

# 空中写真を利用したツキノワグマによる人工林剥皮被害発生状況の把握

A study to understand occurrence of bark stripping damage by Japanese black bear (*Ursus thibetanus japonicus*) in coniferous plantations by using aerial photograph

## 片平篤行

空中写真を利用して剥皮被害の発生状況を調査したところ、以下のことが明らかとなった。

- 1 空中写真の撮影時に樹冠が赤変している個体は剥皮被害木と判断でき、被害状況の把握に有効であることが確認された。
- 2 デジタルオルソフォトにより判別した群馬県内全域の赤枯木の発生割合は、桐生・みどり地域が県全体の 80.3% を占めていた。また、同地域の被害発生推移を 1995 年以降の空中写真により把握したところ、被害面積の拡大と共に被害林齢も押し並べて広がっていた。
- 3 桐生・みどり地域の剥皮被害は、地域全体のスギ・ヒノキ人工林の標高位置に比べ、高い標高域で発生し、傾斜方向による差異は確認されなかった。

キーワード ツキノワグマ、剥皮被害、GIS、空中写真

## I はじめに

ツキノワグマによる人工林剥皮被害は全国で報告があり、群馬県内においても 1975 年に聞き取り調査により被害が確認されている<sup>7)</sup>。森林被害統計による県内の剥皮被害は、1995 年から報告があり、近年は増加傾向にある<sup>3)</sup>。発生地域は県東部の桐生市、みどり市（以下、桐生・みどり地域とする）に集中し、他にも県内各地で被害が発生している（図-1）。

剥皮された被害木は、剥皮部から徐々に腐朽が進み、立ち枯れ倒木し、被害を受ける山林所有者の収入が減少するばかりでなく、育林意欲を大きく削ぐ結果となる。現在、剥皮防除対策として、既製品の防除資材やビニルテープなどの幹巻きが実施され、被害軽減効果が期待されているが、対象林分面積が広く労力や資材コストがかさむため、より有効な被害対策が求められている。

針葉樹人工林はツキノワグマにより幹周の 50%<sup>10)</sup> 又は 70%<sup>11)</sup> 以上を剥皮されると枯死木が発生し始める。枯死により赤変した樹冠は変色しながら枝葉の脱落が進み、この間は遠方からでも目視確認することができる。なお、樹冠の赤変は剥皮による仮導管の水分通導阻害による枯死が原因と考えられ、他の報告では赤変した木を枯死木として扱っており、当報告においても赤変木を枯死木と定義する。

樹冠による剥皮被害調査は伊藤らにより実施され、樹冠に異常のあった数の 4～5 倍の剥皮被害木が周囲に存在すると報告している<sup>1)</sup>。

剥皮被害は急傾斜地や沢奥部など遠方から確認でき

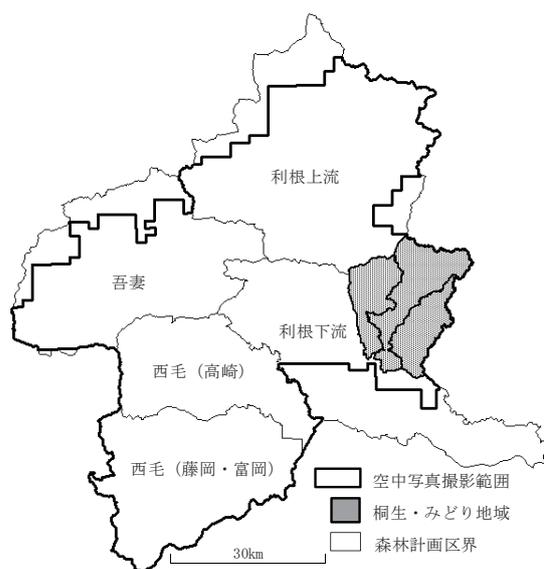


図-1 調査地域

ない場所でも発生し、被害の把握が困難な場合が多いが、赤変した樹冠は特に視認性が高く、空中写真でも確認することができる<sup>10, 11)</sup>。

このため、空中写真により県内全域の被害状況を調査し、被害の集中する桐生・みどり地域については、過去の空中写真を利用して被害発生の推移と発生傾向について考察した。

## II 方法

### 1 調査地域の概要

県内全域の剥皮被害調査については空中写真の撮影範囲全域を対象とした（図-1）。県内の民有林人工林は10齢級を中心に10齢級以上が約60%を占めている（2011年4月1日現在）。県内の針葉樹人工林の約35%を国有林が占めるが、空中写真は民有林、国有林区別なく撮影されるため、撮影範囲内のスギ・ヒノキ人工林はすべて確認することができる。

桐生・みどり地域の被害発生推移の調査については、同地域内のスギ・ヒノキの植栽される範囲を対象とした（図-1）。人工林の林齢構成は9齢級（2011年4月1日現在）を中心に、10齢級以上が約45%を占め、県内全域と同様に高齢林化が進んでいる<sup>3)</sup>。この地域はスギ・ヒノキを中心とする針葉樹人工林地帯で、尾根筋に広葉樹林が残され、パッチ状の広葉樹林帯も多くみられる。特に、鳴神山周辺は低山ではあるが良好な自然環境を有するとして、県の自然環境保全地域（普通地区）に指定され、数度の自然環境調査が実施されている。この中では、種子植物401種、ほ乳類18種等の調査結果が報告され、ニホンジカの摂食による林床植物の貧化が指摘されている<sup>4)</sup>。当地域では古くからツキノワグマの狩猟捕獲があり、数年おきにツキノワグマの出没が発生<sup>2)</sup>しており、近年ではサル、イノシシなどによる農作地被害が増加している。

### 2 調査方法

#### (1) 剥皮1年後の樹冠色変化の把握

桐生・みどり地域において、剥皮後に樹冠色の変化が始まるまでの期間を把握するため、当年度に全剥皮を確認した被害木（35本）の1年後の樹冠色変化について、直接観察により4段階に評価した。（表-1）

表-1 樹冠色の評価基準

区分	評価基準
黄変	樹冠全体が黄色に変色
赤変	樹冠全体が赤色から赤褐色
茶変	樹冠葉量が減り黄土色から薄い茶色に変色
少葉	茶変より枯れが進んだ状態

#### (2) 定点観察による樹冠色変化の把握

桐生・みどり地域において、樹冠色の変化が始まってからの経年変化を把握するため、剥皮被害が発生しているスギ人工林を3カ年にわたり定点撮影し、撮影期間内に赤変した62本（剥皮年は不明）の樹冠色変化を把握した（表-2）。確認はPC画面上で行い、樹冠色変化を表-1により目視評価した。

表-2 定点観察調査の概要

林齢及び面積	23年生（0.6ha）、26年生（0.4ha）
林分中心点位置	経度36.5003、緯度139.3964
中心点までの直線距離	400m
撮影日	2009.5.15、2010.6.14、2011.7.5
樹冠変色 確認本数	2009～2010 10本 2009～2011 37本 2010～2011 15本
撮影機器	Fujifilm FinePixJ10
画素数	1600×1200
焦点距離（35mm換算）	113mm

#### (3) 空中写真による県内全域の剥皮被害調査

県内全域の剥皮被害調査はデジタルオルソフォト（地域森林計画樹立のために群馬県が撮影した空中写真を基に作成した正射投影画像、以下オルソフォトとする）を使用して分析を行った。オルソフォトは基となる空中写真の撮影年が森林計画区毎に異なり、分析には2004年から2008年までの5年間に撮影したのものを使用した（表-3）。写真の地上分解能は50cmで作成されており、樹冠の形状や

色調が判別できる。オルソフォトは座標情報のある背景図としてGISソフト(地図太郎Version6.50東京カートグラフィック(株))に取り込み使用した。

オルソフォトでは樹冠色の評価基準(表-1)

の黄変、茶変及び少葉は判別が難しいため、枯死木の判別は、変色が明確に区別できる2の区分のみとした。赤変木の位置は樹冠形状や森林計画図により針葉樹を判別し、一本に一つの点として樹冠頂部にGIS上で選点し(以下、赤枯点とする)、新たなレイヤーに点情報として記録した。作成した点情報は基準地域メッシュ(1kmメッシュ)のポリゴンレイヤー毎に集計し被害強度とした。なお、赤枯木の発生は、他の獣害(ニホンジカ、ウサギ、ネズミなど)、病害、気象害なども考えられるが、判別が困難なため他の原因による赤枯点も一定程度含まれる可能性がある。

#### (4) 桐生・みどり地域の被害発生推移調査

桐生・みどり地域を5年毎に撮影した1995年から2010年までの空中写真及びオルソフォトを使用し被害発生推移を把握した(表-4)。

オルソフォトは(3)と同様に使用し、カラー空中写真はカラーキャナにより600dpi(Epson offirio ES-7000H)で読み込みデジタル化し、画像の幾何補正は行わず同箇所のオルソフォトとPC画面上で位置を比較し場所を特定した。選点した赤枯点は(3)と同様に点情報として新たなレイヤーに年度別に記録した。撮影年別の赤枯点レイヤーを、GISソフト(PC-Mapping HT ver.7(株)マブコン以下、PC-Mappingとする)を用いて、100mメッシュレイヤー(ポリゴン数:43,464個)、250mメッシュレイヤー(ポリゴン数:7,039個)のポリゴン毎に集計し、メッシュ別の被害強度とした。

#### (5) 地形的特徴による被害発生傾向調査

桐生・みどり地域において被害発生と地形的特徴の関係を把握するため、国土地理院の数値地図50mメッシュ(標高)を基にPC-Mappingにより、標高値(100mメッシュに含まれる50mメッシュ標高の平均値)、傾斜方向及び傾斜度(隣接する100mメッシュの標高値から最大傾斜方向及び傾斜角度を算出)を含む100mメッシュを作成した。作成した100mメッシュは森林計画図のスギ・ヒノキ人工林を一部でも含む場合を人工林メッシュと定義し、標高、傾斜方向及び傾斜度別の被害発生比率を分析した。

#### (6) 林齢による被害発生傾向調査

桐生・みどり地域において、森林計画図の小班ポリゴン内に1個以上の赤枯点を含むものを被害小班とし、林齢と被害発生の関係について分析した。小班の林齢は森林簿(2007年4月1日現在)に記載された林齢を基に撮影年度に時点修正して使用した。なお、調査地域内の国有林については、第3次国有林野施業実施計画図(2006年度樹立利根下流森林計画区:水沼、桐生)をカラーキャナ(600dpi)で読み込み、画像の幾何補正は行わずスギ・ヒノキ人工林をポリゴン化し、林齢等の情報を付加して使用した。

### III 結果及び考察

#### 1 剥皮1年後の樹冠色変化

全剥皮木の1年後の樹冠色は、43%が空中写真で確認できる赤変に変化し、23%は茶変以降に変色が進行し、29%で色調の変化が確認されなかった(表-5)。このため、全剥皮を受けると72%の被

表-3 計画区別撮影年月

森林計画区名	撮影年月
利根上流	2004年6月
利根下流	2005年7月
吾妻	2006年10,11月
西毛(藤岡・富岡)	2007年10,12月
西毛(高崎)	2008年5月

表-4 桐生・みどり地域撮影年月

種類	撮影年月
カラー空中写真	1995年7月, 2000年7月
オルソフォト	2005年7月, 2010年6月

害木が翌年までに樹冠の変色が始まると考えられる。

## 2 定点観察による樹冠色変化

経過年別の樹冠色の変化は図-2のとおりである。2009年に既に黄変及び赤変だった10本は、2年後にはすべて茶変以降まで変色が進行し、2010年に変色が始まった37本については、すべて翌年に茶変以降まで進行していた。なお、2011年に新たに変色が始まった被害木は15本あり、3カ年で確認された被害木は10本、37本、15本と変動が見られた。樹冠に変化の無い状態から翌年に変色が確認された52本は、1本(2%)が黄変、46

表-5 樹冠色変化

区 分	1年後	
	本数 (n=35)	%
変化なし	10	29
黄変	2	6
赤変	15	43
茶変	2	6
少葉	6	17



図-2 定点観察による樹冠色変化

本(88%)が赤変、5本(10%)が茶変以降の変色だった。

剥皮の高さ、樹冠葉量、地形、気候条件などにより樹冠変色の速度は異なる可能性があるが、変色初年度に88%の被害木が赤変し、一部では赤変が2年程度継続すると考えられ、赤変から少葉に至るまでは、図-2の結果から最長で4年を要していた。

以上の結果から、全剥皮後に樹冠が変色するまでに1~2年、変色が始まり少葉となるまでに1~4年が経過すると推察される。このため、5年の撮影間隔の中で赤変が終了し、空中写真で確認できない枯死木が林内には多数存在すると考えられる(図-3)。

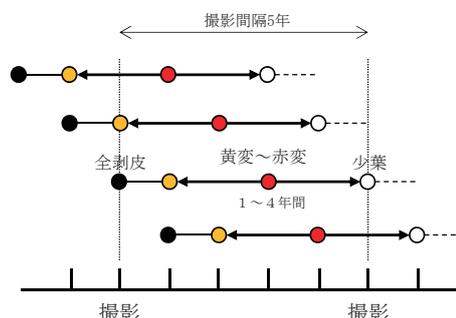


図-3 確認される枯死木の期間

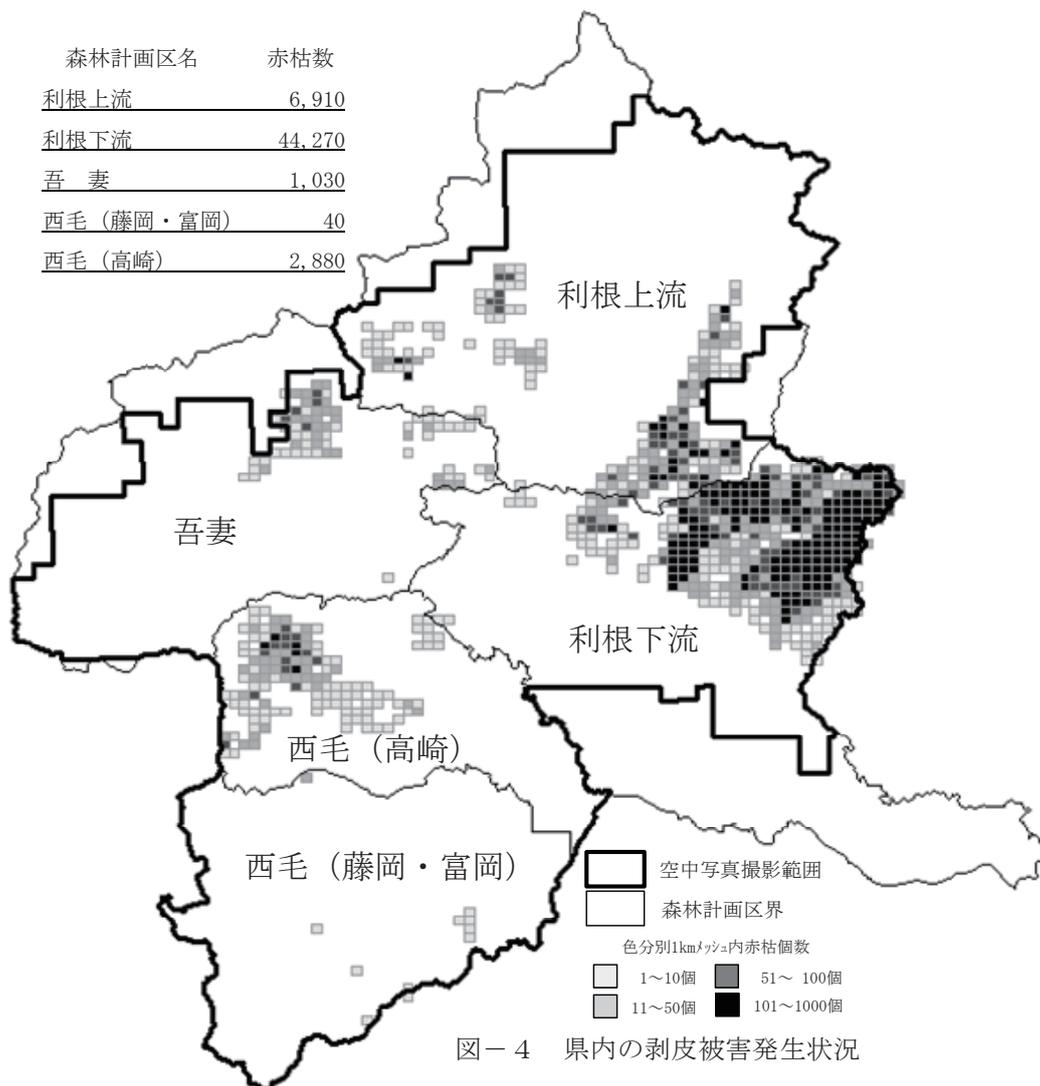
## 3 空中写真による県内全域の剥皮被害調査

図-4は森林計画区別の赤枯数及び1kmメッシュ別の被害強度を色分けで表示している。すべての森林計画区内で被害が発生しており、赤枯点の総数は55,130個となった。特に利根下流森林計画区(桐生・みどり地域)のみに発生)は赤枯点が集中しており、全体の80.3%が同地域で確認された。

撮影する時期が11月以降であった一部地域では、人工林内の落葉樹の紅葉と赤枯点の区別が困難な場合があった。また、落葉針葉樹であるカラマツの被害は写真では判別できない。この一部地域では剥皮被害の報告はないが、撮影時期により赤枯木が確認できない場合は、過去の空中写真の利用や現地調査により被害発生を把握する必要がある。なお、現地調査により空中写真では赤枯点の確認できない被害地も把握しており、実際の被害はより広域で発生していると考えられる。

1975年の報告<sup>7)</sup>では、高崎市倉渕町、安中市松井田町、渋川市赤城町、桐生・みどり地域の一部で被害報告があるが、これらの地域では現在も被害が発生していた。近年では2003年から被害が増加し

はじめ、2010年には被害面積が759.7haとなっており、急激に被害が広がっている<sup>3)</sup>。



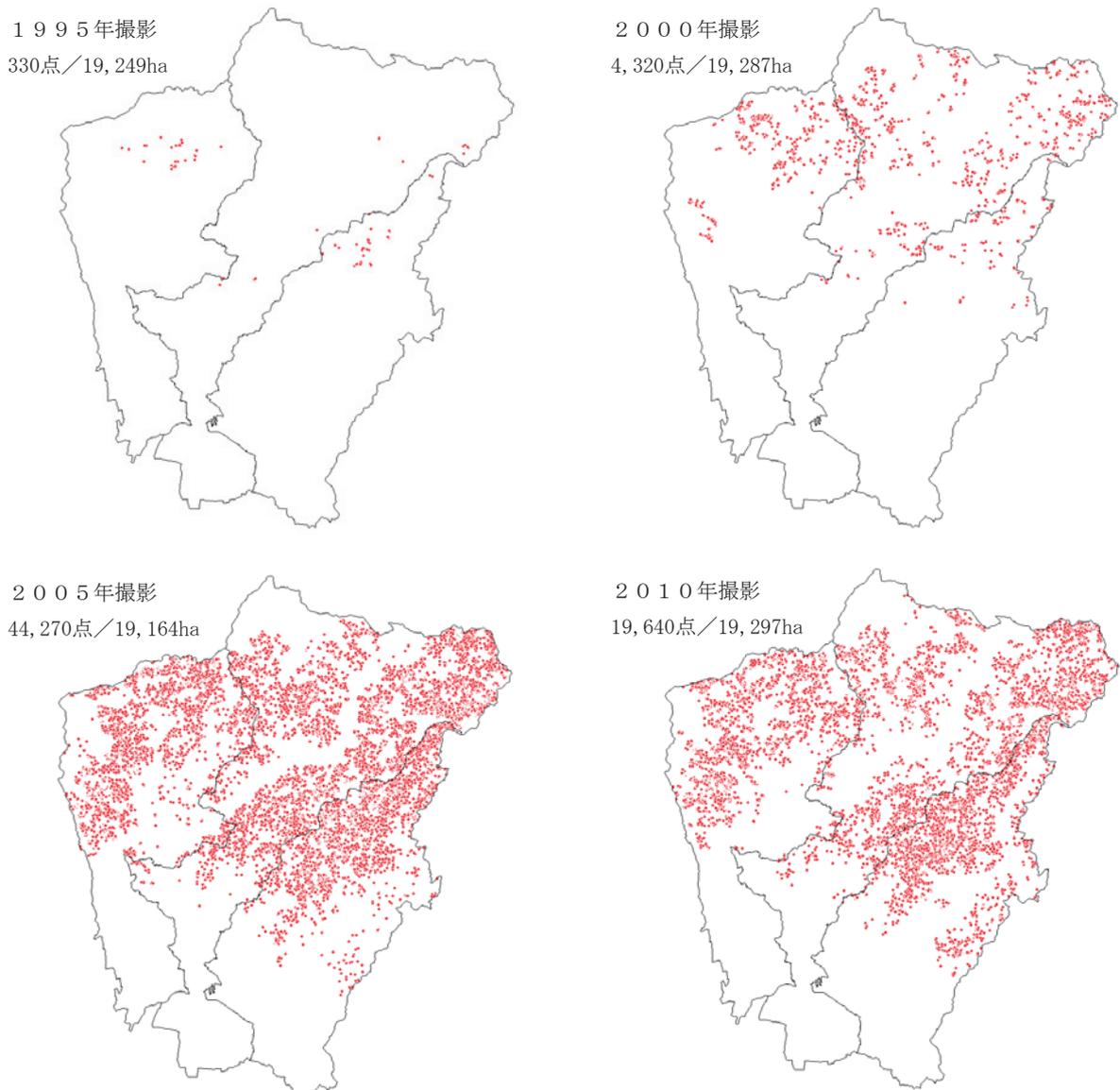
#### 4 桐生・みどり地域の被害発生推移調査

1995年から2010年までの桐生・みどり地域の被害発生推移は図-5のとおりである。図中の数字は撮影年度別の赤枯数と桐生・みどり地域の針葉樹人工林面積(国有林含む)を示しており、15年間の面積変化率は+0.2%(48ha)である。1995年撮影時の被害発生は、一部地域(桐生市黒保根町楡沢、同市梅田町鍋足、みどり市東町沢入)に限られ、これらは1975年の報告位置周辺で発生していたことが確認された<sup>7)</sup>。このことから、1975年から1995年までの20年間は被害発生が限定的であったと考えられた。5年後の2000年には桐生市黒保根町、みどり市東町を中心に被害が広がり、10年後の2005年には桐生・みどり地域全域に拡大している。2010年には赤枯数が大きく減少したものの、既被害林内の被害は継続して発生していた。

図-6は撮影年度別の新たに発生した赤変木の位置を、250mメッシュで色分け表示している。1995年に54メッシュの被害が発生し、徐々に周辺に被害が広がり、2010年は合計3,607メッシュまで拡大していた。また、1995年から2010年まで連続して被害が発生している地域も確認された。

図-7は赤枯数により調査地域内の被害強度を示すため、100mメッシュ毎に赤枯数を集計してい

る。各年度とも赤枯木が1から10本までのメッシュが88～96%を占め、60個を超える被害地も発生しており、剥皮被害の状況は一様ではなく、広く拡散している一方で甚大な被害地が発生していることが確認された。



(注) 赤枯点は1点が約100mの大きさに表示されており、樹冠幅が3～4m程度とすると約30倍に相当する。

図－5 桐生・みどり地域の撮影年度別被害推移

## 5 地形的特徴による被害発生傾向調査

スギ・ヒノキ小班を含む人工林メッシュは全部で29,136個であった。桐生・みどり地域のスギ・ヒノキ人工林の標高分布は118m～1,286m(平均609±243m)で、桐生市(平均574±246m)に比みどり市(平均656±232m)の方が高い位置にある。赤枯点が1個以上あるメッシュを被害メッシュとして、標高別、年度別に集計すると(図－8)、桐生・みどり地域のスギ・ヒノキ人工林の標高位置に比べ、被害メッシュの標高位置が高くなっていった。なお、図－6による年度別の新規メッシュの平均標高は、868m(2000年)、767m(2005年)、750m(2010年)と推移し低標高に拡散していた。

桐生・みどり地域のスギ・ヒノキ人工林の傾斜度分布(図－9)は、1度～40度(平均17度)の範囲であり、被害メッシュの傾斜分布は2度～40度(平均19度)で差は見られなかった。しかし、

全体に占める被害メッシュ比率は、傾斜度が上がるほど高くなっていった。

傾斜方向の分析については、桐生・みどり地域が南や南東に面する地形が多く、被害メッシュも同様の傾向を示しており、差異は認められなかった（図-10）。

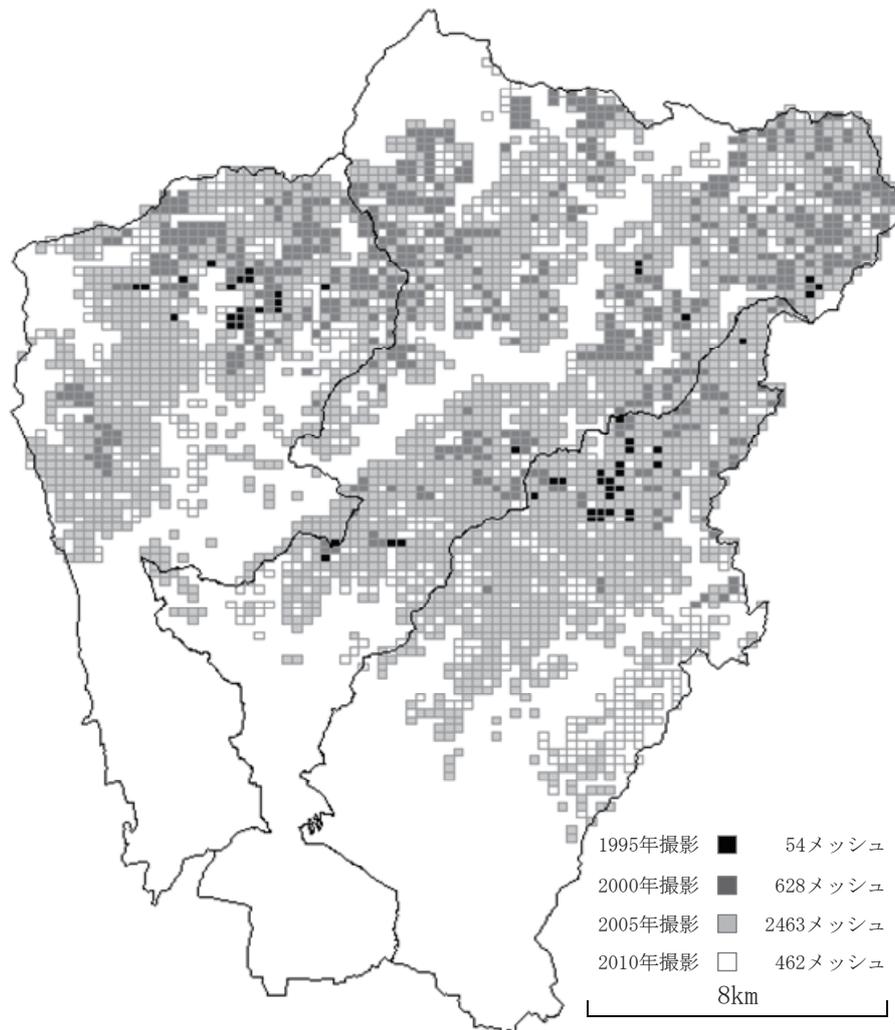


図-6 年度別新規被害メッシュ図 (250m)

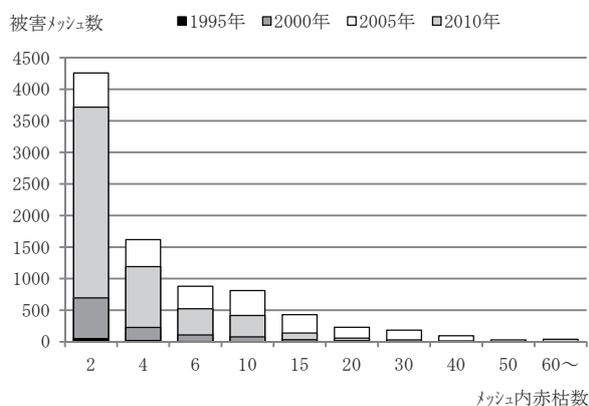


図-7 赤枯数・年度別被害メッシュ数 (100m)

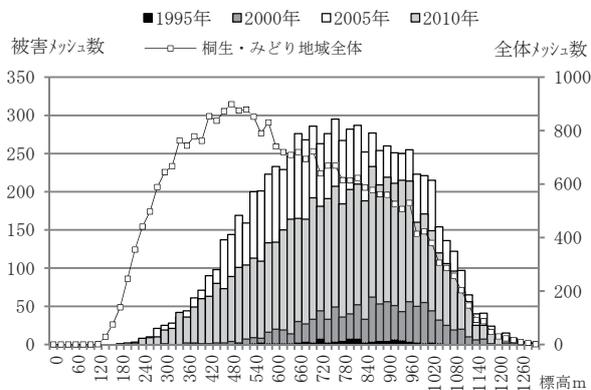


図-8 標高・年度別被害メッシュ数

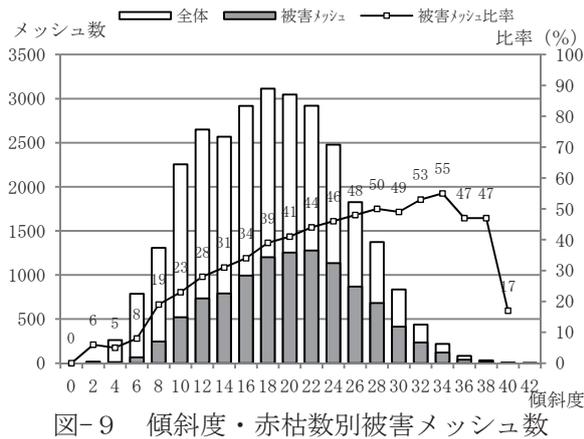


図-9 傾斜度・赤枯数別被害メッシュ数

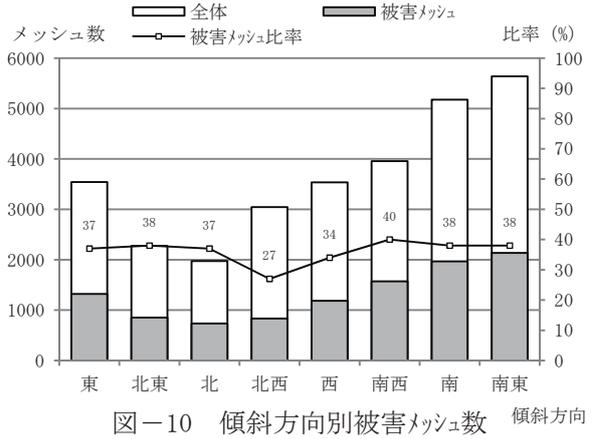


図-10 傾斜方向別被害メッシュ数

## 6 林齢による被害発生傾向調査

桐生・みどり地域で剥皮被害が広がり始めた 2000 年当時の小班面積の林齢構成は、8 齢級前後を中心とする山型を描き、被害小班も同様の林齢構成で被害が発生していた。被害小班の林齢の中心は、齢級の推移と共にシフトするが、発生林齢は被害面積の増加と共に、2 齢級から 18 齢級まで押し並べて拡大していた。(図-11~14)。

八神<sup>9)</sup>は被害発生の初期には比較的胸高直径が大きい立木に選択的に被害が見られるが、被害が本格的になると選択幅が広がるとし、松田ら<sup>8)</sup>も同様に報告している。桐生・みどり地域においても、2000 年以降に激害化が進んだ結果、幅広い齢級で被害が発生したものと考えられる。

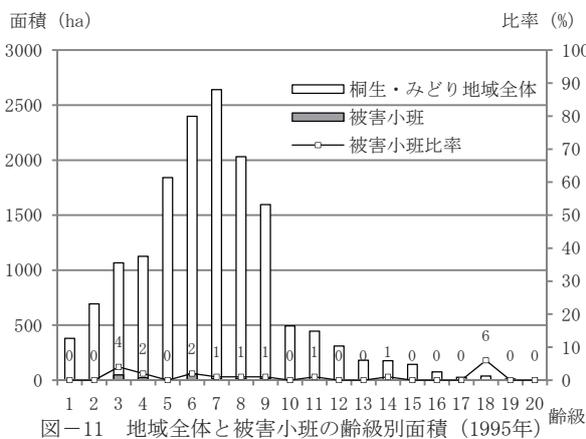


図-11 地域全体と被害小班の齢級別面積 (1995年)

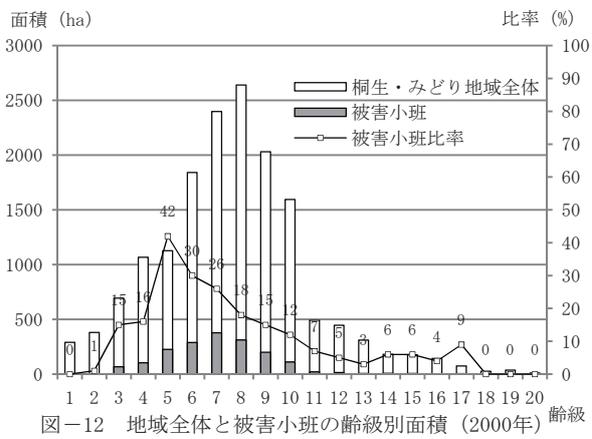


図-12 地域全体と被害小班の齢級別面積 (2000年)

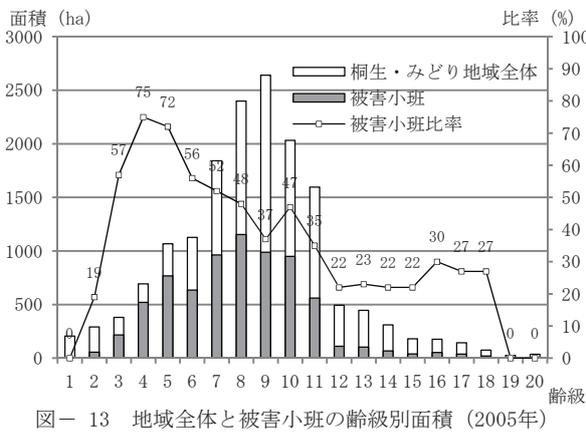


図-13 地域全体と被害小班の齢級別面積 (2005年)

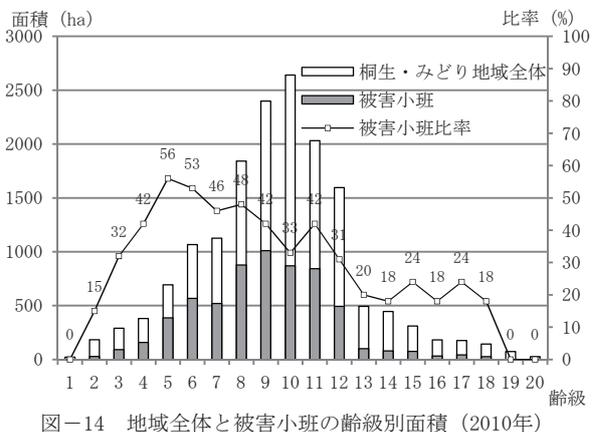


図-14 地域全体と被害小班の齢級別面積 (2010年)

齡級別の全体面積に対して、被害小班の面積が占める比率は、全体林齢の構成に関わらず5齡級前後で高く、特に2005年では4齡級の75%、5齡級の72%の小班で被害が発生していた。人工林分材積表によれば5齡級前後(20~30年生)のスギ人工林の胸高直径は10.2cm~25.0cm、ヒノキ人工林は9.9cm~21.6cmとなっており、胸高直径が20cm前後の小班で被害が発生していたと推測される<sup>5)</sup>。

#### IV まとめ

空中写真を利用したスギの立ち枯れ木調査は、既に山中ら<sup>6)</sup>により報告されている。今回の調査により、過去の空中写真を利用した被害発生推移の把握や、群馬県全域という広域レベルでも、剥皮被害の発生状況の把握に有効であることが確認された。また、空中写真は5年毎に作成されるため、県内の被害発生推移を長期にわたりモニタリングする事が可能となった。

桐生・みどり地域における1995年から2010年までの針葉樹人工林の面積変化は微増(0.2%増)であり、人工林面積の増減が被害の急拡大の原因とは言い難い。人工林の成長による林内の食物資源環境の変化や他の何らかの原因が、スギ・ヒノキ人工林を加害する剥皮グマの増加に影響したと考えられる。

桐生・みどり地域は既に激害化が進んでおり、今回確認された地形的特徴や林齢による被害発生傾向は、同地域に特有のものである可能性がある。防除対策を検討する上でより有用な情報を得るためには、初期被害地域等において同様の調査を実施し、発生傾向を比較検討することが必要であり、被害発生を早期に把握するよう情報を継続して蓄積することが重要である。

今後は得られた情報を防除対策に有効活用するため、空中写真と現地調査の併用による被害状況調査を、被害度の異なる県内の複数地域で実施し、施業履歴や植生調査の結果を踏まえ被害発生メカニズムについて検討する。

#### 引用文献

- 1) 伊藤英敏・小野里 光：ツキノワグマによる人工林剥皮被害調査：群馬県林試研報 16, 13-26, (2011)
- 2) 斎藤 晋・小池正之：桐生市動物誌：桐生市教育委員会, (1987)
- 3) 群馬県環境森林部林政課：群馬県森林林業統計書：平成 23 年版, (2012)
- 4) 群馬県自然環境課：良好な自然環境を有する地域学術調査報告書 (X X X IV) : 131-141, (2008)
- 5) 群馬県林務部：群馬県民有林人工林収穫予想表・人工林分材積表：31-37, 67-73(1988)
- 6) 山中典和・登尾久嗣・川那辺三郎：クマハギ防除に関する研究(Ⅲ)ー芦生演習林内におけるスギ立ち枯れ木の分布ー：京大演報 63, 11-22, (1992)
- 7) 野崎英吉・古林賢恒・丸山直樹・常田邦彦・遠竹行俊：関東地方におけるツキノワグマの分布ーアンケート・聞き取り調査によるー：哺乳動物学雑誌 vol. 8 NO. 1, 14-32, (1979)
- 8) 松田 彩・高木直木・高木悦子・高柳 敦：クマハギ発生過程と被害木の特徴：日林学術講第 110 回, 722-723(1999)
- 9) 八神徳彦：石川県におけるクマ剥ぎ被害の現状(第 1 報)ークマ剥ぎ激害地における剥皮形態ー：石川県林試研報第 31, 1-9, (2000)
- 10) 八神徳彦：クマ剥ぎによる立ち枯れ木の発生状況と地域差：石川県林試研報第 32, 26-29, (2001)
- 11) 渡辺弘之・小宮山 章：ツキノワグマの保護と森林への被害防除(Ⅱ)：京大演報 48, 1-8, (1976)