

第3章 IPCC 特別報告書「海洋・雪氷圏」：森林関連記述の抜粋

本章は、IPCC（2019）「海洋・雪氷圏」：変化する気候下での海洋・雪氷圏に関する IPCC 特別報告書（Full Report）⁷の森林に関連する記述の抜粋、仮訳である。文章中の見出し番号は原文の通りで、【p 数字】は原文（英文）のページ数を示す。

1 本報告書の構成と背景

1.1 なぜこの特別報告書なのか

Box 1.1 海洋及び雪氷圏の海洋の重要な要素と性質

沿岸は、海洋と陸地のプロセスが相互作用する場所であり、沿岸都市、三角州、河口及びマングローブ林のような沿岸生態系を含んでいる。沿岸からの海洋深度と距離は海洋地域に適応できるガバナンスや経済へのアクセスに影響する。【p78】

1.5 海洋と雪氷圏に関連したリスクと影響

Cross-Chapter Box 2 リスク、適応策、抵抗及び移行の重要な概念 【p87】

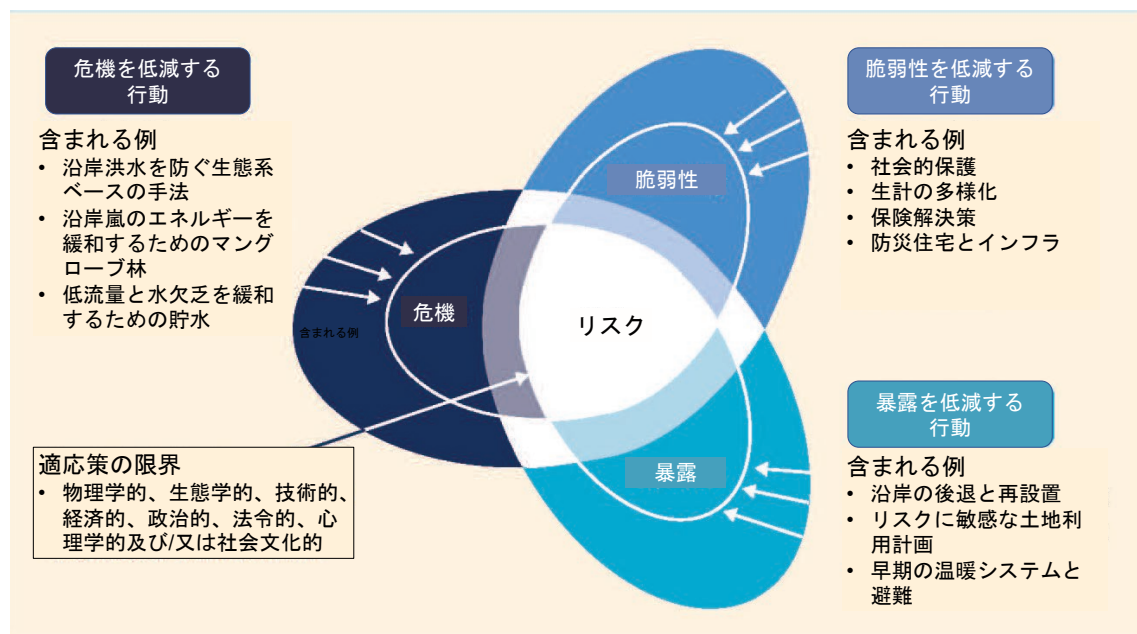


Figure CB2.1 適応を通したリスク削減のオプション

⁷ IPCC（2019）IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate.
URL: <https://www.ipcc.ch/srocc/>

適応は、脆弱性、曝露及び/又は危険という3つのリスク要因の1つ以上に対処することにより、リスクを軽減することができる。脆弱性、露出、及び/又は危険の可能性の低減は、適応の限界に達する可能性があるまで、時間の経過とともに様々な政策と活動を選択することで達成できる。本 Figure は、IPCC 第5次評価報告書（AR5）で使用されているリスクの概念フレームワークに基づく（Oppenheimer et al., 2014）。

1.6 海洋と雪氷圏への気候変動の原因と結果への取り組み

1.6.1 海洋と雪氷圏における緩和策と適応策

よく選定された人為的官介入は、自然システムの気候変動に対する適応的能力を増強する。マングローブ林の修復のような生態系の構造的又は機能的性質の操作を通じたこのような介入は、気候変動の圧を低減し、自然抵抗力を増強し/又は社会へのカスケード状のリスクを低下するための生態系の反応を向け直す可能性がある。【p93】

2 高山地域

2.3 山岳社会生態システム：影響、リスク及び人類の反応

2.3.2 地滑り、雪崩及び洪水の危険性

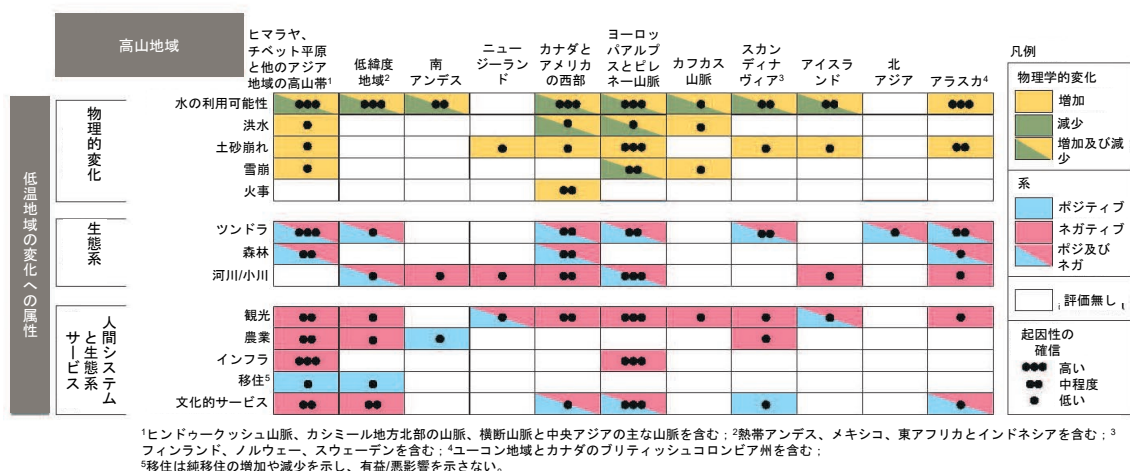


Figure 2.8 過去数十年にわたって 11 の高山地域で観測された物理的変化と生態系及び人間のシステムと生態系サービスへの影響の統合【p165】

3 極地域

要約

極地域の水循環への気候に関連した変化、自然火災及び急速な雪解けが進行しており【高い信頼性】、植生と水と食の安全への影響を伴っている。雪と湖の氷被覆は減少しており、6 月については、積雪範囲は 1967～2018 年にかけて 10 年ごとに、13.4±5.4%減少している【高い信頼性】。ツンドラ

地域の植生の全体的な緑化が存在しているが、いくつかのツンドラ及び亜寒帯林地帯の枯死も存在しており、トナカイや鮭を含む動物の分布や豊かさの変化が存在している〔高い信頼性〕。【p206】

3.4 北極の雪、淡水の氷、そして永久凍土：変化と結果

3.4.1 観察

3.4.1.2 永久凍土層

3.4.1.2.4 ドライバー

パルス攪乱は、しばしば絶縁性土壌有機層を急速に除去し、永久凍土の劣化を引き起こす（Gibson et al., 2018）。パルス攪乱の中でも、自然火災は、高緯度地域に大規模な影響をもたらす。近年の気候温暖化は、アラスカやカナダ西部の寒帯林地帯での山火事活動の増加と関連していることが研究されている（Gillett, 2004; Veraverbeke et al., 2017）。衛星写真に基づくと、全世界において、およそ 80,000km² の寒帯林が、1997 年から 2011 年にかけて焼失した（van der Werf et al., 2010; Giglio et al., 2013）。カナダにおける 2014 年とアラスカにおける 2015 年は以上火災年であり、1997～2011 年の平均的な火災面積の倍となり（Canadian Forest Service, 2017）、ユーラシア大陸を上回る世界全体の寒帯林の 60%の焼失に起因した（van der Werf et al., 2010; Randerson et al., 2012; Giglio et al., 2013）。これらの異常な北アメリカの火災年は、ユーラシア大陸の平均より低い火災面積によってバランスがと持たれており、世界全体では、5%の増加となった。毎年の極ツンドラにおける焼失面積は、寒帯林と比較して一般的敵には小さい。アラスカにおいては、寒帯林とツンドラ植生に置ける両方の焼失面積の見積もりが存在する地域であるが、ツンドラは、およそ 270km²/年平均で焼失しており（French et al., 2015）、州全体で、平均 7%の面積が焼失していることとなる（Pastick et al., 2017）。【p249】

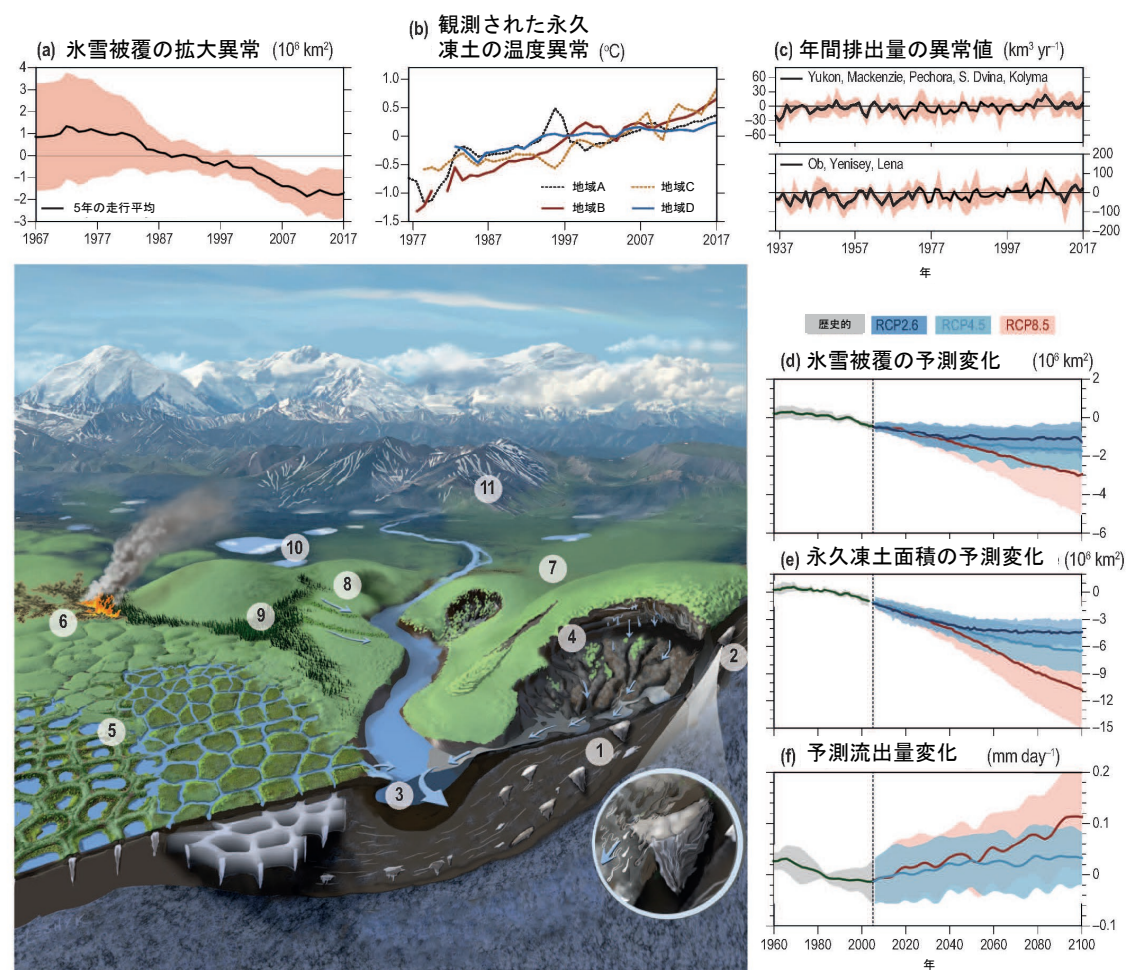


Figure 3.10 極地域における地球上の冰雪圏によって影響される重要な土地被覆要素【p248】

(a) (1)永久凍土; (2)氷; (3)河川流量; (4)突然の解凍; (5)地表水; (6)火; (7)タンドラ; (8)低木; (9)北方林; (10)湖の氷; (11)季節性の雪。Mudryk et al.のアプローチに基づく5つの製品からの6月の積雪範囲異常の時系列（1981年から2010年の気候学と比較して）（2017）、(b) ベースライン期間に正規化された永久凍土の温度変化（Romanovsky et al.、2017）；A 地域：スカンディナヴィア、スバルバル、ロシアシベリアの連続から不連続の永久凍土、B 地域：アラスカ北部、ノースウェスト準州、北東シベリアの冷たい連続永久凍土、C 地域：カナダ東部及び北極圏北部の冷たい連続永久凍土、D 地域：アラスカ内陸部及びカナダ北西部の不連続永久凍土及びベースライン期間（1981～2010）に正規化された北部の流れる流域からの流出（Holmes et al.、2018）、(c) マルチステーション平均（ ± 1 標準偏差）、(d) 6月の積雪範囲の変化に対するさまざまな代表的な濃度経路（RCP）シナリオの結合モデル相互比較プロジェクトフェーズ5（CMIP5）マルチモデル平均（ ± 1 標準偏差）予測（Thackeray et al.、2016に基づく）、(e) 面積地表近くの永久凍土の変化、及び(f) 北極海への流出の変化（McGuire et al.、2018に基づく）。

3.4.2 予測

3.4.2.2 永久凍土層

植生と気候の相互作用により、将来的な焼失面積の予測には〔中程度の信頼性〕しか存在しない。火災活動が増加するにつれて、アラスカの寒帯林を占めるクロトウヒのような、火災を引き起こしやすい植生は、火災につながりづらいうるみち樹林に取り替えられながら、減少していくと予測されている（Johnstone et al., 2011; Pastick et al., 2017）。火災は、新奇の攪乱として、ツンドラや依然寒帯で湿度の高い気候によって守られていた森林－ツンドラ境界地域に拡大していく可能性もある（Jones et al., 2009; Hu et al., 2010; Hu et al., 2015）〔中程度の信頼性〕。統計的手法により、2100 年までに森林－ツンドラ境界の 30 年間の火災発生確率が 4 倍になると予測されている（Young et al., 2017）。【p251】

3.4.3 結果と影響

3.4.3.1 世界の気候フィードバック

3.4.3.1.1 炭素サイクル

最近の航空機によるアラスカの大気中 CO_2 濃度の測定では、2012 年から 2014 年の間、アラスカのツンドラ地域は一貫して大気中の正味の CO_2 供給源であったのに対し、寒帯林地域は中立又は正味の CO_2 吸収源であったことが示された（Commane et al., 2017）。この調査地域全体では、調査期間全体で両植生の土地面積を平均した場合、 $\pm 14 \text{ Tg}$ の $\text{CO}_2\text{-C/年}$ の正味の炭素源であると推定された。予測される全世界の排出量と比較するために、アラスカ調査地域（ $1.6 \times 10^6 \text{ km}^2$ ）を北半球の環状永久凍土地域の土壌面積（ $17.8 \times 10^6 \text{ km}^2$ ）全体に拡大できると仮定した場合、これは 0.3 Pg の $\text{CO}_2\text{-C/年}$ の正味の排出源に相当する。【p252】

3.4.3.2 生態系及びそのサービス

3.4.3.2.1 植生

ツンドラと同様に、衛星記録の結果、寒帯林植生は、異なる地域ごとに複数年で、緑化と枯死の両方の傾向を示している（Beck and Goetz, 2011; Ju and Masek, 2016）〔高い信頼性〕。ここにおいて、植生変化のパターンは、気候変動への応答の直接的な結果であり（気温、降水量、季節性）、ツンドラで報告されたことと同様に、植生に対するきっかけとなる他の要因（栄養、攪乱）の結果でもある。寒帯林は北端で拡大する可能性があるが（Pearson et al., 2013）、気候予測によると、南端では減少し、より低いバイオマスを伴う森林や低木林に取って代わられる可能性がある（Koven, 2013; Gauthier et al., 2015）〔中程度の信頼性〕。モデル予測によると、アラスカの寒帯林は、近年の火災活動の増加により、景観上のトウヒの立地と同様に落葉樹の立地が豊富に存在する地点を間もなく通過する可能性があることを示唆されている（Mann et al., 2012）〔中程度の信頼性〕。この予測された常緑樹林を代償とした落葉樹林の増加傾向は、ロシアや中国の寒帯林にも当てはまる（Shakhova et al., 2013; Shuman et al., 2015; Wu et al., 2017）〔中程度の信頼性〕。【p254】

3.4.3.2.2 野生生物

トナカイとカリブーは、それらの個体数と大型の草食動物としての生態学的な役割を通じた、極地域の生態系における重要な駆り立て役である。カリブーの季節的な移住は、いくつかの群れは、沿岸のツンドラと大陸の寒帯林を結びつけており、他の群れは、通年、ツンドラで生息する。【p255】

4 海面上昇と列島、沿岸とコミュニティへの関係

要約

沿岸製池は、すでに海面上昇、他の気候に連動した海洋の変化、及び海洋及び陸地における人間活動からの負の影響により影響を受けている【高い信頼性】。沿岸の生態系は、塩性湿地やマングローブを含み、それぞれで、その能力は異なるとしても、海面上昇に応答して垂直に積み上げられ、水平に拡大する【高い信頼性】。これらの生態系は、沿岸保護や様々な生物相への棲み処を含む、重要な生態系サービスを提供する。しかしながら、湿地生態系を断片化させ、陸地の移住を制限する人為的な活動の結果として、沿岸生態系は、先立って気候によって引き起こされる変化に適応し、保護的な障壁を作るといった生態系サービスを提供する能力を失っている【高い信頼性】。【p323】

予測

海面上昇が今世紀の間に沿岸の生態系に与える影響として予想されるのは、生息地の縮小、機能性と生物多様性の喪失、水平方向及び内陸への移動などである。埋め立ての場合や、人為的な障壁が湿地やマングローブの内陸への移動を妨げ、土砂の供給可能性や再移動を制限している場合には、影響は、さらに悪化する【高い信頼性】。好ましい条件の下では、湿地やマングローブは海面上昇の速い速度（例：10mm/年以上）に追いつくことがわかっているが、この能力は、場所の波の露出、潮位、土砂の捕捉、全体的な土砂の利用可能性、沿岸の圧迫などの要因によって大きく変化している【高い信頼性】。【p324】

4.2 海水位変化の物理的基盤と関連した危険性

4.2.3 海水位変化の予測

Box 4.1 沿岸の危険と応答のケーススタディ

沿岸洪水と浸水に応答して、フィジーにある都市ナンディで起きている河川氾濫と沿岸への浸水に起因する危険は、大雨、海面上昇及び、三角州の沈下である。洪水の頻度の増加は、海面の上昇や異常な降雨がすべての原因ではない。河への接続路は時間の経過とともに土砂で満たされるようになったが、これは主に後背地の森林伐採が原因である。マングローブの周辺の多くは、さまざまな種類の開発のために犠牲にされてきた。ナディ川三角州が沈下し、海面上昇の影響を悪化させている。ナディ川流域の洪水や浸水を軽減するための様々な取り組みが提案されている。これらには、ハードプロテクションとエンジニアリング（例：環状堤防、河川拡幅、橋の再建、流域の後退、支流のショートカット、ダム、分水

路)、及びソフトプロテクション(例: 上流域の早期洪水警報、土地管理の改善)の両方の対策が含まれている。【p363~364】

4.3 海面上昇に関わった暴露、脆弱性、影響そしてリスク

4.3.2 海面上昇に対する暴露と脆弱性の規模

4.3.2.1 出発点

4.3.2.1.1 曝露と脆弱性の環境的側面

海洋生態系の暴露における変化

生態系の暴露に置ける沿岸生息域の焼失による影響は、よく研究されてきた (Lavery et al., 2013; Serrano et al., 2014; Short et al., 2014; Yaakub et al., 2014; Cullen-Unsworth and Unsworth, 2016; Breininger et al., 2017)。そして、生態系の種類により、その保全状態や、海面上昇と沿岸採取といった内陸への移動を阻害するような人為的な介入との相互作用についても多くの研究がなされてきた (Kirwan and Megonigal, 2013; Schile et al., 2014; Hopper and Meixler, 2016)。例えば、海藻やその他の底生生態系は、森林伐採、農業、養殖、漁業、都市化、港湾開発、水路の深化、浚渫、ボートの停泊などの高台を基盤とした活動による水質悪化 (養分や土砂、溶存有機炭素負荷の増加) の影響で (Saunders et al., 2013; Ray et al., 2014; Deudero et al., 2015; Abrams et al., 2016; Benham et al., 2016; Mayer-Pinto et al., 2016; Thorhaug et al., 2017)、その範囲全体でかつてない速さで減少している (Telesca et al., 2015; Unsworth et al., 2015; Samper-Villarreal et al., 2016; Balestri et al., 2017)。【p369】

南フロリダ、カリブ海地域、インド太平洋のマングローブ地域などでは (Lovelock et al., 2015)、マングローブは現在の海面上昇率を上回ることができず、消滅の危機に瀕している。これらの地域的・局所的な影響は、非常に変動が大きく (研究によっては矛盾した結果になることもある。例) Smoak et al., 2013; Koch et al., 2015)、地形や、淡水や投入物からの塩分濃度の制御など、脆弱性を形成する地域的条件に関連しているが、体積と地表エネルギーバランスに関する更なる研究が必要である (Barr et al., 2013)。【p370】

4.3.2.4.3 社会資本

沿岸のコミュニティは、リスクを軽減し、沿岸の危険に直面しても適応能力を高めることができる社会構造と能力を持ち合わせている (Aldrich, 2017; Petzold, 2018)。脆弱性を軽減するための手段としての社会資本は、極端な事象 (リスク予防メカニズム、緊急時の対応、危機後の行動) や集合的環境管理 (マングローブの植え替え、沿岸清掃など) の背景の中で研究されてきた。【p374】

4.3.3 海面上昇に対する観測された影響と現在及び将来的なリスク

海面上昇は、架線によって提供される堆積物の不足といったような、他の工程においても部分的に関係するような危機と影響を引き起こす (Kondolf et al., 2014)。このセクションでは、これらの危険性 (洪水、浸食、塩害) のいくつかと、いくつかの重要な海洋生態系 (湿地、マングローブ、岩礁、珊瑚

礁、海藻）、生態系サービス（沿岸保護）、人間社会（人、資産、インフラ、経済・自給自足活動、不公平感、幸福感など）への観測された影響と予測された影響について考察する。【p375】

4.3.3.5 生態系及び生態系サービス

4.3.3.5.1 潮汐湿地

海面上昇下で比較的安定した形態を可能にする生態系・形態力学的フィードバックの中で最も重要なものの一つは、湿地やマングローブシステムが土砂の捕捉を強化する能力であり、これにより潮汐性湿地が成長し、有機物の産出と蓄積を増加させる (Kirwan and Megonigal, 2013)。生態系の健全性が維持され、その成長を支えるのに十分な土砂が存在する場合、この特定の フィードバックにより、湿地やマングローブシステムは一般的に、現在に至るまで海面上昇 と同等かそれ以上の速度で垂直方向に構築されてきた(Kirwan et al., 2016; Woodroffe et al., 2016)。【p379】

最近の見解では、マングローブの表層付加率は、辺縁部と流域マングローブの環境において、それぞれ 2055 年と 2070 年までの高海面上昇シナリオ (RCP8.5) に同調することを示唆しているが、生物学的・物理的フィードバックを組み込んだ垂直方向への湿地の成長を含んだプロセスベースのモデルは、1～5 cm/年の海面上昇率の下では、海に沈むのではなく生存することを支持している。しかしながら、塩性湿地が海に沈む際の海面上昇の閾値の割合は、地域ごとに大きく異なっており、潮による堆積の確保が減少し/又は利用可能な堆積が存在していない小干潮地域では実質的に、1cm/年となっている (Lovelock et al., 2015; Ganju et al., 2017; Jankowski et al., 2017; Watson et al., 2017)。地球環境の変化は、環境的に繊細な種がより大きな気候への忍耐性を持つ種によって取って代わられることを含む、異なるマングローブや湿地生物の成長、生産性、地理的な分布における変化につながる可能性がある (Krauss et al., 2014; Reef and Lovelock, 2014; Coldren et al., 2019)。【p379】

4.3.3.5.4 沿岸及び海洋生態系による沿岸保護

上記の沿岸生態系から得られる主な「保護」利益には、例えば、珊瑚礁 (Elliff and Silva, 2017; Siegle and Costa, 2017)、マングローブ (Zhang et al., 2012; Barbier, 2016; Menéndez et al., 2018) 又は塩性湿地 (Möller et al., 2014; Hu et al., 2015) による波の減衰と沿岸線の安定化がある。最近、69 件の研究の世界規模のメタアナリシスでは、検討された限られた場所で、これらの生態系を合わせて、平均 35～71%の波高の減少が見られ (Narayan et al., 2016)、珊瑚礁、塩性湿地、マングローブ、海藻／コンブ床では、それぞれ 54～81%、62～79%、25～37%、25～45%の波高の減少が見られた (検討された場所の地図は Narayan et al., 2016 を参照)。その他の研究では、マングローブ系での波の減衰が大きいことが示唆されており (Horstman et al., 2014)、潮汐湿地の総面積、水深、種に関連した波の減衰のより広範な複雑性が強調されている。【p380】

4.3.4 沿岸のリスクにおける結論：海面上昇の懸念理由と将来的リスク

4.3.4.2 将来のリスクと適応の利点に関する主な調査結果

4.3.4.2.1 将来のリスク

環状珊瑚島の都市

太平洋及びインド洋における 3 つの環状珊瑚国家における中心的な島（又は群島）について、ここでは考慮していく。それらは、フオンガファル（ツバル、フナフティ環状珊瑚）、南タラワ都市区（キリバス、タラワ環状珊瑚）そしてメイル（モルディブ、北カーフ環状珊瑚）である。これらの地域は、海洋及び陸地生態系への人為発生型の妨害が顕著であり、例えば、南タラワのマングローブ除去や、メイルにおける埋め立てによる人為的な珊瑚礁の破壊などがある（Duvat et al., 2013; Naylor, 2015）。そして、それゆえに珊瑚礁による沿岸保護のようなサービス（例えば、洪水や侵食を抑制する波のエネルギーの緩和や、長期にわたる島の耐久性に貢献する堆積物の提供といったもの）を損なうこととなっている（McLean and Kench, 2015; Quataert et al., 2015; Elliff and Silva, 2017; Storlazzi et al., 2018）。【p383】

リスクは、特に、珊瑚礁とマングローブが海面上昇に対応することにおいて、海洋の温暖化と酸化の負の影響により更に悪化する（Pendleton et al., 2016; Van Hooidek et al., 2016; Perry and Morgan, 2017; Perry et al., 2018）。更に、海面上昇の小さな値でさえ、環状珊瑚の島の水没のリスクを急速に引き上げる（Bailey et al., 2016; Storlazzi et al., 2018）。最終的に、環状珊瑚環境に置ける土地の欠乏は、海面上昇による引き起こされた被害（特に、家、農業及びインフラ）やそれに連なる影響（地下水と土壌の塩分濃度の変化の結果として、例えば、暮らしなど）を悪化させる。

大規模な熱帯農耕三角州

この分析における河川三角州は、メコン川の三角州とメナグ川の三角州である。両方の三角州において、沿岸とより内陸側の湿地と同様に、マングローブは、部分的に悪化している。今日、両方の三角州において、自然障壁を修復するために実施された手法は、マングローブ生態系だけにとどまっておらず（Quan et al., 2018a; Rahman et al., 2018）、沈下を抑えるための手法は未だに発達していない（Schmidt, 2015; Schmitt et al., 2017）。将来的に安定した人口密度を考えた場合、沿岸線の洪水は、三角州レベルで更にリスクを後押しすることとなる（Brown and Nicholls, 2015; Brown et al., 2018a; Dang et al., 2018）。【p383】

4.4 海面上昇に対する反応

4.4.2 観測及び予測された反応、コスト、利益、副次的利益、欠点、効率及びガバナンス

4.4.2.3 生態系に基づく適応

4.4.2.3.1 地理的に観察された生態系に基づく適応

その国際的な区分が詳細までわかっていないハードな適応策（Scussolini et al., 2015）と比較して、沿岸生態系の現在の国際的な区分はよく調査されている（マングローブについては、Mcowen et al., 2017）。定義によると、生態系ベース適応策（EbA）は、環境条件がすでにある生態系に適切である

場合でしか存在し機能することができない。マングローブ、塩性湿地及び珊瑚は、全世界の 40—50%の沿岸に存在する (Wessel and Smith, 1996; Burke, 2011; Giri et al., 2011; Mcowen et al., 2017)。しかしながら、海面上昇に直面した生態系ベース適応策関連の生態系によって覆われた沿岸線の長さについて、全世界における、明確な見積もりは存在していない。これは、利用可能な異なった見積もりの空間解像度の間にミスマッチが存在することが部分的な理由になっている。マングローブは、熱帯及び亜熱帯の沿岸に存在し、120 の国に渡って 138,000—152,000km² を覆っている (Spalding et al., 2010; Giri et al., 2011)。少なくとも、150,000km の沿岸線が 100 以上の地域に渡って珊瑚礁の恩恵を受けており (Burke, 2011)、これらは、1 億人以上の人々を波により引き起こされる洪水から守っていると見積もられている (Ferrario et al., 2014)。【p390】

4.4.2.3.2 予測される生態系に基づく適応

気候変動に対する生態系の応答についての予測は利用可能であるが、これまで、将来的な生態系ベース適応策の拡大に関する大規模な予測は存在していない。しかしながら、多くの沿岸線沿いの国家が、とりわけ、発展途上小島国が、将来的な沿岸の危機と海面上昇の懸念に取り組むための手段として、明確に生態系ベース適応策を支持している。気候変動枠組み条約に基づいた国家による貢献度決定に基づくと、30 以上の発展途上小島国が、生態系ベース適応策を海面上昇への好ましい対応として引用しており、マングローブの植栽が最も一般的な方法となっている (Wong, 2018)。【p391】

4.4.2.3.3 生態系に基づく適応のコスト

沿岸生息地の修復と維持のコストは、沿岸の環境、生息地のタイプ及び、予測される状況に依存する。一般的に、修復のコストは、マングローブで最も安く、塩性湿地や礫岩礁でやや高くなり、海藻床や珊瑚礁で最も高くなっている (Table 4.8)。

農業生産、工業、定住などの代替利用は、一般的に経済的価値が高いため、珊瑚礁やその他の沿岸の生息地の保全には、相当な機会費用がかかる可能性がある (Stewart et al., 2003; Balmford et al., 2004; Adams et al., 2011; Hunt, 2013)。これらの代替利用の価値が高いことが、世界的に見ても沿岸生態系が最も人為的破壊に直面している生態系の一つである理由であり、マングローブの面積の 1～3%、海藻の面積の 2～5%、珊瑚の 4～9%が毎年失われていると推定されている (Duarte et al., 2013)。これらの地域を保護することは、これらの傾向を逆転させることとなる。【p391】

4.4.2.3.4 生態系に基づく適応の有効性

生態系ベース適応策は海面に関連した危機の影響を軽減することができてきたが、その効果の大きさについては、いまだにほとんど合意が得られていない (Gedan et al., 2011; Doswald et al., 2012; Lo, 2016; Renaud et al., 2016)。湿地やマングローブ湿地 (Barbier and Enchelmeier, 2014; Möller et al., 2014; Rupprecht et al., 2017)、珊瑚礁 (Ferrario et al., 2014; Storlazzi et al., 2017)、礫岩礁 (Scyphers et al., 2011)、水没した海藻藻場 (Infantes et al., 2012) などの自然生息地がもたらす波の減衰や洪水の軽減効果については、数多くの独立した野外研究、実験研究、

数値研究が行われてきたが、これらの研究では、波の減衰や洪水の軽減効果が観測・測定されている。地域規模及び世界規模の数値研究によると、湿地やマングローブは、現在の高潮による洪水被害を年間 15%以上減少させることができ、生きた珊瑚礁を 1 メートル失うと、年間の波浪による洪水被害が 2 倍になることが示されている (Narayan et al., 2017; Beck et al., 2018) 。【p391】

Table 4.8 生態系に基づく適応 (EBA) のコスト【p391】

手法の種類	資本コスト	維持管理コスト
湿地保全 (湿地帯/ マングローブ、海岸林)	データなし	嵐後の瓦礫の除去、例) マングローブ: フロリダにおいて 5,000\$/ha・年 (Lewis, 2001) から 11,000\$/ha・年 (Aerts, 2018)。地球規模のマングローブでは 7~85\$/ha・年 (Aerts et al., 2018a)、ワッデン海における湿地帯では 25\$/m・年 (Vuik et al., 2019)。
湿地回復 (湿地帯/ マングローブ、海岸林)	湿地: 85,000~230,000\$/ha (Aerts et al., 2018a)、マングローブ: 9,000\$/ha (中程度; Bayraktarov et al., 2016)、サモアにおいて、2,000 ~ 13,000\$/ha (Gilman and Ellison, 2007)、塩性湿地: 67,000\$/ha (Bayraktarov et al., 2016)、湿地回復のための芝ダム: 150\$/m (Vuik et al., 2019)。	湿地保全における維持管理コストと同様。
礁保全 (珊瑚/カキ)	例えば、礁の海洋保全地域へのスタートアップコストは 96~40,000\$/km ² (McCrea-Strub et al., 2011)。	海洋保全地域において、グレートバリアリーフでは 12,000,000\$/年 (Balmford et al./2004)。
礁回復 (珊瑚/カキ)	165,600\$/ha (中程度; Bayraktarov et al., 2016)、カキ礁: 66,800\$/ha (中程度; Bayraktarov et al., 2016)、イギリスにおける人工礁: 30,000~90,000\$/100m (Aerts et al., 2018a)。	礁保全における維持管理コストと同様。

生態系ベース適応策の継続に伴って影響する複数のパラメータについての我々の理解に決定的なギャップが依然としてある (Smith, 2006; Stiles Jr, 2006) 。マングローブの修復プロジェクトが失敗した理由としてよく挙げられるのが、マングローブの種の選択が悪かったこと、間違った干満帯や波のエネルギーが過剰な地域に植栽してしまったことなどである (Primavera and Esteban, 2008; Bayraktarov et al., 2016; Kodikara et al., 2017) 。【p392】

生態系ベース適応策手法の有効性は、季節、年単位そして長期の高い可変性も表している。長い目で見た場合、海水位、堆積物の投入、海水温そして海洋の酸性度の変化が、どのように、沼地やマングローブ湿地、珊瑚礁、蠣岩礁の面積、分布及び健全性に影響するかについては、限られた証拠と低い

同意がある (Hoegh-Guldberg et al., 2007; Lovelock et al., 2015; Crosby et al., 2016; Albert et al., 2017)。生態系ベース適応策手法は、効果を発揮する前に、差異のリードタイムを持っている。例えば、新たに植栽されたマングローブは、成熟するまでは、波の緩和をあまり発揮できない（およそ 3～5 年、Mazda et al., 1997）。【p392】

4.4.2.3.5 生態系に基づく適応のコベネフィットとデメリット

防潮堤のような硬い構造物と比較して、生態系ベース適応策対策、特に沿岸湿地はより多くの土地を必要とし、土地をめぐる競争が、そもそも生態系が衰退した理由であることが多い。開発された沿岸では、このような土地は利用できないことが多い。このような場合には、堤防前のマングローブ林のような構造物対策と生態系ベース適応策対策を組み合わせたハイブリッド対策や、人工構造物に生態系の強化を組み込むことで、効果的な解決策を提供することができる。【p392】

FAQ 4.1 海面上昇の不可避性が沿岸線のコミュニティに提供する課題とは何か？そして、どのようにコミュニティは適応するか？

世界規模の気候の変化に伴い、高潮、暴風雨、洪水と相まって海面が上昇し、沿岸や島のコミュニティはますます危険にさらされている。堤防や防潮堤を建設など、マングローブや珊瑚礁のような自然の特徴を維持することで、保護を実現することが可能である。コミュニティは、海から土地を埋め立てることや、洪水に対処するために建物を適合させることで、調整することも可能である。しかし、すべての対策には限界があり、限界に達すると、人々は最終的に撤退せざるを得なくなるかもしれない。現在の選択は、沿岸の生態系やコミュニティが将来的に海面上昇にどのように対応できるかに影響を与える。温室効果ガスを削減することは、リスクを軽減するだけでなく、より多くの適応策の可能性を広げる。

緩和策のための背景とともに、海面上昇は、局所的にも地域的にも異なり、したがって、海面上昇に関わるリスクを低減するための行動は、地域の状況により、異なった形式を取る。マングローブ、海藻藻場、珊瑚礁などの健全な沿岸生態系を維持することで、「ソフトプロテクション」やその他の利益を得ることができる。海面上昇は、例えば沿岸線上の建物を高くすることで「収容」することもできる。土地は、外側や上方に建物を建てることで、海から埋め立てることができる。リスクが非常に高く、効果的にリスクを低減できない沿岸地域では、沿岸線から「退却」することがそのようなリスクを排除する唯一の方法である。沿岸の危険や海面上昇にさらされている地域での新規開発の約束を避けることは、追加のリスクを回避することにもなる。【p411】