

# 八ヶ岳演習林におけるブナ・ミズナラ・カラマツの 開葉に与える晩霜の影響

二 田 美 穂\*・黒 田 吉 雄\*

Leaf flush of *Fagus crenata*, *Quercus mongolica* Fisch. var. *grosserrata* Rehd. et Wils.  
and *Larix leptolepis*, in Tsukuba University Forest at Yatugatake.

Miho FUTADA\* and Yoshio KURODA\*

## 目 次

I はじめに .....	271	IV 考 察 .....	281
II 材料と方法 .....	272	V おわりに .....	281
III 結 果 .....	274	引用文献 .....	282
1. 開芽および開葉 .....	274	Summary .....	282
2. 晩霜害 .....	278		

## I はじめに

過去10年間の長野県気象月報（日本気象協会，1984～1993）によると，長野県では1985年から1993年にかけて毎年のように5月に各地で晩霜が記録されている。県下佐久地方において農作物に晩霜害が認められた記録を見ると，1986年に大きな被害が発生し，1987年および1992年には被害が認められたとしている。近年，1993年には県下全域の高冷地を中心に氷点下気温が記録された。

本演習林が所在する八ヶ岳東山麓の高冷地に位置する野辺山ヶ原では，多くの年に造林木および農作物は多少なりとも晩霜害の影響を受けている。藤井ら（1965）は本地域におけるカラマツの霜害の実態と地形の関係について，海上ら（1972）はカラマツの霜輪の発現と霜害の発生予知について，また内田ら（1974）は晩霜害によるカラマツの生長低下について報告している。

本調査地である野辺山ヶ原は冷温帯に属するにも拘らず，ブナの自生地が認められていない。

---

本研究は全国大学演習林共同研究「森林地域の酸性雨等地球環境モニタリング」の一環として行った。

\*筑波大学農林技術センター八ヶ岳演習林 Univ. Forest at Yatsugatake, Agric. and Forest. Center, Univ. of Tsukuba, Nagano, 384-13

このことについて、ブナの成林と晩霜の関係を明らかにするため、人工植栽されたブナ・カラマツおよび天然林のミズナラの3樹種を対象に1993年4月から1994年7月まで開芽と開葉についてフェノロジー調査を行った。なお、フェノロジーについては、林(1988)による長野県東信地方におけるカラマツ・ミズナラ・ブナを含む冷温帯林構成樹種に関する報告がある。また、丸山(1979:1978)は、山形県下のブナ林について報告している。

## II 材料と方法

筑波大学農林技術センター八ヶ岳演習林の3林班および5林班の各一部に調査地を設けた。3林班および5林班は、八ヶ岳山麓に広がる盆地状の野辺山ヶ原に位置し、土壌は八ヶ岳の火山灰を起源とする黒ボク土である。

野辺山ヶ原の縁(標高1,450 m)に位置する3林班と、野辺山ヶ原の中心(標高1,350 m)に位置する5林班は、直線距離で2 km 離れている。3林班の林況はミズナラを主体とした二次林で、ミヤマザクラ・クリ・ズミ・シラカンパ・ヤエガワカンパなどで構成された天然生広葉樹林である。5林班には、管理棟を中心に各施設が所在し、各種試験地および見本林が造成されている。

本調査の供試木は、カラマツ・ミズナラ・ブナの3樹種で、3林班では本調査のために植栽したブナ1本(樹高4.6 m:直径1.6 cm)、天然生のミズナラ3本(平均樹高10.4 m:平均直径21.2 cm)の計4本を用いた。一方、5林班では林齢37年の防風林から選木したカラマツ3本(平均樹高14.6 m:平均直径18.9 cm)、3林班と同様に植栽したブナ2本(平均樹高4.1 m:平均直径3.1 cm)の計5本を用いた。調査木のブナは筑波苗畑で養成した若齢木で、1992年4月に八ヶ岳演習林3林班の天然生広葉樹林内に3本樹下植栽した中から、5林班では同じ若齢木を同時期に林外へ12本植栽した中から選木した。調査対象木の選木方法はいずれも無作為抽出によった。(写真1-3)。

フェノロジーの観察は、2日から11日間隔で1993年4月21日~1994年7月にかけて実施した。さらに、開芽に至る経時的変化を知るため、5林班内の苗畑のカラマツ・ミズナラの各幼齢木1本および植栽したブナ1本を、それぞれ上記とは別に選り冬芽の大きさの変化を追跡調査した。各樹種から5つの冬芽を無作為抽出し番号をつけ、1994年3月30日から5月16日にかけて3日~15日間隔で、各冬芽の長さ太さをノギスで計測した。

また、野辺山ヶ原の過去10年間における4月から6月までの旬平均気温を長野県気象月報(1984年~1993年)より求め(表-1)、本調査期間中における旬平均気温と、各樹種に与える各種現象との関係について検討した。但し、ここでは冬芽から緑色の葉が現れ始めた状態を開芽とし、葉が展開しきった状態を開葉とした。

霜害が発生した当日の気象観測データは5林班で観測したものをを用いた。

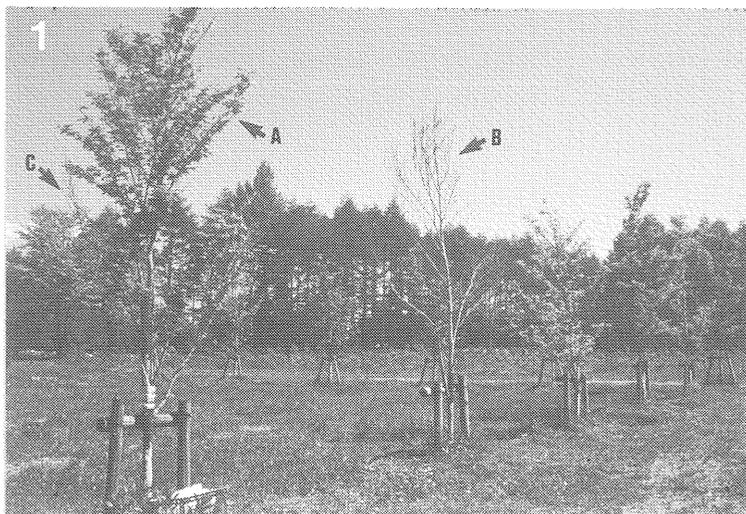


写真-1. 1992年に八ヶ岳演習林5林班に植栽したブナ  
A-フェノロジー調査木  
B-枯死木  
C-下枝は枯死

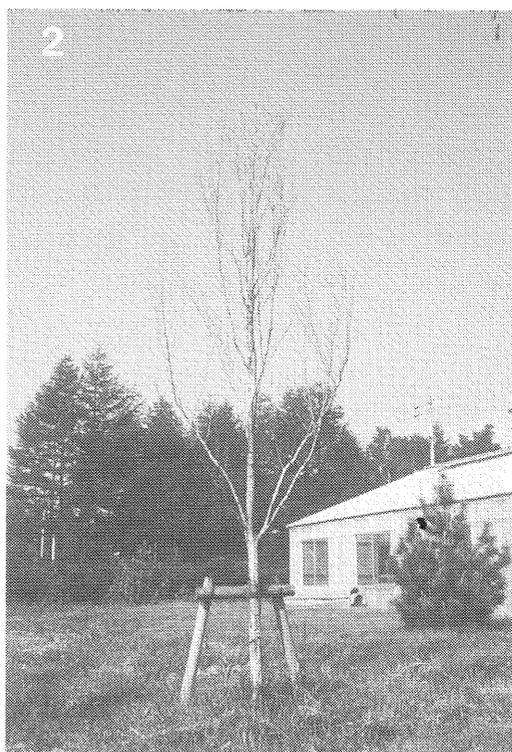


写真-2. 枯死木

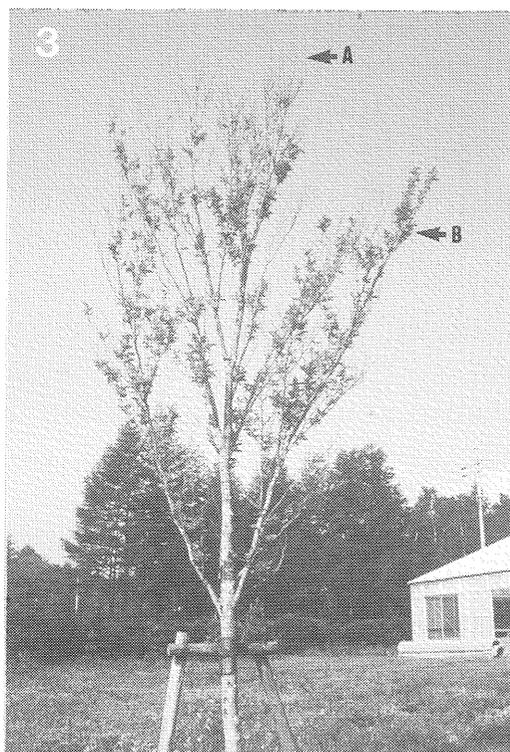


写真-3. 1993年5月27日に霜害を受けたブナ  
A-枯死した梢端部  
B-生枝

表-1 累年および調査年の平均気温

月	4			5			6		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下
1984年～1993年	3.6	4.9	7.8	8.4	10.3	11.0	13.5	14.3	15.5
1993年	0.9	3.2	8.1	8.4	10.3	10.9	11.1	15.4	14.8
1994年	4.4	6.1	7.8	11.0	10.0	12.4	13.6	14.3	16.0

注) 表中の数字は旬平均気温 (°C)

### Ⅲ 結 果

#### 1. 開芽及び開葉

##### 1) 1993年の例

1993年における各樹種の開芽・開葉期の調査結果は図-1の通りである。但し、図-1には以下の記述の便のため日平均気温・日最低気温の推移を示した。5林班のカラマツは4月下旬(26日)に全調査木に初開芽が確認された。このときの旬平均気温は8.1°Cで、例年(過去10年間の累年平均値)より0.3°C高かった。後日、5月中旬(13日)には全調査木の80%以上が開芽し、旬平均気温は10.3°Cであった。その後、5月下旬(27日)には全調査木の芽が開葉し、旬平均気温は10.9°Cであった。すなわち、5月中・下旬とも例年とほぼ同じ旬平均気温を示した。

同様に、3林班のミズナラは5月下旬(27日)に全調査木に初開芽が確認され、旬平均気温は10.9°Cで、例年とほぼ同じ値であった。後日、6月上旬(3日)には全調査木の80%が開芽し、旬平均気温は11.1°Cで、例年より2.4°C低かった。その後、6月中旬(17日)には1個体全体の芽が開葉し(他の2個体は確認せず)、旬平均気温は15.4°Cで、例年より1.1°C高かった。

3林班のブナは5月中旬(20日)に初開芽が確認され、旬平均気温は10.3°Cで、例年と同じ値であった。後日、5月下旬(31日)には個体全体の80%以上が開芽し、旬平均気温は10.9°Cでほぼ例年並であった。その後、6月上旬(7日)には個体全体の葉が開き、旬平均気温は11.1°Cで、例年より2.4°C低かった。一方、5林班のブナ2個体は5月中旬(20日)に初開芽が確認され、旬平均気温は10.3°Cで例年とほぼ同じ値であった。後日、5月下旬(27日)には全調査木の80%以上が開芽し、旬平均気温は10.9°Cでほぼ例年並であった。その後、6月中旬(14日)には1個体全体の芽が開葉し、旬平均気温は15.4°Cで、例年より1.1°C高かった。しかし、他の1個体(No.7)は後述する5月27日の晩霜のため80%の葉が枯死した。ミズナラはブナより7日間遅れて開芽したため、5月27日の晩霜から免れた。

##### 2) 1994年の例

1994年の調査結果は図-2に示した。但し、図-1と同様に日平均気温・日最低気温の推移を示した。5林班のカラマツは4月中旬(20日)に全調査木に初開芽が認められ、前年(1993年)より6日早く開芽した。このときの旬平均気温は6.1°Cで、例年より1.2°C高く、1993年の同期よ

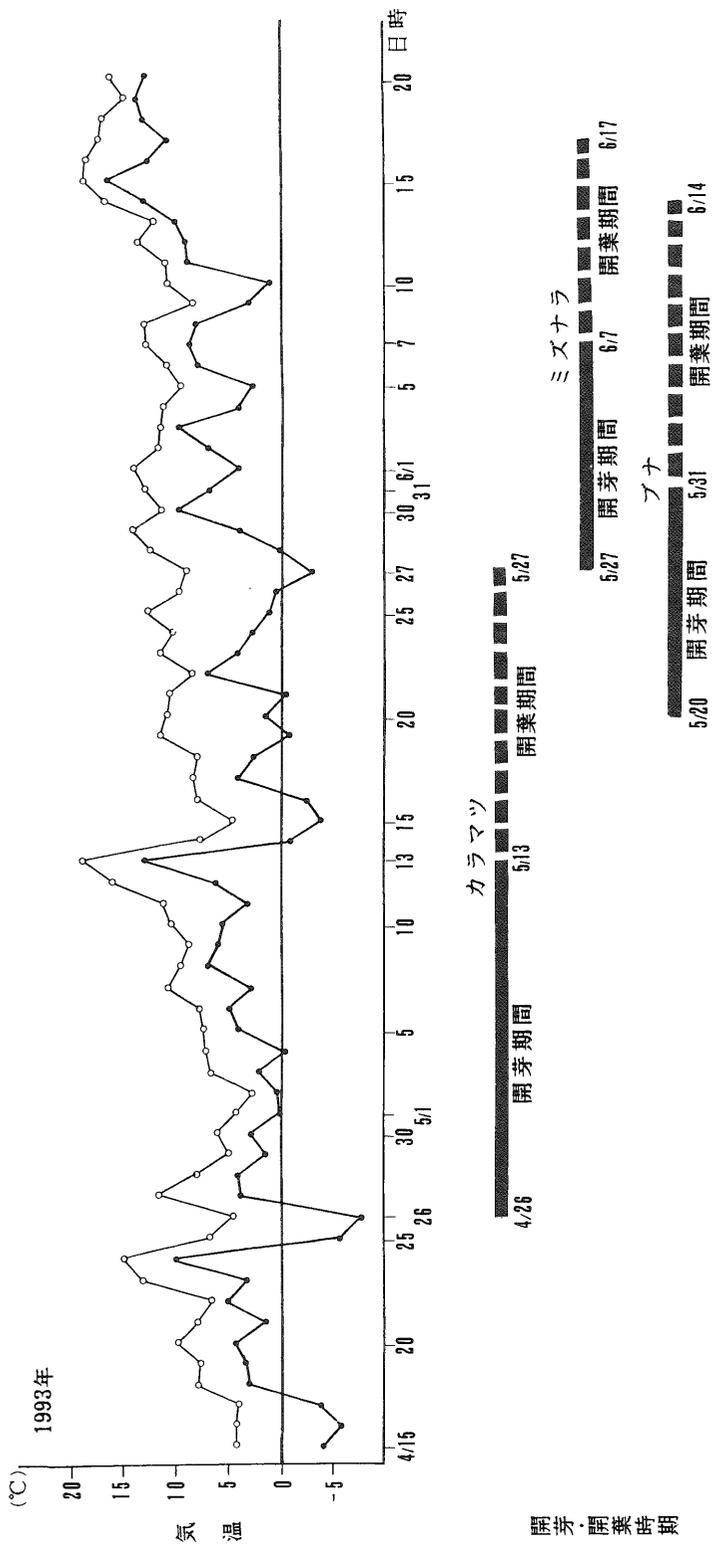


図-1. 日平均気温・日最低気温と各樹種の開芽・開葉時期

注) ○——○ 日平均気温, ●——● 日最低気温

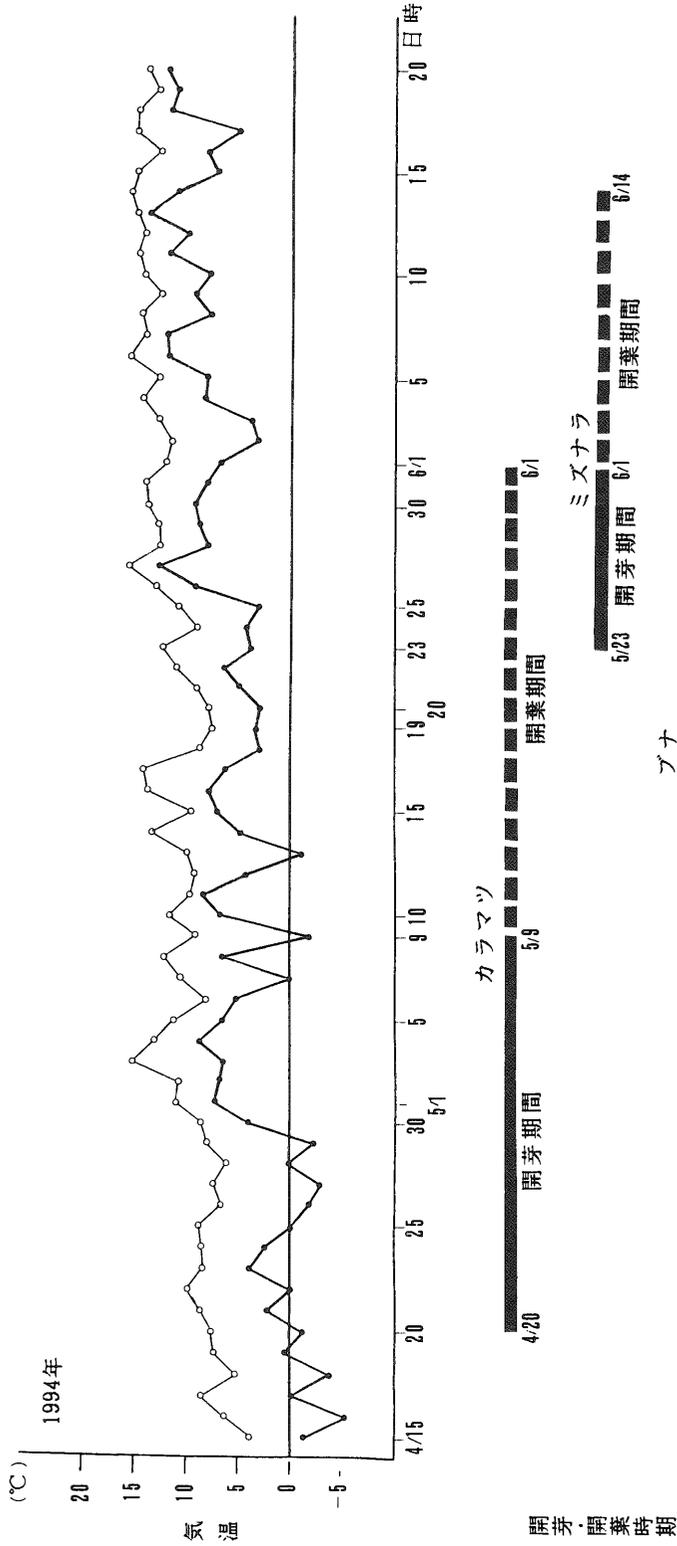


図-2. 日平均気温・日最低気温と各樹種の開芽・開葉時期

注) ○——日平均気温, ●——日最低気温.

り2.9℃高かったことが早期開芽に結びついたものと判断された。後日、5月上旬（9日）には全調査木の80%以上が開芽し、旬平均気温は11.0℃で、例年より2.6℃高かった。その後、6月上旬（1日）には全調査木の芽が開葉し、旬平均気温は13.6℃で、例年とほぼ同じ値であった。

また、3林班のミズナラは5月下旬（23日）に2個体で初開芽が確認され、前年より4日程度早く開芽した。このときの旬平均気温は12.4℃で、例年より1.4℃高い値が記録され、さらに1993年の同期より1.5℃高かった。後日、6月上旬（1日）には全調査木の80%以上が開芽し、旬平均気温は13.6℃で、例年とほぼ同じ値であった。その後、6月中旬（14日）には全調査木が開葉した。このときの平均気温は14.3℃で、例年と同じ値であった。

3林班のブナは5月上旬（9日）に初開芽が確認され、前年に比較して11日も早く開芽した。このときの旬平均気温は11.0℃で、例年より2.6℃高く、さらに、1993年の同期より3.8℃高かった。後日、5月中旬（16日）には個体全体の80%以上が開芽し、その後5月中旬（19日）には個体全体が開葉した。このときの旬平均気温は10.0℃で、例年より0.3℃低かった。一方、5林班のブナは5月中旬（12日）に1個体に初開芽が確認され、前年より8日ほど早く開芽した。このときの旬平均気温は10.0℃で、例年および1993年の同期より0.3℃低かった。後日、5月中旬（19日）には全調査木の80%以上が開芽し、旬平均気温は10.0℃で、例年より0.3℃低かった。5月下旬（23日）には全調査木の芽が開葉した。このときの旬平均気温は12.4℃で、例年より1.4℃高かった。この年のミズナラとブナの開芽日を比較すると、ブナはミズナラよりも14日早く開芽した。

1993年および1994年の各調査木の開芽日は、用いた3樹種中ではカラマツが最も早く、次いでブナ、ミズナラの順であった。カラマツ・ミズナラおよびブナの開芽日には、年により差がみられるが、これはその年の気象条件が大きく影響しているものと思われる。1994年におけるカラマツ・ミズナラ・ブナの開芽は1993年より4日から11日早く認められ、開芽期の旬平均気温は、過去10年間の旬平均気温と比較すると、5月中旬に0.3℃低かったのを除いては、旬平均気温が1.2℃から2.6℃高く、この気象条件がカラマツ・ミズナラ・ブナの開芽期を早めた要因であることは明らかである（表-1）。

### 3) 冬芽の大きさの計測結果

1994年にはブナ・ミズナラ・カラマツ各樹種の芽の生育状況を調べた（表-2）。その結果、ブナの芽は4月に入ると経時的な漸増を見せるが、5月9日からは目立って大きくなり、3月30日の調査時よりも長さが平均5.13mm、幅が平均0.54mm大きく成長していることが判った。以後、5月12日に調査対象木以外でも開芽が認められ、5月16日には調査対象芽の4個が開芽した。5月12日～16日にかけての芽数と大きさの減少はこのためである。残りの1個は5月16日の計測では長さ9.28mm、幅2.30mmで、以後枯死した。ミズナラの芽は終始漸増傾向を示すが、5月16日には3月30日に調査した時よりも長さが平均0.76mm、幅が0.30mm大きく成長していた。その後、5月26日の観察では調査対象木の各芽は全て開芽した。一方、カラマツにおいて開芽日以前の計測回数が少なく、冬芽状態での大きさの変化がいつから顕著になるか確認できなかった。しかし、カラマツの枝における開芽の順は、枝の付け根（樹幹側）に近い芽の開芽が早く、枝の先端部では遅く開芽するようである。

表-2 開芽期における冬芽の大きさの変化

調査木樹種		3/30	4/5	4/20	4/27	5/9	5/12	5/16 (月/日)
ブナ	長さ (mm)	9.04	9.42	9.82	10.10	14.17	16.79	9.28* <sup>1)</sup>
	太さ (mm)	2.27	2.34	2.43	2.46	2.81	3.14	2.30* <sup>1)</sup>
ミズナラ	長さ	6.60	6.64	6.96	6.97	6.97	7.07	7.36
	太さ	3.65	3.69	3.81	3.85	3.85	3.88	3.95
カラマツ	長さ	3.09	3.37	4.43* <sup>2)</sup>	—	—	—	—
	太さ	2.94	3.03	2.04* <sup>2)</sup>	—	—	—	—

注) 数字は各樹種から5個の冬芽を選び、冬芽の長さと同幅を計測した平均値

—は欠測値

\*<sup>1)</sup> 計測芽数は1

\*<sup>2)</sup> 計測芽数は3

## 2. 晩霜害

本調査継続中、1993年5月に気象観測データに低温が2回記録され、晩霜の被害発生が予想された(図-1)。第1回目の低温は5月14日から15日にかけて記録された。5月14日、15日の気温観測データ(図-3)によると、5月14日の22時20分(図-3中のA点)から15日の6時20分(図-3中のD点)にかけて、0℃以下の気温が8時間継続した。特に3時30分(図-3中のB点)から5時00分(図-3中のC点)にかけては-4.0℃の低温が1時間30分間継続した。5月17日の観察ではブナおよびミズナラの双方とも、未開芽のため無被害であった。一方、カラマツは既に開芽していたが、新葉には目立った被害は認められなかった。

第2回目の低温は、同年5月27日に記録された。5月27日の気温観測データ(図-4)によると、5月27日の0時25分(図-4中のE点)から6時10分(図-4中のH点)までの5時間45分間にわたり0℃以下の気温が観測された。特に4時00分(図-4中のF点)から5時15分(図-4中のG点)までの1時間15分間は-3.0℃の低温が継続して記録された。

この低温によってブナに後述する大きな被害が認められた。但し、この時点ではミズナラは未開芽のため、一方カラマツはすでに開葉していたがともに被害はみられなかった。カラマツに被害が認められなかったことを、海上ら(1972)のカラマツの霜輪発現推定曲線を用いて確認しようと試みた。1993年の野辺山ヶ原の4月1日からの0℃以上の日最低気温の積算値を縦軸に、5月15日と5月27日の各日の最低気温を横軸に取り、霜輪発現推定曲線図上にプロットした。その結果、両日の値は霜害が発現すると推定される範囲にプロットされ、予想に反する結果となった。その原因については断定出来ないが、供試木が防風林から選木されていることから、林内の気温緩和効果によって調査木周辺は露場ほどは低温にならなかったためと推察される。

5月27日における5林班のフェノロジー供試木のブナ2個体の被害程度は、当日の観察では各個体の芽の総体のうち40%から80%の芽における、新葉の変色であった。しかし、変色した葉がついていた枝のほとんどはその後枯れたが、1個体では後日、若干の開芽が見られた。一方、3林班におけるブナ新葉の変色被害は、芽の総体の10%程度で見られ、被害は軽症であった。なお、

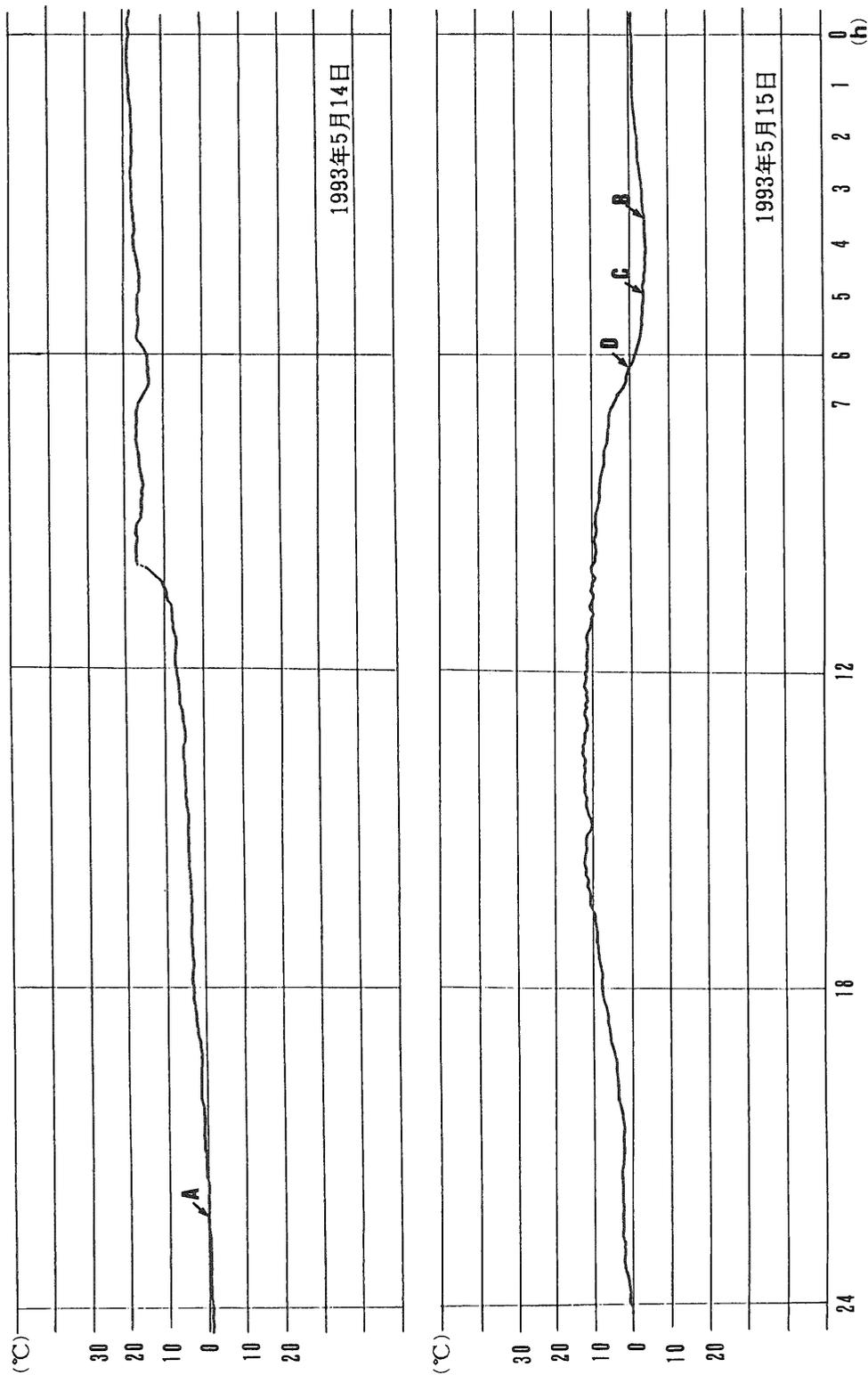


図-3. 1993年5月14日から15日間の気温変化

注) 図中の注記は本文参照

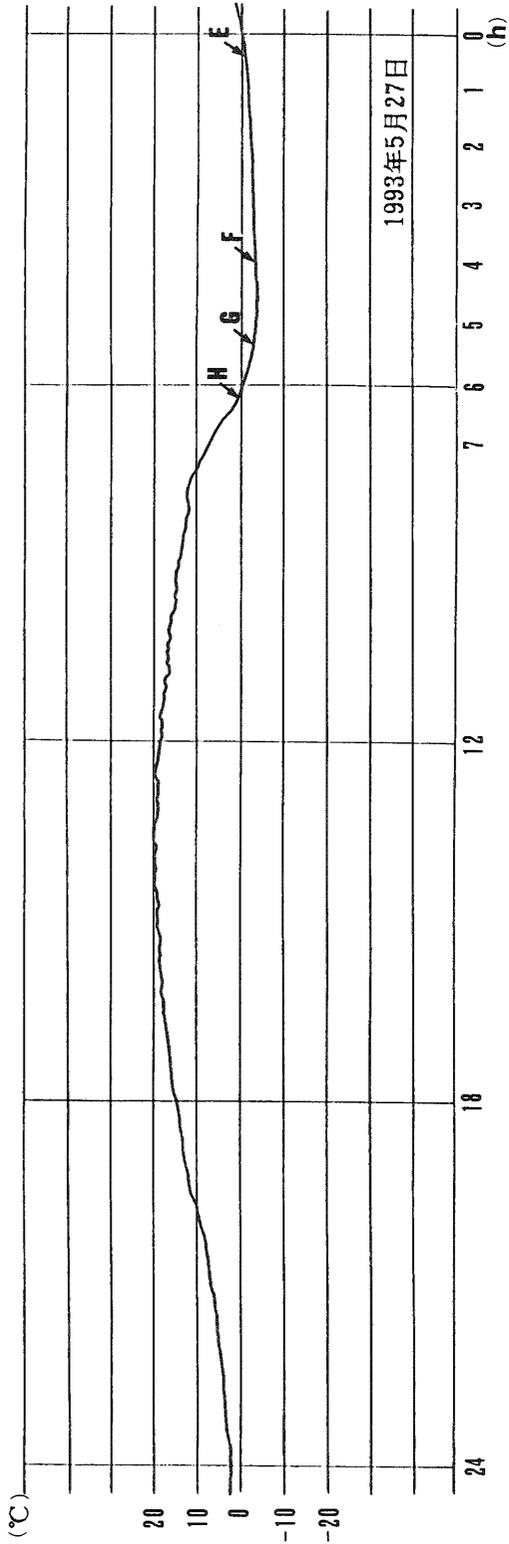


図-4. 1993年5月27日の気温変化

注) 図中の注記は本文参照

3林班および5林班におけるブナの被害程度の差異について、3林班では天然林下であるが、5林班では林外であることが、程度の差をもたらしたものと判断された。5林班に植栽したブナ12本中、供試木以外の2本では被害が大きく、その後枯死した（写真-2）。また、他の1本の梢端枝は一部を除きほとんど枯死した（写真-3）。これらのことから、晩霜はブナの初期開芽に大きな被害を与えることが確認できた。

## Ⅳ 考 察

本調査において、調査対象木の開芽日の旬平均気温は、カラマツで6～8℃、ミズナラで11～12℃、ブナで10～11℃であることが確認された。カラマツの開芽日と旬平均気温について、海上ら（1972）は4月中旬（6.3℃）から下旬（7.8℃）に開芽を認め、野辺山ヶ原の平均的な開芽日を4月下旬とみなしている。また、只木ら（1994）はカラマツの開芽と展開に関する積算温度について、閾値を2℃とする時、自発休眠解除後の日平均気温の積算温度101℃日、閾値を超える日数27日でカラマツの葉芽は開芽するとしている。また、丸山（1979）は、高木層のブナは裸地旬平均気温5～6℃で、低木層のブナは7～10℃で開舒したとしている。本調査は、海上ら（1972）のカラマツ、および丸山のブナ（低木）の報告と一致した。

野辺山ヶ原の過去10年間（1984年～1993年）の年平均気温を見ると6.8℃で、冷温帯（6℃～13℃）に属している。また、年平均総降雨量は1,458.3mm、土壌凍結深度は5林班内で観測（1990年～1992年）した結果、最大で15.2cm、平均4.5cmである。このような野辺山ヶ原の気象条件は、ブナの生育を許容するものであるにもかかわらずブナの自生地が見あたらない。一方、ミズナラは二次林群落がよく発達している。この相違の発現原因は、本調査の結果により、ブナは晩霜がくる前に開芽を開始させるため、ブナに与える被害が大きく枯死に至るものと考えられた。

## Ⅴ おわりに

本学川上演習林では、自生のブナが見られるが、生育地が尾根筋に限られている。このことは放射冷却で生成された冷気が斜面を流下することによって、尾根筋では晩霜の出現が少なくなり、ブナの自生が可能になっているものと思われる。しかし、今後さらに詳細な調査研究を継続し、野辺山ヶ原における冷温帯林構成樹種の開葉期と晩霜害について明確にする必要がある。また、只木のように積算温度との関係も検討する必要がある。

この原稿をとりまとめるに際し、筑波大学菅平高原実験センターの林一六博士には、ご校閲・ご教示をいただいた。ここに深謝する。

## 引用文献

- 1) 藤井真一・海上道雄 (1965): カラマツ造林地の寒害に関する研究. 日林誌 47: 231-237.
- 2) 林 一六 (1988): 冷温帯林構成樹の開葉と落葉. 日本の生物 2 (5): 48-52.
- 3) 海上道雄・内田煌二・砂坂元幸・大坪輝夫 (1972): カラマツの霜害について (I) 霜輪の発現と積算最低気温による予知. 日林誌 54: 429-433.
- 4) 丸山幸平 (1978): ブナ天然林-とくに低木層および林床-を構成する主要木本の伸長パターンと生物季節について-ブナ林の生態学的研究 (32) -. 新大演報 11: 1-30.
- 5) 丸山幸平 (1979): 高木層の主要樹種間および階層間のフェノロジーの比較-ブナ林の生態学的研究 (33) -. 新大演報 12: 19-41.
- 6) 長野県気象月報: 日本気象協会長野センター 1984-1993.
- 7) 只木良也・北村秀夫・蟹江清丞・佐野弘美・重松明子・大津慎一 (1994): 標高に伴うカラマツの葉の開葉と落葉の挙動. 日生態会誌 44: 305-314.
- 8) 内田煌二・海上道雄・砂坂元幸・大坪輝夫 (1974): カラマツの霜害について (II) 晩霜害のカラマツ生長に及ぼす影響. 日林誌 56: 372-376.

## SUMMARY

Mean annual air temperature in Nobeyamagahara being located in the east foot of Mt. Yatugatake is 6.8°C. In this area, it prevailed cool temperature forest zone (*Fagus crenata* Blume forest zone) and there are many secondary forests with dominated *Quercus mongolica* Fisch. var. *grosseserrata* Rehd. et Wils. Though the environmental conditions seemingly favourable for the existence of *F. crenata*, we cannot find natural *F. crenata* in Nobeyamagahara. In the monthly meteorological reports of Nagano Prefecture, it is reported that agricultural and forestry crops have been almost annually damaged by late frost here. As it seemed that late frost would related to the process of the hazardous growth of forest trees closely, the relationships between temperature fluctuation and the season of flushing of bud for three tree species of *Larix leptolepis* (Sieb. et Zucc.) (37 year old), *Q. mongolica* (ca, 40 year) and *F. crenata* (6 year) were examined. For this experiment, young tress of *F. crenata* which were raised at Tsukuba Nursery were transplanted in the experimental field at Nobeyamagahara.

The flushing of *L. leptolepis* was observed earliest in the three tree species, followed by *F. crenata* and then *Q. mongolica*. There was annual difference in flushing dates in each species, and it seemed that the weather conditions in each year may caused the variation. A low temperature (-3°C) was recorded on May 27, 1993 during this study. Young trees of *F. crenata* which had already flushed were observed to be damaged by this late forst.

After this damage, the trees shed their leaves, a part of branch withered and no regeneration of leaf was observed. The trees of *Q. mongolica* had not noticeable damage by this late frost, because they had not flushed yet at this time. On the other hand, though *L. leptolepis* had already flushed, the leaf and shoot damages was not observed. It was considered that the low temperature around  $-3^{\circ}\text{C}$  might not be so harmful for tree of *L. leptolepis*. It seems that late frost would be the most possible factor that prevent natural occurrence of *F. crenata* at the Nobeyamagahara.