

# 気象庁 55 年長期再解析・降雨流出氾濫モデル 及び地理情報システムを用いた過去の洪水状況 の再現と水災害史研究への活用可能性に関する 研究

傳田 正利<sup>1</sup>・諸岡 良優<sup>2</sup>・藤兼 雅和<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 国立研究開発法人土木研究所 ICHARM(International Centre for Hazard and Risk Management) 水災害研究グループ 主任研究員 (〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6)

E-mail:denda@pwri.go.jp

<sup>2</sup>正会員 同上 研究員 (同上)

E-mail: morooka-y574bt@pwri.go.jp@pwri.go.jp

<sup>3</sup>正会員 同上 上席研究員 (同上)

E-mail: fujikane-m574bt@pwri.go.jp

本研究では、地域における防災力向上のためには、過去の当該地域の水害に学ぶ必要があり、その一環として気象庁 55 年長期再解析データ、降雨流出氾濫モデル及び地理情報システムを用いて、新潟県阿賀野川流域における過去の洪水状況の再現を試みた。上記手法による過去の洪水状況の再現は、史料に記録される洪水状況と概ねで一致した。上記手法は、歴史学的方法では再現の難しい浸水域の浸水深の空間分布を再現可能にする等、今後の土木史研究における応用性が確認された。

**Key Words:** Past water related disaster, reconstruction of past flooding condition, DSJRA55, RRI model, Spatial Information, Geographical Information System.

## 1. はじめに

流域社会は、自然環境（地形、降雨、河川等）の影響を受けながらその骨格が形成される。自然環境の中でも河川は、流域社会形成に大きな影響を与える。平常時は、水資源の恵み（生活用水、農業用水及び工業用水等）をもたらすが、洪水時には、水災害という大きなダメージを流域社会に与える。

近年、気候変動に起因すると考えてもよいと思われるような降雨量の増加によって、各地で水災害が増加している。同時に、少子高齢化の進展は、水災害時の被災弱者を増加させ、流域社会のレジリエンスの減少が懸念される。流域社会のレジリエンスを維持するためには、過去の水災害が流域社会に与えた影響を定量的に評価する必要がある。水災害前の日常、水災害時及び水災害後復興という時系列的視点でを分析し、水災害に対して堅牢であるだけでなくしなやかに復興できる流域社会の構造を考える必要がある。

しかし、水災害は地域によっては稀な現象であるため、

数少ない過去の水災害事例を丁寧に検証するインシデント分析は、基礎的だが重要な取り組みである<sup>1)</sup>。

現代においては、雨量・流出・氾濫解析、空間情報の高度化が進み定量的な解析が可能となっている。雨量に関しては、気象庁 55 年長期再解析等の取り組みにより過去の降水量分布が高解像度で再現することが可能となる。流出・氾濫解析に関しては、降雨流出氾濫モデル等のような流出・河川氾濫を一体として計算できるモデルの開発・普及が大きな成果を上げている。空間情報の解析に関しては、政府による空間情報の提供と普及が進み、地理情報システム（Geographical Information System : GIS）を用いれば比較的平易に洪水・氾濫の情報を被災する流域社会の情報（住居、構造物等）との関連付けが可能となっている。

既往の土木史研究は、文献資料の整理・解釈に重点をおく歴史学的方法を主要な研究方法の一つとしている。歴史学的方法は、水災害の被害を記録した重要な資料であるが、水災害の記録が文章での叙事的な記録に留まり、詳細な傾向が把握できない状況にあった。既往の土木史

的手法（例えば、歴史学的方法）に、雨量・流出・氾濫解析を組み合わせることで、歴史学的方法を発展させ、過去の水災害状況の定量化（例えば、空間的な可視化）が可能となると考えられる。しかし、既往研究には、「過去の水災害の被災状況の可視化」を試みた研究は少ない。

本研究では、気象庁 55 年長期再解析・降雨流出氾濫モデル及び地理情報システムを用いた過去の洪水状況の再現を過去の水災害イベントに適用し、過去の水災害イベントの定量的再現を試みる。その後、水災害イベントの定量的再現が水災害を記録した地方史等の史実と一致するのかを検証し、本研究で提案する手法の可能性を検証することを目的とする。

## 2. 研究の方法

### (1) 調査地の概要<sup>2)</sup>

調査地は、新潟県東蒲原郡阿賀町を流下する阿賀野川を対象に行った（図-1）。阿賀野川はその源を栃木、福島県境の荒海山に発し、会津盆地を流下し新潟県境に入る。新潟県に入った後は阿賀川から「阿賀野川」と名称を変え、山間部の主要な支川である常浪川、新谷川を合流した後、新潟平野に出て早出川、安野川等を合流して日本海に注ぐ、流域面積 7,710km<sup>2</sup>、基幹流路延長 210km の一級河川である。本研究においては、阿賀野川流域の内、「阿賀町」を主な対象とするが、その理由は、2 章 (3) 節で述べる。

### (2) 調査地の地形・気候特性

阿賀野川流域の地形の特徴としては、河口より上流 33km の馬下付近を境界として大きく 2 分され、上流側が山間部、下流側が平野部となっている。

阿賀野川流域の地形の気候に関しては、下流平野部が多雨多湿、上流山間部が多雨豪雪という日本海特有の気候を有している。下流平野部(新津)の平均年間降水量は 1,800mm 程度、上流山間部(津川)が 2,400mm 程度、また、11 月～4 月までの合計降雪量は平野部が平均 300cm 程度なのに対して、山間部は約 2 倍の 700cm 程度にまで達する。融雪期にはこの山間部の融雪出水が豊富で、これを活かした水力発電等が盛んである。

### (3) 調査地の土地利用、社会及び産業特性

阿賀野川流域の阿賀町、五泉市、阿賀野市の土地利用は、新潟県全体や新潟市と比較して山林の占める割合が約 5 割と多く、宅地の占める割合が約 1 割と少ない。新潟県内の阿賀野川流域市町の総人口は、平成 23 年時点で約 11 万人であり、新潟県の約 5% を占めている。阿賀野川流域における昭和 40 年と平成 23 年の人口を比較すると概ね減少傾向であり、特に、阿賀町の減少傾向が顕著である。阿賀町は、全国の中山間地自治体の中でも高齢化・過疎化が進展する自治体であり、高齢化・過疎化の課題・水災害に関する流域社会のレジリエンスを研究する上で、適切な調査地である<sup>3)</sup>。

阿賀野川流域の産業別就業者数の構成比をみると、第二次産業、第三次産業の占める割合が多いのが特徴である。これは、阿賀野川の流域特性に起因する。阿賀野川

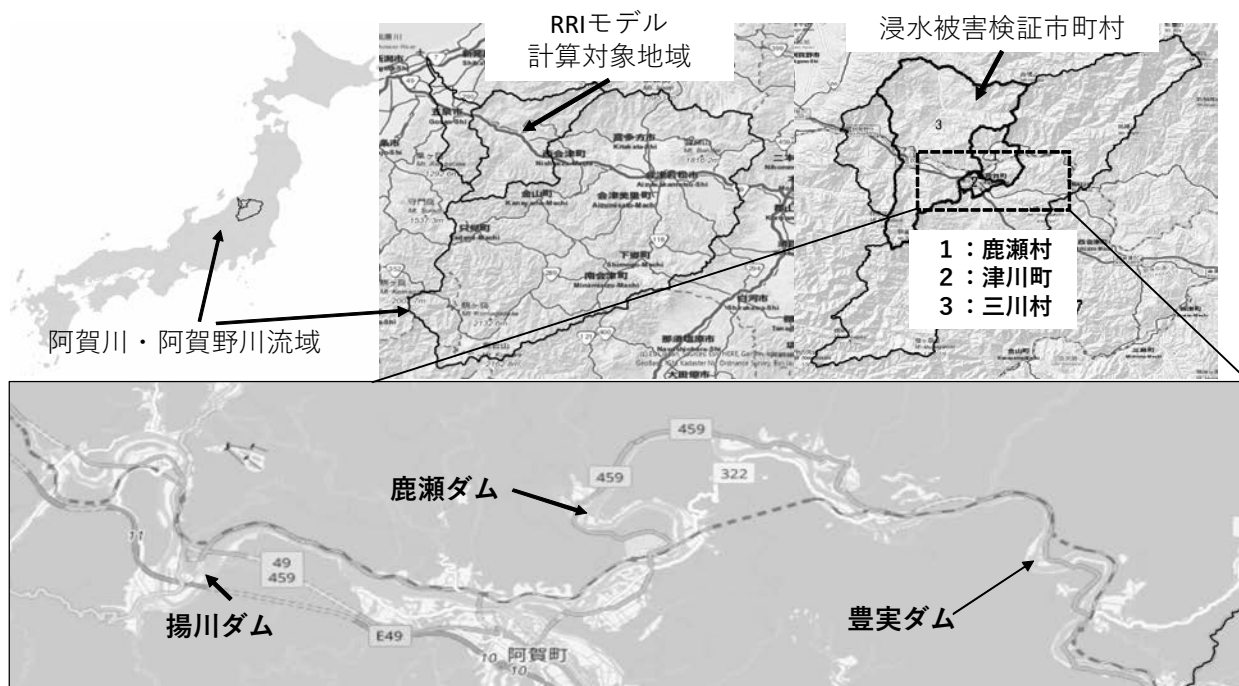


図-1 調査地の概要

は、2章3節に示すように、豊富な阿賀野川の流量に支えられた水力発電等が盛んである。昭和初期から多くの水力発電所が建設され<sup>4)</sup>、好景気時には流域内の多くの第二次産業・第三次産業に恩恵を与えた。豊富な電力発電を活用した肥料生産・有機合成品生産等<sup>5)</sup>が行われ、山間地には珍しい第二次産業、第三次産業が定着したと考えられる。

### 3. 本研究で提案する手法の概要

本研究では、気象庁55年長期再解析(JRA55:Japan Meteorological Agency The Japanese 55-years ReAnalysis, 以下、「JRA55」と記述する。)による解析雨量を入力とし、降雨流出氾濫モデル(Rainfall-Runoff-Inundation model:RRI)を用いた調査地における主要水災害時の氾濫状況を再現する手法を提案する(図-2)。

JRA55とは、過去と現在の気候を定量的に評価するための長期間、高品質及び均質な解析データセットの提供を目的とし、最新かつ解析期間中一貫した数値解析システムと数値予報業務で使用されたデータ、遅延入手されたデータ及び衛星画像データ等の高品質データを用いた再解析プロジェクトである<sup>6)</sup>。ただし、JRA55で行われる全球長期再解析は地球規模で行われるため、解析雨量の空間解像度が粗く(約60km程度)、ダウンスケーリング(Down Scaling:DS)という空間を細かく表現したデータが必要である。これらをDSJRA55(Down Scaling Japanese 55-years ReAnalysis, 以下、「DSJRA55」と記述する。)といい、データ統合・解析システム(Data Integra-

tion and Analysis System:DIAS)<sup>7)</sup>を介して提供される。

RRIモデルは、国立研究開発法人土木研究所ICHARM(International Centre for Hazard and Risk Management)で開発されら流出・氾濫モデルである。既往モデルが、別々に取り扱っていた降雨・流出、氾濫を一体の計算プロセスで解析できるのが特徴であり、現在の多くの洪水氾濫に適用され、高い計算精度と利便性が確認されている<sup>8)</sup>。上述した一連の解析プロセスにより、過去の水災害状況を定量的に再現することが可能となると考えている。

上記プロセスで、氾濫状況を定量的に再現した後、国土地理院が提供する基盤地図情報(電子地図における位置の基準となる情報)に基づく建物等の地物情報と重ね合わせることで、資料解釈よりも、より定量的に過去の水災害の被災状況を推定できると考えている。特に、一般的に空間情報解析用いられるようになったGISを用いて、空間情報の重ね合わせを行うことにより、水災害による被害に関して、資料解釈よりも踏み込んだ推定、その後、地域社会の復興等が可能になると考えている。

### 4. 本研究の対象出水の抽出と解析対象データ及び解析・分析条件の整理

#### (1) 本研究の対象出水の抽出

本研究では、調査地における地域史である「東蒲原郡史」を分析対象とした。東蒲原郡史は、1冊約700頁の通史編2巻、資料編9巻で構成される東蒲原郡の自然、歴史に関する総合的地域史である<sup>9)</sup>。

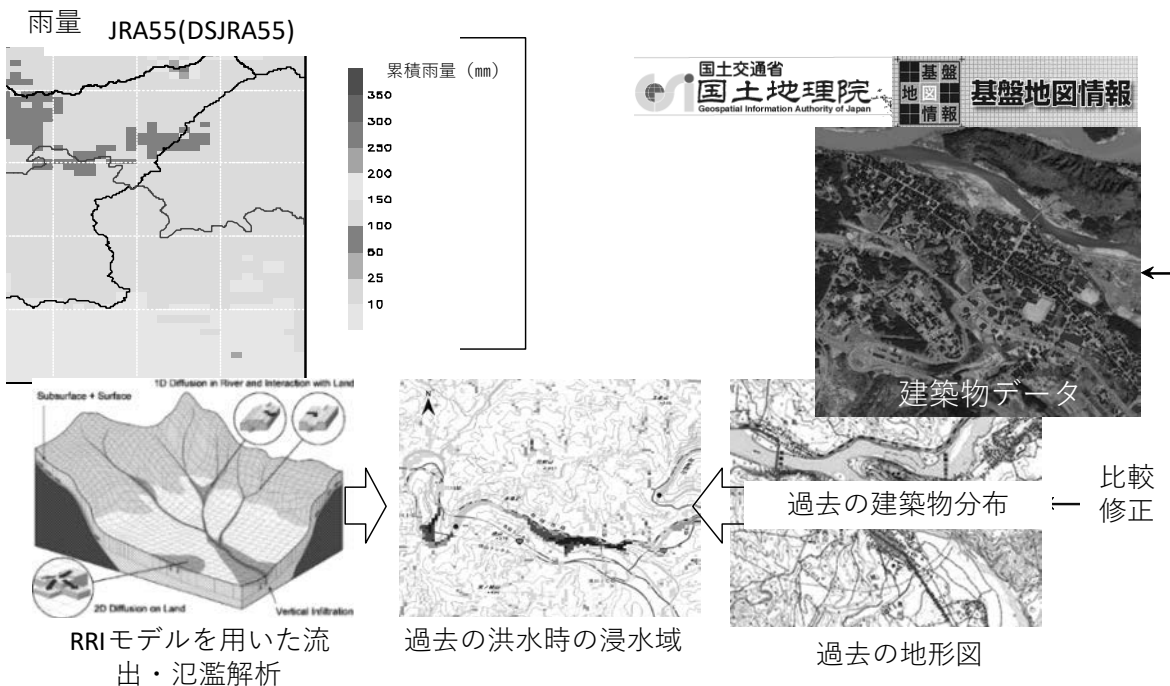


図-2 本研究で手で提案する手法

東蒲原郡史には、通史編に3回、項レベルで水災害に関する記述がされている。通史編1巻には、昭和以降主要水災害と被害（家屋、人命及び被害額）の概要<sup>10</sup>、大正期における水災害とその他の災害、通史編2巻には、大正期における災害とその対策<sup>11</sup>、高度成長期における水災害と被害の詳細な記述<sup>12</sup>がされている。また、資料編には、調査地の主要地方紙である新潟日報社の出水時の状況を簡易の時系列で記述した記事等がまとめられている。

これらの記述をとりまとめた表を作成した後、DSJRA55の存在する期間を考慮し、解析対象洪水（以下、「対象期間洪水」と記述する。）を抽出した。

## (2) 解析対象データ及び解析・分析条件の整理

抽出した対象出水を含む月のDSJRA55をDIASからダウンロードし、RRIモデルの入力データとした。

調査地は、流域の土地利用等の変化、水利用形態に1960年代以降大きな変化がないため、現在の流域条件でキャリブレーションし、2011年（H23年）の河道・堤防等の治水条件で構築したRRIモデルを採用し、流出・氾濫計算を行った。同時に、対象期間洪水の時期の地形図と現在における基盤地図情報の建築物を比較し、対象期間洪水時に存在しない建築物をGIS上で削除した。その後、修正した基盤地図情報の建築物データを用いて、浸水戸数の推定を行った。

## 5. 本研究で提案する手法の有効性の検証方法

本研究の目的は、気象庁55年長期再解析・降雨流出氾濫モデル及び地理情報システムを用いた過去の洪水再現の可能性を検証することである。本研究で提案する手法を厳密に行おうとする場合、多くの解析条件整備が必要となる。例えば、対象期間出水時のRRIモデルの構築には、歴史的洪水時の河道形状や築堤状況の正確な再現、上流端境界である豊美ダムの過去放流量の入手・検証等である。

新たな解析手法の土木史研究における可能性の検証を主目的とする本研究において、上記の多大な作業を行うのは研究の目的から乖離する面がある。そのため、本研究においては、現状の流域条件、河道形状及び築堤状況でキャリブレーションと精度検証が完了したRRIモデル（以下、「現況RRIモデル」と記述する。）を用いた。

この場合、現況RRIモデルが出力する氾濫状況（浸水域）は、治水事業が実施された現状河道・築堤状況が反映されるため、対象期間洪水よりも浸水深が小さくなるのが推定され、現在における床上浸水や床下浸水等の浸水深の基準を適用すると、浸水家屋数が極めて少な

くなるのが想定される。そのため、GISを用いて以下の手順で浸水状況を推定した。

一般に、氾濫計算は、数値計算のため極めて水深が小さい浸水域（例えば、0.0001m）をも算出するが、これらの数値の信頼性は極めて低く、信頼性の低い浸水域から信頼性の高い浸水域を抽出する必要がある。そのため、浸水深の評価に閾値（以下、「浸水深閾値」と記述する。）を導入し、閾値以下の極めて水深が小さい浸水域を除去し、建築物と重ね合わせ浸水戸数を推定した。その後、推定した浸水戸数と史料の浸水戸数を比較し、浸水戸数が史料と類似する浸水閾値以下の浸水域を、推定浸水域とした。

その後、推定浸水域の妥当性を検証するため、上記の手順に用いた洪水記録とは別の洪水記録である「昭和昭和三十一年七月・三十三年九月 阿賀野川氾濫と東蒲原住民の危急」の洪水記録と照合し、推定浸水域の妥当性を検証した。

東蒲原群史における浸水戸数の集計には、津川町、鹿瀬村、三川村等の行政界別の集計が多いため、浸水戸数の推定は、「東蒲原群史」での記述が多い、津川町、鹿瀬村、三川村に着目し集計した。

## 6. 結果

### (1) 対象洪水の選定と対象洪水の被害概要

表-1に「東蒲原群史」にとりまとめられた歴史的洪水とDSJRA55のデータ提供を示す。

1956年（昭和31年）洪水は、全半壊流出家屋、浸水家屋、流出冠水田畑、死者、すべての被害が出た阿賀野川洪水史における記録的出水であるが、DSJRA55のデータ提供がなかった。1958年（昭和33年）からは、DSJRA55のデータ提供がなされていたため、1958年（昭和33年）9月18日、9月27日の洪水を対象とした（以下、「昭和33年洪水群」と記述する。）。

「昭和33年洪水群」に関する詳細な記述をとりまとめ、表-2を作成した。昭和33年出水群の内、9月18日の洪水による被害は大きく、津川地区・三川地区においては、床上浸水以上の被害戸数が約600戸に及んだ。9月27日による洪水は、被害190戸が床上浸水した。

### (2) 対象出水における水災害時の状況と被害戸数の推定精度の検証

図-3に浸水深閾値と浸水戸数の関係性を示す。昭和33年洪水群の被害記録の内、鹿瀬地区における浸水戸数82戸を目安とし、浸水深閾値0.05mとすると、津川地区においては393戸、三川村においては、424戸の浸水戸数が推定された（図-5内、矢印①、②の手順）。

図-4に、表-2における昭和33洪水群における浸水

表-1 調査地における歴史的洪水の概要

年月日	年月日	気象条件	馬下水位 (m) 警戒水位20.15m以上	大洪水河川	全半壊流出家庭 (戸)				浸水家屋 (戸)				流出冠水田畑 (町歩)					
					津川	鹿瀬	上川	三川	津川	鹿瀬	上川	三川	津川	鹿瀬	上川	三川		
大正2年8月27日	1913/8/27			阿賀野川														
昭和16年7月23日	1941/7/23	台風	23.9	阿賀野川														
昭和19年7月21日	1944/7/21	梅雨	23.78	阿賀野川														
昭和22年9月16日	1947/9/16	台風	23.7	阿賀野川					269					204				
昭和28年8月24日	1953/8/24	前線	21.22	阿賀野川														
昭和31年7月17日	1956/7/17	梅雨	23.8	阿賀野川・常浪川	11	10	4	168		272	141	79		169				
昭和33年9月18日	1958/9/18	台風2 1号	24.8	阿賀野川	40	11			170	71	140	101						
昭和33年9月27日	1958/9/27	台風2 2号	23.73	阿賀野川					多		多							
昭和36年8月5日	1961/8/5	前線	23.28	阿賀野川														
昭和42年8月28日	1967/8/28	前線	22.71	阿賀野川				9	82	100			63	117				
昭和44年8月12日	1969/8/12	前線	23.25	阿賀野川・常浪川				1		121	71		64	100				
昭和53年6月26日	1978/6/26	前線	23.59	阿賀野川	1	1	1	1	113	27	36	252	72	41	77	52		
昭和56年6月22日	1981/6/22	前線	23.05	阿賀野川						15	1	24	47	35	23	76	76	
平成7年8月3日	1995/8/3	前線		阿賀野川														
平成10年8月4日	1998/8/4	前線		阿賀野川														
平成23年7月30日	2011/7/30	前線	23.77 (暫定値)	阿賀野川「新潟・福島豪雨」														

表-2 調査地における歴史的洪水の概要

	9月18日					9月27日	合計
	全壊	流出家屋	半壊家屋	床上浸水	床下浸水	床上浸水	
鹿瀬地区		11		71			82
津川地区		40		150	20	60	270
三川地区	2	2	36	290	25	130	485

単位：戸

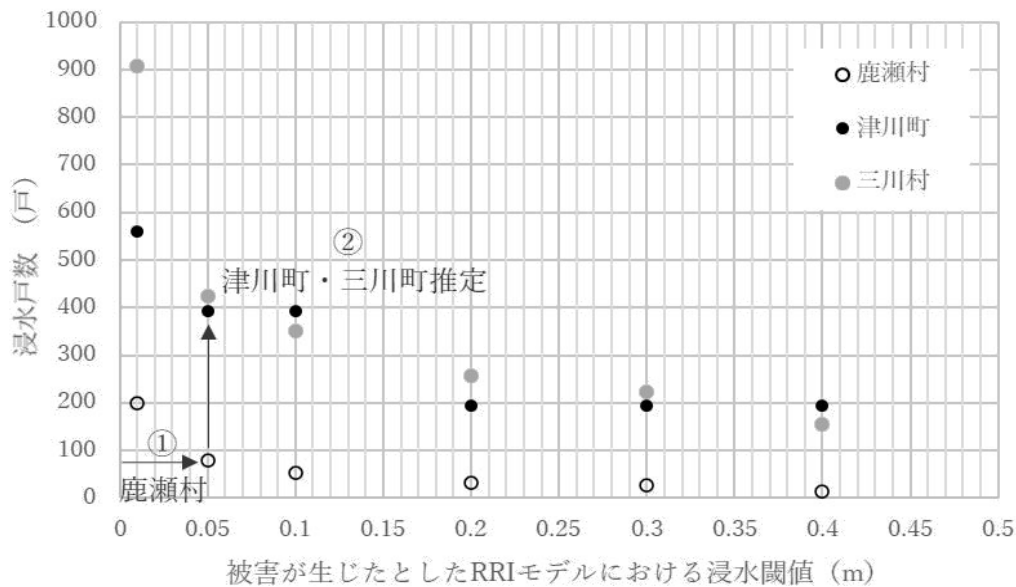


図-3 調査地における浸水状況図

戸数合計と本研究で提案する手法を用いて推定した浸水域の浸水戸数の比較を示す。総数、内訳の両者が類似した。浸水深閾値 0.05m により抽出した浸水域を昭和 33 年洪水群における浸水域とした (図-5)。

(3) 浸水閾値算出に用いた洪水記録とは異なる記録による昭和 33 年洪水群における浸水域の検証

昭和 33 年洪水群における出水により、馬下～豊美間の複数箇所において、阿賀野川の増水で各所で線路があらわれ、磐越西線不通になったことが報告されている。

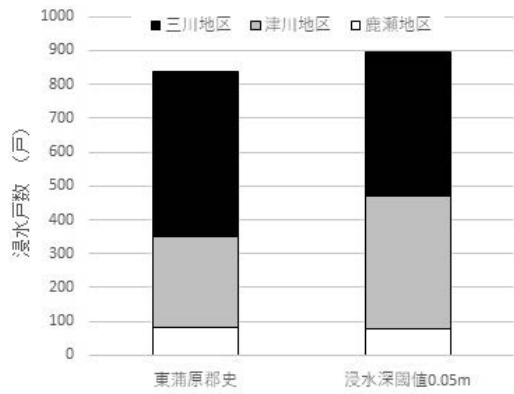


図4 調査地における浸水状況図

図-5 において、阿賀野川右岸側の鹿瀬村，津川町の対岸に浸水域が確認でき，これらの記述と一致した（図-6）。

## 7. 考察

### (1) 本研究で提案する手法の有効性と技術的改良点

本研究で提案する手法は，史料に主として文章で記述された水災害の被害情報を一定の精度で空間情報化し（図-4），水災害の被害のより深い分析へ発展する可能性を持つ（図-5，図-6）。本研究においては，提案する手法の有効性検証を主な目的としたため，浸水域の推定



図-5 調査地における浸水状況図

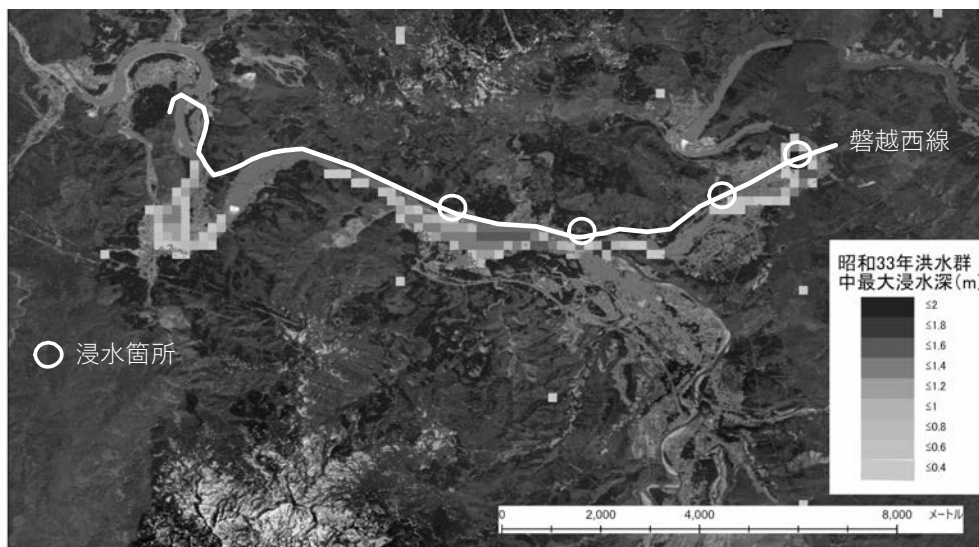


図-6 磐越西線の浸水状況

までを示したが、浸水域の推定は、水災害被害の推定に大きな可能性を持つ。例えば、GIS を用いて、推定した浸水域の情報と、調査地の居住者情報、道路情報及び産業情報等に関連づけることにより、記録的な水災害が流域社会へ与えた影響を、人命、財産及び産業等の多様な視点から検証することが可能になると考えられる。

しかし、これらの検討の実施には、より詳細な技術的検討が必要となる。例えば、本研究で提案する手法においては、河道形状・築堤状況は、現代の条件を用いたため、図-3 に示す便宜的な手法で、浸水域の推定を行った。河道に関しては、兩岸山付きと岩盤露出する阿賀野川の河道の特性<sup>14)</sup>を考慮すれば、現状河道条を用いる上で大きな問題がないかもしれない。しかし、RRI モデルの計算条件が精緻に構築され、適切なキャリブレーション・検証がされている場合、図-3 に示す便宜的な手法を用いなくとも、正確な浸水域の推定が可能となる。RRI モデルの計算環境には、多くの改良点があり今後の課題と考えているが、水工学分野の専門家の意見を参考にしながら検討が必要となる。

## (2) 本研究で提案する手法の土木史研究への貢献の可能性

本研究で提案する手法は、水工学的に多くの課題を抱えている。しかし、既往の土木史研究では取り組まれることが少なかった文献資料と水工学モデルの融合に取り組み、一定の可能性を見出した点は、新規性のある成果と考えている。この成果は、(1) 節において記述した記録的な災害が流域社会へ与えた影響の解析のような学術的な解析だけでなく、記録的な水災害時の洪水状況の再現等を通じて、記録的な水災害の経験の伝承、将来生じうる水災害リスクの情報伝達等に発展する可能性を持っている。土木史研究が得意とする歴史学的研究を通して、複数の文献資料から過去の水災害時の状況を理解し、よりわかり易い方法で流域社会へ伝達する等の応用が考えられる。

## 8. まとめ

本研究では、土木史研究の主要手法である歴史学的方法(史料解釈)等を発展させるため、近年、気候変動解析において発展が著しい、気象モデル(気象庁 55 年長期再解析データ)、降雨流出モデル、及び空間解析技術を用いた過去の洪水状況の再現手法を提案した。提案し

た方法の実用性を検証するため、新潟県阿賀野川流域における過去の洪水状況(昭和 33 年 9 月出水)の再現を試みた。

その結果、提案した手法による過去の洪水状況の再現は、史料に記録される洪水状況(浸水家屋数、鉄道路の途絶への冠水の影響等)と概略一致した。本研究で提案した手法は、歴史学的方法では再現の難しい浸水域の浸水深の空間分布を再現可能にする等、今後の土木史研究における応用性が確認された。

謝辞：本研究は、国立研究開発法人土木研究所 ICHARM 及び新潟県東蒲原郡阿賀町との研究協定の支援を受け行った。ここに改めて、阿賀町への謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 鈴木勉編著・稲垣敏行・宮本貞明・金野秀敏・岡本栄司・内山洋司・糸魚川栄一：リスク工学概論，pp.10-13，コロナ社，2009。
- 2) 新潟県：阿賀野川水系阿賀野川圏域河川整備計画，pp.1-8，2017
- 3) 新潟県阿賀町：町長の部屋  
<http://www.town.aga.niigata.jp/gyousei/about/01aisatsu/index.html> (2020 年 4 月 6 日閲覧)
- 4) 東蒲原郡史編さん委員会：東蒲原郡史，pp.435-442，北日本印刷株式会社，2012。
- 5) 東蒲原郡史編さん委員会：東蒲原郡史，pp.594-598，北日本印刷株式会社，2012。
- 6) 気象庁：JRA-55 気象庁 55 年長期再解析  
[https://jra.kishou.go.jp/JRA-55/index\\_ja.html](https://jra.kishou.go.jp/JRA-55/index_ja.html) (2020 年 4 月 6 日閲覧)
- 7) 東京大学：<https://diasjp.net/> (2020 年 4 月 6 日閲覧)
- 8) 佐山敬洋，岩見洋一：降雨流出氾濫(RRI)モデルの開発と応用，土木技術資料 56-6，pp1-4，2014。
- 9) 東蒲原郡史編さん委員会：東蒲原郡史通史編 1，発刊のことは，北日本印刷株式会社，2012。
- 10) 東蒲原郡史編さん委員会：東蒲原郡史通史編 1，水害，pp23，北日本印刷株式会社，2012。
- 11) 東蒲原郡史編さん委員会：東蒲原郡史通史編 1，災害とその対策，pp.300-307，北日本印刷株式会社，2012。
- 12) 東蒲原郡史編さん委員会：東蒲原郡史通史編 1，過疎と水害，pp.641-648，北日本印刷株式会社，2012。
- 13) 東蒲原郡史編さん委員会：東蒲原郡史資料編 7 旧市町村史編，過疎対策と災害，pp.771-773，北日本印刷株式会社，2012。
- 14) 新潟県：阿賀野川水系阿賀野川圏域河川整備計画，pp.33，2017

(2020. 4. 20 受付)