東京湾における沿岸域災害対策の費用便益分析

大矢 淳¹・柴山 知也²・中村 亮太³・岩本 匠夢⁴

¹ 会計検査院

(〒100-0013 東京都千代田区霞が関 3-2-2)

E-mail: nsjlmfcmkgj@gmail.com

² フェロー会員 早稲田大学教授 理工学術院 (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)

E-mail: shibayama@waseda.ac.jp

³ 学生会員 早稲田大学大学院 創造理工学研究科 建設工学専攻 日本学術振興会特別研究員

(〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1) E-mail: r.nakamaura6@kurenai.waseda.jp

⁴ 正会員 (国立研究開発法人) 港湾空港技術研究所

(〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1)

2011 年台風 15 号を例として気象-海洋結合モデルを用いて再現計算を行う。次に、疑似温暖化手法を用いて作成した気象場を構築しこの統合モデルを適用し台風・高潮の将来予測計算を行う。さらに、高潮計算と先行研究で行われた津波計算とからそれぞれ浸水面積を算出し、治水経済調査マニュアルの方法に従って直接被害額と間接被害額を求める。本研究では、温暖化ガスの排出が多く、高潮の再現について比較的危険側に設定した場合における例を検討した。水害対策は防潮堤や内部護岸のかさ上げ、水門の新設、既存構造物の耐震強化、維持管理費用を含めた対策費用（以下：構造物費用）と家屋のピロティ化（以下：高床化）の費用の 2 つを検討した。台風と地震の発生確率を基に 50 年間の予想被害額は高潮で 5.76 兆円、津波で 13.99 兆円となった。構造物費用は、50 年間で 2.12 兆円となり、高床化にかかる費用は 51.3 兆円となった。海岸構造物強化の対策を行った場合の費用便益比は 9.32、高床化の場合には津波の浸水域で 1.32 となり、高潮の浸水域で 0.38 となった。

Key Words : Tokyo Bay, Storm Surge, Numerical Simulation, Damage Cost

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災では 1 都 1 道 10 県で死者、行方不明者が出るなど被害が広範囲に及び、内閣府の推計によると 19 兆 6000 億円もの損害を伴った。他にも景気の悪化、貿易赤字、震災失業など経済的影響を与えた。一方で気候変動は地球規模の問題であり、気候変動の結果と考えられる異常気象が近年では頻繁に発生し、例えば 2014 年 12 月には北海道根室市に発生した高潮も浸水被害をもたらした。このように、これまで想定されてこなかった被害を伴う沿岸災害が発生する可能性は高く、これらを予測するとともに、自治体ごとの被害額と対策費用について費用便益を行い、適切な手法を選択して経済合理性の高い対策を講じる必要がある。本研究は日本経済の中心地である東京湾を対象地域として対策の提言を行う。

本研究では、まず過去に東京湾付近を通過した台風 ROKE (2011) について気象-海洋結合モデルによって再現計算を行う。さらに、2040-2060 年（以下：2050 年ケース）、2080-2100 年（以下：2090 年ケース）

の IPCC, RCP8.5 シナリオの 26 個の全球気候モデルの日本近海におけるアンサンブル平均海水面温度を用いて、疑似温暖化手法を適用し、気象場を構築し台風・高潮計算を行う。

本計算では、満潮時と地球温暖化後の海面上昇を考慮した (2050 年は 0.300 m, 2090 年は 0.635 m; IPCC, 2013)。また災害発生時に防潮堤など現在の防護構造物が機能せずに浸水が発生するものとして計算を行う。

高潮計算から浸水面積を算出し、治水経済調査マニュアルの方法に従って貨幣価値に換算して直接被害額と間接被害額を求める。算出した被害額を基に、産業連関表を用いて経済波及効果を求める。一方で大矢ら (2014) による津波の数値解析結果と直接被害額の算出結果を用いて、津波による間接被害額と経済波及効果も求める。

また水害対策は 1) 防潮堤、内部護岸、水門の 3 つの新設、耐震強化、維持管理費用を含めた対策（以下では構造物パターンと呼ぶ）と 2) 家屋のピロティ化（高床化）の対策（以下では高床化パターンと呼ぶ）の 2 つを検討し、2 つの対策費用を算出し、被害金額と建設費用を比較して計画の妥当性を検討する。

2. 台風・高潮の計算手法

表-1 各モデルの主な初期設定

A R W - W R F	Micro Physics	WSM 6 (Hong and Lim, 2006)
	Long wave thoery	rrtmg scheme (Iacono et al., 2008)
	Short wave thoery	rrtmg scheme (Iacono et al., 2008)
	Planetary Boundary Layer	Yonsei University Scheme (Hong et al., 2006)
	Domain 4の追加設定	Urban Canopy model
	海水面温度条件	SST update
	総領域数	4
	地形情報	USGS, SRTM3, 中央防災会議
	地図投影法	Lambert
	ネスティング方法	2 way nest
F V C O M	計算時間(UTC)	2011年9月19日 12:00 - 2011年9月22日 12:00
	鉛直層数	11
	計算ノード数	33017
	計算セル数	65094
	地形情報	中央防災会議
	計算領域	東京湾とその湾岸域
M	計算時間(UTC)	2011年9月20日 12:00 - 2011年9月22日 12:00

気象モデル ARW-WRFV3 (Skamarock ら, 2008) と非構造格子海洋物理モデル FVCOM (Chen ら, 2003) から構成されるシンプルな One-Way モデル (中村ら, 2014) を高潮算定に用いた。数値計算の対象は2002年から2015年において、東京湾内で最大の潮位偏差を引き起こした台風 ROKE (2011) とその高潮とした。台風 ROKE (2011) の選択理由としては、気象モデル WRF の計算に必要な気象データの中で、データが健全なものは1999年以降のデータである。そして、2002年以降 (気象庁が2002年以降の潮位偏差のデータをホームページで提供している) の中で、台風 ROKE が最も高い潮位偏差を引き起こしているため、それらを対象とした。各モデルの初期・境界条件を表-1に示す。台風軌道日本周辺域を含む計算領域では、18 km, 6 km (Domain 1, 2) の計算格子を用いた。東京湾を含む領域では、計算格子を1200m, 240m (Domain 3, 4) とした。Domain4では、Urban Canopy Model の利用等、都市大気場の数値計算を高度化している (岩本ら, 2014)。危険側を考慮するために、海水面温度 (SST) の上昇のみを考慮した疑似温暖化場を構築した。この理由としては、台風強度に影響を与える大気・海洋物理場である SST, 対流圏の気温 (AT), 相対湿度 (RH) (Emanuel, 2005) では、RH の変動は台風強度に比較的影響を与えず、AT の上昇は台風強度に負の影響を与え (Nakamura ら, 2016)、SST の上昇は台風強度に顕著な正の影響を与えるためである (Knutson ら, 2010)。疑似温暖化気象場は以下のように構築した。①大気循環モデル (GCM) の RCP8.5 の出力結果である2006-2015年『現在』と2041-2060年 (2050年ケース)、2081-2100年 (2090年ケース) 『将来』の月平均 SST を抽出し、その差を求めた。

図-1 東京湾奥部の非構造計算格子の一部

②26個のGCMにおいて同様の作業を行い、結果をアンサンブル平均した。③アンサンブル平均した SST の差 (1.41 K : 2050年ケース, 3.16 K : 2090年ケース) を、再解析データ FNL から構築した気象場に加算した。DKRZ (2015) より取得した RCP8.5 シナリオでデータが健全である26個のGCMのSSTを用いた。図-1に海洋モデルFVCOMで用いた非構造格子を示す。最小メッシュが100mの非構造格子を用いることで、ネスティングを用いずに、東京湾内部および周辺部の複雑な地形を海岸線に沿って比較的详细に再現できている。また、高潮の計算では、FVCOMに標準装備されているWet & Dry手法を用いて、浸水計算を行っている。そして、ゼロメートル地帯の標高 (中央防災会議の地形の標高値が0 cmの地点) を一律10 cmとしている。

3. 台風・高潮の数値計算結果

前章の台風・高潮計算方法に従い数値解析を行った。図-2に各ケースの6時間ごとの台風中心位置を示す。

図-2 各ケースの台風トラックと海面更生気圧

図-3 台風の海面更生中心気圧の時間推移

図-4 東京都臨海部における各ケースの風速値

図-5 東京芝浦における高潮偏差

2090年ケースの台風中心位置が10kmほど気象庁推定値よりも北西方向にずれているものの、各3ケースの台風の軌道は、気象庁推定値と比較的合致している。図-3に台風の中心気圧の推移を示す。現在気候の海面更生中心気圧は、気象庁推定値と比較して、10~20hPaほど高く評価（台風強度を過小評価）している。一般的にメソ気象モデルでは、台風の目の構造を精度よく再現するために、1km格子が必要とされている。本研究では計算資源の都合上、台風の軌道を含む気象領域の計算に18kmと6kmの計算格子を用いているため、台風の目を精度よく再現できず、中心気圧を過小算定したと考えられる。一方で2050年ケース、2090年ケースの海面更生中心気圧の最小値は930hPa、900hPaとなっており、現在気候ケースの953hPaよりも低い（台風強度の増加）。海面温度の上昇に伴い、台風強度が増大している。この傾向は多数の先行研究結果（例えば、Knutsonら2010）と合致し

ている。

図-4に東京都臨海部における風速の変化を示す。前述したように、現在気候時の台風の最大海面更生中心気圧は過小評価している。しかし、本州上陸時間（21日10-11時頃）において、現在気候ケースの中心気圧は956hPaと気象庁推定値の955hPaとよく一致している（図-2, 3）。そのために、現在気候ケースの風速値と観測値はよく一致していた。また、2050年ケースと2090年ケースでは、東京湾奥に位置する東京臨海部において、最大風速が40mを超えている。しかし、この2ケースの風速値の差異は少ない。これは2090年ケースの本州上陸時の台風の中心気圧は914hPaと2050年ケースの936hPaよりも低いが、その台風は十数キロメートル北西方向を進んでいる。そのため、2050年のケースはより、台風に伴う東京湾内に強い風速分布を与えるような軌道となっていたと推測できる。

図-5に高潮数値解析によって得られた芝浦の高潮偏差を示す。現在気候ケースの結果と実測値に近い値をとっている。これは、図-4に示した結果と合わせて、東京湾内の風速分布を精度よく再現できているためと考えられる。現在気候と地球温暖化後と比較すると、気候変動後の2050年ケースと2090年ケースの場合において、台風強度の増大に伴い、高潮偏差が大きくなり、高潮偏差は2m程度となった。この2050年と2090年ケースの台風強度には差異があるにもかかわらず高潮偏差の差異が少ないのも、前述に基づき台風軌道の変化に伴う、東京湾内の風速分布の変化によるものと考えられる。

高潮数値解析の浸水深ごとの浸水面積を表-2に示す。陸上氾濫については満潮時を考慮し（TP+0.966m）、地球温暖化後の海面上昇を考慮した。海面上昇についてはRCP8.5シナリオの海面上昇予測値を考慮した。2050年ケースが0.300m、2090年ケースは0.635mの上昇を考慮した。将来気候時の浸水面積は、248.91km²、280.30km²（2050年、2090年ケース：図-6）となった。東京湾周辺域の対象計算領域が異なるため、厳密な比較とはいえないが、国土交通省港湾局（2009）の大規模高潮浸水想定246.19km²、276.3km²（シナリオE、F：上位2つの最悪シナリオ）やHoshinoら（2016）の浸水領域面積とも比較的近い浸水面積となっていた。

表-2 高潮浸水面積（実標高からの高さ）

浸水深ごとの浸水面積 (平方キロメートル)	現在	2050	2090
床下	42.72	117.23	120.53
～50cm	5.68	5.21	7.15
50cm～99cm	61.86	39.95	52.52
100cm～199cm	16.01	79.72	90.54
200cm～299cm	0.15	6.80	9.56
300cm～	0.00	0.00	0.00

図-6 高潮浸水範囲の計算結果（2090年ケース）

4. 被害額の概算

被害額については治水経済調査マニュアルで分類されている直接被害額、間接被害額を算出し、産業連関表を用いて経済波及効果を求める。

直接被害額については、鈴木（2008）にならって行う。平成 17 年基準 100m メッシュ延べ床面積、平成 22 年国勢調査地域メッシュ統計（500m メッシュ）の一般世帯数、平成 21 年度経済センサス（総務省）の産業大分類別の事業所数、事業所従業員数を調べ、それらの基礎経済指標に対して単価とデフレーターを掛け合わせて家屋資産額、家庭用品資産額、事業所資産額を求めた。単価とデフレーターは治水経済調査マニュアルの値を用いている。また浸水計算によって得られた最大浸水深をもとに一般資産額に浸水深別被害率を乗じて一般資産被害額を求めた。また、一般資産被害額に公共土木施設比率と公益事業等比率を乗じて公共土木施設被害額、公益事業等被害額を求め、一般資産被害額を加えて浸水による直接被害額とした。

間接被害額については、治水経済調査マニュアル（国土交通省他、2012）の勘定項目である浸水事業所の生産停止・停滞被害、家計における緊急的支出・代替品消費支出、事業所における緊急的支出・代替品消費支出を算出した。浸水事業所の生産停止・停滞被害については水害により経済活動が阻害された日数を浸水深から求め（国土交通省他、2008、営業停止・停滞日数（日）を利用）、産業大分類別従業者数と 1 人 1 日当たりの付加価値額を乗じて算出する。家庭における緊急的支出・代替品消費支出は世帯数に清掃労働対価評価額を乗じ、家庭における清掃労働対価及び代替活動における支出増とし、この値に日数を乗じて被害額を算出した。事業所における緊急的支出・代替品消費支出は事業所数に代替活動な

ど支出負担単価を乗じ、事業所における代替活動に伴う支出増とし、この値に日数を乗じて被害額を算出した。

経済波及効果については中央防災会議（2008）の方法に従って産業連関表を用いて求めた。本計算では直接被害額の事業所被害を基に在庫資産と償却資産の被害を用いて東京都の産業構成（平成 17 年度東京都の産業連関表）で配分し各産業の被害額を求め、被災地域産業部門の需要が減少し全国で生産が減少する 1 次波及被害と、生産が減少し雇用者所得が減ることにより、消費が停滞しさらに生産が減少する 2 次波及被害を算出した。

5. 対策費用の算出

水害対策として構造物パターンと高床化パターンの 2 つについて検討する。構造物パターンについては防潮堤と内部護岸、水門の 3 つに着目し、それぞれの工事を東京都港湾局が発注している案件から抽出し、施工延長区間を工事費用で除することで単価を求め、東京湾の施工区間を掛け合わせることでそれぞれの総工事費を求める。防潮堤の新設については、「平成 25 年度有明北防潮堤建設工事」の発注情報から工事費用を求めた。防潮堤と内部護岸の耐震化については、「平成 24 年度中川護岸耐震工事その 23」から求めた。水門については「平成 24 年度高浜水門工事」を基準として算出した。また、対策費用は国補助部分も含めた全体の事業費で賄うものとする。

高床化パターンについては浸水結果を基に高床化する範囲の住宅の延べ床面積を求め、ピロティの住宅の単位面積当たりの価格を求め掛け合わせることで求めた。ピロティ化（高床化）の価格については住宅メーカーの公表値を用いた。

6. 費用と便益の比較

構造物パターンと高床化パターンを実施した際に、津波や高潮による被害をそれぞれのパターンで完全に防ぎきれぬものと仮定して分析を行った。また、高潮計算では、台風 ROKE（2011）を RCP8.5 シナリオで計算し、満潮の水位を設定するなどの危険側の一例を考慮した費用と便益の結果であることを明記する。対策を行ったときに守られる資産額を便益とし、建設にかかる金額のうち行政が負担する金額を費用として費用便益比を求め、計画の妥当性を評価した。津波で被害を伴う規模の大地震の発生頻度は少ないので、地震の発生確率から 1 年当たりの被害額の期待値を求めて対策による便益を求めた。地震の発生確率については、地震研究推進本部の値を用

いた。慶長地震については南海トラフ型地震として平均発生年数が88.2年、元禄型地震は相模トラフ型地震として200年、東京湾北部地震は首都直下型地震として今後30年に70%発生するものとして確率を求め、被害額と掛け合わせた。この中で、地震の発生確率=津波の発生確率とした。また断層がそれぞれ独立しているため3つの地震の50年間に予想される被害額の和を取ったものを50年間に東京湾の津波による予想被害額とした。ここで50年間としたのは、構造物の耐用年数が50年間であることに由来する。

高潮については、現在気候、2050年と2090年ケースを計算し最小二乗法を用いて2016年から2065年の被害額を求めた。また国交省想定 of 室戸台風級(940hPa)は100年から200年に1度で想定されているので台風ROKEの最低気圧も940hPaであることから発生確率は危険側を考慮して100年に1度とした。津波と高潮による50年間の被害額を以下の表-3に示す。津波と高潮の2つを考慮した東京湾における費用便益比を以下の表-4に示す。費用便益費の計算では、将来にかけて貨幣価値が変わらないものと仮定した(割引率は0)。構造物パターンは1を超えるという結果になった。つまり、東京湾のような経済の集積地に災害が起ると甚大な経済被害を伴うので構造物を強化することは効果があることを意味している。高床化については津波の被害域のみで高床化する場合は1を超えたが浸水面積の最も大きい2050年ケースの高潮を考慮して高床化を行うと1を下回った。

表-3 水害による50年間の被害額

津波	被害額	発生確率	50年間の水害による 経済予想被害額(兆円)
慶長	9.37	0.0113	5.3
元禄	6.87	0.005	1.72
東京湾北部	6.25	0.0223	6.97
高潮	12.05	0.01	6.09
合計	34.54		20.08

表-4 費用便益比

	便益(兆円)	費用(兆円)	費用便益比
構造物	20.08	2.12	9.47
高床	20.08	51.31	0.39

7. 結論

これらの数値解析結果を基に被害額を算出すると、慶長津波の直接被害額が6.95兆円、間接被害額が2.42兆円、元禄津波の直接被害額5.04兆円、間接被害額が1.83兆円、東京湾北部津波の直接被害額が4.54兆円、間接被害額が1.71兆円となった。これらに各地震の発

生確率を掛け合わせて3つの津波による50年間の被害予想額は13.99兆円となった。

高潮の被害額は、本論文における危険側の設定の条件のもと、直接被害額と間接被害額を合わせて現在気候で7.32兆円、2050年ケースで15.69兆円、2090年ケースで18.63兆円であり発生確率を求め50年間における高潮被害予想額は6.09兆円だった。対策費用について構造物パターンでは総工事費が1.05兆円で維持費を合わせると2.12兆円、高床化パターン化については浸水面積の一番大きい2090年ケースの高潮による浸水域を高床化すると51.31兆円となった。費用便益比の結果は構造物パターンが9.73で高床化パターンで0.39となった。上記の結果より東京湾において水害対策はハード対策を積極的に行うのが適切であるという結論に至った。高床化を行う際に補助金制度を用いて行政の負担を軽減することも考えられる。この場合高床化を行い官民で費用を分担すると、地方自治体などの立場(県庁などの事業者の立場)からは費用便益比が自治体の補助金で38%負担までが1を超えることとなる。この際は、国補助部分も自治体の事業費に含めて考えている。

今後の課題としては、計算スキームを高度化することなどがあげられる。具体的には、三次元流体モデルを用いて高潮の浸水計算を行うことや、気候変動場構築にd4PDFを用いることが考えられる。また、既往高潮の検討期間の見直しなど、危険側の定義の再検討を行う必要もある。さらに、将来における割引率を具体的な値として検討する必要もある。このように、より信頼性の高い手法を用いて、東京都周辺部の被害額を算出し、災害被害額の評価の高度化を行う必要がある。

謝辞：本研究は、私立大学戦略的研究基盤形成支援事業No.S1311028「減災研究の国際展開のための災害研究基盤の形成」(代表者・柴山知也)、及び、特別研究員奨励費No.16J07998(代表者・中村亮太)のもとに行われた。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 岩本匠夢・中村亮太・大山剛弘・水上亮・柴山知也(2014):気象-高潮-潮汐 結合モデルを用いた東京湾におけるRCP8.5シナリオ化での高潮予測, 土木学会論文集B2(海岸工学)B2, Vol.70, No.2, 1261-1265.
- 2) 大矢淳・柴山知也・関根佑貴(2014):東京湾における津波の被害予測と対策, 土木学会論文集B3(海洋開発)B3, Vol.70, No.2, 149-154.
- 3) 国土交通省(2009):東京湾の大規模高潮浸水想定概要[<http://www.mlit.go.jp/common/000037287.pdf>](2016年4月3日参照)
- 4) 国土交通省 水管理・国土保安局(2012):治水経済調査マニュアル

- 5) 鈴木武 (2008) : 三大湾奥部における地球温暖化による高潮浸水被害の変化予測, 国土技術政策総合研究所 464 号
- 6) 地震調査研究推進本部 :
- 7) [<http://www.jishin.go.jp/main/index.html>]
- 8) 総務省統計局 : 平成 20 年住宅・土地統計調査 [<http://www.stat.go.jp/data/jyutaku2008/>]
- 9) 総務省統計局 : 平成 21 年度経済センサス [<http://www.stat.go.jp/data/e-consus/>]
- 10) 総務省統計局 : 平成 22 年度国勢調査 [<http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2010/>]
- 11) 中央防災会議 (2008) : 東南海, 南海地震等に関する専門調査会 (第 34 回) 中部圏・近畿圏の内部地震に係る被害想定手法 (案) について ~経済被害~
- 12) 中村亮太, 大山剛弘, 柴山知也, 松丸亮, 高木泰士, Miguel Esteban, 三上貴仁 (2014) : Typhoon Yolanda によるフィリピンの高潮被災と現地調査の比較, 土木学会論文集 B2 (海岸工学) B2, Vol.70, No.2, 1,236-1,240.
- 13) Chen, C. Liu, H., Beardsley, R. C. (2003): An unstructured, finite-volume, three-dimensional, primitive equation ocean model: application to coastal ocean and estuaries. *J. Atmos. Ocean. Tec.* 20, 159-186.
- 14) DKRZ (2015): QC Status Summary for CMIP5 Experiments[<http://cera-www.dkrz.de/WDCC/CMIP5/QCStatus.jsp>]
- 15) Emanuel, K. A., (2005): Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years.*Nature*,436, 686-688.
- 16) Knutson, T. R., McBride, J. L., Chan, J., Emanuel, K., Holland, G., Landsea, C., Held, I., Kossin, J. P., Srivastava, A. K., and Sugi, M., (2010): Tropical cyclones and climate change. *Nature Geo.*, 3, 157-163.
- 17) Hong, S-Y, Noh, Y., Dudhia, J., (2006): A new vertical diffusion package with an explicit treatment of entrainment processes. *Mon. Wea. Rev.*, 134, 2318-2341.
- 18) Hong, S.-Y., Lim, J.-O. J. (2006): The WRF single-moment 6-class microphysics scheme (WSM6). *J. Korean Meteor. Soc.*, 42, 129-151.
- 19) Hoshino, S., Esteban, M., Mikami, T., Takagi, H. & Shibayama, T. (2016): Estimation of increase in storm surge damage due to climate change and sea level rise in the Greater Tokyo area, *Natural Hazards*, 80(1), 539-565.
- 20) Iacono, M. J., Delamere, J. S. Mlawer, E. J., Shephard, M. W., Clough S. A., Collins, W. D., (2008): Radiative forcing by long-lived greenhouse gases: Calculations with the AER radiative transfer models. *J. Geophys. Res.*, 113, D13103.
- 21) IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- 22) Nakamura, R., Shibayama, T., Esteban, M., Iwamoto, T. (2016): Future typhoon and storm surges under different global warming scenarios: case study of typhoon Haiyan (2013), *Natural Hazards*, in press.
- 23) Skamarock, W. C., Klemp, J. B., Duddhia, J., Gill, D. O., Barker, D. M., Duda, M. G., Huang, X. Y., Wang, W. Powers, J. G. (2008): A Description of the Advanced Research WRF Version 3, NCAR Technical Note.

(2016.2.4 受付)

COST BENEFIT ANALYSIS OF COASTAL DISASTERS IN TOKYO BAY

Jun OYA, Tomoya SHIBAYAMA, Ryota NAKAMURA and Takumu IWAMOTO

Typhoon ROKE in 2011 past the Tokyo Bay. Reproducing calculation for this typhoon is performed. Numerical simulations with global warming condition in 2050 case and 2090 case are also performed. In this study, there are several conditions set as an example of dangerous side in future case studies. The damage of storm surge and the cost of protection measures against storm surge are calculated. By using these results and tsunami flood calculation results, the cost and the benefit are compared. The probabilities of occurrence of the tsunami and storm surge in 50 years are calculated and cost-benefit ratios are obtained. As a result, the estimated tsunami damage in 50 years is 14 trillion yen, and the estimated storm surge damage is 5.8 trillion yen. The cost of protection including raising seawall, water gate and maintenance cost in 50 years is 2.1 trillion yen. The cost of building houses with pilotis is 51 trillion yen. The ratio B/C is 9.35 if coast lines are protected by using seawall and water gate. B/C becomes 0.39 if we choose pilotis plan. For plotis plan, B/C becomes above 1.0 if a local government offers public support to house owners up to 38 percent of the cost of construction of pilotis.