

季刊

消防防災の科学

夏
2020

特集

令和元年 台風 15 号・19 号 (2)

141

一般財団法人 消防防災科学センター

この季刊誌は、宝くじの社会貢献広報事業として助成を受け作成されたものです。



宝くじは、 みなさまの豊かな暮らしに 役立っています。



宝くじは、図書館や動物園、学校や公園の整備をはじめ、
少子高齢化対策や災害に強い街づくりまで、さまざまなかたちで、
みなさまの豊かな暮らしに役立っています。

一般財団法人 日本宝くじ協会は、宝くじに関する調査研究や
公益法人等が行う社会に貢献する事業への助成を行っています。

一般財団法人
日本宝くじ協会
<http://jla-takarakuji.or.jp/>

令和元年東日本台風（台風19号）豪雨災害



角田市江尻巻向地内における被災の様子
写真提供：宮城県角田市



角田市小田権原地内における被災の様子
写真提供：宮城県角田市

令和元年東日本台風（台風19号）豪雨災害



堤防決壊により浸水した本宮市の様子
写真提供：福島県本宮市



堤防決壊により浸水した本宮市の様子
写真提供：福島県本宮市

消防防災の科学

No.141 2020. 夏

巻頭随想

新型コロナ禍の先の時代を見据えて

名古屋大学減災連携研究センター センター長 福和 伸夫 4

特集 令和元年台風15号・19号（2）

- 1 スーパー台風研究の最前線
名古屋大学宇宙地球環境研究所 教授 坪木 和久 7
- 2 令和元年台風第19号災害における河川堤防の破堤
愛媛大学大学院理工学研究科 教授 岡村 未対 13
- 3 千曲川・信濃川の全域の被害
長岡技術科学大学工学部 教授 大塚 悟 19
- 4 台風19号による関東地区の河川氾濫と課題
埼玉大学理工学研究科環境科学・社会基盤部門 教授 田中 規夫 26
- 5 台風19号による丸森町の被災状況と課題
東北大学災害科学国際研究所 准教授 柴山 明寛 31
- 6 2019年台風19号による長野県の被災状況と課題
山口大学大学院創成科学研究科 教授 山本 晴彦 36
- 7 2019年台風15・19号における災害医療対応
独立行政法人国立病院機構本部 DMAT 事務局 次長 近藤 久禎 46

■特別寄稿

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）と避難所

新潟大学医歯学総合研究科先進血管病・塞栓症治療・予防講座特任教授 榛沢 和彦 52

■災害レポート

令和元年地域防災データ総覧 ～「災害廃棄物対策に関する実務資料集編」～

（一財）消防防災科学センター 研究開発部 57

■連載講座

連載（第47回）

雷は電気だ・橋本宗吉（上）…………… 作家 童門 冬二 61

地域防災実戦ノウハウ（104）— 2019年台風15号、19号災害の教訓・課題（その3）— …… 日野 宗門 63

火災原因調査シリーズ（98）

建物外での漏電により出火した事例

札幌市消防局予防部予防課火災調査係 67

編集後記…………… 75

カラーグラビア

令和元年東日本台風（台風19号）豪雨災害

宮城県角田市

福島県本宮市

新型コロナ禍の先の時代を見据えて

名古屋大学減災連携研究センター

センター長 福 和 伸 夫

はじめに

GWに原稿を書いている。新型コロナウイルスは、あらゆる人の生活を一変させた。筆者も、年度末に集中する会議の殆どは書面開催、講演会もすべて中止、出張もなくなった。大学も、定年教員の最終講義、卒業式、入学式は中止になり、講義やゼミは対面を避け、インターネットで行っている。業務を続けられるのは、ネット環境のおかげである。治療薬やワクチンが開発され、集団免疫を得るには年単位の期間が必要そうである。当面、新型コロナと上手く付き合っていくしかない。飛沫感染や接触感染を避け不要不急の外出を控えて、時間を稼ぐしかなさそう。人類の歴史は感染症との戦いでもある。過去に学びつつ、終息後の社会について、考えてみたい。

短期間での感染症の急拡大

中国が、武漢での原因不明の肺炎の発生を認めたのは昨年末である。その後、わずか数か月で全世界に感染が拡大した。感染者が千人を超えたのが1月25日、2月1日に1万人、3月10日に10万人、4月2日に100万人と、月ごとに10倍ずつ増え、7月には、1000万人を超えた。格差社会の米国の状況は深刻であり、感染者が300万人を超えた。感染から発症までの潜伏期間が長いためもあるが、極めて短期間で全世界に蔓延した主因は世

界のグローバル化にある。

日本で着目されたのは1月末である。武漢在住の日本人がチャーター機で帰国し、同時に、武漢の観光客を乗せた観光バスや屋形船からの国内感染が始まった。2月には感染者を乗せたクルーズ船が横浜港に入港した。当初は、水際対策に力点が置かれていたが、2月半ばには、病院やスポーツジムなどから集団感染が始まり、クラスター対策に重点が移った。私自身、事態の深刻さを感じたのは2月下旬で、慌てて、カミュの「ペスト」を読み、映画「コンテイジョン」を見た。

2月末にイベント自粛や小中高校の休校要請が行われ、3月中旬になってWHOがパンデミックを認め、株価の乱高下が始まった。センバツも中止になり、3月13日には新型コロナの特措法が成立した。欧米で感染が急拡大する中、3月24日に東京五輪の延期が合意決定され、直後に首都圏での外出自粛要請が行われた。そして、4月7日に7都府県に緊急事態宣言が発令され、4月16日には対象が全国に拡大された。感染経路が不明な感染者の増大により、社会的距離の確保へと対策が変化した。筆者も、これに伴いテレワークになり、巣ごもりを続けている。

世界の歴史を大きく変えたペスト

過去、世界で最も深刻だった感染症は、14世紀半ばのペストである。モンゴル帝国による交易拡

大により、東アジアから欧州全域に感染が広がり、欧州では人口の1/3～2/3が犠牲になったと言われる。人口減少の結果、農奴の待遇が改善され、ルネサンスも始まった。

その後、1665年にはロンドンでペストが大流行し、ロンドン市民の1/4が命を落とした。このペストは翌年のロンドン大火で終息した。このとき、ケンブリッジ大学にいたニュートンはロンドンから故郷に疎開し、万有引力の法則などの三大業績を残したと言われている。ロンドン大火後のロンドンでは木造建築の町から、レンガ造と石造建築の町に変わり、火災保険も始まった。ちなみに、ペスト菌を発見したのは北里柴三郎である。

安政の地震とコレラ

南海トラフ地震の発生前後に、西日本を中心に地震の活動期を迎える。これに感染症が重なると社会が混乱し歴史が変わる。幕末には、1854年安政東海地震・南海地震、55年安政江戸地震など10個以上の被害地震が発生し、56年江戸の大暴風雨や58年安政コレラ流行もあった。安政コレラは安政簡労痢と呼ばれ、江戸だけで10万人の死者を出したと言われる。この間に、ペリーやプチャーチンが来日し、尊王攘夷の動きの中、安政大獄から大政奉還へと時代が大きく動いた。この時期、アジア型のコレラが流行し、全世界で100万人が命を落とした。ちなみに、コレラ菌を発見したのは、北里の師・コッホである。

スペイン風邪と関東大震災

第一次世界大戦の末期1918年～20年に、スペイン風邪が流行した。米軍の兵士などを介して欧州などで感染が拡大し、全世界で4～5千万人が、日本でも約40万人が命を落とした。その後、23年に関東大震災が起き、さらに、25年北但馬地震、27年北丹後地震、30年北伊豆地震、33年昭和三陸

地震などが続発した。この間、金融恐慌、満州事変、2・26事件、日中戦争と続き、41年に太平洋戦争を開戦した。そして、44年12月東南海地震、45年1月三河地震、45年8月敗戦、9月枕崎台風、46年南海地震、47年カスリーン台風、48年福井地震、50年朝鮮戦争特需へと続いた。日本の歴史上最も困難な時代は、感染症、地震、戦争、台風が重なったときである。

ちなみに、関東大震災後に帝都復興院総裁を務めた後藤新平は、もともと医者であり、公衆衛生や感染症対策でも多くの功績を残している。名古屋大学医学部の前身の愛知医学校で校長を務めた後、内務省衛生局で勤務し衛生局長も務めた。また、臨時陸軍検疫部事務官長として、日清戦争の帰還兵を検疫し感染対策を進めた。さらに、台湾総督府民政長官として、防疫や公衆衛生など伝染病対策を行った。後藤が進めた対策は、今般の台湾の感染症対応にも活かされたと思う。

新型コロナ終息後の社会を見据えて

感染症拡大の中、災害からの避難のあり方を考えておく必要がある。命を守るには、あらゆる人が確実に「難」を「避」ける必要がある。安全な場所に住み、備蓄などの準備が十分であれば避難は不要である。一方、危険があるなら緊急避難場所への確実な避難が肝心である。避難所では、感染防止のため、避難空間の分離、三密の防止、衛生状態の確保などの対策が必要である。

地震と感染症とは共通点が多い。適切な初動対応、社会機能の維持、医療・福祉の継続、正確な情報提供、要支援者への対応、買占めやデマの防止、住民一人一人の意識と行動の大切さなどである。一方で相違点も多い。地震災害は被災地が限定的で、突発的である。防災拠点やインフラ・ライフラインも損壊する。停電すればネットには頼れない。日本だけが被災するため、日本の国際的地位が大きく低下する。今般の教訓を活かし、事

前対策を徹底させたい。

新型コロナで社会の価値観は大きく変わるはずである。相互依存度の高いグローバル化、経済を優先し効率を高めた大都市への集中、個人の自由や多様性を尊重した社会から、自立、分散、地域、余裕、適度な統制や社会性などを尊重した社会に変わると思われる。移動に頼る時代から通信に頼る情報化社会に変わり、社会的距離を縮めつ

つ物理的距離を保つ遠隔型の社会が訪れると考えられる。この数か月で、ネット環境を利用した会議、業務、教育、医療、通販、娯楽、会食が根付き始めている。これにより IT と AI が拓く第 4 次産業革命が一気に進みそうである。これらの健全な発展を期待しつつ、新たな時代の災害像を見据え、着実に防災減災対策を進めたい。

□スーパー台風研究の最前線

名古屋大学宇宙地球環境研究所

教授 坪 木 和 久

1. はじめに

台風とは北太平洋西部と南シナ海に発生する熱帯低気圧であり、北太平洋東部と北大西洋のハリケーン、インド洋と南太平洋西部のサイクロンと並んで地球大気で発生する最も激しい現象である。これらのうち台風が最も強く、最低中心気圧の記録は870hPa（1979年台風20号）である。台風などの熱帯低気圧は海洋上で発生し、そのエネルギーは海洋から与えられる水蒸気である。このため海洋の水温が高いほど、熱帯低気圧の最大強度は大きくなる。西太平洋は地球上で最も暖かい海なので、ハリケーンやサイクロンと比べて、台風は発生数が多く、しかも最大強度が大きい。そのため日本は多くの強い台風の影響を受ける。

日本だけでなく米国などの諸外国においても台風の強度階級は、最大地上風速を用いて定義される。気象庁は台風の強度階級を、10分平均の最大地上風速を用いて定義しており、最も強い階級を、「猛烈な」（105 kts 以上；1 kt = 0.5144m/s）と定義している。一方、米国の合同台風警報センター（Joint Typhoon Warning Center；JTWC）は、1分平均の最大地上風速を用いて、北太平洋西部の熱帯低気圧を階級分けしており、その最も強い階級は super-typhoon（130 kts 以上）である。そしてこの日本語訳が「スーパー台風」である。

2013年にフィリピンに上陸して甚大な被害をもたらした台風ハイエン（第30号）はスーパー台風であった。また、本特集の主題の一つ、令和元年

東日本台風（第19号）も北緯25度付近まではスーパー台風と考えられている。これまでスーパー台風が日本本土に上陸した記録はないが、沖縄本島などの南西諸島では、スーパー台風が通過することがある。2003年に宮古島を通過したスーパー台風マエミー（第14号）は、風力発電施設を倒壊させるなど大きな災害をもたらした。このようにスーパー台風は最も危険な台風であり、今後、地球温暖化による台風の強化で、本土への接近・上陸が危惧されている。

2. 台風研究の問題点

台風は我が国における自然災害の最も大きな要因の一つである。台風災害の規模を計る客観的指標として損害保険金の支払額は分かりやすい目安である。一般社団法人日本損害保険協会は風水害による保険金の支払額の上位10位までを公開している^[1]。最新の発表では、上位10位のうち8件が台風によるもので、台風がわが国の風水害の大きな部分を占めていることが分かる。最も支払額の大きなものは、2018年台風21号に伴うもので1兆円を超えている。実際の被害額はこの数倍で数兆円に達したと推定される。

このような大きな災害をもたらす台風が地球温暖化に伴いどのように変化していくのかは、防災上の大きな問題となるので、これについては様々な研究がある。過去の台風の記録から、台風の最大強度をとる位置が北上していること^[2]や、東

アジアと東南アジアに上陸する台風の強度が過去数10年の間に増大していること^[3]などが示されている。また、数値モデルによる温暖化予測から、地球温暖化とともに台風の強度が増大することは多くの研究が示しており、また、今世紀後半にはスーパー台風が日本本土にも上陸する可能性が指摘されている^[4]。これらは気候変動に伴い台風のリスクが日本などの中緯度地域で増大していることを意味している。

このように日本付近では台風に伴う災害リスクが増大しつつあり、なかでもスーパー台風は防災上大きな問題となる台風であるが、毎年どれくらい発生しているのは、実のところよく分かっていない。そのような非常に強い台風については、強度の推定値に大きな不確実性があるからだ。気象庁とJTWCのデータでは、年ごとのスーパー台風の数が大きく違う。1987年までは米軍が航空機観測により台風の中心気圧や最大地上風速の直接観測を行っていたが、それ以降は気象衛星の雲パターンから、ドボラック法により台風の強度が推定されるようになった。気象庁もJTWCも同じ方法で強度を推定するが、それぞれ独自の強度変換テーブルを使用しているため同じにならない。特に強い台風になるほど誤差が大きくなるという問題点がある。

もう一つの問題点として、台風などの熱帯低気圧の進路予測については年々改善されているが、強度予測が過去数10年間にわたってほとんど改善されていないという問題が、世界のどの気象機関にも共通してみられる。台風については未解明な点が多く、特に強度の予測には大きな不確実性が残されている。海上で発生・発達する台風については観測データが限られていることが原因の一つである。

3. 航空機観測

近年の台風による激甚災害が示すように、台風

による災害は依然として日本の災害の大きな部分を占めている。上記の問題を解決するためには、台風の強度について直接観測による正確なデータが不可欠である。特にスーパー台風などの非常に強い台風について、正確なデータに基づく、強度の現況を知ると共に、それを初期値とする予報により、台風の進路だけでなく強度についても予報の高精度化が強く求められている。

台風のような変動の激しい現象について、しかも陸から遠く離れた海洋上で発生・発達する台風については、機動的な観測が必要である。そのためにはジェット機を用いた航空機観測が唯一の手段となる。広大な西太平洋の陸から遠く離れたところで発生・発達する台風を観測するためには、長距離を飛行できるジェット機が不可欠である。さらに台風は10数キロメートルの高度まで発達するので、その高度まで上れる航空機が必要である。

そこで名古屋大学、琉球大学、気象研究所のグループは、台風の直接観測により、精度よく強度（中心気圧や最大地上風速）を測定するプロジェクトを2016年より開始した。これはT-PARCII（Tropical cyclones-Pacific Asian Research Campaign for Improvement of Intensity estimations/forecasts）と名付けられ、科研費基盤研究(S)「豪雨と暴風をもたらす台風の力学的・熱力学的・雲物理学的構造の量的解析」（研究代表者：坪木和久）の主課題として実施しているものである。

T-PARCIIでは、愛知県にあるダイヤモンドエアサービス株式会社のガルフストリームII(G-II)というジェット機(図1)を使用しており、ドロップゾンデ投下装置と受信機を搭載することができる。本研究では沖縄地方の南または東海上を通過する台風を対象として航空機観測を実施する。台風の航空機観測の概念図を図2に示す。G-IIを那覇空港や鹿児島空港から飛ばして、台風周辺に新しく開発したドロップゾンデ(図3)と呼ばれる測定器を多数投下する。ドロップゾンデは大気中を落下しながら、上空10数キロメートルから海面



図1 台風の航空機観測に使用するジェット機、ガルフストリームⅡ。主翼付け根付近にドロップゾンデの投下装置がつきだしているのが見える。ダイヤモンドエアサービス株式会社所有。県営名古屋空港にて著者撮影。

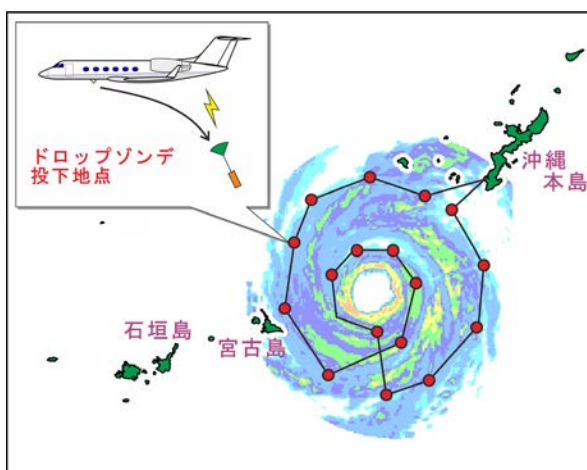


図2 航空機を用いた台風のドロップゾンデ観測の概念図（琉球大学山田広幸先生作成）。



図3 名古屋大学宇宙地球環境研究所と明星電気株式会社で新しく開発したドロップゾンデ (IMDS-17) の本体。小型軽量でパラシュートを使用しない点の特長である。本体はトウモロコシを原料とする生分解性素材でできている。

までの気温、気圧、高度、湿度、風向・風速を測定し、データを電波で航空機に送信する。機内ではリアルタイムでデータをみることができ、さらにそのデータを地上に送ることができる。このドロップゾンデ観測システムは、受信機も本体も名古屋大学宇宙地球環境研究所と明星電気株式会社で2016年に一から開発したものである。ドロップゾンデ本体はトウモロコシを原料とする生分解性素材で、環境負荷を大きく軽減している。1回の台風観測では20～60個のドロップゾンデを投下するので、生分解性素材を用いることは重要である。

2017年10月中旬にスーパー台風ラン（第21号）が発生し、この年の最強の台風となった。この台風は気象庁の区分では超大型で非常に強い台風であった。この台風ランについての航空機観測を台湾の中央気象局と共同で行うことができた。台風ランの発生する前に台湾の研究者と観測の実施方法について打ち合わせを行い、10月21日に沖縄本島の南東を北上するランの観測を、北緯23度付近で日本時間15時を中心を実施した。高度43000フィート（約13.8km）で飛行し、台風の西側から眼の壁雲を通過し眼内部に入る貫入観測を行った

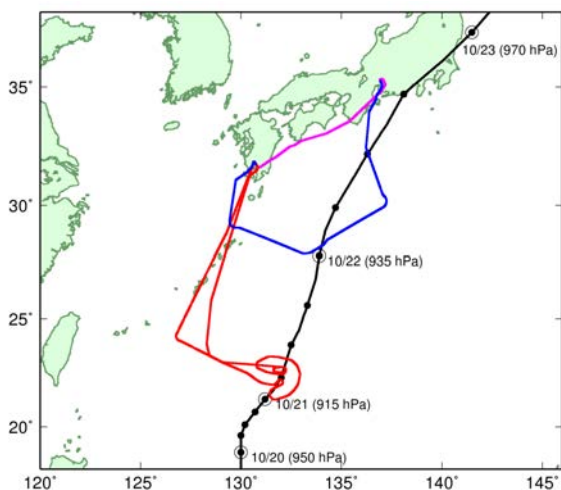


図4 2017年の台風ランの航空機観測の飛行経路（ピンク実線10月20日、赤21日、青22日）と台風の経路（黒実線）。中心位置と中心気圧は気象庁ベストトラックの値。

（図4）。眼の中心と眼の壁雲でドロップゾンデを投下し、台風の眼の暖気核構造と中心気圧の直接観測に成功した。図5は気象衛星ひまわり8号から見た台風ランの全体像と、眼のなかでのドロップゾンデ観測の位置である。眼のまさに中心でドロップゾンデを投下して、中心気圧を直接測定している。眼内部では航空機から壁雲や下層雲、また眼内部のメソ渦などが観測された（図6）。さらに眼の周辺を飛行しドロップゾンデ観測を実施した。翌日22日、北緯28度まで北上した台風に飛行し、再度、眼の貫入観測を実施し、ドロップゾンデを投下し台風の中心気圧の直接観測に成功した。さらに台風の東側の水蒸気の北向き輸送量が大きい地域でもドロップゾンデ観測を行った。

台風やハリケーンの航空機観測は、米国と台湾が行っているが、台湾は台風周辺の飛行観測を行うだけで、眼には入らない。米国では米軍のハリケーンハンターが特殊な航空機で3kmほどの低高度での貫入観測を行っているが、それ以外では、中程度の強度以上のハリケーンの眼には入らない規則となっている。今回のスーパー台風ランのような強い台風への高高度での貫入観測は世界的に

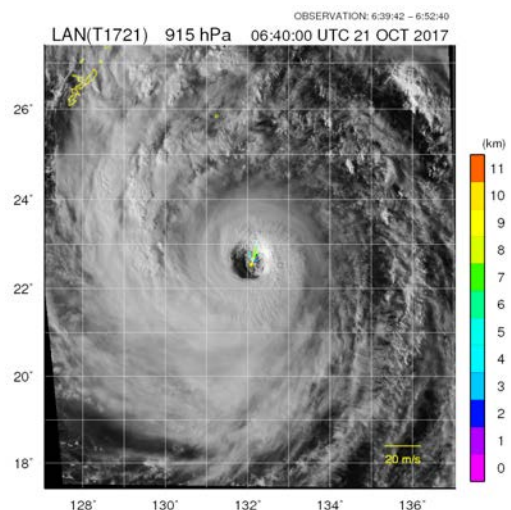


図5 2017年10月21日06:40UTCのひまわり8号により観測された台風ランの可視画像。星印はドロップゾンデ投下地点。そこからのびる線分は風速で、その色が高度（右のカラーバー）を表す。



図6 台風ランの眼の中の高度43,000フィートからの風景。そそり立つ眼の壁雲とその手前に眼の中のメソ渦、さらにそのなかの海面が見える。

もほとんど行われておらず、台風の眼内部で直接観測を行い、中心気圧と暖気核の貴重なデータを得ることができた。さらに13.8kmの高度で台風の眼に貫入することで、特殊な軍用機ではなく民間航空機でも安全に観測できることを示したことで、今後の台風の航空機観測に新しい道を開いた。この台風の航空機観測についての詳細は、新潮選書「激甚気象はなぜ起こる」^[5]に記述した。

4. おわりに

2019年の台風19号は、本土に上陸したときはスーパー台風の強度ではなかったが、台風の運び込む水蒸気は広域の豪雨と洪水をもたらした。このような台風に伴う豪雨では、大気中に大規模な水蒸気の流れがあることが分かってきた。これは大気の河（atmospheric river）とよばれ、これまでは温帯低気圧に伴って形成されることが知られている。たとえば、2015年の鬼怒川決壊をもたらした豪雨では、2つの台風の間に大気の河が形成されていた。それを流れる水蒸気の量は毎秒数十万トンにおよび、世界最大河川のアマゾン川の流量の数倍であった。台風に伴う豪雨災害を防ぐ

ためには、このような水蒸気の流れの量を、航空機観測により正確に測定し、それをもとにした雨の量的予測の高精度化が不可欠である。

日本には平均で11個の台風が接近し2～3個が上陸し、毎年のように災害がもたらされている。それにもかかわらず日本は現業観測として台風の航空機観測を行っておらず、米国や台湾に大きく立ち後れている。もし日本に接近するすべての台風について航空機観測ができるようになれば、台風防災に大きく寄与することは間違いなく、観測用航空機の早急な導入が望まれる。

航空機観測では1回のフライトに約1千万円かかるので、高額のように思われるが、例えば2018年の台風21号の被害額が数兆円であったことを考えると、航空機観測は十分コストに見合うのである。より正確な台風の予測ができれば、事前に対策を立てることができ、効果的な防災が可能になる。また、適切な避難につながることで、少なくとも人的被害を限りなくゼロに近づけることが可能である。

このような航空機を用いた台風の直接観測は、日本ではやっと始まったばかりで、まだ2つの台風を観測しただけである。しかし、今後このよう

な観測を積み重ねていくことで、台風の構造や強度をあきらかにし、台風の進路や強度の予報精度を向上させることで、台風災害の軽減を目指したい。さらに地球温暖化に伴って、台風がどのように変わっていくのかという大きな問題に答えたいと考えている。そして台風で誰ひとり命を落とすことがない社会となることを期待する。本稿で紹介した T-PARCII プロジェクトはその第一歩と位置づけられる。

参考文献

- [1] 一般財団法人日本損害保険協会, 2020 : 風水害等による保険金の支払い. <https://www.sonpo.or.jp/report/statistics/disaster/index.html>
- [2] Kossin, J. P., Emanuel, K. A. & Vecchi, G. A., 2014: The poleward migration of the location of tropical cyclone maximum intensity. *Nature* **509**, 349-352, DOI: 10.1038/nature13278.
- [3] Mei, W., and S.-P. Xie, 2016: Intensification of landfalling typhoons over the northwest Pacific since the late 1970s, *Nature Geoscience*, DOI: 10.1038/NGEO2792.
- [4] Tsuboki, K., M. K. Yoshioka, T. Shinoda, M. Kato, S. Kanada, and A. Kitoh, 2015: Future increase of supertyphoon intensity associated with climate change. *Geophys. Res. Lett.*, **42**, 646-652, doi:10.1002/2014GL061793.
- [5] 坪木和久, 2020 : 「激甚気象はなぜ起こる」, 新潮選書, 399pp.

□ 令和元年台風第19号災害における河川堤防の破堤

愛媛大学大学院理工学研究科

教授 岡 村 未 対

1. はじめに

台風第19号とその後の低気圧による豪雨は、東北、関東地方を中心に河川堤防を142箇所で決壊させ、約3万5千haの地域と3万1千棟あまりの家屋が浸水するなど甚大な浸水被害を生じさせた。近年の豪雨により河川堤防の決壊を伴う大規模な洪水被害で記憶に新しいのは、平成30年7月の西日本豪雨（国管理2カ所、県管理35カ所の堤防が決壊）、平成29年の九州北部豪雨（同じく県管理3カ所）、平成27年関東・東北豪雨（国管理1箇所、県管理18河川）、平成24年九州北部豪雨（国管理1箇所、県管理4カ所）などがある。令和元年の台風第19号による破堤数は近年では特に多かったが、それでも堤防の破堤は毎年多数の箇所で発生している。

河川の河道内に流せる量を超える出水があれば、河川水は堤防を越え堤内地へ流入する。このとき、ほとんどの場合には越流水深（堤防天端を超える水深）は数十センチ以下である。しかし河川堤防が破れて完全に流出すると、その破堤口は数10mから100m以上にも広がり、数mの水深で大量の水が堤内地を一気に浸水させる。堤防が破堤するか否かは堤内地の被害を大きく左右するため、何としてでも決壊を防止しなければならない。本稿では、治水上の最重要構造物の1つである河川堤防の破堤について述べる。

2. 日本の河川堤防の現状

古来わが国は稲作を基本に耕作地および居住地が河川沿いの低平湿地に広がり、集落や後に都市へと発展してきた。稲作には大量の水が必要であるため、耕作地の地盤高さは河川水位とさほど変わらず、したがって高水時に河川水位が上昇すると容易に氾濫する。この氾濫の頻度を抑えるために、河川沿いに河川堤防を築き河川水を常時利用しながらもその脅威を遠ざけることを近代では実現してきた。

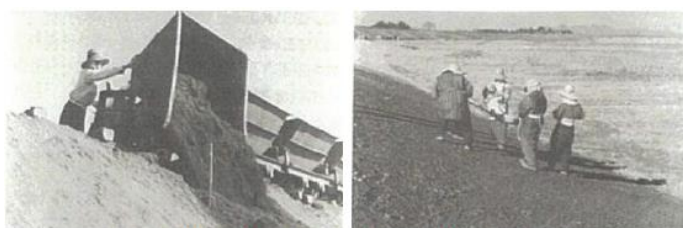
2.1 堤防の量的整備

我が国の治水戦略の基本は、降った雨を河道内に集め、溢れないように海まで流すことである。明治時代に定めたこの基本方針に従って、現在まで一貫して治水事業を進めてきた。具体的には、それまで蛇行していた自然の河川を直線化し、河道の掘削や拡幅などの河道整備、ダムや堤防の整備とともに、これら施設的能力以上の出水時には、適度に水をあふれさせるための遊水地などを整備してきた。以来120年余りが経過した現在、河川堤防の整備率をみると、国が管理する直轄河川はおおよそ1/100の計画規模に対して未だ7割に達しておらず（100年に1度発生する規模の高水を防御するための堤防が整備されている割合が7割以下）、完成までさらに数十年を要することが想定される。県管理河川は1/30程度の計画に対して整備率はさらに低い。我が国を流れる無数の河川と

その膨大な延長に堤防を築くのは、まさに国家100年の計どころではなく200年を要するのである。

2.2 堤防の質と詳細点検

ここで述べたのは、堤防の形状（高さと幅）に関する整備の現状についてである。土というものは良く締め固めれば大いに強くなるが、締め固めなければ水を含むと容易に流れ出すほど弱い。従って、堤防が外見上完成していても、堤体内部の質、すなわち土の種類や締まり具合が悪ければ、洪水中に河川水に抵抗し続けることはできない。この堤体の質の点においても多くの河川堤防は弱部を内在している。図1は大正、昭和時代の河川堤防の築堤作業の写真である¹⁾。堤防上をトラックで運搬してきた土砂を盛りこぼし、人力で整形して



大正～昭和30年代に行われた撒き出しと人力による締め固め



天端からの撒き出しによって形成されたと考えられる斜めの構造

図1 大正・昭和期における築堤作業¹⁾

堤体としている。このような全くといっていい程締固められていない部分が大半の堤防に内在している。

堤防整備率がようやく50%を超えた1990年代後半から、堤防の質、すなわち内部状態に関する調査（堤防の詳細点検）が始められた。この調査は、およそ数100m～1km毎に堤体や堤防直下の地盤調査を行い、土質や強さ、透水性を調べ、高水時の破堤に対する抵抗力を明らかにするものである。ここで、高水による堤防の破壊メカニズムを図2に示す。(a)は越流した河川水が堤防の裏法尻や裏法面を侵食、(b)は河川水が表法尻や法面を侵食し、やがて破堤に至る。水は流速が大きくなるにしたがって堤体や地表面を侵食する力が急増するので、越流した水は法肩部よりも流速の大きな法尻部から堤防を侵食してゆく。一方、堤体や基礎地盤に河川水が浸透しゆくと、(c)弱体化した堤体が滑り破壊を生じ、あるいは(d)堤体や基礎地盤中から浸透した水が土とともに吹き出した穴が徐々に伸びて川表側に貫通し（パイピング）、これらによって破堤に至る。これには河川水だけでなく、堤体に浸透する雨水も寄与するため、堤体に水を入れないことが重要である。詳細点検は主に(c)と(d)の破壊形態に対する安全性を調べるものであった。その結果、形状の整備が終わった完成堤防を含む国管理河川の約4割の堤防に安全性に問題があることがわかった。この

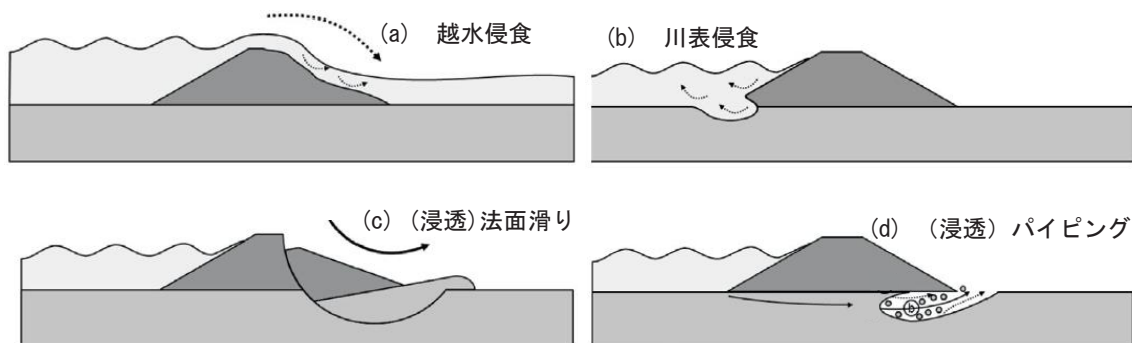


図2 河川堤防の被災メカニズム

結果を受けて、堤防の質についても改良する事業が進められているが、これも完了するまでの道は遠い。さらに、詳細点検では調査地点の間隔は約1 kmであったが、局所的な弱部は調査地点の間にも潜んでおり、この調査では特定されていないものも多数あるものと考えられる。近年では最新の物理探査技術等を駆使して堤防の弱部を発見する試みもなされているが、局所的な弱部を漏れなく効率的に検出するまでには至っていない。このような現状において、高水時に河川堤防を破堤させないためには、堤防整備の推進や日常の管理はもちろん、出水時の巡視や水防活動が適切に実施されることが重要であることが理解されよう。

3. 台風第19号豪雨による河川堤防の被害

3.1 破堤原因と堤防の特徴

台風第19号による洪水では国管理河川の14箇所と県管理河川の128箇所の合計142箇所で堤防が決壊した。決壊の主要因は、不明の6カ所を除くと「越水」が122箇所と86%を占め、川表側の侵食が9%、浸透が1%である。土であるがゆえに堤防は越水に弱く、破堤原因のほとんどを越水が占めているのは過去の高水と同様である。

しかしながら、越流が生じると必ずしも破堤に

至るわけではない。越水が確認された箇所は国管理河川で70箇所、県管理河川で236箇所あり、破堤したのはこれら越水箇所のうち国管理河川14箇所と県管理河川108箇所、全体では40%であった。それでは越水した箇所で破堤した堤防としなかった堤防を分けた要因は何であったのか。まず、越流水深や河川水が裏法面を流下し等流状態となった時の流速は堤体や基礎地盤に作用する侵食力の指標となり、またその継続時間（越流時間）は重要な要因である。図3は国交省の調査によるこれら指標と破堤 / 非破堤の別を示したものである²⁾。越流水の裏法尻での等流流速が3 m/s以上かつ越流時間が3時間以上であった箇所で決壊が生じている。裏法尻での流速は堤高や法面勾配などにより変わるので、裏法勾配が緩いほど決壊した堤防の割合は低くなる傾向がみられた。さらに天端幅が広く、また天端が舗装してあり侵食されにくい堤防では決壊する割合が低くなる傾向があった。さらに前述したように、土は水で飽和すると極端に強度が低下し越流水による侵食に対しても弱くなる。図4は法面の透水係数と破堤 / 非破堤の関係を示したものであり、同じ等流流速でも河川水や雨水が浸透しやすい（透水係数の大きい）堤体では決壊しやすいことがわかる。

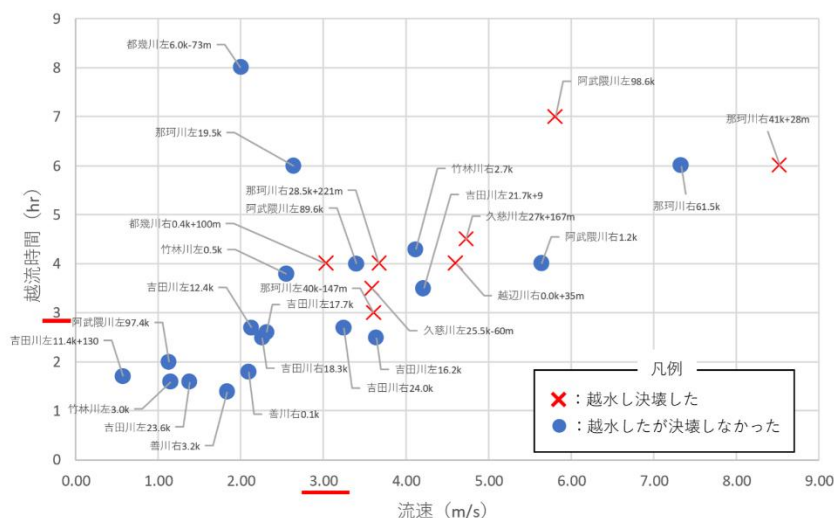


図3 越流時間、裏法尻での等流流速と破堤 / 非破堤の関係²⁾

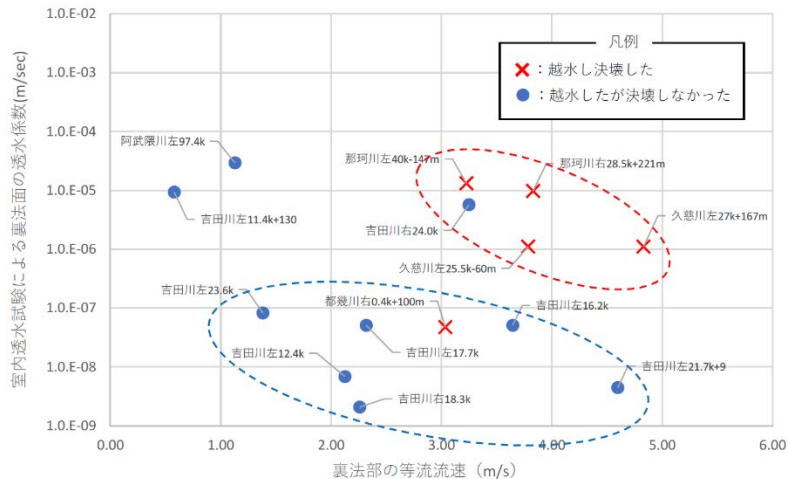


図4 堤体法面の透水係数と破堤 / 非破堤の関係²⁾

3.2 河川水位から見た破堤箇所の特徴

高水時の河川水位は局所的にも変化し、水位が上昇する箇所において越水が生じやすい。水位が上昇しやすいのは支川との合流点上流部、橋梁上流部、川幅が減少する狭窄部の上流部、湾曲部外岸側である。今回の洪水における破堤箇所では、合流点上流部が38箇所（27%）、橋梁上流部が57箇所（40%）、狭窄部上流部が12箇所（8%）、湾曲部外岸側が28箇所（20%）であった²⁾。これらを合計すると135箇所であり、全142箇所の破堤地点のほとんどはこのような箇所に該当する。

4. 破堤は越流だけが原因ではない

ここまで見てきたように、我が国の堤防の洪水による破堤は圧倒的に越水によるものであるが、高さが十分に整備された欧米の堤防では破堤原因の多くは越水ではなく浸透（パイピングや裏法滑り）、表法面の侵食である。我が国におけるパイピングによる破堤は2012年の矢部川などで発生しているほか、洪水が発生するたびに多くの地点で噴砂が発生しており、パイピング破堤の予備軍が多数存在している。パイピング破堤は、堤体が徐々に侵食されていく様子が目視観察できる越水破堤と異なり、パイピング部が堤体内や堤体直下地盤内をひそかに進展してゆくためパイピングが

貫通・破堤する切迫度がわからない。貫通すると突然あるいは短時間で破堤するため、避難のためのリードタイムの無い、極めて危険な破壊パターンである。そこで、パイピング破堤の兆候である漏水や噴砂について、今回の洪水による発生件数を吉田川堤防（宮城県を流れる鳴瀬川の支流で国管理河川）を例にとって述べる。

4.1 吉田川での河川水位と被害数

今回の出水で吉田川では全川32km中の約1割にあたる3.4km区間で越水・溢水が発生した。また、痕跡水位が天端-2mよりも高かった箇所が延長の2/3以上あったことが確認され、大半の区間で計画高水位を超える非常に高い水位となっていた³⁾。表1は吉田川の堤防被害箇所数を被害形態ごとにまとめて示したものである。被害形態の内、堤体土質や土層構成等の基礎地盤に関する要因が強く影響する裏法崩れと噴砂・漏水については、およその発生率（1kmあたりの発生箇所数）も表中に示してある。また、比較のために近年発生した矢部川、鬼怒川および重信川の被災事例も併せて記載した。矢部川は近年パイピング破堤が発生した河川であり、重信川堤防は砂や砂礫などの堤体材料で砂礫地盤上に築堤された透水性の高い堤体の事例である。

表 1 被害形態ごとの発生箇所数と発生率

	決壊	法崩れ	噴砂・漏水	被害範囲	法崩れ率 (箇所/km)	噴砂・漏水率 (箇所/km)
吉田川 ¹⁾	1	14	1	29.7K (1.6~31.3K)	0.17	0.03
鬼怒川(2015) ⁷⁾	1	7	23	34.0K (7.9~41.9K)	0.10	0.34
重信川(2017) ⁶⁾	0	1	28	4.9K (1.1~6.0K)	0.10	5.71
矢部川(2012) ⁸⁾	1	5	17	12.4K (5.0~17.4K)	0.20	0.68

※発生率の算定にあたって、被害範囲は漏水あるいは法崩れが生じた最上流箇所から最下流箇所までの距離とした。吉田川では被害範囲に占める越流区間長および水位がHWLを上回った区間長が8割以上である。鬼怒川(2015)では約7割、重信川(2017)ではHWLを超えた区間はなく、矢部川(2012)ではほぼ全区間でHWLを超過した。

4.2 吉田川堤防の被災履歴、対策工の施工状況と今回の被害の関係

図5(a)は、吉田川における過去の出水による堤防被害を被害形態別に示したものである。昭和22年(カスリン台風)、23年(アイオン台風)、25年と相次ぐ大規模出水により多くの個所で破堤するとともに、噴砂・漏水が発生した。昭和33以降の出水における被害では、破堤は減少し噴砂・漏水の発生数が増加した。図中には昭和33年以後の主な出水における最高水位(鹿島台観測所)を●印で示してある。昭和33年には7.2mの水位を記録し1カ所で漏水が発生した。その後、昭和41

年には6.3mと33年よりもやや低い水位で3カ所、昭和43年から45年にはさらに低い水位で3~4カ所ずつの噴砂・漏水が発生した。昭和61年の大出水では再び33年とほぼ同じ7.2mの水位で噴砂・漏水箇所は12カ所と急増した。ここまでの水位と噴砂・漏水箇所数の関係から、同程度の外水位であっても噴砂・漏水箇所数は経年的に増加しており、堤防の耐浸透性は経年的に劣化してゆくことがわかる。

図5(b)は堤防の浸透対策工の施工距離数である。吉田川での浸透対策は、主に昭和61年の出水を受けて昭和62年に集中的に行われた。この浸

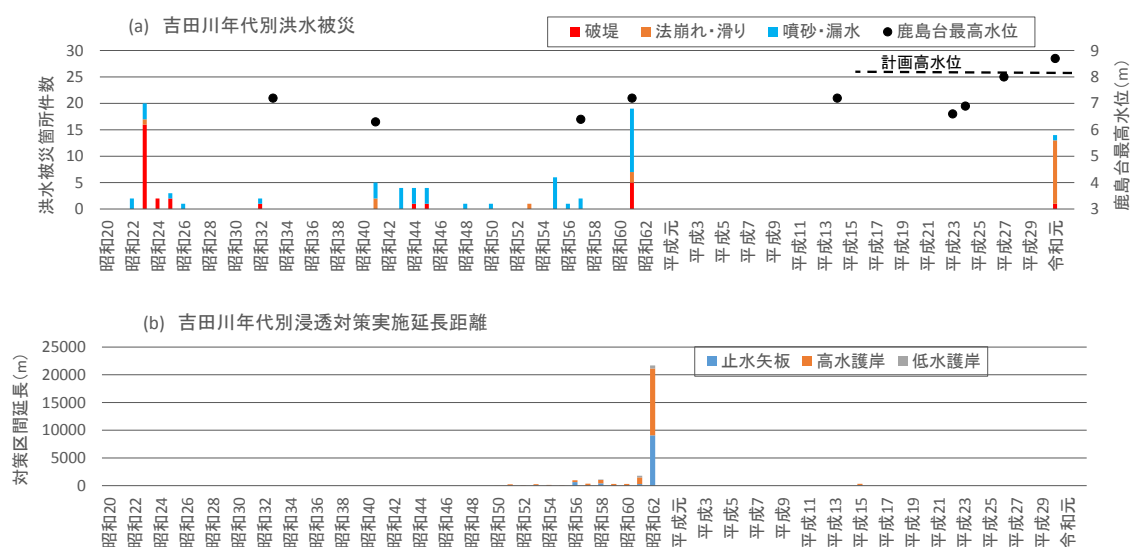


図5 吉田川堤防の被災履歴および浸透対策工事の施工延長

透対策の効果は顕著で、平成に入ると平成14年（鹿島台での最高水位7.2m）、23年（6.6m）、24年（6.9m）と水位の高い出水でも漏水が発生せず、さらに平成27年（8.0m）と令和元年（8.7m）の何れも既往最大の水位となった出水でも報告された噴砂・漏水箇所はわずか1箇所であった。これまでに行われた浸透対策区間は、背割堤区間を除く約38km中の約15.7kmであり、実に40%の区間で浸透対策工が施工されている。表1に示した他河川と比較すると、漏水対策の本格的実施以前の昭和33年から昭和61年までの出水での漏水発生率は例示した他河川とほぼ同等であった。このことは、延長の約4割の区間で漏水対策を行い噴砂・漏水の発生をほぼ完全に抑えることが出来た事例として今後の質的整備を行う上で参考になる。なお、堤体は経年劣化するため、対策を施工した区間においても今後の出水による漏水の再発を慎重に観察する必要がある。

5. おわりに

我が国の河川堤防は、整備が比較的進捗している国管理河川でも整備率はおよそ7割に留まっている。近年でも越水が頻繁に生じ、それによる破堤が多く発生している。整備率が100%に達するまでにはさらに数十年を要するため、計画規模の出水で越水被害が今後も発生するし、計画規模以上の出水頻度も地球温暖化の影響で増加する。そこで、越流した場合に破堤までの時間を稼ぎ避難のための時間を確保し、また浸水面積を減じて被

害をできるだけ軽減するための河川堤防強化の取り組み²⁾も行われている。

今後、堤防整備が進んで越水頻度が少なくなったとしても、堤防は浸透に対する抵抗力が経年劣化してゆくため、パイピングによる破堤が増加することが想定される。これからも堤防整備と維持管理、および出水時の水防活動により破堤を防いでいかなければならないのが我が国の宿命である。

参考文献

- 1) 土木研究所（2014）：河川堤防の浸透に対する照査・設計のポイント、https://www.pwri.go.jp/team/smd/pdf/syousasekkei_point1306.pdf
- 2) 国土交通省 令和元年台風第19号の被災を踏まえた河川堤防に関する技術検討会、第3回委員会資料、https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/gijutsu_kentoukai/dai03kai/pdf/
- 3) 国土交通省東北地方整備局：阿武隈川、吉田川の痕跡水位と対策工施工状況について、2020年5月、私信。
- 4) 国交省東北地方整備局：令和元年台風第19号による被害状況等について（第29報）、2019.10.27.
- 5) 国土交通省東北地方整備局河川部：令和元年10月12日出水＜台風第19号＞の概要《第3報 12月26日 15時時点》
- 6) 重信川堤防調査委員会：重信川堤防調査委員会報告書、国土交通省四国地方整備局、2019.
- 7) 2015年関東・東北豪雨災害 土木学会・地盤工学会合同調査団関東グループ：平成29年9月関東・東北豪雨による関東地方災害調査報告書、土木学会、2016.
- 8) 矢部川堤防調査委員会：矢部川堤防調査委員会報告書、国土交通省九州地方整備局、2013.
- 9) 地盤工学会・令和元年台風19号災害調査団：令和元年 台風19号災害調査報告書、2020.

□千曲川・信濃川の全域の被害

長岡技術科学大学工学部

教授 大 塚 悟

1. はじめに

令和元年（2019年）の台風19号では、10月12日より関東甲信地方を中心に記録的な豪雨となり、15時30分には大雨特別警報が長野県を含む7都県に発表された。同警報はその後福島県、宮城県を含む13都県にまで拡大されている。広範囲に強い雨が長時間降り続け、各地で観測記録を塗り替える大雨となった。人的被害が大きかったのは、福島県および宮城県であり、阿武隈川流域の河川で氾濫や破堤を生じるほか、多くの土砂災害が発生した。

千曲川流域においても、上田市、佐久市など上

表1 台風19号による長野県の被害状況：長野県災害対策本部（11月11日）

人的被害 （人）	死者		5
	行方不明者		0
	負傷者	重傷	7
		軽傷	130
	計		142
住家被害 （世帯）	全壊		863
	半壊		2,002
	一部損壊		2,522
	上記以外	床上浸水	565
		床下浸水	2,220
	計		8,172

流域において、3日間で300mmを超える雨量を記録した。この豪雨により千曲川左岸58k付近（長野市穂保地区）で約70mにわたる堤防の決壊、千曲川左岸104k付近（上田市諏訪形地区）の延長約300mにわたる堤防の欠損および欠損に伴う千曲川橋梁（上田電鉄）左岸橋台の被災をはじめ、県管理河川でも堤防決壊が発生して甚大な浸水被害を生じた。とりわけ、千曲川穂保地区における堤防決壊では下流域に広範囲の浸水被害が発生し、住宅や農地に多大なる被害を生じるとともに、鉄道では北陸新幹線の車両基地が浸水する被害を生じた。長野県の被災状況を表1に示すが、河川の氾濫による住宅被害が大きい。また流域では河川堤防だけでなく、地すべりや斜面の崩壊が生じた。ここでは、被害の大きい千曲川の穂保地区および諏訪形地区における河川堤防の被災を中心に報告する。

2. 千曲川の地形と流況

千曲川・信濃川の流域水系図を図1に示す。千曲川は山梨県・埼玉県・長野県の県境に位置する甲武信ヶ岳に発し、佐久盆地・上田盆地を貫流した後に長野盆地に入り、支川の犀川と合流する。その後、立ヶ花狭窄部、飯山盆地、戸狩狭窄部を経て、新潟県の越後平野を貫流して日本海に注ぐ幹線流路延長が日本一（367 km）の大河川である。千曲川は長野県内の名称であり、新潟県に入ると信濃川に変わる。千曲川は100万年前には高田平野に流れていたが、東頸城丘陵の隆起に伴って流

路を変えて越後平野に流れるようになった。長野県と新潟県の県境付近では丘陵に沿って北東へ流下するため川幅は狭隘である。図2に千曲川・信濃川の河床勾配を示す。千曲川上流域では河床勾配が1/50と急勾配であるが、犀川との合流を経て長野盆地に至ると1/1,000から1/1,500と緩勾配になる。しかし、新潟県との県境に近づくとき飯山盆地を経て河床勾配は1/300と急勾配になる。図3に長野盆地における川幅縦断面図を示すが、犀川との合流により川幅は約1,000mにもなる。しかし、立ヶ花の狭窄部では川幅が260mまで減少し、下流では最小で120mになる地点もある。このよう

な地形的特徴は飯山盆地も同様であり、盆地の下流には戸狩狭窄部があり、川幅は150mまで減少する。

地形の及ぼす千曲川の流況への影響は、佐久盆地や上田盆地の上流域では河床勾配が急で、急流河川としての特徴を有するのに対して、長野盆地は河床勾配が緩やかで氾濫原の特徴を有する。特徴的なのは盆地の下流に狭窄部が存在し、河川流量のコントロール・ポイントとなることである。近年はバック・ウォーターとして認知されているが、狭窄部の直上流は出水時に河川水位が上昇しやすい特性がある。



図1 千曲川・信濃川の水系流域図：国土交通省北陸地方整備局

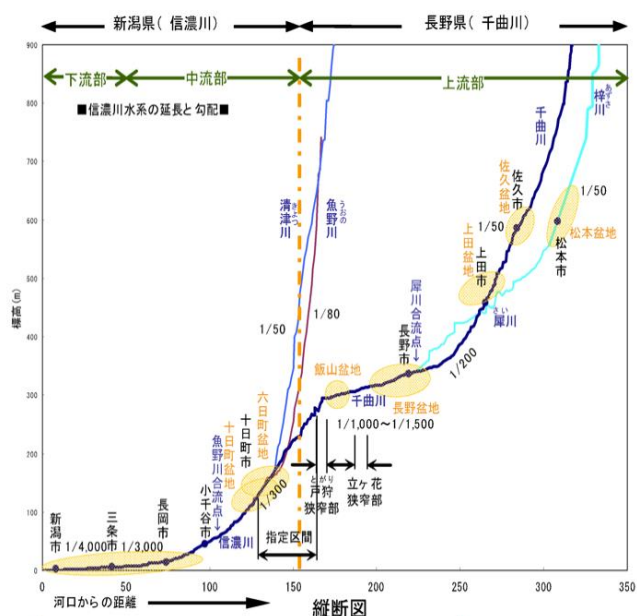


図2 千曲川・信濃川の縦断勾配：国土交通省北陸地方整備局

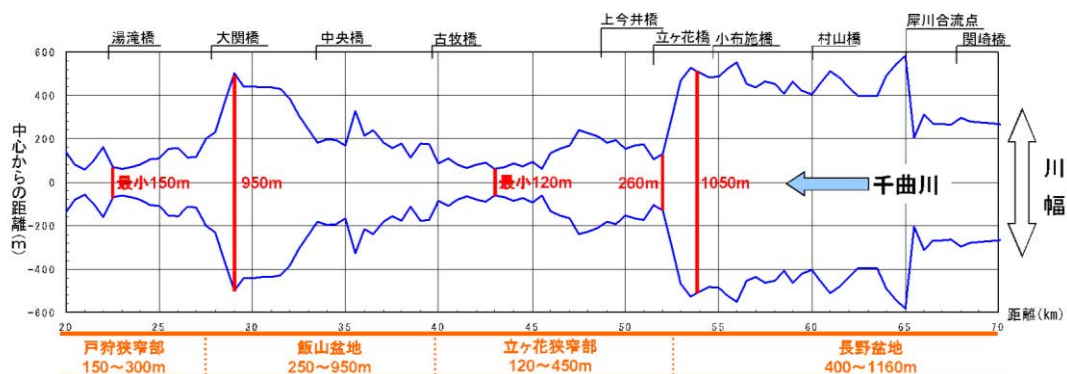


図3 長野盆地から戸狩狭窄部までの川幅変化：国土交通省北陸地方整備局

3. 台風19号の降雨と河川水位

千曲川の上流域は内陸性気候で寡雨地域である。年間降水量は1,000mm から1,400mm である。台風19号では上流の立科町戸田で271mm、軽井沢町長倉で324mm、佐久市中込で311mm と広い地域で300mm（3日間）を超える雨量を記録した。河川水位は観測所のある、生田（上田市）、杭瀬下（千曲市）、立ヶ花（中野市）の水位観測所で観測史上第1位の水位を記録し、千曲川本川の3観測所において計画高水位を超過した。立ヶ花の観測所における河川水位を図4に示すが、13日4時にはピーク水位12.44mを記録している。同地点の計画高水位は10.75mである。下流の信濃川の水位を図5に示す。図は新潟県小千谷市元町の水位観測所の記録であるが、信濃川の水位は上流域の降水が流下するとともに時間が遅れて上昇し、13日10時にピーク水位を記録した。同地点の計画高水

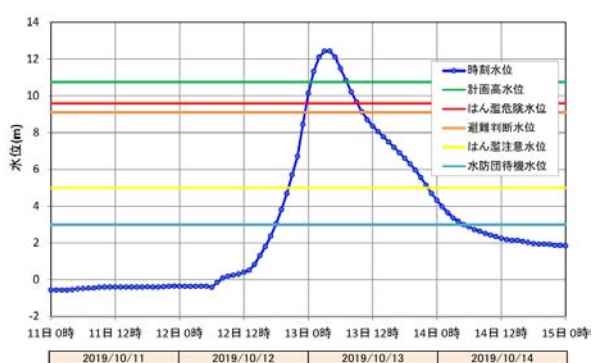


図4 立ヶ花（中野市）の水位観測記録：国土交通省北陸地方整備局

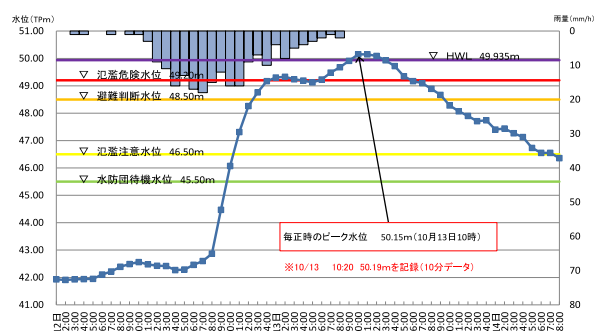


図5 元町（小千谷市）の水位観測記録：国土交通省北陸地方整備局

位を超過しており、氾濫の危険性が高まっていた。写真1に信濃川下流の大河津分水路の写真を示す。分水路は丘陵地をショートカットするため狹隘で、河川水は高速度で流下して日本海に注いでいる。



写真1 大河津分水路の流況：国土交通省北陸地方整備局

4. 穂保地区の堤防決壊

千曲川では立ヶ花の狭窄部から約6km上流左岸における穂保地区にて、堤防が70mにわたって決壊した。同地区ではビデオカメラによる映像（写真2）が残されており、広範囲に及ぶ河川水の越流と堤体の侵食過程が撮影されている。破堤箇所には図6に示す危機管理型水位計が設置されており、13日の0:30頃に越流の生じたことが記録されている。越流水深は次第に増加し、ピークでは80cmに至っている。観測記録は越流から4時

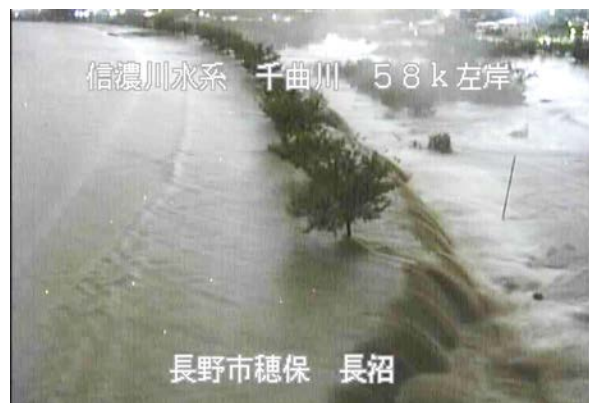


写真2 穂保地区の越流と堤防の侵食：国土交通省北陸地方整備局

間ほどで中断しており、その後まもなく堤防は決壊したと推測される。図7に堤防の破堤断面を示すが、堤防には断面を拡幅するように桜堤が設置されていた。堤防決壊箇所の周辺は越流に伴う堤防の侵食跡が散見されるが、侵食は桜堤に集中する事例が多かった。この原因には、桜堤は水防活動に用いる土のう作成時の土取り場として設置されており、本堤と区別した施工管理が行われてお

り、堤体に対して桜堤の強度の低いことが侵食の原因と考えられる。写真3に堤体の侵食例を示すが、桜堤が喪失して堤体と桜堤を分離する吸い出し防止材が露出する様子が確認される。

図8に堤防の決壊に伴う周辺地域の浸水状況を示す。決壊地点から左岸下流に浸水地域が広範に分布し、浸水面積は13日10時で約9.5km²に及ぶと推測されている。浸水地域の分布は行政が作成したハザードマップとよく一致することが報道でも注目された。防災や減災を図る上でハザードマップを見直して、避難救助活動への活用の実質化や高度化が期待される。また、人口減少下においては社会への活用のコンパクト化も視野に入れる必要があり、災害危険地域の認識を地域社会で共有して、長期的な視野で住居や経済活動の場の選択や計画にハザードマップを積極的に活用することが求められる。

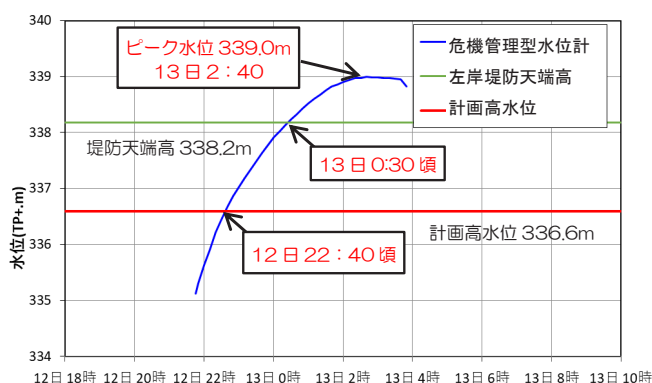


図6 穂保地区の水位観測記録：国土交通省北陸地方整備局

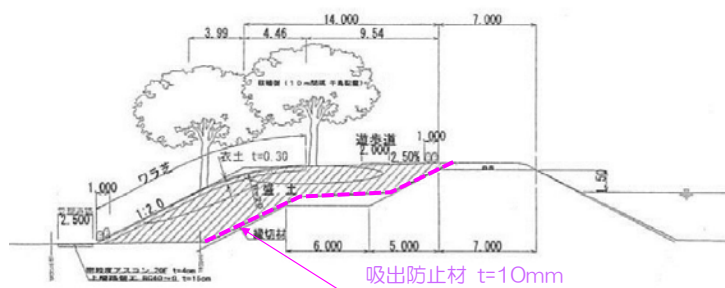


図7 穂保地区の堤防断面図：国土交通省北陸地方整備局



写真3 堤防の侵食と桜堤の喪失：国土交通省北陸地方整備局



図8 穂保地区の堤防結果による浸水図：国土交通省北陸地方整備局

5. 堤防の決壊と地形・地質との相関

図9に千曲川下流域の治水地形分類図を示す。図中に穂保地区の堤防決壊箇所を示すが、千曲川左岸の当該地区は氾濫平野が分布する。千曲川の繰り返す氾濫により形成された土地であり、台風19号の浸水地域によく一致する。地質的には長野盆地は西に西縁断層があり、傾動活動により東側が隆起し、西側が沈降する特徴がある。そのため氾濫平野は千曲川の左岸に分布し、粘性土が厚く堆積している。一方、右岸は丘陵地に発する、松川、矢木沢川、百々川の扇状地が分布しており、礫質土が堆積している。また、千曲川の河道内には支川の合流に伴う自然堤防や旧堤防の痕跡が残っており、河道内の微地形は河川の流況に影響を与えている。

穂保地区の堤防決壊箇所の地盤調査では基礎地盤に粘性土が分布することが確認されている。そのため基盤漏水（浸透破壊の原因）は生じ難いが、同地点は長沼城址と一致するため、堀の埋め立て地盤や土塁が浸透層として分布することが懸念された。決壊箇所の堤防開削調査では埋め土にシルトなどの細粒土が用いられており、浸透破壊を生じる連続した地質の存在しないことが確認された。土塁跡は明確な痕跡を確認できないが、基礎地盤は粘性土やシルトで構成されていた。堤防のすべり破壊についても検討したが、堤体は洪水時にも



図9 穂保地区の治水地形分類図：国土交通省北陸地方整備局

安定であり、堤防調査委員会（北陸地方整備局）は破堤原因を越流による侵食と結論している。

相ノ島地区は穂保地区の対岸に当たる右岸に位置する。立ヶ花の狭窄部の上流に当たるため、越流を生じたが堤体の侵食は軽微であった。樋門にて越流水深が計測されており、40cmを記録した。越流水深の大きさに対して堤体の侵食が軽微な理由には、①基礎地盤が扇状地のために堤体と堤内地の比高差が小さいこと、②千曲川の水位が上昇したために支川の氾濫が生じて堤内地は冠水しており、越流水のクッションの役割を果たしたこと、が考えられる。更には、基礎地盤が砂礫層のために浸透破壊の危険性の高いことから、③遮水矢板や防止シートなどの漏水対策が実施されていたことも結果的に堤体の耐侵食性を高くした可能性がある。漏水対策は堤体への河川水の浸入を防ぐとともに、基礎地盤の砂礫層が排水層の機能を果たしたと考えられ、河川水の侵入による堤体強度の低下を防止したことが指摘される。

6. 堤防の強化復旧の必要性

堤防の復旧は様々な方法が用いられるが、河川流量の管理が基本であり、ダムの建設や遊水地の設置などがある。これは河川水が一気に流下するのを防ぎ、時間差を稼ぐものと言える。その他の方法に河道断面の拡幅がある。しかし、河川流量の管理は上下流のバランスが必要である。したがって河川の改修は下流側から実施するのが基本である。河道断面の拡幅には堤防の引き堤や嵩上げがあるが現実性に障壁も多く、河床掘削や河道内の樹木の伐採等の実施されることが多い。しかし、堤防で水害を防止するのは簡単でない。近年のような集中豪雨が起きると堤防整備で対応するには限界がある。河川には地形の影響により越水のリスクの高い地域が存在し、洪水のリスクを考えざるを得ない。

減災・防災の視点で考えると、河川の越水が生

じても堤防の決壊しないことが重要である。堤防の決壊を軽減することができれば人命や経済の損失を格段に軽減することができる。日本の河川は一般に急流河川であり、越流時間はそれほど長時間ではないことも決壊しにくい堤防の価値を高くしている。今回豪雨で被災した、穂保地区の堤防は危機管理型ハード対策が施され、堤防裏のりに越流に対する耐侵食性の高い護岸施設が敷設された。環境への配慮から覆土するために従来の堤防との差異がわかりにくい、大きな強化復旧が行われている。被災された住民も少し安心して頂けるように思われる。しかし、ハード対策に限界のあることも忘れてはいけない。ハザードマップの活用や、河川水位の情報伝達、避難誘導體制などソフト対策の充実が必要であることを肝に銘じたい。

7. 諏訪形地区の堤防欠損

上田市諏訪形地区では千曲川左岸で諏訪形浄水場樋門付近から上田橋付近までの約300mの区間で大規模な堤防欠損が生じた。図10に周辺の河川堤防の概況を示す。堤防欠損区間には上田電鉄別所線千曲川橋梁（1924年完成）が含まれ、堤防に隣接する橋梁が落橋する被害を生じた（写真4）。当該区域の堤防は空石張護岸と木工沈床が施工されていたが、河床侵食により木工沈床が流出した。被災箇所は洪水時には砂州が存在し、長期間に亘り安定していた。河川の滞筋は右岸を流れ、左岸は水衝たりのない堤防であった。しかし、洪水時に砂州が大きく侵食されて滞筋が変わり、堤防欠損箇所が水衝部となって損傷した。同地区にはビデオカメラが設置されており、堤防の



写真4 諏訪形（上田市）の堤防欠損：国土交通省北陸地方整備局

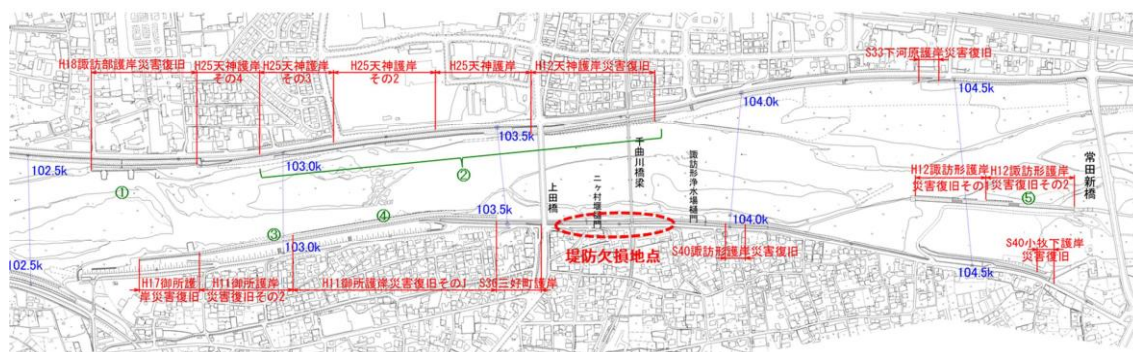


図10 諏訪形地区の流況と補修履歴：国土交通省北陸地方整備局

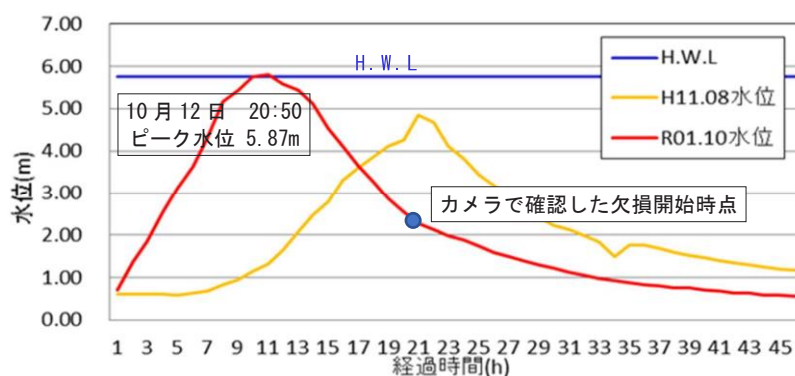


図11 生田（上田市）の水位観測記録：国土交通省北陸地方整備局

欠損過程が撮影されている。図11に最寄りの観測地点の水位観測記録を示すが、堤防の欠損は河川水位の低下した後に始まったことが明らかになった。ピーク水位の時には全断面で河川水が流れていたが、水位の低下に伴って滞筋が形成されたと推測される。しかし、何故左岸の安定した砂州が侵食されて滞筋が変化したのか、よく分かっていない。検証解析が期待されるが、著者は河川改修の影響を推測している。図10に欠損地点の周辺における河川改修の記録を示している。洪水前の滞筋に沿う堤防は護岸改修と河川水の流速を抑制する減勢工が施工される一方で、砂州のあった欠損箇所は対策工が実施されていない。対策工の有無は出水後の河川水の滞筋の形成に大きな影響を与えた可能性がある。

堤防の欠損箇所では著しい河床の洗掘が生じた。千曲川橋梁では橋台基礎が堤防の欠損により流出したが、橋脚基礎も河床の洗掘により露出していた。被災後の簡易測量では河床が5～6m低下したことが報告されている。河川水は流速が早いと河床を侵食するが、流速が遅くなると土砂を堆積することから、実際の河床洗掘深さは更に大きい可能性がある。河川では一般に、砂防施設などの設置により上流からの土砂供給が管理されているために、河床が年々低下する傾向にある。したがって、急流河川において建設後長い時間が経過した

橋梁では出水時に基礎が洗掘される危険性が懸念される。橋台や橋脚の基礎の定期的なメンテナンスが必要であるが、護岸も洗掘によって基礎が露出する事例も散見されるため、同様に点検やメンテナンスが必要である。

8. おわりに

近年、豪雨災害が頻発している。想定以上の降雨による災害であるのは事実であるが、もはや常態になりつつあるように思われる。災害は痛ましいが、災害を契機に現実に即した対策を実施してきたことも事実である。災害を直視して、一歩ずつでも防災や減災の対策が確実に進められることを期待します。

参考文献：

- 1) 国土交通省北陸地方整備局：第2回千曲川堤防調査委員会資料，<https://www.hrr.mlit.go.jp/river/chikumagawateibouchousa/chikuma-02.pdf>
2020年7月15日確認。
- 2) 国土交通省北陸地方整備局：第3回千曲川堤防調査委員会資料，<https://www.hrr.mlit.go.jp/river/chikumagawateibouchousa/chikuma-03.pdf>
2020年7月15日確認。
- 3) 地盤工学会：令和元年台風19号および10月末豪雨災害に関する調査報告書，2020。

□ 台風19号による関東地区の河川氾濫と課題

埼玉大学理工学研究科環境科学・社会基盤部門

教授 田 中 規 夫

1. はじめに

令和元年10月の台風19号(令和元年東日本台風)は10月12日の19時ごろに伊豆半島に上陸し、1958年の狩野川台風に類似したコースを通過し、明治43年の台風、昭和22年のカスリーン台風と同様に山地部に豪雨をもたらした。同台風により、12時間雨量で観測史上一位(気象庁)が120地点で記録された。この豪雨で越水・破堤による河川氾濫が多発し、国管理では7河川14か所、県管理河川では67河川128か所が堤防決壊となった^{1), 2)}。関東でも荒川水系入間川流域・市野川流域、那珂川

水系、久慈川水系の国土交通省管理区間とその上流の県管理区間において越水ならびに破堤による被害が発生した。また、内水被害も多くの地点で発生した。台風に伴う土砂災害は、東北地方、とくに宮城県、福島県、岩手県で多く発生したが、関東地方でも神奈川94件、群馬87件が発生した²⁾。

表-1に治水施設の洪水調節容量と荒川流域における氾濫量をまとめた。関東全体の貯留量は約4.8億 m^3 であり、氾濫量と比較して極めて多い。なお、荒川流域の氾濫は貯留型であったのに対し、那珂川・久慈川は拡散型で氾濫流が破堤箇所とは別の地点から河川に戻るような現象があつて単純には

表-1 貯水量、排水量、氾濫量の比較 文献^{2), 4)}をもとに作成)

	関連河川	貯水量・排水量： 概算値 (万 m^3)
渡良瀬遊水地	利根川	16000
菅生、稲戸井、田中調節池	利根川	9000
利根川上流ダム群(利根川本川流域：矢木沢、奈良保、藤原、相保、菌原ダム)	利根川	3900
利根川上流ダム群(烏・神流川流域：下久保ダム)	利根川	3100
利根川上流ダム群(試験湛水中のハッ場ダム)	利根川	7500
荒川上流ダム群(二瀬、浦山、滝沢、合角ダム)	荒川	5370
荒川第一調節池	荒川	3500
朝霞調節池	新河岸川・荒川	50
新芝川排水機場	新芝川・荒川	735
綾瀬排水機場	綾瀬川・荒川	980
(参考) 越辺川・都幾川の氾濫量	荒川(入間川支川群、市野川支川・新江川)	2039
庄和排水機場(首都圏外郭放水路)	中川・綾瀬川・江戸川	1151
三郷排水機場(三郷放水路)	中川・綾瀬川・江戸川	3274
伝右川、八潮、松戸、古ヶ崎、根本排水機場(合計)	中川・綾瀬川・江戸川	1019
宮ヶ瀬ダム	相模川	4300
城山ダム	相模川	2900
鶴見川多目的遊水地	鶴見川	94

比較できないため、ここにはいれていない。利根川本川では、ハッ場ダムを含む上流のダム群が八斗島の水位を約1m下げたものの、栗橋地点ではS22の既往最高水位21mにあと0.3mにせまる20.7mを記録した。中川・綾瀬川流域においても首都圏外郭放水路や三郷放水路などによる江戸川への排水効果により被害が軽減されたが、降雨波形によっては江戸川の水位による制限がかかる条件になる可能性もあった。荒川本川流域も上流のダム群と荒川第一調節池で大量の貯水を行っており、荒川上流のダム群と荒川第一調節池が河川水位を低下し、荒川下流部の岩淵水門（上）観測所ではS22のカスリーン台風の最高水位（A.P.8.60m）を大きく下回るA.P.7.17mとなった。

利根川流域や荒川本川流域では、上流のダム群や中流域の遊水地等の洪水調節施設がその能力を発揮したのに対し、氾濫の生じた那珂川・久慈川流域、荒川支川の入間川流域や市野川流域には流域に占める山地の豪雨域が多く、流域内に大きなダムや遊水地はなかった。こうした地域において、越水による破堤が集中して発生した。国土交通省が管理する河川は横断測量によって河川の堤防高は把握されているが、越水や破堤はその測量間隔よりも狭い長さで発生することが多い。つまり、今後は連続的で密な堤防高管理が求められる。その一方で、県管理河川では予算の問題もあり、定期的な横断測量が行われていない場合も多い。堤防は圧密沈下などにより経年的に高さが変化するものであるため、ドローンなどによる安価な測量技術で堤防高を管理し、越水リスクの高い箇所を改善・公表していくことが望まれる。

2. 被害発生地域の特徴：荒川を例として

関東で破堤災害の発生した3流域は下流に発展している都市が存在する河川中流域であり、かつては多くの霞堤群が存在し、河川事業における下流原則（下流の安全度が上がってから治水対策を

行う）によって、少しずつ無堤部の解消や、逆流を防止する水門・樋門の建設などの対策を行ってきた地域でもある。荒川の直轄区間において破堤した5か所のうち越辺川右岸0.0kは入間川、小畔川、越辺川の三川合流部、都幾川右岸0.4kは越辺川と都幾川の合流部にあたり、それぞれそこに内水河川である大谷川、九十九川が流れ込む低平地である。つまり実際には、それぞれ、四川合流、三川合流に近い状態にある。その中で最も小規模な大谷川流域、九十九川流域では、S22のカスリーン台風時においてもバックウォーターによる水位上昇、逆流浸水、破堤はん濫が生じた箇所、過去において水害常襲地帯であった。入間川、小畔川、越辺川の三川合流部は背割堤の整備により被害は減少したが、平成11年にも浸水があったことから、水門による合流点処理が行われた地域である。すなわち、平成11年の出水と同規模の洪水を安全に流下させるための緊急対策事業³⁾として、洪水の逆流を防止する水門等を整備してきた（図-1に水門・樋門と排水機場の位置を示す）。しかし、計画を超える降雨によって、相対的に堤防高の低い箇所、すなわち潜在的弱点から越水し、破堤災害が生じた。排水機場を整備した箇所（大谷川、飯盛川）でもポンプの能力を超える出水があった。九十九川は合流点に逆流防止水門を設け、越辺川の水位上昇に応じ閉鎖されたが、現時点においては自己流堤で排水機場は存在しない。そのため、九十九川では水門閉鎖後に堤防から越水し破堤した。葛川流域も水門閉鎖後に浸水した。同事業とは関係ないが、市野川支川の新江川でも樋門閉鎖後に越水による破堤が発生した。

図-1に各地域の氾濫ボリュームを治水施設の調節容量と比較して示す。この地域の氾濫量は合計で約2000万 m^3 と推定⁴⁾されており、上流ダムの合計値の約38%、荒川第一調節池の約58%に相当する。ダム群より荒川本川に近い下流の水位に与える影響はやや大きいと考えられる（詳細には定量的検討が必要）。なお、これらの合流点

の浸水については、将来排水機場が整備された場合でも今回のような HWL を超える洪水では運転調整が必要になるため、浸水する可能性のある地域となる。大谷川のようにポンプ場がある流域でも同様である。すなわち、入間川支川群地域のリスク軽減には、同地域の堤防高を計画規模まで上げることだけではなく、河川水位を下げるための対策（浚渫や樹木伐採）、合流点の上流域側で計画的に遊水、貯留させるような治水対策も必要である。

なお、排水機場の燃料切れ（小山市の排水機場）は備蓄体制やアクセス路の確保という課題を提示し、荒川支川鴨川の支川油面川では排水機の制御盤の水没など、高い水位が長時間継続した場合における運転・補給・点検体制の精査の必要性を示唆した事例も入間川流域以外には存在した。

3. 流域治水に向けて

入間川流域緊急治水対策プロジェクト⁵⁾は、そうした調整中の流出量を貯留可能な遊水地を合流点に整備するなど、より高度化した貯留対策を含んだものとなっている。埼玉県管理河川（上記プロジェクト対象外）で水門・樋門のみが整備済みの葛川、九十九川、別流域の新江川なども、今回のように合流先の河川水位が計画を上回る場合には、排水機場を追加しただけでは飯盛川や大谷川のような災害が発生しうる。流出特性上は排水機場に加え遊水地をセットにする等の類似した処理が必要な箇所と考えられる。しかし、土地利用、住民合意、費用便益の観点でそうした対策が可能かどうかは今後の課題である。また、同プロジェクトにおける遊水地周辺の住まい方の工夫（移転や宅地のかさ上げなど）は、家屋が密集したその他地域の河川合流部における対策としては適用できない可能性もある。住民は自分の住んでいる流域の大河川、小河川、水路を誰が管理しているかを意識する場合は少ないが、現状においては氾濫

リスクや氾濫後の対策において、大きな違いが生じる可能性がある。河川の計画高水位や堤防高を超える洪水が頻発する状況になった今こそ、河川計画、水防計画、下水道計画を連携させる流域全体としての治水計画が必要である。

河川中流部におけるリスク軽減対策は、公共事業によって下流にリスクが移動しないよう上下流バランスを考慮して計画される。その意味で、下流側からの河川改修が原則になっている。しかし、それには時間のかかる場合も多い。リスク軽減を早期に図るためには、リスク箇所の河川流下能力の増大に応じた遊水地等の配置が必要である。治水対策には時間がかかるため、河川整備の進捗が地域の浸水リスク変化に与える影響を把握する手法の構築も必要である。

流域全体で治水を行うという点では、霞堤、二線堤の効果的な保全、再生、強化、及び水害防備林の機能と保全について、今一度検討しておかなければならない。都幾川上流部では霞堤群が貯留効果で下流への洪水到達を遅延させ、飯盛川右岸にある旧霞堤跡は大谷川流域の内水氾濫と越辺川破堤氾濫を受け止めて、飯盛川流域への氾濫流の侵入を防いだ。図-1に黄色線で明示した箇所、控堤の北側である飯盛川流域では飯盛川の内水氾濫、南側の大谷川流域では大谷川の内水氾濫と越辺川からの越水・破堤氾濫が生じた。また、1600年代に作られた川島領大囲堤の一部である長楽堤は都幾川左岸の氾濫水と新江川の氾濫水を食い止め、堤防より南側の川島町への氾濫水の侵入を防いだ。そうした、氾濫水の貯留が想定される場所に関しては、その土地の所有者や営農者との合意形成をしつつ、流域としての遊水機能を損なわないようにしていくことも必要となる。逆に、盛土形式の道路は氾濫水の誘導や抑止に大きな影響を及ぼすため、道路計画においても流域の氾濫リスクや氾濫流の流れ方を事前に把握しておくことが望ましい。氾濫流制御は堤防が連続堤でなかった江戸時代には治水対策の重要な手法であったが、

氾濫ボリューム合計 2039万 m^3

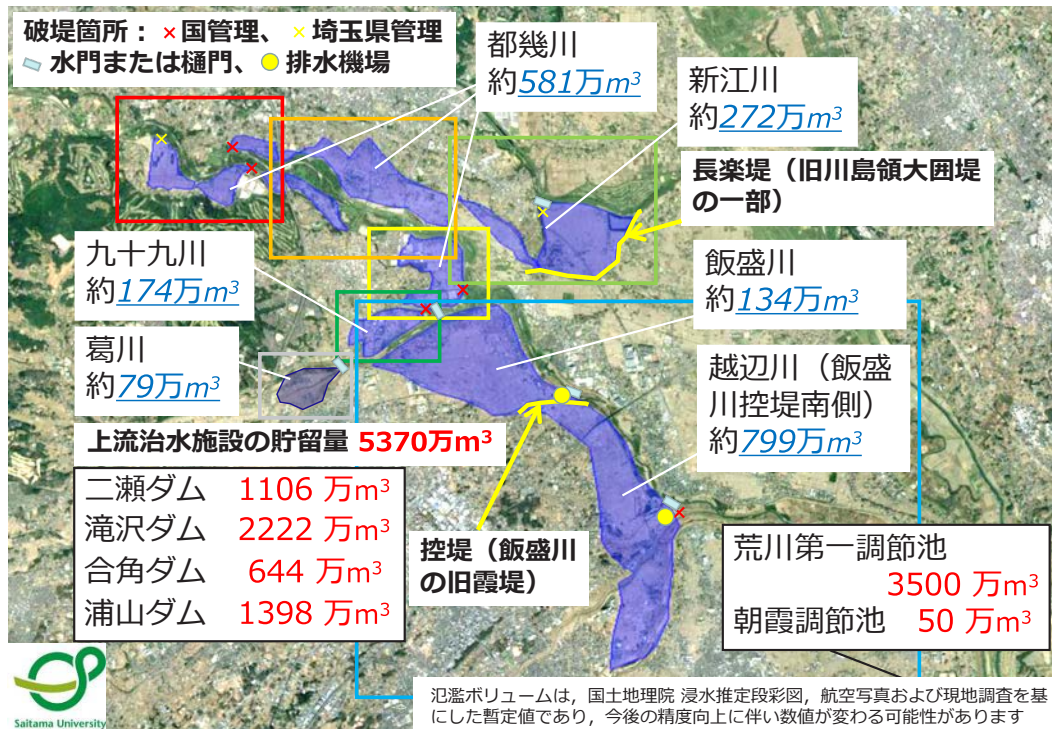


図-1 貯水量、各小流域の氾濫量と氾濫域に影響を与えた控堤の位置図（文献⁴⁾をもとに作成）

現状では議論することすら難しい感がある。気候変動で堤防を越える水害が多発する状況になった今こそ、流域での浸水被害、人的被害を最小化するために、議論を開始すべき時期にきていると考えられる。

なお、本水害においては明確な事例がなかったが、越流だけではなく、浸透破壊のリスクが高い箇所を特定し強化する研究や対策の検討も必要である。

4. 河川植生の管理（既往資料⁶⁾に追記）

荒川水系の入間川支川群（越辺川・都幾川）、那珂川、久慈川の氾濫では、その多くにおいて堤防が相対的に低い箇所から越水し破堤に至った^{7), 8)}が、水防林や河道内樹林が局所的な水位上昇や偏流に影響したと推定される箇所も存在した。特に、樹林帯の上流側で大量に流木・流枝（荒川熊谷砂州ではハリエンジュ・ヤナギやツルヨシ

の根茎など、都幾川では稲わら、久慈川では竹など）をトラップし流れに対して壁のようになっている箇所も存在した。同現象が水位に与える影響は樹林帯周辺の局所的なものであるため、樹林帯と堤防の位置関係が重要である。河川内に植樹をする場合は堤防からの距離に一定の間隔（20mなど）をあけることが基準としてあるものの、河川内の自然植生（もしくは堤外民地の竹林等）は、必ずしもこの基準を満足していない。また、久慈川においてはパッチ状植生の切れ目が偏流に関連したのではと推測される箇所が存在した。水防林自体は河岸沿いの流速を低減し、洪水時に滞筋を変動させづらくすることに貢献しており、また合流点での生え方によっては背割堤のような役割を果たす場合や、破堤した場合にも破堤ボリュームを減らしている可能性もある。しかし、特に久慈川の水防林（主に竹林）は河積の多くを占めていることから、適切な水防林の幅や位置に関して、今後の検討が必要と考えられる。これらの河川では歴

史的に霞堤を閉めてきており、氾濫流の戻り方も変化していると考えられる。すなわち、昔は霞堤開口部から氾濫流が戻っていたと推定されるが、開口部をふさいだ箇所では旧霞堤を越水破堤し下流の茨城県管理河川・浅川右岸の低い堤防を決壊し浅川に流入した。河川水が越水した場合において、堤内地が霞堤による浸水もしくは内水湛水などである程度浸水している場合には、ウォータークッション効果で堤防の決壊可能性が相対的に弱まることが知られている。堤内地の氾濫水が浅川に戻ったこと自体は氾濫を増長させてはいないが、ウォータークッション効果が少なかったのか河川への戻り水による堤防決壊も生じている。氾濫水が河川に戻るとき、対岸側の堤防をも決壊させた場合には更なる被害につながる。同地点だけの話ではないが、霞堤を閉める場合には危機管理として氾濫した場合の氾濫水の挙動、河川への戻り方などの変化も、今後、調査していく必要がある。

地方の中小河川においては、植生が繁茂し土砂堆積が進行している場所も多い。浚渫土砂に有害物質が含まれていた場合はその対策費用もかかることから、維持管理が難しい状況もある。地域全体での小河川群の流下能力や環境機能を評価すること、氾濫した場合のインパクトなども想定した維持管理の優先度の策定方法を確立することも必要である。

参考文献

- 1) 国土交通省、令和元年台風第19号による被害状況等について：堤防決壊箇所一覧（令和2年4月10日時点）、2020. (<https://www.mlit.go.jp/common/001313204.pdf>)
- 2) 国土交通省関東地方整備局、令和元年東日本台風（台風第19号）出水速報（第4報）、2020. (https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000773445.pdf)
- 3) 荒川上流河川事務所、入間川・越辺川等緊急対策事業、2019. (<https://www.ktr.mlit.go.jp/arajo/arajo00584.html>)
- 4) 田中規夫：埼玉県全体の流況・被害と洪水調節施設の効果、令和元年台風19号豪雨災害調査団報告書（関東地区）、2020.6.（印刷中）
- 5) 荒川上流河川事務所、入間川流域緊急治水対策プロジェクト、<https://www.ktr.mlit.go.jp/arajo/arajo00885.html>
- 6) 清水 義彦、田中 仁、田中 規夫、吉谷 純一、二瓶 泰雄、2019年台風19号による豪雨災害状況、土木学会誌3月号、2020.
- 7) 国土交通省、第3回荒川水系越辺川・都幾川堤防調査委員会資料、2020 (https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000762806.pdf)
- 8) 国土交通省、第3回那珂川・久慈川堤防調査委員会、2020 (https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000764303.pdf)

□ 台風19号による丸森町の被災状況と課題

東北大学災害科学国際研究所

准教授 柴 山 明 寛

1. はじめに

令和元年東日本台風（令和元年台風19号）により、宮城県丸森町は、犠牲者10名、行方不明者1名が発生し、10名の尊い命が失われてしまった。本報告では、令和元年東日本台風で甚大な被害を受けた宮城県丸森町の被災状況とその課題について述べる。

本題に入る前に、著者自身と丸森町との関わりについて説明する。2017年度から宮城県自主防災育成活性化事業で丸森町金山地区に2年間の指導を行い、2019年度から丸森町舘矢間地区の自主防災組織の育成に取りかかっていた。その最中に令和元年東日本台風が発生し、本災害となった。丸森町には、台風通過後の13日午前中から現地入りし、被災調査と平行して役場へのアドバイスや各自治組織の状況確認などを行った。その後、令和元年台風19号丸森町災害検証委員会の委員長及び丸森町復興推進委員会の副委員長に就任し、町の復旧・復興に有識者として提言を行っている。

2. 丸森町の概要

丸森町は、1954年12月1日の昭和大合併により、2町6村（丸森町、金山町、大内村、大張村、耕野村、小斎村、舘矢間村、筆甫村）が合併してできた町である。旧町村名は、現在の地区名となっており、町民は地区名で呼び合うことが多く、それぞれの地区で文化は異なっている。各地区には、

町民が集うまちづくりセンターが整備されている。各地区の令和元年9月の人口と世帯数を表1に示す。丸森町全体の人口は13,405人、世帯数は5,098世帯となっている。転入・転出による社会減も少なからずあるが、出生が少なく自然減によって、平均して毎年280名前後で人口減となっている。

自然環境としては、筆甫と丸森地区から2級河川の五福谷川、内川、新川が流れ、最終的に内川に合流し、1級河川の阿武隈川と合流する。町の東側を流れる雉子尾川は、大内から金山地区を流れ、阿武隈川に合流する。丸森町の大部分は山地及び丘陵地が占めており、北部の低地は、阿武隈川沿いの扇状地性低地となっている。

過去の災害履歴では、地域防災計画^[1]に記載されている風水害の被害が昭和30年以降から約20回程度あり、3年半に1回は風水害の被害を受けている計算となる。最も被害の大きかったのは、1986年（昭和61年）8月5日豪雨災害（以降、8.5豪雨）で、犠牲者1名、全半壊19棟であった。地震災害は、昭和30年以降で被害が発生したのは2回のみで、1978年宮城県沖地震と一部破損が1棟、2011年東日本大震災で全壊1棟、半壊38棟となっており、福島第一原発の影響で放射線被害にあつ

表1 丸森町各地区の人口と世帯数(令和元年9月時点)

地区	人口	世帯	地区	人口	世帯
丸森	3,961	1,489	小斎	950	335
舘矢間	3,219	1,247	大張	764	273
大内	2,296	819	耕野	626	249
金山	1,048	442	筆甫	541	244

ている。近年の災害での自治体での大規模災害対応の経験がほとんど無いのが現状である。さらに、後述で詳しく説明するが、町民の災害意識として8.5豪雨が主な経験ではあるが、今回の台風では8.5豪雨の経験が負の働きとなってしまった。

3. 被害概要

図1に令和元年東日本台風における犠牲者の発生場所及び河川水位、降雨量等を示す^[2]。犠牲者は、丸森地区で8名、筆甫地区で1名、耕野地区で1名の計10名である。また、丸森地区で行方不明者が発生している。10名の犠牲者は、水害による犠牲者が5名、土砂災害による犠牲者5名である。また、行方不明者1名は、土砂災害によるものである。

降雨については、10月12日の未明から10mm以下の雨が降り始め、13日未明の3時から4時頃には雨が上がった。時間雨量は12日20時から23時頃

が最大となっており、55mmから78mmの時間雨量となっている。10月12日から13日の総雨量は、町の北側の山間部で600mm、町役場周辺で310mmから420mm程度の雨量となっている。今回の台風での丸森観測点（1977年観測開始）及び筆甫観測点（1978年観測開始）の雨量は、1時間雨量以外の3時間、6時間、12時間、24時間雨量は、歴代1位となっている。

河川については、阿武隈川の丸森町船場の観測点での最大水位が23.44m、平常時から8.56mの水位上昇が見られた。丸森町船場の氾濫危険水位が22.30mであるが、それより1.14mの水位が上がった。内川の水位観測点については、最大水位が9.84m、平常時から8.71mの水位上昇が見られた。ただし、12日22時までの観測が行われていたが、その後に機器類の水没により観測記録が途中で途切れている。河川被害は、内川で10箇所、新川で4箇所、五福谷川で4箇所と計18箇所河川堤防の決壊が発生した。阿武隈川については、氾



図1 令和元年東日本台風における犠牲者の発生場所及び河川水位、降雨量等

瀬危険水位を越えたが、河川堤防の決壊には至ってはならず、平野部での外水氾濫は発生しなかった。しかしながら、福島県境から丸森町中心部を通る国道349号において、阿武隈川の増水で道路冠水があり、一部の区間で道路面から5m以上の浸水があった。雉子尾川については、河川堤防の決壊は起きてはいないが、越流による外水氾濫が発生し、大内地区及び金山地区の一部が浸水した。内水氾濫は、役場周辺の市街地（丸森地区）及び館矢間地区の一部で内水による浸水が見られた。役場周辺については、排水ポンプの能力を超えて浸水し、排水機関場が水没によるポンプの停止、移動ポンプ車3台も1台を残し水没によるポンプが停止した。浸水解消のために、仙台河川国道事務局の排水ポンプ車による排水が行われたが、浸水範囲が多く、新川の水位が下がり自然排水ができる15日未明まで浸水が継続した。

道路については、角田市と丸森町を結ぶ国道113号以外のほとんどの国、県、市、町道は、土砂災害や浸水被害による道路閉塞等があった。国道113号も丸森町から新地町を結ぶ一部の区間では、浸水した箇所や法

面崩壊も見られた。そのため、13日時点では、丸森町の市街地には、国道113号及び右岸側の迂回しながらしか辿り着くことができなかった。道路被害による孤立地域も複数発生し、筆甫地区などは13日時点では車両で到達することはできなかった。

建物については、各地区の被災建物の被災程度区分を表2、被災建物の被災状況別の被災

程度区分を表3に示す。被災建物は、被害状況認定調査結果を元に集計されたものである。被災建物の全壊は115棟、大規模半壊は248棟、全壊から一部損壊までの被災建物総数は1,340棟となっている。表には示していないが、住家のみの場合は、全壊101棟、大規模半壊が205棟、全壊から一部損壊までの被災建物総数は1,062棟となっている。総世帯数から見た場合、約5分の1の住家が被災を受けていることになる。地区別で見た場合は、丸森地区の被災建物総数が最も多く、被災建物の半数を占めている。次いで金山地区となっている。被災状況別で見た場合、床上浸水が908棟、床下浸水が315棟と被災建物全体の9割が浸水被害となる。それ以外の1割弱が土砂災害による被災となっている。土砂災害の被災建物集計は、浸水も含まれているが、被災要因の主なものが土砂災害である場合は土砂災害に集計されている。表には示していないが、浸水及び土砂災害ともに全壊建物の被災数が多いのは丸森地区となっている。次に土砂災害が多い地区は、筆甫地区、大内地区となっている。その他で集計されている被災建物

表2 各地区の被災建物の被災程度区分（棟数）^[3]

	全壊	大規模半壊	半壊	準半壊	一部損壊	合計
丸森	78	167	282	7	125	659
金山	4	38	217	1	38	298
筆甫	9	7	27	1	32	76
大内	10	4	52	2	48	116
小斎	4	25	16	0	11	56
館矢間	2	1	10	3	47	63
大張	4	4	15	0	16	39
耕野	4	2	14	0	13	33
合計	115	248	633	14	330	1,340

表3 被災建物の被災状況別の被災程度区分（棟数）^[3]

	全壊	大規模半壊	半壊	準半壊	一部損壊	合計
床上浸水	57	238	596	1	16	908
床下浸水	3	0	12	4	296	315
土砂災害	50	10	23	6	9	98
その他	5	0	2	3	9	19
合計	115	248	633	14	330	1,340

の多くは強風による被災である。公共建物の浸水状況については、丸森町役場の周辺が浸水はしたが、役場自体の床上浸水はなかった。役場北側にある国保丸森町病院は床上20cm程度、角田消防署丸森出張所は道路面から約1m程度の浸水があった。

道路以外のライフライン被害について説明する。まず、停電状況は、13日時点で約2,830戸^[4]が発生しており、丸森町の世帯の約半数が停電していたことになる。停電が始まったのは、10月12日19時頃に筆甫地区とその他の地区で200戸ほど停電が発生しており、その後から大規模な停電となっている。全町で停電が解消されたのは、半月後の11月2日であった。

次に、上水道については、13日時点で約4,540戸数^[5]が断水し、町のほとんどの世帯で断水したことになる。上水道の取水は、石羽浄水場、黒佐野浄水場、筆甫浄水場の3箇所から取水しており、耕野・大張地区では電動汲み上げポンプ等による井戸水を利用している。断水になった原因は、土砂災害等による道路閉塞で浄水場に行くことが出来なかったことや、浄水場の取水口の損傷、水道管の破裂などの影響があった。これにより、全面的な仮復旧までに1ヶ月を要した。

情報通信等の被害については、NTTの固定回線で被災があり、ひかり電話で約1,200ユーザ、

光回線で約1,500ユーザに影響が発生した^[6]。館矢間地区でのヒアリングで、12日22時～23時頃からネット回線が使えなかったとの証言もあり、最も降雨量があった時からインターネットからの情報収集ができなかった。携帯電話の基地局^[7]については、停波の開始時期は不明だが、13日17時頃に基地局の停波が最も多くなり、それ以降、停波が解消された。停波については、停電も関係しており、非常用電源が12時間から24時間程度の容量であり、ピークが13日17時頃になったと考えられる。テレビについては、13日17時点で90世帯が中継局の停波によりテレビの受信ができなくなり、14日から15日にかけて約600世帯がテレビの受信ができなくなった。

4. 丸森町における防災に関する課題

丸森町における防災に関する課題は数多くあり、限られた紙面の中ではすべてを説明することはできない。本章では、課題の一部について述べる。その他の課題については、令和元年台風19号丸森町災害検証委員会の提言書^[8]を参照していただきたい。

図2に丸森町の各地区の避難状況^[9]を示す。事前避難した割合が約7%、危険を感じてから避難した割合が約9%と全体で16%の方が避難した

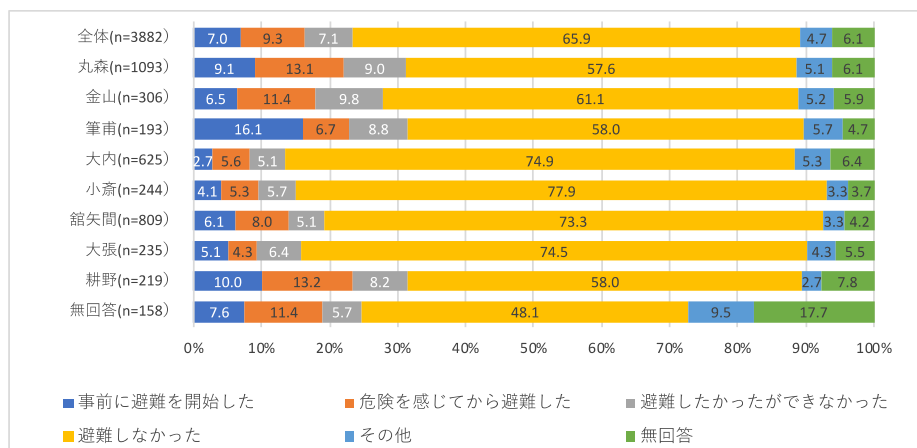


図2 丸森町の各地区における避難状況^[9]

が、一方の8割強が避難しなかったことになる。避難を選択しない理由は、いくつか存在するが、その1つとして8.5豪雨の被災体験が関係している。町民の数十人から話を聞く機会があり、その中で「8.5豪雨では家は浸水しなかった、もしくは大した被害ではなかったから、今回の台風でも大丈夫だと思った」という証言が多く聞かれた。東日本大震災の際も津波の避難時に同様な証言を得られているが、自分の災害経験が最大値と考え、自分は安全だと思い込み避難を選ばないことがある。近年の風水害の傾向から過去の災害規模より大きくなることもあり、避難への呼びかけ方法を見直すことも必要と考える。避難に関してその他の課題としては、洪水時に危険性がある避難所を開設したことである。丸森町では、災害対策本部と支部で災害対応を行っており、支部は、各地区のまちづくりセンターに開設する。その際に、まちづくりセンターで支部を運営するとともに、避難所も合わせて運営するようになっている。そのため、地震時と同じように洪水時に危険性のある避難所を開設してしまい、避難者の混乱を招いた。その後、近くの洪水時でも対応が可能な避難所にすべての避難者を移すことができた。また、その逆に洪水時でも対応可能な避難所が地盤面から1mを越える浸水被害が発生し、急遽、2階への垂直避難をして難を逃れた。当日の洪水ハザードマップが1級河川の阿武隈川の浸水想定しかなく、2級河川の浸水想定が行われていなかったためである。

5. まとめ

令和元年東日本台風の丸森町の被害及び課題について述べた。今回の台風による被害は、町の全ての機能を失う甚大な被害となった。本調査を通して感じたことは、土砂災害や浸水被害の規模から勘案すると犠牲者の数がもっと多く発生しても

おかしくないと感じている。犠牲者の発生数が抑えられた要因としては、地域コミュニティが強固であること、地形を理解した住家の配置されていたことなどが考えられる。さらに、避難のきっかけが近隣住民の声かけやほとんどが顔見知りで安否確認が容易にできたことなどが挙げられる。今後も調査・分析を継続し、丸森町の被害の実態解明と今後の防災対策を進めて行く予定である。

謝辞：

本稿を丸森町の概要と被害状況をまとめるに当たり、丸森町総務課及び保健福祉課、復興推進室の職員にご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献：

- [1] 丸森町地域防災計画, <http://www.town.marumori.miyagi.jp/soumuka/bousai-info/bousai/bousaieikaku.html> (参照：2020.6.30)
- [2] 第25回丸森町災害対策本部会議資料, 2019.11.22
- [3] 丸森町6月12日町長記者会見資料, 配付資料②被災状況等一覧表, <http://www.town.marumori.miyagi.jp/mayor/tyoutyou-kisyakaiken.html> (参照：2020.6.30)
- [4] 第3回宮城県災害対策本部会議, <https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/kikitaaisaku/2019typhoon19.html> (参照：2020.6.30)
- [5] 厚生労働省, 令和元年台風第19号による被害状況等について(第3報), https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_07284.html (参照：2020.6.30)
- [6] 第4回宮城県災害対策本部会議, <https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/kikitaaisaku/2019typhoon19.html> (参照：2020.6.30)
- [7] 総務省, 令和元年台風第19号による被害状況等について(第5報～19報), https://www.soumu.go.jp/menu_kyotsuu/important/index.html (参照：2020.6.30)
- [8] 宮城県丸森町, 令和元年台風第19号災害検証を踏まえた提言書, <http://www.town.marumori.miyagi.jp/soumuka/bousai-info/R1taihu19teigen.html> (参照：2020.7.1)
- [9] 宮城県丸森町, 「(仮称)丸森町復旧・復興計画」策定に向けた意向調査, http://www.town.marumori.miyagi.jp/fukkou/keikaku/ikouchousa_2.html (参照：2020.6.30)

□2019年台風19号による長野県の被災状況と課題

山口大学大学院創成科学研究科

教授 山 本 晴 彦

1. はじめに

2019年10月6日に南鳥島近海で発生した台風19号は、7日には大型で猛烈な台風なって小笠原近海を北北西に進んだ。12日には伊豆諸島北部を北北東に進み、19時前に大型で強い勢力で伊豆半島に上陸した後、関東地方を通過した。13日未明に東北地方の東海上に抜け、12時に日本の東で温帯低気圧に変わった（気象庁、2019a；東京管区気象台、2019）。台風の接近・通過に伴い、広い範囲で大雨、暴風、高波、高潮となり、特に10日から13日までの総降水量は、神奈川県箱根で1,000mmに達し、東日本を中心に17地点で500mmを超える豪雨とに見舞われた。（気象庁、2019a）。

この大雨の影響で、広い範囲で河川の氾濫が相次ぎ、国管理河川では6水系7河川12箇所、都道府県管理河川では20水系67河川128箇所です堤防の決壊が発生した（国土交通省、2019a；2019b）。台風による土砂災害や浸水害の発生により、人的被害は死者99人、行方不明者2人、重傷者40人に及び、住家被害は全壊3,081棟、半壊2万4,998棟、一部破損2万6,284棟、床上浸水1万2,817棟、床下浸水2万4,472棟の計9万1,652棟にも達した（内閣府非常災害対策本部、2019；消防庁災害対策室、2019）。

ここでは、2019年台風19号の通過時における長野県での豪雨の特徴、千曲川流域で

発生した洪水災害について、筆者が収集した各種資料に基づく解析と現地調査を踏まえて概要を報告する。

2. 長野県における雨量と河川水位の概要

図1には、解析雨量積算図（10月10日0時～13日24時、96時間）に筆者が台風の進路・中心気圧・最大風速、アメダスの96時間積算降水量（mm）を加筆したものを示した（東京管区気象台、2019）。台風が伊豆半島に上陸する直前の12

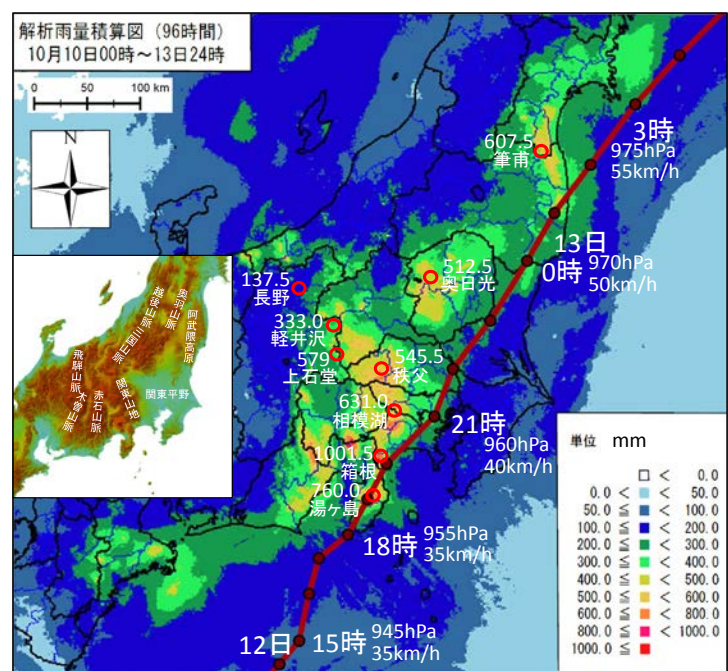


図1 2019年台風19号の進路と解析雨量積算図（10月10日0時～13日24時、96時間）（東京管区気象台（2019）に、台風の進路・中心気圧・最大風速、アメダスの96時間積算降水量（mm）を加筆。色彩標高図は国土地理院「アナグリフ（カラー）」で作成）

日18時でも中心気圧は955hPaと衰えず、21時には神奈川県と東京都の県境、翌13日0時には茨城県と福島県の県境を通過し、太平洋に抜けて3時には975 hPaまで衰弱して金華山沖を通過している。進路の西側では解析雨量が200mmを超え、山岳部では500mmを上回る豪雨に見舞われており、箱根では12日の日降水量922.5mm（歴代全国ランキングの第1位を更新）を含む1,001.5mmの記録的な豪雨を観測している。この大雨の要因としては、①大型で非常に強い勢力をもった台風の接近による多量の水蒸気の流れ込み、②台風北側の前線の形成・強化及び地形の効果などによる持続的な上昇流の形成、③台風中心付近の発達した雨雲の直接的影響が気象庁より報告されている（気象庁、2019b）。

図2には、10月11日から13日までの千曲川上流の佐久地方の上石堂（長野県所管）、下流の長野・北信地方の長野（長野地方気象台）の時間・

積算降水量、千曲川上流の塩名田（佐久市）、下流の立ヶ花（長野市）水位観測所の水位の推移を示した。長野県内で降水量の最高値を観測した上石堂では11日午後から雨が降り始め、翌12日に入り雨脚が強まり、15時前後と19時前後に降水のピークが認められ、後半のピークでは1時間最大降水量50mmを19時に観測している。12日の日降水量は553mm、最大24時間も557mmを観測している。その一方で、千曲川下流に位置する長野では、12日には1889年10月の観測開始から130年間の記録を更新する132.0mmの日降水量を観測しているが、上流と比較すると上石堂の24%、軽井沢の42%と少雨傾向に止まっている（長野地方気象台、2019）。

千曲川上流に位置する塩名田水位観測所では12日9時前から水位が高まり始め、氾濫注意水位である3.00mを12時20分過ぎに超え、避難判断水位の3.30mを13時20分には超過しており、氾濫危

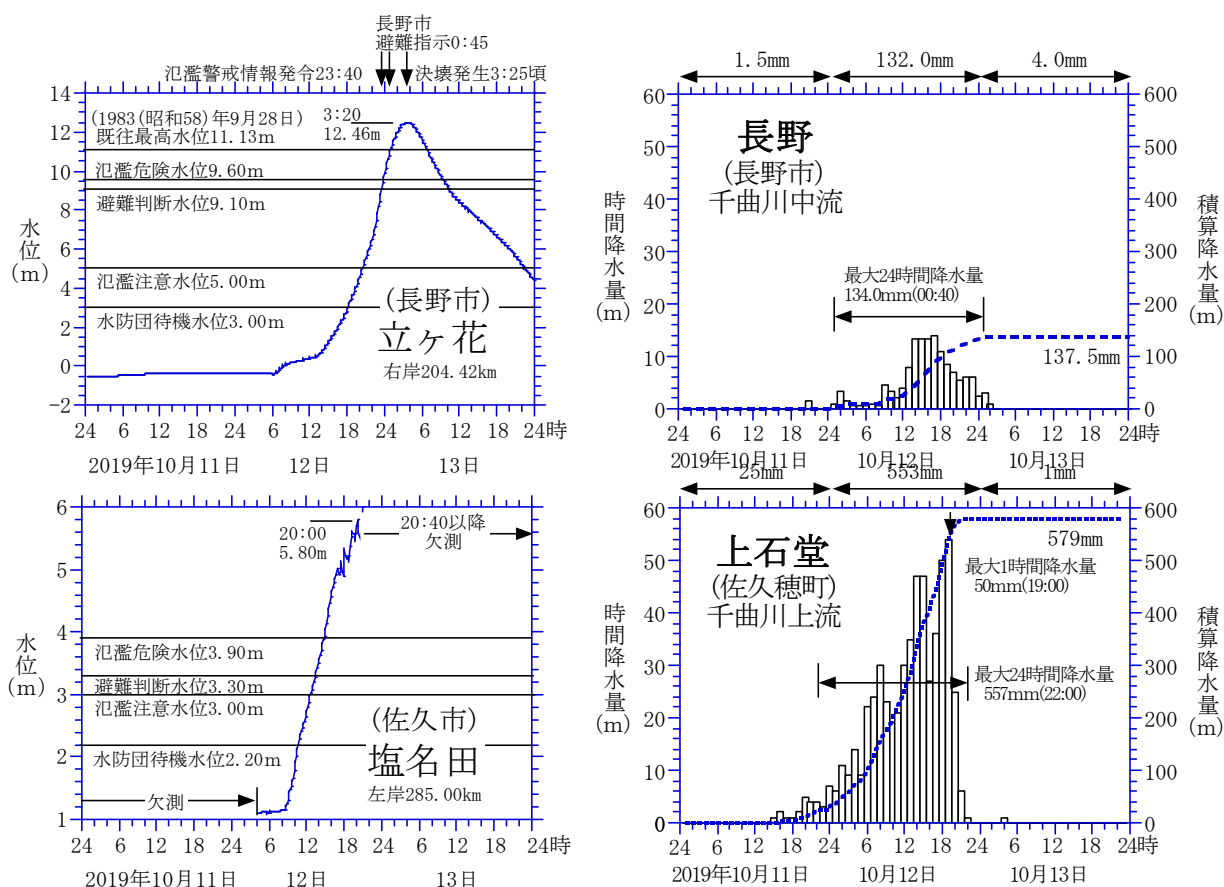


図2 上石堂、長野の時間・積算降水量、千曲川の塩名田、立ヶ花の水位観測所の水位の推移

陰水位の3.90mも14時30分過ぎに達し、水位が急上昇していることがわかる。さらに、20時には氾濫危険水位を約3mも上回る5.80mを観測した後、欠測となっている。今回の豪雨により堤防が決壊した長野市の穂保では川幅は1,050mであるのに対して、5km下流の立ヶ花付近は千曲川の川幅が210mと急に狭まる狭窄部となっている。立ヶ花水位観測所では12日正午過ぎから水位上昇が加速し、20時20分過ぎには氾濫注意水位の5.00mを超え、23時20分には避難判断水位の9.10mを超えて氾濫危険水位の9.60mに到達する見込みであることから同40分には氾濫警戒情報が発令されており、同時刻には氾濫危険水位を上回る9.66mに達

している。その後も水位は上昇し、翌13日3時20分には1983（昭和58）年の大水害の際に観測された11.13mを更新する12.44mを40分まで観測されており、氾濫発生情報が同25分に発令されている（国土交通省、2019a、千曲川河川事務所、2019）。

3. 長野県における被災の概要

2019年台風19号により発生した長野県における人的被害と住家被害の状況（2019年12月13日10時現在）を表1に示した（長野県災害対策本部、2019a）。長野県における人的被害は、死者5人、重傷者7人、軽傷者137人の計149人、住家被害は、

表1 長野県における人的被害と住家被害の状況
（長野県災害対策本部、2019a（2019年12月13日10時現在））

市町村名	人の被害(人)			住家被害(世帯)				参考値		床上浸水 比率 (%)	
	死者	重傷	軽傷	全壊	半壊	一部損壊	床上浸水	床下浸水	床上浸水 ¹⁾		床下浸水 ¹⁾
長野市	2	2	91	1,029	1,562	1,611			2,591	1,611	61.7
松本市						5		20		20	0.0
上田市		1	5	1	11	404			30	97	23.6
岡谷市						4					
須坂市			7	1	246	103			247	102	70.8
中野市		1	1	8	67	34	2	17	78	45	63.4
飯山市		1	4		190	440			209	421	33.2
佐久市	2		18	18	139	112		744	157	856	15.5
千曲市			5	1	336	537	13	790	433	1,197	26.6
東御市	1		1			31		2	26	3	89.7
小海町					4	10			4	10	28.6
川上村		1						4	4	4	50.0
南牧村						1		2	1	2	33.3
南相木村					1			5	1	5	16.7
北相木村				2	3	5				5	0.0
佐久穂町			2	12	52	5		69	52	69	43.0
軽井沢町			1	2	4	12			2	1	66.7
御代田町						1					
立科町					3	32			3	29	9.4
青木村								1		1	0.0
長和町								26		26	0.0
辰野町					2	39					
箕輪町			1			13					
飯島町						1					
南箕輪村						1					
麻績村							3			3	0.0
筑北村							4			4	0.0
坂城町		1	1		1	48			1	1	50.0
小布施町				5	29	25			37	22	62.7
高山村							1			1	0.0
木島平村						1					
野沢温泉村								27		27	0.0
信濃町					1	9				4	0.0
飯綱町						4					
栄村					2	2			2	2	50.0
小計	5	7	137	1,079	2,653	3,490	15	1,715	3,878	4,568	45.9
		合計	149				合計	8,952			

注1：床上浸水・床下浸水（全壊・半壊・一部損壊を含む）

全壊1,079世帯、半壊2,653世帯、一部損壊3,490世帯、床上浸水15世帯、床下浸水1,715世帯の計8,952世帯に及んでいる。参考値として床上・床下浸水の世帯数が示しており、長野市は床上浸水2,591世帯（全壊1,029世帯＋半壊1,562世帯）、床下浸水が1,611世帯（一部損壊1,611世帯）で、これから求めた床上浸水比率は長野市で61.7%と浸水住家が1,000世帯を超える千曲市の29.6%とは対照的に、床上浸水の住家比率が多く、決壊による被害の深刻さを物語っている。

長野県内の死亡者については、佐久市では男性（81歳）の自動車が増水して流され、男性（68歳）は土嚢を取りに行ったらま行方不明になり、千曲川の河川敷や中州で死亡が確認されている。東御市では橋から車ごと川に転落し行方不明になった男性（73歳）が長野市の千曲川の河川敷で見つかり、死亡が確認されている。長野市では千曲川の堤防が決壊した穂保で、男性（81歳）が自宅の1階で、女性（69歳）が屋外でそれぞれ倒れているのが見つかり、死亡が確認されており、長野県内での死者5人はいずれも高齢者となっている。

表2には、台風第19号に関する被害額（2019年12月26日9時現在）を示した（長野県災害対策本部、2019b）。農業関係では、農作物・樹体被害が2,059ha・18億円、生産施設被害が529箇所・32億円、農地・農業用施設が10,365箇所・562億円等で、総額は613億円にも及んでいる。公共土木被害は、河川が827箇所・446億円、道路170箇所・156億円等で総額は621億円に達している。都市設備も下水道が55箇所・381億円等で404億円となっている。これ以外に、商工業関係806億円、学校施設44億円、学校以外の教育施設22億円、社会福祉施設53億円、上水道13億円、公営住宅14億円等の被害が発生しており、長野市の被害総額は2,641億円となり、平成30年度の一般会計の歳出総額1,436億円の2倍弱に相当する甚大な災害であったことがわかる。特に被害が甚大である商工業関係の被害額を表3に示した。中小企業では工業が264億円、

表2 台風第19号に関する被害額（長野県災害対策本部、2019b（2019年12月26日9時現在））

被害の別	発生数	単価	被害額(百万円)
農業関係			
農作物・樹体被害	2,059	ha	1,758
生産施設等	529	箇所	3,229
農地・農業用施設	10,365	箇所	56,168
農業集落排水施設	11	箇所	160
計			61,315
林業関係			
治山林道	84	箇所	2,109
計	1,730	箇所	1,772
計	1,814		3,881
公共土木施設			
河川	827	箇所	44,627
砂防	51	箇所	1,905
道路	470	箇所	15,606
計	1,348		62,138
都市設備			
下水道	55	箇所	38,138
公園	20	箇所	2,270
計	1,423		40,408
商工業関係	888	件	80,601
学校施設	171	校	4,388
学校以外の教育施設	83	施設	2,245
社会福祉施設	133	施設	5,292
医療施設	17	施設	774
自然公園	22	箇所	42
上水道	9	事業体	1,301
浄化槽（市町村設置型）	5	基	2
廃棄物処理施設	8	箇所	80
公営住宅	931	戸	1,365
警察施設	37	箇所	230
合計			264,062

表3 台風第19号による被害額（商工業関係）（長野県災害対策本部、2019b（2019年12月26日9時現在））

項目	件数	価額(百万円)
中小企業		
工業（第二次産業）	288	26,403
商業（第三次産業）	555	15,161
計	843	41,564
中堅企業及びみなし中堅企業		
工業（第二次産業）		
商業（第三次産業）	8	3,710
計	8	3,710
大企業及びみなし大企業		
工業（第二次産業）	15	16,151
商業（第三次産業）	22	19,177
計	37	35,328
工業（第二次産業）計	303	42,554
商業（第三次産業）計	585	38,048
総被害額	888	80,602

注意）現時点（12月26日9時）で、市町村等の報告により把握した数値施設、設備が取替・入替等から修理・修繕等で復旧可能、その逆も含めて、状況把握の進捗により被害額を改訂中小企業被害額については、浸水など明らかに被災していることが確認されるが、事業者不在等により未調査の事業者の被害や、詳細な被害額が未算定のものについては除外して算出このほか、中小企業被害額については、被災後に生じた汚泥や災害廃棄物などの除去に要する費用、清掃費用は含まれない。

商業が152億円で計416億円、大企業（みなし大企業を含む）では工業が162億円、商業が192億円で計353億円となり、合計で806億円（888件）にも達しており、被害総額2,641億円の30%を占めている。

4. 長野市における被災の実態

1) 穂保地区の被害

写真1には、決壊当日の10月13日に撮影された長野市の穂保地区における千曲川堤防の決壊と堤

内地への浸水状況を示した（アジア航測株式会社、2019）。千曲川の下流左岸に位置する穂保地区では70mにわたり堤防が決壊し、洪水流が穂保から津野、国道18号線（通称アップルライン）を超えて北部工業団地、新幹線車両センターに流れ込み、さらには赤沼から浅川の堤防を超えて豊野地区にまで達している。

長野市建設部河川課（2019）が調査により推定した浸水範囲と国土地理院（2019）の浸水推定図彩図はほぼ一致しており、100年に1回の確率で洪水に見舞われると推定される洪水浸水想定区域

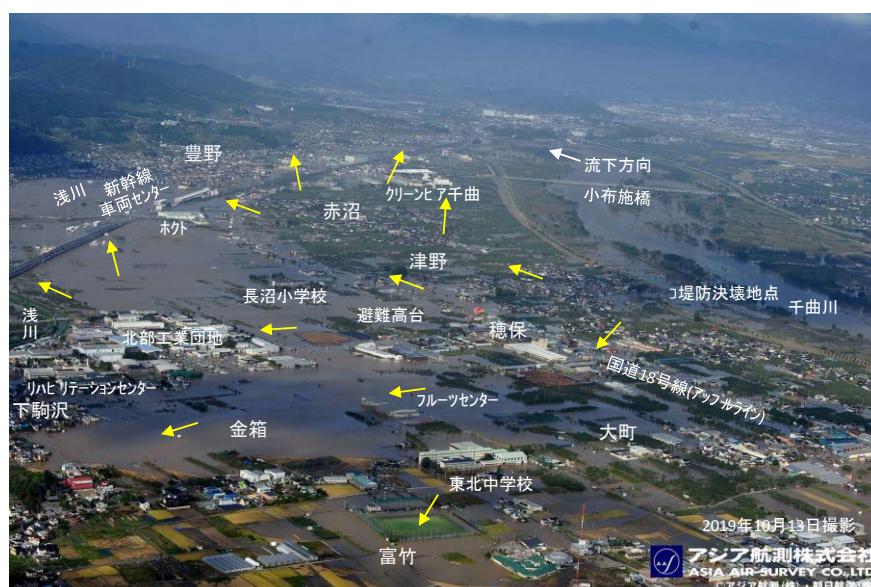


写真1 千曲川中流左岸の穂保地区における堤防の決壊と堤内地への浸水状況
（アジア航測株式会社（2019）に筆者が加筆）

(計画規模)において、浅川流域の5m、さらには千曲川左岸の2～5mの区域(南西側を除く)で浸水被害が発生している。長野市の調査では、穂保地区の堤防決壊等による浸水面積は934ha(長沼・豊野・古里)、住家の浸水は床上浸水1,771世帯、床下浸水199世帯となっている(長野市、2020)。

写真2には、被災から3日後の10月16日に撮影した穂保地区の被害状況を示した。長さ70mにわたり堤防(高さ388.4m)が決壊し、約5m低い堤内地(333.3m)に洪水流が流れ込んで、中央にあった住家は押し流され、堤防に隣接する住家の1階部分が大きく損傷している。泥流は守田神社と長沼体育館を直撃し、守田神社の施設は流失し、長沼体育館は外壁を壊して館内に流れ込み、バスケットゴール付近まで泥流が押し寄せている。また、氾濫流は長沼交流センターを直撃し、天井に泥流の痕跡が確認され、長沼支所の西側を南北に通る東脇往還(県道368号線)を洪水流が超えて北西に進み、長さ約200mにわたり家屋の流失、家屋や倉庫の倒壊や大規模な損傷(大損)、200cm前後の浸水被害を受けた建物も数多く見受けられる。一方は守田神社の南側を通り南西方向に流れた氾濫流により、200m先まで損壊や200cmを超える浸水の被害が認められている。

2) その他の被害

穂保地区の北に位置する津野地区では、長野市立長沼小学校の教室が219cm、体育館が310cmの高さに浸水痕跡が確認でき、地区内の長沼保育園や隣接する長沼児童センターでも200cm前後の浸水被害に見舞われている。赤沼地区に立地する長野新幹線車両センターでは、7編成の新幹線が座席付近まで浸水し、周辺の関連施設を含め、甚大な被害に見舞われている。車両センターが設けられた場所は千曲川の河岸段丘を支流の浅川が度重なる洪水により浸食し、周囲より低い氾濫平野の底部に相当している。浸水した車両が停止している線路の高さは地盤から約360cmの高さにあり、浸水痕跡が残る車体の中央部はさらに約180cm高いことから、浸水深は約440cmと推察される。2000年に建設が完了して約40事業所が集積する穂保地区の北部工業団地では、浸水は最も深い箇所でも270cmとなっており、各種生産機械やキュービクル(高圧受電装置)等の浸水で復旧が大きく遅れている。

千曲川支流の浅川流域は、過去にも幾度となく外水氾濫、内水氾濫による浸水被害に見舞われており、天井川部の掘り下げ、下流での堤防の嵩上げ、内水排除ポンプの強化、浅川ダムの建設、下



写真2 被災から3日後の10月16日に撮影した穂保地区の被害状況(筆者撮影)

水道や雨水調整池の整備等が進められてきた（浅川総合内水対策協議会、2013）。しかし、本水害では千曲川本流の決壊により洪水流が浅川の堤防を乗り越えて左岸の旧豊野町（2005年に長野市へ編入合併）にまで流入し、公共施設が立ち並ぶ中心部では最高で260cmの浸水被害に見舞われ、豊野支所の行政・福祉・教育等の機能がマヒする被害に陥った。

5. 千曲市における被災の実態

台風19号に伴い千曲川上流で発生した豪雨により、千曲川中流に位置する千曲市の杭瀬下水位観測所では、12日の10時頃から水位が高まり始め、14時40分前には氾濫注意水位の1.60mを超え、17時40分過ぎには避難判断水位の4.60mに達している。その後、18時過ぎには5.00mの氾濫危険水位を越え、21時50分に6.40mの最高値を観測した後、水位が低下している。なお、千曲市（千曲建設事務所）における12日の日雨量は130mmで、長野（地方气象台）で観測された132.0mmとほぼ同じ値であり、上流の上石堂の24%と少雨傾向に止まった。

図4には、国土交通省の「重ねるハザードマップ」（国土交通省、2019c）に示された千曲市の洪水ハザードマップに筆者が住家の浸水被害の範囲と霞堤からの洪水流の流入方向（千曲市、2019a）を加筆して示した。平和橋から千曲橋の右岸の中間には堤防が低くなって不連続堤防のように途切れ、堤内地に堤防が延びる「霞堤」が存在している。「霞堤」とは、堤防のある区間に開口部を設け、上流側の堤防と下流側の堤防が、二重になるようにした不連続な堤防である。洪水時には開口

部から水が逆流して堤内地に湛水し、下流に流れる洪水の流量を減少させる機能を有しており、洪水が終息すると堤内地に湛水した水が排水される仕組みとなっている（国土交通省国土技術政策総合研究所、2020）。なお、栗佐橋右岸にあった霞

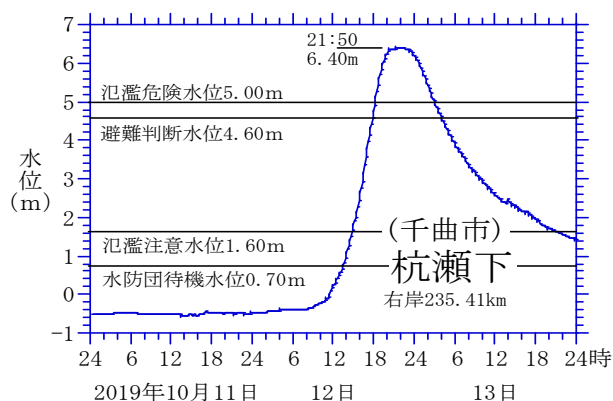


図3 杭瀬下水位観測所における水位の推移

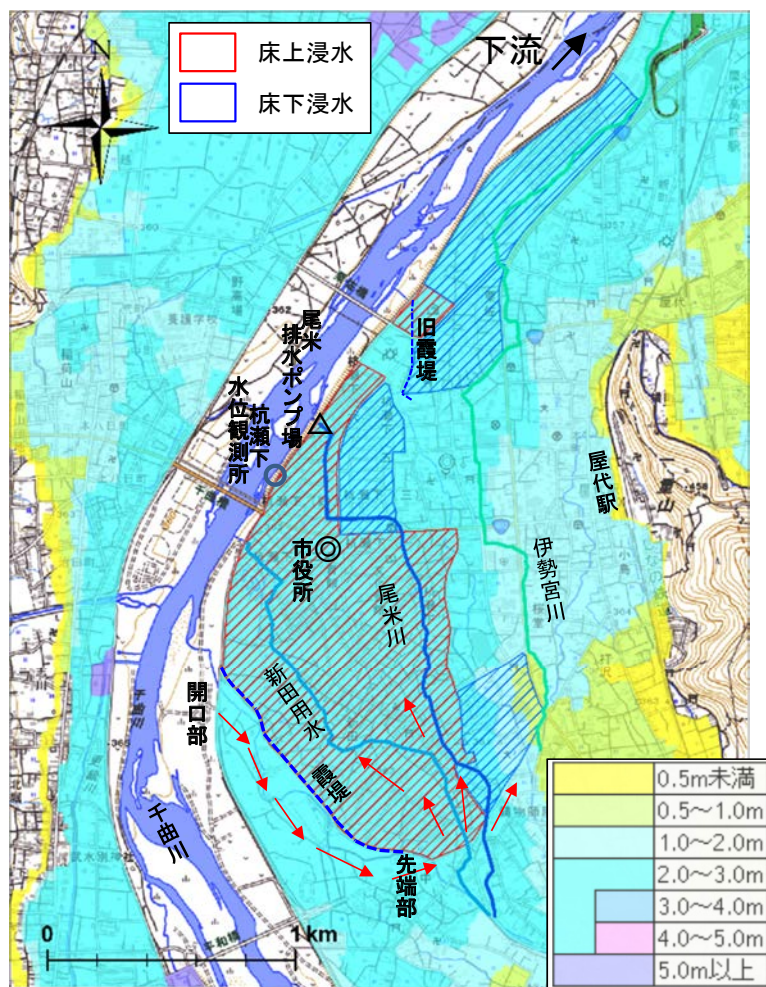


図4 千曲市洪水ハザードマップと住家の浸水被害の範囲と霞堤からの洪水流の流入方向（千曲市洪水ハザードマップに筆者が加筆）

堤は開口部がすでに閉鎖されて、遊水機能を保持していない。

本災害では、千曲川右岸の平和橋と千曲橋の間の不連続堤防（通称：霞堤（かすみてい））より流入した洪水流により市街地が浸水し、大規模な洪水災害に見舞われた。表4には、人的被害、住家被害、道路・河川・公共施設等の応急的な復旧事業費（千曲市、令和2年3月4日現在）、建物被害の状況（千曲市、令和2年3月1日現在）を示した（千曲市、2020a）。被害が発生した2019年10月の『人口統計月報』（千曲市、2019b）では、10月1日現在の千曲市の世帯数は22,149世帯となっており、被災した住家は1,677世帯であることから、被災率は全世帯の7.6%にも達している。全壊住家は1世帯であるが、半壊（床上浸水）は344世帯にも及び、甚大な被害に見舞われている。

ることがわかる。道路・河川・公共施設等の応急的な復旧事業費は、農業用施設が20.8億円、公園・体育施設等が20.3億円、文化・観光施設が7.2億円などで、被害総額は53億円にも上っている。

写真3には、杭瀬下の千曲市役所前の連絡橋における浸水痕跡（86cm）と無電柱化された千曲市役所前通りに設置された変圧器の浸水痕跡（75cm）、写真4にはツイッターの「cck @cdmnttk」に掲載された千曲市役所前の交差点の浸水状況（2019年10月12日撮影）を示した。霞堤の先端部に達した洪水流は、先端を越えて堤内地に流れ込み、標高の低い北方向に向かって流出し、市役所の交差点一帯は、浸水高は1m以下であるが浸水被害に見舞われている反面、4月に完成した千曲市の新庁舎は約1.5mの盛土をしているため浸水を免れている。

表4 人的被害、住家被害、道路・河川・公共施設等の応急的な復旧事業費（令和2年3月4日現在）、建物被害の状況（令和2年3月1日現在）（千曲市、2020a）

人的被害 軽傷者	5人	項目	件数	被害額（千円）
住家被害 全壊	1世帯	道路等	14 (1) ²⁾	15,719
その他	1世帯	河川等	8 (1)	7,444
半壊	344世帯	公共下水道施設	(2)	9,130
床上浸水	344世帯	林道	13	3,627
一部損壊	551世帯	遊歩道・登山道	(3)	0
床上浸水	71世帯	農業用施設	1 (58)	2,084,710
床下浸水	423世帯	市営住宅	1	1,000
その他	54世帯	子育て支援施設	(3)	274,664
床上浸水	10世帯	学校	7	1,683
床下浸水	771世帯	文化・観光施設	2 (5)	716,888
計	1,677世帯	文化財等	6 (1)	37,236
建築被害	被害状況	公園・体育施設等	8 (12)	2,029,478
子育て支援施設 ³⁾		温泉施設	1	254
更埴子育て支援センター	床上浸水	福祉関連施設	8 (1)	82,409
雨宮保育園	ほぼ水没	その他	1 (5)	28,232
杭瀬下保育園	床上浸水	合 計	70 (92)	5,292,474
学校				
埴生中学校	プール機械室浸水			
文化・観光施設				
更埴文化会館	地下、大ホール、インナーコリドー浸水			
上山田文化会館	地下室浸水			
更埴図書館	床上浸水、地下機械室水没、浸水図書多数			
文化財等				
登録文化財 笹屋ホテル別荘	床下浸水、倒木			
福祉関連施設				
更埴デイサービスセンター	床上浸水			
更埴地域シルバー人材センター	床上浸水			
特別養護老人ホーム	床上浸水			
フランセーズ悠こうしょく				
その他 ³⁾				
志川東集会所	床上浸水			
杭瀬下倉庫	床上浸水			
須佐区多目的集会所	床上浸水			

注1：「道路・河川・公共施設等の応急的な復旧事業費」は令和2年3月1日現在。

2：カッコ内の数字は「対応中」の件数。

3：建築被害は、被害が大きい水没、床上・床下浸水のみを記載。



写真3 千曲市役所前の連絡橋における浸水痕跡
(2019年11月19日撮影)



写真4 千曲市役所前の浸水状況
(2019年10月12日撮影、cck@cdmnttk 提供)

6. 今後の対策と課題

本災害を契機には、国土交通省北陸地方整備局が『信濃川（千曲川）水系緊急治山対策プロジェクト』により、流域一体となった防災・減災対策の推進が開始されている（国土交通省北陸地方整備局、2020）。また、長野市においては、『長野市災害復興計画－令和元年東日本台風関連－』（長野市、2020）が策定されており、避難情報の伝達や、避難所運営、被災者支援、災害廃棄物処理などの検証が進められている。長野市が2019（平成31）年3月に公開した「長野市洪水ハザードマップ（（長野市危機管理防災課、2020））」では、1000年に1度の想定しうる最大規模の降雨により算出された想定最大規模は、計画規模（100年に1度）では5m以上であった範囲が10～20mmへと浸水が深くなっている。今回の水害の決壊場所である穂保地区を含め浸水被害を受けた地域は、指定避難所が旧国道18号線の山際の北部スポーツレクリエーションパークと直線距離で3kmも離れているなど、自主防災組織や地域住民にとって、災害時要配慮者の避難支援、避難所の収容人数、新型コロナウイルス感染症での「3密」の回避対策等も含め、多くの課題を抱えている。

千曲市では、霞堤の先端部からの越水により生

じた浸水被害を契機に、地域住民からは「開口部を閉鎖してほしい」との要望が聞かれ、千曲市も閉鎖を視野に入れた検討を開始している。しかし、河川を管理する千曲川河川事務所との協議、さらには千曲川全体の流域管理の観点から、他の霞堤や不連続堤防の課題等も含めた協議が必要となっている。

なお、長野市の洪水災害については日本自然災害学会の和文誌『自然災害科学』、千曲市の洪水災害については日本時間学会の学術誌『時間学研究』への掲載が予定されているので、詳細はこれらを参考にして頂きたい。

謝辞

本調査研究では、気象庁の積算雨量解析図・アメダスデータ、国土交通省北陸地方整備局千曲川河川事務所と長野県建設部河川課の気象・河川水位のデータ、長野県・長野市・千曲市の災害関連資料等を使用させて頂いた。また、国土地理院の地理院地図、千曲市の洪水ハザードマップや各種資料、アジア航測株式会社の空中写真等を活用させて頂いた。さらに、ツイッター「cck @cdmnttk」からは災害当日の写真を転載させて頂いた。ここに厚く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 気象庁：台風第19号による大雨、暴風等、令和元年（2019年）10月10日～10月13日、65p.、2019a.
https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2019/20191012/jyun_sokuji20191010-1013.pdf
- 2) 東京管区气象台：令和元年台風第19号に関する東京都気象速報、40p.、2019.
https://www.jma-net.go.jp/tokyo/sub_index/bosai/disaster/ty1919/ty1919_tokyo.pdf
- 3) 国土交通省：令和元年台風第19号等による被害状況等について（第51報、令和元年12月12日15:00現在）、145p.、2019a.
http://www.mlit.go.jp/saigai/saigai_191211.html
- 4) 国土交通省：堤防決壊箇所一覧（12月3日16:00時点）、3p.、2019b.
<https://www.mlit.go.jp/common/001313204.pdf>
- 5) 内閣府非常災害対策本部：令和元年台風第19号等に係る被害状況等について（令和元年12月12日15時00分現在）、115p.、2019.
http://www.bousai.go.jp/updates/r1typhoon19/pdf/r1typhoon19_42.pdf
- 6) 消防庁災害対策本部：令和元年台風第19号及び前線による大雨による被害及び消防機関等の対応状況（第63報、令和元年12月12日15時00分）、9p.、2019.
<https://www.fdma.go.jp/disaster/info/items/taihuu19gou63.pdf>
- 7) 気象庁：令和元年台風第19号に伴う大雨の要因について、7p.、2019b.
<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yohokaisetu/T1919/mechanism.pdf>
- 8) 長野地方气象台：令和元年台風第19号に関する長野県気象速報、47p.、2019.
https://www.jma-net.go.jp/nagano/topic/topic_20191018_3.pdf
- 9) 千曲川河川事務所：洪水の歴史（主要洪水の概要）、2019.
<http://www.hrr.mlit.go.jp/chikuma/shiru/kouzui/index.html>
- 10) 長野県災害対策本部：第36回災害対策本部員会議資料（2019年12月13日）、16p.、2019a.
<https://www.pref.nagano.lg.jp/bosai/documents/dai36.pdf>
- 11) 長野県災害対策本部：第38回災害対策本部員会議資料（2019年12月27日）、13p.、2019b.
<https://www.pref.nagano.lg.jp/bosai/documents/dai38.pdf>
- 12) アジア航測株式会社：「令和元年東日本台風（台風第19号）」被害状況（2019年10月）
https://www.ajiko.co.jp/news_detail/?id=19538
- 13) 長野市建設部河川課：令和元年台風第19号に伴う長野市浸水推定区域図、2019.
<https://www.city.nagano.nagano.jp/uploaded/attachment/334877.pdf>
- 14) 国土地理院：令和元年（2019年）台風19号に関する情報、地理院地図、2019.
<https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R1.taihuu19gou.html#6>
- 15) 長野市：長野市災害復興計画－令和元年東日本台風関連－、172p.、2020.
<https://www.city.nagano.nagano.jp/uploaded/attachment/343808.pdf>
- 16) 浅川総合内水対策協議会：浅川総合内水対策計画、44p.、2013.
<https://www.pref.nagano.lg.jp/kasen/infra/kasen/keikaku/asakawanaisui/keikaku.html>
- 17) 国土交通省：重ねるハザードマップ、2019c.
<https://disaportal.gsi.go.jp/maps>
- 18) 千曲市：台風19号豪雨災害における状況図、台風19号による水害の状況（植生・屋代地区、2019年10月17日18時更新）、2019a.
<https://www.city.chikuma.lg.jp/docs/2019101700106/>
- 19) 国土交通省国土技術政策総合研究所：霞堤、河川用語集（川のことば）、2020.
<http://www.nilim.go.jp/lab/rcg/newhp/yougo/>
- 20) 千曲市：千曲市復旧計画（令和元年東日本台風災害）の概要（市長記者会見：3月26日）、41p.、2020a.
- 21) 千曲市：人口統計月報（令和元年10月）、1p.、2019b.
<https://www.city.chikuma.lg.jp/docs/2016052700049/files/1-10-1.pdf>
- 22) 千曲市：令和2年度千曲市当初予算の概要、31p.、2020b.
<https://www.city.chikuma.lg.jp/docs/2013071000020/files/2020tousyoyosannogaiyou.pdf>
- 23) cck @cdmnttk（2019）千曲市役所前の浸水状況（2019年10月12日撮影）.
<https://www.shinmai.co.jp/feature/typhoon19/article/201910/30024841.html>
- 24) 千曲市：千曲市都市計画マスタープラン（平成31年3月）、89p.、2019c.
<https://www.city.chikuma.lg.jp/docs/2013082200013/files/201903tosimasu.pdf>
- 25) 国土交通省北陸地方整備局：信濃川（千曲川）水系緊急治山対策プロジェクト、2020.
http://www.hrr.mlit.go.jp/chikuma/chikuma_river/
- 26) 長野市危機管理防災課：長野市洪水ハザードマップ、2020.
<https://www.city.nagano.nagano.jp/soshiki/kikibousai/2570.html>

□2019年台風15・19号における災害医療対応

独立行政法人国立病院機構本部

DMAT 事務局次長 近 藤 久 禎

日本は近年、豪雨や地震など多くの災害に襲われた。これらの災害においては、ライフラインの破綻が大きな課題となった。そこで、今回、医療支援の観点から2019年の台風15・19号対応時のDMATの活動を紹介する。

● 令和元年台風15号災害概要

9月9日午前5時前に強い勢力で千葉市付近に上陸した。最大93万戸が停電となり、千葉県内では9日時点で60万戸を超えた。当初、東京電力は11日までの復旧を見込んでいたが、日が経つにつれその見込は遅延した。

● 台風15号における DMAT 活動

DMATは関東から103隊、DMATロジスティックチーム（ロジチーム）は、東北・関東から59名が活動した。千葉県全域が被災したため、県内の各医療圏に活動拠点本部を設置し、支援ニーズの高い病院に病院支援指揮所を設置した。千葉県は、午前5時前の台風上陸後、7時台にEMISを災害モードに切替、9時台に千葉県DMAT調整本部設置、千葉県内のDMATに待機要請を行った。その後、12時から14時にかけて県内全域をカバーするための活動拠点本部を設置して情報収集を行った。その結果、君津市で入院患者を病院か

ら避難させる「病院避難」が必要であることが明らかとなり、15時52分に千葉県DMAT派遣要請、16時17分にロジチームを派遣要請、16時52分に関東ブロックのDMATに派遣要請を行った。DMATの初動は迅速なものであったと考える。

広域災害救急医療情報システム（EMIS）は、発災から8時間で千葉県内のすべての医療機関の状況が入力され、正常の電気供給のない医療機関が70件、断水が発生している医療機関が30弱発生していることが判明した。これら医療機関への物資の支援調整は図1に示す進捗表に基づいて実施された。

電気供給の支援は、自家発電設備のある医療機関にはその燃料を、自家発電設備のない医療機関には電源車が電力会社への優先復旧依頼をし、それらをリスト化した。図2は電源車依頼のリストの一例である。給水は、用途により支援方法が異なるため、情報を整理しリスト化した。これらのリストに基づいた補給の要請は、千葉県災害対策本部を通じて関係機関へ依頼され、補給の進捗は、活動拠点本部を通じて確認された。電力確保の要請スキーム、給水の要請スキームのそれぞれを図3、図4に示す。

2つの病院で病院避難が行われ、停電・断水の影響で患者が集中した病院には、診療支援も実施された。

台風第15号への対応

No	管轄		名称	所在地	総 病床 数	電気	水	電源車	給水	11日			12日			
										12時	18時	24時	6時	12時	18時	24時
##	印旛	救	A病院	*****7-1	191			確保		即必要		電源車到着				
##	印旛		B病院	*****-5	311	病院避難中		確保不足				電源車到着				
##	印旛		C病院	*****-10	335					復旧						
##	印旛		D病院	*****1-2	180			確保				電源車到着				
##	香取		E病院	*****2-1	165			確保	復旧			電源車到着				
##	夷隅		F病院	*****31	198	保健所確認					復旧					
##	安房	救	G病院	*****59	66			確保								
##	安房		H病院	*****09	99			確保								
##	安房		I病院	*****9-1	109						自己手配					
##	安房		J病院	*****-10	178			確保								
##	安房	救	K病院	*****3	70											
##	君津	救	L病院	*****14	45			依頼中				電源車調整中				
##	君津		M病院	*****1-5	156						復旧					
##	君津	救	N病院	*****7-20	160						復旧					
##	君津		O病院	*****41	32			確保		電源車到着	復旧					
##	君津		P病院	*****38	116	病院避難済										

図1 燃料給水補給進捗状況管理表

台風第15号への対応

医療関係電源車要請リスト

9月14日 12:30時点

No.	二次医療圏	名称	住所	電話	配電線復旧状況	復旧見込み	備考
1	千葉	** 病院	千葉市***	***-***-***	復旧	復旧	電源車、98床
2	市原	** 病院	市原市***	***-***-***	復旧	復旧	電源車、60床
3	君津	** 病院	富津市***	***-***-***	復旧	復旧	電源車、停電中
4	印旛	** 病院	富里市***	***-***-***	電源車		電源車、311床(避難中止)
5	印旛	** 病院	八街市***	***-***-***	復旧	復旧	電源車、191床
6	香取海匠	** クリニック	香取郡神崎町***	***-***-***	電源車		電源車要請済、19床
7	市原	** 病院	市原市***	***-***-***	電源車		電源車、164床(精)
8	香取海匠	** 病院	香取市***	***-***-***	復旧	復旧	電源車、165床
9	安房	** 病院	館山市***	***-***-***		電源車手配	電源車要請済、99床
10	千葉	** 病院	千葉市***	***-***-***	復旧	復旧	電源車
11	君津	** 病院	君津市***	***-***-***	電源車		電源車向かっている
12	安房	** 病院	鴨川市***	***-***-***	電源車		電源車要請済
13	千葉	** 病院	千葉市***	***-***-***	電源車		電源車
14	千葉	** 病院	千葉市***	***-***-***	電源車		電源車
15	君津	** 外科内科	袖ヶ浦市***	***-***-***	復旧	復旧	自家発
16	君津	** 医院	君津市***	***-***-***	復旧	復旧	自動音入院患
17	君津	** 院	君津市***	***-***-***	電源車		電源車
18	安房	** クリニック	館山市***	***-***-***	電源車		電源車

【凡例】

復旧
 手配済
 手配中

(東電→災対→DMAT調整本部)

図2 電源車派遣進捗状況報告(一部抜粋)

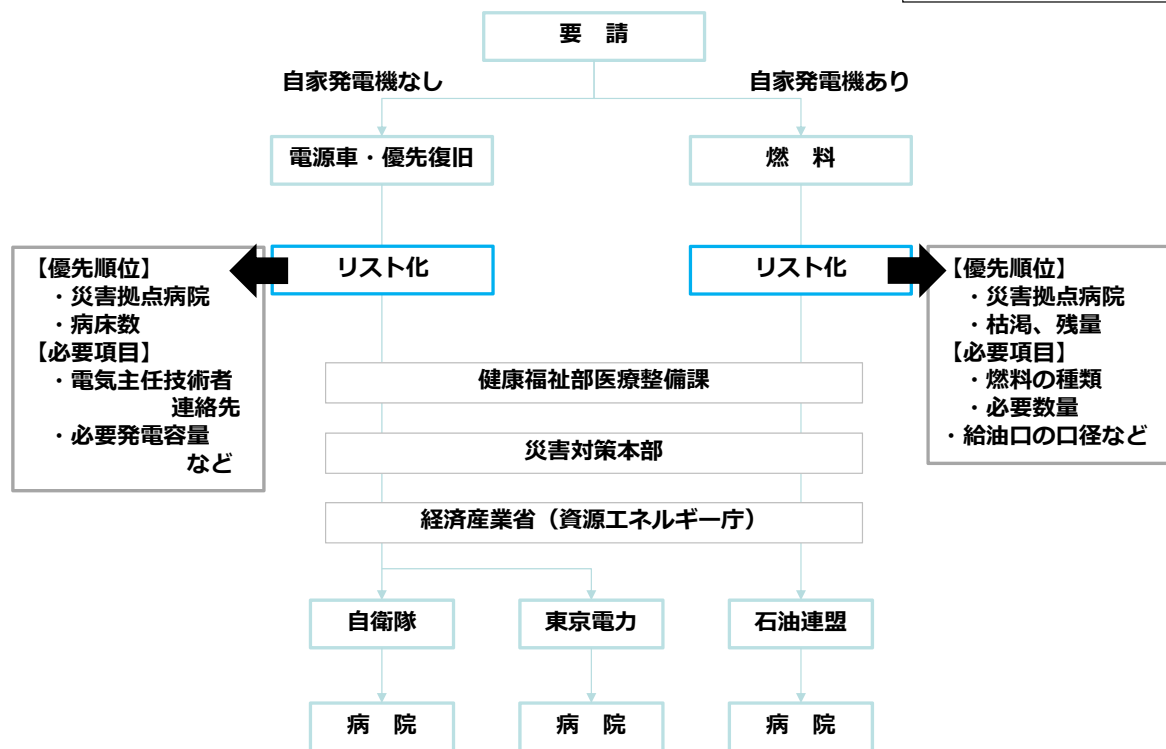


図3 電力確保（電源車・優先復旧、自家発電機燃料）要請スキーム

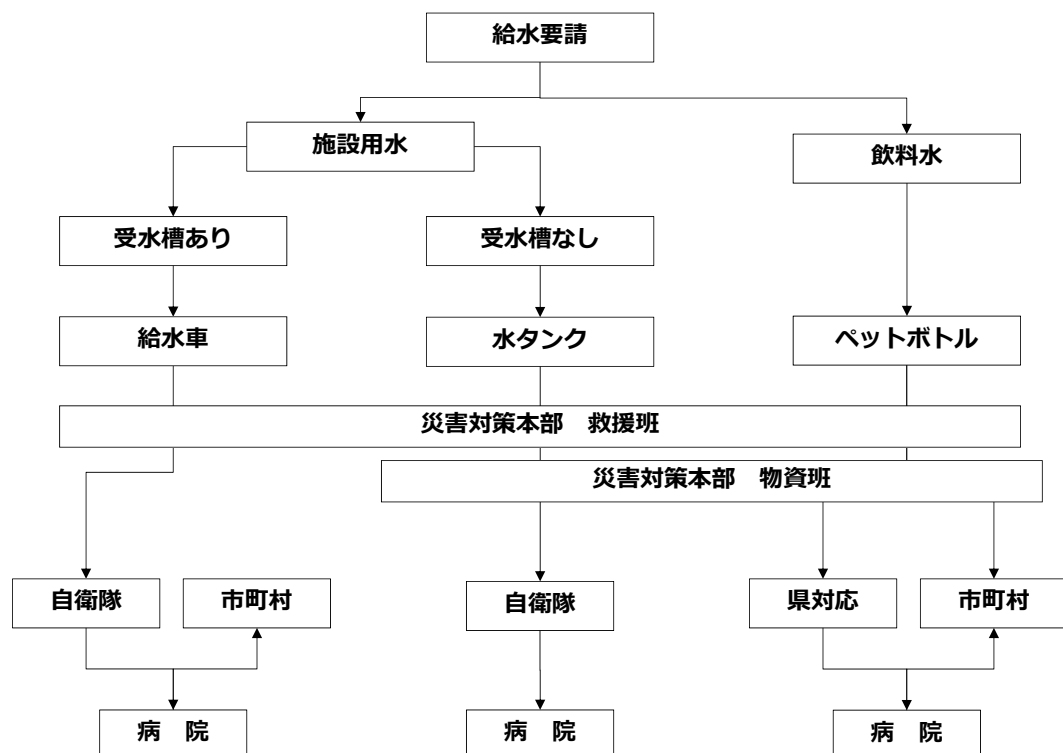


図4 給水要請スキーム

● 令和元年台風19号災害概要

台風第19号は10月12日19時前に大型で強い勢力で伊豆半島に上陸した後、関東地方を通過した。記録的な大雨により、静岡県をはじめ16都県に特別警報が発出された。

● 台風19号における DMAT 活動

DMAT 事務局はこれら16都県における情報収集、支援調整を行った。16都県のうち、医療本部を設置したのは11都県、県内の DMAT に派遣を要請したのが6県、県外の DMAT に派遣要請を行ったのは4県であった。

DMAT は東北・関東・中部ブロックから派遣し、長野県は県内37隊、県外18隊、静岡県は県内13隊、埼玉県は県内22隊、栃木県は県内40隊、県外3隊、茨城県では県災害医療コーディネーターとして活動、福島県は県内12隊、宮城県は県内90隊、県外25隊の合計260隊が活動した。ロジチームは全国から81名が動員され活動した。DMAT の派遣規模は東日本大震災に次ぐものであり、ロジチームの派遣も2016年熊本地震に次ぐ規模であった。主な活動は、病院・施設の避難も含む搬送支援や、浸水・断水のあった病院・施設への籠城支援、給水支援であった。

・ 長野県における活動

長野県においては、病院避難、介護保険施設等の避難が主たるオペレーションであった。病院避難は、入院患者38名、入所施設19名について、浸水による孤立・停電、自家発の故障を起因に行われた。この医療機関は、当初水没していたが、早期に浸水が引いたため、病院から直接分散搬送を実施できた。DMAT 車両、消防救急車、ピースウィンズジャパン (PWJ) の車両で、県内の災害拠点病院を中心に28名を搬送し、29名は帰宅した。また、全入所者数259名の介護医療院、施設も、浸

水による孤立・停電・断水を起因として、全入所者の避難が必要となった。搬送先は、20～30床規模の病院確保は DMAT 調整本部、数床ずつの医療機関は活動拠点本部にて調整を実施、介護保険施設については市・県担当課にて調整された。DMAT 車両、消防救急車、日赤救護班車両、災害人道医療支援会 (HuMA)・PWJ などの車両を用いて、県内医療機関・介護保険施設に合計240名が3日間かけて搬送された。

・ 福島県における活動

福島県においては、病院への籠城支援、浜通りの断水地域の病院、施設への支援が中心となった。1階が浸水しインフラ機能の喪失・孤立した病院には、杵記念病院 DMAT を安達広域消防とともにボートにて派遣し、緊急性の高い入院中の透析患者12名を搬出・搬送した。搬出後の在院入院患者数は約75名であったが、水は使用可能、電気も1階以外は使用可能であったため、病院側と協議をし、籠城可能との判断をした。ボイラーの破損により、暖房、風呂使用困難であったため、県は、同病院を福祉避難所に指定し、自衛隊の支援による風呂設置、清掃を実施し、不足物資の供給支援し、病院避難に至ることなく、同病院を継続させることができた。また、いわき、相馬地方の広域な断水に対しては、県庁での給水調整に協力した。被災状況等を踏まえ、病院については、毎日同量を給水してもらうよう依頼し、ルーティン化した。また、病院への給水のめどが立った後は、職員が施設から離れることができない重症心身障害児(者)施設、その次に介護保険施設と優先順位をつけ、給水支援を行った。

・ 宮城県における活動

宮城県では、2つの病院の搬送支援、避難が主たるオペレーションとなった。1階が水没、透析機器が浸水し稼働不可となった病院では、12名の要透析患者の避難が必要であった。DMAT 車両、

日本赤十字、消防車両、防災ヘリを用いて、仙台市、白石市の病院に搬送した。

別の病院では、水没、水道管のある橋が破損したことにより、病院機能が1か月以上回復しない可能性があったため、病院の避難が必要となった。そこで、この病院では入院患者56名の内、55名をDMAT 車両、消防車両を用いて、県内の病院に搬送した。避難にあたっては、家族の承諾を要したが、比較的迅速に承諾が得られ2日間で避難は完了した。

● DMAT 活動の考察

・ 災害の本質を見抜く目

外傷においては、同じ受傷機転であっても必ずしも同じ臓器が損傷されるわけではない。同じように災害においても同じ事象を原因とする災害で、常に最大の課題が同一ではない。伊勢湾台風では高潮、常総水害では洪水、2014年広島土砂災害、岩手北海道豪雨災害（岩手県）では、限られたエリアでの土砂災害、西日本豪雨においては、広島県の広域土砂災害、ライフラインの破損、岡山県においては洪水が課題となった。西日本豪雨（広島県）では、局地災害のイメージで活動を始めた。その結果、広域ライフライン途絶への対応が遅れた。2019年は、風水害の対応がメインであったが、台風15号の千葉県においては大規模な停電、台風19号においては洪水と断水が課題となった。このように、本年の災害においても、災害の起因とメインの支援ポイントは必ずしも同一でなく、その本質が何かを見極めることが重要であることが示唆された。

・ DMAT の役割：指揮調整とロジスティクスチーム

DMAT の最もプライオリティーの高い業務は、EMIS を用いた情報共有により、全ての医療機関を組織化し、災害医療体制を構築することである。

個々のDMAT は、医療機関を訪問し、困りごとを聞いて、それに応じて物資支援調整、搬送支援、診療支援を行う。本年の災害で必要とされたのは、まさにこのような業務であり、従来の考え方が支持された。

このような業務の中心となるのがロジチームである。2018年西日本豪雨災害では、ロジチームは災害医療体制の基礎を作り、一般のDMAT 派遣よりも早期に派遣すべきとの教訓があり、それ以降の災害では早期派遣が目指されている。2019年の災害時もロジチームは、通常のDMAT 派遣に先んじて派遣されており、災害医療体制構築支援に有用であったことが示唆された。

・ 籠城支援

2018年の災害対応を通じて、病院の籠城支援の重要性は、確認された。西日本豪雨災害の岡山県においては、浸水病院へのDMAT 派遣の遅れ、病院の状況評価、避難実施の遅れが指摘された。また、北海道胆振東部地震においては、広域の停電災害に対し、支援が必要な病院のリストを提示することを目指したが、リストを作成することができなかった。

2019年は、まず、佐賀豪雨災害において浸水中の病院にDMAT を派遣し、病院の状況評価を行うことができた。同様の事案は、台風15号、19号でも浸水による孤立、もしくは、ライフラインの問題がある病院にDMAT が訪問し、病院の評価を支援することができた。

また、台風15号では広域の停電や続発した断水がおこり、医療施設への電気、水の供給が課題となった。電気については自家発の有無、水については必要とする水の種類、貯水槽の有無を確認したうえで、補給活動を定型化することができた。この定型化は、台風19号の福島県における給水活動の際も実施され、その有用性が確認された。

・ 訓練の有用性と限界

今回の災害においては、訓練の有用性が実証された。台風19号による千葉県への派遣は、内閣府が毎年実施する大規模地震時医療活動訓練の直後に発生し、EMIS の入力、本部の場所の確保等が迅速に行われた。また、この訓練の準備のために病院への籠城支援に必要な情報（自家発の有無、燃料の種類等）をあらかじめ調査済みであったことも、補給のためのリストを作成することに資することとなった。このように、実践をしっかりと想定した訓練は有用であることが示唆された。

一方、台風15号の千葉県の活動が、首都直下地震のイメージが先行し、必要地域に DMAT 活動拠点本部を置くことができず、地域の情報収集、支援活動の遅れにつながったとの指摘もあった。このことは訓練のイメージにとらわれすぎることの弊害ともいえ、訓練実施後の留意点として残しておくべき教訓となった。

・ 介護保険施設、在宅患者への支援

台風15号による災害においては、病院への籠城支援は一定の成果を収め、入院患者の「防ぎえる災害による死亡」を防ぐことができた。一方、介護保険施設、在宅患者の中から「防ぎえる災害による死亡」が出たのではないかと報道もあった。

台風19号による災害においては、そのような中、

医療機関への物資支援、避難支援がある程度実施されたのち、介護保険施設への支援が必要となった。長野県における施設避難、福島県における施設への給水支援等、ニーズに応じて優先順位を付けた活動は実施した。しかし、そのニーズ調査の方法、優先順位の設定、支援活動の方法や役割分担は十分に整理さえておらず、国、地方自治体での対応を含めて今後検討が必要である。

● 結語

2018年、本邦においては大規模な風水害が多発した。その対応を通じて、災害の本質を見抜き対応することの重要性が2019年も確認された。その中で、DMAT の主要業務である災害医療体制の構築と病院支援の重要性が再確認された。病院支援については、近年の活動の教訓を踏まえ、籠城支援の定型化が図れたことが2019度の大きな成果である。一方、このように病院支援の手法が発展してくるとともに、介護保険施設や在宅患者への対応等、さらに幅広い対応についてその方法、役割分担などを整理していくことが今後の課題である。

近年の気象状況や南海トラフなどの地震の脅威にさらされている本邦においては、現状の成果を周知していくとともに、これらの課題を生かしていくことが喫緊の課題である。

特別寄稿

□新型コロナウイルス感染症（COVID-19）と避難所

新潟大学医歯学総合研究科先進血管病・塞栓症治療・予防講座特任教授

榛 沢 和 彦

はじめに：

新型コロナウイルスは当初考えられていた以上に感染力が強く、COVID-19の死亡率は季節性インフルエンザ感染よりも5倍以上高い。その原因はCOVID-19では血管内で血栓ができやすいこと、免疫反応を過剰に引き起こすこと（サイトカインストーム）などにある。また新型コロナウイルス感染の特徴として会話だけでも飛沫感染し、そして飛沫で飛散したウイルスは壁、ドアノブ、床などに付着し数時間から数日間感染力がある。さらに厄介なことに無症状の患者からも感染することが判明しており、PCR検査など新型コロナウイルスを特定できる検査をしない限り隔離による感

染予防は難しい。以上のことを考えてウィズコロナ時代の避難所について考えたい。なお新型コロナウイルスによる感染で病気を発症した状態がCOVID-19と称されているが、無症状で感染している状態もCOVID-19である。

床からディスタンスのための簡易ベッド：

この原稿を書いている時にも豪雨災害で避難所が開設されていたが、テレビで映されるのは床にシートや畳1枚を敷いた上に座ったり寝たりしている、いわゆる雑魚寝生活であった。これはウィズコロナ時代の避難所では危険である。なぜなら新型コロナウイルスは床付近に多く存在している



（図1）令和元年台風19号いわき市避難所での粒子濃度計測（2019.11.24）

からである。一般に細菌やウィルスの多くはホコリやチリにくっついて存在する。チリやホコリは重力により床付近に多く存在している。しかしチリやホコリの濃度は床から30cmの高さで半分になると言われている。そこで実際に避難所で畳の直上と椅子の上でチリ・ホコリなどの粒子濃度を測定したところ、床に比べ約30cmの高さで濃度は半分になっていた（図1）。

前述したようにウィルスはチリやホコリにくっついて存在する。また小さな飛沫はホコリと同じように床付近で多く浮遊している。そのため新型コロナウイルスも床付近に多く存在し、30cmの高さで半分になると考えられる。したがってソーシャルディスタンスによる新生活と同様に、簡易ベッドを使った床から距離（床からディスタンス）をとる生活をすれば感染するリスクが減ると考えられる。この「床からディスタンス」のための簡易ベッド生活は、避難所での新しい生活様式であり、ウィズコロナ時代の避難所では必須である。また簡易ベッドは畳の部屋だから不要というものではなく、避難所として使用されている全ての場所で必要なものである。それも被災者全員が使う必要がある。次にその理由について述べる。

全員が簡易ベッド使用を！：

米国のホームレス避難所（homeless shelter）は大きな部屋に簡易ベッドを多数置いて集団生活しているものである。したがってこれは日本の避難所に似ていると思われる。2020年4月に米国各地のホームレス避難所で相次いでCOVID-19発生が確認され調査された。その結果、179人から730人（平均365人、平均年齢51才）が入所している4箇所の避難所で新型コロナウイルス感染率は入所者のうち最大66%（平均37.4%）、スタッフの感染率は最大30%（平均21%）であった。また新型コロナウイルス感染者の半数は無症状であった。これらの避難所では平均で3.8人に1人のスタッフ

がおり、食事は施設の中で作られていたことなどから、施設内では十分なケアがされていたことがうかがえる。また当時はすでにCOVID-19拡大が米国内でも報道され十分に注意されていたはずである。それでもこのような施設内感染が発生していた。これは日本の避難所の中で新型コロナウイルス感染が起きた後の様子を予測するものであると考えられる。すなわち避難所でひとりでも新型コロナウイルスに感染すると最悪の場合は避難者の60%以上が感染してしまう危険性があることを示唆している。また避難所の感染者の半数以上が無症状の感染であり、誰が感染しているのかわからない。特に若年者の感染では多くが無症状であるが感染力がある。若年者は感染しないのではなく症状が無いだけであって、他の感染者と感染力は同等と考えられる。したがって避難所では若年者を含めて全員が簡易ベッドを使って、ひとりも感染しないようにすることが重要なのである。これまでは避難所に簡易ベッドが届いても使われていない避難所が多数あった。なぜ簡易ベッドを使わないのかを聞いたところ、多くが「自宅で使っていないから」、「ベッドは嫌いだから」などであった。これは避難所における簡易ベッドの使用が個人の趣向で決まっていたことを示している。しかしウィズコロナ時代の避難所では新型コロナウイルス感染拡大予防のために簡易ベッドを使うのであり、ひとりの感染者も出さないために全員が使う必要がある。いわば、避難所での感染拡大予防のために全員がマスクを使う必要があるのと同じくらいに全員が簡易ベッドを使う必要がある。令和2年7月豪雨災害の熊本県人吉市の避難所では全員が簡易ベッドであるダンボール製ベッドとダンボール製のパーティションを使えるような避難所が作られた（図2）。ちなみにここではダンボールベッドの間隔を1m以上空けてソーシャルディスタンスが得られるようになっている。これが避難所の標準になることを切に願っている。



(図2) 令和2年7月豪雨災害での熊本県人吉市の避難所の様子
(2020.7.10. 人吉市スポーツパレス)

(避難所・避難生活学会 水谷嘉浩氏提供)

感染ゾーニングの落とし穴：

比較的環境の良い米国のホームレス避難所でも新型コロナウイルス感染が広がった。一方、クルーズ船ダイヤモンドプリンセス号の COVID-19 では、専門家による船内での感染者と非感染者の生活圏や活動範囲を分けるゾーニングが行われたにも関わらず感染が拡大した。また日本国内の院内感染（診察した感染者から患者や医師、看護師などに感染が広がること）は感染症専門病院でも多数発生している。これは COVID-19 において感染患者隔離やゾーニングによる感染拡大予防が難しいことを示唆している。原因はまだ不明であるが以下が考えられる。第一に新型コロナウイルスを含んだ小さな飛沫がエアロゾルとなり遠方にも到達が可能なことで空気感染のようになること。第二にウィルスは床、壁、ドアノブなど様々な表面に付着し数時間から数日間感染力を持っていること。第三に感染していても症状が全く無い感染者が感

染者全体の40%以上を占めており症状が無い感染者でも感染力を持つことである。したがってゾーニングを行っても症状が無い感染者が非感染ゾーンに入り込めばゾーニングは意味が無い。またエアロゾル化した飛沫がゾーニングを超えて拡散した場合もゾーニングは意味が無くなる。したがってゾーニングによる感染拡大予防を行うためには PCR 検査などで無症状の感染者を区別すること、感染ゾーンを陰圧室にすることなどとして完全に非感染ゾーンと空気を分けることなどが必須である。しかし避難所でこれらを行うことは不可能に近い。したがって避難所において効果不確実なゾーニングを行うのではなく、避難所に新型コロナウイルス感染者を「入れない」、避難所で「発生させない」、発生した場合は中に「留めない」ことを徹底することが重要である。よって避難所で COVID-19 が発生した場合は速やかに DMAT などにより病院または感染症専門避難所などに搬送する必要がある。

米国ホームレス避難所での COVID-19 拡大からの教訓：

前述したように COVID-19 感染者が米国のホームレス避難所で発生した際に最大66%の入所者に感染拡大したが、その原因は避難所で十分なソーシャルディスタンスが取れなかったことにあると米国疾病対策予防センター（CDC）は結論している。なぜなら避難所では食事やトイレ、入浴（シャワー浴）などで行列や密集がしやすいからである。そこで食事の際に被災者に取りに来てもらわずに配膳して持っていく、トイレは多めに準備して最低20人に1個とし、さらに女性用を多くするなどが必要である。そのためには避難所でのスタッフが今まで以上に多く必要になる。しかしウィズコロナ時代では県を超えたボランティア活動参加などは難しくなると考えられ、益々避難所運営の人材が不足する。そこで被災者の避難所運営への参加がこれまで以上に求められると考えられる。まずは被災者でボランティア活動経験のある人、被災者で医療関係者、教育・学校関係者、行政経験者などに呼びかけて避難所運営を手伝っていただくのはどうであろうか。また学校や町内会などの避難所訓練の際に運営を手伝う訓練を行うのも効果的と思われる。こうしたことは欧米ではすでに広く行われている。

分散避難における車中泊問題：

避難所が密になるのを避けるために分散避難が提唱されている。災害時に避難する場所は避難所だけではない。知人、親戚の家、ホテル・旅館そして車中泊が選択肢になるとされている。車中泊はプライバシーが守られること、すぐに移動できること、冷房や暖房ができること、ラジオ・テレビが聴ける・見られることなどの利点がある。しかし冷房や暖房するためにはエンジンをかける必要があるため排ガスの問題がある。周囲に排ガス

を撒き散らすこと、そして自らの車内に排ガスが入ってしまうことなどがある。旧型の軽自動車などで停車したまま一定時間アイドリングすると車内の一酸化炭素濃度が上昇しやすいことが判明している。普通乗用車でも周囲が囲まれた場所や雪に埋もれてしまった際のアイドリングで一酸化炭素中毒になって死亡した例が多数ある。そしてウィズコロナ時代では無症状で感染している人が車中泊する可能性がある。新型コロナウィルスは血管内で血栓ができやすい。もしも新型コロナウィルスに感染した人が車中泊をすれば感染により血栓ができやすくなっていることからエコノミークラス症候群をこれまで以上に発症する危険がある。ウィズコロナ時代では誰もが感染する可能性があるので、できるだけ車中泊避難は避けるべきである。もしもやむを得ず車中泊避難する場合は①脱水予防のための飲料を持って入る、②簡易トイレを持って入る（トイレが無いと水分を我慢して脱水になるため）、③弾性ストッキング（圧着ソックス）を持って入る、④車外と連絡できる手段（携帯電話、インターネットなど）を確保するなどの準備が必要である。

終わりに：

欧米の避難所では一人当たり4平米の広さが必要とされ、食事は避難所で作ること、トイレは20人に少なくとも1個で女性に多く配分すること、簡易ベッドを全員使用することなどになっている。これらは全て COVID-19 対策になるものばかりである。そしてトイレ、調理場施設（キッチン）、簡易ベッドは48時間以内に避難所で準備することを義務付ける国が多い。なお米国では避難所を開いたときにすでにこれらが準備されていなくてはならないとされている。こうした素早い避難所の準備は備蓄無しではできない。また欧米の避難所運営は災害専門省庁が指揮し、職能ボランティア（自らの職業を避難所で行う専門ボランティア）

が多く存在することで可能になっている。日本は先進諸国の中で災害専門省庁が存在しない唯一の国である。これは災害が発生しないと対応できないということを意味する。近い将来必ず首都直下地震や南海トラフ地震が起きるが、その際はこれまで経験したことがない数の被災者数、避難所数になる。そのときにどう対応するのか。このまま

の体制で良いのか。さらにウィズコロナ時代で避難所にも新しい生活様式が求められるようになり、そのため避難所運営は複雑で且つ多数の人材が必要なものになる。そこで現在の法制度を含む災害対策・対応のシステム、特に災害専門省庁が無い状態で本当に良いのかなどを真剣に考える時期に来ていると思われる。

令和元年地域防災データ総覧

～「災害廃棄物対策に関する実務資料集編」～

(一財) 消防防災科学センター 研究開発部

I 刊行の趣旨

防災対策を効果的に推進していくためには、市町村、消防機関、都道府県などの防災関係者が過去の災害事例、教訓、調査研究成果等を十分に理解しておくことが重要です。

そこで、当センターでは、防災施策の立案等に際しての基礎的資料として、毎年「地域防災データ総覧」を作成し、都道府県、市町村、消防本部等に配布しています。

令和元年度は、近年の大規模災害時に発生した膨大な量の災害廃棄物処理の現状を踏まえ、「災害廃棄物対策に関する実務資料集編」をテーマとして作成しました。

II 「災害廃棄物対策に関する実務資料集編」の概要

この冊子は、4部構成になっており、1部は、国（環境省）、学識経験者及び廃棄物処理の関係団体に、2部・3部は、地方公共団体から災害廃棄物の処理事例等をご寄稿いただきました。第4部では、第1部から3部までの内容と当センターが行った市町へのヒアリングの結果等から主な課題とその解決策のポイントをまとめました。

以下、概要を紹介させていただきます。

第1部 大規模災害発生時における災害廃棄物対策に係る基本的な考え方

1. 環境省における災害廃棄物対策について

国の廃棄物処理行政を担う環境省では、自然災害により発生する災害廃棄物の適正かつ円滑・迅速な処理のための対策（対策指針等）についてとりまとめており、地方公共団体との連携を高め、災害対応強化を推進する以下のような取り組みを進めています。

(1) 災害廃棄物処理のアーカイブ

過去の災害で得られた教訓等を今後の災害廃棄物対策に活かすため、災害廃棄物処理に関する実績や取組事例等について整理し、関係者への情報共有を行うとともに、今後の災害廃棄物対策へのフィードバックを行うためのアーカイブサイトの構築。

※環境省 災害廃棄物対策情報サイト 災害廃棄物処理のアーカイブ

<http://kouikishori.env.go.jp/archive/>

(2) 災害廃棄物対策指針

災害時に発生する廃棄物を適正かつ円滑・迅速に処理するための応急対策、復旧・復興対策について、災害廃棄物対策を実施する際の必要事項を取りまとめたもの。

<http://kouikishori.env.go.jp/guidance/guideline/>

(3) 災害廃棄物処理支援ネットワーク(D.Waste-Net)の運営

地方公共団体との連携を高め、災害対応強化を推進するため、環境省が集約する知見・技術等の有効活用を図るための災害廃棄物処理支援ネットワーク(D.Waste-Net)の運営。
http://kouikishori.env.go.jp/action/d_waste_net/

2. 災害廃棄物情報プラットフォームの構築と運営

「災害廃棄物情報プラットフォーム」(情報PF)とは、D.Waste-Netの主要メンバーメンバーである国立環境研究所が「過去から未来へ、人と知恵をつなぐプラットフォーム」を基本コンセプトに管理・運営している情報サイトです。
<http://dwasteinfo.nies.go.jp>

3. 大規模災害発生時における災害廃棄物対策

災害廃棄物処理の基本的なフローと課題、南海トラフ巨大地震等の大規模災害を想定した災害廃棄物対策のハード面、ソフト面からの今後の課題などについて、「災害廃棄物対策推進検討会」の委員を務めている京都大学浅利准教授の論説です。

4. 災害廃棄物の処理における支援について

仮置き場等への災害廃棄物の無秩序な搬入、市町村の災害廃棄物の処理計画の課題、平時からの備えの重要性等について、D.Waste-Netメンバーの一員であり、災害廃棄物の収集運搬支援を行っている公益社団法人全国都市清掃会議からのご寄稿です。

5. 災害廃棄物の処理における支援について

災害廃棄物の撤去、処理等に係る技術支援業務について、D.Waste-Netメンバーの一員であり、「安全・安心」を基盤とした「循環型社会」、「低炭素社会」、「自然共生社会」の推進に関わるコンサルタント業務を営む持続可能社会推進コンサルタント協会からのご寄稿です。

第2部 災害廃棄物の対応実態と課題

近年の災害での被災地方公共団体の対応事例

【都道府県の災害対応事例】

都道府県には、平時における市町村の災害廃棄物処理計画策定支援、災害時には、関係機関・関係団体との連絡調整を積極的に図りながら災害廃棄物の処理のための実行計画を必要に応じて速やかに策定するとともに、関係機関・関係団体と連携して域内の処理全体の進捗管理に努めることとされております。

1. 平成28年鳥取県中部地震における災害廃棄物対策について(鳥取県)

平成12年(2000年)鳥取西部地震の経験を活かし、発災直後に仮置場の確保等を市町村に要請した県の災害廃棄物処理事例

2. 平成28年熊本地震における災害廃棄物処理について(熊本県)

2度にわたる震度7などで、県内の一般廃棄物排出量の約5.5年分に相当する311万トンに及ぶ災害廃棄物処理事例

3. 平成30年7月豪雨災害で発生した災害廃棄物の処理について(岡山県)

被害が甚大であった倉敷市及び総社市の要請に基づき、県が災害廃棄物処理の事務を受託して処理に当たった事例

4. 平成30年7月豪雨災害に係る災害廃棄物処理について(愛媛県)

市町村に対する素早い対応と県内の被災市町における災害廃棄物処理の対応事例

【市町村の災害対応事例】

以下は、被災市町の災害廃棄物処理対応事例です。

5. 平成27年9月関東・東北豪雨における災害廃棄物処理と被災地支援について(茨城県常総市)

想定外の事態に遭遇した団体の災害廃棄物処理の処理事例とその後の支援活動

6. 平成28年熊本地震における災害廃棄物の対応(熊本県益城町)

益城町の災害廃棄物の対応については、次のURLでご覧いただけます。

<https://www.town.mashiki.lg.jp/kiji0032321/index.html>

(益城町災害廃棄物処理事業記録)

7. 平成28年鳥取県中部地震に係る倉吉市の災害廃棄物処理について(鳥取県倉吉市)

平時は、1市4町で組織する広域連合で一般廃棄物の処理している団体の事例

8. 平成28年12月新潟県糸魚川市で発生した火災による廃棄物対策(新潟県糸魚川市)

火災として初めて「被災者生活再建支援法」が適用された火災の災害廃棄物処理事例

9. 平成29年7月九州北部豪雨災害廃棄物の処理～初動・応急期の対応と被災自治体支援に関する知見の共有～(福岡県朝倉市)

中山間部における土砂災害と平野部の水害という2種類の災害による災害廃棄物処理事例

10. 平成30年7月豪雨災害における倉敷市の災害廃棄物処理について～困難な経験から可能性を探る～(岡山県倉敷市)

人材確保等困難な状況から可能性を探りながらの災害廃棄物の処理事例

11. 平成30年9月北海道胆振東部地震における災害廃棄物の対応(北海道むかわ町)

廃棄物処理計画があり、3町で衛生施設組合を構成している町の災害廃棄物処理事例

12. 平成30年9月北海道胆振東部地震における厚真町の災害廃棄物対応(北海道厚真町)

最大震度7が観測された町の災害廃棄物処理事例

第3部 地方公共団体における災害廃棄物対策に係る取り組み事例

平常時の取り組み

1. 災害廃棄物処理の机上演習

神奈川県から平時の取り組みの一つとして、環境省の「平成29年度関東地域ブロックにおける災害廃棄物処理画作成モデル業務」として実施した机上演習事例

2. 三重県における災害廃棄物対策の取り組み

「三重県災害廃棄物処理計画」策定と、県内市町に対する策定支援(全市町の計画策定が完了)などの対策事例

3. 和歌山県における紀伊半島大水害での災害廃棄物処理と現在の取り組み

平成23年(2011年)9月台風第12号による災害廃棄物処理対策で「プッシュ型支援」で対応した事例

第4部 市区町村における災害廃棄物対策の主な課題と解決策のポイント

1. 市町村における災害廃棄物対応の課題

以下の課題がうきぼりになった。

(1) 処理作業におけるトレードオフ

廃棄物処理作業での「思い出品」の掘り起こし、拒否すれば被災者への思いやりを欠き、被災者に寄り添えば作業の遅れが危惧される。

(2) 仮置場の設置

災害廃棄物処理計画の未策定、事前準備の不備などにより、仮置場設置が遅れ、予想外の災害廃棄物の発生量による渋滞や混乱が生じた。

(3) 災害廃棄物の搬入、分別、処理

ア. 多種、多様な廃棄物が分別されずに大量に仮置場に搬入されることから、その受け入れの判別や、その後の分別、処理なども困難をきたす。

イ. ブラウン管テレビ、洗濯機など本来リサイクル家電とされるものも、災害廃棄物として搬入された。

(4) 支援側の費用負担等

最近では、広域避難、プッシュ型支援が行われ、災害廃棄物処理状況の混乱解消に寄与しているが、支援団体から費用・組織等の課題が提起されている。

(5) 災害報告書の作成等

国庫補助金対象が全壊から半壊家屋まで拡

大されたのを契機に、「公費解体制度」が創設され、有効に活用されているが、一方では、災害報告書の作成及び活用結果の査定（環境省）に係る事務処理に不慣れな職員にとっては極めて困難を伴う。

2. 災害廃棄物の円滑な処理に向けた今後の方向性

(1) 実効性のある計画の策定

環境省では、平成26年3月に「災害廃棄物対策指針」を策定、それを踏まえた地方公共団体の処理計画に関する策定率の調査では、平成29年度末時点で都道府県は85%、市町村は27%となっています。計画の未策定が迅速かつ適切な災害廃棄物対応を妨げる要因の一つとして挙げられます。

市町村における処理計画の策定を促進するため、環境省はモデル事業を推進しています。都道府県においても、市町村を対象に災害廃棄物処理に関する研修会の開催や、「災害廃棄物処理計画モデル」の作成などにより、市町村への計画策定支援に係る取り組みが広がっています（鳥取県、熊本県からの寄稿参照）。市町村においては、これらの事業や取り組みなどを活用しながら、積極的に処理計画を策定していくことが望まれます。

(2) 研修や図上訓練などの実施

多くの市町村においては、普段から一般廃棄物の収集、処理業務を民間事業者や、一部事務組合に委託しており、日常業務を通じて廃棄物処理に関する知識及びノウハウを習得する機会が乏しい状況にあります。いったん災害が起きると、市町村担当者にとっては、初めて対応に直面することになるため、初動期に多くの混乱を来してしまう課題も指摘されています。

臨機応変に災害対応ができるように、個人・組織的対応力の向上を図ることが大切です。そのための有力な手段の一つとして、研修や訓練の実施が上げられます。

訓練のうち、災害時の意思決定能力の向上に特に有効とされているのが図上訓練（図上演習、机上演習などとも言います）です。現状では、一部の地方公共団体において、さまざまな形式の図上訓練、又は座学などと組み合わせながら実施しています。

神奈川県からの寄稿では、国のモデル業務の一環として、環境省と湘南ブロックの市町等と連携して行った机上演習を紹介して頂きました。

和歌山県からの寄稿においても、県内の市町村職員、県の支援要員とともに、県産業資源循環協会の会員の参加を特徴とした図上演習の概要が紹介されています。

一方、これらの事例からも見られるように、現状の図上訓練の殆どは、参加者を国（環境省）、都道府県からの支援要員や廃棄物処理に係る民間事業者など、災害廃棄物対策に特化した構成としており、災害対策本部との連携強化、特に市町村長も含め、防災担当者及び庁内全職員との協働という観点での企画・実施はあまり見当たらないのが実情です。今後、このような観点も取り入れ、さらなる訓練の充実及び展開が期待されます。

3. おわりに

令和元年度データ総覧の作成にあたりまして、ご協力いただきました皆様には心より感謝申し上げます。また、一般財団法人日本宝くじ協会には、冊子発刊にご支援賜り深く御礼申し上げます。

「災害廃棄物対策に関する実務資料集編」は当センターのホームページから閲覧できます。
https://www.isad.or.jp/wp/wp-content/uploads/2020/03/R01_all.pdf

是非ともご一読いただき、今後の災害廃棄物対策の推進のための参考としていただければ幸いです。

連載講座

第47回

雷は電気だ・橋本宗吉（上）

作家 童 門 冬 二

江戸の天才学者

「雷はエレキテルだ」。橋本宗吉はそう思っている。エレキテルは電気のことだ。自分で発電機を作り、生んだ電気にそういうネーミングを与たのは平賀源内だ。源内は宗吉と同じ阿波（徳島県）の生れだ。才能が量り知れないので、

「天才的学者」

と呼ばれている。

宗吉は嬉しい。同郷人の成功を心から喜んでい

る。ただひとつだけ気に入らない。

源内が発電機を作ったのは、本来医療のためだった。おそらく業病に対するショック療法に使うつもりだったのだろう。源内はその普及のために諸所で実験をくり返した。

源内の操作で生産された電気は時に火花を発した。観衆は驚き歓声をあげた。顔を見合わせ手を叩いた。

「まるで手品のようだ」

と声が飛び交う。

いまはその“手品のような機械”を観るためだけの催しが多くなった。残念なことに源内もそういう世間の受け止め方が満更でもない。源内自身がその風潮に乗っている。そういう人の好き、軽さが源内にはある。宗吉が認識している源内の発電機は、

「エレキテルは雷と同じ物だ」

ということを証明するための物だったはずだ。

それがいまは見世物になっている。

宗吉は誠実で几真面目な学者だ。宝暦13年（1763）年に生まれた後、成長するに従って記憶力のよさと奇妙な才能（科学的な勘）を発揮するので、

「この子は成人すればきっと大物になる」

と、タニマチスポンサーが何人も現れた。大坂の大商人 間 重富^{はざま}は宗吉に最初に目をつけた人物だ。質倉を11もち、「十一屋」と屋号にしている敏腕な大坂商人だが、高名な天文学者・暦学者である麻田剛立の弟子でもあった。もう一人のスポンサーが京都の医師小石元俊である。杉田玄白の「解体新書」を読んで大いに触発された。何かのきっかけで間と会い宗吉が話題になった。

「日本での正当なオランダ学者を育てよう」

と合意し、たちまち宗吉にその意を伝えた。宗吉は喜んだ。真面目なかれは誠実に二人の期待に応えた。オランダ学の核だった大槻玄沢の門に入り、天文・暦学・医学まで広い範囲にわたる才能を発揮し、大坂に戻って恩人二人のよき助手になった。かれの名も高まった。

しかし、宗吉の頭の中に一つだけ未解決のテーマがあった。「雷は電気だ」ということの証明だ。何人かこの実験に取組んだ先人がいる。方法は大体同じだ。

- ・ 高い木の頂に落雷を受ける装置を置く
- ・ 落雷のパワーを保留する仕掛けを作る
- ・ そのパワーを人体に伝える

この方法で成功し、自分の身体で雷を体感して衝撃にピリリと身を震わせた者も何人もいる。しかし前提とする説（「雷は電気だ」）は肯定されなかった。それは落雷を受け止める木の高さが低かったからである。高いといっても精々2、30メートルで、到底空の高さには及ばない。

「雷は高い空の中で生れる。その生産過程を明らかにしなければ、電気と同じ物かどうかわからない」

というのだ。

エレキテルといえはすぐ平賀源内の名が出るように、電気と源内の関係は密接だ。だから宗吉の^{ねが}希いは、

「平賀さんがエレキテルと雷は同じだ。ということを実証してくれればいい」

ということだ。が、いまの源内はそのことから離れて、発電機を見世物にしている。無理もない。世間が求める。

「雷が生れる空の中の実態を示せ」

等ということは、たとえ源内の溢れるような才能をもってしても無理だ。空の中に人間が入りこむ等ということは、夢のまた夢だ。

宗吉のエレキテル観

宗吉はエレキテルについて次のような考えを発表している。

「エレキテルは天地の巨大な世界から、けし粒ほどの小さな世界に至るまで同じ理を通じていることを知らせるものだ。風雨、雷電、地震、流星などの天界の現象を、そのまま人間の手近な目のところで実現させ、試験できるものだ。ごく手近なところに、天地を写した小宇宙の動きを知ることが出来るのは、礼楽仁義道学の一助ともなるであろう」。

かれの書いた「阿蘭陀始制エレキテル究理源」の序文の一節だという。何が理由だったのか。不勉強な筆者はその探求の労を怠っていて申し訳ない

が、著書の本体はついに出版の許可が出なかったという。

しかしこの序文だけで、宗吉が、
「エレキテルは火花を飛ばしたり、多くの人びとを感電させてショックを与え驚かせる。見世物的なおもちゃではなく、窮理学（主として物理学）的な自然科学の課題なのだ」

とうことを訴えていることは、痛い程わかる。宗吉の良心がそうさせるので、序文でさえ切ない。

そして“エレキテルの見世物的現象の例”は、宗吉自身も次のように書いている。

- ・紙人形を生命があるかのように踊らせる
- ・エレキテルが起す火の力で、蛙・ねずみ・雀などを気絶させることが出来る
- ・人間百余人の胆を潰させる

最後の例は次のような実験だ。

- ・百余人の人びとを一室に集め、手をつながせる
- ・ふすまのこっち側から手をつないだ人びとにエレキテルを送りこむ
- ・エレキテルはびっくりするような速度で、手をつなぐ百余人の身体を走り抜ける
- ・百余人はショックを受け、“百人おどし”だと驚きを語り合った。

宗吉にすれば、

「エレキテルの性格をよく知ってもらうための実験」

なのだが、この点だけについていえば、平賀源内とそれ程違わない。そしてこういう実験で人々に「エレキテルの性格」を伝えながらも、引っかかっている。

「雷も電気だ」

という断定はやはり簡単に得られなかった。

なぜ宗吉がそれほどこの問題にこだわるのか、私のような小物には雀と鷹のようなもので、宗吉の科学精神には及びもつかないが、宗吉は思いもしない事件にまきこまれる。それも歴史に記録される事件にだ。

（つづく）



地域防災実戦ノウハウ (104)

— 2019年台風15号、19号災害の教訓・課題(その3) —

Blog 防災・危機管理トレーニング
(<http://bousai-navi.air-nifty.com/training/>)

主 宰 日 野 宗 門

(消防大学校 客員教授)

(前号からの続き)

台風19号(令和元年東日本台風)が防災関係機関等に与えた影響は大きく、被害・対応状況の検証とそれを踏まえた対策が加速しています。この災害については論じるべき教訓・課題は多数あります。しかし、限られた紙幅で全てに言及することはできないため、筆者が最も重要と考えるテーマ「ハザードマップの信頼性」に絞ることにします。

読者の皆さんの自治体では、機会あるごとに住民の方々に、「防災の基本は自分の地域の危険性を知ることです。ハザードマップで自分の地域の危険性を確認し、いざというときの行動を考えておいてください」と呼びかけているものと思います。

ハザードマップには、浸水想定区域や土砂災害危険箇所(又は土砂災害警戒区域)などが表示されているはずですが、果たしてどの程度の信頼性があるのでしょうか？

本稿ではこの信頼性を確認するため、台風19号での死者等の発生場所と浸水想定区域・土砂災害危険箇所(又は土砂災害警戒区域)との関係を掘り下げることにします。

4. 台風19号の死者の被災原因・場所等の概要

まず、台風19号の死者の被災原因等を概観します。

内閣府報告書^(※1)によれば、台風19号による犠牲者84名(災害関連死を除く)^(※2)の被災場所等について報道情報等を元に(1)～(5)のように分析しています。

※1 「令和元年台風第19号等を踏まえた水害・土砂災害からの避難のあり方について(報告)」(2020年3月、中央防災会議 防災対策実行会議 令和元年台風第19号等による災害からの避難に関するワーキンググループ)

※2 2020年4月10日現在の災害関連死を除く死者数は91人(「令和元年台風第19号等に係る被害状況等について 第45報」、内閣府)

(1) 被災原因

水害による死者が62人(74%)、土砂災害では16人(19%) (表8)

(2) 被災場所(「5. 被災場所と浸水想定区域・土砂災害危険箇所(又は土砂災害警戒区域)との関係」も参照)

① 自宅で被災した人は34人(40%)、自宅外での被災は50人(60%)。災害種別にみると、水害では41人(66%)が屋外で、土砂災害では13人(81%)が屋内と対照的(表8)

② 水害により自宅で被災した21人のうち、9人が「平屋建て」で、12人が「2階建ての1階」で被災

(3) 車使用の有無

屋外で亡くなった50人のうち、車移動中の被災

表 8 台風19号による死者の発生状況

		被災場所		横計
		自宅	屋外	
災害種類	水 害	21人 (34%) (62%)	41人 (66%) (82%)	62人 (100%) (74%)
	土砂災害	13人 (81%) (38%)	3人 (19%) (6%)	16人 (100%) (19%)
	その他	0人 (0%) (0%)	6人 (100%) (12%)	6人 (100%) (7%)
縦計		34人 (40%) (100%)	50人 (60%) (100%)	84人 (100%) (100%)

(注) () 内の数字は上段が横計比、下段が縦計比
(出典) 内閣府報告書。なお、本表は当該報告書記載の図を表形式に改変したもの。

災が5割以上の27人。そのうち8割以上が水害で被災

(4) 被災時の行動

屋外で亡くなった50人のうち、「工作中」、「通勤・帰宅中」の被災が13人、「避難中」、「避難呼びかけ中」等の被災が20人

(5) 被災者の年齢

死者84名のうち65歳以上高齢者は55人であり、また、自宅での死者34人のうち65歳以上高齢者は27人

5. 被災場所と浸水想定区域・土砂災害危険箇所（又は土砂災害警戒区域）との関係

(1) 被災場所と浸水想定区域との関係

内閣府報告書では、「死者の被災場所と浸水想定区域との関係」を下欄のように記しています。

「洪水」、「河川」犠牲者68人^(注)のうち46人(68%)は浸水想定区域内、22人(32%)は浸水想定区域外

(注)「台風19号」及び「10月24日から26日にかけての低気圧等による大雨」による死者90人のうち、「洪水」、「河川」犠牲者68人が対象

この「浸水想定区域外」での死者発生には、次のア、イの2タイプが考えられます。

ア 浸水が想定される全ての地域を「浸水想定区域」と指定していたが、その区域外で死者が発生

イ 浸水危険が存在していたが、浸水想定範囲の把握作業が行われなかったり、遅滞していたところ、当該地域で死者が発生

台風19号では、決壊した71河川のうち都道府県管理河川は67河川、そのうち43河川が浸水想定区域の指定の対象となっている洪水予報河川・水位周知河川に該当しない(＝浸水想定区域の指定の義務のない)河川(以下「その他河川」)であったことから特にイのタイプに注目が集まりました。

なお、新聞報道^(※)によれば、2020年5月末時点で「その他河川」は全国に19,510あり、浸水想定区域の指定が必要と都道府県が判断したものは40.9%の7,977ですが、このうち52.7%の4,206では、指定ができていなかったとのことです。指定が進まない理由としては、指定が義務となっている「水位周知河川」を優先していることや予算不足などがあるとしています。そして、台風19号では、宮城県丸森町で浸水想定区域の示されていない「その他河川」の氾濫により5人、福島県飯館村で1人が死亡したと報じています。

(※)「(災害大国 いのちを守る) 中小河川、進めぬ浸水想定 8000河川の5割、区域未指定」(朝日新聞、2020年6月29日)

以上のような状況を踏まえ、国土交通省では「その他河川」において浸水想定区域の設定を促すため、水害リスクの簡易的評価手法を示した手引を作成し都道府県を支援する方針です。近い将来、このような取り組みの進展により浸水が想定される全ての地域が「浸水想定区域」として指定される日が来るでしょう。そして、それを収載したハザードマップの信頼性は大きく高まるでしょう。

(2) 被災場所と土砂災害危険箇所（又は土砂災害警戒区域）との関係

① 被災場所と土砂災害危険箇所との関係

内閣府報告書では、「被災場所と土砂災害危険箇所との関係」を下欄のように記しています。

土砂災害による犠牲者22人^(注)のうち7人が土砂災害危険箇所の範囲内、3人が範囲近傍、12人が範囲外

(注)「台風19号」及び「10月24日から26日にかけての低気圧等による大雨」による死者90人のうち、「土砂災害」犠牲者22人が対象

なお、近年では「土砂災害危険箇所」に代わり、「土砂災害警戒区域」の指定が進められています。そこで、次の②で土砂災害警戒区域との関係をみることにします。

② 人的被害・人家被害発生場所と土砂災害警戒区域との関係

表9は、「台風19号」及び「10月24日から26日にかけての低気圧等による大雨」で発生した土砂災害により人的被害（死者・行方不明者・負傷者）及び人家被害（一部損壊以上）が生じた場所と土砂災害警戒区域との関係をみたものです。

人的被害・人家被害が生じた箇所は259箇所であり、そのうち、土砂災害警戒区域に指定されていた箇所は147箇所（57％）となっています。

表9 人的被害・人家被害発生場所と土砂災害警戒区域との関係^(注)

土砂災害警戒区域指定の有無		箇所数	%
土砂災害警戒区域に指定		147	57
土砂災害警戒区域に未指定	ア そもそも基礎調査（現地確認）中であり、土砂災害警戒区域の指定に至っていなかったもの	37	14
	イ 基礎調査の地形図判読では、箇所の把握をすることが困難であったが、より詳細な地形データの活用により抽出できる可能性があるもの	51	20
	ウ 現在の土砂災害警戒区域の指定基準（急斜面かつ明瞭な地すべり地形が認められる箇所や、明瞭な谷地形がある箇所）に該当しないもの	24	9
計		259	100

(注) 対象は、台風19号及び10月24日から26日にかけての低気圧等による大雨で発生した土砂災害により人的被害（死者・行方不明者・負傷者）及び人家被害（一部損壊以上）が発生した場所。

なお、データは2019年12月27日現在

(出典) 国土交通省 気候変動を踏まえた水災害対策検討小委員会（第4回）「資料3 被害軽減・回復力向上を中心としたソフト対策について」

土砂災害警戒区域に未指定の112箇所(43%)については、未指定の理由に3つのパターンがあるとして表中のア～ウのように細分類しています。

これらのうち、ウの理由の解消は当面困難なように思われます。しかし、アの理由は数年内に、イの理由もいずれは解消されるでしょうから、将来的には土砂災害の大部分が土砂災害警戒区域内で発生する状況になると思われます。それは、ハザードマップの信頼性がさらに高まるということを意味します。

(3) まとめ

(1)、(2)でみたように、近い将来、大部分の浸水危険地域、土砂災害危険地域が「浸水想定区域」、「土砂災害警戒区域」に指定されるときが来るでしょう。その結果、ハザードマップはその信頼性を飛躍的に高め、地域住民が当該地域で安心・安全に暮らすための必須アイテムになることは間違いありません。当然のことながら、地域住民の防災意識にも大きな変化をもたらすことになるでしょう。

6. 補足－不動産取引における「浸水想定区域」の説明の義務化－

宅地建物取引業においては、不動産売買・賃貸契約を行おうとする者に対し、表10に示す「重要事項説明」が義務付けられています。

既に表11に示す災害危険については重要事項説明の対象となっていますが、風水害の大半を占める浸水危険についてはこれまでは対象となっておりませんでした。しかし、台風19号災害等を受けて

国土交通省は、不動産売買・賃貸契約を行おうとする者に対し、ハザードマップの浸水想定区域についても重要事項として説明するよう義務づけることとし、現在、関係省令の改正手続きが最終盤を迎えています。近々、「浸水想定区域」が表11に加わるでしょう。

既に「土砂災害警戒区域」が「重要事項」となっていますが、これに「浸水想定区域」が加われば風水害の主要な災害危険がカバーされるため、風水害対策が大きく前進することになります。

表10 宅地建物取引業における「重要事項説明」

宅地建物の取引において、宅地建物取引業者が宅地建物取引士をして取引当事者に対して契約上重要な事項を説明することをいう。重要事項説明は、売買契約や賃貸借契約が成立するよりも前に行なわなければならない。

(注) Wikipedia から抜粋

表11 宅地建物取引業による重要事項説明

○物件が宅地造成等規制法により指定された造成宅地防災区域内にあるとき
○物件が土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律により指定された土砂災害警戒区域内にあるとき
○物件が津波防災地域づくりに関する法律により指定された津波災害警戒区域内にあるとき
○建物（昭和56年6月1日以降に新築工事に着手したものを除く）が建築物の耐震改修の促進に関する法律に規定する耐震診断を受けたものであるとき

建物外での漏電により出火した事例

札幌市消防局予防部予防課火災調査係

1 はじめに

今回紹介する事例は、共同住宅の小屋裏から出火した火災であり、出火建物外での漏電により出火したと判定したものである。

一般的に、漏電火災では、出火建物内や出火建物への引込線などが漏電点となる場合が多いが、本事例では、出火建物から直線距離で約70m離れた場所が漏電点であると特定したものである。

2 火災の概要

- (1) 出火日時 平成31年1月 14時頃
- (2) 鎮火日時 出火同日 16時頃
- (3) 出火建物 防火造地上2階建て 共同住宅
- (4) 火災状況 部分焼
(小屋裏及び壁内焼損表面積38㎡)
- (5) 気象状況 雪、北西の風9m/s、
気温－4℃、相対湿度56%、
積雪59cm

3 発見、通報及び初期消火の状況

出火建物に居住する男性が帰宅したところ、建物北面及び西面の軒から白煙が出ており、自動火災報知設備のベルも鳴動していたことから、119番通報したものである。

なお、初期消火は行われていない。

4 出火建物付近への出動概要

- (1) 覚知日時 出火同日 20時頃
- (2) 出動現場
出火建物から直線距離で約70m離れた道路上
- (3) 出動内容
通行人から「電線から火花が出ている。」との通報を受け、消防隊1隊が出動（以下「警戒出動」という。）。引込線の被覆が破れて電力会社ワイヤー線と接触していることを確認し、電力会社により干渉防止措置を実施

5 出火建物の焼損状況

火災発生の翌日に、第1回実況見分を行った。

(1) 建物外観の焼損状況

ア 建物外壁の焼損は、西面のみである。（写真1）



写真1 建物外観の状況

イ 西面の金属製外壁サイディング（以下「サイディング」という。）は、消防隊により破壊されており、露出した内部の壁軸組材及び断熱シートは、屋根に向かうほど焼損して認められる。（写真2）



写真2 建物外観西面の状況

ウ 西面のサイディングには、金属金具とともに打ち込まれたネジがあり、ネジ周囲が黒く変色して認められる。（写真3及び4）



写真3 建物外観北西角の状況

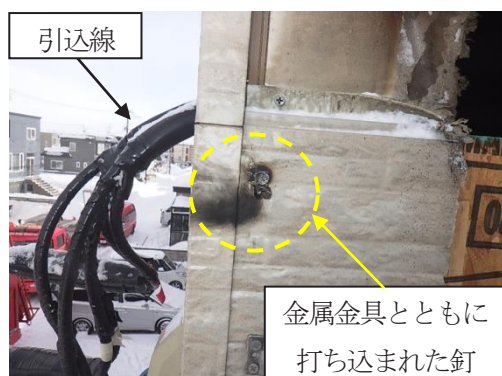


写真4 建物外観西面の状況

エ トタン屋根は、西端中央の2か所に赤褐色の変色が認められる。また、屋根上には、出火建物北側の電柱（以下「電柱1」という。）付近から引き込まれていた放送事業者の同軸ケーブルとその同軸ケーブルを支持するためのワイヤー線（以下「A線」という。）が切れた状態であり、A線の心線が露出してネジが打ち込まれた金属金具と接触している。（写真5及び6）



写真5 トタン屋根西端中央の状況



写真6 屋根上の同軸ケーブル及びA線の状況

オ トタン屋根に沿って固定されている同軸ケーブル及びA線のうち、A線の被覆が一部焼失して認められる。（写真7）



写真7 トタン屋根に沿って固定されている同軸ケーブル及びA線の状況

(2) 建物内部の焼損状況

ア 焼損は、小屋裏に限られる。また、2階天井の天井支持材に焼損は認められない。(写真8及び9)

イ 小屋裏は、西側の野地板やたる木が焼損し、西端中央に向かうにしたがって炭化が深くなり、中心部では野地板が焼失している。(写真8及び9)



写真8 屋外西面中央から見た小屋裏内の状況



写真9 南側から見た小屋裏内西側の状況

ウ 野地板の焼失部分には、トタン屋根に打ち込まれた釘が認められる。(写真8)

エ 小屋裏内の屋内配線は被覆が焼損しているが、断線や電気痕は認められない。(写真9)

6 出火箇所に関する検討

出火箇所について、以下のとおり検討を行う。

- (1) 建物外観の焼損は、小屋裏西側から燃え広がった様相である。
- (2) 建物内部の焼損は、小屋裏西側のみであり、小屋裏の西端中央から燃え広がった様相である。
- (3) 小屋裏の西端中央では、トタン屋根に打ち込まれた釘周辺の野地板が焼失している。

以上の焼損状況から、出火箇所は、小屋裏西端中央の野地板付近と判定する。

また、出火箇所が小屋裏であり、出火箇所付近の電気配線に異常は認められず、サイディング等の複数箇所に発熱した様相があることから、以下、漏電について検討する。

7 漏電に関する検討

漏電火災を構成する、出火点、漏電点、接地点の3点について、以下のとおり見分及び考察を行う。

(1) 出火点

出火箇所である小屋裏西端中央の野地板付近には、トタン屋根に打ち込まれた釘があり、同部の野地板が焼失している。また、トタン屋根と打ち込まれた釘の接触部に漏えい電流が流れることでジュール熱により発熱する可能性は考えられる。よって、出火点は、トタン屋根に打ち込まれた釘周辺と判定する。

(2) 漏電点

ア 引込線について

建物北側にある電柱から小屋裏内までの引込線に異常は認められない。(写真3、10及

び11)

また、建物屋外の西面1階部分にある引込開閉器ボックスのブレーカーは、火災発生時に電力会社社員によって全て「切」にされている。引込開閉器ボックスの元ブレーカー1次側と出火箇所のトタン屋根で導通試験を行ったところ導通は認められない。(写真12)

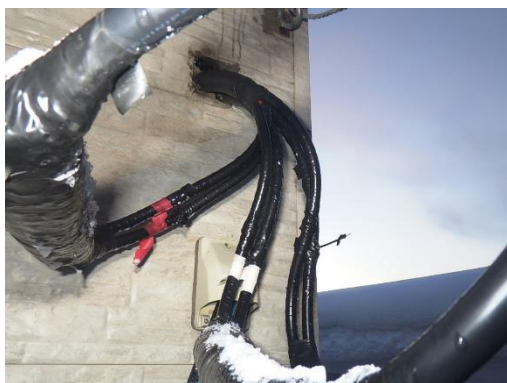


写真10 建物北面の引込線貫通部の状況



写真11 小屋裏内の引込線貫通部の状況

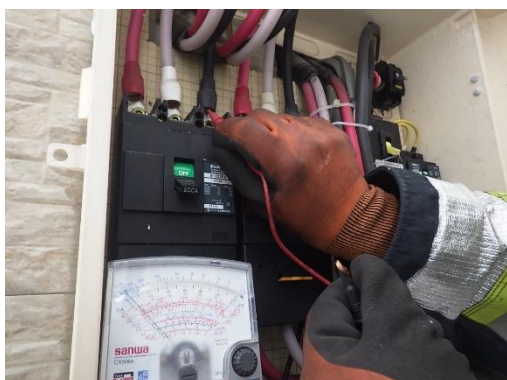


写真12 引込開閉器ボックスの元ブレーカーとトタン屋根との導通試験の状況

以上のことから、引込線から引込開閉器ボックスの間における漏電の可能性は低い。

イ 引込開閉器ボックスについて

引込開閉器ボックス内にある漏電遮断器は作動していない。このことから、引込開閉器ボックスから各住戸の間で漏電した可能性は低い。

ウ 各住戸内について

各住戸内に設置されている分電盤のうち、2階西側にある住戸の分電盤アンペアブレーカーのみが「切」の状態であり、各住戸内の漏電遮断器は作動していない。このことから、各住戸内で漏電した可能性は低い。(写真13)



写真13 2階西側にある住戸の分電盤の状況

エ 警戒出動現場について

引込線から出火建物内部で漏電した可能性が低いことから、火災発生の6日後に、警戒出動現場から出火建物周囲について、電力会社社員立会いのもと、第2回実況見分を行った。(図1)

(ア) 警戒出動現場では、道路を横切るように張られた一般住宅への引込線と、道路に沿って張られた架線支持用の電力会社ワイヤー線が約90度に接触した状態であり、接触箇所には、電力会社社員により干渉防止措置が施されている。(写真14及び15)

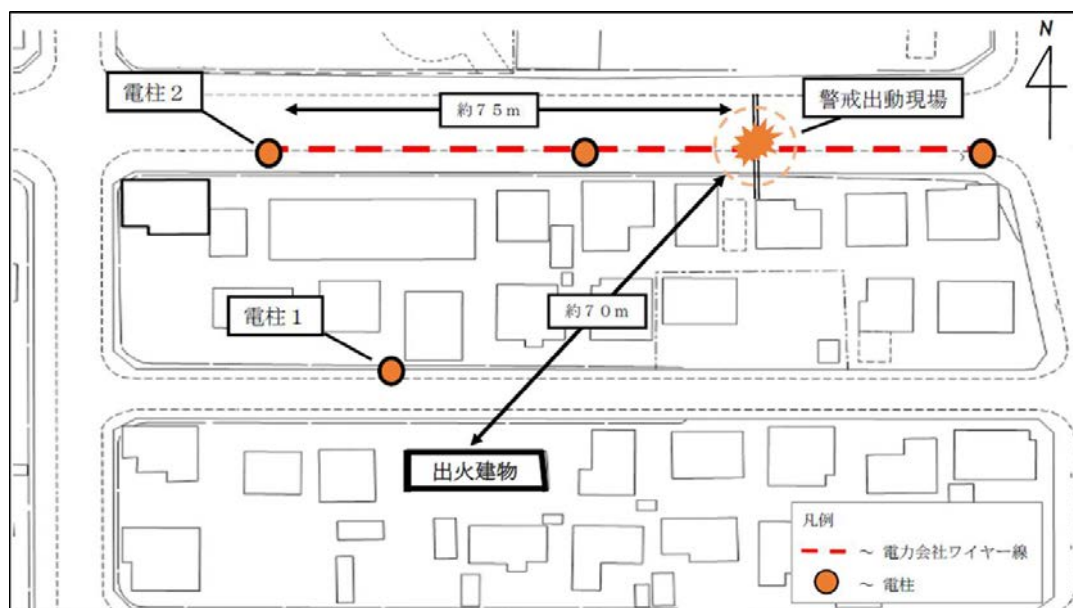


図1 現場付近見取図

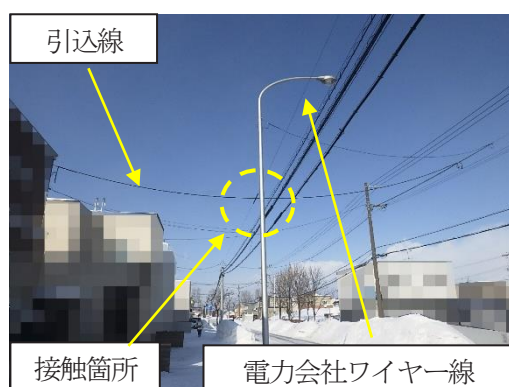


写真14 警戒出動現場の状況

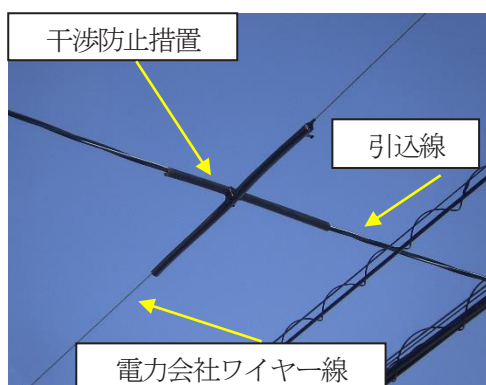


写真15 電力会社ワイヤー線と引込線との接触箇所の状況

- (イ) 電力会社ワイヤー線をたどると、引込線との接触箇所から1基の電柱を介して西側約75mの位置にある電柱（以下「電柱2」という。）まで架設されている。
- (ウ) 電柱2上部では、放送事業者の同軸ケーブルとその同軸ケーブルを支持するためのワイヤー線（以下「B線」という。）が設置されており、B線を支持するための固定バンドが、電力会社ワイヤー線を固定する金具と接触している。電力会社ワイヤー線とB線で導通試験を行ったところ、導通することを確認する。（写真16及び17参照）

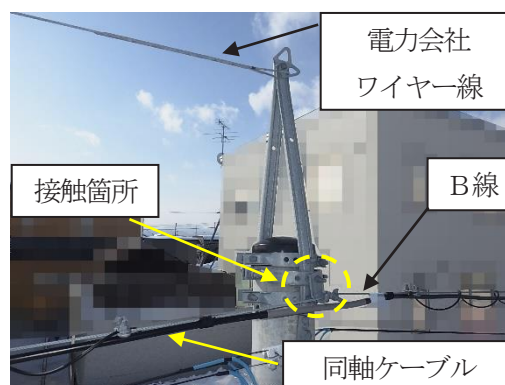


写真16 電柱2上部の状況

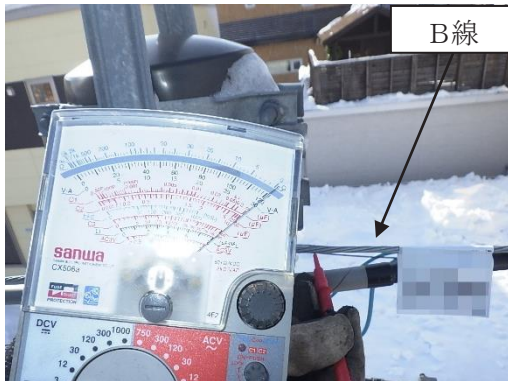


写真17 電力会社ワイヤー線とB線での導通試験の状況

- (エ) B線をたどると、電柱1まで延びており、電柱1付近でA線とB線が専用器具を介して接続されている。A線とB線で導通試験を行ったところ、導通することを確認する。(写真18から20)
- (オ) A線に取り付けられている引留具は、熔融してA線がめり込んでいる。また、火災時に断線したため、電柱1に束ねら

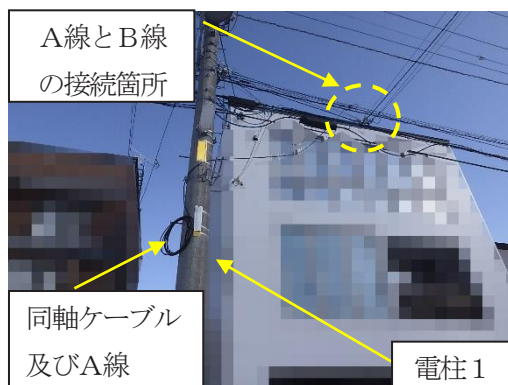


写真18 電柱1の状況

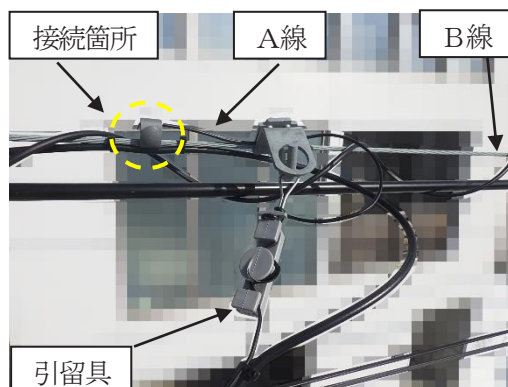


写真19 A線とB線の接続箇所の状況



写真20 A線とB線の導通試験の状況

れている同軸ケーブル及びA線は、被覆が熔融して認められる。(写真18及び19)

以上のことから、出火建物から直線距離で約70m離れた場所で引込線と接触していた電気会社ワイヤー線は、B線を介してA線まで導通すると考えられる。

また、A線は全体的に発熱した様相であることから、A線に電流が流れて発熱したものと考えられる。

さらに、出火建物の屋根上にある切れたA線は、心線が露出し、ネジが打ち込まれた金属金具と接触していることから、火災発生時、A線が金属金具によりサイディングへ接続されており、A線の心線と金属金具が接触していたことで、同部からサイディングへと電流が流れた可能性が考えられる。

オ 漏電点に係る結論

出火建物から直線距離で約70m離れた場所において引込線と電力会社ワイヤー線が接触したことにより、電力会社ワイヤー線からB線、B線からA線へと漏えい電流が流れ、A線を出火建物へ固定するための金属金具からサイディングへ漏えい電流が流れたものと考えられる。

このことから、漏電点は、出火建物から約70m離れた場所にある引込線と電力会社ワイヤー線の接触箇所と判定する。

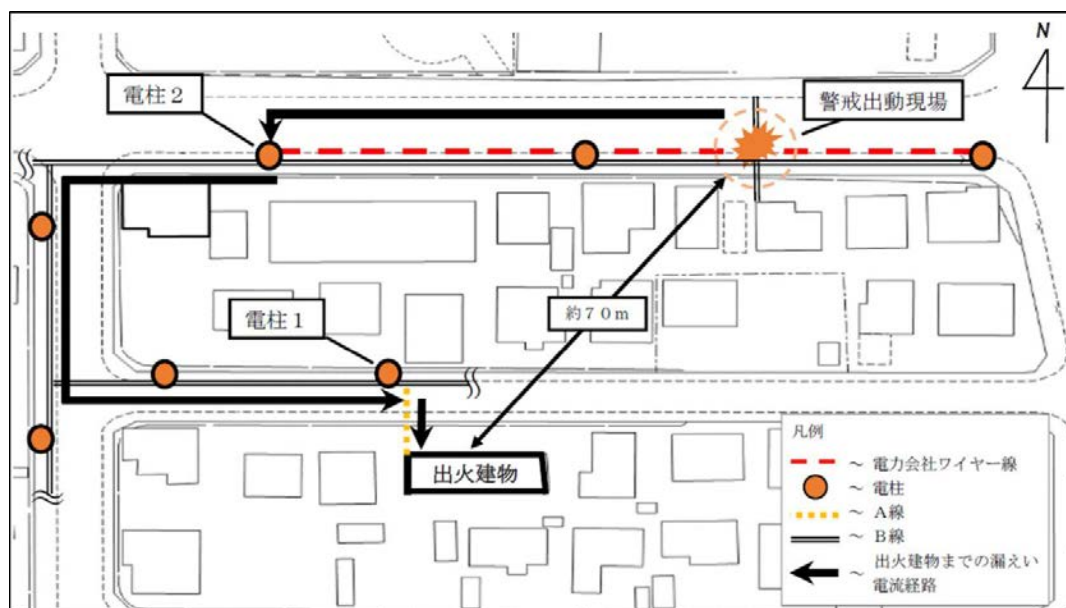


図2 出火建物への漏えい電流経路図

(3) 接地点

雪解け後に、第3回実況見分を行った。

サイディングと大地間で接地抵抗測定を行ったところ、 72.6Ω を示す。また、サイディングを目視で確認したところ、水道管の貫通部等は認められない。

以上のことから、サイディングと大地の接地抵抗値が 72.6Ω であるため、サイディングから大地へ漏えい電流が流れることは確認できたが、接地点の特定には至らない。

8 原因判定

出火建物から直線距離で約70m離れた場所において、引込線と電力会社ワイヤー線が接触したことにより、電力会社ワイヤー線からB線、A線、出火建物へと漏えい電流が流れ、さらに、出火建物のサイディングから大地へと流れる漏電回路が

形成されたものである。

このことから、漏えい電流がサイディングと接しているトタン屋根にも流れ、トタン屋根と打ち込まれた釘の接触部に流れたことで、同部がジュール熱により発熱し、付近の野地板が炭化して最終的に発火したものと判定する。(図2)

9 おわりに

本事例のように、出火建物から直線距離で約70mも離れた場所が漏電点となり、さらに、そのような漏電点を特定できた漏電火災は、当局では珍しいものであった。

通常の建物火災であれば、建物内や建物外周部が調査範囲となることが一般的だが、漏電を疑った場合には、建物周辺を広範囲にわたって調査を行うことも考慮して調査活動を行う必要があることを改めて認識させられた事例となった。

編集後記

○ 令和元年房総半島台風（台風第15号）は、伊豆諸島や関東地方南部を中心に猛烈な風が吹き荒れ、暴風による家屋破損、倒木、送電用鉄塔・電柱の倒壊などの被害が多く発生しております。電気設備の被害による停電で被災地の住民が長期間不便な生活を余儀なくされました。

また、令和元年東日本台風（台風第19号）では、豪雨による洪水や土砂崩れなどで人的被害を含め甚大な被害が発生しております。

本号の特集では、前号に続き「令和元年台風15号・19号」を取り上げました。

○ 7月4日未明から、熊本県を中心に各地で集中豪雨にみまわれ、一級河川球磨川流域で大きな被害発生しました。

熊本県南部を流れる球磨川は、日本の3大急流の一つに数えられ、過去に洪水が相次ぎ「過去の洪水（国土交通省八代河川道路事務所、以下国という。）」によれば、平成時代だけでも6回も洪水に見舞われております。

国では、新たに想定しうる最大規模の降雨による「球磨川水系洪水浸水想定区域図等」を公表（H29、3、29）しております。

また、球磨川流域の市町村では、タイムラインを活用するなど先進的な計画で災害に備えていたようですが、想定外の事態に対応しきれなかったようです。

犠牲になられた方のご冥福をお祈り申し上げ、被害にあわれて方に心からお見舞い申し上げます。

○ 新型コロナウイルスへの国内での感染者数は、緊急事態緩和後再び増加に転じております。そのような中、7月上旬には熊本県を中心に令和2年7月豪雨に見舞われ多くの方々が避難を余儀なくされております。このような複合災害を見越して、日本災害情報学会から「災害時の避難行動に関する提言」がなされております。

避難所に行くことだけが避難ではない、新型コロナウイルスの感染リスクにかかわらず、いざという時にどう行動すべきか、一人ひとりがあらかじめ考えておきましょう。自治体は、避難所での3密を避けるためにも、避難所以外の施設も避難先として積極的に活用できる体制を整備してください（「災害時の避難行動に関する提言」の一部抜粋）。

〔本誌から転載される場合にはご連絡願います。〕

季刊「消防防災の科学」 No. 141 2020. 夏季号

発行 令和2年8月31日

発行人 市橋保彦

発行所 一般財団法人 消防防災科学センター

〒181-0005 東京都三鷹市中原三丁目14番1号

電話 0422 (49) 1113 代表

ホームページ URL <http://www.isad.or.jp>