

水防災に関する科学・技術分野間の学際研究と社会との協働

澤野久弥

1. はじめに

ここ数年我が国では、梅雨前線や台風に伴う豪雨により、毎年のように甚大な被害が生じている。このような水災害に対しては、降雨による水や土砂の流出・氾濫の解析、氾濫の防止・軽減のための構造物設計、氾濫状況に応じた避難所、避難路の計画等、土木分野の科学・技術に基づく検討が必要となる。一方で、避難判断のための洪水予測では、精度の高い降雨予測が求められ、気象学に基づく検討が必要となる。また、水防災計画の立案では、計画を合理的なものとするために、対策による被害軽減効果の評価が必要となる。これには、氾濫が家屋や農作物等に与える直接的な被害や、地域の社会経済活動に与える間接的な被害の把握等、土木分野以外の専門的な視点からの分析が求められる。水災害時の避難計画に関しても、住民の心理を踏まえた情報提供等、行動心理学を踏まえ施策を立案することが、より効果的である。本報文は、水防災に焦点を絞って、科学・技術分野間の学際研究と社会との協働の必要性について論じる。

2. 最近の日本の洪水災害と課題

最近の日本の洪水では、①台風や前線の作用による豪雨の大規模化・観測史上最大規模の大雨の発生（平成27年9月関東・東北豪雨、平成30年7月豪雨等）、②豪雨の履歴の少ない中山間地における土砂流出と洪水氾濫の一体的発生（平成29年7月九州北部豪雨等）、③東北・北海道における過去の洪水災害が少ない地域での災害の発生（平成28年8月北海道・東北豪雨等）等、これまで経験したことのない事象により、甚大な被害が生じている¹⁾。特に中山間地では、現象の予見の難しさ、状況変化の急激さ等から住民の逃げ遅れにつながる事が多い。平成29年7月九州北部豪雨では、被災地が中山間地であることに加え、平日

の昼間に氾濫が生じたため、家に居た高齢者が犠牲者となる割合が多くなった。また平成30年7月豪雨では、行政から災害リスクの情報が提供されていても、住民がその重要性や意味を十分に理解しておらず、避難に結びつかなかった事例が報告されている。今後豪雨災害がさらに激甚化することが想定されているが、その場合、人命・財産への直接的な影響の増加に加え、社会経済活動への広範な影響の拡大も懸念されている。2011年にタイのチャオプラヤ川で発生した洪水では、日本の企業が多く入っている工業団地での大規模な浸水により工場が操業停止し、その結果、日本での生産活動にも大きく影響する等連鎖被害が発生した。このように、大規模な洪水による影響は、直接氾濫被害を受けた地域だけに限定されず、広範に及ぶ可能性がある。これらを踏まえ、水防災計画の検討では、災害時に住民の避難判断が円滑に行われるような情報提供のあり方や、洪水が発生した場合の社会経済活動への影響の評価等、土木分野だけでなく、他の様々な専門分野との連携による学際的な（inter-disciplinary: インターディシプリナリー）取り組みが必要となる。さらにそれらを、実効あるものとするためには、科学・技術に基づき施策を立案する行政が、住民や社会経済活動の担い手である企業等地域社会と協働して（trans-disciplinary: トランスディシプリナリー）取り組みを進めることが肝要である。

3. 水防災への学際的な取り組み

3.1 国土交通省の新たな取り組み

3.1.1 平成27年9月豪雨以降の取り組み

国土交通省では、平成27年9月の関東・東北豪雨を踏まえ、社会資本整備審議会において、平成27年12月に答申「大規模氾濫に対する減災のための治水対策のあり方について」をとりまとめた。この中では、「施設の能力には限界があり、施設では防ぎきれない大洪水は必ず発生するもの」へと意識を変革し、社会全体でこれに備える「水防災意識社会」の再構築を訴えている。具体的な施

策としては、堤防の補強等危機管理型ハード対策と並んで、行政目線でなく住民目線で実戦的なソフト対策を進めることで、住民等の主体的な避難を促進し、円滑かつ迅速な避難を実現するとした。これは、従来の行政の枠組みを超え、社会との協働を目指す取り組みであり、新たな一步を踏み出す出発点となった。さらに平成28年8月の北海道・東北豪雨において、中山間地域の中小河川で多くの被害が生じたことを受け、平成29年1月に答申「中小河川等における水防災意識社会の再構築のあり方について」をとりまとめた。中小河川を擁する中山間地は、人口減少や高齢化により地域防災力が低下しており、この答申では、このような自然災害に脆弱な地域での水防災のあり方に焦点をあてている。目標として掲げたのは「逃げ遅れによる人的被害をなくすこと」と「地域社会機能の継続性を確保すること」であり、関係機関の連携、水害リスク情報の共有、治水対策の重点化・効率化等による被害軽減対策を推進するとした。これらは平成29年5月の水防法改正につながっている。国ではこのように、災害の経験を踏まえ、目標と実施すべき対策を答申として整理し、法律による制度構築につなげており、その結果としてハード対策は着実に進んでいる。一方で、施策のもう一つの要となるソフト対策については、情報を提供する体制整備は進められているものの、どうしたらそれらが住民目線のものとなるのかについては、取り組みが始まったばかりである。避難判断に必要な情報が行政から提供されていても、住民の受け止め方が原因で逃げ遅れが生じており、この要因を把握し、対策につなげるため、行動心理学を踏まえた分析等学際的な取り組みが必要となっている。

3.1.2 住民避難の阻害要因と平成30年7月豪雨を踏まえての取り組み

田中らは²⁾、洪水被害における住民避難の阻害要因を、「災害時の情報」、「住民の素養」、「生活・家庭環境」の3つに整理し分析した。そして、これまであまりとりあげられてこなかった課題として、「災害発生時の『わがこと意識』の欠如」と、「(自分だけは被害を受けることはないだろうという根拠のない楽観を持つ)『正常化の偏見』発生時の避難不実行」を指摘した。田中らは「適切な状況判断が出来るような情報が発信されてい

たとしても、直面する災害を住民が『わがこと』だと考えなければ、その情報が適切な災害イメージのために活用されることはない」としている。平成30年7月豪雨の際にも、様々な情報がありながら逃げない住民が多く存在した。このため社会資本整備審議会では、平成30年12月に答申「大規模広域豪雨を踏まえた水災害対策のあり方について～複合的な災害にも多層的に備える緊急対策～」をとりまとめた。この中では、「災害を我がことと考えるための取組の強化」を対策の柱の一つとして打ち出し、マイ防災マップや、マイタイムラインの作成、避難訓練への地域住民の参加促進等により、避難を住民に身近で具体的なものとする取り組み推進を掲げた。また、在宅高齢者や避難行動要支援者等を含めた住民の避難が、地区単位で確実に行われるよう、地区防災計画の作成や避難時の声かけ等により共助の仕組みを強化することとした。これは、正常化の偏見があっても、共助の必要性から行動を促すことにもつながる。国土交通省では、この他にも、行政とメディア関係者等が連携して、災害情報の提供・共有方法を充実させ、速やかに実施を図ることを目的として、「住民自らの行動に結びつく水害・土砂災害ハザード・リスク情報共有プロジェクト会議」を設置し、今後の対応策を検討しているところである。

3.2 ICHARMの取組み

3.2.1 洪水災害軽減に向けた取組み

洪水時の対応では、変化しつつある事象を、時間的な余裕を持って予測することが求められるが、これに関しては、最新の気象学と流出解析手法を組み合わせることで、より長期的な予測に結び付けていくことが可能となる。また住民が洪水の状況を理解し、準備し、適切な行動につなげるためには、洪水に関する行政と住民との間でのリスクコミュニケーションが重要であるが、このあり方について、住民の行動心理を踏まえ検討することが効果的である。さらに水防災の戦略を構築するにあたっては、まず想定される事象により生じる水災害リスクを多面的に評価する必要があり、建築、農業、社会経済学等様々な専門分野からの検討が求められる。特に洪水による被災地の生産活動や物流への被害、広域的な社会経済活動への影響に関しては、これまで情報量も少なく、今後の調査研究が期待されている。これらを踏まえ、水

災害研究グループでは、水災害リスクの多面的な評価に関する研究を進めており、平成27年9月の関東・東北豪雨に際しては、常総市での事業所の被災状況と、被災からの回復状況を調査した（大原 et al.³⁾（図-1）。調査では、様々な業種に関し、事業再開や継続の妨げとなる要因等を分析し、被害を軽減するために必要な施策や今後の課題を整理した。このように、水防災への取り組みでは、様々な学問分野を連携させての学際的な検討が必要であり、水災害研究グループでは、このことを踏まえつつ、国内外での調査研究活動を進めているところである。

防災・減災に関する学際的な研究の必要性は、水防災分野に限られたことではない。日本学術会議では、平成28年2月に「防災・減災に関する国際研究の推進と災害リスクの軽減－仙台防災枠組・東京宣言の具体化に向けた提言－」を公表した。この中では、巨大地震や津波、今までに経験したことのない豪雨やそれに伴う土砂災害、突発的な火山噴火に加え、気候変動による自然災害の激甚化、原子力発電事故のように文明の進化が生み出す災害等、解決できない課題が依然として多いとの認識を示している。そして、これらへの取り組みにおいては、「災害に関する科学・技術分野において、環境科学、健康科学、地球観測等の分野間連携」を推進するとともに、「災害にかかわる自然科学と政治・経済・社会・歴史・人間行動等を含む人文・社会科学との結合を図らなければならない」としている。そして、そのためには、「分野間の学際研究（inter-disciplinary）を強力に進め、社会と協力して問題点を洗い出し、計画を立て、実践していく科学・技術と社会との協働

（trans-disciplinary）が、実際の災害被害軽減に不可欠である」と訴えている。提言では、このために必要な、様々な戦略を提案しているが、その中で、「防災リテラシーの向上」を主要な柱の一つとして掲げ、「個人、コミュニティ、政府の各レベルにおいて、科学的根拠に基づく意思決定を行うことが可能となる」ことが重要であり、その能力開発に向けて国際社会が支援を行うことが必要であるとしている。水災害研究グループは、国内での研究を進めつつ、海外の政府機関や大学等と連携した海外のプロジェクトで、国内の研究成果を活用し、同時にそれらを担う人材育成を行うことで、日本の技術の普及を通じた国際的な支援を行っている。

3.2.2 洪水の予測

洪水の予測では、降雨情報を流出モデルに導入して流出量の変化を計算し、氾濫状況を推定する。降雨に関しては、近年、数値天気予報技術の発展により予報精度は年々向上し、さらに高解像度予報モデルの降水予報精度にも向上がみられる。数値天気予報には、予報精度向上のためにアンサンブル予報が取り入れられるようになってきているが、これは、わずかに異なる初期値から複数の予報を同時に行う手法で、複数の予報結果から、1) 確率予報による信頼度情報が得られる、2) 豪雨のような顕著現象の見逃しが減る、3) アンサンブル平均としての予報精度が決定論的予報よりも高いと言った利点がある（牛山 et al.⁴⁾（図-2）。水災害研究グループでは、領域アンサンブル予報（全球モデルから切り出した領域を対象にアンサンブル予報を行う）を、地上観測値や衛星情報を

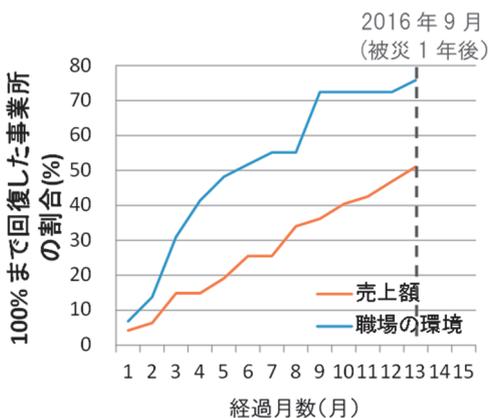


図-1 常総市の事業所の営業回復状況

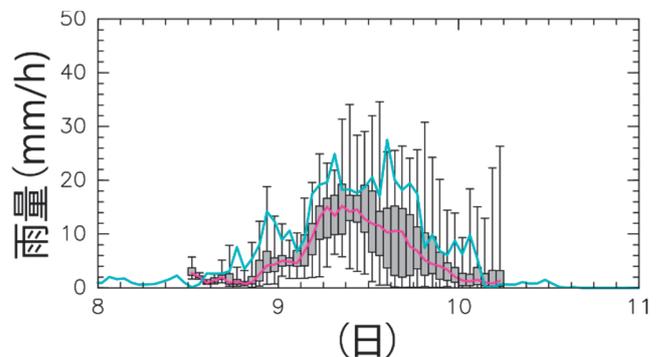


図-2 アンサンブル予測による降雨量（7日の時点で11日までを予測：青はレーダー観測雨量、縦棒はアンサンブル解析値全体（33ケース）、灰色四角は25～75パーセンタイル値、ピンクはアンサンブル中央値）（牛山朋来）

活用して実施し、流出解析につなげる洪水予測手法を開発している。このように、日々進歩する気象分野の研究成果を取り込むことで、これまでの単一の決定論的予報に対し、予報の幅を定量化して評価する試みを開始している。また気候変動による影響評価及び適応策の検討を行うべく、将来の地球の状況をシミュレートする様々な全球気候モデルの結果を用いた解析を進めている。この際に、各々のモデルの地域特性、適用範囲を理解することなく、モデルによるシミュレート結果を断片的に利用すると、適用を誤る可能性がある。専門分野間の連携では、各々の研究の内容を十分に理解しながら進めることが肝要で、そのためには専門分野間で対話しながら進めるプロセスが必要となる。このため水災害研究グループでは、様々な専門性を持つ国内外の研究者との連携、協働のもとで研究を進めている。

3.2.3 リスクコミュニケーション

住民が水災害を「わがこと」としてとらえるには、水災害の状況を具体的にイメージ出来ることも必要である。その際に、これまで経験したことのない規模の水災害については、その状況を確率や水位、流量等の数値情報で示しても、住民が状況をイメージすることは困難であり、ハザードマップ等地域情報とリンクさせた、わかりやすい形で示すこととなる。しかし図面での情報は、頭では理解できても、実感出来るものではない。被災時の逃げ遅れは、提供される情報が受け手側に明確なイメージとなって伝わらず、危機感が生じないことでおこる。この部分を補完するため、水災害研究グループでは現在、3Dゴーグル等を活用して、浸水状況を仮想現実(Virtual Reality(VR))で疑似体験するシステムの開発に取り組んでいる。既にこれに類するシステムは、様々な形で開発されているが、より洪水に特化し、視覚・聴覚だけでなく、実際の水の流れを触覚で知覚できるものを目指している。また、参加者が共通の仮想現実の世界で、洪水と一緒に疑似体験し、共に避難活動を試みる等により、グループで自助、共助の訓練を行えるようになることも目指している。これらの試みでは、その効果を住民と共に検証し、科学技術の社会への適用をより効果的なものとする協働での取り組みが必要となる。水災害

研究グループでは、このような取り組みを地方自治体と連携しながら進めているところである。

4. おわりに

水防災に関しては、防災に関係する様々な科学・技術が連携し、各々の成果を活かしながら、新たな取り組みにつなげていくことが重要である。そして、その取り組みが住民に理解され、共有され、活用されるよう、社会との協働を通して、その効果を検証し、改善していくプロセスが求められる。ICHARMでは、このような取り組みを日本で進めるとともに、海外への技術支援活動にもつなげることで、国内外での水災害リスクの軽減に貢献していく所存である。

参考文献

- 1) 澤野久弥：“世界各地で激甚化する水災害への取り組み”、平成30年度土木研究所講演会、土木研究所資料第4383号、pp.47～52
- 2) 田中皓介、梅本通孝、糸井川栄一：“既往研究成果の系統的レビューに基づく大雨災害時の住民避難の阻害要因の体系的整理”、地域安全学会論文集、No.29、2016.11、DOI:
<https://doi.org/10.11314/jisss.29.185>
- 3) 大原美保、南雲直子、澤野久弥：“平成27年9月関東・東北豪雨による常総市内の事業所の被災特性に関する調査研究”、土木学会論文集B1(水工学)、Vol.74、No.4、I_1159～I_1164、2018
- 4) 牛山朋来、佐山敬洋、岩見洋一：“領域アンサンブル予報を用いた洪水予測手法の開発—平成27年鬼怒川洪水への適用”、土木学会論文集B1(水工学)、Vol.73、No.4、I_193～I_198、2017

澤野久弥



土木研究所水災害・リスクマネジメント
国際センター水災害研究グループ長
Hisaya SAWANO