

ISSN 1345-6520

岐阜県森林科学研究所

研 究 報 告

第 32 号

Bulletin of the Gifu Prefectural
Forest Science Research Institute

岐阜県森林科学研究所

岐阜県美濃市

2003 年 3 月

目 次

論 文

岐阜県北部において2002年秋に発生した広葉樹冠雪害の 被害地の分布と被害状況	1
--	---

横 井 秀 一
茂 木 靖 和

東濃地域に分布するシデコブシの遺伝的多様性	15
-----------------------------	----

中 島 美 幸
坂 井 至 通

資 料

下呂実験林のスギ挿し木林分における 冠雪害の発生状況と立木密度の関係	21
---	----

茂 木 靖 和
横 井 秀 一
渡 邊 仁 志

岐阜県内民有林におけるマツタケ発生適地面積の推定	27
--------------------------------	----

水 谷 和 人

論文

岐阜県北部において2002年秋に発生した広葉樹冠雪害の被害地の分布と被害状況

横井秀一・茂木靖和

Distribution and state of deciduous broad-leaved trees damaged by snow accretion in northern region of Gifu prefecture in autumn, 2002

Shuichi YOKOI and Yasukazu MOTEKI

岐阜県北部で2002年秋に発生した落葉広葉樹の冠雪害の概況を調査した。被害地は岐阜県北部に広く分布し、その中でも北部から西部にかけての範囲に被害の発生が多かった。被害形態は梢端や枝が折れる被害が最も多く、次いで幹折れ被害が多く発生していた。被害は、コナラに最も多く発生していた。致命的な被害である幹折れや根返りが発生したところでは、複数の個体が集団で被害を受けていることがしばしば観察された。これらの冠雪害は、10月下旬から11月上旬にあった3回の降雪、特に11月になってからの2回の降雪で発生したことが気象資料の解析からわかった。この時期には多くの落葉広葉樹が着葉しており、そのことが冠雪害の誘因になったと考えられた。

キーワード：冠雪害，コナラ，落葉広葉樹

I はじめに

岐阜県では2002年1月に発生したスギ人工林の冠雪害（茂木ら，2003）に続き，同年秋には北部地域で落葉広葉樹林に冠雪害が発生した。岐阜県北部では，これまでも落葉広葉樹が冠雪害を受けたことが観察されている。当該地域は広葉樹林が広く分布するため，地域の森林資源の中で広葉樹が重要な位置を占めている。冠雪害は森林の経済的価値を低下させ，その美観を損なうと同時に，林分構造を変化させ，そこに生活する生物に様々な影響を及ぼす。したがって，岐阜県北部の森林管理上，落葉広葉樹の冠雪害は考慮すべき問題であると考ええる。

これまでの冠雪害に関する研究は主にスギ人工林を対象に行われ，数多くの事例が報告されるとともに冠雪害発生のメカニズムや被害を回避するための技術に関する成果が得られている（高橋，1977；石川ら，1987；松田，1988；嘉戸，2001など）。その一方で，スギ以外の針葉樹人工林に関しては，ヒノキ人工林（松田，1984；近藤ら，1992）や海岸のアカマツやクロマツの人工林（松田，2000；金子ら，2000）に発生した冠雪害が報告されているが，報告例は少ない（石川ら，1987に詳しい）。これは，スギに比較して他の針葉樹種は冠雪害を受けにくく（石川ら，1987），被

害例が少ないためであると考えられる。

広葉樹も冠雪害に強いとされており（石川ら，1987），実際，広葉樹の冠雪害に関する報告は数例（藤森ら，1986；吉武ら，1986；齋藤ら，1987；松岡ら，1991；前田，2001a；2001b；武田，2001など）を数えるのみである。これらの報告では，落葉広葉樹の冠雪害が着葉期に発生したこと（吉武ら，1986；武田，2001）や形状比の高い個体に幹折れ被害が多いこと（齋藤ら，1987；武田，2001），枝の張り方や枯れ葉の着葉の有無などの個体の形状が被害発生と関係すること（前田，2001b）などが明らかにされているが，広葉樹冠雪害の実態は十分に解明されているとはいえない。

不時に発生する冠雪害の研究では，それが発生したときに被害状況をはじめとした各種の記録を残しておくことが重要である。そこで，今回発生した落葉広葉樹の冠雪害について，被害地の分布と被害状況を把握するための調査を行った。本報告は，その結果とともに被害発生時の気象現象を記録し，落葉広葉樹の冠雪害の特徴に関する若干の考察を行ったものである。

II 方法

1. 冠雪害の概況調査

冠雪害の被害調査は，岐阜県北部を対象地域として，

主に幹線道路沿いで実施した(図-1)。調査は、走行中の自動車内から被害の有無を観察し、被害発生地点の位置と被害状況を車中で記録するという方法で行った。調査は2002年11月21~22日、11月29日、12月17~18日に行った。

被害発生地点の位置は、GPSレシーバー(Garmin社製e-Trex)を使用して記録した。被害が広範囲にわたって連続している場合は、後述する被害規模を主な目安、特徴的な被害形態を補助的な目安として、以下のように被害発生地点を特定した。集団的な被害が発生している箇所はそれを独立した被害発生地点とし、単木的な被害が連続しているときは被害形態に変化が見られるたびに、それが見られないときには数十mおきに位置を記録し、それぞれを被害発生地点とした。

被害状況は、冠雪害発生地点ごとに被害樹種と被害形態、被害規模をチェックシートに記録した。被害樹種は、樹種が特定できたものは種名を、樹種が特定できなかったものは種不明として記録した。被害形態は梢端折れ・枝折れ・大枝折れ・幹折れ・幹曲がり・根返りの6種類に類型化し、樹種ごとに確認できた全被害形態を記録した。ただし、広葉樹では樹冠上部で主幹がはっきりしなくなることから、梢端折れと枝折れとを厳密に区分することができなかった。このため、本報告では両者を一括して扱うことにする。被害規模は、被害木の散らばり方によって単木被害・小集団被害・集団被害に区分した。単木被害は被害木が単木的に散見されるもの、小集団被害は数本の規模での群状の被害、集団被害は10本を超える規模でのまとまった被害とした。

被害発生地点と調査ルートの地図は、国土地理院の数値地図50mメッシュ(標高)を使用して「カシミール3D」で表示した。本報告で使用する標高は、それによるものである。

2. 気象現象に関する情報収集

今回の冠雪害に係る気象現象を記録するため、各種の情報を収集した。気象観測データは、「気象月報(CD-ROM版)」と気象庁のWebサイト(<http://www.jma.go.jp>)、岐阜地方気象台のWebサイト(<http://www.tokyo-jma.go.jp/home/gifu/>)から入手した。過去の降雪と積雪の初日は、「岐阜県気象月報」で調査した。各地の積雪状況に関する報道記事は、岐阜新聞のWebサイト(<http://www.jic-gifu.or.jp/np/>)で入手した。日本道路公団中部支社からは、東海北陸自動車道の荘川インターチェンジ(以降、荘川IC)と飛騨清見インターチェンジ(以降、清見IC)における降雪量と積雪量の測定値を入手した。

III 結 果

1. 冠雪害の概況

被害発生地点の分布を図-1に示す。被害がみられたのは県の西部では白鳥町以北、中部では明宝村以北、東部では朝日村以北の地域であった。その地域では、被害発生地点が広範囲に分布した。特に、被害発生地点が多かったのは対象地域内の北部から西部にかけての範囲であった。

被害規模は、単木被害が大半であった。小集団被害や集団被害が多かったのは、高鷺村の姪ヶ野周辺、古川町から神岡町にかけての数河峠周辺と神原峠周辺、神岡町の山之村地区であった。被害発生地点の標高は、単木被害が451~1,339m、小集団被害が530~995m、集団被害が645~1,050mの範囲であった。

今回の調査で確認できた被害樹種は、コナラ、ミズナラ、クリ、ブナ、シラカンバ、ヤマハンノキ、サクラ類、オニグルミ、トチノキ、シナノキ、バッコヤナギであった。この中で最も多く被害が観察されたのはコナラであった。また、コナラとクリは標高450m台の地点で梢端折れや幹折れが発生していたと同時に、鈴蘭峠付近の標高1,230~1,250mでも着葉したままの枝が折れており、今回の調査で被害が確認できた標高のほぼ全範囲で被害を受けていた。

梢端折れ(図-2)と枝折れ(図-3)の発生地点の分布を図-4に示す。これらは最も頻繁にみられた被害形態で、その発生地点は県北部に広く分布した。また、この被害は多くの樹種にみられた。

大枝折れ(図-5, 6)の発生地点は、図-7のように分布していた。この被害は、梢端折れ・枝折れと比べると発生地点は少なかったが、小集団被害や集団被害の発生地点が多かった。この被害の発生樹種は、コナラとクリが多かった。

幹折れ(図-8, 9)の発生地点の分布を図-10に示す。この被害は、梢端折れ・幹折れ被害に次いで高い頻度でみられた。また、この被害は対象地域の北部から西部にかけて発生頻度が高く、小集団被害や集団被害でもよくみられた。被害樹種は、コナラが多かった。

幹曲がり(図-11, 12)は、幹折れと同じような分布を示した(図-13)。被害はコナラでもみられたが、シラカンバに多かった。

根返り(図-14, 15)の分布も、幹折れと同様であった(図-16)。また、この被害の発生地点は小集団被害や集団被害であることが多かった。

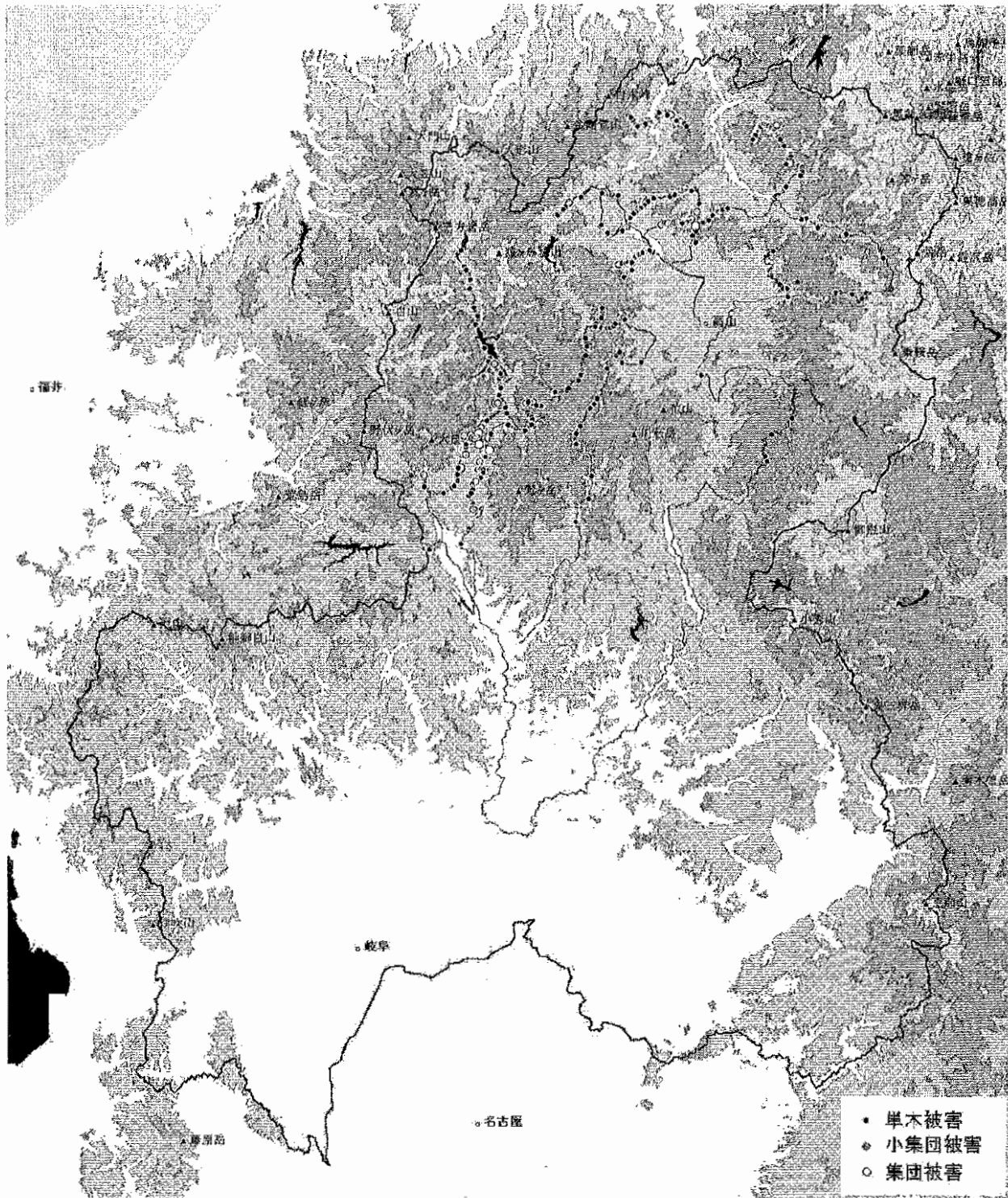


図-1 広葉樹冠雪害の被害発生地点の分布
 図中の実線は調査ルートを示す。
 地図の網かけは標高500mごと。



図-2 コナラの梢端折れ（高鷲村）

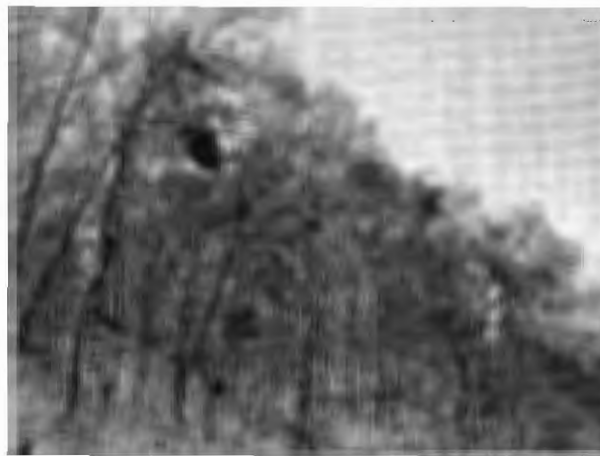


図-3 コナラの枝折れ（神岡町）

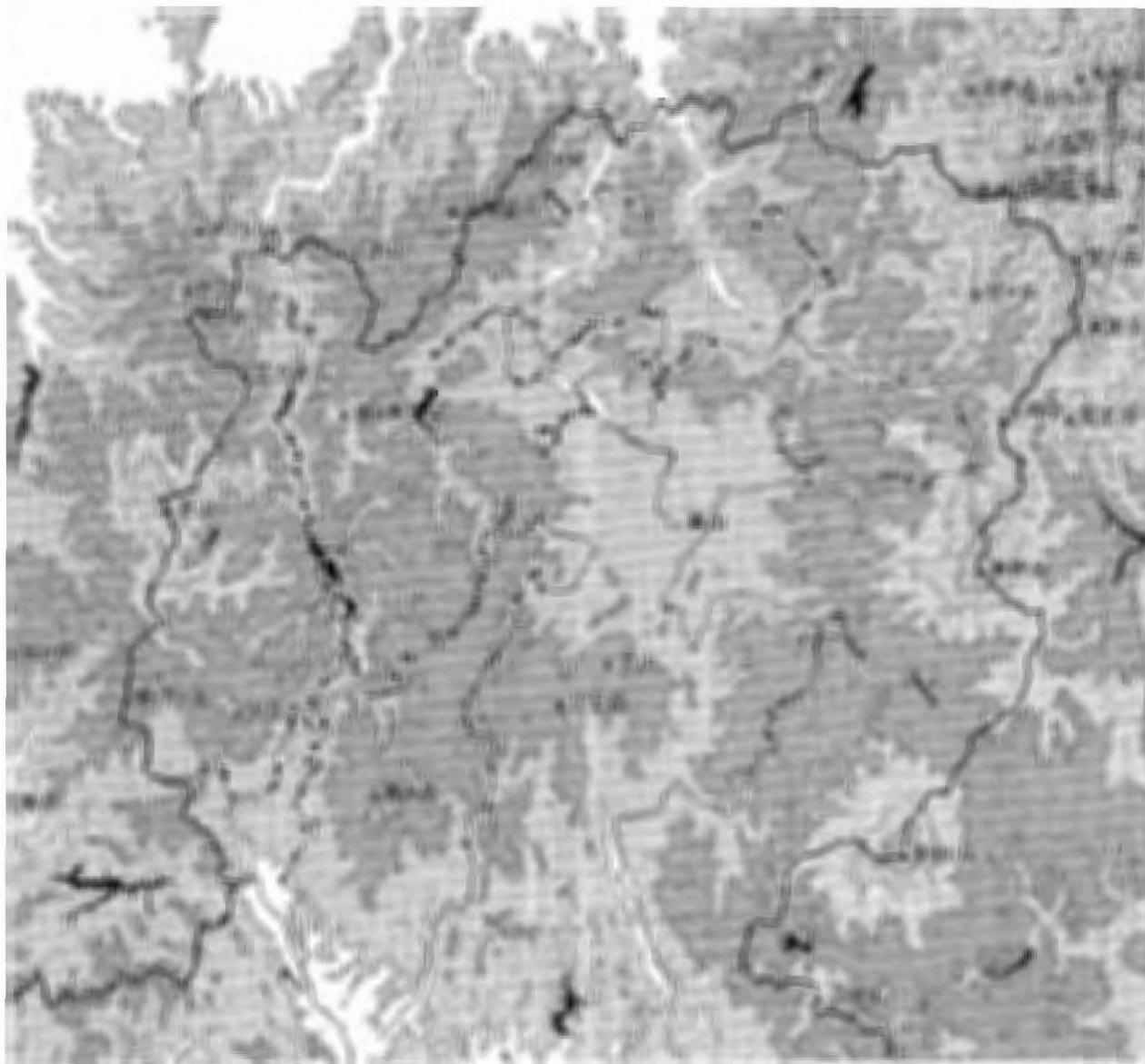


図-4 梢端折れ・枝折れの発生地点 凡例は図-1に同じ。

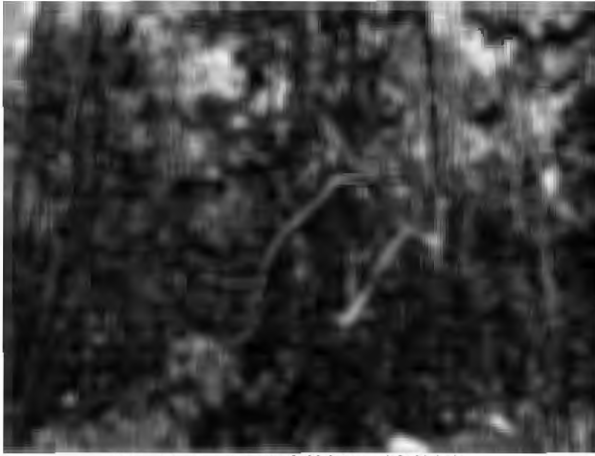


図-5 コナラの大枝折れ（高鷺村）



図-6 コナラの大枝折れ（白鳥町）

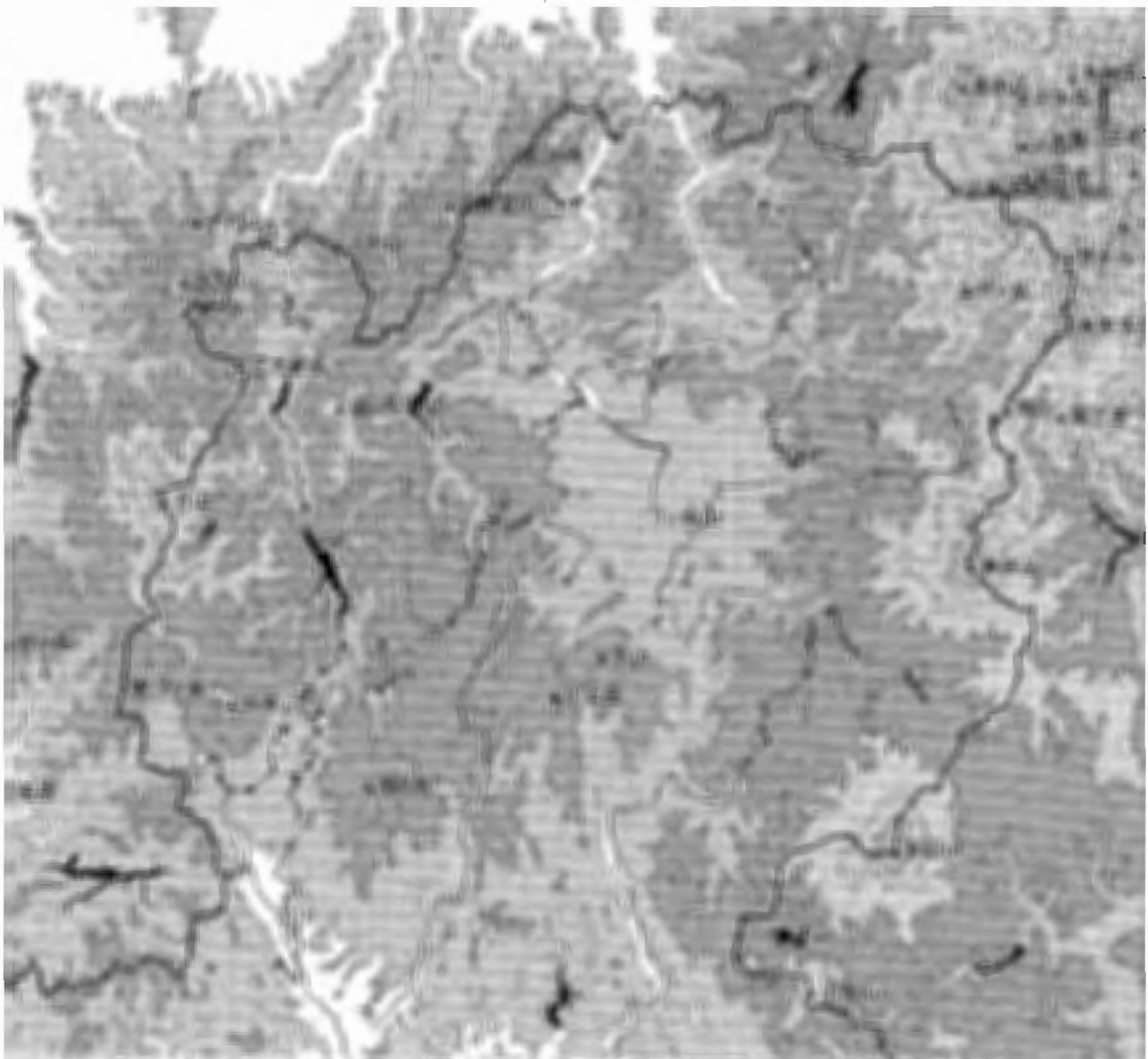


図-7 大枝折れの発生地点 凡例は図-1に同じ。



図-8 コナラの幹折れ (宮川村)



図-9 コナラの幹折れ (上宝村)

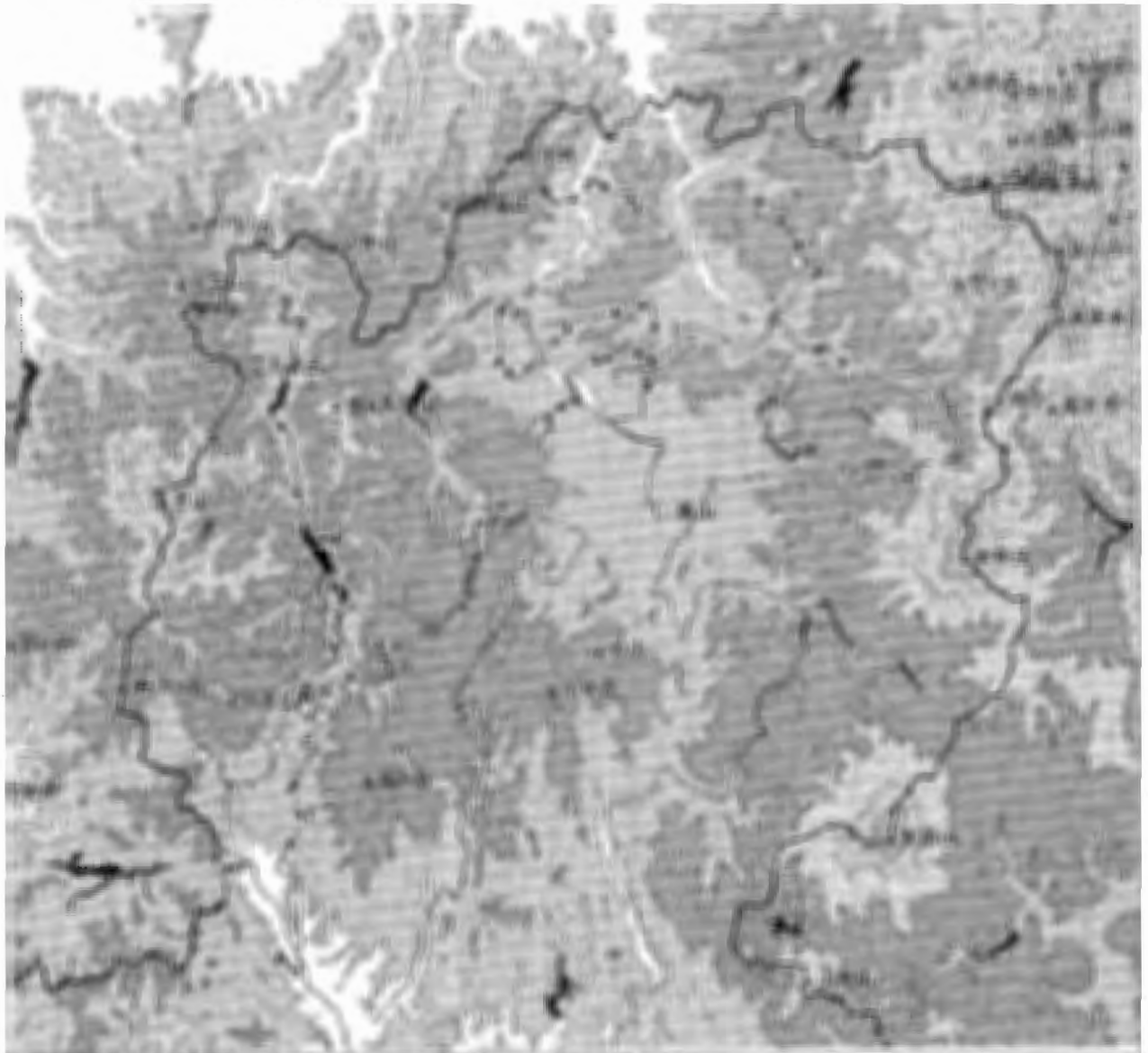


図-10 幹折れの発生地点 凡例は図-1に同じ。



図-11 シラカンバの幹曲がり（荘川村）

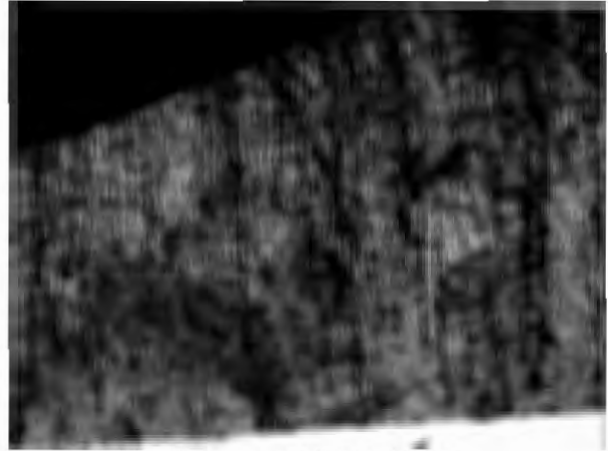


図-12 コナラの幹曲がり（古川町）

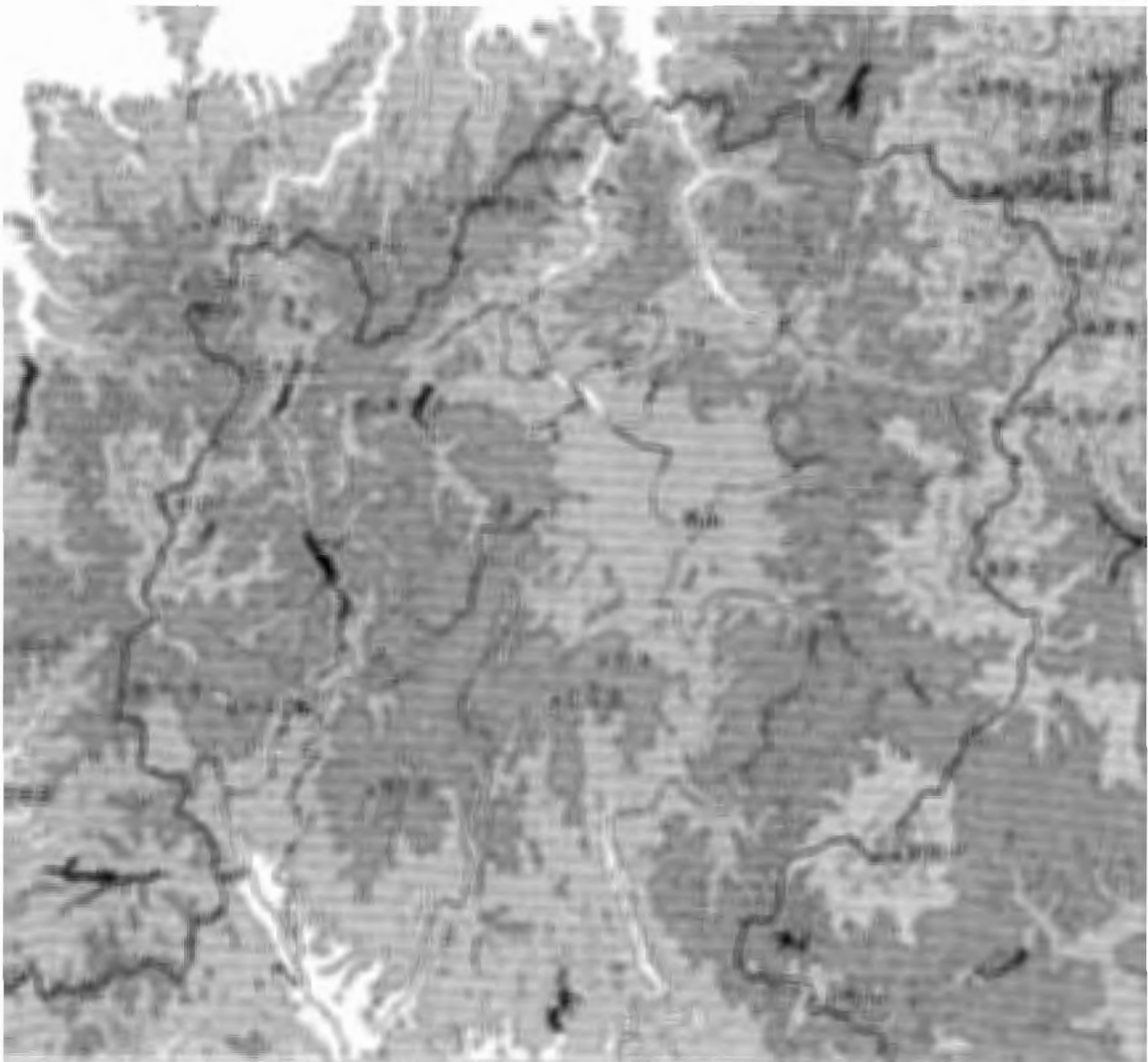


図-13 幹曲がりの発生地点 凡例は図-1に同じ。



図-14 コナラの根返り（丹生川村）



図-15 コナラの根返りと幹折れ（神岡町）

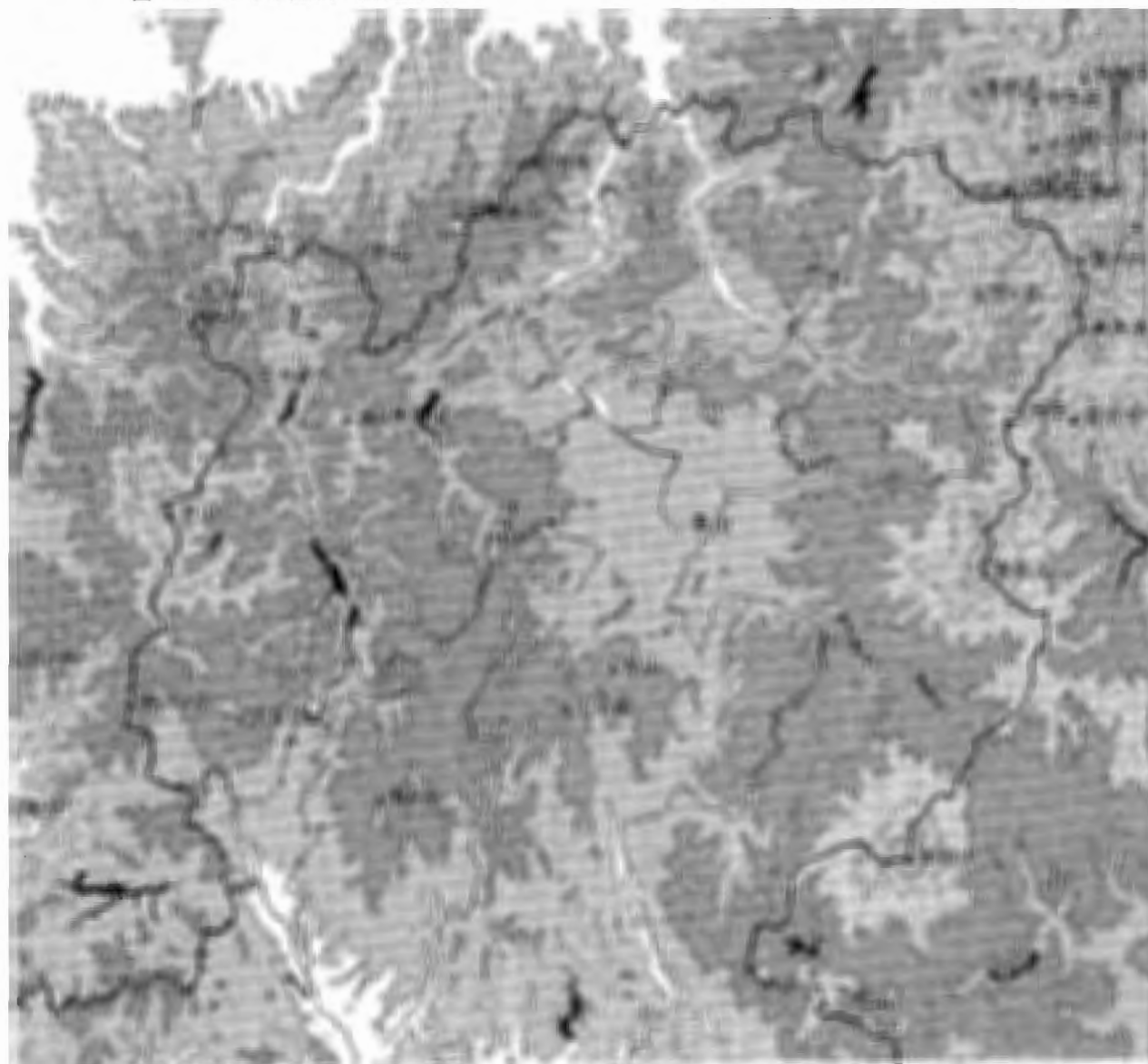


図-16 根返りの発生地点 凡例は図-1に同じ。

2. 気象現象

(1) 気象の概況

2002年10月28日から11月10日にかけて、岐阜県北部では3回の降雪があった。その概要を岐阜地方気象台防災業務課(2002a; 2002b)と岐阜新聞の記事(2002年10月28日～11月10日)から示すと以下ようになる。

1回目の降雪: 10月26日に前線を伴った低気圧が日本海を北東進し、27日には冬型の気圧配置となった。28日から29日にかけては、この時期としては強い寒気(輪島500hPa, -30°C 以下)が流入した。28日は冬型の気圧配置が強まり、飛騨地方で雨や雪が降った。辺りが紅葉していた上宝村平湯(標高約1,200m)では9時に5cmの積雪があり、この日は終日雪が降り続いた。高鷲村の「ひるがの高原スキー場」のゲレンデ(標高990m)にも5cmの積雪があった。29日は冬型の気圧配置が継続し、山間部では雨や雪が降り、高山では初雪と初積雪を観測した。高山の初積雪は、1947年(10月25日)に次いで2番目に早い記録となった。上宝村平湯の積雪は、この日の朝には約20cmになっていた。30日には冬型の気圧配置が緩み、飛騨地方では明け方まで雨が降ったところもあったが、曇りとなり、晴れ間が出たところもあった。31日は移動性高気圧に覆われ、概ね晴れた。

2回目の降雪: 11月2日、北東進した低気圧がオホーツク海で発達し冬型の気圧配置になり、3日は冬型の気圧配置が続き、山間部で雨や雪が降った。4日、5日も冬型の気圧配置が続き、山間部では4日は雨や雪、5日は雪が降った。宮川村菅沼のニコイ大滝周辺では、4日に約20cmの積雪があった。4日の16時の積雪は、白川村で22cm、白鳥町長滝で12cmであった。河合村角川の5日の積雪は、約20cmであった。6日には冬型の気圧配置が緩んだが、山間部では午前中を中心に弱い雨や雪が降った。古川町黒内のこの日の積雪は、約15cmであった。7日は移動性高気圧に覆われ、晴れた。

3回目の降雪: 11月9日、低気圧がオホーツク海で発達し冬型の気圧配置となり、全般に雨が降り、山間部では雪となったところもあった。10日は移動性高気圧の東進に伴い冬型の気圧配置は次第に緩んだが、山間部では午前中を中心に雨が降った。

(2) 岐阜県北部の積雪深

岐阜県北部に位置する測候所と地域気象観測所における10月下旬と11月の積雪深の推移を図-17に示す。積雪深の多少はあるものの、その推移はいずれの観測地点も同じであった。各観測地点における積雪深には4回の明らかなピークがあった。1回目のピークは10月29日にあり、このときの積雪は少なかった。2回目

のピークは11月4～6日にあり、3回目のピークは11月10日にあった。長滝は2回目のピークの積雪が3回目より多く、神岡と河合は3回目の積雪が2回目より多かった。高山では11月初旬には積雪がなかった。4回目のピークは11月27～28日にみられた。

図-18には、荘川ICと清見ICにおける11月中旬までの3回の降雪について、雪の降り始めからの積算降雪量の推移を示した。10月28日未明からの荘川ICでの降雪は30時間ほど、それより20時間遅れて降り始めた清見ICでの降雪は10時間ほど続き、積算降雪量はどちらも10cm程度であった。11月2日夜からの雪は断続的に長時間降り続き、積算降雪量は荘川ICで約40cm、清見ICで約50cmに達した。11月9日未明からの雪は、25～30時間ほど降り続き、荘川ICで30cm弱、清見ICで60cm程度の積算降雪量になった。

また、11月2日23時30分に東海北陸自動車道ひるがのサービスエリアにおいて20cmの積雪が記録されている。

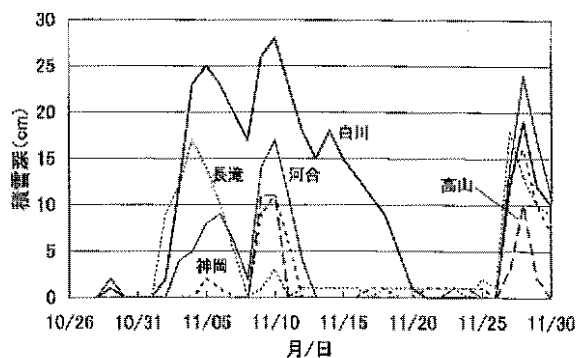


図-17 2002年10月下旬から11月における積雪深の推移

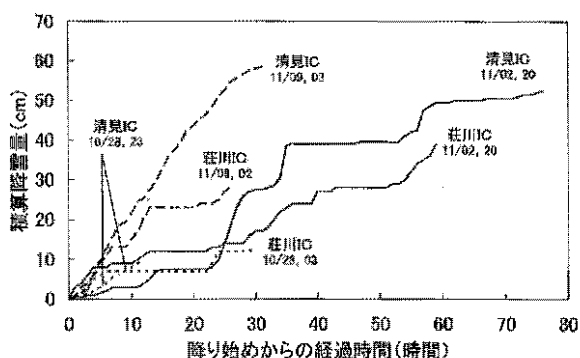


図-18 東海北陸自動車道荘川ICと飛騨清見ICにおける降り始めからの積算降雪量
IC名の下に数字は降雪の始まりの月/日、時刻を示す。

3. 生物季節現象

高山測候所で観測した2002年秋の生物季節現象は、イロハカエデの紅葉が11月4日（平年より5日遅れ）、落葉が11月26日（平年より8日遅れ）であった（岐阜地方気象台防災業務課，2002b）。クワの落葉は11月29日で、これは平年より13日遅かった（岐阜地方気象台防災業務課，2002b）。イチヨウは黄葉が11月13日（平年より11日遅れ）、落葉が11月19日（平年より4日遅れ）であった（岐阜地方気象台防災業務課，2002b）。

また、荘川村六廐（標高1,000m）における落葉広葉樹の落葉時期（樹冠内の50%以上の葉が脱落するか変色したとき）は、10月中旬から下旬の15日間程度の期間に集中し、コナラは最も落葉時期が遅い樹種である（小見山，1991）ことが報告されている。

4. 過去の降雪・積雪の初日と広葉樹冠雪害との関係

高山測候所で観測した初雪と初積雪の起日の推移を図-19に示す。1932～2002年において、初雪の変動は34日、初積雪の変動は44日であった。この21年間で初雪が特に早かったのは、1982年、1984年、1988年、1997年、2002年で、2002年が特異的に早かったわけではなかった。これに対し初積雪が早かった年は、1983年、1988年、1995年、2002年で、その中でも2002年の早さは際立っていた。また、初雪の早さと初積雪の早さは必ずしも一致するわけではなかった。

筆者の一人は、1988年に清見村夏廐でコナラやクリに枝折れや幹折れが発生したことを、1995年11月に高山市や丹生川村でコナラの枝折れや幹曲がりが発生したことを観察している。両年とも高山測候所において早い初積雪を観測した年であった（図-19）。1988年は、10月29日に飛騨地方で雪が降り、荘川村六廐では30日に23cmの積雪を観測している（岐阜地方気象台，1988）。1995年は、11月2日に飛騨地方の一部に数cmの積雪があり、8日夜から9日にかけて飛騨地方を中心に10～30cmの積雪があった（岐阜地方気象台，1995）。

IV 考 察

10月下旬から11月中旬にかけて3回の降積雪があり、特に2回目と3回目の降雪量が多かった。ただし、上宝村平湯の例などから、場所によっては1回目の降雪量もまとまった量であったと推察される。これらの降積雪は、時期的に早かったことに加え、その量が多かったことに特徴がある。また、この期間の気温はこの時期としては低かったものの、冬期の気温と比べれば高かった。したがって、これらの降雪で降った雪はかなりの湿雪であったと推定される。

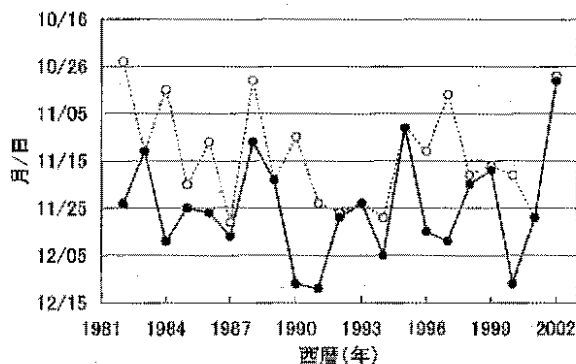


図-19 高山測候所における初雪と初積雪の起日の推移
白丸は初雪、黒丸は初積雪を示す。

一方、冠雪害を受けた落葉広葉樹は、この3回の降雪のあった時期には標高の高いところでは紅葉した葉を、標高の低いところでは緑葉をつけており、その樹冠は着雪しやすい状態であった。こうした状況下でまとまった量の湿雪が降ったことが、今回の冠雪害をもたらしたとみることができる。3回の降雪と冠雪害発生との詳細な関係は不明であるが、積雪量から考えると2回目と3回目の降雪で冠雪害が発生した可能性が高い。調査対象地域の西部では、白鳥町長滝での積雪量が2回目に特に多いことから、2回目の降雪で冠雪害が発生したと考える。これに対し、高山や神岡では3回目の積雪が多いことから、これらの周辺地域では3回目の降雪によって冠雪害が発生した可能性が高い。

今回の冠雪害は、1986年10月下旬の北海道（吉武ら，1986）や1998年11月中旬の新潟県（武田，2001）で発生した落葉広葉樹の冠雪害が着葉期に発生したのと同様の現象である。したがって、着葉は落葉広葉樹が冠雪害を受ける条件の一つであるといえる。また、落葉広葉樹が着葉しているときの降雪は時期的に湿雪であり、このことも冠雪害が発生しやすくなる要因であると考えられる。

着葉と冠雪害の関係では、前田（2001b）が落葉しているクヌギが枯れ葉がついているクヌギよりも冠雪害を受けにくいことを報告している。また、齋藤ら（1987）は、冠雪害を受けなかった広葉樹は葉が少なかったために降雪の捕捉率が低かったであろうと推定している。1986年3月の東京都における冠雪害はシラカシとクヌギに発生し、ケヤキには発生しなかった（藤森ら，1996）。常緑樹であるシラカシと落葉樹でありながら枯れ葉を落としにくいクヌギに冠雪害が発生したことには、着葉と冠雪害発生の関係がうかがえ興味深い。

ただし、鳥取県では1995年1月中旬にケヤキ（前田ら，2001a）や落葉しているクヌギ（前田ら，2001b）

にも冠雪害が発生している。このことは、着葉が広葉樹冠雪害の必要条件ではないことを示唆している。

次に、今回の落葉広葉樹の冠雪害がこれまでにない規模になった要因を考察する。最も大きな要因は、降雪の時期が早かったこととその量が多かったことであると考えてよい。これらに加え、2002年の落葉の時期が遅かったことも要因の一つであるとする。2002年は落葉時期が平年より遅かったため、降雪があった11月上旬に落葉広葉樹が着葉していた地域はそれぞれの樹種で普通の年より高標高域にまで広がっていたと推察される。特にコナラとクリはもともと他の落葉広葉樹に比べて落葉時期が遅い樹種であり、標高1,250 m付近で着葉したままの枝が折れていたことからみて、その時期、この2種は分布域の大半で着葉していた可能性が高い。コナラとクリはどちらも分布が広く、特にコナラは個体数も多いことから、この2種が広い標高範囲で着葉したことが被害全体の規模を大きくしたのであろう。

1988年と1995年に岐阜県飛騨地方で発生した落葉広葉樹の冠雪害も、両年の初積雪が例年より早かったことやコナラとクリに被害が発生したことから、今回と同様に着葉期の降雪によって発生したと考えられる。したがって、飛騨地方ではこうした冠雪害が1988年以降7年おきに発生していることがわかる。このことは、被害規模を問わなければ、落葉広葉樹の冠雪害はそれほど特異な現象ではないことを示している。

1988年、1995年、2002年ともコナラに被害が多かったのは、新潟県における冠雪害(武田, 2001)と同じであった。したがって、コナラは冠雪害を受けやすい樹種であるといえる。このことには、コナラが落葉の遅い樹種であることが影響していると考えられる。しかし、今回の調査に限って言えば、調査ルート沿いでは主にコナラが優占していたことや樹種の判別を走行中の車内から行ったことが原因で、コナラが他の樹種よりも識別しやすかったためにその被害が目立った可能性がある。したがって、冠雪害と樹種の間接関係を論じるためにはさらに調査を要する。

被害形態に枝折れが多かったのは、藤森ら(1986)や前田(2001a)と同様であった。枝折れや梢端折れは、着葉量が減少することで一時的に成長量の低下を招く可能性がある。しかし、それは致命的なものではなく、また、それによる経済的な損失も少ないと考える。

これに対して、幹折れや幹曲がり、根返りは致命的であると同時に、経済的価値を損ねる被害である。今回の調査で幹折れが高頻度でみられ、また、幹折れや根返りが小集団や集団で発生することが多かったことは、広葉樹でも林分構造を大きく変化させたり、経済

的損失を招いたりする冠雪害が発生することを示している。鳥根県でも1978年1月に冠雪害による落葉広葉樹の幹折れと根返りが局所的に生じており(石井ら, 1980)、これらの被害形態は特別なものではない。したがって、スギなどと同じく落葉広葉樹においても、このような被害形態の冠雪害は森林を管理する上で無視できない。

大枝折れは、幹裂けが伴うことがある。そうでない場合でも被害部位が幹に近い場所で、かつその直径が大きいことから、被害後に幹に腐れが入ることが懸念される。したがって、大枝折れは材質の劣化を招く危険性が高い被害であるとする。また、大枝折れでは着葉量の減少が大きいことから、成長量の低下が大きく、その継続期間も長くなると推察する。

落葉広葉樹でも幹折れなどの致命的な被害は形状比の高い個体に発生しやすい(齋藤ら, 1987; 武田, 2001)。シラカンパでは今回の結果と同じように幹曲がり被害が多く、それは形状比の高い林分で集団的に発生したことが報告されている(松岡ら, 1991)。また、紙谷(1994)は、湿雪地帯のブナ二次林では、間伐が手遅れで樹高に対する枝下高の比率が著しく高い林分は冠雪害の危険が大きいと指摘している。岐阜県北部には薪炭林が放置された落葉広葉樹二次林が広く分布している。これらは一斉に更新した個体で構成されるため、過密になりやすく、枝が枯れ上がった樹冠の小さい個体が生じやすい。特に同一樹種が優占するコナラ林やミズナラ林でその傾向が強いと推測される。今回の冠雪害による幹折れや根返りの発生には、このことが関係している可能性がある。個体の形状と被害形態の関係を明らかにし、施業により致命的な冠雪害を回避することができるかどうかを検討していく必要がある。

謝 辞

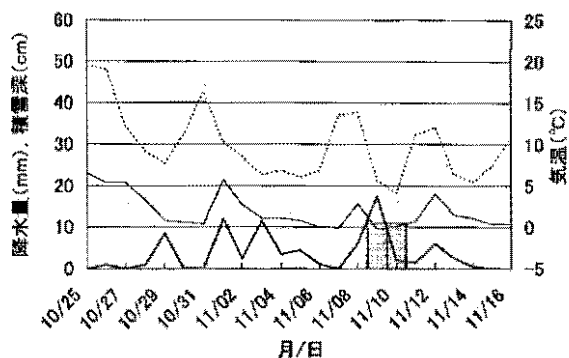
日本道路公団中部支社保全全部保全第二課には、積雪量に関する資料を提供していただいた。また、岐阜県森林科学研究所の中島美幸主任研究員には調査の一部に協力していただいた。ここに記して、謝意を表す。

なお、本調査は農林水産省の補助試験「多様な広葉樹林の育成・管理技術の開発」で実施したものである。

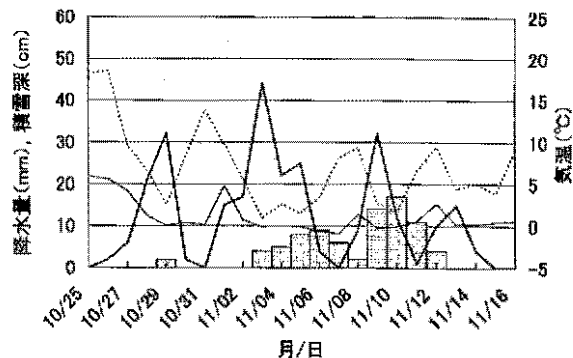
引用文献

藤森隆郎・千葉幸弘・林敬太(1986)冠雪被害の樹種
の特性—高尾山周辺の1986年春季冠雪被害—、日
本林学会関東支部大会発表論文集38: 137-138.

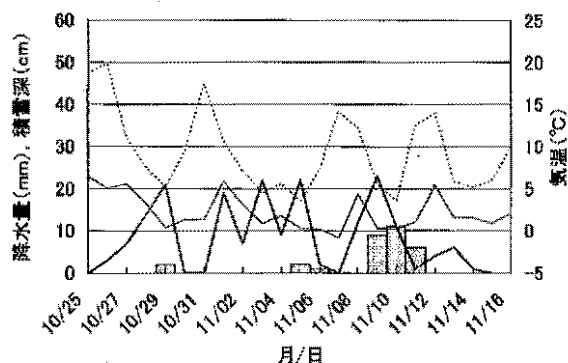
- 岐阜地方気象台（1988）岐阜県気象月報28（10）. 22pp,
日本気象協会岐阜支部, 岐阜.
- 岐阜地方気象台（1995）岐阜県気象月報35（11）. 27pp,
日本気象協会岐阜支部, 岐阜.
- 岐阜地方気象台防災業務課（2002a）岐阜県の気象概況（平成14年10月）. 10pp, 岐阜地方気象台, 岐阜.
- 岐阜地方気象台防災業務課（2002b）岐阜県の気象概況（平成14年11月）. 11pp, 岐阜地方気象台, 岐阜.
- 石井弘・片桐成夫・三宅登・赤塚金治・高見宗臣（1980）昭和53年1月異常降雪によって冠雪害をうけたスギ人工林の解析（Ⅰ）二つの被害林分の比較と冠雪害調査方法の検討. 島根大学農学部研究報告14：50-59.
- 石川正幸・新田隆三・勝田征・藤森隆郎（1987）冠雪害－発生のおしきと回避法－. 101pp, 林業科学技術振興所, 東京.
- 紙谷智彦（1994）落葉広葉樹薪炭林の用材林への誘導.（広葉樹林施業, 藤森隆郎・河原輝彦編, 175pp, 全国林業改良普及協会, 東京）. 131-153.
- 金子智紀・石田秀雄・金澤正和（2000）秋田県沿岸南部におけるクロマツの冠雪害について. 東北森林科学会誌5：97-100.
- 嘉戸昭夫（2001）スギ人工林における冠雪害抵抗性の推定とその応用に関する研究. 富山県林業技術センター研究報告14：1-77.
- 小見山章（1991）落葉広葉樹の幹肥大成長の開始・休止時期と着葉期間の相互関係, およびそれらに関する環境要因. 日本林学会誌73：409-418.
- 近藤晃・山本茂弘・佐野信幸・鳥居春己（1992）ヒノキおよびスギ精英樹系統間の冠雪害差異－静岡県時代の検定林における事例－. 静岡県林業技術センター研究報告20：1-9.
- 前田雄一（2001a）広葉樹林に発生した冠雪害の実態調査（Ⅰ）ケヤキ枝折れ被害の分布について. 鳥取県林業試験場研究報告39：9-12.
- 前田雄一（2001b）広葉樹林に発生した冠雪害の実態調査（Ⅱ）クヌギ幹曲がり木の外形的な特徴. 鳥取県林業試験場研究報告39：1-8.
- 松田正宏（1984）老齢ヒノキ冠雪害林の解析. 日本林学会誌66：247-250.
- 松田正宏（1988）スギ人工林の冠雪害発生機構に関する研究. 福井県総合グリーンセンター林業試験部研究報告8：1-78.
- 松田正宏（2000）名勝「気比の松原」の冠雪害. 中部森林研究48：213-26.
- 松岡廣雄・北田正憲・北田健二・大丸裕武（1991）1991年2月の異常降雪によって発生したアカマツ・カラマツ・シラカンバの冠雪被害の機構. 日本林学会東北支部会誌43：244-245.
- 茂木靖和・横井秀一・渡邉仁志（2003）下呂実験林のスギ挿し木林分における冠雪害の発生状況と立木密度の関係. 岐阜県森林科学研究所研究報告32：21-26.
- 斎藤武史・坂本知己・吉武孝（1987）着葉期に発生した落葉広葉樹冠雪害の一事例. 日本林学会大会発表論文集98：649-650.
- 高橋啓二（1977）造林地の冠雪害とその対策. 47pp, 日本林業技術協会, 東京.
- 武田宏（2001）1998年11月に発生した新潟県北部における落葉広葉樹の冠雪害. 新潟県森林研究所研究報告43：21-24.
- 吉武孝・坂本知己・斎藤武史（1986）落葉広葉樹の冠雪害. 北方林業38：318-319.



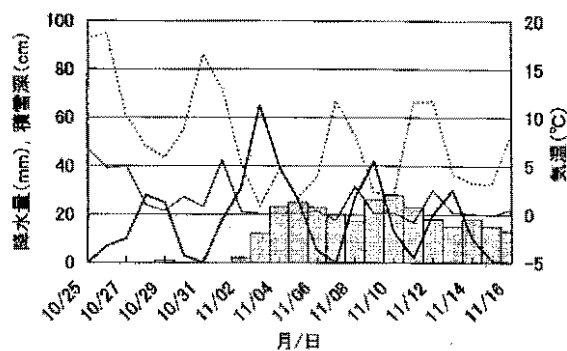
付図-1 高山測候所における2002年10月下旬から11月上旬の気象
点線は最高気温、細実線は最低気温、太実線は降水量、棒は積雪深を示す。



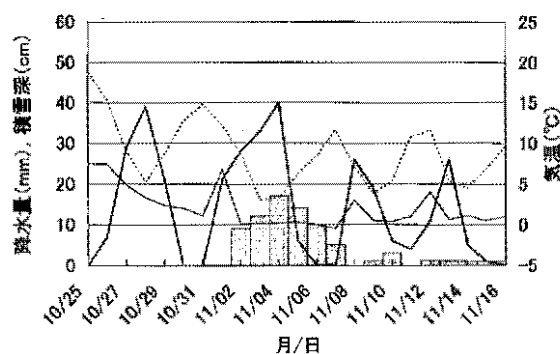
付図-2 河合地域気象観測所における2002年10月下旬から11月上旬の気象
点線は最高気温、細実線は最低気温、太実線は降水量、棒は積雪深を示す。



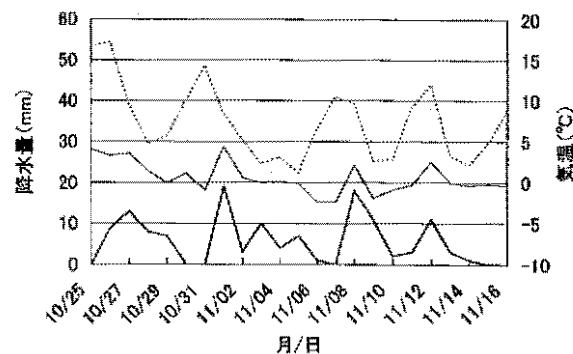
付図-3 神岡地域気象観測所における2002年10月下旬から11月上旬の気象
点線は最高気温、細実線は最低気温、太実線は降水量、棒は積雪深を示す。



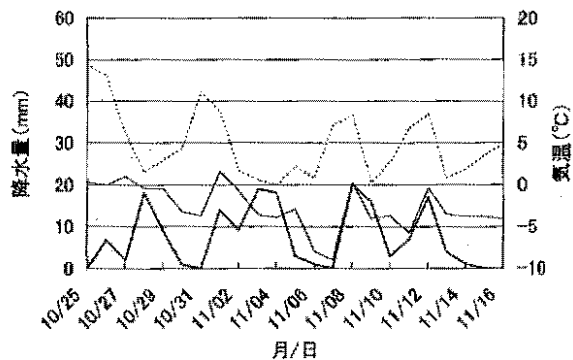
付図-4 白川地域気象観測所における2002年10月下旬から11月上旬の気象
点線は最高気温、細実線は最低気温、太実線は降水量、棒は積雪深を示す。



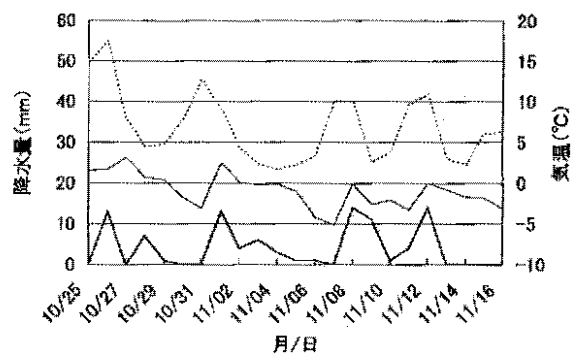
付図-5 長滝地域気象観測所における2002年10月下旬から11月上旬の気象
点線は最高気温、細実線は最低気温、太実線は降水量、棒は積雪深を示す。



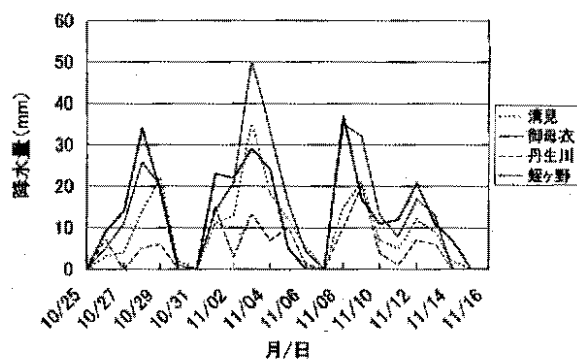
付図-6 栃尾地域気象観測所における2002年10月下旬から11月上旬の気象
点線は最高気温、細実線は最低気温、太実線は降水量、棒は積雪深を示す。



付図-7 六瓶地域気象観測所における2002年10月下旬から11月上旬の気象
点線は最高気温、細実線は最低気温、太実線は降水量を示す。



付図-8 宮之前地域気象観測所における2002年10月下旬から11月上旬の気象
点線は最高気温、細実線は最低気温、太実線は降水量を示す。



付図-9 岐阜県北部の地域雨量観測所における2002年10月下旬から11月上旬の降水量

論文

東濃地域に分布するシデコブシの遺伝的多様性

中島美幸・坂井至通

Genetic diversity of *Magnolia stellata* (Magnoliaceae), distributed in Tono region

Miyuki NAKASHIMA and Yoshimichi SAKAI

東濃地域のシデコブシ自生地は、多くの小集団が集まって巨大な分布面積を持つ貴重な自生地である。本研究では、東濃地域に分布するシデコブシの集団内および集団間の遺伝的多様性を明らかにするため、14集団を対象に、5 酵素10遺伝子座を用いてアロザイム解析を行った。その結果、すべての集団において、集団内に保有される遺伝的変異量は、他の植物で算出されてきた地域固有種の平均よりも高かった。このことから東濃地域のシデコブシが高い集団内変異を保有していることが明らかとなった。さらに、集団間の遺伝距離に基づいてデンドログラムを作成したところ、3つのクラスターに分かれ、地理的に近い位置関係にある集団同士が同一クラスターに属する傾向が見られた。一方で、対立遺伝子の分布パターンは集団によって様々であり、独自の遺伝的多様性を保有していることがわかった。

キーワード：シデコブシ、東濃地域、遺伝的多様性、アロザイム分析、遺伝構造

I はじめに

シデコブシ (*Magnolia stellata*) は落葉低木性のモクレン科植物で、伊勢湾を取り囲む東海丘陵地帯にのみ分布する地域固有種である。近年、道路建設や宅地造成、ゴルフ場開発により、多くのシデコブシが自生地の消滅とともに絶滅の危機にさらされていることから、シデコブシは絶滅危惧Ⅱ類に分類されている(環境庁 2000)。

シデコブシの分布が限られているのは、二つの地質学的特性と関係しているためと考えられている(日本シデコブシを守る会 1996; 菊池 2001)。このうち一つは、砂礫層の間にシルト層が挟まれた状態で重なった地層であり、もう一つは古生層や中生層でできている山裾の固結層上に、崩落した岩屑が堆積した地層である。いずれの地質条件も、透水層と不透水層を併せ持っているため、このような場所では貧栄養な水に涵養された小湿地が多く存在している。シデコブシは、

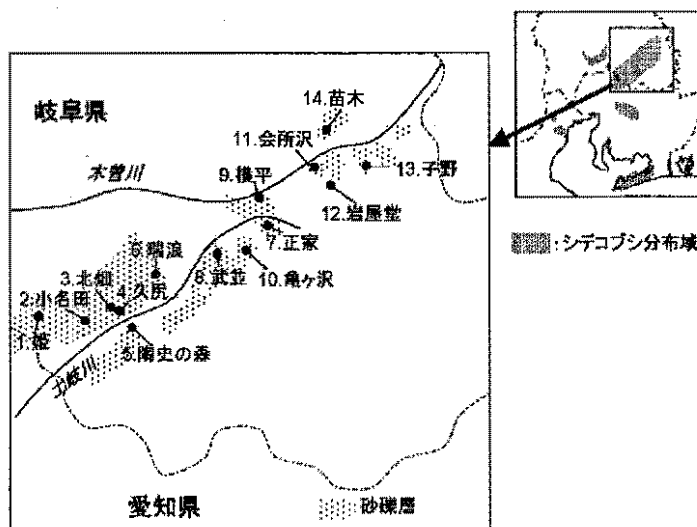


図-1 シデコブシ分布域と調査集団

このような地質に沿うようにして分布しているため、独特な分布となっている。このうち、渥美半島と三重県のシデコブシ分布域は、岐阜県東濃地域から地理的に大きく離れていて、集団数が少ないのに対し、東濃地域は砂礫層の小湿地群が連続的に分布し、これと重なるようにしてたくさんのシデコブシ集団が沢や小湿地の周囲を単位として分布している。このため、東濃地域には集団が連続的に分布した巨大なシデコブシ自生地群が存在していると考えられる。

東濃地域のシデコブシ自生地は、多くの集団が集まって大きな分布面積を持つという点で、他の分布域では見られないような貴重な自生地となっている。また、集団内および集団間においては、個体どうしの交配や、送粉や種子散布を通した遺伝子の交換によって、連続した集団を維持するための遺伝的構造が保たれていると考えられる。したがって、集団内および集団間の遺伝的多様性や遺伝的な関係を明らかにすることは、この地域のシデコブシを保全していくための重要な基礎資料となると思われる。

そこで本研究では、東濃地域に分布するシデコブシ14集団を対象にアロザイム解析を行い、東濃地域のシデコブシ集団の遺伝的多様性を調べた。

II 材料および方法

1. 調査地および供試材料

調査地は、東濃地域に分布するシデコブシ14集団(“姫”, “小名田”, “北畑”, “久尻”, “陶史の森”, “瑞浪”, “正家”, “武並”, “横平”, “亀ヶ沢”, “会所

沢”, “岩屋堂”, “子野”, “苗木”)を選定した(図-1, 表-1)。2001年および2002年4月に、各集団においてシデコブシ5~27個体の開花個体、合計214個体をサンプル木として選定し、これらの個体から冬芽を採集した。採取した冬芽は解析に用いるまで-80℃で保存した。

2. 実験方法

各個体から採取した冬芽約50mgを液体窒素で凍結後、乳鉢を用いてパウダー状になるまでよくすりつぶした。これに同量のポリビニルピロリドンを加えた後、抽出バッファー(組成: 0.1M トリス, 10mM KCl, 10mM MgCl₂, 1mM EDTA, 0.1mM NAD, 0.1mM NADP, 0.4% (v/v) 2-メルカプトエタノール, 2mM ジチオスレイトール, 30% (v/v) グリセリン, 5% (v/v) PVP40)を加えてよく攪拌した。これを12000rpm, 4℃で10分間遠心し、上澄み液を酵素抽出液として回収した。

アロザイム解析には、アクリルアミドゲル垂直電気泳動法を用いた。酵素抽出液はアクリルアミドゲルに1レーンあたり10μlずつ注入し、4℃, 15mA/cm²で120分間垂直電気泳動を行なった。解析には、アルコール脱水素酵素(ADH), ジアホラーゼ(DIA), エステラーゼ(EST), アスパラギン酸アミノ転移酵素(GOT), ロイシニアミノペプチダーゼ(LAP)の5酵素を用いた。酵素染色法は津村ら(1990)の方法に従った。遺伝子座および対立遺伝子は早く泳動された順に、それぞれ1, 2, 3およびa, b, cと命名した。

表-1 各集団内に保有される遺伝的変異量

集 団	N	n	P	A	A _e	H _e	H _e
1 姫	300	27	60.0	1.7	1.25	0.115	0.146
2 小名田	300	13	60.0	2.0	1.34	0.179	0.223
3 北畑	6420	25	70.0	1.9	1.24	0.132	0.156
4 久尻	6340	20	60.0	1.9	1.31	0.145	0.187
5 陶史の森	600	19	60.0	1.7	1.26	0.174	0.166
6 瑞浪	215	19	70.0	1.8	1.23	0.153	0.166
7 正家	130	10	80.0	2.1	1.48	0.220	0.280
8 武並	135	10	60.0	1.9	1.48	0.270	0.262
9 横平	50	20	80.0	2.0	1.36	0.215	0.212
10 亀ヶ沢	215	9	50.0	1.5	1.45	0.222	0.248
11 会所沢	70	5	40.0	1.5	1.14	0.120	0.116
12 岩屋堂	150	10	50.0	1.6	1.29	0.157	0.176
13 子野	400	10	70.0	1.7	1.23	0.140	0.160
14 苗木	120	17	80.0	2.1	1.35	0.200	0.229
平 均			63.6	1.8	1.32	0.174	0.195

N: 推定株数, n: 検体数, P: 多型的遺伝子座の割合, A: 一遺伝子座あたりの対立遺伝子数
A_e: 有効対立遺伝子数, H_e: ヘテロ接合度観察値, H_e: ヘテロ接合度期待値

表-2 集団間の遺伝距離D

	姫	小名田	北畑	久尻	陶史の森	瑞浪	正家	武並	横平	亀ヶ沢	会所沢	岩屋堂	子野
姫													
小名田	0.006												
北畑	0.007	0.016											
久尻	0.010	0.014	0.002										
陶史の森	0.014	0.021	0.006	0.012									
瑞浪	0.019	0.030	0.006	0.008	0.004								
正家	0.025	0.021	0.015	0.019	0.013	0.019							
武並	0.040	0.029	0.035	0.046	0.027	0.044	0.007						
横平	0.065	0.073	0.044	0.045	0.029	0.026	0.042	0.066					
亀ヶ沢	0.049	0.043	0.031	0.037	0.024	0.028	0.005	0.006	0.048				
会所沢	0.038	0.056	0.026	0.026	0.023	0.012	0.065	0.101	0.047	0.078			
岩屋堂	0.031	0.050	0.022	0.033	0.027	0.033	0.048	0.066	0.062	0.070	0.032		
子野	0.054	0.070	0.029	0.029	0.026	0.015	0.052	0.084	0.010	0.052	0.019	0.047	
苗木	0.038	0.051	0.020	0.020	0.022	0.011	0.037	0.064	0.016	0.036	0.022	0.042	0.002

3. 統計解析

それぞれの集団において得られた遺伝子型から、POPGENE package version 1.31 (Yeh et al. 1999) を用いて、5つの遺伝的統計量（多型的遺伝子座の割合 (P)、一遺伝子座あたりの対立遺伝子数 (A)、有効対立遺伝子数 (A_e)、ヘテロ接合度観察値 (H_o)、ヘテロ接合度期待値 (H_e)）を算出した。これらの値は、集団内に保有される遺伝的変異の大きさを表し、数値が高いほど遺伝的変異も大きいことを示す。

また、集団間の遺伝的な関係を推定するために、Nei (1978) の遺伝距離 D を算出した。この値は集団間の遺伝的差異の大きさを表し、値が大きいほど集団が遺伝的にかけ離れていることを示す。この遺伝距離をもとに、UPGMA法を用いて作成した。

III 結果および考察

1. 集団内に保有される遺伝的変異量

解析に用いた5酵素からは、10遺伝子座 ($Adh-1$, $Adh-2$, $Dis-1$, $Dia-2$, Est , $Got-1$, $Got-2$, $Got-3$, $Lap-1$, $Lap-2$) が検出され、すべての遺伝子座において少なくとも1集団で多型が認められた。表-1に、各集団内に保有される遺伝的変異量を表した。多型的遺伝子座の割合 P は、会所沢で40%であったがそれ以外の集団は50~80%で、平均は63.6%となった。一遺伝子座あたりの対立遺伝子数 A および有効対立遺伝子数 A_e は、平均がそれぞれ1.8 (1.5~2.1), 1.32 (1.14~1.48) であった。また、ヘテロ接合度観察値 H_o と期待値 H_e は、平均がそれぞれ0.174 (0.115~0.270), 0.195 (0.116~0.280) であった。集団ごとで遺伝的変異量を見ると、“会所沢”の集団は、ヘテロ接合度観察値以外は全集団の中で最も低い値を示し、“正家”、“武

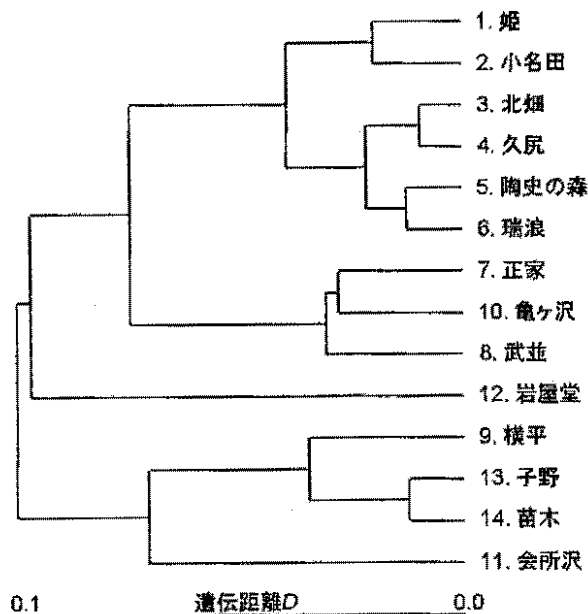
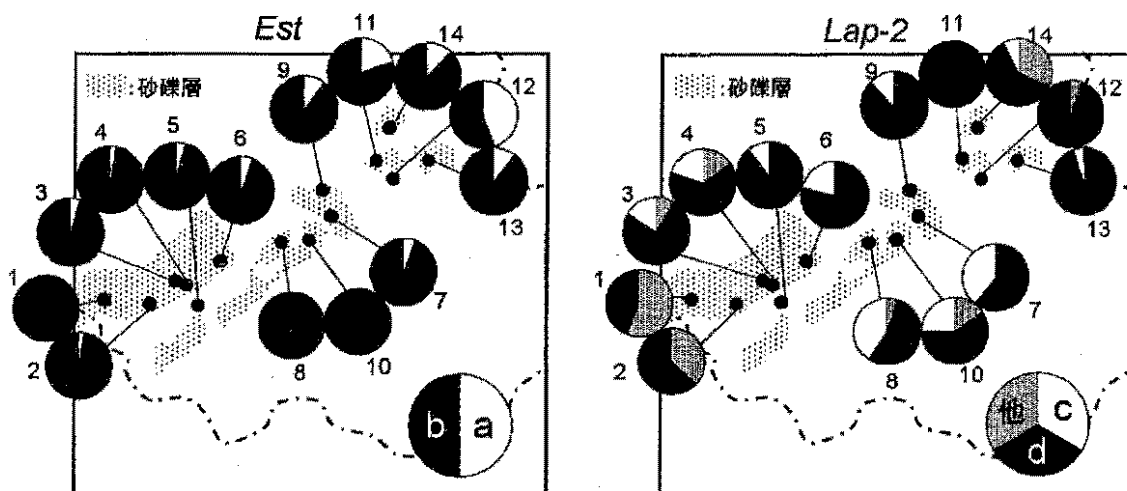


図-2 集団間の遺伝的な関係



図中の数字は集団No.を表す(1:“姫”, 2:“小名田”, 3:“北畑”, 4:“久尻”, 5:“陶史の森”, 6:“瑞浪”, 7:“正家”, 8:“武並”, 9:“横平”, 10:“亀ヶ沢”, 11:“会所沢”, 12:“岩屋堂”, 13:“子野”, 14:“苗木”)

図-3 2多型的遺伝子座 (Est, Lap-2) における対立遺伝子の分布

並”の集団は遺伝的統計量が他の集団よりも高い傾向にあった。

アロザイム分析による植物の集団遺伝解析は数多く行なわれてきている。Hamrick and Godt (1989)は、植物種を生態学的特性、生活史特性に分類して、遺伝的統計量の平均値を算出している。これによると、地域固有種の遺伝的統計量の平均値 ($P=26.3$, $A=1.39$, $A_s=1.09$, $H_s=0.063$) は、分布の広い種の平均値 ($P=43.0$, $A=1.72$, $A_s=1.23$, $H_s=0.159$) に比べて低いのが特徴であった。今回得られたシデコブシ集団の P および H_s は、すべての集団において地域固有種の平均値よりも高い値を示した。また、“姫”、“北畑”、“会所沢”の3集団を除くすべての集団において H_s は分布の広い種の平均値よりも高かった。これらの結果は、シデコブシは地域固有種であるにも拘わらず、地域固有種の平均値よりも非常に高い遺伝的統計量を示していた。このことから、東濃地域のシデコブシが高い集団内変異を保有していることが考えられた。

集団サイズ (集団内の個体数) は、集団内の遺伝的変異量を保つ上で重要であると考えられている (Templeton et al. 1990)。集団サイズと遺伝的変異量との間に見られる有意な正の相関は、集団サイズが小さければ小さいほど集団内の遺伝的変異が小さくなる傾向を示している (van Treuren et al. 1991; Rajmanna et al. 1994)。しかしながら、今回の調査では“北畑”や“久尻”のようなサイズの大きい集団は“武並”や“正家”などのサイズの小さい集団に比べて、遺伝的変異量が低いという結果が得られ、集団サイズと遺

伝的変異量との間に明瞭な傾向は見られなかった。このことから、東濃地域のシデコブシ集団内の遺伝的変異量が、集団サイズに依存していない可能性が考えられた。

2. 集団間の遺伝的な関係

集団間の遺伝距離 D は、0.002~0.101までの値を取り、平均は0.032で、分化の程度は小さい傾向にあった (表-2)。遺伝距離が最も小さかったのは、“北畑”-“久尻”、“子野”-“苗木”で、最も大きかったのは、“武並”-“会所沢”であった。この遺伝距離をもとにデンドログラムを作成したところ、大きく3つのクラスターに分かれ、地理的に近い位置関係にある集団同士が同一クラスターに属する傾向が見られた (図-2)。特に、多治見市に位置する2集団 (“姫”、“小名田”)、土岐市に位置する3集団 (“北畑”、“久尻”、“陶史の森”) および恵那市に位置する3集団 (“正家”、“亀ヶ沢”、“武並”) は、非常に近い遺伝的關係にあることを示していた。一方、“横平”、“会所沢”、“岩屋堂”、“子野”、“苗木”の5集団は他の集団に比べて大きく分化している傾向を表していた。

解析に用いた5酵素10遺伝子座のうち、集団ごとでもっとも特徴的な傾向が見られた2遺伝子座 (Est, Lap-2) の対立遺伝子の分布を集団ごとで表したのが図-3である。Est遺伝子座ではaとbの二つの対立遺伝子が検出された。この対立遺伝子の集団ごとでの分布を見ると、“姫”、“武並”、“亀ヶ沢”の3集団では対立遺伝子aが検出されず、対立遺伝子bの固定が完

了していることを表していた。これら3集団の近隣に位置する集団では、対立遺伝子aの分布が認められたが、頻度は非常に低かった。一方、“横平”、“会所沢”、“岩屋堂”、“子野”、“苗木”の5集団は、他の9集団に比べて対立遺伝子aの割合が多い傾向にあった。このことが、これら5集団が他の集団から大きく分化していることを反映していることが考えられた。

一方、Lap-2遺伝子座では、a~eまでの五つの対立遺伝子が検出された。これらのうち、対立遺伝子cとdが他の3つの対立遺伝子に比べて高い割合で分布しているのが、多くの集団で共通して見られた。“姫”と“小名田”は、対立遺伝子cが検出されなかったという点において特異的であった。また、“北畑”と“久尻”、“陶史の森”と“瑞浪”は対立遺伝子の分布パターンが類似していた。これらのことから、Lap-2遺伝子座は、デンドログラム上での両者の関係を反映している可能性が考えられた(図-2)。一方、“正家”、“亀ヶ沢”、“武並”の3集団は、他の11集団に比べて対立遺伝子cの割合が大きい傾向にあった。このことが、これら3集団が遺伝的に近い関係を持って、他の集団とは別のクラスターを形成していることに反映していると考えられた。

これらのことから、Est遺伝子座の対立遺伝子aおよびLap-2遺伝子座の対立遺伝子cの分布パターンは、図-2で示された集団のクラスター構造に大きく反映していると考えられた。しかし、5つの対立遺伝子が検出されたLap-2遺伝子座では、対立遺伝子の分布パターンは様々であった。“苗木”は近隣に位置する“会所沢”、“子野”と比較すると、検出された対立遺伝子の数が多い点で際立っていた。また、“正家”と“武並”では、他の集団では検出されなかった集団特異的な対立遺伝子が検出されている(“正家”: *Got-1a*, *Got-3a*; “武並”: *Lap-2e*)。これらのことは、遺伝距離の大きさにはほとんど影響しないと思われる。しかし、集団によっては独自の遺伝的多様性を保有していることが考えられた。

IV ま と め

本研究により、東濃地域に分布するシデコブシ集団の遺伝的多様性を明らかにすることができた。今回の結果は、この地域のシデコブシ集団が非常に高い遺伝的変異を保有していることを示していた。また、集団間の遺伝的な関係は、地理的な位置関係に沿ったパターンを示した。しかし、遺伝子座によっては対立遺伝子の分布パターンが集団ごとで異なることから、集団が持つ遺伝的多様性の独自性は無視できないと思われる。

シデコブシは絶滅が危惧されている地域固有種であるが、東濃地域は他のシデコブシ分布域に比べて個体数や集団数が多いため、保全対策が遅れていた。本研究の結果は、今後のシデコブシ保全を図るための重要な示唆を与えている。また、シデコブシはその生育環境が独特であることから、生育地の地形的・地質的要因と絡めて遺伝的構造を考察し、適切な保全策を組み立てていく必要があると思われる。

V 謝 辞

本研究での試料採集にご協力を頂いた、三戸憲和氏・小栗兼一氏(多治見市役所)、山口清重氏(日本シデコブシを守る会)、澤田與之氏(シデコブシと自然が好きな会)、市川廣利氏・光岡勝美氏(恵那シデコブシ保存会)、松川喜三氏・平井武四郎氏(中津川シデコブシの会)に感謝する。

引用文献

- Hamrick, J., Godt, M. J. W. (1989) Allozyme diversity in plant species. In Plant Population Genetics, Breeding, and Genetic Resources. Brown, A. H. D., M. T. Clegg, A. L. Kahler and B. S. Weir [eds.] Sinauer Associate Inc. Massachusetts.
- 環境庁(2000) レッドデータブック第2版. 維管束植物. 野生生物研究センター. 東京.
- 菊池多賀夫(2001) 地形植生誌. 216pp. 東京大学出版会. 東京.
- Nei, M. (1978) Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics* 89: 583-590.
- 日本シデコブシを守る会(1996) シデコブシの自生地. 217pp. 日本シデコブシを守る会. 瑞浪.
- Raijmann, L. L., van Leeuwen, N. C., Kersten, R., Oostermeijer, J. G. B., den Nijs, H. C. M., Menken, S. B. J. (1994). Genetic variation and outcrossing rate in relation to population size in *Genetiana pneumonanthe* L. *Conservation Biology* 8: 1014-1026.
- Templeton, A. R., Shaw, K., Routman, E., Davis, S. K (1990) The genetic consequences of habitat fragmentation. *Annual of Missouri Botanical Garden* 77: 13-27.
- 津村義彦・戸丸信弘・陶山佳久・モハマド=ナイル・

- 大庭喜八郎 (1990). アイソザイム実験法. 筑波大学演習林報告6 : 63-90.
- Van Treuren, R., Bijlsma, R., Delden, W. D., Ouborg, N. J. (1991). The significance of genetic erosion in the process of extinction. I. Genetic differentiation in *Salvia pratensis* and *Scabiosa columbaria* in relation to population size. *Heredity* 66 : 181-189.
- Yeh, F. C., Yang, R., Boyle, T. (1999). POPGENE version 1.31. A joint project development by University of Alberta and Centre for International Forestry Research.

資 料

下呂実験林のスギ挿し木林分における 冠雪害の発生状況と立木密度の関係

茂木靖和・横井秀一・渡邊仁志

キーワード：冠雪害，立木密度，スギ，挿し木林，間伐，林分構造，イトシロスギ

I はじめに

2002年1月上旬の降雪により、岐阜県下的美濃北部と飛騨南部の普段比較的雪の少ない地域で冠雪害が発生した。

当所の固定試験地がある下呂実験林のスギ林においても、冠雪害が発生した。下呂実験林には、立木密度、品種、立地などの条件を変えた試験区が設定され、植栽時からの調査履歴が蓄積されている。冠雪害に関する調査・研究は被害地に新規の調査地を設けて実施するのが普通で、植栽時からの調査履歴がある固定試験地での調査事例は極めて少ない。固定試験地における冠雪害の発生状況の調査結果は、過去の成長状況や施業と関連づけて検討することができることから、単なる現状把握にとどまらず、冠雪害の対策を検討する際の貴重な情報になる。

そこで、本報告では今回の冠雪害の発生原因を解明することを目的として、植栽密度の異なる試験区で被害状況と林分構造を比較した。

II 調査地と方法

1. 調査地

調査は、下呂実験林（益田郡下呂町小川地内、年平均気温13.3℃、年平均降水量2,530mm）の中のスギ本数管理比較実験林の挿し木林（品種：イトシロスギ、植栽年：1965年、標高：約500m）に設定されている植栽密度の異なる試験区で行った。

今回検討対象とした試験区は、2000本/ha植栽区（398㎡，以下2000本区）、3000本/ha植栽区（402㎡，以下3000本区）、6000本/ha植栽区（285㎡，以下6000本区）とした。

各試験区は、ほぼ同一標高にあり、2000本区と3000本区が隣接して、6000本区が両試験区から北西方向に約100m離れて設定されている。傾斜は36～38°，斜面方位は北東であった。

間伐は、1981年秋と1987/1988年冬に6000本区で、

1992/1993年冬に全試験区で実施された。枝打ちは、1980年秋～冬に全試験区で実施された。

2. 気象調査

今回の冠雪害の誘引となった2002年1月2日～9日の降水量、気温、風速について、現地より南東へ約5kmに位置する下呂町宮地（標高：420m）の地域気象観測資料（気象庁，2002）で調査した。

3. 林分調査

2002年5月～9月に、各試験区の全個体について、胸高直径、樹高、生枝下高、被害状況を調査し、樹冠長率を次式により算出した。

$$\text{樹冠長率} = (\text{樹高} - \text{生枝下高}) / \text{樹高}$$

胸高直径は直径巻尺で測定した。樹高・生枝下高は、健全木については測高器（ハグレフ製：VERTEXⅢ）で、被害木については測高ポールを樹幹に沿わせて測定するか、伐採して直接測定した。被害状況は、健全、幹折れ、幹曲がり、根返りに区分した（石川ら，1987）。梢端折れは幹折れに含めた。

III 結 果

1. 気象状況

2002年1月2日～9日の気象状況を図-1に示した。

この間の降水を無降水時間と気温で大きく4区分した。1回目は2日午前から3日深夜の降水で、このときの気温は-5～0℃，降水量は26mmであった。2回目は4日午後から5日夕方の降水で、気温は0℃前後，降水量は12mmであった。3回目は7日深夜の降水で、気温は1～2℃，降水量は8mmであった。4回目は8日の夕方から9日朝の降水で、気温は-3～-2℃，降水量は14mmであった。また、4回の全降水量は60mm，降水時の平均風速は0.4m/秒，1時間当たりの平均風速の最大値は3m/秒であった。

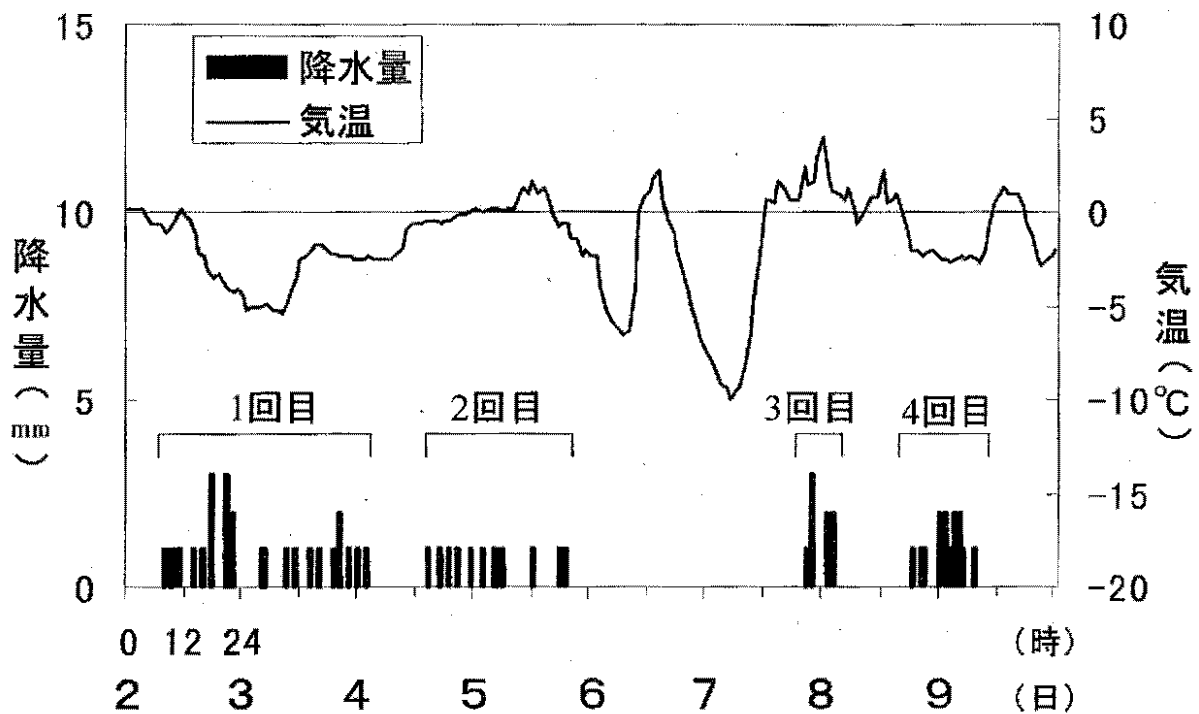


図-1 2002年1月2日～9日の気象状況

2. 林分状況

各試験区の立木密度の推移を図-2に示した。

植栽本数は、2000本区が2035本/ha、3000本区が3283本/ha、6000本区が6842本/haであった。2002年1月の立木密度は、2000本区が1457本/ha、3000本区が2786本/ha、6000本区が2561本/haであった。立木密度の低下は、6000本区で大きく、3000本区で小さかった。

各試験区の胸高直径、樹高、形状比、樹冠長率の平均値と標準偏差を表-1に示した。各試験区の全個体が林冠を構成する上層木であった。

平均胸高直径は16.8～22.0cm、平均樹冠長率は0.30～0.41で、2000本区が3000本区および6000本区より大きかった。形状比の平均値は90～106で、2000本区が3000本区および6000本区より小さかった。

平均樹高は17.3～19.4mで、これを岐阜県のスギ地位別上層樹高成長曲線（岐阜県林政部，1992）にあてはめて地位級を推定すると、2000本区と6000本区が地位級3で、3000本区が地位級4であった。各試験区は立地条件が同一になるように留意して配置されたが、3000本区は試験区内に緩い凸地形の箇所を含んでおり、その影響から地位が低かったと推測される。

各試験区の平均樹高と立木密度を岐阜県のスギ林分密度管理図（岐阜県林政部，1992）と比較すると、3000本区と6000本区は最多密度より立木密度が高く、2000本区は収量比数0.9であった。

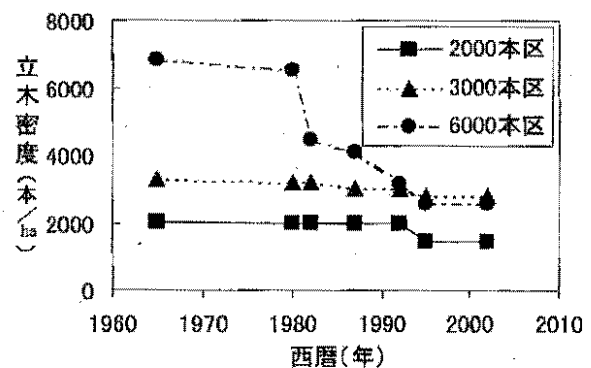


図-2 各試験区の立木密度推移

表-1 試験区の林分状況

試験区	密度 (本/ha)	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	形状比	樹冠長率
2000本区	1457	22.0±3.88	19.4±1.75	90±10.2	0.41±0.06
3000本区	2786	16.8±3.16	17.3±1.64	105±13.3	0.34±0.10
6000本区	2561	17.6±2.81	18.3±1.39	106±11.4	0.30±0.07

胸高直径、樹高、形状比、樹冠長率は平均値±標準偏差を示す。

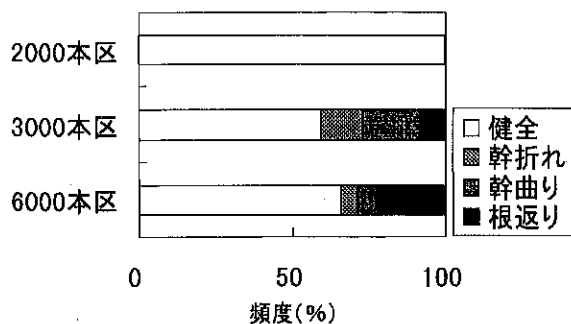


図-3 各試験区の被害状況

3. 被害の概況

各試験区の被害状況を図-3に示した。3000本区と6000本区では、被害率が34～40%であった。これに対し2000本区では、被害率が0%であった。被害形態は、3000本区では幹曲りが多く、6000本区では根返りが多かった。

4. 林分構造と被害木の特徴

(1) 胸高直径

各試験区の胸高直径階分布を図-4に示した。2000本区の各階層の個体数は、胸高直径階が大きくなるにしたがって多くなる傾向にあり、最大階層の22cm以上で最も個体数が多かった。3000本区の各階層の個体数は14～20cmで、6000本区の各階層の個体数は16～20cmで多かった。3000本区および6000本区における被害木の胸高直径は健全木より小さく、両者の違いは有意であった (U検定, $P < 0.01$)。

3000本区と6000本区を合わせた胸高直径階別の被害形態頻度分布を図-5に示した。全被害形態を合わせた頻度は、18cmより小さい階層で44～69%と高かった。幹折れは胸高直径が12～22cmでみられ、12～18cmで頻度が高かった。幹曲りと根返りは胸高直径が20cm未満でみられ、18cm未満で頻度が高かった。

被害が発生した3000本区と6000本区の立木配置を図-6に示した。被害は胸高直径18cm未満の個体が集中する部分に発生した。また、胸高直径18cm以上の個体が多い部分では胸高直径18cm未満の個体でも被害を受けていなかった。

(2) 樹高

各試験区の樹高階分布を図-7に示した。2000本区の各階層の個体数は、樹高が大きくなるにしたがって多くなる傾向にあり、最大階層の20m以上で最も個体数が多かった。3000本区および6000本区では18～19mの階層の個体数が多かった。3000本区および6000本区における被害木の樹高は健全木より小さく、両者の違

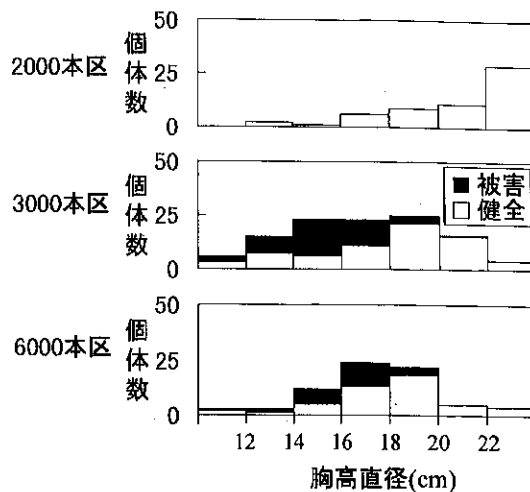


図-4 各試験区の胸高直径階分布

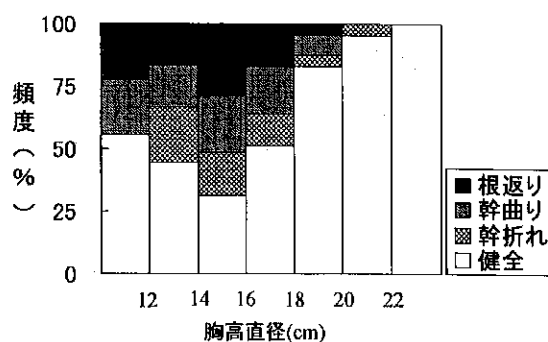


図-5 胸高直径階別被害形態頻度分布

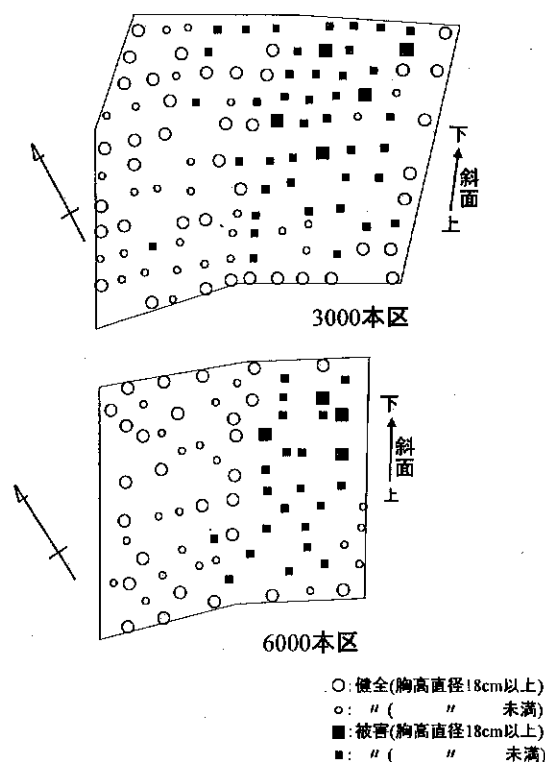


図-6 3000本区と6000本区の立木配置

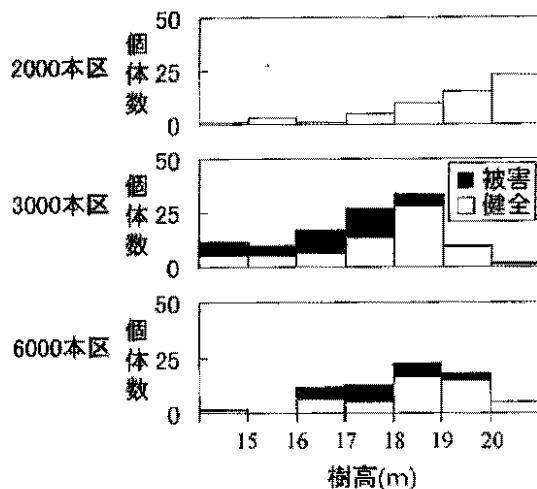


図-7 各試験区の樹高階分布

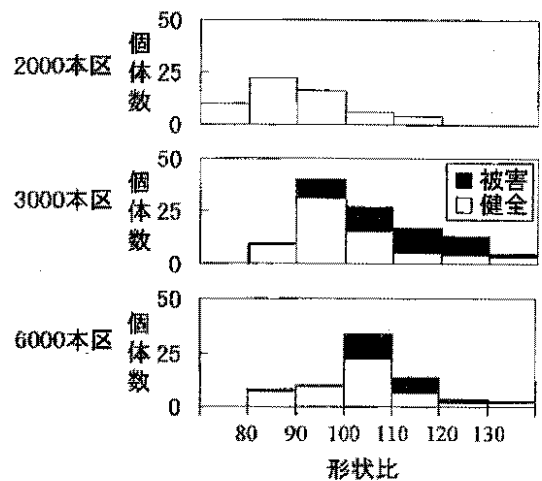


図-9 各試験区の形状比階分布

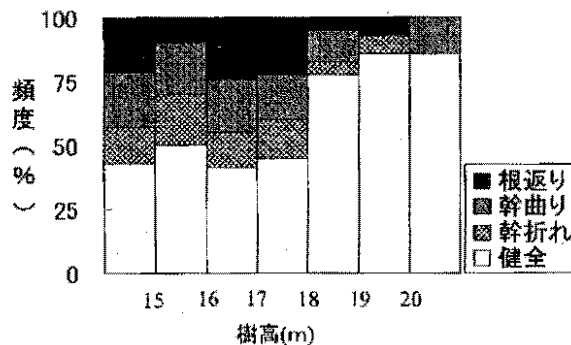


図-8 樹高階別被害形態頻度分布

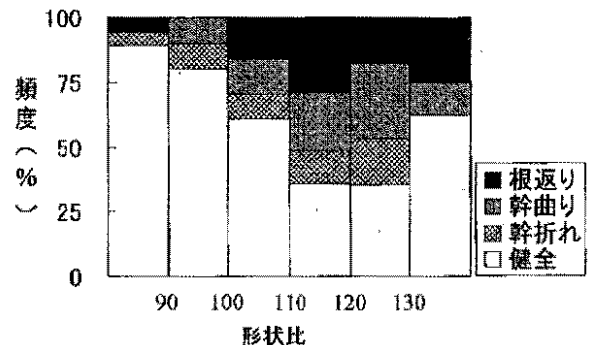


図-10 形状比階別被害形態頻度分布

いは有意であった (U検定, $P < 0.01$)。

3000本区と6000本区を合わせた樹高階別の被害形態頻度分布を図-8に示した。全被害形態を合わせた頻度は、18mより小さい階層で50~59%と高かった。どの被害形態も樹高18m未満で頻度が高かった。

(3) 形状比

各試験区の形状比階分布を図-9に示した。形状比階分布のモードは、2000本区が80~90, 3000本区が90~100, 6000本区が100~110であった。植栽密度が高いと形状比階分布のモードが高くなる傾向にあった。2000本区では形状比120以上の、3000本区および6000本区では形状比80未満の個体がなかった。3000本区および6000本区では被害木の形状比は健全木より高く、両者の違いは有意であった (U検定, $P < 0.01$)。

3000本区と6000本区を合わせた形状比階別の被害形態頻度分布を図-10に示した。全被害形態を合わせた頻度は、110~130の階層で65%と高かった。各被害形態の頻度は、根返りが形状比100以上で、幹曲りと幹折れが形状比110~130で高かった。

(4) 樹冠長率

各試験区の樹冠長率階分布を図-11に示した。樹冠長率階分布のモードは、2000本区が0.4~0.5, 3000本区が0.2~0.4, 6000本区が0.2~0.3であった。植栽密度が高いと樹冠長率階分布のモードが低くなる傾向にあった。3000本区および6000本区における被害木は0.4以上の階層に少なかった。U検定の結果、健全木と被害木の樹冠長率は3000本区では有意に異なり ($P < 0.01$), 6000本区では異ならなかった。

3000本区と6000本区の樹冠長率階別の被害形態頻度分布を図-12, 13に示した。3000本区の全被害形態を合わせた頻度は、樹冠長率が低いと高い傾向にあり、0.3より低い階層で67~76%と高かった。3000本区の幹折れと根返りおよび6000本区の根返りの各階層の頻度は、樹冠長率が低いと高い傾向にあった。

(5) 林分構造の判別分析

胸高直径, 樹高, 形状比, 樹冠長率について、それぞれの冠雪害の発生に対する影響の大きさを比較するため、判別分析を行った。しかし、各要因間の相関が

高かったため、どの要因が冠雪害に大きく影響するか判定できなかった。

IV 考 察

1. 冠雪害を発生させた降雪

原田 (1951) は $-1 \sim 1^{\circ}\text{C}$ の時、雨滴の代りに雪片ができるとしている。1回目、2回目、4回目の降水時の気温はそれ以下であった。また、この時下呂町より温暖な岐阜市の天候は雪であった (気象庁, 2002)。したがって、これらの降水は雪であったと考える。それに対して、3回目の降水時の気温は $1 \sim 2^{\circ}\text{C}$ であり、この時下呂町より寒冷な高山市では雨が降っていた (気象庁, 2002)。したがって、3回目の降水は雨であった可能性が高い。

渡辺・大関 (1981) は、冠雪の発達しやすい条件を、風速が 3 m/秒 以下、気温範囲が $-3 \sim 3^{\circ}\text{C}$ 、降雪深が $30 \sim 40 \text{ cm}$ (降水量換算で $20 \sim 30 \text{ mm}$) 以上としている。また、冠雪は、無風、無降雪時の気温が $0.4 \sim 2.0^{\circ}\text{C}$ に達すれば、日射量の多少にかかわらず大部分が3時間以内に落下するとされている (高橋, 1952)。

1回目と2回目の降雪は、その間の無降水時間が13時間あったものの、その時の気温が -0.4°C より低かったことから、累積して冠雪したと推測される。この2回の降水量の合計は 38 mm で、これは渡辺・大関 (1981) の冠雪の発達しやすい条件に該当した。4回目の降雪は、降水量が 14 mm で、1回目と2回目の合計と比較して少なかった。

以上のことから、今回の冠雪害は、1回目の降雪による冠雪に2回目の降雪が加わり発生した可能性が高いと考える。

2. 冠雪害の発生した林分

今回の降雪害は、現在の立木密度が極めて高い3000本区と6000本区で発生し、被害は集中する傾向が強かった。被害木は胸高直径の小さい、樹高の低い、形状比の高い、樹冠長率の低い個体が多かった。一方の2000本区にも、3000本区と6000本区で被害発生が多かった形態の個体 (胸高直径では 18 cm 未満、樹高では 18 m 未満、形状比では 100 以上、樹冠長率では 0.4 未満) がみられたが、それらは被害を受けなかった。

この差は林分としての冠雪害抵抗性の違いによるものであると考える。3000本区と6000本区では現在だけでなく過去から立木密度が高い状態で推移してきたために、胸高直径が大きく、形状比の低い個体が少なかった。逆に、胸高直径が小さい個体は本数が多く、それらは集中して分布していた。このことにより、林分全体の冠雪害抵抗性が低下して、被害が発生したものと推察する。これに対し2000本区では、過去から立木密度が低く保たれてきたために、このような小径木の集

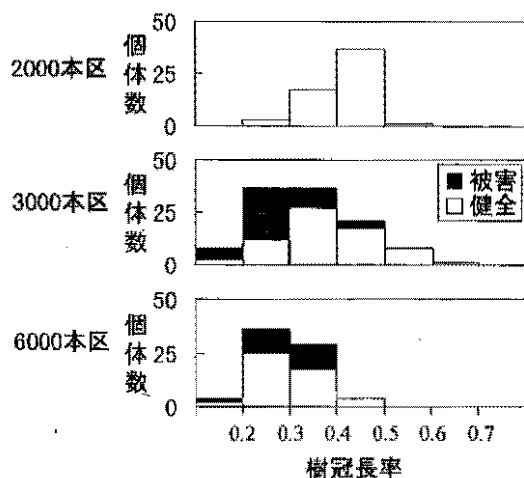


図-11 各試験区の樹冠長率階分布

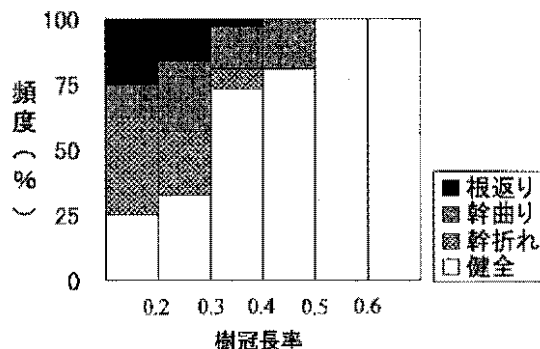


図-12 樹冠長率階別被害形態頻度分布 (3000本区)

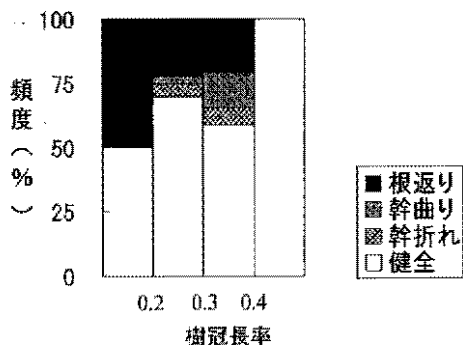


図-13 樹冠長率階別被害形態頻度分布 (6000本分)

中がなく、被害が回避されたと推測される。したがって、冠雪害により強い林分を形成するためには、間伐等を実施して立木密度を低く保つ必要があると考える。

3. 冠雪害対策

間伐は胸高直径を大きくし形状比を下げる（佐藤，1971）ことから、冠雪害対策には不可欠な作業である。しかし、石川ら（1987）は、過密な林分の間伐を施すと、間伐後しばらくはお互いの支えを失うとともに風当たりも強くなって、かえって危険な状態になると指摘している。また、松田（1988）は、樹冠偏奇の大きい個体に冠雪害の発生が多い傾向を認めている。したがって、立木密度が高い林分においては、間伐の方法を慎重に検討する必要がある。つまり、弱度の定性間伐を繰り返し実施して、残存木は胸高直径が大きく形状比が小さく、樹冠偏奇が小さい個体を選定する必要があると考える。

V 謝 辞

固定試験地の提供、造成、維持管理等多岐にわたりご協力いただいている下呂財産区に、厚く御礼申し上げます。

固定試験地の設定および維持管理は、岐阜県林業試

験場、岐阜県林業センター、岐阜県森林科学研究所の関係職員が実施した。各位に感謝する。

引用文献

- 岐阜県林政部（1992）スギ人工林林分収穫表・林分密度管理図 一般地域（最深積雪深1 m未満の地域），21pp，岐阜県林政部，岐阜。
- 原田泰（1951）雪（森林気象学，327pp，朝倉書店，東京），249-271。
- 石川政幸・新田隆三・藤森隆郎・勝田桓（1987）冠雪害－発生のしくみと回避法－，101pp，林業科学技術振興所，東京。
- 気象庁（2002）気象庁月報平成14年1月，気象業務支援センター，東京。
- 松田正宏（1988）スギ人工林の冠雪害発生機構に関する研究，福井県総合グリーンセンター研報8：1-78。
- 佐藤大七郎（1971）立木密度（新版林業百科事典，1168pp，丸善，東京），1042-1043。
- 高橋喜平（1952）林木の冠雪害危険地域，林試研報54：140-148。
- 渡辺成雄・大関義男（1981）冠雪害の実験的研究，森林立地23-2：40-44。

資料

岐阜県内民有林におけるマツタケ発生適地面積の推定

水谷和人

キーワード：マツタケ，発生適地，森林簿，アカマツ，クロマツ

I はじめに

マツタケは日本を代表する食用キノコで、秋の味覚の王者として多くの人々に珍重されてきた。しかし、マツタケの国内発生量は1960年代以降減少した（きのこ鑑編集部，2002）。このため、マツタケに関する研究が国や県の研究機関を中心にして活発に行われてきた。その結果、マツタケ発生量の減少はマツ林の放置による林内環境の変化が原因であること、アカマツ幼齢林内の環境改善を図ることによりマツタケが増産できること（伊藤・小川，1979）が明らかとなり、これらの成果は作業マニュアルとしてまとめられた（京都府林業試験場，1980；マツタケ研究懇話会，1983；小川，1978；小川・伊藤，1989）。

一方、岐阜県はかつては全国でも有数のマツタケ産地であったが、近年は国内の発生量の推移と同様に激減している。平成13年のマツタケ生産量は739kg（岐阜県農林水産局林業振興室，2002）で、40年前の92,213kg（岐阜県林務部・岐阜県山林協会，1966）に比較すると0.8%にまで落ち込んでいる。岐阜県内では1980年代以降マツ林内の下層植生の抜き切りや地表の掻き起こしなどによる環境改善が各地で行われている。補助対象事業による環境改善面積は、岐阜県農林水産局林業振興室資料によると270haを超えている。しかし、マツタケ発生量の減少に歯止めが利かないのが現状である。発生量の減少がこのまま推移すれば、近い将来岐阜県からマツタケが姿を消すことも危惧され、県としてもその対策を早急に求められているところである。マツタケの増産を図るための対策は、現存するマツ林を対象とする場合は、これまでと同様に林内の環境改善が有効な手段と考えられる。しかし、マツタケの発生に適したアカマツ林が岐阜県内のどこにどれだけあるのかなどの情報が乏しいのが現状である。そこで、ここでは森林簿のデータを基にして、岐阜県の民有林におけるマツタケ発生適地の面積を推定した。

II 解析方法

解析に使用したデータは、岐阜県の2001年版森林簿から得た民有林のアカマツおよびクロマツ林である。抽出したアカマツおよびクロマツ林は、判定因子を林齢、土壌型、地質としてマツタケの発生適地（増産可能地を含む）、発生不適地に区分した。森林簿のデータは、土壌型が5万分の1、地質が5万分の1で一部の地域は20万分の1の図面をもとに小班ごとに値が入力されている。

1. アカマツおよびクロマツ林の抽出

マツタケは主にアカマツ林に発生し、その他クロマツ、ツガ、コメツガ、ハイマツ、アカエゾマツ、ヒメコマツ林にも発生する（今関・本郷，1987；マツタケ研究懇話会，1983）。これらのうち、森林簿で区分される樹種は、アカマツ、クロマツ、その他針葉樹の3種類で、抽出対象はマツタケの発生が多いと考えられるアカマツおよびクロマツの2樹種とした。抽出した総データは186,572小班で、1小班的面積は平均0.46ha、最大51.84haである。なお、抽出した林は上層下層や天然林人工林の区分があるが、これらの区分は無視した。また、抽出した林はマツノザイセンチュウ病によるマツ枯れ被害が正確に反映されていない。従って、岐阜県北部を除いた地域ではマツ枯れ地を含んでいる可能性がある。

2. マツタケ発生適地の判定因子

マツタケ発生適地は、判定因子として林齢、土壌型、地質、林型、本数密度、腐植の堆積、キノコ相、地形が示されている（伊藤・岩瀬，1998；京都府林業試験場，1980；マツタケ研究懇話会，1983；長野県林業総合センター，1990；小川，1978；小川・伊藤，1989；吉村，2000）。ここでは、これらのうち森林簿で区分できる林齢、土壌型、地質の3因子から表-1のとおり、マツタケの発生適地（増産可能地を含む）、不適地とした。なお、その根拠は以下のとおりである。

表-1 マツタケ発生適地・不適地別の森林簿因子の区分

マツタケの 適地区分	マツ林齢	土 壌 型	地 質
発生適地	1~70年	BA, BB, Er, Im, R	花崗岩 (中生代), 花崗岩 (古生代), 花崗斑岩, 流紋岩, 手取層, 礫岩 (中・古生代), チャート, 砂岩 (中・古生代); 泥質岩 (中生代), 泥質岩 (古生代), メランジ, 片麻岩, 大雨見火山岩類
増産可能地	1~35年		
発生不適地	71年以上	BC, BD, BD(d), BE BF, Bl, Bld, BldE Pdl, PdlI, Pw, G, Pt	未固結堆積物, 碎屑物, 凝灰角礫岩 (第四紀), 粘土砂礫 (第四紀), 安山岩類 (第四紀), 凝灰角礫岩 (第三紀), 阿多岐層 (第三紀), 安山岩 (第三紀), 玄武岩, 礫・粘土 (第三紀), 凝灰質砂岩泥岩, 蛇紋岩, 結晶片岩類, 石灰岩, 輝緑凝灰岩 (古生代), 玄武岩火山砕石岩 (中生代), 玄武岩火山砕石岩 (古生代), 閃緑岩

注) 森林簿に区分される土壌型のBldF, Pdl, V, Yおよび地質の花崗岩 (第三紀), 安山岩 (中生代), 黒色頁岩砂岩, 斑レイ岩にはアカマツおよびクロマツ林が存在しないため除外した。

(1) 林 齢

マツタケのシロが形成する時期は, アカマツの樹齢15~20年で, シロが拡大してマツタケが大量に発生する時期が30~35年, 40年を過ぎると新たにシロはできなくなり, 60~80年で消滅する (伊藤・岩瀬, 1998)。このため, マツタケの増産を図るためには15~35年生のアカマツ林を対象に環境改善することが重要である (小川・伊藤, 1989)。表-1では, マツタケのシロが消滅する林齢を70年までとして, マツタケの発生適地を林齢が1~70年, 発生不適地を71年以上とした。また, 林齢35年以下は施業によりマツタケの増産が見込まれるため, 増産可能地として細区分した。なお, 環境改善によりマツタケの増産が見込まれる林齢は岩手県岩泉町の事例から50年生以下とする報告 (吉村, 2000) もあるが, ここでは小川・伊藤 (1989) の考えに基づいた。

(2) 土壌型

マツタケの発生適地は, やせた乾燥気味の砂や礫がまじった土壌で, 山の頂部や尾根筋である (伊藤・岩瀬, 1998; マツタケ研究懇話会, 1983; 小川, 1978; 小川・伊藤, 1989; 吉村, 2000)。このことから, マツタケの発生適地は森林簿における土壌型22種類のうち, 養分が少なく, 乾燥しやすいBA, BB, Er, Im, R型とした。その他はマツタケ発生不適地とした。

(3) 地 質

マツタケの発生適地は酸性岩地帯で, 中性~塩基性岩地帯は適さない (伊藤・岩瀬, 1998; マツタケ研究懇話会, 1983; 小川・伊藤, 1989; 吉村, 2000)。森林簿の地質区分は35種類で, 適不適地の区分けが判断しにくいものもあった。ここでは便宜上, マツタケ発

生適地を花崗岩 (中生代), 花崗岩 (古生代), 花崗斑岩, 流紋岩, 手取層, 礫岩 (中・古生代), チャート, 砂岩 (中・古生代), 泥質岩 (中生代), 泥質岩 (古生代), メランジ, 片麻岩, 大雨見火山岩類の13種類とした。その他の地質はマツタケ発生不適地とした。

III 結果と考察

県内民有林のアカマツおよびクロマツ林面積, およびマツタケ発生可能地推定面積を市町村別にまとめて表-2に示した。

1. アカマツおよびクロマツ林の面積

森林簿から抽出したアカマツおよびクロマツ林の面積は62,961haで, 県内民有林の9.4%を占めた。抽出した林の面積が1,000ha以上は22市町村で, これらの多くは岐阜県南部および東部に位置していた。一方, 北部や西部には面積の少ない市町村が多く, 特に最深積雪深が1.5m以上の地域 (岐阜県林政部, 1981) を多く含む久瀬村, 藤橋村, 坂内村, 根尾村, 荘川村, 白川村, 河合村, 宮川村は, 立木地の面積に対するアカマツおよびクロマツ林の面積が1.0%未満と極めて低かった。

2. マツタケの発生適地の推定面積

マツタケの発生に適すると推定した面積は10,538haで, 県内のアカマツおよびクロマツ面積の16.7%であった。発生適地の面積が最も多いのは岐阜市の910haであった。以下, 関市, 美濃市, 瑞浪市, 白川町, 土岐市, 美濃加茂市, 七宗町が続く, これらは300ha以上である。一方, 2haに満たない市町村は川島町, 藤橋村, 坂内村, 糸貫町, 高鷲村, 荘川村, 河合村で,

これらはもともとアカマツおよびクロマツ林が少ない地域であった。マツタケの発生適地面積10,538haのうち、増産可能地とした林齢35年以下の面積はわずか659haであった。この面積が最も多いのは岐阜市で74haであった。以下、白川町、美濃市、土岐市、国府町、高根村が続き、いずれも30haを超えていた。

マツタケ発生適地10,538haのうち、増産可能地659haは新たなシロを形成させることが可能な場所である。腐植層が堆積するなど環境が悪化している場合には積極的な環境改善を図らなければならない。一方、林齢36年以上のマツ林9,879haには、既にシロが形成してマツタケが発生している場所も多く存在すると考えられるが、現在形成しているシロの生長を促すための林内環境の維持施策が必要である。これらの対策は、県内に現存するマツ林に対してマツタケの増産を図るために必要不可欠である。ところで、今回の解析は大まかな数字を把握することが目的で、推定の精度がどの程度であるかどうかについては検証できていない。岐阜県におけるマツノザイセンチュウ病によるマツ枯れ被害は県北部を除いて激しいが、今回の推定にはマツ枯れ被害木が考慮できていない。岐阜県農山村整備局森林課資料によると平成56年～平成13年度のマツ枯れ被害実損累計面積は約48,000haである。これは、被害後に樹種転換が図られるなどされているため、現在の被害面積と見なすことはできない。しかし、今回の推定面積には多くのマツ枯れ被害木が含まれており、健全木の割合は非常に少ないと考えられる。岐阜県におけるマツ林の面積は年々減少傾向にあり、新たな植栽がほとんど行われていないこと（岐阜県、2002）、天然更新があまり進んでいないと考えられることから、このままでは今後ますますマツ林面積の減少および高齢化が進むと考えられる。このような危機的状況にある現状を打破するためにも、現存するマツ林を対象とした積極的な環境改善はもちろんのこと、マツ林の造成、特に増産が多く期待できる若いアカマツ林の造成が急務であると考えられた。また、マツ枯れに負けない活力あるマツ林を仕立てる方法の確立を急ぐ必要が

ある。このためには、マツノザイセンチュウ抵抗性アカマツの植栽も必要である。

引用文献

- 岐阜県（2002）岐阜県森林・林業統計書，50～51，岐阜県農山村整備局農山村整備政策課，岐阜
- 岐阜県農林水産局林業振興室（2002）平成13年次岐阜県の特用林産物，106pp，岐阜県農林水産局林業振興室，岐阜
- 岐阜県林務部・岐阜県山林協会（1966）岐阜県林政要覧，69pp，岐阜県・岐阜県山林協会，岐阜
- 岐阜県林政部（1981）岐阜県の森林立地－立地環境に基づく施業技術体系－，190pp，岐阜県林政部，岐阜
- 伊藤武・岩瀬剛二（1998）マツタケ－果樹園感覚で増やす育てる－，181pp，農文協，東京
- 伊藤武・小川眞（1979）マツタケ菌の増殖法（Ⅱ）－林内植生の手入れとマツタケのシロの増加－，日林誌61，163～173
- 今関六也・本郷次雄（1987）原色日本新菌類図鑑（Ⅰ），77pp，保育社，大阪
- きのこ年鑑編集部編（2002）2002年版きのこ年鑑，416pp，プランツワールド，東京
- 京都府林業試験場（1980）マツタケ，26pp，京都府林業試験場，京都
- マツタケ研究懇話会（1983）まつたけ山のつくり方，163pp，創文，東京
- 長野県林業総合センター（1990）マツタケ増産の手引き，83pp，長野県まつたけ生産振興協議会，長野
- 小川眞（1978）マツタケの生物学，326pp，築地書館，東京
- 小川眞・伊藤武（1989）マツタケは栽培できるか，181pp，全国林業改良普及協会，東京
- 吉村文彦（2000）岩泉式まつたけ山のつくり方，72pp，岩泉まつたけ研究所，岩手

