



Title	北海道主要造林樹種の凍害に関する研究(Ⅳ)：土壤凍結の影響
Author(s)	今田, 敬一; KONDA, Keiichi; 武藤, 憲由 他
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 20(2), 393-403
Issue Date	1959-07
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/20784
Type	departmental bulletin paper
File Information	20(2)_P393-403.pdf



北海道主要造林樹種の凍害 に関する研究 (IV)

土壤凍結の影響

今田敬一
武藤憲由

Studies on the Frost Damage
of Important Plantation Species
in Hokkaido, Japan (IV)

Frost Damage of Tree Seedlings
Grown in Frozen Soil

By

Keiichi KONDA, Professor, Ringakuhakushi,
and Kazuyoshi MUTO, Assistant Professor

目次

	頁
緒言	393
実験方法及び材料	394
実験結果	395
考察	400
摘要	401
参考文献	401
Summary	403

緒言

寒冷な北海道の造林地では、冬の間、トドマツなど針葉樹にとって最も大切な主軸の先端が枯れたり、枝が枯れたりすることがある。植えて間もない若い造林木は木全体が枯れることもある。収穫に間もない大径木でさえ、冬の間針葉が真赤になり、春になつても回復しないで枯れて落葉し、樹勢がいちじるしく衰え、ひどいときには枯死することもある。このため造林成績が一向あがらない所がすくなくない。冬の間にあられる林木の被害いわゆる寒害は、5月中旬から6月上旬にかけてたびたびあられる晩霜害とともに

に、特に北海道のトドマツ造林にとつて大きい問題である。被害は毎年おなじように繰返されているが、被害甚大な特別な年もある。たとえば昭和32年の被害は、昭和7年以来25年ぶりの激しいもので、雪がすくない北海道の胆振、日高地方や東部地方の造林地では、数メートルに成長した林木まで枯死するものが多くあらわれ、造林意欲を沮喪させたままでいわれている。

寒害をうけた林木は、晩霜害、虫害、菌害などをうけた林木とその形態が明らかにちがつており、雪がすくなく土壌が深く凍結する地方、場所としては稜線や谷の方向変換点など風衝地に多く、また北斜面よりも南西斜面、林縁や疎林に多いことなど、野外の観察でも確かめることができる。このような事実から、寒害は冬の間にあられる低温のほか、土壌の凍結、風、直射日光の射入状態などと密接な関接があるにちがいないと考え、この実験を行つた。

実験方法及び材料

1. 実験は北海道大学農学部附属演習林実験苗圃の硝子室で行つた。
2. 1957年11月中旬、90cm四方深さ30cmの木鉢に2年生トドマツ苗木を225本ずつ植え、周囲1列の苗木をのぞいた169本を実験に用いた。
3. 試験区として土壌不凍結区、土壌不凍結風区、土壌凍結区、土壌凍結風区、土壌凍結ヨシズ囲区の5区を作つた。

土壌不凍結区と土壌不凍結風区には、土壌中20cmに硝子管を埋め、これにニクロム線をとおして、土壌中15cmの温度が 10°C となるよう調節した。この状態では低い低温があらわれると土壌表面が凍結した。そして霜柱のため浮上る苗木がでたが、そのために害を受けた苗木はなかつた。土壌不凍結風区と、土壌凍結風区には、1月30日から3月10日まで毎日2時間ずつ扇風器で秒速3.26mの風をあてた。土壌凍結ヨシズ囲区は木鉢の上方、東、南、西側をヨシズで二重に覆い、直射日光が苗木にあたるのをふせいだ。

4. 土壌凍結ヨシズ囲区とその他の区の気温を自記温度計ではかり、最高気温、最低気温、平均気温をもとめた。平均気温は、自記温度計のえがいた曲線から2時間ごとの平均気温をもとめ、計算で1日の平均気温を算出した。土壌凍結ヨシズ囲区と土壌凍結風区では、土壌中5cmと10cmの温度を、毎日午前10時、午後2時、午後4時と3回、曲管温度計で測定した。温度の測定は1月30日からはじめ3月12日におわつた。

5. ランダム方式にしたがい各区から8本の苗木を子葉のところで切つて採集し、1本ずつ生重量、乾重量を秤量し、幹葉の含水率の平均値をもとめた。

6. 苗木の各部に着生している芽の枯死、苗木全体の枯死などは6月下旬に調べた。

芽の着生位置によつて、主軸の頂芽、そのまわりに着いている主軸の尖端の芽、前の年1年間に伸長した1年生の主軸を3分して上部の芽、中部の芽、下部の芽に分け、また

枝の場合は主軸全体(苗木の高さ)を3分し、枝の着生位置によつて上部の枝の芽、中部の枝の芽、下部の枝の芽としてそれぞれ調査した。

実験結果

土壤凍結ヨシズ囲区, その他の試験区の気温を第1表に示した。

土壤凍結ヨシズ囲区の気温は, 他の試験区にくらべると, 最高気温で平均約1.5°C低

第1表 気温 °C
Table 1. Atmospheric temperatures. °C

	土壤凍結風区 Treatment I, II, III and IV*			土壤凍結ヨシズ囲区 Treatment V*		
	最高 Maximum	平均 Mean	最低 Minimum	最高 Maximum	平均 Mean	最低 Minimum
1958年1月30日~2月5日 Jan. 30, 1958 to Feb. 5	2.6	-2.9	-5.9	1.8	-2.9	-5.3
2月6日~10日 Feb. 6 to 10	3.9	-1.7	-4.2	2.3	-1.8	-4.0
2月11日~15日 Feb. 11 to 15	1.1	-2.6	-4.5	0.4	-2.5	-4.0
2月16日~20日 Feb. 16 to 20	1.2	-3.5	-6.7	0.6	-3.2	-5.9
2月21日~25日 Feb. 21 to 25	5.6	-0.3	-3.6	3.9	-0.1	-2.6
2月26日~28日 Feb. 26 to 28	3.9	-2.3	-4.2	2.5	-2.4	-3.9
3月1日~5日 Mar. 1 to 5	1.8	-3.7	-7.2	0.3	-3.9	-7.0
3月6日~10日 Mar. 6 to 10	5.8	-0.5	-4.1	4.4	-0.9	-4.0

- * Treatment I shows tree seedlings grown in unfrozen soil.
- Treatment II, tree seedlings grown in unfrozen soil and wound.
- Treatment III, tree seedlings grown in frozen soil.
- Treatment IV, tree seedlings grown in frozen soil and wound.
- Treatment V, tree seedlings grown in frozen soil and not exposed to sunshine.

第2表 土壤中5cmの温度 °C
Table 2. Temperatures in the soil under 5 centimetres. °C

	土壤凍結風区 Treatment IV			土壤凍結ヨシズ囲区 Treatment V		
	午前10時 at 10 a.m.	午後2時 at 2 p.m.	午後4時 at 4 p.m.	午前10時 at 10 a.m.	午後2時 at 2 p.m.	午後4時 at 4 p.m.
1958年1月30日~2月5日 Jan. 30, 1958 to Feb. 5	-1.7	-0.6	-0.7	-3.0	-2.3	-2.1
2月6日~10日 Feb. 6 to 10	-0.5	-0.3	-0.3	-1.6	-1.2	-1.1
2月11日~15日 Feb. 11 to 15	-0.7	-0.3	-0.4	-1.3	-1.2	-1.2
2月16日~20日 Feb. 16 to 20	-2.0	-0.9	-0.9	-3.3	-2.6	-2.4
2月21日~25日 Feb. 21 to 25	-0.6	-0.2	-2.0	-1.2	-0.8	-0.7
2月26日~28日 Feb. 26 to 28	0.0	-0.1	-0.1	-0.8	-0.7	-0.7
3月1日~5日 Mar. 1 to 5	-0.3	-0.2	-0.2	-4.1	-3.3	-3.1
3月6日~10日 Mar. 6 to 10	-0.6	-0.3	-0.2	-1.9	-2.0	-1.7

第3表 土壤中10cmの温度 °C
Table 3. Temperatures in the soil under 10 centimetres. °C

	土壤凍結風区 Treatment IV			土壤凍結ヨシズ囲区 Treatment V		
	午前10時 at 10 a.m.	午後2時 at 2 p.m.	午後4時 at 4 p.m.	午前10時 at 10 a.m.	午後2時 at 2 p.m.	午後4時 at 4 p.m.
1958年1月30日~2月5日 Jan. 30, 1958 to Feb. 5	-1.5	-1.2	-1.1	-2.8	-2.4	-2.3
2月6日~10日 Feb. 6 to 10	-0.5	-0.4	-0.4	-1.3	-1.2	-1.1
2月11日~15日 Feb. 11 to 15	-0.6	-0.5	-0.5	-1.2	-1.2	-1.2
2月16日~20日 Feb. 16 to 20	-2.0	-1.5	-1.4	-3.0	-2.7	-2.5
2月21日~25日 Feb. 21 to 25	-0.7	-0.6	-0.6	-1.1	-0.9	-0.9
2月26日~28日 Feb. 26 to 28	-0.1	-0.1	-0.1	-0.6	-0.6	-0.6
3月1日~5日 Mar. 1 to 5	-0.1	-0.1	-0.1	-3.8	-3.4	-3.2
3月6日~10日 Mar. 6 to 10	-0.8	-0.6	-0.6	-1.9	-2.3	-1.9

く、最低気温で平均約0.5°C高いが、平均気温ではまったく差がない。日中0°C以上の温度を示す時間は、土壤凍結ヨシズ囲区はその他の試験区よりかなり短い。気温の観測期間中に最も低い気温があらわれたのは3月4日で、土壤凍結ヨシズ囲区は-10.5°C、他の試験区は-10.6°Cである。

土壤中5cmの温度は第2表に、土壤中10cmの温度は第3表に示した。

土壤凍結ヨシズ囲区は直射日光の射入を防いだために、土壤中5cm、10cmの温度とも、土壤凍結風区より1°C前後低くなっている。土壤が凍りはじめた時期は、土壤凍結ヨシズ囲区は12月下旬、土壤凍結区と土壤凍結風区はそれよりおそく1月上旬であり、ま

第4表 幹葉の含水率 %
Table 4. Moisture percentages of stem and leaves. %

	土壤不凍結区 Treatment I	土壤不凍結風区 Treatment II	土壤凍結区 Treatment III	土壤凍結風区 Treatment IV	土壤凍結ヨシズ囲区 Treatment V
1957年12月17日 Dec. 17, 1957	56.1±1.7	56.5±0.8	56.6±3.1	55.8±1.7	56.6±2.9
1958年1月16日 Jan. 16, 1958	54.9±2.4	55.8±2.0	41.1±5.2	37.8±4.9	42.7±8.5
1月28日 Jan. 28	57.1±1.3	57.7±1.5	33.8±3.7	31.9±8.4	40.2±8.8
2月7日 Feb. 7	56.6±1.1	56.8±3.0	27.3±5.1	22.2±2.4	33.3±6.9
2月18日 Feb. 18	55.9±1.1	56.2±1.0	23.6±1.4	23.7±4.3	32.2±6.8
2月28日 Feb. 28	55.2±2.3	55.8±2.3	25.2±7.9	22.8±3.1*	34.1±9.5
3月14日 Mar. 14	54.7±1.7	54.9±2.0	24.3±8.0	23.0±4.0	35.3±4.4
3月24日 Mar. 24	52.8±2.0	52.8±1.8	23.9±5.7	22.7±5.7	36.8±11.5

* 8本中1本の苗木の含水率は51.6%であつたが、きわめて低い危険率で棄却されるので、計算のなかに加えなかつた。

た土壤凍結風区の凍った土壤は3月12日には完全にとけたが、土壤凍結ヨシズ圃区の土壤はなおしばらく凍りつづけていた。なお土壤凍結風区では、3月24日、25日、26日の3日間、土壤中5cmの温度は0°C以上になった。このため3月1日から3月5日までの間に低い低温があらわれ、平均気温も低かつたにかかわらず、土壤中の温度は下らず、土壤中5cm、10cmの温度とも、土壤凍結ヨシズ圃区より、午前10時の観測の平均で4°Cちかく高い。土壤中の温度は午後になるほど高くなるが、ただ土壤凍結風区の土壤中5cmの温度は、午後2時より午後4時のほうがいくらか低くなるようである。土壤中の温度の観測期間中に最も低い温度があらわれたのは、土壤凍結区の土壤中5cmの温度では2月1日の-3.7°C、10cmでも同じ2月1日で-3.2°Cであり、土壤凍結ヨシズ圃区の土壤中5cmの温度では3月4日の-5.2°C、10cmでは3月6日の-5.0°Cである。

幹葉の含水率の変化を調べた結果を第4表にのせた。

土壤不凍結区では、日を経ても幹葉の含水率はほとんど変わらず、55%前後である。また苗木個体間の含水率の差もすくない。土壤を凍らせないと、風をあててもその影響はまったく認められない。しかし土壤を凍らせた土壤凍結区や土壤凍結風区では含水率のへり

第5表 土壤不凍結区の凍害状態

Table 5. Frost damage of tree seedlings grown in unfrozen soil.

芽の位置 Position of bud		供試数 Number studied	凍死 Frost damage		
			個数 Number	%	
1年生の主軸 of 1 yr. old stem	頂芽 Terminal bud	105	—	—	
	尖端 Whorled buds	243	—	—	
	上部 Upper part	173	—	—	
	中部 Middle part	139	—	—	
	下部 Lower part	135	—	—	
枝の位置 Position of shoot of stem	上部 Upper part	頂芽 Terminal bud	49	—	—
		その他 Other buds	18	—	—
	中部 Middle part	頂芽 Terminal bud	52	—	—
		その他 Other buds	11	—	—
	下部 Lower part	頂芽 Terminal bud	55	—	—
		その他 Other buds	10	—	—
苗木全体 Whole tree seedling		105	—	—	

第6表 土壤不凍結風区の凍害状態
Table 6. Frost damage of tree seedlings grown in unfrozen soil and wind.

芽の位置 Position of bud		供試数 Number studied	凍死 Frost damage		
			個数 Number	%	
1年生の主軸 of 1 yr. old stem	頂芽 Terminal bud	105	2	2	
	尖端 Whorled buds	240	10	4	
	上部 Upper part	192	10	5	
	中部 Middle part	108	2	2	
	下部 Lower part	104	1	1	
枝の位置 Position of shoot. of stem	上部 Upper part	頂芽 Terminal bud	57	2	4
		その他 Other buds	18	—	—
	中部 Middle part	頂芽 Terminal bud	60	2	3
		その他 Other buds	21	—	—
	下部 Lower part	頂芽 Terminal bud	59	2	3
		その他 Other buds	5	1	20
苗木全体 Whole tree seedling		105	2	2	

第7表 土壤凍結区の凍害状態
Table 7. Frost damage of tree seedlings grown in frozen soil.

芽の位置 Position of bud		供試数 Number studied	凍死 Frost damage		
			個数 Number	%	
1年生の主軸 of 1 yr. old stem	頂芽 Terminal bud	105	98	93	
	尖端 Whorled buds	231	214	93	
	上部 Upper part	224	175	78	
	中部 Middle part	119	79	66	
	下部 Lower part	133	46	35	
枝の位置 Position of shoot. of stem	上部 Upper part	頂芽 Terminal bud	77	74	96
		その他 Other buds	33	31	94
	中部 Middle part	頂芽 Terminal bud	63	61	97
		その他 Other buds	11	8	73
	下部 Lower part	頂芽 Terminal bud	98	57	58
		その他 Other buds	7	6	86
苗木全体 Whole tree seedling		105	44	42	

第 8 表 土壤凍結風区の凍結状態
Table 8. Forst damage of tree seedlings grown in frozen soil and wound.

芽の位置 Position of bud		供試数 Number studied	凍死 Frost damage		
			個数 Number	%	
1年生の主軸 of 1 yr. old stem	頂芽 Terminal bud	101	93	92	
	尖端 Whorled buds	217	201	93	
	上部 Upper part	194	147	76	
	中部 Middle part	134	86	64	
	下部 Lower part	147	76	52	
枝の位置 Position of shoot. of stem	上部 Upper part	頂芽 Terminal bud	66	62	94
		その他 Other buds	18	18	100
	中部 Middle part	頂芽 Terminal bud	49	47	96
		その他 Other buds	10	9	90
	下部 Lower part	頂芽 Terminal bud	85	54	64
		その他 Other buds	2	1	50
苗木全体 Whole tree seedling		101	51	50	

第 9 表 土壤凍結ヨシズ囲区の凍害状態
Table 9. Frost damage of tree seedlings grown in frozen soil and not exposed to sunshine.

芽の位置 Position of bud		供試数 Number studied	凍死 Frost damage		
			個数 Number	%	
1年生の主軸 of 1 yr. old stem	頂芽 Terminal bud	105	63	60	
	尖端 Whorled buds	223	129	58	
	上部 Upper part	211	101	48	
	中部 Middle part	117	45	38	
	下部 Lower part	98	24	24	
枝の位置 Position of shoot. of stem	上部 Upper part	頂芽 Terminal bud	72	43	60
		その他 Other buds	41	26	63
	中部 Middle part	頂芽 Terminal bud	46	21	46
		その他 Other buds	8	3	38
	下部 Lower part	頂芽 Terminal bud	57	19	33
		その他 Other buds	3	1	33
苗木全体 Whole tree seedling		105	30	29	

かたがいちじるしく、土壌が凍つてからの1カ月間に幹葉の含水率は半分以下になる。これら2つの試験区では、1月下旬には、葉はひからびてかさかさし、褐色を呈し、幹にはしわができる。2月3日頃には明らかに枯死したと思われる苗木が多数あらわれる。風の影響も明らかで、1月30日から毎日2時間、秒速3.26mの風をあてた土壌凍結風区では、1月28日から2月7日までの10日間に、幹葉の含水率は約10%減少し、風をあてない土壌凍結区にくらべて、へりかたがいちじるしい。直射日光をさえぎつた土壌凍結ヨシズ囲区では、幹葉の含水率のへりかたがすくなく、また除々にへつている。なお、土壌を凍らせた3つの試験区では、苗木の幹葉の含水率のばらつきが大きくなる。

苗木の各部に着いている芽や苗木全体の凍害状態を調べた結果を、第5から第9までの5つの表に示した。

土壌不凍結区では、芽の死んだ苗木さえ1本もない。土壌不凍結風区では、2本の苗木が完全に枯死したが、風をあてたためとは考えられない。この2本のほかの苗木の芽は全部生きている。

土壌凍結区、土壌凍結風区では、主軸の頂芽はほとんど全部枯死する。1年生の主軸についている先端の芽、上部の枝、中部の枝の芽も同じである。ただ1年生の主軸についている中部の芽や下部の芽、下部の枝の頂芽などには生きているもののがかなりあり、下部の芽の枯死は土壌凍結区では35%、土壌凍結風区では52%である。土壌凍結区では完全に枯死した苗木は105本中44本、42%であるが、土壌凍結風区ではこれより多く101本中51本、50%である。

土壌を凍らせても、直射日光をさえぎると芽や苗木の死にかたがすくなくなる。土壌凍結ヨシズ囲区では、半分以上死ぬのは1年生の主軸についている頂芽、先端の芽、上部の枝についている芽だけである。主軸の頂芽も40%は生きており、苗木全体の枯死は29%で、土壌凍結区や土壌凍結風区よりかなりすくない。1年生の主軸についている芽や枝についている芽は、下についているものほど死にくい。

考 察

北海道の主要造林樹種トドマツの芽は、その最も耐寒性の強い時期には、 -35°C の低温室に8時間おいても異状なく生きていることが確かめられている。もちろん林木は同じ個体でも組織ごとに低温に対する抵抗力がちがうから、これらについてはなお研究しなければならないが、しかし北海道において、冬の間にあられる低温だけで、しばしば見るような、大規模な寒害がおこるものとは考えられない。林地の土壌が凍ること、これが寒害の大きな原因の一つであることを、この研究は明らかに示している。

温帯、寒帯の常緑樹は、根の活動が衰える冬の間なるべく水を失わないため、秋すで

に気孔を閉じることが云われている。気孔の蒸散量にくらべるときわめてすくないであろうが、林木は普通の表皮細胞の表面からも、いわゆるクチクラ蒸散作用を常に行っているし、コルク層を有する植物体の表面からは蒸散作用はほとんど行われないと見てよいが、皮目からかなりの量の水分が蒸散する。土壤を凍らせた3つの試験区では根からの水の供給がほとんどないと考えられ、幹葉の含水率の減少はこのクチクラ蒸散作用や皮目からの蒸散の結果であろう。いずれにしても土壤凍結によつて生ずる寒害は、植物体あるいはその組織が乾燥死する結果であろう。これらの試験区では、芽は生きていても開いてからの伸びがすくなく、葉も短く、新しく伸びた幹や枝に密に着生する傾向がある。

1月30日から扇風器で秒速3.26 mの風を毎日2時間ずつあてた土壤凍結風区では、1月28日から2月7日までの10日間に、幹葉の含水率は約10%減少し、減少のしかたがいちじるしい。このことから土壤の凍結した風衝地では、林木の蒸散作用がうながされることによつて、寒害を強くうけることがわかる。

ヨシズ囲して直射日光をさえぎつた土壤凍結ヨシズ囲区では、直射日光にさらされた土壤凍結区や土壤凍結風区より、幹葉の含水率のへりかたがすくなく、芽や苗木全体の死にかたもはるかにすくない。これは直射日光にあたらないうために、日中でも凍つた幹葉の組織のとけかたがすくなく、また蒸散作用もよわく水の奪われかたがすくないためである。このことから林地の南西斜面よりも北斜面に寒害のすくない事実を説明することができる。また林縁や疎開した林地に寒害が多いのは、風のほかに直射日光も関係していると思われる。

摘 要

寒害におよぼす土壤凍結の影響を調べた結果は次のとおりである。

1. 土壤が凍結することは林木の寒害の大きい原因の一つである。土壤凍結区の2年生トドマツ苗木の主軸の頂芽はほとんど全部枯死し、苗木全体の枯死も42%にたつた。
2. 土壤が凍結したとき、風をあてると林木の寒害は多くなる。土壤凍結風区では、風をあてた後の含水率のへりかたがいちじるしく、苗木全体の枯死も風をあてない土壤凍結区より多く50%であつた。
3. 直射日光を受けないと林木は寒害にかかりにくくなる。土壤凍結ヨシズ囲区では、含水率のへりかたもすくなく、主軸の頂芽の40%は生きており、苗木全体の枯死も割合にすくなく29%であつた。

参 考 文 献

- 1) 愛知県：凍霜害に関する調査報告書。1954。
- 2) BATES, C.G.: The frost hardiness of geographic strains of Norway pine. Journ. of Forestry, 28, 327-333, 1930.

- 3) BÜSGEN, M. and MÜNCH, E.: Bau und Leben unserer Waldbäume. 3. Aufl., 426, 1927.
- 4) 千葉県: 凍霜害防止対策調査成績書. 1954.
- 5) CONSTANTINESCU, K.: Weitere Beiträge zur Physiologie der Kälteresistenz bei Wintergetreide. *Planta*, 21, 304-323, 1933.
- 6) DAY, W.R. and PEACE, T.R.: The experimental production and the diagnosis of frost injury on forest trees. *Oxford Forestry Memoirs*, 16, 1-60 1934.
- 7) DENGLER: Junifrostschäden an der Kiefer. *Zeit. für Forst- und Jagdw.*, 42, 670-674, 1910.
- 8) DENGLER: Junifrostschäden an der Kiefer. *Zeit. für Forst- und Jagdw.*, 64, 97-99, 1932.
- 9) FUNK, G.: Vergleichende Beobachtungen über Winterfrostschädigungen an Koniferen. *Mitt. Deut. Dendrol. Ges.*, 32, 135-144, 1922.
- 10) FUNK, G.: Weitere Beobachtungen über Winterfrostschädigungen an Koniferen. *Mitt. Deut. Dendrol. Ges.*, 35, 293-296, 1925.
- 11) HESS-BECK: Forstschutz. 5. Aufl., 2. Bd., 346, 1930.
- 12) 今田敬一: 晩霜季における林地の低気温. 北大農学部演習林研究報告, 14巻, 1号, 1-46, 1948.
- 13) 今田敬一: 林地の地表附近に現われる低気温の観測例. 北大農学部演習林研究報告, 14巻, 2号, 105-123, 1949.
- 14) 今田敬一: 造林地のトドマツの凍害に関する研究. 北大農学部演習林研究報告, 16巻, 2号, 117-174, 1953.
- 15) 今田敬一: 斜面の温暖地帯と寒冷な台地について. 北大農学部演習林研究報告, 17巻, 1号, 103-126, 1954.
- 16) 今田敬一: 融雪季の洪水におよぼす森林の予防効果 (I) 凍結林地の不凍結地点. 北大農学部演習林研究報告, 17巻, 2号, 647-658, 1955.
- 17) 今田敬一・武藤憲由: 地形と凍害との関係. 第66回日本林学会大会講演集, 98-100, 1956.
- 18) 今田敬一・武藤憲由: 北海道主要造林樹種の凍害に関する研究 (I) 凍害と温度. 北大農学部演習林研究報告, 19巻, 1号, 41-60, 1958.
- 19) 今田敬一・武藤憲由: 北海道主要造林樹種の凍害に関する研究 (II) 凍害と朝日の影響. 北大農学部演習林研究報告, 19巻, 1号, 61-78, 1958.
- 20) 今田敬一・武藤憲由: 北海道主要造林樹種の凍害に関する研究 (III) 凍害発生の時期. 北大農学部演習林研究報告, 19巻, 1号, 79-122, 1958.
- 21) 今田敬一・佐々木準長: 国有林におけるトドマツの凍害. 寒帯林 (旭川営林局報), 59号, 12-24, 1957.
- 22) 今田敬一・谷口三佐男・玉利長三郎: 苗畑におけるトドマツ苗木の寒害の1例. 第66回日本林学会大会講演集, 92-93, 1956.
- 23) 京都府蚕糸茶業課: 昭和28年度茶凍霜害防止対策調査成績. 1954.
- 24) MAYER, B.S.: Further studies on cold resistance in evergreens, with special reference to the possible role of bound water. *Bot. Gas.*, 94, 297-321, 1932.
- 25) 宮城県経済部特産課: 果樹凍霜害防止対策調査成績. 1954.
- 26) MÜNCH, E.: Die Knospenentfaltung der Fichte und die Spätfrostgefahr. *Allg. Forst- und Jagdzeit.*, 99, 241-265, 1923.
- 27) MÜNCH, E.: Frostgefährdung wintergrüner Gehölze. *Mitt. Deut. Dendrol. Ges.*, 40, 175-186, 1928.
- 28) 村井延雄: 斜面の浸食と積雪・凍土について. 北大農学部演習林研究報告, 17巻, 2号, 769-792, 1955.
- 29) 村井延雄: 北海道の水源地域における斜面浸食に関する基礎的研究. 北大農学部演習林報告, 19巻,

3号, 1-98, 1958.

- 30) 酒井 昭: 桑の耐凍性及び皮層柔細胞の生理状態の季節的变化. 低温科学, 生物篇, 13, 33-41, 1955.
- 31) 酒井 昭: 耐凍性の持続及びそれに及ぼす温度の影響 (I). 低温科学, 生物篇, 14, 1-6, 1956.
- 32) 酒井 昭: 植物における耐凍性増大と外囲温度. 低温科学, 生物篇, 14, 7-15, 1956.
- 33) 酒井 昭: 超低温における植物組織の生存. 低温科学, 生物篇, 14, 17-23, 1956.
- 34) 酒井 昭: 超低温における植物組織の生存 II. 低温科学, 生物篇, 16, 41-53, 1958.
- 35) 佐々木準長・谷口三佐男: 苫小牧地方トドマツ造林地の霜害概況並びに造林対策. 北大農学部演習林研究報告, 17巻, 2号, 929-966, 1955.
- 36) 田沢 博: 北方気象と寒地農業. 1945.
- 37) 田沢 博: 霜と霜害. 寒地農業, 1巻, 2号, 3号, 1947.
- 38) 栃木 県: 凍霜害に関する調査報告書. 1954.
- 39) 吉井義次: 植物凍死と耐寒性の問題. 農業及び園芸, 11巻, 1号, 43-52, 1936.

Summary

Two years old Todo-fir (*Abies Mayriana*) seedlings were planted about the middle of November in wooden box of 90 centimetres square and 30 centimetres in depth; 225 tree seedlings for each wooden box. Except 56 tree seedlings around the edge of the box, 169 tree seedlings were used in this study.

In Treatments III and IV, soil had been frozen from about early January to March 12th, while in Treatment V, from about late December, 1957 to late March, next year. Atmospheric and underground temperatures were reported in tables 1, 2 and 3.

In Treatments I and II, the temperature in the soil under 15 centimetres was regulated at 10°C and when it was cold, the surface of soil froze slightly.

In Treatments II and IV, tree seedlings were exposed to the wind of 3.26 metres per second from January 30th to March 10th by fan; two hours for each day.

In Treatment V, tree seedlings were not exposed to the sunshine being shaded by the covering of reed-blind.

Table 4 shows moisture percentages measured at the top of 8 tree seedlings.

When soil was frozen, almost all the terminal buds of stem were damaged and 42% of tree seedlings died.

The moisture percentage of tree seedlings grown in frozen soil and wound decreased more strikingly after the exposure to wind and 50% of those tree seedlings died.

Tree seedlings not exposed to the sunshine were less damaged, although soil was frozen. In Treatment V, the moisture percentage of tree seedlings decreased less than that of Treatments III and IV, 40% of terminal buds of stem have survived and only 29% of tree seedling died.