

**自然環境分野における
気候変動適応に寄与する技術・事例集**

平成 31 年 3 月

一般社団法人 自然環境共生技術協会

はじめに

一般社団法人自然環境共生技術協会(NECTA)では、会員各社の協力・支援により、自然再生・自然環境共生技術について、さまざまな調査・研究を推進しているところです。

自然環境と密接に関係する「気候変動適応」については、2015年11月の「気候変動の影響への適応計画」の閣議決定、同年12月の「パリ協定」採択、2016年8月の「気候変動適応情報プラットフォーム(A-PLAT)」の開設、2018年6月の「気候変動適応法」の成立、同年11月の法定「気候変動適応計画」の閣議決定、12月にはA-PLATのデータベースの運営及び情報の収集・発信をする「気候変動適応センター(CCCA)」が国立環境研究所に設立される等、近年急速で大きな動きが見られます。一方、11月の生物多様性条約締約国会議COP14の決定においては、締約国に対し、生物多様性に関する事項を気候変動適応計画等において統合するよう奨励するとともに、事務局長に対し、ポスト2020年目標の検討プロセスにおいて、生物多様性と気候変動の関連性を検討するよう要請しています。

このため、NECTA研究委員会(自然再生技術研究会)でも、調査・研究の取り組みを進め、施策動向の把握と今後の研究の方向の模索を行ってきました。その結果、今後の自然環境施策の推進に役立てるため、会員各社がこれまでの自然再生に係る業務の中で培ってきた技術を当研究会が整理し、気候変動適応に寄与する技術・事例として取りまとめていくこととなりました。ここでいう「気候変動適応技術」とは自然環境分野に関するもので、気候変動に関連するモニタリング、気候変動に順応性の高い生態系への誘導や保全・再生等に資する技術です。

これまでに17件の関係する事例が会員各社から寄せられ、中間段階ではありますが、ある程度の体裁を整えることができましたので、「気候変動適応技術・事例集」として公表することとしました。今後の自然環境施策において、掲載された技術の積極的な活用(業務化)を検討していただくことを期待しております。また、当事例集の発行を契機として、今後の気候変動適応において不足していると考えられる自然再生・自然環境共生技術に関する調査研究を促進し、将来的には技術体系として完成させることを目標としています。

2019年3月

一般社団法人自然環境共生技術協会(NECTA)
自然再生技術研究会

目次

1. 自然環境分野における気候変動適応に寄与する技術・事例集の概要	1
自然環境分野における機構変動適応に寄与する技術・事例集の概要	3
2. 自然環境分野における気候変動適応に寄与する技術・事例	5
<陸域生態系>	
1 リモートセンシング技術による全国の植生概況の把握	6
2 高山生態系のモニタリング調査	8
3 既存環境情報を活用した日本全域の竹林分布推定	10
4 地球温暖化に伴う生育・生息適地変化予測（陸域・淡水）	12
5 広域連携による草原を活かした地域再生の取組	14
<淡水生態系>	
6 本州山岳地における湿原の分布変化の把握・予測	16
7 環境 DNA による温暖化指標種や希少種の分布変化のモニタリング	18
8 高層湿原の乾燥化を防ぎ CO ₂ の排出を抑制する	20
9 湿原の乾燥抑止用遮水堰と斜面防災用等の 簡易土留めの『パイプウォール工法』	22
<沿岸生態系>	
10 浅海域の地形モニタリング -航空レーザ測深器で水深を測る-	24
11 気候変動に脆弱なわが国の砂浜・泥浜海岸の実態を把握する	26
12 画像解析による藻場分布図の作成	28
13 サンゴの被度分布を面的かつ経時的に把握	30
14 連結式着床具によるサンゴ種苗移植	32
15 防護・利用・環境および持続可能性に配慮した海岸保全対策	34
<その他>	
16 環境負荷を最小限にする自然公園等施設の簡易基礎 『ピンファウンデーション工法』	36
17 軽量・長寿命化素材の GRP(ガラス繊維強化プラスチック)で環境負荷の低減	37

1

自然環境分野における気候変動適応に 寄与する技術・事例集の概要

自然環境分野における気候変動適応に寄与する技術・事例について、陸域生態系、淡水生態系といった対象（場）、関連する気候変動適応施策、技術的視点及び技術・事例の概要をまとめました。また、紹介している技術・事例のお問い合わせ先を掲載しました。

自然環境分野における気候変動適応に寄与する技術・事例集の概要

【対象:場】	【テーマ名】	【関連する気候変動適応施策】										【技術的視点】										【概要】	【備考】 (お問い合わせ先)
		モニタリングの拡充と評価	現在の生態系・種を維持するための管理	気候変動に順応性の高い健全な生態系の保全・再生	気候変動への順応を促す管理	生態域外保全	気候変動適応の主流化	広域的に評価技術	生物相の把握技術	分布の把握技術	影響予測手法	自然再生技術	生態系ネットワーク	植生管理	誘導技術	保護・増殖技術	里地・里山管理手法	里山管理手法	森林整備	施設の長寿命化・環境負荷低減	可視化技術		
陸域生態系																							
1	リモートセンシング技術による全国の植生概況の把握	●					○	○														気候変動による自然環境の変化に戦略的に対応するためには、迅速かつ広域での植生概況の把握が求められる。全国一律に同時期のデータが使える衛星データを用いて植生区分を読み替え、概括的な把握が可能な植生図を作成。過年度植生図との比較から経年変化(温暖化の影響)の把握・分析も試行。	アジア航測株式会社 環境保全・再生技術部 044-967-6399
2	高山生態系のモニタリング調査	●							○													地球温暖化の影響を受けやすい脆弱な生態系を有する高山帯は、長期にわたる継続的な監視が必要。このため異なる特性を持つ5箇所の調査サイトを設定し、各サイトで継続的に指標となる生物及び物理化学的要素の調査を実施し、変化を把握するためのデータを蓄積中。	一般財団法人自然環境研究センター 第2研究部 03-6659-6332
3	既存環境情報を活用した日本全域の竹林分布推定	●					○				○		○									気候変動による今後の温暖化でこれまで生育分布が限られていた地域を含めて竹林が拡大し、生物多様性の低下、土砂災害の多発等のリスクがあるとされる。このため竹林の在不在とそれを規定する自然的要因、人為的要因を把握し、全国レベルでの竹林の分布可能域を推定。	アジア航測株式会社 環境保全・再生技術部 044-967-6399
4	地球温暖化に伴う生育・生息適地変化予測(陸域・淡水)	●					○			○												地球温暖化が生態系に及ぼす影響について、我が国の森林を代表するブナ林と代表的な溪流魚であるイワナ類の生育・生息適地の変化を例に予測することとし、現状と将来の温暖化進行後の条件下での全国分布予測図を作成。この結果の比較分析を基に、必要な気候変動適応策を検討した。	一般財団法人自然環境研究センター 第2研究部 03-6659-6332
5	広域連携による草原を活かした地域再生の取組														○					○		地域における気候変動適応においては、地域の自然がもたらす「恵み」や本来備わっている復元力(レジリエンス)に関する認識を共有した上で、施策や取組への幅広い合意形成を図ることが重要になる。共通性が高い阿蘇の草原再生で行ってきた合意形成の取組事例から、そのポイントを整理。	株式会社メッツ研究所 環境計画室 03-5227-7802
淡水生態系																							
6	本州山岳地における湿原の分布変化の把握・予測	●						○	○	○												温暖化に伴う積雪量や積雪期間の変化で湿原の縮小や消滅のおそれがある。そこで多雪山岳地の複数地域を調査対象として新旧の空中写真の比較を行い、広域的な湿原の分布域の経年変化を検出。これにより、気候変動がもたらす湿原への影響について定量的な解明が可能になった。	アジア航測株式会社 環境保全・再生技術部 044-967-6399
7	環境DNAによる温暖化指標種や希少種の分布変化のモニタリング	●						○	○	○												温暖化の進行に伴い、病原体媒介種や外来種など人間生活や生態系に影響を及ぼす生物の分布拡大が懸念される。水中に存在するDNAの分析から特定の種の存在や生物相、現存量を把握する技術を活用することにより、効率的にこれらの種の早期発見や希少種の分布変化の確認などを行うことが可能になっている。	いであ株式会社 経営企画本部企画部 03-4544-7603
8	高層湿原の乾燥化を防止CO2の排出を抑制する		●								○	○										炭素蓄積機能の大きさから湿原の乾燥化防止は、生態系を活用した有効な気候変動適応策と位置付けることができる。大規模開発等によって面積縮小や乾燥化が進んだ北海道サロベツ湿原において、自然再生事業として水路埋め戻し・堰き上げなど地下水位低下を抑制する工事を行い、モニタリングにより効果を確認。	アジア航測株式会社 環境保全・再生技術部 044-967-6399
9	湿原の乾燥抑止用遮水堰と斜面防災用等の簡易土留めの『パイプウォール工法』			●																○		気候変動適応策でもある湿原の乾燥化の抑制や土砂災害の抑止のための事業実施にあたり、重機を使わず軽量のアルミ矢板を電動工具で打ち込む工法を開発。これにより省エネを実現するとともに、湿潤環境での長寿命化、工事時の生態系への影響を低減。	株式会社ラスコジャパン 東京支社 営業本部 045-534-6814
沿岸生態系																							
10	浅海域の地形モニタリング -航空レーザ測深器で水深を測る-	●																				気候変動による沿岸部への影響把握・評価には海象のモニタリングが不可欠だが、小型の航空レーザ測深機により、船舶や人の進入がむずかしい浅場を含む海域での水深データが「安全」かつ「高精度」「効率的」に把握できるようになり、海底地形の解明が飛躍的に進展している。	アジア航測株式会社 環境保全・再生技術部 044-967-6399
11	気候変動に脆弱なわが国の砂浜・泥浜海岸の実態を把握する	●																		○		気候変動適応には、波高増大に伴う海岸侵食の増加への対応など、海岸域の管理がより重要になる。わが国の砂浜・泥浜海岸約7,600kmを対象に、汀線だけでなく後背地400mの土地被覆をデータ化し、1970年代から2000年代への汀線の後退、後背土地利用面積の変化について定量的、総合的に解析した。	アジア航測株式会社 環境保全・再生技術部 044-967-6399
12	画像解析による藻場分布図の作成	●						○	○													気候変動に伴う海水温の上昇等の影響で、全国各地で藻場が衰退(磯焼け)。季節や年変動の大きい藻場・アマモ場の現状を広範囲、均一精度で把握するため、衛星画像解析を導入。これに熟練者による目視判読、現地調査(目視観察、水中カメラ、ドローン、ALBを使用)を組み合わせた効率的な藻場分布図作成手法を確立。	アジア航測株式会社 環境保全・再生技術部 044-967-6399
13	サンゴの被度分布を面的かつ経時的に把握	●						○	○												○	温暖化が進む中でサンゴの退避地としても注目が集まる慶良間諸島において、現地調査と対比しながらの空中写真の読み取りからサンゴ被度分布図を作成。3時期の分布図の比較から、大規模白化前後の被度低下や回復状況など、今後の保全・再生策検討に有用な客観的データが得られた。	アジア航測株式会社 環境保全・再生技術部 044-967-6399
14	連結式着床具によるサンゴ種苗移植			●										○								気候変動に伴う海水の高水温化によりサンゴの白化現象が多く発生するおそれがある。捕食者や白化現象等により失われたサンゴ礁を早期に回復するため、サンゴへのダメージの少ない移植法としてサンゴの種苗作成技術が開発され、これにより再生の取組を実施中。高水温に順応できる種苗の開発も期待できる。	いであ株式会社 経営企画本部企画部 03-4544-7603
15	防護・利用・環境および持続可能性に配慮した海岸保全対策			●																○		島嶼国等では、気候変動に伴い高波・越波等の海岸災害や海岸侵食等のリスクが高まる懸念がある。これに対し、自国で入手可能なサンゴ礁と砂を養浜材に利用し、利用・環境にも配慮した保全対策として断面の柔軟性に配慮した礫養浜を実施し、高い安定性を確保している。	日本工営株式会社 基盤技術事業部 環境部 03-3238-8382
その他																							
16	環境負荷を最小限にする自然公園等施設の簡易基礎『ピンファウンデーション工法』			●																	○	気候変動の進行は各種施設整備環境の極端化をもたらす。施設自体により高い耐久性が求められることが予測される。そこで山間部や湿原など厳しい立地条件と気象条件のもとで整備される木道、階段等施設の基礎工事の工法を開発。厳しさを増す自然災害にも強いうえ、人力で施工し植生への影響を最小限にできる。	株式会社ラスコジャパン 東京支社 営業本部 045-534-6814
17	軽量・長寿命化素材のGRP(ガラス繊維強化プラスチック)で環境負荷の低減			●																	○	気候変動の進行は各種施設整備環境の極端化をもたらす。施設自体により高い耐久性が求められることが予測される。そこで湿地帯・塩害・火山ガス等の影響下で耐水性・耐塩性を発揮できる素材を活用し、構造物、グレーチング床等を長寿命化。これにより周辺植生への影響を低減させ、軽量で運搬コストも縮減。	株式会社ラスコジャパン 東京支社 営業本部 045-534-6814

2

自然環境分野における気候変動適応に 寄与する技術・事例

自然環境分野における気候変動適応に寄与する個別の技術・事例
を紹介します。

技術テーマごとに、気候変動適応への活用の展望、キーワード、
具体的な技術内容をまとめました。

温暖化に伴う気候変動により、植生に変化が生じる現象としては、シカ食害や病虫害の拡大、ブナ林や高山・亜高山植生の後退、気象害によるスギ枯損等が想定されている。我が国の植生については、1973年以降、自然環境保全基礎調査が実施されており、1980年代には縮尺1/5万で全国の植生図が整備された後、1999年から縮尺1/25,000植生図の整備が進められ、2017年度終了時点で全国の約84%の整備が終了している。これらの植生図は環境アセスメントや自然環境保全施策立案のための重要な基礎情報として利用されている。しかしながら、整備に20年近くの隔たりがあり、実態と乖離している地域もあることが課題となっており、自然環境の変化に戦略的に対応するためには、迅速かつ広域での植生概況の把握も必要となっている。以上を踏まえて、広域かつ高頻度で取得されている衛星データを用いて、従来の植生図とは異なる観点で自然環境を概括的に把握する手法の検討を試行的に実施した。なお、本稿は、環境省生物多様性センターが実施した「平成21年度自然環境概況調査及び植生図作成手法の効率化検討等業務」の成果に基づくものである。

◆対象：陸域生態系－全国の植生 ◆適応施策：モニタリングの拡充と評価－気候変動の影響把握

Keyword：リモートセンシング、衛星データ(MODISデータ)、全国植生概況図、広域モニタリング、病虫害による植生変化

●方法と材料：本検討には一度に全国規模で観測でき高頻度(1~2回/日)な観測が可能なMODISデータ(Vegetation Indices 16日間コンポジット画像)を用いた(図1)。本データは、全国一律に同時期のデータが使用できるため同一手法を全国に適用でき、一定期間ごとに雲を補完したコンポジット画像が利用できる等の利点がある。このような年間の変化パターンをトレーニングデータ(図2,3)をもとに植生区分ごとに整理し(図4)、画像解析による植生分類を行った。

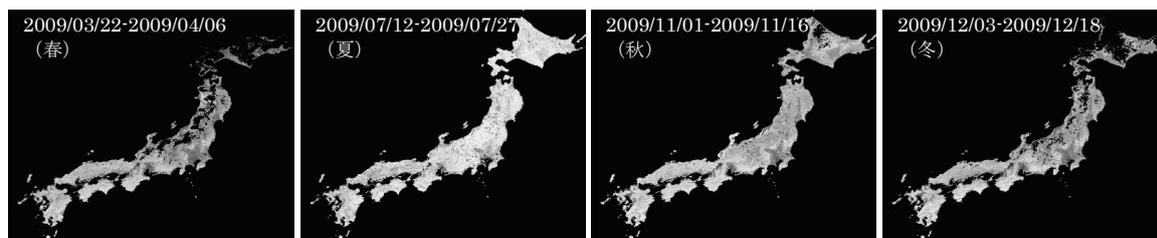


図1. 解析に使用した2009年MODIS Vegetation Indices 16日間コンポジット画像の例

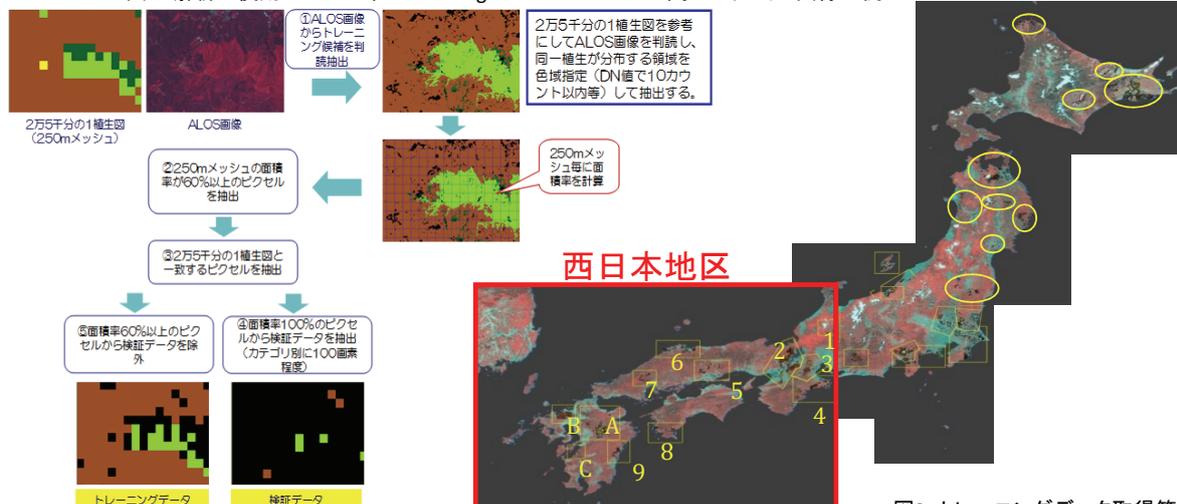


図2. トレーニングデータ等の作成方法

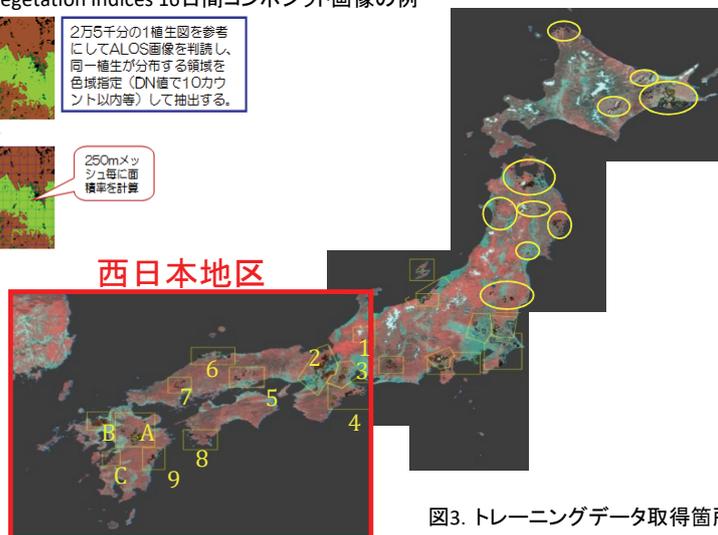


図3. トレーニングデータ取得箇所

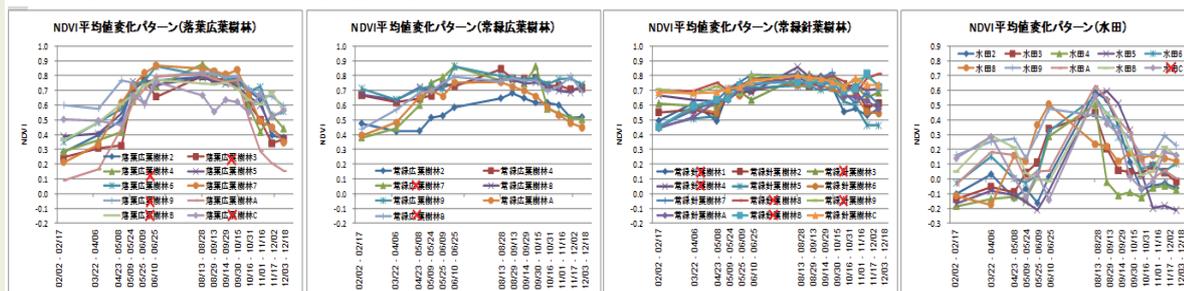


図4. トレーニングデータによるNDVI季節変化パターン(西日本)の例

●2009年の全国植生概況図: MODISデータ(2009年)を使用して地区ごと(図5)に作成した植生概況図を統合し、全国の植生概況図を作成した(図6)。森林のタイプは落葉/常緑、広葉/針葉に区分されている。同図から中国地方で特徴的な落葉樹林と常緑樹林の混在する様子や、北海道で特徴的な大規模な牧草地の分布が把握できる。全国同一年のデータをもとにした統一的な解析手法による本図は、植生や生態系の異変をいち早く捉えることが可能であり、迅速かつ適切な保全施策に繋げることが期待できる。

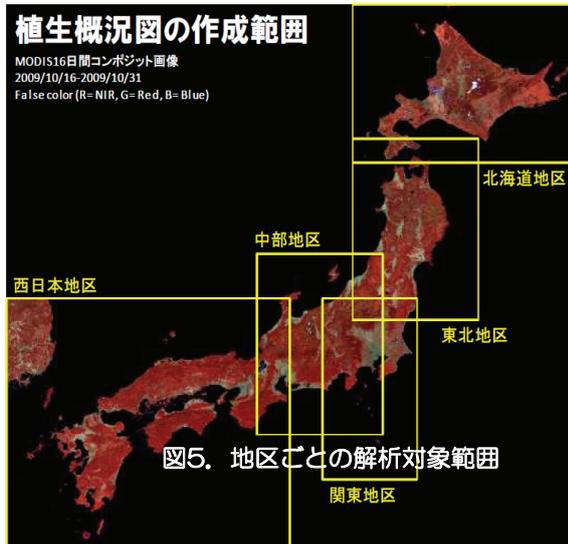


図5. 地区ごとの解析対象範囲

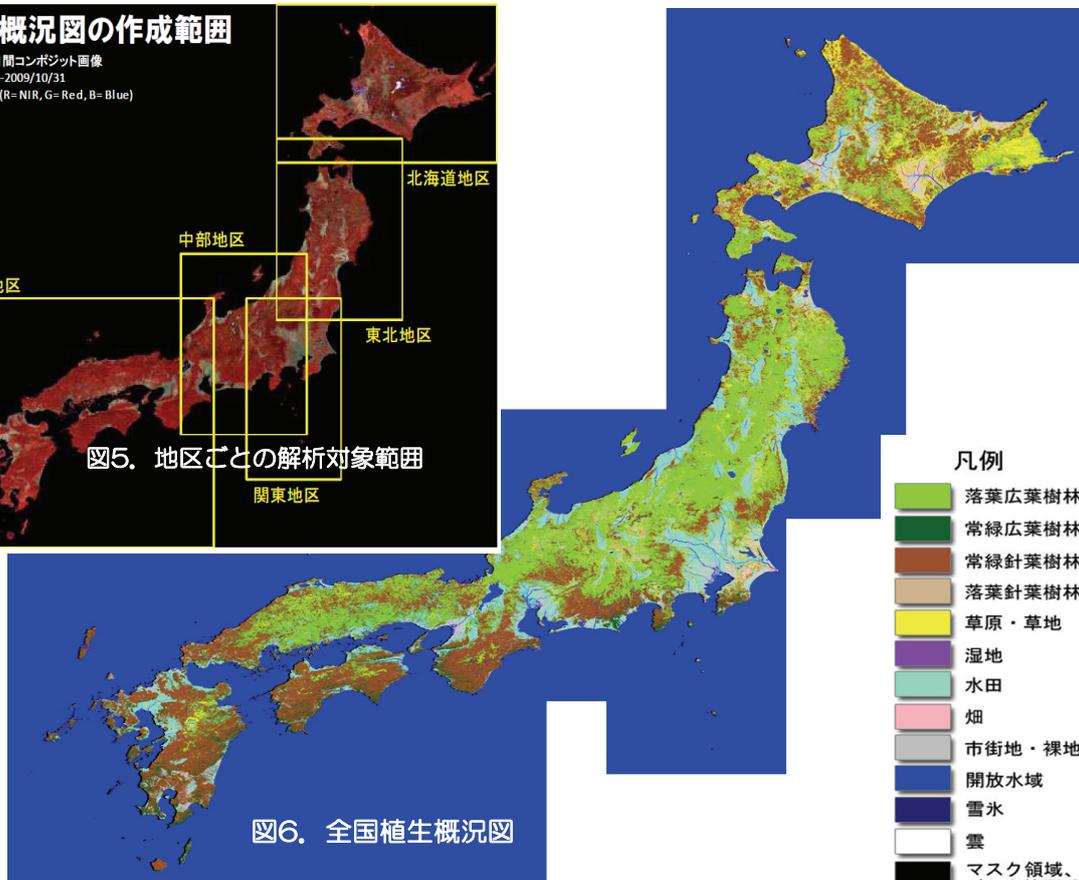


図6. 全国植生概況図

- 凡例
- 落葉広葉樹林
 - 常緑広葉樹林
 - 常緑針葉樹林
 - 落葉針葉樹林
 - 草原・草地
 - 湿地
 - 水田
 - 畑
 - 市街地・裸地
 - 開放水域
 - 雪氷
 - 雲
 - マスク領域、データ範囲外

●全国植生概況図による経年変化把握: 全国植生概況図を1980年代の1/50,000植生図(図7)と比較することで土地被覆の変化を把握した。両者の森林タイプ間の変化をみると、中国地方でマツ枯れによる針葉樹林から広葉樹林への変化が捉えられていた(図8)。北日本では、マツノマダラカミキリなど低温下ではあまり活発に活動しない病害虫が温暖化により活動域を広げることでマツ枯れ等の被害が拡大する恐れもあり、全国植生概況図による被害分布把握の可能性が示唆された。

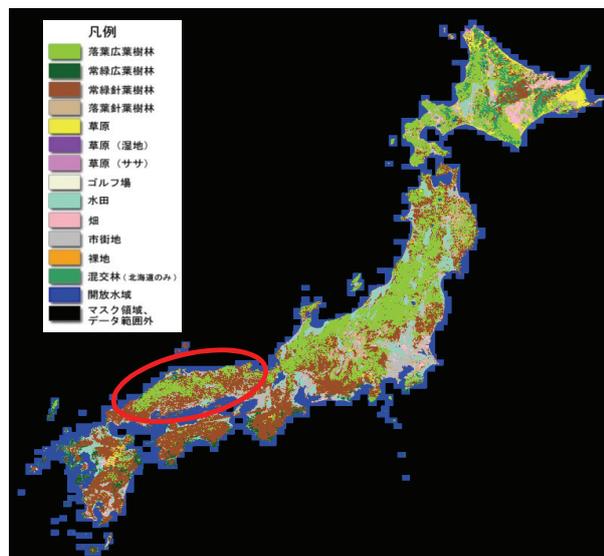


図7. 1980年代の1/5万植生図(1kmメッシュ)

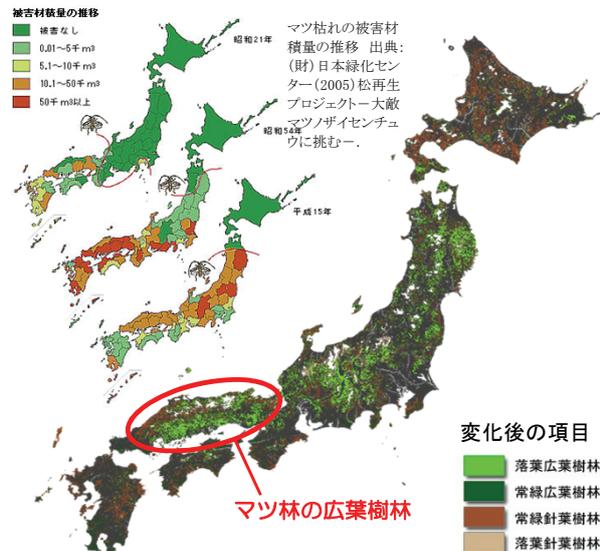


図8. 1980年代～2009年における森林タイプの変化

高山帯は地球温暖化の影響を受けやすい脆弱な生態系を有することから、長期的なモニタリングを実施しながら継続的に監視をする必要がある。このため、高山生態系について生物多様性及び生態系機能の状態を把握するために、大雪山、北アルプス(立山、蝶ヶ岳～常念岳)、白山、南アルプス(北岳)、富士山の5箇所の調査サイトにおいて、指標となる生物及び物理化学的要素の調査を実施している。

具体的な調査項目には、温度(気温・地温・地表温度など)、植生、ハイマツの年枝伸長、開花フェノロジー、チョウ類、地表徘徊性甲虫類、マルハナバチ類などがあり、毎年継続して調査が行われてデータが蓄積されつつある。また調査を開始して10年程度であることから、現状では必ずしも温暖化による顕著な影響を把握できているわけではなく、今後のデータ蓄積が重要。平成30年度に、2013年度以降のとりまとめがなされる予定。 ※主な出典：モニタリングサイト1000高山帯調査-重要生態系監視地域モニタリング推進事業-2008～2012年度とりまとめ報告書(業務発注元：環境省生物多様性センター)

◆対象：陸域生態系-高山帯

◆適応施策：気候変動の影響の把握

Keyword：モニタリング調査, 高山帯, 影響評価手法

●調査サイト

全国的な地域性や地域環境のバランスに配慮し、高山帯環境の変化を捉えるために効果的なモニタリングが行えるよう、以下の様に調査サイトを配置した。

調査サイト名と特徴

サイト名	特徴
大雪山	<ul style="list-style-type: none"> ・典型的な高山帯で、北海道の多雪地域にあり、火山活動の影響がある ・アクセスはロープウェイと車道 ・研究者による気候観測や継続的な調査がある
北アルプス	<ul style="list-style-type: none"> ・典型的な高山帯で、中部地方の多雪地域にあり、火山活動の影響が一部ある ・アクセスはロープウェイと車道 ・観測所による気候観測と、研究者により継続的な調査がある
白山	<ul style="list-style-type: none"> ・典型的な高山帯で、中部地方の多雪地域にあり、火山活動の影響がある ・自治体による継続的な調査がある
南アルプス	<ul style="list-style-type: none"> ・典型的な高山帯で、中部地方の寡雪地域にある ・研究者による継続的な調査がある
富士山	<ul style="list-style-type: none"> ・新しい火山活動により植生の分布や範囲が影響を強く受ける特殊条件に出現する高山帯で、中部地方にある独立峰 ・アクセスは車道 ・観測所による気候観測と、研究者による継続的な調査がある



●調査項目毎の目的と方法

・気温/地温・地表温度

【目的】基本的な環境変化を把握するため、通年でデータを得る。地温・地表温度の変化からは、積雪日数などを推定する。

【方法】気温は、計測器(おんどとりJr TR-52S 株式会社ティアンドデイ社製)により、連続的に計測した。地温・地表温度は、温度ロガー(Tidbit v2 Temp Logger Onset Computer Corporation社製)により、地表面、地下5cm、地下10cmで連続的に計測した。

・植生

【目的】生態系基盤を形成する植生の構成種(出現頻度)の変化を把握する。

【方法】1m×10mの永久方形枠を、1m×1mの10個のサブコドラートに分け、それぞれのサブコドラートを10cm×10cmの100のメッシュに区切り、メッシュごとの出現種の有無を記録した。サブコドラートごとに、植被率、岩石・砂礫率、蘚苔類、地衣類、草食動物の食痕の有無を記録した。調査頻度は3～5年に1度。

・ハイマツの年枝伸長

【目的】長期的な環境変化が植物の生育に及ぼす影響の指標として、夏の気温との相関が高いハイマツの長枝の伸長量について経年変化を把握する。

【方法】ハイマツ個体の中の優勢な幹を対象に長枝の年枝の長さ(年枝伸長量)を過去20年程度までさかのぼって計測し、各年次の年枝伸長量を推定した。調査頻度は5年に1度。

・開花フェノロジー(インターバルカメラ)、開花フェノロジー(目視)

【目的】環境変化が生物季節(フェノロジー)に及ぼす影響の指標として、高山植物の開花時期の変化を把握する。

【方法】インターバルカメラにより連続撮影した写真から、開花ステージを判読した。目視による調査では、開花ステージを数日~1週間間隔で現地で記録した。

開花ステージ:

- A-咲き始め(蕾がたくさんある。1~5分咲き)
- B-満開(蕾はあまり残っていない)
- C-開花後期(しおれた花が多く見られる)
- D-終了(ちらほらと花が残っている程度)

・チョウ類(ライトランセクト)、チョウ類(定点)

【目的】環境変化が高山生態系に及ぼす影響の指標として、高山蝶の出現数の変化と低標高性の種の侵入と増減を把握する。

【方法】ライトランセクト調査または定点調査により、出現種の個体数を記録した。ライトランセクト調査では、高山蝶の中でも広域に分布するベニヒカゲとクモマベニヒカゲを指標種とし、これらを中心に個体数を記録した。定点調査では、チョウ類全種を対象とし、群集について、また低地性種の増加などに着目して調査を行った。

・地表徘徊性甲虫

【目的】環境変化が土壌生態系に及ぼす影響の指標として、地表徘徊性甲虫の種構成の変化を把握する。

【方法】プラスチックカップを用いたピットフォールトラップ調査により、回収された甲虫類を記録した。調査地点ごとのトラップの個数は20個とし、誘引餌としては、すし粉とサナギ粉をそれぞれ10個のトラップに用いた。

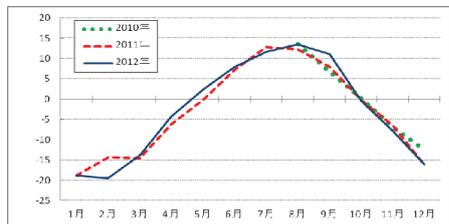
・マルハナバチ類

【目的】外来種のセイヨウオオマルハナバチの侵入の早期発見と、花粉媒介性昆虫であるマルハナバチ類の種構成の変化を把握する。

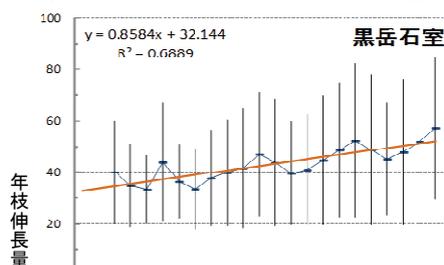
【方法】ライトランセクト調査により、訪花植物の種ごとに出現種の個体数を記録した。

● 主な調査結果

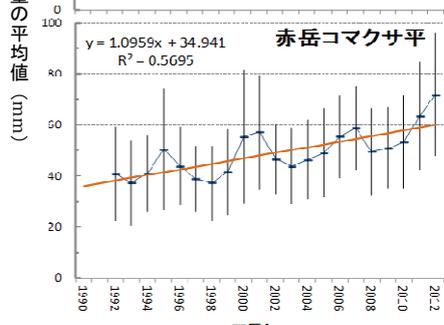
モニタリング調査の開始から間もないため、温暖化の影響を明確に示すものではないが、蓄積されつつあるデータの一部を以下にまとめた。今後のさらなるデータの蓄積が重要である。



赤岳コマクサ平における月平均気温の推移

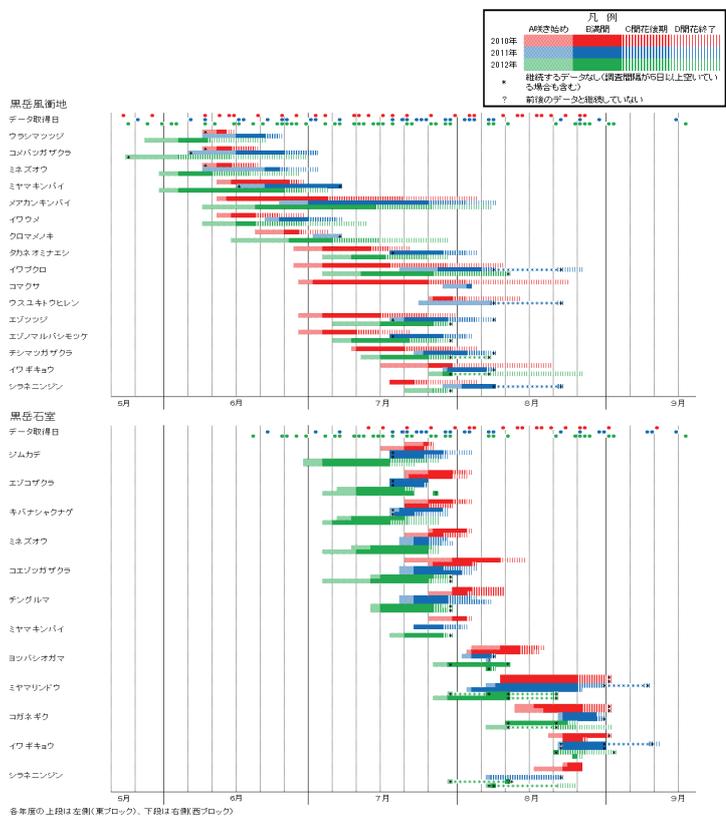


黒岳石室



西暦年

大雪山サイトのハイマツの年枝伸長量の平均値の経年変化



大雪山サイトの開花フェノロジー調査の結果 (黒岳の目視による調査の例)

近年、モウソウチクやマダケを主体とした竹林の著しい拡大状況が西日本を中心に各地で報告されており、生物多様性の低下、土砂災害の危険性、景観の劣化及び温暖化防止吸収源としての機能低下等が指摘されている。また、これまで竹林の生育分布が限られていた東日本(特に東北地方)においても、**気候変動による今後の温暖化で竹林の拡大が進行する可能性があり**、様々な影響を及ぼすことも懸念されている。竹林拡大に着目して里山里地の保全、再生を検討する際には、竹林の分布箇所の把握が必要である。しかし、既往の研究では、いずれも地域または地区レベルでの狭い範囲での事例にとどまっている。そこで、既存の竹林の分布データと国土数値情報等を用いて、**全国レベルでの竹林の分布可能域を推定した**。また、経年的に詳細な竹林の分布と拡大状況が明らかになっている地域において、竹林分布可能域図の精度を検証した。なお、本稿は環境省生物多様性センターが実施した「平成21年度自然環境概況調査及び植生図作成手法の効率化検討等業務」の成果に基づくものである。

◆対象: 陸域生態系－里地・里山 ◆適応施策: モニタリングの拡充と評価－気候変動の影響把握

Keyword : 広域的ハビタット評価技術、分布の把握技術、自然環境情報GIS、国土数値情報、一般化線形モデル、竹林分布拡大、環境要因、広域モニタリング

●方法と材料: 自然環境情報GISデータを用いて竹林に該当する凡例を統合し、日本全域の竹林の在不在データを3次メッシュレベルで作成した(図1,2)。竹林在不在データと国土数値情報等による環境要因データ(図3、自然要因: 暖かさの指数、年間降水量、最深積雪深、表層地質、斜面傾斜角、人為要因: 森林率、農地率、宅地率)から一般化線形モデル(GLM)によって日本全域における竹林の分布確率を求めた。

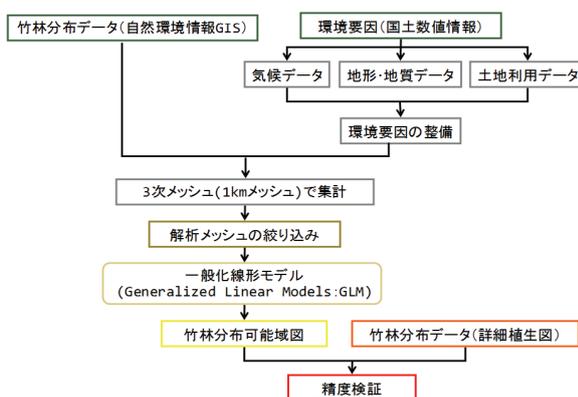


図1. 解析フロー

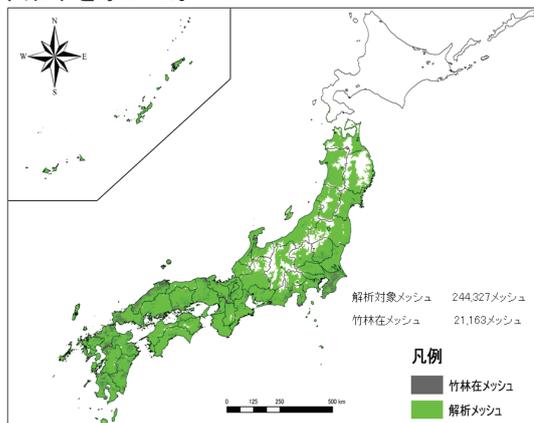


図2. 解析対象メッシュと竹林在メッシュ

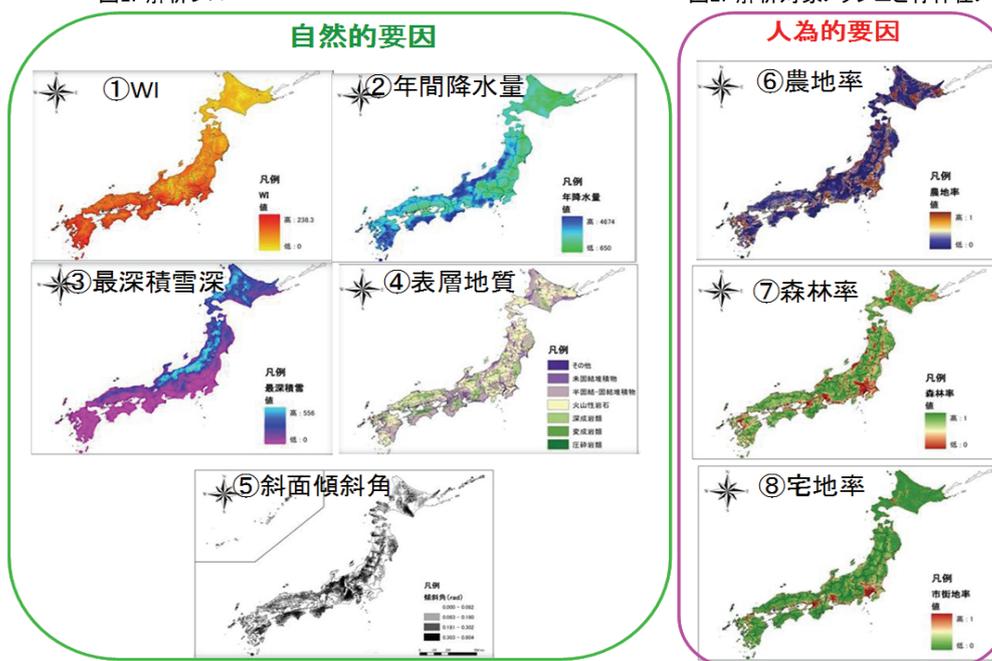


図3. 解析に用いた環境要因の3次メッシュ分布

●日本全域における竹林分布可能域図

ROC分析による閾地(0.48以上)の竹林分布確率を持つ3次メッシュは、太平洋側では宮城県以南、日本海側では新潟県以南の西日本の沿岸部の平地から丘陵地を主体に広く分布していた(図4)。自然的要因では、暖かさの指数、年降水量、最深積雪量といった気象・気候要素が効いている(低温・小雨・多雪でタケの生育が制限される)ことから、今後の温暖化に伴って北日本等分布確率の低い地域での竹林拡大が示唆された。

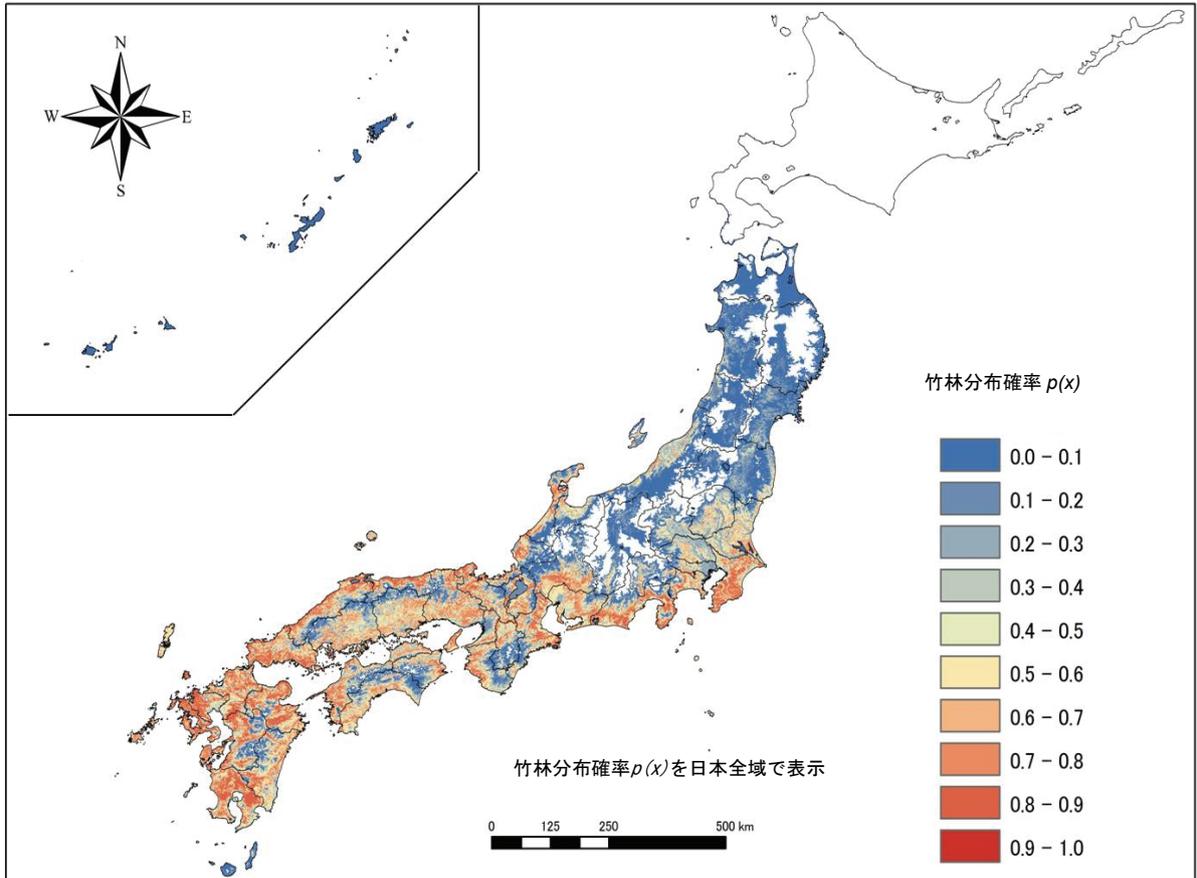


図4. 竹林の分布可能域

●詳細植生図による精度検証

広島県の6地区で作成された詳細竹林分布図(図5)で検証した結果、GLMIによる竹林分布確率と1000haあたりの竹林面積には高い正の相関があった($R^2=0.872$ 、図6)。また、同県の4地区で約20年間(1980年代~2000年代)の年間拡大率と竹林分布確率との関係についても両者の間にも高い正の相関が認められた($R^2=0.982$ 、図7)。

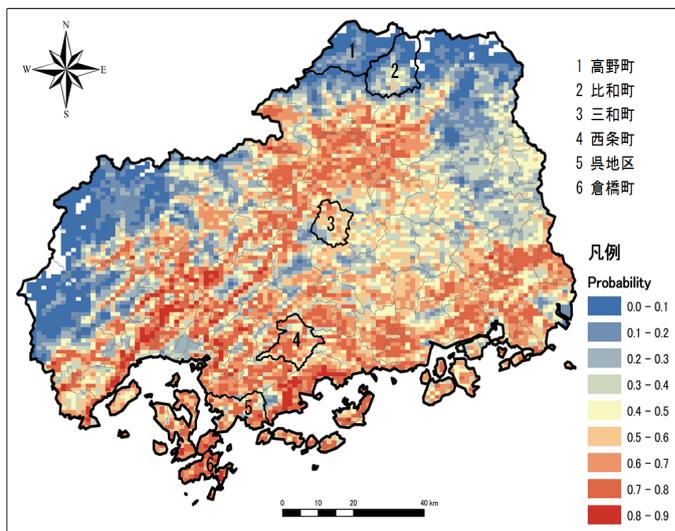


図5. 広島県の竹林分布可能域

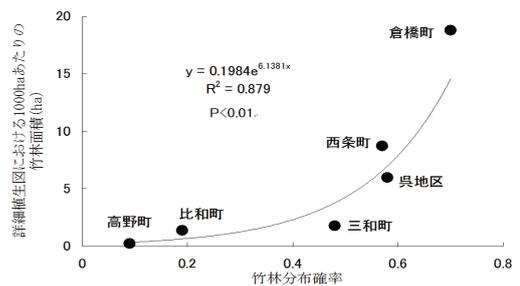


図6. 竹林分布確率と1000haあたりの竹林面積

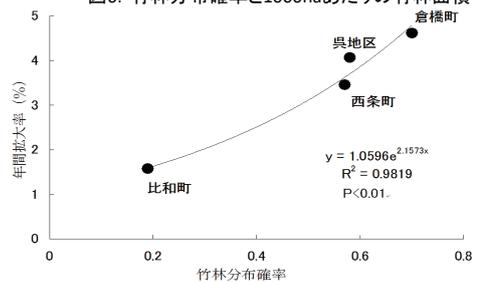


図7. 竹林分布確率と竹林の年間拡大率

近年、地球温暖化の進行により、生態系の攪乱や種の絶滅など、生物多様性に対して深刻な影響が生じることが危惧されている。実際に、地球温暖化の影響により、生物の分布や生物季節（フェノロジー）に変化が生じていると考えられる事例も多く報告されている。このような中、地球温暖化が生態系にどのような影響を及ぼすかを予測し、地球温暖化の影響への適応策を検討・実行することが重要である。このため、我が国の森林を代表するブナ林と代表的な溪流魚であるイワナ類の生育・生息適地が地球温暖化によりどのように変化するかを予測した。

※出典：平成23年度生物多様性評価の地図化に関する検討調査業務報告書（業務発注元：環境省自然環境局）

◆対象：陸域生態系-自然林・淡水生態系-河川

◆適応施策：現在の生態系・種を維持するための管理

Keyword：広域的ハビタット評価技術，影響予測手法

●方法と材料：ブナ林

- ・ブナ林の抽出には、自然環境保全基礎調査第5回植生調査現存植生図を利用（近縁種のイヌブナ林は解析対象外とした）
- ・解析ソフトMaxentを用いて、分布適地の予測を行なった。
- ・予測には、温度と植生の対応を示す指標、成長期の水分供給の指標、冬季の乾燥や積雪の指標、冬季の低温の極値の指標として、以下の4つの指標データを用いた。
 - 暖かさの指数……温度と植生の対応を示す指標
 - 夏期降水量（5～9月）……成長期の水分供給の指標
 - 冬期降水量（12～3月）……冬季の乾燥や積雪の指標
 - 2月（最寒月）の最低気温……冬季の低温の極値の指標
- ・現在の気候データはWorldClimのデータを用い、将来（2100年頃）の気候変化シナリオはGCMs（<http://www.worldclim.org/>）を適用した。このシナリオでは日本付近は2100年頃に年平均気温で1.0～2.5℃上昇すると予測されている。

●地球温暖化によるブナの生育適地の変化予測

現在のブナ林は、本州北部から中部地方にかけて分布の中心がある。また、北海道南部や中国地方、四国、九州の山岳地域にも分布している。

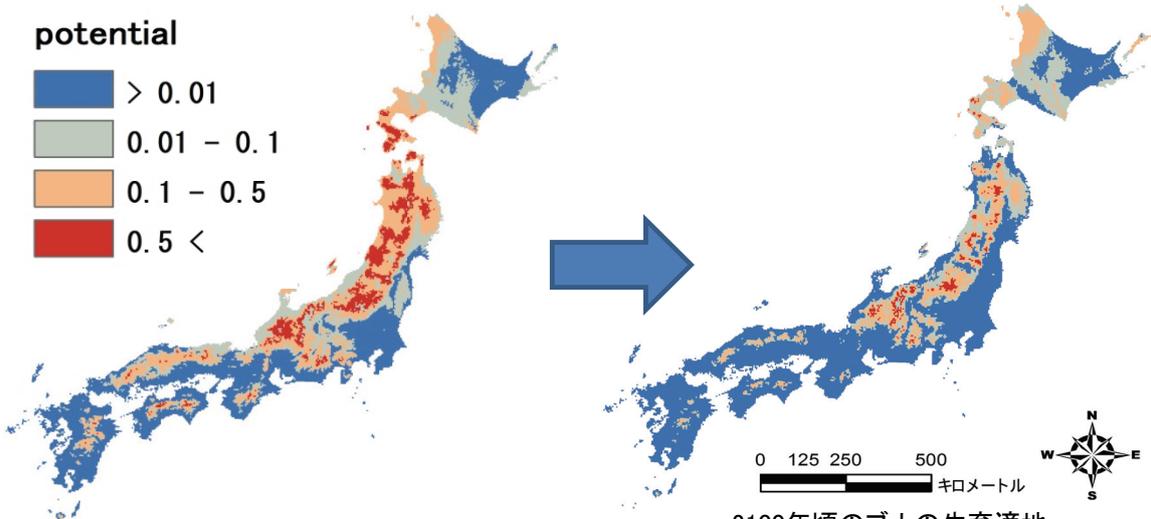
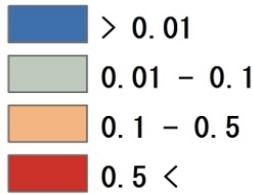
2100年頃には、全国的にブナ林の生育適地が大幅に縮小すると推定される。特に東北地方太平洋側、中国地方、四国、九州においては、生育適地はほとんど消失してしまう。分布の中心である本州北部から中部地方にかけても、生育適地が大幅に縮小すると予想される。

ブナ林が分布しており、かつ生育確率が低下する地域では、モニタリング体制を充実・強化するとともに、時間をかけて温暖化に適応し、変化に幅広く対応できるよう、生態系ネットワークの構築などの適応策を検討、実施することが重要である。



現在のブナの分布

potential



現在のブナの生育適地

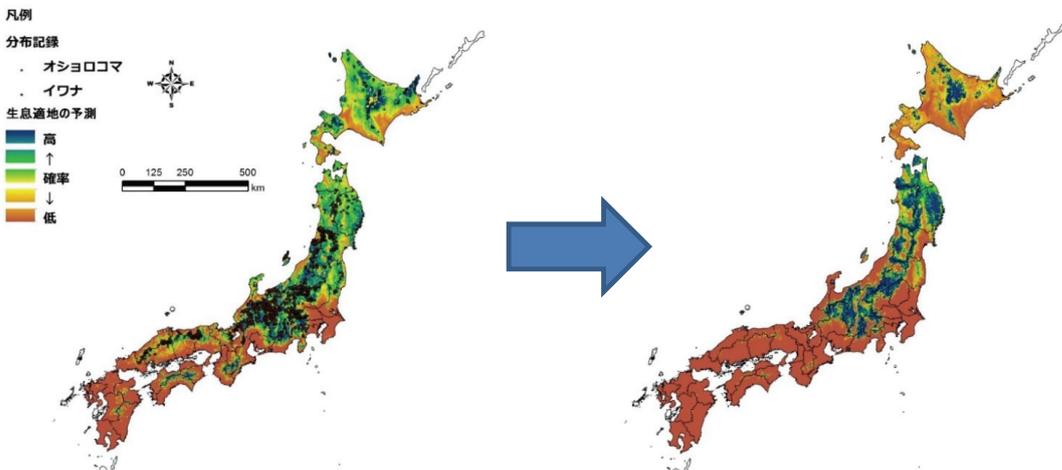
2100年頃のブナの生育適地
(年平均気温が1.0~2.5℃上昇した場合)

●方法と材料:イワナ類

- ・本州のイワナ類としては、ニッコウイワナ・ヤマトイワナ等の陸封性のイワナを、北海道ではオシヨロコマを予測に用いた。
- ・イワナ類の分布記録としては、自然環境保全基礎調査動物分布調査報告書淡水魚類、国土交通省河川水辺の国勢調査、各種文献及び観察記録等を用いた。
- ・解析ソフトMaxentを用いて、分布適地の予測を行なった。
- ・予測に用いた環境データは以下の通り。
 - 地下水温の推測値(標高と緯度を独立変数とした推定式を適用(Nakano et.al 1996))
 - メッシュ気候値2000(気象庁)
 - 傾斜角度(3次メッシュ内の平均値:国土地理院・数値地図50mメッシュから生成)
 - 火山岩の有無(産業技術総合研究所地質調査総合センター(編)
(2010)20万分の1日本シームレス地質図データベース)
- ・現在の水温及び仮に3℃水温が上昇した場合の生息適地図を作成した。

●地球温暖化によるイワナ類の生息適地の変化予測

- ・本州、四国、九州のイワナ類
 - 本州のイワナ類については現在、東北地方から中部地方までの山間部に広く生息好適地が存在するほか、中国地方や紀伊半島の高標高の溪流にも適地が存在する。仮に水温が3℃上昇すると中部山岳以西の西日本の好適地はほぼなくなるほか、東日本においても生息適地は高標高地のみに限られる。また、四国、九州については生息適地がほとんど消失すると推測される。
- ・北海道のオシヨロコマ
 - 現在の生息適地は石狩平野や十勝平野などの低標高の平野部を除き、北海道全域に広く分布する。仮に水温が3℃上昇すると石狩平野以西の好適地はほとんどなくなり、石狩以東の好適地も石狩山地、日高山地、知床半島等の高標高地に分断される。



イワナ類の分布記録と現状の予測分布域

水温が3℃上昇した場合のイワナ類の生息適地予測

気候変動によるリスクに対する適応策として、①健全な生態系の保全・再生、②気候変動への順応を促す方向での自然環境の管理(積極的な干渉)などが考えられるが、アクションを起こす場合、異なる分野の幅広い人々の関与、資金などが必要になる。その際に、「地域」という枠組みのもとでその自然・生態系についての人々の共通認識の形成が重要であり、まずは地域の自然がもたらす「恵み」や本来備わっている復元力(レジリエンス)がどこにあるかという認識を共有した上で、施策や取組への幅広い合意形成を図ることが前提になる。

自然再生を進めるに当たっても、価値認識から行動に至るまで同様のプロセスをたどるケースが多い。ここでは阿蘇の草原再生で行ってきた合意形成の取組事例を紹介し、そのポイント等を整理する。阿蘇の場合「草原」という二次的自然の再生が対象であり、地域の人々の直接的な関与が求められたため、普及啓発や合意形成は特に重要であった。

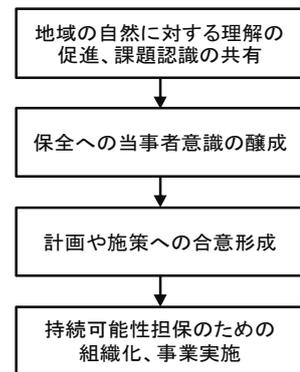
◆対象：陸域生態系(里地・里山)

◆適応施策：各施策における気候変動適応の主流化

Keyword：二次的自然(里地・里山)の管理、広域・異分野連携、合意形成、環境学習、協議会組織

●事例と事業の概要

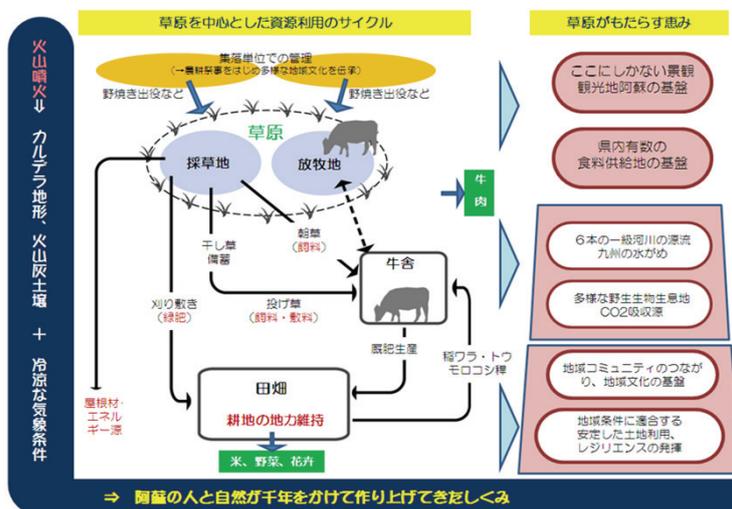
阿蘇地域では、世界最大級のカルデラ地形の上に22,000haに及ぶ全国にも類のない広大な草原が広がり、国立公園の重要な景観要素にもなっている。この草原環境は、牛馬の放牧や採草、毎年の野焼きなど地域の人々の営みによって維持されてきたが、1950年代以降の農業形態や生活様式の変化を背景に、草原への需要と関わりは低下し、野草地面積の減少や草原の荒廃が進んだ。地域の産業や生活を支え、多くの恵みをもたらしてきた草原の危機的状況に対し、阿蘇の草原を次世代に伝えていくために「阿蘇草原再生協議会」が設立された(事務局：環境省)。協議会は、草原の保全、農畜産業の振興、地域社会の再構築を同時に実現することを柱として、地域内外の多様で幅広い関係者の参画を促し利害調整を図っており、構成員による取組を検証・評価する仕組みや自主財源のための募金の仕組みなどを組み込みながら個々の活動の推進につなげている。



●固有の自然環境が有する価値への理解の促進と課題認識の共有(普及啓発)

草原の利用と維持管理の継続が草原保全の基本的課題であった。しかし、農畜産業を営む大半の人々にとって、草原は生業に必要な資源以上のものではなく、草原の利用が景観や環境保全につながることへの理解もなかった。そうした中で、草原の実態把握のための調査、外部有識者等も参加した各種の会合開催や広報活動など、地域の人々に草原の魅力や大事さ(固有性とその価値)に気づいてもらう取組を進めた。農業生産のための資源として合理性が高いことや安全安心な食糧生産につながること、地元の観光事業者側からみた草原の重要性などを

アピール。また、盆花採りなどふるさとの文化としての草原への記憶を呼び起こした。地域の自然条件に逆らわない土地利用は、地震被害や土砂災害に対するレジリエンスも高いと考えられる(これは気候変動適応にも当てはまる)。さらに阿蘇の草原は地域内だけに限らず、下流域の災害発生の防止の役割を果たしているなど公益性も高いことを訴求。このような取組を通じ、地域内においても、「阿蘇の草原があることは地域の経済、産業や文化が成り立つための基盤である」との認識が広まり、当該資源維持管理の担い手に、自分たちの活動の意義に対する気づきを促した。



● 施策・アクションへの合意形成に向けた計画づくり

協議会構成員が共通の認識を持ち、連携していくため、協議会結成後約1年の協議を経て「阿蘇草原再生全体構想」を策定した。
ここでは長期方針として、**自然環境**（美しく豊かな草原）、**産業**（野草資源でうろう農畜産業）、**地域社会**（草原に囲まれて人々が生き生きと暮らす地域社会）それぞれがバランスをもって維持されるよう目標を掲げ、実現のために**6分野にわたる取組の柱**を定めることで、多様な主体がビジョンを共有できるようにし、取組への持続的参加を引き出している。

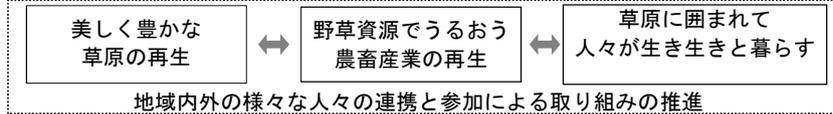
【目標】

草原の恵みを持続的に活かせる仕組みを現代に合わせて創り出し、
かけがえのない阿蘇の草原を未来へ引き継ぐ

<目指す姿>

●暮らしに恵みをもたらす草原 ●人と生き物が共生する草原環境

【分野別目標】



地域内外の様々な人々の連携と参加による取り組みの推進

【6つの視点に基づく草原再生の取組】

- ①様々な形で牧野の利用と維持管理を続ける
- ②動植物でにぎわう草原を再生する
- ③草原に理解、愛着を持つ人を増やす
- ④野草資源を活用する
- ⑤草原再生と結びつけた観光を進める
- ⑥野草地保全に配慮した土地利用を進める

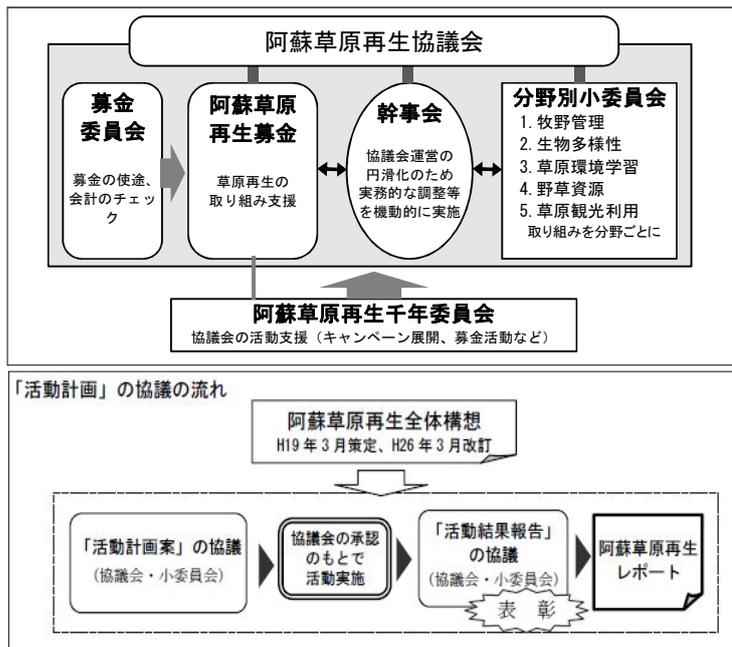
● 持続可能性を担保する組織づくり

2003年に施行された自然再生推進法に基づいて、幅広い構成員から成る「阿蘇草原再生協議会」が設立された。地域範囲としては市町村行政域を超え、施策分野としては自然環境、観光、地域文化、農畜産業、水源涵養や国土保全などが関係し、関わる主体としても行政、住民、NGO、専門家と多様である。行政も関係省庁(国)、県の関係部署、市町村が加入している。

設立の段階では協議会の性格を、独自の事業を行う組織ではなく、構成員それぞれの事業や活動を推進するために協議・連絡調整を行う場であると位置づけ、緩やかな参加条件のもとで幅広い声掛けを行った。

関連した多様な事業をより効果的・効率的に進められるよう、組織構成は、議決機関である「協議会(総会)」のほか、**専門家や当事者で構成されテーマ別に構成員の取組の検証・評価を行う「分野別小委員会」、各小委員会や地域代表、関係行政によって構成される調整機関としての「幹事会」**を設けた。個別の構成員が行う取組を年単位で全体構想に照らして検証・評価し共有する「活動計画」の仕組みが、互いの学び合いの手段となっているだけでなく、構成員自身の活動の管理や活動の励みにもなり、全体としての取組強化に貢献している。

さらに独自の「**募金**」を立ち上げ、地域内外から幅広い応援者が参加できる仕組みとした。**自主財源の確保**により組織としての主体性確保、地域ニーズに即した事業展開を可能にし、**草原維持管理の担い手の取り込み**や内部の結束強化にも役立った。また募金運営のため第三者機関を設置することで、**組織としての公平性・透明性及び訴求力が確保された。**



● 草原の価値を次世代に伝える草原環境学習の推進

協議会内の「**草原環境学習小委員会**」がプロジェクトを立ち上げ、構成員である行政、NGO・教育機関、牧野組合等の有志が協働することによって、阿蘇地域に住む子供向けの環境学習活動に取り組んでいる。具体的には、小中学校を対象とした専門家等による出前授業、牧野組合員の指導による体験学習をはじめ、学習プログラムを普及していくための**基本プログラムや副教材、学習事例集の作成**、学校や地域で草原環境学習に取り組む指導者の育成などである。

地域資源を将来にわたって活用することに合意が成立し、**未来の担い手づくり**に取り組んでいることは、**地域社会としての持続性確保**という観点からも重要である。



阿蘇草原キッズ・プロジェクトの様子

本州の日本海側の山岳地は世界有数の多雪地帯で、夏期まで雪が残る場所、つまり**残雪地**が多くある。それら残雪地では雪によって覆われる期間が長いこと、短い生育期間と過湿土壌に適応した草本からなる湿原が成立している。**湿原は特有の生態系をもち、貴重な生物種が多数生息するため、生物多様性の維持に重要である。**

ところで、近年全国的に**気温の上昇**が認められている。気温の上昇は**積雪による被覆期間を短縮**し、湿原が成立するための環境要素を失わせる。つまり、**気温の上昇によって湿原が消滅する可能性がある**のである。

気温の上昇に対応するように**湿原の植物種の変化などが報告されている**。気候の変動は地域によってばらつきがあり、湿原の縮小や消滅についても地域によって差があると推測される。しかし、既存の研究では湿原の変化を定量的に検出した事例は少なく、地域間でそれを比較することは難しかった。

そこで、本州日本海側多雪山岳における**広域的な湿原の分布域の変化を検出**するために、新旧の**空中写真を経年的に比較**した。こういった事例を蓄積することで、気温の上昇や積雪期間の短縮がどの程度湿原へ影響を与えるかといった、**気候変動影響の定量的な解明**を行うことが可能となる。

※出典：日本地球惑星科学連合大会-アメリカ地球物理学連合大会 招待講演 [MIS13-07] 日本の山岳地における泥炭湿原の分布変化

◆対象：陸域生態系－湿原 ◆適応施策：モニタリングの拡充と評価－気候変動の影響の把握

Keyword：湿原生態系、分布の把握技術、空中写真、積雪深変動、高山帯-亜高山帯、植生帯移動、環境要因、広域モニタリング

●**方法と材料**：本州の主要な山岳地に分布する降水涵養性湿原を選び出し、これらが撮影されている1950年以降の空中写真をオルソ化して、湿原植生の分布域の面積の変化を検出した(図1,2)。各地の湿原の面積変化(表1)を比較して、八幡平、頸城、立山が比較的湿原面積の変化が大きい地域であることが明らかとなった。

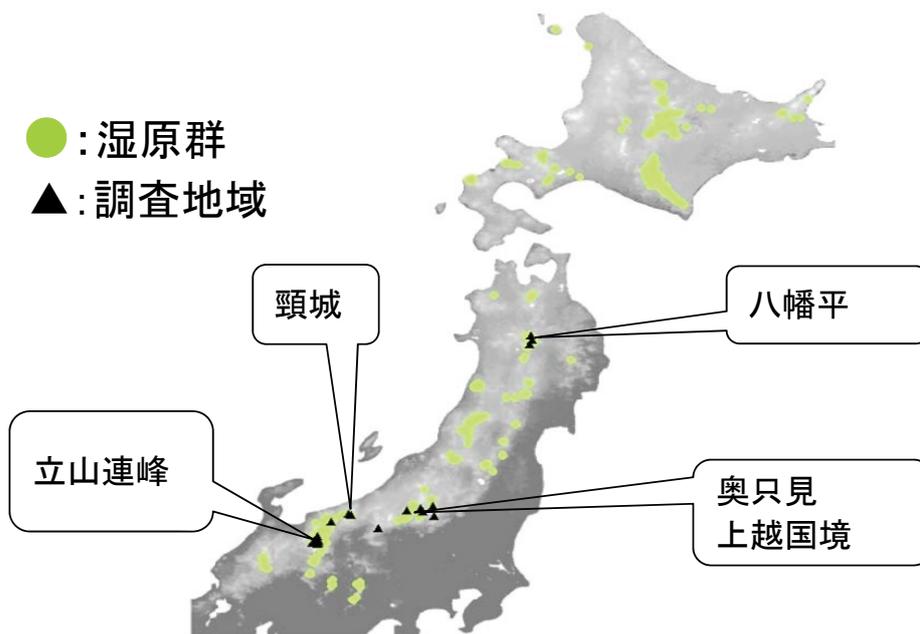


図1. 全国の湿原の分布および調査を行った地域

表1. 山域ごとの湿原面積合計と平均変化率

山域	撮影間隔(年)	旧面積(ha)	新面積(ha)	変化量(ha)	変化量(%)
八幡平	37	80.7	63.4	17.3	21.4
奥只見	36	623.6	590.5	33.1	5.3
上越国境	39	56.5	50.6	6.0	10.5
頸城山塊	32	31.1	25.4	5.7	18.4
立山連峰	33	99.9	85.2	14.6	14.6

●面積変化検出の具体例

図2-a,b,cは立山連峰北ノ俣岳東面に広がる湿原に対して侵入する針葉樹(主にハイマツ)の面積の変化を検出した例である。図2-aで示しているのが1969年の空中写真をオルソ化したもので、殆どの面積が湿原で湿られており、青い線で囲った色の濃い部分が湿原へ侵入しているハイマツ他の針葉樹である。図2-bは36年後の2005年の同じ区画の空中写真で、赤い線で囲った部分がハイマツ他の針葉樹である。これらと比較し、針葉樹の差分を取ったものが図2-cで、グレーで示しているのが増加した針葉樹の部分である。つまり、この部分の湿原が針葉樹林へと変化している。面積は約8ha、湿原は10%減少した。

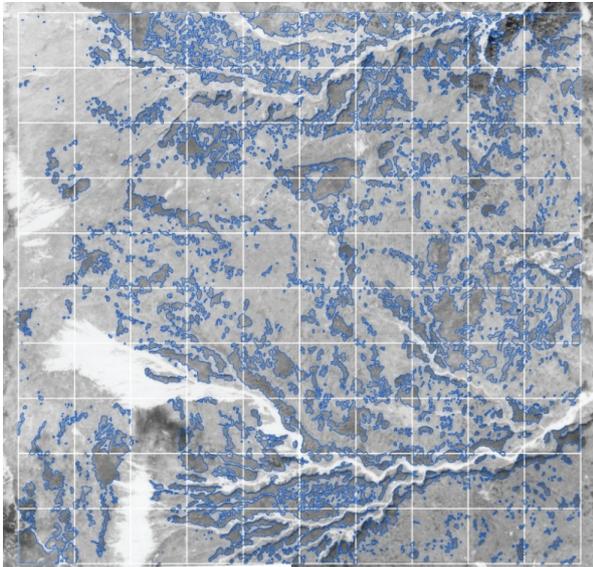


図2-a. 立山連峰北ノ俣岳東面の1969年の湿原分布
(色が薄い部分が湿原、色の濃い部分は針葉樹、方形区は1辺100m)

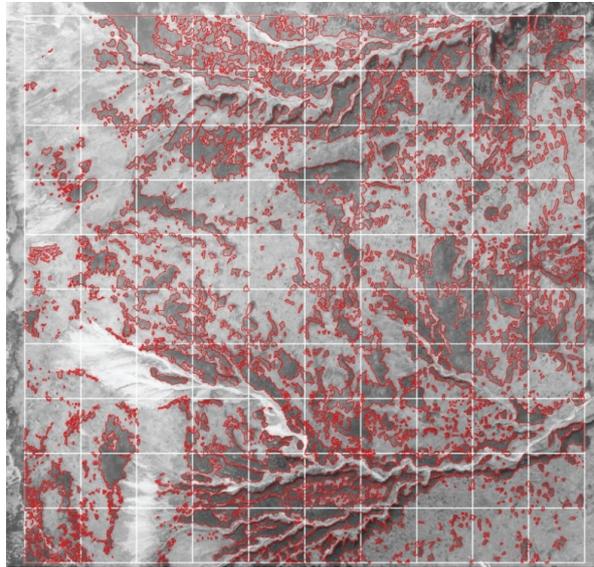


図2-b. 立山連峰北ノ俣岳東面の2005年の湿原分布
(色が薄い部分が湿原、色の濃い部分は針葉樹、方形区は1辺100m)

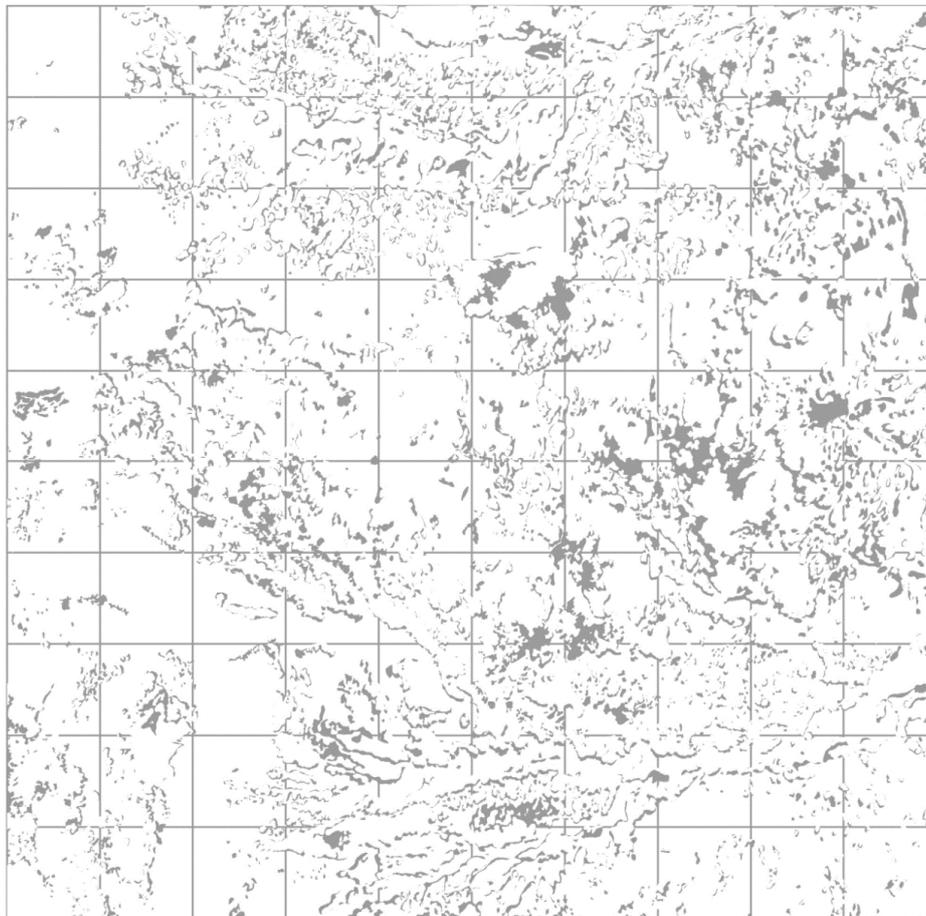


図2-c. 立山連峰北ノ俣岳東面の1969年と2005年の湿原分布の変化
(グレー部分が湿原から針葉樹へ変化した部分、方形区は1辺100m)

温暖化の進行に伴い、ヒトスジシマカのような病原体媒介種や外来種等の人間生活や生態系に影響を及ぼす生物の分布の拡大等が懸念されている。これらの侵入を発見し、適切な対策を行うことは、気候変動の適応において重要である。特に有害な生物については、駆除を行うためには早期の確認・対応がきわめて重要である。しかし、このような生物の発見、識別を行う専門家は限られており、予算も十分ではないことから、監視体制は脆弱である。また、希少種は個体数が少ないため、通常確認がしにくい。温暖化の進行に伴い、高山植物など地域からの絶滅が危惧されている種は少なくない。これらの監視と対応も必要である。

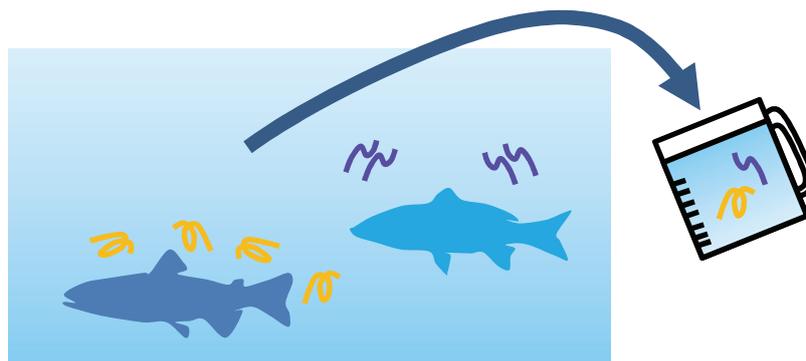
そこで、いであ株式会社では環境DNAを用いたモニタリング体制を構築し、危険な動植物種、外来種等の早期の発見、希少種の存在確認などを行う技術体系を構築した。

●技術の概要

DNA分析は、近年急速に高度化、低コスト化が進み、ごく普通に活用することができるようになった。例えば、家庭内のダニやカビ等の人体に有害な生物の確認のほか、水中に存在するDNA(環境DNA)を分析することにより、特定の種の存在や生物相、現存量の把握なども可能となっている。

河川や海に生息する生物の種類を調べる方法としては、投網等の道具を使った捕獲調査や、潜水による観察調査等が一般的である。しかし、網の操作など調査員の技量が調査結果に影響を及ぼすことがある。また、生物多様性に富む日本では、魚類だけでも国内に4,000種以上が生息するとされ、正確に種を同定するためには、高度に専門的な知識と経験が求められる。

環境DNAによる生物調査では、調査員が行う作業は、多くても数リットル程度の環境水を汲むだけであり、特別な技術が必要としない。また、その後のDNA分析では、用いる手法を標準化しておくことで、調査者間の知識や技術の違いによる結果の変動を最小限に抑えることができる。このような利点から、環境DNAをターゲットとした生物調査は、従来の調査法の欠点を補完できる調査手法として期待されている。



生物が水中に放出するDNAを採取

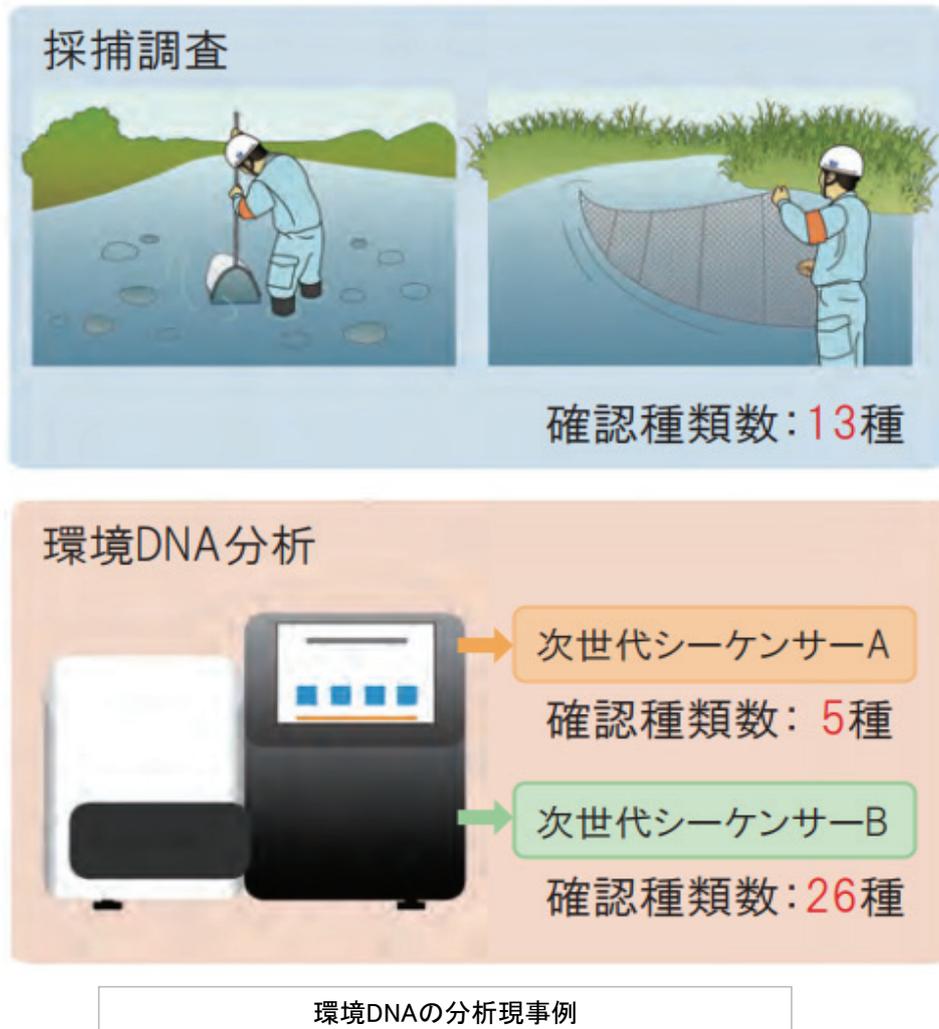


水域には多種多様な生物のDNAが含まれる

●分析事例

実際に関東地方の河川下流域(感潮域)において魚類の採捕調査を実施し、その同じ日に河川表層水も採水して、環境DNA分析を実施した。なお、環境DNA分析には測定原理が異なる2種類の次世代シーケンサーを用い、機種による調査結果の違いについても検討した。

この結果、採捕調査では13種の魚類が確認された。対して、環境DNA分析では、機種Aで5種、機種Bで26種が検出され、同じサンプルでもシーケンサーの機種によって調査結果に違いが出た。



●気候変動適応における活用にあたって

今後、気候変動への適応にあたっては、人への影響だけでなく、自然の状態を把握し、適切な対応を行う必要があるが、環境DNAによるモニタリングは精度やコスト面での貢献が期待できる。

その際、種の生息適地モデルを用いることによってあらかじめ侵入、外来種や病原体媒介種、害虫等の定着の恐れのある地域を予測し、環境DNAを用いて重点的に調査を行うことで早期に侵入を発見できるなど、より効率的なモニタリング及び対策(駆除)に寄与することが可能と考えられる。また、希少な種等に関する対策では、それらがいなくなってしまう前に早期に手を打つ必要があり、生息環境の変動予測を実施して、環境DNAを活用したモニタリング体制を構築することが重要である。

※本事例の記載の一部は、国土交通省関東地方整備局常陸河川国道事務所からの委託で実施した結果である。

北海道の北部に位置するサロベツ湿原は、我が国でもっとも大きな高層湿原の一つに数えられます。かつては14,600haもの広がりを持っていましたが、1960年代から始まった大規模開発によって湿原面積は急激に減少し、残された湿原も乾燥化が進みました。このため、上サロベツ自然再生全体構想のもと、環境省による自然再生事業として高層湿原の地下水位低下を抑制するための工事が実施され、モニタリングによって効果が確認されています。

湿原には炭素を蓄積する機能があり、とくに高層湿原の炭素蓄積量は低層湿原の2~4倍にのぼり、年間250万円/haの気候調整サービスを提供しているとの試算があります(環境省2014)。湿原の乾燥化防止は、生態系の劣化と損失による温室効果ガス排出を低減し、自然の炭素貯蔵を促進することによって、気候変動の緩和にも貢献し得るという点で、生態系を活用した適応策として位置づけられます。

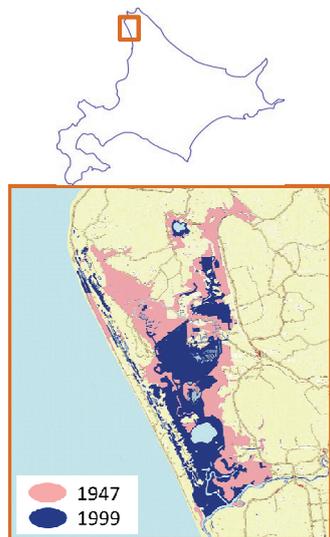
◆対象：淡水生態系—湿原

◆適応施策：健全な生態系の保全・再生

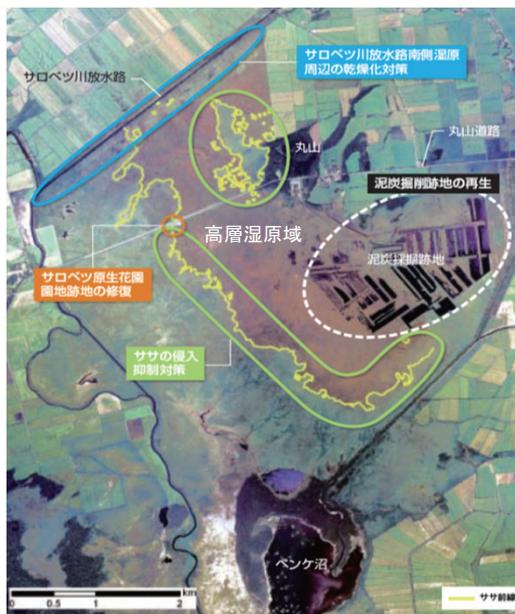
Keyword：湿原、自然再生、地下水位、乾燥化防止、炭素蓄積、温室効果ガス排出抑制

●湿原を取り巻く状況

サロベツ原野では、1947年に約15,000ha存在した湿原が、1999年には半分以下の約6,800haまで減少しました。サロベツ湿原の中核部にはまとまった面積の高層湿原が残されていますが、その周辺にはさまざまな開発による影響や植生の変化が迫っており、自然再生に向けた多くの課題があります。

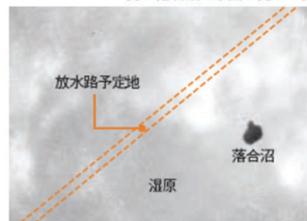


サロベツ原野の湿原面積の変化

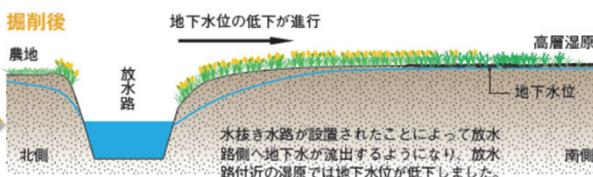
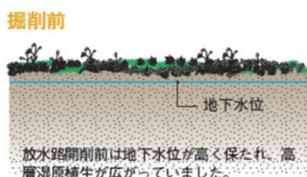
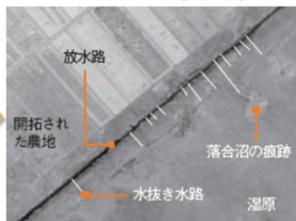


<サロベツ川放水路南側の変化>

1947 1947年当時のサロベツ川放水路周辺の航空写真。右側に落合沼の水面が見える。

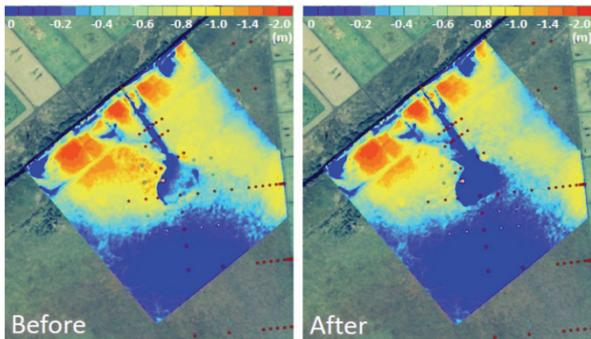


2000 2000年撮影の航空写真。落合沼は干上がっている。



● サロベツ川放水路南側湿原の乾燥化対策

サロベツ川の氾濫防止のために脆弱な泥炭地を浚渫船で開削し、放水路が通されました。ポンプで吸い上げられた泥炭は放水路の両岸に放出され、陸に上げられた泥炭から水分を抜くために水抜き水路が多数設けられました。これらの水路は現在も残っており、湿原の地下水が放水路に抜ける経路となっていたため、堰き上げや埋戻しにより水分流出の抑制を目指しました。



堰き上げ前後の地下水位シミュレーション結果

落合沼の水を抜くために掘られた長い水路については、全体を埋め戻すとともに、沼の旧流出口を堰き上げて、開水面を復元する計画を立てました。堰き上げ高はシミュレーションにより地下水位の変化を計算して設定し、現地で採取した泥炭で土堤を築いて水路を堰き止めました。



Nov. 2005



Jun. 2010



Oct. 2015

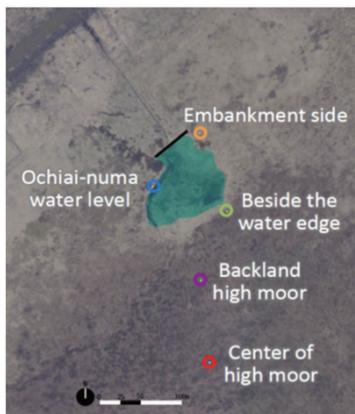
土堤による落合沼流出口の堰き上げ

現在の落合沼の様子

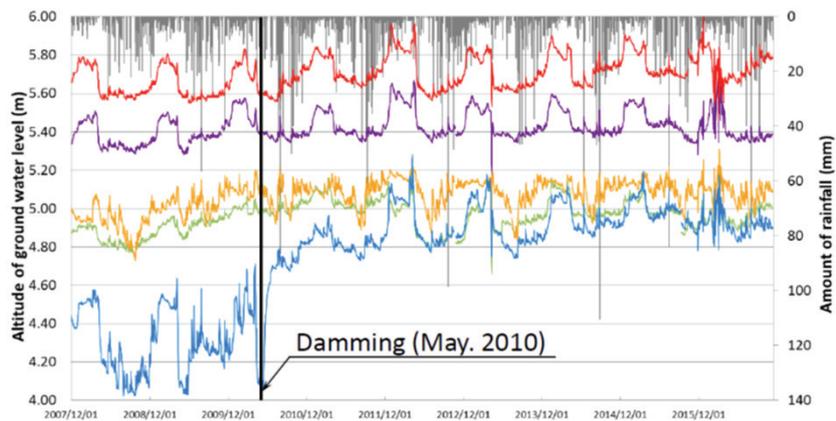
● モニタリングによる効果の確認

落合沼周辺の地下水位を継続的に観測したところ、堰き上げ後に周辺部の水位が上昇する傾向が認められました。とくに後背地の高層湿原域で夏季における最低地下水が堰き上げ前に比べて高い位置で維持されていることは重要な反応と考えられます。

落合沼以外の短い水抜き水路についても埋戻しは完了しており、地下水位と併せて植生の変化も追跡調査中です。湿原生態系の反応を確かめながら、必要に応じて順応的に対処を図っていきます。



地下水位モニタリング箇所の配置



地下水位標高の推移

● おわりに

ここで紹介した手法はサロベツ湿原での事象に特化して対応したもので、すべての湿原に適用できるものではありません。しかし、周辺の開発による乾燥化は多くの湿原で顕在化している問題であり、科学的な調査と予測に基づく設計・施工管理、そして事後モニタリングによる検証という一連の流れは、さまざまなサイトに応用できるアプローチと考えます。 ※本稿に掲載した事例は環境省北海道地方環境事務所から受託した業務成果の一部です。

自然的・人為的要因により各地の湿原の乾燥化が進行している。湿原の乾燥化で湿原植生が変化し、従来の生態系が崩れる恐れがある。湿原に遮水堰を設置し湿原の乾燥化を防ぐ方法があるが、重機を用いた遮水堰の工事は植生に多大な影響を与える。

『パイプウォール工法』:

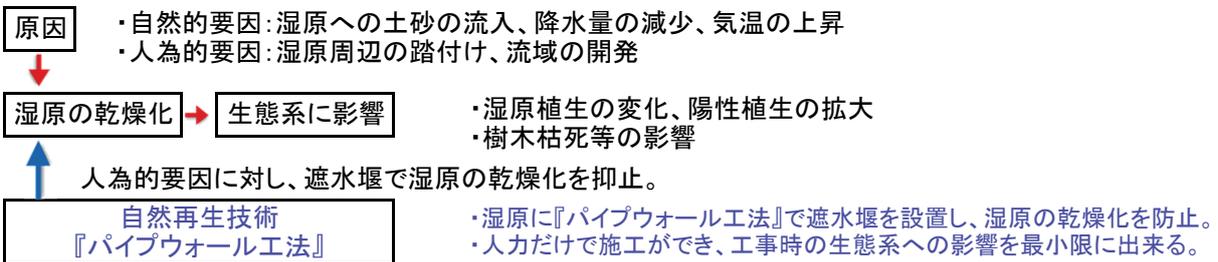
軽量のアルミ矢板を電動工具で打ち込む工法。水位を上げる 河川用遮水堰として湿原の乾燥化を抑制する。斜面に設置する簡易土留め柵として、土砂災害を抑止する。アルミ合製のため省エネ、湿潤環境での長寿命化、工事時の生態系への影響を低減する。

◆対象: 植物、生態系

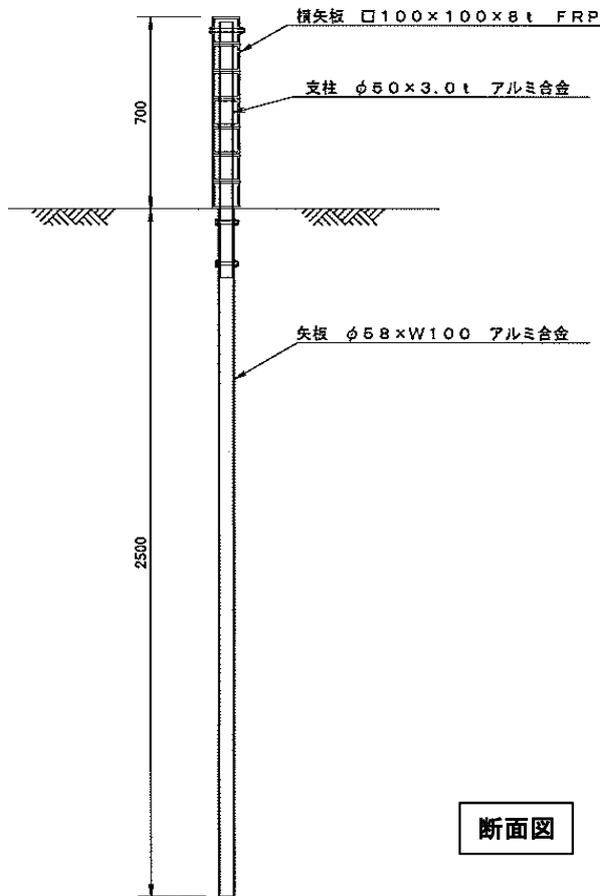
◆適応施策: 自然再生技術

Keyword: 自然公園等施設、施設の長寿命化、省施工化、環境負荷の低減

●湿原の乾燥化の要因と影響 一日光国立公園 戦場ヶ原周回線歩道での施工事例—

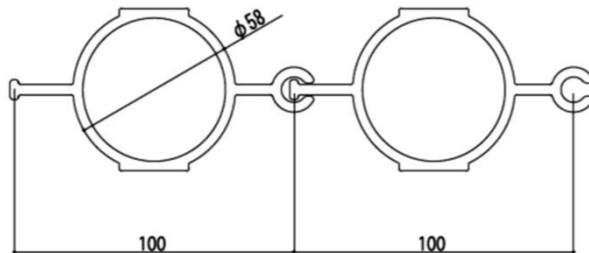


平成21年日光国立公園 戦場ヶ原周回線歩道整備その他工事
『パイプウォール工法』+『GRP』横矢板の遮水堰



●パイプウォール工法の仕様

この工法は斜面防災・遮水等の簡易土留工法です。従来の土留工法は重機を用いて矢板を打込むのが一般的でしたが、このパイプウォール工法は軽量のアルミ矢板を使用することにより、ハンディタイプの電動工具で打込むだけで施工ができます。このアルミ矢板はパイプ形状をしている為、強度が強く、材質がアルミ合金である為、耐久性が高いのが特長です。



【材 質】 アルミ合金
(アルマイト処理)

【重 量】 2.362 kg/m

【断 面 積】 8.748 cm²

【断面係数】 Z_x= 9.05 cm³

Z_y= 12.19 cm³

【断面2次モーメント】

I_x= 26.244 cm⁴

I_y= 67.68 cm⁴

●パイプウォール工法の施工手順

特長：運搬から工事まですべて人力のみで行え、工事時の生態系への影響を最小限にすることができる。



①搬入・運搬：アルミ矢板は2.4kg/mと軽量で、ヘリ輸送コスト縮減や人力運搬の負担を軽減することができます。



②工事：矢板を電動工具で土中に打込む。



②工事：矢板を連結しながら打込む。



③横矢板（GRP製）の取り付け：必要に応じ、アルミ矢板の上部に横矢板等の構造物を取り付けることができる。

●パイプウォール工法のその他の事例



曲線に連結した土留め

法切り斜面の土留め	盛土面の土留め	簡易な斜面防災
簡易な雪崩防止	湿地における簡易遮水	樹木の根張り防止

海岸は、陸と海の境界で沿岸防災の要であり、豊かな環境と多様な生産活動を有する重要な場所もあります。しかし、近年は巨大台風の襲来等により各地で海岸地形が大きく変化しているため、これら現状を把握して適切に管理していくことが求められています。一方、海岸前面の浅海域(水深5m以浅)では常時波が作用しているため沿岸砂州が発達するなど地形変動が著しく、また潮流が速いため、従来の船舶による計測は困難とされていました。近年、陸部から浅場をシームレスに計測する航空レーザー測深機(以後、ALB)が海域の計測に導入された結果、浅場を含む水深データを、「安全」かつ「高精度」「効率的」に把握できる可能性が高まりました。ここでは、ALBの持つ「水深」の測定技術の事例をご紹介します。

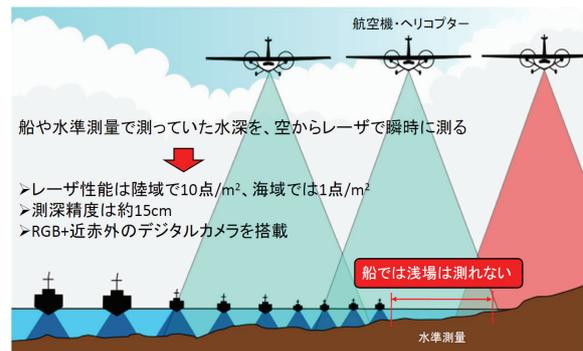
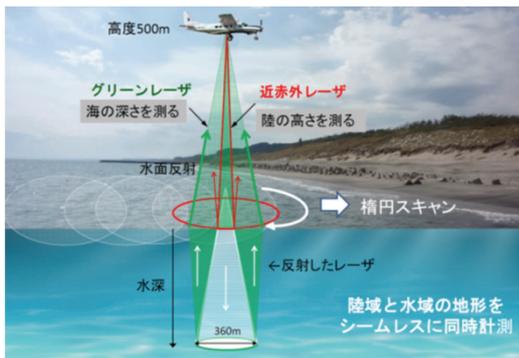
◆対象：沿岸生態系・砂浜、植生

◆適応施策：気候変動への順応を促す管理、生態系維持

Keyword：沿岸及び河川の地形、砂丘植生、ALB、水深測定技術

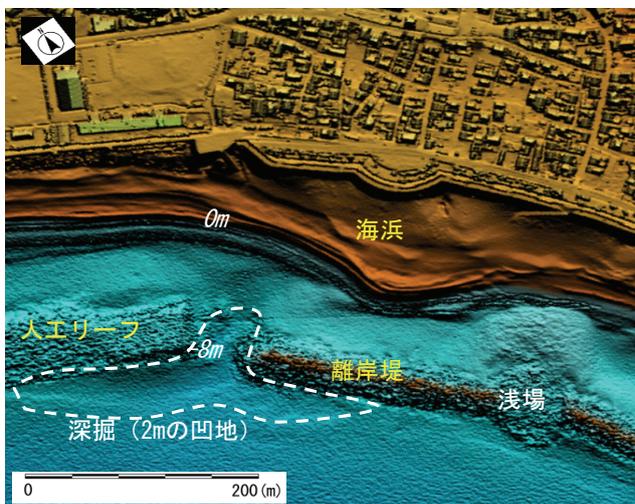
●ALBの特徴

ALBのセンサは海域用と陸域用の2種類から構成されます。測深性能は透明度(m)の約1.5倍、測深限界は約15m、高度500mでの照射密度は水域で約1点/m²、干潟や陸域では約10点/m²です。また、レーザーと同時に計測するデジタルカメラは、可視カラーと近赤外カラーを同時に撮影でき、解像度は対地高度500mで5cmです。作業効率も、例えば総延長100kmの測線を船舶による測深で行うと約7日要していたものが、ALBでは数時間で終わることから、非常に優れています。



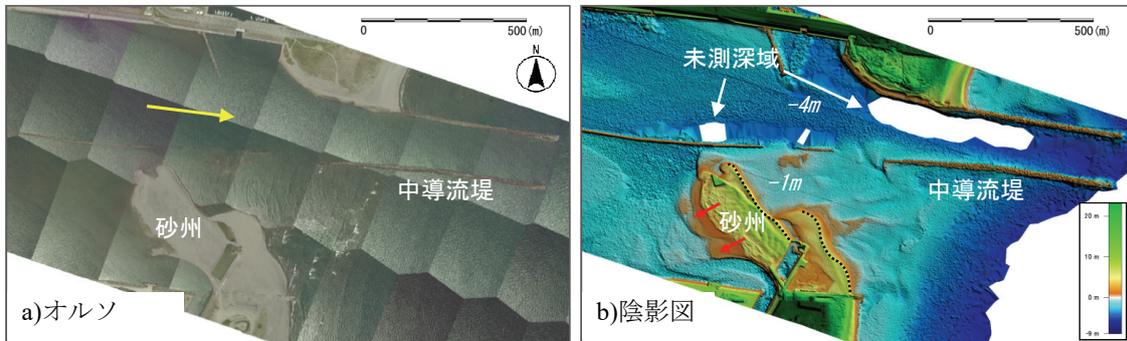
●砂礫海岸での事例 和歌山県白浜町

当海岸では南東側に日置川が流入しており、河口右岸には漁港が建設されています。離岸堤や人工リーフの陸側は浅く、離岸堤開口部には岩礁があるため、船舶による測深はもちろん、進入もむずかしい場所です。人工リーフと離岸堤間やその沖側には流れが集中して形成された-2mの深堀が見られました。また、日置川河口では水深15mまで測深されており、河床には河川の流れてできるうろこ状の「砂れん」も確認できました。



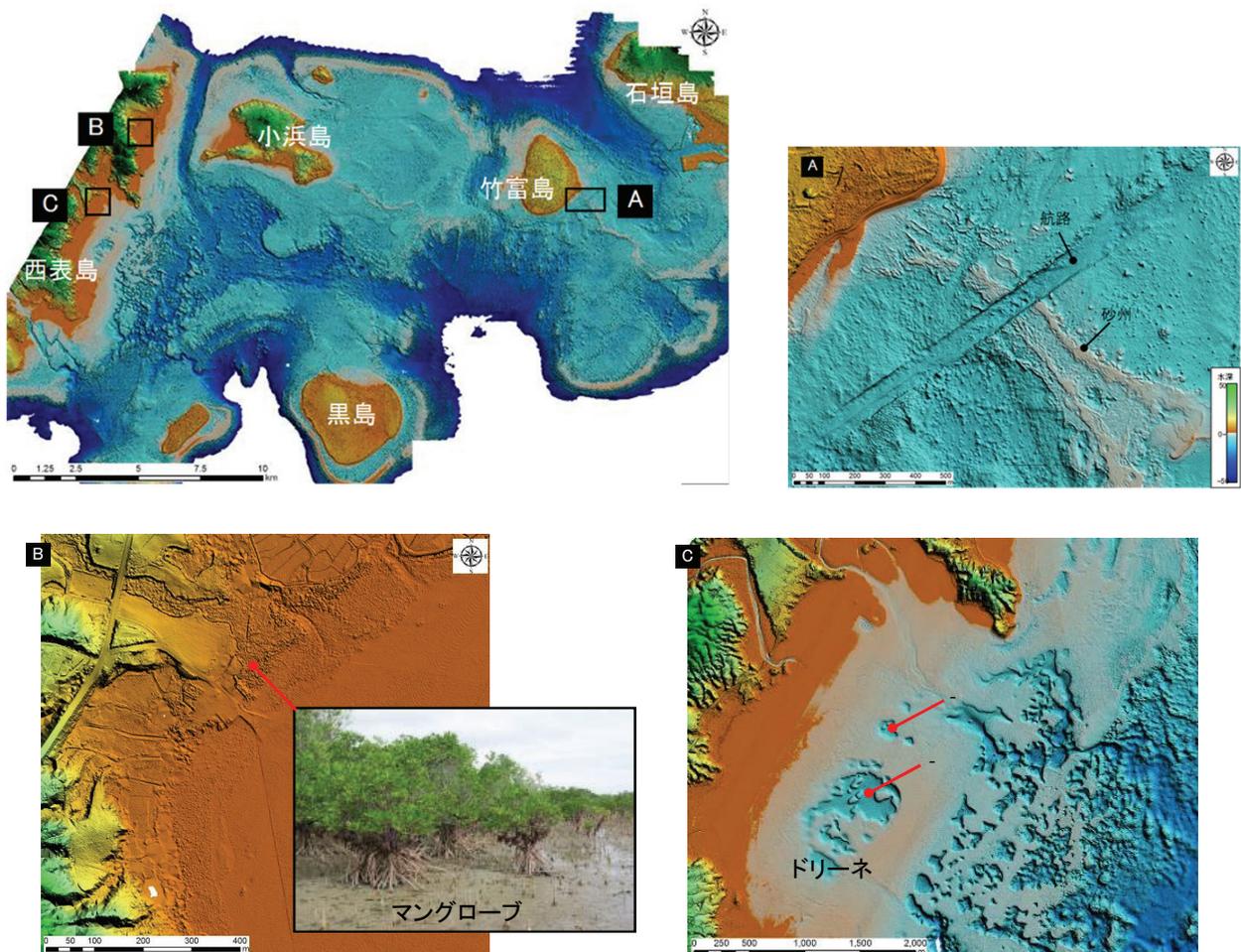
●河口での事例 宮崎県大淀川

大淀川の河口には、右岸から河川中央へ伸びた長さ約400mの砂州が中導流堤に接しており、砂州周辺の水深は2m以下となっています。砂州は下流側には急勾配をなしてバームが発達し、全体的には上流側へ向いて発達していることは、河川からの流出土砂が海域へと流下せず、結果として海岸では海浜の形成に寄与するだけの十分な量が供給されないことを示唆します。このような浅い水域では従来手法の船による音響測深では危険が伴い調査が困難で、またデータの精度も悪いのが一般的です。



●サンゴ礁海域での事例 沖縄県西表島

石垣島と西表島に挟まれた石西礁湖の約450km²をALBで計測しました。計測期間は5日間でしたが、船舶で計測するには、数年を要する規模です。Aは竹富島南に位置する航路で、航路が帯状に伸びた砂州を横断しています。Bは西表島の東側海岸に広がる干潟で、岸寄りにはマングローブの樹木が繁茂しています。ALBでは、樹木間にある干潟の地盤高や干潟へ流れ込む複数の小河川や滞筋が線として確認できます。Cはリーフ内に分布する窪地(沈水ドリーネ)です。窪地の水深は4~10mであり、周辺は水深1m前後の浅瀬のため、船舶の乗り入れが難しい海域です。



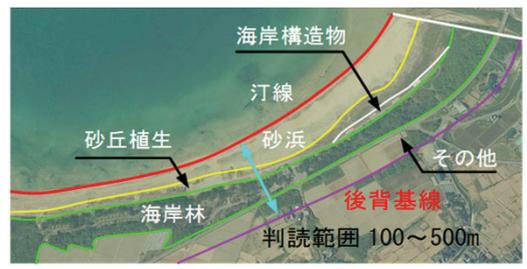
地球温暖化に伴う海水温の上昇で、近年は巨大台風の襲来が増えて各地で海岸災害が生じている。このため、環境省では海岸の広域モニタリングの一環として、全国の砂浜・泥浜海岸約7,600kmを対象に、1970年代と2000年代の変化量を、従来の一般的な解析手法であった「海岸線」ではなく、汀線及び後背地の土地被覆を「面」として総合的に解析した。調査結果によると、2000年代では砂浜や砂丘植生が減少し、海岸構造物とその他が大きく増加していることが把握できた。また、海浜の変形は汀線とともに、後背地の土地被覆が複雑に変化していることが定量的に把握でき、その事象は同じ漂砂系で細分化した地区海岸約6,500箇所で作成した土地被覆図上で詳細に示された。なお、本稿は、環境省自然環境局生物多様性センターが平成22年度から実施している「自然環境保全基礎調査沿岸域変化状況等調査」の成果に基づくもので、報告書とGISデータを同センターのホームページで公開している。

◆対象： 沿岸生態系・砂浜、植生 ◆適応施策： 気候変動への順応を促す管理、生態系維持

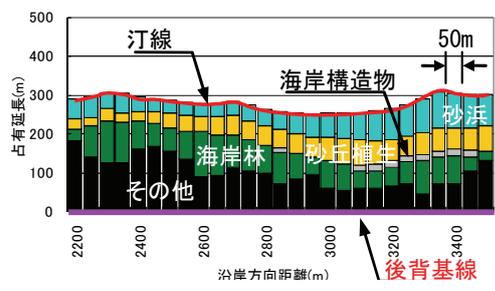
Keyword： 海浜変形、砂浜、砂丘植生、海岸林、広域モニタリング

●調査方法

調査対象海岸は、環境庁海域調査(1979年)が示した自然海岸および半自然海岸の砂浜・泥浜海岸約7,660kmとし、これを行政界、漂砂特性や港湾・漁港などの地形・地物により、6,506の地区海岸に細分化した。判読は1970年代と2000年代の2時期の画像から、汀線及び砂浜、砂丘植生、海岸林、海岸構造物、その他(農地・宅地等)の5つに分類して、GISソフトでデータを作成し、面積を集計しました。さらにGISデータから地区海岸毎に、土地被覆分類図を作成した。



土地被覆の判例区分

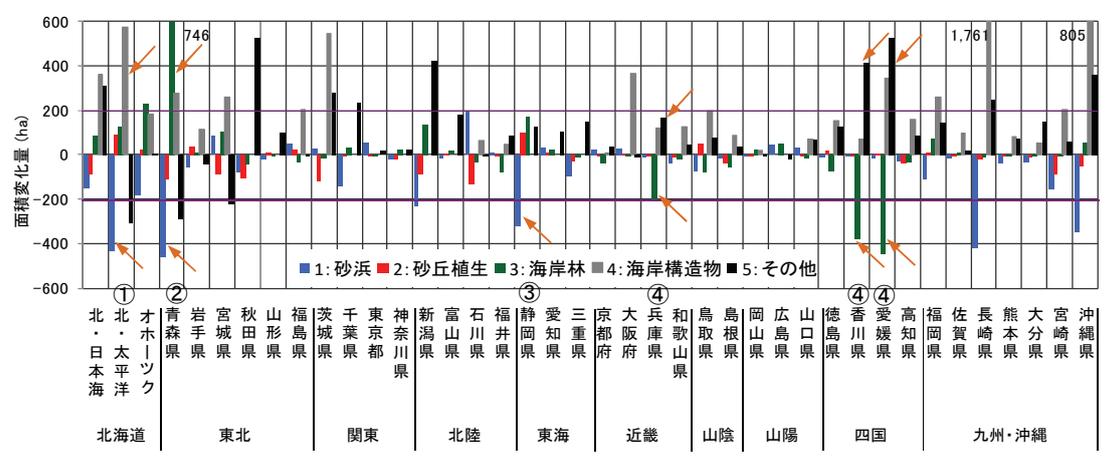


土地被覆図

●調査対象海岸の変化の概要

地域別の土地被覆別面積変化量は、砂浜は石川県、砂丘植生は静岡県、海岸林は青森県、海岸構造物は長崎県と沖縄県で大きく増加した。また、以下の地域では各土地被覆が多様に変化していた。

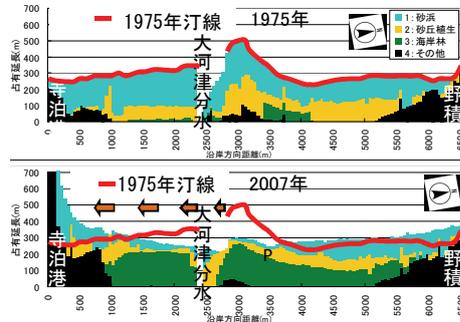
①北海道太平洋沿岸では、著しい海岸侵食で砂浜が減少する一方、大規模港湾の建設により海岸構造物が増加した。②青森県では、クロマツとカシワの混生林を主体とする海岸林が、海側へ前進したため砂浜と砂丘植生が減少していた。③静岡県は富士川、大井川、天竜川などの大河川の河口に隣接する海岸で著しい侵食となったため、砂浜は1970年代の26%(318ha)減少した。④兵庫県・香川県・愛媛県では、クロマツのマツ枯れや採石場の開発により海岸林が減少して、多くはその他に変わった。



地域別の土地被覆の面積変化量(1970年代/2000年代)

●地区海岸毎の特性 ①新潟県大河津分水地区

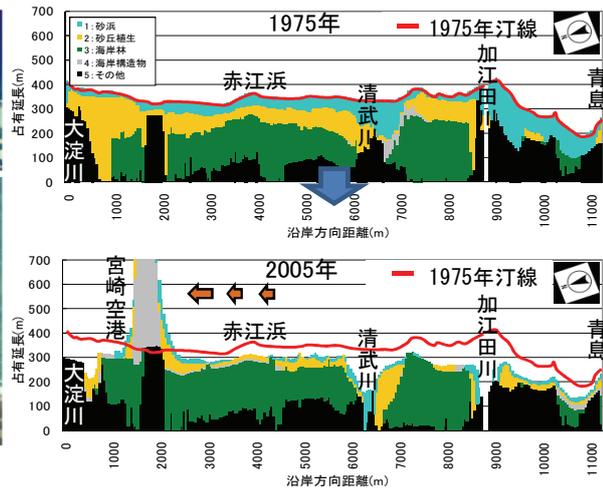
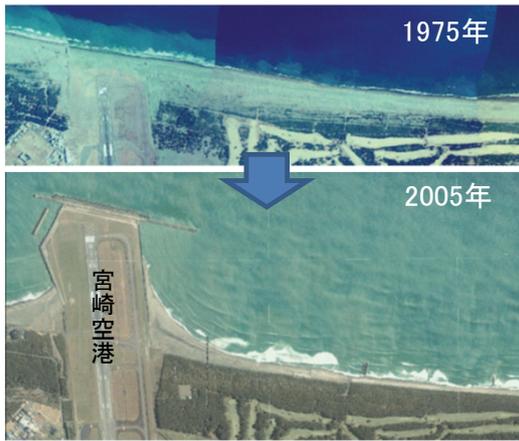
信濃川から分流した大河津分水路の河口両岸に続く延長約6.5kmの当海岸は、河口から南側約2kmには寺泊港がある。1975年は河口北側には幅150m程度の砂浜と砂丘植生が発達しており、南側の砂浜はそれよりも広く最大約300mあった。2007年では寺泊港の防波堤建設により河口周辺の土砂が港内へ流れ込み、河口南側の汀線は最大約200m後退した。また、河口から北側約1kmの間の汀線も最大約200m後退し、さらに海岸林区域の前進で砂浜と砂丘植生の範囲が縮小した。



P点の状況 2010.11.18

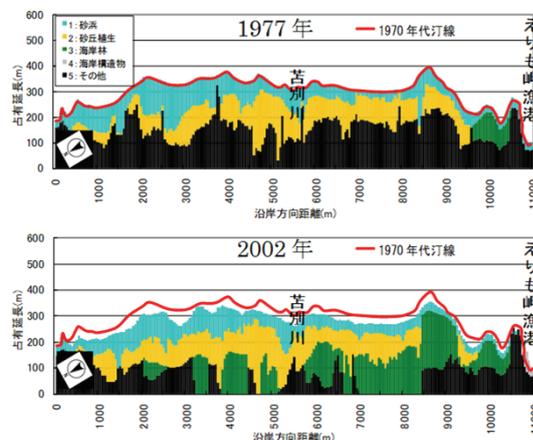
●地区海岸毎の特性 ②宮崎県赤江浜地区

赤江浜地区は宮崎県中部に位置し、大淀川河口と青島に挟まれた延長約11kmの海岸である。1975年は幅約50m～約200mの砂浜があり、砂丘の背後には広範囲に砂丘植生が発達していた。2005年では、赤江浜の砂が、宮崎空港の滑走路建設に伴って形成された波の遮蔽域へと移動し、さらに一部は滑走路の沖側へと流れ込んだ結果、汀線は約50m後退した。



●地区海岸毎の特性 ③北海道えりも百人浜地区

えりも百人浜地区は北海道の襟裳岬東側に位置する延長約11kmの海岸である。1977年は幅約150mの砂浜に砂丘植生が発達し、海浜の背後は荒野となっていた。2002年では魚付き保安林が砂丘背後の荒野に広範囲に植林された結果、崖からの供給土砂が減少して汀線が30m後退したが、砂丘植生の変化は少ない。(2002年の画像には、強風により発生すると考えられる砂丘風食孔(blow out hollow)が多数見られる: 赤矢印)



国連環境計画ブルーカーボンレポート(2009年10月)において、海洋生物によって吸収・固定される炭素のことをブルーカーボンと命名された。同レポートによると、浅海域の海底で蓄積されるブルーカーボンの量は、2.4億トン/年であり、海洋全体の50%以上としている。沿岸域に分布する藻場はブルーカーボンの蓄積に寄与しており、世界有数の海岸線延長を有する我が国にとって、藻場の保全・創出は、気候変動適応のため新たな手段として期待されている。一方、これまで藻場は全国の沿岸域に広く分布していたが、埋め立てなどの消失のほか、近年は海水温の上昇の影響で、アイゴを始めとする植食性動物の摂食行動の活発化などから、各地で藻場の衰退(磯焼け)が確認されている。その結果、アワビやサザエの漁獲量の減少など、水産業にも深刻な影響を及ぼしている。全国の沿岸部を網羅した最も新しい藻場分布調査は、「環境省第5回自然環境保全基礎調査(1993~1998年)」であり、近年の藻場分布の変化を反映した、全国的な藻場分布図の整備が緊急の課題となっている。ここでは、ヒアリング、現地調査、リモートセンシング技術による衛星画像解析及び熟練者による目視判読等を組み合わせた効率的な藻場分布図作成手法について紹介する。なお、本稿は、環境省自然環境局生物多様性センターが平成26、27年度に実施した「東北地方太平洋沿岸地域植生・海域等調査」の成果に基づくものである。

◆対象：沿岸域生態系(藻場・アマモ場)

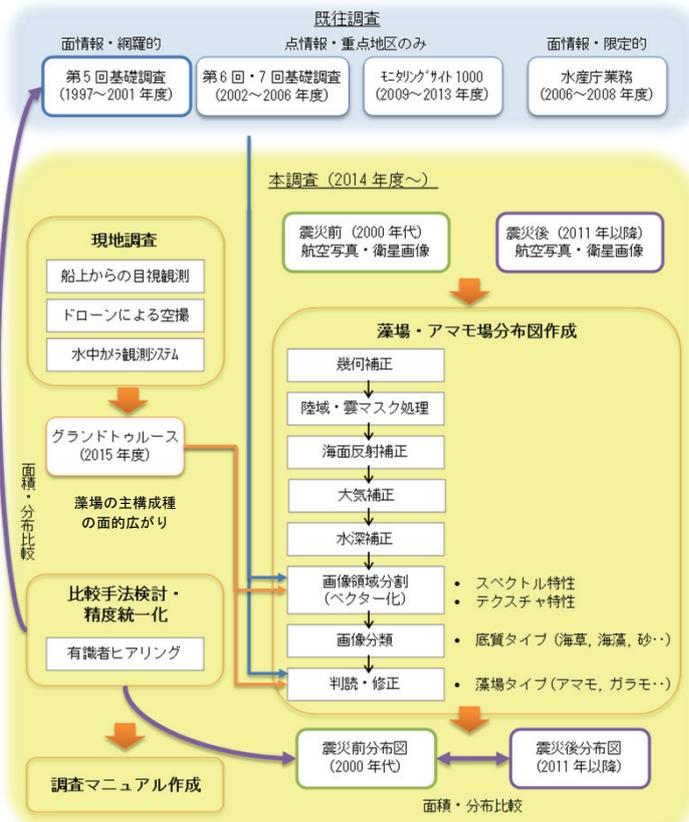
◆適応施策：気候変動への順応を促す管理

Keyword：藻場、アマモ場、衛星画像解析、分布の把握技術

●材料と方法

現地調査地点は、地域ごとに藻場、アマモ場の典型的なタイプと環境を把握することが可能であると思われる海域を中心に選定し、重要自然マップにおける取扱、生態系監視調査地点の有無などの過年度を含む関連業務との関係を考慮して、13海域を調査地点として設定した。

現地調査では、船上からの目視観察の他、垂下式の水中カメラ、ドローン(UAV)、浅海底観測システム*¹を使用して、詳細かつ広範囲の藻場・アマモ場の現況を把握し、衛星画像解析の真値データとして使用した。*¹浅海底観測システムとは位置データとリンクした水中映像を撮影し、広域の藻場分布を把握するシステムです。



- 震災前は平成15年~23年、震災後は平成23年~27年の空中写真・衛星画像を使用しました。

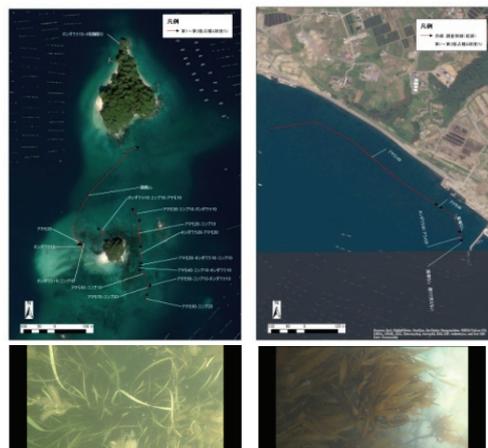
図1. 調査全体フロー

UAVによる空中撮影

- 広範囲の藻場の詳細を面的に把握
- 浅い水深帯では、藻場種類の判別も可能



浅海底観測システム



アマモ場

アラメ場

●衛星画像解析による藻場分布図の作成

藻場・アマモ場の分布は、季節や年による変動が大きいいため、藻場の現状を正確に把握するためには、同時期に広い範囲を均一の精度で調査する必要があります。衛星画像を用いた手法では、これらの条件をみだす事が可能であり、従来手法(潜水目視調査等)と比較して、低コストで実施できる利点がある。

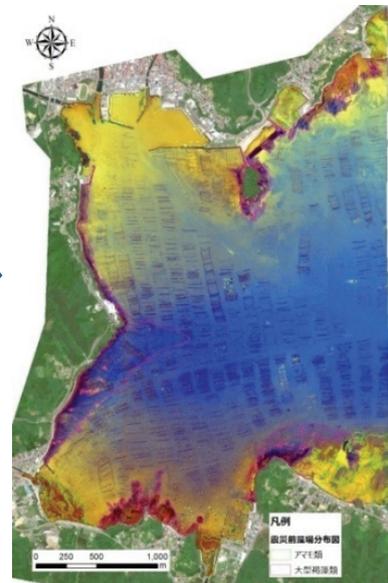
衛星画像にはハレーション、雲、海岸地形の影などの映り込みや、波浪によって海面が乱れたものを除き、可能な限り同時期に撮影されたものを選定した。

選定した衛星画像は、幾何補正、海面反射補正、大気補正、水深補正などの画像処理を行い、藻場とそれ以外の底質に分類した後、現地調査結果と既存資料を参考に、熟練した技術者による目視判読・修正を行った。



Google-1(c)2015 Digital Globe,Inc

画像
処理



Google-1(c)2015 Digital Globe,Inc

図2. 画像解析の例

●衛星画像解析による藻場分布図作成の効率化について

主要な藻場構成種であるワカメ、コンブ、単年生ホンダワラ類などは、同所的に分布し、季節的変動が大きく(ホソメコンブは10月~1月、ワカメは2月~4月に繁茂するため、季節によって藻場構成種が変化する)また、同じ海域でも透明度、波浪、ハレーション等により、判読精度は大きく変化することから、現状で入手可能な衛星画像、航空写真から、詳細な藻場タイプ区分を示す事は困難であると考えられた。(今後の高機能センサーの開発による画像解析技術の進展が期待されます。)効率的な藻場分布の把握には、衛星画像(航空写真)解析をベースとして、対象となる海域の特性に応じた表1に示す各手法を組み合わせ(ベストミックス)を検討する必要がある。

表1. 各調査の分類精度と判読範囲の関係

調査手法	判読レベル	藻場分類	分類精度	判読範囲
衛星写真	藻場種類 (大分類)	大型褐藻類 アマモ類	【低い】	【広い】
空中写真	藻場種類 (大分類)	大型褐藻類 アマモ類	▲	▼
ドローン撮影	藻場種類 (中分類)	ガラモ場、海中林、アマモ類		
船上目視	藻場種類 (小分類)	ガラモ場、コンブ場、カジメ場、ワカメ場、アマモ場	▲	▼
垂下式水中カメラ	藻場種類 (小分類)	同上、水深や透明度の制約を受ける		
潜水目視観察	種名	タマハハキモク、ホソメコンブ、ツノマタ	【高い】	【狭い】

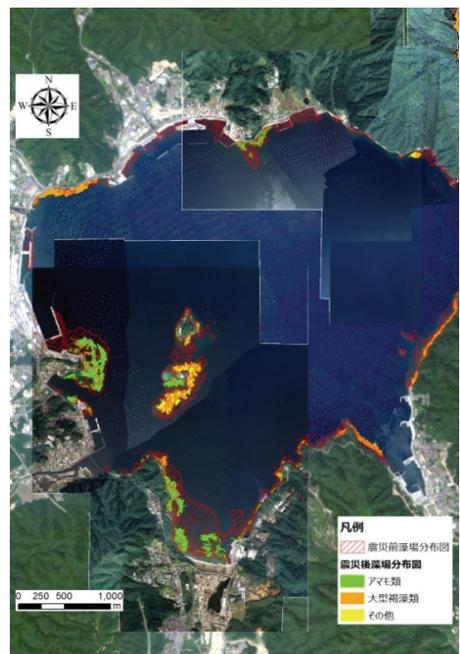


図3. 作成した藻場分布図 (岩手県山田湾)

- 左:ドローン、中:浅海域観測システム、右:船上目視(ドローンから撮影)
- 分類精度と判読範囲はトレードオフの関係にある

2014年に新たな国立公園として指定された慶良間諸島は、ケラマブルーと称される透明度の高い海域に多くの島々が点在し、多様なサンゴ礁に囲まれた豊かな生態系を擁する地域です。しかし、慶良間諸島のサンゴは過去に発生した白化現象やオニヒトデの食害により、多くの箇所では衰退傾向にあると言われています。そこで、大規模な白化が発生した1998年の直後を含む、過去から現在に至る3時期の空中写真を判読し、サンゴの面的な被度分布を図化しました。

3時期のサンゴ被度分布図の比較により、大規模白化以降にサンゴの被度が回復している箇所や停滞している箇所が明確になり、今後の保全・再生を考える客観的な参照データが得られました。慶良間海域は周辺域に比べて夏期の海水温が低い傾向にあることが指摘されており、温暖化が進む中でサンゴの退避地としても注目が集まっていることから、今後の対策への活用が期待されます。

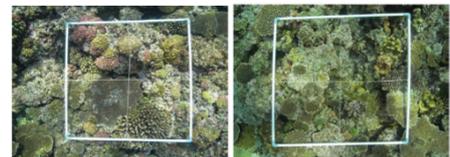
◆対象：沿岸生態系・亜熱帯－生態系

◆適応施策：モニタリングの拡充，生態系の維持・再生

Keyword：サンゴ礁，大規模白化，広域的ハビタット評価技術，分布把握，退避地

●シートウールズ調査

座間味島、阿嘉島、渡嘉敷島などの周辺に調査エリアを設定し、海底面のパターン、テクスチャ、色調の異なる地点を選んで、サンゴの被度や種類、形状、底質、水深などを位置情報とともに記録しました。



サンゴ被度：75%

サンゴ被度：50%



サンゴ被度：40%

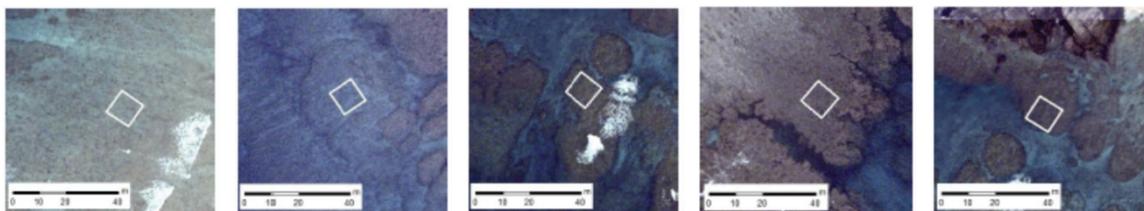
サンゴ被度：15%



サンゴ被度：1%

●判読キーの設定

シートウールズ調査の結果をもとに、底質の状態に応じた画像上での見え方や特徴を整理します。



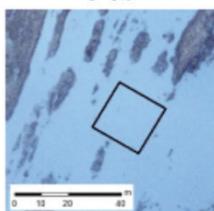
サンゴ被度
0-5%

サンゴ被度
5-25%

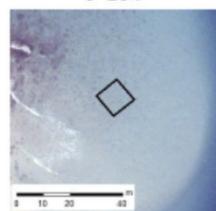
サンゴ被度
25-50%

サンゴ被度
50-75%

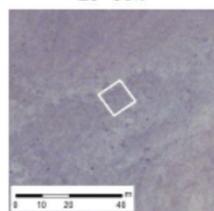
サンゴ被度
75-100%



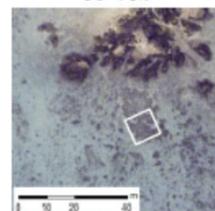
砂



礫



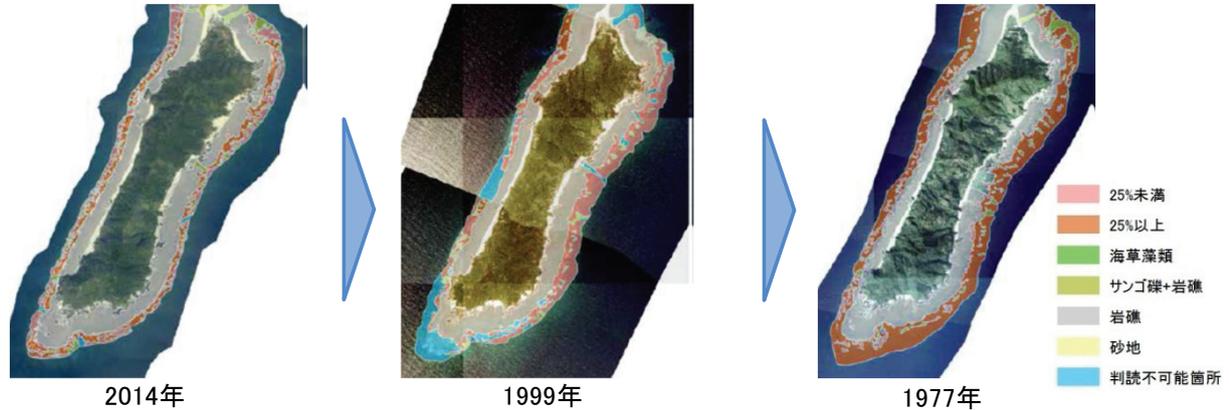
岩盤



海草藻類

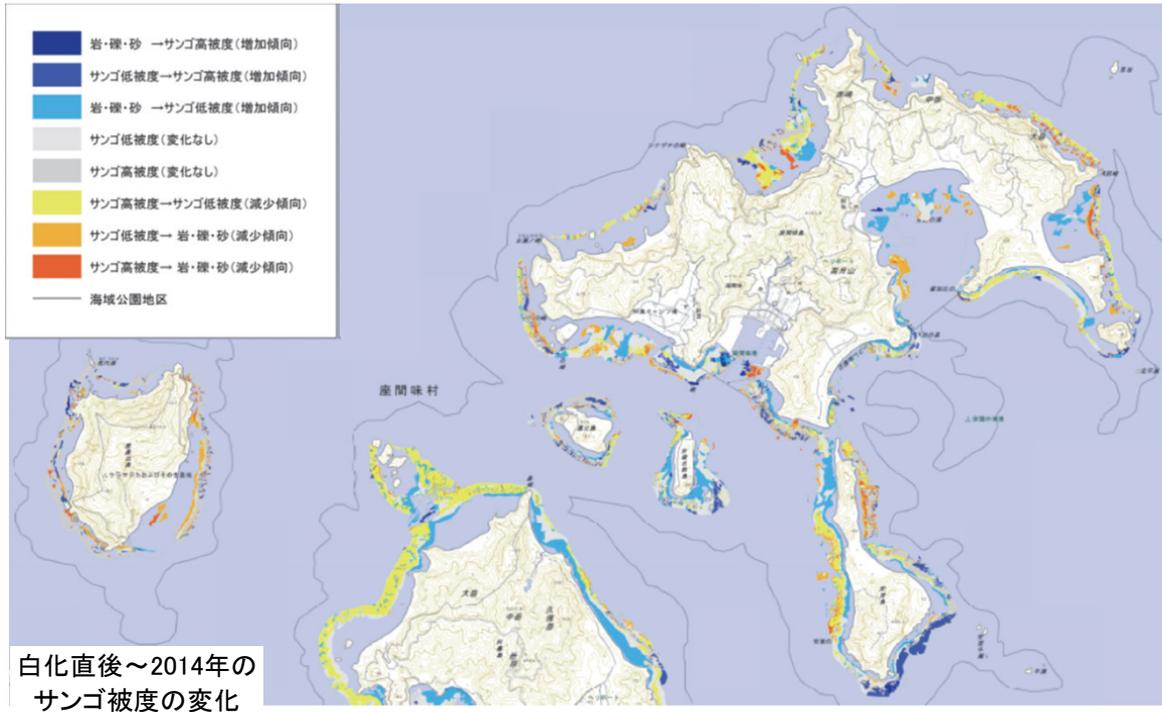
●サンゴ被度分布図の作成

判読は現地では実際のサンゴ被度等を確認している直近の写真から始め、その結果を参照しながら過去にさかのぼる形で進めました。



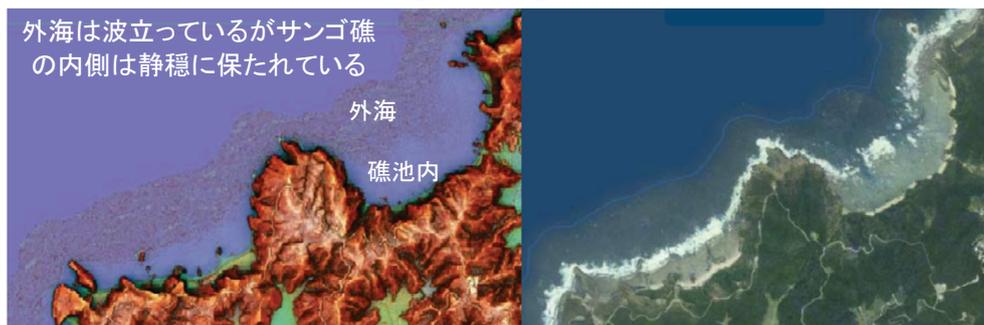
●サンゴ被度の経時変化の把握

作成した3時期のサンゴ被度分布図をGISでオーバーレイすることで、大規模白化の以前と以後で被度が低下している箇所、回復している箇所を明確に可視化することができました。



●サンゴ礁の消波効果の可視化(参考)

2014年に空中写真と併せて取得された航空レーザデータから海面の反射を拾って波立ちを表現した図には、サンゴ礁の消波効果がよく表れています。サンゴのもたらす生態系サービスの一つです。



左) 航空レーザ計測データから作成した赤色立体地図 右) 同じ範囲の空中写真

※本稿に掲載した事例は環境省那覇自然環境事務所から受託した業務成果の一部です。

気候変動の結果、海水の高水温化が進むと、サンゴの白化現象が多く発生すると考えられる。そのような状況に対し、サンゴ礁の持つ多面的な機能(魚類生息場、漁礁、消波、炭素固定等)を早期に回復するにはサンゴの移植が必要であるが、既存のサンゴの活用には問題も多い。そこで種苗を作成する技術を活用して種の多様性を確保しながら、サンゴ礁再生を行っていく必要がある。また、この技術により高水温に順応できる種苗の開発も期待できる。

● 連結式着床具によるサンゴ種苗移植の概要

サンゴの移植は世界のサンゴ礁で行われているが、多くは既存のサンゴから移植断片を作り、それを固着するというもので、サンゴにダメージを与えるほか、種及び遺伝的な多様性が得られないという問題点がある。これを解決するため、サンゴの成熟、産卵、発生、着床などサンゴの生活史に関する知見の蓄積により、サンゴの幼生を人工基盤に着床させ、移植種苗とする方法が東京海洋大学の岡本峰雄教授らにより考案された。その後人工基盤である連結式サンゴ幼生着床具の実用化試験が行われ、現在いであ株式会社では、この着床具を用いた種苗の大量生産技術を開発し、現況調査-採苗-移植-モニタリングという一連の流れでサンゴ礁再生の取り組みを実施している。



着床具



着床具上で成長したサンゴ



サンゴ分布図の作成例

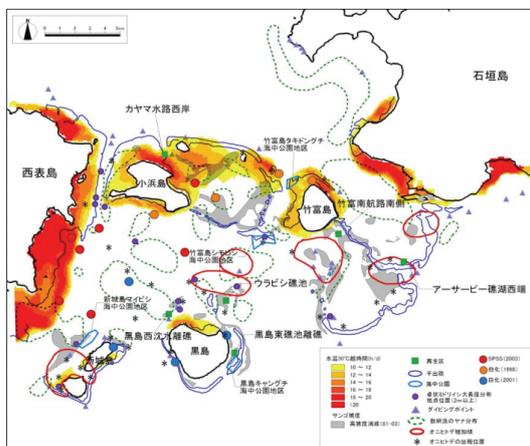
サンゴ C	XXXXXXXXXX	I	~5%未満
	XXXXXXXXXX	II	5~25%未満
	XXXXXXXXXX	III	25~50%未満
	XXXXXXXXXX	IV	50~75%未満
	XXXXXXXXXX	V	75~100%
海藻 S G	XXXXXXXXXX	I	~5%未満
	XXXXXXXXXX	II	5~50%未満
	XXXXXXXXXX	III	50~100%

●現況調査から移植、モニタリングまでの流れ

本手法で移植を行うには、効率的な種苗の採取を行うこと、どこに移植することが効率的かを把握する現況調査が重要である。また、移植後にはモニタリングを行い、順応的に管理することが重要である。



現況調査から移植、モニタリングまでの流れ



移植候補地の地図化

出典：環境省九州地方環境事務所那覇自然環境事務所(2007)サンゴ幼生着床具を用いたサンゴ群集修復マニュアル

島嶼国では、今後予想される気候変動に伴い、高波・越波等の海岸災害や海岸侵食等のリスクが高まることが懸念されている。このような問題に対する解決策の一つとして、自国で入手可能なサンゴ礫と砂を養浜材として利用し、防護とともに利用・環境に配慮した保全対策として礫養浜を実施した。その結果、適度な砂止め用突堤の配置と自然海浜に近い断面形状で養浜断面を仕上げることに伴い、養浜後の海浜は高い安定性を確保することが確認された。

また、約2年間の養浜後の海岸挙動を把握した上で、海岸の利用形態に応じたツバルでの実施可能な順応的管理を提案・実施した。

◆対象：沿岸生態系

◆適応施策：気候変動への順応を促す管理、主流化

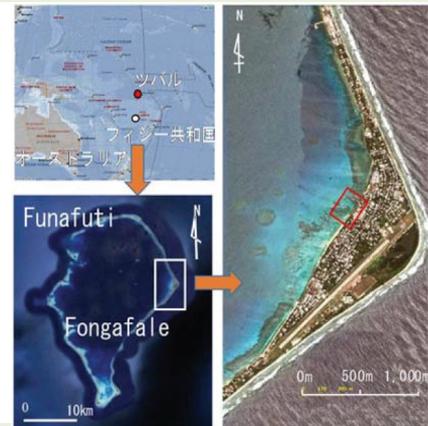
Keyword：海岸保全、海岸災害、海岸侵食、環境に配慮した持続可能な保全対策

●事業の概要

ツバル国では、今後予想される気候変動に伴い、高波・越波等の海岸災害や海岸侵食等のリスクが高まることが懸念されている。このような問題に対する解決策の一つとして、自国で入手可能なサンゴ礫と砂を養浜材として利用し、防護とともに利用・環境に配慮した保全対策として礫養浜を実施した。

本事例における対象地は居住地に隣接するため、保全対策案を選定する上では、防護機能と共に海岸利用の観点も合わせて考慮することが望まれた。また海岸保全の自主性と持続性を考えた場合可能な限り自国で調達可能な材料を用いることが望ましく、維持管理の実施を考慮すると簡易な方法が望まれた。

以上より、自国で調達可能なサンゴ礫とサンゴ砂を用い、従来の自然海浜に近い海岸を礫と砂で復元した。



●礫養浜の特徴

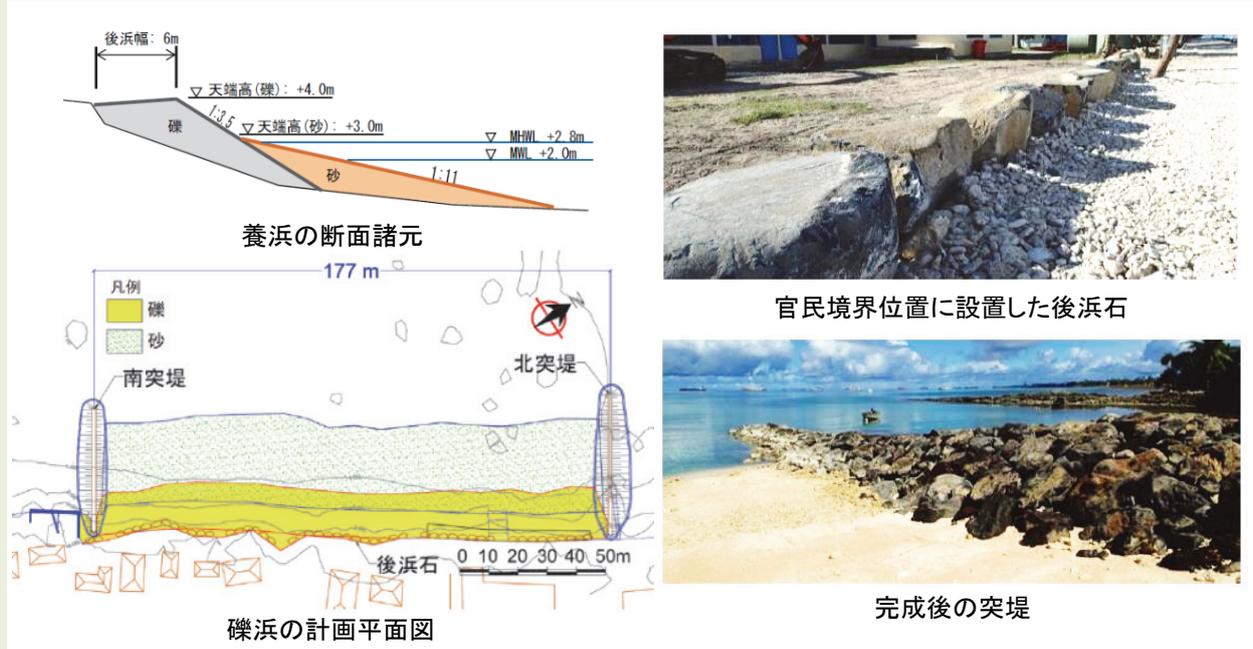
- ①防護・利用・環境機能を兼ね備えた対策
 - ②断面の柔軟性：波浪の影響で断面が変形していくことで、将来の外力変化にある程度追従可能
 - ③持続可能性：自国で調達可能な材料を使用した維持管理が容易な対策
- (礫・砂の採取) 礫の採取にあたっては、空中写真を用いた汀線変化解析結果を用いて、他の島への海浜変形の影響が少ない箇所から礫を採取した。また、礫取得後の局所的地形変化を極力抑えるために、現海浜勾配を維持しつつ採取し、運搬に当たっては船底がサンゴに接触しないように注意した。砂については、砂の流出を抑えるために養浜に適した粒径をもつ砂を用いることとし、他の事業で浚渫された砂について、粒径や組成を確認したうえで用いた。
- (浜幅) 想定される波浪条件に対する波の打上げ高から、背後への波の打上げが生じない高さを設定した。
- (海浜高) 自然海岸の状況に準じて決定し、投入後の砂の変動に余裕を考慮して設定した。
- (海浜勾配) 自然海浜の砂浜勾配を踏まえ、養浜砂の粒径を考慮して設定した。
- (突堤) 養浜砂の歩留まりを向上させるため、捨石傾斜タイプの突堤を配置した。
- (後浜石の設置) 海岸管理のための官民境界識別のため、自然景観や利用に配慮した自然石の後浜石を設置した。



事業実施前



事業実施後



養浜の断面諸元

官民境界位置に設置した後浜石

完成後の突堤

●住民への啓発活動

事業実施海岸は、今後、地域住民の憩いの場として利用されるため、地域主導の海岸管理が求められた。そのため、ラジオを利用した広報活動、海岸清掃イベント、ビーチソング大会、工事中の社会見学、絵コンテスト等の環境啓発活動を実施した。その結果、80%以上の住民が海岸維持管理に積極的に係っていく姿勢を示し、環境維持に係る注意喚起や海岸清掃活動を行っていく意思を示し、一定の効果が確認された。

●モニタリング結果

本事業による礫養浜完了から1年以上にわたるモニタリングの結果、モニタリング期間中に10年確率波にほぼ相当する高波浪の襲来もあつたが、養浜材の顕著な流出はなく、安定した海浜が維持されていることが確認された。今後は、海岸利用の持続的な維持に向けた維持管理程度で、海岸が保全される可能性が示された。

●地域主導型の順応的管理の取り組み

約2年間のモニタリング結果より、少量の砂の補充及び礫の回収・元の後浜域への再投入を、定期的な海岸維持管理として行うことが、継続的な海岸の利用と保全のために望ましいことが分かった。またこの海岸維持管理は、海岸を利用する地域主導で実施することが、持続的な取り組みの実現化には不可欠と判断した。住民意識の向上と地域主導の海岸維持管理の必要性の理解向上のために、ツバルで初となる海岸運動会を2回目開催した。本イベント開催をきっかけとして、小中学校での環境教育や、海岸維持管理作業に住民が直接関わることで、地域主導の海岸管理の実現化を図る取り組みが行われた。

ステップ1: 環境教育

目的: 海岸環境を保全することの重要性を学ぶ



ステップ2: 海岸清掃イベント

目的: 海岸を安全に楽しく利用するために必要な個人の役割を学ぶ



ステップ3: 海岸運動会

目的: 海岸で遊ぶことの楽しさを体感する



小中学生を対象とした海岸運動会に係る一連のイベントの実施とその目的

参考文献:「島嶼国における持続可能性を考慮した海岸保全対策の提案」(土木学会論文集B3(海洋開発),Vol.72,No.2,149-154,2016.)

「ツバル国における礫養浜の有効性に関する検討」(土木学会論文集B3(海洋開発),Vol.73,No.2,1528-1533,2017.)

注)当該事例は、独立行政法人国際協力機構(JICA)により2015年から実施された「ツバル国沿岸災害対策のための礫養浜パイロットプロジェクト(開発計画調査形技術協力)(第2、第3フェーズ)」の成果である。

施設の耐久性、安全性、性能の維持の為に構造計算された基礎の検討が必要である。山間部や湿原は頻繁に工事ができず、施設の基礎の長寿命化で工事頻度を減らし、コスト縮減と踏圧による植生への影響を抑える必要がある。

簡易基礎『ピンファウンデーション工法』: 厳しい立地条件(山間部、傾斜地、軟弱地盤)と気象条件(凍上、増水、土砂、積雪等)に整備される自然公園等施設(木道、階段等)の基礎を人力施工できる。植生への影響を最小限にでき、厳しさを増す自然災害にも強い。

◆対象: 植物、生態系

◆適応施策: 生態系を維持するための工事手法

Keyword: 自然公園等施設、施設の長寿命化、省施工化、環境負荷の低減

● 国立公園での施工事例

① 軟弱地盤 上信越高原国立公園 万座牛池



N値1.1の軟弱地盤。沈まない木道。

③ 水中工事 富士箱根伊豆国立公園 田貫湖



自然環境を守りたい場所での施工。

② 知床国立公園 知床五湖



重機を使用せず、人力だけで基礎工事。

④ 増水対策 日光国立公園 大沼園地



増水により水没した木道。浮上りしない木道。

● 施工方法

● ピンファウンデーション以外の簡易基礎工法



ダイヤモンドピアをガイドにパイプ4本を人力で土中に打込む。



・ロックファウンデーション

岩盤用の基礎工法。人力施工しかできない、急斜面の岩盤等で使用。



・スリーブパイル

単管杭基礎。地盤がしつかりとしている環境で使用。

厳しい気象条件の中に整備される自然公園等施設(従来の木材仕様の場合)は、水に濡れる湿潤環境、塩害、火山性ガス等による腐食・腐朽等により、施設の破損を受けやすい。施設の耐久性、安全性、性能の維持の為に耐久性の高い素材が必要である。山間部や湿原は頻繁に工事ができず、施設の長寿命化で工事頻度を減らし、コスト縮減と踏圧による植生への影響を抑える必要がある。

『GRP(ガラス繊維強化プラスチック)』: 湿地帯・塩害・火山性ガス等の影響下で、優れた耐候性・耐塩害性を発揮し、自然公園等施設(構造材、グレーチング床版等)の長寿命化を図る。軽量かつ高強度な素材で運搬コストを縮減。施設の長寿命化で工事頻度を減らし、周辺の植生への影響を減少させる。

◆対象: 生態系

◆適応施策: 生態系を維持するための工事手法

Keyword: 耐候性、耐塩害性、施設の長寿命化、人工材料、軽量化、環境負荷の低減、景観に調和

● 国立公園での採用事例

① 木道の長寿命化 尾瀬国立公園 尾瀬沼



※構造型木道の構造部(支柱・大引)の長寿命化の為にGRPを使用。

② 木道の長寿命化 日光国立公園 戦場ヶ原



※構造型木道の構造部(支柱・大引・根太)の長寿命化の為にGRPを使用。

③ 塩害対策 小笠原国立公園 宮之浜



※高波と塩害対策で床板にGRPグレーチングパネルを使用。

④ 運搬コストの縮減 (小笠原国立公園 旭山)



※旭山山頂まで人力運搬する為、運搬コストの縮減で床板にGRPグレーチングパネルを使用。

● GRP(ガラス繊維強化プラスチック)の特長

① 滑り止め: GRPグレーチングの上部にすべり止め加工が施せ、木道での転倒事故を予防。



三陸復興国立公園 歌津館崎の魚竜化石 塩害対策で使用。



② 高耐久・長寿命化素材: 硫化物や塩害、湿潤環境で腐食・腐朽しません。ノーマンテナンスで耐用年数は約30年。

日光国立公園 殺生石 火山ガス対策で使用。



ユネスコ世界自然遺産 白神山地 自然景観に調和

③ 軽量性: 比重1.85の軽量素材で強度はアルミと同等。運搬コストを縮減することができる。



軽量化素材で総重量が減るため、ヘリ輸送費や人力運搬費を削減。



自然環境分野における
気候変動適応に寄与する技術・事例集

発行日 平成 31 年 3 月 12 日

編 集 NECTA 自然再生技術研究会

発 行 一般社団法人自然環境共生技術協会

住 所 〒104-0032 東京都中央区八丁堀 3-23-5

Tel. 03-6280-3722 Fax. 03-6280-3723

E-mail necta@necta.jp

URL <http://www.necta.jp>