



Title	林地の地表附近に現れる低気温の観測例
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(2), 105-123
Issue Date	1949-12
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/20674
Type	departmental bulletin paper
File Information	14(2)_P105-123.pdf



林地の地表附近に現れる低気温の観測例

今 田 敬 一

Some Micro-climatical Observations on Low Temperature over Woodland

By

Keiichi Konda

目 次

緒 言	105	A. 地上 0.10 m と 0.25 m	111
1. 丘陵地の低気温	106	B. 地上 0.25 m と 1.00 m	112
A. 二つの丘の間の低気温	106	C. 地上 0.25 m と 2.00 m	114
B. 低い波状地の低気温	108	3. 雑草内外の低気温	118
2. 観測の地上高と低気温	111	要 結	122

緒 言

林地は環境としての諸条件——たとえば地形や地床の状態などがさまざまであるため、気温が場所ごとに可なりちがついて、ことに地面に近い気層では、このちがいが著しくあらわれる。

この事は、林地の気象現象として非常に面白いばかりでなく、森林の生育の上にもいろいろ影響を及ぼしているから、我々としてはぜひ認識を深めておかねばならぬ事なのである。

気温の諸問題のうち、北方には何よりもまず低気温の問題がある。著者は昭和 14 年から、北海道大學の苫小牧演習林で、この問題の研究に従事したのだが、この際、ある地點で比較的長期の観測をつづけるとともに、他の多くの地點で期間の短い観測——極端な場合にはただ 1 回かぎりの観測を行い、また時には、期間の短かい観測をおなじ場所でも何回も繰返したりして、地表附近の低気温の配布状態を知ろうとした。

以下にあげるものは、それら期間のみじかい観測のうちから、興味があつた二、三の例をえらみ、今後なお研究を進めるための礎石としたものである。

この研究は、服部報公會と日本學術振興會の援助、引續いて文部省自然科學研究費をうけた、森林の微氣候に關する著者の研究の一部で、さきに公刊した「晩霜季における林地の低氣温*」その他**と、密接なつながりをもっている。

1. 丘陵地の低氣温

A. 二つの丘の間の低氣温

苫小牧演習林を、東南につらぬいている幌内川の流域の一部は可なりひろい平坦地で、この平らかな流域をはさみ、高さ 30 m ほどの丘が向いあつている。

この二つに丘のうち、右岸の丘の裾(幌内事業區第 21 林班)に、皆伐跡地の開放地状態にある凍害造林地があり、ここで低氣温の觀測を實施した結果、この裾は高みに登るほど高温となり、丘の頂は最も高温であることを確めることができた。

しかし、この丘から對岸の丘にかけての低氣温の配布状態は不明であつたから、昭和 14 年 12 月 22 日、圖上の距離およそ 700 m のあいだに 8 箇所の觀測點をもうけ、最低氣温の觀測を實施した。

使用した寒暖計は大田計器製棒状の横掛最低寒暖計、器差はほとんどなく分刻は $\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ 、これを通風のよい内外白ペンキ塗木製長方形 (20×15×70cm) の特殊な覆箱にいれ、寒暖計の地上高はすべて 0.25 m として測つた。

右岸の丘はとどまつとドイツとうひの若い造林地、左岸の丘は雑木林で、また右岸の丘の裾には 1~1.5 m のほぎきしもつけを主とする雑草が密生していたが、ひろい孔隙や伐開地の利用と、たかい雑草の刈拂いによつて、それらの大きい影響を除くようにした。

しかし、特にストロブ松の傘下氣温を測つたところがある。この松は平地に孤立している植栽木で、樹高およそ 10 m、枝張りの平均 7.5 m、枝下の高さ 1.7 m、寒暖計は樹冠の真下に幹にちかくおいた。

積雪はまだ浅く、平地はおよそ 7 cm、林地は可なり不規則で、所によつては地面があらわれていた。

觀測前夜の 21 日の夜はほとんど無風、よく晴れて星がみえ、22 日の明け方は雲量 2、いちじるしい樹霜、12 月の典型的な霜日であつた。

* 北海道大學農學部演習林研究報告。第 14 卷、第 1 號、昭和 23 年、1-46 頁。

** 寒地造林と地表附近の低氣温。北方林業研究會講演集、第 1 輯、昭和 15 年、20-24 頁。

北方林野の氣温。北方農業研究、昭和 18 年、107-134 頁。

林野の最低氣温。應用氣象、第 1 卷、第 1 號、昭和 21 年、7-13 頁。

表 1

観測点	比高 (m)	最低気温 (C)	観測点の状況
1. 左岸の丘の頂	30.5	-10.8	廣い帯状の伐開地, 地床は裸地の上に浅い積雪
2. 左岸の丘の麓	0.4	-14.4	廣い開放地, 地床は低い雑草の上に浅い積雪
3. 平地	0.2	-14.0	廣い平地, 地床は芝草, 積雪 7 cm
4. ストローブ松の傘下	0.2	-11.7	平地の孤立木, 地床は芝草, 積雪はない
5. 同 傘外の平地	0.0	-16.6	芝草の上に浅い積雪, 寒暖計は松の幹から 9 m はなれている, 浅い積雪
6. 凍害造林地	1.3	-18.3	丘の裾のゆるやかな凹地, 1~1.5 m の雑草を観測点を中心に 4 m ² ほど刈拂ふ, 浅い積雪
7. 右岸の丘の中腹	13.6	-13.9	若い造林地の大きい孔隙, 樹高およそ 2 m, 低い雑草の上に浅い積雪
8. 右岸の丘の頂	28.3	-11.6	同上

観測の結果は表1のとおりであつたが, なお参考のために圖1をそえる。

八つの観測点のうち,

最も低温があらわれたのは、右岸の凍害地で -18.3° , また最も高温があらわれたのは、最も高い左岸の丘の頂で -10.8° , 従つてその差は 7.5° に達した¹⁾。

右岸の丘は左岸の丘よりも 2.2 m 低く, 気温も左岸の丘より 0.8° 低い -11.6° をえた。しかしこのように,

丘の頂には, 左右どちらの丘にも, 他の観測点とくらべると著しい高温があらわれた。

場所による低温の差が大きいということは, 寒冷季の特徴で, また同時に寒冷な霜日の特徴である。それゆえ, 温暖季と温暖な曇日に, これだけの差はみられないに違いないが, また, これよりも大きい差がみられる場合もあるに違いない。

右岸の凍害地が, 他の観測点よりもいちじるしく低温となつているのは, この凍害地が大

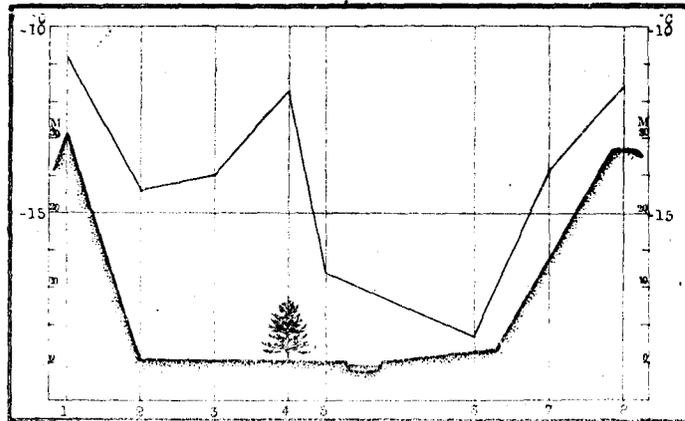


圖 1 二つの丘の間の最低気温
(昭和 14 年 12 月 22 日)

1) Schmidt は深いドリネの嚴冬の最低気温をはかり, 溪底で -28.8° , これより約 40 m たかい NNE 斜面で -15.6° , WSW 斜面で -12.4° をえている。Geiger, Mikroklima und pflanzenklima. Berlin 1930, S. 29.

きい斜面に続くゆるやかな凹地をしめ、特に低温となりやすい地形上の霜孔になつているからである。

それにしても、この凍害地より1mも低い左岸の丘の麓とこれにつづく平地が、それぞれ -14.4° と -14.0° で可なり高温をしめしている理由は、それらの近くにある大きい雑木林と多数の植込みが、比較的温暖な環境をつくつていたためと思われる。

したがつて、この温暖な環境からはずれているストロブ松傘外の観測點は、凍害地におよばないまでも相當な低温 -16.6° である。

そしてストロブ松の傘下がいちじるしい高温で -11.7° をしめし、ほとんど左右の丘の頂の高温にちかひことは面白い、この傘下気温は、ほとんどおなじ平地にあつて僅か9mしかはなれていない傘外気温よりも、ほとんど 5° も高いのである。

以上のとおり、局所的な条件の影響はあるけれども、全體としてみて、幌内川をはさむこの谷間には、左岸の丘から右岸の丘にかけて、低所ほど低温で高所ほど高温な最低気温が、地表附近に配布されていることを知るのである²⁾。

このことはまた、苫小牧演習林の、すべての大きい丘と丘の間にみられる現象と考えられる。

B. 低い波状地の低気温

苫小牧演習林は火山灰の丘陵地で、いたるところに低い丘が波のように起伏している。丘の走向は、大體どこも西北から東南に向つているから、丘の斜面は、大體東北とその反対の西南に面している。谷はどこもたいてい浅く幅もせまいが、丘のなかには、頂が臺地状にひろがつているものもある。

山の神事業區第10林班は、このような地形を代表して、高さ5~6m(標高約60m)前後の大小の丘が波状にいくつも起伏し、なかには臺地状の丘もある。ここはまた廣い皆伐跡地で、膝ぐらいまでの高さに雑草が疎生し、大部分にとどまつをうえてあるが、まだ雑草の高さを抜くまでになつていない。

この波状地に、どのような低気温があらわれているかを知るため、昭和17年5月14日、最低気温を観測した。雑木林の新緑にはまだすこし早く、地床はほとんど冬枯れのままの枯草に低くおおわれ、造林地には、凍害をうけて赤くなつた小さいとどまつが點々とみられた。

2) もつと規模の大きい丘山と谷にも、おなじような關係がある。しかし、斜面をのぼつて最低気温が高くなるのには限りがあつて、Schmidtその他の観測によると、大體、比高70~80m前後までである。Geiger, Mikroklima und pflanzenklima. S. 29.— Geiger, Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig 1927, XI.

観測の方法は、この起伏をほとんど直角に横断する延長 500 m あまりの観測線をもうけ、この線にそい 15 個のシツクス寒暖計を配置した。

この寒暖計は略測用としてしばしば使つていたもので、分刻は 1°, 器差の厳密な検定は困難であつたため、多数のおなじ型のものなかから、相互の指度の差がすくないものを特にえらんで使つた。どの寒暖計も、球部の位置に、亜鉛板製内外白ペンキ塗、マツチの上箱様の覆 (6×7×3 cm) を取付けている。これは最高気温を測るときに、日光の直射をさえぎる爲のものであつた。

15 の観測点には、それぞれ測量用の小さい標杭を打ち、この側面に、球部の高さがどれも 0.25 m となるように寒暖計を吊した。周囲の枯草はそのままにしておいたが、ほとんど倒伏して、雑草内の特殊な気温が影響するようなことはなかつた筈である。

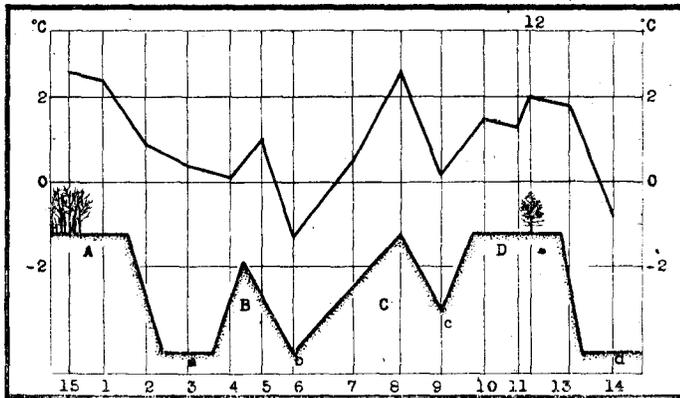
結果は表 2 のとおりである。

表 2

観測点番號	距 離 (m)	最低気温 (C)	観 測 点 の 状 況
35	40	2.6	大きい丘の頂, 雑木林の中
1	0	2.4	おなじ丘の頂
2	150	1.4	おなじ丘の東北斜面
3	100	0.4	浅いやや廣い谷底
4	150	0.2	小さい丘の西南斜面
5	177	1.0	おなじ丘の東北斜面
6	200	-1.3	浅い谷底
7	246	0.5	やや大きい丘の西南斜面
8	300	2.6	おなじ丘の狭い頂
9	350	0.2	最も浅い狭い谷底
10	400	1.5	大きい丘の高臺状の頂, 谷にちかい個所
11	440	1.3	おなじ高臺の中央部
12	450	2.0	同上附近の小さいえぞまつの傘下
13	500	1.8	おなじ丘の東北斜面
14	550	-0.8	深く廣い谷底
藁 場	1000	-0.2	観測の地上高 1.3 m, 百葉箱の中

圖 2 は、地形の概念圖の上に最低気温をえがいたもので、距離は正しいが、高低測量を缺いたため、高さは必ずしも正しくない。

この観測を實施した苫小牧演習林の 5 月の中ごろは、とどまつの冬芽がそろそろ開きはじめ、しかも地表附近には著しい低気温があらわれて、条件の悪い若い造林地に、晩霜季の凍害がしきりに起る危険な季節であるが、たまたま観測前日 13 日の夜半から雨模様になり、14



■ 2 低い波状地の最低気温
(昭和17年5月14日)

この日の観測の結果では、bの谷が最も低温で -1.3° 、Aの丘とCの丘の頂が最も高温で $+2.6^{\circ}$ 、したがってこの差はほとんど 4° である。そして場所により微細の差は可なりちがうが、全體として、谷の底は低温で丘の頂は高温、丘の斜面はこの二つの間にあることがわかる。

深さも廣さも、大體似ていると思われるaとdの谷の低温に可なり差があるのは、Aの丘が雑木林に覆われているのに、dの谷の周辺はまつたく無林の皆伐地であることが、主な理由にちがいない。

Bの丘の東北斜面とbの谷には、わずか23mはなれている二つの観測点の間に、曇日にもかかわらず 2.3° のちがいが現われた。高低差は2~3mぐらいであろう。これは地形による低温の配布の差を、よく示している。

bの谷が最も低温になつたのは、谷の周辺が廣い皆伐地である上に、特に廣大で放熱のさかんなCの丘の西南斜面を控えていた爲であろう。

廣い高臺は低温と考えられている。AとCの丘の頂とくらべれば、Dの丘の頂はそのような傾向をみせている。

また丘の頂の縁は暖いといわれ、この観測の結果も、Dの丘の縁と中央部に、このような傾向をみせているが、使つた寒暖計の精度では、これを言切るだけの自信がもてない。

Dの丘の上に孤立しているえぞまつがある。これは樹高およそ4m、はじめ雑木林のなかにあつた被壓木で、樹冠の發達は貧弱だが、それでも傘下は傘外より確かに高温である。

これに較べれば、Aの丘の雑木林の内と外のちがいは意外にすくない。

ここから南におよそ1000mはなれている露場の最低気温は -0.2° (地上1.3m)、またその近くの苗圃は -0.7° (地上0.25m)であつた。この二つの気温は観測の方法がちがつていて、前

日の最低気温は全般に高く、また曇日の常として、それぞれの観測点の間の、最低气温の差はあまり著しくなかつた。

しかし、地形による最低气温の差はやはり現れている。

この日の観測の結果では、bの谷が最も低温で

記の低温と比較することが許されない。しかしここは、Aの丘を間にはさむaの反対側の谷で、比較的暖いAの丘を下れば、また寒冷な谷になつてゐることが判るのである。

以上の二つの最低気温の観測は、季節も天気もちがつてゐるけれども、これによつて、苫小牧演習林の丘陵地一帯の地表附近には、丘と谷の規模の大小にかかわらず、常に、谷に低温、丘に高温があらわれ、谷も丘も高く登るほど高温になつてゐると考えられる³⁾。ただしこの関係は、森林や地床の状況、局地的な地形、斜面方位などの影響を更にうけてゐるのである。

2. 観測の地上高と低気温⁴⁾

昭和14年以來實施した著者の林地の低気温に関する観測は、ほとんどすべての場合地上0.25 mの高さで測つてゐるが、地面からの高さによつて、林地の気温はどのような状態にあるかということは、絶えず確かめたいと思つてゐた。そして観測の餘力は乏しかつたけれども、事情の許すかぎり、この観測につとめ、若干の結果を得ることができた。

つぎの例はそれらの中の一部である。

A. 地上0.10 m と 0.25 m

前に書いた幌内事業區第21林班の凍害造林地では、最も被害がはげしい——従つてまた非常に低温な地點で、地上0.25 mの最低気温を測りつづけてゐた。この高さは、とどまつやえぞまつの山出苗の高さに大體あたつてゐるのだが、實生の稚苗が生活しなければならない、もつと地面にちかい氣層の低気温を知りたいと思ひ、昭和14年の7月1日から12月21日まで、地上0.25 mの観測といつしよに、地上0.10 mの最低気温を測つてみた。

寒暖計は兩方ともおなじ型で前記の大田計器製横掛最低寒暖計、これをおなじ型の2個の覆箱——これも前記のとおり木製内外白ペンキ塗筒形の細長い箱(20×15×70 cm)に別々に入れ、寒暖計の球部を所要の高さとなるように設置した。

覆箱は正±分の板をつかい、また寒暖計は箱のなかの高さ5 cmの架臺の上に平らに置いたから、低く設置した覆箱の底板は地面からおよそ± cmはなれてゐるだけで、高く設置した方は、およそ19 cmはなれてゐた。

底板は1枚張りで透しはない。左右——箱の長軸の方向にほとんど吹抜ける通風口があり、また板の上蓋と箱の縁の間に間隙をつくつて通風を助けてゐる。

3) 微氣候におよぼす地形の影響は特にいちじるしい。Geiger, Mikroklima und pflanzenklima. IV.

4) かつてバイエルンの各地で一齊に行われた、地表附近の気温の垂直配布に関する観測の地上高は、0.05 m, 0.25 m, 0.50 m, 1.00 mであつた。

観測の結果を表3にまとめてみた。12月は観測を打切つた21日までの分である。下層と上層の差の欄には、月別平均から計算したものを記入し、毎日の差の最大の欄には、毎日の差を計算し、その中から、それぞれの月にあらわれた最大のものを記入している。

表3 月別平均最低気温 (°C)

月 別	VII	VIII	IX	X	XI	XII	平均
地上 0.10 m	14.90	17.16	12.04	- 1.80	- 8.60	- 15.45	3.04
地上 0.25 m	14.27	16.43	11.12	- 2.78	- 9.65	- 17.17	2.04
下層 ~ 上層	0.63	0.73	0.92	0.98	1.05	1.72	1.00
毎日の差の最大	1.8	1.3	2.5	1.8	2.4	3.0	2.13
観測日数	31	31	30	31	30	21	計 174
差 $\geq 1^\circ$ 日数	1	8	14	19	15	19	76
差 $\geq 2^\circ$ 日数	0	0	1	0	3	6	10

表のとおり月の平均は、下層(0.10 m)の最低気温が常に上層(0.25 m)よりも高温であつた。おなじことは毎日の最低気温についてもいわれ、観測を実施した連続174日のあいだに、上層が逆に高温となつた日はただ1回(10月28日)、しかもその差は 0.1° にすぎず、ほかに上・下両層がひとしくなつた日が、これもただ1回(11月20日)あつたばかりである⁵⁾。

また観測期間中の差の最大は 3° であつたが、これもただ1回(12月19日)であつた。しかし 2° 以上の差があらわれた日は10回、 1° 以上の差があらわれた日は76回であつた。

そして観測期間174日にあらわれた差の平均は 1.00° である。

地上0.10 mと0.25 mと、上下のへだたりは僅か15 cmにすぎない。ここに平均 1° 、最大 3° 、毎月すくなくとも 1.3° 以上の差をみる日があるということは、著しい現象であるといつてよい。

この現象は、温暖季から寒冷季にむかつてしだいに目立つてくる。そして12月には、きわだつて著しくなつてゐることを表3がしめしている。

B. 地上 0.25 m と 1.00 m

著者はまた、林地における地上0.25 mと1.00 mの低気温をくらべてみた。

観測の場所は、地上0.25 mと0.10 mをくらべた前記の凍害造林地で、しかも全くおなじ箇所である。

5) Wradeは4月から6月まで観測を実施し、地上0.05 mの最低気温が上層より高温であることを注意し、その理由は、日中の温熱を土壌が蓄積しているためであるといつた。Die Bestandes-Klimatologie und ihr Einfluss auf die Biologie der Verjüngung unter Schirm und in der Gruppe. Forstw. Cbl. 1925, S. 494.

観測の方法も前とおなじことで、先きの地上 0.10 m の観測施設をそのまま 1.00 m に高めただけである。0.25 m の観測施設にはすこしも変更がない。

ただ観測の期間は、1年後の昭和 15 年 7 月 1 日からはじまり、翌年の 5 月 4 日までで、観測日数は 295 日である。

苫小牧演習林の冬は、すくないながら積雪がある。15 年の 12 月はほとんど積雪がなかつたが、露場で測つた翌 16 年の 1 月の平均深度は 7.5 cm、2 月は 26.7 cm、3 月は 19.9 cm、4 月の積雪は上旬かぎりでの後は消失した。

観測の結果を表 4 に、月別の平均最低気温としてまとめてみた。

表 4 月別平均最低気温 °C

月 別	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	平均
地上 1.00 m	14.18	15.16	5.89	-4.77	-6.47	-10.80	-16.80	-16.00	-11.25	-5.91	-3.68
地上 0.25 m	13.88	15.12	5.47	-4.96	-7.16	-11.88	-18.68	-17.93	-11.94	-5.98	-4.41
上層 ~ 下層	0.30	0.04	0.42	0.19	0.69	1.08	1.88	1.93	0.69	0.07	0.73
差の最大	0.6	0.7	1.7	1.4	2.2	3.2	8.4	10.6	3.9	3.1	3.58
観測日数	31	30	29	28	28	31	31	27	31	29	計 295
上層 > 下層 日数	8	21	21	18	21	26	28	23	24	15	205
上層 ≦ 下層 日数	23	9	8	10	7	5	3	4	7	14	90
差 ≧ 1° 日数	0	0	6	4	4	9	14	19	10	1	67
差 ≧ 3° 日数	0	0	0	0	0	1	7	6	2	1	17
差 ≧ 5° 日数	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	8

このように、月の平均として、上層 (1.00 m) の最低気温は下層 (0.25 m) よりも常に高温である⁶⁾。しかしその差は、寒冷季を除いて非常にすくなく、ことに 8 月と 4 月は 0.1° にさえみたくない。またその差は、全體としてみて、温暖季から寒冷季へ、始めは僅かだが、やがて急にいちじるしくなる。また寒冷季から温暖季へ、その逆があらわれる。

上層と下層のへだたりは 75 cm だが、1 月と 2 月には、ここにそれぞれにちかい差があらわれている。

これは月の平均のことで、毎日のこととなると、寒冷季の上層と下層の差は平均をはるかに上廻り、1 月には最大 8.4° までの差があらわれ、2 月には、實に 10.6° までの差があらわれ、

6) Amann は 5 月中・下旬の皆伐跡地で地上 0.25 m と 1.00 m の最低気温をはかり、同様に上層は下層よりも高温である結果をえた。その差は観測 11 日の平均で 1.3°、差の最大は 2.1° であつた。Woelfle, Waldbau und Forstmeteorologie. Neudamm und Berlin 1939, S. 19.—また Geiger も、丘山の斜面の春・夏・秋の最低気温を地上 0.25 m と 1.00 m で観測している。この結果も上層は下層より高温で、その差はたとえば中腹の斜面では平均 0.6°、また晴れた夜の平均は 1.0° であつた。Messung des Expositionsklimas. Forstw. Cbl. 1928, S. 637.

た。しかし7月と8月には、 0.6° と 0.7° までの差があらわれたにすぎなかつた。

表4は、この毎日の傾向をとりまとめている。

前にしめしたとおり、7月の平均最低気温は、僅かではあるが上層は下層より高温であつた。しかしこのように、上層が下層よりも高温であつた日は7月のうち8日だけで、ほかの23日は、反対に、下層の方が高温であるか、又は上層と下層がひとしいのである。

この7月と4月を除いた他の月は、大體月の20日以上、上層が下層より高温である。ことに1月は月の28日まで上層が高温である。

上層が下層よりも低温な日は、毎月3日ないし23日あつて、これは寒冷な日にあらわれる傾きがあることを注意したい。

また表のとおり、7月と8月には、上層と下層の差が 1° をこえている日は1日もなく、4月も、 3.1° の差をしめした日(3日)ただ1回をのぞけば、 1° をこえている日がないのである。だが1月と2月には、観測日数の半ばまたは半ば以上が 1° をこえている。

12月から翌年の4月までは、毎月 8° 以上の差があらわれている。

表5 上・下層の極端な最低気温の差 $^{\circ}\text{C}$

上層~下層	地上1.0m	地上0.25m	月日
10.6	-21.1	-31.7	II. 11
8.4	-21.3	-29.7	I. 31
7.1	-21.3	-28.4	I. 17
7.0	-21.3	-28.3	I. 16
6.9	-20.9	-27.8	II. 14
6.1	-21.0	-27.1	II. 9
5.8	-21.3	-27.1	I. 15
5.2	-21.1	-26.3	II. 13

5° 以上の大きい差があつたのは、1月と2

月だけで、夫々このような日が4日づつあらわれている。

つぎの表は 5° 以上の極端な差があらわれた日の、上層と下層の最低気温である。

このように、いずれも1月の半ばから2月の半ばにかけて厳冬季にあらわれている。これは實にいちじるしい現象であると思われる。

C. 地上0.25mと2.00m

著者はまた、昭和15年の秋から16年の春にかけて、地上0.25mと2.00mの最低気温をとまどき測つていた。

この観測は前記の凍害造林地の中心ばかりでなく、その附近の數箇所でも同時に行つたもので、このような方法をとつたのは、上層と下層の低気温の關係は、林地の箇所によつて可なりちがうことに気がついていたからである。

出来れば連続した長期の観測をしたかつたが、10回の観測を行つただけであつた。しかし大體の傾向は知ることができたと思う。

観測の箇所はつぎのとおりである。

林内 前記の凍害造林地の隣にある ちようせんからまつ林。平均樹高 14 m, 林冠は閉じていて下木も下草もない。観測点は林縁から 33 m はなれている。

林縁 このからまつ林の林縁。観測点はいちばん外側の植列から 9 m はなれている。ここは凍害地の地つづきで、凍害木とみてよい生育不良木と枯損木も散在する。

開放地 凍害造林地の激害地点。地上 0.25 m と 0.10 m, また 0.25 m と 1.00 m の低気温を測つた前記の地点。

丘地 この凍害地につづいている小高い丘の中腹。北斜面。

使つた寒暖計は、前にあげたツックスの最高最低寒暖計で、球部には前記の亜鉛板製白ペンキ塗の小型な覆を取付けてある。この寒暖計を 2 個づつ、それぞれの観測点にまつすぐ立てたたるきに、必要な高さをあたえて懸垂した。このたるきは白ペンキ塗、一定の高さに釘をうち、なお寒暖計が風に動かされないよう簡単な装置をした。

結果は表 6 のとおり、林内を除けば全體として上層 (2.00 m) は下層 (0.25 m) よりも高温である。ことに、凍害地となつている開放地は、観測 10 回のうち 9 回まで上層が高温、また林縁もこれにちかく、観測 9 回のうち 8 回まで上層が高温であつた。

しかし、林内だけは関係が反対になつていて、上層が高温であつたのは 10 回のうち 3 回だけで、その他は下層が高温であるか、または上層も下層もおなじ温度であつた⁷⁾。

上層と下層の差は、この林内がいちばん少く、 1° をこえている日は 1 回だけで、ほかは上も下も大體おなじくらいだが、開放地には 1° をこえる日が 9 回もあり、林縁では 4 回、丘の中腹では 6 回をかぞえた。

この差が 3° をこえている日となると、開放地には 6 回あるのに、林縁にはただ 1 回、丘の中腹と林内には、もはや 1 回もないのである。

そして上層と下層の差の最大は、開放地 4.3° 、林縁 3.2° 、丘の中腹 2.6° 、林内は前記のとおりただ 1 回で特別な 1.5° である。

以上の四つの観測点にあらわれている上層と下層の最低気温の差は、開放地が最もいちじるしく、林内はその反対である。そして林縁と丘の中腹はこの二つの間にあり、林縁よりも、丘の中腹にあらわれる差がいくらか著しいようである。

気温をはかる普通の高さ——地上 1.5 m くらいの高さになると、観測の場所による気温の

7) Geiger と Amann は、春と夏の林内の最低気温を地上 0.05 m, 0.25 m, 0.50 m, 1.00 m ではかり、上層と下層の差は非常にすくないという結果をえた。下層が低温となる場合はあつても、その差はわずかであるという。Forstmeteorologische Messungen in einem Eichenbestand. Forstw. Cbl. 1931, S. 712.—Woelfle, Waldbau und Forstmeteorologie. S. 19.

表 6

最低気温 °C

観測点	からまつ林内		同 林 縁		開 放 地			丘 の 中 腹	
比 高 (m)	0.00		0.08		0.57			12.90	
観測の地上高 (m)	0.25	2.00	0.25	2.00	0.25	2.00	1.00*	0.25	2.00
X. 30	0.4	0.3	-2.9	-0.3	-4.0	0.3	-3.6	.	.
	0.1		2.6		4.3			.	.
31	-1.2	-1.7	-4.9	-2.5	-7.3	-3.3	-6.0	.	.
	0.5		2.4		4.0			.	.
XI. 1	3.8	3.6	0.9	2.3	-0.2	1.7	-0.1	2.6	4.3
	0.2		1.4		1.9			1.7	
2	0.0	0.0	-2.7	0.5	-4.1	-0.8	-3.6	-1.3	0.8
	0.0		3.2		3.3			2.1	
17	4.3	4.2	3.5	4.1	3.5	4.6	3.7	4.8	4.4
	0.1		0.6		1.1			0.4	
XII. 1	-2.2	-2.2	-5.5	-5.0	-7.0	-3.9	-5.4	-4.4	-2.6
	0.0		0.5		3.1			1.8	
I. 12	-4.2	-3.6	-4.7	-5.1	-5.4	-5.5	-4.8	-5.0	-4.3
	0.6		0.4		0.1			0.7	
II. 2	-12.8	-11.3	-15.2	-15.0	-19.6	-15.9	-17.8	-12.0	-9.9
	1.5		0.2		3.7			2.1	
16	-8.6	-8.3	-12.1	-11.2	-15.2	-12.2	-12.7	-10.7	-8.1
	0.3		0.9		3.0			2.6	
IV. 1	-1.3	-1.4	.	.	-6.0	-4.9	-5.3	-3.5	-4.0
	0.1		.		1.1			0.5	
差の最大	1.5		3.2		4.3			2.6	
差 $\geq 1^\circ$ 日数	1		4		9			5	
差 $\geq 2^\circ$ 日数	0		3		6			3	
差 $\geq 3^\circ$ 日数	0		1		6			0	
上層 > 下層	3		8		9			6	
上層 \leq 下層	7		1		1			2	
観測日数	10		9		10			8	

* 観測の方法が他とちがっている。

差は一般にすくなくなると考えられるが⁸⁾、林地では地上 2.00 m でも、この差は可なりいちじらしい。

表 7 は表 6 から、観測点相互の間にあらわれた最低気温の最大の差を、毎回の観測ごとに計算したもので、たとえば 10 月 30 日の地上 0.25 m には、林縁と林内の間に当日の最大の差 0.6° があらわれ、またおなじ日の地上 2.00 m には、開放地と林内の間に最大の差 0.6° があらわれたことを示す。

このように、地上 0.25 m の最低気温は、観測の場所によつて 1.3° から 7.6° まで、平均で

8) Geiger は、植物が繁茂していない平地の地表附近にあらわれる特殊気候の高さの限界を 1.5~2.0 m とみなしている。Mikroklima und Pflanzenklima. S. 21.

は 4.48° ちがつており、地上 2.00 m では、 0.5° から 6.0° まで、平均 2.52° ちがつている。

表 7 最低気温、観測の場所による最大の差 $^{\circ}\text{C}$

月 日	0.25 m	観 測 点	2.00 m	観 測 点
X. 30	4.4	開放地 ~ 林 内	0.6	林 縁 ~ 林 内
31	6.1	” ~ ”	1.6	開放地 ~ ”
XI. 1	4.0	” ~ ”	2.6	” ~ 丘
2	4.1	” ~ ”	1.6	” ~ ”
17	1.3	” ~ 丘	0.5	” ~ 林 縁
XII. 1	4.8	” ~ 林 内	2.8	林 内 ~ ”
I. 12	1.2	” ~ ”	1.9	開放地 ~ 林 内
II. 2	7.6	” ~ 丘	6.0	” ~ 丘
16	6.6	” ~ 林 内	4.1	” ~ ”
IV. 1	4.7	” ~ ”	3.5	” ~ 林 内
平 均	4.48		2.52	

この平均についてみれば、地上 2.00 m にあらわれるちがいは、地上 0.25 m のちがいの大体半分である。しかし観測 10 回のうちに、 6° までのちがいがこの地上 2.00 m にあらわれているということは著しいことである。このちがいは、観測回数——ことに寒冷季の観測をませば確かにもつと大きくなる。

また表 6 と表 7 から、つぎのことを知ることができよう。

地上 0.25 m の最低気温は、四つの観測点のうち開放地がいちばん低温で、林内はたいていいちばん高温である。しかし時として、林内は丘の中腹より低温となることがあり、全體としては、開放地・林縁・丘の中腹・林内の順序に低温である。

地上 2.00 m の最低気温は、以上よりもすこし不規則であるけれども、大体おなじような関係があり、開放地はいちばん低温で、つぎが林縁、林内かまたは丘の中腹はいちばん高温である。

また開放地と林縁、丘の中腹と林内の最低気温は比較的似ている。これは地上 0.25 m についても 2.00 m についても言えることである。

以上の観測を行つた昭和 15 年の秋から翌年の春にかけて、凍害造林地の中心で、前記の地上 0.25 m と 1.00 m の最低気温を別に測つていた。

これは前記の特殊な覆箱にいれた横掛最低寒暖計を使つていたのだが、地上 0.25 m の最低気温は、シツクスの寒暖計で測つたものとほとんど一致していたので、地上 1.00 m の観測値をそのまま採用して表 6 に記入した。

表 6 に関するかぎりこの 1.00 m の最低気温は、0.25 m よりもいつも高温で、最大の差は 2 月 16 日の 2.5° であつた。

また 2.00 m の最低気温は、おなじように 1.00 m よりも高温である。例外は 1 月 12 日で、最大の差は 10 月 30 日の 3.8° であつた。

3. 雑草内外の低気温

地面からの高さによる低気温をくらべながら気がついたことは、雑草の中の低気温に、可なり特徴があるということであつた。

このことに関する観測には相当力をいれ、雑草のなかの最低気温を、長期間にわたつて測つたくらいであつたが、別に、地面からの高さとの低気温の関係をみるため数回の観測を行つた。以下はこの結果である。

観測は昭和 16 年の 8 月末と、同年の 11 月上旬と、翌 17 年の 5 月上旬の 3 回で、それぞれ数日づつ観測を実施している。

観測の場所は前記の凍害造林地の一隅で、そこには高さおよそ 1 m のほぎきしもつけが密生していた。

観測の方法は、前とおなじように、白ペンキ塗のたるきを 1 本、雑草のなかにたて、地面から 0.25, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00 m の観測の高さをあたえるように、シツクスの最高最低寒暖計を釘によつてつるしたもので、寒暖計の球部には小さい覆があり、また、風のために、寒暖計が動かないようにしてあることも前のとおりである。

観測の結果は表 8 であつた。圖 3 には、雑草内外の地上高と低気温の関係を見やすくするために、秋と春の観測の平均と、夏にかぎり、つぎの理由から 3 日づつの平均最低気温をえがいている⁹⁾。

それは、このあわせて 6 日のあいだに、可なりちがつた二つの傾向があらわれたからである。

8 月の観測のときは折あしく天気が悪く、6 日のうち 3 日は早朝が曇、前日の夜は快晴(25 日)か、雨(26 日)か、曇(27 日)であり、のこりの 3 日は早朝が雨、前日の夜は雨(28 日、30 日)か、曇(29 日)であつた。そのため、圖のように、雑草内外の上下の低気温は、早朝が曇であるか、雨であるかによつて、ちがう傾向をあらわしている。

9) この圖を、Geiger の花壇と麥畑の最低気温の垂直分布圖とくらべれば、可なりちがつている。福井英一郎、氣候學、昭和 13 年、426 頁。

表 8 雑草内および雑草上の最低気温 °C

観測の地上高 (m)	0.25	0.50	1.00	1.50	2.00
Ⅷ. 25	14.2	15.1	14.4	13.2	13.4
26	15.8	16.0	15.8	14.8	14.7
27	15.1	15.4	15.4	14.4	14.3
平均	15.03	15.50	15.20	14.27	14.13
28	14.4	15.3	13.6	14.6	13.4
29	13.6	13.6	12.8	13.7	12.6
30	14.6	14.9	14.0	14.9	13.6
平均	14.20	16.40	13.47	14.40	13.20
X. 31	- 9.4	- 11.1	- 10.2	- 10.8	- 8.9
Ⅳ. 1	1.1	0.2	0.8	0.3	1.7
2	- 6.2	- 7.6	- 6.6	- 7.4	- 5.4
3	1.4	0.6	1.4	1.6	2.7
4	- 7.6	- 9.3	- 7.9	- 7.8	- 5.6
5	- 10.6	- 12.2	- 11.4	- 12.1	- 9.8
平均	- 5.22	- 6.57	- 5.65	- 6.03	- 4.22
V. 1	- 5.4	- 6.6	- 5.6	- 6.3	- 4.2
2	- 5.6	- 6.7	- 5.7	- 6.3	- 4.2
3	- 4.3	- 5.4	- 4.5	- 4.8	- 2.6
4	8.3	8.3	9.4	8.7	9.7
5	7.4	6.8	7.3	6.6	7.7
平均	0.03	- 0.72	0.18	- 0.42	1.28

6日間の観測について、次のことがいわれる。

早朝が曇っている日の最低気温は、雑草のなかか、草丈以上の上空よりも相當に高温である。

雑草のなかでは、草丈の半ば附近(0.50 m)が最も高温で、地上0.25 mよりも0.9°(25日)まで高温であった。

雑草の先端附近(1.00 m)は、地上0.25 mと大差がな

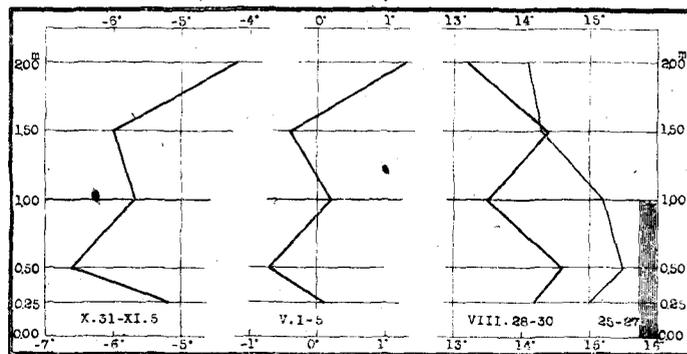


圖 3 雑草地の最低気温 (草丈 1 m)

(120)

く、ただいくらか先端の方が高温である。

地上 1.50 m は、雑草の先端附近よりも可なり低温で、その間に 1.2° (25 日) までの差があつた。

地上 2.00 m は 1.50 m と大差なく、ただこれよりもいくらか低温である。

早朝に雨がふつている夏の日々の最低気温は、雑草の先端附近 (1.00 m) のいちじるしい低温が目立っている。そして、雑草の中で最も高温があらわれている 0.50 m の箇所とのあいだに 1.7° (28 日) までの差をはかつた。

1.50 m の気温は、曇つているときと反対に、雑草の先端附近よりも、かえつて 1° ほど高温となり、雑草内の最高温にちかい。

2.00 m ではまた、急に 1° あまり低温で、雑草の先端附近にちかい温度である。

晩秋に観測した 6 日間は雨がふらず、観測日の早朝と前日の夜は、快晴ないし曇であつた。そして雑草内外の最低気温は、毎日よく似ている相互関係をしめした。

この高さによる最低気温の相互関係は、前記の雨がふつた夏の日々の場合の、ほとんど正反対であるのは面白い。

0.50 m 附近は、雑草中のもつとも低温な部分であり、0.25 m よりも 1.7° (4 日) まで低温であつた。

雑草の先端附近は、0.50 m よりかなり高温になるが、0.25 m よりは低温である。

1.50 m は、雑草の先端よりもいくちか低温な傾きがあり、2.00 m ではまたかなり高温である。そのため、雑草中で最低温の 0.50 m 附近よりも 3.7° (4 日) まで高温であつた。

昭和 17 年の春の 5 日間も雨がふうず、早朝と前日の夜は快晴ないし曇であつた。観測の高さによつる最低気温の相互関係は毎日よく似ており、また圖のとおり、晩秋の場合とよく似ている。

春も、まだほとんど發芽していない雑草中の最低温は 0.50 m にあらわれ、0.25 m と雑草の先端附近はこれよりも高温、1.50 m はまた低温をあらわして草中の最低温にちかづき、2.00 m はまた可なりいちじるしく高温となる。そのため、ここと 0.50 m との間には、 2.8° (3 日) までの差がみられた。

雑草内外の気温が、以上のように、観測点の高さによつて特異な関係をしめすということは、雑草のないところと較べたときに、いよいよはつきりすると考えられる。

よつて、観測日数はわづかであつたが、昭和 16 年の晩秋と翌 17 年の春、この比較をやつてみた。

方法は、雑草中の前記の観測を實施しながら、雑草外でもおなじ観測をやつたもので、ここではほざきしもつけを約4m²刈拂い、その中心に白塗のたるきを立て、寒暖計を吊した。したがつてほざきしもつけのなかの孔状地ともいえるが、雑草そのものの影響はなかつたと考えられる。この刈拂地の観測點は、雑草中の観測點から28mはなれ、0.48mだけ土地が高い。

刈拂地の観測點の観測の結果は表9で、この表と前記の表8によつて圖4をえがき、雙方の関係をみやすくした。

観測の地上高 (m)	0.25	0.50	1.00	1.50	2.00
16. XI. 5	-10.3	-11.7	-12.2	-10.8	-9.6
17. V. 4	8.8	8.6	8.5	9.3	9.8
5	7.4	6.8	6.6	7.2	7.7

雑草地にあらわれた最低気温は、圖のとおり、雑草の先端附近(1.00m)を除き、他はすべての高さにおいて刈拂地よりも低温、その差は1.00mで0.7~0.9°, 1.50mで0.6~1.3°であつた。

草丈以下の観測の地上高には、これほどの差はみられず、0.25mにあらわれた差は0.0~0.5°, 0.50mにも0.0~0.5°の差があらわれただけである。草丈より

も1mほど高い2.00m附近では、雑草地と刈拂地のちがいがほとんどない。

11月5日の早朝は快晴、前日の夜は曇であつたが、晩秋の寒冷な夜の特徴はかなりよくあらわれていると思われる。

5月4日の早朝は晴、前日の夜は曇、5日は早朝も前日の夜も曇、5月のはじめとしては共に高温な夜で、低温な夜の特徴ははつきりあらわれていない。低温な夜は、すくなくとも雑草の先端と¹⁰⁾1.50m附近に、もつと大きい差があらわれるのではあるまいか。

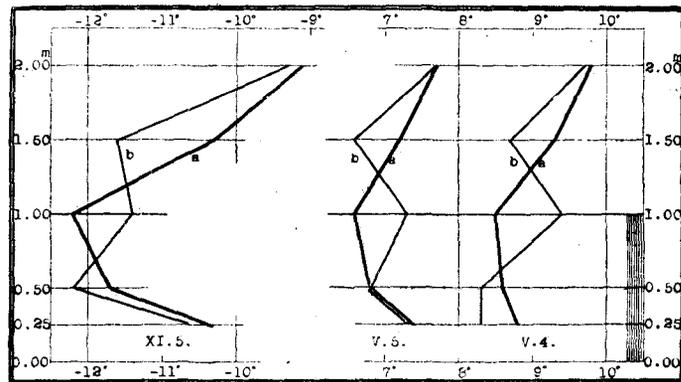


圖4 刈拂地と雑草地の最低気温の比較

a 刈拂地 b 雑草地 (草丈1m)

10) 凍害を問題とするときは、この雑草の先端附近の気温の特殊性が問題である。Staudacherはこの先端附近で凍害が最もはげしく、草の中は、地面に向つて被害がすくなくなるといつた。Die Frostschäden im Forstbetrieb. Forstw. Cbl. 1924, S. 7.

雑草内外の低気温については、なお稿をあらためて扱いたい。

要 結

苫小牧演習林には、比高 30~40 m 内外までの、火山灰の丘がたくさん起伏している。その地表の最低気温は、丘に比較的高温があらわれ、谷に比較的低温があらわれ、丘は上ほど高温である。

12 月下旬の典型的な霜日の観測によると、約 700 m をへだてて相対する、比高 30.5 m と 28.3 m の丘の頂にあらわれた地表附近(地上 0.25 m)の最低気温は -10.8° と -11.6° で、また丘の中腹比高 13.6 m の箇所には -13.9° 、丘の間の平地には -14.0° ~ -18.3° があらわれた。おなじ平地でも、針葉樹の傘下は比較的高温で -11.7° であつた。

また、比高 5~6 m 内外の、低い丘が波状に起伏している他の地域にも、やはり同じような関係があつて、5 月中旬の、曇つたあまり典型的ではない霜日の観測であつたが、丘の頂の地表附近(0.25 m)には $+2.6^{\circ}$ ~ $+1.3^{\circ}$ の最低気温があらわれ、丘の中腹に $+1.8^{\circ}$ ~ $+0.2^{\circ}$ 、谷には $+0.4^{\circ}$ ~ -1.3° があらわれた。

このように、土地の起伏と密接な関係をもつ地表附近の最低気温は、なほ局地的な地形、斜面の方位、また樹木、森林、その他の地床植物などの影響をうけて、場所ごとに著しくちがつている。

また、地表附近の最低気温は、観測の地上高によつてもちがうこと勿論である。

7 月から 12 月までの観測では、開放地(皆伐跡地の凍害造林不成績地)の地上 0.10 m と 0.25 m とでは、ほとんど常に上層が低温で、この差の月平均は 0.63° ~ 1.72° 、174 日のうち 76 日に 1° 以上の差がみられ、毎月 1.3° ~ 3.0° の差があらわれた。この差は寒冷季にいちじるしいから、1 月と 2 月には、もつと大きい差があるにちがいない。

地上 0.25 m と 1.00 m の最低気温について、7 月から翌年の 5 月初旬まで 295 日間、前とおなじ箇所で観測した結果は、月平均として下層が低温であつた。しかし、月のうち 3 日~23 日は、上層と下層がひとしいか、又は上層が低温であつた。下層が低温となる傾向は、これも寒冷季にいちじるしく、1 月にあらわれた差の最大は 8.4° 、2 月はずいに 10.6° に達した。上下のへだたりは僅か 0.75 m である。これは實にいちじるしい現象であると思う。

地上 0.25 m と 2.00 m の最低気温の比較は、10 日間の観測にすぎなかつたが、からまつ林内、その林縁、開放地(凍害造林地)、および丘の中腹と、4 箇所の同時観測を実施した。しかし観測日数の不足から、大體の傾向をしるだけに終つている。

林内は10日のうち5日まで下層が高温であつたが、そのほかでは、たいてい下層が低温であつた。また林内の上・下層の差はすくなく、そのほかでは $2.6\sim 4.3^{\circ}$ までの差があらわれ、ことに開放地のこの差はいちじるしい。

地上0.25 mの最低気温が、林地の場所によつてちがうことは勿論で、このちがいは $1.2\sim 7.6^{\circ}$ 、平均 4.48° 、2.00 mでは $0.5\sim 6.0^{\circ}$ 、平均 2.52° であつた。

雑草がしげつている林地の最低気温は、雑草の根元から草丈以上のある高さまでに、特異な関係があるにちがいないとは想像されることであつた。この観測はあわせて17日、夏、晩秋、早春の三季にわけ、地上0.25, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00 mの最低気温をはかつた。場所は草丈およそ1 mのほざきしもつけの密生地で、これも観測日数の不足から、大體の傾向をつかんだだけであつた。なおこの観測の目的を補うため、雑草の刈拂地で、上記の地上高の最低気温を観測した。

早春と晩秋のほざきしもつけの中は、刈拂地よりもいくらか低温で、草丈け以上の上空もまた低温であつた。この差は、地上0.25 mで $0.0\sim 0.5^{\circ}$ 、0.50 mでも $0.0\sim 0.5^{\circ}$ 、草丈けを抜いた1.50 mでは $0.6\sim 1.3^{\circ}$ 、2.00 mでは $0.0\sim 0.2^{\circ}$ であつた。しかし草の先端附近(1.00 m)は関係が反対で、刈拂地よりも $0.7\sim 0.9^{\circ}$ 高温であつた。この先端附近はまた、夏の雨の日はいちじるしく低温となり、おなじ草の中の0.50 m附近より $0.8\sim 1.7^{\circ}$ も低くなつた。

以上のように、苫小牧演習林の地表附近には、丘陵の起伏にともなう最低気温のある配布があり、この配布はまた、林地のさまざまな条件によつて變化する。したがつて地表附近の最低気温は場所ごとにちがうのだが、これは観測の地上高によつてもまた著しくちがうのが常である。

しかしこれらのちがいは、必ずしも不規則でなく、與えられた条件のもとに、ある相互関係がなりたつている。以上の観測は、この相互関係を充分解析するまでにいたっていない。

北方の林地で、地表附近の最低気温を、ぜひ扱わねばならない場合の一つは晩霜季の造林地の凍害問題で、このためには、5月と6月の低気温を扱わなければならないが、この稿は、5月——ことに6月の最低気温については全くふれていない。

また以上の観測は、すべて最低気温の観測であるが、これと共に、最高気温の観測——したがつて較差を扱うことが、大きい意義をもつ場合もあるはずである。

いずれはせよ、著者の観測が、更に補われることを希つてやまない。