

01 どこまで乾燥に耐えられる？ 干害の仕組みを探る

植物生態研究領域

才木真太郎

原山尚徳

飛田博順



干害とは

樹木は、光合成で葉の「気孔（きこう）」という小さな穴から二酸化炭素を取り込むと同時に、「蒸散（じょうさん）」という現象によって水分を放出します。これによって、通常の気象条件では、土壌から根が水を吸い上げ、その水は「道管」や「仮道管」といった幹の中の水が通る組織を通して葉まで運ばれます。

しかし、雨が降らない日が続くと土壌が乾燥し、根からの吸水が難しくなります。さらに乾燥が進むと、植物体内の水分が失われて「脱水」が進行し、生理的機能に障害が生じます。最終的には、葉や枝が褐色に変色し、木全体が枯れてしまう「干害（かんがい）」が発生します（図1）。

近年、気候変動の影響により、異常に暑い雨が降らない日が増えています。こうした乾燥した日が続くと、全国に植えられているスギなどの樹木がダメージを受ける可能性があります。特に若い木は影響を受けやすく、水分不足により枯れてしまうことがあります。今後も気候変動が進むことで、干害の発生頻度や被害規模が増加することが懸念されています。

若い木ほど高い干害リスク

林野庁による民有林の干害実損面積のデータによると、植栽後の初期（1～5年生）に干害が多く発生しており、全体の約95%を占めています（吉藤ら 2019）。雨が降らない日が続くと、土壌の表層から乾くため、根の浅い若い木ほど、乾燥ストレ

スを受け易くなります。これが、若い林分で干害被害が多い主な理由です。

近年普及が進んでいる「コンテナ苗」は、根が土に包まれている「根鉢（ねばち）」を持っているため、従来の裸苗（根がむき出しの苗木）に比べて、乾燥に強いとされています。しかし、コンテナ苗でも干害被害を受ける植栽事例が報告されており、完全に安全という訳ではありません。

スギは、全国各地で広く植栽されている日本の主要な造林樹種です。「尾根はアカマツ、中腹はヒノキ、谷はスギ」と言われるように、林業の現場では古くから、スギは湿っ

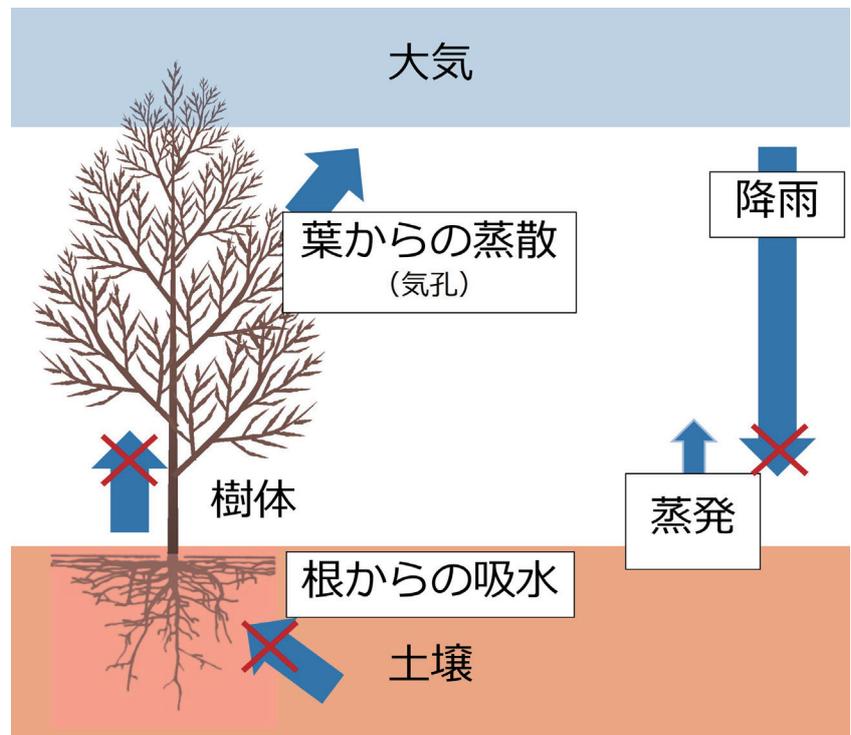


図1 土壌—樹木—大気間の水分移動の模式図
雨が降らず、土壌が乾燥して、根からの吸水ができず、樹体からの脱水が進み干害が発生します。

た谷筋に適した樹種として知られてきました。実際、スギはヒノキに比べて水分の消費が多く、針葉と枝を含む部分である「シュート」がしおれやすく、乾燥に対して敏感であることが報告されています (Osone et al. 2021)。現在のところ、全国的にスギの干害が増加しているという傾向は見られていません。しかし、気候変動の影響により、今後は高温・少雨といった乾燥傾向が強まることが予測されており、水の消費が多く、しおれやすい性質を持つスギの若い林分では、干害被害が増加する可能性があります。

干害の生理メカニズムは未解明

「雨が降らないと樹木が枯れる」という現象は、一見すると単純に思えます。しかし、実際に樹木が枯死に至るまでの生理的なメカニズムについては、世界的にもまだ十分に解明されておらず、現在も研究が進められている分野です。

雨が降らず土壌が乾燥すると、樹木は通常、葉の気孔を閉じて蒸散による水分の損失を抑えようとします。これは、樹体から水分を抜けにくくするための防御反応です。しかし、気孔を閉じても水分の損失を完全に防ぐことはできず、徐々に脱水が進行していきます。

脱水が進むにつれて、樹木内部のさまざまな機能に障害が生じますが、どの機能がどの程度失われると枯死に至るのかについては、諸説あり、明確な答えはまだ得られていません。

また、生理的な機能障害は目に見えにくく、一見健全そうに見える苗木でも、内部では深刻なダメージが進行している場合があります。一例を見てみましょう (図2)。

スギの苗木の水やりを数日間止める乾燥処理を行いました。その後、水やりを再開しましたが6週間後には個体全体が茶色く変色しました (図2右)。この結果から、乾燥

処理が終わった時点で回復不能な生理状態に陥っていたと判断することができます。一方、乾燥処理直後 (1週間後) はまだ個体全体が緑色をしていました (図2左)。つまり、回復不能になっていても外見には見分けることが難しいことがわかります。

そこで、本研究では、日本の主要造林樹種であるスギの苗木を対象に、二つの実験を通じて干害発生のメカニズムの解明に取り組みました。まず土壌乾燥に伴って枯死に至る生理メカニズムを明らかにし、外見で判断できない、「枯れの生理的閾値」を探ることを目的としました。さらに、その枯死リスクが高まる土壌の乾燥がどの程度か、「土壌乾燥の閾値」についても明らかにすることを目指しました。

室内実験で探る土壌乾燥で枯れる生理的閾値

スギの苗木を育てている土壌を人工的に乾燥させた後に再び水を与える実験を行い、どのくらい乾燥すると回復できずに枯れてしまうのかを調べました。苗木を鉢に植えて育て、一部には定期的に水を与え、別の苗木には数日~数週間にわたって水やりを止めました。その後、すべての苗木にまた水を与え、35日後に枯死の有無を観察しました。水やり再開の直前と35日後に、様々な生理機能を測定しました。

水を止めると、苗木のシュート (葉と枝を含む部分) の水分は徐々に減っていきました。初期段階では、気孔が閉じて水分の蒸発を抑えるという、他の樹種でも認められている水を節約する反応が見られました。しかし、乾燥期間が長くなると、ある段階を境に水を再び与えても回復せず、枯れてしまう苗木が現れました (図3)。

水やり再開直前の生理的な機能を、生存個体と枯死個体と比較してみると、脱水の程度を示す「シュートの水ポテンシャル」、針葉の細胞の損傷度を示す「針葉の電解質漏出率」、光合成機能の健全性を示す「光合成の最大光量子収率」などの項目が、枯死前後で大きく変化していました。このことから、これらの指標が、枯死の生理的閾値を示す有力な候補となることがわかりました。つまり、苗木がどの程度乾燥すると回復不能な状態に陥るのかを、外見ではなく内部の生理的变化から判断できる可能性があるということです。

さらに、枯死の生理的閾値をわずかに超えた苗木の幹内部を特殊な顕微鏡で観察したところ、本来水で満たされているはずの仮道管の中が空になっていたり、細胞の形が変わったりしている様子が確認されました (図4)。これらの結果は、幹内部の構造的な損傷が枯死の決定要因となる可能性を示す、新たな知見となりました。

この研究によって、スギの苗木が乾燥によって枯れてし

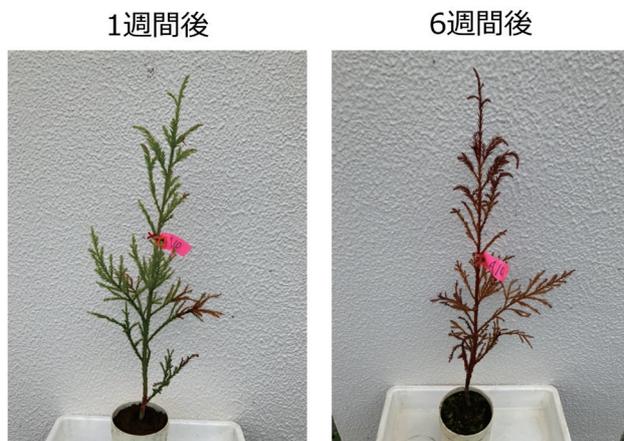


図2 乾燥処理後に毎日水やりを行ったスギ苗木
水やり再開から1週間後 (左) と6週間後 (右) の状態です。

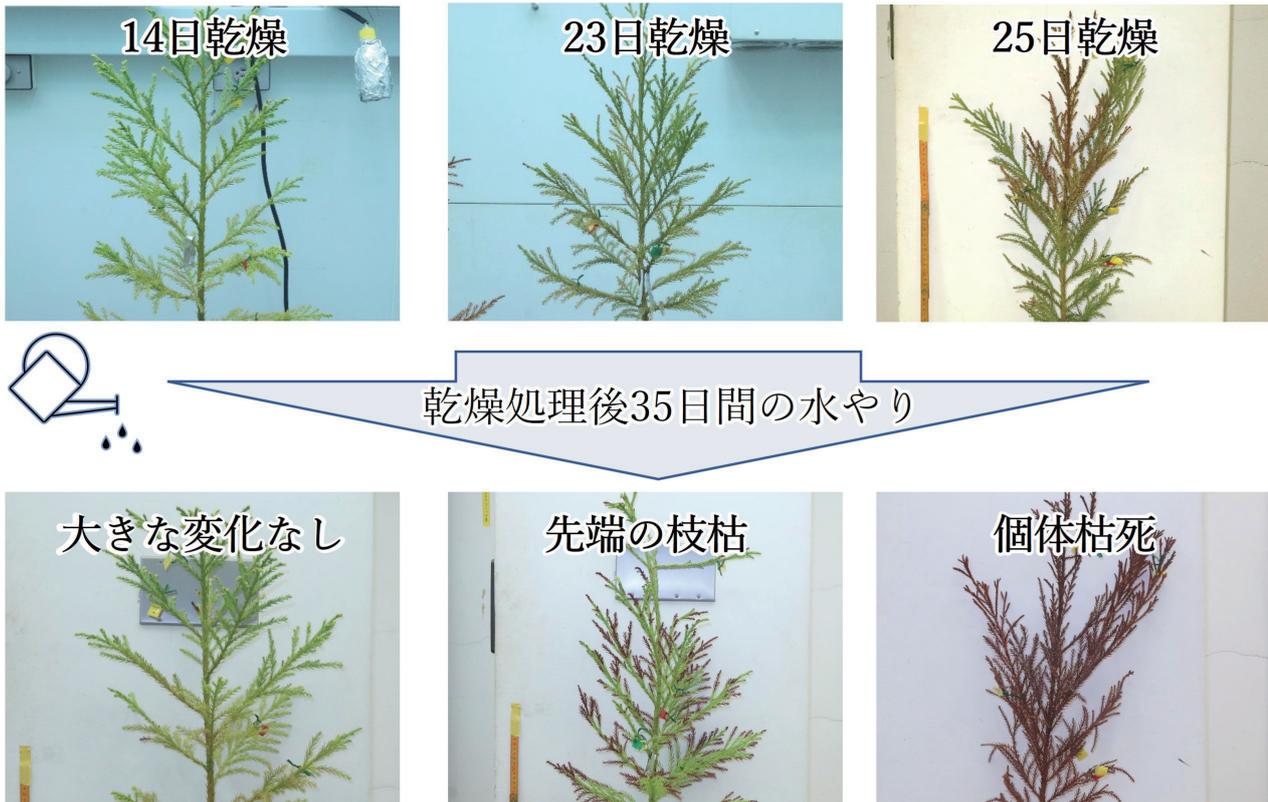


図3 乾燥処理後（上）と35日間の十分な水やり後（下）のスギ苗木の様子
下段右端は、個体全体が褐色に変色して枯死した個体です。

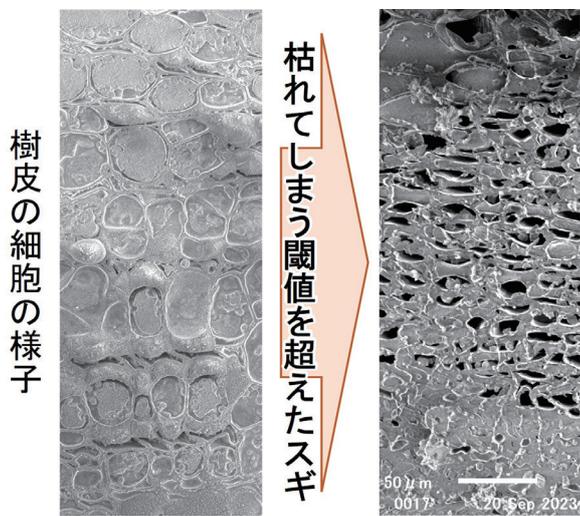


図4 枯れる生理的閾値を超えたスギ苗木の幹内部の細胞が変形している様子
健全な細胞（左）に比べ、乾燥が進み変形したり水が抜けたり（黒色の部分）しています（右）。

もう生理的な閾値が明らかになりました。水分が減少すると、内部では回復不能なダメージが進行していることがあるのです。

屋外実験で探る土壌乾燥の閾値

次に、屋外の苗畑で、コンテナ苗を用いた乾燥実験を行いました(図5)。土壌の乾燥程度は、「土壌の水ポテンシヤ



図5 屋外で降雨遮断実験を行ったビニールハウス（上）とハウス内に植栽したスギ苗木（下）

ル」という指標で示され、以下の3つの代表的な閾値があります(図6)。

- ・成長量が低下する「成長阻害水分点」(-0.1 MPa)
 - ・葉がしおれ始める「初期しおれ点」(-0.6 MPa)
 - ・根が吸水できなくなる「永久しおれ点」(-1.5 MPa)
- 水分の消費が多いスギ苗木は、この3段階の土壌乾燥閾値のどこまで乾くと枯死リスクが高まるのかを調べました。

▶ 土壌水の乾燥程度を示す指標

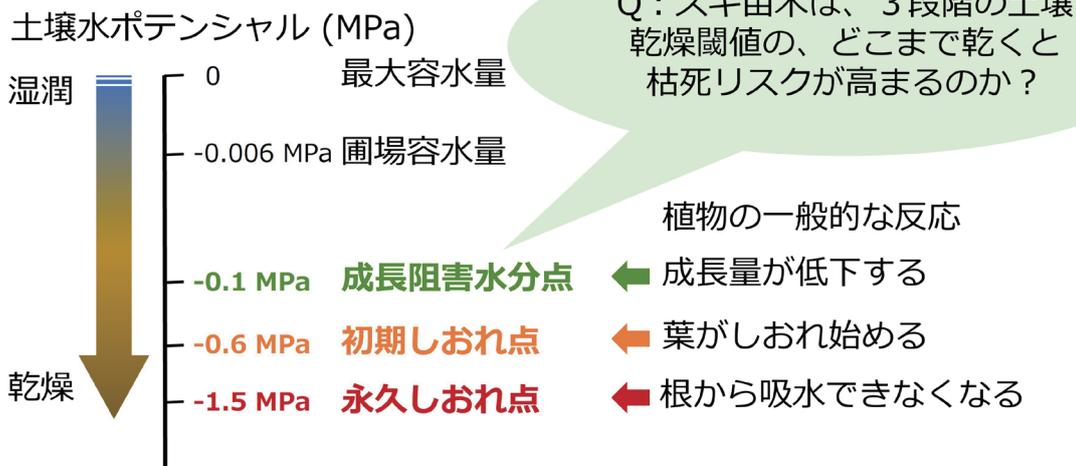


図6 土壌の乾燥程度を示す指標の土壌水ポテンシャルの3つの閾値

この実験では、植栽直後の土壌乾燥を想定した実験を行いました。予め乾燥度合いの異なる土壌を準備し、スギコンテナ苗を植栽しました。降雨遮断を5日から38日間続けて土壌乾燥処理を行い、スギ苗木の生理機能の測定を行いました。前述の室内実験と同じように、水やりを再開した後、枯死の有無を観察しました。その結果、土壌の永久しおれ点よりも乾燥した、強度の土壌乾燥では、スギ苗木のシュートの脱水が徐々に進行し、日数が経つと、室内実験で明らかにした生理的閾値を超えて枯れる個体が現れました(図7右)。一方、初期しおれ点から永久しおれ点の範囲の、軽度～中程度の土壌乾燥では、シュートの脱水が進まず、38日間の乾燥処理でも枯れる個体はありませんでした(図7左)。この実験結果から、水分の消費が多くしおれやすいスギ苗木でも、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であるということがわかりました。

根の状態と干害リスク

この屋外実験で、水やり再開時に根を観察しました。土壌が永久しおれ点以下まで乾燥していて、枯れた個体では、新しい根がほとんど出ていませんでした(図8)。一方、永久しおれ点まで乾燥していない土壌で生き残った個体では、新しい根が多く伸びていました。このことから、土壌が永久しおれ点以下まで乾燥すると、新しい根を伸ばすことができず、シュートの脱水が進むことが示唆されました。強い乾燥土壌への植栽は避けること、また、苗木が乾燥しにくい土壌深部へ速やかに根を伸ばせるかどうか、干害リスクを軽減する上で重要であるといえます。

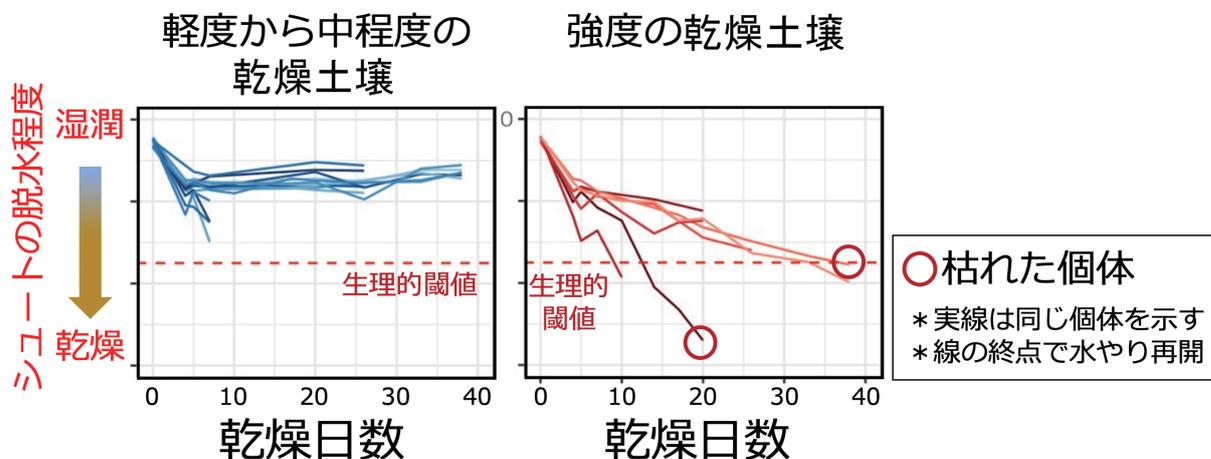


図7 土壌の乾燥に伴うスギ苗木のシュートの脱水程度の変化
初期しおれ点から永久しおれ点の範囲の軽度から中程度の乾燥土壌(左)と永久しおれ点以下の強度の乾燥土壌(右)の結果を示しました。

・ 枯れた個体：土壌が永久しおれ点以下に乾燥



新たな根がほとんど出ていない

・ 生き残った個体：土壌が永久しおれ点まで乾燥していない



枯れた個体と比べて新たな根がよく出ている

図8 降雨遮断実験における水やり再開時の根の状態と水やり再開から約40日後の苗木の外観
枯れた個体（上段）と生き残った個体（下段）を示しました。

条件を変えて実験し、研究を深めます

一つ目の室内実験では、土壌乾燥に伴ってスギ苗木が枯死に至る生理メカニズムを調べました。水分の消費の多いスギでも、気孔を閉じて蒸散による水分の損失を防ぎ、乾燥に対処していることがわかりました。見た目ではない、枯れの生理的指標としては、シュートの脱水程度、針葉の細胞の損傷度、光合成機能の健全性を示す指標が利用できるとわかりました。

二つ目の屋外実験では、どの程度まで土壌が乾いたら枯死リスクが高まるかを調べました。土壌が永久しおれ点以下まで乾燥するかが重要な要因になることがわかりました。これは、Chapter1-02において、干害のリスク

マップ作成の指標の一つとして活用されます。

今回の結果は、スギの一つの系統の挿し木苗を用いた、特定の季節（シュートが伸長して成熟した時期）における実験に基づいています。今後は、スギの系統間での耐乾性の違いや、季節による応答の変化を考慮し、干害リスク評価の精度を高める必要があります。

引用文献

Osone Y, Hashimoto S, Kenzo T (2021) PLOS One 16(11): e0254599.

吉藤奈津子・鈴木覚・玉井幸治（2019）森林総合研究所研究報告，18(3)，289-299.

02 全国の干害リスクを知る

森林災害・被害研究拠点

岩崎健太

森林防災研究領域

勝島隆史

植物生態研究領域

飛田博順

森林災害・被害研究拠点

鈴木 覚



プロセスに基づいて干害リスクマップを作る

本研究では干害の発生プロセスの解明に基づいた全国リスクマップ作成を目指してきました。これは、実際に起こっている現象を理解し、現象の因果関係（プロセス）を反映したリスクマップを作成したいという考えに基づきます。

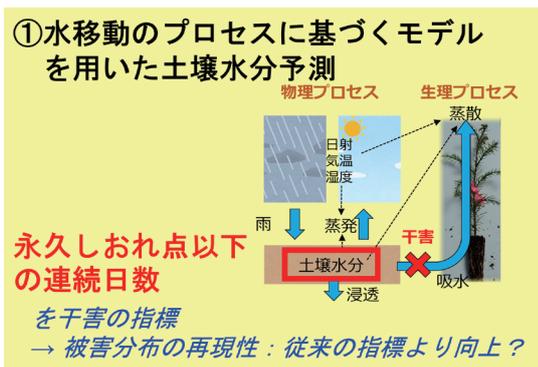
土壌水分が少ない状態が続くと干害が発生するのですが、プロセスに基づく、土壌水分量は雨・蒸発・蒸散・浸透の影響を受け、蒸発と蒸散は大気の状態にも影響を受けます。このような土壌水分量を決定づける項目同士の因果関係を数式にしてモデル化します（図1①）。プロセスを踏まえると気候変動のような過去データのない条件でも

予測ができます。また、干害が発生するかといった最終的な結果だけでなく、土壌水分や蒸散量など途中経過の値を出すことができ、モデルを検証・改良しやすくなります。さらに、途中経過を順にたどって問題点を特定し、被害防止策を見出すこともできます。ただ、デメリットもあります。一本の苗木で起こる生理プロセスはChapter 1-01の通り明らかになってきましたが、全国マップ作成に必要な様々な立地条件（地形・地質・土壌など）の影響はよくわかっておらず、プロセスとしてモデルに組み込めません。

干害と立地条件の関係は複雑です。先行研究で挙げられた干害が起こりやすい立地条件を表1に示します。干害

発生は本州や九州本島では急斜面で多かったものの、北海道や対馬では緩傾斜で多かったと報告されています。また、尾根の場合と谷の場合、風当たりの強い方位と日当りの良い方位、高標高と低標高など、

相反する様々な条件が報告されてきました。唯一、共通していたのは、土壌が薄く保水力が低い場合でした。これは、永久しおれ点以下の土壌水分が続くと枯死するというChapter1-01で解明された生理プロセスとも整合性があります。そのた



③全国干害リスクマップ

図1. 本研究のアプローチ

表1. 日本における干害発生と立地の関係の報告

地域	傾斜	斜面形状	斜面方位	標高	土壌	地質	文献
北海道宗谷地方	6~15°	尾根	主風向	山腹上中部	薄いA層 保水力が低い (礫質、岩屑土)	宮崎層群	青柳・東原(1977)
栃木県塩谷町	>30°	尾根					大島ら(2021)
長崎県対馬	低起伏丘陵	谷	主風向		薄い土層	宮崎層群	西村(1974)
長崎県全域			南~西	低標高			久林ら(1995)
宮崎県南部	急斜面	尾根	南~南西				西村・譚井(1999)

土壌が薄い・保水力が低い

赤枠は共通していますが、それ以外は研究による結果の違いが大きいです。

め、土層厚と土壤水分特性に着目して土壤水分のシミュレーションを行った上で、他に干害に影響する要因がないか実際の被害データを用いて調べることで、干害の全国リスクマップを作成することにしました(図1)。

全国の干害被害分布

実態と合ったリスクマップを作るために、まず必要なのは、被害分布のデータです。高木の樹冠が大規模に枯れ上がる海外では、リモートセンシングを用いて干害被害地を特定する研究が行われてきました。しかし、日本の干害は、大半が幼齢林で小規模に生じるため、リモートセンシングの活用は困難です(図2)。そこで、本研究では森林保険データを用いて、干害の被害分布を明らかにしました。2012～21年における森林保険の契約地と被害



図2. 干害被害地の様子
枯損木が下草に紛れて点在するので、上空からの撮影では見分けるのが困難です。

地の大まかな位置を、森林所在地から特定しました。日本の干害のほとんどは1齢級(1～5年生)で起こる(吉藤ら2019)ため、実損面積の合計を5年生以下の契約面積の合計で割って、被害率を算出しました。全国を20kmグリッドに区切って算出した被害率が図3(a)です。被害率は、道北、中央高地、紀伊山地、中国地方、高知西部で高くなっていました。図3(a)は全ての樹種のデータ

ですが、樹種ごとに分けても、全国規模での分布傾向は大きくは変わりませんでした(図3(b))。そのため、今回は樹種を分けずに被害分布とリスクマップを比較しました。なお、ヒノキでスギより被害率が全体的に高かったのは、吉藤ら(2019)による過去の傾向と同じでした。

降水量ではなく永久しおれ点を基準に干害リスクを評価する

従来 of 干害指標で被害分布を再現できるか検討します。森林で干害が起こる基準として、これまで国内で提案された指標には、無効降水(一定量以下の降水)の連続期間があります。小河(1996)では、半旬(5日間)の降水量が10mm以下の期間が6月から10月には6半旬(30日間)、10月から3月には8半旬(40日間)以上続いた場合に干害が起こるとされました。2012～21年において、この指標を超えた年の割合を求めました。すると、干害リスクが高い地域は道東、東北の太平洋側、関東、瀬戸内となり、実際の被害分布と全然合いませんでした(図4(a))。そこで、永久しおれ点に基づくリスク評価を試みました。FAO(国連食糧農業機関)のモデル(Allen et al., 1998)を用いて、降水量と蒸発・蒸散・浸透の差(図1①を参照)として表層の土壤水分を計算しました。蒸散の特性は針葉樹の幼木を想定しました。また、土壌の特性としてA層(表層の有機質土壌)の水分特性と土層厚を用いました(Yamashita et al. 2021, 2024)。これによってA層の土壤水分を計算し、連続して永久しおれ点以下になる最長日数を年ごとに算出しました。2012～21年の最長連続

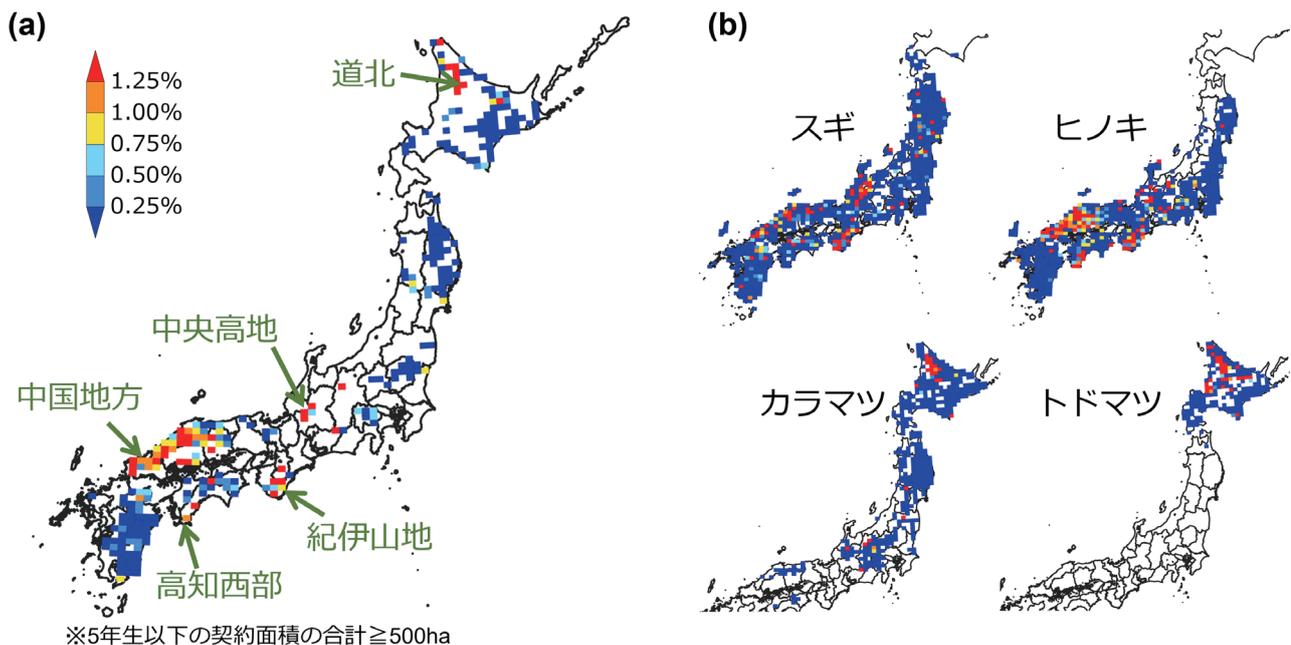


図3. (a) 全樹種および (b) 樹種ごとの干害被害率の全国分布
被害率は、道北、中央高地、紀伊山地、中国地方、高知西部で被害率が高くなっていました。契約面積が狭すぎるとデータのばらつきが大きいので、(a) では5年生以下の契約面積の合計が500ha以上のグリッドのみを示しています。

(a) 従来の指標（無効降水日数）

(b) 新たな指標（永久しおれ点日数）

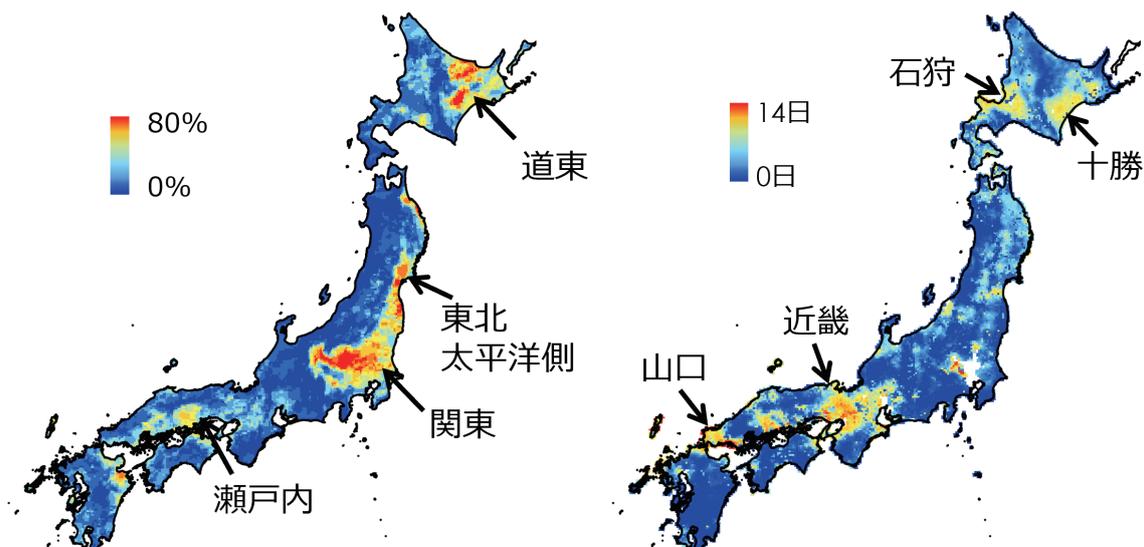


図4. (a) 従来の干害発生年の割合と (b) 永久しおれ点以下になる年最長連続日数の全国分布
永久しおれ点を基準としたリスク計算により、関東から東北にかけての過大評価と山口県の過小評価が改善しました。

日数を平均した結果が、図4(b)です。解析結果には土層厚が関係していました。土壌が薄い山口県や近畿では乾燥する期間が長く、土壌が厚い関東では乾燥期間が短いと推定されました。この解析の結果、従来の指標と比べ、関東から東北の過大評価および山口県の過小評価が改善しました。しかし、北海道・中部・近畿・四国は、まだ実際の被害分布と合っていないので、もう一工夫が必要です。

干害の発生要因を知ってさらに改善

さらなる改善のため、2017～21年度に都道府県（北海道は広いので振興局）ごとの被害報告数が、最も多かった山口県と北海道上川総合振興局を対象として、被害地と無被害地を小班単位でマッピングし、干害発生に影響する立地要因をさらに細かく検討しました。この解析の詳細は、Iwasaki et al. (2025) をご参照ください。

概要として、山口では急傾斜地で被害率が高い傾向があったに対し、上川では特にカラマツについて、台地（河岸段丘）で被害率が高くなっていました。北海道では、非

火山性土壌（火山灰が積もってできたものではない土壌）の台地や丘陵に、重粘土と呼ばれる粘性が強く、排水不良で、硬い土が分布していることが知られてきました。粘土



図5. 上川地域の干害発生林分の土壌重粘土とよばれる、きわめて硬い特殊土壌です。

含有量が多いと、植物が吸い上げられる水を保持できる適度な大きさの土の間の隙間が少ないため、乾燥が続いたときに干害を受けやすくなります。道北でも牧草地では、重粘土地での干害が報告されてきました(三木ら, 1986; 中辻, 2008)。実

際、現地調査を行うと、干害被害地の土は乾燥時には穴を掘って土壌の断面にスコップを突き刺そうとしても刺さらないくらい、ガチガチに硬くなっていました(図5)。以上のことから、北海道では、重粘土という特殊土壌が干害発生

の主要因になっていると考えられ、山口など他の地域と干害発生立地の特徴が大きく異なることがわかりました。

干害リスクマップを作る

以上の結果を踏まえて、全国を20kmグリッドに区切り、干害リスクマップを作成しました。北海道以外では、永久しおれ点以下になる連続日

(a) 重粘土の分布

(b) 干害被害率

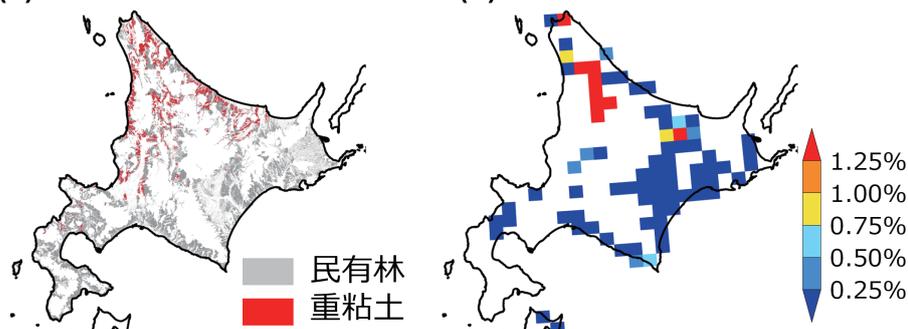


図6. 北海道における (a) 民有林および民有林内の重粘土の分布と (b) 干害被害率の分布
重粘土が多く分布する道北内陸の台地で、被害率が高くなっていました。

数（図4(b)）、山口で影響が認められた斜面傾斜、そしてスギとヒノキでは被害率が異なった（図3(b)）ため主要樹種、の三つの要因から、図3(a)の被害率を再現できる統計的なモデルを作りました。北海道では、現時点では重粘土以外の影響がわからなかったため、民有林に占める重粘土の割合のみを用いて、リスクを計算しました。北海道における重粘土分布は、台地段丘かつ非火山性土壌の場所として、地形分類図と土壌図から作成しましたが、干害被害率の分布ともよく対応していました（図6）。

このようにして作成したリスクマップを図7に示します。道北・中央高地・紀伊山地・中国地方・高知西部でリスクが高いという実際の被害分布と合ったリスクマップができました。

工夫を重ねて、リスクマップを改良していきます

これまで、日本の森林の干害リスクは、降水量のみから評価されてきました。それに対し、Chapter1-01の苗木試験から土壌水分が永久しおれ点以下になることが干害発生に重要であることが示されたため、永久しおれ点以下の連続日数を新たな干害発生指標として提案しました。さらに、森林保険データの解析から粘土質な土壌や斜面傾斜が影響することがわかったため、この影響も組み入れることで、被害実態に合ったリスクマップを作成できました。

北海道において重粘土が干害発生に影響するプロセス、本州における斜面微地形の影響などに関して、今後、調査・データ蓄積・解析を継続することにより、リスクマップの更なる改良を進めていきます。

引用文献

- Allen R G, Pereira L S, Raes D, et al (1998) Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements-FAO irrigation and drainage paper 56. FAO.
- 青柳正英・東原義晴 (1977) 北方林業 29(5), 128-132.
- Iwasaki K, Suzuki S, Tobita H. et al. (2025) Ecological Indicators 172, 113290. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.113290>
- 久林高市 (1995) 長崎県総合農林試研報 (林) 26, 1-20.
- 三木直倫・高尾欽弥・西宗昭 (1986) 北海道立農試集報 54, 21-30.
- 中辻敏朗 (2008) 北海道立農業試験場報告 119, 1-53.
- 西村五月 (1974) 長崎農林試研報 (林) 5, 1-23.
- 西村五月・讚井孝義 (1999) 森林立地 41(2), 93-102.
- 小河誠司 (1996) 森林防疫ニュース 45, 62-69.
- 大島潤一・加藤大河・飯塚和也 (2021) 日本緑化工学会誌 47(1), 27-32. <https://doi.org/10.7211/jjsrt.47.27>
- Yamashita N, Ohnuki Y, Iwahashi J, et al. (2024) Geoderma 446, 116896. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2024.116896>
- Yamashita N, Tsurita T, Toriyama J, et al. (2021) A spatial dataset of soil physical properties in Japanese forest [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4505671>
- 吉藤奈津子・鈴木覚・玉井幸治 (2019) 森林総合研究所研究報告 18(3), 289-299. https://doi.org/10.20756/ffpri.18.3_289

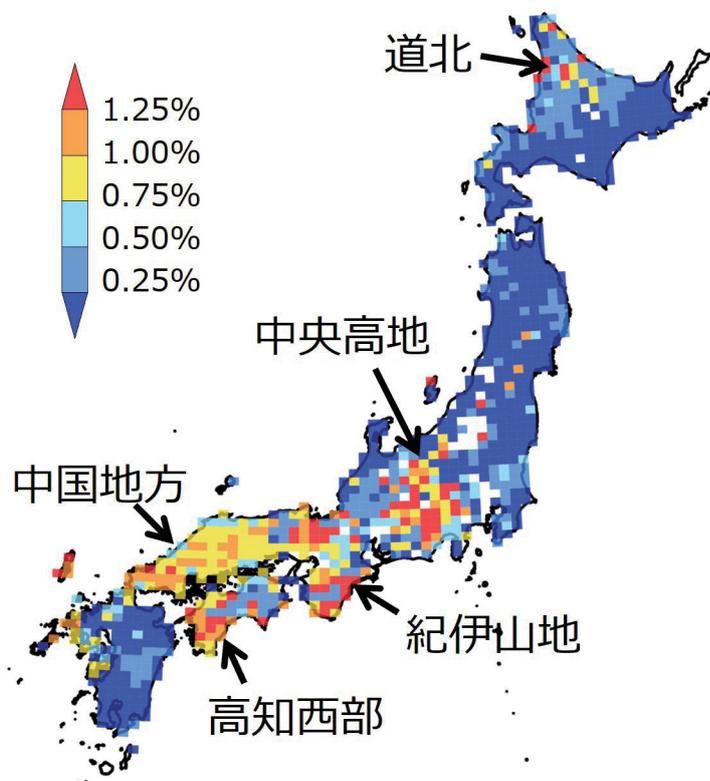


図7. 本研究で作成したリスクマップ
干害被害率と大きな齟齬のないリスクマップが作れました。

Focus on

木の“見えないダメージ”を測る簡易な方法

植物生態研究領域 才木真太郎

見た目ではわからないスギ苗の枯死

私たちの乾燥実験から (Chapter1-01 参照)、スギ苗木は見た目にはわからなくても内部のダメージによって枯死することが明らかになりました。こうした見えないダメージが、木の内部でどのくらい進んでいるのかを早く知ることができれば、木を守るための手立てを打つことができます。そこで今回紹介するのが、「電解質漏出率」という値を使った、木が枯れそうかどうかを判断する方法です。

見えないダメージを数値化

木の生きた細胞の中には、私たちと同様に、水や栄養がたくさん含まれています。元気な細胞ならその中の成分は外に出ませんが、細胞が傷んでくると、中の成分がしみ出します。このとき、水の中にどれだけ電気が通るか（電気伝導率）を測ることで、電解質漏出率＝細胞の壊れ具合がわかるのです。つまり、見た目ではわからないダメージも、数値でとらえることができます。

誰でもできる！簡単な道具と手順

幸いにも、この方法には、難しい機械や専門的な知識は必要ありません。必要な道具は、お店やインターネット通販で手に入るものばかりです。操作もシンプルで、高校の理科室や林業の現場など、いろいろな場所で活用できます。使用する主な道具は、電気の流れを測る「電気伝導率計」熱に強い小さなビン（バイアル瓶）、圧力鍋（調理用でもOK）、とてもきれいな水（超純水や脱イオン水）です（図1）。



図1 スギの葉の電解質漏出率測定
のイメージ
超純水の入ったバイアル瓶にサンプルを投入します。奥に置かれているのが電気伝導率計です。

測定の手順もシンプルです。現場で、枯れそうな苗木の枝（シュート）を切って採取し、すぐに湿らせた脱脂綿と一緒に袋へ入れ、冷やしながら持ち帰ります。その後、水道水と超純水で葉を洗い、針葉10枚ほどをバイアル瓶に入れます。最初に電気伝導率を測定し（1回目）、一晩おいて再

び測定し（2回目）、最後に圧力鍋で瓶ごと煮沸し、冷めたらもう一度測定します（3回目）。3つの数値をもとに電解質漏出率を計算し、決められた基準（閾値）を超えていれば「枯れる可能性が高い」と判断することができます（図2）。この方法のいいところは、葉が緑のうちから、枯れそうかどうかを見つけられること、数日で結果がわかるので、すばやく対応できること、だれでも扱える道具と手順で、特別な技術はいらないことです。

今後の課題と注意点

とても便利なこの方法ですが、まだいくつか検討事項があります。この測定では「どれくらい細胞が壊れているか」はわかりますが、「なぜ枯れたのか（乾燥？病気？）」までは判断できません。そのため、枯死の原因を知るには、他の調査と組み合わせることが大切です。また、木の種類や地域によって「枯れる閾値」が違う可能性があるため、それぞれに合った基準を調べる必要があります。

この簡易な枯死判定の方法は、木の内部で起きている見えない変化をとらえるための、大きな手がかりになります。森や木を守るために、「今、何が起きているのか」を早く正確に知ることはとても大切です。

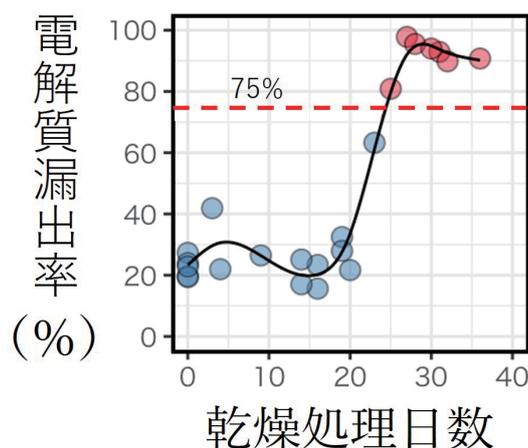


図2 乾燥処理日数と電解質漏出率の関係
赤い点が枯死個体を意味し、電解質漏出率が75%を超えた個体はすべて枯死しました。電解質漏出率75%を基準に枯死する個体が判別できます。