

# 外水氾濫を考慮した地区防災タイムラインの運用上の課題

## ISSUE OF COMMUNITY DISASTER MANAGEMENT PLAN ON TIMELINE BY TAKING THE REAL INUNDATION BY RIVER WATER INTO CONSIDERATION

前中裕貴<sup>1</sup>・向井凌平<sup>1</sup>・田中耕司<sup>2</sup>・竹之内健介<sup>3</sup>・西澤諒亮<sup>4</sup>・玉木秀幸<sup>5</sup>・東良慶<sup>2</sup>  
Hiroki MAENAKA, Ryohei MUKAI, Kohji TANAKA, Kensuke TAKENOCHI,  
Ryosuke NISHIZAWA, Hideyuki TAMAKI and Ryokei AZUMA

<sup>1</sup>学生会員 学(工) 大阪工業大学大学院工学研究科 (〒535-8585 大阪市旭区大宮5-16-1)

<sup>2</sup>正会員 博(工) 大阪工業大学工学部都市デザイン工学科 (〒535-8585 大阪市旭区大宮5-16-1)

<sup>3</sup>正会員 博(情) 京都大学防災研究所 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

<sup>4</sup>正会員 修(工) (株)建設技術研究所大阪本社防災室 (〒541-0045  
大阪市中央区道修町1-6-7 北浜MIDビル)

<sup>5</sup>非会員 学(工) 国土交通省近畿地方整備局紀南河川国道事務所 (〒646-0003 和歌山県田辺市中万呂142)

This study is to reevaluate influence to give a district and community disaster prevention plan based on the safe degree that the typhoon damaged at present. The object area is the Funada of the Kihou town, Mie prefecture in Japan. In this area, serious damage occurred by typhoon No.12 in September, 2011. The ring levee around this area had been constructed due to prevention of the flood as well as one of typhoon No.12 in September, 2011. The inland flooding became the threat for inhabitants than the risk of the outside flooding over the top of the ring levee. We discussed the criterion to the district disaster prevention plan along the timeline about the need to specify a refuge criteria corresponding to the inland waters flooding for a disaster prevention plan from a simulation result after the improvement.

**Key Words :** Community disaster management plan, Timeline, flood inundation simulation

### 1. はじめに

近年、台風の襲来や広域的な梅雨前線による豪雨は、河川氾濫や堤内地の内水氾濫を引き起こし、尊い命ばかりでなく、甚大な資産被害をもたらしてきた。その一方で、タイムライン防災<sup>1)</sup>という、時間軸で防災行動を規定することでスムーズな行政の判断や行動のみならず、住民への避難勧告・指示を発令することが可能であることが期待され、現在多くの行政機関・地方自治体がその策定を行っている。行政機関がタイムラインに沿った住民への情報提供も規定されており、ルール通りに行動すれば、一見避難がスムーズにいくように錯覚するが、地区単位での氾濫開始や内水氾濫など時間的にも異なることが予想されるために、必ずしも十分でないことが多い。そこで、本論文で対象にした地区は、地区防災計画<sup>2)</sup>に基づくタイムラインを運用している。

本研究では、この地区における水防災上の判断・行動を促進するためのタイムラインに対する住民の認知状況

を調査した。さらに、平成23年9月紀伊半島大水害での経験知と内水氾濫への危機意識の状況から、外水氾濫を基本としたタイムラインの作成の課題について考察する。さらに、これを解消するための内水氾濫の解析を実施し、現状の氾濫状況を把握するだけでなく、タイムラインにおける付加情報について考察する。最後に今後、行政の保有する地域防災計画に基づく地区タイムラインを策定するにあたり、考慮すべき課題について言及する。

### 2. 対象地区と地区タイムライン

#### (1) 対象地区の概要

鮎田地区（人口334人（2018年5月31日時点））は、図-1および図-2に示すように、新宮川水系熊野川支川相野谷川の下流に位置し、過去に幾度となく内外水氾濫・土砂災害による被害を受けている。そのため、災害対策として地区の一部が輪中堤で囲まれている。2011年9月台風12号によってもたらされた紀伊半島大水害では最大

水位時（TP. 13.8m）に対策水位（TP.9.4m）を4.4m超過し、輪中堤を越水、土石流の発生等、地区に甚大な被害を及ぼした。そのため、早期に避難判断・行動を迫られる地区である。なお、国土交通省が実施した激時事業の概要<sup>3)</sup>によれば、図-3に示すように、2011年の災害以後激甚災害の指定を受け、輪中堤の嵩上げや砂防ダムの建設が完了している。

## (2) 地区タイムラインの概要

紀宝町鮎田地区の地区タイムラインは、地域の守り手の命を守るために、「誰が」・「いつ」・「何を」すべきか取りまとめた地区向けの防災タイムラインである。また地区タイムラインで決められている行動を参考に、台風接近時には早目の避難を心がけ、地域のすべての人が安全に避難できるように協力して、地域を守ることを目的としている。そのため、表-1に示すように、鮎田地区の地区タイムライン<sup>4)</sup>では、地区役員等は台風接近の段階に応じて、地区タイムラインのレベル1のときは災害の準備、レベル2～3のときは災害情報の伝達や声掛け、レベル4のときは避難の実施等の災害対応を行うことが記載されている。また地区内の各住民に関しても、時系列で行動判断や行動内容が記載されている。ただし、後述のアンケート調査からもわかるように、すべての住民が地区タイムラインを理解し、地区タイムラインに基づいて行動しているわけではない。

## 3. 平成29年10月台風21号での避難状況

### (1) ヒアリング調査

本研究では、平成29年10月台風21号での住民の避難判断・行動や地区住民に日常生活行動を調査するために、全世帯（136世帯）を対象に、平成30年8月7日～11日および26日の計6日間にかけて聞き取り調査を実施した<sup>5)</sup>。聞き取り調査の項目は、以下の①～④の4項目である。これらの項目は、著者らが別途行っている生活防災タイムラインの開発に向けた研究調査と併行したため、4つの項目となっている。本研究ではこれらの項目①ならびに③の結果が調査対象となる。

①では、2017年10月に台風21号が接近し、地区内で内水氾濫が発生し家屋の浸水だけでなく、道路の冠水により孤立した住民が多かった。そのため、まず2017年10月の台風21号時の状況を確認することで実際の地域の対応状況を把握し、項目③では地区タイムラインの認識や理解の状況を確認した。

- ①2017年10月台風21号接近時の情報収集、避難判断行動
- ・避難の有無
  - ・避難情報をどの方法で知ったのか



図-1 鮎田地区の位置関係図

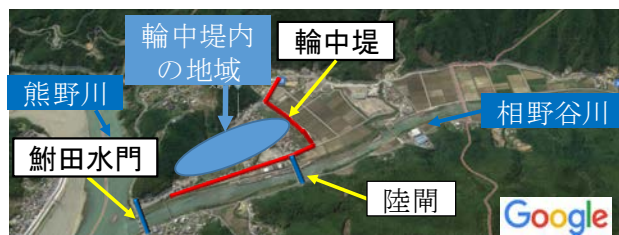


図-2 鮎田地区の災害防御施設

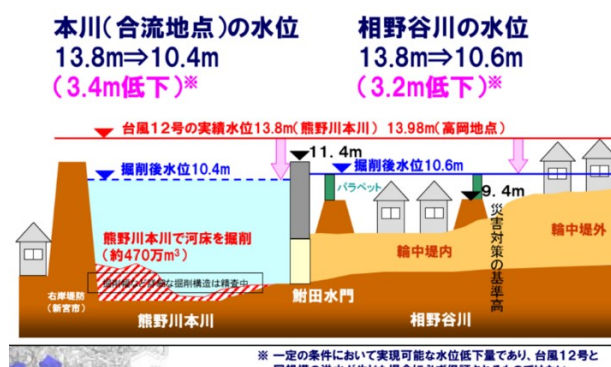


図-3 鮎田地区の災害対策

- ・当時避難について誰と相談したか
  - ・なぜ避難したか、避難しなかったか
- ②地区タイムラインの理解
- ・タイムラインを知っているか
  - ・タイムラインを利用したいか
  - ・タイムラインとしてどのようなことが必要か
- ③地区住民の地区の興味と繋がり
- ④日常での生活行動

また聞き取り調査は、アンケート用紙を用いながら話を聞く、半構造化インタビューの形式を採った。聞き取り調査の結果、地区世帯数136世帯に対し126世帯（約93%）から回答を得た。ヒアリングの被験者の内訳は、男性35%、女性65%、ヒアリングの対象者全体の70%が60歳を超えていた。女性の割合が多い理由として、調査を実施した6日間のうち4日間が平日の日中であったことなどが要因の一つと考えられる。また、地区の年齢構成

表-1 紀宝町鮎田地区の地区タイムライン

| レベル             |                 | レベル1                                                                                                           | レベル2                                                   | レベル3                                                                                        | レベル4                                                | レベル5                       |
|-----------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------|
| 目安時間<br>または状況   |                 | 台風上陸の5～3日前                                                                                                     | 台風上陸の2日前                                               | 台風上陸の1日～12時間前<br>または暗くなる前                                                                   | 台風上陸の6時間前                                           | 台風上陸以後                     |
| 必要な情報           |                 | ・最新の台風情報の入手                                                                                                    | ・最新の台風情報の入手<br>・熊野川、相野谷川上流部の雨量情報<br>・ダム水位や放流量<br>・潮位時間 | ・最新の台風情報の入手<br>・熊野川、相野谷川上流部の雨量情報<br>・相野谷川高岡地点水位情報・ダム水位や放流量<br>・ダム水位や放流量<br>・潮位時間            |                                                     |                            |
| 行動・避難する基準       |                 | 【行動基準】<br>熊野川流域が5～3日後の台風の予報円に入っていること                                                                           | 【行動基準】<br>熊野川流域が2日後の台風の予報円に入っていること                     | 【避難開始基準】<br>・三重県南部、和歌山県南部で24時間総雨量が400mm以上予想<br>・桐原雨量観測所で2時間で50mm以上観測された場合<br>・高岡水位が4.10mに到達 | 【避難勧告の基準】<br>・避難勧告<br>・高岡水位が5.23mに到達<br>・土砂災害警戒情報発令 | 【避難指示の基準】<br>・高岡水位6.19mに到達 |
| 自主的に避難<br>ができる人 | 地区内へ避難<br>する人   | 【事前準備】<br>・家庭の台風対策<br>・台風情報を取得する<br>・非常持ち出し品、常備薬の準備<br>・家財、車両、農機具等の個人財産を守る準備<br>・自宅周辺の排水機場、樋にゴミが詰まっていないか等点検する。 |                                                        | ・地区の避難所：大通寺への避難の実施                                                                          | 全住民の避難完了                                            |                            |
|                 | 地区外へ避難<br>する人   |                                                                                                                |                                                        | ・地区外へ避難したことを自主防災組織に連絡                                                                       |                                                     |                            |
| 『見守り隊』<br>名簿登録者 | 避難支援が必要な人       |                                                                                                                |                                                        | ・地区の避難所：大通寺への避難の実施                                                                          |                                                     |                            |
|                 | 福祉避難所へ<br>避難する人 |                                                                                                                | ・福祉避難所へ避難を依頼                                           | ・福祉避難所へ避難を実施                                                                                |                                                     |                            |
| 自治会<br>自主防災組織   |                 | ・伝達、通信手段の動作確認<br>・地区防災行政無線<br>・簡易デジタル無線機                                                                       | ・避難所開設の調整と伝達<br>・避難所備蓄品の確認<br>・避難を支援する人への事前予告          | ・避難基準情報の入手<br>・避難所の開設と運営<br>・自主避難の判断と地区内の呼びかけ<br>・避難行動要支援者の支援実施                             |                                                     |                            |
| 民生委員            |                 | ・避難行動要支援者名簿の確認<br>・避難行動要支援者の状態確認、支援状況確認<br>・避難行動要支援者の情報共有<br>・避難行動要支援者に注意喚起                                    | ・地区内の状況把握と情報共有<br><br>・避難行動要支援者への避難所開設時刻の伝達および支援       | ・避難行動要支援者への支援を完了後、自身も避難を実施                                                                  |                                                     |                            |
| 紀宝町役場           |                 | ・町タイムライン始動開始について自主防災組織に連絡                                                                                      | ・消防団出動要請                                               | ・福祉避難所へ避難する要支援者の調整および支援                                                                     |                                                     |                            |

と職業を対比すると、60代以上が多くかつ無職の方が多い。これは、既に退職し、高齢化していることと関係している。

さらに、鮎田地区は、発生しうる災害形態（外水氾濫、内水氾濫、土砂・流木災害）が各エリアで異なっている。それに応じて、避難判断・避難行動のタイミングに相違が生じていることを聞き取り調査で推測できた。そこで、鮎田地区を災害形態に応じた6つのエリアに分けて集計した。各エリアの災害形態は、図-4に示すように外水氾濫の危険性が高い2地区（エリア1、2）、外水氾濫の危険性に加えて土砂・流木災害の危険性が高い1地区（エリア3）、エリア4および5においては外水氾濫の危険性があるばかりでなく、エリア4および5の一部では内水氾濫の危険性が高い2地区、および比較的 안전한高台の地区（エリア6）に分割した。特に、エリア6は豪雨による災害のリスクは極めて低いものの、エリア1から5の低平地に居住している住民の避難受入のための炊き出しの準備を行うことが慣習化されている地域であり、調査対象から除外しないこととした。

## (2) 避難状況と情報収集

2017年台風21号接近時の鮎田地区全体の災害対応については、図-5に示すように全体で75%の住民が避難しなかったが、内水氾濫が発生したエリア4、5の住民は比較的避難している。一方で、避難しなかった理由として、図-6に示すように、安全だと判断（40%）、自宅の方が



図-4 鮎田地区内の懸念される災害形態

安全（35%）という住民が多く、浸水が発生しても自宅の方が安全という判断を行っている住民も多かった。一方で、図-7に示すようにほとんどの住民が気象情報や災害情報をテレビやラジオ（22%）、地区の放送（32%）、自治会の放送（14%）等で収集していることを確認した。地区内では、これらの情報収集先とは別に、Push型の情報提供手段として自治会長を中心とした独自のLineグループが構築されており、また防災行政無線による地区独自の情報共有が行われていることも調査を通じて確認されている。このことから、住民の自発的な情報収集能力が備わり、さらに地区からの情報を受容し理解する能力が十分にあると考えられる。

各エリアの災害対応については、エリア4およびエリ



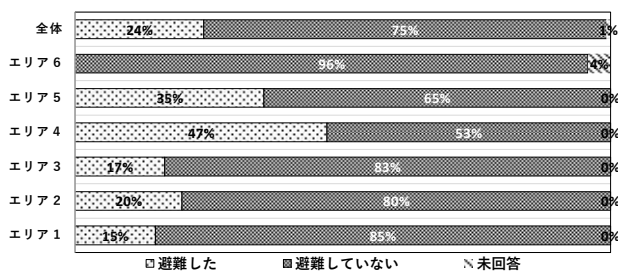


図-5 2017年10月台風21号で避難した割合

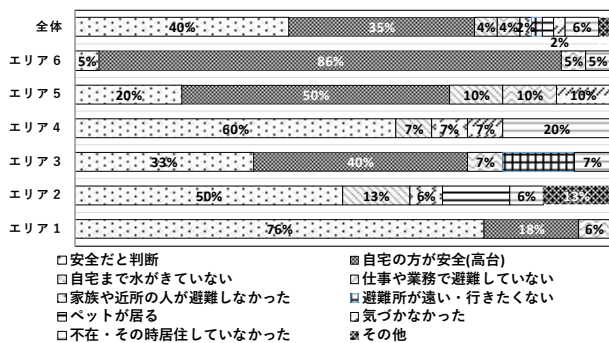


図-6 避難しなかった理由

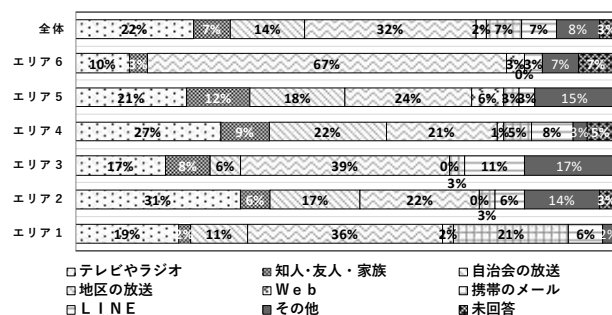


図-7 2017年10月台風21号での災害情報の収集方法

ア5では避難した住民の割合が他地区に比べ高かった。これらの地区の避難した理由は、図-8に示すように、内水氾濫が発生するなどして、危険だと判断したから(26%)、事前・早期避難することを意識していたから(21%)という理由であった。

地区タイムラインが一般の住民にどの程度周知され、理解されているかを確認した。その結果、図-9に示すように、「防災タイムライン」という言葉や策定された事実は知っていても、その内容を理解している住民は全体で19%と決して多くないことが確認された。地区タイムラインでは、相野谷川の河川水位や累加雨量に基づいて、対応行動が規定されている。特に輪中堤に設置されている陸閘の閉鎖のタイミングが避難する上でポイントなる。しかしながら、その閉鎖後に発生する内水氾濫や周辺での土砂災害がいつ起きてもおかしくない状況の中で、図-10に示すように、「川の水位を見て」と川の状況を気にしながら防災情報を収集し(21%)、避難の判断・行動を執っている住民も一定数いることも明らかとなった。これは、紀伊半島大水害での外水氾濫による甚大な被災経験に基づく行動であると考えられる。しかし、地区タ

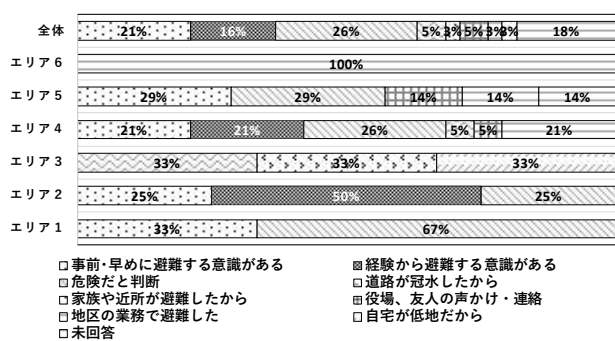


図-8 2017年10月台風21号で避難した理由

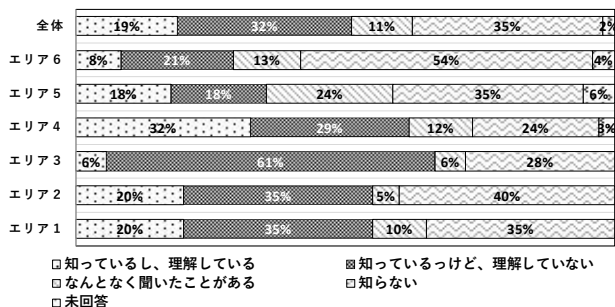


図-9 地区タイムラインの認知度

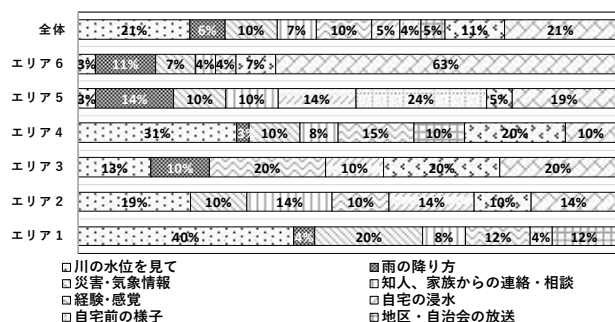


図-10 避難する判断となった情報

イムラインの理解を促すとともに、地区毎の災害形態だけでなく、外水氾濫の前に発生する内水氾濫や土砂災害に応じた情報収集、避難の判断・行動を規定していくことが必要である。

#### 4. 激特事業による河道改修後の内水氾濫

新宮川においては、紀伊半島大水害以後再度災害防止に基づく激特事業(河道改修、輪中堤等)が整備された。これにより、当該地区の大半を取り囲む輪中堤の天端高もそれまでT.P.9.4mからT.P.10.7mに改築された。一方で、既に実施されたヒアリングの結果から、激特事業の治水安全度の向上に対する具体的な効果が住民には浸透しておらず、今現在も当時の外水氾濫によって印象づけられた災害の経験が現存しているが現状である。内水氾濫の危険性については事実として認識しているもので、住民にとってはそれほどの危機感を持っていない。そのため、改修前後を問わず、内水氾濫は輪中堤に設置されている陸閘や樋門の閉鎖以後に発生することから、このよ

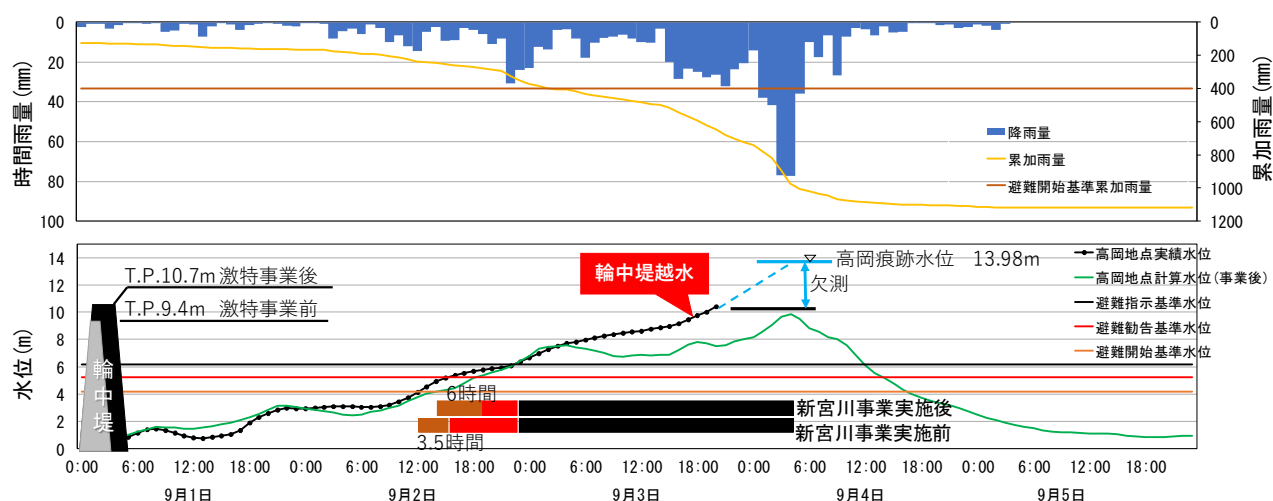


図-11 2011年9月台風12号(紀伊半島大水害)における実績水位と激特事業後の水位の比較ならびにタイムラインレベル3以降の開始時期

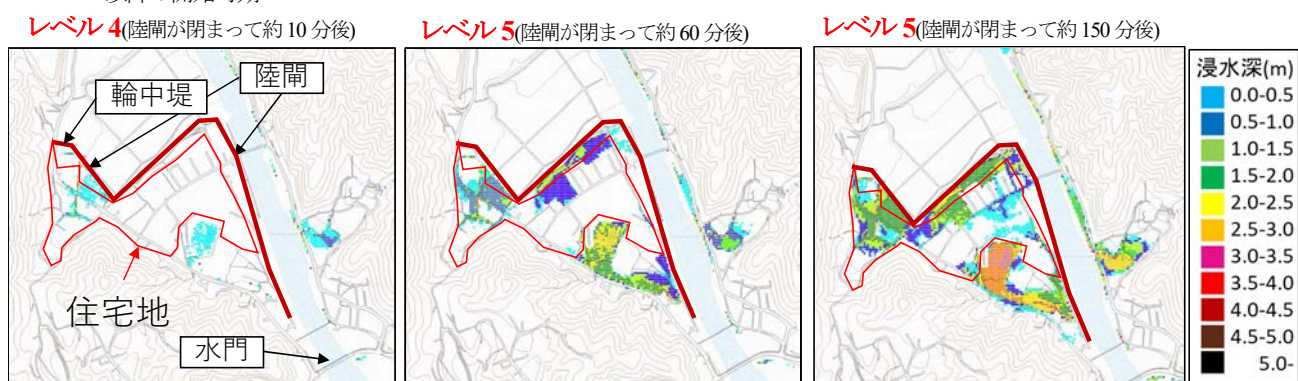


図-12 2017年10月台風21号の内水氾濫の再現計算結果(レベル4～5;住宅の浸水開始から孤立までの経過)

うな状況を住民に再度認識していただくことを目的として、自主防災組織で認知度が高い降雨を対象に解析を行った。解析条件は、2011年9月台風12号、2017年10月台風21号の2つを対象に、分布型流出モデルによる新宮川水系の流出量と潮位を境界条件として、一次元不定流計算<sup>7)</sup>を用いて熊野川および相野谷川の水位を計算した。この解析では、過去の被災経験が避難判断・行動に影響を与えることに配慮し、激特事業後の河道断面を用いた。この条件から得られた時間的な外水位と鮎田周辺のレーダアメダス解析雨量を用いて、合成合理式で算定された地区内の小河川の流出量を求め、平面2次元氾濫ポンドモデルを用いて以下の計算を行った。

まず、住民が経験した紀伊半島大水害が再び襲来すると当該地区の氾濫はどのようなものかを解析した。図-11は2011年9月台風12号における当該地区のタイムラインでの判断基準となる高岡水位観測所の実績水位と熊野川改修後の高岡水位の計算結果を示している。これによれば、熊野川の背水の影響はあるものの、前記した輪中堤の嵩上げにより、外水氾濫は解消されることが理解される。しかしながら、本地区では相野谷川からの氾濫を防止するために陸閘を閉鎖するために内水氾濫が発生する。このときのおおむねの累加雨量が400mm前後ということが自治会の経験的数値として把握されている。さら

に、図中には、事業実施前後における地区タイムラインにおけるレベル3、4および5の開始時刻の違いを示している。これによれば避難を開始するレベル3の時間は約3時間余裕ができることが理解される。当時は輪中堤を越水し外水氾濫が発生したが、激特後は陸閘の閉鎖後は内水氾濫のみ発生することとなる。さらに、当時外水氾濫が起きる前には、内水氾濫が発生したことが推測される。しかしながら、当時の地区住民は外水氾濫に対する警戒心は強かったものの、内水氾濫への危機感はほとんどなく、結果として孤立した状態であったことが推測される。

次に、2017年10月台風21号での内水氾濫の状況を推測した。図-12は、当時の内水氾濫の再現計算を示している。この新宮川水系における流域平均雨量は既往最大第2位に相当し、相野谷川流域及び新宮市内の24時間雨量として観測史上第1位を記録した。住民が内水氾濫により孤立した時間帯は、タイムライン上のレベル4、5の段階である。レベル4の段階では道路冠水、一部の家屋浸水が発生し、レベル5では広域的に氾濫域が拡大し床上浸水も発生している。これらの一連の現象を捉えるための観測データはないものの、当時の状況が大方推測でき、孤立し避難が困難になった状態に陥ったことを裏付けた結果となった。この結果については、別途ワークショップ<sup>7)</sup>で住民に公表し、当時の状況を振り返り、おおむね

適合した結果であるとの評価を受けた。

## 5. タイムラインの改善方策

住民が抱く被災経験では当時の外水氾濫が支配的で、現在でもそのときの氾濫の発生の有無が避難判断・行動の目安となっていることが、住民とのワークショップで明らかになっている。したがって、このような解析結果を住民に示し、外水氾濫よりも内水氾濫による道路冠水、家屋浸水に着目したタイムラインの記述と説明が必要である。これにより、避難が不可能な状態、家屋の孤立のリスクを回避するための基準をタイムラインに盛り込むことが重要である。

当該地区では、内水氾濫の発生開始条件は過去の経験から概ね累加雨量が400mmであり、タイムラインに示されているレベル3と適合している。現状のタイムラインでは、この数値が示されているのみであり、この雨量が持つ地区防災上の意味が示されていない。この意味がわかるようになれば、内水氾濫に対して適切な避難判断・行動を促進することが可能であると考えられる。さらに、外水氾濫においては、輪中堤の嵩上げによって安全度が飛躍的に向上し、発生頻度は極めて低く、現状の安全度は紀伊半島大水害より規模の小さい降雨流出においては輪中堤を越水しないように計画・設計が行われている。そのため、防災体制として内水氾濫の発生開始を避難行動の初動のトリガーとしておけば、もし紀伊半島大水害に相当する降雨・流出が発生し、輪中堤を越水するような事態にも対応できると考えられる。

## 6. おわりに

本研究では、全国で初めて策定された紀宝町のタイムラインに基づいて運用されている鮎田地区の地区防災タイムラインの運用上の課題とその解決方策について検討を行った、その結果を以下に示す。

- ・紀伊半島大水害における経験から9年経過した住民の防災意識の現状を把握するために、全戸へのヒアリング調査を実施した。その結果、住民の防災意識は高いものの、外水氾濫に意識が偏った状況であることや河道改修による地区のリスクの理解が十分でないことが分かった。
- ・これを解消することを目的に、河道改修前後のタイムラインの運用上の違いを把握した。具体的には紀伊半島大水害後の激特事業後の河道改修によって外水氾濫の発生頻度が著しく減少し、顕在化した内水氾濫の影響を評価した。

- ・内水氾濫解析は、外水位の変化を流出モデル・不定流モデルから追跡した。その結果、激特事業の効果がタイムラインによる住民の避難判断・行動にも影響を与える可能性があることを示した。
- ・対象とする地区では、事業後に発生した内水氾濫で孤立する世帯もあった。これは事前の地区内のリスク情報として内水氾濫の程度や規模が十分に周知されていなかった。河道改修前後の施設整備の効果のみならず、整備前に潜在化していたリスクを顕在化することにより、内水氾濫の発生条件やその地区内の状況を反映することができた。
- ・施設整備による効果を把握するだけでなく、ソフト対策の一つであり、かつ現在策定が推進されているタイムライン防災への影響も考慮する必要がある。

以上のような結果に加えて、当該地区の住民が、台風発生から上陸するという過程において、スムーズに自らの行動を判断できるようにすることが今後の課題である。継続的なソフト対策によって、日常と非日常のシームレス化に向けた検討を合わせて実施することでより効果的なソフト対策として位置づけられるものと考えられる。

**謝辞：** 本研究は、国土交通省河川砂防技術研究開発制度（2018年4月～2020年3月）の支援の下で実施された。ここに感謝の意を表す。また、紀宝町鮎田地区の自治会役員や住民の方々には研究に協力して頂き、ここに感謝の意を表す。

## 参考文献

- 1) 松尾一郎他：タイムライン，日刊建設工業新聞社，2016.
- 2) 西澤雅道・筒井智士：地区防災計画制度入門，NTT出版，2014.
- 3) 国土交通省近畿地方整備局紀南河川国道事務所，2011，「平成23年台風12号による熊野川・相野谷川河川激甚災害対策特別緊急事業等について」  
[https://www.kkr.mlit.go.jp/river/iinkaikatsudou/qgl8vl0000004chs-att/04.pdf\(2020.3.31確認\)](https://www.kkr.mlit.go.jp/river/iinkaikatsudou/qgl8vl0000004chs-att/04.pdf(2020.3.31確認))
- 4) 紀宝町鮎田地区自治会提供資料
- 5) 伊香優志・田中耕司・竹之内健介・西澤諒亮・吉田達也：地区の事前防災計画を軸とした生活防災タイムラインに関する研究，地区防災計画学会誌第16号，pp.64-75，2019.12
- 6) 伊香優志・田中耕司・竹之内健介・西澤諒亮・玉木秀幸：地区防災タイムラインの認知と過去の被災経験を踏まえた避難基準の改善方策，第38回日本自然災害学会学術講演会講演概要集，pp.69-pp.70，2019.9
- 7) 紀南河川国道事務所・(株)建設技術研究所：熊野川洪水危機対応資料作成業務報告書，2015.

(2020. 4. 2受付)