

平成30年度

平成28年8月北海道大雨激甚災害を踏まえた 取組について

—水防災対策行動計画のフォローアップ—

とりまとめ担当 本局 建設部河川計画課
河川工事課
河川管理課
各開発建設部（稚内除く）

まえがき

北海道総合開発計画（第8期）では、「強靱で持続可能な国土の形成」が重点的取組として位置付けられ、激甚化・多様化する災害への対応が求められている。その中で、平成28年8月に、北海道に4つの台風が上陸・接近し、激甚な被害が発生した。主な被害として、国管理区間の4河川で堤防が決壊し、5河川で氾濫が発生するとともに、北海道管理河川においても5河川で堤防決壊、79河川で氾濫が発生した。ダムや河川改修などのこれまでの社会資本整備は、被害軽減に大きく寄与したが、激甚化する気象災害に対してさらなる備えが必要であることが明らかになった。これらを踏まえて、北海道開発局と北海道は、「平成28年8月北海道大雨激甚災害を踏まえた今後の水防災対策のあり方」を報告し、これを踏まえた行動計画が策定された。その後、平成30年8月に、北海道開発局及び北海道のこれまでの取組状況と今後の進め方をフォローアップとして整理したり、行動計画は7つの項目に分類され、それぞれ具体的な取組が定められている。前報に当たる第2報²⁾は、雨竜川ダム再生事業、空知川における防災連続盛土の整備、堤防決壊時の緊急締切工法の開発及び気候変動予測技術の検討等について紹介した。本論文は、本年度の進捗が著しい下記の3項目のフォローアップについて紹介する。1章にて全国でも先進的な取組である「気候変動を考慮したリスク評価」、2章にて地域住民の関心の高い「避難の強化と避難体制の充実」及び3章にて北海道において特徴的な「生産空間の保全（洪水による農業被害における波及被害）」について検証し、今後の展望を検討する。

また、容量の都合上記載できないが、本論文に掲載する取組以外に、平成28年8月洪水を踏まえて北海道開発局は下記の取組を行っているのでここで紹介する。詳細は、北海道開発局のホームページ³⁾を参照されたい。

北海道緊急治水対策プロジェクトは、国・北海道管理河川あわせて696箇所において総事業費831億円により、緊急的、集中的に堤防整備、河道掘削や流木撤去などの

ハード対策を実施するものである。平成29年12月末までに全体108箇所のうち災害復旧事業及び災害関連事業は全ての箇所で完了、十勝川と常呂川において大規模な河道掘削を実施している河川災害復旧等関連緊急事業は平成31年度完了予定である。

砂防に関する取組として、顕著な土砂移動現象が発生した十勝川流域上流を対象に、北海道と共同で「十勝川流域砂防技術検討会」を3回開催した。有識者から技術的な助言をいただき、流域、出水の特徴や土砂動態分析がなされ、今後の課題とその方向性についてとりまとめられた。今後の方向性は、山地周辺部の扇状地河川での河床洗掘や側岸浸食による土砂流出への対策の検討や、流木対策が重要であること等がまとめられた。

河川の観測体制の強化及び適切な管理について、高精度レーダ雨量計の整備としてほぼリアルタイムのレーダ雨量情報（XRAIN）の配信エリアの拡大を行っているところである。また、洪水時の水位観測に特化した低コストな水位計として危機管理型水位計の設置を進めており、道内の国管理河川においては、平成30年度内に63河川440箇所⁴⁾に設置予定である。

洪水被害を受けた農地（被害面積約4万ha）に関しては、特に被害の大きかった十勝川、常呂川、石狩川において、平成28年11月から被災農地へ掘削土砂の運搬・提供を開始した。平成30年7月には予定土量である67万m³の土砂を運搬・提供し、早期の農地復旧を支援した。

1. 気候変動を考慮したリスク評価

(1) はじめに

「平成28年8月北海道大雨激甚災害を踏まえた今後の水防災対策のあり方」の「気候変動の影響予測とリスクの社会的共有」を踏まえ、北海道開発局と北海道は合同で、「北海道地方における気候変動予測（水分野）予測技術検討委員会」（以下、「気候変動委員会」）を設置した。当委員会は、気候変動の影響を最新の知見に基づき科学的に予測し、リスクの影響を評価する

キーワード：行動計画、フォローアップ、気候変動、避難、農業被害

ことを目的として設置された。本論文の前報に当たる第2報²⁾は、気候変動を考慮した将来降雨について述べた。本章において、第2報に続き気候変動委員会において示された十勝川を事例とした流量算出及びそれを外力としたリスク評価及び本年度新たに検討した降雨の時空間的な集中化について議論する。

(2) 気候変動を考慮した将来降雨の算定

世界各国の科学者による気候変動に関する研究を包括的に評価する機関であるIntergovernmental Panel on Climate Change(以下、IPCC)は、2014年に出した報告書にて、「気候システムの温暖化には疑う余地はない」と述べた。この報告書において温室効果ガス濃度の推移の違いによる4つのシナリオが作成された。本検討は、国内における政策的な緩和策はすでに実施されており、更なる温室効果ガスの抑制は難しいと想定し、最も温暖化が進むシナリオを用いることとした。

気候変動予測に使用する実験データに関しては、「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース³⁾(database for Policy Decision making for Future climate change、以下、d4PDF)」を用いた。d4PDFは水平解像度20kmのデータで、将来実験と過去実験の2種類がある。前者は6種類の海面水温上昇パターンに15種類の摂動を組み合わせ、2050年9月～2111年8月の60年分の5,400の実験例(以下、アンサンブルメンバ)、後者は観測された海面水温に摂動を組み合わせ50メンバを作成し、1950年9月～2011年8月の60年分の3,000アンサンブルメンバがある。なお、摂動とは計算の際に初期値を微細に変えることであり、長期間の起こりうる様々なパターンのメンバが生成できる。

本検討が対象とする台風や集中豪雨等の数十kmスケールの気象現象を解析するためには、極端降雨や流域の地形特性を十分に表現できる解像度が必要である。d4PDFの水平解像度では再現できない可能性があるため、これらのアンサンブルメンバの水平解像度を20kmから5kmにダウンスケーリングした。その結果、十勝川帯広基準点における1/150の降雨(GEV分布中央値)は、将来実験の72時間累積雨量が353mm、過去実験が256mmとなり、将来実験は過去実験の約1.38倍であった。このことより、十勝川流域において将来降雨が増加する可能性があることがわかった。なお、詳細な算出方法については気候変動委員会の最終とりまとめ資料⁴⁾に記載されている。

(3) 予測降雨をもとにした流量の算定

a) 解析手法

気候変動の影響を考慮した将来の予測降雨を用いて、河川流量を算定する。本検討は、1節にてダウンスケーリングしたデータの時空間分布を活用するため、分布型の星らによる2段タンク型貯留関数モデル⁴⁾を使用するこ

ととした。これは、フィルター分離法を用いて、比較的早く流出する表面・中間流出成分を1段目に、浸透により遅く流出する地下流出成分を2段目タンクに設けて流出過程を表現するものである。基礎式は以下となる。

$$s_1 = k_{11}q_1^{p1} + k_{12} \frac{d}{dt}(q_1^{p2}) \quad (1a)$$

$$\frac{ds_1}{dt} = r - q_1 - b \quad (1b)$$

$$b = k_{13}q_1 \quad (1c)$$

$$s_2 = k_{21}q_2 + k_{22} \frac{d}{dt}(q_2) \quad (1d)$$

$$\frac{ds_2}{dt} = b - q_2 \quad (1e)$$

$$q = q_1 + q_2 \quad (1f)$$

ここで、 s_1 :1段目タンク貯留高(mm)、 s_2 :2段目タンク貯留高(mm)、 r :観測雨量(mm/h)、 q :全流出高(mm/h)、 q_1 :表面・中間流出高(mm/h)、 q_2 :地下流出高(mm/h)、 b :1段目から2段目への浸透供給量(mm/h)、 $k_{11}, k_{12}, k_{21}, k_{22}$:貯留係数、 k_{13} :浸透係数である。また、それぞれの係数は下記の式で表される。

$$k_{11} = c_{11}A^{0.24} \quad (2a)$$

$$k_{12} = c_{12}k_{11}^{2\bar{r}-0.2648} \quad (2b)$$

$$k_{13} = c_{13} - 1 \quad (2c)$$

$$k_{21} = \frac{c_1}{c_0} k_{13} \quad (2d)$$

$$k_{22} = \frac{1}{c_0} k_{13} \quad (2e)$$

ここで、 A :流域面積(km²)、 \bar{r} :平均雨量強度(mm/h)、 c_{11}, c_{12}, c_{13} :モデル定数である。

b) 流出計算モデル定数の設定

流出計算モデルを用いた将来の洪水流量の推定にあたって、再現計算によるモデル定数の設定と、そのモデル定数に対する他の洪水でも適合性の確認が重要である。通常の高水計画検討ではピーク流量、ピーク発生時刻、洪水波形の再現性に着目してモデル定数を設定するが、本件等では気候変動前後の洪水流量の変化を算定することが目的であることから、特にピーク流量の再現性に着目して検討を行うこととした。

モデル定数である c_{11}, c_{12}, c_{13} の値によって、それぞれ算出される流量、すなわちハイドログラフの形が変化する。例えば、ハイドログラフにおいて、 c_{11} はシャープさ、 c_{12} は立ち上がりの時間的遅れ、 c_{13} は流出量が地下に浸透する割合を表す。これらの定数は、通常はあるひとつの洪水の再現計算を通して設定される。

十勝川流域において、平成28年8月洪水を対象に再現計算を実施し設定したモデル定数を用いて、近年の主要洪水の再現性を確認したところ、規模の小さい洪水においてピーク流量を過大に評価する結果となった。平成28年8月洪水は、これまでに経験のない連続降雨による洪

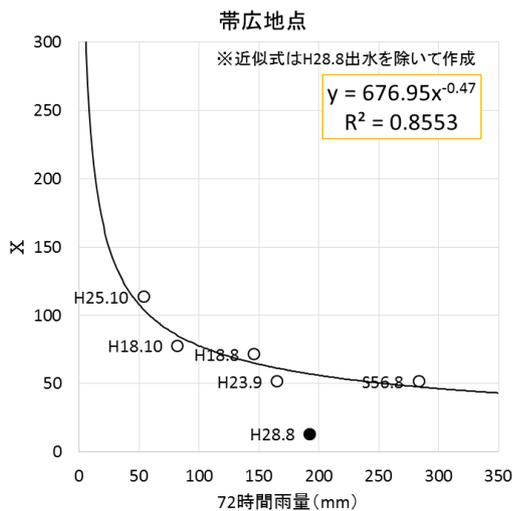


図-1 帯広地点における72時間雨量とxの関係

水だったため、それ以外の洪水での再現性が得られない可能性がある。このような傾向があるため、過去・将来実験への適用に当たって洪水規模に応じた定数設定の必要性が明らかになった。

固定のモデル定数による流量の過大もしくは過小評価を防ぐため、定数設定の関数化という実用的な手法を考案し適用した。具体的には、実績洪水におけるピーク流量と72時間累積雨量の関係から選定した5事例の降雨イベントを用いて、 c_{11} を設定し関数化を試みた。なお、ピーク流量を再現するにあたり、効果的な定数である c_{11} を関数化することとした。 c_{11} は式(3)のように表される。

$$c_{11} = X \cdot f_c \quad (3)$$

ここで、 X :未定数、 f_c :流域粗度である。選定した5事例より得られた未定数 X と72時間累積雨量の関係を、図-1に示す。近似式により、降雨の規模によるモデル定数の設定が可能になった。

モデル定数を関数化したことによる流量の妥当性への影響を確認するため、3通りの方法で決定した定数を用いた結果の比較を、過去実験及び将来実験において行った。図-2は、それぞれ定数の決定方法による計算結果のピーク流量と流域平均雨量の関係図を示す。同図によると、過去実験及び将来実験において、同程度の流域平均雨量でも、平成28年8月出水を用いて定数を設定した時のピーク流量のとりうる幅は大きく、関数化したそれは小さいことがわかった。また、実績降雨との比較を行い、適合性の高いモデル定数を関数化したものを今後用いることとする。

c) 結果

将来実験と過去実験のピーク流量の変化倍率を確認するため、図-2において1/150確率雨量の信頼区間内のピーク

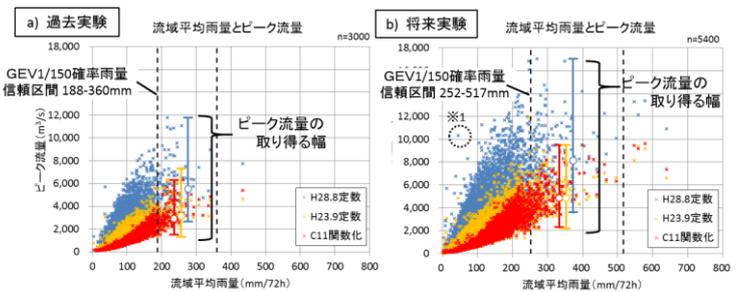


図-2 帯広基準地点における72時間流域平均累積雨量とピーク流量の関係図。定数の決定方法は、青は平成28年8月出水、黄は平成23年9月出水、赤は c_{11} 関数化による。a)過去実験、 b)将来実験

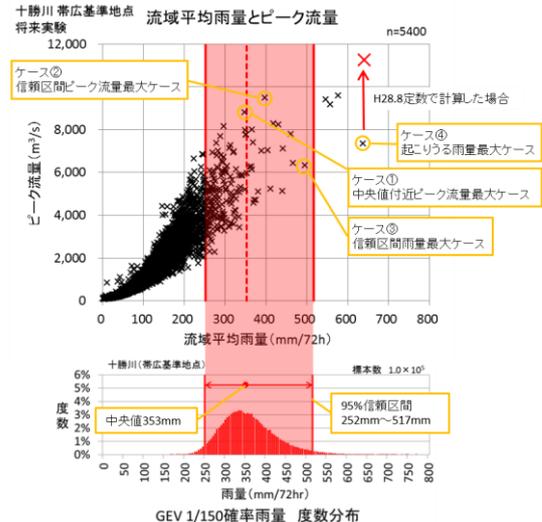


図-3 帯広地点における流域平均累積雨量とピーク流量の関係及びGEV分布の1/150確率降雨

ク流量の中央値を用いて比較した。その結果、72時間累積雨量の1.38倍に対して、1.66倍となった。降雨の変化倍率よりも大きい理由は、同程度の降雨だったとしても時空間分布が異なることが考えられる。

(4) リスク評価

水害リスクを明らかにすることによって、より適切な事業の実施が可能となり、さらにはリスクに応じた危機管理対策の検討が可能となる。本節は、3節で得られた流量を外力として、想定される氾濫域及び被害がどの程度変化するのか、将来の洪水リスクの評価を試みた。

a) 解析手法

リスク評価を行うにあたり、平面二次元不定流計算を組み込んだ氾濫流追跡モデル及び越流公式を用いた決壊・越水モデルを使うこととした。氾濫ブロック毎に氾濫計算を実施し、各メッシュにおいて最大の被害である結果を採用した。また、外力として、帯広基準地点におけるGEV分布の1/150確率降雨のとりうる範囲のうち、図-3に示すとおり、①中央値付近のピーク流量最大ケース、②95%信頼区間内のピーク流量最大ケース、③95%信頼区間内の流域平均72時間雨量最大ケース、また将来

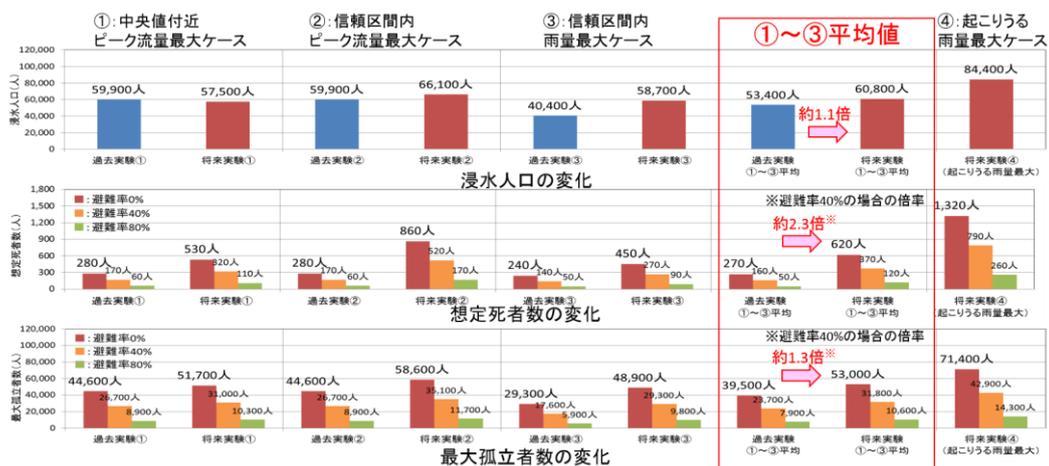


図4 十勝川流域における浸水人口、想定死者数、最大孤立者数の将来実験と過去実験の比較

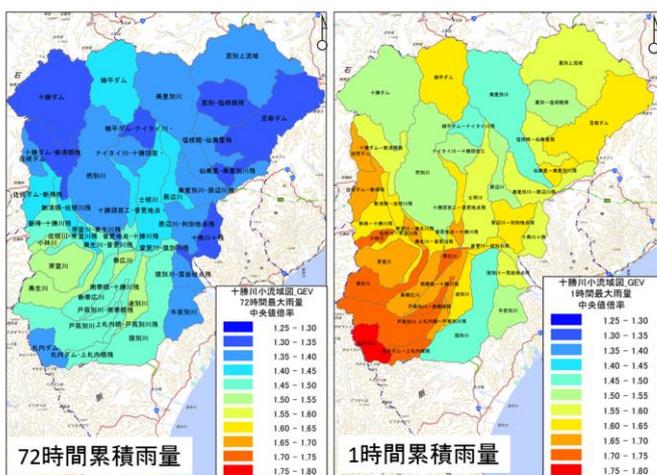


図5 十勝川流域における降雨倍率(将来/過去)

実験に関しては、④起こりうる雨量最大ケースについて計算した。得られた氾濫範囲及び浸水深を用いて、リスク評価を行った。想定死者数は水害の被害指標分析の手引き(H25試行版)⁹⁾に示されているLIFESimを基に算出した。この手法は、LIFESimモデルをベースに米国陸軍工兵隊がハリケーン・カトリーナによる人命損失の検証のために採用したモデルである。当モデルは、年齢、建物階数、浸水深からケース分けを行い、最大浸水深に応じた3段階の致死率により死者数を推計することができる。なお、本検討においては、避難率を40%に設定した。

b) 結果

図-4は浸水人口、想定死者数、最大孤立者数の将来実験と過去実験の比較をしたものである。浸水人口については、過去実験から将来実験の変化倍率は1.1倍、最大孤立者数は1.3倍となった。想定死者数は2.3倍であり、他のリスクと比較して将来への増加率が高いことがわかる。また、浸水面積は1.4倍である(図省略)。浸水面積の増加率に対して、想定死者数の増加率が高い理由は、土地の形態として、浸水面積はさほど広がらず、かわりに浸水深が大きくなる傾向があるためと考えられる。こ

の傾向は、流域の地形によって異なるため、氾濫範囲の地形を考慮した分析が必要であると考えられる。

(5) 時空間的に集中化する降雨の検討

将来実験の雨量について検討を進めるにつれ、小流域や短時間での雨量の方が変化倍率が高くなる傾向にあることがわかってきた。星野ら⁹⁾は、将来実験と過去実験の累積雨量の比較を行い、将来的に降雨が時空間的に集中化すると指摘している。

時空間的に降雨が集中しやすい地域を確認するため、十勝川流域を、およそ30~650km²の流域面積に分割した各小流域において、将来実験と過去実験を比較した降雨倍率を算定した。図-5は十勝川流域における降雨倍率(将来/過去)を示す。1時間累積雨量は、72時間累積雨量より倍率が大きい傾向にある。また、日高山脈付近において、短時間降雨の倍率が大きいことがわかる。この結果は、地域の特性に応じて降る短時間雨量が増加する可能性があることを示唆するものである。

(6) まとめと今後の展望

本章は、第2報²⁾に掲載した気候変動を踏まえた将来降雨の算出に続き、最も温暖化が進むシナリオを用いて十勝川をモデルとして流量の増加量及びそれらを外力としたリスク評価を行った。その結果、過去実験から将来実験への変化は、流量は1.66倍、浸水による想定死者数は2.3倍となることがわかった。

今後、気候変動の影響による被害軽減のための対策を進めるべく、引き続き検討を行う。気候変動を見据えた治水計画の策定について議論を進めると同時に、次章で述べるように、危機管理対策として住民の避難をあわせて検討することが重要である。また、河川区域内のみの議論ではなく、流域市町村と協働した流域対策や土地利用の検討も今後視野に入れるべきである。

2. 避難の強化と避難体制の充実

(1) 背景

平成27年9月関東・東北豪雨を受けてとりまとめられた答申を踏まえ、「水防災意識社会」の再構築の取組を進めているさなかに、平成28年8月に北海道・東北地方は一連の台風による大雨被害に見舞われ、大河川のみならず中小河川も甚大な被害を受けた。これを踏まえ、同審議会において「逃げ遅れによる人的被害をなくすこと」「地域社会機能の継続性を確保すること」という答申がまとめられた。「平成28年8月北海道大雨激甚災害を踏まえた今後の水防災対策のあり方」の行動計画においても、「避難の強化と避難体制の充実」の項目中に「水防災意識社会再構築の取組の推進」が策定されており、北海道開発局は取組を進めているところである。

取組を進めるためには、社会全体で洪水に備えることが重要であるため、国、北海道、市町村や気象台等の関係機関からなる「減災対策協議会」を全道25の地域ごと（国・道14協議会、道単独11協議会）に設置し、概ね5年間で実施する減災のための取組を「取組方針」としてとりまとめているところである。

本章はそのうち主な取組について報告し、さらに出水対応事例の紹介をする。

(2) 行動計画

避難を実効あるものにするため、地域との議論をさらに進め、避難の確実性や困難性を明らかにしながら、防災・減災対策を進めていく必要がある。特に、広域分散型の地域構造を有する北海道では、避難情報の確実な伝達や的確な避難誘導、そして住民の水防災に対する意識向上が特に重要であることを踏まえ、下記の取組を行った。

a) 水害対応タイムライン及び想定最大規模の洪水浸水想定区域図の作成

水害対応タイムラインは、被害を最小化することを目的とした防災行動計画のことで、関係機関や住民が、災害リスクを共有し、災害時に「いつ」「誰が」「何をするか」を時系列で整理したものである。道内の国管理河



図6 名寄市における住民避難訓練・浸水想定の説明の様子

川では、避難勧告着目型タイムラインは全85市町村で作成を完了しており、他機関連携型タイムラインは1市5町で作成完了、1市1町で作成中である。また、平成27年の水防法改正に伴い進めていた想定最大規模の洪水浸水想定区域図の作成は、全洪水予報河川・水位周知河川にて完了している。これらのタイムライン及び洪水浸水想定区域図等を活用し、自治体と連携して訓練等が実施されている。図-6は、平成29年7月29日に実施された名寄川の想定最大規模の氾濫を想定した防災訓練の様子である。

b) 洪水情報のプッシュ型配信

洪水時に住民等が主体的に避難行動をとるための取組として、緊急速報メールを使用した洪水情報のプッシュ型配信を行っている。

平成29年5月1日より運用を開始し、平成30年5月1日より配信対象エリアを拡大（13水系81市町村）している。配信対象エリアは、今後順次拡大する予定である。配信内容は、氾濫危険水位に達したこと等をお知らせするものであり、自治体の情報を確認し適切な防災行動をとることを勧めている。従来は河川管理者（国）・気象庁等から自治体、報道機関を経由してテレビ・ラジオ・インターネットを媒体に伝えられていたが、携帯電話会社が提供する「緊急速報メール」のサービスを利用することにより河川管理者からユーザー（住民等）へ直接周知できるようになった。また、受信者側の設定を問わず、エリア内に一斉配信されるため、住民等は、より迅速に情報を入手することができる。

c) 自治体の災害対応力の向上にむけた取組の支援

住民への働きかけを行う一方で、被災地域の災害対応を担う自治体職員の技術力・対応力向上も重要であるため、研修を通して災害対応力向上の支援を行っている。

石狩川流域の全46市町村長が一堂に会して意見交換する場である石狩川流域圏会議では、平成25年度より毎年、豪雨災害発生時における自治体職員の対応能力の向上と豪雨災害対策のエキスパートの養成を目的として、豪雨災害対策職員研修を実施している。研修では、河川管理者の全面的な支援により、防災に関する講義や危機管理演習等を行なっている。自治体からは、本研修により平成28年8月北海道豪雨において適切な対応ができたという声があり、効果を発揮していることがわかる。また、天塩川上流においても、天塩川治水促進期成会（事務局：名寄市）と北海道、気象台、北海道開発局が連携し、同様に豪雨対策職員研修を実施している。

(3) 平成30年7月の留萌川における出水対応事例

上記の取組の効果が発揮された事例として、平成30年7月の留萌川における出水対応事例を紹介する。

平成30年7月2日からの大雨により、留萌川の水位観測所全4箇所のうち、氾濫危険水位超過1観測所及び氾濫注意水位超過3観測所となり、全ての水位観測所において基準水位を上回った。水位の上昇に伴い留萌市では住民

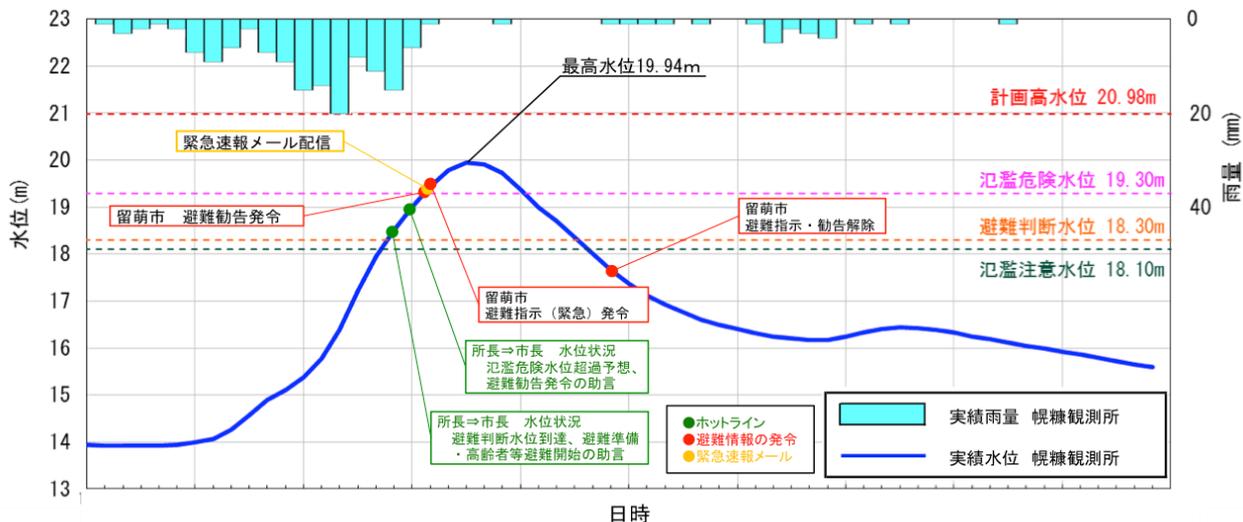


図-7 出水時の留萌川における避難勧告・指示発令に関する時系列(平成30年7月2日)

避難を要することとなった。

図-7は、平成30年7月出水時の留萌川における避難勧告・指示発令に関する時系列を示す。河川管理者の留萌開発事務所長は、留萌川水害対応タイムラインに基づき、避難判断水位到達直後に、留萌市長に水位状況等を情報提供し(ホットライン)、市長が行う避難情報の発表(避難準備・高齢者等避難開始)に関する助言を行った。また、その約1時間後には、氾濫危険水位に到達する危険性が高まったため、再び所長が市長へ氾濫危険水位の超過予想等を情報提供し、市長が行う避難勧告発令に際しての助言を行った。それを踏まえつつ、約30分後には、市長が避難勧告を発令し、また北海道開発局は氾濫危険水位に達したことを知らせる緊急速報メールを配信した。その後、さらに水位が上昇し氾濫の恐れが高まったため、市長が避難指示(緊急)を発令した。

以上のとおり、留萌川の事例では、留萌市がこれまで避難勧告等の発令に着目したタイムラインを作成しており、予め出水時の行動計画の準備がなされていたことで、早期の対応が可能になった。加えて、市長と事務所長間のホットラインや住民への緊急速報メール配信により、迅速かつ的確な洪水情報の提供がなされた。

(4) まとめと今後の展望

「水防災意識社会再構築ビジョン」及び「平成28年8月北海道大雨激甚災害を踏まえた今後の水防災対策のあり方」の行動計画に基づき、災害時に住民に速やかに避難してもらうことを目的とし、避難体制の強化に関する取組を行った。様々な方法により水害リスク情報を共有することが重要であり、住民に迅速かつわかりやすい情報を直接的に提供することは避難率の向上に繋がる。また、首長を支援するホットラインの運用や、災害対応を行う自治体職員の研修等で行っているように、災害応急対策の責任を有する自治体への情報提供も、住民の避難の遅れを防ぐため必要不可欠である。

平成30年7月豪雨では、西日本において避難の遅れ等

により多数の死者・行方不明者を生じる甚大な災害となった。水害・土砂災害情報が住民の危機感に結びつきにくいという課題もあり、今後、マイタイムライン作成の取組等を通して、住民自らが積極的に防災について考え、情報にアクセスするような社会を目指すような施策展開が重要である。

3. 洪水による農業被害における波及被害

(1) はじめに

平成28年8月の台風に伴い発生した洪水により、河川や道路のみならず、農業被害により全国の食料供給に影響を与える等、農業に関する様々な被害が発生した。例えば、にんじんは例年8月中旬より東京卸売市場において北海道シェアが9割を占めるため、洪水被害後に卸売数量が落ち込み、9月中旬以降価格が過年度の2倍となる状態が続く現象が生じた。全国の生産量のうち8割を占める道内産じゃがいもも同様に減産し、ポテトチップスの全国への流通が遅れる被害が発生した。また、被害は農産加工工場へも及んだ。収穫期のさなかにコーン缶詰の製造工場が被災しライン復旧のめどが立たないため、加工品の販売が約1年休止する等の対応を迫られた。このように原材料の減産に伴う二次的な被害が全国において発生したことは、日本の食を支える北海道の洪水被害の大きな特徴のひとつである。

現在の治水経済評価は、国土交通省の治水経済調査マニュアル(案)⁷⁾に沿って行われている。本検討は、直接的な農業被害について評価しているが、波及被害については評価されていないことに着目し、農業被害に係る治水対策経済評価手法の検討を行うこととした。

本検討は、河川氾濫による農業被害の全体像を把握し被害項目について体系化するとともに、事業評価に向け定量化を行うため、評価手法の検討および算定を試みたものである。

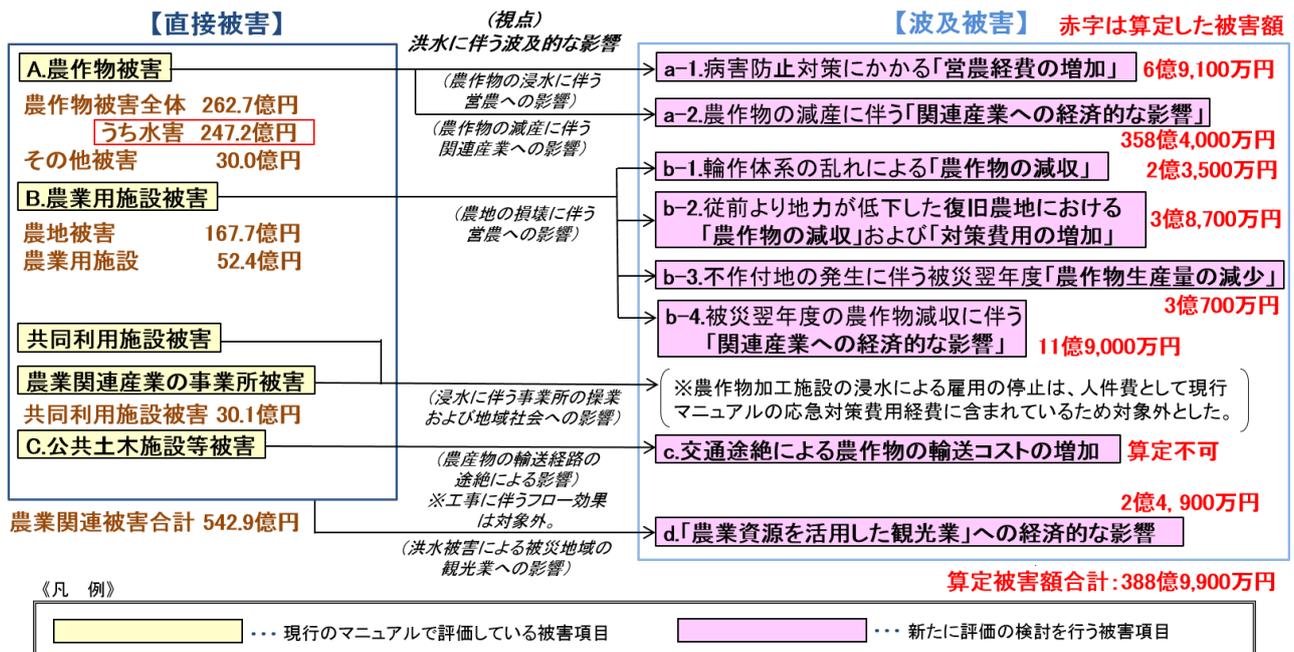


図-8 平成28年8月の台風による農業被害項目の体系図

(2) 農業被害の追跡調査（ヒアリング調査）

農業に関する被害全体像を把握するため、平成28、29年度の2カ年にわたりヒアリング調査を実施した。調査先は平成28年度北海道豪雨災害にて被害を受けた農業関係機関、食品加工工場、被災した地域から原材料を調達している食品メーカー及び加工場などである。調査にて、被害農地面積、湛水被害の際の堆肥投入の指導内容、さらには農地の生産力回復の取組などについて把握した。

(3) 追跡調査を踏まえた体系化

ヒアリング調査及び過去の河川氾濫事例から調査すべき農業被害の事象について検討を行い、被害項目の体系化を行った。図-8は、体系図を示す。河川氾濫により農産物・農産加工品が被災したり、公共土木施設、生産基盤などの資産を喪失する「直接被害」に伴い、農業や関連産業の生産現場、地域社会において付随して発生する「波及被害」について把握するとともに、治水経済調査マニュアル(案)の評価項目との二重計上を回避する観点から対応関係について整理を行った。なお、直接被害額は、平成28年の一連の台風による北海道全体の被害額であり、北海道農政部⁹⁾及び河川砂防課⁹⁾の調べによるものである。波及被害額の算出方法に関しては、次節にて詳細を述べる。

(4) 治水経済評価手法の検討

本節は、体系化した図-8における波及被害の評価手法について個別に検討を行うとともに、平成28年8月洪水の被害を算出する。

a) 病害防止対策にかかる営農経費の増加 (a-1)

農地への浸水及び土砂の流入に伴い、病害の発生を防

ぐ農薬の散布の対策が必要となる。これらの作業にかかる営農経費（農薬散布等にかかる資材費及び機械・労働経費）を指標として評価する。被害額の算定式は、「ha当たりの掛かり増し営農経費（農薬散布等にかかる資材費及び機械・労働経費）」と「被害対象面積(ha)」を掛け合わせたものとした。ここで、掛かり増しとは、通常時と比較して、洪水被害発生後に新たに必要となる費用を指す。算定式にならない被害額は、6億9,100万円（18千円×38,400ha）となった。

洪水被害後の圃場の病害防止対策は、北海道農政部からも営農技術対策として指導されており、実態を反映していると言える。

b) 農作物の減産に伴う関連産業への経済的な影響 (a-2)

農作物の減産に伴う関連産業（食品加工業者、運送業者、卸・小売業者、飲食店等）への経済的な影響を指標として評価を行う。なお、農作物の減産は治水経済効果マニュアル(案)にて評価対象となっているため、ここでは減産に伴う波及被害を算定する。図-9は、一般的な農作物の流通の概念図を示す。収穫された農作物が消費者に届く過程において、北海道に留まらず様々な関連産業との取引を経て利益を産むことがわかる。なお、農作物によっては流通しない関連産業も存在する。

算出にあたり、産業連関表に基づいた「産業連関分析」という手法を用いた。産業連関表は、一定期間において、財・サービスが各産業部門間でどのように生産され、販売されたかについて、行列の形で一覧表にとりまとめたものであり、これを用いて経済波及効果の分析を行えるため、各種施策の経済影響評価に広く用いられている。本検討では、北海道における農作物の減産が全国に与える影響額を算出するため、全国を対象とした経済

○一般的な農作物の流れ

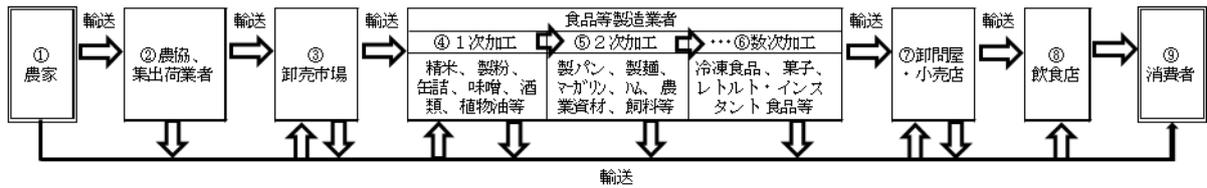


図-9 一般的な農作物の流通の概念図

産業省による平成17年地域間産業連関表(29部門)⁴⁾を用いた。

産業連関分析には、ある産業の生産物が他の産業に原材料として供給されるという供給側産業への影響を計測する前方連関効果と、他の産業の原材料需要を誘発するという需要側産業への影響を計測する後方連関効果の2種類の効果がある。一般的な産業連関分析とは、このうち後方連関効果を分析するものである。

本検討は、原材料としての農作物の供給が停止した場合における他の産業に与える影響を含んだ被害額を算出するため、前方連関効果と後方連関効果の双方を組み入れたモデルを用いて影響額を試算した。その結果、北海道における農作物の直接被害額247.2億円とした場合において、これを原材料として見込んでいた道外の各産業が被る生産減少額は123億7,700万円、さらにこの生産減少により影響を受ける生産誘発損失額は234億6,700万円となり、波及被害額は合計で358億4,000万円と試算された。

被害額は、体系化された分類の中で突出して最大額である。これは、平成28年洪水の被害にみられた北海道産の農作物の供給が途絶えることによる、市場、製造業者そして消費者へ与える影響を表したものである。金額が大きい理由は、北海道内だけではなく全国へ被害が波及すること、さらには様々な産業へ与える影響が大きいためと考えられる。

なお、本試算は、生産物の供給が途絶えることによる供給側産業への影響を定量化し、被害額に算入したという点で意義深く、農作物など他産業の原材料を多く生産する北海道においては、その波及被害を計測する方法として重要である。しかし、本検討で用いた産業連関表では農業関連の部門が農林水産業部門として一括して整理されているため、より精度の高い金額を算出するためには農業部門のみ抽出することが必要となる。

c) 輪作体系の乱れによる農作物の減収 (b-1)

農作物の作付は、安定的な収量を確保するため、地力の維持・保全、病害虫発生抑制などの観点から、同じ圃場において一定のサイクルで毎年異なる作物を作付する「輪作」を行うのが一般的である。同じ土地に別の作物を何年かに1回のサイクルで作る輪作は、農作物を安定して大量に生産できる手法として北海道でも用いられている。しかし、収穫前に圃場が洪水により湛水した場合、適した期間に収穫作業を行うことができず、次に播

種予定の農作物の生育期間を十分に確保できなくなる。その結果、連続して同じ圃場に農作物を作らざるを得ない状況となり、連作が発生する。

本検討では、十勝地域の大規模畑作地帯で多く見られる一般的な輪作による作物のうち、秋まき小麦の連作発生による収量減少及び連作による営農経費（肥料費用）の増加を指標として評価した。秋まき小麦を選んだ理由は、台風及び豪雨による水害の発生回数が多い8月上旬～9月上旬に播種期を迎えるため、洪水の影響を受けやすいからである。

収量減少による被害額は、小麦の平均収量、小麦を連作した場合の収量減少割合、小麦の単価及び平成28年の一連の台風起因する小麦連作面積を掛け合わせ、2億2,300万円となった。また、肥料費用を中心とした営農経費の増加に関しては、掛かり増し肥料費用に小麦連作面積を掛け合わせ、1,200万円となった。

d) 地力が低下した復旧農地における農作物の減収 (b-2)

浸水により圃場の土壌が流亡し、作物収量の減少や、「土づくり」にかかる多大な労力・コストが発生する。特に、土質や栄養分が豊かな土壌は何年もかけて作られるため、時間を要する場合がある。

本検討では、作物収量の減少に関しては、ヒアリング調査により土地生産力の回復には便宜的に2年（土地生産力の回復のための対策事業の工期を採用）を要すると仮定し、ha当たりの農作物資産額に年目ごとに異なる収量減収割合をかけ、農地復旧事業対象面積分を計算した。また、「土づくり」にかかる費用として、有機肥料の投入費を計算した。両者を合わせて、3億8,700万円となった。

本検討においては、土地生産力の回復にかかる年数を2年としたが、実際には復旧時に投入された土材によって異なり、ヒアリングによると3年以上かかることも予想される。そのため、妥当性を高めていくためには、長期間のデータが必要であると考えられる。

e) 不作付地の発生に伴う被災翌年度の農作物生産量の減少 (b-3)

浸水により土壌が流亡した圃場においては早急に復旧対策が行われるが、翌年の作付に間に合わなかった場合、「不作付地」となり、1年分の農作物が一切収穫できなくなる。

本検討では、「不作付地」による損失収益を、ha当たり農作物資産額に不作付地面積をかけることにより算出

し、被害額は3億700万円となった。

本検討においては、ha当たり農作物資産額は治水経済調査マニュアル(案)で示す算出方法により設定されており、不作付地面積はヒアリング調査において面積を把握できたため、概ね妥当な結果と言える。

f) 被災翌年度の農作物の減収に伴う関連産業への経済的な影響 (b-4)

被災翌年度の不作付地発生(b-3)に伴う関連産業への経済的な影響額を算出した。方法は、a-2と同様である。直接被害額はb-1,2,3で算出した額を合わせ、8億1,700万円とし、波及被害額は合計で11億9,000万円となった。

g) 交通途絶による農作物の輸送コストの増加 (c)

平成28年8月の台風では、国道38号、274号に被害が集中し、農作物の生産エリアである道東から本州のゲートウェイである道央方面への交通網が途絶されたため、北海道開発局長からNEXCO東日本に対し、道東自動車道の代替路(無料)措置を要請する対応を取った。このように、出水により、道路、橋梁及び線路が被災し、交通網が分断され、農作物の輸送経路が途絶することが想定される。この場合、通常経路からの迂回や代替輸送手段を取るが、輸送コストが割高になる場合もある。

そのため、評価対応河川の氾濫に起因した道路、橋梁及び線路の被災による農作物の輸送コストの掛かり増し費用を指標として評価することが望ましい。しかしながら、交通網の途絶は土砂崩れや評価対象以外の河川での洪水など複合的な要因により発生している。このため、評価対象河川の整備によって防止できる費用とそうでない費用を要別別に分類することが困難であることから、算定不可とした。この他、農作物の種類や輸送手段が地域により異なることや、代替輸送経路をどのように設定するかなど、困難な過大が多い。算定には、一定のデータを集積した上で、係数化することが望ましいと考えられる。

h) 農業資源を活用した観光業への経済的な影響 (d)

農村地域では、野菜直売所、農家レストランや農業体験等の農村の有する資源を活用した観光業は、地域経済を支え重要な役割を担っている。このため、洪水被害により、観光客数が減少することが想定される。

本検討では、洪水被災による農村地域の観光客数が減少することで、農業関連の観光施設における生産額の減少を指標として評価した。算出方法は、減少した観光客数に観光客1人当たりの消費額を乗じた。被害額は、2億4,900万円となった。

(5) まとめと今後の展望

本章は、平成28年8月の台風による農業被害の実態を把握するため関係機関にヒアリング調査を行い、その内容を元に農業被害の波及被害の経済評価手法の検討を行った。本調査は、現行の費用便益分析にて評価されていない農業の波及被害について、今後どの項目を中心に検

討するか決めることを目的としたため、波及被害額は概算である。そのため、算出方法に課題が残るものもあったが、それを考慮してもなお、農作物の減産に伴う関連産業への経済的な影響による被害額が突出している。すなわち、日本の食料を支える北海道の農業は全国的にも大きな経済的影響を持つため、直接被害だけではなく、広く他産業や他地域への影響を踏まえた評価が必要である。よって、今後は農業被害による関連産業への経済波及被害を費用対効果分析の評価指標として設定するための検討を中心に進めることが重要である。

あとがき

本論文は、平成28年8月の北海道大雨激甚災害から2年が経過し改めてフォローアップされた行動計画のうち、3つの取組について紹介した。行動計画は、次の時代に向けた先導的な水防災対策のあり方を実現するために、段階的に取組を進めるための計画である。3つの取組は、更に深い議論が必要なものや、実行段階にあるものの、試行錯誤が必要なもの等、様々な段階の取組が混在している。それぞれについて、今後も行動計画に基づき取組を推進すると共に、定期的にフォローアップすることが重要である。

参考文献

- 1) 北海道開発局 平成28年8月北海道大雨激甚災害を踏まえた水防災対策検討委員会：https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/kn/kawa_kei/ud4fg700000f010.html
- 2) 北海道開発局建設部河川計画課他：平成28年8月の大雨を踏まえた今後の治水計画に関する研究(第2報)―設計超過洪水への対策と気候変動予測技術の検討―
- 3) 気候変動リスク情報創生プログラム：地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース(d4PDF)の手引き
- 4) (財)北海道河川防災研究センター・研究所：実践流出解析ゼミ講義テキスト編
- 5) 国土交通省 水管理・国土保全局：水害の被害指標分析の手引き(H25試行版)
- 6) 星野剛, 山田朋人他：大量アンサンブル気候予測データを用いた大雨の時空間特性とその将来変化の分析
- 7) 国土交通省 水管理・国土保全局：治水経済調査マニュアル(案)
- 8) 北海道農政部：平成28年8月の大雨等による農表関係被害総額等について(第7・11・9号と第10号の合計) <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ns/shs/05/anzen/H28-3iinkai/1-3.pdf> (2019.1.16時点)
- 9) 北海道河川砂防課：公共土木施設の災害査定を終了について http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kn/kss/ssg/grp/saigaisatei_no_syuuryou.pdf (2019.1.16時点)

キーワード：行動計画、フォローアップ、気候変動、避難、農業被害