

3. 0-3 国立公園等の生態系及び生態系サービスへの気候変動影響に関する調査及び適応策の検討

3.1 概要

自然保護区4地域（陸域：白神山地世界遺産地域及び妙高戸隠連山国立公園、海域：足摺宇和海国立公園及び奄美群島国立公園）における生態系及び生態系サービスを対象に、気候変動による影響評価を実施し、実現可能な適応策を具体的に検討した。適応策の検討にあたっては、環境省・国立環境研究所が2019年に発行した「国立公園等の保護区における気候変動への適応策検討の手引き」のフロー図を参考にした。各地域における対象及び予測結果に基づく適応オプションは以下の通りである。

○白神山地世界遺産地域

ブナ及びシカ食害の分布変化予測・・・ブナ生残域の保全策提案（例：シカ食害防止）
紅葉時期変化予測・・・観光利用変化にともなう対策提案（例：観光時期・場所の変更）

○妙高戸隠連山国立公園

高山植生の分布変化予測・・・存続可能性に基づく保全策提案（例：入域規制）
紅葉時期変化予測・・・観光利用変化にともなう対策提案（例：観光時期・場所の変更）

○足摺宇和海国立公園

大型藻類及びサンゴの分布変化予測・・・サンゴ北上域の保全・利用策提案（例：利用促進にともなう養殖業とのコンフリクト調整）、サンゴ生残域の保全策提案（例：オニヒトデ駆除）

○奄美群島国立公園

サンゴの分布変化予測・・・サンゴ生残域の保全策提案（例：オニヒトデ駆除、陸域対策）
サンゴの島嶼間ネットワーク解明・・・サンゴ幼生供給域の保全策提案（例：オニヒトデ駆除、陸域対策）

3.1.1 背景・目的

近年、国立公園等の自然保護区における生態系及び生態系サービスへの気候変動による深刻な影響が観測されている。本業務は、自然保護区4地域（陸域：白神山地世界遺産地域及び妙高戸隠連山国立公園、海域：足摺宇和海国立公園及び奄美群島国立公園）における生態系及び生態系サービスを対象に、気候変動による影響評価を実施し、実現可能な適応策を具体的に検討することを目的とした。

3.1.2 実施体制

本調査の実施者： 国立研究開発法人国立環境研究所

本業務の実施体制図を以下に示す。

■ 実施体制

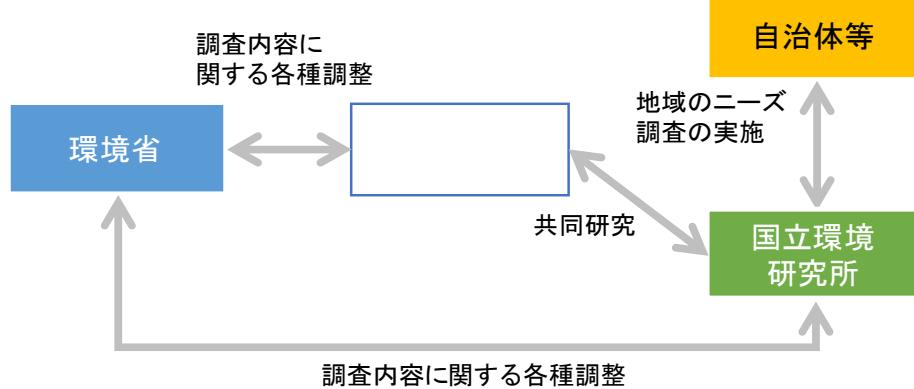


図 3.1-1 本業務の実施体制

3.1.3 実施スケジュール（実績）

H29 年度

：各地域に関するヒアリングにより、評価対象（白神山地世界遺産地域：ブナ・シカ分布及び紅葉時期、妙高戸隠連山国立公園：ライチョウの生息する高山植生、足摺宇和海国立公園：サンゴ及び大型藻類、奄美群島国立公園：サンゴ）を決定するとともに、各地域の基盤情報の収集を行った。

H30 年度

：各地域において、評価対象の情報（生態特性、利用・管理状況・意識）の収集を行うとともに、将来予測の試行を行った。

H31（R1）年度

：提供された気候シナリオに基づき、各地域の評価対象の将来予測を行い、「国立公園等の保護区における気候変動への適応策検討の手引き」のフロー図を参考に適応オプションの検討を行った。

本業務における3年間のスケジュールを以下に示す。

| | 調査項目 | H29年度 | H30年度 | H31年度 |
|---|---------------|-------|-------|-------|
| 1 | ヒアリング | | | → |
| 2 | 基盤情報収集 | → | → | |
| 3 | 将来予測の試行 | | → | |
| 4 | 利用・管理状況・意識の把握 | | → | |
| 5 | 影響評価の実施 | | | → |
| 6 | 適応策の検討 | | | → |
| 7 | 成果のとりまとめ | | | → |

図 3.1-2 3年間の実施スケジュール

3.1.4 気候シナリオ基本情報

本業務にて使用した気候シナリオの情報を表 3.1-1 に示す。陸域では、ブナ・高山植生・紅葉に関して、2 気候モデル×2RCP シナリオ×2 予測期間の 8 パターンの予測を行った。海域では、サンゴ及び大型藻類に関して、1 気候モデル×2RCP シナリオ×1 予測期間の 2 パターンの予測を行った。

表 3.1-1 使用した気候シナリオ一覧

| 項目 | 陸域 | 海域 |
|-----------|---------------------|--|
| 気候シナリオ名 | 農環研データセット by SI-CAT | 海洋近未来予測力学的ダウンスケーリングデータ by SI-CAT ver.1 |
| 気候モデル | MIROC5, MRI-CGCM3 | MRI-CGCM3 |
| 気候パラメータ | 日平均気温、日最高・最低気温、降水量 | 水温、流速（海表面） |
| 排出シナリオ | RCP2.6、RCP8.5 | RCP2.6、RCP8.5 |
| 予測期間 | 21 世紀中頃、21 世紀末 | 21 世紀末 |
| バイアス補正の有無 | 有り | 有り |

3.1.5 気候変動影響予測結果の概要

3.1.5.1 白神山地世界遺産地域

ヒアリング調査や文献調査、現地視察の結果、本地域を代表するブナ原生林とそれに関連する紅葉という生態系サービスを評価対象として選定した。影響予測の結果、白神山地では将来的な温暖化に伴って次世代を担うブナの稚樹が分布できる領域が減少し、さらにブナの更新を阻害しうるニホンジカの分布が拡大することが予測された。また紅葉のシーズンは 21 世紀末には現在より 1 ヶ月ほど遅れる事が予測された。

(a) 白神山地におけるブナ稚樹の将来分布予測

白神山地におけるブナ稚樹の分布予測の結果、現在白神山地およびその周辺域において広くブナ稚樹の潜在分布域が広がっているのに対し、将来予測においてはこの潜在分布域が縮小していくことが予測された。この潜在分布域の縮小は MRI-CGCM3 よりも MIROC5 の予測結果において顕著であり、MIROC5 の RCP8.5 シナリオにおける 21 世紀末の予測では、白神山地の領域内においても高標高域においてのみブナ稚樹の潜在分布域が残る結果となった。

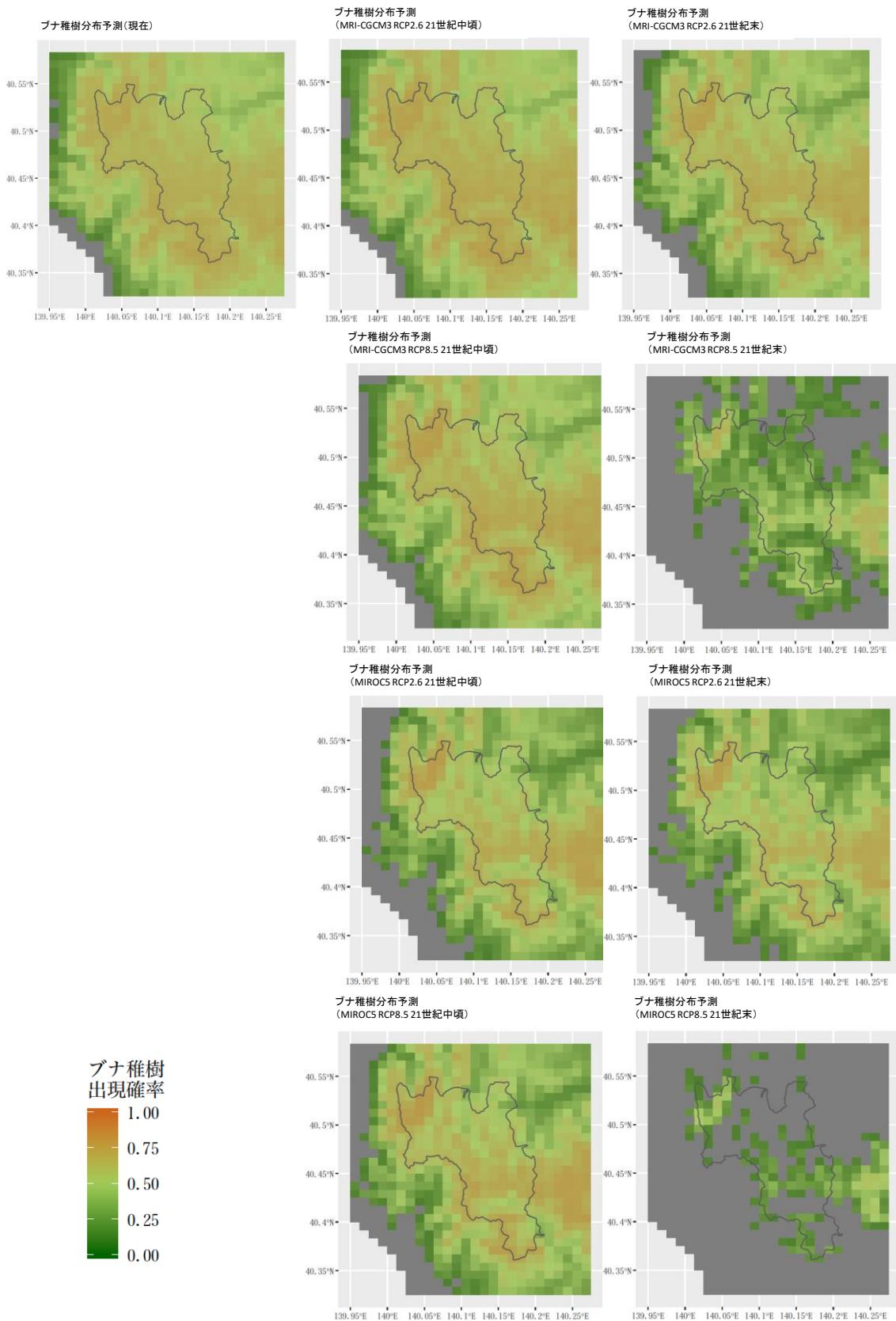
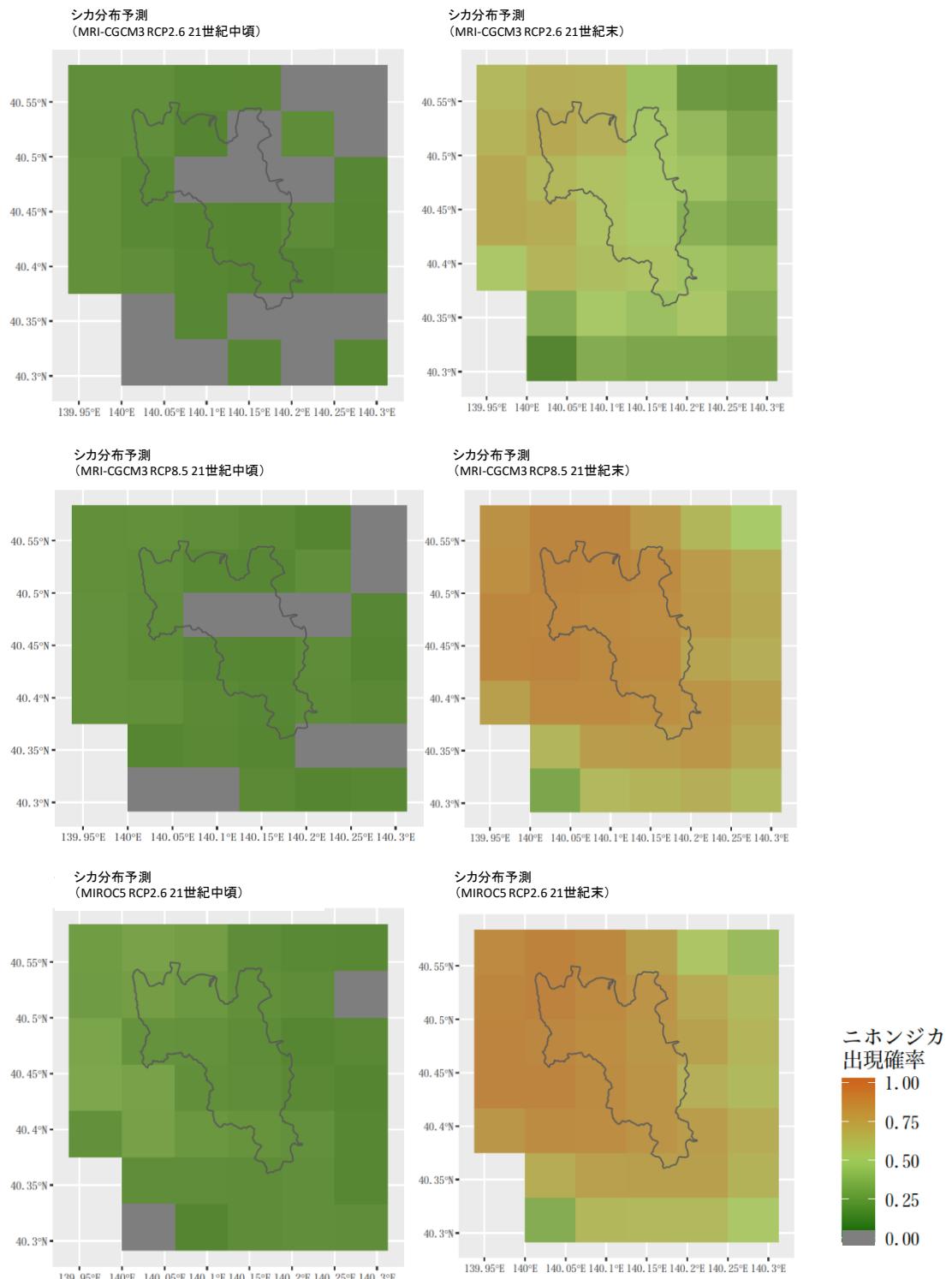


図 3.1-3 白神山地における現在・将来のブナ稚樹分布ポテンシャルマップ

(b) 白神山地におけるニホンジカの将来分布予測

現在、白神山地域にはニホンジカの分布は形成されていないが、気候条件とニホンジ

力の分布拡大スピードを考慮したニホンジカの分布モデル (Ohashi et al. 2016) を使った将来分布予測の結果、21世紀中期からすでにニホンジカの侵入が生じ、21世紀末にはニホンジカの分布は全域に広がる結果となった。



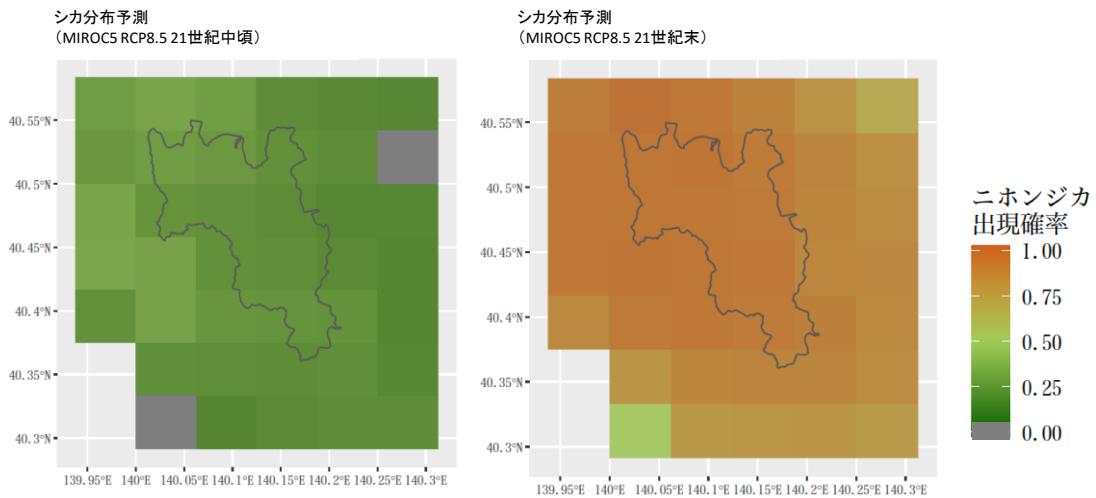


図 3.1-4 白神山地におけるニホンジカの将来分布ポテンシャルマップ

(c) 白神山地におけるブナ紅葉の将来予測

白神山地におけるブナ紅葉最盛日のモデル予測の結果として、現在気候下では 10 月中下旬頃に紅葉最盛日が予測されているが、将来的な温暖化によって紅葉最盛日は遅くなることが予測された。紅葉の遅延は MRI-CGCM3 よりも MIROC5 での予測結果において大きく、RCP8.5 シナリオでの 21 世紀末の予測では MRI-CGCM3 で 11 月下旬頃、MIROC5 で 12 月上旬頃になると予測された。なお現在の年々の温度条件による変化でも 20 日ほどのばらつきがあるが、予測された温暖化影響はこの年々変動による紅葉最盛日の変化幅を上回るものであった。

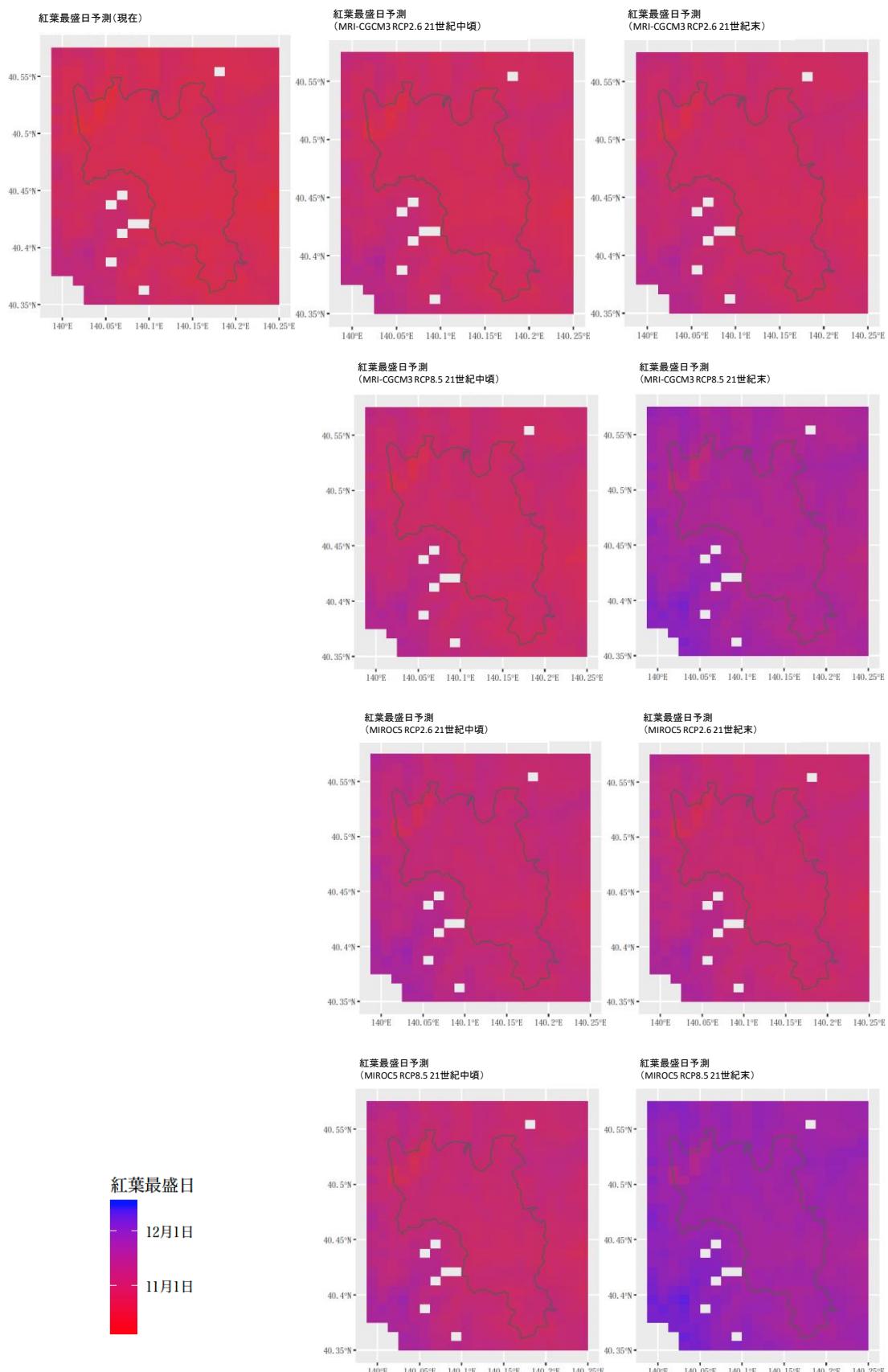


図 3.1-5 白神山地におけるブナ紅葉最盛日の現在および将来変化予測マップ

3.1.5.2 妙高戸隠連山国立公園

ヒアリング調査や文献調査、現地視察の結果、本地域では希少種であるライチョウにとって重要な高山植生と落葉樹林における紅葉という生態系サービスを評価対象として選定した。影響予測の結果、妙高戸隠では将来的な温暖化に伴って高山植生は大きく減少する事が予測された。また落葉樹林の紅葉シーズンは21世紀末には現在より1ヶ月ほど遅れる事が予測された。

(a) 妙高戸隠における高山植生の将来分布予測

妙高戸隠連山国立公園において、保全対象、観光資源およびライチョウの生息環境として重要である、高山植生の気候変動に関する適応策の検討を行うため、高山植生および高山植生と競合する可能性のあるササ群落・亜高山帯森林植生の将来予測モデルの高度化を行った。

将来予測の結果、雪田草原は面積を半分程度に減らすものの火打山頂では存続し、ハイマツを含む高山低木群落は消失、亜高山帯森林植生が、特にRCP8.5の2100年では顕著に高山帯に侵入することが予測された（図 3.1-6、図 3.1-7）。

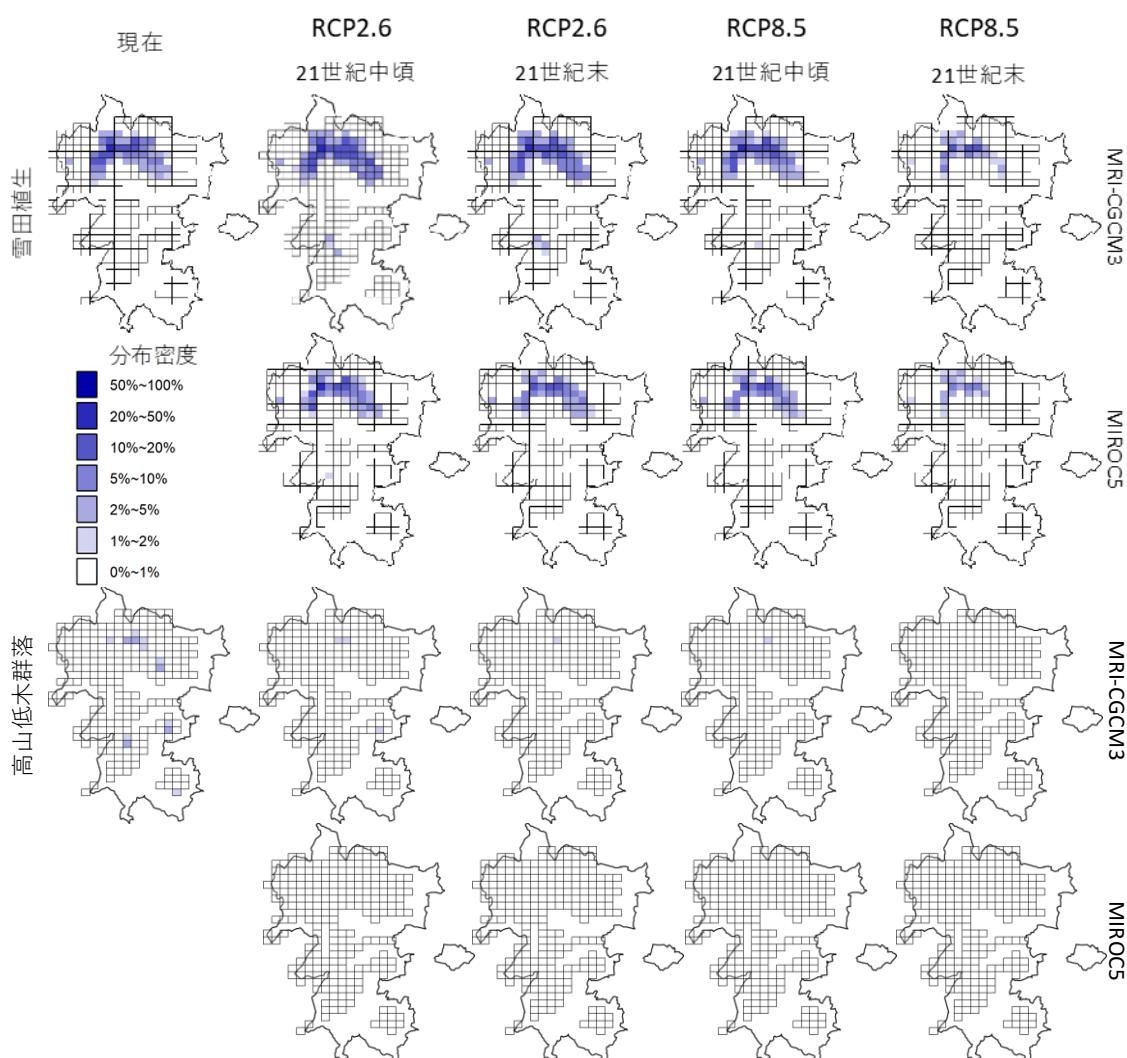


図 3.1-6 雪田草原・高山低木群落の現在・将来分布予測

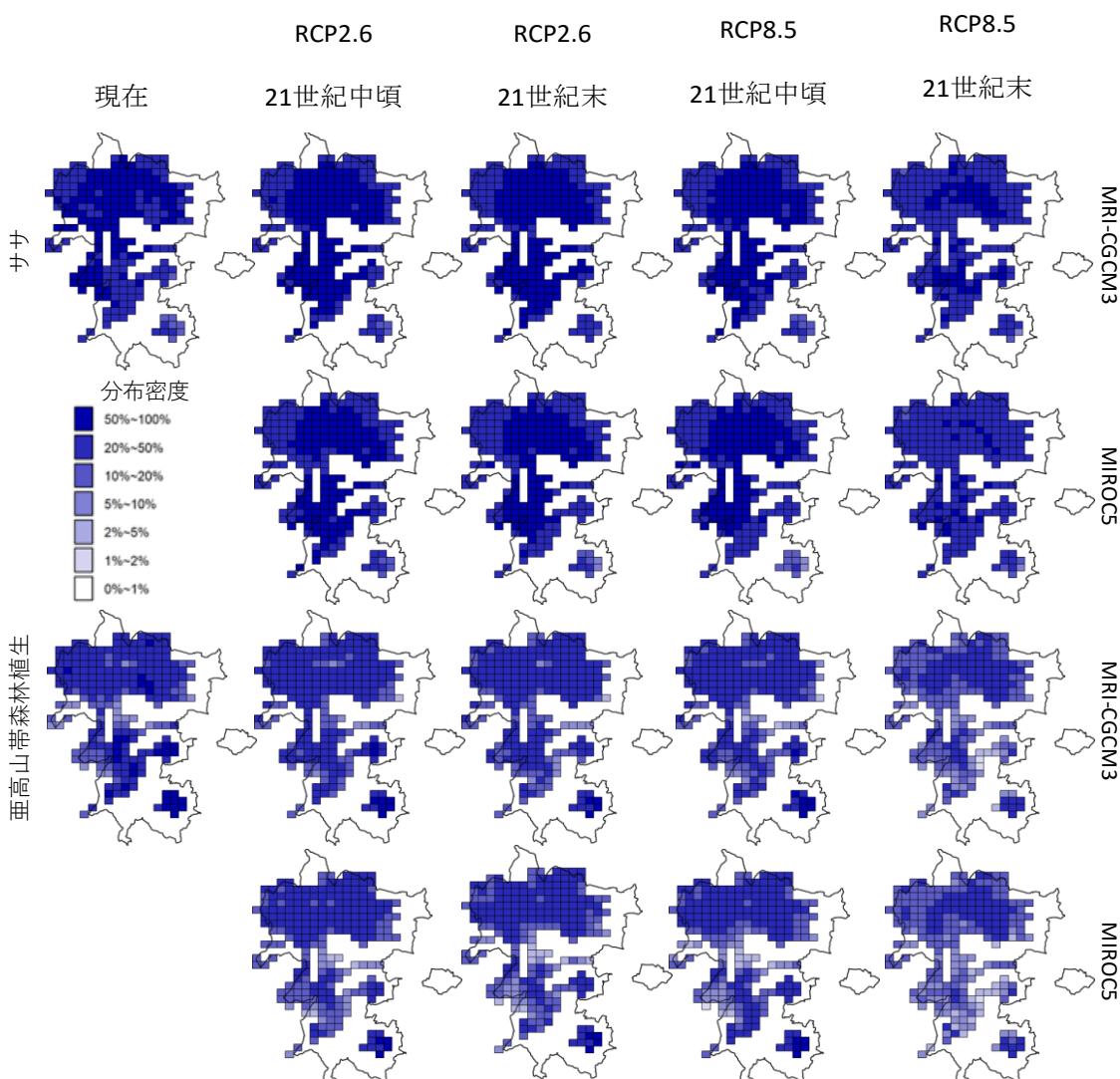


図 3.1-7 ササ・亜高山森林群落の現在・将来分布予測

(b) 妙高戸隠の落葉樹における紅葉の将来予測

妙高戸隠におけるブナなど落葉樹林の紅葉最盛日のモデル予測の結果として、現在気候下では 11 月中旬頃に紅葉最盛日が予測されているが、将来的な温暖化によって紅葉最盛日は遅くなることが予測された。紅葉の遅延は MRI-CGCM3 よりも MIROC5 での予測結果において大きく、RCP8.5 シナリオでの 21 世紀末の予測では MRI-CGCM3 で 12 月上旬頃、MIROC5 で 12 月中旬頃になると予測された。なお現在気候下（1981-2000）の年々の温度条件による変化でも 16 日ほどのばらつきがあるが、予測された温暖化影響はこの年々変動による紅葉最盛日の変化幅を上回るものであった。

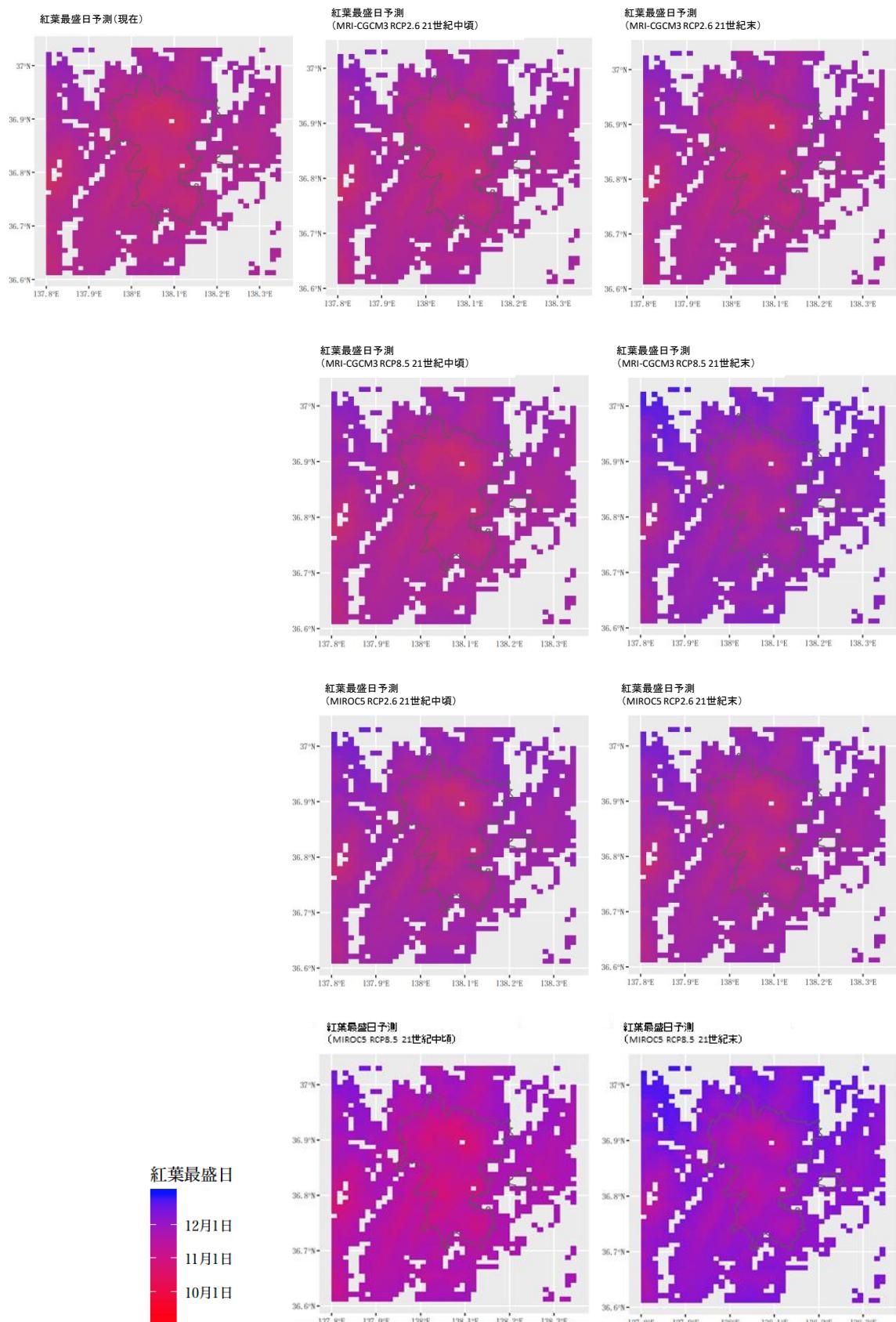


図 3.1-8 妙高戸隠におけるブナ紅葉最盛日の現在および将来変化予測マップ

3.1.5.3 足摺宇和海国立公園

文献調査からは、区域内の南北勾配や県・市町村によって、サンゴおよび海藻の利用・保全についての位置付け・認識・対策が多様であり、観光利用や保全努力は愛南町以南のサンゴ群集に集中していることが分かった。ヒアリング調査からは、藻場の衰退とサンゴの増加は認識されているが、公園内では藻場が積極利用されていないためか、藻場の衰退やサンゴへの置き換わりについての懸念は少なく、また分布拡大するサンゴを観光に利用するなど関心も伴っていないことがわかった。影響予測を行った結果、高温ストレスの増大や食害生物の分布北上によって藻場・サンゴ群集の生息適性が低下し、とくに RCP8.5 シナリオのもとでは公園内に生息適地がほとんど残らないと予測された。

(a) 足摺宇和海国立公園における藻場・サンゴ群集の将来分布予測

RCP2.6 シナリオの将来水温における予測では、アイゴの採食目安およびオニヒトデの生存可能域が約 50 km 北上して瀬戸内海へ到達、さらにコンブ類の生存南限とオニヒトデ繁殖目安の限度は約 70 km 北上する予測となった。一方、RCP8.5 の将来水温のもとでは、足摺宇和海国立公園の全海域がアイゴの採食目安およびオニヒトデの生存可能域、オニヒトデの繁殖可能域となり、さらには同国立公園の全海域がサンゴの白化域となる予測となった（図 3.1-9）。

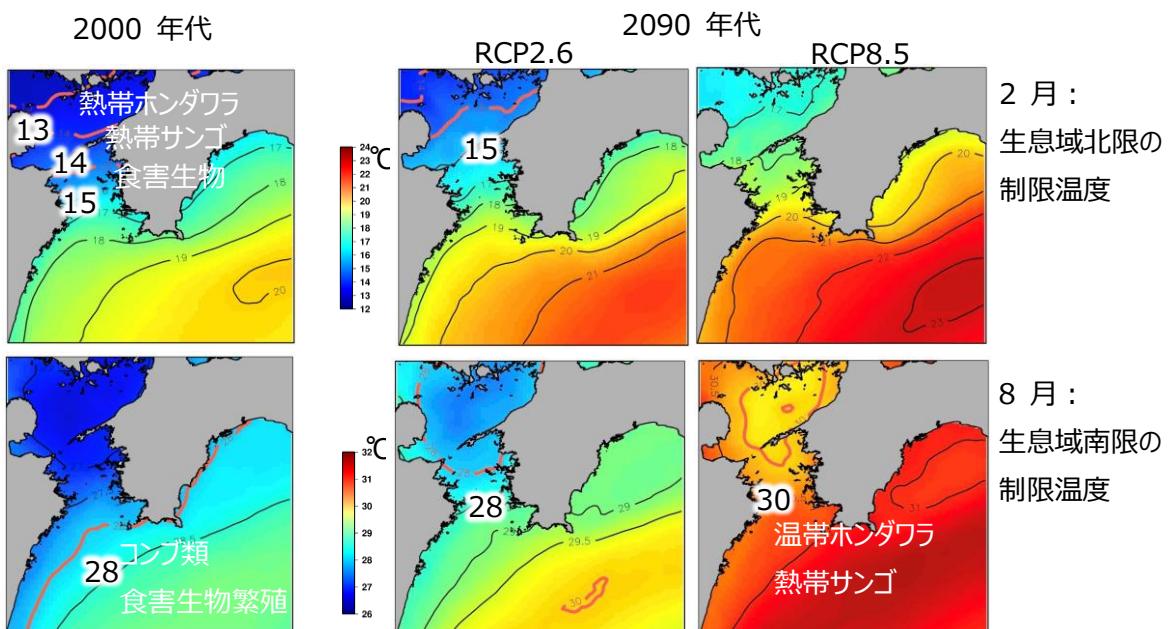


図 3.1-9 足摺宇和海の藻場・サンゴ群集における主要種の分布範囲の将来予測（上段：2 月、下段：8 月）

現在および RCP2.6 と RCP8.5 シナリオの 21 世紀末における結果。サンゴの低温生存目安 14°C、オニヒトデの低温生存目安およびアイゴの採食目安 15°C、コンブ類の高温生存・オニヒトデの繁殖目安 28°C、サンゴの高温生存目安 30°C の等温線を赤色で示した。

3.1.5.4 奄美群島国立公園

文献調査からは、サンゴ礁を中心とした生態系が重要な観光資源であるため、サンゴ食害生物の駆除や陸域負荷の軽減に取り組んでいることが分かった。ヒアリング調査からは、水深の浅い礁池内のサンゴ白化が多くの島々で目立っているが、地域規模の負荷は島によって異なる認識であることが分かった。サンゴ群集の存続性への影響予測を行った結果、サンゴ幼生の加入・供給関係は概ね保持されるものの、高温ストレスの増大による白化の頻発化が予想された。

(a) 奄美群島国立公園におけるサンゴ群集の将来分布予測

奄美群島国立公園においては、2000 年代は低白化率と高加入率により良好に保全されるが、奄美大島において総合スコアにバラツキが見られた（図 3.1-9）。RCP2.6 では奄美大島において高白化率・低加入・供給の海岸で総合スコアが上昇、RCP8.5 では特に全体的な白化率の上昇による総合スコア低下が見られたが、一方で奄美大島に比較的低リスクの海岸が残った（図 3.1-10）。

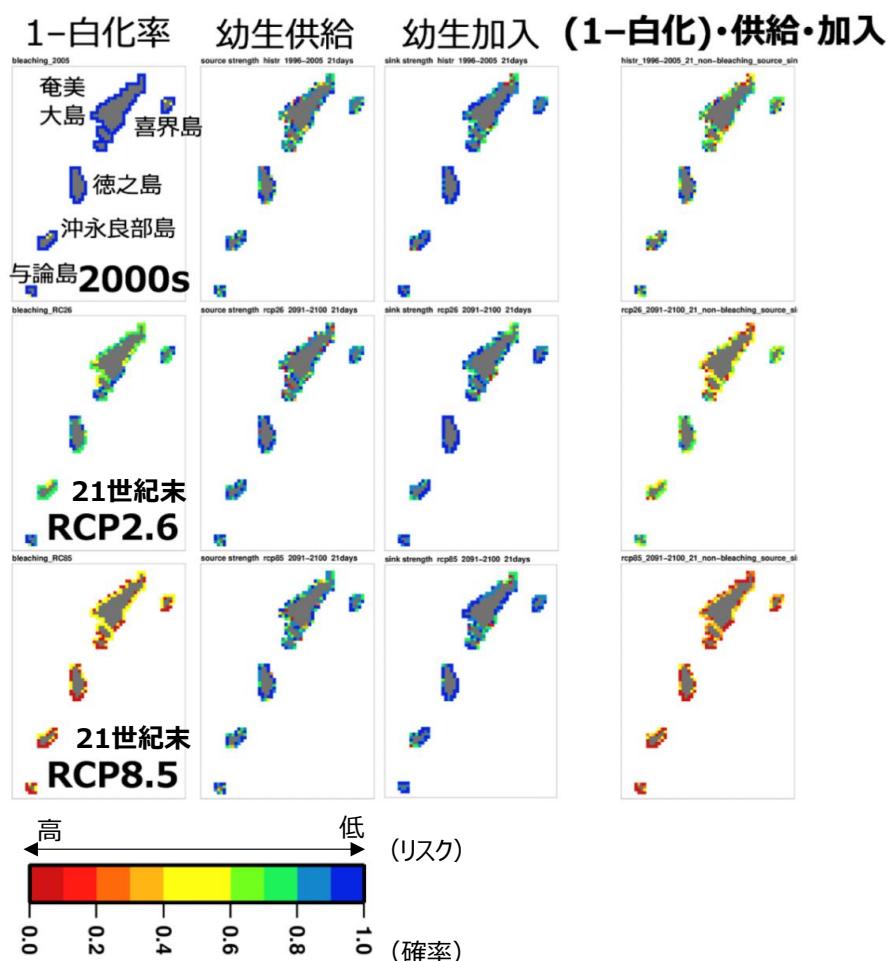


図 3.1-10 奄美群島におけるサンゴの白化、幼生供給、幼生加入の確率の積を保全適地の総合スコアとして用いた総合評価
現在および 21 世紀末の RCP2.6 と RCP8.5 シナリオにおける結果。

3.1.6 活用上の留意点

3.1.6.1 本調査の将来予測対象とした事項

ブナ稚樹分布

：気候値に対するブナ稚樹の分布応答

ニホンジカ分布

：気候値および土地利用に対するニホンジカの分布応答および 5km メッシュにおけるニホンジカの分布拡大スピード

高山植生の分布

：気候値および地形・地質に対する高山植生の分布応答

ブナおよび落葉樹林の紅葉

：衛星観測による色づきの時空間変化における気温応答

足摺宇和海国立公園及び奄美群島国立公園においては、気候変動による海水温上昇が温帯性・熱帯性の海藻およびサンゴの分布に与える影響を対象とした。また、奄美群島国立公園については、海流流速を用いたサンゴ幼生の加入・供給関係（コネクティビティ）のシミュレーションを行った。

3.1.6.2 本調査の将来予測の対象外とした事項

分布予測結果においては、細かい立地条件や他種による競争排除や生育促進といった種間相互作用を考慮できていない点は注意する必要がある。また紅葉に関しては、衛星観測データを使用しているため、大気影響などにより地上での色づきの変化とは若干のズレがある可能性があり、さらに気温以外の気象要素（日射量など）との関連や細かな種間・個体間差は考慮できていない。ブナ稚樹および高山植生の分布に関しては、種子の散布距離や実際に分布が消失するまでにかかる時間など、生態的なプロセスに関する挙動に関しては予測の対象外としている。

海域で対象としたサンゴや海藻の分布を決める環境要因のうち、気候変動に伴い変化する環境要因としては海水温や流速以外にも、海洋酸性化や濁り・栄養塩などの影響が考え得る。また、他の種との種間関係など、生態的なプロセスに関する挙動に関しては予測の対象外としている。

3.1.6.3 その他、成果を活用する上での制限事項

あくまで本業務で使用したモデルに基づく予測結果であり、現地で起こる変化とは違ってくる可能性がある。この不確実性を十分に考慮して、モニタリングを伴いつつ 10 年や 20 年など定期的にモデルの改善を図り、順応的に活用する必要がある。

海域の気候変動影響予測は暫定版の将来気候モデル SI-CAT02 ver.1 に基づく。また、生物の分布長期変化を予測する上では、過去数十年間の気候（過去再現実験）と生物分布変化の対応関係に基づく必要があるが、十分な期間の過去再現実験値が提供されていない。また気候モデルのバイアス補正に必要な 20～30 年分の過去再現実験値も得られておらず、バイアス補正も不十分である。このため、将来の生物分布変化の成果について

は予測精度に限界があり、今後の生物モニタリングの拡充と共に利用可能な最新の将来気候モデルを用いた定期的なアップデートが必要である。

3.1.7 適応オプション

本事業によって得られた成果を基に、白神山地と妙高戸隠、足摺宇和海国立公園、奄美群島国立公園における適応オプションを下記の表にまとめた。

表 3.1-2 白神山地における適応オプション一覧

| 適応オプション | 想定される実施主体 | | | 評価結果 | | | | | | | |
|----------------|-----------|-----|----|-----------|----------------------------|-------|------|------|------------------|-----------|------------|
| | 行政 | 事業者 | 個人 | 現状 | | 実現可能性 | | | 効果 | | |
| | | | | 普及状況 | 課題 | 人的側面 | 物的側面 | コスト面 | 情報面(知見/経験/データなど) | 効果発現までの時間 | 期待される効果の程度 |
| ニホンジカの駆除 | ● | ● | ● | 普及が進んでいない | ニホンジカ侵入の検出と初動計画の策定 | △ | ○ | △ | ◎ | N/A | 中 |
| 防鹿柵の設置 | ● | ● | | 普及が進んでいない | 保全優先性・実現可能性が高くシカ影響の強い場所の選出 | △ | ○ | △ | ◎ | 短期 | 中 |
| 更新施行によるブナ個体群維持 | ● | ● | | 普及が進んでいない | 現状ブナの更新は天然状態でも十分 | ○ | △ | △ | ◎ | 長期 | 中 |
| 紅葉予報システムの導入 | ● | ● | | 普及が進んでいない | 現在ある全国スケールの予測は認知度が低い | ◎ | ○ | ◎ | △ | 短期 | 中 |

表 3.1-3 白神山地における適応オプションの考え方と出典

| 適応オプション | 適応オプションの考え方と出典 |
|----------------|---|
| ニホンジカの駆除 | コア地域での実施は困難を極めるため周辺地域でいかに止めるかが肝要。(参考: 環境省 2016) |
| 防鹿柵の設置 | 面積が限定的なため、場所の選定が重要。(参考: 自然環境保全センター 2011) |
| 更新施行によるブナ個体群維持 | 当地での技術的検討が必要だが、将来ブナ稚樹の生育が困難になる前に施行する。(参考: 森林総合研究所 2011) |
| 紅葉予報システムの導入 | 最適な観光利用の時期・場所を検討。民間予報との連携可能性。効果的なモニタリング体制の構築とセット。 |

表 3.1-4 妙高戸隠における適応オプション一覧

| 適応オプション | 想定される実施主体 | | | 評価結果 | | | | | | | |
|-------------|-----------|-----|----|-----------|----------------------|-------|------|------|------------------|-----------|---|
| | 行政 | 事業者 | 個人 | 現状 | | 実現可能性 | | | 効果 | | |
| | | | | 普及状況 | 課題 | 人的側面 | 物的側面 | コスト面 | 情報面(知見/経験/データなど) | 効果発現までの時間 | |
| ライチョウの域内保全 | ● | ● | | 普及が進んでいない | 効果検証 | △ | ○ | △ | ◎ | 長期 | 中 |
| 侵入植生の駆除など | ● | ● | | 普及が進んでいない | 効果検証および面的な展開 | △ | ○ | △ | ◎ | 長期 | 低 |
| 紅葉予報システムの導入 | ● | ● | | 普及が進んでいない | 現在ある全国スケールの予測は認知度が低い | ◎ | ○ | ◎ | △ | 短期 | 中 |

表 3.1-5 妙高戸隠における適応オプションの考え方と出典

| 適応オプション | 適応オプションの考え方と出典 |
|-------------|--|
| ライチョウの域内保全 | 雪田植生残存域の入山規制や、高山植生(特にハイマツ)の代替検討など、ソフトな対策も検討の余地あり。(参考: 環境省長野自然環境事務所 2014) |
| 侵入植生の駆除など | ライチョウにとって特に重要な場所において、イネ科草本やササ、亜高山帯森林の植生の駆除などを検討。 |
| 紅葉予報システムの導入 | 最適な観光利用の時期・場所を検討。民間予報との連携可能性。効果的なモニタリング体制の構築とセット。 |

表 3.1-6 足摺宇和海国立公園における適応オプション一覧

| 適応オプション | 想定される実施主体 | | | 評価結果 | | | | | | | |
|-----------------|-----------|-----|----|-----------|--|-------|------|------|------------------|-----------|---|
| | 行政 | 事業者 | 個人 | 現状 | | 実現可能性 | | | 効果 | | |
| | | | | 普及状況 | 課題 | 人的側面 | 物的側面 | コスト面 | 情報面(知見/経験/データなど) | 効果発現までの時間 | |
| 保護区の設定・公園範囲の見直し | ● | | | 普及が進んでいない | 効果に関する科学的知見はまだ少ない | △ | ◎ | N/A | ◎ | 長期 | 中 |
| 食害生物の個体数管理 | ● | ● | ● | 普及が進んでいる | 潜水作業が可能な人手不足と資金不足により普及はごく一部に限定される。高齢化、過疎化による後継ぎ不 | △ | ○ | △ | ◎ | 短期 | 大 |

| 適応オプション | 想定される実施主体 | | | 評価結果 | | | | | | |
|--------------------------|-----------|-----|----|-----------|---|-------|------|------|------------------|-----------|
| | 行政 | 事業者 | 個人 | 現状 | | 実現可能性 | | | 効果 | |
| | | | | 普及状況 | 課題 | 人的側面 | 物的側面 | コスト面 | 情報面(知見/経験/データなど) | 効果発現までの時間 |
| | | | | 足 | | | | | | |
| 生物適応の補助(分布北上・温度耐性) | ● | ● | | 普及が進んでいない | 人為的な生息域外導入や生物操作に関する科学的知見はまだ少ない | △ | △ | △ | ◎ | 長期 |
| 漁獲対象種の変化に応じた漁業形態・対象種の再検討 | ● | ● | | 普及が進んでいない | 見慣れない漁種に対する抵抗(流通、商品価値、漁法の対応)、地域をまたいだ漁獲物のシェアなど社会経済学的過大が大きい | △ | ○ | △ | ◎ | 長期 |
| ダイビング・観光船の拡充等による生態系利用 | ● | ● | | 普及が進んでいる | 普及はごく一部の民間業者に限られる。漁業者との潜在的コンフリクト、理解が得られにくい | △ | ○ | △ | ◎ | 長期 |

表 3.1-7 足摺宇和海国立公園における適応オプションの考え方と出典

| 適応オプション | 適応オプションの考え方と出典 |
|--------------------------|--|
| 保護区の設定・公園範囲の見直し | 海洋保護区が気候変動影響を和らげる効果が解析的論文により示されている。(Bates et al. 2014) |
| 食害生物の個体数管理 | 食害生物の個体数管理は直接的な効果が数多く示されており、国内の先行事例も豊富。ただし、効果的な管理のためには、密度目標を設定し、重点海域への努力量集中を行う必要性がある。(岡地ほか 2019) |
| 生物適応の補助(分布北上・温度耐性) | 生物自体の適応能力を向上させる方法、サンゴで取り組みが始まっており、国内でも沖縄県事業などで進行中。 |
| 漁獲対象種の変化に応じた漁業形態・対象種の再検討 | 未利用漁種への対応は生態系の個体数管理に繋がる。藻場の食害生物の多くは漁獲が可能であり、それらについては直接的な効果も期待できる。国内数例の地域的取り組みの例がある。 |
| ダイビング・観光船の拡充等による生態系利用 | 漁業価値がない目新しい生物が観光資源としての経済的附加価値を持つようになり、また海中観察機会の増加は生態系保全の意識向上が期待される。 |

表 3.1-8 奄美群島国立公園における適応オプション一覧

| 適応オプション | 想定される実施主体 | | | 評価結果 | | | | | | | |
|----------------------|-----------|-----|----|-----------|---|-------|------|------|------------------|-----------|------------|
| | | | | 現状 | | 実現可能性 | | | 効果 | | |
| | 行政 | 事業者 | 個人 | 普及状況 | 課題 | 人的側面 | 物的側面 | コスト面 | 情報面(知見/経験/データなど) | 効果発現までの時間 | 期待される効果の程度 |
| 陸域負荷の軽減 | ● | ● | | 普及が進んでいる | 主な負荷源である農業・畜産からの土砂流出への対策は個々の事業者の負担が生じるため、資金的・労力的な課題がある。 | △ | ○ | N/A | ◎ | 長期 | 大 |
| 食害生物の個体数管理 | ● | ● | ● | 普及が進んでいる | 潜水作業が可能な人手不足と資金不足により普及は一部に限定される。 | △ | ○ | N/A | ◎ | 短期 | 大 |
| 生物適応の補助(分布北上・温度耐性) | ● | ● | | 普及が進んでいない | 人為的な生息域外導入や生物操作に関する科学的知見はまだ少ない | △ | △ | N/A | ◎ | 長期 | 中 |
| 幼生供給源海域の保全による幼生加入の確保 | ● | ● | ● | 普及が進んでいない | 地域をまたぐ広範囲を保全する必要がある。また幼生の供給・加入ネットワークは年変動が大きいため効果が予想しにくい | △ | ○ | N/A | ◎ | 長期 | 中 |

表 3.1-9 奄美群島国立公園における適応オプションの考え方と出典

| 適応オプション | 適応オプションの考え方と出典 |
|----------------------|--|
| 陸域負荷の軽減 | サンゴへの直接負荷の軽減や食害生物の発生抑制に貢献するため重要だが、地域流域や海流の特性とも関連するため効果の定量化は困難。(金城 2017) |
| 食害生物の個体数管理 | 食害生物の個体数管理は直接的な効果が数多く示されており、国内の先行事例も豊富。ただし、効果的な管理のためには、密度目標を設定し、重点海域への努力量集中を行う必要性がある。(岡地ほか 2019) |
| 生物適応の補助（分布北上・温度耐性） | 生物自体の適応能力を向上させる方法、サンゴで取り組みが始まっている、国内でも沖縄県事業などで進行中。 |
| 幼生供給源海域の保全による幼生加入の確保 | サンゴは広範囲で幼生の供給・加入ネットワークが構成されるため、広域の総合的な対策が必要。(山野 2017) |

3.2 気候シナリオに関する情報

3.2.1 気候シナリオ基本情報

表 3.2-6 使用した気候シナリオ一覧

| 項目 | 陸域 | 海域 |
|-----------|---------------------|--|
| 気候シナリオ名 | 農環研データセット by SI-CAT | 海洋近未来予測力学的ダウンスケーリングデータ by SI-CAT ver.1 |
| 気候モデル | MIROC5, MRI-CGCM3 | MRI-CGCM3 |
| 気候パラメータ | 日平均気温、日最高・最低気温、降水量 | 水温、流速（海表面） |
| 排出シナリオ | RCP2.6、RCP8.5 | RCP2.6、RCP8.5 |
| 予測期間 | 21世紀中頃、21世紀末 | 21世紀末 |
| バイアス補正の有無 | 有り | 有り |

3.2.2 使用した気候パラメータに関する情報

3.2.2.1 白神山地世界遺産地域および妙高戸隠連山国立公園

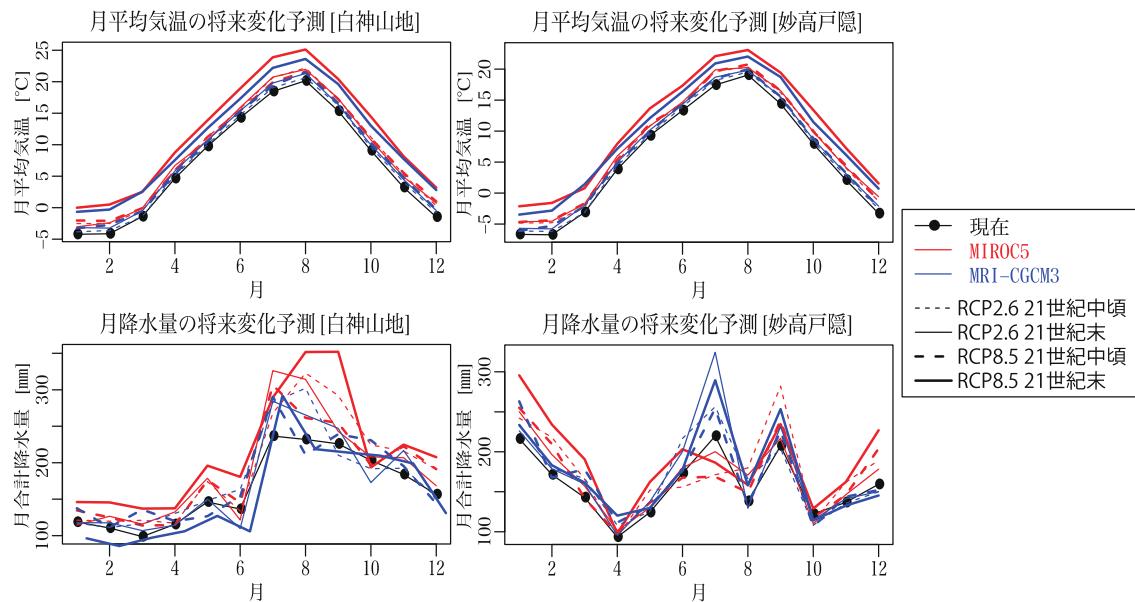


図 3.2-1 白神山地および妙高戸隠における月あたり領域平均気候値の将来変化

本業務では、気温と降水量のパラメータを主に使用した。代表的な月平均気温と月合計降水量に関して現在（1981-2000）、21世紀中頃（2031-2050）、および21世紀末（2081-2100）の変化状況をまとめた（図 3.2-1）。21世紀末までに RCP8.5 シナリオではどちらも 4°C 程度の温度上昇と、年間で 200~600mm 程度の降水量の増加が算定されている。

3.2.2.2 足摺宇和海国立公園および奄美群島国立公園

本業務では、足摺宇和海国立公園を対象に海面水温、奄美群島国立公園を対象に海面水温および海面流速（ベクトル）のパラメータを使用した。

SI-CAT02 ver. 1 による足摺宇和海の海面水温は、2000 年代と比較して、冬期（2 月）では 2020 年代において最大で 1°C 弱の上昇、2090 年代には RCP2.6 でも 1~2°C の上昇、RCP8.5 では 2~4°C の上昇が見られた。上昇幅は黒潮流路付近と瀬戸内海付近で特に大きかった。奄美群島の夏期（8 月）では、2020 年代においては最大で 0.25°C の上昇、RCP8.5 の 2090 年代は 2°C 強の上昇だが、RCP8.5 の 2040 年代および RCP2.6 の 2090 年代は 1°C 未満の上昇に留まった（図 3.2-2）。

気候変動による海流の変化として、温暖化によって偏西風そして亜熱帯循環が強化され、黒潮の流量が増加するとの予測例が複数示されている（仲敷ら, 2005; Sakamoto et al., 2005）。SI-CAT02 による将来予測からも同様の傾向が確認された（図 3.2-3）。

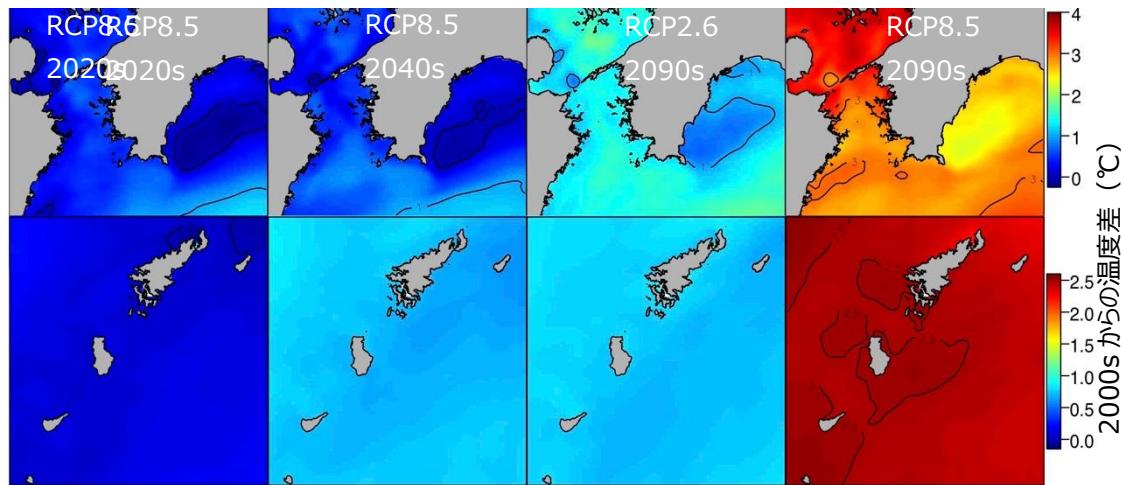


図 3.2-2 足摺宇和海国立公園の 2 月および奄美群島国立公園周辺海域の 8 月における 2000 年代に対する各シナリオ (RCP2.6、8.5)・対象年代 (2020、2040、2090 年代) での海面水温の温度差の水平分布
SI-CAT02 ver.1 の値を使用。

出典：行政区域地図（国土交通省 国土数値情報（行政区域データ）平成 30 年世界測地系）より作成

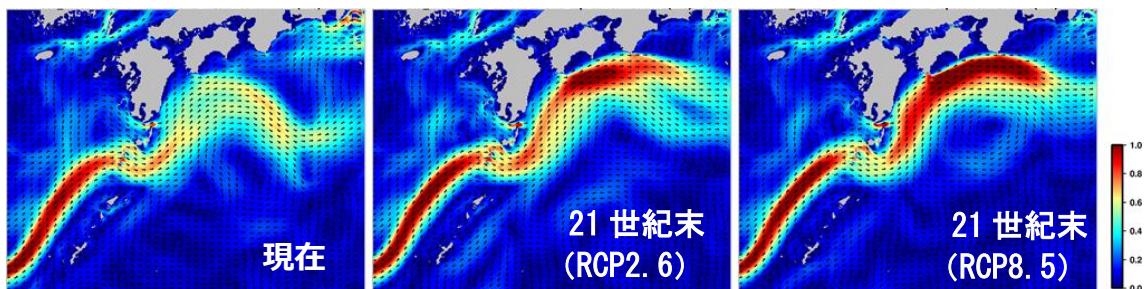


図 3.2-3 西日本海域における過去および RCP2.6 および 8.5 シナリオでの 2090 年代の 6 月の平均的な流動場
SI-CAT02 ver.1 の値を使用。

3.2.3 気候シナリオに関する留意事項

3.2.3.1 白神山地世界遺産地域および妙高戸隠連山国立公園

気温に対して降水量は、観測値でもばらつきが大きく、不確実性が大きい。

3.2.3.2 足摺宇和海国立公園および奄美群島国立公園

2000 年代の 2 月および 8 月の海表面水温について足摺宇和海および奄美群島周辺海域において、衛星観測水温に対する SI-CAT02 出力値のバイアスを確認した（図 3.2-4、図 3.2-5）。対象海域では全体的に負のバイアスが生じていたが、バイアスは 2 月でより大きく（図 3.2-4 A、C）、特に瀬戸内海において大きなバイアスが生じていた（図 3.2-5）。

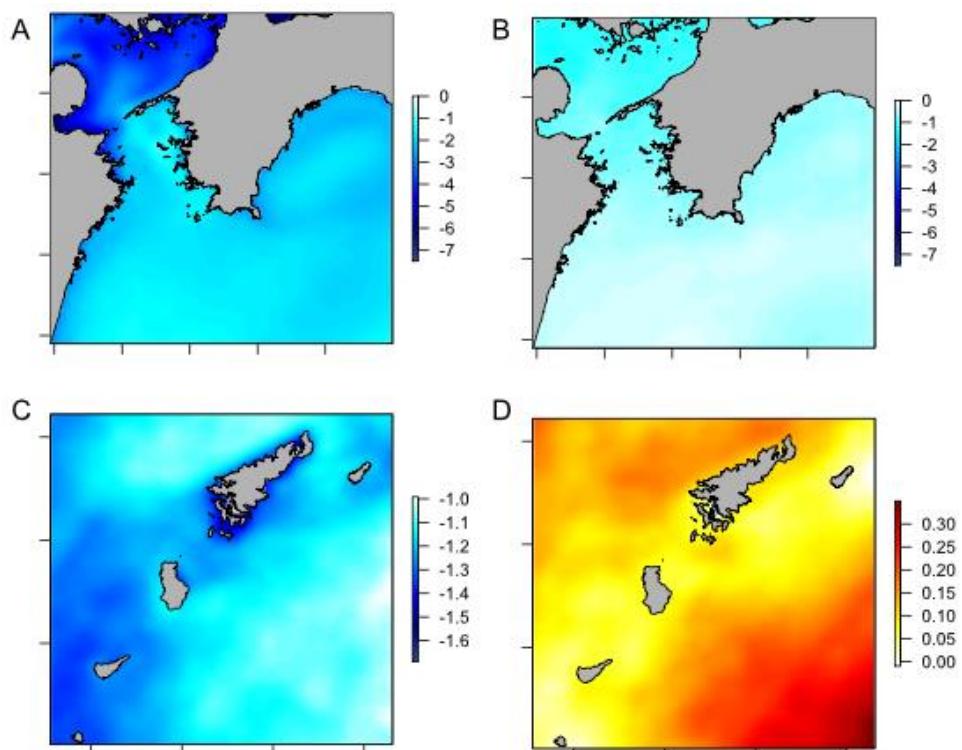


図 3.2-4 2月の月平均水温 ($^{\circ}\text{C}$) の再現性とバイアス補正の確認 (2000 年代の平均値について)。A、B：足摺宇和海。C、D：奄美群島周辺海域。A、C：衛星観測値に対する SI-CAT02 ver. 1 のバイアス。B、D：バイアス補正後の観測値と SI-CAT02 の差異。

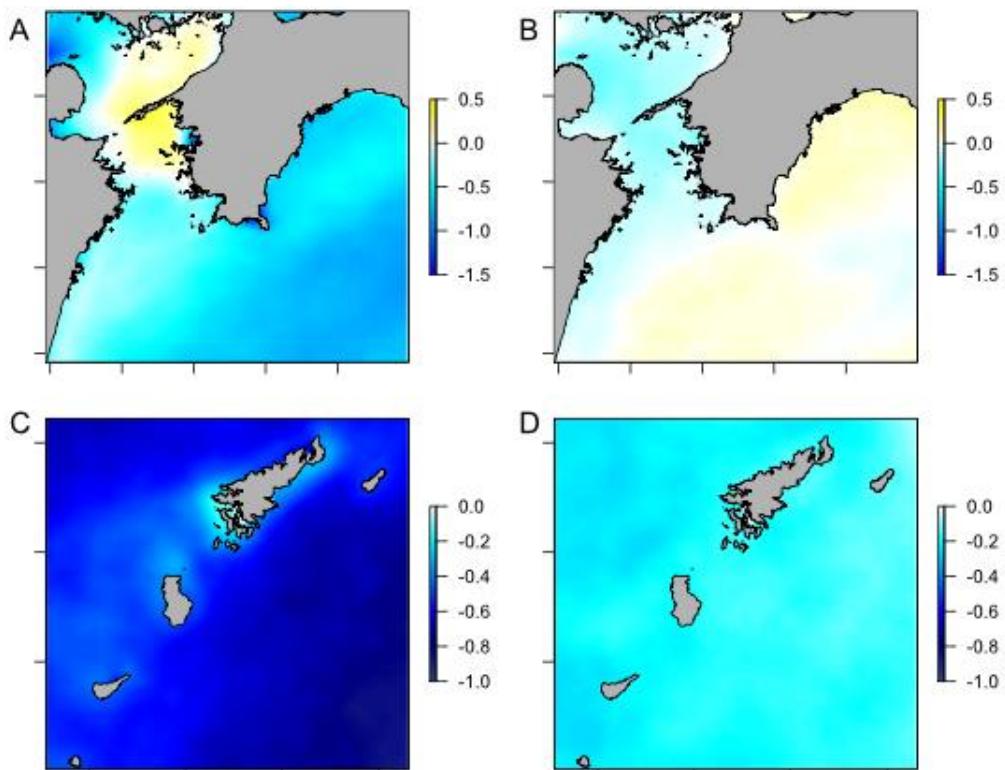


図 3.2-5 8月の月平均水温 ($^{\circ}\text{C}$) の再現性とバイアス補正の確認 (2000年代の平均値について)。A、B：足摺宇和海。C、D：奄美群島周辺海域。A、C：衛星観測値に対する SI-CAT02 ver. 1 のバイアス。B、D：バイアス補正後の観測値と SI-CAT02 の差異。

3.2.4 バイアス補正に関する情報

3.2.4.1 白神山地世界遺産地域および妙高戸隠連山国立公園

現在 (1981-2000) における月平均気温と月合計降水量に関して、観測値 (メッシュ農業気象データ) と気候シナリオ (農環研データセット by SI-CAT) の予測結果に若干の誤差が見られた。平均気温におけるバイアスだと、MIROC5 も MRI-CGCM3 も 0.25°C 程度の幅でバイアスが確認された。またいずれの気候モデルにおいても、0 をまたぐ領域 ($-0.1 \sim +0.15^{\circ}\text{C}$) であり、比較的バイアスは小さかった。バイアスが生じていた時期・場所にはあまり傾向は見られないが、どちらの気候モデルでも 4 月の北海道で若干の過小評価傾向があり、7 月の東北地域においても若干の過小評価傾向が見られた。降水量におけるバイアスについては、いずれの気候モデルにおいても降水量が少なくなる冬季の太平洋側で顕著に過大評価している傾向がある。また夏季の降水量に関しては、MIROC5 に比べて MRI-CGCM3 の方が若干バイアスが小さい様子が見られた。また、いずれの気候モデルにおいても、気候モデルの方が観測値よりも若干高い値側 (>1) に集中する形でバイアスが生じていた。降水量のバイアスを差分で表現した場合には、MIROC5 で $-6.5 \sim 65.9\text{mm}$ 、MRI-CGCM3 では $-10.9 \sim 44.3\text{mm}$ の違いがあり、MIROC5 よりも MRI-CGCM3 の方がバイアスが少ない傾向があった。時空間的には夏の太平洋側で差分あたりのバイアスが大きい傾向が見られた。

これらのバイアスに対してその補正を行うため、現在における両者の差を使って気温の、両者の比を使って降水量の補正を行った。

3.2.4.2 足摺宇和海国立公園および奄美群島国立公園

海表面水温については、20～30年程度の長期間の各月の海表面水温の気候値を観測値、将来予測モデル出力値の双方について算出、気候値のバイアス差分を足し合わせる（オフセットする）ことでバイアスを補正する簡易的なバイアス補正法を採用した。これは海洋生態系の将来予測における一般的な手法であり、これまでに調べた限り、これ以外に一般的に採用されている手法は見当たらない。また、バイアス補正を行っている記述がない論文も一般的である。陸域の温度や降水量などと異なり海水温は安定しているため、この手法で十分と考える。本稿では、1996～2018年について気候値を計算し、バイアスを補正した。なお、流動場の将来予測モデル値に関しては、適当な補正方法が提唱されていないため、バイアス補正を行わなかった。

表 3.2-1 バイアス補正方法

| | 内容 |
|------|---|
| 気候指標 | 月平均海表面水温 |
| 方法 | 気候値の平均を揃える手法 |
| 概要 | 20～30年程度の長期間の各月の海表面水温の気候値を観測値、将来予測モデル出力値の双方について算出、気候値のバイアス差分を足し合わせる（オフセットする）ことでバイアスを補正 |
| 参考文献 | Donner et al. 2005 PNAS 104: 5483-5488; Yara et al. 2011 Galaxea 13: 11-20; Takao et al. 2015 Coral Reefs 34: 1125-1137; Van Hooijdonk et al. 2015 Global Change Biology 21: 3389-3401; Kumagai et al. 2018 PNAS 115: 8990-8995 |

3.2.5 気候シナリオ選択の理由

3.2.5.1 白神山地世界遺産地域および妙高戸隠連山国立公園

可能な限り高解像度な予測が広域で必要だったため、農環研データセット by SI-CAT を使用した。

3.2.5.2 足摺宇和海国立公園および奄美群島国立公園

既存の気候シナリオは空間解像度が100 kmと研究対象の海域スケールに対し粗すぎた。SI-CAT02は空間解像度が約2.5 kmと十分な高解像度を提供するため、本研究で採用した。

3.3 気候変動影響に関する調査手法

3.3.1 手順

3.3.1.1 白神山地世界遺産地域および妙高戸隠連山国立公園

白神山地および妙高戸隠における評価のフローチャート（下図）に従って調査、影響予測、および評価を行った。

フローチャート (白神山地、ブナ林)

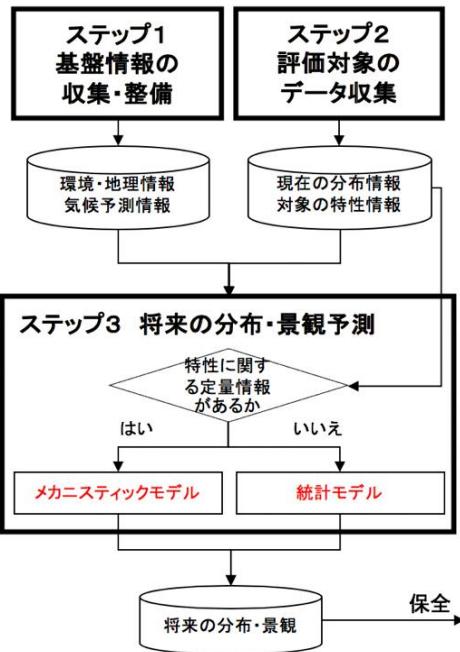


図 3.3-1 白神山地における評価のフローチャート

フローチャート (妙高戸隠山、ライチョウと関連植生)

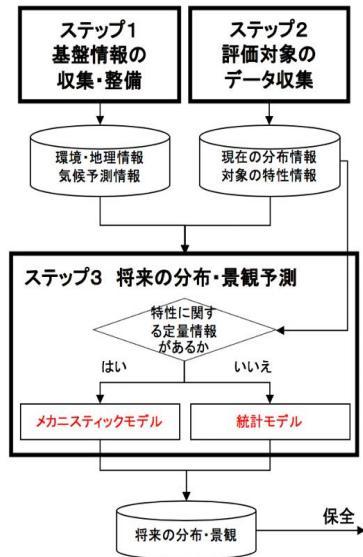


図 3.3-2 妙高戸隠における評価のフローチャート

3.3.1.2 足摺宇和海国立公園および奄美群島国立公園

足摺宇和海国立公園で着目した評価対象はサンゴ（サンゴ群集）および大型海藻（藻場）、奄美群島国立公園ではサンゴ（サンゴ礁）である（図 3.3-3、図 3.3-4）。上記の 2 つの国立公園における評価のフローチャート（図 3.3-5、図 3.3-6）に従って調査、影響予測、および評価を行った。評価対象としたエリアは図 3.3-7、図 3.3-8 に示したとおりである。



図 3.3-3 足摺宇和海国立公園で着目した評価対象のイメージ



図 3.3-4 奄美群島国立公園で着目した評価対象のイメージ

フローチャート(足摺宇和海、藻場・サンゴ群集)

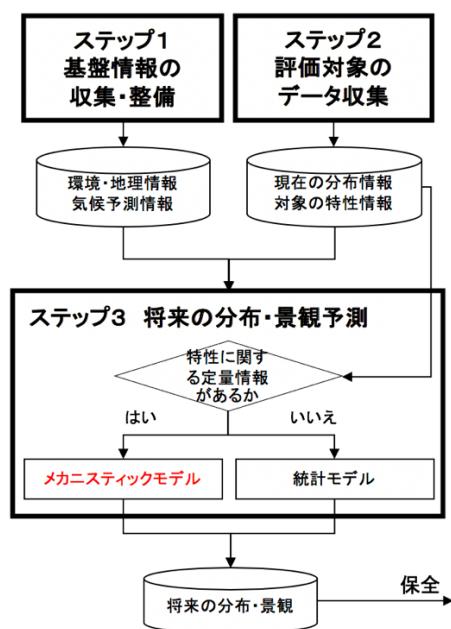


図 3.3-5 足摺宇和海国立公園における評価のフローチャート

フローチャート(奄美群島、サンゴ礁)

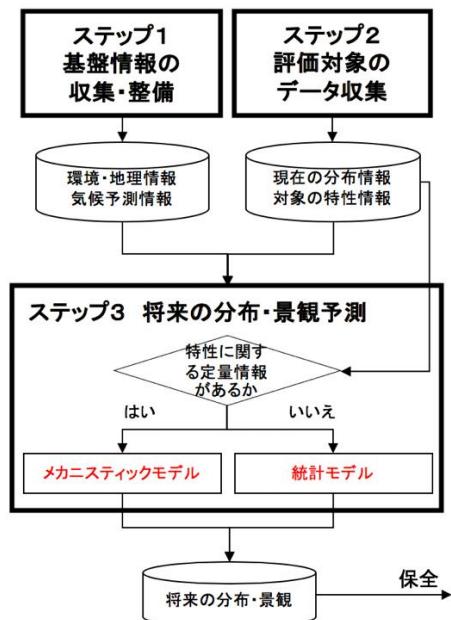


図 3.3-6 奄美群島国立公園における評価のフローチャート

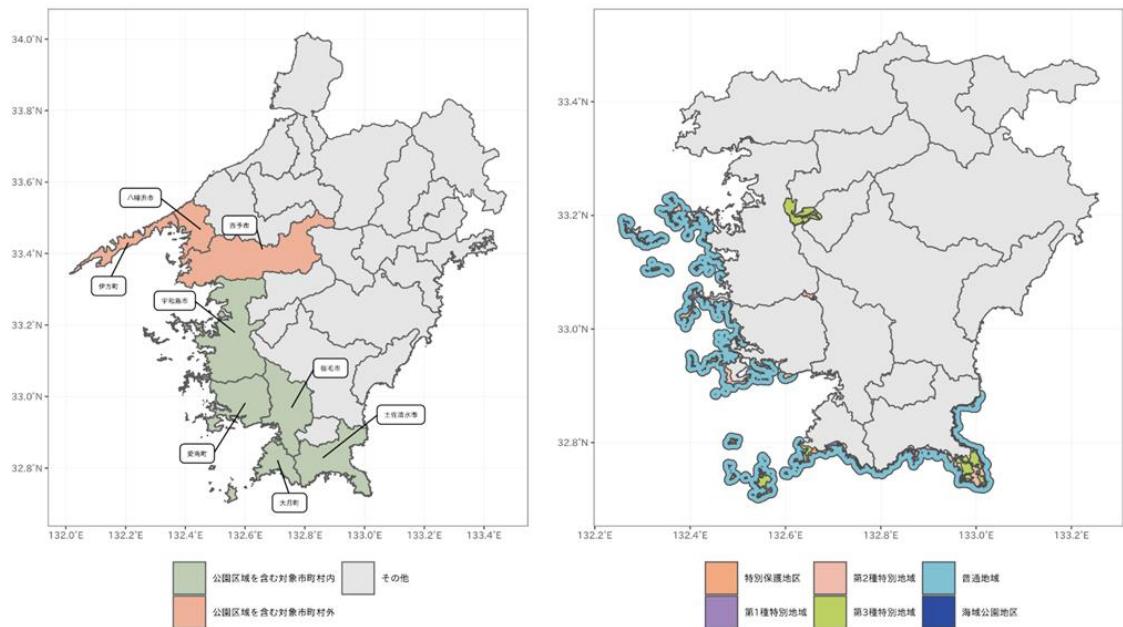


図 3.3-7 足摺宇和海国立公園周辺海域を対象とした評価エリア（左）と公園の区分（右）
出典：行政区域地図（国土交通省 国土数値情報（行政区域データ）平成30年世界測地系）、国立公園領域（環境省自然環境局 生物多様性センター）より作成

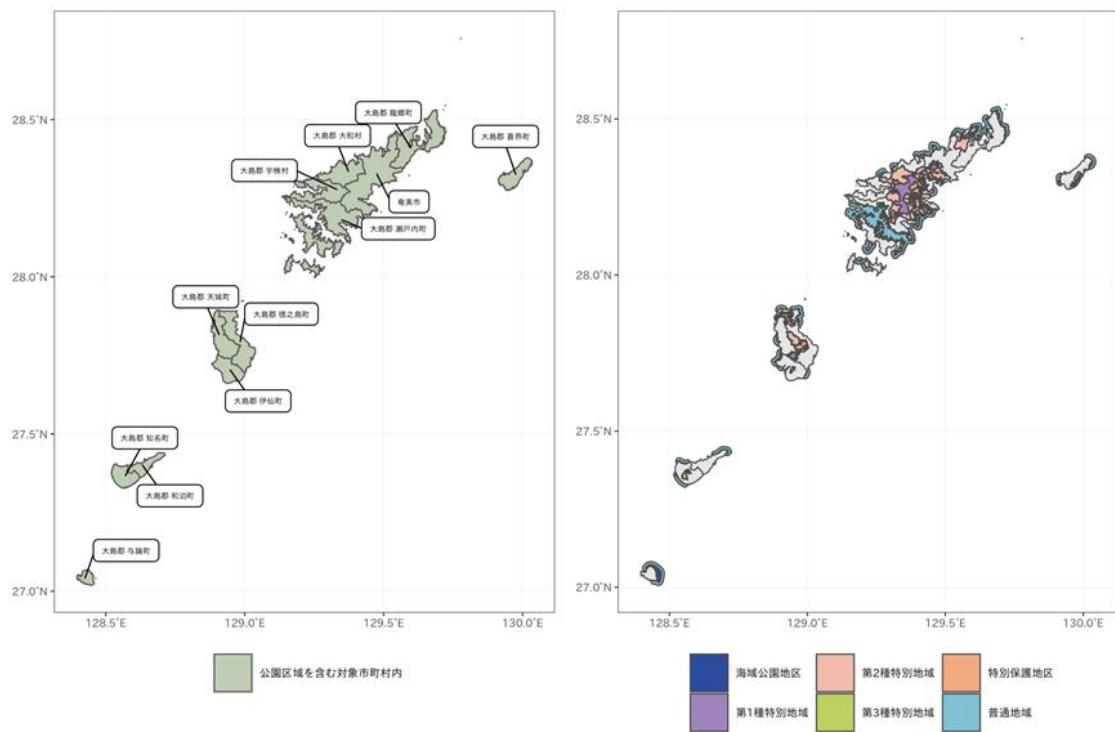


図 3.3-8 奄美群島国立公園を対象とした評価エリア（左）と公園の区分（右）

出典：行政区域地図（国土交通省 国土数値情報（行政区域データ）平成30年世界測地系）、国立公園領域（環境省自然環境局 生物多様性センター）より作成

3.3.2 使用したデータ・文献

3.3.2.1 白神山地世界遺産地域および妙高戸隠連山国立公園

基盤情報として、気象に関連するもの6件、地形に関係するもの1件、植生に関係するもの5件、動物に関係するもの1件、土地利用に関係するもの1件、国立公園利用者数に関係するもの1件のデータを収集した。また、白神山地、妙高戸隠連山に各項目における文献情報も収集した。

表 3.3-1 収集したデータ一覧（陸域）

| No | 種類 | データ資料名等 (ファイル名) | 使用用途 | データ概要 | 出典 |
|----|----|---------------------|---|--|---|
| 1 | 気象 | 積雪予測モデル 出力結果 | 積雪量の変化 自体や、それ に伴う生物側 の変化予測時 に使用 | 別事業において、森林総 合研究所の研究チームが 作成したデータ。 3次メッシュ単位で、積 雪期間や、最大積雪深、 消雪日などの雪に関する データの予測結果を収録 | Ohashi H, Kominami Y, Higa M, Koide D, Nakao K, Tsuyama I, Matsui T, Tanaka N. (2016) Land abandonment and changes in snow cover period accelerate range expansions of sika deer. <i>Ecology and Evolution</i> 6:7763-7775. |
| 2 | 動物 | ニホンジカの分 布モデル出力結果 | ニホンジカの 変化予測に使 用 | 5km メッシュあたりで、 ニホンジカの分布拡大を 予測したデータ。 4GCM、4 時点での予測 結果を収録している。 | Ohashi H, Kominami Y, Higa M, Koide D, Nakao K, Tsuyama I, Matsui T, Tanaka N. (2016) Land abandonment and changes in snow cover period accelerate range expansions of sika deer. <i>Ecology and Evolution</i> 6:7763-7775. |

| No | 種類 | データ資料名等 (ファイル名) | 使用用途 | データ概要 | 出典 |
|----|----|-------------------------------|--|--|---|
| 3 | 気象 | GPV/MSM | 気象パラメータの抽出時に参照 | MSM、RSM のオリジナルデータを初期値(=解析値)を中心に再構成した、1日1ファイルのNetCDFデータ。海面正気圧、地上気圧、東西風(地上10m)、南北風(地上10m)、気温(地上1.5m)、相対湿度(地上1.5m)、上層雲量、中層雲量、下層雲量、全雲量を収録。 | http://database.rish.kyoto-u.ac.jp/arch/jmadata/gpv-netcdf.html |
| 4 | 気象 | JASMES | 現地概況の把握 | 衛星観測データに基づき、地表面日射量(光合成有効放射)、曇天率、積雪・海水域、植生乾燥度(水ストレス)、土壤水分、森林火災、降水・可降水量、陸・海面水温といった、地球の気候形成に関わる諸物理量の季節・経年変動と現在の状況に関する情報を提供。 | http://www.eorc.jaxa.jp/JAMES/index_j.html |
| 5 | 気象 | Griddap | 現地概況の把握 | 衛星観測データや気候モデルデータによるグリッドデータを提供し、グラフ化や地図化の機能も有している。 | https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/index.html?page=1&itemsPerPage=1000 |
| 6 | 気象 | AMeDAS メッシュ化データ | 観測ベースの気象データとして副次的に参照 | 気象庁が観測したアメダスデータ(日データ)をもとに、平年差法によるメッシュ化手法を用いてメッシュ単位の値を推定したデータ。平均気温、最高気温、最低気温、降水量、日射量のデータを提供している。 | 清野 豊(1993) : アメダスデータのメッシュ化について. 農業気象, 48(4), 379-383. |
| 7 | 気象 | 55年長期再解析領域ダウンスケーリング(DSJRA-55) | 紅葉など細かい時間解像度での気象データが必要な際などに参照データとして使用。 | 気象庁55年長期再解析(JRA-55)を初期値・境界条件とした領域ダウンスケーリング(DSJRA-55)を1958年~2012年の期間を対象に実施し、日本域の細かい地形を反映した現象を適切に再現可能な水平分解能5km格子の気候データセット。 | https://jra.kishou.go.jp/DSJRA-55/index_ja.html |
| 8 | 地形 | 基板地図情報数値標高モデル | 高山植生やニホンジカの分布予測時に地形パラメータを算出する際に使用。 | 10m間隔の点群における標高値を収録したデータ。 | http://fgd.gsi.go.jp/download/ |

| No | 種類 | データ資料名等 (ファイル名) | 使用用途 | データ概要 | 出典 |
|----|----------|--------------------------|---|---|---|
| 9 | 植生 | 自然環境保全基礎調査植生図 | 高山植生の分布割合を算出する基本データであり、ニホンジカの出現確率を算出する上で説明変数としても使用。 | 植物社会学的な編纂に基づく全国の植生分布をまとめたデータ。 | http://gis.biodic.go.jp/webgis/ |
| 10 | 植生 | 主要な森林帶の優占樹種における種分布モデル | 現地における植生概況の現在および将来変化の把握 | 主要な森林帶の優占樹種における種分布モデル | 環境省環境研究総合推進費 戰略研究開発領域 S-8 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究 2014 報告書 |
| 11 | 植生 | ブナにおけるサイズ別の種分布モデル予測結果 | 白神山地のブナ稚樹における分布モデル作成時に使用。 | 気候値から算出したブナにおける階層別の出現確率を収録したデータ。階層としては、高木層と低木層以下の2層で収録している。 | Koide D, Higa M, Nakao K, Ohashi H, Tsuyama I, Matsui T, Tanaka N. (2016) Projecting spatiotemporal changes in suitable climate conditions to regenerate trees using niche differences between adult and juvenile trees. European Journal of Forest Research 135: 125–136. |
| 12 | 植生 | 冷温帯落葉樹林の主要な植生群落における分布モデル | 現地における植生概況の現在および将来変化の把握 | 気候値と植生タイプの対応関係を、複数の植生タイプを目的変数に含んだ形でモデル化し、分布予測を行ったデータ。 | Matsui T, Nakao K, Higa M, Tsuyama I, Kominami Y, Yagihashi T, Koide D, Tanaka N. (2018) Potential impact of climate change on canopy tree species composition of cool-temperate forests in Japan using a multivariate classification tree model. Ecological Research 33(2): 289–302. |
| 13 | 植生 | MODIS 準リアルタイム観測データ (RGB) | 白神、妙高における落葉樹林の紅葉データとして使用。 | Terra/Aqua 衛星に搭載された MODIS センサーによって観測されたデータを幾何補正して収録したデータセット。 | https://www.eorc.jaxa.jp/cgi-bin/adeos/modis_index.cgi |
| 14 | 土地利用 | 国土数値情報土地利用細分メッシュ | ニホンジカのモデル作成時に土地利用パラメータを算出する際に使用。 | 全国の土地利用の状況について、3次メッシュ 1/10 細分区画 (100m メッシュ) 毎に、各利用区分 (田、その他の農用地、森林、荒地、建物用地、幹線交通用地、湖沼、河川等) を整備したデータ。 | http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L03-b.html |
| 15 | 国立公園利用者数 | 自然公園等利用者数調 | 利用実態の把握をする上で参考データとして使用。 | 自然公園などの利用者数を公園別や都道府県別などで集計したデータ。 | https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&lid=000001120768 |

表 3.3-2 収集した文献一覧（陸域）

| 資料・文献名 | 著者 | 発表年 |
|--|------------------------------------|------|
| 世界遺産白神山地ブナ林モニタリング調査報告書(平成11～20年度)／気象調査 | 世界遺産白神山地ブナ林モニタリング調査会, 環境省東北地方環境事務所 | 2009 |
| 平成22年度 白神山地世界遺産地域およびその周辺地域における気象観測調査 | 環境省 東北地方環境事務所 | 2011 |
| 平成23年度 白神山地世界遺産地域およびその周辺地域における気象観測成果報告書 | 環境省 東北地方環境事務所 | 2012 |
| 白神山地世界遺産地域における原生的ブナ林の長期変動調査／積雪深調査 | 東北森林管理局 | 2012 |
| 平成24年度 白神山地世界遺産地域およびその周辺地域における気象観測調査 | 環境省 東北地方環境事務所 | 2013 |
| 世界自然遺産地域の森林生態系における気候変動の影響のモニタリング等事業のうち現地調査等_2013 | 東北森林管理局 | 2013 |
| 平成25年度 白神山地世界遺産地域およびその周辺地域における気象観測調査 | 環境省 東北地方環境事務所 | 2014 |
| 平成26年度 白神山地世界遺産地域およびその周辺地域における気象観測成果報告書 | 環境省 東北地方環境事務所 | 2015 |
| 平成25～26年度 世界自然遺産地域の森林生態系における気候変動の影響への適応策検討事業 | 東北森林管理局 | 2015 |
| 平成27年度 世界遺産地域の森林生態系における気象変動の影響への適応策検討事業 | 林野庁 | 2016 |
| 白神山地世界自然遺産周辺地域における気象観測調査成果報告書 | 弘前大学白神自然環境研究所, 理工学研究科, 農学生命科学部 | 2016 |
| 平成27年度 白神山地世界遺産地域およびその周辺地域における気象観測成果報告書 | 環境省 東北地方環境事務所 | 2016 |
| 世界自然遺産地域の森林生態系における気候変動の影響のモニタリング等事業のうち現地調査等_2017 | 林野庁 | 2017 |
| 白神山地世界遺産地域の森林生態系保全のためのモニタリング手法の確立と外縁部の森林利用との調和を図るための森林管理に関する研究報告書(平成10～14年度)／ 白神山地櫛石山南尾根におけるブナ林の気象 | 環境省自然環境局 東北地区自然保護事務所 | 2004 |
| 白神山地世界遺産地域の森林生態系保全のためのモニタリング手法の確立と外縁部の森林利用との調和を図るための森林管理に関する研究報告書(平成10～14年度)／ 白神山地櫛石山南尾根部のサイトにおけるブナ林の微気象 | 環境省自然環境局 東北地区自然保護事務所 | 2004 |
| 世界遺産白神山地ブナ林モニタリング調査報告書(平成11～20年度)／気象調査 | 世界遺産白神山地ブナ林モニタリング調査会, 環境省東北地方環境事務所 | 2009 |
| 白神山地世界遺産地域における原生的ブナ林の長期変動調査(秋田側)／最大積雪深調査 | 東北森林管理局 | 2011 |
| 白神山地世界遺産地域における原生的ブナ林の長期変動調査(秋田側)／林内気温調査 | 東北森林管理局 | 2011 |
| 白神山地世界遺産地域における原生的ブナ林の長期変動調査(青森側)／最深積雪深調査 | 東北森林管理局 | 2011 |
| 白神山地世界遺産地域における原生的ブナ林の長期変動調査(青森側)／林内気温調査 | 東北森林管理局 | 2011 |
| 白神山地世界遺産地域における原生的ブナ林の長期変動調査／林内気温調査 | 東北森林管理局 | 2012 |
| 世界遺産白神山地ブナ林モニタリング調査／気象調査 | 世界遺産白神山地ブナ林モニタリング調査会, 環境省東北地方環境事務所 | 2016 |
| 自然科学紀行森林山岳編～世界自然遺産『白神山地・屋久島』の自然万象に神秘の科学を覗く（I） | 山口晴幸, 德田 淳 | 2006 |
| 自然科学紀行森林山岳編～世界自然遺産『白神山地・屋久島』の自然万象に神秘の科学を覗く（II） | 山口晴幸, 德田 淳 | 2006 |

| 資料・文献名 | 著者 | 発表年 |
|--|------------------------------------|------|
| 自然科学紀行森林山岳編～世界自然遺産『白神山地・屋久島』の自然万象に神秘の科学を覗く(IV) | 山口晴幸, 徳田 淳 | 2006 |
| 世界自然遺産「白神山地」の自然環境 -水・土の化学的評価- | 山口晴幸, 徳田 淳 | 2004 |
| 世界自然遺産地域における水・土環境の実態評価に関する研究vol.1 | 徳田淳 | 2005 |
| 世界自然遺産地域における水・土環境の実態評価に関する研究vol.2 | 徳田淳 | 2005 |
| 世界自然遺産地域における水・土環境の実態評価に関する研究vol.3 | 徳田淳 | 2005 |
| 特集「秋田の多様な地下水-環境・資源-」の掲載にあたって | 林 武司 | 2014 |
| 白神山地における大気環境中ガス状物質濃度とその特徴 | 斎藤勝美, 平野耕一郎, 児玉 仁 | 1997 |
| 白神山地の溪流水の化学的特徴 | 岡本透, 相澤州平, 池田重人 | 2009 |
| 白神山地世界遺産地域の森林生態系保全のためのモニタリング手法の確立と外縁部の森林利用との調和を図るための森林管理に関する研究報告書(平成10～14年度)／櫛石山南斜面におけるブナ林の動態モニタリング | 環境省自然環境局 東北地区自然保護事務所 | 2004 |
| 白神山地世界遺産地域の森林生態系保全のためのモニタリング手法の確立と外縁部の森林利用との調和を図るための森林管理に関する研究報告書(平成10～14年度)／ニツ森サブエリアモニタリングサイトのブナ林動態基礎調査 | 環境省自然環境局 東北地区自然保護事務所 | 2004 |
| 白神山地世界遺産地域の森林生態系保全のためのモニタリング手法の確立と外縁部の森林利用との調和を図るための森林管理に関する研究報告書(平成10～14年度)／泊平サブモニタリングサイトの毎木調査 | 環境省自然環境局 東北地区自然保護事務所 | 2004 |
| 世界遺産白神山地ブナ林モニタリング調査報告書(平成11～20年度) | 世界遺産白神山地ブナ林モニタリング調査会, 環境省東北地方環境事務所 | 2009 |
| 平成22 年度 白神山地世界遺産地域モニタリング調査等の分析 ／ ブナ林の長期変動調査 | 東北森林管理局 | 2011 |
| 白神山地世界遺産地域における原生的ブナ林の長期変動調査(秋田側) ／ 倒壊林冠発生木調査 | 東北森林管理局 | 2011 |
| 白神山地世界遺産地域における原生的ブナ林の長期変動調査(青森側) ／ 倒壊林冠発生木調査 | 東北森林管理局 | 2011 |
| 白神山地世界遺産地域における原生的ブナ林の長期変動調査 ／ 倒壊林冠木の発生状況 | 東北森林管理局 | 2012 |
| 平成23年度 保護林(米代川計画区)のモニタリング調査 | 東北森林管理局 | 2012 |
| 白神山地世界遺産地域における原生的ブナ林の長期変動調査 | 東北森林管理局 | 2013 |
| 白神山地世界遺産地域における植生調査 | 東北森林管理局 | 2013 |
| 平成25年度 世界遺産白神山地ブナ林モニタリング調査 | 世界遺産白神山地ブナ林モニタリング調査会, 環境省東北地方環境事務所 | 2014 |
| 白神山地世界遺産地域における原生的ブナ林の長期変動調査_2014 | 東北森林管理局 | 2014 |
| 白神山地世界遺産地域等における垂直分布の植生モニタリング調査 | 東北森林管理局 | 2014 |
| 白神山地世界遺産地域における原生的ブナ林の長期変動調査_2015 | 東北森林管理局 | 2015 |
| 平成26年度 世界遺産白神山地ブナ林モニタリング調査 | 世界遺産白神山地ブナ林モニタリング調査会, 環境省東北地方環境事務所 | 2015 |
| 平成27年度 白神山地世界遺産地域における原生的ブナ林の長期変動調査 | 東北森林管理局 | 2016 |
| 平成27年度 保護林(津軽、久慈・閉伊川、置賜森林計画区)のモニタリング調査及び評価業務 | 東北森林管理局 | 2016 |
| 平成27年度 世界遺産白神山地ブナ林モニタリング調査 | 世界遺産白神山地ブナ林モニタリング調査会, 環境省東北地方環境事務所 | 2016 |
| 平成28年度 白神山地世界遺産地域における原生的ブナ林の長期変動調査 | 東北森林管理局 | 2017 |
| 平成28年度保護林(米代川、北上川中流、庄内森林計画区)のモニタリング調査及び評価業務 | 東北森林管理局 | 2017 |
| 平成15年度 白神山地におけるブナ林の森林構造及び動態の解明に関する調査研究業務 | 環境省自然環境局 東北地区自然保護事務所 | 2004 |

| 資料・文献名 | 著者 | 発表年 |
|--|-----------------------------------|------|
| 平成16年度 白神山地におけるブナ林の森林構造及び動態の解明に関する調査研究業務 | 環境省自然環境局 東北地区 自然保護事務所 | 2005 |
| 平成17年度 白神山地におけるブナ林の森林構造及び動態の解明に関する調査研究業務 | 環境省自然環境局 東北地区 自然保護事務所 | 2006 |
| 平成18年度 白神山地における白神山地における森林生態系の変動及び生物多様性等森林機能の把握に関する調査研究業務 | 環境省自然環境局 東北地区 自然保護事務所 | 2007 |
| 平成19年度 白神山地における白神山地における森林生態系の変動及び生物多様性等森林機能の把握に関する調査研究業務 | 環境省自然環境局 東北地区 自然保護事務所 | 2008 |
| 平成20年度 白神山地における森林生態系の変動及び生物多様性等森林機能の把握に関する調査研究業務 | 環境省東北地方環境事務所 | 2009 |
| 世界遺産白神山地ブナ林モニタリング調査報告書(平成11~20年度) | 世界遺産白神山地ブナ林モニタリング調査会、環境省東北地方環境事務所 | 2009 |
| チシマザサーブナ群団分布の地理的特徴 | 佐久間陽之、野堀嘉裕、高橋教夫 | 2002 |
| 温暖化にともなうブナ林の適域の変化予測と影響評価 | 松井哲哉、田中信行、八木橋勉、小南裕志、津山幾太郎、高橋潔 | 2009 |
| 世界遺産白神山地ブナ林の気候温暖化に伴う分布適域の変化予測 | 松井哲哉、田中信行、八木橋勉 | 2007 |
| 天然林の分布を規定する気候要因と温暖化の影響予測 とくにブナ林について | 田中信行、松井哲哉、八木橋勉、塙田宏 | 2006 |
| 白神山地における植生を中心とした自然環境の評価と保全について | 谷川幸一 | 1991 |
| 白神山地における地すべり地形内の微地形とブナの分布 | 中村美里 | 2005 |
| 白神山地ブナ林生態系構造調査(1995~1997 年度) | 環境庁自然保護局 | 1998 |
| 白神山地世界遺産地域のブナ原生林内における気温緩和作用の季節変化 | 斎藤武史、北田正憲 | 2006 |
| 平成24年度 森林病害虫被害航空探査 | 秋田県森林整備課 | 2013 |
| 平成23~25年度 森林病害虫被害航空探査 | 青森県林政課 | 2014 |
| 森林病害虫被害航空探査 | 秋田県森林整備課 | 2014 |
| 森林病害虫被害航空探査_青森県 | 青森県林政課 | 2015 |
| 森林病害虫被害航空探査_秋田県 | 秋田県森林整備課 | 2015 |
| 平成27年度 森林病害虫被害航空探査_青森県 | 青森県林政課 | 2016 |
| 平成27年度 森林病害虫被害航空探査_秋田県 | 秋田県森林整備課 | 2016 |
| 平成28年度 森林病害虫被害航空探査_青森県 | 青森県林政課 | 2017 |
| 平成28年度 森林病害虫被害航空探査_秋田県 | 秋田県森林整備課 | 2017 |
| 東北日本におけるヒノキアスナロヒスギの分布と寒冷環境 | 青山高義 | 1995 |
| 白神山地の植物、植生 | 谷本丈夫 | 1998 |
| 北東北植物分布図—セリ目植物— | 阿部裕紀子、藤原陸夫 | 2012 |
| 平成22年度 白神山地世界遺産地域におけるブナ林のフェノロジー調査 | 環境省 東北地方環境事務所 | 2011 |
| 平成23~24年度 白神山地世界遺産地域におけるブナ林のフェノロジ一調査 | 環境省 東北地方環境事務所 | 2013 |
| 平成25年度 白神山地世界遺産地域におけるブナ林のフェノロジー調査報告書 | 環境省 東北地方環境事務所 | 2015 |
| 平成26年度 白神山地世界遺産地域におけるブナ林のフェノロジー調査報告書 | 環境省 東北地方環境事務所 | 2016 |
| 平成27年度 白神山地世界遺産地域におけるブナ林のフェノロジー調査報告書 | 環境省 東北地方環境事務所 | 2016 |
| 白神山地世界遺産地域の森林生態系保全のためのモニタリング手法の確立と外縁部の森林利用との調和を図るための森林管理に関する研究報告書(平成10~14年度)／ 白神山地の猛禽類の生息状況、行動圏の把握調査 | 環境省自然環境局 東北地区 自然保護事務所 | 2004 |
| 平成25年度 白神山地イヌワシ等生息状況調査業務報告書 | 環境省 東北地方環境事務所 | 2013 |
| 平成23~27年度 国指定白神山地鳥獣保護区におけるクマゲラ生息調査 | 環境省 東北地方環境事務所 | 2016 |

| 資料・文献名 | 著者 | 発表年 |
|--|-------------------------------------|------|
| 平成28年度 白神山地イヌワシ等生息状況調査業務報告書 | 環境省 東北地方環境事務所 | 2016 |
| 平成28年度 国指定白神山地鳥獣保護区におけるクマゲラ生息調査 | 環境省 東北地方環境事務所 | 2016 |
| 岩手県北上高地のイヌワシの繁殖率の変化とその要因 | 村田孝嗣 | 1994 |
| 秋田県版レッドデータブック2016動物 I | 秋田県 | 2016 |
| 東北地方におけるクマゲラの営巣木とねぐら木の特徴 | 鈴木まほろ, 柳原千穂, 藤井 忠志, 由井正敏 | 2008 |
| 白神山地と北上高地におけるイヌワシの行動圏と生態の比較 | 佐藤峰人 | 2004 |
| 白神山地におけるクマゲラ繁殖地の環境 | 中村充博, 西園朋広, 鈴木祥悟, 由井正敏 | 2005 |
| 白神山地におけるクマゲラ繁殖地点間距離 | 藤井忠志, 望月達也, 小池幸雄 | 1996 |
| 白神山地世界遺産地域管理計画 卷末付表等 | 環境省, 林野庁, 文化庁, 青森県, 秋田県 | 2013 |
| 北上高地のイヌワシ <i>Aquila chrysaetos</i> と林業 | 由井正敏 | 2007 |
| 本州産クマゲラの繁殖期行動圏とその生態 | 藤井忠志 | 2001 |
| 平成26年度 白神山地における中・大型哺乳類調査等業務報告書 | 環境省 東北地方環境事務所 | 2015 |
| 平成26年度 白神山地世界遺産地域周辺(青森県側)におけるニホンジカ監視カメラ調査結果 | 東北森林管理局 津軽白神森林生態系保全センター | 2015 |
| 平成26年度 白神山地世界遺産地域及び周辺地域(秋田県側)におけるセンサーカメラ調査結果 | 東北森林管理局 藤里森林生態系保全センター | 2015 |
| 平成27年度 白神山地における中・大型哺乳類調査業務報告書 | 環境省 東北地方環境事務所 | 2016 |
| 平成27年度 白神山地遺産地域及び周辺地域における中・大型哺乳類調査業務報告書(定点カメラによる哺乳類調査) | 東北森林管理局 津軽白神森林生態系保全センター | 2016 |
| 平成27年度 白神山地遺産地域及び周辺地域における中・大型哺乳類調査業務報告書(定点カメラによる哺乳類調査) | 東北森林管理局 藤里森林生態系保全センター | 2016 |
| 平成27年度 青森県ニホンジカ生息状況モニタリング調査 | 青森県 | 2016 |
| 青森県ニホンジカ監視用自動撮影カメラ設置 | 青森県 | 2016 |
| 平成28年度 白神山地における中・大型哺乳類調査業務 報告書 | 環境省 東北地方環境事務所 | 2017 |
| 平成28年度 白神山地周辺地域(青森県側)における小型囲いわなによるニホンジカの試行的捕獲 | 東北森林管理局 津軽白神森林生態系保全センター | 2017 |
| 平成28年度 白神山地周辺地域(秋田県側)における小型囲いわなによるニホンジカの試行的捕獲 | 東北森林管理局 藤里森林生態系保全センター | 2017 |
| 平成28年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調査業務 報告書 | 東北森林管理局 津軽白神森林生態系保全センター | 2017 |
| 平成28年度 白神山地周辺地域(秋田県側)における中・大型哺乳類調査業務 報告書 | 東北森林管理局 藤里森林生態系保全センター | 2017 |
| ニホンジカ・森林病害虫による森林被害の防止対策(林野庁東北森林管理局) | 東北森林管理局 | 2017 |
| ニホンジカ被害拡大危機対策(林野庁東北森林管理局) | 東北森林管理局 | 2014 |
| みどりの東北-白神山地世界遺産地域及び周辺地域におけるニホンジカ対策の取組(林野庁東北森林管理局) | 東北森林管理局 | 2016 |
| 市町村主導による鳥獣害対策の現状と農家の対策評価 | 長戸雄治, 吉仲怜 | 2011 |
| 青森県西目屋村の猿害について | 和田一雄, 今井一郎 | 2002 |
| 農作物加害中・大型哺乳類追い上げ事業の理念と課題 | 丸山直樹, 和田一雄, 神崎伸夫, 伊藤泉文, 小金澤正昭, 江成広斗 | 2001 |
| 白神山地における西目屋村アニマルパトロールの取り組みと地域社会の展望 | 江成広斗, 丸山直樹 | 2004 |
| 白神山地世界遺産地域及びその周辺におけるニホンジカの確認について | 東北地方環境事務所 | 2017 |
| 白神山地世界遺産地域周辺におけるセンサーカメラによるニホンジカ監視について | 久保翔太郎, 鈴木修, 阿部耕士 | 2014 |
| 白神山地保護区設定と野生動物保護 | 牧田肇 | 1996 |
| 白神山地北東部に生息する野生ニホンザル(<i>Macaca fuscata</i>)の農地利用型食物選択 | 江成広斗, 松野葉月, 丸山直樹 | 2005 |
| 白神山地暗門野生動物モニタリング調査地の野ネズミ類 | 鈴木祥悟, 鈴木一生 | 2013 |

| 資料・文献名 | 著者 | 発表年 |
|--|--------------------------|------|
| 白神山地世界遺産地域の森林生態系保全のためのモニタリング手法の確立と外縁部の森林利用との調和を図るための森林管理に関する研究報告書(平成10~14年度)／櫛石山南斜面における山地斜面の変動量調査 | 環境省自然環境局 東北地区 自然保護事務所 | 2004 |
| 白神山地世界遺産地域の地形変動調査 | 東北森林管理局 | 2012 |
| 地すべりが植生に与える影響、特に長期的な視点からの研究の意義について | 高岡貞夫 | 2013 |
| 白神山地の小規模地すべり地における微地形と植生の関係 | 三島佳恵、檜垣大助、牧田肇 | 2009 |
| 弘西林道周辺の崩壊・崩落地形 | 元木英則 | 1989 |
| NPO、政府、企業間の戦略的協働、黒松内ぶなの森自然学校 | 平本 健太、大原 昌明、小島 廣光、後藤 祐一 | 2009 |
| 世界自然遺産 白神山地 における森林環境保続について | 高樋さち子 | 2003 |
| 白神山地ブナ林の森林構造及び森林動態調査研究 | 齋藤宗勝 | 2010 |
| 白神山地世界遺産地域等の環境保全等に関する行政評価・監視《調査結果に基づく所見表示》 | 総務省 | - |
| 価値分析力を育成する社会科の授業 白神山地の入山規制問題 | 石川照子 | 2002 |
| 白神山地に関するレポート(最終版) | 東北森林管理局 | 2008 |
| 第1回平成19年9月6日(木曜日)開催 第1回資料(参考)(白神山地世界遺産地域周辺におけるボランティア活動における森林整備実施要領・全国森林環境保全ふれあいセンター一覧) | 東北森林管理局 | 2007 |
| 第1回平成19年9月6日(木曜日)開催 第1回資料(名簿・津軽白神森林環境保存ふれあいセンターのフィールド・白神山地周辺の森林(もり)と人と共生活動に関する協議会発足に当たって・今後のスケジュール・ふれあいセンターの活動・白神山地周辺の自然再生活動等に係る現状と課題) | 東北森林管理局 | 2007 |
| 第2回平成20年1月29日(火曜日)開催 開催 第2回資料1(名簿・自然再生活動) | 東北森林管理局 | 2008 |
| 第2回平成20年1月29日(火曜日)開催 第2回資料2(緑の回廊 希少野生動植物種モニタリング調査の実施報告・松くい虫対策の近況報告・今後のスケジュール) | 東北森林管理局 | 2008 |
| 第3回平成20年7月4日(金曜日)開催 第3回資料(名簿・自然再生マップの作成実施・平成20年度事業計画) | 東北森林管理局 | 2008 |
| 第4回平成21年6月3日(水曜日)開催 第4回資料(名簿・平成20年度事業実施報告・平成21年度事業計画) | 東北森林管理局 | 2009 |
| 第5回平成22年6月16日(水曜日)開催 第5回現地検討会資料(現地概要説明・プロット図面・自然再生活動拠点説明等) | 東北森林管理局 | 2010 |
| 第5回平成22年6月16日(水曜日)開催 第5回資料(名簿・平成21年度事業実施報告・平成22年度事業計画・自然再生マップ内における事業予定について・自然再生用のブナなどの苗木供給体制づくりについて・その他) | 東北森林管理局 | 2010 |
| 第6回平成23年6月20日(月曜日)開催 第6回資料(名簿・協議会設置概要・平成22年度事業実施報告・平成23年度事業計画・自然再生計画内における活動状況について・平成23年度白神を考える旬間における自然再生活動の実施(案)) | 東北森林管理局 | 2011 |
| 第7回平成24年6月26日(火曜日)開催 第7回資料1(平成24年度事業計画・自然再生活動予定箇所図面) | 東北森林管理局 | 2012 |
| 第7回平成24年6月26日(火曜日)開催 第7回資料2(名簿・協議会設置要領・平成23年度事業実施報告) | 東北森林管理局 | 2012 |
| 第8回平成25年6月28日(金曜日)開催 第8回資料1(名簿・平成24年度事業実施報告) | 東北森林管理局 | 2013 |
| 第8回平成25年6月28日(金曜日)開催 第8回資料2(平成25年度事業計画・東北森林管理局における白神山地世界遺産登録20周年事業について・協議会設置概要の一部改正新旧対照表・協議会設置要領) | 東北森林管理局 | 2013 |
| 第9回平成26年6月24日(火曜日)開催 第9回資料1(平成25年度事業実施報告) | 東北森林管理局 | 2014 |
| 第9回平成26年6月24日(火曜日)開催 第9回資料2(平成26年度事業計画・ニホンジカ対策について) | 東北森林管理局 | 2014 |

| 資料・文献名 | 著者 | 発表年 |
|---|---------|------|
| 第9回平成26年6月24日(火曜日)開催 第9回資料3(名簿・協議会設置要領) | 東北森林管理局 | 2014 |
| 第10回平成27年10月7日(水曜日)開催 第10回資料 名簿・席図・協議会設置要領 | 東北森林管理局 | 2015 |
| 第10回平成27年10月7日(水曜日)開催 第10回資料1-1(津軽白神森林生態系保全センター分 平成26年度自然再生関連事業実施報告・平成27年度自然再生関連事業実施報告) | 東北森林管理局 | 2015 |
| 第10回平成27年10月7日(水曜日)開催 第10回資料1-2(自然再生活動団体の取り組み 平成26年度自然再生事業関連実施報告・平成27年度事自然再生関連事業実施報告) | 東北森林管理局 | 2015 |
| 第10回平成27年10月7日(水曜日)開催 第10回資料2(深浦町における松くい虫被害の概要) | 東北森林管理局 | 2015 |
| 第11回平成28年7月28日(木曜日)開催 第11回現地検討会資料1(現地概要説明・名簿) | 東北森林管理局 | 2016 |
| 第11回平成28年7月28日(木曜日)開催 第11回現地検討会資料2(プロット図面) | 東北森林管理局 | 2016 |
| 第11回平成28年7月28日(木曜日)開催 第11回現地検討会資料3(自然再生活動拠点における伐採後の広葉樹侵入等について) | 東北森林管理局 | 2016 |
| 第11回平成28年7月28日(木曜日)開催 第11回資料 席図・出席者名簿・協議会設置要領・協議会委員名簿 | 東北森林管理局 | 2016 |
| 第11回平成28年7月28日(木曜日)開催 第11回資料1(自然再生活動拠点における伐採後の広葉樹侵入等について) | 東北森林管理局 | 2016 |
| 第11回平成28年7月28日(木曜日)開催 第11回資料2-1(津軽白神森林生態系保全センター分 平成27年度自然再生関連事業実施報告・平成28年度事業計画) | 東北森林管理局 | 2016 |
| 第11回平成28年7月28日(木曜日)開催 第11回資料2-2(自然再生団体の取り組み1 平成27年度自然再生関連事業実施報告・平成28年度事業計画) | 東北森林管理局 | 2016 |
| 第11回平成28年7月28日(木曜日)開催 第11回資料2-3(自然再生団体の取り組み2 平成27年度自然再生関連事業実施報告・平成28年度事業計画) | 東北森林管理局 | 2016 |
| 第11回平成28年7月28日(木曜日)開催 第11回資料3-1(松くい虫被害の発生状況と今後の取り組みについて1) | 東北森林管理局 | 2016 |
| 第11回平成28年7月28日(木曜日)開催 第11回資料3-2(松くい虫被害の発生状況と今後の取り組みについて2) | 東北森林管理局 | 2016 |
| 第11回平成28年7月28日(木曜日)開催 第11回資料3-3(松くい虫被害の発生状況と今後の取り組みについて3) | 東北森林管理局 | 2016 |
| 第12回資料平成29年6月13日(火曜日)開催 第12回資料 席図・出席者名簿・協議会設置要領・協議会委員名簿 | 東北森林管理局 | 2017 |
| 第12回資料平成29年6月13日(火曜日)開催 第12回資料1-1(モニタリング現地調査報告(初年度)・各区域(A～C)の植生状況 *平成28年度調査時) | 東北森林管理局 | 2017 |
| 第12回資料平成29年6月13日(火曜日)開催 第12回資料1-2(図面(鬼川辺国有林180林班い5小班)) | 東北森林管理局 | 2017 |
| 第12回資料平成29年6月13日(火曜日)開催 第12回資料1-3(図面(列状プロット設定箇所 180林班い5小班)2種) | 東北森林管理局 | 2017 |
| 第12回資料平成29年6月13日(火曜日)開催 第12回資料1-4(津軽白神森林生態系保全センター分 平成28年度自然再生関連活動実施報告) | 東北森林管理局 | 2017 |
| 第12回資料平成29年6月13日(火曜日)開催 第12回資料1-5(津軽白神森林生態系保全センター分 平成29年度自然再生関連活動計画) | 東北森林管理局 | 2017 |
| 第12回資料平成29年6月13日(火曜日)開催 第12回資料2(自然再生団体の取り組み 平成28年度自然再生関連事業実施報告・平成29年度自然再生関連活動計画) | 東北森林管理局 | 2017 |
| 第12回資料平成29年6月13日(火曜日)開催 第12回資料3(松くい虫被害及びナラ枯れ被害の防除対策について(農林水産部重要施策に係る報道機関へのブリーフィング資料)) | 東北森林管理局 | 2017 |

| 資料・文献名 | 著者 | 発表年 |
|--|---------|------|
| 第12回資料平成29年6月13日(火曜日)開催 第12回付属資料1(各プロットの配置状況・A区域の各プロットの調査状況・B区域の各プロットの調査状況・C区域の各プロットの調査状況) | 東北森林管理局 | 2017 |
| 第12回資料平成29年6月13日(火曜日)開催 第12回付属資料2(【参考】モニタリング調査地画像(A区域)・(B区域)・(C区域)・【参考】H28年度自然再生活動箇所 画像) | 東北森林管理局 | 2017 |
| 第13回(平成28年9月16日開催) 議事次第 | 東北森林管理局 | 2016 |
| 第13回(平成28年9月16日開催) 議事要旨 | 東北森林管理局 | 2016 |
| 第13回(平成28年9月16日開催) 議事録 | 東北森林管理局 | 2016 |
| 第13回(平成28年9月16日開催) 議題1 モニタリング計画に基づく各機関の前年度調査実施結果及び今年度の実施状況について | 東北森林管理局 | 2016 |
| 第13回(平成28年9月16日開催) 議題2 モニタリング計画の評価・見直しについて | 東北森林管理局 | 2016 |
| 第13回(平成28年9月16日開催) 議題3 ニホンジカへの対応について | 東北森林管理局 | 2016 |
| 第13回(平成28年9月16日開催) 議題4 遺産地域における入山利用の対応についてpdf | 東北森林管理局 | 2016 |
| 第13回(平成28年9月16日開催) 議題5 その他(暗門渓谷ルートについて) | 東北森林管理局 | 2016 |
| 第13回(平成28年9月16日開催) 参考資料 白神山地世界遺産地域科学委員会設置要綱 | 東北森林管理局 | 2016 |
| 第13回(平成28年9月16日開催) 出席者名簿 | 東北森林管理局 | 2016 |
| 第13回(平成28年9月16日開催) 配席図 | 東北森林管理局 | 2016 |
| 第13回(平成28年9月16日開催) 配布資料一覧 | 東北森林管理局 | 2016 |
| 第14回(平成29年1月27日開催) 議事次第 | 東北森林管理局 | 2017 |
| 第14回(平成29年1月27日開催) 議事要旨 | 東北森林管理局 | 2017 |
| 第14回(平成29年1月27日開催) 議事録 | 東北森林管理局 | 2017 |
| 第14回(平成29年1月27日開催) 議題1 モニタリング計画に基づく各機関の今年度の調査実施状況及び次年度の実施計画について | 東北森林管理局 | 2017 |
| 第14回(平成29年1月27日開催) 議題2 モニタリング計画の評価・見直しについて | 東北森林管理局 | 2017 |
| 第14回(平成29年1月27日開催) 議題3 ニホンジカの対応について | 東北森林管理局 | 2017 |
| 第14回(平成29年1月27日開催) 議題4 遺産地域における入山利用への対応について | 東北森林管理局 | 2017 |
| 第14回(平成29年1月27日開催) 参考資料 白神山地世界遺産地域科学委員会設置要綱 | 東北森林管理局 | 2017 |
| 第14回(平成29年1月27日開催) 出席者名簿 | 東北森林管理局 | 2017 |
| 第14回(平成29年1月27日開催) 配席図 | 東北森林管理局 | 2017 |
| 第14回(平成29年1月27日開催) 配布資料一覧 | 東北森林管理局 | 2017 |
| 自然再生モデル林(中赤石山国有林2060林班い1小班) 平成21年度自然再生モデル林内動物生息状況調査取りまとめ報告書 まとめ | 東北森林管理局 | 2009 |
| 自然再生モデル林(中赤石山国有林2060林班い1小班) 平成21年度自然再生モデル林内動物生息状況調査取りまとめ報告書 概要説明・センサー設置箇所 | 東北森林管理局 | 2009 |
| 自然再生モデル林(中赤石山国有林2060林班い1小班) 平成21年度自然再生モデル林内動物生息状況調査取りまとめ報告書 第1回調査(平成21年6月16日~22日) | 東北森林管理局 | 2009 |
| 自然再生モデル林(中赤石山国有林2060林班い1小班) 平成21年度自然再生モデル林内動物生息状況調査取りまとめ報告書 第2回調査(平成21年7月27日~8月6日) | 東北森林管理局 | 2009 |
| 自然再生モデル林(中赤石山国有林2060林班い1小班) 平成21年度自然再生モデル林内動物生息状況調査取りまとめ報告書 第3回調査(平成21年10月19日~28日) | 東北森林管理局 | 2009 |
| 自然再生モデル林(中赤石山国有林2060林班い1小班) 平成23年度自然再生モデル林内動物生息調査状況取りまとめ報告書(概要説明・自動撮影装置設置場所・調査報告書(プロットA)・調査報告書(プロットB)・まとめ) | 東北森林管理局 | 2011 |
| 自然再生モデル林(中赤石山国有林2060林班い1小班) 平成25年度 | 東北森林管理局 | 2013 |

| 資料・文献名 | 著者 | 発表年 |
|---|---------|------|
| 動物生息調査報告書(概要説明・自動撮影装置設置場所・第1回調査・第3回調査・第7回調査・第10回調査・調査結果) | | |
| 自然再生活動拠点(東赤石山国有林2057林班ぬ2小班) 平成24年度 自然再生活動拠点内動物生息状況取りまとめ報告書(概要説明・センターカメラ設置箇所・調査報告書(平成24年8月10日～24日)・まとめ) | 東北森林管理局 | 2012 |
| 自然再生活動拠点(東赤石山国有林2057林班ぬ2小班) 平成25年度 動物生息調査報告書(概要説明・センサーカメラ設置箇所・第5回調査・ 査第6回調査・第7回調査・調査結果) | 東北森林管理局 | 2013 |
| 白神八甲田緑の回廊(西碇ヶ関山国有林720林班い1小班) 平成21年 度 白神緑の回廊における動物生息調査状況調査取りまとめ報告書 (概要説明・センサーカメラ設置箇所・第1回調査(12月1日～8日)・第2 回調査(12月9日～15日)・その他) | 東北森林管理局 | 2009 |
| 白神八甲田緑の回廊(西碇ヶ関山国有林720林班い1小班) 平成25年 度 動物生息調査報告書 概要説明・センサーカメラ設置箇所略図 | 東北森林管理局 | 2013 |
| 白神八甲田緑の回廊(西碇ヶ関山国有林720林班い1小班) 平成25年 度 動物生息調査報告書 調査報告(第2回・第3回・第4回・第7回・第9 回)・調査結果 | 東北森林管理局 | 2013 |
| 白神八甲田緑の回廊(西碇ヶ関山国有林720林班い1小班) 平成26年 度 動物生息調査報告書(概要説明・センサーカメラ設置箇所略図・A 地点・B地点・C地点・調査結果) | 東北森林管理局 | 2014 |
| 平成26年度冬季間における動物生息調査報告書 (西赤石山国有林 2036林班ふ14小班・東赤石山国有林2053林班つ1小班) 概要説明・セ ンサーカメラ設置箇所略図 | 東北森林管理局 | 2014 |
| 平成26年度冬季間における動物生息調査報告書 (西赤石山国有林 2036林班ふ14小班・東赤石山国有林2053林班つ1小班) 西赤石山国 有林2036ふ14小班(調査地点A) | 東北森林管理局 | 2014 |
| 平成26年度冬季間における動物生息調査報告書 (西赤石山国有林 2036林班ふ14小班・東赤石山国有林2053林班つ1小班) 調査結果 | 東北森林管理局 | 2014 |
| 平成26年度冬季間における動物生息調査報告書 (西赤石山国有林 2036林班ふ14小班・東赤石山国有林2053林班つ1小班) 東赤石山国 有林2053林班つ1小班(調査地点B・C) | 東北森林管理局 | 2014 |
| 平成27年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調 査業務 報告書 写真票(1～6)(自動撮影装置設置状況・撮影された動 物 調査地1～6) | 東北森林管理局 | 2015 |
| 平成27年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調 査業務 報告書 写真票(7～12)(自動撮影装置設置状況・撮影された 動物 調査地7～12) | 東北森林管理局 | 2015 |
| 平成27年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調 査業務 報告書 写真票(13～17)(自動撮影装置設置状況・撮影され た動物 調査地13～17) | 東北森林管理局 | 2015 |
| 平成27年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調 査業務 報告書 写真票(18～22)(自動撮影装置設置状況・撮影され た動物 調査地18～22) | 東北森林管理局 | 2015 |
| 平成27年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調 査業務 報告書 写真票(23～28)(自動撮影装置設置状況・撮影され た動物 調査地23～28) | 東北森林管理局 | 2015 |
| 平成27年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調 査業務 報告書 図1(位置図) (平成27年度 自動撮影装置 設置位置 図) | 東北森林管理局 | 2015 |
| 平成27年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調 査業務 報告書 図2-1(鰯ヶ沢深浦地区) (設置位置・撮影方向 調査 地1～12) | 東北森林管理局 | 2015 |
| 平成27年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調 査業務 報告書 図2-2(弘前地区) (設置位置・撮影方向 調査地13～ 17) | 東北森林管理局 | 2015 |
| 平成27年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調 査業務 報告書 図2-3(西目屋弘前地区) (設置位置・撮影方向 調査 | 東北森林管理局 | 2015 |

| 資料・文献名 | 著者 | 発表年 |
|--|--|------|
| 地18～28) | | |
| 平成27年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調査業務 報告書 図3～5(図3 哺乳類の調査地点別補正個体数・図4 哺乳類の月別補正個体数・図5 哺乳類の時間別撮影個体数) | 東北森林管理局 | 2015 |
| 平成27年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調査業務 報告書 表1～3(表1 平成27年度 自動撮影装置設置箇所・表2 自動撮影装置による各調査地点の確認種・個体数・表3 ニホンジカの撮影日時及び撮影地点、性別) | 東北森林管理局 | 2015 |
| 平成27年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調査業務 報告書 報告書 | 東北森林管理局 | 2015 |
| 平成28年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調査業務 報告書 写真票(1～5)(自動撮影装置設置状況 調査地1～5)31 | 東北森林管理局 | 2016 |
| 平成28年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調査業務 報告書 写真票(6～10)(自動撮影装置設置状況 調査地6～10) | 東北森林管理局 | 2016 |
| 平成28年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調査業務 報告書 写真票(11～15)(自動撮影装置設置状況 調査地11～15).pdf | 東北森林管理局 | 2016 |
| 平成28年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調査業務 報告書 写真票(16～20)(自動撮影装置設置状況 調査地16～20) | 東北森林管理局 | 2016 |
| 平成28年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調査業務 報告書 写真票(21～22)(撮影された動物1～4・撮影されたニホンジカ) | 東北森林管理局 | 2016 |
| 平成28年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調査業務 報告書 図1 位置図(平成28年度 自動撮影装置 設置位置図) | 東北森林管理局 | 2016 |
| 平成28年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調査業務 報告書 図2-1(深浦町)(設置位置・撮影方向 調査地1～8) | 東北森林管理局 | 2016 |
| 平成28年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調査業務 報告書 図2-2(鰯ヶ沢町)(設置位置・撮影方向 調査地9～12) | 東北森林管理局 | 2016 |
| 平成28年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調査業務 報告書 図2-3(弘前市)(設置位置・撮影方向 調査地13～16) | 東北森林管理局 | 2016 |
| 平成28年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調査業務 報告書 図2-4(西目屋村)(設置位置・撮影方向 調査地17～20) | 東北森林管理局 | 2016 |
| 平成28年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調査業務 報告書 図3～6(図3 哺乳類の調査地点別補正個体数・図4 哺乳類の月別補正個体数・図5 哺乳類の時間別撮影個体数・図6 TREL10Jによる各調査地点の無効撮影枚数の割合) | 東北森林管理局 | 2016 |
| 平成28年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調査業務 報告書 表1～2(表1 平成28年度 自動撮影装置設置箇所・表2 自動撮影装置による各調査地点の確認種・個体数) | 東北森林管理局 | 2016 |
| 平成28年度 白神山地周辺地域(青森県側)における中・大型哺乳類調査業務 報告書 本文 | 東北森林管理局 | 2016 |
| 世界遺産白神山地モニタリング調査報告書要約版(平成11～20 年度) | 環境省東北地方環境事務所 | 1999 |
| 白神山地世界遺産地域モニタリング計画(平成29年3月改訂) | 環境省東北地方環境事務所 | 2017 |
| 自由集会報告(日本哺乳類学会 1993 年度大会自由集会の報告), 白神山地の自然—その保護と利活用にむけて | 向山 満, 奈良 典明, 佐藤 巧, 斎藤 宗勝, 村田 孝嗣, 阿部 東, 森 治 | 1993 |
| 第2回新たな世界自然遺産候補地の考え方に関する懇談会 | 環境省 | 2012 |
| 白神山地の保全と未来 | 東北森林科学会10周年記念フォーラム実行委員会 | 2006 |
| 温暖化による世界自然遺産への影響分析—仮想行動法によるレクリエ | 森龍太, 今井海里, 大野栄 | 2014 |

| 資料・文献名 | 著者 | 発表年 |
|--|---|------|
| ーション価値の変化の推計一 | 治, 森杉雅史 | |
| 平成21年度グリーンワーカー事業報告書西目屋編 | 環境省 東北地方環境事務所 | 2009 |
| 平成21年度グリーンワーカー事業報告書藤里編 | 環境省 東北地方環境事務所 | 2009 |
| 平成21年度白神山地世界遺産地域における利用状況調査 | 財団法人 ブナの里白神公社 | 2010 |
| 自然遺産を守る仕組みとしてのエコツーリズム | 武 正憲 | 2017 |
| 観光と世界遺産—白神山地をめぐって | 吉田春生 | 2011 |
| 白神山地世界遺産地域入山者動向把握調査 | 東北森林管理局 | 2012 |
| 白神山地世界遺産地域における原生的ブナ林の長期変動調査／入り込み利用調査 | 東北森林管理局 | 2012 |
| 平成24年度 白神山地世界遺産地域及び周辺地域入山者数調査 | 環境省 東北地方環境事務所 | 2013 |
| 平成25年度 白神山地世界遺産地域及び周辺地域入山者数調査 | 環境省 東北地方環境事務所 | 2014 |
| 平成26年度 白神山地世界遺産地域及び周辺地域入山者数調査 | 環境省 東北地方環境事務所 | 2015 |
| 平成27年度 白神山地世界遺産地域及び周辺地域入山者数調査 | 環境省 東北地方環境事務所 | 2016 |
| 平成28年度 白神山地世界遺産地域及び周辺地域入山者数調査 | 環境省 東北地方環境事務所 | 2017 |
| 登山者数調査内容 平成19年度 入山者数調査について | 環境省 東北地方環境事務所 | 2007 |
| 登山者数調査内容 平成20年度 入山者数調査について | 環境省 東北地方環境事務所 | 2008 |
| 登山者数調査内容 平成21年度 入山者数調査について | 環境省 東北地方環境事務所 | 2009 |
| 登山者数調査内容 平成22年度 入山者数調査について | 環境省 東北地方環境事務所 | 2010 |
| 登山者数調査内容 平成23年度 入山者数調査について | 環境省 東北地方環境事務所 | 2011 |
| 登山者数調査内容 平成24年度 入山者数調査について | 環境省 東北地方環境事務所 | 2012 |
| 登山者数調査内容 平成25年度 入山者数調査について | 環境省 東北地方環境事務所 | 2013 |
| 登山者数調査内容 平成26年度 入山者数調査について | 環境省 東北地方環境事務所 | 2014 |
| 登山者数調査内容 平成27年度 入山者数調査について | 環境省 東北地方環境事務所 | 2015 |
| 登山者数調査内容 平成28年度 入山者数調査について | 環境省 東北地方環境事務所 | 2016 |
| 白神山地世界遺産地域における実態把握等の調査報告書 | 東北森林管理局青森分局 | 2002 |
| 平成21 年度 白神山地世界遺産地域実態把握調査報告書 | 東北森林管理局 | 2010 |
| 平成22 年度 白神山地世界遺産地域実態把握調査報告書 | 東北森林管理局 | 2011 |
| 平成22 年度 白神山地世界遺産地域モニタリング調査等の分析／実態把握調査 | 東北森林管理局 | 2011 |
| 白神山地の登山道における土壤硬度及び浸食状況等に関する調査 | 青森県自然保護課 | 2012 |
| 登山道に関する問題 核心地域指定ルート | 環境省 東北地方環境事務所 | - |
| 気象庁観測結果(関山) | 気象庁 | - |
| 妙高山麓地域における早春の積雪中に含まれる酸性降下物 | 福崎紀夫, 大泉毅, 高橋裕志, 藤枝義丸 | 1990 |
| レッドデータブックにいがた-付録1 選定理由 | 新潟県 | 2001 |
| レッドデータブックにいがた-付録2 天然記念物(動植物)一覧 | 新潟県 | 2001 |
| レッドデータブックにいがた-付録3 自然公園特別地域内指定植物一覧 | 新潟県 | 2001 |
| 新潟県におけるカエデ属の絶滅危惧種 | 石沢進 | 2001 |
| 新潟県妙高山の薩蓄植物(その1) | 佐久間瑛二 | 1972 |
| 妙高火山山麓の麻苧田泥炭層の花粉分析 | 新潟花粉グループ(五島智彦, 仙田幸造, 高野武男, 山田武雄, 山崎興輔) | 1971 |
| 市民が支えるホシツリモの野尻湖への復元事業 | 樋口澄男, 北野聰, 近藤洋一, 山川篤行, 酒井昌幸, 酒井今朝重, 深瀬英夫 | 2008 |
| 水草と絶滅危惧種の保護と 自然界への復元に関する研究 | 山川篤行 | 2007 |
| 火打山の植生復元 | 築田 博 | - |
| ライチョウLagopus mutus japonicus | 中村浩志 | 2007 |
| 火打山におけるライチョウのなわばり分布と生息個体数 | 中村浩志, 北原克宣, 所洋一 | 2003 |
| 山岳地帯の環境破壊による鳥類の分布と生態の変化について特にライチョウを中心として | 羽田健三 | 1974 |
| 焼山におけるライチョウLagopus mutus japonicus 個体群 | 丸山直樹, 阿部學, 三浦慎悟, 半田俊孝 | 1971 |
| Population viability analysis of the Japanese rock ptarmigan Lagopus | Ayaka Suzuki, Atsushi Kobayashi, Hiroshi Nakamura , Fugo Takasu | 2013 |

| 資料・文献名 | 著者 | 発表年 |
|---|--|------|
| マイクロサテライトDNAを用いたニホンライチョウ(<i>Lagopus mutus japonicus</i>)の手段遺伝学的構造解析 | 四方田紀恵, 西海功, 中村浩志 | 2005 |
| ライチョウ <i>Lagopus mutus japonicus</i> の餌内容の季節変化 | 丸山直樹, 阿部學, 三浦慎悟, 半田俊孝 | 2011 |
| 遺伝的多様性からみた絶滅のおそれ:ライチョウ | 環境省 | 2001 |
| 次世代シーケンサーを用いたニホンライチョウの集団遺伝学的解析 | 坂本大地, 長太伸章, 西海勲 | 2017 |
| 第一期ライチョウ保護増殖事業実施計画 | 環境省長野自然環境事務所 | 2014 |
| 妙高の自然環境を守る 生命地域 妙高環境会議 | - | - |
| 妙高高原の自然と鳥 | 長野康之 | 2015 |
| 外来種・病害虫の侵入 妙高のオオハングンソウとその防除 | NPO法人e-myoko | 2014 |
| 水中撮影記録1996-2008年で確認された野尻湖におけるサンフィッシュ科魚類の侵入状況 | 北野聰, 橋口澄男, 近藤洋一, 山川篤行, 酒井昌幸, 酒井今朝雄, 深瀬英夫 | 2010 |
| 野尻湖におけるブルーギル・ブラックバス類の繁殖状況 | 北野聰 | 2007 |
| 野尻湖における外来魚の受容過程と資源利用 | 遊佐 晓, Gaston Guido San Cristobal, 鄭 紫来 | 2017 |
| 焼山火山における植生分布への噴火及び環境条件の影響 | 大島千穂, 山縣耕太郎 | 2012 |
| 1978年5月に発生した妙高火山白田切川の土石流と地形との関係 | 柳川雅一 | 1978 |
| 1978年5月18日妙高災害(2)土石流について | 茅原一也, 藤田至則, 植村武, 小林巖雄 | 1979 |
| 会貢献活動(地域ボランティア活動)の実施報告 - 日本林業土木協会 | 日本林業土木連合協会 | 2016 |
| 火打山における1時間当たりの発見頻度(SPH)を用いたライチョウ調査ツアーア実施時期及び時間帯の検討 | 小川結衣, 武正憲, 佐方啓介, 長野康之 | 2017 |
| 火打山ライチョウ調査登山ツアーア(2017年10月) | 一般社団法人 新潟アウトドア企画 | 2017 |
| 高山帯における絶滅危惧種ライチョウの専門家調査と登山ツアーアによる市民調査の特徴比較 | 小川結衣, 武正憲, 神宮翔真, 長野康之, 佐方啓介 | 2017 |
| 自然遺産を守る仕組みとしてのエコツーリズム | 武 正憲 | 2017 |
| 妙高・火打山 高谷池登山ツアーア(2015年7月) | 一般社団法人 新潟アウトドア企画 | 2015 |
| 妙高・火打山ライチョウ調査登山モニターツアーア(2015年10月) | 一般社団法人 新潟アウトドア企画 | 2015 |
| 頸城山系のライチョウを事例とした調査専門家と市民参加型調査ツアーア参加者の調査範囲比較 | 小川結衣, 武正憲, 佐方啓介, 長野康之 | 2017 |

3.3.2.2 足摺宇和海国立公園および奄美群島国立公園

対象とする県・市町村、環境省が発行する行政文書（観光振興計画、水産振興計画、環境計画、離島振興計画、生物多様性戦略、国立公園管理計画・公園計画、等）、ダイビングポイントに関する情報を収集・整理した。また、足摺宇和海国立公園周辺域を対象にサンゴや海藻のモニタリングや保全活動の実施場所、マリンレジャーのポイント（海水浴場、渡船業者の位置）、養殖漁場の範囲などを収集した。なお、行政文書からは①沿岸域でどのようなマリンレジャー・海洋生物・海洋生態系が観光資源として認識されているか、②海洋生物・海洋生態系の保全方針が記載されているか、について解析した。

表 3.3-3 収集したデータ一覧（海域）

| 項目（データセット名） | 出典・参考情報 |
|-------------------|---|
| 長期海面水温（CoralTemp） | https://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/coraltemp.php |
| ダイビングスポット（足摺宇和海） | https://www.padi.co.jp/scuba-diving/scuba-vacations/vacation-spotlight/spotarea.aspx?area_cd=13 |
| | https://www.diver-online.com/start/point/cat/point09/ |
| | https://divingpoint.net/maps/area/10 |
| ダイビングスポット（奄美） | https://www.padi.co.jp/scuba-diving/scuba-vacations/vacation-spotlight/spotarea.aspx?area_cd=15 |
| | https://www.diver-online.com/start/point/cat/point12/ |
| 奄美群島住民の気候変動リスク認識 | Kubo T, Tsuge T, Abe H, Yamano H. (2019) Understanding island residents' anxiety about impacts caused by climate change using Best-Worst Scaling: a case study of Amami islands, Japan. <i>Sustainability Science</i> 14(1): 131-138. |
| モニタリングに関する情報 | 環境省モニタリングサイト 1000 (http://www.biodic.go.jp/moni1000/coral_reef.html) |
| | リーフチェック（ http://reefcheck.jp/ ） |
| | 環境省マリンワーカー事業 |
| | 水産庁多面的機能発揮対策事業 (http://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_thema/sub391.html) |
| | マリンワーカー事業 |
| 保全体制（サンゴ） | 宇和海海域公園サンゴ保護対策事業 |
| | 水産多面的機能発揮対策事業 |
| | 水産多面的機能発揮対策事業 |
| | 大月パークボランティア保全活動 |
| | 水産多面的機能発揮対策事業 |
| | マリンワーカー事業（足摺地域オニヒトデ駆除事業） |
| | 竜串活性化 PR 事業（土佐清水市単独事業） |
| 保全体制（大型海藻） | 水産多面的機能発揮対策事業 |
| | 水産多面的機能発揮対策事業 |

表 3.3-4 収集した文献一覧（海域）

| 著者（公表年）、文献名、学術誌名、巻（号）、ページ | 概要 | URL |
|------------------------------|-----------------|---|
| 愛南町（2016）、愛南町観光振興計画 | 観光振興計画 | 愛南町の担当者からの提供 |
| 愛南町（2018）、第 2 次愛南町環境基本計画 | 環境基本計画 | https://www.town.ainan.ehime.jp/kurashi/tetsuduki/kankyo_eisei/kankyo/files/02kankokyohonkeikaku.pdf |
| 愛南町（2018）、第 2 次愛南町総合計画後期基本計画 | 総合計画 | https://www.town.ainan.ehime.jp/kurashi/chosei/seisaku/sogokeikaku/files/koki.pdf |
| 愛南町（2016）、愛南町まち・ひと・しごと創生総合戦略 | まち・ひと・しごと創生総合戦略 | https://www.town.ainan.ehime.jp/kurashi/chosei/seisaku/kaushukeikaku/files/sougosenryaku.pdf |
| 愛媛県（2017）、愛媛県地球温暖化防止実行計画 | 地球温暖化防止実行計画 | https://www.pref.ehime.jp/kankyou/k-hp/theme/ondanka/documents/29jikkouikkatu.pdf |
| 愛媛県（2013）、愛媛県離島振興計画 | 離島振興計画 | https://www.pref.ehime.jp/h12900/keikaku/documents/2603ritoukeikaku.pdf |
| 愛媛県（2016）、第 2 期愛媛県観光振興基本計画 | 観光振興基本計画 | https://www.pref.ehime.jp/h30200/documents/honpen.pdf |
| 愛媛県（2017）、第 2 次生物多様性えひめ戦略 | 生物多様性戦略 | https://www.pref.ehime.jp/h15800/senryaku29/senryaku2.html |
| 愛媛県（2016）、第 5 次愛媛県水産振興基本計画 | 水産振興基本計画 | https://www.pref.ehime.jp/h37100/vision/documents/plan5.pdf |

| 著者（公表年）、文献名、学術誌名、巻（号）、ページ | 概要 | URL |
|--|--------------------|---|
| 愛媛県(2016)、第二次えひめ環境基本計画 | 環境基本計画 | https://www.pref.ehime.jp/kankyou/k-hp/hozen/keikaku/kihonkeikaku/documents/keikaku_zentai.pdf |
| 伊方町(2016)、伊方町まち・ひと・しごと創生総合戦略 | まち・ひと・しごと創生総合戦略 | https://www.town.ikata.ehime.jp/uploaded/life/6718_53012-misc.pdf |
| 伊方町(2016)、伊方町環境基本計画 | 環境基本計画 | https://www.town.ikata.ehime.jp/uploaded/attachment/3408.pdf |
| 宇和島市(2018)、第2次宇和島市総合計画 | 総合計画 | https://www.city.uwajima.ehime.jp/uploaded/attachment/18357.pdf |
| 高知県(2016)、高知県環境基本計画第四次計画 | 環境基本計画 | https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/030701/files/2011042100052/file_2016521103427_1.pdf |
| 高知県(2017)、高知県地球温暖化対策実行計画(区域施策編) | 地球温暖化対策実行計画(区域施策編) | https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/030901/files/2017032900077/keikaku0331.pdf |
| 高知県(2013)、高知県離島振興計画 | 離島振興計画 | https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/070101/files/201308200118/2013082000118-www_pref_kochi_lg_uploaded_life_92942_332215_misic.pdf |
| 高知県(2019)、生物多様性こうち戦略(改訂版) | 生物多様性戦略 | https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/030701/files/2014033100499/kaiteibansenryaku.pdf |
| 高知県(2018)、第3期高知県産業振興計画 | 産業振興計画 | https://sanshin.pref.kochi.lg.jp/keikaku/ |
| 宿毛市(2015)、宿毛市まち・ひと・しごと創生総合戦略 | まち・ひと・しごと創生総合戦略 | http://www.city.sukumo.kochi.jp/fs/2/0/3/0/2/_sogosen.pdf |
| 宿毛市(2016)、宿毛市振興計画 | 振興計画 | http://www.city.sukumo.kochi.jp/docs-05/p060506.html |
| 西予市(2016)、第2次西予市総合計画 | 総合計画 | https://www.city.seiyo.ehime.jp/shisei/machidukuri/sougou/keikaku/2433.html |
| 山陽四国地区国立公園・野生生物事務所(1999)、足摺宇和海国立公園(宇和海地域)管理計画書 | 管理計画書 | http://chushikoku.env.go.jp/nature/mat/data/m_1/ashi_h11_1.pdf |
| 山陽四国地区国立公園・野生生物事務所(1999)、足摺宇和海国立公園(足摺地域)管理計画書 | 管理計画書 | http://chushikoku.env.go.jp/nature/mat/data/m_1/ashi_h11_1.pdf |
| 環境省(2006)、足摺宇和海国立公園計画書 | 公園計画書 | https://www.env.go.jp/park/ashizuri/2019/01/31/park/ashizuri/ashizurikouenkeikakusyo.pdf |
| 大月町(2018)、大月町まち・ひと・しごと創生総合戦略 | まち・ひと・しごと創生総合戦略 | https://www.town.otsuki.kochi.jp/download/?t=LD&id=1056&fid=1562 |
| 土佐清水市(2016)、第七次土佐清水市総合振興計画 | 総合振興計画 | https://www.city.tosashimizu.kochi.jp/kurashi/section/kikaku/6505.html |
| 土佐清水市(2019)、土佐清水市まち・ひと・しごと創生総合戦略 | まち・ひと・しごと創生総合戦略 | https://www.city.tosashimizu.kochi.jp/fs/1/4/1/3/1/1/_tosashimizu_plan31_3.pdf |
| 土佐清水市(2017)、土佐清水市観光マスターplan | 観光マスターplan | https://www.city.tosashimizu.kochi.jp/fs/4/9/6/9/7/_tosashimizu_tourism_masterplan.pdf |
| 八幡浜市(2016)、第2次八幡浜市総合計画 | 総合計画 | http://www.city.yawatahama.ehime.jp/docs/2016033100042/files/01.pdf |
| 八幡浜市(2014)、八幡浜市環境基本計画 | 環境基本計画 | http://www.city.yawatahama.ehime.jp/docs/2014121500019/files/kankyoukohon.pdf |
| 八幡浜市(2011)、八幡浜市水産振興基本計画 | 水産振興基本計画 | http://www.city.yawatahama.ehime.jp/docs/2014081100137/files/keikaku.pdf |
| 伊仙町(2015)、第5次伊仙町総合計画 | 総合計画 | http://www.town.isen.kagoshima.jp/zhtmlData/cont_docs/news1513656990_0.pdf |
| 宇検村(2016)、宇検村まち・ひと・しごと創生総合戦略 | まち・ひと・しごと創生総合戦略 | http://www.uken.net/kikakuchousei/muranogaiyo/johokoka/sogokekaku/documents/ukensougousenryaku.pdf |

| 著者（公表年）、文献名、学術誌名、巻（号）、ページ | 概要 | URL |
|--|-----------------|---|
| 奄美市(2011)、奄美市総合計画(2011-2020) | 総合計画 | https://www.city.amami.lg.jp/kikaku/shise/shisaku/kekaku/index.html |
| 奄美市(2016)、奄美市総合計画後期基本計画(2016-2020) | 総合計画 | https://www.city.amami.lg.jp/kikaku/shise/shisaku/kekaku/documents/xx_kouki_total.pdf |
| 喜界町(2017)、喜界町観光振興計画 | 観光振興計画 | https://www.town.kikai.lg.jp/kankou/machi/shisaku-kekaku/documents/keikaku.pdf |
| 瀬戸内町(2018)、瀬戸内町観光振興計画 | 観光振興計画 | https://www.town.setouchi.lg.jp/kankou/documents/setouchikankoukeikakuan.pdf |
| 瀬戸内町(2019)、瀬戸内町長期振興計画 | 長期振興計画 | http://www.town.setouchi.lg.jp/kikaku/tyukisinnkokeikaku.html |
| 大和村(2016)、大和村まち・ひと・しごと創生総合戦略 | まち・ひと・しごと創生総合戦略 | https://www.vill.yamato.lg.jp/kikaku/sonse/shisaku-kekaku/documents/20160317102914_049.pdf |
| 知名町(2010)、第5次知名町総合振興計画 | 総合振興計画 | https://www.town.china.lg.jp/kikakushinkou/kurasu/chosejoho/sesaku-hoshin/kakushukekaku/sogokekaku/documents/dai5jichinachosougoushinkoukeikaku.pdf |
| 天城町(2015)、天城町まち・ひと・しごと創生総合戦略 | まち・ひと・しごと創生総合戦略 | https://www.town.amagi.lg.jp/fs/3/6/3/3/_1.pdf |
| 徳之島町(2012)、第5次徳之島町総合計画 | 総合計画 | https://www.tokunoshima-town.org/kikakuka/chose/shisaku/sogo/index.html |
| 与論町(2015)、与論町総合戦略 | 総合戦略 | http://www.yoron.jp/common/UploadFileDsp.aspx?c_id=11&id=646&flid=2 |
| 龍郷町(2017)、龍郷町観光振興計画 | 観光振興計画 | https://www.town.tatsugo.lg.jp/kikakukanko/chose/machinoshokai/documents/kankokeikaku.pdf |
| 和泊町(2010)、第5次和泊町総合振興計画 | 総合振興計画 | https://www.town.wadomari.lg.jp/wadomari02/form/5jisou-12.pdf |
| 奄美市・大和村・宇検村・瀬戸内町・龍郷町(2015)、奄美大島生物多様性地域戦略 | 生物多様性地域戦略 | http://kyushu.env.go.jp/okinawa/amami-okinawa/plans/society/pdf/z-2-j.pdf |
| 環境省(2017)、奄美群島国立公園指定書・公園計画書 | 国立公園指定書・公園計画書 | https://www.env.go.jp/park/amami/intro/files/plan_02.pdf |

3.3.3 有識者ヒアリング

3.3.3.1 白神山地世界遺産および妙高戸隠連山国立公園

本業務において行われた有識者ヒアリングは、下記の対象者に対して平成29年度に行った。

| NO. | 1 |
|----------|----------------------------------|
| ヒアリング対象者 | 気象庁気象研究所 環境・応用気象研究部 室長 佐々木秀孝氏 |
| 日付 | 2018年1月17日 |
| 場所 | 気象研究所 |
| 概要 | 陸域気候モデルについて |

| NO. | 2 |
|----------|------------------------------------|
| ヒアリング対象者 | 気象庁気象研究所 環境・応用気象研究部 主任研究官 村田昭彦氏 |
| 日付 | 2018年1月17日 |
| 場所 | 気象研究所 |
| 概要 | 陸域気候モデルについて |

| NO. | 3 |
|----------|------------------------|
| ヒアリング対象者 | 中村浩志国際鳥類研究所 代表理事 中村浩志氏 |
| 日付 | 2018年2月13日 |
| 場所 | 中村浩志国際鳥類研究所 |
| 概要 | 火打山におけるライチョウについて |

| NO. | 4 |
|----------|--|
| ヒアリング対象者 | 森林総合研究所 国際連携・気候変動研究拠点気候変動研究室 室長 松井哲哉氏 |
| 日付 | 2018年1月23日 |
| 場所 | 森林総合研究所 |
| 概要 | 生態系における変化や既存の将来予測結果に関して |

3.3.3.2 足摺宇和海国立公園および奄美群島国立公園

下記の表にまとめた有識者などを対象として 2017 年度から 2019 年度にかけて足摺宇和海国立公園周辺海域および奄美群島国立公園を対象にヒアリング調査を行った。またここで示した個人以外にも、地方自治体の職員や観光業者、漁業者、研究者などに対してヒアリングを行っている。現地関係者に対して、足摺宇和海国立公園もしくは奄美群島国立公園およびその周辺域における沿岸生態系の状況や過去からの生態系の変化、将来への期待・懸念に加えて、沿岸域の利用状況などに関して聞き取りを実施した（表 3.3-5）。

| NO. | b-1 |
|----------|--|
| ヒアリング対象者 | 奄美海洋生物研究会 会長／ティダ企画有限会社 興 克樹 氏 |
| 日付 | 2018年1月31日 16:30～18:30 |
| 場所 | マリンスポーツ奄美（鹿児島県奄美市） |
| 概要 | ・2016 年と 2017 年にサンゴが白化した。白化を防ぐことは難しいが、保全海域でのオニヒトデ駆除を通して保全海域のサンゴ群集は守ることができる。 ・奄美群島でのサンゴの被度とオニヒトデ駆除数のデータは整理されている。 |

| NO. | b-2 |
|----------|--|
| ヒアリング対象者 | 高知大学総合研究センター 海洋生物研究教育施設 技術職員 田中 幸記 氏 |
| 日付 | 2018年2月15日 10:00～12:00 |
| 場所 | 高知大学総合研究センター 海洋生物研究教育施設（高知県土佐市） |
| 概要 | ・漁師さんにとって藻場の話は受け入れられやすく、藻場の保全に関して水産的な価値が皆に理解されている。 ・サンゴの増加とともに、海藻の種類の変化が進行している。 |

| NO. | b-3 |
|----------|---|
| ヒアリング対象者 | 竜串ダイビングセンター 佐野 美月 氏 |
| 日付 | 2018年2月15日 15:00～17:00 |
| 場所 | 竜串ダイビングセンター（高知県土佐清水市） |
| 概要 | ・オニヒトデによる食害でサンゴが劣化している。 ・昔は死滅回遊魚だったものが越冬するなど、魚類相の変化を感じる。 |

| NO. | b-4 |
|----------|---|
| ヒアリング対象者 | 愛媛大学南予水産研究センター 準教授 高木 基裕 氏 |
| 日付 | 2018年2月16日 10:00~12:00 |
| 場所 | 愛媛大学南予水産研究センター（愛媛県南宇和郡愛南町） |
| 概要 | ・宇和海では二枚貝養殖が盛んであるが、貝類養殖の漁業者は藻場の減少をそれほど気にしていないだろう。 ・愛媛県では水温上昇に対応するため、南方系の養殖魚種を増やしている。 |

表 3.3-5 専門家・現地関係者への主なヒアリング項目

| 主な対象 | 内容 |
|----------|--|
| 研究者 | 現在の沿岸域の環境および生態系の状況。長期観測を行っている観測データの有無。 |
| | 気候変動の影響。これまでに捉えられている変化や現在生じている問題、今後懸念される問題。 |
| ダイビングガイド | ダイビングでの利用状況。国立公園としての魅力はどのようなものか。漁業者との利用面でのルールの有無。 |
| | 保全活動の実施状況。食害生物の被害はどれくらいか。 |
| | 沿岸生態系の状況。水温や魚種、サンゴ・海藻の分布の変化について感じることがあるか。 |
| | 気候変動の影響。生物の分布変化が生じた場合どのような影響が考えられるか。 |
| 漁業関係者 | 地域・漁協の特徴、強みは何か。観光業と漁業・養殖業での転換が生じることはあるか。 |
| | 気候変動の影響。水温や魚種の変化を実感することがあるか。昔は見かけなかった魚種が水揚げされるようになった場合、どのように利用していくか。 |

3.3.4 観測および実証実験

3.3.4.1 白神山地世界遺産および妙高戸隠連山国立公園

1) 白神山地における携帯電話ネットワーク・データを用いた国立公園の利用実態把握

本節では Kubo et al. (2020) が開発した携帯電話ネットワークを既存の環境評価手法（トラベルコスト法）に統合したアプローチを用いて国立公園のレクリエーション価値の推定を試みた。従来、国立公園のレクリエーション価値の推定や利用者数の把握にはアンケート調査や周辺市町村の観光統計、赤外線カウンターが用いられてきた。しかし、既存の手法では時空間的な解像度の不足や調査コスト等の諸問題があり、気候変動の適応策の構築には不十分であった。そこで、本節では上記アプローチを適用することで、それらの課題を解決し、国立公園の利用動態およびレクリエーション価値の推定を試み、適応策の構築に貢献することを目指した白神山地の事例を報告する。

本研究では、携帯電話ネットワーク・データ（モバイル空間統計）を用いて、白神山地自然環境保全地域を対象に利用者の挙動を把握した。対象期間は、2014年から2017年までの4年間の7月9日から11月14日の516日である。分析対象の詳細な位置は、暗門渓谷ルートの4つの1km メッシュ(60406123, 60406124, 60406133, 60406134)である。

本分析では、特に曜日による利用動態の変化を明らかにするために、平日と休日を区分し分析を行った。また本地域の利用者数変動に暗門祭という大規模なイベントが影響を与えていることが明らかになったため、暗門祭の開催日（2014年9月21日、2015年9月20日、2016年9月18日、2017年9月17日）を含めた統計量と、暗門祭の開催日を除外した統計量をそれぞれ求めた。さらに、携帯電話ネットワーク・データには、携帯電話利用者の居住地情報も含まれているため、居住地から暗門渓谷ルートまでのトラベルコスト（旅費）を算出することができる（Kubo et al. 2020）。これらの結果を用いて、ゾーントラベルコスト法により暗門渓谷ルートのレクリエーション価値を算出した。

2) 妙高戸隠におけるアンケート調査を用いた国立公園の利用実態把握

気候変動に対する適応策を検討する際に、地域資源の利用価値のみならず、非利用価値についても、把握することは不可欠である。両者を明らかにし、適応策に組み込んでいくことで初めて対策の優先順位の決定や効率的・効果的な対策の実施を検討することが可能になる。そこで、ここではアンケート調査を用いて、国立公園の気候変動適応策に対する訪問者の選好を通して、気候変動により失われうる国立公園利用者の効用を金銭価値として評価した事例を紹介する。本調査は、妙高戸隠連山国立公園を事例地として実施した。妙高戸隠連山国立公園では、高山帯のお花畠や高層湿原に加え、紅葉、雪景色などの四季の変化も楽しめるため、多くの観光客が訪れている。また、妙高戸隠連山国立公園に生息するライチョウは日本で最も古いライチョウのルーツと考えられており、貴重な個体群とされている。その一方で、これらの生態系は気候変動の危機に直面しており、気候変動に適応した管理が急務となっている。

ここでは、気候変動適応策に対する訪問者の選好を把握するために実施した選択型実験に関する詳細な説明を行う（設問10-15に該当）。選択型実験とは、複数の要素（属性）から構成される代替案を提示し、回答者からそれらに対する評価を聞き出すことで、代替案を構成するそれぞれの属性に対する評価を分析する方法であるコンジョイント分析の1つである。本調査に使用した選択型実験では、属性を以下の3つとした：「高山湿原やお花畠の保全」、「ライチョウの保全」、「管理に必要な協力金」。これら3つ属性をもとに回答者に提示する選択肢である仮想の気候変動適応策を作成した。この際、仮想の気候変動適応策（状況①、状況②）に加え、管理を行わない適応策（状況③）も選択肢とした。回答者は、これら3つの気候変動適応策の中から最も望ましいと思う適応策1つを選ぶように質問された。さらに本調査では、1つのアンケート票につき、適応策の組み合わせを変えた上で、5回設問に回答してもらった。本アンケート調査では、「高山湿原やお花畠の保全」において、高山湿原とお花畠で訪問者の選好に相違があることを考慮し、高山湿原を想定するアンケート票とお花畠を想定するアンケート票の2つのタイプのアンケート票を作成し、ランダム配布している。

妙高戸隠連山国立公園の自然と観光に関するアンケート調査

この調査は、妙高戸隠連山国立公園に来られた皆様の自然と観光へのご关心を把握することを目的に実施しております。回答結果は集計されたものののみを用いますので、個別の回答内容が公表されることはありません。ご協力よろしくお願ひ致します。

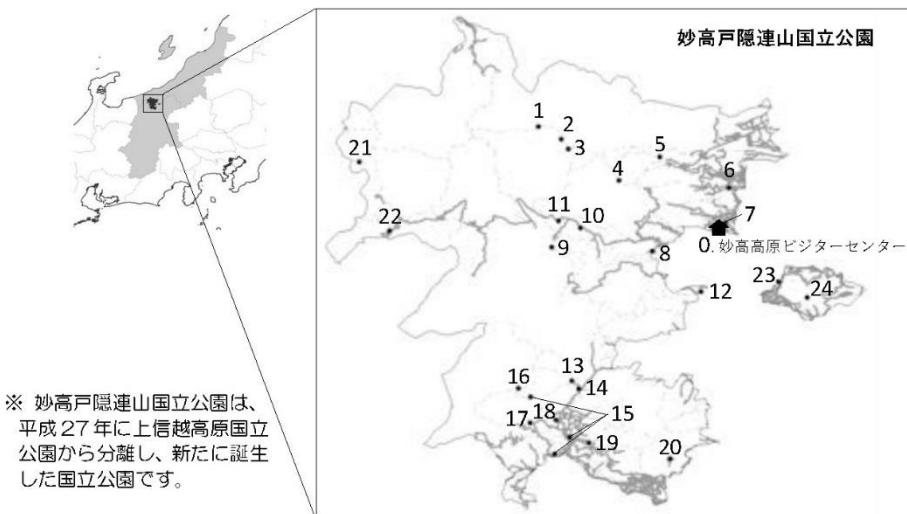
国立環境研究所（担当：久保雄広 029-850-2897）

問1 あなたは、現在訪れている地域が妙高戸隠連山国立公園（以下、妙高戸隠地域）の一部だと知っていましたか？ 当てはまる番号1つに○をつけて下さい。

1. 知っていた 2. 知らなかった

問2 あなたは、今回の妙高戸隠地域への訪問中にどちらを訪れましたか？ または、訪れる予定ですか？ 地図を参考に、当てはまる番号すべてに○をつけて下さい。

0. 妙高高原ビジターセンター 1. 火打山山頂 2. 天狗の庭 3. 高谷池ヒュッテ 4. 妙高山
 5. 惣滝 6. 妙高高原スカイケーブル 7. いもり池 8. 苗名の滝 9. 夢見平 10. 笹ヶ峰牧場
 11. 笹ヶ峰キャンプ場 12. 黒姫高原 13. 戸隠牧場 14. 戸隠キャンプ場 15. 戸隠神社
 16. 戸隠山 17. 鏡池 18. 戸隠森林植物園 19. 忍者村 20. 飯綱高原 21. 雨飾山
 22. 小谷温泉 23. 野尻湖ナウマンゾウ博物館 24. 野尻湖 25. その他（ ）



問3 あなたは、今回の訪問を含め、これまでに妙高戸隠地域を何回訪れたことがありますか？

当てはまる番号1つに○をつけて下さい。また、これまでに訪れたことがある方は、最初に訪れたのがおよそ何年前か教えて下さい。

1. 一回(初めて) 2. 二回以上(具体的に 回)

→ (およそ_____年前にはじめて訪れた)

問4 今回の妙高戸隠地域への訪問日程について、当てはまる番号1つに○をつけて下さい。

1. 日帰り 2. 一泊二日 3. 二泊三日 4. その他 (泊 日)

問5 あなたの今回の訪問形態について、当てはまる番号1つに○をつけて下さい。

1. 個人旅行 2. バスツアー 3. 合宿 4. その他 ()

問6 今回の訪問中の主な交通手段について、当てはまる番号すべてに○をつけて下さい。

1. レンタカー 2. 自家用車 3. 路線バス 4. 自分のオートバイ 5. レンタルオートバイ
6. 観光バス 7. 自分の自転車 8. レンタサイクル 9. 徒歩 10. タクシー 11. 鉄道
12. その他 (具体的に :)

問7 あなたは、今回の妙高戸隠地域への訪問日程を、いつから決めていましたか？ 当てはまる番号1つに○をつけて下さい。

1. 当日 2. 前日～一週間ほど前に決めた 3. 一週間～一ヶ月ほど前に決めた
4. 一ヶ月以上前から決めていた (具体的に :)

問8 妙高戸隠地域への訪問動機について、当てはまる番号それぞれ1つに○をつけて下さい。

| | 全く そう思わない | ← | どちらとも 言えない | → | とても そう思う | |
|------------------|--------------|---|---------------|---|-------------|-----|
| 自然の美しさを眺める | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 7 |
| 自然の中で野生の植物を見る | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 7 |
| 自然の中で野生の動物を見る | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 7 |
| 非日常的な体験や活動を行う | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 7 |
| 自分の体力や技術の向上をはかる | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 7 |
| 自然の中で自分だけの時間を楽しむ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 7 |
| 友達や家族と一緒に過ごす | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 7 |
| 日ごろの疲れを癒す | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 7 |
| 自然に関する知識を得るため | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 7 |
| 歴史・文化に親しむ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 7 |

問9 あなたは今回の訪問中に、どのような体験をしましたか？ 当てはまる番号すべてに○をつけて下さい。

1. 温泉 2. ゴルフ 3. キャンプ 4. 登山 5. ハイキング
6. サイクリング 7. ランニング 8. 植物観察 9. 動物観察 10. 星座観察
11. 寺社参拝 12. 街歩き 13. そば打ち体験 14. 酒蔵見学 15. 工芸品作り体験
16. 郷土料理を食べる 17. 山菜とり 18. 釣り 19. ウォータースポーツ
20. 森林浴 21. その他 ()

次の問10～問14は、妙高戸隠連山国立公園の管理について伺います

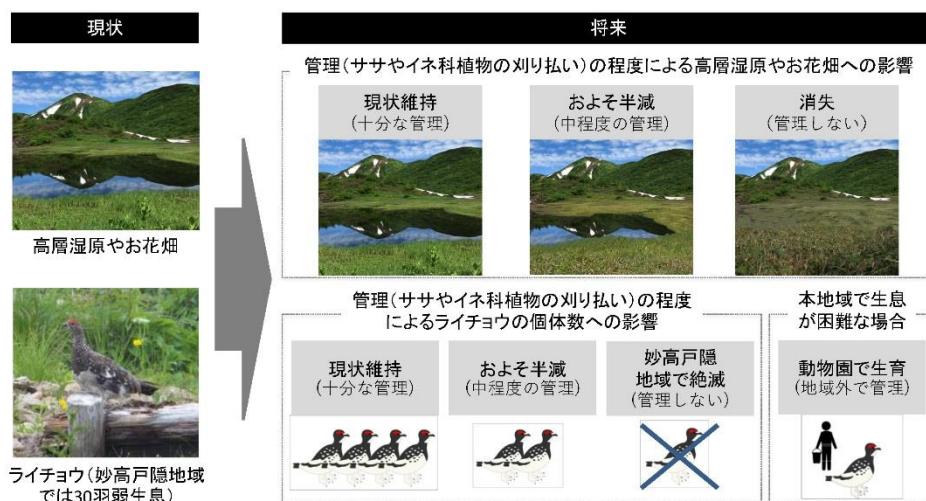
妙高戸隠連山国立公園は、山岳地域に点在する高層湿原や希少な動植物などに特徴づけられています。しかし、気候変動の影響により、将来これらの特徴が失われる危険性があります。

例えば、高層湿原やお花畠は、土壤の乾燥や、ササやイネ科植物の拡大によって縮小することが考えられます。また、ササやイネ科植物の拡大は、ライチョウの餌や生息環境を悪化させ、将来的に本地域におけるライチョウの生息を脅かすことが懸念されています。

これらの影響を軽減するために、ササやイネ科植物の刈り払いを行うことで、高層湿原やお花畠、ライチョウの生息環境を維持する活動が検討されています。また、本地域でのライチョウの生息が困難な場合は、動物園で飼育するように切り替える管理策も検討されています。

※ ここでは、ササやイネ科植物の刈り払いを行う場所によって、得られる効果が異なるとします。

例えば、主に湿原周辺で刈り払いを行うことで、高層湿原やお花畠を保全することが可能ですし、主に高山植物周辺で刈り払いを行うことで、ライチョウの生息環境を保全することも可能だとします。



ここでは仮に上記の影響を軽減する管理を行うために「妙高戸隠連山保全基金」を設立することを考えてください。この基金では、国立公園を訪れた皆さんから訪問時に寄付（協力金）を募ることで上記の管理策を実施し、皆様が望む状況を実現することができるると仮定します。以上を踏まえ、以下の状況①～③から、あなたが「最も望ましい」と思う状況の番号1つに○をつけて下さい。

問10 以下の3つの状況から、あなたが「最も望ましい」と思う状況の番号1つに○をつけて下さい。

| | 状況① | 状況② | 状況③ [対策なし] |
|-------------|-------|--------|------------|
| 高層湿原やお花畠の状況 | およそ半減 | 消失 | 消失 |
| ライチョウの生息状況 | およそ半減 | 動物園で生育 | 妙高戸隠連山で絶滅 |
| 協力金（訪問時に徴収） | 3000円 | 500円 | なし |
| ↓ | ↓ | ↓ | |
| 最も望ましい番号に○ | 1. | 2. | 3. |

次の問10～問14は、妙高戸隠連山国立公園の管理について伺います

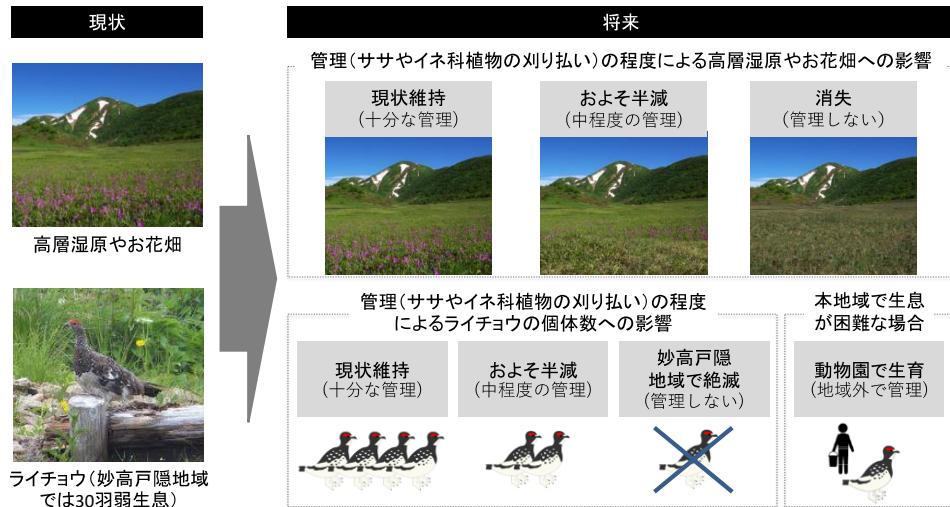
妙高戸隠連山国立公園は、山岳地域に点在する高層湿原や希少な動植物などに特徴づけられています。しかし、気候変動の影響により、将来これらの特徴が失われる危険性があります。

例えば、高層湿原やお花畠は、土壤の乾燥や、ササやイネ科植物の拡大によって縮小することが考えられます。また、ササやイネ科植物の拡大は、ライチョウの餌や生息環境を悪化させ、将来的に本地域におけるライチョウの生息を脅かすことが懸念されています。

これらの影響を軽減するために、ササやイネ科植物の刈り払いを行うことで、高層湿原やお花畠、ライチョウの生息環境を維持する活動が検討されています。また、本地域でのライチョウの生息が困難な場合は、動物園で飼育するように切り替える管理策も検討されています。

※ ここでは、ササやイネ科植物の刈り払いを行う場所によって、得られる効果が異なるとします。□□□

例えば、主に湿原周辺で刈り払いを行うことで、高層湿原やお花畠を保全することが可能ですし、主に高山植物周辺で刈り払いを行うことで、ライチョウの生息環境を保全することも可能だとします。□



ここでは仮に上記の影響を軽減する管理を行うために「妙高戸隠連山保全基金」を設立することを考えてください。この基金では、国立公園を訪れた皆さんから訪問時に寄付（協力金）を募ることで上記の管理策を実施し、皆様が望む状況を実現することができると思定します。以上を踏まえ、以下の状況①～③から、あなたが「最も望ましい」と思う状況の番号1つに○をつけて下さい。

問10 以下の3つの状況から、あなたが「最も望ましい」と思う状況の番号1つに○をつけて下さい。

| | 状況① | 状況② | 状況③【対策なし】 |
|-------------|-------|--------|-----------|
| 高層湿原やお花畠の状況 | およそ半減 | 消失 | 消失 |
| ライチョウの生息状況 | およそ半減 | 動物園で生育 | 妙高戸隠地域で絶滅 |
| 協力金（訪問時に徴収） | 3000円 | 500円 | なし |
| ↓ | ↓ | ↓ | |
| 最も望ましい番号に○ | 1. | 2. | 3. |

以下の問11から問14は、類似した設問ですが、状況の組み合わせが異なっております。
それぞれの設問に対して回答をお願いします。

問11 以下の3つの状況から、あなたが「最も望ましい」と思う状況の番号1つに○をつけて下さい。

| | 状況① | 状況② | 状況③ [対策なし] |
|-------------------|--------|------|------------|
| 高層湿原やお花畠の状況 | 現状維持 | 消失 | 消失 |
| ライチョウの生息状況 | 動物園で生息 | 現状維持 | 妙高戸隠地域で絶滅 |
| 協力金（訪問時に徴収） | 500円 | 500円 | なし |
| | ↓ | ↓ | ↓ |
| 最も望ましい番号に○ | 1. | 2. | 3. |

問12 以下の3つの状況から、あなたが「最も望ましい」と思う状況の番号1つに○をつけて下さい。

| | 状況① | 状況② | 状況③ [対策なし] |
|-------------------|-------|--------|------------|
| 高層湿原やお花畠の状況 | およそ半減 | 現状維持 | 消失 |
| ライチョウの生息状況 | およそ半減 | 動物園で生息 | 妙高戸隠地域で絶滅 |
| 協力金（訪問時に徴収） | 1000円 | 500円 | なし |
| | ↓ | ↓ | ↓ |
| 最も望ましい番号に○ | 1. | 2. | 3. |

問13 以下の3つの状況から、あなたが「最も望ましい」と思う状況の番号1つに○をつけて下さい。

| | 状況① | 状況② | 状況③ [対策なし] |
|-------------------|-------|--------|------------|
| 高層湿原やお花畠の状況 | およそ半減 | 消失 | 消失 |
| ライチョウの生息状況 | およそ半減 | 動物園で生息 | 妙高戸隠地域で絶滅 |
| 協力金（訪問時に徴収） | 1000円 | 500円 | なし |
| | ↓ | ↓ | ↓ |
| 最も望ましい番号に○ | 1. | 2. | 3. |

問14 以下の3つの状況から、あなたが「最も望ましい」と思う状況の番号1つに○をつけて下さい。

| | 状況① | 状況② | 状況③ [対策なし] |
|-------------------|-----------|-------|------------|
| 高層湿原やお花畠の状況 | 現状維持 | およそ半減 | 消失 |
| ライチョウの生息状況 | 妙高戸隠地域で絶滅 | 現状維持 | 妙高戸隠地域で絶滅 |
| 協力金（訪問時に徴収） | 1000円 | 3000円 | なし |
| | ↓ | ↓ | ↓ |
| 最も望ましい番号に○ | 1. | 2. | 3. |

問15 あなたはこれまでに、高層湿原やお花畠、ライチョウを見たことがありますか？ 当てはまる番号それぞれ1つに○をつけて下さい。

| | | |
|----------|-------------------------------------|-------------------------------|
| 高層湿原やお花畠 | 1. 妙高戸隠地域で見たことがある 3. 見たことはない | 2. 他の地域で見たことがある |
| ライチョウ | 1. 妙高戸隠地域で見たことがある 3. 動物園で見たことがある | 2. 他の地域で見たことがある 4. 見たことはない |

問16 あなたの気候変動に対する考え方についてお聞きします。 当てはまる番号それぞれ1つに○をつけてください。

| | 全くそう 思わない | ← | どちらとも 言えない | → | とても そう思う | わから ない | | |
|---------------------|--------------|---|---------------|---|-------------|-----------|---|---|
| 地球は温暖化している | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 気候変動は自分や家族に影響を及ぼす | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 将来の気候変動の影響は不確実である | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 将来の気候変動の影響に備える必要がある | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 気候変動の影響を緩和することは難しい | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |

問17 あなたは、妙高戸隠地域における自然環境の保全対策について、現在、優先的に取り組むことが望ましいと思う対策はどれですか？ 当てはまる番号すべてに○をつけて下さい。

1. 登山道の維持管理 2. 希少な植物の盗掘防止 3. 野生動物への餌付け防止 4. ゴミの清掃
5. 河川や池への排水の流入防止 6. 外来種の侵入防止 7. ササの刈り払い 8. 人の利用規制
9. ライチョウの生態調査 10. 保護区域の再考 11. 獣害（シカ、サル）の駆除
12. 教育普及活動 13. 保護活動を行う人材育成 14. その他（ ）

問18 妙高戸隠地域について、あなたが持っている印象を教えてください。 当てはまる番号それぞれ1つに○をつけて下さい。

| | 全くそう 思わない | ← | どちらとも 言えない | → | とても そう思う | | |
|----------------------|--------------|---|---------------|---|-------------|---|---|
| 自分のやりたいことを行うのに最適な場所だ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 他のどこにも代えられない場所だ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 私のお気に入りの場所だ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 長い間この場所を離れると、寂しく感じる | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 私はこの場所に縁がある | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| この場所は私にとって特別な意味をもつ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

問19 あなたは、今回の妙高戸隠地域への訪問についてどう思いましたか？当てはまる番号それ
それ1つに○をつけて下さい。

| | 全く そう思わない | ← | どちらとも 言えない | → | とても そう思う | |
|-------------------|--------------|---|---------------|---|-------------|---|
| この場所を訪れたことに満足している | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| この場所をもう一度訪れたいと思う | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 他の人にこの場所を紹介したい | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | | | | | | 7 |

最後に皆さんについてお伺いします

問20 あなたの 性別 と 年齢 について、それぞれ当てはまる番号1つに○をつけて下さい。

1. 男性 2. 女性

1. 十代 2. 二十代 3. 三十代 4. 四十代 5. 五十代 6. 六十代 7. 七十代以上

問21 あなたのご職業について、当てはまる番号すべてに○をつけて下さい。

1. 会社員 2. 公務員 3. 団体職員 4. 自営業 5. 農林水産業 6. 主婦・主夫
7. パート 8. 学生 9. 年金生活 10. その他(具体的に：)

問22 あなたの出身地はどこですか？

(都・道・府・県)

問23 あなたのお住まいはどこですか？当てはまる番号1つに○をつけ、長野県・新潟県にお住まいの方は市町村名をご記入ください。長野県・新潟県以外にお住まいの方は都道府県名をご記入下さい。

1. 長野県 (市・町・村) 2. 新潟県 (市・町・村)
3. 上記、以外 (都・道・府・県)

問24 差し支えなければ、あなたの家庭の年収(年金も含みます)について、当てはまる番号1つに○をつけて下さい。(この項目は社会経済的な統計分析を行うためのものです)

1. 200万円以下 2. 201-400万円 3. 401-600万円
4. 601-800万円 5. 801-1,000万円 6. 1,001-1,200万円
7. 1,201-1,400万円 8. 1,401-1,600万円 9. 1,601-1,800万円
10. 1,801万円以上(具体的に
万円程度)

これで本アンケートは終了です。長い間ご協力ありがとうございました。

もし妙高戸隠連山国立公園や気候変動に関して、ご意見等がありましたら以下にご自由にお書き下さい。

図 3.3-3 妙高戸隠連山国立公園についてのアンケート票

3.3.4.2 足摺宇和海国立公園および奄美群島国立公園

- 足摺宇和海国立公園

足摺宇和海国立公園およびその北側の海域（高知県土佐清水市、大月町、宿毛市、愛媛県愛南町、宇和島市、西予市、八幡浜市、伊方町）を対象にサンゴ（サンゴ群集）や大型海藻（藻場）に関する現地調査（SCUBA 潜水、シュノーケリングによる水中の観察）を複数回実施した。なお、本海域では実証実験は行っていない。

- 奄美群島国立公園

奄美群島内の主要な島（奄美大島、喜界島、徳之島、沖永良部島、与論島）を対象に、サンゴ（サンゴ礁）に関する現地調査（SCUBA 潜水、シュノーケリングによる水中の観察）を複数回実施した。なお、本海域では実証実験は行っていない。

3.3.5 気候変動影響予測手法の検討

3.3.5.1 白神山地世界遺産および妙高戸隠連山国立公園

白神山地における重要な生態系としてブナ林が挙げられ、その存続と利用を検討するために、ブナ稚樹、ニホンジカ、ブナ紅葉を予測対象として選出した。全てのサイズを含んだ形でのブナの分布予測も既往研究において報告されているが、より個体群維持に直結するブナ稚樹での予測にここでは重きを置いて、気温・降水量と、特にブナの更新に重要な積雪量（積雪被覆による堅果の食害の低減）を使った最新の予測手法（Koide et al. 2016）を選択した。ニホンジカに関しては、環境条件だけでなく2時点の観測データから分散スピードまで考慮した最新の予測手法（Ohashi et al. 2016）を選択した。ブナ紅葉に関してはフェノロジー研究において一般的な積算気温との対応関係を使った非線形モデリングの手法を選択し、最新の知見である場所による必要積算量の違い（Nagai et al. 2015）まで考慮したより妥当性の高い影響予測手法を選択した。

妙高戸隠ではライチョウの生息環境として重要な高山植生（雪田、高山低木林）と、これらの植生と将来競合する可能性が高いと考えられた低標高側の植生（ササ、亜高山帯森林植生）を対象とした。生息場所として捉える際、各植生タイプあたりの分布面積割合を把握する必要があり、これを満たす手法として高度化してきた植生図データを基にした影響予測手法をここでは採用した。また生態系サービスの利用側面として、ブナなどの落葉樹林における紅葉景観の文化的サービスにも着目し、白神山地と同様の手法でこれも評価した。

3.3.5.2 足摺宇和海国立公園および奄美群島国立公園

- 足摺宇和海国立公園

足摺宇和海は気候変動に伴い熱帯性生物が分布を拡大しつつある海域であり、その分布を制限する主要因は冬期と夏期の両極端の季節の水温と考えられる。このため、本研究ではこの海域に出現する主要な底生生物について、文献によって示されている生息下限・上限の水温を指標とした分布範囲の予測を行った。

● 奄美群島国立公園

奄美群島では気候変動に伴いサンゴの白化現象の発生が増加している海域であり、白化は夏期の過剰水温ストレスによって引き起こされ、また陸域から流入に由来する濁りとも関連すると考えられている (Donner et al. 2005; Kumagai et al. 2018)。これに加え、他のサンゴ群集との幼生供給を介した繋がり (コネクティビティ) を解析し、総合的に生息適地を評価することにした。

3.3.6 影響予測モデルに関する情報

3.3.6.1 白神山地世界遺産および妙高戸隠連山国立公園

(i) ブナ稚樹の分布予測モデル

地域の生物個体群の存続を図る上で、次世代を担う若い個体の加入状況を把握することは、もっとも重要な検討事項の一つと言える。そこで白神山地におけるブナ個体群の将来気候条件下での存続可能性を検討するため、ブナ稚樹の潜在分布確率を指標としてその将来予測を行った。モデルの構造や手法論に関しては、Koide et al. (2016)に準拠して行った。使用したブナの階層別分布データは植物社会学ルルベデータベース (<http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/prdb/index.html>) におけるデータを使用した。さらにモデルとしては、階層化バイズモデルであるサイズベース種分布モデルを使用した。このモデルではブナの稚樹と母樹の分布に対して、両者の分布確率を関連付けながら、気候値との対応関係を表現でき、将来的な気候の変化に伴うブナ稚樹の分布確率変化を予測できる。使用した気候値は温量指数、最寒月平均気温、夏季降水量、冬季降雨量、積雪水量の5つを用いた。

(ii) ニホンジカの分布予測モデル

樹木種の若い個体の定着の際、ニホンジカの分布の有無はその成功度を大きく左右し得るものと言える。そこで白神山地におけるニホンジカの将来分布の可能性を検討するためには、ニホンジカの潜在分布確率を指標としてその将来予測を行った。モデルの構造や手法論に関しては、Ohashi et al. (2016)に準拠して行った。ニホンジカの分布データに関しては環境省の第2回と第6回の自然環境保全基礎調査におけるデータを使用した。使用した影響予測モデルは、5km メッシュあたりのニホンジカの分布の2時期における出現確率の変化に対して、ニホンジカの分布拡大スピードや気候条件による影響などを表現できる。このモデルにおける気候条件における説明変数として、積雪期間と最大積雪深を使用しているが、これらの変数に関しては degree day 法を用いた先行研究 (Kominami et al. 2005) に倣って国内におけるアメダスの気象観測点データを用いて推定した。この手法は、気温と降水量からメカニスティックに積雪量の時間変化を推定でき、この関係性を使って将来予測を行った。なお推定した積雪パラメータは、衛星データ (SPOT Vegetation) から得られる積雪期間のデータを用いてパラメータ推定を行っている (Ohashi et al. 2016)。またニホンジカの分布モデルでは気候値以外にも、市街地、農業用地、放棄地、森林の面積割合といった土地利用のパラメータや、傾斜といった地形パラメータも説明変数に加えている。なお将来予測の際は土地利用・地形パラメータは現在と同じ条件で予測を行った。

(iii) 高山植生の分布予測モデル

現在の植生分布に基づいて、分布推定モデルを3次メッシュレベルで作成し、将来の気候(気温、積雪期間、降水量、降雪量)に基づいて分布予測を行った。現在の植生分布情報として自然環境保全基礎調査の2.5万分の1(第6-7回)植生図のデータに基づいて、各3次メッシュ内の雪田草原、高山低木群落、ササ群落、亜高山帯森林植生の3次メッシュ内の面積を分布推定モデルの従属変数とした。分布推定モデルの従属変数として用いた群落の組成は表3.3-6のとおりである。

分析対象範囲は、高山植生および将来的に高山帯に侵入の可能性がある植生の分布予測が目的であることから、該当する植生が生息する範囲を分析対象とした。具体的には、第6-7回植生図の中で、標高2,000m以上に分布域の一部が含まれる植生群落を特定し、当該植生が生息する3次メッシュで、かつ妙高戸隠連山国立公園内もしくは公園に隣接する範囲を抽出した。さらに、人為攪乱の影響を排除するため、二次林や市街緑地等の人為の影響が大きい植生が占める面積の割合が50%以下のメッシュを分析対象範囲とした。

説明変数には、気候、地形、地質に関する各変数を用いた。気候に関しては、夏季(6-8月)の平均気温、年降雨量、積雪期間、年降雪量(平均気温が氷点下の月の降水量)を説明変数に含めた。地形については、平均斜度、100mおよび1,000mスケールでのTPI(Topological positioning index)、斜面方向(南北向き成分として斜面方向のsin変換値、東西向き生物として同cos変換値)を説明変数に含めた。地質に関しては、国土数値情報土地分類メッシュに基づき、表層地質における超塩基性岩の有無と石灰岩の有無を含めた。

夏季の平均気温、地形、地質と積雪期間は交互作用がある可能性が考えられるので、これらの交互作用も説明変数に含めた。他の変数間の交互作用は、モデルが過度に複雑になることを避けるため、モデルに含めなかった。

分布推定モデルには、頑健な予測を得るために、複数のアルゴリズムを用いて将来予測を行った。用いたアルゴリズムは、一般化線形モデル(GLM)、一般化加法モデル(GAM)、Random Forest(RF)、Boosted Regression Trees(BRT)である。GLMおよびGAMの誤差分布には、Tobitモデルを用いた。Tobitモデルは上下限値を持つ連続変数の分析に用いられるものであり、本解析の従属変数であるメッシュ内の植生面積の上限値(メッシュ面積)と下限値(0)を持つという性質に適合している。

GLMおよびGAMでは、AICに基づくモデル選択を行い、AICが最小値となった変数セットからなるモデルを将来予測に用いた。RFおよびBRTについては、10分割のクロスバリデーションに基づいてパラメータのチューニングを行った。

表3.3-6 分布推定モデルの従属変数として用いた群落の組成

| 従属変数名 | 含まれる群落 |
|-------|---|
| 雪田草原 | アシボソスグエイワオウギ群集、アシボソスグエイワオウギ群集、イワイチョウエイトキンスゲ群落、イワイチョウエショウジョウスゲ群落、エゾコザクラ群落、エゾツガザクラーアオノツガザクラ群落、エゾツガザクラーチングルマ群落、カライトソウーオオヒゲガリヤス群集、センジョウアザミーミヤマシンド群集、タカネヤハズハハコーアオノツガザクラ群集、タテヤマアザミーホソバトリカ |

| 従属変数名 | 含まれる群落 |
|----------|--|
| | ブト群集、ツルコケモモーミズゴケクラス、ヒルムシロクラス、ミヤマイ群集、高茎草原及び風衝草原、雪田草原 |
| 高山低木群落 | エゾメシダーウコンウツギ群団、コケモモーミネヤナギ群落、コケモモーハイマツ群集、ダケカンバーハイマツ群落、ダケカンバ群集(低木群落)、ハイマツ群落、ホンドミヤマネズ群落、高山低木群落 |
| ササ群落 | ササ群落(□)、ササ群落(□)、ササ群落(III)、ササ群落(IV)、スズタケーブナ群団、チシマザサーブナ群団、ミドリユキザサーダケカンバ群団 |
| 亜高山帯森林植生 | アカマツ群落(IV)、アスナロ群落、イヌブナ群落、ウラジロモミ群落、クロベーキタゴヨウ群落、ケヤキ群落(IV)、サワラ群落、ダケカンバ群落(□)、ツガ群落、ヒノキアスナロ群落、ヒノキ群落、ヒメコマツ群落、ミズキ群落(VI)、モミ群落(VI)、ヤシャブシ群落、岩角地・風衝地低木群落 |

説明変数の寄与については、いずれの植生タイプでも、夏季の平均気温および降雪量が、分布決定に大きな影響を与えており、降雨量、地質、地形の寄与は限定的であった。現在の各群落面積について、実測値とモデル推定値の比較を図 3.3-9 に示す。モデルの推定精度は、クロスバリデーションによる推定値と観察値の相関係数が、雪田草原は 0.63、高山低木群落が 0.40、ササ群落が 0.50、亜高山帯森林植生が 0.61 であり、高山低木群落以外は中程度の精度であった。高山低木群落については、分析範囲内での生息メッシュ数が少なかったためにモデルの精度が低下したと考えられる。

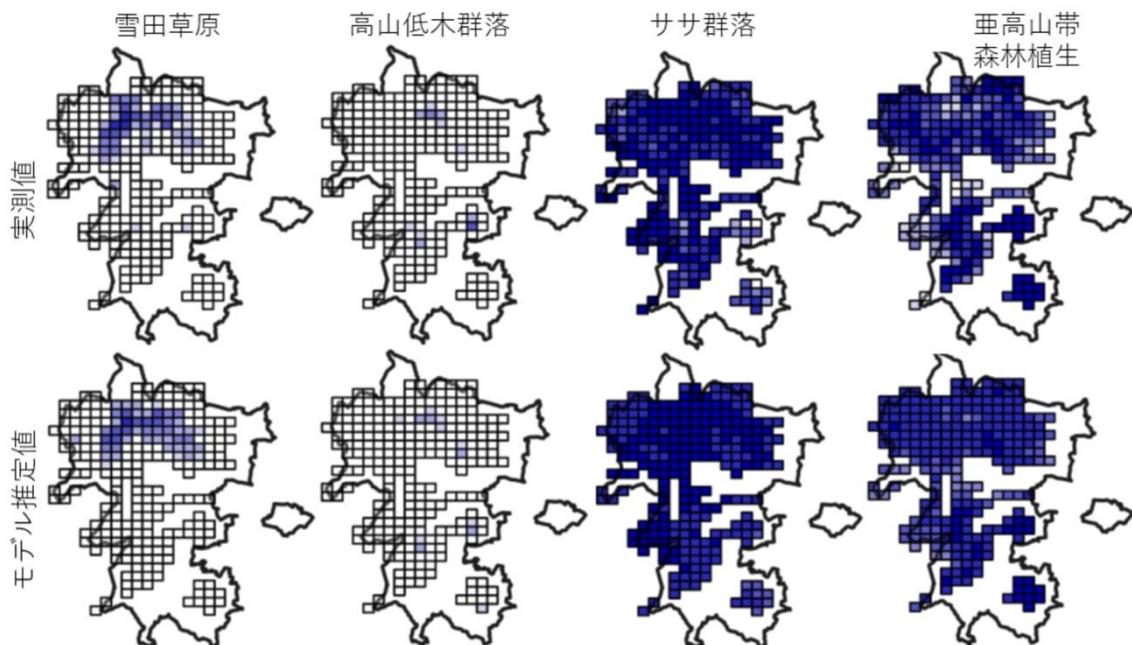


図 3.3-9 現在の各群落面積の実測値とモデル推定値の比較

(iv) ブナ・落葉樹林における紅葉の時空間変化モデル

秋季における紅葉景観は観光産業にも深く関連する重要な文化的生態系サービスであり、桜の開花時期など温暖化に伴う生物季節の変化が観測される中その将来的な変化が危惧さ

れている。そこで白神山地および妙高戸隠におけるブナ・落葉樹林の紅葉における色の変化を衛星データ (Terra・Aqua 衛星／MODIS センサー) から観測したデータを用いて、紅葉と気温との対応関係をモデル化し、将来的な気温変化に伴う紅葉最盛日の変化を予測した。このモデルでは VARI 色指標 $((R-G)/(R+G+B))$ (赤(R)緑(G)青(B)バンド値) で表現した衛星観測データにおける紅葉の色の変化を、寒さの積算値の日変化で表現したものとなっている。モデルの構造としては 2 つのロジスティック曲線を使ったものとなっており、横軸に寒さの積算値 (日平均気温が 20°C を下回る気温の積算値) を取り、縦軸に VARI 指標を取って紅葉の進展による赤みの上昇 (VARI の上昇) と、紅葉の収束・落葉による赤みの下降 (VARI の下降) をそれぞれのロジスティック曲線で表現したものとなっている。なお紅葉するまでに必要な寒さの蓄積は、寒い場所において暖かい場所よりもたくさんの寒さの蓄積が必要であることが報告されている (Nagai et al. 2015)。本調査地のデータにおいてもそのような構造が見られたため、ダブルロジスティックモデルの一部に気温を用いた線形パラメータを組み込ませることによって、この関係を表現できるモデルを新たに構築した。現在期間として 2004 年から 2017 年における衛星データを用いて、モデルを構築し、将来気候シナリオを用いて紅葉の将来変化を予測した。なおここでは紅葉が最も強く色づく紅葉最盛日を影響指標として、紅葉時期の将来変化を評価した。

3.3.6.2 足摺宇和海国立公園および奄美群島国立公園

(i) サンゴ群集・大型藻類の将来分布予測モデル

対象海域においてはコンブ目、温帯性のホンダワラ類、熱帯性のホンダワラ類、サンゴ類、サンゴ捕食者のオニヒトデが水温勾配に応じて分布しているものと考えられる。将来の水温変化に応じて、大型海藻類のそれぞれの種の分布域や藻場・サンゴ群集の構成種の変化が想定される。そこで、それらの種の生残・繁殖について、文献調査の結果から明らかになった種毎の水温指標 (表 3.3-8) を用い、分布範囲の推定を行った。バイアス補正済みの SICAT02 の 2000 年代および RCP2.6 と 8.5 の 2090 年代のそれぞれ 2 月と 8 月の海面水温に等水温線を描き、分布範囲変化の予測に用いた。

(ii) サンゴの白化予測モデル

サンゴ白化を説明する過剰水温ストレスの指標として、平年の夏の水温を 1°C 以上越えた月の水温を年間で合計した値である Degree Heating Month (DHM : Donner et al. 2005) を用いた。さらに濁度 (消散係数 K_{490} 4 km, Level-3 binned MODIS AQUA products) を用いて、実際に観察されたサンゴの白化及び白化による死亡を環境要因から推定する統計モデルを構築した。

実際のサンゴ白化及び白化による死亡の観察記録として、「環境省モニタリングサイト 1000 事業報告書」(平成 25~29 年度) に掲載の図表からの読み取り値を使用し、白化無し (0%)、軽度白化 ($\sim 25\%$)、中程度白化 ($25\sim 50\%$)、重度白化 ($50\%\sim$)、死亡ありの 5 ランクに分類した。

観察された白化・死亡を環境要因から推定する統計モデルとして、順序ロジットモデルを使用した。順序ロジットモデルは順位付けのあるデータについて、個々の順位が実現する確

率を推定するモデルである。

将来予測は、上記の観察された白化記録と環境要因の関連から得られた順序ロジットモデルへと、SI-CAT02 の将来の海面水温から算出した DHM を適用することによって行った。濁度の将来予測値は得られていないため、現況の濁度をそのまま使用した。将来予測期間は 21 世紀末（2090 年代）とし、RCP2.6 と 8.5 の結果を比較した。白化は年単位の水温変動の結果として生じる現象のため、各 10 年間において白化が起こる年数として白化頻度を評価した。

(iii) サンゴのコネクティビティ予測モデル

現在と各将来（RCP2.6 および 8.5 の 2090 年代）におけるサンゴの幼生分散に関するシミュレーションを行った。粒子（サンゴの卵・幼生を模した仮想粒子）の放出場所として、沖縄本島から屋久島の間に位置する各島の周囲に該当する SI-CAT02 の計算格子（計 462）を設定した。格子 1 つあたりの粒子の設置数は 40,000 個（200×200 個）とし、5 m 間隔で粒子を配置した。

奄美群島内ではサンゴの産卵は 5 月から 6 月にかけて多いことが報告されている。そこで、6 月 1 日から 5 日にかけて粒子の放出を行った。サンゴの幼生が定着可能となるのに要する日数は 4~7 日間程度である（Babcock & Heyward, 1986; Nishikawa et al., 2003）。そこで、粒子を放出してから 4 日目以降でサンゴの成育可能域に存在し、かつ陸地に接した計算格子に存在する場合には着底させ、その後の移動を計算しないようにした。また、浮遊期間（Pelagic Larval Duration : PLD）を 7、14、21 日の 3 パターン設定し、浮遊期間の長短による影響を評価した。

SI-CAT02 の 1 日ごとの表層の東西流速および南北流速の計算値を用いて、粒子の位置の時間変化を計算した。なお、幼生は流れに対して完全に受動的であると仮定するとともに鉛直方向の移動および死亡過程は考慮していない。ある時刻 t における粒子の位置を X_t とすると、時刻 $t + \Delta t$ における位置 $X_{t+\Delta t}$ は、

$$X_{t+\Delta t} = X_t + V \cdot dt + ranx \cdot \sqrt{2 \cdot dt \cdot K}$$

と表すことができる（八木ら, 2011）。ここで、 V は流れの水平速度成分、 $ranx$ は一様正規乱数、 K は水平拡散係数である。

コネクティビティの評価のため、各粒子の始点・終点の情報からコネクティビティマトリクス（例えば、Siegel et al., 2008; Cowen & Sponaugle, 2009）を作成した。これにより、どの地域から放出された粒子が無効分散されず浅海域に着底しやすいかを検討することができる。また、source strength および sink strength（Thompson et al., 2018）を算出した。なお、大規模大気循環の影響により黒潮流量は約 10 年規模で増減することが知られていることから（Sugimoto et al., 2010）、各シナリオでの 10 年間の平均値を算出した。

3.3.7 影響予測に必要な入力パラメータ

3.3.7.1 白神山地世界遺産地域および妙高戸隠連山国立公園

ブナ稚樹の分布予測モデル：20 年平均値での温量指数*、最寒月平均気温、夏期（5-9 月）降水量、冬季（11-4 月）降雨量、積雪水量

ニホンジカの分布予測モデル：20年平均値での月別平均気温・降水量
 高山植生の分布予測モデル：夏季(6-8月)の平均気温、年降雨量、積雪期間、年降雪量（平均気温が氷点下の月の降水量）、平均斜度、100m および 1000m スケールでの TPI (Topological positioning index)、斜面方向（南北向き成分として斜面方向の sin 変換値、東西向き生物として同 cos 変換値）、超塩基性岩の有無、石灰岩の有無
 ブナ・落葉樹林における紅葉の時空間変化モデル：日平均気温の日値
 *温量指数：月平均気温が 5°C を超える月のみ（月平均気温 - 5）の値を積算した値。植生帶の分布と関連が強い。

3.3.7.2 足摺宇和海国立公園および奄美群島国立公園

影響予測に必要な入力パラメータを

表 3.3-7、表 3.3-8 にまとめた。足摺宇和海については、複数の主要研究対象種が含まれており、生物毎に生残や繁殖の目安となる水温が異なっている。そこで、代表的な種として、サンゴ類ではエンタクミドリイシ、サンゴ捕食者のオニヒトデ、コンブ目ではクロメ、温帶性のホンダワラ類としてイソモク、熱帶性のホンダワラ類としてヒイラギモクを選定し、簡易的な水温指標を設定した（表 3.3-8）。

表 3.3-7 予測評価・シミュレーションに必要なパラメータ

| 項目 | パラメータ | 時期・期間 |
|----------------------|---|---------------------------|
| サンゴ群集・大型藻類の将来分布予測モデル | 海面水温 | 最暖月（8月）および最寒月（2月）の月平均値 |
| サンゴの白化予測モデル | 海面水温から求めた積算過剰水温指標 Degree Heating Month (DHM)、濁度 | 各月の月平均値 |
| サンゴのコネクティビティ予測モデル | 海面流向流速（東西流速および南北流速） | サンゴの放卵放精が生じる時期から最大 1か月間程度 |

表 3.3-8 生物の活動条件に対する水温の影響の一例

| 対象生物 | 意義 | 活動 | 水温の目安 | 引用文献 |
|-----------|-----------|------|-----------------|------------------------|
| エンタクミドリイシ | テーブル状サンゴ | 生残 | 14°C 以上、30°C 以下 | 山野ら (未発表) |
| オニヒトデ | サンゴ食害生物 | 生残 | 15°C 以上 | Yamaguchi (1987) |
| | | 繁殖 | 27 ~ 28°C 以上 | Yokochi & Ogura (1987) |
| クロメ | コンブ目 | 生育 | 28°C 以下 | 田中ら (2008) |
| ヒイラギモク | 熱帶性ホンダワラ類 | 生育 | 13°C 以上 | 須藤 (1992) |
| イソモク | 温帶性ホンダワラ類 | 生育 | 30°C 以下 | 馬場 (2014) |
| ヤツマタモク | 温帶性ホンダワラ類 | 生育 | 32°C 以下 | 馬場 (2014) |
| アイゴ | 大型海藻の食害生物 | 採食行動 | 15°C 以上 | 海生研 (2012) |

3.3.8 影響予測における留意事項（制限事項）

3.3.8.1 白神山地世界遺産地域および妙高戸隠連山国立公園

分布予測結果においては、細かい立地条件や他種による競争排除や生育促進といった種間相互作用を考慮できていない点は注意する必要がある。また紅葉に関しては、衛星観測データを使用しているため、大気影響などにより地上での色づきの変化とは若干のズレがある可能性があり、さらに気温以外の気象要素（日射量など）との関連や細かな種間・個体間差は考慮できていない。ブナ稚樹および高山植生の分布に関しては、種子の散布距離や実際に分布が消失するまでにかかる時間など、生態的なプロセスに関する挙動に関しては予測の対象外としている。また、あくまで本業務で使用したモデルに基づく予測結果であり、現地で起こる変化とは違ってくる可能性がある。この不確実性を十分に考慮して、モニタリングを伴いつつ 10 年や 20 年など定期的にモデルの改善を図り、順応的に活用する必要がある。

3.3.8.2 足摺宇和海国立公園および奄美群島国立公園

対象としたサンゴや海藻の分布を規定し、将来変化すると予想される要因として、海水温以外にも、海洋酸性化や濁り・栄養塩などが考え得るが、現状ではそれらについての利用可能な高解像度の将来予測値がないため、ここでの予測は単純化されたものとなっている。また、現時点では単一のモデルに基づいており、またモデルバイアスが残っているため、留意すべきである。

3.4 調査結果

3.4.1 文献調査結果

3.4.1.1 白神山地世界遺産地域および妙高戸隠連山国立公園

白神山地において 275 件、妙高戸隠において 38 件、合計で 313 件の関連する文献情報を収集し、リスト化した。また各文献について、項目、区分、資料・文献名、著者、発表年、資料・文献情報（雑誌名、ページ番号など）、DOI（Digital Object Identifier：インターネット上の電子文献に付与される国際的な識別子）をリストの項目として整理した。

文献調査の結果、面積的な違いも大きい関係上、妙高戸隠において既存報告の数が少ないことが明らかとなった。これを埋めるべく、「平成 31 年度ライチョウ保護増殖事業（生息域内保全事業）」など現行・将来の事業とも連携していく必要性が妙高戸隠では高いと考えられる。また全体に基礎研究としての観測データが多く、そこからどういった保全や対応策（人為介入）を行ったかに関する試みは少なく、応用面のデータに関してさらなる蓄積や、それらを統合して一般化する試みが必要と考えられる。

3.4.1.2 足摺宇和海国立公園および奄美群島国立公園

● 足摺宇和海国立公園

愛媛県および高知県が発行した様々な行政文書において、サンゴや海藻およびそれらの食害生物に関する記載が多く見られた（表 3.4-1）。一方、市町村レベルでは土佐清水市の観光マスター プラン、愛南町の観光振興計画を除いて、サンゴや海藻に関する記述は確認され

なかった。また、足摺宇和海国立公園を対象とした管理計画書や公園計画書においてはサンゴ（ハードコーラル、ソフトコーラル）および食害生物に関して多様な生物名が挙げられていた。一方で海藻や海藻の食害生物に関するキーワードは出現しなかった。また、両県の生物多様性戦略においては藻場やサンゴ群集の保全再生に取り組むことが記載されており、保全すべき対象として認識されていることが分かる。

沿岸域におけるマリンレジャーとして、ダイビングやシーウォーカー、グラスボート、海水浴、遊漁（磯釣り、船釣り）などが挙げられるが、これらのアクティビティがどこで実施されているかを図 3.4-1 に整理した。またここでは、養殖漁場の範囲も併せて示している。ダイビングショップおよびダイビングポイントは愛南町以南に集中している。シーウォーカーやグラスボートは小規模ながら国立公園内で実施されている。ダイビングポイントと比べて海水浴場は宇和海の北部に多く見られることが分かる。また、渡船業者の位置は宇和島市から土佐清水市で数多くあるものの、西予市から伊方町にかけては情報が得られなかった。また、養殖漁場は南に開けた海域ではほとんどなく、宿毛市から八幡浜市にかけて広く分布していた。

図 3.4-2 はサンゴや大型海藻に関するモニタリングおよび保全活動の実施地点の一例を示したものである。モニタリングサイト 1000 は 2004 年から、リーフチェックは 2001 年から実施されており、国立公園内の複数地点でモニタリングが継続的に実施されている。一方、大型海藻に関しては公のプロジェクトとして行われている事業は見当たらなかった。食害生物の駆除といった保全活動は国や県、市町村からの支援を受け、愛南町から土佐清水市にかけて多くの海域で実施されていることが分かる。

● 奄美群島国立公園

収集した行政文書からは、マリンレジャーとしてダイビングやシュノーケリング、海洋生物（生態系）としてサンゴ（サンゴ礁）のキーワードが数多く確認され（図 3.4-2）、沿岸生態系を活用したアクティビティが主要な観光の一つであることが分かる。また、複数の文書にサンゴ保全を目的とした食害生物であるオニヒトデやサンゴ食巻貝類の駆除、赤土等の流出防止に取り組む方針が記載されていた。

インターネット上に掲載されていたダイビングポイントの分布をみると、偏りはあるものの各島の周囲に点在していることが分かる（図 3.4-3）。

表 3.4-1 足摺宇和海国立公園周辺海域の県・市町村を対象に収集した行政文書に記載の
あったサンゴ・大型海藻に関連する生物（生態系）のリスト

| 文書名 | 記載のあった主な海洋生物（生態系） |
|---------------------|----------------------|
| 愛媛県離島振興計画 | ヒジキ、サンゴ群 |
| 第二次えひめ環境基本計画 | 藻場、海藻 |
| 第 2 期愛媛県観光振興基本計画 | 記載なし |
| 第 5 次愛媛県水産振興基本計画 | 藻場、海藻、ヒジキ |
| 第 2 次生物多様性えひめ戦略 | エンタクミドリイシ、サンゴ、サンゴ食巻貝 |
| 愛媛県地球温暖化防止実行計画（改定版） | 記載なし |
| 伊方町まち・ひと・しごと創生総合戦略 | 記載なし |
| 伊方町環境基本計画 | 記載なし |

| 文書名 | 記載のあった主な海洋生物（生態系） |
|-------------------------|---|
| 八幡浜市環境基本計画 | 記載なし |
| 第2次八幡浜市総合計画 | 記載なし |
| 第2次西予市総合計画 | 記載なし |
| 第2次宇和島市総合計画 | 記載なし |
| 愛南町観光振興計画 | サンゴ群 |
| 第2次愛南町環境基本計画 | 記載なし |
| 第2次愛南町総合計画後期基本計画 | 記載なし |
| 高知県離島振興計画 | サンゴ |
| 高知県環境基本計画第四次計画 | サンゴ礁、サンゴ群集、藻場 |
| 第3期高知県産業振興計画（PR版パンフレット） | 記載なし |
| 生物多様性こうち戦略 | 造礁サンゴ、ソフトコーラル、藻場、カジメ、クロメ、ホンダワラ類、ガラモ場、ヒラネジモク、トゲモク、フタエモク、エンタクミドリイシ、クシハダミドリイシ、シコロサンゴ、ハイマツミドリイシ、エダミドリイシ、オニヒトデ、サンゴ食巻貝類、藻食性魚類 |
| 高知県地球温暖化対策実行計画（区域施策編） | 藻場、カジメ類、海中林、ホンダワラ類、ガラモ場、サンゴ |
| 宿毛市振興計画 | 造礁サンゴ、藻場 |
| 宿毛市まち・ひと・しごと創生総合戦略 | 記載なし |
| 大月町まち・ひと・しごと創生総合戦略 | 記載なし |
| 第七次土佐清水市総合振興計画 | 藻場 |
| 土佐清水市観光マスターplan | 造礁サンゴ、シコロサンゴ、イシサンゴ類、オニヒトデ、テーブルサンゴ、キクメイシ |
| 土佐清水市まち・ひと・しごと創生総合戦略 | 記載なし |
| 足摺宇和海国立公園（宇和海地域）管理計画書 | 石サンゴ、オニヒトデ、ヒメシロレイシガイダマシ |
| 足摺宇和海国立公園（足摺地域）管理計画書 | 石サンゴ、造礁サンゴ、オニヒトデ |
| 足摺宇和海国立公園公園計画書 | ウミトサカ類、イシサンゴ類、サンゴ群集、ミドリイシ科、キクメイシ科、造礁サンゴ類、テーブルサンゴ、アカトゲトサカ、カンムリトゲトサカ、ハナヤギ、ウミトサカ類、スリバチサンゴ、ミドリイシ、ノウサンゴ、シコロサンゴ、イソバナ、トゲトサカ、卓状イシサンゴ類、ソフトコーラル類、シコロサンゴ群集、キバナトサカ、イボヤギ、エンタクミドリイシ |

表 3.4-2 奄美群島国立公園周辺海域の県・市町村を対象に収集した行政文書に記載のあったサンゴに関する地形・生物（生態系）のリスト

| 文書名 | 記載のあった主な地形・海洋生物（生態系） |
|--------------------------|--|
| 奄美大島生物多様性地域戦略 | サンゴ礁、ウミガメ、サンゴ、オニヒトデ、海草、藻類、シロレイシガイダマシ |
| 宇堅村まち・ひと・しごと創生総合戦略 | 記載なし |
| 奄美市総合計画後期基本計画（2016-2020） | サンゴ礁、藻場、オニヒトデ、サンゴ、ウミガメ |
| 大和村まち・ひと・しごと創生総合戦略 | 記載なし |
| 瀬戸内町観光振興計画 | アマミホシゾラフグ |
| 瀬戸内町長期振興計画 | サンゴ礁、オニヒトデ、ウミガメ |
| 龍郷町観光振興計画 | 記載なし |
| 喜界町観光振興計画 | 隆起サンゴ礁、サンゴ、ハマサンゴ |
| 第5次伊仙町総合計画 | 珊瑚礁、隆起性珊瑚礁 |
| 天城町まち・ひと・しごと創生総合戦略 | 記載なし |
| 第5次徳之島町総合計画 | 珊瑚礁、ウミガメ |
| 第5次知名町総合振興計画 | サンゴ礁、オニヒトデ、サンゴ、藻類、ウミガメ |
| 第5次和泊町総合振興計画 | サンゴ礁 |
| 与論町総合戦略 | 記載なし |
| 奄美群島国立公園指定書及び公園計画書 | サンゴ礁、造礁サンゴ、アカウミガメ、アオウミガメ、シオマネキ、ナマコ、オニヒトデ、ウミガメ、サンゴ、ミドリイシ属、アオサンゴ、枝状ミドリイシ群落、塊状ハマサンゴ、キクメイシ類、卓状ミドリイシ、ハマサンゴ、ハナガササンゴ、ハマシコロサンゴ群落、ナンヨウキサンゴ、リュウキュウイソバナ、ハマサンゴ属、スズメダイ類、ニザダイ類、サンゴ群集、ユビエダハマサンゴ、ロッポウハナガササンゴ |

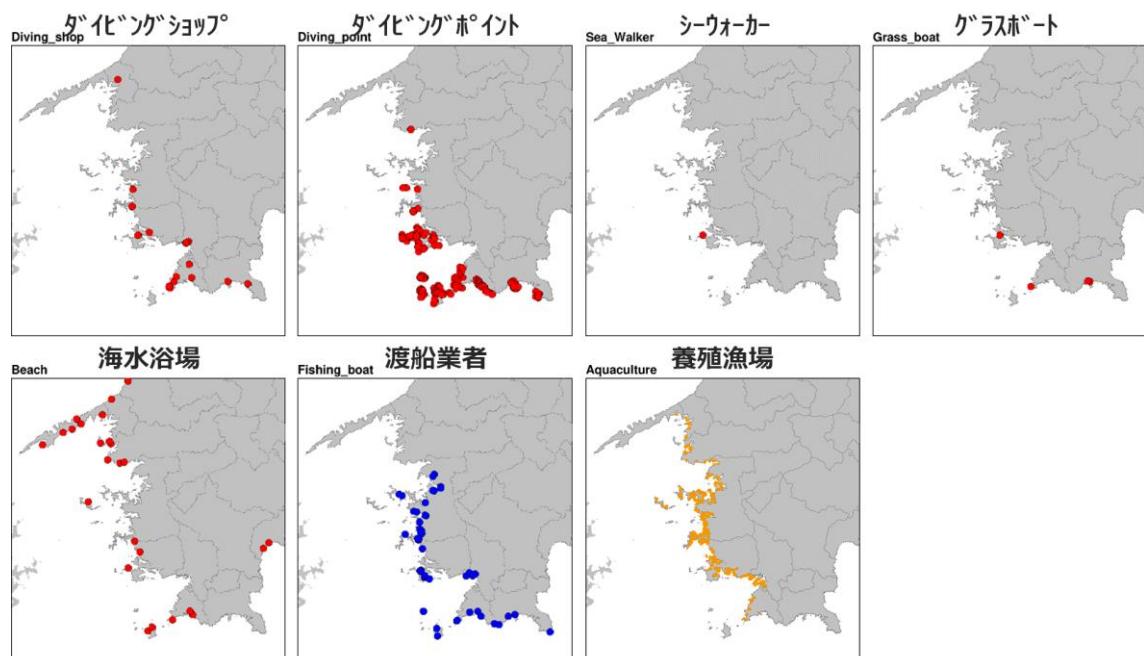


図 3.4-1 足摺宇和海国立公園周辺海域における観光業および養殖業の実施場所の一例

出典：行政区域地図（国土交通省 国土数値情報（行政区域データ）平成30年世界測地系）より作成

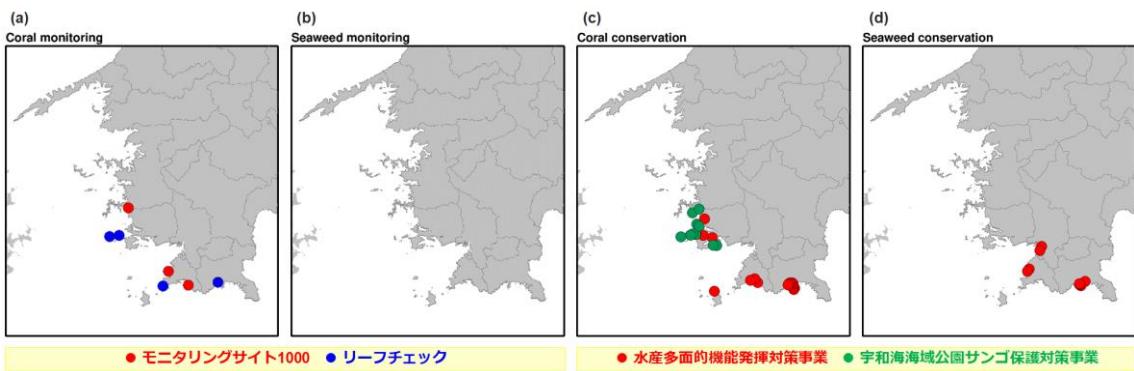


図 3.4-2 足摺宇和海国立公園周辺海域における (a) サンゴのモニタリング、(b) 大型海藻のモニタリング、(c) サンゴの保全活動、(d) 大型海藻の保全活動の実施場所の一例。

保全活動の実施場所は年によって大きく異なることがある。

出典：行政区域地図（国土交通省 国土数値情報（行政区域データ）平成 30 年世界測地系）
より作成

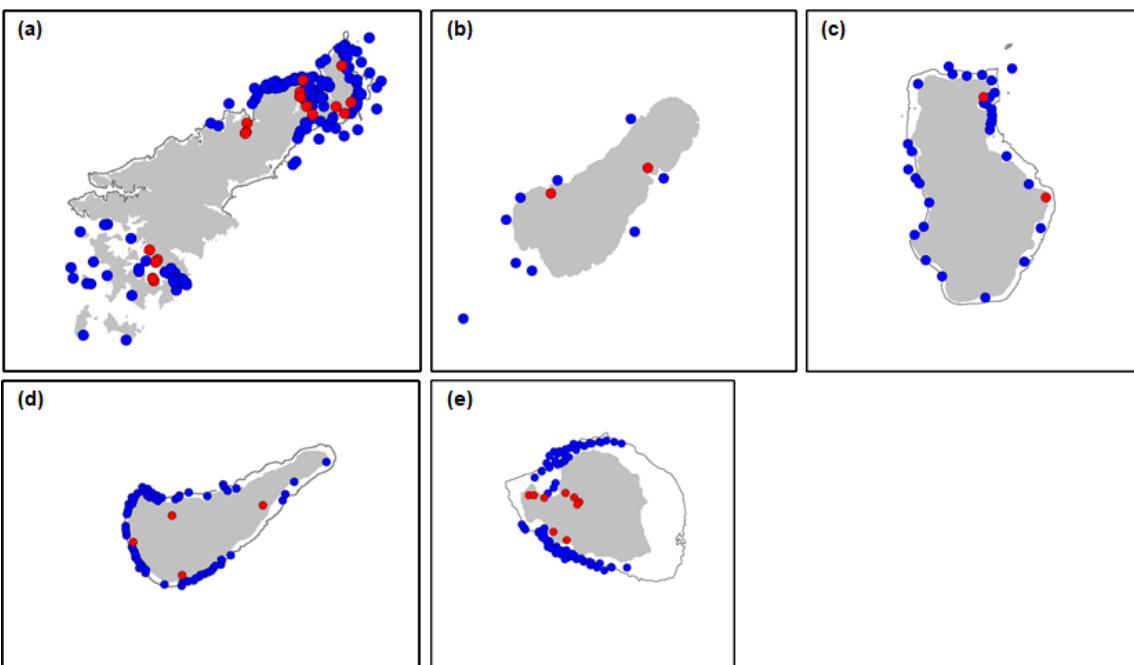


図 3.4-3 奄美群島国立公園周辺海域 (a : 奄美大島周辺、b : 喜界島、c : 徳之島、d : 沖永良部島、e : 与論島) におけるダイビングショップ（赤丸）およびダイビングポイント（青丸）の一例

出典：行政区域地図（国土交通省 国土数値情報（行政区域データ）平成 30 年世界測地系）、海底地形デジタルデータ（日本水路協会）より作成

3.4.2 有識者ヒアリングの結果

3.4.2.1 白神山地世界遺産地域および妙高戸隠連山国立公園

ヒアリング調査の主な結果について、下記の表にまとめた。

表 3.4-3 ヒアリングにおける主な結果一覧

| 項目 | 内容 |
|-----------------------|--|
| 気候モデル | <ul style="list-style-type: none"> ● 雨・雪の再現性はモデルにおける格子間隔（山岳地形の再現性・高さ）に強く依存し、解像度が高いほど再現性が高い。 ● 使用する目的に応じて、モデル出力を適切にバイアス補正することが必要。 ● 山岳では十分な検証データが得られずモデル開発上の問題となっている。 ● 地形が急峻な場所、陸域の面積が少ない島嶼などは予測しにくい。 |
| 分布モデリング 【ブナ・ライチョウ】 | <ul style="list-style-type: none"> ● ニッヂモデリングによるブナ優占林の種組成は、将来気候下では温暖になりナラの優占が予測された。ニッヂモデリングは種間相互作用の欠落や移動分散に関するパラメータなど不足部分もあるが、現状で他に決め手となるものもなく、一つの結果として意義がある。 ● 気温の上昇に伴うブナの変化として、カシなどに対する種間競争に負ける、またブナは虫害には弱く、カミキリムシなどによる影響が考えられる。 ● 融雪の早期化：積雪がないとブナの種子がネズミに食べられてしまう、積雪の減少により、ブナが持つ雪圧耐性により確保していた場所を他の樹種に奪われる可能性はある。 ● 火打山ではライチョウの餌となる広葉草本が減少してイネ科草本が増えしており、植生変化を通じたライチョウの分布や個体数の変化も考慮する必要がある。 |
| ライチョウ生態・保全 | <ul style="list-style-type: none"> ● 火打山は日本で一番北でかつ最小の繁殖集団であり、日本のライチョウの祖先集団の生き残りと考えられる。 ● 個体数については 25 羽前後で長い間推移してきたが、北アルプスからのまとまった数の移入により 2008-2010 年にかけては大幅な増加が見られ、2009 年に 40 羽を確認した。しかし、その後個体数は減少に転じ、2017 年の繁殖数は 15 羽、縄張りは 5 つで、これまでの最低数となった。 ● 新たな捕食者の脅威（キツネ、テン、カラス）。 ● 植生変化：雪田・風衝地へのイネ科、アザミ等の背の高い植物の侵入により、ライチョウの餌場となる矮小落葉低木群落が減少。 ● 営巣環境の変化：温暖化によりハイマツの背丈が高くなり営巣できなくなり、草地等ハイマツ以外に営巣するようになった。 ● 域内保全には、ケージ保護が有効であることが確認された。現在火打山では、イネ科植物の試験除去による高山植生の復元が環境省長野事務所により実施されている。 ● 域外保全を日本動物園水族館協会で推進中。親の盲腸フンをヒナが食べることで、消化を助ける細菌を受け取っていることが発見され、今後の飼育技術に反映されることになった。 |

3.4.2.2 足摺宇和海国立公園および奄美群島国立公園

● 足摺宇和海国立公園

足摺宇和海国立公園内および公園外の北側の地域において、サンゴの観光利用の状況、藻場の利用状況・認識、過去からの沿岸生態系の変化、将来の生態系の変化に対する期待・懸念についての聞き取り調査の結果を図 3.4-4 に整理した。国立公園内に位置する土佐清水市から愛南町にかけては観光業においてサンゴが積極的に利用されていることが分かる。

一方、後述するように、宇和海の北部においてもサンゴの分布は確認されているものの、現地住民にとって存在がほとんど認識されていないとともに、観光利用もされていないのが現状であった。藻場に関しては、宇和海の北部では漁業活動で積極的に利用されているものの、南側の海域では藻場の規模が小さいこともあり、資源としてはそれほど重要視されていなかった。過去からのサンゴや大型藻類の変化については、南側の海域では食害や極端

現象によりサンゴの減少が顕著である一方で、宇和海中部では藻場とサンゴの増減が生じており、北側では目立った藻場の減少は聞かれなかった。将来への期待・懸念に関しては過去からの変化を良く反映し、サンゴが減少している海域ではサンゴの増加を期待していることが多かった。現在藻場が中心の海域においてはサンゴそのものの増加に対しての期待や懸念はあまり聞かれなかった。

● 奄美群島国立公園

群島内の主な島（奄美大島、喜界島、徳之島、沖永良部島、与論島）においてサンゴの成育状況について聞き取り調査を行ったところ（図 3.4-5）、水温上昇によるサンゴの白化が多くの海域で目立っており、特にその影響は水深の浅い礁池内で著しいことが示された。一方で、サンゴの食害生物の出現状況や陸域負荷の度合いは島（地域）によって大きく異なっていることがうかがえる。

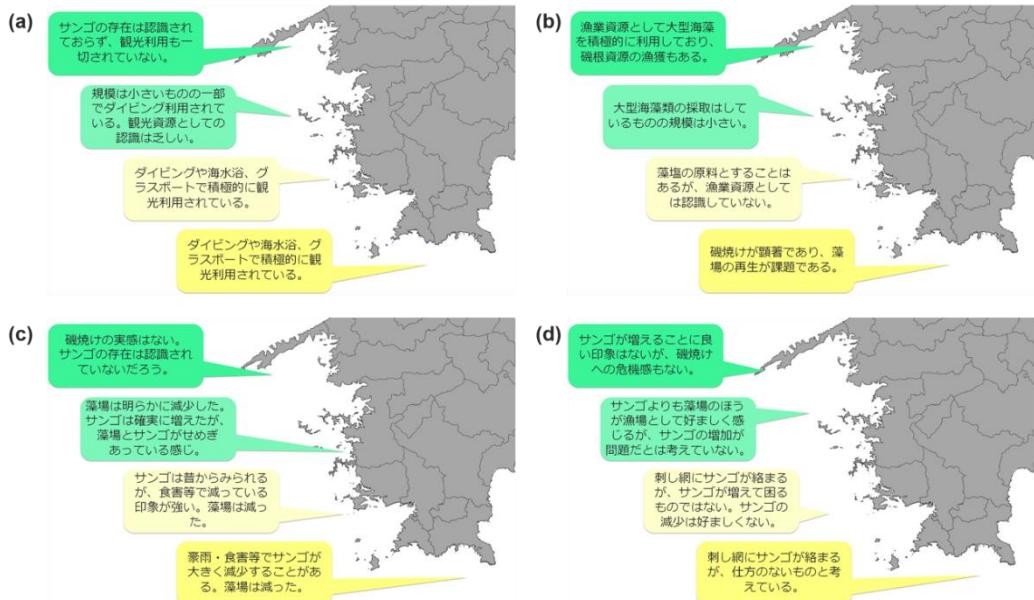


図 3.4-4 足摺宇和海国立公園周辺海域における (a) サンゴの観光利用、(b) 藻場の利用・認識 (c) 沿岸生態系の変化、(d) 生態系の変化に対する期待・懸念に関するヒアリング結果の概要

出典：行政区域地図（国土交通省 国土数値情報（行政区域データ）平成 30 年世界測地系）
より作成

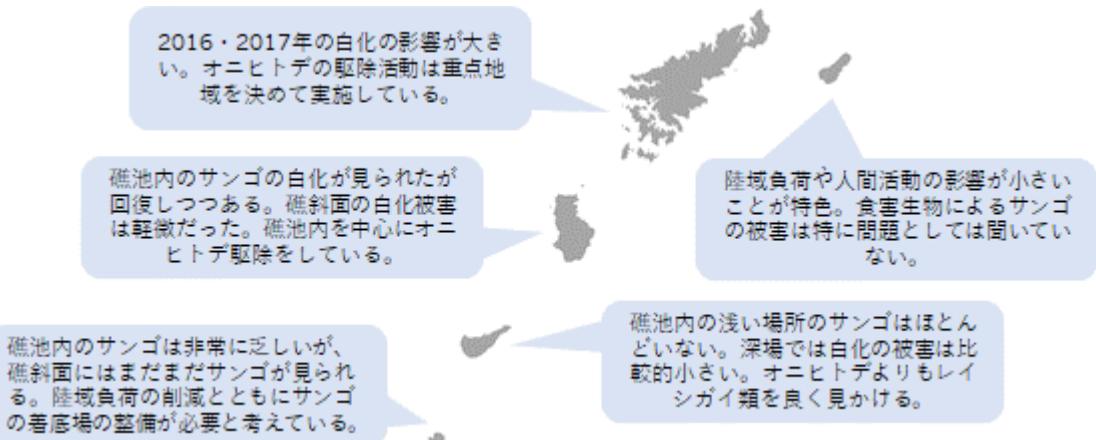


図 3.4-5 奄美群島国立公園周辺海域における近年のサンゴの成育に対する懸念に関する
ヒアリング結果の概要

出典：行政区域地図（国土交通省 国土数値情報（行政区域データ）平成30年世界測地系）
より作成

3.4.3 観測や実証実験の結果

3.4.3.1 白神山地世界遺産地域および妙高戸隠連山国立公園

1) 自神山地における携帯電話ネットワーク・データを用いた国立公園の利用実態把握

図 3.4-6 の左側に、暗門祭の開催日を含めた集計結果、右側に暗門祭の開催日を除外した集計結果を示している。暗門渓谷ルートへの訪問者は、暗門祭の開催日を含めた場合には 1 日平均 28.76 人であり、休日の利用者は平日の利用者数よりも 1 日平均約 6 人多い結果となった。一方で、暗門祭の開催日を除いた場合には、1 日平均 23.38 人となり、休日の利用者は平日の利用者数よりも 1 日平均約 2 人多い結果となった。次に、居住地から暗門渓谷ルートまでの距離に関して、暗門祭の開催日の有無に関わらず、平日の方が休日に比べて、より遠くから来訪している人が多いことがわかった。

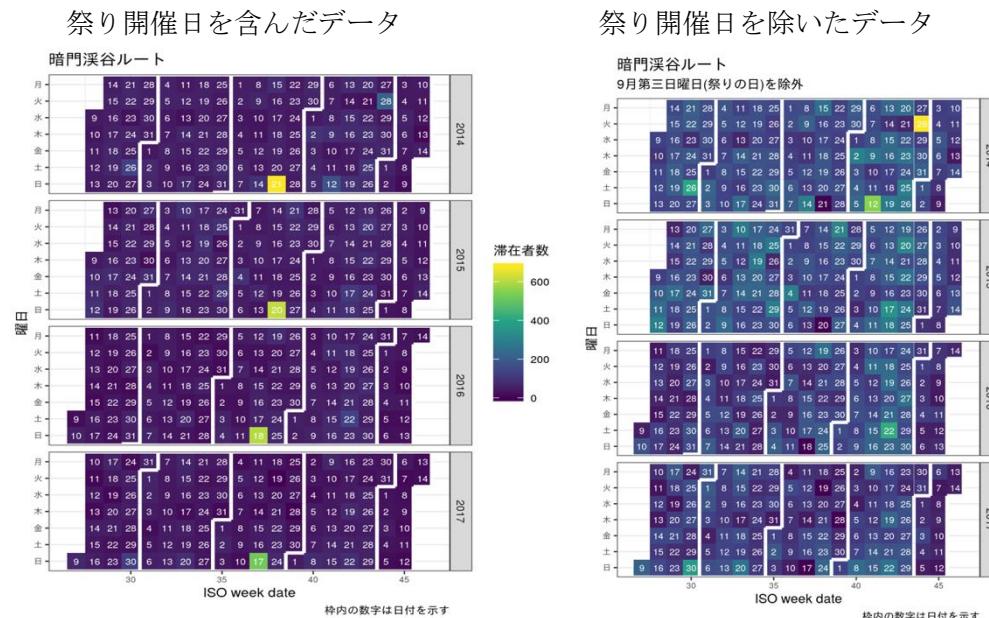


図 3.4-6 利用者数の推移

ゾーントラベルコスト法による分析の結果、各訪問者が暗門渓谷ルートを1回訪問することで得られる消費者余剰（レクリエーション価値）は、平日で984.8円、休日は暗門祭の開催日を含んだ場合408.2円、暗門祭の開催日を除いた場合383.0円であった。

最後に、算出された消費者余剰（レクリエーション価値）と紅葉の観測値との相関関係を図3.4-7に示す。図3.4-7より、消費者余剰は、紅葉観測値に大きく影響されないことがわかった。今後は調査範囲を拡大するなど、利用側からデータを精査するとともにレクリエーションとの関係を捉える際の紅葉観測値の妥当性についても検討する必要がある。

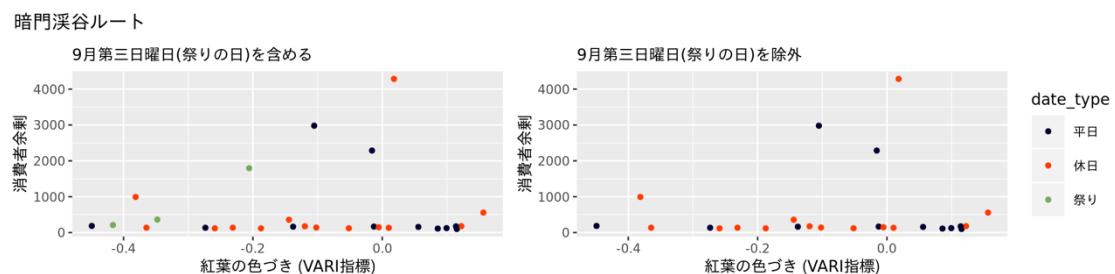


図 3.4-7 消費者余剰（レクリエーション価値）と紅葉観測値との相関関係

2)妙高戸隠におけるアンケート調査を用いた国立公園の利用実態把握

回収された331部のうち、高山湿原を想定したアンケート票への回答者は152名、お花畑を想定したアンケート票への回答者は146名であった。本調査では、それぞれのサンプルに対して、分析を行った。ランダム効用モデルに基づく条件付ロジットモデルによる分析の結果は、表3.4-2に示すとおりである。なお、分析ではエフェクトコーディングを採用しているため、各係数の相対値が重要な意味をもつことに注意されたい（Louviere, Hensher, & Swait, 2000）。

表3.4-4より高山湿原やお花畑の半減や消失は、現在の状態に比べて統計的有意に回答者の効用（満足感の度合い）を下げることがわかった。また、ライチョウの保全に関して、現状の妙高戸隠地域のライチョウの個体数を維持することに比べて、個体数の半減、また地域絶滅は回答者の効用を有意に下げることがわかった。一方で、ライチョウを動物園で域外保全することに関しては、地域絶滅と同じぐらい、もしくは、より回答者の効用を下げることがわかった。つまり、現状を維持する気候変動適応策が最も望まれていることがわかった。

最後に、表3.4-4の結果を用いて、各属性に対する回答者1人あたりの支払意志額の平均を求め、気候変動が妙高戸隠連山国立公園における利用者の効用に与える影響を算出した。結果として、気候変動に対する適応策を講じることにより、現在の状態を維持できた場合、一人あたり高山湿原で約3,176円、お花畑で約3,069円分の効用を増加させることができる事がわかった。また、ライチョウの保全に関して、気候変動によって絶滅するシナリオと比較して、現在の状態を維持することで約1,174円効用を増加させることができる可能性を示した一方、動物園で域外保全を行うことで約159円効用を低下させる可能性が示唆された。これらの結果は、高山湿原の消失を回避したり、ライチョウの絶滅を回避したりするた

めの適応策の実施に対し、人々が一定の支払い意志を有することを示す一方、域外保全は支持されない可能性を示している。これらの知見は妙高戸隠連山国立公園における協力金徴収の議論に対し、1つの科学的知見を提供するものとなるかもしれない。

表 3.4-4 ランダム効用モデルに基づく条件付ロジットモデルの分析結果

| 変数 | 高山湿原 | | お花畠 | | *** |
|------------------------------|---------|---------|--------|---------|---------|
| | 係数 | 標準誤差 | 係数 | 標準誤差 | |
| 代替特定定数項 | -1.57 | 0.199 | *** | -1.16 | 0.195 |
| 高層湿原やお花畠 | | | | | |
| 消失（管理なし） | -0.681 | | -0.951 | | |
| およそ半減（中程度の管理） | 0.206 | 0.0667 | *** | 0.125 | 0.0702 |
| 現状維持（十分な管理） | 0.475 | 0.0783 | *** | 0.826 | 0.0851 |
| ライチョウの保全 | | | | | |
| 地域内で絶滅（管理なし） | -0.197 | | -0.363 | | |
| およそ半減（中程度の管理） | 0.190 | 0.0932 | *** | 0.210 | 0.101 |
| 現状維持（十分な管理） | 0.322 | 0.0956 | *** | 0.513 | 0.0996 |
| 動物園で管理（域外保全） | -0.315 | 0.0847 | *** | -0.360 | 0.0919 |
| 協力金（訪問時に徴収）*10 ⁻² | -0.0364 | 0.00844 | *** | -0.0579 | 0.00853 |
| 対数尤度 | -576.2 | | -541.9 | | |
| 選択セット数 | 825 | | 830 | | |

*** p < 0.001; ** p < 0.01; * p < 0.05

3.4.3.2 足摺宇和海国立公園および奄美群島国立公園

● 足摺宇和海国立公園

足摺宇和海の9海域においては南北勾配に伴い、南方性のサンゴ主体の群集から温帯性の大型海藻が主体の藻場群集まで幅広い構成の生物群集が観察された（表 3.4-5、図 3.4-8）。温帯性藻場を代表するコンブ類海藻のクロメは最北の2海域に分布し、温帯性ホンダワラ類のイソモクは愛媛県内の海域の全てに出現した。熱帯性ホンダワラ類のヒイラギモクはクロメと相反し最北の2海域を除いた南側に出現した。南方性のイシサンゴ類は宇和島以南に出現し、宇和島市津島がその分布の境界線上にあたることが分かった。

● 奄美群島国立公園

奄美群島の浅海部（礁池内、礁斜面）においては多様なサンゴ群集が確認された（図 3.4-9）。ヒアリング結果にもあった通り、2016・2017年のサンゴ白化の影響が残るもの、回復しつつあることが分かった。また、水中の透視度は地点によって大きく異なり、陸域負荷等の影響を強く受ける地域もあることがうかがえる。

表 3.4-5 現地調査を実施した海域における主なイシサンゴ類と大型海藻類の出現状況
 ●は出現、ーは出現しなかったことを示している。2018年および2019年の5月から6月の
 観察結果に基づいている。

| 海域＼種 | イシサンゴ類 | | | 大型海藻類 | | |
|-----------|---------------|---------------|--------------|-------|-----|--------|
| | クシハダ ミドリイシ | エンタク ミドリイシ | ハナヤサイ サンゴ | クロメ | イモク | ヒイロイモク |
| 伊方町三崎 | ー | ー | ー | ● | ● | ー |
| 八幡浜市大島・佐島 | ー | ー | ー | ● | ● | ー |
| 西予市明浜 | ー | ー | ー | ー | ● | ● |
| 宇和島市津島 | ● | ● | ー | ー | ● | ● |
| 愛南町須ノ川 | ● | ● | ● | ー | ● | ● |
| 愛南町西海 | ● | ● | ● | ー | ● | ● |
| 大月町柏島 | ● | ● | ● | ー | ー | ● |
| 大月町西泊 | ● | ● | ● | ー | ー | ● |
| 土佐清水市竜串 | ● | ● | ● | ー | ー | ● |



図 3.4-8 足摺宇和海国立公園周辺海域における現地調査により撮影されたサンゴ群集もしくは大型海藻を中心とした水中景観および食害生物の出現状況の一例



図 3.4-9 奄美群島国立公園周辺海域における現地調査により撮影されたサンゴ群集を中心とした水中景観の一例（撮影場所は、A：奄美大島（礁池外）、B：奄美大島（礁池内）、C：奄美大島（水道部）、D：喜界島（礁池外）、E：徳之島（礁池内）、F：与論島（礁池内））

3.4.4 気候変動影響予測結果

3.4.4.1 白神山地世界遺産地域および妙高戸隠連山国立公園

(a) 白神山地における気候変動影響

白神山地におけるブナ稚樹の分布予測結果としては、全域に潜在分布域が広がっており、また高標高域で少し高い分布確率となるなど、概ね当該地における実情をよく表現できていると考えられる。一方で将来気候条件下においては、この潜在分布域が縮小していくことが予測された。潜在分布域の縮小は気温の上昇程度の違いに伴い、MRI-CGCM3 よりも MIROC5 の予測結果において温暖化とブナ稚樹の潜在分布域の縮小が顕著であり、MIROC5 の RCP8.5 シナリオにおける 21 世紀末の予測では、白神山地の領域内においても高標高域においてのみブナ稚樹の潜在分布域が残る結果となった。

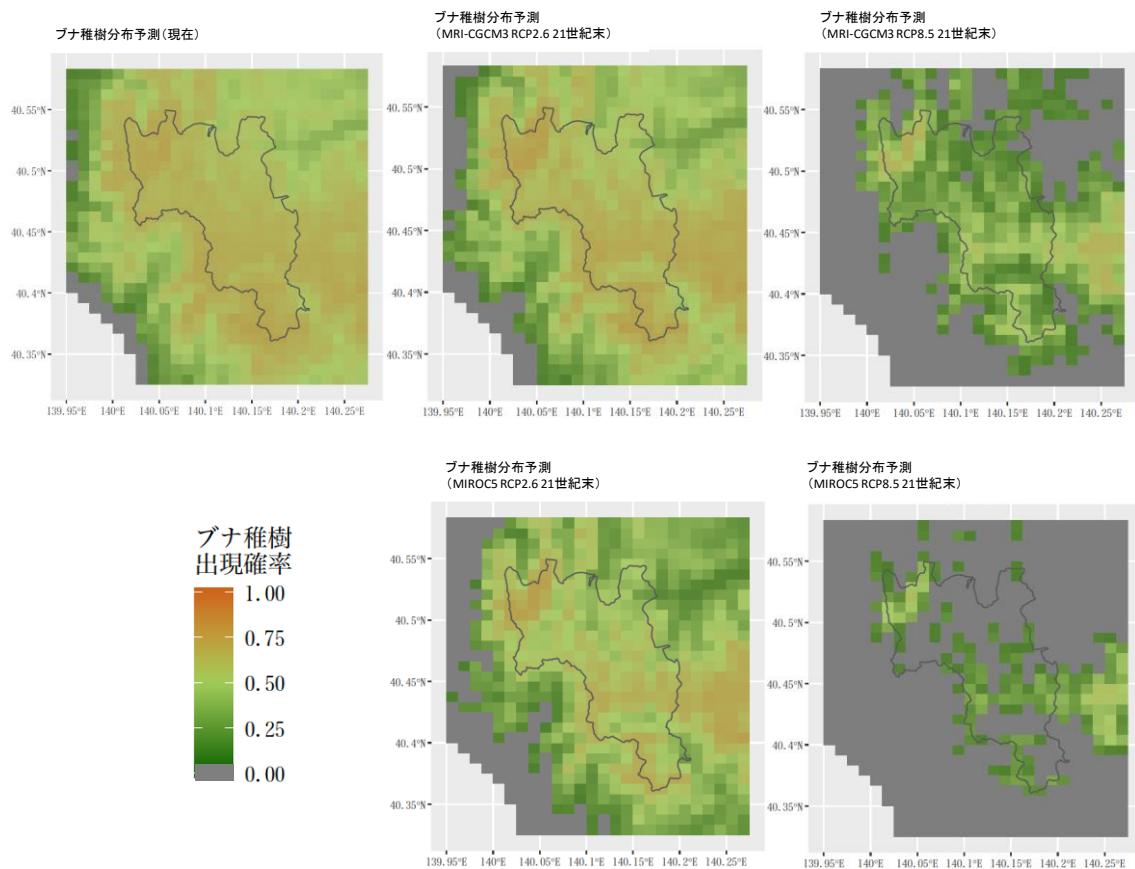


図 3.4-10 白神山地における現在・将来のブナ稚樹分布ポテンシャルマップ

一方、ブナの更新や下層植生の組成にも強く影響するニホンジカにおける分布予測では、現在当該地でのニホンジカの分布は見られないため当地での検証は不可能であった。しかし全国での予測結果に関しては先行研究でも検証されており (Ohashi et al. 2016)、十分な再現性が確認されている。将来予測の結果、21世紀中期からすでにニホンジカの侵入が生じることが予想され、21世紀末にはニホンジカの分布は全域に広がる結果となった。温暖化程度の違いを反映して、MRI-CGCM3 よりも MIROC5 の気候シナリオにおいてニホンジカの侵入は顕著であった。予測結果では北西部で分布確率が高かったが、南方からの分布拡大の可能性も考えるとこの点は詳細に検討する必要が考えられる。

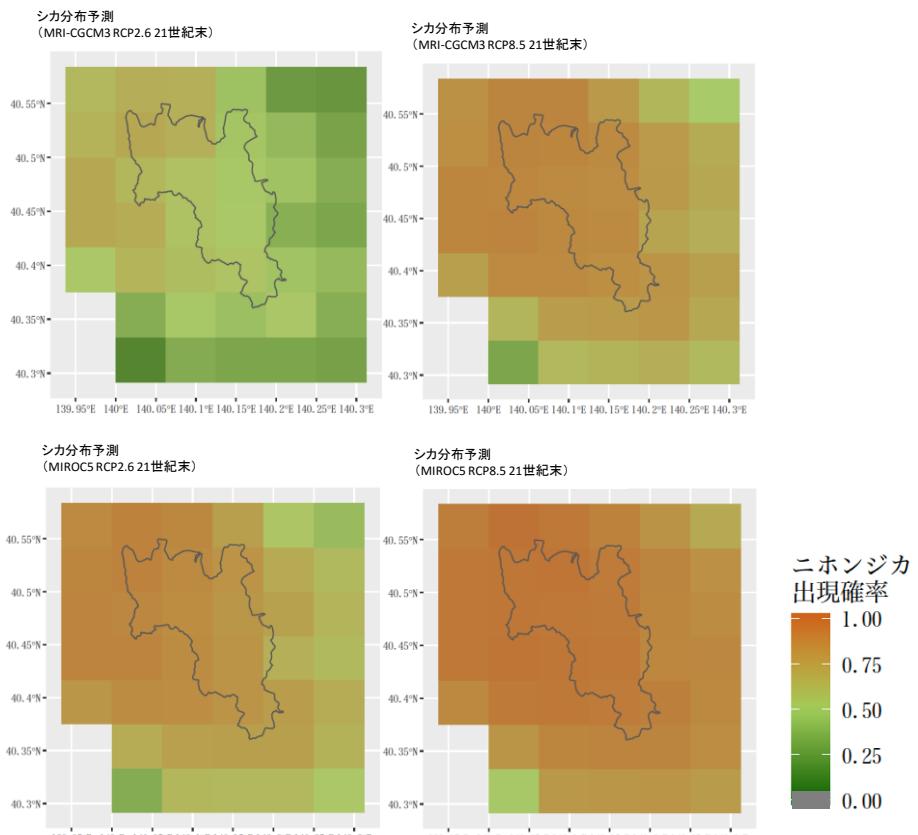


図 3.4-11 白神山地におけるニホンジカの将来分布ポテンシャルマップ

白神山地におけるブナの紅葉は、寒冷な高標高側から始まり徐々に麓に降りてくる変化を示すが、モデル予測結果はこの空間パターンをよく表現できていた。また将来予測においては、この空間パターンを維持したまま全体に紅葉最盛日が遅くなることが予測された。紅葉の遅延はMRI-CGCM3 よりも MIROC5 での予測結果において大きく、RCP8.5 シナリオでの 21 世紀末の予測では MRI-CGCM3 で 11 月下旬頃、MIROC5 で 12 月上旬頃になると予測された。なお現在気候下（1981-2000）の年々の温度条件による変化でも 20 日ほどのばらつきがあるが、予測された温暖化影響はこの年々変動による紅葉最盛日の変化幅を上回るものであった。また紅葉最盛日の変化量は、RCP2.6 シナリオや RCP8.5 シナリオでも 21 世紀中頃まではあまり大きな変化は見られなかったが、RCP8.5 シナリオの 21 世紀末になるとどちらの GCM においても変化量が大きかった（図 3.4-12）。

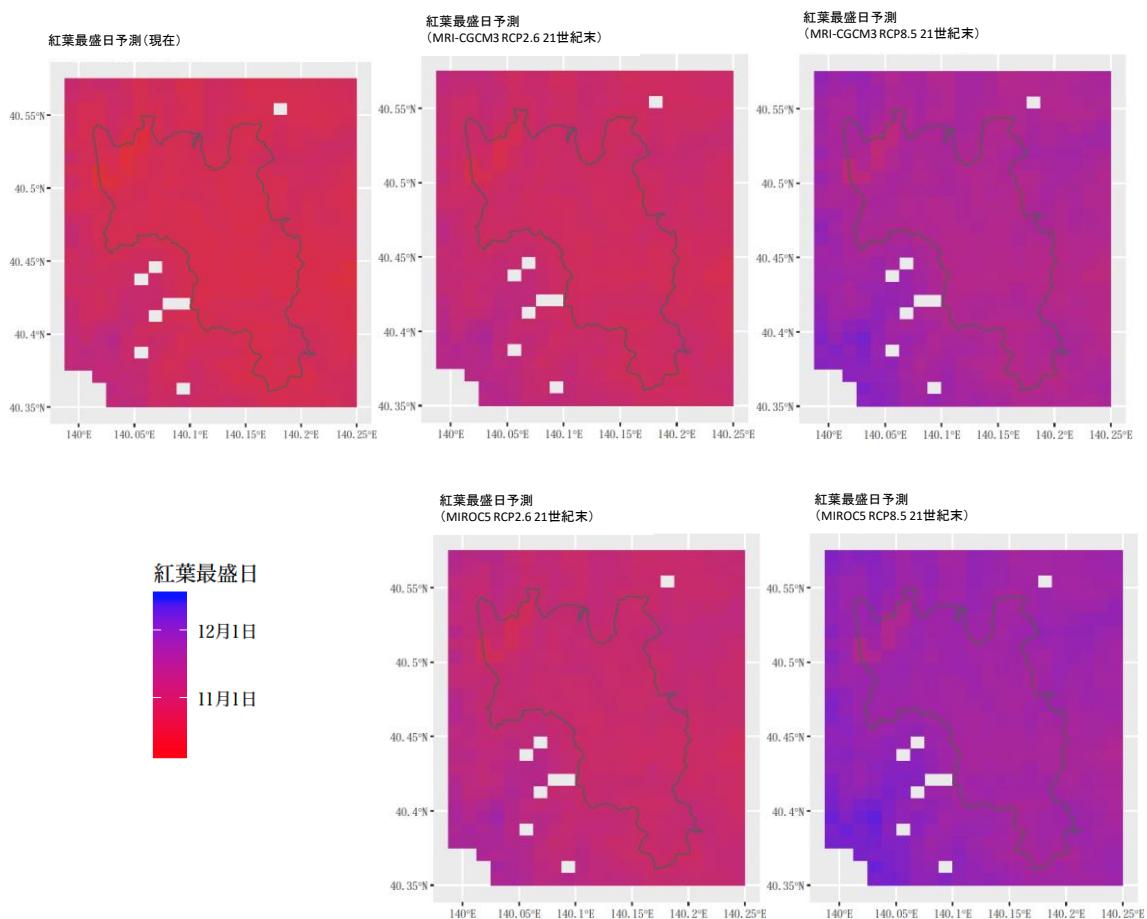


図 3.4-12 白神山地におけるブナ紅葉最盛日の現在および将来変化予測マップ

(b) 妙高戸隠連山国立公園における気候変動影響

保全対象、観光資源およびライチョウの生息環境として重要である、高山植生の気候変動に関する適応策の検討を行うため、高山植生および高山植生と競合する可能性のあるササ群落・亜高山帯森林植生の将来予測モデルを作成した。モデルの予測結果は、概ね現在の分布と同じパターンを描画できており（図 3.4-13）、推定精度としては、クロスバリデーションによる推定値と観察値の相関係数で、雪田草原は 0.63、高山低木群落が 0.40、ササ群落が 0.50、亜高山帯森林植生が 0.61 であった。高山低木群落については、分析範囲内での生息メッシュ数が少なかったためにモデルの精度が低下したと考えられる。

将来予測の結果としては、雪田草原は面積を半分程度に減らすものの火打山頂では存続し、ハイマツを含む高山低木群落は消失、亜高山帯森林植生が、特に RCP8.5 の 2100 年では顕著に高山帯に侵入することが予測された（図 3.4-13）。雪田植生の残存は種多様性の保全やライチョウの餌資源を考える上で好ましい予測結果ではあるが、同じ火打山頂部にも競合するササや亜高山帯森林植生の分布密度が高い予測結果も得られているため、これらの植生の境界部などで注意深い観察が今後必要と考えられる。

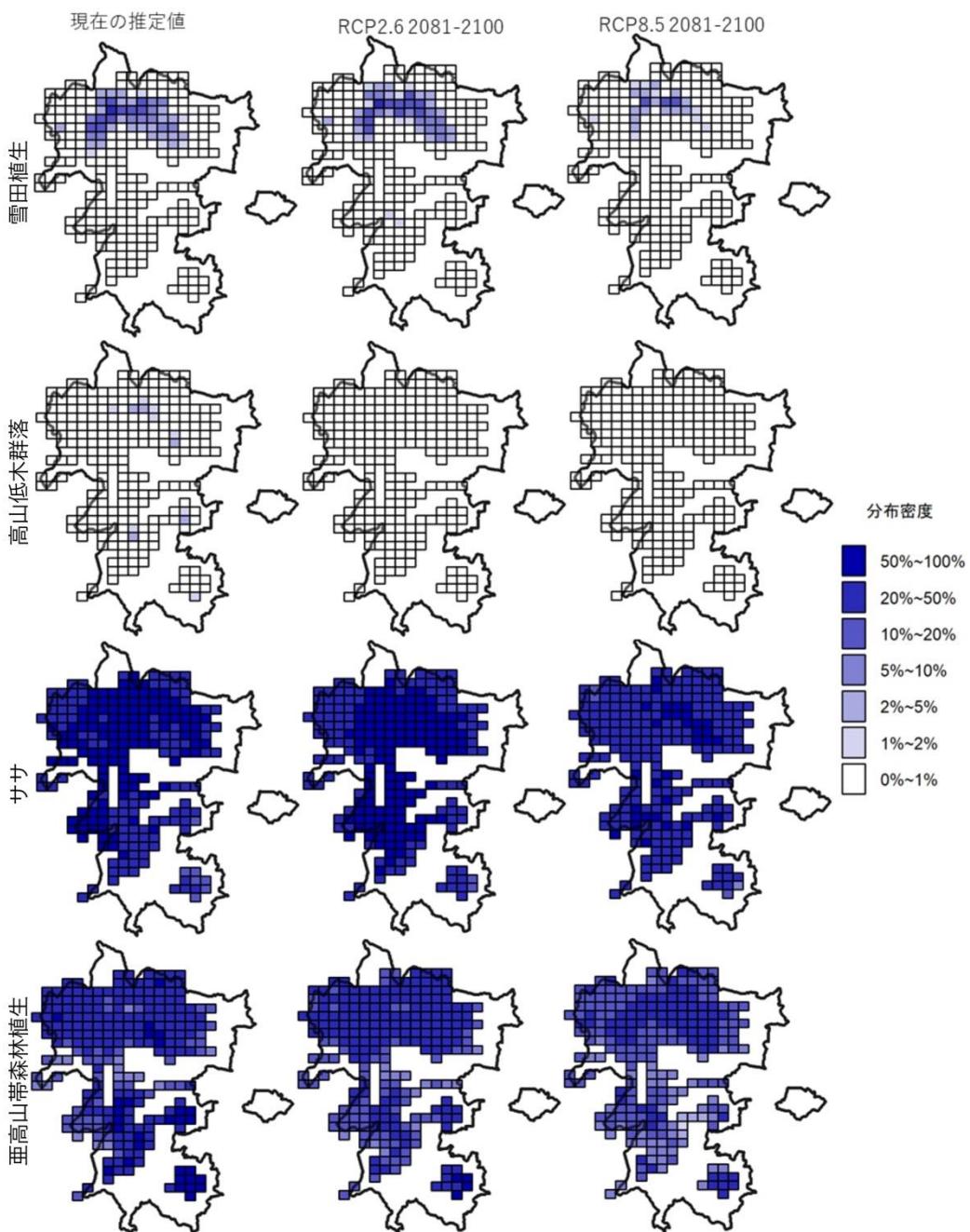


図 3.4-13 雪田草原・高山低木群落・ササ・亜高山森林群落の現在・将来分布予測

妙高戸隠におけるブナなど落葉樹林の紅葉は、山頂側から始まり徐々に麓に降りてくる変化を示すが、モデル予測結果はこの空間パターンをよく表現できていた。また紅葉最盛日の将来予測の結果として、現在気候下では 11 月中旬頃に紅葉最盛日が予測されているが、将来的な温暖化によって紅葉最盛日は遅くなることが予測された。紅葉の遅延は MRI-CGCM3 よりも MIROC5 での予測結果において大きく、RCP8.5 シナリオでの 21 世紀末の予測では MRI-CGCM3 で 12 月上旬頃、MIROC5 で 12 月中旬頃になると予測された。なお現在気候下（1981-2000）の年々の温度条件による変化でも 16 日ほどのばらつきがあるが、予測された温暖化影響はこの年々変動による紅葉最盛日の変化幅を上回るものであった。紅葉最盛日の変化量は、RCP2.6 シナリオや RCP8.5 シナリオでも 21 世

紀中頃まではあまり大きな変化は見られなかったが、RCP8.5 シナリオの 21 世紀末になるとどちらの GCM においても変化量が大きかった（図 3.4-14）。

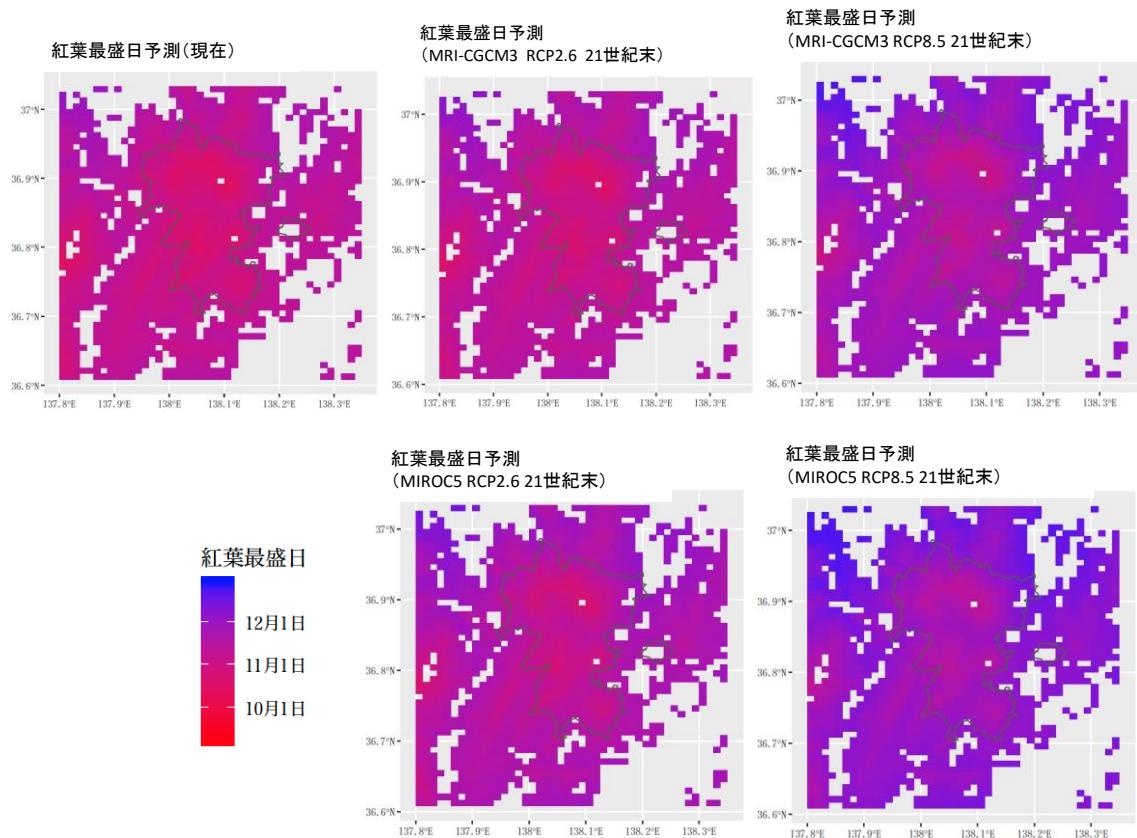


図 3.4-14 妙高戸隠におけるブナ紅葉最盛日の現在および将来変化予測マップ

3.4.4.2 足摺宇和海国立公園および奄美群島国立公園

● 足摺宇和海国立公園

2000 年代におけるアイゴの採食目安とオニヒトデの繁殖目安は概ね現場での観察・ヒアリングと整合性が見られたが、オニヒトデ低温生残目安ラインは現場での観測よりも約 30 km 北方、サンゴ低温生残目安ラインは約 50 km 北方となり過大推定の傾向が見られた（図 3.4-15）。RCP2.6 シナリオの将来水温における予測では、アイゴの採食目安およびオニヒトデの生存可能域が約 50 km 北上して瀬戸内海へ到達、さらにコンブ類の生存南限とオニヒトデ繁殖目安の限度は約 70 km 北上する予測となった。一方、RCP8.5 の将来水温のもとでは、足摺宇和海国立公園の全海域がアイゴの採食目安およびオニヒトデの生存可能域、オニヒトデの繁殖可能域となり、さらには同国立公園の全海域がサンゴの白化域となる予測となった（図 3.4-15）。

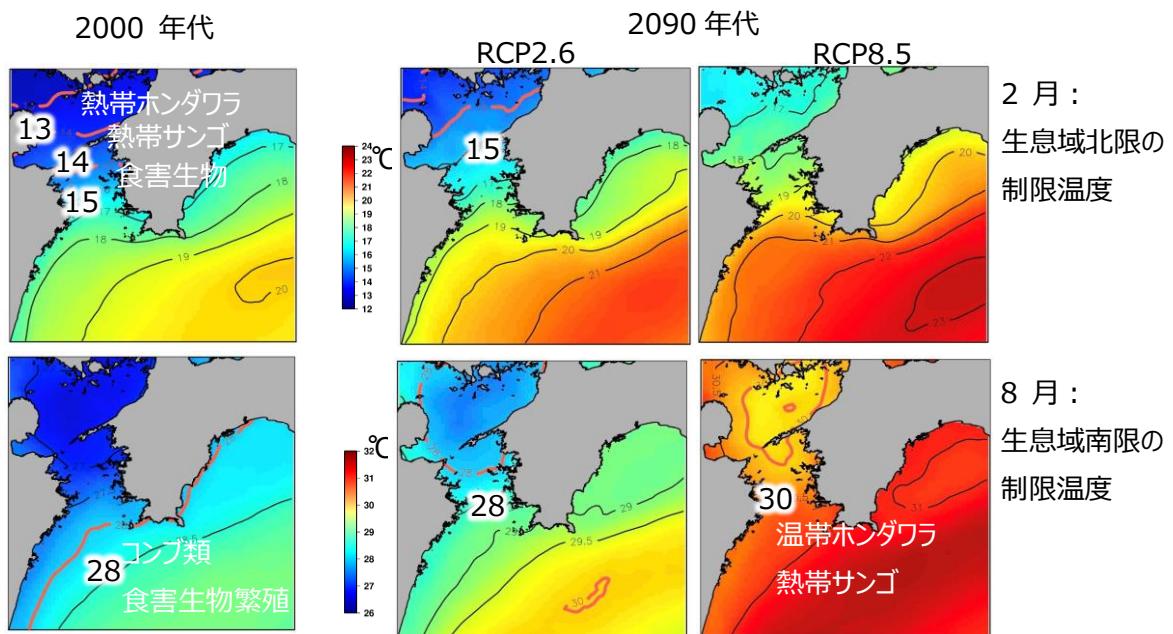


図 3.4-15 足摺宇和海の藻場・サンゴ群集における主要種の分布範囲の将来予測（上段：2月、下段：8月）

バイアス補正済み SI-CAT02 ver. 1 による月平均海面水温を用いた。ここでは例として、現在および RCP2.6 と RCP8.5 シナリオの 21 世紀末における結果を示している。サンゴの低温生存目安 14°C、オニヒトデの低温生存目安およびアイゴの採食目安 15°C、コンブ類の高温生存・オニヒトデの繁殖目安 28°C、サンゴの高温生存目安 30°C の等温線を赤色で示した。各水温目安の詳細は表 1.3.7 を参照。

● 奄美群島国立公園

＜サンゴの白化予測シミュレーション＞

2000 年代の奄美群島においては大部分の海域でサンゴ白化は起きていないという推定になった（図 3.4-16）。一方、2090 年代における RCP2.6 シナリオでは、大部分の海域で 10 年間に 2~3 年の頻度の白化が起こり、RCP8.5 では 10 年間に 5~9 年の頻度へと増大した。低白化リスクの海域は、RCP2.6 では奄美大島南部から徳之島、RCP8.5 では奄美大島のように異なっていた（図 3.4-16）。

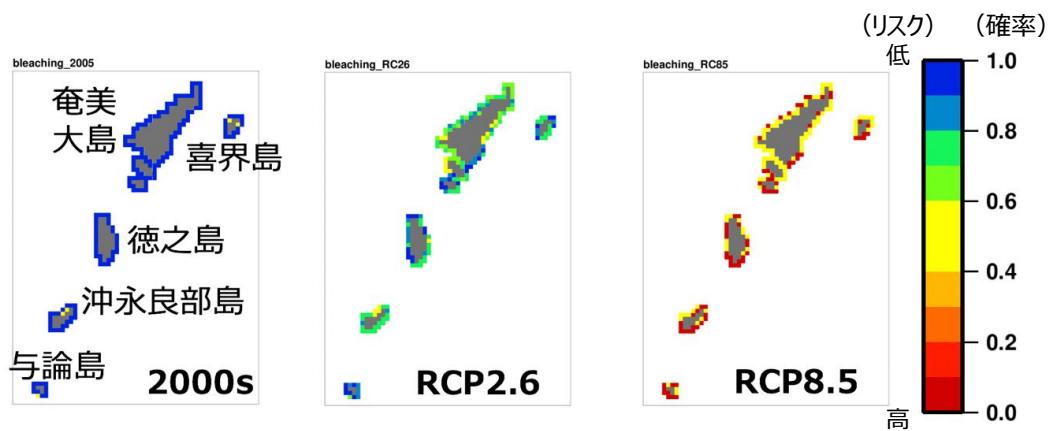


図 3.4-16 奄美群島のサンゴ群集におけるサンゴ非白化率（1 – 白化率）の将来予測
現況（2000 年代）および RCP2.6 と RCP8.5 シナリオの 2090 年代における各 10 年間の白化頻度の結果を
白化率として示す。

＜サンゴのコネクティビティシミュレーション＞

奄美群島の各島の周囲から放出した粒子の軌跡の経年変動からは、年によって分散の傾向が大きく異なることが分かる（図 3.4-17）。黒潮の本流に乗り、九州の東や四国沖まで輸送されるケースもあるものの、多くの場合奄美群島周辺に滞留していた。幼生のソース・シンクの関係を表現したコネクティビティマトリックスをみると、シナリオ間の違いは顕著でなかった（図 3.4-18）。

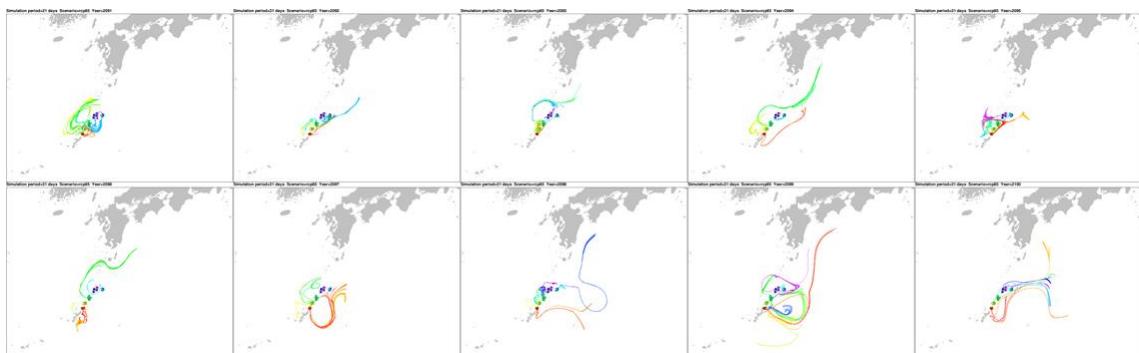


図 3.4-17 粒子分散シミュレーションによる 21 日間の粒子の軌跡の一例
ここでは例として、2090 年代の RCP8.5 シナリオにおける結果を示している。

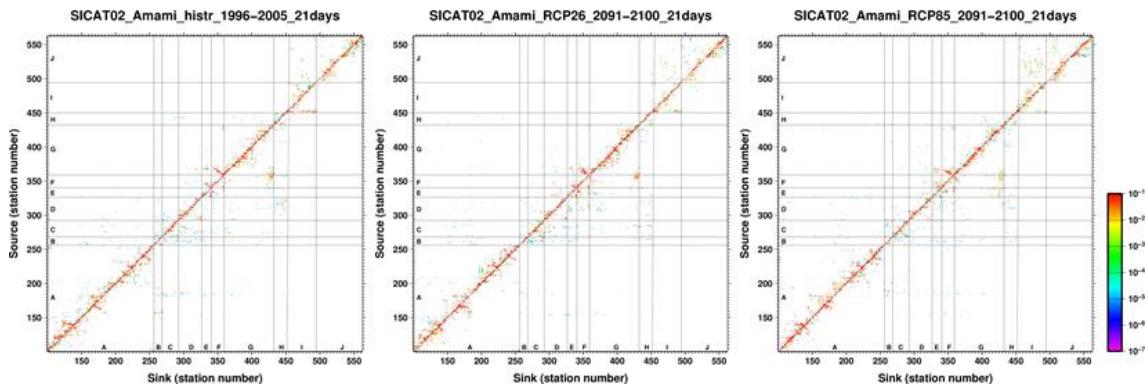


図 3.4-18 3 つの計算シナリオ（現在：1996～2005 年、RCP2.6 2090 年代、RCP8.5 2090 年代）によるコネクティビティマトリックス（A：沖縄本島、B：与論島、C：沖永良部島、D：徳之島、E：与路島・請島、F：加計呂麻島、G：奄美大島、H：喜界島、I：屋久島、J：種子島）

10 年分の平均値を示している。

＜保全適地の検討＞

足摺宇和海国立公園においては、RCP2.6 と 8.5 のいずれにおいても、公園区域内に温帶性コンブ類の生息可能な水温域は残存しなかった（図 3.4-15）。一方、温帶性ホンダワラ類は RCP2.6 では公園全域が生息水温となったが、RCP8.5 ではやはり公園区域内に生息可能域が残らなかった。しかし、RCP2.6 と 8.5 では公園全域が藻場を食害するアイゴの食害域となった。熱帶サンゴは RCP2.6 では公園全域が生息水温となったが、やはり RCP8.5 では公園区域外へと生息可能域が移動した。さらに、RCP2.6 と 8.5 のいずれにおいても、サンゴを食害するオニヒトデの繁殖域が公園全体へ及ぶ予測となった（図 3.4-15）。

奄美群島国立公園においては、2000 年代は低白化率と高加入率により良好に保全されるが、奄美大島において総合スコアにバラツキが見られた（図 3.4-19）。RCP2.6 では奄美大島において高白化率・低加入・供給の海岸で総合スコアが上昇、RCP8.5 では特に全体的な白化率の上昇による総合スコア低下が見られたが、一方で奄美大島に比較的低リスクの海岸が残った（図 3.4-19）。

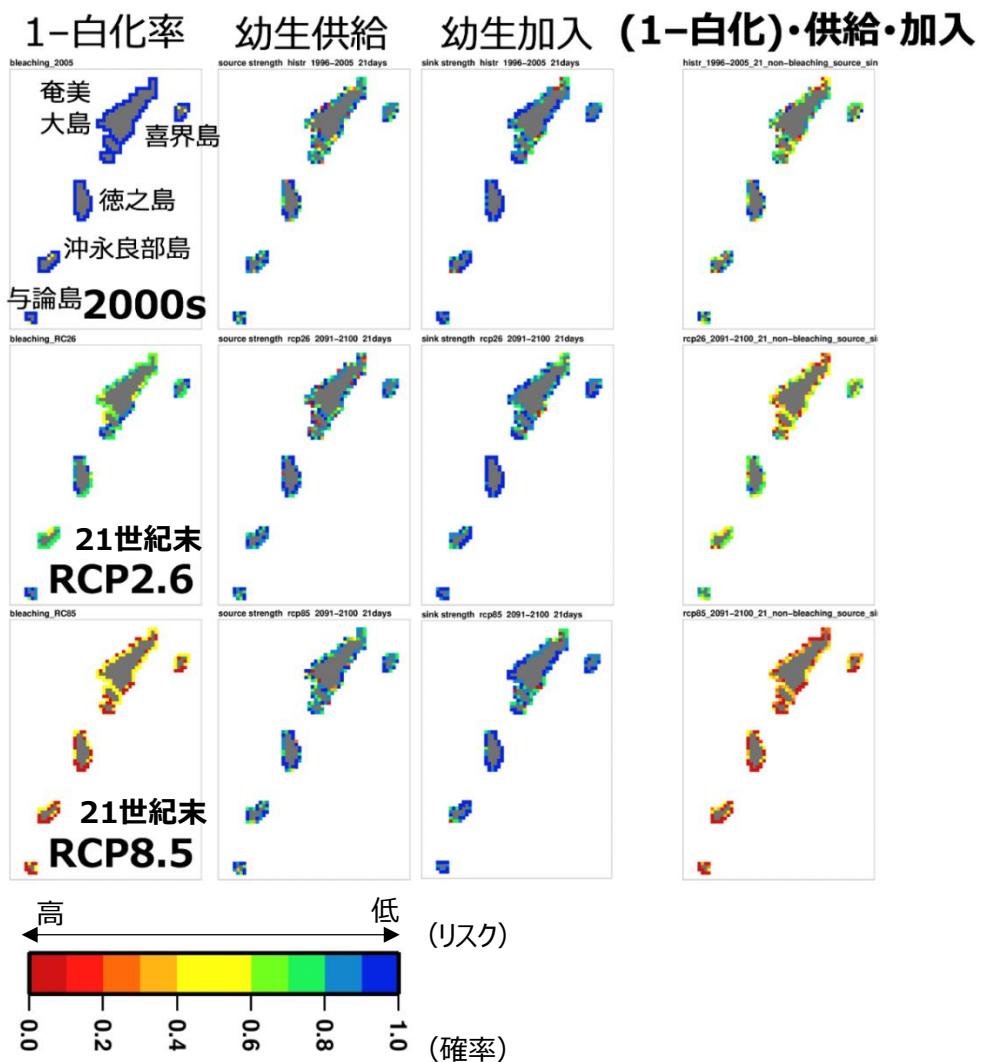


図 3.4-19 奄美群島におけるサンゴの白化、幼生供給、幼生加入の確率の積を保全適地の総合スコアとして用いた総合評価
現在および21世紀末のRCP2.6とRCP8.5シナリオにおける結果。

3.4.5 結果を活用する上での留意点・制限事項

3.4.5.1 白神山地世界遺産地域および妙高戸隠連山国立公園

分布予測結果においては、細かい立地条件や他種による競争排除や生育促進といった種間相互作用を考慮できていない点は注意する必要がある。たとえ対象種の潜在分布確率が高くとも、他の種においてよりその環境に適応した種が存在したり、既に定住している他の種が生き続けることによって生息場所が開かずに解析対象種が分布できない状況があり得るため、現地の生態系をよく考慮して本業務における結果を解釈する必要がある。本業務の解析対象は極相種であったり種よりも大きな植生タイプであるため、大きな齟齬が生じるとは考えられないが、グリッドごとの細かい分布確率については注意が必要である。また、種子の散布距離や実際に分布が消失するまでにかかる時間など、生態的なプロセスに関する挙動に関しては予測の対象外としている点は注意が必要である。将来予測結果で新しい生息場所が予測されていても、現在の分布域から遠く離れた場所である場合、その場所まで

種子を飛ばしてたどり着けるかどうかをさらに考慮する必要がある。こうした際、現在の分布域からバッファを発生させて参照する予測域を絞るなどの視点が、結果の解釈を考える上で必要となってくる。なお、予測に用いている雪のデータは現時点でもまだ検証中であり、今後微妙に値が変化する可能性がある。この際、空間的な分布パターンは大きく変化することは考えられないが、特定のグリッドにおける分布確率の値などは微妙に変わる可能性があるため、予測結果の利用・検討時には、将来的に A-PLAT に掲載される修正版を参考すること。

紅葉に関しては、衛星観測データを使用しているため、大気影響などにより地上での色づきの変化とは若干のズレがある可能性がある。衛星から観測した場合、地表面と衛星の間に存在する大気や霧、PM2.5 などの塵などによる影響を受けるため実際に現地で見える紅葉の色とは若干異なることがある。そのためより高精度に予測するには、実際に現地で観測した紅葉景観の写真などを使って補正や検証が必要である。しかし、本業務では紅葉の時間変化を主な解析対象としており、この時間変化パターンの解析においては衛星観測データであっても十分解析に耐えうると考えられる。また、気温以外の気象要素（日射量など）との関連や細かな種間・個体間差は考慮できていない点も注意が必要である。紅葉の時間変化にとって気温は重要なパラメータだが、副次的なパラメータとして他の気象パラメータを使用した統計モデルの報告もあり、高度化する際には検討が必要と考えられる。

また、あくまで本業務で使用したモデルに基づく予測結果であり、現地で起こる変化とは違ってくる可能性がある。生態系は複雑な系であり、それを踏まえた上で真摯に現場の事象と照らし合わせて検証・理解する必要がある。この予測における不確実性を十分に考慮して、モニタリングを伴いつつ 10 年や 20 年など定期的にモデルの改善を図り、順応的に活用する必要がある。

3.4.5.2 足摺宇和海国立公園および奄美群島国立公園

報告書の文量制限を鑑み、詳細な記述に関しては省略した。「3.1.6.2 本調査の将来予測の対象外とした事項」および「3.1.6.3 その他、成果を活用する上での制限事項」における記述を参照のこと。

3.5 適応オプション

3.5.1 手順

3.5.1.1 白神山地世界遺産地域および妙高戸隠連山国立公園

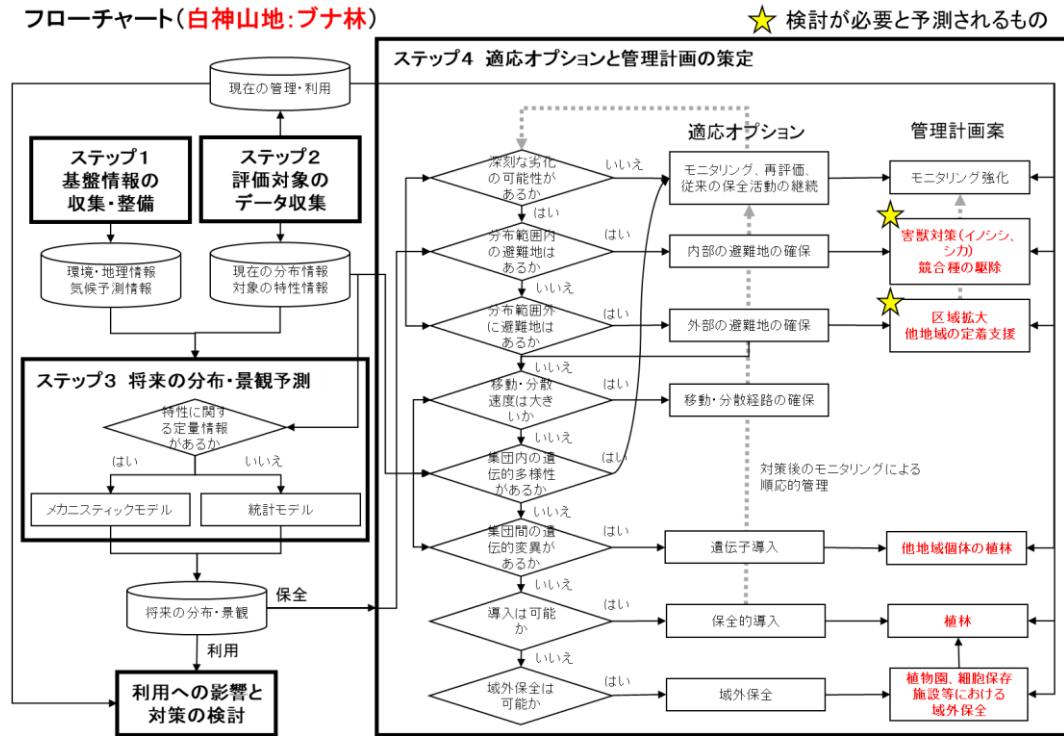


図 3.5-1 白神山地における評価のフロー チャート

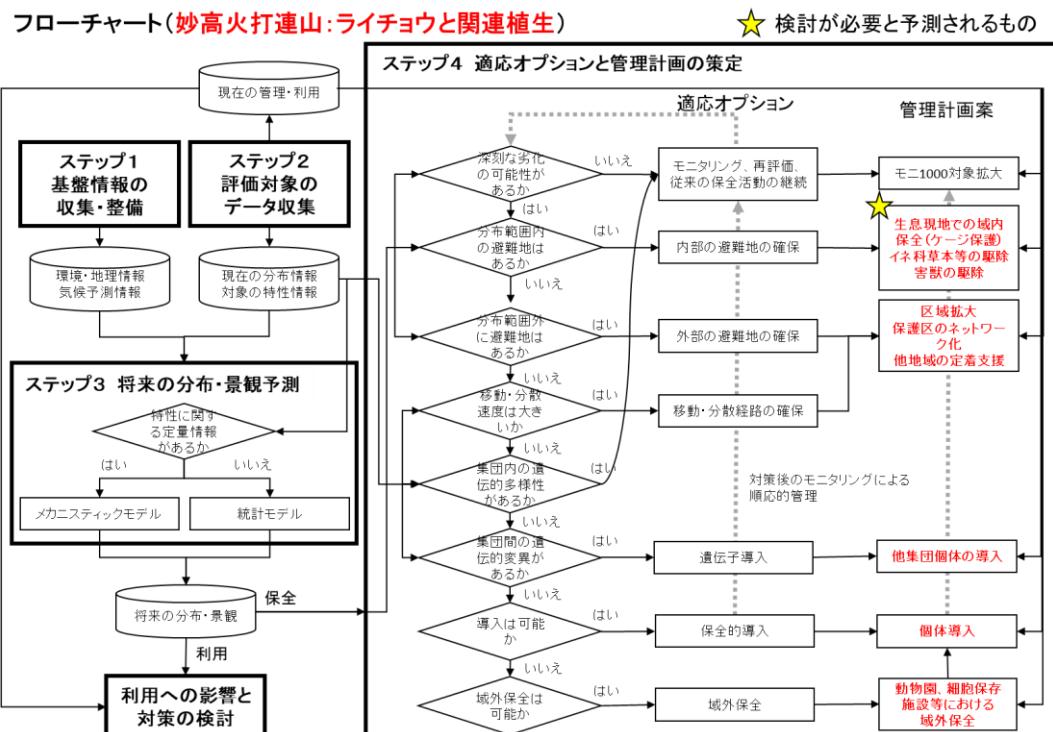


図 3.5-2 妙高戸隠における評価のフロー チャート

3.5.1.2 足摺宇和海国立公園および奄美群島国立公園

足摺宇和海国立公園の適応策検討は図 3.5-3 の要領で実施した。

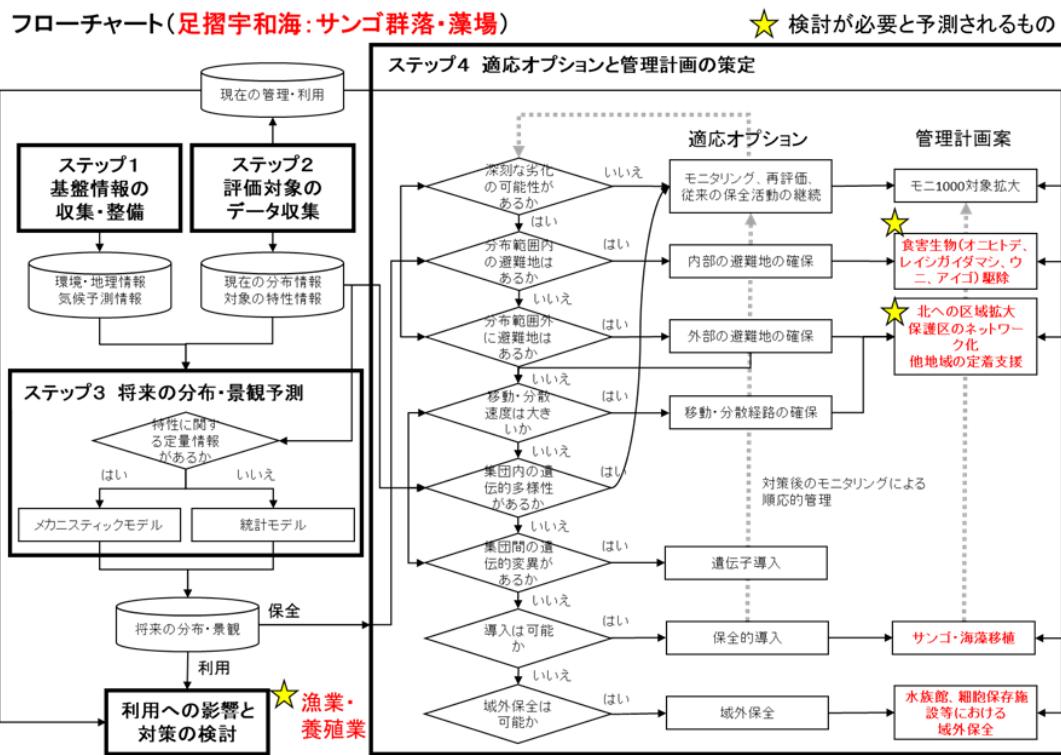


図 3.5-3 足摺宇和海国立公園における適応策検討のフローチャート

奄美群島国立公園の適応策検討は図 3.5-4 の要領で実施した。

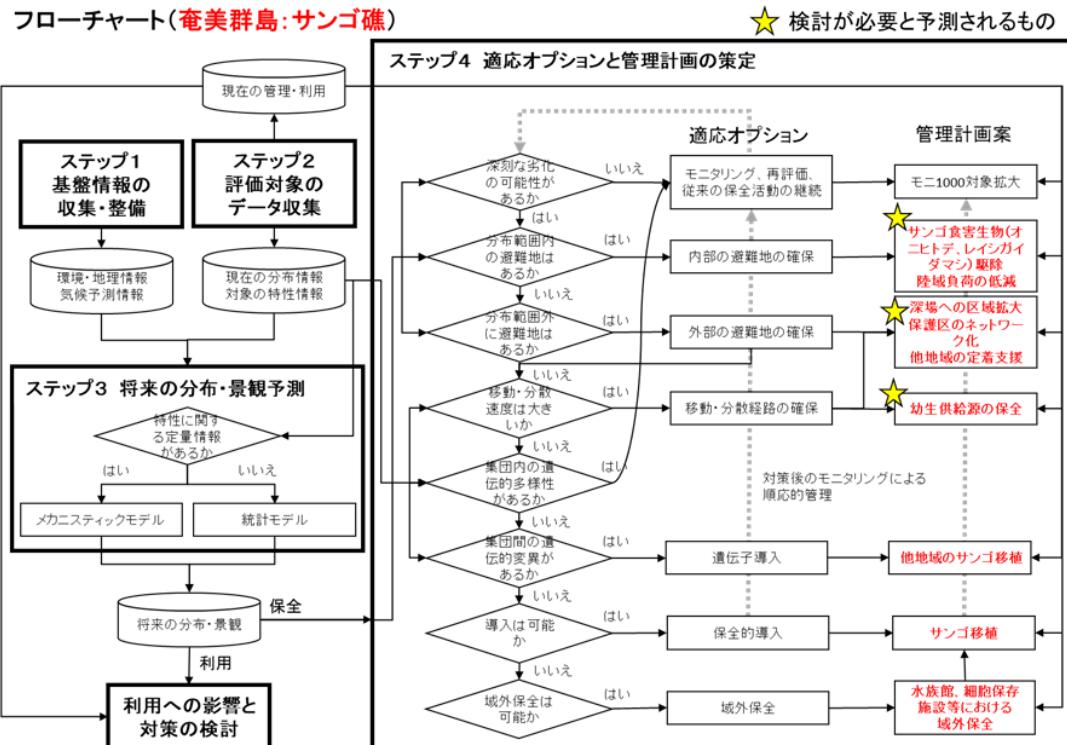


図 3.5-4 奄美群島国立公園における適応策検討のフローチャート

3.5.2 概要

3.5.2.1 白神山地世界遺産地域および妙高戸隠連山国立公園

表 3.5-1 白神山地における適応オプション一覧

| 適応オプション | 想定される実施主体 | | | 評価結果 | | | | | | | |
|----------------|-----------|-----|----|-----------|----------------------------|------|-------|------|----------------------|-----------|------------|
| | | | | 現状 | | | 実現可能性 | | | 効果 | |
| | 行政 | 事業者 | 個人 | 普及状況 | 課題 | 人的側面 | 物的側面 | コスト面 | 情報面 (知見/経験/データなど) | 効果発現までの時間 | 期待される効果の程度 |
| ニホンジカの駆除 | ● | ● | ● | 普及が進んでいない | ニホンジカ侵入の検出と初動計画の策定 | △ | ○ | △ | ◎ | N/A | 中 |
| 防鹿柵の設置 | ● | ● | | 普及が進んでいない | 保全優先性・実現可能性が高くシカ影響の強い場所の選出 | △ | ○ | △ | ◎ | 短期 | 中 |
| 更新施行によるブナ個体群維持 | ● | ● | | 普及が進んでいない | 現状ブナの更新は天然状態でも十分 | ○ | △ | △ | ◎ | 長期 | 中 |
| 紅葉予報システムの導入 | ● | ● | | 普及が進んでいない | 現在ある全国スケールの予測は認知度が低い | ◎ | ○ | ◎ | △ | 短期 | 中 |

表 3.5-2 白神山地における適応オプションの考え方と出典

| 適応オプション | 適応オプションの考え方と出典 |
|----------------|---|
| ニホンジカの駆除 | コア地域での実施は困難を極めるため周辺地域でいかに止めるかが肝要。(参考: 環境省 2016) |
| 防鹿柵の設置 | 面積が限定的なため、場所の選定が重要。(参考: 自然環境保全センター 2011) |
| 更新施行によるブナ個体群維持 | 当地での技術的検討が必要だが、将来ブナ稚樹の生育が困難になる前に実行する。(参考: 森林総合研究所 2011) |
| 紅葉予報システムの導入 | 最適な観光利用の時期・場所を検討。民間予報との連携可能性。効果的なモニタリング体制の構築とセット。 |

表 3.5-3 妙高戸隠における適応オプション一覧

| 適応オプション | 想定される実施主体 | | | 評価結果 | | | | | | | |
|-------------|-----------|-----|----|-----------|----------------------|-------|------|------|------------------|-----------|------------|
| | | | | 現状 | | 実現可能性 | | | 効果 | | |
| | 行政 | 事業者 | 個人 | 普及状況 | 課題 | 人的側面 | 物的側面 | コスト面 | 情報面(知見/経験/データなど) | 効果発現までの時間 | 期待される効果の程度 |
| ライチョウの域内保全 | ● | ● | | 普及が進んでいない | 効果検証 | △ | ○ | △ | ◎ | 長期 | 中 |
| 侵入植生の駆除など | ● | ● | | 普及が進んでいない | 効果検証および面的な展開 | △ | ○ | △ | ◎ | 長期 | 低 |
| 紅葉予報システムの導入 | ● | ● | | 普及が進んでいない | 現在ある全国スケールの予測は認知度が低い | ◎ | ○ | ◎ | △ | 短期 | 中 |

表 3.5-4 妙高戸隠における適応オプションの考え方と出典

| 適応オプション | 適応オプションの考え方と出典 |
|-------------|--|
| ライチョウの域内保全 | 雪田植生残存域の入山規制や、高山植生(特にハイマツ)の代替検討など、ソフトな対策も検討の余地あり。(参考:環境省長野自然環境事務所2014) |
| 侵入植生の駆除など | ライチョウにとって特に重要な場所において、イネ科草本やササ、亜高山帯森林の植生の駆除などを検討。 |
| 紅葉予報システムの導入 | 最適な観光利用の時期・場所を検討。民間予報との連携可能性。効果的なモニタリング体制の構築とセット。 |

3.5.2.2 足摺宇和海国立公園および奄美群島国立公園

表 3.5-5 足摺宇和海国立公園における適応オプション一覧

| 適応オプション | 想定される実施主体 | | | 評価結果 | | | | | | | |
|-----------------|-----------|-----|----|-----------|--------------------------------------|-------|------|------|------------------|-----------|------------|
| | | | | 現状 | | 実現可能性 | | | 効果 | | |
| | 行政 | 事業者 | 個人 | 普及状況 | 課題 | 人的側面 | 物的側面 | コスト面 | 情報面(知見/経験/データなど) | 効果発現までの時間 | 期待される効果の程度 |
| 保護区の設定・公園範囲の見直し | ● | | | 普及が進んでいない | 効果に関する科学的知見はまだ少ない | △ | ◎ | N/A | ◎ | 長期 | 中 |
| 食害生物の個体数管理 | ● | ● | ● | 普及が進んでいる | 潜水作業が可能な人手不足と資金不足により普及はごく一部に限定される。高齢 | △ | ○ | △ | ◎ | 短期 | 大 |

| 適応オプション | 想定される実施主体 | | | 評価結果 | | | | | | | |
|--------------------------|-----------|-----|-----------|---|----|-------|------|------|------------------|-----------|------------|
| | 行政 | 事業者 | 個人 | 現状 | | 実現可能性 | | | 効果 | | |
| | | | | 普及状況 | 課題 | 人的側面 | 物的側面 | コスト面 | 情報面(知見/経験/データなど) | 効果発現までの時間 | 期待される効果の程度 |
| | | | | 化、過疎化による後継ぎ不足 | | | | | | | |
| 生物適応の補助(分布北上・温度耐性) | ● | ● | 普及が進んでいない | 人為的な生息域外導入や生物操作に関する科学的知見はまだ少ない | △ | △ | △ | ◎ | 長期 | 中 | |
| 漁獲対象種の変化に応じた漁業形態・対象種の再検討 | ● | ● | 普及が進んでいない | 見慣れない漁種に対する抵抗(流通、商品価値、漁法の対応)、地域をまたいだ漁獲物のシェアなど社会経済学的過大が大きい | △ | ○ | △ | ◎ | 長期 | 中 | |
| ダイビング・観光船の拡充等による生態系利用 | ● | ● | 普及が進んでいる | 普及はごく一部の民間業者に限られる。漁業者との潜在的コンフリクト、理解が得られにくい | △ | ○ | △ | ◎ | 長期 | 中 | |

表 3.5-6 足摺宇和海国立公園における適応オプションの考え方と出典

| 適応オプション | 適応オプションの考え方と出典 |
|--------------------------|--|
| 保護区の設定・公園範囲の見直し | 海洋保護区が気候変動影響を和らげる効果が解析的論文により示されている。(Bates et al. 2014) |
| 食害生物の個体数管理 | 食害生物の個体数管理は直接的な効果が数多く示されており、国内の先行事例も豊富。ただし、効果的な管理のためには、密度目標を設定し、重点海域への努力量集中を行う必要性がある。(岡地ほか 2019) |
| 生物適応の補助(分布北上・温度耐性) | 生物自体の適応能力を向上させる方法、サンゴで取り組みが始まっています、国内でも沖縄県事業などで進行中。 |
| 漁獲対象種の変化に応じた漁業形態・対象種の再検討 | 未利用漁種への対応は生態系の個体数管理に繋がる。藻場の食害生物の多くは漁獲が可能であり、それらについては直接的な効果も期待できる。国内数例の地域的取り組みの例がある。 |
| ダイビング・観光船の拡充等による生態系利用 | 漁業価値がない目新しい生物が観光資源としての経済的付加価値を持つようになり、また海中観察機会の増加は生態系保全の意識向上が期待される。 |

表 3.5-7 奄美群島国立公園における適応オプション一覧

| 適応オプション | 想定される実施主体 | | | 評価結果 | | | | | | | |
|----------------------|-----------|-----|----|-----------|---|-------|------|-------|------------------|-----------|------------|
| | 行政 | 事業者 | 個人 | 現状 | | 実現可能性 | | | 効果 | | |
| | | | | 普及状況 | 課題 | 人的側面 | 物的側面 | ココスト面 | 情報面(知見/経験/データなど) | 効果発現までの時間 | 期待される効果の程度 |
| 陸域負荷の軽減 | ● | ● | | 普及が進んでいる | 主な負荷源である農業・畜産からの土砂流出への対策は個々の事業者の負担が生じるため、資金的・労力的な課題がある。 | △ | ○ | N/A | ◎ | 長期 | 大 |
| 食害生物の個体数管理 | ● | ● | ● | 普及が進んでいる | 潜水作業が可能な人手不足と資金不足により普及は一部に限定される。 | △ | ○ | N/A | ◎ | 短期 | 大 |
| 生物適応の補助(分布北上・温度耐性) | ● | ● | | 普及が進んでいない | 人為的な生息域外導入や生物操作に関する科学的知見はまだ少ない | △ | △ | N/A | ◎ | 長期 | 中 |
| 幼生供給源海域の保全による幼生加入の確保 | ● | ● | ● | 普及が進んでいない | 地域をまたぐ広範囲を保全する必要がある。また幼生の供給・加入ネットワークは年変動が大きいため効果が予想しにくい | △ | ○ | N/A | ◎ | 長期 | 中 |

表 3.5-8 奄美群島国立公園における適応オプションの考え方と出典

| 適応オプション | 適応オプションの考え方と出典 |
|----------------------|--|
| 陸域負荷の軽減 | サンゴへの直接負荷の軽減や食害生物の発生抑制に貢献するため重要なが、地域流域や海流の特性とも関連するため効果の定量化は困難。(金城 2017) |
| 食害生物の個体数管理 | 食害生物の個体数管理は直接的な効果が数多く示されており、国内の先行事例も豊富。ただし、効果的な管理のためには、密度目標を設定し、重点海域への努力量集中を行う必要性がある。(岡地ほか 2019) |
| 生物適応の補助(分布北上・温度耐性) | 生物自体の適応能力を向上させる方法、サンゴで取り組みが始まっており、国内でも沖縄県事業などで進行中。 |
| 幼生供給源海域の保全による幼生加入の確保 | サンゴは広範囲で幼生の供給・加入ネットワークが構成されるため、広域の総合的な対策が必要。(山野 2017) |

3.5.3 個々の適応オプションに関する説明

3.5.3.1 白神山地世界遺産地域および妙高戸隠連山国立公園

ニホンジカの駆除

：侵入初期段階での効率的な駆除計画の設定が必要。この際経済的・人的な問題に加えて価値の高い場所（希少種の生育や温暖化後もブナ稚樹が生育できるなど）の選定が必要。

防鹿柵の設置

：面積が限られるため、駆除事業以上に場所の選定が重要。

更新施行によるブナ個体群維持

：将来ブナ稚樹が消失する領域で、消失する前に更新させてブナ個体群を可能な限り存続させる。当地に最適な施行方法の模索が必要。

紅葉予報システムの導入

：紅葉と気候の関係をモデル化したものと現地観測を合わせた紅葉予報の構築により、順応的な紅葉利用（イベント利用の時期・場所の変更）を促進する。民間予報との連携も検討課題。

ライチョウの域内保全

：現状のケージ保護に加えて、将来雪田植生の存続する場所の入山規制や、温暖化で消失が予想される高山植生の維持もしくは代替となる植生や構造物の検討が必要。

侵入植生の駆除など

：現状のイネ科草本以外に、ササや亜高山帯森林を含めた検討が必要。

3.5.3.2 足摺宇和海国立公園および奄美群島国立公園

足摺宇和海国立公園では、RCP2.6 シナリオの 2090 年代においては、生物多様性保全の適応策として、生物保護区の設定・公園範囲の北方への拡大、食害生物の個体数管理、およびコンブ類海藻の生物適応の補助（高温耐性の向上、北方への分散促進）が挙げられる（図 3.9-3）。漁業の適応策としては、気候変動に伴う魚種交替に応じた漁業の対象種や形態の再検討、観光業の適応策としては、気候変動に伴い増加する熱帯性生物の生態系を対象としたダイビング業・観光船等の拡充が考えられる。サンゴ食害生物の個体数管理については、個体数密度目標を設定し、利用可能なマンパワーを重点保全海域への努力量集中が有効である。藻場を食害する魚類は適切な処理を施せば食用としても適するため、漁業対象種として含めることによって藻場の保全にも寄与すると期待できる。さらに RCP8.5 シナリオの 2090 年代においては、同国立公園内が多くの温帯性種やサンゴの生息に適さなくなるため、生物多様性保全として取りうる適応策は、残存する温帯性種の生物適応補助をしつつ、公園区域外における保全を講じ、地域規模の環境負荷があれば軽減することが検討しうる。

奄美群島国立公園では、RCP2.6・8.5 シナリオのいずれにおいても、高温ストレスの増大によるサンゴ白化頻度の増大が主要なリスクであったため、各島の地域特性に対応しつつ、他の白化と関連する地域規模の環境負荷の軽減やサンゴ食害生物の個体数管理、高水温へのサンゴの生物適応の補助等の適応策を講ずる。陸域負荷の削減は主要な地域規模の適応策であるが、農林水産業との連携協力が不可欠である。

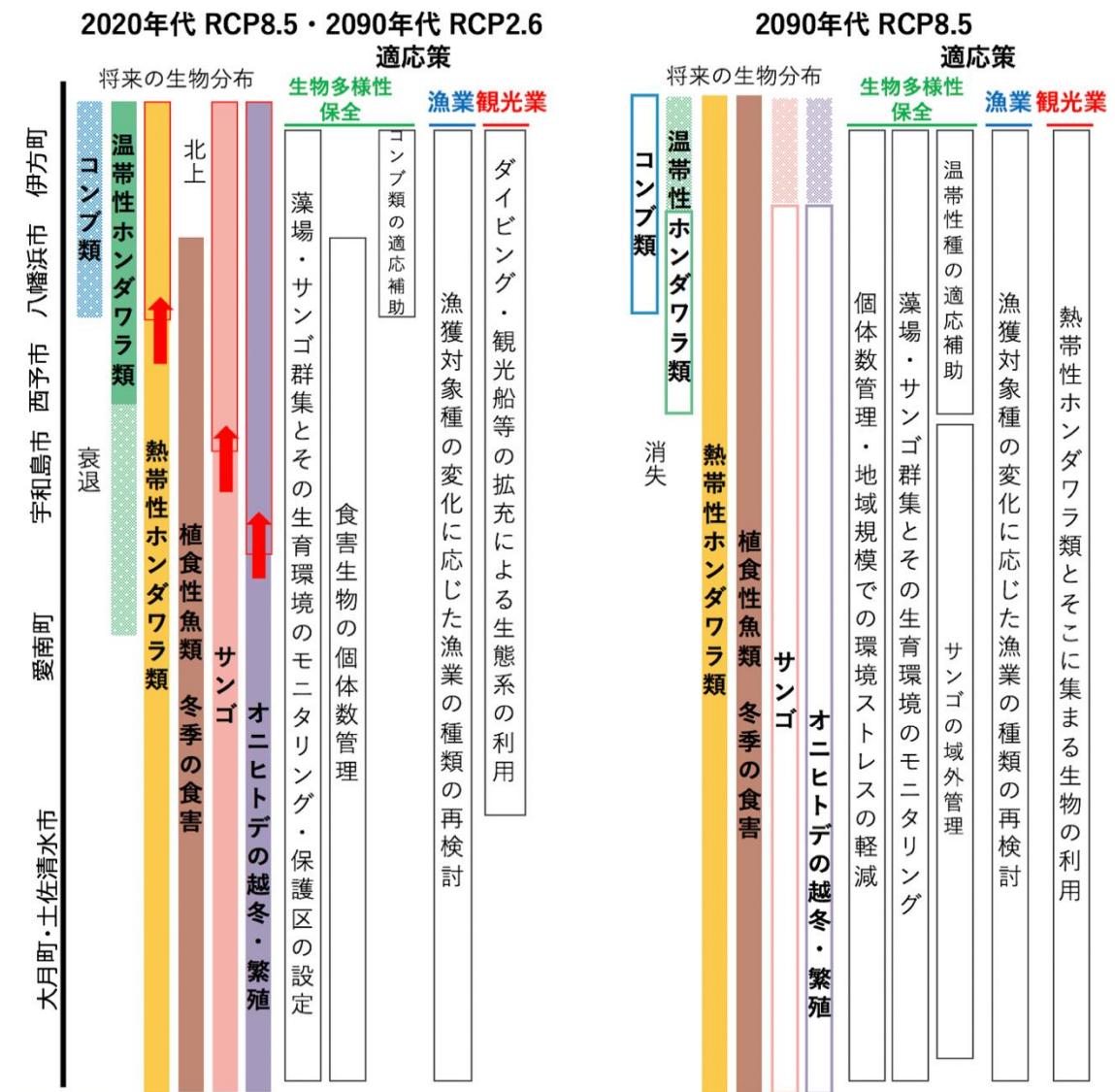


図 3.5-3 足摺宇和海国立公園における適応策

引用文献一覧

- 岡地賢, 小笠原敬, 山川英治, 北村誠, 熊谷直喜, 中富伸幸, 山本修一, 中嶋亮太, 金城孝一, 中村雅子, 安田仁奈 (2019). 沖縄県の複合的なオニヒトデ対策. 日本サンゴ礁学会誌 21: 91-110.
- 海洋生物環境研究所 (2012) 平成 23 年度火力・原子力関係環境審査調査（温排水生物群集影響調査）報告書. 海洋生物環境研究所, 東京, 1-191.
- 金城孝一 (2017) 陸域からの環境負荷対策について. 日本サンゴ礁学会誌 19, 87-94.
- 環境省 (2016) 特定鳥獣保護・管理計画作成のためのガイドライン (ニホンジカ編・平成 27 年度) .
- 環境省長野自然環境事務所 (2014) 第一期ライチョウ保護増殖事業実施計画.
- 自然環境研究センター (2011) 南アルプス国立公園ニホンジカ対策検討業務 報告書.
- 森林総合研究所 (2011) ブナ天然更新施業技術はどこまでできているのか (<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/koufu-pro/documents/seikasyu38-2.pdf>)
- 須藤俊造 (1992) 海藻・海草相とその環境条件との関連をより詰めて求める試み. 藻類, 40, 289-305.
- 田中俊充・四ツ倉典滋・木村創・能登谷正浩 (2008) 和歌山県沿岸に生育するカジメ・クロメ配偶体の生長と成熟および胞子体の初期生長に及ぼす水温の影響. 水産増殖, 56, 343-349.
- 馬場将輔 (2014) 海藻類の生育と温度との関係. 海生研ニュース, 124, 3-4.
- 八木宏・中山哲嚴・浜口昌巳・佐野朝昭・藤井良昭・杉松宏一 (2011) 瀬戸内海周防灘中津干潟周辺におけるメソスケールの流れの構造とアサリ浮遊幼生の分散特性. 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 67, 966-970.
- 山野博哉 (2017) 世界と日本におけるサンゴ礁の状況、今後の予測、そして保全に向けた取り組み. 日本サンゴ礁学会誌 19: 41-49.
- Babcock, R.C., Heyward, A.J. (1986) Larval development of certain gamete-spawning scleractinian corals. *Coral Reefs*, 5, 111-116.
- Bates, A. E., Barrett, N. S., Stuart-Smith, R. D., Holbrook, N. J., Thompson, P. A. & Edgar, G. J. (2014). Resilience and signatures of tropicalization in protected reef fish communities. *Nature Climate Change* 4: 62–67.
- Cowen, R.K., Sponaugle, S. (2009) Larval dispersal and marine population connectivity. *Annual Review of Marine Science*, 1, 443-66.
- Donner, S. D., Knutson, T. R., Oppenheimer, M. (2005) Model-based assessment of the role of human-induced climate change in the 2005 Caribbean coral bleaching event. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104, 5483-5488.
- Koide D, Higa M, Nakao K, Ohashi H, Tsuyama I, Matsui T, Tanaka N. (2016) Projecting spatiotemporal changes in suitable climate conditions to regenerate trees using niche differences between adult and juvenile trees. *European Journal of Forest Research* 135: 125–136.
- Kubo, T., Uryu, S., Yamano, H., Tsuge, T., Yamakita, T., & Shirayama, Y. (2020). Mobile phone network data reveal nationwide economic value of coastal tourism under climate change. *Tourism Management*, 77, 104010.

- Kumagai, N. H., García Molinos, J., Yamano, H., Takao, S., Fujii, M., Yamanaka, Y. (2018) Ocean currents and herbivory drive macroalgae-to-coral community shift under climate warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115, 8990–8995.
- Louviere, J. J., Hensher, D. A., & Swait, J. D. (2000). *Stated choice methods: analysis and applications*: Cambridge university press.
- Nagai, S., Saitoh, T., Nasahara, K. N., Suzuki, R. (2015) Spatio-temporal distribution of the timing of start and end of growing season along vertical and horizontal gradients in Japan. *International Journal of Biometeorology* 59: 47-54.
- Nishikawa, A., Katoh, M., Sakai, K. (2003) Larval settlement rates and gene flow of broadcast-spawning (*Acropora tenuis*) and planula-brooding (*Stylophora pistillata*) corals. *Marine Ecology Progress Series*, 256, 87-97.
- Ohashi H, Kominami Y, Higa M, Koide D, Nakao K, Tsuyama I, Matsui T, Tanaka N. (2016) Land abandonment and changes in snow cover period accelerate range expansions of sika deer. *Ecology and Evolution* 6:7763–7775.
- Sakamoto, T., Hasumi, H., Ishii, M., Emori, S., Suzuki, T., Nishimura, T., Sumi, A. (2005) Responses of the Kuroshio and the Kuroshio Extension to global warming in a high-resolution climate model. *Geophysical Research Letters*, 32, L14617, doi:10.1029/2005GL023384.
- Siegel, D.A., Mitarai, S., Costello, C.J., Gaines, S.D., Kendall, B.E., Warner, R.R., Winters, K.B. (2008) The stochastic nature of larval connectivity among nearshore marine populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105, 8974-8979.
- Sugimoto, S., Hanawa, K., Narikiyo, K., Fujimori, M., Suga, T. (2010) Temporal variations of the net Kuroshio transport and its relation to atmospheric variations. *Journal of Oceanography*, 66, 611-619.
- Takao S, et al. (2015) An improved estimation of the poleward expansion of coral habitats based on the inter-annual variation of sea surface temperatures. *Coral Reefs*, 34, 1125–1137.
- Thompson, D.M., Kleypas, J., Castruccio, F., Curchitser, E.N., Pinsky, M.L., Jönsson, B., Watson, J.R. (2018) Variability in oceanographic barriers to coral larval dispersal: Do currents shape biodiversity? *Progress in Oceanography*, 165, 110-122.
- Yamaguchi, M. (1987) Occurrences and persistency of *Acanthaster planci* pseudo-population in relation to oceanographic conditions along the Pacific coast of Japan. *Galaxea*, 6, 289-309.
- Yara Y, Oshima K, Fujii M, Yamano H, Yamanaka Y, Okada N. (2011) Projection and uncertainty of the poleward range expansion of coral habitats in response to sea surface temperature warming: a multiple climate model study. *Galaxea, Journal of Coral Reef Studies*, 13, 11–20.
- Yokochi, H., Ogura, M. (1987) Spawning period and discovery of juvenile *Acanthaster planci* (L.) (Echinodermata: Asteroidea) at northwestern Iriomote-jima, Ryukyu Islands. *Bulletin of Marine Science*, 41, 611-616.
- van Hooidonk, R., Maynard, A., Liu, Y., Lee, S. K. (2015). Downscaled projections of Caribbean coral bleaching that can inform conservation planning. *Global Change Biology*, 21, 3389–3401.