

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—

Analysis of Population Distribution Exposed to Natural Hazards in Japan
- Toward Better Land Use Considering Future Depopulation -

池永 知史¹, 大原 美保²

Tomofumi IKENAGA¹ and Miho OHARA²

¹ 東京大学工学系研究科社会基盤学専攻

Department of Civil Engineering, The University of Tokyo

² 独立行政法人土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター
(前 東京大学大学院)

International Centre of Water Hazard and Risk Management, Public Works Research Institute
The University of Tokyo (Previous)

Efficient investment of disaster measures is one of the biggest future issues in Japan under the situation that the population in Japan has been decreasing since 2005. In order to discuss ideal strategy for future investment, it is important to assess population distribution exposed to various natural hazards considering future depopulation. This research aims to analyse population distribution in the whole Japan country exposed to natural hazards by overlaying existing hazard maps such as earthquake, river flood and landslide. In addition, relationship between the population exposure and expected future depopulation was also analyzed in order to discuss future strategy for national land use and investments for disaster risk reduction.

Keywords: *depopulation, population exposure, risk assessment, disaster management strategy*

1. はじめに

日本の総人口は2005年を境に減少に転じており¹⁾, 2050年人口は2010年人口から23.6%減少して総人口が1億人を下回ると予想されている²⁾. また, 日本創成会議³⁾は, 地方からの人口流出がこのまま続くと, 20~39歳の女性が2040年までに50%以上減少する市町村が896(全体の49.8%)にのぼり, これらを消滅可能性が高い自治体と位置づけ, 社会的な注目を集めている. 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状況下においては, 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る. 災害リスクの少ない土地を有効に活用し, 限られた財源で効率的な防災投資を行うことは, 今後の我が国における大きな課題の一つである. 人口減少下におけるこのような防災戦略を検討する上では, 地域レベルの視点での具体的な検討に加えて, 全国レベルでの視点で災害リスクの分布と将来の人口減少の関係性を把握し, 地域全体を俯瞰した戦略を議論する必要がある.

災害リスクと人口減少の関係に関する既往研究としては, 陳ら(2010)⁴⁾及びChenら(2009)⁵⁾が, 東海・東南海・南海地震で被害が予想される地域を対象に, 将来の

人口構造の変動を考慮して震度曝露人口の評価を行っている. また, 佐藤ら(2014)⁶⁾は, 阪神・淡路大震災及び新潟県中越地震の被災地を対象として, 震災前後の地域人口構造の変化について分析している. しかし, これらの研究では, 分析対象が地震災害に限定されており, 多様な自然災害は対象とされていない. 多様な災害リスクの地域特性を分析した既往研究としては, 天国ら(1999)⁷⁾が都道府県のレベルでの自然災害リスクの比較を行っている. 我が国の防災計画は, 国レベルの防災基本計画, 都道府県レベルの防災計画, 市町村レベルの防災計画という3層構造になっている. 天国らの研究は, このうち都道府県レベルでの視点から災害リスクと防災投資の関係を分析したものであるが, 人口減少との関係は考慮されていない.

そこで, これらの既往研究を踏まえて, 本研究の前半ではまず, 全国を俯瞰した視点から災害リスクの地域特性を概観することを目的として, 災害リスク曝露人口⁸⁾の分布状況の分析を行う. この際, 災害による外力と生活被害・住居被害の関係に着目することにより, 地域における異なる災害リスクの比較を行う. 本研究の後半では, 将来的な人口減少を踏まえて, 単一及び複数の災害の危険区域内における将来的な人口減少率を算出し, 災害リ

スクと人口減少率の関係性に関する地域特性を分析する。

筆者らは、人口減少と災害リスクを考慮した理想的な土地利用について図1のように考えている。災害リスクが高く人口減少率が低い地域では、将来的に多くの人口が危険な地域に継続的に居住すると想定されるため、防災対策を積極的に行い土地の災害リスクを低減させることが必要である。一方で、災害リスクが高く人口減少率も高い地域では、人口減少により消滅する集落の存在や地方自治体における財政の縮小化を考慮すると、安全な地域への土地利用の集約も含めた、選択と集中に基づく効率的な防災投資が求められる。また、災害リスクが低く人口減少率が高い地域については、人口増加策などにより更なる土地活用を促進することが望ましい。

本研究は、このような人口減少を考慮した土地利用の必要性を議論する上で、まず初めに、そもそも各種災害のリスクがどのように分布し、人口減少とどのような関係にあるのかを全国的に俯瞰することを目指している。このような目的から、本研究ではまず、市町村レベルより上位の地域防災計画を有する都道府県レベルでのマクロな視点から、災害リスク曝露人口⁸⁾の全国的な分布状況を俯瞰する。しかしながら、ある都道府県内でも、災害リスク曝露人口の分布には市区町村の状況に応じた格差や、沿岸や内陸などの環境による地域差が生じうる。よって、今後、人口減少下において地域における選択と集中をどのように図るべきかという具体的な意思決定を行うためには、都道府県より更に小さい単位である市区町村や集落などのミクロな視点での更なる分析に基づく検討は必須である。

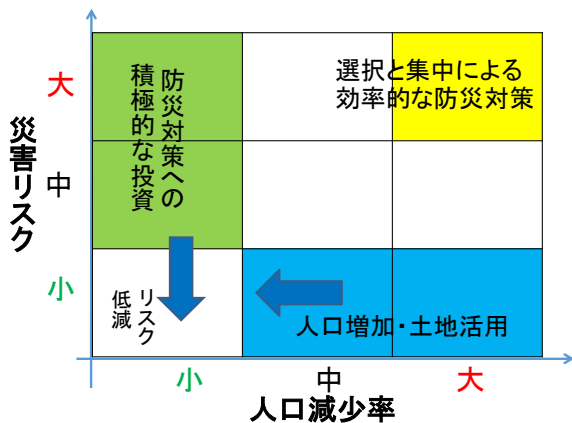


図1 人口減少と災害リスクを考慮した理想的な土地利用

2. 研究に用いたハザードマップデータ

各種災害のうち、地震に関しては、地震防災対策特別措置法（平成18年改正）により地震ハザードマップの作成が自治体の努力義務として規定されている。洪水については、水防法に基づき浸水想定区域図が作成される。土砂災害については、土砂災害防止法に基づき土砂災害警戒区域図が作成される。本研究では、これらの状況を

踏まえ、地震・洪水・土砂災害の3つを対象として、それぞれのハザードマップと人口分布をGIS上で重ね合わせることで、災害リスク曝露人口の分布状況を俯瞰する。

津波については、東日本大震災後に制定された津波防災地域づくりに関する法律により、都道府県知事による浸水想定公表が義務付けされたが、研究実施時点では想定を実施中の自治体も多数存在したため、本稿では対象外とする。また、火山についても入手可能なハザードマップが富士山などの一部に留まるため、本稿では対象外とする。なお、地域レベルで防災投資に関する具体的な意思決定を行う際には、津波や火山、その他の自然災害についても考慮に入れる必要があるが、本研究では上記の趣旨から地震・洪水・土砂災害の3つを対象とした。

用いたハザードマップデータの一覧を表1に示すとともに、以下に詳細を述べる。

表1 災害リスクに関するGISデータ

	地震	洪水	土砂災害
使用データ	確率論的地震動予測地図	浸水想定区域図	土砂災害危険箇所
データの出典	地震調査研究推進本部ホームページ	国土数値情報ダウンロードサービス (国土交通省)	

(1) 確率論的地震動予測地図

地震に関しては、地震調査研究推進本部が発表している確率論的地震動予測地図⁹⁾を用いた。確率論的地震動予測地図は、日本及びその周辺で起こりうる全ての地震を確率論的手法によって評価し、さらに地震が発生した時に生じる地震動の強さをパラツキも含めて評価することにより、一定の期間内に、ある地点が、ある大きさ以上の揺れに見舞われる確率を計算することにより作成されている。地震動の強さ・期間・確率のうち2つを固定して残る1つの値を求めた上で、それらの値の分布を地図に示している。本研究では、ホームページでダウンロード可能なデータのうち、「今後t年以内にk%の確率で起きる震度分布」を3次メッシュごとに示したGISデータをダウンロードして使用することとした。基準年は2013年（モデル1）、確率ケースは平均ケースとした。確率論的地震動予測地図において期間tと確率kの組み合わせは6通りあり、これを式[1]を用いて「再現期間がx年」という表記に対応させることができる⁹⁾。確率論的地震動予測地図はそれぞれ表2のように再現期間と対応している。

異なる自然災害のリスクを比較する際には、異なる災害に関して同じ再現期間を設定する必要がある。我が国の河川計画において想定される洪水の再現期間は最も長くても300年であるのに対し、確率論的地震動予測地図においては表2に示されるように再現期間が300年を超える稀な災害も想定されている。防災対策を議論する際には、稀な災害を考慮することも重要ではあるが、本研究ではより現実的かつ具体的な議論を行うために、再現期間100年以内の災害に限定して災害リスクの評価を行うこととする。すなわち、表2のうち、「50年以内の発生確率が

39%」のGISデータを用いることとする。

$$x = \frac{1}{1 - (1 - \frac{k}{100})^t} \quad [1]$$

表2 確率論的地震動予測地図における再現期間

t年での発生確率がk%		再現期間x年
t	k	x
50	39	100
50	10	500
30	6	500
50	5	1000
30	3	1000
50	2	2500

(2) 浸水想定区域図

洪水に関しては、国土交通省が提供している国土数値情報ダウンロードサービス¹⁰⁾から入手可能な浸水想定区域図のGISデータを用いることとする。この浸水想定区域図データには、全国における合計1610枚の浸水想定区域図が都道府県別に収納されており、それぞれの浸水想定区域図について再現期間に関する記述がある。ここでは、「100年に一度の豪雨を想定する」という記述がある場合、想定豪雨の再現期間は100年とする。浸水想定区域図のデータに説明文が全く添付されていないものについては「記載なし」、説明文は存在するものの豪雨の想定確率について数値で明記していないもの（例えば「〇〇年〇月の豪雨」や「既往最大規模の豪雨」といった表現）については「不明」とする。

浸水想定区域図の再現期間を整理した結果を図2に示す。前述のとおり、浸水想定区域図の再現期間で最も長いものは300年であった。再現期間が100年より長く設定されているものは浸水想定区域図の約8%であり、再現期間が100年未満のものが半数近くを占めていることが分かる。

前述の通り、地震と同じ再現期間を設定するため、再現期間が100年以内の浸水想定区域図を使用する。100年を超える再現期間を想定しているマップは対象外となるため、データからは除外する。また、再現期間が「不明」あるいは「記載なし」の浸水想定区域図については、より安全側の評価とする立場からの推計を行うために、再現期間が100年以内と見なして用いる。

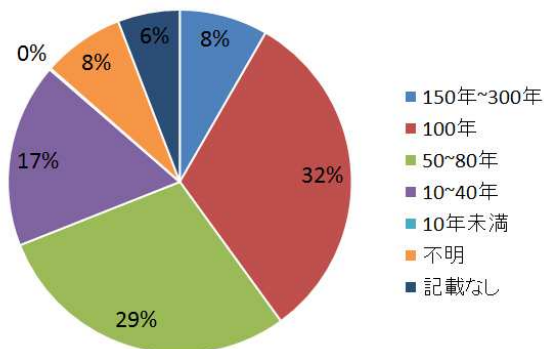


図2 浸水想定区域図の再現期間分布

(3) 土砂災害危険箇所

土砂災害に関しては、洪水と同様に国土数値情報ダウンロードサービス¹⁰⁾から入手可能な土砂災害危険箇所のGISデータを用いることとする。この土砂災害危険箇所データには、表3に示したような種類の危険箇所に関するハザードマップが都道府県別に収納されているが、再現期間に関する記述は存在しない。

表3 土砂災害危険箇所の分類¹¹⁾

項目	説明
急傾斜地崩壊危険箇所	傾斜度30度以上、高さ5m以上の急傾斜地で人家や公共施設に被害を及ぼす恐れのある急傾斜地および近接地
土石流危険渓流	渓流の勾配が3度以上あり、土石流が発生した場合に被害が予想される危険区域に、人家や公共施設がある渓流
土石流危険区域	地形条件によって土石流の堆積や氾濫が予想される地域
地すべり危険箇所	空中写真の判読や災害記録の調査、現地調査によって、地すべりの発生する恐れがあると判断された区域のうち、河川・道路・公共施設・人家等に被害を与える恐れのある範囲

3. 分析の方法

本章では、災害リスク災害リスク曝露人口の分析方法、及び将来の人口減少率の算出方法について述べる。

(1) 災害リスク曝露人口の算出方法

災害リスクの評価指標としては「曝露人口」を用いる。災害リスク曝露人口は、能島(2004)⁸⁾を参考に、リスクの規模を一定以上の災害レベルにさらされる地域内に居住する人口として定義する。異なる災害でのリスクを比較するためには、災害リスクの程度を何らかの尺度で評価する必要がある。よって、災害リスクの程度について、居住は継続できるが、住居内部の家具に重大な損害が生じる「生活被害レベル」と、住居の全半壊や浸水、土砂の堆積により居住を継続できなくなる「住居被害レベル」の2種類を考え、表4のように設定する。

表4 基準として用いる自然災害リスクの規模

再現期間	被害規模	地震	洪水
100年以内	生活被害レベル	震度5強	浸水深50cm未満 床下浸水
	住居被害レベル	震度6弱以上	浸水深50cm以上 床上浸水

気象庁の「震度と揺れ等の状況」に関する解説¹³⁾によれば、震度5強より震度が大きくなると固定していない家具が倒れ、震度6弱で耐震性の低い木造住宅等の一部が倒壊するとされている。また、山口・山崎(2000)¹⁴⁾が阪神・淡路大震災での建物被害データに基づき作成した建物被害率曲線(図3)においては、震度5強を超えると全

半壊被害が生じ始めている。計測震度5.5-6.0（震度6弱）において、新耐震基準以前に建てられた建物に着目すると、建築年代が1971年以前の建物で全半壊率が約20～70%、1972年～1981年のもので約10～40%となっており、震度6弱を超えると全半壊率が大きくなっている。以上より、生活被害レベルと住居被害レベルの基準を、それぞれ震度5強及び震度6弱に設定する。

洪水については、消防庁「災害報告取扱要領」の定義¹⁵⁾によれば、床上浸水を住居被害レベルとみなすことができる。床高は建物の用途によって異なるが、ここでは居住用家屋を想定して、建築基準法等との整合のため、浸水深50cm以上を床上浸水とみなす¹⁶⁾。

土砂災害については洪水や地震とは異なり被害の程度により分類する尺度は存在しないが、全ての危険箇所において住居被害の危険性があるものとみなす。なお、ここでは全てを住居被害の危険性があると見なしていることにより、土砂災害のリスクの程度を過大評価した箇所が含まれている可能性がある点に注意する必要がある。

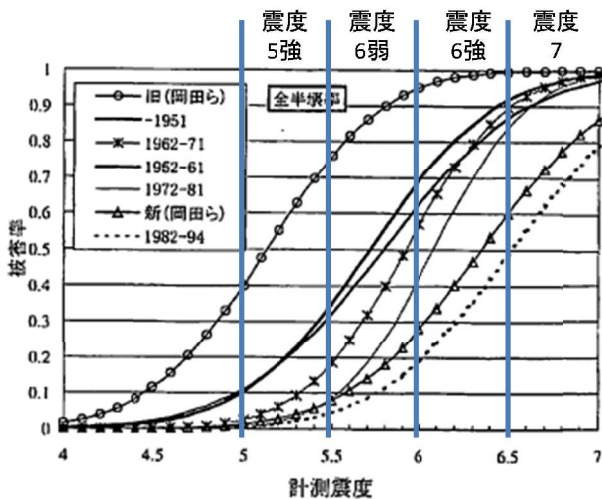


図3 建物の被害率曲線（文献¹³⁾に加筆）

表4に示したそれぞれの被害レベルにおいて、単独の災害リスクのある地域の面積及び曝露人口を算出する。また、3種類のハザードエリアをGIS上で重ね合わせることで、いずれか2つ以上の自然災害リスクのある地域の曝露人口及びどのハザードエリアにも該当しない地域に居住する人口も算出する。

(2) 将来的な人口減少率の推計方法

都道府県ごとの人口減少率は、国立社会保障・人口問題研究所²⁾によって公表されているが、3次メッシュ単位でのデータは公表されていない。そこで、コーホート要因法を用いて、まずは3次メッシュ単位で将来人口の推計を行う。コーホート要因法とは、同じ時期に出生した集団をコーホート（世代）とみなして、その集団ごとの将来における出生・死亡・人口移動等の動向の要因を踏まえて将来の人口を推計する方法である。用いたデータは、2010年国勢調査の3次メッシュ単位でのデータであ

る。2010年時点の人口メッシュデータに基づき、コーホート要因法を用いて2040年の予測人口メッシュデータを作成した。コーホート要因法の適用に際しては、陳ら(2010)が西日本における将来人口を推計した研究⁴⁾を参考にした。

人口は0-4歳から85-89歳までの5歳階級別人口及び90歳以上の人口の合計20の年齢階級に分けて、それぞれの年齢階級ごとに人口の推計を行う。

それぞれの年齢階級ごとの人口推計方法を、以下のa)～c)に示す。式[2]～[5]を1kmメッシュごとに適用し、それを都道府県ごとに集計することによって、2010年国勢調査の3次メッシュデータから5年ごとに都道府県の予測人口を推計して、2040年時点の予測人口を算出する。基準とする人口については、一部の地方では総人口のピークであった2005年やそれ以前から人口が減少に転じていたことから、必ずしも2010年人口を基準に用いることが適切であるとはいえない。そこで、2000年・2005年・2010年の人口をそれぞれ基準として2040年時点での人口減少率を計算したところ、いずれの2つを取っても非常に強い相関($R^2 > 0.98$)が見られたことから、どの年代の人口を基準に用いても人口減少率の評価に大きな違いはないと考え、本研究では現状において最新の人口データである2010年人口を基準とした2040年時点での人口減少率を計算する。

生残率 S ・純移動率 NM ・子ども女性比 CWR ・0～4歳女性比 SR については、国立社会保障・人口問題研究所²⁾によって都道府県ごとに算出された数値をそれぞれのメッシュに適用する。

a) 5-89歳人口の推計

$$P_{(t+5, s, x+5 \sim x+9)} = P_{(t, s, x \sim x+4)} \times \{S_{(t \rightarrow t+5, s, x \sim x+4 \rightarrow x+5 \sim x+9)} + NM_{(t \rightarrow t+5, s, x \sim x+4 \rightarrow x+5 \sim x+9)}\} \quad [2]$$

ここで、

$P_{(t, s, x \sim x+4)}$: t年における男女s, x～x+4歳の総人口、

$S_{(t \rightarrow t+5, s, x \sim x+4 \rightarrow x+5 \sim x+9)}$: t年の男女s, 年齢x～x+4歳の人口が、5年後のt+5年にx+5～x+9歳として生き残っている率、

$NM_{(t \rightarrow t+5, s, x \sim x+4 \rightarrow x+5 \sim x+9)}$: t年の男女s, 年齢x～x+4歳の人口に関するt→t+5年の5年間の純移動数（転入超過数を期首（t年）の男女s, 年齢x～x+4歳の人口で割った値

b) 90歳以上人口の推計

$$P_{(t+5, s, 90 \text{ 以上})} = P_{(t, s, 85 \text{ 以上})} \times \{S_{(t \rightarrow t+5, s, 85 \text{ 以上} \rightarrow 90 \text{ 以上})} + NM_{(t \rightarrow t+5, s, 85 \text{ 以上} \rightarrow 90 \text{ 以上})}\} \quad [3]$$

ここで、

$P_{(t+5, s, 90 \text{ 以上})}$: t+5年における男女s, 90歳以上の総人口、

$S_{(t \rightarrow t+5, s, 85 \text{ 以上} \rightarrow 90 \text{ 以上})}$: t年の男女s, 年齢x～x+4歳の人口が、5年後のt+5年にx+5～x+9歳として生き残っている率、

$NM_{(t \rightarrow t+5, s, 85 \text{ 以上} \rightarrow 90 \text{ 以上})}$: t 年の男女 s, 年齢 x~x+4 歳の人口に関する t→t+5 年の 5 年間の純移動数 (転入超過数) を, 期首 (t 年) の男女 s, 年齢 x~x+4 歳の人口で割った値

c) 0-4 歳人口の推計 (男性を m, 女性を f とする)

$$P_{(t+5, m, 0-4)} = P_{(t+5, f, 15-49)} \times CWR_{(t+5)} \times \{SR_{(t+5)}\} \div (100 + SR_{(t+5)}) \quad [4]$$

$$P_{(t+5, f, 0-4)} = P_{(t+5, f, 15-49)} \times CWR_{(t+5)} \times \{100 \div (100 + SR_{(t+5)})\} \quad [5]$$

ここで,

$P_{(t+5, m, 0-4)}$: t+5 年における 0~4 歳の男子人口数,

$P_{(t+5, f, 0-4)}$: t+5 年における 0~4 歳の女子人口数,

$CWR_{(t)}$: t 年の 0~4 歳の人口 (男女計) を, 同年の 15~49 歳女性人口で割った値,

$SR_{(t)}$: t 年の 0~4 歳女性人口 100 人あたりの 0-4 歳男性人口

4. 各種災害に対する災害曝露人口の算出結果

(1) 各種災害リスクに対する曝露人口の評価結果

図 4~8 に, 3 次メッシュ単位で評価した結果を, 都道府県単位に集計した図を示す. グラフ上のそれぞれの点

は都道府県に対応している. 横軸は一定以上の災害レベル対象地域の面積の割合, 縦軸は対象地域内の人数である曝露人口の都道府県総人口に対する割合である. なお, 実際には利用されていないと考えられる土地を面積として扱うことを避けるため, 1km メッシュあたりの総人口が 10 人以上の地域のみを面積として計上している.

これらのグラフを見ると, 一部の県ではほぼ全域が震度 5 強以上のハザードエリアに該当しており (図 4), 14 県については人口の半数以上が震度 6 弱以上のハザードエリアに居住している (図 5) ことが分かる. 一方で, 浸水想定区域内に住む人口の割合は福井県が最大で 48.8% (図 6), 床上浸水 (浸水深 50cm 以上) が想定される区域内に住む人口の割合も福井県が最大で 32.9% (図 7) である. また, 土砂災害危険箇所に住む人口の割合は長崎県が最大で 19.8% (図 8) である. また, 地震と洪水のグラフ (図 4~7) では多くの点が図中の直線よりも上側に位置しているのに対して, 土砂災害のグラフ (図 8) では多くの点が直線よりも下側に位置している. このことから, 地震や洪水について一定以上のリスクを持つ地域の人口密度は都道府県内において相対的に高くなっている一方で, 土砂災害危険箇所の人口密度は低く, 土砂災害リスクを有する土地はあまり利用されていないということが推測できる.

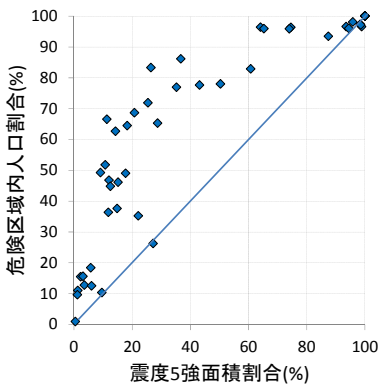


図 4 震度 5 強以上の面積と人口

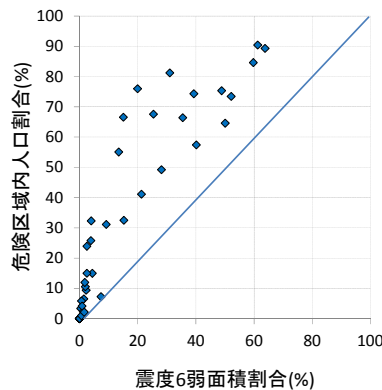


図 5 震度 6 弱以上の面積と人口

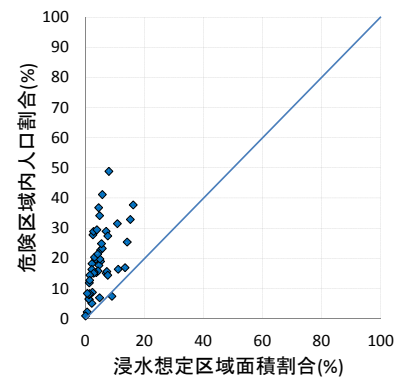


図 6 浸水想定区域の面積と人口

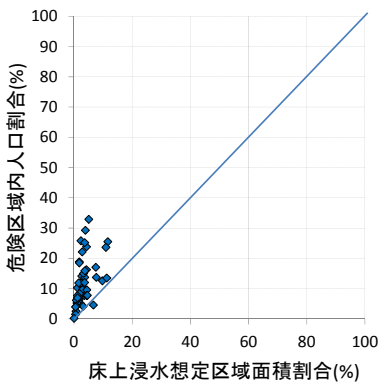


図 7 床上浸水想定区域の面積と人口

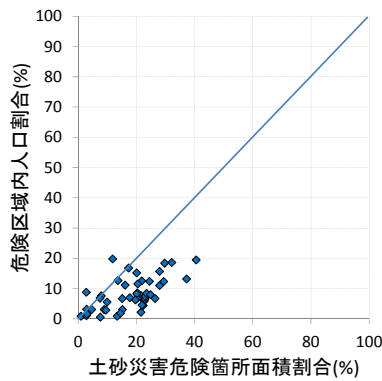


図 8 土砂災害危険箇所の面積と人口

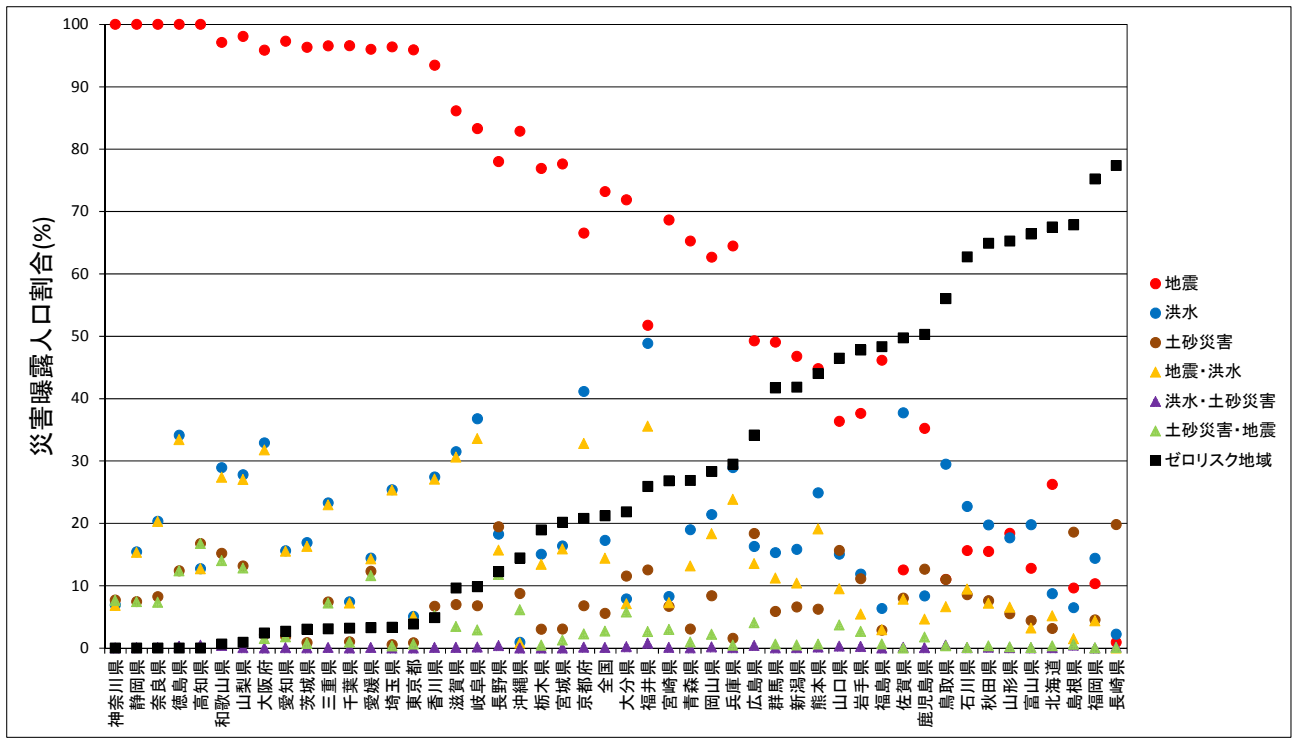


図9 都道府県ごとの災害曝露人口割合（生活被害レベル）

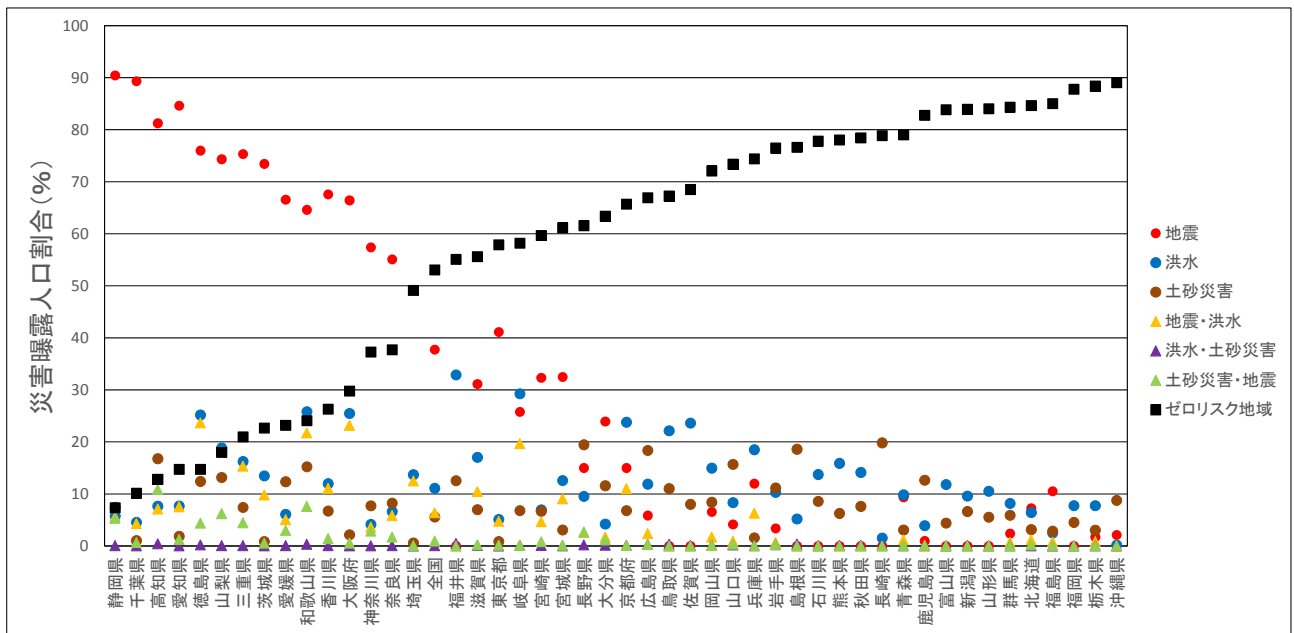


図10 都道府県ごとの災害曝露人口割合（住居被害レベル）

(2) 複数災害リスクに対する曝露人口の評価結果

次に、それぞれの自然災害ごとのハザードマップをGIS上で重ね合わせることで、複数種類のハザードエリアに該当する地域の曝露人口の全人口に対する割合を都道府県ごと及び日本全国で評価した結果を図9及び図10に示す。3章(1)で前述の通り、「生活被害レベル」は、居住は継続できるが、住居内部の家具に重大な損害が生じる被害レベル、「住居被害レベル」は、住居の全半壊や浸水、土砂の堆積により居住を継続できなくなる被害レベルとして定義している。

図9では図4・図6・図8、図10では図5・図7・図8での計算結果を示すとともに、地震・洪水・土砂災害のうち、いずれか2つのハザードマップを重ね合わせて、両方のハザードエリアに該当する地域の曝露人口割合も

それぞれ計算している。また、どのハザードエリアにも該当しない地域を「ゼロリスク地域」と定義し、この地域に居住人口の割合が低い順番に都道府県を並べている。

生活被害レベルで評価すると（図9）、ほとんどの都道府県において、地震の曝露人口が洪水・土砂災害に比べて大きいことが分かる。日本海に面する15道県（長崎県は含まれない）において曝露人口割合を合算すると、地震の曝露人口割合は35.6%と全国で算出した場合の73.2%より大幅に低く、地震によるリスクが相対的に低いと考えられる。一方で、洪水の曝露人口割合は20.9%であり、全国での算出値である17.3%より高くなっている。また、これらの地域では豪雨による洪水被害のみではなく、冬季の豪雪被害リスクも併せて警戒する必要がある。

2種類の自然災害を考慮した曝露人口割合の計算結果

を見ると、洪水・土砂災害双方のハザードエリアに該当する地域はほとんど存在しないことが分かる。土砂災害・地震双方の曝露人口割合については、高知県が16.8%と最も高い結果になったが、地域ごとの目立った特徴は見られなかった。ゼロリスク地域に居住する人口は、全都道府県のうち37県において総人口の半分未満であり、地震の曝露人口割合と強い負の相関がある($R^2=-0.97$)。ゼロリスク地域に居住する人口割合の低い県のうち、地震の曝露人口割合が90%を超える県においては、浸水想定区域の大半が地震のハザードエリアにも該当しており、地震・洪水対策の連携や複合災害の検討が必要と考えられる。

住居被害レベルで評価すると(図10)、地震の曝露人口が最大である県は20県であり、それ以外の県では洪水あるいは土砂災害の曝露人口の方が多いという計算結果になった。12の県については地震の曝露人口が0人となったが、これらの県に見られる共通の特徴として、プレート境界から遠く離れており、活断層による地震の影響の方が大きいという点が挙げられる。そのため、再現期間を100年以内と設定した時に震度6弱以上の揺れが想定される地域が存在しないという結果になっている。

2種類の自然災害を考慮した曝露人口割合については地域ごとの目立った特徴は見られなかったが、地震の曝露人口割合が40%を超える県においては、浸水想定区域の大半が震度6弱のハザードエリアにも該当していることから、地震・洪水対策の連携や複合災害の検討を行うことが求められる。ゼロリスク地域に居住する人口割合は、生活被害レベルでの評価と同様に、地震の曝露人口割合と強い負の相関がある($R^2=-0.89$)。そのため、東海・東南海・南海地震などのプレート型地震で被害が予想される県において、ゼロリスク地域の人口割合が低い。

5. 災害リスク曝露人口と人口減少率の関係の分析

次に、本章では災害リスク曝露人口と人口減少率の関係について分析する。都道府県ごとの人口減少率の算出結果に基づいて、はじめに個別の自然災害について分析を行った後、複数種類の自然災害を考慮した分析を行った。

なお、本稿では全国を俯瞰する目的から各都道府県での分析を行っているが、1章で述べた通り、地域レベルでの防災投資戦略に関する意思決定を行うには、市町村や集落などの更に小さい単位での分析が必須である。

(1) 人口減少率の算出結果

3章(2)に示した手順に従って、2010年人口を基準とした2040年時点の人口減少率を3次メッシュ単位で算出した。図11は、これらの結果を都道府県ごとに集計したものである。全ての都道府県において将来的な人口は減少に転じることが予想された。人口減少率の最大値は秋田県の35.6%、最小値は沖縄県の2.1%で、全国における人口減少率の計算結果は16.8%となった。また、日本海に面する15道県での人口減少率は21.4%となった。

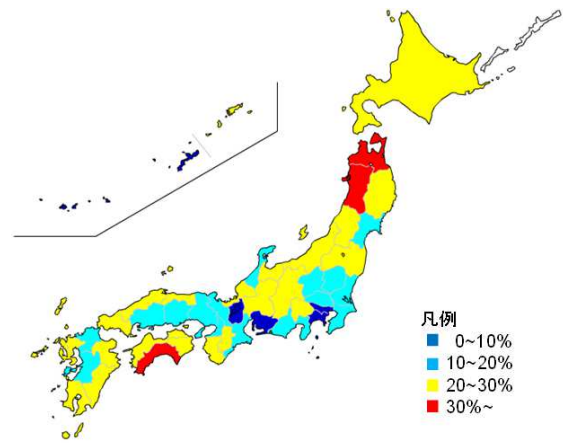


図11 人口減少率の算出結果

本研究では、国立社会保障・人口問題研究所による生存率・純移動率・子ども女性比、0~4歳性比を用いているものの、手法自体は完全に同一ではない。よって、これらの手法の違いによる差異を検証するため、本研究により算出された推計人口と、国立社会保障・人口問題研究所により公表されている予測値²⁾との比較も行った。図12の横軸は本研究で算出された予測人口、縦軸は国立社会保障・人口問題研究所により算出された予測人口であり、プロットしている点は各都道府県の値を表す。これより、本研究での推計人口と国立社会保障・人口問題研究所による予測値を都道府県単位で集計した場合には、両者は概ね同様の結果を示しており、これらの誤差率は最も大きい県でも1.40%と低いことが確認された。

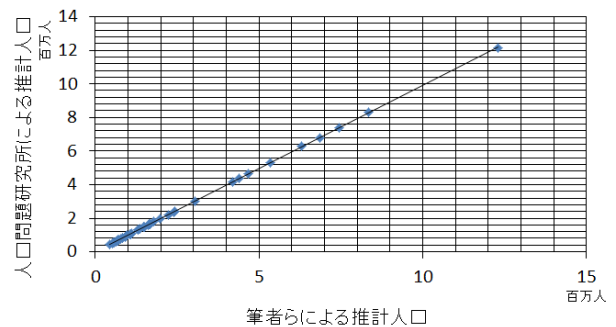


図12 推計人口算出結果の比較

(2) 個別の災害リスクに基づくグループ分け

災害リスク曝露人口と人口減少率の関係については、横軸を人口減少率、縦軸を一定以上の災害レベルにさらされる地域内に居住する人口の都道府県総人口に対する割合としたグラフ上に、各都道府県のデータをプロットした。また、図1に示した理想の土地利用方針を踏まえて、都道府県の特性に対する相対的な比較を行うことを目的として、これらのプロットを9つのグループに分けて考察を行った。グループ分けにはまず、縦軸及び横軸について各都道府県の値の平均と標準偏差を求めた。次に、図上に、平均から一定間隔の所で境界線を引き、3x3のブロックを作成し、それぞれのブロックについて図13の通りに①~⑨の番号を割り当て、9つに分類した。

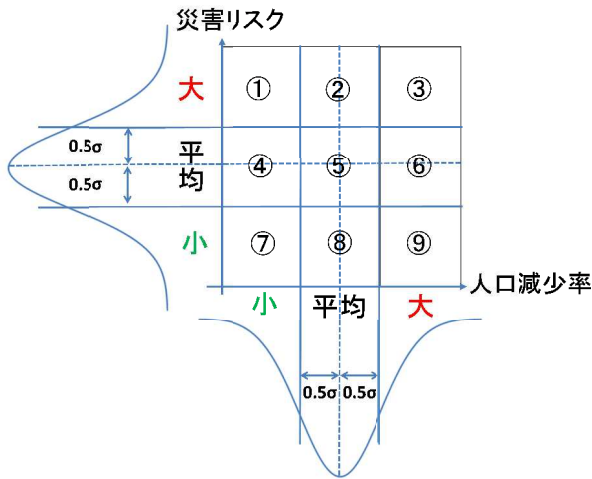


図 13 曝露人口と人口減少率による都道府県のカテゴリ分け

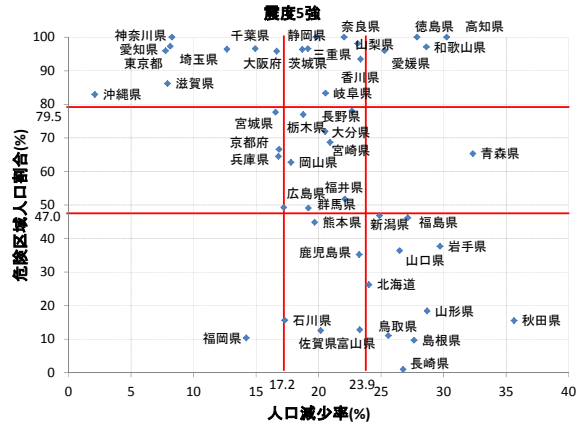


図 14 人口減少率と曝露人口（震度 5 弱）

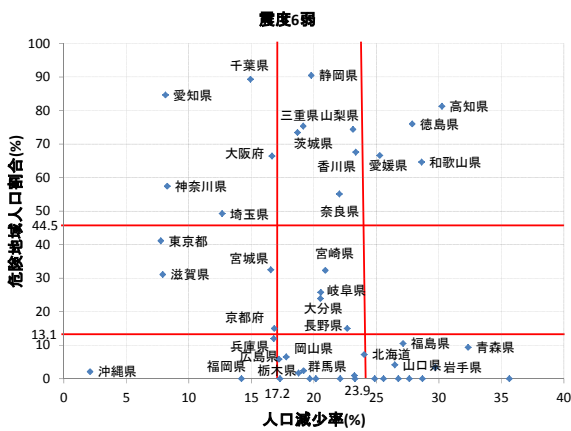


図 15 人口減少率と曝露人口（震度 6 強）

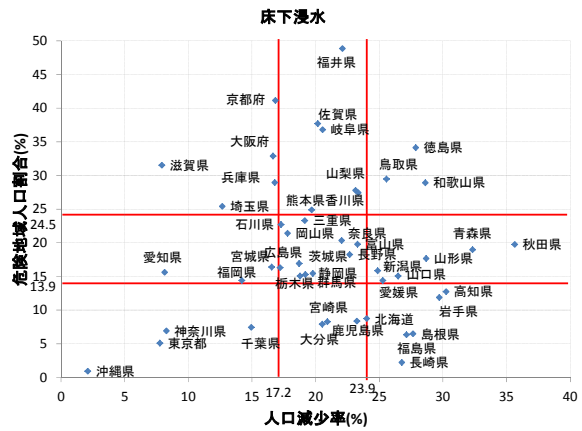


図 16 人口減少率と曝露人口（床下浸水）

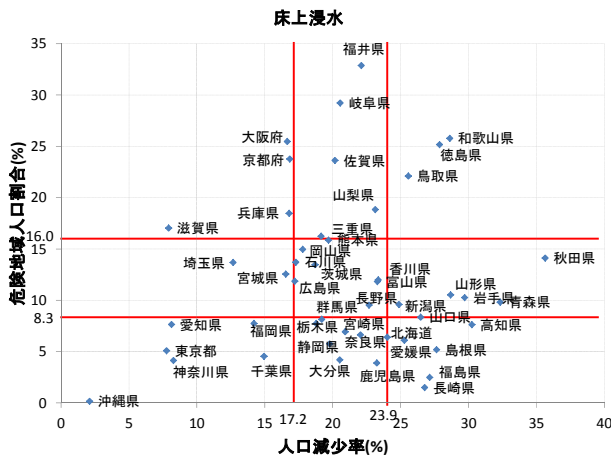


図 17 人口減少率と曝露人口（床上浸水）

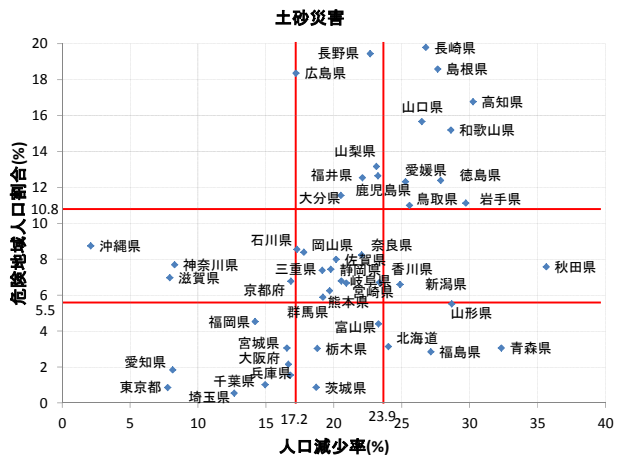


図 18 人口減少率と曝露人口（土砂災害）

図 14～18 に、個別の災害及び被害レベルごとに評価した結果を示す。横軸には 2010 年人口を基準とした 2040 年時点の人口減少率、縦軸には 2010 年時点でハザードエリア内に居住している人口の割合を取っている。ブロック間での境界線の引き方については、都道府県の相対的な比較を行うために各ブロックに含まれる都道府県数に大きな偏りが生じないように検討した結果、横軸・縦軸のそれぞれで値が「平均」となるブロックの幅は標準偏差 1σ 相当の値に設定することとした。なお、この際、ブロックの幅は 0.5σ , 1σ , 1.5σ と段階的に変化させて、各ブロックに含まれる都道府県数をカウントした結果、

最終的に 1σ を選択し、平均値 $\pm 0.5\sigma$ の所で境界線を引いた。

曝露人口と人口減少率の関係性の地域特性について、個別の災害ごとにそれぞれ以下に整理する。

a) 地震

図 14 及び図 15 を見ると、東海・東南海・南海地震による被害が予想される県では、設定震度を震度 5 強及び震度 6 弱のいずれに設定した場合も曝露人口の割合が高いことが分かる。首都圏及び中京圏では人口減少率が低い、四国地方では人口減少率が 20% を超える。一方で、北陸地方・山陰地方・九州地方の県では曝露人口の割合

が低い。曝露人口の低い下側⑦～⑨のブロックで人口減少率が全国における数値である 16.8%を下回ったのは福岡県のみであり、それ以外の県では人口減少の進行が相対的に速いと予想される。

b) 洪水

図 16 及び図 17 において、床下浸水と床上浸水で曝露人口の変化を比較したところ、地震の際に見られたような地域ごとの特徴は見られなかった。床上浸水（浸水深 50cm 以上）が想定される区域の浸水想定区域全体に占める割合は地域によって大きな変化がないと考えられる。地域的な傾向に大きな特徴は見られないが、近畿地方の県は曝露人口割合が高く人口減少率が低い、東北地方の県は曝露人口割合が低く人口減少率が高い、といった傾向が見られる。

c) 土砂災害

図 18 を見ると、人口減少率の低い大都市圏では曝露人口割合が低く、左上のブロック①に分類される県は存在しなかった。中国・四国地方の県は曝露人口割合の高い県が多く、9 県のうち 7 県が図 12 に示したブロック②及び③にプロットされている。

(3) 複数の災害リスクを考慮したグループ分け

次に、地震・洪水・土砂災害全てを考慮してグループ分けを行った。3 章(1)で定義した生活被害レベルと住居被害レベルの 2 種類に対する各都道府県の分類結果を図 19 及び図 20 に示す。横軸は 2010 年人口を基準とした 2040 年時点の人口減少率、縦軸は地震・洪水・土砂災害のハザードエリアのうち、どれかひとつ以上に該当する地域に居住している人口の割合である。土砂災害については、全ての危険箇所において住居被害の危険性があるものとした。ただし、前述の通り、土砂災害のデータについては再現期間が考慮されていないため、縦軸の計算結果には過大評価となっている地域が含まれる可能性に留意しなければならない。

図 19 及び図 20 を見ると、それぞれ図 14 及び図 15 と類似しており、地震の曝露人口割合が強く影響した分類結果となっている。図 19 と図 20 を比較すると、東京都・千葉県・埼玉県・神奈川県という 1 都 3 県、及び愛知県・大阪府という大都市圏は左上のブロック（①及び④）に分類されている。このような県では引き続き多くの人口が居住する上に自然災害リスクも高いため、将来に渡って継続的に防災対策への投資を行うことが求められる。福岡県は、生活被害レベル及び住宅被害レベルとともにブロック⑦に含まれ、相対的に自然災害リスク及び人口減少率の双方が低い恵まれた環境にあり、今後も継続的に土地を有効活用する必要がある。高知県・徳島県・和歌山県・愛媛県はブロック③に含まれ、災害リスク・人口減少率ともに高い。ブロック③は、安全な地域への土地利用の集約などの選択と集中による効率的な防災対策へのニーズが高い地域と考えられる。本結果はあくまで都道府県ごとの分析であるため、具体的なニーズについては、前述の通り、市町村や集落などの更に小さい単位での詳細な検討が必須である。山陰地方・東北地方などの県はグループ⑨に多く含まれ、人口減少率が高いが災害リスクは低い。今後、人口増加策などにより更なる土地活用を促進することが防災の観点から望ましい地域であるといえる。

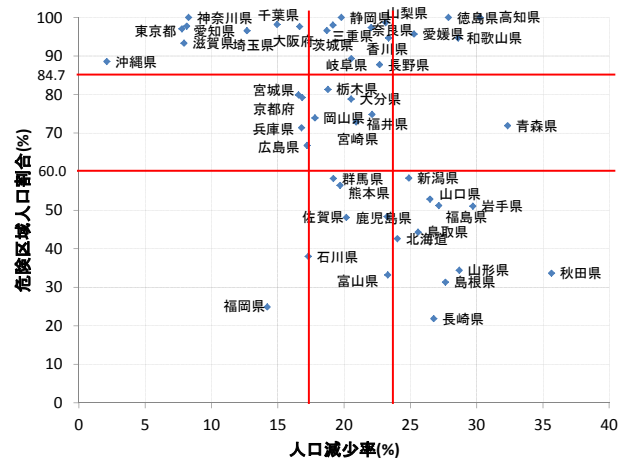


図 19 人口減少率と曝露人口（複数災害・生活被害レベル）

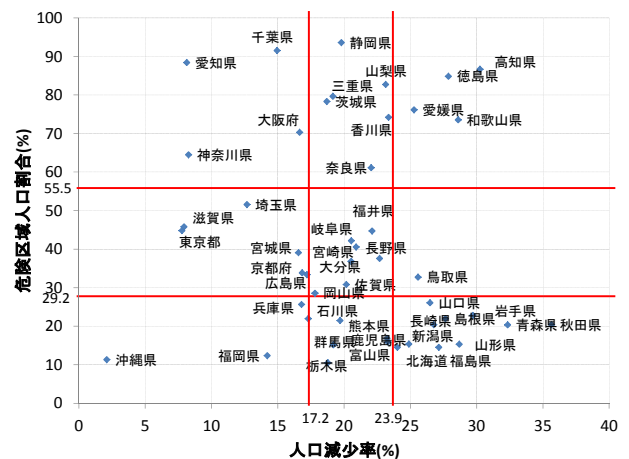


図 20 人口減少率と曝露人口（複数災害・住居被害レベル）

6. まとめと今後の課題

本稿では、地震・洪水・土砂災害の 3 つを対象として、全国を俯瞰した視点から災害リスク曝露人口の分布状況の分析を行った。この際、災害による外力と生活被害・住居被害の関係に着目することにより、生活被害レベル及び住居被害レベルという 2 つのリスクレベルに対して各種災害による災害リスク曝露人口の分布を算出することにより、異なる災害でのリスクの程度の比較を目指した。都道府県ごとの単一及び複数の組み合わせの災害に対して、全人口に対する災害リスク曝露人口の割合を算出し、各都道府県に対してプロットすることにより、都道府県間での相対比較を行うとともに、地震・洪水・土砂災害リスクのない地域（ゼロリスク地域）に住む人口の割合も把握した。また、将来的な人口減少を踏まえて、単一及び複数の災害の危険区域内における将来的な人口減少率を算出し、災害リスクと人口減少率の関係性に関する地域特性を分析した。

人口減少率の低い都道府県では、福岡県などの一部の県を除き、主に地震の曝露人口割合が高く、引き続き防災対策への積極的な投資を行うことが求められる。山陰地方や東北地方の日本海に面する県などでは、ゼロリスク地域の人口割合が高い。また、人口減少率も高いため、土地利用の積極的な促進を行うことが防災の観点から望ましい地域であるといえるが、洪水の曝露人口割合が他

の地域と比べて相対的に高いことに注意する必要がある。四国地方の県などでは、地震と土砂災害の曝露人口割合が高く人口減少率も高いという計算結果になった。災害リスク及び人口減少率がともに高いという結果からは、安全な地域への土地利用の集約などの選択と集中による効率的な防災対策へのニーズが高い地域と考えられる。しかし、1章でも述べた通り、一つの県内でも地域差が存在するため、効率的な防災対策への具体的なニーズについては、市町村や集落などの小さい単位での詳細な検討を行い、更なる検討を進める必要がある。

本稿では、全国を俯瞰する目的からまずは都道府県レベルでのマクロでの災害リスク曝露人口の分布状況を分析している。分析は全て3次メッシュ単位で行っているため、今後、市町村単位や集落単位などの小さい単位での集計を行うことは可能である。よって、今後の課題としては、よりミクロなスケールでの更なる評価と、それらを踏まえた上での地域ごとの防災投資戦略についての具体的な検討が挙げられる。また、本稿は地震・洪水・土砂災害のみを自然災害として扱っており、津波や火山噴火といったその他の自然災害については考慮されていない。これらも含めた更に多様な自然災害リスクの考慮についても今後の課題である。

参考文献

- 1) 内閣府：平成25年度版高齢社会白書（概要版），
http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2013/gaiyou/25pdf_iindex.html
- 2) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の将来推計人口（平成25年3月推計），
<http://www.ipss.go.jp/pp-shicyoson/j/shicyoson13/t-page.asp>
- 3) 日本創成会議：ストップ少子化・地方元気戦略，
<http://www.policycouncil.jp/pdf/prop03/prop03.pdf>
- 4) 陳海立・牧紀男・林春男：将来人口減少を考慮した東海・東南海・南海地震の地域曝露特性—将来暴露人口と社会基盤施設に対する基礎考察—，自然災害科学，Vol.29，No.3，pp.365-380，2010。

- 5) Chen, H., Maki, N., Hayashi, H.: Evaluating the Impact of Demographic Transition in the Context of Tokai-Tonankai-Nankai earthquake, Japan, *Journal of natural disaster science*, Vol.31, No.2, pp.19-30, 2009
- 6) 佐藤慶一・牧紀男・堀田綾子・岸田暁郎・田中傑：被災前の人口トレンドが被災地の地域人口構造へ与える影響—阪神・淡路大震災と新潟県中越地震を対象として—，地域安全学会論文集，No.24，pp.293-302，2014
- 7) 天国邦博・漆間惇人・荏本孝久・望月利男：都道府県を対象とした自然災害統計データベースの構築—防災力ポテンシャル評価と最適防災投資効果の分析に向けて—，総合都市研究，No.68，pp.13-31，1999
- 8) 能島暢呂：震度曝露人口でみた岐阜県域の地震危険度のマクロ評価，東濃地震科学研究所報告，13，pp.37-53，2004。
- 9) J-SHIS 地震ハザードステーション：確率論的地震動予測地図，<http://www.j-shis.bosai.go.jp/download>
- 10) 独立行政法人防災科学技術研究所：地震動予測地図の工学利用—地震ハザードの共通情報基盤を目指して—，http://www.j-map.bosai.go.jp/j-map/result/tn_258/
- 11) 国土交通省国土政策局国土情報課：国土数値情報ダウンロードサービス，<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
- 12) 国土交通省：都道府県別土砂災害危険箇所，<http://www.mlit.go.jp/river/sabo/link20.html>
- 13) 気象庁：震度と揺れ等の状況（概要），
http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/shindo_kaisetsu/jma-shindo-kaisetsu-gaiyo.pdf
- 14) 山口直也・山崎文雄：西宮市の被災度調査結果に基づく建物被害関数の構築，地域安全学会論文集，No.2，pp.129-138，2000
- 15) 消防庁：災害報告取扱要領，
http://www.bousai.go.jp/kaigirep/kentokai/saigai_higainintei/01/pdf/shiryu9.pdf
- 16) 国土交通省：治水経済調査マニュアル（案），
http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/seisaku_hyouka/gaiyou/hyouka/h1704/chisui.pdf

（原稿受付 2014.9.6）
（登載決定 2015.3.11）