気象庁の発表する台風情報の改善

気象庁　大気海洋部　気象リスク対策課　アジア太平洋気象防災センター
台風防災情報調整官　笠原 真吾

1．はじめに（台風について）

台風は、北西太平洋域に存在する熱帯低気圧のうち最大風速が 34knot（約 17m/s）以上に達したものを指す。他の海域では風速の基準や呼び方が異なり、例えば北東太平洋や大西洋では最大風速が 64knot 以上の熱帯低気圧をハリケーン、北インド洋では 34knot 以上の熱帯低気圧をサイクロニック・ストームなどと呼んでいる。

北西太平洋域は世界で唯一年間を通じて熱帯低気圧が発生する海域であり、世界で発生する熱帯低気圧（34knot 以上）の約 4 割が当該海域で発生している。気象庁は、世界気象機関（WMO）の枠組における熱帯低気圧地区特別気象センター（RSMC）の東京センターを 1989 年から運営しており、日本国内だけでなく東アジア地域の 14 の国と地域に対して、北西太平洋域における台風の解析と予報を提供する役割を担っている。

2．気象庁の台風情報

台風（この節では 24 時間以内に台風に発達すると見込まれる熱帯低気圧も含む）が存在しているとき、気象庁は台風の解析と予報を 3 時間ごとに発表している。気象庁ホームページにおける台風情報（経路図）の例を図 1 に示す。

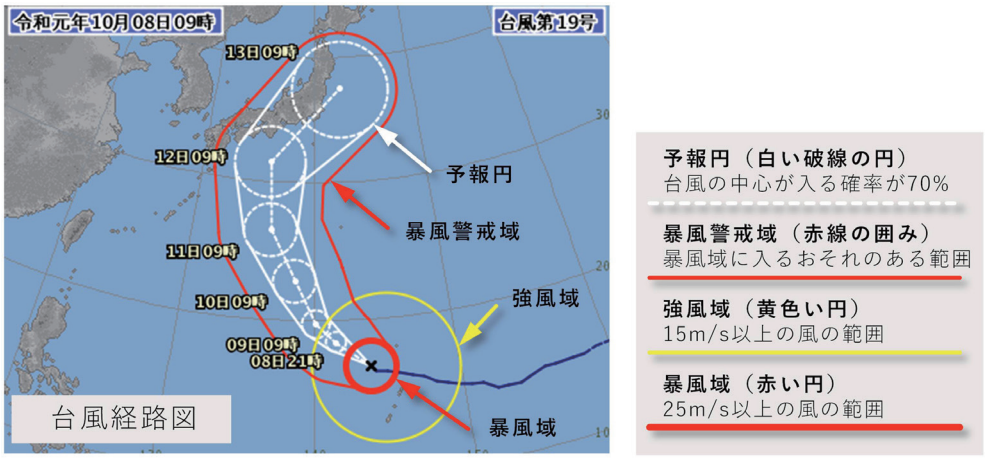


図 1　台風の経路図

経路図において、現在の台風の中心位置を示す×印を中心とした赤色の太実線の円は暴風域で、風速（10 分間平均）が 25m/s 以上の暴風が吹いているか、地形の影響などがない場合に吹く可能性のある範囲を示す。黄色の実線の円は強風域で、風速（10 分間平均）が 15m/s 以上の強風が吹いているか、地形の影響などがない場合に吹く可能性のある範囲を示す。また、青い線は現在までの台風の経路を示す。白色の破線の円は予報円で、台風の中心が到達すると予想される範囲を予報の誤差として示しており、70%の確率でこの円内に中心が入るように予報円の大きさを決めている。予報円の外側を囲む赤色の実線は暴風警戒域で、台風の中心が予報円内に進んだ場合に 5 日（120 時間）先までの暴風域に入るおそれのある範囲全体を示している。

台風の予報については、台風の 1 日（24 時間）先までの 12 時間刻みの予報を 3 時間ごとに、5 日（120 時間）先までの 24 時間刻みの予報を 6 時間ごとに発表し、さらに、台風が日本に接近し、影響するおそれがある場合には、台風の実況と 1 時間後の推定値を 1 時間ごとに発表するとともに、24 時間先までの 3 時間刻みの予報を 3 時間ごとに発表している。

また、台風の暴風域に関する情報として、「暴風域に入る確率」の分布図と地域ごとの時系列の値を発表している。

3．台風予報の精度

気象庁では、台風の予想位置（進路予報）と中心気圧や最大風速などの強さ（強度予報）のそれぞれについて年々の精度を検証している。図 2 にこれまでの検証結果の推移を示す。

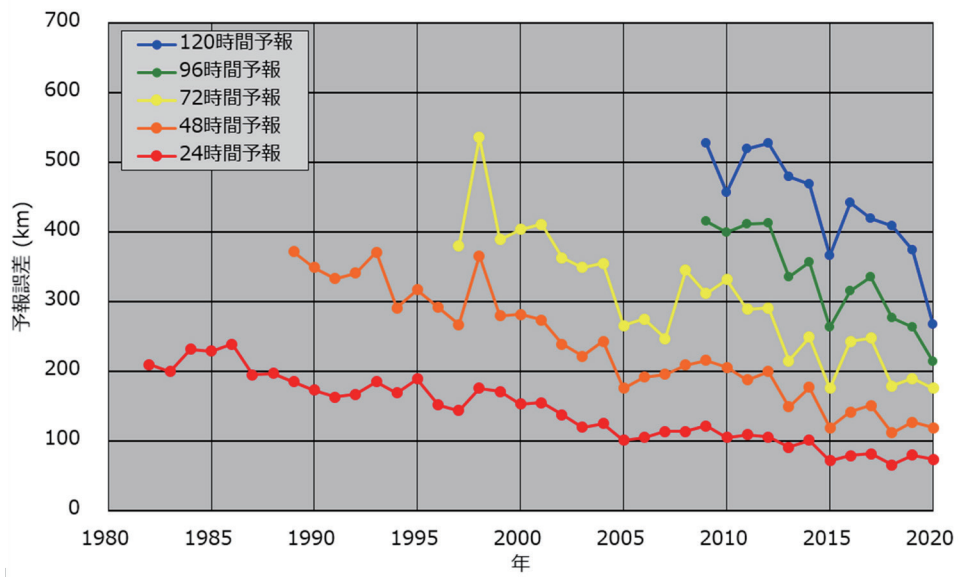


図 2　台風進路予報（中心位置の予報）の年平均誤差

台風の進路予報について、進行方向や速度があまり変わらないような台風は比較的予報しやすく、このような台風が多い年は精度が良くなるため、年々の推移をみるとその年の台風の特徴に起因する変動があるものの、長期的にみれば精度は向上している（図２の予報誤差のグラフは右に向かって下がる傾向がみられる）。台風の進路予報は数値予報モデルの結果に基づいて作成していることから、数値予報モデルの精緻化や精細なモデルを実行する計算機の性能の向上などにともなって、結果的に台風の進路予報の精度も向上してきている。

一方、台風の強度予報について、数値予報モデルだけでは台風の中心付近の気圧や暴風などの現象を十分に精度良く予測するのは難しく、これまで進路予報のような長期間の改善傾向はみられない。しかし、気象衛星などの観測データ、台風周辺の海面水温などの解析結果、および数値予報モデルの計算結果を用いて統計的に台風の強度を予測する手法の開発により、近年では誤差が統計期間内で最小となる年も出てきている。

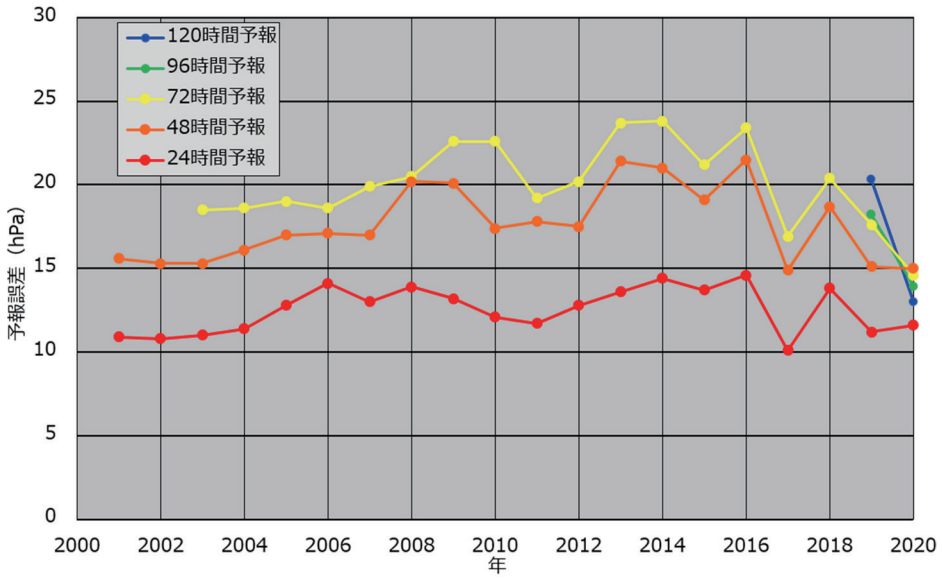


図３　台風強度予報（中心気圧）の年平均誤差

４．近年の台風予報の改善の取り組み

（１）台風の強度予報の延長

前節で述べたように、台風の強度予報は進路予報に比べて難しく、進路については５日先までを予報していたが、強度については従来３日先までの予報であった。平成 30 年（2018 年）６月に更新したスーパーコンピュータシステムによる計算能力の向上や台風の強度をより正確に予測する手法の開発により、平成 31 年（2019 年）３月から強度予報についても５日先までに延長した。

これにより、４日先以降の暴風警戒域などに関する情報を提供できるようになり、台風接近時の防災行動計画（タイムライン）に沿った防災関係機関などの対応を、従来よりも早い段階からより効果的に支援することが可能となった。

（２）台風予報円の見直し

第２節で述べたように、台風の進路予報については台風の中心が到達すると予想される範囲を円で示している。このため、予報の精度が向上する（誤差が小さくなる）ほど予報円を小さくすることが出来る。予報円の半径は過去の予報の精度検証結果を基に決めており、進路予報の精度向上に合わせて、概ね数年毎に予報円の半径の見直しを実施している。最近では、令和元年６月に予報円の見直しを行い、従来の予報円に比べて平均で約 20%半径が縮小した（図４）。気象庁では、今後も最新の精度検証結果を踏まえ、適宜、予報円の見直しを行う予定である。

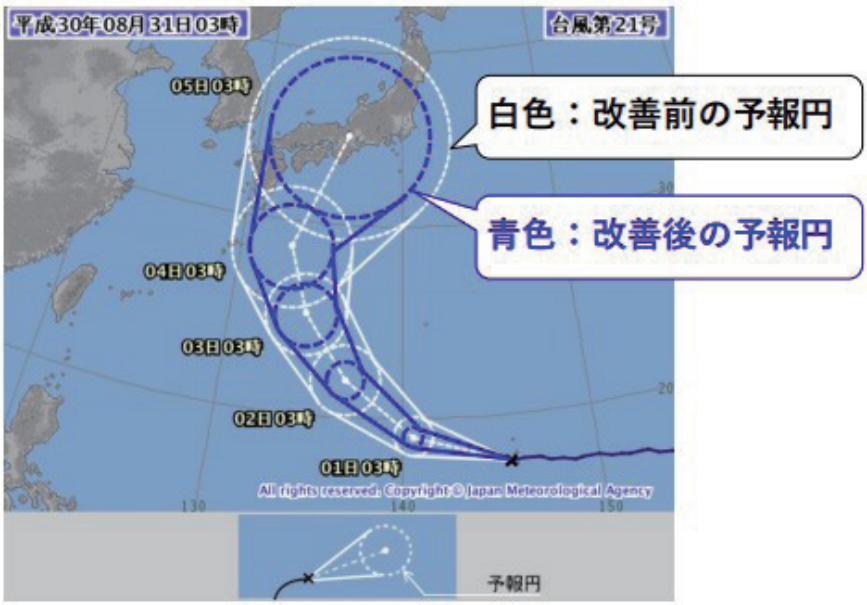


図４　令和元年６月の予報円の改善前後の予報円の比較
（平成 30 年台風第 21 号８月 31 日 03 時予報の例）

（３）24 時間以内に台風に発達すると見込まれる熱帯低気圧の予報期間の延長

第２節で述べたように、台風だけでなく 24 時間以内に台風に発達すると見込まれる熱帯低気圧についても台風の情報を発表している。熱帯低気圧は台風に比べて勢力が弱く予報が難しいため、従来は１日先までの予報としていたが、予報技術の開発により予測精度が向上し、令和２年９月から５日先までに予報期間を延長した。

従来の予報は 1 日先までであったことからその後の進路が分からなかったが、予報延長後は 5 日先までに日本に台風が接近するのかどうかが分かり、台風接近時の防災行動計画に沿った防災関係機関などの対応を、より早い段階から支援することが可能となった（図 5）。

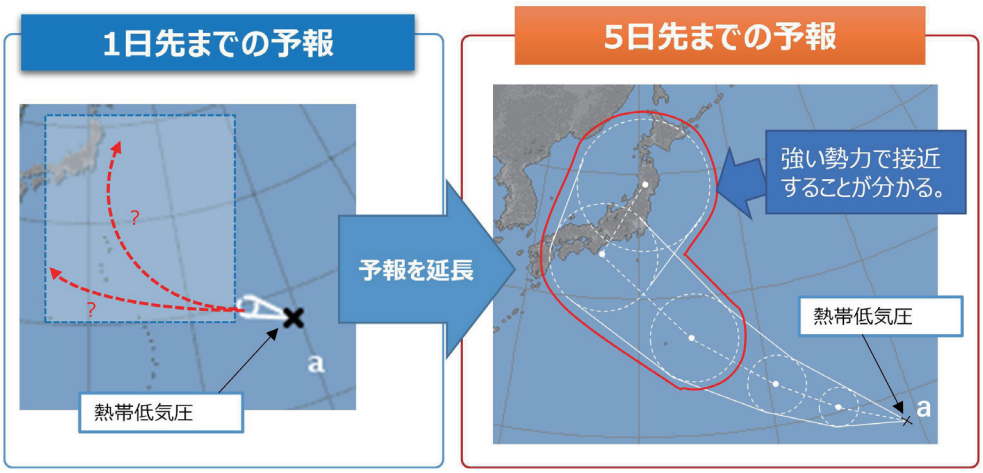


図 5　令和 2 年 9 月の熱帯低気圧の予報期間延長前後での台風経路図の比較
図中の「a」：経路図において熱帯低気圧を識別する記号。熱帯低気圧には台風番号が無いため、経路図では「a」「b」などの記号を用いて熱帯低気圧を区別する。

「海上交通安全法等の一部を改正する法律」が成立
～台風来襲時における走錨に起因する事故の防止の一層の強化を図ります～

海上保安庁　交通部航行安全課

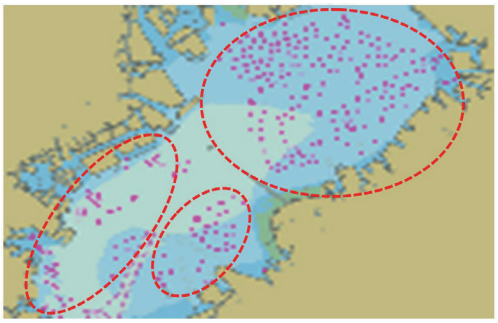
1　はじめに

第 204 回通常国会において、「海上交通安全法等の一部を改正する法律」（以下「改正法」という。）が令和３年５月 25 日に成立しました。改正法によって創設される湾外避難などの勧告・命令制度などについては、今期の本格的な台風シーズンからの施行を予定しております。本稿では、湾外避難などの勧告・命令制度を中心に、改正に至る経緯やその内容などについて紹介します。

2　改正に至る背景

近年、台風などの異常気象が頻発化・激甚化するなか、大阪湾や東京湾といった船舶交通がふくそうする海域において、走錨した船舶が臨海部の海上施設に衝突し、船舶交通の安全が阻害され、人流や物流に大きな影響をもたらす事故が続けて発生しました。

台風時の走錨により関空連絡橋に衝突したタンカー（平成 30 年）



令和元年台風第 15 号来襲時の東京湾における船舶の錨泊状況

このような状況を踏まえ、海上保安庁では、走錨に起因する事故の再発防止策として、海上空港などの臨海部に立地する施設の周辺海域において監視を強化し指導を行うことや錨泊を制限する、特に勢力の強い台風が接近する際に船舶が湾外に避難などすることを推奨するなどの対策を講じてきたところです。一方で、湾外に避難などすることの推奨については行政指導に留まり、多様な関係者が足並みを揃えることは困難であるという指摘などもありました。

このため、令和２年６月に交通政策審議会船舶交通安全部会に対し、湾外避難などの勧告・命令制度の法制化などについて諮問がなされ、令和３年１月に答申を得るとともに、同制度の運用面に関する基本的考え方について、学識経験者、海事関係者などとの間でより専門的・実務的観点から検討が行われました。

これらを受けた今般の改正法については、東京湾、伊勢湾および大阪湾を含む瀬戸内海（以下、「三大湾等」という。）を対象とする海上交通安全法において、一定の船舶に対し湾外などの安全な海域への避難を勧告し、必要な場合には命令することも可能とする制度などを創設し、船舶交通の一層の安全確保を図ることとしたものです。

3　改正法の概要

今般の改正法は、異常気象時などにおける走錨に起因する事故防止のため、

・一定の大型船を対象とする湾外避難、湾内の錨泊制限などの勧告・命令制度
・海上空港などの臨海部に立地する施設の周辺海域における走錨事故など防止のための海上交通センターからの情報提供、危険回避措置の勧告制度
・臨海部に立地する施設への衝突防止のためのバーチャルＡＩＳ航路標識の緊急表示に係る手続緩和および海上保安庁による代行表示制度

などを創設し、異常気象時などにおける船舶の走錨に起因する重大な事故の発生を防止することとしているものです。

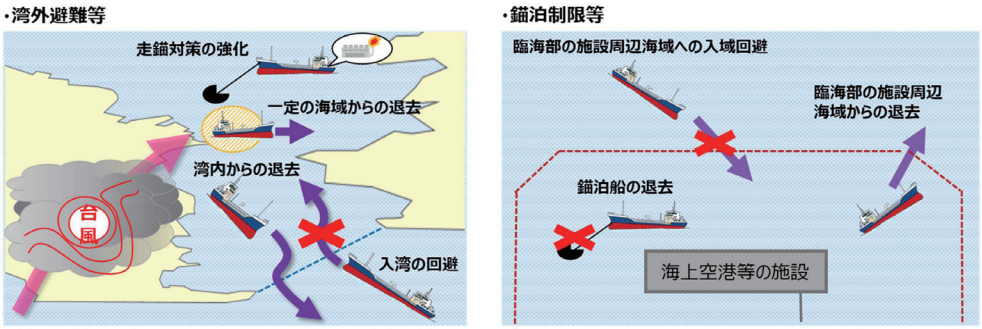
4　改正法の具体的内容

（１）湾外避難、錨泊制限などの勧告・命令制度

湾外などの安全な海域への避難の勧告・命令制度の運用に当たっては、船舶とその運航者の安全を第一に考え、十分な時間的余裕をもって、安全な海域に無理なく避難できるよう、慎重かつ的確に運用することが重要であると考えています。具体的には、特に勢力の強い台風（令和元年房総半島台風（台風第 15 号）などのような最大風速 40 ｍ / ｓ以上のものを一定の目安と考えています。）が三大湾等を直撃すると予想される場合、一定の大型船（主に船体の形状や大きな風圧面により風の影響を強く受ける船であり、目安としては長さ 160m 以上の自動車運搬専用船、コンテナ船、タンカー、長さ 200m 以上の貨物船などを想定しています。）に対し、台風の強風域が到達する２日ほど前から湾外などの安全な海域への避難を勧告することとしています。

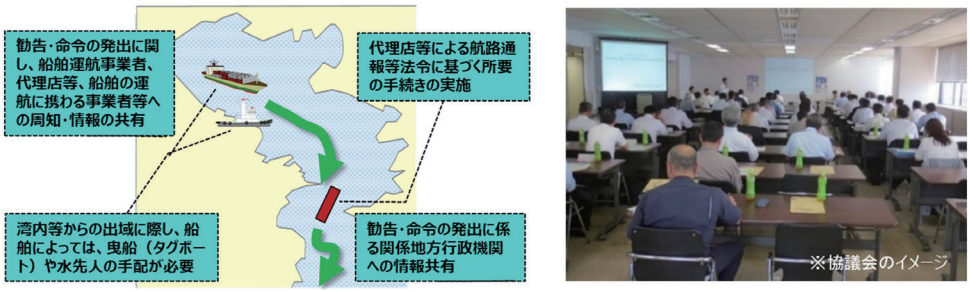
また、湾外避難の勧告に併せて、大型船など一定の船舶を対象として三大湾等への入湾の回避も勧告することとしています。

さらに、海上交通安全法が適用される海上空港などの臨海部に立地する施設の一部については、異常気象時などに、その付近で錨泊する船舶に対し、走錨に起因する事故を防止する対策を強化するために、錨泊中にエンジンを直ちに使用できるようにしておくことなど必要な措置を勧告したり、周辺海域への入域回避やその海域からの退去を勧告することとしています。



湾外避難、錨泊制限などの勧告・命令制度（イメージ）

加えて、湾外などへの避難を実施するにあたっては、対象となる船舶だけではなく、様々な関係者との連携や協力が必要となります。このため、海上保安庁長官（管区本部長）の主催により、海事・港湾関係者、行政機関で構成する協議会を湾ごとに設置（東京湾、伊勢湾にあっては１つずつ、大阪湾を含む瀬戸内海にあっては３つ程度に分割して設置することを想定しています。）し、上記（１）で述べた避難の対象となる台風、避難の時期や方法、対象となる船舶などについて、あらかじめ決めておくこととしています。この協議会を通じ、関係者の皆様には、納得のいくルール作りを事前に行っていただき、予見可能性を持って避難行動をとって頂けるものと考えています。



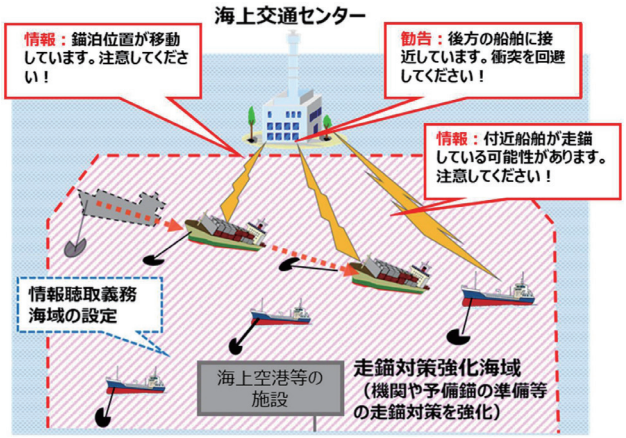
協議会における調整事項など（イメージ）

（２）走錨事故等防止のための海上交通センターからの情報提供、危険回避措置の勧告制度

台風などの異常気象時などにおいては、一定の船舶を湾外に避難させるなどの措置を講じたとしても、錨泊船が滞留することにより船舶交通の混雑が発生し、海上空港などの臨海部に立地する施設や他の船舶への衝突事故が発生するおそれのある海域があります。このような海域においては、船舶に対し、安全な航行や錨泊などに資する情報を提供し、船舶の航行などにおける判断の支援を的確に行うことが、船舶の衝突や走錨に起因する事故の防止に有効であり必要です。

そのため、海上交通安全法および港則法の改正により、臨海部に立地する海上空港などの施設の周辺海域に錨泊または航行する船舶に対し、海上交通センターから船舶の走錨のおそれなど走錨に起因する事故を防止するために必要な情報を提供し、当該情報の聴取義務を課すとともに、船舶が臨海部に立地する施設や他の船舶に著しく接近するなどの危険が生じるおそれがあると認められる場合には、危険を回避するための措置を講じるよう勧告し、必要があればその船舶がとった措置について報告を求めることとしています。

情報聴取義務を課す海域については、東京湾アクアライン周辺海域や京浜港の横浜・川崎沖を予定しており、さらに関西国際空港周辺の異常気象時などに錨泊を制限する海域の外側の海域についても、同空港などへのレーダー新設などによる監視体制強化後（令和４年度中の予定）に予定しています。

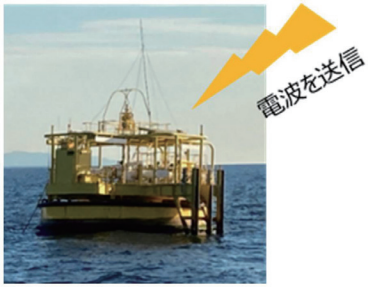


走錨事故等防止のための情報提供、危険回避措置の勧告制度（イメージ）

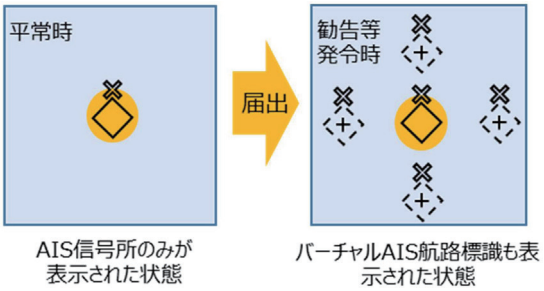
（３）臨海部に立地する施設への衝突防止のためのバーチャルＡＩＳ航路標識の緊急表示に係る手続緩和および海上保安庁による代行表示制度

異常気象時などにおいて、視界の悪化が見込まれる場合、臨海部に立地する施設などの施設管理者が、ＡＩＳ信号所に加え、その周辺の海域にバーチャルＡＩＳ航路標識（ＡＩＳ信号所から電波を発し、ブイなどとは異なる位置にあたかも航路標識が存在するようなマークを船舶の航海用レーダー画面上に表示させるもの。）を一時的に表示することにより、その施設の存在をアピールすることで、付近航行中の船舶の衝突防止を図るものであり、改正前の制度では、航路標識法に基づく変更許可が必要となり、手続上、迅速な対応ができないため、本改正で届出に緩和するものです。

なお、ＡＩＳ信号所を設置していない施設管理者であっても、バーチャルＡＩＳ航路標識の表示を海上保安庁へ委託することができます。



AIS 信号所が設置されているシーバースの例



レーダー画面のイメージ

5　おわりに

今般の改正法に基づく制度の運用に際しては、船舶運航者のみならず、船舶を利用する様々な企業や荷主の皆様の十分なご理解とご協力をいただくことが必要となります。引き続き、海上保安庁においては、今年の本格的な台風シーズンからの円滑な実施に向け、改正法の内容について広く周知※することに努め、本制度の普及と定着を図ることとしています。

本稿により、関係者の皆様の理解がより深まり、法の各規定が順守されることにより、船舶交通の一層の安全確保が図られることを期待しています。

※走錨事故防止に役立つ情報

走錨事故防止ポータルサイト

（海上保安庁交通部航行安全課）

https://www.kaiho.mlit.go.jp/mission/kaijyoukoutsu/soubyo.html

走錨事故防止に役立つ以下のような情報を掲載しています。

- 台風進路図、外洋波浪予想図
- 東京湾、伊勢湾、瀬戸内海の錨泊船舶の状況図
- 灯台等で観測した風向・風速等に関する情報
- 投揚錨作業と事故防止、台風を錨泊避航した状況等、船員教育に役立つ動画情報　等々

避難港の役割

国土交通省　港湾局計画課　町田　果歩

◆はじめに

避難港は、港湾法第 2 条第 9 項に「暴風雨に際し小型船舶が避難のため停泊することを主たる目的とし、通常貨物の積卸し又は旅客の乗降の用に供せられない港湾で政令に定めるもの」と定義された港です。台風などの荒天が予想される時、船舶運航の安全を確保するため、静穏な水域へと避難できることを目的として定められたものです。避難港は、昭和 25 年の港湾法制定当初から位置付けられ、小型船の沿岸域航行の安全性確保の観点から、全国的な配置を考慮し、昭和 26 年 1 月には 19 港が指定されています。また、その後数を増やし、現在では 36 港（全て地方港湾）が指定されています（図 1）。

近年、気象予報の精度向上により、運航の安全性は高まってきましたが、海難事故は、件数で 700 ～ 1300 件／年、隻数で 1000 ～ 1800 隻／年で推移しており、海難種類別の隻数は衝突が最も多くなっていることを踏まえると、船舶が避難する静穏な海域の確保が引き続き求められています（図 2）。本稿では、この避難港の果たしている役割について、いくつか事例を挙げながら紹介させていただきます。

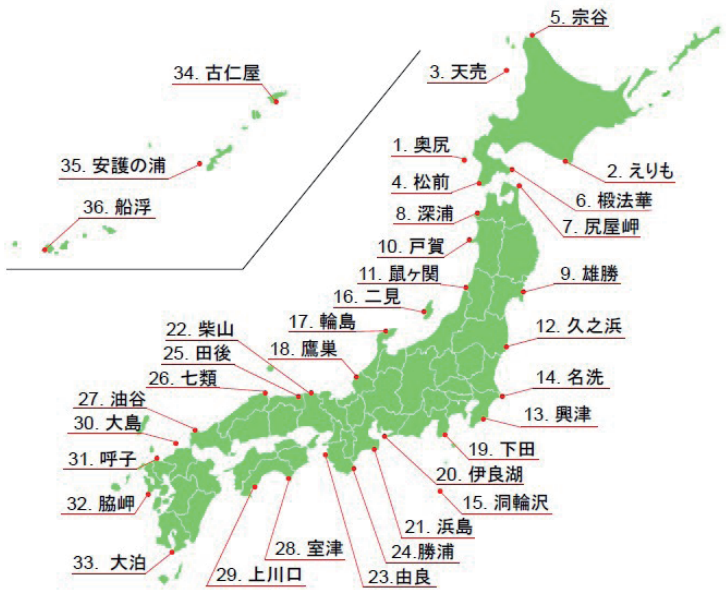


図 1　全国の避難港一覧（港湾数：36）

船舶事故の件数推移

単位：件数

年	衝突	衝突・単	乗揚	沈没	浸水	転覆	火災	爆発	船体行方不明	施設等損傷	死傷等	その他	計
2018	239	88	167	21	26	51	24	2	0	24	179	0	821
2017	200	96	181	13	22	55	27	3	0	23	143	0	763
2016	217	94	163	5	19	46	26	3	0	21	144	0	738
2015	244	102	202	5	12	56	38	3	0	20	122	1	805
2014	265	116	213	7	11	61	35	1	0	37	150	3	899
2013	264	145	210	10	25	49	33	2	0	38	163	2	941
2012	246	133	264	5	21	55	44	2	0	33	155	0	958
2011	282	145	265	12	18	56	32	1	0	23	142	1	977
2010	356	180	369	15	18	50	35	2	0	26	146	0	1197
2009	325	174	431	16	19	58	42	3	0	38	217	2	1325

船舶事故の隻数推移

単位：隻数

年	旅客船	貨物船	タンカー	漁船	引船・押船	遊漁船	瀬渡船	作業船	非自航船	公用船	プレジャーボート	水上オートバイ	その他	計
2018	63	179	52	359	47	45	7	18	33	12	229	56	14	1114
2017	45	138	53	336	54	37	3	30	40	11	234	41	5	1027
2016	53	140	45	342	44	35	7	22	33	11	213	66	6	1017
2015	47	175	60	357	49	32	7	26	43	11	245	47	10	1109
2014	49	214	63	390	82	39	5	34	55	16	224	67	14	1252
2013	48	206	64	427	93	39	4	35	69	20	243	62	17	1327
2012	61	272	58	413	84	30	8	36	57	13	221	48	8	1309
2011	49	268	91	451	83	36	6	26	48	16	217	43	20	1354
2010	80	382	98	500	116	52	6	44	76	22	225	64	16	1681
2009	79	437	72	535	146	35	4	34	96	35	228	63	23	1787

図２　海難種別海難発生隻数（出典：運輸安全委員会）

◆避難港の役割

【柴山港の事例】

柴山港は、兵庫県北部に位置し、周辺の海域は東日本～西日本～九州を結ぶ重要な航路筋にあたり、航行船舶の多い海域となっています。一方で、気象・海象条件が非常に厳しく、過去にも海難事故が多発した海域で、油の漂着など重大な被害を受けています。また、荒天時における船舶の避難に必要な水域が不足しており、船舶が避難する静穏な海域の確保が引き続き求められています。したがって、柴山港沖を含む海域を航行する船舶に対し、同じエリアに存在する田後港および鳥取港とともに荒天時に静穏な避泊場所を確保することが重要です（図 3）。

写真出典：近畿地方整備局

図３　柴山港の概要（周辺広域図（左）および避難状況（右））

こうした背景から、柴山港においては、100GT ～ 1000GT の船舶を対象として、海難による損失を減少させることを目的として、泊地および防波堤の整備事業を実施しています（図 4）。泊地（-6m）および泊地（-7m）については既に整備済みであり、現時点では全体計画に対して泊地（-6m）の 100 ～ 500GT の船舶 1 隻分の避泊水域が確保され

ています。外防波堤（西）は現在整備中であり、令和 12 年度完成に向け着実な事業進捗を図っています。また、防波堤整備にあたっては、防波堤建設現場が水深 30m と大水深であることや設計波高が 9.7m と高いことを踏まえ、新構造の二重円筒ケーソンを採用しており、全国的にも珍しい構造となっています（図 5）。

事業実施にあたっては、漁船の航行安全性の確保、港内の環境影響の把握を行い、地元住民・漁業関係者などと十分に協議調整しながら整備を行うこととしています。

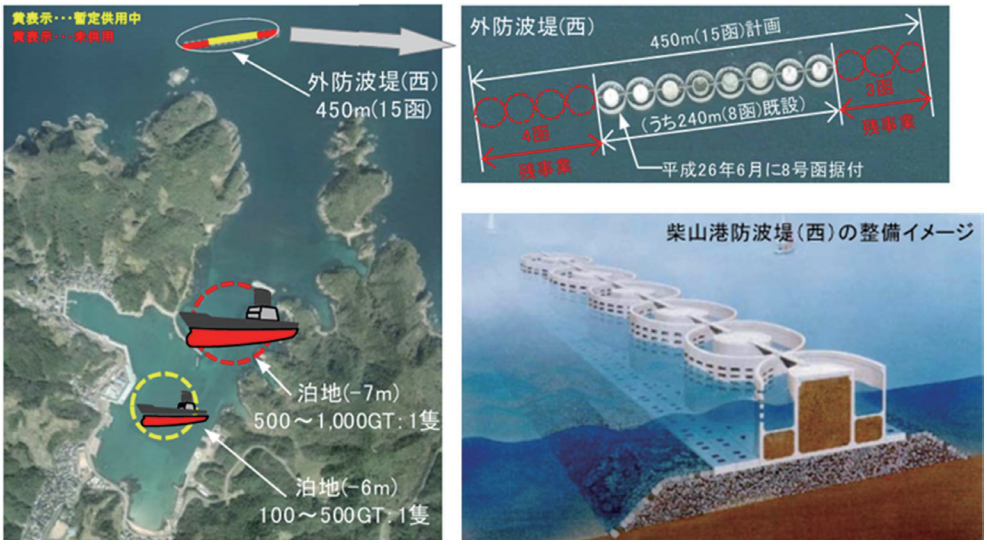


図 4　柴山港防波堤整備事業

写真出典：近畿地方整備局

図 5　現地における二重円筒ケーソン式防波堤

【下田港の事例】

下田港は、伊豆半島の先端に位置しており、古くは 1854 年の日米和親条約による開港で知られる歴史の深い港です（図 6）。その沖合の海域は、年間約 11 万隻の貨物船が航行する海上交通の要衝となっています。下田港周辺海域は、気象・海象条件が厳しく船舶航行上の難所として知られ、古来より荒天時における船舶の避難場所として利用されてきました。現在でも、気象・海象が原因の海難事故がたびたび発生しており、海運事業者などからは、船舶避難水域の確保について要望があります。さらに、下田港およびその背後地は古くから津波により繰り返し被災しており、津波対策は地域における重要な課題となっています。下田港の背後に位置する下田市は、観光地として人気が非常に高いことも踏まえると、大規模地震によって引き起こされる津波の及ぼす被害は地域住民への影響、家屋、施設の倒壊などは当然のことながら、観光への被害も甚大なものと思われます。

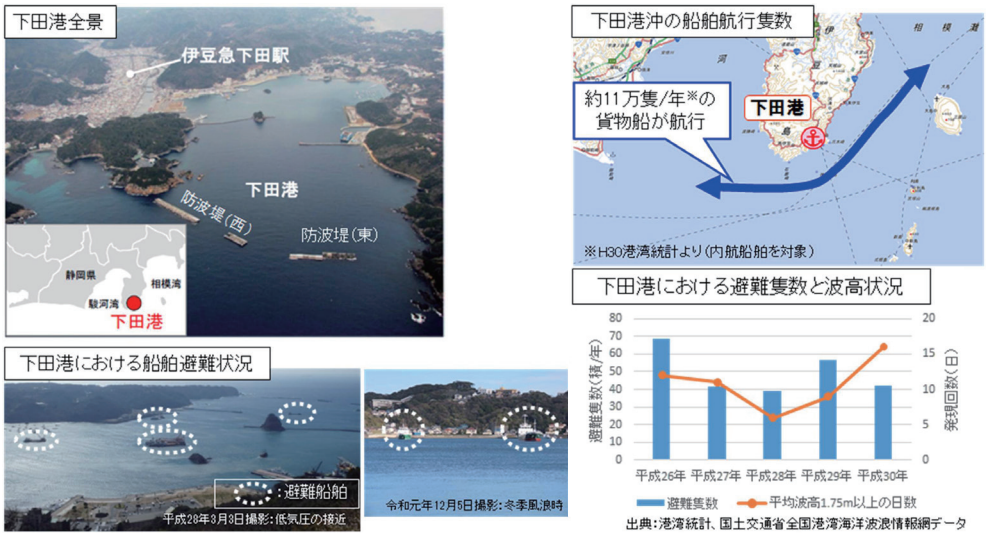
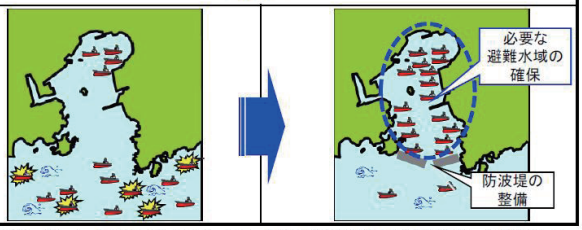


図 6　下田港の概要

こうした状況を踏まえ、下田港において昭和 55 年度より防波堤整備事業が実施されています。本事業の実施により、防波堤の整備を行うことで、整備前に 4 隻であった避難可能隻数が 16 隻と増加し、荒天時における海難事故による船舶の損失被害を回避することが可能となります（図 7）。

	Without時（整備前）	With時（整備後）
避難可能隻数	4隻	16隻
便益対象隻数	0隻	12隻
海難事故による船舶1隻あたりの損失額	2.5億円/隻	
年間荒天回数※	8.6回/年	
避難可能隻数 ：避難船舶 （船型：100-500トン）		

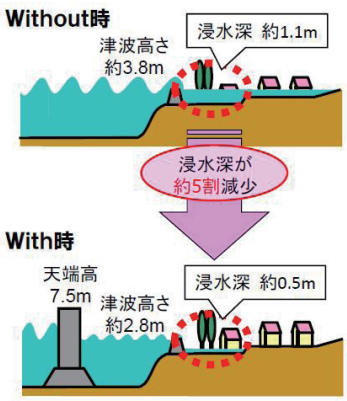
※年間荒天回数：本州南岸エリア（房総半島から四国までの範囲）において、1年間のうち波高1．75mを超える波（海難の可能性が増大する波高）が発生する想定回数 （港湾投資の評価に関する解説書2011（港湾事業評価手法に関する研究委員会））

図７　海難事故による船舶の損失被害回避

さらに、「発生頻度の高い津波」として想定している東海地震に対して、陸域の海岸保全施設（防潮堤）と一体となって背後市街地を防護することが可能となります。これにより、浸水面積が約５割減少し、家屋などの資産に対する減災効果が期待できます（図 8）。

事業効果のイメージ

・東海地震に伴う津波を想定
・下田市役所（右図中「★」印箇所）の浸水深を例示



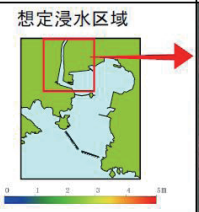
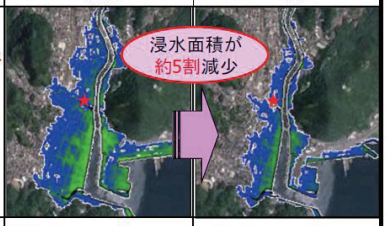
	Without時（整備前）	With時（整備後）
浸水面積	64.0ha	35.2ha
津波による浸水被害額	805億円	362億円
被害軽減額	0億円	442億円
想定浸水区域		
想定浸水区域内人口	約1,800人	約900人

図８　下田港防波堤整備による浸水被害軽減効果

その他にも、沖合の防波堤整備により、荒天時の港内停泊やテンダーボートの利用が可能となったことにより、平成 28 年 4 月には、フランスの客船ポナン社運航のハイグレード客船「ル・ソレアル」が入港し、地域経済に大きな効果がみられました。また、静穏性が高い広大な水域が確保されることによって、平成 29 年にはフリーダイビング国際大会が開催されるなど、各種イベントを開催する上での優位性の向上などが期待されています。

【輪島港の事例】

輪島港は能登半島の北部に位置し、古くから北海道～九州を往来する船舶の寄港地として繁栄してきました。一方で、輪島港が位置する能登半島の沖合は、古くから航海の難所として知られる海象の急変地帯であり、周辺海域（糸魚川（新潟県）～経ヶ岬（京都府））では年間 33 件（平成 20 ～平成 28 年平均）の海難が発生しています。

このような状況を踏まえ、「輪島港輪島崎地区避難港整備事業」が実施されており、避難港である輪島港において、暴風や波浪に小型船が危険にさらされた時、安全に避泊できる水域を確保するため防波堤を整備しています（図 9）。第 4 防波堤は平成 22 年度に完成済みであり、第 6 防波堤は平成 21 年度に整備を開始しています。

本事業の実施により、海難減少に伴う損失の回避が期待されており、輪島港内に避泊水域が確保されることによって荒天時に 7 隻の避泊が可能となります。また、船だまりや港口付近の静穏性確保により、漁船などの係留、航行の安全性の向上が期待できます。

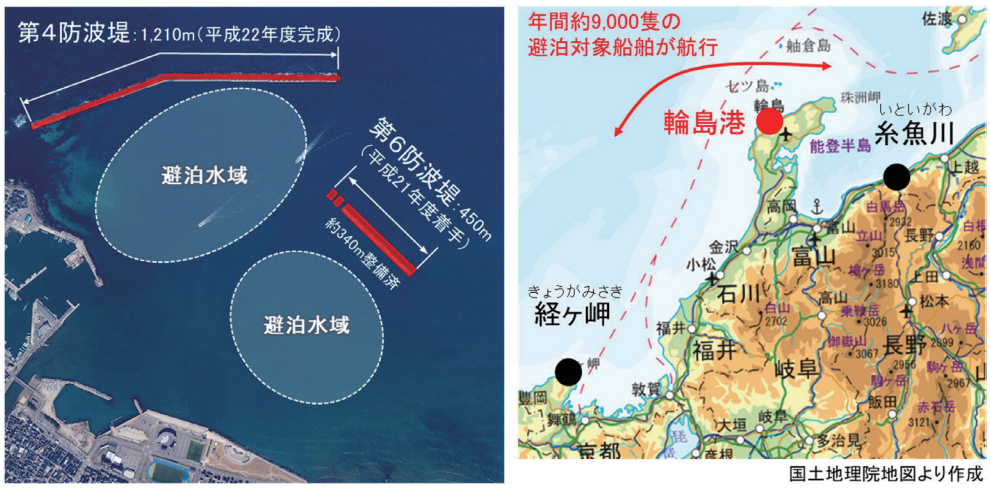


図 9　輪島港の施設概要（左）および輪島港周辺広域図（右）

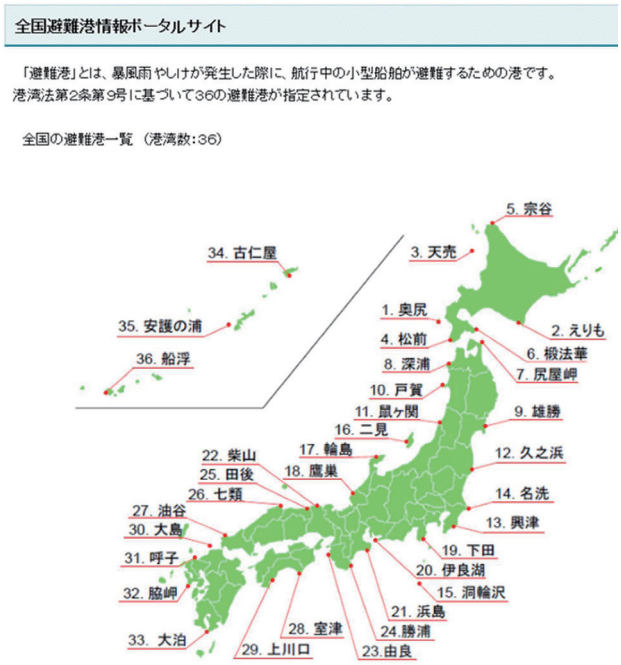
また、防波堤の整備は避泊水域の確保だけでなく、みなとの賑わい創出にも大きく寄与しています。輪島港は避難港でありながらクルーズ船が寄港し、背後圏に「輪島朝市」、「白米千枚田」をはじめとする豊富な観光資源を抱えています。平成 5 年には、港を中心とした地場産業や漆文化の振興を図ることを目的に、輪島港マリンタウンプロジェクトが発足し、平成 22 年 5 月に旅客船岸壁（水深 7.5m）の供用を開始、平成 27 年 3 月には同プロジェクトの完成式を行いました。

防波堤が整備されることで、旅客船岸壁接岸時の安定性が確保され、クルーズ船の安定的な入港が可能となります。避難港の役割と併せて、港を核とした更なる交流機会の拡大による地域産業の安定・発展にも期待されています。（図 10）

図 10　輪島港に寄港するクルーズ船「にっぽん丸」

◆おわりに

上記でご紹介させていただいたとおり、避難港は安全な航行船舶の避難場所の確保といった面で非常に重要な役割を果たしており、同時に背後地の防災や地域振興にも貢献しています。国土交通省では、港湾利用者からの要望を踏まえ、平成 28 年 6 月に、避難港に関する情報提供ツールとして、「全国避難港情報ポータルサイト」を開設しました（図 11）。当サイトでは、全国 36 港の避難港について、位置・写真・利用可能な港湾施設などの基礎データなどを掲載しています。これらの取組を通じて、引き続き安全で効率的な船舶運航を支援してまいりたいと考えております。



全国の避難港一覧表

No	都道府県名	港名
1	北海道	奥尻港（おくしり）
2	北海道	えりも港（えりも）
3	北海道	天売港（てうり）
4	北海道	松前港（まつまえ）
5	北海道	宗谷港（そうや）
6	北海道	椴法華港（とどほっけ）
7	青森県	尻屋岬港（しりやみさき）
8	青森県	深浦港（ふかうら）
9	宮城県	雄勝港（おがつ）
10	秋田県	戸賀港（とが）
11	山形県	鼠ヶ関港（ねずがせき）
12	福島県	久之浜港（ひさのはま）
13	千葉県	興津港（おきつ）
14	千葉県	名洗港（なあらい）
15	東京都	洞輪沢港（ぼらわざわ）
16	新潟県	二見港（ふたみ）
17	石川県	輪島港（わじま）
18	福井県	鷹巣港（たかす）
19	静岡県	下田港（しもだ）
20	愛知県	伊良湖港（いらご）
21	三重県	浜島港（はまじま）
22	兵庫県	柴山港（しばやま）
23	和歌山県	由良港（ゆら）
24	和歌山県	勝浦港（かつうら）
25	鳥取県	田後港（たじり）
26	島根県	七類港（しちるい）
27	山口県	油谷港（ゆや）
28	高知県	室津港（むろつ）
29	高知県	上川口港（かみかわぐち）
30	福岡県	大島港（おおしま）
31	佐賀県	呼子港（よぶこ）
32	長崎県	脇岬港（わきみさき）
33	鹿児島県	大泊港（おおどまり）
34	鹿児島県	古仁屋港（ここにや）
35	沖縄県	安護の浦港（あごのうら）
36	沖縄県	船浮港（ふなうき）

図 11　全国避難港ポータルサイト（https://www.mlit.go.jp/kowan/kowan_fr1_000085.html）

顕著台風に伴う高潮の将来気候シミュレーション

岐阜大学　工学部応用気象研究センター　センター長　吉野 純

◆はじめに

1959 年 9 月の台風 15 号 (通称：伊勢湾台風) により伊勢湾周辺地域に大規模な高潮災害が発生した。気象庁の記録によれば、この台風は、最低気圧 895 hPa を記録した猛烈な勢力の台風で、中心気圧約 930 hPa で紀伊半島に上陸した。上陸後には、60 km/h と速度を上げて北北東に進み、伊勢湾湾奥の名古屋港で最大潮位偏差 3.55 m の高潮をもたらした。この記録は、60 年が過ぎた現在でも国内の既往最大潮位であり、日本全国の港湾整備の計画高潮位として用いられているが、将来の地球温暖化の影響を考慮に入れた適切な見直しが急務となっている。

IPCC 第 5 次報告書でも指摘されているように、温暖化の進行により台風強度は増大し、それに伴う沿岸域の高潮被害のリスクもより増大するものと懸念されている。 一方で、21 世紀末における強い熱帯低気圧の活動度の増加の可能性については、発生確率 50 ～ 100%で「どちらかと言えば (more likely than not)」と明言を避けており、依然として評価に対する不確実性は大きい。全国各地の港湾や沿岸の設計外力を適切に見直していく上で、温暖化が日本に上陸する台風に及ぼす影響を物理的に評価する必要があるだろう。

温暖化の影響を物理的に考慮に入れて台風特性（台風の強度や進路）を評価するためには、低解像度な全球気候モデル (以降、GCM) の出力では大きな誤差を伴う可能性があるため、GCM の出力から領域気候モデル (以降、RCM) による力学的ダウスケーリング (以降、DS）を適用する必要がある。GCM は、気象庁における週間天気予報や 1 ヶ月予報といった中長期予報に利用され、RCM は、気象庁における今日明日の天気予報といった短期予報に利用されている。ここで RCM を用いる力学的 DS には、さらに直接 DS と擬似温暖化 DS に分類でき、計算機資源の制約がないならば、低解像度な GCM から高解像度な RCM により直接細かく計算する直接 DS の方がより精度が高いと考えられる。しかし、直接 DS の場合、高解像度な RCM により多数の台風を対象とする長期間実験を行う必要があるため計算コストが極めて高くなるという制約がある。一方で、擬似温暖化 DS の場合には、GCM により出力される月平均場から将来気候と現在気候の間の温暖化差分を計算して、それを現在気候実験 (例えば、伊勢湾台風の再現実験）の初期値・境界値に加算することで実現するため計算コストが低くなるという利点がある。

これまでに著者らの先行研究 [1)] により、擬似温暖化 DS に基づいて、伊勢湾台風を対象事例として、SRES A1B シナリオの 2099 年 9 月（世界平均の気温上昇は +2.8℃）を想定した多数の進路アンサンブル実験を行い、名古屋港における可能最大高潮の評価している。その結果、温暖化の影響により、将来気候下の伊勢湾台風は紀伊半島上陸時の中心

気圧は約 905 hPa まで強まり、名古屋港における可能最大高潮は 6.9 m にも達することを指摘している。しかしながら、擬似温暖化 DS は、「台風の強度」に対しては温暖化の影響を評価できるが、「台風の進路」に対しては現在気候の台風進路（伊勢湾台風の進路）と同じであるという仮定がなされている。そのため、結果の妥当性については疑問が残されている。将来気候下においては、台風の移動速度が低下することが指摘されており [2]、現在気候に比べてより長時間にわたって強大化した台風の影響を受けて、高潮・高波・強風・大雨による被害は一層拡大することが懸念されることから、この仮定は大きな誤差に繋がるものと懸念される。

本稿では、著者らにより開発された高解像度台風モデルと高潮モデルを用いることで、より近似の少ない直接 DS に基づいて、現在気候および将来気候において伊勢湾に接近する顕著台風に対して進路アンサンブル実験を行った結果 [3] について紹介し、伊勢湾における最大規模台風による可能最大高潮の将来変化の特徴について議論する。

◆顕著台風と高潮の数値計算

本研究では、図 1 の計算フローに従い、2 段階の直接 DS の進路アンサンブル実験を行い、現在気候と将来気候における伊勢湾の可能最大高潮を評価する。

・使用するデータ

使用する入力データは、気象庁気象研究所によって開発された水平解像度約 20 km の全球気候モデル MRI-AGCM3.2S による、現在気候（1980 ～ 2000 年）および将来気候 (2076 ～ 2096 年) の各 20 年間の全球気候データベース (以降、AGCM20) である。将来気候の計算には、RCP8.5 シナリオ (放射強制力の上昇が続き、全球平均気温が +2.6 ～ 4.8 ℃上昇する高位参照シナリオ) が想定されている。この AGCM20 から、さらに水平解像度 5 km の地域気候モデル NHRCM による直接ダウンスケーリングが適用された地域気候データベース (以降、RCM05) を本研究の入力条件として使用する [4]。RCM05 の中の気温、気圧、東西風速、南北風速、相対湿度、地面温度 (海水面温度) を 3 時間毎に抽出して、高解像度台風モデルへの初期値・境界値とする。

現在気候と将来気候の RCM05 から、それぞれ、太平洋沿岸の 133 ～ 144° E、33 ～ 35° N の範囲を通過する中心気圧の最も低い台風から順に複数個抽出し、その中から伊勢湾台風のように北よりの進路をとった事例を計算対象として 1 つずつ選定する。現在気候については、1990 年 7 月に紀伊半島に上陸する台風 (上陸時中心気圧 936 hPa) を対

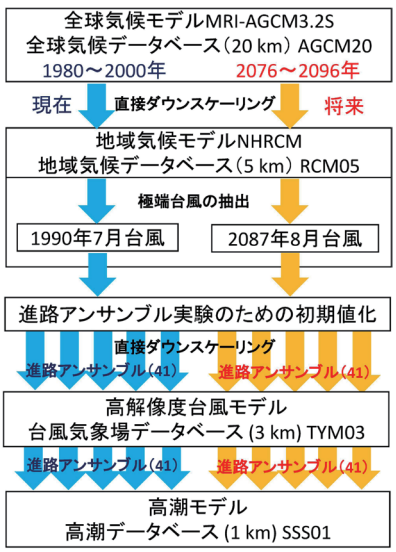


図 1：計算フロー

象とし、抽出期間は 1990 年 7 月 24 日 0 時～同 25 日 00 時 UTC の計 24 時間とする。また、将来気候については、2087 年 8 月に紀伊半島に上陸する台風 (上陸時中心気圧 919 hPa) を対象とし、抽出期間は 2087 年 7 月 2 日 0 時～同 4 日 21 時 UTC の計 69 時間とする。

・高解像度台風モデルと高潮モデル

RCM05 から抽出された顕著台風を対象として、水平解像度 3 km の高解像度台風モデルによる直接 DS を行う。これは、領域気候モデル PSU/NCAR MM5 をベースとしている。MM5 は、非静力学平衡・完全圧縮・非膨張系プリミティブ方程式モデルである。この MM5 に対して、猛烈な勢力を持つ台風を表現する上で不可欠となる海洋混合層過程 (強風下における鉛直混合による海水面温度低下を表現する)、粘性散逸加熱過程（強風下における粘性散逸による非断熱加熱を表現する)、および波飛沫蒸発過程（暴浪下における波飛沫の蒸発による加湿と冷却を表現する）といった詳細な海面境界過程を組み込むことで、台風強度の再現性を高めている。さらに、台風強度や内部構造を高解像度かつ高効率に計算できる自動移動ネスティングを導入している。

計算領域は、台風の周辺環境場を表現する 9 km メッシュ領域 (D1) の中に、台風の内部コアの構造を表現できる 3 km メッシュ領域 (D2) を初期の台風中心に置く。D2 は自動移動ネスティングであり、台風中心の移動を自動的に追尾することで、台風の内部構造を高効率かつ高解像度に表現できる。また、伊勢湾周辺の地形を考慮した海上気象場を表現できる 3 km メッシュ領域 (D3) を固定して置き、高潮モデルのための台風気象場データベース (以降、TYM03) を作成する。

さらに、TYM03 の出力を海面境界条件として水平解像度 1 km の高潮モデルによる計算を行う。これは、鉛直 1 層の非線形長波方程式 (運動方程式および連続式) により構成され、運動方程式は移流項、コリオリ項、水面勾配項、圧力勾配項、風応力項、底面摩擦項、および、水平拡散項が考慮されている。伊勢湾と三河湾をカバーする領域を設定する。海面において、TYM03 から海面気圧場および風速ベクトル場が入力される。高潮モデルから出力される潮位偏差と流速ベクトルからなる高潮データベース (以降、SSS01) から可能最大高潮を評価する。

・進路アンサンブル実験

前述の RCM05 より抽出された顕著台風は必ずしも伊勢湾に最悪の進路で接近しているわけではない。そこで最悪規模の台風が伊勢湾に最悪の進路で接近した場合に生じる最悪の高潮 (可能最大高潮) を評価するために、前述の高解像度台風モデルと高潮モデルを用いて進路アンサンブル実験を行う。

進路アンサンブル実験を行うために、RCM05 の出力を東西方向に平行にずらすことで高解像度台風モデルのための初期値・境界値を多数作成する。具体的には、現在気候の場合は、実際の位置から東西方向に 0.05°刻みで気象場をずらして -1.0°～± 0° (基準ケース) ～ +1.0°の範囲で多数の初期値を作成し、現在気候の顕著台風が様々な進路で紀伊

半島に上陸する計 41 ケースの進路アンサンブル実験を行う。将来気候の場合は、実際の位置から東方向に 0.05°刻みで気象場をずらして± 0°（基準ケース）～ +2.0°の範囲で多数の初期値を作成し、同様に将来気候の顕著台風が様々な進路で紀伊半島に上陸する計 41 ケースの進路アンサンブル実験を行う。

◆現在気候の顕著台風と高潮

まず、現在気候の進路アンサンブル実験の結果について議論する。図 2a は、現在気候の計 41 ケースの進路アンサンブル実験の台風進路を示す。図 3a は、現在気候の計 41 ケースの台風の中心気圧の時系列を示す。図 4a と図 5a は、それぞれ、名古屋港と津港における現在気候の計 41 ケースの風速（10 m 高度）の時系列を示す。図 6a と図 7a は、それぞれ、名古屋港と津港における現在気候の計 41 ケースの潮位偏差の時系列を示す。これらの図中の太黒線は基準ケースであり、黄色線は名古屋港で最大潮位を記録したケースを示す。

現在気候の顕著台風は、約 40 km/h の速度で北北西の方向に進行し、上陸時中心気圧は伊勢湾台風に匹敵する約 940 hPa となった。ケース間のばらつきは小さい。名古屋港

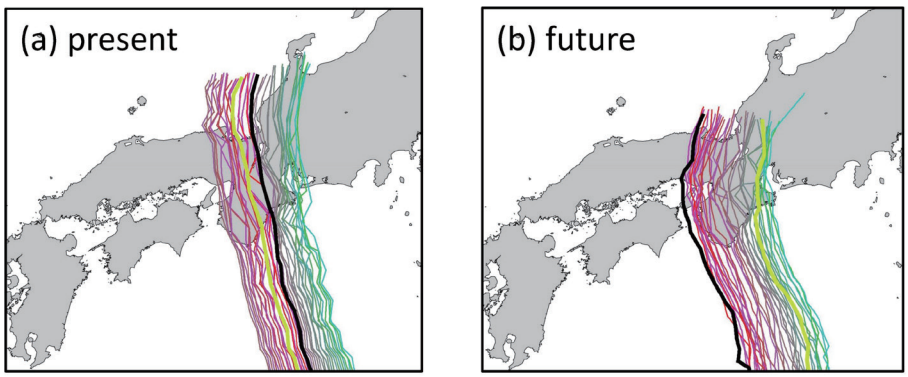


図 2 : (a) 現在気候と (b) 将来気候の計 41 ケースの進路アンサンブル実験の進路図 （黒線 : 基準ケース、黄線 : 名古屋港最悪ケース）。

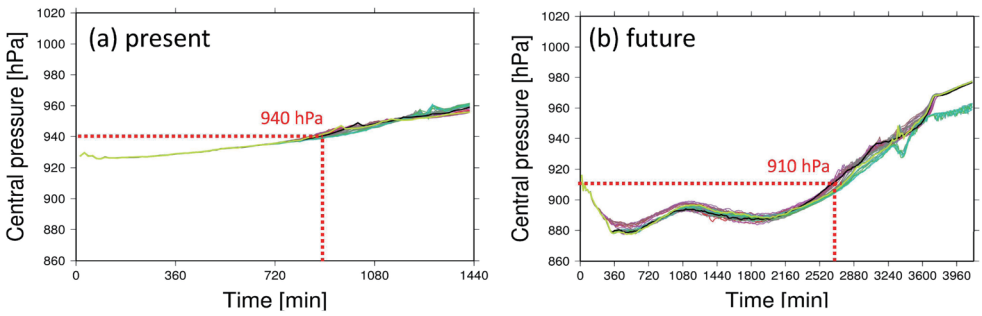


図 3: (a) 現在気候と (b) 将来気候の計 41 ケースの進路アンサンブル実験の中心気圧の時系列 （黒線 : 基準ケース、黄線 : 名古屋港最悪ケース）。

では、可能最大風速は 41 m/s となり、名古屋港での可能最大高潮 (最大潮位偏差の極値) は約 4.1 m に達し、先行研究 [1] の擬似温暖化 DS と同様に最悪の進路では伊勢湾台風で観測された潮位偏差 (3.55 m) を超える規模となることが明らかとなった。一方で、津港では、可能最大風速は 41 m/s と名古屋港とほぼ同じであったが、伊勢湾西部に位置するため津港での可能最大高潮は約 3.0m と名古屋港に比べて 1m 近く下回る結果となった。この台風の最大風速半径は約 80 km と比較的大きく、どちらかと言えば紀伊半島の西側を上陸するケース (図中の赤線) で最大潮位偏差が高くなった。

図 8a は、現在気候の計 41 ケースの伊勢湾内の可能最大高潮 (最大潮位偏差の極値) の分布を示す。可能最大高潮は、名古屋港で 3.9 m、津で 3.0 m となり、伊勢湾湾奥ほど最大潮位偏差が大きくなっている。台風進行方向の右側の強い南風により海水が伊勢湾湾奥へと吹き寄せられ名古屋港で潮位上昇が起こりやすい状態にあったと考えられる。

◆将来気候の顕著台風と高潮

次に、将来気候の進路アンサンブル実験の結果について議論する。図 2b は、将来気候

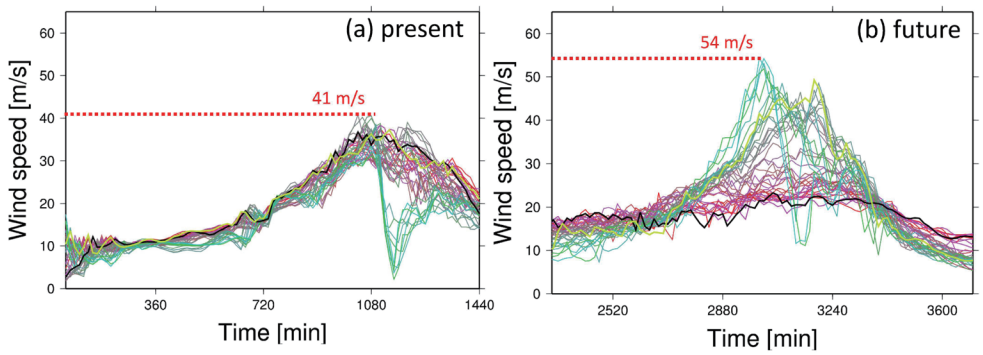


図 4: (a) 現在気候と (b) 将来気候の計 41 ケースの進路アンサンブル実験の名古屋港の風速 (10m 高度) の時系列（黒線：基準ケース、黄線：名古屋港最悪ケース)。

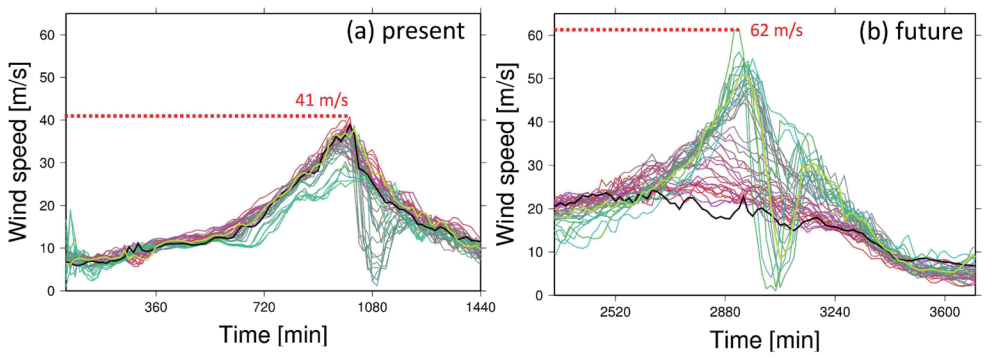


図 5: (a) 現在気候と (b) 将来気候の計 41 ケースの進路アンサンブル実験の津港の風速 (10m 高度) の時系列（黒線：基準ケース、黄線：名古屋港最悪ケース)。

の計 41 ケースの進路アンサンブル実験の台風進路を示す。図 3b は、将来気候の計 41 ケースの台風の中心気圧の時系列を示す。図 4b と図 5b は、それぞれ、名古屋港と津港における将来気候の計 41 ケースの風速（10 m 高度）の時系列を示す。図 6b と図 7b は、それぞれ、名古屋港と津港における現在気候の計 41 ケースの潮位偏差の時系列を示す。これらの図中の太黒線は基準ケースであり、黄色線は名古屋港で最大潮位を記録したケースを示す。

将来気候の顕著台風は、約 20 km/h の速度で北北西の方向に進行し、上陸時中心気圧は室戸台風クラスの約 910 hPa となった。ケース間のばらつきは大きい。これらの結果は、先行研究 [1] の擬似温暖化 DS の結果とほぼ整合しており、将来気候下で紀伊半島に上陸する最大規模台風の強度は現在気候に比べて大幅に増大すると言える。また、名古屋港での可能最大風速は約 54 m/s（将来変化量は +13 m/s）となり、名古屋港での可能最大高潮は約 4.6 m（将来変化量は +0.7 m）となった。この数値は、先行研究 [1] の擬似温暖化 DS による可能最大高潮と比べて -2.3 m の過小評価となった。一方で、津港での可能最大風速は約 62 m/s（将来変化量は +21 m/s）と名古屋港に比べて +8 m/s ほど大き

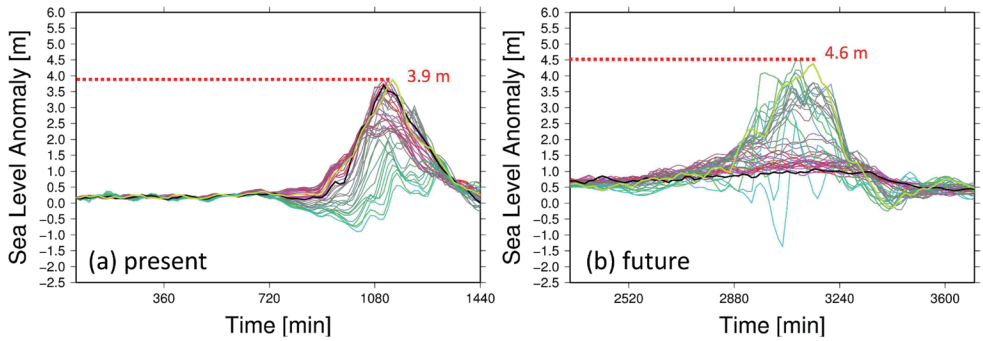


図 6: (a) 現在気候と (b) 将来気候の計 41 ケースの進路アンサンブル実験の名古屋港の潮位偏差の時系列
（黒線：基準ケース、黄線：名古屋港最悪ケース）。

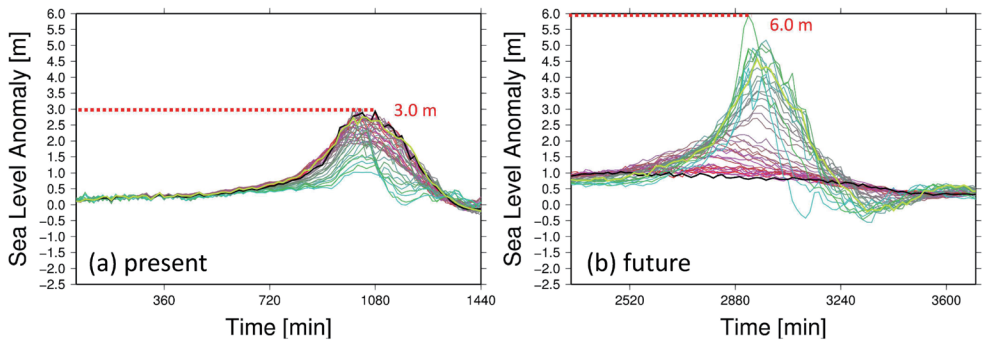


図 7: (a) 現在気候と (b) 将来気候の計 41 ケースの進路アンサンブル実験の津港の潮位偏差の時系列
（黒線：基準ケース、黄線：名古屋港最悪ケース）。

く、津港での可能最大高潮は約 6.0m（将来変化量は +3.0 m）となり名古屋港に比べて +1.5 m 近く上回る結果となった。この台風の最大風速半径は約 40 km であり、どちらかと言えば、紀伊半島の東側を上陸するケース (緑線) において最大潮位偏差が高くなる傾向にあると言える。

図 8b は、将来気候の計 41 ケースの伊勢湾内の可能最大高潮 (最大潮位偏差の極値) の分布を示す。可能最大高潮は、伊勢湾と三河湾の全体で 3.0 m を超え、名古屋港で 4.6 m、津で 6.0 m となり、現在気候の結果とは大きく異なり、伊勢湾湾奥の名古屋港よりも伊勢湾西部の津港で潮位上昇が顕著となり、将来気候下における巨大高潮のリスクは名古屋港を上回ることが明らかとなった。台風進行方向の前面の強い東風によって、三重県側に海水が吹き寄せられて、顕著な潮位上昇が生じるものと考えられる。以上の将来気候の直接 DS の結果は、先行研究 [1] の擬似温暖化 DS の結果とは大きく異なるものとなった。

◆直接 DS と擬似温暖化 DS の高潮

ここで、本研究の直接 DS による将来気候の名古屋港の可能最大高潮 (4.6 m) が、先行研究 [1] の擬似温暖化 DS による名古屋港の可能最大高潮 (6.9 m) と比べて大幅に過小評価となった理由について考察する。

本研究の直接 DS と先行研究 [1] の擬似温暖化 DS で表現された将来気候の台風を比較すると、台風強度には大きな差は見られなかったが、台風進路（特に進行速度）については大きな差が生じた。先行研究 [2] で指摘されているように、将来気候下の台風は進行速度が低下すると考えられている。本研究の直接 DS の台風の進行速度も約 20 km/h とゆっ

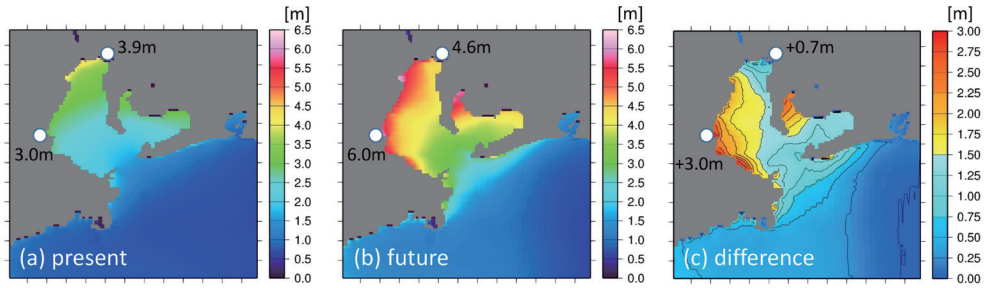


図 8: (a) 現在気候と (b) 将来気候の計 41 ケースの進路アンサンブル実験の名古屋港の可能最大高潮の分布。

表 1 ：将来気候 (直接 DS)、将来気候 (擬似温暖化 DS) 、現在気候 (直接 DS) 、および、伊勢湾台風の伊勢湾湾奥での進行波周期と増幅率。

	中心気圧 [hPa]	最大風速半径 [km]	暴風域半径 [km]	進行速度 [km/h]	進行波周期 [h]	増幅率
将来気候（直接DS）	910	40	260	20	**26.0**	**1.06**
将来気候（擬似温暖化DS）	905	50	320	60	**10.7**	**1.46**
現在気候（直接DS）	940	80	300	40	**15.0**	**1.20**
伊勢湾台風	930	75	330	60	**11.0**	**1.43**

くりと進行したが、擬似温暖化 DS の台風は伊勢湾台風の進行速度である約 60 km/h と同じ速さであるという仮定がなされていた。このような台風の進行速度の 3 倍もの差が、名古屋港での可能最大高潮の差に繋がったと推察される。

ここで、台風の進行速度の違いが高潮に影響する理由の 1 つとして「湾水振動」が考えられる。伊勢湾を矩形湾として見なせるとすると、湾の固有振動周期T_Bは、次のように、

$$T_B = \frac{4L}{\sqrt{gh}} \tag{1}$$

と表現される。ここで、Lは伊勢湾の長さ (～ 70 km)、hは伊勢湾の深さ (～ 20 m)、gは重力加速度 (=9.8 m/s^2) を示す。この式 (1) より、伊勢湾の固有振動周期は約 5.6 時間と推定される。

また、周期 T_E の進行波の湾奥における共振増幅率Rは、

$$R = \left[\cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{T_B}{T_E} \right) \right]^{-1} \tag{2}$$

と表現される。移動する台風を孤立波として考え、その進行波周期 (ここでは、暴風域直径／進行速度と定義する) と伊勢湾湾奥での共振増幅率を表 1 に示す。なお、この表中の暴風域直径（最大風速 25 m/s 以上の円の直径）は Myers の式により推定されている。

本研究の直接 DS による将来気候の顕著台風については、進行波周期は 26.0 時間、共振増幅率は 1.06 となり、一方で、先行研究 [1] の擬似温暖化 DS による将来気候の顕著台風については、進行波周期は 10.7 時間、共振増幅率は 1.46 となった。進行速度の大きな台風の通過により、湾内で共振が発生し、伊勢湾湾奥の高潮は大きく増幅される可能性がある。つまり、擬似温暖化 DS の近似 (伊勢湾台風の進行速度と同じ) により、可能最大高潮の算定に大きな誤差が生じる可能性があると言い換えられる。また、直接 DS による将来気候の顕著台風の共振増幅率は、直接 DS による現在気候の顕著台風や伊勢湾台風の共振増幅率と比べてかなり小さく、温暖化の進行に伴い台風の進行速度が減少することで、伊勢湾湾奥の名古屋港の高潮の増幅は抑制されるものと考察される。

◆名古屋港と津港の高潮

次に、本研究の直接 DS による将来気候の津港の可能最大高潮 (6.0 m) が、同じく直接 DS による将来気候の名古屋港の可能最大高潮（4.6 m）に比べて大幅に増大した理由について考察する。

伊勢湾西部に位置する津港においては、将来気候の顕著台風によって最大風速約 62m/s の猛烈な風がもたらされている（図 5b)。この将来気候の顕著台風は、最大風速半径約 40km であり、現在気候（約 80 km）と比べてかなりコンパクトな台風であった。そして、中でも津港において可能最大高潮をもたらした顕著台風の進路は、紀伊半島に上陸せずに

伊勢湾西部付近にそのまま直撃する進路をとっていた（図 2b の緑線）。つまり、陸地による影響が最小限となる進路で津港に接近したために、60 m/s を超える猛烈な東風が卓越できたと考えられる。これにより、津港では、風による海水の吹き寄せが生じることで高潮（6.0 m）が発生したものと考察される。

そして、この将来気候の顕著台風は、津港を通過しさらに北上することで、徐々に周囲の陸地の影響を受けて減衰し、可能最大風速は約 54 m/s まで低下している（図 4b）。この進路で接近する台風は、伊勢湾湾奥に位置する名古屋港付近に接近するまでに、陸地の粗度の影響を受けてある程度減衰するものと考えられる。さらに、名古屋港付近は東風の卓越により海水の吹き寄せが生じにくい位置にあるため、津港ほどの顕著な高潮は発生しなかったものと考察される。

一方、この将来気候の顕著台風が伊勢湾の西側を通過すれば（図 2b の黄色線）、台風に伴う強い南風により、名古屋港でより強い吹き寄せ効果に伴う高潮が発生すると想像されるが、この進路で接近する台風は、陸地（紀伊半島）の粗度の影響をさらに長時間にわたって受けることになり、台風強度はより減衰しやすくなるだけでなく、前述したように台風の進行速度が遅いために湾水振動による増幅も抑制されることになるため、名古屋港の高潮（4.5m）は津港ほど高くならなかったと考察される。

◆将来気候の台風への備え

本研究では、GCM から RCM による直接 DS に基づいて、現在気候および将来気候における伊勢湾に接近する最大規模台風による高潮の進路アンサンブル実験を行うことで、伊勢湾における可能最大高潮の将来変化を評価した。

現在気候における名古屋港の可能最大高潮は 3.9 m となるのに対して、将来気候における名古屋港の可能最大高潮は 4.6 m となり、先行研究の擬似温暖化 DS の可能最大高潮6.9 mに比べて -2.3 mと大幅に下回る数値となった。将来気候下の台風の移動速度 (約 20 km/h) は現在気候下の移動速度 (約 40 km/h) に比べてかなり遅く、伊勢湾の固有振動周期と台風の進行波周期に大きな差が生じたために、伊勢湾湾奥に位置する名古屋港での可能最大高潮の増大を抑制する結果となった。

一方で、伊勢湾西部の三重県沿岸部では、現在気候の可能最大高潮は 3.0 m であるのに対して、将来気候の可能最大高潮は 6.0m となり、将来変化量は +3.0 m と大幅に増大することが明らかとなった。将来気候下のコンパクトで猛烈な台風が紀伊半島に上陸せずに勢力を維持したまま伊勢湾西部付近に直撃する進路を取ることで、最大風速 60 m/s を超える東風が伊勢湾内に卓越し、将来気候下の伊勢湾西部の高潮リスクは一層高まることが明らかとなった。

将来気候下の台風による高潮の被害を最小限にするためにも、我が国の各港湾に対して温暖化を考慮に入れた高潮ハザードマップを早期に整備して、ハード・ソフトの両面から対策を講じることが不可欠となる。自治体ごとに作成される高潮ハザードマップは、台風

外力に関する様々な「想定」に基づいて作成されており、近年になって地球温暖化による台風強度の将来変化の影響も考慮に入れた想定がなされつつあるが、依然として大きな不確実性を伴っているのが現状である。例えば、将来気候の顕著台風として、最大規模台風の強さには室戸台風（910 hPa）を想定しながらも、進行速度や最大風速半径には伊勢湾台風（それぞれ、約 60 km/h と約 75 km）を想定している例が散見される。本稿の議論により、既往事例に基づいた想定を行うことで、常識とは異なる思いもよらぬ“想定外”の誤差に繋がる可能性があることは明らかである。将来気候下における顕著台風とそれによる高潮の災害から守るためにも、温暖化の進行状況を見極めつつ、最新の科学的知見に基づいて定期的に高潮ハザードマップを更新してゆく必要があると言えるだろう。

参考文献

1) 村上智一，深尾宏矩，吉野純，安田孝志：温暖化シナリオ A1B の下で今世紀末に予想される最大級台風による伊勢湾全域の高潮・高波，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.67，pp.406-410，2011.
2) Kossin, J. P.: A global slowdown of tropical cyclone translation speed, Nature, Vol.558, p.104-107, 2018.
3) 吉野純，山本康平，村田昭彦，小林智尚：直接ダウンスケーリングによる伊勢湾における可能最大高潮の将来変化，土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 75, No.2, pp.I_1189-I_1194, 2019.
4) Murata, A., Sasaki, H., Kawase, H., Nosaka, M., Oh'izumi, M., Kato, T., Aoyagi, T., Shido, F., Hibino, F., Kanada, S., Suzuki-Parker, A. and Nagatomo, T.: Projection of future climate change over Japan in en-semble simulations with a high-resolution regional cli-mate model, SOLA, Vol.11, pp.90-94, 2015.