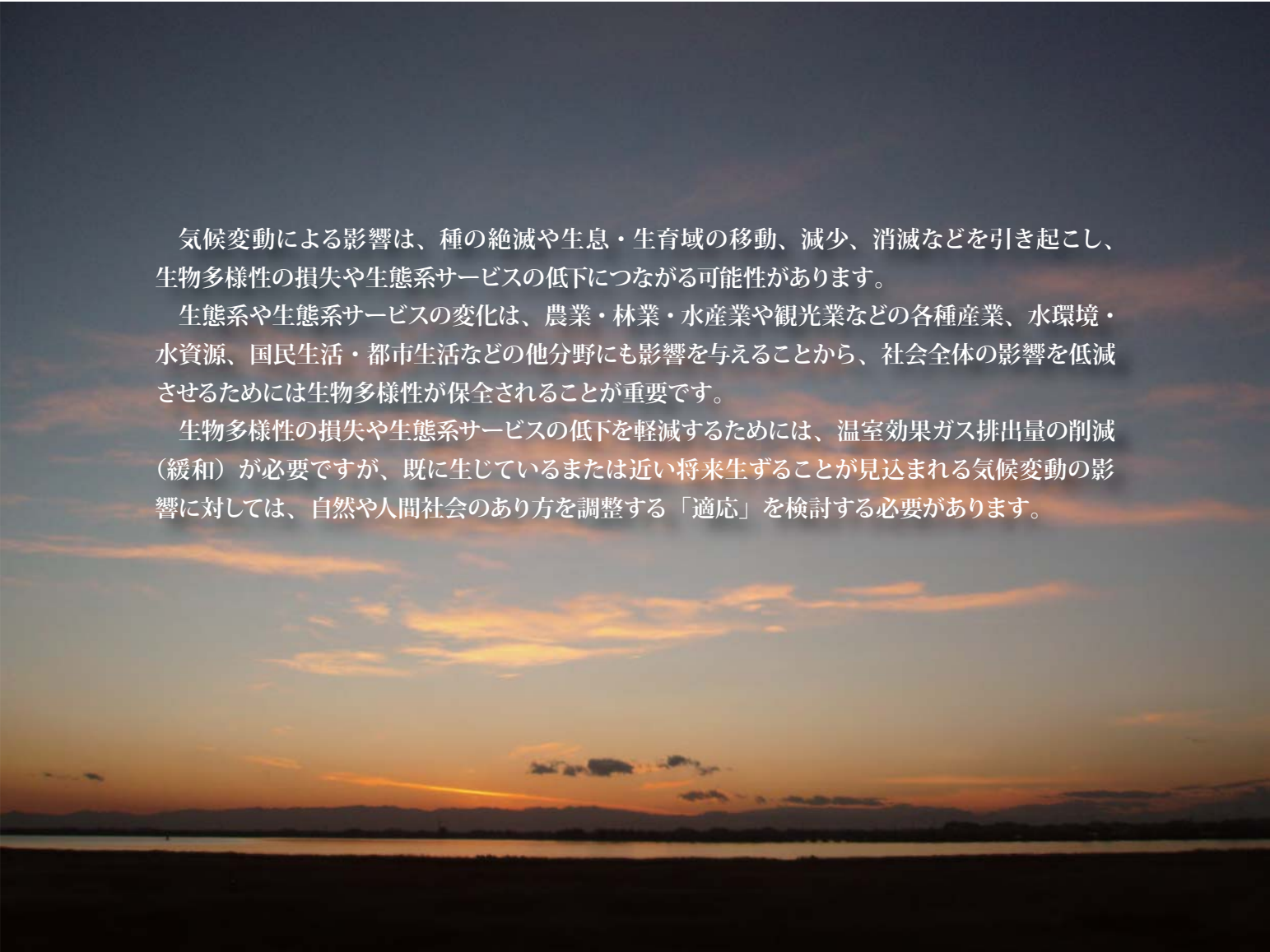




生物多様性分野における 気候変動への適応



気候変動による影響は、種の絶滅や生息・生育域の移動、減少、消滅などを引き起こし、生物多様性の損失や生態系サービスの低下につながる可能性があります。

生態系や生態系サービスの変化は、農業・林業・水産業や観光業などの各種産業、水環境・水資源、国民生活・都市生活などの他分野にも影響を与えることから、社会全体の影響を低減させるためには生物多様性が保全されることが重要です。

生物多様性の損失や生態系サービスの低下を軽減するためには、温室効果ガス排出量の削減（緩和）が必要ですが、既に生じているまたは近い将来生ずることが見込まれる気候変動の影響に対しては、自然や人間社会のあり方を調整する「適応」を検討する必要があります。

渡良瀬遊水地の夕焼け

目 次

■気候変動の影響　―気候要素の変化―	2
■気候変動の影響　―自然生態系の変化―	4
■生物多様性分野における気候変動への適応	7
■気候変動が生物多様性に与える悪影響を低減するための 自然生態系分野の適応策	9
①気候変動に順応性の高い健全な生態系の保全・再生	9
②積極的な干渉	11
■他分野の適応策による生物多様性への影響の最小化	13
■生態系を活用した適応策の推進	15
■地域における取組の推進	17

気候変動の影響 — 気候要素の変化 —

気候変動の観測結果と将来予測

※この冊子に掲載した気候変動の影響は、「日本における気候変動による影響の評価に関する報告と今後の課題について(意見具申)」(平成27年3月 中央環境審議会)の内容を中心にまとめています。

温室効果ガスの状況

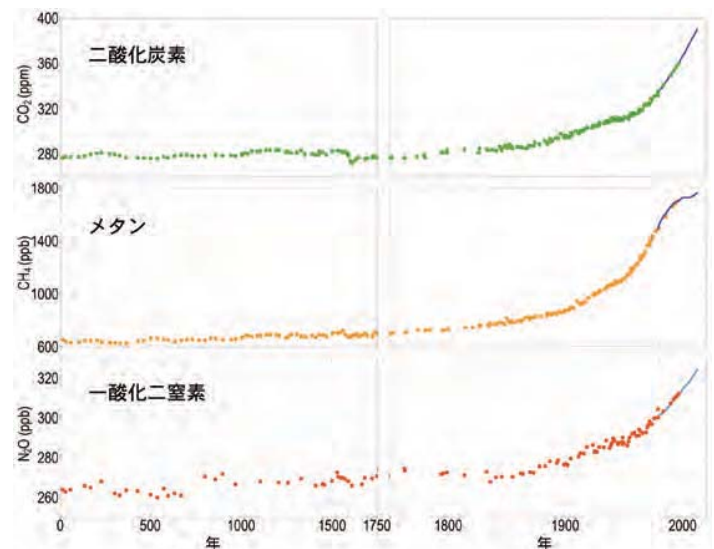
IPCC(気候変動に関する政府間パネル)第5次評価報告書によると、気候変動に影響を与える温室効果ガスである二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素の大気中濃度は、少なくとも過去80万年間で前例のない水準まで増加しており、これらは1750年以降、全て人間活動に起因して増加していることが示されています。

2013年には初めて月平均濃度が400ppmを超えるなど、我が国においても二酸化炭素濃度が増加しています。

【将来予測】

IPCC第5次評価報告書の検討に用いられたシミュレーションは、4つのシナリオ※においてあらかじめ規定された温室効果ガス等の濃度あるいは人為的排出量に基づいて実施されています。それぞれのシナリオでは、将来の大気中の二酸化炭素濃度が、2100年までに421ppm(RCP2.6)～936ppm(RCP8.5)に達するものとされています。

■西暦0年から2011年までの主な温室効果ガスの大気中の濃度の変化■



出典：気象庁 web サイトより

※RCP (Representative Concentration Pathways) シナリオ：代表的濃度経路シナリオ。

温室効果ガス濃度に対応して、RCP2.6(低排出緩和シナリオ)～RCP8.5(高排出シナリオ)の4つのシナリオがあります。

気温

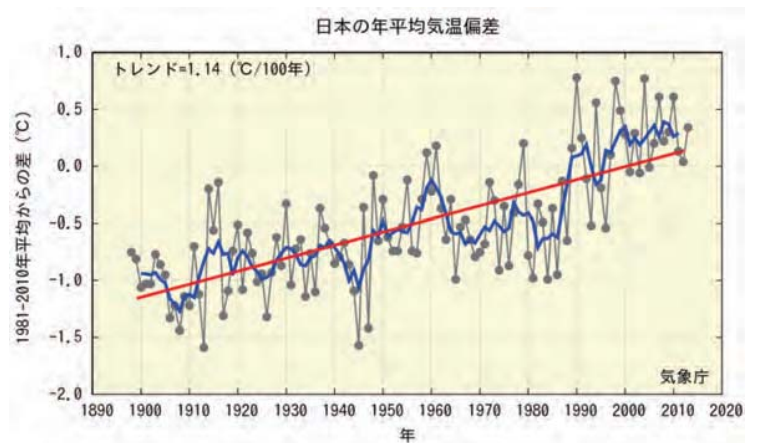
世界の年平均気温は、様々な変動を繰り返しながら上昇しており、その上昇率は100年あたり0.69℃です。日本の年平均気温の1898～2013年における上昇率は、100年あたり1.14℃です(冬:1.15℃、春:1.28℃、夏:1.05℃、秋:1.19℃)。

1931～2013年で、日最高気温が30℃以上(真夏日)の日数には変化傾向は見られませんが、日最高気温が35℃以上(猛暑日)の日数は明らかに増えています。また、日最低気温が25℃以上の熱帯夜の日は増加し、日最低気温が0℃未満の冬日の日数は減少しています。

【将来予測】

- 年平均気温は上昇し、低緯度より高緯度、夏季より冬季の気温上昇が大きくなります。
- 暑い日と暑い夜の日数が増加し、寒い日の日数は減少します。
- 年平均気温は、21世紀末には20世紀末と比較して、RCP2.6の場合、日本全国で平均1.1℃(90%信頼区間0.5～1.7℃)、RCP8.5の場合、平均4.4℃(90%信頼区間3.4～5.4℃)上昇するとの予測が示されています。

■日本における年平均気温の経年変化(1898～2013年)■



細線(黒)は、国内15観測地点での年平均気温の基準値からの偏差を平均した値を示している。太線(青)は偏差の5年移動平均を示し、直線(赤)は長期的な傾向を示している。基準値は1981～2010年の平均値。

出典：気候変動監視レポート2013(気象庁)

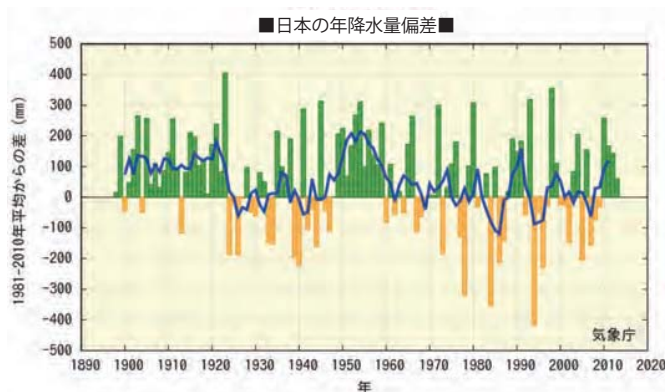
降水量

年降水量は、1898～2013年の期間では長期的な変化傾向は見られませんが、1920年代半ばまでと1950年代頃に多雨期がみられ、1970年代以降は年ごとの変動が大きくなっています。

1901～2013年の間で、日降水量100mm以上及び200mm以上の日数は、どちらも増加傾向が明瞭に現れています。一方、日降水量1.0mm以上の日数は減少し、大雨の頻度が増える反面、弱い降水も含めた降水の日数は減少する特徴を示しています。

【将来予測】

- 20世紀末と比較して、大雨や短時間強雨の発生頻度及び無降水日数（日降水量1.0mm未満の日数）が増加します。
- 梅雨前線の北上が遅れ、梅雨明けは遅くなります。



棒グラフは国内51観測地点での年降水量の偏差（1981～2010年平均からの差）を平均した値を示し、青線は偏差の5年移動平均を示しています。

出典：気候変動監視レポート2013（気象庁）

台風

1951～2013年の期間において、1990年代後半以降は、それ以前に比べて台風の発生数が少ない年が多くなっているものの、明瞭な長期変化傾向は見られていません。また、台風の中心付近の最大風速データが揃っている1977年以降について、「強い」以上の勢力となった台風の発生数、および全発生数に対する割合にも変化は見られていません。

【将来予測】

- 日本の南方海上では、非常に強い台風が増加する可能性があるとともに、日本近海まで勢力を比較的維持したまま到達する可能性があります。
- 強い台風の発生数、最大強度、最大強度時の降水強度は、現在と比較して増加する傾向があると予測されています。なお、長期的には西太平洋域における台風の発生数は、多少減少するとされています。

積雪・降雪

1962年～2013年の年最深積雪の変化傾向を見ると、東日本、西日本の両日本海側では減少傾向が明瞭に現れていますが、北日本の日本海側では変化は見られていません。年最深積雪は年ごとの変動が大きく、統計期間も比較的短いことから、今後さらにデータの蓄積が必要です。

【将来予測】

- 積雪・降雪は、東日本の日本海側を中心に減少し、北海道内陸の一部地域では、ともに増加します。
- 積雪・降雪期間は短くなります（期間の始まりは遅くなり、終わりは早くなります）。

海洋

日本近海における、2013年までのおよそ100年間にわたる海域平均海面水温（年平均）の上昇率は、 $+1.08^{\circ}\text{C}/100$ 年となっており、北太平洋全体で平均した海面水温の上昇率（ $+0.45^{\circ}\text{C}/100$ 年）よりも大きな値となっています。日本沿岸の海面水位は、1906年以降について長期的に見た場合、明瞭な上昇傾向はみられていませんが、現在の観測体制となった1960年以降は上昇傾向が明瞭に現れています。

【将来予測】

- 日本近海の海面水温は長期的に上昇し、その変化傾向は日本南方海域よりも日本海で大きいと予測されます。
- 温暖化対策をとった場合でも、21世紀の間、世界平均海面水位は上昇を続けると予測されています。

海氷

1971～2013年の観測結果によると、年ごとに大きく変動しているものの、この期間にオホーツク海の海水の勢力をあらわす指標である積算海水域面積は10年あたり175万 km^2 の割合で減少しており、最大海水域面積は10年あたり5.8万 km^2 （オホーツク海の全面積の3.7%に相当）の割合で減少しています。

【将来予測】

- 1～4月にかけてのオホーツク海の海水域面積及び3月頃にみられる最大海水域面積は、20世紀末の約75%に減少します。
- 晩秋における結氷の開始は遅くなり、春における海水の北への後退は早まります。

気候変動の影響 — 自然生態系の変化 —

自然生態系への影響 <既に生じている影響>

気候変動に伴う自然生態系の変化は世界の各地で現れており、国内でも既に、植生の変化、一部の野生動物の分布拡大、サンゴの白化現象などが確認されています。今後、日本国内の様々な地域に影響が拡大するとみられています。

陸域生態系

■高山帯・亜高山帯

気温上昇や融雪時期の早期化等による植生の衰退や分布の変化が報告されています。

また、高山植物の開花期の早期化と開花期間の短縮が起こることによる、花粉媒介昆虫の活動時期とのずれも報告されています。

■大雪山五色ヶ原（標高 1,750 m）の湿生草原の植生変化■



1990年7月16日

1990年代前半まではエゾノハクサンイチゲの群生地でしたが、その後エゾノハクサンイチゲ個体群は衰退し、イネ科植物が優占する草原へと変化しました。



2007年7月19日

出典：川合、工藤 (2014), 大雪山国立公園における高山植生変化の現状と生物多様性への影響, 地球環境 Vol.19 No.1 23-32 (2014)

沿岸生態系

■亜熱帯

亜熱帯地域のサンゴは、水温上昇などのストレスによって共生藻を失うと白化現象が観察され、その状態が続くと、共生藻の栄養が受け取れず死滅してしまいます。沖縄地域で、海水温の上

昇により亜熱帯性サンゴの白化現象の頻度が増大しています。

また、太平洋房総半島以南と九州西岸北岸における温帯性サンゴの分布が北上しています。

白化する前



白化した後



出典：環境省

生物季節

植物の開花の早まりや動物の初鳴きの早まりなど、動植物の生物季節の変動について多数の報告が確認されています。



アカマルハナバチとイワギキョウ



チシマザクラ

さくらの開花の時期は、春先の気温の変化にともなって早まってきていることが長年の観測結果からわかります。

1960年代の4月1日には、三浦半島から紀伊半島にかけての本州の太平洋沿岸と四国、九州でさくらが開花していました。それが最近10年間では同じ時期に関東、東海、近畿、中国地方でも開花するようになってきています。

(2014年4月)

■さくら(ソメイヨシノ)の4月1日の開花ラインの変化■



出典：気象庁 web サイトより

自然生態系への影響 <予想される影響>

気候変動による影響が表れる条件や範囲、その他の要因と併せて気候変動がどの程度関わるかについては、対象によって異なりますが、将来的な様々な影響が予測されています。

陸域生態系

■高山帯・亜高山帯

ハイマツなど植物種の分布適域の変化や縮小、融雪時期の早期化による高山植物の個体群の消滅、低木植物の分布拡大など生育期の気温上昇による植生変化の進行が予測されています。

■自然林・二次林

各樹種とも高緯度、高標高域へ移動し、分布適域は冷温帯林の構成種（ブナ等）で減少、暖温帯林の構成種（アカガシ等）で拡大すると予測されています。

■里地・里山生態系

自然草原の植生帯は、暖温帯域以南では気候変動の影響は小さいと予測されていますが、標高が低い山間部や日本西南部では、アカシデ、イヌシデなどの里山を構成する二次林種の分布適域は縮小する可能性があります。

■人工林

特に降水量が少ない地域では、現在より3℃気温が上昇すると、年間蒸散量の増加によりスギ人工林の生育への影響が予測されています。また、1～2℃の気温の上昇によりマツ枯れの危険域が拡大し、アカマツ人工林やマツタケへの被害が懸念されます。

ブナ林



■野生鳥獣による影響

気温上昇や積雪期間の短縮による、ニホンジカなど一部の野生鳥獣の生息域が拡大することにより、採食・樹木の剥皮・地面の踏みつけ等により下層植生の消失や樹木の枯死をもたらし、土壌の流失、水源涵養の機能低下、景観の劣化など、生態系への影響が拡大することが予測されます。

■物質収支

気温上昇や無降水期間の長期化により、森林土壌の含水量低下や表層土壌の乾燥化が進行し、細粒土砂の流出と濁度回復の長期化、降雨開始から河川等への流出までの短期化をもたらす可能性があります。

また、森林土壌の炭素ストック量の変化が予測されます。

海洋生態系

気候変動に伴い、植物プランクトンの現存量に変動が生じる可能性があり、全球では熱帯・亜熱帯海域で低下し、亜寒帯海域では増加すると予測されています。



ニホンジカ

淡水生態系

■湖沼

富栄養化が進行している深い湖沼では、水温の上昇による湖沼の鉛直循環の停止、貧酸素化と、これに伴う貝類等の底生生物への影響や富栄養が懸念されます。また、室内実験では、湖沼水温の上昇や二酸化炭素濃度上昇による、動物プランクトンの成長量の低下が明らかになっています。

■河川

最高水温が現状より3℃上昇すると、冷水魚の生息できる河川の分布する国土面積は、約40%から約20%程度に減少することが予測されています。また、積雪量や融雪出水の時期等の変化、大規模な洪水の頻度増加による河床環境の変化や渇水による水温上昇・溶存酸素減少に伴い、河川生物の生息への影響が懸念されます。

■湿原

平均土壌水分量の減少が予測される中、地下水位の低下で好気的な環境が形成されると、蓄積した有機物が分解され、貯留炭素の空気中への放出の可能性が高まります。また、土砂や栄養塩流入に伴い、低層湿原における湿地性草本群落から木本群落への遷移、蒸発散量の更なる増加が予測されます。



尾瀬国立公園

生物季節

生物季節の変動に伴い、ソメイヨシノの開花日の早期化など、様々な種への影響が予測されています。

また、個々の種が受ける影響にとどまらず、開花時期と花粉媒介動物の活動時期がずれて受粉できなくなるなど、種間の様々な相互作用への影響が考えられます。

◆モニタリングサイト 1000 でわかってきた気候変動の影響◆

日本の国土は、亜寒帯から亜熱帯にまたがる大小の島々からなり、そこには屈曲に富んだ海岸線と起伏の多い山岳など、変化に富んだ地形や、各地の気候風土に育まれた多様な動植物相が見られます。

このような、日本列島の多様な生態系のそれぞれについて、環境省では全国にわたって1000か所程度のモニタリングサイトを設置し、基礎的な環境情報の収集を長期にわたって継続して、日本の自然環境の質的・量的な劣化を早期に把握しています。

【高山帯】5つのサイトにおいて、気温、地温・地表面温度、植生、ハイマツの年枝伸長、開花フェノロジーなどをモニタリングしています。夏の気温との相関が高い、ハイマツ

沿岸生態系

■亜熱帯

水温上昇と海洋酸性化による、熱帯・亜熱帯の造礁サンゴの生育に適する海域の減少・消失、白化等のストレスの増加、石灰化量の低下が予測されています。サンゴ礁域の観光資源、水産資源等への影響も想定されます。

さらに、海面上昇に伴うマングローブ林の生育地減少も予測されています。

■温帯・亜寒帯

海水温の上昇に伴う高温性の種への移行が、想定されます。海洋酸性化により、造礁サンゴ、貝類、ウニなどで、炭酸カルシウム骨格・殻の石灰化に影響が生じ、水産資源にも悪影響が及ぶ可能性があります。

さらに、海面上昇により、干潟の浸食や塩性湿地が失われるおそれもあります。



オヒルギ

分布・個体群の変動

気候変動により、分布域の変化やライフサイクル等の変化が起こるほか、種の移動・局地的な消滅による種間相互作用の変化や、生息・生育地の分断化により、気候変動に追いついた分布の移動ができないことによる種の絶滅の可能性などが予測されます。また、温室効果ガスの中～高排出シナリオ（RCP4.5～8.5）の場合、多くの生物種の移動速度が、気温の移行速度に追いつかず、適切な生息・生育環境に移動できないことが示されています。

侵略的外来生物の侵入・定着率が高まることも想定されます。



ナガバノモウセンゴケ



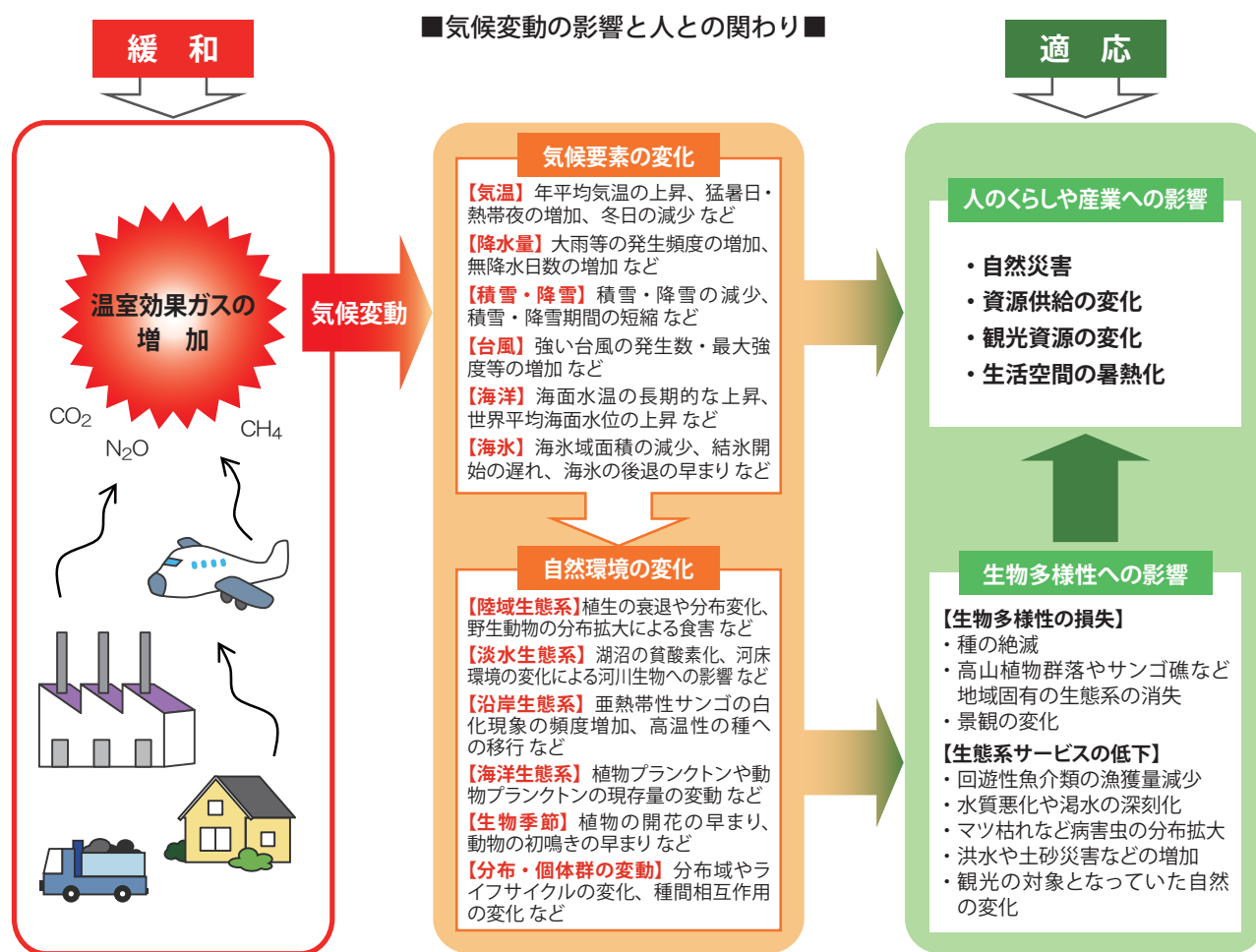
マガモ

生物多様性分野における気候変動への適応

生物多様性への影響の特徴

生物の生存基盤となる気温や降水量などの環境条件が変化すれば、生態系もそれに応じて全体として変化していきます。その影響の程度や現れる時期は、種や生態系、地域などの違いで異なります。様々な条件を考えて予測される気候変動の生態系への影響は不確実性が高く、そ

れに伴う「生態系サービス（多様な生物が関わりあう生態系から人間が得ることのできる恵み）」への影響も不確実性があります。気候変動による生態系を通じた人間への影響に関しての知見は不足しています。



モニタリングや研究・技術開発の重要性

気候変動による生態系の変化を的確に把握し、また将来予測を行って対策を講じることが必要です。しかし、気候変動による影響は不確実性が高く、長期にわたって影響が進行するため、種の分布・個体数や生態系サービス等に明確に変化が現れるまでには時間がかかります。

このため、気候変動の影響を把握するためのモニタリングの拡充が急務で、気候変動の影響を検出し、対策に活かせるように設計する必要があります。生態系については、現状を把握するとともに、気候変動によって特に影響を受けやすい地域や受けにくい安定した地域などを

特定して重点的にモニタリングを実施することが必要です。また、種については、影響を受けやすい種や気温上昇の際の生物の逃避地となる地域を特定して重点的にモニタリングを実施し、保全につなげる必要があります。

気候変動による生物多様性や生態系サービスへの影響のモニタリング・評価や適応策の計画・実施方法等に関する研究と技術開発は未だ十分ではないため、これらを一層推進する必要があります。特に、生態系サービスへの影響については知見が不足しており、重点的に取り組むべき研究課題です。

適応の基本的考え方

- 気候変動に対し生態系は全体として変化するため、これを人為的な対策により広範に抑制することは不可能。
- 気候変動以外の要因によるストレスの低減や生態系ネットワークの構築により、気候変動に対する順応性の高い健全な生態系の保全と回復を図る。
- モニタリングにより気候変動に伴う生態系と種の変化を把握する。

適応の3つの視点

気候変動が生物多様性に与える悪影響を低減するための自然生態系分野の適応策  P. 9-12 参照

他分野の適応策が行われることによる生物多様性への影響の回避  P.13-14 参照

気候変動に適応する際の戦略の一部として生態系の活用  P.15-16 参照

適応策を検討する際に考慮すべきこと

気候変動影響の 自然環境保全施策への組み込み	国立公園の公園計画や管理運営計画、自然環境保全に関する国の計画、レッドリスト記載種や侵略的外来種の評価など、自然環境の関連施策において気候変動の影響を考慮することが必要です。次の見直しの際に目標や対策を確認するほか、適切な指標を把握するためのモニタリングについても併せて検討する必要があります。
順応的アプローチ	生物多様性が受ける影響とそれに伴う生態系サービスへの影響についての不確実性に対応するためには、科学的知見を充実させて不確実性を減らしていくことが重要です。 実際の取組については、事前に十分な調査を行って結果を予測するとともに、事業着手後もモニタリングを行い、その結果を科学的に評価し、事業の見直しに反映する順応的アプローチで取り組むことが重要です。
関係者間の合意形成・役割分担、 連携・協力	適応策については、どのような生態系や生態系サービスに着目して対策を取るか、積極的な干渉を行うべきか、といった方針の選択がまず重要です。したがって、適応策の計画・実施にあたっては、関係する国の行政機関、地方公共団体、地域住民、NGO や NPO、自然環境に関し専門的知識を有する者等の多様な主体が情報を共有し、十分な合意形成を図り、役割分担をしつつ、連携して総合的に対応することが必要です。
情報共有	気候変動による生物多様性への影響は、広く国民にも影響及びます。このため、生物多様性への影響の現状、不確実性を含めた将来予測、取組の方向性や現状、適応策の効果と限界等について、情報共有や普及啓発が重要です。
人材育成	適応策を適切かつ効果的に進めるためには、それに携わる人材が重要な役割を持つことから、長期的な視点で人材の育成を図ることが必要です。

気候変動が生物多様性に与える悪影響を低減するため

① 気候変動に順応性の高い健全な生態系の保全・再生

生物多様性分野での適応策の基本のひとつは、気候変動以外の要因によるストレスの低減を図るとともに、生態系ネットワークを構築して、気候変動に対する順応性の高い健全な生態系を保全・再生することです。

これは、現状の生物多様性の保全にも資する対策であることから、将来への影響が不確実な中でも実施できると考えられます。

健全な状態を 維持・回復するには

開発、環境汚染、過剰利用、外来種の侵入等の気候変動以外の要因によるストレスの低減

気候変動の影響を受けにくい地域や気候変動の際の生物の逃避地となり得る地域の優先的な保全

国立・国定公園等の保護地域の見直しと適切な管理、個体数が増加し自然生態系に深刻な影響を及ぼしている野生動物の個体群管理、外来種の防除と水際対策、希少種の保護増殖などの従来行ってきた施策について、予測される気候変動の影響を加味した、より一層の推進

自然再生による、過去に損なわれた生態系その他の自然環境の回復

生態系ネットワーク を構築するには

気温の上昇などの環境変化に際しての、生物が移動・分散できる経路の確保

保護地域の拡大や接続、生態系の分断を解消するための自然再生などによる、生態系ネットワークの形成の推進

社会環境の将来的な予測も踏まえて、人口減少等で維持管理が困難となる地域を自然状態に戻すなど、保護地域や生態系ネットワークとして活用

生態系ネットワークは、生態系の気候変動への順応性を高めるとともに、野生生物の生息・生育空間の確保、良好な景観や人と自然とのふれあいの場の提供、都市環境や水環境の改善、国土の保全などの多面的な機能の発揮が期待されます。

気候変動への脆弱性や変化に対する順応性は、それぞれの生物種や生態系によって異なります。そのため、多様な種や生態系が、時間をかけて気候変動に順応し、変化に幅広く対応できるようにしておくことが大切です。

例えば、ある程度のまとまりをもつ、原生的な天然林などをコアとして周辺地域とのつながりを保つ生態系ネットワークの形成などの対策が重要になります。

■生態系ネットワークとは■



出典：温暖化から日本を守る適応への挑戦 2012（環境省）

主めの自然生態系分野の適応策

ニューフォレスト国立公園における適応策（イギリス）

ニューフォレスト国立公園は、グレートブリテン島南部の海岸とそれに続く低地帯からなり、面積は約570km²で、英国では2番目に新しい公園です（2005年に国立公園に指定）。草原は牛や馬の放牧地になっており、長い年月をかけて人と自然の営みで形成された自然環境です。

しかしながら、1800年代と1950年代に行われた工事により、ニューフォレスト地域の湿地帯は破壊され、また、小川も本河川から切断され、その結果、生息・生育環境が変わり、生物の多様性が失われました。さらに、小河川が人工的な直線の流路となったため、湿原の上流部で土砂流出を引き起こし、その結果、流量や河床構造が無脊椎動物の生息環境に適さなくなるなど、気候変動への順応性が低下しました。



草地を流れる再生した小河川。比較的大きく蛇行している箇所で瀬と淵ができています（Fletchers Thorns）。



公園内の様子。ウマやウシが放牧されており、この辺りの自然度は高くはないが、独特の景観となっている。

これらの状況を受けて、2011年、失われた河川機能の回復を図るため、河道を蛇行させるよう、小河川の再生を行いました。

再生工事にあたっては、川の流れにより自然な地形が作られることを念頭に、人工的な地形構成は極力控えました。また、安定した浅瀬を作ることで周辺の人間や動物がアクセスしやすく、かつ危険の少ない環境が創生されました。

再生後は、小河川沿いは季節的な氾濫が起こり、今のところは植物群落の変化を観察するまでには至っていませんが、氾濫原でより自然な状態の生息・生育地が見られるようになりました。季節的な氾濫は自然な状態であり、将来的には、より生物多様性に富んだ自然草原となることが期待できます。

小河川の再生事業は、気候変動の影響への適応にも有効であるほか、自然生態系の機能を回復するとともに重要な生息・生育地の面積を増加させるものと考えられています。

英国政府は、気候変動の影響を低減するため、次のような管理を推奨しています。

- 種の分散を促進
- 利用可能な生息・生育地の増加
- 自然生態系の機能を良好に保つよう努める
- 気候変動への個別の対応を生物多様性にとって最適化
- 気候変動以外の影響を低減することを継続

出典：よみがえる川ー日本と世界の河川再生事例集ー（日本河川・流域再生ネットワーク、（財）リバーフロント整備センター）
取材協力：New Forest National Park Authority

適応策となり得る事例

- 樹林の連続性確保による生態系ネットワーク形成を想定した、樹木の植栽と天然下種更新補助作業
- 林床植生の回復や希少植物保護を目的とした、シカの食害対策のための植生保護柵の設置
- 自然公園核心地への外来植物の拡散防止を目的とした、靴底に付着した種子の除去マット設置
- 健全な生態系の保全・再生を目的とした、外来種の防除対策の実施
- 湖沼生態系の保全・再生を目的とした、水質改善や陸地化の防止、沈水植物の復元
- 干潟・浅海域の保全・再生を目的とした、残された干潟の保全と干潟的環境の形成



尾瀬国立公園での靴裏の種子落とし

② 積極的な干渉

気候の変化のスピードに生態系の変化が追いつかない、他の要因によるストレスがある、生態系の分断により移動・分散が阻害される等により、象徴的な種の減少、すぐれた自然景観の喪失、地域の暮らしを支える生態系サービスの低下などの問題が生じる可能性があります。

一方で、生態系が気候変動に順応して変化する場合にも、現状の生態系や生態系サービスが失われることにより、同様の問題が生じる可能性があります。

このような問題が著しい場合、地域を限って、草刈りや除伐などの「**現在の生態系・種を維持するための管理**」、動物園や植物園等で保全を行う「**生息域外での保全**」、新たな生息適地への個体の移殖などの「**気候変動への順応を促す管理**」等の積極的な干渉を行うことを検討する必要があります。

ただし、保全目標との関係、生態系や生態系サービスへの影響などについて干渉を行った場合と行わない場合の得失、有効な対策の有無、実現可能性、費用と便益等の観点から、関係者間の合意形成により対策の方針を判断する必要があります。

現在の生態系・種を維持するための管理	現状を維持することが望まれる国立公園の主要な景観などについて、新たに分布した植物の刈り払い、除伐、植生復元などの、変化を抑制する管理 地域で絶滅または絶滅の危機に瀕している種について、過去に生息していた地域に再び定着させることを試みる再導入や、個体数が減少している現在の生息地に同種の個体を加える補強 気候の変化に対応して増加した種や、新たに侵入した種による採食や捕食などの影響軽減のための、生息・生育域内への柵やケージの設置
生息域外での保全	気候変動による現在の生息・生育域内での保全が困難と考えられる場合での、動物園や植物園などの生息域外での保全。ただし、生息・生育地が失われ、将来にわたり野生復帰が困難となる可能性があること、長期的に予算体制等を確保する必要があることを踏まえ、実施する意義等について慎重に検討する必要がある。
気候変動への順応を促す管理	移動のスピードが遅い種や生態系の分断などにより一部の種が欠けるなど群落の変化が健全に進まない場合の、人為的な移殖を伴う生態系の再構築など 高標高地に島状に分布したり、人為的に生息域が分断されたりすることにより移動・分散できず、絶滅のおそれが高まる種について、生息域外保全とあわせた他の生息適地への保全的導入。ただし、導入する地域においては外来種となることから、相当慎重に対応する必要がある。

積極的な干渉の例

【大雪山五色ヶ原におけるチシマザサ刈取り実験】



出典：川合,工藤(2014), 大雪山国立公園における高山植生変化の現状と生物多様性への影響, 地球環境 Vol.19 No.1 23-32 (2014)

近縁野生種 (CWR : Crop Wild Related) ※の域外保全

50 年前から、特に 1970 年代に、害虫トビイロウンカにより広まった「イネ褐穂黄化ウイルス (rice grassy stunt virus)」による影響で、東南アジアの大部分のコメ栽培は深刻な被害を受けていました。ウイルスは、主流の栽培品種に甚大な被害をもたらし、116,000ha 以上の栽培地が壊滅しました。

これに対し、作物育種家たちは、栽培種と野生種、合わせて 6,000 以上の品種の中から、耐久性のある遺伝子を選別し、ついに、このウイルスに耐性のある極めて重要な形質を、イネの近縁野生種 *Oryza nivara* から発見したのです。イネ近縁野生種 *Oryza nivara* と、栽培されている一般的なイネ *O. sativa* を交配することで、イネ褐穂黄化ウイルス耐性の形質は移行し、速やかなコメ生産回復を確かなものにしました。

今日までを振り返ると、地球の住民 70 億人が消費するカロリーの 80% は、たった 12 種類の植物が支えており、その半分は特定の 3 種、コムギ・トウモロコシ・コメから得ています。これらの作物は、現在、気候の変化や、気温上昇に伴う病害にさらされるリスクを抱えています。

そのため、ミレニアム・シードバンク・パートナーシップでは、価値の高い作物の近縁野生種について、探索を支援し保全を図っています。一見雑草のように見える近縁野生種は、多様性に富み、過酷な環境の中で生育し、病気に打ち勝ち、極めて重要な順応的な遺伝子をまだ保持しており、それらを近代農業が広めてきました。

プロジェクトには、基本となる 4 つの取組があります。特に重要な作物の近縁野生種 29 品種について、優先度を付けて収集、保全を行うほか、育種プログラムに活用できるように遺伝的素材を確かめる繁殖試験などを行います。

実ったイネ



出典：小山市



※近縁野生種：多くの栽培作物は野生の種から品種改良して作られたものですが、この作物と似た遺伝子を持ち、品種改良が施される以前の野生のままの種を近縁野生種と呼びます。

出典：“The Role of Crop Diversity and Food Resilience in a Changing Climate Symposium” より抜粋
<http://www.cwrdiversity.org/one-day-symposium-at-kew-millennium-seed-bank-november-23-2015-the-role-of-crop-diversity-and-food-resilience-in-a-changing-climate/>

適応策となり得る事例

- 高山植物帯の保全を目的とした、新たに分布を拡大し生育に影響を与えるササ等の刈り払い
- 豪雨による影響で激減した抽水植物・浮葉植物の復元を目的とした、それらの植物の生育を阻害するハスやヨシの刈取り作業
- 白化で減少したサンゴの回復を目的とした、サンゴの移植や人工岩礁での増殖
- 希少鳥類のふ化直後の生存率を高めることを目的とした、生息域内でのケージ内保護
- 種の保全を目的として、動植物園の飼育・栽培下で保護増殖を図る生息・生育域外での保全



ササ刈り作業

他分野の適応策による生物多様性への影響の最小化

気候変動に対する他分野の適応策には、生物多様性と生態系サービスに良い結果を及ぼすものもあれば、悪い結果を及ぼすものもあります。

生物多様性条約事務局は、気候変動への適応策が生物多様性に及ぼす正の影響を最大化し、負の影響を最小化するために、次の原則を推奨しています。

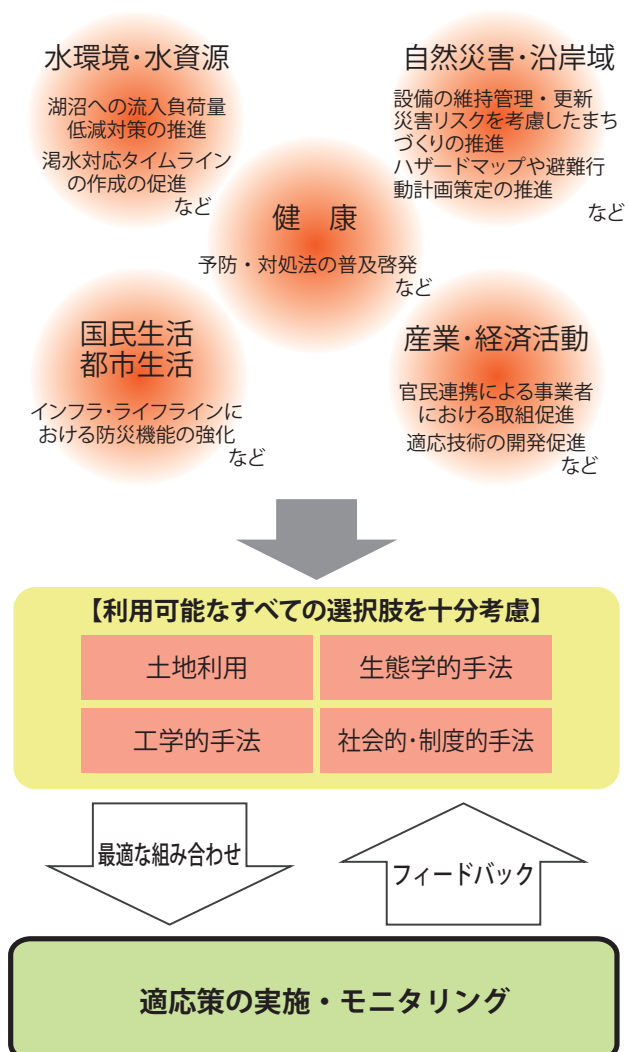
- ▶ 技術的な解決策と比較して、生態系に基づいた適応オプションの可能性が十分に検討されること
- ▶ 戦略的環境アセスメントと環境アセスメントは、すべての利用可能な選択肢を十分考慮して行われること
- ▶ 生物多様性と生態系サービスの価値が意思決定プロセスで考慮されること
- ▶ 適応策の決定には、モニタリングと適応管理のアプローチを考慮に入れること

適応策には土地利用、生態学的手法、工学的手法、社会的・制度的手法等の様々なアプローチがあり、効果・取組の容易さ・費用・持続性などの観点に加え、生物多様性への負の影響の回避や最小化が図られるように総合的に実施することが求められます。

例えば、生態系を活用した対策や人工構造物と自然再生を組み合わせた対策は、生物多様性の保全にも資する適応策となる場合があります。適応策の実施にあたっては、生物多様性の保全に資するあるいはそれを最大化するような手法を選択することが望まれます。

適応策として工学的手法が検討される際にも、自然環境が影響を受けることによって損なわれる生物多様性と生態系サービスの価値を確認することが望まれます。

特に、国立公園や鳥獣保護区など、生物多様性の保全上重要な地域においては、慎重に確認する必要があります。



■ IPCC 第5次評価報告書に示されている不適切な適応策の例（抜粋）

- ・生態系を活用した適応策などの代替手段が排除されている
- ・広範囲での影響が考慮されていない
- ・長期的な利益を考慮せず早急に対応してしまう
- ・自然資本を消耗することでさらに深刻な脆弱性を招いてしまう
- ・地域毎に存在する関係者の間柄、伝統的知識、財産権を考慮していない
- ・ある特定のグループだけに直接的・間接的な利益をもたらし、他のグループ間での決裂や衝突を招いてしまう
- ・すでに適切ではなくなった伝統的な対策を継続的に利用する

出典：I.R., S. Hug, Y.A. Anokhin, J. Carmin, D. Goudou, F.P. Lansigan, B. Osman-Elasha, and A. Villamizar (2014) Adaptation needs and options. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. p858 (Table14-4 抜粋)

湿地保全への転換で災害に強い地域を目指すニューオリンズ市（アメリカ）

ニューオリンズ市は、メキシコ湾に面した米国の主要な港湾都市であり、ルイジアナ州最大の都市です。メキシコ湾は頻繁に台風が発生する地域であることに加え、土地の大半が海面下0.6～5mにあり、北、西、南を水域で囲まれているため、米国で最も台風による被災リスクの高い都市とされています。

もともとルイジアナ州の沿岸域は、ミシシッピ川の河口堆積物から形成されており、全米の沿岸湿地帯の30%に相当する13,000km²以上の広大な湿地帯を擁し、ニューオリンズ市の周囲にあった沿岸湿地帯は、暴風時高波を緩和する緩衝帯となってきました。

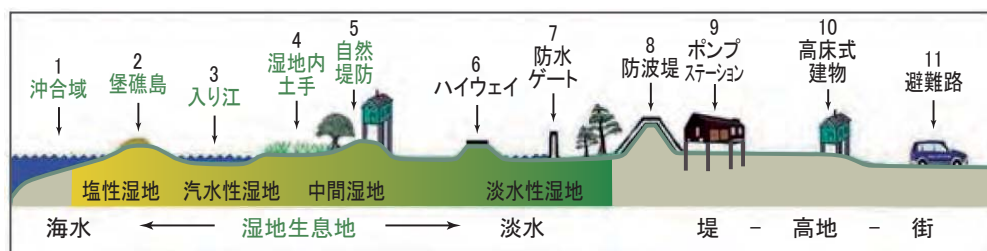
防災対策のひとつとして、ミシシッピ川に建設された護岸堤防は、小規模の洪水は防ぐものの、これまで沿岸湿地帯を形成してきた河川堆積物の供給を妨げ、湿地帯の深刻な減少を招きました。その結果、台風による高潮の緩衝帯となっていた湿地帯を失い、2005年のカトリーナ台風による甚大な被害

につながりました。

気候変動によって、海面上昇や頻繁に発生する強力な台風はリスクを高め、2050年までに更なる湿地帯の喪失や海岸線の内陸への移動も予測されています。

そのため、市の緑の基本計画とカトリーナ台風からの復興計画には、海と市街地の間にある緩衝地帯としての湿地帯の再生と保全を図ることが盛り込まれています。これには、三角州の自然形成力の回復、浚渫土砂による人工干潟の造設、堤防や止水堰といった治水施設の設置といった手法も含まれます。

また、複合的な機能を持った防護線を設定するという戦略が取られており、この防護線には、沿岸域の湿地の再生、構造物によるインフラの開発、さらには土地利用や建築物の規制基準や緊急時の心構えの普及啓発といった構造物によらない手法などが含まれています（図）。



出典：Kazmierczak, A. and Carter, J. (2010) New Orleans: Preserving the wetlands to increase climate change resilience, Adaptation to climate change using green and blue infrastructure. A database of case studies; http://grabs-eu.org/membersArea/files/new_orleans.pdf

他の適応に伴う配慮となり得る事例

- 遊水地の整備に当たり、野生動植物の新たな生息・生育地を創出
- 波浪災害を防ぐ消波堤整備に当たり、過去にあった豊かな磯を復元させる「築磯」
- 高潮に対する護岸設置に当たり、護岸建設位置を陸域に後退させ、護岸前面に砂州や湿地を残すセットバック

渡良瀬遊水地



出典：小山市

生態系を活用した適応策の推進

生態系には様々な機能があり、供給される便益は「生態系サービス」と呼ばれています。生態系サービスには、食料や木材などの供給、気温の調節、水の浄化、自然災害の防護、文化的・精神的な質の向上など様々なものがあげられます。気候変動に対する全体的な適応戦略の一部として、生物多様性や生態系サービスを活用することを「生態系を活用した適応策（Ecosystem based Adaptation（略して EbA）」と呼びます。

生態系を活用した適応策には、森林の育成による土砂災害防止、サンゴ礁の保全や海岸防災林の整備による台風や高潮などの被害の低減、樹木の蒸散や緑陰による暑熱の緩和などがあります。また、災害のリスクが高い場所を開発せずに保全する、あるいは今後の人口減少の中でリスクが高い場所を自然に戻していくことで、災害にさらされる危険を低下させることが可能となります。

さらに、生態系は温室効果ガスを吸収する場合があります。生態系の保全や再生は緩和策としての貢献にもなり得るため、生態系をうまく活用することで緩和策と適応策の両方の効果が期待できます。

生態系を活用した適応策は、次のような理由で適応に役立ち、広く応用することができます。十分な効果を得るためには、適切な設計、実行、モニタリングが必要です。

- ▶ 国際、国、地域のそれぞれのレベルで適用できる。また、時間スケールが短期でも長期でも効果が得られる。
- ▶ 社会資本や技術を前提とする手段に比べて費用対効果が高いため、地方や発展途上国にとって利用しやすい。
- ▶ 伝統的な地域特有の知識や文化的価値を維持することができる。
- ▶ 地域社会に、多様な社会・経済・文化の互惠関係（コベネフィット）を生み出す。
- ▶ 生物多様性の保全と持続可能な利用に貢献する。
- ▶ 炭素ストックを保全するとともに、生態系の劣化と損失による温室効果ガス排出を低減し、自然の炭素貯蔵を促進することによって気候変動の緩和にも貢献でき、相乗効果が得られる。

生態系を活用した適応策については国際的にも注目が高まっており、「生態系を活用した気候変動適応に関する決議」が 2014 年の第 1 回国連環境総会で採択され、各国の適応計画に生態系を活用した適応策を取り入れることが要請されています。

生態系を活用した適応策は、経済、社会両面で有効であり、人口減少化の中で我が国の適応及び国土強靱化を果たすために極めて重要な取組です。

また、地域づくりの中に位置付けられることで、適応策の選択の幅を増やすことも期待できます。

しかしながら、現時点では、概念や活用に向けた具体的かつ技術的な指針も十分ではありません。

このため、調査研究を実施しつつ、生態系を活用した適応策に関する既存の知見や事例、機能評価手法等を収集し、取組の方向性や踏まえるべき視点、空間計画と現

場での活用のあり方をとりまとめ、効果が期待されるものから順応的に取組を始めていく必要があります。



マングローブ林

生態系を活用した適応策（フィリピン、ヴェルデ島水路）

気候変動が激化するにつれて、その負の影響は特に、人々が生活や生産物などを、直接海洋資源に依存している沿岸地域で、より顕著になってきています。

持続可能な社会の実現を目指す、国際 NGO のコンサベーション・インターナショナル（Conservation International (CI)）は、「生態系を活用した適応策（Ecosystem-based Adaptation (EbA)」による、適応支援プロジェクトを実施しています。

CI は、フィリピンのヴェルデ島水路の沿岸地域に住むコミュニティの気候変動への適応を支援するために、生態系を活用しています。プロジェクトでは、マングローブ林や海岸林の生態系の積極的な修復と管理、水産資源の回復を支援するための漁業管理戦略の実施を進めています。

CI フィリピンが、ヴェルデ島水路で脆弱性評価を行った結果、適応策として以下の3つが優先度の高い活動であることが分かりました。

- ①嵐のパターンの変化や海面上昇がもたらす、沿岸部の洪水や浸食対策に取り組むこと
- ②主産業の漁業から離れ、収入源の多様化を図ることで、生活の回復力を高めること
- ③サンゴの白化や浸食、沿岸生息環境の劣化に対する、地域漁業の回復力を構築すること



© Burt Jones and Maurine Shimlock

CI フィリピンが費用対効果について調べたところ、生態系を活用した適応策であるマングローブ林の修復は、従来型の土木工事と比較して、費用対効果の高い適応策であることが分かりました。

■フィリピンでのプロジェクトの成果

CI フィリピンは、ヴェルデ島水路において気候変動への回復力を高めるために、以下の2つのEbAのパイロットプロジェクトを終了しました。

- ①高潮や洪水、浸食から海岸線を守り、沿岸部の回復力を高めるための、マングローブ林の再生と保護
- ②漁業慣行の改善と、気候に賢く対応した海洋保護区的设计と実施

プロジェクトの主な成果は、以下のとおりです。

【組織能力の向上】

60名以上の地域住民が積極的にマングローブ林の修復、管理と保護に従事し、うち40名は、地方政府が行うマングローブ林管理業務の指揮を委託されています。

【マングローブ林の修復と保護】

マングローブ林 100ha の修復、400ha の保護と管理を実施。その結果、マングローブ林のある沿岸地域は、強風や高潮、沿岸地域の劣化に対し、より頑健な自然の緩衝帯を持つに至りました。

【住民の収入の多角化】

4つのパイロット地域で12種類の収入多角化の活動が実施されました。60人が正式な研修を受け、エコツーリズムからコンビニエンスストア業務まで、様々な活動に取り組みました。

【漁業と生計手段に関する政策の成果】

気候変動対策を目的とした初めての、地方政府による季節的禁漁制度を、社会福祉部局からの生計手段の選択肢の提示や、漁業者の生活資金の積み立て用予算の仕組みづくりなどにより成功させました。

出典：Conservation International “ECOSYSTEM-BASED ADAPTATION IN THE PHILIPPINES”
http://www.conservation.org/publications/Documents/CI_EbA-Philippines-Factsheet.pdf

生態系を活用した適応策となり得る事例

- 風害に強く水土保持機能の高い針広混交林への転換を目的とした、針葉樹林の伐採と伐採跡地への広葉樹の植栽（厳しい降雨条件の下で予測される土砂災害等の増加への対応）
- 街路樹など、まとまった樹木を配置することによる都市のヒートアイランド対策（予想される暑熱による生活への影響への対応）
- 沿岸域の水質浄化への貢献を期待した、浄化機能を持つ干潟の保全・再生（予想される沿岸域や閉鎖性水域の水質悪化への対応）



谷津干潟

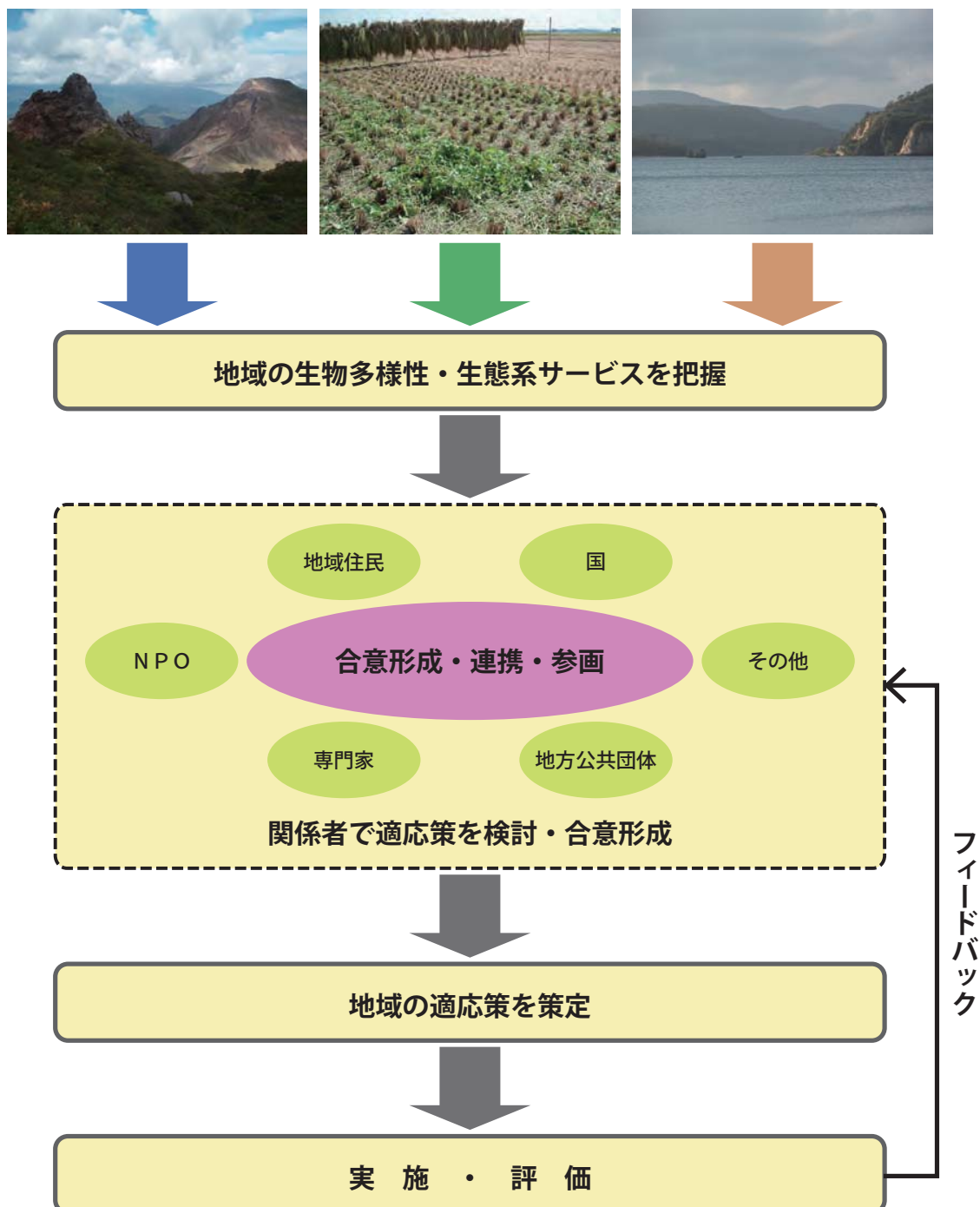
地域における取組の推進

気候変動による生態系の変化による影響は、地域における生物多様性の価値、生態系サービスの利用状況によって異なるため、その特性を踏まえた地域ごとの取組が不可欠です。このため、地域の生物多様性や生態系サービスへの影響を評価し、地域の関係者の意向を踏まえて、適応策が検討されることが望めます。

また、流域単位等、複数の自治体により策定する生物多様性地域戦略に、気候変動の影響とその適応策を盛り込むことも効果的です。

■ 地域における取組のイメージ図 ■

それぞれの地域には、それぞれ異なった自然環境、そこで暮らしてきた知恵や技術があります。地域では、それらを踏まえた、適応策を検討する必要があります。



地域主体の適応プロジェクト [Community-Based Adaptation (CBA) プロジェクト] (バングラディシュ)

地域における取組の推進に当たって、小さなコミュニティが、気候変動の影響による被害を最も頻繁に受けやすく、その備えも十分ではないことが徐々に認識されています。このプロジェクトは、気候変動の影響に対し、地域社会やそれを支える生態系の回復力を高める方法を探るため、地域主体の取組を進める内容となっています。これは小規模な範囲で政策を組み立てるモデル事業であり、地域レベルで上手に適応するための知識を生み出すものです。このプロジェクトに参加する世界 10 か国のうち、例えば、バングラディシュの適応プロジェクトは、次の 5 つの事業から成ります。このように、地域主体の適応を推進することで、より地域の暮らしや自然環境に密着した適応策の立案や実行が可能となることがわかります。

1) 地域主体の湿地プロジェクト

チャクマ族は、気候変動の下、雨水の減少、気温上昇や水位低下に直面しており、灌漑や養殖の主要水源である河川では、気温上昇に伴う乾燥化や、生態系と暮らしへの悪影響も懸念されています。このプロジェクトは、気候の負の影響に適応し、地域の許容力を高め、持続可能な形で湿地を管理していこうとするもので、作物の多様性向上、農業慣習や用水確保の改善に力点が置かれています。地域住民の人材育成により、自然資源への圧力低減や収入源の多様化を図るほか、生態系保全と管理のための地域委員会が設立されます。

2) 沿岸域の女性地位向上による気象リスクへの対処

このプロジェクトの対象地域では、既に自然資源の基盤や生物多様性の崩壊に直面しているうえ、台風被害や高潮、干ばつ増加が予測されています。対象地域に、女性資源センターを設置することで、これまで手が差し伸べられていなかった女性の地位向上を図り、日々の生活での多様な活動、健康や衛生面のニーズ、農産物や、これらの資源に接する機会を増やします。18 ～ 20 歳の女性チームが、シードバンク設立運営、苗木栽培、菜園造成、家畜飼育も行うほか、気候変動への配慮キャンペーンも行います。NGO が関係者間の連携を図ります。

3) 中洲地帯の気候に柔軟な開発イニシアティブの導入

これまでもモンスーン季には対岸との交流が途絶える河川の中洲にある村では、より長期にわたり台風が頻繁し、高潮や河川法面の崩壊、塩害、異常高波、海上の荒天、不規則な降雨が増加することが予測されています。このプロジェクトは、持続可能な農業技術の導入と土地保全を促進することで、適応能力を改善します。耐塩性のコメや代替作物の導入、作物強化の促進は、農業生産を改善し気候リスクを低減します。さらに、マングローブ林の再生、家や川の中州での生活には欠かせないボートの改築によって、自然気象の脅威をやり過ごす力を身につけられるようにします。

4) 南西部沿岸域における地域の回復力強化

南西沿岸地域の共同体は、貧困の度合いが深刻で、気候変動に対し最も脆弱性の高い地域のひとつです。ここ数十年間、農業と養殖業は、土壌劣化、塩水化、資源を巡る競争が増え、徐々に生産性が悪化。甚大な台風被害の後、土壌と水の生態系は弱体化し、気候影響にも脆弱な状態となっており、台風によるインフラ被害や土地や生活物資の不足にも悩まされてきました。このプロジェクトでは、生態系機能を強化し暮らしを守ることで、コミュニティの柔軟性と回復力を改善します。他の水生生物に悪影響を与えない養殖手法に改善することで利益を得ます。



5) 多様性の高い農業を基盤とした活動の促進

丘陵地帯では、「焼畑」として知られる伝統農法により、徐々に環境が悪化し、豪雨による鉄砲水や地滑りの増加、頻繁な干ばつに直面しています。気候変動により、このリスクは増加し耕作地の面積は減少、地域の暮らしは危機に陥ることが予測されています。このプロジェクトでは、自然資源が急速に激減している脆弱な 7 つの村で、土地劣化を減らし適応力を高めようとしています。土地の無償払下げによる複数種の野菜栽培、果物栽培、養殖や段々畑農法を、焼畑と比較して、土地劣化を食い止め、複数の収入源を得る方法として、促進します。

出典：UNDP (2015) Community-Based Adaptation: Bangladesh,
<http://www.adaptation-undp.org/projects/spa-community-based-adaptation-bangladesh>



平成28年3月発行
編集・発行 環境省自然環境局
〒100-8975 東京都千代田区霞が関1丁目2番2号
E-mail : NBSAP@env.go.jp
編集：株式会社 環境情報コミュニケーションズ