

東大演習林苗圃における 2008 年晩霜害の被害状況

東京大学北海道演習林 小川 瞳・高橋功一・犬飼慎也
大屋一美・木村徳志

はじめに

東京大学北海道演習林では更新補助を目的として、天然林の主要な構成種でもある針葉樹 3 種（トドマツ、エゾマツ、アカエゾマツ）を年間約 3 万本山出しできるような苗木生産を行っている。

2008 年は 4 月の気温が高く推移し、フェノロジーの動きも通年より早かった。そのため、例年では 5 月中旬以降に行う床替え作業も 4 月下旬に行った。その後 5 月 10 日の早朝、気温がマイナス 3.3℃まで下がり、晩霜害が発生した。そこで育苗中のトドマツ、エゾマツ、アカエゾマツについて生育年別に被害状況を調査した。また、被害を受けた苗で多くの側枝が伸長してきたため、その様子についても合わせて報告する。

調査地と方法

東京大学北海道演習林苗圃は富良野市山部に位置する（北緯 43° 13' 11" , 東経 142° 22' 55" , 標高 230m）。1996~2005 年の年平均気温は 6.3℃, 最高極値 35.4℃, 最低極値は-26.8℃, 年較差は 62℃である。苗木生産の方法は、播種床で 2 年間育苗し、3 年目の春に床替えを行う。その後床替え床で約 4 年間育苗し、現在は主に 6 年生で山出ししている。

2008 年の晩霜害発生の数日前から、ニュース等で農作物に対する警戒が呼びかけられていた。そこで、当苗圃においても前日に表-1 に示した被害予防措置を行った。

なお、足つき寒冷紗は十分な数がなく、2008 年床替え苗しか覆えなかった。

調査は被害の発生した播種床 2 年目の苗と、床替え床の苗を対象に行った。播種床は幅 1m, 長さ 36m あるため、10cm×1m の方形枠を 4m おき、計 9 つ設置した。床替え床は床替え年・樹種ごとに 6×50 列、計 900 本にラベルをつけた。晩霜害被害を受けると、すでに開葉している場合はその葉が白く脱色した後褐変して茶色く枝に残っていた。開葉していない場合も芽が茶色いまま枝に残っていた。播種床では 2008 年 6 月に主軸の先端の芽を頂芽、側方についている芽を側芽としそれらに被害があるかないか調査した。床替え床では 2008 年 7 月に頂芽の被害を調査し、9 月には主軸の先端に頂芽が形成されているか、また被害苗で多くの側枝が出現し箒状のようになるものもあったため、それらについても調査した。特に 2005 年床替え苗は山出し直前であったため、苗木のサイズや形などから山出しできるかどうかについても判定した。2009 年 9 月は 2008 年 9 月と同様に調査を行い、

表-1 2008 年の晩霜害前に実施した予防措置

2008 年春の時点		予防措置
播種床	1年目(発芽直後)	寒冷紗、養苗シート、足つき寒冷紗
	2年目	養苗シート
	3年目(床替え直後)	2008年床替え苗 足つき寒冷紗
床替え床	4年目	2007年床替え苗 なし
	5年目	2006年床替え苗 なし
	6年目	2005年床替え苗 なし

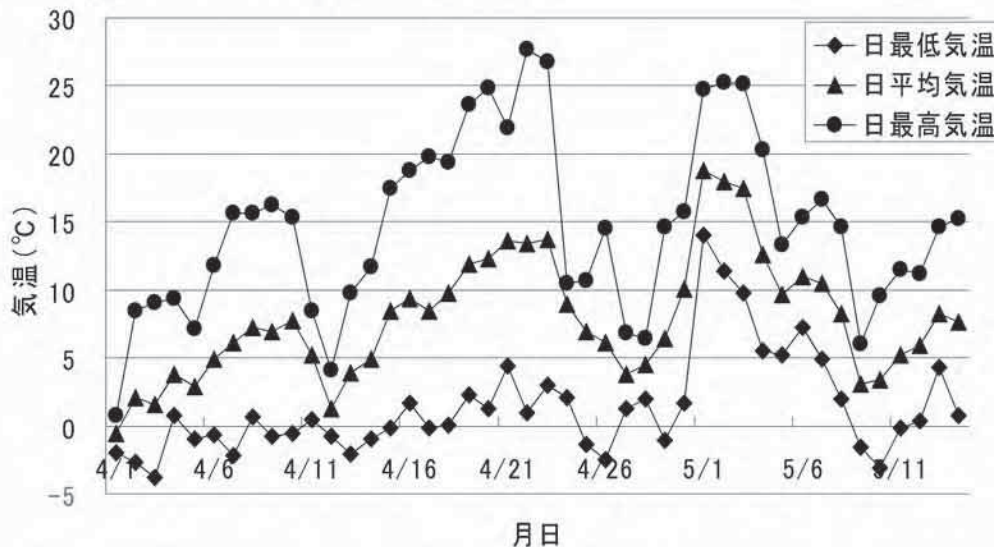


図-1 東大樹木園における 2008 年 4 月～5 月上旬の気温変化

Hitomi OGAWA, Koichi TAKAHASHI, Shinya INUKAI, Kazumi OYA, Noriyuki KIMURA (Tokyo University Forest in Hokkaido, Yamabe, Furano 079-1582),
Late frost damages occurred in 2008 at the Tokyo University Forest Nursery in Hokkaido

2006 年床替え苗が山出し直前であったため山出し可能かどうかの判定と、2007,2008 年床替え苗についても今後山出し可能かどうか判定した。なお、2007 年床替えのエゾマツは都合により移植したため、2009 年のデータがとれなかった。

結果と考察

1) 晩霜害発生時の気象条件

図-1 は東大演習林樹木園 (苗圃に併設) で観測された 2008 年 4 月から 5 月 15 日までの日最高・平均・最低気温を示したものである。2008 年には 2 度の晩霜害が発生した。初回は 4 月 26 日であり、播種床 2 年目の苗のうち、苗高が低くすでに開葉していた苗のみが若干の被害を受けた。これは、苗圃のほとんどの苗木がまだ開葉していなかったことによる。2 回目は 5 月 10 日であり、晩霜による被害がより大きかった。前日の 5 月 9 日から 10 日にかけての気温の推移を図-2 に示す。氷点下の継続時間は 8 時間半にも及び、5 月 10 日早朝の最低気温は -3.3℃であった。なお、ここに示した気温は地上高 170cm で測定したものであり、苗木のある地表近くはさらに低温であったと考えられる。4 月中に 2 日、5 月に入ってから 2 日、日平均気温が 25℃を上回るなど、気温の高い日が多かった。また、晩霜害発生の前日である 5 月 9 日には降水も確認された。

過去 10 年間の気象観測データから算出した成長積算温度を図-3 に示す。当苗圃では 1998 年にも晩霜害が発

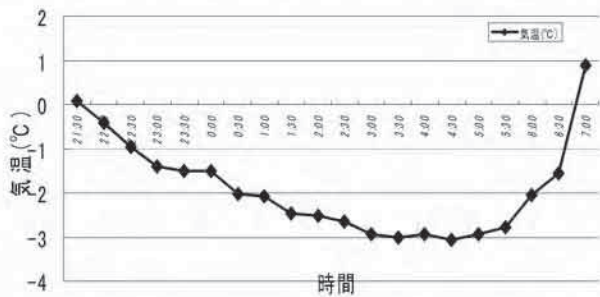


図-2 2008 年 5 月 9 日晚～10 日早朝の気温変化

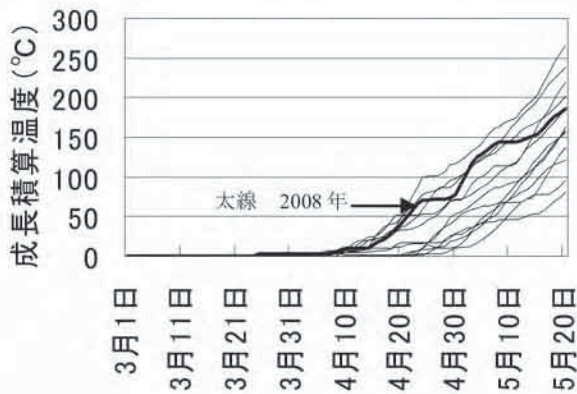


図-3 過去 10 年間の成長積算温度*
*5.0℃以上の日平均気温を積算した値。

生した (1,2) が、過去 10 年間に於いて成長積算温度が最も高く推移したのが 1998 年であった。2008 年における 5 月以降の成長積算温度は 1998 年に次ぐ高さであった。

2) 播種床での被害率

播種床当年生では発芽直後の当年生は寒冷紗、養苗シート、足つき寒冷紗と 3 重に予防措置をとってあったおかげか、ほとんど被害はなかった。播種床 2 年目の苗は予防措置が 1 枚だけだったせい、被害を防ぎきることはできなかった。

図-4, 5 は頂芽・側芽の被害率を樹種別に比較したものである。頂芽の被害率はトドマツとエゾマツでは約半数にのぼり、被害率に有意な差はみられなかった。一方、アカエゾマツは頂芽と側芽の被害率が他の 2 種よりも有意に低かった。これは、開葉時期の差によると考えられる。頂芽は一般に、エゾマツ、トドマツ、アカエゾマツの順に開葉する。2008 年 5 月 10 日の時点で播種床のトドマツ、エゾマツは頂芽の開葉がほぼすべて終わっており、アカエゾマツは開葉し始めた頃であった。

根浮きの発生率を図-6 に示す。根浮きとは、凍上により根が浮いて露出する現象を指す。根浮きの発生率は低かったものの、樹種別にみるとトドマツが他の 2 種よりも有意に低かった。これは、モミ属であるトドマツとトウヒ属であるエゾマツ、アカエゾマツで根の形状に違いがあることが原因と考えられる。

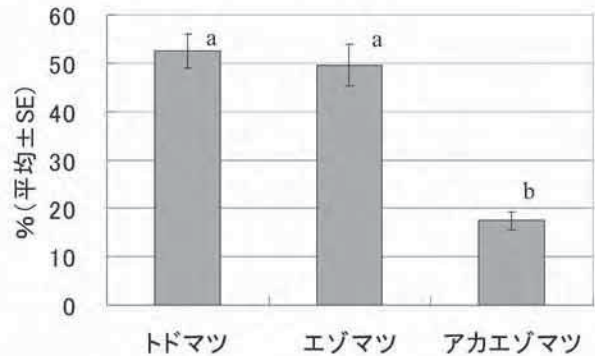


図-4 播種床 2 年目苗の頂芽の被害率

注) 異なるアルファベットは差が有意であることを示す (p<0.001)

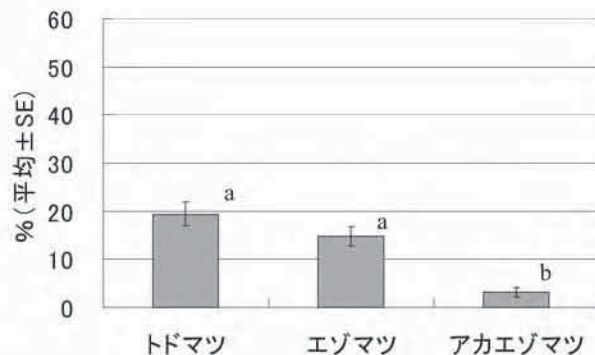


図-5 播種床 2 年目苗の側芽の被害率

注) 図-4 に同じ

3) 床替え床での被害率

床替え床における二元配置分散分析の結果を表-2 に示した。頂芽被害割合を樹種別、床替え年別、樹種・床替え年別にそれぞれ図-7, 8, 9 に示した。

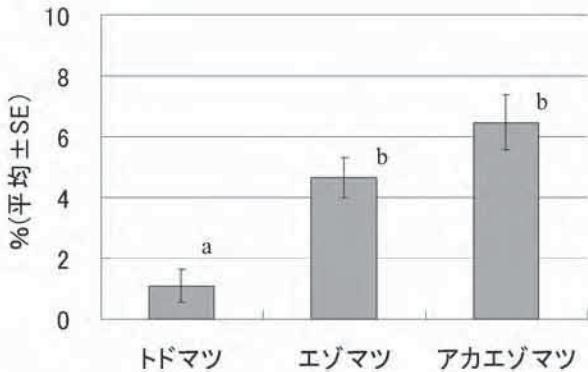


図-6 播種床2年目苗の根浮きの発生率
注) 図-4に同じ(p<0.01)

表-2 二元配置分散分析の結果

因子	自由度	平均平方	F 値	P 値	判定
床替え年	3	0.2478	51.2449	0.0000	**
樹種	2	1.1112	229.7998	0.0000	**
床替え年×樹種	6	0.0578	11.9531	0.0000	**
誤差	24	0.0048			
全体	35				

**:1%有意 *5%有意

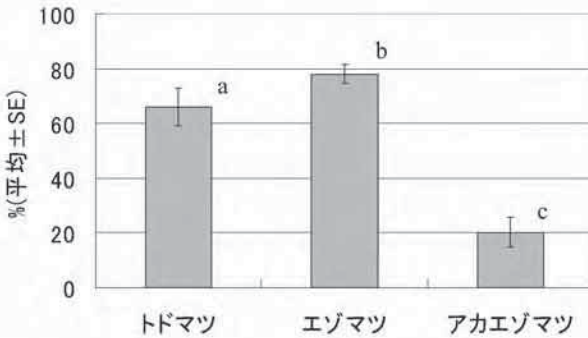


図-7 床替え苗の樹種別頂芽の被害率
注) 図-4に同じ

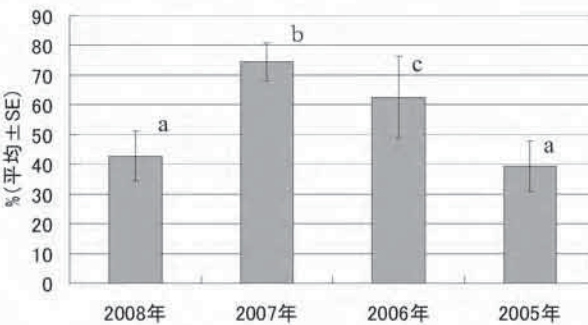


図-8 床替え年別頂芽の被害率
注) 図-4に同じ

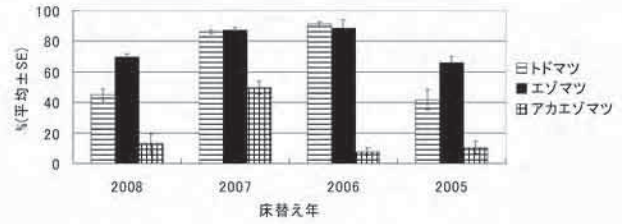


図-9 床替え年・樹種別頂芽の被害率

樹種別の頂芽の被害ではトドマツ 66%, エゾマツ 78% でエゾマツのほうが若干被害が多く、アカエゾマツは 20%であった。床替え年別の被害では 2007 年床替え苗が 74%ともっとも多かったが、図-9 でさらに樹種別にみるとアカエゾマツの被害が 50%と多かったのが原因とわかる。

床替え床の被害では床替え直後であった 2008 年床替え苗のみ足つき寒冷紗を設置したおかげか(図-10)、被害を軽減することはできた。それでも、43%の被害が発生している。

2005 年床替え苗は苗齢が高く開葉が若干遅かったことが影響しているのか、他の苗齢の苗よりも被害率が低く 39%であった。2005 年床替え苗は 2008 年秋に山出しされる苗でもあったため、山出し苗の被害の有無を表-3 に示した。霜被害当年の山出し苗の 90%以上が被害のない苗であり、被害を受けた苗はその年の山出しがほぼ不可能になることが明らかである。

4) 被害苗の回復状況

被害を受けた苗がその後どうなったか、2006~08 年床替え苗における樹種別の 2008 年秋の調査結果を表-4 に示した。一般に山出し可能となる主軸のある本数割合はトドマツで 4.1%, エゾマツ 1.3%, アカエゾマツ 17.4% であり、1 成長期のみでは被害を受けた苗が良苗となるのは難しいのは前述のとおりである。一方でトドマツ、エゾマツでは約 70%, アカエゾマツでは約 40%から側枝が伸長してきた。そこでその側枝に注目し、樹種・床替え年別の側枝の出現率を表-5 に示した。また、2009 年秋に山出し可能本数の割合を表-6 に示した。2006 年床替え苗のみ、2009 年秋の山出しを見越して 2009 年春に側枝を一本のみにするよう剪定を行った。その結果 2007~08 年床替え苗の山出し可能本数割合が 30~43%に対して、2006 年床替え苗では約 60~70%と、山出し可能な苗を増やすことができた。



図-10 2008 年床替え苗の予防措置 (足つき寒冷紗)

表一3 2005 年床替え苗のうち山出した苗の霜被害率

	トドマツ		エゾマツ		アカエゾマツ	
	n	%	n	%	n	%
頂芽被害なし	421	97.2	102	94.4	455	97.6
頂芽被害あり	12	2.8	6	5.6	11	2.4
計	433	100	108	100	466	100

表一4 頂芽被害苗の 2006~2008 年床替え苗における樹種別 2008 年秋の結果

	トドマツ		エゾマツ		アカエゾマツ	
	n	%	n	%	n	%
主軸刈本数	73	4.1	12	1.3	83	17.4
側枝刈本数	1240	69.1	673	71.1	175	36.8
主軸側枝ない	352	19.6	172	18.2	198	41.6
枯れ	130	7.2	89	9.4	20	4.2
計	1795	100	946	100	476	100

表一5 2006~2008 年床替え苗の樹種別側枝の出現本数

樹種	床替え年	2008年春被害本数		2008年秋側枝出現	
		n	%	n	%
トドマツ	2008	401	179	44.6	
	2007	687	441	64.2	
	2006	707	620	87.7	
計		1795	1240	69.1	
エゾマツ	2008	582	463	79.6	
	2006	364	210	57.7	
計		946	673	71.1	

表一6 2006~2008 年床替え苗の樹種別山出し可能本数

樹種	床替え年	2008年秋側枝出現本数		2009年秋山出し可能	
		n	%	n	%
トドマツ**	2008	179	56	31.3	
	2007	441	188	42.6	
	2006	620	373	60.2	
計		1240	617	49.8	
エゾマツ**	2008	463	145	31.3	
	2006	210	146	69.5	
計		673	291	43.2	

**p<0.01 カイ2乗検定

注) 2006 年床替え苗のみ側枝の剪定を行っている

おわりに

2008 年の晩霜害は演習林の 0B からこんな被害は見ることがないと言われるほどの被害であった。晩霜害は春の開芽期に耐凍性がほとんどなくなったときに、トドマツでは -2℃ から -5℃ で凍結を強制されて発生する(4)。富良野地域において 5 月に最低気温がマイナス 3.3℃ になることじたいは珍しいことではないのだが、とにかく 2008 年は 4 月の気温が高くフェノロジーの動きも早く進行していた。樹種間の比較等もされているが(6)、晩霜害の発生はタイミング(8)といわれているとおり、今回はトドマツとエゾマツがほぼ開葉しているタイミングで低温の日があったため、2 種の被害が大きか

った。また水で濡れたトドマツ苗は濡れていない苗より凍りやすい(7)と言われており、前日の降雨も被害を大きくする一因になったと考えられる。さらに人工的に苗木を冷却した実験では、同じ低温でも冷却時間が長いほど被害が多くなるとされており(3)、氷点下の時間が長かったことも被害が大きくなった一因であると考えられる。

被害予防の方法の検討として、播種床では予防措置で養苗シート 1 枚というのは少なすぎた。播種床においては今回の 1 年目の苗のように 3 重の予防措置を設置することも可能であり、今後被害の発生が予測されるときには十分な予防措置をとることが必要である。床替え床においては今回 2008 年床替え苗だけは足つき寒冷紗で被覆することができたが、全面被覆するのは資材費、労力的に難しくかつ完璧に予防できる措置ではなかった。当苗圃では以前は古タイヤを燃やすなどして予防していたが、現在においてはその方法は不可能である。また耐凍性物質による防除の検討もなされているが(5)、普及はしていない。

たった一晚の低温の影響で、枯死する苗はそれほどなかったものの主軸の交代によって樹形が変形したり、剪定の必要ができたりとその影響は少なくとも 3 年は続く。1998 年の晩霜害発生時も 4 月の気温が高く推移しており、4 月が高温だった年は特に晩霜害の発生に気をつける必要があると考えられる。昨今の気候変動の激しさを考慮すると再びこのような晩霜害が発生する可能性を否定できない。予防方法のないまま苗畑において 6 年間苗木を育成することはリスクが大きく、根本的な対策が必要とされているのではないかと。

本研究をまとめるにあたって尾張敏章博士にご指導いただいた。またデータをとるにあたって苗圃のスタッフにもご協力いただいた。この場を借りてお礼申し上げる。

引用文献

- (1) 梶幹男・高橋康夫(1999) 東京大学北海道演習林におけるブナ産地別フェノロジー—1998 年の開葉期と晩霜害—。日林北支論 47:54-57
- (2) 木佐貫博光・倉橋昭夫(1999) エゾマツ 7 産地苗の開芽期の変異と晩霜害。日林北支論 47:58-60
- (3) 今田敬一・武藤憲由(1958) 北海道主要造林樹種の凍害に関する研究(1)。北大演報 19:41-60
- (4) 水井憲雄(1971) 最近発生した林木の霜害について。光珠内季報 15:16-23
- (5) 武藤憲由(1967) 耐凍性物質による凍害防除。日林北支講 18:141-143
- (6) 岡田滋・森俊人・酒井昭(1967) 開葉時のトドマツ、アカエゾマツ、エゾマツ苗木の耐凍性の比較。日林北支講 18:138-140
- (7) 坂上幸雄・藤村好子(1981) トドマツ苗の凍結温度による晩霜害被害率の推定。林試北海道新技術情報 4:1-4
- (8) 高橋邦秀・藤村好子・小池孝良・中村梅男(1988) アカエゾマツの晩霜害。北方林業 40:259-263