

# 居住誘導区域の浸水リスク低減に向けた検討 —令和元年東日本台風での被害を踏まえて—

難波 晃大<sup>1</sup>・森本 瑛士<sup>2</sup>・高瀬 達夫<sup>3</sup>・豊田 政史<sup>4</sup>

<sup>1</sup>非会員 中日本高速道路株式会社 (〒460-0003 名古屋市中区錦2-18-19)

E-mail: a.namba.aa@c-nexco.co.jp

<sup>2</sup>正会員 信州大学助教 工学部 水環境・土木工学科 (〒380-8533 長野県長野市若里4-17-1)

E-mail: emorimoto@shinshu-u.ac.jp (Corresponding Author)

<sup>3</sup>正会員 信州大学准教授 工学部 水環境・土木工学科 (〒380-8533 長野県長野市若里4-17-1)

E-mail: ttakase@shinshu-u.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 信州大学准教授 工学部 水環境・土木工学科 (〒380-8533 長野県長野市若里4-17-1)

E-mail: mtoyo@shinshu-u.ac.jp

立地適正化計画における居住誘導区域は、市街化区域とほぼ同程度な場合や、浸水想定区域を含む場合などの問題を抱えた自治体が複数存在する。実際に令和元年東日本台風では居住誘導区域内に浸水被害も出ている。そこで本研究では、居住誘導区域の縮小と浸水リスク低減に向けた参考情報を得ることを目的に、浸水深や避難距離を用いた浸水リスクと実被害の関係、および浸水リスクを含む居住誘導区域の除外検討を行った。その結果、浸水リスクの高い地域を除外することで、被災地域の大半を除外できることが示唆された。加えて、浸水深や避難距離を用いることで、被災地域を除外した上で人口密度を維持・向上できる可能性が明らかとなり、これらを除外方針の一指標とするメリットも示せた。

**Key Words:** location normalization plan, flood risk, flood damage, inundation depth, evacuation distance

## 1. はじめに

日本では人口減少に対応するため、都市機能や人口を集約したコンパクトシティの形成が進められている。2014年には立地適正化計画(以下、立適)制度が創設されたことで、各自治体は都市機能誘導区域や居住誘導区域の設定が可能となった。しかし、誘導区域指定は各自治体の裁量に委ねられていることから、市街化区域とほぼ同程度の範囲を居住誘導区域に指定する自治体が存在する<sup>1)</sup>。このように依然として面積縮小という観点のコンパクトシティ化が十分に計画できていない自治体が存在するのが現状である。

また2018年時点では約9割の自治体で居住誘導区域内に浸水想定区域を含んでいるというのが実態である<sup>2)</sup>。令和元年東日本台風では、誘導区域内での洪水浸水事例が発生したことにより、立適と災害対策の連携の必要性が唱えられた<sup>3)</sup>。これを受けて2020年9月に都市再生特別措置法等の一部を改正する法律が施行され、災害対策の強化が進められている<sup>4)</sup>。

しかし、依然として居住誘導区域指定や浸水想定区域除外についての明確な基準はなく、あくまで各自治体の

判断に委ねられているのが現状である。また、ここ数年では居住誘導区域に含まれる浸水リスクの除外検討が行われるようになり、浸水深だけでなく防災指針に基づく基準等を求める声も挙がっている<sup>5)</sup>。

実際に防災先行モデル都市の七戸町<sup>6)</sup>では、指定避難所(以下、避難所)に着目し、避難所から遠い地域や垂直避難が困難な建物についての把握を行い、避難所から遠い地域は誘導区域には設定せず、避難計画・備蓄計画を強化することを明記している。しかし、避難所までの距離(以下、避難距離)を用いた検討だけでは、逃げ遅れた人が浸水深3.0m以上の危険に晒されることや、住宅への被害が大きくなることが懸念される。したがって、居住誘導区域に含まれる浸水リスクの除外検討を行う際には、浸水深と避難距離の両方の視点より除外検討を行うことが重要である。また令和元年東日本台風での浸水事例では、被害の有無によって誘導区域指定の効果が異なることが明らかになっている<sup>8)</sup>。これより被災した自治体では、浸水リスクの除外検討の他に、被災地域の除外検討が行われる可能性も考えられる。

以上を踏まえると、浸水深と避難距離を用いた浸水リスクの除外検討および、浸水リスクと実被害の関係につ

いての把握が重要である。また浸水深や避難距離等の指標を用いるメリットを提示することが必要である。

## 2. 研究の位置付け

### (1) 既存研究の整理と研究目的

居住誘導区域指定と災害リスクについて、櫻井・小川<sup>9)</sup>は、浸水リスクが限定的な自治体については、浸水深 2.0m 以上の除外が可能であるという示唆を得た。田村・田中<sup>10)</sup>は、土砂災害リスク低減を図る居住誘導区域指定を行うことで、多面的な視点から持続可能な都市を実現することも一定程度可能であることを明らかにした。谷崎・猪八重<sup>11)</sup>は、居住誘導区域への人口集約方法の違いにより、コンパクト性・ネットワーク性・水害危険性の変化については、あまり見られないことを示した。

以上のように浸水深別には居住誘導区域の縮小検討に関する研究は存在する。しかし災害リスクを考えると単にその被害規模だけでなく、避難に時間がかかる箇所についても同様にリスクの高い地域として考慮していくことが考えられる。

そこで本研究では、居住誘導区域指定と避難所の関係の把握を行った後、浸水深と避難距離を用いた浸水リスクの除外を検討する。さらに、居住誘導区域における浸水リスクと実被害の関係を把握する。以上のことを通じて、浸水リスクの除外による居住誘導区域縮小の可能性を探るとともに、居住誘導区域の浸水リスク低減に向けた参考情報を得ることを本研究の目的とする。

### (2) 本研究の特徴

以上のことより、本研究は以下の特徴を有する。

- 1) 浸水深だけでなく避難距離を用いて実被害との関係や居住誘導区域の縮小検討を実施した新規性がある。
- 2) 浸水深及び避難距離を用いて居住誘導区域の縮小結果を示すことで、各自治体における居住誘導区域指定に関する参考情報を提示した有用性がある。
- 3) 浸水深や避難距離を指標として用いることで、被災地域を効果的に除外できる可能性を示唆した有用性がある。

### (3) 分析対象と本研究の構成

本研究では、実被害の有無によって居住誘導区域の効果が異なる<sup>8)</sup>ことを踏まえ、令和元年東日本台風で浸水被害が生じた信濃川水系流域における3都市(長野市、千曲市、飯山市)を対象とする。

まず 3 章で分析概要について説明する。4 章では、居住誘導区域指定と避難所の関係を把握するため、居住誘

導区域の浸水想定地域に住む人口(以下、浸水想定人口)に着目した避難所カバー率の算出を行う。それを踏まえ 5 章では、将来的に被災地域の除外検討が行われることも見据え、居住誘導区域における浸水リスクと実被害の関係を把握する。また 6 章では、居住誘導区域における浸水リスクの除外検討として、浸水深と避難距離を用いた浸水リスクの除外検討を行う。以上のことより、7 章で結論を述べる。

## 3. 分析概要

### (1) 使用データ

浸水想定区域や誘導区域などの主なデータは、国土数値情報<sup>12)</sup>より入手した。なお、浸水想定区域については既存研究<sup>5)</sup>を参考に、より頻度の高い災害におけるリスク検討を行うため、計画想定規模(L1)を用いた。また、誘導区域については、国土数値情報上で公開されていない場合や、立適の記載事項(災害リスクの除外)と異なる場合があるため、各自治体の立適資料をもとに、誘導区域のGISデータを独自に作成あるいは修正した。

また、浸水推定図や避難所データについては国土地理院<sup>13)</sup>を利用した。この浸水推定図は国土地理院が収集した情報と標高データから被災にあった浸水範囲を推定した図であり、本研究ではこの浸水推定図における浸水範囲を実被害のあった被災地域として扱う。

100mメッシュ単位の人口データ(2015年、2040年)については、東京大学空間情報科学研究センター<sup>14)</sup>を用いた。加えてGISのネットワーク解析機能の1つであるODコストマトリックス解析(以下、OD解析)を行う際、大河川を横断するようなOD設定を取らないよう処理するため、Open Street Map<sup>15)</sup>より河川データを取得した。

### (2) 避難距離、避難所カバー率の算出方法

避難距離について、本研究では浸水想定区域から避難所までの移動距離を避難距離とする。1章で述べた七戸町では、避難距離の算出にはバッファを用いているものの、詳細なリスク把握を行うには不向きな手法と考えられる。そこで本研究では、4章の分析においてはバッファを用いるものの、5・6章については既存研究<sup>16)</sup>を参考に、OD解析を用いて避難距離の算出を行う。

また避難所カバー率について、浸水想定人口を避難所がカバーできている割合のことを指す。そのため、居住誘導区域内かつ避難所カバー範囲内の浸水想定人口から居住誘導区域内の浸水想定人口を除することで算出する。その際のカバー範囲については、高齢者の避難限界距離や歩行距離を考慮して、各バッファの大きさは 2km<sup>16)</sup>と 500m<sup>18)</sup>とした。また、避難所が災害時に機能するか否

かについては避難所データの属性情報で判断し、浸水想定時に機能する避難所と、浸水かつ土砂災害時にも機能する避難所を対象とする。

**(3) 浸水リスクに着目した居住誘導区域の縮小方法**

浸水リスクの除外を行う指標には既存研究<sup>9)</sup>で用いられている浸水深をベースに、浸水深で除外できない地域については避難距離を用いて除外する。ここで中核市を対象にした既存研究<sup>19)</sup>では、40人/haを満たすと最低限必要な都市施設の立地があることが示唆されている。また40人/haを満たさない自治体では、都市施設への徒歩アクセス性が低下する可能性についても述べられている<sup>20)</sup>。これらを踏まえ、人口密度維持もしくは40人/haの確保が可能になるまで避難距離が遠い地域から居住誘導区域の縮小を行う。なお避難距離の検討は10mずつ実施する。また、本研究では居住誘導区域の縮小に着目しているため、既存研究<sup>9)</sup>に倣い、都市機能誘導区域はハード対策によって対応すると仮定し、都市機能誘導区域は分析対象外とする。

以上の仮定のもと、対象自治体が有する浸水リスクを詳細に把握し、居住誘導区域からの除外が望ましい地域や、居住誘導の対象となる人口の把握を試みる。ここで検討を行うにあたり、居住誘導区域からの除外対象となるメッシュ(以下、除外対象メッシュ)、居住誘導区域でリスクのないメッシュやリスクはあるもののリスクの低い地域を除外対象としない場合のメッシュ(以下、居住誘導先メッシュ)とする。なおリスクの大小に応じた除外対象についてはケースごとに段階を設けて検討する。

分析はGISを用いて値を算出する。また、浸水想定地域における避難距離の算出にはOD解析を用いる。なお、同解析を行う上で必要なOD設定や詳細設定については、以下の通りである。

- 1) 始点は、都市機能誘導区域を除く居住誘導区域内の浸水想定地域を100mメッシュで区切った各メッシュの重心とする。なお、浸水想定の有無は重心が浸水想定区域に含まれるか否かで判断する。
- 2) 終点は、安全性を考慮し浸水・土砂災害がともに発生した場合でも機能する避難所とする。
- 3) 河川を横断するようなOD設定を防ぐため、河川データを用いたバリアを設定する。

**4. 浸水想定人口に着目した避難所カバー率**

居住誘導区域指定と避難所、浸水想定区域、浸水想定人口の関係についての現状を把握した結果を図-1、表-1に示す。これらの結果から以下のことがわかった。

- 1) 長野市では、土砂災害の有無に関わらず、避難所

カバー率(2km)は豊野、若穂地域で50%未満である。一方の稲荷山地域において、市内の避難所へ避難する場合、避難所カバー率(2km)は0%であるものの、千曲市への避難が可能な場合は97%となる。また避難所カバー率(2km)と比べて、避難所カバー率(500m)は、全ての居住誘導区域で30%以下となる。

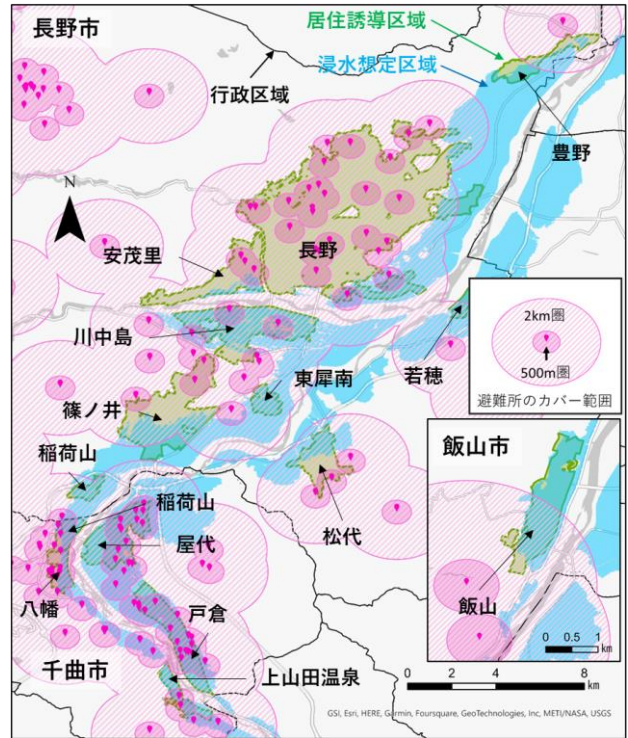


図-1 災害時に機能する避難所分布とそのカバー範囲

表-1 居住誘導区域の浸水想定人口に着目した避難所カバー率(歩行距離・避難所の災害機能別)

市町村	居住誘導区域 区域名	浸水想定 人口(人)	避難所有効範囲・災害機能別の避難所カバー率			
			徒歩2km圏		徒歩500m圏	
			浸水	浸水&土砂	浸水	浸水&土砂
長野市	長野	13,414	81%	81%	18%	18%
	松代	2,169	100%	100%	0%	0%
	篠ノ井	11,977	78%	78%	0%	0%
	東犀南	3,624	100%	100%	0%	0%
	川中島	23,787	100%	100%	30%	30%
	豊野	2,951	28%	28%	0%	0%
	稲荷山	1,809	97%	97%	0%	0%
千曲市	安茂里	3,290	100%	100%	27%	27%
	若穂	2,762	45%	45%	0%	0%
	屋代	10,043	100%	100%	71%	71%
	稲荷山	2,861	100%	100%	79%	79%
飯山市	八幡	1,265	100%	100%	99%	99%
	戸倉	8,680	100%	100%	85%	85%
	上山田温泉	2,478	100%	100%	90%	36%
飯山市	飯山	2,690	50%	50%	0%	0%

※避難所カバー率=避難所カバー範囲内の浸水想定人口/浸水想定人口

- 2) 千曲市では、土砂災害の有無に関わらず、避難所カバー率(2km)は、全ての居住誘導区域で100%である。また土砂災害も同時に発生した場合、避難所カバー率(500m)は、八幡を除く居住誘導区域で低下するものの、上山田温泉地域を除く地域では70%以上と比較的高い。なお、上山田温泉地域において浸水のみが発生する場合、避難所カバー率(500m)は90%であるものの、土砂災害も同時に発生した場合は36%まで低下する。
- 3) 飯山市では、土砂災害の有無に関わらず、避難所のカバー率(2km)は50%である。さらに避難所カバー率(500m)は0%である。

以上のことより、居住誘導区域であっても避難所のカバー範囲(2km)外である浸水想定地域が確認され、このような地域への対策は特に重要である。加えて、避難所カバー率(500m)は、八幡地域を除く全ての地域で低下することから、今後の高齢化の進展を見据え、避難者の歩行距離が短くなることを想定した対策の実施も重要である。また近隣自治体と連携することで、避難体制の強化が可能なケースが確認されたため、各自治体は避難所の連携についての可能性を探ることも必要である。

これらを踏まえると、近隣自治体と連携等を検討した上で、避難所から遠い地域の対策を実施していくことが考えられる。具体的には、避難所の新設もしくは民間施設の避難所活用、避難所から遠く災害リスクのある地域を居住誘導区域から除外することなどが考えられる。

## 5. 居住誘導区域における浸水リスクと実被害

### (1) 浸水リスク(浸水深別)と実被害の関係

被災地域の除外検討が行われることも見据え、居住誘導区域における浸水リスクと実被害の関係についての把握を行う。その際、浸水リスクについては浸水深や避難距離に着目する。そこで本節では、居住誘導区域における浸水リスク(浸水深別)と実被害の関係についての把握した(表-2)。これらの結果から以下のことがわかった。

- 1) 居住誘導区域における実被害範囲は、おおよそ浸水想定区域に含まれる。
- 2) 浸水リスク(浸水深)が高いほど、実被害含有率は高くなる。特に浸水深3.0m以上では顕著である。

以上のことより、浸水リスクを除外することで、被災地域の大半を除外できる可能性が示唆された。またリスク(浸水深)の高い地域から除外することで、被災地域も効果的に除外できる可能性が明らかになった。特に浸水深3.0m以上の地域では、実被害含有率が顕著に高いため、この地域の除外や対策の検討を行っていくことが考えられる。一方で、浸水想定区域以外で被害が生じてい

ることも確認されたため、被災地域を除く指標についての検討も今後の方向性として考えられる。

### (2) 浸水想定地域の避難距離と実被害の関係

居住誘導区域における浸水想定地域の避難距離と実被害の関係についての把握を行った結果を図-2に示す。この図から被害がなかった地域と比べ、被害にあった地域は避難距離の平均値が高いことが明らかになった。なお、千曲市の被害にあった地域に該当するメッシュは得られなかった。このことより、居住誘導区域における浸水想定地域において、避難所から遠い地域から除外することで、被災地域を効果的に除外できる可能性が示唆された。

## 6. 浸水深と避難距離を用いた浸水リスクの除外による居住誘導区域縮小の検討

表-2 居住誘導区域における浸水リスクと実被害の関係

	浸水深	浸水想定 (ha)	実被害 (ha)	実被害含有率
長野市	想定なし		0.9	
	0.5m未満	563.9	0.1	0%
	0.5以上3.0m未満	866.4	89.8	10%
	3.0以上5.0m未満	53.9	41.0	76%
	5.0m以上10.0m未満	9.8	6.9	71%
長野市全体		1,494.0	138.7	9%
千曲市	想定なし		0.0	
	0.5m未満	87.8	0.0	0%
	0.5以上3.0m未満	699.2	0.3	0%
	3.0以上5.0m未満	91.6	3.4	4%
	5.0m以上10.0m未満	2.0	0.0	2%
千曲市全体		880.6	3.8	0%
飯山市	想定なし		0.0	
	0.5m未満	2.5	0.0	0%
	0.5以上3.0m未満	32.2	0.1	0%
	3.0以上5.0m未満	59.9	40.7	68%
	5.0m以上10.0m未満	0.5	0.4	77%
飯山市全体		95.1	41.1	43%

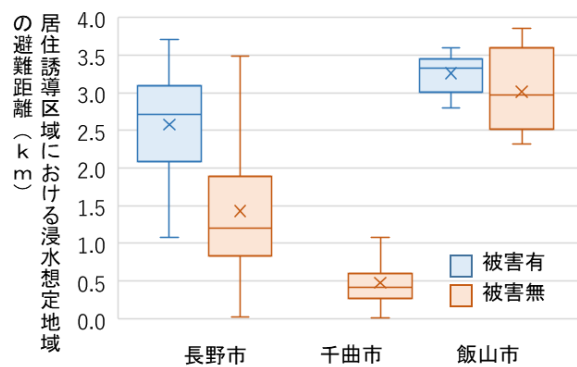


図-2 居住誘導区域における浸水想定区域からの避難距離

(1) 長野市における居住誘導区域縮小の検討

本章では、居住誘導区域に含まれる浸水リスクの除外検討として、浸水深と避難距離を用いた検討を行う。長野市を対象に分析した結果を表-3、図-3 に示す。これらの結果から以下のことがわかった。

- 1) 2015年時点における居住誘導区域の人口密度は47.8人/haである。そして、現状の居住誘導区域の大きさを維持した場合(以下、BAU(Business As Usual))、2040年には35.9人/haまで低下する。
- 2) 浸水深を用いて除外を行った場合(ケース1からケース4)、除外対象メッシュ内に住む人口(2040年)は、それぞれ233人、1,365人、23,441人、42,134人である。2040年を目途にこの人口を居住誘導先メッシュへと誘導を行った場合、居住誘導先メッシュの人口密度は、ケース別に36.0人/ha、36.3人/ha、41.3人/ha、45.8人/haとなる。また、居住誘導区域縮減率は0%、1%、13%、21%である。
- 3) 浸水深と避難距離を用いて除外・誘導を行うことで40人/haの確保を図った場合(ケース5)、除外に必要な避難距離は1.00km、除外対象メッシュ内に住む人口(2040年)は17,781人であり、誘導を行った場合における居住誘導先メッシュの人口密度は40.5人/haとなる。また、居住誘導区域縮減率は11%である。

以上のことより、中核市である長野市において、BAUだけでなく2040年を目途に居住誘導先メッシュへ居住誘導を行った場合のケース4であっても2015年の人口密度を下回る。なお、誘導先のキャパシティの観点については既存研究<sup>11)</sup>と同様に、2015年の人口密度を下回ることから可能であるとみなした。したがって、人口密度維持を目指していくのであれば、本研究の仮定よりも厳しい施策の実施が必要である。例えば市街化区域や市街化調整区域内の災害想定地域などからの誘導を促すなどが考えられる。

またケース3において、既存研究<sup>19)20)</sup>が提示する40.0人/haを満たしており、中核市として必要最低限の都市施設の立地と徒歩アクセス性があると想定される。一方で、居住誘導区域縮減率は13%となり、23,441人の居住誘導が必要となる。そこで、浸水深と避難距離を用いたケース5を検討したところ、居住誘導区域縮減率は11%で居住誘導の対象となる人口は17,781人となり、ケース3よりも5,660人の居住誘導を減らすことが可能である。

これらを踏まえると、長野市において、浸水リスクを全て除外するよう居住誘導区域を見直し、かつ除外されなかった居住誘導区域へ人々を誘導することで、2015年時点の居住誘導区域の人口密度に近づけることができる。しかし長野市のように、人口密度維持が難しい可能性のある中核市については、都市施設の立地や徒歩アクセス

表-3 長野市における居住誘導区域縮小のケーススタディ

長野市	居住誘導区域				
	2015年		2040年(BAU)		
	面積(ha)	人口(人)	人口密度(人/ha)	人口(人)	人口密度(人/ha)
	5,619	268,721	47.8	201,860	35.9
除外対象メッシュ		居住誘導先メッシュ			
ケース別	人口(人)	面積(ha)	面積(ha)	人口密度(人/ha)	居住誘導区域縮減率
ケース1	233	10	5,609	36.0	0%
ケース2	1,365	47	5,561	36.3	1%
ケース3	23,441	674	4,887	41.3	13%
ケース4	42,134	476	4,411	45.8	21%
ケース5	17,781	572	4,989	40.5	11%

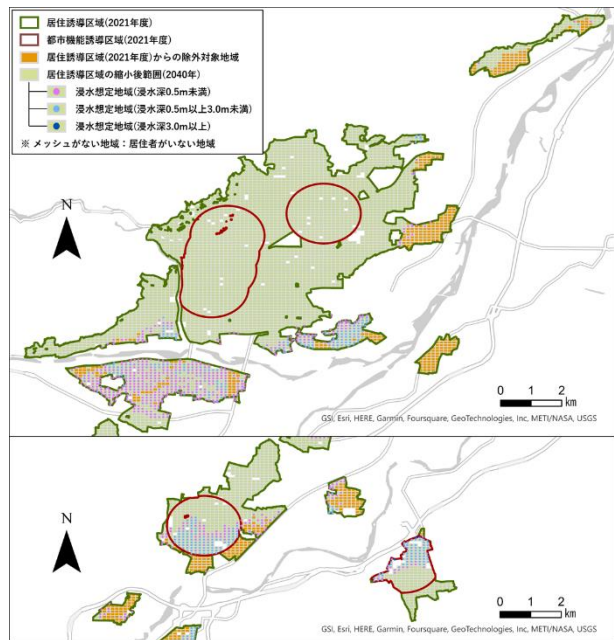


図-3 長野市における居住誘導区域からの除外地域(ケース5)

性の観点より、40.0人/ha以上の人口密度維持を長期的な目標にすることも一つである。その際には、本研究で用いた浸水深や避難距離の指標だけでなく、その他の指標等についても検討し、実現可能性を高めていくことが重要である。

(2) 千曲市における居住誘導区域縮小の検討

千曲市を対象に分析した結果を表-4、図-4に示す。これらの結果から以下のことがわかった。

- 1) 2015年時点における居住誘導区域の人口密度は28.5人/haである。そしてBAUの場合、2040年には20.4人/haまで低下する。
- 2) 浸水深を用いて除外を行った場合(ケース1からケース4)、除外対象メッシュ内に住む人口(2040年)は、それぞれ16人、650人、8,072人、9,172人である。2040年を目途にこの人口を居住誘導先メッシュへと誘導を行った場合、居住誘導先メッシュの人口密度は、ケース別に20.4人/ha、21.3人/ha、35.7人/ha、39.7人/haとなる。また、居住誘導区域縮減率は0%、4%、43%、49%である。

3) 浸水深と避難距離を用いて除外・誘導を行うことで人口密度の維持を図った場合(ケース 5), 除外に必要な避難距離は 0.31km, 除外対象メッシュ内に住む人口(2040年)は 4,936人であり, 誘導を行った場合の居住誘導先メッシュの人口密度は 30.4人/ha となる。また居住誘導区域縮減率は 33%である。

以上のことより, BAU では人口密度は維持できないが, 2040年を目途に居住誘導先メッシュへ誘導を行った場合, ケース 3で 2015年の人口密度を上回り, ケース 4では 40.0人/ha程度まで高めることができるが明らかとなった。その一方, ケース 3の時点で居住誘導区域縮減率が 43%となり, 8,072人の居住誘導が必要となる。また, 居住誘導先メッシュの人口密度は 2015年時点よりも高くなることから, 居住誘導先メッシュのキャパシティ不足が懸念される。そこで, 浸水深と避難距離を用いたケース 5を検討したところ, 居住誘導区域縮減率は 33%, 居住誘導の対象となる人口は 4,936人となり, ケース 3よりも居住誘導区域縮減率で 10%, 居住誘導の対象となる人口で 5,660人を減らすことが可能である。

これらを踏まえると, 千曲市では人口密度維持を目安に, 居住誘導区域に含まれる浸水リスクの除外を行い, それに伴う居住誘導を行うことが考えられる。その際, 実現可能性を鑑みて, 避難距離などの指標を用いるかを検討することも重要である。

表-4 千曲市における居住誘導区域縮小のケーススタディ

千曲市	居住誘導区域				
	面積(ha)	2015年		2040年(BAU)	
		人口(人)	人口密度(人/ha)	人口(人)	人口密度(人/ha)
	979	27,890	28.5	19,977	20.4
除外対象メッシュ		居住誘導先メッシュ			
ケース別	人口(人)	面積(ha)	面積(ha)	人口密度(人/ha)	居住誘導区域縮減率
ケース1	16	2	977	20.4	0%
ケース2	650	41	937	21.3	4%
ケース3	8,072	378	559	35.7	43%
ケース4	9,172	56	503	39.7	49%
ケース5	4,936	279	658	30.4	33%

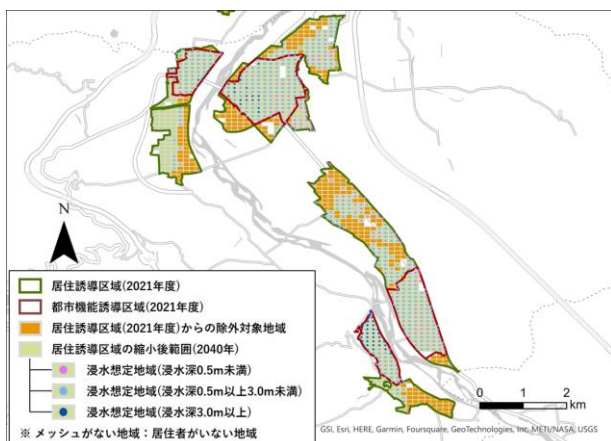


図-4 千曲市における居住誘導区域からの除外地域(ケース 5)

(3) 飯山市における居住誘導区域縮小の検討

飯山市を対象に分析した結果を表-5, 図-5に示す。これらの結果から以下のことがわかった。

- 1) 2015年時点における居住誘導区域の人口密度は 27.1人/ha である。そして BAU の場合, 2040年には 19.0人/haまで低下する。
- 2) 浸水深を用いて除外を行った場合(ケース 1からケース 3), 除外対象メッシュ内に住む人口(2040年)は, それぞれ 260人, 515人, 549人である。2040年を目途にこの人口を居住誘導先メッシュへと誘導を行った場合, 居住誘導先メッシュの人口密度は, ケース別に 21.0人/ha, 24.1人/ha, 24.7人/haとなる。また居住誘導区域縮減率は 10%, 21%, 23%である。
- 3) ケース 3のように浸水リスクのある地域を全て除外し, その地域に住む人口を誘導した場合であっても, 人口密度の維持ができない。人口密度を維持するためにはケース 3に加えて 1,848人の誘導が必要である。

以上のことより, BAU では人口密度は維持できず, 2040年を目途に居住誘導先メッシュへ誘導を行った場合, ケース 3であっても 2015年の人口密度を下回る。これらを踏まえた今後の対策として, 都市機能誘導区域を含めた検討やその他の基準を設けた検討, 居住誘導区域外からの強い居住誘導, 区域設定の見直しなどが考えられる。

表-5 飯山市における居住誘導区域縮小のケーススタディ

飯山市	居住誘導区域				
	面積(ha)	2015年		2040年(BAU)	
		人口(人)	人口密度(人/ha)	人口(人)	人口密度(人/ha)
	115	3,118	27.1	2,178	19.0
除外対象メッシュ		居住誘導先メッシュ			
ケース別	人口(人)	面積(ha)	面積(ha)	人口密度(人/ha)	居住誘導区域縮減率
ケース1	260	11	103	21.0	10%
ケース2	515	13	90	24.1	21%
ケース3	549	2	88	24.7	23%

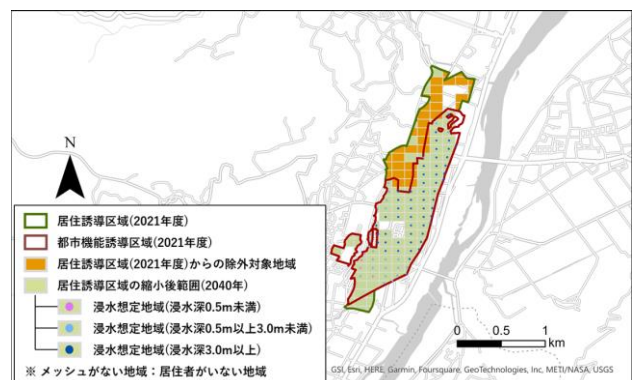


図-5 飯山市における居住誘導区域からの除外地域(ケース 3)

## 7. まとめ

本研究では、居住誘導区域の縮小および浸水リスク低減に向けた参考情報を得ることを目的に分析を行った。得られた主な成果は、以下の通りである。

- 1) 居住誘導区域の避難所カバー率(2km圏)の低く、浸水想定人口が存在する地域が複数存在する。また八幡地域を除く全ての地域において、避難所カバー率(500m圏)は、避難所カバー率(2km圏)から低下もしくは大幅に低下している。一方で、近隣自治体と連携することで、避難所カバー率(2km圏)が0%から97%まで高まる地域についても確認された。
- 2) 居住誘導区域における実被害範囲は、おおよそ浸水想定区域に含まれる。そして浸水リスク(浸水深)が高いほど、実被害含有率は高くなり、特に浸水深3.0m以上では顕著である。また浸水被害がなかった地域と比べて、被害にあった地域は避難距離の平均値が高い。
- 3) 長野市と飯山市では、居住誘導区域の浸水リスクを全て除き、かつ除いた地域の人口を誘導したとしても、2015年時点における居住誘導区域の人口密度は維持できない。一方で長野市については、浸水リスクを一定程度除き、かつ除いた地域の人口を誘導することで、DIDの一基準である40人/haの人口密度は維持できる。また千曲市では、浸水リスクを一定程度除き、かつ除いた地域の人口を誘導することで、2015年時点の人口密度を維持できる。さらに浸水リスクを全て除き、かつ除いた地域の人口を誘導した場合は、40人/ha程度まで人口密度を高められる。
- 4) 浸水深と避難距離を用いた除外検討を行ったため、各自治体が有する浸水リスクの高い地域や、リスクのない地域等を明らかにした。

以上のことから浸水深に加え避難距離を用いることで被災地域を居住誘導区域から除外できる可能性が示唆された。また、浸水深と避難距離を用いて居住誘導区域からリスクの高い地域を除外し、その地域に住む人口を居住誘導区域内に誘導すると人口密度の維持や40人/haの密度を維持できる可能性が明らかとなった。このことから浸水深や避難距離を用いた居住誘導区域の縮小・誘導を実施することで拠点として維持していくことの可能性が示唆された。

一方で、災害リスクを除外しただけでは現状の人口密度が維持できない自治体が確認された。そういった自治体では今後の立適の目標人口の設定次第によっては災害リスク以外の要因から居住誘導区域の縮小検討を実施することや、誘導区域外からの誘導をより図ること、市町村間連携を図ることなどが考えられる。

今回は避難所への移動を想定したが、避難所までの距離が遠い場合、まずは災害想定地域の外へ避難するという考え方をしておくことが望ましい。今後の課題として、津波等のその他災害を含めた検討、対象地の拡大、都市機能誘導区域を含めた検討、生活利便性との兼ね合いの検討、被災地域の除外検討などが挙げられる。

**謝辞:** 本研究は、JSPS科研費(21K14262)および公益財団法人河川財団による河川基金(2021-5211-027)の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 西井成志, 真鍋陸太郎, 村山顕人: 立地適正化計画における居住誘導区域設定の考え方とその背景—市街化区域に対する居住誘導区域の面積比率が対象的な自治体の比較を通じて—, 都市計画論文集, Vol. 54-3, pp.532-538, 2019.
- 2) 日本経済新聞, 浸水想定地に住宅誘導まちの集約の自治体9割で(掲載日2018.9.1)
- 3) 櫻井祥之, 小川宏樹, 中野晋: 立地適正化計画の居住誘導区域指定における災害リスクの取り扱いに関する研究, 土木学会論文集 F6, Vol.75-2, pp.L127-L135, 2020.
- 4) 立地適正化計画策定の手引き(令和4年4月改訂), [https://www.mlit.go.jp/toshi/city\\_plan/content/001478980.pdf](https://www.mlit.go.jp/toshi/city_plan/content/001478980.pdf) (最終閲覧日2023.1.24)
- 5) 櫻井祥之, 小川宏樹: 居住誘導区域の人口密度の維持と浸水被害リスク低減に関するケーススタディー—2020年都市再生特別措置法等改正と市街化区域内の浸水想定区域に着目して—, 都市計画論文集, Vol. 56-3, pp.952-959, 2021.
- 6) 梨本丈一郎, 松川寿也, 中出文平: 居住誘導浸水想定区域の市街地特性の評価と対応策に関する研究—地方都市圏の居住誘導浸水想定地域を対象として—, 都市計画論文集, Vol.57-3, pp.768-775, 2022.
- 7) 七戸町 HP, 七戸町立地適正化計画, <http://www.town.shichinohe.lg.jp/gyosei/17f965f7b03813c5aa27ba69f190b1a8.pdf> (最終閲覧日2023.1.24)
- 8) 難波晃大, 森本瑛士, 高瀬達夫, 豊田政史: 浸水リスクおよび実被害に着目した誘導区域指定の実態—信濃川水系の流域都市を対象として—, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol.65, P115, 2022.
- 9) 櫻井祥之, 小川宏樹: 浸水被害リスクを考慮した居住誘導区域指定に関する研究, 土木学会論文集 F6, Vol. 76-2, pp. L107-L116, 2020.
- 10) 田村翔太, 田中隆宏: 土砂災害警戒区域を考慮した市街地集約化の多面的効果に関する研究—広島市を対象としたシナリオ作成と評価—, 土木学会論文集

- D3, Vol. 77-4, pp. 375-388, 2021.
- 11) 谷崎竜也, 猪八重拓郎: コンパクト・プラス・ネットワークと災害リスクとの関係性(その 1): 立地適正化計画策定都市における現状及び計画の評価とシナリオ分析, 日本建築学会計画系論文集, Vol.97-795, pp.887-897, 2022.
  - 12) 国土数値情報 HP, <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/> (最終閲覧日 2023.1.24)
  - 13) 国土交通省国土地理院 HP, <https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R1.taihuu19gou.html> (最終閲覧日 2023.1.24)
  - 14) 東京大学空間情報科学研究センターHP, 地域分析に有用なデータの提供, <https://home.csis.u-tokyo.ac.jp/~nishizawa/teikyo/index.html> (最終閲覧日 2023.1.24)
  - 15) Open Street Map Japan HP, <https://openstreetmap.jp/> (最終閲覧日 2023.1.24)
  - 16) 蒲倉光, 梅本通孝: 大規模河川氾濫による浸水想定区域からの脱出を一義的目標とした避難計画の効果に関する基礎的研究, 地域安全学会論文集, Vol.37, pp.249-258, 2020.
  - 17) 国土技術施策総合研究所 HP, 研究資料(第II章 防災公園の配置), <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0857pdf/ks085708.pdf> (最終閲覧日 2023.1.24)
  - 18) 国土交通省 HP, 都市構造の評価に関するハンドブック, <https://www.mlit.go.jp/common/001104012.pdf> (最終閲覧日 2023.1.24)
  - 19) 野本温秀, 森本瑛士, 高瀬達夫: 都市機能が存在しうる最低人口の検討—中核市における拠点内の立地状況から—, 土木計画学研究発表会・講演集, P129, Vol.65, 2022.
  - 20) 藤森蓮, 松中亮治, 大庭哲治, 田中皓介: 全国の居住誘導区域内における生活サービス施設への徒歩アクセス性と人口密度ならびに災害危険性との関連分析, 都市計画論文集, Vol.57-3, pp.1118-1124, 2022.
- (?)  
(?)