



Title	晩霜季における林地の低気温
Author(s)	今田, 敬一; Konda, Keiichi
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 14(1), 1-46
Issue Date	1948-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/20663
Type	departmental bulletin paper
File Information	14(1)_P1-46.pdf



演習林研究報告 第十四卷第一號

晩霜季における林地の低氣温

今田 敬一

The Low Temperature over Woodland in the Late Frost Season.

By

Keiichi Konda.

目 次

緒 言	1	6. 林縁の低氣温 (1)	23
凍害問題の沿革	2	7. 林縁の低氣温 (2)	25
研究の目的と場所	3	8. 樹木傘下の低氣温	29
研究の経過と方法	5	9. 雑草中の低氣温	31
1. 凹地の低氣温	7	10. 裸地の上の低氣温	35
2. 斜面の高さと低氣温	11	11. 日中の高氣温と日較差	39
3. 凹地および斜面上の霜日	15	12. 朝の氣温と日射	43
4. 低氣温におよぼす種々なる影響	17	結 言	45
5. 森林内外の低氣温	21		

緒 言

北方地方に造林する時は、低い氣温のため凍害がおこることを注意しなければならない。ある凍害はたやすく凍害とわかるけれども、ある凍害は被害の原因が他にあるかのやう誤つて考へられやすい。よく観察すれば、造林地の凍害は意外に多く、北方造林の大きい問題であることがわかる。しかも北方の大量に伐採された跡地は、必ず凍害の危険をましてゐるから、戦後の今日、北方の造林地は凍害問題にたいして、いよいよ注意すべき状態にあると思はれる。

かねて著者は、北方地方の苗圃に、凍害のため少くない不良苗と廢棄苗をだし、造林地にも同じやうな被害があらはれてゐる事實を知つてゐた。たまたま昭和13年6月18日、北海道

(2)

大學の苦小牧演習林にいちじるしい晩霜害があり、新植地のとどまつ約12萬本が大きい被害をうけたほか、あはせて約24萬本の植栽木に大小の被害があり、事情の容易ならぬことを示したのであつた。著者はこの時から凍害問題の研究を志し、これを北方林野の微氣候の問題として解決するため、昭和14年4月から18年5月まで必要な氣象觀測を苦小牧演習林に實施し、その間、服部報公會と日本學術振興會の援助、なほ引續いて文部省科學研究費をうけ研究を進めることができた。この稿はその結果の一部である。

なほ先に公刊した寒地造林と地表附近の低氣溫(北方林業研究會講演集。第一輯。昭和15年、20—24頁)、北方林野の氣溫(北方農業研究。昭和18年、107—134頁)、林野の最低氣溫(應用氣象。第1卷第1號。昭和21年、7—13頁)はこの稿と密接なつながりがあり、それらの内容には、この稿の豫報にあたる部分が含まれてゐる。

研究にあつては、演習林長中島廣吉博士の一方ならぬ御援助を忝けなくし、また鈴木幸太郎氏ほか苦小牧演習林派出所各位の、御厚意に負ふところも非常に多かつた。こゝに深く感謝の意を申しのべたい。

凍害問題の沿革

森林を扱ふにあたり、霜害(凍害)または低氣溫による樹木の被害が注意されたのはやゝ遠い歴史があつて、古くは、19世紀中期の代表的林學者の一人であつた Nördlinger¹⁾ がしばしばこの問題にふれてをり、當時の Kritische Blätter 誌その他をみると、大體このころから、この問題にたいする一般の關心はたかまつてゐるやうである²⁾。

その後 Baur³⁾ や Robert Hartig⁴⁾ などによつても問題は進められたのだが、19世紀の終りに、Danckermann⁵⁾ は1876年から1897年まで22年の間に Eberswalde におこつた晩霜害

1) H. Nördlinger, Ueber das Alter der Frostrisse. All. Forst- u. Jagd-Ztg. 1854, S. 201-3.

—————, Die Frühlings- oder Spätfröste. Krit. Bl. 1860, S. 151-169.

—————, Winterkälteschäden an Waldbäumen. Krit. Bl. 1863, S. 247-260.

—————, Die September-Fröste 1877. Centrbl. Ges. Forstw. 1878, S. 489-490.

2) 當時の林業雜誌からひろつてみる。いづれも無記名である。

- Ueber den Schutz gegen Spätfröste durch streifenweise Schlagführung. Krit. Bl. 1851, S. 235-251.

Die Spätfröste im Jahre 1857. Krit. Bl. 1858, S. 223-6.

Spätherbst- oder Frühfröste. Krit. Bl. 1860, S. 170-5.

Spätfröste und Laubholznachzucht. Monatschr. Forst. Jagdw. 1871, S. 401-410.

3) F. Baur, Die Frosterscheinungen des Jahres 1869. Monatschr. Forst. Jagdw. 1870, S. 81-95.

4) R. Hartig, Eine neue Art der Frostbeschädigung in Fichten- und Tannensaat- und Pflanzbeeten. Allg. Forst- u. Jagd-Ztg. 1883, S. 406-9.

—————, Doppelringe als Folge von Spätfrösten. Forstl.-Naturw. Zeitschr. 1895, S. 1-8.

5) B. Danckermann, Spätfröstenbeschädigungen im märkischen Walde. Zeitschr. Forst. Jagdw. 1898, S. 389-411.

を、同地の森林測候所の観測値を参考とし、原因・被害の状態・豫防法などについてくわしく論じた。

そのころ、獨逸の古典的な森林氣象學の建設に貢献してゐた Müttrich⁶⁾ も、晩霜害については特に注意してゐたし、この Müttrich と常に協力してゐた Schubert⁷⁾ は、1915年に、Eberswalde の晩霜を資料とし、乾濕計をもちひ霜害を豫知する方法を考案して注目された。

まもなく、Schmidt や Geiger によつて、微細氣候・植物氣候また小氣候の問題が發展するにいたり、林地の地表附近の氣温があらためて観測され、霜害(凍害)とくに晩霜害の問題は、森林氣象上の興味ある問題として、また造林上の、したがつてまた森林保護上の重要な問題として、1925年ごろから、またあたらしい注意をひくやうになつてきた。

かくて、Geiger⁸⁾ が München の東郊 Anzinger の凍害造林地で行つた晩霜季の地表附近の低氣温の研究、Staudacher⁹⁾ が雜草地と低凹地の凍害の原因として地表附近の低氣温を検し、その対策を論じた詳細な研究、また、晩霜害にたいする前生樹のいちじるしい保護作用を、地表附近の低氣温の観測によつて明らかにした Amann¹⁰⁾ の業績など、相次いで報ぜられるにいたつたのであつた。

Künkele¹¹⁾ が、あたらしい森林氣象學の立場からいつてゐるやうに、年々くりかへす晩霜害は、寒冷地方の造林に重大な影響をおよぼしてゐるのである。これについて、その後も問題は發展してきたが¹²⁾、まだ多くの重要問題がのこされてゐる現状である。

研究の目的と場所

目的 北海道の樹木の凍害は、5月と6月、まれに7月にもある晩霜害が特に問題である。この稿は、北海道大學の苫小牧演習林について、造林地に植付けた苗木の、凍害の直接原因となつてゐる5月と6月の最低氣温を、造林地について直接に確めることを、おもな目的としてゐる。

この晩霜季に、植栽木を脅かしてゐる、林野の地表附近の最低氣温は場所ごとに違ふのだ

6) A. Müttrich, Ueber Spät- und Frühfröste. Zeitschr. Forst. Jagdw. 1898, S. 201-233.

7) Schubert, Ueber Maifröste in Eberswalde. Zeitschr. Forst. Jagdw. 1915, S. 84-92.

8) R. Geiger, Spätfröste auf den Frostflächen bei München. Forstwiss. Centralbl. 1926, S. 279-293.

9) Staudacher, Die Frostschäden im Forstbetrieb, deren Ursachen und Bekämpfung. Forstwiss. Centralbl. 1924, I-13, 54-66, 98-111.

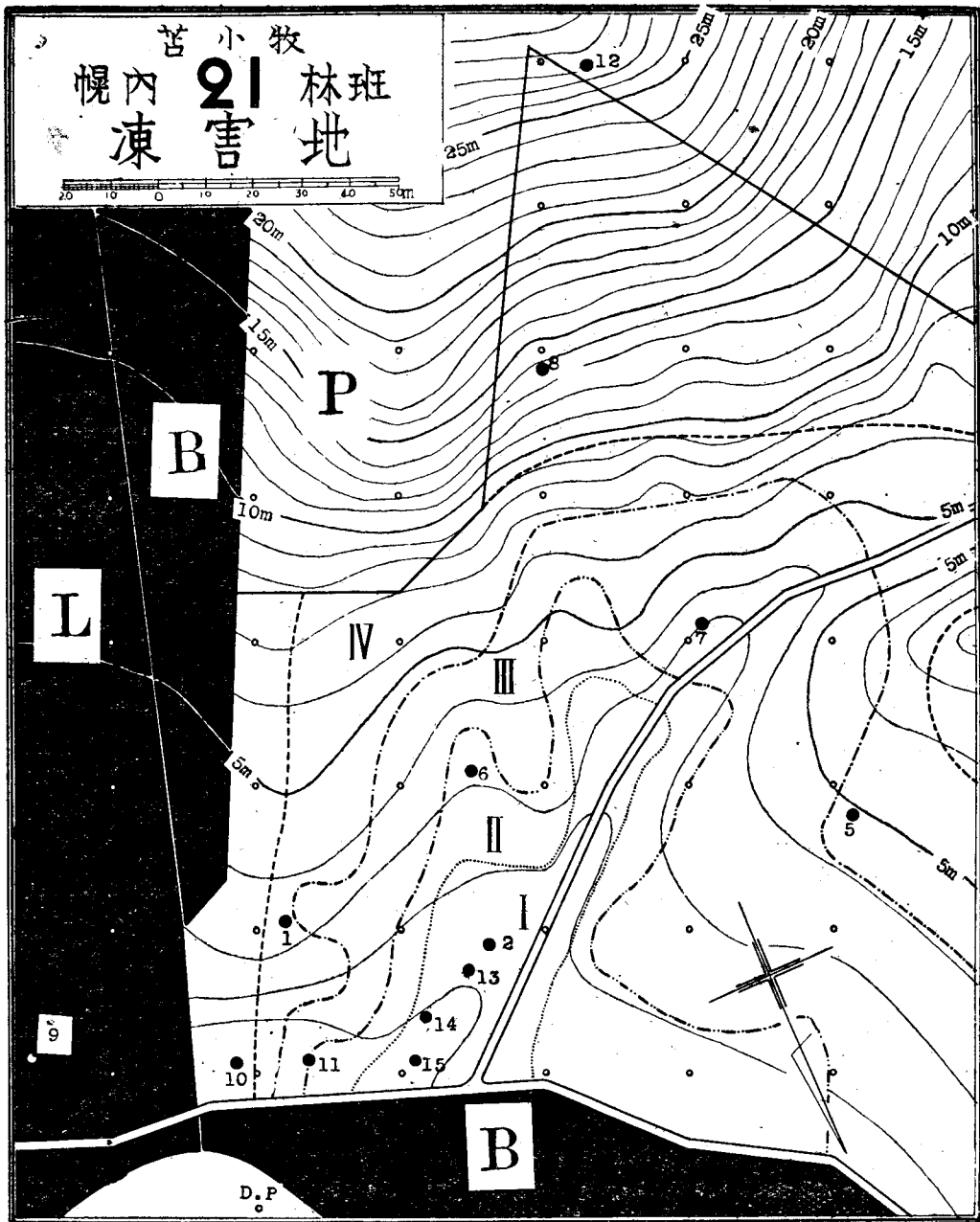
10) H. Amann, Birkenvorwald als Schutz gegen Spätfröste. Forstwiss. Centralbl. 1930, S. 493-502, 591-592.

11) Künkele, Spätfröste und Höhenlage. Forstwiss. Centralbl. 1933, S. 579.

12) M. Woelfle, Waldbau und Forstmeteorologie. Neudamm und Berlin 1939, S. 12-30.

(4)

が、どの程度の低温が実際に現れてゐるのか、またその現れ方、場所毎にどれほど違ふのか、その違ふ条件などを確めるため最も力をそそいだ。



第 1 圖 凍害地の地形・被害状況・観測點

- | | | | |
|-----|----------|---|-------------|
| I | とどまつ 激害地 | ● | 観測點及番號 |
| II | 〃 甚害地 | L | てうせんかちまつ林 |
| III | 〃 中害地 | P | どいつたらひ造林地 |
| IV | 〃 微害地 | B | やちだも等濃葉樹造林地 |

この結果から、寒冷な北方地方の造林に、すこしでも貢献することができれば、幸と考へてゐるのである。

場 所 苫小牧演習林は、苫小牧町から北へ約 2 km の丘陵地にあり、氣象觀測を行つたのは、幌内事業區第 21 林班の一部である。ここは頂が海拔 47.2 m の小高い火山灰の丘につづく北に面する緩斜地で、その裾を横切つてゐる林道附近が、春の雪どけ水に運ばれてくる火山灰を堆積し、毎年隆起するため、斜面の最も低い部分が浅く廣い凹地となり、昭和 2 年 5 月そこに植ゑられたとどまつの一部に凍害があらはれ、場所によつては全部凍死し、また凍傷木固有の矮小な複梢木¹³⁾が非常におほい。凹地の凍害の常とし、被害は低所ほどいちじるしく、ある高さ(低所から約 10 m)以上はほとんど被害がない。またこの造林地の東側に、成林したてうせんからまつ林があつて、その林縁にそふ狭い帯狀地内のとどまつの生育も比較的良好、凍害地とはつきりした對照をみせてゐる。第 1 圖は、とくに實測した地形圖の上に描いた、とどまつ造林木の凍害状態の見取圖である。なほ圖の等高線は 1 m ごとに記入してある。また圖の基準點は D.P.(眞高 18.70 m)として示してあるが、後章に觀測點の比高をあげる場合には、比較の便宜上、觀測點 9 (眞高 19.43 m)の高さを基準面として計算してある。

研究の経過と方法

上記の凍害造林地内で、昭和 14 年 4 月から 17 年の 6 月にわたり、最低氣温の同時觀測を實施し、また必要と思はれるときは、附帶的に最高氣温も觀測した。

觀測の箇所は、おなじ造林地内の凍害状況のちがふ所で、主要な觀測箇所の數は合計 16、そのうち 1・2・5・6・7・8 の 6 點は、主として最低氣温と丘の斜面およびこれに連なる凹地の土地の高さとの關係を求めるため昭和 14 年に設け、9・10・11・16 の 4 點は森林内外および林縁の最低氣温を知るため昭和 15 年に設け、13・14・15 の 3 點は、地床條件のちがひが最低氣温におよぼす影響を知るため昭和 16 年に設けた。それらの觀測點の位置は、番號とともに第 1 圖に記入してある。

最低氣温のあらはれかたは、毎年かなりちがふため觀測を多年つづける必要もあるが、その間には植生状態がかはるばかりでなく、凍害の實際にたいしては、多年の平均値よりも日々の觀測値が直接問題になるし、またことなる觀測點の最低氣温の相互關係は、比較的短かい期間内に知ることができる等の理由から、觀測期間¹⁴⁾を必要の最小限度にとどめ、個數をかぎら

13) 凍傷木の特有な形態については、W. Schädelin, Beiträge zum Kapitel Spätfrost. Schweiz. Zeitschr. Forstw. 1920, S. 329-344.

14) Geiger は地上 0.05 m の最低氣温を觀測する場合、14 日の觀測で充分であるとした。Spätfrost auf den Frostflächen bei München. Forstwiss. Centralbl. 1926. 291-293.

(6)

れた器械をなるべく有効につかひ、研究の内容を豊かにする方針をとつた。そのため観測點を移動させたから、14年以來、引續き3年間、5月・6月の最低氣温を測つたのは、前記2の観測點ただ一つであつた。

寒暖計の設置箇所は、植栽木が枯損して生じたなるべく大きい空隙をえらみ、雜草類はおよそ2m平方を刈拂つてその直接影響をのぞき、寒暖計は、通風と取扱の便利を考へて設計した内外白ペンキ塗木製長方形の覆箱(20×15×70cm)に入れ、寒暖計の地上高はすべて0.25mとした¹⁵⁾。これは、大體、とどまつ・えぞまつなどの山出苗の高さにあたる。

使用した寒暖計は太田製の横掛最低寒暖計で、目盛は $\frac{1}{2}^{\circ}$ 、 1° の分刻は間隔およそ2.5mm、 1° 以下は 0.1° まで目測により、器差については充分注意した。なほ昭和15年以後は、服部製中型7日用と玉屋製中型1日用を夫々數個づつ補助として用ひ、これらの自記器も前記の覆箱とほとんど同じ型の別の木箱にいれ、主要の箇所に寒暖計とならべて同じ高さに設置した。

観測時は16年5月6日まで14時、その後は10時に變更した。しかし實際の観測時は14時30分～15時および10時30分～11時ごろで、各観測點の巡回におよそ10～20分かかつたから、各観測點の正しい観測時はそれだけの相違があつたことになる。

なほ、観測の方法については、必要の程度のとすることとする。

また造林地の低氣温のため、植栽した苗木が凍害をうけてゐる事實を確めるため、それぞれの観測點附近における被害調査を行ひ、また、おもな観測點附近に、健全なおなじ年齢の苗木を植ゑ、それらが次第に凍害をうけてゆく有様を観察した。

したがつて、この稿にあつかつた造林地の低氣温の問題は、ただ森林氣象の問題として單獨に考へてゐるのではなく、同時に造林上の問題として、いつも兩者をむすびつけて考へてゐる。

また造林地の低氣温は場所ごとがちがつてをり、その様態を明らかにするには相互の比較が必要なのだが、相互のある大きい傾向をしる便宜上、しばしば平均氣温を計算した。ただし凍害を問題とする場合には、平均値よりも、凍害を生ずるひとつの極端な場合がいつそう重大である¹⁶⁾。したがつて霜日の低氣温を常に問題とした。霜日とは一日の最低氣温が、 0° または

15) Geiger らは、1927年以後、しばしば Sixthermometer を裸のままつかつてゐる。寒暖計の高さは目的によりことなるが、0.25mの地上高はしばしば用ひられた。

16) 造林上から、氣象觀測の平均値にのみ頼つてはならぬといふことを、すでに Bühler は注意してゐるのだが (Waldbau I. Stuttgart 1918. S. 71.)、その後おなじことを注意した學者に Krauss, Rubner, Dengler, Wrede その他がある。なほ Münch und Liske, Tharandter. Forstl. Jahrb. 1926, S. 137. — R. Geiger, Forstwiss. Centralbl. 1926. S. 281. 參照。

0°以下に降つた日と解した¹⁷⁾。

1. 凹地の低気温

昭和14年に設けた1・2・5・6・7・8の諸観測點は、凹地および斜面上の土地の高さと最低気温の関係をあきらかに示してくれた¹⁸⁾。これらの諸點はおよそ150×200mの比較的せまい地區内にあり、大體直角に交はる二つの方向線上に配置し、“thermische Querschnitt”を形成させた。便宜上、隣接してゐるからまつ林内に基準面をとれば、この六つの観測點のうち、霜孔の底にあつてゐて最も低い2の高さは0.57m(真高20.00m)、最高點8は丘の中腹にあつて高さ12.90m(真高32.33m)、なほ約14mのぼれば丘の頂27.53m(真高46.96m)である。5の高さは8につき、1・6・7の三點はほとんど高さがひとしく、相互の差は0.2mにみえない。大體の地形上、1・2・5・6・7の観測點は、8の観測點を設けた丘つづきの凹地上にあると見てよい。

5月・6月の最低気温の観測値と、これから計算した各種の平均値は第1表である。

表のとほり、14年の5月・6月にあらはれた最も寒冷な日は5月14日で、この日2の最低気温は-8.2°、六つの観測點の平均は-6.38°、次ぎの寒冷日は5月16日で同様の平均は-6.07°であつた。この5月中旬以降は苫小牧の丘陵地の、とどまつの開葉季にあつてをり、そのころ膨らみかけた芽や新葉は、大體-4°以下の低温にあへば被害を生じ、-6°といふやうな低温に耐へえないことを觀察してゐる¹⁹⁾。大正9年から行はれてゐる苫小牧演習林露場の氣象観測によると、5月中旬には必ず寒の戻りがあつて低気温があらはれ、著者が昭和17年まで繰返した氣象観測の結果も、同じ事實を認めなければならない。従つて苫小牧の5月の中旬は、林野の凍害の危険季であり、膨らみかけた芽または開葉當初の新葉の被害は看過されやすいが、實際の被害は甚大であつて、この凍害造林地のとどまつも、恐らく5月中旬の烈しい低気温のため、毎年最も多く害されて來たことと思はれる。

次ぎに観測の主な目的とした各観測點の土地の高さと最低気温の關係は、第1表の5月の

17) Müttrich, Über Spät- und Frühfröste. Zeitschr. f. F. u. Jw. 1898. 202. なほ氏は5・6・7月にあらはれるときは晩霜、8・9月にあらはれるときは早霜としてゐる。しかし生育期または気温の上昇期また下降期をもつて晩霜・早霜を區別することもある。

18) 地形と低気温の關する概念は次の書でえられる。

M. Woelfle, Waldbau und Forstmeteorologie. Neudamm und Berlin 1939, 16.

R. Geiger, Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschwich 1927, XI.

19) 開葉期の樹木の芽は、大體-4°前後が凍死の限界温度となるやうである。

Rubner, Spätfröste und die Verbreitungsgrenze unserer Waldbäume. Forstwiss. Centralbl. 1921, S. 43.

稻垣乙丙, 新編農業氣象學. 247-8頁.

第 1 表 凹地と丘の斜面上の最低気温 °C 昭和 14 年

観測點番 比高 (m)	1.	2.	6.	7.	5.	8.
	2.53	0.57	2.46	2.63	4.04	12.90
V. 1	-3.0	-3.7	-3.9	-3.6	-2.9	-1.5
2	3.8	3.6	2.7	2.4	4.3	4.2
3	3.3	3.6	3.2	2.3	3.6	4.0
4	-2.2	-3.2	-3.2	-2.5	-2.0	-0.3
5	-1.6	-3.0	-2.8	-2.6	-2.0	-0.5
6	-1.6	-2.6	-2.7	-2.3	-1.8	-0.5
7	2.9	1.4	1.3	1.2	2.6	3.6
8	-3.2	-4.6	-4.5	-4.2	-3.1	-0.9
9	7.5	7.2	7.5	7.5	7.6	7.6
10	-0.3	-1.0	-0.9	-0.8	-0.2	1.1
11	5.1	5.2	5.3	5.2	5.2	5.3
12	7.2	7.3	7.4	7.2	7.6	7.3
13	-2.2	-3.5	-3.0	-3.3	-2.5	0.4
14	-5.2	-8.2	-8.0	-7.5	-5.9	-3.5
15	1.2	0.3	0.3	0.2	1.2	2.2
16	-5.6	-7.0	-7.1	-6.7	-5.7	-4.3
17	-4.2	-5.5	-5.3	-4.8	-3.9	-2.3
18	-3.0	-4.2	-4.0	-3.6	-2.8	-1.4
19	3.3	2.9	2.7	2.8	3.3	4.2
20	8.7	9.0	9.0	8.8	9.0	9.0
21	3.3	3.3	3.5	3.3	3.3	3.4
22	4.7	4.7	4.7	4.7	5.0	4.8
23	5.5	5.7	5.6	5.5	5.7	5.7
24	3.7	3.2	3.4	2.8	3.5	4.0
25	5.6	5.7	5.8	5.6	5.9	5.9
26	5.3	5.5	5.8	5.3	5.6	5.5
27	5.0	5.3	5.5	5.1	5.3	5.2
28	6.0	6.3	6.4	6.0	6.4	6.2
29	6.3	6.5	6.6	6.4	6.6	6.5
30	5.5	5.7	6.0	5.0	5.6	5.7
31	5.0	5.3	5.5	5.0	5.3	5.3
月 平 均	2.15	1.65	1.70	1.63	2.25	2.96
霜日平均(11日)	-2.92	-4.23	-4.13	-3.81	-2.98	-1.25
非霜日平均(20日)	4.95	4.89	4.91	4.62	5.13	5.28

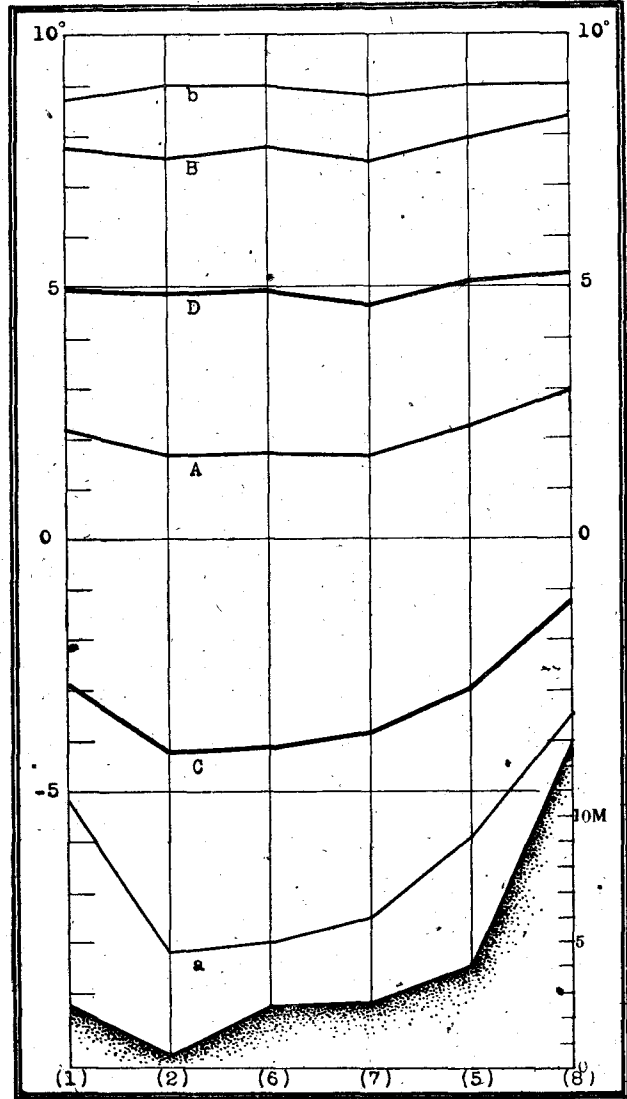
觀測點番號 比高 (m)	1. 2.53	2. 0.57	6. 2.46	7. 2.63	5. 4.04	8. 12.90
VI. 1	-1.1	-1.2	-1.0	-1.4	-1.0	-0.3
2	4.8	4.3	4.3	4.3	5.0	5.0
3	4.3	4.6	4.7	4.5	4.6	4.5
4	7.3	7.6	7.5	7.4	7.3	7.5
5	1.1	0.0	0.2	-0.3	0.9	2.2
6	5.5	4.5	3.9	3.7	5.5	6.0
7	3.0	2.3	2.3	2.0	3.0	3.8
8	2.3	1.0	1.7	1.5	2.2	3.6
9	11.3	11.0	11.7	11.3	11.8	11.6
10	9.5	9.6	9.8	9.9	10.0	12.0
11	2.5	1.2	1.6	1.5	2.5	5.0
12	6.0	5.3	5.5	5.1	6.0	7.0
13	9.1	9.3	9.5	9.2	9.3	9.3
14	5.5	4.5	4.8	4.4	5.5	6.7
15	3.7	1.7	2.5	2.0	2.8	4.0
16	8.2	7.7	8.0	7.6	8.5	9.1
17	11.2	11.5	11.7	11.3	11.5	11.5
18	12.0	12.3	12.4	12.2	12.4	12.3
19	11.6	12.0	12.2	11.9	11.9	12.1
20	11.2	11.3	11.5	11.2	11.4	11.4
21	9.0	8.6	9.1	8.9	9.3	9.9
22	12.2	12.4	12.8	12.3	12.6	12.6
23	11.2	11.5	11.6	11.4	11.4	11.3
24	11.0	11.3	11.5	11.2	11.3	11.3
25	9.6	9.8	10.1	9.6	10.0	9.9
26	8.9	9.0	9.3	9.0	9.1	8.9
27	9.9	10.1	10.3	10.0	10.1	10.0
28	9.7	10.0	10.3	9.9	10.1	10.1
29	10.3	10.5	10.8	10.3	10.6	10.1
30	12.7	12.8	13.1	12.7	13.0	13.0
月 平 均	7.73	7.55	7.79	7.49	7.95	8.38
5·6月平均	4.92	4.55	4.70	4.51	5.06	5.63
霜日平均(13日)	-2.47	-3.67	-3.55	-3.35	-2.53	-0.90
非霜日平均(48日)	6.93	6.78	6.93	6.64	7.11	7.39

(10)

平均・6月の平均いづれを見ても、2・5・8の三點に關するかぎりは、高所ほど温暖である。6・7の二點の高低差は僅か0.17 mにすぎないが、凍害が問題となる霜日には、やはり少しでも高い7の方が温暖である。一般に觀測點の土地の位置が高いほど温暖となる關係は、霜日に明らかにあらはれ、同じ霜日でも寒冷な霜日ほど著しくあらはれる。以上の關係は、5月の霜日11日の平均・この霜日を除いた5月の他の20日(便宜上非霜日とよぶことにする)の平均・

最も寒冷であつた5月14日の最低氣温を比較すればよくわかるので、第1表から更に第2圖を描いてみた。反對に、比較的温暖な日の傾向もおなじ圖に示したが、霜日を除いた5月の20日の平均と6月の平均から知られるやうに、各點相互の最低氣温の差は非常にすくない。また比較的温暖な日の各點相互の關係は、霜日のやうに規則ただしなく、全體としては圖のやうな傾向を認めるけれども、個々の日の相互關係はやや不規則で、たとへば8が5よりも低温であつたり、2が比較的高温であつたりする。しかしいづれにせよ、相互の差は小さく、 1° を越へることはまれである。

次ぎに、1は6・7とほとんど同じ高さでありながら、たとへば5月の平均では約 0.5° 暖かく、とくに寒冷な霜日(5月14日)にはおよそ 2.5° も暖い。また6の最低氣温は、暖い日に



第2圖 昭和14年最低氣温

- | | |
|----------------|-----------------|
| A 5月平均 | D 5月の非霜日平均(20日) |
| B 6月平均 | a 5月14日(霜日) |
| C 5月の霜日平均(11日) | b 5月20日(雨日) |

7よりいくらか高温となり、寒い日はその反対となる傾向をもつてゐる。まへに述べたとほり、凹地の斜面では、土地の高さをますにつれ最低気温も高くなることが明らかだが、なほ他の條件が影響するため、同じ高さの土地に必ずしも同じ最低気温があらはれない。これについては、また別にのべる。

2. 斜面の高さと低気温

斜面をなす土地の高さによる最低気温の差を知るため、昭和15年と16年の5・6月も、前年につづけて観測を実施した。ただし前年の経験から、土地の高さの影響が特にはつきり現れてゐる2と8の観測点をえらみ、また丘の頂にあつて、中腹の8よりもなほ14.63mたかい12において補助的な観測を行つた。

8よりも高い観測点12の最低気温が、これよりも高温であることは豫想されたことであり、結果もそのとほりであつた。しかし観測は、とどまつの凍害に最も危険な5月の中旬までとし、その後は器械をもつと有効につかふため、ほかの観測点にうつしたから、その後の観測はない。

2・8・12の以上の観測値は第2表である。欄の下にそ2・8それぞれの月の平均、2の霜日の平均、おなじ日の8の平均をあげて比較した。昭和15年5月の2の霜日は15日で6月には霜日がなく、16年5月の2の霜日は18日、6月は6日であつた。

2の最低気温が8よりも低いことは、依然として14年とかわりなく、月の平均では、14年5月の兩者の差 1.31° にたいして15年の差は 1.95° 、16年は 1.99° で、差の三箇年の平均は 1.75° となる。また6月の差は14年の 0.83° にたいして 0.96° と 1.21° 、差の三箇年の平均は 1.00° 、これらはいづれも5月の差よりも小さい。

霜日にあらはれた2と8の差が、月平均の差よりかなり大きかつたことも、14年とおなじである。5月について見れば、14年の 2.98° にたいし、15年も 2.96° でほとんど等しかつたが、16年もまたたいおなじことで 3.01° 、差の三箇年の平均は 2.98° となる。

毎年5月の、それぞれの霜日にみられた2と8の差の最大として、14年は5月14日の 4.7° 、15年は5月24日の 4.0° 、16年は5月15日の 4.5° があげられ、毎年 4° 前後の差があらはれてゐることを知る。たとへば16年には、このやうな霜日が4日あつた。このやうに、それぞれの霜日には、平均値がしめすよりもはるかに大きい差があらはれてゐる事實を、とくに注意しなければならない。

12で行つた観測は第2表のとほりに、15年は5月2日から18日まで17日間、16年は5月1日から14日まで14日間であつたから、この結果を2・8と比較するため、おなじ観測期間

第2表 斜面上の最低気温 °C 昭和15年

観測點番號 比高 (m)	2.	8.	12.	観測點番號 比高 (m)	2.	8.
	0.57	12.90	27.53		0.57	12.90
V. 1	-10.8	-7.2	.	VI. 1	9.4	9.4
2	-3.4	-0.6	0.8	2	8.4	8.5
3	2.9	3.7	3.7	3	7.0	7.5
4	2.8	3.7	4.1	4	0.2	3.7
5	-6.8	-3.6	-2.7	5	6.8	6.8
6	-2.4	-0.6	-0.1	6	6.4	7.1
7	4.4	5.5	5.1	7	10.8	11.0
8	-6.9	-3.7	-2.6	8	1.9	4.6
9	-4.5	-1.5	-0.5	9	4.2	6.3
10	-6.7	-3.1	-2.1	10	8.1	8.1
11	-7.9	-5.1	-4.1	11	9.8	9.8
12	-3.8	-1.2	0.6	12	9.5	9.8
13	8.0	8.1	7.7	13	4.2	6.2
14	6.8	7.1	6.5	14	7.2	8.9
15	-6.0	-2.9	-1.4	15	9.9	10.2
16	-2.9	-0.6	0.4	16	10.3	11.4
17	6.0	6.1	5.6	17	10.2	10.1
18	6.1	5.8	5.5	18	10.3	10.3
19	1.6	3.7	.	19	10.1	10.5
20	-4.7	-1.8	.	20	10.4	10.9
21	-0.1	2.3	.	21	8.9	10.4
22	0.9	3.9	.	22	11.5	11.8
23	1.3	3.7	.	23	11.0	11.3
24	-4.1	-0.1	.	24	8.5	9.8
25	0.9	4.3	.	25	11.3	13.8
26	-5.1	-2.0	.	26	8.3	10.7
27	5.3	6.8	.	27	4.2	6.5
28	7.6	8.1	.	28	5.7	7.4
29	8.5	8.7	.	29	14.7	14.7
30	8.2	8.2	.	30	13.5	13.8
31	8.2	8.1	.			
5月平均	0.11	2.06		6月平均	8.42	9.38
霜日平均(15日)	-5.07	-2.11		5・6月平均	4.26	5.72

同

昭和16年

觀測點番號	2.	8.	12.	觀測點番號	2.	8.
比高 (m)	0.57	12.90	27.53	比高 (m)	0.57	12.90
V. 1	- 9.0	- 4.8	- 3.6	VI. 1	- 3.1	- 0.6
2	- 3.4	0.2	1.1	2	10.8	11.0
3	1.0	3.0	3.4	3	9.4	9.5
4	- 7.6	- 4.5	- 3.5	4	9.5	9.6
5	4.5	5.4	5.4	5	7.4	7.5
6	2.1	2.3	2.5	6	8.2	8.6
7	- 9.5	- 6.5	- 4.7	7	9.6	9.5
8	- 1.6	1.6	1.5	8	4.9	4.7
9	- 5.2	- 2.5	- 0.1	9	- 1.4	1.8
10	7.5	7.7	7.6	10	- 1.7	0.2
11	- 6.2	- 2.8	- 1.1	11	1.3	4.2
12	- 6.8	- 4.6	- 2.1	12	4.4	6.7
13	- 11.2	- 7.1	- 5.1	13	8.2	8.2
14	- 1.1	1.6	2.7	14	- 0.9	1.5
15	- 6.7	- 3.2	.	15	8.3	8.5
16	- 10.9	- 6.5	.	16	- 0.5	1.9
17	- 5.4	- 2.2	.	17	0.2	3.2
18	- 4.8	- 1.7	.	18	7.7	7.8
19	7.5	7.8	.	19	8.2	8.2
20	- 1.7	0.4	.	20	0.2	3.4
21	3.2	5.4	.	21	10.3	10.4
22	- 2.1	0.7	.	22	10.2	10.3
23	9.2	9.5	.	23	0.0	2.0
24	6.8	7.4	.	24	3.9	5.4
25	4.2	4.3	.	25	3.5	5.5
26	5.3	5.6	.	26	7.8	9.1
27	8.0	8.5	.	27	16.4	16.3
28	8.2	8.0	.	28	5.9	8.3
29	- 1.2	0.0	.	29	5.0	7.3
30	7.0	7.1	.	30	14.7	14.6
31	- 2.1	- 0.4	.			
5 月 平 均	- 0.71	1.28		6 月 平 均	5.61	6.82
霜日平均(18日)	- 5.36	- 2.35		霜日平均(6日)	- 1.27	1.13

(14)

について第3表をつくつた。2に霜日があらはれたのは、兩年とも10日づつであつた。

第3表 斜面上の平均最低気温とそれらの比較 °C 5月中旬まで

観測點番號 比高 (m)	2.	8.	12.	(2.~8.)	(8.~12.)	(2.~12.)
	0.57	12.90	27.53	12.33	14.63	26.96
昭和15年						
5月平均(17日)	-0.84	1.01	1.56	1.85	0.55	2.40
霜日平均(10日)	-5.13	-2.29	-1.17	2.84	1.12	3.96
昭和16年						
5月平均(14日)	-3.32	-0.79	0.29	2.53	1.08	3.61
霜日平均(10日)	-6.16	-2.94	-1.49	3.22	1.45	4.67

2は最も寒冷、12は最も温暖、8はこれらの中間にあり、表のとほり、15年の12は8よりも平均0.55°たかく、2よりも2.40°たかい。16年はそれぞれ1.08°と3.61°たかいのである。霜日の差はいつそう大きくあらはれ、15年の12は8よりも平均1.12°たかく、2よりも3.96°たかい。16年はそれぞれ1.45°と4.67°たかいのである。

霜日にあらはれた12と8の差の最大は、16年5月12日の2.5°、12と2の差の最大は翌13日の6.1°である。これをもつて見るに、とどまつの凍害のため特に危機となつてゐるその開葉季の霜日において、丘の裾の2と、これから174mはなれ27mたかいその丘の頂12との間には、4°内外の差が普通にあらはれ、時に6°以上の差があらはれてゐることを知るのである。したがつてこの丘の斜面は、凍害にたいして、2よりもはるかに安全であり、また登るほど最低気温は高いことがわかる²⁰⁾。

なほ、2とこれより12.33mたかい8の差は、8とこれより14.63mたかい12の差よりもほとんど常に大きい。このことは斜面上の土地の高さの關係のほか、地形と、8と12のちかくに成林しかけてゐるとどまつとどいつたうひ林の影響があるやうに思はれる。2のちかくには全く樹木がない。

第3圖は第2表と第3表から、2・8・12の最低気温の關係を見やすいやうに圖にまとめたもので、15年5月の17日間の平均(A)、同期間内の霜日の平均(C)、16年5月の14日間の平均(B)、同期間内の霜日の平均(D)を記入し、なほ2と12の間の差が最大であつた16年5月13日と(a)、とくに高温であつた同年の5月5日(b)と、10日(c)の最低気温を記入して

20) 傾斜面は凍害がすくないといはれてゐる。Rubner, Die Spätfröste und die Verbreitungsgrenze unserer Waldbäume. Fo swiss. Centralbl. 1921, 49. また“warme Hangzone”の存在がいはれてゐる。R. Geiger, Mikroklima und Pflanzenklima. Berlin 1930. 30-31.

ある。圖にみるとほり、低温な日ほど2と12の差がいちじるしく、2と8の関係もおなじこと

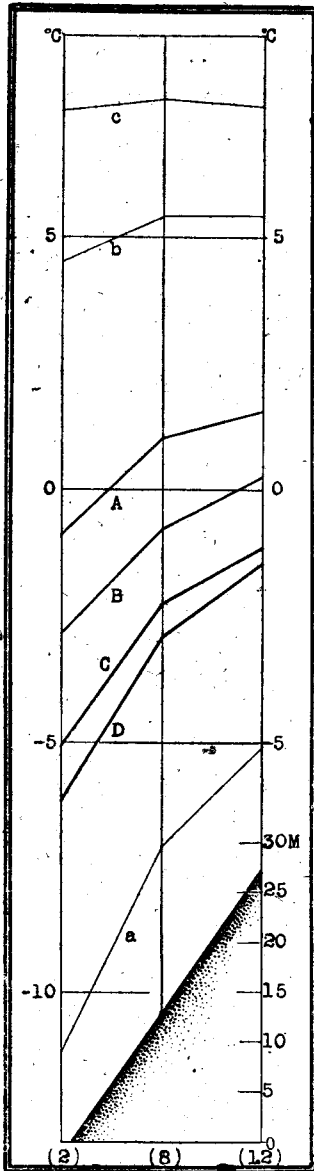
である。しかし高温な日の8は、12よりもすこし高温になる。このやうな日は、15・16年をとほして7日観測されたが、その差の最大は15年5月14日の0.6°であつた。

3. 凹地および斜面上の霜日

3年間の5月・6月にあらはれた霜日日数と、終霜日(最後の霜日の意味で)を各観測点ごとに記入すれば第4表である。前述のとほり、昭和14年の観測をその後もつづけたのは、比較のため特に重要な2と8の観測点だけであるから、その他の点には15・16年の記入がない。

第4表 凹地および斜面上の霜日

観測点番號	2	1	6	7	5	8
昭和14年						
霜日日数	13	12	12	13	12	10
終霜日	VI. 5	VI. 1	VI. 1	VI. 5	VI. 1	VI. 1
凍害日日数	4	3	4	3	2	1
凍害日平均最低気温	-6.23	-4.50	-6.10	-5.65	-4.58	-2.88
昭和15年						
霜日日数	15	.	.	.	.	14
終霜日	V. 26	.	.	.	.	V. 26
凍害日日数	6	.	.	.	.	1
凍害日平均最低気温	-5.75	.	.	.	.	-2.50
昭和16年						
霜日日数	24	.	.	.	.	14
終霜日	VI. 23	.	.	.	.	VI. 1
凍害日日数	7	.	.	.	.	3
凍害日平均最低気温	-7.43	.	.	.	.	-4.01
霜日日数計	52	.	.	.	.	38
平均終霜日	VI. 8	.	.	.	.	V. 30
凍害日日数計	17	.	.	.	.	5
凍害日平均最低気温	-6.55	.	.	.	.	-3.21



第3圖 丘の斜面の最低気温
(5月中旬まで)

- A 昭和15年5月平均(17日)
- B 昭和16年5月平均(14日)
- C 昭和15年5月霜日平均(10日)
- D 昭和16年5月霜日平均(10日)
- a 昭和16年5月13日
- b 昭和16年5月5日
- c 昭和16年5月10日

場所により比較的寒冷な観測点と温暖な観測点があるため、霜日の日数は観測点によりちがつてゐる。14年の1・6・5の観測点の霜日日数は互にひとしいが、8の霜日だけは他

(16)

より2日または3日すくない。翌15年の霜日は、2と8の間でさへ、ただ1日の差にすぎなかつた。しかし、16年の同じ2と8の霜日の差は實に10日であるから、年によつては寒冷な箇所も温暖な箇所も霜日日數にほとんど差がないかわり、年によつてはまた著しい差のあることがわかる。終霜日についても同じことがいはいれ、14年の終霜日は2と8の間に4日差があるだけで、また、15年の終霜日は2も8も同じ日であるのに、16年の2と8の間には實に22日も差があるのである。

観測點12の霜日については、観測期間がちがふため以上とおなじ比較はできないが、5月中旬までの観測2回の範圍でも、第5表のやうに8より一層すくない傾向があり、またそれは當然と考へられる。

2のやうに比較的寒冷な箇所は霜日が多く、従つて凍害の危険も大きいに反し、8のやうに比較的温暖な箇所は霜日が少なく、凍害の危険も少ないことは、大體以上からわかるのだが、造林地に實際凍害があらはれてゐるのは、經驗によると0°の日からではなく、これより數度低い日からであるから、0°附近の、比較的暖い無害の霜日を除いてみると、場所による凍害の關係がもつとはつきりしてくる。この観測を行つたとどまつ造林地の春の凍害は5月10日ごろから始まり、實際に

第5表 斜面上の霜日 (5月中旬まで)

観測點番號	2.	8.	12.
昭和15年			
観測日日數	17	17	17
霜日日數	10	10	7
凍害日日數	3	1	1
凍害日平均最低氣溫	-6.87	-3.70	-2.53
昭和16年			
観測日日數	14	14	14
霜日日數	10	7	7
凍害日日數	3	2	1
凍害日平均最低氣溫	-8.07	-4.83	-2.77
観測日日數計	31	31	31
霜日日數計	20	17	14
凍害日日數計	6	3	2
凍害日平均最低氣溫	-7.47	-4.27	-2.65

被害のあらはれた日の最低氣溫は前述のとほり大體-4°以下であつたから、5月9日までの霜日の全部と、10日以後の-4°未満の霜日をのぞき、被害があつたと考へられる霜日日數を數へて、第4表と第5表に凍害日として記入しておいた。

これを以つてみるに、昭和14年は2の凍害日4日にたいし8は1日にすぎず、8について事實上被害のすくない5は、凍害日も2日であることがわかる。1・6・7における凍害日の日數と凍害の現狀との關係はやや不明瞭だが、同じ観測を數年繰返すなら、恐らくそれらの凍害日は2と5の間にあつて、7・6・1の順序に數へられることと思はれる。15年の霜日は2と8の間に1日の差が現れただけであつたが、同じ方法で數へた凍害日は、2の6日にたいして8

は1日である。また16年は2の7日にたいして8は3日、3年間の合計は2の17日にたいして8は5日であるから、2のとどまつの生育が反覆する凍害のため如何にはばまれ、8はまたこれに反して生育の比較的安全なわけが理解されるのである。

12で行はれた5月10日以後の観測は日数がいちじるしく少くないけれども、15年と16年をあわせた14日について見れば、2・8・12の凍害日は夫々6日・3日・2日となり、この短い観測日数にもかかはらず12の凍害日は2よりも相當すくなく、また僅かではあるが、やはり8よりもすくない傾向が見られ、これらの関係は凍害地の現況ともよく一致してゐるのである。

第4表と第5表には、凍害日の平均最低気温を比較のため記入しておいた。これは霜日の平均最低気温を比較した時と同様、最も寒冷な2の凍害日について比較してゐる。14年の2の凍害日4日間(14日・16日・17日・18日)の平均は、8だけ -4° 以上で、大體ここだけは凍害に安全であつたことを示してゐる。15年の凍害日6日(10日・11日・15日・20日・24日・26日)についても同じことがいはれ、16年の7日(11日・12日・13日・15日・16日・17日・18日)の平均は8も -4° 附近にあつて時に被害を受けたことが察せられる。しかし、3年間の2の凍害日17日の平均において、8は -4° までは降つてゐない。また凍害日の2と8の差は毎年 3.2° 内外にあつて、 0° 及び 0° 以下の日を全部含む霜日の平均よりも幾分大きい差があらはれてゐる。第5表の凍害日の平均最低気温には、12が2及び8より安全な傾向が、2年間の平均にかなりはつきり現れてゐる。

4. 低気温におよぼす種々なる影響

以上のやうに、斜面上の土地の高さは、そこにあらはれる低気温に大きく影響してゐる。しかし第1表と第2圖に見られるとほり、観測點1・6・7の三點の比高は夫々2.53, 2.46, 2.63 mで相互の差は20 cmにみたないのに、1の最低気温は6・7よりも可なりいちじるしく高いのである。これは注意しなければならない。第6表はこの関係をよく見るために、1と6の差および1と7の差をとくに5月・6月の霜日について求め、あはせて1と5の差、1と2の差を附記してゐる。

すなはち、霜日13日間の平均では1と6の最低気温の差 1.09° 、1と7の差は 0.88° 、最も寒冷であつた5月14日には1と6の差 2.8° 、1と7の差は 2.3° にたつしてゐる。おなじ日の1と最も寒冷な観測點2の差は 3.0° であつたから、大體これにちかい價である。

このやうに、1がかなりいちじるしく暖い理由は次ぎのやうに考へられる。第1圖のとほり、1の位置は波状に起伏してゐる隆起の頂に近く、しかも比較的風當りがよく、寒冷な空氣

(18)

は温暖な空気が交換しやすい。しかし6と7はいづれも寒冷な空気が集つて流れる凹みに位置してゐるため寒冷となり、1は6と7よりも暖かい。この地形の関係と共に、1の観測点の西およそ20mをへだててゐる樹高およそ14mのからまつ林、その林縁において一部分やうやく閉鎖しかけてゐるとどまつ造林木も1を暖かくしてゐる。このふたつの影響は可なり大きいと思はれる。

第6表 霜日の最低気温の比較

観測点番號	(1~6.)	(1~7.)	(1~5.)	(1~2.)	観測点番號	(1~10.)	(1~2.)
昭和14年				昭和15年			
V. 1	0.9	0.6	-0.1	0.7	V. 1	0.7	1.3
4	1.1	0.3	-0.2	1.0	2	0.4	0.7
5	1.2	1.0	0.4	1.4	5	0.7	1.2
6	1.1	0.7	0.2	1.0	6	0.4	0.3
8	1.3	1.0	-0.1	1.4	8	1.1	1.4
10	0.6	0.5	-0.1	0.7	9	1.0	1.0
13	0.8	1.1	0.3	1.3	10	1.1	1.3
14	2.8	2.3	0.7	3.0	11	0.7	0.8
16	1.5	1.1	0.1	1.4	12	0.4	0.7
17	1.1	0.6	-0.3	1.3	15	0.5	0.8
18	1.0	0.6	-0.2	1.2	16	0.5	0.3
VI. 1	-0.1	0.3	-0.1	0.1	20	0.1	0.6
5	0.9	1.4	0.2	1.1	21	0.3	0.5
					24	0.6	0.9
					26	0.5	0.7
平均	1.09	0.88	0.06	1.20	平均	0.60	0.83

また、1と5の最低気温の関係は以上の説明を補助してくれる。第6表のとほり、霜日13日間の平均で1は5よりも0.06°高く、寒冷な日は0.7°まで高い。しかし5の比高は4.04mであるから、1の比高は5よりかへつて1.51m低いのである。5は第1圖のとほり、6・7とことなり凹みのないやや廣い緩斜面の上であり、成育不整なとどまつ造林木が附近に散在し、その孔隙の一部には雑木の幼木が疎生してゐるが早春は落葉してゐる。したがつて比高と地形の関係からは、5の最低気温が1よりも高くてもよい筈であるけれども、1におけるからまつ林とその林縁のとどまつ造林木の影響が著しいため、事實は1が5よりも暖かい傾向を示してゐると思はれる。

昭和15年の5月から、林縁の気温を観測するため10の観測点を設けたが、1と10の最低気温の比較は、1が高さの影響をうけて暖かいことを再び確認させる。10は比高0.81mの平

坦地の上であり、からまつ林まで9mで1よりも却つてこれに近く、林縁のとどまつ造林木も1附近より概して生長がよく、1と10は共にこれらの影響をうけて而も10の方が一層著しい筈であるが、2.35m高い1の方がやはり暖かい。

第6表は前とおなじやうに、15年5月の霜日(6月にはこれがなかつた)の10の観測値と、1と10また1と2の差をしめしてゐる。すなはち、霜日15日間の平均で1は10よりも 0.60° 、寒冷な日は 1.1° まで暖い。10の観測を行つた昭和15年は、6と7の観測を省いたが、兩年とも1と2の観測を行つたから、これにより、昭和14年の1と10の差を、かりに計算して求めれば 0.87° となり、大體1と7の差にあつてゐる。

6と7は大體にてゐるが、暖かい日の6の最低気温は、7よりいくらか高温となり、寒い日はその反対となる傾向をもつてゐる。日中の6は日當りがよく風當りがすくなく、日盛りの14時の気温は、5月・6月の平均で6は7よりも 0.75° 高く、温暖なときには 1.9° まで高温な日(昭和14・V・24)が知られてゐる。したがつて、輻射のさかんでない曇つた夜は比較的高温がたもたれ、晴れた夜はその反対の事情にあるものと思はれる。

このやうに、最低気温は斜面の高さの影響を大きくうけるほか、局所的な地形・日射・風當り・附近の森林や樹木などの影響もうけることがわかる。1・6・7の観測点におよぼしてゐる影響は以上のとおりである。

なほ森林の影響、雑草の影響、樹木の傘下気温の性質などについては、後でふれることにする。

つぎにまた、霜日の出現は天氣に關係があつて、よく晴れた風のない放熱の盛んな夜ほど低温な霜日があらはれて危険なことは、晩霜季の一般的な傾向である。これについては、昭和14年を例にとれば充分であらう。このために第7表をつくつた。

最初に雲量との關係だが、問題の凍害造林地から、約500mはなれてゐる露場で行つた昭和14年5月の雲量の記録をしらべてみると、霜日あわせて11日の前日の夜22時の平均雲量は2.8で晴、そのうち7回は雲量0、霜日當日の朝6時の平均雲量は3.7で晴、そのうち6回は雲量0であつた。これに反し、霜日をのぞく20日の前日22時の平均雲量は8.2で曇、その15回は雲量10、6時は9.3で曇、その17回は雲量10であるところを見れば、霜日にはその前夜から朝にかけて、よく空が晴れてゐる關係がはつきりあらはれてゐる。

この霜日の最低気温は、一般に低い場所ほど寒冷で、高い場所は温暖なこと前述のとほりだが、霜日にならなかつた雲量の多い日には、どの観測点も最低気温が高いばかりでなく相互の差が少く、第1表と第2圖に示してゐるやうに、低所ほど寒冷な關係も認められるが霜日ほ

(20)

と整然とした関係はなく、たとへば2よりも7が相當寒冷になつてゐる²¹⁾。

以上の霜日にならなかつた20日のうちの9日は、前夜の22時から朝の6時までの間に雨が降つてゐる(7・9・11・12・15・20・23・26・27日)。

従つて雨が降つてゐたり、また降らなくともいんうつな空模様の夜は、たとへ5月の始めでも、霜日となる恐れのない暖かい夜と考へて差支へがない。

5月中最も温暖であつた5月20日は、夜半から朝にかけて1.3mmの降雨があつた。第1表と第2圖のやうに、この日の各観測點の最低気温は8.7°~

9.0°でほとんど相互の差がなく、寒冷な霜日にいちじるしく低温な2と6は5・8と同様9.0°である。ただし、雨模様の天候が急に晴れたときに、強い霜日のあらはれる場合があることを注意しなければならぬ。

つきに苦小牧演習林は、大體東南に併行してゐる幾筋もの丘地をしめ、しかもほとんど全域に雑木林と造林木が繁茂し、丘にはさまれた凹地の風力は微弱である上に、夕方から早朝にかけ無風にちがい日が多く、したがつて晩霜季の夜間の冷却は一般に促進されてゐる。問題の凍害造林地の風力は測らなかつた。しかし、前記露場で測つた14年5月の地上6.9mの平均風速

第7表 霜日と非霜日の天氣

霜 日					
	風力 (m/s)		雲 量		雨量 (mm)
	22時	6時	22時	6時	22-6時
30/1	0.0	0.6	0	10	.
3/4	0.5	0.9	6	1	.
4/5	0.0	0.0	10	0	.
5/6	0.0	0.0	10	0	.
7/8	0.0	1.8	0	10	.
9/10	1.1	0.0	5	10	.
12/13	0.2	0.7	0	0	.
13/14	0.1	1.3	0	0	.
15/16	0.0	0.0	0	0	.
16/17	0.1	0.5	0	10	.
17/18	0.4	4.7	0	0	.
平均	0.22	0.95	2.8	3.7	.
非 霜 日					
	風力 (m/s)		雲 量		雨量 (mm)
	22時	6時	22時	6時	22-6時
V. 1/2	0.8	2.1	10	10	.
2/3	0.0	0.0	10	10	0.0
6/7	0.0	0.0	0	6	0.8
8/9	4.6	4.4	10	10	17.4
10/11	0.9	0.4	10	10	2.0
11/12	0.0	2.2	10	10	1.7
14/15	0.0	1.5	0	10	0.5
18/19	0.0	0.6	10	10	.
19/20	0.6	0.5	10	10	1.3
20/21	0.4	5.1	8	7	.
21/22	2.3	1.6	10	10	.
22/23	0.1	2.5	10	10	0.4
23/24	2.1	2.0	0	10	.
24/25	0.1	0.0	10	10	.
25/26	0.2	0.5	10	10	4.4
26/27	0.9	0.0	10	10	2.3
27/28	0.0	0.1	10	10	.
28/29	0.2	1.2	6	2	.
29/30	0.6	0.3	10	10	.
30/31	1.1	0.0	10	10	.
平均	0.75	1.25	8.2	9.3	.

21) "Mikroklimatologie ist Schönwetterklimatologie." Geiger und Amann, Forstwiss. Centralbl. 1939. 480.

は、22時 0.56 m/s, 6時 1.15 m/s, 22時の静穏日数 (0.5 m/s 及びそれ以下) は21日, 6時は15日になつてゐる。5月の6時の平均風速 1.15 m/s はむしろ異例で、たとへば翌15年の5月の6時は 0.30 m/s, 従つて6時の静穏日数も24日となつてゐる位である。問題の造林地と露場の風力はちがひ、丘と森林に囲まれてゐる造林地ははるかに弱く、ことに地表附近では微弱なのだが、14年5月の霜日11日の平均風速を求めれば、前夜22時は 0.22 m/s で静穏日数10日, 6時は 0.95 m/s で静穏日数5日となり、やはり霜日は風力の弱い傾向が知られる。

なほ、前日午後の湿度は、霜日の出現に關係があるが、これについては特に稿をあたらためて扱ふこととしたい。

5. 森林内外の低気温

前述のとほり、この凍害による造林不成績地に隣接し、すでに成林した造林地があるので、これら二つの造林地の間に現れてゐる最低気温の差を知るため、昭和14年の7月から17年の4月まで必要な観測を行つた結果、5・6月について次のことがいはれる²²⁾。

隣接造林地は大正6年植栽のとうせんからまつ林で、初め6尺方形の5本植とし相當密植したものを、その後しだいに間伐し、100 m²につき約20本のぞいて、現在およそ40本の割に残つてゐる。平均樹高14 m, 林冠は閉鎖してゐて下木も下草もない。観測點9はこの造林地の中にあり、西へ33 mで問題の凍害地に達し、北へ約30 mで小川に境された林縁にでるが、その先は雑木林である。東と南には、いづれもすでに成林した造林地が続いてをり、従つて9は西側林縁に近い林内観測點である。寒暖計の地上高は0.25 m, この寒暖計、また設置の方法一切は他の観測點とおなじである。

昭和15・16年5・6月の9における観測表、この9と2の間の日々之差、9と8の同様の差を第8表にかかげる。ただし問題のない温暖な日を除き、最も寒冷な2の観測點における霜日の、観測値だけをあげてゐる。

表のとほり、昭和15年5月の霜日(6月は霜日になかつた)15日間の9の最低気温の平均は -0.93° , おなじ15日間の平均で9は2よりも實に 4.15° 暖かく、問題の凍害地のなかでは最も暖かい8よりもなほ平均上 1.19° 暖かいのである。昭和16年の結果も大體おなじで、同年の霜日は5・6月にかけて24日間あつたが、9の最低気温の平均は 0.00° , 9は2よりも平均 4.35° 暖かく、8よりも 1.48° 暖かであつた。従つてまた、日々にはあらはれるこれら観測點の間

22) 林内の最低気温が林外よりも高いことは、Ebermayer, Müttrich, Schubert らによつて森林氣象研究の古い時代から知られてゐる。しかしこれは地表附近の気温のことではなかつた。Lorey-Weber, Handbuch der Forstwissenschaft. I. Tübingen 1926. 82-86.

(22)

の最低気温の差はいちじるしく、兩年を通じて9と2の間にあらはれた差の最大は16年5月13日の6.2°、次ぎは同16日の5.8°で、9と8の同様の差は16年5月12日の2.5°と同6月23日の2.1°であつた。

第8表 霜日の林内最低気温と林外との比較、°C

観測點番號 比高 (m)	9.	(9.~2.)	(9.~8.)	観測點番號 比高 (m)	9.	(9.~2.)	(9.~8.)
	0	0.57	12.90		0	0.57	12.90
昭和 15 年				昭和 16 年			
V. 1	-5.5	5.3	1.7	-V. 1	-3.7	5.3	1.1
2	0.7	4.1	1.3	2	1.5	4.9	1.3
5	-2.3	4.5	1.3	4	-3.1	4.5	1.4
6	-0.2	2.2	0.4	7	-4.7	4.8	1.8
8	-2.1	4.8	1.6	8	3.0	4.6	1.4
9	-0.5	4.0	1.0	9	-1.0	4.2	1.5
10	-2.1	4.6	1.0	11	-1.8	4.4	1.0
11	-3.8	4.1	1.3	12	-2.1	4.7	2.5
12	-0.5	3.3	0.7	13	-5.0	6.2	2.1
15	-1.2	4.8	1.7	14	2.5	3.6	0.9
16	0.4	3.3	1.0	15	-1.5	5.2	1.7
20	-0.7	4.0	1.1	16	-5.1	5.8	1.4
21	3.4	3.5	1.1	17	-0.7	4.7	1.5
24	0.9	5.0	1.0	18	-0.4	4.4	1.3
26	-0.4	4.7	1.6	20	1.3	3.0	0.9
平均	-0.93	4.15	1.19	22	1.9	4.0	1.2
				29	1.7	2.9	1.7
				31	1.0	3.1	1.4
				VI. 1	0.9	4.0	1.5
				9	2.8	4.2	1.0
				10	1.8	3.5	1.6
				14	3.4	4.3	1.9
				16	3.1	3.6	1.2
				23	4.4	4.4	2.4
				平均	0.00	4.35	1.48
				39日平均	-0.35	4.27	1.37

9と2の水平距離は95m、高低差は0.52mにすぎないが9の方がかへつて低い。それにもかかはらず林内の9はこのやうに暖かく、また、9と8は172m離れてゐるが、9は12.9m低いにもかかはらず、やはり8よりも暖かいことは、最低気温におよぼす林木の影響が非常に大いことを示してゐる²³⁾。しかしこのからまつ林も、植

栽のため皆伐して成林にいたらなかつた當時の最低気温は、地続きの2と格別違はなかつたことと想像される。しかもよく成林してゐるのは、このてうせんからまつの耐寒性がとどまつに

23) したがつて、古く Danckermann は、凍害にたいして最も有効な保護手段は林冠による保護であるといつた。Zeitschr. Forst. Jagdwes. 1898. 406.

優るためと思はれる。それゆゑ、凍害のおそれある地にはじめて植ゑるには、樹種をえらむことが必要で、とどまつはこの意味から不適當である。

また林内最低気温のたかいことは、北方の寒冷地の造林にあたり、前生樹または保護樹の利用、また天然更新の有利を示唆してゐると考へられる。

6. 林縁の低気温 (1)

晩霜季の林内最低気温が林外よりも著しく高い事實は、林縁の最低気温の様態について、すくなからぬ興味をそそつた。問題の凍害地のうち、前記のからまつ林に隣接してゐるおよそ10m幅の帯状地帯には、とどまつが相當の成育をとげてゐて、ほかの被害地とは明らかに區別できる状態にあり、したがつて大きい期待をもつて、これに關する觀測を昭和14年11月から同17年の4月まで實施した。

林縁の寒暖計設置の箇所10は、前に一言したとおり、からまつ林に可なりちかく、その最も外側の植刈から離れること9m、觀測點附近に造林してあるとどまつは、すでに4m内外に生長したのものもあるが、凍害とみなされる生育不良木と枯損木も相當あり、10はこの枯損によつて生じた孔隙内の雑草地に設け、その雑草はあらかじめ4m²ほど刈拂ひを行つた。觀測點11は、嚴格には林縁といひがたいけれども、比較のため設けたもので、からまつ林を離れること24m、附近のとどまつ造林木の大部分は凍死し、生きてゐるにせよ甚しい疎生状態にある生育不良の凍傷木は、その最も大きいものも樹高1.5mにみたないくらいである。

前記の林内觀測點9と林縁の10及びこの11はほとんど一直線をなし、相互の距離は9と10の間が42m、10と11の間が15mである。またこれらはいづれも斜面の裾の平坦地上にあり、10と11は全く高さがひとしく、9はこの二點よりも僅か0.08m低いだけで、三點の間にはほとんど高低差がないのである。寒暖計とその設置の方法は、ほかのすべての觀測點とおなじである。

第9表は10と11における昭和15・16兩年の5・6月の觀測値である。表に見るやうに、5月10日頃からはじまるとどまつの開葉季の最低気温が、ほとんど -10° に達したこれを越えることもある事實から、10も11も所詮凍害の危険を免れえないことがわかり、生育の實狀もこれを明らかにしめしてゐる。

しかし10と11をよくしらべるなら、ある相違がみとめられる。すなはち、15年の月平均は極めて近いけれども、僅かながら10が11より低温な傾向をしめし、16年は反對に10が11より高温な傾向をしめしてゐる。また毎日の最低気温をしらべると、10の最低気温が11より

第9表 林縁の最低気温 °C

観測点番號	10.		11.		10.		11.		10.		11.	
	昭和15年				昭和16年				5月		6月	
1	-10.2	-9.8	8.9	9.4	-7.5	-8.9	-1.7	-2.6				
2	-3.1	-3.2	8.0	8.5	-1.8	-2.7	11.0	11.0				
3	2.6	3.1	7.0	6.8	1.8	1.4	9.7	9.5				
4	2.3	2.8	5.1	4.4	-5.1	-7.3	9.8	9.8				
5	-6.3	-6.8	6.4	6.9	4.6	4.8	7.8	7.6				
6	-2.5	-2.3	6.2	6.5	2.5	2.3	8.5	8.4				
7	3.9	4.3	10.5	10.1	-7.3	-9.6	9.7	9.8				
8	-6.6	-7.1	2.6	2.1	0.2	-0.7	5.1	5.0				
9	-4.5	-5.0	4.9	4.2	-3.7	-4.7	-0.4	-1.1				
10	-6.5	-6.8	7.7	8.1	7.8	-7.9	-0.7	-1.5				
11	-7.8	-8.1	9.2	9.7	-4.6	-5.7	2.7	1.3				
12	-3.5	-3.9	9.5	9.7	-5.6	-7.1	6.1	4.3				
13	7.5	8.0	9.3	9.2	-9.6	-10.7	8.5	8.3				
14	6.1	6.7	7.2	7.1	0.1	-0.5	0.5	-1.0				
15	-5.7	-6.5	9.5	9.8	-5.1	-6.4	8.7	8.4				
16	-3.1	-3.2	10.4	10.3	-8.9	-10.1	0.2	-0.5				
17	5.4	5.9	9.9	10.0	-3.8	-5.1	1.0	0.2				
18	5.2	5.9	10.1	10.5	-3.6	-4.5	7.7	7.6				
19	1.6	1.7	10.0	10.3	8.0	7.7	8.5	8.2				
20	-4.2	-4.6	10.4	10.1	-0.7	-1.4	2.1	0.7				
21	0.1	0.0	9.5	9.2	4.3	3.3	10.6	10.4				
22	1.2	1.3	11.5	11.7	-1.2	-1.8	10.4	10.3				
23	1.4	1.1	10.8	11.3	9.6	9.5	0.8	0.1				
24	-3.8	-4.2	8.7	8.5	7.4	6.9	4.5	3.9				
25	1.1	0.9	11.4	11.4	4.5	4.5	4.3	3.5				
26	-4.9	-5.1	8.5	8.3	5.8	5.7	8.3	7.7				
27	5.6	5.4	4.5	4.1	8.4	8.4	16.2	16.0				
28	7.4	7.6	6.0	5.8	8.4	8.4	7.0	6.0				
29	8.2	8.6	14.3	14.8	-0.5	-1.0	5.8	5.1				
30	7.7	8.2	13.4	13.7	7.4	7.4	14.8	14.8				
31	7.8	8.2			-1.5	-1.6						
月平均	0.08	0.10	8.71	8.75	0.33	-0.37	6.25	5.71				
霜日日數	14	15	0	0	16	18	3	5				

高くなるか低くなるかは、大體それぞれの日々の気温で定まり、寒冷な霜日において10はほとんど常に11より高温であり、温暖な日はこれに反することがわかるのである。従つて15年にも10が11より高温な日があり、このやうな日は5・6月を通して31日数へられ、 0.8° (5月15日) または 0.7° (6月4日、9日) までの差があらはれてゐる。全體として最低気温が低かつた16年は、毎日10が高温で、反對に11が高温であつた日は僅かに4日、10は 2.3° (5月7日) または 2.2° (5月4日) まで11より高温である。11が10より高温な場合があつてもその差はあまり大きくなく、兩年を通して 0.7° (15年5月18日) までの差を測つてゐるけれども、せいぜい 0.5° 、おほくの場合 0.2° または 0.3° ぐらゐの差とみてよい。以上から、月平均の上にはあらはれた、15・16兩年の10と11の關係の違ひにつき説明がつく筈である。

このやうに10と11の最低気温は、時々相當の差をしめしてゐるけれども常に大きいとはいへないから、兩所の霜日日數に大きい差は認められないが、10の霜日が11よりも少いことはたしかである。第10表は10と11における 0° 及び 0° 以下の霜日日數をあげ、また霜日のう

第10表 林内・林縁・林外の霜日

観測點番號	10.	11.	9.	2.
0°以下日數				
昭 15	14	15	11	15
昭 16	19	23	11	24
計	33	38	22	39
-1°以下日數				
昭 15	9	10	1	10
昭 16	8	11	3	11
計	17	21	4	21
5月10日以後 -4°以下日數				
昭 15	5	6	0	6
昭 16	5	7	2	7
計	10	13	2	13

ち、前にいつたとほり、凍害が實際起りうると考へられる -4° 以下の日數、5月10以後に -4° 以下でこのとどまつ造林地に凍害があつたと見てよい日數をあげ、いづれも林内の9と開放地の2の分を附記して参考とした。

2年間の合計についてみると、10の霜日は11より5日少く、 -4° 以下の霜日は4日少く、5月10日以後 -4° 以下の日は3日少い。これらの毎年差は1日乃至4日にすぎないけれども、被害を伴ひうるこの日數の積算の差は大きく、數年にして著しい生育上の相違があらはれると考へられる。以上に反し9と10の霜日日數の差は著しく、それぞれ11日・13日・8日をかぞへ、林内において -4° 以下の日はむしろ稀れなことがわかる。しかし11と2の間にはほとんど霜日日數の差が認められない。

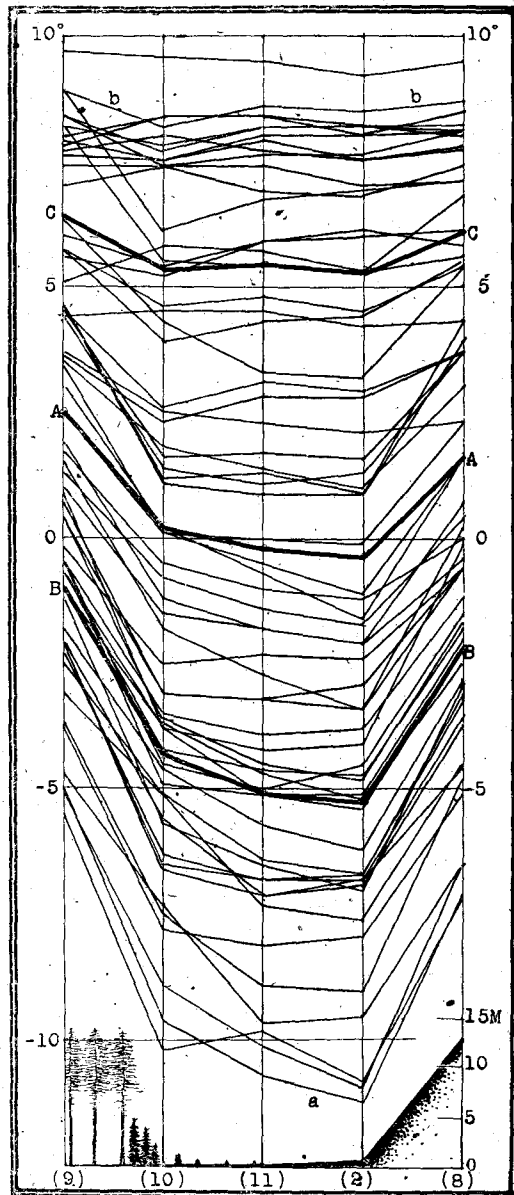
7. 林縁の低気温 (2)

林縁の最低気温の特徴は、これを林内と開放地の最低気温と較べてみるとよいから第4圖

(26)

をえがいた。この圖は林内の9、林縁の10と11、開放地とみなしてよい2における観測値から、昭和15・16兩年の5月あはせて62日分をしめしてゐる。ほとんど問題のない6月はのぞき、そのかはり参考のため丘の中腹8の観測値を附記してゐる。

圖面のこれ以上の錯綜をさけるため毎日の日附は略してあり、またある日の分がほかの日の分と交叉したり、まれに重つたりして、不明瞭なところもあるけれども、圖によつて全體の傾向はよくわかる筈である。すなはち、林内の9はほとんど常に最も高温、丘の8がこれにつぎ、林縁の10と11、開放地の2と次第に低温となり、またこれらの三點は9と8よりも可なりいちじるしく低温である。したがつて林縁の最低気温は、森林をはなれるほど低くなり、しかもこの10のやうに、森林から9mもはなれると林内より相當低いことがわかる。以上の傾向は寒冷な日ほど極端にあらはれ、各観測點の間の差は大きくなる。これに反し、温暖な日はこれらの差が小さくなるばかりでなく、相互の関係も幾分かわつてくる。注意すべき變化は10・11・2、とくに11が比較的溫暖となり、多くの場合全體としていちじるしく高温な9・8が比較的寒冷となることで、この結果、林内も丘の中腹も林縁より低温な日が見出される、理由は林内や北向きの丘の斜面よりも、この西側林縁と開放地は日中の日當りがよく、したがつて地温が高く、しかも最低気温の高い夜は前にのべたや



第4圖 昭和15,16年5月最低気温 (62日)

- A 5月平均 (62日) a 昭和16年5月13日
- B 5月霜日平均 (33日) b 昭和15年5月29日
- C 5月非霜日平均 (29日)

うに、概して地面の放熱がすくないから、比較的高い気温が地面附近に保たれるものと思はれる。

第4圖にはまた、以上の関係を見やすくするため、15・16兩年5月の62日平均(A)、62日のうち霜日33日の平均(B)、おなじく霜日ならざる日の29日平均(C)を太線で記入し、なほ極端に寒冷で、しかも各観測點の気温の關係が典型的な16年5月13日(a)と、反對に、溫暖な日として典型的な15年5月29日を附記してある。

以上には6月を省略してあるが、第11表には6月も含め、昭和15・16の兩年10と11で行つた5・6月の観測値の中から、特に2が霜日であつた日の最低気温をあげ、なほ比較のため9と10、10と2、10と11、11と2の間の最低気温の差を夫々記入した。

15年の2の霜日は5月26日を終りとして、15日間あり、16年の2の霜日は6月23日を終りとして24日間あつたから、兩年の合計は39日である。これら15日・24日または39日間の平均は、いづれも第4圖から知つたやうに、林縁の10が林内の9より低温で、11と2より高温なことを示してゐる。しかし10は、からまつ林からわづか9mはなれてゐるだけだが案外低温である²⁴⁾。したがつて9と10の差は可なり大きく、15年は約4°、16年は約3°の差であり、毎日の差はこれよりもなほ大きく、4.7°(15年5月1日と24日)、4.6°(16年5月13日)等を観測してゐる。

またからまつ林から24mの11の最低気温は、わづか2日間の例外をのぞけば常に10より低温である。ただしその差は9と10の差のやうに大きくなく、15年の平均は0.27°、16年1.03°、兩年の平均0.74°にすぎないが、毎日の観測には2.3°(16年5月7日)までの差を測つてゐる。

また林縁の10は開放地の2よりたしかに溫暖であるけれども、兩所の最低気温の差は意外に小さく、15年の平均は0.23°、16年1.34°、兩年の平均は0.92°、毎日の観測には最大2.5°(16年5月4日)までの差があらはれる。

要するに、からまつ林にちかい林縁10の霜日の最低気温は、林内よりいぢるしく低温だが開放地よりはたしかに高温で、しかも毎日の観測には開放地よりも相當高温な場合があらはれる。この林縁の比較的高温な最低気温は、からまつ林をはなれば低くなつてゐるが、24mはなれた11にはなほ林縁の性質がのこつてゐる。24mほからまつの林高14mの1.7倍にあたる。

この林縁のとどまつの生育には、林縁の最低気温の配布状態が影響してゐることが明らか

24) おなじ事を Geiger もいつてゐる。Forstwiss. Centralbl. 1926. 289.

第 11 表 霧日の林縁最低気温および比較

観測點番號	10.	11.	(9.~10.)	(10.~11.)	(10.~2.)	(11.~2.)
昭和 15 年						
V. 1	- 10.2	- 9.8	4.7	- 0.4	0.6	1.0
2	- 3.1	- 3.2	3.8	0.1	0.3	0.2
5	- 6.3	- 6.8	4.0	0.5	0.5	0.0
6	- 2.5	- 2.3	2.3	- 0.2	- 0.1	0.1
8	- 6.6	- 7.1	4.5	0.5	0.3	- 0.2
9	- 4.5	- 5.0	4.0	0.5	0.0	- 0.5
10	- 6.5	- 6.8	4.4	0.3	0.2	- 0.1
11	- 7.8	- 8.1	4.0	0.3	0.1	- 0.2
12	- 3.5	- 3.9	3.0	0.4	0.3	- 0.1
15	- 5.7	- 6.5	4.5	0.8	0.3	- 0.5
16	- 3.1	- 3.2	3.5	0.1	- 0.2	- 0.3
20	- 4.2	- 4.6	3.5	0.4	0.5	0.1
21	0.1	0.0	3.3	0.1	0.2	0.1
24	- 3.8	- 4.2	4.7	0.4	0.3	- 0.1
26	- 4.9	- 5.1	4.5	0.2	0.2	0.0
平均 (15日)	- 4.84	- 5.11	3.91	0.27	0.23	- 0.03
昭和 16 年						
V. 1	- 7.5	- 8.9	3.8	1.3	1.5	0.2
2	- 1.8	- 2.7	3.3	0.9	1.6	0.7
4	- 5.1	- 7.3	2.0	2.2	2.5	0.3
7	- 7.3	- 9.6	2.6	2.3	2.2	- 0.1
8	0.2	- 0.7	1.8	0.9	1.8	0.9
9	- 3.7	- 4.7	2.7	1.0	1.5	0.5
11	- 4.6	- 5.7	2.8	1.1	1.6	0.5
12	- 5.6	- 7.1	3.5	1.5	1.2	- 0.3
13	- 9.6	- 10.7	4.6	1.1	1.6	0.5
14	0.1	- 0.5	2.4	0.6	1.2	0.6
15	- 5.1	- 6.4	2.6	1.3	1.6	0.3
16	- 8.9	- 10.1	3.8	1.2	2.0	0.8
17	- 3.8	- 5.1	3.1	1.3	1.6	0.3
18	- 3.6	- 4.5	3.2	0.9	1.2	0.3
20	- 1.7	- 1.4	2.0	0.7	1.0	0.3
22	- 1.2	- 1.8	3.1	0.6	0.9	0.3
29	- 0.5	- 1.0	2.2	0.5	0.7	0.2
31	- 1.5	- 1.6	2.5	0.1	0.6	0.5
VI. 1	- 1.7	- 2.6	2.6	0.9	1.4	0.5
9	- 0.4	- 1.1	3.2	0.7	1.0	0.3
10	- 0.7	- 1.5	2.5	0.8	1.0	0.2
14	0.5	- 1.0	2.9	1.5	1.4	- 0.1
16	0.2	- 0.5	2.9	0.7	0.3	- 0.4
23	0.8	0.1	3.6	0.7	0.8	0.1
平均 (24日)	- 2.98	- 4.02	2.95	1.03	1.34	0.31

で、からまつ林に密接する部分の生育が最もよく、遠ざかるにつれ凍傷木または凍死木が多くなり、同時に樹高を急に減じて生育がわるくなつてゐる。11附近の生育は、2の極端さはないけれども成林の見込みなく、したがつて凍害にたいする林縁の保護作用の、實際に有効な幅は必ずしも廣くない。この場合は10~15m、すなはち隣接からまつ林の林高とほぼひとしいか、または林高までにいたらぬ距離である²⁵⁾。

8. 樹木傘下の低気温

造林上保護樹の効果は古くから認められてをり、自然状態でも、母樹または前生樹の傘下にある稚樹が安全にそだち、傘外とはあきらかな相違をみせてゐる場合がある。問題の凍害地は、造林のはじめに、大きい前生樹を丁寧に除いたものらしく、従つて前生樹の保護をうけ、造林木が凍害をまぬかれ健全にそだつたと思はれる箇所はなかつた。もつとも、前記のからまつ林縁に、この種の保護作用を認めることができるけれども、これは別に考へたい。しかし、造林後10年以上たつてゐる現在は、はじめに残されたごく小さい雑木の類がその後相當大きくなり、自然に侵入してきたものと一緒に、點々と、最高4~5mまでの小群團をなして散在し、保護樹としての効果があるかも知れない状態になつてゐる。よつてその小群團の一つをえらみ、現在その傘下にどのやうな最低気温があらはれてゐるかを知るため、観測點14において、昭和16年5月5日から17年4月30日まで観測を実施した。

選定した小群團は3本の若い**はるにれ**からなり、2邊がそれぞれ1.8m、底邊1.0mの二等邊三角形をなして集り、樹高はそれぞれ3.2m、2.9mおよび1.9m、樹冠の幅はそれぞれ2.0m、1.3mおよび1.3m、寒暖計はそのうち最も大きい樹の傘下に、根元から0.6mはなして置いた。寒暖計の地上高はほかの諸點と同様0.25m、覆箱その他の設置条件もほかの諸點とおなじであるが、ただ観測點附近に1.0~1.5mの高さに密生してゐる**ほざきしもつけ**を、25m²に刈拂ひ、傘下気温に雑草の影響がおよぶのを極力避けたから、4m²を刈拂つたほかの諸點よりも刈拂ひ面積は可なりひろい。この観測點14は15と2の観測點の間にあり、15まで距離9m、2まで20m、土地の高さは15とほとんど同じで、それより僅かに0.07m高く、2より

25) K. Rebel と Geiger のいふところと大體一致する。Rebel は林高15mの樺林の林縁の保護作用は12mにすぎないとし、Geiger はこれに同意してゐる。Forstwiss. Centralbl. 1926. S. 289.

なほ、林内の孔隙の場だが、Danckermann は孔隙が凍害に有利なのは、周囲の林高の1~1.5倍までで、2倍となれば却つて被害をますといつた。Zeitschr. Forst. Jagdw. 1898, S. 339, 408, 409.

また Lauscher は、孔隙中心の輻射量はその直径が周囲の林高の1.5倍ぐらゐまでは著しくすくないが、3~4倍となれば開放地と大差がないとし、また林縁を林高だけはなれば、輻射量は開放地よりも10%すくない程度であるといふ。Woelfle, Waldbau und Forstmeteorologie. S. 15.

(30)

0.41 m 低い.

第 12 表 傘下最低気温および比較 °C

昭和 16 年

観測点番號	14.	(14.~2.)	(14.~15.)	観測点番號	14.	(14.~2.)	(14.~15.)
V. 1	.	.	.	VI. 1	- 2.8	0.3	0.3
2	.	.	.	2	11.1	0.3	0.3
3	.	.	.	3	9.7	0.3	0.4
4	.	.	.	4	9.8	0.3	0.4
5	4.9	0.4	0.6	5	7.6	0.2	0.0
6	2.3	0.2	0.8	6	8.5	0.3	0.3
7	-10.0	-0.5	0.6	7	9.9	0.3	0.5
8	- 1.4	0.2	0.6	8	5.0	0.1	0.2
9	- 5.0	0.2	0.6	9	- 1.1	0.3	-0.1
10	- 8.0	0.5	0.1	10	- 1.5	0.2	0.2
11	- 6.1	0.1	0.8	11	1.5	0.2	0.2
12	- 7.4	-0.6	0.7	12	4.4	0.0	-0.2
13	-11.0	0.2	0.7	13	8.4	0.2	0.2
14	- 0.7	0.4	0.2	14	- 0.6	0.3	0.2
15	- 6.9	-0.2	0.9	15	8.5	0.2	0.3
16	-10.5	0.4	0.9	16	- 0.2	0.3	0.2
17	- 5.1	0.3	0.7	17	0.6	0.4	0.2
18	- 4.7	0.1	0.6	18	7.9	0.2	0.4
19	7.8	0.3	-0.1	19	8.4	0.2	0.3
20	- 1.5	0.2	0.3	20	0.8	0.6	0.0
21	3.2	0.0	0.4	21	10.6	0.3	0.3
22	- 2.0	0.1	0.6	22	10.4	0.2	0.3
23	9.4	0.2	0.2	23	0.7	0.7	0.4
24	7.0	0.2	0.3	24	4.3	0.4	0.4
25	4.4	0.2	-0.1	25	4.0	0.5	0.5
26	5.8	0.5	-0.1	26	8.0	0.2	0.4
27	8.5	0.5	0.2	27	16.4	0.0	0.4
28	8.4	0.2	0.0	28	6.8	0.9	0.7
29	- 1.0	0.2	0.0	29	5.8	0.8	0.6
30	7.4	0.4	0.2	30	15.0	0.8	1.0
31	- 1.9	0.2	0.1				
平均	0.07	0.19	0.40	平均	5.93	0.32	0.31

5月・6月の観測結果は第12表で、比較のためこれと附近の雑草中にある15との差、また少々離れてゐるが、全く空潤な寒冷地点2との差を記入しておいた。

14にあらはれた5月の平均最低気温は缺測の4日間をのぞき0.07°, 6月は5.93°, 低極は

5月13日の -11.0° であつた。この14の傘下最低気温は、附近の雑草の中の15よりも5月は平均 0.40° 、6月はおなじく 0.31° 高温で、毎日の差は6月30日の 1.0° が最大、つぎは5月15日と16日の 0.9° であつた。またこれよりも差は小さいが、14は一般に2よりも高温で²⁶⁾、5月の差は平均 0.19° 、6月はおなじく 0.32° 、毎日の差としては6月28日の 0.9° 、同29日の 0.8° が大きい。ただし14と2の間には、5月の初旬にかぎり、2の方が14よりも 0.5° (5月7日)および 0.6° (同12日)高い日がある。これは寒冷季の特徴で、翌昭和17年の4月の観測は、おなじ関係の日がしばしば現れてゐるのを確めてゐる。14と15の間では、一般の傾向に反して、15の方が高温な場合もあるけれども、その時の差はせいぜい 0.2° までにすぎなかつた。

潤葉樹傘下の気温は、着葉の前と後とでは違ふのがあたりまへである。後にのべるほざきしもつけの開葉より、約1週間おくれて進行したはるにれの開葉も、6月下旬には一應をはつてゐた。表に見られるとほり、14と15の差は、5月はじめの開葉前の差が比較的大きく、開葉中の差は次第にすくなくなつて、5月末から6月中旬まで最も小さい。しかし樹冠が濃くなつた6月下旬、傘下の最低気温は繁茂した雑草の中よりも、再び 0.3° ぐらゐ高温となる傾向が見られた。

着葉前後の14と2の関係は、5月着葉前の比較的小さい差が次第に大きくなり、着葉後は傘下がいよいよ温暖な傾向をしめしてゐる。以上の関係は第12表から大體わかるが、なほ後章の第16表と第6圖にもみることができらる。

このやうに、傘下の最低気温は傘外よりも高く、傘下の仔苗または稚樹のため、低気温にたいする保護作用がみとめられる。もつとも著者は、實地にみる保護樹の効果から推察し、もつと高温が現れてゐることを豫想し、しかも結果は期待ほどでなかつた。その理由は、観測を實施した小さい潤葉樹の下に、まだ傘下気温の特徴がはつきり現れてゐなかつたためと思はれる。苫小牧演習林では、老齡なえぞまつの傘下気温を實測する興味と必要を感じたのであつたが、このやうな樹は、問題の凍害地にも附近にもえられなかつたのである。

9. 雑草中の低気温

この造林地は、成育のよいところも、観測の當時はまだ閉鎖してをらず一面に雑草がしげり、ことに被害のいちじるしいところには、 $1.0\sim 1.5\text{ m}$ の高さにほざきしもつけが密生してゐた。激害箇所のとどまつは、みなこの雑草の中で凍死し、或はほとんど將來の見込みのない凍

26) Geiger は凍害をうけた Fichte の小群團内の最低気温が、周囲よりも高かつたことをのべてゐる。Forstwiss. Centralbl. 1926. S. 290.

(32)

傷木になつてゐるのだから、雑草の中の最低気温を測る必要と興味があつた²⁷⁾。そのため観測點15を設け、昭和16年5月5日から17年4月30日まで観測を行つた。

観測點は激害地の一隅にあり、附近のとどまつ植栽木は、高さおよそ1mのほざきしもつけの中で全部凍死してゐる。11から22m離れてゐて、11におよぼしてゐた僅かな林縁の影響は、もはや、ここにはないやうに思はれた。11との高低差は0.01mにすぎなかつたから、兩所の高低差はないとみてよい。おなじ激害地の観測點2は、ここから28m離れて0.48m高いところにある。寒暖計とその地上高(0.25m)、その設置の方法などすべて他の諸點とおなじである。観測點から北へおよそ7mで幅3mほどの隆起した道があり、南にもおよそ7mで観測のため造つたおよそ1m幅の刈分道があるので、この観測點15は、ひろい雑草地の中心にあるのではなく、ひろい雑草地の一隅をなす帯狀の雑草地内にあると考へられる。

観測値は第13表である。この結果は、條件のひとつしい雑草外の他の地點の観測結果と比較するとき最も興味があるのだが、適當な場所がえられず観測をかいいたので、便宜上11と2に比較し記入しておいた。

表のとほり、5月の観測日數27日のうち霜日が15日あり、平均最低気温(27日)は -0.33° 、霜日だけの平均は -4.73° 、6月の平均最低気温は 5.62° 、霜日5日の平均は -1.34° である。これを11と比較すれば、5月は27日の平均で 0.55° 低く、6月は 0.09° 低く、5月・6月の霜日計20日の平均では 0.65° 低く、観測期間57日中の最大の差は5月15日の 1.4° 、次ぎが同月8日と16日の 1.3° であつた。15と11は土地の高さがほとんど等しいから、最低気温におよぼしてゐる高低差の影響はないと思はれるが、11は比較的暖い林縁の性質をなほいくらか持つてゐるため、結局15よりも暖い。従つて15と11の差は、15とおなじ場所で、しかも雑草のない場合よりもすこし大きいと思はれる。

次ぎに2とくらべても15の最低気温は低いが、しかしその差は11との間の差よりすくなく、5月の平均では 0.21° 低く、6月の平均はほとんど差がなく、却つて僅かに高温となる傾向をしめし、霜日20日の平均は 0.32° 低く、最大の差は5月12日の 1.3° 、次ぎは同7日の 1.1° と同15日の 0.9° である。2は15よりも少し土地が高いから、この影響は幾分あることと思はれる。

27) Staudacher, Die Frostschäden im Forstbetrieb, deren Ursachen und Bekämpfung. Forstwiss. Centralbl. 1924. S. 2-8.

W. Schädelin, Beiträge zum Kapitel Spätfrost. Schweiz. Zeitschr. f. Forstw. 1920. S. 332.

R. Geiger, Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig 1927. XIV.

第 13 表 雑草内最低気温および比較

昭和 16 年

観測點番號	15.	(11.~15.)	(2.~15.)	観測點番號	15.	(11.~15.)	(2.~15.)
V. 1	.	.	.	VI. 1	-2.6	0.5	0.0
2	.	.	.	2	11.0	0.2	0.0
3	.	.	.	3	9.5	0.2	0.1
4	.	.	.	4	9.8	0.4	0.1
5	4.8	0.5	0.2	5	7.6	0.0	-0.2
6	2.3	0.8	0.6	6	8.4	0.2	0.0
7	-9.6	1.0	1.1	7	9.3	0.4	0.2
8	-0.7	1.3	0.4	8	5.0	0.2	0.1
9	-4.7	0.9	0.4	9	-1.1	-0.1	-0.4
10	7.9	0.0	-0.4	10	-1.5	0.2	0.0
11	-5.7	1.2	0.7	11	1.3	0.0	0.0
12	-7.1	1.0	1.3	12	4.3	-0.3	-0.2
13	-10.7	1.0	0.5	13	8.3	0.1	0.0
14	-0.5	0.4	-0.2	14	-1.0	-0.2	-0.1
15	-6.4	1.4	0.9	15	8.4	0.2	0.1
16	-10.1	1.3	0.5	16	-0.5	-0.1	-0.1
17	-5.1	0.7	0.4	17	0.2	-0.2	-0.2
18	-4.5	0.8	0.5	18	7.6	0.1	0.2
19	7.7	-0.2	-0.4	19	8.2	0.1	0.1
20	-1.4	0.4	0.1	20	0.7	-0.1	-0.6
21	3.3	0.5	0.4	21	10.3	0.1	0.0
22	-1.8	0.8	0.5	22	10.1	0.2	0.1
23	9.5	0.3	0.0	23	0.3	-0.2	-0.3
24	6.9	0.2	0.1	24	3.9	0.0	0.0
25	4.5	0.0	-0.3	25	3.5	0.0	0.0
26	5.7	-0.2	-0.6	26	7.6	0.1	0.2
27	8.4	0.1	-0.3	27	16.0	0.0	0.4
28	8.4	0.0	-0.2	28	6.1	-0.1	-0.2
29	-1.0	0.0	-0.2	29	5.2	-0.1	-0.2
30	7.4	0.2	-0.2	30	14.0	0.8	0.7
31	-1.6	0.4	-0.1				
平均(27日)	-0.33	0.55	0.21	平均	5.62	0.09	-0.01
霜日平均(15日)	-4.73	0.89	0.37	霜日平均 (V,VI月20日)	-4.53	0.65	0.32

雑草内の最低気温は、自由に日光が射入する発芽前と、葉をとさしてある程度日光を遮断する発芽後とは、ちがふのが當然である。昭和16年、凍害地内のほざきしもつけは、5月13日終日の快晴により温暖な箇所から発芽がはじまり、17日には3cmほど芽を伸したのもあつ

(34)

たが、全般の發芽はそれよりおくれ、10日後の27日、新緑は浅く凍害地全體をつつむにいたつたが、莖の褐色がまだ透けて見えた程度であり、一應發芽ををはり、地床が閉鎖状態になつたのは6月中旬であつた。第14表は、觀測點15・11・2の最低氣温 5° 以下の寒冷日を、ほざきしもつけの發芽前(5月5~15日)、發芽の前期(同16~31日)、發芽の後期(6月1~15日)、發芽後(同16~30日)にわけて求めた平均値と相互の差をしめしてゐる。

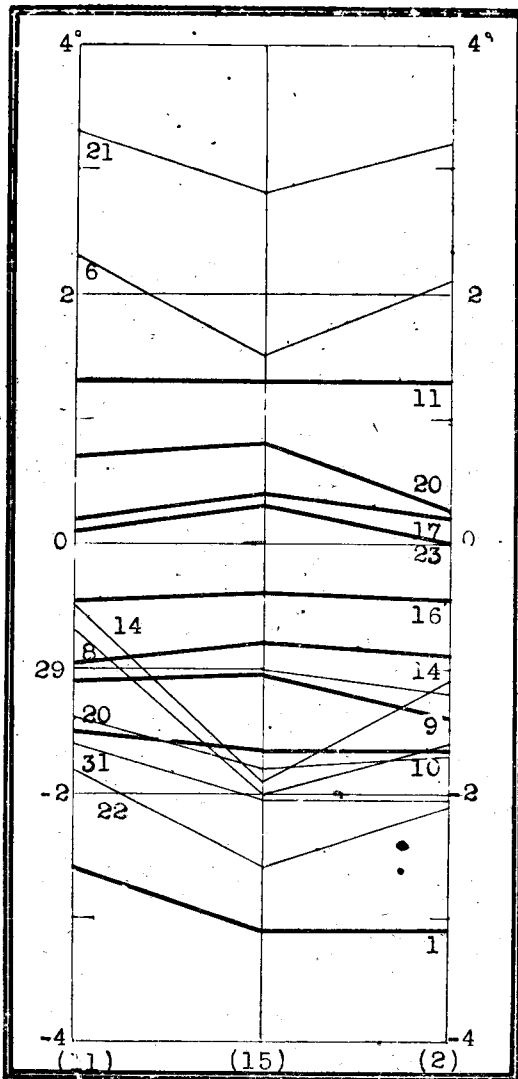
第14表 發芽の季節別雜草内外平均最低氣温および比較 $^{\circ}\text{C}$ 昭和16年

觀測點番號	15.	11.	2.	(11.~15.)	(2.-15.)	觀測日數	觀測日 (5° 以下寒冷日)
I 發芽前	-6.70	-5.68	-6.38	1.02	0.32	8	V. 7. 8. 9. 11. 12. 13. 14. 15.
II 發芽前期	-4.27	-3.64	-4.03	0.63	0.24	7	16. 17. 18. 20. 22. 29. 31.
III 發芽後期	0.59	0.63	0.50	0.04	-0.09	7	VI. 1. 8. 9. 10. 11. 12. 14. 16.
IV 發芽後	-1.42	1.32	1.22	-0.10	-0.20	6	17. 20. 23. 24. 25.

表のとほり、雜草内の最低氣温は、ほざきしもつけの發芽の進行とともに、次第に比較的高くなつてゐる。すなはち、15は11よりも始め 1.02° 低かつたのが 0.63° となり、 0.04° となり、最後は 0.10° 高くなつてゐる。2と15とでは、少いながら始めは2よりも低かつた15が、發芽の後期以後次第に2より高くなる傾向がみられる。

同じ關係は第5圖についても見られる。この圖は5月(細線)と6月(太線)の、最低氣温 -4° から $+4^{\circ}$ (この限界はただ便宜上定めた)までの寒冷日17日について、ほざきしもつけ發芽前後の、前記三つの觀測點の相互關係をしめしてゐる。發芽前は、5月の始めとして比較的温い日も15の氣温は11と2よりも相當低く、發芽の後期以後は、6月として比較的寒冷な日も15は11と2よりも相當高温であつて、最低氣温が互に近い日も、發芽の前後による傾向の差を認めることができる。たとへば5月6日と6月11日、5月8日と6月14日等のごとくである。一方、發芽の同じ時期には、毎日ほぼ同じ傾向にあることが判るであらう。

雜草内に凍害がおほい實際に照しあわせると、雜草内はその外より、もつと低温であつてよささうに思はれた。そのため著者は、ヒューズ型最低寒暖計2個を觀測點2附近に設置し、とくに夜間採出させて雜草内外の最低氣温を測つてみたが、數回の觀測の結果、晩霜季の雜草内外地上0:25mの最低氣温は、結局、前記同様、雜草内が雜草外よりおよそ 1° 低いだけであつた。自記寒暖計による連続した記録の結果も、また大體おなじ差を示してゐた。しかし雜草内の最低氣温は觀測の高さによる差が相當ある。また注意しなければならぬことは、春發芽前の雜草内が、外よりも著しく日中の氣温の高い場合があり、その大きい較差が凍害を促進してゐる事實を見逃してならぬことである。このことは後でのべる。



第5圖 昭和16年5月、6月寒冷日最低気温
 雑草の發芽につれ、季節をおひ相互關係の變化に注意
 5月は細線、日附は左
 6月は太線、日附は右

ばぬ程度に刈拂つてある。2から8mはなれ0.23m低い。床地は1×2mの矩形で、南北にならんだ1×1mの二つの正方形のうち、北側の正方形の中央に寒暖計を設置した。その寒暖計、その地上高(0.25m)、そのほか設置の方法は他の観測點とおなじである。

観測の結果は第15表で、比較のため観測點2との差を記入し、あはせて附近の前記雑草

また雑草内の低気温は、雑草の種類によつてかなりちがふものやうであり、ことに、禾本科の雑草類について低気温をたしかめたかつたが、適當な場所と機會をえなかつた。

10. 裸地の上の低気温

観測點2の地床は、一般の観測露場とほぼ同じやうに、3~5cmの低い雑草が地面をおほふてゐる。造林のとき、地床の雑草をひろく剝離することは行はれてゐないけれども下刈が行はれ²⁸⁾、苗圃の雑草はのぞかれてゐるし、裸地に造林する場合も考へられ、しかも一應比較してみる必要を覺へたので、観測點2の附近に、裸地の上の観測點13を設け、これも昭和16年5月5日から17年4月30日まで観測を実施した。

13の裸地は、最初、凍害の事實を確かめるため、無被害の健全苗を試験のため植ゑ、その後間もなく、ほとんど全部凍死してしまつた跡地で、雑草の類は根までのぞき耕鋤してあり、周圍のほざきしもつけの類は、日中床面に庇陰がおよ

28) Dauckermannは雑草を除くことは晩霜害にたいする、すぐれた手段であるといふ。Zeitschr. Forst. Jagdwes. 1898. S. 398, 410.

(36)

の中に設けた15と、小さいはるにれの傘下に設けた14との差も記入しておいた。15は13から20mはなれ0.25m低く、14は13から12mはなれて0.18m低い。13はこれらの諸点のうち、最も高温な性質をもつてゐた。

第15表 裸地上の最低気温および比較 °C

昭和16年

観測点 番 號	13.	(13.~2.)	(13.~15.)	(13.~14.)	観測点 番 號	13.	(13.~2.)	(13.~15.)	(13.~14.)
V. 1	.	.	.	.	VI. 1	-2.3	0.8	0.8	0.5
2	.	.	.	.	2	11.0	0.2	0.2	-0.1
3	.	.	.	.	3	9.6	0.2	0.3	-0.1
4	.	.	.	.	4	9.9	0.4	0.5	0.1
5	4.9	0.4	0.6	0.0	5	7.7	0.3	0.1	0.1
6	2.5	0.4	1.0	0.2	6	8.5	0.3	0.3	0.0
7	-9.1	0.4	1.5	0.9	7	9.5	-0.1	0.1	-0.4
8	-1.1	0.5	0.9	0.3	8	5.0	0.1	0.2	0.0
9	-4.6	0.6	1.0	0.4	9	-0.9	0.5	0.1	0.2
10	7.9	0.4	0.0	-0.1	10	-1.2	0.5	0.5	0.3
11	-5.5	0.7	1.4	0.6	11	2.0	0.7	0.7	0.5
12	-6.8	0.0	1.3	0.6	12	4.9	0.5	0.3	0.5
13	-10.3	0.9	1.4	0.7	13	8.4	0.2	0.2	0.0
14	-0.3	0.8	0.6	0.4	14	-0.5	0.4	0.3	0.1
15	-6.3	0.6	1.5	0.6	15	8.9	0.6	0.7	0.4
16	-9.9	1.0	1.5	0.6	16	0.0	0.5	0.4	0.2
17	-5.0	0.4	0.8	0.1	17	0.7	0.5	0.3	0.1
18	-4.4	0.4	0.9	0.3	18	7.9	0.2	0.4	0.0
19	7.8	0.3	-0.1	0.0	19	8.5	0.3	0.4	0.1
20	-1.3	0.4	0.5	0.2	20	1.1	0.9	0.3	0.3
21	3.6	0.4	0.8	0.4	21	10.5	0.2	0.2	-0.1
22	-1.6	0.5	1.0	0.4	22	10.4	0.2	0.3	0.0
23	9.5	0.3	0.3	0.1	23	0.6	0.6	0.3	-0.1
24	7.3	0.5	0.6	0.3	24	4.4	0.5	0.5	0.1
25	4.4	0.2	-0.1	0.0	25	4.0	0.5	0.5	0.0
26	5.7	0.4	-0.2	-0.1	26	8.1	0.3	0.5	0.1
27	8.3	0.3	0.0	-0.2	27	16.3	-0.1	0.3	-0.1
28	8.5	0.3	0.1	0.1	28	6.7	0.8	0.6	-0.1
29	-0.8	0.4	0.2	0.2	29	5.6	0.6	0.4	-0.2
30	7.4	0.4	0.2	0.0	30	14.8	0.1	0.8	-0.2
31	-1.8	0.3	0.2	0.1					
平均	0.33	0.45	0.66	0.26	平均	6.00	0.39	0.33	0.07

表のとほり、観測点13の5月の平均最低気温は0.33°、6月は6.00°、この2箇月の間の低

極は5月13日の -10.3° 、これは2より 0.9° 高く、まさに發芽しやうとしてゐる15の雜草のなかより 1.4° 高く、發芽してゐないはるにれの傘下14より 0.7° 高い氣温である。

各觀測點との差の平均を5月についてみれば、13は2より 0.45° 高く、15より 0.66° 高く、14より 0.26° 高い。6月の差の平均はこれよりも幾分小さいが、13がほかの觀測點より高温なことには變りがない。毎日の觀測値から、2箇月間の差の最大をあげれば、13と2の差の最大は5月16日の 1.0° 、次ぎが6月20日の 0.9° 、同じく15との差の最大は5月7日・15日・16日のそれぞれ 1.5° 、同じく14との差の最大は5月7日の 0.9° と同13日の 0.7° である。

以上の差は、全體としてみて、13と15の間の差、すなはち裸地とおよそ1mの雜草のなかとの差が最も大きく、裸地は相當高温なのである。また、13と2の差もかなり大きい日があるところから見ると、芝草ほどの低い雜草も、ない方が夜の氣温は高くなるのがわかる。その理由は裸地の土壤が日射を多く吸収し、しかも熱を比較的よく保存するに反し、雜草地では雜草のため日射がさへぎられ、しかも夜はさかんな輻射と蒸發によつて、比較的多く熱を失ふためと思はれる。

裸地の上の最低氣温は、季節の進行につれ、雜草の中や樹冠の傘下と相互の關係が違つてくる。前と同じやうに、5月と6月をほざきしもつけ發芽前後の4期にわけ、 5° 以下の寒冷な夜を平均した第16表によると、發芽前の13の最低氣温 -3.86° は、2より 0.31° 高く15より

第16表 季節別寒冷日の平均最低氣温および比較 $^{\circ}\text{C}$

昭和16年

觀測點番號	11.	15.	14.	13.	2.	觀測日數
I (發芽前)	-3.83	-4.78	-4.13	-3.86	-4.17	10
II (發芽前期)	-1.97	-2.51	-2.12	-1.87	-2.31	9
III (發芽後期)	0.63	0.59	0.70	1.00	0.50	7
IV (發芽後)	1.32	1.42	1.70	1.80	1.22	6
I ~ II	1.86	2.27	2.01	1.99	1.86	
II ~ III	2.60	3.10	2.82	2.87	2.81	
III ~ IV	0.69	0.83	1.00	0.80	0.72	
I ~ IV	5.15	6.20	5.83	5.66	5.39	

觀測點番號	(13.~2.)	(13.~15.)	(13.~14.)	(11.~15.)	(2.~15.)	(14.~2.)	(14.~15.)
I	0.31	0.92	0.27	0.95	0.61	-0.04	0.65
II	0.44	0.64	0.25	0.54	0.20	-0.19	0.39
III	0.50	0.41	0.30	0.04	-0.09	0.20	0.11
IV	0.58	0.38	0.10	-0.10	-0.20	0.48	0.28

(38)

0.92° 高く 14 より 0.27° 高く、發芽後 13 の 1.80° は 2, 15, 14 よりそれぞれ 0.58°, 0.38°, 0.10° 高い。2 は融雪が早く、また短い雑草類は春はやくから發芽して、5月の始めも6月の終りも見たところ地床の有様に大きい違ひはないが、季節がすすみ日射の強さをますにつれ、13との

差は 0.31°, 0.44°, 0.50°, 0.58°

と次第に大きくなる。これに反

し丈けの高い雑草のなかの 15

との差は、季節が進むにつれ

0.92°, 0.64°, 0.41°, 0.38° と次

第に小さくなる。傘下の 14 と

13 の差は、平均上もともあまり

大きくないのだが、これも

0.27° から 0.10° まで、次第に

小さくなる傾向を示してゐる。

この表から第6圖をえがいて、

相互の關係をみやすくした。

第16表にはまた、11・15・

14・13・2 の各觀測點につき、

開葉前後の最低氣温上昇の經路

を求めてゐる。13 について見

れば、發芽前(I)の -3.86° は

發芽前期(II)に -1.87° となつ

たから 1.99° 上昇し、發芽後

(IV)は發芽後期(III)より 0.80° 、

發芽前(I)より 5.66° 上昇した。

勿論これは、前記のどほり、 5°

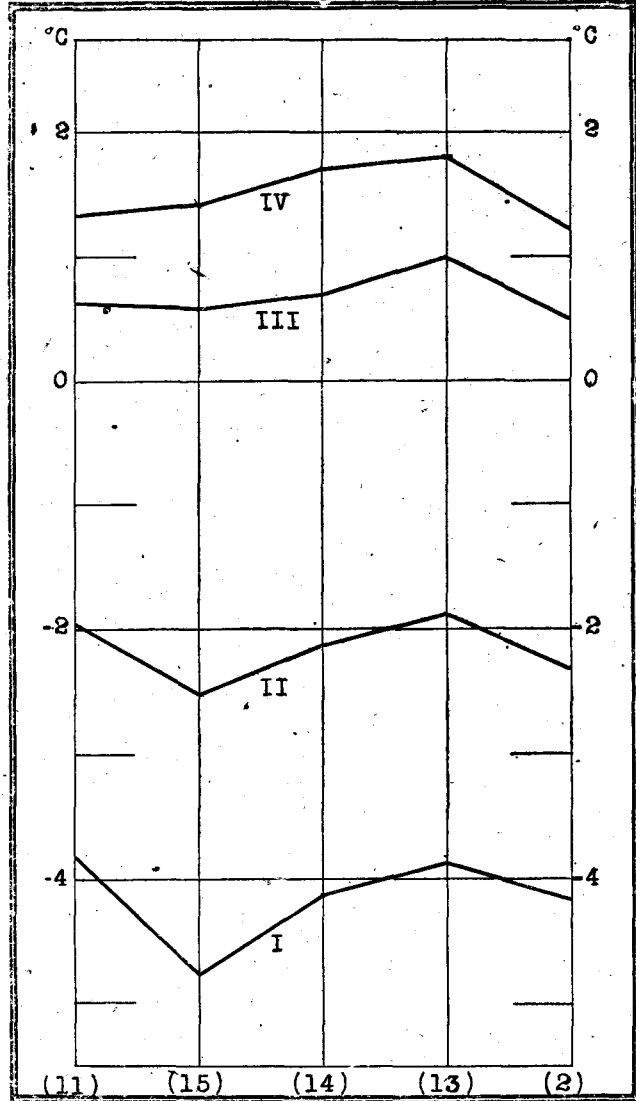
以下の寒冷な夜についてのこと

である。13 の平均最低氣温は

他のどの觀測點よりも高いが、

發芽季の最低氣温の上昇は常に

15 が最もいちじるしく、次ぎが



第6圖 昭和16年季節別寒冷日平均最低氣温

- I (V. 5~15) 雑草の發芽前10日平均
- II (V. 16~31) " 發芽前期 9日平均
- III (VI. 1~15) " 發芽後期 7日平均
- IV (VI. 16~30) " 發芽後 6日平均

14である。13は14の次ぎにあつて、以下は2・11の順になつてゐる。2と11は季節の影響が非常に少いと考へられ、13は日射の影響が大きい。それにもかかはらず15と14の気温の上昇がいちじるしいのは、雑草の發芽また潤葉樹の開葉が、最低気温の上に、相當いちじるしく影響することを示してゐる。

11. 日中の高気温と日較差

晩霜季の凍害は、夜の低気温の問題であるばかりでなく、日中の高気温とも密接な關係がある。地表附近の最高気温には、最低気温と同じやうに、やはり局地的な特徴があらはれる。したがつてまた、日較差にも局地的な特徴があり、その大きい所は凍害の危険が多いとされてゐる²⁹⁾。

昭和14年の觀測開始以來、最低気温と同時にその觀測時の気温を記録してゐたが、昭和16年5月17日以後は、おもな觀測點で最高気温も觀測することにした。器械は最低寒暖計と同様太田計器製の横掛式、球部は直径5mm、長さ25mm、 $\frac{1}{2}^{\circ}$ 分刻、 1° の分刻の長さは約3mm、これを最低寒暖計といつしよに同じ覆箱にいれ、地上高はひとしく0.25m、觀測時は最低気温と同時に行つたから午前10時である。第17表に10・11・15・14・13・2の各觀測點の最高気温と日較差をしめす。ただしこの表は、午前10時觀測のものを、當日の分として記入してあるが、實際は前日の分である。しかし低気温の影響は、當日の最高気温よりも前日の影響が大きく、日較差も表のやうに、前日の最高気温とその翌日未明の最低気温から求める方が意義があると思はれ、特にそのやうにしてこの表をつくつた。

表に見るとほり、各觀測點とも、それぞれの日の最高気温は、5月中すでに 23° 以上になることがあり、6月には 30° 以上にもなつてゐる。とくに雑草中の觀測點15は他よりいちじるしく高温で、5月21日に 27.6° 、6月28日には實に 36.1° に達した。また各觀測點には、それぞれ最高気温の特徴があるから、相互の気温の關係にほぼ一定した型の順位があり、5月17日から6月末まで45日の平均では、特別に高温な15を筆頭にして15・10・14・13・11・2の順になつてゐる。

第7圖にはこの45日の平均最高気温と、同じ45日の平均最低気温を描いてある。

すなはち圖のやうに、45日の平均最低気温(min)は、それぞれの觀測點の間にいちじるしい差をしめしてはゐないのに、平均最高気温(A)は、特別な15を除いても最低気温よりはる

29) Geiger, Woelfle und Seip, Höhenlage und Spätfrostgefährdung. Forstwiss. Centralbl. 1934. S. 147.

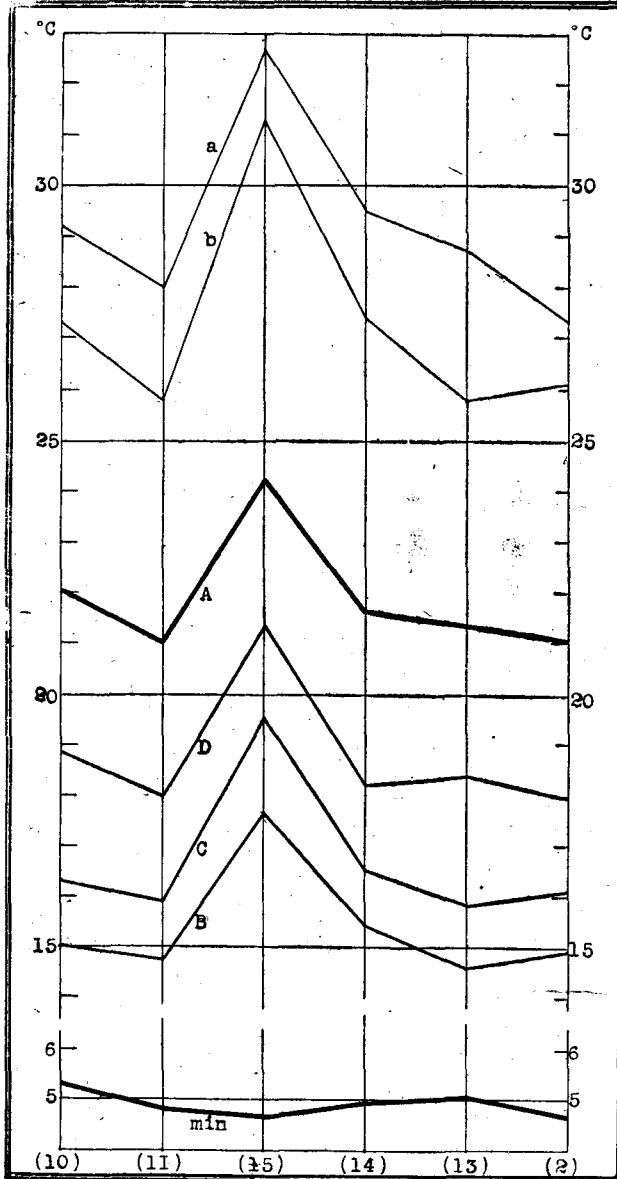
Amann, Birkenvorwald als Schutz gegen Spätfroste. Forstwiss. Centralbl. 1930. S. 500.

第 17 表 凍害地の最高気温と日較差 °C

昭和 16 年

観測點番號	10.		11.		15.		14.		13.		2.	
	最高	較差	最高	較差	最高	較差	最高	較差	最高	較差	最高	較差
V. *17	20.3	24.1	19.7	24.8	24.0	29.8	20.7	25.8	19.5	24.5	19.8	25.2
*18	23.7	27.3	21.3	25.8	26.0	31.3	22.7	27.4	21.4	25.8	21.3	26.1
19	22.8	14.8	21.6	13.9	26.3	18.4	22.7	14.9	21.3	13.5	20.3	12.8
*20	21.0	21.7	19.4	20.8	21.3	26.1	20.6	22.1	19.5	20.8	19.8	21.5
21	24.9	20.4	23.2	19.9	27.6	24.8	24.3	21.1	23.5	19.9	23.3	20.1
*22	22.3	23.5	21.3	23.1	24.7	27.3	21.8	23.8	21.7	23.3	20.9	23.0
23	23.8	14.2	22.4	12.9	26.3	17.1	22.8	13.4	22.0	12.5	22.0	12.8
24	18.4	11.0	17.8	10.9	19.8	13.1	18.6	11.6	18.0	10.7	17.8	11.0
25	13.0	8.5	12.5	8.0	13.9	9.4	12.9	8.5	12.4	8.0	12.6	8.4
26	12.4	6.6	12.7	7.0	13.0	7.1	13.0	7.2	12.4	6.7	12.7	7.4
27	13.2	4.8	13.2	4.8	13.7	5.4	13.4	4.9	13.0	4.7	13.3	5.3
28	14.2	5.8	14.5	6.1	15.3	6.9	14.8	6.4	14.6	6.1	14.6	6.4
*29	14.5	15.0	14.8	15.8	15.1	16.1	15.0	16.0	14.3	15.1	14.6	15.8
30	16.1	8.7	15.8	8.4	17.3	10.6	15.8	8.4	15.7	8.3	15.5	8.5
*31	17.4	18.9	17.6	19.2	19.8	21.8	18.8	20.7	17.6	19.4	17.5	19.6
平均最高(15日)	18.52		17.85		20.51		18.53		17.79		17.73	
平均較差		15.02		14.76		17.68		15.48		14.62		14.93
VI. *1	22.3	24.0	21.1	23.7	24.9	28.0	21.7	24.6	20.6	22.9	20.9	24.0
2	21.8	10.8	19.6	8.6	24.6	13.8	21.5	10.5	19.5	8.5	19.9	9.1
3	17.8	8.1	17.8	8.3	19.4	10.1	18.5	8.9	18.2	8.6	18.5	9.1
4	18.2	8.4	18.4	8.6	19.5	10.1	18.3	8.6	18.3	8.4	18.6	9.1
5	22.0	14.2	21.4	13.8	24.5	16.9	22.5	15.0	21.7	14.0	21.7	14.3
6	19.6	11.1	18.7	10.3	21.7	13.5	19.2	10.8	18.0	9.5	18.4	10.2
7	14.1	4.4	14.5	4.7	14.9	5.5	14.5	4.7	14.6	5.1	14.6	5.0
8	14.5	9.4	14.9	9.9	15.5	10.7	14.6	9.7	14.7	9.7	14.9	10.0
*9	19.2	19.6	18.3	19.4	22.4	23.4	19.2	20.4	17.7	18.6	18.9	20.3
*10	25.3	26.0	21.8	23.3	26.4	28.1	21.9	23.5	22.3	23.5	21.9	23.6
11	27.9	25.2	26.7	25.4	31.4	30.1	27.3	25.9	26.8	24.8	26.3	25.0
12	29.7	23.6	27.4	23.1	34.5	29.9	28.7	24.4	28.5	23.6	27.6	23.2
13	29.2	20.7	28.3	20.0	33.5	25.3	28.7	20.4	29.3	20.9	27.9	19.7
*14	22.3	21.8	21.3	22.3	25.9	26.7	21.8	22.5	21.7	22.2	20.5	21.4
15	26.7	18.0	25.7	17.3	29.6	21.4	26.4	18.0	26.5	17.6	26.4	18.1
平均最高(15日)	22.40		21.06		24.58		21.65		21.22		21.13	
平均較差		16.35		15.91		19.56		16.52		15.86		16.14
*16	29.4	29.2	27.5	28.0	32.3	32.7	29.2	29.5	28.7	28.7	26.8	27.3
17	27.7	23.7	25.7	25.5	31.4	31.0	27.2	26.7	27.4	26.7	25.6	25.4
18	29.7	22.0	28.4	20.8	34.2	26.7	29.2	21.4	30.6	22.7	28.4	20.7
19	18.0	9.5	17.5	9.3	20.6	12.5	17.7	9.4	17.9	9.4	17.3	9.1
20	20.9	18.8	19.4	18.7	25.3	24.5	20.7	20.0	20.5	19.4	18.4	18.2
21	14.9	4.3	14.7	4.3	15.1	4.8	15.0	4.5	14.9	4.4	14.8	4.5
22	14.6	4.2	14.7	4.4	14.9	4.8	14.7	4.4	14.6	4.2	14.5	4.3
*23	24.0	23.2	22.3	22.2	24.0	23.7	22.2	21.6	22.3	21.7	22.7	22.7
24	26.1	21.6	25.2	21.3	26.6	22.7	24.8	20.6	25.0	20.6	25.4	21.5
25	29.9	25.6	26.7	23.2	31.3	27.8	28.7	24.8	27.1	23.1	26.6	23.1
26	32.0	23.7	29.7	22.0	34.0	26.4	30.3	22.4	30.1	22.0	29.5	21.7
27	27.2	11.0	25.8	9.8	28.7	12.7	25.2	8.9	28.5	12.2	28.0	11.6
28	33.8	24.8	33.0	27.0	36.1	30.0	34.2	27.5	33.7	27.0	32.3	26.4
29	30.2	24.4	28.3	23.2	31.3	25.1	28.8	23.1	28.7	23.1	27.0	22.0
30	27.0	12.2	25.2	10.4	28.4	14.4	23.3	8.4	25.6	10.8	25.4	10.7
平均最高(15日)	25.69		24.27		27.61		24.74		25.40		24.18	
平均較差		18.88		18.00		21.38		18.21		18.40		17.94
平均最高(45日)	22.08		21.06		24.23		21.64		21.35		21.01	
平均較差		16.75		16.22		19.54		16.74		16.29		16.33
平均最低(45日)	5.33		4.84		4.69		4.97		5.06		4.68	

* は 2 の霜日をしめす。



第7圖 昭和16年最高気温と日較差

- A 5・6月平均最高気温 (45日)
- B 平均較差 (5月17日～31日)
- C " (6月1日～15日)
- D " (6月16日～30日)
- a 昭和16年6月16日較差
- b " 5月18日較差
- min 5・6月平均最低気温 (45日)

きい相互の差をしめし、15をもあはせ考へる時は、最高気温の相互の差はまつたくいちじるしい。また最低気温の低い観測點は、最高気温も低く、兩者は大體あひ似た關係にあるけれども、15の観測點だけは特別である。従つて雑草の中の最高気温は、雑草の外と著しくちがつた性質をもつてゐる。

第7圖にはまた、第17表にしめしてゐるとほり、6月を前と同じやうに前後の二季にわけ、5月17日から6月末までを15日づつに區切つて求めた平均較差(B・C・D)と、5月中最大の較差をしめした5月18日(b)、および6月中の同様の日、6月16日(a)の較差を、六つの観測點についてゑがいてある。

圖に見るやうに、各観測點の較差は大體最高気温に應じてをり、最高気温の高いところは較差も大きく、その低いところは較差も小さい。各観測點の平均較差は、5月中旬から6月にかけて季節をおつて次第にましてゐるが、毎日の較差は必ずしもさうでなく、各観測點とも、とどまづが開葉しはじめてゐる5

(42)

月中旬ごろ、大きい較差をあらはしてゐる。これは注意しなければならない。たとへば5月18日の較差は、どの觀測點も 25° 以上あつて、ことに雜草の中の15は 31.3° に達してゐる。これは6月の末まで、45日の間にあらはれた最大の較差、すなはち6月16日の較差が各觀測點とも 25° 以上、15は 32.7° であつたのと大差がないのである。

また圖からも察せられるやうに、季節をおふ較差の増加は、5月の後半から6月の前半にかけては、各觀測點とも大體おなじやうに増してゐるが、日射がいよいよ強くなつてきた6月の後半には、觀測點による差があらはれ、ことに林縁の10と裸地の13にみる較差の増加が目立つてゐる。理由として、林縁は風が弱いから日中の高温がよく保持され、裸地は日中地面が灼熱されるから地表附近が高温になるためと考へられる。

雜草中の15の最高氣温が特別に高いのは、開葉前もまたは開葉を一應をはつても、新綠季にあるほざきしもつけの群落のなかには、日光がほとんど自由に射入し、日中の高温が大體無風状態にある群落中の地表附近に、非常によく保持されてゐるためと思はれる。従つて7月以後ほざきしもつけの枝葉が繁茂して次第に閉鎖するにつれ、日中は高温でなくなり、盛夏には、ほかの觀測點よりもかへつて低温になることを確めてゐる。晩霜季のこの雜草中の最低氣温は、前にのべたとほり他の觀測點よりも低いのだから、雜草中の較差は特別に大きい結果となり、草の中の開葉季の苗木は凍害をうけやすく、安全な生育のため極めて不利な状態にある。

林縁の10は最高氣温が高く、較差も比較的大きいけれども、最低氣温も高いために日中の高温はかへつて有利であらう。傘下の14は、この10に必敵する程度ではないにせよ、同じやうに有利な傾向をもつてゐる。もつとも前述のとほり、14の氣温は典型的な傘下氣温でないから、壯齡以上の大きい針葉樹の傘下には、もつと有利な傾向があらはれることと想像する。

裸地の13は、夏にむかつて較差が大きくなつて行くかはり、凍害の危険がもつとも多い5月から6月初めにかけては、最低氣温が高い上に較差が少なく、生育條件はむしろ14よりもよいくらゐである。従つてまた、低い雜草に覆はれてゐる2よりも條件がよく、地被のない苗圃の圃上氣温は、地被を除きたい造林地より一般に有利なことも察せられる。

この開放地の2と遠い林縁の11は、最高氣温も較差も大體にてをり、ただ寒冷日の最低氣温がいくらか高いだけ11が有利である。しかし、双方の較差は、すべての觀測點のうち最もすくないにもかかはらず、最低氣温が低いため結局凍害は激しい。したがつて、最低氣温がこれよりも一層低く、しかも較差の極端に大きい雜草の中において、凍害がもつとも激しいのは當然である。このやうに氣温觀測の結果は、凍害の事實とよく一致してゐるのを認めるのである。

12. 朝の気温と日射

凍害は朝日と関係があつて、朝早くから日射を受けるときは被害をますと言はれてをり³⁰⁾、調査の結果から、著者もこの説に同意してゐる。すなはち問題の凍害地の西側にはからまつ林があり、林縁のとどまつは前述のとほり生育がよい。このよい生育は、林縁の最低気温が高く凍害がすくないことに基くことは確かであるが、同時に朝日の関係も影響してゐて、おなじ林縁でも、早くから朝日をうける部分の生育はわるいし、また激害地の2附近は開放地で、最も早朝から日射を受けてゐるのである。

5月・6月の苫小牧の日出は、大體4時30分前後である。しかし丘と森林にかこまれてゐる問題の凍害地まで、實際に日が射すのは午前6時ごろである。そこにおいた自記器の記録によると、最低気温は4時30分から5時までの間にあらはれ、同時に気温のゆるやかな上昇がはじまり、間もなく5時30分ごろから8時ごろにかけて、気温は急に上昇してゐる場合が多い。早朝から日射をうける所は、この8時ごろまでの気温の上昇がいちじるしく、その遅い所とは、おなじ時刻の気温に、非常に大きい差があらはれることがある。

第18表は、早くから朝日をうける開放地の2と、朝日が遅れる林縁の10の気温を、自記器の記録によりくらべてゐる。丁度、とどまつが發芽しつつあつた昭和16年の5月16日から18日まで、連続した4日間の霜日を例にえらんだ。

第18表 霜日の朝の気温 °C

観測點番號	昭16. V. 15.			16.			17.			18.		
	最低	6時	8時	最低	6時	8時	最低	6時	8時	最低	6時	8時
氣 温												
10.	-4.8	-2.0	9.0	-8.8	-5.8	5.2	-3.7	-1.7	6.6	-3.1	8.7	13.4
2.	-6.5	-2.8	10.8	-10.7	-4.1	11.3	-5.4	-0.5	7.5	-4.9	9.3	13.7
上 昇 温 度												
10.	.	2.8	13.8	.	3.0	14.0	.	2.0	10.3	.	10.8	16.5
2.	.	3.7	17.3	.	6.6	22.0	.	4.9	12.9	.	14.2	18.6
0° まで上昇した時刻												
10.	6時20分			7時30分			6時30分			2時40分		
2.	6時20分			6時30分			6時00分			2時40分		

表のとほり、もともと夜は最も寒冷となる2の最低気温は、4日のうちどの日も10より低

30) R. Geiger, Spätfroste auf den Frostflächen bei München. Forstwiss. Centralbl. 1926. S. 290.

H. Amann, Birkenvorwald als Schutz gegen Spätföste. Forstwiss. Centralbl. 1930. S. 501, 584.

藤島信太郎, 更新論的造林學, 5版, 昭18. 188-9頁. Wagner の説の紹介.

(44)

温だが、日出後は10よりもすみやかに上昇するから、6時までには、10よりも僅かに低い(15日)、またはかへつて高温となり(16・17・18日)、8時にはもはや例外なく2の方が高温である。

次に、最低気温から6時までには上昇した温度は、表のとほり、10の2.0°(17日)から10.8°(18日)平均4.65°にたいし、2は3.7°(15日)から14.2°(18日)平均7.35°で數度多く、同様に8時までには上昇した温度は10の10.3°(17日)から16.5°(18日)平均13.65°にたいし、2は12.9°(17日)から22.0°(16日)平均17.70°で、特に激しい霜日であつた16日の8時までの上昇温度は、10の14.0°にたいし、2は8°も多い22.0°といふ急激な上昇ぶりである。2におけるこのやうな早朝の気温の急上昇は、5月の中旬として必ずしも稀れでなく、自記器によると、11日には8時までには23.6°上昇し、12日には23.0°、13日には21.4°も上昇してゐる。いづれも朝は快晴であつた。これは凍結した芽または新葉に有害である。

また林縁10の気温の上昇は遅いことから、上昇の早い開放地の2よりも、0°以下の低温が昇つて0°になる時刻は、大體遅れる傾向をしめしてゐる。表のとほり、4日間の例のうち、2日は同時刻に0°となり、他の2日は30分~1時間林縁が遅れてゐる。なほ、自記紙について、その後10も2も霜日となつた5月20・22・31日・6月1・10日の5日間をしらべてみると、同時刻が2日、ほかの3日は20~40分やはり林縁の方が遅れてゐる。

以上の検討は、前記の寒暖計の覆箱どおなじ構造で少し大きい覆箱にいた、中型7日捲き自記寒暖計の記録によつてゐる。器械の高さは、雙金屬片の中心が地上0.25mにあるやうに置いた。気温が急激に変化する場合の自記寒暖計の記録はやや遅鈍であるため、10と2の気温の差、特に急上昇するときの気温の實際の差は、以上にあげたより、もつと大きいにちがひない。

なほ朝日と凍害の關係は、気温だけでなく、植物體温の問題として、朝日の直射に關して是非一言しなければならぬ。朝日の直射は遅いほど有利なはずである。よつて、2・10・8の各観測點に、晩霜季の朝日が射す時刻を知るため、地上1mの高さにそれぞれ日照計を設置し、昭和17年の5月時々観測を行つた。この結果、5月11日に、もつとも典型的な日照の記録をうることができた。これによると、開放地の2に朝日が射しはじめたのは5時57分、丘の北斜面8は6時00分、林縁の10は兩所より1時間30分以上おくれて、7時35分から朝日を受けはじめてゐた。したがつて8は2とほとんど同時に朝日をうけてゐる。しかし前述のとほり、8の最低気温は2よりいちじるしく高いため、特に寒冷な朝のほかは、朝日のわるい影響がはつきり現れないものやうである。

10の日照計は、気温の観測点から北へおよそ4m、からまつ林から約11mはなれ、林縁としては比較的早くから朝日を受けてゐるが、そこからもつと東へからまつ林に近づけば近づくほど朝日をうける時刻が遅れる。そしてからまつ林に近いほどとどまつ造林木の凍害がすくない。ここには、たかい最低気温とおそい朝日の関係がともに造林木に有利に働いてゐると思はれる。

結 言

以上の低気温の観測を行つた凍害造林地は、苫小牧演習林のなかの比較的寒冷な場所にちがひないが、5月、6月の晩霜季には、ある種の造林樹種、とくに北海道で最も有用なとどまつの幼齢時代の生育をそこなふ低気温が、毎年数回づつ地表附近にあらはれてゐる。0°以下の霜日にいたつては、20回以上もあらはれてゐる年があるのである。

この有害な低気温は、とどまつが極めて低温に感じやすいその開葉季に、-10°以下に降るときさへある。それほど低気温にふれなくとも、大體-4°前後でとどまつのふくらみかけた芽は凍死する。この被害は、開葉を終つた後の凍害のやうに目だたないが、被害は大きいから注意しなければならない。

地表附近の低気温は、この3ha内外のせまい区域のなかでも、状況によつては場所ごとにちがつてゐた。そして比較する場所によつて、6°ぐらゐまでの相互の差があつたのである。

それ故、造林または保護のために、ある林野の地表附近の低気温を必要とするときは、その場所で実際に測つてみるのが何よりである。これは適當な寒暖計さへあれば、たやすく實行できることである。これに反し、附近の氣象観測所などの観測値をつかふとすれば、豫備知識なしには誤つた結果に導かれやすいであらう。苫小牧演習林の氣象観測露場は、問題の凍害造林地を、およそ500mはなれてゐるだけであつたが、その晩霜季の最低気温(地上1.3m)は、凍害造林地の寒冷箇所地表附近よりも、しばしば5°以上高温であつた。

したがつて森林氣象の観測は、普通に行はれてゐる露場観測ばかりでなく、場合によつては、さらに地表附近の氣象要素について、適切な方法をとる必要がおこるであらう。

問題の凍害造林地では、森林の鬱閉と斜面の高さが、地表附近の低気温にもつとも大きく影響してこれを高温にした。

丘の裾の、もつとも低い場所に成林してゐたてうせんからまつの鬱閉は、これよりおよそ13m高い丘の中腹よりも、しばしば2°以上温暖な最低気温をあらはし、また林外の寒冷な場所と6.2°までの差があらはれた。これをもつても、森林の鬱閉が凍害にたいして非常に有利で

(46)

あることがわかり、それは北方の寒冷地方の造林に、種々なる示唆をあたへてゐる。

またこの凍害地も、歐洲でははれてゐるやうに、數 cm の土地の高さの差が低氣温に影響し、斜面を約 10 m のぼれば、凍死木はもとより凍傷木もほとんどない。そして丘の裾のもつとも低い場所と、これよりおよそ 13 m 高い丘の中腹との間には 4.7° までの差があらはれた。平坦地や谷筋にうゑたとどまつの寒霜害がひろく知られてゐるが、低氣温の關係は、とどまつの造林には丘または山の斜面をえらむべきことを示してゐる。

以上にくらべると、林縁・保護樹・地床の雜草などの地表附近の低氣温におよぼす影響はすくないが、しかしそれぞれ特殊の性格をもつてゐて、これを知りまたこれを利用することは、北方の寒冷地方の造林のため、極めて重要であることを知らなければならない。

また凍害を問題とするときは、低氣温と共に日中の高氣温と日較差、また早朝の日射なども考へなければならない。晩霜季の日較差は、一年のうち特に興味ある様態をしめしてゐる。

この凍害造林地内のとどまつの生育状態は、低氣温の状況その他によつて、場所ごとにちがつてゐるが、この稿では具體的にふれなかつた。

また凍害対策として、造林の場所と樹種をえらまなければならぬといふ事のほかに、大面積の皆伐を避けねばならぬこと、天然更新の有利なこと、前生樹その他の保護樹と林縁を利用すべきこと、また造林地の雜草はいかに扱ふべきかなどと、種々なる問題が解決をまつてゐる。しかしこれらについても、具體的にふれなかつた。

さらにまた、寒冷地方の造林地の凍害は、晩霜害だけの問題でなく、早霜の被害もあるし、ことに雪のすくない地方では、いはゆる冬霜の被害が大きく附加されてゐる。しかも場所ごとにちがふ冬の地表附近の低氣温は、晩霜季よりも、また早霜季よりも、はるかにいちじるしい相互の差をあらはしてゐる。これらに觸れることによつて、この稿の目的は更に補はれなければならない。