平成28年度

平成２８年台風第１０号　空知川上流堤防決壊における氾濫メカニズムについて

札幌開発建設部　河川計画課　○松本　勝治
田代　隆志
横濱　秀明

平成２８年８月に発生した洪水では、空知川上流域の串内観測所（南富良野町）で観測史上最大の降雨となり、下流に位置する金山ダムでは建設後最大の流入量を記録した。この洪水により南富良野町幾寅地区の堤防２カ所が決壊し、南富良野町は甚大な浸水被害に見舞われた。
本研究は、被災した空知川上流において再度災害防止に向けた治水計画に資することを目的に、堤防決壊や氾濫流を考慮した解析により、実際の洪水流量を検証するものである。

キーワード：氾濫解析、防災、自然災害

1. はじめに

北海道では、平成28年8月17日～23日の1週間で観測史上初となる3個の台風（第7号・第11号・第9号）が上陸し、道内各地で河川の氾濫や土砂災害が発生した。

石狩川水系空知川上流では、8月29日からの前線に伴う降雨とその後の台風第10号の接近により、南富良野町の串内観測所で8月29日～31日の累加雨量が515mmを記録するなど、観測史上最大の大雨となった（**図-1**）。

記録的な洪水に見舞われた南富良野町幾寅地区では、大勝橋より下流の国管理区間の堤防2カ所が決壊し（上流決壊箇所L=300m、下流決壊箇所L=150m：**写真-1**）、市街部を流れるユクトラシュベツ川（北海道管理区間）の氾濫も相まって、住家（約189戸）や食品工場等が浸水するなど甚大な被害が発生した。[1)]

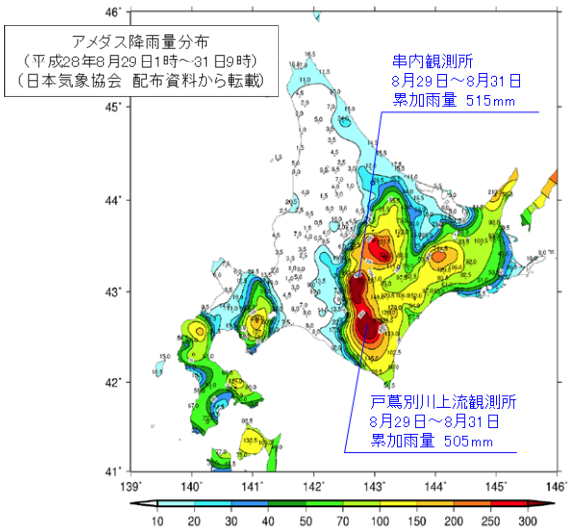

図-1　アメダス降雨量分布

2. 課題

洪水時の現地状況は、幾寅観測所では量水標の流出や停電などにより30日17:00から観測記録が欠測し、また、流量観測では浮子投下地点である大勝橋が越流し危険な状況となったため、浮子測法による流量観測が実施できない状況であった（**表-1**）。

被災した南富良野町幾寅地区において、再度災害防止に向けた治水計画を策定するにあたっては、観測史上最大の降雨となった今回の洪水におけるピーク流量の把握が不可欠であるが、限られた観測データのなか、堤防決壊や氾濫流の影響を考慮したピーク流量の検証が課題となった。

写真-1　幾寅地区 堤防決壊状況

表-1　洪水時の現地状況

日　時	事　象
8月30日　17:00	幾寅観測所　欠測
8月30日　21:30	CCTVカメラ　欠測

Matsumoto Shoji、Tashiro Takashi、Yokohama Hideaki

3. 氾濫解析

今回の洪水における幾寅地点のピーク流量を検証するため、以下の(1)～(6)に記す通り、洪水流量、河道条件、堤防決壊幅、堤防決壊時刻等の諸条件を設定し氾濫解析を行った。

(1) 解析方法

氾濫解析の範囲は、南富良野町で出水時調査が行われているKp115.0～Kp117.5の国管理区間を対象とした。

氾濫解析の上流端である幾寅地点の洪水流量に、流出計算から求めた流量ハイドロを与え、氾濫解析による再現結果と出水時調査による実際の浸水域などを比較することで再現性を確認し、幾寅地点の洪水流量（ピーク流量）の妥当性を検証した。

なお、氾濫解析においては、本洪水の特徴である2カ所の堤防決壊の時間差等を考慮する必要があることから、今回使用した（財）北海道河川財団からの無償提供iRicソフトウェア（ver2.3版 Nays2D Flood）に、以下の機能を追加し解析を行った。

- 上下流の堤防決壊時刻の設定
- 段階的な堤防決壊幅の設定
- 堤防決壊箇所の越流の設定

(2) 洪水流量の設定

今回の降雨は、空知川上流の金山ダム流域にある串内観測所で515mmを記録する局所的な降雨であったことから、1kmメッシュのレーダー雨量から分布型モデルによる流出計算を行った（図-2）。

流出計算による金山ダム地点の再現流量ハイドロと金山ダムの実績流入量を比較した結果、十分な再現性が得られたことから、流出計算による幾寅地点通過流量を氾濫解析の上流端の洪水流量（ピーク流量Q_P＝1,390m3/s）として与えた。（図-3）。

(3) 河道条件及び堤内地盤高

河道条件は、出水前及び出水後の河道断面で準二次元不等流計算を行った結果、出水後の河道断面において計算水位と堤外痕跡水位との整合性が高いことから、河道条件として出水後の河道断面とした（図-4）。

また、堤内地盤高は、平成18年の出水前ＬＰ地盤データを基に、出水後に計測した太平橋から大勝橋間のＬＰ地盤データを加え、堤内地盤高を再設定した。

(4) 堤防決壊幅

下流の堤防決壊状況をみると、堤防の決壊幅L=150mは一度に全てが決壊しておらず、31日5:30時点では約70mが決壊しており、その後6:30までの約1時間で決壊幅が約150mまで進行していることが写真判読から読み取れた（図-5）。

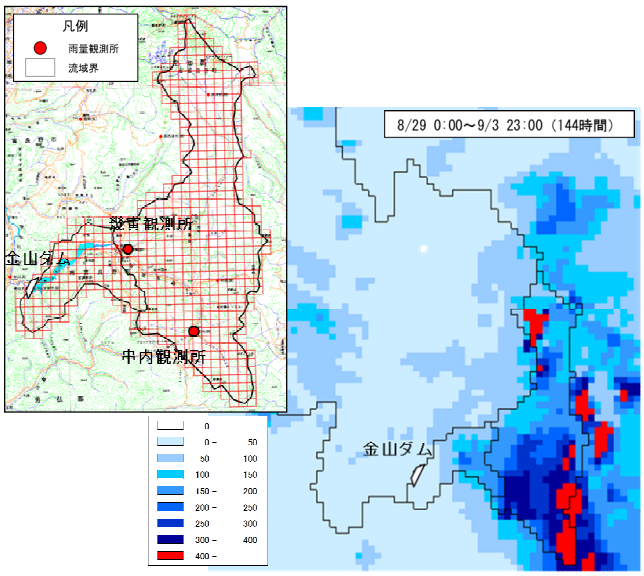

図-2　レーダー雨量(総雨量)分布図（右）
1 kmメッシュモデル図（左）

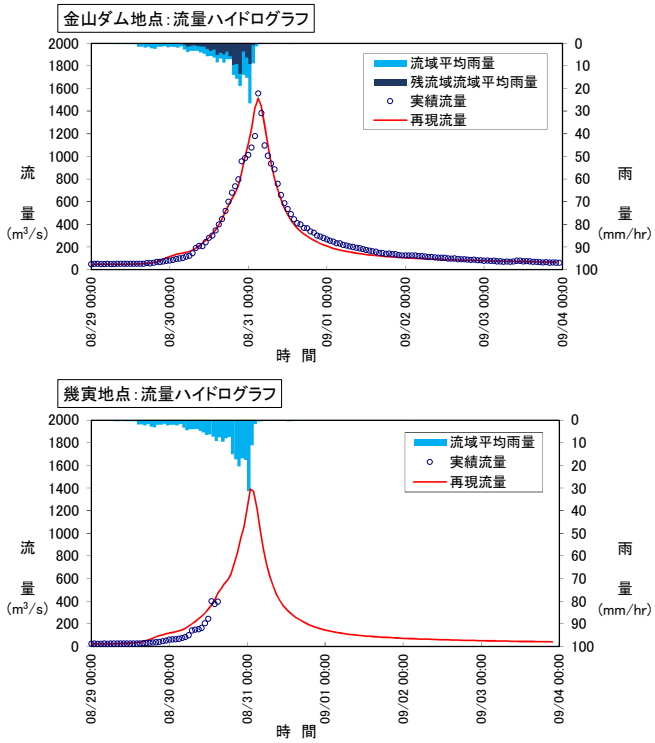

図-3　再現流量ハイドログラフ

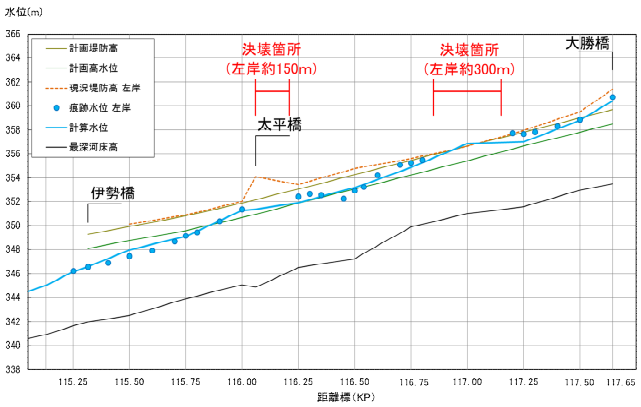

図-4　堤外痕跡水位と計算水位の比較

Matsumoto Shoji、Tashiro Takashi、Yokohama Hideaki

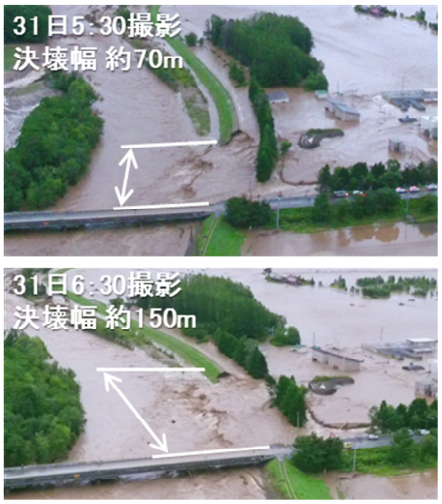

図-5　下流堤防決壊幅の進行状況

下流の堤防決壊幅は段階的に進行していることから、氾濫解析では、堤防決壊時に決壊幅L=150mの1／2、1時間後に残り1／2が決壊したと推測した。

なお、上流堤防は夜間に決壊しているため、堤防決壊幅に関する情報はないが、下流の堤防決壊と同様に決壊幅は段階的に進行したと推測した。

(5) 堤防決壊時刻

上流堤防の決壊時刻は、31日2:00～2:30頃に市街部の避難場所となっている体育館や道の駅などに泥水が押し寄せてきたとの報道記録などから、上流堤防決壊時刻を31日2:00と推測した。

下流堤防の決壊時刻については、31日2:45頃に上流からの氾濫流が下流堤防を越水している状況が確認され、また、4:40頃に堤防の決壊が確認されたことから、下流堤防決壊時刻を31日4:00と推測した。

(6) 画像解析

幾寅観測所（大勝橋）では浮子測法による流量観測は行えなかったが、下流の太平橋においては31日5:00から画像解析法による流量観測が行われている。

画像解析法による流量観測は、31日5:00～12:00の間で計8回実施されており、STIV法とDEIX法による解析結果から、太平橋地点のピーク流量Q_T≒1,360m^3/s、下流堤防決壊箇所の堤内から堤外への横流入量Q_L≒207m^3/s(31日5:00時点)が算定されている。

4. 氾濫解析結果

氾濫解析結果については、既知情報（表-2）を踏まえ、以下の項目に着目し再現性を確認した。

- 堤内痕跡水位
- 浸水域及び浸水深
- 越水確認時刻及び浸水到達時刻

表-2　主な既知情報

項　目	主な既知情報
出水後調査	堤防痕跡水位（堤内側）
	浸水域及び浸水深
浸水到達時刻	体育館／道の駅浸水 31日 2:00～2:30（報道記録等）
下流堤防の越流	31日 2:45頃　確認
下流堤防の決壊	31日 4:40頃　確認
画像解析（ピーク流量）	河川流量：Q_T≒1,360m3/s
画像解析（5:00時点）	横流入量：Q_L≒207m3/s

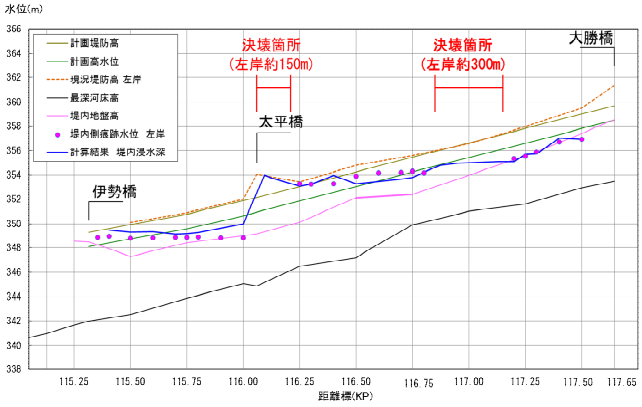

図-6　堤内側痕跡水位と計算浸水深の比較

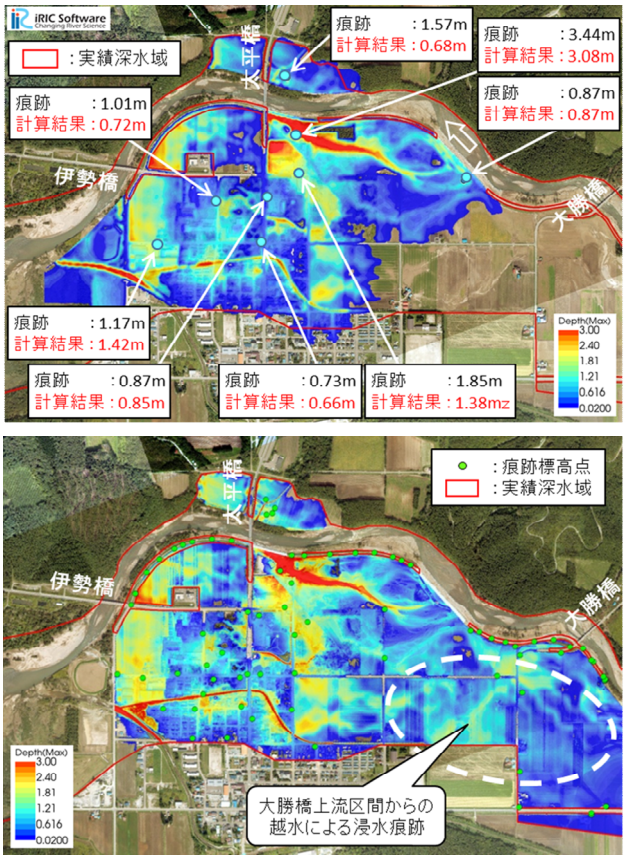

図-7　浸水域及び浸水深の比較
（上：氾濫解析結果、下：実績浸水域コンター図）

Matsumoto Shoji、Tashiro Takashi、Yokohama Hideaki

・画像解析結果との整合

(1) 堤内痕跡水位

堤防の堤内側痕跡水位と氾濫解析による堤防法尻部の浸水深を水位縦断図で比較すると**図-6**に示す通り、太平橋下流など計算水位の方がやや高い箇所もあるが、実際の浸水痕跡水位と概ね整合がとれている。

(2) 浸水域及び浸水深

出水後調査による実際の浸水域及び浸水深と氾濫解析結果を比較すると**図-7**に示す通り、浸水深では計算水位の方がやや低い点もあるが、幾寅市街部の浸水域及び浸水深ともに実際の痕跡と概ね整合がとれている。

なお、幾寅市街部の浸水は、堤防決壊による氾濫流だけでなく、大勝橋から上流の北海道管理区間からの越水も影響しており、大勝橋付近の堤内地の浸水は上流からの越水による浸水痕跡と考えられる。

(3) 越水確認時刻及び浸水到達時刻

氾濫解析による浸水到達時刻をみると、上流堤防決壊後、氾濫流は約20分で避難場所（道の駅）に到達しており、下流堤防の越水確認時刻及び避難場所への浸水到達時刻を比較すると**図-8**に示す通り、氾濫流の浸水到達時刻は概ね整合がとれている。

(4) 画像解析結果との整合

画像解析から算定された太平橋地点のピーク流量Q_T≒1,360m³/s 及び下流堤防決壊箇所からの横流入量Q_L≒207m³/s（31日5:00時点）と比較するため、氾濫解析結果より各断面（A, B, C, D断面）の流量ハイドロを整理した（**図-9**）。

各断面の計算流量から、太平橋地点の河道（D断面）及び下流堤防決壊箇所からの横流入量（B断面）のピーク流量はQ_D≒1,334m³/s、Q_B≒209m³/s（31日5:00時点 Q_B≒196m³/s）となり、市街部の氾濫流を考慮した氾濫解析結果と画像解析結果は概ね整合がとれている（**表-3**）。

(5) 考察

洪水流量、堤防決壊幅、堤防決壊時刻などの諸条件を設定し氾濫解析を行った結果、実際の浸水域、浸水深、浸水到達時刻及び画像解析結果と比較し、全体的に整合がとれていることが確認できた。

氾濫解析として良好な再現性が得られたことから、設定した以下の諸条件についても概ね妥当であると考えられた。

・幾寅地点の洪水流量（ピーク流量Q_P＝1,390m3/s）
・上下流の堤防決壊時刻
　（上流決壊時刻31日2:00、下流決壊時刻31日4:00）
・堤防決壊幅の段階的な進行

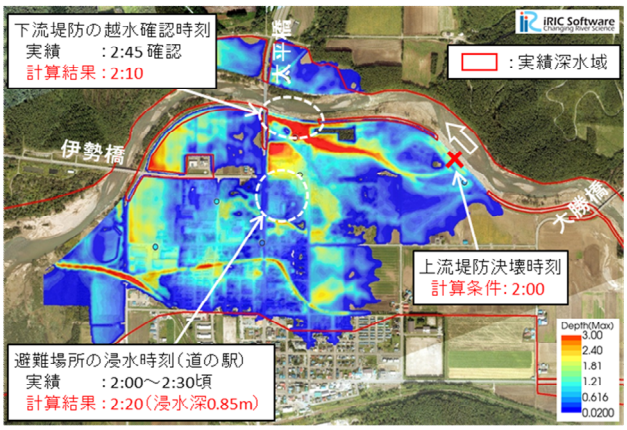

図-8　氾濫流到時刻の比較

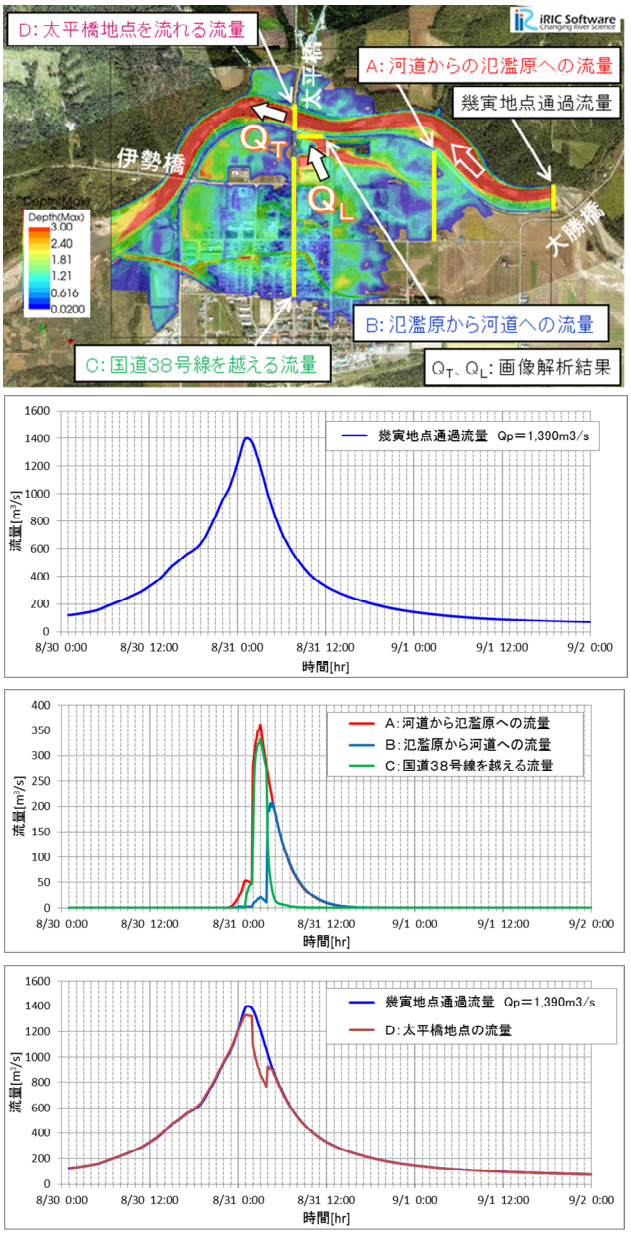

図-9　A, B, C, D断面のハイドログラフ

表-3　画像解析結果と氾濫解析結果の比較

	画像解析結果	氾濫解析結果
Q_T：太平橋地点（ピーク流量）	1,360m3/s	1,334m3/s
Q_L：横流入量（31日5:00時点）	207m3/s	196m3/s

ここで、氾濫解析から幾寅市街部の氾濫流の挙動をみると、上流堤防決壊後の河道からの氾濫流（A断面）は、国道38号（C断面）を越えてほぼ全量が流下しており、また、上流端の幾寅地点通過流量（Qp＝1,390m3/s）と下流端の河川流量（E断面）及び市街部下流端の氾濫流量（F断面）の重ね図（E＋F：Qp＝1,364m3/s）を比較すると（**図-10**）、市街部での氾濫流量分の影響はあるものの、ピーク流量、波形ともに概ね一致していることから、市街部へ流れ込んだ氾濫流は貯留されることなく直ぐに下流ダム湖へと流下していることがわかる。

また、下流堤防決壊後は、国道38号（C断面）を流下していた氾濫流が下流決壊箇所（B断面）に集中する流れに切り替わり、上流決壊箇所から下流決壊箇所に向かって流速の速い氾濫流が堤内地を大きく侵食する要因になったものと考えられる（**図-11**、**写真-2**）。

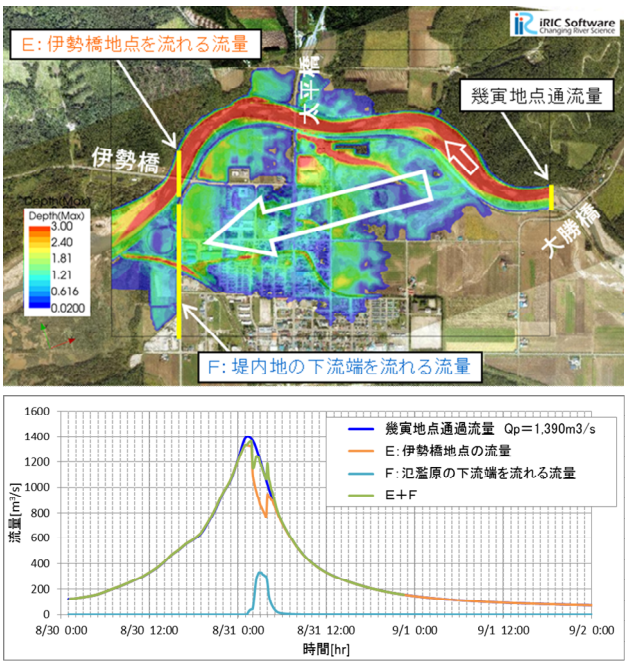

図-10　幾寅地点及びE，F断面のハイドログラフ

5. まとめ

本研究では、限られた現地の観測データのなか、実際の氾濫流の挙動及び洪水流量を検証するため氾濫解析を行い、以下の結果を得た。

- 氾濫解析による再現結果は、浸水域、浸水深、氾濫到達時刻など実現象と整合がとれ、良好な再現性が得られた。
- 氾濫解析の条件である幾寅地点の洪水流量（Qp＝1,390m3/s）、上下流の堤防決壊時刻及び決壊幅の段階的進行は妥当であると考えられた。
- 氾濫流は、上流堤防決壊後は幾寅市街部を通過して直ぐに下流のダム湖に到達する流下型の氾濫形態を示し、下流堤防決壊後は、氾濫流が下流決壊箇所に集中し堤内地を大きく侵食する要因となったと考えられた。

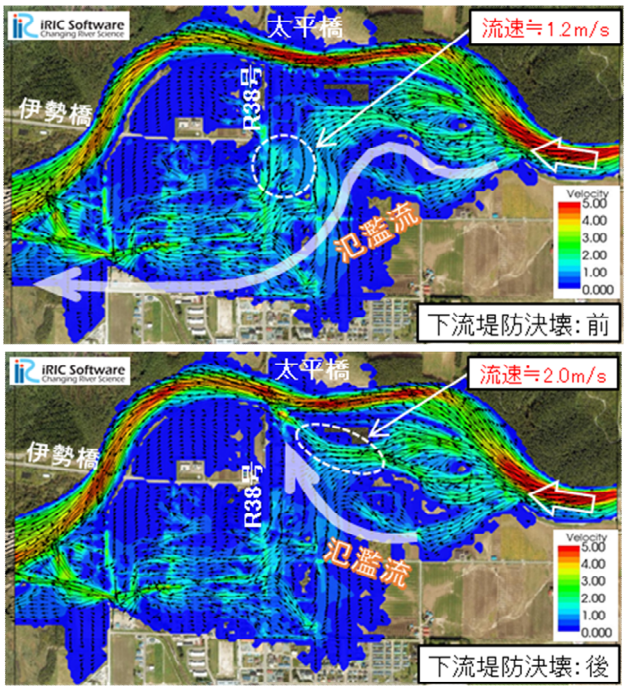

図-11　下流堤防決壊前後の流速分布図の比較

氾濫解析に用いたフリーソフトであるiRic：Nays2D Flood（(財)北海道河川財団）は、堤防決壊による市街部の実現象を精度よく捉え、再現性・汎用性ともに良好であったことから、今回の洪水の検証が可能となった。

今後は、氾濫解析により得られた知見を活用し、ハザードマップには表現されない氾濫特性を踏まえた市街部の危険度評価や避難計画などの危機管理対策の検討を自治体と連携し進めていく必要がある。

写真-2　堤内地の侵食状況

参考文献

1）土木学会社会支援部門：2016年8月北海道豪雨災害調査団（速報版）、2016. 9. 12

※本文に記載されている観測値は速報値であり、今後の調査で変更する場合がある。

Matsumoto Shoji、Tashiro Takashi、Yokohama Hideaki