

第Ⅲ部

気候変動影響に対する 適応策に関する研究

Ⅲ－３：海岸分野における 気候変動への対応

1. はじめに

海岸分野における気候変動影響への適応策を検討するためには、海面水位や沿岸波浪・高潮で構成される沿岸外力への影響評価が重要である。そこで、本報告書第Ⅱ部第4章において、過去の観測データに基づき、海面水位について近年の実績として3mm/年程度の速度での上昇傾向にあることを示したが、今後の動向については、気象庁は「日本沿岸の海面水位は、地球温暖化のほか海洋の十年規模の変動など様々な要因で変動している」ため、現段階ではまだ明らかでなく、引き続き監視が必要としている（気象庁地球環境・海洋部、2017）。また、沿岸波浪や高潮の今後の動向についても、各湾・各地点毎に定量的な評価を行う必要性和現時点での予測の不確実性を考慮すると、CMIP5世代の最新の気候変動予測データに基づく分析結果が待たれる状況である。このように、海岸分野において気候変動適応策を具体的に設定し実施するためには課題が残されているが、その一方で、沿岸における種々のハザードが増大傾向に向かうこと自体については概ね共通理解となってきた。この状況下で、適応策の進め方に関し様々な議論が行われ、各種提言が出されるとともに、より信頼できる沿岸災害リスク評価に向けた研究が活発化してきている。

本Ⅲ-3部では、これらの適応策検討に向けた最近の議論や動向についてまとめて報告することで、海岸分野における適応策検討の現況を理解いただく一助としたい。

参考文献：

気象庁地球環境・海洋部（2017）日本沿岸の海面水位の長期変化傾向(平成29年3月9日発表)、
http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/a_1/sl_trend/sl_trend.html

2. 閣議決定「気候変動の影響への適応計画」までの海岸分野における検討の変遷

IPCC の AR5 を受けて、2015 年 11 月 27 日に「気候変動の影響への適応計画」が閣議決定された。IPCC AR4 以降、この決定に至までの海岸分野に関する動きを図-Ⅲ3.2.1 に示した。AR4 以降、気候変動に関連したいくつかの提言やマニュアルが出されている。第Ⅱ部 4 章に示した内容は AR4 を受けてのものであり、そこでは、海面上昇と台風強化等への対応が重要と考え進めた研究の成果が述べられている。

大学等の各研究機関において、文科省の創生プログラム、環境省の地球環境総合推進費の研究等を通じて気候変動関係の研究が引き続き進められ、それらの研究成果のいくつかは、AR5 に反映されている。

AR5 の後は、国土交通省社会資本整備審議会河川分科会「気候変動に適応した治水対策検討」小委員会（活動は 2007 年より）、海岸関係省庁（後述）の「沿岸部（海岸）における気候変動の影響及び適応の方向性検討委員会」及び「高潮水防の強化に関する技術検討委員会」において、海岸分野における気候変動への対応についての検討がなされた。これらの検討内容が「気候変動の影響への適応計画」に反映されている。「気候変動の影響への適応計画」→第 4 章 自然災害・沿岸域→第 2 節 高潮・高波等に関する適応の基本的な施策→2) 海岸→(適応策の基本的考え方) では、「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、下記のハード・ソフトの施策を最適な組み合わせ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。」とされている。

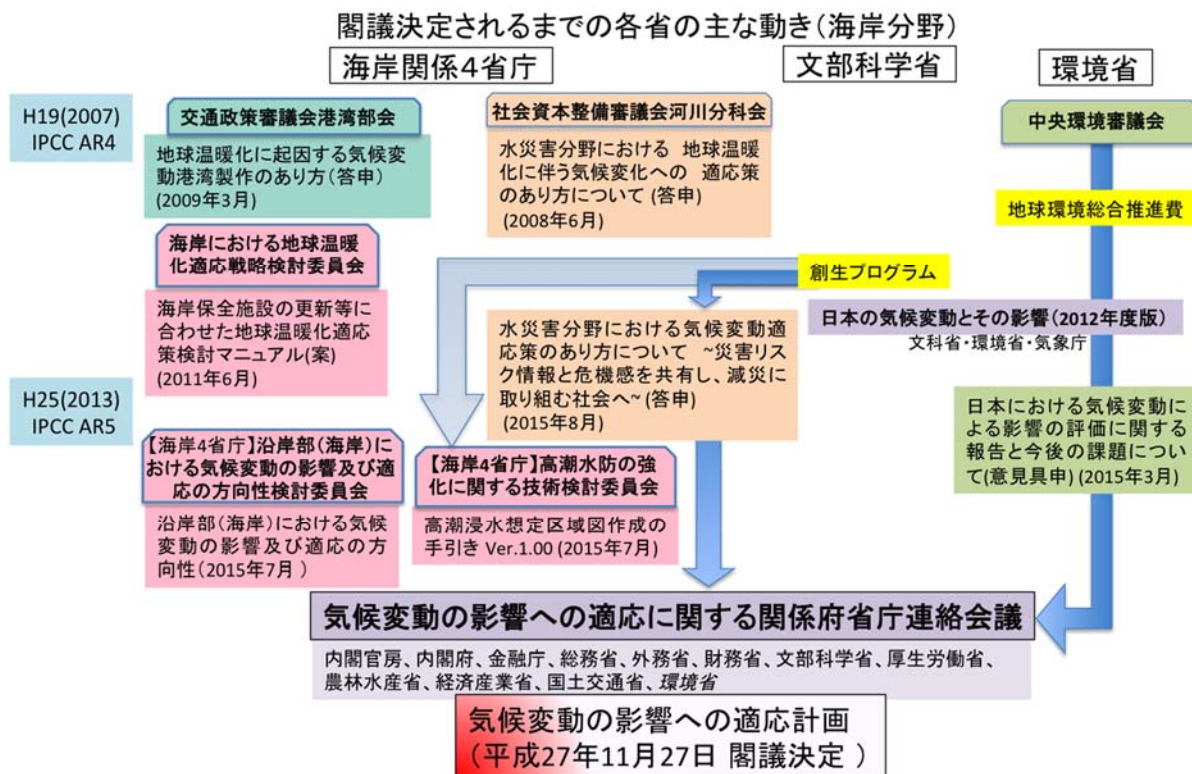


図-Ⅲ3.2.1 海岸分野の各省庁の提言等と閣議決定

参考文献：

社会資本整備審議会河川分科会 2008：水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について（答申）

http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/gaiyou/kikouhendou/pdf/toshin.pdf

3. 海岸関係 4 省庁における気候変動適応策

3. 1 沿岸部（海岸）における気候変動の影響及び適応の方向性検討委員会

海岸保全事業は、海岸関係 4 省庁と呼ばれる国土交通省水管理・国土保全局、同省港湾局、農林水産省水産庁、同省農村振興局により所管されている。2014 年 6 月の海岸法改正を受けて、海岸法が国に策定を義務づける「海岸保全区域等に係る海岸の保全に関する基本的な方針」が 2015 年 2 月に更新され、地球温暖化による沿岸地域への影響が懸念されることを踏まえ、地球温暖化による影響の予測・評価を踏まえた適応策の検討を進めていくことが新たに示された。すなわち、更新前の基本方針が「調査研究を進める」であったことに対して、更新後が「適応策の検討を進めていく」と一歩進めた内容となった。

海岸関係 4 省庁の取組みとして、「沿岸部（海岸）における気候変動の影響及び適応の方向性検討委員会」（メンバーを表-Ⅲ3.3.1.1 に示す）が 2014 年 7 月に設置された。この検討委員会は、海岸保全基本方針を受けたものであり、IPCC の AR5 を受けての適応策の検討を行うことを役割としている。2015 年 7 月に「沿岸部（海岸）における気候変動の影響及び適応の方向性」（以下、「方向性」という。）を示した。

「方向性」においては、「気候変動が沿岸部（海岸）に与える影響に対して取り得る適応策（案）」を表-Ⅲ3.3.1.2 のように整理している。これらはいくまで技術的な観点から検討した適応策（案）であり、具体的には個々の場所の特性や気候変動の影響の発現動向に応じ適切な施策を適切なタイミングで講じていくことが肝要であるとしている。

表-Ⅲ3.3.1.1 沿岸部（海岸）における気候変動の影響及び適応の方向性検討委員会委員等一覧

区 分	氏 名	所 属
委員長	磯部 雅彦	高知工科大学 副学長
委員	大村 智宏	(独)水産総合研究センター水産工学研究所 水産土木工学部 水産基盤グループ 主任研究員
委員	栗山 善昭	(独)港湾空港技術研究所 特別研究官
委員	諏訪 義雄	国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部 海岸研究室長
委員	鈴木 武	国土交通省国土技術政策総合研究所 沿岸海洋・防災研究部長
関係機関	岡 哲生	農林水産省農村振興局 整備部 防災課長
関係機関	木島 利通	農林水産省水産庁 漁港漁場整備部 防災漁村課長
関係機関	井上 智夫	国土交通省水管理・国土保全局 海岸室長
関係機関	眞田 仁	国土交通省港湾局 海岸・防災課長

表-Ⅲ3.3.1.2 気候変動が沿岸部（海岸）に与える影響に対して取り得る適応策（案）
（「沿岸部（海岸）における気候変動の影響及び適応の方向性」より）

主 な 項 目		影 響	適 応 策 (△:ソフト対策、□:ハード対策)
砂浜・国土保全への影響		○海岸保全施設前面の汀線の後退による防護機能の低下	□養浜・侵食対策の実施 △海岸侵食対策にかかる新技術の開発等 △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
	生態系への影響	○砂浜植生の減少・消滅の危険性 ○藻場の磯焼け、二枚貝などの生息環境の変化	△環境に配慮した整備や新工法等に関する調査研究 □環境に配慮した整備の実施
堤防・護岸等への影響		○堤体の滑動、転倒、倒壊 ○被覆工、上部工の被災 ○越波、越流に伴う洗掘による堤体の被災、破堤 ○汀線の後退による防護機能の低下	△海象のモニタリング △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 □粘り強い構造の堤防等の整備 △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 □養浜・侵食対策の実施
	背後地への影響	○越波・越流による浸水被害の増加 ○破堤による海水の流入に伴う浸水被害の増加	△海岸保全施設の防護機能の把握 △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 □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 △海象のモニタリング □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 △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 △避難計画策定・訓練実施の促進（操作規則との整合確保を含む） △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
（取り得る適応策（案）の内容）抜粋			
<砂浜・国土保全への影響>			
○養浜・侵食対策の実施		海岸侵食に抜本的に対応していくため、海岸地形のモニタリングを行いつつ、海岸部において、沿岸漂砂による土砂の収支が適切となるよう構造物の工夫等を含む取組を進めるとともに、海岸部への適切な土砂供給が図られるよう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等、関係機関との連携の下に広域的・総合的な対策を推進する。なお、堤防等の前面の海浜が減少することで防護機能が低下すること	

	に対し、養浜・侵食対策を実施することも含む。
○海岸侵食対策にかかる新技術の開発等	漂砂の予測モデルの高度化や対策工法の開発など、海岸侵食対策にかかる新技術の開発を進める。また、中長期的な海面水位の上昇による汀線の後退に対する適応の考え方や対策方法等の調査研究を進める。
＜背後地への影響＞	
○市町村によるハザードマップ作成の支援	強い台風の増加等に伴う高潮偏差及び波浪の増大、海面水位の上昇による災害リスクの高まりを市町村によるハザードマップ作成の支援を行うことにより、背後地の住民等に周知し、避難対策の推進等を図る。
○避難計画策定・訓練実施等の促進（操作規則との整合確保を含む）	強い台風の増加等に伴う高潮偏差の増大・波浪の増大等も踏まえ、堤外地の企業等や背後地の住民の避難に関する計画の作成、訓練の実施等を促進する。特に堤外地が活動の場として活用されている場合には、地域防災計画と海岸法に基づく陸間の操作規則との整合を図り、利用者等の円滑な避難活動を支援する。

海面上昇に関する基本認識については、日本沿岸の海面水位変化と IPCC の全球海面水位変化を踏まえ、以下の引用 2) に示すとおり、「・・・モニタリングしつつ海面水位上昇量の最大値も考慮に入れて、海岸への影響を検討する必要がある」としている。

○中長期的な海面水位の上昇

気象庁の気候変動監視レポート 2013 によれば、我が国沿岸の海面水位は現在の観測体制が確立した 1960 年代以降上昇傾向にあるものの、IPCC 第 5 次評価報告書中の全球平均の海面水位に見られるような 100 年規模で一貫した上昇傾向は見られない。

しかしながら、IPCC 第 5 次評価報告書では、世界平均海面水位の上昇（RCP8.5 シナリオで世界平均海面水位の上昇量が最大 0.82m）が予測されており、また、気温や海水温が上昇した場合、陸水の融解や海水の膨張によって海面水位が上昇することはメカニズムとして明らかであるとともに、海面水位の上昇が顕在化した場合、沿岸部（海岸）に甚大な影響が生じると想定されることから、我が国沿岸の海面水位の変動をモニタリングしつつ、海面水位上昇量の最大値も考慮に入れて、海岸への影響を検討する必要がある。

適応策の取組の方向性としては、「適応策を進めるに当たっては、様々な施策の連携による相乗効果等を踏まえ、温暖化防止効果以外の面でも大きな効用があり、仮に温暖化が起これなくても後悔しない範囲の対策（ノンリグレットな対策）を考慮することが重要である。」と不確実性を踏まえた考え方としている。

参考文献：

- 1) 沿岸部（海岸）における気候変動の影響及び適応の方向性、沿岸部（海岸）における気候変動の影響及び適応の方向性検討委員会、平成 27 年 7 月、<http://www.mlit.go.jp/common/001095553.pdf>

3. 2 高潮水防の強化に関する技術検討委員会

日本では、三大湾や有明海、瀬戸内海等高潮リスクの高い沿岸も多く、人口・資産が集中している。しかし、1959 年の伊勢湾台風以降三大湾では高潮災害が起きていないため、高潮災害への危機感が薄れている。このため、東日本大震災の前から、高潮ハザードマップの整備率は津波ハザードマップの整

備率に比較して低かった。津波については、2011 年の東日本大震災を受けて同年に津波防災地域づくり法ができ、「最大クラス」の津波を対象に法律に基づく浸水想定を整備する枠組みが整い、支援体制が充実した一方で、高潮対策はそのままであった。

2012 年のハリケーン・サンディでは、2005 年のハリケーン・カトリーナの教訓を踏まえて充実した米国のハリケーン対策が有効に機能し、ニューヨークという世界の中核都市を 74 年ぶりに浸水させたにも関わらず、被害を拡大させなかった。ハリケーン対策の要の 1 つは、あらかじめ整備されていたハリケーンのカテゴリー別浸水予測とそれに基づく避難の呼びかけ・命令であった。ハリケーンは接近があらかじめ予測でき、地震が起きてからでないとアクションが起こせない津波と違い被害軽減活動のためのリードタイムがとれる。この特性を生かして、ファースト・レスポnderと呼ばれる救助隊等の活動ができなくなる風速 39 マイル/hr (17.4 m/s) をゼロ・アワーとするタイムラインがあらかじめ検討されるしくみができていた。ハリケーン・サンディでは、地下鉄等の交通機関や市・州政府・連邦政府等各関係者がハリケーン接近の前に適切な準備行動をとっていたことが被害の拡大防止と都市機能の迅速な回復を助けていた。2014 年の台風 30 号ではアジア地域のフィリピンで高潮災害が起きたことも踏まえ、津波対策の法律整備が整った我が国において、新たなステージの防災・減災対策として、高潮対策を充実させることとなった。

これを受け、上記の海岸関係 4 省庁が事務局となって、水防法改正等を踏まえ水防強化の施策を推進するため、2015 年 2 月に「高潮水防の強化に関する技術検討委員会」が設置された。同委員会では、最悪の事態を視野に入れた最大規模の高潮に関する浸水想定を作成のため、想定し得る最大規模の高潮の設定方法、堤防等の決壊条件等の技術的な事項について議論がなされた。委員を表-Ⅲ3.3.2.1 に示す。海岸分野以外の専門家も委員に参加頂いている。

表-Ⅲ3.3.2.1 高潮水防の強化に関する技術検討委員会 委員名簿

◎磯部 雅彦	高知工科大学 学長
佐藤 慎司	東京大学大学院工学系研究科 教授
関谷 直也	東京大学大学院情報学環 准教授
高橋 重雄	国立研究開発法人港湾空港技術研究所 理事長
中北 英一	京都大学防災研究所 副所長 教授
中山 哲厳	国立研究開発法人水産総合研究センター水産工学研究所 水産土木工学部長
山田 正	中央大学理工学部 教授
事務局	農林水産省 農村振興局 整備部 防災課 農林水産省 水産庁 漁港場整備部 防災漁村課 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課 水防企画室 国土交通省 水管理・国土保全局 砂防部 保全課 海岸室 国土交通省 港湾局 海岸・防災課

◎：委員長

2015 年 5 月には水防法が改正され、高潮浸水想定区域を設定する制度が整えられた。これにより、津波と同様、高潮についてもハザードマップ整備とそれを支援する高潮浸水想定区域設定が法律に基づいて行えることとなった。委員会の議論等を踏まえて「高潮浸水想定区域図作成の手引き (Ver.1.00)」が 2015 年 7 月にとりまとめられた。

浸水想定区域図は、2. 1で紹介した「方向性」における『＜背後地への影響＞〇市町村によるハザードマップ作成への支援』の重要なパーツである。高潮浸水想定区域図を作成するためのシミュレーションにおいて、初期水位に「海面上昇」を見込むべきか、高潮の起動力となる台風の設定において「台風の強大化」を見込むべきかは重要な事項である。これらについての見解が、手引き（Ver.1.00）の冒頭「1.はじめに」の「1.1 背景 (3)気候変動に対する懸念」に示されているので、その部分を引用する（波線や波線は本報添加）。

「・・(2015 年 2 月に)社会資本整備審議会河川分科会気候変動に適応した治水対策検討小委員会から公表された「水災害分野における気候変動適応策のあり方について～災害リスク情報と危機感を共有し、減災に取り組む社会へ～中間とりまとめ」の中で、今後は、浸水想定区域の対象とする外力を、想定し得る最大規模のものとするとともに、洪水だけでなく、内水、高潮も対象とするべきであり、その際、地方公共団体、企業、自治組織、住民等が避難等の検討ができるよう、必要に応じて、浸水深だけでなく浸水継続時間を提示するべきであるという考え方が示された。また、地球温暖化に伴う気候変動により懸念される外力の増大を見込むべきであるが、気候変動予測に関する研究は進められているものの、現段階においては低頻度の現象に地球温暖化が及ぼす影響等についての研究は途上であり、気候変動予測の結果を直ちに見込むことは難しい、とされている。」（「1.1. 背景 (2) 気候変動に対する懸念」）。

「高潮浸水想定区域における外力条件は、地球温暖化に伴う気候変動による海面上昇や台風の将来変化を見込んで設定する必要がある。高潮、海面上昇等の沿岸に関する気候変動の研究も着実に進んでいるものの、現段階においては、研究途上であり不確実性を伴うことから、気候変動による将来予測を直ちに見込むことは難しい。このため、現在進められている調査・研究等により、新たな知見が得られた段階で本手引きを見直す。」「また、技術の進歩に伴う地形測量や水理解析の精度向上等により、本手引きで示した手法を見直す必要がある段階で本手引きを見直す。」（2.1. 高潮浸水想定区域図作成の基本的な考え方）。

以上のように、気候変動を現段階で標準的に見込むことはせず、今後の見直しの中で考慮する方向としている。

その一方、適応策の研究成果は着実に挙がっており、全国一律に標準的に見込むことは難しいとしても、取り組むことができるレベルにはあることから、以下のように整理された。「高潮浸水想定区域を指定しようとする海岸の状況、過去の被災実績及び過去台風の疑似温暖化実験等の調査・研究、技術の進歩に伴う地形測量や水理解析の精度向上等を踏まえ、本手引きで定めた手法以外で高潮浸水想定区域図を作成することが適切な場合は、これにより作成することができることとする。」（「1.3. 本手引きの位置付け」）。手引きにおける標準的な手法とは、中心気圧、最大旋衡風半径等のパラメータを与えて気圧場を作成する Myers モデルを用いて風・気圧場を作成し、これを既往の顕著な台風経路を参考に移動方向、速度を与えて潮位偏差・波浪を計算するシナリオベースによるものである。気候変動の研究では、アンサンブル計算や大気・海洋結合モデル等の手法も用いられていることから、隣県で矛盾が生じない等の調整がとれることを確認できれば最新の研究成果の導入も可能としているものである。

4. 海岸分野における気候変動適応策に向けた研究の動向

4. 1 将来気候に向けての海岸域防災に関わる研究動向

気候変動の検討の経緯を振り返ると、IPCC の報告が出されとそれまでの研究成果を踏まえて国内の適応策検討の見直しを行うことが繰り返されている。気候変動予測が、研究途上であり、モニタリングや研究の進展とそれらに基づく予測等の修正が繰り返されていく性質のものであることを踏まえると、今後もこのサイクルは続いていく。現場の課題解決や研究成果の現場反映・施策反映をミッションとする国総研（河川研究部海岸研究室）にとっては、本省とともに気候変動に関わる研究動向を見守り、現場や施策への反映に資する助言や提案を研究グループに行うことが重要な役割である。本節では、気候変動適応策に関する研究動向をレビューする。



図-Ⅲ3.4.1.1 我が国の主要な気候変動に関する組織的研究（海岸分野のみ）

図-Ⅲ3.4.1.1 に海岸分野における気候変動に関する我が国での機関横断の組織的研究の変遷を示す。気候変動に関する研究の枠組みは大きく分けて文科省が推進するものと環境省が推進するものの2つとなっている。文科省の枠組みは気候変動将来予測を起点にしており、学術研究予算で組み立てられているため、バックグラウンドがメカニズム重視で学術性が高い。他方、環境省の枠組みは環境政策への反映を強調したアウトカムを重視している。なお、研究制度間で分担者の乗り入れがあり、取り組みが分離されている訳ではない。

4. 2 気候変動リスク情報創生プログラム 沿岸災害リスクの影響評価

気候変動リスク情報創生プログラムの検討体系を図-Ⅲ3.4.2.1 に示す。海岸分野におけるデータの入口の課題として、気候予測により算出されるものは気象データのみであり、海象データは気象データから海上風、台風データを抽出して、さらに波浪計算や高潮計算を行う必要がある。このプログラムでは、波浪や高潮の予測情報を作成することが研究目標の1つとなっている。

高潮に関しては、GCM を直接用いた高潮偏差の将来変化予測、海水面温度を疑似温暖化させて設定し経路アンサンブル計算を行う予測、確率台風モデルを用いてサンプル数を確保して統計的な評価を行う

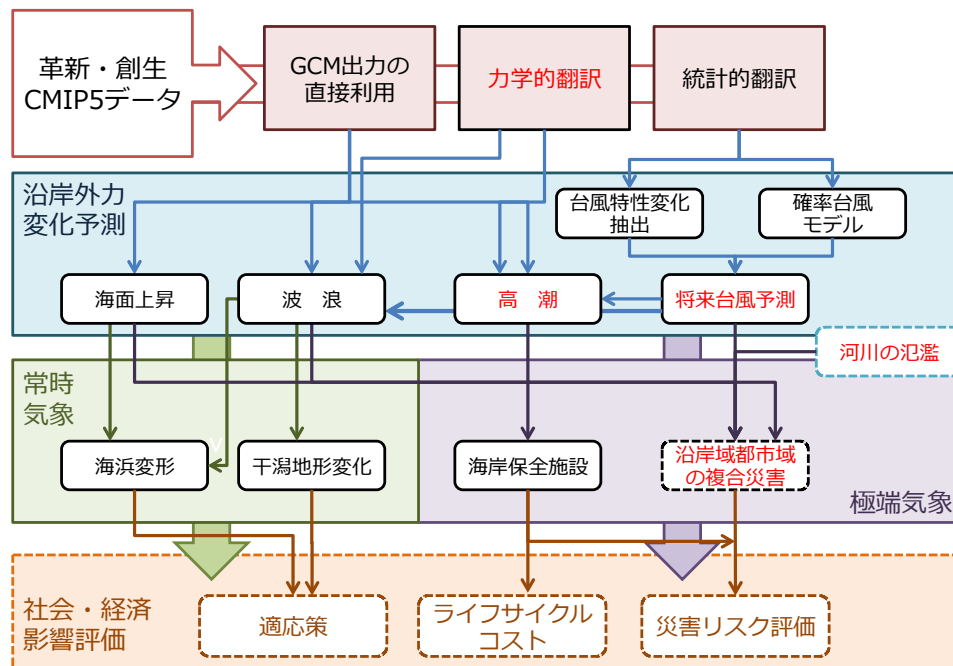


図-Ⅲ3.4.2.1 創生プログラムの検討体系（沿岸防災グループのみ）

予測等の長所・短所を整理している。波浪に関しては、アンサンブル実験による地球規模の将来変化が推定されている。体系にあるとおり、海浜変形や干潟の地形変化、沿岸域の複合災害も扱うこととしており、適応策、海岸保全施設のライフサイクルコスト、災害リスク評価を行うことを目指す意欲的な内容である。

4. 3 最近の動向

2014 年の第 61 回海岸工学講演会の前日シンポジウム「I P C C 第 6 次評価報告書を見据えた海岸工学分野における気候変動の影響評価と適応策の検討」、2015 年の第 62 回海岸工学講演会の企画セッション「海岸工学分野における気候変動への対応」では、文科省、環境省双方の研究動向が報告され、気候変動への対応についてディスカッションが行われた。適応策の研究の進展と現場での実践に向けた取り組みは活発である。

表-Ⅲ3.4.3.1 海岸工学分野における気候変動対応に関する最近の取組

2014 年の第 61 回海岸工学講演会 前日シンポジウム 「I P C C 第 6 次評価報告書を見据えた海岸工学分野における気候変動の影響評価と適応策の検討」	2015 年の第 62 回海岸工学講演会 企画セッション 「海岸工学分野における気候変動への対応」
2014 年 11 月 11 日（火）18～20 時 ウィングあいち 11 階 1102 会議室	2015 年 11 月 12 日（木） 14:40～17:30 東京都江東区青海・タイム 24 ビル 【ホール 1】
司会 武若（筑波大学） プログラム 1. 趣旨説明（武若・筑波大学） 2. IPCC-AR5 の分析と海岸工学分野における着目点（横木・茨城大学） 3. 海岸工学に重要な将来変化の予測とその問題点（森・京都大学） 4. 港湾・海岸における適応戦略とその問題点（栗山・港湾空港技術研究所） 5. 海浜変形予測とその問題点（有働・東北大学） 6. 海岸工学分野への提言（三村・茨城大学） 7. 総合討論	■ 企画セッションプログラム 【前半】 0) 趣旨説明（武若、横木） 1) Estimation of non-linear sea level rise and uncertainty and its projection in the Seto Inland Sea, Japan（李漢洙）file 要旨 2) JRA-55 にもとづく長期波浪推算と波候特性の解析（森信人） 3) 高解像度台風モデルによる台風強度に対する温暖化影響のシナリオ間相互比較（吉野純） 4) 気候変動に伴う最大クラス台風経路と高潮偏差および再現期間の推定－伊勢湾における検討－（澁谷容子） 5) 気候変動適応のための海岸堤防の必要嵩上げ高算定法に関する研究（間瀬肇） 6) 気候変動による影響の検出に伴う 2 つの過誤のバランス（北野利一） 7) ブルーカーボン研究の将来：気候変動の緩和と適応の両得（桑江朝比呂）file 要旨 ■ 企画セッションプログラム 【後半】 A) 水工学分野における気候変動研究の動向（中北英一、京都大学、水工学委員長） B) 総合討論 filePoints