

# 東京湾海岸の想定高潮偏差と 新たな計画偏差について

A PROPOSAL OF DESIGNING SEA LEVEL DEPARTURE FROM NORMAL ALONG  
THE COASTS OF TOKYO BAY USING A NEW STORM SURGE SIMULATION  
MODEL

増田勝人<sup>1</sup>・柴木秀之<sup>2</sup>・仲井圭二<sup>3</sup>・鈴山勝之<sup>4</sup>

Katsuhito MASUDA, Hidenori SHIBAKI, Keiji NAKAI, Katsuyuki SUZUYAMA

<sup>1</sup>国土交通省 関東地方整備局 港湾空港部 海洋環境・海岸課 (〒231-8436 横浜市中区北仲通 5-57)

<sup>2</sup>正会員 工修 株式会社エコー 沿岸デザイン本部 環境水工部 (〒221-0052 横浜市神奈川区栄町 10-35)

<sup>3</sup>正会員 理修 株式会社エコー 沿岸デザイン本部 環境水工部 (〒221-0052 横浜市神奈川区栄町 10-35)

<sup>4</sup>工修 株式会社エコー 沿岸デザイン本部 環境水工部 (〒221-0052 横浜市神奈川区栄町 10-35)

In designing crown heights of coastal protection facilities, deciding sea level departure from normal is very important. Formally, the way of deciding sea level departure from normal along the coasts of Tokyo Bay hasn't been consistent. So we have developed a new model of storm surge simulation and calculated sea level departures from normal along all the coasts. We inspected the crown heights of coastal protection facilities by using the simulated results and found some areas where storm surges may cause overflow. We propose that the simulated results are used in designing the crown heights of coastal protection facilities hereafter.

*Key Words* : sea level departure from normal, coastal protection facility, storm surge, overflow

## 1. はじめに

東京湾において、最も大きい高潮災害が生じたのは大正6年(1917年)の台風によるものであり、台風接近時と満潮位が重なったことで、東京湾北部沿岸一帯を未曾有の高潮が襲い、甚大なる被害をもたらした。1900年以降では、潮位偏差が1.4mを越える高潮が観測されたものとして、キティ台風、8506号台風などが挙げられ、1938年に発生した台風では、潮位偏差2.2mの高潮が観測されている。東京湾以外でも、伊勢湾全域に甚大な被害を発生させた昭和34年の伊勢湾台風など、多くの高潮災害が発生し貴重な人命・資産が失われてきた。近年では、1999年9月の台風18号による、熊本県八代海沿岸における高潮災害を契機として、高潮災害に対する社会の関心が従来にまして高まっている。

このような背景から、本論文は、人口・資産が集積している東京湾において、海岸保全施設の計画条件および現況を把握し、最新の知見に基づく高潮シミュレーションを行う。その結果を踏まえて、現状

の海岸保全施設の再点検を行うことで、今後計画される海岸保全施設の整備等に資することを目的として実施した。

## 2. 海岸保全施設の現状把握

### (1) 計画条件の設定方法

東京湾における海岸保全施設の設計潮位については、大部分が、朔望平均満潮位と想定台風時の潮位偏差の合成で決められている。想定台風の条件としては、台風規模を伊勢湾台風とし、台風コースは、東京湾において甚大な被害を発生させた、大正6年台風とキティ台風から選択されており、横浜港から東京港はキティ台風コース、千葉港は大正6年台風コースが採用されている。

### (2) 海岸保全施設の現況整理

東京湾沿岸における海岸保全施設の現況把握のため、海岸管理者へのアンケートを行い、その結果を基に、海岸保全施設および河川堤防の位置、施設の計画条件および現況天端高等の整理を行う。図-1は、

東京湾沿岸における海岸保全施設および河川堤防の計画条件と、現況天端高の比較結果を表す。図中●印が、各地区海岸における計画天端高の最高・最低値を、▲印が、現況天端高の最高・最低値をそれぞれ表し、□、◇は、河川堤防の右岸・左岸の堤防高を表す。図より、現況天端高は概ね計画条件を満たしていることがわかる。また、現況天端高が計画天端高を大きく上回る箇所は、現在の計画条件が設定される以前に築造されたものや、埋立地の沈下を見込んであらかじめ高めに築造された施設である。現況天端高が計画天端高を大きく下回る箇所は、漁港の物揚場を現況天端高としている施設である。これらの結果より、東京湾沿岸における海岸保全施設および河川堤防について、概ね現状の整備状況を把握することができた。アンケート結果からは、一部海岸において、計画天端高および現況天端高等が不明な箇所があること、施設が古く天端高データが存在しない箇所があること等も確認できた。

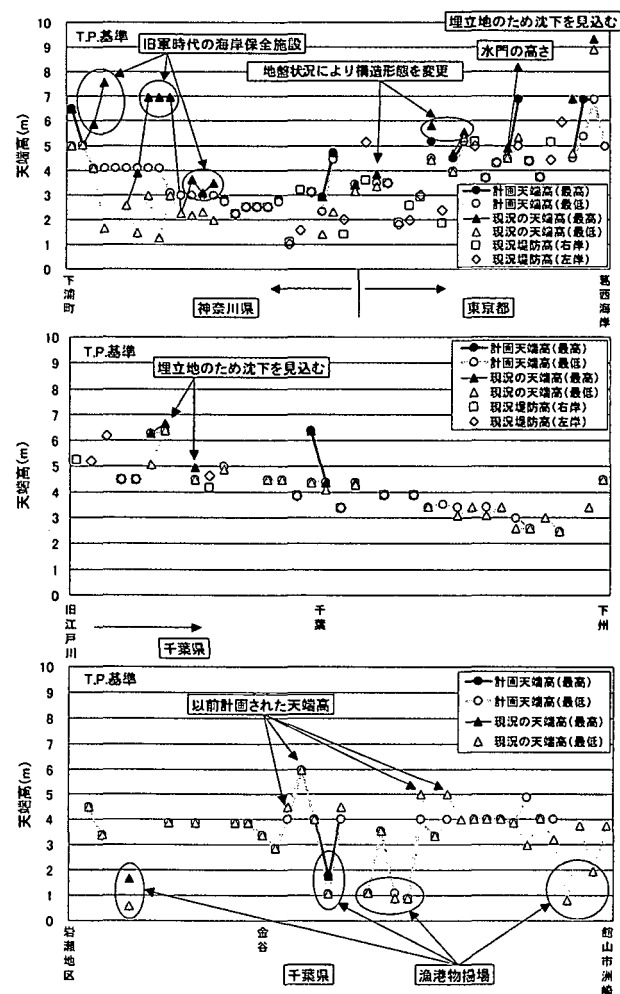


図-1 東京湾沿岸の海岸保全施設の現況

高潮推算に用いる計算範囲は、台風の通過経路を含む太平洋の広域とし、東京湾沿岸は、図-2 に表すように 200m 格子による地形近似を行う。湾外の地形は 200m 以上の大格子により地形近似を行い、サイズの異なる格子間で水位と流量の結合を行うことにより、広域から湾内までの同時計算を行う。

図中の●印は、潮位の観測点を表す。潮位観測点は、湾口の久里浜(港研)・横須賀と湾西部の山の内、湾奥の東京灯標・芝浦・晴海・千葉がある。これらの地点の観測値を用いて高潮推算精度の検証を行う。

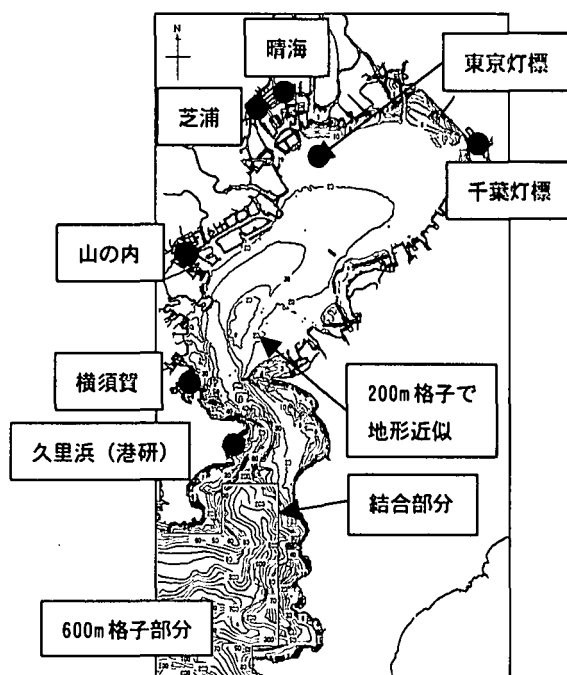


図-2 東京湾の地形近似と潮位の観測点

## (2) モデルの再現性

高潮の再現は、藤本ら (2002) の最新の知見に基づき、①気圧場の効果、②密度成層の効果 (多層化の効果)、③内湾海上風の効果 (陸上地形の影響を受ける海上風の効果)、④波浪による効果 (Wave Setup の効果) の 4 つの効果を検討した高潮推算モデルを用い、各効果の妥当性の検証を行ったものである。

検証は、台風 8506 号発生時の高潮再現計算結果と、東京湾周辺の潮位観測地点の観測値との比較により行う。図-3 は、台風 8506 号時の東京湾の湾口から湾奥にかけての、潮位観測地点における推算値と観測値の最大潮位偏差の比較を表す。図より、高潮の再現に対して重要な各条件を考慮することによって、最大潮位偏差の値が大きく変化することがわかる。単層モデル (①) は、湾奥の千葉を除く湾口から湾奥までの湾全体の高潮を過小に計算するが、密度成層の効果 (①+②) により湾全体の潮位偏差は 10~20cm 程度高くなり、再現性が向上する。また、内湾海上風を適用 (①+②+③) することで、最大潮位偏差の推算値と観測値は、湾内全体でほぼ一致する。Wave Setup の効果 (①+②+③+④) については、

## 3. 高潮推算モデルの検証

### (1) 高潮推算に用いる地形と観測データ

台風 8506 号級の台風規模では、湾内における潮位偏差にほとんど影響を及ぼさないが、伊勢湾台風規模では、その影響は大きくなると予想される。図-4 は山の内における推算潮位偏差と観測潮位偏差の経時変化の比較を表す。図中の●印が観測値を表している。経時変化についても、各条件を考慮することにより、観測値とほぼ一致し、再現性が向上している。

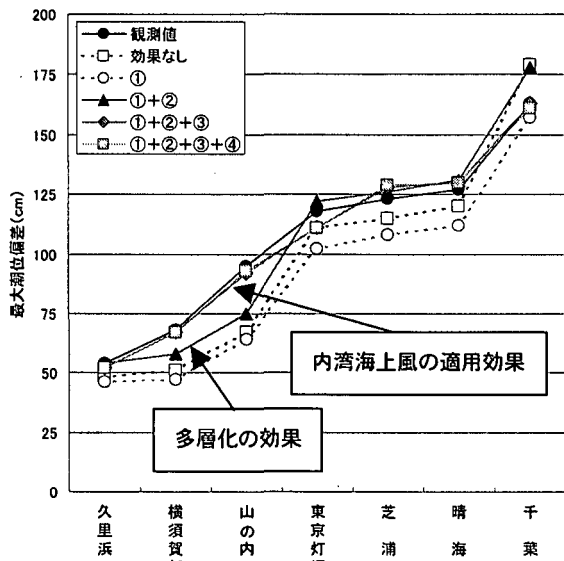


図-3 最大潮位偏差の推算値と観測値の比較

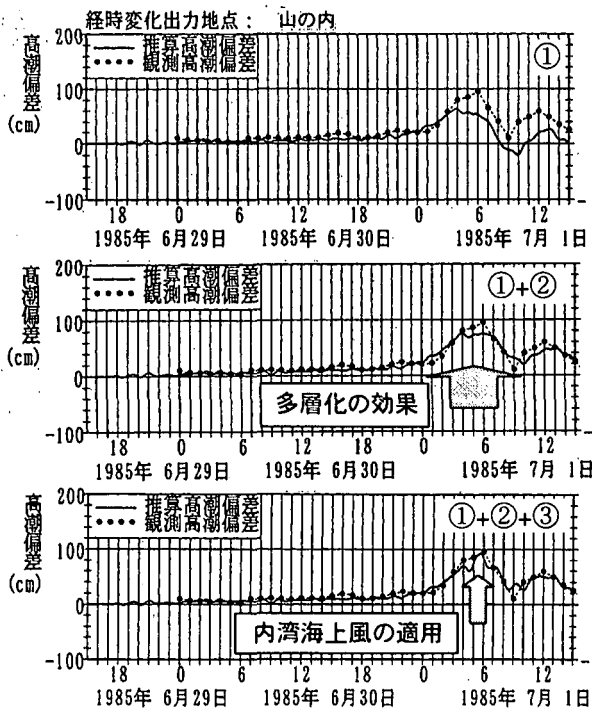


図-4 山の内における台風 8506 号時の潮位偏差の推算値と観測値の経時変化の比較

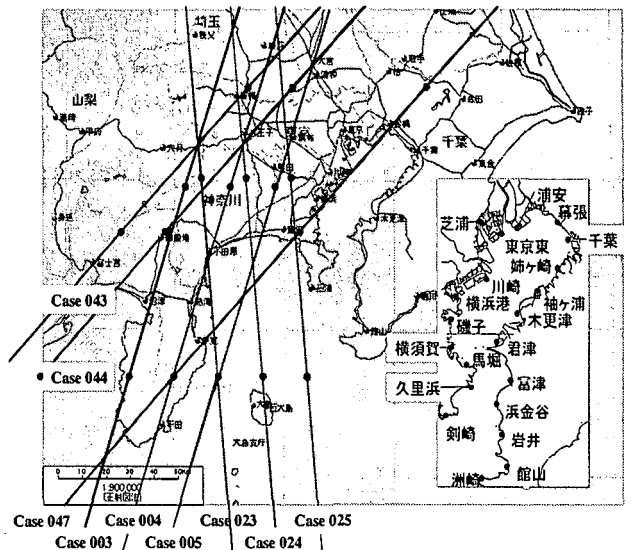
#### 4. 想定台風時の高潮予測

##### (1) 想定台風の設定

想定台風時の予測計算を行うにあたり、事前に予

備計算を行い、東京湾内に大きな影響を及ぼすと考えられる想定台風コースの選定を行う。予備計算で設定する台風条件として、台風規模は伊勢湾台風とし、次の3タイプのコースを設定する。既往調査(昭和39年)を参考にして、①大正6年台風とほぼ同様な台風コースである台風7920号と②キティ台風の2コース、さらに、これらの中間のコースにあたる伊勢湾台風コースの想定台風条件である。予備計算では、これら3タイプの想定コースを0.2°刻みで東西方向に平行移動させた計28台風コースを用いる。

図-5は、湾内の各点で発生する高潮の規模を基に選定された、想定台風9コースを表す。



予測計算ケース	基本コース	上陸時緯度経度
Case043	台風7920号	北緯34.833° 東経138.400°
Case044	台風7920号	北緯34.833° 東経138.600°
Case047	台風7920号	北緯34.833° 東経139.200°
Case003	伊勢湾台風	北緯34.833° 東経138.800°
Case004	伊勢湾台風	北緯34.833° 東経139.000°
Case005	伊勢湾台風	北緯34.833° 東経139.200°
Case023	キティ台風	北緯34.833° 東経139.200°
Case024	キティ台風	北緯34.833° 東経139.400°
Case025	キティ台風	北緯34.833° 東経139.600°

図-5 高潮予測計算に用いた台風経路

##### (2) 既往調査との比較

現在の東京湾における海岸保全施設の計画偏差の決定では、想定台風の条件として台風規模を伊勢湾台風とし、台風コースは大正6年台風とキティ台風から選択されている。既往調査では、気象庁により、これら想定台風条件を用いて、台風モデルによる海上風推算と、単層モデルによる高潮推算が行われている。この時推算された潮位偏差が、現在の東京湾計画偏差の参考値となっている。本論文では、最新の知見に基づいた高潮モデルを用いて、2種類の想定台風(大正6年台風、キティ台風の2コース)の高潮推算を行い、既往調査の結果との比較を行う。ここで、両者の計算条件の違いは次のようにまとめられる。気圧場の近似は、気象庁が藤田の式を、本論文のモデルはMyersの式を採用する。また、推算

風を海上風へ変換する方法は、気象庁が傾度風の低減率 0.6, 場の風の低減率 4/7, 吹きこみ角  $30^\circ$  を用い、本論文のモデルでは内湾海上風を適用している。その他の台風属性（台風中心位置、中心気圧、台風半径、移動速度）は同じである。図-6 は、気象庁の予測値と本論文のモデルについて、2 種類の想定台風による東京湾の代表点における最大潮位偏差予測値の比較を行ったものである。図の横軸は、湾全体の最大潮位偏差の分布を把握できるように、東京湾の西岸湾口から東岸湾口までを地点順に配置した。図から、予測値の比較結果は次のようにまとめられる。大正 6 年台風コースの場合、湾奥の千葉における最大潮位偏差は両者で一致する。しかしながら、湾口から湾奥（西岸の横須賀から浦安、東岸の湊から姉ヶ崎）にかけての最大潮位偏差は、本論文のモデルの予測値が気象庁の予測値よりも大きい。特に湾西岸の横須賀から川崎において差が顕著であり 50cm に及ぶ。一方、キティ台風コースの場合、湾奥の築地から千葉における最大潮位偏差は両者で一致する。しかしながら、湾口から湾奥にかけての最大潮位偏差は、本論文の予測値が気象庁の予測値よりも 10cm 程度大きい。2 種類の想定台風とも、本論文のモデルの予測値は気象庁の予測値と比べると、湾奥ではほぼ一致するものの、湾口から湾奥において大きくなる。

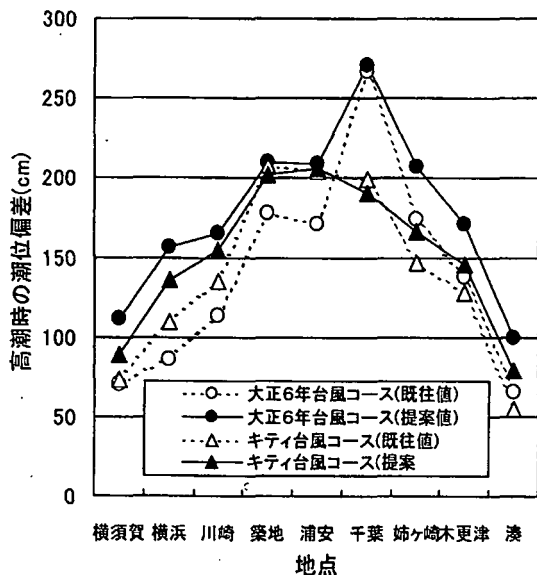


図-6 東京湾代表点における提案モデルによる最大潮位偏差の予測値と気象庁モデルによる予測値の比較

### (3) 予測計算

高潮予測計算は、2000 年時の計画地形を用い、天文潮の設定条件は、潮位が最も高い条件となる朔望平均満潮位 (T.P.+0.97m) とする。その結果を用いて、各海岸で最大潮位偏差が発生する想定台風コース（以降、想定最悪コースと呼ぶ）における海岸保全施設位置の最大潮位偏差の抽出を行う。表-1 は、図

-7 に表す潮位偏差抽出地点において、最大値が発生する想定台風コースの一覧を表す。表中の●印が各地点における想定最悪コースである。表より、想定最悪コースは地点によってバラツキがあるものの、概ね剣崎から幕張までの東京湾西岸から湾奥にかけては、Case004 および Case005 の伊勢湾台風コース、千葉から館山までの東京湾東岸は、Case044 および Case047 の台風 7920 号コース、剣崎および洲崎の東京湾湾口地点では、Case023 および Case025 のキティ台風コースと分類することができる。

表-1 潮位偏差抽出地点において最大潮位偏差を発生させる想定台風コース一覧

代表点	台風7920号コース			伊勢湾台風コース			キティ台風コース		
	Case043	Case044	Case047	Case003	Case004	Case005	Case023	Case024	Case025
剣崎			●			●	●		
久里浜									
馬堀						●			
横須賀						●			
磯子						●			
横浜港						●			
川崎						●			
芝浦						●			
東京東						●			
浦安				●					
幕張						●			
千葉	●								
姉ヶ崎	●								
袖ヶ浦	●								
君津						●			
木更津						●			
高津			●						
浜金谷						●			
岩井			●						
館山									●
洲崎									●

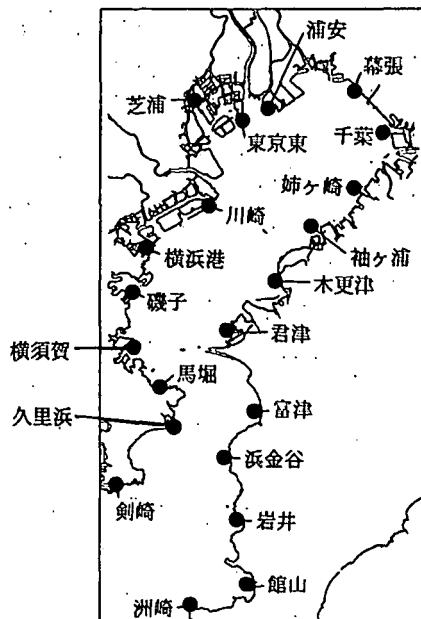


図-7 東京湾の潮位偏差抽出地点

図-8 は、剣崎から幕張までの東京湾西岸から湾奥で最大潮位偏差が発生する Case004 および Case005 と、千葉から館山までの東京湾東岸で最大潮位偏差が発生する Case044、東京湾湾口部の洲崎において最大潮位偏差が発生する Case025 の 4 つの代表的な想定台風コースにおける最大潮位偏差の分布を表す。図より、東京湾奥の幕張で 3.0m 程度の最大潮位偏差が発生し、剣崎から洲崎までの範囲では概ね 0.7 ~ 2.7m 程度の最大潮位偏差が発生しており、湾奥の

地点ほど最大潮位偏差が大きくなる:

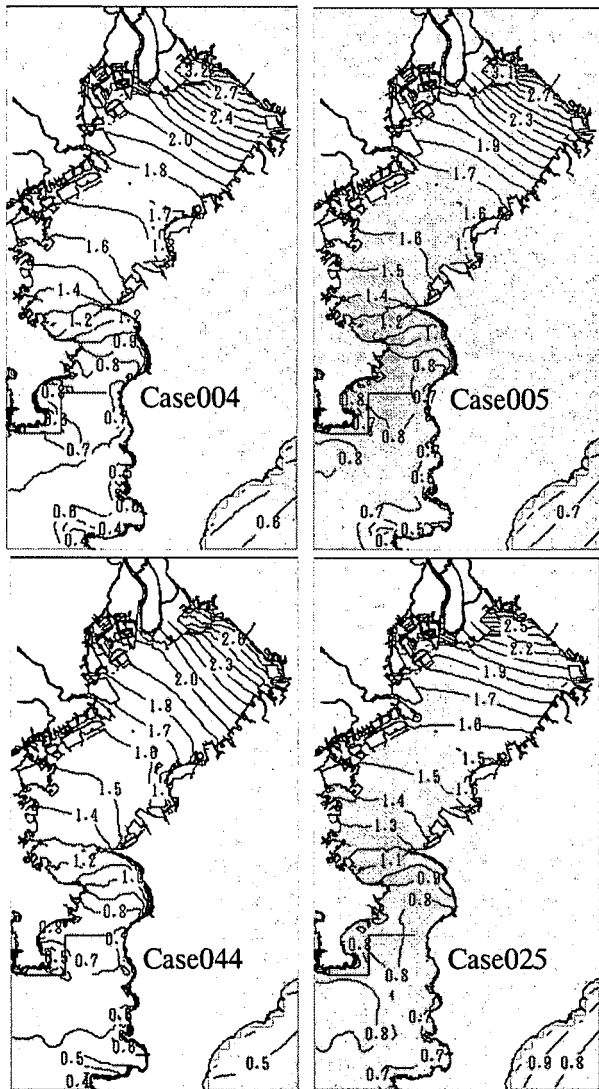


図-8 代表的な想定台風コースにおける最大潮位偏差の分布

さらに、図-9に剣崎から洲崎までの潮位偏差抽出地点における想定最悪コースで発生する最大潮位偏差の沿岸分布を表す。また、図-8に示した代表的な想定台風コースであるCase004, Case005, Case044, Case025の時の沿岸分布をあわせて表す。

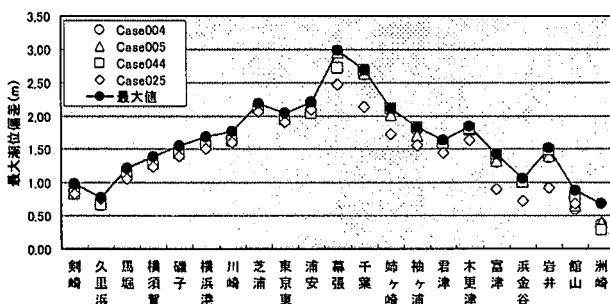


図-9 東京湾沿岸の最大潮位偏差の比較

(4) 最大潮位偏差の出現確率

東京湾内の主な潮位観測点における観測偏差の極

値統計解析を行い、それを基に想定台風により発生する最大潮位偏差の再現期待年を明らかにする。本論文では、対象とする潮位観測点として、図-7に示した潮位偏差抽出地点近傍で、観測期間が長い横須賀、山の内、晴海、千葉灯標の4地点を代表地点として設定する。表-2は代表4地点のデータ収集期間を表す。

表-2 代表潮位観測地点のデータ収集期間

潮位観測地点	データ収集期間	
横須賀	1965年～1999年	35年間
山の内	1973年～1999年	27年間
晴海	1950年～1999年	50年間
千葉灯標	1965年～1999年	35年間

図-10は、代表4地点で観測された年最大潮位偏差を用いた極値統計解析結果である。この結果を用いて、代表4地点近傍の高潮偏差抽出地点である横須賀、横浜港、芝浦、千葉における最大潮位偏差の再現期間を求める。

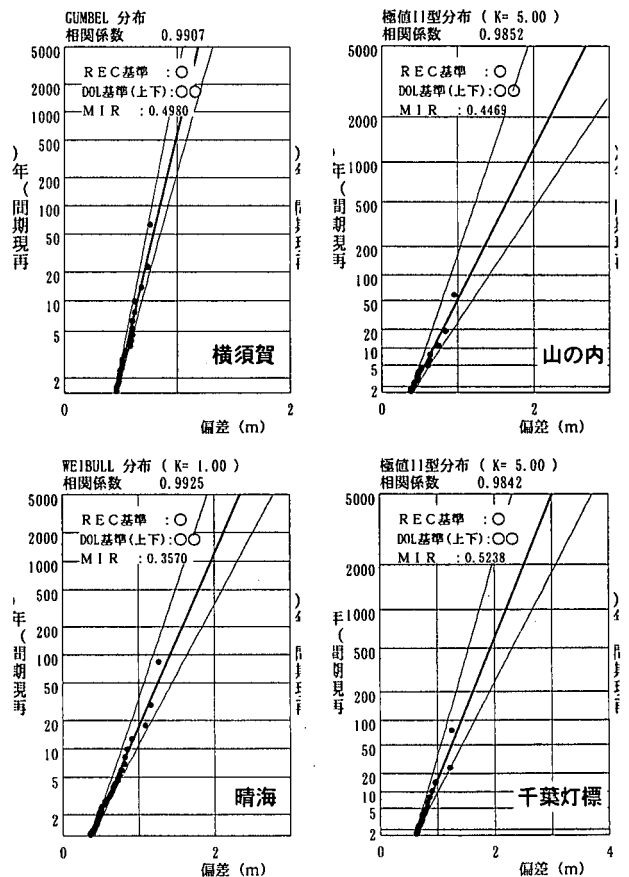


図-10 東京湾代表点における極値統計解析結果

表-3は、代表4観測地点の統計期間内に発生した最大潮位偏差と、その再現期間および潮位偏差抽出地点4地点の最大潮位偏差とその再現期間を表す。また、気象庁が行った既往調査の予測値の再現期間もあわせて表す。表-3より、横須賀および横浜港において既往調査と本論文の再現期間が大きく異なっ

ている。これは、図-6で述べたように、本論文のモデルの予測値が、気象庁の予測値と比べると、湾奥でほぼ一致するものの、湾口から湾央において大きくなることによるものである。

表-3 代表地点の最大潮位偏差の再現期間

高潮抽出地点	観測値		推算値			
	最大偏差	再現期間	最大偏差	再現期間	最大偏差	再現期間
横須賀	76cm	36年	73cm	26年	139cm	56000年
横浜港	95cm	42年	109cm	77年	168cm	550年
芝浦	127cm	53年	208cm	1656年	219cm	2600年
千葉	125cm	52年	267cm	2710年	268cm	2800年

## 5. 高潮に対する海岸保全施設の点検

東京湾における標準的な整備水準であるレベルⅡ-2(朔望平均満潮位+想定最大高潮偏差)を用いて、計画条件および現況施設に対する点検を行う。点検には、伊勢湾台風規模で想定最悪コースにおける各海岸保全施設位置の最大潮位偏差に朔望平均満潮位を加算することにより、想定最大規模の潮位をレベルⅡ-2潮位として設定する。

### (1) 計画高潮位とレベルⅡ-2潮位の比較

図-11は、レベルⅡ-2潮位と計画高潮位を比較した結果を表す。図より三浦海岸から横須賀では、全地区でレベルⅡ-2潮位が計画高潮位を越えており、最大1m程度の差が生じている地区がある。千葉県側の漁港海岸の計画高潮位は、レベルⅡ-2潮位よりも1m以上低い。整備水準がレベルⅡ-2潮位と同様である地区のうち、湾奥に位置する地区は、計画高潮位の方が高い傾向がある。東京港では計画高潮位の方が高い結果となる。

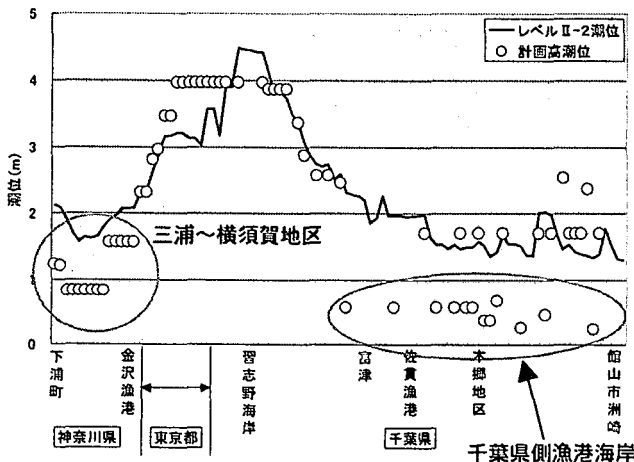


図-11 レベルⅡ-2潮位と計画高潮位の比較図

### (2) 越流の可能性の点検

図-12は、レベルⅡ-2潮位と計画および現況天端高を比較した結果を表す。天端高が細線で表す高潮時の潮位(レベルⅡ-2潮位)よりも低いと越流が生じる。ここでは、東京湾における越流危険箇所の抽出

を行う。図より、○印で表す現況天端高とレベルⅡ-2潮位の比較では、数箇所の越流危険箇所が確認できる。●印で表す現計画天端高は、概ねレベルⅡ-2潮位を満足している。地区毎に見ると、横須賀地区の現況天端高では越流の可能性がある。ただし、現計画天端高を確保すれば越流はしない。また、千葉県南側の海岸のうち、漁港あるいは漁港海岸においては、現計画天端高を確保しても越流する可能性がある。また、アンケート結果より、河川の現況堤防高はレベルⅡ-2潮位よりも低い箇所があり、越流する可能性があるが、ほぼ全ての河川の計画堤防高はレベルⅡ-2潮位よりも高く、現計画堤防高を確保することで、越流することはないことが確認できた。

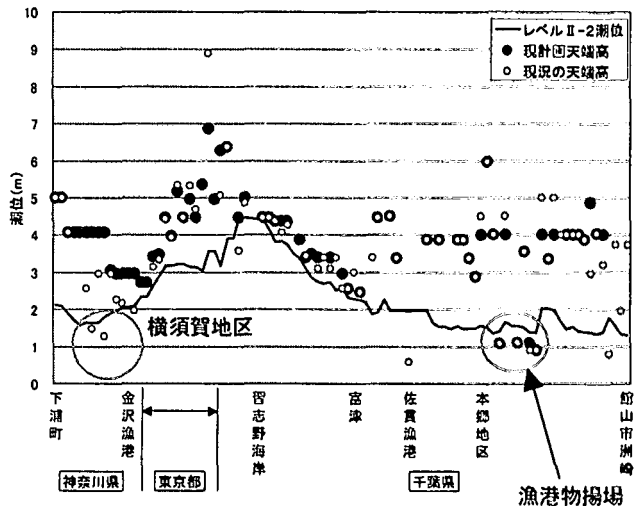


図-12 レベルⅡ-2潮位による結果と現況および現計画天端高の比較図

## 6. まとめ

本論文によって得られた成果をまとめる。

- ① 海岸管理者へのアンケート結果より、東京湾における各海岸の計画条件および現状を概ね把握することができた。
- ② 最新の知見に基づいた高潮推算モデルの推算精度が、良好であることが確認できた。
- ③ 本論文のモデルによる高潮推算結果を用いた海岸保全施設の点検により、東京湾沿岸の数ヶ所で、高潮による越流が発生し、背後域への浸水が懸念される地区が存在することが明らかとなった。
- ④ 今後この成果が、東京湾沿岸の計画偏差の参考値として、海岸防護の目標にされることが望まれる。

### 参考文献

- 1) 藤本憲久・柴木秀之・仲井圭二(2002): 密度成層と内湾海上風の特性を考慮した東京湾高潮推算, 海岸工学論文集, 第49巻, pp.246-250.