



A-PLAT
気候変動適応情報プラットフォーム
CLIMATE CHANGE ADAPTATION INFORMATION PLATFORM

森林・林業分野における気候変動影響 と適応策

Climate change impacts and adaptation measures in the forest ecology and forestry sector

(国研) 森林総合研究所 関西支所 森林生態研究グループ
中尾 勝洋

Today's topics

1. 顕在化する影響
2. 影響予測
3. 適応策の現状と動向
4. まとめと課題

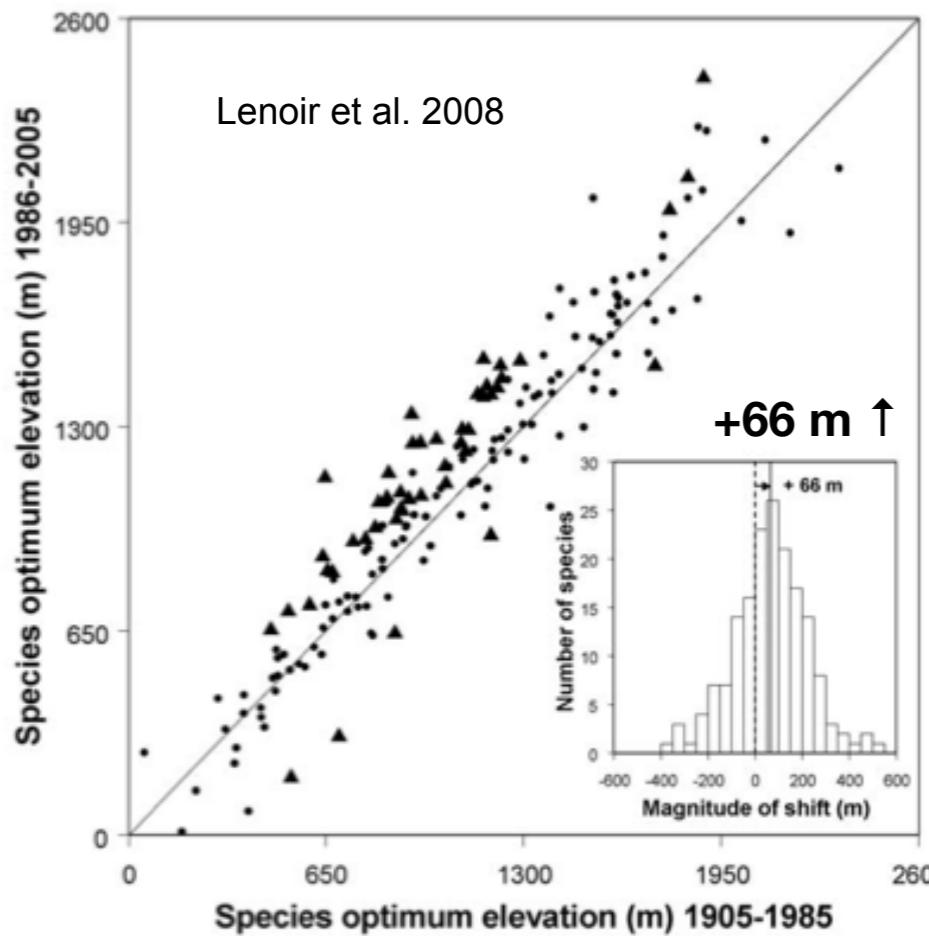




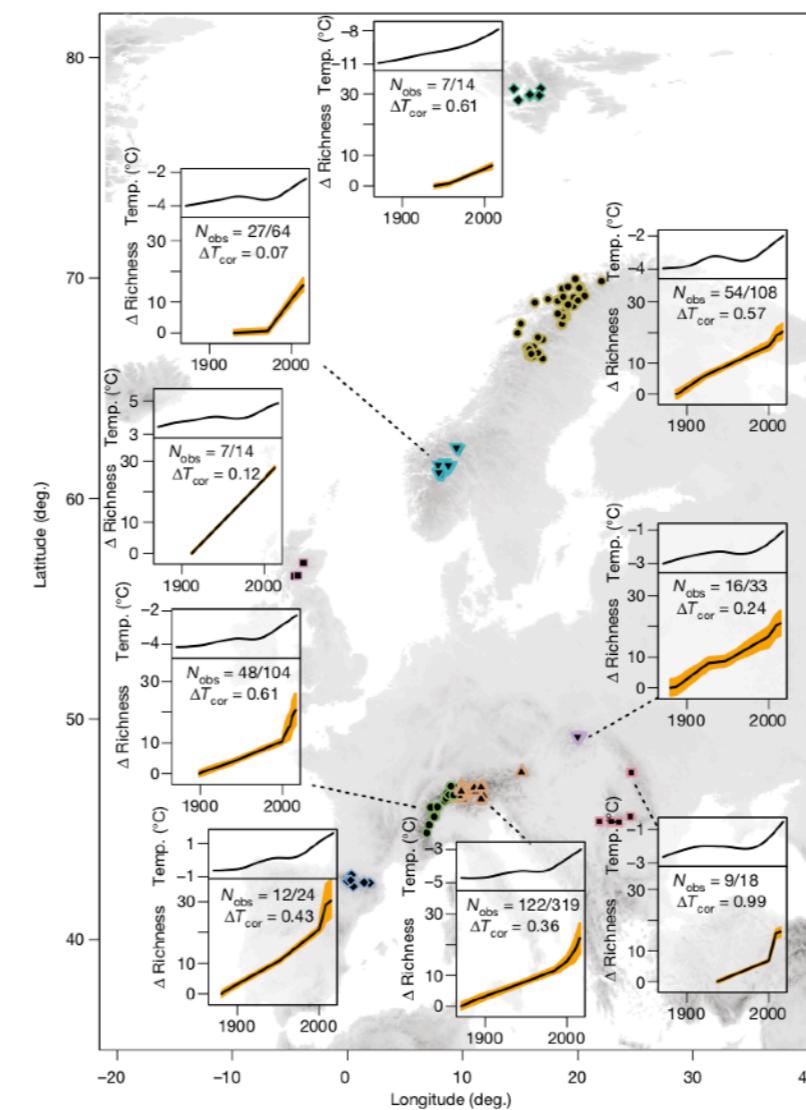
Olympic national park

1. 影響

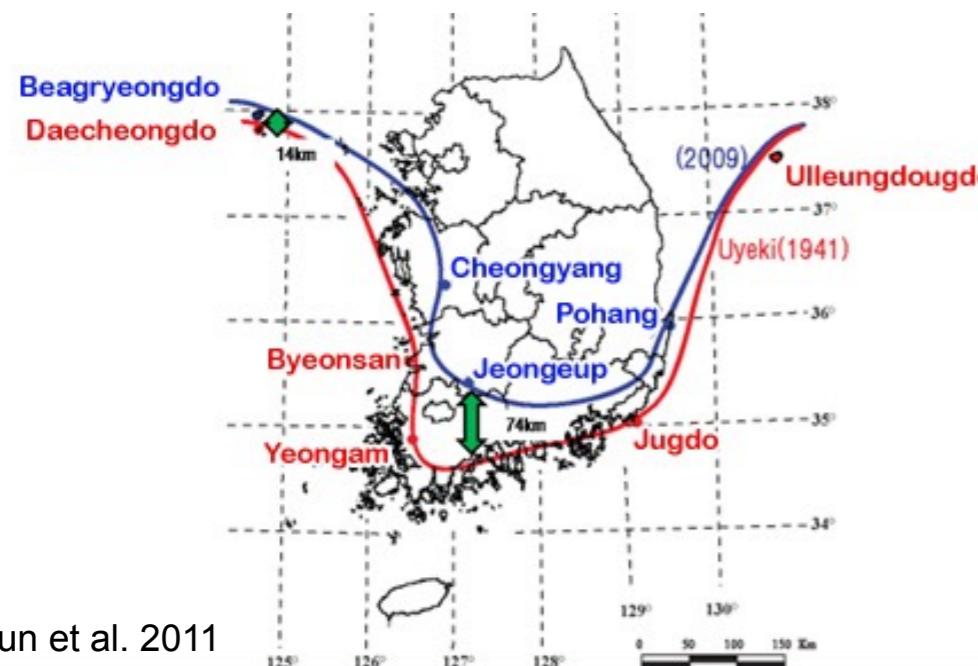
Recent climate change has begun to affect terrestrial ecological systems



約100年間で分布平均標高
が66m上昇



ヨーロッパでは温度上昇から高山植生での種の入れ替わりが進行
(Steinbauer et al. 2018 Nature)



Spain, at the low *Fagus* altitudinal limit, *Fagus sylvatica* is being progressively replaced by the holm oak forest (Penuelas et al. 2007).

Vermont, USA, in the northern hardwood-boreal forest ecotone, northern hard-woods have increased in dominance from 70% in 1964 to 89% in 2004 in the lower half of the ecotone (Beckage et al. 2008).

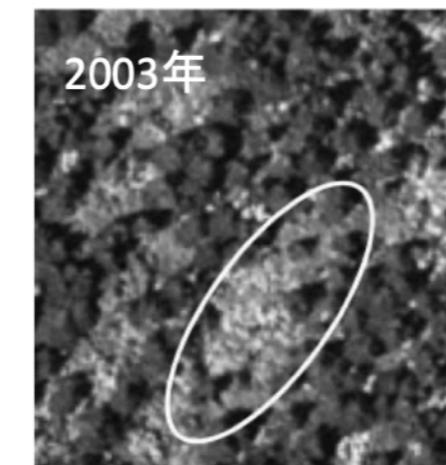
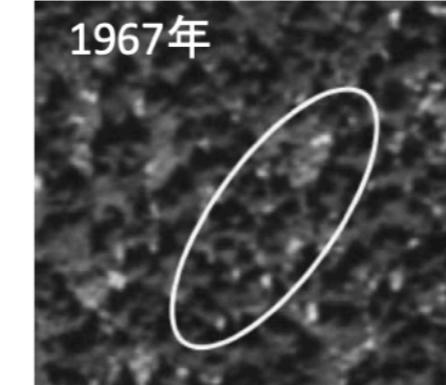
Koren Peninsula, 常緑樹が北上(Yun et al. 2011)

1. 影響: 顕在化する変化とリスク

里や山地に生息していた種の侵入

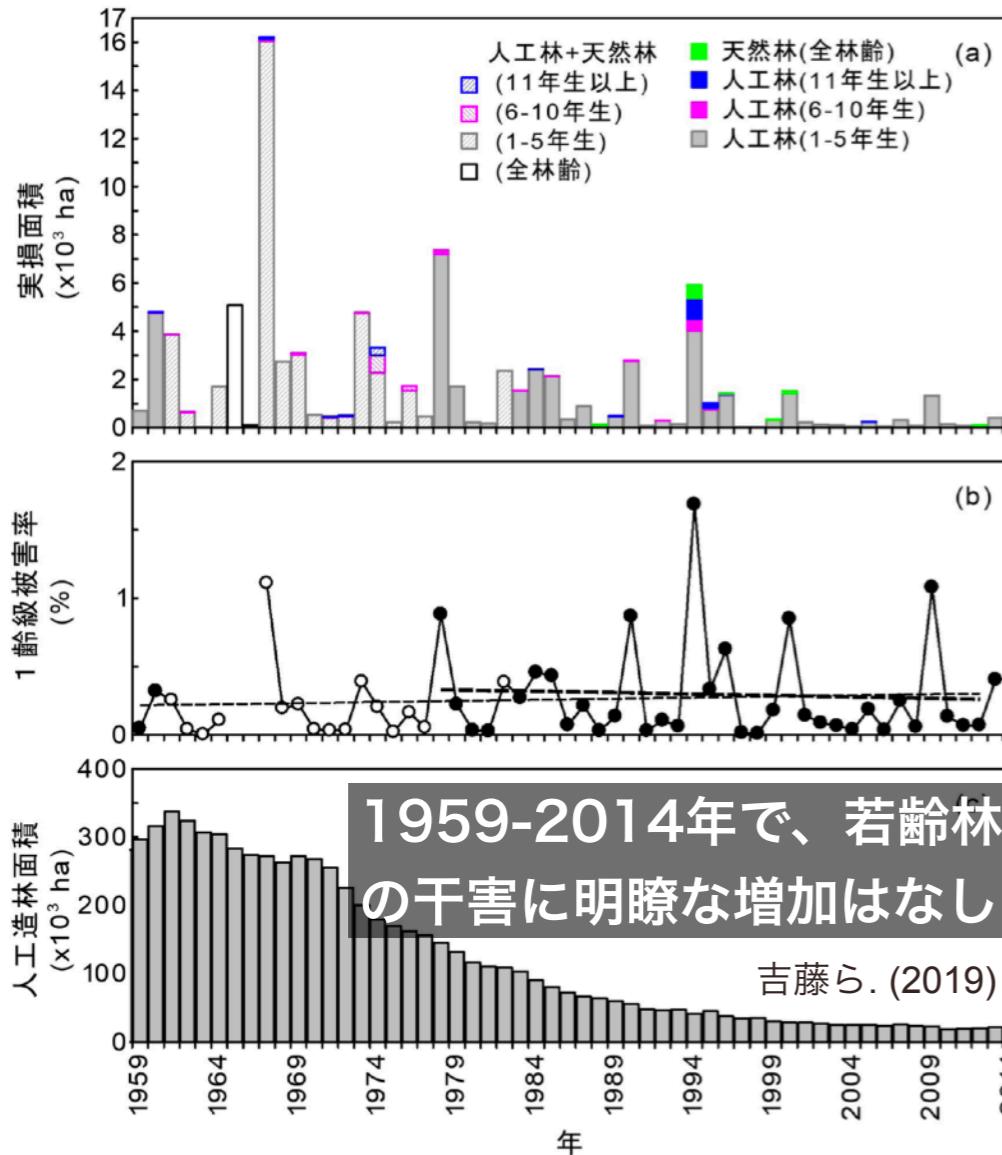


高山植生の変化



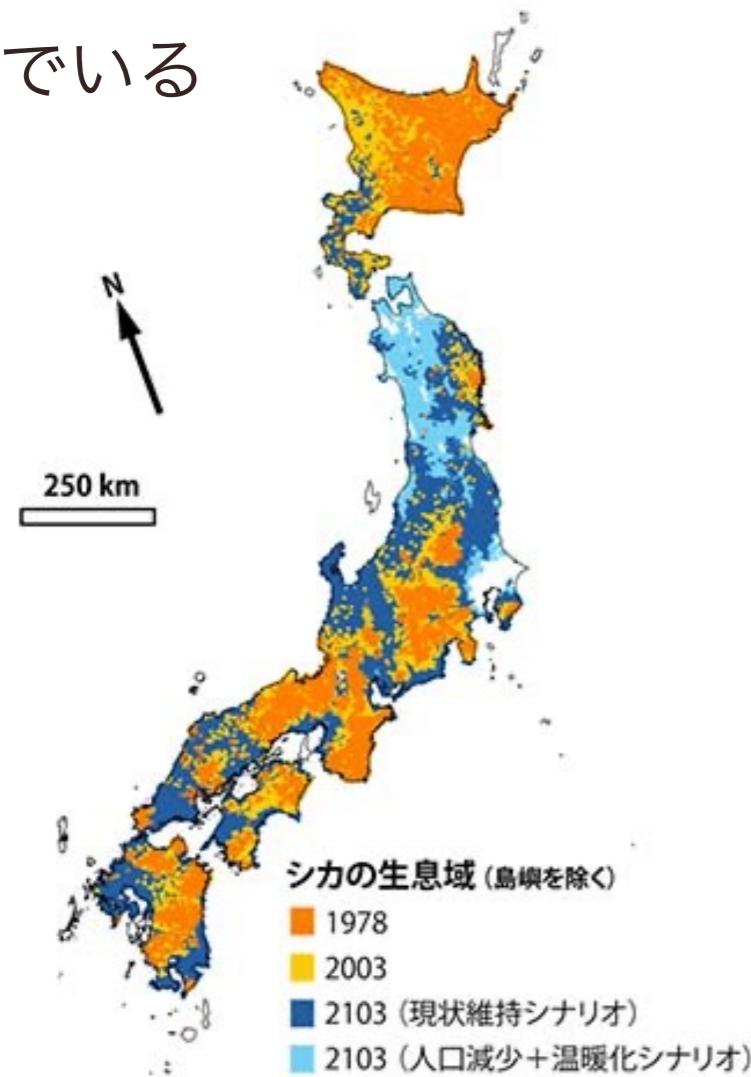
八甲田山でのオオシラビソの分布上昇 Nakasizuka et al. (2016)

1. 影響: 顕在化する変化とリスク(林業)



2. 影響予測: 森林生態系

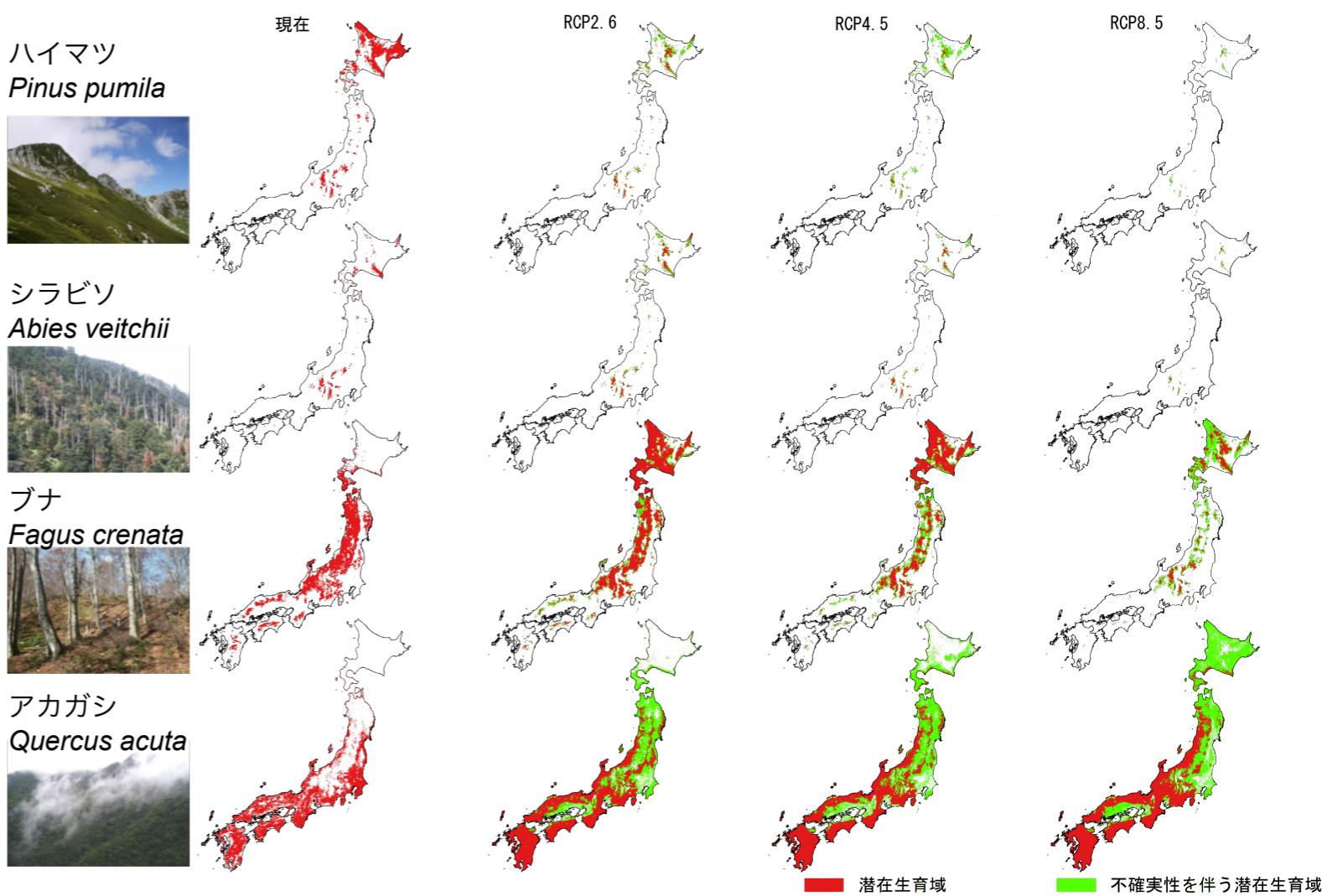
主要構成種での影響検出・予測
は進んでいる



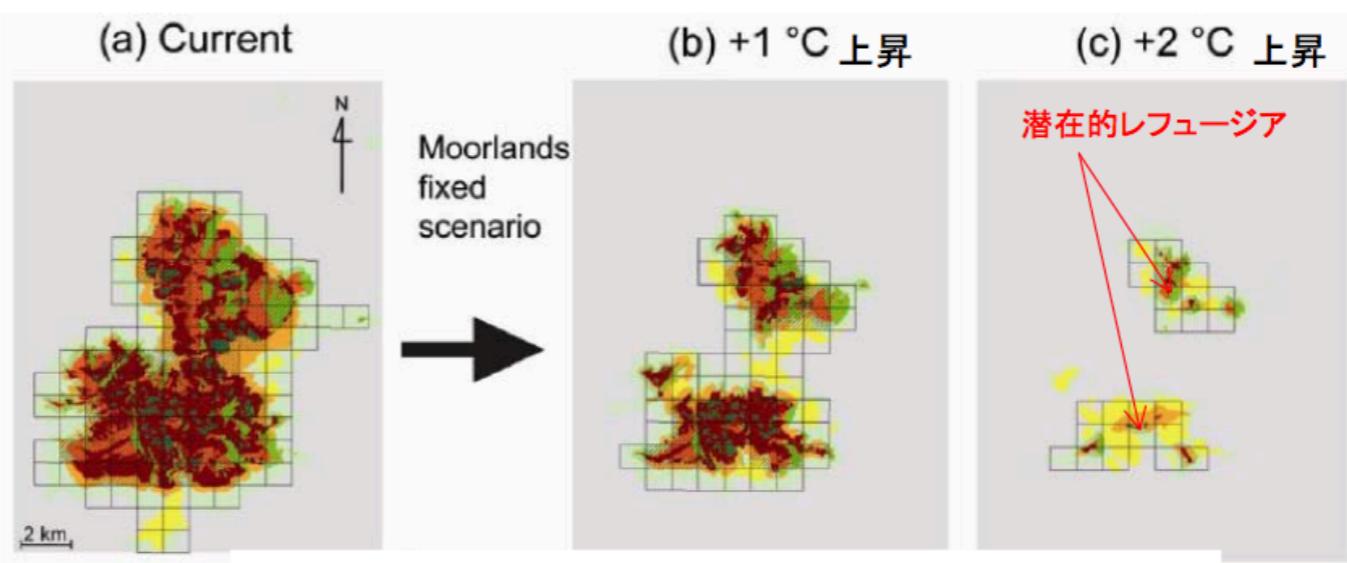
Ohashi et al. (2016)

八甲田山でオオシラビソ
のレフュージ

Shimazaki et al. (2016)



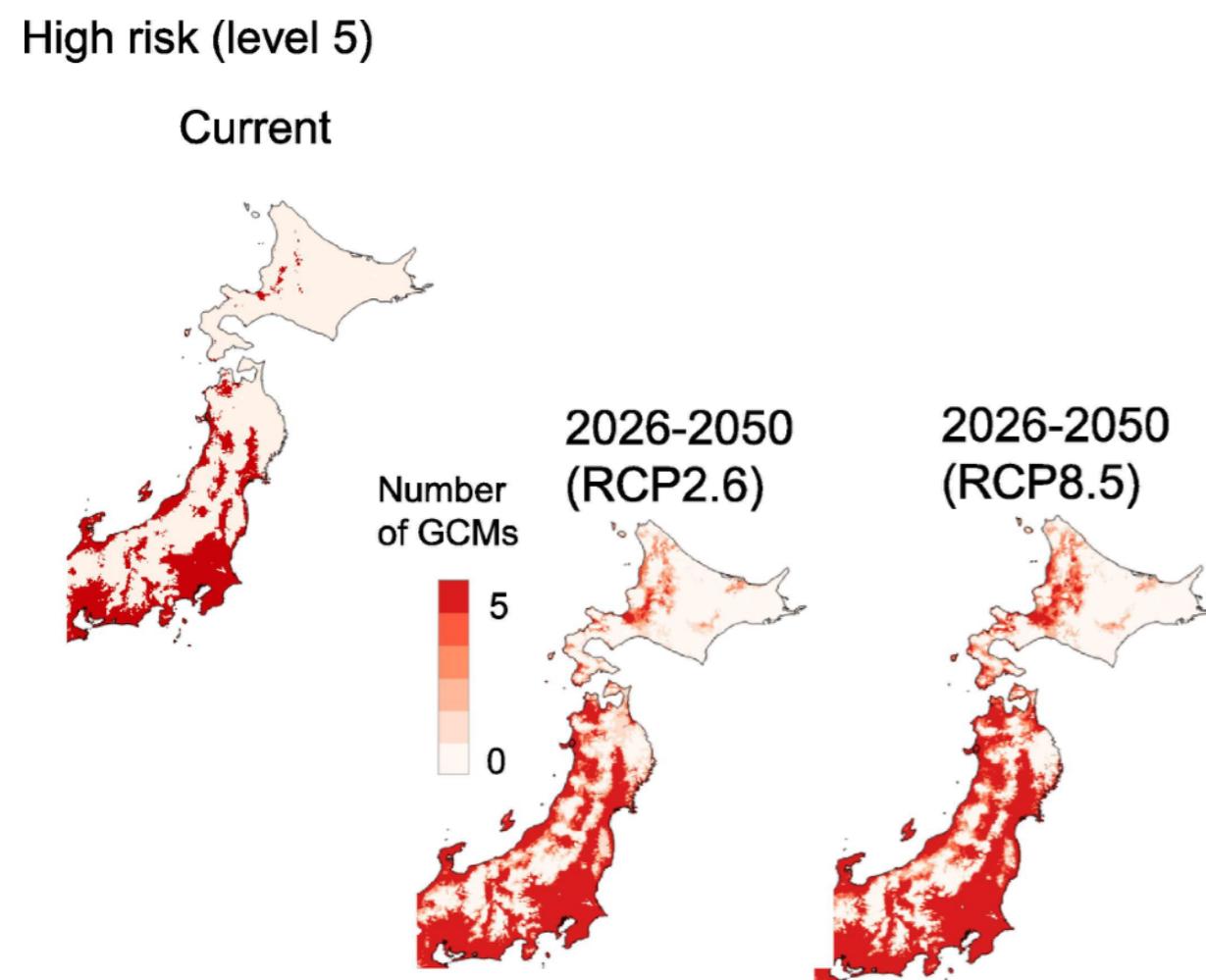
環境省推進費S8報告書より



2. 影響予測: 林業

研究数がまだ限定的で、不明な点が多い。

- ・病虫害、風倒、山地災害等で先行。
- ・成長や枯死リスクに関する研究が少ない。



病虫害リスク(松枯れ)の予測

Matsuhashi et al. (2020)

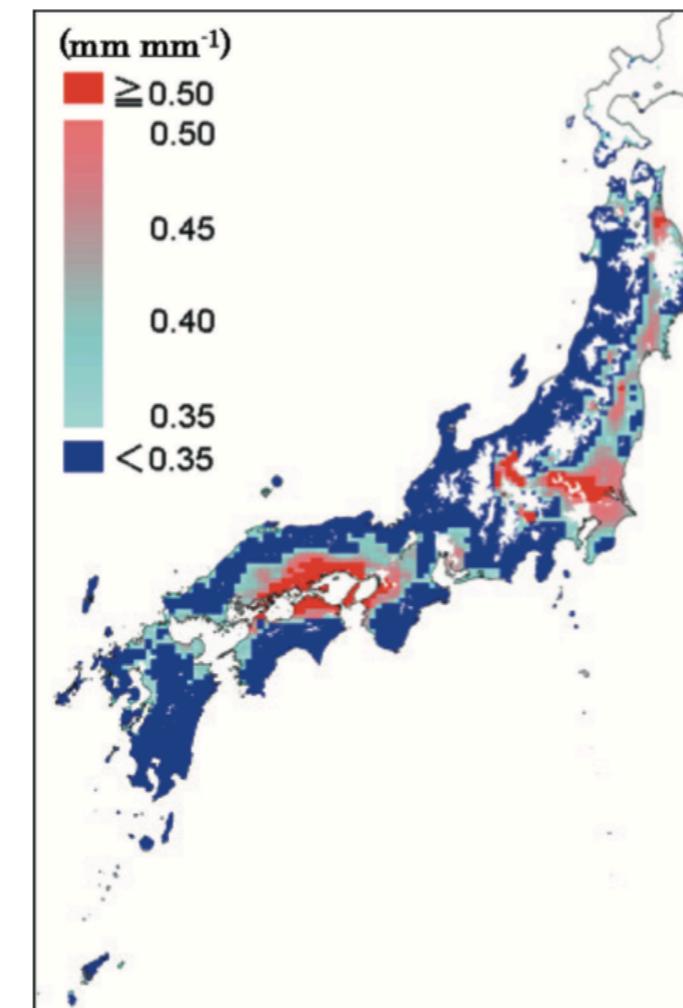


図4 現在の気候値(平年値:1971～2000年)から計算した蒸散降水比(年蒸散量／年降水量)の全国マップ。

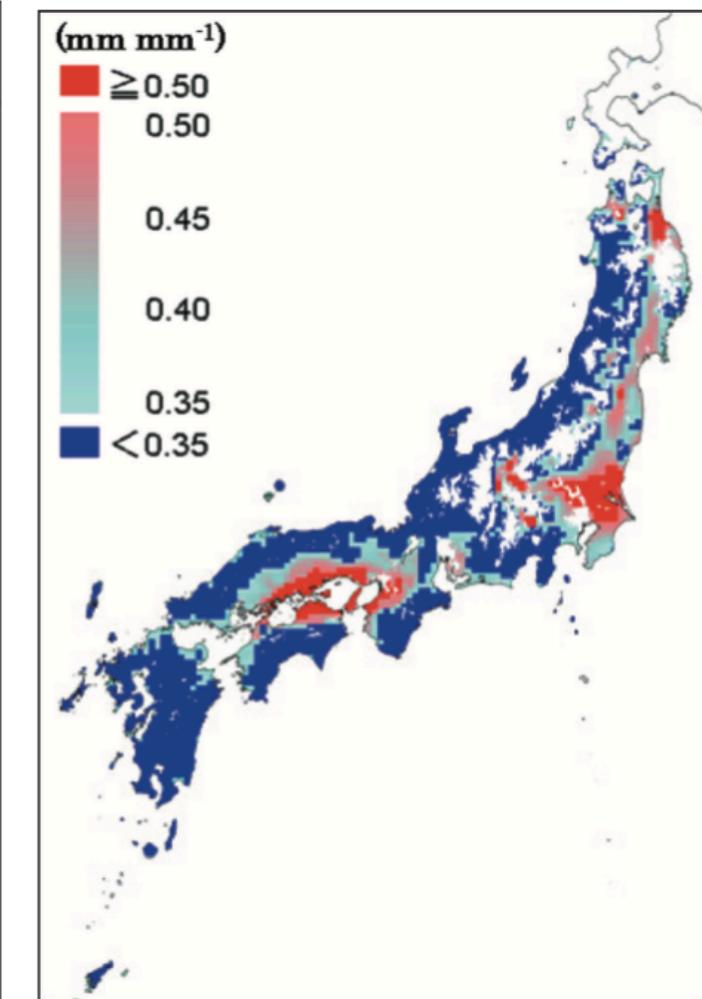


図5 気候シナリオ(2081～2100年)から計算した蒸散降水比の全国マップ。

乾燥ストレス(スギ)の増加による成長への影響

松本ら (2006)

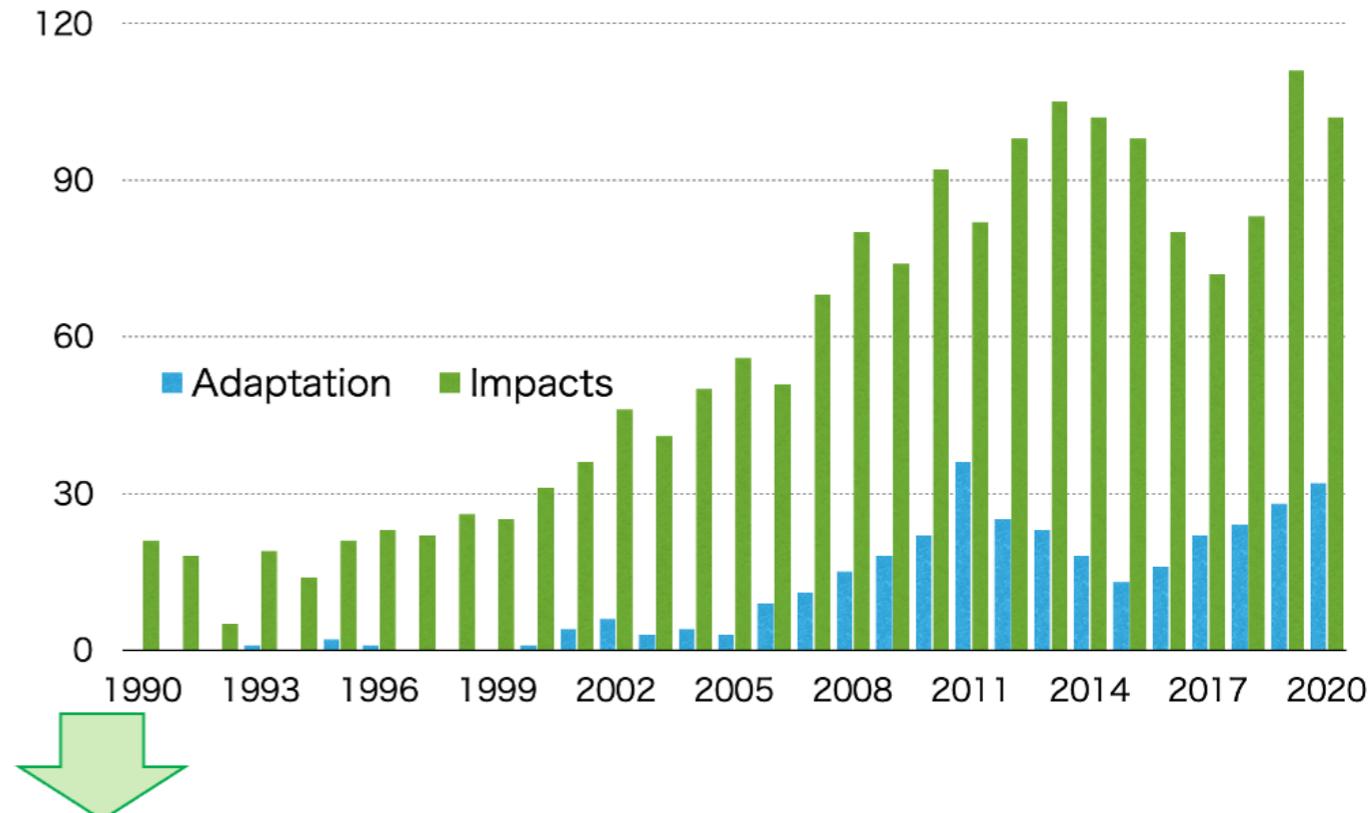
3. 適応策の現状と動向: レビュー

森林・林業関連の温暖化影響及び適応策関連論文をレビュー

検索DB: Web of Science, Google scholar
検索ワード: "forest", "silviculture",
"climate change", "adaptation" + α
対象期間: 1990-2020

→ 2089報(うち適応関連, 337報)

適応策関連337報を
3タイプに区分



Resistance
(現状の積極維持): 41%



間伐強度を変える

短伐期(34), 森林火災
の原因(落枝や下枝等)
の除去(22), 間伐(41),
保全対象種の補植(5)

Resilience
(復元力向上): 32%



景観の多様性

混交林(31), 間伐や異齡
林化(38), 野生鳥獣によ
る食害影響の回避(12),
保護区の見直し(32)

Transition
(積極的移行): 27%



育種

育種(19), 樹種転換
(21), 将来気候を想定
した配置見直し(11)

3. 適応策の現状と動向: 国別状況

北米: 118報

ヨーロッパ: 98報

アジア: 35報

南米: 12報

アフリカ: 2報

オセアニア: 72報



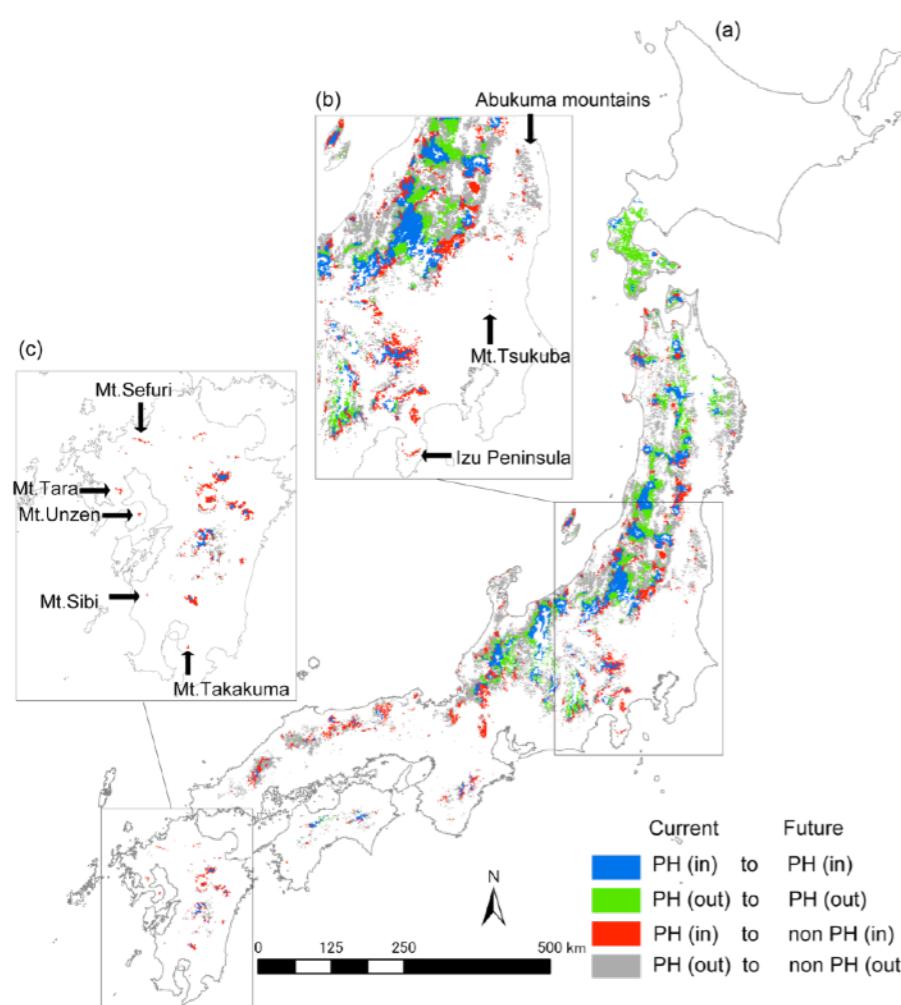
3. 適応策の現状と動向: 適応と緩和

	詳細
適応→緩和	Ecosystem-based adaptation: 生態系を活用した適応策による持続的な環境の創出が炭素固定に正効果(2) Ecological resilience: レジリエンスを高めることで炭素の安定的に保持(4) Active displacement: 土地利用の中に適応的な農林業を配置促進することで、地域内の炭素貯留を高める(1)
適応→ 緩和	Carbon stocks: 適応策(e.g. 短伐期, 火入れ)が森林における長期的な炭素保持を妨げる(3)
緩和→適応	Ecosystem-based adaptation: 炭素蓄積を目的とした新たな植栽が土壤流亡, 都市やその周辺気候の安定化に寄与(12) Ecological resilience: 炭素蓄積を目的とした森林保護や植栽(e.g. REDD+)がresilienceや生物多様性の向上に寄与することで適応が促進(9)
緩和→ 適応	Carbon projects: 緩和策としてのバイオ燃料のための植栽や森林利用が、適応策を阻害(ResilienceやFood securityの減少)させる(7) →午後の分科会3へ！ Water: 緩和策としてのバイオ燃料のための植栽に必要な水利が水資源を改変(6) Ecological resilience: 炭素蓄積の最大化(高成長樹種のmonoculture)が生態系のResilienceを低下させる(3)

3. 影響予測情報を適応策へ; ギャップ

研究者

- ・科学的な知見/提案
 気候変動予測
 影響予測: 脆弱性
 想定される適応策の提案



Nakao et al. (2013)

政策決定者

- ・複雑すぎて分からない (Scott 2005)
- ・研究が十分でない (Shoo 2013)
- ・画一的な枠組みが不十分 (Tengo 2017)
- ・実例がない (Btadly 2012)
- ・お金・ヒトがない
- ・適応策の実現可能性の低さ (Scott 2005)
- ・抽象的すぎ (Rannow 2014)



森林・林業固有の問題も

- ・防災、健康、農業に比べて優先順位が低い
- ・問題が顕在化しにくい
- ・時間軸が長い

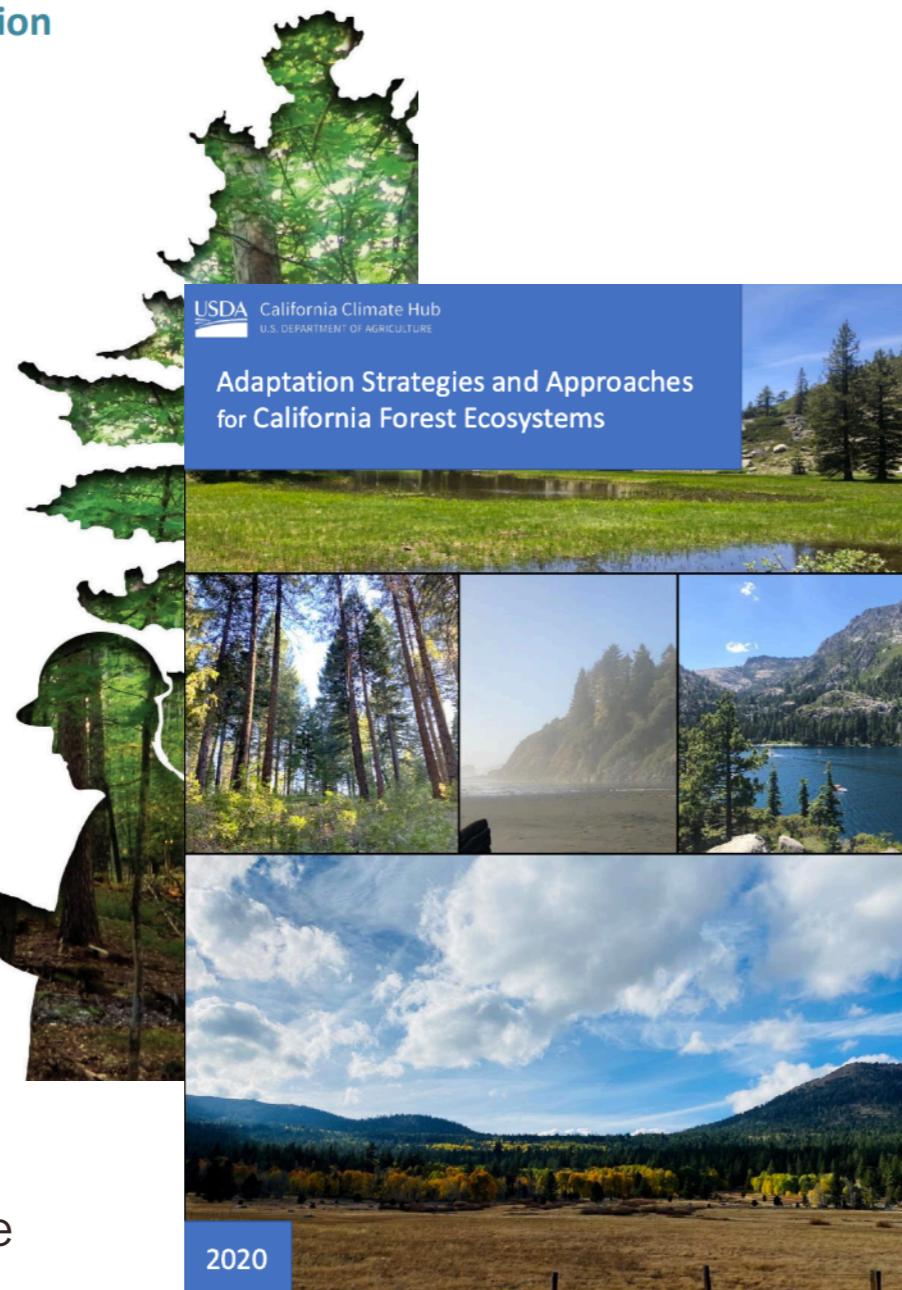
3. 適応策の現状と動向: 各国の動き

欧米ではガイドラインの作成も積極的



Forest Adaptation Resources: Climate Change Tools and Approaches for Land Managers, 2nd edition

Forest Service
Northern Research Station
General Technical Report NRS-87-2
Major Revision
September 2016



USDA Forest Service



A review of climate change research in New Zealand focusing on forestry

MPI Technical Paper No: 2018/56

Prepared for MPI by Andrew Dunningham, Andrea Grant, Anita Wreford and Nick Kirk

ISBN No: 978-1-77665-890-6 (online)
ISSN No: 2253-3823 (online)



3. 適応策の現状と動向: 各国の動き

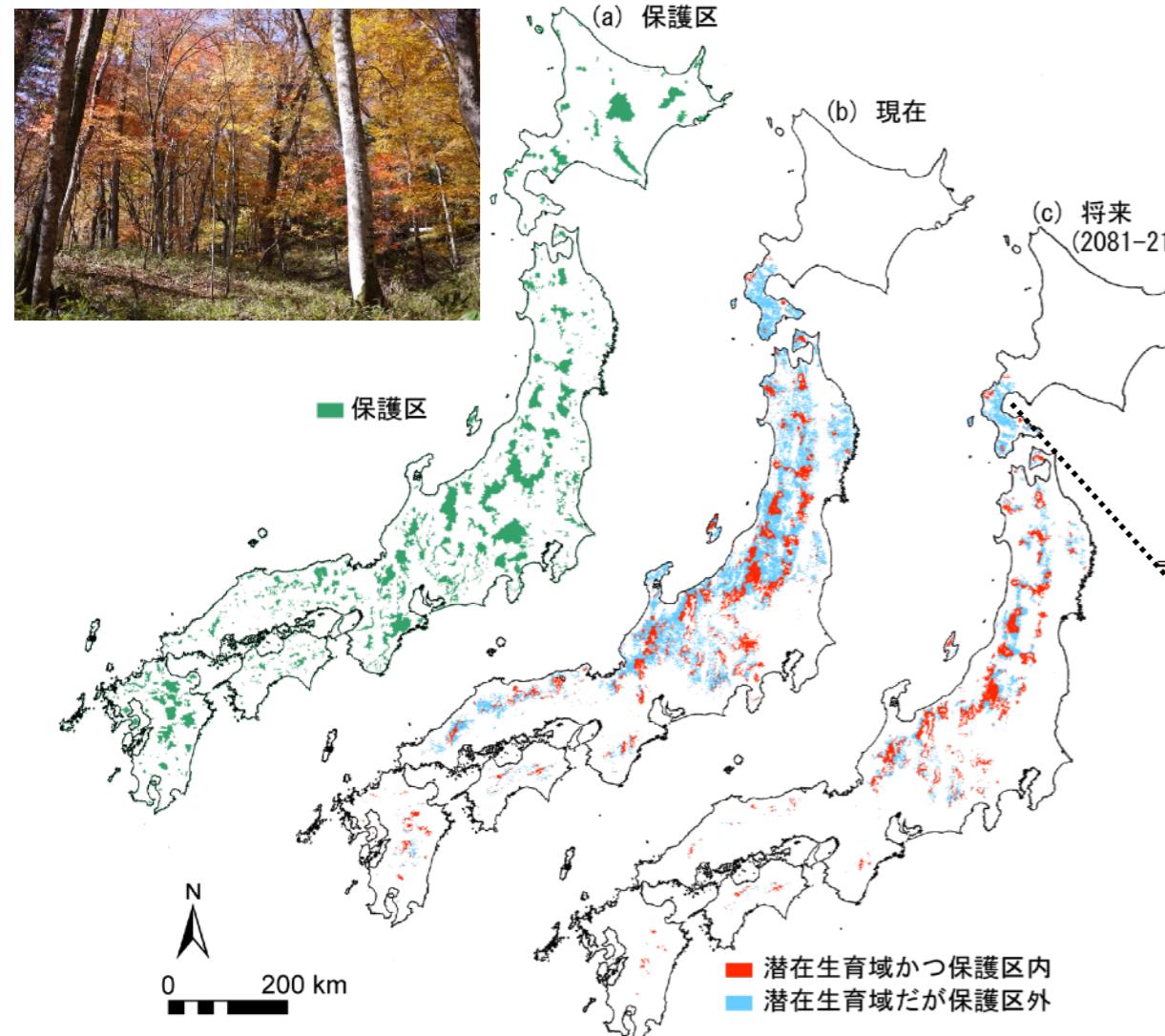
The screenshot shows the homepage of the Adaptive Silviculture for Climate Change (ASCC) website. At the top left is the ASCC logo with the tagline "Adaptive Silviculture for Climate Change". A search bar is at the top right. Below the header is a purple navigation bar with links: ABOUT ASCC, PROJECT SITES, PEOPLE & PARTNERS, RESOURCES, NEWS & PUBLICATIONS, and CONTACT. The main content area features a large image of a forest. On the left, a white box contains the title "Adaptive Silviculture for Climate Change" and a brief description: "The Adaptive Silviculture for Climate Change (ASCC) project is a collaborative effort to establish a series of experimental silvicultural trials across a network of different forest ecosystem types throughout the United States." A red "Read More" button is at the bottom of this box.



The screenshot shows the Climate Change Response Framework website. At the top right is the logo "CLIMATE CHANGE RESPONSE FRAMEWORK". Below it is a navigation bar with links: Who we are, Assess, Adapt, Learn, Focus, and Contact. A magnifying glass icon is also present. The main content area features a large image of a forest and a lake. A central call-to-action box contains the text: "There's no single answer for responding to climate change" and "Our team will work with you to find solutions that fit your individual needs." Below this are three colored boxes: dark blue, teal, and green. The dark blue box contains the text "Who we are" and "Our team of climate adaptation and education specialists is dedicated to collaborating with stakeholders from across the land management community." The teal box contains the text "Understanding risk" and "Climate change introduces uncertainty about future conditions and increases challenges for natural resource managers interested in sustaining ecosystems over the long term." The green box contains the text "Adaptation in action" and "Responding to climate change requires an approach that tailors actions to the unique needs of a particular project." Navigation arrows are located on the left and right sides of the main image.

3. 適応策の現状と動向: 国内の現状

ブナ影響予測と保護区のGAP解析



Nakao et al. (2013)

温暖化も考慮した保護区見直し
(北海道狩場山周辺)
→既存4保護林を連結



適応策の現状と動向: 国内の現状

気候変動の影響と適応策



自然生態系分野 | 陸域生態系 | 人工林

協力：国立研究開発法人 森林研究・整備機構

表

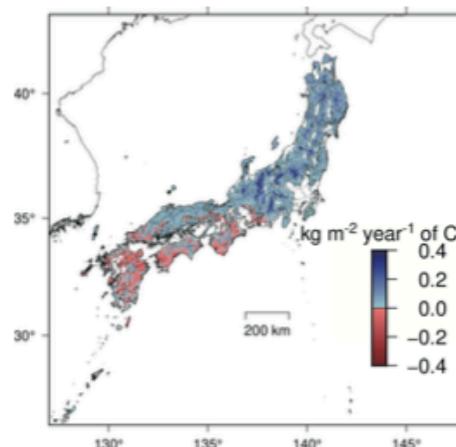
影響の要因

気温の上昇や地域的な降水量の減少による乾燥ストレスの増大により、スギの生理機能や成長に影響を及ぼす懸念がある。



現在の状況と将来予測

スギは日本に広く植えられており、水分要求度が高い樹種とされている。これまで、三河地方や瀬戸内地方、九州地方など西日本を中心に、スギの枯損や衰退などの乾燥被害が報告されており、主に夏に雨が少なかったことや、土壤保水力の低さが原因だと考えられている。現在（1996–2000年）から将来（2096–2100年）にかけて年平均気温が約2.5°C上昇した場合、全国的にみると、スギ人工林の純一次生産量は増加すると予測されている。しかし、四国地方や九州地方など西日本を中心とする一部地域では、純一次生産量が低下すると予測されている。



将来気候(2096–2100年)におけるスギ人工林の純一次生産量の変化量
(RCP2.6シナリオの5つの気候モデルの平均値)

出典: Toriyama J. et al. (2021)

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 (2021)

適応策

気候変動（気温上昇・乾燥）の影響を考慮した造林適地の選定（ゾーニング）や伐期の変更など既存の施業方法の見直し、各地域の環境変化に対応できる適切な苗木の選定などを進めていくことが考えられる。また、高温や乾燥ストレスに耐性のある新品種の開発と導入を進めていくことが望ましい。

分類

施業方法の見直し

造林適地の選定

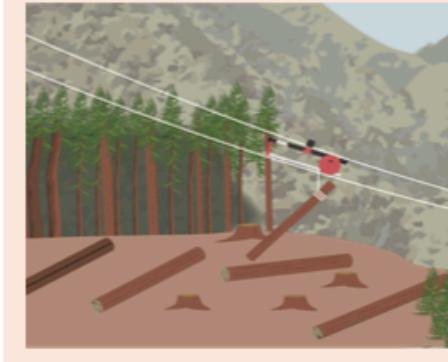
- 森林の最適配置（ゾーニング）
 - 成長促進立地：スギ再造林
 - 成長低下立地：樹種転換など



© 荒木真岳

伐期の変更

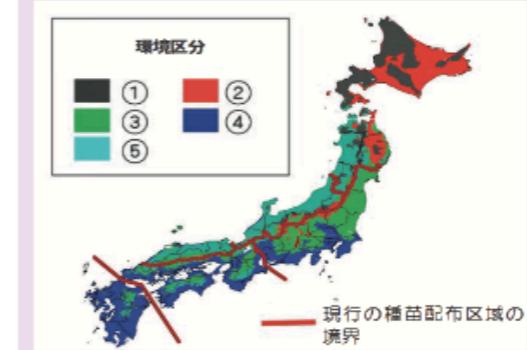
- 成長促進立地：短伐期化
- 成長低下立地：長伐期化
- 気象害リスク回避：短伐期化



苗木の選定

適切なスギ系統の選択

地域の気候や将来の環境変化に適応的な系統を選択



出典: 三浦他 (2015)

コンテナ苗の利用

植栽直後の乾燥に比較的強いとされるコンテナ苗の利用

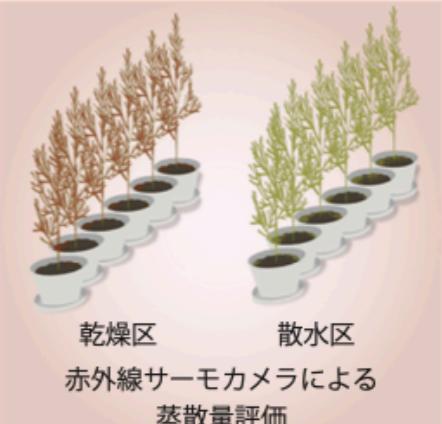


裸苗（左）とコンテナ苗（右）

新品種の開発

育種技術の開発

新たな系統評価手法の開発等



乾燥区 散水区
赤外線サーモカメラによる蒸散量評価



無花粉遺伝子を高い精度で判定できるDNAマーク

育種素材の作出



国立環境研究所 気候変動適応センター 2021年7月初版



A-PLAT

気候変動適応情報プラットフォーム
CLIMATE CHANGE ADAPTATION INFORMATION PLATFORM

4. まとめと課題

- 科学的知見の蓄積、影響予測技術の向上が引き続き重要。
- 影響検出体制の整備。特に人工林。
- 適応策に関する基礎的な知見と体制の構築。
- 適応策を組み込んだ影響予測、評価手法の確立。
- ステークフォルダとの対話。