

□北海道大雨激甚災害を踏まえたこれからの対策 ～気候変動を考慮した治水対策～

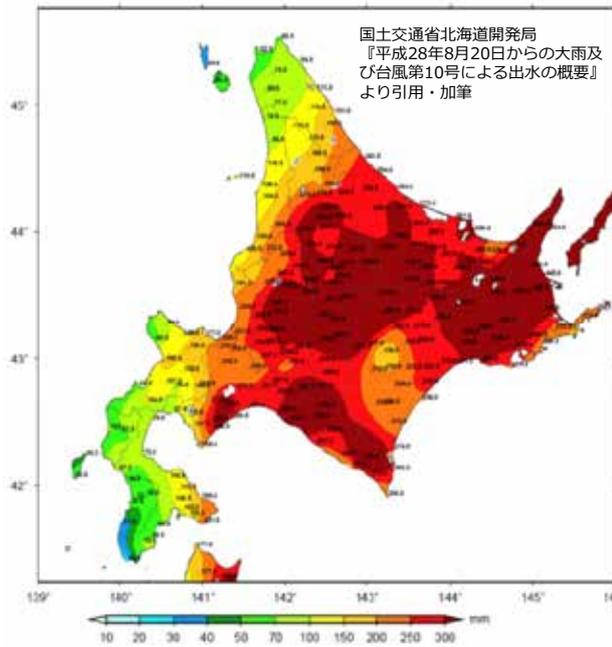
中央大学理工学部教授 山田 正

中央大学大学院理工学研究科博士課程 諸岡 良優

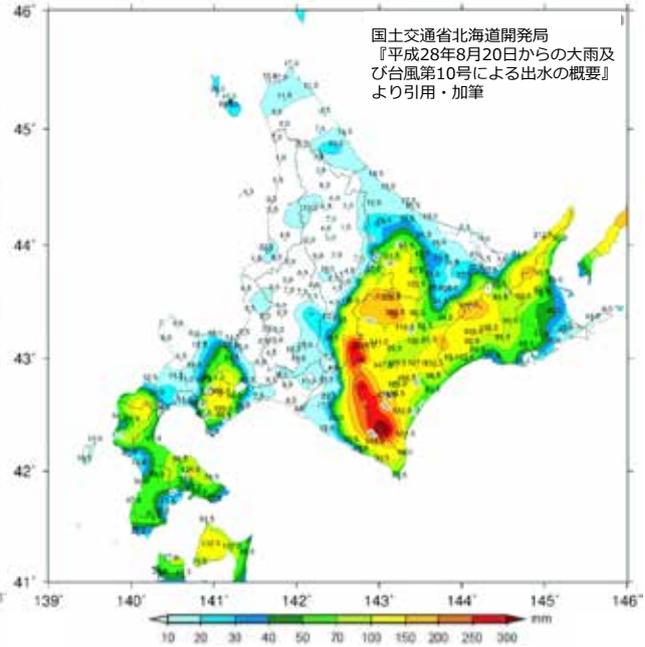
2016年8月、観測史上初となる3つの台風（7号、11号、9号）が1週間で北海道に上陸し、北海道東部を中心として大雨をもたらし、河川の氾濫や土砂災害を発生させた。一つ目の台風（7号）により上昇した水位が下がりきる前に、二つの台風（11号、9号）が連続して上陸したために、高い水位が継続した河川もある。このように洪水が短期間で繰り返し発生し流域が湿潤状態となっているところへ、前線と台風10号が接近し、これらによる大雨によって十勝川水系札内川や石狩川水系空知川など9つの河川の堤防が決壊し、79の河川で氾濫被害をもたらした。多数の道路や鉄道の被災、橋梁流出等によって交通網が途絶され、広範囲の農用地が浸水や土壌流出等の被害を受けた。また、国道38号と国道274号が日高山脈を境に通行止めになったことで、道央と道東が分断され、一時的に人流・物流を担う交通ネットワークが分断され、社会的・経済的に深刻な影響をもたらされた。橋梁についても、主なものだけで50以上の道路橋梁が落橋し、橋脚の沈下、橋台背面が流出するなどの甚大な被害となった。北海道の農業は我国の食料自給地の基盤であり、この農用地が被災したことで、全国の野菜価格が高騰したことは、マスメディアでも大きく取り上げられ、その影響は1年経った今でも続いている。土木学会2016年8月北海道豪雨災害調査団の報告書によると、今回の一連の災害による死者は6名、行方不明者数は2名であり、住宅被害は全壊が29棟、床

上浸水が273件、床下浸水が989件に及んだと報告されている。住民避難については最大で687カ所の避難所が開設され、避難指示は延べ26市町村で21,503人を対象に、避難勧告は延べ66市町村で125,147人を対象に発令され、避難者数は延べ11,176人となった。

北海道へ3個の台風が上陸したこと、及び、東北地方太平洋側へ上陸したことは、気象庁が統計を開始して以来初めてのことである。図1に台風7・11・9号と台風10号の降水量分布図を示す^{*1}。台風7・11・9号による累積雨量は北海道全域で大きな値となっており、台風10号による累積雨量は日高山脈周辺で大きな値となっている。また、台風10号は、太平洋側から北海道へ接近したという特徴がある。そこで図2に北海道に上陸・接近した台風の経路図と経路毎の年代別割合を示す^{*2}。太平洋ルートを通る台風の割合が2011年以降増えており、このルートを通る台風は他のルートを通る台風と比較して勢力が衰えにくいことが分かった。また、上述の通り、台風10号による豪雨は日高山脈の周辺で発生しており、山田ら^{*2}による数値実験でも精度良く再現できている（図3）。一方で、北海道の地形を無視した数値実験での降雨量は観測値や再現計算結果と比較して少ない結果となった。つまり、台風10号による豪雨は日高山脈による地形性降雨（湿潤な大気が山に沿った上昇流によって冷却・凝結して降る雨）であることが分かった。筆者らは、2015年9月関



台風7,11,9号による累積雨量
2016年8月15~24日



台風10号による累積雨量
2016年8月29~31日
(地形性降雨で日高山脈沿いで多く降っている)

図1. 2016年8月北海道豪雨時の雨量分布

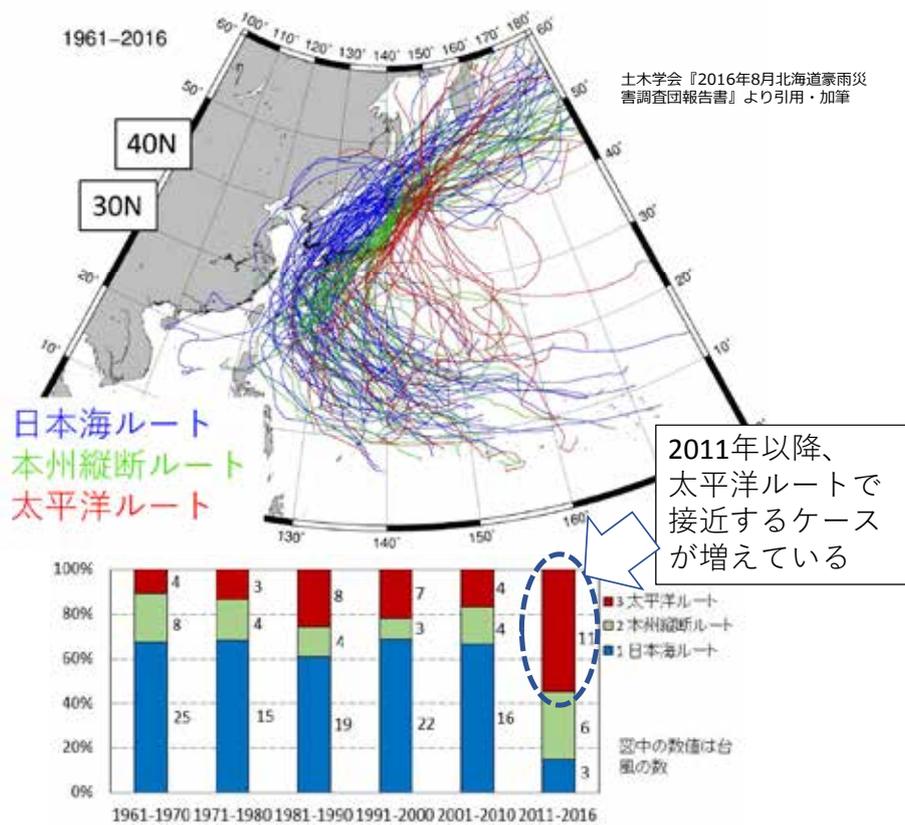
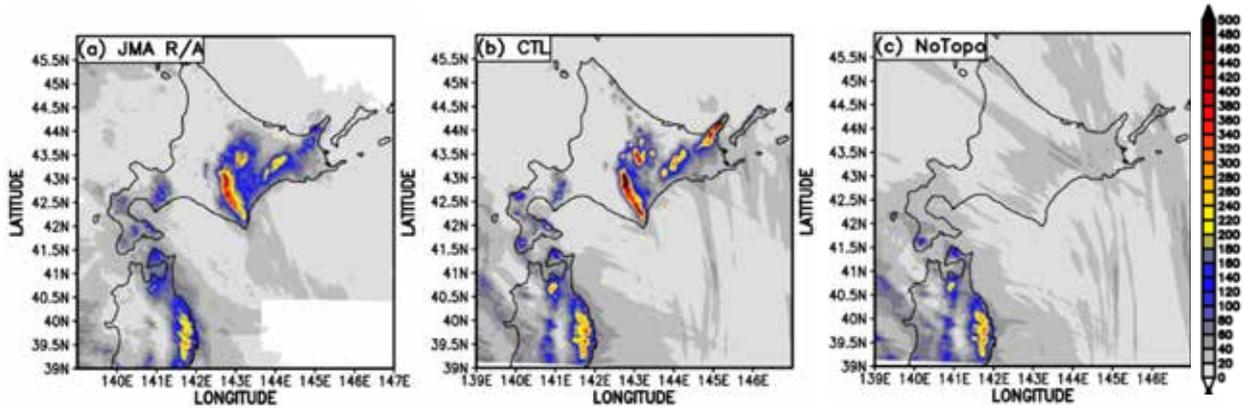


図2. 近年、北海道に接近・上陸した台風の経路図

東・東北豪雨で発生した線状降水帯についても同様の数値実験による再現を行ったが（図4）、平野部で発生した線状降水帯はその再現が難しいことが分かる。

全国各地で気候変動の影響と考えられる自然災

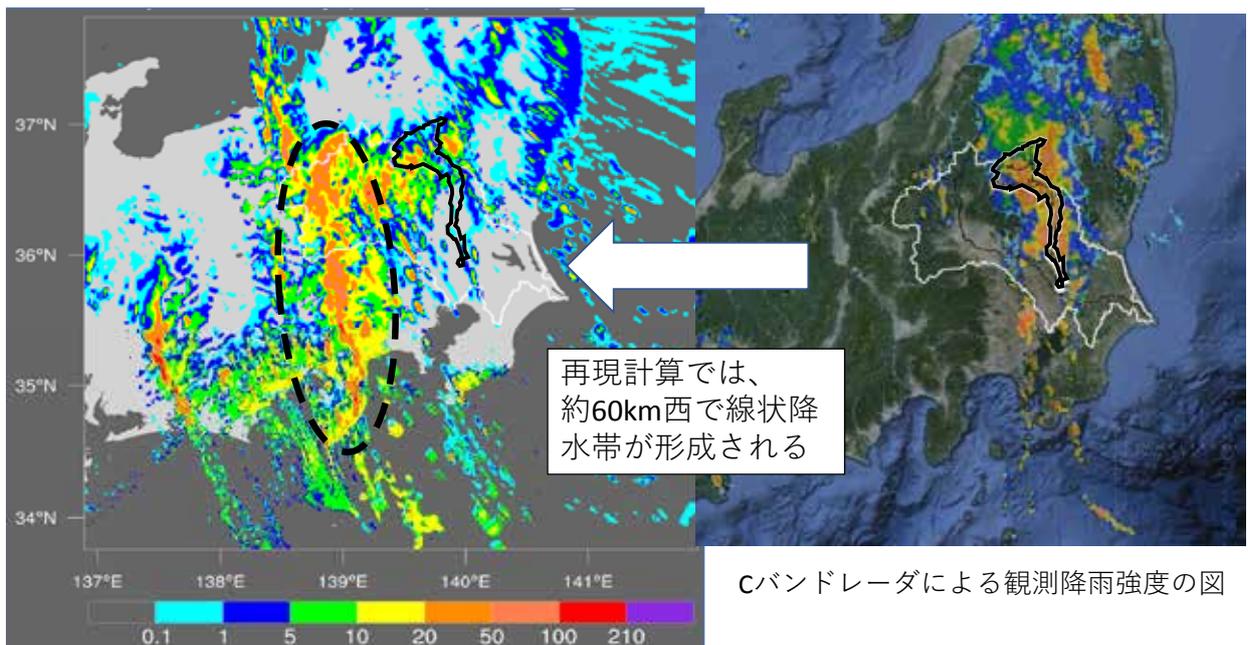
害が頻発しているが、特に近年の北海道の気象は明らかに変化しており、強い短時間降雨や北海道に接近する台風の発生頻度が増加している。気候変動による影響は、IPCC等の国際的な評価に基づき多くの研究機関や省庁でその予測が行われ



2016年8月29日9時から31日9時における
 (a)気象庁レーダアメダス解析雨量
 (b)再現計算結果
 (c)地形を無視した数値実験結果

土木学会『2016年8月北海道豪雨災害調査団報告書』より引用・加筆

図3. 台風10号（地形性降雨）の数値シミュレーション結果



再現計算では、約60km西で線状降水帯が形成される

Cバンドレーダによる観測降雨強度の図

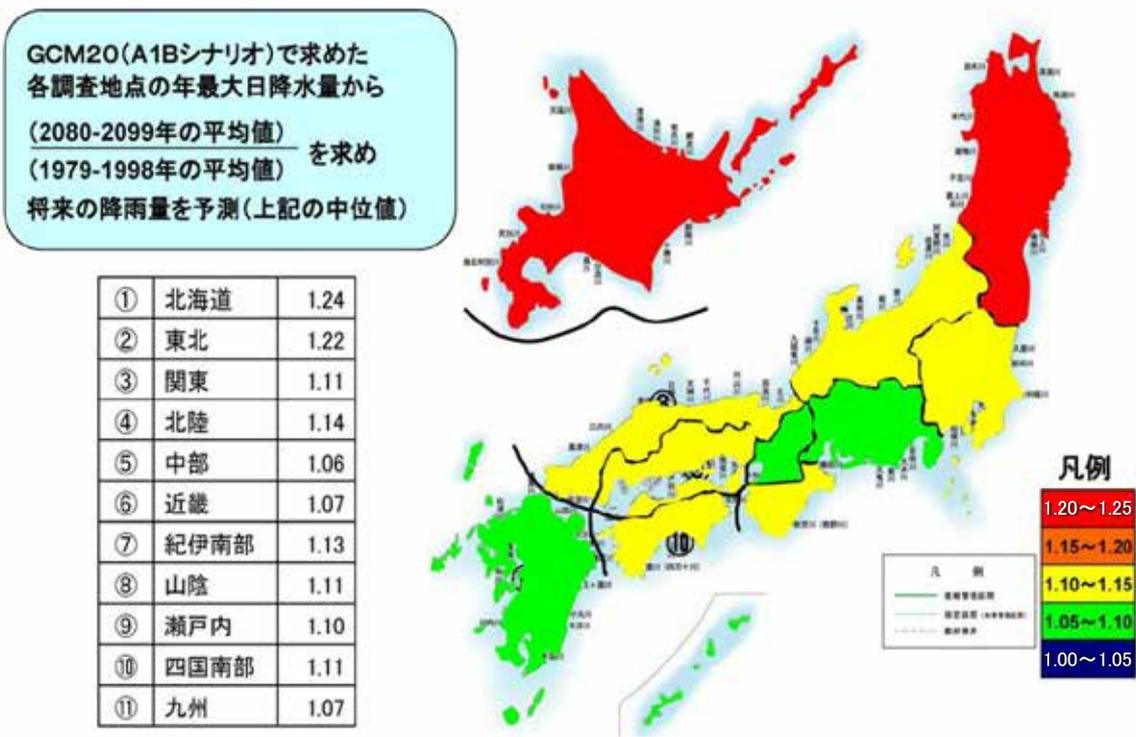
再現計算結果

図4. 線状降水帯の数値実験結果（2015年9月関東・東北豪雨）

ており、国内でも高緯度に位置する地域ほど気候変動による影響が大きいことが科学的に示されている^{*1}。社会資本整備審議会の報告^{*3}によると、100年後の北海道の年最大日降水量は1.24倍になると予測されている（図5）。これにより、河川の現計画が目標とする治水安全度について、年超過確率1/100（毎年毎年1/100以上の確率で発生する）は1/25～1/50程度に著しく低下するであろうと言われている。北海道の一級河川における年最大流域平均雨量の増加率は上回る1.1～1.3倍になるという予測や、全球気温が約2℃上昇すると石狩川流域の治水計画の基準となっている年最大3日雨量は現状の約1.2倍になると言われている。つまり、洪水発生リスクが大幅に増大するとの検討結果が示されているのである。日本では、過去の実績降雨等に基づいて、治水計画を立案している。北海道における過去の降雨量は本州や他の

地域と比べてこれまで少なかったことから、現状の治水計画は相対的に小さな降雨量で計画されているのが実態なのである。これは喫緊の見直しが必要とされる重要課題であろう。

現在の治水計画は、対象流域の過去の降雨記録や洪水記録を確率統計的に分析することで、ある一つの値を用いて堤防高を決定論的に定めているが、気候変動の将来予測には、複数のシナリオが想定されている。これを加味した予測値は一定の変動幅を有している。また、降雨量や水位についても観測方法によっては得られる値に不確実性（確率的に起こりうる分布の幅）があると言える。例えば、気象レーダではXバンドMPレーダでは250m×250mの平均値、Cバンドレーダでは1km×1kmの雨量をそのエリアの雨量として示してしており、地上雨量計では直径10cmの集水枠に入った雨量を観測している（図6）。このよう



各地域における100年後の年最大日降水量の変化率

出典：水災害分野における地球温暖化に伴う気候変動への適応策のあり方について（答申）平成20年6月 社会資本整備審議会
地球温暖化に伴う気候変化が水災害に及ぼす影響について（平成20年6月 国土交通省）

図5. 日本における気候変動による将来の気候変化

な降雨データの不確実性を考慮して流出計算を行うと、水位・流量の確率分布（つまり不確実性）が得られる。特に、水位の分布は洪水時に「避難判断水位」や避難判断をするタイミングを議論す

る素材として重要であるが、これについても予測の幅があるということである。さらに、図7に示すように、水位に対する堤防の破壊確率を求めることができれば、水位の分布を外力、堤防の破壊

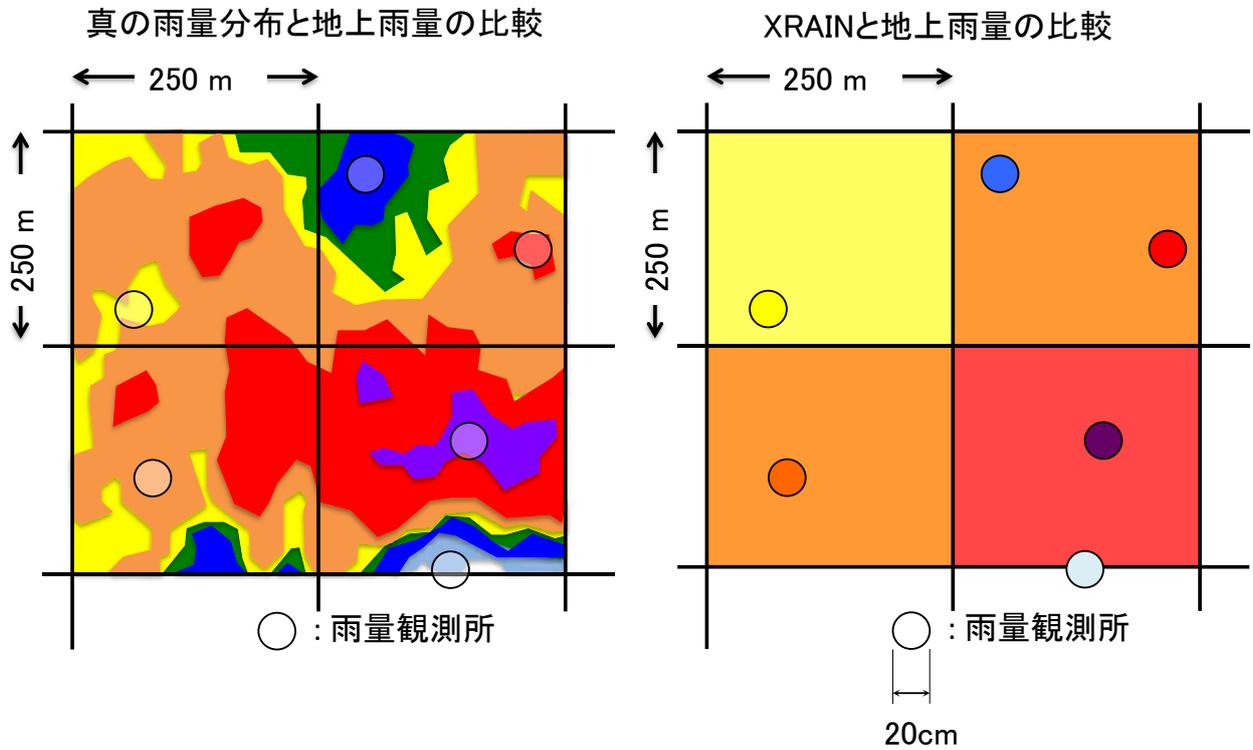


図6. 降雨の不確実性（空間分布）

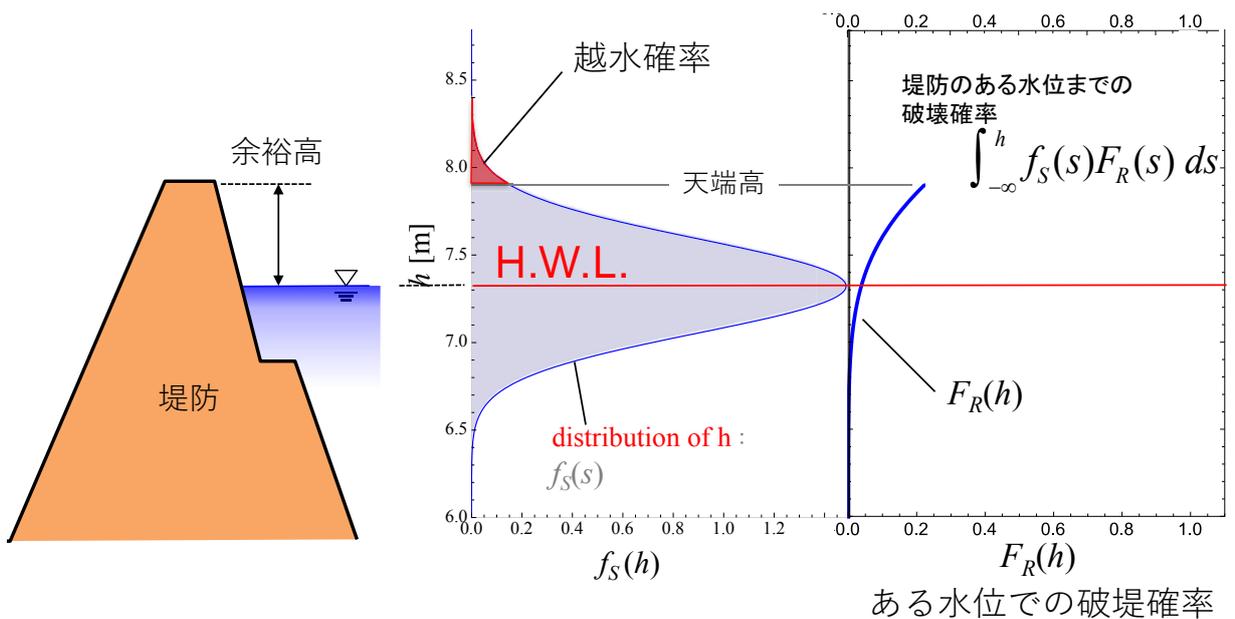


図7. 水位の不確実性（確率分布）の応用

確率を耐力とした信頼性解析を行うことができる。これにより越水するリスクや堤防が決壊するリスクを算出することができ、交通事故で死亡するリスク等の他分野のリスクとの相対的な評価が可能となり、危機感をより実感できるようになるだろう。また、リスクという観点から、今回のような連続した豪雨により流域が湿潤状態となる場合や、近年の降雨特性の変化等を踏まえた多様な時空間分布の降雨についても検討すべきである。

激甚化していく災害に対しては、ハードとソフトの両面からあらゆる対策を総動員していくことが必要である。ハード対策でいえば、施設が整備された段階においては、対象とする規模未満の外力（例えば豪雨など）に対して果たす機能は確実であるが、施設の抜本的改築や新設には時間とコストがかかるとともに、周辺地域あるいは自然環境への影響も考慮しなければならない。さらに、気候変動の影響に伴って降雨等の変動量が大きくなり、洪水のピーク流量は当然大きくなる。この特性を踏まえると、洪水時の大きな流量を安全に流すための堤防整備や河道掘削等の河川改修は重要だが、洪水流量を貯めて洪水ピーク流量を小さくすることが下流域への対策としてはより有効で、効果的である。つまり、遊水地やダム等の洪水調節施設は重要であり、既存の洪水調節施設の有効活用と再開発、新規洪水調節施設整備の可能性を検討すべきである。また、ソフト対策でいえば、住民の避難は災害時に住民の命を守る最後の砦として重要な役割を担っており、避難を的確に誘導するための仕組みづくりを引き続き強化していく必要がある。しかし、現状では、災害の種類や地域に関わらず、多くの災害において必ずしも的確な避難が行われてはいない。本豪雨の際も避難指示・勧告発令対象者の内、避難した住民は最も多い時点で約14%であった。2015年9月関東・東北豪雨の際は、茨城県常総市において約4,300人の住民が逃げ遅れ、そのうちの約1,400人がヘリコプターで救助されたことは記憶に新しい。そして、

筆者らが行ったヒアリング調査の結果から、ソフト対策の一つであるハザードマップの認知度も低いことが明らかとなっている。しかし、ハザードマップを見たことがある住民は、ハザードマップを見たことがない住民と比較して早いタイミングで避難していることがわかった。このことから、ハザードマップをよりわかりやすいものにするとともに、水害を「我がこと」として認識し、住民の水災害意識を向上させるための水害避難訓練を学校や地域単位で徹底して実施されることが望まれる。また、住民自身が普段から川に接し、親しみ、より河川を身近に感じ、関心をもってもらうことで、災害リスクをより正しく認識できる素地を養うことに繋がるだろう。

2016年8月北海道大雨激甚災害は、これまでに例のない気象現象や被害状況など、気候変動の影響を強く認識させるものである。気候変動は将来のものではなく、既に日本国内でその影響が顕在化し始めている。今後、この影響がさらに深刻化してからは、対策に手遅れが生じることとなりかねず、次世代へ防災・減災に関わる負の遺産を継承することのないよう、危機感をもって今後の水防災対策に取り組まなければならない。さらに、気候変動への適応策に加えて、今回の河川の甚大な被害や農業被害などの前例のない被災に対して、従来とは異なる対策を検討することも必要であり、官・民・学の総力をあげてこれらの課題に取り組んでいく必要がある。従来にとらわれない新たな発想による考え方の転換、いわばパラダイムシフトが引き起こされることを期待する。

※1：国土交通省北海道開発局『平成28年8月20日からの大雨及び台風第10号による出水の概要』、2016年

※2：土木学会『2016年8月北海道豪雨災害調査団報告書』、2017年

※3：社会資本整備審議会『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～社会意識の改革による「水防災意識社会」の再構築に向けて～ 答申』、2015年