

将来的な人口変動を考慮した 津波避難場所・津波避難ビル等の 適切な空間配置に関する検討

東京大学大学院情報学環／生産技術研究所 准教授 大原美保

概要：

我が国は現在人口減少過程にあり、今後の津波対策においては、短期的視点のみならず、長期的視点からの人口減少も踏まえた対策の検討が求められる。本研究では、南海トラフ沿岸域を対象として、将来的な人口変動を考慮した上で、今後あるべき津波避難場所・津波避難ビル等の配置方針に関する検討を行った。まず初めにこれらの地域における津波避難場所・津波避難ビル等の指定状況を把握した。次に、内閣府被害想定による想定津波浸水域において、コーホート変化率法を用いたメッシュごとの将来的な人口変動の推計を行った。この結果、想定津波浸水域の広い地域で、将来的に人口減少および高齢化が進展すると推計された。また、将来的な人口減少率と浸水リスクがともに高い市町村をいくつか抽出した。これらのほとんどで既に多数の津波避難先が指定されており、短期的視点では津波対策が進んでいる地域ではあったが、長期的視点からは人口減少を考慮した津波避難対策を推進するニーズが高い地域であると考えられた。

キーワード：津波避難、人口減少社会、減災

1. はじめに

東日本大震災での甚大な津波被害を踏まえ、各地で津波計画の見直しや津波避難場所や津波避難ビルなどの避難先の拡充が進んでいる。国土交通省が東北3県を除く沿岸等市区町村610団体に行った「津波避難ビル等に関する実態調査」¹⁾では、地方公共団体が自ら地域防災計画等において位置づけている津波避難ビル等は2011年6月30日時点で1,876棟であったのに対し、同年10月31日時点では3,986棟になり、急速に増えた。震災後の2011年9月に発表された中央防災会議「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」の報告²⁾では、「津波避難ビル等の建築物を避難場所に選定せざるを得ない場合には、最大クラスの津波の襲来を予測した上で、避難場所で被災することのないよう十分な高さを有する建築物を選定する必要がある。」との方針が出された。これを踏まえて、2012年3月および8月には、内閣府の南海トラフの巨大地震モデル検討会により南海トラフ沿いの最大クラスの巨大地震による地震・津波の想定結果³⁾が発表され、沿岸自治体における津波対策の機運は更に高まっている。

南海トラフ沿いでの地震発生時期は未知であるため、津波対策の拡充は急務である。しかし、地震が数十年先に発生する可能性もあるため、短期的視点のみならず、

長期的視点も踏まえた対策の検討が求められる。我が国は、現在、長期に渡る人口減少過程にある。国立社会保障・人口問題研究所による平成24年1月発表の全国将来人口推計⁴⁾によれば、平成22(2010)年の人口1億2,806万人は、平成72(2060)年には8,674万人にまで減少すると推計されている。これに伴い、65歳以上人口割合は、平成22(2010)年の23.0%から、平成72(2060)年には39.9%にまで増加すると推計されている。長期的視点に立てば、津波避難場所や津波避難ビルの指定だけでなく、集落の高台移転や内陸部への人口誘導も大きな減災効果を発揮しうる。2011年12月14日に新たに制定された「津波防災地域づくりに関する法律」では、津波災害特別警戒区域における一定の開発行為及び建築物の建築等の制限に関する措置が認められた⁵⁾。このような警戒区域の効果的な活用も含めて、今後は、将来の人口減少動向を踏まえた長期的な視点での対策の検討が必須である。

本研究では、人口減少時代におけるわが国の将来的な人口変動や想定外の規模での津波発生を考慮した上で、適切な津波避難場所・避難ビル等の配置方針に関する検討を行った。対象地域は南海トラフ沿岸域として、まず初めにこれらの地域における津波避難場所・津波避難ビル等の指定状況を把握した。次に、内閣府被害想定による南海トラフ沿いの想定津波浸水域において、コーホー

ト変化率法を用いた将来的な人口変動の推計を行った。この推計結果と想定される津波リスクを併せて分析することにより、地域における将来的な津波避難場所・津波避難ビルへのニーズの変化について検討した。また、現状での津波避難場所・津波避難ビル等の指定状況を踏まえて、今後の津波避難対策の方針に関する検討も行った。

2. 南海トラフ沿岸域での津波避難場所・津波避難ビル等の指定状況に関する分析

(1) 南海トラフの巨大地震による津波想定概要

内閣府では、震災後に「南海トラフの巨大地震モデル検討会」を設置し、科学的知見に基づいた最大クラスの地震・津波の検討を行い、2012年3月31日に第一次報告を、同年8月29日に第二次報告としての10mメッシュによる津波高及び浸水域等の推計結果、人的被害・建物被害想定を発表した³⁾。内閣府では、2003年に東海・東南海・南海地震の被害想定を発表しているが、2012年に発表した最大クラスの想定では、強震断層域は約2倍に拡大し、震度6弱以上の領域も大幅に増えた。津波の想定においては、大すべり域や超大すべり域が生じる地域を替えた基本的な検討ケースとしての5ケース、およびその他派生的な検討ケースとしての6ケースという、合計11ケースを検討した上で、地域に応じた最大津波高さを検討している。これによれば、関東から四国・九州の太平洋沿岸等の極めて広い範囲で津波が来襲し、東北地方太平洋沖地震時の浸水域(561km²)の約1.8倍となる約1,015 km²の浸水が想定されている。静岡県・高知県、東京都島嶼部では最大津波高さが30mを超えると想定されている。駿河湾沿岸などのトラフ軸の近傍では、地震発生から数分後に5mを超える津波が襲来すると想定されているため、迅速な津波避難が課題となっている。

(2) 津波避難場所・津波避難ビル等の指定状況の分析

南海トラフ沿岸域の市町村を対象として、市町村による津波避難場所・津波避難ビル等の指定状況を分析した。具体的には、内閣府被害想定において津波高さが算出されている沿岸市区町村に対して、当該市町村のホームページを調査し、津波リスクに関する津波ハザードマップ等のマップ公表の有無とマップや同ホームページに掲載されている津波避難先のリストを調べた。対象とする都府県は、神奈川県、静岡県、愛知県、三重県、大阪府、兵庫県、和歌山県、徳島県、愛媛県、高知県、大分県、宮崎県の12府県とした。なお、調査時期は2012年9月中であり、この調査時点でマップや避難先リストが公表されていなかった自治体の情報は対象としていない。

沿岸市区町村が指定する避難先の名称は、津波避難場所、津波避難ビルなど、様々であった。図-1は、12府県131市町村でのこれらの名称と指定数を分類した結果であり、津波避難ビル・津波一時避難場所、津波避難場所

の順に指定数が多くなった。その他としては、津波避難施設、津波避難タワー、民間津波避難協力ビル、避難地、津波避難協力施設など、多様な名称が存在した。隣接した自治体でも名称が異なるため、これらの定義や避難先に関して、住民の間で理解不足や誤解が生じているのではないかと懸念された。図-2は、これらの市町村における、津波避難先の指定箇所数と内閣府の2012年の想定での最大津波高さの関係である。両者には明確な比例関係は見られず、高い津波が想定されていても現状では避難先の指定数が少ない自治体が存在することがわかった。

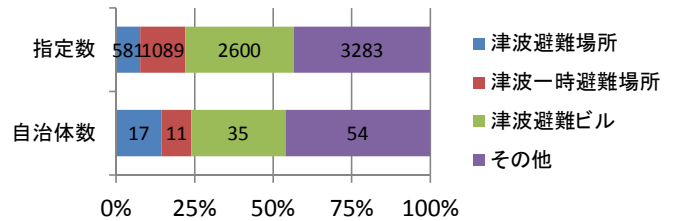


図-1 南海トラフ沿岸自治体での避難先の指定状況

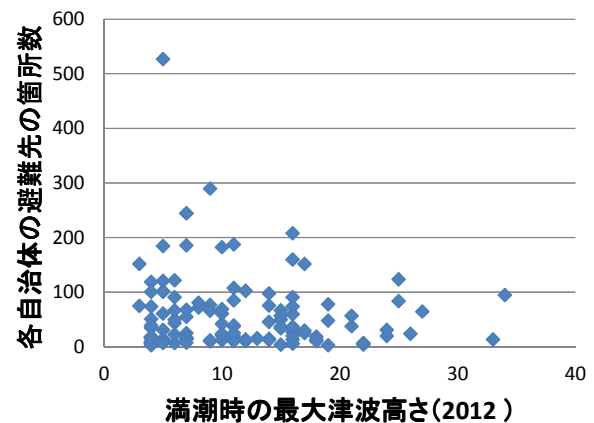


図-2 各市町村の避難先の指定箇所数と最大津波高さ

3. 南海トラフ沿いの想定津波浸水域における将来的な人口変動の推計

(1) 将来的な人口変動の推計方法

国立社会保障・人口問題研究所による平成25年3月発表の「日本の地域別将来推計人口」⁶⁾では、平成22(2010)年から平成52(2040)年までの30年間(5年ごと)について市町村別の将来人口を推計している。この推計では、2010年を100とした場合の、2040年の人口を表す指標を「人口指数」として算出している。図-3は、前章で調査した131市町村に対する2040年の人口指数の公表値である。3市町村以外では、2040年には人口が減少すると推計され、204年の人口指数が75未満まで下回る自治体が約半数にのぼる。南海トラフ沿岸域において人口減少の問題は大きな課題であると考えられる。

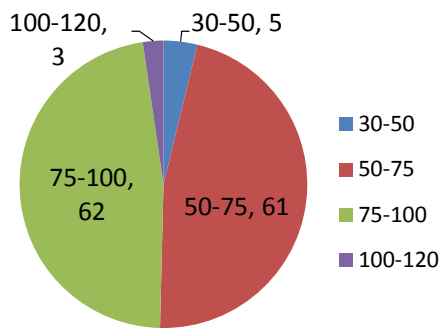


図-3 人口問題研究所による2040年の人口指数の割合

しかし、この結果は、市町村の平均値であり、津波浸水域での想定値ではない。一般に、津波浸水域は沿岸地域であるため、市町村の平均値よりもさらに人口減少が進む可能性が考えられる。よって、本研究では、将来的な人口変動推計方法の一つである「コーホート変化率法」⁷⁾を用いて、南海トラフ沿岸地域における人口推計を行う。「コーホート」とは、同じ年（又は同じ期間）に生まれた人々の集団のことであり、「コーホート変化率法」とは、各コーホートについて、過去における実績人口の動勢から「変化率」を求め、それに基づき将来人口を推計する方法である。用いたデータは、平成22年および平成17年、平成12年、平成7年の国勢調査の地域メッシュ統計（世界測地系・都道府県版）による3次メッシュの5歳階級別・男女別人口データである。

以下に、コーホート変化率法による将来的な人口推計の手順を記す。

①基準年次（ t 年）の性、年齢別人口に基づいて、その年から5年後までの年齢別コーホート変化率を用いて、 $t+5$ 年における5歳以上の人口を計算する。例えば、2010年の5～9歳人口＝2005年の0～4歳人口×コーホート変化率となる。

② $t+5$ 年の0～4歳人口は、 $t+5$ 年女子の15～49歳人口に婦人子ども比（男女別）を乗ずることにより、求める。0～4歳の男女別人口は、0～4歳人口に子ども性比を乗ずることにより求める。

婦人子ども比＝0～4歳人口÷25～34歳女子人口（式1）

子ども性比＝0～4歳男子人口÷0～4歳女子人口（式2）

③以上の作業を必要とする年次まで繰り返す。

本研究では、3次メッシュごとの人口推計を行う。既存の研究では、3次メッシュでは年齢階級別の人口構成を秘匿としたメッシュが生じる地域があることから、2次メッシュを用いた推計が多い⁸⁾。しかし、2次メッシュは約10km四方とメッシュサイズが大きいことから、本研究では海岸部などの入り組んだ地形のデータも考慮するため、3次メッシュでの推計を行うこととする。

コーホート変化率は、過去の数回分のデータの平均値を用いるのがよいとされているため、本研究では、平成7年、12年、17年の3時点での国勢調査データから男女

別・年齢階級別コーホート変化率平均値を算出して、用いた。また、子ども性比についても、同様に3時点での平均値を用いる。婦人子ども比については、最新のデータである平成22年の婦人子ども比を用いる。この際、宅地開発などにより3時点での連続した人口データが存在しないメッシュは対象外とする。コーホート変化率の算出する際、人口が少ない場合には、ゼロ除算による過大・過小評価の課題が指摘されている⁸⁾。この問題に関しては、既存研究と同様に、上限値を上回る値は上限値に、下限値を下回る値は下限値への置換を行い、対処する。

以上の手順により、南海トラフ沿岸域の3次メッシュに対して、平成27年、平成32年、平成37年、平成42年、平成47年、平成52年の将来人口を算出する。

(2) 想定津波浸水域での将来的な人口変動傾向

内閣府が2012年に発表した南海トラフ沿いの巨大地震に対する想定では、内陸部での想定浸水域の算出も行っている。図-4は、高知市におけるケース④：「四国沖」に大すべり域を設定、堤防条件：津波が乗り越えたら破堤する」での想定浸水域の例である。浸水深さは7段階の色で分けられている。今回、これらのデジタルデータを入手することはできなかったが、これらのマップをデジタイジングしてGISデータと重ね合わせることにより、3次メッシュ単位での浸水の有無および浸水面積割合、3次メッシュでの最大津波高さ・最少津波高さ・最も面積の大きい津波高さに関する判定を行った。

12府県では津波高さが最大となる津波ケースが異なるため、府県によって最大となる津波ケースのデータを採用して、デジタイジングした。よって、本研究で扱っている想定津波浸水域とは、ある一つの津波ケースによる浸水域ではなく、各3次メッシュに対して11ケースでの最大津波高さを与える浸水域を表示したものである。

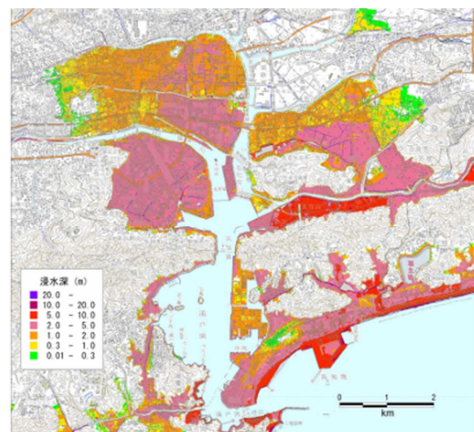


図-4 ケース④による津波浸水域（高知市の事例）

全国の3次メッシュ数は194,715であり、このうち、海岸線から10km以内にあり、平成22年国勢調査メッシュ統計で人口が存在するメッシュを抽出すると68,500

メッシュとなる。このうち、津波浸水が確認され、将来的な人口変動も算出できた3次メッシュは3858であった。

図-5 は、浸水が確認されたこれらの3858の3次メッシュに対する、2040年時点での人口指数の推計値の割合を示す。人口指数が0.6以下となるメッシュが過半数、1.0以下となるメッシュが94.2%となり、メッシュでの平均値は0.68であった。人口問題研究所の日本の将来推計人口⁴⁾によれば、出生中位(死亡中位)推計の場合、2040年の人口指数は0.84である。この全国平均値に比べると、本推計結果は人口減少度合いが大きい。図-6 は、メッシュから集計した市町村の人口指数と人口問題研究所算出による市町村の平均人口指数を比較したものである。全体的には人口問題研究所と同様の傾向が確認された。

図-7 は、メッシュの2040年時点での高齢化率の割合を示す。人口問題研究所の全国将来人口推計によれば、全国の高齢化率は、2010年の23.0%から2040年には36.1%にまで増加すると予測されている。本推計では、高齢化率が40-60%のメッシュが34.1%、メッシュの高齢化率平均値は0.43%となり、人口問題研究所の全国値より若干高齢化度合いが大きくなった。

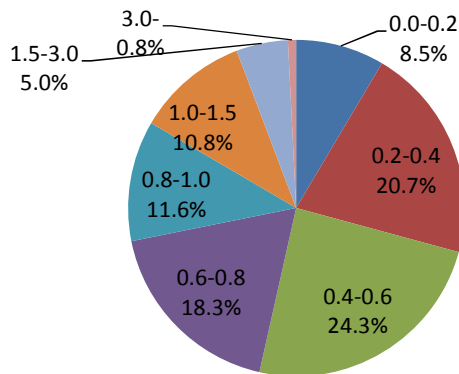


図-5 浸水メッシュでの2040年の人口指数の割合

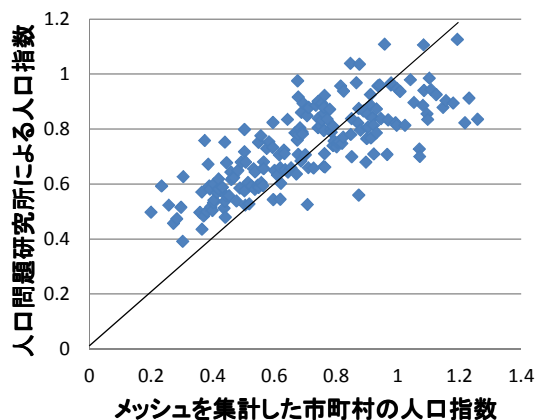


図-6 人口問題研究所推計による人口指数との比較

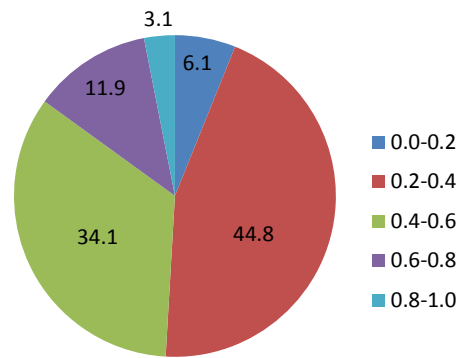


図-7 浸水メッシュでの2040年の高齢化率の割合

4. 南海トラフ沿岸域での津波避難場所・津波避難ビル等の配置に関する考察

(1) 津波リスクと将来的な人口変動の関係の分析

次に、前節で述べた将来的な人口変動と津波リスクの関係についても分析する。図-8 は、浸水がある3858メッシュにおける津波浸水面積の割合である。これより、5%以下や10%程度という浸水が一部のみのメッシュが約60%ではあるものの、浸水面積が50%以上のメッシュも860メッシュ(全メッシュの22.3%)存在し、浸水面積が100%となるメッシュも150(全メッシュの3.9%)あることがわかった。また、メッシュ中で最も面積の大きい浸水レベルの割合をみると、1m未満が約40%であるが、1階が浸水するレベルである2m以上が48.5%とほぼ半数であり、10m以上となるメッシュも79メッシュ(全メッシュの2.0%)存在した。

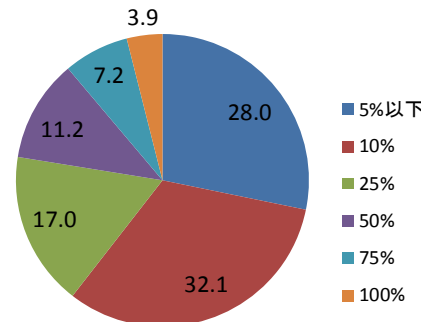


図-8 浸水メッシュでの浸水面積の割合

ここで、浸水のある3858メッシュのうち、浸水面積割合が50%を超える860メッシュにおいて、津波リスクと将来的な人口変動の関係に着目し、分析する。

図-9 は、これらのメッシュでの2040年時点の人口指数と最も面積の大きい津波高さの関係を示したものである。メッシュの割合から見ると、人口指数が0.4-0.6で、津波高さが2-5mのメッシュが最も多くなった。人口指数が0.8を下回り、かつ最も面積の大きい津波高さが2m以上となるメッシュは全体の41.7%となった。また、人口指数が0.6を下回り、かつ最も面積の大きい

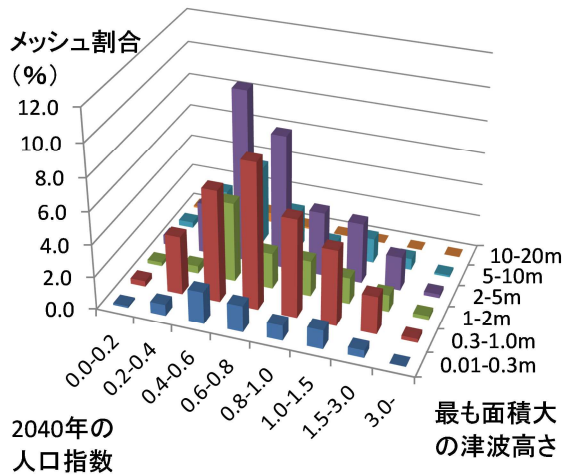


図-9 浸水面積割合 50%以上のメッシュでの人口指数と津波高さの関係

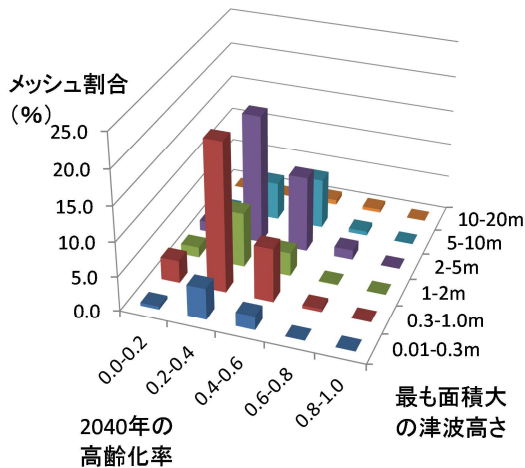


図-10 浸水面積割合 50%以上のメッシュでの高齢化率と津波高さの関係

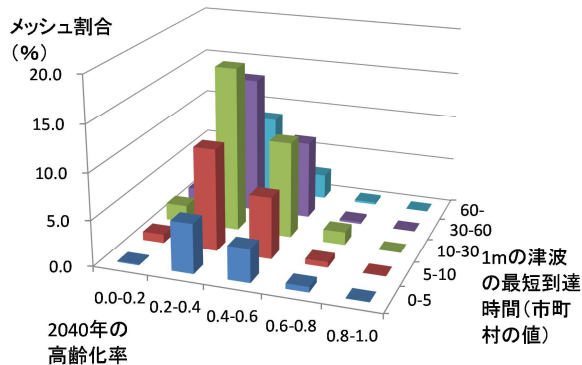


図-11 浸水面積割合 50%以上のメッシュでの高齢化率と 1 m の津波到達最短時間の関係

津波高さが2m以上のメッシュは全体の23.3%となった。これらのメッシュは、特に人口減少の度合いが大きく、津波リスクも高いため、短期的対策による津波避難先を

拡充するだけでなく、長期的な視点により人口誘導や土地利用の転換を検討する効果が高い地域と言える。

図-10 は、これらのメッシュでの 2040 年時点での高齢化率と面積の大きい津波高さの関係を示す。高齢化率が 20～40%で、最も面積の大きい津波高さが 0.3～1.0m のメッシュが最も多くなった。高齢化率が 40%以上で、かつ最も面積の大きい津波高さが 2m 以上となるメッシュは全体の 21.3%となった。また、図-11 は、浸水面積割合 50%以上のメッシュでの高齢化率と 1 m の津波が到達する最短時間の関係である。1 m の津波が到達する最短時間は、内閣府が発表した市町村ごとの値を用いたため、メッシュの含まれる市町村での最短時間となっている。いずれの高齢化率でも、最もメッシュが多いのは、1 m の津波到達最短時間が 10～30 分の場合となった。高齢化率が 40%以上で、かつ 1 m の津波到達最短時間が 30 分未満のメッシュは、全体の 23.4%となった。これらのメッシュでは、高齢化に伴う避難困難が想定されるため、あらかじめ住居建物を高台に誘致したり、高層化するなど、避難しなくて済む居住環境への転換が求められる。

(2) 将来的な人口変動を考慮した津波避難場所・津波避難ビル等の配置方針に関する考察

最後に、現状での津波避難先の指定状況も踏まえて、分析を行う。図-12 は、メッシュから算出した市町村の 2040 年時点の平均人口指数を横軸に、市町村の津波避難先の指定数を縦軸にとったグラフである。前述の通り、人口問題研究所によれば、2040 年の全国の人ロ指数は 0.84 であるため、図中には横軸が 0.84 となる箇所に線を加筆した。これより、将来的に人口指数が 0.5 前後と大幅な人口減少が想定されている地域においても、現状では多数の津波避難先が指定されていることがわかる。

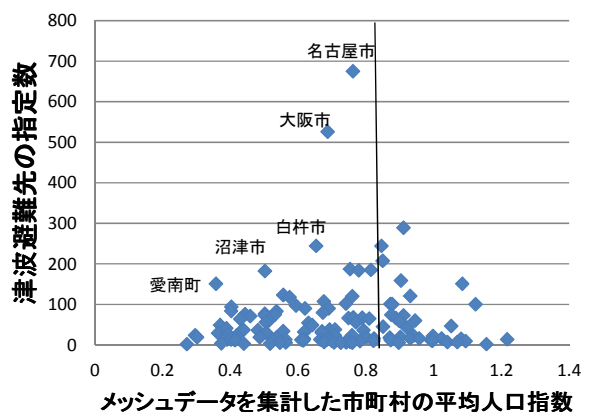


図-12 市町村の平均人口指数と津波避難先数の関係

しかし、図-12 では、各市町村の浸水状況は表現されていないため、浸水リスクに対して津波避難先が多いのか少ないのかがわかりづらい。よって、図-13 では、浸水面積割合 25%以上となるメッシュについて、最も面積

の大きい津波高さが 1m 以上のメッシュ数と人口指数、津波避難先の指定数をグラフで示した。図中で、バブルの大きさは、津波避難先の指定数を表し、最も大きいものの大きさが、名古屋市の 675 か所に相当する。図中で、左上半分に位置する市町村は、2040 年時点での人口指数が少なく将来的な人口減少率が高く、なおかつ甚大な浸水リスクを有する地域の面積も大きい地域と言える。これらの地域は、高知県土佐清水市、宿毛市、須崎市などである。これらの市町村では、短期的対策として津波避難場所・避難ビル等を指定するだけでなく、長期的視点から人口減少を考慮した津波避難対策を推進するニーズが高いと考えられる。前述の通り、2011 年 12 月 14 日に制定された津波防災地域づくりに関する法律では、市町村が津波防災推進計画区域を設置し、区域内の特例措置として、津波防災住宅等建設区の創設や、津波避難建築物の容積率規制の緩和、都道府県による集団移転促進事業計画の作成が認められることとなった。また、都道府県知事は、警戒避難体制を特に整備すべき土地の区域を、津波災害警戒区域として指定することができる他、警戒区域のうち、津波災害から住民の生命及び身体を保護するために一定の開発行為及び建築を制限すべき土地の区域を、津波災害特別警戒区域として指定することができる。図-13 に示したこれらの市町村は、今後、津波防災推進計画区域設置および区域内からの人口誘導に向けた施策へのニーズが高いと考えられ、今後の施策の実現に期待したい。

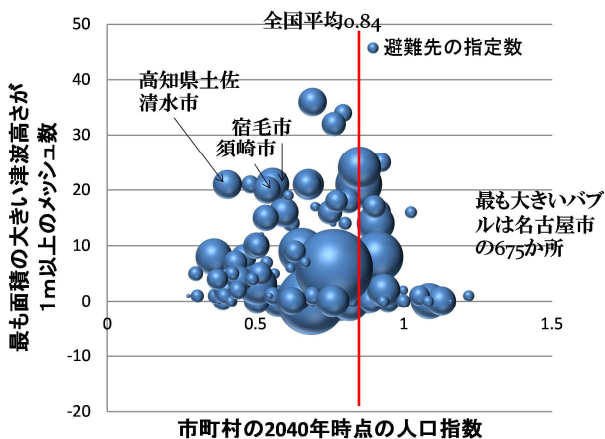


図-13 市町村の平均人口指数・想定浸水状況・避難先の指定数の関係

5. おわりに

本研究では、人口減少時代におけるわが国の将来的な人口変動や想定外の規模での津波発生を考慮した上で、今後の津波避難場所・避難ビル等の配置方針に関する検討を行った。対象地域は南海トラフ沿岸域として、まず

初めにこれらの地域における津波避難場所・津波避難ビル等の指定状況を把握した。次に、内閣府被害想定に基づく南海トラフ沿いの想定津波浸水域において、コーホート変化率法を用いた将来的な人口変動の推計を行った。この結果、2010 年の人口を 100 とした 2040 年の人口指数の平均値は 0.68 となり、想定浸水域においては全国推計値を上回る人口減少が予測された。また、2040 年時点でのメッシュの高齢化率平均値は 0.43% となり、高齢化も進展すると考えられた。市町村における 2040 年の人口指数、浸水深さ、現時点での津波避難先の指定数の関係に着目した結果、将来的な人口減少率が高く、なおかつ甚大な浸水リスクを有する地域の面積も大きい地域をいくつか抽出することができた。これらの地域のほとんどは既に多数の津波避難先を指定しており、今までにも津波対策を行ってきた市町村ではあるが、今後は短期的対策として津波避難場所・避難ビル等を指定するだけでなく、長期的視点から人口減少を考慮した津波避難対策を推進するニーズが高いと考えられた。今後の課題としては、コーホート変化率の仮定条件を変えたいくつかの人口推計の比較、市町村内での津波リスク・人口変動・津波避難先の設置場所に関する詳細な分析などが挙げられる。

謝辞：本研究は、一般財団法人 国土技術センターによる第 13 回 JICE 研究開発助成（平成 24 年度採択）の一環として実施された。南海トラフ沿いの浸水リスクの分析においては、内閣府による想定結果を参照した。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 国土交通省：「津波避難ビル等」に関する実態調査結果について、記者発表資料（平成 23 年 12 月 27 日）、2012 年。
- 2) 中央防災会議東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会：東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告、2012 年。
- 3) 内閣府防災情報：南海トラフの巨大地震対策 HP
<http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/index.html>
- 4) 国立社会保障・人口問題研究所：全国将来人口推計、2012 年 1 月。
- 5) 国土交通省：津波防災地域づくりに関する法律について、2011 年。
- 6) 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、平成 25 年 3 月。
- 7) 石川晃：市町村人口推計マニュアル、古今書院、1993。
- 8) 撤退の農村計画ホームページ：数値で見る将来の農村、
<http://tettai.jp/info/info-10.php>

