

居住エリアにおける河川氾濫を想定したリスク評価と類型化 及び復興デザインへの展開 - 大分県大分市を対象として -

中湖耕平*・小林祐司**・鶴成悦久***

Risk Evaluation Assuming River Flooding and Classification in the Residential Area and Development to Reconstruction Design

-A Case Study of Oita City in Oita Prefecture-

Kohei NAKAKO*, Yuji KOBAYASHI**, Yoshihisa TURUNARI***

Abstract: The purpose of this study is to assess the risk of riverine flooding, and to clarify the characteristics and issues involved in residential areas centered on the recommended residential areas. For the entire Oita City, the future population estimation in the residential area, the actual condition of the current recommended residential area, the typology considering the flood damage risk, the characteristics were grasped, and the necessity of setting the recommended living area considering the high disaster risk areas, including floods was shown. Based on the results, as a knowledge for pre-reconstruction design, we considered the ideal zoning and regional structure of the town from a long-term perspective.

Keywords: 都市計画 (Urban Planning), 防災 (Disaster Prevention), 減災 (Disaster Reduction), 河川氾濫 (River Flood), 復興デザイン (Reconstruction Design)

1. 背景と目的

近年、我が国では集中豪雨が増加傾向にあり、全国的に洪水等による被害を受けている。こうした現状に合わせた治水対策が必要である。従来から行われている河川改修事業などハード面の整備も重要であるが、一方で都市計画的にうまく土地利用をコントロールすることで水害に対するリスクを軽減させていくというソフト面での対策も重要である。都市計画法施行令 8 条では、技術的基準として「溢水、湛水、津波、高潮等による災害の発生の恐れのある土地の区域」を新たに市街化区域に指定することを禁止している。しかしながら、実際には一律の基準が存在せず明確に示されていない。従って、土地利用コントロールが弱い都市が地方都市に多く存在するのが現状である。

都市計画制度の中でも、立地適正化計画における

居住誘導区域の設定においては、災害により甚大な被害を受ける危険性が少なく、安全性が確保される区域とすることが望ましい。しかし、平成 31 年 3 月に公表された「大分市立地適正化計画」(2019)では、既に市街地の人口密度が高いことなどを理由に、洪水浸水想定区域等の災害リスクを抱えるエリアが居住「推奨」区域に含まれている。平成 29 年 7 月九州北部豪雨や同年 9 月台風第 18 号による大分市の甚大な被害を考慮すると、都市計画制度からのアプローチによる対策が求められている。

そこで、本稿では居住推奨区域を中心に居住エリアにおいて特徴把握を行い、河川氾濫を想定したリスク評価と課題を明らかにする。その結果から、復興デザインのための知見として長期的視点におけるまちのゾーニングおよび地域構造の在り方の考察を行う。

* 非会員 大分大学大学院工学研究科 (Oita University)
〒870-1192 大分県大分市旦野原 700 番地 E-mail:v19e5008@oita-u.ac.jp
** 正会員 大分大学理工学部創生工学科 (Oita University)
*** 正会員 大分大学減災・復興デザイン教育研究センター (Oita University)

2. 既往研究

酒井, 猪八重ら (2016) は, 佐賀低平地を対象に, 土地利用の変遷からみた都市化の実態と浸水想定区域の関係性を分析しているが, 都市計画制度の変遷をみる期間が短く, 詳細な浸水想定区域データを用いていない. 竹間, 佐藤ら (2017) は, 愛知県豊橋市を対象として, 立地適正化計画に基づく居住誘導施策検討のための都市内人口分布推計手法の開発の研究を行っているが, その地域における現状の都市空間構造の実態は考慮されていない.

そこで本稿では, 大分市全域の居住エリアにおいて将来人口推計, 現状の実態, 水害リスクを考慮し, リスク評価と類型化を行う.

3. 居住エリアの実態把握

本章では九州の東端に位置する大分県大分市の居住推奨区域を中心に居住エリアに着目し, 都市空間データの構築を行い, 特徴を把握する. 大分市では, 今後人口が減少することが予想されるため, 2015 年から 2045 年の長期的な視点において将来人口推計を行う.

3.1. 将来人口推計

人口データについては, 国土交通省国土技術政策総合研究所「将来人口・世帯予測ツール V2 (H27 国調対応版)」を用いた. コーホート要因法による将来人口算定のモデルは, 厚生労働省のホームページに記載されている人口推計 (国勢調査の実績人口データに基づく推計) 3 を参考に構築している.

2015 年 (総人口 : 477,618 人) から 2045 年 (総人

口 : 434,167 人) にかけての人口増減率と浸水想定区域での人口増減率を図 1 に示す. 大分市全体の人口は, 約 9.1% 減少することが見込まれる. 図 1 より全体的に人口減少を示す青色のメッシュが多くを占めていることがわかる. 大分市全体としては過疎化が進むが, 一部の市街地では人口の過密化が見込まれることがわかった. また, 無居住化見込まれることを示す紫色のメッシュが大分川・大野川下流域と高田地区, 賀来地区に分布している. 今回の将来人口推計に関する指標を考慮しても, この 2 地区の人口減によるコミュニティの衰退, 地域における繋がり希薄化等によりさらに水害への脆弱性が増していくことが考えられる.

浸水想定区域においても全体的に人口減少が予想される. しかし, 大分川周辺では人口増加が予想される地域が一部存在する. 特に, 大分川左岸の賀来地区においては, 浸水により大きな被害が想定されるため, 人口が過密化していくエリアにおいてハードとソフト両面からの早急な防災対策が必要である. 今後, 多くの集落において急速に高齢化および人口減少が進行すると予想されている.

3.2. 水害リスク評価

3.2.1. 浸水想定深さ

図 2 より, 大分川上流域兩岸の賀来地区周辺, 大野川中流域右岸の高田地区周辺, 上流域右岸の戸次地区周辺が浸水深さ 10m を超えるメッシュが分布しており, 危険が高い地域であることがわかる. 居住エリアの想定浸水深さの平均値は約 1.3m であり, これは床上浸水となる可能性の数値である. 大分川・

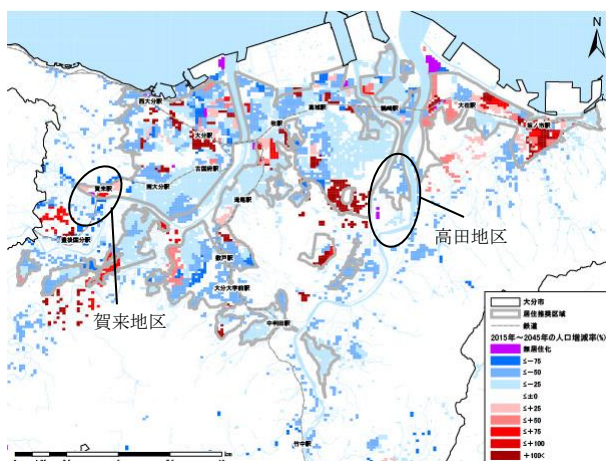


図 1 2015 年から 2045 年の人口増減率

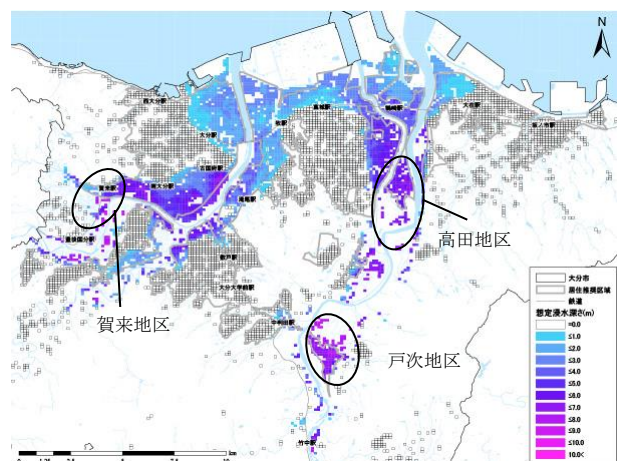


図 2 大分川・大野川における浸水想定区域

大野川共に上流域で 10m 超の浸水が見込まれている。中流域においても 5m 超のメッシュが分布し、大野川では広域的である。

3.2.2. 氾濫特性ゾーン

洪水時においてとるべき避難行動（立退き避難・屋内安全確保）は、平成 25 年 6 月の災害対策基本法の改正により明記された。各地区の氾濫特性によって、倒壊・水没・孤立化の恐れがあり、各地区の氾濫特性に応じた避難行動を行う必要がある。本稿では以下の 3 つのゾーンに分類する。

【家屋倒壊（家屋倒壊等想定）ゾーン】

家屋倒壊には氾濫流による家屋倒壊ゾーンと河岸侵食による家屋倒壊ゾーンがあり、2 つの区域を合わせて家屋倒壊ゾーンとする。

【水没ゾーン】

家屋倒壊の恐れはないが水没が予想される地域。平屋の場合は床上が浸水、2 階以上の建物は最上階の床上が浸水するものを対象としている。

【孤立化ゾーン】

自宅や避難所等で、水没は回避できたとしても浸水が長時間継続する地区では、孤立化の恐れがある。

これら 3 つの氾濫特性ゾーンについて、表 1 の氾濫特性に関するマトリックス表に従い判定する。判定結果を図 3 に示す。また、最大想定規模の洪水が発生した場合に、河川水位が危険水位に到達するよりも早い段階で内水氾濫が発生すると、避難するタイミングでは立退き避難が出来ずに外水氾濫によって危険な状態になる可能性がある。そのため、想定最大規模の降雨による河川氾濫に対して避難する際

に、すでに降雨によって道路などが浸水し避難できなくなる区域（想定氾濫区域）を「早期避難対象地区」として設定する。大分川では想定浸水深さの高いメッシュで氾濫特性の危険度が高い値を示しているが、大野川では想定浸水深さの低いメッシュでも氾濫特性の危険度が高い地域があり、かつ河川から離れた地域にまで広域的に分布していることがうかがえる。

4. 居住エリアの類型化と特徴把握

前章で特徴把握を行った、「将来人口推計」、「水害リスク評価」に加え、「アクセシビリティ評価」、「年齢 3 区分別人口と建築物の実態」の都市空間データを構築し、主成分分析とクラスター分析を行い類型化および特徴を把握する。

4.1. 主成分分析

9 つの変数を用いて主成分分析を行う。主成分分析を行った結果を表 3 に示す。固有値 1 以上の主成分が 3 つ抽出された。第 1 主成分を水害脆弱性、第 2 主成分を都市機能集積性、第 3 主成分を解釈が困難な主成分と判断した（表 2）。

4.2. クラスター分析

主成分分析の結果をもとに、2 つの主成分（第 1 主成分、第 2 主成分）を用いてクラスター分析（Ward 法）により、類型化を行い、5 つのクラスターに分類することができた。各クラスターの主成分得点の平均値を表 3 に、クラスター評価を表 4 に示す。評価基準に従い評価する。各クラスターの変数の平均値を表 5 に、クラスターの分布を図 4 に示す。

表 1 氾濫特性に関するマトリックス表

対象	氾濫特性			氾濫特性ゾーン	ゾーン種別	避難行動
	家屋倒壊	水没	孤立化 (浸水継続)			
浸水想定区域	家屋倒壊等 氾濫想定区域 ※1	—	—	家屋倒壊ゾーン	A	外水氾濫による立ち退き避難地区 (早期立ち退き避難)
	域外	浸水深3m以上の地区 (平屋の場合は浸水深0.5m以上)	避難先に注意 ※2	水没ゾーン	B	
		—	—	—	—	
	域外	浸水が24時間以上継続する恐れがある地区	—	孤立化ゾーン	C	屋内安全確保可
	—	—	—	—	D	

※1: 「家屋倒壊等氾濫想定区域（氾濫流）：木造家屋倒壊の恐れ」、「家屋倒壊等氾濫想定区域（河岸侵食）：非木造の家屋倒壊・流出の恐れ」

※2: 避難先の地点の浸水継続時間が長時間に及ぶ場合は、長期避難になる可能性があるため、指定緊急避難所ではなく指定避難所に避難することを心掛ける

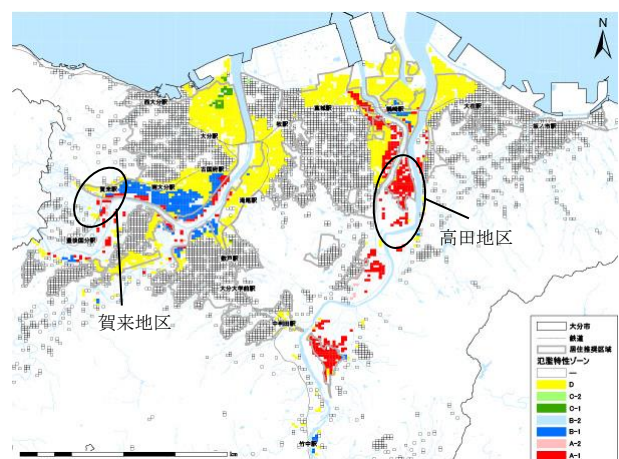


図 3 氾濫特性ゾーン（居住エリア）

クラスター1 は、市街地にほぼ見受けられず、郊外や大分川・大野川の上流域に分布していることがわかる。また、総人口に関する平均値が5つのクラスターの中で最小値であり、かつ老年人口割合の平均値が最大値を示していることから、最も高齢化率が高く、人口減少が見込まれるエリアと考えられる。

クラスター2 は、市街地を中心に大分川・大野川の浸水想定区域から離れたエリアに分布していることがわかる。また、水害リスクに関する平均値5つのクラスターの中で最小値を示していることから、居住を推奨すべき基本的なエリアといえる。

クラスター3 は、大分市街地、大在地区、明野地区を中心に分布していることがわかる。最も人口増加が見込まれ、都市機能集積性が高いエリアと考えられる。避難に関するアクセス性が最も良いエリアであり、居住の推奨を最もすべきエリアと捉えることができる。

クラスター4 は、大分川・大野川の周辺を中心に、浸水想定区域と重なるエリアに分布している。水害リスクが高いエリアであり、かつ建築物の密集度が最も高く、比較的多くの居住者がいるエリアと考え

られる。避難施設までの距離の平均値も比較的高いことから、河川氾濫時には、避難困難者が多くなることが予想される。

クラスター5 は、大分川周辺では賀来地区に、大野川周辺では戸次地区と高田地区に分布している。また、水害リスクに関する全ての平均値が5つのクラスターの中で最大値であることから、最も河川氾濫の大きな被害が想定されるエリアと考えられる。居住の推奨を避けるべきエリアと捉えることができる。

以上より、河川氾濫を想定した際に災害リスクの高いクラスターとして、クラスター5 とクラスター4 が抽出された。

表5 クラスター分析（各項目の平均値）

項目	クラスター分類				
	1	2	3	4	5
2015年総人口(人)	33.83	61.75	78.09	60.20	53.02
2020年総人口(人)	31.02	60.41	85.02	59.24	52.43
2025年総人口(人)	28.02	57.87	92.65	57.21	50.69
2030年総人口(人)	24.91	54.32	101.78	54.01	47.72
2035年総人口(人)	21.87	49.86	111.98	49.84	43.68
2040年総人口(人)	19.36	44.55	122.69	44.79	38.75
2045年総人口(人)	17.48	38.88	133.05	39.33	33.32
2015年～2045年の人口増減率(%)	51.36	70.02	159.97	65.31	61.18
年少人口(0～14歳)の割合(%)	7.56	12.31	19.02	12.60	13.44
生産年齢人口(15～64歳)の割合(%)	45.88	59.57	67.24	61.82	58.43
老年人口(65歳以上)の割合(%)	46.56	28.13	13.74	25.58	28.13
建築面積割合(%)	19.74	25.52	24.41	27.47	25.09
想定浸水深さ(m)	0.20	0.13	0.20	2.71	5.77
家屋倒壊箇所割合(%)	0.00	0.00	0.00	0.04	0.91
氾濫特性マトリクス	0.05	0.10	0.15	1.48	6.55
避難施設までの距離(域外)(m)	710.59	507.43	496.97	1281.74	1284.03

表2 主成分分析結果

変数	第1主成分	第2主成分	第3主成分
浸水想定深さ	0.917	0.010	0.009
家屋倒壊想定箇所割合	0.835	-0.047	0.148
氾濫特性ゾーン	0.921	0.022	0.030
避難施設(域外)までの距離	0.496	-0.089	0.014
年少(0～14歳)人口の割合	-0.010	0.771	0.338
生産年齢(15～64歳)人口の割合	0.066	0.825	-0.353
老年(65歳以上)人口の割合	-0.045	-0.975	0.112
2015年～2045年の人口増減率	-0.126	0.422	0.652
建築面積割合	0.084	0.201	-0.635
固有値	2.662	2.454	1.102
寄与率(%)	29.578	27.267	12.250
累積寄与率(%)	29.578	56.845	69.095

表3 クラスター分析（主成分得点の平均点）

	クラスター1	クラスター2	クラスター3	クラスター4	クラスター5
第1主成分	-0.54	-0.54	-0.53	0.47	2.98
第2主成分	-1.5	-0.03	1.24	0.12	-0.1

表4 クラスターの評価

	クラスター1	クラスター2	クラスター3	クラスター4	クラスター5
第1主成分	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
第2主成分	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆

※【評価基準】 第1主成分：水害脆弱性の数値高い→★が少ない
第2主成分：都市機能集積性の数値高い→★が多い

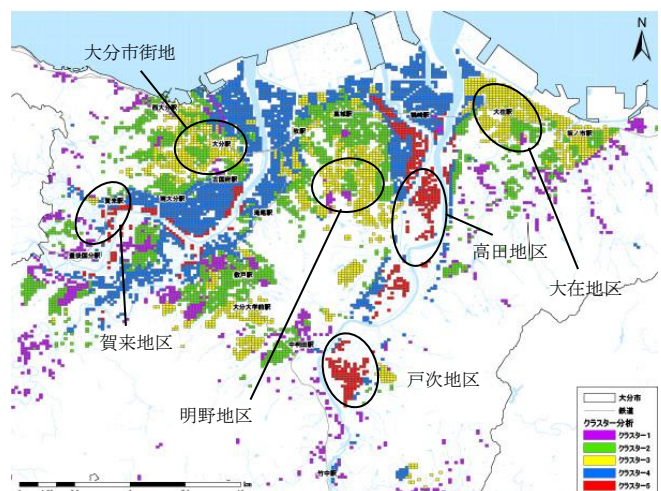


図4 各クラスターの分布図（メッシュ単位）

5. 復興デザインへの展開

図5はクラスター分析をもとに居住推奨区域をゾーニングしたものである。全体的に、大分川・大野川周辺地域は水害リスクを抱えるエリア、大分市中心部は人口増加が見込まれる都市機能集積性が高いエリア、郊外は大きな人口減少が見込まれるエリアとしてゾーニングすることができる。水害リスクを抱えるエリア（青色・赤色）は、区域全体の約28.1%を占めていることが明らかとなった。

図6は大野川・高田地区における居住エリアを、クラスター分析結果をもとにゾーニングしたものである。高田地区は、大野川と乙津川に囲まれたデルタ地帯であり、「輪中」という川に囲まれた三角州などの低い土地にある家屋や農地を洪水から守るため周囲を堤防で囲んだ地域である。高田地区の居住エリアは、ほとんどが水害リスクの危険度が高い赤色のメッシュが分布しており、地区全体が水害に対する脆弱性が極めて高いことがわかる。高田地区は地区全体に洪水による浸水想定がなされているため、基本的に地区内に避難することができる場所はなく地区外への避難となる。避難施設までの距離が長くなることが考えられるため、早期避難計画の必要性や、地区の特徴に特化した「防災タイム

ライン」を準備しておくことが重要である。また、地区内で垂直避難ができるような建築物を建てるための容積率の緩和などを検討すべきである。

図7は、賀来地区における居住エリアを、クラスター分析結果をもとにゾーニングしたものである。賀来地区の居住エリアは、全体的に水害リスクを抱える青色のメッシュが分布している。また、大分川周辺に水害リスクの危険度が高い赤色のメッシュが分布しており、水害に対する脆弱性が極めて高いことがわかる。賀来地区の南側は、大きな人口減少が見込まれており、コミュニティの衰退・希薄化により一層進むことが懸念される。したがって、防災対策として地域内の避難訓練や個人の事前の対策がよ

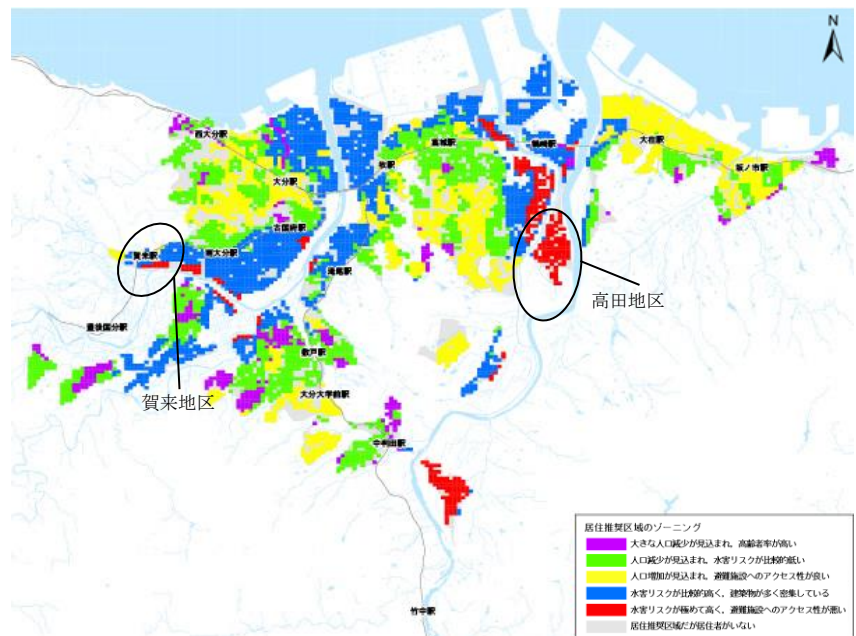


図5 居住推奨区域のゾーニング

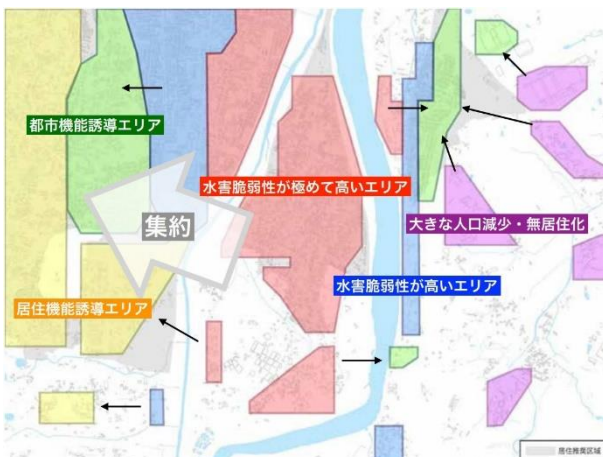


図6 高田地区のゾーニング

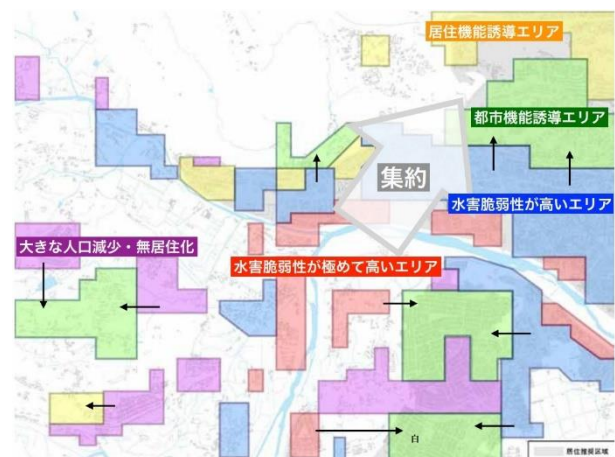


図7 賀来地区のゾーニング

り重要となる。地区全体に浸水想定がなされているため、段階的な縮小と水害リスクの低いエリアへの集約を図っていく必要がある。

6. 総括

本稿では、大分市全域の人が居住するエリアにおいて将来人口推計、現状の実態、水害リスクを考慮し、メッシュ単位での類型化を行うことにより特徴把握を行い、河川氾濫を想定したリスク評価と課題を明らかにした。その結果から、復興デザインのための知見として、長期的視点に立ったまちのゾーニングと地域構造あり方の考察を行った。

大分市が立地適正化計画で居住の推奨を進める区域には、水害リスクを抱え極めて危険度の高い区域が含まれていることが明らかになった。合わせて人口の減少も見込まれ、長期的な視点において地域のコミュニティが衰退し、防災・減災力が低下していくことがうかがえた。そのため、平時から個人が自分の住む地域の災害リスクを把握し、地域の特性に合った適切な防災・減災活動が求められる。また、行政は都市計画制度を浸水リスク抑制において実効性のあるものとするために、災害リスクの高い区域での容積率の緩和など明確な技術的基準の設定が必要であると考えられる。さらに、このような社会においては、防災関連施設を現状の規模で維持することが財政的に困難になると予想され、限られた財源でいかに効率的な防災対策への投資を行うかは大きな課題の一つである。

謝辞

本稿は、国土交通省河川砂防技術研究開発公募・流域計画・流域管理課題分野に応募・採択された「河川整備が進んだ河川流域における復興デザインの探究と水防災意識の再構築」（研究期間：H30～R2 年度、研究代表者：小林祐司）において取り組んだ研究成果の一部である。記して感謝の意を表す。また、本論は、本学大学院修了生（2019 年度）・秦豊樹氏による修士論文の成果を含んでいる。記して感謝の意を表す。

参考文献

- 酒井莉奈・猪八重拓郎（2016）土地利用の変遷からみた都市化の実態と浸水想定区域の関係性の研究－佐賀低平地を対象として－。「都市計画論文集」，**51**（3），401-408
- 竹間美夏・佐藤徹治（2017）立地適正化計画に基づく居住誘導施策検討のための都市内人口分布推計手法の開発－愛知県豊橋市を対象として－。「都市計画論文集」，**52**（3），1124-1129
- 大分市（2019）大分市の都市計画（令和元年度版）。〈<http://www.city.oita.oita.jp/o169/machizukuri/toshi/1278403844374.html>〉
- 大分市（2019）大分市の立地適正化計画に関する情報。〈<https://www.city.oita.oita.jp/o169/rititekiseikakeikaku.html>〉
- G 空間情報センター（2017）将来人口・世帯予測ツール V2（H27 国調対応版）。〈<https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/cohort-v2>〉