

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¹・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。

¹ 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。

¹ 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、平年の最深積雪深積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

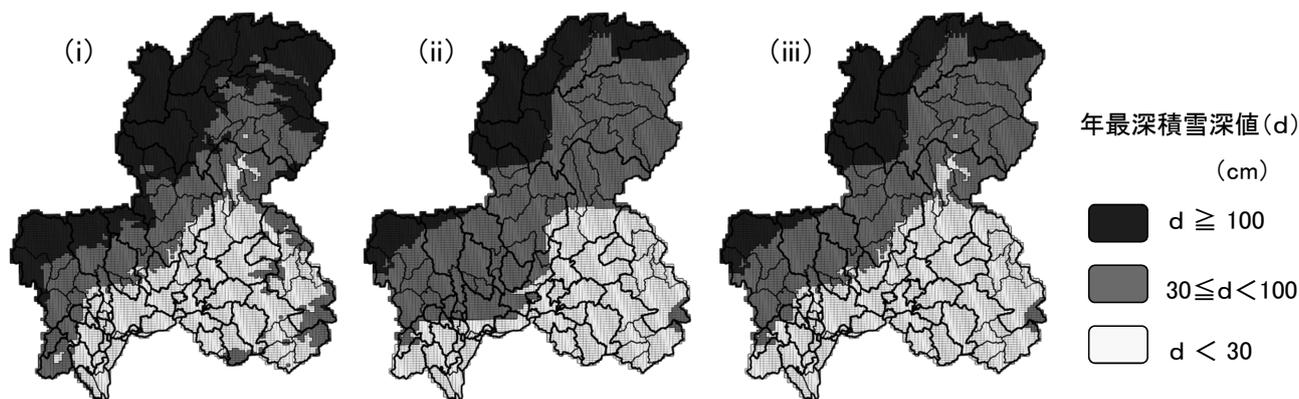


図-1. 年最深積雪深値の分布の比較

(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 ≤ d < 100	d ≥ 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

$$Z = (0.412 * Tave) + (0.114 * Tmax) - (0.719 * Tmin) - 1.325$$

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

(※但し、Z: 判別得点, Tave: 日平均気温 ($^{\circ}\text{C}$), Tmax: 日最高気温 ($^{\circ}\text{C}$), Tmin: 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

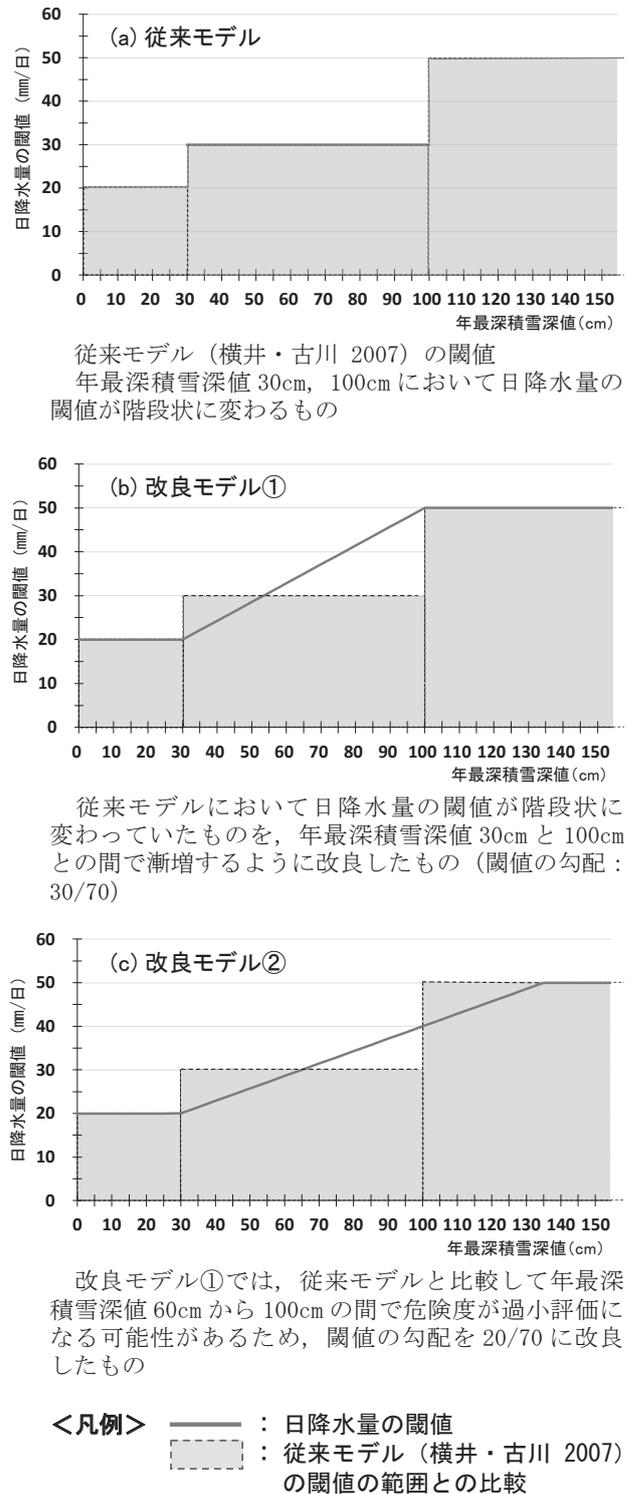


図-2. 年最深積雪深値毎の日降水量の閾値の設定

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。

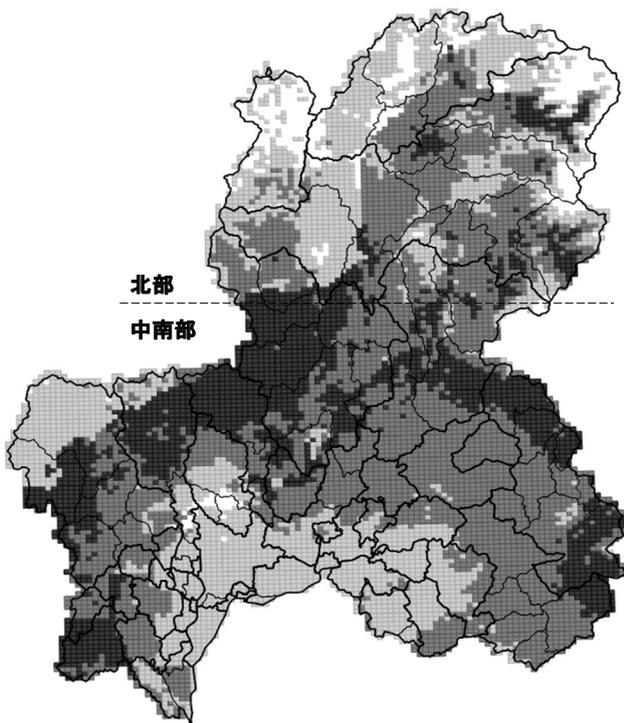


図-5. 従来モデルによる冠雪害危険度判定結果

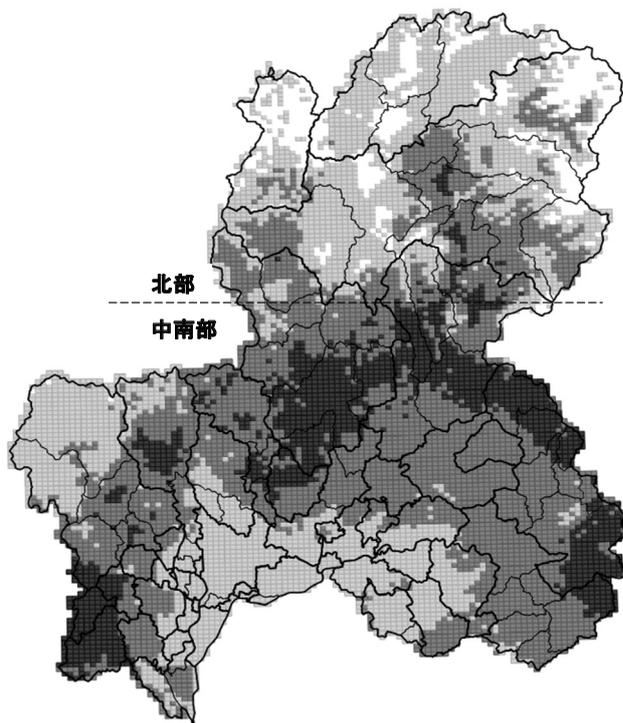


図-6. 改良モデル①による冠雪害危険度判定結果

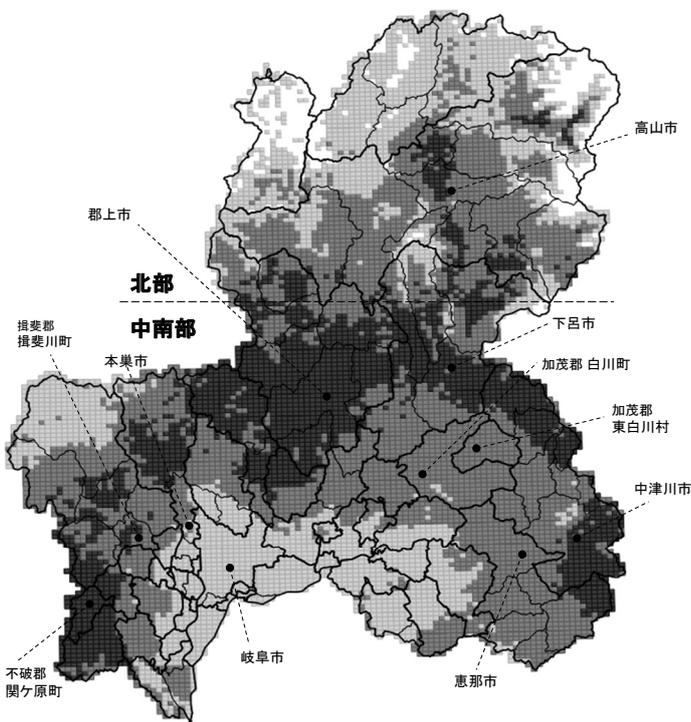


図-7. 改良モデル②による冠雪害危険度判定結果

<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)

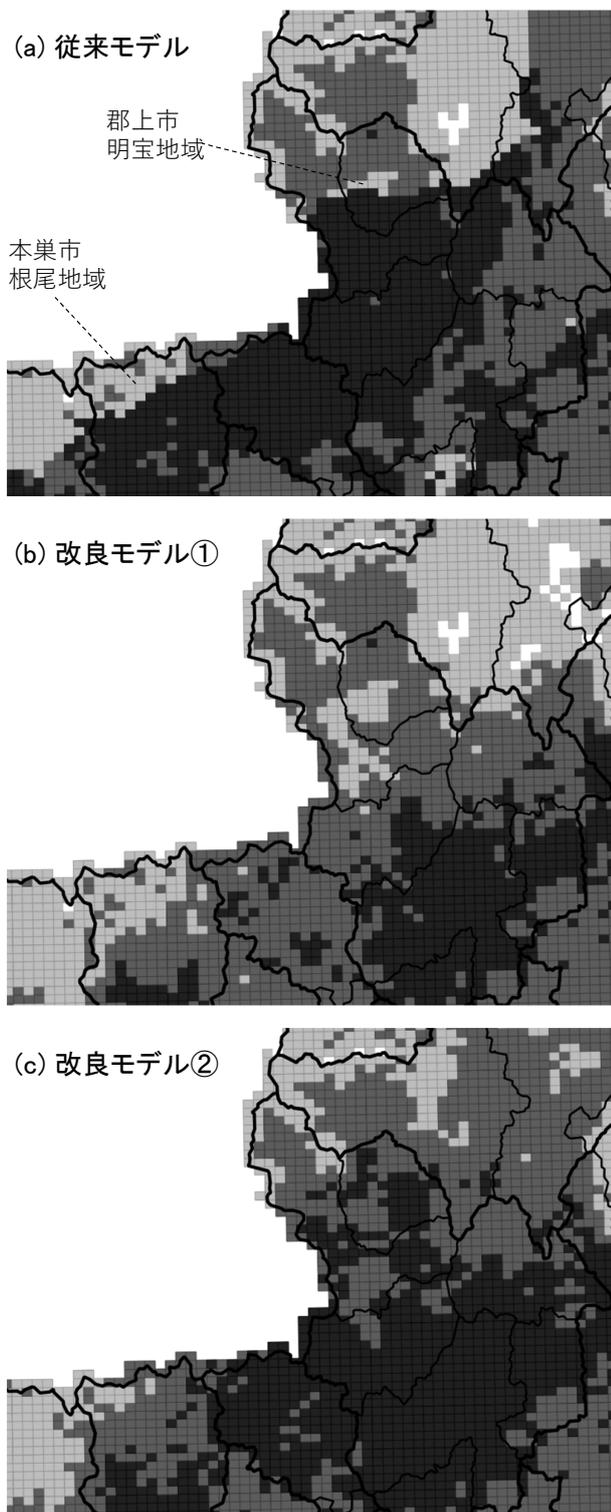


図-8. 従来モデル，改良モデル①，改良モデル②による冠雪害危険度判定結果の一部拡大

〔 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み(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。

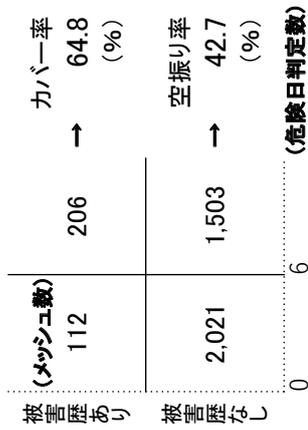
4. 冠雪害危険度マップの利用

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

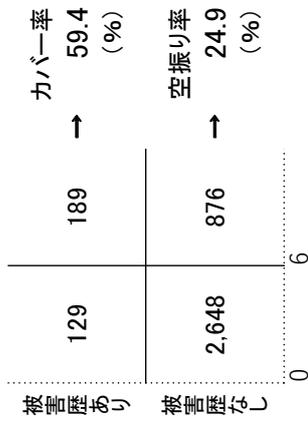
(a) 従来モデルによる
危険度判定結果

(被害履歴メッシュ)

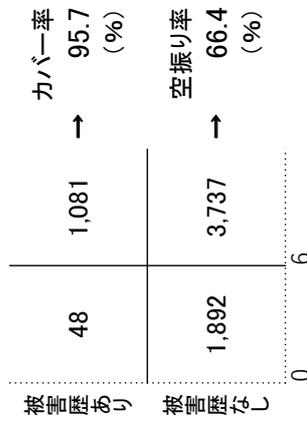


(県北部)

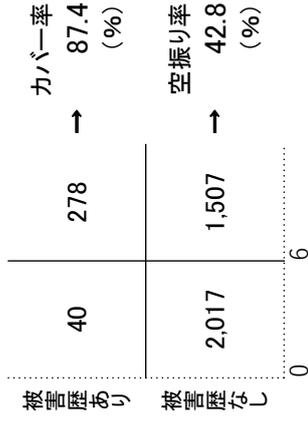
(b) 改良案①による
危険度判定結果



(県中南部)



(c) 改良案②による
危険度判定結果



(県全体)

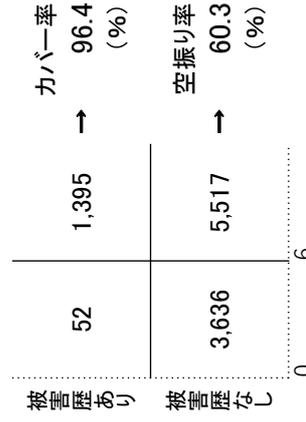


図-9. 従来モデル、改良モデル①、改良モデル②による冠雪害危険度判定結果
(20冬期中の危険日判定数6以上に基づく4象限図、並びにカバー率、空振り率)

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 柁・藤森隆郎（1987）冠雪害一発生のおくみと回避法一。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