

5.1 防災・災害情報の有効活用技術に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 26～平 27

担当チーム：水災害研究グループ

研究担当者：澤野久弥,栗林大輔,大原美保

【要旨】

本研究では、地形が急峻で、かつ構造物対策に多額の費用を要する中山間地の自治体の防災担当者に対して、事前の効果的な洪水減災対策立案に資するべく、町内各地区を単位とする洪水脆弱性評価手法を開発した。具体的には、近年大きな洪水災害を経験した新潟県阿賀町を対象地域とし、まず複数の外力パターンに対して降雨流出氾濫モデルを用いた氾濫解析を実施して、町内 19 地区に対する地区ごとの最大浸水深や浸水継続時間を算出した。さらに高齢化率などの指標を考慮して、医療カルテのように各地区の洪水に対する脆弱性を一覧表の形で示す「洪水カルテ」の作成手法を提案した。また、その結果をもとに、洪水に対して脆弱な地区を「洪水ホットスポット」として特定する手法を提案するとともに、洪水に対する各地区の特性を分析し、各地区に応じた対応案を提案した。さらに、降雨流出氾濫モデルによる中山間地域でのリアルタイム氾濫予測の可能性について検討を行った。

キーワード：降雨流出氾濫モデル（RRI）モデル,阿賀野川,中山間地,洪水カルテ,洪水ホットスポット

1. はじめに

1.1 研究の背景と目的

近年日本においては、台風や前線による洪水災害が激甚化・多様化している。国土交通省は、温暖化の進行により危惧されているような極端な雨の降り方が現実起きており、明らかに雨の降り方が変化している現在の状況を「新たなステージ」と捉え、危機感を持って防災・減災対策に取り組んでいく必要性を指摘している¹⁾。

洪水災害の防止・軽減のためには、堤防やダムなどの構造物の整備だけではなく、事前および発災の直前に、過去の災害履歴や現在の降雨・水位情報、水位予測あるいは気象警報などの洪水災害に対応するための防災情報を効果的に活用し、自治体や住民による適切な減災行動につなげる必要がある。

防災情報の有効活用については、近年の洪水災害の多発を背景に、各種政府報告書や委員会において数多く言及されている。例えば「水災害分野における気候変動適応策のあり方について」答申²⁾では、各主体から見てわかりやすく、きめ細かく災害リスク情報を提示することの必要性や、単一の規模の外力だけでなく様々な規模の外力による浸水想定を提示するべきなどの提言が行われている。また、平成 27 年 9 月に発生した関東・東北豪雨による茨城県常総市などの被害を受けて出された「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」答申³⁾では、水害リスクに関する情報を自分が住ん

でいる場所等に関する情報として入手しやすくすることなど、利用者のニーズを踏まえたソフト対策の展開の必要性が指摘されている。

特に、わが国のように地形が急峻で、かつ構造物対策に多額の予算をかけられない日本の中山間地の市町村においては、次のような問題を抱えていることが多く、利用者のニーズを踏まえた防災活動における情報の有効活用が求められている。

- 市町村防災担当部局には、災害対応の経験が豊富で防災の詳しい知識を持つ防災担当者が少ない。
- 平成大合併で市域が拡大した地域の場合は、現地の状況把握により時間がかかるため、対応策の決定や優先順位付けに資する情報が速やかに入手できない。
- 中山間地を流れる河川の大半は国が管理していない区間であり、洪水予報などが行われていない区間が多く、水位の予測情報が出されていない。
- 下流域の平地に比べて降雨発生から災害発生に至る時間が短く、入手した情報を分析・発信する時間的余裕がない。
- 住民が高齢化し、避難のための時間がより多く必要である。
- 非常時には住民からの問い合わせも相次ぐため、災害対応への余裕がない。

これらの背景の下、本研究においては、洪水災害に対応

するための防災情報が乏しい中山間地市町村における事前の効果的な洪水対策立案に資するべく、地区レベルの洪水に対する危険度（以下「地区危険度」という。）を評価する手法を提案する。

具体的には、複数の外力パターンに対して降雨流出氾濫モデル（以降 RRI モデルという）による氾濫解析を実施し、地区ごとに最大浸水深や浸水継続時間を算出する。それらと地区別の高齢化率などの地区特性を考慮し、医療カルテのように、指標別・外力パターン別で地区危険度を一覧表の形で示す「洪水カルテ」の作成手法を提案する。さらにその結果をもとに、地区危険度が特に高く、注意を要する地区を「洪水ホットスポット」として特定する手法を提案する。そして、それらの「診断」結果をもとに各地区における対応案を提案する。

さらに、降雨流出氾濫モデルによる中山間地域でのリアルタイム氾濫予測の可能性について、RRI モデルによるメッシュサイズ別の計算時間を試算し、検討を行う。

1.2 従来の「洪水ハザードマップ」との違い

事前の効果的な洪水対策立案に資するものに「洪水ハザードマップ」がある。平成 27 年の水防法改正により、国、都道府県又は市町村は想定し得る最大規模の降雨・高潮に対応した浸水想定を実施し、市町村はこれに応じた避難方法等を住民等に適切に周知するためにハザードマップを作成することが必要となった。

「洪水ハザードマップ」の例としては、既に様々なタイプのものが市町村から公表されている。特に過去に洪水被害に遭った市町村では、住民に避難行動をより強く促すために、例えば『逃げ時マップ』として、想定浸水深を表示するだけでなく、地区ごと・建物の形態（木造・鉄筋コンクリート）・浸水前後それぞれに対する行動指針が明記され、住民に具体的な行動を促す内容となっているもの⁴⁾や、ホームページ上で 3 次元浸水シミュレーションが公開されているもの⁵⁾もある。しかし、各戸に配布される一般的な「洪水ハザードマップ」には、最大浸水深しか掲載されておらず、浸水の時系列の変化は表現されていない。参考文献 1)においても、住民が避難に関する心構えを持つために、現象の進行に応じた危険の切迫度を住民に伝える必要性がうたわれており¹⁾、このためには地区ごとに時系列での浸水情報（浸水開始時間、浸水域、浸水深など）を作成することが必要である。

本研究で提案する「洪水カルテ」は、5つの外力パターンを考慮し、各地区における最大浸水深だけでなく時系列の浸水の推移や継続時間、それに各地区の地域特性（高齢化率や乳幼児率）などを考慮した5つの評価軸で



図-1 阿賀野川流域概要図⁶⁾

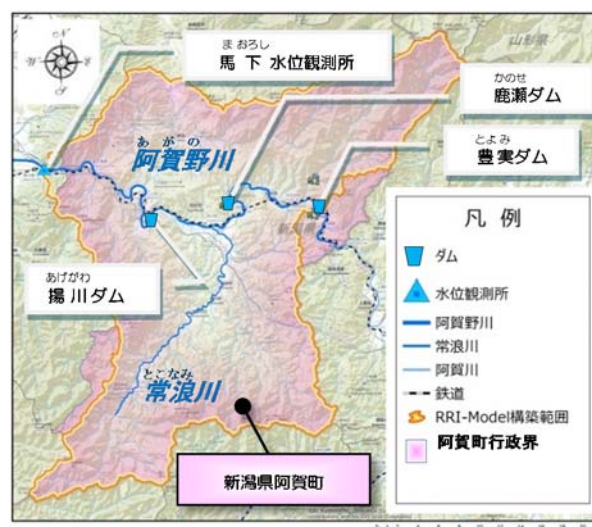


図-2 阿賀町位置図

ランク評価を行い、分かりやすい形で利用者に提供する点が特徴である。また、「洪水ホットスポット」の形で自治体における危険地区を特定できるため、自治体の防災担当者が自治体内の優先順位を付けた上で防災対策に取り組めることが出来る。このように、本研究で提案した手法は、現地の防災担当者や住民に直接活用されること

を念頭に置いて開発した点で特徴的であると考ええる。

2. 対象地域の概要と過去の洪水対応

2.1 町の概要と研究対象地域選定理由

本研究は、日本の中山間地の自治体の典型例として、新潟県東蒲原郡阿賀町を対象自治体として取り上げ、各種検討を実施する。

阿賀野川は、図-1に示すように、源を栃木・福島県境の荒海山（標高 1,580m）に発し、福島県では阿賀川と呼称される。山間部を北流し、会津盆地を貫流した後、猪苗代湖から流下する日橋川等の支川を合わせ、喜多方市山科において再び山間の狭窄部に入り、尾瀬ヶ原に水源をもつ只見川等の支川を合わせて西流し新潟県に入る。その後、五泉市馬下で越後平野に出て新潟市松浜において日本海に注ぐ、幹川流路延長 210km、流域面積 7,710km²の一級河川である⁶⁾。

阿賀町は、図-2に示すように、町の中央を阿賀野川とその支流の常浪川が流れ、その沿岸の段丘を中心に開けた山間地域である。中心部は比較的平坦であるが、周辺は急峻な山岳地帯に囲まれている。阿賀町は、平成 17 年 4 月 1 日に津川町・鹿瀬町・上川村・三川村の 4 町村合併により誕生した町であるため、面積は 952.88km²（新潟県 3 位⁷⁾）と広く、緊急時の現地確認に時間を要する。また、高齢化率は 45.6%（新潟県 1 位（新潟県平均 30.0%）⁸⁾）とかなり高く、詳細な避難計画立案が求められる。さらに、下流の馬下水位観測所（新潟県五泉市）から下流部分は、国土交通省阿賀野川河川事務所、上流の長井橋（福島県会津坂下町）から上流は国土交通省阿賀川河川事務所の所管となっているのに対し、阿賀町付近は新潟県管理区間となっている。新潟県が管理している水位観測所のデータは一般住民でも入手できるものの、「洪水予報河川」には指定されていないため、洪水予報などは行われていない。

このように阿賀町は、下記に列記する現在および今後の我が国の中山間地が抱える洪水対策の課題を総合的に有していると考えられたため、本研究の対象地として選択した。

- 中山間地に位置する洪水頻発地域である
- 高い高齢化率（新潟県内 1 位）である
- 広い市域（新潟県内 3 位）を有する
- 国が管理する区間ではないため洪水予報などが行われておらず、災害時に利用できる情報に限界がある

2.2 平成 23 年 7 月新潟・福島豪雨による洪水の概要^{9,10)}

近年阿賀町では平成 16 年、平成 23 年と洪水が発生しているが、特に平成 23 年 7 月新潟・福島豪雨による洪水は大規模なものであった。

平成 23 年 7 月 27 日から 30 日にかけて新潟県と福島県会津地方を中心に集中豪雨が襲い、阿賀町では津川観測所において、観測史上最大の雨量を記録するとともに、阿賀野川の上流域の集中豪雨が濁流となって長時間にわたり町内ダムに流入し、豊実ダム、鹿瀬ダム、揚川ダムではいずれも過去最大の流入量を記録した。この豪雨がもたらした氾濫により、特に阿賀野川流域では護岸崩壊や路肩欠損があいつぎ、避難者は最大 933 人、一般住宅 329 棟が全壊や床上浸水などの被害を受け、140 か所の農地が浸水するなど甚大な被害となった。以降の章では、この平成 23 年 7 月新潟・福島豪雨による洪水を「H23 年洪水」と表すこととする。

2.3 平成 23 年洪水に対する対応や有用な情報について～阿賀町防災担当者や区長へのヒアリング～

阿賀町における洪水脆弱地域の抽出に先立ち、2.2 で述べた近年最も大きな被害をもたらした平成 23 年洪水時における当時の状況や、それに対する自治体・区の対応、ならびに洪水対応に有用な情報について、阿賀町の防災担当者および区長にヒアリングを実施した。実施日および参加者は表-1 の通りで、ヒアリング実施状況を写真 1,2 に示す。吉津区と谷沢区はいずれも揚川ダムの下流側に位置し、H23 年洪水ではそれぞれ内水災害や外水災害が発生するなど甚大な被害を被った区である。

ヒアリング結果は、①平成 23 年洪水時の情報伝達の状況、②洪水から得られた教訓・今後の教訓、および③洪水対応に有用となる情報の 3 項目に分けて、表-2 のようにとりまとめた。

ヒアリング結果のうち、重要と考えられた事項は以下の通りであった。

[阿賀町防災担当者]

- 阿賀町への国や県からの情報提供は特になし。
- 情報の取捨選択に気を遣いすぎた。
- 避難勧告の空振りを恐れすぎた。
- 夜間に洪水が発生したことで避難に支障が生じたところが多かった（吉津区では区長の判断で、TV 電話を活用し早めに対応できた）。
- 阿賀町は面積が広く集落も点在し、近年ではゲリラ豪雨も多発しているため、特にレーダー雨量が重要。

[区長]

- 阿賀野川の水位はいったん下がったので安心してしまった。その後、上流に降った大量の雨により洪水

表-1 阿賀町ヒアリング実施概要

日時・場所	参加者
平成 27 年 8 月 6 日 (木) 13:30~15:00 阿賀町吉津区集会所	阿賀町建設課長 吉津区長、区民の皆様約 10 名 谷沢区長
平成 27 年 8 月 7 日 (金) 9:00~11:00 阿賀町役場会議室	阿賀町建設課長 阿賀町総務課防災係長 阿賀町学校教育課長 ※当時 三川支所長 阿賀町農林商工課長 ※当時 鹿瀬支所長 阿賀町農業委員会事務局長 ※当時 上川支所長



写真-1 阿賀町区長および吉津地区の住民の皆さんへのヒアリング（平成 27 年 8 月 6 日）



写真-2 阿賀町役場防災担当者へのヒアリング（平成 27 年 8 月 7 日）

が発生した。現地で降った雨による洪水ではなかったため、規模の予測も出来なかった。

- これほどの大規模な浸水被害になると想定していなかったため、自宅に待機（垂直避難）している人が多かった。

- （区の）住民は水害慣れしており、避難所等に避難せずに自宅の 2 階に避難することが当たり前になっている。急いで避難する人も少ないなど、洪水に対する切迫度がない。
- 福島県側の上流域の雨量や流量の情報は有効。そのような中、吉津区長からは以下のような回答が得られた。
- (7/29 午後) NHKテレビによる情報収集。インターネットは使用せず。
- (7/29 20時~20時半) 区民には高齢者が多く、寝る前に対応しなかったため、町が避難勧告を発令するより1時間早く、区民に対し、区長からのTV電話と消防団の巡回によって避難指示を出した。TV電話以外にも、消防団には集落を巡回するように現場で指示した。
- (7/29 21時ごろ) 地区外の集会所へ避難は円滑に完了した。
- (7/29 24時前) 避難所付近の国道から区の様子を見に行ったところ、道路の低い所はすでに冠水していた。
- (7/30) 浸水は引くことなく、一日続いた。国道から浸水する自宅を眺めていた。
- (7/31 朝) 帰宅した。

このように、H23 年洪水では過去最大の流量となった洪水への対応であったが、地区内における避難所は危険になると判断して、地区外の避難所へ早めに避難した地区もあり、避難の好事例として注目される。しかしながら、町全体としては阿賀町外の上流の大雨で夜中に発生した洪水への対応となり、町の防災担当者は東北電力以外、国や県からの情報がない中で、避難勧告の発出に逡巡していた状況が見られた。また、住民側も区によっては洪水慣れしているため、洪水に対する切迫度が低いとの回答があった。

また、洪水対応に有用な情報としては、上流部の降雨や流量の情報、特に上流も含めて降雨状況を面的に把握できるレーダー情報であることがわかった。

これらを踏まえ本研究では、レーダー雨量を入力情報として利用可能で、かつ任意地域・任意時間で浸水深を算出して地区ごとに洪水に対する切迫性を評価できる、RRI モデルを用いて様々な検討を行うこととした。

表-2 阿賀町防災担当者および区長に対するヒアリング結果（赤太字は筆者が強調）

	吉津区長	谷沢区長	阿賀町防災担当者
① 平成28年7月 洪水時における 情報伝達 の状況	<ul style="list-style-type: none"> NHK や現場の状況から区長が独自に判断し、住民に避難指示を伝達した。（情報伝達はTV 電話を利用） ※町の避難勧告より1時間早く住民に指示 TV 電話以外にも、消防団には集落を巡回するように現場で指示した。 	<ul style="list-style-type: none"> 洪水時における樋門の開閉は、区長と消防団長が判断し指示した。（消防団だけでは判断できない。） 	<ul style="list-style-type: none"> 国や県からの情報提供は特になし。 ダム放流量の情報は以下のように通知。 <ul style="list-style-type: none"> 世帯・TV 電話（部分的）。 関係区長・電話 消防団・防災行政無線（移動系） 鹿瀬支所には、東北電力から鹿瀬ダムの放流量について、1時間ごとにFAX や電話で連絡。 三川支所には、東北電力から揚川ダムの放流量について随時情報提供があった。
② 洪水から得られた教訓・今後の課題	<ul style="list-style-type: none"> H23 洪水は夜中の洪水だったので現場が見えなかった。 吉津区や谷沢区での豪雨があったわけではなかったため、洪水規模の予測ができなかった。 避難時には雨が小康状態だったが、浸水が始まった。 白川水位観測所の水位が7/29 0時に一旦下がったので、そこで安心してしまった。その後水位が上昇し、外水氾濫が発生 浸水している間（7/30）は、町からの情報ではなく、集会所から現場を直視しているだけだった。 HP 等でダムからの放流量を見ても我々にはすぐに避難の判断ができない。 川口区などでは経験上、高いところに家を建てているが、ゲリラ豪雨など想定外の雨もあり過去の経験が当てにならなくなっている。 TV 電話があったため、避難の連絡が円滑にできたので、亡くなった方はいなかった。 	<ul style="list-style-type: none"> 浸水時は2階に避難していたが、揚川ダムのゲートが全開だったため、ボートなどを使って避難するように呼びかけた。 阿賀野川と谷沢川の堤防に挟まれているため、度重なる内水被害によって住民は水害慣れしている。避難所等に避難せずに自宅の2階に避難することが当たり前になっており、急いで避難する人も少ないなど、洪水に対する切迫度がない。 揚川ダムの放流量は、TV 電話で提供されるが、その情報の活用方法について考えてもらう必要がある。 TV 電話は基本的に1階の居間に置いていることが多く、浸水すると故障する上、（有線で）固定されているので動かせず2階への避難時には（情報伝達ツールとして）機能しない。 家屋のかさ上げは、過去の水害を参考に各世帯で対策しているが、H23 洪水では対策済みの家屋すら床上浸水した。 	<p>（課題）</p> <ul style="list-style-type: none"> 三川 IC から谷沢区に向かう道路や、その逆側のあが野南区に向かう道路も冠水して谷沢区が一時孤立し、救助活動に支障をきたした H23 洪水は、今まで経験したことのない甚大な水害であったことから、地域への避難指示等の対応が遅れた。 情報の取捨選択に気を遣いすぎた。 避難勧告の空振りを恐れすぎた。空振りを恐れずに出していくことが重要であると学んだ。 五十沢区などの災害がない地区にも情報を流してしまうと、（住民の不安をあおり）問い合わせが殺到し、支所の機能がパンクしてしまう可能性があったため、情報を流さないという判断をした。 <p>（教訓）</p> <ul style="list-style-type: none"> TV 電話を活用し、阿賀野川流域のダム情報を住民に随時周知し、引き続き避難の目安としてもらうことが大事。 洪水が夜間に及ぶ場合には明るいうちに避難してもらう。 洪水以降、避難訓練など地域住民の防災意識が高まった。 今は町長の指示もあり、迷ったら情報を出すようにしている。空振りでも構わないという考え方に変わった。 孤立集落についての情報がハザードマップに記載されるとよい。（経験的には把握できているが地域住民に周知することが重要。）
③ 洪水対応に有用となる情報	<ul style="list-style-type: none"> NHK の雨の情報は参考になる。それだけでなく現場での情報は不可欠。 情報を伝えることが重要ではなく、分析した内容を区民に噛み砕いて伝えることが大事。特に地デジのデータ放送は、色々な情報が手に入るが、そこから得られる情報が多すぎる。逆にインターネットの情報はあまり見ない。 福島県側の上流域の雨量や流量の情報は有効。 	（特に言及なし）	<ul style="list-style-type: none"> 阿賀町でも避難のトリガーは地区によって異なり、津川地域は水位、鹿瀬地域や谷沢区はダム放流量で避難を判断している。 気象情報（レーダー雨量情報）や河川情報（河川流量）などの情報収集から避難判断を的確にする。 阿賀町は面積が広く集落も点在している状況で、近年ではゲリラ豪雨も多発しているため、特にレーダー雨量が重要。 新郷ダムの放流量は今後、増水するかの参考にしている。（川の防災情報から情報取得） 阿賀町内また阿賀野川上流の降雨情報（レーダー雨量分布など） 上流（福島県側）からの洪水到達時間 振り返って、一番ほしかった情報はダム放流量の予測。（町自体には雨が降っていなかったため。）

3. 降雨流出氾濫モデル（RRI モデル）について

3.1 RRI モデルの概要

本研究で用いる洪水氾濫解析には、佐山ら¹⁴⁾によって開発された、分布型流出モデルと洪水氾濫モデルを一体化した、降雨流出氾濫モデル（RRI モデル）を用いる。

RRI モデルは、図-3 に示すように、山地・平野を問わず流域全体をグリッドセルに分割し、降雨流出から洪水氾濫までを流域を一体的に解析することを目的に開発した流出・氾濫一体型解析モデルである。降雨分布や標高、土地利用などに関するデータを入力情報とし、河道流量や水位に加え、任意の氾濫原の浸水深なども出力できる。

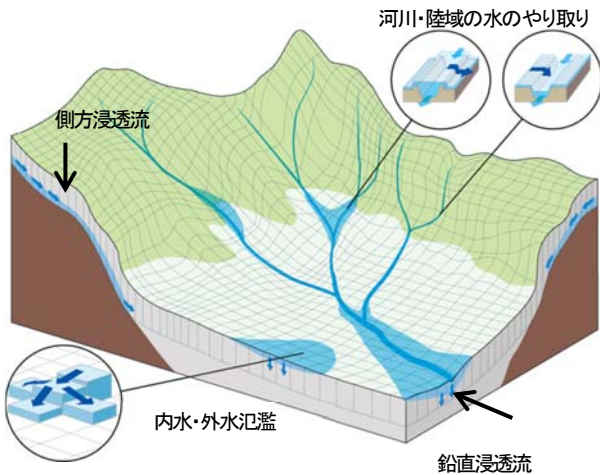


図-3 RRI モデル概念図

RRI モデルは既存のモデルや手法と比較し、以下の特徴を有する。

- 分布型流出モデルは、メッシュの流下方向を「予め」設定し、河道の流出量を加算していく。これに対し RRI モデルは、分布型モデルの発展形として、自分の浸水位と周辺の浸水位を比較しながら、「逐次」流下方向を決定し、更に河道と斜面との水交換も行う。
- 現在の洪水予測は、流出モデルによって流量を推定し、水位-流量曲線から水位変化を予測する方法が一般的であり、予測地点以外の水位の変化や氾濫の影響は把握できなかった。さらに、浸水想定区域を推定する場合は、氾濫地点からの流量を境界条件にして氾濫水の挙動を詳細に追跡する氾濫解析モデルにより検討を行うもので、リアルタイムに予測する上では計算時間に課題があった。それに対して RRI モデルは降雨流出モデル、河道追跡モデル、洪水氾濫モデルを一体的に解析することにより、広域の洪水現象を容易にかつ高速に再現できる。
- 計算終了時の状態量を出力して、それを初期状態量として読み込むことにより、逐次計算を進めることができるので、リアルタイムの洪水予測にも応用しやすい。
- モデル出力情報は Google Earth などを用いてわかりやすく可視化でき、結果を理解しやすい。
- RRI モデルは、計算の迅速性に主眼を置いているため、氾濫解析は二次元拡散波近似式を使用し、二次元不定流ほど厳密には解いていない。

3.2 阿賀町を対象とした RRI モデルの構築

本研究における RRI モデルの対象範囲は、図-2 の橙色の枠線が示す、上流端を豊実ダム、下流端を馬下水位観測所とした、阿賀町全域を含む範囲である。対象範囲の面積

表-2 モデル構築・検証に使用したデータと入手先

データ種類	入手先
過去洪水時(平成16年、23年)の降雨データ	水水文質データベース
過去洪水時(平成16年、23年)の水位・流量・ダム放流量データ	国土交通省、新潟県、東北電力
河道断面データ	
阿賀野川(新潟県管理区間)	新潟県
常浪川	新潟県
地形データ	基盤地図情報 数値標高モデル(国土地理院)
実績氾濫域データ	新潟県

表-3 本研究で用いる RRI モデルの係数諸元

パラメータ		値	単位
河道粗度係数	本川(阿賀野川)	0.035 (津川漕艇場範囲のみ 0.030)	$m^{1/3}s$
	支川(常浪川)	0.030	$m^{1/3}s$
斜面定数	土壌層厚	斜面	1 m
		平地	1 m
	飽和透水係数	斜面	0.3 m/s
		平地	- -
	空隙率	斜面	0.475 -
		平地	0.475 -
	等価粗度	斜面	0.7 $m^{1/3}s$
		平地	0.3 $m^{1/3}s$
Green-Ampt の鉛直透水係数	斜面	0 m/s	
	平地	1.67×10^{-7} m/s	
Green-Ampt の変数 Sf	斜面	0 -	
	平地	0.3163 m	

は約 950km²である。RRI モデルの係数決定においては、河道水位と浸水実績の再現性の検討を実施した。また、後述するメッシュサイズによるモデル計算時間の違いの確認のため、500m・250m・100m・50mの4つのメッシュサイズで検討を行った。モデルのキャリブレーションに用いた洪水イベントは、2.2 で述べた、近年で最大の被害を引き起こした平成23年洪水および平成16年に発生した洪水とし、モデル構築および検証において表-2 に挙げる各種データを入手した。モデルのキャリブレーション

の結果、本研究で用いた RRI モデルの係数諸元を表-3 に示す。

なお、H23年7月洪水時における、町内の3つの電力ダム（豊実ダム・鹿瀬ダム・揚川ダム）へのそれぞれの流入量と放流量を確認した結果、同じであった（洪水調整は行っていない）ため、モデル上はこれら3つのダムは、貯留機能を有しないダムとして「放流量=流入量」とみなしている。

3.3 H23 洪水の再現結果

3.2 で上述した、4つのメッシュサイズで検討した結果、いずれも同じ定数の値で概ね同様の再現結果となることを確認した。メッシュサイズ 250m の RRI モデルによる流量の再現結果を図-4、氾濫域の再現結果を図-5 に示す。図-4 は、流域内に存在する揚川ダムからの実績放流量（下図青線）と計算放流量（下図赤線）の比較であるが、モデルの精度を評価する Nash-Sutcliffe 係数は 0.98 となり、流量モデルとしてのモデルの適合度は高い。また図-5 からは、赤斜線で表される実際の氾濫域とモデルによる氾濫域はおおむね合致することがわかる。特に揚川ダムより下流部分では深い浸水深が再現されており、被害が大きかった地域と合致している。

さらに、氾濫のタイミングについても町の災害記録⁹⁾を用いて、町内の代表地区での実際の浸水開始時刻とモデルでの浸水開始時刻を比較して、時系列での氾濫再現性について検証した。メッシュの地盤高にはメッシュ内の平均地盤高を用い、異なる空間解像度（250m メッシュと 100m メッシュ）で比較計算した。比較の一例を図-6 に示す。白崎区における計算結果は、250m メッシュも 100m メッシュも概ね同等なハイドロの結果ではあるものの、災害記録での浸水開始時刻（7月29日 22:05）に対し、100m メッシュでは浸水が

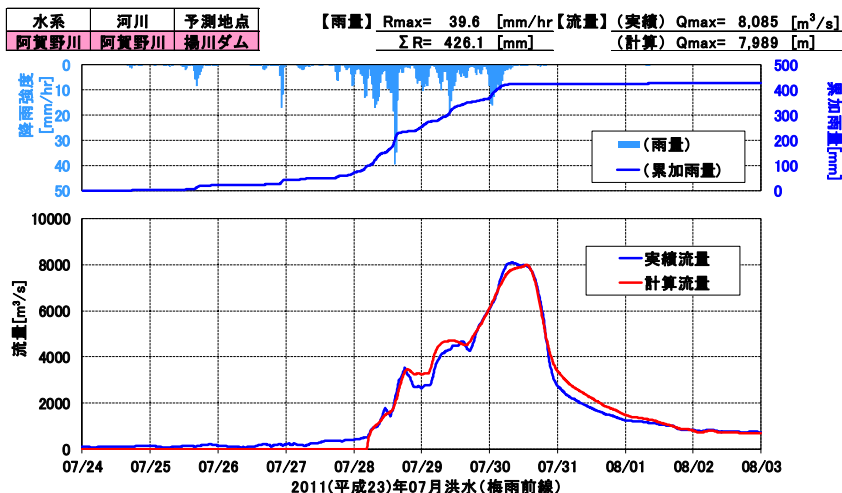


図-4 揚川ダムからの放流量再現結果

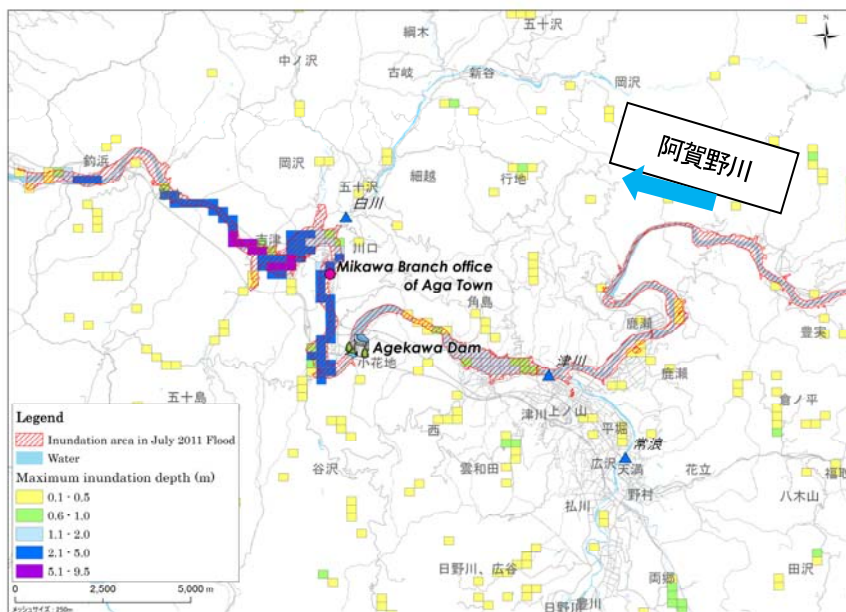


図-5 RRI モデルによる H23 年洪水氾濫域再現結果

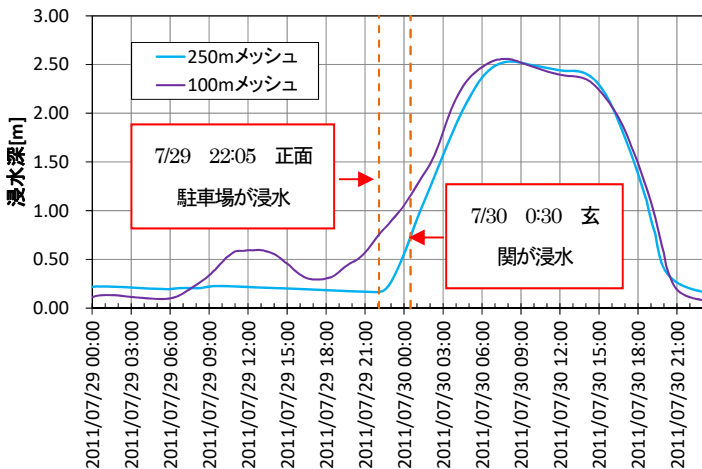


図-6 阿賀町役場 三川支所（白崎区）における計算水位ハイドログラフ（100m、250m メッシュ）

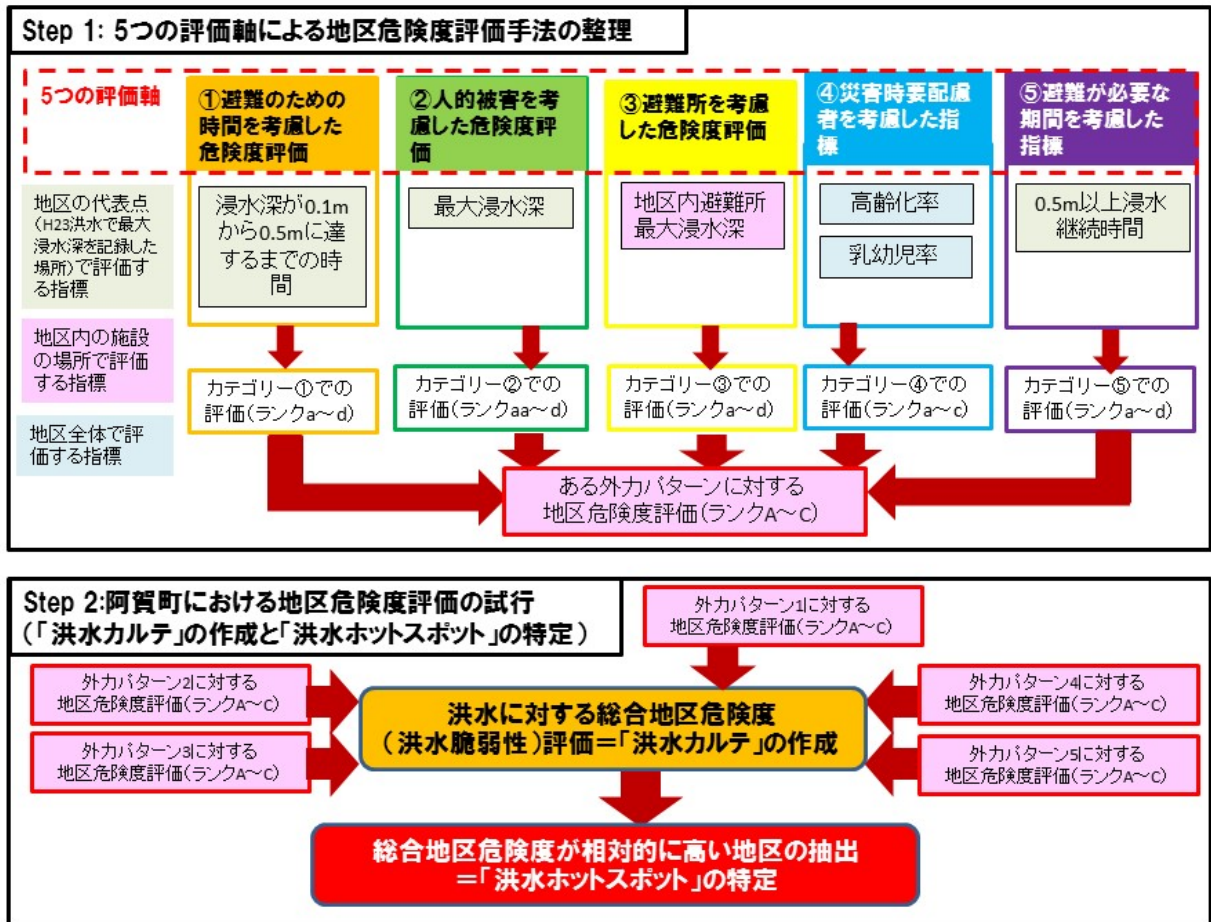


図-7 洪水に対する地区危険度の評価手法検討フロー図

開始しているが、250mメッシュではこれから浸水が開始と、細かな違いがみられる。当該地区より下流の馬下水位観測所では、実績水位と計算水位の時間的なずれは見られなかったため、この開始時間の違いは、対象地区において250mメッシュと100mメッシュで表現できる空間解像度の違いによるものと考えられる。

このように、浸水開始時刻について、空間解像度の限界から厳密な浸水開始時刻は異なるものの、浸水の発生の可能性としては同等な判断ができるものであり、モデルとしては概ね妥当なものであると判断した¹²⁾。以降本研究においては、地域の氾濫状況をより詳細に確認するためと氾濫解析に要する時間を考慮し、メッシュサイズ100mでのモデルを用いて各種検討を行う。

4. 各地区の洪水脆弱性 (洪水に対する地区危険度) の評価手法

4.1 評価方法の検討フロー

図-7に、本研究で提案する地区危険度評価手法の検討フロー図を示す。

RRIモデルでは、3.1で述べたように、入力降雨・流量に対して対象範囲の任意メッシュにおける浸水深や浸水継続時間を算出できる。本研究においては、まずステップ1として、RRIモデルで算出される各種数値を用いた、後述の5つの評価軸による地区危険度評価手法を整理し提案する。ステップ2として、ステップ1で提案した手法を阿賀町に適用し、後述の複数の外力パターンに対する地区危険度評価手法を試行して、「洪水カルテ」の作成および「洪水ホットスポット」の抽出を行う。結果は阿賀町防災担当者と共有し、適用性について議論する。

本研究で提案するこの地区危険度評価手法では、その地区がどのような種類の洪水に対してどのような特性を有するのか、あるいは脆弱なのかを明らかにすることが出来るため、洪水危険度診断の意味を込めて「洪水カルテ」という名称を用いている。さらに全地区の総合危険度を比較し、相対的に危険度が高い地区を「洪水ホットスポット」として特定する。すなわち、「洪水カルテ」によってさまざまな種類の洪水に対する各地区の特性を明らかにし、「洪水ホットスポット」によって、自治体内における洪水

表-4 対象範囲の流域平均雨量と北陸地域最大降雨量の比較

①RRI範囲平均雨量(馬下上流)

	1時間最大	2時間最大	3時間最大	6時間最大	12時間最大	24時間最大	48時間最大	72時間最大	総雨量
H23.7出水	34.2	57.0	70.3	87.0	152.0	191.2	321.6	369.3	400.7

②北陸地域最大降雨量

	1時間		2時間		3時間		6時間		12時間		24時間		48時間		72時間		
面積	734	994	745	994	733	977	733	977	737	983	737	983	738	984	738	984	
雨量	80	72	131	119	166	157	244	234	347	325	540	511	696	666	754	722	
904.7 km ² 相当雨量	74.7		123.3		159.7		237.0		332.0		520.2		675.7		732.3		
①との比率	2.19		2.16		2.27		2.73		2.18		2.72		2.10		1.98		平均倍率 2.29

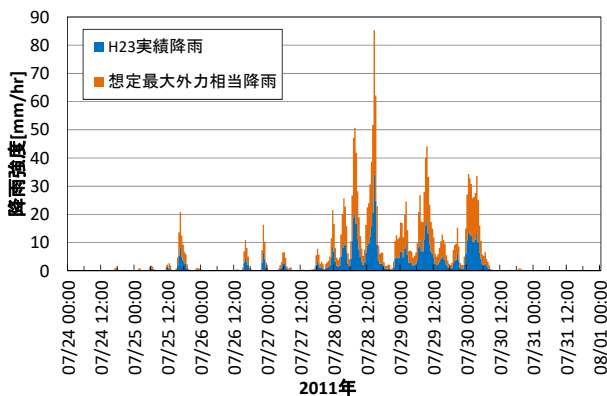
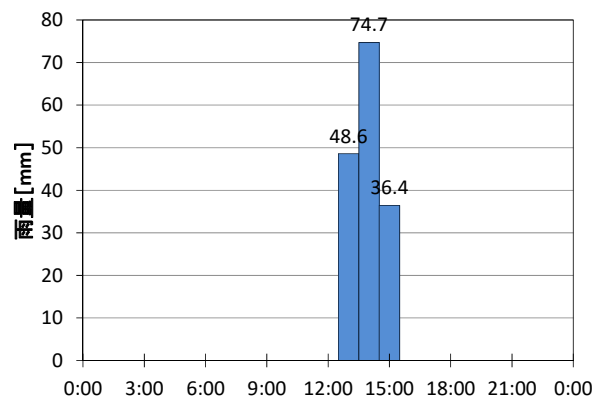
図-8 H23年実績降雨と想定最大外力相当降雨(引延ばし降雨)の
ハイトグラフの比較

図-9 作成したゲリラ豪雨のハイトグラフ

脆弱地区を特定するという二段構えで洪水脆弱性を評価することとする。

4.2 5つの外力パターンを設定

地区危険度を検討するために、阿賀町における「降雨」と阿賀野川における「流量」を組み合わせ合わせた複数の外力パターンを以下のように設定した。

まず、阿賀町における「降雨」として、

- ① 過去に経験した洪水規模の降雨
- ② 今後想定される最大規模の降雨
- ③ 近年発生頻度が高いゲリラ豪雨規模の降雨

の3パターンを設定した。

①については、近年で最大の被害を出したH23年洪水時の外力規模とした。これは5年前のイベントで、現地の方々が経験済みであるため、シミュレーション結果を理解および評価しやすいという観点から設定した。

②については、洪水災害に対する国土交通省等の近年の対応や動向等(例えば平成27年1月「新たなステージに対応した防災・減災のあり方」¹⁾や平成27年5月水防法改正)を踏まえ、再現期間に対応する降雨外力ではなく、地域ごとの過去の大規模な降雨量を踏まえて設

定された「想定最大外力相当降雨」を外力として用いた。「想定最大外力相当降雨」については、国土交通省マニュアル¹³⁾を参考に、RRI範囲の流域平均雨量と北陸地域の最大降雨量の比較を行った(表-4)。北陸地域最大降雨量については、時間毎に引き延ばし倍率は異なるものの、2.1~2.7倍程度であり、1, 2, 3, 6, 12, 24, 48, 72時間の平均で2.29倍となった。

これらより引き延ばし倍率としては、想定最大外力をやや超える値となるが、将来における気候変動による降雨増大を見込み、一律2.5倍となるよう設定した。

図-8に「H23年洪水時の実績降雨」と「想定最大外力相当降雨」それぞれのハイトグラフを示す。

③については、ゲリラ豪雨の降雨継続時間を、近年の各地の洪水発生状況を踏まえて「3時間」と想定した上で、まず国土交通省マニュアル¹³⁾に記載されている地域ごとの最大降雨量の時間ごとの値を、本研究での対象規模(約950km²)で按分し、3時間最大雨量を159.7mm、2時間最大雨量を123.3mm、1時間最大雨量を74.7mmとそれぞれ算出した。さらに、ピーク1時間の雨量を74.7mmとし、その前1時間雨量を123.3・74.7=48.6mm、その後

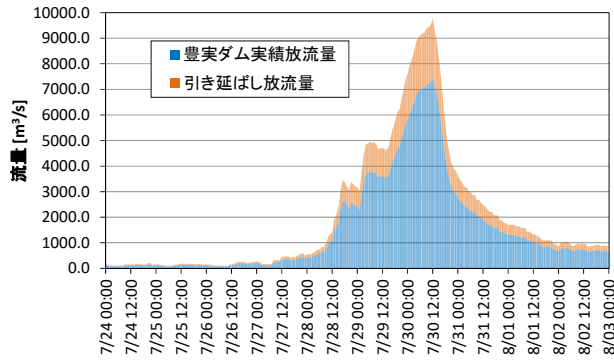


図-10 H23 洪水時の豊実ダムの実績放流量と「河川整備基本方針引き延ばし放流量」の比較

1 時間雨量を $159.7-123.3=36.4\text{mm}$ としたハイレートグラフを作成した。なお、H23 年洪水時における実績の最大 1 時間降雨量は約 34mm であり、マニュアルでの 1 時間最大雨量の約半分程度となっている。図-9 にゲリラ豪雨のハイレートグラフを示す。ピーク値は想定最大外力相当降雨に近い値であるが、降雨の空間分布は、H23 年洪水に準じる①・②と異なり、対象域全域に一律で図-9 の雨量を与えている。

また、阿賀野川における流量としては、

- A. 過去に経験した洪水規模の流量
 - B. 阿賀野川河川整備基本方針での規模に対応する流量
- の 2 パターンを設定した。

A については、降雨と同様に近年で最大の被害を出した H23 年洪水時の外力規模とした。B については、本研究で設定したモデル範囲の最上流端（豊実ダム）のさらに上流における想定最大外力相当降雨を考慮した流量を設定することを考えた。しかし、上流域でのダム操作や氾濫を鑑みると、どの程度の流量を見込むべきか不明であったため、現在計画されている最大の流量である、阿賀野川の河川整備基本方針⁶⁾での規模に対応する流量まで、豊実ダムの放流量を引延ばすこととした。すなわち、H23 年洪水時の馬下観測所での実績最大流量 ($9,948\text{m}^3/\text{s}$) と、阿賀野川の河川整備基本方針に定められている馬下観測所での流量 ($13,000\text{m}^3/\text{s}$) との比率で、豊実ダムの H23 年洪水時の実績放流量 (最大 $7,470\text{m}^3/\text{s}$) を引延ばした。この結果、最大 $9,762\text{m}^3/\text{s}$ を引延ばし放流量とした。図-10 に H23 洪水時の豊実ダムの実績放流量と「河川整備基本方針規模引き延ばし放流量」を示す。なお、ゲリラ豪雨時の豊実ダム放流量は、馬下水位観測所における平成 25 年の平水流量 ($358.6\text{m}^3/\text{s}$) を与えた。

以上より、外力パターンとして、表-5 に示すように計 5 パターンを設定した。これらの外力パターンをそれぞれ

表-5 5つの外力パターン

豊実ダム 放流量	降雨	H23 実績 降雨	想定最大外力 相当降雨	ゲリラ 豪雨
H23 実績放流量 (約 $7,500\text{m}^3/\text{s}$)	○ パターン 1	○ パターン 2		
河川整備基本 方針引き延ばし流 量 (約 $9,800\text{m}^3/\text{s}$)	○ パターン 3	○ パターン 4		
平常時流量 (約 $360\text{m}^3/\text{s}$)				○ パターン 5



図-11 評価対象とした 19 地区の位置図

れ RRI モデルに入力して流出・氾濫計算を行い、後述の各小地区やその代表点における浸水特性（浸水深や浸水継続時間）を把握した。

4.3 対象となる地区の抽出と代表点の選定

阿賀町には行政区が約 100 存在するが、過去の洪水実績を参考に、今後も洪水の可能性があると考えられる範囲を抽出した。まずゼンリン住宅地図¹⁵⁾を基に阿賀町内の行政区分図を作成した。さらに、作成した行政区より、H23 年洪水浸水実績図¹⁶⁾や地形図¹⁷⁾などを参考にした結果、下記 19 行政区の平野部のうち、図-11 において細青線で囲まれる範囲を評価対象地域とすることとした。

岡沢, 角島, 岩谷, 吉津, あが野南, あが野北, 鹿瀬, 向鹿瀬, 京ノ瀬, 五十島, 黒岩, 小花地, 西, 赤岩, 川口, 大牧, 谷沢, 津川, 白崎

また、地区のリスクを危険側で評価するよう、地区内の代表点については、地区の中で H23 年洪水の再現計算による浸水深が最も大きいメッシュを代表点とした。

なお、地区ごとに洪水リスクを評価するという本研究の性格上、研究結果の公表については慎重を期す必要がある。阿賀町防災担当者との協議の結果、以下の章においてはこれら 19 地区を順不同に地区 A~S と表記するこ

表-6 地区危険度評価における5つの評価軸と閾値

評価軸	指標	ランク(配点)	閾値	根拠			
①避難のための時間を考慮した危険度評価	地区内代表点の浸水深が0.1mから0.5mに達するまでの時間	d (0点)	(0.5mに達しない場合)	阿賀町防災担当者ヒアリング			
		c (1点)	6時間以上				
		b (2点)	3時間以上6時間未満				
		a (3点)	3時間未満				
②人的被害を考慮した危険度評価	地区内代表点の最大浸水深	d (0点)	0.1m未満	国土交通省マニュアル			
		c (1点)	0.1m以上0.5m未満				
		b (2点)	0.5m以上1.7m未満				
		a (3点)	1.7m以上3.2m未満				
		aa (4点)	3.2m以上				
③避難所を考慮した危険度評価	地区内の避難所の最大浸水深	d (0点)	0.1m未満	国土交通省マニュアル			
		c (1点)	0.1m以上0.3m未満				
		b (2点)	0.3m以上0.5m未満				
		a (3点)	0.5m以上				
④災害時要配慮者を考慮した危険度評価	地区内の乳幼児率と高齢化率(クロス評価)	乳幼児率	高齢化率			地区の実数値を参考に、地区間相对比较が可能のように設定	
			~6%	c(1点)	b(2点)		a(3点)
			6%~	b(2点)	a(3点)		
			~43.5%	43.6%~47.5%	47.6%~		
⑤避難が必要な期間を考慮した危険度評価	地区内代表点の0.5m以上浸水継続時間	d (0点)	0.1日未満			RRIモデルでの計算結果を参考に、地区間相对比较が可能のように設定	
		c (1点)	0.1日以上~0.5日未満				
		b (2点)	0.5日以上~1.0日未満				
		a (3点)	1.0日以上				

ととする。

4.4 地区危険度評価における5つの評価軸

4.3で抽出した各地区に対し、表-6が示す5つの評価軸と指標で評価を行う。指標にはそれぞれ閾値が設定され、ランクa~dで評価される(評価軸②のみランクaaを設けている)。いずれの指標でもランクaになるほど危険と評価される。

以下それぞれの評価軸について説明する。

4.4.1 避難のための時間を考慮した危険度評価

避難の切迫度から見た評価軸で、指標としてはRRIモデルによる「地区内代表点の浸水深が0.1mから0.5mに達するまでの時間」を採用する。浸水深の閾値は、国土交通省マニュアル¹⁸⁾において、水深が0.5mを超えると徒歩による移動が困難になったり、床上浸水が発生するとされていることから、0.5mを設定する。なお、RRIモデルではモデルの都合上、降雨と同時に浸水が発生する可能性があり、この影響を回避するため、本研究では0.1m以上を浸水と定義する。また時間の閾値は、2.3で述べた阿賀町防災担当者に対して行ったヒアリングの結果、「3時間あれば現地での対応は可能」との回答から、3時間とその倍の6時間を設定する。

4.4.2 人的被害を考慮した危険度評価

屋内滞在の危険度から見た評価軸で、指標としてはRRIモデルによる「地区内代表点の最大浸水深」を採用する。国土交通省マニュアル¹⁸⁾における浸水による想定

死者数の考え方では、65歳以上の場合は住宅・建物の最上階の居住階まで避難し、65歳未満はさらに屋根等の上に避難することを想定している。本研究においては、危険側の想定として、平屋住居に居住している65歳以上の高齢者を想定し、以下のように人的被害を考慮した危険度評価の閾値を設定した。

まず、1階および2階の床高はマニュアルに基づき0.5mと2.7mと設定した。さらにマニュアルでは浸水深が1.2mまでを死亡率が低い「安全水位帯」と設定しているため、本研究での閾値としては、0.5m、1階での安全水位帯となる1.7m(=0.5+1.2)、および1階部分が水没する3.2m(=0.5+2.7)の3つを設定する。なお、4.4.1と同じ理由で浸水深が0.1m未満は浸水とみなさないこととする。

4.4.3 避難所を考慮した危険度評価

避難所の利用可能性から見た評価軸で、指標としてはRRIモデルによる「地区内の避難所における最大浸水深」を採用する。閾値としては、1階が浸水すると避難所としては機能が著しく低下することが想定されるため、国土交通省マニュアル¹⁸⁾から、避難所への車両移動が難しくなる水位として0.3m、1階の床高として設定されている0.5mを設定する。なお、4.4.1と同じ理由で浸水深が0.1m未満は浸水とみなさないこととする。

4.4.4 災害時要配慮者を考慮した危険度評価

要配慮者にかかる負担から見た評価軸である。要配慮者としては、乳幼児や高齢者を想定した(障がい者は対象

とせず)阿賀町における平均高齢化率は45.6%であることや、乳幼児率は地区により1%~8%であることなどを考慮し、地区間の相対比較を可能とするため、高齢者率の閾値は平均値を挟むように43.6%と47.6%、乳幼児率の閾値を6%とし、それぞれをクロス評価する。

4.4.5 避難が必要な期間を考慮した危険度評価

国土交通省マニュアル¹⁸⁾では、徒歩での避難が困難となる浸水深として0.5mが設定され、さらに3日以上孤立すると飲料水や食料等が不足し健康障害の発生や最悪の場合は生命の危険が生ずる恐れがあるとされる。この観点からは、「3日」を閾値として設定することも考えられるが、RRIモデルでの各地区・各パターンでの氾濫解析の結果、0.5m以上の浸水が3日以上継続するケースは見られなかったため(最大2.5日、平均0.5日)、閾値としては地区間の相対比較を可能とするため、0.1日と0.5日と1.0日とする。

なお、以下の章では、それぞれの評価軸を「①避難のための時間」「②人的被害」「③避難所」「④災害時要配慮者」「⑤避難が必要な期間」と略記する。

4.5 「洪水カルテ」による地区危険度評価とそれを用いた危険軽減策の検討

各評価軸の指標を表6の閾値に応じてランクaa~dで評価して得点化し、それらを外力パターンごとに合計して、外力パターンごとの地区危険度をA,B,Cで評価する。

各ランクに対する配点については様々な考え方があると思われるが、本研究では簡潔に、ランクaaを4点、ランクaを3点、ランクbを2点、ランクcを1点、ランクdを0点として合計した。また、各外力パターンの合計値のランク分けについても簡潔に、10点以上をA評価、5点以下をC評価、その間(6点以上9点以下)をB評価とした。合計点が高いと、より洪水に対して危険(脆弱)であることを意味する。この「洪水カルテ」によって、各外力パターンあるいは各評価軸における地区ごとの危険性が診断できるとともに、危険を軽減するための対策を以下のように検討することができる。

例えば評価軸①の評価が低い地区は、地区の地形特性として浸水上昇速度が速いため、迅速な避難が求められると考えられる。また、評価軸②の評価が低い地区は、地形特性として浸水深が深くなる傾向であるため、垂直避難では危険となる可能性が考えられ、早急に安全な高所などへの水平避難または屋外避難が必要と考えられる。評価軸③の評価が低い地区は、避難所が利用不可となる可能性が高いため、避難所の変更が必要となる可能性もある。評価軸④の評価が低い地区は、要配慮者の支援計画を

綿密に立てておく必要がある。そして、評価軸⑤の評価が低い地区は避難期間が長くなる可能性が高いため、食糧や生活物資の備蓄が必要となると考えられる。このように、「洪水カルテ」の作成によって、各地区でどのような洪水被害軽減策を採るべきか方向性を明確にすることができる利点がある。

4.6 自治体における「洪水ホットスポット」の特定

4.5で算出した5つの外力パターンごとの総合評価をさらに統合し、最終的な地区危険度の評価を行う。ここでは、4.5で算出したパターンごとの合計値をさらに全パターンで合計し、合計値が40点以上の地区をA評価、30点以上39点以下の地区をB評価、29点以下の地区をC評価とする。本研究では、A評価の地区を、洪水に対する危険度が高い「洪水ホットスポット」として定義する。

5. 阿賀町における地区危険度評価結果

5.1 「洪水カルテ」の作成結果

前章の手法を用いて阿賀町の19地区を対象に、洪水カルテを作成した。各評価軸の指標値と評価結果を含む19地区の洪水カルテ一覧表を表7に示す。

例えば、地区Pにおいてはパターン1(H23年洪水相当)ではC評価、パターン4(想定最大外力相当降雨+引延ばし放流量)ではA評価、パターン5(ゲリラ豪雨)ではC評価であった。地区PではH23年洪水による浸水実績はなかったが、パターン4ではA評価と判定されたため、H23年洪水を上回る規模の豪雨では洪水となる危険性が潜在している。また、パターン5では平常流量の状態で流域全域に多量の降水量を短時間(3時間)に与えているため、内水氾濫の発生可能性が高いが、パターン5ではC評価であるため、パターン4での発生可能性が高い外水氾濫への対策を充実させることが重要である。このように洪水カルテの作成と分析により、事前の効果的な洪水対策立案が可能となる。

なおH23年洪水後に、被害が大きかった地区(19地区の内、岡沢、岩谷、白崎、吉津、川口の5地区(地区C,E,F,O,S(順不同)に相当))については、H23年洪水規模の洪水に対応できるように新潟県により堤防建設が行われたが¹⁰⁾、本検討では地形データにそれらの堤防が既に反映されている。このため、H23年洪水で大きな被害を受けたこれらの地区に対する外力パターン1での評価は、過去の実際の被害と比較すると過小評価となっている地区もあることに留意する必要がある。

5.2 「洪水ホットスポット」の特定結果

5.1で作成した「洪水カルテ」一覧表で、最右欄には各

表-7 19 地区における「洪水カルテ」作成結果

	A評価	B評価	C評価
パターン別合計点	10点以上	9~6点	5点以下
総合評価	40点以上	39~30点	29点以下

	外カパターン	パターン1			パターン2			パターン3			パターン4			パターン5			総合評価
		評価指標 (単位)	各指標値	ランク	得点	各指標値	ランク	得点	各指標値	ランク	得点	各指標値	ランク	得点	各指標値	ランク	
地区A	①避難のための時間	時間	14.33	c	1	4.67	b	2	14.33	c	1	4.67	b	2	0.67	a	3
	②人的被害	m	0.74	b	2	1.33	b	2	0.74	b	2	1.33	b	2	1.00	b	2
	③避難所	m	0.74	a	3	1.33	a	3	0.74	a	3	1.33	a	3	1.00	a	3
	④災害時要配慮者	-	-	b	2	-	b	2	-	b	2	-	b	2	-	b	2
	⑤避難期間	日	0.10	c	1	0.24	c	1	0.10	c	1	0.24	c	1	0.15	c	1
	パターン別合計点			9		10		9		10		10		11			49
地区B	①避難のための時間	時間	-	d	0	-	d	0	-	d	0	-	d	0	-	d	0
	②人的被害	m	0.02	d	0	0.03	d	0	0.02	d	0	0.03	d	0	0.02	d	0
	③避難所	m	0.01	d	0	0.02	d	0	0.01	d	0	0.02	d	0	0.01	d	0
	④災害時要配慮者	-	-	b	2	-	b	2	-	b	2	-	b	2	-	b	2
	⑤避難期間	日	0.00	d	0	0.00	d	0	0.00	d	0	0.00	d	0	0.00	d	0
	パターン別合計点			2		2		2		2		2		2			10
地区C	①避難のための時間	時間	-	d	0	-	d	0	-	d	0	-	d	0	-	d	0
	②人的被害	m	0.11	c	1	0.36	c	1	0.11	c	1	0.36	c	1	0.21	c	1
	③避難所	m	0.52	a	3	1.85	a	3	0.52	a	3	1.86	a	3	1.02	a	3
	④災害時要配慮者	-	-	c	1	-	c	1	-	c	1	-	c	1	-	c	1
	⑤避難期間	日	0.00	d	0	0.00	d	0	0.00	d	0	0.00	d	0	0.00	d	0
	パターン別合計点			5		5		5		5		5		5			25
地区D	①避難のための時間	時間	2.50	a	3	3.17	b	2	3.00	b	2	7.17	c	1	-	d	0
	②人的被害	m	0.76	b	2	1.78	a	3	2.05	a	3	3.03	a	3	0.08	d	0
	③避難所	m	-	d	0	0.21	c	1	0.09	d	0	0.21	c	1	0.13	c	1
	④災害時要配慮者	-	-	b	2	-	b	2	-	b	2	-	b	2	-	b	2
	⑤避難期間	日	0.43	c	1	0.56	b	2	0.76	b	2	0.88	b	2	0.00	d	0
	パターン別合計点			8		10		9		9		9		3			39
地区E	①避難のための時間	時間	-	d	0	-	d	0	-	d	0	-	d	0	-	d	0
	②人的被害	m	0.06	d	0	0.13	c	1	0.06	d	0	0.13	c	1	0.10	c	1
	③避難所	m	0.06	d	0	0.13	c	1	0.06	d	0	0.13	c	1	0.10	c	1
	④災害時要配慮者	-	-	c	1	-	c	1	-	c	1	-	c	1	-	c	1
	⑤避難期間	日	0.00	d	0	0.00	d	0	0.00	d	0	0.00	d	0	0.00	d	0
	パターン別合計点			1		3		1		3		1		3			10
地区F	①避難のための時間	時間	-	d	0	11.00	c	1	44.67	c	1	10.83	c	1	-	d	0
	②人的被害	m	0.43	c	1	4.53	aa	4	4.41	aa	4	5.90	aa	4	0.29	c	1
	③避難所	m	0.40	b	2	4.48	a	3	4.36	a	3	5.72	a	3	0.28	c	1
	④災害時要配慮者	-	-	c	1	-	c	1	-	c	1	-	c	1	-	c	1
	⑤避難期間	日	0.00	d	0	1.64	a	3	0.90	b	2	2.55	a	3	0.00	d	0
	パターン別合計点			4		12		11		12		12		3			42
地区G	①避難のための時間	時間	-	d	0	-	d	0	-	d	0	-	d	0	-	d	0
	②人的被害	m	0.17	c	1	0.34	c	1	0.17	c	1	0.34	c	1	0.21	c	1
	③避難所	m	0.02	d	0	0.04	d	0	0.02	d	0	0.04	d	0	0.03	d	0
	④災害時要配慮者	-	-	b	2	-	b	2	-	b	2	-	b	2	-	b	2
	⑤避難期間	日	0.00	d	0	0.00	d	0	0.00	d	0	0.00	d	0	0.00	d	0
	パターン別合計点			3		3		3		3		3		3			15
地区H	①避難のための時間	時間	14.67	c	1	7.67	c	1	14.67	c	1	7.67	c	1	1.17	a	3
	②人的被害	m	0.54	b	2	2.10	a	3	0.54	b	2	2.10	a	3	1.00	b	2
	③避難所	m	0.05	d	0	0.09	d	0	0.05	d	0	0.09	d	0	0.06	d	0
	④災害時要配慮者	-	-	c	1	-	c	1	-	c	1	-	c	1	-	c	1
	⑤避難期間	日	0.06	d	0	0.55	b	2	0.06	d	0	0.55	b	2	0.18	c	1
	パターン別合計点			4		7		4		7		7		7			29
地区I	①避難のための時間	時間	-	d	0	8.00	c	1	-	d	0	8.00	c	1	1.67	a	3
	②人的被害	m	0.40	c	1	0.67	b	2	0.40	c	1	0.67	b	2	0.54	b	2
	③避難所	m	0.01	d	0	0.07	d	0	0.03	d	0	0.07	d	0	0.07	d	0
	④災害時要配慮者	-	-	b	2	-	b	2	-	b	2	-	b	2	-	b	2
	⑤避難期間	日	0.00	d	0	0.16	c	1	0.00	d	0	0.16	c	1	0.06	c	1
	パターン別合計点			3		6		3		5		8		8			25
地区J	①避難のための時間	時間	-	d	0	-	d	0	-	d	0	-	d	0	-	d	0
	②人的被害	m	0.04	d	0	0.08	d	0	0.04	d	0	0.08	d	0	0.04	d	0
	③避難所	m	0.03	d	0	0.06	d	0	0.03	d	0	0.06	d	0	0.03	d	0
	④災害時要配慮者	-	-	c	1	-	c	1	-	c	1	-	c	1	-	c	1
	⑤避難期間	日	0.00	d	0	0.00	d	0	0.00	d	0	0.00	d	0	0.00	d	0
	パターン別合計点			1		1		1		1		1		1			5
地区K	①避難のための時間	時間	-	d	0	12.17	c	1	-	d	0	12.17	c	1	-	d	0
	②人的被害	m	0.33	c	1	0.63	b	2	0.33	c	1	0.63	b	2	0.42	c	1
	③避難所	m	0.06	d	0	0.34	b	2	0.13	c	1	0.34	b	2	0.25	c	1
	④災害時要配慮者	-	-	a	3	-	a	3	-	a	3	-	a	3	-	a	3
	⑤避難期間	日	0.00	d	0	0.11	c	1	0.00	d	0	0.11	c	1	0.00	d	0
	パターン別合計点			4		9		5		9		9		5			32
地区L	①避難のための時間	時間	-	d	0	-	d	0	-	d	0	2.50	a	3	-	d	0
	②人的被害	m	0.09	d	0	0.16	c	1	0.17	c	1	0.63	b	2	0.12	c	1
	③避難所	m	0.09	d	0	0.16	c	1	0.17	c	1	0.63	a	3	0.12	c	1
	④災害時要配慮者	-	-	a	3	-	a	3	-	a	3	-	a	3	-	a	3
	⑤避難期間	日	0.00	d	0	0.00	d	0	0.00	d	0	0.13	c	1	0.00	d	0
	パターン別合計点			3		5		5		12		12		5			30
地区M	①避難のための時間	時間	-	d	0	-	d	0	-	d	0	-	d	0	-	d	0
	②人的被害	m	0.19	c	1	0.37	c	1	0.19	c	1	0.37	c	1	0.17	c	1
	③避難所	m	0.03	d	0	0.06	d	0	0.03	d	0	0.06	d	0	0.03	d	0
	④災害時要配慮者	-	-	b	2	-	b	2	-	b	2	-	b	2	-	b	2
	⑤避難期間	日	0.00	d	0	0.00	d	0	0.00	d	0	0.00	d	0	0.00	d	0
	パターン別合計点			3		3		3		3		3		3			15
地区N	①避難のための時間	時間	-	d	0	-	d	0	-	d	0	-	d	0	-	d	0
	②人的被害	m	0.03	d	0	0.06	d	0	0.03	d	0	0.06	d	0	0.04	d	0
	③避難所	m	-	d	0	0.43	b	2	0.51	aa	3	1.55	a	3	0.29	c	1
	④災害時要配慮者	-	-	c	1	-	c	1	-	c	1	-	c	1	-	c	1
	⑤避難期間	日	0.00	d	0	0.00	d	0	0.00	d	0	0.00	d	0	0.00	d	0
	パターン別合計点			1		3		4		4		4		2			14
地区O	①避難のための時間	時間	-	d	0	-	d	0	-	d	0	-	d	0	-	d	0
	②人的被害	m	0.03	d	0	0.05	d	0	0.03	d	0	0.05	d	0	0.04	d	0
	③避難所	m	0.03	d	0	0.05	d	0	0.03	d	0	0.05	d	0	0.04	d	0
	④災害時要配慮者	-	-	a	3	-	a	3	-	a	3	-	a	3	-	a	3
	⑤避難期間	日	0.00	d	0	0.00	d	0	0.00	d	0	0.00	d	0	0.00	d	0
	パターン別合計点			3		3		3		3		3		3			15
地区P	①避難のための時間	時間	-	d													

外力パターンの得点を合計した値が入り、総合得点が 40 点以上を赤色 (A 評価) ,39 点以下 30 点以上を黄色 (B 評価) ,29 点以下を緑色 (C 評価) で表している。この結果、A 評価の地区は 5 地区、B 評価の地区は 3 地区、C 評価の地区は 11 地区と分類でき、阿賀町においては A 評価である地区 A、F、Q、R、S の 5 つの地区を「洪水ホットスポット」として特定することができた。このうち、地区 A、F、Q、S の 4 地区は揚川ダムの下流部分に位置し、これらの地区については優先的にさらなる洪水対策が必要とされると思われる。

ただし、ここでの A、B、C 評価それぞれの得点の閾値は客観的なものではなく、例えば 45 点以上を A 評価とすれば 4 地区に減少する。この表の結果で重要なのは、地区間の洪水脆弱性の数値比較が可能であるため、洪水減災対策の実施に際して地区ごとの優先順位がつけられる点であると考えられる。

6. 「洪水カルテ」による地区ごとの「診断」と「対応案」の考察

本章では、前章で作成した「洪水カルテ」の結果をもとに、各地区の洪水脆弱性を「診断」し、「対応案」を考察する。

ここでは、「洪水カルテ」の結果を見やすくするために、表7で示した洪水カルテの結果を、5つの評価軸「①避難のための時間」「②人的被害」「③避難所」「④災害時要配慮者」「⑤避難が必要な期間」を軸とするレーダーチャート図で表す。

レーダーチャートの得点は、表6での定義と同様に、aa ランクを 4 点、a ランクを 3 点、b ランクを 2 点、c ランクを 1 点、d 評価を 0 点とする。

6.1 「洪水カルテ」による各地区の「診断」結果の考察

作成した各地区のレーダーチャートを概観した結果、「対応案」の立案を意識し、各地区を以下の 6 つのカテゴリーに区分し、カテゴリーごとに診断を行う。

- a) 洪水ホットスポット地区と地区 D
- b) 避難所が危険な地区
- c) 外力パターン 4 で特に危険な地区
- d) 外力パターン 5 で特に危険な地区
- e) 災害時要配慮者への配慮が特に必要な地区
- f) 全体的に洪水リスクは低い地区

a) 「洪水ホットスポット」各地区と地区 D

図12に「洪水ホットスポット」5地区と、ホットスポットではないが、39点で「準洪水ホットスポット」と言

える地区 D のレーダーチャート表示結果を示す。これによると、同じ洪水ホットスポットとして総合評価点は同程度でも、各地区によりその意味する内容は大きく異なることが分かる。

例えば、地区 R (46 点) と地区 S (46 点) は同得点であるが、地区 S では H23 年洪水規模に対応できるように新潟県により築堤事業が行われているため、パターン 1 (降雨・流量とも H23 洪水規模) では地区 S の得点の方が低いが、パターン 2,3,4 では地区 S の評価が地区 R を上回るため、結果的に総合評価点は同じになっている。地区 D は洪水ホットスポットではないが、地区 D (39 点) と地区 F (42 点) でも同じようなことが言える。すなわち、地区 F では築堤事業が行われているため、パターン 1 では地区 F の得点は低いが、パターン 2,3,4 では地区 F が地区 D を上回るため、結果的に総合評価点はほぼ同じになっている。

なお、洪水ホットスポットのうち、地区 A、F、Q、S の 4 地区は揚川ダムの下流部分に位置する。地区 F、S については前述のとおり築堤が実施済みであるが、これらの地区については優先的にさらなる洪水対策が必要と思われる。

さらに洪水ホットスポット 5 地区のうち、特徴的な地区 Q、地区 S、および地区 R について、診断結果を考察する。

【地区 Q (51 点)】

最高点(51 点)である地区 Q は、阿賀町で最も洪水危険度が高いと判断されたといえる。図12からは「①避難のための時間」のランクはどの外力パターンでも低いものの、「②人的被害」、「⑤避難が必要な期間」ともにパターン 1,2,3,4 の順に指標値は増しており、外力が増すにつれて比例的に危険度が増す地区となっていることがわかる。すなわち地区 Q では、洪水時の水位上昇はゆっくりであるが、降雨や流量など外力の強さに応じて地区代表点の最大浸水深はかなり深くなる(パターン 4 では約 4m) ことが予想される。また、「③避難所」もパターン 1~4 で A 評価であるため、大雨が予測される際は地区外へ避難することが求められる。あるいは、住家の 2 階等に避難する「垂直避難」が求められる。

【地区 S (46 点)】

地区 S は、「②人的被害」の危険度がパターン 2,3,4 でいずれも aa 評価で、19 地区では地区 F に次いで浸水深が深い地区である。また、パターン 3 に対しては「①避難のための時間」は A 評価 (約 2 時間) であるなど、合計点は最高点の 14 点であり、パターン 3 では最も危険な地区である。この地区においては、現在新潟県によ

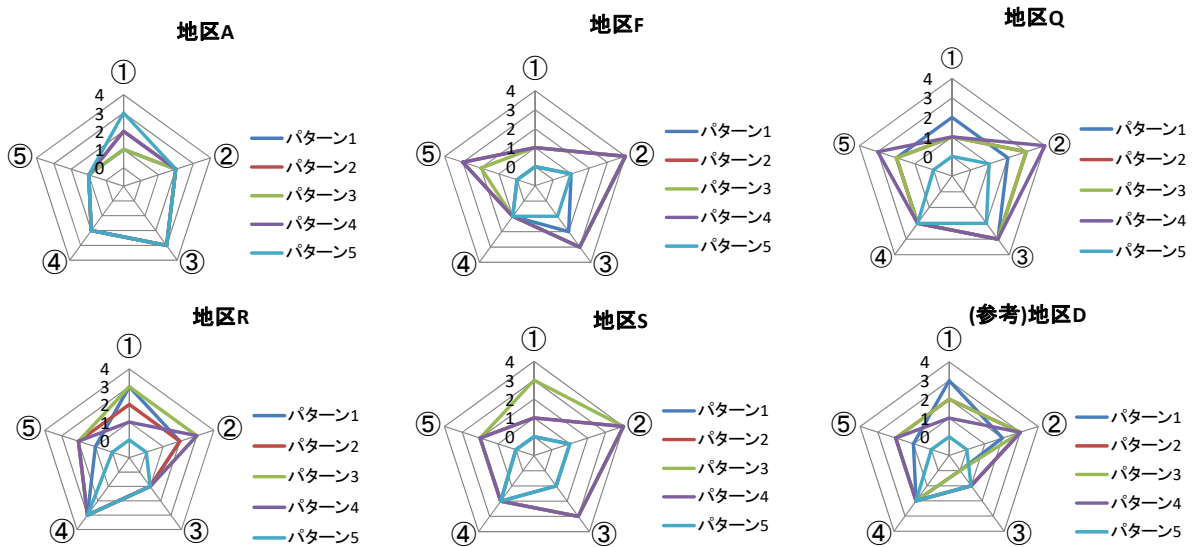


図-12 a) 洪水ホットスポットと特定された5地区と地区Dの洪水カルテ

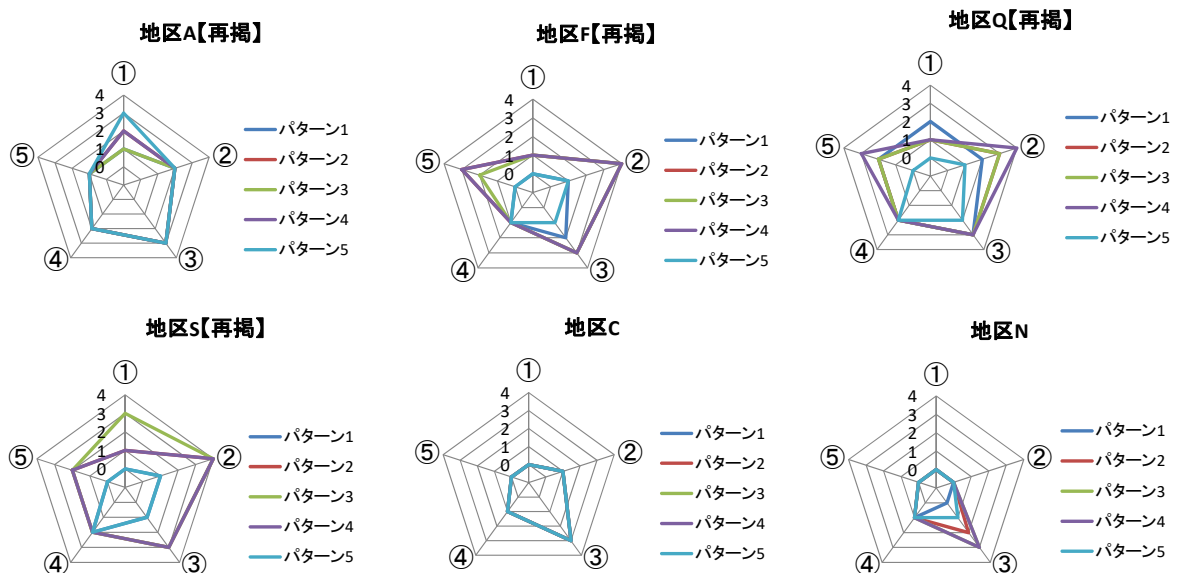


図-13 b) 「③避難所」が危険な6地区の洪水カルテ

り築堤が行われているが、H23年洪水を超える規模の洪水に対しては危険度がかなり高いと思われる。また、地区Sは前述のとおり、新潟県による築堤事業が行われているため、パターン1の得点は低く(4点)になっている。最高点である地区Qでは築堤は行われていないということも踏まえると、H23年洪水を超える規模の洪水に対する危険度という意味では、地区Sの危険度は19地区の中で最も高い可能性がある。

【地区R(46点)】

地区Rは、パターン1~3で「①避難のための時間」の評価が19地区の中では最も高く、避難のための時

間に関する危険度が最も高い地区と言える。ただし、「③避難所」の評価はいずれもcランクであるため、迅速に地区内の避難所に避難できれば、被害を未然に防ぐことが出来ると考えられる。

b) 避難所が危険な地区(地区A, C, F, N, Q, S)

図-13に、特に「③避難所」に関する危険度が高い地区であると判断した6地区の洪水カルテを示す。地区A, F, Q, Sについては洪水ホットスポット地区でもあるため、避難先の再検討など短期的にでも行える対策の早急な実施が望まれる。地区C, Nは、他の指標では危険度が低いいため、避難所を検討することが各地区の洪水脆弱性全

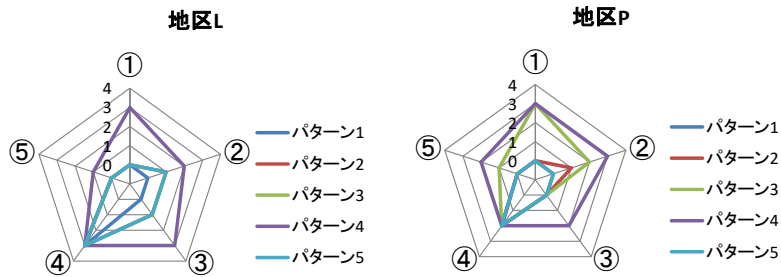


図-14 c) 外力パターン4 で特に危険な2地区の洪水カルテ

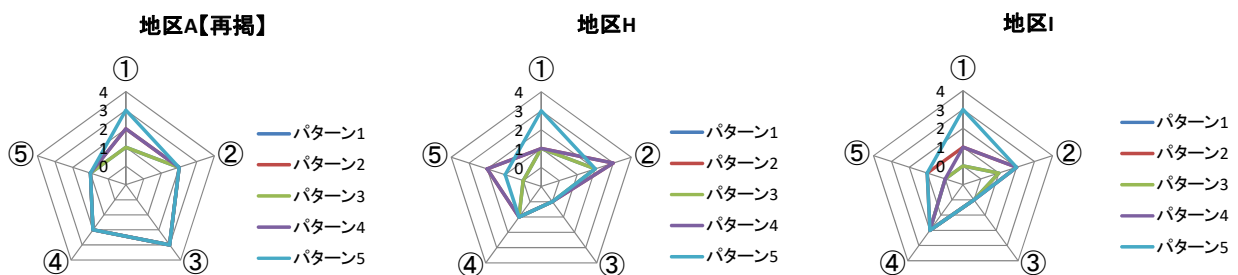


図-15 d) 外力パターン5 で特に危険な3地区の洪水カルテ

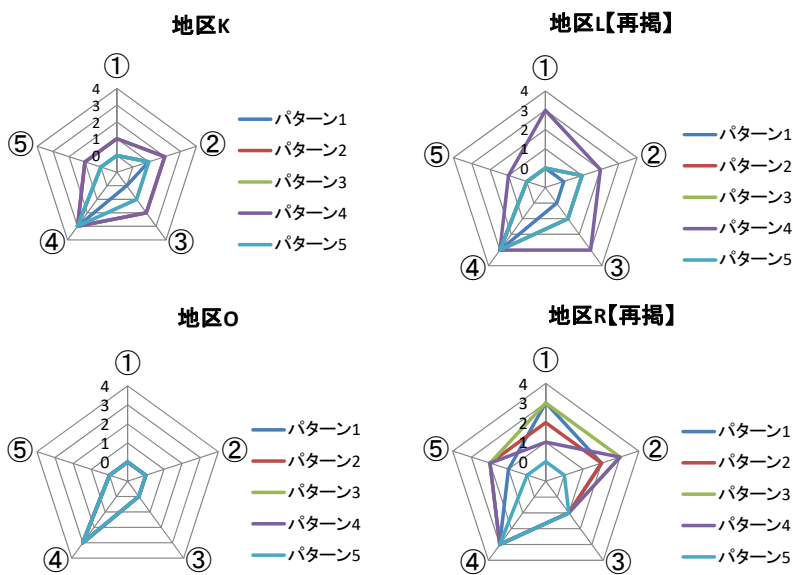


図-16 e) 災害時要配慮者への配慮が特に必要な4地区の洪水カルテ

体の改善につながる。各地区の住民で議論を行い、可能な限り、避難所の移転を早急に進めることが期待される。

c) 特にパターン4で危険な地区(地区L, P)

図-14に、外力を最も厳しく設定したパターン4で、特に危険度が高くなる2地区の洪水カルテを示す。地区Lはパターン4以外では、特に危険性が高いわけではないが、パターン4では「①避難のための時間」や「③避難所」の評価がA評価となるなど、危険度が急に高くなるのが特

徴である。また地区Pはパターン3にも弱い(8点)ため、阿賀野川本川の流量増大に対して脆弱であると思われる。

このカテゴリーに属する地区は、平成23年規模の外力に対しては比較的危険性が低いため、より規模が大きい大雨時にも油断していることが予想されるが、相当な規模の外力が発生した場合は予想外に大きな被害が発生すると予想されるため、平時からこのような危険性を認識

表-8 洪水カルテによる「診断結果」と「対応案」

カテゴリー	地区名	洪水カルテによる診断結果	対策案
洪水ホットスポット地区	地区A	洪水ホットスポット地区 ①パターン5(ゲリラ豪雨)では避難のための時間が特に短い(0.67時間) ②パターン1~5で、最大浸水深が0.74m~1.33mで、浸水の危険度が高い。 ③全降雨パターンについて避難所がaランク パターン5(ゲリラ豪雨)には最も脆弱な地区	他地区に比較して特に重点的な対策が必要 ①ゲリラ豪雨になりそうの際は、避難所も危険なため早めに地区外や高所へ避難 ②ゲリラ豪雨以外でも2階への垂直避難が必要となる可能性 ③避難所の変更が必要 ゲリラ豪雨になりそうの際は特に要注意
	地区F	洪水ホットスポット地区 築堤が行われたため、パターン1に対する危険度は低いが、パターン2~4での危険度は高く、洪水に対する危険度を内在している ②パターン1での浸水深は中程度だが、パターン2~4では最大浸水深が4.36m~5.9mとかなり高い。 ③パターン2~4で避難所がaランク ⑤パターン2~4で避難期間が0.90~2.55日と長い。	他地区に比較して特に重点的な対策が必要 ②垂直避難でも危険となる可能性があるため、地区外の避難箇所確保が必要。避難のための時間は十分にある(10時間以上)と思われる。 ③避難所の変更が必要 ⑤避難所の物資充実化
	地区Q	総合評価で最高 洪水ホットスポット地区 ②パターン1~4で最大浸水深が1.59~4.09mとかなり高い ③4つの降雨パターンについて避難所がaランク ⑤パターン1~4で避難期間が0.64~1.67日と長い	他地区に比較して特に重点的な対策が必要 ②垂直避難でも危険となる可能性があるため、地区外の避難箇所確保が必要。 ③避難所の変更が必要 ⑤避難所の物資充実化
	地区R	19地区の中で「避難のための時間に関する危険度」が最も高い可能性 洪水ホットスポット地区 ①パターン1~3で、避難のための時間がいずれも3時間程度と短い。 ②パターン2~4では最大浸水深が1.65m~2.77mと浸水深がかなり高い。 ④災害時要配慮者がaランク ⑤パターン2~4で避難期間が0.53~0.86日とやや長い	他地区に比較して特に重点的な対策が必要 ①避難所の危険性は低いため、避難所への早急な避難が必要。 ④詳細な避難計画の立案が必要。 ⑤避難所の物資充実化
	地区S	19地区の中で「全体的な洪水危険度」は最も高い可能性 洪水ホットスポット地区 ②築堤が行われたため、パターン1での浸水深は中程度だが、パターン2~4では最大浸水深が3.71m~4.97mと浸水深がかなり高い ③3つの降雨パターンについて避難所がaランク ⑤パターン2~4で避難期間が0.63~0.92日とやや長い	他地区に比較して特に重点的な対策が必要 ②垂直避難でも危険となる可能性があるため、地区外の避難箇所確保が必要。 ③避難所の変更が必要 ⑤避難所の物資充実化
洪水ホットスポット地区に次いで危険な地区	地区D	①パターン1~3で避難のための時間が短い(2.5~3.17時間) ②パターン1~4で、最大浸水深が0.76~3.03mで、浸水の危険度がかなり高い。 ⑤パターン2~4で、避難期間が0.56~0.88日とやや長い。	他地区に比較して重点的な対策が必要 ①②垂直避難でも危険となる可能性があるため、避難所への早急な避難が必要 ⑤避難所の物資充実化
避難所危険地区	地区C	③全降雨パターンについて避難所がaランク	③避難所の変更が必要
	地区N	③全体的な脆弱性は低いが、2つの降雨パターンについて避難所がaランク	③避難所の変更が必要
パターン4で特に危険	地区L	④災害時要配慮者がaランク 他のパターンではそうではないが、パターン4に非常に弱い。	④詳細な避難計画の立案が必要。 特に、阿賀野川上流部を含め、周囲に猛烈な大雨が降る場合は、過去の例にとらわれず、地区外の避難所へ早急な避難が必要。 啓蒙活動も必要。
	地区P	①パターン3.4で避難のための時間が2時間未満でありかなり短い 他のパターンではそうではないが、パターン4に非常に弱い。パターン3にも弱い。	①避難所の危険性は低いため、避難所への早急な避難が必要 かなり大規模な外力が発生した場合は大きな被害が発生すると予想されるため、平時からこのような危険性を認識するべく、防災教育などの啓発行動が必要
	地区H	①パターン5(ゲリラ豪雨)では避難のための時間が特に短い(1.17時間) ②パターン2.4で最大浸水深が2.1mと高くなる ⑤パターン2.4で避難期間が0.55日とやや長い。 パターン5(ゲリラ豪雨)に脆弱な地区	①ゲリラ豪雨になりそう際は迅速に避難所へ避難 ②垂直避難でも危険となる可能性があるため、避難所への早急な避難が必要 ⑤避難所の物資充実化 ゲリラ豪雨になりそう際は特に要注意
パターン5で特に危険	地区I	①パターン5(ゲリラ豪雨)では避難のための時間が特に短い(1.67時間) パターン5(ゲリラ豪雨)に脆弱な地区	①ゲリラ豪雨になりそう際は迅速に避難所へ避難
災害時要配慮者	地区K	④災害時要配慮者がaランク パターン2.4にやや弱い。	④詳細な避難計画の立案が必要
	地区O	全体的に洪水による脆弱性は低い(築堤の効果と思われる) ④浸水する危険性は低いが、災害時要配慮者がaランク	④詳細な避難計画の立案が必要
	地区B	洪水による脆弱性は低いと思われる。	-
	地区E	洪水による脆弱性は低いと思われる	-
	地区G	洪水による脆弱性は低いと思われる	-
	地区J	洪水による脆弱性はかなり低いと思われる	-
	地区M	洪水による脆弱性は低いと思われる	-

するべく、防災教育などの啓発行動が必要である。

d) 特にパターン5で危険な地区(地区A, H, I)

図-15にゲリラ豪雨を想定したパターン5で、特に危険度が高くなる3地区の洪水カルテを示す。いずれの地区も、「①避難のための時間」の評価がA評価(いずれも2時間以内)でかつ、「②人的被害」はB評価であるため、ゲリラ豪雨時には早急な避難が望まれる。ただし地区A

は全てのパターンで「③避難所」の評価がA評価であるため、そもそも避難所の検討から必要である。

e) 災害時要配慮者対策が必要な地区(地区K, L, O, R)

図-16に「④災害時要配慮者」に対する危険度が高い地区を示す。いずれの地区も④災害時要配慮者の評価はA評価である。特に地区Rはホットスポット地区、地区Lはパターン4でシビアになる地区であり、詳細な避難計

表9 洪水カルテ・洪水ホットスポット特定結果に関する阿賀町防災担当者との議論結果

先方からのコメント・指摘事項	指摘事項への検討案
<ul style="list-style-type: none"> ● (コメント) 地区 A を除いては、洪水ホットスポットとして抽出された地区 F、地区 Q を含め、全体的には肌感覚に合っていると思う。 	地区 A については精査を行う。
<ul style="list-style-type: none"> ● (コメント) ダムの放流量で危険を認識させる地区と河川の水位で危険を認識させる地域があり、どのように住民に情報伝達すれば良いか悩ましい。 	双方の地区の住民の皆さんと意見交換を行いながら、わかりやすい情報提供の在り方について検討したい。
<ul style="list-style-type: none"> ● 地区 A は山地を造成し、高台を開発したニュータウンであり、下流には調整池もあるので、浸水が起こらないと認識している。総合評価だけを見たときに、地区 A の A ランク評価に違和感がある。 	浸水というよりも要配慮者の項目で危険度が高くなっているために A ランクになっている。
<ul style="list-style-type: none"> ● 地区の範囲の設定の仕方について、行政界による線引きというよりも生活圏による線引きをする必要がある。 ● 地区の代表点は、地域住民の合意を得た上で、住民の感覚に沿うような場所を設定する必要がある。 	<p>今回の設定した小地域や代表点が最終決定というわけではなく、今後は、地区の方々に協力していただき、具体的な方策を決定していきたい。</p> <p>小地域や代表点の今後の課題は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・小地域：集落単位でさらに細分化していくのか など ・代表点：地区の方々が共通して認識できるシンボリックな場所など
<ul style="list-style-type: none"> ● 災害時要配慮者が多い地区は、避難準備情報を判断するために、「避難」と「浸水状況」に分けて評価することができないか。また、災害時要配慮者について、高齢者と乳幼児を分けて評価する必要がある。 	地区ごとにカテゴリーでの点数配分を分けたり、高齢者と乳幼児での点数配分を分けたりすることで評価できると考えている。
<ul style="list-style-type: none"> ● 評価項目を更に増やして実態を反映した評価になるよう改良ができるとう良い。 ● 地区や施設ごとの避難訓練や防災対策などを評価に入れられるようにした方がよい。 	評価項目については、今回 15 つのカテゴリーとしたが、これで完成形というわけではない。事前の訓練による洪水への対応力などを新たな評価項目とすることもあり得る。

画の立案が求められる。

f) 全体的に洪水リスクは低い地区 (地区 B, E, G, J, M)

これらの地区はいずれの外力パターンでも浸水が見られない、あるいは浸水深が低く、また災害時要配慮者のランクも低いため、5 つの評価軸でいずれも評価が低く (いずれも合計点は 3 点以下) になっている。

ただし、本研究での 5 つの評価軸では特に洪水脆弱性は見いだせなかったが、例えば地区 G は阿賀野川本川に面しているが、町役場と結ぶ主要道は阿賀野川沿いを走っているため、大雨時には途中で土砂災害が発生し、集落が孤立することも予想される。このように、他の評価軸によると新たな脆弱性が発見される可能性もあるため、評価軸については追加等も考慮しながら町の関係者と議論を行い、さらに精査していきたい。

6.2 洪水カルテによる地区ごとの「対応案」の考察

表-8 に、前項で分析したカテゴリー別に、各地区に対する「診断結果」のまとめと、それに対する「対応案」を示す。地区名の欄の色は、表-7 最右列の総合評価結果と同じ色で、赤色のセルの地区は洪水ホットスポットである。

「診断結果」では、①から⑤の評価軸ごとに特徴のある評価軸に注目して結果をまとめており (例えば地区 A

については評価軸①、②、③に着目)、 「対応案」では、診断結果に対する対策例を示している。例えば「①避難のための時間」の評価が低い地区については『早急な避難が必要』、「③避難所」の評価が低い地区については『避難所の変更が必要』などを対応案として記入している。ただし、早急な避難が必要な場合でも、避難所が危険な場合は地区外に避難する必要があるなど、地区の状況に応じた対応案としていることが特徴である。また、特定の外力パターンで特徴のある地区についてはその旨記載している。

「対応案」としては、表-8 に挙げた他に様々な策が考えられるが、重要なことは、地区の住民が具体的な対応案を、当事者意識を持って議論できるように、各地区の洪水に対する特性を「洪水カルテ」などのわかりやすい形で創出し、提供することであると考えている。本研究での結果が議論のたたき台の一つになりえれば幸いである。

6.3 阿賀町担当者との意見交換

「洪水カルテ」および「洪水ホットスポット」特定結果を阿賀町防災担当者へ共有し、検討結果の妥当性と課題について意見交換を行った。なお、対策案については意見交換を行っていない。表-9 に先方からの指摘内容と

それに対する今後の検討案を示す。

洪水ホットスポットとして抽出された地区については、地区 A を除いては「全体的には肌感覚に合っている」というコメントが出た。

また、対象地域の設定については、生活圏や住民の感覚に沿うような場所を設定する必要があるとの指摘があった。本研究では前述のとおり、地区のリスクを危険側で評価するよう、地区の中で H23 年洪水による浸水深が最も大きいメッシュを代表点としたが、地区の住民との意見交換を行ったうえで、例えば各区の区長宅や神社など、住民にとってなじみのある場所を代表点として追加する必要もあると考えられる。

評価軸については、「評価項目を更に増やして実態に即した評価になるよう改良ができると良い」「地区や施設ごとの避難訓練や防災対策などを評価に入れられるようにした方が良い」とのコメントも出た。

7. リアルタイム氾濫予測の可能性検討

前章まででは、災害の事前における洪水対策に資するための検討を行ったが、本章では、RRI モデルを用いた氾濫計算がリアルタイムでの氾濫域予測システムに実装可能かどうかについて、RRI モデルによる演算時間やシステムに必要な要件を整理・検討した。

現在、国土交通省が気象庁と共同で行う洪水予報は、洪水予測システムについては 10 分毎に 6 時間先まで予測計算を実施し、洪水予報文に用いる予測水位は 3 時間先までであることが多い。

また、気象庁で予測・公表されている降雨は、3 種類（高解像度降水ナウキャスト、降水ナウキャスト、降水短時間予報）がある。本研究では市町村での利用を想定しており、現地での氾濫状況を精度よく予測するためには、氾濫再現域の空間解像度（メッシュサイズ）は細かく、降雨データは詳細かつ更新頻度が高い（現在・将来）必要がある。その反面、空間解像度や降雨データ情報が細かすぎると、モデルでの氾濫域計算に時間がかかり過ぎ、リアルタイムでの氾濫域予測に間に合わない可能性がある。

これらの背景のもと本項では、防災担当者が利用するスペック程度のパソコンでの RRI モデルの実際の演算時間をもとに、想定する予測先時間（6 時間先まで、3 時間先まで、1 時間先まで）毎および、各メッシュサイズ（500m、250m、100m、50m）毎に、降雨データ受信から演算結果の可視化にかかる時間を表-10 に整理した。表-10 では、配信時間間隔を 60 分とした場合を想定し、メッシュごとに必要な時間が 60 分を超過するかないかで緑

表-10 予測先時間およびメッシュサイズ毎の計算時間整理結果表

6hr先までの予測に要する時間(分)				
	2004(H16)年7月洪水(梅雨前線)		2011(H23)年7月洪水(梅雨前線)	
	解析雨量	全国合成レーダー	解析雨量	全国合成レーダー
500mメッシュ [分]	5.3	5.3	5.2	5.3
250mメッシュ [分]	5.2	5.2	6.6	5.2
100mメッシュ [分]	29.9	29.9	29.9	29.9
50mメッシュ [分]	189.0	189.0	303.7	300.0

:60分を超過 データ受信: 3分
 :60分以内に可能 可視化: 1分

3hr先までの予測に要する時間(分)				
	2004(H16)年7月洪水(梅雨前線)		2011(H23)年7月洪水(梅雨前線)	
	解析雨量	全国合成レーダー	解析雨量	全国合成レーダー
500mメッシュ [分]	4.7	4.7	4.6	4.7
250mメッシュ [分]	4.6	4.6	5.4	4.6
100mメッシュ [分]	17.3	17.3	17.3	17.3
50mメッシュ [分]	99.0	99.0	157.9	156.0

:60分を超過 データ受信: 3分
 :60分以内に可能 可視化: 1分

1hr先までの予測に要する時間(分)				
	2004(H16)年7月洪水(梅雨前線)		2011(H23)年7月洪水(梅雨前線)	
	解析雨量	全国合成レーダー	解析雨量	全国合成レーダー
500mメッシュ [分]	4.3	4.3	4.3	4.3
250mメッシュ [分]	4.3	4.3	4.5	4.3
100mメッシュ [分]	8.9	8.9	8.9	8.9
50mメッシュ [分]	39.0	39.0	60.7	60.0

:60分を超過 データ受信: 3分
 :60分以内に可能 可視化: 1分

色と赤色で色分けし、リアルタイム予測に間に合うか否かを判定している。なお、全てのケースにおいて、降雨データ受信に3分、計算結果の可視化に1分要すると想定しそれらを合算した時間である。例えば、6 時間先まで予測を行う場合、100m メッシュでは約 30 分、250m と 500m メッシュで約 5 分で演算可能であるため、60 分間隔の配信に間に合う。反面、50m メッシュでは、約 190 分～300 分を要するため、予測が間に合わず、6 時間先までのリアルタイム予測は成立しないことがわかった。

8. 結論と今後の課題

8.1 結論

本研究においては、防災・減災に関する情報が乏しい中山間地の自治体の防災担当者に対して、事前の効果的な洪水減災対策立案に資するべく、RRI モデルによって計算された各地区の最大浸水深や浸水継続時間などの指標によって、降雨・流量パターン別に地区ごとの洪水脆弱性を評価できる「洪水カルテ」の作成や、自治体内における洪水減災対策の優先付けを可能とする「洪水ホットスポット」を特定する手法を提案した。また、「洪水カルテ」での診断結果から対応案を作成した。さらに、RRI モデルを用いた氾濫計算がリアルタイムでの氾濫域予測システムに実装可能かどうかについて、RRI モデルによる演算時間やシステムに必要な要件を整理・検討し、可能であることが分かった。

本研究で提案した手法では、5つの外力パターンを考慮

し、各地区における最大浸水深だけでなく時系列の浸水の推移や継続時間、それに各地区の社会特性（高齢化率や乳幼児率）などを総合的に考慮し、ランク表示という分かりやすい形で、かつ 4.5 で述べたように、利用者による防災・減災活動に活用できる方法で提供している点が特徴である。特に、「洪水カルテ」では、各外力パターンに対して、5 つの評価軸で評価するため、各地区がどのような外力パターンに対してどのような点で脆弱であるのかが把握でき、それらに対する対策を効率的に立案することが出来る。また、「洪水ホットスポット」の形で各地区の洪水に対する危険度を相対的に数値評価できるため、自治体の防災担当者が自治体内の優先順位を付けた上で防災・減災対策に取り組めることが出来る。このように、本研究で提案した手法は、現地の防災担当者や住民に直接活用されることを念頭に置いて開発した点でも特徴的であると考える。

8.2 今後の課題

特定手法や個々の地区の評価については、今後も以下の点で精査の必要がある。

a) 評価における課題

本研究においては、4.4 で述べたとおり、5 つの危険度評価軸を設定し、各評価軸における評価結果を積み重ねることで、最終的な洪水ホットスポットの特定を行った。しかしながら、この評価軸や指標そのものは本研究で確定されたものではない。特に、阿賀町担当者からは、各福祉施設における避難訓練の実施状況や防災教育など、各地区における「洪水対応力」を評価する必要があるのではとの示唆を頂いた。また中山間地においては、氾濫による災害よりも土砂による災害の方が、突発的に発生するため対策が重要であるとの示唆も頂いた。

b) 現地の理解に関する課題

実際に減災のために行動するのは、現地の住民の皆さんである。そのため、住民の皆さんが本研究の結果に基づいて行動して頂くためには、住民の皆さんがこの手法や結果を理解して頂く必要がある。そのためには、阿賀町の防災担当者や住民の皆さんと一緒にワークショップなどを数回開催し、「洪水ホットスポット」の特定手法の説明や、a) で述べたような評価項目の加除修正、および結果の改善を行っていく必要がある。

謝辞

本研究の遂行に当たり、国土交通省北陸地方整備局阿賀野川河川事務所、新潟県土木部河川管理課および新潟県新潟地域振興局津川地区振興事務所には、RRI モデル

構築に必要となる河川の測量データおよび流量データ、東北電力会津ダム管理センターにはダム放流量データのご提供を頂きました。また、阿賀町総務課および建設課の皆様には、本研究の対象地域となることを了解いただき、洪水ホットスポット特定手法とその結果に関して有用なアドバイスを頂きました。さらに、三井共同建設コンサルタントの皆さんには、RRI モデル構築や洪水カルテ検討における補助を頂きました。ここに深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省：新たなステージに対応した防災・減災のあり方，2015。
- 2) 社会資本整備審議会：水災害分野における気候変動適応策のあり方について ～災害リスク情報と危機感を共有し、減災に取り組む社会～，2015。
- 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，2015。
- 4) 新潟県見附市：見附市豪雨災害対応ガイドブック（洪水・土砂災害ハザードマップ），2011。
- 5) 福島県郡山市：郡山市 3 次元浸水ハザードマップ（<https://www.city.koriyama.fukushima.jp/361000/jogesuuido/3dhm.html> 平成 28 年 8 月 22 日閲覧）。
- 6) 国土交通省 水管理・国土保全局：阿賀野川水系河川整備基本方針（平成 19 年 11 月策定）。
- 7) 阿賀町ホームページ 「阿賀町の概要」。
- 8) 新潟県福祉保健部福祉保健課：高齢者の現況、平成 27 年 10 月 1 日現在
- 9) 阿賀町：平成 23 年 7 月新潟・福島豪雨災害の記録、平成 24 年 12 月発行
- 10) 新潟県土木部：「阿賀野川災害復旧助成事業 阿賀野川河川災害復旧等関連緊急事業 概要 パンフレット」
- 11) 佐山敬洋、建部祐哉、藤岡 奨、牛山朋来、萬矢敦啓、田中茂信：2011 年タイ洪水を対象にした緊急対応の降雨流出氾濫予測，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol. 69, No. 1, 14-29, 2013。
- 12) 栗林大輔、佐山敬洋、近者敦彦、中村要介、澤野久弥：阿賀野川における降雨流出氾濫モデルの適用と浸水開始時刻の再現性検証について，土木学会第 71 回年次学術講演会
- 13) 国土交通省 水管理・国土保全局：浸水想定（洪水、内水）の作成等のための想定外力の設定手法、平成 27 年 7 月
- 14) 国土交通省 水管理・国土保全局：阿賀野川水系河川整備基本方針（平成 19 年 11 月 22 日策定）
- 15) 株式会社ゼンリン：ゼンリン電子住宅地図 201408 新潟

県東蒲原郡阿賀町,平成 26 年 9 月

- 16) 新潟県土木部河川管理課:阿賀野川浸水実績図その 1,その 2
- 17) 国土交通省 国土地理院:基盤地図情報(数値標高モデル)
- 18) 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(H25 試行版),平成 25 年 7 月

STUDY ON EFFICIENT UTILIZATION TECHNIC OF DISASTER RELATED INFORMATION

Budget: Grants for operating expenses

General account

Research period : FY2014-2015

Research Team : Risk management

Author: SAWANO Hisaya

KURIBAYASHI Daisuke

OHARA Miho

This paper proposes a method for evaluating flood risk at each community in a municipality to assist its disaster management personnel. The method is particularly for municipalities in a mountainous area where insufficient information is available for practical disaster management. In this method, we conducted inundation analysis for multiple patterns of rainfall and discharge using a rainfall-runoff-inundation model, and estimated the maximum inundation depth and the inundation duration, etc. Based on the estimation, we developed a “flood diagnostic chart” to evaluate community flood risk, additionally considering other indicators. Moreover, we located areas requiring extra precautions due to high community flood risk as flood hot spots.

Key words : RRI model, Aganogawa river, Mountaneous area, Flood diagnostic chart, Flood hot spot