

特定都市河川流域に策定された立地適正化計画による誘導区域設定と対水害脆弱性評価に関する研究

Research on inducing area setting based on location optimization plans formulated in specific urban river basins and assessment of ability to respond to flood vulnerability

野中 康太郎*・畔柳 昭雄**
Kotaro Nonaka*, Akio Kuroyanagi**

In Japan, as of December 2019, 242 of the 275 local governments that have formulated location optimization plan have been identified as having flood risks in their residential inducing area.

In this research, I grasped the population and regions that have been exposed to flood risk of 23 local governments in specific urban river basins with flood risks in their residential inducing area. As a result, 7 local governments in Osaka Prefecture were found to be highly flood risk. In addition, from the perspective of region and architecture, a survey of the ability to respond to flood vulnerabilities of 7 local governments in Osaka Prefecture revealed that Hirakata City and Higashi Osaka City have high ability to respond to flood vulnerabilities.

Keywords: Specific urban river basin, Urban facility location plan, Residential inducing area, Urban function inducing area, Flood safety evaluation, Flood-resistant building

特定都市河川流域, 立地適正化計画, 居住誘導区域, 都市機能誘導区域, 水害安全性, 耐水建築

1. はじめに

2014年の都市再生特別措置法の改正以降、立地適正化計画(以下、立適と略)の策定を各自治体が進め、2019年12月時点で275自治体が策定済みとなった。内242自治体では居住誘導区域内に浸水想定区域の重なることが指摘¹⁾され、2020年6月の都市再生特別措置法の改正では居住誘導区域の安全性強化のための「防災指針」を設けることが定められ、災害リスクの相対的評価を行う必要性が示されてきた²⁾。この中には特定都市河川流域に位置する23自治体が含まれ、これらは浸水リスクを抱えた市街地を含んでいるため、居住誘導区域の見直しや浸水リスクの解消は困難とされ、浸水を許容した「減災型の街をつくる持続的な取り組みが必要」との指摘がなされている³⁾。

洪水や溢水被害の増加する今日、水害リスク対策としての土地利用規制や建築規制に関する研究は精力的に行われ、水害リスクと土地利用等に関する研究^{4)~15)}を見てゆくと、水害リスクコントロールと土地利用の実態や土地利用規制に関する研究⁹⁾では、建築基準法39条による災害危険区域制度に着目し全国の実態を捉えることで、現状は限定的な制度の運用となっている状況を捉え、今後は積極的に制度運用することが望ましいとしながら、運用効果の見られた地域についても概説している。また、土地利用と浸水想定区域や水害リスクとの関係性に関する研究¹⁰⁾では、都市計画制度の変遷過程を明らかにすることで、浸水想定区域と都市的新規建築物の分布を重ね合わせ、浸水の可能性の高い地区を見出し、土地利用規制・誘導の観点から浸水リスクの抑制を説き、想定浸水深の深い地域は市街化調整区域に指定すべきとしている。また、垂直避難の面からは用途地域の変更により中高層の用途指定が望ましいと考察している。水害リスクを踏まえた都市づくりにおける洪水浸水想

定区域の活用可能性に関する研究¹¹⁾では、浸水想定区域図の作成と活用法を示し、高層建築等の避難場所確保の際の参考や防災上重要または脆弱な建物の立地や適性判断、リスク対策検討の際に浸水想定区域図は有用としている。

他方、2020年6月に日本建築学会からは水害の増加に対する取り組みとして、実態把握とデータ蓄積、建物の耐水技術開発、ハザードに対応した都市・地域の計画策定、浸水対応型市街地整備等が急務であるとする提言¹⁶⁾が出された。

こうした先行研究では、浸水想定区域や建築物の被災に対して土地利用規制や誘導及び建築規制により水害リスクの抑制を図る必要性や仕組みづくり、制度見直しが指摘されている。ただ、同一区域でも居住人口の構成、土地利用や土地性状、建築物の用途機能・形態・規模・構造などにより、浸水被害に差異のある状況を踏まえると、浸水リスク抑制のためにはハザードの度合い、地域居住者の属性別人口の被災状況、建築物の耐水性を捉えることで、地域の状況を反映した減災化への対応も可能になるものと思われる。

2. 研究の目的

本研究では、特定都市河川流域に居住誘導区域が設定され、浸水被害の想定される23自治体を対象とし、地域が被る浸水リスクを、地域に対するハザード(浸水深がもたらす危険度合)、曝露量(危険に曝される居住人口構成)、脆弱性(建築強度の脆弱性)の側面から捉えることとし、①浸水被害が想定される居住誘導区域及び都市機能誘導区域(以下、誘導区域と略)のハザードを「被水率」で捉え、②浸水想定区域の住民の昼夜間人口構成や高齢者比率から「浸水曝露人口」を捉え、③浸水想定区域内の建築物の用途機能と構造危険度及び階数危険度から「対水害脆弱性」を捉え、浸水リスクを被る地区に想定される被災状況の差異を明らかにする。

* 正会員 株式会社東京建設コンサルタント (TOKEN C.E.E. Consultants Co., Ltd.)

** 正会員 日本大学理工学部海洋建築工学科 (Nihon University, College of Science and Technology)

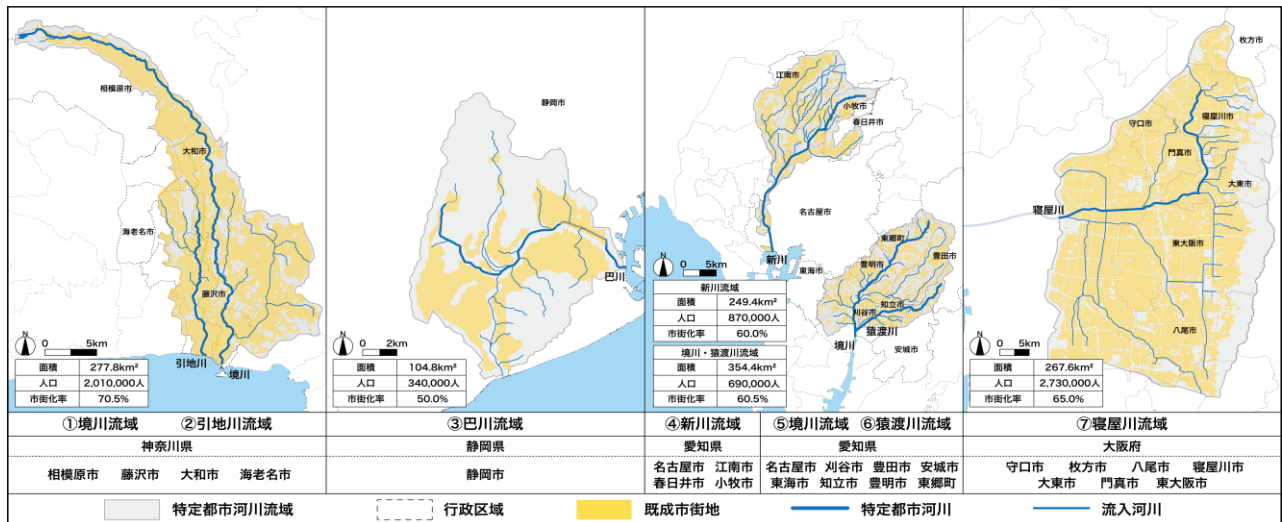


図1 調査対象の河川(本川・支川含む)流域範囲

※各流域の流域水害対策計画に基づき作成

3. 研究概要

3-1. 研究の方法

特定都市河川流域に位置する23自治体を対象に、まず、第4章では、各自治体の立適策定時点の居住誘導区域における浸水リスクへの対応方針や現状の対策及び今後の対応方針をヒアリング調査¹⁾により把握した。

第5章では、各自治体の誘導区域における浸水リスクの状況を「被水率」、「浸水曝露人口」により捉えることとした。被水率は、各区域の浸水や冠水等の危険性が想定される浸水ハザードエリアの割合と定義した。浸水曝露人口は、池永・大原¹⁴⁾、村中ら¹⁵⁾、能島ら¹⁷⁾の「曝露人口」の考え方を参考にし、浸水や冠水等の危険性に曝される人口と定義した。

分析手順は、市街化区域や誘導区域の面積規模を立適に基づき整理し、立適に未記載の自治体は区域の範囲を国土地理院の地理院地図に照らし合わせて面積算定を行なった。次に、各自治体の立適の誘導区域図や各河川の浸水想定区域図及び内水ハザードマップのPDFを縮尺1/10,000に合わせて図化し、Adobe Photoshopのピクセル数の算定機能を活用して各区域のピクセル数を計数し被水率を算出した。

尚、分析に用いた調査対象23自治体のハザードマップや浸水想定区域図を整理すると、使われている縮尺が各自治体で異なり、詳細な図で概ね1/5,000~1/12,500の縮尺が使われていることが分かる。この内1/10,000の縮尺を使う自治体が半数程を占めるため、ここでは1/10,000の縮尺を基準にして分析することとした。具体的には、各ハザードマップや浸水想定区域図のPDFを1/10,000に縮尺を統一整理した後、1ピクセルあたり約0.096mmの2,160×1,620=3,499,200のピクセル(264ppi=103.937ピクセル/cm)で構成される画角に統一して図化しピクセル数を算定した。自治体によっては1/10,000の縮尺より小さい図もあるため、被水率を算出する上で若干の誤差修正に留意が要された。また、各ハザードマップや浸水想定区域図のピクセルサイズに差異があることから、各図のピクセルサイズを統一するよう図化する必要があるため、GISの活用はできず、ここでは、Adobe Photoshopを活用し各区域の被水率を算出した。

こうした作業の後に、GISを用い100mメッシュの人口分布²⁾と浸水ハザードエリアが一部でも重複するメッシュを抽出し、浸水曝露人口を算出した³⁾。

第6章では、第5章で浸水リスクの高い状況が見られた大阪府の7自治体の2095町丁目⁴⁾を分析対象として、想定浸水深や建築物の構造及び階数に着目することで、地区や建築の「対水害脆弱性」の状況を捉えた。対水害脆弱性に関しては、浸水時に建物の浮上や流出の恐れがなく、想定浸水深に対しては垂直避難可能な空間が確保されることで、人命の安全性が担保される性能と定義した。

分析では、都市計画基礎調査(2018年時点)⁵⁾を活用し、自治体毎の浸水の危険性が高い建物の用途を、全体における当該地域の特性を把握するため等に活用される特化係数法^{18)~22)}により把握した上で、町丁目毎の想定浸水深や木造建物の割合、建物の階数による「対水害脆弱性」を算出した。

尚、本研究では、2020年9月時点で行政から公表された最新の各河川の洪水浸水想定区域図、都市洪水・都市浸水想定区域図、高潮浸水想定区域図、各自治体の内水ハザードマップを用いて浸水想定されている区域を総じて浸水ハザードエリア⁶⁾と定義した。各浸水想定区域は、再現期間が最も長い想定し得る最悪のケースで検討しており、複数の浸水想定区域が重なる地域に関しては、浸水深が最も深いものをその部分の浸水深とした。そのため、2020年9月時点で、浸水想定が未公表の区域における浸水リスクは考慮しておらず、一部で浸水想定再現期間にばらつきがある。

3-2. 特定都市河川流域の概要

図1に調査対象の河川(本川・支川含む)流域範囲を示す。特定都市河川は、2004年制定の特定都市河川浸水被害対策法に基づき、①市街化率が約5割以上の都市部を流れる河川、②想定される年平均水害被害額が10億円以上、③市街化の進展により河道・ダム整備による浸水被害の防止が困難であることを要件に、国土交通大臣や都道府県知事により指定された河川である。

本研究の調査対象の23自治体は、流域水害対策計画が策定された代表的な特定都市河川の7流域に該当している。

これらの流域では高度経済成長期以降の急激な市街化拡大に伴う雨水の地中への浸透阻害が起き、豪雨による河川氾濫や市街地の内水氾濫等の浸水リスクを抱えており、2000年9月の東海豪雨や2012年8月の集中豪雨による寝屋川流域の被害等、これまで広域的な浸水被害を被ってきた²³⁾²⁴⁾²⁵⁾。そのため、各流域では、流域全体で治水対策を実施することにより、浸水への対策が図られることで寝屋川流域を除く6流域で浸水被害の縮小化が図られてきた。一方、寝屋川流域では、河川水位より地盤面の低い地域は現在も浸水被害の多発する状況下に置かれている。

4. 居住誘導区域の浸水リスクへの対応状況

表1にヒアリング調査に基づく居住誘導区域の浸水リスクへの対応状況を示す。都市計画運用指針³⁾では、居住誘導区域の設定に際して「総合的に勘案し、適当ではないと判断される場合は、原則として含まないこととすべき」と示されている。23自治体の立適を見ると、立適策定時点において4自治体に限り、居住誘導区域に浸水ハザードエリアを含まないとする方針が設定されている。その内容は、神奈川県相模原市では、土砂災害警戒区域や津波・洪水浸水想定区域等を開発者等に提示し、意識啓発や住民への避難方法の周知を図る「防災対策先導区域」を市独自で設定することで、原則的にこれらの区域は居住誘導区域に含まないこととしている。神奈川県相模原市では、家屋倒壊等氾濫想定区域を設定し、愛知県名古屋市中区では、想定浸水深3m以上の区域を設定し、愛知県江南市は、計画規模の洪水浸水想定区域を居住誘導区域には含まないこととしている。しかし、他の自治体では浸水リスクを抱えながらも居住誘導区域に浸水ハザードエリアを含まないとする方針は示されていない。この背景には、既に浸水ハザードエリア内に人口密度の高い市街地が形成されていることや居住誘導区域の災害リスクの取り扱いが厳格化される都市再生特別措置法等の改正(2020年6月)以前に立適が策定されていたことなどがあり、居住誘導区域に対する災害リスクに重きが置かれていなかったことなどがある。現在、各自治体が行っている対策は、河川・排水施設の整備や避難訓練の実施、防災情報の周知等があるが、愛知県の小牧市と大阪府の枚方市では、今後、居住誘導区域の見直しを検討してきている。

5. 23自治体の被水率と浸水曝露人口

ここでは、23自治体の誘導区域における浸水リスクを「被水率」及び「浸水曝露人口」の観点から捉えることとした。

表1 ヒアリング調査に基づく居住誘導区域の浸水リスクへの対応状況

都道府県名	神奈川県		静岡県		愛知県							大阪府												
	相模原市	藤沢市	海老名市	静岡市	名古屋市中区	春日井市	刈谷市	豊田市	安城市	江南市	小牧市	東海市	知立市	豊明市	東郷町	守口市	枚方市	八尾市	寝屋川市	大東市	門真市	東大阪市		
文獻立適調査	浸水ハザードエリアを含まない方針	有 ^{※1}	●																					
		有(一部) ^{※2}	●																					
		無																						
現状の対策内容	河川改修・整備	●																						
	排水施設の整備	●																						
	上下水道の整備	●																						
	避難計画の検討	●																						
	避難所の整備	●																						
	避難訓練の実施	●																						
	防災情報の周知	●																						
今後の方針	誘導区域の見直し	●																						
	ハード対策の推進	●																						
	ソフト対策の推進	●																						
	検討中・未定	●																						

※1 藤沢市：浸水ハザードエリアを「防災対策先導区域」
※2 相模原市：家屋倒壊等氾濫想定区域を除外
名古屋市中区：浸水深3m以上を除外
(都市拠点等を除く)とする方針を定めている。 江南市：計画規模の洪水浸水想定区域を除外

表2 各区域の面積規模と被水率(自治体名は浸水リスクの高い順)⁽⁷⁾

都道府県名	自治体名	面積(k㎡)							居住誘導区域/市街化区域(工専除く)		被水率(%)		
		市町村全域	立地適正化計画区域	市街化区域	工業専用地域	居住誘導区域	都市機能誘導区域	居住誘導区域/市街化区域(工専除く)	市街化区域	居住誘導区域	都市機能誘導区域		
愛知県	江南市	30.20	30.20	7.37	0	6.53	1.62	88.6%	22.0%	100.0%	100.0%	100.0%	
大阪府	門真市	12.30	12.30	11.96	0	11.82	4.73	98.8%	39.5%	99.3%	99.3%	98.7%	
大阪府	守口市	12.71	12.71	11.78	0	10.26	5.94	87.1%	50.4%	94.2%	98.4%	99.6%	
大阪府	八尾市	41.72	41.72	27.49	0.40	26.04	25.98	96.1%	95.9%	92.0%	91.6%	91.5%	
大阪府	大東市	18.27	18.27	11.87	0	10.53	2.11	88.7%	17.7%	72.1%	68.7%	62.0%	
大阪府	寝屋川市	24.70	24.70	21.62	0	19.10	3.33	88.4%	15.4%	55.0%	56.3%	46.5%	
大阪府	東大阪市	61.78	61.78	49.81	0.18	29.92	5.40	60.3%	10.9%	49.8%	55.3%	59.4%	
愛知県	名古屋市中区	326.50	326.50	302.58	6.48	252.59	180.63	85.3%	61.0%	54.8%	53.8%	59.4%	
静岡県	静岡市	1411.83	234.90	104.81	2.68	64.06	8.47	62.7%	8.3%	51.1%	52.5%	55.7%	
愛知県	春日井市	92.78	92.78	47.09	2.25	38.93	9.44	86.8%	21.1%	46.2%	48.9%	62.4%	
神奈川県	海老名市	26.59	26.59	14.40	0.62	12.18	0.85	88.4%	6.2%	50.7%	47.3%	90.8%	
愛知県	安城市	86.05	86.05	21.58	2.20	17.99	1.71	92.8%	8.8%	44.0%	41.2%	32.8%	
大阪府	枚方市	65.12	65.12	41.90	2.30	35.09	8.51	88.6%	21.5%	38.8%	39.4%	56.0%	
愛知県	豊田市	928.32	355.69	52.87	9.34	40.94	14.79	94.1%	34.0%	21.3%	23.9%	36.7%	
愛知県	東海市	43.43	43.43	30.56	12.75	15.96	1.40	89.6%	7.8%	51.5%	21.3%	17.0%	
愛知県	知立市	16.31	16.31	10.81	0	10.02	1.59	92.7%	14.7%	22.7%	21.2%	22.3%	
愛知県	小牧市	62.81	62.81	28.49	2.06	19.97	13.95	75.5%	52.8%	27.2%	20.9%	20.7%	
愛知県	刈谷市	50.39	50.39	23.47	0.51	5.33	2.21	23.2%	9.6%	16.9%	13.4%	15.6%	
神奈川県	藤沢市	69.57	69.57	47.54	3.63	34.00	6.00	77.4%	13.7%	21.8%	12.5%	22.5%	
神奈川県	相模原市	328.91	110.27	68.20	4.15	56.46	2.47	88.2%	3.9%	11.0%	11.7%	8.7%	
神奈川県	大和市	27.09	27.09	20.08	0	19.89	1.73	99.1%	8.6%	9.8%	9.5%	0.0%	
愛知県	豊明市	23.22	23.22	7.08	0	6.53	2.21	92.1%	31.2%	4.6%	4.1%	4.9%	
愛知県	東郷町	18.03	18.03	5.62	0	5.34	0.55	95.0%	9.8%	0.2%	0.2%	0.0%	

※居住誘導区域の被水率の降順で表示

5-1. 誘導区域の設定状況と被水率

表2に各区域の面積規模と被水率を示す。23自治体の市街化区域に占める居住誘導区域の面積割合は、90%以上が8自治体、80~90%が10自治体となっており、居住誘導区域は比較的広域に設定されていることが分かる。

一方、市街化区域に占める都市機能誘導区域の面積割合は、20%未満が13自治体となっており、鉄道駅やバス停の徒歩圏、商業施設や交通結節点を核とする区域設定の方針が各自治体で示される中、主に鉄道駅の徒歩圏の地域を中心に比較的限定的な範囲での区域設定がなされている。

次いで、市街化区域及び誘導区域の被水率に着目すると、市街化区域の被水率が高い自治体は、誘導区域の被水率も高い傾向が見られ、愛知県の江南市や大阪府の門真市、守口市、八尾市等において誘導区域の被水率が高いことが分かる。一方、防災対策先導区域を指定している藤沢市の居住誘導区域では被水率は低いことが分かる。また、海老名市のように、都市の中心核として位置づけた鉄道駅周辺地

域の大半が浸水ハザードエリアに重なることから、市街化区域の被水率に比べ、都市機能誘導区域の被水率が高い自治体も見られ、このことから一部の自治体では、誘導区域の全域に浸水の危険性を抱えていることが分かる。

5-2. 各区域の浸水曝露人口

表3に各区域の浸水曝露人口を示す。23自治体の人口密度を見るとDID^⑧の基準となる4,000人/km²を超える自治体は、大阪府や神奈川県を中心に13自治体あり、全体的に高密度な都市域を形成していることが分かる。浸水曝露人口の人口密度を見ると、大阪府の自治体は、市町村全域、市街化区域、居住誘導区域の全てにおいて高い傾向が見られ、浸水ハザードエリア内の人口密度が高いことが分かる。昼夜間人口比率を比べると、門真市、東大阪市では、夜間に比べ昼間の浸水曝露人口の高い傾向が分かる。次いで、居住誘導区域における浸水曝露人口に占める65歳以上の高齢者割合を見ると、23自治体の内、大阪府の自治体を中心とする7自治体において、わが国全体の高齢化率26.7%（2015年時点）を上回っていることが分かり、このことから、浸水曝露人口の人口密度の高い自治体では、水害時の避難に要支援が想定される65歳以上の高齢者割合の高い傾向が分かる。

5-3. 被水率と浸水曝露人口の関係

図2に居住誘導区域の被水率と浸水曝露人口の関係を示す。これを見ると居住誘導区域の被水率が高い自治体ほど浸水曝露人口の人口密度も高くなる傾向が見られ、特に守口市、門真市、八尾市等は浸水リスクの高いことが分かる。これは、大阪府の7自治体が位置する寝屋川流域の3/4が河川水位より地盤面の低い内水域となっていることから、市街化区域に浸水ハザードエリアが広域に分布しており、こうした地域に高密度な人口分布が見られる都市の中心拠点や生活拠点が重なるためと考えられる。一方、東郷町、豊明市、大和市等は被水率は10%未満で浸水曝露人口の人口密度は2,000人/km²未満と浸水リスクは低い。

図3に守口市と豊明市の浸水ハザードエリアと人口分布を示す。居住誘導区域の被水率及び浸水曝露人口の人口密度が高い守口市と低い豊明市の状況を比べると、守口市では、全域が浸水ハザードエリアで覆われているが、人口分布もそれに重なるように分布していることが分かる。一方、豊明市は、浸水ハザードエリアは誘導区域の一部において重なるが、そこに重なる人口分布は極めて少なく、23自治体の被水率や浸水曝露人口には大きな差異が見られる。

6. 大阪府7自治体の対水害脆弱性

図4に対水害脆弱性評価の算定方法を示す。前章までに

表3 各区域の浸水曝露人口（自治体名は浸水リスクの高い順）

都道府県名	自治体名	市町村人口(人)	昼夜間人口比率(昼間/夜間)	浸水曝露人口(人)			居住誘導区域の曝露人口の高齢化率	人口密度(人/km ²)	浸水曝露人口の人口密度(人/km ²)		
				市町村全域	市街化区域	居住誘導区域			市町村全域	市街化区域	居住誘導区域
大阪府	守口市	142,523	0.96	142,497	142,497	141,560	29.3%	11,213.4	11,211.4	12,096.5	13,797.3
大阪府	門真市	125,257	1.09	125,257	124,725	124,708	27.8%	10,183.5	10,183.5	10,428.5	10,548.8
大阪府	東大阪市	506,479	1.04	356,263	355,731	298,590	28.3%	8,198.1	5,766.6	7,141.8	9,980.6
大阪府	寝屋川市	235,864	0.89	186,119	185,700	184,438	28.5%	9,549.1	7,535.2	8,589.2	9,854.4
大阪府	八尾市	271,508	0.95	259,244	257,228	251,301	27.2%	6,507.9	6,213.9	9,357.1	9,652.4
大阪府	大東市	124,506	0.98	103,713	103,649	98,199	25.2%	6,814.8	5,676.7	8,732.0	9,324.8
愛知県	江南市	98,720	0.84	98,708	48,404	45,240	24.7%	3,268.9	3,268.5	6,567.8	6,925.9
大阪府	枚方市	404,972	0.89	232,897	225,023	218,199	27.2%	6,218.9	3,576.4	5,370.5	6,217.9
神奈川県	海老名市	130,709	0.95	76,624	70,682	68,139	21.8%	4,915.7	2,881.7	4,908.5	5,594.4
静岡県	静岡市	685,593	1.03	463,075	438,694	341,938	27.4%	2,918.7	1,971.4	4,185.6	5,338.1
愛知県	名古屋	2,285,133	1.13	1,371,095	1,361,262	1,251,563	25.3%	6,998.9	4,199.4	4,498.8	4,954.9
神奈川県	相模原市	678,214	0.88	222,981	215,637	210,489	23.2%	6,150.5	2,022.1	3,161.8	3,727.8
愛知県	春日井市	307,567	0.91	146,677	144,215	138,383	20.5%	3,315.0	1,580.9	3,062.5	3,554.9
愛知県	知立市	71,199	0.83	32,893	31,020	30,414	19.1%	4,365.4	2,016.8	2,869.5	3,035.3
愛知県	安城市	184,441	1.05	86,548	55,977	53,344	18.5%	2,143.4	1,005.8	2,593.9	2,964.8
神奈川県	藤沢市	423,609	0.93	132,049	128,620	96,467	22.9%	6,089.8	1,898.3	2,705.5	2,837.3
愛知県	豊田市	402,292	1.11	150,727	108,431	107,066	18.1%	1,131.0	423.8	2,050.9	2,615.1
愛知県	小牧市	149,704	1.18	62,369	51,972	45,991	22.8%	2,383.4	993.0	1,824.2	2,303.6
愛知県	刈谷市	149,499	1.23	41,052	35,315	9,209	17.7%	2,966.8	814.7	1,504.7	1,728.8
神奈川県	大和市	235,480	0.84	30,902	28,844	28,844	26.3%	8,692.5	1,140.7	1,436.5	1,450.2
愛知県	東海市	111,555	1.01	24,261	23,500	22,902	20.2%	2,568.6	558.6	769.0	1,435.0
愛知県	豊明市	71,018	0.94	7,083	4,874	4,468	22.5%	3,058.5	305.0	688.1	684.6
愛知県	東郷町	41,985	0.79	1,304	909	909	15.2%	2,328.6	72.3	161.8	170.3

※居住誘導区域の浸水曝露人口の人口密度の降順で表示

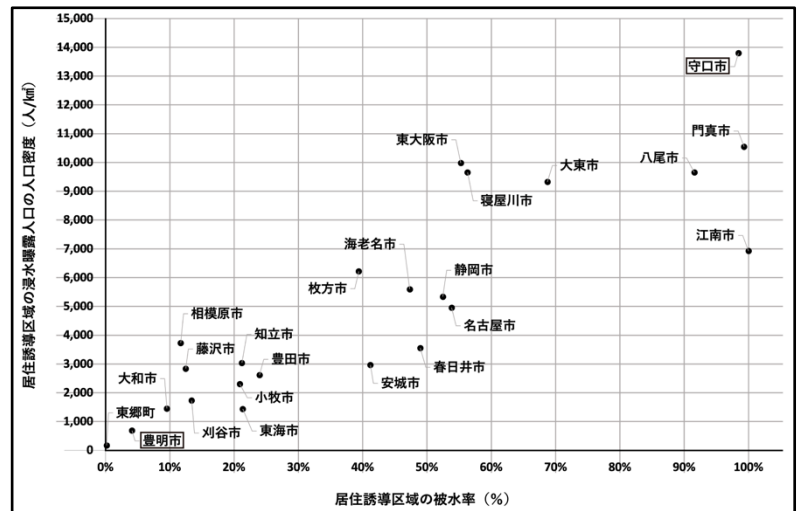


図2 居住誘導区域の被水率と浸水曝露人口の関係

大阪府の自治体において、被水率や浸水曝露人口の高いことを捉えてきた。そこで、本章では大阪府の7自治体の2,095町丁目を分析対象として、地域や建築物の観点から対水害脆弱性の状況を捉えることとする。まず、大阪府の7自治体における建物の用途の観点から、市街化区域や誘導区域において浸水する危険性の高い建物用途の傾向を把握するため、特化係数による分析を行う。次いで、ここでは、浸水深に応じた浸水被害の規模を被害レベル^⑨として定義した上で、浸水による家屋の浮上流出の恐れのない木造以外の建物構造の強度（構造危険度）や緊急避難時における避難空間（垂直避難）としての安全階の確保（階数危険度）の観点から、対水害脆弱性を捉えることとした。

尚、市街化区域及び誘導区域における構造危険度及び階数危険度の算定では、各算定式の町丁目面積の箇所において、各町丁目に重なる市街化区域及び誘導区域の面積を按分した値を反映しており、これらの面積の按分には、Adobe Photoshopのピクセル数の算定機能を活用した。また、仮の条件として、大阪府全体が50%、80%、100%浸水した場合

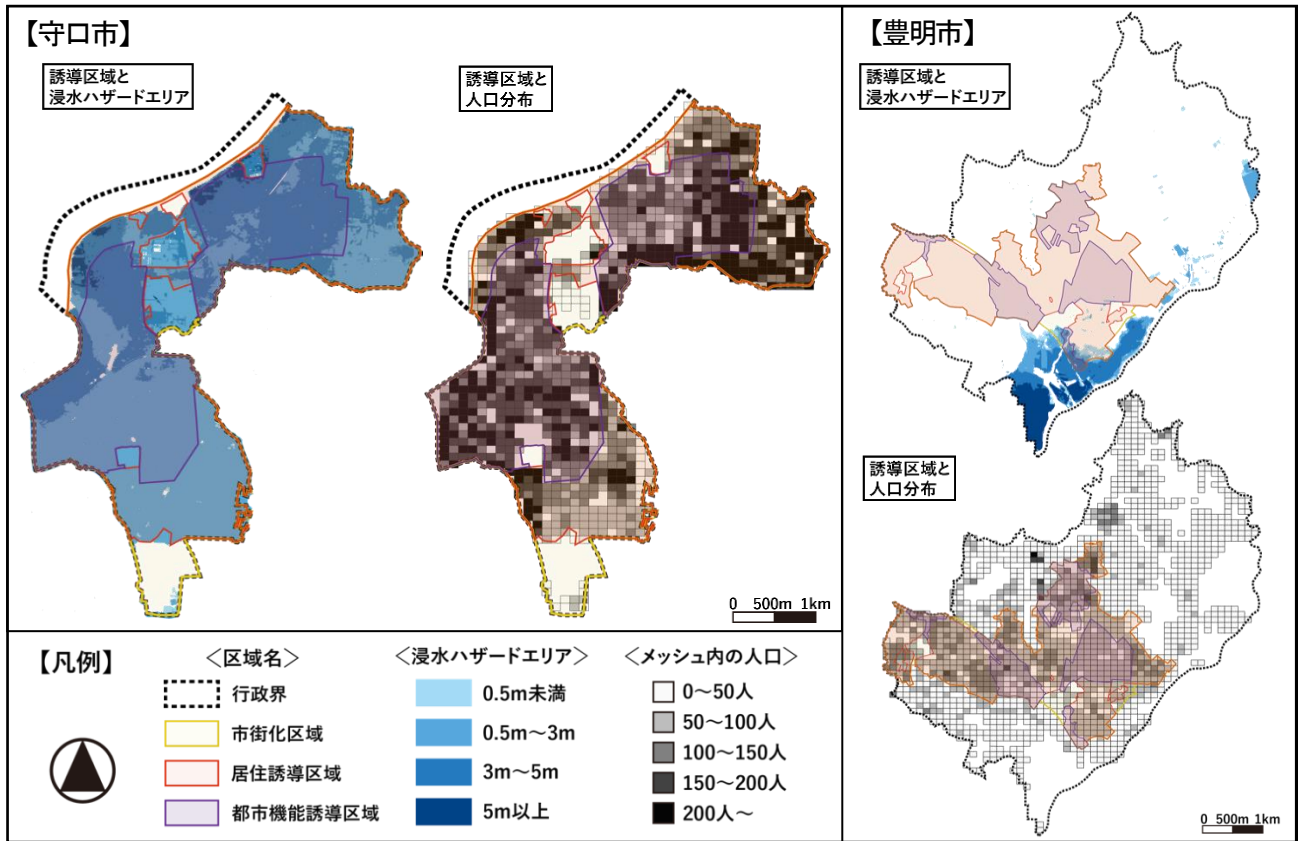


図3 守口市と豊明市の浸水ハザードエリアと人口分布

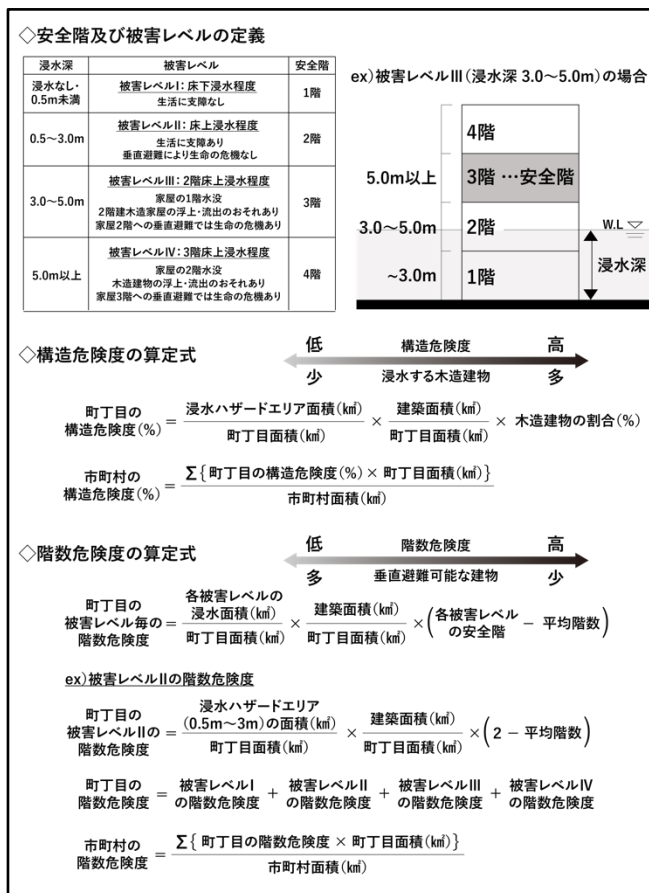


図4 対水害脆弱性評価の算定方法

について、構造危険度及び階数危険度の比較を行っているが、大阪府7自治体に立地する建物と大阪府全体に立地する建物の危険度を比較する上で要になるのは、浸水範囲に関わらず、建物構造及び建物階数の観点において、地域・建築がハザードへの対応力を有しているかという点があるため、上記のような仮の条件を設定した上で比較検討を行うこととしており、実際に想定される大阪府の浸水範囲や浸水深とは異なる点に留意が必要である。

6-1. 浸水リスクの高い建物の用途

図5に7自治体の建物用途の特化係数と被水率を示す。実際の浸水時には、同様のハザードでも避難対応やライフライン遮断への備えに関する課題等、立地する建物用途毎に考慮すべき浸水リスクは異なることが想定される。そのため、ここでは、大阪府の7自治体に立地する建物用途毎の浸水の危険性を特化係数に基づき捉えることとした。本研究では、大阪府全体に立地する建物の用途毎の構成比に占める当該地域に立地する建物の用途毎の構成比の特化係数(区域内に立地する用途Aの建物棟数/区域内に立地する総建物棟数) / (大阪府に立地する用途Aの建物棟数/大阪府に立地する総建物棟数)を算出することで、自治体の区域毎における建物用途毎の立地の特化度を把握した。用途Aの建物の特化係数が1を超えた自治体の区域では、大阪府全体と比較して用途Aの建物が多く立地していることを示し、即ち当該用途の建物の浸水する危険性が相対的に高いと解釈できる。ここで、被水率の高い門真市、守口市、八尾市を見ると、門真市、守口市では、特に併用住宅

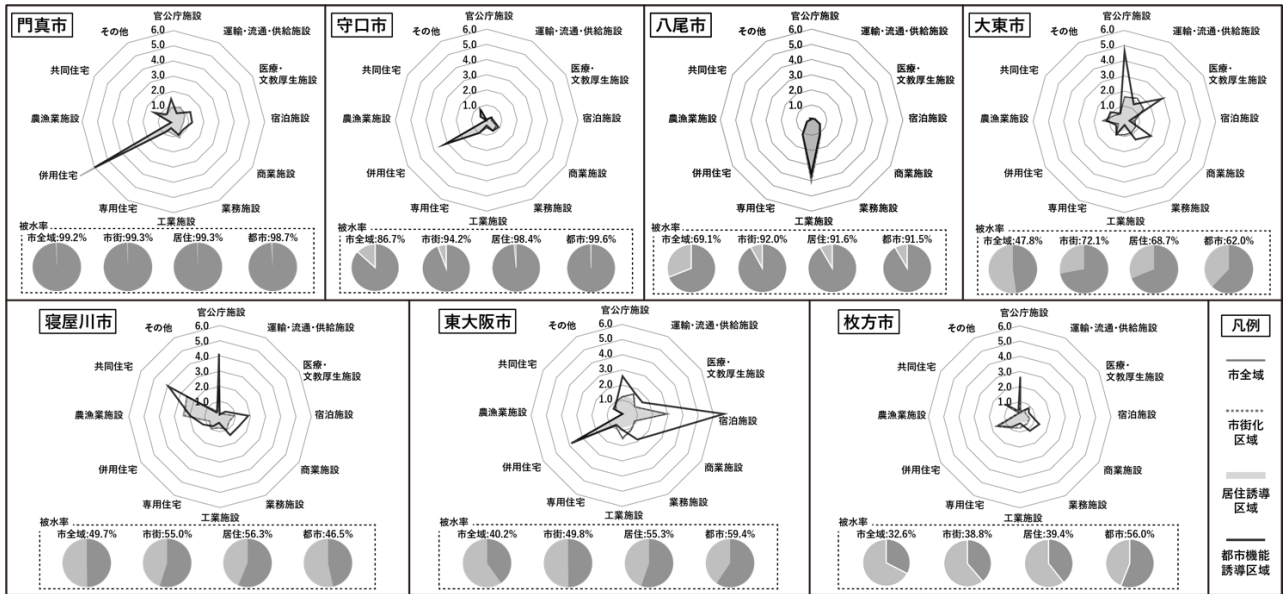


図5 7自治体の建物用途の特化係数と被水率

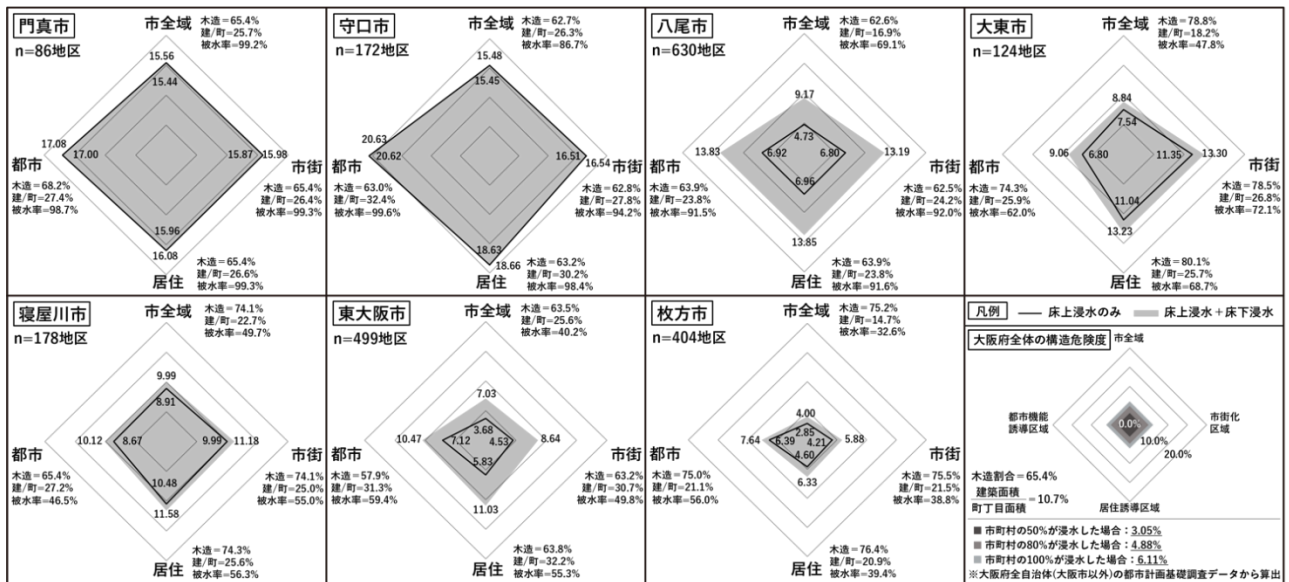


図6 7自治体の建物の構造危険度

の特化度が高く、店舗等併用住宅や作業所併用住宅等の浸水リスクが想定される。また、八尾市では工場等の工業施設の浸水リスクが想定される。さらに、大東市、寝屋川市では、都市機能誘導区域が浸水した場合、被災状況の情報収集や復旧・復興拠点としての役割機能を果たす市庁舎等の官公庁施設の浸水リスクが想定される。加えて、都市機能誘導区域において大東市では、主に学校や病院、福祉施設等の医療・文教厚生施設の浸水が想定され、東大阪市では宿泊施設の浸水が想定される。

6-2. 構造危険度

図6に、7自治体の建物の構造危険度を示す。ここでは、構造危険度について図4に示した通り、町丁目面積に対する浸水ハザードエリアの割合や建築面積、木造建物の割合に基づき定式化を行い、町丁目毎に浸水する木造建物の立地度合いを捉え、浸水に伴う建物の浮上流出による地域の脆弱性の定量化を試みた。即ち、構造危険度の高い地域は、

建物の浮上流出の危険性に対処すべき地域と捉えられ、構造危険度の低い地域は、建物の浮上流出の恐れは低く、建物内に垂直避難可能な空間があるならば、広域避難や指定避難所への水平避難以外に、在宅避難を軸とした避難体制の確立の可能性を有した地域と捉えることもできる。尚、ここでは、耐水化建築ガイドライン²⁷⁾に基づき、浸水深に応じて木造家屋が浮上する恐れを踏まえて「構造危険度」の指標を設定したため、流体力を考慮した危険度の算定は行っていない。また、家屋の浮上の恐れが無く人命に影響を及ぼさないと考えられる床下浸水程度の浸水を許容する場合と許容しない場合の7自治体における対水害脆弱性を比較するため、家屋の浮上の恐れが無い床下浸水を加味した場合（床上浸水+床下浸水）の構造危険度と、家屋の浮上の恐れのある床上浸水のみを対象とした構造危険度に分けて分析した。ここで、大阪府全体の構造危険度を見ると、市町村の50%が浸水した場合3.05%、100%が浸水した

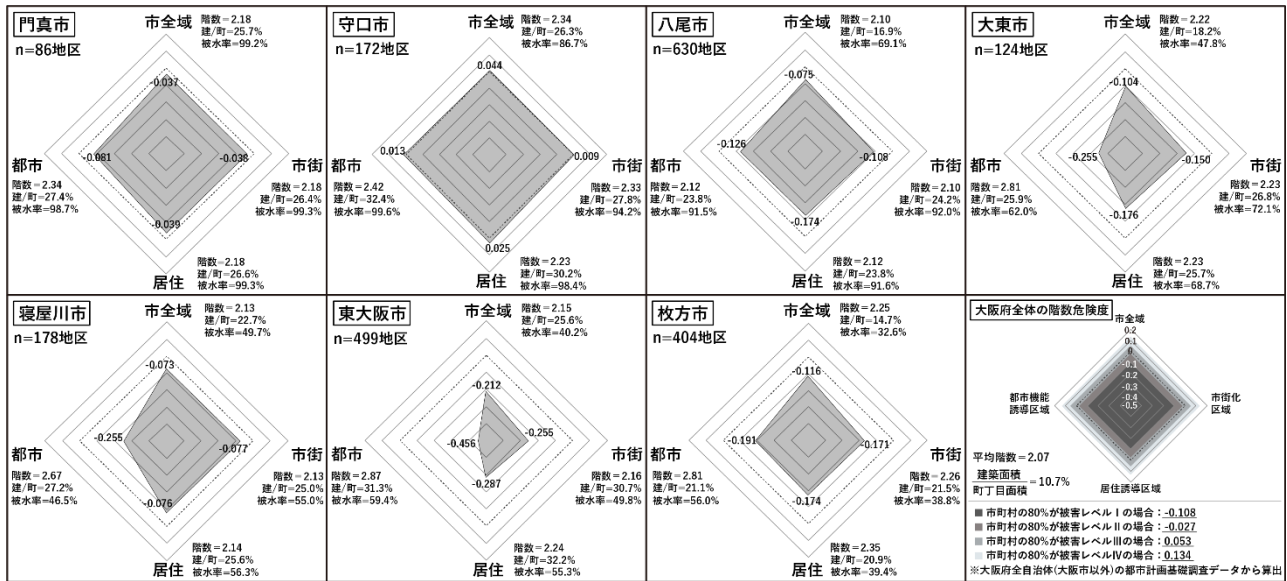


図7 7自治体の建物の階数危険度

場合 6.11%を示している。7自治体の構造危険度を見ると、門真市や守口市は高く、浸水時に浮上流出の恐れのある木造建物が比較的多く立地することが分かり、東大阪市や枚方市は低く、浸水時に浮上流出する恐れのある木造建物は比較的少ないことが分かる。門真市、守口市では木造建物の割合は高くないが、被害率は7自治体の中では特に高く、町丁目面積に対する建築面積も大きいことから、大阪府全体の構造危険度を大幅に上回る状況が分かる。

一方、枚方市では木造建物の割合は比較的高いが、町丁目面積に対する建築面積は小さく、被害率も低いことから大阪府全体が100%浸水した場合の構造危険度(6.11%)程度と7自治体の中では比較的低い。次いで、大東市を見ると、多くの住民の居住が想定される市街化区域や居住誘導区域において特に構造危険度が高い。また、八尾市、東大阪市では、床上浸水と床下浸水の両方を対象とした構造危険度は高いが、床上浸水のみを対象とした構造危険度は限定的であることが分かる。一般的な2階建ての木造家屋では、浸水深3m以上、平屋建ての木造家屋では軒下以上の浸水で、家屋の浮上流出の危険性があると指摘されていることを踏まえると²⁷⁾、生活への支障は少なく生命に危機は及ばないとされる床下浸水(被害レベルI)程度の浸水深の浅い浸水を許容(減災)するならば、安全性は担保された居住誘導区域と捉えることもできる。

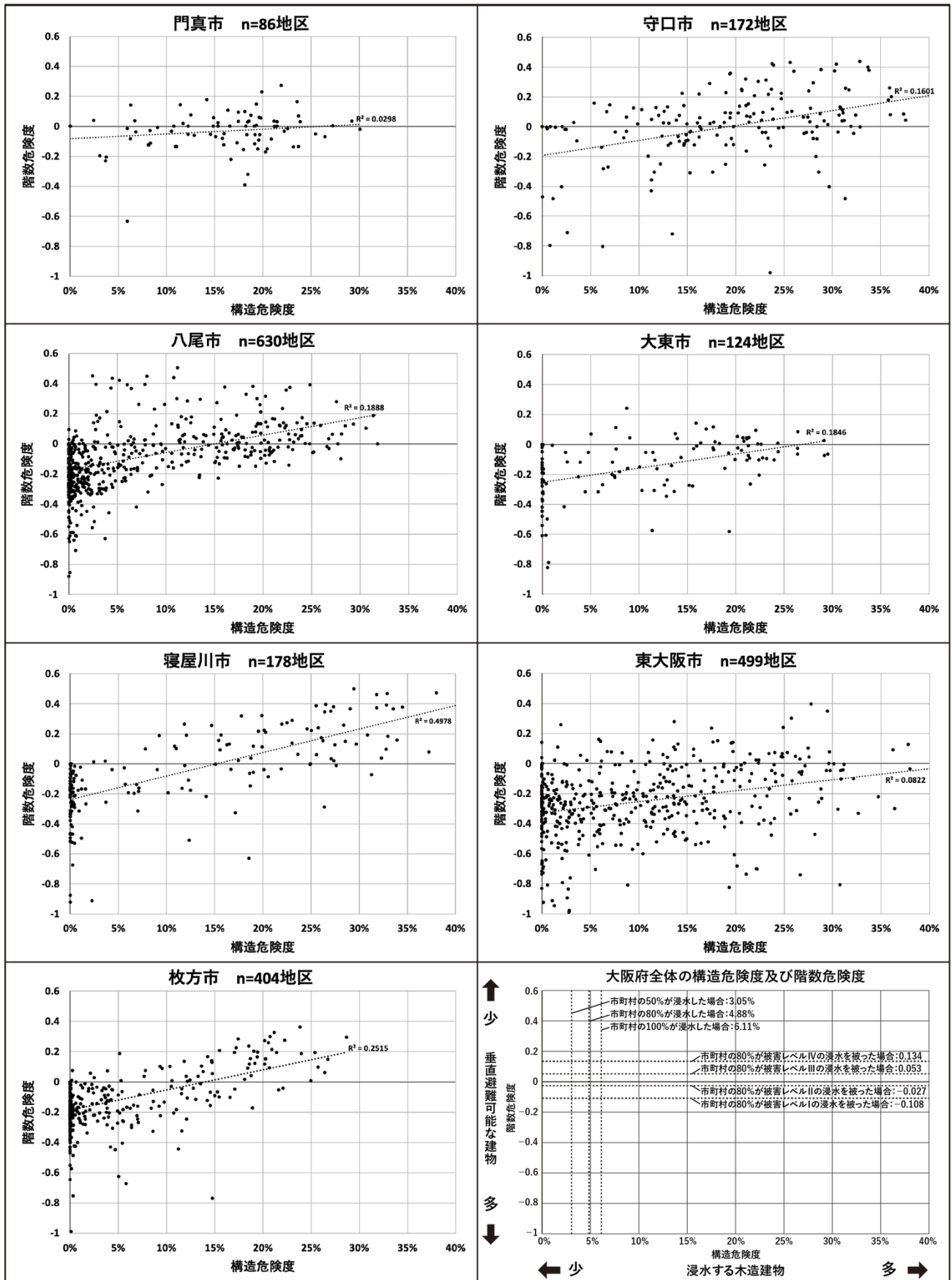
6-3. 階数危険度

図7に7自治体の建物の階数危険度を示す。ここでは、階数危険度について図4に示した通り、各浸水深に対して垂直避難可能な階数(安全階)は異なるため、浸水深毎の町丁目面積に対する浸水ハザードエリアの割合や建築面積、安全階と平均階数の差から算出するよう定式化を行い、浸水時においても地域内でどの程度垂直避難可能な空間が確保可能かについて、定量化を試みた。即ち、階数危険度の高い地域は、浸水時に垂直避難可能な空間が少なく、在宅避難のみでは浸水による人命への影響が危惧される地域と

捉えられ、階数危険度の低い地域は、浸水時に垂直避難可能な空間が多く、建物の浮上流出の恐れがなければ、安全階への垂直避難によって人命の安全性が担保される地域と捉えることもできる。大阪府全体の階数危険度は、市町村の80%が床下浸水程度の浸水(被害レベルI)を被った場合-0.108、都市機能が完全に麻痺する程の浸水(被害レベルIV)を被った場合0.134を示している。7自治体の建物の平均階数を見ると、全ての区域で大阪府全体の平均階数(2.07階)を上回っており、大阪府全体と比較すると、全体的に建物階数は高い地域であることが分かる。7自治体の階数危険度を見ると、門真市、守口市で高く、東大阪市では低いが、門真市、守口市は、大阪府全体の80%が被害レベルIVの浸水を被った場合の階数危険度(0.134)は下回っていることが分かる。次いで、大東市、寝屋川市、東大阪市を見ると、特に都市機能誘導区域において建物の平均階数は高く、大阪府全体の80%が被害レベルIの浸水を被った場合の階数危険度(-0.108)を下回っており、階数危険度は低く、比較的垂直避難可能な空間が多く存在することが分かる。

6-4. 町丁目毎の構造危険度と階数危険度

図8に、建物の構造危険度と階数危険度を示す。6-2節、6-3節では、自治体毎の構造危険度及び階数危険度を捉えてきた。そこで、本節では、町丁目毎の建物の構造危険度と階数危険度の散布図に基づき、各自治体で、建物の浮上流出の危険性に備えていくべき町丁目や垂直避難可能な空間が確保された町丁目それぞれどの程度あるかについて傾向を捉え、7自治体の対水害脆弱性を捉えることとした。図6、図7で構造危険度と階数危険度の特に高い門真市、守口市を見ると、門真市は構造危険度は30%以内、階数危険度は±0.4以内に分布しているが、守口市は構造危険度は40%以内で、階数危険度は+0.5から-1.0程度に分散する傾向が見られる。このことから守口市は構造危険度と階数危険度が危惧される建物が分散立地する傾向が分かる。



※構造危険度は床上浸水のみを対象とし、結果を採用

図8 建物の構造危険度と階数危険度

一方、他の5自治体は、木造建物の浸水の恐れがない構造危険度0%の町丁目が多い。特に八尾市はその傾向が高いが、八尾市や寝屋川市を見ると、階数危険度が+0.4から+0.6の垂直避難可能な空間が少ない町丁目も散見された。大東市、東大阪市、枚方市を見ると、階数危険度は+0.4から-1.0の範囲に分布しており、大東市では、大阪府全体の80%が被害レベルⅢの浸水を被った場合の階数危険度(0.053)以内に概ね分布していた。東大阪市や枚方市では、+0.2から+0.4の町丁目が見られるが、大阪府全体の80%が被害レベルⅡの浸水を被った場合の階数危険度(-0.027)以内に多くの町丁目分布していた。また、構造危険度は、大東市、枚方市は30%以内、東大阪市は40%以内に分布していた。東大阪市は、構造危険度20%から40%の範囲の木造建物の浮上に注意する必要がある町丁目散見されるが、大阪府全体の80%が被害レベルⅠの浸水を被った場合の階数危険度(-0.108)以内に多くの町丁目分布し、垂直避難可能な空間は比較的充足する傾向が見られた。

7. 結論

本研究の結果を以下に要約する。

- ① 藤沢市、相模原市、名古屋市、江南市に限り、居住誘導区域に浸水ハザードエリアを含まないこととする方針を設けており、小牧市や枚方市では、今後、誘導区域の見直しを検討していた。
- ② 被水率と浸水曝露人口の人口密度は、守口市、門真市等の大阪府の自治体で特に高く、65歳以上の高齢者割合も高い傾向を示す一方、豊明市等のように被水率と浸水曝露人口の人口密度が低い自治体も見られた。
- ③ 門真市、守口市では併用住宅、八尾市では工業施設の浸水が想定され、都市機能誘導区域においては、大東市で官公庁施設や医療・文教厚生施設、寝屋川市では官公庁施設、東大阪市で宿泊施設の浸水が想定される。
- ④ 構造危険度は、門真市、守口市が高く、東大阪市、枚方市は比較的的低く、八尾市、東大阪市は、床上浸水及び床下浸水を対象とした構造危険度は高いものの、床上浸水のみを対象とした構造危険度は限定的であった。
- ⑤ 階数危険度は、門真市、守口市が高く、東大阪市は比較的的低く、大東市、寝屋川市、東大阪市では、特に都市機能誘導区域の階数危険度が低くなっていた。
- ⑥ 門真市、守口市は、構造危険度及び階数危険度の低い町丁目少なく、八尾市、寝屋川市、東大阪市、枚方市は構造危険度0%の町丁目多数見られ、八尾市、寝屋川市では、階数危険度の高い町丁目散見され、東大阪市は構造危険度が高く階数危険度の低い町丁目見られた。

本研究では、「被水率」と「浸水曝露人口」の人口密度の観点から、23自治体における居住誘導区域の浸水リスクには大きな差異があることを見出した。これらは、各自治体を流下する河川の状況や地盤高等の地理地形的条件、人口密度や都市の拠点位置の状況等に依存すると考えられ、各

自治体が抱える浸水リスクの程度に応じた、誘導区域の見直しや防災指針等の検討を進めることが重要と思われる。また、「対水害脆弱性」の観点からは、被水率や浸水曝露人口が特に高い大阪府の7自治体の中では東大阪市や枚方市において対水害脆弱性が高いことを見出した。枚方市は木造建物が多く、東大阪市は町丁目面積に占める建築面積が大きい、被水率が低いことや建物の平均階数が高いこと等から対水害脆弱性が高くなったものと考えられる。昨今、地域毎の都市構造や想定ハザード等に応じて多様な避難方策の在り方が模索される中、こうした対水害脆弱性の高い地域においては、在宅避難を主とした避難方策が一つの糸口として検討される可能性を有していると思われる。

本研究の結果を踏まえ、人命に影響を及ぼさない浸水を許容することを前提とした建築物の「対水害脆弱性」の考え方は、今後の更なる激甚化・頻発化が見込まれる水害に対応していくための重要な減災の指標であると考えられる。中でも、本研究で提案した「構造危険度」及び「階数危険度」の指標を活用すれば、被水率や浸水曝露人口の高い自治体においても、現状の地域・建築が浸水リスクに対応する能力の程度を評価でき、優先してRC造等の耐水性能¹⁰⁾の高い建物構造への建て替えや建物の高層化等を進めるべき地域を可視化することが可能になると考える。

また、本研究では、2020年9月時点で公表されている最大の浸水被害想定に基づく構造危険度及び階数危険度で分析したが、中野ら¹¹⁾の指摘を踏まえると、今後は、被害規模や再現確率に基づく多段階の浸水想定に応じた地域毎の対応を検討することが重要となると考えられる。そのため、誘導区域の安全性向上を具体的に検討していく上では、確率規模毎の浸水想定に応じた構造危険度及び階数危険度が高い地域において、区域内の建築許可及び新規開発を抑制する「浸水被害防止区域¹⁰⁾」に指定するといった方法等も考えられ、こうした基準にも本指標は活用し得ると考える。

【補注】

- (1) 立適作成を担当した各自治体職員に対する電話ヒアリングを実施した。
- (2) 東京大学空間情報科学センターの平成27年簡易100mメッシュ人口データに基づき分析を行なった。
- (3) 本研究では、浸水ハザードエリアに100mの人口メッシュが一部でも重なるメッシュの合計値を各自治体の浸水曝露人口として算出した。そのため、実際の浸水曝露人口よりも大きな値が算出される場合が考えられるが、100m単位の細かいメッシュによる分析を行っているため、23自治体の浸水リスクに序列をつける上では、大きな影響はないものと考えた。尚、同メッシュに複数の浸水深が重なる場合があるため、ここでは条件を揃えるために浸水深毎の浸水曝露人口は算出していない。
- (4) データが欠損している八尾市龍華町1丁目と東大阪市徳庵本町は分析の対象外とした。
- (5) 本研究では、データが入手できなかった大阪市を除く大阪府全自治体の都市計画基礎調査のデータに基づき分析している。尚、当該データでは、木造と土蔵造を併せて木造として建物を集計している。
- (6) 本研究では、中野ら¹¹⁾が述べた各地点の浸水想定区域が実際のリス

クと必ずしも一致しないことを考慮する必要性を踏まえ、2020年9月時点で行政により公表されている各浸水想定資料に基づき想定される最大の浸水リスクを本研究で取り扱う浸水ハザードエリアとして分析を行うこととした。再現期間は、国及び県管理河川の洪水浸水想定区域は全て想定し得る最大規模の降雨(1000年)に基づき分析しており、都市洪水・都市浸水想定区域は自治体毎の設定条件に基づき5~10年で分析し、高潮浸水想定区域(愛知県のみ)は、日本に上陸した既往最大台風である室戸台風がもたらす高潮による浸水想定に基づき分析した。尚、内水浸水想定区域は、自治体毎の設定条件に基づき公表された内水ハザードマップの浸水想定区域から分析しており、内水ハザードマップが未公表の大和市、春日井市、刈谷市、江南市、東海市、豊明市、東郷町における内水浸水想定区域は分析で考慮していない点に留意が必要である。

- (7) 立地適正化計画区域は、立適の計画対象範囲の区域を指す。尚、本研究では、線引きの都市計画区域における市街化調整区域と非線引き白地地域の土地利用の規制状況が異なることや、線引きと非線引きの都市計画区域で居住誘導区域の設定における前提の土地利用状況が異なることから、非線引きの都市計画区域は分析の対象外とした。また、住宅の建築が禁止されている工業専用地域は、原則、居住誘導区域に指定しないことが定められている³⁾ため、市街化区域から工業専用地域の面積を除外した上で、市街化区域に対する誘導区域の面積を算出した。
- (8) 人口集中地区のことであり、同自治体内で4000人/km²の基本単位区が隣接し、総計5000人以上の人口を有する地区を指す。
- (9) 想定浸水深に応じた浸水被害の規模は、水害ハザードマップ作成の手引き²⁶⁾や耐水化建築ガイドライン²⁷⁾に基づき設定した。
- (10) 2021年2月2日に閣議決定された「特定都市河川浸水被害対策法等の一部を改正する法律案」(流域治水関連法案)に基づき創設することとしている制度で、区域内における住宅や要配慮者施設等の建設を許可制とする方針等を定めている。

【参考文献】

- 1) 「都市再生特措法改正へ 減災型まちづくり模索」, 日本経済新聞, 2020.4.20
- 2) 国土交通省都市局都市計画課: 立地適正化計画作成の手引き https://www.mlit.go.jp/toshi/city_plan/content/001379331.pdf, 最終閲覧 2021.3
- 3) 国土交通省: 第11版 都市計画運用指針 https://www.mlit.go.jp/toshi/city_plan/content/001368582.pdf, 最終閲覧 2021.3
- 4) 「浸水エリアへの居住誘導やむなし 国交省が指針作成へ」, 日本経済新聞, 2020.6.26
- 5) 木内望(2019): 「水害リスクを踏まえた建築・土地利用マネジメントに関する考察 -土地利用・建築規制・計画誘導・市場誘導に関わる制度の実態と課題」, 都市計画論文集, Vol.54 No.3, pp.923-930
- 6) 菅野辰将・大沢昌玄(2019): 「災害リスクを踏まえた居住誘導区域設定の実態に関する研究」, 土木学会関東支部第46回技術研究発表会講演集
- 7) 小泉堯史(2020): 「水災害リスクを考慮した土地利用の在り方に関する基礎的考察」, 筑波総研 調査情報, No.49, pp.30-36
- 8) 木内望(2019): 「水害リスクを踏まえた建築・敷地レベルの対策の評価」, 平成30年度国立研究開発法人建築研究所講演会テキスト, pp.79-89
- 9) 齋藤晋佑・姥浦道生(2012): 「水害リスクコントロールの実態と土地利用規制を通じた課題に関する研究 -建築基準法39条による規制に着目して-」, 都市計画論文集, Vol.47 No.3, pp.445-450
- 10) 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 Vol.51 No.3, pp.401-408
- 11) 中野卓・木内望(2020): 「水害リスクを踏まえた都市づくりにおける洪水浸水想定区域の活用可能性と課題」, 都市計画論文集, Vol.55 No.3, pp.888-895
 - 12) 宮崎慎也・鶴心治・小林剛士・宋俊煥(2019): 「立地適正化計画策定都市の誘導区域と誘導施策に関する研究」, 日本建築学会技術報告集, 第25巻 第60号, pp.881-886
 - 13) 眞島俊光・大沢昌玄・小間井孝吉・埜正浩(2017): 「立地適正化計画の誘導区域設定における災害リスク反映に関する考察」, 土木学会土木計画学研究・講演集, Vol.56
 - 14) 池永知史・大原美保(2015): 「全国を俯瞰した災害リスク曝露人口分布の分析 -将来の人口減少を考慮した土地利用に向けて-」, 地域安全学会論文集, No.25, pp.45-54
 - 15) 村中亮治・大庭哲治・中川大・森倉遼太(2018): 「全国における土地利用及び土地利用規制と災害リスクとの関連性に関する経年分析」, 都市計画論文集, Vol.53 No.1, pp.19-26
 - 16) 日本建築学会: 提言 激甚化する水害への建築分野の取り組むべき課題 ~戸建て住宅を中心として~ <https://www.aij.or.jp/jpn/databox/2020/20200629.pdf>, 最終閲覧 2021.3
 - 17) 能島暢呂・久世益充・杉戸真太・鈴木康夫(2004): 「震度曝露人口による震災ポテンシャル評価の試み」, 自然災害科学, JJSNDS 23-3, pp.363-380
 - 18) 名倉秀子・大越ひろ・茂木美智子(2007): 「元日の喫食料理に関する地域特性の分析」, 日本家政学会誌, Vol.58 No.12, pp.753-762
 - 19) 小川雅司(2011): 「特化係数法による訪日動機に関する分析」, 総合観光学会誌『総合観光研究』, 第10号, pp.25-32
 - 20) 川口暢子・村山頭人・清水裕之・高取千佳(2014): 「名古屋市における街区ごとに見る非建築地/緑被地規模・変化の実態と分布の特徴」, 都市計画論文集, Vol.49 No.3, pp.207-212
 - 21) 小川雅人・坪井朔太郎・畔柳昭雄(2015): 「津波避難ビルの建築的特徴と地域的傾向に関する研究 -南海トラフ巨大地震に伴う被害想定地域を対象として-」, 日本建築学会計画系論文集, 第80巻 第707号, pp.221-230
 - 22) 石綿朋葉・後藤春彦・吉江俊(2018): 「東京都区部における飲食店立地と食情報の地域特性に関する研究」, 日本建築学会計画系論文集, 第83巻 第744号, pp.251-261
 - 23) 愛知県・名古屋市・刈谷市・豊田市・安城市・東海市・大府市・知立市・豊明市・日進市・みよし市・東郷町・東浦町・境川・猿渡川流域水害対策計画 <http://www.aichi-river.jp/acrobat/181005sakai-sawatari-suigai/chapter1.pdf>, 最終閲覧 2021.3
 - 24) 愛知県・名古屋市・一宮市・春日井市・犬山市・江南市・小牧市・稲沢市・岩倉市・清須市・北名古屋市・あま市・豊山市・大口町・扶桑町・大治町: 新川流域水害対策計画 <http://www.aichi-river.jp/acrobat/141009shinkawa-dcontrolmeasure/chapter1.pdf>, 最終閲覧 2021.3
 - 25) 大阪府・大阪市・守口市・枚方市・八尾市・寝屋川市・大東市・柏原市・門真市・藤井寺市・東大阪市・四條畷市・交野市: 寝屋川流域水害対策計画(変更) [https://www.pref.osaka.lg.jp/attach/4219/00115610/keikaku\(new\).doc](https://www.pref.osaka.lg.jp/attach/4219/00115610/keikaku(new).doc), 最終閲覧 2021.3
 - 26) 国土交通省水管理・国土保全局: 水害ハザードマップ作成の手引き https://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/saigai/tisiki/hazardmap/suigai_hazardmap_tebiki_201604.pdf, 最終閲覧 2021.3
 - 27) 滋賀県: 耐水化建築ガイドライン <https://www.pref.shiga.lg.jp/file/attachment/1020539.pdf>, 最終閲覧 2021.3