

岐阜県森林研究所

研 究 報 告

第 50 号

Bulletin of the Gifu Prefectural
Research Institute for Forests

Vol. 50

岐阜県森林研究所

Gifu Prefectural Research Institute for Forests

岐阜県美濃市

Mino, Gifu

2021 年 3 月

March 2021

—— 論 文 ——

- 1 農研機構メッシュ農業気象データを用いた岐阜県スギ人工林冠雪害危険度マップの作成／
久田善純，原田守啓，斎藤琢，丸谷靖幸

—— 短 報 ——

- 11 スギ心持ち正角材の高温乾燥で表面割れの発生しやすい条件の検討／
土肥基生

—— 技術資料 ——

- 17 国産トリュフを接種したコナラ苗木の植栽後 4 年目の菌根形成／
水谷和人
- 21 花崗岩地域における森林作業道の路面侵食／
臼田寿生，和多田友宏，末光弘明，池戸秀隆
- 25 森林作業道における盛土の作設方法と強度の関係／
和多田友宏，臼田寿生

—— 論文抄録 ——

- 27 花粉の少ない岐阜県産ヒノキ精英樹の培養シュートのセル培地における効率的な発根条件の
検討／
茂木靖和
- 28 下刈り省略が雑草木の動態とヒノキ植栽木の成長に与える影響／
渡邊仁志，茂木靖和
- 29 造林補助実績から見た獣害対策の傾向／
大洞智宏
- 30 岐阜県におけるヒノキ根株腐朽病害の被害実態／
片桐奈々，大橋章博
- 31 岐阜県におけるヒノキ根株腐朽の被害状況と発生特性／
片桐奈々，大橋章博
- 32 列状間伐がヒノキ人工林の植生回復と表土流亡の抑止に及ぼす長期的影響／
渡邊仁志，千村知博，堤隆博，三村晴彦

清流の国ぎふ憲章

～ 豊かな森と清き水 世界に誇れる 我が清流の国 ～

「清流の国ぎふ」に生きる私たちは、

知 清流がもたらした自然、歴史、伝統、文化、技を知り学びます

創 ふるさとの宝ものを磨き活かし、新たな創造と発信に努めます

伝 清流の恵みを新たな世代へと守り伝えます

平成26年1月31日 「清流の国ぎふ」づくり推進県民会議

論文

農研機構メッシュ農業気象データを用いた 岐阜県スギ人工林冠雪害危険度マップの作成¹

久田 善純・原田 守啓²・斎藤 琢²・丸谷 靖幸³

The potential risk map for snow accretion damage in *Cryptomeria japonica* forest
in Gifu Prefecture based on The Agro-Meteorological Grid Square Data, NARO¹

Yoshizumi Hisada, Morihiro Harada², Taku M. Saitoh², Yasuyuki Maruya³

岐阜県内の冠雪害危険地域を気象条件から明らかにすることを目的として、農研機構メッシュ農業気象データを用いて冠雪害危険度マップの検討を行った。2000/01 年冬期から 2019/20 年冬期までの 20 冬期の気温と降水量を入力値とし、同期間中の冠雪害発生危険日を 1 日毎かつ国土数値情報の 3 次メッシュ毎に判定した。その際、判定条件の一つである基準以上の日降水量の有無について、年最深積雪深値に応じた閾値の設定を 3 種類に分けて実行した。各メッシュの冠雪害発生危険日判定数を分類して図化し、危険度が高いと判定したメッシュが、被害歴のあるメッシュに該当した率を「カバー率」、被害歴が無いメッシュに該当した率を「空振り率」として各結果を評価した。3 種の設定のうち、年最深積雪深値 30cm の場合の日降水量の閾値を 20mm、年最深積雪深値 135cm の場合の日降水量の閾値を 50mm、その間を日降水量 / 年最深積雪深値 : 20/70 の勾配で閾値が漸増する設定を用いて判定した結果が、最もカバー率が高くなり、これを冠雪害危険度マップとした。同マップでは、県中部域等において危険性が高いことが示された。

キーワード：冠雪害、スギ人工林、農研機構メッシュ農業気象データ、国土数値情報、年最深積雪深

I はじめに

森林の気象害の一種として冠雪害がある。冠雪害とは、樹木の枝条に付着した雪「冠雪」の荷重によって樹幹の折損、根返り等が生じる被害である（豪雪地帯林業技術開発協議会 1984）。岐阜県内の人工林においては、1980/81 年冬期の五六豪雪や 2002 年 1 月の豪雪に伴う罹災をはじめ過去に度々発生し（岐阜県林政部林政課、1968～2020）、林業経営上の多大な損失や、倒木による道路、電線の寸断等の被害をもたらしてきた。

冠雪害が発生する危険性が高い地域を気象条件から明らかにする取り組みとして、佐伯・杉山（1965）は、スギ、マツ類を基準として冠雪害が発生する最低限度の日積雪増加深の閾値を、平年の最深積雪深の地帯区分別に設定し、冠雪が発達する危険気象の条件と組み合わせること

により、北海道を除く日本列島の冠雪害危険度分布図を作成した。また、森澤（2004）は、国土数値情報の 3 次メッシュ上で、気温と降水量のメッシュ値を基に、平均最深積雪深に応じて冠雪害危険降雪の判定を行うことにより、中部地方における冠雪害危険地域の図化を行った。

岐阜県内の冠雪害危険度分布を詳細に図化するため、横井・古川（2007）は、佐伯・杉山（1965）と森澤（2004）の手法を参考にして、岐阜県版スギ人工林冠雪害危険度図を作成した。同図は、県内外 48 箇所の気象庁観測所の AMeDAS データから独自で気象メッシュ値を作成のうえ、気温条件を入力値とする降雨／降雪の判別関数と、佐伯・杉山（1965）が提示した最深積雪深区分を一部改変した閾値を基に、冠雪害発生危険日の判定計算モデルを構築し、1991/92 年冬期から 2005/06 年冬期までの 15

¹ 本研究の一部は、岐阜大学流域圏科学研究センターの平成 29 年度「共同研究・研究集会」事業（2017-G-011）の支援により実施した。

² 本研究の一部は、岐阜県の森林環境譲与税事業により実施した。

³ 本研究の一部は、第 4 回流域圏保全研究推進セミナー（2020 年 3 月）（会場開催なし）の要旨集に掲載した。

² 国立大学法人東海国立大学機構岐阜大学流域圏科学研究センター

³ 前：国立大学法人東海国立大学機構岐阜大学流域圏科学研究センター，現：国立大学法人九州大学大学院工学研究院環境社会部門

冬期間における危険日該当日数を3次メッシュ毎に集計して図化したものである。同図は、岐阜県の地域森林計画書への掲載をはじめとして、県内人工林の適切な密度管理が重要な箇所の指標として、施業計画や普及業務等の様々な機会に活用されてきた。

しかし、その後、2014年12月に飛騨地域を中心として発生した冠雪害が、同図における危険表示以外の箇所でも多く確認されたため、県北部域の危険度評価の見直しが必要となった。また、「メッシュ平年値2010」（気象庁観測部2012）において新たに年最深積雪深値が示されたこと、さらに、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構が、空間解像度の高い気象メッシュである農研機構メッシュ農業気象データ（The Agro-Meteorological Grid Square Data, NARO）（以下、「メッシュ農業気象データ」という。）の運用を2012年から開始したこと（大野ら2016；大野・佐々木2020）から、これらの最新の公開データを活用することで、冠雪害危険度評価の精度向上が期待できた。

そこで、岐阜県内の危険度評価の精度向上を目的として、久田ら（2018）は、メッシュ平年値2010の年最深積雪深値、メッシュ農業気象データ、及び横井・古川（2007）の冠雪害発生危険日判定計算モデルを用いて、1991/92年冬期から2016/17年冬期までの26冬期分について冠雪害発生危険度の評価を行い、その地域的分布を図化した。その結果、危険日判定日数が多い箇所と実際の被害発生箇所との適合度合は改善されたが、図中で、近接する箇所同士で危険日判定日数が極端に異なり、詳細な地域分布が分かりにくい箇所が確認された。特に、年最深積雪深値のメッシュ分布上の100cmの境界付近で判定結果が変わる傾向があり、メッシュ平年値2010データの地域的分布の特性が影響していると考えられた。

地域的な危険箇所を正確に把握するためには、この影響を軽減し、詳細な地域分布がより分かりやすくなるよう改善する必要がある。このため、本研究では、気象メッシュ値に係る公開データを活用して最近の2019/20年冬期までの気象値を反映するとともに、判定計算モデルを一部改良することにより、県内の冠雪害危険度を改めて評価し、「岐阜県冠雪害危険度マップ（更新版）」の作成に取り組んだ。

Ⅱ 方法

1. データの収集

(1) 気象メッシュ値

入力する気象値を、農研機構メッシュ農業気象データシステム（小南ら2019）（<https://amu.rd.naro.go.jp/>）からダウンロードした。対象区域は岐阜県全域とした。県全体を網羅する緯度、経度の範囲として18,468メッシュ分をダウンロード後、うち、国土数値情報行政区域データの岐阜県分に相当する10,600メッシュを入力値に用いた。

対象期間は2000/01年冬期から2019/20年冬期までの20冬期分とした。1冬期は12月1日から翌年3月31

日までとした。収集データは、日平均気温、日最高気温、日最低気温、日降水量である。

(2) 年最深積雪深値

年最深積雪深値は、久田ら（2018）の手法に従い、メッシュ平年値2010を基に作成された国土数値情報「平年値メッシュデータ」（国土交通省2012）の年最深積雪深値を基本とし、これを、横井・古川（2007）が用いた「気候値メッシュデータ」（国土交通省1987）の最深積雪気候値（寒候期）の値で一部を補正することとした。

国土数値情報ダウンロードサービス（<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gmload/index.html>）から、気候値メッシュデータと平年値メッシュデータをダウンロードした。対象範囲は前項1(1)に示した10,600メッシュと同一である。

横井・古川（2007）が用いた冠雪害発生危険日判定手法では、判定条件を満たす日降水量の閾値について、年最深積雪深値が小さいほど閾値を低く、年最深積雪深値が大きいくほど閾値を高く設定している。これは、林木の雪に対する抵抗性は、同一樹種でもその生育環境によって異なるという考え方（佐伯・杉山1965）に基づき、平年の積雪量が少ない地域ほど少ない降雪量で冠雪害が発生する危険性を高く判定するようにしたためである。

久田ら（2018）は、危険地域をより広く捉えられるように、気候値メッシュデータと平年値メッシュデータの年最深積雪深値をメッシュ毎に比較して、それぞれ低い方の値を採用して再整理したものを、補正後のメッシュデータとして冠雪害危険日の判定計算に用いており、本研究においても同様とした。

気候値メッシュデータ、平年値メッシュデータ、補正後メッシュデータの年最深積雪深値の地域分布を比較したものをそれぞれ図-1の(i)(ii)(iii)に示す。

2. 危険度評価の方法

(1) 冠雪害発生危険日の判定計算

冠雪害発生危険日の判定計算は、横井・古川（2007）の判定計算モデル（表-1）（以下、「従来モデル」という。）を一部改良して実施した。表-1の「冠雪害発生危険日の3条件」のうち、条件②：雨／雪の判別、及び、条件③：日最低気温 -3°C 以上の日の抽出、についてはこのまま採用し、条件①における、平年の最深積雪深階毎の日降水量の閾値の取扱いについて、下記のとおり改良を検討した。

横井・古川（2007）は、佐伯・杉山（1965）が示した「最深積雪深区分別に冠雪害が発生する最低限度の日積雪増加深」の基準（表-2）について、積雪増加深を積雪密度 100 kg/m^3 （新積雪の密度 $60\sim 140\text{ kg/m}^3$ の中央値）で水量に換算して日降水量の閾値を定め、また、最深積雪深区分の境界値を20cmと100cmとしていたものを、岐阜県の冠雪害発生傾向を考慮し境界値を30cmと100cmに見直すことにより、従来モデル（表-1）を作成した。

久田ら（2018）の取り組みでは、従来モデルを利用

しているが、平年値メッシュデータ（メッシュ平年値 2010）の反映によって、年最深積雪深値が 100cm の境界付近（図 -1(iii)）等で判定結果が極端に変わる傾向が生じた。これは、気候値メッシュデータが小規模な地形因子に対応して作成されている（図 -1(i)）のに対し、平年値メッシュデータはメッシュ気候値 2000 の作成方法（気象庁観測部 2002）に準じて、11 ～ 41km の大規

模な地形因子に対応して作成されており（図 -1(ii)），この地域的分布の特性が影響して年最深積雪深値の境界部分に沿って判定結果が変わり，詳細な地域分布が分かりにくい状態になったと考えられる。

この点を改善するため，年最深積雪深値毎の日降水量の閾値について，横井・古川（2007）が採用した「冠雪害が発生する最低限度の日降水量は 20mm 以上」，「日降

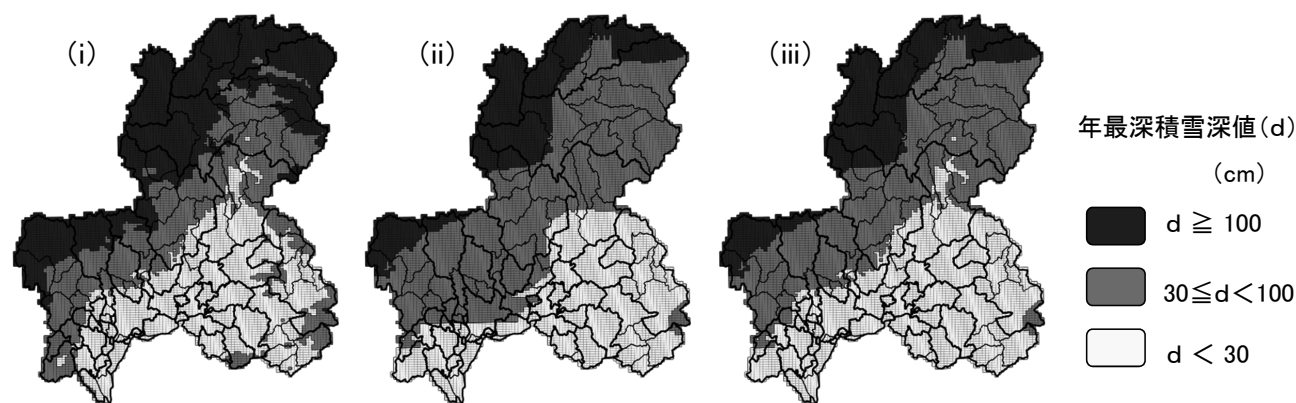


図 -1. 年最深積雪深値の分布の比較

- (i) : 気候値メッシュデータ（1987）の「最深積雪気候値（寒候期）」
(ii) : 平年値メッシュデータ（2012）の「年最深積雪深値」
(iii) : (i), (ii) の値をメッシュ毎に比較し低い方の値を採用したもの（補正後値）
※冠雪害危険日の判定（横井・古川 2007）において，判定条件を満たす日降水量の閾値は，年最深積雪深値（d）が小さいほど低く，（d）が大きいほど高く設定されている。

表 -1. 冠雪害発生危険日の判定に係る日降水量の閾値，及び危険日判定の 3 条件（横井・古川 2007）

3 次メッシュ上の最深積雪深（d）（cm）	$d < 30$	$30 \leq d < 100$	$d \geq 100$
日降水量の閾値（mm/日）	≥ 20	≥ 30	≥ 50

冠雪害発生危険日の 3 条件：次の①②③の 3 条件を全て満たす日を「冠雪害発生危険日」と判定する

①平年の最深積雪深階毎に定めた閾値以上の日降水量（上記）があること

②その降水日が雪であること

雨／雪の判別は，下記の判別関数において， $Z < 0$ の場合，雪とする

$$Z = (0.412 \cdot T_{ave}) + (0.114 \cdot T_{max}) - (0.719 \cdot T_{min}) - 1.325$$

③その日の日最低気温が -3°C 以上であること（ $T_{min} \geq -3$ ）

（※但し，Z：判別得点， T_{ave} ：日平均気温（ $^{\circ}\text{C}$ ）， T_{max} ：日最高気温（ $^{\circ}\text{C}$ ）， T_{min} ：日最低気温（ $^{\circ}\text{C}$ ））

表 -2. 冠雪害が発生する最低限度の日積雪増加深，及び冠雪危険気象条件（佐伯・杉山 1965）

平均最深積雪（cm）による地帯区分	≤ 20	21 ～ 100	> 100
冠雪害危険積雪増加深（cm/日）	> 20	> 30	> 50

冠雪危険気象の条件に該当する日：次の (1) (2) の条件に両方該当する日とする

(1) 1 日の積雪増加深が 20cm 以上に及ぶ降雪

（但し、上記の地帯区分毎に定めた日積雪増加深がある日）

(2) 降雪中の気温が最高気温が 3°C 以下、最低気温が -3°C 以上

水量 50mm 以上の日は危険日」という設定を踏襲したうえで、日降水量 20mm から 50mm の間の閾値の取扱いを変えた 3 種の設定を行った (図-2 (a) (b) (c))。

図-2 の (a) は「従来モデル」の閾値であり、年最深積雪深値 30cm, 100cm において降水量の閾値の境界線が階段状に変わるものである。(b) の「改良モデル①」は、従来モデルにおいて閾値が階段状に変わっていたものを、年最深積雪深 30cm, 日降水量の閾値 20mm の交点 (以下, 【積雪深 30, 日降水量 20】と示す。) から【積雪深 100, 日降水量 50】との間で、日降水量 / 年最深積雪深: 30/70 の勾配で漸増するようにしたものである。(c) の「改良モデル②」は、改良モデル①では従来モデルと比較して年最深積雪深 60cm 付近から 100cm の間で危険度が過小評価になる可能性があるため、【積雪深 30, 日降水量 20】と【積雪深 135, 日降水量 50】との間を、日降水量 / 年最深積雪深: 20/70 の勾配で漸増するようにしたものである。これら 3 種の設定においてそれぞれ冠雪害発生危険日の判定計算を行った。

(2) 冠雪害危険度の図化

冠雪害の危険度の地域的分布を表すため、各メッシュにおける 20 冬期中の「冠雪害発生危険日」判定数を合計し、合計値を基に危険度を区分して図化した。危険度区分は、「危険度 0」: 危険日判定数が 0 日 / 20 冬期, 「危険度 1」: 危険日判定数が 1 ~ 5 日 / 20 冬期, 「危険度 2」: 危険日判定数が 6 ~ 15 日 / 20 冬期, 「危険度 3」: 危険日判定数が 16 日以上 / 20 冬期とし、前項 2(1) における (a) (b) (c) 3 種の閾値設定による判定結果をそれぞれ図化した。

(3) 評価方法

作成した危険度の分布図を評価するため、20 冬期中の危険日判定数 6 以上 (危険度 2 以上) の箇所と、民有林内における森林被害報告 (岐阜県林政部森林整備課 1998 ~ 2015) にて雪害として報告された箇所との整合性を検証した。

1998 年以降において、岐阜県内で冠雪害の被害が特に多かった冬期である 1998/99 年冬期, 2000/01 年冬期, 2001/02 年冬期, 2005/06 年冬期, 2014/15 年冬期において、被害報告があった林小班を含むメッシュを抽出して図化し「冠雪害被害歴メッシュ」(図-3) とした。

前項 2(1) における (a) (b) (c) 3 種の閾値設定による判定結果について、20 冬期中の危険日判定のメッシュ数を x 軸、メッシュ毎の冠雪害被害歴 (図-3) の有無を y 軸にとり、x 軸上の該当メッシュ数: 6 と、y 軸上の被害歴有無の境界を交点とする 4 象限図 (図-4) を作成した。4 象限図は、県全体 (10,600 メッシュ)、中南部域 (6,758 メッシュ)、北部域 (3,842 メッシュ) に分けて作成した。中南部と北部の境界は、3 次メッシュコード 53377308 (高山市高根町の南端付近のメッシュ) の下端 (北緯 35.9167°) である。

各 4 象限において、被害歴があるメッシュのうち、冠雪害発生危険日数 6 以上のメッシュ数の割合 (危険度 2 以上の判定結果が被害歴のあるメッシュをカバーした

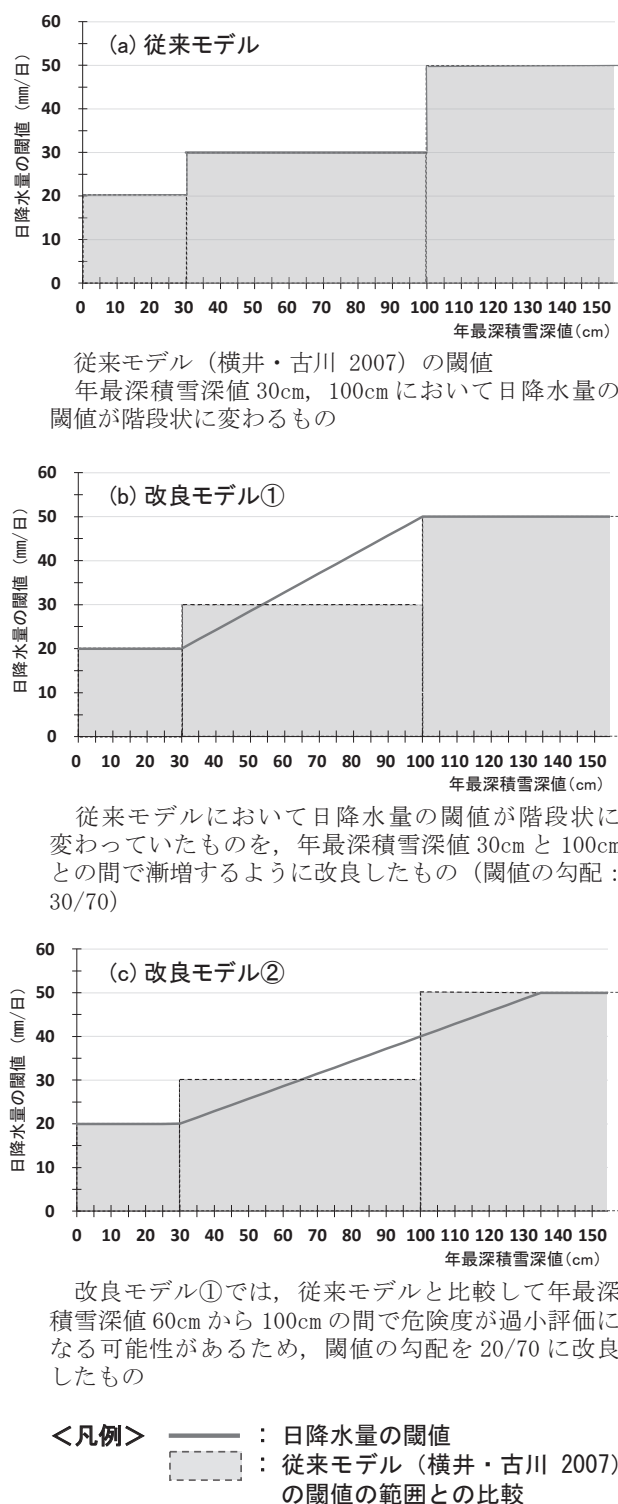
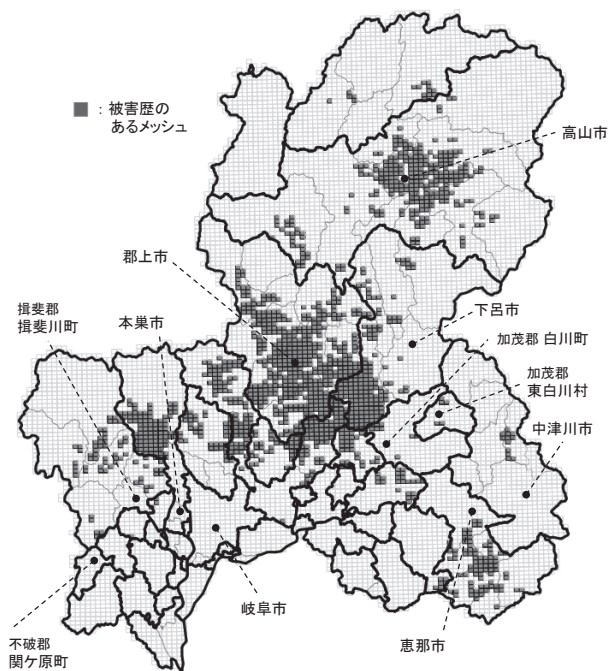


図-2. 年最深積雪深値毎の日降水量の閾値の設定

率。以下「カバー率」という。第 1 象限 / (第 1 象限 + 第 2 象限) (%), 及び、被害歴が無いメッシュのうち、冠雪害発生危険日数 6 以上で判定したメッシュ数の割合 (被害歴が無いメッシュを危険度 2 以上と判定した率。以下「空振り率」という。第 4 象限 / (第 3 象限 + 第 4 象限) (%)) を算出して比較することにより、判定結果の精度を検証した。



※被害報告のあった林小班の箇所（範囲）と、3次メッシュ（約1km四方）が重なった箇所を抽出し着色したのも。被害記録の有／無しを判別するものであり、同メッシュ内の被害程度（被害率等）や発生頻度を示すものではない。

※図中の太線は2020年時点の市町村界、細線は2000年時点（平成の市町村合併以前）の旧市町村界を示す。

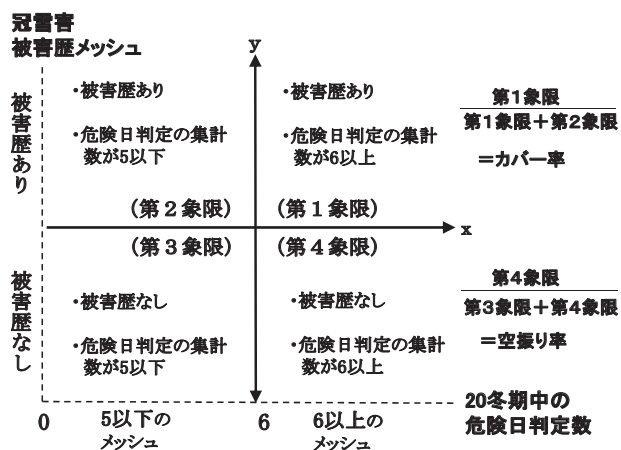


図-4. 4象限図の内容、及びカバー率、空振り率の評価方法

Ⅲ 結果及び考察

1. 冠雪害危険度マップの評価

II 2(1)における(a)(b)(c)3種の閾値設定による冠雪害危険度判定結果を図化したものを図-5、図-6、図-7に示す。また、例示として、県北西部の一部地域を

拡大したものを図-8に示す。従来モデル(図-5)には、年最深積雪深値 $d \geq 100\text{cm}$ の境界付近(図-1(iii))に沿って冠雪害危険日判定日数が異なる箇所があるが、改良モデル①(図-6)、改良モデル②(図-7)には、そのような箇所は見られなかった。県北西部の例示(図-8)では、従来モデル(図-8(a))において本巢市根尾地域から郡上市明宝地域にかけて顕著に現れる差異が、改良モデル(図-8(b)(c))では解消されていることが分かる。

Ⅱ 2(1) における (a) (b) (c) 3 種の閾値設定による冠雪害危険度判定結果に基づく 4 象限図並びにカバー率、空振り率を図-9 に示す。改良案① (図-9(b)) は、従来モデル (図-9(a)) と比較して、空振り率が県北部で 17.8%、県中南部で 1.7%、県全体で 7.9% 減少した (以下、「北部-17.8、中南部-1.7、県全体-7.9」と示す。) が、カバー率も減少した (北部-5.4、中南部-0.1、県全体-1.2)。改良案② (図-9(c)) は、従来モデルと比較して、空振り率が増加した (北部+0.1、中南部+3.1、県全体+2.0) が、カバー率は増加した (北部+22.6、中南部+3.1、県全体+7.4)。

改良案②は、北部域、中南部域、県全体の全ての地域分けにおいて、3種の閾値設定のうち最もカバー率が高い。従来モデルと比較して空振り率が増加するものの、3種の比較の中では最も冠雪害被害実態と整合していると考えられる。特に、北部域のみで比較した場合、改良案②は従来モデルに対してカバー率が22.6%の上昇、空振り率が0.1%の上昇であり、北部の判定精度が向上し、かつ、過剰な判定になっていないといえる。

以上のことから、本研究の比較検討においては、冠雪害危険度マップの更新案として、改良案②による危険度判定結果(図-7)が適切であると考えられた。

2. 冠雪害発生危険度の地域的分布の検証

図-7により、県内の冠雪害危険度について、郡上市、下呂市、本巣市、揖斐郡揖斐川町等の県中部域に高い危険性があることが示された。この傾向は、横井・古川（2007）の結果と一致する。また、高山市等の県北部域については、横井・古川（2007）の結果よりも危険度の高いメッシュが多くなり、危険度2において過去に被害歴のあるメッシュの87.4%をカバーした（図-9(c)）。

下呂市東部、中津川市、恵那市、加茂郡白川町、同郡東白川村等の県東部地域では、危険度が高く判定された部分が多い(図-7)が、被害報告のある箇所が少ない(図-3)。これらの地域は森林資源構成(岐阜県林政部林政課 2020)上、スギよりもヒノキの造林地の割合が高い。ヒノキはスギと比較して冠雪害を受ける事例が少ない(豪雪地帯林業技術開発協議会 1984)ことから、ヒノキ人工林が多いこれらの地域においては、危険度判定が高い割に被害事例が少なかったと考えられる。また、奥地の被害発生箇所でも森林被害報告時に把握されなかった被害分がある可能性があること、図-3 上で国有林野分の被害が反映されていないことも考慮する必要がある。

不破郡関ヶ原町等の県西部の一部地域では、危険度判

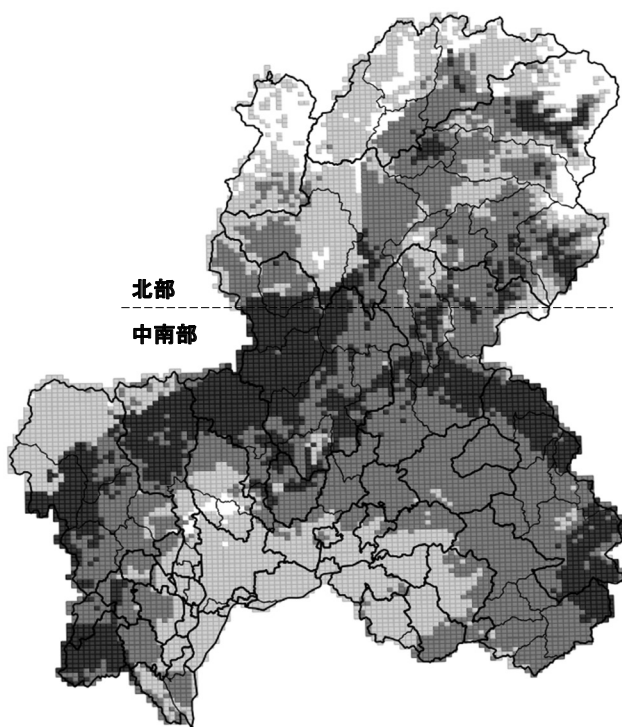


図-5. 従来モデルによる冠雪害危険度判定結果

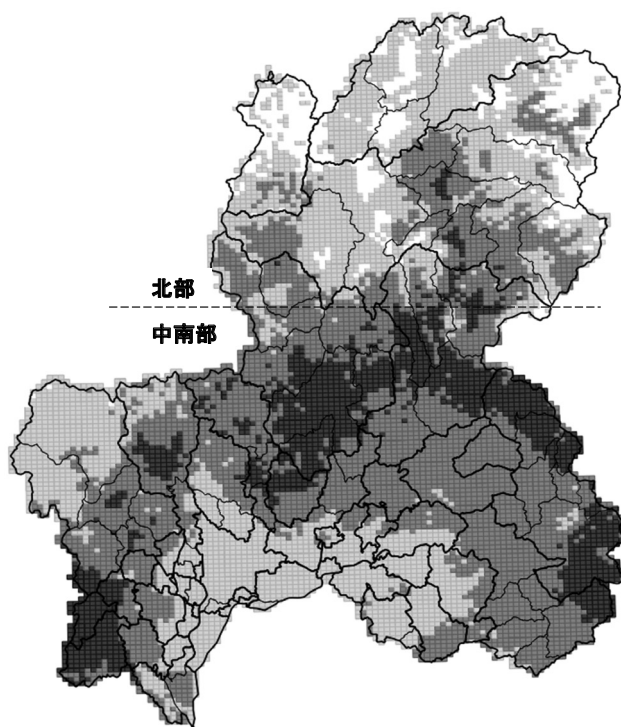


図-6. 改良モデル①による冠雪害危険度判定結果

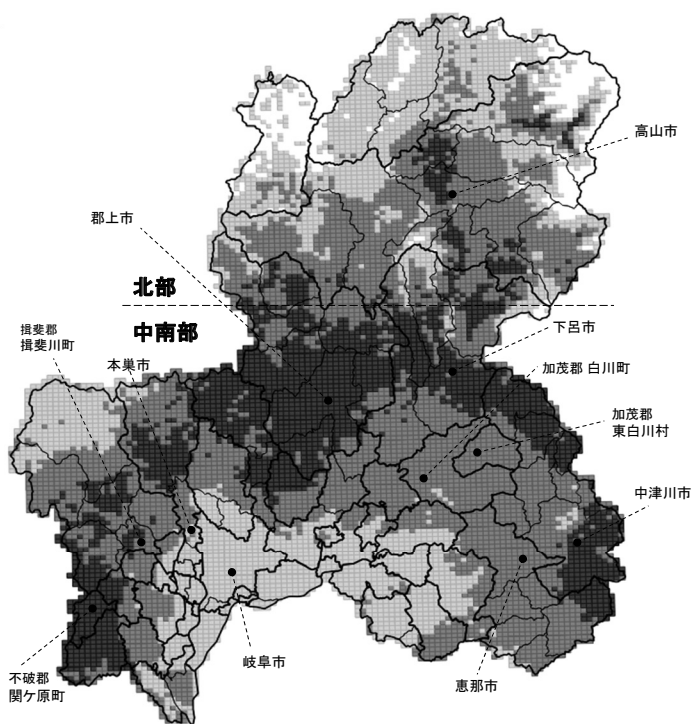


図-7. 改良モデル②による冠雪害危険度判定結果

<凡例>

20冬期間中の 危険日判定数	危険度
： 0日	： 0
： 1～5日	： 1
： 6～15日	： 2
： 16日以上	： 3

〔 図-5. 図-6. 図-7. 共通 〕

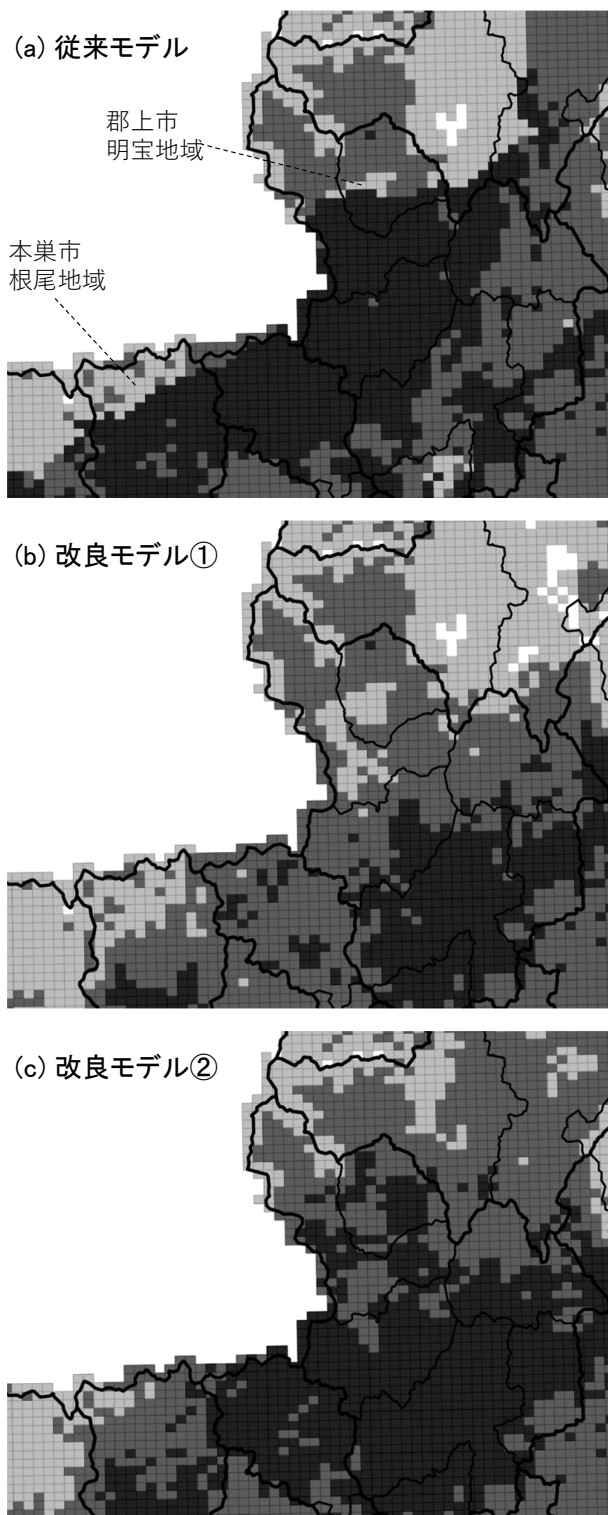


図-8. 従来モデル，改良モデル①，改良モデル②による冠雪害危険度判定結果の一部拡大

〔 凡例は，図-5. 図-6. 図-7. と同じ 〕

定が高い(図-7)割に図-3上で被害歴がない箇所がある。関ヶ原町は滋賀県との境界付近の降雪量が多く、スギの造林地もある（森林資源構成上人工林面積率 62.2%，う

ちスギ人工林面積 52.7%）ことを考慮すると，危険度判定と被害歴が一致しない原因が被害実態の把握不足によるのか，危険度の過剰判定であるのか不明であった。

今後，リスク評価の精度を高めるためには，より正確な被害実態の把握が必要である。現在，衛星画像解析等のリモートセンシング技術を用いて気象害を抽出する取り組み（高橋ら 2019）等が進められており，これらの技術の利用や国有林野等他機関との連携によって，被害実態を広域的かつ正確に把握していく必要がある。

3. 冠雪害危険度評価手法の課題

本研究における冠雪害危険度の評価は，スギにおける冠雪の発達に関する実験結果（林業試験場防災部雪害研究室 1952）等を基に，冠雪害が発生しやすい気象条件の日を判定する取り組み（佐伯・杉山 1965；森澤 2004；横井・古川 2007）の手法に準じて行ったものであり，気温と降水量を用いて日単位で評価している。

近年，勝島ら（2017）により，風速を含めた気象データから冠雪重量を推定するモデルが開発されている。勝島らは，樹木の着雪現象を，「冠雪（弱風型着雪，乾雪型着雪）」と「強風型着雪，湿雪型着雪」の2つの着雪型に分けて考え，樹木力学モデルを踏まえた冠雪害リスク評価に取り組んでおり（勝島ら 2018, 2019; 勝島 2019, 2020），今後は，より精度の高い冠雪害の危険度評価手法の開発が進むと思われる。

また，今後の気候変動に伴って降雪状況が変化する可能性も考えられる。Kawase et.al (2016) は将来気象における降雪量の変動に関して，IPCC 第5次評価報告書のRCP8.5シナリオでの21世紀末相当の気候状態（世界の平均地表気温4℃上昇）においては，日本の内陸部で10年に一度発生する規模の豪雪が現在よりも高頻度で現れ，その降雪量も増加する可能性があることを示している。今後は，気候変動予測に用いられる各種の気候モデルプロダクトを活用して冠雪害危険日の地域別出現頻度への影響を検証していく必要があると考えられる。

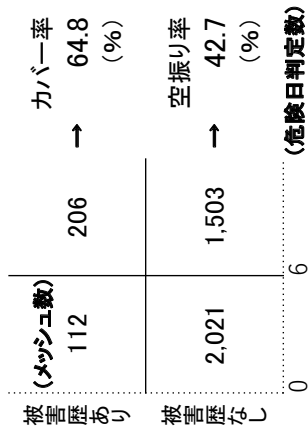
4. 冠雪害危険度マップの利用

冠雪害は，形状比が高い個体で被害が多い傾向があることについて，四手井（1954）ほか既往の研究で報告されており，冠雪害危険度マップ（図-7）上で危険度の評価が高いメッシュ内においては，被害低減のために適期の間伐による適切な密度管理が重要となる。石川ら（1987）は，過密状態の林分に手遅れの間伐を施すと間伐直後は冠雪害の危険性が高まること，優性木間伐の実施は残存した形状比の高い個体が罹災する危険性があることから，適期に適切な間伐を行うことが被害低減に効果があることを指摘している。

冠雪害危険度マップ（図-7）は，スギ人工林を基準に作成したものであり，前項2において，ヒノキ人工林が多い地域では危険度判定が高い割に被害事例が少なかった（図-3）。ただし，県内では，間伐後約3年経過後の約40年生ヒノキ林分において形状比の高い個体が冠雪害を受け

(a) 従来モデルによる
危険度判定結果

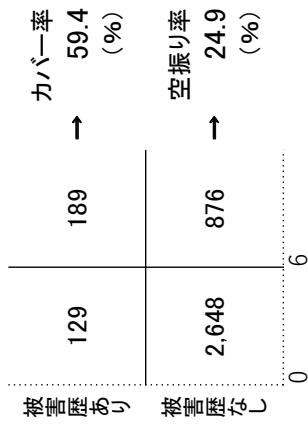
(被害歴メッシュ)



(県北部)



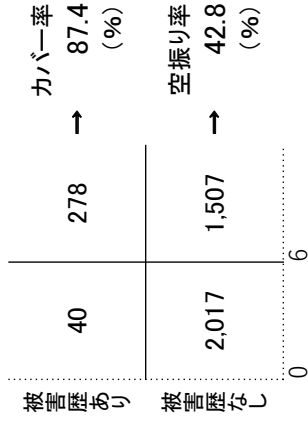
(b) 改良案①による
危険度判定結果



(県中南部)



(c) 改良案②による
危険度判定結果



(県全体)

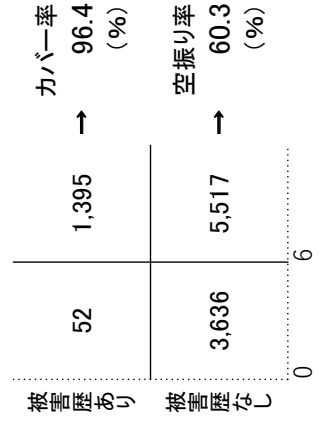
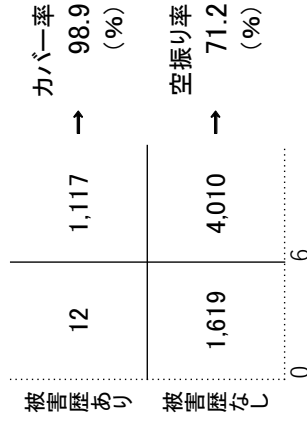


図-9. 従来モデル、改良モデル①、改良モデル②による冠雪害危険度判定結果
(20 冬期中の危険日判定数 6 以上に基づく 4 象限図、並びにカバール率、空振り率)

た報告（大洞ら 2007）等，ヒノキ林における被災事例があるため，スギ人工林に限らずヒノキ人工林においても，危険度マップ上の危険地域内では適切な密度管理が重要である。

以上のように危険度の高い地域での施業管理に留意することは勿論，危険度の評価が低い（危険日の出現日数の少ない）メッシュのエリアにおいても，突然の豪雪による罹災に備え，適期の間伐により過密林化を避けることに留意すべきであり，各現地の施業計画の策定や施業実施の優先度を判断する際に，当マップが指標として活用されることが期待される。

謝 辞

本研究の実施にあたり，助言をいただきました国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所十日町試験地の勝島隆文氏，同森林総合研究所企画部の森澤猛氏，岐阜県立森林文化アカデミー教授の横井秀一氏，同アカデミー森林技術開発・支援センターの古川邦明氏，県内調査に協力をいただいた職員の方々に深く感謝申し上げます（役職，敬称略，順不同）。

引 用 文 献

- 岐阜県林政部林政課（1968～2020）昭和41年度～平成30年度版岐阜県森林・林業統計書，岐阜県
- 岐阜県林政部森林整備課（1998～2015）平成10年次～平成27年次森林被害報告，岐阜県
- 岐阜県林政部林政課（2020）森林資源構成表（森林簿），岐阜県
- 豪雪地帯林業技術開発協議会編（1984）雪に強い森林の育て方．170pp，日本林業調査会，東京
- Hiroaki Kawase, Akihiko Murata, Ryo Mizuta, Hidetaka Sasaki, Masaya Nosaka, Masayoshi Ishii, Izuru Takayabu (2016) Enhancement of heavy daily snowfall in central Japan due to global warming as projected by large ensemble of regional climate simulations. Climatic Change 139 : 265-278
- 久田善純・岡本卓也・横井秀一（2018）岐阜県スギ人工林冠雪害危険度マップの再検討．第129回日本森林学会大会学術講演集：287
- 石川政幸・新田隆三・勝田 桓・藤森隆郎（1987）冠雪害一発生のしくみと回避法一．101pp，林業科学技術振興所，東京
- 勝島隆史・嘉戸昭夫・相浦英春・南光一樹・鈴木 覚・竹内由香里・村上茂樹（2017）気象条件に対する冠雪重量変化の解析とモデル開発．第128回日本森林学会大会学術講演集：218
- 勝島隆史・嘉戸昭夫・相浦英春・南光一樹・鈴木 覚・竹内由香里・村上茂樹（2018）気象データから冠雪害の発生リスクを評価する．第129回日本森林学会大

会学術講演集：84

- 勝島隆史・南光一樹・安田幸生・高橋正義・鈴木 覚（2019）冠雪害リスク評価モデルに組み込み可能な樹木力学モデルの開発．第130回日本森林学会大会学術講演集：222
- 勝島隆史（2019）冠雪害の物理過程と対策．山林1626：58-65
- 勝島隆史（2020）冠雪害における着雪現象と樹木力学．森林科学88：12-15
- 気象庁観測部（2002）メッシュ気候値2000解説．36pp，気象庁観測部
- 気象庁観測部（2012）「メッシュ平年値2010」を作成しました．4pp，気象庁2012年9月4日報道発表資料
- 国土交通省（1987）気候値メッシュデータ．国土数値情報ダウンロード（オンライン），
https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gmlold/datalist/gmlold_KsjTmplt-G02.html
（2017年11月1日アクセス）
- 国土交通省（2012）平年値メッシュデータ．国土数値情報ダウンロード（オンライン），
<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-G02.html>
（2017年11月1日アクセス）
- 小南靖弘・佐々木華織・大野宏之（2019）メッシュ農業気象データ利用マニュアルVer.4．67pp．農研機構，茨城
<https://amu.rd.naro.go.jp/>
（2020年4月3日アクセス）
- 森澤猛（2004）AMeDASデータを用いた冠雪害危険地域判定（I）—1980年代のデータを用いて—．中部森林研究52：69-72
- 大洞智弘・横井秀一・井川原弘一（2007）間伐後のヒノキ林に発生した冠雪害．岐阜県森林研報36：1-5
- 大野宏之・佐々木華織・大原源二・中園 江（2016）実況値と数値予報，平年値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成．生物と気象16：71-79．
- 大野宏之・佐々木華織（2020）実況値と数値予報，平年値を組み合わせたメッシュ気象データ提供システムの開発と普及．生物と気象20：35-37
- 林業試験場防災部雪害研究室（1952）冠雪の研究（第1報）．林業試験場研究報告54：115-164
- 佐伯正夫・杉山利治（1965）林木の冠雪害危険地域．林業試験場研究報告172：117-137
- 四手井綱英（1954）雪圧による林木の雪害．林業試験場報告73：1-89
- 高橋正義（2019）Sentinel 2画像を用いた2018年台風21号による風害林分の被害把握．第130回日本森林学会大会学術講演集：204
- 横井秀一・古川邦明（2007）国土数値情報とAMeDASデータから作成した岐阜県版スギ人工林冠雪害危険度図．森林計画誌41(1)：111-116

短 報

スギ心持ち正角材の高温乾燥で表面割れの発生しやすい 条件の検討¹

土肥 基生

Examination of the condition that Surface crack is easy to occur in high temperature drying
of sugi(*Cryptomeria japonica*) square timber¹

Motoo Dohi

心持ち正角材を製材する際には、正角材の目標寸法に対し、乾燥による収縮と変形を考慮して予め歩増しを行う。また、使用する原木のサイズは末口側の木口に「丸み」が発生しない程度の最低限の直径（適寸）が必要となる。正角材の適寸原木から製材したスギ正角材と適寸を下回る原木から製材した正角材を高温乾燥したところ、後者で表面割れが多く発生した。製材適寸を下回る原木では木口面で心材の面積割合が小さい傾向にあるため、心材率と表面割れ発生を調査したところ、両者には不の相関が認められ、心材率 0.785 付近を境界として、これより小さい場合に表面割れが大きくなることを確認した。乾燥工程毎の含水率傾斜を測定した結果、心材率 0.785 を下回る場合、製材表面には含水率の高い辺材が分布しており、高温セット処理工程でより多くの水分が蒸発することで潜熱が失われ表層の材温の上昇が妨げられたと考えられ、このことが表層に有効なドラインセットを形成できなかった要因であると推察された。適寸を下回る原木を挽いた製材では、高温セット処理（乾球 120℃、湿球 90℃）時間を変化させた場合でも表面割れの程度は大きく、また表層からの乾燥速度を抑制させる目的で各種溶液等の表面塗布を行った場合でも、標準条件（高温セット処理 24 時間）で表面割れの程度は大きい結果となった。

キーワード：スギ、高温乾燥、心持ち材、心材率、表面割れ

I はじめに

本県の素材生産量のうち最も生産割合の大きい樹種はスギであり、全体の 52% を占めている。（岐阜県 2019）。これらは主として製材用途に供され、構造物をはじめとする製材品として出荷されている。近年、「住宅の品質確保の促進等に関する法律」や「長期優良住宅の普及の促進に関する法律」の施行により、適切な乾燥処理を行った寸法安定性の高い乾燥材製品が消費者から求められており（岐阜県 2012）、県では、令和 3 年度までに、製材品出荷量に占める人工乾燥材の割合を 55% へ引き上げる目標を設定（岐阜県 2017）している。

スギ製材の人工乾燥の方法としては、蒸気式木材乾燥機による高温乾燥が主流である。この理由として、蒸煮により木材を軟化させた状態で一気に高温低湿処理（乾球温度 120℃、湿球温度 90℃）を行い、材表面に大きな引張セットを形成することにより、表面割れが少なく、短時間で乾燥できる方法（吉田ら 2000）が開発されたことが挙げられる。この方法では内部割れの発生が懸念されるが、高温低湿処理時間を 18 ～ 24 時間程度とし、

その後の乾燥工程を 90℃程度の中温乾燥とすることで、内部割れの発生も低減できることが明らかにされている（吉田ら 2004）。

県内の製材工場でも、この方法に準じた乾燥条件を設定することで不良品率の少ない乾燥材生産が行われている。しかし、製材する原木の条件によっては表面割れの発生による不良品率が増加するという事例が生産現場で散見される。具体的には、適寸を下回る径級の原木を挽いた場合（粗挽き製材の角に丸みが付く場合）や、長尺材の末口側で表面割れの発生が多くなるケースが挙げられる。心持ちスギ正角材を扱った既往の研究（吉田ら 2004、小田ら 2004、豆田ら 2001）では、一般的な木取りによる試験材が使用されていると考えられ、適寸を外れた原木による製材に関するデータは少ない。

そこで本研究では、スギ心持ち正角材を対象として、標準的な高温乾燥条件が適用し難い原木の条件を明らかにするとともに、このような製材に適用できる高温乾燥条件を探ることを目的として、各種乾燥条件を与えた時の表面割れの発生状況を主に評価した。

¹ 本研究の一部は、第 66 日本木材学会大会で発表した。

II 材料と方法

1. 製材条件の異なる原木を用いた高温乾燥試験

岐阜県産スギ原木（材長 3m，末口径級 20 ～ 22 cm）15 本と，同末口径級 16 ～ 18 cm 18 本を調達し，各グループの生材重量が偏らないよう 10 本ずつを選別した。これらを髄が製材のほぼ中心となるよう 118 mm 正角に製材し試験材とした。図 -1 に示すように末口側の木口から 1m の箇所まで生材時の全乾重量測定用試験片（ $t=10\text{mm}$ ）および含水率傾斜用試験片（ $t=20\text{mm}$ ）を採取し，末口側の 1m 材を高温セット処理段階までの試験体，元口側の 2m 材を人工乾燥終了時までの試験体とした。なお末口側 1m 材は両木口を，元口側 2m 材は末口側の片木口をシリコンシーラントでコーキングした。

人工乾燥スケジュールは，初期蒸煮（ 98°C ）8 時間，高温セット処理（乾球 120°C ，湿球 90°C ）24 時間，中温乾燥（乾球 90°C ，湿球 60°C ）120 時間とした。高温セット処理後に 1m 材のみを人工乾燥機から取り出し，4 つの材面に発生した表面割れ（幅 0.5mm 以上の割れの長さ）及び重量を測定した。その後，木口から 50 cm の箇所まで全乾重量測定用試験片および含水率傾斜用試験片を採取した。2m 材は引き続き人工乾燥を継続し，乾燥終了後に表面割れ及び重量を測定した後，同様に末口側木口から 50 cm の箇所まで全乾重量測定用試験片および含水率傾斜用試験片を採取した。

含水率傾斜の測定は，各時点とも試験体の割れのない表面を選び，中心から 40 mm 幅の部分について表層から中心に向かって 5，10，15，20，25，35，45，59 mm の位置で割材し試験片を得た後，全乾法で含水率傾斜を求めた（図 -2）。

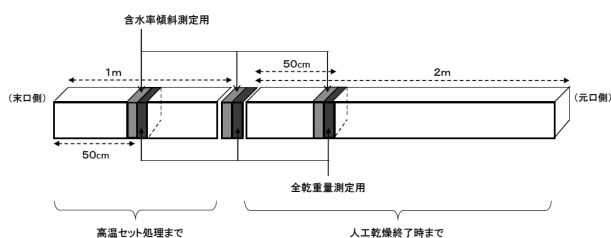


図-1 試験材の採材

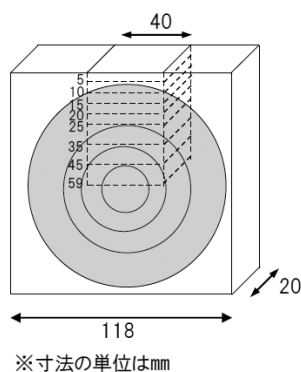


図-2 含水率傾斜試験片

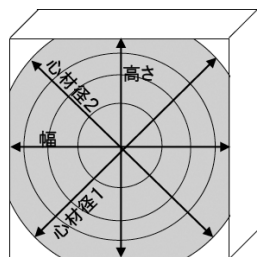


図-3 心材率測定

2. 心材率の異なる製材による高温乾燥試験

岐阜県産スギ原木（材長 3m，末口径級 18 ～ 20 cm）12 本を調達し，髄が製材のほぼ中心となるよう 132 mm 正角に製材した。これを 75cm ずつに 4 分割し採材位置が偏らないよう原木 1 本から分割材 1 本を抽出し計 12 本を試験材とした。両側の木口面をシリコンシーラントでコーキングした後，人工乾燥に供した。乾燥スケジュールは，初期蒸煮（ 98°C ）8 時間，高温セット処理（乾球 120°C ，湿球 90°C ）24 時間，中温乾燥（乾球 $100 \sim 90^{\circ}\text{C}$ ，湿球 $70 \sim 60^{\circ}\text{C}$ ）184 時間とした。乾燥終了後に，4 材面に発生した表面割れ（目視確認できる全ての割れの長さ）及び重量を測定した後，材長方向の中央部から試験片（ $t=1\text{cm}$ ）を採取し，心材率および全乾法による含水率測定に供した。心材率は，乾燥後の幅・高さ，両対角線上の心材径を測定（図 -3）し，幅・高さの平均値，心材径の平均値をそれぞれ正方形の辺長，正円の直径と仮定し，計算により求めた。

3. 異なる高温セット処理条件を与えた乾燥試験

岐阜県産スギ原木（材長 3m，末口径級 16 ～ 18 cm）から 118 mm 正角を製材した後，心材率の小さい末口側の 2m を切り出し試験材とした。高温セット処理時間別に 6 時間，12 時間，24 時間の各グループを設定し，それぞれ 6 本，10 本，10 本を用いた。また，同スギ原木（材長 3m，末口径級 18 ～ 20 cm）から 132 mm 正角を製材した 6 本を 36 時間処理グループとし乾燥試験に供した。各グループは，製材寸法に対して径級がやや小さめの原木から製材しており，通常の高温セット条件では表面割れが発生しやすい製材条件となっている。

人工乾燥スケジュールは，初期蒸煮（ 98°C ）8 時間は共通とし，高温セット処理（乾球 120°C ，湿球 90°C ）はそれぞれ 6 時間，12 時間，24 時間，36 時間とした。セット処理後の中温乾燥（乾球 90°C ，湿球 60°C ）は 144 時間，120 時間，120 時間，96 時間とした。

乾燥終了後に試験材の 4 材面に発生した表面割れ（幅 0.5mm 以上の割れの長さ）及び重量を測定した後，木口から 1m の箇所まで試験片（ $t=20\text{mm}$ ）を採取し，全乾法により含水率を測定した。

4. 製材表面からの乾燥抑制を図った高温乾燥試験

II -1 では，製材表面に高含水率の辺材が存在する場合に高温セット処理による表面割れ抑制が得られにくい結果であった。辺材は心材と比べて乾燥速度が速い（黒田 2003）ことから，人工乾燥中の製材表面からの乾燥速度を抑制することによる表面割れ抑制を期待して本試験を実施した。

試験材は II -2 と同一の岐阜県産スギ原木（材長 3m，末口径級 18 ～ 20 cm）12 本を用い，髄が製材のほぼ中心となるよう 132 mm 正角に製材した後，75cm ずつに 4 分割した。これを図 -4 に示すとおり採材位置が偏らないよう 4 グループに振り分けた。各グループは無処理（A），不織布掛け（B），油性塗料塗布（C），PEG 塗布（D）

とした。Bは、試験材の全面および木口面を市販のポリプロピレン製不織布で覆い、乾燥中に離散しないよう木口部にホチキス止めを施した。Cでは試験材の全面および木口面に市販の油性塗料（関西ペイント（株）製、木部保護塗料）を一度塗りした。Dでは、試験材の全面および木口面にポリエチレングリコールを主成分とする木材処理材（（有）ユニテックス製ブレンマー PE-400）の原液を一度塗りした。

乾燥スケジュールはⅡ-2と同様で、初期蒸煮（98℃）8時間、高温セット処理（乾球 120℃、湿球 90℃）24時間、中温乾燥（乾球 100～90℃、湿球 70～60℃）184時間とした。乾燥終了後に、4材面に発生した表面割れの長さ（t=1cm）と幅を測定し、材長方向の中央部から得た試験片（t=1cm）により全乾法で含水率を測定した。

1	無処理	不織布	油性塗料	PEG
2	PEG	無処理	不織布	油性塗料
3	油性塗料	PEG	無処理	不織布
4	不織布	油性塗料	PEG	無処理
5	無処理	不織布	油性塗料	PEG
⋮		⋮		
⋮		⋮		
12	不織布	油性塗料	PEG	無処理

図-4 試験材の仕分け

Ⅲ 結果と考察

1. 製材条件の異なる原木を用いた高温乾燥試験

原木径級ごとの乾燥工程毎の含水率経過を表-1に示す。乾燥工程終了後の平均含水率がφ 20-22で24.7%、φ 16-18で27.5%となり、一般的な製材品の含水率（15～20%）と比べ高めの仕上がりとなったが、高温セット処理工程でドラインセットが形成されていれば、乾燥工程の後半から圧縮応力により割れが閉塞する方向に進み（徳本ら 2005）、ドラインセットが形成されなかった場合は、乾燥の進行とともに表面割れが拡大する方向に進行すると考えられるため、この含水率の段階で表面割れの発生状況の比較は可能であると判断した。

表面割れの結果を図-5に示す。φ 20-22は製材寸法118mmに対して十分に余裕のある寸法の原木から製材しているのに対し、φ 16-18では製材寸法に余裕がなく末口直径16cm丁度の原木では製材の角に「丸み」が発生するサイズである。前者の乾燥処理後の表面割れ平均長さは84mm/mであったのに対し、後者は584mm/mとなり明らかな違いが見られた。また、製材の日本農林規格（JAS）目視等級区分構造用製材乙種2級の材面割れ規格である「材長の1/6」以内に当てはめると基準値は333mmとなる。前者はすべての材がこの基準をクリアしてい

たが、後者では10本中6本でこの値を超えた。高温セット処理後から乾燥処理後にかけての割れ長さの変化を見るとφ 20-22では620mm/mから84mm/mへ約1/7に減少しているのに対し、φ 16-18では1200mm/mから584mm/mと約1/2の減少にとどまっていた。φ 16-18ではドラインセットの形成が弱く、応力転換による割れの閉塞が発現しなかったと考えられた。

含水率傾斜の結果を図-6に示す。生材時の段階で、φ 20-22は表層含水率が概ね50～100%の範囲にあり中心へ向かって値が高くなる分布を示した。φ 16-18では表面から概ね20mmの深さまでの範囲で100～200%と高い値を示し、20～25mmの深さで含水率が50%程度に下がり、中心に向かっては前者と同様に50～150%程度まで高くなる分布であった。後者の特徴として高含水率の辺材が20mm程度の厚さで表層に分布することが挙げられた。高温セット終了時には両グループともに表層5mmで10%程度の含水率を示し、25mm程度まで徐々に上昇し、35mm以上では乾燥が進んでいない状況が確認された。初期蒸煮の間に含水率が変わらないと仮定すると、高温セット処理の24時間の間にφ 16-18の表層から深さ25mmの範囲では、φ 20-22に比べより多くの水分が蒸発し潜熱が失われ、材温の上昇が妨げられたと考えられる。このことが表層にドラインセットを形成する条件から外れた一因となったと推察された。

表-1 原木径級によりグループ分けした試験材の乾燥工程毎の含水率

単位: % ()内は標準偏差			
原木径級	生材時	高温セット終了時	乾燥終了時
φ 20-22	88.4 (22.0)	39.4 (12.3)	24.7 (7.5)
φ 16-18	122.5 (17.7)	39.9 (13.0)	27.5 (12.5)

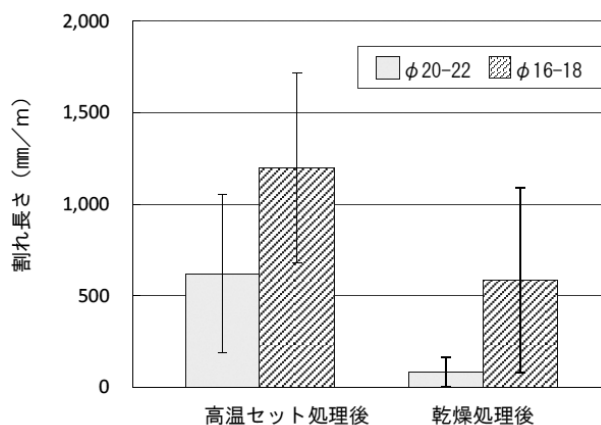


図-5 乾燥工程毎の表面割れ長さ

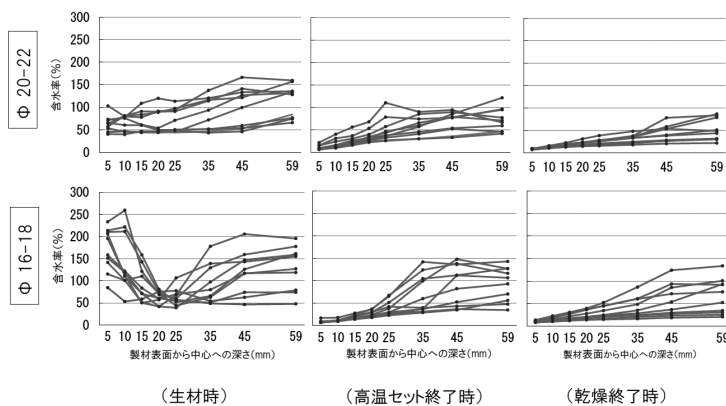


図-6 乾燥工程各段階での含水率傾斜

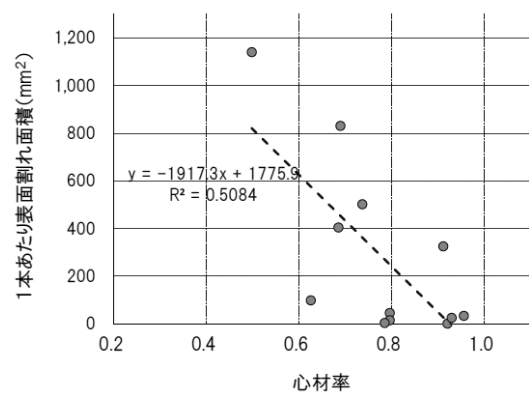


図-7 心材率と表面割れ面積の関係

2. 心材率の異なる製材による高温乾燥試験

乾燥工程終了後の含水率は、平均 8.9% (最小 4.9%, 最大 18.9%) となり過乾燥気味の仕上がりとなった。一般的な製材品の含水率 (15 ~ 20%) と比べ低めの仕上がりとなったが、高温セット処理工程でドラインゲットが形成されていれば、過乾燥材でも表面割れは抑制され、形成されていなければ表面割れが広がっていると考えられるため、表面割れの発生状況の比較は可能であると判断した。

心材率と乾燥後の表面割れ面積の関係を図-7 に示す。縦軸は 1 本あたりの 4 材面の表面割れ面積の合計を示し、割れ面積は、割れ長さ * 最大割れ幅 / 2 (但し貫通割れは、割れ長さ * (最大割れ幅 + 最小割れ幅) / 2) で求めた。心材率と表面割れ面積の関係には負の相関が認められ ($p < 0.01$)、心材率の小さい、すなわち辺材割合の大きい製材で表面割れが多く発生することが確認できた。この結果は、Ⅲ-1 で φ 16-18 の製材で辺材が厚く、表面割れの程度が大きかった結果と合致した。また、製材の木口断面で心材部がなす円が材面に接するとき心材率は計算上 0.785 となる。今回の試験材の中では 12 本中 7 本が 0.785 を上回っていたが、これらの内の 6 本は割れ面積の値が極めて小さかった。心材が製材表面に僅かでも露出する場合、心材の外側に低含水率となる白線帯が分布することを考慮すると、生材時の含水率傾斜は図-6 では φ 20-22 のタイプに近くなり、表面割れ抑制を狙った高温セット処理が成功する確率は高くなると考えられた。心材の露出の有無は、材面あるいは木口面を観察することで容易に判断できるため、生産現場で乾燥時の割れの発生しやすさを判断する指標として実用上有効であると考えられた。

3. 異なる高温セット処理条件を与えた乾燥試験

乾燥終了後の含水率は、6 時間、12 時間、24 時間、36 時間でそれぞれ、平均値で 16.8%, 22.4%, 27.5%, 19.1 であった。乾燥終了後の表面割れの結果を図-8 に示す。JAS 規格で定める材面割れの許容範囲 (「材長の

1/6」 = 166 mm / m) に比べ、いずれのグループにおいても大きな値を示した。「12 時間」と「24 時間」の値がやや小さいが、平均含水率が高いため、更に乾燥が進むと割れ長さの値は増大する可能性が考えられる。

この試験では、乾燥速度の速い辺材が製材表面を多く占める場合に、高温セット処理時間を短くすることで、適切なドラインゲットがかかることを期待したが、「6 時間」「12 時間」ともに期待した効果は得られなかった。ここでは表層の初期含水率の測定を行ってはいないが、Ⅲ-1 と同様に、高温セット処理工程での表層からの蒸発潜熱の喪失が材温上昇を妨げたことが有効なドラインゲットが形成されなかった一因と考えられた。

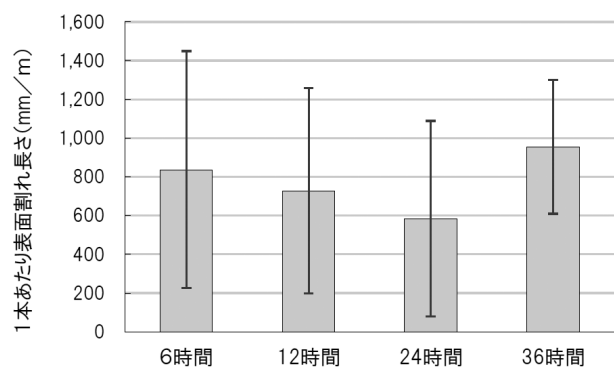


図-8 高温セット処理時間別の表面割れ長さ
※バーは標準偏差を示す

4. 製材表面からの乾燥抑制を図った乾燥試験

乾燥終了後の含水率を表-2 に示す。タイプ毎の平均値は 8.6% から 10.4% となり過乾燥気味であったが、表面割れの発生状況の比較は可能であると判断した。

表面割れの結果を図-9 に示す。無処理では 1 本あたり平均値が 650 mm / m であったのに対し、不織布、油性

表-2 乾燥終了後の含水率

	単位:(%)			
	無処理	不織布	油性塗料	PEG
平均	8.9	10.4	9.3	8.6
最小値	4.9	5.0	5.5	5.4
最大値	18.9	18.4	13.9	15.9
標準偏差	4.0	4.4	3.1	3.1

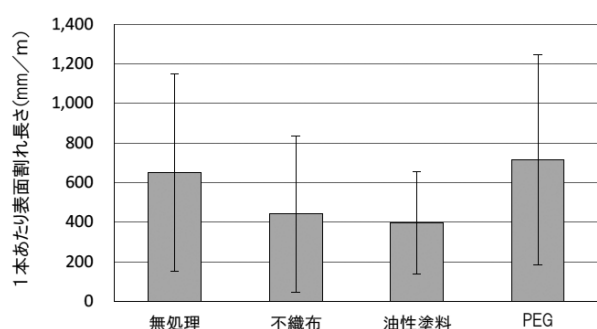
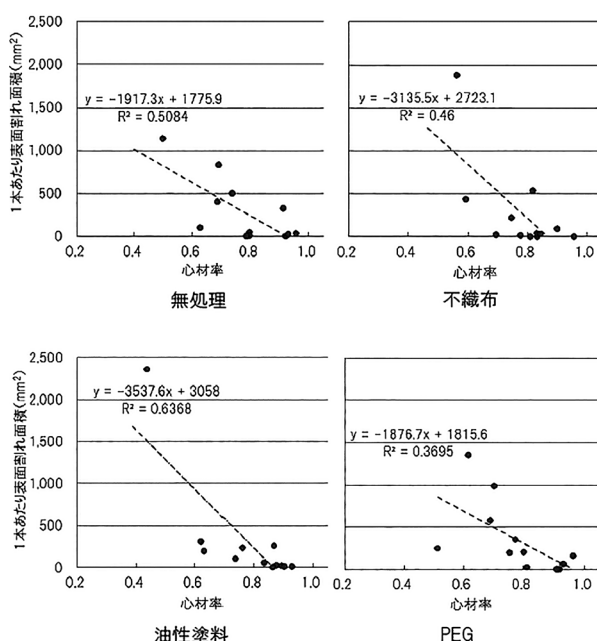
図-9 乾燥終了後の表面割れ長さの比較
※バーは標準偏差を示す

図-10 処理方法別の心材率と表面割れ面積

塗料ではそれぞれ 441 mm/m, 398 mm/m となり無処理をやや下回る結果であったが、製材 JAS 規格の乙種 2 級の材面割れの基準「材長の 1/6」以内に当てはめた値 125 mm/m を両者ともに大きく上回っていた。処理方法別の

心材率と表面割れ面積の関係を図-10 に示す。無処理、油性塗料、PEG については心材率が低いほど割れ面積は大きくなる傾向にあり、割れを抑制する手法としては有効ではないと考えられた。不織布については、心材率の小さい (0.785 以下) の材 5 本中の 2 本で割れ面積が 0 に近い値となったが、残り 3 本の割れ面積は大きく、決定的な対策であるとは言い難い結果であった。

この試験では、製材表面からの乾燥抑制を図る手段として 3 通りの手法を採ったが、乾燥途中の含水率の測定を行っていないため、乾燥速度の比較はできていない。しかし何れの手法においても、心材率の小さな製材で一定の表面割れが発生したことから、高温セット処理が適正に機能しなかったと考えられる。つまり何れの手法でも、乾燥初期の 24 時間の間で製材表層に乾燥後半で応力転換が発生するようなドライグセットを発生させることができなかったと考えられた。

引用文献

- 岐阜県林政課 (2012) 第二期岐阜県森林づくり基本計画。
岐阜県林政課
岐阜県林政課 (2017) 第三期岐阜県森林づくり基本計画。
岐阜県林政課
岐阜県林政課 (2019) 岐阜県森林・林業統計書。岐阜県林政課
小田久人・蛭原啓文・迫田忠芳・藤本登留・村瀬安英 (2004) 宮崎県産スギ心持ち柱材の高温低湿乾燥における乾燥性：木材工業 59：255-259
黒田尚宏 (2003) スギの乾燥—概説。林業技術 736：8-13
徳本守彦・武田孝志・吉田孝久 (2005) スギ心持ち無背割り柱材における高温セット処理後の乾燥スケジュールが内部応力に及ぼす影響。材料 54：365-370
豆田俊治・藤本登留 (2001) スギ心持ち材の高温蒸気処理による表面割れ抑制効果について。日林九支研論文集 54：195-196
吉田孝久・橋爪丈夫 (2000) カラマツ及びスギ心持ち柱材の高温乾燥特性。長野県林業総合センター研究報告：3-18
吉田孝久・橋爪丈夫・伊東嘉文 (2001) スギ材の革新的高速乾燥システムの開発：高温乾燥による材の表面割れ防止技術の開発。平成 12 年度長野県林業総合センター業務報告：66-67
吉田孝久・橋爪丈夫・徳本守彦・武田孝志・印出晃 (2004) スギ心持ち無背割り柱材の高温乾燥における高温セット法の割れ防止効果について長野県林業総合センター研究報告：125-139

技術資料

国産トリュフを接種したコナラ苗木の植栽後4年目の 菌根形成¹

水谷 和人

Mycorrhizal formation four years after planting *Quercus serrata* seedlings
infected with Japanese truffles¹

Kazuto Mizutani

国産トリュフの栽培化を目指して、野外で育成した2年生コナラ苗木の根に国産黒トリュフの孢子懸濁液を接種して、苗畑に植栽した後4年目の状況について調査した。試験区は苗木の植栽時期と石灰散布の有無別に4種類で、4月植栽・対照区、7月植栽・対照区、4月植栽・石灰散布区、7月植栽・石灰散布区である。結果、黒トリュフの菌根は、石灰散布区では4月植栽が2ヶ所中2ヶ所、7月植栽が2ヶ所中1ヶ所で確認された。1穴当たりの黒トリュフ菌根数は、多いもので150個程度であった。一方、無散布区では4月および7月植栽とも黒トリュフの菌根が存在しなかった。このことから、野外で育成して他の菌根が形成したコナラ苗木を使用しても黒トリュフの菌根形成は可能であったが、菌根形成には石灰散布が必要と考えられた。

キーワード：菌根形成、国産トリュフ、コナラ、石灰散布

I はじめに

トリュフは、キャビアやフォアグラと並ぶ世界三大珍味の一つとして知られる高級食材である。子囊菌類のセイヨウシヨウロ科に属し、ブナ科樹木などの根に共生して菌根を作る地下性のキノコである（今関ら 1989）。イタリアやフランスが有名な産地であるが、インドや中国などのアジアでも発生することが知られている。ヨーロッパなどでは、一部の種で子実体から孢子懸濁液を作り、樹木の苗木に散布して感染苗木を作成し、これを野外に植栽してトリュフを発生させる方法で人工栽培が行われている（山中 2017）。

一方、我が国にもトリュフは自生し（藤澤ら 2006；阿部ら 2010；Kinoshita et al. 2011）、その中には食用として期待される種も存在するが（Kinoshita et al. 2018）、国内に自生するトリュフの栽培は行われていない。現在、国内で消費されるトリュフのすべては輸入によるものであり、トリュフの輸入量は約23t、金額は13.5億円である（農林水産省 2020）。このため、国内に自生するトリュフの栽培化に向けた検討が必要であるが、ヨーロッパのものとは種類や発生環境などが異なるため、海外の人工栽培技術をそのまま適用することはできない。

そこで、国内産トリュフの栽培化を目指して、簡易な方法で短期間に子実体を発生させることを目的に、野外

で育成した2年生の大きなコナラ苗木の根に国産トリュフの菌を接種して、苗畑に植栽した後4年目の状況について報告する。

II 方法

岐阜県森林研究所の苗畑（岐阜県美濃市）に、赤玉土と鹿沼土を混合した土壌を約15cmの厚さに敷き詰めた。対照区（石灰無散布区）と石灰散布区を設定し、対照区は赤玉土28L、鹿沼土14Lの割合で混合して使用した。また、石灰散布区は赤玉土28L、鹿沼土14Lに対して1,482gのてんろ石灰（ミネックス株式会社）を混合して使用した。

2016年4月および7月に、野外で2年間育成した苗高約80cmのコナラ苗木の細根を切断し、2015年の秋に採取して冷蔵保存した国産黒トリュフ（（アジアクロセイヨウシヨウロ（*Tuber himalayense*）、イボセイヨウシヨウロ（*T. longispinosum*）の子実体を同程度ずつ破碎して作成した孢子懸濁液に根を浸漬した後、各試験区に14本ずつ植栽した。4月植栽の孢子懸濁液は黒トリュフ24.8gに蒸留水500ml、7月植栽の孢子懸濁液は黒トリュフ14.1gに蒸留水500mlをミキサーで粉碎して作成した。なお、孢子濃度は4月と7月植栽で同じに設定できず、7月が4月に比較して6割程度に低くなった。

試験区は植栽時期と石灰散布の有無別に4種類で、4

¹ 本研究の一部は、日本きのこ学会第23回大会（兵庫）で発表した。

月植栽・対照区, 7月植栽・対照区, 4月植栽・石灰散布区, 7月植栽・石灰散布区である(図-1)。1試験区は60×90cmの大きさで, 周囲をブロックで囲んだ。苗木植栽後の管理は, 適宜灌水や除草を実施した。

また, 植栽後2および3年目には黒トリュフ(アジアカロセイヨウショウロ), あるいは白トリュフ(ホンセイヨウショウロ(*Tuber japonicum*))の胞子懸濁液



図-1 試験区の状況(2016年7月)

表-1 トリュフの接種状況

試験区	接種時期	トリュフ種	接種方法	接種ヶ所数
4月植栽・対照	2017. 5. 2	アジアカロセイヨウショウロ	胞子懸濁液	2ヶ所
	2017. 5. 2	ホンセイヨウショウロ	胞子懸濁液	2ヶ所
	2018. 5. 8	ホンセイヨウショウロ	発生地土壌	1ヶ所
	2018. 3. 25	アジアカロセイヨウショウロ	感染苗木	1ヶ所
		ホンセイヨウショウロ	感染苗木	2ヶ所
	2018. 4. 4	アジアカロセイヨウショウロ	感染苗木	1ヶ所
	2018. 8. 3	アジアカロセイヨウショウロ	感染苗木	1ヶ所
		ホンセイヨウショウロ	感染苗木	1ヶ所
7月植栽・対照	2018. 4. 13	ホンセイヨウショウロ	感染苗木	1ヶ所
	2018. 4. 13	アジアカロセイヨウショウロ	発生地土壌	1ヶ所
4月植栽・石灰	2017. 5. 2	アジアカロセイヨウショウロ	胞子懸濁液	2ヶ所
	2017. 5. 2	ホンセイヨウショウロ	胞子懸濁液	2ヶ所
	2018. 3. 25	アジアカロセイヨウショウロ	感染苗木	1ヶ所
		ホンセイヨウショウロ	感染苗木	2ヶ所
	2018. 4. 4	アジアカロセイヨウショウロ	感染苗木	1ヶ所
	2018. 5. 8	ホンセイヨウショウロ	発生地土壌	1ヶ所
	2018. 8. 3	アジアカロセイヨウショウロ	感染苗木	1ヶ所
		ホンセイヨウショウロ	感染苗木	1ヶ所
7月植栽・石灰	2018. 4. 13	アジアカロセイヨウショウロ	感染苗木	1ヶ所
		ホンセイヨウショウロ	感染苗木	1ヶ所
	2018. 4. 13	アジアカロセイヨウショウロ	発生地土壌	1ヶ所

Ⅲ 結果と考察

1. 石灰散布による土壌 pH

4月植栽・対照区および4月植栽・石灰散布区における石灰散布時(2016年4月)と約1年経過後の2017年5月の土壌 pH(深さ0~15cm)を図-3に示した。

石灰散布時(2016年4月)の土壌 pHは, 対照区が6.0であるのに対して, 石灰散布区が7.5であり, 石灰散布により, pHは1.5上昇した。散布後1年経過した対照区の pHは6.00から6.08でほとんど変化がなかった。一方, 石灰散布区は7.50が6.94に下がったが, 対照区に比較して高い土壌 pHを維持していた。

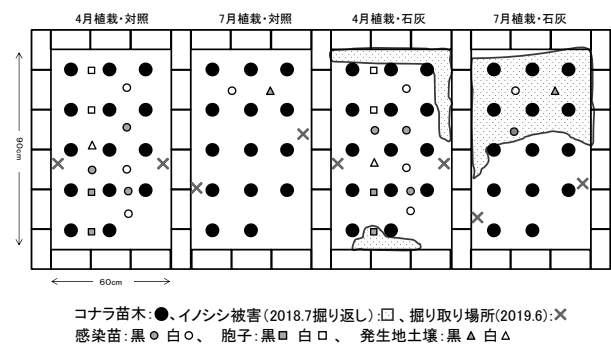


図-2 コナラ苗木の植栽とトリュフの接種

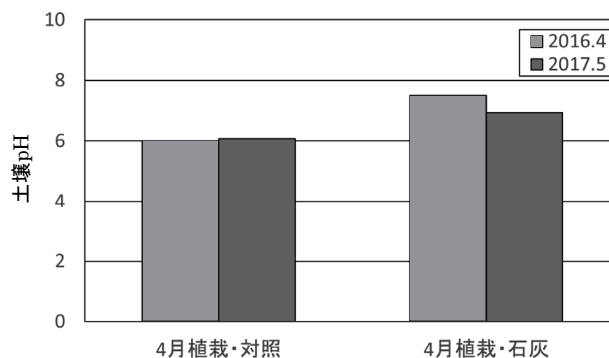


図-3 土壌 pH の推移

2. コナラの樹高成長

植栽時期と石灰散布の有無別のコナラの4年目の樹高を図-4に示した。

苗木の樹高は、4月植栽が7月植栽に比較して大きい傾向にあった。一方、石灰散布は4月植栽では苗木の樹高成長は減少、7月植栽では逆に増加する傾向を示した。植栽したコナラは、4年目には大きな個体で樹高が3.5m近くに達した（図-5）。

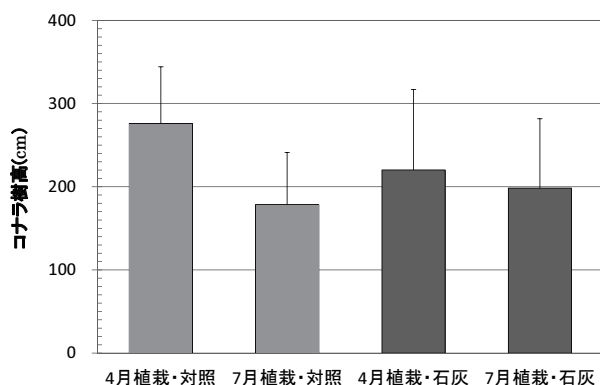


図-4 植栽時期と石灰散布の有無別のコナラ樹高
2019年6月27日調査



図-5 苗木植栽後4年目の状況（2019年6月）

3. トリュフの菌根形成状況

植栽した2年生コナラ苗木には白色の菌根が多く形成していた（図-6）。形成の程度は苗木によるばらつきが大きかった。菌根の種類は明らかではないが、苗木を植栽した初年度からニセシヨウロ属の子実体が生産された。菌根はニセシヨウロ属のキノコの感染が多いと推察された。

植栽4年目に根ごと採取した土壌の状況を表-2に示した。採取した土壌393cc内には生重で0.72～2.24gのコナラの根が存在した。4月植栽・石灰散布区には、茶色を呈する棍棒状で、表面にシスチジアを有し、表面の模様がパズル構造の菌根が見られた（図-7）。これらの菌根は、外観の特徴から黒トリュフと判断した。7月・石灰散布区にも同様にトリュフの菌根が見られた。各穴から採取した菌根のサンプルの一部は、遺伝子解析によ

り、黒トリュフのアジアクロセイヨウシヨウロ (*Tuber himalayense*) と確認された。

顕微鏡観察では、黒トリュフの菌根は、石灰散布区では4月植栽が2ヶ所中2ヶ所、7月植栽が2ヶ所中1ヶ所で確認された。1穴当たりの黒トリュフ菌根数は、多いもので150個程度であった（表-2）。一方、対照区（無散布区）では4月および7月植栽とも黒トリュフの菌根が存在しなかった。このことから、野外で育成して他の菌根が形成したコナラ苗木を使用しても黒トリュフの菌根形成は可能であったが、菌根形成には石灰散布が必要と考えられた。ただ、コナラの根にはトリュフ以外の菌根も混在しており、トリュフの菌根が安定して増加するのか、観察を続けていく予定である。

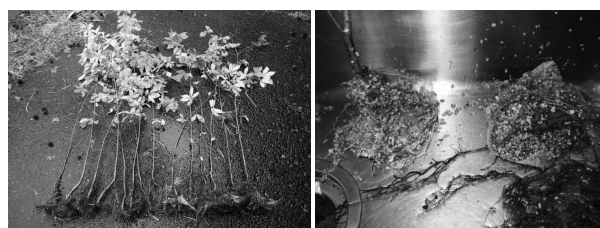


図-6 植栽に使用した市販のコナラ苗木

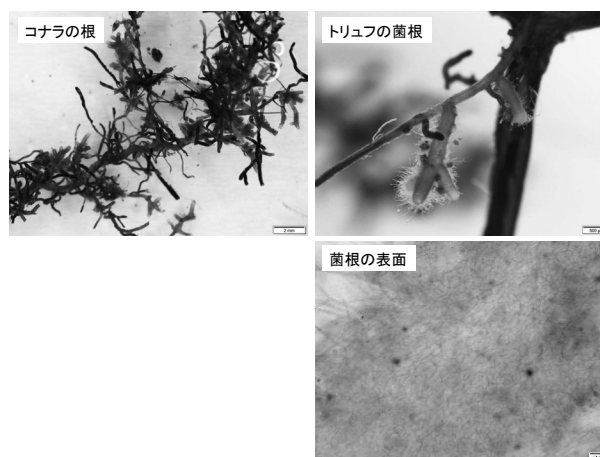


図-7 トリュフ菌根の形成（4月植栽・石灰散布区）

表-2 コナラ苗木の黒トリュフ菌根形成状況

試験区	トリュフ菌根数/コナラの根生重		菌根割合
4月植栽・対照	0/1.10g	0/1.88g	0/2
7月植栽・対照	0/0.72g	0/2.24g	0/2
4月植栽・石灰	100/1.12g	150/1.26g	2/2
7月植栽・石灰	80/0.93g	0/0.99g	1/2

・掘り取りは2019年6月13日（各試験区2ヶ所）
・採取した土壌（393cc）内には生重量で0.72～2.24gのコナラの根が存在
・トリュフ菌根数は概数

本試験では、欧州のトリュフは石灰岩地帯のアルカリ土壌を好む(小川 1992) ことを、裏付ける結果であった。今回、接種源は植栽時に根を浸漬した孢子懸濁液、植栽 2 年目から 3 年目に接種した孢子懸濁液、発生地土壌、感染苗木である。しかし、このうちのどれが菌根形成に大きな役割を果たしたのかは明らかにできていない。今後は、植栽したコナラの根を詳細に調査、あるいは植栽後に接種した接種源を詳細に調査して原因を明らかにしていきたい。

謝 辞

本研究は、農林水産省委託プロジェクト研究「森林資源を最適利用するための技術開発、高級菌根性きのこ栽培技術の開発」により、森林総合研究所などと共同で行った。

引 用 文 献

阿部淳一・神谷泰介・大久保彦・柴田尚(2010) 山梨県小沢で発生した外生菌根菌セイヨウシヨウロ(*Tuber indicum*) について. 日本菌学会第 54 回大会講演要旨集: 109

藤澤示弘・鈴木清(2006) 外生菌根菌イボセイヨウシヨウロの発生調査結果ー 1993 ~ 2004 の結果ー. 第 117 回日本森林学会大会学術講演集: CD-ROM
今関六也・本郷次雄(1989) 原色日本新菌類図鑑(II). 315pp, 保育社, 大阪
Kinoshita A, Sasaki H, Nara K (2011) Phylogeny and diversity of Japanese truffles (*Tuber* spp.) inferred from sequences of four nuclear loci. *Mycologia* 103:779-794
Kinoshita A, Nara K, Sasaki H, Feng B, Obase K, Yang Z-L, Yamanaka T (2018) Using mating-type loci to improve taxonomy of the *Tuber indicum* complex, and discovery of a new species, *T. longispinosum*. *PLoS One* 13(3):e0193745
農林水産省(2020) 農林水産物輸出入概況 2019 年. 農林水産省
https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kokusai/attach/pdf/houkoku_gaikyou-22.pdf
小川眞編著(1992) 野生きのこのつくり方. 173pp, 全国林業改良普及協会, 東京
山中高史(2017) 国産トリュフの栽培に向けた研究開発とこれからの課題. *山林* 1596: 36-43

技術資料

花崗岩地域における森林作業道の路面侵食¹

臼田寿生・和多田友宏・末光弘明²・池戸秀隆³

The actual of road surface erosion on forestry work road in granite areas¹

Hisao Usuda, Tomohiro Watada, Hiroaki Suemitsu², Hidetaka Ikeda³

岐阜県内の花崗岩地域に作設された森林作業道における路面侵食の実態を把握するため、作設から3年が経過した路線において調査を行った。その結果、路面水の流速に影響を及ぼす縦断勾配が4度を超える区間では、車両の安全な通行が困難な侵食の発生が顕著になる傾向が見られた。また、路面水の水量に影響を及ぼす集水区間距離は、15 mを超える区間において、車両の安全な通行が困難な侵食が顕著になる傾向が見られた。

キーワード：森林作業道、路面侵食、花崗岩、縦断勾配、排水処理

I はじめに

岐阜県では、森林作業の効率化のため、森林作業道の作設を積極的に進めており、平成21年度～30年度までの10年間に於いては、毎年170km以上の路線が作設されてきた(岐阜県 2020)。林野庁では、平成22年に森林作業道の作設に関するガイドラインとして森林作業道作設指針を定めた(林野庁 2010)。また、この指針では、これを基に、地域の実情に対応した指針を整備することが定められており、岐阜県においても平成23年に岐阜県森林作業道作設指針(以下、作設指針)が定められている(岐阜県 2011)。

森林作業道と同様に森林作業の効率化の役割を担う林道では、普通自動車や小型自動車を通行対象としているのに対して、森林作業道では、主に林業機械や2 t積みトラックを対象としている。このため、道の延長方向の傾きである縦断勾配は、林道と比較して急勾配な10度(18%)以下を基本とし、コンクリート路面工などの舗装は縦断勾配が12度(21%)を超え危険が予想される場合に検討することが作設指針に定められている。また、作設指針では、側溝は設けないことを基本とすることが定められており、雨などにより路面へ供給された水は、そのまま路面を流れ下ることとなる。このため、路面侵食を防ぐための鍵となる土質等に依じた縦断勾配の設計が必要となる。侵食を特に受けやすい土質として、花崗岩が風化した土、いわゆる「マサ土」があり、県内にも揖斐、東濃、飛騨地域など広範囲に分布している。花崗岩

は深成岩の一種で、構成する鉱物の結晶が大きく、風化した際に粘土・シルトのような細かい粒子になりにくい性質がある(西田 1971)。このため、粘着性に乏しい粒径2mm前後の粗粒分に富んだ土質になりやすく、侵食されやすい性質がある。このように風化すると侵食されやすい花崗岩が分布する地域では作設指針で定めている10度(18%)以下の縦断勾配で作設された路線においても車両が通行困難となる重大な路面侵食が発生しており、その対策が大きな課題となっている。

路面侵食とは、降雨により一時的に路面上に集まった水が、路体に浸透することなく路面上を流下し、その過程で路面の土砂を侵食していく現象である。重大な路面侵食が発生すると、車両の通行が困難になるだけでなく、下流域への土砂の流出により、様々な被害につながる恐れがある。このような現状を踏まえると、花崗岩地域の路面侵食の実態に適応した森林作業道の作設指針の考案が喫緊の課題となっている。

このため、県内の花崗岩地域で作設された既設森林作業道における路面侵食の実態を調査し、今後の路面侵食防止対策を検討した。

II 方法

本研究では、森林作業道のうち、県内の花崗岩地域で一般的に作設されている、全幅員が3 mを基本とし、コンクリート路面工などの舗装が無い路線を対象とした。調査地は県内の花崗岩地域に作設され、3年が経過した

¹本研究の一部は、第131回日本森林学会大会で発表した。

²前：岐阜県立森林文化アカデミー、現：和歌山県東牟婁振興局農林水産振興部林務課

³岐阜県立森林文化アカデミー

路線（総延長 1923.8m）である。土質は砂質土であった。

なお、調査地から 3.4km 離れた位置にある最寄りの雨量観測所の雨量データによると、森林作業道の作設から調査日までの雨量は、総雨量 6500mm、最大日雨量 117mm、最大時間雨量 65mm であった（国土交通省 2020）。

調査項目は、縦断勾配、集水区間距離、侵食深である。

縦断勾配は、その値が大きいと水の流速が増し、路面を侵食する力を強くする重要な指標である。単位は度または % を用いるのが一般的であるが、本研究では度を使用した。

集水区間距離は、水が路面上を流下し、排水施設等により路面外へ排水されるまでの区間距離を示しており、基本的には止水板などの排水施設から、次に設置された排水施設までの距離としている。排水施設が設置されていなくても曲線部などで自然に路外へ排水されている場合には集水区間はそこまでして距離を計測した。集水区間距離は、路面侵食の原因となる水量に関わる要素である。水量というのは、降雨は言うまでもなく、路面面積に影響を受ける部分が多い。幅員が一定であれば、集水区間距離の長さが、路面面積を決めることになる。本研究では斜距離を使用している。

侵食深は路面侵食によってできた水路の深さを示す。侵食深は路面との高低差が最も大きい箇所で計測した。

各調査項目を計測する際の測点は、排水施設などによる排水地点と縦断勾配の変化点とした。各測点間の斜距離を計測し、その区間の縦断勾配を計測した。測点間で侵食が発生している場合は、測点間の中で最大となる侵食深を記録した。また、水の流下痕などから、測点ごとの排水施設の機能評価も行った。水が排水施設を越流することなく排水されていれば○、一部排水の跡があるが越流の跡もみられる場合は△、排水の跡が見られず、すべての水が越流していると思われる場合は×として、野帳に記録した。なお、×の場合は、排水施設としての機能を果たしていないため、それまでの集水区間距離を次の区間へ加算し、△の場合は、路面侵食に影響した水量の評価が困難になるため、解析から除外した。

また、本研究は侵食の要因として、集水区間距離、つまり、路面面積に着目しているため、路面外から流入する水の影響をできる限り除いた解析をする必要がある。具体的には、森林作業道の山側上部にも森林作業道が作設されている場合、上部の森林作業道から排水された水が下部の森林作業道に流入し、下部の森林作業道で予想以上の侵食が発生することがある。したがって、路面外からの水の流入の有無について、調査段階から注視し、路面外からの流入がある区間は解析から除外した。

縦断勾配の変化点をまたぐ集水区間については、測点間の距離で加重平均を行った縦断勾配を計算した。

Ⅲ 結果と考察

方法に記載した条件で解析対象から除外した集水区間のうち、解析に用いた区間数は 108 であった。

図-1 に縦断勾配と侵食深の関係を示した。縦断勾配が大きくなるほど侵食深も大きくなる正の相関の傾向が見られた。

図-2 には、集水区間距離と侵食深の関係を示した。集水区間距離が大きくなるほど侵食深が大きくなる正の相関の傾向が見られた。

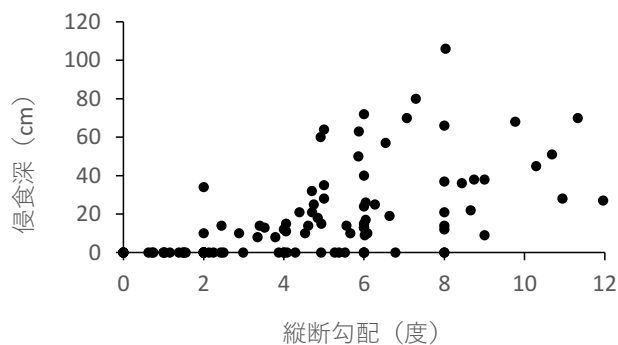


図-1 縦断勾配と侵食深

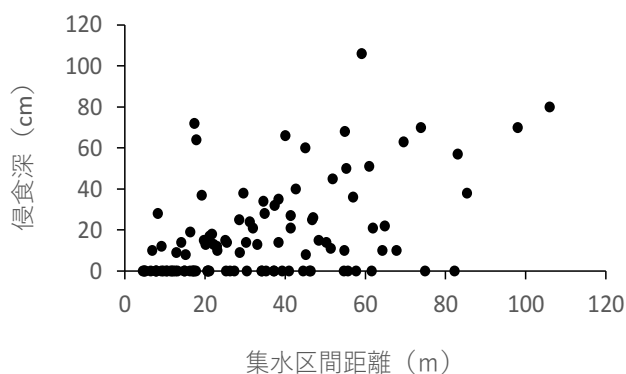


図-2 集水区間距離と侵食深

森林作業道の通行対象車両である 2t トラックの一般的な最低地上高は約 15cm ～ 20cm（株式会社カンキ 2020）であることを考えると、最低地上高を超える侵食深は、車両の安全な通行が困難な重大な侵食といえる。この観点から縦断勾配と侵食深の関係をみると、縦断勾配が 4 度を超えると重大な侵食が多くなる傾向が示唆された。また、集水区間距離と侵食深の関係では、集水区間距離が 15m を超えると重大な侵食が多くなる傾向が示唆された。

1 路線の調査結果ではあるが、侵食を受けやすい花崗岩地域では、作設指針で定めた縦断勾配である 10 度以下を遵守した場合でも路面の舗装を行わなければ重大な侵食が発生するという実態が明らかとなった。今後、さらに調査地の条件を増やしたデータによる解析が必要だが、花崗岩地域で森林作業道を作設する際に路面の舗装を行わない場合は、縦断勾配を 4 度（7%）以下とすることが望ましいことが示唆された。また、路面水进行处理す

る排水施設の設置間隔について、作設指針では、こまめな分散排水とすることが定められているが、設置間隔の具体的な数値は示されておらず、現場の判断に委ねられている。今回の調査結果では、排水施設の設置間隔となる集水区間延長が 15m を超えると重大な侵食が多くなる傾向が見られたことから、花崗岩地域では路面水の排水施設を 15m 以下で設置することが望ましいことが示唆された。

今後は、さらに多くの条件下で同様の調査を行い地域の条件に対応した作設指針の構築が必要である。

引用文献

岐阜県 (2011) 岐阜県森林作業道作設指針．岐阜県

岐阜県 (2020) 岐阜県森林・林業統計書

<https://www.pref.gifu.lg.jp/page/1021.html>

(2020 年 10 月 19 日参照)

株式会社カンキ (2020) 総合レンタル&販売 / 株式会社カンキ / 車両関係 / 平ボディトラック

<http://www.kanki-kobe.co.jp/rental/car/car005/tora002.html>

(2020 年 10 月 20 日参照)

国土交通省 (2020) 水文水質データベース

<http://www1.river.go.jp/> (2020 年 2 月 25 日参照)

西田和彦 (1971) マサ土の工学的性質とその利用に関する基礎的研究．京都大学

林野庁 (2010) 森林作業道作設指針．林野庁

技術資料

森林作業道における盛土の作設方法と
強度の関係

和多田 友宏・臼田 寿生

Relationship between embankment construction method and strength on forest work roads

Tomohiro Watada, Hisao Usuda

森林作業道における盛土の締固め方法の違いが盛土の強度に及ぼす影響を把握するため、異なる厚さで締固めた盛土について、簡易動的コーン貫入試験により強度 (Nd 値) を測定した。締固めを行う層の厚さが 1.0m のパターンは、締固め面より深くなるほど、Nd 値が低下する傾向が認められ、0.3m のパターンとの間に有意差が認められた。このことから、十分な強度の盛土を作設するためには、1 層の締固め厚さを 0.3m 程度とすることが重要であることが示唆された。

キーワード：森林作業道，盛土，締固め，バックホウ，Nd 値

I はじめに

森林作業道は森林整備や木材の集積・搬出のため継続的に用いられる道であり、繰り返しの使用に耐えることが求められている。森林作業道作設指針 (林野庁 2010; 以下、指針とする) には、盛土について、堅固な路体をつくるため、締固めを概ね 30cm 程度の層ごとに十分に行うとしている。ただし、指針には盛土の締固め回数や強度などの具体的な数値は示しておらず、森林作業道にふさわしい盛土をつくるためには、作設方法の違いが盛土の強度に及ぼす影響を明らかにする必要がある。

本研究では森林作業道の盛土作設を想定し、森林作業道を掘り下げた溝に土を埋め戻す工程において、締固める厚さを変えた試験を実施し、簡易動的コーン貫入試験 (以下、簡易貫入試験とする) により盛土の強度を測定した。

II 調査方法

1. 試験地

試験は、岐阜県美濃市内の岐阜県立森林文化アカデミー演習林内森林作業道で 2018 年 10 月 25 日の晴天時に実施した。

2. 土質および含水比の確認方法

土質は、試験地の土を持ち帰り、ふるい分析 (地盤工学会基準 JGS 0131-2009) による粒度試験を行い、礫分、砂分および細粒分の含有率により分類した。含水比は、地盤工学会基準に基づく含水比試験 (JGS 0121-2009) により求めた。

3. 盛土作設使用機械および盛土強度確認方法

盛土の締固めには機械重量 3.2t の小型バックホウ (KOBELCO:SK30SR 2020) を使用した。締固めに用いたバ

ケットは、容量 0.09m^3 、幅 0.5m であった。

盛土の強度の確認には、SH 型貫入試験機 (ダイトウテクノグリーン株式会社 2020) を用いた簡易貫入試験 (地盤工学会基準 JGS 1433-2012) により求めた Nd 値を用いた。測定方法は、質量 5kg のハンマ (おもり) を 50cm 高さから自由落下させ、貫入量約 10cm に相当する打撃回数を記録し、この測定結果から、土層の深さ毎に貫入量 10cm に相当する打撃回数 (Nd 値) を求めた。簡易貫入試験は、盛土の締固めパターン毎に 3 回実施した。

4. 締固めを行う層の厚さが異なる盛土の作設

締固めを行う層の厚さの違いが盛土の強度に与える影響を明らかにするため、層厚の異なるパターンの Nd 値を比較した。試験地となる森林作業道路体に、深さ 1.0m、幅 0.6m、長さ 3.0m の溝を 2 箇所掘削し (図-1)、締固め 1 工程分 (以下、1 層とする) の厚さを 0.3m (0.3m で 3 層) と 1.0m (1.0m で 1 層) の 2 パターンに分けて、掘り取った土砂を用いて埋め戻した。締固めはバックホウのバケットにより行い、1 層あたりの締固め回数は 5 回とした。

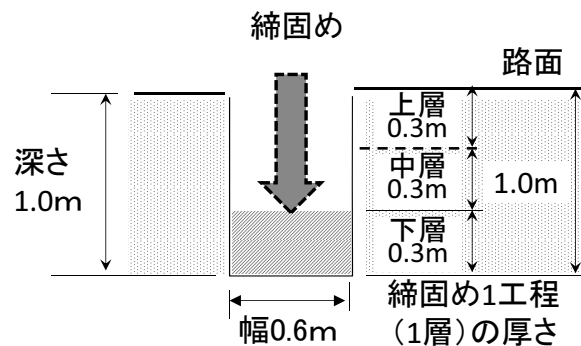


図-1 試験区の断面図

作設された盛土の路面を起点とした深さ毎の盛土の強度を、簡易貫入試験により測定した。

Ⅲ 結果と考察

試験地の土を分析した結果、土質は礫質土、含水比は約 21% であった。

Nd 値と盛土の強度の関係については、中野ら (2013) が SH 型貫入試験機を用いた簡易貫入試験による盛土の崩壊深推定を行った試験において、盛土崩壊発生箇所 Nd 値は 5 未満である場合が多いことを報告している。

このため、今回の試験では、盛土の強度が不十分と評価する Nd 値を 5 未満とした。

試験の結果、層厚 0.3m パターンにおいては、深さ 0.3m を越えても Nd 値 5 以上の値が検出された。一方、層厚 1.0m パターンでは、すべての深さにおいて 5 未満となり、締固め面より深くなるほど Nd 値が低下する傾向が認められた (図-2)。また、1.0m パターンと 0.3m パターンの Nd 値には有意差が見られ (U 検定, $p < 0.01$)、敷均し厚さが大きくなると Nd 値が低下する傾向が認められた (図-3)。なお今回の試験方法は、溝状に掘削した箇所に盛土を行っており、締固め作業の際に盛土の横方向への荷重の分散が抑制されるため、通常の森林作業道における盛土作設と条件が異なるが、鉛直方向での盛土強度の比較のみを行っており、溝の壁面による締固め強度への影響は小さいと考えられる。

以上のことから、崩壊の発生を防ぐのに十分な強度の盛土を作設するためには、0.3m の層ごとに締固めを行う必要があると考えられる。

今回の試験結果から、森林作業道において十分な強度の盛土を作設するには、1 層の締固め厚さを 0.3m 程度とすることが重要であることが示唆された。森林作業道

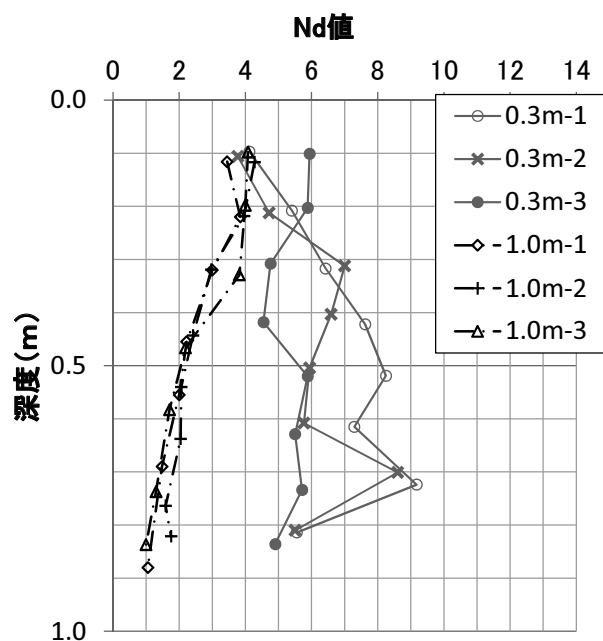


図-2 締固め層の厚さが異なるパターンにおける深度ごとの Nd 値

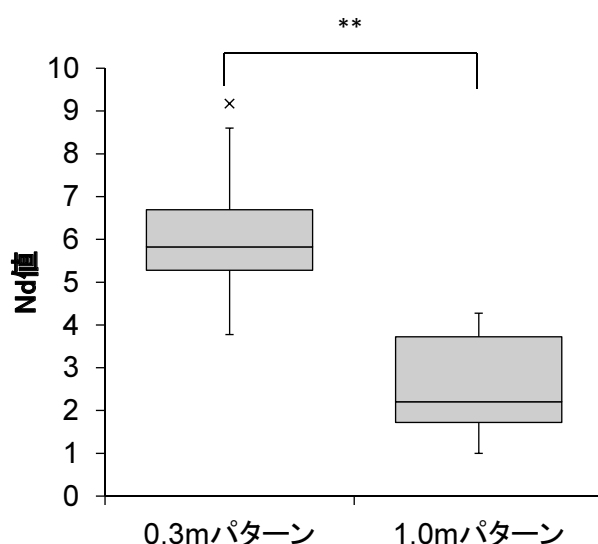


図-3 締固め層の厚さが異なるパターンにおける Nd 値箱ひげ図の箱は下から 25, 50, 75 パーセンタイル、箱の上下のバーは四分位範囲の 1.5 倍未満にある最大値、最小値、バーの外の値は外れ値を表す。

アスタリスクはパターン毎で Nd 値に統計的な有意差 (U 検定, **: $p < 0.01$) があることを示す。

は、切土盛土による土構造を基本とすることから、十分な強度の盛土を作設する施工方法は重要な要素となる。壊れにくい森林作業道作設のために、各現場において、1 層の締固め厚さを 0.3m 程度とすることを徹底する必要があると考える。なお今回の試験においては、層厚 0.3m パターンで締固め回数を 5 回とした時に概ね Nd 値 5 以上の強度の盛土が作設されたが、現場条件に応じた締固め回数を今後確認する必要がある。今後は本試験と締固め回数、使用機械や土質が異なる条件においても同様の試験を行い、各種条件ごとの最適な締固め方法を検討する必要がある。

本研究にあたっては、岐阜県立森林文化アカデミーの杉本和也講師にご協力をいただいた。ここに記して厚くお礼申し上げる。

引用文献

ダイトウテクノグリーン株式会社 (2020) SH 型貫入試験機 (オンライン)。

https://www.daitoutg.co.jp/p_rs_shpenetro.php (参照: 2020 年 12 月 24 日)

KOBELCO (2020) 製品情報, ミニショベル, 後方超小旋回ミニショベル (オンライン)。

<https://www.kobelco-kenki.co.jp/products/minishovel/SK30SR-6.html> (参照: 2020 年 12 月 24 日)

中野裕司・安部隆博・猪俣景悟・本間友芳 (2013) SH 型貫入試験による盛土の崩壊深推定について。

第 10 回地盤工学会 関東支部発表会

林野庁 (2010) 森林作業道作設指針。林野庁

抄 録

花粉の少ない岐阜県産ヒノキ精英樹の培養シュートのセル培地における効率的な発根条件の検討¹

茂木 靖和

Examination of the effective rooting condition in the cell medium of the culture shoot of the Hinoki(*Chamaecyparis obtusa*) plus tree with the little pollen in Gifu Prefecture. For. Tree Breed.¹

Yasukazu Moteki

花粉の少ない岐阜県産ヒノキ精英樹の培養シュートのセル培地における効率的な発根条件を明らかにするため、オーキシン処理後のホルモンフリー培地での培養期間の異なるシュートをセル培地へ移植して順化を行った。最終のセル苗の得苗率は、ホルモンフリー培地での培養期間が7日の時に最も高く55%であった。また、オーキシン処理してからセル苗を最初に確認するまでの期間は最短28日で、これに該当するホルモンフリー培地での培養期間は7日と14日であった。したがって、本試験では、培養シュートのセル培地における効率的な発根にはホルモンフリー培地での培養期間7日が適すると考えられた。

キーワード : 少花粉ヒノキ, 培養苗, 発根, セル培地, 順化

¹ 中部森林研究 Chubu Forestry Research 68, 7-8, 2020.

抄 録

下刈り省略が雑草木の動態とヒノキ植栽木の成長に 与える影響¹

渡邊 仁志・茂木 靖和

Effects of non-bush cutting works on dynamics of invasive weed trees and growth of
Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa* (Sieb. et Zucc.) Endl.) seedlings¹

Hitoshi Watanabe, Yasukazu Moteki

植栽木の初期成長に与える影響を明らかにするため、植栽後5年目まで下刈りをしなかった「省略区」におけるヒノキの成長経過や雑草木の動態を、下刈りを行った「実施区」と比較した。実施区では雑草木の植生高、個体数、樹冠投影面積とも常に低率だった一方、省略区のこれらの数値は年々大きくなり、ヒノキへの側方被圧の程度もそれにつれて高くなった。省略区のヒノキの樹高は実施区と常に同等以上であったが、根元直径は3年生時から小さくなり、その差は年を経るごとに拡大した。省略区の根元直径成長量は、側方被圧の程度によらず実施区より小さかった。このことから、雑草木による被圧は、肥大成長に対して影響を与えたと推測された。

キーワード：被圧，ヒノキ，成長，下刈り省略，雑草木

¹ 中部森林研究 Chubu forestry research 68, 9-12, 2020.

抄 録

造林補助実績から見た獣害対策の傾向¹

大洞 智宏

Trends in mammal damage control based on the results of subsidy for plantation¹

Tomohiro Oobora

ニホンジカの生息域は、岐阜県内においても徐々に広がっており、造林地での獣害対策が不可欠となっている。そこで、県内での獣害対策の実績、獣害対策への意識について把握を試みた。獣害対策の補助実績は、造林実績により差があるものの、近年は増加傾向であった。特に、平成 29 年度から単木資材への補助率が 100% になったため、単木資材の実績が増加していた。聞き取り調査では、防除資材の選択について「シカ柵が破損した場合は、柵内全体が被害を受けるため、単木資材の方が破損に対するリスクが低い」との回答があった。獣害対策の実施や資材の選択に対しては、自然条件が大きく影響するが、実施にかかる自己負担などのコストにも影響されていると考えられた。

キーワード : 獣害, 造林補助金, 被害対策

¹ 中部森林研究 Chubu Forestry Research 68, 41-42, 2020.

抄 録

岐阜県におけるヒノキ根株腐朽病害の被害実態¹

片桐 奈々・大橋 章博

Incidence of butt rot of Japanese cypress in Gifu Prefecture¹

Nana Katagiri, Akihiro Ohashi

¹ 樹木医学研究 Tree Health Research Society 24, 3, 166-167, 2020.

抄 録

岐阜県におけるヒノキ根株腐朽の被害状況と発生特性¹

片桐 奈々・大橋 章博

Damage status and occurrence factors of Japanese cypress butt-rot in Gifu Prefecture¹

Nana Katagiri, Akihiro Ohashi

¹ 森林防疫 Forest Pests 741, 162-169, 2020.

抄 録

列状間伐がヒノキ人工林の植生回復と表土流亡の抑止に 及ぼす長期的影響¹

渡邊仁志・千村知博^{2,3}・堤隆博^{2,4}・三村晴彦^{2,3}

Long-term effects of line-thinning on restoration of undergrowth and deterrence of surface soil erosion in a planted Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa*) forest¹

Hitoshi Watanabe, Tomohiro Chimura^{2,3}, Takahiro Tsutsumi^{2,4}, Haruhiko Mimura^{2,3}

列状間伐が下層植生の動態と表土流亡の抑止に及ぼす長期的な影響を明らかにする目的で、ヒノキ人工林を点状および列状（1伐2残、2伐4残、3伐6残）に伐採し、下層植生と地表面の状態を比較した。間伐後、短期的には伐列の光条件が向上し植被率が増加した。しかし、間伐後12年目の相対散乱光強度は3伐列のみが高く、その他の調査区では数年の間に低下した。3伐列は他の調査区より植被率やリター被覆率が高く、表土流亡の間接指標である土壌侵食危険度指数が低かった。また、土壌侵食危険度指数は、植被率やリター被覆率が高い調査区で低い傾向がみられた。伐採幅に起因する光条件の違いによって、下層植生が維持されリターの移動が抑制されたため、3伐列では、両者による地表面の被覆により表土流亡が低減したと推測される。

キーワード：地表面被覆、土壌侵食危険度指数、光条件、ヒノキ人工林、列状間伐

To clarify the responses of undergrowth and surface soil erosion deterrence to line-thinning in a planted Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa*) stand, we set one scattered-thinning plot (ST) and three types of line-thinning plot, with one cutting row (1CR) and two remaining rows, two cutting rows (2CR) and four remaining rows, and three cutting rows (3CR) and six remaining rows. We also compared the condition of the undergrowth and the forest floor among the plots. The light conditions and vegetation cover increased in the short term after thinning in all plots. In contrast, the relative light scattering intensity decreased in ST, 1CR, and 2CR over several years, but remained high in 3CR at 12 years after thinning. The ratio of vegetation and litter cover was higher in 3CR than in the other plots. The soil erosion susceptibility index, which is an indicator of the relative risk of surface soil erosion, was lower only in 3CR, and tended to be lower with a higher ratio of vegetation and litter cover. We suspect that in 3CR, because of the improvement in light condition caused by the greater row width, restoration of the undergrowth constrained the movement of litter, which decreased surface soil erosion.

Keywords : forest floor coverage, Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa*) stand, light condition, line-thinning, soil erosion susceptibility index

¹ 日本森林学会誌 Journal of the Japanese Forest Society Vol.102, No.6, 341-345, 2020.

² 林野庁中部森林管理局森林技術・支援センター

³ 現所属：林野庁中部森林管理局木曽森林管理署南木曽支署

⁴ 現所属：林野庁中部森林管理局岐阜森林管理署小坂森林事務所

岐阜県森林研究所研究報告 執筆要領（抜粋）

1. 投稿は、岐阜県森林研究所の職員または旧職員（以下、職員という）に限る。ただし、編集委員会が認めたときはこの限りではない。筆頭者以外の著者にはその他の者を含むことができる。
2. 原稿内容は、職員が在職中に実施した研究の業績を扱ったものとする。職員は研究課題の終了時には、研究成果の学術的な公表に努める。
3. 原稿種別は、「論文」、「短報（旧資料）」、「技術資料」、「学術雑誌論文抄録」および「その他」とする。「論文」とは、学術的に新規性のある知見を、十分な議論を含めて公表するものとする。「短報」とは、予報的または速報的な内容を持ち、論文に準ずる調査結果・実験結果などを論文形式で取りまとめたものであり、単なるデータ集ではない。「技術資料」とは、「論文」、「短報」にはならないが、記録として公表することがふさわしい有益なデータを提示するものとする。「学術雑誌論文抄録」とは、研究報告が刊行される前年に他の学術雑誌に掲載された論文等の抄録とする。「その他」とは、印刷公表することがふさわしく、かつ、本執筆要領の適用が困難な論文（学位論文等）とする。
4. 原稿の採否は、査読審査を経て編集委員長と複数名の編集委員からなる編集委員会が決定する。査読者の数は「論文」および「短報」の場合は2名以上、「技術資料」の場合は1名以上とし、編集委員会が指定する。「学術雑誌論文抄録」と「その他」の場合は、体裁の確認のみ行う。

岐阜県森林研究所研究報告 第50号

令和3年3月23日 印刷

令和3年3月31日 発行

編集者 岐阜県森林研究所研究報告編集委員会

発行者 岐阜県森林研究所

発行所 岐阜県森林研究所

〒501-3714 岐阜県美濃市曾代1128-1

TEL 0575-33-2585 FAX 0575-33-2584

URL <http://www.forest.rd.pref.gifu.lg.jp/>

e-mail info@forest.rd.pref.gifu.jp

印刷所 株式会社 サン・ライン
