

強風、大雪、干ばつ、山火事と森林被害

ー リスク評価の新展開 ー

発表概要



令和7年
(2025) **1月24日(金)**

14:00~16:40

川崎市産業振興会館 1Fホール
神奈川県川崎市幸区堀川町66番地20



たもち そよりん
森林保険公式キャラクター

主催



国立研究開発法人 森林研究・整備機構
森林保険センター、森林総合研究所

プログラム

開会挨拶（14:00）

来賓挨拶

成果報告（14:15～16:15）

森林総合研究所と森林保険センターの連携事業の趣旨

森林保険センター 所長

馬場 敏郎

1. プロジェクト成果の位置づけ

森林総合研究所 森林災害・被害研究拠点 拠点長

鈴木 寛

2. 気象害のリスクの変化 ～過去から現在、将来にかけて～

森林総合研究所 森林防災研究領域 主任研究員

勝島 隆史

3. 干ばつと森林 ～どうやって枯れるのか、どこで枯れやすいのか～

（１）どこまで乾くと干害が発生するのか？その生理メカニズムを探る

森林総合研究所 植物生態研究領域 樹木生理研究室長

飛田 博順

（２）どんな場所で干害が発生しやすいのか？

森林総合研究所 森林災害・被害研究拠点 主任研究員

岩崎 健太

4. 間伐によって風害リスクがどれだけ変わるか

森林総合研究所 森林災害・被害研究拠点 主任研究員

宮下 彩奈

5. 効率的な森林被害調査を衛星技術で支える

森林総合研究所 森林災害・被害研究拠点 チーム長

高橋 正義

閉会挨拶（16:15）

※研究成果ポスター説明（質疑）：16:20～16:40（開場後方に展示）

（研究成果ポスター展示：13:30～16:40）

森林総合研究所と森林保険センターの連携事業の趣旨

森林保険センター

所長 馬場 敏郎

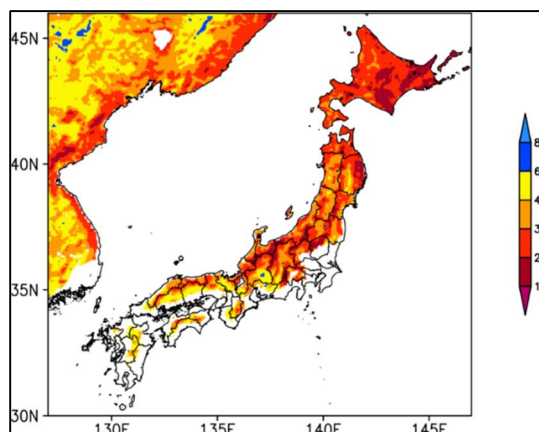
森林保険は、森林保険法に基づき、森林についての火災、気象災（風害、水害、雪害、干害、凍害、潮害）、噴火災による損害を総合的に補償する保険です。森林所有者自らが災害に備える唯一のセーフティネットとして、林業経営の安定、被災地の早期復旧による森林の多面的機能の発揮に大きな役割を果たしています。

平成 27 年 4 月に林野庁から（国研）森林総合研究所（現（国研）森林研究・整備機構）森林保険センターに森林国営保険事業が移管され、現在の制度となりました。森林保険センター発足当時、森林保険の運営について検討を行う中で、科学的知見に基づく精度の高い分析により気象害リスクの評価精度を高めること等を目的に、同じ組織内の森林総合研究所と森林保険センターの連携事業として「森林気象害のリスク評価手法に関する研究」を平成 27 年度から 5 年間の計画で立ち上げ、火災・雪害・風害等について重点的に研究を進めたところです。

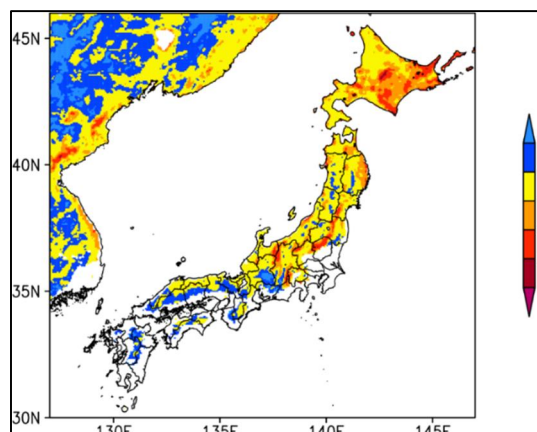
令和 2 年度からは、それまでの成果を踏まえ、干害や凍害等についての基礎研究や得られたリスク評価手法の実用化を行うための研究等を実施してきたところであり、今回のシンポジウムでその成果について発表させていただきます。

また、連携事業を行う中で、ハンドブック「写真でみる林木の気象害と判定法」の刊行やドローン写真を活用した損害調査方法の実用化など損害調査業務の高度化・簡素化に対する成果も得られており、リスクマップについては、森林保険の加入促進への活用に向けた取り組みを進めています。

形状比：80（被害を受けやすい）



形状比：70（被害を受けにくい）



林木の形状比による雪害リスクの変化（赤い程リスクが高い）

— 目 次 —

発表概要

1. プロジェクト成果の位置づけ	1
2. 気象害のリスクの変化 ～過去から現在、将来にかけて～	2
3. 干ばつと森林 ～どうやって枯れるのか、どこで枯れやすいのか～ （１）どこまで乾くと干害が発生するのか？その生理メカニズムを探る （２）どんな場所で干害が発生しやすいのか？	2
4. 間伐によって風害リスクがどれだけ変わるか	3
5. 効率的な森林被害調査を衛星技術で支える	4

ポスター

① 気象害のリスクの変化 ～過去から現在、将来にかけて～ 干ばつと森林 ～どうやって枯れるのか、どこで枯れやすいのか～	5
② （１）どこまで乾くと干害が発生するのか？その生理メカニズムを探る	6
③ （２）どんな場所で干害が発生しやすいのか？	7
④ 間伐によって風害リスクがどれだけ変わるか	8
⑤ 効率的な森林被害調査を衛星技術で支える	9
⑥ 林床の落葉の延焼速度はどのくらい？ ～室内燃焼実験の結果より～	10
⑦ 人工林の生長に伴う林野火災発生危険日の変化 ～前橋市周辺を例として～	11
⑧ 簡易枯死判定技術～測定方法と今後の課題～	12
⑨ デジタルデバイスで損害調査を効率化	13
⑩ 森林保険の損害調査の迅速化 ―ドローンの活用―	14
⑪ これまでに作成したリスクマップ	15

*①～⑨については、ポスターセッションで研究担当者が質問をお受けします。

口頭発表概要

1. プロジェクト成果の位置づけ

森林総合研究所 森林災害・被害研究拠点
拠点長 鈴木 覚

➤ 気象害の発生推移と将来予測

気象害の発生状況は森林の状態を反映しています。過去から現在までの気象害の発生状況から何が読み取れるでしょうか。そして将来どうなるでしょうか、口頭2でご紹介します。

➤ 干害リスクマップを作成

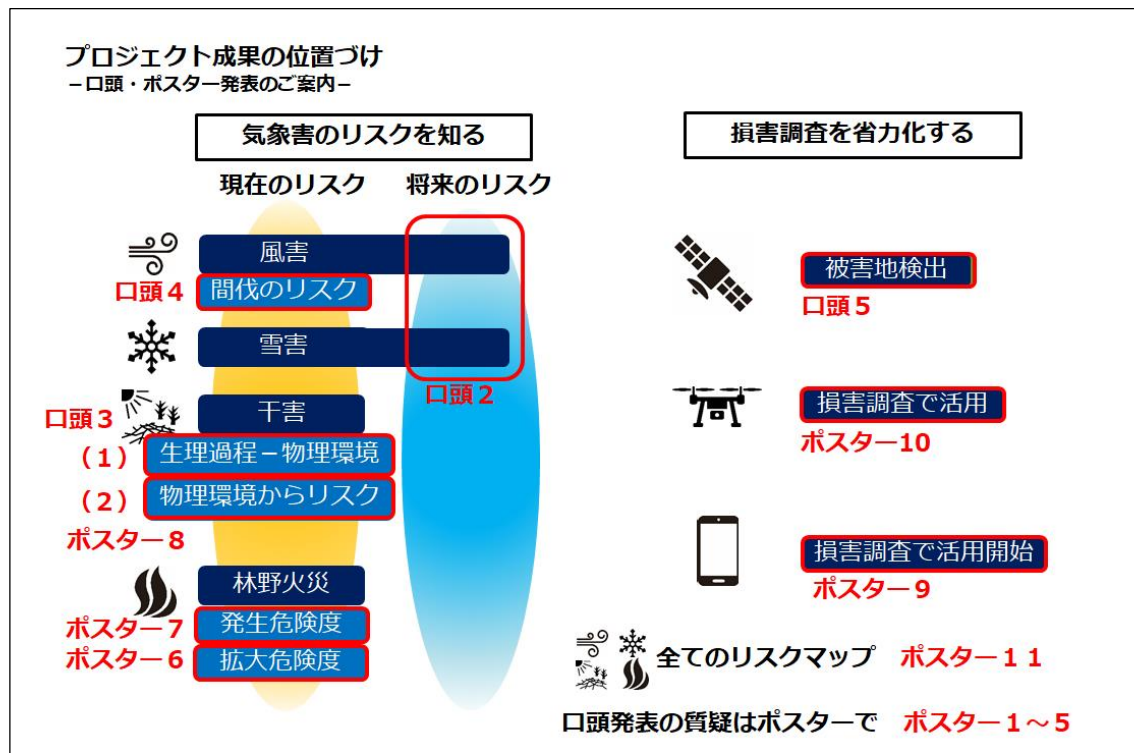
生理的被害である干害のリスクを環境条件から評価する工夫を、口頭3-(1),(2)でご紹介します。これにより、風害、雪害、林野火災、干害のリスクマップが揃いました(ポスター11)。また、苗木の生死がわかる簡便な判定技術をご紹介します(ポスター8)。

➤ リスク評価の新たな切り口

施業と風害は密接に関係しています。新開発の手法で間伐が風害リスクへ及ぼす影響を評価しました(口頭4)。林野火災の発生は森林の成長とどのような関係があるのでしょうか。また延焼リスクを調べる実験方法とは。これらについてポスター6,7でご紹介します。

➤ 被害を調べる

現地調査の労力軽減のために様々な技術が活用できます。衛星データの活用を口頭5、ドローンの活用をポスター10、デジタルデバイスの活用をポスター9でご紹介します。



2. 気象害のリスクの変化 ～過去から現在、将来にかけて～

森林総合研究所 森林防災研究領域
主任研究員 勝島 隆史

➤ 過去から現在までの気象害の発生状況の変遷

森林保険の損害てん補データによると、1961 年度から 2023 年度までの過去 63 年間の日本全国の 1 年間の 1ha あたりにおける損害の平均発生確率は、林野火災、干害、凍害、水害が減少しています。また、平均損害額では風害、雪害、水害が増加しています。これらは林木の成長による齢級構成の変化を反映していると思われます。今後再造林を推進すると、林野火災、干害、凍害、水害の被害発生が再び増加する可能性があります。

➤ 強風と着雪への気候変動の影響は？（将来のリスク変化）

将来気候において、風害や雪害の発生を引き金となる強風や着雪の発生状況を推定しました。30 年に 1 度の発生頻度に相当する極端風速は、4℃上昇した将来では現在の気候と比較して西日本と関東の一部で 1.1 倍、頻度は 2～2.5 倍に増加すると推定されました。極端着雪量は、本州の高標高地と道北で 1.05～1.15 倍、頻度は 1.5～2.5 倍に増加しますが、それ以外の地域では、強度と頻度がともに大幅減少すると推定されました。リスクが今後増加する可能性がある地域では、気候変動に備えたリスク管理が重要になると思われます。

※ポスター 1 も併せてご覧ください。会場では、ポスター前にてご質問をお受けします。

3. 干ばつと森林 ～どうやって枯れるのか、どこで枯れやすいのか～

（1）どこまで乾くと干害が発生するのか？

その生理メカニズムを探る

森林総合研究所 植物生態研究領域
樹木生理研究室長 飛田 博順

➤ スギ苗木の土壌乾燥に対する応答の仕方は？枯死リスクを判定する指標は？

干害は、土壌乾燥により生じるため、植栽後数年の、まだ根が深くまで伸長できていない個体で被害が多く発生します。ヒノキに比べて水の消費が多く、しおれやすいスギを対象に、室内のポット苗を用いた実験で、土壌乾燥に対する生理的応答を調べました。土壌が乾燥すると、まず気孔を閉じて水分の損失を抑える反応を示しましたが、さらに乾燥が続くと脱水が進み、生理的機能障害が発生しました。脱水程度、光合成系のストレス指標、細胞の壊れ具合が、枯死リスクを判定する指標となることがわかりました。

➤ スギ苗木の枯死リスクが高まる土壌乾燥程度は？

屋外の降雨遮断植栽試験により、干害による枯死リスクが高まる土壌乾燥閾値を調べました。土壌の乾燥程度を示す指標の一つである、「永久しおれ点」以下まで乾燥が進むと、脱水が徐々に進み、生理的閾値を超えて、枯死に至る個体が発生することがわかりました。

※ポスター 2 も併せてご覧ください。会場では、ポスター前にてご質問をお受けします。

(2) どんな場所で干害が発生しやすいのか？

森林総合研究所 森林災害・被害研究拠点

主任研究員 岩崎 健太

➤ 土壌水分に基づく干害リスク評価

口頭 3- (1) で提案された「土壌の永久しおれ点」を指標として、全国の干害リスクを推定しました。従来の指標である無効降水（一定量以下の降水量）の連続期間に基づく推定では、実際には被害率が低い関東や東北太平洋側で高リスクと算出されました。一方、土壌の厚さや保水性を考慮に入れ、永久しおれ点の連続期間を計算したところ、関東と東北の過大評価が解消され、実際に被害が大きかった山口県で高リスクと算出されました。ただし、被害分布と合っていない地域もまだ多く存在しました。

➤ 他に干害発生に影響する要因は？（森林保険データの統計解析）

被害発生数が多かった地域において、森林保険の損害データと契約データを用いて被害地と無被害地を小班単位で特定し、立地の影響を統計解析しました。その結果、山口県では急傾斜地、北海道北部では重粘土の分布する台地で干害が起こりやすい結果が得られました。

➤ 全国リスクマップの作成

全国を 20km メッシュに分割し、被害率（2012~21 年）と説明変数（北海道：民有林に占める重粘土台地の割合、北海道以外：永久しおれ点以下の連続日数・平均傾斜・主要樹種）の関係から、干害リスクマップを作成しました。解析に使わなかった 1978 年~2014 年の都道府県ごとの被害率と比べても、妥当なリスクマップが得られました。

※ポスター3 も併せてご覧ください。会場では、ポスター前にてご質問をお受けします。

4. 間伐によって風害リスクがどれだけ変わるか

森林総合研究所 森林災害・被害研究拠点

主任研究員 宮下 彩奈

➤ 間伐による風害リスクの変化を定量化するために

森林気象害の中でも風害は大きな割合を占めています。人工林において、間伐は風害リスクの上昇につながる事が知られており、どのような施業を行えばどれだけリスクが上昇するかを明らかにしていく必要があります。そこで、立木に作用する風荷重を計測しながら間伐や林内木の伐採を行う試験を行いました。

➤ 林内木の風荷重の上昇と風害リスクマップへの反映

人工林で行った間伐試験では、本数 30%の間伐によって立木に作用する風荷重が最大約 1.5 倍になりました。また、林内木の伐採試験では風荷重が最大約 2 倍に増加しました。風荷重が 1.5 倍になるということは、間伐したときに林内に吹き込む風の風速が 1.2 倍になることに相当し、風害を受けるリスクが高まります。これらを反映した風害リスクマップを作成しました。

※ポスター 4 も併せてご覧ください。会場では、ポスター前にてご質問をお受けします。

5. 効率的な森林被害調査を衛星技術で支える

森林総合研究所 森林災害・被害研究拠点
チーム長 高橋 正義

➤ 森林被害とリモートセンシング技術

保険契約をしている森林が台風や豪雨などの気象害や火災などの被害を受けた場合は、受けた被害の程度に応じて保険金を支払うため、被害の状況を詳しく調べなければなりません。また、早期の保険金支払いには、被害を迅速に把握する必要があります。しかし、被害を受けた森林は、根返りや幹折れなどの被害を受けた立木が乱立しており、立ち入るだけでも大変危険です。また、大きな台風や豪雨によって広域の被害が発生した場合は、道路などのインフラも被害を受けることが多く、森林へのアクセスも容易ではありません。衛星画像などのリモートセンシング技術の活用により、安全かつ効率的に森林被害の調査を行うことができることから、その仕組みや技術を紹介します。

➤ Google Earth Engine を用いた広域の被害把握

衛星画像を使った森林被害地の推定には、高機能なコンピュータと解析ソフトウェアをもちいて様々な処理を行った画像解析が必要でした。衛星画像の巨大なデータベースとクラウド上で解析処理を行うことが可能な Google Earth Engine（Google 社）を活用することで、任意の場所の森林被害推定が容易に行えるようになりました。

➤ 多様なプラットフォームを活用した被害調査法

衛星画像で推定した森林被害をより詳しく調べるには、無人航空機（ドローン）が役立ちます。森林保険のてん補調査では、2019 年からドローンの活用を始めました。一般に用いられる回転翼型ドローンや、より広域の調査を効率よく行うことのできる固定翼型のドローンを使って効率よく調査することが可能になります。

※ポスター 5 も併せてご覧ください。会場では、ポスター前にてご質問をお受けします。

気象害のリスクの変化 ～過去から現在、将来にかけて～

過去から現在：保険の損害てん補データから見たリスクの推移

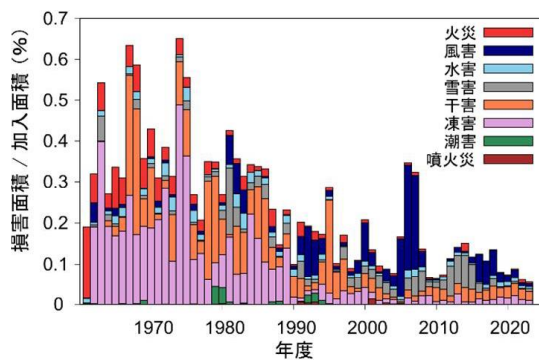
損害面積から見た特徴

損害面積 / 加入面積

=面積あたりの1年間の損害の平均発生確率

… 減少傾向***

減少：火災***、水害***、干害**、凍害***



保険金から見た特徴

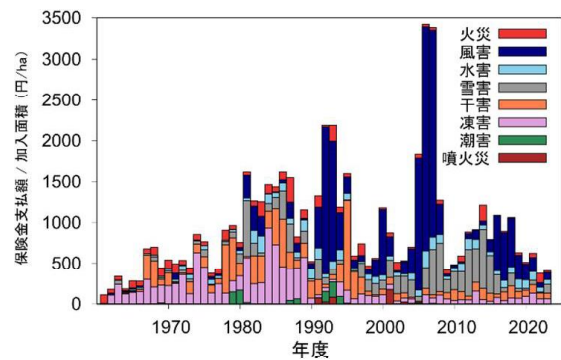
保険金支払額 / 加入面積

=面積あたりの1年間の平均損害額

… 傾向なし

増加：風害*、水害***、雪害***

減少：火災*、凍害**



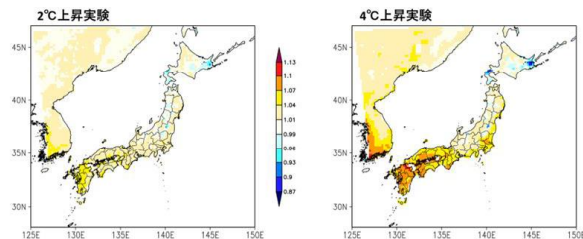
*2000年の国内企業建物損壊数により物価調整済み

将来：気候予測データから推定したリスク変化

風害：極端風速の将来変化

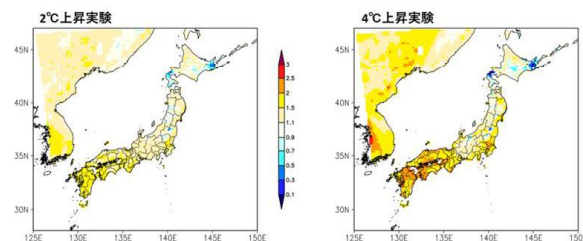
強度の変化（30年に1度の風速が〇〇倍）

西日本や関東地方の多い所 2℃上昇：1.05倍 4℃上昇：1.1倍



頻度の変化（現在30年に1度の風速の頻度が、将来〇〇倍）

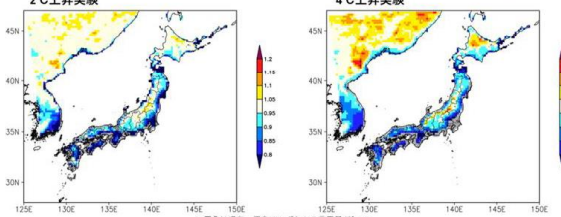
西日本や関東地方の多い所 2℃上昇：1.5～2倍 4℃上昇：2～2.5倍



雪害：極端着雪量の将来変化

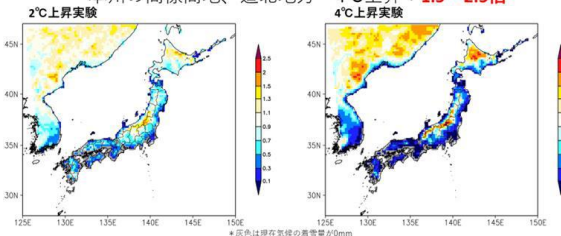
強度の変化（30年に1度の着雪量が〇〇倍）

本州の広い範囲 大幅に減少
本州の高標高地、道北地方 4℃上昇：1.05～1.15倍



頻度の変化（現在30年に1度の着雪量の頻度が、将来〇〇倍）

本州の広い範囲 大幅に減少
本州の高標高地、道北地方 4℃上昇：1.5～2.5倍



勝島隆史（森林防災研究領域）



国立研究開発法人森林研究・整備機構

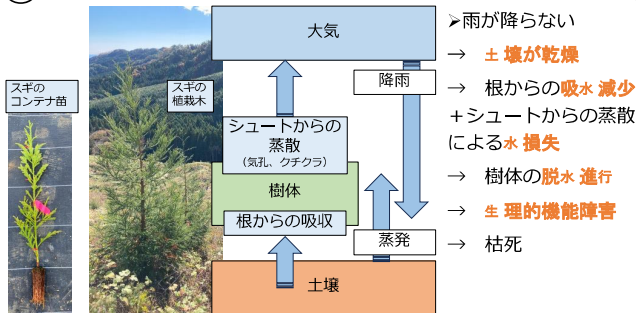
森林総合研究所

干ばつと森林

～どうやって枯れるのか、どこで枯れやすいのか～
(1) どこまで乾くと干害が発生するのか？その生理メカニズムを探る

①

森林における干害とは？



②

干害被害で枯れる木と枯れない木の判別はできるのか？

干害被害時に、一見元気に見えても枯れる個体がある
→ 枯死に至る生理メカニズム(=生理的閾値)を明らかにする
→ 見た目ではない、枯れの生理的指標を探索！



③

脱水による枯死に至る生理メカニズムを明らかにする実験 対象：水の消費が多くしおれやすいスギ

1. 実験室内でのポット苗実験

スギ苗木が、土壌乾燥にどのように対応しているのか？
生理活性が回復しない状態を判断する指標を探す

- スギコンテナ苗をポットに植栽 (29個体)
- 水やりを停止し0～36日間の乾燥処理：各種生理活性の計測
- 水やりを再開 → 35日後に枯れ判断

2. 屋外での植栽試験

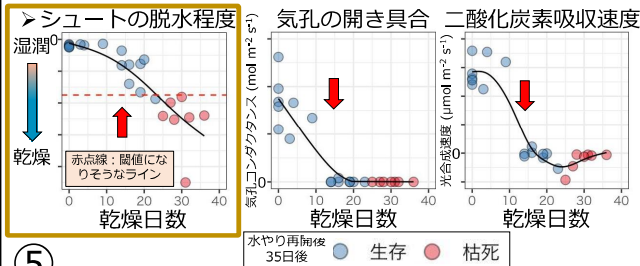
スギ苗木は、どの程度まで土壌が乾いたら枯死リスクが高まるのか？降雨遮断実験でその土壌乾燥の閾値を探る

- スギコンテナ苗を9月に苗畑に植栽 (21個体)
- 乾燥程度の異なる土壌に植栽
- 降雨遮断し5～38日間の乾燥処理 → 各種生理活性の計測
- 水やりを再開 → 37～41日後に枯れ判断

④

土壌乾燥に伴い、気孔を閉じて蒸散による水の損失を防ぎ、乾燥に対処！

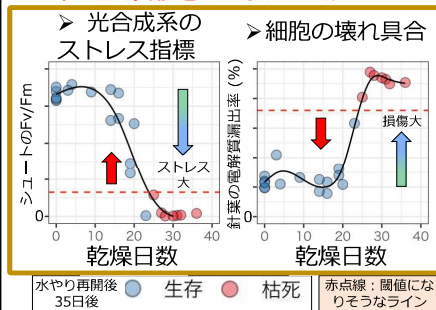
光合成速度がゼロになっても、すぐに枯れるわけではない



⑤

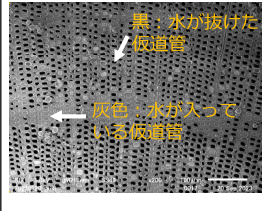
脱水が進むと、気孔応答で対処できなくなり生理的機能障害が発生！

枯れる・枯れないの間をまたいで変化(生理的閾値として利用可能)



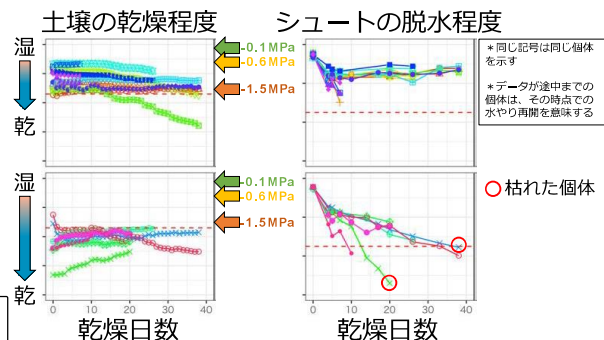
脱水が進んで、生理的閾値に達した個体では、木部仮道管に広い範囲で水切れが生じていた

幹の横断面の仮道管の様子



⑥

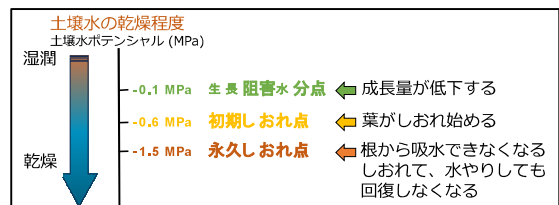
土壌が強度に乾燥するとシュートの脱水が進行
生理的閾値(シュートの脱水程度)を超えて枯れる個体も出現



⑦

Q：土壌がどこまで乾くと干害が発生するのか？

A：水の消費が多くしおれやすいスギ苗木でも、生理的閾値に達する枯死リスクが高まるのは、永久しおれ点以下まで土壌の乾燥が進んだ場合



飛田博順・才木真太郎・原山尚徳・齋藤隆実・上村章・香山雅純
(植物生態研究領域)



国立研究開発法人森林研究・整備機構
森林総合研究所

干ばつと森林

～どうやって枯れるのか、どこで枯れやすいのか～

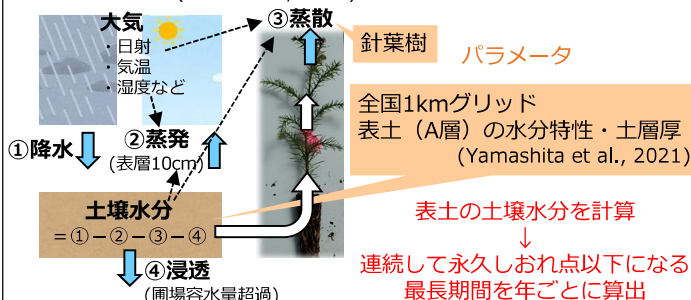
(2) どんな場所で干害が発生しやすいのか？

目的：干害の全国リスクマップ作成

方法

(1) 水移動プロセスに基づく土壌水分予測

FAO56モデル (Allen et al., 1998)



(2) 森林保険データの統計解析

被害発生数が多かった地域：
被害地・無被害地を小班単位でマッピング
→ 地形・地質・土壌タイプの影響を解析

(3) 干害リスクマップ作成

全国を20kmメッシュに分割→ロジスティック回帰
目的変数：被害率（2012～21年）

説明変数：

北海道以外

- ・永久しおれ点以下の連続日数
- ・斜面傾斜の平均値
- ・主要樹種（スギかヒノキか）

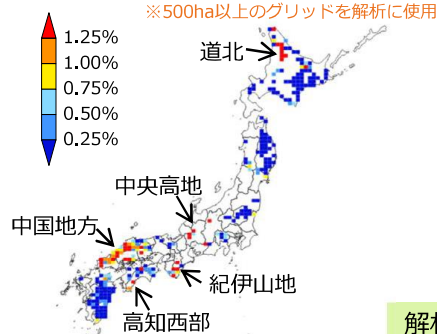
北海道

- ・民有林に占める重粘土台地の割合

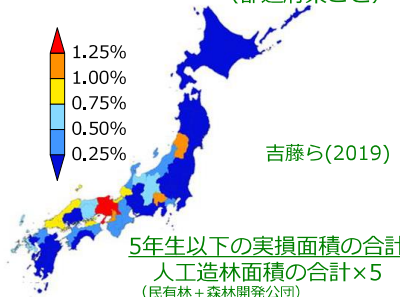
被害分布

2012～2021年

被害率 = $\frac{\text{実損面積の合計}}{\text{5年生以下の契約面積の合計}}$
※500ha以上のグリッドを解析に使用



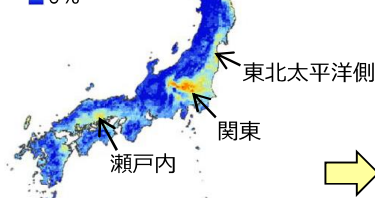
【参考】1978～2014年
(都道府県ごと)



被害実態に合ったリスクマップの作成

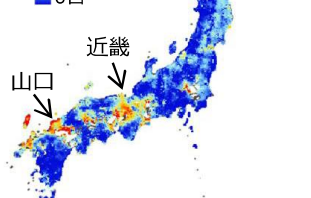
従来の指標

無効降水の連続期間
超過年の割合



永久しおれ点以下になる最長連続日数

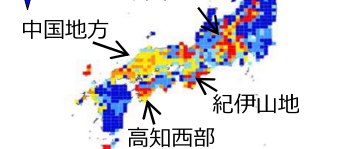
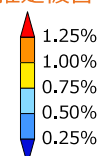
2010～23年の値を平均



関東～東北の過大評価、山口の過小評価が改善

作成したリスクマップ

推定被害率



土壌水分（永久しおれ点）・傾斜・樹種・重粘土を考慮することで、実態に近い分布

岩崎健太¹・鈴木寛¹・勝島隆史²・飛田博順³

(¹森林災害・被害研究拠点、²森林防災研究領域、³植物生態研究領域)



国立研究開発法人森林研究・整備機構

森林総合研究所

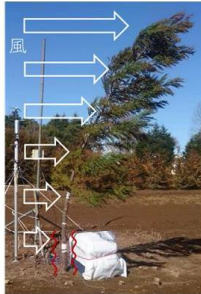
間伐によって風害リスクがどれだけ変わるか

目的

間伐直後の風害リスクの上昇を数値化する

- ① 間伐方法が異なる場合（ヒノキ人工林）
- ② 間伐ギャップのサイズ・距離・風向の影響（スギ幼齢林）

間伐残存木に作用する風荷重が何倍になるか？
風荷重計測しながら間伐を実施



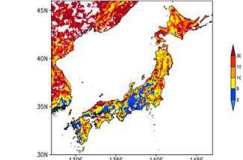
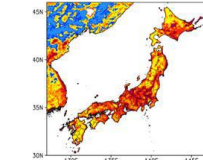
成果

間伐直後の風荷重上昇を反映した風害リスクマップの作製

風荷重1.5倍（≒風速1.2倍）になった場合

・形状比80の林分の安全率（再現期間50年）

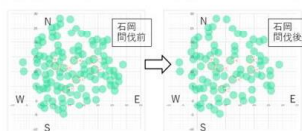
・再現期間5年の確率風速の増大比



間伐試験①

間伐方法が異なる人工林における風荷重変化

- ・約40年生のヒノキ人工林2か所
- ・間伐前後で平均風荷重を比較（間伐区の測定木/無間伐区の個体）

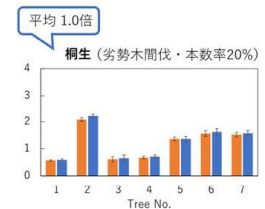
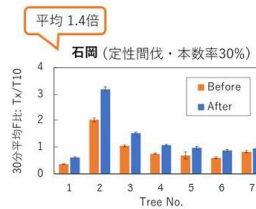


	茨城県 石岡市	群馬県 桐生市
林相	スギ・ヒノキ人工林	ヒノキ人工林
林齢	40年生	37年生
立木密度	1,300 本/ha ¹	1,500 本/ha ¹
平均樹高, DBH	17 m, 23 cm	17 m, 19 cm
間伐方法	本数 30%・定性	本数 20%・劣勢木



サイト間で間伐前後の風荷重の変化率が異なった

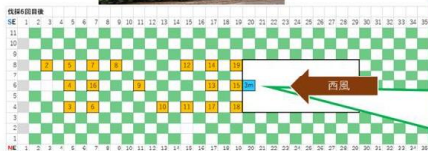
- ・間伐率20%と30%の間に風害リスクの境界がある？
- ・選木方法の違いも大きい可能性
- ・林分の優勢木の量（基部直径）に着目すると、桐生では残存木に対する優勢木の量が間伐前後変化ナシ



間伐試験②

林内ギャップのサイズ・距離・風向の影響による風荷重の変化の計測

- ・森林総合研究所つくば構内に植栽したスギの稚樹林を利用
- ・残存木の風荷重を計測し風速計のデータと比較

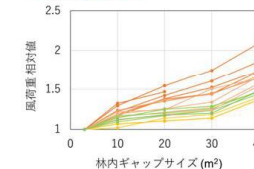


風荷重は最大約2倍、風速は最大約1.5倍に増加

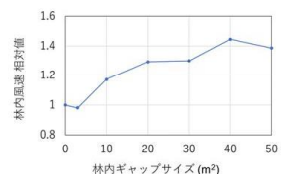
- ・林内風速計は突風率（最大瞬間風速/平均風速）も1割程度増加した

林縁風速に対する林内木の風荷重の変化

（全計測個体まとめ）

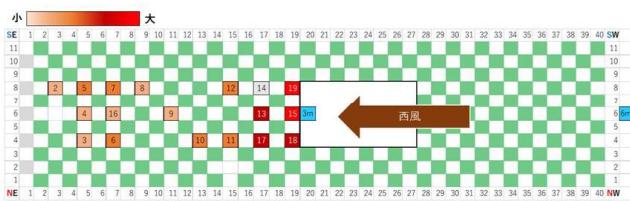


林縁風速に対する林内風速の変化



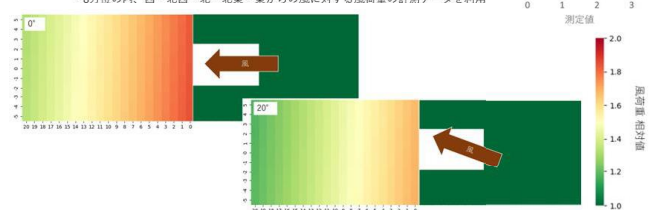
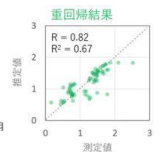
林内ギャップからの距離に応じて風荷重は1.2～2倍に

- ・ギャップサイズ40 m²の場合（伐採5回目後）
- ・風上方向の長さ8m ≥ 樹高



ギャップ拡大後の風荷重増加における風向の影響

- ・間伐後、真正面からの風に対して風荷重は最大2倍に増加する
- ・20度で約1.7倍、180度の風では間伐後も上昇ナシ
- ・伐採5回目後のデータを利用した重回帰分析による推定値
- ・説明変数：風向、ギャップからの水平距離、垂直距離
- ・8方位の内、西・北西・北・北東・東からの風に対する風荷重の計測データを利用



宮下彩奈¹・南光一樹²・勝島隆史²・鈴木寛¹
(¹ 森林災害・被害研究拠点、² 森林防災研究領域)



国立研究開発法人森林研究・整備機構

森林総合研究所

効率的な森林被害調査を衛星技術で支える

被害を受けた森林を効率的に調査し、迅速に保険金を支払う必要があります。一方で、被害林分の調査は危険が伴います。多様なリモートセンシング技術を活用することで、安全かつ効率的な被害調査が可能になります。中分解能の衛星画像（10m解像度）とドローン画像（固定翼、回転翼）を組み合わせ、効率的に調査する技術を紹介します。

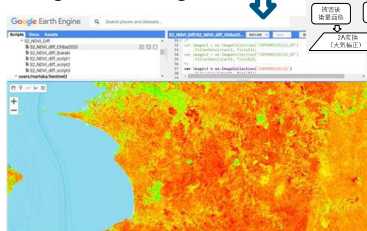
多様なリモートセンシング技術とその特徴

プラットフォーム	センサー	解像度	観測範囲 (観測幅)	入手方法	利用法	特徴・注意点
人工衛星	中分解能マルチスペクトル	10-30 m	185-290 km	無料	被害の広域把握 時系列比較	1-2週間に1度観測 天候に大きく左右 可視・赤外
	高分解能マルチスペクトル	0.6-1 m	10-15 km	有料	被害面積把握 被害形態判読	可視・赤外 天候に左右 高コスト
航空機	空中写真	数10 cm	1-5 km ²	有料／無料	被害面積把握 被害形態判読 時系列比較	任意撮影可能 即時性高
	LIDAR	1-数点 / m ²	～数100 ha	有料／無料	被害形態把握 3次元情報	任意撮影可能 高コスト
(ドローン)	固定翼 空中写真	～10cm	～数百 ha	有料	被害形態判読 被害面積把握 3次元情報	任意撮影可能 比較的低コスト 即時性高
	回転翼 空中写真	～数cm	～数十 ha	有料／自己撮影	被害形態判読 被害面積把握 3次元情報	任意撮影容易 比較的低コスト 即時性高
	写真	～数cm	多様	自己撮影	被害形態記録	アクセスに左右

高橋(2019) 一部改変

衛星画像を使った森林被害地の推定には、様々な処理を行った画像を解析する必要があります。衛星画像のデータベースとクラウド上での解析をスクリプトで行うことができるGoogle Earth Engine (Google社)を活用し、適切なスクリプトを使用することで、任意の場所での被害推定が容易に行えます。

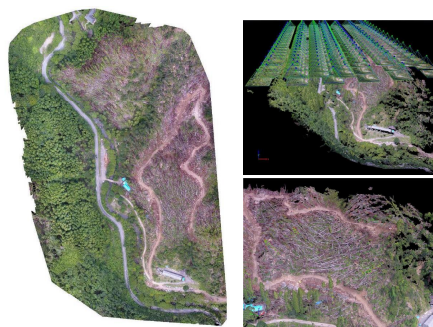
様々な画像処理をスクリプトで実行できる
Google Earth Engine



森林被害の推定手順

衛星画像で捉えた被害地を査定するにはドローン画像が役立ちます。数十ha程度の被害地には機動力の高い回転翼のドローンが適しています。数百haの範囲を効率よく査定するには、固定翼のドローンが効果的です。調査すべき被害地の広がりに合わせて使い分けることが肝要です。

回転翼ドローンは数十ha程度の調査に適する



1回の飛行で数百haの撮影が可能な固定翼ドローン



高橋正義¹・齋藤英樹²・瀧誠志郎³・小幡進午⁴・西園朋広²
(¹ 森林災害・被害研究拠点、² 森林管理研究領域、³ 林業工学研究領域、⁴ 北海道支所)



国立研究開発法人森林研究・整備機構

森林総合研究所

林床の落葉の延焼速度はどのくらい？ ～室内燃焼実験の結果より～

1：林野火災リスクの評価にむけて

林野火災リスクは「発生の危険度」と発生後の「延焼速度」の両方を評価する必要があります。延焼速度は被害規模に影響します。

◆ 発生の危険度：火災が発生し得るかどうか

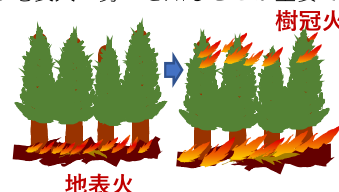
火種があるか、林床可燃物（落葉落枝等）が十分乾燥しているか、が重要

◆ 延焼速度：火災発生後の燃え広がり速さ

風速、斜面傾斜、**林床可燃物の質・量・含水比(湿り具合)**で決まる

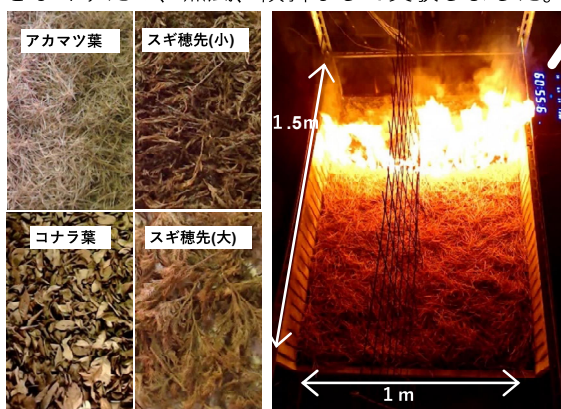
樹種によって「質」が異なれば、他の条件が同じでも延焼速度は違う？

一般に森林火災は林床の落葉落枝が燃える「**地表火**」から始まり、地表火の勢いが増すと樹冠火になるので、まずは地表火の勢いを知ることが重要です。



2：燃焼実験で延焼速度を測定

スギの穂先（小・大の2サイズ）、アカマツ葉、コナラ葉を敷き詰めた単純な条件の模擬林床を用いて燃焼実験を行い、延焼速度を測定しました。敷き詰める量を変えて何度も実験し、樹種による延焼速度の違いを比較しました。風速や傾斜の違いによる影響をなくすため、無風、傾斜なしで実験しました。



➢敷き詰める量（単位面積当たりの重量）が増えるほど延焼速度は速かった。

➢量が同じでも樹種によって延焼速度が異なり、アカマツ葉が最も遅く、コナラ葉が最も速かった。スギ穂先は大的方が小より延焼速度が速かった。

5：実際の森林はとても複雑

一樹種の葉だけを敷き詰めた単純な条件で実験をした結果、樹種によって葉の形状やその堆積具合が異なるため、延焼速度に違いがあることが分かりました。実際の森林林床には多様な樹種や大きさの葉や枝がありとても複雑です。地形も複雑で風速も時々刻々と変化します。実際の森林で起こる延焼速度を精度よく予測するにはさらなる研究が必要です。

一方で、樹種によらず、林床の落葉落枝が多い場合やより乾燥している場合、風速が大きい場合、火災が斜面を登る方向に進む場合には、延焼速度が速く被害が拡大しやすくなるので、注意が必要です。

3：量が同じでも樹種によって延焼速度が違うのはなぜ？

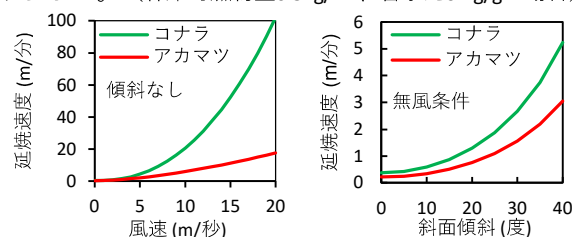
含水比（湿り具合）の他に、延焼速度に影響する「**林床可燃物の質**」には様々な物理的・化学的特性がありますが、特に影響が大きいとされるのは「**表面積・体積比**」と「**堆積深**」です。



- コナラ葉は表面積・体積比が大きく（平たい葉）堆積深が大きい（厚くふんわり堆積）ので延焼速度が速い
- アカマツ葉は表面積・体積比が比較的小さく（棒状）堆積深が小さい（薄く密に堆積）ので延焼速度が遅い
- スギ穂先は大的の方が小より延焼速度が速いのは、大的の方が嵩張りやすく堆積深が大きいことが影響している

4：風速や傾斜が大きいとどうなる？

Rothaermelというモデルでコナラ葉とアカマツ葉の延焼速度が風速や斜面傾斜によってどう変化するか推定してみました。（林床可燃物量 0.5kg/m^2 、含水比 0.1g/g の場合）



- 風速が大きくなると、延焼速度は急激に速くなります
- 火災が斜面を登る方向に進む場合、斜面傾斜が大きいほど延焼速度が速くなります

吉藤奈津子（森林防災研究領域）



国立研究開発法人森林研究・整備機構

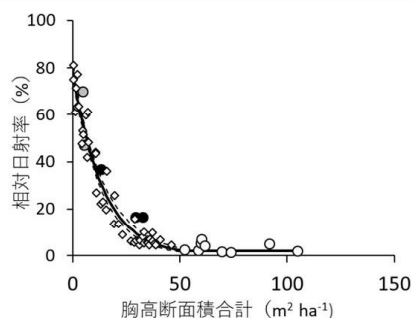
森林総合研究所

人工林の生長に伴う林野火災発生危険日の変化 ～前橋市周辺を例として～

樹冠に隙間のある新植地

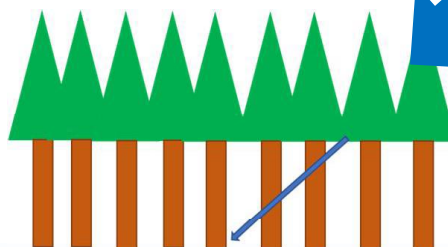


- ・林床に達する日射エネルギーが多い
- ・林床可燃物が乾燥しやすい
- ・林野火災発生危険度は高い

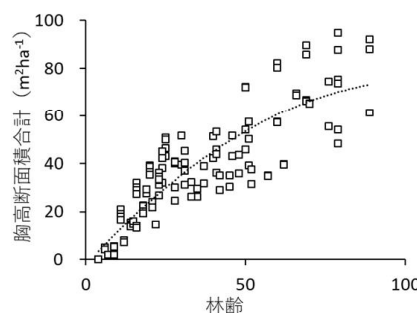


玉井ら
(2025)

樹冠が閉鎖した壮齢林



- ・林床に達する日射エネルギーが少ない
- ・林床可燃物が乾燥しにくい
- ・林野火災発生危険度は低い



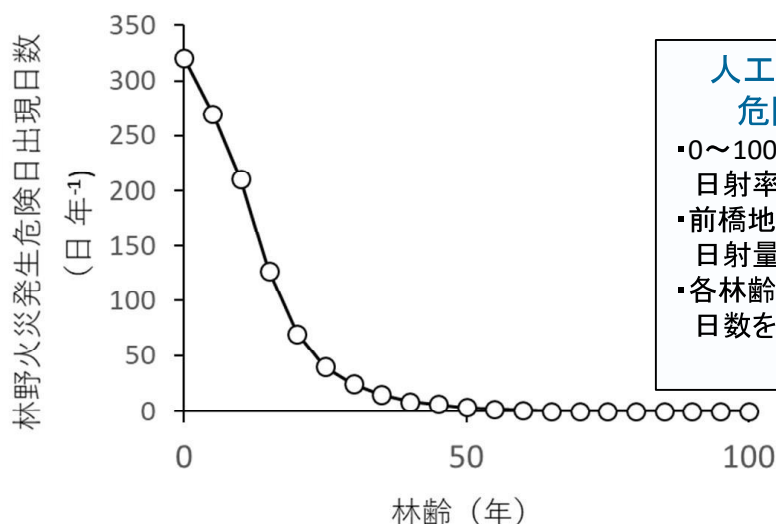
森林の生長とともに相対日射率が低下

青森～熊本の23林分における、のべ59データ

謝辞: 45データを森林整備センターのご助力により観測することができました。

胸高断面積合計の増加スピード

森林総合研究所(2001)に収録されている162データ



人工林の生長に伴う林野火災発生危険日の変化(前橋市の場合)

- ・0～100年生のスギ・ヒノキ林における相対日射率を推定
- ・前橋地方気象台における1991～2020年の日射量、降水量データを入力
- ・各林齢ごとに、30年間の林野火災発生危険日数を計算し、年平均に換算

玉井幸治 (研究ディレクター)



国立研究開発法人森林研究・整備機構

森林総合研究所

簡易枯死判定技術 ～測定方法と今後の課題～

概要

緑色だが灌水後に褐変する
個体を見つける指標を利用



- ・プロジェクトの成果から見えてきた：細胞の壊れ具合から判定
 - ・7万円くらいで機器が揃う
 - ・針葉が緑のときから、いずれ褐変することがわかる
 - ・専門家でなくても測定可能
 - ・数日で判定可能
- (解決すべき問題点)
- ・多くの地域での適応可能な枯死判定の閾値の特定
 - ・枯死要因は判定できない

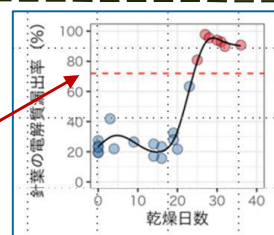
導入コストと測定行程

約7万円の初期コストで測定可能

(原理)

電解質漏出率（細胞の壊れ具合の指標）を用いて、
土壌乾燥による枯死閾値を簡易測定

回復不能な程度＝閾値



測定行程

現場

- (1) 干害が懸念される苗木を発見
- (2) シュート（葉のついた枝）を採取し、湿った脱脂綿などを入れたチャック付き袋に素早く入れる
- (3) チャック付き袋が熱くならないようクーラーボックスに入れて輸送する

測定装置・材料

電気伝導率の簡易測定機 (HORIBA: 導電率EC計)



ASKUL: 35,928 (円)

耐熱(120℃)バイアル瓶 (マイティーバイアル)



ASKUL: 5ml 100本 15,248 (円)

圧力釜(120℃20分) (調理用圧力釜)



例：アイリスオーヤマ: 17,300 (円/個)

超純水 (脱イオン水でも可)



和光純薬: 2,450 (円/L)

戻ってから

- (4) 水道水でシュートを洗浄し、最後に超純水（または脱イオン水）で洗浄

- (5) ピンセットで一定量の針葉（10枚など）を切り取り、一定量の超純水（10mlなど）を加えたバイアル瓶に入れる
- (6) ビンを攪拌したあと電気伝導率測定：基準値①し、一晩静置する
※針葉の枚数を一定にするとよい。一晩静置する際は空調を付けて一定温度にするとよい
- (7) 一晩静置後に電気伝導率測定：基準値②
※測定前はビンを攪拌する
- (8) 圧力釜でバイアル瓶ごと試料を煮る（120℃、20分）
- (9) 煮終わって室温まで冷えた試料の水の電気伝導率測定：測定値③
※測定前はビンを攪拌する
- (10) $(②-①) \div (③-①) \times 100 (\%)$ で電解質漏出率を計算
- (11) 漏出率 > 閾値：枯死

才木真太郎（植物生態研究領域）



国立研究開発法人森林研究・整備機構

森林総合研究所

デジタルデバイスで損害調査を効率化

損害調査では損害面積の測量が負担
簡易なデジタルデバイス(iPhone)で負担を軽く

方法: 干害発生地で3種の方法の作業時間・人工数を比較

- 1: 現行方法(TruPulse360R+PDA(TrimbleT41))
- 2: iPhone+アプリ(Mapry林業)
- 3: iPhone+GNSS(Trimble DA2+Geographica)



調査地: 群馬県前橋市

- 調査日: R5.10.6 干害
- スギ コンテナ苗 R4.1植栽
- 2500本/ha
- 面積: 0.27ha
- 森林総研、森林保険センター、群馬県森連、赤城南麓森林組合共同調査



結果

- 人工・時間削減に大きな効果。省力化への現場の評価が高かった
 - 人工5割減、時間6~7割減
- 精度は基準を満たしていた
- iPhone+アプリの損害面積測量での使用が保険センターによって認められた。現場での積極的な活用が望まれる

	人工 (人)	測定 時間 (分:秒)	面積 (ha)	閉合後 面積 (ha)	閉合比	備考
現行	2~3	13:35	-	0.27	1/809	熟練者
iPhone+アプリ	1	4:30	0.28	0.27	1/52	初体験者
iPhone+アプリ	1	4:55	0.28	0.27	1/154	熟練者
iPhone+GNSS	1	3:54	0.27	-	-	初心者

鈴木 寛 (森林災害・被害研究拠点)



国立研究開発法人森林研究・整備機構

森林総合研究所

森林保険の損害調査の迅速化 －ドローンの活用－

➤ ドローンの活用



保険契約地で被害が発生すると、保険金をお支払いするために現地での損害調査を行います。

集中豪雨等の大規模災害時は、損壊・流出した道路等の復旧に時間がかかることも多く、損害調査を行えるようになるまでかなりの期間待たねばならないことがあります。また、崩壊地付近に立ち入っての調査には大きな危険を伴います。

森林保険センターでは、機構内の研究部門（森林総合研究所）と連携し、平成29年7月の九州北部豪雨により甚大な被害を受けた福岡県朝倉市において、損害の集中している箇所をドローンで撮影することで得られた詳細で高精度な画像を分析して損害区域を確定しました。この結果、大規模災害時における早期の保険金支払を行うことができました。

その後、全国各地において、より迅速・安全に調査していち早く保険金をお支払いできるよう、ドローンを活用した損害調査を進めています。

ドローンを活用した 損害調査の具体的な流れ



ドローン飛行



自動航行による
連続写真撮影

Agisoft PhotoScan03
プロジェクト
20 November 2018



SfMソフトによる
オルソ化

ドローンで撮影した連続写真からオルソ画像を作成することで、損害区域の面積測定や標準地調査を机上で行うことができます。

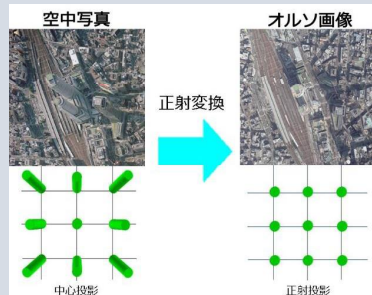
GIS等で 面積測定、標準地調査

白色の線：損害区域
水色の線：林小班界



《オルソ画像とは》

航空機や人工衛星、ドローンから撮影した空中写真は、その高低差によりひずみが生じます。これを、形状・位置を地図のように正しく補正することをオルソ化といいます。オルソ画像は、GIS等において画像上で位置や面積、距離を正確に計測することができ、地図データ等と重ね合わせて利用できる地理空間情報ののです。



画像出典：国土地理院サイト「オルソ画像について」
<https://www.gsi.go.jp/gazochosa/gazochosa40002.html>



国立研究開発法人 森林研究・整備機構

森林保険センター

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/fic/>

〒212-0013

神奈川県川崎市幸区堀川町

66番地2

興和川崎西口ビル

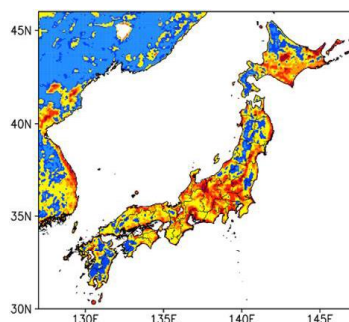
TEL.044-382-3500



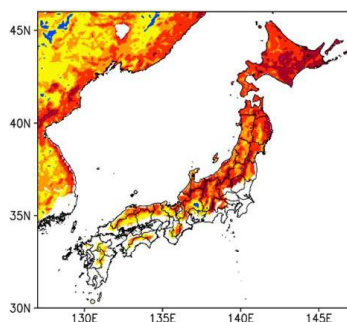
これまでに作成したリスクマップ

気象害リスクマップの最新版です

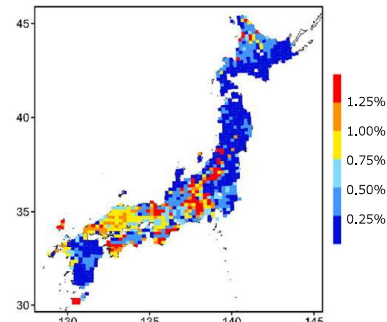
風害



雪害(冠雪害)



干害



再現期間50年の確率安全率*

抵抗性 やや低い林分
(形状比80 樹高17m DBH22cm 立木密度1700n/ha)

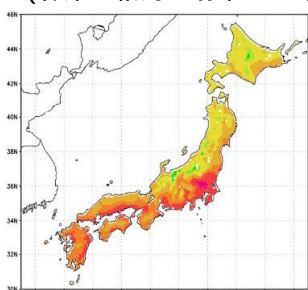
*安全率: 力学計算から求めた幹折れ、根返りの被害の危険性の指標
値が低いほど危険 理論上では、1以下で被害が発生
林分内の個体ごとの抵抗性のばらつきは考慮していないため、安全率1以上でも被害の可能性あり

1 齢級 (5 年生以下) の林分における
年間被害面積割合の推定値

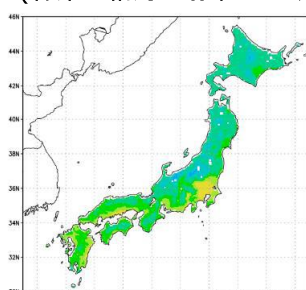
詳細はポスター3をご覧ください。

林野火災(年間火災発生危険日数)

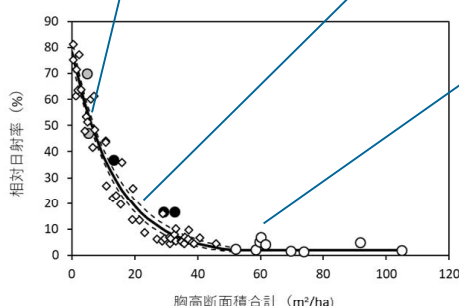
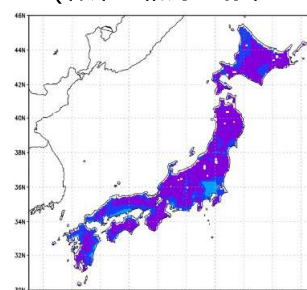
胸高断面積合計: 約4m²/ha
(林床の相対日射率60%)



胸高断面積合計: 約19m²/ha
(林床の相対日射率20%)



胸高断面積合計: 約34m²/ha
(林床の相対日射率7%)



林床の落葉が一定以上に乾燥すると(火種が存在すれば)火災が発生する危険性があると判定しています。落葉の乾燥度は、雨量と林床に届く日射量を用いて濡れ乾きの変化を1時間ごとに推定しています。
暗い閉鎖林では林床に届く日射の割合が小さい(相対日射率が小さい)ので乾燥しにくく、火災発生危険日は少なくなります。幼齢林など林床が明るい(相対日射率が大きい)場合は乾燥しやすく、火災発生危険日は多くなります。
相対日射率は胸高断面積合計と関係があるため(左図、ポスターP7参照)、収穫表などから胸高断面積合計が推定できれば、対応するリスクマップを得ることができます。

勝島隆史・吉藤奈津子(森林防災研究領域)

岩崎健太(森林災害・被害研究拠点)・玉井幸治(研究ディレクター)



国立研究開発法人森林研究・整備機構

森林総合研究所

森林総合研究所公式ウェブサイト・公式SNS



森林保険センター公式ウェブサイト・公式SNS



国立研究開発法人 森林研究・整備機構
Forest Research and Management Organization



森林保険センター
Forest Insurance Center



森林総合研究所
Forestry and Forest Products Research Institute

森林保険センター シンポジウム事務局
TEL: 044-382-3503
〒212-0013 神奈川県川崎市幸区堀川町66番地2 興和川崎西口ビル9階
URL: <https://www.ffpri.affrc.go.jp/fic/>