

# 「洪水カルテ」を用いた地区レベルの洪水脆弱性把握手法の適用 Application of a method for evaluating community-level flood vulnerability using “flood diagnostic chart”

○栗林大輔<sup>1</sup>, 大原美保<sup>1</sup>, 近者敦彦<sup>2</sup>, 澤野久弥<sup>1</sup>  
Daisuke KURIBAYASHI<sup>1</sup>, Miho OHARA<sup>1</sup>, Atsuhiko KONJA<sup>2</sup>,  
and Hisaya SAWANO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 国立研究開発法人 土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター

International Centre for Water Hazard and Risk Management, Public Works Research Institute

<sup>2</sup> 三井共同建設コンサルタント株式会社

Mitsui Consultants Co., LTD.

We have been developing a method for evaluating flood risk at each community of a municipality in a mountainous area where insufficient information is available for practical disaster management. In our past research, we proposed an evaluation method using “flood diagnostic chart” with 5 evaluation criteria by utilizing RRI model calculation results. The first version of the chart was then revised to be a flood diagnostic chart with 8 evaluation criteria to conduct flood risk evaluation considering possible damage that may be inflicted on each community. We conducted evaluation using the revised version and shared the results with community leaders and disaster management personnel in Aga Town along Aganogawa River.

**Key Words** : RRI model, Aganogawa River, Aga town, Community-level flood vulnerability, Flood diagnostic chart, Flood hot spot

## 1. はじめに

近年激甚化・多様化する水災害の防止・軽減のためには、堤防やダムなどの構造物対策の整備だけではなく、洪水災害に対応するための防災情報（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）を有効かつ効果的に活用し、住民の適切な減災行動につなげる必要がある。特に、構造物対策に多額の予算をかけられず、高齢化が進み、さらに急峻な地形のため降雨発生から流出までの時間が比較的短い中山間地の市町村においては、防災情報の有効活用が求められている。

土木研究所では平成26年度から、国土交通省による洪水予測等が行われていないなど、防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対策立案に資するべく、「自治体内の地区ごとの洪水に対する危険度」（以降、「地区危険度」と表記）を評価する手法を検討してきた。具体的には、新潟県東蒲原郡阿賀町（阿賀野川流域）を対象地域として、まず降雨流出氾濫モデル（RRIモデル）を構築し、近年大きな被害を出した洪水の再現性を確認した<sup>1),2)</sup>。さらに、複数の外力パターンに対する氾濫解析を実施し、地区代表地点における最大浸水深や湛水期間を算出するとともに、高齢化率などを考慮しながら地区危険度を評価するための「洪水カルテ」作成手法を検討した<sup>3)</sup>。

栗林(2016(2))<sup>3)</sup>では、5つの評価指標に基づく「洪水カルテ」による地区危険度を評価する手法を提案したが、その後、洪水により想定される地区の被害面も考慮できるよう評価項目の精査を行い、8つの評価指標による「洪水カルテ」評価手法を構築した。さらに、この結果、特に洪水に脆弱と判断された地区（洪水ホットスポット）の区長と阿賀町防災担当者を交えた意見交換会を行い、評価結果を共有した。

## 2. 対象地域の概要

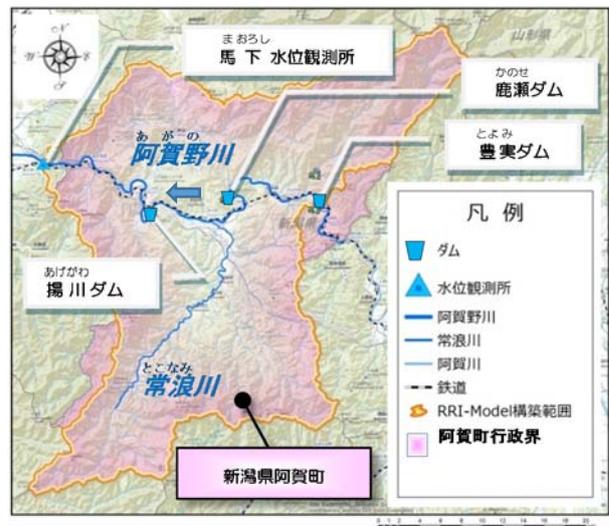


図-1 モデル構築範囲（新潟県東蒲原郡阿賀町）

新潟県東蒲原郡阿賀町は、町の中央を阿賀野川が西進し、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（図-1）。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。面積は952.89km<sup>2</sup>（新潟県3位<sup>4)</sup>）、人口は11,678人（平成29年3月末現在<sup>5)</sup>）、高齢化率は46.4%（新潟県1位（新潟県平均30.6%）<sup>6)</sup>）である。阿賀町付近の阿賀野川は、新潟県管理区間で、水位周知河川に指定されているが、洪水予測は行われていない。

このように阿賀町は、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。

## 3. 降雨流出氾濫モデルによる氾濫計算

本研究における洪水氾濫解析には、佐山ら<sup>7)</sup>によって

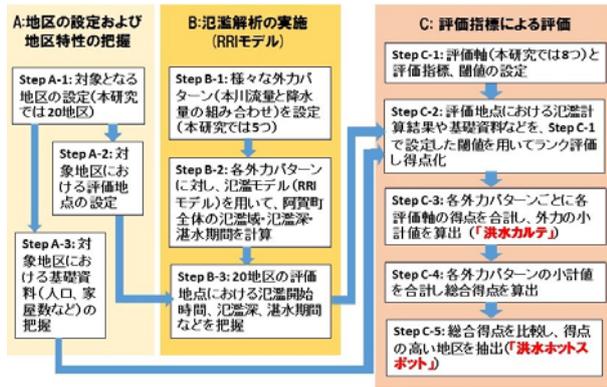


図-2 地区危険度評価

(「洪水カルテ」「洪水ホットスポット」)のフロー

開発された降雨流出氾濫モデル (RRIモデル) を用いている。RRIモデルの対象地域範囲は、図-1の実線に囲まれる、上流端を豊実ダム、下流端を馬下水位観測所とする、阿賀町全域と同等な範囲 (約950km<sup>2</sup>) である。モデルのキャリブレーションにおいては、近年で最大の洪水被害を引き起こした平成23年7月新潟・福島豪雨による洪水 (以下H23洪水と表記) を対象とし、国土交通省水文水質データベース、国土交通省河川事務所、新潟県および東北電力から入手した降雨や水位、流量データを用いた。本モデルによる流量や氾濫域、氾濫のタイミングなどの再現性の高さは、既に栗林 (2015)<sup>1)</sup>、栗林 (2016 (1))<sup>2)</sup> で確認している。

#### 4. 洪水地区危険度の評価手法

##### (1) 評価フロー

図-2に、本研究で提案する地区危険度評価のフロー図を示す。本評価手法は3つの部分から成る。

まず、「A. 地区の設定および地区特性の把握」では、対象とする地区を設定し (本研究では阿賀野川本川沿いの、洪水に脆弱と考えられる20地区)、各地区の基礎資料 (人口、家屋数など) を把握する。次いで「B. 氾濫解析の実施」では、様々な外力パターン (本研究では後述の5つ) に対して、RRIモデルによって得られた20地区の氾濫開始時間、氾濫深、湛水期間などを把握する。さらに、「C. 評価指標による評価」では、評価軸 (本研究では後述の8つ) と評価指標、閾値を設定し、評価地点における氾濫計算結果や基礎資料などを、設定した閾値を用いてランク評価し得点化する。そして、外力パターンごとに各評価軸の得点を合計し、外力別の小計値を算出する。この表が、各地区において各外力に対する各評価軸での評価結果を表す「洪水カルテ」となる。そして、各外力パターンの小計値をさらに合計し総合得点を算出する。最後に総合得点を比較し、得点の高い地区を「洪水ホットスポット」として抽出する。

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外力に対し、どのような観点で脆弱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。

##### (2) 地区の設定および地区特性の把握

栗林 (2016 (2))<sup>3)</sup> では19地区を設定したが、阿賀町との協議の上、鹿瀬地区を分割して1地区 (深戸) を加え、表-1に挙げる20地区を対象とした。

地区内の代表点について、栗林 (2016 (2))<sup>3)</sup> においては、

表-1 各地区の代表点と避難所

地区名	各地区の代表点	各地区の避難所
あが野南	町富あが野団地	あが野ニュータウン集会所
あが野北	三川川入口交差点より少し南	あが野ニュータウン集会所
岡沢	岡沢集落開発センターより少し北側	岡沢集落開発センター
角島	飯沢川と国道の橋付近 (最近隣の浸水メッシュ)	角島集落開発センター
岩谷	岩津交差点 (道の駅「みかわ」)	岩谷集落開発センター
吉津	国道49号下の交差点	吉津集会所
京ノ瀬	京ノ瀬会館下の国道49号	京ノ瀬集落開発センター
五十島	JR五十島駅前	五十島集会所
向鹿瀬	田部鉄工所前	向鹿瀬ゆずり葉センター
黒岩	谷花浄化センター	黒岩ふれあいセンター
鹿瀬	前田川との橋 (最近隣の浸水メッシュ)	鹿瀬区民センター
小花地	小花地集落開発センター	小花地集落開発センター
西	西之沢橋	西会館
赤岩	赤岩橋	赤岩集落開発センター
川口	集会場	みかわ会館
大牧	大沢川との橋	多賀神社
谷沢	谷沢神社前(バス停)	三川B&G海洋センター
津川	伊勢宮橋の (最近隣の浸水メッシュ)	ふるさと交流川屋敷、津川小学校、阿賀津川中学校など
白崎	阿賀町役場三川支所	白崎集会所
深戸	宮古沢川と県道が交差するところ	深戸ふれあいセンター

表-2 設定した5つの外力パターン

	降雨	H23洪水実績降雨	想定最大外力相当降雨 (H23降雨の2.5倍)	ゲリラ豪雨
豊実ダム放流量(ピーク流量)				
H23実績放流量 (約7,500m <sup>3</sup> /s)		○ パターン1	○ パターン2	
河川整備基本方針引延ばし放流量 (約9,800m <sup>3</sup> /s)		○ パターン3	○ パターン4	
平常時流量 (約360m <sup>3</sup> /s)				○ パターン5

地区の中で H23 洪水による浸水深が最も大きいメッシュを代表点としていたが、その後阿賀町防災担当者と現地視察および協議を行い、各地区で最も早く浸水が始まると地元住民に認識されている地点や、駅前や交差点などのわかりやすい地点を代表地点として設定した。

また、各地区の避難所および年代別人口分布は阿賀町からデータ提供を頂き、家屋分布はゼンリン住宅地図を用いた。なお、RRI モデルにおけるメッシュごとの人口データは直接入手できなかったため、地区内人口と地区内家屋数から家屋1軒当たりの人数を推計した。表-1に各地区の代表点と避難所一覧を示す。

##### (3) 外力パターンの設定

地区危険度を検討するための外力パターンとして、降雨と阿賀野川本川流量の組み合わせを考慮した。すなわち、降雨は阿賀町において近年最大の洪水被害を生じさせた「H23 洪水時の実績降雨」と、「想定最大外力相当降雨」、および「ゲリラ豪雨」の3パターンを設定した。「想定最大外力相当降雨」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」<sup>8)</sup> や平成27年5月水防法改正) を踏まえ、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国土交通省マニュアル<sup>9)</sup> を参考に、北陸地方における過去の最大降雨量を考慮し、H23洪水時の降雨パターンを2.5倍に引き伸ばしたものとした。ゲリラ豪雨については、同マニュアルを参考に、3時間集中波形 (48.6mm/h、74.7mm/h、36.4mm/h) の降雨を対象域全域に与えた。

阿賀野川本川流量については、豊実ダムでの放流量とし、「H23 洪水時の実績放流パターン」と「想定災害外力相当降雨を考慮した放流パターン」の2パターンを検討したが、後者については上流域での降雨パターンを設定することが困難であったために、実務上最大流量となる、H23 洪水時の実績放流量パターンを河川整備基本方針規模の流量まで引延ばしたパターンとした。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 (358.6m<sup>3</sup>/s) を与えた。

これらを表-2 のように組み合わせ、合計 5 パターンを設定した。

#### (4) 地区危険度評価における8つの評価軸

(2)で抽出した各地区に対し、表-3 に示す 8 つの評価軸と指標で評価を行う。昨年度検討の 5 つの評価軸と比較すると、「⑤地区と役場支所との交通途絶」「⑥浸水最大孤立者数」「⑦浸水の影響を受ける要配慮者数」「⑧洪水後の廃棄物」を追加した。これらはいずれも各地区の洪水被害規模や洪水対策への影響を指標化したものであり、地区の洪水対策立案に直接寄与するものと考え追加した。なお、昨年度の指標に含まれていた災害時要配慮者に関する指標は⑦に統合した。

各指標の閾値は、それぞれ国土交通省マニュアル<sup>10)</sup>や阿賀町防災担当者へのヒアリングの結果などをもとに、根拠のある値となるよう設定を試みたが、②、⑥、⑦、⑧についてはそのような設定が難しかったため、地区間の相对比较を可能とするよう、今回は便宜的に閾値を設定した。これらの閾値により、各指標値はランク a~d で評価され、(③のみ aa ランクを設定) いずれの指標でもランク a になるほど洪水脆弱性が高いと評価される。

### 5. 阿賀町における地区危険度評価結果

#### (1) 「洪水カルテ」の作成結果と「洪水ホットスポット」抽出結果

前章の手法を用いて阿賀町の20地区を対象に、「洪水カルテ」をそれぞれ作成した。外力ごとの合計得点の閾値は、ここではC評価を8点未満、B評価を14点未満、A評価を14点以上としている。20地区のうち、例として谷沢地区と五十島地区の結果を表-4, 5に示す。

これらを含めた、全地区の外力別評価結果を表-6に示す。総合評価の得点の閾値は、20地区を大まかに3グループに分けられるよう、C評価を35点未満、B評価を75点未満、A評価を75点以上としている。なお本研究では、発生頻度が異なる外力パターンについて、あえて発生確率を考慮した重みづけは行わず、異なる発生確率の外力による評価結果を簡便に足し合わせて総合評価を行っている。それは、確率を用いた厳密な議論を行うと、住民へのわかりやすさが損なわれることを危惧したためである。

この結果、五十島・谷沢・白崎各地区は総合評価でA評価となり、これらの地区が「洪水ホットスポット」として抽出される結果となった。図-3に、「洪水カルテ」に

表-3 地区危険度評価における8つの評価軸

評価軸	評価地点	指標	指標の算出方法	評価(ランク)	閾値	閾値の設定根拠
① 避難開始までの余裕時間	地区内代表点	浸水深が0.1mから0.5mに達するまでの時間	RRモデルによる計算結果	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 避難が必要な期間	地区内代表点	浸水深0.5m以上の継続時間	RRモデルによる計算結果	d (0点)	0.1日未満	RRモデルでの計算値を参考に、地区間相对比较が可能なように設定
				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	
③ 地区の浸水深さ	地区内代表点	最大浸水深	RRモデルによる計算結果	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	
④ 避難所の危険度	地区内避難所	避難所の最大浸水深	RRモデルによる計算結果	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	
⑤ 地区と役場支所との交通途絶	地区内代表点	地区と町役場・支所を結ぶ道路の最大浸水深	RRモデルによる計算結果	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	
⑥ 浸水最大孤立者数	地区全体	50cm以上の浸水域に居住し、かつ避難しない人数	下記情報を用いて国土交通省マニュアルにより算出 ・RRモデルによる計算結果 ・地区別家屋数 ・地区別人口分布 ・避難率(40%と設定)	d (0点)	0人	地区間相对比较が可能なように設定
				c (1点)	10人未満	
				b (2点)	50人未満	
				a (3点)	50人以上	
⑦ 浸水の影響を受ける要配慮者	地区全体	30cm以上の浸水域に居住する要配慮者の人数	・RRモデルによる計算結果 ・地区別家屋数 ・地区別人口分布	d (0点)	0人	地区間相对比较が可能なように設定
				c (1点)	10人未満	
				b (2点)	50人未満	
				a (3点)	50人以上	
⑧ 洪水後の廃棄物	地区全体	50sm以上の浸水域に存在する家屋数	下記情報を用いて国土交通省マニュアルにより算出 ・RRモデルによる計算結果 ・地区別家屋数	d (0点)	0	地区間相对比较が可能なように設定
				c (1点)	50未満	
				b (2点)	150未満	
				a (3点)	150以上	

表-4 谷沢地区における「洪水カルテ」

パターン	1	2	3	4	5
流域平均降雨	H23実績	想定最大外力相当	H23実績	想定最大外力相当	ゲリラ豪雨
豊実ダム放流量	H23実績	H23実績	基本計画引き伸ばし	基本計画引き伸ばし	平常時流量
① 避難のための時間	b	c	c	c	d
② 避難が必要な期間	b	b	b	a	d
③ 地区代表点の最大浸水深	b	a	a	aa	c
④ 避難所の最大浸水深	d	d	d	d	d
⑤ 交通途絶	a	a	a	a	a
⑥ 最大孤立者数	a	a	a	a	c
⑦ 災害時要配慮者	b	a	a	a	b
⑧ 水害廃棄物発生量	b	a	b	a	c
合計得点	16	18	17	20	8
評価	A	A	A	A	B
総合評価	79 A				

表-5 五十島地区における「洪水カルテ」

パターン	1	2	3	4	5
流域平均降雨	H23実績	想定最大外力相当	H23実績	想定最大外力相当	ゲリラ豪雨
豊実ダム放流量	H23実績	H23実績	基本計画引き伸ばし	基本計画引き伸ばし	平常時流量
① 避難のための時間	a	c	a	b	d
② 避難が必要な期間	b	b	a	a	d
③ 地区代表点の最大浸水深	a	aa	aa	aa	c
④ 避難所の最大浸水深	d	d	d	d	d
⑤ 交通途絶	a	a	a	a	b
⑥ 最大孤立者数	b	a	b	a	b
⑦ 災害時要配慮者	b	b	b	b	b
⑧ 水害廃棄物発生量	c	b	b	b	b
合計得点	16	17	19	19	9
評価	A	A	A	A	B
総合評価	80 A				

よる結果を評価色別で表現した地図を示すが、これらの3地区はいずれもH23年洪水で大きな被害を被った地区であり、「洪水カルテ」による評価の妥当性を表現していると言える。なお、吉津地区もH23洪水で甚大な被害を受けているが、その後新潟県により築堤整備がなされた。本研究のモデルではそれが地形データに反映されているため、外力パターン1ではC評価となり、総合評価値では75点未満となっていることに留意する必要がある。

今回はAランクの閾値は75点としたが、例えば50点以上とすると「洪水ホットスポット」は9地区に増える。このように閾値の取り方により、総合評価のランクは変化するが、重要なことは、各地区の洪水危険度を得点で積み

上げていくことで、危険度の高い地区の特定だけでなく、洪水危険度のレベル別に地区をカテゴリー化でき、地区ごとの防災対策優先度をつけることが可能となることであると考えている。

## (2) 「洪水カルテ」による診断と対策立案

前述の通り「洪水カルテ」によって、その地区がどのような種類の外力に対し、どのような観点で脆弱かを明らかにすることが出来る。谷沢地区（表-4）と五十島地区（表-5）を例にとると、いずれも総合得点自体は最高得点の部類となり、同じような洪水脆弱性を有すると判定される。ただし総合得点値は近いが、その内容は大きく異なる。谷沢地区は①避難のための時間はc評価が多いが、⑥最大孤立者、⑦災害時要配慮者、⑧廃棄物の指標での評価がa評価が多い。また、五十島地区は①避難のための時間、②避難が必要な期間、③最大浸水深の指標での評価が高いのが特徴である。すなわち、谷沢地区では要配慮者を含め影響者は多くなるが、避難のための時間は比較的ゆとりがあるため、要配慮者を支援しながらの避難が可能と思われる。五十島地区では、最大浸水深もかなり深くなるため、早期避難あるいは垂直避難が求められる。

このように、「洪水カルテ」により、各地区の洪水特性に応じた洪水対策が立案可能である。

## 6. 阿賀町防災担当者および各区長との意見交換会の実施

栗林(2016(2))<sup>3)</sup>では、評価手法の検討にとどめたが、本検討においては、より具体的に各地区の防災対策に資するため、評価地点を精査し、評価項目も充実させた。この結果をもとに、阿賀町防災担当者および特に洪水カルテの総合得点が高かった6地区（角島地区、深戸地区、谷沢地区、白崎地区、吉津地区、五十島地区）の各区長を交えた意見交換会を行った。意見交換会においては、特に本手法に対する疑義は呈されず、結果の公表についても、「住民に災害リスクを知ってもらうのは重要で、逆に防災対策も進む可能性もある」との理解を頂いたため、本論文にて評価結果を公開するものである。

## 7. 結論と今後の課題

本研究においては、昨年度までに提案した、「洪水カルテ」の考え方による地区危険度評価手法を改良し、阿賀町に適用した。各地区の評価地点については、阿賀町と共に選定し、評価軸については昨年度までのものを見直し、より現地の想定被害状況を反映できるよう、5つから8つに増加させた。評価結果については、阿賀町防災担当者並びに区長と共有し、今後の防災対策の一助となる可能性も導かれた。

## 謝辞

本研究の遂行に当たり、阿賀町役場の皆様には、本研究の対象地域となることを了解頂くとともに、各地区の現地視察および協議、区長とのヒアリングを設定して頂きました。また阿賀町各区長の皆様には、ヒアリングにご協力頂きました。ここに深甚なる謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 栗林大輔, 佐山敬洋, 近者敦彦, 中村要介, 工藤俊, 澤野久弥: 阿賀野川における降雨流出氾濫モデルの適用について, 水文水資源学会研究発表会, 210-211, 2015.
- 2) 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

表-6 各地区の外力別評価結果

パターン	1	2	3	4	5	総合評価
流域平均降雨 豊妻ダム放流量	H23実績 H23実績	想定最大 H23実績	H23実績 基本計画	想定最大 基本計画	ゲリラ豪雨 平常時	
あが野南	C	C	C	C	C	14 C
あが野北	C	C	C	C	C	14 C
岡沢	C	C	C	C	C	33 C
角島	B	A	A	A	C	58 B
岩谷	C	C	C	C	C	27 C
吉津	C	A	A	A	C	67 B
京ノ瀬	B	A	A	A	C	62 B
五十島	A	A	A	A	B	80 A
向鹿瀬	C	C	C	B	C	23 C
黒岩	C	B	B	A	C	50 B
鹿瀬	C	C	B	A	C	40 B
小花地	C	B	B	A	C	40 B
西	C	C	C	B	C	27 C
赤岩	C	C	C	B	C	20 C
川口	C	C	C	C	C	7 C
大牧	B	B	A	A	C	53 B
谷沢	A	A	A	A	B	79 A
津川	C	B	B	B	C	41 B
白崎	B	A	A	A	B	86 A
深戸	A	A	A	A	C	60 B

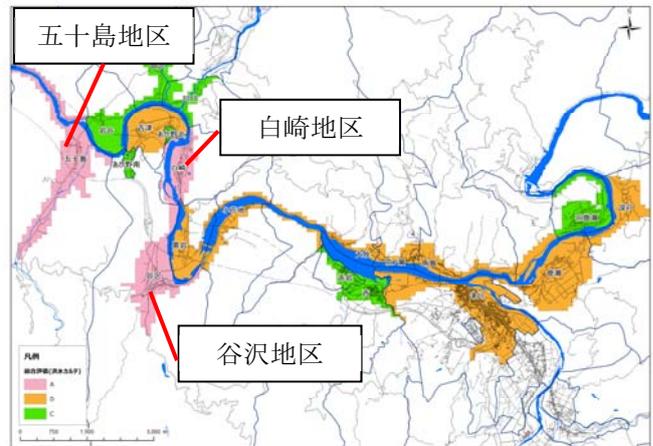


図-3 洪水カルテによる各地区色分け結果



写真-1 阿賀町防災担当者と各区長との意見交換

の再現性検証について, 土木学会第 71 回年次学術講演会, 239-240, 2016.

- 3) 栗林大輔, 大原美保, 佐山敬洋, 近者敦彦, 澤野久弥: 氾濫解析モデルを用いた地区レベルの洪水脆弱性把握手法の提案, 平成 28 年地域安全学会梗概集 No. 38, 171-174, 2016.
- 4) 阿賀町ホームページ 「阿賀町の概要」.
- 5) 広報あが, 平成 29 年 4 月号.
- 6) 新潟県福祉保健部福祉保健課: 高齢者の現況 (平成 28 年 10 月 1 日現在).
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) 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, 2015.
- 10) 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), 2013.