

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られる。

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

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

今回の冠雪害に関係す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、ヤマハシノキ、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は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。

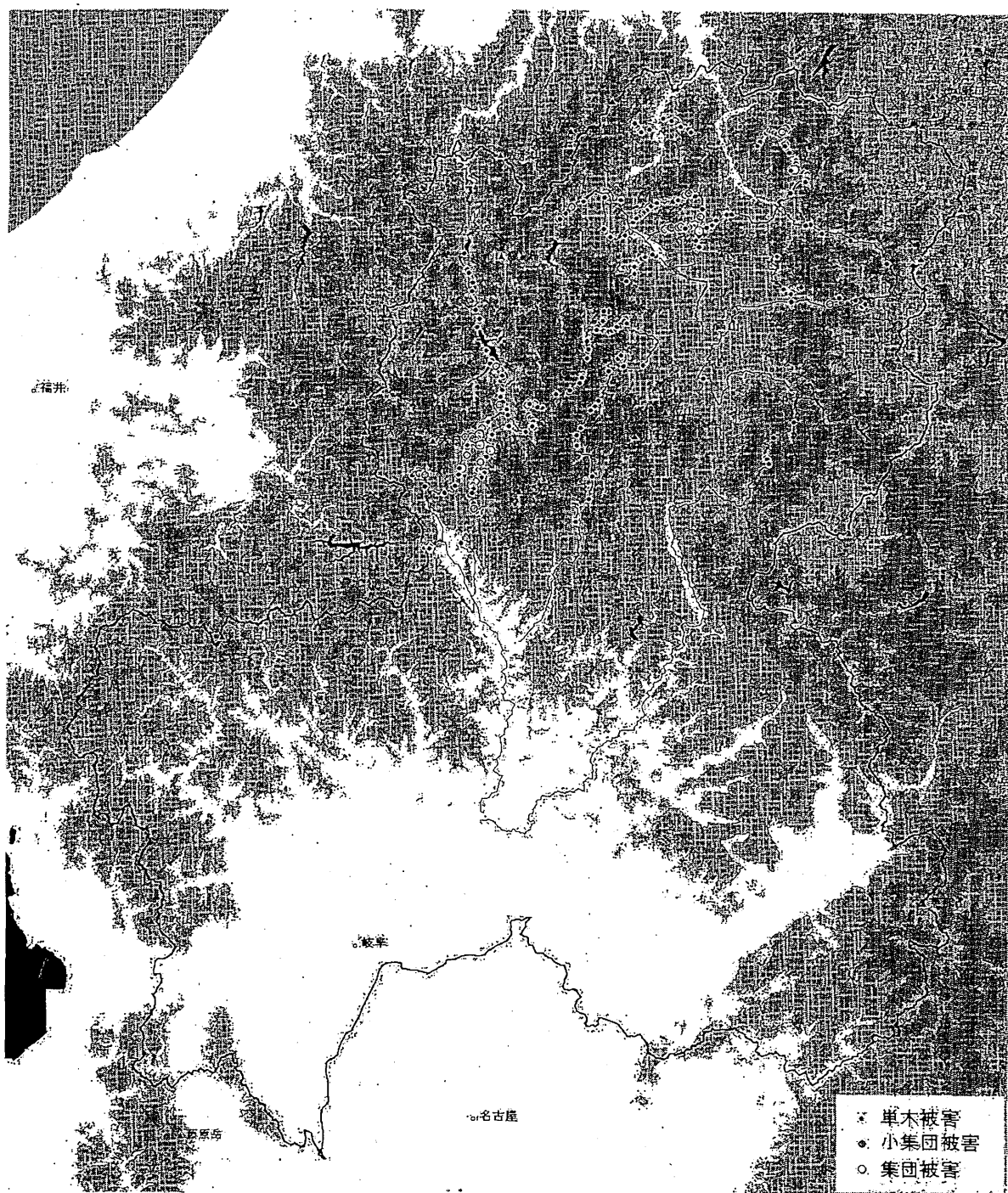


図-1 広葉樹冠雪害の被害発生地点の分布
 図中の実線は調査ルートを示す。
 地図の網かけは標高500mごと。

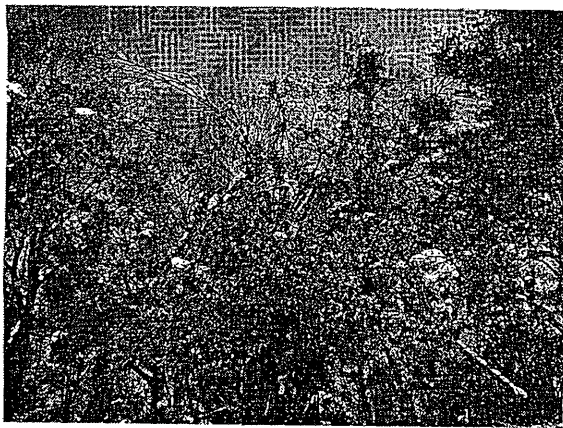


図-2 コナラの梢端折れ（高鷲村）

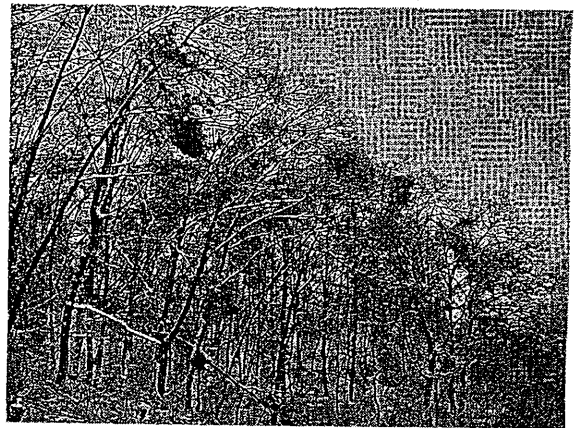


図-3 コナラの枝折れ（神岡町）

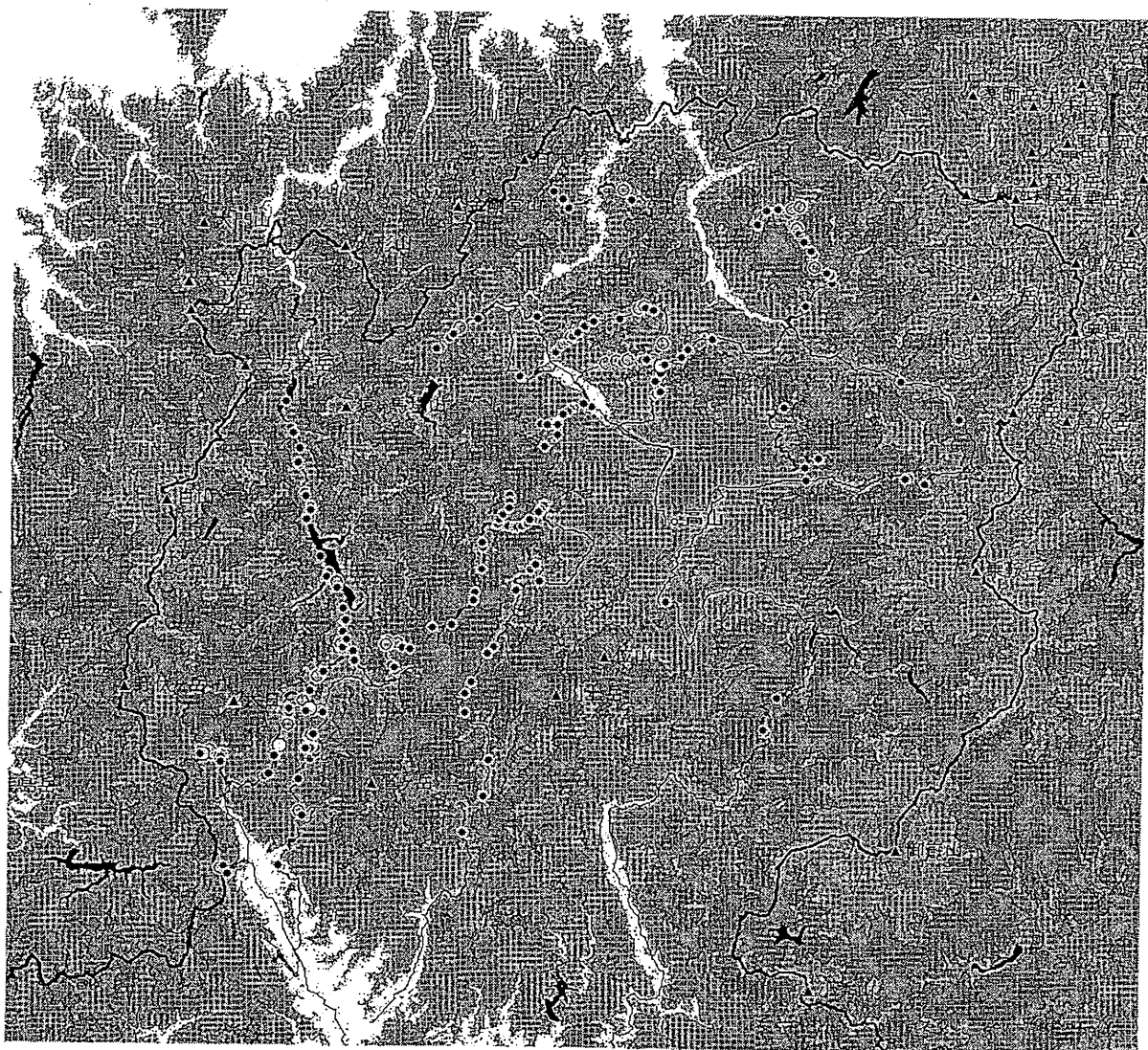


図-4 梢端折れ・枝折れの発生地点 凡例は図-1に同じ。

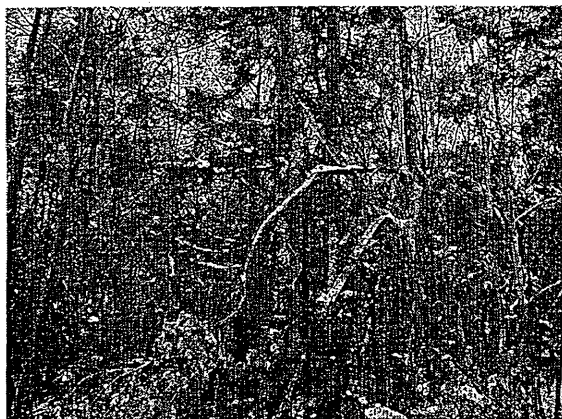


図-5 コナラの大枝折れ（高鷲村）



図-6 コナラの大枝折れ（白鳥町）

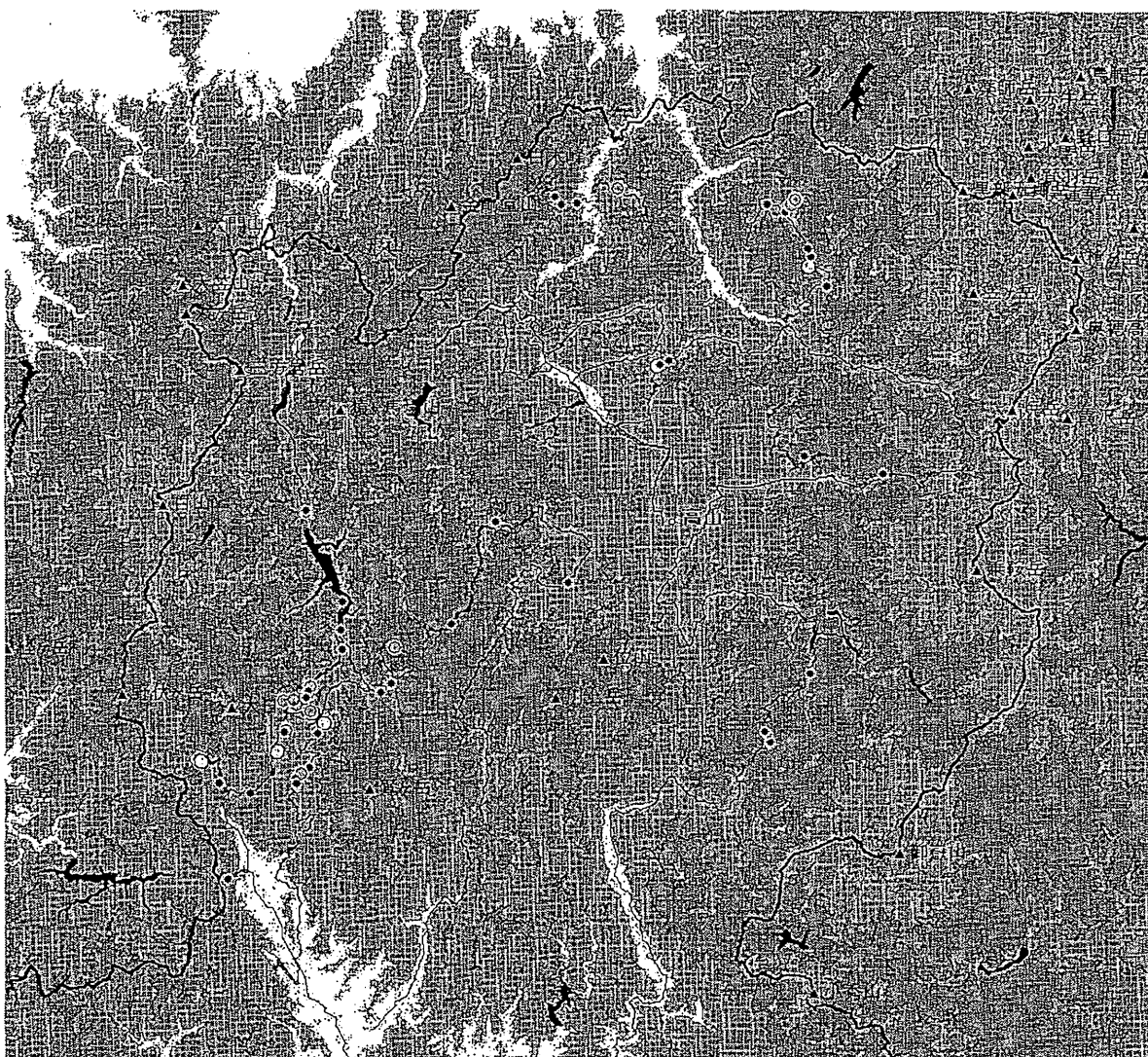


図-7 大枝折れの発生地点 凡例は図-1に同じ。



図-8 コナラの幹折れ（宮川村）



図-9 コナラの幹折れ（上宝村）

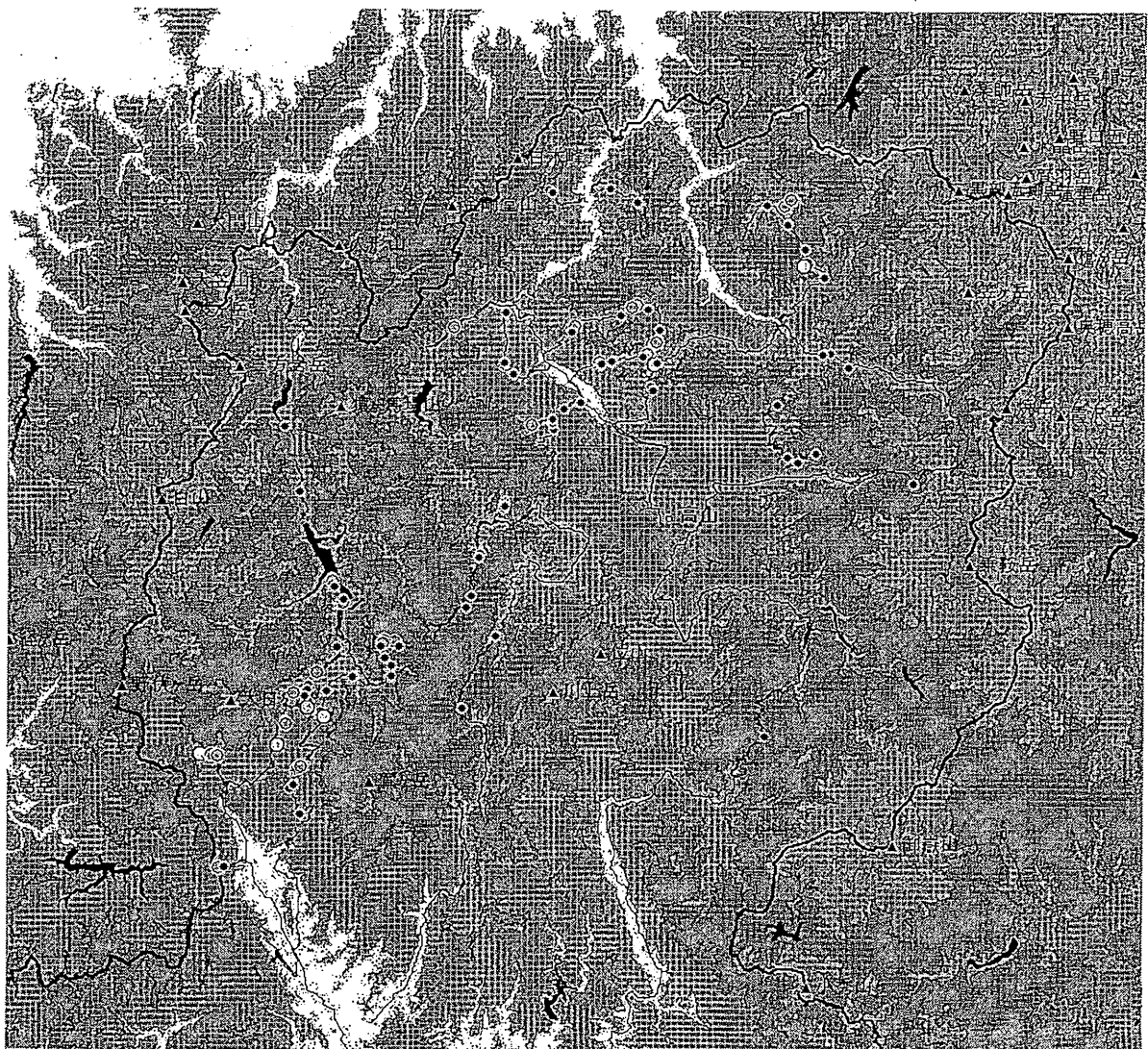


図-10 幹折れの発生地点 . 凡例は図-1に同じ。

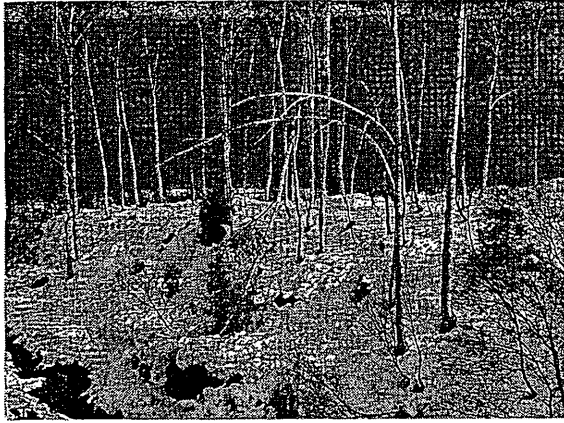


図-11 シラカンバの幹曲がり（荏川村）



図-12 コナラの幹曲がり（古川町）

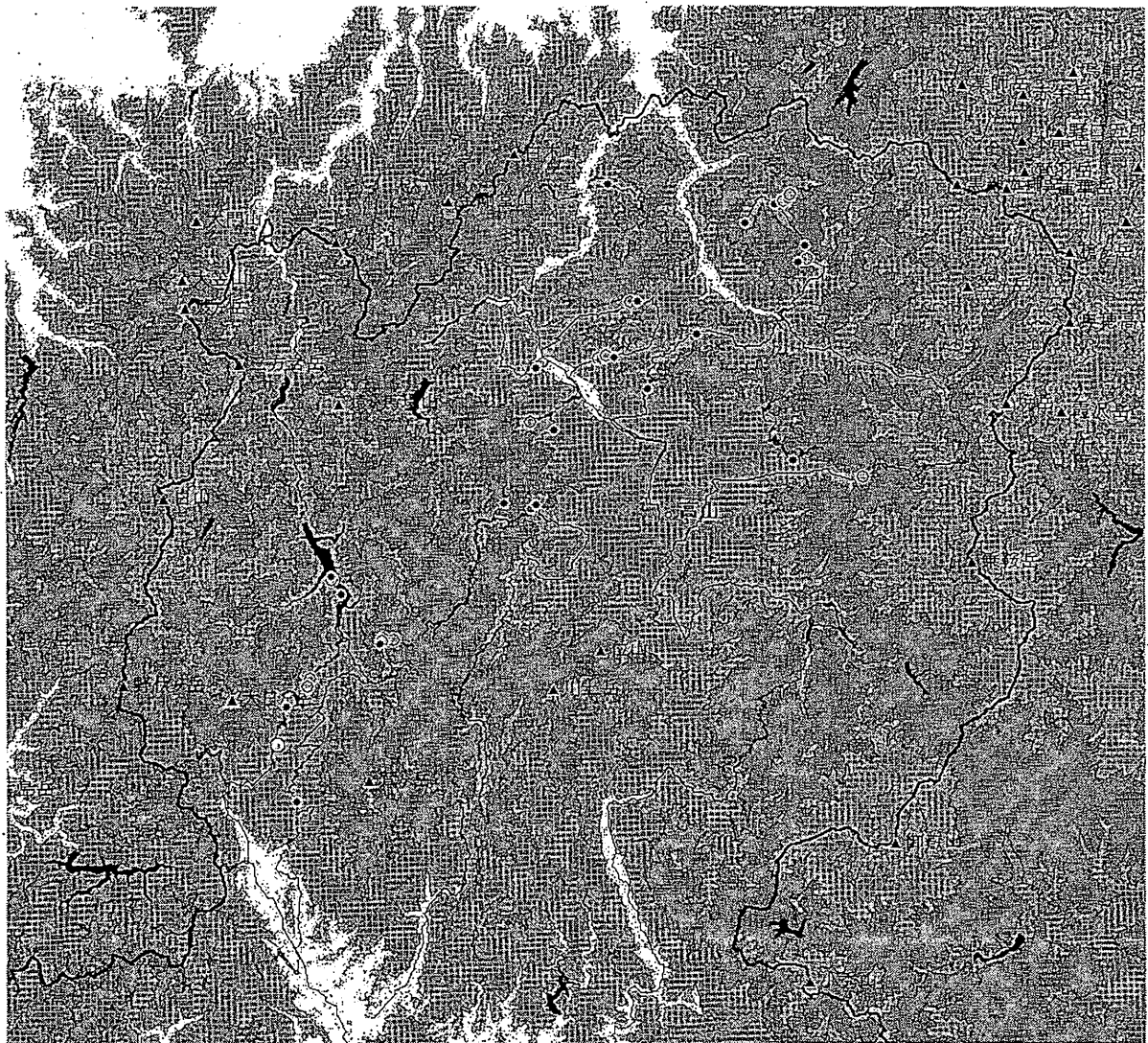


図-13 幹曲がりの発生地点 凡例は図-1に同じ。



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）

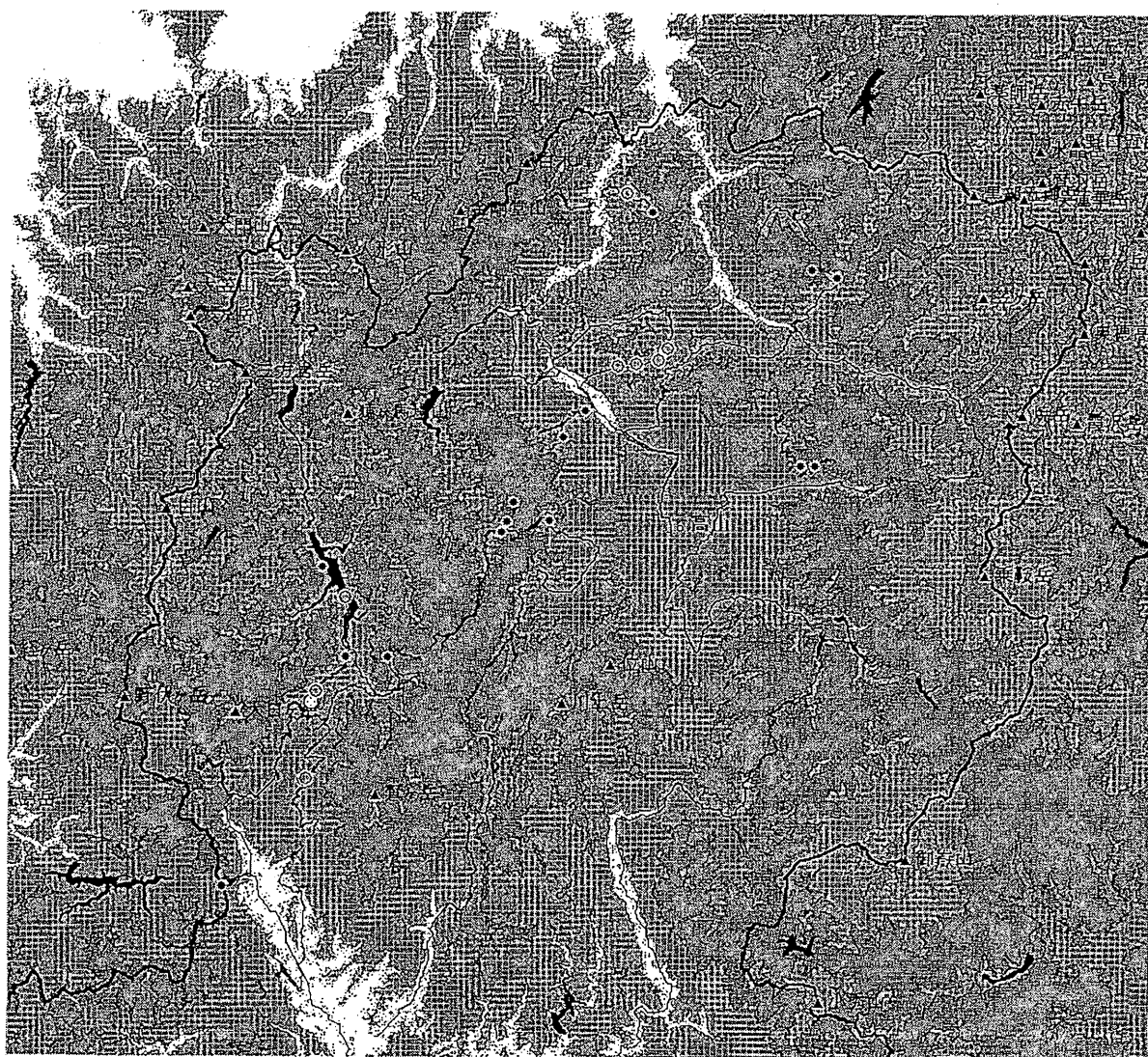


図-16 根返りの発生地点 ・ 凡例は図-1に同じ。

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890m)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。

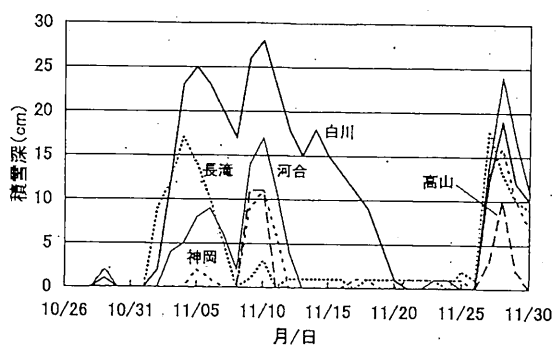


図-17 2002年10月下旬から11月における積雪深の推移

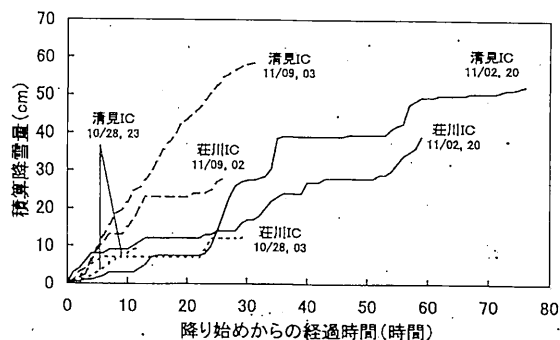


図-18 東海北陸自動車道荘川ICと飛騨清見ICにおける降り始めからの積算降雪量
IC名の下に数字は降雪の始まりの月/日、時刻を示す。

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。1982～2002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。

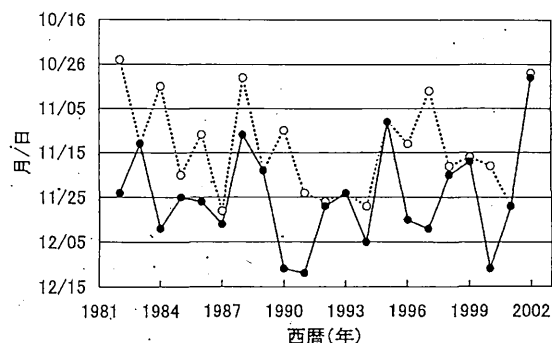


図-19 高山測候所における初雪と初積雪の起日の推移
白丸は初雪，黒丸は初積雪を示す。

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の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，1986）。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1,250m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る。

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。島根県でも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）。シラカンバ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

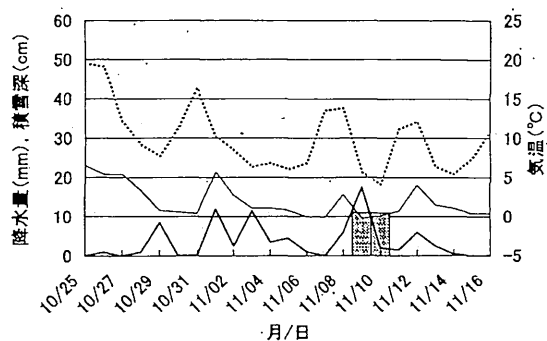
日本道路公団中部支社保全部保全第二課には、積雪量に関する資料を提供していただいた。また、岐阜県森林科学研究所の中島美幸主任研究員には調査の一部に協力していただいた。ここに記して、謝意を表す。

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。

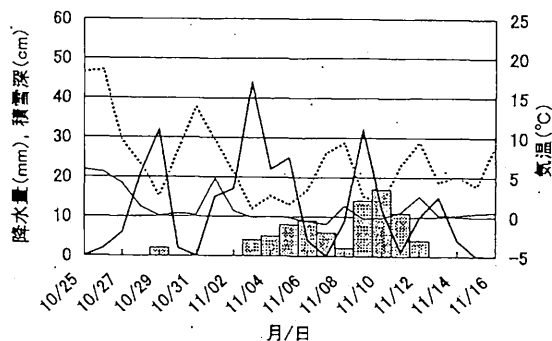
引用文献

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。

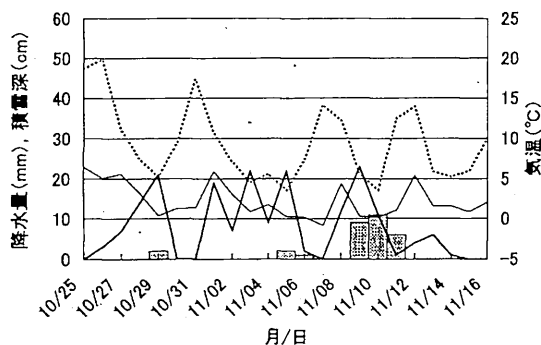
- 岐阜地方気象台（1988）岐阜県気象月報28（10）. 22pp,
日本気象協会岐阜支部, 岐阜.
- 岐阜地方気象台（1995）岐阜県気象月報35（11）. 27pp,
日本気象協会岐阜支部, 岐阜.
- 岐阜地方気象台防災業務課（2002a）岐阜県の気象概況（平成14年10月）. 10pp, 岐阜地方気象台, 岐阜.
- 岐阜地方気象台防災業務課（2002b）岐阜県の気象概況（平成14年11月）. 11pp, 岐阜地方気象台, 岐阜.
- 石井弘・片桐成夫・三宅登・赤塚金治・高見宗臣（1980）昭和53年1月異常降雪によって冠雪害をうけたスギ人工林の解析（Ⅰ）二つの被害林分の比較と冠雪害調査方法の検討. 島根大学農学部研究報告14：50-59.
- 石川正幸・新田隆三・勝田昶・藤森隆郎（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.
- 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場研究報告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・渡邊仁志（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.



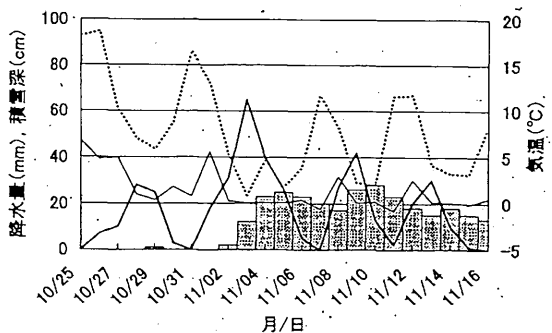
付図一 高山測候所における2002年10月下旬から11月上旬の気象
点線は最高気温、細実線は最低気温、太実線は降水量、棒は積雪深を示す。



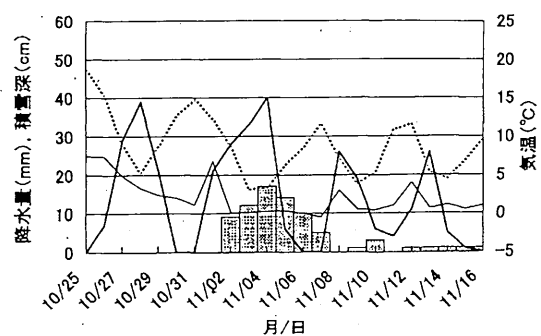
付図二 河合地域気象観測所における2002年10月下旬から11月上旬の気象
点線は最高気温、細実線は最低気温、太実線は降水量、棒は積雪深を示す。



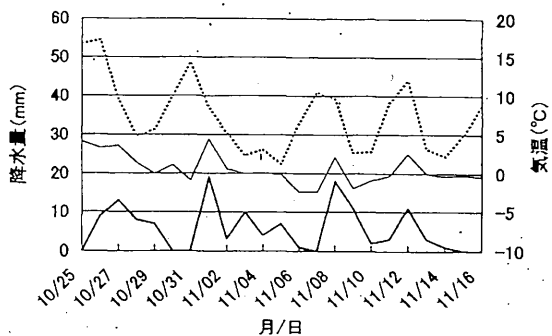
付図三 神岡地域気象観測所における2002年10月下旬から11月上旬の気象
点線は最高気温、細実線は最低気温、太実線は降水量、棒は積雪深を示す。



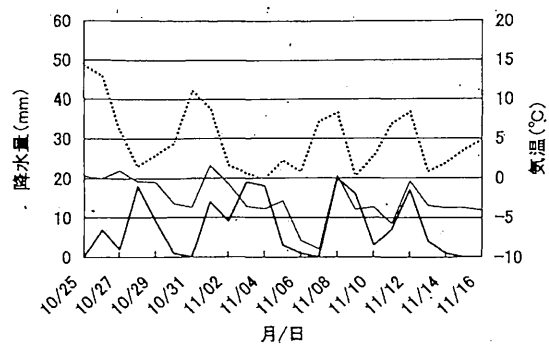
付図四 白川地域気象観測所における2002年10月下旬から11月上旬の気象
点線は最高気温、細実線は最低気温、太実線は降水量、棒は積雪深を示す。



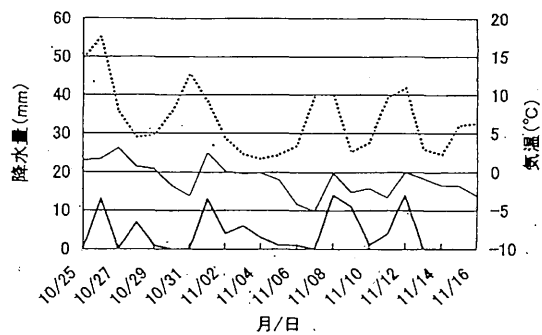
付図五 長滝地域気象観測所における2002年10月下旬から11月上旬の気象
点線は最高気温、細実線は最低気温、太実線は降水量、棒は積雪深を示す。



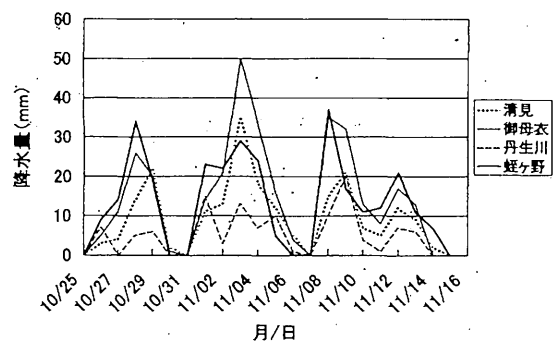
付図六 栃尾地域気象観測所における2002年10月下旬から11月上旬の気象
点線は最高気温、細実線は最低気温、太実線は降水量、棒は積雪深を示す。



付図-7 六廐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