

地球温暖化・人口変動・適応を考慮した高潮被害の全国予測 Nationwide Storm Surge Damage Estimation to Factor in Global Warming, Population Change and Adaptation to Storm Surge

鈴木 武*
Takeshi SUZUKI

要旨: IPCC 第5次評価報告書に示された2050年と2100年の世界平均の気温上昇量と海面上昇量を使い、それに人口変化と海岸防護施設の天端を高める適応を加味し、高潮浸水による被害リスクの全国の空間分布と2100年までの50年間隔の変化を推計した。その結果、三大湾、瀬戸内海および有明・八代海沿岸で被害リスクが大きくなること、人口変化に比例して被害リスクが変化すること、想定した適応では2050年までは被害リスクが減少するがその後の50年間で増加することが分かった。

キーワード: 地球温暖化, 高潮, 浸水被害, 人口変化, 適応

1. はじめに

2013年9月、IPCCは第5次評価報告書第1作業部会報告書政策決定者向け要約(ここでは単にAR5という。)を承認した。AR5は、世界平均海面水位が26cm~82cm上昇し、高潮は「極端な高い潮位の発生や高さの増加」が21世紀初期で「可能性が高い」、21世紀末で「可能性が非常に高い」とした¹⁾。海面水位の上昇と高潮偏差の増大によって沿岸域における高潮による浸水リスクは増大する。

AR5では、温室効果ガス(GHG: Green House Gases)の代表的濃度経路(RCP: Representative Concentration Pathway)が4パターン設定され、それらに対して多数の気候モデルによって気候等の変化の予測が行われた。AR5では、それら予測の結果を集約した世界平均の気温や海面水位の変化量が示されている。しかしAR5では、

日本の高潮浸水による被害リスクがどれだけ変化するかを示してはいない。

地球温暖化により海面が上昇し、台風が強大化していったとき、高潮はそれらに対応して厳しいものになっていく。沿岸地域は防潮壁、護岸、防潮堤等の海岸防護施設によって高潮から守られている。高潮によって海面が上昇し海岸防護施設の天端を上回ると海水が陸域に大量に流れ込み、広範な地域が浸水する。そのため、高潮の潮位偏差が一定の水準までは高潮による浸水被害がそれほど増大しないが、その水準を超えると被害が急拡大する海面上昇と高潮増大の組合せの閾値が存在する可能性がある。そうした閾値を知ることができれば、その知見をもとに海岸線の防御能力を適時適切に改善するなどによって合理的な対応を取ることができるようになる。

* 個人会員 国土技術政策総合研究所 沿岸海洋・防災研究部

2014年7月に国土のグランドデザイン 2050 が国土交通省より公表された。その中では、出生率等の状況がこのまま続いていけば、2050年に人口が半分以下になる地点が現在の居住地域の6割以上になるとされ、人口減少が日本社会の重大問題であるとされている。人口の変化は地域の社会・経済活動を変化させ、地域の資産量を変化させる。そのため、高潮浸水による被害リスクを予測する際には、人口変化を適切に考慮することが必要である。

地球温暖化が進行することによって海面が上昇し、大きな高潮が増えたとき、それに対して社会は何の対応もしないとは考えられない。海面上昇や高潮の増大に対応して海岸防護施設の天端を一定の水準まで高めることが予想される。そうした反応を考慮するならば、高潮浸水による被害リスクの大きさや空間分布の様相は異なるものになる。

そこで、AR5に示された世界平均気温と海面水位の変化を使い、人口変化および高潮浸水への一定水準の対応の想定を加え、鈴木(2014)²⁾の高潮浸水被害予測モデルを使って高潮による浸水被害リスクが2100年までの間に全国でどれだけ変化するかを傾向を予測した。また地球温暖化への対応を検討していく際の基礎情報とするため、地域ごとの高潮による浸水被害リスクの変化の特徴を把握した。鈴木(2014)²⁾の高潮浸水被害リスク推計は、海面上昇量を3つの気候モデルの出力から設定していること、人口変化や高潮への適応を考慮していないことなどが本研究とは異なる。

2. 浸水予測の方法

高潮による浸水被害のリスクを計算するため、2000年、2050年および2100年の3時点を対象に以下の方法で計算を行った²⁾。

①地表面の形状および海岸防護施設を与えた数値地形を構築する。②高潮の経時的な潮位偏差を設定し、それに対して海岸防護施設から越流して陸域に流入する海水の量を計算する。③流入した海水が陸域に湛水するものとして各格子で浸水深を求める。④海面上昇量と高潮増大率(≡将来の高潮偏差/現在の高潮偏差)を外生的に与えてそれらの計算を行い、浸水深が最大となるときの浸水面積、浸水人口および浸水被害額を求める。⑤それを様々な高潮偏差で行い、生起確率分布を与えて期待値を求める。

2.1 対象地域

高潮による浸水をレベル湛水モデルで求めるため、一体的に浸水すると考えられる地形を持つ地域を一つの計算領域(セル)とし、以下の方針で設定した。

①島の面積が100km²未満の離島を計算対象から除外する。②標高15m以下の地域を対象とし、陸域のみを計算区域とする。③人口密度が2000人/km²以上となる格子の面積が1km²以上のセ

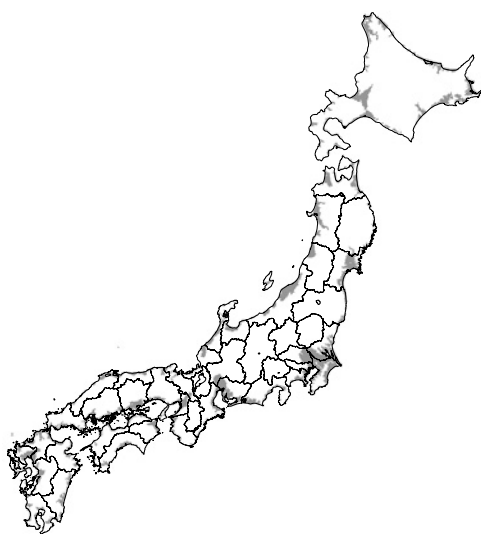


図-1 計算対象セルを設定した地域

ル、もしくは面積が 5km² 以上のセルを計算の対象とする。

これらの条件に従って計算対象セルを図-1 のとおり設定した。図中の着色部分がセルを設定した地域である。

セルの数は 893、総面積は 26,693km²、総人口は 47,070 千人である。T.P.15m 以下の地域の全面積は 29,216km²、T.P.15m 以下の地域における全人口は 48,033 千人であるから、面積でみたカバー率は 91.4%、人口でみたカバー率は 98.0% である。

2.2 地形・防護施設

地形情報は数値地図 50m メッシュ（標高）を使用し、防護施設は全国の海岸防護施設の天端高と延長を行政資料および現地調査をもとに区間ごとに設定し、それを使用した。

2.3 海面水位

AR5 に示されている RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 および RCP8.5 の 2050 年と 2100 年の世界平均海面上昇量の複数モデルによる平均値および予測の幅の上限値と下限値を使用した（表-1）。AR5 に使われた気候モデルによる海面上昇量の出力もあるが、海面上昇量を一定の精度で推定するためには海水中の温度分布や海流等を一定精度で予測する必要があり、現状ではどのように取り扱うべきか判断しかねたため、ここでは使用しないこととした。

RCP は 1750 年に対する 2100 年の概ねの合計放射強制力の増加量で規定され、RCP2.6 は約 2.6W/m²、RCP4.5 は約 4.5W/m²、RCP6.0 は約 6.0W/m²、RCP8.5 は約 8.5W/m² である。RCP2.6 は 2100 年までに放射強制力がピークを迎えた後大きく減少する非常に低い強制力になるシナリ

表-1 世界平均海面の上昇量

RCP	2050 年			2100 年		
	下限	平均	上限	下限	平均	上限
2.6	0.17	0.24	0.32	0.26	0.40	0.55
4.5	0.18	0.26	0.33	0.32	0.47	0.63
6.0	0.18	0.25	0.32	0.33	0.48	0.63
8.5	0.22	0.30	0.38	0.45	0.63	0.82

注) 単位は m である。

オ、RCP4.5 は放射強制力が 2100 年までに安定するシナリオ、RCP6.0 は放射強制力が 2100 年以降に安定するシナリオ、RCP8.5 は放射強制力が増加をし続け非常に高い温室効果ガス排出量になるシナリオである。それらに対応して、CO₂ 濃度は 2100 年までに RCP2.6 で 421ppm、RCP4.5 で 538ppm、RCP6.0 で 670ppm、RCP8.5 で 936ppm になる。それら代表的濃度経路の場合に各種の気候モデルで予測された世界平均気温上昇量は RCP2.6 で 0.3~1.7℃、RCP4.5 で 1.1~2.6℃、RCP6.0 で 1.4~3.1℃、RCP8.5 で 2.6~4.8℃である¹⁾。

2.4 高潮・潮汐

AR5 では、高潮は「極端な高い潮位の発生や高さの増加」が 21 世紀初期で「可能性が高い」、21 世紀末で「可能性が非常に高い」としている¹⁾が、高潮偏差がどれだけ大きくなるかの定量的な予測を示していない。また台風についても、「強い熱帯低気圧の活動度の増加」が 21 世紀初期で「確信度が低い」、21 世紀末で「北西太平洋ではどちらかといえば可能性が高い」としている¹⁾が、台風がどれだけ強くなるかの定量的な予測を示していない。

そのため、AR5 に示された世界平均気温上昇量から筒井³⁾による世界平均気温上昇量と日本の台風の最大潜在強度 (MPI) の関係をもとに MPI の増大率を求め、それを高潮増大率とした（表-2）。

表-2 RCP ごとの高潮増大率

RCP	2050年			2100年		
	下限	平均	上限	下限	平均	上限
2.6	1.02	1.06	1.11	1.01	1.06	1.12
4.5	1.05	1.09	1.14	1.07	1.13	1.20
6.0	1.05	1.08	1.13	1.09	1.16	1.25
8.5	1.09	1.14	1.20	1.20	1.31	1.43

高潮波形は継続時間 5 時間、ピーク時刻を高潮開始から 2.5 時間後、時系列形状を三角形とした⁴⁾。高潮の生起確率は極値 I 型分布、極値 II 型分布および Weibull 分布に従うものとし^{5), 6)}、潮位偏差の年間最大値を使い、合田の方法⁷⁾により確率分布関数を潮位観測点をもとに設定した 56 ブロックごとに推定した。潮汐は、海面が HWL と LWL の間を正弦振動しているとみなして計算を行った。

2.5 越流・湛水

海面水位が海岸防護施設の天端を超えると越流が生じる。その際の単位延長あたりの越流量 Q を本間の式^{8), 9)}を使って計算した。計算式は次のとおりである。

$$\begin{cases} Q = 0.35H_1\sqrt{2gH_1}, & H_2 \leq \frac{2}{3}H_1 \\ Q = 0.91H_2\sqrt{2g(H_1 - H_2)}, & H_2 > \frac{2}{3}H_1 \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 H_1 は流入側の海岸防護施設天端上の水深、 H_2 は流出側の施設天端上の水深である。

浸水深は、流入した水が陸域に湛水し流動が停止した状態を幾何学的に見積もり、それをもとに推定した。

3. 浸水被害の推計方法

3.1 被害指標

浸水面積は浸水が発生した場所の面積を、浸水人口は浸水が発生した場所の人口を合算するこ

とで求めた。また浸水被害額は、以下に述べる方法で求めた。

① 一般世帯数に都道府県別住宅 1 戸あたり評価額、1 世帯あたり家庭用品評価額を、農漁家世帯数に農漁家 1 戸あたり償却資産評価額および在庫資産評価額を、産業大分類別事業所従業員数に産業大分類別事業所従業員 1 人あたり償却資産評価額および在庫資産評価額を、平成 9 年国土数値情報 (1/10 細分区画土地利用) の「田」と「その他農地」の面積に都道府県別農地面積あたり農業産出額を乗じて、家屋資産額、家庭用品資産額、農漁家資産額、事業所資産額、農地生産額を求める。

② 浸水計算によって得られた最大浸水深をもとに浸水高別資産項目別被害率¹⁰⁾より資産分類ごとの被害率を求め、資産額に乗じて一般資産被害額を求める。

③ 一般資産被害額に公共土木施設比率、公益事業等比率¹⁰⁾を乗じ、公共土木施設被害額、公益事業等被害額を求める。それらに一般資産被害額を加え、高潮浸水による被害額とする。

3.2 浸水被害リスク

作成した浸水モデルを使い、高潮による浸水面積、浸水人口および浸水被害額のリスクを求めた。その計算手順は以下のとおりである。

① ある海面上昇量とある高潮偏差を想定し、セルごとに高潮による浸水の予測を行う。

② それらの結果から得られる最大浸水位から、メッシュごとの浸水面積、浸水人口および浸水被害額を求め、それらを合算することによりセルの浸水面積、浸水人口および浸水被害額を求める。

③ 高潮偏差を 10cm 単位で変化させ、浸水面積、浸水人口および浸水被害額を計算する。

④ それらの計算結果を高潮偏差と潮汐偏差の生起確率を重みとして平均し、セルごとの浸水面積、浸水人口および被害額とする。

3.3 検討ケース

本研究では時間経過、人口変化および高潮浸水被害激化への一定水準の適応による高潮浸水被害の変化の状況を把握するため、表-3 のとおり検討ケースを設定した。

時間経過の影響をみるため、2000 年を基準年としてそこから 50 年間隔で 100 年間で計算することとし、2000 年、2050 年および 2100 年を想定した条件で被害指標の計算を行った。

2000 年の人口および世帯数は平成 12 年国勢調査地域メッシュ統計を、事業所従業員数は平成 13 年度事業所・企業統計調査を使用した。まず、2000 年の人口が 2100 年まで変化しないケースを Case0 とした。次に人口が変化する場合のケースとして、以下の方法で 2050 年および 2100 年の人口関係指標を設定した。

2050 年の人口は、「日本の地域別将来推計人口 (H25 年 3 月推計)」¹¹⁾の市町村ごとの人口推計値をもとに設定した。この推計は 2010 年から 2040 年の推計であるため、2000 年から 2010 年は全国人口の変化係数を、2040 年から 2050 年は「日本の将来推計人口 (平成 24 年 1 月推計)」¹²⁾の出生中位・死亡中位の全国人口の推計値の変化係数を「日本の地域別将来推計人口 (H25 年 3 月推計)」の市町村ごとの人口推計値の 2010 年から 2040 年の変化係数に乗じて市町村ごとの 2000 年から 2050 年の人口変化係数を求めた (図-2)。

市町村ごとの 2000 年に対する 2050 年の人口の変化係数は最大で 1.185、最小で 0.265 である。そのときの変化係数の市町村単位での単純平均は 0.672、標準偏差は 0.147 である。これに対して、「日本の将来推計人口 (平成 24 年 1 月推計)」の 2050 年の出生中位・死亡中位の全国人口の推計値は 2000 年人口の 0.765 倍である。人口の重みが考慮されているため、市町村単位の単純平均よりも

表-3 検討ケースとその検討条件

Case	人口変化	適応
0	2050 年および 2100 年は 2000 年と同じ。	—
1	2050 年は国立社会保障・人口問題研究所の推定値をもとに設定。2100 年は 2050 年と同じ。	—
2	2050 年は国立社会保障・人口問題研究所の推定値をもとに設定。2100 年は 2050 年と同じ。	2000 年条件の下で年生起確率 1/100 の高潮による最高潮位未満の海岸防護施設区間の天端を 2050 年までにその高さにする。

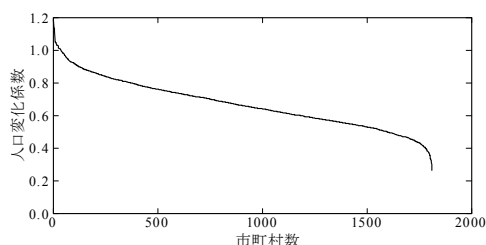


図-2 2000 年人口に対する 2050 年人口の変化係数とそれ以上になる市町村の数

人口変化係数が大きくなっている。

市町村ごとの人口変化係数を対応するセルの人口、一般世帯数、農漁家世帯数、事業所従業員数に乗じてそれぞれの 2050 年値とした。2100 年は政府の人口維持政策が奏功し、2050 年の人口、一般世帯数、農漁家世帯数および事業所従業員数が維持されるものとした。この検討条件を Case1 とした。

地球温暖化による海面上昇と高潮増大に対して社会が一定の適応を行う場合として、鈴木 (2010) による高潮適応策の感度分析¹³⁾を参考に、2000 年条件の下での年生起確率 1/100 の高潮によって生じる最高潮位まで海岸防護施設の天端を高める工事を 2050 年までに行うことを想定した。Case1 にこの適応条件を加えた検討条件を Case2 とした。

4. 結果と考察

4.1 被害の地域分布

海面上昇と高潮増大が RCP8.5 における推定の幅の上限となった場合における Case1 の 2100 年

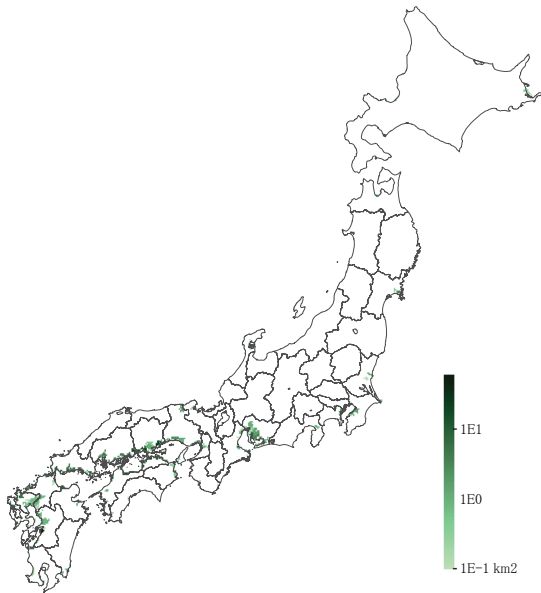


図-3 浸水面積の地域分布

の条件での高潮による浸水面積、浸水人口および浸水被害額の地域分布を図-3~5に示す。図中の着色した部分の濃淡はセルを単位とした浸水面積、浸水人口および浸水被害額の大小である。浸水面積は 0.1ha 以上の、浸水人口は 10 人以上の、浸水被害額は 1000 万円以上のセルを表示している。

浸水面積、浸水人口および浸水被害額の地域分布から、東京湾、伊勢湾、大阪湾、瀬戸内海および有明・八代海の沿岸地域が地球温暖化が進んだ場合に高潮浸水による被害リスクが相対的に大きいことが分かる。海岸線の防御は河川、港湾、漁港および農村の 4 部局で行われており、H24 年度版海岸統計によれば要保全海岸延長の割合は全国でそれぞれ 36%、29%、22%および 11%である。そうした管理区分でみると、被害指標が大きい地区の多くは港湾エリアにある。また有明・八代海では農地海岸が多い。

高潮浸水被害リスクが高くないと見込まれる地域では、高波、津波、高潮対策のために高い防

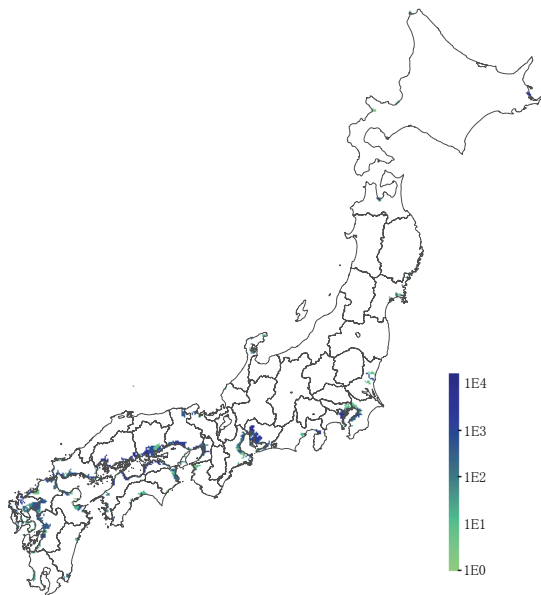


図-4 浸水人口の地域分布

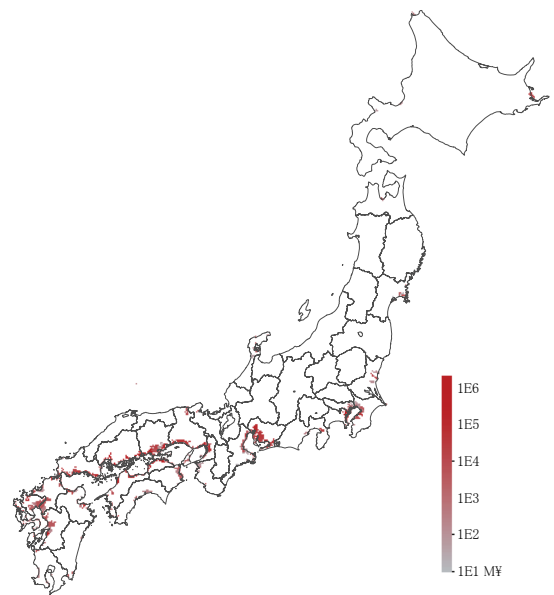


図-5 浸水被害額の地域分布

護施設が設けられているか沿岸部に高い地形を持っている。高い防護施設が設けられている地域は、防護施設が健全に機能するならば、地球温暖化によって海面が上昇し、高潮が大きくなっても被害リスクはあまり上昇しない。被害リスクの上昇抑制が現実のものとなるためには防護施設が想定通りに機能することが必要であるため、適切な点検・整備・運用・管理がなされることが必要である。またここでは越波を計算していないため、越波によって施設が被害を受けないように構造物を確認し、必要に応じて適切な対策を取っておくことが重要である。さらに、計算で使用しているデータや計算方法には不足や不正確な部分がある可能性があるため、有意なリスクがみられない地域であってもそのまま問題なしとして良いわけではない。

4.2 人口変化と適応による被害水準の変化の地域分布

人口変化が浸水被害額の増減にどれだけの影響を及ぼすかをみるために、Case1における2100年の浸水被害額をCase0の2100年の浸水被害額で割った値(Case1/Case0)の空間分布を求めた(図-6)。また人口変化に加えて海岸防護施設の天端を増高する適応策をとったことによる浸水被害額の変化をみるため、Case2における2100年の浸水被害額をCase0の2100年の浸水被害額で割った値(Case2/Case0)の空間分布を求めた(図-7)。

Case1/Case0はある程度のばらつきがあるものの地域的な違いは大きくない。しかしCase2/Case0は地域的な違いが大きく、被害額が著しい低下をみせる地区が各地に散在する。散在はするものの、被害額の低下が大きい地区は瀬戸内海沿岸に多い。海岸防護施設の天端が低

い地区が多いためと考えられる。

Case1/Case0に比べるとCase2/Case0で大きな変化を示す地区が少なからず存在している。両

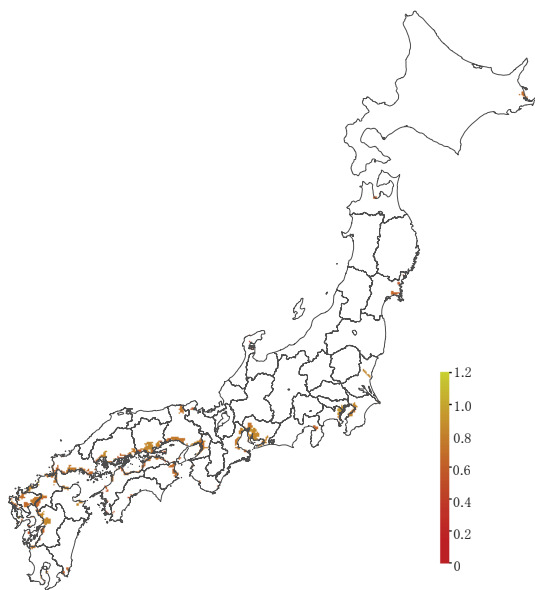


図-6 浸水被害額の変化係数 (Case1/Case0)

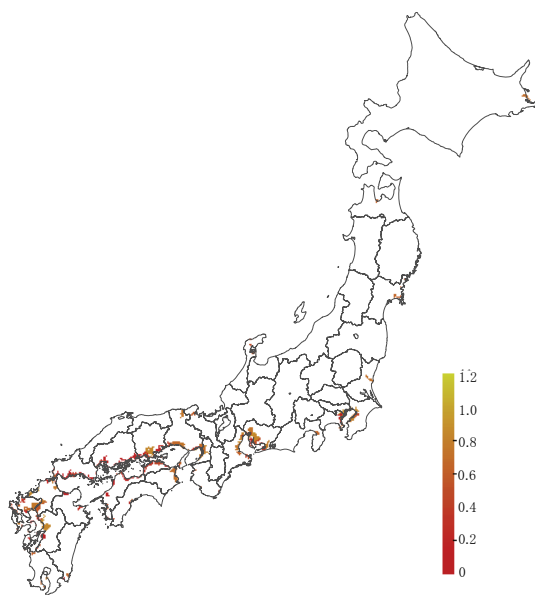


図-7 浸水被害額の変化係数 (Case2/Case0)

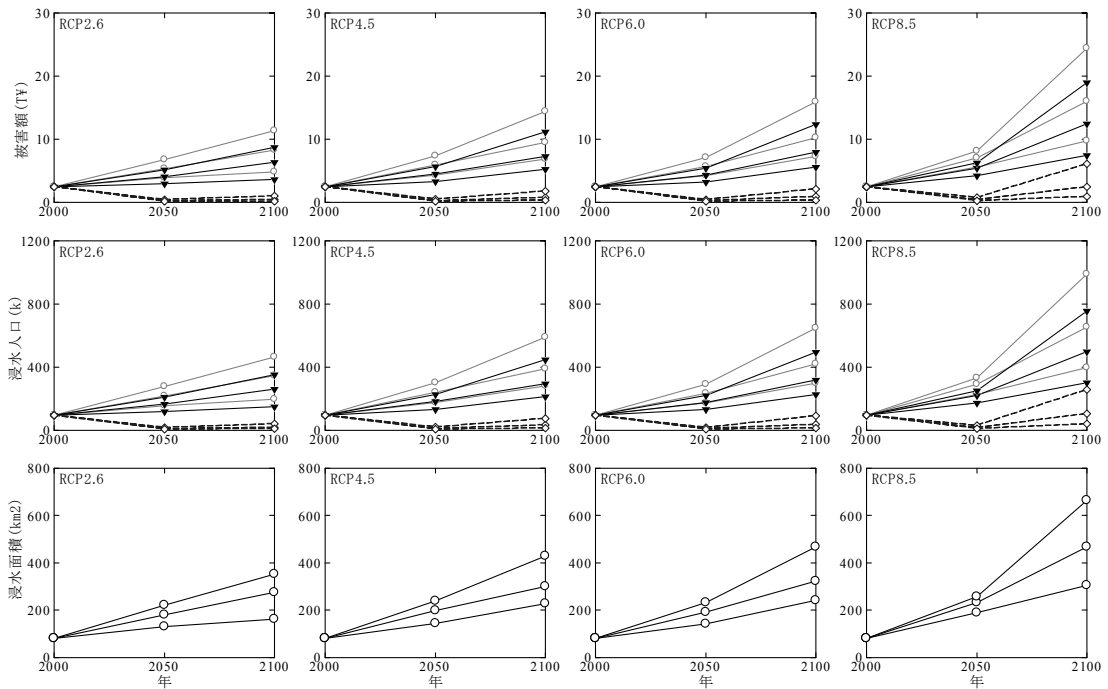
者の違いは適応の有無だけであるから、両者の違いは適応による被害低減効果と考えることができる。

4.3 被害の経時変化

2000年から2100年までの間で高潮による浸水被害リスクがどのように変化するかを50年間隔で計算した。結果を図-8に示す。高潮被害指標を浸水面積、浸水人口および浸水被害額とし、Case0からCase2までを推計した結果である。各ケースにおいてAR5に示された気候モデルによる世界平均の気温上昇量と海面上昇量の推計の平均値、推計の幅の上限値と下限値をもとにした推計を上中下3点で示している。また代表的濃度経路をRCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 および RCP8.5 に分け

て表示している。

この結果によれば、RCP2.6~RCP6.0では全ての条件で、被害指標の増加量は2000年から2100年の前半50年と後半50年でほぼ同じである。RCP8.5では、AR5推測値の上限値で計算した結果が、2000年から2100年の後半50年が前半50年よりも被害指標の増加量が大きいことが明瞭である。AR5推測値の平均および下限値で計算した結果では、前半の50年と後半50年で被害指標の増加量はほぼ同じである。AR5の世界平均気温と海面上昇量の予測値はいずれのRCPにおいても2000年から2100年の前半と後半で加速的に増加するものはない。RCP8.5の予測の上限値においては2000年から2100年の後半で海岸防護施設の防御能力を超える区間が急速に増加するこ



注) ○ : Case0, ▼ : Case1, ◇ : Case2である。各CaseにおいてAR5に示された気候モデルによる予測の平均値、予測の幅の上限値と下限値をもとに推計した値を上中下3つの点で示している。

図-8 RCP 別の高潮被害指標の100年間の変化

とによると考えられる。

被害指標が年数をかけて一定の速さで増加していく場合は、大まかには、高潮対策を毎年一定の速さで進めれば被害の増大を抑えることができる。これに対して被害指標の増加速度がある年次から大きくなる場合は、高潮対策もそれに合わせてペースを上げていかなければ被害の増大を抑えられないことになる。

人口が2050年まで国立社会保障・人口問題研究所の推計のとおり変化し、その後の人口変化がないと仮定したとき、つまりCase1の場合には、2050年と2100年の浸水人口と浸水被害額が全計算条件の平均でCase0の0.75~0.78倍に低下する。その時の標準偏差は全て0.04以下である。Case1の浸水人口と浸水被害額がCase0の0.75~0.78倍であることは、全国の人口変化係数0.765とほぼ一致している。そのことは、被害の発生が三大湾、瀬戸内海および有明・八代海の沿岸の人口集積地域で多くの部分を占めていることから説明できる。それは同時に、人口が少ない地域での人口減少が集落消滅の発生などにより今回採用した予測よりも不連続かつ急激に進んだとしても、全国的な被害の発生傾向は大きく変化しないことを意味する。

人口変化に加えて年生起確率1/100の高潮によって生じる最高潮位まで海岸防護施設の天端を2050年までに高めると仮定したとき、つまりCase2の場合には、2050年で浸水人口と浸水被害額は2000年の0.07~0.33倍に大きく減少する。しかし2100年ではRCP2.6の場合は2000年の0.09~0.43倍と低いままであるが、RCP8.5の場合は0.39~2.66倍とかなり大きくなる。海面上昇と高潮の増大の状況によっては更なる適応が必要になる可能性がある。

4.4 結果をみる際の配慮

本研究は地球温暖化が進んだ場合の高潮による浸水被害リスクを全国規模で把握・分析するものであり、地球温暖化対策の国家的な方向性を検討する際に有用な知見を提供する。一方でそうした目的設定であるために、計算に使用したデータや計算方法は狭い地域での傾向をみるにはかなり粗いものであるし、推計値には大きな偏りを含んでいる可能性がある。本研究で得られた結果は、高潮による浸水被害リスクの空間分布や経年変化の傾向を全国規模で把握するに留め、個別地域の具体的な高潮対策を検討する場合には、それに見合った精度の予測・分析を地域ごとに行い、それに基づいて議論を進めることが必要である。

本研究では人口に社会保障・人口問題研究所の推定¹⁾の中位シナリオを使うとともに、2050年から2100年の人口推移を一定として設定した。また適応も、2050年までに年生起確率1/100の高潮による最高潮位未満の海岸防護施設の天端をその高さまで引き上げるという対応のみを設定した。人口がどのように推移するかやどのような適応が起こりえるかについて十分な検討がなされたとはいえず、そうした検討を行うことは今後の課題である。そのため、人口や適応に関して今回の予測・分析と大きく異なる展開が起こることも十分に予想される。しかし、ある一つのシナリオについてそれが起こった場合に被害指標がどのように変化するかについての知見を得ることはできたといえる。

5. まとめ

IPCC第5次評価報告書第1作業部会報告書政策決定者向け要約(AR5)の公開を受け、AR5に示された代表的濃度経路(RCP2.6, RCP4.5,

RCP6.0 および RCP8.5) による 2050 年と 2100 年の世界平均の気温上昇量と海面上昇量を使い、社会保障・人口問題研究所^{11),12)}の推定をもとにした人口変化と年生起確率 1/100 の高潮による最高潮位未満の海岸防護施設の天端を 2050 年までにその高さに引き上げるという適応を加味し、高潮浸水による被害リスクを全国の低標高地を 893 に分割して推計し、それらの結果を集約することによって、高潮浸水による被害リスクの全国の空間分布と 2100 年までの 50 年間隔の変化を推計した。

推計結果から、三大湾、瀬戸内海および有明・八代海地域で相対的に大きな浸水リスクになるとともに、被害の大きい地区の多くが港湾に、ただし有明・八代海では干拓地にあることが分かった。2000 年から 2100 年までの前半 50 年と後半 50 年では被害指標の増加が同程度である。ただし気温上昇と海面上昇が最大のケースでは、前半 50 年に対して後半 50 年の被害指標の増加が明らかに大きい。本研究で想定した人口変化が生じた場合、全国人口の減少割合と同程度の割合で浸水人口と浸水被害額が減少する。年生起確率 1/100 の高潮による最高潮位まで海岸防護施設の天端を 2050 年までに高める適応がなされた場合、2050 年には被害指標が 2000 年よりも大きく低下する。しかし、2100 年では 2050 年よりも被害指標が増加し、気温上昇と海面上昇が最大のケースでは被害指標が 2000 年を上回る。

本研究は地球温暖化が進んだ場合の高潮による浸水被害リスクを全国規模で把握・分析するものであり、地球温暖化対策の国家的な方向性を検討する際に有用となる知見を提供することを目指している。本研究において高潮浸水被害リスクが大きいとされた個々の地域では、高潮対策の検討を社会・経済情勢の分析を含めて総

合的に行い、適切な対応をとっていくことが求められる。関係者の尽力に期待したい。

謝辞

本文は、環境省環境研究総合推進費 S-8 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究 (H22-H26) の一環として行った研究の一部をまとめたものである。本研究に協力いただいた方々に感謝する。

引用・参考文献

- 1) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Edited by Stocker, F.T. et al, Cambridge Univ. Press, New York, 2013.
- 2) 鈴木武: GHG 濃度経路に基づく気候変動予測を受けた高潮被害の予測, 土木学会論文集 B3, Vol.70, No.2, 土木学会, 2014.
- 3) 筒井純一: 温暖化による台風強度の変化とその影響への適応, 土木学会論文集 G, Vol.67, No.5, I_17-26, 2011.
- 4) 河合弘泰・竹村慎治・原信彦: 東京湾における台風による高潮と高波の同時性と継続時間特性, 海岸工学論文集, Vol.49, pp.251-255, 2002.
- 5) Gumbel, E.J.: Statistics of Extremes, Columbia Univ. Press, New York, 1958.
- 6) 合田良実: 防波護岸の越波流量に関する研究, 港湾技術研究所報告, Vol.9, No.4, pp.3-41, 1970.
- 7) 合田良實: 港湾構造物の耐波設計—波浪工学への序説—, 333p, 鹿島出版会, 1990.
- 8) 本間仁: 低溢流堰堤の流量係数, 土木学会誌,

- Vol.26, No.6, pp.635-645, 1940.
- 9) 本間仁:低溢流堰堤の流量係数, 土木学会誌, Vol.26, No.9, pp.849-862, 1940.
- 10) 農林水産省農村振興局・農林水産省水産庁・国土交通省河川局・国土交通省港湾局:海岸事業の費用便益分析指針(改訂版), 2004.
- 11) 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月推計), 人口問題研究資料, No.330, 2013.
- 12) 国立社会保障・人口問題研究所:日本の将来推計人口(平成24年3月推計), 人口問題研究資料, No.326, 2012.
- 13) 鈴木武:日本南岸地域における地球温暖化による適応を考慮した高潮浸水被害, 環境システム研究論文集, Vol.38, pp.247-253, 2010.

著者紹介

鈴木 武 (個人会員)

国土技術政策総合研究所 沿岸海洋・防災研究部 (神奈川県横須賀市長瀬3-1-1), 昭和58年3月東北大学工学部卒業, 同年4月運輸省入省, 平成10年より港湾技術研究所勤務, 平成13年より国土技術政策総合研究所勤務となり, 現在同研究所部長, 博士(工学), 土木学会会員.

E-mail : suzuki-t92y3@mlit.go.jp

Nationwide Storm Surge Damage Estimation to Factor in Global Warming, Population Change and Adaptation to Storm Surge

Takeshi SUZUKI

ABSTRACT: Nationwide spatial distribution and temporal alteration of storm surge damage of Japan in 2050 and 2100 were estimated by using global mean temperature change and sea level rise in IPCC 5th Assessment Report and by taking into account population change and adaptation to storm surge. The adaptation is to heighten seawall. The results showed that the three major bays, Seto Inland Sea and Ariake/Yatsushiro Sea have relatively high storm surge damage risks. The nationwide storm surge damage risk changes in proportion to national population change. In case of taking the adaptation to storm surge, the storm surge damage risk is obviously reduced in 2000-2050, although the damage risk increases in 2050-2100.

KEYWORDS: *global warming, storm surge, inundation damage, population change, adaptation*