

海岸における地球温暖化適応戦略の検討

— 施設整備の優先順位の評価方法 —

廣瀬紀一*・白井博己**・小山真人***・竹居雅彦****・黒瀬康夫*****

* 前 (財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員
 ** (財) 沿岸技術研究センター 調査役
 *** 国土交通省 港湾局 海岸・防災課 課長補佐
 **** 前 国土交通省 港湾局 海岸・防災課 減災対策係長
 ***** 国土交通省 港湾局 海岸・防災課 減災対策係長

わが国の海岸保全施設は老朽化が進行し、維持・更新が課題となっているが、今後の海岸保全施設の維持・更新にあたっては、地球温暖化に伴う海面上昇等への適応策を考慮した取り組みが不可欠である。モデル検討を通じて、海岸保全施設の維持・更新にあたっての地球温暖化に対する適応策（地球温暖化適応戦略）を検討した。

キーワード：海岸保全施設，維持・更新，地球温暖化，海面上昇

1. はじめに

わが国の海岸保全施設の多くは昭和30年代に整備されており、耐震性が不足するとともに、老朽化が急速に進行し、維持・更新が課題となっている。一方、地球温暖化に伴う台風の強大化や海面上昇の危険性が指摘される中、わが国の沿岸部においても高潮災害や海岸侵食の危険性が懸念されている。そのため、今後の海岸保全施設の維持・更新にあたっては、地球温暖化に伴う海面上昇等への適応策を考慮し、長期的視点に立った計画的な取り組みが不可欠となっている。

そこで、東京湾におけるモデル検討を通じて、海岸保全施設の維持・更新にあたっての地球温暖化に対する適応策（地球温暖化適応戦略）、特に施設整備の優先順位の評価方法について検討したので報告する。

2. 海岸保全施設の現状と地球温暖化の影響

2.1 海岸保全施設の現状と課題

わが国の海岸線の総延長は約3万5千kmである。海岸統計¹⁾によれば、防護が必要な海岸線（要保全海岸）の延長は約1万5千kmに及ぶ。しかし、海岸保全施設が整備されているのは約9千7百kmに過ぎないことから、未防護状態の解消が課題となっている。

港湾局所管の海岸（港湾海岸）延長は、4,329km¹⁾で要保全海岸延長のうち約29%であるが、背後の防護人口は603万人²⁾と約57%を占めている。また、港湾海岸の所在市町村の面積は約11万km²³⁾で全国の約29%であるが、工業出荷額は約140兆円⁴⁾で全国の42%を占めている。このように、港湾海岸の特徴として、人口や都市機能、物流・産業機能などの資産が高密度に集積していることが

あげられる。

2.2 海面上昇の影響

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第4次評価報告書⁵⁾においては、地球温暖化の原因が人為起源の温室効果ガスの増加によるものとされている。IPCC第4次評価報告書では6パターンのシナリオが検討されており、全球平均の海面上昇量は最良のシナリオで0.18～0.38m、最悪のシナリオで0.26～0.59mであり、最大で0.59mの海面上昇が予測されている。

2.3 台風の強大化の影響

地球温暖化による気温や海水温の上昇に伴って、台風の強大化が懸念されている。例えば、吉野ら⁶⁾は、A1Bシナリオに基づき海水温上昇量を仮定し、将来気候における可能最大強度の台風は紀伊半島上陸時に中心気圧約910hPa、名古屋港での可能最大高潮は6.5m、可能最大波浪は2.8mとなることを示している。これは、伊勢湾台風時の高潮偏差3.55mの約2倍となる。河合ら⁷⁾は、A2シナリオに基づく気象研究所・気象庁のモデルRCM20の出力結果を参考に、確率台風モデルを構築し、これを用いて10～1000年確率の高潮偏差や潮位が増加することを示している。筒井⁸⁾によれば、地球温暖化に伴う台風の中心気圧の低下により、低緯度の強い台風ほど気圧低下も大きくなることが報告されている。

3. 地球温暖化適応戦略の検討方法

地球温暖化適応戦略の検討手順を図-1に示す。海岸保全施設の維持管理と海面上昇への対応とを一体的に検討することが重要である。海面上昇に対しては、潮位変化の定期的なモニタリング、海面上昇が及ぼす災害リスク

の評価、設計外力の設定を経て、海岸保全施設の天端高の嵩上げなどのハード対策を講じる。その際には海岸保全施設の老朽化に対する維持管理との関係より、施設更新の優先順位を評価する必要がある。

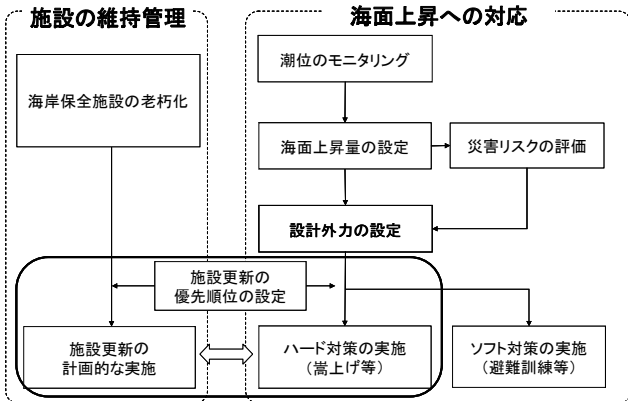


図-1 地球温暖化適応策の検討手順

4. 東京湾におけるモデル検討

4.1 対象地域の設定

施設更新の優先順位の評価方法を検討するために、東京湾の千葉港船橋・習志野地域をモデルとして選定した。選定した理由は、以下の通りである。

- ・背後地は商業施設や住宅が多く立地し、高速道路や鉄道等の公共交通機関が存在する。
- ・施設の老朽化が進行している。
- ・現況の計画天端高に対する高さの余裕が少ない。

検討する対象区域として、海岸線を約1kmで区分し、河川や水路、地盤高により浸水域が分断されると考えられる範囲で地区割りをを行った。図-2に地区割りを示す。

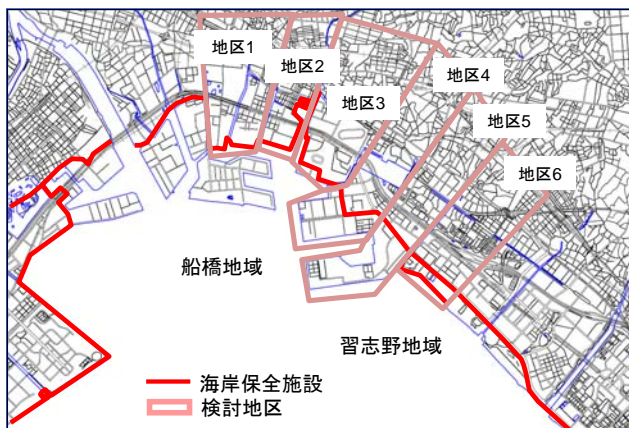


図-2 対象地域の設定(地区割り)

4.2 海面上昇量の設定

東京湾口、東京湾奥における年平均潮位の長期変化を図-3に示す。東京湾口の1930年代以降の観測データでは2.5mm/年、東京湾奥の1950年代以降の観測データでは0.7mm/年の潮位上昇トレンドにある。

過去の検潮記録より現在の海面上昇率を推定できるが、

将来の海面上昇率は場所によって異なるものと考えられる。現時点ではIPCC第4次報告書にある全球平均の上昇量を参考にせざるを得ないことから、2100年の海面上昇量を0.59mとし、2100年を将来気候の対象とした。

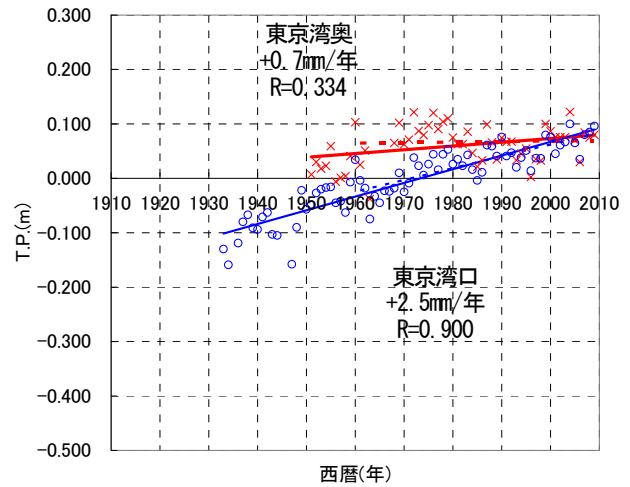


図-3 東京湾における年平均潮位の長期変化

4.3 設計外力の設定

地球温暖化によって強大化する台風を室戸台風級(上陸時中心気圧911hPa)とし、シミュレーション結果より潮位偏差を3.08mとした。波高は、現在の計画台風(伊勢湾台風級)と強大化台風のシミュレーション結果による波高比に現在の設計波高を掛け合わせ、将来気候の設計波高を算定した。

4.4 2100年の災害シナリオ

表-1に本検討に用いた災害シナリオを示す。この条件

表-1 東京湾の災害シナリオ

台風の強度	室戸台風級 上陸時中心気圧 911hPa
台風コース	東京港最大偏差コース
高潮偏差と組み合わせる天文潮位	期望平均満潮位 (東京港 T.P.+0.97m)
気候変動による海面上昇	+0.6m (IPCCシナリオ A1FI)

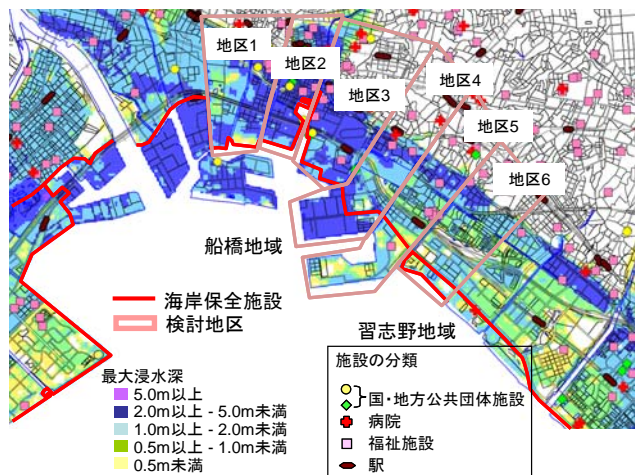


図-4 高潮浸水シミュレーション結果

における高潮浸水シミュレーション結果を図-4 に示す。すべての地区において浸水が予測されている。

4.5 施設健全度の評価

施設健全度の評価を施設老朽度と耐震性の評価から行った。施設老朽度は「ライフサイクルマネジメントのための海岸保全施設維持管理マニュアル(案)」⁹⁾に基づいた現地調査の実施、耐震性についてはチャート式耐震診断システム¹⁰⁾または2次元有効応力解析による検討から評価することが望ましいが、ここでは、耐震性の考慮の有無による簡易評価手法にて評価を行った。

施設老朽度は施設の築造後の経過年数から評価することとし、表-2 に示す経過年数毎に得点化 (A) した。その結果を表-3 に示す。耐震性は施設設計における耐震性の考慮の有無により、表-4 に示すよう得点化 (B) することとし、施設健全度は (A) × (B) により評価値を算出することとした。ただし、船橋・習志野地域においては、耐震性の詳細が把握できなかつたため、評価から耐震性を除外した。

表-2 老朽度の評価

築造後の経過年数	50年以上	41~50年	31~40年	21~30年	11~20年	0~10年
点数(A)	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2

表-3 船橋・習志野地域における老朽度の評価結果

	地区1	地区2	地区3	地区4	地区5	地区6
施設数	4	6	3	1	1	3
地区健全度判定	0.8	1.0	1.0	0.8	0.6	0.8

*地区健全度判定:地区内で最も高い施設の値とした

表-4 耐震性の評価

	点数(B)
耐震性なし	2
耐震性有り	1

4.6 投資効果の評価手法

(1) 高潮浸水シミュレーションによる手法

災害シナリオを対象に実施された高潮浸水シミュレーション結果をもとに、「海岸事業の費用便益分析指針(改訂版)」¹¹⁾に示される一般資産被害額を算定した。結果を表-5 に示す。被害額は地区2が最も高い値となった。

表-5 高潮浸水シミュレーション結果による浸水被害額

	地区1	地区2	地区3	地区4	地区5	地区6
金額	581,647	755,610	684,129	324,612	399,542	181,139
被害額順位	③	①	②	⑤	④	⑥

*金額の単位:百万円

(2) レベル湛水法による手法

確率規模ごとの波浪及び高潮偏差を条件とするレベル湛水法の結果をもとに「海岸事業の費用便益分析指針(改訂版)」に示される一般資産被害額を算定した。表-6 に示すよう被害額は地区3が最も高い値となった。

訂版)」に示される一般資産被害額を算定した。表-6 に示すよう被害額は地区3が最も高い値となった。

表-6 レベル湛水法による浸水被害額

	地区1	地区2	地区3	地区4	地区5	地区6
金額	1,029	30,895	47,980	18,196	18,878	9,617
被害額順位	⑥	②	①	④	③	⑤

*金額の単位:百万円

(3) 簡易手法による手法

背後域人口、施設天端高、地盤高、重要施設の有無の4項目の指標を組合せた簡易的な投資効果評価を行った。

背後域人口は対象地区の全人口の対象地域における割合(①、表-7)、施設天端高は防護機能の不足時期までの年数(②、表-8)から得点化した。地盤高は最高潮位以下の面積占有率を重み係数(表-9)とし、「海岸事業の費用便益分析指針(改訂版)」に示される浸水深に応じた被害率平均値(表-10)とを掛け合わせたものを得点(③)とし、重要施設の有無(④)は表-11より得点化した。投資

表-7 背後域人口の評価

対象地区の対象地域における人口の割合	点数①
81~100%	1.0
61~80%	0.8
41~60%	0.6
21~40%	0.4
0~20%	0.2

表-8 施設天端高の評価

防護機能不足時期までの年数	点数②
0年	1.0
1~10年	0.9
11~20年	0.8
21~30年	0.7
31~40年	0.6
41~50年	0.5

表-9 最高潮位以下の地盤高の評価

最高潮位以下の面積占有率	重み係数
81~100%	1.0
61~80%	0.8
41~60%	0.6
21~40%	0.4
0~20%	0.2

表-10 浸水深による被害率平均値

	床下浸水	床上浸水				
浸水深(cm)	0~45	46~95	96~145	146~195	196~245	245~
被害率平均値	0.037	0.205	0.429	0.774	1.000	1.000

表-11 重要施設の有無による評価

施設分類	施設例	点数
医療・介護施設	病院、介護・福祉施設	0.2
避難所	避難所、公民館、小学校等	0.2
公共交通施設	駅舎、ターミナル、幹線道路	0.2
商業・工業施設	商店街、工場等	0.2

表-12 簡易手法による投資効果の評価

	地区1	地区2	地区3	地区4	地区5	地区6
①背後域人口	0.2	0.2	0.4	0.2	0.2	0.2
②施設天端高	0.5	1.0	1.0	1.0	0.6	0.6
③最高潮位以下の地盤高	0.8	0.6	0.5	0.3	0.3	0.3
④重要施設の有無	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6
評価点合計	0.9	0.9	1.0	0.9	0.8	0.6

投資効果の評価値は (①×②×③) +④として求めた。

算出結果を表-12に示す。地区3が最も高い値となった。

(4) 評価値の基準化

上記のいずれの手法においても、評価値は最高点 100 点、最低点が0点となるように基準化 ((各値-最低値) / (最高値-最低値) ×100) した。結果を表-13に示す。

表-13 投資効果の評価の基準化

	地区1	地区2	地区3	地区4	地区5	地区6
高潮浸水シミュレーション	69.7	100.0	87.6	25.0	38.0	0.0
レベル湛水法	0.0	63.6	100.0	36.6	38.0	18.3
簡易手法	50.0	75.0	100.0	75.0	50.0	0.0

4.7 施設更新の優先度評価

施設更新の優先度評価の考え方の概念図を図-5に示す。施設健全度の評価値、投資効果の評価値がともに高い範囲に位置づけられるものは、早急に天端高の嵩上げを行う必要がある地区となる。施設健全度の評価値が高いものの、投資効果が低いものはソフト面での対策を考慮し

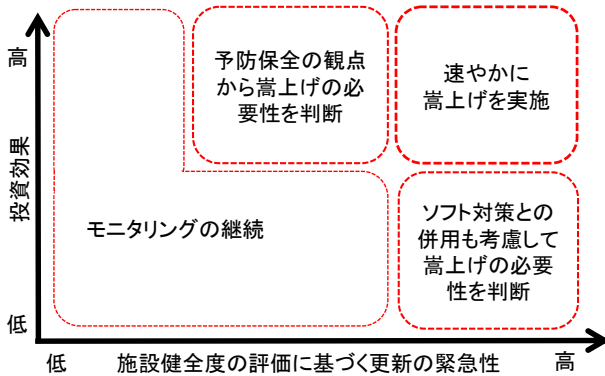


図-5 施設更新の優先度の考え方(概念図)

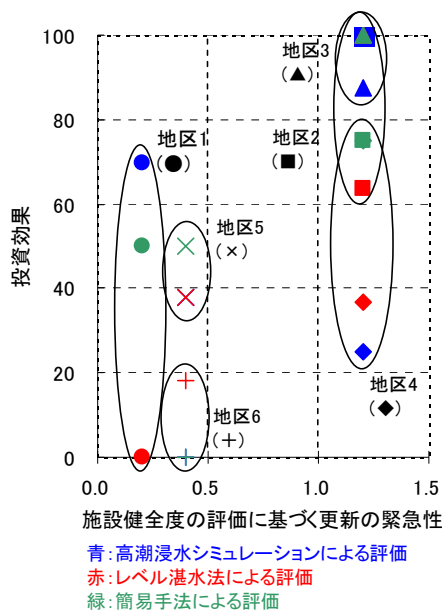


図-6 船橋・習志野地域における施設更新の優先度評価

た上で嵩上げの必要性を判断する。一方、投資効果は高いが、施設健全度の評価が高くないものは予防保全の観点から天端高の嵩上げを判断する。

船橋・習志野地域における施設更新の優先度評価の結果を図-6に示す。3つの投資効果の評価手法を用いた6地区の結果を示しているが、地区3、地区2における海岸保全施設の更新・改良の必要性が高くなっている。これらの地区は船橋市の中心市街地であり、当該市街地を防護する海岸保全施設が老朽化している地区である。

その他の地区においても投資効果の評価の3手法を用いた施設更新の優先度は、概ね同様な結果となっており、いずれも有効な手法であることがわかる。

5. まとめと今後の課題

以上に、施設更新の優先度評価方法を中心とした地球温暖化適応策について示した。施設更新の優先度を評価するための投資効果の評価について3手法を用いてモデル検討を行った結果、同様な結果が得られたことから、経済的な簡易手法を用いることが可能である。

今後、地球温暖化適応戦略を策定するにあたって、潮位のモニタリングを継続する等、地球温暖化による海面上昇や台風の強大化による外力条件の確認を定期的に行い、10年程度の間隔で見直すことが望ましい。

なお、本検討から得られた知見をもとに「海岸保全施設の更新等に合わせた地球温暖化適応策検討マニュアル(案)」を現在作成中である。

参考文献

- 1) 国土交通省河川局：海岸統計(平成21年度版)，2009。
- 2) 国土交通省・農林水産省調べ，(H22.3時点)
- 3) 国土交通省・国土地理院：全国都道府県市区町村別面積調，2008。
- 4) 経済産業省経済産業政策局：平成20年工業統計表(市区町村編)，2008
- 5) IPCC：第4次評価報告書，2007。
- 6) 吉野ら：大気・海洋力学的手法に基づく伊勢湾の可能最大高潮・波浪の評価，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol. 65，No. 1，pp. 396-400，2009。
- 7) 河合ら：確率台風モデルを用いた地球温暖化後の瀬戸内海における高潮の出現確率分布の推定，海岸工学論文集，第53巻，pp. 1271-1275，2006。
- 8) 筒井：CMIP3 マルチモデル気候実験から見積もられる温暖化による潜在的な台風強度の変化，電力中央研究所報告，V08026，17p.，2009。
- 9) 国土交通省・農林水産省：ライフサイクルマネジメントのための海岸保全施設維持管理マニュアル(案)，2008。
- 10) 平澤ら：沿岸構造物のチャート式耐震診断システムの開発，土木技術，Vol. 64，No. 7，pp. 38-43，2009
- 11) 国土交通省・農林水産省：海岸事業の費用便益分析指針(改訂版)，2004。