



林業への気候変動影響と適応策

国立研究開発法人 森林研究・整備機構
森林総合研究所
平田泰雅

Climate disruption is approaching
a point of no return.

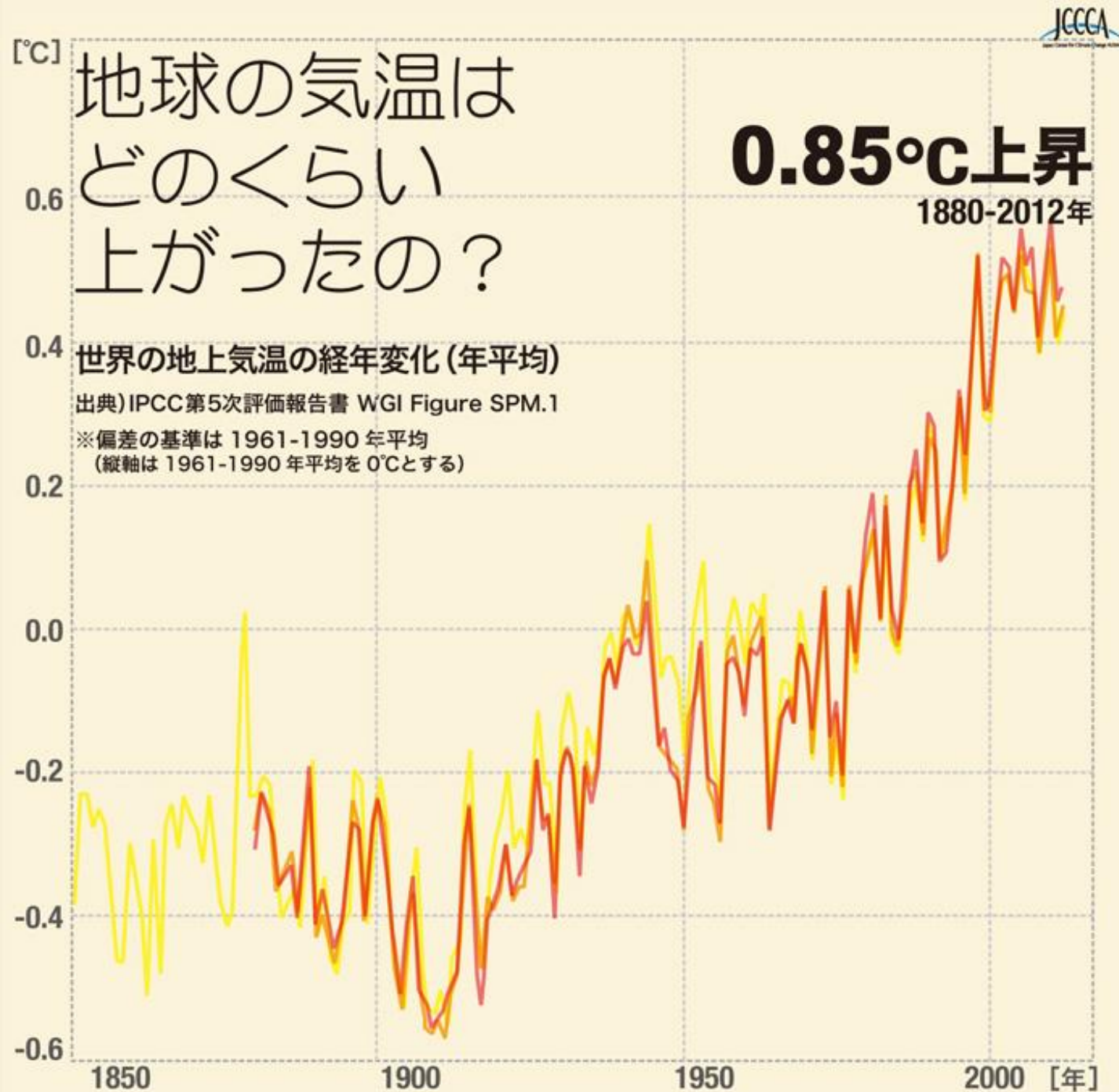
気候の混乱は後戻りできない点に近づいている。

António Guterres
Secretary-General

国連事務総長
アントニオ・グテーレス

International Mother Earth Day, 22 April 2020





人間の影響が20世紀半ば以降に観測された温暖化の支配的な要因であった可能性が極めて高い

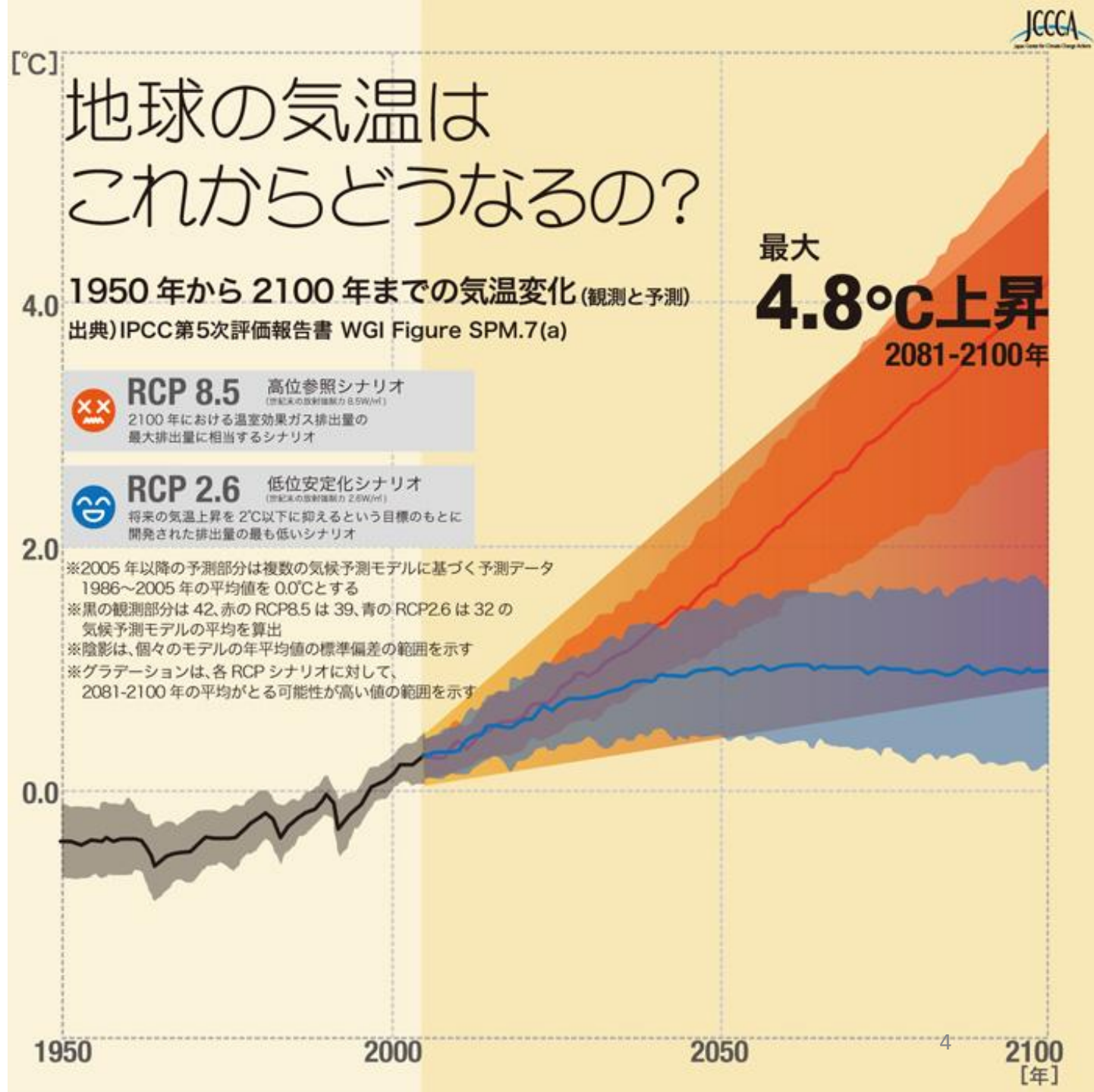
IPCC AR5 WG I SPM

全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイト
(<http://www.jccca.org/>)より

今世紀末までの世界平均気温の変化はRCPシナリオによれば0.3～4.8℃の範囲に入る可能性が高い

IPCC AR5 WG I SPM

全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイト
(<http://www.jccca.org/>)より



[1991-2020 年平均からの差(°C)]

2.0

1.5

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

-1.5

-2.0

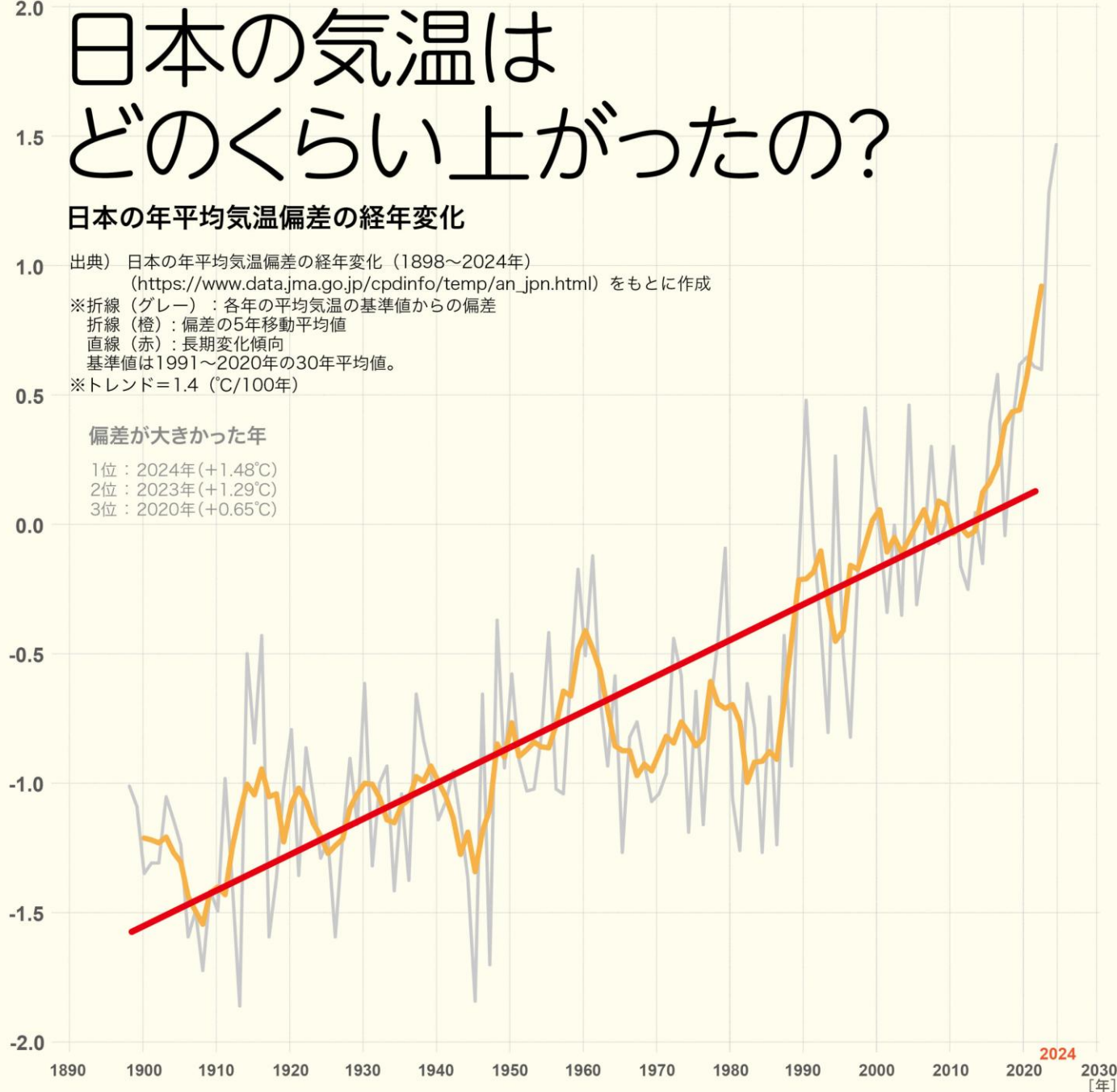
日本の気温は どのくらい上がったの？

日本の年平均気温偏差の経年変化

出典) 日本の年平均気温偏差の経年変化 (1898~2024年)
(https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn.html) をもとに作成
※折線 (グレー) : 各年の平均気温の基準値からの偏差
折線 (橙) : 偏差の5年移動平均値
直線 (赤) : 長期変化傾向
基準値は1991~2020年の30年平均値。
※トレンド=1.4 (°C/100年)

偏差が大きかった年

1位 : 2024年 (+1.48°C)
2位 : 2023年 (+1.29°C)
3位 : 2020年 (+0.65°C)



2024年の日本の年平均気温偏差は
+1.48°Cで、統計を開始した1898年以
降で最も高い値となった

日本の年平均気温は長期的に上昇してお
り、特に1990年代以降、高温となる年が
頻出している

日本の年平均気温偏差の経年変化(1898~2024年)

全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイト
(<http://www.jccca.org/>) より

真夏日の年間日数は将来の温室効果ガス安定化レベルが高くなるほど増加する。

全国を見ると、RCP2.6で平均12.4日、RCP8.5で平均52.8日増加すると予測される。

日本国内における気候変動予測の不確実性を考慮した結果について

全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイト
(<http://www.jccca.org/>) より

日本の真夏日の日数は どうなるの？

2100 年末における
真夏日(最高気温30℃以上)の
年間日数予測

出典)環境省・気象庁
日本国内における気候変動予測の
不確実性を考慮した結果について

西日本日本海側
(参考都市：福岡)

約**124**日
(現在の日数：約57日)

東日本日本海側
(参考都市：新潟)

約**91**日
(現在の日数：約34日)

西日本太平洋側
(参考都市：大阪)

約**141**日
(現在の日数：約73日)

北日本日本海側
(参考都市：札幌)

約**48**日
(現在の日数：約8日)

北日本太平洋側
(参考都市：釧路)

約**34**日
(現在の日数：約0日)

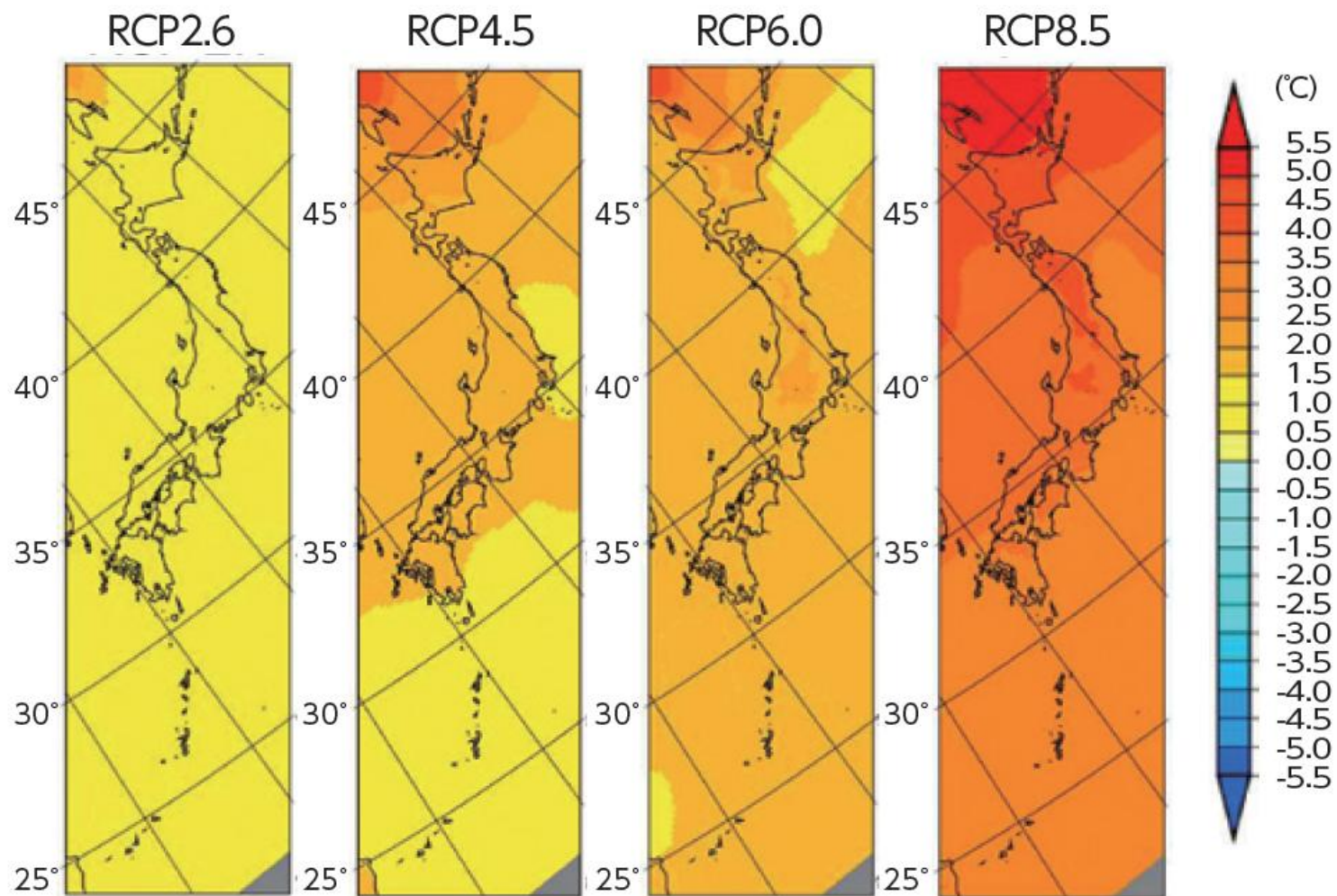
東日本太平洋側
(参考都市：東京)

約**103**日
(現在の日数：約46日)

沖縄・奄美
(参考都市：那覇)

約**183**日
(現在の日数：約96日)

2025年の東京の真夏日：87日！



年平均気温の変化の地域分布

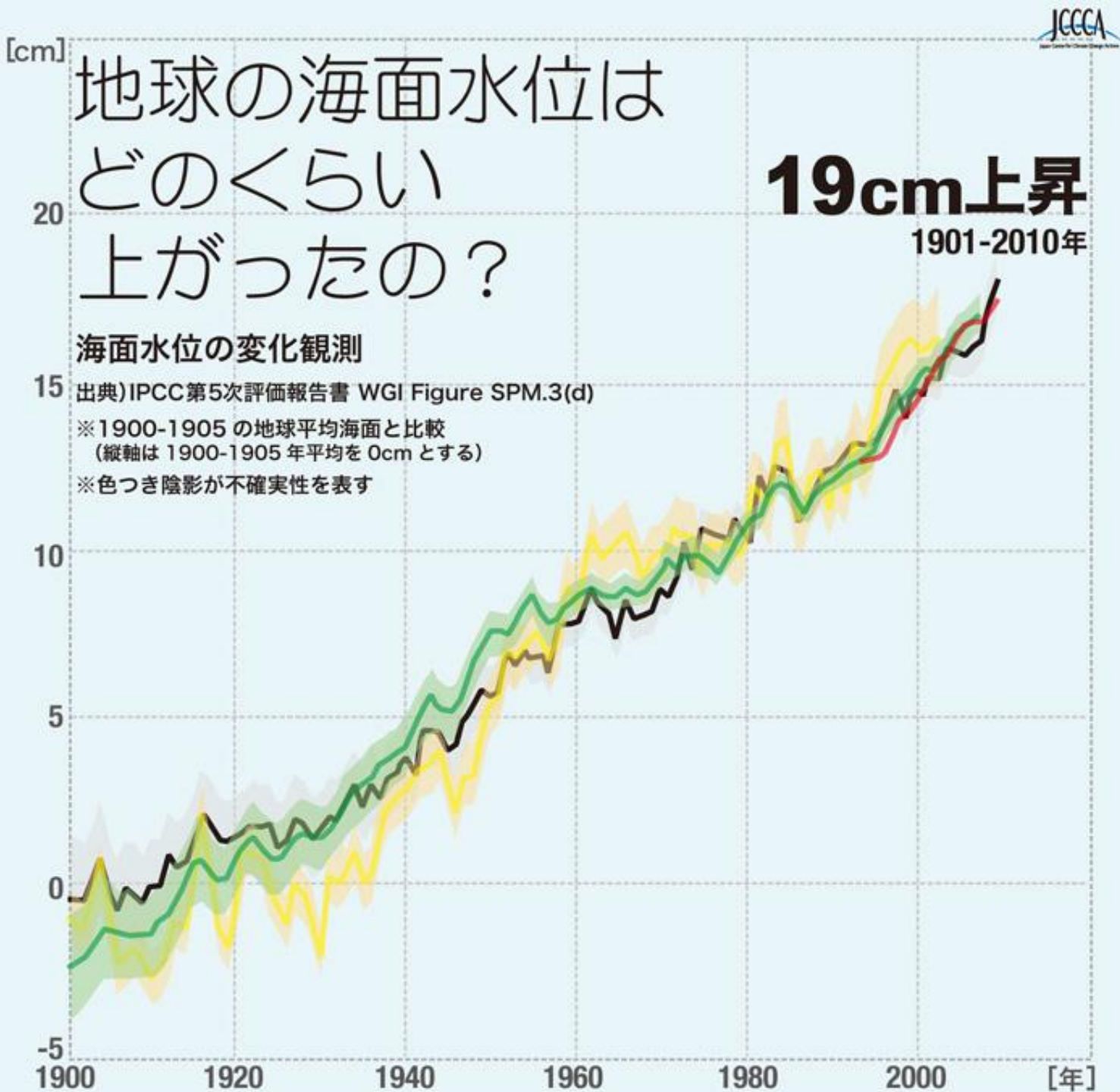
年平均気温は全国的に上昇し、上昇幅は年々変動幅より概ね大きい。

特に北日本での温度上昇幅が大きく、沖縄・奄美は比較的小さい。

計算の対象期間
 現在気候の再現：1984年9月～2004年8月／
 将来気候の予測：2080年9月～2100年8月

日本国内における気候変動予測の不確実性を考慮した結果について

環境省



海洋の熱膨張と氷河の融解は、
20世紀の世界平均海面水位の
上昇の主要な原因だった。

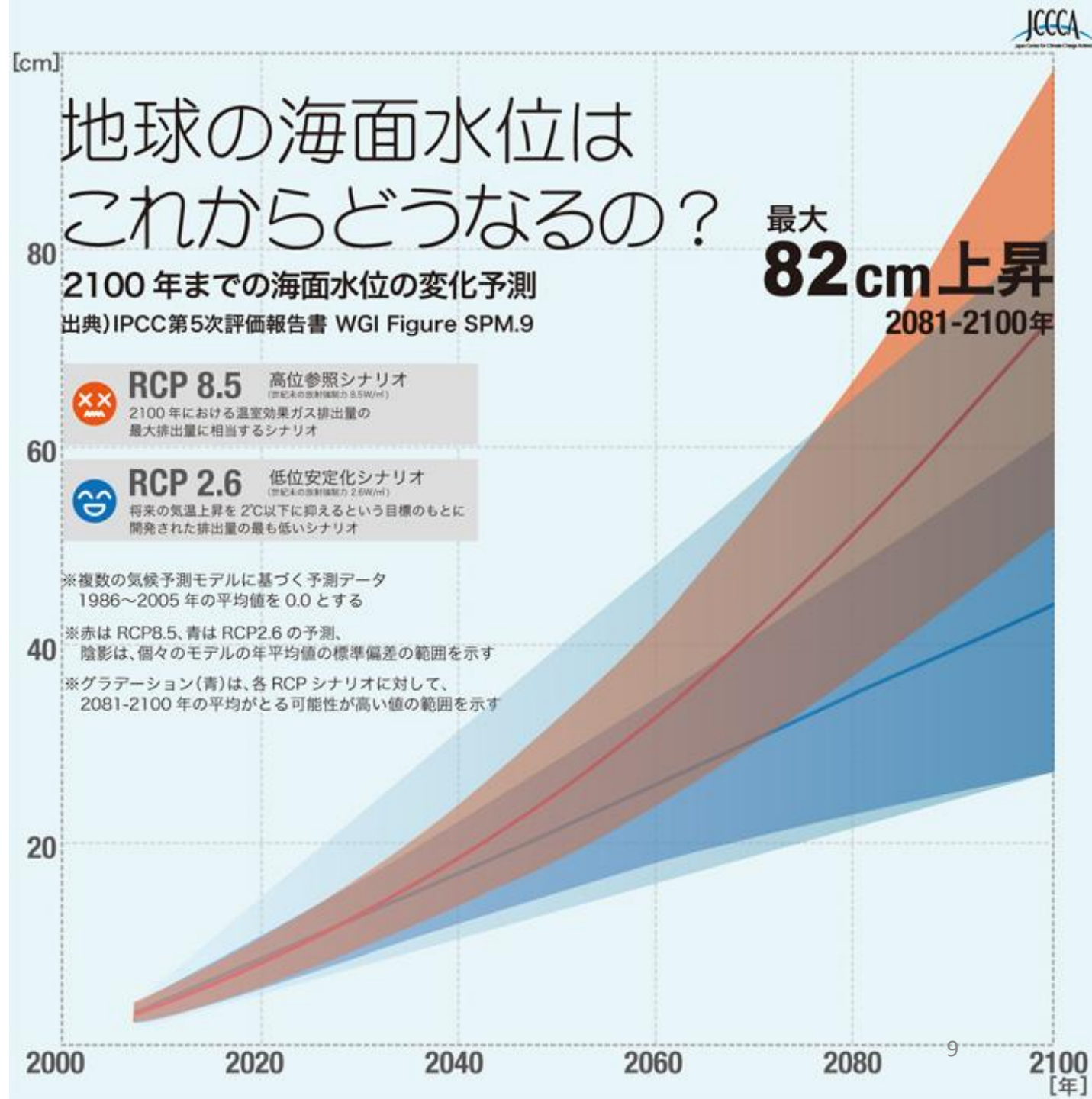
IPCC AR5 WG I

全国地球温暖化防止活動推進センターウェブ
サイト(<http://www.jccca.org/>)より

RCPシナリオによれば、海面水位の上昇は0.26～0.82mの範囲に入る可能性が高い。

IPCC AR5 WG I SPM

全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイト
(<http://www.jccca.org/>) より



1

海面上昇 高潮

(沿岸、島しょ)

2

洪水 豪雨

(大都市)

3

インフラ 機能停止

(電気供給、医療などのサービス)

4

熱中症

(死亡、健康被害)

将来の
主要なリスク
とは？

複数の分野地域におよぶ
主要リスク

出典) IPCC 第5次評価報告書 WGII

5

食糧不足

(食糧安全保障)

6

水不足

(飲料水、灌漑用水の不足)

7

海洋生態系 損失

(漁業への打撃)

8

陸上生態系 損失

(陸域及び内水の生態系損失)

気候変動は、既存の気候によるリスクを増幅し、自然及び人間システムにとっての新たなリスクを引き起こすと予測される。

そうしたリスクの中には特定の分野や地域に限られるものもあれば、連鎖反応するものもあるだろう。

IPCC AR5 WG II SPM

全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイト
(<http://www.jccca.org/>) より

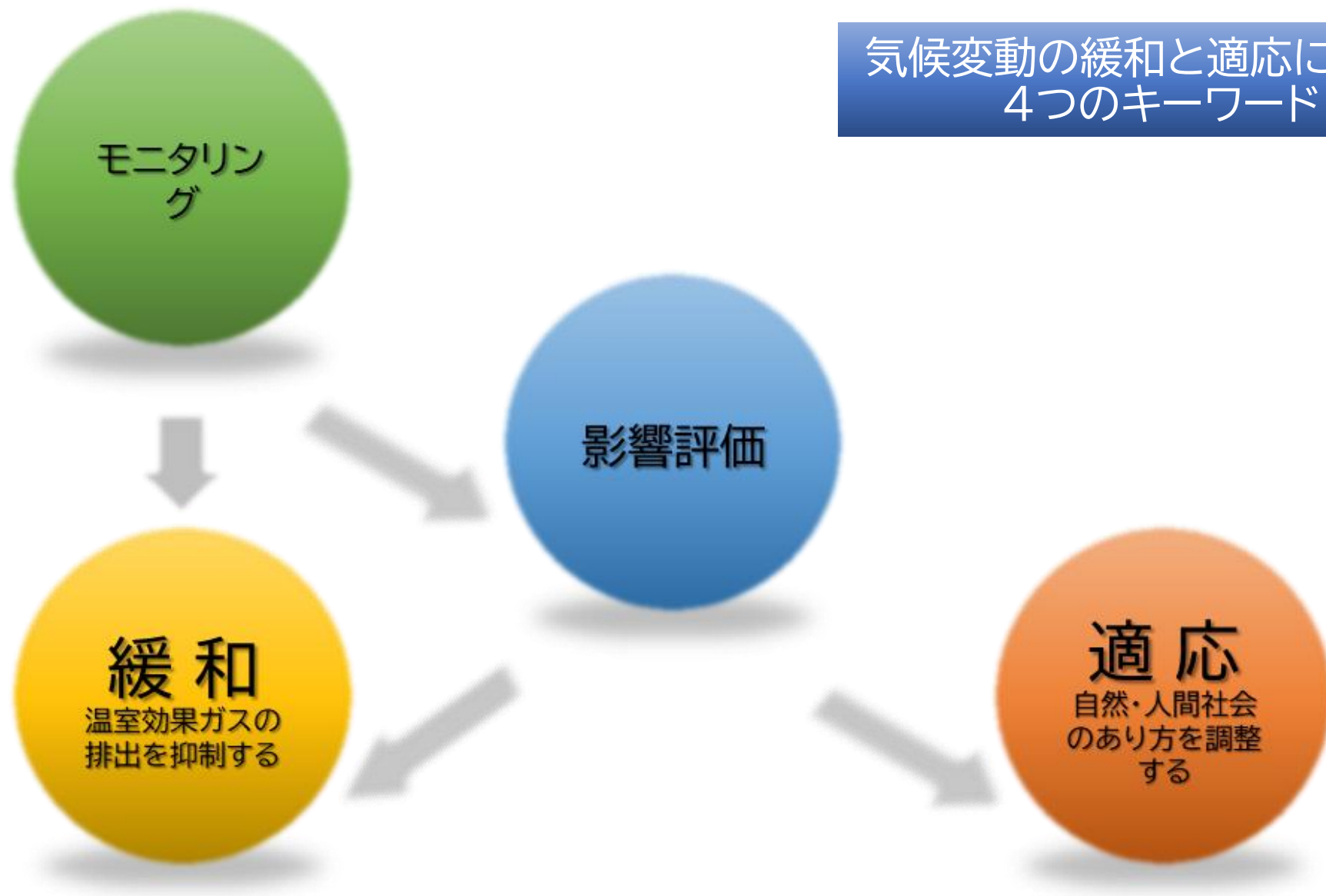


国際宇宙ステーションから見た2020年台風10号の目



提供 NASA

気候変動の緩和と適応における
4つのキーワード



森林の働き③

地球温暖化防止機能



STOP the 地球温暖化

っというよ

地球温暖化のしくみ

地下にある石油などの化石資源を使い続けていると、大気中のCO₂などの割合がどんどん増えて、地球が温室みたいに熱を溜め込んでだんだん暖かくなってっちゃうんだよ。世界では、このCO₂などの割合を少しでも減らしていこうとしているんだ。

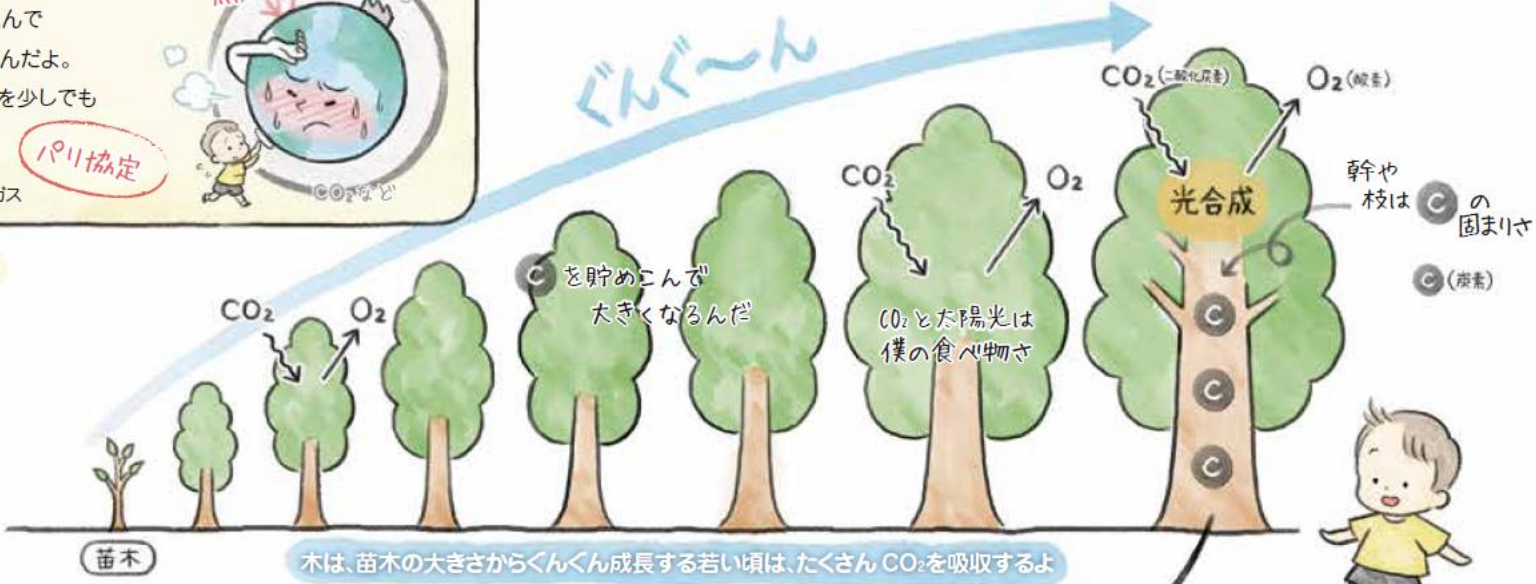
※温室効果ガス

パリ協定



木は、葉っぱが光合成することで、小さな苗木から大きな木に成長していく。空気中の“CO₂”をどんどん吸収して“C”として幹や枝などに貯めこんでいくんだよ。この働きが、地球温暖化防止に役立ってくる。

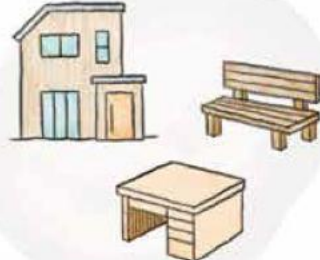
地球温暖化が進むと、豪雨や台風が頻発するなど、異常気象が起こりやすくなって言われているよ



モリモリ吸収するぞCO₂

CO₂をたくさん吸収する元気な森林や若い森林をつくっていくことで、地球温暖化の防止に貢献するんだ!

これからCO₂をいっぱい吸収して大きくなるんだい



伐った後も建物などに使うことでCを貯めておけるんだ

大切な 間伐などの森林整備 Let's 間伐

森林には2つのタイプがあるんだ



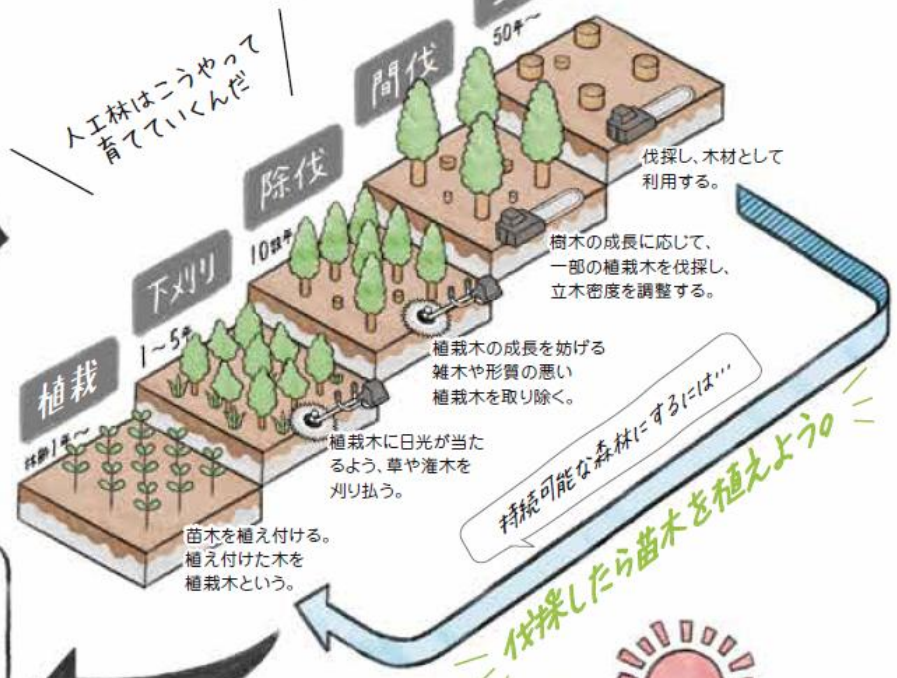
天然林

自然の力で発芽して育って
森林になったもの



人工林

人の手で苗木を植栽して
育て森林になったもの



植えたあと、下刈りや除伐を行わないと苗木は育たないし、木が大きくなってきても間伐がきちんとできないと、育ってきた木が混みあって森にとってもよくないんだ

間伐ができていない人工林

暗いよ〜 太陽の光が欲しいよ〜

ひよひよと 倒れやすくなっちゃうよ〜

下草が生えてくれない 土が流れて行っちゃうよ

根がしっかり張れないよ〜

せまくて 太れない 木太りに使ってもらえなくなるよ〜

雨水が流れて 行っちゃって 貯めにくいよ〜

暗い

土がつかめないよ〜

間伐を適切なタイミングで実施すると...

間伐した木で 使えるものは使っていこう



間伐が十分できている人工林

太陽の光がいっぱい あびられるぞ!

いっぱい 光を受けて CO2をどんどん吸収して 大きくなるぞ!

しっかりと 立って いられるぞ!

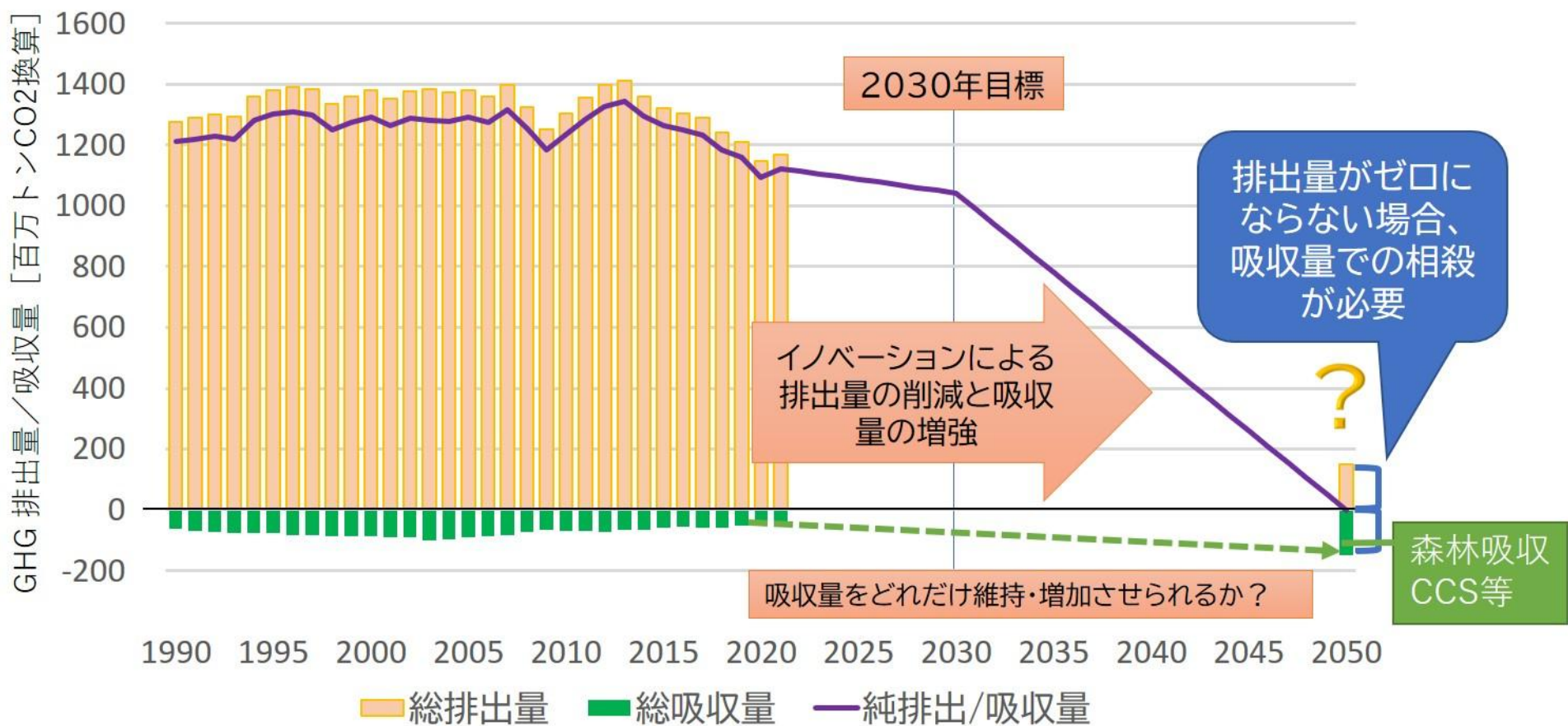
ボク達草も 生えることが出来る 土が流れて 行かなくなるよ

根がしっかりと 張りやすくなった

雨水を ためる力が 高まったぞ!

幹が太くなって 立派な木太りになれるぞ!

ぐっすり土をつかめるぞ!



「日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2023年」より作成



2050年カーボンニュートラルへの森林・木材分野の貢献

- 森林はCO₂を吸収し、固定するとともに、木材として建築物などに利用することで炭素を長期間貯蔵可能
- 省エネ資材である木材や木質バイオマスのエネルギー利用等は、CO₂排出削減にも寄与
- 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するためには、間伐の着実な実施に加えて、「伐って、使って、植える」という資源の循環利用を進め、人工林の再造林を図るとともに、木材利用を拡大することが有効



吸収源・貯蔵庫としての森林・木材

- **森林はCO₂を吸収**
 - ・樹木は空気中のCO₂を吸収して成長
- **木材はCO₂を貯蔵**
 - ・木材製品として利用すれば長期間炭素を貯蔵

2018年の森林吸収量実績は約4,700万t-CO₂
(うち木材分は約400万t-CO₂)

排出削減に寄与する木材・木質バイオマス

- **木材は省エネ資材**
 - ・木材は鉄等の他資材より製造時のエネルギー消費が少ない
- **木質バイオマスは化石燃料等を代替**
 - ・マテリアル利用により化石燃料由来製品(プラスチック)等を代替
 - ・エネルギー利用(発電、熱利用)により化石燃料を代替

2019年の木質バイオマスエネルギーによる
化石燃料代替効果は約400万t-CO₂

〔 木質バイオマス燃料を2,000万m³利用
A重油約120万ℓを熱利用した場合のCO₂排出量相当を代替 〕

2050年カーボンニュートラルに向けた森林・木材のイノベーション

木材利用の拡大

森林資源の循環利用のサイクルを確立し、人工林の若返りを図るためにも、木材利用の拡大が不可欠

①都市の木造化の推進

- 非住宅や中高層建築物の木造化に向けた、木質建築部材や設計・施工技術の開発

②改質リグニン等の木材由来の新素材開発

- 改質リグニン、CNFなどの木材由来の新素材について、原料転換技術、低コスト化技術開発

③木質バイオマスエネルギー利用の推進

- 熱利用・熱電併給による高効率なエネルギー利用の推進

都市の木造化

エネルギー多消費型
資材を代替



新素材開発

プラスチックの代替



電子基板



自動車用内外装材 等

エネルギー利用

化石燃料代替



木質バイオマスボイラー



再造林の推進

現状は、木材価格の低迷や造林費用の負担が大きいことから、伐採後の再造林が進んでいない

①イノベーションによる再造林の推進

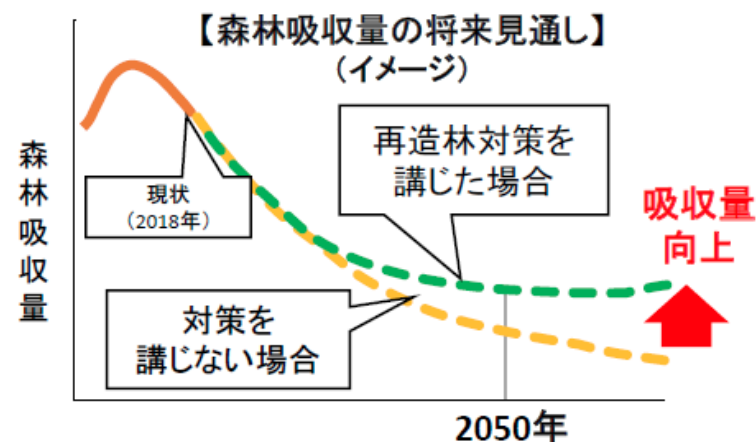
- 環境制御による効率的な育苗
- ドローンによる苗木運搬、下刈りの省力化など造林作業の軽労化・低コスト化

②エリートツリー・早生樹等の開発・普及

- 間伐等特措法を延長し、エリートツリーの植林を推進
- 林木育種の高速化に向けたブレイクスルー
- 苗木を増産するための親木の増産技術の確立

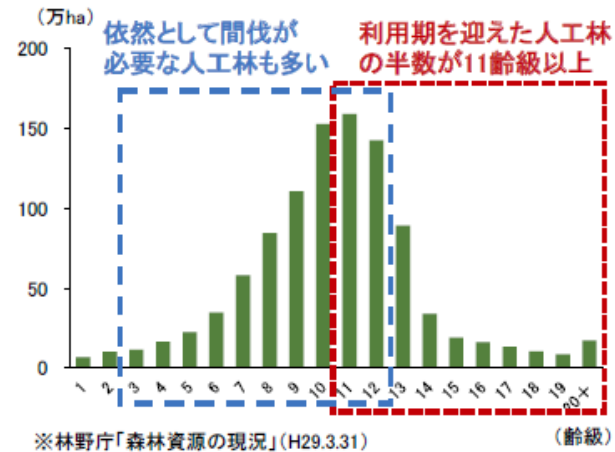


エリートツリー



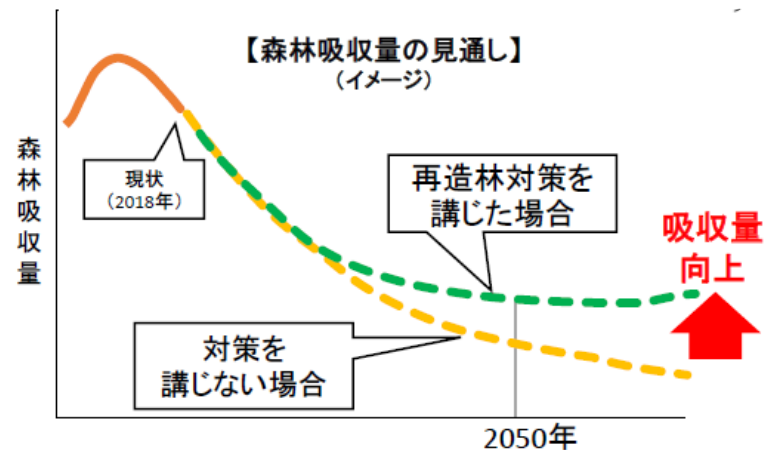
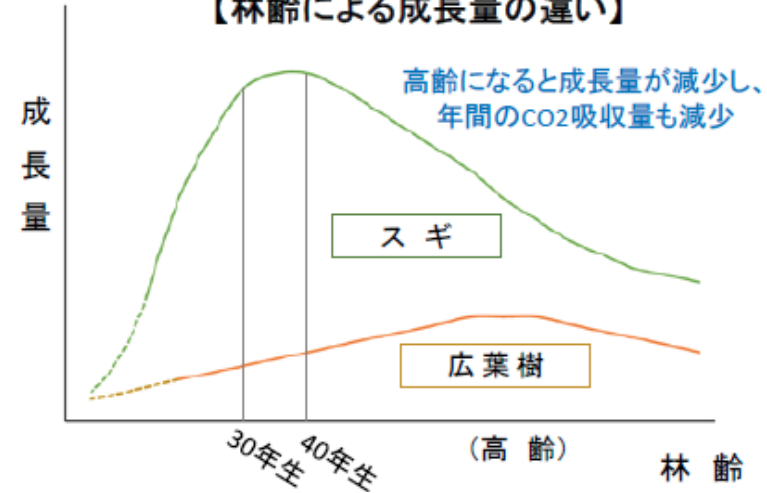
日本の林業が抱える問題

○ 人工林の齢級別面積



林政審議会(令和3年1月18日)配付資料

【林齢による成長量の違い】



林政審議会(令和2年11月16日)配付資料

- 我が国の人工林は高齢級化進み、森吸収量は長期的に減少傾向
- その減少を抑え2050年温室効果ガス排出ゼロの実現にするためには、今後、間伐を確実に実施するとともに、特定母樹から育成された苗木を積極的に活用した再造林し、CO₂をより多く吸収する若い林を増やしていくことが重要。

影響

<現状>

- 一部の地域で大気の乾燥化による水ストレスが増大し、スギ林が衰退しているとの報告あり
- 高温によるマツ材線虫病被害のリスク拡大や、マツ材線虫病の北限地付近での被害拡大の報告あり



乾燥により枯れたスギ



マツノザイセンチュウを媒介する
マツノマダラカミキリ

<将来予測>

- 降水量の少ない地域でスギ人工林の脆弱性が増加する可能性がある
- マツ材線虫病発生危険域等、病害虫の分布が拡大すると予測する研究事例がいくつかある



気温上昇や乾燥、気象害による樹木の成長低下や枯死



高緯度、高標高など従来松くい虫被害が見られなかった地域での発生

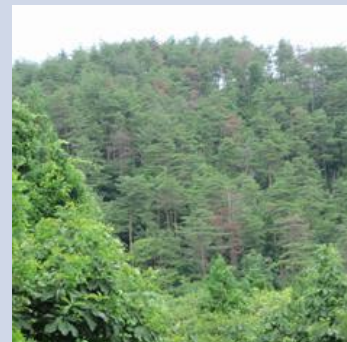
気候変動が森林及び林業分野に与える影響についての調査・研究が必要

研究開発

- ・林業を対象とした気候変動影響予測と適応策の評価
- ・病虫害の被害拡大モニタリングとまん延防止のための防除手法の開発・統合



人工林成長の長期モニタリング



マツ材線虫病モニタリング調査地

対策の実施

- ・主要造林樹種について産地が異なる種苗の広域での植栽試験の推進による造林木の適応性評価
- ・森林病虫害等に対する防除の継続的实施



気候変動に対応した品種の植栽試験



感染の予防(薬剤散布)



伐倒駆除(くん蒸処理)

松くい虫被害対策

取組

林業分野への気候変動の影響

- 気温上昇と降水パターンの変化によって乾燥化
→ 人工林の成長に影響を与えることが懸念
- 台風の巨大化や短時間強雨の頻度の増加
→ 森林が有する土砂災害防止や土壌保全等の機能に限界
→ 山地災害の増加に結びつく可能性





環境研究総合推進費 戦略的研究開発 S-18

気候変動影響予測・ 適応評価の総合的研究



気候変動にレジリエント(強靱)な社会に向けた展望

S-18 研究構成：5 テーマの連携で気候変動への適応に貢献する

共通シナリオの提供
(気候、社会経済・適応シナリオ)

テーマ
1

総合的な気候変動影響予測・ 適応評価フレームワークの開発

我が国に対する気候変動の影響リスクを体系的に予測し、リスクの抑制・最小化を目指した適応策の効果に関する研究を推進します。



研究対象

- 全体総括、共通シナリオ (気候シナリオ、社会経済・適応シナリオ) の整備
- 各テーマが構築する科学的知見の整理・データベース化と発信
- 統計的手法による各分野への影響の関係を明確化 (感染症流行リスクなども含む)
- 適応策のシナジー・トレードオフを考慮した適応計画の評価



影響予測結果・適応策の効果
統合データベース作成

テーマ
2

農林水産業分野を対象とした 気候変動影響予測と適応策の評価

農林水産業を対象に、気候変動の将来影響を予測するためのデータを収集し、影響予測手法の開発・高度化によって、高解像度の将来影響予測と適応オプションの定量化を行います。



研究対象

- 農作物 (水稲、小麦、大豆、野菜、果樹) 及び害虫の発生
- 畜産 (泌乳牛、育成牛、肥育前期豚、肥育後期豚、ブロイラー、採卵鶏)
- 林業 (人工林、山地災害)
- 水産業 (沖合底引き網漁業、主要魚種、ワカメ養殖、藻場・増養殖)



テーマ
3

自然災害・水資源分野を対象とした 気候変動影響予測と適応策の評価

自然災害・水資源分野を対象に気候変動による影響予測手法の開発・高度化と将来の社会動態の変化を含めた物理的影響及び直接被害の予測、ハード・ソフトを含めた適応策等の評価を行います。



研究対象

- 全国の流域、沿岸域における浸水
- 高潮、高波による人工及び自然海岸への影響
- 河川洪水、内水氾濫
- 流域における水資源と水利用 (都市・農業・工業用水)



テーマ
4

国民の生活の質 (QoL) とその基盤となる インフラ・地域産業への気候変動影響予測 と適応策の検討と評価

日本における基盤インフラ (上下水道)、建築物、土地利用、交通・輸送システム、健康、地域産業を対象とした気候変動による将来影響予測手法を開発するとともに、実現性の高い適応策シナリオを構築します。



研究対象

- 国民の生活の質とインフラ、地域産業への影響
- 建築物、社会基盤施設の物質ストック・フロー
- 土地利用、市街地環境への影響と都市計画の適応シナリオ
- 交通・輸送システム



テーマ
5

気候変動影響及び適応策に関する経済評価手法の開発

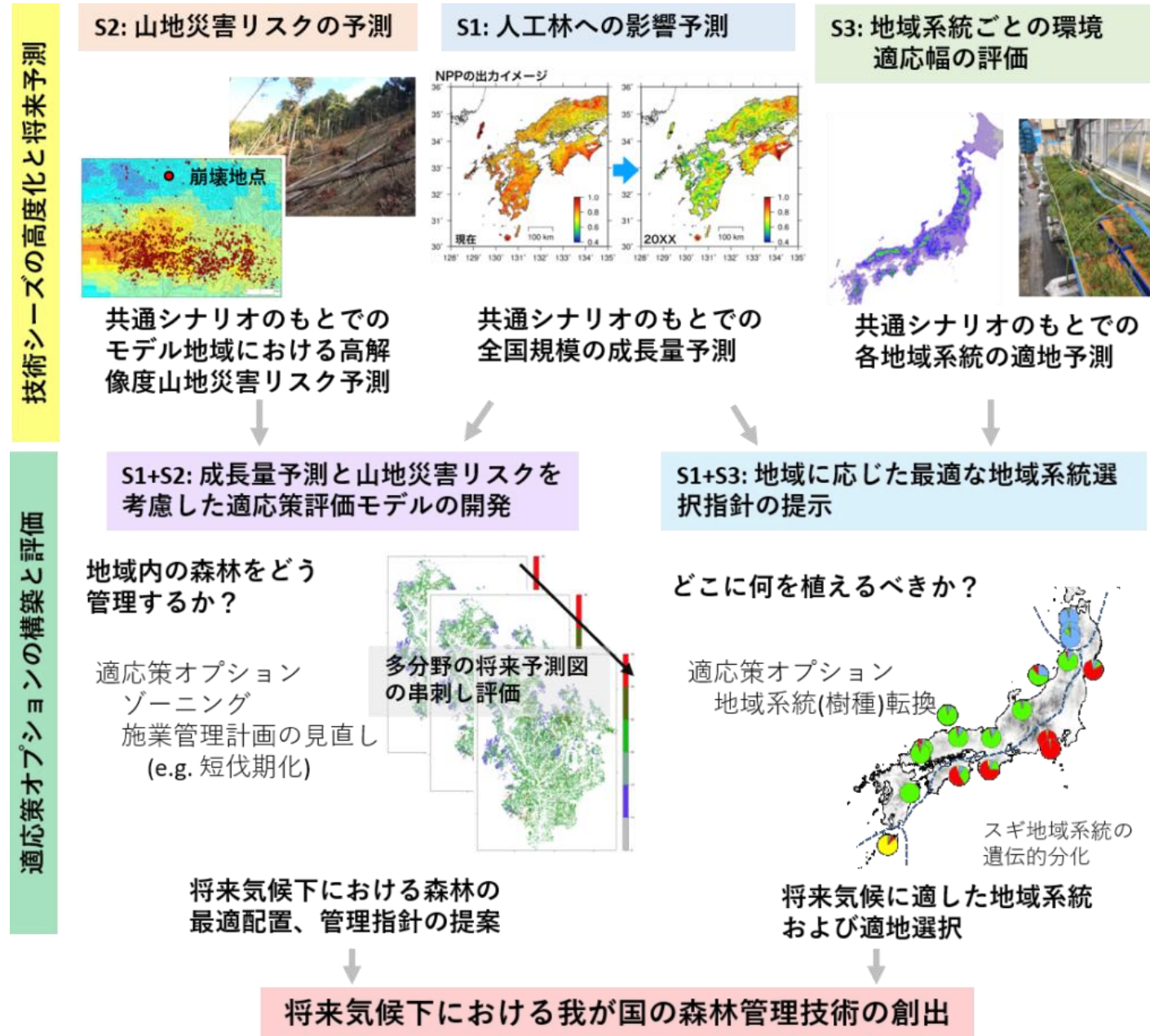
気候変動やそれに起因する自然災害による農業、製造業における被害、健康被害及びマクロ経済への影響と適応策に関する経済評価手法を開発します。

研究対象

- 計量経済学的手法による農業影響の予測
- 市町村別の熱中症等による健康被害
- 災害時の農家所得、製造業への影響



【サブテーマ2(3)】林業を対象とした気候変動影響予測と適応策の評価

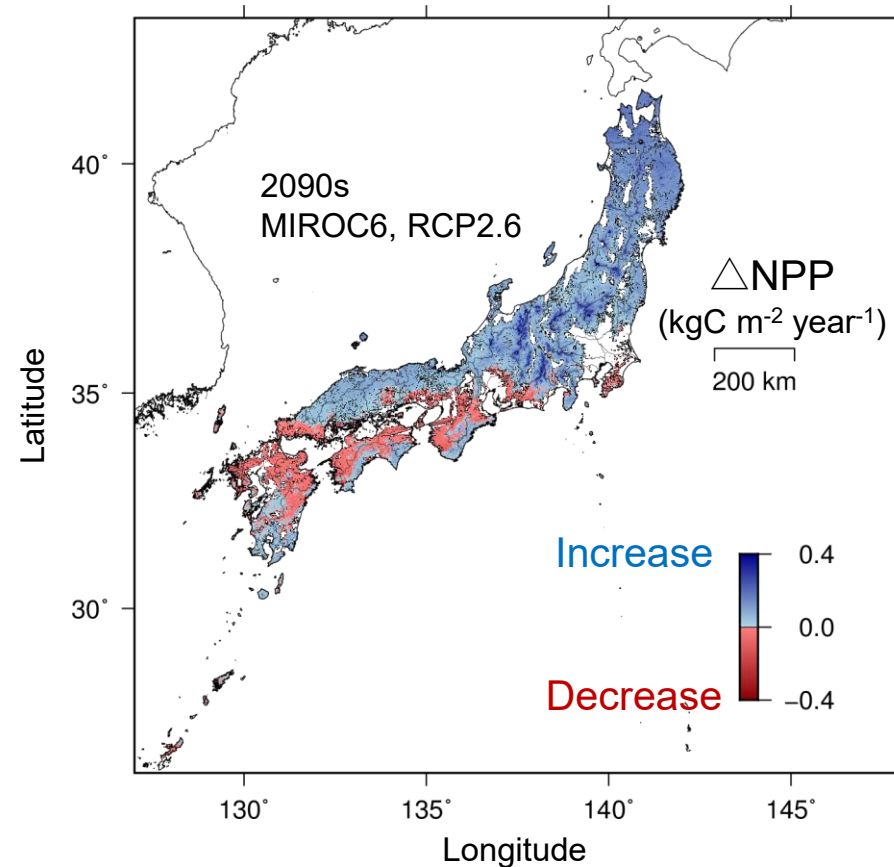


1.地域に応じた最適な地域系統選択指針の提示

気候変動のスギの成長への影響評価

スギ人工林の純一次生産量（NPP）の将来変化予測

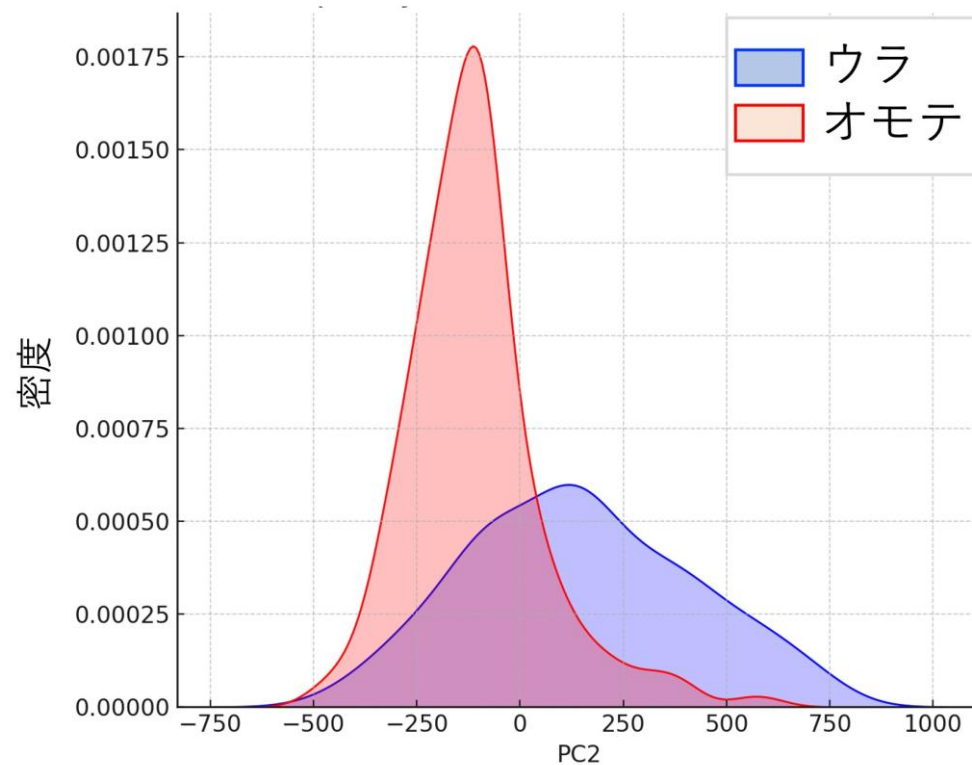
- 植物の光合成、呼吸、器官成長をシミュレートするプロセスベースモデル Biome-BGCに基づいて、スギの純一次生産量（NPP）を推定するモデルを開発
- 2000年代と2090年代（RCP2.6、MIROC5）の80年生スギ人工林のNPPの違いを予測
- RCP2.6シナリオでは、西日本の広い地域でNPPが減少する一方、東日本では概ねNPPが増加すると推定



地域に応じた最適な地域系統選択指針の提示

スギの地域系統の環境適応幅の評価

- 遺伝的変異に基づいて分類したオモテスギとウラスギ各系統が生育する地域についての bio1-19(1970-2000の平均値)を抽出
- 主成分分析を行なって地域系統の分布に重要な環境変数を検討
- オモテスギとウラスギの分布には冬季降水量が最も大きく影響
- Gradient Forestでのモデリングによる結果と合致
- ウラスギが環境軸に対して広い分布

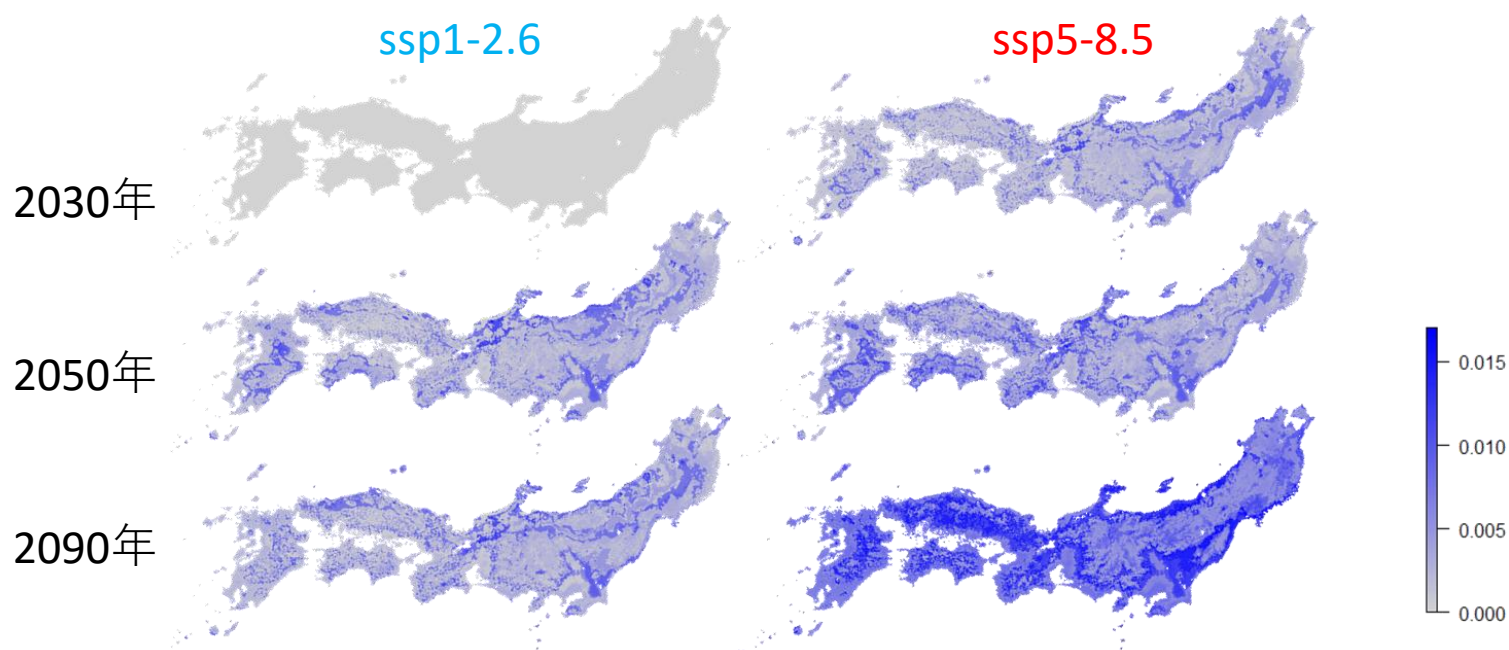


オモテスギとウラスギの環境軸上での分布

分布する地域の環境変数による主成分分析でオモテスギとウラスギを分けるPC2軸上での分布を示す。PC2には冬季（最寒四半期）降水量が最も大きく影響

将来気候下でのスギの適応度低下の予測

スギのgenetic offset: **MIROC6**

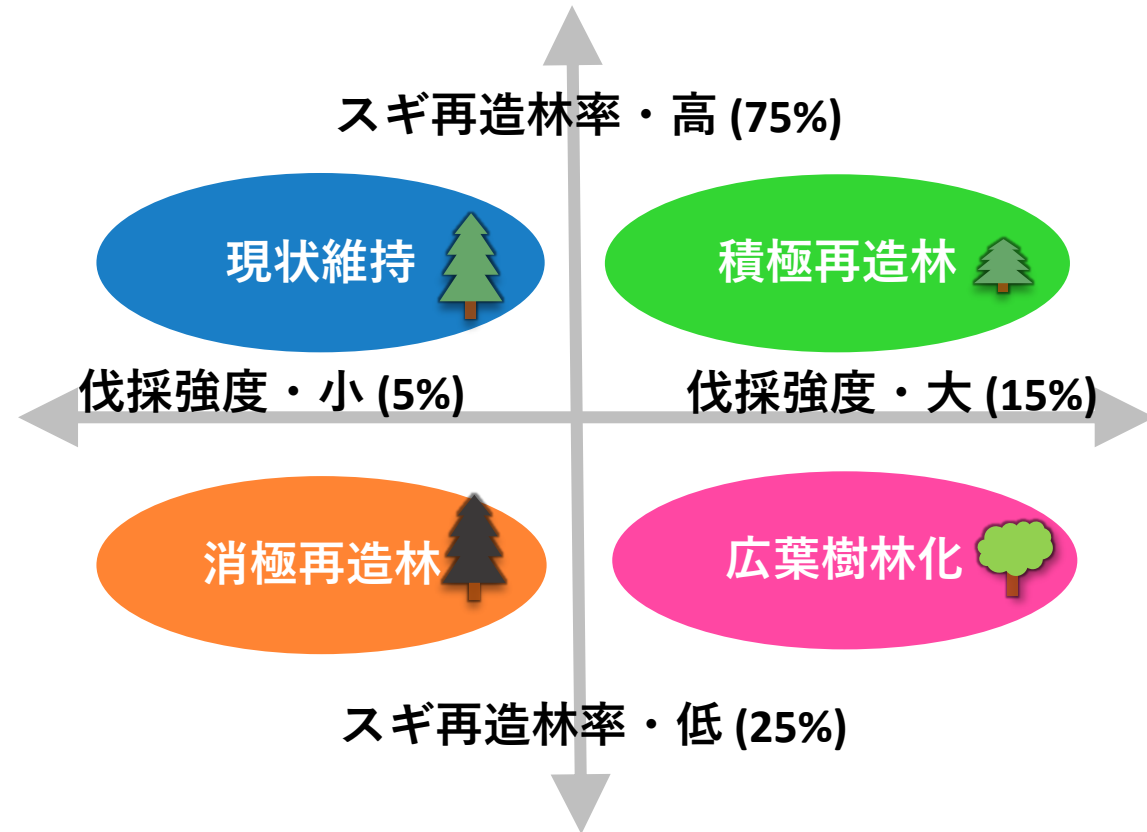


- **ssp1-2.6**では九州の一部内陸域、本州の低地においてgenetic offsetが上昇し、
ssp5-8.5では、2050-2090間に関東から西南日本にかけて広くgenetic offsetが高まる
タイミングがあると予測された。
(genetic offset: 将来的気候下における遺伝的不適合性)

地域に応じた最適な地域系統選択指針の提示

林業適応策オプションの将来シナリオによるスギの炭素吸収量の予測

- 林業の適応策オプションの将来シナリオを作成
- 2010年時点のスギ人工林の齢級構造と資源蓄積を再現
- スギの伐採強度と再造林率にもとづき 4 つの林業シナリオを作成
 - 1) 現状維持
 - 2) 積極的再造林
 - 3) 消極的再造林
 - 4) 広葉樹二次林拡大
- 炭素循環モデルBiome-BGCに入力
- 2050年、2090年の純生態系生産量（森林の炭素吸収量に相当）を推定

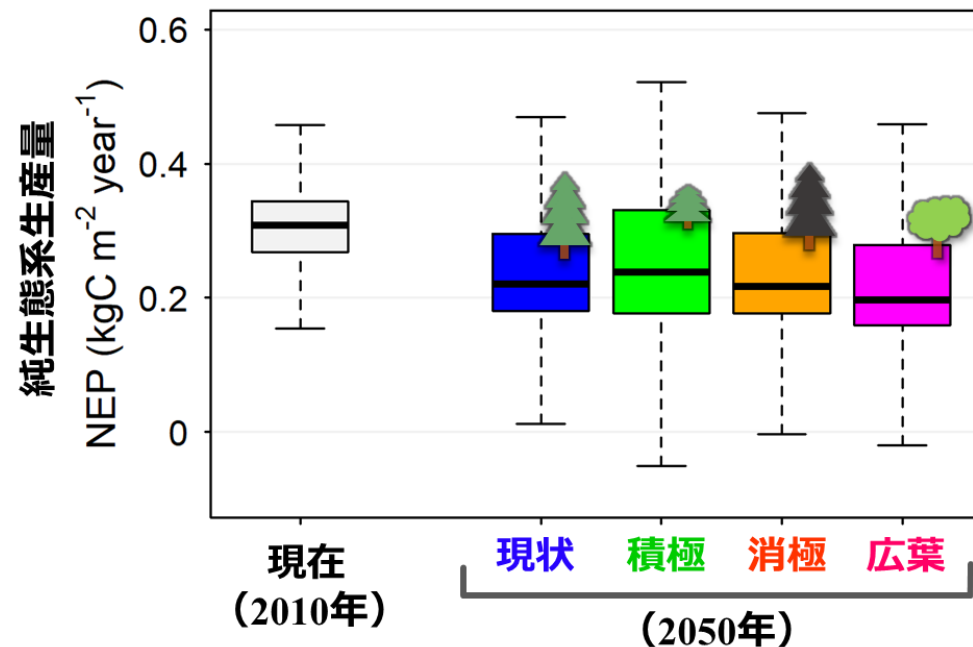


気候シナリオは共通シナリオ第二版のCMIP6の 5 つの気候モデルを利用
SSP1-2.6とSSP5-8.5シナリオを評価

地域に応じた最適な地域系統選択指針の提示

林業適応策オプションの将来シナリオによるスギの炭素吸収量の予測

- 林業シナリオでは程度の差はあるが、いずれも2010年に対し2050年、2090年の純生態系生産量が低下
- 主たる要因は広葉樹二次林の拡大とスギ林の高齢化
- 2050年（SSP1-2.6）の純生態系生産量は2010年に対し、シナリオ平均で約2割低下すると推定
- オモテスギ主体の温暖な林業地域では積極的再造林（短伐期化）が、人工林の成長と炭素吸収量を比較的高く保つ唯一の方策
- ウラスギ主体の相対的に冷涼な地域では消極的再造林（長伐期化）も可能性のある選択肢

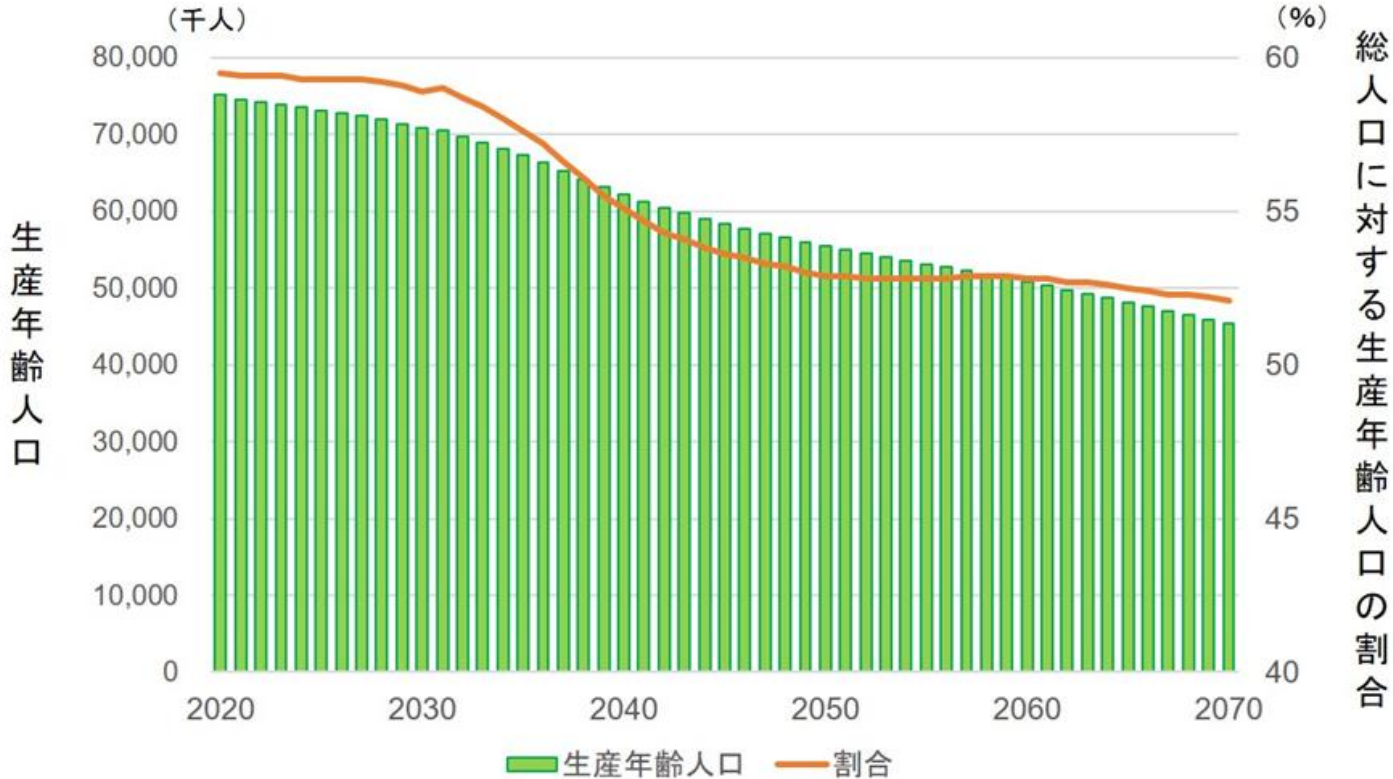


純生態系生産量の将来予測

$N = 49440$ （3次メッシュの数）。5つの気候モデルの平均によるSSP1-2.6の結果を示す。純生態系生産量が高いほど、森林の炭素吸収量が高い。右側のバーは4つの林業シナリオの2050年の結果

地域に応じた最適な地域系統選択指針の提示

林業と人口問題



出展：「日本の将来推計人口（令和5年推計）」（国立社会保障・人口問題研究所）
https://www.ipss.go.jp/pp-zenkoku/j/zenkoku2023/pp_zenkoku2023.asp

- 森林の育成には数十年かかることから、社会変化を考慮する必要がある
- 特に、人口問題は林業の担い手不足と木材の消費者の減少による消費量の低下を招くことが予想される
- 成長、災害の両面から、今後、林業を継続していく地域の選択が必要
- 人工林を広葉樹林化する場合、広葉樹林への気候変動の影響と適応策についても考慮しておく必要がある

地域に応じた最適な地域系統選択指針の提示

林業オプション（適応策）と地域系統の選択指針

オモテスギの林業地域

- ① 少子高齢化の進行が著しいと予測される自治体
→ 現状のスギ林の維持または広葉樹林への誘導
- ② 少子高齢化の進行が限定的な自治体
→ 積極的再造林・短伐期化によるスギ林業の継続
より高い再造林率を維持できる自治体
→ 遺伝的オフセットの結果を踏まえ、系統転換や樹種転換も検討

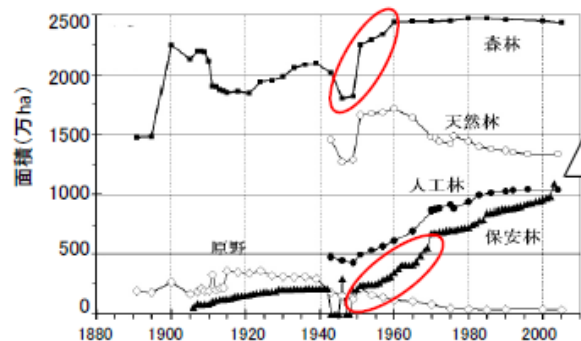
ウラスギの林業地域

- ③ 少子高齢化問題の大きい地域
→ 現状のスギ林の維持
- ④ 少子高齢化問題の限定的地域
→ 長伐期化も含めたスギ林業の継続

2.成長量予測と山地災害リスクを考慮した適応策評価モデルの開発

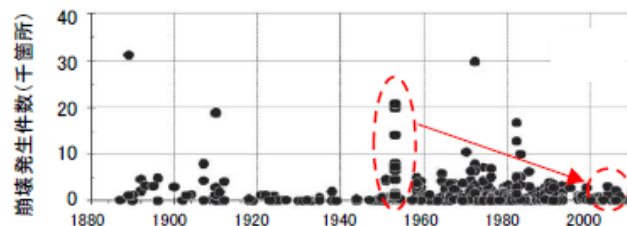
参考：森林の洪水被害の軽減に果たす歴史的変遷

森林面積(保安林面積)の推移



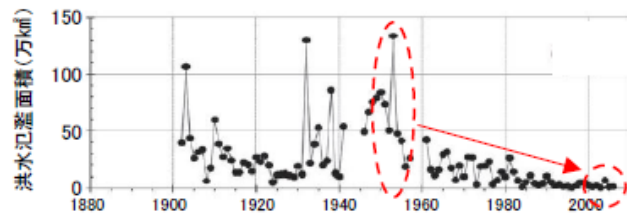
1950～60年代に水源涵養保安林を中心に保安林面積が増加(1960～80年の20年間に保安林面積が3倍に増加)。

1件の風水害による崩壊発生件数の推移



1件の風水害による山地斜面の崩壊発生件数と洪水氾濫面積は、減少傾向。

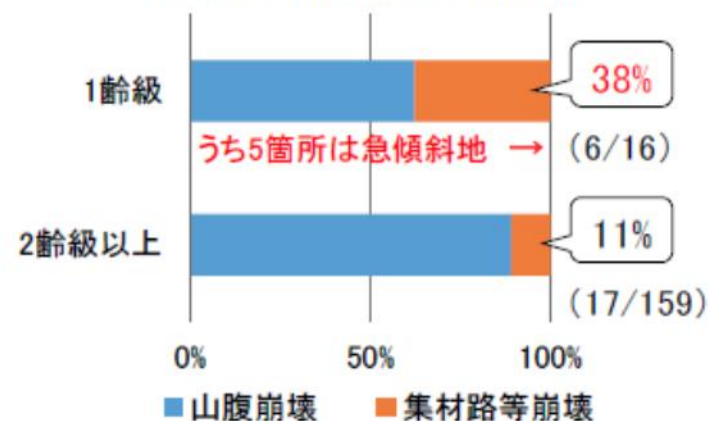
洪水氾濫面積の推移



- 森林造成(保安林指定含む)が進んだ後、山地斜面の崩壊発生件数と洪水氾濫面積が減少。
- 治山治水対策の進展と併せ、森林の土壌が崩壊によって消失せずに発達したことにより、洪水被害の軽減に貢献してきたことが示唆。

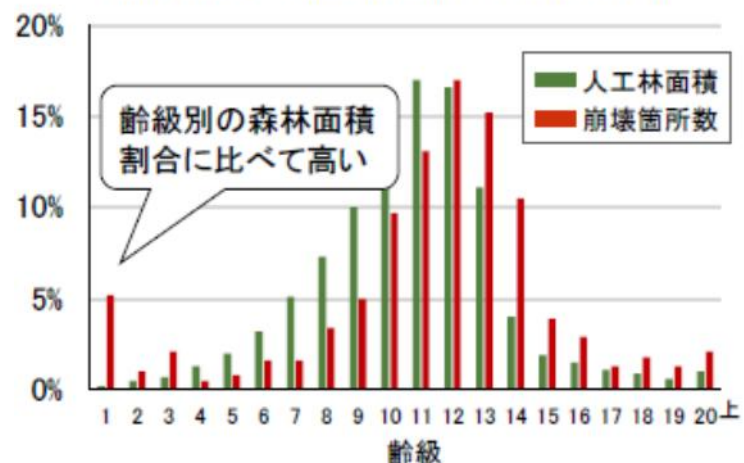
※玉井幸治「森林の持つ『洪水災害の軽減機能』について」山林第1635号(2020)

崩壊形態別の崩壊箇所割合



※5県のうち1県の調査結果

齢級別人工林面積・崩壊箇所数分布



災害の種類ごとの防災・減災に活用しうる生態系

災害の種類	生態系						
	森林	陸水	沿岸			農地	都市緑地
			陸域	移行帯	海域		
暴風	●		●			●	●
豪雨（斜面崩壊・土石流）	●					●	●
豪雪（雪崩）	●						
洪水	●	●				●	●
高潮	●		●	●	●		
津波	●		●	●	●		
地震	—	—	—	—	—	—	—
噴火	—	—	—	—	—	—	—
火災							●

環境省自然環境局「生態系を活用した防災・減災に関する考え方」（2016 年）より作成

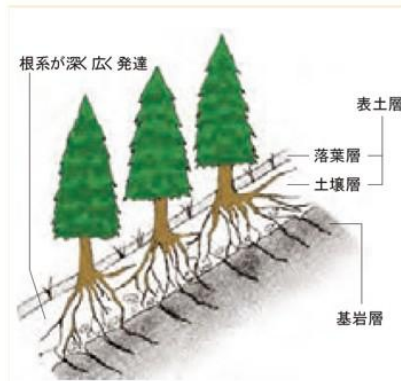
森林を活用した気候変動適応対策としての防災・減災

災害種	期待される森林の機能	具体的な適応対策例
洪水・鉄砲水	水源涵養、土砂災害防止、土壤保全等	・ リスクの高い地域の把握と適切な情報提供 ・ 水源林等の森林の保全・造成（アグロフォレストリーの拡大含む） ・ 治山・治水施設の導入と維持管理 ・ 遊水地等の造成や土地利用の見直し
斜面災害・地すべり	土砂災害防止、土壤保全等	・ 山地災害リスクの高い地域の把握と適切な情報提供 ・ 山地における森林の保全（伐採禁止措置、植林活動の推進等） ・ 土砂流出防備機能の高い森林の造成・管理 ・ 治山ダム等の治山施設の導入と維持管理 ・ バイオエンジニアリング（竹や石等、現地にある資材での山腹安定や土壌流出防止）の導入
高潮災害	防風、防潮等	・ 海岸林（マングローブ林等）の保全・造成 ・ 養浜、侵食対策、防潮堤等による海岸林の機能強化

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「気候変動適応情報プラットフォーム（APLAT）」情報を基に整理
UNFCCC「NDC Registry」より各国の「自国が決定する貢献（NDC）」を参照・整理

森林の防災・減災機能

表層崩壊防止



森林・林業白書(2023)

森林の樹木の根は浅い土層や岩石を固定し、表層崩壊を防ぐ。

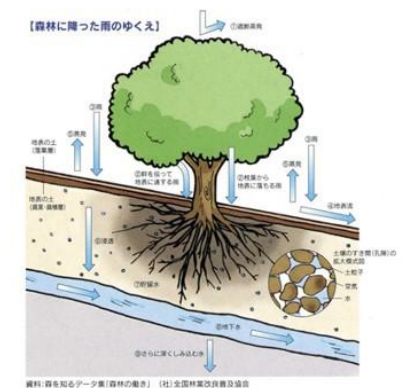
表面侵食防止



森林・林業白書(2023)

落葉等が雨滴の衝撃を吸収し、雨水の土壌への浸透を助け、地表面の侵食を防ぐ。

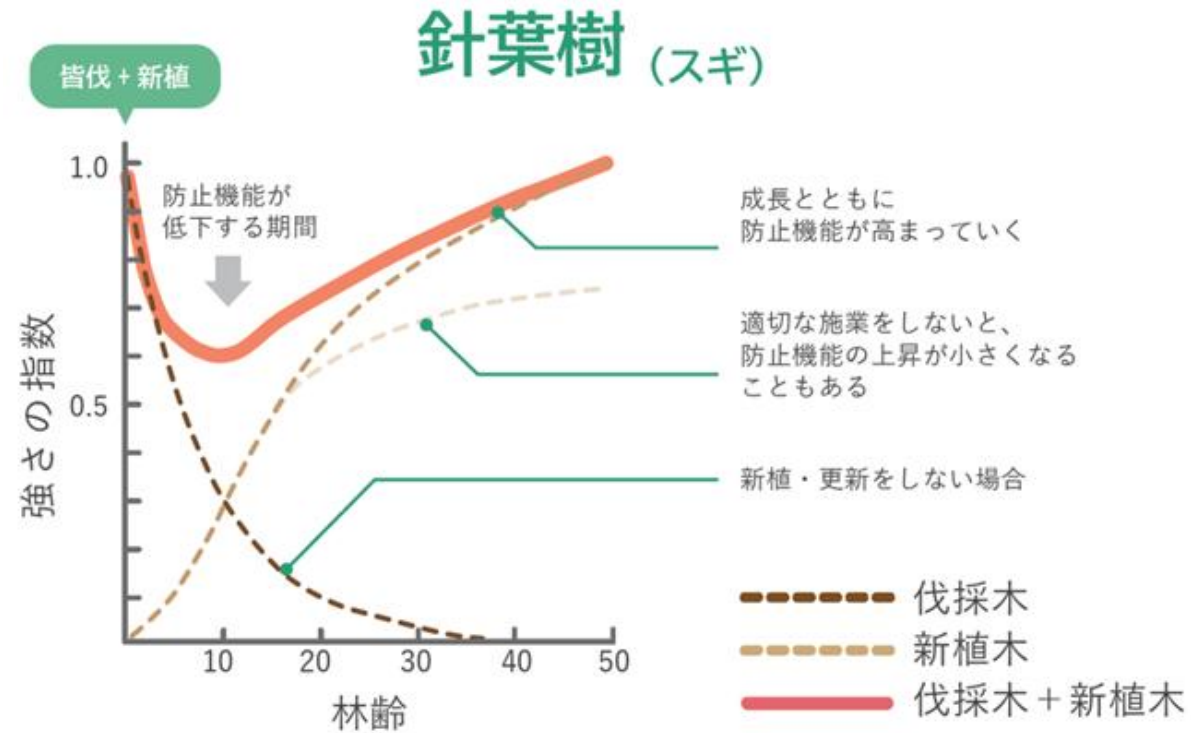
洪水緩和



全国林業改良普及協会

森林は降水を受け止めて土壌に浸透させ、洪水時のピーク流量を低減する。

林齢と森林の崩壊防止機能との関係



森林の働き①

木の源を守る。そして水を貯めてゆっくり流す働き

水源涵養機能
かんよう
っていうよ

緑のダム

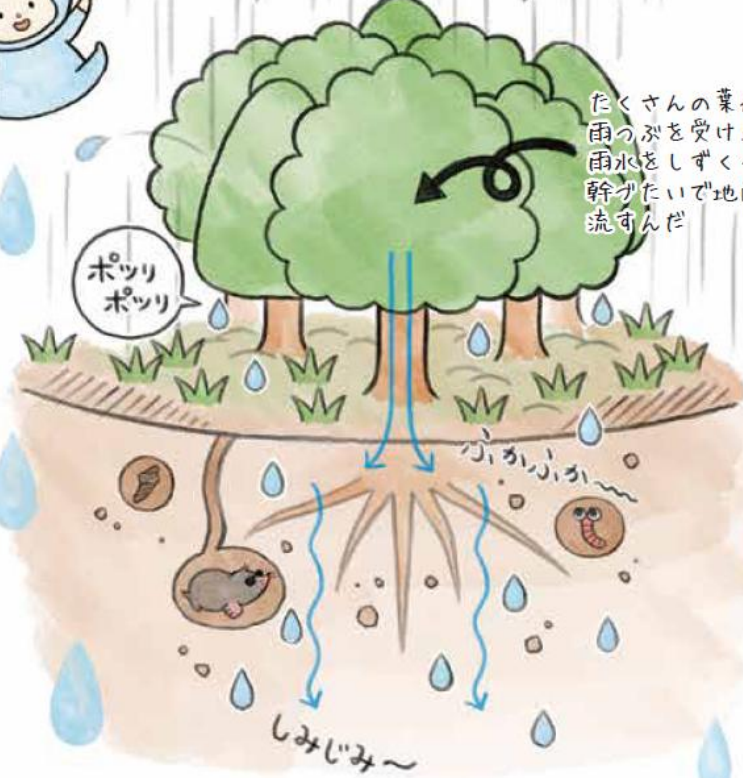
降ってきた水たちは、ふかふかした森の土のすきまの中にゆっくりとしみこんでいくんだよ



ザ——ッ

たくさんの葉が雨つぶを受け止め雨水をしずくや幹のたいで地面に流すんだ

ポツリ
ポツリ



ふかふかの森の土の中を通った水は、ろ過されてきれいな水になっていくんだ



おいしーい！



森林の土にしみこんだ水は地下水になる

地下水は、地層のすきまや、岩の割れ目を通るうちに適度のミネラルが溶けていくので美味しい水になるよ



土の層のすきまで水をろ過したら、とけている化学物質を吸い取ってしまうんだ。森の土はまさに自然の浄水器！

深い土の中の温度は一定だから地下水は、夏も冬も土の中で一定の温度に保たれる。だから地下水は、夏は冷たく、冬は暖かく感じるんだ〜



雨がずーっと降らなくても、川の水はなくなるないよね

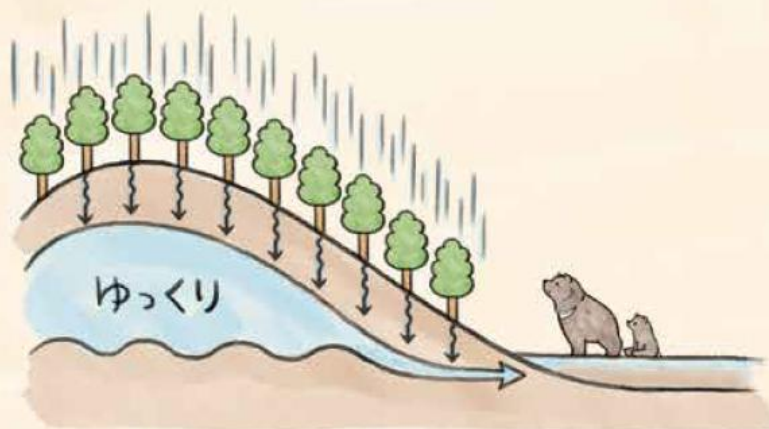
森は、雨の降る時と降らない時とで川の水の量の変化を小さくしてくれているんだ。



大雨が降った時の様子を比べてみよう

木々があると…

森があると、地表に達した雨水の多くは、土の中にしみこみ地中を流れる。これは地表の流れよりもずっと遅いので、川が増水するまでに時間がかかる。



雨水が一気に流れ出るのを遅らせる働きがあるよ

木々がないと…

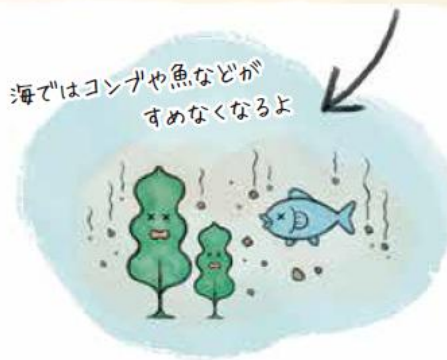
森がないと、雨水は地表を一気に流れるため、一度に大量の水が出たり、土や石を削って泥水として大量の水が川に流れ出てしまう。



森林は海の恋人



海ではコンブや魚などが
すめなくなるよ



森林の働き②

土砂少くずれを防ぐ働き

土砂流出・崩壊防止機能
っていうよ

森の土の中は、木の根が網の目のように張り巡らされていて、
森の土が流れたり、崩れるのを防いでくれる。

森の中では、強い雨が降っても、下草や落葉、
腐葉土が、雨つぶの勢いを弱めてくれ、
ふかふかの土の中へ雨がしみこんでいくので
流れ出る土の量を大幅に少なくしてくれる。
そして、木の根の力で、土砂が流れ出たり、
崩れたりするのを防いでくれているんだ。



ガッチリ

土壌層

落ち葉・枯れ枝が積み重なっている層

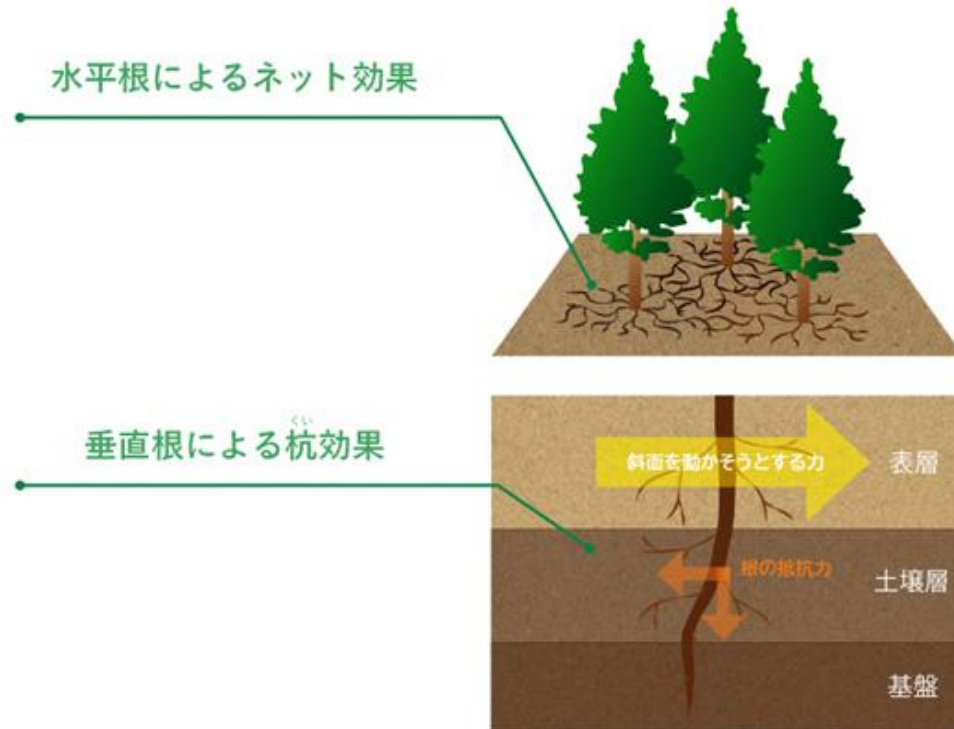
土が乾燥したり、水で流されたり、
風で飛ぶのを防ぐ

有機物がたくさんある層

木や草の養分になる腐葉土があり、
木や草の根が、張りめぐらされている

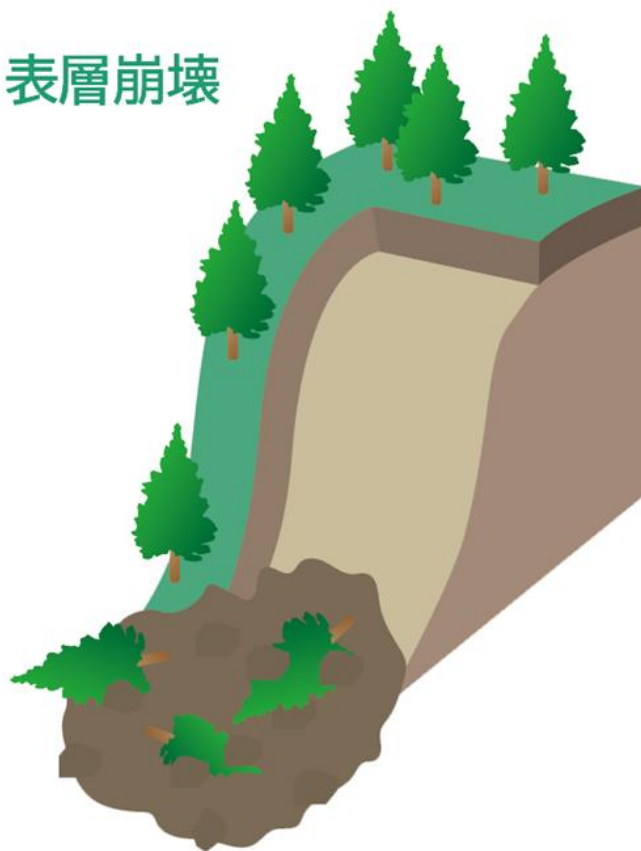
森の土は
穴だらけすきだらけ

表層崩壊を防止する根系の効果



斜面崩壊の種類

表層崩壊



深層崩壊



(林野庁森林整備部治山課 (2023) より引用)



政府広報「霞が関からお知らせします」
平成31年3月24日放送
(森を守る国土を守る～森林経営管理制度
がスタート)

気候変動による影響と森林・林業の適応策

- 地球温暖化に伴い、日本においても年平均気温が上昇傾向にあり、異常高温の出現数や短時間強雨の発生回数も増加傾向
- 気候変動の影響を踏まえ、安全・安心で持続可能な社会の構築に向けて各分野で気候変動適応の取組を推進
- 森林・林業分野においては、山地災害の防止等を図るため、事前防災・減災の考え方に立ち、治山施設の設置や森林の整備等を推進

■ 気候変動適応計画における位置づけ（抜粋）（平成30年閣議決定）

【影響】

○山地災害

将来予測される影響としては、年最大日雨量や年最大時間雨量が現在よりも数十%増加するという予測もあり、このように降雨条件が厳しくなるという前提の下では、集中的な崩壊・土石流等が頻発し、山地や斜面周辺地域の社会生活に与える影響が増大することが予測されている。

○病虫害

将来予測される影響としては、気温の上昇等により、病虫害の危険度が増加し被害の拡大が懸念される等の報告があるが、被害の正確な予測のためには、今後更に研究を進めていく必要があるとの指摘がされている。

■ 森林・林業分野における主な気候変動影響と適応策

➤ 治山施設の設置や森林の整備等による災害防止



➤ 気候変動の森林・林業への影響の調査・研究



高温、乾燥ストレス等の気候変動に適応した品種の開発



森林造成による山地防災力の向上

◆ 静岡県伊豆地方の事例

昭和33年狩野川台風災害



静岡県伊豆地域における溪流荒廃・洪水の発生状況

令和元年東日本台風



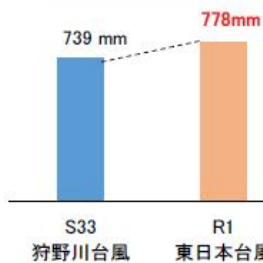
伊豆地域では激甚な山地崩壊の発生はなし
(関東森林管理局ヘリコプター調査結果)

これまでの治山事業による森林再生の例

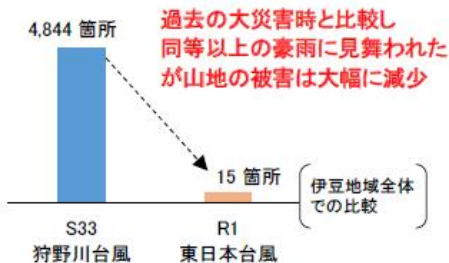


国有林、民有林における継続的な治山対策で森林を再生。
→土壌の発達による水源涵養機能の向上

降水量の比較

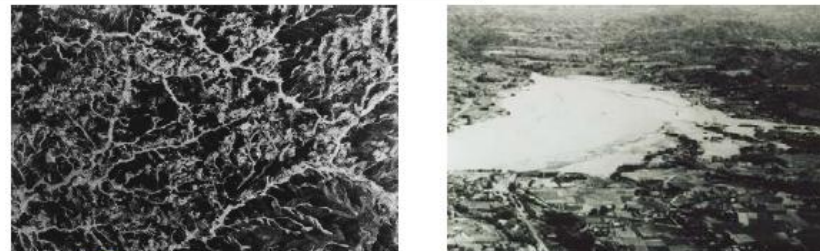


山腹崩壊の発生の比較



◆ 長野県伊那谷地域の事例

昭和36年梅雨前線豪雨災害(三六災害)



長野県伊那谷地域における山地災害・洪水の発生状況

令和2年7月豪雨



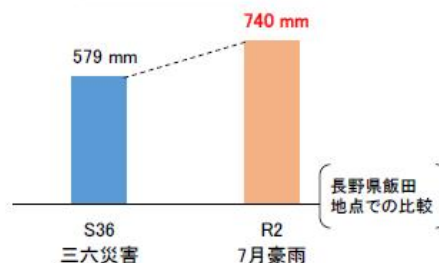
伊那谷地域では激甚な山地崩壊の発生はなし
(中部森林管理局ヘリコプター調査結果)

これまでの治山事業による森林再生の例

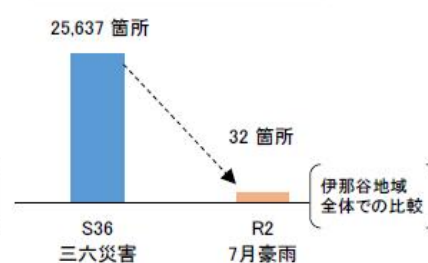


国の直轄事業等により崩壊地や溪流荒廃の復旧を進め、森林を再生。
→土壌の発達による水源涵養機能の向上

降水量の比較



山腹崩壊の発生の比較



激甚化・多様化する山地災害への対応

- 地球温暖化により、極端な降水がより強く、より頻繁となる可能性が非常に高いことが指摘
- 壮齢林を中心に山腹崩壊等が発生した場合、山腹崩壊地に生育していた立木と崩壊土砂が溪流周辺の立木や土砂を巻き込みながら流下
- 大量の流木が発生するといった新たな課題



- 保安林の適正な配備
- 間伐等による根系等の発達促進
- 土留工等による表面侵食の防止 等



流木化する可能性の高い立木

- 流木化する可能性の高い立木の伐採による下流域の被害拡大の抑制
- 流木捕捉式治山ダムの設置等による効果的な流木の捕捉 等



流木捕捉式治山ダム

- 森林を緩衝林として機能させることによる堆砂の促進や流木の捕捉
- 治山ダムの設置等による溪床の安定や流木の流出拡大防止 等



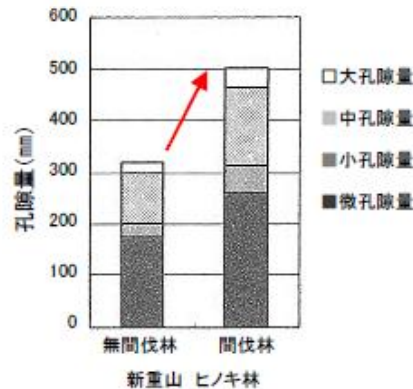
緩衝林として機能した森林

森林整備の防災・減災効果

○ 森林施業の実施による浸透能の向上効果

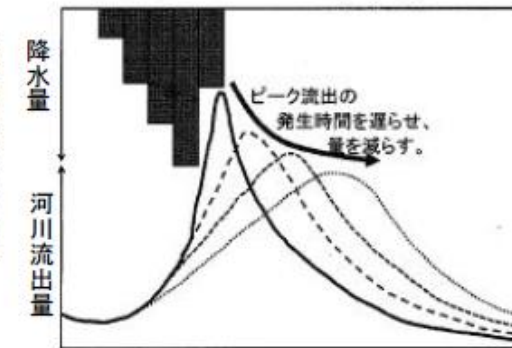
間伐の実施で土壌の孔隙量が増え保水容量が増加。

間伐により保水容量の増加



※服部ら「間伐林と無間伐林の保水容量の比較」(2001)

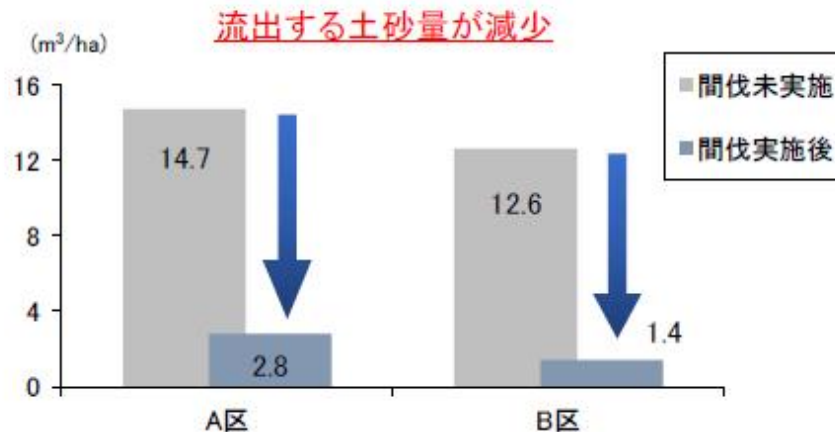
森林土壌の発達によりピーク流出量は減少



※玉井幸治「森林の持つ『洪水災害の軽減機能』について」山林第1635号(2020)

○ 森林施業による土砂流出抑制効果等

森林整備により下層植生を繁茂させ、降雨に伴う土壌流出を抑制。



※恩田裕一編(2008)人工林荒廃と水・土砂流出の実態
※土砂量: 2006年6月～11月の6ヶ月間、総雨量: 1,048mm



人工林への影響予測モデルの高度化

共通シナリオを用いた影響予測

地域モデルの開発

3つの地域を対象に、スギの樹高成長を高解像度で予測するモデルを開発した

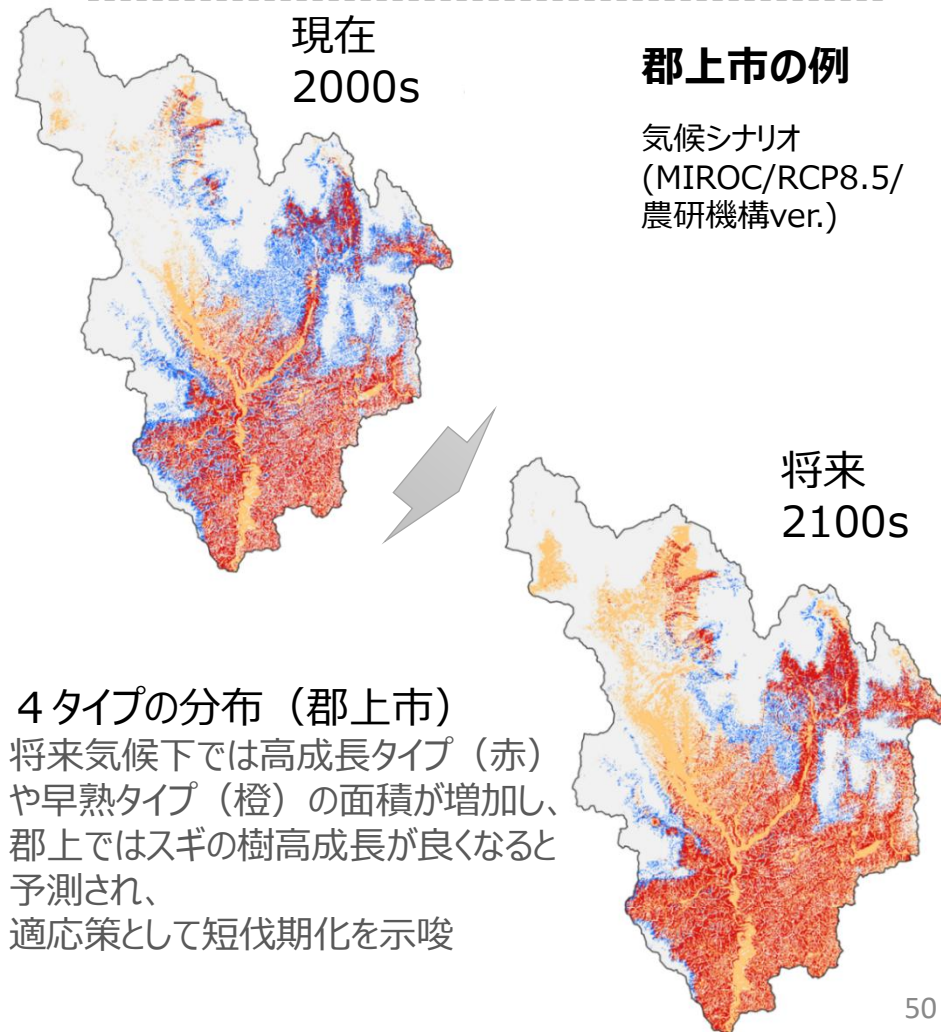


現在気候下における40年生時と80年生時の樹高にもとづき、各グリッドの樹高成長パターンを4タイプに区分

		40年生時の樹高	
		中央値以上	中央値未満
80年生時の樹高	中央値以上	高成長タイプ	晩熟タイプ
	中央値未満	早熟タイプ	普通タイプ

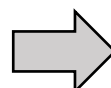
影響予測

共通シナリオ第1版を用いてスギ林の樹高成長への影響予測を行った

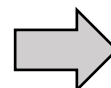


山地災害リスクの予測モデルの高度化

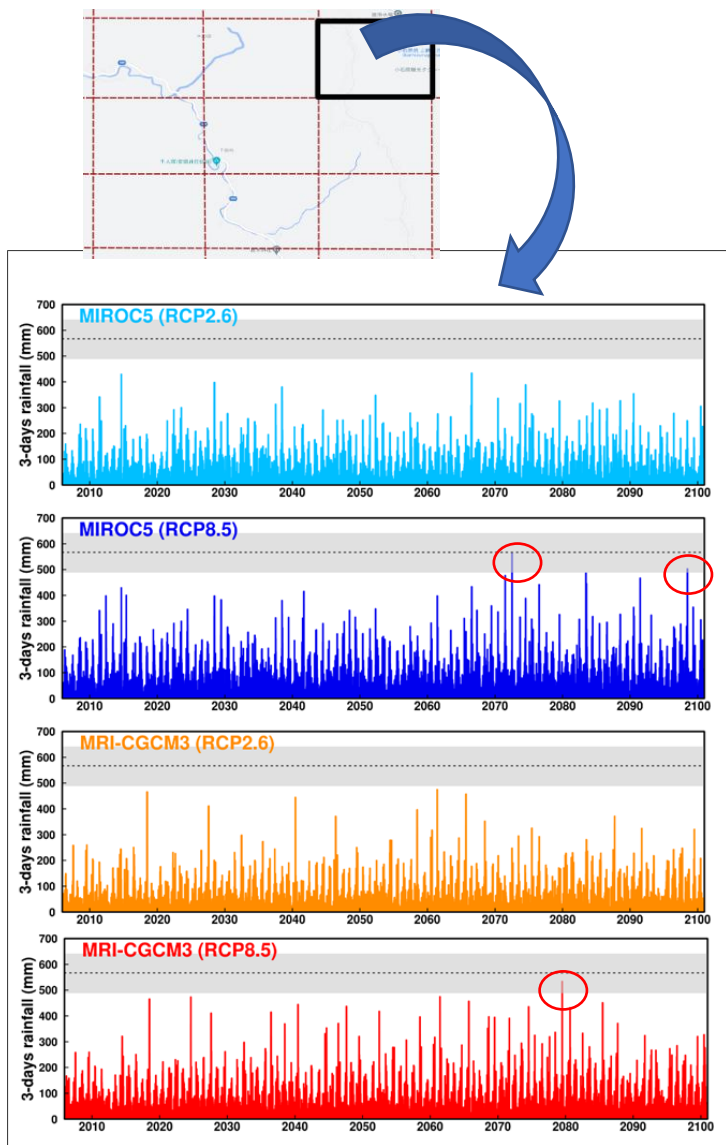
危険な降雨（左下図：各グラフのグレーの領域）が発生すると予測された年や降雨の数（左下図：赤丸）は各気候モデルで異なる



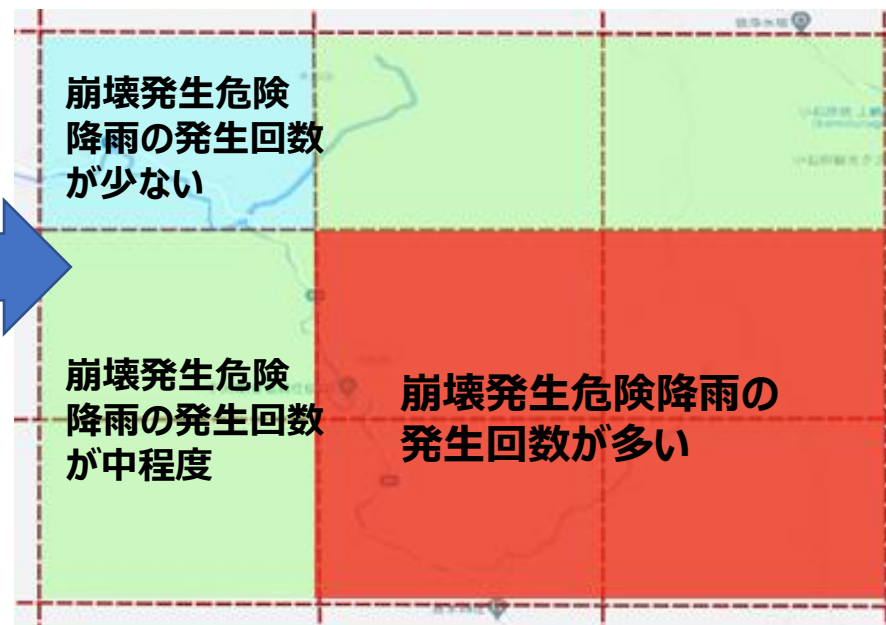
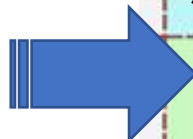
開発した手法でシナリオ間の比較が可能



対象地全域で解析を進め、高リスク地域の空間分布を整理し、マップ化

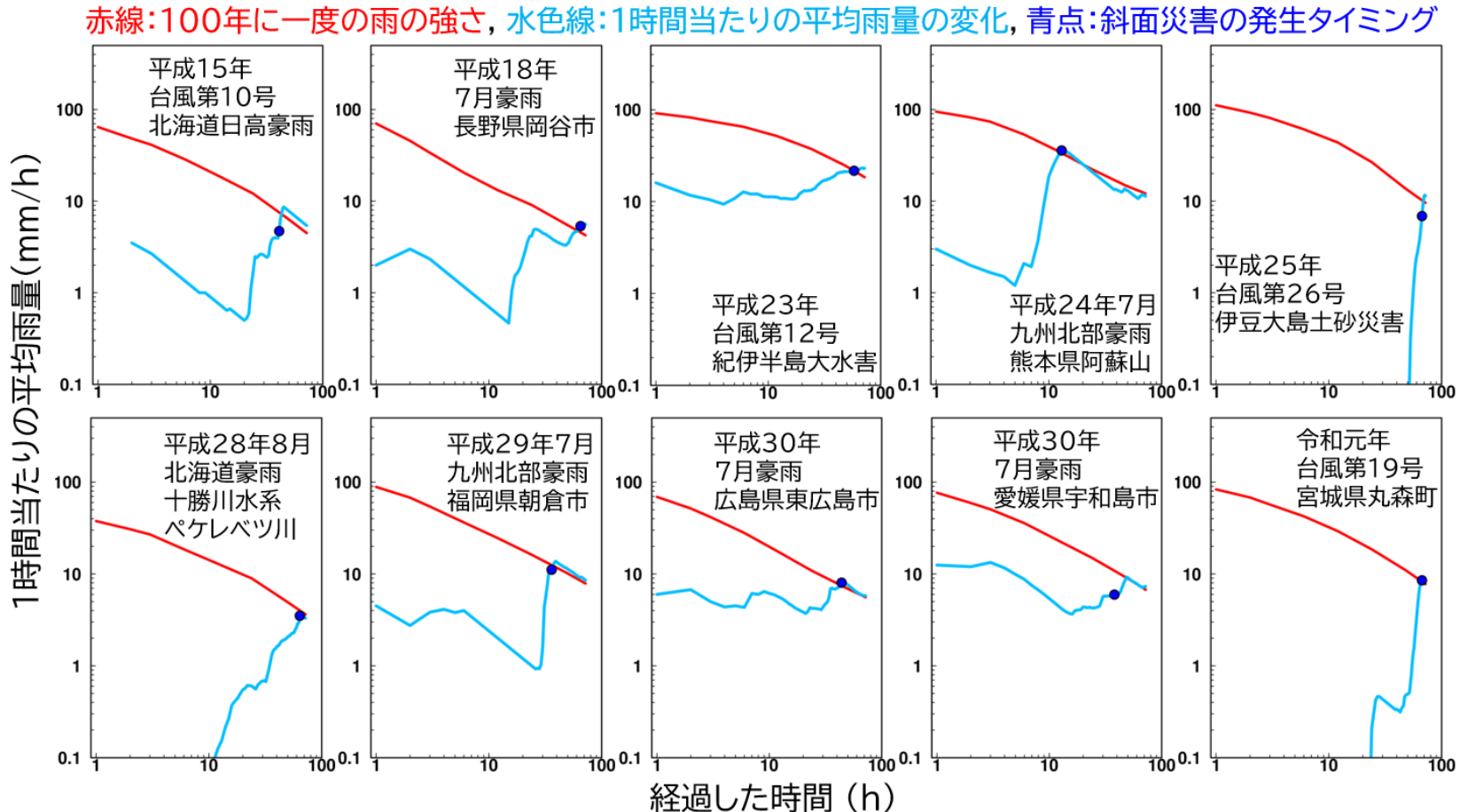


任意のグリッドにおける共通シナリオごとの降雨予測データ（2006年～2100年）を用いた3日間雨量の変化



グリッドごとの解析（予測）結果を評価しマップ化

誘因となった降雨パターンが異なる10事例の山地災害を解析



- 72時間（3日間）以内に，1時間当たりの平均雨量が100年に一度の強さに達した場合に災害が発生する危険性が高いことを明らかにした

→ **3日間雨量が100年に一度の強さに達する場合は，災害発生リスクが高い**

成長量予測と山地災害リスクを考慮した適応策評価モデルの開発

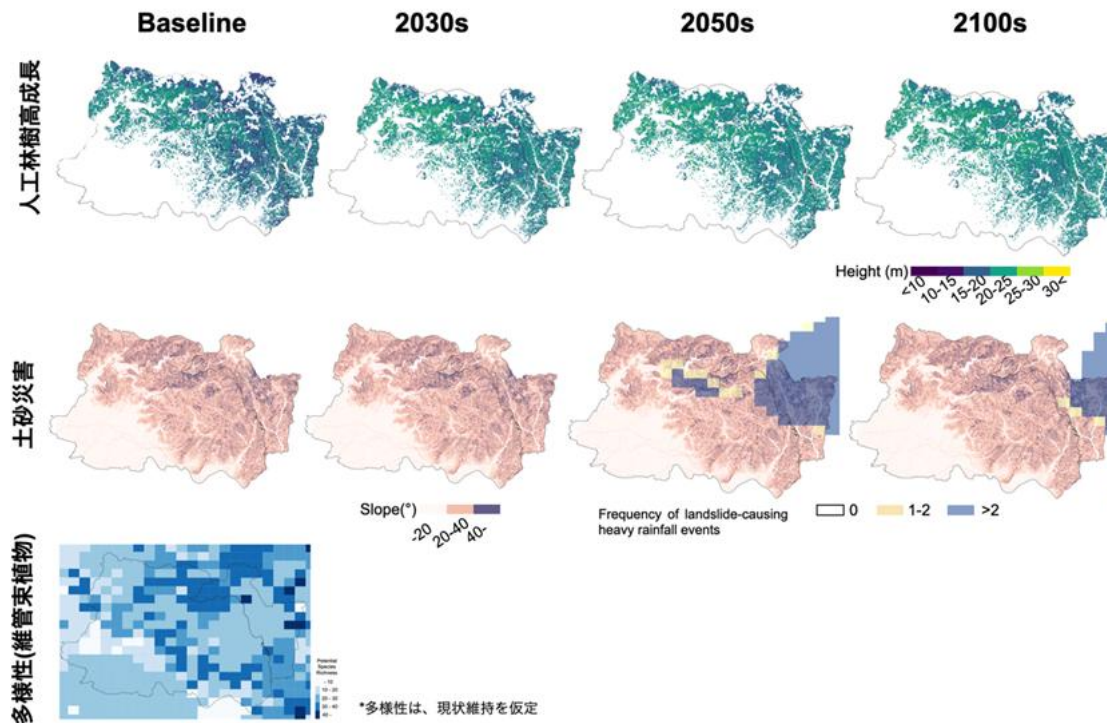
林業適応策オプションの将来シナリオによるスギの炭素吸収量の予測

スギ人工林の樹高予測モデル

航空機LiDARから得られる樹高情報と樹齢や環境要因との関係をRandom Forestで構築

土砂災害リスク予測モデル

3日間積算雨量の100年確率雨量を閾値として土砂災害が発生する危険性の高い将来降雨を判定する経験的モデル



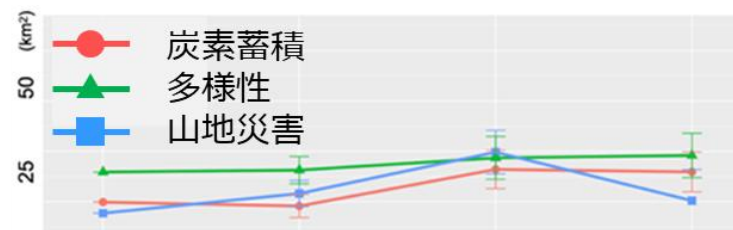
- 地域内の樹高成長を規定する要因
→ 林齢・気候条件<地形条件
- スギ成長量は空間的な差異が大
- 土砂災害を引き起こす危険性のある危険降雨
→ 2030年代：発生しない
→ 2050年代：北東部で発生
→ 2100年代：領域が縮小

成長量予測と山地災害リスクを考慮した適応策評価モデルの開発

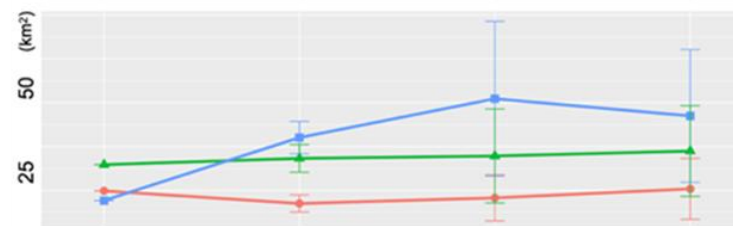
シナリオ分析

- 炭素蓄積、土砂災害リスク、生物多様性に寄与する面積を評価基準
- 3つの要素間のシナジーやトレードオフを既往研究に基づいて設定
- 初期値を変えながら繰り返し計算

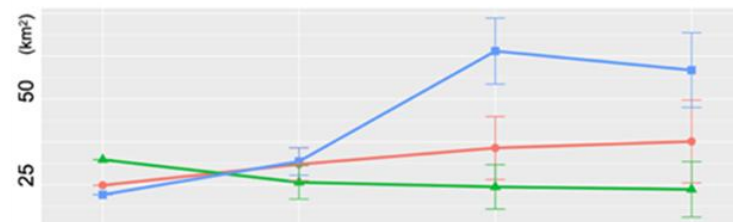
BAU
標準伐期（50年）



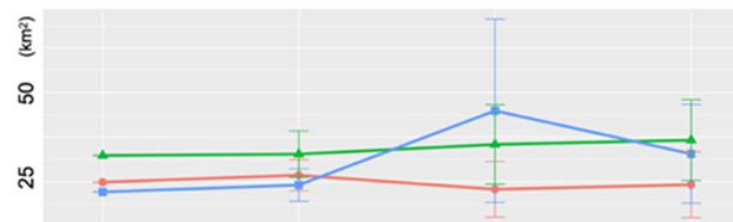
気候シナリオのみ
気候シナリオ
+ 標準伐期（50年）



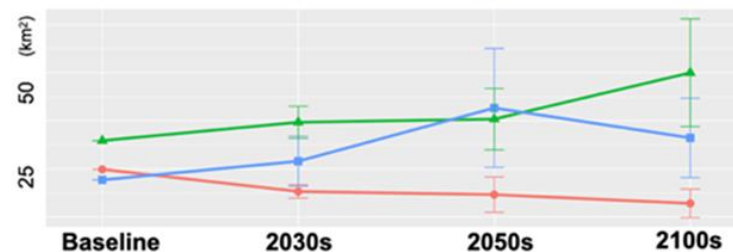
炭素蓄積重視
気候シナリオ
+ 短伐期（30-40年）
+ 人工林の拡大



山地災害リスク重視
気候シナリオ
+ 長伐期
+ 高リスク域樹種転換



生物多様性重視
気候シナリオ
+ 標準伐期
+ 人工林→広葉樹



成長量予測と山地災害リスクを考慮した適応策評価モデルの開発

適応策効果

- 炭素蓄積を最優先した場合
→ 炭素蓄積は増加
→ 土砂災害リスクが最大
30%程度上昇
- 生物多様性を優先した場合
→ 炭素蓄積11%程度減少
→ 生物多様性20%程度上昇
→ 土砂災害リスク10%程度低減
- 適応策の効果は最大でも30%
- 効果に対し要素間のシナジーやトレードオフが働く
- 開発した森林域の気候変動適応策効果評価モデルは、地域スケールにおける意思決定をサポートするツール

「気候シナリオのみ」の場合との比較

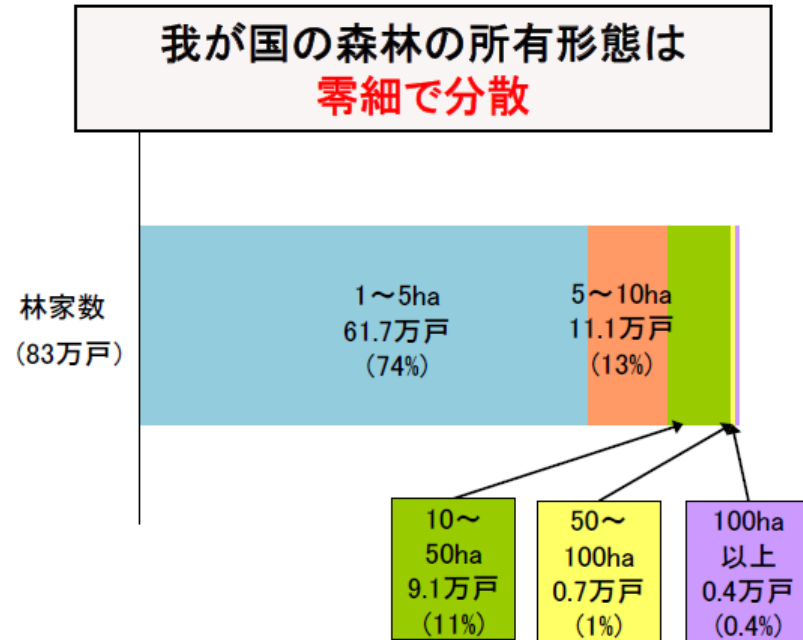
		2030s	2050s	2100s
炭素蓄積重視 気候シナリオ + 短伐期（30-40年） + 人工林の拡大	炭素蓄積	14%	23%	27%
	山地災害	7%	31%	22%
	多様性	-8%	-18%	-21%
山地災害リスク重視 気候シナリオ + 長伐期 + 高リスク域樹種転換	炭素蓄積	4%	-3%	1%
	山地災害	-9%	-12%	-21%
	多様性	2%	3%	2%
生物多様性重視 気候シナリオ + 標準伐期 + 人工林→広葉樹	炭素蓄積	-2%	-7%	-11%
	山地災害	-7%	-8%	-10%
	多様性	4%	12%	23%

正の効果

負の効果

森林の所有形態と森林の手入れ不足

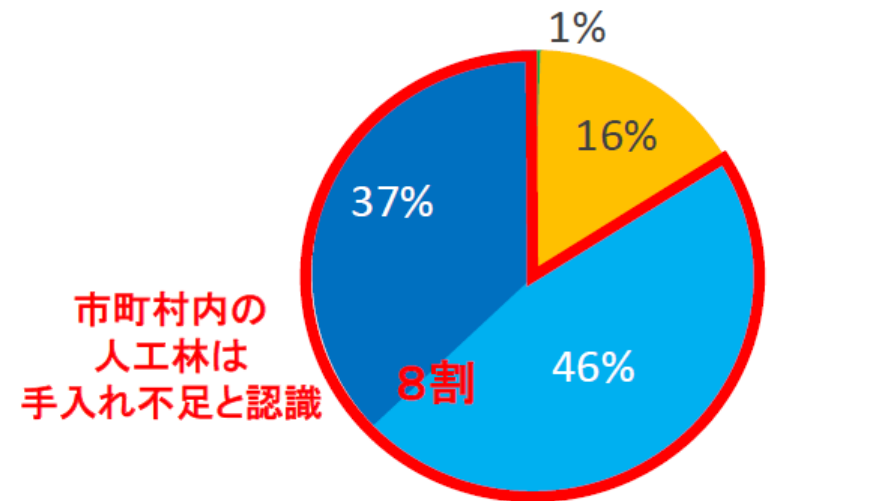
○ 林家の保有山林面積



資料：農林水産省「2015年農林業センサス」
注：林家とは保有森林面積が1ha以上の者。

○ 整備の行き届いていない人工林

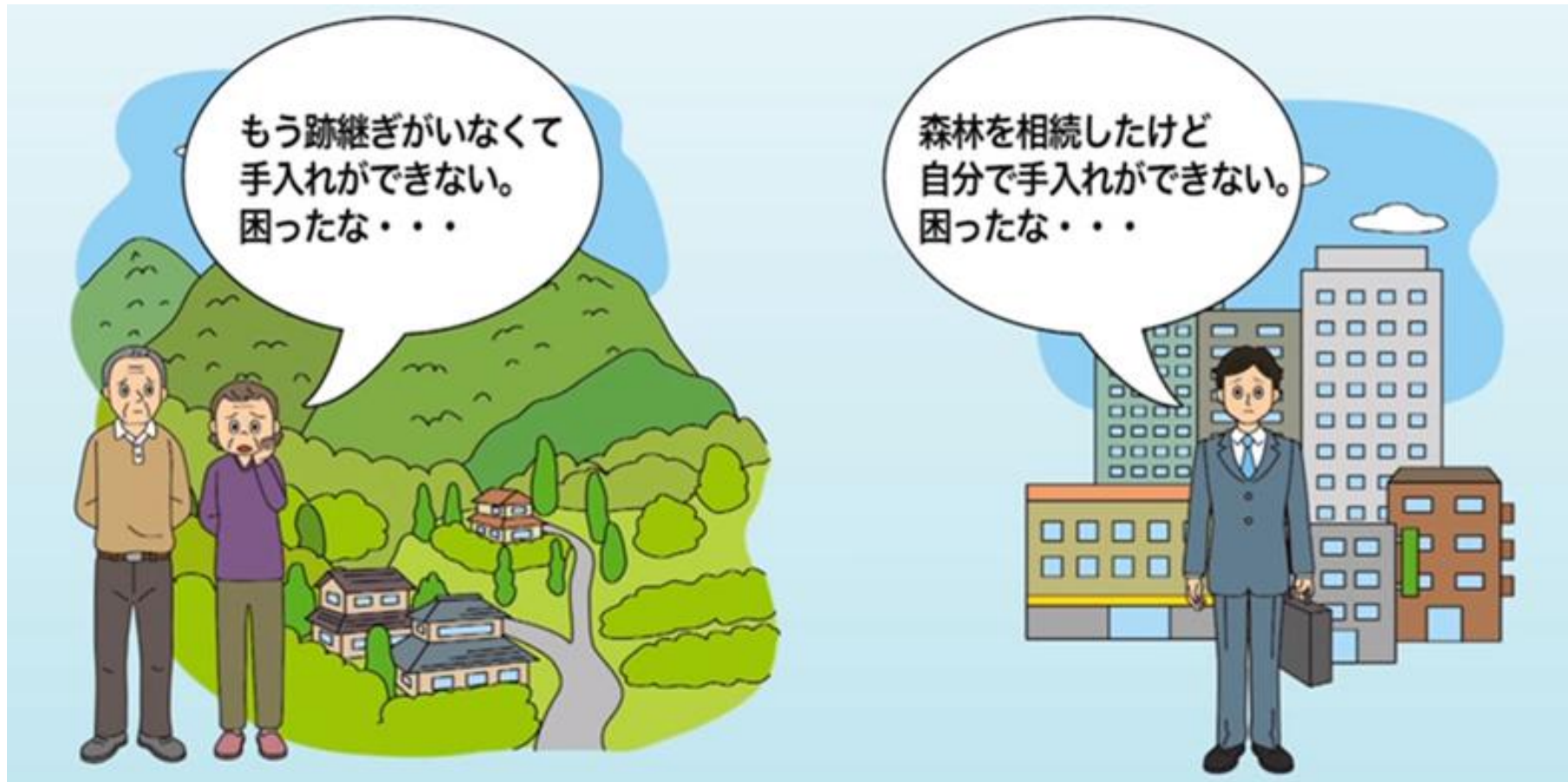
市町村の**8割**が、管内の人工林(民有林)は
手入れ不足という回答



■ 十分に行き届いている ■ どちらかと言えば行き届いている
■ 手入れ不足が目につく ■ 全般的に手入れが遅れている

森林の手入れ不足への対応が必要

森林経営管理制度(森林経営管理法)について



森林経営管理制度の取組の流れ

- 所有者自らが森林の経営管理をできない場合、市町村が森林の経営管理の委託を受け、林業経営者に再委託することなどにより、林業経営の効率化と森林の管理の適正化を促進。
- 所有者不明森林等については、探索・公告など一定の手続を経ることで、市町村に経営管理権の設定を可能とする特例を措置。

■ 森林経営管理制度

※主伐後は、再造林を必ず実施。

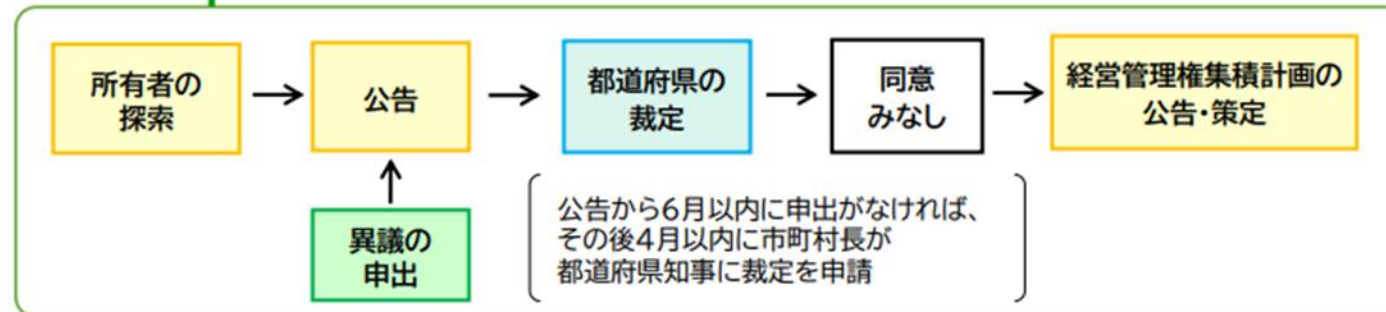
林業経営に
適した森林

(検討事項)

- I 森林の集積・集約化を進めるための新たな仕組みの構築
- II 制度推進を担う市町村の事務負担の軽減
- III 林地開発許可制度の実効性強化

市町村が自ら管理

所有者が不明の場合にも
特例を措置



凡例

市町村

都道府県

森林所有者

ご清聴ありがとうございました

森林は災害から街を守り 地球温暖化の防止にも役立っている