

防災まちづくりを見据えた将来人口分析に基づく 災害リスク評価

五十嵐さやか^{*1}・内山泰生^{*2}・金 晃敏^{*3}・松橋 啓介^{*4}

Keywords : disaster risk, disaster prevention urban planning, population decline and aging, hazard exposure population
災害リスク, 防災まちづくり, 人口減少・高齢化, ハザード曝露人口

1. はじめに

過去の大規模地震災害や豪雨災害では、高齢者に人的被害が集中することが多く報告されている(例えば 1),2)。日本では今後、人口減少および高齢化が急速に進行することが予測されており、地域の災害リスクを評価する際には、将来の年代別人口構成を適切に反映することが重要になると考えられる。

人口減少・高齢化社会に対する都市の持続可能な発展を目指す立地適正化計画では、地域の災害リスクを考慮した都市機能や居住地の誘導区域が策定されている。しかし、災害リスクを評価する際に、地域人口の年代構成やその将来変化については十分に考慮されているとは言えない。

本研究では、近年頻発化・激甚化している自然災害を背景に、立地適正化計画に基づく未来志向の防災まちづくりの基礎資料とすることを目的として、年代別人口構成を考慮した災害リスク評価手法の構築に向けた基礎的検討を行った結果について報告する。

まず、自然災害における人的被害と年代別人口構成との関係から両者の相関関係を明らかにすることを目的として、過去に発生した地震災害における人的被害(死者数)について、年代別の内訳や国勢調査に基づく発災時の人口構成との関係について分析を行った。

次に、将来の年代別人口構成に関連して、防災まちづくりの計画立案やまちづくり施策の効果検証への活用を目的として、複数の人口シナリオを想定した 2050 年の将来人口分布に対する災害ハザード曝露人口

を試算し、シナリオ別の将来人口から得られる防災的知見について整理した。

2. 地震災害における年代別被害者数の傾向分析

2.1 死者数の年代構成の調査と分析

本章では、地震災害時の人的被害として、死者数(直接死および災害関連死)の年代構成について調査を行った。まずはじめに、直接死による被害者数の傾向について、1995 年兵庫県南部地震³⁾、2011 年東北地方太平洋沖地震(岩手県)⁴⁾、2024 年能登半島地震⁵⁾を調査対象として分析した。

図-1(a)~(c)に、各地震の年代別死者数(直接死)の調査結果例を示す。ここで、死者発生率は全死者数に対する各年代での死者数の比率として定義した。

図-1(a)に示す 1995 年兵庫県南部地震における東灘区と長田区の場合、東灘区では長田区の死者発生率よりも、60 代以上で低く、10~20 代で高くなる傾向が確認される。この傾向は、国勢調査に基づく 1980 年の年代別人口構成比よりも 1990 年の構成比に類似している。一方で、死者発生率が最大となるのは長田区では 70 代、東灘区では 60 代であり、1990 年の国勢調査に基づく人口構成比の傾向(長田区では 50 代、東灘区では 20 代および 40 代で最大)と比べ、年代の高い側に死者発生率のピークが表れており、両地域とも年代が高くなるほど死者発生率が増加する傾向がみられる。

図-1(b)に、2011 年東北地方太平洋沖地震における岩

*1 技術センター 都市基盤技術研究部 防災研究室

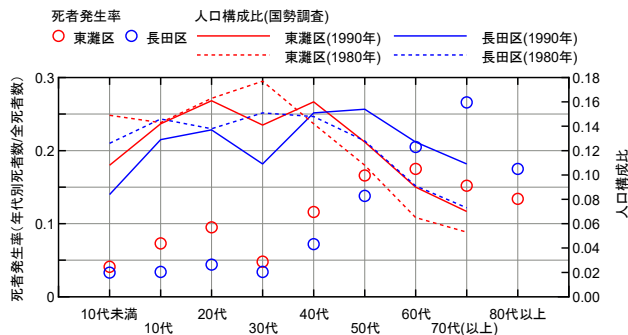
*2 技術センター 都市基盤技術研究部

*3 技術センター イノベーション戦略部 技術開発戦略室

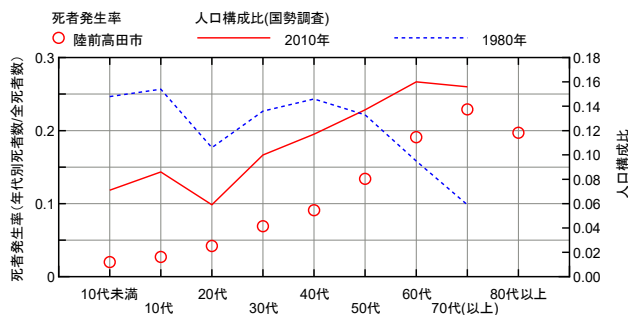
*4 国立研究開発法人 国立環境研究所

手県内で最も死者数が多かった陸前高田市の死者発生率を示す。死者発生率は、兵庫県南部地震と同様に年代が高くなるほど増加する傾向が確認できる。また、国勢調査に基づく人口構成比と比較すると、1980 年の結果よりも地震発生前年の 2010 年の結果と死者発生率に類似性が確認できる。

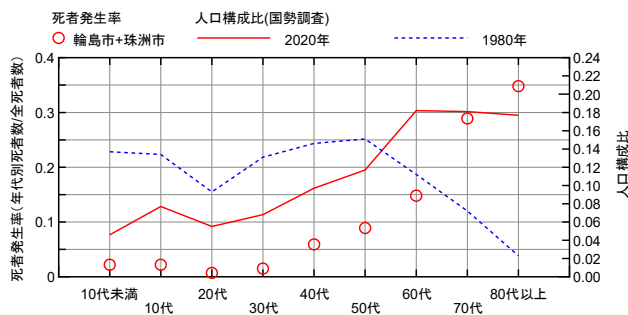
図-1(c)に、2024 年能登半島地震において被害が集中した輪島市と珠洲市の死者発生率を示す。死者発生率は他の地震と同様に年代と強い相関が見られ、地震発生直前に行われた国勢調査による人口構成比と対応することが分かる。なお、ここで示すことができなかった他の地域においても年代が高くなるほど死者発生率が高くなること、死者発生率が災害直前の国勢調査に基づく人口構成比と類似の傾向を示すことが確認され



(a) 1995 年兵庫県南部地震



(b) 2011 年東北地方太平洋沖地震



(c) 2024 年能登半島地震

図-1 年代別の死者発生率（直接死）

Fig.1 Death rate by age group (direct death)

た。以上のことから、直接死による死者数については、防災当時の人口構成比とともに、年代が高いことが死亡発生率に影響していることが示唆された。

次に、災害関連死による被害者数の傾向について、図-2 に、2004 年新潟県中越地震、2011 年東北地方太平洋沖地震、2016 年熊本地震における年代別の災害関連死発生率⁶⁾を示す。災害関連死は、50 代以下の年代では発生率が低く、60 代以上で発生率が高くなる。また、その大部分が 70 代以上に集中している。したがって、関連死に関わるリスクを想定する場合には、直接死以上に高齢者数や高齢化率といった地域の高齢化の状況を考慮することが重要である。

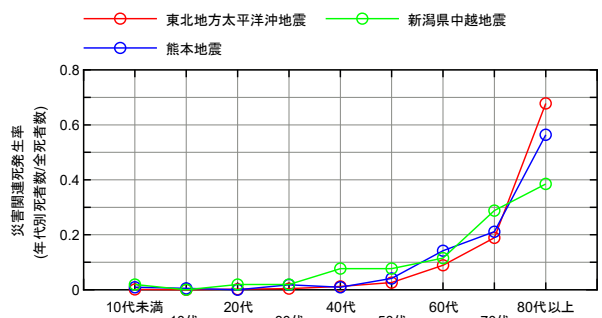


図-2 年代別の災害関連死発生率

Fig.2 Disaster-related death rate by age group

2.2 高齢化率と耐震化率

2011 年東北地方太平洋沖地震での直接死の要因の大部分は津波に巻き込まれたことによる溺死であるが、1995 年兵庫県南部地震と 2024 年能登半島地震は家屋倒壊による圧死が多数であった。そこで、国土交通省による市町村別の住宅耐震化率調査結果^{注 1),7)}と高齢化率（65 歳以上人口比率）⁸⁾の関係について分析した。図-3 に結果を示す。高齢化率の高い自治体で住宅の耐震化ができていない傾向が見られる。災害時の住宅の被害は直接死に大きな影響を与えると同時に、避難生活の長期化によるストレス等によって災害関連死につながることも考えられることから、地域の災害リスクを評価するうえでは、高齢化率を考慮することが重要になると考えられる。

また、図-4(a)および(b)には、南海トラフ地震の想定震源域周辺自治体の住宅耐震化率⁷⁾と 2050 年における高齢化率の推計値⁸⁾の関係を示す。青点線で示している想定震源域から近く、揺れや津波による大きな被害が想定されるエリアに耐震化率が低い、高齢化率の高い自治体が多数あることが確認できる。これらの地域の人的被害を低減させるためにも、人口データを活用

した防災まちづくり計画に取り組む必要があると考えられる。

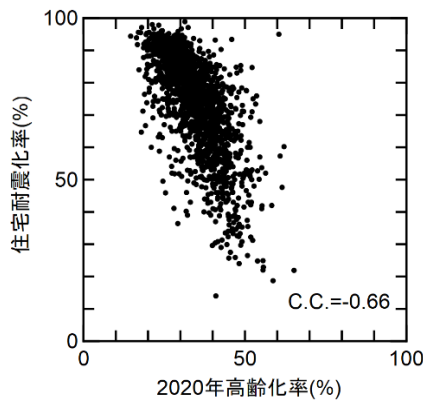


図-3 高齢化率（2020 年）と住宅耐震化率

Fig.3 Aging rate (2020) and seismic resistance rate of houses

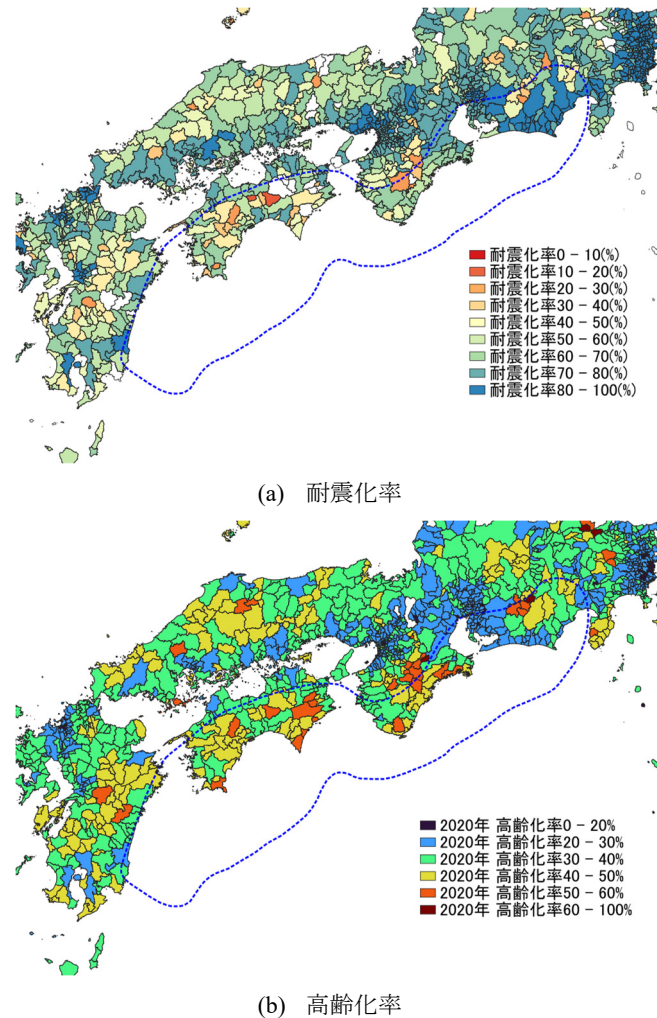


図-4 南海トラフ震源域の住宅耐震化率と高齢化率

Fig.4 Earthquake resistance rate of houses and aging rate of population around the expected epicentral area of the Nankai Trough

3. 将来人口のシナリオ別災害ハザード曝露人口の試算

3.1 シナリオ別将来人口分布の評価

本章では、将来の年代別人口構成を考慮した防災まちづくりへの利活用を目的として、シナリオ別の将来人口分布を評価し、それらに対する災害ハザード暴露人口の試算を実施した。なお本検討では、人口減少・高齢化が地域課題であり、種々の災害が懸念されている長崎県を評価対象とした。

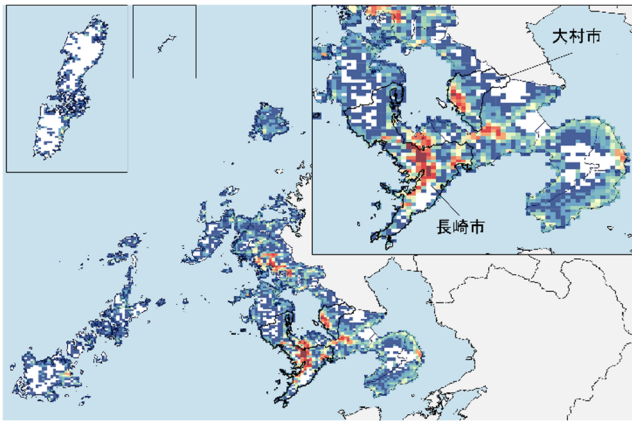
人口シナリオとして、表-1 に示す 4 つの将来人口分布（S0～S3）について災害ハザード暴露人口を試算した。ここで、S0 および S1 は、国勢調査に基づき推計された 2020 年と 2050 年の 5 歳年齢階級別 1km メッシュ別将来推計人口（国政局推計）⁹⁾であり、S2（市街地集中）および S3（郊外分散）は、前述の推計値を基に、シナリオ別人口分布の評価手法¹⁰⁾に倣って算定した 2050 年の将来人口分布である。

具体的には、県内エリアの用途地域¹¹⁾に該当するエリアを「市街地」と設定し、それ以外は「郊外」として、2050 年の「市街地」または「郊外」の平均人口密度が 2020 年と同水準となるように人口移転した状況を模している。図-5 に、一例として S0 および S2 の人口分布を示す。長崎県内の人口は、2020 年の約 132 万人から、2050 年には 91 万人まで減少すると推計されているため、例えば、S2（市街地集中）シナリオに対する人口分布は、市街地においては S0（現状）とほぼ同様の人口密度を保持するが、郊外においては全体的に人口密度が減少する人口分布となっている。なお、図-6 に示すように、長崎市および大村市の立地適正化計画区域¹²⁾の都市機能・居住誘導区域と、本検討で設定した「市街地」エリアとを比較すると、両者は概ね対応する関係となっている。

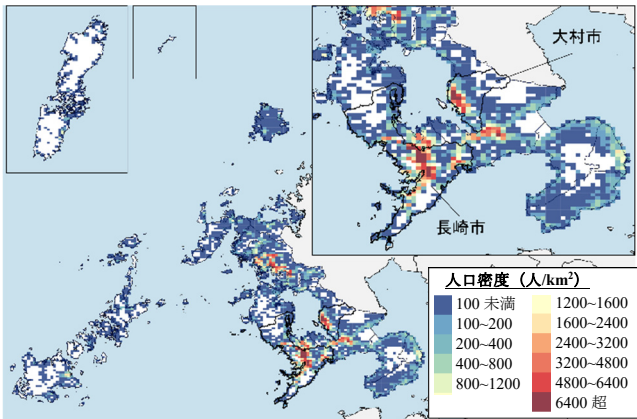
表-1 曝露人口算定に用いたシナリオ別将来人口分布

Table 1 Future population distribution by scenario used to calculate hazard-exposed population

S0:現状	平均人口密度の算定基準とした 2020 年人口分布 ⁹⁾
S1:現状推移	現状のまま推移した場合の 2050 年人口分布 ⁹⁾
S2:市街地集中	市街地の平均人口密度が 2020 年水準と同等になるように郊外から人口を移転 ¹⁰⁾ した 2050 年人口分布
S3:郊外分散	郊外の平均人口密度が 2020 年水準と同等になるように市街地から人口を移転 ¹⁰⁾ した 2050 年人口分布



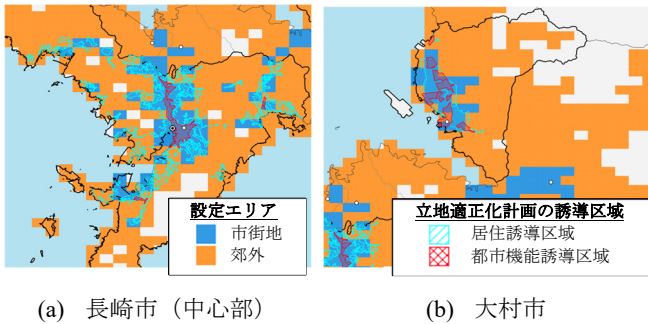
S0：現状シナリオ（2020 年）



S2：市街地集中シナリオ（2050 年）

図-5 シナリオ別将来人口分布

Fig.5 Future population distribution by scenario



(a) 長崎市（中心部）

(b) 大村市

図-6 エリア分類と立適誘導区域との関係

Fig.6 Relationship between area classification and induction area for location optimization plan

3.2 災害ハザード曝露人口の試算

3.2.1 災害ハザードエリアの設定

災害ハザード曝露人口は、公開ハザードデータ^{13)~15)}を基に、図-7の網掛けで示す250mメッシュ毎のハザードエリアとして筆者が加工後、ハザードエリアに対応する人口として県全体および市町毎に集計した。対象災害としては、洪水（最大想定規模の浸水想定域）、土砂災害（警戒区域および特別警戒区域）、強震（今後30年以内に震度6弱以上となる確率3%以上のエリア）、

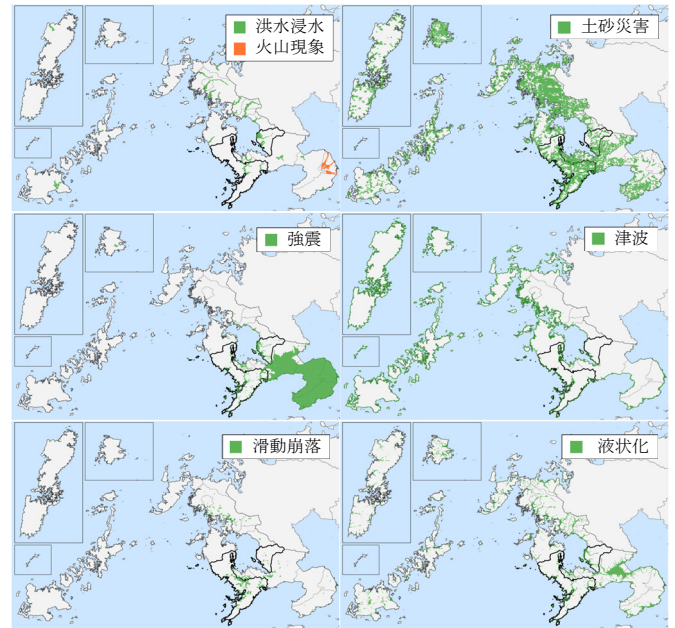


図-7 災害ハザードエリア(250mメッシュデータとして加工)

Fig.7 Disaster hazard area (processed as 250m mesh data)

津波（浸水想定域）、盛土の滑動崩落（大規模盛土造成地の指定エリア）、液状化（微地形区分に基づく液状化可能性の高いとされるエリア）、火山現象（土石流、火砕流、溶岩流影響エリア）を考慮した。なお本検討では、メッシュ内にハザードエリアの一部が含まれる場合に、そのメッシュ全体がハザードエリアであると仮定した。また、シナリオ別将来人口分布が1kmメッシュであるため、それを16分割することで250mメッシュ対応の人口とした。さらに、高齢化の影響について検討を行うため、全年代人口の他、65歳以上人口を対象としてハザード曝露人口を集計した。

3.2.2 災害ハザード曝露人口の試算結果

表-2に、長崎県全体および各市町に関する、全年代人口に対するシナリオ別ハザード曝露人口比の結果一覧を示す。ここで、人口比はS0に対するS1~S3の曝

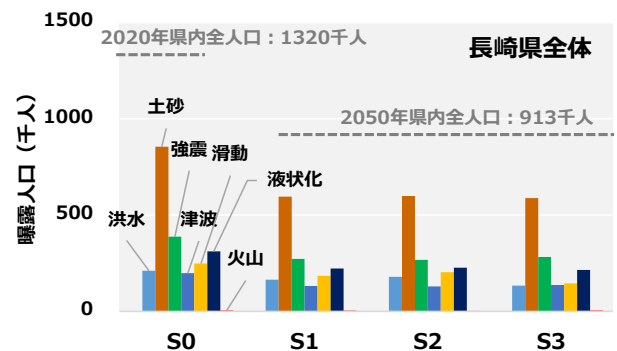


図-8 シナリオ別・災害別ハザード曝露人口（長崎県全体、全年代人口）

Fig.8 Hazard-exposed population by scenario and disaster

露人口の比であり、1を超えた場合は、将来、曝露人口が増加する状況を表している。また、図-8 に、県全体に関するシナリオ別・災害別ハザード曝露人口を示す。災害毎に曝露人口の多寡はあるものの、市街地への人口集中を想定した S2 を含む S1～S3 の全シナリオで、S0 と比較して曝露人口は減少傾向であった。これは、人口集中・分散による人口移転の影響よりも、県全体における人口減少の影響の方がより強く表れたためと

考えられる。一方、長崎市および大村市を一例に、S2 シナリオに関する、全年代人口および 65 歳以上人口に対する曝露人口比について市町間での比較を行った。

ここで、長崎市と大村市の過去～将来の市内人口推移を、国勢調査¹⁶⁾および国立社会保障・人口問題研究所による将来推計人口（令和 5 年推計⁸⁾）に基づき図-9(a)および(b)に示す。

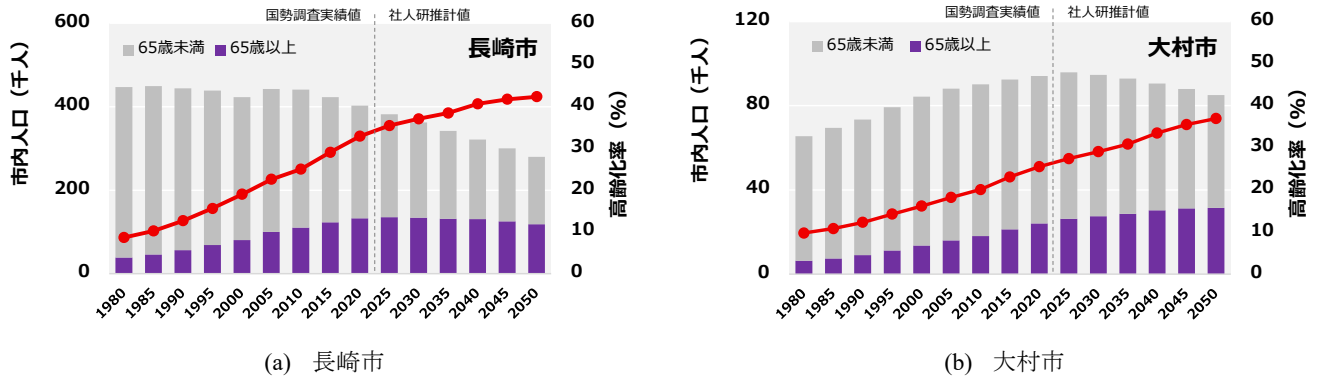


図-9 長崎市および大村市の人口推移（2020 年以前は国勢調査実績値¹⁶⁾，それ以降は社人研推計値⁸⁾）

Fig.9 Population trends of Nagasaki city and Omura city

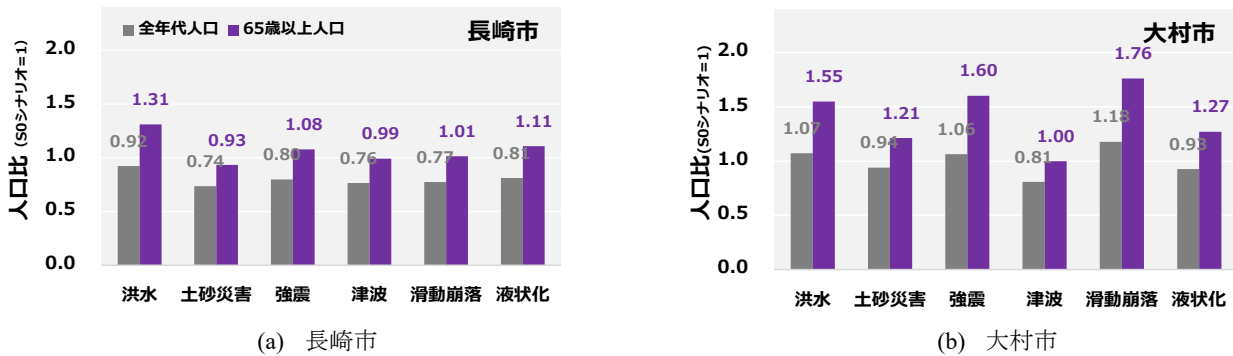


図-10 S2 シナリオに関する年代人口別ハザード曝露人口比

Fig.10 Age-specific hazard-exposed population ratio for S2 Scenario

表-2 シナリオ別将来人口分布に基づく 2050 年ハザード曝露人口比の一覧（全年代人口）※1

Table 2 List of hazard-exposed population ratios for 2050 based on each future population scenario

災害 種別	市区町村名	長崎市	佐世保市	島原市	諫早市	大村市	平戸市	松浦市	対馬市	壱岐市	五島市	西海市	雲仙市	南島原市	長与町	時津町	東彼杵町	川棚町	波佐見町	小値賀町	佐々町	新上五島町	長崎県
洪水	立適作状況※2	○	○	●	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	「市街地」※2	有	有	無	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有
	S1：現状推移	0.74	0.84	0.60	0.83	0.92	0.50	0.62	0.42	0.60	0.52	0.49	0.55	0.51	0.76	0.73	0.61	0.65	0.77	-	0.82	0.44	0.78
	S2：市街地集中	0.92	0.91	0.43	0.95	1.07	0.57	0.73	0.52	0.42	0.55	0.35	0.39	0.36	0.74	0.69	0.44	0.47	0.55	-	0.58	0.31	0.85
土砂災害	S3：郊外分散	0.39	0.69	0.94	0.59	0.61	0.37	0.39	0.22	0.93	0.46	0.76	0.86	0.80	0.78	0.79	0.96	1.02	1.20	-	1.28	0.69	0.63
	S1	0.70	0.78	0.66	0.74	0.87	0.47	0.54	0.43	0.53	0.44	0.54	0.53	0.47	0.77	0.72	0.56	0.63	0.72	0.37	0.81	0.37	0.70
	S2	0.74	0.84	0.47	0.74	0.94	0.37	0.52	0.38	0.37	0.34	0.38	0.38	0.34	0.72	0.71	0.40	0.45	0.51	0.26	0.58	0.27	0.70
	S3	0.62	0.64	1.04	0.72	0.75	0.65	0.59	0.52	0.83	0.66	0.85	0.84	0.74	0.89	0.73	0.88	0.99	1.13	0.58	1.28	0.59	0.69
強震	S1	0.72	0.88	0.66	0.75	0.93	-	-	-	0.55	-	0.59	0.54	0.49	0.76	0.73	0.60	0.64	-	-	-	-	0.70
	S2	0.80	0.89	0.47	0.79	1.06	-	-	-	0.39	-	0.42	0.39	0.35	0.76	0.72	0.43	0.46	-	-	-	-	0.69
	S3	0.57	0.87	1.04	0.68	0.67	-	-	-	0.86	-	0.92	0.85	0.76	0.76	0.76	0.94	1.01	-	-	-	-	0.73
	S1	0.70	0.83	0.65	0.72	0.83	0.46	0.49	0.38	0.50	0.38	0.52	0.51	0.46	0.75	0.73	0.53	0.63	-	0.27	0.81	0.34	0.67
津波	S2	0.76	0.87	0.47	0.77	0.81	0.35	0.47	0.30	0.36	0.29	0.37	0.37	0.33	0.53	0.65	0.38	0.45	-	0.20	0.58	0.24	0.65
	S3	0.56	0.75	1.02	0.61	0.87	0.67	0.54	0.54	0.78	0.58	0.81	0.80	0.73	1.17	0.88	0.84	0.98	-	0.43	1.27	0.53	0.69
	S1	0.71	0.80	0.66	0.78	0.94	0.53	0.54	0.47	0.60	-	0.62	0.53	0.45	0.80	0.70	0.45	0.61	0.84	-	0.84	0.44	0.74
	S2	0.77	0.96	0.47	0.97	1.18	0.54	0.67	0.59	0.42	-	0.44	0.38	0.32	0.74	0.80	0.32	0.43	0.60	-	0.60	0.31	0.82
液状化	S3	0.59	0.50	1.03	0.41	0.48	0.49	0.30	0.24	0.94	-	0.97	0.83	0.71	0.91	0.52	0.70	0.95	1.32	-	1.31	0.69	0.58
	S1	0.72	0.82	0.68	0.75	0.89	0.46	0.55	0.42	0.51	0.48	0.56	0.54	0.48	0.76	0.73	0.59	0.65	0.78	0.37	0.82	0.39	0.72
	S2	0.81	0.92	0.48	0.78	0.93	0.37	0.59	0.39	0.36	0.41	0.40	0.39	0.34	0.75	0.70	0.42	0.46	0.55	0.26	0.59	0.28	0.73
	S3	0.55	0.65	1.06	0.67	0.81	0.64	0.47	0.48	0.80	0.60	0.88	0.85	0.75	0.78	0.79	0.93	1.01	1.22	0.57	1.29	0.62	0.69
火山現象	S1	-	-	0.69	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.57	-	-	-	-	-	-	-	-	0.68
	S2	-	-	0.49	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.41	-	-	-	-	-	-	-	-	0.48
	S3	-	-	1.08	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.90	-	-	-	-	-	-	-	-	1.06

※1 赤字：人口比が1を上回った場合、青赤字：人口比が0.3を下回った場合、とした。

※2 国交省資料(17)を基に作成。◎：防災指針を含む立地適正化計画を作成・公表済み、○：立地適正化計画を作成・公表済み、●：立地適正化計画を作成中・作成予定、－：未作成・未公表を含むその他の自治体を示す。

両市の人口推移の傾向の違いとしては、長崎市は既に人口増加のピークが過ぎており、2020 年以降は人口減少が急速に進展し、65 歳以上人口もピークアウトする傾向であるが、一方で大村市は、2020 年以降も人口増加の傾向が続き、人口増加のピークを迎えるのは 2025 年頃と推計されている。その後は緩やかに人口減少するものの、65 歳以上人口は 2050 年まで増加すると推計されている。また、いずれの市においても「市街地」の多くがハザードエリアと重複する傾向にある。

図-10(a)および(b)に、長崎市と大村市に対する全年代人口および 65 歳以上人口に対するハザード暴露人口比の結果を示す。全年代人口で見た場合、長崎市は人口減少の影響によりどの災害も S0 に対して暴露人口が減る傾向にあるが、近年人口が増加している大村市については、1 を上回る災害も複数確認された。また、高齢化を鑑み、65 歳以上人口で見た場合には、長崎市は洪水で 3 割程度、大村市は洪水、強震、滑動崩落で 5 割以上、S0 に対してハザード暴露人口が増える結果となり、ハザード暴露人口という観点では、市町毎に注視すべき災害やその傾向が異なることが分かった。

4. まとめ

本研究では、近年頻発化・激甚化している自然災害を背景に、立地適正化計画に基づく未来志向の防災まちづくりの基礎資料とすることを目的として、年代別人口構成を考慮した災害リスク評価手法の構築に向けた基礎的検討を行った。

過去の地震災害における死者の年代構成について分析を行った結果、直接死および関連死に関わる地域の災害リスクを評価するには高齢化率を含めた人口構成比を考慮することが重要であることが示唆された。

また、長崎県を対象としたシナリオ別将来人口分布に基づく災害ハザード暴露人口を試算では、人口減少の影響により、県内の全年代人口に対するハザード暴露人口はどのシナリオにおいても減少傾向がみられたが、市町毎に詳細に比較すると、災害ハザードエリアと人口誘導エリアとの位置関係や、人口減少や高齢化の状況の相互関係により、暴露人口の傾向は各市町で若干傾向が異なることが分かった。特に現在人口が増加している大村市では、将来的に特に高齢者のハザード暴露人口が大幅に増加する可能性があることを示した。

以上のことから、立地適正化計画に基づく防災まちづくり計画において、地域の人口や年代構成の将来変化を適切に考慮することが重要である。

今後は、人口減少や高齢化が地域課題となっている自治体向けの未来志向の防災まちづくり支援技術として、地域の年代別人口構成を考慮した地域の災害リスク評価手法の構築と評価精度向上を目指していく予定である。

注

注1) 一般的に、住宅耐震化率は、住宅・土地統計調査による居住世帯のある住宅戸数を総数として、以下の(1)~(3)のいずれかに該当する住宅戸数を「耐震性あり」とし、総数に対する「耐震性あり」の住宅戸数の割合として算定されている。

- (1) 新耐震基準 (S56 年以降) で建てられた住宅戸数
- (2) 旧耐震基準 (S55 年以前) で建てられた住宅戸数に対して、旧耐震基準で建てられた住宅の耐震性割合 (= 耐震診断で耐震性ありと判断された戸数 / 耐震診断実施戸数) を乗じた戸数
- (3) 旧耐震基準で建てられた住宅の耐震改修工事の実施戸数

なお、本論文では、国土交通省が各市区町村に対して実施した住宅耐震化の調査を基に取りまとめた住宅耐震化率のデータを引用して分析を実施した。

参考文献

- 1) 内閣府：平成 27 年版高齢社会白書（全体版），2015，<https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2015/html/zenbun/index.html>
- 2) 三谷智子ほか：阪神・淡路大震災、東日本大震災の直接死・震災関連死からみる高齢者の脆弱性，日本保健医療行動科学学会雑誌，Vol.29，pp.23-30，2014
- 3) 岩崎信彦ほか：阪神・淡路大震災の社会学，第 1 巻，1999.
- 4) 岩手県警：「東日本大震災津波」岩手県の死者人定情報
- 5) 石川県：<https://www.pref.ishikawa.lg.jp/saigai/202401jishin-taisakuhonbu.html>
- 6) 内閣府：災害関連死事例集（増補版），令和 5 年 5 月。
- 7) 社会資本整備審議会建築部会：建築物等事故・災害対策部会，資料 2 別紙，第 31 回
- 8) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の地域別将来推計人口 令和 5 年推計，2023
- 9) 国土数値情報：1km メッシュ別将来推計人口データ（H30 国政局推計），https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/old/datalist/old_KsjTmpl-m500h30.html
- 10) （独）環境再生保全機構：環境研究総合推進費 研究成果報告書，1-2003 地域資源と地域間連携を活用した地域循環共生圏の計画とその社会・経済効果の統合的評価に関する研究（研究代表機関：国環研），2023.5
- 11) 国土数値情報：用途地域データ（2019 年度版），https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmpl-A29-v2_1.html
- 12) 国土数値情報：立地適正化計画区域データ（2020 年度版），<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmpl-A50-2020.html>
- 13) 国土数値情報：都市計画決定情報データ（2022 年度版），洪水浸水想定区域データ（2023 年度版），土砂災害警戒区

域データ（2023 年度版）、津波浸水想定データ（2016 年度版）、何れも 2025 年 2 月時点の最新情報を参照。

14) J-SHIS：地震ハザードステーション，<https://www.j-shis.bosai.go.jp>

15) 長崎県オープンデータカタログ：雲仙岳火山ハザードマップ（GIS），
https://data.bodik.jp/dataset/420000_unzendake_hazardmap

16) 政府統計の総合窓口 **e-stat**：国勢調査，市区町村別男女別人口及び年齢別割合（年齢 3 区分），昭和 55 年～令和 2 年

17) 国土交通省：立地適正化計画を作成した市町村および具体的な取組を行っている市町村（2024 年 7 月 31 日現在）