



Title	幼木の幹の基部における凍害
Author(s)	酒井, 昭; SAKAI, Akira
Citation	低温科学. 生物篇, 25, 45-57
Issue Date	1967-12-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17719
Type	departmental bulletin paper
File Information	25_p45-57.pdf



幼木の幹の基部における凍害*

酒井 昭

(低温科学研究所 植物凍害科学部門)

(昭和42年9月受理)

I. 緒 言

自然条件においては、幼木の凍害は幹の基部におこるばあいが多い。我国では九州から北海道まで、いろいろな樹種で幼木の凍害が問題となっている。南から北にむかうにつれて、被害樹種はアカシヤ・モリシマ、チャノキ、ミカン、ユーカリ、クリ、スギ、ヒノキ、コバノヤマハンノキ、モモ、ブドウ、クワ、カラマツ、トドマツ、アカエゾマツとかわる。

幼木の凍害は、林業および農業上重要な問題となっているので、多くの研究者がこの問題の解明に努力している。我国では徳重^{1,2)}、堀内^{3,4)}の研究が著名である。Day^{5,6)}は英国で20年来この研究に従事しているし、Eiche⁷⁾はスウェーデン北部でおこる欧州アカマツの幹の基部の凍害について最近詳細な研究を発表している。しかしながら、これらの研究は被害調査、被害の形態学的研究および害をひきおこす環境要因、ことに気象的要因に関する研究が大部分をしめている。

幹の基部の凍害がおこるしくみを明らかにするためには、越冬中の幹の各部位の温度変動をはかるとともに、幹の各部位の耐凍性の季節的変動および組織間の耐凍性の差を知ることが不可欠である。

本論文は幹の基部におこる凍害の機構を明らかにするために、いろいろな木を用いて行なった実験結果の報告である。

実験材料を送っていただいた茨城県林業試験場堀内技官および実験を援助していただいた青森県林業試験場齋藤技官に謝意を表します。

II. 材料と方法

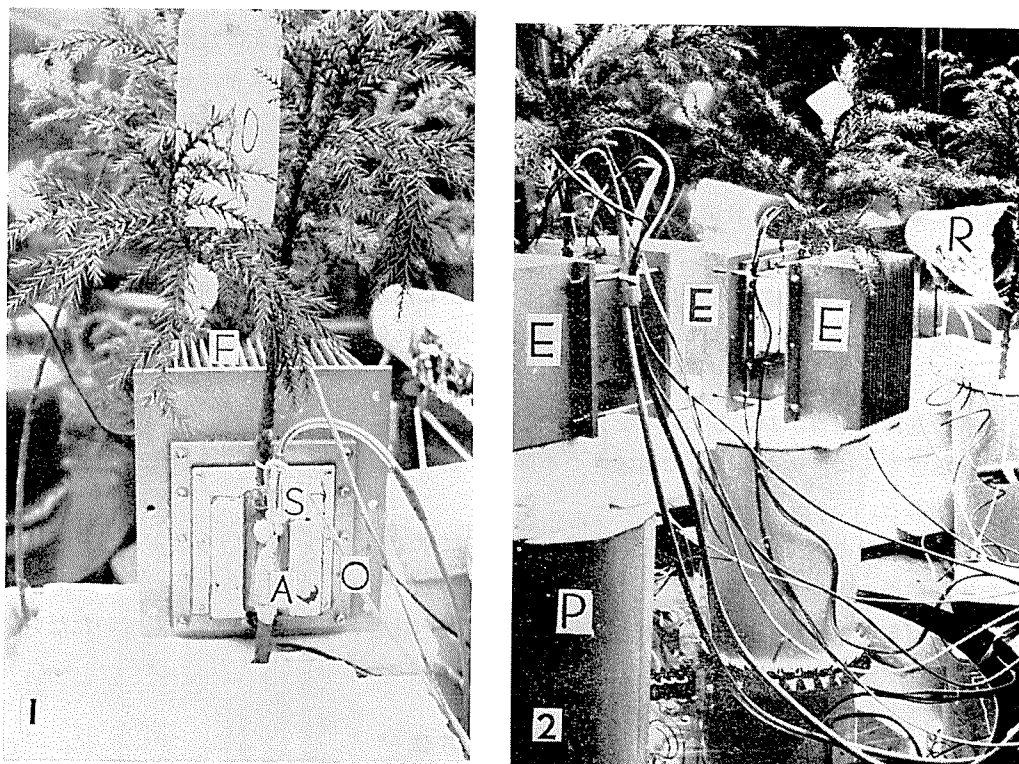
この実験にはつぎの樹種が用いられた。スギ (*Cryptomeria Japonica*, D. Don), ヒノキ (*Chamaecyparis Obtusa* Endl.), クリ (*Castanea crenata* Sieb. et Zucc. var. アカナカ), クワ (*Morus bombycis* Koidz. var. タキノカワ), トドマツ (*Abies sachalinensis* Mast.), カラマツ (*Larix leptolepis* Murray)

材料はいずれも幼木で、地際の直径が1.0~1.5 cm, 樹高0.5~1.0 m のものを使用した。スギは松前林務署から2年前に送られた実生苗を実験苗畑で育成した4年生苗で、昭和40年

* 北海道大学低温科学研究所業績 第848号

春に鉢植えにしたものである。スギ、トドマツ、カラマツは札幌で生育中のものを使用した。スギの一部とヒノキ、クリはいろいろな時期に水戸から送られたものを使用した。

幹は枝と地下部をとりさって、ポリエチレンの袋に入れて凍結した。 -5°C の部屋に1時間おいたのち、まだ凍結していないばあいには、人工的に植氷して凍結させた。凍結30分後、 5°C の間隔で設定されている低温室内の恒温箱に漸次移して所定温度まで冷却し、そこに一定時間おいてから 0°C の部屋に取り出して融解した。材料によっては、 5°C 間隔の凍結温度では被害の限界温度がわかりにくいばあいが多いので、必要に応じて 2°C または 2.5°C 間隔の温度で凍結した。凍結融解した苗は約 15°C の恒温箱に2~3日間おいたのち、幹の各組織の褐変の度合から被害の程度を判定した。そして褐変度合をつぎの5段階、すなわち、- (正常), + (かるい褐変), ++ (中程度の褐変), +++ (全面的に強く褐変), 卍 (死) に分類した。



第1図 幹の一部を冷却、加温する電子冷熱装置

1. 幹の基部 (A) に5 cm 幅にわたってアルミホイルをまきつけ、幹の表面とアルミホイルの内面との間に、温度制御装置の感温部の注射針型サーミスター (S) を接触させる。処理部の幹の皮層部の温度変動を記録するため熱電対の先端をさしこむ。O は熱電対のリードワイヤーである。F は電子冷熱装置の空冷フィンである。第1図-2に示すように、電子冷熱装置は1対になっていて、その間に幹の処理部をはさんで温度変動を与える。
2. 電子冷熱装置を幹にセットしたところ E: 空冷式冷熱装置, P: ポット型恒温器でこの中に植木鉢を入れて $0\sim 5^{\circ}\text{C}$ にたもっている。これらの装置は照明付恒温室に入れてあり、その温度はタイムスイッチで $20\sim 10^{\circ}\text{C}$ まで変化させられる。なお、R は赤外線ランプである。

耐凍性の大きさは害なく凍結に耐えうる最低温度であらわした。

鉢植えされた苗の幹の一部を 5 cm の長さにとわって局部的に凍結するばあいには、空冷式電子冷熱装置 (精度 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$) を用いた (第 1 図)。

また、温度変動が耐凍性におよぼす影響を調べるために、つぎの 2 つの方法を用いた。ひとつは赤外線ランプで幹の中央部の片側を約 10 cm 幅にとわって所定温度 ($5\sim 20^{\circ}\text{C}$) に加温した。このばあい、スライダックスで電圧を調節して任意温度をえた。なお、この実験は 0°C 、または -5°C の部屋で行なった。他の方法は 20°C から -10°C までの任意温度がえられる照明付恒温箱の中に鉢植えしたスギを入れて、幹の中央部を 5 cm 幅にとわって局部的に電子冷熱装置で所定温度に冷却または加温して、いろいろな温度変化をあたえた。たとえば、 $20^{\circ}\text{C}\sim -5^{\circ}\text{C}$ の日周温度変化をあたえるばあいには、スギを -5°C の恒温室に入れ、地下部は凍結しないようポット型恒温器に入れ $0\sim 5^{\circ}\text{C}$ に保った。なお、スギは日中 8 時間のみ照明された (約 1000 ルックス)。日中、電子冷熱装置で 20°C に保たれた幹は夕方、この電源を切ると徐々に温度が低下し、 $-2\sim -3^{\circ}\text{C}$ まで過冷却後凍結し、やがて -5°C に達する。朝 6 時ごろ、恒温装置のサーモスタットがタイムスイッチで 0°C に切りかえられると、約 1 時間後に室温は -5°C から 0°C まであがる。 0°C で 2 時間たもってから朝 9 時頃、電子冷熱装置の電源を入れて徐々に温度をあげ、1 時間以内に 20°C に到達させる。この方法では幹の一部だけは日中 20°C 、夜間 -5°C に保たれているが、幹の他の部分や枝葉は夜間 -5°C 、日中 0°C に保たれている。このようにしていろいろな温度変動を 12 日間連続してあたえた。

III. 結 果

1. 幹の被害部位

自然条件での幹の被害部位は地形、下草の状態や冷え込みの程度によってあるていど異なるが、積雪のない状態では、幹の地際からその上方約 20 cm までの部位に多く認められる。第 2 図-1 に北海道におけるカラマツの幹の被害を示す。第 2 図-2 にチャノキの幹の被害を示す。第 2 図-2 は幹の片側のみが害されたばあいである。いずれも地表面近くの幹の基部に被害が認められる。

2. 積雪面上で越冬している幹の各部位の温度

積雪面上で越冬している細い幹の南側における積雪表面からことなる高さにある皮層部の温度を知るために、積雪面下 10 cm、積雪面上 10、18 および 33 cm の各部位の皮層部に熱電対を挿入して、それらの日周温度変化を測定した。第 3 図に示すように、快晴の日中には、積雪表面近くにある幹の皮層部の温度がもっとも高く、積雪表面からの高さがますにつれて、それらの温度は低下した。しかし、夜は積雪表面近くの幹がもっとも冷やされ、積雪表面からの高さがますにつれて温度はたかくなった。

同じような測定が積雪面上 15 cm の南側と北側について測定された。第 4 図に示すように、積雪面上 15 cm の部位の幹の南側と北側との日中の温度差は約 7°C に達した。同時に積雪面上いろいろな高さの幹の日周温度変化が測定されたが、第 3 図とほぼ同様な結果をえた。



第2図 幼木の幹の基部の凍害

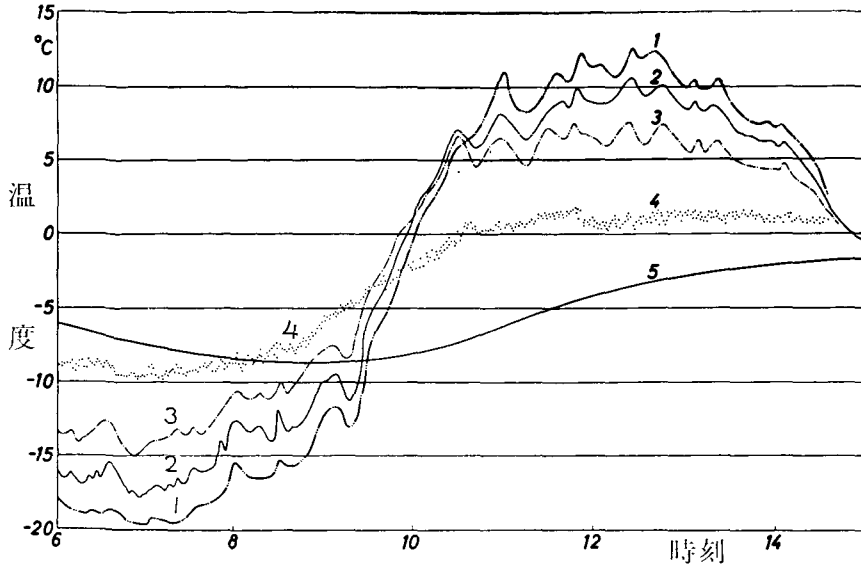
1. カラマツの幹の基部の被害 皮層部の褐変を示すために皮の表面を取り除いた。G: 地表面, B: 被害部。北海道標茶営林署パイロットフォレストにて撮影
2. チャノキの幹の基部の凍害 Dの部分が被害を受けて皮層部が脱落している。九州の茶業試験場枕崎支場にて撮影

さらに積雪のない地表面上で同様な測定を行なったが、積雪面上のばあいとほぼ同様な結果がえられた。

以上の結果より、積雪面または地表面近くにある幹の基部はその上部よりも著しい日周温度変化にさらされているし、夜間快晴のときは、その部位がもっとも冷やされることが明らかになった。

3. 幹の部位による耐凍性の差

11月中旬、鉢植えしたスギの幹の地表面から5~10cm上方の部位(3~4年部分)と、地表面からその上方20~25cmの幹の中央部(2年生部分)、各5cm幅を立木のまま電子冷熱装置で冷却し、過冷却が破れてから -10°C まで徐々に冷却し、その温度に2時間おいた。その後電源をきって徐々に温度をあげた。融解後、ビニールハウス中に1週間おいたのち被害を調べた。第1表の結果から、地際近くの3~4年生の部位は幹の中央部の2年生部位よりも耐凍性がかなり低いことが明らかである。このことをさらに確かめるために、12月上旬にスギの4年生苗(樹高約40cm)の幹全体をポリエチレンの袋につつま同一条件で凍結させた。いずれの実験も地際から約5cmまでの部位の被害がもっともいちじるしく、そこから上方にすすむにつれて被害がかかるくなり、用いた凍結条件下では、地際の上部約10~15cmの部位では被害はほとんど認められなかった。なお、地下部は幹の地際部よりもさらに耐凍性が低かった(第



第3図 積雪面上で越冬している幹の南側の各部位の温度

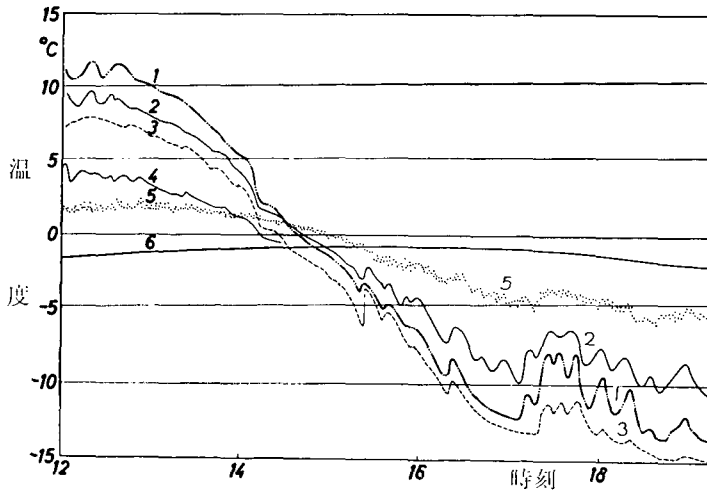
実験材料: クワ (地際の直径1 cm)

1: 積雪面上 10 cm, 2: 積雪面上 18 cm,

3: 積雪面上 33 cm, 4: 外気温 (百葉箱),

5: 積雪面下 10 cm

熱電対は材と皮層部との境界部に挿入



第4図 積雪面上で越冬している幹の各部位の温度

実験材料: クワ (地際の直径1 cm)

1: 積雪面上 15 cm の幹の南側, 2: 積雪面上 30 cm の幹の南側,

3: 積雪面上の幹の南側, 4: 積雪面上 15 cm の幹の北側, 5: 外

気温, 6: 積雪表面下 10 cm の幹の南側

第1表 スギの幹の各部位の耐凍性 (昭和41年11月10日)

	凍 結 条 件					
	-8°Cで2時間		-10°Cで2時間		-13°Cで2時間	
幹 の 部 位	上 部*	下 部*	上 部	下 部	上 部	下 部
皮 層 部	±**	≡	+	≡	+	≡
形成層および材の表層部	—	≡	±	≡	+	≡

* 上部とは地表面からその上方20~25cmの部位を、下部とは地表面からその上方5~10cmの部位をいう

** 被害度をあらわし、+の数のますにつれて被害程度はます。—は正常、+はかるい褐変度、≡は中程度、≡は全面的に強く褐変していることを示す

第2表 スギの幹の各部位の耐凍性 (昭和41年12月5日)

	凍 結 条 件						
	-15°Cで6時間			-20°Cで6時間			
幹 の 部 位	幹の上部*	幹の中部*	幹の基部*	主根	幹の上部	幹の中部	幹の基部
皮 層 部	—**	+	≡	≡	—	+	≡
形成層および材の表層部	—	+	≡	≡	—	≡	≡

* 幹の基部、中部および上部はそれぞれ地表面から上方5cm、15~20cmおよび20cm以上の部位をいう

** 被害程度をあらわし、その略号は第1表と同じ

第3表 春におけるスギの幹の部位および方位による耐凍性の差 (昭和41年4月15日)

幹 の 部 位	基 部	中 部	上 部
幹 の 南 側	≡*	≡	—
幹 の 北 側	≡	—	—

* 被害程度をあらわし、その略号は第1表と同じ

凍結条件: -7.5°Cで2時間

材 料: 水戸で越冬した3年生スギ

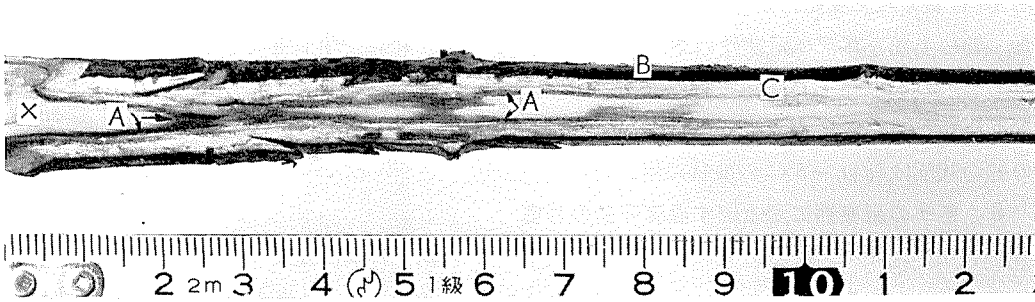
2表)。4月中旬、水戸で越冬しているスギを札幌に送ってもらい幹の部位および方位による耐凍性の差を調べた。第3表から明らかなように、春においても、幹の基部は上部よりも耐凍性が低い。なお、同じ部位については南側は北側よりも耐凍性が低い。

4. 幹の組織間の耐凍性の差

水戸から送られてきたクリの幹を12月初めに-15°Cで凍結したところ、地際から上方約10cmまでの幹の基部のみが害された(第5図)。

幹の基部の被害部の横断面を顕微鏡で調べたところ、形成層とそれに隣接する皮層組織の一部のみが害されていた(図版I-1, 2)。同様な事実はスギ、ヒノキ等においても認められた。

北方樹種であるトドマツでも幹の基部の耐凍性はその上部より低いが、上にのべた暖地性



第5図 クリの幹の基部における凍害 (昭和41年12月5日)

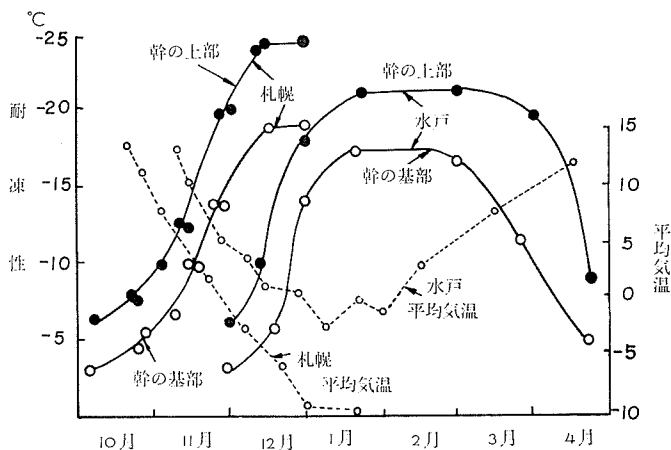
A: 形成層, B: 外皮, C: 皮層組織, X: 材部。
幹は -15°C で2時間凍結された

の樹種とちがって、トドマツでは形成層が組織中もっとも耐凍性がたかい。4月上旬にトドマツの幹を -6°C で3時間凍結したが、図版I-3に示すように、皮層組織の中層部(B)と材部の射出髓細胞(X)が害されたが、形成層(C)は正常であった。

図版I-4は昭和41年6月12日の晩霜で害を変えたトドマツの幹の基部の横断面で、霜害3ヵ月後の9月下旬に調べたものである。霜害時に皮層細胞(A)の大部分は殺された。また形成層の材母細胞とそれまでに新しく分化していた材の細胞は害を受けて褐変し、いわゆるフロストリング(R)を残した。しかし形成層の本体はなお生存していて、秋までに新しい皮層組織(C)と材部(D)を形成しつづけた。これらの事実はトドマツでは形成層の細胞が幹の組織中もっとも耐凍性がたかいことを示している。

5. 幹の異なった部位における耐凍性の季節変動

札幌と水戸で越冬している4年生および3年生のスギの幹の上部と基部の耐凍性の季節変動が、10月から4月までの期間中測定された。第6図に示すように、どの季節においても幹の上部の耐凍性はその下部よりも大きかった。また、晩秋には、幹の基部はその上部よりも



第6図 札幌と水戸におけるスギの幹の基部と上部の耐凍性の季節変動
耐凍性の大きさは害なく耐えうる最低温度であらわした

約 10 日おくれで凍結に耐えるようになり、早春には、約 10 日早く凍結に耐えられなくなった。幹の上部と基部の耐凍性の差は $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ に達した。札幌で生育しているスギは 12 月中旬に、水戸のものは 1 月下旬に耐凍性が最高値に達した。なお、札幌のスギは 12 月中旬に雪に埋もれたために実験を中止した。4 月下旬に、水戸での平均気温は約 13°C に達したが、スギの幹の基部はなお -5°C の凍結に耐えた。

6. 冬季の耐凍性におよぼす温度変動の影響

本州や九州におけるスギの凍害の多発地帯では冬季、日周温度変化が大きく 20°C 以上になるばあいもある。こうした日中と夜間の温度隔差が幹の中部の耐凍性保持にどのような影響をもつかを明らかにするために、前に述べた電子冷熱装置で 12 月に幹の中央部だけを局所的に 5 cm 幅にわたっていろいろな温度変動をあたえてみた。その結果を第 4 表に総括して示す。この表からわかるように、 $10\sim -10^{\circ}\text{C}$ 、 $10\sim -5^{\circ}\text{C}$ のような本州の被害多発地帯で冬の間のみとめられる凍結をとまなりかなりいちじるしい温度変動を 12 日間連続してあたえても、また 10°C の温度に 12 日間おいても、耐凍性はほとんど低下しなかった。しかし、 $20\sim -10^{\circ}\text{C}$ 、 $20\sim -5^{\circ}\text{C}$ の温度変動を 10 日間あたえたり、約 13°C 以上の温度に 10 日間連続処理するときには凍耐性はかなり低下した。これらの事実から考えて凍結をとまなり温度変動そのものが耐凍性を低下させるというよりは、約 13°C 以上のたかい温度におくことが耐凍性の低下により大きい影響をおよぼすように考えられる。

第 4 表 耐凍性に及ぼす温度変動の影響 (昭和 41 年 12 月)

温度変動の条件 ($^{\circ}\text{C}$)	無処理部の耐凍性 (3 時間凍結)		処理部の耐凍性 (3 時間凍結)			
	-23°C	-20°C	-23°C	-20°C	-77°C	-15°C
0 \sim -5	++*	-	+	-		
5 \sim -5	+	-	+	-		
10 \sim -5	+	-	+	-		
10 \sim -10	+	-	+	-		
13 \sim -5	+	-	##	+		
20 \sim -5	+	-	##	+		
20 \sim -10	+	-	##	+		
0	+	-	+	-		
10	+	-	+	-		
13	+	-	##	+	+	
20	+	-		##	##	+

* 被害程度をあらわす。略号は第 1 表と同じ

いずれも幹の中央部を約 5 cm 幅にわたって局所的に日周温度変化を 12 日間連続してあたえたもので、日中は高温に、夜間は凍結状態にたもった。

処理された幹の部分を 2 \sim 3 個にきって、それぞれ異なった温度で凍結して耐凍性の変化を調べた

7. 幹の各部位における皮層細胞の浸透濃度と耐凍性との関係

トドマツの幹の各部位における皮層細胞の浸透濃度と耐凍性の大きさとの関係を第5表に示す。この表から明らかなように、主根から幹の上方にすすむにつれて浸透濃度も耐凍性も漸次たかまることが明らかである。

第5表 幹の各部位における浸透濃度と耐凍性との関係 (昭和42年4月15日)

幹の部位	幹の上部 (1年生部分)	幹の中部 (2年生部分)	幹の基部 (3~4年生部分)	主根部
浸透濃度 (M)	0.86	0.61	0.54	0.49
被害程度	—*	†	‡	‡‡

* 被害程度をあらわす。略号は第1表に同じ。幹は -15°C で16時間凍結
 材料：4年生トドマツ (樹高33cm)
 幹の基部 (0~7cm), 幹の中部 (7~20cm), 幹の上部 (20~30cm) いずれも地表面からの高さを示す
 浸透濃度は搾汁液を用い氷点降下法で測定した

8. 積雪中で越冬しているスギの耐凍性と幹の含水量

12月中旬以降、1カ月半の間、約1mの積雪中に埋められているスギの幹の耐凍性と含水量を測定した。比較のために、5~-10°Cの間で温度変動している無加温ビニールハウス中で越冬しているスギの耐凍性と含水量を測定した。第6表から明らかなように、積雪中に埋められているスギの含水量はビニールハウス中のものよりもかなり高いし、また耐凍性はきわめて低い。

第6表 積雪中で越冬しているスギの耐凍性と含水量 (昭和42年1月25日)

	含水量*				耐凍性の大きさ		
	葉	幹の中部	幹の基部	根	-20°C	-15°C	-10°C
積雪中	174	170	162	157	‡‡**	‡	+
ビニールハウス	144	108	110	121	—	—	—

* 含水量は乾物重当りの百分比であらわした
 ** 被害程度
 スギは1カ月半の間、約1mの積雪中に埋もれていた。無加温ビニールハウス中の気温は5~-10°Cの温度変動を示した

IV. 考 察

1. 暖地における幹の基部の被害時期

地表面近くの幹の基部はいちじるしい日周温度変化にさらされている。とくにこの部位は夜間もっとも強く冷やされる。一方、幹の基部の耐凍性はその上部よりも常に低い。晩秋、幹の基部は上部よりも約10日おくれて凍結に耐えるようになり、早春は約10日早く凍結に耐えられなくなる。また幹の基部と上部の耐凍性の差は7~10°Cに達する。以上の事実から幹の基部が凍害をうけやすいことは明らかである。こうした凍害は凹地、平坦地、斜面の中だるみ

地形および南斜面に多い。

本州では、スギは11月下旬頃初めて凍結に耐えるようになる。したがって、11月下旬～12月上旬に強い冷え込みがある時には、スギの幹の基部は凍害を受けやすい。そのため、この時期はスギの越冬にとって重要な関門となる。もしこの時期に強い冷え込みがなくて、耐凍性のたかい個体も、低い個体もこの関門を無事に通過出来れば、あとは季節のすすむにつれてスギは順調に耐凍性をまして、1月下旬に -20°C の最高値に達する。したがって、関東地方以西では、厳寒期にスギが凍害を受けることはほとんどないであろう。このばあい、早春に耐凍性がかなり低下してから、強い冷え込みがあれば、耐凍性の低い個体は凍害を受けることがあるかもしれない。しかし、通常は11月下旬～12月上旬の強い冷え込みのときに、耐凍性の低い個体は被害を受けてしまうので、この関門をのりこえた耐凍性の高い個体は、春に冷え込んでも害を受けがたいものと考えられる。さらに水戸で越冬したスギは3月中旬でも -15°C の凍結に耐えるし、4月中旬でも、スギの幹の基部は $-5\sim-7^{\circ}\text{C}$ の凍結に耐えられる。これらの事実から考えて、従来考えられていたように、早春に凍害がおこることはまれであろう。

実際に堀内⁸⁾は水戸で2年間にわたって被害時期を調べたが、昭和40年には12月初旬、昭和41年には11月下旬にかなりの被害が発生したことを明らかにしている。また、九州でもスギの被害が11月下旬に見出されている。

Eiche⁷⁾を始め多くの研究者は幹の基部の凍害は温度の隔差がいちじむしい時におこると述べている。しかし、本実験の結果のように、スギの凍害の常習地である水戸の冬にみられるような $10\sim-10^{\circ}\text{C}$ の日周温度変化を12日間連続してあたえても、耐凍性はほとんど低下しなかったし、 $20\sim-10^{\circ}\text{C}$ の温度変化をあたえた時、耐凍性はかなり低下したが、それでも約 -12°C の凍結には耐えた。水戸では、1月～2月中、約 20°C の日周温度変化にさらされる日が多いが、耐凍性は1月中増加しつつあることから考えても、冬季における凍結と融解をとまなう温度隔差そのものが凍害の原因になるとは考えがたい。

九州地方では、南斜面にあるスギは凍害を受けやすいが、南斜面にあるスギは北斜面のものよりも秋は生長停止がおくれるし、早春は耐凍性の低下がはやまるので凍害を受けやすいものと考えられる。なお、この問題を解明するためにはさらにいくつかの実験を行なうことが必要である。

スギ以外の樹種でも、生長停止がおそいものでは、幼木の幹の凍害は初冬におこる可能性が大きい。しかし、積雪寒冷地では、カラマツやコバノヤマハンノキ等の生長停止のおそいものを除けば、被害は早春にもおこる可能性があるものと考えられるが、まだ確認されていない。北海道では冷え込みの強い時には、晩霜時にトドマツの幹の基部が凍害を受ける。

2. 幹の各組織間の耐凍性の差

スギ、ヒノキ、クリ等の暖地性の樹種は幹の組織中、形成層の耐凍性がもっとも低い。したがって、自然条件下で凍害を受けたばあい幹の基部の形成層が選択的に害を受けるばあいが多い。もし形成層が、ことに幹の基部で全周にわたって害された時には早晩その木は枯死する。もし幹の片側のみ害された時には、正常な形成層の部分からまきこみがおこる。形成層が

ほとんど全周にわたって害された木は早晩枯れるが、被害のていどによって、4月中にかれるもの、夏までかかって徐々にかれるもの、およびそれらの中間型がある。したがって、5~6月頃には、被害地では正常な緑をもったもの、黄緑色、黄褐色および褐色と被害のていどに応じて枯死までのいろいろな段階のものが認められる。北海道の凹地にみれるカラマツの幹の基部の凍害についても同様な枯死へのいろいろな移行過程が認められる。

しかし、北方樹種であるトドマツは幹の組織中形成層の耐凍性をもっとも高いので、幹の基部が凍害を受けて皮層組織が褐変していても、形成層がほとんど害を受けていないばあいが多い。したがって暖地性の樹種とちがって幹の基部が害されても、幹が年内に枯死することはすくない。しかし、徐々に生長がわるくなって枯死しないけれども正常な生長をつづけられない異常な木になるばあいが多い。霜害地形にはこうした被害木が多い。

3. 幹の軸方向における耐凍性の差

実験に使用したどの樹種でも、幹の上部から地下部にむかうにつれて耐凍性は徐々に低下し、ことに幹の基部と地下部の耐凍性がとくに低い。耐凍性の低下に平行して幹の皮層部の浸透濃度も低下する。この幹の軸方向における耐凍性の差が生育中にさらされる温度条件の差によるのか、幹の各部位の aging にもなう生理現象によるのか、あるいはそれら以外の原因によるのか今のところ明らかではない。この問題を解明するために、さらに実験をすすめる予定である。

V. 摘 要

自然条件において、幼木の凍害は幹の基部におこるばあいが多い。この凍害がおこる機構をあきらかにするために若干の実験を行なった。

1. 地際近くの幹の基部はその上部よりもいちじるしい温度変動にさらされている。ことに夜間はこの部分をもっとも強く冷やされる。
2. 幹の基部の耐凍性は上部よりもつねに低い。晩秋には、幹の基部は上部よりも約10日間おくらせて凍結に耐えるようになり、早春には約10日間早く凍結に耐えられなくなる。幹の基部と上部の耐凍性の大きさは7~10°Cに達する。
3. 暖地性の樹種では、一般に幹の組織中形成層をもっとも耐凍性が低いが、トドマツでは形成層の耐凍性をもっともたかい。
4. 幹の上部から基部、さらに主根にむかうにつれて耐凍性は漸次低下するが、幹の皮層細胞の浸透濃度もそれに平行して低下する。
5. 12月に耐凍性の低下におよぼす日周温度変化の影響を調べたが、温度変動そのものよりも、むしろ約13°C以上の温度におくことが耐凍性の低下により大きな関係をもっていることが明らかになった。

文 献

- 1) 徳重陽山・日高義実・清原友也 1962 九州地方における林木の凍霜害および寒風害に関する調査報告. 九州林試支場研究資料, **5**, 1-33.
- 2) 徳重陽山 1964 幼齡スギの霜害に関連する接地気温と樹体温度. 75 回日林講, 328-330.
- 3) 堀内孝雄 1965 寒候期におけるスギ幼齡木の樹温変化. 76 回日林講, 177-180.
- 4) 堀内孝雄 1965 凍害防止に関する研究. 茨城県林業試験場報告, 46-55.
- 5) Day, W. R. and Peace, T. R. 1934 Experimental production and the diagnosis of frost injury on forest trees. *Oxford Memoirs*, **16**, 4-60.
- 6) Day, W. R. 1945 A discussion of causes of dying-back of Corsican pine, with special reference to frost injury. *Forestry*, **9**, 4-26.
- 7) Eiche, V. 1966 Cold damage and plant mortality in experimental provenance plantations with Scots pine in northern Sweden. *Studia Forestalia Suecica*, No. **36**, 1-218.
- 8) 堀内孝雄 1967 茨城県林業試験場寒害防除基礎調査報告書, 1-19.

Summary

To clarify the mechanism of frost damage on the basal stem in young trees, some experiments were made using various trees. The basal stem near the ground surface is exposed to a remarkable fluctuation in temperature, especially to sharp drops in temperature due to radiation at night. Also, the frost resistance of the basal part on a stem was invariably lower than that of the upper part, the difference between the two amounting to about 7 to 10°C. From these facts, it is apparent that the basal stem is very sensitive to frost damage. It was also demonstrated that osmotic concentration in cortical cells increases with the increasing height on a stem from the main root to the upper stem. Further, it was confirmed that exposure to temperatures higher than 13°C or thereabouts rather than a remarkable daily temperature fluctuation itself, is responsible for the decrease in frost resistance in winter.

図版説明

図版 I

1. 凍害を受けたクリの幹の基部の横断面
B: 皮層組織, C: 形成層, X: 材部. ×80
2. 凍害を受けたクリの幹の基部の横断面 (形成層の部位の拡大図)
B: 皮層組織, C: 形成層, X: 材部. ×80
3. -6°C で凍結したトドマツの幹の基部の横断面
B: 皮層組織, C: 形成層, X: 材部射出髄細胞. ×600 実験期日: 5月10日
4. 6月中旬の晩霜で被害を受けたトドマツの幹の横断面
A: 6月中旬の霜害で殺された皮層細胞, B: 霜害後, 新しく形成された皮層組織, C: 形成層, D: 新しく形成された材, R: フロストリング, X: 昨年作られた材
材料は霜害を受けてから3ヵ月後の9月下旬に調べた. ×600

