

気候変動を踏まえた 新たな治水対策技術

国土交通省 北海道開発局 建設部 河川計画課

1. はじめに

近年、平成 27 年関東・東北豪雨、平成 28 年北海道豪雨、平成 29 年九州北部豪雨、平成 30 年西日本豪雨、令和元年台風 19 号、さらには令和 2 年 7 月の梅雨前線による豪雨と、全国各地で豪雨等による水害や土砂災害が頻発し、甚大な被害が毎年のように発生しています。

平成 28 年北海道豪雨では、北海道に 3 個の台風が上陸し、さらに 1 週間後に東北地方太平洋側から上陸した台風が北海道に接近するなどし、道内で甚大な被害が発生しました。

北海道開発局と北海道は、洪水による甚大な被害を踏まえ、「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」を設置し、今後の水防災のあり方を報告書としてとりまとめました。その中では、「気候変動の影響が現実になったものと認識し、北海道から先導的に気候変動への適応策に取り組むべき」とされており、これを踏まえ、気候変動に関する技術的な検討に着手しました。本稿では、平成 28 年豪雨を契機として北海道で進められている気候変動に関する一連の検討を紹介したいと思います。

2. 新たな技術の導入（気候予測アンサンブルデータの活用）

(1) 気候予測アンサンブルデータ導入の経緯

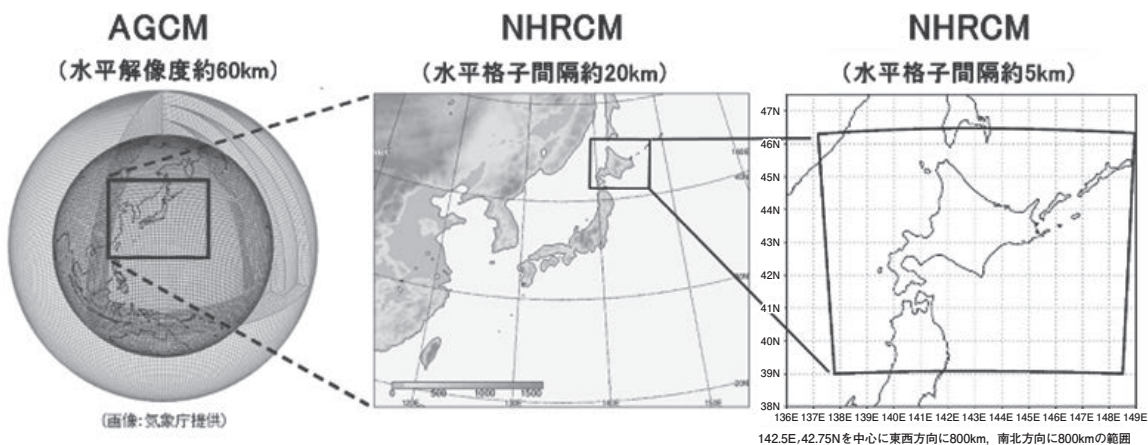
平成 28 年北海道豪雨災害をはじめ、近年、大規模な水害が頻発しており、気候変動による水害の激甚化の懸念が現実のものになってきたといえます。こうした激甚な降雨現象は、もはや未知の領域に入っており、今後の治水対策を検討する上で、気候変動を踏まえた水害リスクの科学的な手法による評価が必須といえます。

このため、「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」での提言を踏まえ、気候予測アンサンブルデータを活用した科学的な気候変動の検討に着手しました。

気候予測アンサンブルデータは、「文科省・気候変動リスク情報創生プログラムおよび海洋研究開発機構・地球シミュレータ特別推進課題」において作成された「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)」であり、海面水温や摂動といったさまざまな条件を考慮して予測計算した現在の気候 3000 年分（過去実験）、将来気候 5400 年分（4℃上昇時点）・3240 年分（2℃上昇時点、将来実験）という、国内でも類を見ない大量の予測データからなります（表 1）。この膨大な予測データにより、さまざま

表-1 気候予測アンサンブルデータ概要

名称	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		
実験	過去実験	4°C上昇実験	2°C上昇実験
気候変動シナリオ		RCP8.5における2090年時点 (1850年比4°C上昇、現在より3°C上昇)	RCP8.5における2040年時点 (1850年比2°C上昇、現在より1°C上昇)
ダウンスケーリング手法	力学的		
全球モデル	AGCM		
領域モデル	NHRCM		
解像度	20km		
実験年	1951年~2010年(60年)	2051年~2110年(60年)	2031年~2090年(60年)
海面水温パターン(SST)	観測値(COBE-SST2)	6パターン(CCSM4、GFDL-CM3、HadGEM2-AO、MIROC5、MPI-ESM-MR、MRI-CGCM3)	6パターン(CCSM4、GFDL-CM3、HadGEM2-AO、MIROC5、MPI-ESM-MR、MRI-CGCM3)
メンバ数等	摂動50メンバ×60年 ⇒ 3000年分	SST(海面水温)6メンバ×摂動15メンバ ×60年 ⇒ 5400年分	SST(海面水温)6メンバ×摂動9メンバ ×60年 ⇒ 3240年分
実施機関	文科省:気候変動リスク情報創生プログラムおよび統合的気候モデル高度化研究プログラム、気候変動適応技術社会実装プログラム 海洋研究開発機構:地球シミュレータ特別推進課題		



※出典: 文部科学省ほか, d4PDF利用の手引き, 2015.12, <http://www.miroc-gcm.jp/~pub/d4PDF/design.html>より作成

図-1 力学的ダウンスケーリング

な気象パターンを想定することが可能となります。

平成29年には、気象学、水文学の専門家等から構成される「北海道地方における気候変動予測(水分野)技術検討委員会」を立ち上げ、その際、短時間・局所的な降雨や山地等の地形性降雨等を十分に表現できるよう、海洋研究開発機構のスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を用い、気候予測アンサンブルデータの解像度を20kmメッシュから5kmメッシュに力学的ダウンスケーリングしました(図-1)。それにより、過去実験と観測実績との比較で、年最大降雨イベントの降雨量の超過確率分布(図-2)や1時間降雨強度の頻度分布等について高い再現性を確保するなど、その科学的信頼性を確認しています。

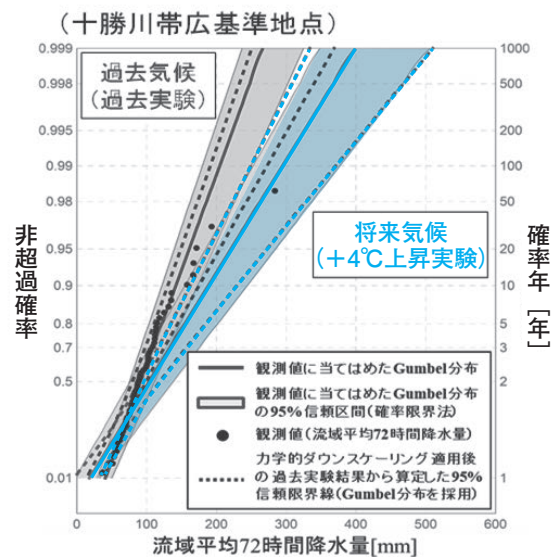


図-2 力学的ダウンスケーリング(d4PDF-5km)と確率限界法検定による非超過確率の信頼区間

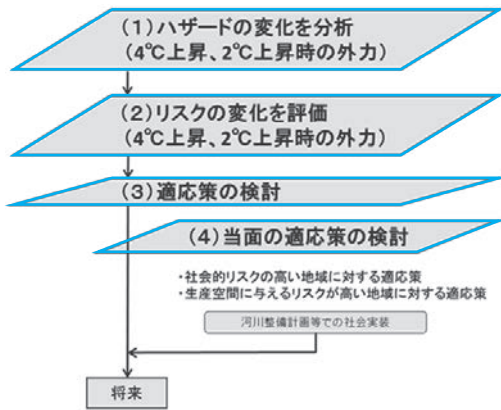


図-3 検討の流れ

さらに、令和元年7月には、「北海道地方における気候変動を踏まえた治水対策技術検討会」を立ち上げ、この気候予測アンサンブルデータを活用し、図-3に示す手順で、十勝川流域、常呂川流域をモデルとして気候変動による水害リスクを具体的に評価し、ハード・ソフトからなる適応策の構築に向けた検討を進め、昨年5月に中間とりまとめを公表しています。

(2) 気候予測アンサンブルデータの意義

過去の観測データによる、発生頻度の低い気象現象の評価は限られたデータ数によるものでしたが、気候予測アンサンブルデータの導入により、

これまでの気候においては経験していないが物理的に発生する可能性のある気象現象による降雨、さらにその時空間分布等のデータ(図-4)を把握することが可能になり、気候変動の影響による降雨や流量等の変化を基に、流域全体において一体的なリスク評価を行うことが可能になったといえます。

3. 流域治水への適用

昨年7月に公表された社会資本整備審議会答申「気候変動を踏まえた水災害対策のあり方」では、降雨実績等に基づいた計画から気候変動を踏まえた計画への見直しと、流域のあらゆる関係者が協働で対応する「流域治水」への転換が示されました。地域での防災力向上に向けて、従来のハード整備のみならず、関係機関、住民と協働した流域対策やソフト対策とも連動していくことが求められています。

こうした状況下において、気候予測アンサンブルデータを活用した浸水確率等のさまざまな水害リスク評価(図-5)を地域で共有し、ハード・ソフトからなる適応策を検討するという今回の一

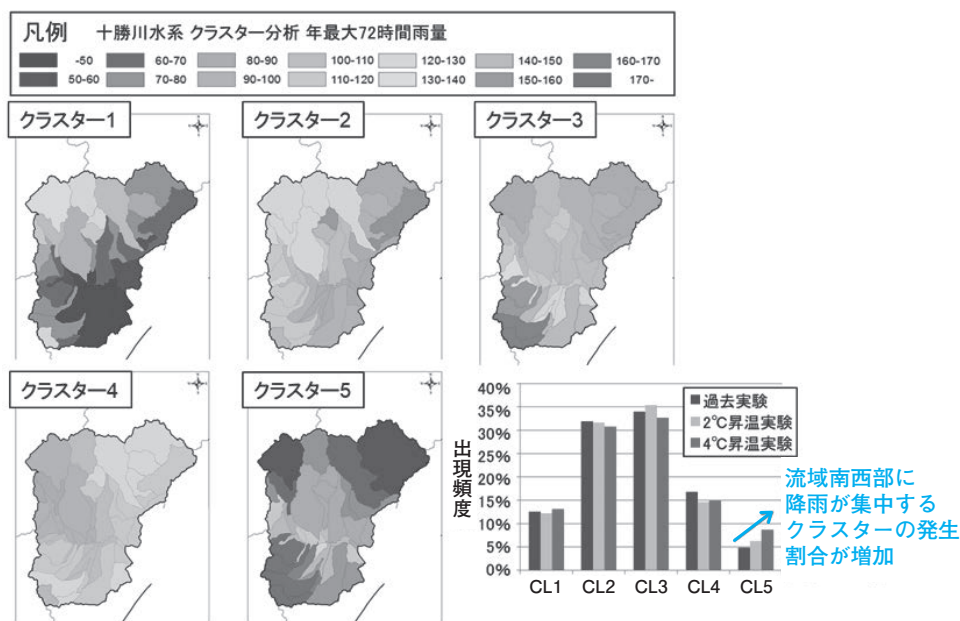


図-4 降雨の時空間分布の変化(十勝川流域)

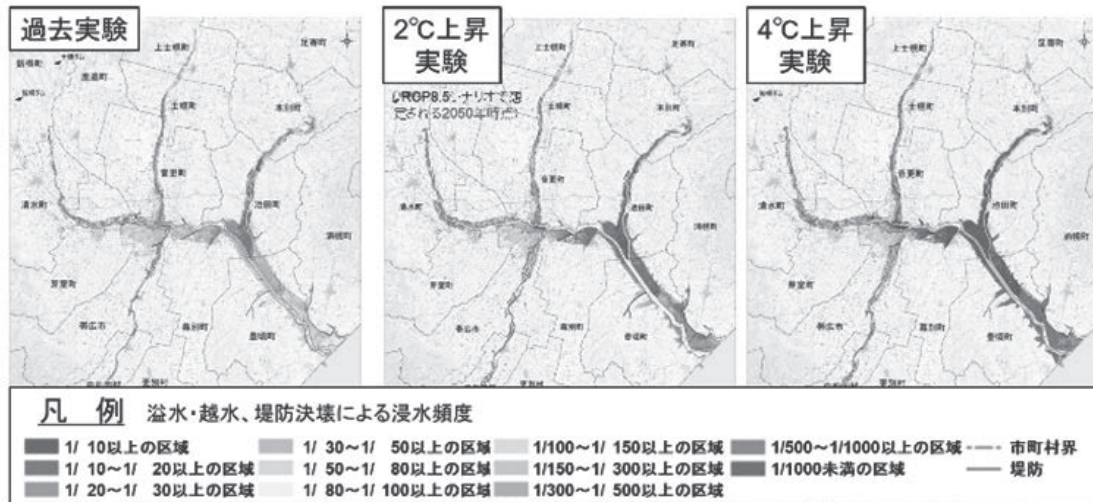


図-5 1m以上の浸水深になる確率の変化（十勝川流域）

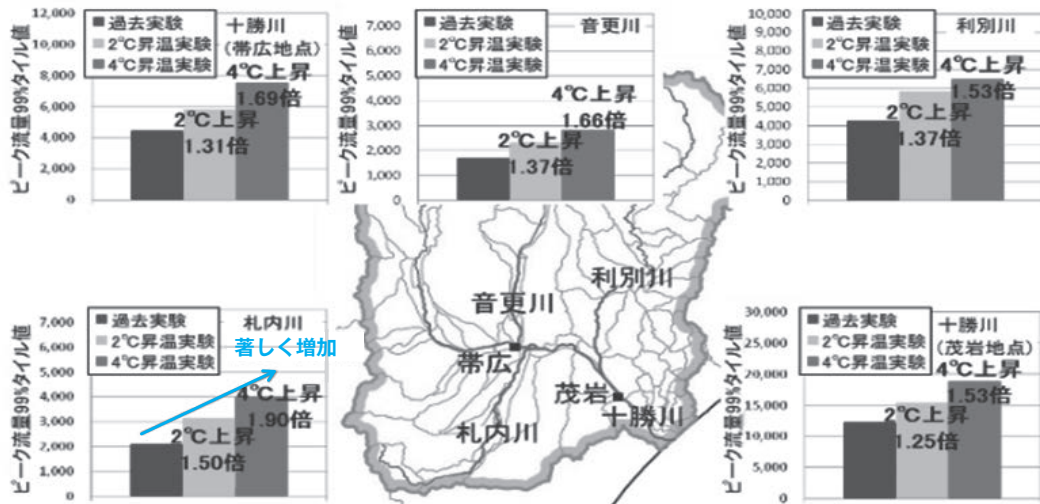


図-6 気候変動に伴う十勝川流域における流量変化倍率

連の検討で提示した手法は、非常に有意義なものだと考えています。

さらに、地域相互のリスクの相対的關係に関する検討にあたっては、リスク評価により、避難行動に関しての条件が厳しく安全度の低い地域の抽出や、地域における中枢的な社会・経済活動を担う施設や区域の被災形態や頻度を評価し、地域の特性を踏まえた上で優先的に対策を講じる考え方を導入しています。

具体的には、「社会的リスクの高い地域」、「生産空間（農地等、地域の農業等の戦略産業を支える重要な生産の場）に与えるリスクの高い地域」を設定し、地域相互のリスクの相対的關係に配慮しつつ、流域全体が抱えるリスクをどのように低減させるのかを検討しています。

以下、十勝川流域を事例として、ハード・ソフト対策へどう展開すべきかについて取り上げたいと思います。

4. 適応策への具体的展開

(1) 適応策（ハード対策）の具体的展開

十勝川流域では、十勝川本川下流の茂岩基準点における流量が2°C上昇時に約1.25倍、4°C上昇時に約1.53倍になる一方で、支川である札内川上流部では、単純な温暖化の影響のみならず、日高山脈といった地形性の影響も加わり、2°C上昇時に約1.50倍、4°C上昇時には約1.90倍にまで流量が増加すると想定されています（図-6）。

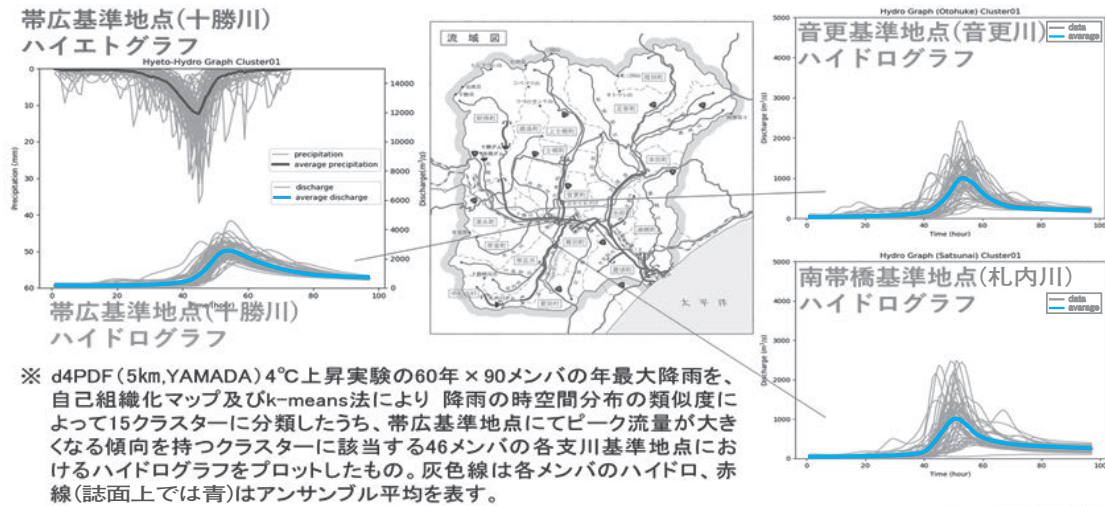


図-7 十勝川中流部のリスク（本川支川の同時生起性）

また、十勝川は札内川をはじめとする主要支川が流域中心都市である帯広市街地近傍で相次いで合流しますが、アンサンブルデータによる分析では、洪水時にこうした支川からのピーク流量が重なり、本川の流量がさらに増大する可能性も指摘されています（図-7）。

今後の対応を検討する上で、気候変動の影響の顕在化により、これまで進めてきた河川整備の安全度の低下、降雨の時空間分布とその変化は看過できない状況になっているといえます。

このため、堤防等の治水施設の整備や河道掘削により安全度の低下を防ぎ、さらに向上させていく必要があります。また、前述したような流域のリスクの高い地域においては、気候変動の影響に伴って洪水ピーク流量が増大し、地域の水害リスクがますます厳しくなる状況下において、確実かつ実効性をもって被害を防止するためには、こうした堤防や河道掘削等に加え、遊水地やダム等の洪水調節機能が果たす役割は一層重要になります。

一定の外力規模までは確実に安全度を確保する機能を有するハード対策と不確実性を有するものの、ハード対策の目標とする規模を超過する洪水においては、不可欠なソフト対策の役割分担や優先度を地域においてしっかり議論しつつ、気候変動の対応を早急に進めていくことが重要です。

(2) 適応策（ソフト対策）の具体的展開

気候変動を踏まえ、リスクベースの考え方に基づき今後発生し得る水害に対するハード・ソフト対策を講じるには、流域の地域特性や社会経済的な特性を十分に把握することが肝要です。

十勝川流域をモデルとして取り上げた一連の検討では、想定死者数や経済被害額等の複数の指標を基に、十勝川中流部の市街地地域を流域全体において相対的にリスクの高い地域を社会的リスクの高い地域として定義しています（図-8）。

また、同地域におけるリスクカーブ（図-9）では、例えば避難率が40%（ソフト対策の効果として仮定）だと設定した場合、4°C上昇時の外力に対してハード・ソフトからなる適応策を講じることで、現在と同程度の安全度が確保できる可能性を示唆しています。

こうした分析・評価は、ハード・ソフト対策を一体で俯瞰した上で、ソフト対策の役割を落とし込んでいく過程において非常に有効な考え方といえます。

さらに、十勝川中流部の一地区を例に、浸水確率に加えて、氾濫流の流速や水深、氾濫流の到達時間といった避難行動を検討する上で重要な情報を整理しました（図-10）。

地域において、どこに避難すべきか、どのような経路で避難すべきか、どのタイミングで避難すべきか、そのためには、アクセス路の整備等、ソ

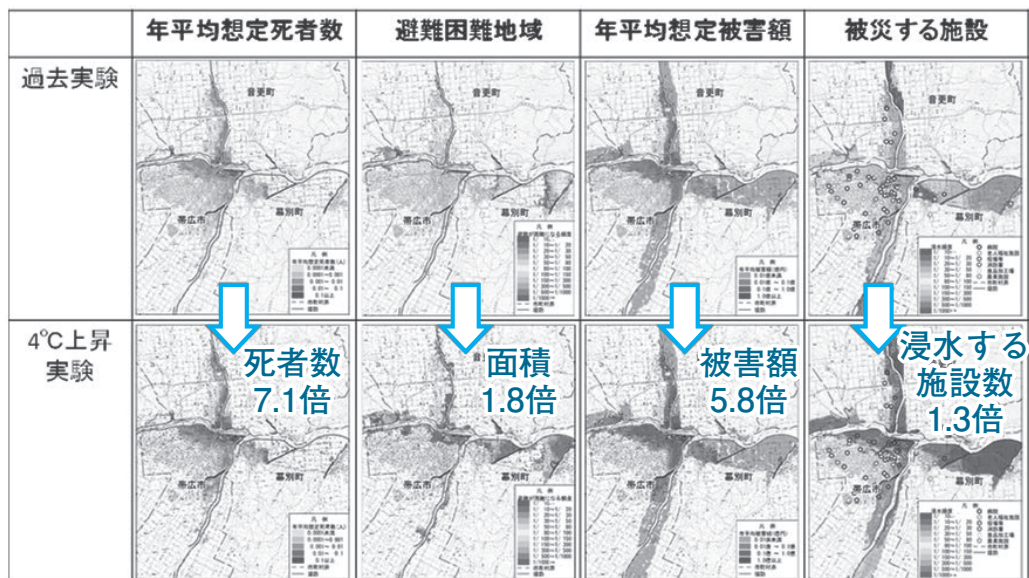


図-8 社会的リスクの高い地域の一例（十勝川中流部）

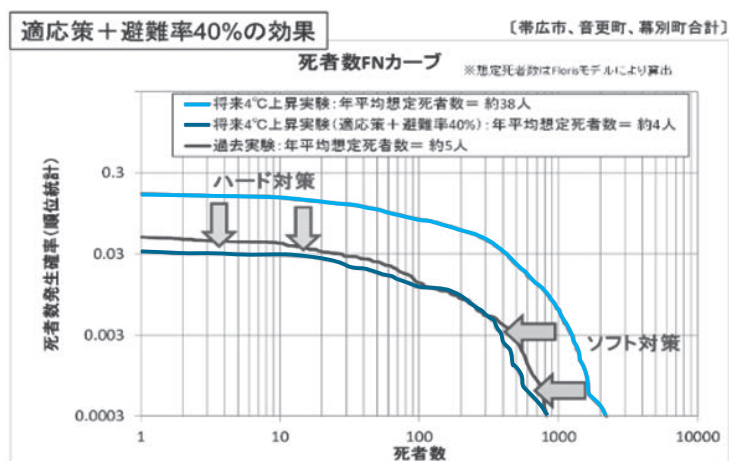


図-9 十勝川流域中流部におけるリスクカーブ

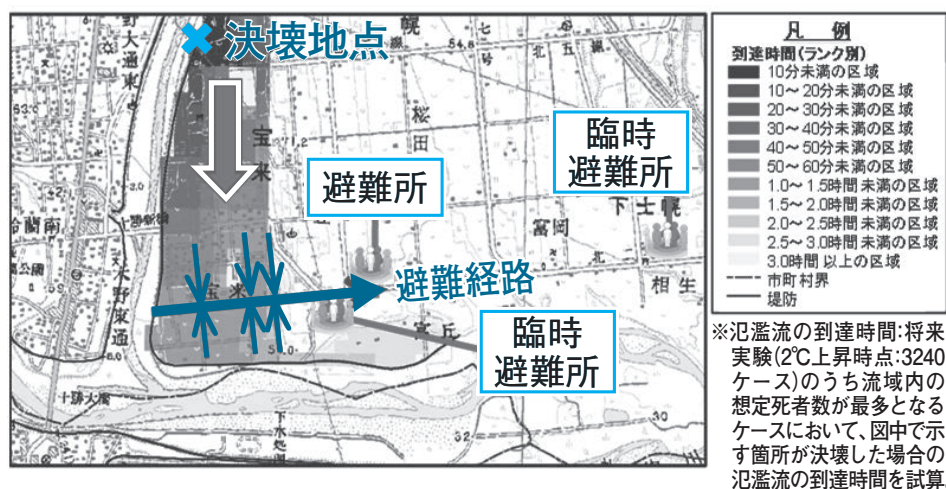


図-10 社会的リスクの高い地域の一例（十勝川中流部の一地区）

フト対策をサポートするためにどのような対策が必要なのか、地域において具体的な検討を進めることが可能になるといえます。

平成 28 年北海道豪雨災害では、十勝川流域、常呂川流域をはじめとして甚大な被害が発生し、食料供給地である北海道の被害が全国主要市場での農作物の高騰を招くなど、その影響は全国に波及しました。十勝川流域等は主には畑作地帯ですが、畑の土壌が流亡した場合には、畑の生産力低下が長期化するとの報告もあります。

農業関連研究機関へのヒアリング調査によれば、ここでのいう土壌とは表層 30 cm 程度のところであり、これが作物の品質を左右する上、表層土壌の維持・改良には長い年数を要するとのことでした。そうであれば、流域において生産性は高いが浸水リスクの高い農地等を「生産空間に与えるリスクが高い地域」として設定し、例えば、ハード対策に加えて、二線堤や霞堤を組み合わせることにより流速を低減するという方策も考えられます。

このように流域の具体的なリスクを基に、ハード・ソフト対策の全体像を俯瞰しつつ、地域特性を十分に踏まえた上でソフト対策等を検討することが重要です。

5. 治水対策技術の向上に向けた今後の展望

本稿では、平成 28 年北海道豪雨災害を契機として進めている気候変動に関する一連の検討を紹介しました。治水対策技術の分野における新たな取り組みとしてアンサンブル手法を導入し、気候変動の影響や不確実な気象現象に対して、科学的なリスク評価を行い、それに基づいた適応策の検討を行っています。

2℃上昇の世界には、2040 年頃にも到達するのではないかとみられており、気候変動への対応は喫緊の課題です。また、流域治水への転換が求められている中、流域のさまざまな主体が参画し、社会全体で少しでもリスクを減少させる取り組みが求められています。

こうした状況下、今回紹介した科学的なリスク評価結果やそれに基づく対策検討の手法はますます重みを持つものになると考えています。

【参考】

- 1) 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/ud49g7000000f0i0.html
- 2) 北海道地方における気候変動予測（水分野）技術検討委員会 https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/kn/kawa_kei/splaat000000vdyw.html
- 3) 北海道地方における気候変動を踏まえた治水対策技術検討会 https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/kn/kawa_kei/splaat000001offi.html