

# 大阪湾港湾等における高潮に関する防災・減災の取り組み (高潮早見図の作成とその活用方法)

井瀬 肇\*・田所 篤博\*\*・松林 清志\*\*\*・井上 省吾\*\*\*\*

\* (一財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

\*\* (一財) 沿岸技術研究センター 業務執行理事

\*\*\* 前 国土交通省 近畿地方整備局 港湾空港部防災・危機管理課長

\*\*\*\* 国土交通省 近畿地方整備局 港湾空港部防災・危機管理課 課長補佐

大阪湾では、非常に強い平成 30 年台風第 21 号が勢力を落とさずに神戸に上陸し、大阪湾内において、高潮・高波・強風による浸水、港湾施設等の倒壊、漂流物による被害等が発生した。それを踏まえ、「大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会」において、事前防災行動の一層の充実化等が提言された。

提言を受けて、気象庁発表情報から容易に大阪湾港湾等で発生する最大高潮偏差などを事前に把握できるよう、様々な台風条件の高潮推算を実施・整理し、高潮早見図を作成し、事前防災行動への活用方法を検討した。

キーワード：高潮早見図，高潮，事前防災行動，大阪湾

## 1. はじめに

平成 30 年台風第 21 号の来襲により、大阪湾近傍では高潮・高波・暴風による被災が発生した。これを受け、国土交通省近畿地方整備局では、港湾や沿岸部における人命の安全確保、施設の被害の軽減、物流・生産機能の維持に関する方策を検討するため、学識経験者や行政関係者などからなる委員会を設置した。その結果、「大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会最終とりまとめ(平成 31 年 4 月)<sup>1)</sup>」がとりまとめられ、「港湾等において今後進める高潮・暴風対策」として、事前防災行動の実施体制の一層の充実化が提言された。

本検討では、その一環として、主に高潮リスク低減対策のフェーズ 1(台風接近 5～1 日前の対策の準備・実施)において、これから起こりうる最大高潮偏差などの事前把握が可能となる図表(以下、「高潮早見図」)を作成し、その事前防災行動への活用方法を提案した。

## 2. 台風による高潮発生メカニズム

台風に伴う風が沖から海岸に向かって吹くと、海水は海岸に吹き寄せられて「吹き寄せ効果」と呼ばれる海岸付近の海面の上昇が起こる。この場合、吹き寄せによる海面上昇は風速の 2 乗に比例し、風速が 2 倍になれば海面上昇は 4 倍となる。特に大阪湾のような南に開口した湾の場合は、奥ほど狭まる地形が海面上昇を助長させるように働き、湾の奥ほど海面が高くなる。また、台風が接近して気圧が低くなると海面が持ち上がる。これを「吸い上げ効果」といい、外洋では気圧

が 1hPa 低いと海面は約 1cm 上昇する。例えば、それまで 1000hPa だったところへ中心気圧が 950hPa の台風が来れば、台風の中心付近では海面は約 50cm 高くなり、

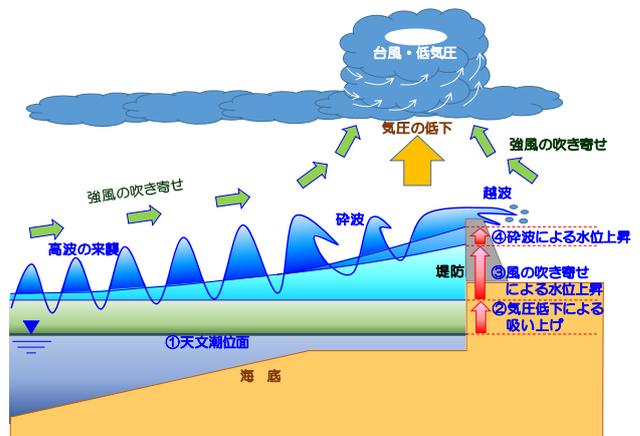
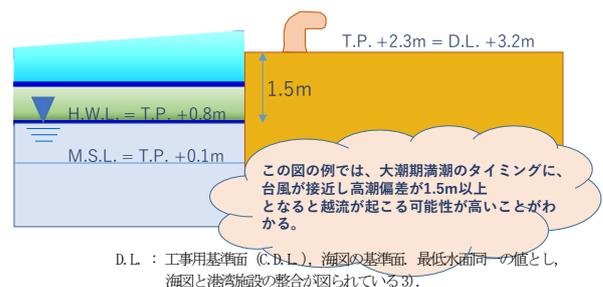


図-1 台風接近に伴う高潮発生イメージ<sup>2)</sup>

(本高潮早見図では、図中の②気圧低下による吸い上げと③風の吹き寄せによる水位上昇の合計値を水位上昇量としている。④砕波による水位上昇は含んでいない。)



D.L. : 工事用基準面 (C.D.L.), 海面の基準面。最低水面同一の値とし、海面と港湾施設の整合が図られている<sup>3)</sup>。

図-2 天文潮位面と岸壁天端高さのイメージ図

そのまわりでも気圧に応じて海面は高くなる。台風接近に伴う高潮発生イメージを図-1 に示す。

このようにして起こる海面の上昇を高潮と呼び、天文潮位との差を高潮偏差と呼ぶ（実際の潮位＝天文潮位＋高潮偏差）

満潮と高潮が重なると、潮位がいっそう上昇して大きな災害が発生しやすくなる（図-2）。ただし、干潮時刻に来襲する場合でも決して安心できない。高潮災害の防止のためには、満潮時刻だけでなく、台風や低気圧の接近時を中心に気象情報に十分注意して、早めに警戒し対策をとることが大切である。

### 3. 高潮早見図の作成

#### 3.1 高潮早見図作成フロー

高潮早見図作成のフローを図-3 に示す。高潮早見図は、再現性の確認がとれた高潮計算モデルを構築し、様々な台風条件の高潮計算結果を整理することにより作成する。

台風モデルは経験的台風モデル<sup>4)</sup>を使用した。高潮計算モデルは、非線形長波理論による平面二次元モデルとした。計算領域を図-4 に示す。計算格子間隔は、計算精度を確認の上、200m 格子とした。海上風推算にあたっては、過去に高潮被害をもたらした代表的な台風を対象として、大阪湾周辺の風向・風速の観測値と経験的台風モデルの推算値の差異から補正を試みた。なお、海上風の補正有無の比較の結果、高潮偏差推算値に大きな差が見られなかったため、本検討では、海上風の補正は行わないこととした。

#### 3.2 計算ケース

大阪湾の港湾等に被害を及ぼすと考えられる台風は、以下の考え方にに基づき、表-1 に示すとおり検討ケースを決定した。

##### (1) 台風の規模（中心気圧）

発生頻度が極めて低く概ね最大規模と考えられる室戸台風級の910hPa、堤内地のハード防災の目標となる伊勢湾台風級の940hPa、発生頻度の高い970hPaの3ケースを設定した。計画台風として良く用いられる伊勢湾台風級を中央に30hPa 増減した規模となる。

##### (2) 台風の最大風速半径

1ケースの想定であることから、伊勢湾台風級の最大風速半径75kmと設定する。

##### (3) 台風の移動速度

台風の規模（中心気圧）において、中央として設定した伊勢湾台風級は73km/hである。この両側に概ね20km/h 増減した速度を2ケース設定した。

##### (4) 台風のコース（方向）

過去に大阪湾に高潮災害をもたらした第2室戸台風や平成30年第21号台風のコース（方向）は、概ねNNE

～NEである。これらのコースの場合、湾奥の大阪港付近が最も高潮偏差が大きくなる傾向にあるが、大阪湾全体を評価することが目的であるため、NNE～NEの1方位ずつ外側まで広げN～ENEと設定した。台風のコース（方向）の一例を図-5 に示す。

##### (5) 台風のコース（東西位置）

伊勢湾台風は淡路島を通過していることから、淡路島を基準位置（東西位置0km）とする。また、伊勢湾台風級の最大風速半径は75kmであることから、台風の

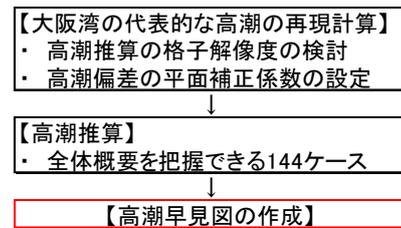


図-3 高潮早見図作成のフロー

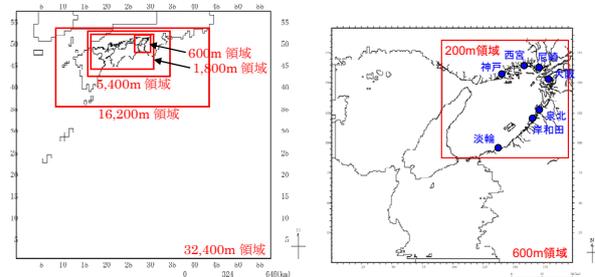


図-4 計算領域

表-1 高潮推算ケース一覧

項目	ケース数	条件
台風の規模（中心気圧）	3 ケース	910/940/970hPa
台風の最大風速半径	1 ケース	75km
台風の数	2 ケース	55/95km/h
台風のコース（方向）	4 ケース	N/NNE/NE/ENE
台風のコース（東西位置）	6 ケース	-175/-75/-25/0/25/75km
合計	144 ケース	

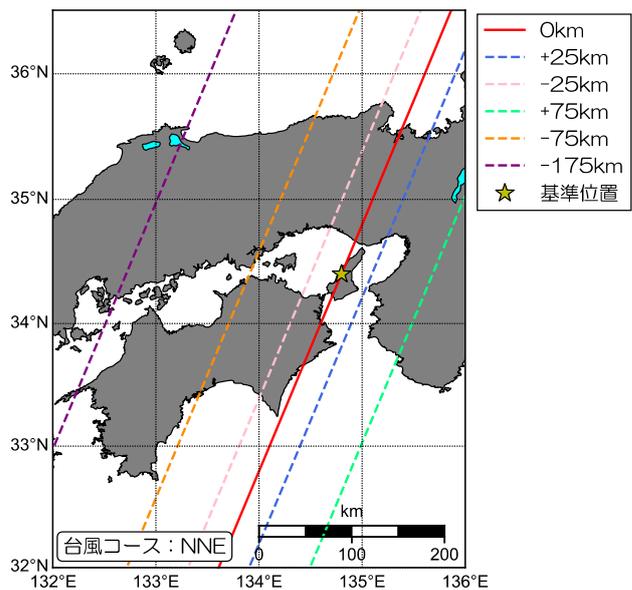


図-5 台風コース（方向：NNE）

コースは東西対称に±75kmまで設定した。さらに、台風は、進行方向東側に強風をもたらすため、-175kmも併せて設定した。東西位置の基準を図-6に示す。

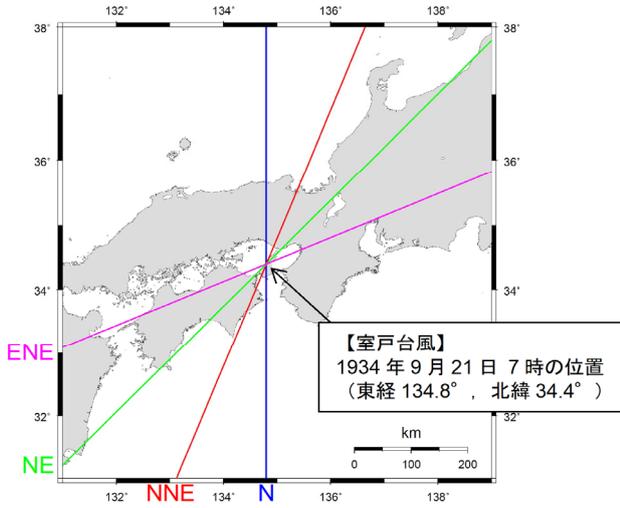


図-6 台風コース(東西位置)の基準(基準位置0km)

### 3.3 高潮偏差の抽出地点

高潮偏差の抽出地点は大阪湾の各港湾であるが、ここでは一例として、神戸港を示す(図-7)。

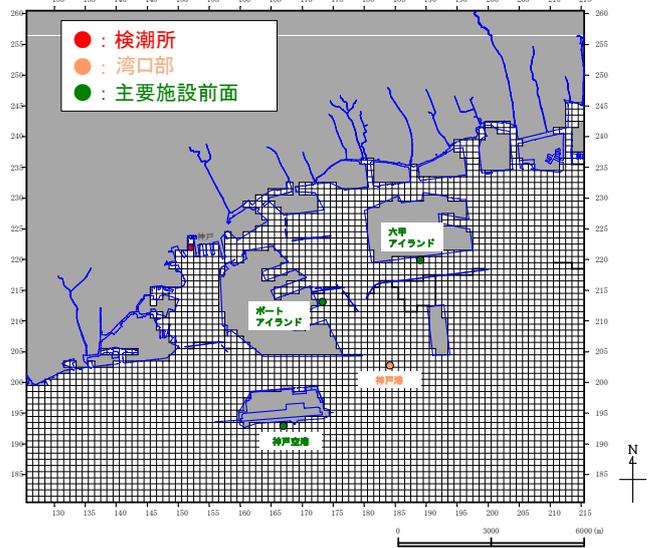


図-7 神戸港における高潮偏差の抽出地点

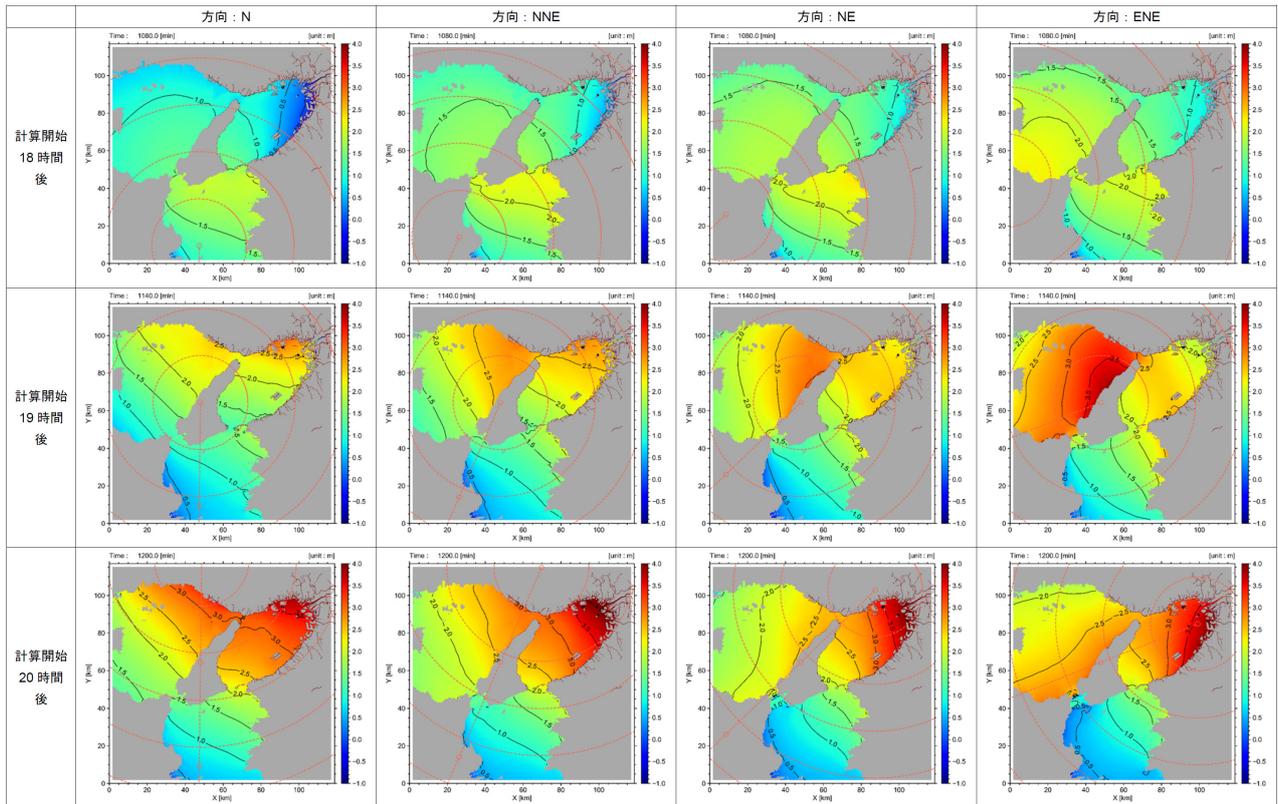
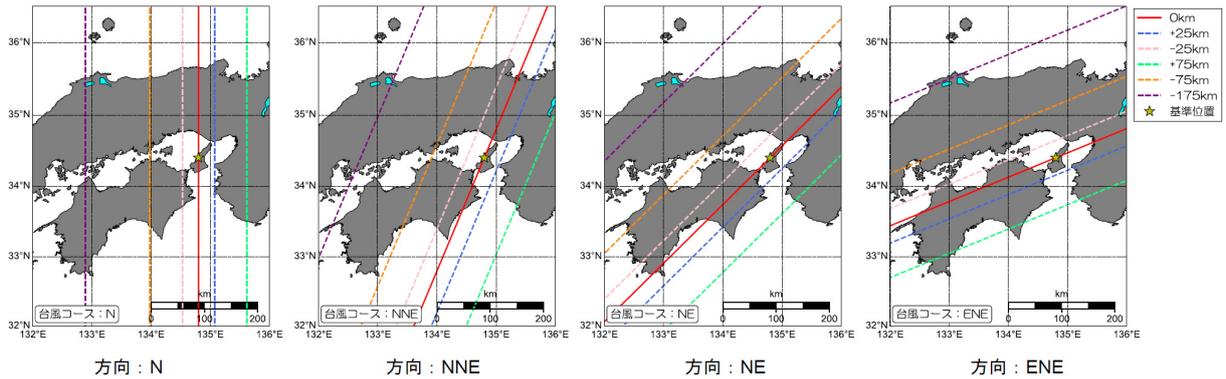


図-8 台風のコース(方向)別の高潮偏差の時系列平面分布(中心気圧910hPa, 最大風速半径75km, 東西位置0km)

## 4. 高潮早見図の作成

### 4.1 高潮偏差平面分布の一例

台風のコース（方向）別の高潮偏差の時系列平面分布の一例を図-8 に示す。中心気圧 910hPa, 移動速度 55km/h, 最大風速半径 75km, 東西位置 0km の条件における平面分布である。図面上のオレンジのプロットは台風の中心位置の履歴, オレンジ点線は台風の中心位置から 25km 間隔の同心円を示す。いずれの台風コース（方向）も湾奥部である大阪港周辺が最も高潮偏差が



大きく, 4m以上に達する。また, 計算開始 20 時間後の高潮偏差が最大に近い時刻における大阪湾内の高潮偏差のコンター線を見ると, 湾奥に対し概ね平行になっている。台風コース（方向）が N~ENE に傾くにつれて, コンター線の傾きも同程度の角度で傾く。

### 4.2 大阪湾全体の高潮早見図

中心気圧が910hPaのケースの大阪湾全体の高潮早見図を図-9 に示す。いずれの港も高潮偏差が最大となるのは, 方向が ENE, 移動速度が 95km, 東西位置が-75km の条件である。

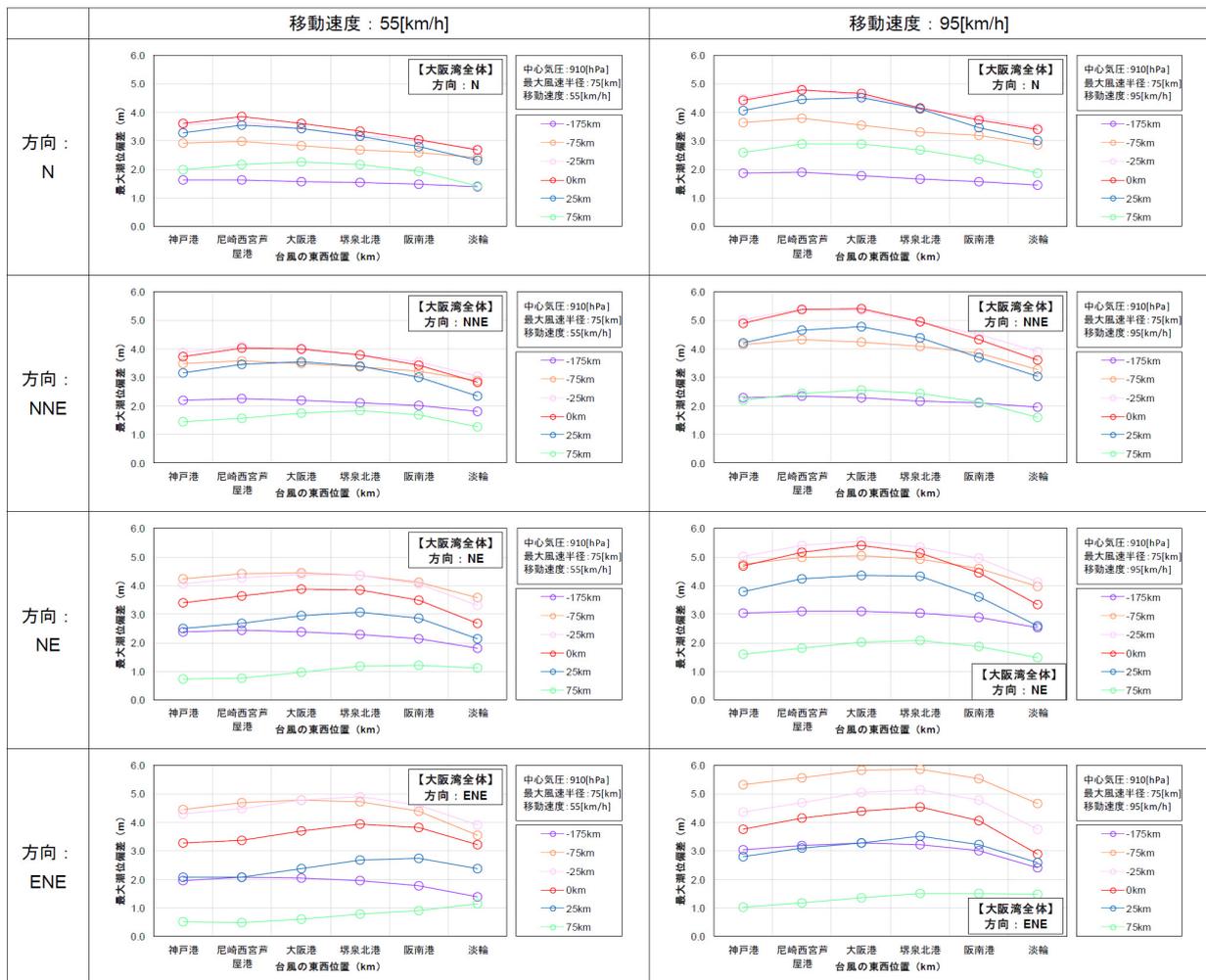


図-9 大阪湾全体の高潮早見図 (気圧: 910hPa)

また、高潮偏差が最低となるのは、中心気圧が970hPa、方向がENE、移動速度が55km、東西位置が+75kmの条件である。

### 4.4 港湾別の高潮早見図

港湾別の高潮早見図の一例を図-10に示す。ここでは、神戸港について示す。

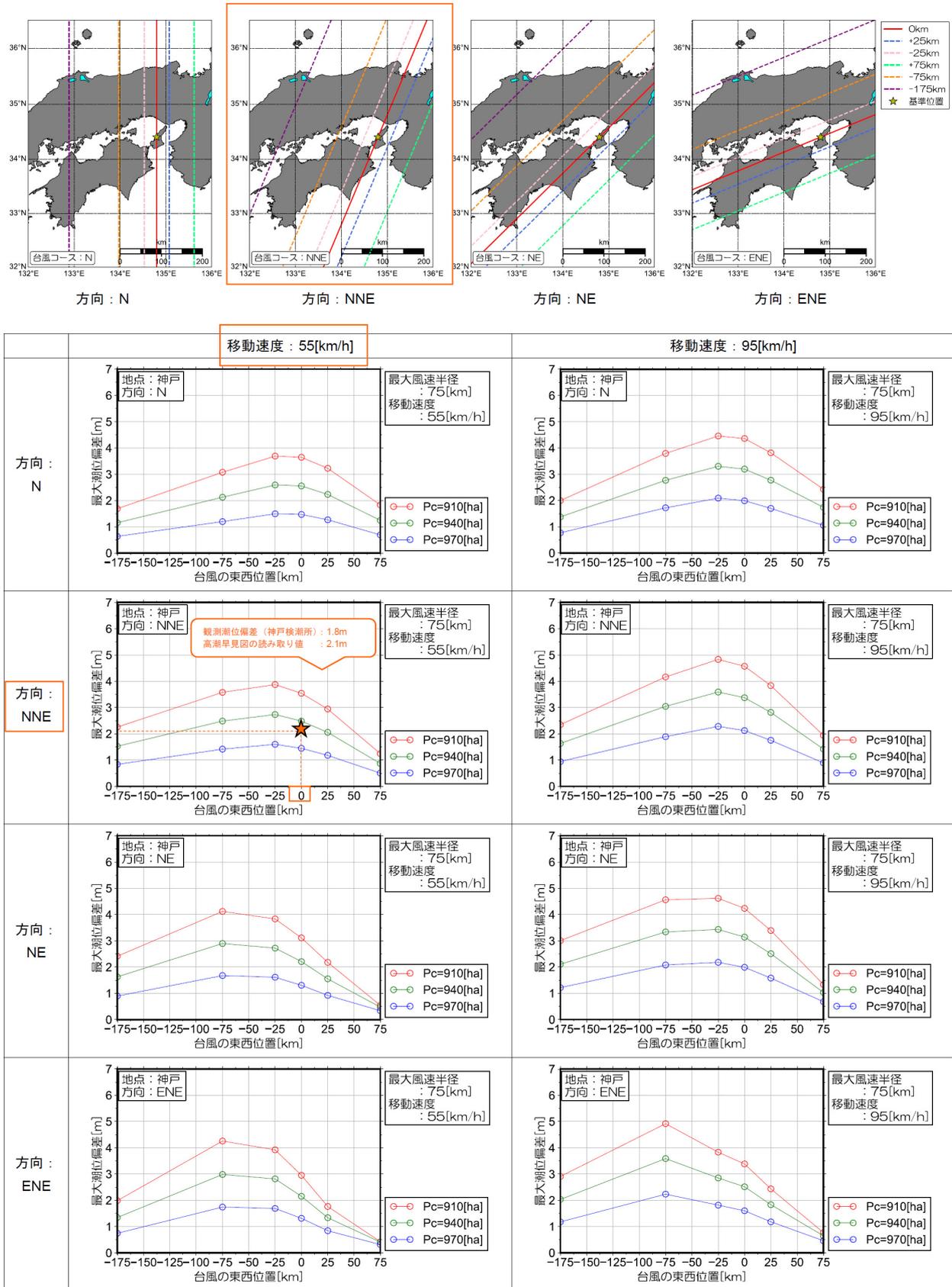


図-10 神戸港を例とした高潮早見図

※平成 30 年台風第 21 号を例に読み取り値を付記

## 5. 高潮早見図の活用方法の一例と検証

### 5.1 台風第21号を例とした高潮早見図活用方法

平成30年台風第21号の経路図を図-11、神戸港の高潮早見図を図-10に示す。図-10には、平成30年台風第21号を例とした読み取り値(推算値)を付記する。

#### 【早見図読み取りの流れ】

- ①図-10 上段を参考に、来襲している台風のコース(方向)が最も近いコース(方向)を選択する。
- ②気象庁の予報より、台風の移動速度を選択する。
- ③図-10 下段の一覧表より、①と②の項目に応じた早見図を選択し、最も近い台風の東西位置(グラフの横軸)を選択する。
- ④選択した早見図において、按分で中心気圧に応じた高潮偏差(グラフの縦軸)を読み取る。

#### 【平成30年台風第21号を例とした読み取り】

上記の読み取りの流れに沿って、平成30年台風第21号を例に高潮早見図による高潮偏差を読み取り、観測高潮偏差と比較する。

- ①図-11 および図-10 上段より、台風のコース(方向)はNNEとする。
- ②ベストトラックの台風経路より移動速度は62km/hであることから、最も近い55km/hを選択する。
- ③図-11 および図-10 下段の一覧表より、台風の東西位置(グラフの横軸)は0kmを選択する。
- ④ベストトラックより、中心気圧は955hPaであることから、940と970hPaの間の高潮偏差(グラフの縦軸)を読み取り、2.1m程度と推定する。台風襲来時観測値は1.8mであったことから、同程度の値を推定できることを確認した。

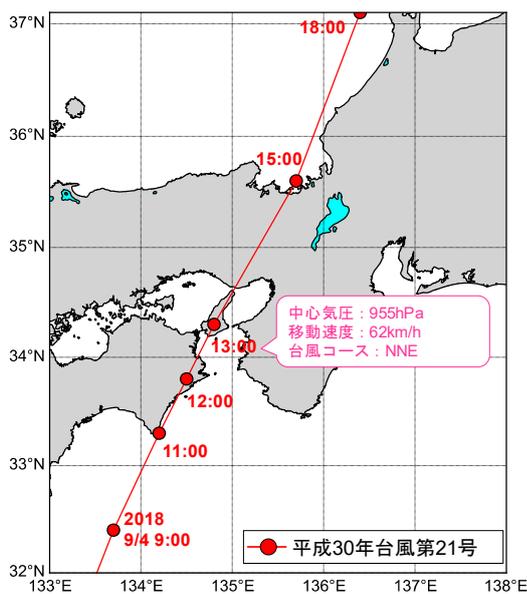


図-11 平成30年台風第21号の経路

また、台風襲来3日前、2日前、1日前のそれぞれの時点での気象庁の予報を基に、高潮早見図から高潮偏差の推算値を読み取り、この読み取り値(推算値)と実測値との比較を図-12に示す。

台風第21号の事例では、推定結果が若干低い箇所もあるが、2日前程度から概ね実測値を推定できる精度を有することを確認した。

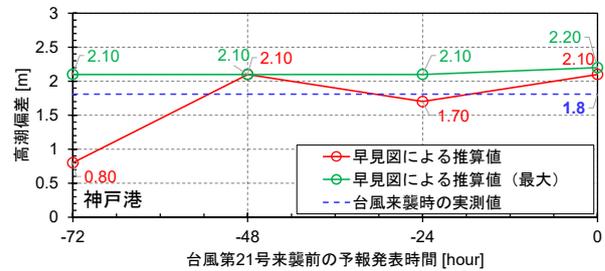


図-12 高潮早見図を活用した高潮偏差の事前把握履歴(神戸港)

### 5.2 港湾等における高潮被害の事前把握の検討

大阪湾港湾等における高潮被害の事前把握の方法について検討する。対象港湾は神戸港とし、対象施設は「大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会」において浸水計算を実施した六甲アイランドとした。

高潮早見図から読み取った高潮偏差にH.W.L.を加えた潮位と対象施設の天端高との関係を図-14に比較整理する。高潮被害の事前把握を容易にするため、便宜上、天端高に+0.5m, +1.0mを足した線を表示してある。

六甲アイランドにおいては、気圧が940hPaのときに東西位置が0km および-25kmの潮位が同程度で最も高く、D.L.+4.6m程度となる。また、東西位置が-75km および+25kmの潮位が同程度となり、D.L.+4.2m程度となる。さらに、東西位置が-175kmの場合は潮位がD.L.+3.3m程度であり、東西位置が+75kmの場合は潮位がD.L.+2.7m程度で最も低くなる。

以上のように高潮早見図による高潮推算値を活用すると、次のように高潮被害を事前に把握できる可能性が高いと考えられる。東西位置が0km および-25kmの場合はほとんどの岸壁・護岸で天端高+0.5mを超える浸水が発生する。東西位置が-75km および+25kmの場合は半分程度の岸壁・護岸で天端高+0.5m程度の浸水となる。東西位置が-175km および+75km ではほとんど浸水しない。



図-13 神戸港六甲アイランドの対象施設位置図

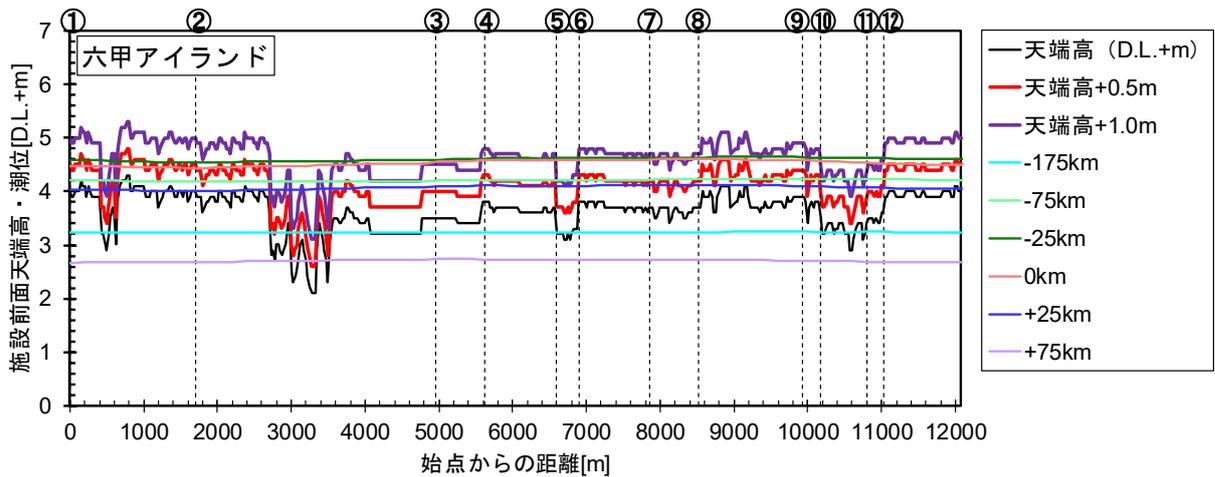


図-14 高潮被害の事前把握の整理 (神戸港六甲アイランド)  
 (台風規模：940hPa, 台風コース (方向)：NNE, 移動速度：55km/h)

## 6. まとめ

様々な台風条件 (台風の規模・コース (方向, 東西位置)・速度等) による高潮推算結果をとりまとめ, 大阪湾全域と港湾ごとに高潮早見図を作成した。

平成 30 年台風第 21 号の実測値との検証を行い, 気象庁の予報を基に高潮早見図を活用すれば, 概ね実測値を再現できる推定精度を有することが確認できた。

また, 具体的な施設を対象とした高潮被害の事前把握についても, 高潮早見図の活用は有効であることが確認できた。

以上により高潮早見図は, 高潮リスク低減対策フェーズ 1 (台風接近 5～1 日前の対策の準備・実施) における事前防災行動を適切に実施するための有効なツールとなり得ると言える。

今後はさらに, 高波による影響, 暴風による影響についても, 検討を深めることが有意義であると考えます。

## 謝辞

本稿は, 国土交通省近畿地方整備局発注の「大阪湾港湾等における高潮に関する防災・減災の取り組み検討業務」の成果について取りまとめたものである。業務実施にあたっては, 港湾空港技術研究所 海洋情報・津波研究領域河合領域長をはじめとする学識経験者の委員の皆様及び関係各所から貴重なご意見, ご指導をいただいた。ここに厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会 最終とりまとめ, 平成 31 年 4 月, 国土交通省 近畿地方整備局 港湾空港部
- 2) 台風とは, 潮位観測情報など, 国土交通省 気象庁 HP
- 3) 海岸保全施設の技術上の基準・同解説, 平成 30 年 8 月, 全国農地海岸保全協会・全国漁港漁場協会・全国海岸協会・日本港湾協会
- 4) 本多和彦・鮫島和範: 大阪湾内の港湾地域を対象とした高潮浸水解析, 国総研資料第 990 号, 平成 29 年 10 月

