

土木学会 2017 年九州北部豪雨災害調査団

調査結果から得られた提言

平成 29 年 7 月 5 日から 6 日にかけて福岡県朝倉市、東峰村、添田町、大分県日田市に停滞した線状降水帯によって甚大な水害が発生した。土木学会の水工学委員会は土木学会 2017 年九州北部豪雨災害調査団を結成し、水害の要因の解明や今後の対策に資する調査を実施した。平成 29 年 9 月には災害復旧・復興に対する 1 次提言を行ったが、調査の結果がまとまったため、その結果から得られた知見に基づき、今回の災害からの復興および今後の他の災害対応に対して提言を行うものである。関係機関はこの学術的知見を参考に復旧・復興および災害対策にあたっていただければ幸いである

【今回の災害の特徴と調査により得られた知見の概要】

1) 被災地の地理と過去の洪水履歴

被害地域は筑後川右岸中流域に限定されており、概ね西は福岡県朝倉市の佐田川、桂川から、東は東峰村の大肥川、大分県日田市の小野川・花月川までの範囲である。

この領域は古代から発展した地域であり歴史が極めて古いのが特徴である。平地には著名な 3 連水車があり、福岡都市圏の近郊農業地帯、観光地として発展している。高速道路を利用すれば福岡市内や福岡空港から 1 時間以内と便利な場所である。

また斉明天皇の朝倉橘広庭宮（西暦 661 年）がおかれた地域で古代の中心地のひとつである。被害の大きかった支流の上流域は英彦山の修験で栄えた結界域の一部で、その成立は中世以前にさかのぼる。

筑後川中流域を対象に「福岡県近世災異誌」、「福岡縣災異誌」などに基づき、近世から現代にいたる高潮を除く水害死者数の経年変化をみると、今回の水害の被害は歴史資料が残る約 350 年間で死者数歴代 4 位の甚大な災害であった。なお享保水害が今回と類似の中小河川の土砂災害によるものであるが、発生した地域は筑後川対岸の耳納山地を水源として持つ河川である。筑後川右岸に限ると今回の災害は記録史上最大の死者数を記録し、大変稀な災害であったことが分かる。

以上のように今回災害に見舞われた地域は古代から発展した地域であり、災害頻発地帯では決していない。

2) 気象・降雨

2017 年 7 月 5 日、九州北部の北側の玄界灘に前線が停滞し、暖かく湿った空気が前線に向かって流れ込んでいた。その暖湿空気が背振山地東側で上昇し、積乱雲が何度も繰り返し

し発生した。また、背振山地の南北から流入した湿った空気の収束も線状降水帯持続の一要因と考えられる。さらに、北側上空の寒気の流入もあり、大気が著しく不安定となって積乱雲は高く発達した。背振山地東側で繰り返し発生した多くの積乱雲は上空の西風に乗って東に移動し、朝倉市、東峰村、日田市で集中的に豪雨をもたらし、線状降水帯は 9 時間以上も持続した。その結果として、狭い範囲で豪雨となり、福岡県北小路公民館において総降水量で 894mm を記録するなど朝倉市を中心に広い範囲で観測史上最大の降水量を記録した。

3) 被害の状況

今回の豪雨災害においては、九州北部 2 県で多大な被害が発生した。今次災害においての人的な被害は、平成 30 年 5 月現在で死者 40 名、行方不明者 2 名（関連死 1 名を含む）であった。被災の特徴としては自宅待機中に被災された例が全体の 75% を占めていた。河川別の死者・行方不明者数は赤谷川流域で最も多く死者・行方不明者合わせて 22 名にのぼった。住家における被害棟数の総数は約 3,000 棟であったのに対して、平成 24 年 7 月九州北部豪雨では約 13,000 棟の被害であった。被害棟数が少なかったのは、多くの被災河川が谷底河川であり、氾濫域が限定的であったことなどが考えられる。一方、平成 24 年 7 月九州北部豪雨では、全壊および半壊した住家が被害家屋全体の 17% であったのに対して、今時災害では 46% を占めた。さらに土砂流入による果樹園や水田への土砂流入による被害など農業への被害も甚大であった。

構造物に関しては花月川での JR 久大本線の橋梁流出のほか、多くの川で流木が橋梁へ堆積することによる橋梁の破壊や河道閉塞が発生した。川沿いの山間地の道路や平地でも水田沿いの道路は甚大な被害を受け、多くの孤立地域が生じた。ため池やダム、砂防ダムにより洪水流や土砂・流木がストックされ下流の被害を軽減した流域があった。一方、奈良ヶ谷川流域の山の神ため池は決壊し、下流の山田地区では広範囲の洪水氾濫被害が発生し、多数の流木が散乱したケースもあった。

4) 治水地形と災害現象の明瞭な対応

被害を被った筑後川中流右岸地帯の地形を概観すると、筑後川中流低地、氾濫低地の山際に見られる更新世に形成された扇状地が台地になった朝倉扇状台地群、支流の出口に形成されている小規模な扇状地、筑後川支流の上流の山地に形成された谷底平野などから形成されている。

氾濫低地では、筑後川右支川・桂川などの下流部の筑後川自然堤防地帯が大きな被害を受けた。今回の災害では桂川、荷原川、妙見川、新立川の随所で破堤・越水が生じ、後背湿地である水田を氾濫流が流下し、広い範囲で浸水し、自然堤防上に立地する家屋にも床

上浸水被害をもたらした。浸水世帯は 800 戸、浸水面積は 1000ha を超えている。ただし、本流筑後川からの氾濫は見られなかったため、自然堤防の新たな形成や自然堤防の浸食などの大規模な地形変形は発生しておらず、あくまでも支流の氾濫現象である。

扇状地部の氾濫としては、寒水川の氾濫が特徴的である。流域面積 3.7 km² と小さな普通河川であるが、山地から低地に河川が流れ出すところに扇状地が形成されている。下流扇状地で 39ha もの大規模な氾濫が発生し、床上浸水 147 戸、全半壊 43 戸の被害を出した。川幅 4m 程度の河川であったが、扇状地部全体を氾濫し最大の氾濫幅は 500m 程度まで拡大した。この氾濫は段波に伴う大流量により発生した可能性があり、今回のような極端災害においては、扇状地地形が形成された状況を彷彿とさせる大規模災害である。

山間部河川、谷底平野河川である黒川、北川、白木谷川、赤谷川などの被害も甚大である。山地の土砂崩壊、それに伴う流木の流出、上流河道の大規模な浸食および土砂の堆積、流木の橋梁への閉塞とそこからの氾濫など、元の地形が分からないほどの甚大な被害が発生している。特に上流域の地質に花崗閃緑岩を持つ河川では、浸食堆積域の大幅な拡大が発生した。7m の川幅の河川が 140m にまで広がった場所もある。被災死した住民のほとんどが自宅における河川氾濫による被害であるというのも特徴である。赤谷川水系では 373 世帯中、全壊 99 戸、半壊 37 戸と世帯の約 1/3 が全半壊となった。

5) 土砂災害と流木災害

今回の災害の特徴の一つは大量の土砂崩壊とそれに伴う流木の発生である。国土交通省の調査によると「今回の豪雨による筑後川右岸流域の斜面の崩壊面積（発生域）は 4.44 km²、発生土砂量 1,065 万 m³ に及び 12 時間雨量が 400mm を超過する範囲に崩壊地が集中している傾向がみられた。地質別にみると、深成岩（花崗閃緑岩）や変成岩を主体とする地域で崩壊が多く発生している。」「流木は筑後川右岸流域で約 21 万 m³ 発生したと推計された。」とされている。

大量の土砂と流木は河川を流下し、被害を拡大する要因となった。流木は橋梁閉塞の主因となり、氾濫流の拡大を招いた。大量に流出した土砂は河道のせき止めや谷底平野や扇状地に大量の土砂の堆積を生じさせた。

6) 段波現象

今回の災害ではいくつかの支流で段波現象が観察され大きな被害が発生している。

住民が撮影した映像から確実に段波が確認されているのが寒水川と白木谷川である。寒水川を例にとると、流域面積 3.7 km² の普通河川であるが、下流扇状地で大規模な氾濫が発生し、大きな被害が発生した。被災した住民が撮影した動画の分析結果から、流量 $Q=200 \sim 250 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度となり、流出計算流量 (RRI 流量) の数倍の値となっている。同様の現象は、小河内川、赤谷川、白木谷川、百目木川で目撃されている。降雨強度が強く、多量の土砂

崩壊が発生した場合、中小河川洪水ではしばしば段波が起きている可能性が示唆される。段波の原因、段波の規模、段波を防ぐ方法などについては、今回の調査では十分に明らかにできておらず、さらなる研究が必要である。

7) 川幅の拡大

今回の災害では、通常の川幅に比して氾濫流の流下範囲（洪水後の川幅）が大幅に拡大していることが特徴である。地質によって川幅の拡大率は異なるが、特に花崗閃緑岩地帯を流下する河川で顕著である。その平均の川幅拡大率は10倍程度にもなっており、この川幅拡大が被害を大きくした。川幅の拡大は大量の砂の流出による土砂堆積と耐浸食強度の弱い河岸あるいは地盤の浸食によって川幅が拡大される際に浸食現象の両者が同時に起こった可能性があるが、さらに研究が必要である。

8) 避難の状況

避難情報等の時系列を見てみると、大雨洪水警報が13:14、土砂災害警戒情報が14:10、災害対策本部の設置が14:15、最も被害が大きかった赤谷川の松末（ますえ）地区への避難勧告は14:26、避難指示は16:20である。地区によって被害が発生した時刻が数時間異なるが、被災地区の情報を集約すると、最初に被害が発生し始めたのが赤谷川の上流域で14:00過ぎには道路が決壊し、16:00ごろには河川の氾濫が始まっている。洪水が最も激しかったのが18:00から19:00頃である。特に上流域では14:00過ぎには停電などが起こり、避難情報はほとんど届いていない。今回被災した地区は5年前の2012年九州北部豪雨において、今回ほど被害は大きくなかったが被災した地域である。そのため、避難訓練が行われ、自主防災マップも整備されていたが、それにもかかわらず、避難情報は十分に届かなかった。

発災時の共助については朝倉市杷木の本村集落での状況の調査によりお互いの声掛け、被災時の助け合い、自主避難所への避難、発災直後の炊き出し、負傷者等への看護などが行われ、質の高い共助が行われたことが明らかになっている。

災害までの発生時間が短い中小河川の災害でかつ集落が孤立したことから、災害情報などの公助は届きにくかったが、自助、共助は5年前の災害の経験もあり、事前の自主防災マップなどの備えもあり、自主避難所への避難、被災直後の助け合いなどが有効に働いた。いわゆる極めて災害レジリエンスの高い地域であったことが分かる。また、中山間地における大水害時には集落外避難はすぐに困難となるため、集落内に水、燃料、電気、水洗でないトイレなどが自立した避難施設が重要であることも明らかとなった。

9) 集落会議

今回の災害の復興計画の立案に対して、朝倉市では 15 を超える集落で集落会議が開催された。この集落会議には九州大学の教員等がファシリテーターとなり、大判印刷された被災後の航空写真、家や田畑の被害状況、被災時の様子、どのような形で集落を復興したいかについて、地図への書き込み、ポストイットを利用した全員からの意見の聴取を行い、それらをまとめ話し合いを行い、その結果は「復興新聞」として集落ごとに発行した。

集落会議は災害の発生時間や発生場所などが克明に理解でき、それぞれの地域の復興にとって何が障害で、どのように突破すればよいのか、集落の住民の思いや希望についても把握できる。最初は落胆していた人も集落の人と話し合う中で希望が芽生えていく。このように集落会議は災害状況の把握、復興時の課題抽出、集落の意向などの把握に極めて効果的であった。

また、平成 30 年 5 月現在、14 カ所で復興新聞を発行しているが、そのうち 10 カ所において「ホテルが戻ってほしい」「子供が川で遊べるようにしてほしい。」「美しい風景を戻してほしい」など復旧時に環境に配慮してほしいという意見が出されている。

さらに、集落会議で住民から提供された写真や動画が、今回の災害の状況を把握するための貴重な資料となった。例えば、洪水時の流速や流量についても住民から提供された動画によってある程度の精度で推測が可能であった。前述の段波現象についても住民が撮影した画像によって初めてその様子が明らかとなった。

提言

以上のような調査の結果に鑑み、今後の災害復旧或いは防災に対する提言は以下のとおりである。

1) 持続的な復興のための住民参加のプロセスと集落会議の重要性

農地・住宅地・道路などが広範囲に被災した場合、単なる河川の復旧にとどまらず持続的な地域の復興という視点が重要である。集落を単位とした話し合いでは、防災の視点だけではなく農業や暮らし、環境など幅広い視点から意見が交換されている。各コミュニティを単位とした話し合いは重要であり、地域の意向、地域の将来像を反映した復旧復興計画を行う必要がある。コミュニティの単位は日常的に相互に接している集落を単位とすることが望ましい。その際、住民に寄り添った専門家がファシリテーターやアドバイザーとして関係することが重要である。

大規模災害の復興にあたっては集落会議を今後の復興プロセスのシステムに落とし込むことが重要である。

2) 順応的管理のためのガバナンス

災害発生直後の非常時の状態から、時間の経過とともに人々の意識も変化し日常に戻っていく。時間が経過するに従って、人々の復興・復旧に対して求めるものも変化する。したがって、復興計画は人々の意識の変化に対応して順応的に行われることが必要であり、途中で計画を変更できる仕組みを当初から構築しておく必要がある。

3) 複合計画

河川や道路などの復興にあたっては単にその事業完結型の復興にとどまらず、地域の持続的な将来を見据えた土地利用、生業と河川復旧、道路計画を複合させた計画の立案が必要である。

4) 想定最大規模程度の降雨への河川整備・復旧のあり方

気象庁によると 2017 年九州北部豪雨の解析雨量は朝倉市で、3 時間降水量は約 400mm、24 時間降水量は約 1000mm とされており、想定最大規模降雨に近い豪雨であったことが推定されている。そのため、今回は通常の水害の延長線上ではなく、最大規模降雨に伴って夥しい箇所の土砂崩壊、それに伴う流木の発生、川幅の大幅な拡大、下流域でも見られた段波現象など、水害と土砂災害、流木災害が同時・多発的に発生した災害現象であった。

今回の被災地は 5 年前にも水害を蒙った地域であるがその時には死者はなく、今回の災害では多くの尊い命が奪われており、死者を伴う災害をどう防御するのかは大きな課題である。

社会資本整備審議会は「気候変動による外力の増大とそれにとまなう水災害の激甚化や発生頻度の増加、局地的かつ短時間の大雨による水災害、さらには極めて大きな外力による大規模な水災害など、様々な事象を想定し対策を進めていくことが必要である。」とし、比較的発生頻度の高い外力に対しては、「これまで進めてきている堤防や洪水調節施設、下水道、砂防堰堤、水資源開発施設等の整備を引き続き 着実に進めることが重要である。」とし、極めて大きな外力に対しては「最悪の事態を想定し、国、地方公共団体、公益事業者、企業等が、主体的にかつ広域的に連携して、ソフト対策に重点を置いて対応することにより、一人でも多くの命を守り、社会経済の壊滅的な被害を回避することを目指すべきである。」としている。

いわゆるレベル 1 に対しては、これまでの整備の継続を、レベル 2 に対してはソフト対策に重点を置くことを提言している。

筑後川右岸河川砂防復旧技術検討委員会はこの答申に基づいて、復旧の基本方針として（１）一定規模の降雨への対応、（２）今回の災害と同規模以上の降雨への対応に分けてその考え方を示している。

（１）については山地部における土砂・流木の流出を防止するための砂防堰堤等の整備、河川上流における河道に流入した土砂・流木を捕捉するための貯留施設の整備、洪水・土砂 を下流まで円滑に流すための河道の改修・河道形状の工夫により、土砂・流木を伴う洪水氾濫を防止する。（２）については、地域と一体となって、さらに安全性を高めるためのソフト対策、まちづくりの検討を実施する。一定規模とは砂防施設に関しては 1/100、河川に関しては 1/30 あるいは 1/50 である。

以上のようにレベル 1 についてはハード対策が、レベル 2 に対してはソフト対策を中心とし、ハード対策としては痕跡より高い場所への住宅地の構築を念頭に置いている。

現状ではレベル 1 を超える水害に対して、河川対策としてのハード対策が実施される状況にはないが、今回発生した段波や大幅な川幅拡大などの死者を伴う災害はレベル 1 対応のハード対策では防ぐことが出来ず、またソフト対策も十分に機能していなかった状況から考えると、レベル 2 相当の洪水に対しても、何らかのハード対策を施し、少しでも避難の時間を稼ぐ対策や被害を減らすための対策が必要であると考えられる。また被災地住民はレベル 2 相当の災害で被災しているにもかかわらず、今次洪水の 6 割程度の流量のレベル 1 対応のハード対応という説明では納得は難しい。

今回被災を受けた中山間地では河川沿いに住宅が連担しているわけではなく、居住地は集落の中心に集中している。これらの状況を鑑み、レベル 2 対応の減災対策として、中山間地では集落のみを水害防備林や水刎ね（大型の水制）、氾濫戻しのための霞堤などによって防御する、集落防災の考え方が有効と考えている。

今般の災害復旧にあたっては残土処理、農地復旧や宅地復旧など農地づくりや街づくりと同時に集落防災を行うことには、場所によっては可能であるし、コストも抑制できるものと考えている。また、全国の中山間地谷部においても可能最大降雨により被害を予測し、集落防災の手法の有効性について検討することが重要である。

5) 河川や周辺の状況を踏まえた個々の計画

1次提言において、河川によって上流の地質、下流の地形、周辺の土地利用などが異なるため土砂崩壊の状況、土砂の流出の状況、氾濫形態、家屋の被災形態などが大きく異なり、そのため、それぞれの河川の特徴に沿った個別の計画を立案することの重要性を指摘した。調査が進むにつれ、地理的な区分、地質の差異、家屋の立地や地形などにより被害状況が異なることがさらに明らかになり、狭い範囲の災害であっても河川の災害には個別性があり、それを踏まえた災害復旧が重要であることが示された。

6) 土砂・流木対策

赤谷川、乙石川、白木谷川では山腹崩壊、土石流、河道の浸食により大量の砂が流出し、河谷平野に堆積している。同規模の降雨があった場合には同程度の土砂流出があり、上流で抑止できる保証がないことを前提に計画を立案する必要がある。また、今後数年間は土砂流出量が多いことが予測されるため、河道内に土砂を堆積させるための構造物を設置せず（河川内には土砂を貯留するための横断工作物を設置しないことが原則である。）下流に流下させる。また堆積した砂を流水の力により緩やかに流下させ、河道や地盤を低下させ、再堆積空間を形成するという観点が重要である。これは変動を考慮した河道計画であり、変動を許容するために川幅の確保が必須である。一方、その後は急速に土砂供給量が減少することが予想され、横断工作物を設置すると、下流の河床が急激に低下するなどの現象が発生することが予見されるため、これらの土砂供給量の変動に対応できる河川空間の確保が重要である。

さらに、今回の水害では、我が国で過去に記録されたものと比べて最大20倍の流出率を記録した流木発生が起こった。流木は河道を流下あるいは氾濫した際に被害を生み出すことから、極力、発生源に近いところで流出を抑制することを基本に対策を考える必要がある。人家への被害が想定される谷筋の特定とその谷筋の大径樹木の伐採あるいは流木止めなどの対策、林業の振興に基づく適切な森林管理、発生源における透過型砂防えん堤の充実、河道に流出した流木を捕捉可能とする施設の充実、河道にため池がある場合にはそれを活用した流木流下抑制技術の開発、橋梁の改修による集積リスクの軽減、海域まで到達した流木処理に関する費用分担システムの検討、回収した流木の再利用技術の開発、など流域圏を一貫した流木対策の議論を始める必要がある。

7) 環境との統合計画

未曾有の災害となったにもかかわらず、「ホテルが舞う河川に戻してほしい」「子供たちが遊べる川に戻してほしい」など環境に配慮した復旧への希望を多くの集落で聞いた。特に中山間地は美しい自然とともに地域が存立しており、今後の地域づくりにおいても自然資源を活用することが重要であることを考えると、治水と環境が統合された復旧・復興が行われることが重要である。

8) ため池

今回の災害では、奈良ヶ谷川のため池の決壊、ため池堤防の一部損壊、ため池による流木や土砂の貯留による下流への被害を軽減などため池の治水上の機能が大きな話題となった。ため池は農業施設であり治水的な機能評価がされていないため池がほとんどである。今後の豪雨対策を考えると、ため池の治水的な機能や安全性を評価し、治水上の安全性を確保するための手法・制度・予算措置などを講じる必要がある。さらに、超過洪水に対しては、余裕高の十分な確保のみならず、洪水吐上部をオープンにする、あるいは管理用道路のクリアランスを十分にとるなどの手法で、流木による閉塞を防ぎ、ため池内の水位上昇を防ぐための構造への配慮が必要である。

8) 道路、橋梁

溪流沿いの道路が被災し、孤立する集落が多くみられた。溪流沿いの道路においては、河川との比高差を調査し、超過洪水時に道路が浸水し河川の一部になるとときには道路が河道の一部となることを念頭に洪水時にも破壊されない構造とすることが望まれる。

また橋梁に関しては幹線道路の橋梁は超過洪水時にも流木の阻害を起こさない高さやスパンの検討が重要である。生活道路の橋梁は洪水時の流木による閉塞を防ぐために沈下橋の設置などの声も聞かれるが、それらに関する知見は十分ではなく、研究が必要である。

9) ソフト対策

小さな支流の場合、降雨開始から洪水到達までの時間が短いために、避難勧告、避難指示が間に合わないことがあるため、コミュニティを単位とした防災計画、防災体制の確立が重要である。災害が発生する時間によっては、その場のコミュニティ構成員が異なるため、時間や曜日を考慮したきめ細かい体制の確立が重要である。

今回の被災地区は 5 年前にも災害を受けた地区であり、災害意識は高かったにもかかわらず災害情報が十分に届いていない事実は重く受け止める必要がある。中小河川では降雨予測がなされてから、発災するまでの時間が極めて短く、避難情報を届けることが困難で

あることが前提である。住民への避難を確実にするためには、エリアを絞ったピンポイントでの災害情報を示す必要があるし、空振りを避ける確度の高い災害情報が重要であり、そのための技術の開発の努力を継続すべきである。しかし、現状の技術ではエリアを絞った、確度の高い予測は困難であることを前提に自助・共助を主とした避難を考える必要がある。

また、中山間地の災害では集落が孤立することを前提に、集落内の安全な場所に、電気、熱、水、トイレ、食料が数日間自立できる避難拠点が必要である。

今回の被災地は地域の人と人の信頼関係、人間関係が良好で社会関係資本の厚みがある地域である。そのために災害時に共助が有効に発揮された。共助の基本はこの社会関係資本にあり、それは日常的な人と人の関係性の中から生まれるものであり、その蓄積が課題である。