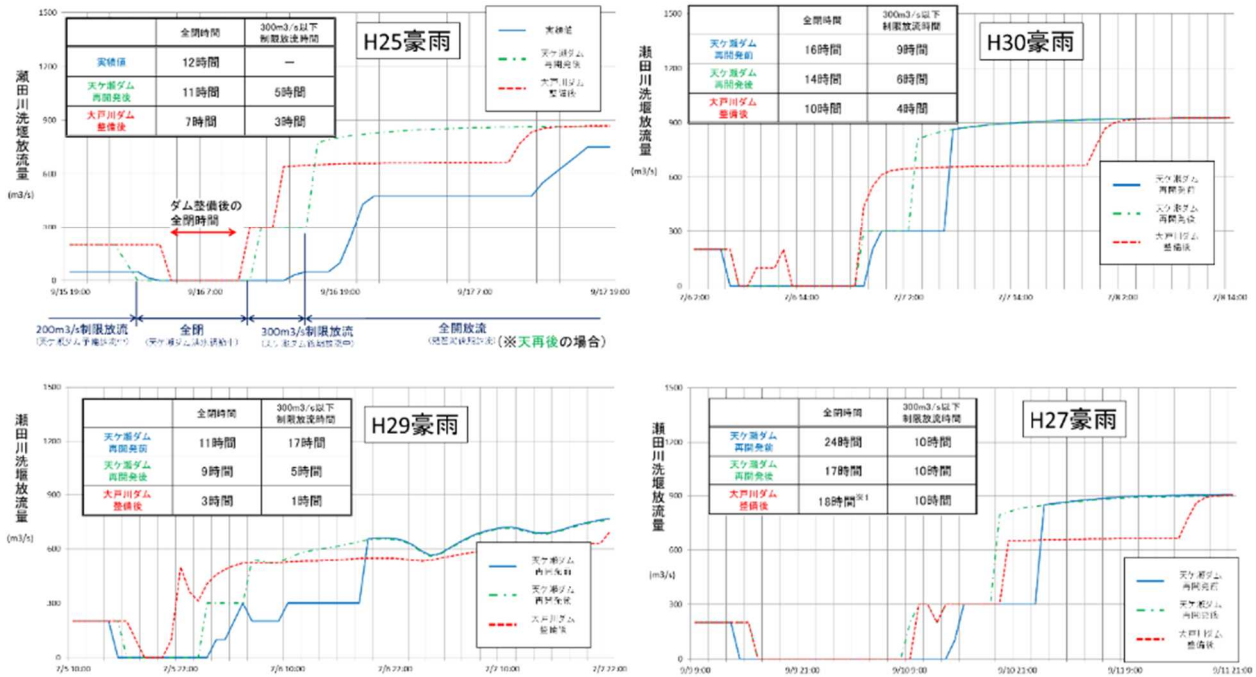


図-7 瀬田川洗堰に与える影響の検証結果

二点目として浸水範囲の急激な拡大がある。これは異常洪水時防災操作によるものであり、大戸川ダム整備前では、浸水発生後から最大浸水範囲になるまでに約7時間経過していたものが、大戸川ダム整備後では浸水発生後、1時間程度で最大浸水範囲となった（図-6参照）。

### (3) 大戸川流域に与える治水効果のまとめ

今回の検証により、過去に大戸川流域で実際に発生した規模の洪水については、外水氾濫を抑制できることが確認された。また、発生頻度の低いと想定される極めて大規模な洪水についても、外水氾濫の低減による被害の軽減や、氾濫発生時間が遅れることによる避難時間や避難路の確保ができる効果が確認された。

また、課題として、ダムの後期放流より内水浸水の時間が長くなること、異常洪水時防災操作の際の急激な浸水範囲の拡大することが明らかとなった。

瀬田川洗堰においては、「瀬田川洗堰操作規則」に応じて、天ヶ瀬ダムの操作状況に合わせ、放流量200m³/sや300m³/sに制限する操作（以下、制限放流）や、もしくは放流量0m³/sとする操作（以下、全閉）が行われている。

検証の結果、今回検証した降雨の中で最大の規模であるH27豪雨を除き、全閉や制限放流の時間が短縮することが判明した。H27豪雨では、全閉の時間が1時間延長されたが、これは大戸川ダムへの貯留によって、淀川本川でのピーク水位の発生時刻に遅れが生じた結果、天ヶ瀬ダムの洪水調節時間に影響を与え、結果として洗堰の全閉の時間延長につながったものである（図-7）。

また、大戸川ダムによる洪水調節が洗堰操作に影響することが明らかとなったことから、琵琶湖水位への影響についても検証を行った。前述のとおり、大戸川ダムは、現在のところ詳細な操作方法が未定であることから、いくつかのケースを想定し検証した（図-8）。その結果を表-1に示す。表-1のとおり、大戸川ダムの整備後において、ダムからの放流方法の工夫により、整備前に比べ

## 4. 瀬田川洗堰操作に与える影響の検証

瀬田川洗堰操作に与える影響の検証では、現在国によって進められている天ヶ瀬ダム再開発事業の前後及び同再開発事業後さらに大戸川ダムが整備された後の3ケースを比較した。本稿においては、天ヶ瀬ダム再開発後及び同再開発後さらに大戸川ダム整備後の比較について報告する。

### (1) 検証の結果

ケース1:洪水後ただちにダムから放流を開始する (280m³/s一定放流)	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ケース</th> <th colspan="3">大戸川ダムの後期放流</th> </tr> <tr> <th>放流量</th> <th>タイミング</th> <th>鹿跳改修</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>280</td> <td>洪水後ただちに</td> <td>改修前</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>100</td> <td>洪水後ただちに</td> <td>改修前</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>280</td> <td>琵琶湖ピーク後</td> <td>改修前</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>280</td> <td>洪水後ただちに</td> <td>改修後</td> </tr> </tbody> </table>	ケース	大戸川ダムの後期放流			放流量	タイミング	鹿跳改修	1	280	洪水後ただちに	改修前	2	100	洪水後ただちに	改修前	3	280	琵琶湖ピーク後	改修前	4	280	洪水後ただちに	改修後
ケース			大戸川ダムの後期放流																					
		放流量	タイミング	鹿跳改修																				
1		280	洪水後ただちに	改修前																				
2	100	洪水後ただちに	改修前																					
3	280	琵琶湖ピーク後	改修前																					
4	280	洪水後ただちに	改修後																					
ケース2:ダムからの放流量を絞る (280m³/s ⇒ 100m³/s)																								
ケース3:ダムから放流を開始する タイミングを遅らせる (琵琶湖ピーク水位の確認後に放流を開始)																								
ケース4:瀬田川を流れやすくする (瀬田川(鹿跳渓谷)の河川整備)																								

図-8 想定した大戸川ダムの操作等



琵琶湖ピーク水位

表-1 琵琶湖水位に与える影響の検証結果

(B.S.L. +0cm)

洪水名	天ヶ瀬ダム再開発後	大戸川ダム整備後			
		ケース1 (280m3/s)	ケース2 (100m3/s)	ケース3 (琵琶湖ピーク後)	ケース4 (鹿跳改修)
①平成25年 台風18号	+69cm	+70cm	+68cm	+68cm	+66cm
②平成30年 西日本豪雨	+126cm	+127cm	+125cm	+125cm	+123cm
③平成29年 九州北部豪雨	+41cm	+41cm	+40cm	+40cm	+32cm
④平成27年 関東・東北豪雨	+84cm	+86cm	+84cm	+84cm	+83cm



写真-2 鹿跳溪谷

(左上：平常時，右下：H30 豪雨時)

て水位上昇を低減もしくは同程度に抑えることが確認された。

(2) 判明した課題

今回の検証により、降雨の状況によっては大戸川ダムの整備後に琵琶湖水位が上昇する場合があることが判明した。各施設の操作を連携することで整備前の段階まで軽減されることも明らかとなった。

(3) 瀬田川洗堰操作に与える影響のまとめ

今回の検証において、大戸川ダムが瀬田川洗堰の全閉を含む制限法流時間を短縮する効果が確認された他、後期放流の工夫により、琵琶湖水位を低減させる場合があることが明らかとなった。一方、後期放流を工夫しなければ琵琶湖水位が上昇する結果も確認されていることから、今後国が大戸川ダムの操作方法を検討される際には琵琶湖水位への影響についても確認を求めていく必要がある。

また、瀬田川洗堰と天ヶ瀬ダムとの中間に位置する鹿跳溪谷は狭窄部であり、その改修によって、琵琶湖水位の低下に、より効果があることも判明した。この鹿跳溪

谷(写真-2)の改修についても、引き続き国に求めている必要がある。

5. おわりに

大戸川ダムは、その経緯からこれまでにおいても様々な機関がその有益性等について検証が行われてきた。これらの検証のほとんどは計画規模の降雨に対する検証であった。

今回の検証において、計画規模を超える降雨も対象とし、大戸川沿川や琵琶湖水位への効果・影響を定量的に評価したことは大変意義深いことであり、今後、明らかとなった課題の解決に向けて、国に操作方法の検討を求めるとともに、本県としてもより効果的な事業となるよう関係機関と連携して取り組んでまいりたい。

**謝辞：**本検証にあたり、京都大学の中川名誉教授、寶教授、ならびに京都大学防災研究所の角教授、多々納教授に検証条件や解析手法等についてご助言をいただきました。また、計算条件や解析に用いたデータ等については、近畿地方整備局河川計画課から提供いただきました。記して御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 滋賀県土木交通部流域政策局：今後の大戸川治水に関する勉強会報告書  
(<https://www.pref.shiga.lg.jp/ippan/kendoseibi/kasenkoan/300494.html>)
- 2) 近畿地方整備局：淀川水系における中・上流部の河川整備の進捗とその影響の検証について〈報告書〉
- 3) 近畿地方整備局河川部：琵琶湖・淀川水系の洪水における水利特性および流出現象の検証にかかる報告書

# 国道168号十津川道路の開通について（報告）

山田 勝輝

近畿地方整備局 奈良国道事務所 計画課 （〒630-8115奈良県奈良市大宮町3-5-11）

国道168号 十津川道路は、国土交通省権限代行事業として、安定した交通の確保・生活の利便性向上・地域の活性化等を目的に整備を進めてきた。

このたび、本道路が2019年9月に開通したことを報告するとともに、本道路が2011年の紀伊半島大水害において果たした役割と事業着工から開通までの取組について紹介する。

キーワード 防災, 災害, 復旧対応

## 1. はじめに

国道168号 十津川道路は地域高規格道路「五條新宮道路（延長約130km）」の一部を形成し、通行止めによる迂回の解消、歩行者や自転車利用者の安全確保、医療施設へのアクセス向上を主な目的としている。

五條新宮道路が通過する五條市以南は、急峻な地形のため、未改良区間（線形が厳しく・幅員が狭小）が多く、大部分が異常気象時通行規制区間となっており、和歌山県および奈良県において順次、改築整備を行っている。

このうち、特に地形条件が厳しく、整備に高度な技術を要する区間については、国土交通省権限代行事業として、安定した交通の確保・生活の利便性向上・地域の活性化等を目的に、「国道168号十津川道路」として整備を進めてきた。<sup>1)</sup>（表-1,図-1,写真-1）。

表-1 十津川道路事業概要

区間	(起)奈良県吉野郡十津川村平谷 (終)奈良県吉野郡十津川村小原
道路延長	6.0km
構造規格	第3種第2級
設計速度	60km/h
車線数	2車線
標準幅員	8.5m

年度	主な事業の経緯
1996年度	事業化
2000年度	用地着手
2002年度	工事着手
2011年9月	一部開通(十津川村折立～小原間)
2019年9月	全線開通(十津川村平谷～折立間)

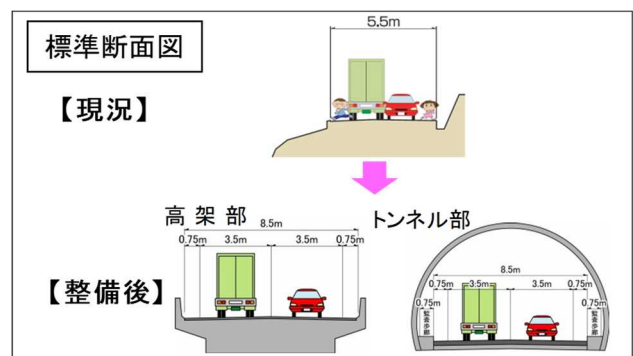
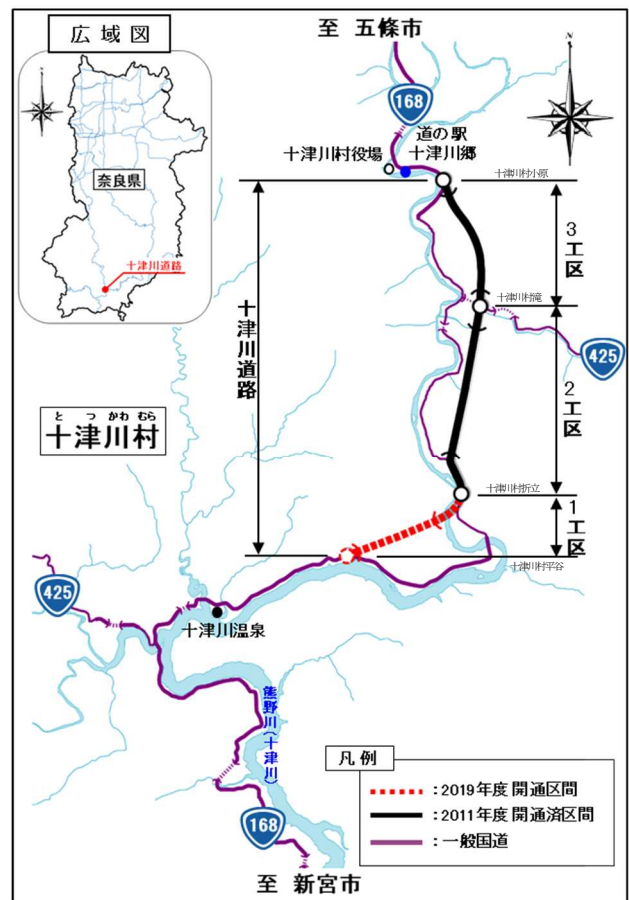


図-1 十津川道路整備概要





写真-1 国道168号十津川道路

## 2. 十津川道路の工事着手

### (1) 本体着工への進入路

十津川道路は1996年度に直轄権限代行業として事業化され、2002年度に工事着工した。先行して着工された2工区・3工区は現道国道168号が狭隘な区間であり、ほぼ全区間をトンネルおよび橋梁構造物で構成されている。

当該区間は現道の道路幅員が5.5m未満の未改良区間が多く、役場までの連携強化及び整備済み区間との連続性を考慮し、平成14年度に北側（終点側）の3工区（小原地区）から工事着手した。

国道168号では、既存資料や現地踏査などから、168号（折立～高滝間）において、地すべり発生のリスクがあり、当該区域には迂回路も無いことから、被災した場合、通行止が長時間に及ぶことが想定されるため、学識経験者を含めた検討会の意見をふまえ、2工区・3工区から優先的に整備した。

橋梁等の構造物の施工においては、急峻な山地部での施工となり、現道から施工箇所へのアクセスのため、仮栈橋による工事用進入路の構築を行った（写真-2）。



写真-2 進入路施工状況

### (2) 本体構造の配慮と施工ヤードの確保

十津川道路においては急峻な山岳地形であることから、土工構造物や橋梁下部工の施工にあたっては、掘削範囲が膨大になる。このため、本体構造に採用された構造形式は、掘削土量の縮減を目的として掘削影響が最小限となる工法等を採用した。（写真-3）



写真-3 掘削が最小限となる工法の採用

また、下部工等の構造物やトンネル坑口の施工においては現道交通を確保しつつ狭い施工ヤードを有効に活用して地域に配慮しながらの施工を実施した（写真-4）。



現道の谷側へ張出し架設



切廻しによる交通確保

写真-4 栈橋活用による現道切廻し状況

## 3. 紀伊半島豪雨の発生と2～3工区の開通

### (1) 現道国道168号の通行止め

2011年8月時点において、十津川道路折立～小原間（2～3工区）は翌月19日に開通を控え、開通の準備段階に入っていた。そのような状況下で8月25日に発生した台風第12号は、発達しながらゆっくりと北上し、30日には中心気圧965hPa、最大風速が35m/sの大型で強い台風と



なった。

本台風は、大型で動きが遅く、長時間にわたって台風周辺の非常に湿った空気が紀伊半島に流れ込み、山沿いを中心に広い範囲で記録的な大雨をもたらした。

本台風の影響により2011年8月30日17時からの総雨量は、紀伊半島を中心に広い範囲で1,000mmを越え、十津川村風屋で1,358mm（9月平均282.7mm）と、年間降水量（年間平均2,314mm）の5割以上がこの期間に降る記録的な大雨となった<sup>2)</sup>（図-2）。



図-2 8月30日からの降雨状況

この降雨により、十津川道路2工区と並行する現道国道168号で大規模な道路崩壊が発生し通行止めとなり、十津川村の南北間の幹線道路が分断されることとなった（写真-5）。



写真-5 2工区に並行する国道168号で道路崩壊が発生



図-3 十津川道路周辺概略図

### (2) 十津川道路の緊急開通

上記の事態より、2011年9月19日に開通予定であった十津川道路（2～3工区）について、現道が被災し通行不能となった事による緊急措置として、開通までの手続きを調整するなどして、2011年9月6日に十津川道路2工区・3工区を緊急的に一般開放した（写真-6）。

開通にあたっては、奈良県・警察・整備局により迅速な合意が図られ、工事施工中である受注者との構造物の管理・引渡し手続きについても全面的な協力が得られ、迅速な調整が図ることができた。

これにより、国道168号の崩落に伴う通行止めによる緊急車両や復旧に必要な車両・地元の生活道への大幅な迂回を回避でき、救援活動やインフラ復旧活動の支援と、地域の方々の生活道路を確保できる事となった。



写真6 緊急開通した十津川道路

### (3) 国道168号折立橋の落橋

また、上記の箇所のほかに、1工区に並行する現道168号では折立橋が落橋した（写真-7）。



写真-7 国道168号折立橋が落橋

この落橋により村内の幹線道路である国道168号の南北への通行は寸断され、十津川対岸の県道を大幅に迂回通行する必要が生じた。しかし、この迂回路は幅員狭隘区間であるほか、大型車荷重の通行には対応しておらず、迅速な復旧および地域の生活に必要な道路通行に重大な影響を及ぼす状況となった。

そこで、この落橋した国道168号の折立橋は、国が権限代行で実施している十津川道路の事業区間内でもあり、その復旧は当該事業の工事進捗にも大きな影響を与えることから、近畿地方整備局において応急復旧を行うこととなった。（図4）

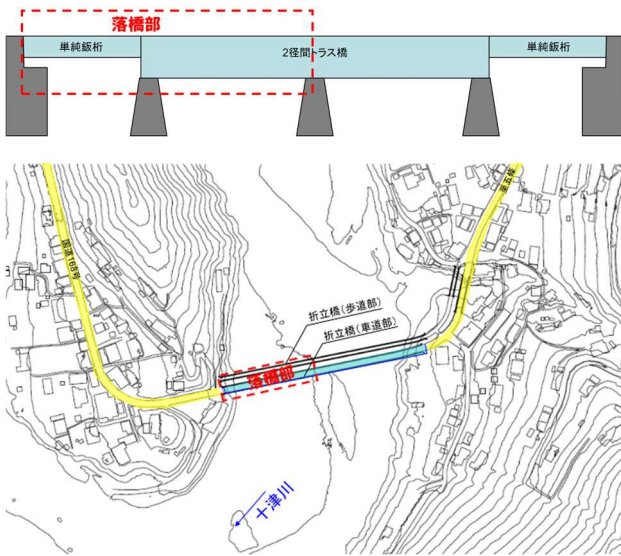


図4 折立橋の落橋部と復旧箇所

#### (4) 折立橋の復旧

台風12号の影響により落橋した国道168号折立橋の応急復旧工事については、近畿地方整備局により2011年9月16日から着手した。

応急復旧にあたっては、折立橋の落橋していない一部の橋梁を活用しつつ、落橋した部分については仮栈橋を設置し、応急復旧を図る事となった。

落橋した折立橋については、本災害による国道168号への被害に伴う崩落・通行止めのため、資材および重機の搬入が困難な状況であったが、当該復旧箇所付近に近接する、十津川道路の工事現場である今戸高架橋の完成後に撤去中であった仮栈橋があり、それらの資材を一部転用（写真-8）することにより対応する事となった。

また、重機も現地に撤去のために存置されているベスマシン65tクローラークレーンを活用することとなった。



写真-8 今戸高架橋の工事用栈橋

仮栈橋の資材搬入および折立橋下部工への進入を図るため、河川側に工事用道路を設置し、仮橋を設置・活用しつつ進入を図った（写真-9）。



写真-9 河川側への進入路構築

なお、折立橋の落橋していない部分については、載荷試験により耐力の確認を行ったうえで活用した。

折立橋の迅速な復旧を目指すため、現場では作業を3交代制の24時間体制で工事を進めた（写真-10）。



写真-10 24時間体制での復旧作業



地元の皆様のご理解・ご協力のもと、2011年10月30日午前7時に折立橋の応急復旧が完了し、開通する事ができた。<sup>3)</sup>

当初の工程では工事着手（9月16日）から6ヶ月かかる見込みであったが、4ヶ月半短縮した約1ヶ月半で応急復旧を完了することができた。

これにより、国道168号の十津川村南側への交通アクセスの応急復旧と同時に1工区推進に向けた工事用進入路が確保された（写真-11）。



写真-11：折立橋応急復旧状況

#### 4. 1工区の施工と開通

##### (1) トンネル坑口計画部の崩壊

1工区の十津川温泉北トンネルにおいては2009年にトンネル起点側坑口予定部分で崩落が発生（写真-12）しており、その対応策の検討が必要であった。



写真-12 起点側坑口予定地付近での法面崩落

この災害を受け学識経験者より

- ・崩壊斜面は上方の尾根まで斜面が緩んでいる。
- ・斜面末端から崩壊し、上方へ拡大するおそれが高いとの意見があり、十津川温泉北トンネル起点側の坑口部分については、起点部分での道路構造を変更し、崩壊リスクの低い坑口位置への設置等のトンネルの構造変更を実施した。

本構造変更においては道路取付構造の変更や新たな用地買収等が必要となったが、関係者のご理解とご協力にて構造変更が実現した。

##### (2) 今戸高架橋渡河部の施工

1工区北側の十津川温泉北トンネルの終点側坑口へアクセスする今戸高架橋渡河部（PC2径間連続ラーメン箱桁橋）については、急峻な谷での施工となり、上部施工のための橋脚へのアクセスには現道168号から設置した栈橋を活用して、張出し工法に必要な資材搬入を実施した。

また、現道から谷を挟んだ起点側対岸の橋台へは周辺に通行可能な道路が無く、アクセスには河川側へ設置した工事用道路を活用し、河川側の斜面下に設置した作業構台を用いての施工となった（写真-13）。



写真-13：今戸高架橋施工状況

なお、本橋の下部工は施工中に洪水被害を受けており、この被災状況への対応策として、被災橋梁下部の点検および学識経験者からの意見を頂いた。

結果、今回のケースにおいては、本体構造への影響は小さいことが確認されたため、上部面の除去等の対策は必要なく、そのままの使用は可能であるが、



- ・鉄筋加工時の適切な温度管理の必要性
- ・コンクリートの打継ぎ面の洗い出し、チッピング、湿潤処理など打継ぎ処理に留意すること

について助言を頂き、上位の留意事項の基づき施工の継続が可能となった。

### (3) 開通した十津川道路について

十津川道路の2工区・3工区に続いて2019年9月16日十津川道路1工区（平谷～折立区間）L=1.7kmが開通した。

今戸高架橋渡河部および十津川温泉北トンネル内にて開催された開通式には約300名が参加し、開通を祝してテープカットの後に通り初めが行われた（写真-14）。



写真-14 十津川道路全線開通を祝う式典状況

開通した1工区の今戸高架橋は橋脚数の縮減を図り、地形改変を最小化するために、下部工には掘削の少ない工法を採用し、上部工形式についてはスリムなPC箱桁橋を採用することで、美しい十津川村の景観に配慮した構造形式としている（写真-15）。



写真-15 今戸高架橋渡河部を上空から望む

また、十津川道路の事業区間周辺には絶滅危惧種であるキイジョウウロウホトトギスが自生しており、これらの種の保全に取り組むため、学識経験者より助言を得つつ地元自治体との協力を得て、地元の地域内での移植株の栽培を実施し、移植作業を実施することで環境影響を縮減する取組等を実施した<sup>4)</sup>（写真-16）。



写真-16 キイジョウウロウホトトギス移植株の栽培

## 5. おわりに

本稿で紹介した事例以外にも、本事業では様々な課題を関係者の協力と努力で解決を図った事例が存在するが、紙面の都合により割愛させていただいている。

これらの各取り組みは近畿地方整備局だけではなく、学識経験者や奈良県・関係する地元自治体そして用地提供者や地元関係者・施工者・設計者それらのすべてが連携・協力してはじめて成し得ることができた。

今回、十津川道路の開通について報告を行ったところであるが、2020年度に新たに十津川道路（Ⅱ期）事業が事業化し、五條新宮道路のさらなる整備が進められる。

本事業の取組を防災対策・整備事業の取組みの一事例として、他事例へ参考として活用され、国民の安全安心に寄与できれば幸いである。

**謝辞：**本事業に関係・ご協力頂いた全ての関係者様をはじめ、本稿へ資料提供頂いた皆様に感謝の意を表す。

## 参考文献

- 1) 奈良県・奈良国道事務所：国道168号 五條新宮道路パンフレット
- 2) 奈良県：紀伊半島大水害の記録〔2013年3月〕
- 3) 近畿地方整備局：記者発表資料「平成23年10月30日（日）午前7時国道168号折立橋が開通！」〔2011年10月〕
- 4) 国土技術総合政策研究所〔2013年3月〕：国土技術総合政策研究所資料No.721道路環境影響評価の技術手法「13. 動物、植物、生態系」の環境保全に関する事例集Ⅲ-155～160

# 給水塔の耐震診断について

山田 真一郎<sup>1</sup>

<sup>1</sup>奈良県御所市産業建設部事業推進課（〒639-2298 奈良県御所市1番地の3）

給水塔は、奈良県耐震改修促進計画の中で、耐震診断・耐震改修を行う対象とされていない。しかし、周辺住民の安全性を考慮することや、非常時の給水施設としても活用されることを踏まえ、その安全性について確認しておくことが重要である。また、平城団地の給水塔は、給水タンクの頂部が円盤状となっているため、他の給水塔に比べ、地震による影響が大きい。このことから、耐震改修の必要性の有無を判断するため耐震診断を行った。

本論文では、給水塔の耐震診断について、平城団地の給水塔の耐震診断業務の事例から、検討を進める上での課題及び検討案について述べる。

キーワード 給水塔，耐震診断，解析手法，追加検討

## I. はじめに

給水塔とは、団地や工場など、一定の区域に安定した水圧と水量で水を送るための施設である。図1のとおり、給水対象より高い塔を建て、その頂部に大きな水槽を設けてポンプで水を貯め、重力を利用して給水するしくみとなっている。給水塔の性質上、周囲の給水対象の建物より、高さのある施設となるため、外観にも工夫が凝らされ、様々な色や形状の給水塔が生まれている。その中でも、図2のとおり平城団地の給水塔は、県営住宅の団地にある給水塔の中で唯一円盤型となっており、地面に突き刺さった六角ボルトのような外観と、やぐら型の要素もある。また、壁はなく、床、柱及び梁で構成され頂部の貯水タンク部分が円盤型となっている。



図2 平城団地給水塔

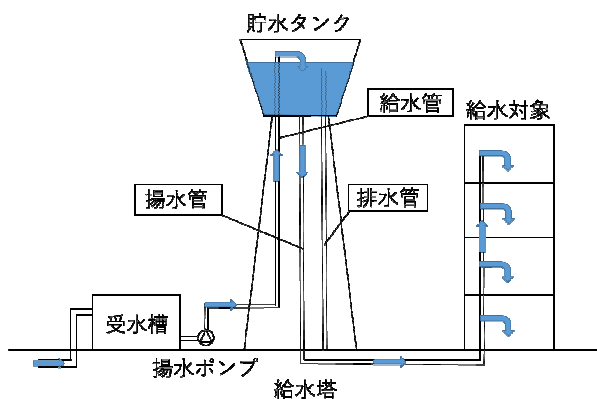


図1 給水塔のしくみ

## II. 耐震診断について

平城団地の給水塔は、1979年に建てられた塔状で高さのある工作物である。地震発生時には、転倒により周囲に多大な被害を与える可能性があるため、その安全性について確認しておくことが重要である。給水塔は、工作物であるが、周辺住民の安全性を確認するために、耐震診断を行うこととした。また、2007年に策定された「奈良県耐震改修促進計画」の中では、新耐震基準適用以前の構造基準で設計・建築された既存建築物に対して整備目標を掲げ、耐震化を促進している。耐震改修促進計画で規定されている耐震化の促進を図る建築物の条件及び総合的な安全対策を図る項目は次のとおりとなっている。

- (1) 1981年6月の新耐震基準適用以前の構造基準で設計された既存建築物の中で「住宅」「多数の者が利用する建築物等」及び「公共建築物」
- (2) 現行基準に適合していない「多数の者が利用する建築物等」
- (3) 居空間内の安全対策・エレベーター、エスカレーター等の安全対策・工作物等の安全対策・大規模空間の天井崩落対策

給水塔については、(1) から (3) に該当しないため、奈良県で策定している耐震化の促進を図る建築物ではない。しかし、給水塔は、塔状の工作物であるため、転倒により周囲に多大な影響が及ぶ可能性があり、非常時の給水施設としても重要と考えられる。耐震診断を行う上で、給水塔のような頂部に重量物のある工作物の耐震診断にあたっては、まだ県内では事例がなく、参考にできる資料も少ない。そのような中で昨年度、耐震診断を行ったのが、平城団地の給水塔である。本論文では、給水塔の耐震診断について、平城団地給水塔の耐震診断の事例から、構造耐震指標であるIs値を算出するにあたり、検討を進める上での問題点及び検討案について述べる。

### Ⅲ. 耐震診断対象工作物

表1に、本論文の対象とする平城団地の給水塔の概要を示す。2層～10層が4本柱及びび梁、スラブで構成されており屋上に円盤状の水槽がある。屋上の水槽容量は最大48m<sup>3</sup>である。

表1 対象工作物の概要

・名称	県営住宅平城団地
・所在地	奈良市秋篠町 地内
・竣工年	昭和54年
・構造	SRC造
・高さ	33.3m
・階数	地上9階（10層）

### Ⅳ. 耐震診断の方針及び解析手法

耐震診断とは、建物の保有する耐震性能を構造耐震指標Is及び非構造部材耐震指標INの2種類の指標により数値で評価することである<sup>1)</sup>。本工作物は、屋内的用途が発生しないため、建築基準法で定義されている建築物ではないが、構造部材が床、柱及びび梁で構成されているため、耐震診断を行ううえでは、建築物として取り扱うこととする。今回は耐震診断を行う上で、調査職員として

以下の現状及び疑問点を踏まえ、診断方針の検討及び手法の整理を行った。また、一般的な構造耐震指標Is値の算出方法として、(1)式に示す。Is値は、各階の梁間方向、桁行方向それぞれについて、(1)式により算出し、要求するIs値である0.6を超えていること確認する。

$$I_s = E_0 \times SD \times T^D \quad (1) \text{式}$$

E<sub>0</sub> : 保有性能基本指標  
SD : 形状指標 (建物の形状)  
T : 経年指標 (劣化の程度)

$$E_0 = 1/A_i \times C_0 \times F_0 \quad (2) \text{式}$$

A<sub>i</sub> : 地震層せん断力分布係数  
C<sub>0</sub> : 強度指標 (部材の強さ)  
F<sub>0</sub> : 靱性指標 (部材の粘り強さ)

#### (1) 調査の結果と設計図面による建物の構造的特性

今回耐震診断の対象となる給水塔は、現地調査の結果、設計図面と整合性がとれていた。設計図面及び現地調査により確認できる構造的特性は以下のとおり。

- ・2層～10層が4本柱で構成されている。
- ・塔状比 (幅に対する高さの割合) が大きい。
- ・頂部に重量物 (水槽) が存在する。

#### (2) 解析手法・診断手法の整理

確認できた構造的特性を考慮すると、以下の耐震診断、解析の手法を検討する。

##### a) 地震層せん断力分布係数 (A<sub>i</sub>値) について

A<sub>i</sub> (地震層せん断力分布係数) とは、図3のとおり、地震力の高さ方向の分布を便宜的に決めた値のことで、1つの建築物の中で1階と比べた際に、上階が何倍揺れるかを表し、また固有周期Tが長い (=高層の建物) ほど大きくなる特徴を有する。また、上記(2)式のとおり、地震層せん断力分布係数 (A<sub>i</sub>値) により、建築物の保有性能が低減され、Is値に大きく影響することが分かる。

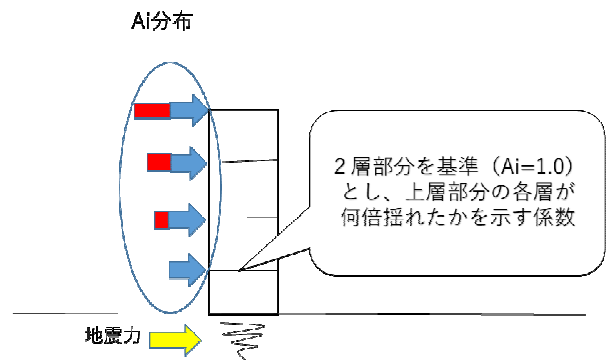


図3 地震層せん断力係数 A<sub>i</sub>について



b) 地震層せん断力分布係数（Ai値）の算出方法の検討

一般的な、地震層せん断力係数（Ai値）の算出方法は、H19国交告597号第3告示式により規定されている。算出結果は表2のとおり。

表2 算出結果（Ai値）

2層	3層	4層
1.000	1.253	1.317
5層	6層	7層
1.379	1.442	1.509
8層	9層	10層
1.579	1.654	1.721

考察：各層の地震層せん断力係数（Ai値）をもとに、構造耐震性能指標であるIs値を算出するが、告示式によるAi値の算出方法の特徴としては、本来、各階の重量及び層剛性が概ね均一な建物を想定して提案された算出方法である。特殊構造特性を有する平城団地給水塔の場合は、Is値を適切に評価するために、Ai値の算出方法について検討する必要がある。

一般的な算出方法である、告示式による算出方法も含め、考えられる算出方法を抽出し、どの算出方法を採用すればAi値を適切に算出できるか、表3のとおり特徴を整理し、比較検討を行った。

表3 Ai値の各算出方法による特徴の比較

	汎用性	周期精度	形状	信頼性
①告示式	◎	✖	△	△
②清算法 <sup>2)</sup>	△	◎	△	○
③容器構造解析指針 <sup>3)</sup>	✖	○	◎	○
④その他の算出方法	✖	-	△	✖

c) 各算出方法の特徴

①告示式

一般的な階数、形状に対して行える解析手法で周期を略算で仮定している。

②清算法<sup>2)</sup>

固有周期を精算した手法である。

③容器構造解析指針<sup>3)</sup>

球形タンク支持構造等に対して行える解析手法である。」

④その他の算出方法

研究段階の解析手法であるため、適用が難しい。

方針：上記のとおり、④以外の算出方法については、特徴が様々あり、どの算出方法を採用すれば適切なAi値が算出できるか判断が難しい。このことから、①～③すべての、算出方法によりAi値を求め不利側の値を採用することとする。表4に各解析手法による算出結果を示す

表4 各解析手法による算出結果（Ai値）

	①告示式	②採算法	③容器
2層	1.000	1.000	1.000
3層	1.253	1.517	1.399
4層	1.317	1.686	1.515
5層	1.379	1.850	1.617
6層	1.442	2.009	1.708
7層	1.509	2.162	1.787
8層	1.579	2.301	1.850
9層	1.654	2.411	1.892
10層	1.721	2.454	1.905

結果：精算法により算出したAi値が最も不利側となり、その値を採用した。

上記結果を用いて、(1)式及び(2)式により構造耐震指標であるIs値を算出すると表5のとおりとなった。10層のうちIs値が最小の値である0.89が要求する耐震性能である0.6を満足していることを確認した。

表5 算出結果（Is値）

階層	Is値
2層	2.08
3層	0.89
4層	1.44
5層	1.34
6層	1.31
7層	1.31
8層	1.21
9層	1.19
10層	1.78

V. 追加検討

考察：本来、耐震診断での検討項目ではないが、図4のように、本施設は、一般的な建物に比べ塔状比が大きく、頂部に重量物が積載していることから地震時に水平力が加えられた場合、崩壊の仕方として基礎の回転（浮き上がり）の有無について確かめる必要がある。下記の3とおりの方法で、保有耐震性能における転倒モーメントを算出し、本施設が保有する抵抗モーメントとの比較を行う。

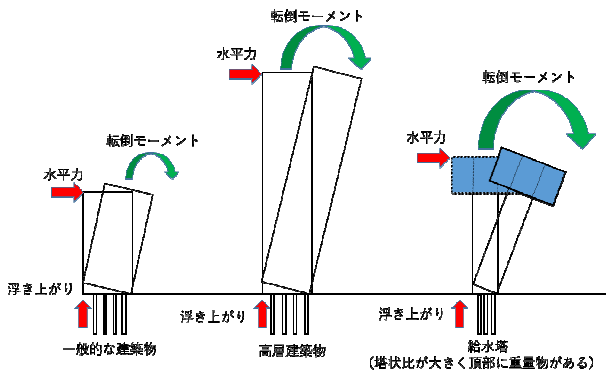


図4 転倒モーメントの検討

- (1) 清算法<sup>2)</sup>によるAi値を考慮した転倒モーメント
- (2) 容器構造解析指針<sup>3)</sup>によるAi 値を考慮した転倒モーメント
- (3) 模擬地震波を用いた振動解析による転倒モーメント

方針：各層の終局せん断耐力から転倒モーメントを算出する方法が一般的であるが、全層が、終局せん断耐力に同時に達している状態は、現実的ではないと考えられる。よって(3)による転倒モーメントを主として捉え、(1)、(2)との

差違も考慮して検討を行う。(3)による模擬地震波は、ELSENTORO(1940)、TAF(1952)、八戸(2010)の3波を使用する。

各ケースによる基礎底における転倒モーメント算出結果

- (1) Mt=66877kN・m
- (2) Mt=57051kN・m
- (3) Mt=69497kN・m

結果：(1)、(2)、(3)による転倒モーメントを比較した結果、最も転倒モーメントの値が大きかったのは、模擬地震波を用いた振動解析を行った値となった。その値と、本施設が保有する抵抗モーメントを比較し、抵抗モーメントが大きいことを確認した。

$$173745\text{kN}\cdot\text{m} \geq 69497\text{kN}\cdot\text{m}$$

(本建築物が有する抵抗モーメント)

VI. おわりに

以上の診断結果により、平城団地の給水塔は、耐震性能があることが分かった。今回の平城団地の地給水の耐震診断にあたっては、診断事例がないなか、給水塔特有の性質及び形状に沿った解析手法の検討や、転倒を考慮した追加検討を行ったことで、より適切な耐震性能の判定ができた。

参考文献

- 1)財団法人日本建築防災協会：2001年改正版 鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準同解説
- 2)国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所：2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書
- 3)日本建築学会：容器構造設計指針・同解説

# 奥漣道路（Ⅲ期）事業における地域条件に即した設計について

木原 悠之

近畿地方整備局 紀南河川国道事務所 工務第二課（〒646-0003 和歌山県田辺市中万呂142）。

奥漣道路（Ⅲ期）事業は、開通した奥漣道路及び奥漣道路（Ⅱ期）の延伸区間となる道路で平成28年度に事業化された道路である。事業区間は防災点検要対策箇所が多数残存し、異常気象時の通行規制区間に指定されており、急峻な地形や幅員が狭小な進入路など厳しい地域条件となっており事業実施にあたり設計の取組内容について報告するものである。

キーワード 防災・減災・国土強靱化、地域医療、地域条件

## 1. はじめに

奥漣道路を含む国道169号は和歌山県新宮市から三重県熊野市を東西に結ぶ「紀伊半島アンカールート」の一部として順次整備が進められている。

奈良県五條市から和歌山県新宮市へ至る国道169号は紀伊半島を南北に縦貫する重要な幹線道路であるが、東西方向への連絡が弱いため、東西方向の移動が整備されることになれば、世界遺産「紀伊山系の霊場と参詣道」や三重県熊野市北部にある漣峡など当該地域に豊富に存在する観光資源へのアクセス性や周遊性が向上する。また、近年の少子高齢化に伴う過疎地域における医療需要の増加に対し、地域住民の生命、生活を守る「命の道」として役割を担うことが期待されている。

当該地域の道路ネットワークの確保に向け、奥漣道路及び奥漣道路（Ⅱ期）の延伸区間となる奥漣道路（Ⅲ期）事業の早期開通に向け、現在鋭意整備を進めているところであり、当該地域の地域条件に即した設計での取組について報告するものである。

## 2. 地域の取り巻く環境

### (1)環境

奥漣道路（Ⅲ期）の事業箇所は、北山川が切り開いた変化に富んだ溪谷が続く景勝地で風光明媚な景観が形成されており、北山川周辺は吉野熊野国立公園の第Ⅱ種特別地域に指定されている。

一方では、これらの美しい自然との一体感を満喫出来る筏下りやラフティングが行われており、地域の観光産業のメインツールとなっている。

現道である国道169号は災害時の第二次緊急輸送道路に指定されており、和歌山県、三重県の国土強靱化計画においても救助ルートとして位置づけされているが、急峻な地形であることから道路ネットワークは脆弱であり、異常気象時には通行止め等が発生している。昨今、異常気象の多発等もあり、地域住民にとって必要不可欠な道路として早期の整備が期待されている。

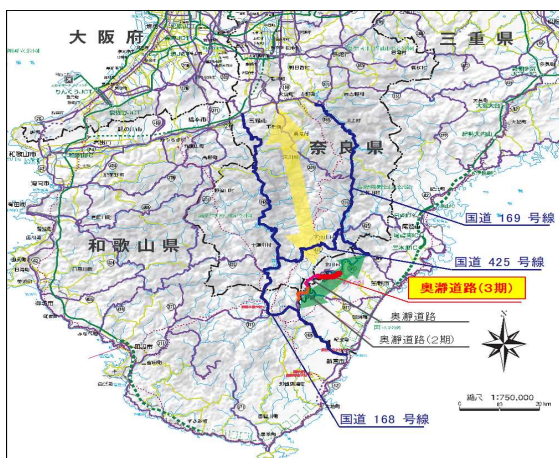


図-1 位置図範囲



図-2 事業範囲



(2) 地形

国道169号沿いに流れる北山川は、地質構造・断層の影響により激しい蛇行を繰り返しており、背面の斜面はかつて大規模地震により崩壊を生じた形態を示している。また、勾配35°～80°と非常に急峻であり等高線の乱れが著しい地形となっている。



図-3 地形状況図

(3) 地質

当該地域の山地を構成している基盤岩は中生代白亜紀の四万十層群砂岩優勢互層及び砂岩と熊野層群砂岩層からなり、いずれも極めて堅硬な岩であり基盤岩を直接被覆して段丘堆積物、崖錐堆積物が分布している。

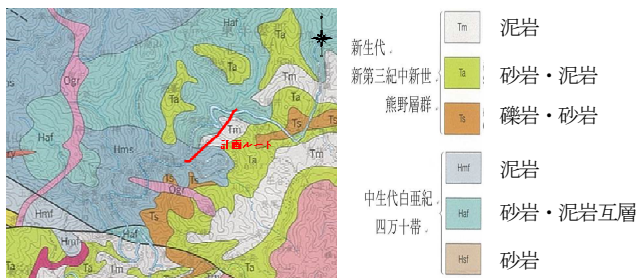


図-4 地質図

3. 現道拡幅区間の設計に対する課題

奥瀬道路（Ⅲ期）事業の計画ルートは、延長3.4kmの大部分がトンネル、橋梁等のバイパス区間であるが、北山村中心部に近い区間は現道拡幅で2車線を確保する計画となっている。

この現道拡幅区間の設計を行うにあたり地域条件や課題等に対する対策について下記に記載する。

(1) 現道状況

現道は幅員4m～5m程度の1車線道路であり（写真-1）、乗用車が辛うじて離合できる程度の区間もある。しかし、この現道は新宮方面と北山村、熊野市を結ぶ重要かつ唯一の生活道路となっており、救急搬送にも支障を来すことから、通行止め等を行うことはできない状況である。

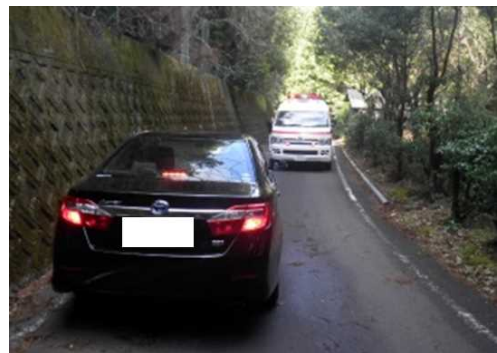


写真-1 車両通行状況写真

(2) 自然環境

当該区間は吉野熊野国立公園内であり、自然環境への配慮から大規模な自然改変を伴う改良は望ましくない。

(3) 現道拡幅の方向性

これらの条件から、現道拡幅を検討するにあたり、選択肢として山側への拡幅かダム湖側への拡幅が考えられる。

山側に拡幅する場合、急峻な地形のため切土法面が長大となり、また大規模な自然改変が生じる。

ダム湖側に拡幅する場合、関係機関の理解を得て、



図-5 ルート図

またダム湖への影響を最小限にする必要がある。

これらを総合的に検討した結果、ダム湖側に拡幅することとし、極力ダム湖側への拡幅を抑えるため、直壁構造を基本にし、湛水域の影響も踏まえ検討を行った。

#### 4. 課題を考慮した設計

ダム湖川への拡幅にあたり、直壁高は最大8m超となることから、地震時の安定、直壁擁壁の床堀時の現道への影響等を考慮し工法選定を行った。

##### (1) 工法選定

地震時の安定や現道への影響等を考慮すると、かかと版を有する擁壁は現道の交通確保ができないことから適用できず、床堀の影響が少ない工法として、バランス式擁壁と軽量材を用いた擁壁の比較を行った。

##### (a) バランス擁壁

コンクリート擁壁であり擁壁下部幅より上部の方が広い逆台形構造にして擁壁の重力と土圧をバランスさせることにより安定を図る擁壁である。

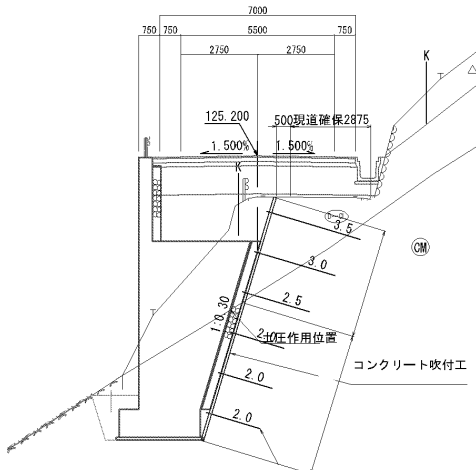


図-6 バランス擁壁断面図

##### (b) 軽量盛土工を用いた擁壁

今回、軽量盛土工の中で気泡混合軽量盛土（以下FCB工法）を用いた擁壁とを選定した。

FCB工法は土に水とセメント等の固化剤を混ぜてスラリー化したものに、起泡材を発泡させてできる

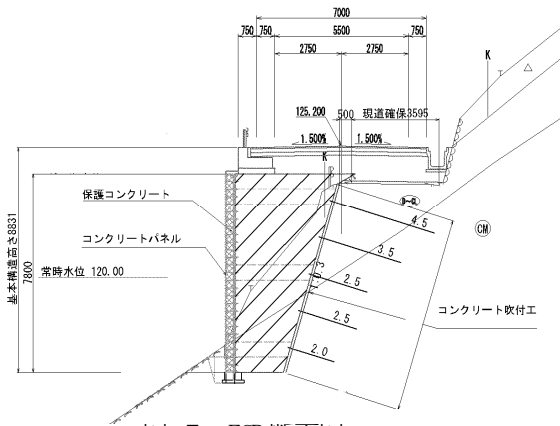


図-7 FCB断面図

気泡を混合して製造する軽量化された安定処理土を用いる盛土工法である。

以上の工法の比較し経済性や施工性に優れる軽量盛土工のFCB工法を採用した。

##### (2) FCB工法の設計条件

(a) ダム湖側への拡幅にあたり洪水時の水位の上昇や地下水位の影響を受けることからFCB工法において浮上がり懸念されるため、当該設計に用いる単位体積重量は10.8kN/m<sup>3</sup>に設計することで浮力に対する対策とした。

フロー値 (180mm)

種別	設計一軸圧縮強さ qu r (KN/m <sup>2</sup> )	一軸圧縮強さの予測値 qu r (KN/m <sup>2</sup> )	空気量 (%)	水セメント比 w/c (%)	※セメント C (kg/m <sup>3</sup> )	砂セメント比 容積比 (質量比)	単純体積 重量 (KN/m <sup>3</sup> )
配合	1000	1200	46.5	123	199	597	
K3-10	1000	1200	44.0	144.5	170	5.77	
種別	砂 S (kg/m <sup>3</sup> )	起泡剤 w1 (kg/m <sup>3</sup> )	希釈水 w2 (kg/m <sup>3</sup> )	混練水 w3 (kg/m <sup>3</sup> )	水量 (w1+w2+w3) (kg/m <sup>3</sup> )	湿潤密度 (t/m <sup>3</sup> )	単純体積 重量 (KN/m <sup>3</sup> )
配合	597	0.81	18.63	226	245	1.04	10.2
K3-10	680	0.76	17.48	228	246	1.1	10.8
K4-10							

表-1 配合表

(c) 現道の通行止めをすること無く現道拡幅の施工が求められることから、施工時の切土勾配が1:0.3内で収める必要があった。

地質調査の結果から切土補強工で法面を安定させFCB自体に土圧を掛けない設計とした。

(d) 国立公園内での施工となり景観への配慮が必要になることから化粧タイプの壁面材を使用することで修景が可能な設計とした。

また、壁面材の背面に保護コンクリート構築する設計としたことで、洪水時の流木等による衝突から擁壁の損傷が軽減されることから災害時の交通が確保される。

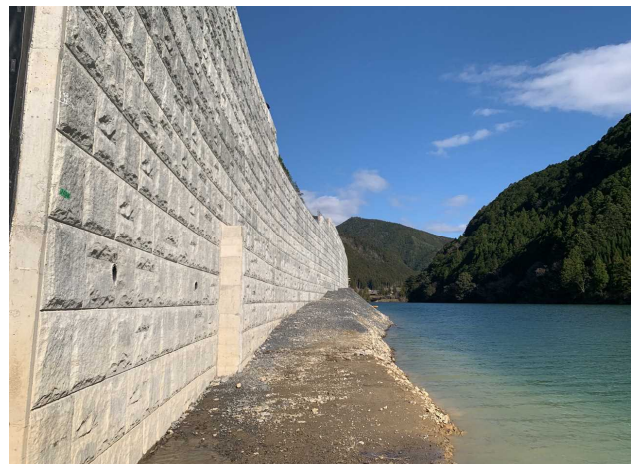


写真-2 完成写真

## 5. まとめ

山間部における現道拡幅の実施にあたり、国立公園内のため大規模な自然環境の改変ができず、現道が地域住民にとって唯一の生活道路、救急搬送ルートであり通行止め等ができない状況であったため、奥漣道路（Ⅲ期）事業においてはダム湖側に拡幅することとし、ダム湖への影響を極力軽減するよう直壁構造で設計を行った。

## 6. おわりに

奥漣道路（Ⅲ期）事業では、災害に対する強靱な道路ネットワークの確保や救急医療活動の支援、地域経済の大部分を占める観光等への寄与を目的とした事業であり、早期の開通の期待に応えながら、雄大な自然環境に配慮し、地域住民への事業による影響を極力軽減できるよう、地域条件に即した設計を行っている。現在、現道拡幅区間の工事を進めており、奥漣道路（Ⅲ期）事業としてもこ

れから工事の最盛期を迎えようとしているところである。奥漣道路（Ⅲ期）の事業進捗にあたり、地元住民の皆様を始め、和歌山県、三重県、北山村、熊野市、電源開発（株）等関係機関、設計・施工業者の皆様の多大なご理解、ご協力に感謝いたします。今後とも奥漣道路（Ⅲ期）の早期完成に努めて参りますので、引き続きご支援を賜りますようお願い申し上げます。

## 7. 参考文献

道路土工 盛土工指針 日本道路協会（平成22年4月）  
道路土工 擁壁工指針 日本道路協会（平成24年7月）  
西日本高速道路切土補強土工法設計施工指針（平成19年1月）  
西日本高速道路FCB工法設計・施工要領（平成19年1月）



# 九頭竜川堤防拡築整備に伴う様々な機能向上について

中原 佑<sup>1</sup>・松田 幸喜<sup>2</sup>

<sup>1</sup>近畿地方整備局 福井河川国道事務所 工務第一課 (〒918-8015福井県福井市花堂南2-14-7)

<sup>2</sup>近畿地方整備局 福井河川国道事務所 工務第一課 (〒918-8015福井県福井市花堂南2-14-7) .

九頭竜川の堤防は約5割が暫定断面の堤防であり、暫定断面堤防区間の割合は全国の直轄管理の109水系中、ワースト6位と大幅に整備が遅れている。このため、堤防拡築による計画断面確保を進める事業を重点化（九頭竜川・日野川フェニックス堤防整備事業）し、治水機能の向上を図っている。

本稿では、堤防拡築による治水機能の向上だけでなく、様々な機能向上を図った九頭竜川の堤防拡築について報告する。

キーワード 堤防拡築, 地域防災力, コスト縮減, 樋門改築, 地域活性化

## 1. はじめに

### (1) 九頭竜川の概要

九頭竜川は、その源を福井県と岐阜県の県境の油坂峠に発し、幹川流路延長116km、流域面積2,930km<sup>2</sup>の一級河川であり、その流域は、九頭竜川、日野川、足羽川の3川に大きく区分される。福井河川国道事務所では、九頭竜川の河口から福井県吉田郡永平寺町までの31.2kmとその支川日野川の九頭竜川合流点から11.0kmまでの区間を管理している。



図-1 九頭竜川流域図

### (2) 九頭竜川の地形的特徴

九頭竜川は、当時湖水であった今の福井平野の水を、三国山を開削して海に注ぐようにしたこと始まったとされており<sup>2)</sup>、九頭竜川周辺の地盤高が低いという特徴がある。このため、県庁所在地である福井市や坂井市の

平野部は九頭竜川、日野川の洪水時の河川水位より低い位置に存在する。特に支川合流部では浸水深が深く、浸水も長期間になる。

また、福井市街地を背後に要する中流部は、橋梁も多く、蛇行しており川幅も狭いため流下能力も前後区間に比べ低くなっている。

現況では、計画規模の降雨が生じた場合、堤防の決壊等により約8,509haが浸水し、浸水家屋は約37,820戸、被害額は約14,190億円と推測され、ひとたび氾濫すれば甚大な被害が予想される。

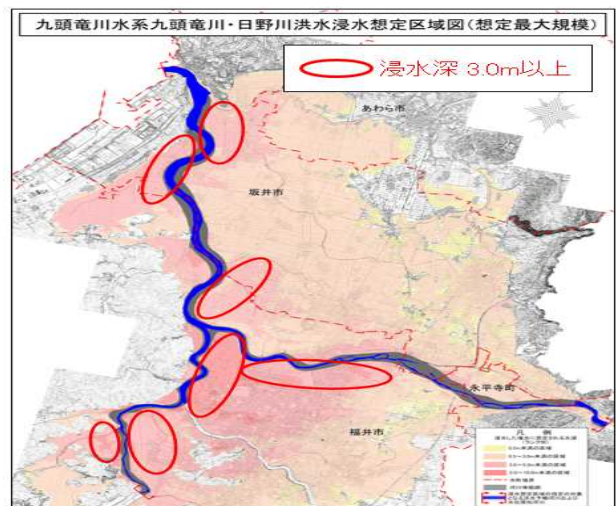


図-2 九頭竜川水系浸水想定区域図

### (3) 九頭竜川の治水計画の変換

九頭竜川の治水計画は、1885、1895年、1896年、1899

年の4大洪水による破壊的な被害を契機として、1900年より内務省直轄で工事を行う九頭竜川第一期改修計画が始まる。この計画では、九頭竜川中角地点での計画高水流量は3,058m<sup>3</sup>/sであり、九頭竜川での必要天端幅は5.5mとしている。1910年には、日野川三尾野地点での計画高水流量を1,389m<sup>3</sup>/sに定めた、九頭竜川第二期改修計画に基づく工事に着手。

これらの改修工事により九頭竜川はその後大きな被害もなく安定して経過してきたが、1948年6月の福井地震により、九頭竜川では、福井平野部の堤防が全域にわたって被害受け、堤防天端が最大で4.5m沈下し、陥没・沈下・崩壊に至る所で発生した。さらに同年7月による豪雨により灯明寺地区にて破堤するなど、地震及び洪水により堤防等の河川施設は壊滅的な状態となった。

工事も終わりに近づいた1953年9月には、台風13号による日野川右岸の足羽川合流点直下の三郎丸地区で破堤が発生し、福井市などに大きな被害与えたため、1955年に九頭竜川再改修計画を策定した。この計画では、日野川三尾野地点での計画高水流量を2,040m<sup>3</sup>/sに変更した。

しかしながら、1959年8月に襲来した台風7号及び9月に襲来した台風15号による大出水を契機に、1960年九頭竜川改修変更計画を策定。この計画では、九頭竜ダムによる洪水調節計画を含め、中角地点での計画高水流量を3,800m<sup>3</sup>/sに変更した。

1966年に一級水系の指定を受け、従来の計画を踏襲する九頭竜川水系工事実施基本計画を策定したが、1965年9月に奥越豪雨、台風24号と連続した大出水が発生したことから、1968年には新たに真名川ダムなど上流筋にダム群を建設して流量調整を行う工事実施基本計画の改定を行った。しかし、この工事実施基本計画施行後に、計画規模を上回る大出水が発生したこと、及び流域の発展を考慮し、1979年に工事実施基本計画の第2回改訂を行った。この計画では、中角地点での計画高水流量を5,500m<sup>3</sup>/sに変更し、九頭竜川での必要天端幅は6.0mとした。その後、2004年7月には足羽川で破堤が発生し、福井市街地などで甚大な被害が発生。2006年2月には九頭竜川水系河川整備基本方針が、2007年2月には九頭竜川水系河川整備計画が策定され、現在河川整備計画に基づき事業を実施している。

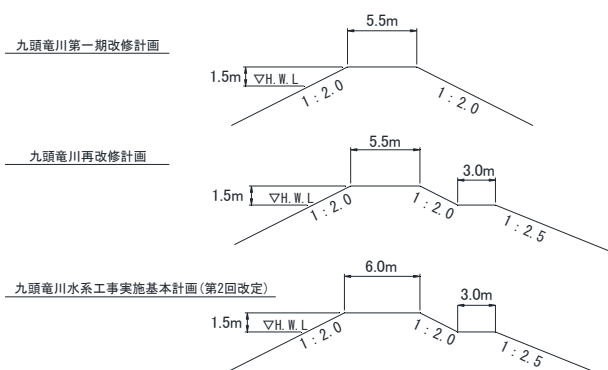


図3 九頭竜川の堤防標準断面の変換



図4 2004年7月福井豪雨時の足羽川の破堤の様子

#### (4) 堤防整備率

九頭竜川の堤防は、1979年の流量改訂に伴い必要となる計画堤防断面も大きくなったが、未だ全的に整備が追いついていない。2019年3月末時点での九頭竜川堤防の約5割が暫定断面の堤防である。暫定断面堤防区間の割合は49.3%と、全国の直轄管理の109水系中、104位（ワースト6位）であり、全国的に見ても整備が遅れている<sup>4)</sup>。また、現状の堤防幅が必要な堤防幅よりも狭いため、現状の堤防断面で必要な幅が確保できる高さまでスライドダウンした場合の堤防の高さで流下能力を評価した場合、多くの区間で河川整備計画流量を安全に流下させることができない状況となっている。

表-1 九頭竜川水系の堤防整備状況（2019年3月末時点）

水系名	直轄管理 区間延長 (km)	堤防延長(km)						
		堤防必要区間 (a)	計画断面堤防 区間(b)	b/a	暫定断面堤防 区間(c)	c/a	無堤防区間 (g)	d/a
九頭竜川	42.1	77.7	39.4	50.7%	38.3	49.3%	0.0	0.0%

## 2. 九頭竜川の河川整備計画

### (1) 河川整備計画の概要

2007年2月に策定された九頭竜川水系河川整備計画では、対象期間を概ね20～30年間とし、戦後最大規模の洪水を安全に流すことを目標に、以下の整備メニューを実施することとしている。

#### 【洪水調節施設】

- ・九頭竜川における既設ダムの有効活用
- ・足羽川ダムの建設

#### 【河道整備】

- ・九頭竜川（引堤、掘削、橋梁架替）
- ・日野川（引堤、掘削、橋梁架替）

#### 【堤防の安全性の確保】

- ・堤防の必要な断面形状の確保
- ・堤防の質的整備

#### 【地震対策】

- ・堤防及び水門・樋門等の河川構造物の耐震対策



(2) 河川改修事業の進捗状況

河川整備については、九頭竜川中角地区の引堤や日野川の五大引堤事業が完了しており、現在は、九頭竜川上流部の上合月地区や日野川上流部の久喜津・朝宮地区で河道掘削を実施している。

堤防の安全性の確保については、堤防の質的整備が必要となる区間の堤防整備を優先している。質的整備を実施する際には、堤防の必要な断面形状を確保した上で、必要な対策を実施している。

今後は、日野川の河道掘削と堤防の必要断面形状の確保を中心に行っていく予定である。

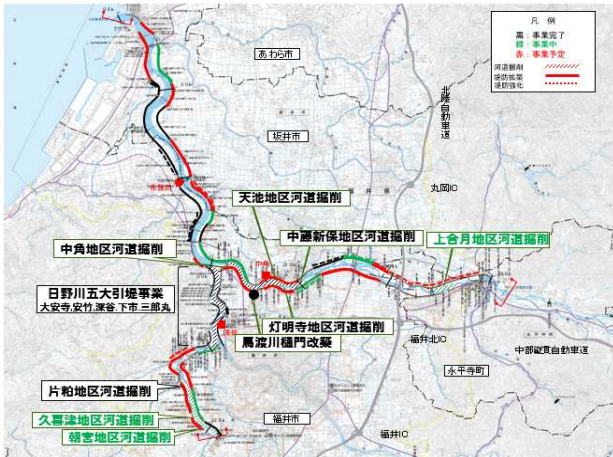


図5 河川整備計画の主な事業計画

3. 九頭竜川・日野川フェニックス堤防整備事業

(1) 九頭竜川・日野川フェニックス堤防整備事業概要

福井市は、終戦直後の福井地震や豪雪や洪水など様々な災害を乗り越え発展してきたことから、不死鳥（フェニックス）が市民及び市のシンボルになっている。このため、福井市民等を洪水から守るための九頭竜川、日野川の堤防拡築については、事業名称に「フェニックス」を入れ、九頭竜川・日野川フェニックス堤防整備事業として重点化し事業を推進している。

堤防拡築については、全施工延長区間は51kmであり、2018年度末時点で13.1kmが完成している。進捗率は26%である。また今後、事業を進めて行く上では、大量の築堤材が必要となることから、河道掘削と連携し堤防拡築を進めていく必要がある。

(2) 掘削残土の有効活用

九頭竜川・日野川の堤防拡築にあたっては、河道掘削工事で発生する土砂を有効活用することでコスト削減を図っている。九頭竜川の掘削土砂の土質は、日野川では粘性土、九頭竜川下流は砂質土、九頭竜川上流は礫質土が多いという特徴があるが、掘削土砂はそのままの状態では粒度分布が盛土材としては不適である。そのため、適切な粒度分布となるよう1:1:1の割合で粘性土・砂質

土・礫質土の3種混合を行い、盛土材として適する改良土をつくっている。3種混合にあたっては、黒丸地区のストックヤード及び久喜津地区の高水敷に設置している土砂混合機を使用し、混合を行っている。

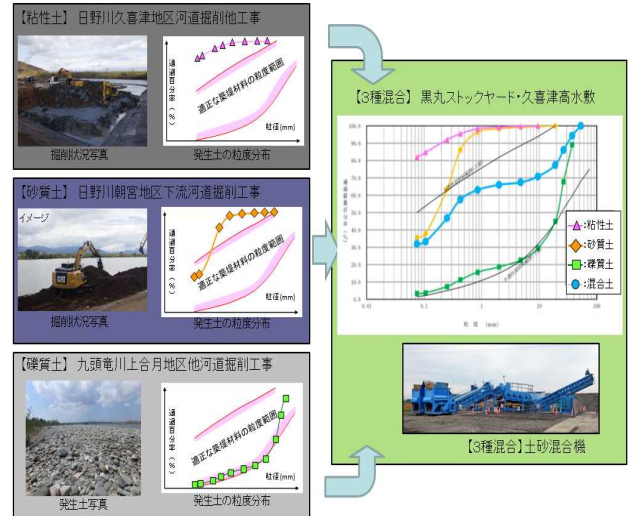


図6 河道掘削土の土砂混合イメージ

(3) 堤防拡築断面の考え方

九頭竜川や日野川の堤防周辺は、民家等が密集している区間もあることから、堤防拡築は前腹付けを基本に行っている。実施の際には、拡築による水位上昇も検証している。また、前腹付け後の既設堤防はそのまま存置する事で、幅の広い堤防を築造する事が出来る。

なお、兼用道路区間の堤防拡築断面は、既設道路を中央に配置し、現況幅員を確保する。両脇に広がった空間は、広い路肩とし、安全で快適な自転車走行空間としても活用する。併せて、堤防拡築等の改良工事時に既設の車止めをポール型に改良し、河川利用しやすい環境を整えている。

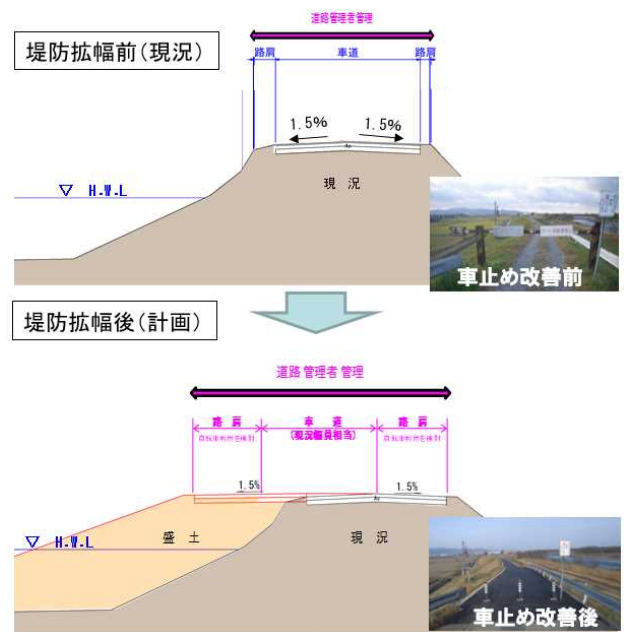


図7 堤防拡築前後の標準断面図



#### 4. 堤防拡築整備に伴う様々な機能向上

##### (1) 地域防災力の向上

堤防決壊を伴う大規模浸水時には堤防天端に排水車両を設置し、堤内地の排水活動を予定している。現状堤防は幅員が約3.0mと狭く、給油車両が並走する事が出来ず、円滑な排水作業ができないが、堤防拡築により幅員が約9.0mとなり給油車両が並走出来るため、排水作業効率が向上する。

また、破堤時の災害復旧活動においては、大量の資機材の運搬が必要になるため、まずは堤防天端に待避所を設ける作業から開始することになるが、堤防天端幅が広がることで、速やかに災害復旧活動を行え、作業効率も向上し、早期の復旧が期待できる。

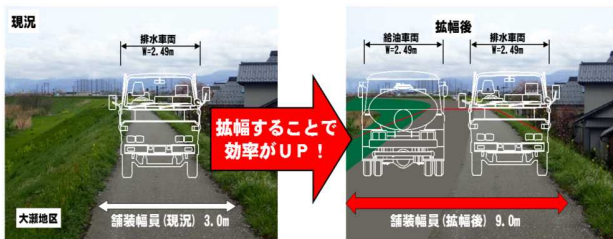


図-8 堤防拡築による排水効率の向上イメージ

さらに、九頭竜川、日野川は雪捨て場としても活用されており、2018年の豪雪時には、既設の9箇所の雪捨て場に7箇所の臨時の雪捨て場を加えて対応している。堤防を拡築することによって、ダンプトラックなどの運搬車両の円滑な通行も可能となり、地域防災力の向上が期待できる。

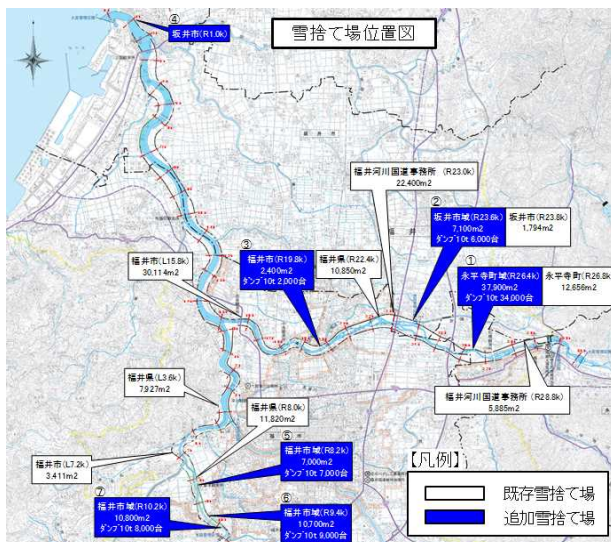


図-9 雪捨て場位置図

##### (2) 維持管理費のコスト削減

河川堤防の維持管理においては、定期的に除草を行う必要があることから、経常的に維持管理費が必要となる。今後行う堤防拡築延長は37.9kmと長いため、除草費用を

抑えることは維持管理費の縮減にもつながる。そこで堤防拡築に用いる張芝は、従来のノシバからライフサイクルコストに優れた改良高麗芝（TM9）を用いている。

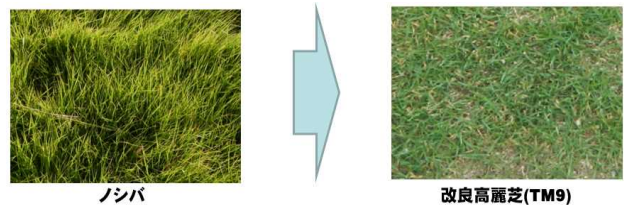


図-10 ノシバから改良高麗芝（TM9）への張り替えイメージ

さらに、芝を張り終えた堤防には、試行的に堤防にロボット除草機を設置し、無人除草を行っている。ロボット除草機は斜度35度まで対応しており、最大作業領域は3,500m<sup>2</sup>である。GPS機能が装備がされているため、スマートフォンでの遠隔操作管理が可能であるほか、自動で電源のある場所に戻り、充電することもできる。



図-11 ロボット除草機による除草作業の様子

##### (3) 堤防拡築に伴う樋門改築による効果

堤防拡築に伴い既設樋門を改修する必要があるが、改修する樋門については、従来の手動によるゲートの開閉作業が必要なスライドゲートではなく、ゲート操作が不要なフラップゲートを採用することで、樋門操作の省力化や操作遅延によるリスク低減を図る。



図-12 樋門改築に伴うフラップ化イメージ

##### (4) 地域活性化

福井県では、北陸新幹線福井・敦賀開業に向けたサイクルツーリズムの推進など、自転車を活用した交流人口拡大を図るため、2020年3月に自転車活用推進計画を策定した。九頭竜川の堤防の一部では、福井県サイクリングモデルルートに設定されている。

2019年10月6日には、福井市内から河口付近まで、足

羽川～日野川～九頭竜川の川沿いを海に向かって走り抜ける、一般の方向けの自転車ライド企画である「ドラゴンリバーライド2019」を開催した。コースは足羽川「花月橋」～日野川～九頭竜川河口「汐見公園」までの約20kmであり、105名が参加した。九頭竜川の自転車利用環境を多くの人に知ってもらい楽しんでもらうことで、福井県の自転車利用環境の向上につなげていく。



図-13 自転車活用推進イメージ

また、堤防拡築と連携して既存船着き場を活用し、災害時の資材運搬経路の確保、及び水辺の賑わい創出を図っている。江戸時代に北前船の寄港地として繁栄していた、九頭竜川河口部に位置する三国湊から、遊覧船を九頭竜川上流に向かって走らせ、九頭竜川右岸高屋地区の既存船着き場までのリバークルーズを実施する予定である。リバークルーズ後は、バスに乗り換えて足羽川沿いを走り、足羽山麓の遺構や足羽山山頂、福井城址や福井駅周辺の観光を楽しむことができる。三国湊から福井駅はえちぜん鉄道でも行くことができるため、鉄道とリバークルーズを組み合わせた周遊観光コースができ、2023年には北陸新幹線が開通するため、リバークルーズにより多くの観光客の利用が見込まれる。



図-14 リバークルーズ予定ルート

## 5. おわりに

本稿では、九頭竜川の堤防拡築に伴う様々な機能向上内容について報告した。この事業を進めていくことで、流下能力が向上するだけでなく、破堤時の排水作業や災害復旧作業の効率など地域防災力の向上、張芝を改良高麗芝(TM9)を用いることによる維持管理費のコスト縮減、樋門改築によるゲート操作の省力化、自転車利用促進や既存船着き場との連携による地域活性化を図ることができる。今後とも、掘削発生土を有効活用しながら堤防拡築を実施し、九頭竜川の治水能力を高めると同時に、災害に強く、賑わいのあるまちづくりを進めていきたい。

## 参考文献

- 1) 近畿地方整備局福井河川国道事務所 九頭竜川水系河川整備計画（国管理区間） 2007年2月
- 2) 近畿地方建設局福井工事事務所 九頭竜川一直接事業の歩みー 1991年3月
- 3) 九頭竜川水系治水百周年記念事業実行委員会 九頭竜川流域誌 水との戦いそして共生 2000年10月
- 4) 福井新聞 2019年10月21日



# 避難所開設・運営の課題を踏まえた基礎自治体の果たすべき役割と対応策の提案

坂田 朗夫<sup>1</sup>

<sup>1</sup>豊能町 都市建設部 建設課 （〒563-0292大阪府豊能郡豊能町余野414-1）

東日本大震災では、住民の生命、財産、生活を守るべき基礎自治体（市町村）がその機能を発揮できず、住民が長期間にわたって過酷な避難生活を強いられた。また、熊本地震では度重なる余震の発生等から指定避難所以外の場所へ避難するなどの課題があった。

本研究では、大阪府豊能郡豊能町の業務継続計画や豊能町の避難所における現状及び避難所開設、運営訓練等から避難所開設・運営上の課題を明らかにするとともに、直近の熊本地震時における避難所の開設・運営に関する対応事例を整理した。これらを踏まえ、今後の基礎自治体が果たすべき役割や体制並びに対応策について提案する。

キーワード 基礎自治体、避難所開設・運営、業務継続計画（BCP）

## 1. まえがき

内閣府では、東日本大震災における庁舎の機能不全、社会基盤施設の壊滅的被害等様々な深刻な事態が発生したのを契機に、市町村の業務継続計画（Business Continuity Plan：以下BCPと記す）の策定に力を入れ、新たなガイドラインの策定を行った<sup>1)</sup>。このガイドラインによると、BCPにおいて、特に重要な6要素は、『首長不在時の明確な代行順位及び職員の参集体制』、『本庁舎が使用できなくなった場合の代替庁舎の特定』、『電気、水、食料等の確保』、『災害時にもつながりやすい多様な通信手段の確保』、『重要な行政データのバックアップ』、『非常時優先業務の整理』であり、BCPの充実や訓練の実施などにより、実効性のある業務継続性を確保することが求めている。

しかし、2015年9月の関東・東北豪雨では、避難所における薬不足やトイレなどの衛生面に課題があり、断水が続いている地域では手洗いやうがいが出来ない状況で、感染症の集団発生が懸念されていた。さらに、2016年4月14日以降の熊本県を中心に発生した直下型の断層帯による地震では、5市町の防災拠点の庁舎が壊れ、BCP未策定の基礎自治体では災害対応が遅れるなどの課題が浮き彫りとなった。この中で、避難所では度重なる余震の発生等から指定避難所以外の場所へ避難するなどの課題もあった。

こういった中、総務省は、2019年12月に地方公共団体のBCP策定状況を公表<sup>2)</sup>しており、それによれば、基礎自治体のBCP策定は89.7%まで進んでいるが、2019年7月に発生した西日本豪雨においても、職員の人員不

足による不具合や長期化した場合の避難所運営体制などの課題が検討課題となっている。

本研究では、BCPの重要な要素でもある『非常時優先業務』の中の「避難所の開設・運営」に着目して、大阪府豊能郡豊能町の避難所開設、運営訓練などから避難所の現状や課題の洗い出しを行った。また、直近の熊本地震時における避難所の対応事例等を整理するとともに、今後の基礎自治体が果たすべき役割や体制並びに対応策について提案する。

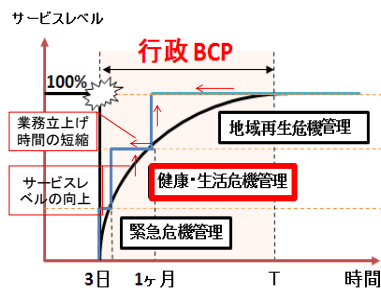
## 2. 災害発生時の危機管理対応

### (1) 行政とコミュニティの危機管理対応

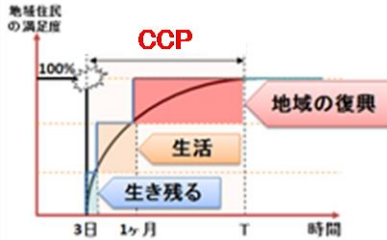
行政の危機管理対応は、災害に際して、住民サービスの維持や情報発信等が主な使命となる。この時期に行政が実施すべき業務は、災害応急対策業務や早期実施の優先度が高い復旧・復興業務のほか、業務継続の優先度の高い通常業務が対象となる。この対応を図-1の(a)のとおり、初動、復旧、復興のタイムラインで設定した。

まず、発災後から3日間までを、「緊急危機管理」と設定し、各種の必要資源を非常時優先業務に割り当てるために、それ以外の通常業務は休止するか、または優先業務の支障とならない範囲に縮小して実施することになる。その後、時間の経過とともに、避難所の開設や被災者の健康及び生活に関する対応業務にも着手していくため、「健康・生活危機管理」に移行するものと設定した。さらにその後は、地域の復旧・復興として、「地域再生





(a)危機管理対応（行政）



(b)危機管理対応（コミュニティー）<sup>3)</sup>

図-1 危機管理対応

危機管理」と設定した。一方、地域住民などのコミュニティーの危機管理対応計画（Community Continuity Plan：以下 CCP と記す）を図-1 の (b) に示す。この CCP は、行政の危機管理対応と連動し、地域住民の満足度を回復する対応となる。まず、発災後3日程度までは地域住民が生き残るための様々な自助・共助の取組みが中心となり、3日程度からは行政からの公助及び共助により当面の間生活していくための生活基盤を整える取組みに移行される。そして、それ以降は公助を中心として地域の再生に向けた復興へ取組むこととなる<sup>3)</sup>。

以上のように、災害発生時には行政とコミュニティーは連動した対応となる。以下では、「健康・生活危機管理」の中で、基礎自治体と自治会等が協働していく避難所開設及び運営について検討する。

### (2) 基礎自治体の健康・生活危機管理

基礎自治体の危機管理対応の第2ステップとなる「健康・生活危機管理」のうち、避難所関連に着目した主要な内容は以下のとおりとなる。

#### a) 避難収容体制の確保

避難収容体制の確保では、地域住民を安全な避難場所に誘導するため、避難路危険箇所等を情報発信するとともに避難所を開設する。そして、避難者を確認し、住民の安否確認、健康状況の確認及びケアを行うとともに収容人数を把握する。その後、以下の b)の対応を通じて罹災証明書の発行及び応急仮設住宅設置規模の確定し、地域再生危機管理へと移行させる。

#### b) 二次災害防止体制の整備

被災後の地域の状況を把握するため、被災建築物応急危険度判定、被災宅地危険度判定等を行い、地域の危

険度を把握し、指定避難所等への誘導に反映させる。

#### c) 緊急物資の確保供給体制の整備

避難所の収容人数及び自宅被災者の人数を把握し、生活に必要な飲料水・生活用水、食料及び生活必需品の確保と供給を行う。

避難所では、上記の物資や健康面以外にも多くの問題が発生する可能性がある。このため、過去の対応事例などを参考に地域住民の満足度を確保し、効率的な健康・生活危機管理を展開し、早期に地域再生危機へと移行させることが基礎自治体に求められている。

## 3. 避難所開設・運営の現状と課題

### (1) 豊能町BCP及び避難所開設・運営の現状

筆者等は、2012年9月に大阪府北部の中山間地域に位置する豊能町のBCP策定委員会<sup>4)</sup>に関わっており、健康・生活危機管理に位置する避難所関連等に関する重要業務とその対応体制について著者が配属している都市建設対策部をメインに抜粋したものを表-1に示す。これによると、避難所関連等の重要業務については、開設の準備や物資、広報等の対応体制や時間の流れについての表記はあるものの、「いつ、どの課のどのグループが、どういった業務を行うのか」といった行動計画(タイムライン)までは決められていない。このため、大規模地震などによる災害時において、避難所を開設する場合、職員参集の遅れや情報収集不足、人員不足による対応の遅れによる混乱など、まだまだ課題が多い状況である。これらに

表-1 豊能町BCP(健康・生活危機管理)の抜粋

災害時の対応体制（災对本部設立前は所属）						重要業務	時間の流れ							
全職員	災害対策本部	議会情報部	総務対策部	都市建設対策部	消防対策部		緊急危機管理		健康・生活危機管理		地域再生危機管理			
							発災時	夕暮れ	1日	2日	3日	1週間	1ヶ月	復興まで
						○								
						○								
						○								
						○								
						○								
						○								
						○								
						○								
						○								
						○								
						○								
						○								

対応するために、本町では、職員参集訓練や情報伝達訓練などを通じて職員の教育等を行っている。

次に、豊能町は、DID地区の西部地区と旧村地区の東部地区及び南部地区がある。これらの地区は、図-2の地区割り図のとおりAからJの10箇所に分けられ、指定避難所は①から⑤の5箇所の小・中学校の体育館がある。避難者1人当たりの収容面積は、内閣府の防災担当<sup>5)</sup>によると1.57㎡～2.93㎡/人で各自治体様々であるが、豊能町の5箇所の指定避難所の1人当たりの収容面積を3.3㎡/人で設定しており、収容人員は表-2のとおりである。さらに、指定避難所以外にも広域避難地1箇所と一時避難地3

箇所があるが、これらの避難地については1人当たりの面積を1.0㎡/人で設定している。

東日本大震災時における陸前高田市の避難所では、発災翌日の混乱時は約1.0㎡/人と密接しており、2か月後には約2.0㎡/人、4か月後には約5.5㎡/人と変化していった<sup>9)</sup>。過去の災害を振り返ると、1995年の阪神淡路大震災では、避難所で風邪やインフルエンザが流行していた。2007年の能登半島地震の避難所ではノロウイルスの症状を訴える避難者がいた。2009年の兵庫県伊用町の豪雨災害でも新型インフルエンザが蔓延していた事などを踏まえると、新型コロナウイルスの感染拡大を考慮した場合は、1人当たりの面積等を決定する際は、快適な温度、新鮮な空気、プライバシー、安全と健康等を考慮した居住環境を再検討していく必要がある。

次に、豊能町内のAからJの各地区住民が指定避難所等へ行くには、図-2の赤線や青線の交通路（国府道）を通行するしかない状況である。しかし、そのルートの大半は、中山間地域で大規模な急傾斜地危険箇所が点在しており、発災時には土砂崩れ等で指定避難所等に行けない可能性がある。このため、追加で避難所を開設可能な自治会館などを自治会単位で選定し、併せて耐震化していく必要がある。なお、道路上の土砂崩れ時の応急対応については、2018年3月豊能町建設業組合と、地区ごとにどの建設会社が応急復旧するかを定めた協定を締結しており、その際、会社ごとにオペを含めた社員の人数、資材や重機の所在地なども考慮した体制<sup>7)</sup>を構築している。

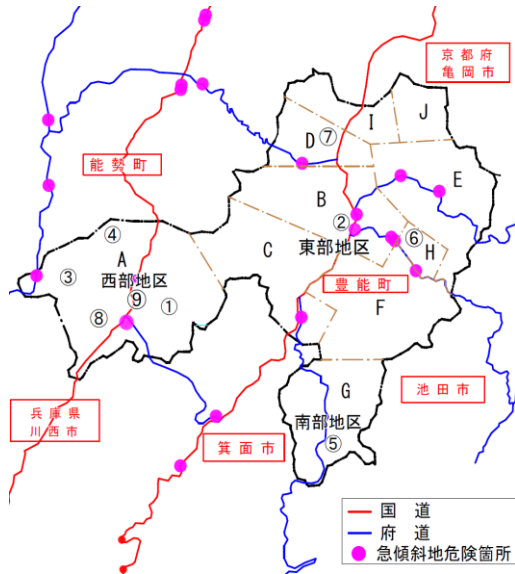


図-2 地区割り図

表-2 避難所の現状

番号	指定避難所等	地区	収容可能人員(人)	総合	耐震性の有無	近接に代替施設の有無	備蓄品等の確保	運用マニュアルの整備、受入体制
①	Y中学校体育館	A地区	377	○	○	○	△	△
②	H中学校体育館	BC地区	239	○	○	○	△	△
③	K小学校体育館	A地区	317	○	○	○	△	△
④	Y小学校体育館	A地区(旧村)	248	△	○	△	△	△
⑤	H小学校体育館	G地区	205	△	○	×	△	△
⑥	S広場(広域避難)	HEF地区	11,682	○	—	○	△	△
⑦	Nグラウンド(一時避難地)	DIJ地区	2,679	△	—	×	△	△
⑧	K公園(一時避難地)	A地区	3,670	○	—	○	△	△
⑨	F広場(一時避難地)	A地区	6,300	○	—	○	△	△

(2) 避難所開設・運営訓練における課題

避難所の開設や運営では、実際の人員配置、避難所運用マニュアルのチェックや物資・ボランティア団体等の受入体制等が機能するかどうかが重要である。これらを確認するために、豊能町では地域防災計画やBCPに基づき、表-2の①から⑤の指定避難所において、2017年2月は避難所開設訓練、2018年6月は避難所運営訓練を実施し、筆者は①の避難所で参加した。訓練の概要としては、避難所開設、避難所の安全確認、指定避難所の開設開始、避難所運営協議会本部の立ち上げ、活動班を編成、避難所運営(簡易トイレの組み立てや避難者の要望等対応)、災害対策本部への報告までを行った。訓練終了後は、訓練を行った者から問題点等の抽出を行い、それを表-3のとおり自助、共助、公助に分けて整理した。これらの課題は、防災訓練を行って初めて気づいたものも多く、避難所開設や運営時に必要となってくるため事前に検討しておく必要がある。また、自助及び共助で整理した項目については、2019年9月から2020年2月において各自治会や自主防災組織と避難所運営訓練により検証した。さらに、公助の項目や以下の項目に関しては、今後本町のBCPに反映していくうえで必要な項目でもある。

- ・避難所施設の被災状況や二次災害の可能性についての

表-3 課題(自助, 共助, 公助)の抜粋

自助	共助
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ゴミ袋や古新聞紙なども暖をとれるため各自で保有しておく必要がある</li> <li>・ごみの分別, 収集も自分たちで行う必要がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・受付時に配布する用紙を避難所に入ってから配布して自主防に回収してもらったほうがスムーズ。</li> <li>・文字が小さく文章等が分かりにくい(心づかい)</li> <li>・物資を誰に, どれだけ渡したのかといったチェック体制が必要(自主防の協力)</li> <li>・簡易トイレが重たく, 二人で運べない。(自主防の協力)</li> <li>・避難所から離れた場所に備蓄品倉庫があり, 不便(自主防の協力)</li> <li>・要望があった場合, 緊急性などの優先順位や配慮が必要。</li> <li>・要望等があった場合, 優先順位などの配慮が必要。</li> <li>・避難者数, 負傷者数, 要介護者数がわからない状況の中でのスペース割は難しい。</li> <li>・備品置き場は整理整頓されていたが, ほこりをかぶって汚れていた。災害時は協力し合って清掃等を行う必要がある。</li> <li>・物資をもらいに行くことが困難な方への配慮が必要(自主防の協力)</li> </ul>
公助	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・病気の方への対応について, 専門のスタッフが必要</li> <li>・冬場対策の毛布や灯油等の備蓄品が必要</li> <li>・備蓄水の確認ができなかった</li> <li>・ハンドマイクなど, 乾電池がなくなつて使えなかった</li> <li>・避難所先に備蓄品のリストがなかった</li> <li>・今どういった状況で何をしているのかといった住民への情報提供が必要</li> <li>・他団体の応援を受け入れる場合の受入体制整備が必要</li> </ul>	

安全点検ができる建築技術者等のスタッフが必要。

- ・被災住民を引率・指揮等ができる自主防災組織のリーダーは, 複数人の育成が必要。
- ・病気の方の対応については, 専門職のスタッフが必要。

- ・避難所の運営等マニュアルの作成・周知を行い, 役割分担を事前に決めておくことが必要。
- ・備蓄倉庫だけでなく, 応援物資を整理整頓して保管できる施設が複数必要。
- ・人員が不足すると考えられるので, 平時からの市町村, 関係団体, 他府県との協力体制を構築しておく必要。
- ・被災者への情報の提供や要望等があった場合の優先順位付け(緊急性)等が必要。

(3) 熊本地震後の避難者の生活満足度を考慮した避難所運営上の問題点と対応事例

内閣府(防災担当)では, 熊本地震の発災直後に避難所運営等に当たった自治体の応援職員, NPO 団体等に対してアンケート調査を実施し, その回答から問題点や改善すべき点, 成功事例や失敗事例などを取りまとめた報告書<sup>8)</sup>を作成している。この報告書を避難所運営, 情報取得管理, 食料物資管理など9項目に整理すると表-4のとおりとなる。ここに示す避難所運営上の9項目については内閣府(防災担当)の避難所運営ガイドライン<sup>9)</sup>に示される項目を参考とした。この中で, 「避難所運営

表-4 熊本地震における避難所運営で発生した問題点と対応事例

避難所運営上の項目	問題点	対応事例
避難所運営サイクルの確立	<ol style="list-style-type: none"> <li>①避難所には指定管理者, 市町村職員, 県職員, 各種ボランティアなどが混在し, 避難所運営責任者が統括できていない。</li> <li>②被災市町村に設置された災害対策本部が機能せず。</li> <li>③行政職員, 応援職員, 各種団体が現場で収集した避難者調査の報告会議が定期的開催されたが, データ照合が難航した。</li> <li>④発災当初は支援者と支援を必要とする方との間のコーディネートできていなかった。</li> <li>⑤被災自治体職員自身が状況を把握できていない。</li> <li>⑥車中泊の避難者の把握ができず, 名簿が作成できなかった。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>①様々な自治体等からの応援職員を統括する組織が必要。</li> <li>②他自治体からの支援職員が「総合調整室」を立ち上げ対応。</li> <li>③統一様式で調査項目を整理する。</li> <li>④情報整理を行い, 支援を必要とする方との間のコーディネートを行う。</li> <li>⑤支援内容の引き継ぎやルール, マニュアル, 避難所内での基本的な事項のルール化と情報整理, 避難者と支援者(ボランティア等)間の対応整理。</li> <li>⑥夜間避難者の把握, 敷地内に停車している車両全てのナンバープレート, 車種, 車体の色を把握する等した。</li> </ol>
情報の取得・管理・共有	<ol style="list-style-type: none"> <li>①必要な情報を十分に得られない状況にあった。</li> <li>②行政が状況把握できておらず, 情報整理及び情報提供ができず, 住民とのトラブルが発生した。また, 国・県・市・自衛隊・警察・医療関係者など応援隊を効率的に機能させることができなかった。</li> <li>③情報交換方法が統一されておらず, 応援隊で個別対応をしていた。</li> <li>④避難者への情報提供を分かりやすくする必要があった。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>①避難所にテレビ及びラジオ等の情報通信機器を配備する。</li> <li>②関係者と情報共有を行い, 的確な対応及び情報提供を行う。</li> <li>③統一した情報交換方法をルーラル化する(インターネットの情報共有(グーグルドライブ), LINE等)。</li> <li>④掲示板の情報を各ジャンル別に整理, 個別の手紙を作成, 号外のような紙面の配布, 宣伝車, 状況に応じて情報伝達手段を検討。</li> </ol>
食料・物資管理について	<ol style="list-style-type: none"> <li>①救援物資の整理がつかず, 必要なところに必要なものが届かない状態が発生した。</li> <li>②各避難所の情報が整理できていない。</li> <li>③物資の保管場所は整備されていない。</li> <li>④避難者の栄養バランスを考慮した食事を支給する必要がある。</li> <li>⑤アレルギー対応の食事は必要。</li> <li>⑥暑い時期の食糧の支給では食中毒の防止を考える必要がある。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>①救援物資の集積基地を準備し, 避難所情報を基に物資を配送する。</li> <li>②避難所情報を集約するシステムを構築する。</li> <li>③避難場所に指定されている施設では, 避難所開設時を想定した施設を整備する。</li> <li>④, ⑤避難所に収容されている避難者の個別情報を整理し, 適切な対応を行う。</li> <li>⑥食物の提供時間に関する記録や品目, 数量, 廃棄時刻, 温度管理などの食中毒の予防のための管理記録を行う。</li> </ol>
トイレの確保・管理について	<ol style="list-style-type: none"> <li>①高齢者や足が不自由な避難者に配慮したトイレの設置が必要である。</li> <li>②女性用トイレの数が少ない。</li> <li>③トイレが詰まって使用できない状態が発生する。</li> <li>④トイレを徹底しなければ感染症の拡大等健康に影響を及ぼす可能性あり。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>①和式トイレに加えて洋式トイレを設置する。</li> <li>②女性用トイレの数を増やす。</li> <li>③段ボールトイレや仮設洋式トイレなどの継続的な設置する。</li> <li>④定期的にトイレ掃除を行う, トイレの使用後に靴を消毒する, 専用のスリッパを用意する, 体調不良者専用のトイレを別に設ける。</li> </ol>
衛生的な環境の維持	<ol style="list-style-type: none"> <li>①清潔な環境を維持する。</li> <li>②ノロウイルスが発生した。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>①避難者が主体となって当番制で毎朝清掃を実施し, 保健師が清掃後の状況を確認する。</li> <li>②食事はすべて行政機関や民間企業から提供されるものとし, 調理はすべて自衛隊に任せ, 配膳は職員が行うことで対応した。</li> </ol>
避難者の健康管理	<ol style="list-style-type: none"> <li>①避難者の体調管理情報の伝達が必要。</li> <li>②避難所により医療チームの対応に偏りが発生した。</li> <li>③避難者のストレス解消と適度な運動が必要</li> <li>④感染症などの予防が必要</li> <li>⑤エコノミークラス症候群を発生させないための対応が必要</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>①保健師が訪問引き継ぎメモを作成して引き継ぎを行った。</li> <li>②避難所情報を整理し, 医療チームの活動を調整する。</li> <li>③けん玉等, みんなで遊べるツールを使い, ストレス解消を図った。リハビリ体操や散歩等を行った。</li> <li>④靴は袋に入れて持ち込むようルーラル化した。</li> <li>⑤他自治体からの保健師や民間の整体師, マッサージ師など, 専門家が運動指導を行った。</li> </ol>
寝床の改善, 環境改善	<ol style="list-style-type: none"> <li>①プライバシー確保が求められる。</li> <li>②衣類の着替えが必要。</li> <li>③お風呂やシャワー等の施設が必要。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>①間仕切りやカーテン等を設置する。</li> <li>②使い捨ての下着や靴下などを用意する。</li> <li>③お風呂やシャワー等の施設を設置する。</li> </ol>
要配慮者, 女性・子どもへの配慮	<ol style="list-style-type: none"> <li>①要配慮者への個室提供が困難であったため, 他の避難者と同様に体育館内に分散して生活していたり, 区画もばらばらの状態があった。</li> <li>②乳幼児のいる避難者が, 夜泣きや授乳など, 周りに気を使って精神的にも苦労していた。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>①避難所をゾーン分けして, 要配慮者を目の配りやすい場所に避難させた。</li> <li>②乳幼児を連れた避難者向けの部屋を用意されていた。</li> </ol>
ペットへの対応	<ol style="list-style-type: none"> <li>①ペットが家族同然という家庭も少なくないと思われるが, アレルギーを持つ方や鳴き声など, トラブルになったケースもあった。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>①NPO団体が設置したパルーンシェルターにペットを避難させ, その後もテント村を開設したり, 3坪タイプのユニットハウスを設置した。ユニットハウスの中には犬猫の一時預かり所を設置するなどしてペットと同伴者への対応を行った。</li> </ol>



サイクルの確立」及び「情報の取得・管理・共有」については、避難所を開設し、運営していく上で基本となるものであり、この部分が機能しない場合、避難所は鳥合の衆となり、管理、統率ができない状態に陥る。今回のアンケート調査でも、熊本地震発生時の基礎自治体の混乱ぶりを示す内容となっている。

また、本表では、上記のとおり9つの項目で整理したが、避難所によっては十分整備されていない項目もあり、またこれらの項目以外に、「防犯対策」、「車中泊者への対応」及び「NPO 団体等との協働」についても検討していく必要がある。

以上のように、避難所運営上の課題は、昨今の住民のライフスタイルを反映しており、地域の結びつき（互助）が希薄になった地域社会の実情を反映していると言える。そのため、これらの問題を踏まえ、今後の避難所の運営を考えていく必要がある。ただし、基礎自治体の職員は、避難所の統括を担うことが重要な職務であるため、実際の運営ではコミュニティー又はボランティア団体の方々の力を活用した共助によって賄っていくことを考えていく必要がある。よって、避難所を統括する基礎自治体の職員には問題の把握、分析及び解決策の提示など高度なマネジメント能力が要求されることとなる。

#### 4. 避難所の開設・運営における基礎自治体が果たすべき役割と今後の対応策

##### (1) 避難所における基礎自治体の果たすべき役割

避難所の開設・運営にあたっては、避難所開設、避難所の安全確認、活動班の編成、生活のルールを周知・徹底、炊き出し、物資の配分、トイレ清掃等の実施、報道関係者への対応など様々な業務がある。このため、自治会等の自主防災組織を中心とした避難所運営協議会などを作ることが必要となる。この組織はあくまでも避難者が主体となって組織することが前提であるが、基礎自治体職員や施設管理者、ボランティア団体等にも運営組織の一員となってもらい、協力して運営していくことが重要となる。

東京都の「災害時における職員の初動態勢の構築」<sup>10</sup>によると、災害時に東京23区在住の職員のみで避難所開設を対応した場合の検討がなされている。これによると、各区が指定する学校を避難所として開設する場合は、リーダー、サブリーダー、避難者把握班、ライフライン班、物資班、インフラ班、予備班など1避難所あたり一律12人で設定している。予備班の2人は除外したと仮定し、避難所開設当初は10人で開設業務を行う場合、豊能町の指定避難所は表-2のとおり、①から⑤の5箇所のため、50人の職員が必要となる。ここで、表-1の豊能町BCPによると、避難所関連は総務対策部が主担当となり、業務を行うが、避難所関連以外の業務も兼ねていることから、

職員全体人員で担当できるのは本町では約10人程度までとなり、1避難所に2人が限度となる。よって、豊能町では、避難所開設時点から残りの8人は、自主防災組織等のメンバーも含めて構成していかなければならない。避難所開設における業務については、豊能町BCPでは、避難所開設の意思決定をしてから数時間後には、自主防災組織と連携して運営していかないといけない状況でもあり、自主防災組織の防災体制の強化が必須となる。このためには、CCPとも連動させ、表-3の自助、共助の課題を解消するために、各自治会と指定避難所の運営訓練、防災に関する指導者の確保、養成及び資質の向上等について、今後も常に訓練していく必要がある。

##### (2) 避難所における基礎自治体の体制と対応策

大規模地震等の災害の発生により、被災した住民は、余震の不安やライフラインが途絶えてしまうことにより、その多くは指定避難所等へ避難すると考えられるため、速やかな避難所開設・運営が求められている。こういった中、発災時で混乱している現場では、基礎自治体職員などの的確な対応が求められる。表-5は、熊本地震における避難所運営で発生した課題や豊能町における避難所開設・運営訓練における課題等を踏まえ、基礎自治体として果たさなければならない事項についてまとめたものである。まず、学校等の指定避難所の耐震化が必要となる。さらに、熊本地震の事例にもあったように窓ガラスの破損などの非構造部材の損傷等により、二次災害防止等の理由で、避難所として使用できなかった事例もあり、非構造部材の改良工事を進めていく必要がある。これらのハード面については、施設ごとに個別施設計画を策定し、交付金等の財源を確保しておくことが必要である。また、避難所施設の安全点検等ができる建築技術職員の養成・研修などの人的資源の教育も必要である。さらに、帰省・疎開の奨励や応急危険度判定による従前住宅の利用などにより避難所生活者数の早期低減を行うことが前提であるが、昨今の新型コロナウイルス感染予防の「3密(密閉、密集、密接)」対策として、近隣地域への避難者の移動、屋外でのテント活用、避難所以外の既存施設の活用等、代替施設の準備も必要となる。

次に、被災地は混乱しており、職員の確保が難しい中、1避難所に職員10人程度確保できない状況であれば、人員確保のために、自治会等の自主防災組織の連携、防災士取得への推進と避難所運営マニュアルに基づいた毎年の訓練が必要である。豊能町についても、頑健性の項目以外は、検討課題が山積しており、日頃からの自主防災組織との膝を突き合わせた協議や防災教育の実施が必要である。また、物資や資機材等については、いざ使用する際に使用できないといった事がないように、常日頃からの点検を防災訓練とあわせて行うことが重要である。

また、避難所は、基礎自治体が罹災証明や仮設住宅の受け入れまでの間、被災者が一定期間生活を送る場所で

表-5 避難所における基礎自治体の役割と対応策

項目	確認内容	対応策（案）
耐震化	指定避難所の耐震化等	①指定避難所の耐震化を促進する。
		②個別施設計画を策定し、非構造部材の調査と改善を図る。
代替	避難所の代替施設確保	①代替施設として、開設できる場所を選定し、耐震化を促進する。
		②3密対策を考慮し、近隣地域への避難者の移動、屋外でのテント活用、避難所以外の既存施設の活用などを促進する。
人員	1 避難所に10人の職員確保	①職員各階級の防災能力向上に向けての各種研修等を実施する。
		②自主防災組織の指導者の育成等を図り、連携調整を行う。
避難所運営サイクル	開設、運営訓練の定期的な実施	①実動訓練を実施し、課題等を抽出する。
		②実動訓練の課題等を基に避難所運営ルール、マニュアルを整備。
情報の取得管理・共有	情報通信機器等の準備	①無線機、衛星携帯電話等や予備電源等を予算計上し、確保する。
		②情報通信機器類等を使いこなせるよう定期的に訓練する。
食料・物資管理	食料・水・物資等の準備	①物資等供給計画を策定後、順次予算計上し物資拠点を確保する。
		②物資等供給計画に基づき流通事業団体等との協定、調達、食中毒等の予防管理などの協議を行う。
トイレの確保・管理	災害用トイレ等の確保	①衛生環境維持のため、手洗い水の確保、ト化用の廃物を準備する。
		②災害用トイレの確保、管理計画を策定する。
衛生環境の維持	衛生環境についてのマニュアル等作成	①衛生環境について、マニュアルを関係機関と整備する。
		②マニュアルを基に衛生対策について、事前に、ごみの集積場所、衛生管理を確立しておく。
避難者(災害時要配慮者含)の健康管理	健康管理に関するガイドラインを参考にした体制作り	①医療、保健、福祉等の専門職と体制作りを協議、維持する。
		②災害時要配慮者等に対し、民間施設等の二次避難所等の受け入れを確保する。
防犯対策	災害時の治安維持のための体制整備	①消防団、地元の自警団等による地域の見守り隊、警察などと体制を整備する。
		②災害時の治安維持のため、体制を維持する。
ペットへの対応	避難所におけるペットの対応	①ペットと同伴できる居場所の確保、ゲージの用意など具体化する。
		②ペット同伴避難のルールを策定する。

もあるため、平時から準備できることは可能な限り、備えておく必要がある。

さらに、発災後、基礎自治体職員は、地域とボランティア団体とのパイプ役を積極的に行う必要がある。避難所に食料・飲料水等を置いておくスペースが無い場合等に備え、備蓄品をプッシュ型で配布ができるよう、事前に物資供給計画を作成しておく必要がある。さらに、避難所のトイレは、避難所に避難している被災者、在宅避難者、避難所を拠点として活動している災害対応従事者など様々な人が利用する。基礎自治体は、平時より、地域と十分に協議し、災害用トイレの確保やゴミの分別収集などの衛生管理についても理解と協力を得ることが必要である。また、熊本地震においては、避難生活による体調悪化など被災者の健康管理が課題でもあった。この

ため、「医療・保健・福祉専門職の巡回・派遣」による被災者の健康チェック・管理等を定期的の実施し、高齢者、障害者、妊産婦、乳幼児、難病の方等への配慮やペットへの対応も検討していく必要がある。

本町では、表-5の各項目の対応策（案）に向けて取り組みを順次、行っているところではあるが、今後益々多様化する住民のニーズなどを踏まえ、被災者の立場を考慮したきめ細かい対応を早い段階から準備していきたいと考えている。

## 5. おわりに

避難所関連の課題は、地震や風水害などの自然災害に対してだけでも多い状況である。こういった中、新型コロナウイルス感染拡大対応が長期化するこの時期に、地震や豪雨災害が発生する「複合災害」についての対応が今後求められている。防災に関連した58学会で作る「防災学術連携体」では、「複合災害」への備えを促す緊急提言を2020年5月1日に発表している。

今後は、現在の新型コロナウイルス感染拡大等の非常事態宣言発出中に、地震や豪雨等の自然災害が発生した際の対応すべき諸課題の内、避難所における「3密」対策を踏まえたレジリエントな避難所開設・運営について具体的に検討していく予定である。

## 参考文献

- 1) 内閣府(防災担当)：大規模災害発生時における地方公共団体の業務継続の手引き，2016.2.
- 2) 総務省：地方公共団体における業務継続計画策定状況の調査結果，2019.12.
- 3) 長谷川幸彦，川本篤志，坂田朗夫，佐藤英治，伊藤則夫，白木渡：地域コミュニティの防災意識の評価とレジリエンスの評価手法の有効性の検証，土木学会，2015.
- 4) 坂田朗夫：地方公共団体のBCP策定手法の開発と実践に関する研究，香川大学審査学位論文，2014.3.
- 5) 内閣府(防災担当)：避難者に係る対策の参考資料，www.bousai.go.jp.
- 6) 住環境価値向上事業協同組合：避難所が抱える問題，2016.3.
- 7) 坂田朗夫，川本篤志，伊藤則夫，白木渡：発災直後の効率的な対応の実現に向けた建設関連企業のレジリエンス評価手法の提案，土木学会，2016.
- 8) 内閣府(防災担当)被災者行政担当：平成28年度熊本地震における避難所運営等の事例(途中経過)，2016.10.
- 9) 内閣府(防災担当)：避難所運営ガイドライン，2016.4.
- 10) 東京都：災害時における職員の初動態勢の構築，第3分科会，2014.

# ダムの洪水調節機能に関する検討会の提言対応 ～地域に根ざしたダム管理～

茶木 宰<sup>1</sup>・東 紀明<sup>2</sup>

1. 利根導水総合事業所秋ヶ瀬管理所 (〒353-0003 埼玉県志木市下宗岡三丁目 20-12)  
2. 木津川ダム総合管理所管理課 主査 (〒518-0413 三重県名張市下比奈知 2811-2)

日吉ダムは平成 25 年台風 18 号、2018 年 7 月豪雨において 2 回の異常洪水時防災操作を実施している。2018 年 7 月豪雨において、ダムからの情報が地域住民に届かなかった反省を踏まえ、情報を伝える手段を自治体と協力し取り組んできた。また、地域住民への説明会においては、ダム管理者に何が求められているのかなど、地域に根ざすことの重要性について改めて認識した。本稿で報告した日吉ダムの取り組みが、今後他ダムの参考となることを期待し報告するものである。

キーワード：情報提供 認識の共有 防災情報ツールの共有

## 1. はじめに

近年、気象変動による異常気象が頻発している。その中でも、昨年 2018 年 7 月豪雨においては西日本を中心に全国的に広い範囲で記録的な大雨となり、河川の氾濫、浸水害、土砂災害等が発生し、死者、行方不明者が多数となる甚大な災害となった。

日吉ダムにおいても 2018 年 7 月豪雨において、管理開始以降、最大の流域平均雨量を記録し、洪水調節容量を使い切り、平成 25 年台風 18 号以来 2 回目の異常洪水時防災操作を実施した。

また、当該豪雨では各地の洪水浸水想定区域や土砂災害警戒区域において、避難行動を促す情報が発令されていたにもかかわらず、人的被害が多く発生。また、被災者の多くが高齢者であった。

上記のような被害をもたらした 2018 年 7 月豪雨を踏まえ、国土交通省では気候変動の影響等により今後も施設規模を上回る異常洪水が頻発することが懸念される中、そうした事態に備え、より効果的なダムの操作や有効活用の方策、ダムの操作に関わるより有効な情報提供等のあり方について、ハード・ソフト両面から検討することを目的に検討会を設置。3 回の検討会を開催し、提言をとりまとめた。

この提言に基づき、日吉ダムにおいても必要な対応

を行った。

## 2. 日吉ダムにおける提言対応について

### 2.1 提言の内容について

検討会における提言では今後対応すべき課題として様々な事項があり、それぞれ取り組んでいく必要があるとされている。

その中でも以下に示す 4 項目の取り組みについては、直ちに対応すべきこととされている。

○より効果的なダム操作等による洪水調節機能の強化

○住民等の主体的な避難の促進

○市町村長による避難勧告等の適切な発令の促進

○安定的なダム操作のための設備等強化

このうち日吉ダムとして速やかに実施可能なものは、住民等の主体的な避難の促進であり、提言が示された後、必要な対応を実施した。

### 2.2 提言の実現に向けての取り組み

先の項目であげた、住民等の主体的な避難の促進を実現するための取り組みについて、地元自治体等と連携して取り組む必要があるものや、実施に時間のかかるものを除き、日吉ダム単独でかつ速やかに実施できるもの



として、ダムへの操作に関する情報提供等に関わる住民への

説明および、異常洪水時防災操作へ移行する際の放流警報の内容の変更を実施した。

### 2.3 住民説明会

住民説明会では、ダム見学者に対し行うようなありきたりな説明だけではなく、防災時におけるダム操作やダムから発信される様々な情報とその意味の説明を関係者と共有し、実際の避難行動につなげる事が出来るよう説明を行った。

住民説明会実施にあたり地元自治体の協力で、開催案内の配布や会場の手配をしていただき、より多くの地域住民の方に参加していただけるよう努めた。

また、説明会の対象としては日吉ダム直下流から園部川合流点（放流警報実施区間）の住民に対し実施した。開催地区及び参加人数については表-1に示す

表-1 住民説明会の開催地区と参加人数

項目	参加者数
A地区	38名
B地区	31名
C地区	14名
D地区	21名
E地区	16名
F地区	25名
G地区	15名

#### 2.3.1 説明内容について

住民説明会では主として以下(1)から(3)のような説明を実施した。

##### (1)ダムの洪水調節能力には限界があること

日吉ダムは100年に1回程度の確率で発生するような洪水にも有効な能力を有して造られたが、近年の異常気象によりそれを越えるような洪水も起こりえること。

また、日吉ダム特有の事情として、桂川下流域では河川改修が進まず、洪水の流下が制限されるため、現在は20年に1回程度の確率で発生するような洪水で最も有効な操作方式を採用していること。

##### (2)ダムからの情報提供について

ダムが洪水調節を行う場合は関係自治体等に対し前もって必ず情報提供を行う。連絡を受けた関係自治体等は住民に対し必要な情報をスピーカー等で連絡するが、雷雨等の影響もあり、必ずしも必要とする住民に連絡が届いているわけではないこと。

洪水時にダムのゲートから放流する場合は、巡視とサイレン吹鳴を必ず行うが、あくまでも河川内にいる

人に対して実施しているものであり、家屋に対して実施しているものではないこと。

自治体からの情報提供以外にも、ダムからは常にHP等を通じダムの概況を公表している。自身の身の安全のためにも、自治体からの情報提供を待つだけではなく、インターネット等を通じ積極的に情報収集を行い、危険を感じる前に適切な行動を実施してほしいこと。

同時に、判断を行う材料の一つとして過去の洪水実績に基づいた危険な雨量の目安を伝えることで、実際の行動につながるよう促した。

##### (3)気象予測等について

近年の技術革新により、昔と比較し気象予測の精度は向上したといえるが、レーダーに反映されない局地的な豪雨もあり、ダム管理の運用を考えると満足いく精度ではない。また、上記のような理由もあり、気象予測等に基づく防災操作を操作規則に反映させるにはさらなる技術開発が必要であること。

以上の3項目を中心とした説明を行うことで、ダム操作に対して一定の理解を得られたと考えられる。また、説明会参加者からは、ダムに対して理解が深まったなど好意的な発言もあった。



写真-1 住民説明状況

#### 2.3.2 住民説明会で得られた意見等

住民説明会では質疑応答などと併せて、機構から住民に対し出水時の現地状況を聞き取るなど、ダムにはわからない事について把握に努めた。

以下にその内容について記載する。

##### (1)住民からの意見

○昨年の台風では地域一帯が長時間の停電となり、テレビや携帯電話での情報収集が出来ずに困った。停電でもサイレン吹鳴は問題ないか。

→停電時はサイレン吹鳴が出来なくなるが、蓄電池を備えているスピーカーから疑似音を吹鳴するため放送可能である。

## (2)住民への問いかけ

○降雨時におけるサイレン・スピーカー放送の聴講状態について

→スピーカー放送は雷雨の場合聞きづらい事もあるが、サイレン吹鳴についてはよく聞こえる。

○ダム完成以前を含む出水による被害状況について

→ダムの完成以前は河川の堰上げで何度か浸水被害が発生していたが、ダム完成以降は浸水被害が発生していない。

また、住民説明会開催時に2018年7月豪雨時の写真についても提供していただいた。



### 写真-2 下流越方大橋地点（地域住民提供）

住民説明会開催時には地元自治体職員（南丹市）にも説明側として参加していただき、自治体における災害時の対応について説明を実施していただいた。

今後の対応として、洪水時のダム貯水池状況を伝えるための手段の充実や報道機関への情報提供を行い、確実に情報が伝わるよう推進していく。

## 3. 考察

今回、提言をうけ日吉ダムの下流住民に対し説明会を実施した。説明会は7ヶ所で開催し計160名の方にご参加をいただいた。どの説明会も多くの住民に参加いただいたのは2018年7月豪雨以降ダムへの関心が高まったものと考えられる。

日吉ダムは管理開始後21年が経過するが、下流地域住民を中心に防災操作を説明は初めてである。

当初の計画では大規模な説明ホールを手配し、関係する地域住民を集めて説明を行う予定であったが、地元自治体の協力が得やすいこと、対象地域には足腰の

弱い住民もおり地域から離れた場所で説明を行っても参加していただけない等の懸念があることから、地区ごとの公民館等で行うコンパクトな説明会となった。

コンパクトな説明会となったため、より住民との距離が近い説明会となり、説明後の質疑応答において積極的に質問が出るなど、改めて2018年7月豪雨以降ダムへの関心の高さが伺えた。

今回住民説明会を実施したことで、今後洪水が起きた際に避難行動につながる情報を地域住民の方に提供できたと考えている。

今回の住民説明会開催には、地元自治体も共同で参加していただいたことで、ダム下流住民に対してより十分な説明が出来たと考えている。具体的には避難所の場所やハザードマップの説明などダムからは説明できない点についてフォローしていただいた。

これ以外にも自治体からの情報提供で、今回説明を実施した地域は各家庭に地元自治体の防災無線やケーブルテレビが広く普及しており、今後はそれらを活用しダム情報を提供することを検討している。

今回住民説明会にあわせて、地元自治体に対し洪水時の情報提供のあり方等について聞き取りを行ったところ、以下に示すような要望や指摘を受けた。

○ダムからいただく情報について様々な事が記載しているが、どの情報が重要なことかわからず、また情報の意味が十分に共有されていないため、住民の確実な避難行動に結びついていないこと。

○2018年7月豪雨の際には通常の情報提供の他ホットラインによる伝達もあったが、情報を受けてから実際の対応に余裕がなく苦慮した。

これらの要望や指摘は提言でも報告されているものであり、関係機関への情報提供の内容や方法について見直すよい機会になったと考えている。

また、河川水位変化の情報共有ができていないことから、河川管理者からの情報を地元自治体に提供し、地元自治体の担当者においても、河川状況の把握ができるよう対応を行うこととなった。

今後の展開として、集落に近い警報局については河川内のみならず集落に向けてサイレン吹鳴を行えるよう改造を施すことでより一層の被害軽減につながると思われる。

## 4. さいごに

ダム管理において洪水調節というものは業務における主たるものの一つであり、特に台風や前線による降

雨時には地域住民からの関心も非常に高いと思われるが、今回提言を受け住民説明会を開催したところ、ダムの操作方法やダムのもたらす効果についての理解は関心の高さに比べ低いことが明らかになった。

今後、異常気象の頻発化に伴い過去に例のない洪水も発生すると考えられる。その中でダム管理者として、防災操作のみではなく、積極的な情報提供や今回のよ

うな説明会を継続して行うことで少しでも住民の避難行動につながり被害軽減となると考えている。

また、当論文は筆者が以前に日吉ダム管理所で勤務していた時期での出来事を書いた物です。執筆に当たり、協力をいただいた日吉ダムの皆様に感謝申し上げます。



# 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

塚野 裕太<sup>1</sup>・瀬口 均<sup>2</sup>

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。被災後ただちに、浸水の原因を追究するための第三者委員会を立ち上げ、浸水メカニズムの解明、今後の対策のための新たな設計条件の確認を行った。そして、被災時に多くの浸水を許した1期島東側護岸については、見直しを行った設計波浪条件のもと、嵩上げ断面の設計を行い工事を進めている。これら一連の取り組みを報告する。

キーワード 台風、浸水シミュレーション、設計波見直し、護岸嵩上げ・補強

## 1. はじめに

関西国際空港（図-1）では、2018年台風21号により、未曾有の浸水被害が発生した。当時、台風21号は関西国際空港のすぐ西側を中心気圧約955hPaのまま、時速約60kmという速度で駆け抜け、想定を超える高波を発生させ1期島の大部分を浸水させた。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、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、人流・物流の面で大きな影響を与えた。

関西エアポート株式会社（以下、当社）は、この被災を教訓に、越波対策へ力を入れている。対策の検討に当たり、浸水要因の解明や護岸設計に用いる設計波浪の改定を行った。そして、新たな設計波浪（新設計波）のもとで、1期島南側と東側、北側護岸において、護岸嵩上げや消波ブロック設置といった越波対策を行うこととした。現在、新設計波での設計を終えた1期島東側護岸については、嵩上げ工事を進行中である。本論文では、これら一連の取り組みを報告する。

## 2. 2018年台風21号による被災<sup>1)</sup>

台風21号は9月4日11時頃室戸岬付近を通過し、四国



図-1 関西国際空港

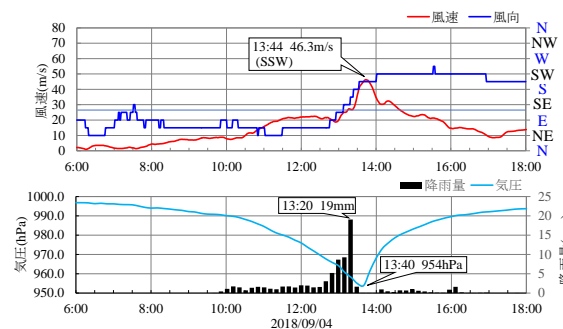


図-2 風・気圧の時系列変化

の東岸を時速約60km/hの速度で北北東の方向に進み、13時頃には淡路島南岸に到達した。風及び気圧の時系列変化を図-2に示す。13時の台風の中心気圧は955hPaで、その後、速度を速めながら大阪湾を通過していった。2期島の南西沖に設置されている観測塔(以下、

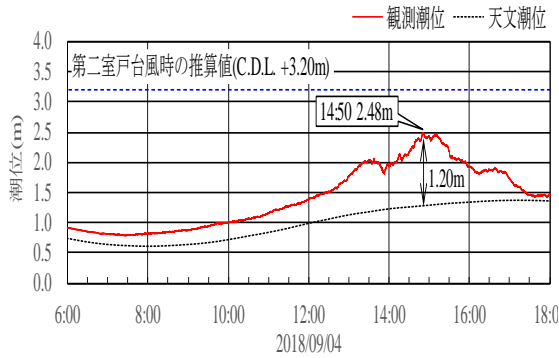


図-3 潮位の時系列変化

MT局)での風の観測記録をみると、台風通過後の13時44分に最大平均風速46.3m/s(風向：南南西)を記録していた。また、ほぼ同時刻には954hPaの最低気圧を記録した。図-3にMT局における潮位の観測記録を示す。最高潮位は14時50分(台風通過から約1時間後)にC.D.L.+2.48m(T.P.+1.66m)を記録した。関西国際空港における過去最高潮位は、今回記録した最高潮位よりも約0.7m高いC.D.L.+3.20mである。

護岸構造物も損傷を受けており、ひとつは1期島東側に位置するVOR/DME部の護岸が海側に大きく転倒したもので、後述するように島内への浸水の原因となった。転倒の要因は、当該部の基礎マウンドの高波浪による洗堀によるものと推定している。また1期島南側では護岸上部の破壊が見られており(図-5)、陸側に上部工が転倒していることから、波力によるものと推定している。

### 3. 関西国際空港の越波対策

#### (1) 浸水要因の解明<sup>1)</sup>

越波対策を検討するに当たって、まずは台風当時の浸水要因を明らかにすることが必要であった。当社は、被災から程なくして京都大学の平石教授を委員長とした第三者委員会を立ち上げ、浸水要因の解明を行った。

台風来襲時の気象・海象状況、被災後の現地の状況等を分析し、浸水要因として①護岸からの越波、②被災が大きいVOR/DME部の護岸転倒箇所からの流入、③排水ポンプの停止による雨水排水管からの海水の逆流、④降雨による内水被害の4つの要因を想定



図-4 VOR/DME部被害状況



図-5 護岸上部の転倒(1期南側護岸)

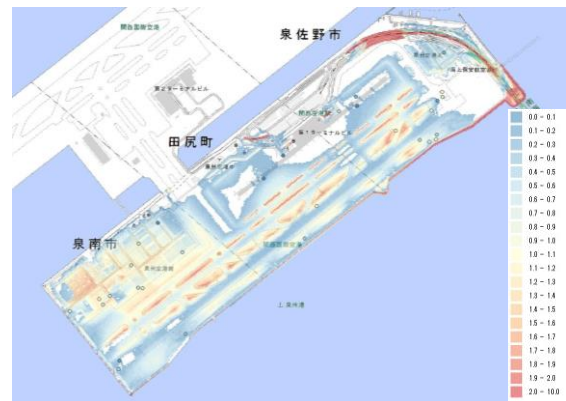


図-6 浸水シミュレーションによる最大浸水深分布



図-7 浸水深の時系列変化

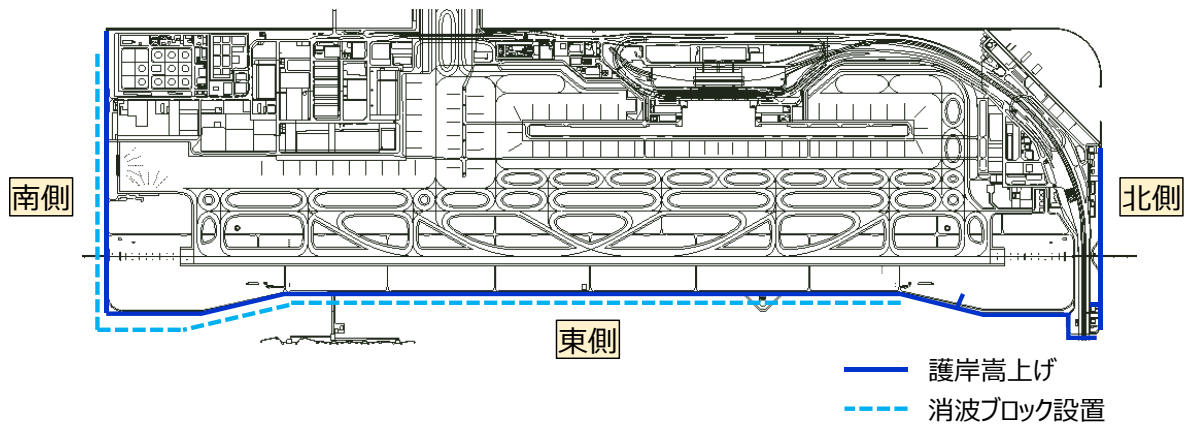


図-8 越波対策平面図

した。そしてこれらの浸水要因について、現地調査や波浪推算、越波量の推算等を含む数値計算結果をもとに定量的に評価した上で、浸水シミュレーションにより浸水状況を再現した。（図-6）

その結果、総浸水量は約230万～270万 $m^3$ で、浸水の主要因は護岸からの越波であることが明らかとなった。さらに、越波量の約7割が1期東側護岸からの越波であり、特に隅角部を有するVOR/DME部からの流入量は約1/3の割合を占めていた。図-7に浸水深の時系列変化を示す。13時50分から14時にかけては東側護岸からの越波がピークの時間帯であり、浸水範囲が一気に広がっていった状況が確認できた。

表-1 護岸設計条件の見直し

	南側護岸		東側護岸		北側護岸	
	旧条件	新条件	旧条件	新条件	旧条件	新条件
	消波あり	消波あり	消波なし	消波あり	消波なし	消波なし
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
護岸必要高 CDL※1	+6.0m	+6.3 m	+4.5 m	+4.6 m	+5.0 m	+7.6 m
護岸施工高 CDL※2	-	+7.5 m	-	+5.4 m	-	+8.0 m
護岸高上げ量	-	1.5 m	-	1.7 m	-	2.7 m
消波工必要高 CDL	-	+4.8 m	-	+3.4 m	-	-
消波工施工高 CDL※2	-	+6.0 m	-	+4.3 m	-	-

※1 将来の海面上昇 0.1mを見込んだ高さ

※2 施工時完了時の高さ

(護岸上部工：2020年度予定、消波工：2022年度予定)

(2) 越波対策の検討

台風21号の来襲波浪は設計波を大きく超えるものであったことと、旧設計波は1997年度に実施された波浪推算結果をもとに設定されており、相当の年数が経過していることから、設計波の見直しを行った。具体的には、近畿地方整備局の協力も得つつ、台風21号を含む近年の台風等の波浪に関するデータを統計解析し、新たな設計条件として改定した。

図-8に越波対策平面図を示す。設計波浪の見直しに伴い、消波ブロックの設置も考慮した上で、台風21号時に浸水の主要因となった南側・東側護岸に加え、北側護岸の必要高の全面的な見直しを行った。その結果を表-1に示す。いずれの護岸においても、旧条件より新条件の必要高さの方が高くなった。

図-9に越波対策施工イメージを示す。実際に嵩上げを行う際の施工高は、必要高に将来の地盤沈下量を見越して設定する。関西国際空港は埋立てによって造成された人工島で、建設開始以降埋立荷重による地盤沈下が発生している。近年の1期島の年間沈下量は約6cm程度であるところ、将来発生する沈下量を見

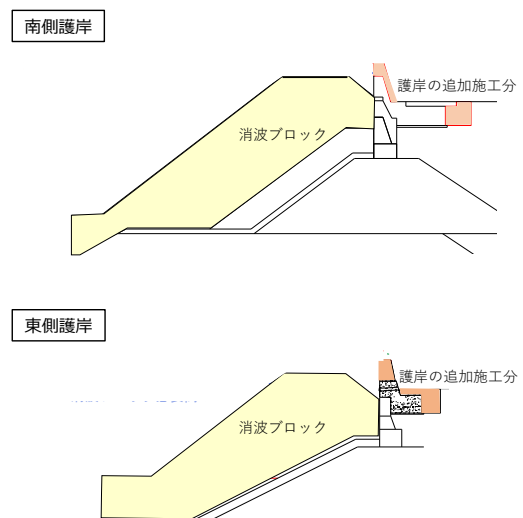


図-9 越波対策施工イメージ



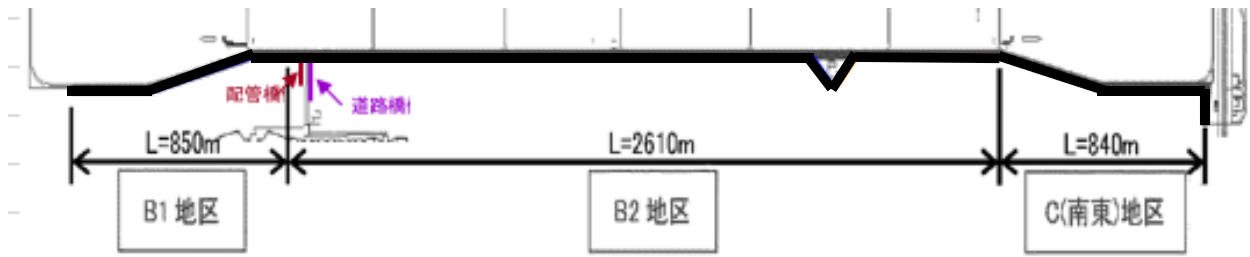


図-10 東側護岸の平面図

越し、必要高を下回ることのないように嵩上げを行う。

表-2 護岸必要高と施工高

区間	B1地区	B2地区	C地区
必要高	+4.5m	+4.5m	+5.1m
施工高	+5.5m	+5.5m	+5.9m

#### 4. 東側護岸嵩上げ設計・工事

##### (1) 護岸嵩上げ施工高の設定方針

図-10に東側護岸の平面図を示す。東側護岸は延長が長いので、3区間（B1、B2、C）に分けて必要高を算定した。関西国際空港の護岸は、波浪と津波に対応する必要高があるが、その両者を確認したうえで当該部分では新50年確率波に対する必要高を採用することとした。この必要高に20年後までの推定沈下量を加えた高さを、施工高さとして設計を行った。表-2に護岸必要高と施工高を示す。

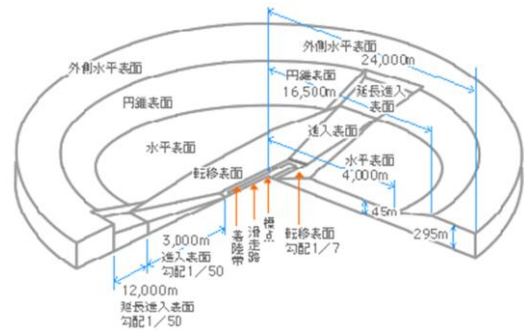


図-11 制限表面

##### (2) 転移表面による嵩上げ制限

関西国際空港では、航空機が安全に離着陸するために、空港周辺の一定の空間は障害物がない状態にしておく必要があるため、護岸の嵩上げ高さに上限がある。航空法において、図-11のような制限表面が定められている。東側護岸嵩上げで干渉するのは、転移表面である。図-12に示す転移表面とは、滑走路横断方向に勾配を持つ制限表面のことである。この制限表面に定義される空間を確保することを条件に嵩上げ計画を検討する必要がある。

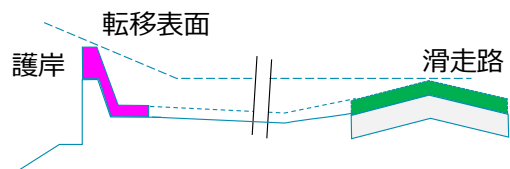


図-12 護岸と転移表面の関係

##### (3) 護岸嵩上げ断面

図-13に東側護岸の施工イメージ図を示す。①のハッチ部分が護岸上部の嵩上げであり、②は堤体の安定性を保つために施工する。

護岸上部を嵩上げしても、図-5のように波力により上部が破損し、そこからの越流を許す恐れがある。そのため、上部の波力に対する耐力については、新

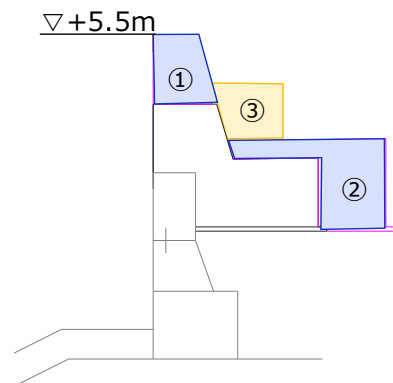


図-13 東側護岸の施工イメージ図

100年確率波に対応する性能への見直しを行った。見直しの結果、隅角部を有しているB2地区のVORDME部とC（南東）地区については、図-13の③（腹付けコンクリート）を施工し、補強を行うこととした。

## 5. おわりに

関西国際空港では、2018年台風21号による被災を受けて、越波対策に力を入れている。本論文では、浸水要因の解明や設計波の見直しを含む越波対策の検討と、現在進行中の東側護岸嵩上げ（図-14）についての一連の取り組みを報告した。今後は東側護岸の嵩上げに加え、消波ブロックの設置や南側・北側護岸の嵩上げを行う予定で、2022年度中の完了を目指している。

空港の安全・安心を守るという空港土木の使命を忘れることなく、これからの工事にも取り組んでいきたい。



図-14 東側護岸嵩上げ現場

## 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

# 六甲山系で進む市民参画のエンパワーメント ～交流の森イベント等による効果～

赤井 裕

株式会社総合環境計画 技術部（〒550-0012 大阪府大阪市西区立売堀1-3-13）

砂防事業の一環として2008年から進められてきた六甲山系GB整備事業の市民参画による森づくりは、情報交換等を促進する交流の森での活動等を通じて各市民団体の連携が深まり、砂防事業の枠にとどまらず、地域活性化も視野にいれた活動を行う団体もあらわれはじめた。本発表は主に交流の森の役割の変遷等をふまえて、市民団体の活動の広がりを報告するものである。

キーワード 六甲山系GB整備事業、森づくり、市民参画、交流

## 1. はじめに

「エンパワーメント」は多方面で様々な意味で使用されているが、本稿では「持っている能力を顕在化させて、人々の生活、社会の発展のために活かすこと」の意として使用し、国土交通省近畿地方整備局六甲砂防事務所が六甲山系で進めてきた市民参画の森づくり活動が砂防事業（森づくり）にとどまらない活動の広がりを報告するものである。

## 2. 六甲山系グリーンベルト整備事業における市民参画の森づくり

### (1) 六甲山系グリーンベルト整備事業

六甲山系グリーンベルト整備事業（以下、「GB事業」という。）は、六甲山麓地域の健全な生活環境を確保するため、阪神大震災を契機に、市街地に接する山腹斜面



図-1 六甲山系GB整備事業対象区域

（図-1参照）に土砂災害防止を主目的としたグリーンベルト（樹林帯）を保全育成する事業である。

土砂災害防止、良好な都市環境や生態系等の保全育成、レクリエーションの場の提供等を目標（図-2参照）として1996年よりはじめられた。

### (2) 市民参画による森づくりの仕組み

GB事業では市民活動による森づくりを「広大なグリーンベルトを永続的に維持管理していくうえで、市民の理解と協力を得ることが大切」として、主な施策の一つに位置付けている。2008年6月22日には「六甲山系グリーンベルトの森づくり実施要領（案）」を施行し、本格的に市民が国有地（グリーンベルト事業用地）で活動できる基盤（ルール）を整えた。

このルールに基づき、事務所に登録した市民団体や企業を「森の世話人」と呼んでいる。

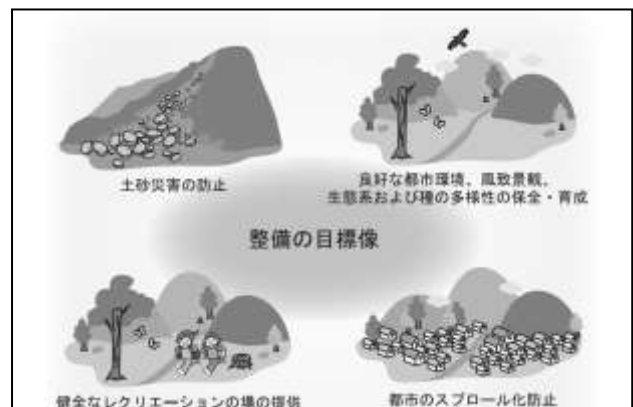


図-2 六甲山系GB整備事業の目標



### (3) 森の世話人への支援

詳細は別稿「六甲山で行っている市民参画による土砂災害に強い森づくりの各種効果について」に譲るが、六甲砂防事務所では、「森の世話人活動支援事務局」（以下「事務局」という。）を設置し、砂防事業の一環として市民参画による森づくりの各種支援を継続的に行っている。

#### 【実施要領（案）に基づく各種支援】

1. 活動地の提供
2. スコップ等、保有資機材の貸与
3. 苗木等、グリーンベルト整備に必要な資材の支給
4. 大径木の伐採、地ごしらえ等、グリーンベルト整備に必要な役務の提供
5. 活動計画書策定等に当たっての助言
6. 道具の使い方その他の技術指導等

#### 【その他の支援】

7. 講習会の開催
8. 専門家による技術支援
9. ハンドブックの作成・配布
10. 情報発信支援
11. その他

### 3. 森の世話人の活動状況

2020年5月末現在、市民団体と企業あわせて45の組織が森の世話人として登録しており、森の世話人はそれぞれが決められた活動地で樹林整備等を行っている。活動の詳細は別稿「六甲砂防と樹林整備を進める市民・企業の6年の歩みとこれから」に譲るが、主な活動内容は、伐採、植樹、保育、林床管理の他、環境学習、レクリエーション利用、散策路の整備等があげられる。実施要領（案）のできた2008年から2019年末までの累計で森づくり活動は約1,600回行われ、約28,000人が参加した。



写真-1 森の世話人による森づくり状況

### 4. 交流の森

#### (1) 交流の森の設置

森の世話人のそれぞれの活動のほか、事務所では年に2回程度、講習会等のイベントを開催していたが、座学が中心であり、団体間の十分な交流ははかれていなかった。そこで、2013年から団体間や、団体と事務所（事務局）の間での情報交換や技術力の向上等を目的とした協働で森づくりを行う場所として「交流の森」を設置し、定期的（3回/年）に森づくりを行うこととした。

#### (2) 交流の森の役割

交流の森での活動は目的を少しずつ変えながら続いており、今は第三期に位置付けられる。

##### a) 第一期：森の世話人の連携期 2013年-2014年

当初の活動は参加者を森の世話人に限定し、森の世話人同士の交流や技術力向上を主眼においていた。

交流の森という共通のフィールドで異なる森の世話人が顔をあわせて活動することで森づくりに関する相談等の情報面の連携が進むと考えていたが、交流の森での活動がきっかけで、神戸市東灘区で活動している森の世話人11団体（企業含む）から構成される「ほくら~ととや森の世話人倶楽部」が2014年夏に立ち上がったことは、当初の目的を上回る交流の森の効果であった。この「ほくら~ととや森の世話人倶楽部」の活躍は5(2)で後述する。

なお、交流の森も2年経つと、参加メンバーが固定化しはじめた。



写真-2 交流の森での活動状況

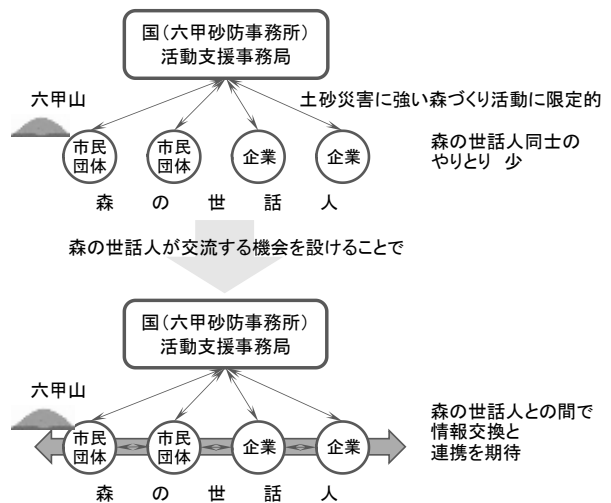


図-3 国と森の世話人の関係

b) 第二期：市民への周知期 2015年-2018年

六甲砂防事務所主催の六甲山サミット（2015年開催）のパネルディスカッションで大学生が「（GB事業は）すごくいい取り組みをされていると思います。ただ、私たち若者のほとんどはそのことを知りません、もっと若者にむけた発信を行ってください」と発言し、一般市民の認知度を高める必要性が事務所内で再認識され、交流の森の参加者を一般にも広げることとした。

ホームページやチラシ等による告知以外にラジオ番組に出演したり、神戸新聞の環境イベントコーナーで紹介してもらうなど、これまでGB事業を知らない層にも広くPRに努めた。

特に若者にむけては、大学を訪問し、大学からボランティア情報として学生に発信してもらえたことで、活動内容や時期によって違いはあるものの、定期的に数人の学生が交流の森に参加するようになった。若者への情報発信としてはほかにも甲南女子大学の松村研究室と共同してゼミ生によるイベント企画（2017年から毎年、開催）等がある。

参加した市民の中にはリピーターとして複数回参加する方や、交流の森で出会った森の世話人の団体に加入し、今では中心メンバーとして活動されている方もいる。

森の世話人も他のボランティア組織と同じように高齢化や後継者不足、マンネリ化で困っているところが多い。六甲砂防事務所として、直接的な支援はできないものの、新たな担い手ととのマッチングの場を提供することで、間接的な支援につながっていると考えている。

また、森の世話人にとって自分たちの活動についての、率直な市民の声を聞くことができる場でもあり、あらためて活動へのモチベーションを高めることにつながっている。

主催者側としてはこれまでと違い、森づくり経験ゼロの初心者が参加することになるため、企画・運営内容の見直し、安全管理の徹底等も必要であった。

そこで、事務所・事務局だけで対応するのではなく、一部の森の世話人に活動時の班長等として運営側にまわってもらうこととした。結果として、森の世話人と事務所の関係性の強化がはかられたと考える。

c) 第三期：利活用期 2018年～

薄暗く近寄りにくかった森の一部が、数年間の森づくり活動によって、明るい開けた空間に生まれ変わった。

そこで、休憩広場や散策路の整備を交流の森での活動メニューに組み込み、大学生のデザインをもとに、伐木を利用した案内板を制作したり、散策路の一部に現地で伐採した木のチップを撒くなど、ハイカーが休憩等に利用しやすくなる環境整備にも着手している。



現地でラジオ収録



学生による企画

写真-3 市民に向けたPR



木がもやし状に生え、林床に陽があたり暗かった森が、明るく開放的な空間に生まれ変わった（左：活動前 右：現在）

写真-4 交流の森の変遷

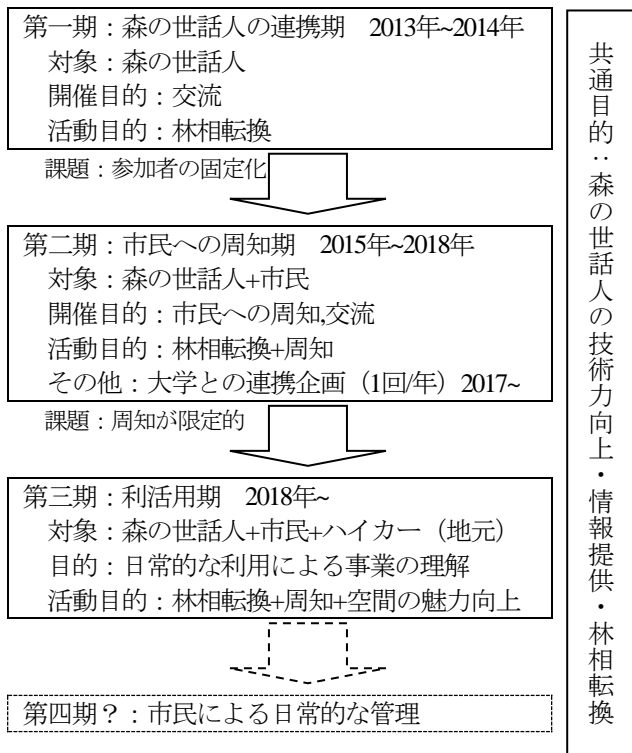


図-4 交流の森の役割の変遷

## 5. 動き出した市民～地域活性化への胎動～

### (1) 活動の場の広がり

実施要領（案）では森の世話人への個人としての登録は認められていない。そのため、登録団体（市民）の3割にあたる8つの市民団体が森づくり活動を行うために組織を立ち上げている。これらの団体のいくつかは当初の目的であった六甲山系の森づくり以外にも活動の場を広げている。

### (2) ほくら～ととや森の世話人倶楽部の例

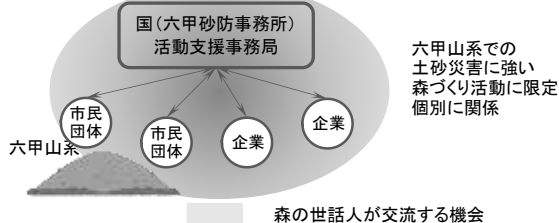
ほくら～ととや森の世話人倶楽部は4(2)で述べたとおり、交流の森を契機にして、複数の森の世話人が構成メンバーとなって発足した組織である。

構成団体共通の課題として、活動参加者の維持拡大、次世代への活動継承等があるため、同団体は、地域社会や地域住民と連携した活動への拡大をめざし、「人をつなぐ・地域につなぐ・次世代につなげる」を倶楽部の目標として活動を展開している。

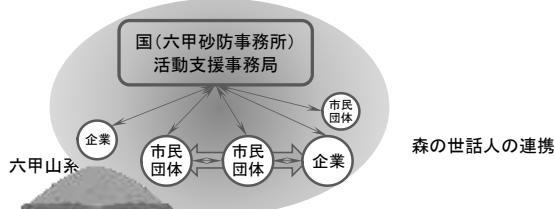
主な活動の桜回廊づくり（登山道沿いにヤマザクラを植樹）は地域社会に密着した憩いの場を目指したものである。

森づくりに関心の高い層を取り込むため、様々な工夫にとりくんでおり、森づくり活動とあわせてミニコンサートを開いたり、お花見会を開催するなど、一部の中高年男性が中心になりがちな森づくり活動を、これまで森づくりと関わったことのない老若男女が十分に楽しめるイベント等を展開している。

#### 【当初の関係性】



#### 【交流の森による効果】



#### 【自発的な動き】

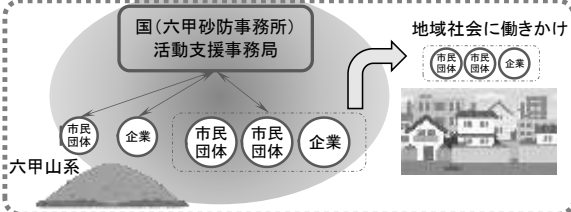


図-5 地域社会に働きかけ

特に2016年4月に開催した「岡本桜回廊を巡るお花見会」は、樹木教室、お花見会、登山道沿いのごみ拾いに加え、地元岡本商店街の協賛を得て、地元アイドルグループ（KOBerieS♪）のミニコンサートが山の中腹で開かれ、六甲山やボランティアに関心の高い若者（30数名）も参加した当日の様子はアイドルグループが「徐々に「神イベ」といえるイベだったな」とTwitterでつぶやくほど盛り上がったイベントであった。

同倶楽部は2018年には神戸ロータリクラブから社会奉仕団体としての感謝状をもらっている。

### (3) いたやにすとの例

森の世話人として登録している団体にはもともと地域活性化を目的に活動していた団体もある。神戸市長田区板宿で活動している「いたやにすと」もその1つであり、森の世話人として登録することで、活動の場を商店街を含む市街地だけでなく、板宿の裏山と一体となって「板宿」のまちの魅力向上に取り組んでいる。活動地を含む裏山で親子でどんぐりを拾い、家で育て、育った苗木を活動地に植える記念植樹祭や、子供たちが裏山で遊べるよう、ロープをつかったアスレチックをつくったり（イベント当日のみの設営）と、地元の多くの親子が参加するイベントを企画し、裏山に目をむけるきっかけを提供している。また、ふもとの板宿八幡神社の厄神際の焚火の薪として伐採した材を提供することもあった。



ミニコンサート



レクリエーション

写真-5 ほくら～ととや森の世話人倶楽部の取り組み



植樹祭を毎年実施



ロープ遊び

写真-6 いたやにすとの取り組み



写真7 森の世話人による発表



#### (4) シンポジウム等への参加と発信

活動を行うだけでなく、取り組みの様子を積極的に外部に発信している団体も少なくない。

例えば2017年に兵庫県主催で開催された「ひょうご環境担い手サミット」では、事務所から案内をしていないにも関わらず、前述のほくら~ととや森の世話人倶楽部をはじめ、森の世話人5団体が参加し、パネル展示やポスターセッションを行い、六甲での活動を発信するとともに、他の環境活動団体との連携をさぐっていた。

#### (5) その他

紹介した内容は、砂防事業に係る支援として市民団体と関わってきた事務局の経験から知りえた内容を整理したものであり、本稿で報告した内容以外にも多様な活動を行っていると考えられる。

## 6. まとめ

- 1) 土砂災害に強い森づくりとして六甲砂防事務所の定める実施要領に基づいた森の世話人の活動に、2008年から2019年末までに延1,600回、約28,000人が参加した。
- 2) 2013年より交流の森を企画・開催したことが一助となって、森の世話人の横のつながりが強化された。

3) 交流の森は広く市民に六甲山系GB整備事業を周知する機会にもなっており、交流の森に参加する森の世話人の間接的支援にもつながっている。

4) 森づくりを目的に設立された団体も少なくないが、森づくりだけでなく、地域活性化にも関わるなど、砂防事業以外の分野にも活動の場を広げている。

**謝辞：**本稿の場を借り、GB事業への理解のもと森づくり活動に時間と労力を提供いただいている森の世話人に、また、発表の機会を与えていただいた六甲砂防事務所に深く感謝を申し上げる。

#### 参考文献

- 1) 赤井 裕・木下 篤彦：平成 23 年度近畿地方整備局研究発表会発表原稿，六甲山で行っている市民参画による土砂災害に強い森づくりの各種効果について，2011
- 2) 赤井 裕：平成 27 年度近畿地方整備局研究発表会発表原稿，六甲砂防と樹林整備を進める市民・企業の 6 年の歩みとこれから，2015
- 3) 国土交通省六甲砂防事務所：六甲山系グリーンベルト整備事業広報パンフレット
- 4) 国土交通省六甲砂防事務所：六甲山系 GB 整備基本方針，1996
- 5) ほくら~ととや森の世話人倶楽部公式ブログ，<http://hokura-totoya.seesaa.net/>，2020. 5. 29

# NATM補助工法の選定指標について

松田 紀子<sup>1</sup>・濱本 敬治<sup>2</sup>

<sup>1</sup>近畿地方整備局 大阪国道事務所 管理第二課 (〒536-0004 大阪府大阪市城東区今福西2-12-35)

<sup>2</sup>近畿地方整備局 兵庫国道事務所 品質確保課 (〒650-1600 兵庫県神戸市中央区波止場町 3-11)

山岳トンネルは、掘削時に地質を再評価し、設計時の支保工や補助工法等を変更または新規に採用を決定することが一般的であり、設計時と施工時で乖離が生じることがある。これらの変更が事業費に与える影響は小さくなく、事業を合理的に進めるためには適切な地山評価を行うことが重要となる。しかしながら、山岳トンネルの地質の評価は定性的で不明確な部分が多いことから、本稿では、ボーリングコアの評価に着目し、統計分析を用いて定量化した補助工法採用の有無を選定する指標を作成した。また、本検討結果および事例収集の結果を反映した、「NATM補助工法の手引き（案）、平成12年」を改定したので紹介する。

キーワード 山岳トンネル、NATM補助工法、地山等級判定、ボーリング、数量化Ⅱ類分析

## 1. はじめに

近畿地方整備局では、1,937kmの管理路線延長に対し198本（令和2年1月時点）のトンネルの管理を行っている。また現在、一般国道158号大野油坂道路や一般国道42号すさみ串本道路等において複数の山岳トンネル事業を進めている。

山岳トンネルは、掘削時に地質を再評価し、設計時の支保工や補助工法等を変更または新規に採用を決定することが一般的であり、設計時と施工時で乖離が生じることがある。これらの乖離が事業費に与える影響は小さくないため、事業を合理的に進めるためには適切な地山評価を行う必要がある。

近畿地方整備局では、「トンネル地山等級判定マニュアル（案）」を整備し、地山の状態を点数化することで地山等級（支保パターン）の判定指標を明確化している<sup>1)</sup>。さらに、統一的な地山等級の判定が行えるよう、発注者と受注者による地山等級の判定において、上記のマニュアルを用いて第三者の岩判定員（トンネル経験豊かな技術者）による判定を支援する業務を行っている。一方で、補助工法については、地山の状態を評価することは地山等級判定と同様であるが、明確な選定指標はなく、統一的な評価をするに至っていない。

そのため、補助工法の有無を選定する明確な指標が求められている。

上記を解決するため、山岳トンネルの施工実績を整理・分析し、補助工法採用の有無、採用の場合の工種を選定する指標の検討を行った。

## 2. 山岳トンネルの構造と補助工法

現在の山岳トンネルは、NATM（New Austrian Tunneling Method）と呼ばれる工法を採用している。

この工法では、地山自体が空間を保持する能力に期待するため、構造は最小限の支保工（吹付コンクリート、ロックボルト、鋼アーチ支保工等）で構成されている。

支保工は、安全性や構造安定性と経済性のバランス（合理化）を図るため、施工時に切羽観察や変位計測等<sup>2)</sup>を行い地山を評価し、設計段階で計画された地山等級（支保工）の見直しが行われる場合がある。

補助工法は、坑口部など地質が悪く、地山が空間を保持する能力を発揮するまでに崩壊する可能性のある場合や将来的にトンネルの安定性が確保できない場合、トンネル掘削により周辺環境に大きく影響を与えると判断される場合において施工される。

図-1<sup>3)</sup>に補助工法が必要となる地山の現象を示す。図の(1)~(5)に示された地山現象に対し、施工時の安全性やトンネル構造の安定性、周辺環境の保護を目的として補助工法が実施される。また、その工法は現象によってさまざまであり、選定手法は現象によって異なる。

本検討では、実際に設計段階や施工段階において問題となるケースが多く、選定指標がわかりにくい(1)切羽崩壊（天端崩落、鏡崩壊、脚部沈下）に対する補助工法の選定指標を対象とした。

写真-1に切羽崩壊の例（天端崩落）を示す。また、図-2に天端崩壊を抑制するための補助工法の例を示す。切羽崩壊は、写真に示す通り掘削面（切羽）の崩壊を伴い

施工時の安全性で問題となる事例が多い現象である。

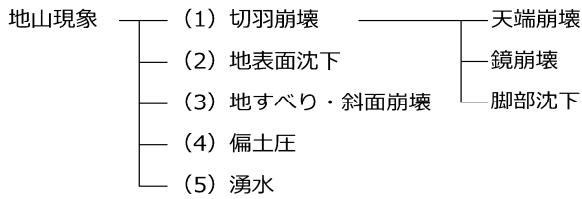


図-1 補助工法が必要となる地山の現象<sup>3)</sup>



写真-1 切羽崩壊の例（天端崩落）

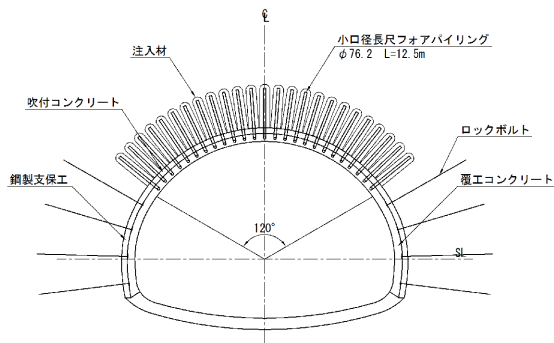


図-2 天端崩壊を抑制するための補助工法の例<sup>3)</sup>

### 3. 補助工法の選定指標に関する検討

#### (1) 従来の選定方法

切羽崩壊（天端崩落、鏡崩壊、脚部沈下）現象の大きな要因は不良地山であり、設計段階では地質調査結果を施工段階ではこれに加え、切羽観察や計測データ等を基に不良地山であることを整理し、補助工法の選定を行っている。

設計段階で活用する主な地質調査結果は、弾性波速度、ボーリング（コア、柱状図）、原位置・室内試験結果、地表踏査結果がある。地山等級（支保工）は、これらの調査結果を総合的に判断し、地山状況を想定して決定する。補助工法についても同様に評価を行うが、弾性波速

度の落ち込みや、ボーリングでの状況を定性的に評価される場合が多い。地山等級は、施工段階においてマニュアル<sup>4)</sup>に基づいて判定されるが、補助工法はマニュアル<sup>4)</sup>に示される判定区分よりもさらに地山状態の悪い条件で採用されるためマニュアルでの点数評価は難しい。まれに滑り計算や、計測データを基に数値的に示される場合もあるが、地質の状況を定性的に評価している場合が多い。

#### (2) 選定指標の抽出と検討方法

本検討においては、以下の理由によりボーリングコアを選定指標として抽出した。

- a) 地質状況を直接確認できること。
- b) 地質不良箇所は坑口に近い低土被り部に多く、近年では坑口部においてほとんどのケースで水平ボーリングが実施されていること。
- c) ボーリングコアの評価が地山等級判定<sup>4)</sup>の項目と類似していること。
- d) 施工段階でも前方予測に活用できること。

具体的には、道路トンネルの施工実績から補助工法の採用区間とボーリングコアの評価との関係を数量化<sup>II</sup>類により分析を行い、得られた結果を基に、ボーリングコアの評価を点数化し、補助工法の有無、採用された工種との関係を整理した。

#### (3) 検討対象データ

検討の対象は、近畿地方整備局管内で2009年から2017年の間に施工が完了した道路トンネルである。図-3に、検討の対象としたトンネル延長と補助工法の採用延長、割合を示す。トンネルは67本であり、全体延長が約66,000mに対して補助工法が採用された区間延長は、8,500mであり、割合は12.9%である。補助工法はDI～DIII（坑口パターン）の地山が比較的悪いと判断される区間で採用されている。また、補助工法が採用された延長のうち、天端崩落に対して実施された補助工法の割合は97%（全体の12.5%）を占める。

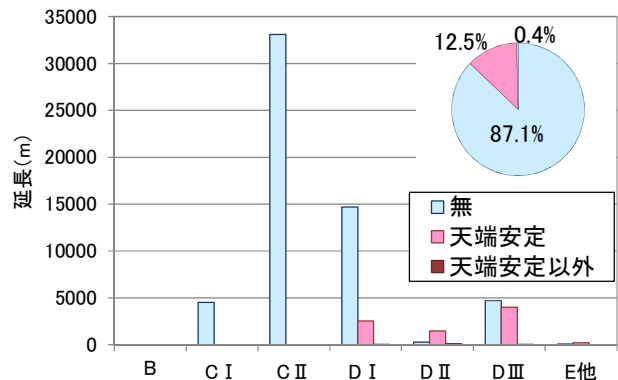


図-3 補助工法の採用延長と割合



(4) ボーリングコアの分析

ボーリングコアは、採取後コアの観察が行われる。この観察結果に、コアの状態を表す5つの評価項目「(A)硬軟、(B)コア形状、(C)割れ目の状態、(D)風化、(E)RQD」がある。この評価項目が、地山等級判定に用いられる項目と類似しており、点数化することで地山等級判定に近い評価が行えると考えた。

本検討では、ボーリングコアの評価項目を点数化し、補助工法の有無・工種との関連性について、地山等級判定に使われている切羽評価点の考え方を参考に統計的手法（数量化Ⅱ類）を用いて結び付けを行った。

表-1にボーリングコアの評価項目と区分を示す。(A)～(E)の5項目を4区分で評価することとした。実際の区分は、最小で4区分、最大で8区分であったが、最小の区分に合わせて4区分で統一した。再区分をするにあたって、良好の評価は1区分とし、評価に影響を与える不良の評価に重み付けを与えて3区分とした。以上の情報を基に、補助工法の有無と工種を“目的変数”，ボーリングコアの評価項目を“説明変数”として、数量化Ⅱ類による分析を行い、補助工法の選定においてコアの各評価項目が影響を与える割合（レンジ）を算出し、レンジから“重み係数”を算出し、この重み係数を用いた平均値をコアの評価点とした。

補助工法の工種は、検討対象とした施工事例において天端崩落対策において採用事例の多い“注入式フォアボーリング、小口径長尺鋼管フォアパイリング、長尺鋼管フォアパイリング”とした。

さらに、収集した施工事例のうち分析対象としたトンネルは、ボーリング結果と補助工法の情報が明確に整理できた43トンネルとした。検討対象区間は、水平ボーリングが実施されていた区間、周辺環境対策（地表面沈下）等で採用された区間を除外した2,743mを対象とした。なお、分析はボーリングコア1m毎とした。

表-1 ボーリングコアの評価項目と区分

区分	1	2	3	4
(A) 硬軟	極硬または硬ハンマーで容易に割れず、金属音がする。	中硬、ハンマーで容易に割れる。	軟、ハンマーでポロポロに砕ける。	極軟、マサ土、粘土状。
(B) コア形状	長さが15cm以上の棒状コア	長さが15～5cmの棒状～片状コア	長さが5cm以下の棒状～片状コアでかつコアの外周の一部が認められるもの。	土砂状(角礫、砂、粘土)のものまたはコアの採取ができないものスライムを含む。
(C) 割れ目の状態	密着している、あるいは分離しているが割れ目沿いの風化・変質は認められない。	割れ目沿いの風化変質は認められるが、岩片はほとんど風化・変質していない。	割れ目沿いの岩片に風化・変質が認められ軟質となっている。	割れ目として認識できない角礫状、砂状、粘土状コア
(D) 風化	非常に新鮮または新鮮である。層理面、片理面にそって僅かに変色があり割れやすい	弱風化している。層理面、片理面にそって風化している	風化している。岩芯まで風化している。ハンマーで簡単に崩せる。	強風化している。黄褐色化し、指先で簡単に壊すことができるハンマーで簡単に崩せる。
(E) RQD	75～100(%) 非常に良い または良い	50～75(%) 普通	25～50(%) 悪い	0～25(%) 非常に悪い

(5) 検討結果

図-4に各評価項目のカテゴリースコアとレンジを示す。レンジとは、各評価項目のカテゴリースコアの最大値と最小値の差であり、数字が大きいコアの評価項目（説明変数）ほど、補助工法の有無・工種（目的変数）に与える影響が大きいことを示す。

表-2に重み係数を示す。重み係数は、レンジをわかりやすく整理したものであり、全評価項目のレンジの合計に対する各評価項目のレンジの割合である。表より、補助工法の選定に対して影響が大きい項目は“(c)割れ目の状態”であり、次いで“(E)RQD”，さらに“(B)コア形状・(D)風化、(A)硬軟”となる。

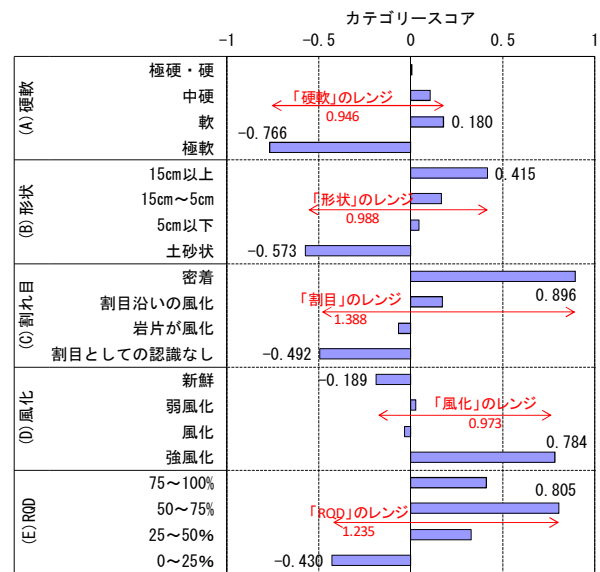


図-4 各評価項目のカテゴリースコアとレンジ

表-2 重み係数

(A) 硬軟	(B) 形状	(C) 割れ目	(D) 風化	(E) RQD
17	18	25	18	22

図-5に天端安定対策の評価点の箱ひげグラフを示す。評価点（縦軸）に、ボーリングコア1m毎の各評価区分に重み係数を乗じ平均値を求めたものを示しており、補助工法「なし」の場合と「あり（の場合は工種毎）」の分布を示している。グラフの帯（箱）は、それぞれの評価点の標準偏差であり、棒（ひげ）の部分は最大値と最小値である。

図より、補助工法“なし”の評価点の箱が1.5～3.0点の範囲にあるのに対し、補助工法“なし以外”は、2.1～3.7点の範囲にある。この結果から、評価点が3点以上では、なんらかの補助工法が採用される場合が多く、2.1～3.0点までは両方のケースが考えられ、さらに2.1点未満ではほとんど補助工法は採用されないと考えることができる。

補助工法の工種は、グラフの右側ほど剛な対策を想定し

ており、右に行くほど評価点が大きくなるなど、工種毎に評価点の分布に差異が生じると考えたが、結果として大きな差は見られなかった。この結果は、実際に工種を決定する場合においては、地質の評価以外にも地形や採用延長、現場での資材の調達のしやすさや経済性等の様々な状況により採用条件が異なることから、各工種での優位性が地質のみで決まらないためと考えられる。

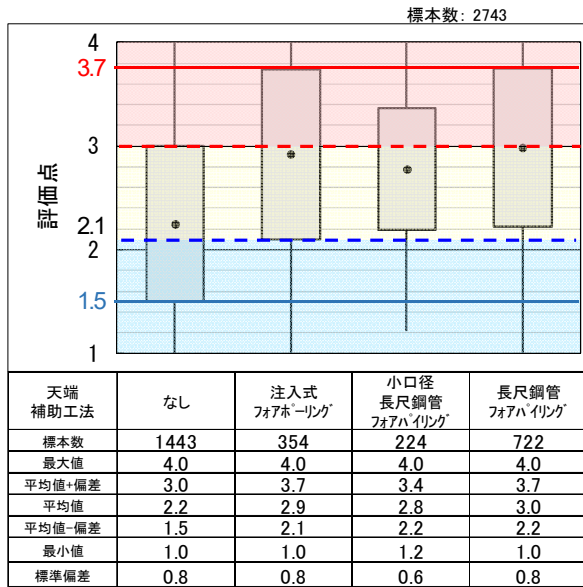


図-5 天端安定対策の箱ひげグラフ

#### 4. 選定指標の活用方法

##### (1) 補助工法の選定での活用

表-3に選定指標を活用した例を示す。表は、選定指標に基づいて補助工法の要否を検証した結果の一例である。ボーリングは水平ボーリングであり、測点と深度を合わせている。

使い方は、表に示す通り、1m毎に存在する「ボーリングコアの評価」から「重み付評価点」を算出し、図-4の箱ひげグラフにおける評価点の位置を確認する。表はわかりやすいように、箱ひげグラフの評価範囲と同じ着色としている。

表-3を見ると、深度が深くなるにつれて評価点が小さくなっており、地山が地表面に近いところから深部に行くにつれて良好な状態になっていることを示す。図-5において補助工法が採用される場合が多い3点以上の区間が、0m～16m程度までであり、該当区間に補助工法として長尺鋼管FPを採用している。

##### (2) ボーリング実施時の活用

補助工法の選定以外の使用方法として、調査段階（設計・施工段階）でのボーリング（追加）の延長の決定（堀止め）に活用できると考えられる。ボーリングコアを確認後、速やかに5段階の評価を行い、点数化することでボーリングコアでの地質の状況が確認できる。

表-3 選定指標を活用した例

距離程 (m)	コアの 深度 (m)	ボーリングコアの評価					重み付 評価点	採用工法 (天端安定)
		硬軟 (A)	コア の形状 (B)	割れ目 の状態 (C)	風化 (D)	RQD (E)		
20 + 93	1	3	4	3	2	4	3.5	長尺鋼管FP
20 + 94	2	3	4	3	2	4	3.5	長尺鋼管FP
20 + 95	3	3	4	3	2	4	3.5	長尺鋼管FP
20 + 96	4	3	4	3	2	4	3.5	長尺鋼管FP
20 + 97	5	3	4	3	2	4	3.5	長尺鋼管FP
20 + 98	6	3	4	3	2	4	3.5	長尺鋼管FP
20 + 99	7	3	4	3	2	4	3.5	長尺鋼管FP
21 + 0	8	3	3	3	3	3	3.0	長尺鋼管FP
21 + 1	9	3	3	3	4	3	3.1	長尺鋼管FP
21 + 2	10	3	3	4	3	3	3.1	長尺鋼管FP
21 + 3	11	2	3	3	3	3	2.8	長尺鋼管FP
21 + 4	12	3	3	4	3	3	3.1	長尺鋼管FP
21 + 5	13	3	3	3	4	3	3.1	長尺鋼管FP
21 + 6	14	2	3	3	2	2	2.3	長尺鋼管FP
21 + 7	15	2	3	3	2	2	2.3	長尺鋼管FP
21 + 8	16	3	3	3	4	3	3.1	長尺鋼管FP
21 + 9	17	2	2	2	2	1	1.7	
21 + 10	18	2	2	2	3	2	2.1	
21 + 11	19	2	2	2	1	1	1.6	
21 + 12	20	2	2	2	1	1	1.6	
21 + 13	21	2	2	2	1	1	1.6	

たとえば、坑口部の水平ボーリングの評価を行い、評価点が小さくなる3点以下(2点以下)が5m程度続く等の場合には掘削を取りやめるなど活用ができると考えられる。

##### (3) 活用にあたっての留意点

本選定指標は、ボーリングコアを用いており、地質を直接確認できる。一方でトンネル断面はボーリングコアよりも大きいので、得られたコアがトンネル区間全体もしくは対象となる断面での代表的な地質をとらえているかを見極める必要がある。

地山の現象は、地質以外の地形や周辺環境等により影響を受けるため、ボーリングコアのみで評価できない場合も十分に考えられるため、岩判定時に得られた条件を総合的に判断して選定することが望ましい。

#### 5. NATM補助工法の手引き（案）の改定

##### (1) 概要と改定目的

トンネル事業を監督する職員が、必ずしもトンネルに精通しているわけではないため、近畿地方整備局では、補助工法に関する技術解説書として平成12年に「NATM補助工法の手引き（案）（以後、「手引き」とする）」を作成した。初歩的な解説から実務への活用までを想定した内容の構成となっている。

- § 1. 本書の概要
- § 2. 補助工法を必要とする地山の現象
- § 3. 補助工法の工法説明
- § 4. 補助工法の選定

§ 5. 参考資料

手引きは作成から 20 年近く経過しており、その間に、施工事例が増え、新工法が開発されていることに加え、補助工法の明快な選定指標が求められていることなどから、本検討結果や実績の収集結果を踏まえた改定を行った。

(2) 改定内容の概要

手引きの主な改定内容を以下に示す。

a) 近年実績の多い工法の追加

補助工法は、この 20 年で実績が増え、当初は様々な工法が用いられてきた。特に、今回切羽崩壊を対象とした長尺フォアパイリングの実績は多いが、その中でも採用事例の増えている長尺フォアパイリングよりも鋼管径の小さい小口径フォアパイリング工法に関する解説を加えた。また、不良地山に対する変位や近接構造物に対する変形抑制に対して事例が増えている早期閉合法（インバート施工までの距離を短くして変位を抑制する工法写真-2）に関する解説を追加した。



写真-2 早期閉合法

さらに、切羽崩壊への対策として用いられる注入材（セメント系、ウレタン系）の効果と留意事項について記載した。

b) 補助工法の単価の見直し

施工実績の多い、長尺フォアパイリング工法を中心に、積算事例が収集可能であった工法について参考単価の見直しを行った。ただし、あくまで固定された条件での参考であるため、実際の比較等を行う際には別途算出する必要がある。

c) 本検討結果から得られた選定指標の追加

当初の手引きでは、図-6 に示すように各地山状態に応じた補助工法の選定フローがあったものの、具体的な手法がなかった。そのため、切羽崩壊に対する対策に対して、本検討で示したボーリングコアによる選定指標を記載した。

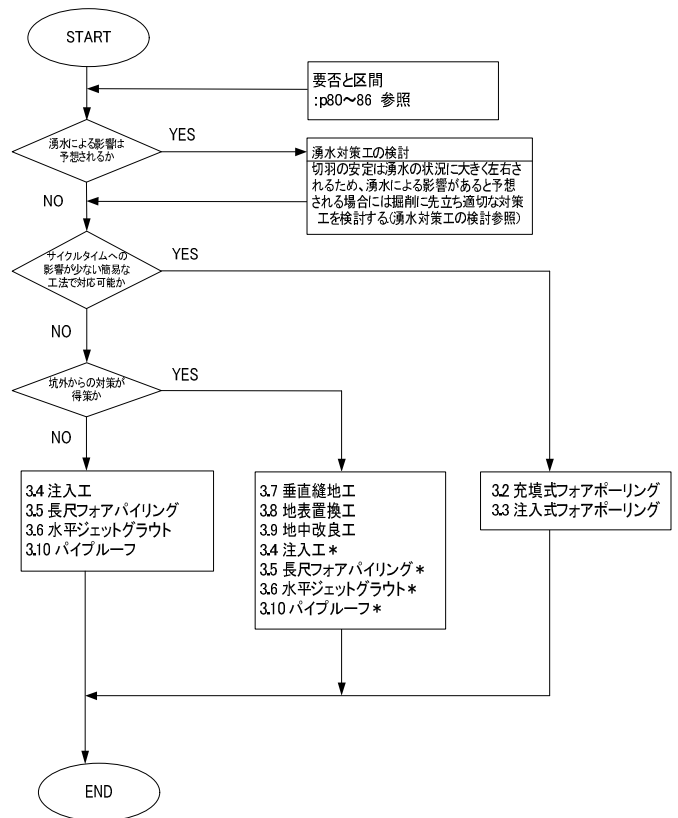


図-6 天端安定対策の補助工法の選定フローの例<sup>3)</sup>

d) 参考資料の追加

補助工法に対する地山現象と対策の検討の参考のため、変状事例（支保工変状、天端崩落、切羽崩壊、脚部沈下、湧水、地表面沈下、斜面崩壊、地滑り）について具体的なトンネル名と現象、対策の概要を示し、近畿地方整備局で整理しているトンネル技術誌を確認することで、さらに詳細が確認できるようにした。

また、本検討に用いたトンネル補助工法のデータベースによる補助工法の採用結果を示すとともに、補助工法に関する用語の解説、補助工法に関する参考資料を追加した。

e) その他わかりやすい解説図等への修正・追加

改定に当たって、最新の写真を収集し、差し替えるとともに、地山の現象等については、図-8 のような挿絵の追加を行った。

(3) 手引きの活用

本手引き<sup>3)</sup>は、(1)にも示した通り、初歩的な内容から補助工法の選定など、事業全体で活用できる内容となっており、適宜活用して頂ければ幸いである。



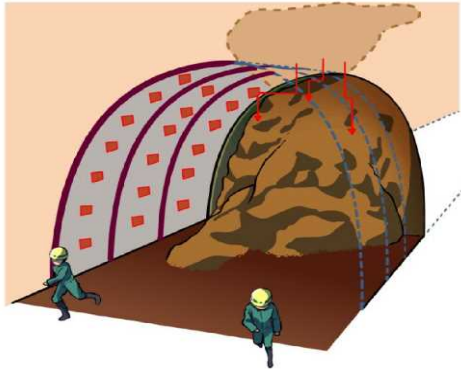


図-7 天端崩落の解説図の例

## 6. おわりに

本検討は、近畿地方整備局管内におけるトンネル工事の実績を分析したものであり、補助工法の採用の要否の判断において、ひとつの目安を与えるものである。しかし、地山の状態は複雑であるため、本指標の活用にあたっては、単純に評価点のみで判断することなく、現地条件等を踏まえた評価を行うことが望ましいと考えられる。

また、本検討では、岩石グループや岩種毎の分類や鏡面・脚部などの部位の違いなど、地質や目的の違うケースについては、標本数が少なく、有効な結果が出なかつ

たものもあった。これらの結果は、継続して施工事例を収集・蓄積することで、検討を進めて解決していきたいと考えている。

最後に、近畿地方整備局では本検討を含むトンネルに関する調査や検討を日々行っている。今後もこれらを継続し、トンネル事業を合理的に進めて参りたい。

**謝辞：**本手引きを取りまとめるにあたり、近畿地方整備局トンネル技術支援制度のアドバイザーである、京都大学大西有三名誉教授、神戸大学芥川真一教授、関西大学小山倫史准教授には、大変有益なご助言、ご指導を頂きました。ここに記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 国土交通省近畿地方整備局：トンネル地山等級判定マニュアル（案），平成28年7月
- 2) 社団法人日本道路協会：道路トンネル観察・計測指針（平成21年度版），平成21年2月
- 3) 国土交通省近畿地方整備局：NATM補助工法の手引き（案），令和2年5月
- 4) 財団法人日本建設情報センター：ボーリング柱状図作成要領（案）解説書，平成11年5月
- 5) 濱本敬治，松田紀子：山岳トンネル補助工法の選定指標に関する一考察，第33回日本道路会議，No.6004，2019.

# 地域と連携した カリキュラム型防災教育について

濱田 将琴<sup>1</sup>・村田 浩之<sup>2</sup>

<sup>1</sup>近畿地方整備局 総務部 人事課 （〒540-8586大阪府大阪市中央区大手前1-5-44）

<sup>2</sup>近畿地方整備局 豊岡河川国道事務所 調査課 （〒668-0025兵庫県豊岡市幸町10-3）

近年の激甚化する災害を踏まえ、国土交通省では平成27年12月に「水防災意識社会 再構築ビジョン」を策定し、ソフト対策とハード対策について一体的に取り組んできた。

豊岡河川国道事務所では、「地域ニーズの反映」と「全教員に使用してもらう」をコンセプトに、この取組の1つである防災学習の補助資料として、小学生用の防災教育資料を作成した。

本論では、平成30年度と平成31年度に豊岡河川国道事務所で行った、小学生用防災教育資料の作成過程と結果を報告するとともに、地域の要望を取り入れた防災教育資料を作成する際に必要な「行程」について述べる。

キーワード カリキュラム型防災教育、アンケート調査、地域の災害特性

## 1. はじめに

### (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1,300km<sup>2</sup>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 円山川の概要図

### (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、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 T.P.+8.29m を記録し、支流出石川の弘原地点でも、観測史上最高水位の T.P.+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 T.P.+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) 防災教育の重要性

平成16年台風23号や平成30年7月豪雨など、近年の豪雨は激甚化の傾向にある。この激甚化する災害に対応すべく、昨今では幅広い世代を対象とした講演会や学習会が数多く開催されている中で、なぜ防災教育の必要性に目が向けられているのだろうか。

片田（2014）<sup>3</sup>は、近年の防災意識の持ちようについて、以下のような課題を述べている。

私が防災講演を始めた頃は、主に大人を対象に

していました。【中略】要は、来ている人が毎回同じなんです。そういう人たちは、すでに防災意識が十分高いわけですから、わざわざ話を聞く必要はないのです。問題なのは、そこに来ない人たちです。その人たちをなんとかしないとどうにもならない。何とかしなければいけないのは、そこに来ない人たちです。

また片田（2014）<sup>1)</sup>は、このような現状に対応する方法として子どもへの防災教育を取上げ、その重要性を以下のように述べている。

そこで、大人を対象にするのではなく、学校の子供たちを教育しようと思ったのです。その場合、「二〇年」という期間を一つの目安と考えました。小学生から防災教育を始めて、一〇年継続すれば、子どもたちは大人になります。そして、もう一〇年続ければ、彼ら、彼女らは親になる。そうすれば、真っ当な防災意識をもった親が、次の世代の子どもを育てるようになる。

このように、大人を対象とした防災の講演会だけでは、十分な防災意識の啓発を行うことができず、近年の激甚化する災害に対応するためには、子どもへの防災教育の普及が重要なのである。

## 2. 防災教育資料の作成

### (1) 出前授業（講座）と防災教育資料

学校で防災教育に取り組むにあたり、防災教育資料を作成して学校で利用していただく他に、職員が学校へ行って授業を行う出前授業がある。それぞれの強みや弱み、課題は以下のとおりである。

#### a) 出前授業の強みと弱み

出前講座の強みは、防災士や防災に携わったことある防災についての知識や経験を持った人が、直接授業を行うため、より現実味のある内容を届けられることだ。

出前講座の弱みは、出前講座を行う「人」に限りがあることだ。防災士や職員の数と生徒の数から、全学年の全生徒を対象に出前講座を開くことは現実的ではない。

#### b) 防災教育資料の強みと課題

防災教育資料の強みは、作成した資料を利用していただくことで、たくさんの生徒に効率よく防災知識を普及できることである。

しかし、防災教育資料にも弱みになりうる課題がある。例えば、作成された防災資料を教師が十分に活用できなかった場合、十分な成果が期待できない。

また、災害についてより臨場感をもって危険性を伝え、避難の必要性や重要性を理解していただくにあたり、知識や経験を持ち合わせていないと上手に説明することが難しい部分も多い。これらの課題は、克服できなければ資料作成の弱みとなりうる。

### (2) 防災教育資料作成にあたり工夫したこと

防災教育資料の課題でも述べたように、「教師が活用しやすい」資料を作りや「災害の臨場感」を再現し防災について真剣に考えてもらえる資料を作ることに力を入れた。その他にも、対象者が「小学生」であることも踏まえa-dの工夫を取り入れることにした。

#### a) 低・中・高学年用にジャンル分けした防災教育資料

防災教育資料を3段階に難易度分けをし、その中でも「避難」や「洪水」といったジャンル分けを行った。その理由は2つある。

低・中・高学年用の3段階に分けた理由は、学習についてこれられない生徒を減らすためである。適切な難易度の資料を適切な学年に使用していただくことで、理解の促進を図ってもらうことを目的としている。

ジャンル分けを行った理由は、資料の活用しやすさを狙ってである。生徒の理解度や授業の目的地点によって、資料の内容を編集する必要が出てくるが、その際の編集を行いやすくしている。

#### b) 被災写真を用いて避難の大切さを表現

人は何かの情報を得る際に視覚からの約90%の情報を得ると言われているほど、目で「見る」ことは重要な意味を持っている。そのため、災害を知ってもらうことや避難の大切さを理解してもらうことにおいても、実際に平成16年台風23号での被災写真を使用するなどして、ビジュアル化を意識して資料を作成した。



図2 被災写真

#### c) クイズ形式やワークショップ形式の資料

対象者の小学生に興味を持ってもらえるよう、〇×クイズや穴埋め問題を取り入れた。加えて、みんなで一つ



の問題について議論する場を設けた。

また、ワークショップ形式の授業にすることで、ただ聴講するだけの形式では思いつかなかった回答に触れていただくことや、他の人と意見交換を行うことにより、思考力や協調性の向上を目的としている。



図 3 クイズ形式の資料

d) 学習指導要領に沿った資料作成

授業構成を「導入」「展開」「まとめ」の3段階とした。また、各段階での配分時間の目安を提示した。

授業内容にあたっては、学習指導要領で焦点をあてられていることのひとつである、「主体的・対話的で深い学び」、いわゆる「アクティブ・ラーニング」の視点も持ちながら、授業案を作成した。

(3) アンケート取りまとめ

豊岡市からの要望もあり、平成30年度防災教育資料を豊岡市内全29校へ配布し、うち27校で活用していただいた。

また、授業後に教材についてのアンケートを行い、学校からの要望や改善点を探した。

a) よかった点（上位5つ抜粋）（複数回答）

□ 教員として、授業を行う上で教材等が使いやすかった（17件）

□ パワーポイントや写真など、視覚的にわかりやすかった（12件）

□ 写真等によって子供たちには身近に感じることができた、自分事として捉えられた（8件）

□ 学年で積み上げができる点から、子供たちにとって、教材やその内容が理解しやすいと思った。（7件）

□ ○×クイズや選択問題等がよかった（わかりやすい、楽しく学習できた等）（6件）

b) 改善点や要望等（上位3つ抜粋）（複数回答）

□ 感想や気づきだけでなく、授業の展開の中で使用できるワークシートがあるとよかった。

→ 低学年・テーマ1において、雨の恵みについて考え

る部分について、アクティブ・ラーニングとして学習指導案を修正するとともに、ワークシートを追加した。

□ 資料が多く、パワーポイントとワークシートのセットを探すのに時間がかかった。

→ 「ワークシート集」の目次に、該当するパワーポイントのファイル名、および児童用副読本の種類を記述した。

□ “洪水が怖い”という実感を持たせるには、表現が少し弱いように感じた。

→、自然の災いの部分を全面に押す「脅しの防災教育」については限界があるとしつつ、現状の静止画だけでなく短編動画を用いることで洪水の仕組みを分かりやすく説明した。

3. 防災教育資料の改良

H31年度防災教育資料は、H30年度防災教育資料を使用させていただいてのアンケート結果から見えた改善点を踏まえて作成した。加えて、平成30年度より好評だった要素をより洗練することを意識した。

平成31年度防災教育資料を作成するにあたり、特に工夫した点は次の3つである。

(1) 3段階×2テーマ（洗練）

昨年度版の資料で好評だった3段階の難易度分けに加えて、振り返りつつ防災教育に関わる知識や知恵を積み増していくことができるようなテーマ設定とした。

具体的には、文部科学省・学習指導要領で示される指導上の工夫（小学校低学年では「社会生活上のきまりが確実に身に付くよう繰り返し指導する」、中学年では「自分を内省できる力を身に付け、自分の特徴を自覚し、そのよい所を伸ばそうとする意識を高められるよう指導する」、高学年では「児童の自律的な傾向を適切に育てるように配慮する」といったこと）を踏まえ、過年度作成した教材をもとに再編成した。

学齢	授業テーマ	学齢別の主な特長
高 学年	テーマ2 わたしたちができること ～助けられる側から助ける側へ～	・思いやる共感能力が発達。 ・自律的な態度が発達。
	テーマ1 洪水災害にどのように対応するか ～避難方法を知る～ ※平成30年度版をもとに再編	
中 学年	テーマ2 自然との共生	・地域の施設・行事、自然等への関心も増加。 ・内省する力が発達。
	テーマ1 洪水災害とその対策 ※平成30年度版をもとに再編	
低 学年	テーマ2 自分の命は自分で守る ※平成30年度版をもとに再編	・自分でしなければならないことができるようになる。 ・行ってよいことと悪いことの理解ができるようになる。
	テーマ1 雨の恵みと災い ※平成30年度版をもとに再編	

図 4 難易度分けと授業テーマの設定

(2) 極力地元の写真を使用する（改善）

豊岡市の防災担当者からの意見もあり、防災や災害だけでなく、防災以外の河川環境等についても身近なものと捉えてほしいことから、地元の写真を使用した。

また、過去には実際に写真のような災害を起きたという歴史を知ってもらう意図もある。



図 5 豊岡市内で撮影された写真の活用

(3) アクティブ・ラーニング（改善）

授業内容にあたっては、先生から何かを教わるという姿勢ではなく、自らが「主体的・対話的」に学ぶ形式の授業案を作成した。図のように、自分で考えることや他の人と意見を交わすようにすることで、より能動的な学習を目的としている。

小学校高学年・テーマ①【ワークシート】

### 大雨が降ったときに 身を守る行動を知ろう

\_\_\_\_年 \_\_\_\_組 \_\_\_\_番 名前(\_\_\_\_)

1. 次の状況を想像してください。それぞれの状況では、あなたは避難しますか？ 避難しませんか？

状況	どちらかに○をつけてください		理由
	避難所に避難する	避難しない	
A: 「〇〇市の川で水があふれた」というニュースを見た			
B: 市役所から「避難勧告」が発令され、避難場所が聞いた			
C: 家の1階の床まで水がきた			

2. 今日の学習で、わかったこと・思ったこと

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

図 6 能動的な学習を目的としたワークシート

4. まとめ

授業アンケートの結果およびメモリアル授業での防災学習資料の活用状況をふまえ、防災学習資料に係る成果と課題を以下にまとめる

(1) 成果について

平成31年度作成の防災教育資料については、豊岡市内小学校 29 校中、24 校で使用されており（82.8%）、平成30年度の防災教育資料を使用した小学校が2校いた。授業形態（全学年共通で防災教育を行う：1校）や授業方針（既存の防災教育資料を利用等：2校）により、平成31年度版または平成30年度版を活用しなかった学校においても、今後活用したい旨回答があった。

また、活用した学校からは、使い勝手の良さや、児童にとってわかりやすい、実感が得やすい、理解しやすいといった意見を得ることができた。防災学習資料の内容、形式に関しては、教育現場に適合したものが作成できたと考える。

(2) 課題について

平成31年度においても授業アンケートを行った。当該アンケートには、クイズのバリエーションや動画を増やしてほしい、ワークシートを具体化したものとしてほしい等、防災教育資料に対する意見や要望が寄せられた。

これらの要望に応えるためには、近年の災害事例に係るクイズやアクティブラーニング用の資料をなど、H30年度版およびH31年度版をもとに、定期的に更新資料や追加 資料・画像等として提供していくことが有効と考える。

(3) 地域と連携した防災教育資料作成で必要な行程

地域の要望を取り入れた、地域と連携した防災教育資料を作成するためには、「より多くの地域の要望を聞く」必要があると考える。つまり、従来方式の支援校を選定して、防災教育資料を作成するのではなく、広く募り、たくさんの要望を反映させつつ資料を改良していく方法が良いのではないかと考えた。なぜなら、要望の数だけ多角的な視野から考えられた防災教育資料に仕上がるからだ。

5. 今後の取組について

小学生用の防災教育資料作成で得た経験を活かし、今後は中学生用の防災教育資料の作成を計画している。その際に気を付ける点は、中学生になると「自助」だけで

なく「共助」についても考える必要が出てくることだ。

小学生までは助けられる側であり、自分が被害にあわないためにはどうすればいいか、という「自助」の考え方について理解することが何よりも大切であった。

中学生になれば、「自助」はもちろんのこと、各自での避難が困難であったり、避難に時間を要する要支援者の力となることが、社会的な要求となる。具体的にどうすれば要支援者を助けられるのかという「共助」についても触れていく必要がある。

また「共助」は「自助」の考え方に比べて、より置かれる現状によって適切な行動が変わってくるため、判断力や分析力といった、講義形式で培われずらい力が必要となってくる。

すなわち、従来の講義形式の授業からロールプレイング形式の授業、もしくは避難訓練のような実技形式のカリキュラムへ転換が必要になってくるのではないだろうか。

**謝辞：**防災教育資料作成にご協力いただきました豊岡市内の小学校のみなさま、豊岡市内の全小学校への資料配布や資料説明でご尽力いただきました豊岡市役所のみなさま、また本稿とりまとめにあたりご助言及びご指導くださいましたみなさま、ありがとうございました。全てのみなさま方に深くお礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 片田 敏孝 (2014) : 『人が死なない防災』 集英社新書出版, pp111~112
- 2) 豊岡河川国道事務所 (2019) : 『平成 30 年度円山川流域防災教育他支援業務』
- 3) 豊岡河川国道事務所 (2020) : 『平成 31 年度円山川流域防災教育他支援業務』



# 平成29年台風21号による木津川基盤漏水の 対策工実施および事後検証について

田中 大樹

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)

2017年(平成29年)台風21号で、木津川下流部の佐山地区(右岸6.0k付近)等にて、堤内側の基礎地盤が浸透破壊することによる大規模な漏水被害が発生した。このため、淀川河川事務所では、調査検討の結果、基盤漏水対策工として堤内基盤排水工法(ウェルドレーン工法)を選定し、現地施工を行った。また、漏水対策工が完成した後の2019年10月台風19号出水で、木津川下流部で2017年と同程度まで河川水位が上昇したが、対策工としてのウェルドレーンが機能したことにより漏水被害が抑制された。本稿では、堤内基盤排水工法としてウェルドレーンを選定し、設計、施工及び効果検証を行った結果について報告する。

キーワード 堤防、基盤漏水、パイピング、浸透流解析、ウェルドレーン

## 1. はじめに

2017年台風21号で、木津川下流部の佐山地区(右岸6.0k付近)では複数の箇所にて堤内側の基礎地盤から大きな噴砂を伴う漏水が発生した。多くは堤防に近い箇所であったが、比較的堤防から離れた場所においても噴砂が発生した。この漏水現象は、洪水時の河川水の水压によって基礎地盤より水が噴き出す現象である「パイピング(盤ぶくれ+噴砂)」であり、この水の噴き上げに伴い地盤中の土砂も一緒に噴き上がったものと推察された。

漏水箇所周辺の調査の結果、地質的特徴として、概ね4~5mの被覆土層(粘土層(Ac2))があり、その下位に透水性地盤である沖積砂礫層(Asg2)及び段丘堆積層(Tg)が河川まで連続して分布していることや、透水層の透水係数は $10^{-2}$ ~ $10^{-3}$ cm/sオーダーで非常に高透水であり、透水層の地下水は被圧していることが明らかとなった。



図-1 木津川漏水箇所位置図

## 2. 基盤漏水対策工法の検討

### (1) 対策工法の選定

当地区の被災状況は、河川水位の上昇に伴い透水層の揚圧力が上昇し、基礎地盤より漏水が発生するパイピングである。このため、堤防で採用される代表的な基礎地盤対策工<sup>1)</sup>より、適用可能性を比較検討した結果、施工性及び周辺井戸等への影響を考慮して、対策工法として堤内基盤排水工法を選定した。

また、堤内基盤排水工法には、透水層の水を抜くドレーンを連続配置する形式と離散配置する形式があり、マニュアル<sup>2)</sup>では信頼性、確実性、施工性の点で連続配置形式が推奨されているが、対象箇所の被覆土層が約4mと厚く、横断面を逆台形とする連続配置形式の場合は施工幅が広くなり、用地の制約や堤体への影響が発生するため、堤防沿いに鉛直ドレーンを設置する離散配置形式(ウェルドレーン)とした。

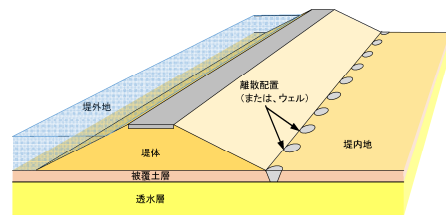


図-2 ウェルドレーンのイメージ<sup>2)</sup>

(2) 対策工の配置検討

ウェルドレーンは堤防沿いに点状に配置されることになるため、3次元浸透流解析により地下水位分布を算定し、洪水時の安全性が確保される配置を検討した。

検討した解析モデルのモデル化範囲、解析モデル図を図-3、図-4に示す。地質構造は堤体及び堤内地の地質調査結果を用いて設定した。各地層の透水係数は、地質調査結果を参考とするとともに、出水時の河川水位及び地下水位データを用いた検証解析（再現計算）を行って決定した。

このモデルを用いて、ウェルドレーンの配置間隔の検討を行った。設計外力は、2017年台風21号出水規模の河川水位とし、ウェルドレーンの配置間隔を変更した時の安全性を照査した。解析の結果、ウェルドレーン間隔20mで必要な安全率を満足させるものとなることから、本地区の漏水対策工としてのウェルドレーンは20m間隔とした。

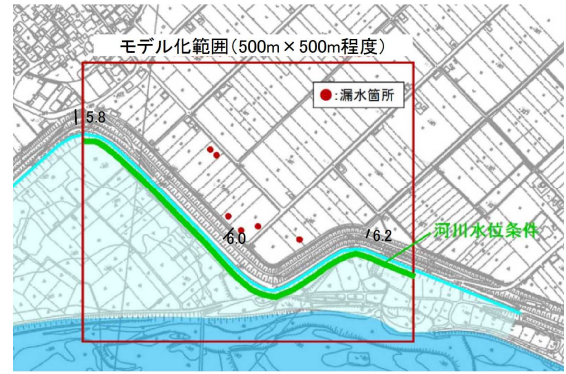
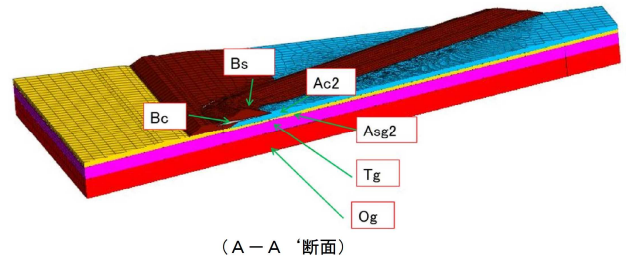
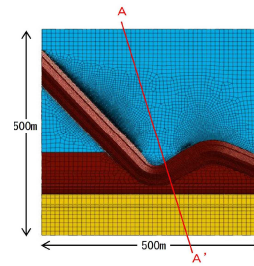


図-3 主な漏水箇所と解析モデル化範囲



(A-A'断面)

図-4 解析モデル

3. 対策工の施工

ウェルドレーンの位置及び構造図を図-5に示す。設置位置は、地元等との協議で用地外の設置が困難であったため堤防用地内の法尻付近とした。ウェルドレーンの径はφ900、深度は透水層であるTg層確認まで貫入させるものとし、施工時に20m～60m間隔で実施したチェック

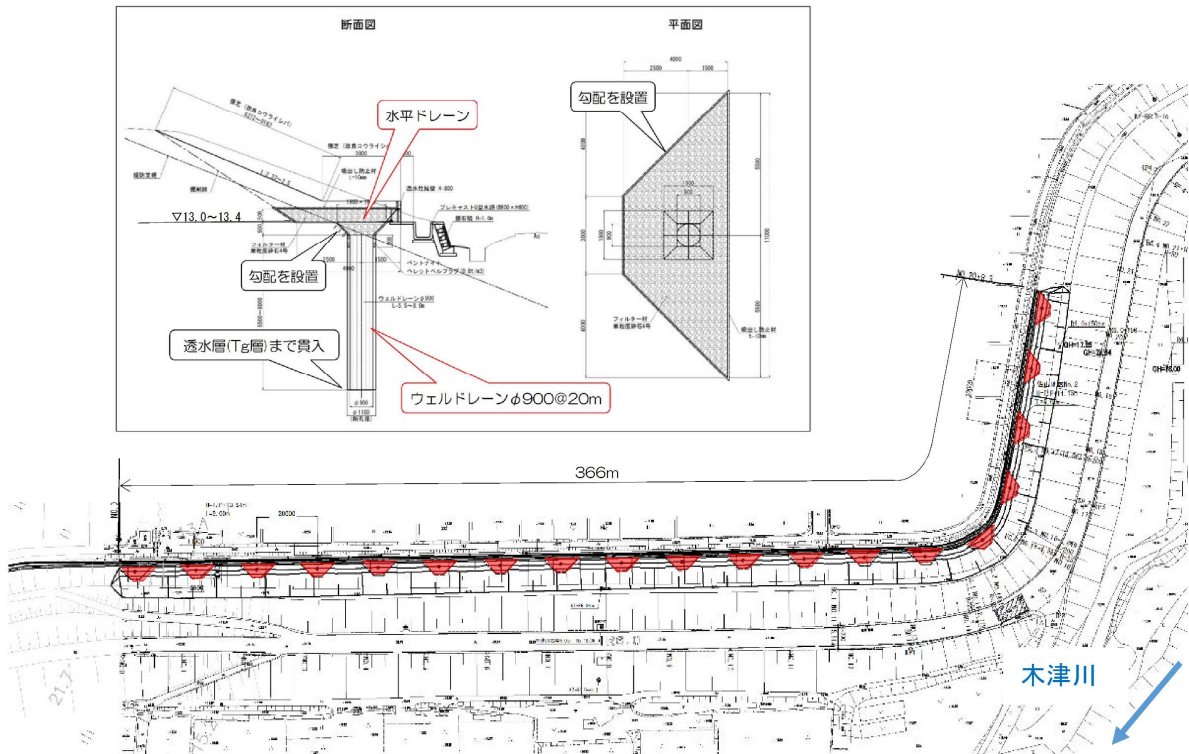


図-5 ウェルドレーンの位置、構造図

ボーリングで透水層を確認しながら各ウエルの深度を決定した。ドレーン材料は、単粒度碎石（4号）とし、ウエルドレーン上部には、排水水を水路に接続するとともに、堤体浸透する水を排出する水平ドレーンを設置した。

ウエルドレーンは20mピッチで19本設置し、施工延長は366mであった。ウエルドレーンの施工の手順と施工上の配慮事項は以下の通りである。

### ① 作業ヤードの準備

堤内地（堤防法尻から内側）の借地が出来なかったため、堤防法尻付近を掘削して施工ヤードを確保したが、施工場所が狭く資材の仮置き場が確保できなかったため、全数量を小運搬した。

### ② ウエルドレーンの施工

オールケーシング掘削機（BAUER BG20）による掘削を行い、その後、同機により鉄筋かご据付け、ドレーン材の充填、間詰材(砂)の充填を行い、ケーシングを引抜き、

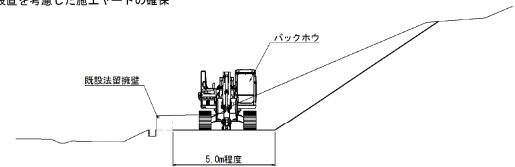
ここで、鉄筋かごについては、D13の鉄筋での骨組みであったため、吊り下げ時に形状が崩れることやかご本体が落下する危険があった。このため、単管での補強を行うとともに縦筋に吊り金具を溶接して取り付ける等の工夫を行った。またドレーン材の充填には鉄製漏斗を用いて、所定の位置に確実に投入するようにした。

### ③ 水平ドレーン部の施工、盛土

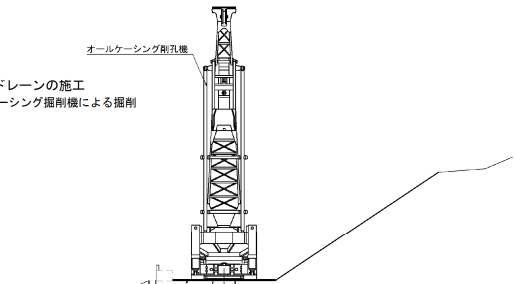
水平ドレーン部を施工した後、盛土及び法面整形を行った。

本工事の施工期間は約6ヵ月、施工費は約110百万円（税込、水路等付帯設備含む）であり、2019年3月に完成した。

①作業ヤードの準備  
掘削機の設置を考慮した施工ヤードの確保



②ウエルドレーンの施工  
オールケーシング掘削機による掘削



鉄筋かご据付け（吸出防止材巻付け）  
ドレーン材充填  
ケーシング引抜き

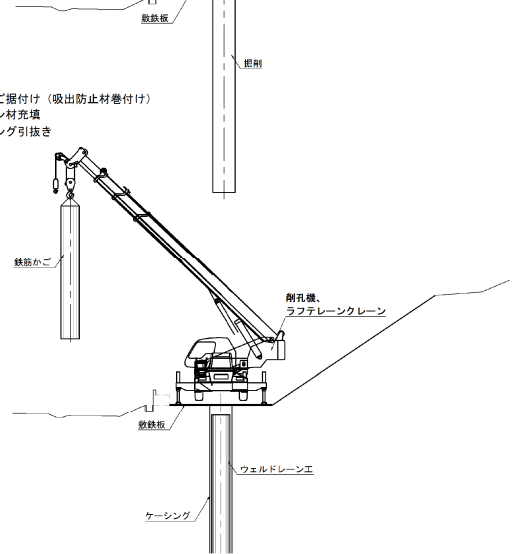


図-6 ウエルドレーンの施工手順

## 4. 対策工の事後検証

### (1) 2019年台風19号出水時のモニタリング結果

ウエルドレーン完成後の2019年10月台風19号出水では、近畿地方中部で激しい雨が降り、木津川佐山地区では、右岸6.0kの痕跡水位でT.P.+17.31m2017年台風21号出水（T.P.+17.67m）と同程度まで河川水位が上昇した。この出水時に、堤体・堤内地の状況、透水層の地下水位（圧力水頭）、河川水位のモニタリングを実施した。

佐山地区の漏水の状況は、噴砂を伴う基盤漏水2箇所と小規模な基盤漏水1箇所が発生した。漏水箇所はいずれも2017年台風21号で漏水した箇所であった。なお、2017年と比較すると、漏水箇所数は9箇所以上から3箇所に減少しており、噴砂口の規模及び噴砂・漏水量も小さくなっている。また、2017年出水で漏水のあった木津川に最も近い箇所では発生しなかった。

出水時に、透水層の圧力水頭がウエルドレーン頂部の

設置敷高(T.P.+13.4m程度)以上となると、ウエルドレーンから排水されていることを確認した。なお、ウエルドレーンからの排水に濁りや土砂の流出は確認されず、出水前後の堤防横断測量の結果では、堤体に変化が見られなかった。

漏水発生箇所では、出水後にトレンチ調査を実施した。近傍の平均的な被覆土(粘性土)層厚は4m程度であるが、漏水箇所では、粘土層内に緩い砂層が鉛直に貫入して被覆土層厚が薄くなっている状況を確認した。また、噴砂土の粒度試験の結果、噴砂は粘性土層(Ac層)直下の砂礫層(Asg2層)の土であることが明らかとなった。

### (2) 漏水対策工の効果検証

検証した3次元解析モデルを用いて、2019年台風19号出水時の外力条件でウエルドレーン有無の計算を行うことにより、ウエルドレーンの対策効果を検討した。計算結果より、ウエルドレーンの効果により堤内地の地下水位が最大1.6m程度、漏水箇所(R5地点)でも1.0m程度低下



したと推定された。

これより、対策工としてのウェルドレーンの設置は、堤内地の地下水位を低下させ、基礎地盤のパイピングに対する安全性を向上させる効果があったと言える。

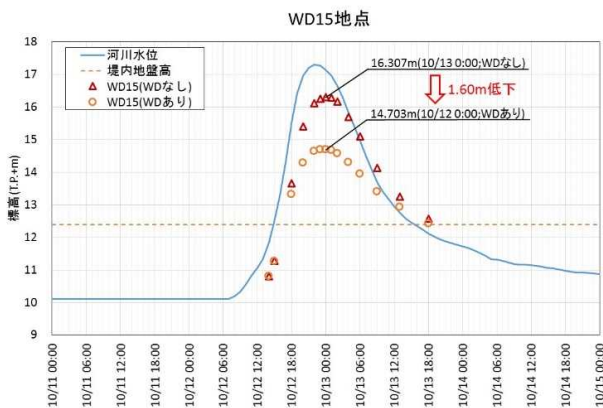
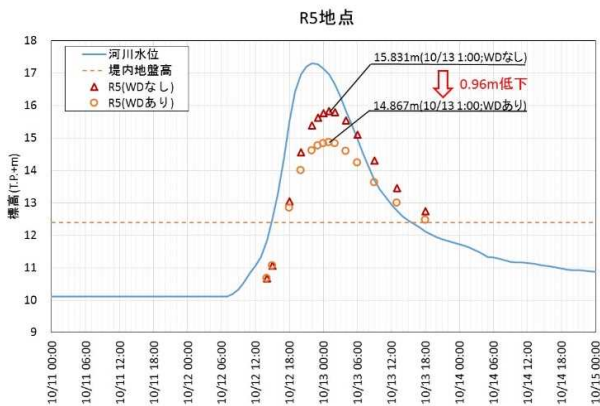
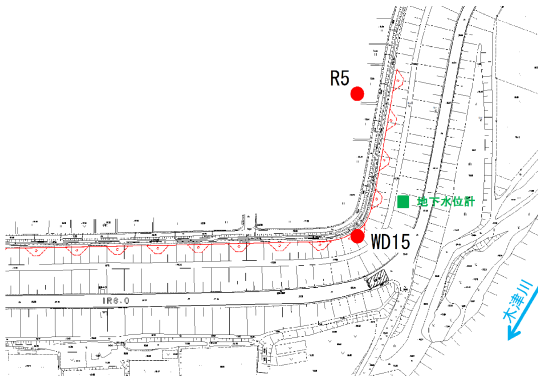


図7 ウェルドレーン有無の地下水位比較

## 5. おわりに

木津川佐山地区では、基盤漏水対策としてのウェルドレーンを設置したことにより、出水時の堤内地の地下水位を低下させ、基礎地盤の浸透破壊に対する安全性を向上させることができた。

一方、今次出水はウェルドレーンの設計水位以下であったが、堤内地の3箇所でも漏水が発生した。現地調査の結果から、佐山地区では被覆土層が非常に薄い箇所が存在し、このような地質構造の箇所では設計水位以下でも浸透破壊による漏水が発生することが明らかとなった。

ウェルドレーンは、全国的に設置事例も少なくその効果について十分検証されていない工法であるため、事務所では、引き続きモニタリングを実施していくとともに対策工の検証に取り組んでいくものとしている。

謝辞：本検討については、淀川河川事務所内に設置されている『淀川河川事務所管内堤防破壊時の堤防調査委員会』（委員長：岡二三生 京都大学名誉教授）に有益なご助言を頂いた。ここに感謝の意を表します。

## 参考文献

- 財団法人国土技術研究センター：河川堤防の構造検討の手引き（改訂版），平成24年2月
- 国立研究開発法人 土木研究所：堤内基盤排水工法マニュアル（試行版），平成29年1月
- 有本浩太郎，嶋田剛士：平成29年台風21号による木津川基盤漏水の調査報告，平成30年度近畿地方整備局研究発表会
- 與田敏昭，文字聖，田中大樹，岡二三生：木津川における堤内基盤排水工法の検討（その1），第55回地盤工学研究発表会(投稿中)
- 與田敏昭，文字聖，田中大樹，岡二三生：木津川における堤内基盤排水工法の効果と漏水原因の検討，2020年度土木学会全国大会(投稿中)

# 福知山市街地における 床上浸水対策特別緊急事業の完了について

卯路 貴史<sup>1</sup>・中村 勇太<sup>2</sup>

<sup>1</sup>近畿地方整備局 淀川河川事務所 施設管理課 （〒573-1191大阪府枚方市新町2-2-10）

<sup>2</sup>近畿地方整備局 足羽川ダム工事事務所 工務課 （〒918-8239福井県福井市成和1-2111）

2014年8月の前線豪雨により福知山市街地で大きな内水被害が生じたことから、国土交通省、京都府、福知山市が連携し、総合的な治水対策に取り組んできた。この総合的な治水対策は、概ね5ヶ年程度で2014年8月豪雨と同程度の降雨が発生した場合における床上浸水の概ね解消を目指して、国土交通省は、「床上浸水対策特別緊急事業」として排水機場の新設と、既存排水機場へのポンプの増設を実施した。

本論文では、福知山市街地における総合的な治水対策及び床上浸水対策特別緊急事業の概要について報告する。

キーワード 内水対策、総合的な治水対策、床上浸水対策特別緊急事業、排水機場整備

## 1. はじめに

### (1) 福知山市街地の概要

福知山市の中心市街地は福知山河川国道事務所が管理する、由良川水系由良川の中流部が貫流する福知山盆地に位置しており、古くから丹後地方の中心都市として発展してきた北近畿の中核都市である。国道9号をはじめとする多くの国道やJR山陰本線等の鉄道が通る交通の要衝となっており、内陸工業団地として日本有数の長田野工業団地を有している。1975年以降、水田や山地等で宅地化が進行している。

福知山市街地は周囲を由良川と山々に囲まれた低平地となっており、由良川支川の弘法川、法川が流れている。地盤高は由良川の計画高水位よりも低くなっており、由良川の水位が上昇すると弘法川、法川の水は自然排水できなくなるため、荒河排水機場、法川排水機場の2排水機場と弘法川緊急排水ポンプ設備により内水排除が行われている。

### (2) 福知山市街地におけるこれまでの内水対策

福知山市街地では1953年9月の台風第13号による洪水で大きな内水被害を受けたことを契機に、建設省（現国土交通省）による内水対策が実施されてきた。1974年には、それまで弘法川と合流して北流し現在の荒河排水機場地点で由良川に流れ込む内水河川であった和久川を、弘法川と分離して捷水路で由良川に直接合流させ、弘法川はサイフォンにより和久川の下を横過させることで、和久川流域の水を福知山市街地にいれずに由良川に直接排水させる事業が完成した。さらに1995年には10m<sup>3</sup>/sの

排水能力を有する荒河排水機場が、2001年には12m<sup>3</sup>/sの排水能力を有する法川排水機場がそれぞれ完成し、2002年には5m<sup>3</sup>/sの排水能力を有する弘法川緊急排水ポンプ設備が整備された。

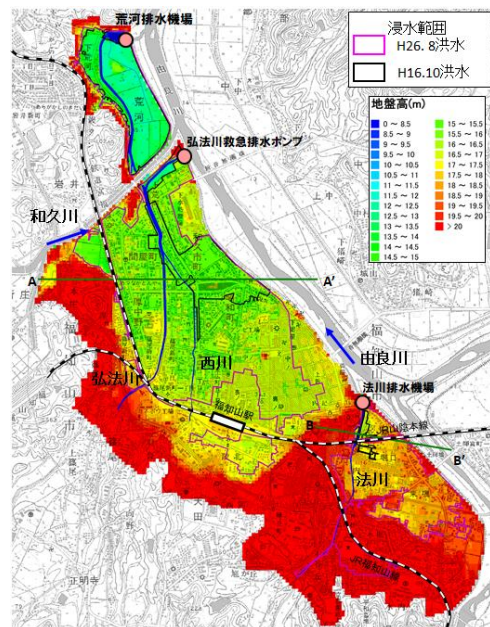


図-1 福知山市街地の地盤高分布

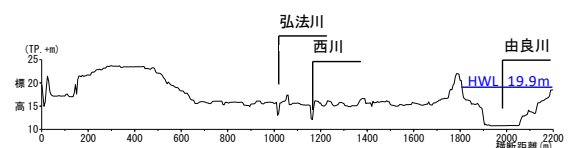


図-2 A-A'断面図



2. 福知山市街地における内水浸水被害

(1) これまでの内水浸水被害

福知山市街地では近年、2004年10月の台風23号、2013年9月の台風18号、2014年8月の集中豪雨による内水浸水により浸水被害が発生している。特に2014年は1,500戸もの床上浸水家屋が発生した大きな浸水被害であった。

表-1 福知山市における浸水被害

年	日付	被災原因	床上浸水(戸)	床下浸水(戸)	備考
2004	10/18	台風23号	199	113	水害統計
2013	9/15	台風18号	690	279	府記録
2014	8/15	集中豪雨	1,586	1,712	福知山市HP

(2) 2014年8月豪雨による内水浸水被害

2014年8月から17日明け方にかけて、京都府では停滞する前線に向かって南から暖かく湿った空気が流れ込み、大気の状態が非常に不安定となり、局地的に雷を伴った猛烈な雨が降った。

福知山市では、福知山観測所で観測以来最大の335mm/2日を記録する等、局地的、集中的で激甚な降雨が生じた。

この大雨により、福知山市中心部の広い範囲で内水により、床上浸水家屋1,586戸、床下浸水家屋1,712戸もの浸水被害が生じた。また、国道9号や府道24号等の幹線道路が冠水する等、甚大な被害が発生した。

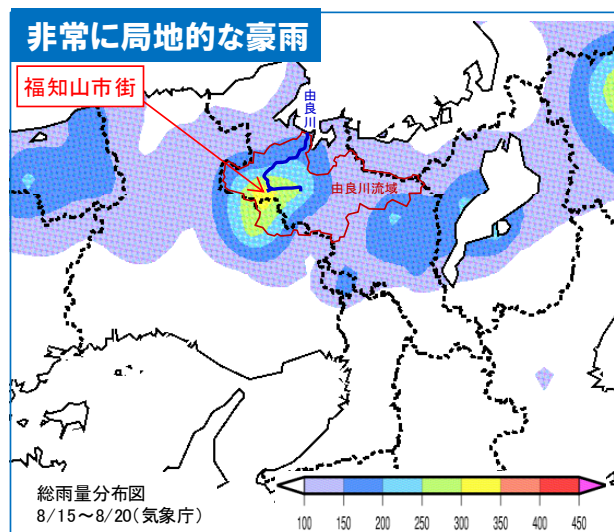


図-3 総雨量分布図 (8/15~8/20) (気象庁資料に加筆)

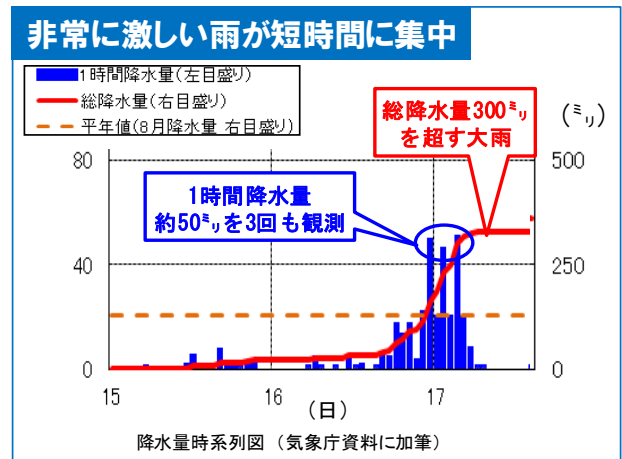


図-4 降雨時系列図 (2014年8月豪雨) (気象庁資料に加筆)

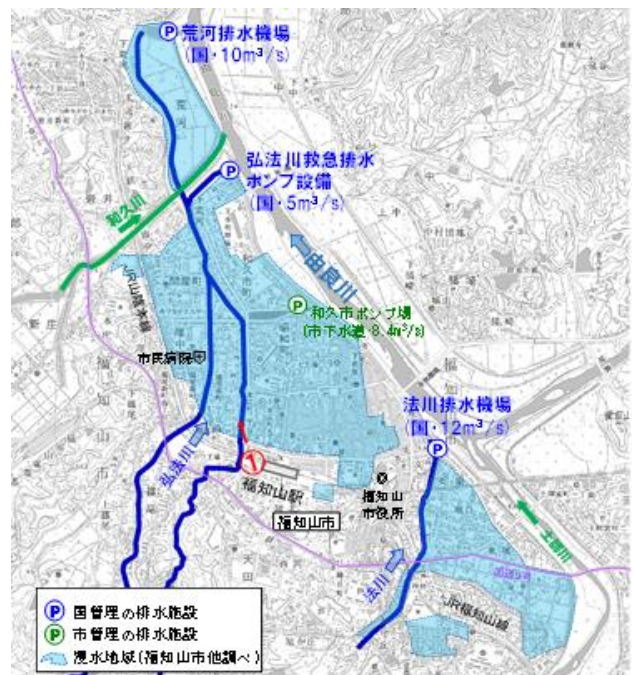


図-5 浸水実績範囲図 (2014年8月豪雨)



図-6 浸水状況写真 (2014年8月豪雨) (図-5の①の方向)



### 3. 由良川流域（福知山市域）における総合的な治水対策

#### (1) 総合的な治水対策協議会

2014年8月の洪水による浸水被害を受け、国・京都府・福知山市が連携、調整を図り、浸水被害の要因分析を実施すると共に、浸水被害を防止・軽減するため「由良川流域（福知山市域）における総合的な治水対策協議会」（以下「協議会」）が設立された。

#### (2) 2014年8月洪水を踏まえた主な課題

協議会での議論を踏まえて、以下の課題が整理された。

- a) 府管理河川からの溢水による外水氾濫の発生
- b) 樋門閉鎖による内水氾濫の発生
- c) 下水道の排水能力超過による内水氾濫の発生
- d) 河川の溢水と内水氾濫の複合的な災害への対応

#### (3) 福知山市街地における内水対策の目標

由良川流域（福知山市域）の地形的な特徴等を踏まえ、弘法川及び法川流域における整備目標が以下の通り設定された。

##### a) 短期（概ね5ヶ年程度）目標

2014年8月豪雨と同程度の降雨が発生した場合での床上浸水の概ね解消を目指し、由良川本川の整備状況を踏まえつつ、総合的な内水対策を実施する。

#### b) 中・長期目標

中・長期の対策は由良川本川の整備状況や、由良川流域全体の対策の進捗を踏まえ検討する。

#### (4) 対策案の役割分担の考え方

国、府、市の役割分担は次のように設定された。

##### a) 国土交通省

由良川本川の出水時に、本川の樋門が閉鎖することにより生じる内水被害の軽減を図るため、排水ポンプ等を整備する。

##### b) 京都府

弘法川、法川の外水氾濫の被害軽減を図るための河川改修と由良川本川の樋門が閉鎖することにより生じる内水被害の軽減を図るため、貯留施設と排水ポンプ等を整備する。

##### c) 福知山市

弘法川、法川の外水氾濫の被害軽減を図るための河川改修と由良川本川の樋門が閉鎖することにより生じる内水被害の軽減を図るため、貯留施設と排水ポンプ等を整備する。

#### (5) 短期対策案と実施主体

短期の目標を達成するための対策案と実施主体については、表-2のとおりとされた。このうち、国土交通省では27m<sup>3</sup>/sの排水機場整備（緊急排水ポンプ設備含む）を実施する。

表-2 対策案と実施主体

区分		新たに実施する対策案	実施主体
ハード対策	排水ポンプ等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・排水機場整備（常設ポンプ、緊急ポンプ等）：27m<sup>3</sup>/s</li> <li>・排水機場整備（緊急ポンプ等）：11m<sup>3</sup>/s</li> <li>・排水ポンプ車ピット新設（別事業）：11m<sup>3</sup>/s相当</li> <li>・排水機場機能高度化（耐水化他）</li> <li>・和久市ポンプ場増強（耐水化等含む）：1m<sup>3</sup>/s</li> </ul>	国土交通省 京都府 国土交通省 国土交通省 福知山市
	河川改修	<ul style="list-style-type: none"> <li>・弘法川 L=3.0km</li> <li>・法川 L=1.4km</li> </ul>	京都府 京都府
	貯留施設等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・貯留施設新設：1万m<sup>3</sup></li> <li>・調節池：20万m<sup>3</sup></li> <li>・調整池及びため池改良等：21万m<sup>3</sup></li> <li>・オンサイト貯留：2万m<sup>3</sup></li> <li>・既設下水道管増強</li> </ul>	福知山市 京都府 福知山市 福知山市 福知山市
ソフト対策		<ul style="list-style-type: none"> <li>・開発に伴う調整池設置等の促進</li> <li>・各戸における貯留浸透施設等の促進</li> <li>・水位計及びCCIVカメラ等の設置による監視体制の強化</li> <li>・内水ハザードマップ作成等による避難警戒意識の啓発</li> <li>・各戸、事業所等の耐水化</li> <li>・保水力の回復・増進</li> </ul>	開発者・京都府・福知山市 地元・福知山市 京都府・福知山市 福知山市 地元・福知山市 地元・福知山市

(6) 短期対策案を実施した場合の被害軽減効果

国、府、市が協力し短期対策案を実施した場合、2014年8月豪雨における浸水被害エリアが大幅に縮小され、床上浸水被害が概ね解消する。（図-7、8）

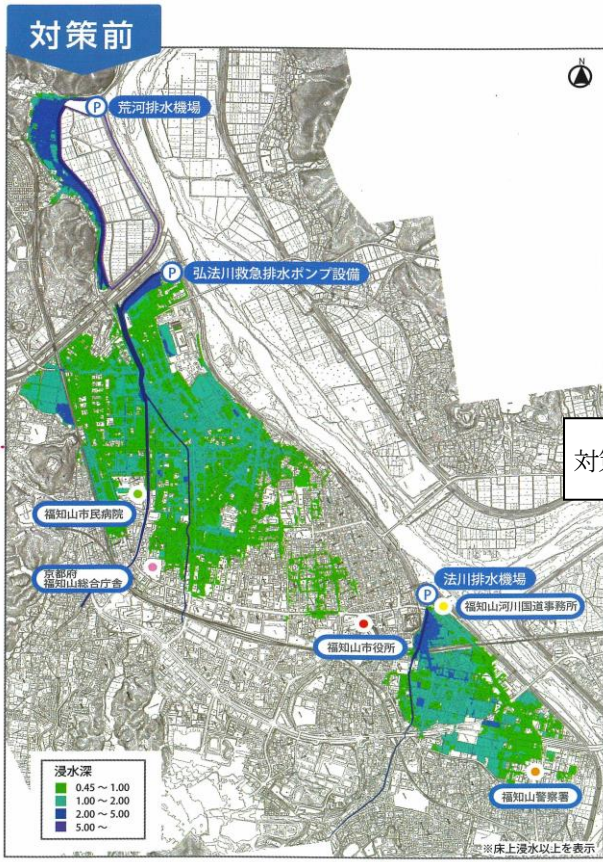


図-7 想定浸水状況（対策前）

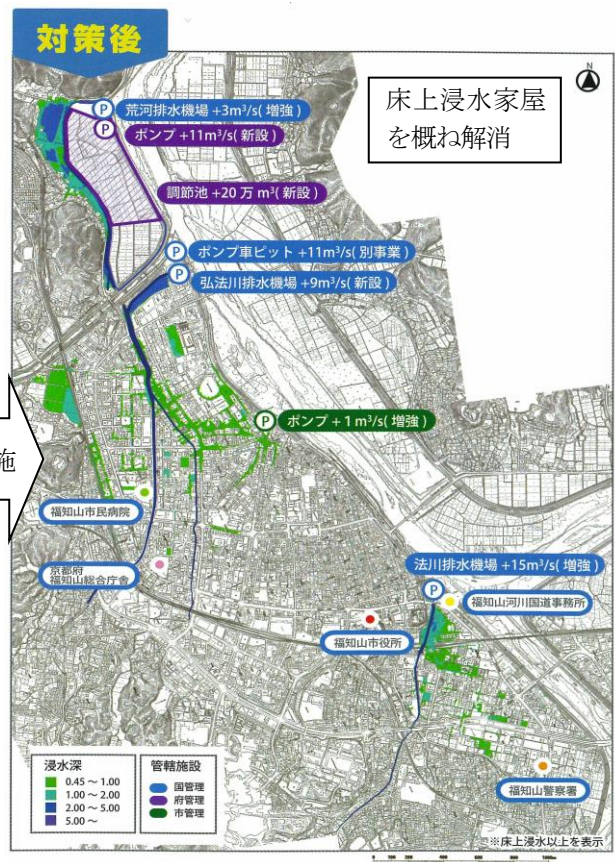


図-8 想定浸水状況（対策後）

4. 由良川床上浸水対策特別緊急事業（福知山地区）

福知山市域の総合的な治水対策のうち、国土交通省が実施する27m<sup>3</sup>/sの排水機場整備は床上浸水対策特別緊急事業として採択され、平成27年から概ね5年間で実施されている。

これら27m<sup>3</sup>/sの内訳は表-3のとおりで、これらの対策を実施することで、福知山市域において年超過確率1/30規模の洪水に対して、床上浸水を概ね防止することができる。

表-3 床上浸水対策特別事業内容

整備内容（箇所）	排水量
緊急排水ポンプ設備整備（法川）	15m <sup>3</sup> /s
緊急排水ポンプ設備整備（荒河）	3m <sup>3</sup> /s
排水機場整備（弘法川）	9m <sup>3</sup> /s

5.各排水機場の概要

由良川床上浸水対策特別緊急事業において、福知山河川国道事務所で整備を行った排水機場は以下のとおりである。

- (1)法川排水機場（図-9） 排水量 15m<sup>3</sup>/s  
 諸元：コラム形水中モータポンプ 1.5m<sup>3</sup>/s × 2台（2016年施工完了）  
 コラム形水中モータポンプ 2m<sup>3</sup>/s × 6台（2019年施工完了）



図-9 法川排水機場



- (2) 荒河排水機場（図-10） 排水量 3m<sup>3</sup>/s  
 諸元：コラム形水中モータポンプ 1.5m<sup>3</sup>/s × 2台  
 （2016年施工完了）



図-10 荒河排水機場

- (3) 弘法川排水機場（図-11） 排水量 9m<sup>3</sup>/s  
 諸元：立軸斜流ポンプ 4.5m<sup>3</sup>/s × 2台  
 （2020年施工完了）



図-11 弘法川排水機場

## 6. 排水機場整備における工夫等

### (1) 既存施設の有効利用による早期効果発現

法川排水機場、荒河排水機場にはそれぞれ緊急排水ポンプ用のコラムパイプが設けられていた。この既存のコラムパイプを有効活用することで、各排水機場で3m<sup>3</sup>/sの排水能力増強を2016年度までに実施し、早期効果発現を図った。（図-12）



図-12 整備後の状況写真（法川排水機場）

### (2) 点群データ測量の実施

弘法川排水機場において、今後の維持管理におけるCIM活用を推進するため、「CIM導入ガイドライン（案）」に基づき、排水機場および周辺部の点群データを3Dレーザースキャナにより取得した。（図-13,14）

地震等の災害が発生した場合、再度点群データを取得することによって、災害による変状箇所を早期に把握することができる。また、更新計画が必要になった際にも有効活用することができると考えている。

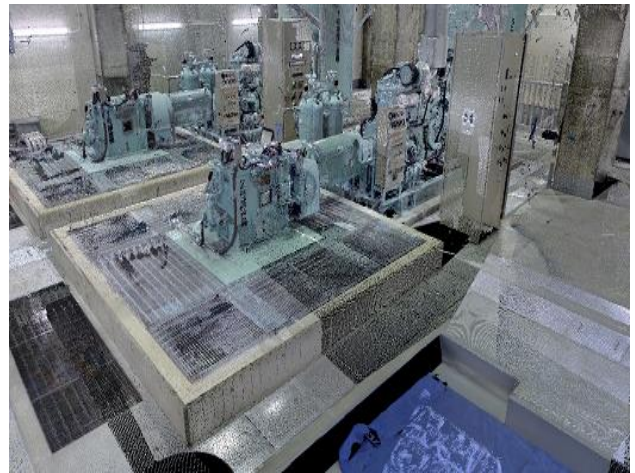


図-13 機場内の点群データ

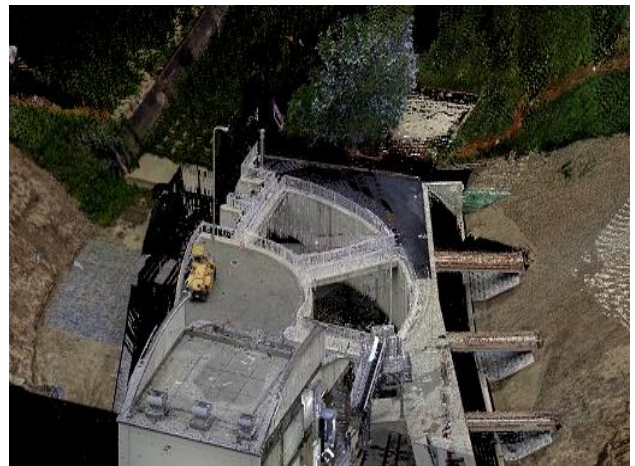


図-14 屋外の点群データ

### (3) 新技術活用による経済性の向上

ポンプ始動方式に当初予定していた限流リアクトル付コンドルファから特殊コンドルファ始動機（NETIS登録番号：KT-140120-VE）に変更したことにより、発電機容量を1100KVAから800KVAに変更することができた。これにより、燃料消費量を低減させたほか、CO<sub>2</sub>排出による周辺環境への影響抑制を図った。

また、発電機容量を小さくすることができたため、発電機本体の納期を短縮することが出来た。



## 7. おわりに

2015（平成27）年度より国・京都府・福知山市が実施してきた福知山市域における総合的な治水対策は2020年5月末で概ね完成し、国土交通省が主体となって整備してきた法川排水機場および荒河排水機場におけるポンプ増強、弘法川排水機場の新設ポンプは現在運用が開始されている。

由良川流域では、2018年10月台風21号や2019年7月豪雨において大規模な内水浸水による被害が発生したこともあり、これからも関係機関との連携のもと、流域全体における治水対策を進めていくことが必要である。

内水対策をはじめ由良川流域の治水対策の取り組みが、少しでも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協力を賜った関係者の方々に深く謝意を表します。