



講義2

自然生態系分野における気候変動適応

国立環境研究所
山野 博哉

国立研究開発法人 国立環境研究所 気候変動適応センター
令和3年度気候変動適応研修(中級コース)
2022年2月10日(木)





自然生態系分野における気候変動適応

国立環境研究所
生物多様性領域
山野博哉



発行日：2019年3月

発行：環境省自然環境局

〒100-8975 東京都千代田区霞が関1丁目2番2号

E-mail : NBSAP@env.go.jp

編集・協力：国立研究開発法人 国立環境研究所



2021年1月29日

国環研 令和2年度 地域気候変動適応計画研修（中級コース）

自然環境における 気候変動影響との付き合い方

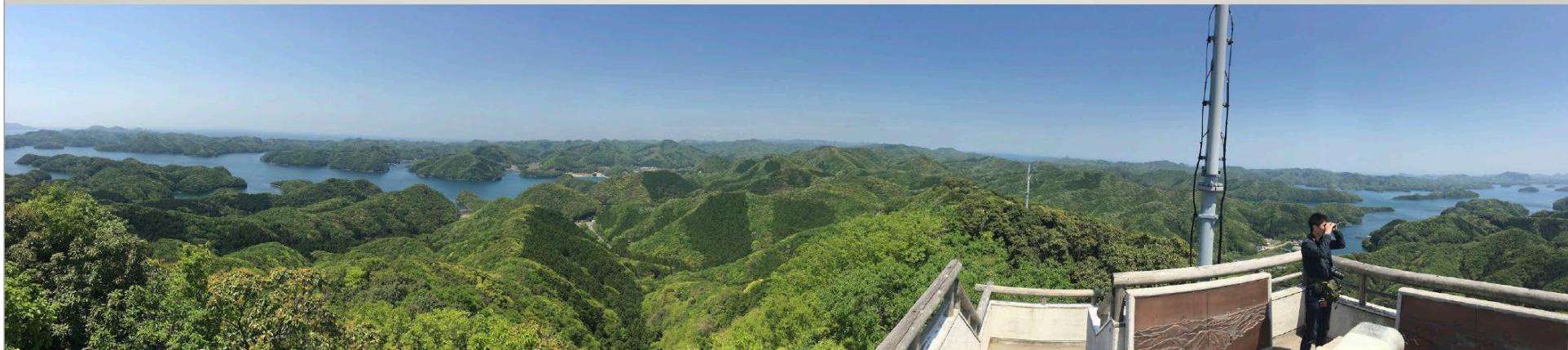
国立環境研究所 気候変動適応センター
気候変動影響観測室 研究員 小出大

2021年1月29日

国環研 令和2年度 地域気候変動適応計画研修（中級コース）

今回の目標

自然環境における気候変動影響に対する
適応の基本的な考え方を身につける



自然環境分野 での気候変動 適応策の 立案手順



1. 地元の自然とその意味を知る

2. どの様な変化が起きるのか
(影響評価)

3. どうやって対応するか
(適応策)



4. ネットワークを作って楽しく
長く見ていく



今回の目標

- ・ 自然生態系分野での適応策の考え方を知る
- ・ 実践への道筋を探る
- ・ 社会的な適応を考える

自然生態系分野における気候変動適応の基本的考え方

- ・ 気候変動に対応し生態系は全体として変化するため、これを人為的な対策により広範に抑制することは不可能である。
- ・ 従って、自然生態系分野における適応策の基本は、モニタリングを行って生態系と種の変化を把握することと、気候変動以外の要因によるストレスの低減や生態系ネットワークの構築により、気候変動に対する順応性の高い健全な生態系の保全と回復を図ることである。

「生物多様性分野における気候変動への適応についての基本的考え方」
平成27年7月環境省自然環境局
<https://www.env.go.jp/press/files/jp/27670.pdf>

生物多様性・生態系における気候変動適応の基本的考え方 (平成27(2015)年7月31日環境省報道発表)

【3つの視点】

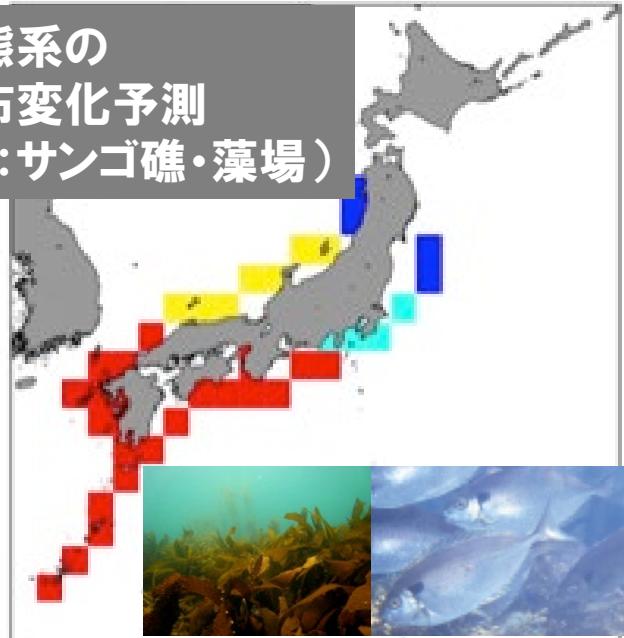
- ・ **気候変動が生物多様性に与える影響の低減**
 - ・ 気候変動の影響が少ない地域の特定と優先的な保全
 - ・ 気候変動以外のストレス低減
- ・ **気候変動に適応する際の一部として生態系の活用**
 - ・ 遊水池整備による水害の低減
- ・ **他分野の対策が行われることによる生物多様性への影響の回避**
 - ・ シナジー: 遊水池の整備に当たり、野生動植物の新たな生息・生育地を創出
 - ・ コンフリクト: 再生エネルギー施設設置

生物・生態系影響と適応計画

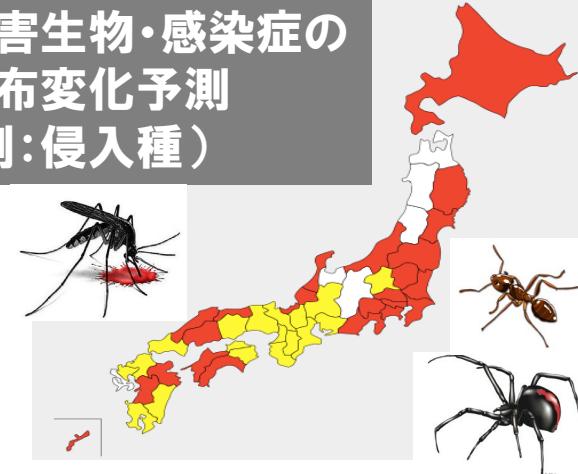
生物多様性分野における気候変動への適応についての基本的考え方;平成27年7月環境省自然環境局

気候変動要因(温度・降水量)+気候変動以外の要因(土地利用)
+生態学的要因(環境適応度、繁殖・分散様式)の統合モデル化による予測

生態系の
分布変化予測
(例:サンゴ礁・藻場)

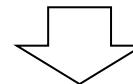


有害生物・感染症の
分布変化予測
(例:侵入種)

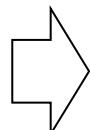


- ✓ 気候変動の影響が少ない地域の特定と優先的な保全
- ✓ 気候変動以外のストレス低減
- ✓ 移動・分散経路の確保、生態系ネットワークの形成
- ✓ 生態系を活用した適応策の推進

- ✓ 現在の生態系・種を維持するための管理



- 国～自治体での適応計画策定支援
 - 駆除活動の指針
 - 検疫・防除手法開発
 - 保護区設計
 - 人間活動の負荷低減



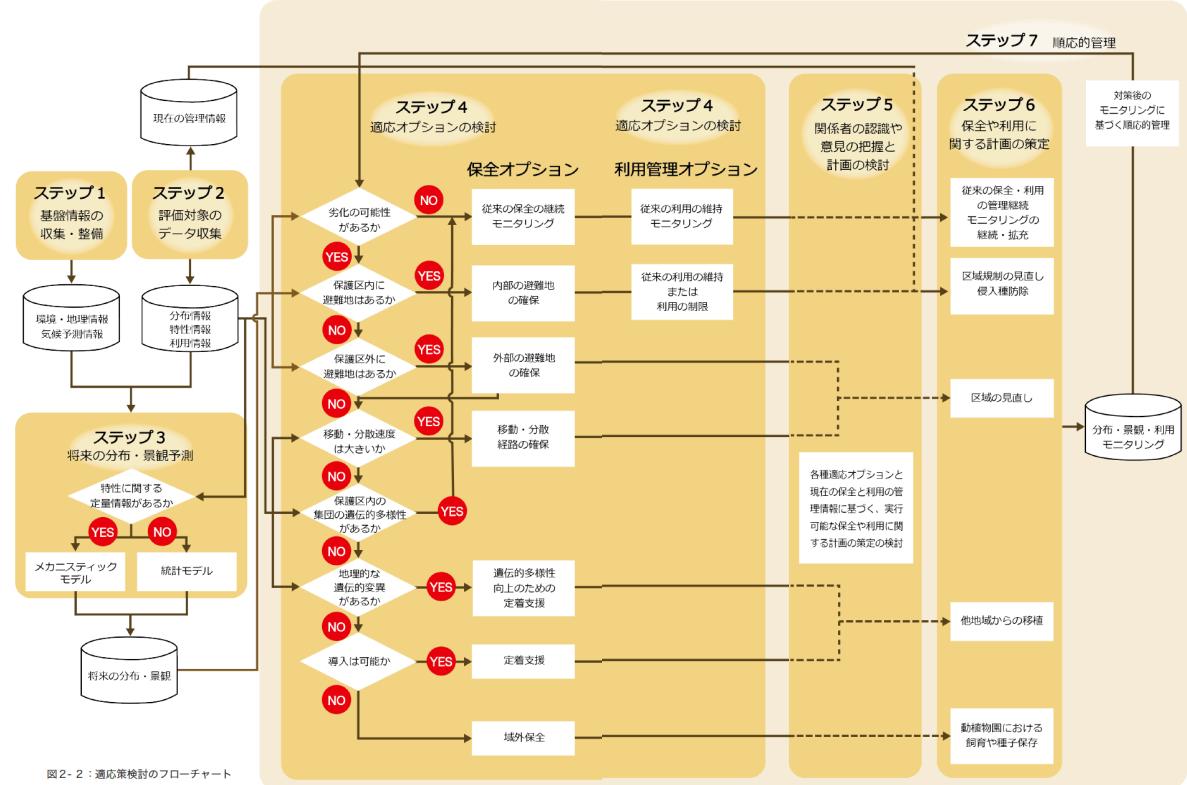
国立公園等の保護区における 気候変動への適応策検討の手引き

保護区の保全や利用に関する計画の策定フローチャート



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

国立公園等の保護区における適応策検討のステップ



適応策検討のステップ

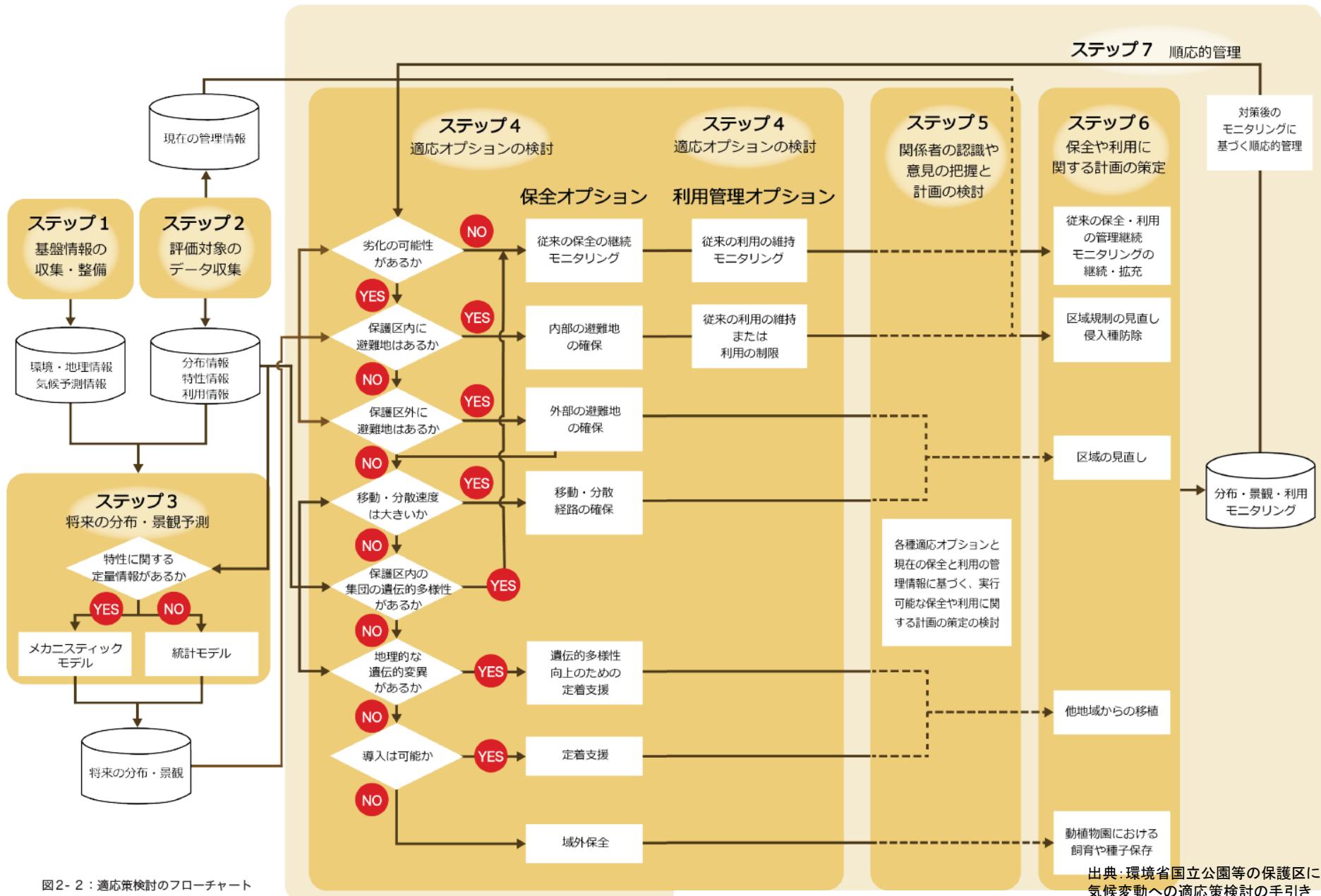


図2-2：適応策検討のフローチャート

出典:環境省国立公園等の保護区における10 気候変動への適応策検討の手引き

生物多様性分野保全のための気候変動への適応

調査対象とした国立公園 ※事業期間:H28～H30年度

山地:大雪山国立公園



海洋:慶良間諸島国立公園



調査ステップ

ステップ1

- ・対象地域の基盤情報

ステップ2

- ・評価対象決定
- ・関連データ収集

ステップ3

- ・分布・景観予測モデル構築
- ・将来予測

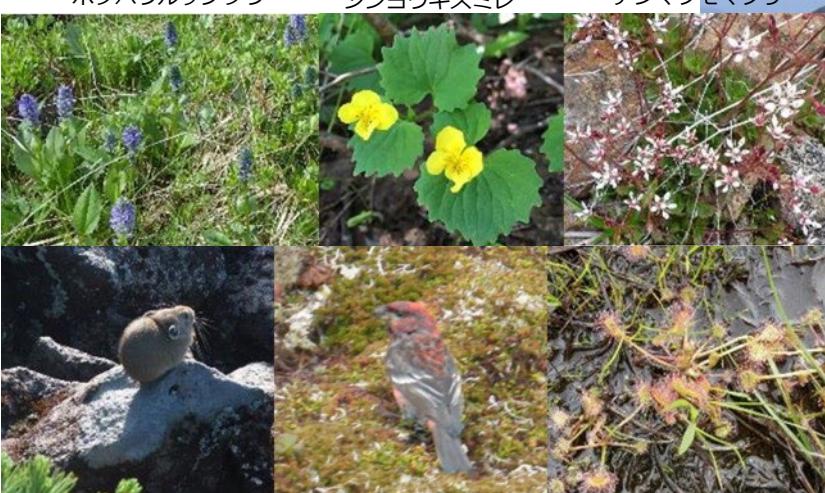
ステップ4

- ・適応オプションの提案

両国立公園における一連の調査・検討結果を踏まえ、「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」を作成

大雪山国立公園の特徴

- ・ 北海道最高峰の旭岳 (2,291m) を主峰とする大雪火山群を中心に、石狩川と十勝川の源流地域を含む「北海道の屋根」といわれる一帯からなる国立公園 (面積：226,764ha)
- ・ 山頂部付近の高山植物群落には日本の高山植物の4割に相当する約250種が確認



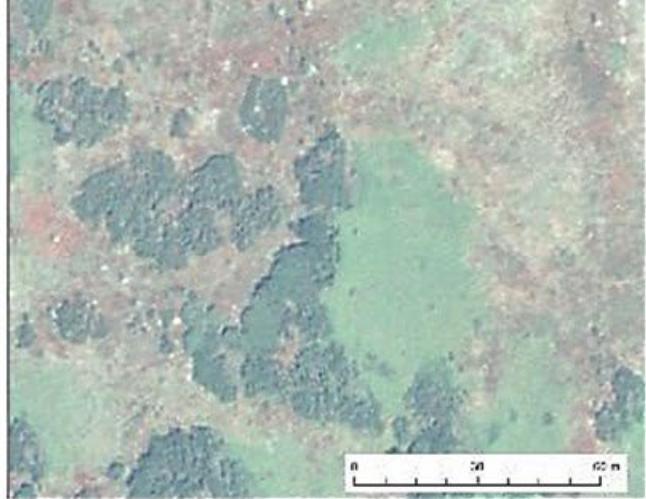
大雪山国立公園で生じている変化（五色ヶ原）



©川合、工藤

お花畠（雪田草原群落）の消滅

チシマザサ、ハイマツの拡大（航空写真による解析）

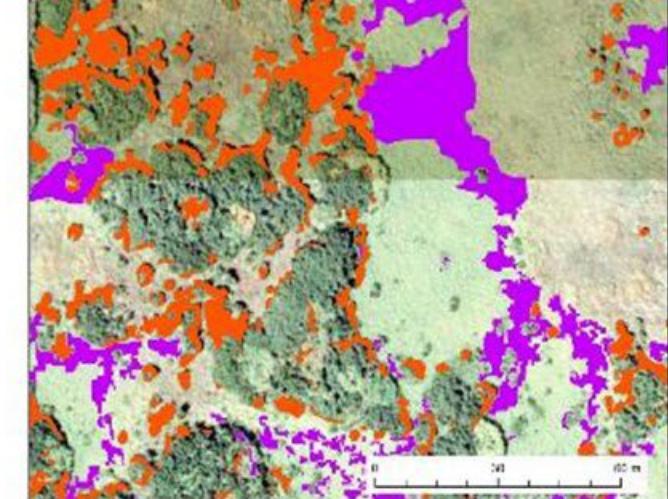


1977年撮影

(Kudo et al. 2011, Amagai et al. 2015)



2009年撮影



拡大部分 チシマザサ ハイマツ

13

評価対象の決定と将来予測 (ステップ2,3)

ステップ2 評価対象の決定

文献調査、ヒアリング等から評価対象の情報を収集・決定



高山植生群落の変化
競合種の侵入

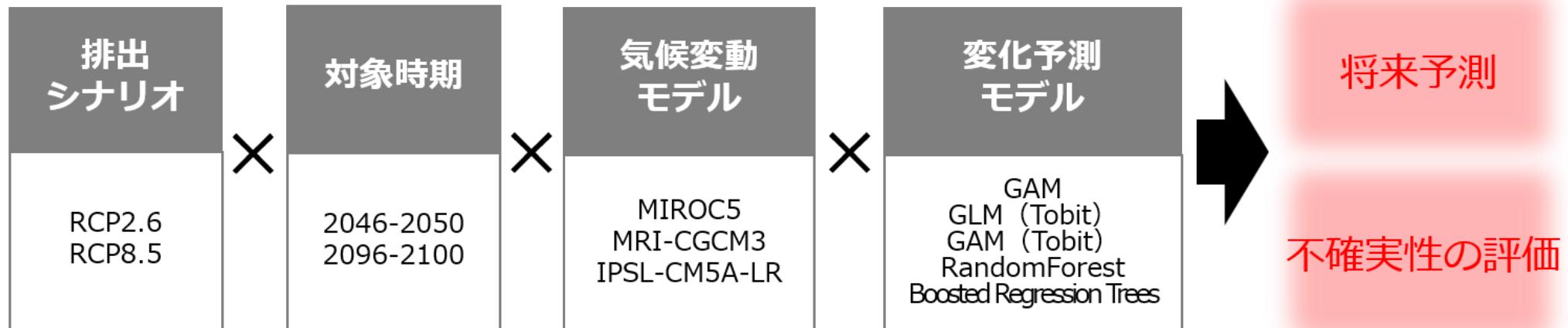


紅葉時期の変化
紅葉の鮮やかさの変化



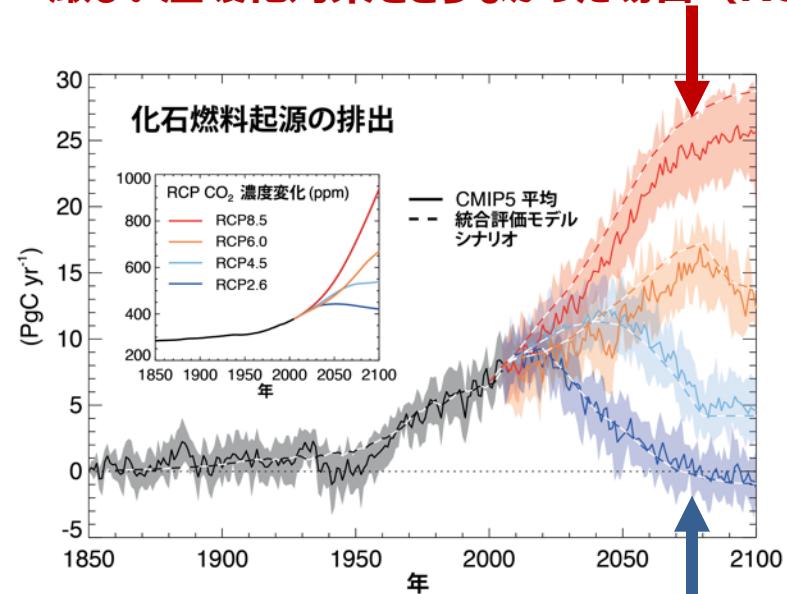
登山道の洗堀

ステップ3 将来の分布・景観予測

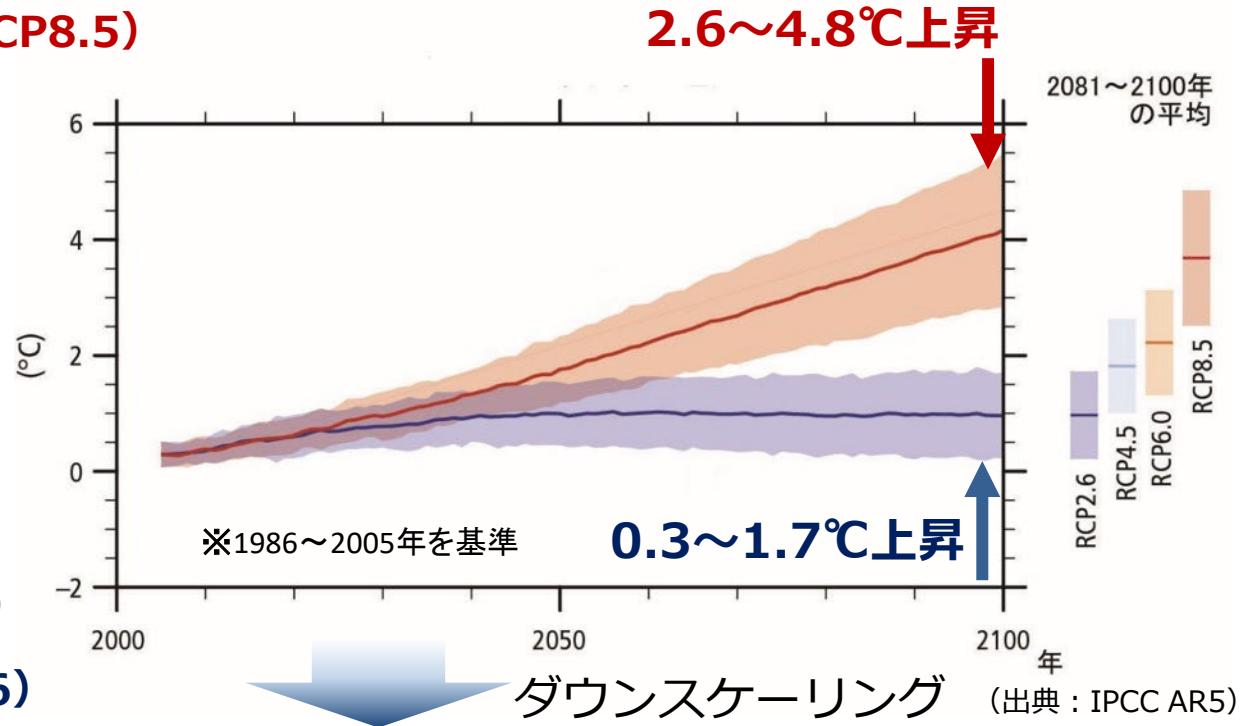


使用した排出シナリオと将来気候

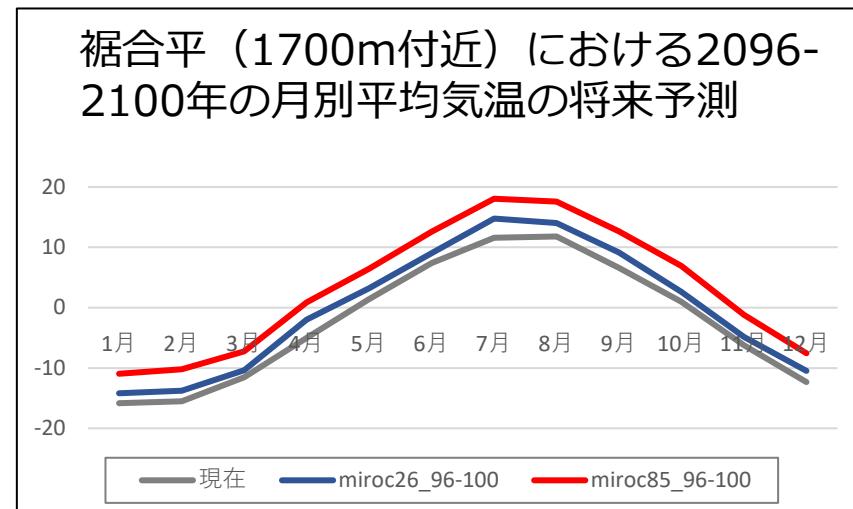
厳しい温暖化対策をとらなかった場合（RCP8.5）



厳しい温暖化対策をとった場合 (RCP2.6)



RCP8.5シナリオでは、2100年ごろに裾合平の6-8月の平均気温は5.8℃上昇すると予測



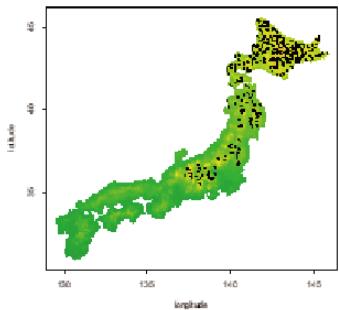
将来の分布・景観 (ステップ3)

分布推定モデル

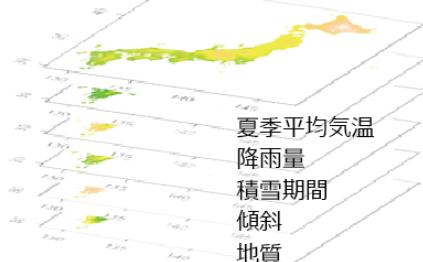
気象条件や地形等の環境条件に基づいて、対象とする種が分布する確率を推定するモデル

気候変動等によって環境が変化した場合に、対象種の分布がどのような影響を受けるかの予測等にも応用可能

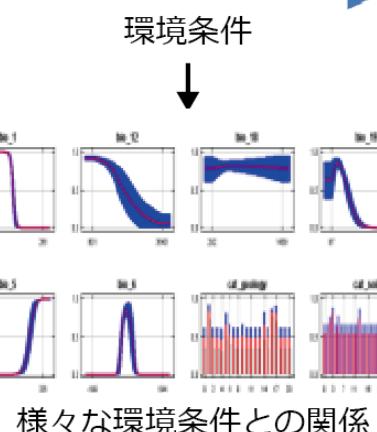
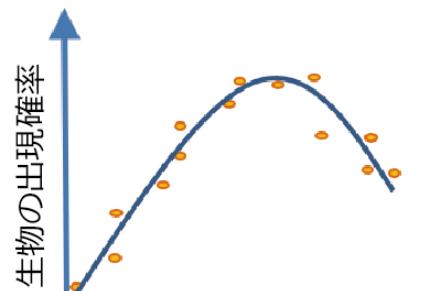
分布情報



環境条件

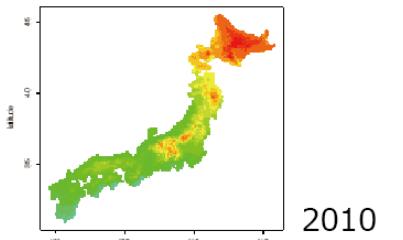


モデル

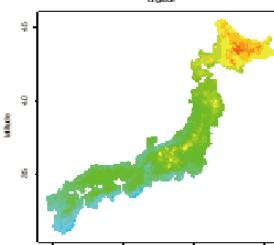


様々な環境条件との関係

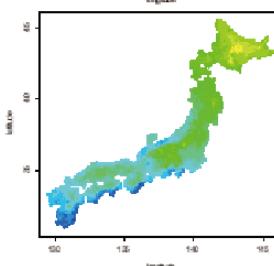
分布推定結果



2010

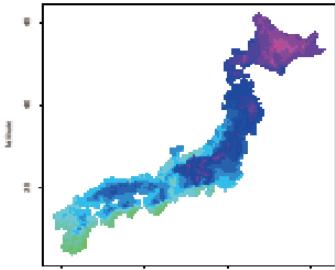


RCP2.6
2100



RCP8.5
2100

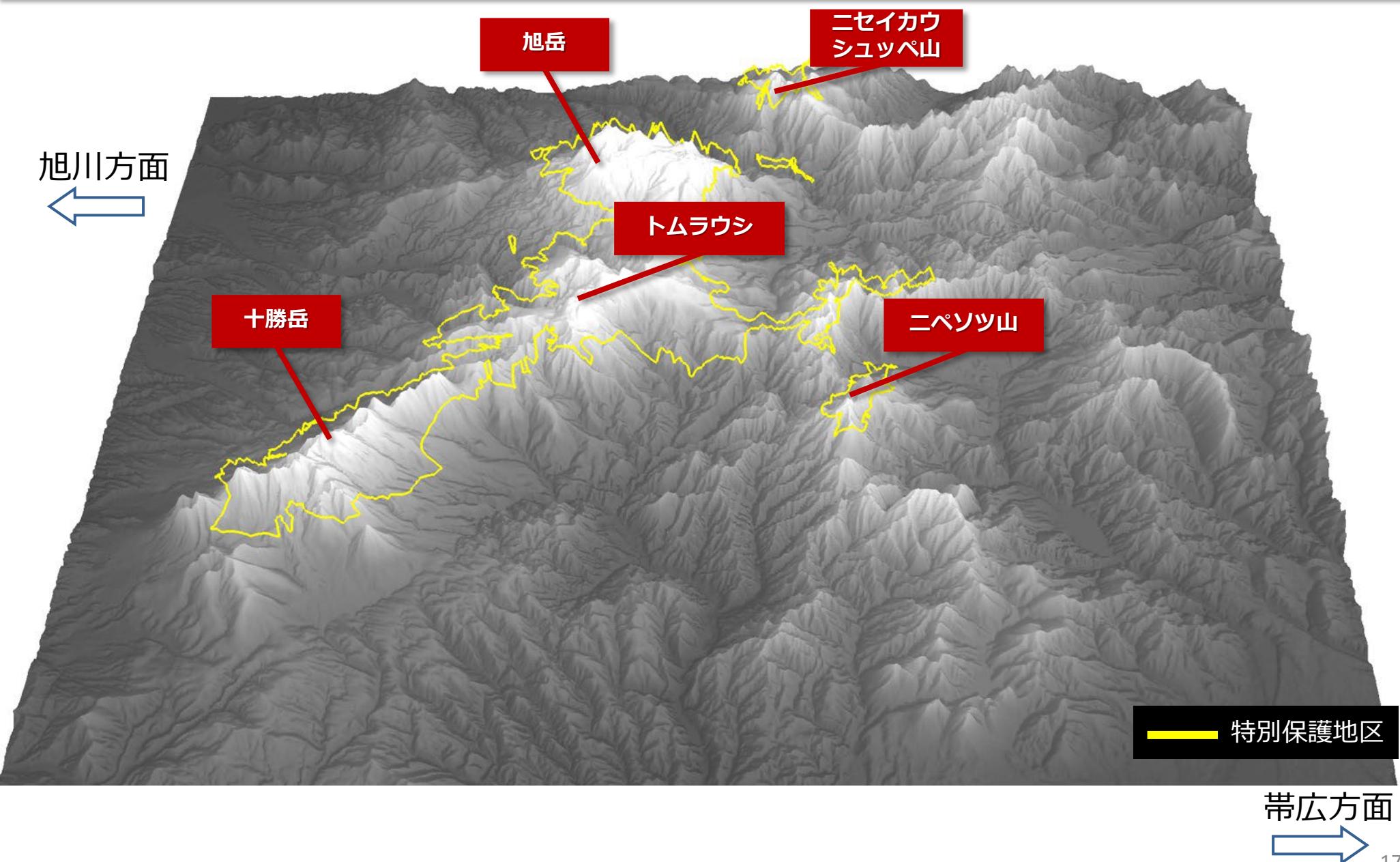
利用



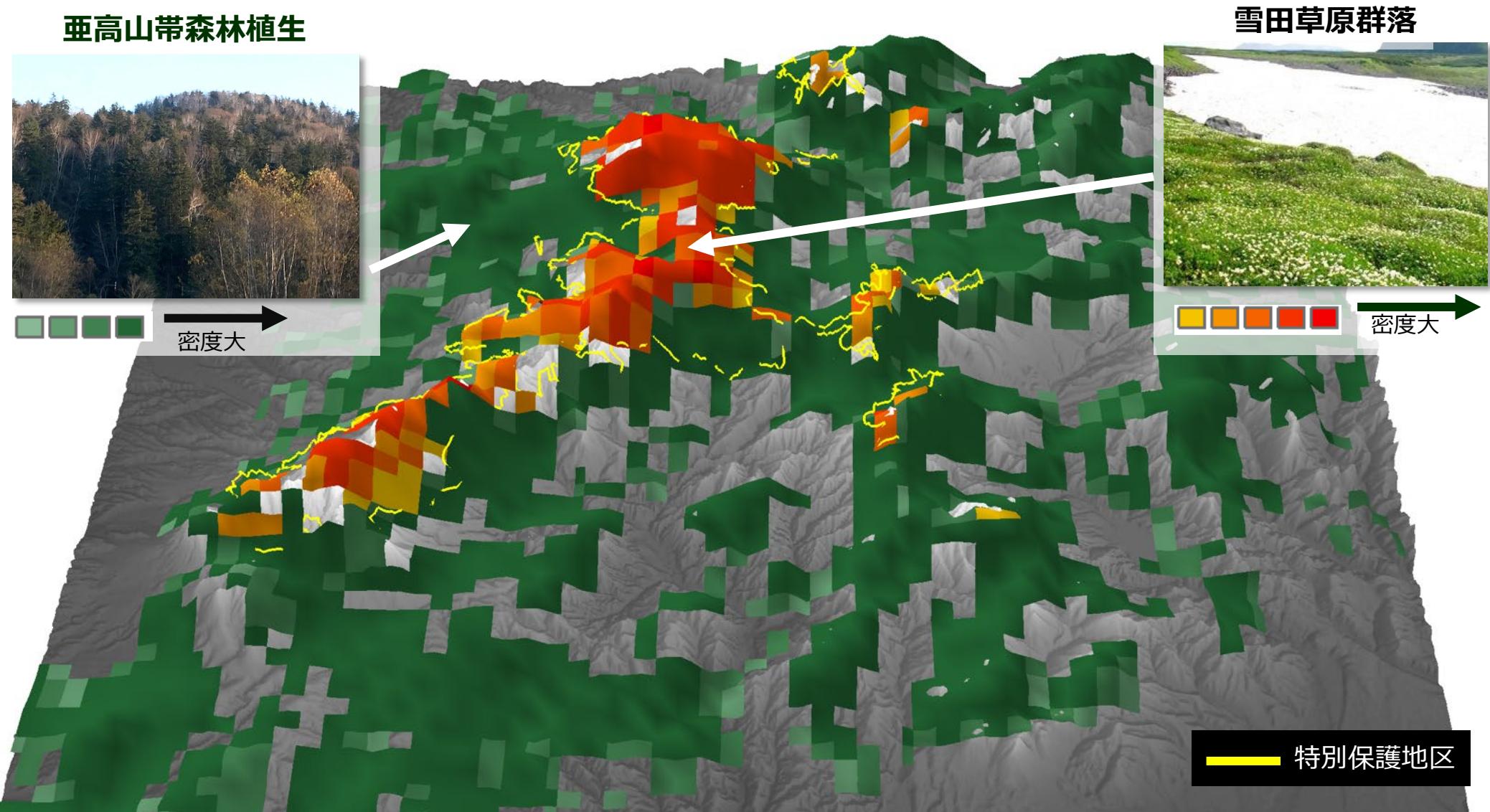
適応策実施場所の
優先順位付けなど

出典：環境省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

大雪山国立公園の主な山



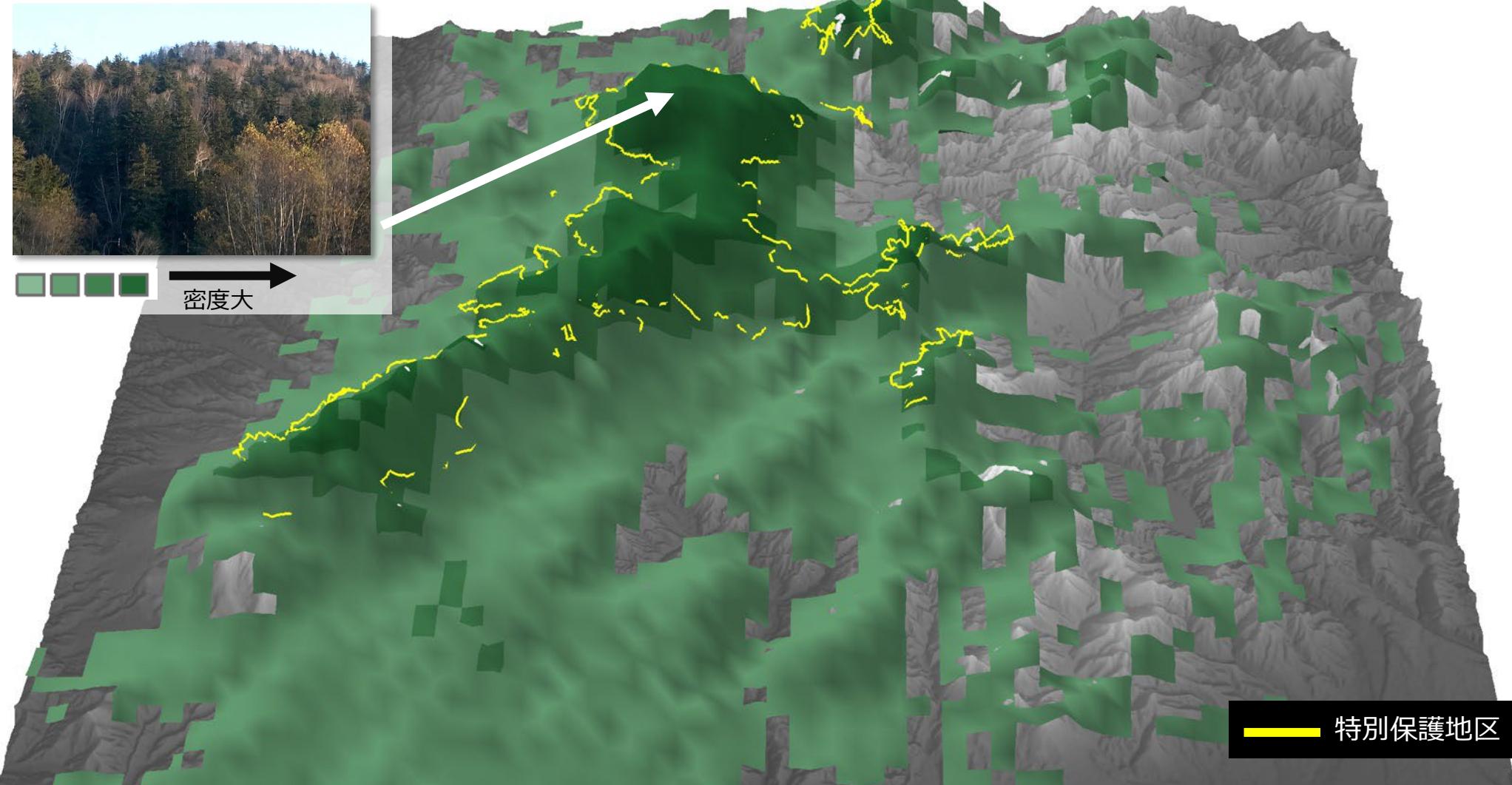
雪田草原群落・亜高山帯森林植生の分布（現在）



特別保護地区内（1300m～1400m以上の高標高）に高山植生群落が生育

雪田草原群落・亜高山帯森林植生の分布予測（2100年・RCP8.5）

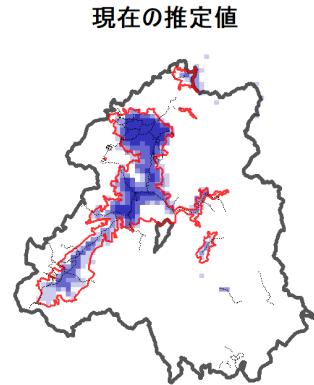
亜高山帯森林植生



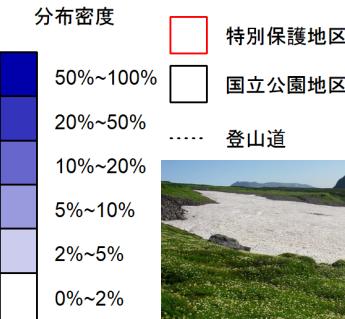
雪田草原群落の生息適地は消滅し、亜高山帯森林植生の生息に適する環境へと変化

分布予測（高山植生）

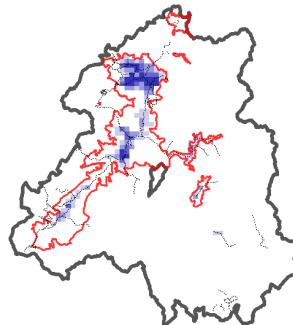
現在
2046～2050年
2096～2100年
↓
RCP2.6



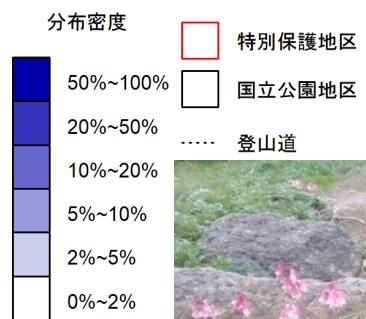
雪田草原



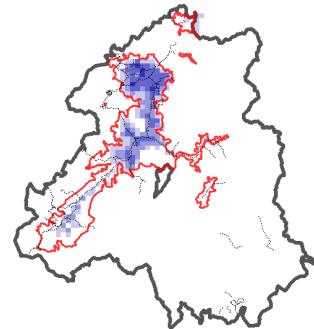
現在の推定値



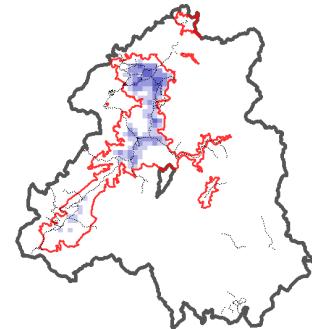
風衝草原



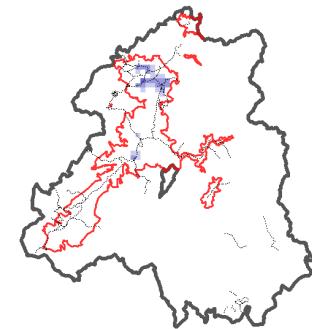
2046年-2050年 RCP2.6



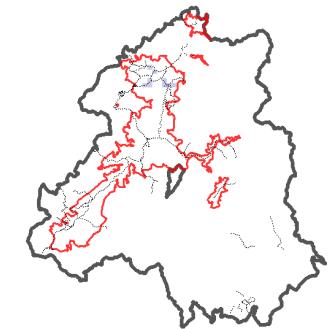
2046年-2050年 RCP8.5



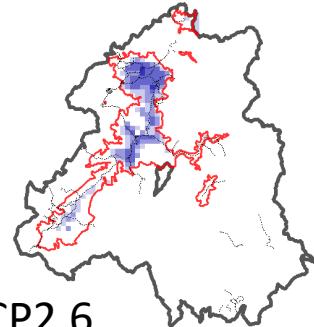
2046年-2050年 RCP2.6



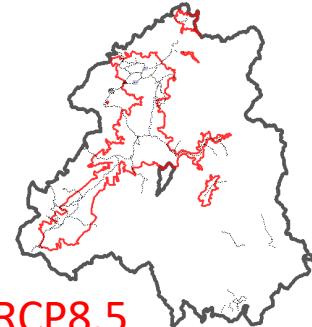
2046年-2050年 RCP8.5



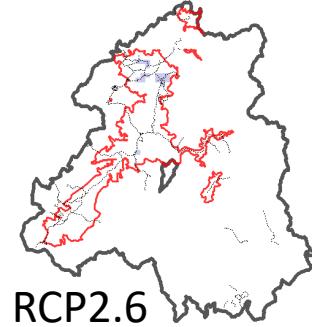
2096年-2100年 RCP2.6



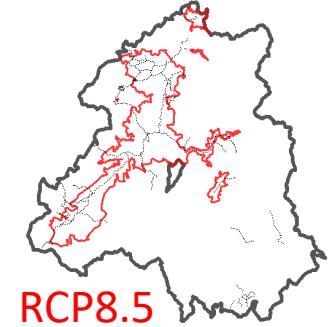
2096年-2100年 RCP8.5



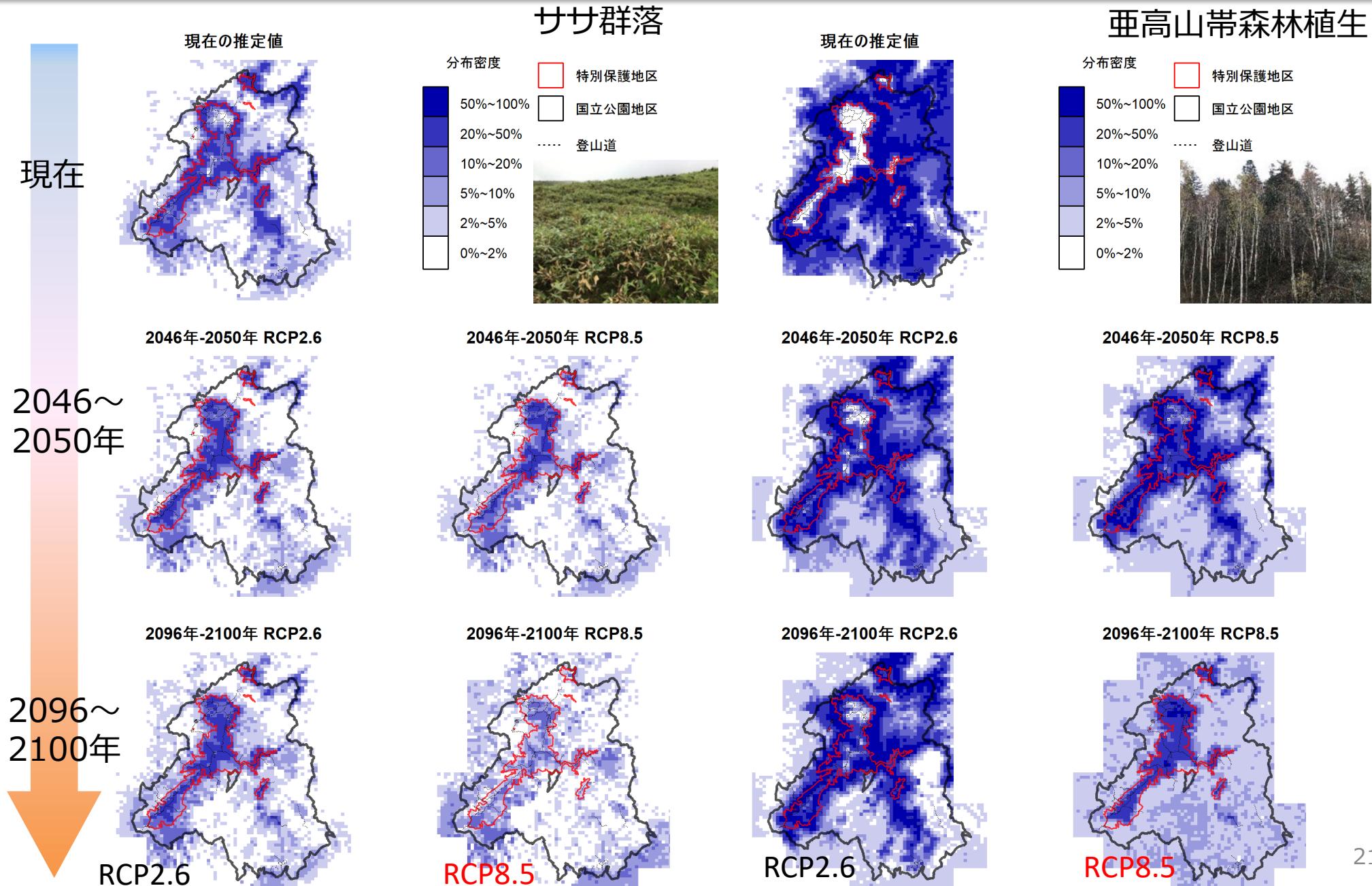
2096年-2100年 RCP2.6



2096年-2100年 RCP8.5

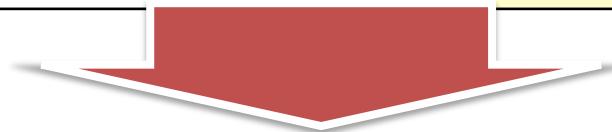


分布予測（高山植生群落以外）



分布予測の結果と対策の検討

時期	RCP2.6の場合	RCP8.5の場合
2046～ 2050年	雪田草原、風衝草原、高山低木群落の面積はかなり減少するものの生育可能な条件が残る。	雪田草原および高山低木群落はわずかに生育可能な条件が残るが、風衝草原は生育可能な条件は残らない。
	現在の高山植生の生育地にササ群落が生育可能となる。	現在の高山植生の生育地にササ群落が生育可能となる。
2096～ 2100年	雪田草原、風衝草原、高山低木群落の面積はかなり減少するが生育可能な条件が残る。	高山植生の生育が可能な条件はいずれも残らない。
		ササ群落は大きく面積を減らす。 現在の高山植生の生育地は亜高山帯森林植生が生育可能な条件となる。



地元関係者への提示・対策の議論（ステップ5）



- 最も優先度が高いと評価された対策は「現在の植生の維持」
- 計画を検討する際には、高山植生の内部の避難地を維持するとともに、観光利用も考慮する必要性が示された。

考えられる適応策（保全と利用）

高山植生群落への競合種の侵入



将来的な逃避地の予測



登山道の維持



→ ササ狩りの実施

→ 移植の実施

→ 維持活動、ロープ柵設置
利用制限、盗掘防止

紅葉時期の変化・色調の低下



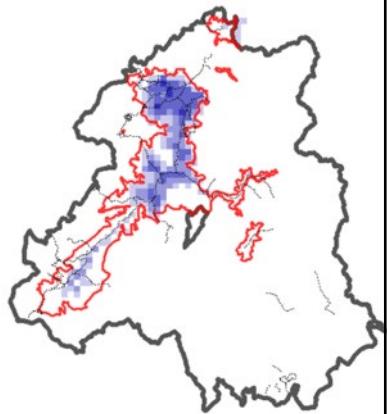
開花時期の早期化・開花種の分布変化



→ 利用シーズン・利用ルートの見直し

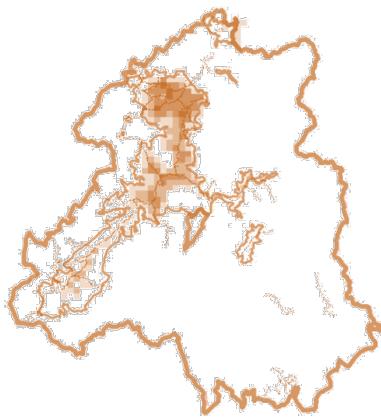
保全対策場所の優先順位付け（ステップ6）

多様性保全



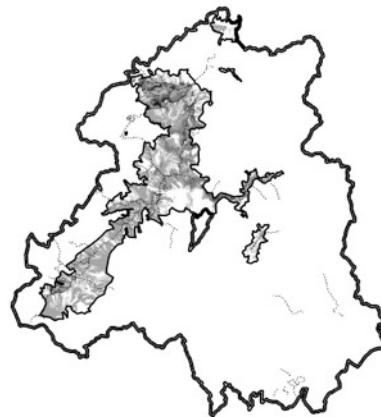
将来的に保全対象が
残る場所

生態系サービス



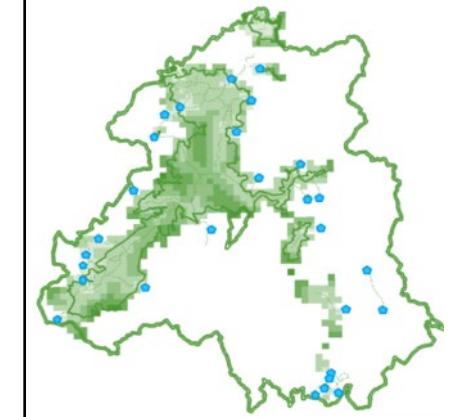
観光資源としても有用
な群落の分布予測

視認性



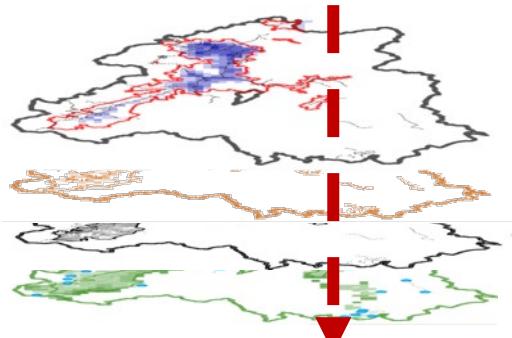
登山道からの
みえやすさ

移動コスト



登山口からの距離

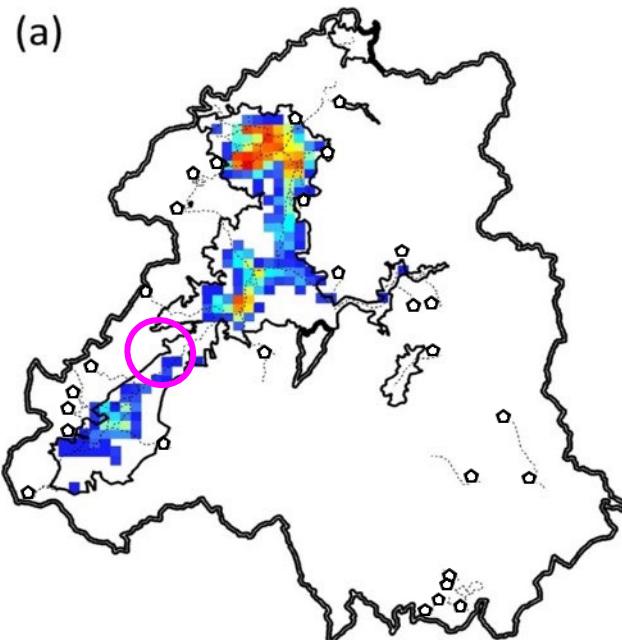
保護区選択ソフトウェア
Marxan



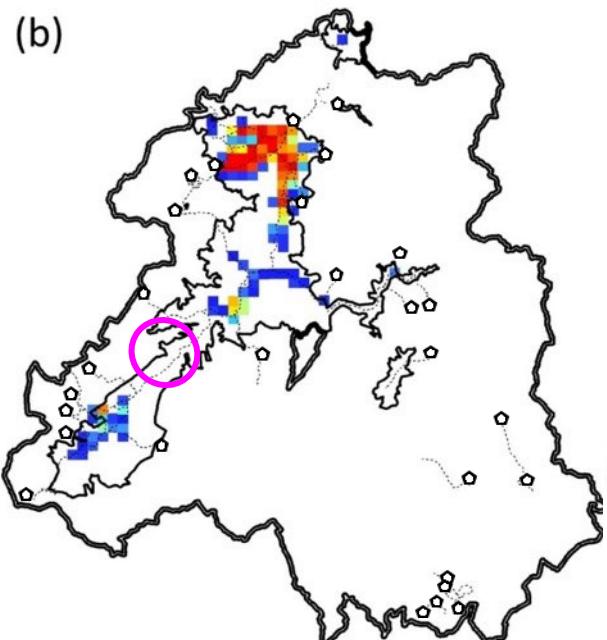
• 保全と観光利用の両面を配慮
• コスト（移動・管理）を考慮
対策が実施可能かつ優先的に行うべき場所の抽出

優先順位付けの結果：移動コストの効果

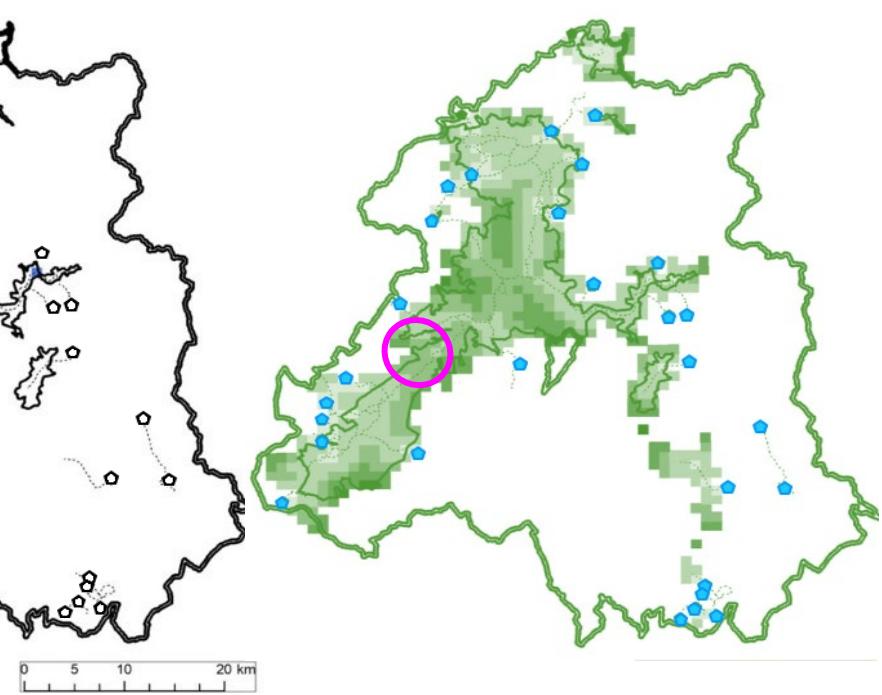
移動コストの入力なし



移動コストを入力



移動コスト



● 登山口

不確実性の要因

分布推定モデル

移動分散等に制限がないと仮定

現実にササや森林が侵入するには、地下茎の伸長速度、種子散布距離、稚樹の定着・成長にかかる時間、などの制約がある。

実際の変化は、今回の予測よりタイムラグがある可能性大



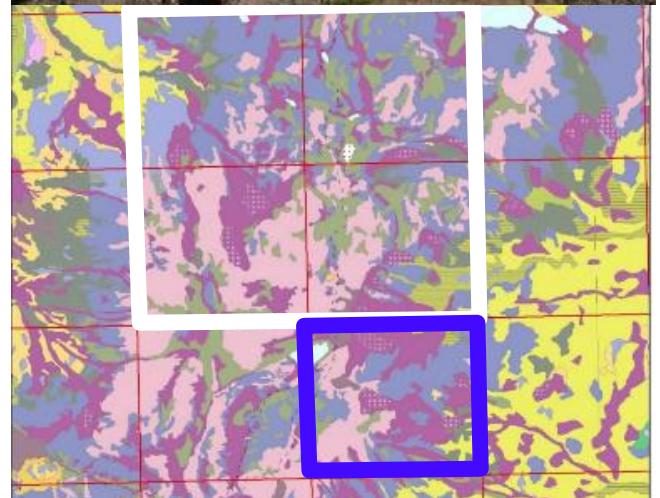
ハイマツとチシマザサの競合

気候シナリオ

1kmメッシュでは微地形が考慮されず、将来的な逃避地を見逃す可能性がある。



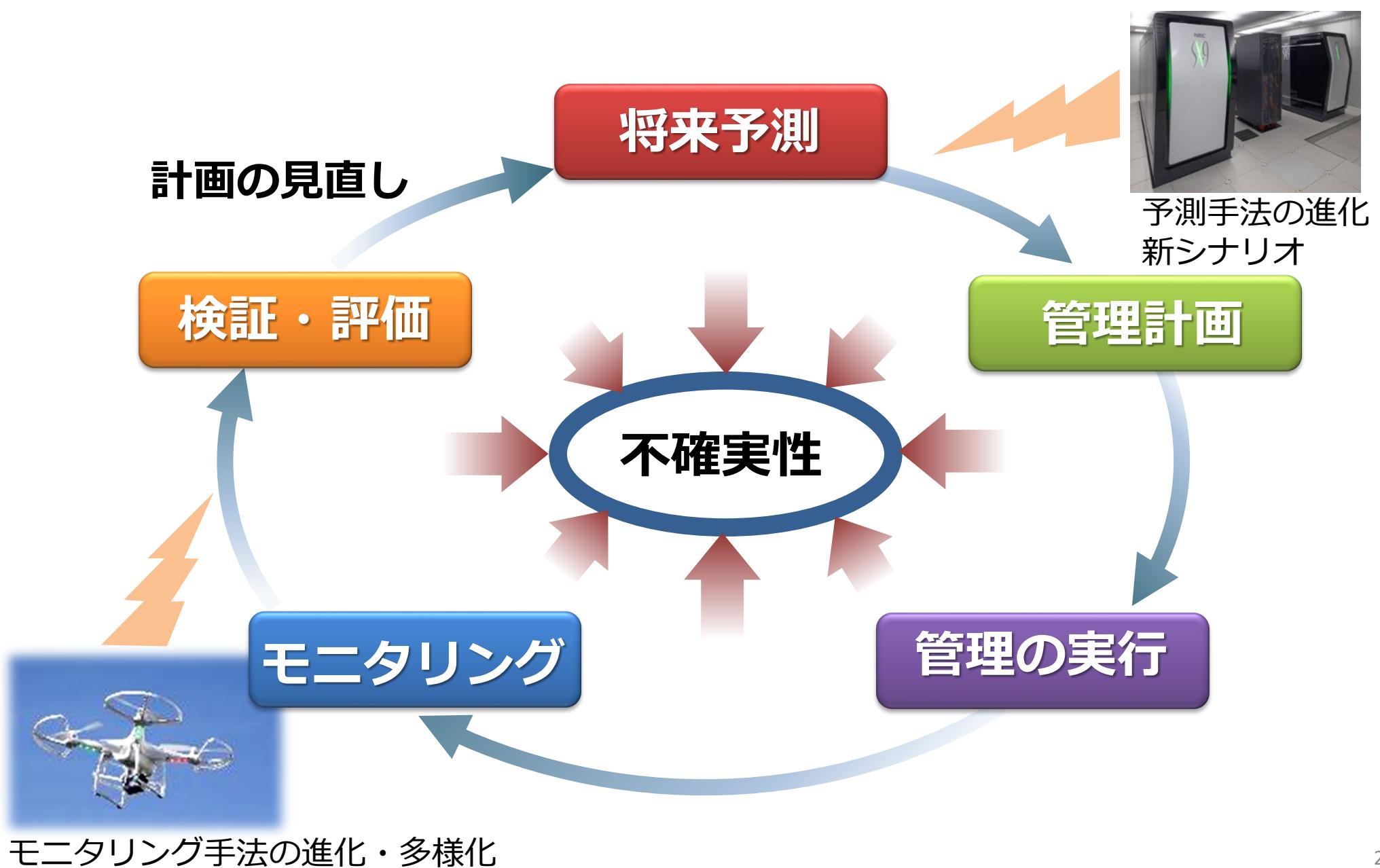
約2kmの視野



https://www.biocid.go.jp/kiso/vg/vg_kiso.html

気候シナリオの解像度(1km、2km)

順応的管理の導入（ステップ7）

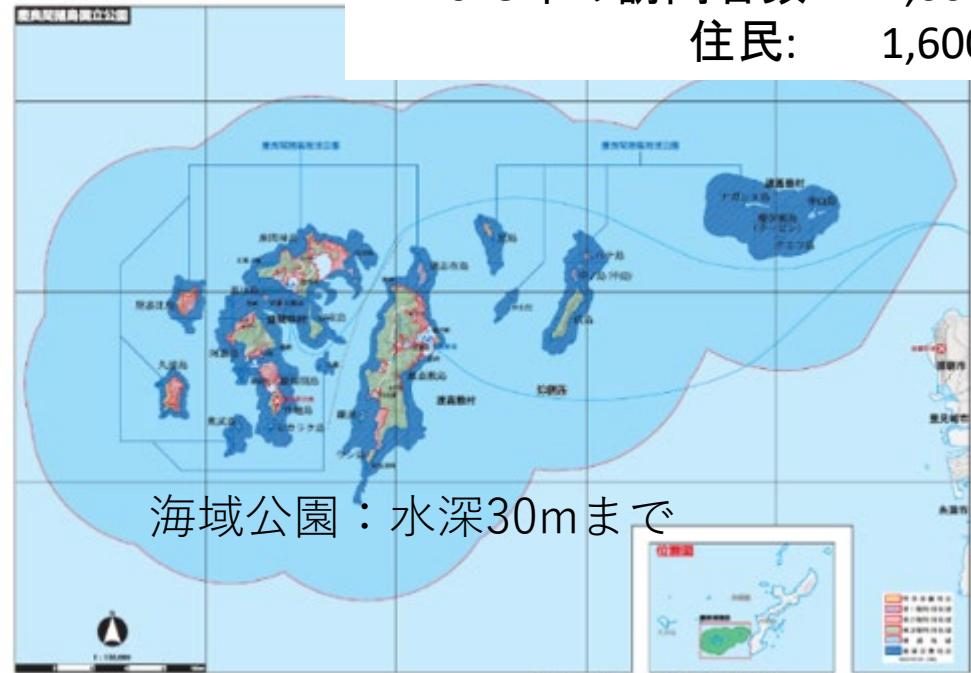


慶良間諸島国立公園

<https://www.env.go.jp/en/nature/nps/park/kerama/index.html>



2015年の訪問者数: 224,000人
住民: 1,600人



評価対象の決定（ステップ2）

慶良間諸島国立公園において、気候変動の影響を予測し、保全や管理に向けた提案を行う

まず考えるべき項目（地元の方々との協議の上決定）

- ・何を対象にするか？
→サンゴ
- ・どのぐらいの範囲で考えるか？
→100mの解像度（海の中で見渡せる範囲）

これらを明らかにした上で、将来予測を行って、将来にわたくってサンゴを保全するための対策を考える

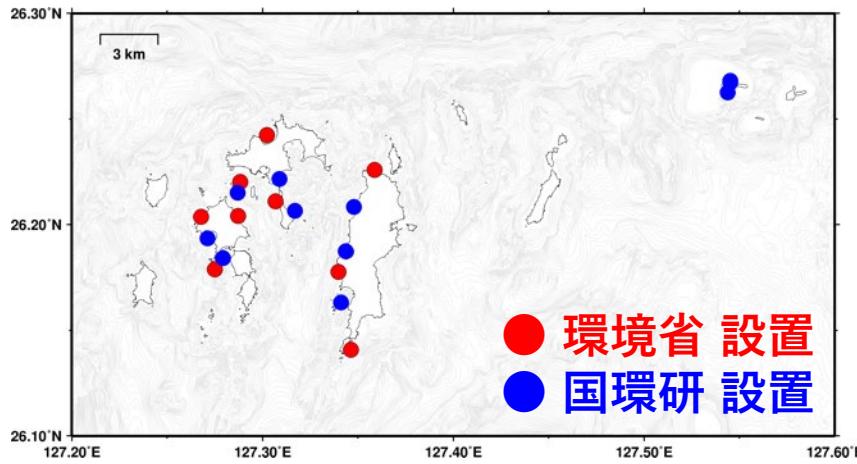
検討した項目

- ①外部の避難地の確保、移動・分散経路の確保：慶良間諸島国立公園と他の海域のつながり
 - ・サンゴ幼生分散シミュレーション
- ②内部の避難地の確保：白化や死亡しにくい場所
 - ・高解像度生息環境モデリング
 - ・高解像度白化・死亡推定モデリング
- ③内部の避難地の確保：新たな避難地
 - ・中深度サンゴ群集の探索

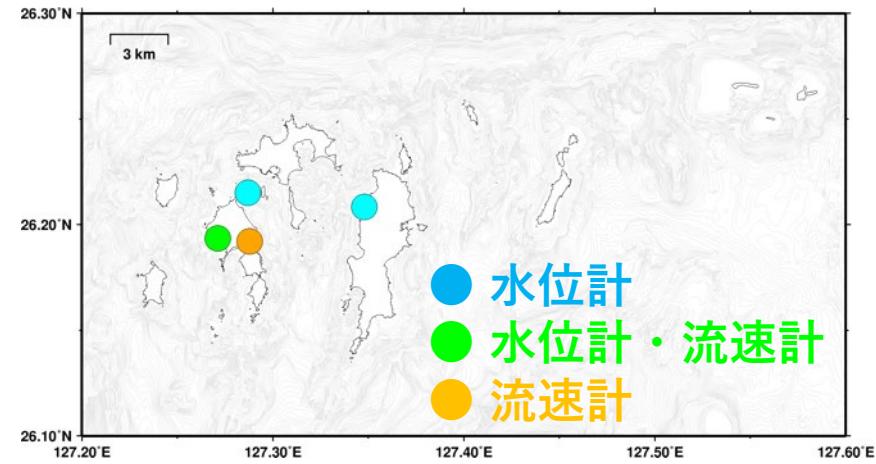
将来的に保全を重点的に行うべき場所を示す

ダウンスケーリングのための現地連続観測

水温計の設置地点

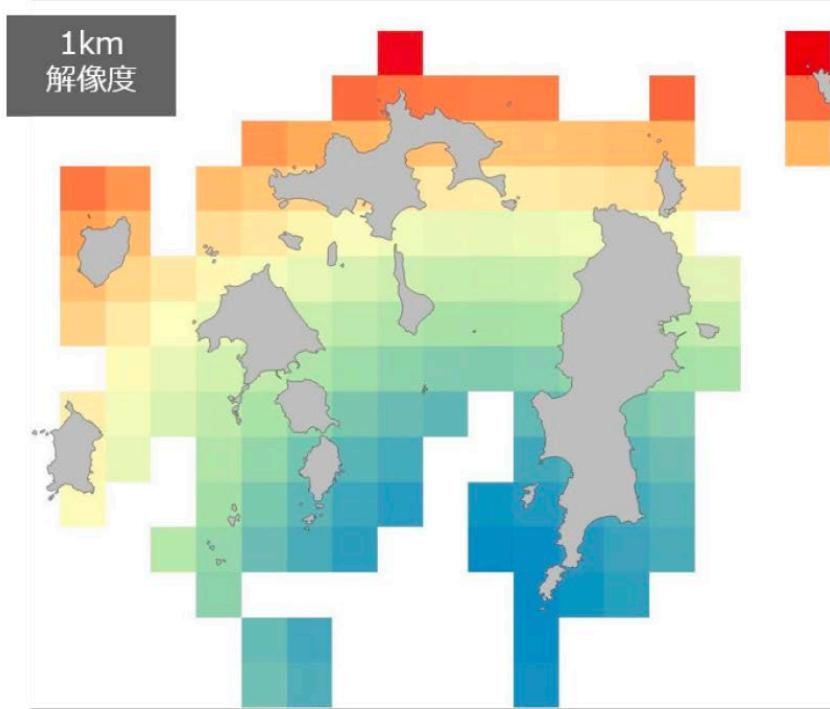


流速計・水位計の設置地点



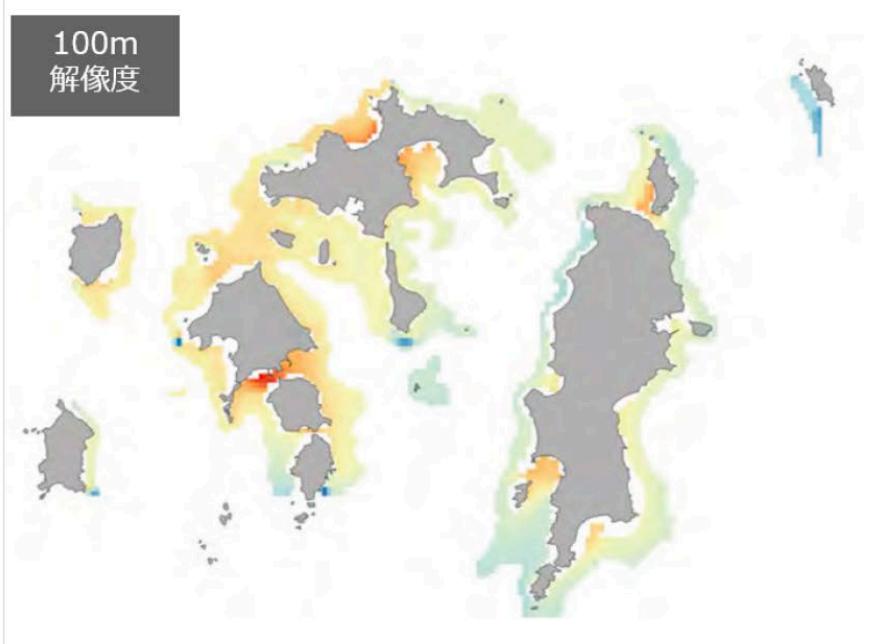
→ 流動モデルの精度検証用のデータとして使用

ダウンスケーリングによる現場の環境の表現の向上



これまでのデータ (衛星観測などを統合)

これまでのデータ
(衛星観測などを統合、1km解像度)



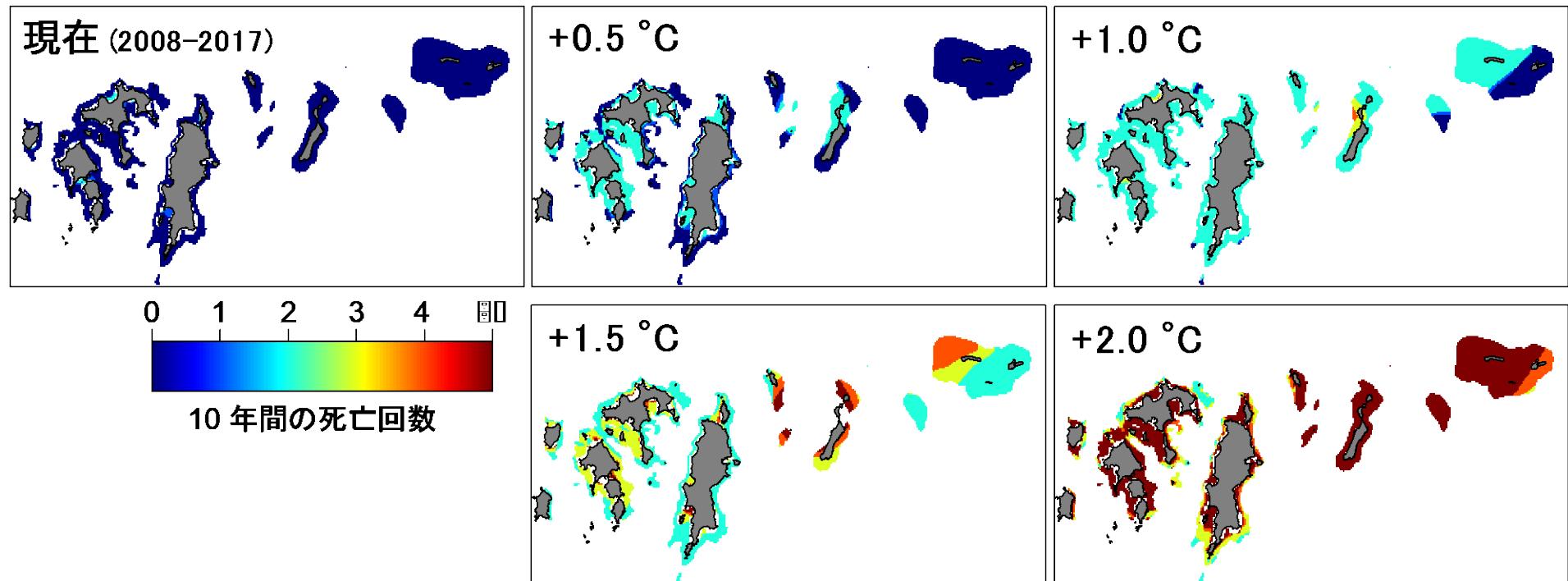
今回の計算結果

今回の計算結果
(100m解像度)

流れや水温を表現することができた

サンゴ白化と死亡の将来予測（ステップ3）

水温、流速、濁度、光（紫外線）によってサンゴの白化と死亡を推定



Kumagai et al. (2018)のモデルを活用

重点保全海域の絞り込み

+ 本業務の成果

- ・水温が比較的上昇しにくい場所
- ・潮通しが比較的良い場所
- ・これらに基づくサンゴの白化と死亡予測

+ 基礎情報

- ・サンゴ分布 (2014年)
- ・オニヒトデ駆除活動場所 (一部)
- ・ダイビングブイ設置場所 (一部)

これらに基づいて、保全優先区域を検討する

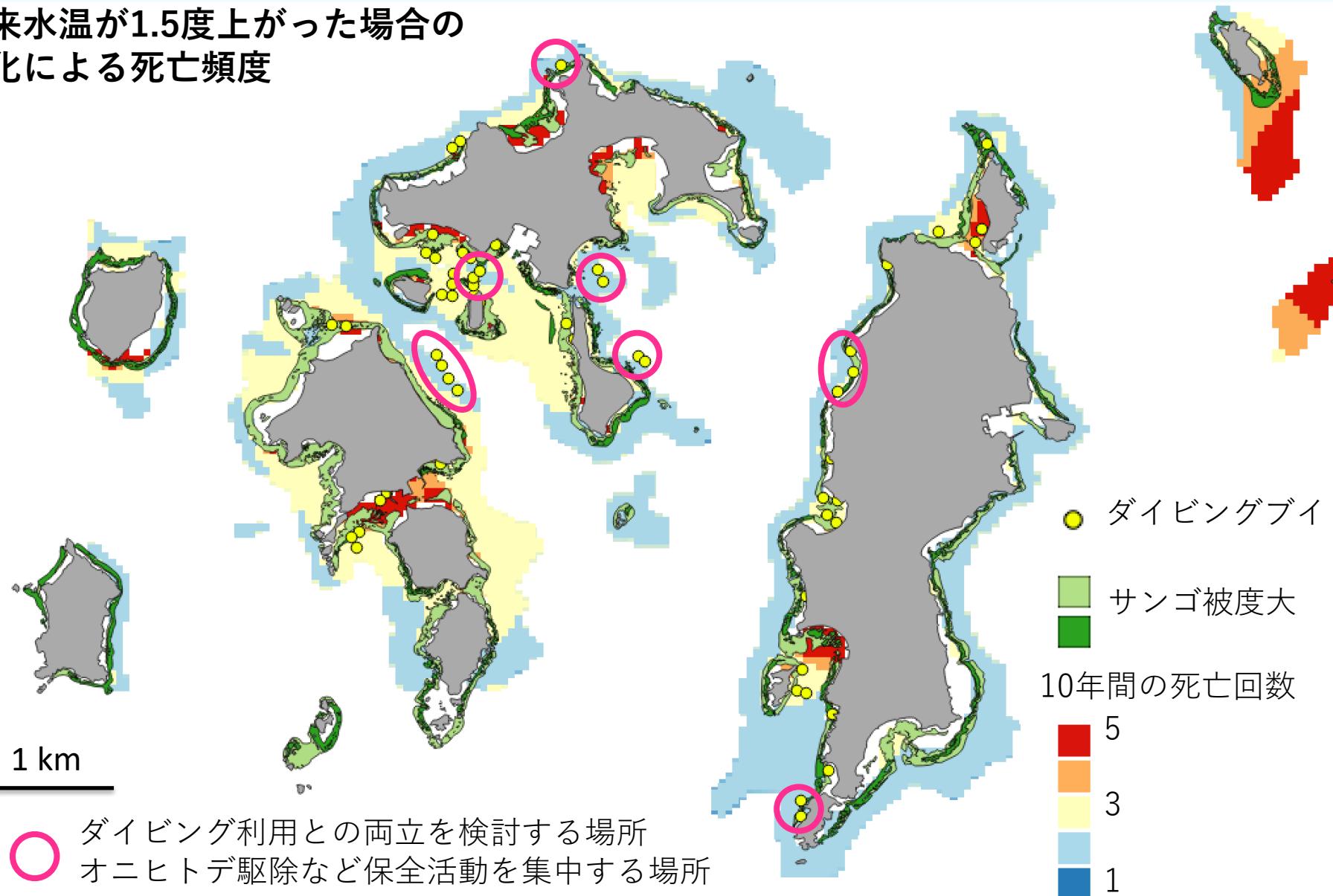
保全の考え方（守りたい、守るべき、守りうる）

によって場所は異なる

- ・白化や死亡しにくい場所を重点的に守る ←こちらを検討
- ・白化や死亡しやすい場所を手当する

保全対策場所の優先順位付けと保全策（ステップ4~6）

将来水温が1.5度上がった場合の
白化による死亡頻度



適応策検討のステップ

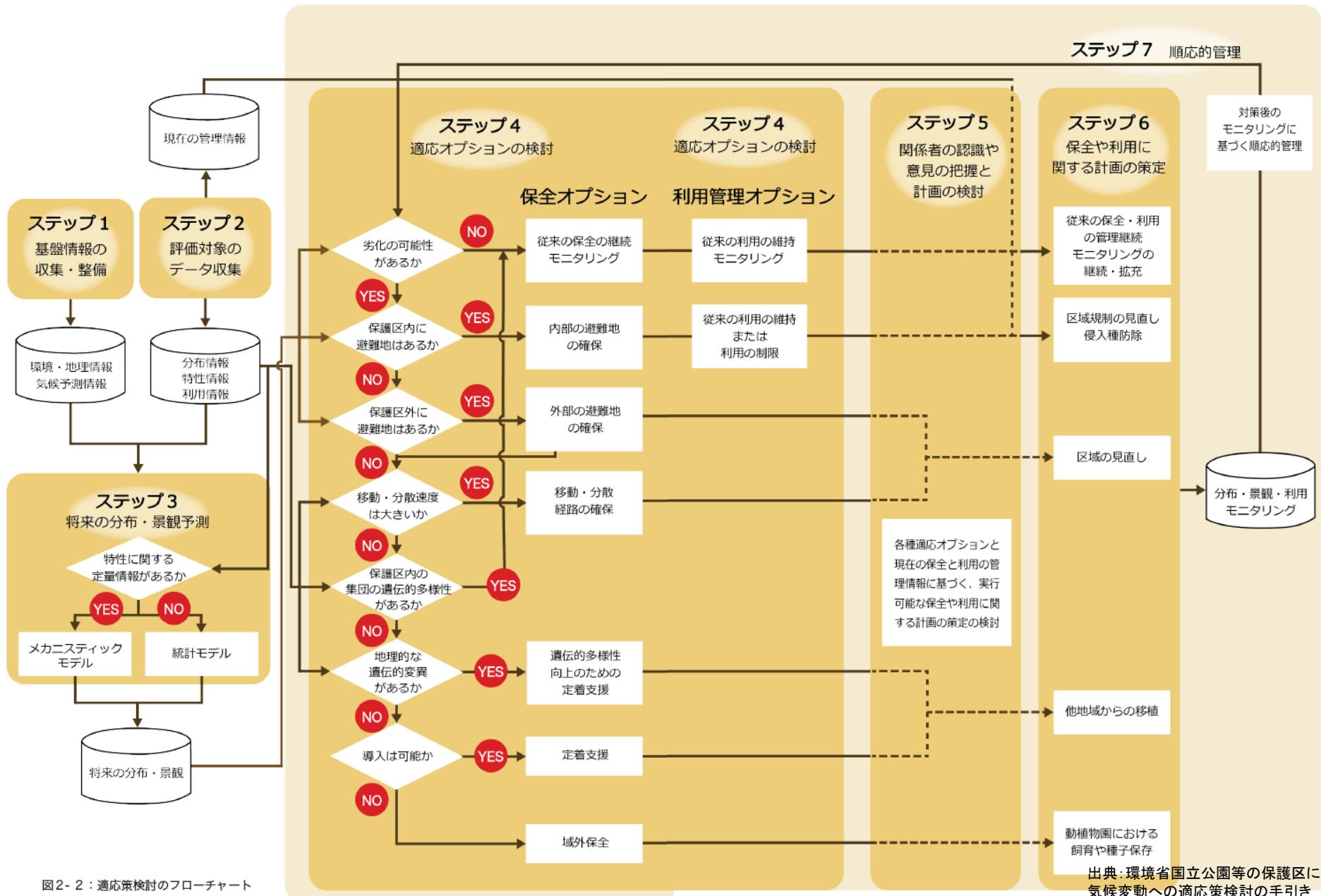


図2-2：適応策検討のフローチャート

出典:環境省国立公園等の保護区における36
気候変動への適応策検討の手引き

生物多様性・生態系における気候変動適応の基本的考え方 (平成27(2015)年7月31日環境省報道発表)

【3つの視点】

- ・ **気候変動が生物多様性に与える影響の低減**
 - ・ 気候変動の影響が少ない地域の特定と優先的な保全
 - ・ 気候変動以外のストレス低減
- ・ **気候変動に適応する際の一部として生態系の活用**
 - ・ 遊水池整備による水害の低減
- ・ **他分野の対策が行われることによる生物多様性への影響の回避**
 - ・ シナジー: 遊水池の整備に当たり、野生動植物の新たな生息・生育地を創出
 - ・ コンフリクト: 再生エネルギー施設設置

水管理・国土保全

› 水管理・国土保全トップ > 河川 > ダム > 砂防 > 海岸 > 水資源 > 下水道 > 防災 > 環境 > 利用 > 國際 > 情報・技術

[ホーム](#) > [政策・仕事](#) > [水管理・国土保全](#) > [河川](#) > [流域治水プロジェクト](#)

流域治水プロジェクト

気候変動による水災害リスクの増大に備えるためには、これまでの河川管理者等の取組だけではなく、流域に関わる関係者が、主体的に治水に取り組む社会を構築する必要があります。河川・下水道管理者等による治水に加え、あらゆる関係者（国・都道府県・市町村・企業・住民等）により流域全体で行う治水「流域治水」へ転換するため、令和元年東日本台風で甚大な被害を受けた7つの水系での「[緊急治水対策プロジェクト](#)」と同様に、全国の一級水系でも、流域全体で早急に実施すべき対策の全体像を「[流域治水プロジェクト](#)」として示し、ハード・ソフト一体の事前防災対策を加速してまいります。



令和元年東日本台風による
長野市穂保地先の堤防決壊、浸水被害状況

【イメージ】○○川流域治水プロジェクト

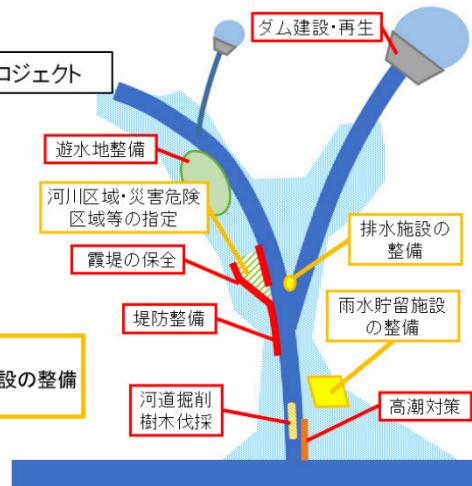
- ★ 戦後最大(昭和XX年)と
同規模の洪水を安全に流す
- ★ ...浸水範囲(昭和XX年洪水)

(対策メニューのイメージ)

- 河川対策
- ・堤防整備、河道掘削
 - ・ダム建設・再生、遊水地整備 等

- 流域対策(集水域と氾濫域)
- ・下水道等の排水施設、雨水貯留施設の整備
 - ・土地利用規制・誘導 等

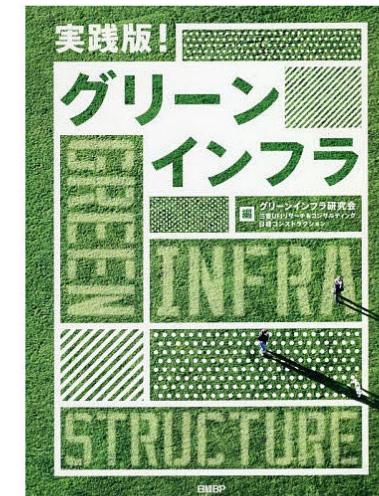
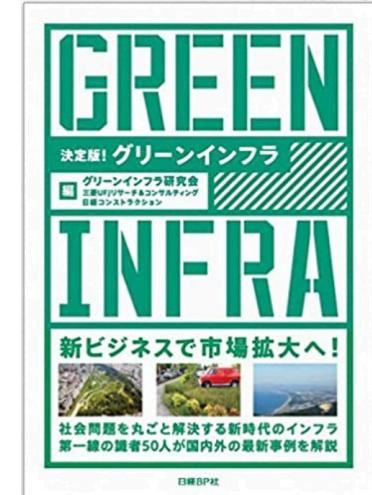
- ソフト対策
- ・水位計・監視カメラの設置
 - ・マイ・タイムラインの作成 等



生態系の活用に関する関連概念

- **EbA**: 生態系を活用した適応 (Ecosystem-based Adaptation)
- **Eco-DRR**: 生態系を活用した防災・減災 (Ecosystem-based Disaster Risk Reduction)
- **GI**: グリーンインフラ (Green Infrastructure)
- **NBS**: 自然を基盤とした解決策 (Nature-based Solutions)

2019年7月「グリーンインフラ推進戦略」国交省
<https://www.mlit.go.jp/common/001297373.pdf>



生態系の活用に関する資料



環境省Eco-DRRパンフレット
「生態系を活用した防災・減災に関する考え方」（環境省2016）

<https://www.env.go.jp/nature/biodic/eco-drr.html>



環境省Eco-DRR × SDGsパンフレット
「自然の持つ機能の活用 その実践と事例」（環境省2019）

https://www.env.go.jp/guide/pamph_list/pdf/Eco-DRR_Leaflet_full.pdf

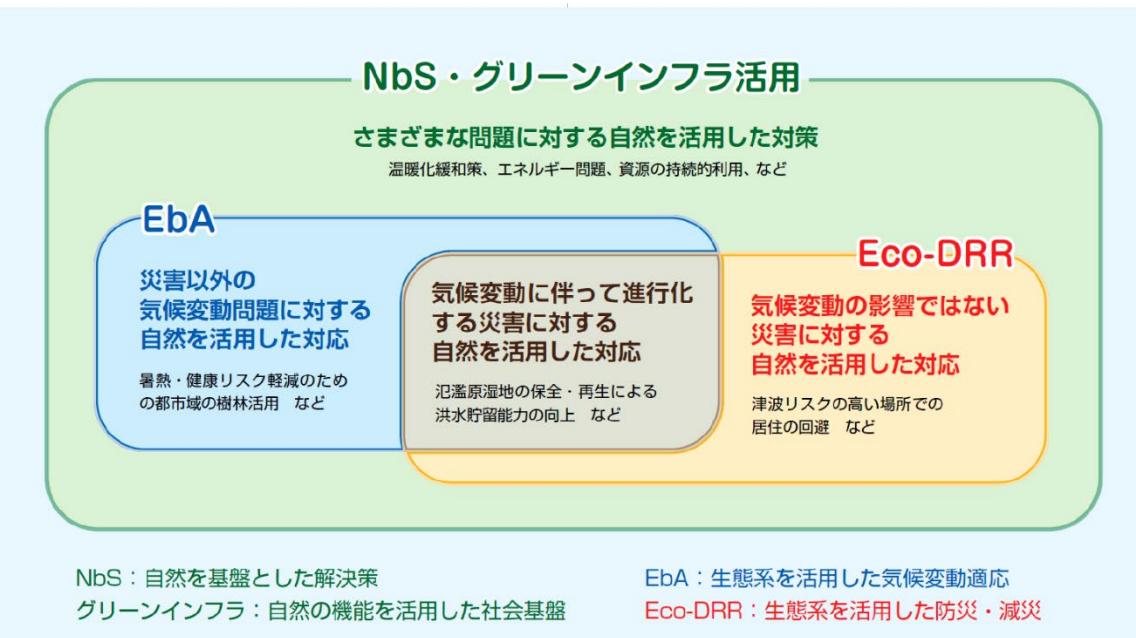


生態系を活かした気候変動適応 (EbA)
計画と実施の手引き（案）



発行 ● 環境省自然環境局
協力 ● 国立研究開発法人 国立環境研究所

2022年3月に公表予定



作成：西廣 淳（気候変動適応センター） 40

生物多様性・生態系における気候変動適応の基本的考え方 (平成27(2015)年7月31日環境省報道発表)

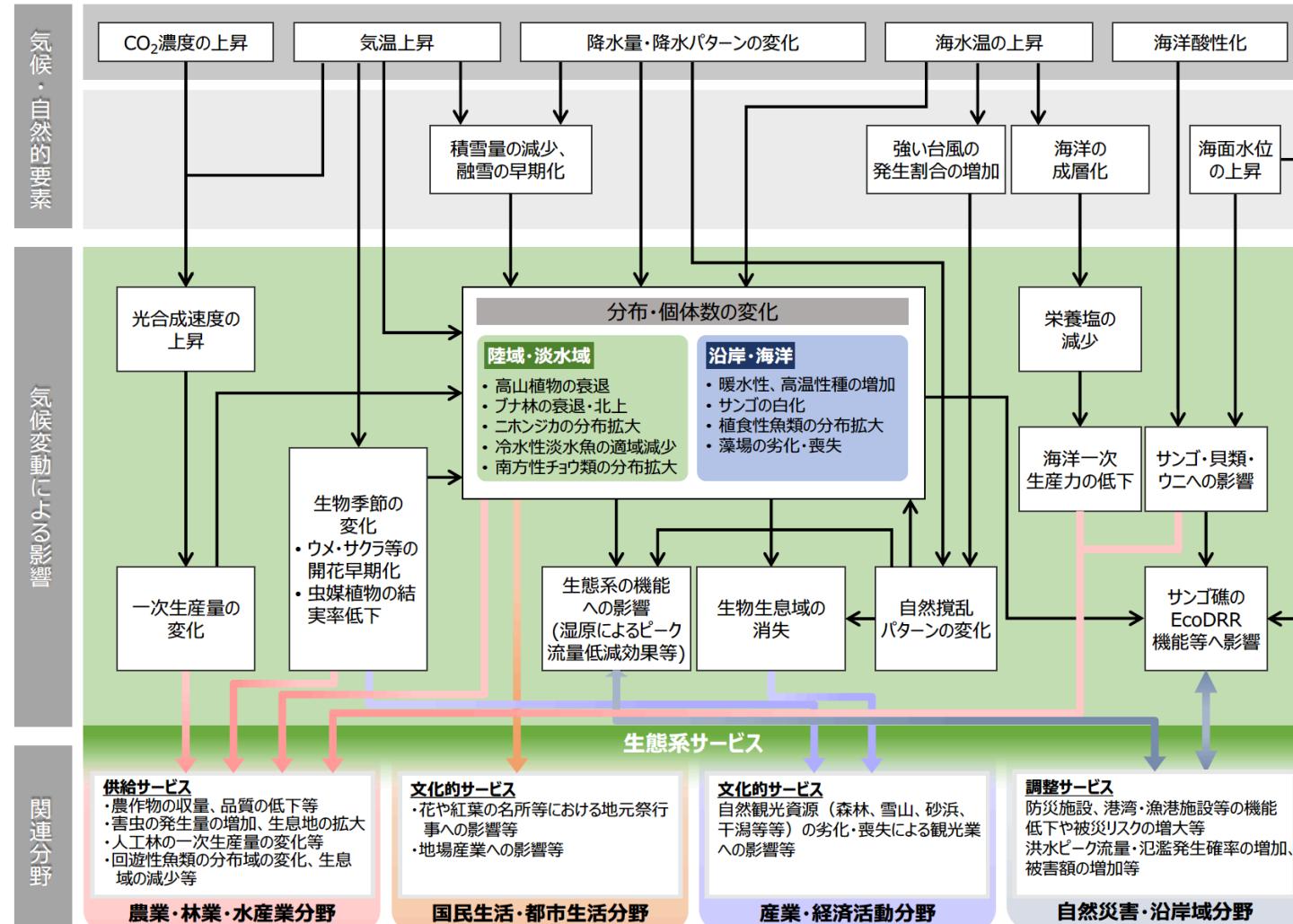
【3つの視点】

- ・ **気候変動が生物多様性に与える影響の低減**
 - ・ 気候変動の影響が少ない地域の特定と優先的な保全
 - ・ 気候変動以外のストレス低減
- ・ **気候変動に適応する際の一部として生態系の活用**
 - ・ 遊水池整備による水害の低減
- ・ **他分野の対策が行われることによる生物多様性への影響の回避**
 - ・ シナジー: 遊水池の整備に当たり、野生動植物の新たな生息・生育地を創出
 - ・ コンフリクト: 土地利用規制、再生可能エネルギー施設設置

適応策の進め方

- ・ 既存の生物多様性や生態系の保全活動で適応策に使えるものを整理して継続する
 - モニタリング、駆除活動
- ・ 他部局の活動で適応策に使えるものを整理して活用する
 - 暑熱や洪水対策としての緑地、治水における遊水地
- ・ 他部局との連携を促進する
 - インパクトチェーンの可視化

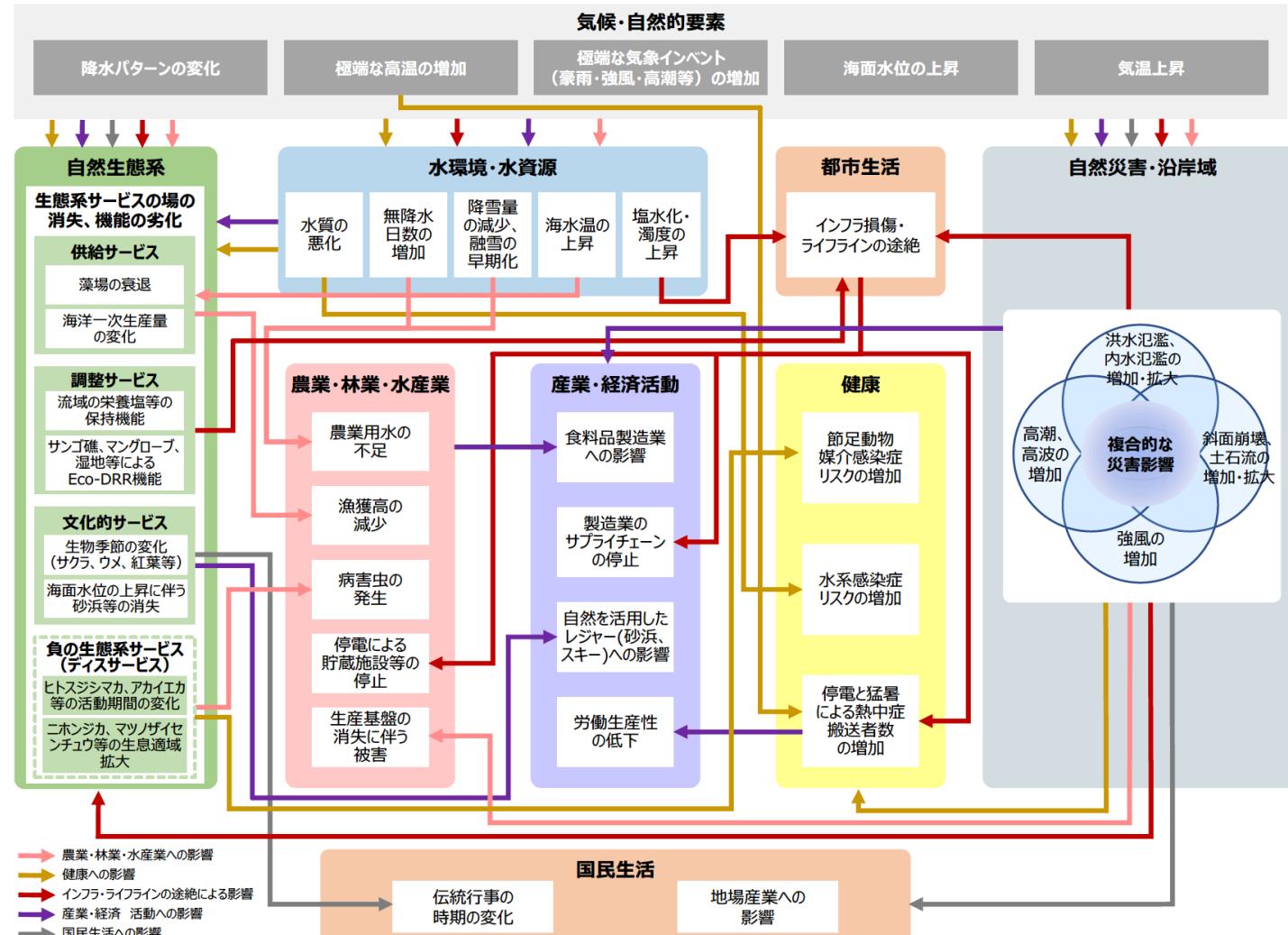
自然生態系への影響の知見の充実に加え、生態系サービスの影響についても検討した



気候変動により想定される影響の概略図（自然生態系分野）
気候変動影響評価報告書 総説 より

気候変動の自然生態系影響を通じた影響の連鎖

気候変動の影響の連鎖を考慮する必要がある。自然生態系を活用した適応策の可能性の検討



分野間の影響の連鎖の例
気候変動影響評価報告書 総説 より

生物多様性・生態系における気候変動適応の基本的考え方 (平成27(2015)年7月31日環境省報道発表)

- ・ 気候変動に対応し生態系は全体として変化するため、これを人為的な対策により広範に抑制することは不可能である。
社会的な適応が必要
- ・ 従って、自然生態系分野における適応策の基本は、モニタリングを行って生態系と種の変化を把握することと、気候変動以外の要因によるストレスの低減や生態系ネットワークの構築により、気候変動に対する順応性の高い健全な生態系の保全と回復を図ることである。

足摺宇和海国立公園域での社会的な適応の検討例

制定: 1955年(昭和30年) 足摺国定公園
1972年(昭和47年) 足摺宇和海国立公園

環境省
Ministry of the Environment

National
Parks
of Japan

▶本文へ | ▶音声読み上げ | ▶サイトマップ
日本語 | English

目次から探す ▼
中国四国地区 ▼

足摺宇和海国立公園

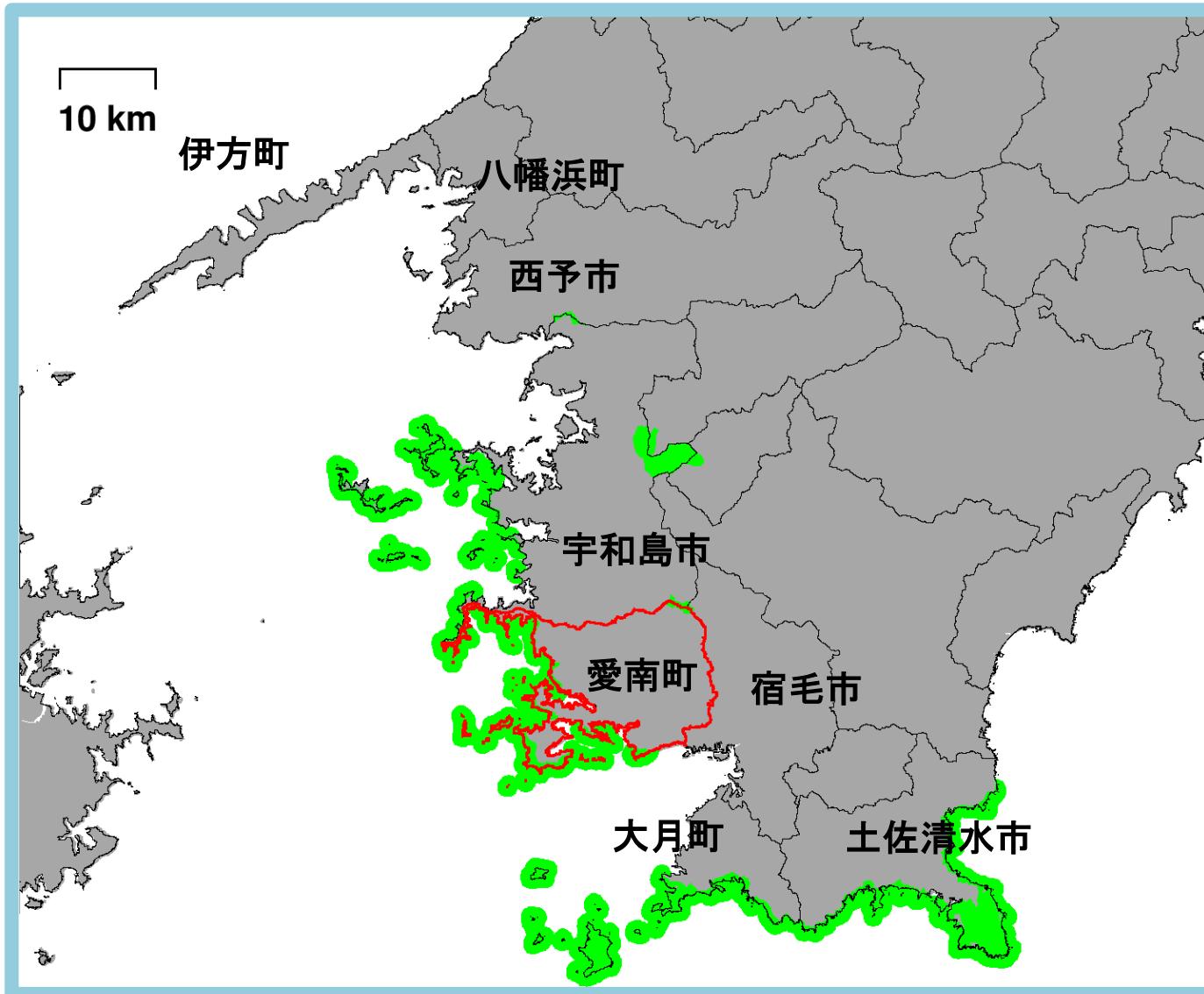
あしづりうわかいこくりつこうえん

黒潮が育む大自然～豪快優美な海岸線 いのちきらめく森と海～



環境省 > 日本の国立公園 > 足摺宇和海国立公園

沿岸部については土佐清水市～宇和島市が指定範囲
南北に長く、水温上昇によって生物分布が北上する



サンゴ・海藻に対する現地関係者の認識

地域	サンゴの認識・利用状況	海藻の認識・利用状況
伊方町～八幡浜市	<p>サンゴの存在はほとんど認識されていない。 観光利用も一切されていない</p>	漁業資源として大型海藻を積極的に利用しており、磯根資源の漁獲量も多い
西予市～宇和島市	規模は小さいものの一部でダイビング利用されているが、観光資源としての認識は非常に乏しい	大型海藻類の採取はしているものの、離島部を除いて規模は小さい
愛南町	<p>ダイビングや海水浴、海底透視船の見どころとして積極的に観光利用されているが、オニヒトデによる食害の影響が深刻である</p>	漁業資源や保全の対象としては認識していない
宿毛市～土佐清水市	ダイビングや海水浴、海底透視船の見どころとして積極的に観光利用されているが、オニヒトデによる食害の影響が深刻である	磯焼けが顕著であり、藻場の再生が課題であると感じている



調査域全体の社会的な適応策

シナリオ	市町村	サンゴ・海藻	現在の分布	将来の分布
2090年代 低排出 シナリオ	伊方町	<ul style="list-style-type: none"> 漁獲対象種の変更 サンゴの観光資源としての活用と観光施設整備 	クロメ	イソモク
	八幡浜市			
	西予市			
	宇和島市			
	愛南町		サンゴ	
	宿毛市	<ul style="list-style-type: none"> 漁獲対象種の変更 		ヒイラギモク
	大月町			
	土佐清水市			

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の
水温予測に基づく評価

広域連携：愛媛県・愛南町の取り組みの可能性

①南側の海域の動向を注視する

- ・生態系の変化とその影響
- ・観光利用方法



②北側の市町村に知見・ノウハウを提供する

- ・生態系の変化とその影響
- ・食害生物駆除の予算・人員体制、方法
- ・観光利用方法



今回のまとめ

- 自然生態系分野での適応策の考え方を知る
 - 気候変動が生物多様性に与える影響の低減
 - 気候変動に適応する際の一部として生態系の活用
 - 他分野の対策が行われることによる生物多様性への影響の回避
- 実践への道筋を探る
 - 適応策検討のステップ(参考:「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」)
 - 既存の取り組みの活用
 - 部局連携の仕掛け
 - 他部局の取り組みの活用
 - インパクトチェーンの可視化
- 社会的な適応を考える
 - 生物の分布と認識のギャップの抽出(分布していても認識されていなければ生態系サービスが発生しない)
 - 変化に対応した社会や産業の構築
 - 広域市町村連携

©国立研究開発法人 国立環境研究所 気候変動適応センター
令和3年度気候変動適応研修（中級コース）
2022年2月10日（木）