

気候変動を踏まえた海岸保全のあり方

提言

令和2年7月

気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討委員会

目次

1. はじめに.....	1
2. 海岸保全に影響する気候変動の現状と予測.....	2
(1)平均海面水位の上昇.....	4
(1-1)顕在化しつつある平均海面水位の上昇.....	4
(1-2)平均海面水位の将来予測.....	5
(1-3)平均海面水位への今後の対応方針.....	5
(2)高潮時の潮位偏差の長期変化.....	6
(2-1)高潮時の潮位偏差の長期変化.....	6
(2-2)潮位偏差への今後の対応方針.....	6
(3)波浪の長期変化.....	7
(3-1)波浪の長期変化.....	7
(3-2)波浪への今後の対応方針.....	7
(4)海浜地形と漂砂.....	8
(4-1)海浜地形と漂砂への影響.....	8
(4-2)海岸侵食への今後の対応方針.....	8
3. 海岸保全に影響する外力の将来変化予測に関する本委員会の検討.....	9
(1)台風.....	10
(1-1)バイアス補正前.....	10
(1-2)バイアス補正後.....	10
(2)低気圧.....	11
(3)定量化に関する今後の課題.....	11
4. 気候変動を踏まえた海岸保全の基本的な方針.....	12
(1)海岸保全の基本的な方針.....	12
(2)各沿岸における海岸保全の計画.....	13
(3)あわせて実施すべき事項.....	13
5. 今後の海岸保全対策.....	13
(1)高潮対策・津波対策.....	15
(2)侵食対策.....	16
6. 今後5～10年の間に着手・実施すべき事項.....	17
7. おわりに.....	17

1. はじめに

平成 30 年 9 月に西日本を中心に甚大な被害をもたらした台風第 21 号¹は、大阪湾における第二室戸台風の観測記録を超える最高潮位を観測した。また令和元年房総半島台風や令和元年東日本台風²は広範囲の豪雨、暴風に伴う高波・高潮により甚大な被害をもたらした。「気候変動に関する政府間パネル(以下「IPCC」という。)」による第5次評価報告書(2013 年)³では、気候システムの温暖化には疑う余地がなく、大気と海洋は温暖化し、雪氷の量は減少し、海面水位は上昇していること、更に、21 世紀の間、世界全体で大気・海洋は昇温し続け、世界平均海面水位は上昇が続くであろうことなどが報告されている。平成 30 年台風第 21 号¹をはじめとする近年の水害は、今後の気候変動に伴う高潮等の水災害の頻発化・激甚化を懸念させるものである。

海岸行政では、「沿岸部(海岸)における気候変動の影響及び適応の方向性」(平成 27 年 7 月)⁴において、「海象のモニタリングを行いながら気候変動による影響の兆候を的確に捉え、背後地の社会経済活動及び土地利用の中長期的な動向を勘案して、ハード・ソフトの施策を最適な組み合わせ(ベストミックス)で戦略的かつ順応的に進めることで、『高潮等の災害リスク増大の抑制』及び『海岸における国土の保全』を図ることが適当である。」としたところであるが、不確実性を有する将来の気候変動の影響をいかに海岸保全施設の計画・設計に反映させるかという課題は依然残されたままであった。

さらに、平成 30 年には、「気候変動適応法」が施行され、「気候変動に起因して、生活、社会、経済及び自然環境における気候変動影響が生じていること並びにこれが長期にわたり拡大するおそれがあることに鑑み、気候変動適応に関する計画の策定、気候変動影響及び気候変動適応に関する情報の提供その他必要な措置を講ずることにより、気候変動適応を推進し、もって現在及び将来の国民の健康で文化的な生活の確保に寄与すること」が法的に位置づけられた。

その一方で、沿岸部に及ぼす気候変動の影響に関する研究は着実に進んでおり、我が国においても、気候変動に関する将来予測を海岸保全の取組に積極的に活用すべき時にきている。また、平均海面水位は 100 年以上の長期にわたって上昇を続けて元に戻るものがなく、海岸保全の取組にも長期間を要することなどから、科学的な知見を社会全体で共有し、将来の気候変動の影響を前提とした沿岸部の地域づくりに着手すべきである。

本委員会では、これまでの海岸保全の取組や検討成果^{5, 6}を踏まえつつ、ハード・ソフトの気候変動適応策をより一層具体化すべく、気候変動に伴う平均海面水位の上昇や高潮時の潮位偏差(以下「潮位偏差」という。)や波浪の変動等による沿岸地域への影響や海岸保全の前提となる外力の考え方、気候変動を踏まえた整備手法等、今後の海岸保全のあり方について以下のとおり検討を進めた。なお、本委員会では、平均海面水位、潮位偏差及び波浪の変化のうち、気候変動による長期変化を議論の主題とした。

- ・ まず、2. において専門家から最新の科学的知見について話題提供を受けながら、常時の現象である「平均海面水位」から議論を始め、次に、極端な現象である台風や低気圧の接近時等に生じる「潮位偏差」及び「波浪」について議論した。波浪については、平常時の波浪(以下「常時波浪」という。)についても議論を行った。
 - ・ 次に、3. において現時点で極端現象の長期変化予測に活用し得る、気候変動の影響を考慮した多数の気象現象の計算(アンサンブル計算)のデータベースであるd4PDF[※]の台風データ及び低気圧データについて、観測結果との比較や、過去実験と将来実験の差異の傾向を分析するとともに、これを用いて過去及び将来における潮位偏差の極値を簡易的に解析し、気候変動による潮位偏差の変化の傾向等を分析した。
- ※ database for Policy Decision making for Future climate change⁷
- ・ このような最新の科学的知見と本委員会における独自の分析を踏まえ、4. において気候変動を踏まえた海岸保全のあり方の基本的な方針、5. において高潮対策・津波対策、侵食対策に関して実施していくべき具体的な対応方策、6. において今後5～10年程度の間に着手・実施すべき事項について提言するものである。

2. 海岸保全に影響する気候変動の現状と予測

海岸域の保全は、防護・環境・利用の調和を図りながら進められる。「海岸防護」は、高潮、津波、波浪の侵入から国民の生命、財産を守り、国民の共通の資産である海浜を侵食から守ることである。「海岸環境の整備と保全」は、生態系や歴史・文化の基盤となった泥浜、砂浜、礫浜、磯など多様な空間そのものを保全するとともに、歴史・文化の舞台となった海岸景観を保全し、必要に応じて劣化している海岸環境の整備、改善を図ることである。また、「海岸利用」は、レクリエーション、流通、漁場など多様な利用形態の輻輳、利用形態間の対立の調整を図り、安全で快適な海岸利用を増進することである⁸。

各海岸において具体的に海岸防護や海岸環境の整備と保全、海岸利用を考慮し海岸保全を計画する際には、平均海面水位、潮位偏差、波浪(波高、周期、波向き等)、海浜形状及び漂砂等を検討しておく必要がある。そのため、以下その現状と予測について示す。

○IPCCの第5次評価報告書⁹において、過去100年程度の間³に観測された気候変動について、「気候システムの温暖化には疑う余地はない」とされている。世界平均地上気温は1850～1900年の期間平均と比べて2003～2012年の期間平均は0.78℃上昇し、日本の平均地上気温においても、気象庁の観測⁹によると、年平均気温は1898年から2019年で100年あたり1.24℃の割合で上昇している。1955年から2019年において、海洋表層(0～2,000m)で水温が上昇したことはほぼ確実とされており、日本近海における、およそ100年間の海面水温の上昇率(+1.14℃/100年)は世界全体で平均した海面水温の上昇率(+0.55℃/100年)よりも大きな値となっている¹⁰。また、世界平均海面水位は、1901年

から 2010 年の期間に 0.19m 上昇していることなどが示されている³。

- IPCC 第 51 回総会(令和元年9月)において、「変化する気候下での海洋・雪氷圏に関する IPCC 特別報告書(海洋・雪氷圏特別報告書)¹¹」(以下「SROCC」という。)の政策決定者向け要約が承認されるとともに、報告書本編が受諾された。2100 年における平均海面水位の予測上昇範囲は、1986～2005 年の期間と比べて、RCP2.6 では 0.29-0.59m、RCP8.5 では 0.61-1.10m と第5次評価報告書から上方修正された。
- その一方で、我が国の海岸では災害が繰り返され、近年のものだけでも、平成 30 年台風第 21 号¹、令和元年房総半島台風、令和元年東日本台風²の波浪・越波等により、各地で海岸保全施設や背後地の被害が発生した。平成 30 年台風第 21 号¹では、大阪港と神戸港で第二室戸台風を上回る既往最高の潮位を記録した。また、令和元年東日本台風²では、駿河海岸で観測史上最高の潮位と最大の有義波高を記録、東京港で昭和 24 年のキティ台風を上回る潮位偏差を記録した。
- これまで海岸保全の取組は、各湾における既往最高潮位、又は我が国における既往最大の高潮被害を引き起こした伊勢湾台風と同等の台風が最悪経路を通った場合における潮位等に基づき対応を行ってきた。しかし、将来、気候変動によって、現在の計画を上回る高潮や高波が来襲する頻度が増加することが想定される。このため、海岸保全の取組においても、過去のデータに基づくものに加え、気候変動によって将来変化することが想定される現象を予測し、気候変動による影響を明示的に考慮した海岸保全対策へと転換すべきである。ただし、将来予測においては、常に最新の知見やデータに基づき、最新の予測に継続的に更新していくことが必要不可欠である。
- 将来予測について IPCC 第5次評価報告書³では、代表的濃度経路シナリオ(以下「RCP シナリオ」という。)が複数用意された。具体的には、4つの RCP シナリオが用意されており、2081～2100 年の世界平均地上気温は 1986～2005 年に比べて最も温暖化が進む RCP8.5(現在のように温室効果ガスを排出し続けた場合)では 2.6～4.8℃、最も温暖化を抑えた RCP2.6(21 世紀末に温室効果ガスの排出をほぼゼロにした場合)では、0.3～1.7℃、それぞれ上昇すると予測されている。
- 海岸保全の取組に反映する RCP シナリオの選定にあたっては、将来の実際の気温上昇と比較して気温上昇が大きいシナリオを採用した場合には海岸保全の目標を上回る外力に対応する施設整備等を実施するリスクが、気温上昇が小さいシナリオを採用した場合には海岸保全の計画の再度の見直しと手戻りの可能性を含む非効率な施設整備等を実施するリスクが、それぞれ存在する。
- また、それぞれのシナリオにおいても、気候変動予測モデルによってその結果に違いがあり、気温上昇の小さいシナリオにおける平均海面水位の上昇量は、可能性が高い予測幅(5～95%信頼区間)で見れば気温上昇の大きいシナリオによる上昇量と重複する部分があるなど、予測結果には無視できない幅(予測の不確実性)が存在している。
- 以上のように、リスクや予測の幅はあるものの、今、将来の気候変動による影響の程度を決定し、将来の平均海面水位の上昇等を踏まえたハード・ソフトの対応を始めなければ、計画の頻繁な見直しやその都度追加的な対策の実施に迫られ、今後の海岸保全がより非効率となり、必要な海岸保全に要する期間が長期化してしまうおそれがある。その

ため、できるだけ確信度の高い予測結果をもとに多段的な対応策を検討することが重要となる。

- 気候変動に関する国際的枠組みであるパリ協定においては、「世界の平均気温上昇を産業革命以前と比べて2°C未満に抑え、1.5°Cまでに抑える努力をする」との目標の下、日本を含め世界各国において温室効果ガスの排出抑制対策が進められている。そのため、現時点において海岸保全に反映させる外力の基準とするシナリオは、RCP2.6(2°C上昇相当)における予測の平均的な値を基本とすることが妥当である。
- ただし、RCP2.6(2°C上昇相当)における外力の変化にも予測の幅があること、また、2°C以上の気温上昇が生じる可能性も否定できないことから、RCP8.5(4°C上昇相当)における予測値も参考とすることが考えられる。RCP8.5(4°C上昇相当)等のシナリオは、地域の特性に応じて海岸保全における整備メニューの点検や減災対策を行うためのリスク評価、海岸保全施設の効率的な運用の検討、将来の施設改良を考慮した施設設計の工夫等の参考として活用することが適当である。
- また、平均海面水位は徐々に上昇し、砂浜の減少、沿岸部の排水不全、橋梁の架け替え、さらには砂浜や干潟、藻場などの生態系等その影響は将来にわたって平常時にも継続して広範囲に作用する。予測の上位の海面上昇が生じた場合、長期的には、海岸保全のみでは対応できない限界があることを意識し、海岸保全だけでなく広域的・総合的な視点から沿岸地域の土地利用等を考慮した気候変動への手戻りのない対応を図るうえでも、将来の平均海面水位の過小評価は避けるべきである。そのため、平均海面水位については、2100年に1m程度上昇するというRCP8.5(4°C上昇相当)の上位の予測も想定外とせず、長期的視点から考慮すべきである。したがって、今後の気候変動の進行(気温上昇、平均海面水位の上昇、潮位偏差や波浪の長期変化など)を継続的にモニタリングしていくことも重要である。

(1) 平均海面水位の上昇

(1-1) 顕在化しつつある平均海面水位の上昇

○海面水位については、過去の観測記録から以下のような事実が認められる¹²。

- 世界の平均海面水位は、1900年以降、明瞭な上昇傾向がある。
 - 日本沿岸の平均海面水位は、1906～2019年の期間では上昇傾向は見られないものの、1980年代以降、上昇傾向が見られる。
 - 近年だけで見ると、日本沿岸の海面水位の上昇率は1970～2015年の期間で1年あたり1.4[0.9～1.9]mmの割合で上昇しており、1993～2015年の期間で1年あたり2.8[1.7～4.0]mmの割合で上昇した。近年だけで見ると、日本沿岸の海面水位の上昇率は、世界平均の海面水位の上昇率と同程度になっている。
 - 日本沿岸の海面水位は、1906～2019年の期間を通して、北太平洋の偏西風の影響などにより^{13, 14}、10年から20年周期の変動がある。
 - IPCC第5次評価報告書³では、世界の平均海面水位は長期的に上昇しており、近年上昇率が大きくなっていると報告されている。
- 本委員会において、気象庁による海面水位の上昇率の解析手法と同様の手法で、日本

の沿岸の朔望平均満潮位の平均上昇率を解析した結果¹⁵、気象庁の解析による平均海面水位の上昇率(4海域平均)1.3~2.8mm/年¹²に対して、朔望平均満潮位の上昇率は1.0~2.2mm/年となった。これは、海域や分析期間が異なる条件でも概ね同様の値であることを確認した。

(1-2)平均海面水位の将来予測

- IPCC 第5次評価報告書³では、「世界の平均海面水位は、21世紀中に上昇する可能性が高い。21世紀末には、20世紀末に比べて、RCP8.5シナリオでは0.71[0.51~0.92]m、RCP2.6シナリオでは0.39[0.26~0.53]m上昇する。」とされている。
- SROCCでは、2100年までの平均海面水位の予測上昇範囲は、RCP8.5では0.61-1.10m、RCP2.6では0.29-0.59mと第5次評価報告書³から上方修正された。
- 気象庁によれば、「日本沿岸の海面水位は、十年規模の変動が卓越するものの、1980年代以降、上昇傾向がみられる(1993~2015年の上昇率は+2.8[1.7~4.0]mm/年)。¹²」とされており、気象研究所による最新の研究成果によれば、「日本沿岸の海面水位は、21世紀中に上昇する可能性が高い。¹⁶」とされている。
- 他方、近未来(2031-2050年)に着目すると、SROCCにおける世界の平均海面水位の予測上昇範囲は、RCP2.6シナリオでは0.17[0.12-0.22]m、RCP8.5シナリオでは0.20[0.15-0.26]mとなり、シナリオ間で大きな違いはない。¹¹

(1-3)平均海面水位への今後の対応方針

- (1-1)(1-2)を踏まえ、気候変動による平均海面水位の上昇量については、今後以下のように対応することが考えられる。

<前提条件>

- ① 施設で防ぎきれぬ高さには限界があり、ハード・ソフト施策を組み合わせ、災害を防止・軽減する。
- ② 現行計画の作成当時と比べ、すでに気候変動の影響による外力増加が含まれている可能性がある。
- ③ 予測の不確実性については十分考慮すべき。

<対応方針>

- ① 近年の観測データには気候変動の影響が含まれている可能性があるため、最新の観測データも含めた統計データを用いて朔望平均満潮位を設定する。
- ② 観測結果の傾向の外挿及び予測データを用いて、将来予測される平均海面水位の上昇量を考慮する。
- ③ 2050年以降など中長期の適応を考える場合には、最新の観測データをベースに将来へ外挿するだけでは精度に不安があるため、気象庁等による科学的な予測値を考慮する。

(2)高潮時の潮位偏差の長期変化

(2-1)高潮時の潮位偏差の長期変化

○高潮時の潮位偏差の長期変化は、平均海面水位の上昇とは異なり、台風や低気圧といったイベントが発生した際に顕著に現れる低頻度極端現象である。

○IPCC 第5次評価報告書³によって以下の2点が指摘されている。

- 「世界全体での熱帯低気圧の発生頻度は減少するか、又は本質的には変わらないままである可能性が高く、それと同時に、世界平均した熱帯低気圧の最大風速及び降水量は増加する可能性が高い。将来、気候変動が熱帯低気圧に及ぼす影響は地域によって異なる可能性が高いが、変化の具体的な特徴はまだ十分に定量化されておらず、地域を特定した頻度と強度の予測における確信度は低い。」
- 「低気圧経路のシミュレーションには系統的なバイアスが存在するにもかかわらず、ほとんどのモデルや研究は将来の温帯低気圧の数の変化において一致している。世界全体の温帯低気圧の数は数パーセント以上減少する可能性は低い。予測に基づけば、どちらかと言えば北太平洋の低気圧経路は極方向に移動することの確信度は中程度である。地域的な低気圧経路の変化の大きさと、その変化が地域的な地表での気候に与える影響についての確信度は低い。」

○「気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート 2018～日本の気候変動とその影響～¹⁷」によれば、「地球温暖化により北西太平洋での台風発生数は全般的に減少すること、さらに最も発生数の多い海域が現在のフィリピン近海から将来はその東方に移ることにより、日本への台風接近数が減る傾向や経路の変化が予測されている。IPCC 第5次評価報告書³以降の結果では、台風の通過頻度はその強度如何によらず北西太平洋で減少傾向が予測されている。ただし、それらの不確実性は現状では小さくない。また、台風の強度は頻度よりも予測が難しい。」とされ、研究事例¹⁷として、「極端に強い台風の最大強度が顕著に増加し、その強度を維持した状態で日本等の中緯度帯にまで到達する可能性があることを示唆する予測結果」、「伊勢湾台風がもし21世紀末に発生したら、現在気候のときより10～25hPa程度、最低中心気圧が低くなるとの結果」、「猛烈な台風といった強い台風の数が現在より増加するのか減少するのか、依然として不確実性が大きいものの、将来、総数に対する強い台風の割合は増すとの予測」、「世界の各海域及び日本周辺を対象に台風の中心気圧の将来変化を定量的な不確実性評価と併せて解析した結果、北西太平洋をはじめとする各海域で台風の中心気圧は将来顕著に低下し、特に日本周辺の将来変化は全球平均より大きくなること」が紹介されている。

○こうした知見から、将来、高潮時の潮位偏差は、極値は増加すると考えられる。

(2-2)潮位偏差への今後の対応方針

○(2-1)を踏まえ、気候変動による潮位偏差の長期変化については、今後以下のように対応することが考えられる。

<前提条件>

- ① 潮位偏差は、地域や地形等によって大きく異なる。
- ② 現行計画の計画外力は、台風に基づき推算している地域と低気圧に基づき推算して

いる地域とがある。

- ③ 気候変動影響に基づく将来予測の定量化に係る研究が一定程度進められている。
- ④ 近年の観測結果にはすでに気候変動の影響による長期変化量が含まれている可能性があり、現行計画の作成当時と比べ、想定される再現期間が短くなっている可能性がある。
- ⑤ 現時点では、潮位偏差の長期変化量の予測や定量化は、平均海面水位の上昇量に比べて、不確実性が高い。

<対応方針>

○将来予測される潮位偏差の長期変化量を推算し、適切に考慮する。

(3) 波浪の長期変化

(3-1) 波浪の長期変化

○波浪については、常時波浪の長期変化や変動と、台風・低気圧の接近といったイベントが発生した際に顕著に現れる長期変化がある。

○既往の研究¹⁸では、将来気候変動条件下における日本沿岸の高解像度波候予測を行っている。それによれば、将来気候における有義波高と平均周期は、現在気候と比較してそれぞれ 10%及び 3%程度の減少を予測している。また、有義波高と平均周期の統計量に加えて、期間平均方向スペクトルの将来変化を解析し、日本沿岸で平均方向スペクトルの全帯域でエネルギーが減少することにより、有義波高及び平均周期の減少につながることを明らかにしている。平均波向きは、日本海側では、その時計回りの角度でエネルギーの減少量が大きいため反時計回りに 3.5° 程度、東日本太平洋側では、平均波向きの反時計回りの角度に位置するピークのエネルギーの減少量が大きいため、時計回りに 4.5° 程度変化することを予測している。

○こうした知見も踏まえ、将来、波浪は、平均では有義波高及び平均周期が減少し、また、波向きが変化する、台風等が強大化することにより年最大波や設計波などの極値は増加するという想定が考えられる。

(3-2) 波浪への今後の対応方針

○(3-1)を踏まえ、気候変動による波浪の長期変化については、今後以下のように対応することが考えられる。

<前提条件>

- ① 波浪は地域や地形等によって大きく異なる。
- ② 現行計画の計画外力は、台風に基づき推算している地域と低気圧に基づき推算している地域とがある。
- ③ 現行計画の作成当時と比べ、近年の観測結果にはすでに気候変動の影響による長期変化量が含まれている可能性がある。
- ④ 現時点では、波浪の長期変化(沖合での波高の増加及び周期や波高の変化等)の予測や定量化は、平均海面水位の上昇量に比べて、不確実性が高い。

<対応方針>

- ① 既に気候変動の影響が含まれている可能性があるため、できるだけ長期間(観測開始から)の観測データ又は波浪推算に基づいた統計解析によって設計波を決定する。
- ② 将来予測される波浪の長期変化量を推算し、適切に考慮する。
- ③ 近年の観測データには気候変動の影響が既に含まれている可能性があるため、長期間の観測データを使用する場合には、近年に観測されつつある気候変動によるトレンドに留意し、過小評価とならないよう極値統計解析を行う。

(4)海浜地形と漂砂

(4-1)海浜地形と漂砂への影響

- 海と陸との接点である海岸において、砂浜(礫浜を含む)は、岩礁とは異なりその形状が日々変わりうるという特徴を有している。また、砂浜は、波を減衰させ、背後に集中する人命や財産を高潮や津波等の災害から守るという重要な役割を担っているなど、防護・環境・利用の観点から、我々が社会生活を送る上で欠くことができない機能を有している。
- 我が国において、時代の変遷に伴い、砂浜は干拓による農地開発や塩田・港の造成等の影響を受けて徐々に姿を消す一方、その利便性等から沿岸部に多くの人々が住むようになった。特に高度経済成長期には三大湾や瀬戸内海を中心に生産・物流・エネルギー供給基地等としての埋め立てが進み、相次ぐ大規模な台風の来襲の被害による影響も相まって、急速な勢いで沿岸部の人工化が進み砂浜の減少が加速した。今も河川からの供給土砂量の減少や海岸部での土砂収支の不均衡等の様々な要因により砂浜の侵食が進んでいる¹⁹。これらの人為的改変の結果もたらされた流出土砂量や沿岸漂砂の変化等により、砂浜は明治後期から約70年間で約5,000haが減少(72ha/年)し、特に1978(昭和53)年以降の約15年間には東京都の新島に相当する2,400ha(160ha/年)が減少してきた²⁰。このような海岸侵食は、一部で引き続き進行しており、現在もなお、貴重な国土が失われ続けている。
- 今後、さらに、日本の砂浜は、気候変動の影響による平均海面水位の上昇により、RCP2.6 シナリオで約6割、RCP8.5 シナリオでは約8割が消失する可能性がある²¹という研究例があるなど、国土保全上の懸念がある。
- また、極端現象だけでなく、平常時から海面水位や波浪(波高・周期及び波向き)等の影響を受ける。
- 一方、海岸保全においては、進行する海岸侵食に対応するため、河川の上流から海岸までの流砂系における総合的な土砂管理対策とも連携するなど、関係機関との連携の下に広域的・総合的な対策が進められている。

(4-2)海岸侵食への今後の対応方針

- 常時波浪の影響を大きく受ける海岸侵食については、以下のような今後の対応方針が考えられる。

<前提条件>

- ① 海岸侵食は、平均海面水位の上昇や波高だけでなく波向きにも影響を受ける。
- ② 自然の影響だけでなく、河川や沿岸の構造物設置等、流砂系における人為的改変による土砂量の変化にも影響を受ける。
- ③ (沖波の条件が与えられれば、)沿岸波浪変形の数値モデルは精度が高い。
- ④ 気候変動による常時波浪の将来変化については、日本沿岸の多くで、有義波高及び平均周期が減少し、波向きも変化するといった研究成果がある。沿岸漂砂による平面的な地形変化の予測は、岸沖漂砂による断面地形変化より精度が高い。
- ⑤ 波浪の極値の予測よりは、平均値の予測の方が、統計的な変動は小さい。

<対応方針>

○砂浜の地形変化に影響する外力の気候変動影響の定量的な評価が現時点で難しい一方、海岸侵食は海面上昇の影響等を受けることがほぼ確実であることから、上流域から海岸への人為的な土砂供給も含めた総合土砂管理の下、モニタリングと気候変動の影響予測を組み合わせる順応的に対応していくべきである。

3. 海岸保全に影響する外力の将来変化予測に関する本委員会の検討

○2. では海岸保全に影響する気候変動の現状と予測について述べたが、地球規模や日本周辺における一般的な予測だけでは、各海岸において具体的に海岸保全の計画を検討するには不十分であるため、平均海面水位の上昇量とともに潮位偏差や波浪に対する気候変動影響を計画や設計に反映させるためには、それらについても定量化を行う必要がある。三大湾等については、既往の研究において多くの予測が発表され定量化がされつつあるものの、全国の各海岸についての研究^{22, 23, 24}はまだ少ない。

○潮位偏差や波浪に対する気候変動影響を計画や設計に反映させるためには、その定量化を行う必要がある。このため本委員会では、まず大規模アンサンブル気候予測データベース d4PDF のデータ²⁵を用いて台風による潮位偏差の気候変動による将来変化の傾向を定性的に分析した。そのうえで、将来変化の傾向を定量的に評価するには、d4PDFの台風データに関する最低中心気圧のバイアス等について補正が必要となるため、その補正方法についても検討を行った。

○また、北日本や日本海側など、台風ではなく急速に発達する温帯低気圧(いわゆる「爆弾低気圧」、以下「爆弾低気圧」という。)が計画外力となる地域もあるため、今後各地域において外力の将来変化を推定するには、爆弾低気圧による潮位偏差等の変化傾向も議論していく必要がある。このため、台風と同様に d4PDF から抽出した爆弾低気圧のデータを活用して、過去実験と将来実験の差異の傾向を分析するなどした。

○以上の検討の結果、今後潮位偏差等の将来予測を計画外力へ取り込むための長期変化量の定量化に向けた課題はあるものの、気候変動の影響による潮位偏差の長期変化量予測に d4PDF が活用可能であることを確認した。以下その検討の詳細を示す。

(1) 台風

(1-1) バイアス補正前

○気象庁ベストトラックデータ^{※ 26}と d4PDF(60km メッシュ全球)の過去実験(以下「過去実験」という。)・将来実験(以下「将来実験」という。)の台風データを用いて次の手順でデータを分析した。

※ 気象庁が北西太平洋域の熱帯低気圧に関する地区特別気象センターとして責任領域内の熱帯低気圧について6時間毎に中心位置、中心気圧、最大風速等の情報をとりまとめたもの

- ① 気象庁ベストトラックデータ²⁶と過去実験の台風データについて、台風の発生数や頻度、中心気圧の極値等を比較し、観測結果を再現しているかどうかを把握
- ② ①で再現性を確認した項目について過去実験と将来実験の台風データを比較し、将来変化の傾向を把握
- ③ 全国の代表的な地点において、過去実験と将来実験の台風データの中心気圧と風速を高潮の経験的予測式²⁷に代入して潮位偏差の極値を概算し、極値統計解析を行い、潮位偏差の生起確率の変化傾向を分析

○台風の発生数(北緯 0~70 度、東経 100~180 度の範囲内)を比較すると、気象庁ベストトラック²⁶と過去実験の台風の発生数は、同程度であった。また、過去実験と比べて、将来実験の台風の発生数は少なかった。

○台風の日本への上陸数(国土地理院の地球地図日本²⁸のポリゴンデータから沖縄県を除いたポリゴンデータを作成し、その範囲内に含まれるものを上陸数として集計)を比較すると、気象庁ベストトラック²⁶と過去実験の台風の上陸数は、同程度であった。また、過去実験と比べて、将来実験の台風の上陸数は少なかった。

○日本近海(北緯 20~50 度、東経 120~155 度の範囲内)の台風通過数を比較すると、気象庁ベストトラック²⁶と比べると、過去実験では、台風通過数が少ない結果となった。また、過去実験と比べて、将来実験の台風通過数は少なかった。

○日本近海の最低中心気圧の分布状況を分析するため、気象庁ベストトラック²⁶と過去実験の最低中心気圧を比較すると、北緯 20 度付近は過去実験の最低中心気圧が高い傾向にある一方で、北緯 40 度付近では過去実験の最低中心気圧が低い傾向にあった。また、過去実験と将来実験を比較すると、北緯 30 度から北緯 40 度付近にかけて将来実験の最低中心気圧が低くなる傾向にあった。

○代表地点の予測に用いた最低中心気圧については、**極端に低い気圧の領域で、将来実験の方が発生頻度が高くなった。**また、**潮位偏差の予測結果についても、極端に大きな偏差の領域で、将来実験の方が発生頻度が上昇する傾向となったが、**上昇度合いは東京以北では相対的に小さかった。

(1-2) バイアス補正後

○次に、バイアス補正方法として過去実験及び将来実験に対してクオンタイルマッピング法を適用した。具体的には、緯度 2.5 度幅毎の台風中心気圧(全台風)の超過確率分布(ここで、超過確率は、より低い中心気圧を極端事象とし、最低中心気圧から順に並べた場

合の特定の中心気圧以下の発生確率と定義)を算出し、同じ確率の値を補正した。

○将来実験と過去実験の差分値 Δp について、緯度区分毎・パーセントイル毎に整理し、その傾向を分析したところ、日本(本州・四国・九州)が位置する北緯30度から北緯40度付近に着目すると、中心気圧が低い極端事象ほど将来実験の台風中心気圧が相対的に低下する傾向となる。

○気象庁ベストトラック²⁶の中心気圧分布を目標に、過去実験と将来実験のバイアス補正を行ったところ、バイアス補正により過去実験と気象庁ベストトラック²⁶と分布形状が概ね一致するように改善された。

○d4PDFのデータと観測データとのバイアス補正を複数の方法で試行した結果、5%タイル付近ではバイアス補正手法の選択による差は軽微であるが、最低値に近い極端事象では中心気圧の分布形状にばらつき(10hPa未満)が生じた。

(2) 低気圧

○d4PDF(日本域20kmダウンスケール)過去実験・将来実験の爆弾低気圧データを用いて次の手順でデータを分析した。

① 過去実験と将来実験の爆弾低気圧データについて、爆弾低気圧の発生数や頻度、中心気圧の極値等を比較し、将来変化の傾向を分析(なお、参考とするため、爆弾低気圧情報データベース^{29, 30}と過去実験の爆弾低気圧データについて、爆弾低気圧の発生数や頻度、中心気圧の極値等を比較し、観測結果を再現しているかどうかを分析)

② 根室を例に、過去実験と将来実験の爆弾低気圧データの中心気圧と風速を高潮の経験的予測式²⁷に代入して潮位偏差の極値を概算し、極値統計解析を行い、潮位偏差の生起確率の変化傾向を分析

○爆弾低気圧の発生数(北緯0~70度、東経100~180度の範囲内)を比較すると、過去実験と将来実験の爆弾低気圧の発生数は同程度であった。

○爆弾低気圧の日本への上陸数(国土地理院の地球地図日本²⁸のポリゴンデータから沖縄県を除いたポリゴンデータを作成し、その範囲内に含まれるものを上陸数として集計)を比較すると、過去実験と将来実験の爆弾低気圧の上陸数は同程度であった。

○日本近海(北緯20~50度、東経120~155度の範囲内)の爆弾低気圧通過数を比較すると、日本海側の爆弾低気圧通過数は過去実験と比べて、将来実験の方が多かった。

○日本近海の最低中心気圧の分布状況を分析するため、過去実験と将来実験を比較すると、将来実験の最低中心気圧が低くなる傾向にあった。

○d4PDF爆弾低気圧トラックデータから簡易式を用いて根室地点において潮位偏差の将来変化の推定を試行したところ、予測に用いた最低中心気圧及び潮位偏差の将来変化ともに、台風と比べると過去実験と将来実験の差異が小さく、設計に関わるレベル(再現期間30~100年)では過去実験と将来実験に明瞭な差異は認められなかった。

(3) 定量化に関する今後の課題

○各海岸において計画外力としての潮位や波浪を定め、施設の設計等に取り込んでいくた

めには、適切なバイアス補正方法を含めた将来変化の定量化手法の検討を進める必要がある。

- 爆弾低気圧についても台風と同様の傾向を確認したが、潮位偏差の簡易推定を試行した地点・範囲では、設計に関わるレベルでは過去実験と将来実験に明瞭な差異は認められないため、他の地点における試行等を含め、定量化に向けた検討を行っていく必要がある。
- 今回分析した代表地点だけでなく、日本各地の海岸で、外力の将来変化の定量化を行っていく必要がある。
- 波浪については、今回潮位偏差に関して試行した d4PDF を活用した推定方法で同様に長期変化量の定量化が可能かどうかも含めて検討を行っていく必要がある。

4. 気候変動を踏まえた海岸保全の基本的な方針

- 気候変動による平均海面水位の上昇や常時波浪の長期変化の程度、今後の台風や低気圧の強大化、強い台風等の頻発化の程度については、温室効果ガスの排出抑制政策の動向や気候変動予測の不確実性などから大きな幅が存在していることを考慮して海岸保全を進める必要がある。海岸保全基本計画や施設設計等の検討にあたっては、平均海面水位の上昇量等の外力の変化を現在の計画や設計の考え方に直接反映するとともに、外力の変化に対応するための追加コストなども考慮しながら、必要に応じてさらなる外力の増加にも配慮することが考えられる。
- 海岸保全の目標は、2℃上昇相当(RCP2.6)を前提としつつ、広域的・総合的な視点からの取組は、平均海面水位が 2100 年に1m 程度上昇する予測(4℃上昇相当(RCP8.5))も考慮し、長期的視点から関連する分野とも連携することが重要である。海岸保全の前提とする平均海面水位の上昇量予測が 2100 年以降に1m 程度を超えることとなった場合には、改めて、その時点における社会経済情勢等を考慮し、従来の海岸保全の考え方による対応の限界も意識し、多様な選択肢を含めて長期的視点から適応策を検討することが考えられる。

(1) 海岸保全の基本的な方針

- 海岸保全における気候変動適応を具体的に進めるため、過去の高潮・波浪の実績のみに基づく対応から気候変動を考慮したものへ転換すべきである。
- 高潮対策や津波対策については、土地利用やまちづくり等の都市計画等との調整等のソフト面の対策も組み合わせた総合的な対策を行うよう努めるべきである。
- 広域的・総合的な視点からの取組を推進するうえで、特に、気候変動の影響による平均海面水位の上昇については、長期的視点から取組を進めるうえで目安となる平均海面水位を社会全体で共有するよう努めるべきである。
- 気候変動を踏まえた海岸の保全に関する調査・研究を推進するため、海岸保全に資する情報を広く共有できるような体制を構築すべきである。
- 気候変動の影響による気象・海象の変化や長期的な平均海面水位の上昇は、海岸侵食

の進行やゼロメートル地帯の増加、高潮や波浪による被害の激化等、海岸のみならず国土保全の観点から深刻な影響を生ずるおそれがあることから、潮位、波浪等についての継続的な監視やデータの蓄積によりその変動を適時適切に把握し、気候変動による影響の予測・評価を踏まえて、適応策の具体化を進めるべきである。

(2)各沿岸における海岸保全の計画

○気候変動の影響による外力の増加がいつ顕在化しても対応できるように、新たな海岸保全の基本的な方針を踏まえ、速やかに見直しを行うべきである。

(3)あわせて実施すべき事項

- ・ 設計基準類の見直し
- ・ 外力の定量化手法の確立
- ・ 新たな基準に基づく計画外力の見直し 等

5. 今後の海岸保全対策

○海岸保全施設等の整備は、これまで、伊勢湾台風や東日本大震災等をはじめとする大災害を契機とする集中投資等により進展してきた。近年も「防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策」等により整備を加速させている。しかしながら、現在の計画で目標としている防護水準に対する整備率は、例えば海岸堤防の高さが確保された海岸線の延長が5割程度にとどまるなど、今後とも整備を継続していく必要がある。

○堤防や消波工に沖合施設や砂浜等も組み合わせることにより、防護のみならず環境や利用の面からも優れた面的防護方式による整備が進められているが、そのうち堤防等の高さの確保や耐震対策等について、現状の予算規模が継続した場合を仮定すると、現在の計画上必要な水準までの整備が完了するまでに数十年から百数十年程度の期間を要すると推定される。また、海岸保全施設の設計供用期間は、一般的に30～50年とされており、実際に施設の修繕等が必要となるまでの経過年数は、施設によってばらつきが大きいものの、堤防の場合は波返工で58～100年以上、天端被覆工で47～100年以上、護岸の場合は波返工で25～100年以上、天端被覆工で28～100年以上などの事例がある。

○また、海岸事業については、費用便益分析を含む総合的な事業評価によって事業実施の判断が行われている。費用便益分析に関しては、具体的な手順や算定方法が「海岸事業の費用便益分析指針³¹」に明示されているが、海岸防護について定量的な便益算定方法を示している項目は直接被害が中心となっている。

○本委員会では、仙台湾南部海岸、新潟海岸、駿河海岸、高知海岸を対象に、現在の計画における設計外力の確率評価(安全度)を確認するため、観測開始年から2018年までの年最高潮位及び年最大潮位偏差を抽出して極値統計解析を実施した。その結果、「設計高潮位」も「設計高潮位に含まれる潮位偏差」も50年確率を超える場合が多いが、50年確率との高さの違いは40cm未満(余裕高の範囲内)であることが確認できた。なお、

50年を超える確率年が得られた理由としては、計画高潮位が朔望平均満潮位に既往最大潮位偏差を合わせたものであることのほか、今回の解析で毎正時の潮位及び潮位偏差を使用していることや平滑値(約3時間までの周期の成分を除いた潮位)を使用したことなどが考えられる。

- 気候変動の影響を踏まえれば、将来的に現行と同じ安全度を確保するためには、必要となる防護水準が上がるのが想定される。その際、環境・利用の観点も含めて適応策の優先順位を検討し、堤防等による防護だけでなく、砂浜等による面的防護に加え、ソフト対策との組み合わせや関連する分野と連携した適応策を進めていく必要がある。
- なお、国土交通省によれば、治水計画において施設整備等の前提として想定している大雨の規模等が将来どの程度増加するのかなどを検証した結果、産業革命以前と比べて世界の平均地上気温が4℃上昇した場合は、20世紀末と比べて21世紀末には、全国の一級水系で治水計画の対象とする降雨量の変化倍率が約1.3倍、治水計画の目標とする規模の洪水の流量の平均値は約1.4倍になり、洪水の発生頻度の平均値は約4倍と試算されている。また、産業革命以前と比べて世界の平均地上気温を2℃に抑えるシナリオでも、20世紀末と比べて2040年頃には、全国の一級水系で治水計画の対象とする降雨量の変化倍率が約1.1倍、治水計画の目標とする規模の洪水の流量の平均値は約1.2倍になり、洪水の発生頻度の平均値は約2倍と試算されている³²。
- また、下水道による都市浸水対策については、気候変動の影響等により大雨等が頻発し、内水氾濫が発生するリスクが増大しているため、下水道計画の前提となる外力の設定については、産業革命以前と比べて世界の平均地上気温が4℃上昇した場合は、20世紀末と比べて21世紀末には、下水道計画の対象とする降雨量の変化倍率が約1.3倍と試算されている。また、産業革命以前と比べて世界の平均地上気温を2℃に抑えるシナリオでも、20世紀末と比べて2040年頃には、下水道計画の対象とする降雨量の変化倍率が約1.1倍と試算されている³³。
- 土砂災害については、気候変動による降雨特性の変化により、現在土砂災害警戒区域等の指定の対象となっていない又は指定基準に該当しない箇所において発生する、土砂・洪水氾濫や崩壊性地すべり等の土砂移動現象が、今後気候変動に伴う降雨特性の変化によって頻発化・顕在化するおそれが高いため、これらの土砂移動現象の発生の蓋然性の高い箇所の特定や外力の評価等を行い、警戒避難体制の強化、施設整備等の対策を適切に講じることができるよう、発生の蓋然性の高い箇所を抽出しハザードを特定する手法を確立することが重要であると指摘されている³⁴。
- さらに、河口域における河川水位の上昇、高潮・洪水氾濫など複合的な要因による新たな形態の大規模災害の発生も懸念される。そのため、海岸保全の目標は、2℃上昇相当(RCP2.6)を前提としつつ、広域的・総合的な視点からの取組は、4℃上昇相当(RCP8.5)も考慮し、長期的視点から関連する分野との連携を図るべきである。高位の海面上昇が発生するシナリオは、沿岸地域のみならず、社会構造全体に深刻な影響をもたらす可能性がある。新たな海岸保全技術を開発する努力を継続するとともに社会全体で気候変動に対応する仕組みを構築することが必要である。
- 本委員会では、将来外力の定量化に関する検討を最新の知見をもとに独自に進めるこ

とにより、例えば、堤防のかさ上げに必要な高さなど、気候変動の適応策について具体的な議論を進めることができた。これらの議論を踏まえ、海岸保全施設の整備に関するさらなる重点化や構造上の工夫、優良技術の活用などに加え、堤内地で氾濫水を制御する対策や土地利用等も組み合わせ、総合的な海岸保全のあり方を検討すべきである。

(1)高潮対策・津波対策

- 平均海面水位は徐々に上昇し、その影響は継続して作用し、計画高潮位にも設計津波の水位にも影響する。長期的に、平均海面水位は上昇し、数百年単位で元に戻ることがないと予測されることから、ハード対策とソフト対策を組み合わせ、今後整備・更新していく海岸保全施設(堤防、護岸、離岸堤等)については、手戻りのないように整備・更新時点における最新の朔望平均満潮位に、施設の耐用年数の間に将来的に予測される平均海面水位の上昇量を加味すべきである。
- 潮位偏差や高波は、台風や低気圧が発生した場合に顕著に影響が現れるため、いつ想定した極値が生起するかはわからない。また、現時点では、将来の潮位偏差や波浪の長期変化量の予測は平均海面水位の上昇量に比べて不確実性が高いが施設設計への影響は大きい。今後、研究成果の蓄積を踏まえ、最新の研究成果や d4PDF 等による気候予測結果を活用し、将来的に予測される潮位偏差や波浪を推算し対策を検討すべきである。
- 平均海面水位や潮位偏差、波浪等の将来予測の妥当性を検証するために、波浪状況等の監視を継続すべきである。
- 今後は気候変動を踏まえた高潮・津波に係る海岸保全及び他分野との連携について、下記のとおり具体的な対応を図るべきである。

(海岸保全における対策)

- 地域の実情や背後地の土地利用や環境にも配慮しつつ、将来の外力変化の予測に応じ、堤防等のかさ上げや面的防護方式による整備の推進
 - 将来の施設改良を考慮した、手戻りのない施設設計の工夫
 - 河川における高潮対策や津波遡上対策との連携等堤内地で氾濫水を制御する対策
 - 堤防の粘り強い構造や排水対策等の被害軽減策の促進
 - 将来的な外力変化とライフサイクルコストをともに考慮した最適な更新及び戦略的な維持管理
 - 超過外力に対するソフト対策の強化
 - 海象や地形、海岸環境のモニタリングの強化及び海岸保全施設の健全度評価の強化
- <ハード対策>
- ・ 堤防等のかさ上げ
 - ・ 粘り強い構造の堤防等の整備
 - ・ 被災リスクの高い箇所及び更新時期を踏まえた海岸保全施設の戦略的な整備・維持管理

- ・ 養浜・侵食対策の実施
- ・ 環境に配慮した海岸の整備やグリーンインフラ、Eco-DRR の実施

<ソフト対策>

- ・ 海象や地形、海岸環境のモニタリングの強化
- ・ 最新の予測技術に基づいた設計外力の定期的な見直し、データベースや手引き等の作成、それらを継続的に実施する体制の構築
- ・ モニタリングや海岸保全施設に関するデータベースの構築
- ・ 超過外力が作用する場合の海岸保全施設への影響の把握
- ・ 海岸保全施設の健全度評価と防護機能の把握
- ・ ライフサイクルコストを考慮した最適な更新等の考え方の検討
- ・ 海岸侵食対策にかかる新技術の開発等
- ・ 環境に配慮した整備や新工法等に関する調査研究

(他分野との連携が必要な対策)

- 高潮浸水想定区域の指定促進等、リスク情報や避難判断に資する情報提供の強化
- 高潮と洪水が同時に発生することなども想定し、堤防等のハード整備の充実を目指すとともに、水害リスクを考慮した土地利用やまちづくりと一体となった対策の推進
- 沿岸地域における様々な主体が自らの業務内容や活動の状況に応じた水害にも配慮したBCPの作成

<ハード対策>

- ・ 関係機関と連携した排水機能の確保
- ・ 高潮位時の逆流防止対策
- ・ 総合土砂管理計画に基づく対策の実施

<ソフト対策>

- ・ 市町村によるハザードマップ作成の支援
- ・ 避難判断に資する情報の分析・提供
- ・ 避難計画作成・訓練実施の促進(水門等の操作規則との整合確保を含む)
- ・ 総合土砂管理計画の作成
- ・ 防護ラインのセットバックや都市機能の移転・集約の機会等を捉えた土地利用の適正化
- ・ 水害BCPの作成

(2)侵食対策

- 海浜地形の予測はさらに不確実性が大きいため、モニタリングを充実するとともに予測モデルの信頼度を高めるべきである。
- 沿岸漂砂による長期的な地形変化に対しては、全国的な気候変動の影響予測を実施すべきである。
- 高波時に問題となる岸沖漂砂による急激な侵食については、現時点では予測が難しいと考えられるため、機動的なモニタリングを充実すべきである。

- 極端事象に伴う土砂収支の大規模な損失も想定されるため、海浜地形のモニタリングも継続して実施すべきである。
- 自然現象のみを扱う将来予測だけでなく、人口減少等の人為的影響も考慮できるよう、観測データを継続的に蓄積していくべきである。
- 30～50年先を見据えた「予測を重視した順応的砂浜管理」を実施すべきである。その実施にあたっては、砂浜の防護機能だけでなく環境・利用上の砂浜の機能も評価すべきである。
- 気候変動による河川等からの土砂供給量の変化の予測や、それも踏まえた海岸の地形変化の予測から海岸への必要土砂量を算定すること、それらに基づく総合土砂管理計画を作成し、総合土砂管理計画に基づき、流砂系における効率的な土砂移動を含めた対策を実施することなど、流域との連携を強化すべきである。その際、河川管理者だけでなく発電用ダムや農業用ダムの管理者等を含めた多様な主体と協力するとともに、平均的な土砂の流出量だけでなく、大雨等によって大量に発生した土砂を短期間のうちに海岸等で活用する方策についても計画しておくべきである。

6. 今後5～10年の間に着手・実施すべき事項

- 海象や海岸地形等のモニタリングやその長期変化の解析、さらに影響評価、適応といった、海岸保全における気候変動の予測・影響評価・適応サイクルを確立すべきである。
- 気候変動に関する将来予測に関する知見は、今後も変わりうるため、常に最新の知見を取り込みながら、継続的・定期的に対応方針を更新していく仕組みや体制を構築すべきである。
- 地域のリスクが気候変動によってどのように変化するかについて、防護だけでなく、環境や利用の観点も含め、定量的かつわかりやすく地域に提供すべきである。
- 気候変動の影響は、海岸管理者の問題ではなく、社会全体の課題でもある。海岸管理者だけでなく、関連する施設管理者や都市計画部局、背後地の地域住民との連携が不可欠である。各海岸において、海岸保全と減災を考慮しつつ適応策を考え、取り組んでいく体制を構築すべきである。
- 気候変動への適応は、未来への投資でもあり、国土保全の観点も含め、海岸の価値を再認識する機会でもある。そのため、海岸の価値を評価する方法やそれを踏まえた優先順位の考え方の整理、さらに、海岸管理の専門的な人材の育成や担い手の確保、技術力の向上に努めるべきである。
- 気候変動の影響により、今後は、これまで以上にハード対策とソフト対策との組み合わせが重要となる。そのため、ハード対策・ソフト対策の減災効果の定量化に向けて検討を促進すべきである。

7. おわりに

本委員会では、気候変動を踏まえた海岸保全のあり方について、最先端の研究成果を

レビューしながら検討を進めた。

気象庁気象研究所全球大気海洋研究部第四研究室長の山中吾郎氏から「気候変動に伴う海面上昇量に関する最近の議論¹⁶⁾」について話題提供をいただいた。また、「波浪と高潮の将来変化予測³⁵⁾」について森信人委員から、「気候変動に伴う海面上昇による全国の砂浜消失将来予測と適応策³⁶⁾」について有働恵子委員から話題提供をいただいた。

また、d4PDF を活用して潮位偏差の将来変動の定量化に向けた試算を行った。その結果、将来予測の不確実性の取り扱い等、今後に向けた課題はあるものの、平均海面水位、潮位偏差、波浪の気候変動による長期変化量への対応方針を示すとともに、気候変動の影響による潮位偏差の長期変化量予測に d4PDF が適用できることを確認できた。

これらのことから、今後の海岸保全の考え方を転換する必要性を確認した。これまでの海岸保全は、過去に発生した現象の記録を重視するものであったが、今後は、科学的な将来予測も適切に取り込むべきである。

気候変動予測には不確実性があり、今後も様々な技術的な進展にあわせて、その確信度を少しずつ向上させていく必要がある。また、今後も研究を進めたとしても予測には一定量の不確実性が残ることは明らかであり、そのため、観測、監視、予測、評価、適応のサイクルを確立し、海岸保全計画を定期的に見直していくことが求められる。

気候変動による影響に適応するため、速やかに海岸保全基本方針を見直し、それを踏まえて、海岸保全基本計画や各種保全施設の設計基準の見直しを進める必要がある。また、海面上昇量が予測の上限近くになった場合、砂浜の消失等により現状に類する形での海岸の保全が困難となり、海岸防護の形態も大きな変更を強いられる可能性がある。これに対応し得る新たな海岸保全技術を開発する努力を継続することは当然であるが、社会全体で気候変動に対応する仕組みを構築することも重要である。

本委員会における議論を進めている中、新型コロナウイルス感染が拡大し、暮らし方や働き方にも大きな影響が広がったが、今後、日本は、人口減少・高齢化など社会構造の変化や産業構造の変化、デジタルトランスフォーメーション(DX)の進展などによって、社会のあり方そのものも大きく変化していく可能性もある。気候変動の影響は、そういった社会全体のうねりの中で確実に顕在化してくるものであることを覚悟しておかなければならない。

将来、気候変動により変化する地域のリスクを評価し、被害軽減対策の充実を図り、かつ、国土としての海岸空間を後世に引き継いでいくためには、これまでの経験を重視しつつ新たな科学的知見も活用し、社会全体で取り組んでいくことが必要である。

最後に、こうした取組を進めるためには、将来、気候変動による影響によって沿岸地域

がどうなるかを科学的な予測に基づいて社会全体が共有することができ、海岸保全や沿岸地域全体における取組によって適応できていくことを社会全体で実感できることが重要であり、積極的に、わかりやすく情報発信していくことが求められる。

¹ 気象庁 「台風第 21 号による暴風・高潮等」

<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2018/20180911/20180911.html>

² 気象庁 「令和元年東日本台風(台風第 19 号)による大雨、暴風等」

<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2019/20191012/20191012.html>

³ 気象庁 「IPCC 第 5 次評価報告書」

<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/index.html>

⁴ 国土交通省 「沿岸部(海岸)における気候変動の影響及び適応の方向性」の公表について

https://www.mlit.go.jp/report/press/port07_hh_000070.html

⁵ 国土交通省 「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討委員会」第 1 回, 資料 3

https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/hozen/dai01kai/pdf/doc3.pdf

⁶ 国土交通省 「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討委員会」第 3 回, 資料 2

https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/hozen/dai03kai/pdf/doc2.pdf

⁷ 地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース(文部科学省プログラムで開発)

<http://www.miroc-gcm.jp/~pub/d4PDF/index.html>

⁸ 公益社団法人日本河川協会 「国土交通省河川砂防技術基準 同解説 計画編(平成 17 年 11 月)」, p.68.

⁹ 気象庁 「日本の平均気温」

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn.html

¹⁰ 気象庁 「海洋の健康診断表」

<https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/shindan/>

¹¹ 環境省 「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)「海洋・雪氷圏特別報告書」の公表(第 51 回総会の結果)について」

<https://www.env.go.jp/press/107242.html>

¹² 気象庁 「日本沿岸の海面水位の長期変化傾向」

https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/a_1/sl_trend/sl_trend.html

¹³ Yasuda, T. and K. Sakurai, 2006: Interdecadal variability of the sea surface height around Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L01605, doi:10.1029/2005GL024920.

¹⁴ Sasaki, Y. N., S. Minobe and Y. Miura, 2014: Decadal sea-level variability along the coast of Japan in response to ocean circulation changes, *J. Geophys. Res. Oceans*, 119, doi:10.1002/2013JC009327.

¹⁵ 国土交通省 「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討委員会」第 4 回, 資料 2

https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/hozen/dai04kai/pdf/doc2.pdf

¹⁶ 国土交通省 「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討委員会」第 2 回, 資料 2

https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/hozen/dai02kai/pdf/doc2.pdf

¹⁷ 環境省・文部科学省・農林水産省・国土交通省・気象庁 「気候変動の観測・予測・影響評価統合レポート 2018～日本の気候変動とその影響～」

<https://www.env.go.jp/press/105129.html>

¹⁸ 志村智也・森信人(2019): 気候変動による日本周辺の波候スペクトルの将来変化予測, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.75, pp.1177-1182.

https://www.jstage.jst.go.jp/article/kaigan/75/2/75_1177/_article/-char/ja/

¹⁹ 国土交通省 「津波防災地域づくりと砂浜保全のあり方に関する懇談会」, 砂浜保全に関する中間とりまとめ(令和元年 6 月 20 日)

https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/tsunamiKondankai/sunahamahonbun.pdf

²⁰ 田中茂信・小荒井衛・深沢満(1993): 地形図の比較による全国の海岸線変化, 海岸工学論文集, 40 巻, pp.416-420.

²¹ Udo, K. and Y. Takeda (2017): Projections of future beach loss in Japan due to sea-level rise and uncertainties in projected beach loss, *Coastal Engineering Journal*, 59:2, 1740006-1-1740006-16, DOI:

10.1142/S057856341740006X.

²² 森信人・福井信気・志村智也(2020):気候変動を考慮した我が国の三大湾の高潮最大潮位偏差についての研究レビュー, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.76, No.1, pp.1-6.

²³ 河合弘泰(2010):高潮数値計算技術の高精度化と気候変動に備えた防災への適用, 港湾空港技術研究所資料 No.1210

²⁴ 森信人・志村智也・吉田康平・水田亮・岡田靖子・Khujanazarov TEMUR・石井正好・木本昌秀・高数出・中北英一(2016):全球 60kmAGCM を用いた大規模アンサンブル気候予測実験とこれを用いた高潮長期評価, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.72, No.2, pp.I_1471-I_1476.

²⁵ 京都大学防災研究所「気候変動予測・影響評価に関するデータ」(文部科学省統合的気候モデル高度化研究プログラム)

http://www.coast.dpri.kyoto-u.ac.jp/japanese/?page_id=5004

²⁶ 気象庁「RSMC Best Track Data (Text)」

<https://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/rsmc-hp-pub-eg/besttrack.html>

²⁷ 全国農地海岸保全協会・公益社団法人全国漁港漁場協会・一般社団法人全国海岸協会・公益社団法人日本港湾協会「海岸保全施設の技術上の基準・同解説(平成 30 年 8 月)」, p.2-7.

²⁸ 国土地理院「地球地図日本」

https://www.gsi.go.jp/kankyochiri/gm_jpn.html

²⁹ 九州大学「爆弾低気圧情報データベース」

http://fujin.geo.kyushu-u.ac.jp/meteorol_bomb/

³⁰ 九州大学「メガストーム情報データベース」

<http://fujin.geo.kyushu-u.ac.jp/>

³¹ 農林水産省農村振興局・水産庁, 国土交通省河川局・港湾局「海岸事業の費用便益分析指針(改訂版)(平成 16 年 6 月)」

³² 国土交通省「気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会」, 「気候変動を踏まえた治水計画のあり方」提言(令和元年 10 月)

https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/chisui_kentoukai/index.html

³³ 国土交通省「気候変動を踏まえた都市浸水対策に関する検討会」, 気候変動を踏まえた下水道による都市浸水対策の推進について 提言(令和 2 年 6 月)

https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewage/mizukokudo_sewage_tk_000659.html

³⁴ 国土交通省「気候変動を踏まえた砂防技術検討会」, 中間とりまとめ(令和 2 年 6 月)

https://www.mlit.go.jp/river/sabo/committee_kikohendo.html

³⁵ 国土交通省「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討委員会」第 3 回, 資料 5

https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/hozen/dai03kai/pdf/doc5.pdf

³⁶ 国土交通省「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討委員会」第 3 回, 資料 6

https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/hozen/dai03kai/pdf/doc6.pdf