



Title	有珠山噴火によるカラマツ造林木の被害(第1報) : その樹幹外部の被害
Author(s)	今川, 一志; 石田, 茂雄; 田島, 裕志
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 37(1), 209-229
Issue Date	1980-01
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/21026
Type	bulletin (article)
File Information	37(1)_P209-229.pdf



[Instructions for use](#)

有珠山噴火によるカラマツ 造林木の被害 (第1報)*

— その樹幹外部の被害 —

今川一志** 石田茂雄** 田島裕志***

Damages of Japanese Larch, *Larix leptolepis*, caused
by the Eruption of Usu Volcano

Report I. External Damages of Stems

By

Hitoshi IMAGAWA, Shigeo ISHIDA
and Yuji TAJIMA

目 次

I. はじめに	210
II. 調査方法	211
1. 調査地	211
2. 被害形態の分類	212
3. 調査・測定項目	213
III. 調査結果	213
1. 幼 齡 林	214
2. 若 齡 林	216
3. 壯 齡 林 (I)	218
4. 壯 齡 林 (II)	219
IV. 総合考察	224
1. 樹幹の被害と樹齡	224
2. 被害の方向	225
3. 折損部位	225
V. おわりに	226
VI. 謝 辞	226
VII. 摘 要	227
VIII. 文 献	227
Summary	228

* 1978年7月31日受理

** 北海道大学農学部林産学科木材理学教室
Laboratory of Wood Physics, Dept. of Forest Products, Faculty of Agriculture, Hokkaido
University.

*** 長野県林務部
Dept. of Forestry, Nagano Prefecture.

I. はじめに

1977年の有珠山噴火によって、その周辺部の森林は大きな被害を受けた。噴火直後から、森林被害の実態調査が広範に進められ、数多くの調査結果が報告されている(4~8, 10, 13, 14, 17~20, 24, 26)。

それらの調査によると、林木の被害の原因は噴出した礫石などの直撃によるもの、降灰が枝条に付着したための異常な重さによるもの、林地に厚く堆積した火山灰によるもの、の3つに大別される。その中でも、灰付着による被害が最も著しい。灰付着による林木の被害の程度は降灰量、樹種、樹齡、立地条件などによって異なるが、その被害の形態は落葉、枝折れ、樹幹の湾曲や折損、さらには倒伏などである。また、樹種的にはカラマツ造林木が最も大きな被害を受けている。

このように、林木の被害の実態はかなり明らかになってはいるが、それらはいずれも林木の外部的な被害についてであり、その内部的な、すなわち樹幹材部にどのような影響が生じたのかについては全く不明のままであり、木材利用の立場からはその解明が急がれる。また、上述の多くの調査は、広大な地域にわたって散点状になされたものであり、被害の全般的な把握には適するが、個々の林分や林木の被害状況を詳細に知るには十分とは言えない。

以上のような点から、著者らは一地域のカラマツに注目し、まず外部的被害の実態を明らかにし、その後にそこで見出された代表的な被害木の材部の状況を調べるという意図のもとに研究に着手した。なお、この研究の概要はすでに予報的に報告してある¹²⁾。本報告はそれの前半部に当たるカラマツ樹幹の外部的な被害実態をさらに精査し、検討したものである。既報¹²⁾の後半部、すなわち材部の被害状況の詳細については別の機会に報告したい。

なお、調査は噴火後1年たった1978年7月から8月にかけて行なわれた。そのため、噴火直後の流動的な被害の実態調査に比べ、噴火活動は沈静化に向っている時点のために、林木の被害はより固定的な、そして累積的なものとして把握することが可能である。さらには、カラマツの回復状態、芽吹きや材形成などについての知見も得られることが期待される。なお、ここで得られた結果を論議する際には降雪などの他の要因の影響についても配慮することが必要であろう。

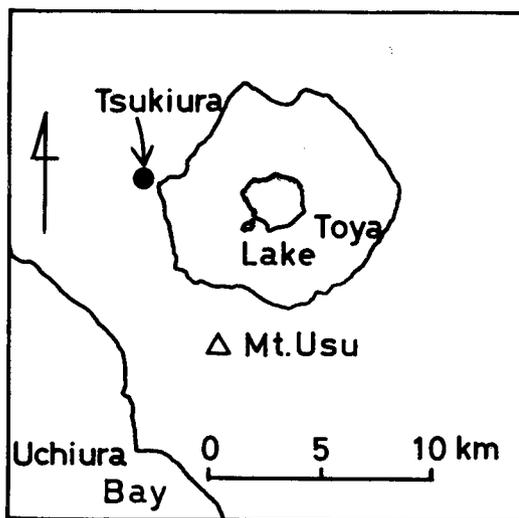


Fig. 1. Location of the forests examined.

II. 調査方法

1. 調査地

洞爺湖の西側で、有珠山の北西部に位置する月浦地区で調査を進めた¹²⁾ (Fig. 1)。4カ所のカラマツ (*Larix leptolepis*) 造林地を選定し、そのなかに調査地を設定した。各調査地は互いに近接しているので、降灰の程度は同じと考えて差し支えないと思われる。なお、噴火当時、月浦地区には10 cmの降灰があった(7, 13, 17, 19, 26)。

調査地の4カ所の概要をTable 1に示す。林齢はそれぞれ、7, 15, 26, 28年である。以下では、林齢に基づいて、それぞれを幼齢林、若齢林、壮齢林(I)、壮齢林(II)と便宜的に呼ぶことにする。壮齢林(I)以外は傾斜地であり、斜面の向きは南東または南南東で、ほぼ有珠山に面している。本調査時に林地内に堆積していた火山灰は10~12 cm位であったが、雨や融雪水などによる流失が考えられるので、正確な累積降灰量は不明である。

Table 1. Outline of the four forest lands investigated

Forest	younger	young	adult (I)	adult (II)
Topography	inclined	inclined	plane	inclined
Direction of inclination	SSE	SE		SSE
Degree of inclination	10°	13°		18°
Amount of ash ¹⁾ (cm)	10	12	10	10
Sub-compartment ²⁾	69	68	9	20

1) Examination in August, 1978.

2) No. 4 compartment, private forest, Abuta Cho.



Photo 1. Bowed larch stem.

なお、調査した造林地はすべて民有林である。

2. 被害形態の分類

林木の被害はその外部形態によって幾つかに分類されている (5, 7, 10, 17, 20)。しかしながら、あまり細かな分類はそれぞれの境界が判然としなくなり、いたずらに混乱を招くことになりやすい。それ故、ここでは樹幹 (主幹) の形状にだけ着目し、被害木を湾曲木 (Photo 1)、折損木 (Photo 2, 3)、倒伏木の3つに分けることにした。また、外部的な被害の見られないものを正常木と呼ぶことにした。ただし、この正常木にはしばしば被圧木的なものや、芽吹きの見られないものも含まれている。さらには材部の状況については全く考慮されていない。したがって、正常木という名称が妥当かどうか問題のあるところであるが、外部的被害が見られない点を強調する意味から、そのように呼ぶことにした。

また、被害を受ける前の樹冠の状態についての情報は全く得られなかったので、調査にあたっては樹冠、すなわち枝の被害については一切取扱わなかった。



Photo 2. Broken larch stem with the breakage portion.



Photo 3. Broken larch stem without the breakage portion.

3. 調査・測定項目

調査地内にあるカラマツはすべて調査対象木とし、その胸高直径と、可能なかぎり樹高をもすべて実測した。胸高直径は輪尺で、幼齢木は1 cm 括約、それ以外は2 cm 括約で測定した。樹高は12 m まで伸縮可能な測桿(逆目盛つき)を樹幹に沿って立て、測定した。樹高が12 m 以上の場合には、それ以上の部分についてはその測桿の長さを目安として目測によった。

幼齢木が湾曲している場合には、湾曲樹幹に沿ってメジャーをあて、樹高を実測した。湾曲した若、壮齢木のように大きなアーチを描いている場合には実測は不可能であった。その際には、根元から先端部直下までの間を一定間隔毎に(2 m)、その地点における湾曲樹幹までの高さ、およびその直径を測桿で実測し、それに基づいて作図をし、樹高を算出した。なお、いずれの場合でも、先端部の折れたものや、埋まっているものについては樹高は求め得なかった。また、湾曲樹幹についてはその矢高を求め、湾曲の程度を示す一つの指標とした。

折損木の折れ口までの高さ(以下では折れ口高さと呼ぶ)も測桿で実測した。また、折れ口直下の樹幹直径を測り、折れ口直径とした。折れ口直径は、測桿の先端に取りつけたL字型の物差しを折れ口直下にあて、その直径を双眼鏡で読み取った。折れ口より上の樹幹が付着している場合にはその長さも測定し、樹高を求めた。付着していない場合には、地面に落ちている部分の確認は極めて難しく、ほとんどのものについて樹高を求めるに至らなかった。

各調査木について、その胸高直径に対する樹高の比、すなわち形状比を求めた。しかし、上述したような理由で樹高を完全に測り得たものはあまり多くなく、したがって、形状比が求められなかった調査木がすくなくなかった。

すべての調査木の林内位置を基準線に基づいて定め、上述の測定値とあわせて、樹幹投影図および林木配置図を描いた。

被害木の被害方向を調査した。湾曲木は樹幹の曲っている方向を、また折損木は樹幹の折れた方向を8方位に分けて調べた。折れ口より上の樹幹が付いている折損木ではその方向を被害方位とした。その際、折れた樹幹の付いている方向に折れ口の正面(折れ口面は樹幹を斜めに走っている)が現われていたので(Photo 2)、樹幹の付いていない折損木の被害方位は折れ口正面の向いている方向とした。

調査は1978年7月から8月にかけて行なわれたが、その時点で調査木に葉が認められるかどうかについても調査した。その出現部位やその量には拘わりなく、新葉が出ているか、ないかだけを調べ、芽吹き率を算出した。

III. 調査結果

まず、各調査林の概要をTable 2に示す。表には、林齢、調査面積、調査木数、および各測定値の全調査木についての平均値と標準偏差が示されている。なお、平均樹高と形状比の横に記されているカッコ内の数値は測定や算出が可能であった調査木数であり、したがって、そ

Table 2. Outline of the four forests investigated

Forest	younger	young	adult (I)	adult (II)
Stand age (year)	7	15	26	28
Area (m ²) ¹⁾	400	400	630	2200
Number ²⁾	89	44	69	285
BHD (cm) ³⁾	7±2 ⁷⁾	14±3	18±7	17±4
Tree Height (m)	5.0±0.9 (39) ⁸⁾	10.5±1.4 (11)	12.5±3.8 (14)	13.2±3.3 (67)
Form Ratio ⁴⁾	79±24 (38)	80±18 (11)	103±28 (14)	88±19 (67)
Damaged (%) ⁵⁾	100	100	91.0	90.5
Recovery (%) ⁶⁾	87.6	68.2	71.9	53.8

1) Examined area in each forest.

2) Number of trees in each area.

3) Breast height diameter.

4) Tree height per BHD.

5) Number of damaged trees per total number in each area.

6) Number of trees with new leaves per total number in each area.

7) Average and standard deviation.

8) Figures in parentheses show number of measured trees.

の平均値はその本数についてのものである。

樹幹に何らかの外部被害の見られる調査木の出現割合を被害木率として示してあるが、被害木率は各調査林とも90%以上であり、いずれも深刻な被害を受けた造林地である。芽吹き率は比較的高い。この芽吹き率はカラマツの回復状態を示す1つの指標とはなりうるが、材形成との関連からの追求がより重要であろう。

以上のように、概括的な理解は得られるが、被害の実態は極めて複雑であり、それを知るためにはさらに詳細な調査結果を具体的に示し、種々の分析や論議が必要である。それ故、以下では幼齢林、若齢林、壮齢林(I)、壮齢林(II)の順に得られた結果を述べて行くことにする。

1. 幼 齢 林

調査地の概要は Table 1 に示された通りであるが、南南東に平均18度傾斜した造林地である。この林地が位置する斜面の上方には壮齢林(II)が設定された造林地が続いている。また、下方は畑地に接している。

幼齢カラマツの被害状況の概略を示すために、調査地内に帯状区をもうけ、樹幹投影図と林木配置図を描いた (Fig. 2)。枝条はすべて省略してある。ほとんどの樹幹は斜面に沿って湾曲し、いわゆるS字状を呈している。降灰直後の状態 (Photo 4) もやはり同様であり、樹幹の復元はまったく認められない。また、少数ではあるが、折損木も見られる。このような幼齢木の胸高直径は



Fig. 2. Belt-transect in the part of the younger forest, showing the direction (left) of breaking of damaged stem by →.

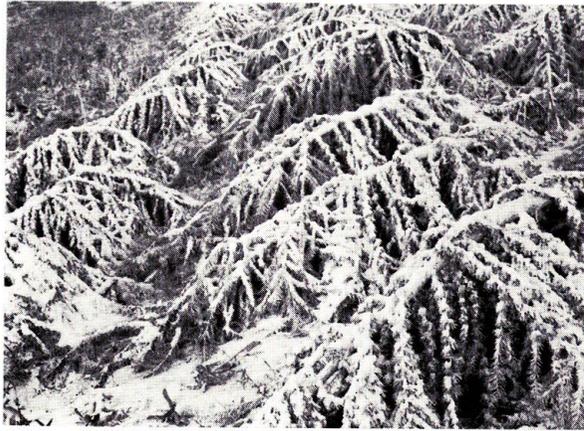


Photo 4. Bowed young larch stems by ash fall soon after the eruption. Taken by Mr. T. SUZUKI in 1977.

3 cm から 10 cm にわたって分布し、その平均値は 7 cm であった。樹高は 39 本のものについてしか測定できなかったが、3.0 m から 6.6 m にわたって分布し、平均値は 5.0 m であった (Table 2)。

Table 3 に、各被害形態別のそれぞれの測定値を示す。全調査木数に対する各被害木の出現率は、湾曲木は約 80%、折損木は約 20% に達し、倒伏木は極めてわずかである。

全体の 80% を占める湾曲木の平均胸高直径は 7 cm、32 本の調査木で得られた平均樹高は 5.1 m である。湾曲した樹幹の描くアーチは小さく、その平均矢高は 1.0 m である。そのため、前述したように、樹幹の先の方が地面に接しているものが多く、S 字状に湾曲した樹幹がしばしば見られた。また、その先端部が堆積した火山灰中に埋もれ、その部分が枯れてしまっているものや、折れてしまっているものなどもかなり見られた。

噴火直後の写真からも推定されるように、降灰により樹幹が折れたものはあまりない。そ

Table 3. Measurements in the younger forest

	Bowed	Broken	Fallen
Frequency (%)	78.7	19.1	2.2 (2)
BHD (cm)	7±1	7±2	6±4 (2)
Tree Height (m)	5.1±0.9 (32)	4.9±0.6 (5)	3.9±1.2 (2)
Form Ratio	76±10 (31)	76±7 (4)	80±29 (2)
Height (m) ¹⁾		1.6±0.9 (18)	
Diameter (cm) ²⁾		6±2 (16)	
Depth (m) ³⁾	1.0±0.2 (57)		
Recovery (%)	94.3	64.7	50.0

1) Height of breakage portion of broken stem.

2) Diameter at breakage portion of broken stem.

3) Depth of curve of bowed stem.

れにも拘わらず、本調査では約20%のものが折損していた。また、折損木と湾曲木の胸高直径および樹高は全く同じであり、両者に形状の差は見出されにくい。それ故、降灰だけで折損が生じたとは考えにくい。この折損木のなかには積雪によって折れてしまったものも幾分か含まれているものと思われる。

平均折れ口高さは1.6 mである。平均樹高と単純に比較すると、それは樹高の約33%にあたる。しかし、樹高を測定し得たのはわずかに5本であり、それを折損木全体の平均樹高と見なすことは少々危険である。5本の平均折れ口高さは1.0 mであり、それによると樹高の約20%に過ぎない。したがって、幼齢木はその樹高の20~30% ぐらいの部位で折れたと考えるべきであろう。なお、その折れ口直径の平均値は6 cmである。

全体の芽吹き率は極めて高く、90%近い値である (Table 2)。しかし、被害形態別の芽吹き率にはかなりの相違がある (Table 3)。湾曲木では非常に高く、その94%に芽吹きが見られた。折損木では64%に過ぎない。また、倒伏木にも芽吹きが見られ、全体としては幼齢木の生命力の強さが印象づけられる。

被害木の被害方位別の出現割合を Fig. 3 に示す。その74%は南に、21%は南東に、6%は南西に、曲ったり、折れたりしていた。それ以外の方向には全く認められなかった。

したがって、被害の方向は林地の傾斜方向 (Table 1) や有珠山方向 (Fig. 1) と現象的には一致していると言える。しかしながら、それが直接的な原因とするには疑問が残る。この点については後に述べる。

2. 若 齢 林

南東方向に約13度傾斜した造林地内に調査地が設定された (Table 1)。この造林地の上方には牛が放牧されるカラマツ壮齢林があり、その間には道路が走っている。下方の林縁は水田に接している。

調査木の被害の概況を示すために、

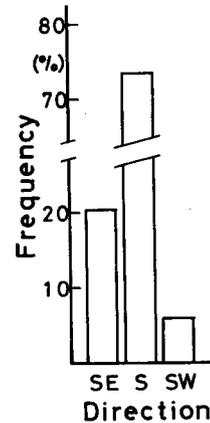


Fig. 3. Direction of bowing and breaking of the damaged stems in the younger forest.

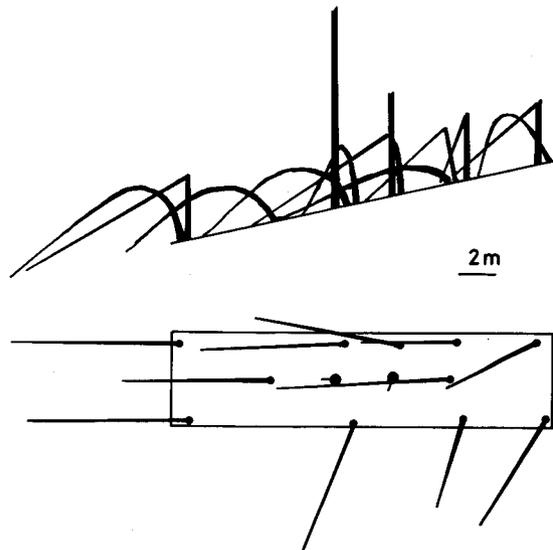


Fig. 4. Belt-transect in the part of the young forest.

調査地内に带状区をもうけ、その樹幹投影図と林木配置図を Fig. 4 に示す。折損木が相当に多く見られ、湾曲木の描くアーチも大きくなっている。全調査木の胸高直径は 8 cm から 18 cm にわたって出現し、平均値は 14 cm である。樹高はわずか 11 本のものについて測定できただけであるが、8.5 m から 12.5 m までのものがあり、その平均値は 10.5 m である (Table 2)。

Table 4 に明らかなように、全調査木の約 30% は湾曲木、約 70% は折損木である。倒伏木は 1 本しか見られなかった。

Table 4. Measurements in the young forest

	Bowed	Broken	Fallen
Frequency (%)	29.5	68.2	2.3 (1)
BHD (cm)	13±3	14±3	— (1)
Tree Height (m)	— (1)	10.4±1.4 (9)	— (1)
Form Ratio	— (1)	80±16 (9)	— (1)
Height (m)		4.9±2.1 (30)	
Diameter (cm)		10±3 (29)	
Depth (m)	2.5±0.6 (12)		
Recovery (%)	84.6	60.0	— (1)

湾曲木の平均胸高直径は 13 cm である。しかし、その先端部のほとんどすべてが火山灰中に埋もれて枯れていたり、折れてしまっていたりし、わずか 1 本の湾曲木についての樹高が測定されたに過ぎなかった。したがって、樹高は示されていない。湾曲樹幹のアーチはかなり大きく、その平均矢高は 2.5 m である。

折損木が被害木の 70% 程にも達したのは、樹幹径が増加し、その剛性が高まり、曲りにくくなったためと思われる。その平均胸高直径は 14 cm で、湾曲木より大きい。9 本の折損木について樹高が測定され、その平均値は 10.4 m であった。その形状比は 80 である。

平均折れ口高さは 4.9 m であり、単純に計算すると平均樹高の 47% にあたる。一方、樹高が測定できた 9 本だけについてみると、その折れ口高さの平均は 3.1 m であり、それは樹高の 30% にあたる。したがって、幼齢林の場合と同様に、若齢木は 30~50% の高さで折れたと考えるべきであろう。その折れ口直径の平均は 10 cm である。

全芽吹き率は約 70% である (Table 2)。湾曲木の約 85% に葉が見られ、折損木では 60% に見られるに過ぎない (Table 4)。

Fig. 5 は被害方向別の出現割合を示す。南と南東にほぼ

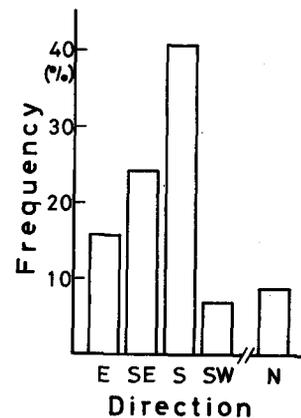


Fig. 5. Direction of bowing and breaking of the damaged stems in the young forest.

70%のものが集中しているが、そうでないものもある。

3. 壮齡林 (I)

この造林地の周囲は畑であり、ほぼ平坦地と言ってよく、傾斜があっても極くわずかで、最大4度ぐらいのものであった。

Fig. 6は带状区の樹幹投影図と林木配置図である。折損木が数多く見られ、湾曲木は少ない。樹幹に外見上の被害のない正常木も認められる。胸高直径は6 cmから30 cmと非常に広い分布を示し、その平均値は18 cmである。樹高はわずか4本についてしか測定できなかったが、6 mから18 mまでの間に分布し、その平均値は12.5 mである (Table 2)。

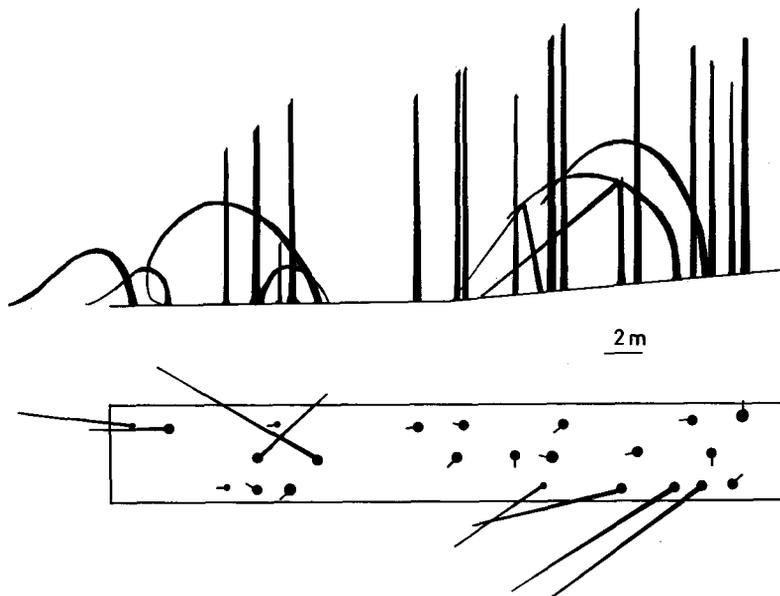


Fig. 6. Belt-transect in the part of adult forest (I).

この調査林において初めて正常木が出現した (Table 5)。その出現率は9%で、高い頻度とは言えないが、幼齡林、若齡林では全く認められなかったので、注目に値する。正常木の平均胸高直径は19 cmで、その樹高は11.4 mである。しかしながら、正常木としたもののなかには、その胸高直径が全平均値よりも小さな、被圧木と考えられるようなものも含まれている。そのような被圧木的なもの以外は優勢木と考えて差し支えないであろう。

湾曲木は約12%の出現率であり、若齡林よりもさらに少ない。その胸高直径の平均値は11 cm、樹高はわずか4本の平均値であるが、14.7 mであり、形状比は111である。湾曲樹幹の描くアーチはさらに大きくなり、平均矢高は3.8 mである。

折損木の出現率は約80%にも達している。その平均胸高直径は19 cm、樹高は11.2 mであり、平均形状比は119である。通常、湾曲木の形状比の方が大きいと考えられるが、ここでは逆の結果である。しかしながら、形状比を求めることができた調査木は非常に少く、この点

Table 5. Measurements in the adult forest (I)

	Bowed	Broken	Fallen	Normal
Frequency (%)	11.9	79.1	0	9.0
BHD (cm)	11±5	19±6		19±11
Tree Height (m)	14.7±3.5 (5)	11.2±2.0 (4)		11.4±4.6 (5)
Form Ratio	111±20 (5)	119±19 (4)		83±32 (5)
Height (m)		10.1±3.3 (52)		
Diameter (cm)		10±2 (43)		
Depth (m)	3.8±1.6 (7)			
Recovery (%)	87.5	62.3		100

を考慮しなければならない。

折れ口高さの平均値は 10.1 m であり、平均樹高の 90% にも達する。樹高の測定ができた 4 本に限れば、折れ口高さは 3.6 m で、樹高の 32% である。したがって、この壮齢木では樹高の 30% 以上のところで折れたと考えるべきであろう。折れ口直径の平均値は 10 cm であり、若齢木と同じである。

全体の芽吹き率は約 70% であり、若齢林と同程度の値である (Table 2)。湾曲木の芽吹きが 90% 近くであり、一方折損木は約 60% である (Table 5)。

被害の方位別出現割合を Fig. 7 に示す。林地が平坦なためか、北西以外のすべてにその出現が見られる。しかしながら、その 60% 以上は東と北東に集中しているのが見られる。なお、有珠山はこの林地の南東に位置している。

4. 壮 齢 林 (II)

4 つの調査地のなかではその面積、調査木数とも最大で、林齢も一番高い。この造林地は傾斜地にあるが、その上方の一部は平坦地である。斜面に沿って 110 m、それと直角に約 250 m の広さの造林地である。この林地内に斜面に沿って 110 m (すなわち林縁から林縁まで)、幅 20 m の調査地を設定した。調査地の大部分は南南東に平均 18 度傾斜しており、上方は平坦地である。上方の林縁は空地になっている。下方の林縁は幼齢林調査地のある造林地に続いている。

調査地内の概観を示すために、2 つの帯状区の樹幹投影図と林木配置図を Fig. 8 と Fig. 9 に示す。Fig. 8 は上方の平坦地を含む部分、Fig. 9 は傾斜地の部分に設定された。いずれも折損木が多く見られ、少数ではあるが湾曲木もある。湾曲木のなかには斜面の方向と全く逆のものもある。また、正常木も見られる。

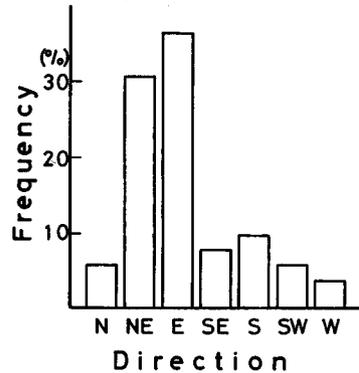


Fig. 7. Direction of bowing and breaking of the damaged stems in the adult forest (I).

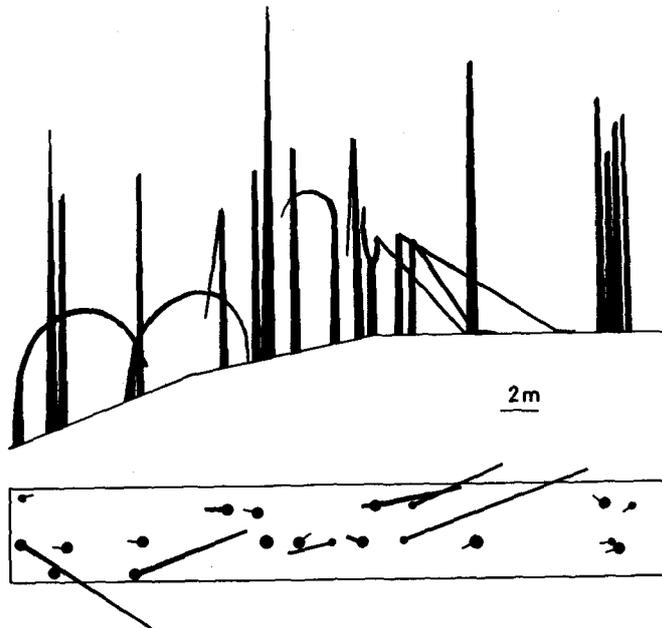


Fig. 8. Belt-transect in the part of the adult forest (II).

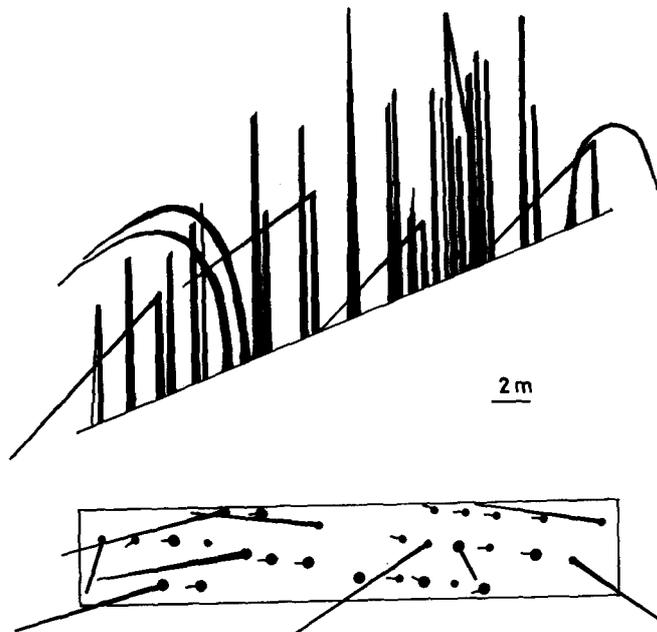


Fig. 9. Belt-transect in the another part of the adult forest (II).

胸高直径別の出現頻度分布図を Fig. 10 に示す。胸高直径は 8 cm から 30 cm までかなり広く分布しており、除、間伐などの手入れが十分に行なわれていないことを示している。分布図のピークは 16 cm のところに見られるが、全平均直径は 17 cm である (Table 2)。樹高は約

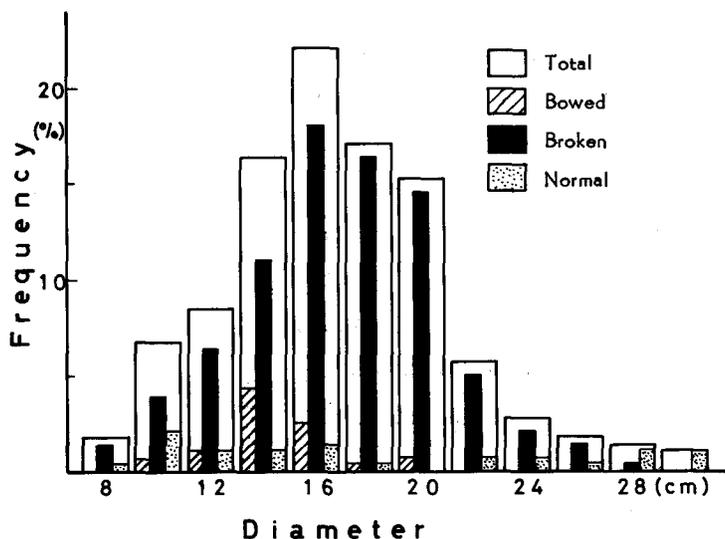


Fig. 10. Frequency of trees in each diameter class in the adult forest (II).

4分の1のものについて測定可能であったが、それも5 mから20 mまで非常に広い分布傾向を示した。その平均値は13.2 mである。なお、Fig. 10には被害形態毎の頻度分布も示されている。

Table 6は被害形態別の各測定値を示す。湾曲木は10%の出現率である。Fig. 10によれば、湾曲木の胸高直径は10 cmから20 cmの分布があり、14 cm径のものが一番多い。なお、平均値は15 cmである (Table 6)。樹高は24本の湾曲木について測定できたが、最小は9.2 m、最大は20.0 mであった。その平均値は13.9 mである。この24本について求めた平均形状比は100である。湾曲樹幹の描くアーチは大きくなり、その平均矢高は4.3 mで、各調査林中最大であった。その数は多くはなかったが、先端部が火山灰中に埋もれていたり、折れてしまっ

Table 6. Measurements in the adult forest (II).

	Bowed	Broken	Fallen	Normal (1) ¹⁾	Normal (2) ²⁾
Frequency (%)	10.2	79.9	0.4 (1)	3.2	6.3
BHD (cm)	15±2	17±4	— (1)	26±3	13±1
Tree Height (m)	13.9±1.7 (24)	13.8±2.6 (15)	— (1)	17.2±3.3 (9)	9.6±1.8 (18)
Form Ratio	100±10 (24)	91±18 (15)	— (1)	66±9 (9)	79±19 (18)
Height (m)		8.8±2.7 (227)			
Diameter (cm)		10±3 (215)			
Depth (m)	4.3±1.0 (27)				
Recovery (%)	100	45.5	— (1)	100	61.1

1) Trees without external damages, more than 22 cm in BHD.

2) Trees without external damages, less than 18 cm in BHD.

いるものも見られた。そのようなものは、斜面の傾斜方向に沿っていないものに多く認められた。また、斜面の傾斜方向に湾曲している場合のそのほとんどの先端部は下を向いていた (Fig. 8 と Fig. 9)。そのような状態でも多くの葉が認められ、何らかの生長が行なわれているものと考えられる。この材部の形成については非常に関心が持たれるところである。

折損木は非常に多く見られ、全調査木のほぼ80%にも達した。その胸高直径は8 cm から28 cm までの間に出現し、最も多く見られたのは16 cm 径のものである (Fig. 10)。しかし、全平均胸高直径は17 cm である。樹高が測定可能であった折損木はわずかに15本であり、全折損木中の約7%に過ぎなかった。その分布は9.5 m から18.0 m であり、平均樹高は13.8 m である。この15本についての形状比の平均値は91 である。

折れ口直径の頻度分布図を Fig. 11 に示す。4 cm から18 cm にわたって分布しているが、10 cm 径のものが著しく多く、全体の3分の1以上を占めている。その平均直径は10 cm であり、若齢林、壮齢林 (I) の値と全く同じである (Table 4 と 5)。この折れ口直径の一致は非常に興味深い点であり、材部の性質についての考察も必要であろう。それらについては後述する。

Fig. 12 は折れ口高さの頻度分布図である。3 m から16 m まで非常に広く分布しているが、9 m の高さのものが最も多い。なお、平均折れ口高さは8.8 m である (Table 6)。

この平均折れ口高さは平均樹高の約60%にあたる。一方、樹高が測定され得た15本の平均折れ口高さは6.7 m で、それは樹高の約50%にあたる。それ故、樹高の50~60%位のとこ

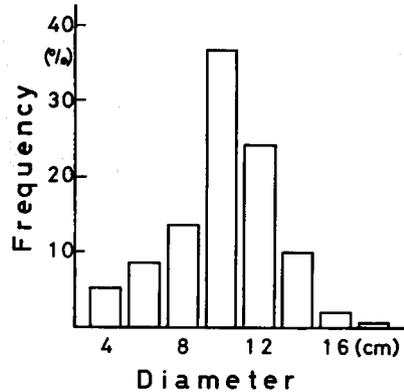


Fig. 11. Variation of the diameter at breakage portion of broken stems in the adult forest (II).

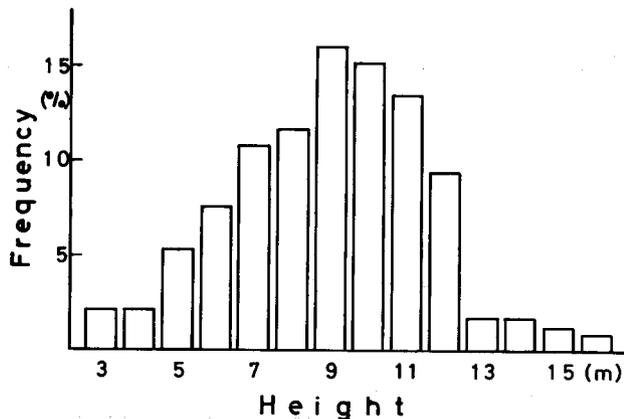


Fig. 12. Variation of the height of breakage portion of broken stems above the ground in the adult forest (II).

ろで折損が生じたと考えるのが適当であろう。

正常木が約 10% 出現した (Table 6)。この正常木の胸高直径別の頻度分布図は非常に特徴的である (Fig. 11)。すなわち、その分布域は 8 cm から 18 cm までの間と、22 cm から 30 cm までの間の 2 つに分かれている。なお、20 cm のものは見られなかった。それ故、両者を別々にして各平均値を求めてみた。(Table 6 の正常木 (1) と正常木 (2))。平均胸高直径はそれぞれ 26 cm と 13 cm で、平均樹高は 17.2 m と 9.6 m である。その形状比も 66 と 79 であり、両者の形状は明らかに異なる。したがって、一方は優勢木と見なされるものであり、他方は被圧木的なものと考えられる。また、被圧木的なものの中には立枯れしていたものが 40% もあり、優勢木と見なされるものはすべて葉が認められた。この両者は生長力と言う点から見れば、正反対のものである。そのいずれの樹幹にも外部的な被害が認められなかったことは非常に興味深い現象である。一方は樹高が低く、周囲の樹高の高いものの樹冠の陰になっていたと思われる。降灰の大半はその上に張り出した周囲の樹の樹冠で遮られていたのであろう。また、それ自体の樹冠も小さいため、灰付着量は比較的少なかったためとも考えられる。優勢木の方はその形状比からもわかるように、その幹は太く、灰の重量に耐え得たものと推察される。

正常木 (1) と折損木と湾曲木の形状比を比較してみると、それぞれ 66, 91, 100, と順次高い値になっている。すなわち、湾曲木の樹幹が一番細長く、正常木 (1) がその反対であったことが理解される。したがって、折損木は灰の重量に耐える程の太さではなく、また湾曲する程には細くない、丁度中間のものであったことが推定される。

芽吹き率は 4 調査林中最低である (Table 2)。正常木 (1) と湾曲木はすべて芽吹きが認められた (Table 6)。一方、正常木 (2) と折損木はいずれもかなり低い値である。湾曲木のすべてに芽吹きが見られたのは、この調査林が初めてであり、他の 3 つの調査林では幼齢林においてさえ認められない (Table 3, 4, 5)。林齢の点から、幼齢林、若齢林と比較することはできないと思われる。それ故、壮齢林 (I) と比較することになるが、壮齢林 (II) の方が胸高直径は大きく、樹高は低い。したがって、形状比は小さい。この点が芽吹き率を高めたのかも知れないが、判然とはしない。

Fig. 13 は被害の方向別出現割合を示す。すべての方位に出現は見られるが、南と南東とに 80% 以上が集中している。斜面は南南東に向っており、その方向に有珠山がある。しかし、それ以外の方向にも出現していることから、それを直ちに原因とすることはできないと思われる。

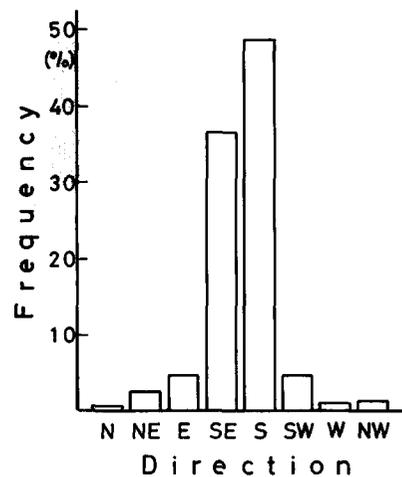


Fig. 13. Direction of bowing and breaking of the damaged stems in the adult forest (II).

IV. 総合考察

各調査林毎の被害の実来態は上述した通りであったが、以下ではこれら4つの林地を通した、すなわち幼齡林から壯齡林にわたるカラマツの被害実態の幾つかの点について若干の考察を試みる。

1. 樹幹の被害と樹齡

Fig. 14 には各調査林の調査木の総数に対する被害形態別の割合が一括して示されており、樹齡(林齡)による被害実態の相違を知ることができる。

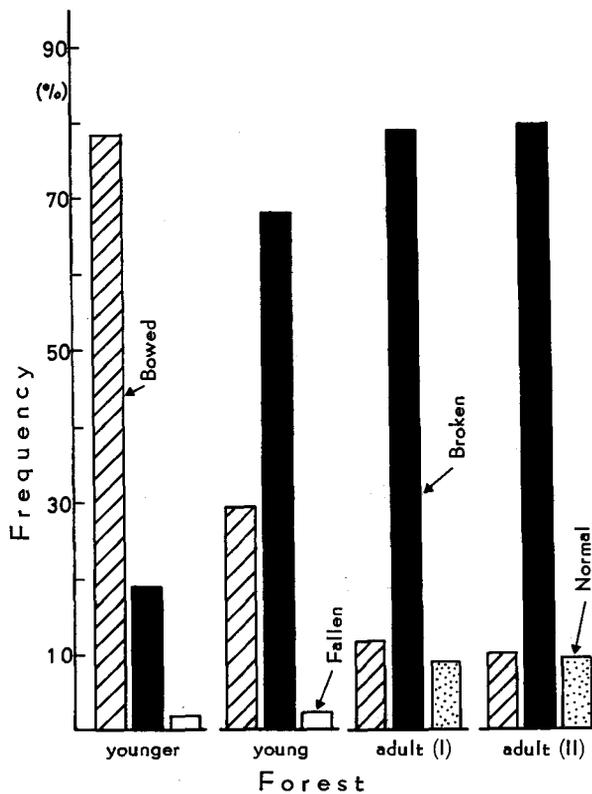


Fig. 14. Frequency of each type of damaged stems in four forests.

Table 2 からも明らかなように、正常木は壯齡林(I)と(II)だけにしか出現しておらず、それは約10%である。一方、幼齡林と若林齡では全く認められず、被害率は100%である。それ故、この若齡林(15年生)と壯齡林I(26年生)との間の林齡のものから正常木が出現するものと考えられる。

湾曲木は幼齡林から壯齡林にかけ急激に減少している。一方、折損木は逆に急激に増加している。この2つの傾向をさらに詳細に検討するために、Fig. 15を示す。横軸は樹齡、縦軸

は出現率である。Fig. 14 で示された傾向がさらに明らかに見られるが、この2つの曲線は樹齢約10年のところで交叉し、この点から出現割合は逆転している。したがって、この樹齢を境にして、樹幹全体の物理的性質が変わるものと推定される。

2. 被害の方向

既に指摘されているように (7, 8, 13, 16), 降灰による林木の被害は樹冠に異常な重さが加わるといふ点で冠雪害や雨水害と極めて類似の現象であると考えられており、事実本調査でも被害の形態は非常に類似していた。

冠雪害 (1, 15, 21, 22, 23, 29) および雨水害 (2) についての研究によれば、その被害の方向を決定する最大の要因は樹冠の偏倚、すなわち均斉のとれた樹冠でないことであるとされている。偏倚した樹冠を持った林木の場合、その側への積雪が多くなり、その結果その方向に曲ったり、折れたりするものと思われる。

降灰の場合についても、同様に考えることが可能と思われる。平坦地であった壮齢林 (I) の場合、その被害方向はかなり分散していた (Fig. 7)。このことはこの林地の林木の樹冠の偏倚していた方向が様ではなかったためと考えるべきであろう。また、若齢林や壮齢林 (II) の被害方向がその林地の傾斜方向と一致しているものが多く見られたのは、その方向に樹冠が偏倚していたものが多かったためであろう。偏倚の方向が傾斜と逆のものもあつたとみえ、被害方向が傾斜とは逆のものもみられた (Fig. 8, Fig. 9)。

一方、幼齢林についてはそれ以外の要因が考えられる。よく知られているように、傾斜地に生育している林木、特に若いものの樹幹基部は谷側へ曲っている。これは斜面に沿って匍行する積雪によって惹き起されるものである。このような根曲りのある場合、その樹冠の重心は根元ではなく谷側へずれていると考えられる。したがって、新たな荷重がその樹冠に加われれば、その樹幹は谷側へ湾曲する。それ故、降灰 (灰付着) という新たな荷重を受けたこの幼齢林のカラマツは谷側、すなわち林地の傾斜方向にそのほとんどが湾曲したのであろう。

林木の被害の方向とその林地の傾斜方向との一致が指摘されている場合もあるが (5, 14), 上述のように考えると両者を直接結びつけることは疑問である。本研究でも示されたように、被害方向と林地の傾斜方向は現象的には一致することもあつたが、それはあくまでも結果であり、その間には樹冠の偏倚や重心の位置などの要因が介在するものと推定される。

3. 折損部位

折れ口高さが測定された調査木本数に比べ、樹高が測定され得たものは非常に少ない。そのため、樹高と折れ口高さを単純に比較することは疑問が残る。しかし、樹幹のどの位置で折

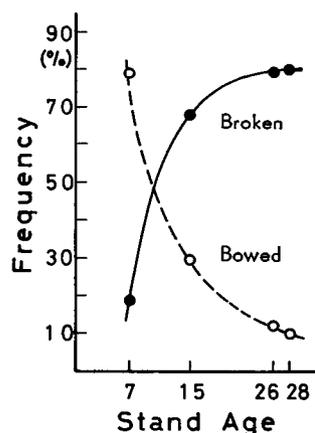


Fig. 15. Variation of frequency of bowed and broken stems in four forests.

れたかを知ることは興味深い。それ故、折損部位は幼齡林では樹高の20~30%、若齡林では30~50%、壯齡林(I)では30%以上、壯齡林(II)では50~60%と見なした。

冠雪害や雨水害の研究結果によれば(2, 21, 22), その折損部位は樹高の70%, 40~50%, 10%の3カ所に集中し、それぞれ梢折れ、樹冠下の折れ、根元折れと呼ばれている。本調査の結果でもほぼ同様な部位で折れているとも考えられるものの、上述したように樹高の測定数が少ないため、冠雪害や雨水害の場合のように判然とはしない。

四手井²¹⁾の指摘を待つまでもなく、折損部はその樹幹の弱点部であると見なすことができる。調査した若齡林、壯齡林(I), (II)ともその折れ口直径の平均値は10 cmであった。したがって、この直径10 cmの部位は材質的に特異な点であることが推定される。

よく知られているように、針葉樹の材部には材質の不安定な未成熟材があり、それは髓から5~7 cmの半径内であるといわれている²⁸⁾。カラマツの場合は髓から半径4~5 cm以内³⁾。または直径約8 cmの円筒部¹¹⁾が未成熟材と考えられている。

したがって、折れ口直径がすべて10 cmであったということは、樹幹における未成熟材のあり方、とくに成熟材との量的関係が極めて大きな要因となったものと考えられる。

V. おわりに

予想されていたとは言え、本調査の結果、月浦地区のカラマツ造林地の降灰による被害は非常に甚大であることが改めて示された。これまでも我国では幾多の噴火があり、その度に林木は深刻な被害を受けている。それにも拘わらず、その被害実態についての調査は極めて少ない(9, 16, 25, 27)。そういう意味から本報告が何らかの功献をすることが期待される。

最後に、津村²⁷⁾は駒ヶ岳爆発による森林被害を調査し、カラマツのような降砂礫などに対する抵抗力や回復力のとばしい樹種はその造林をすべきでないとして述べていることは貴重な提言として受けとるべきであろう。

VI. 謝 辞

本調査を進めるにあたり、北海道胆振西部地区林業改良指導事務所の鈴木隆氏には噴火直後の林木の写真の提供、現地案内、調査地の選定などに多大の御好意を得た。また、北海道大学洞爺臨湖試験所の黒萩尚助教授、春名寛幸技官には調査のために種々の便宜を得た。さらに、当教室の佐藤一登氏はじめ多くの方々に調査の手助けを得た。ここに記して、心からの謝意を表わしたい。最後に、カラマツ造林地の調査を心よく承諾して戴いた高橋友一氏に深謝の意を表わしたい。

VII. 摘 要

1977年8月の有珠山噴火による降灰で被害を受けたカラマツ (*Larix leptolepis*) 造林木の樹幹の被害実態が調べられた。1978年7月から8月にかけて、洞爺湖西岸の月浦地区の4つのカラマツ造林地で (Fig. 1, Table 1, 2), 樹幹外部の被害について毎木的に種々の調査, 測定がなされた (Fig. 3~6)。また, 各調査地の樹幹の状態は樹幹投影図で示された (Fig. 2, 4, 6, 8, 9)。

得られた結果は, 各調査地毎に述べられたが, 特に壮齢林 (II) では多数 (285本) の樹幹について調査, 測定されたので, その結果は特に詳細に述べられた (Fig. 10, 11, 12)。

調査木はその樹幹の外部状態から, 正常木, 湾曲木, 折損木, 倒伏木に分類され, 各調査地毎のそれぞれの出現割合が求められた。各林地とも被害率は90%以上であり, 幼齢林や若齢林では正常木は見出されなかった。湾曲木は幼齢林に多く, 樹齢の増加とともに折損木の割合が大きくなった (Fig. 14)。湾曲木と折損木の出現割合は樹齢が10年ぐらいで逆転すると考えられた (Fig. 15)。また, 同一樹齢の場合には, 一般に折損木の径は湾曲木のそれよりも大きかった。

各樹幹の被害方向が調べられた (Fig. 3, 5, 7, 13)。林地が傾斜している場合には, その傾斜方向と被害方向が一致しているものが多かったが, 全く逆の場合も見られた。平坦地の場合にはその方向がかなり分散していた。冠雪害などの研究結果から, 被害方向を決定する主要因は樹冠の偏倚によると考えられるので, 傾斜方向と被害方向とは間接的な関係にあると結論された。なお, 幼齢木の場合は重心のずれが原因と推定された。

折損木の折れ口直径が平均10cmであることから, 折損部は樹幹内部の未成熟材と成熟材の量的変化点にあたるものと推定された。

カラマツの回復状態が芽吹き率により示され, 樹齢の低いもの程芽吹き率が高いことが明らかになった。

VIII. 文 献

- 1) 防災部風雪研究室: 昭和31. 1. 9~10日北陸地方に発生したスギ造林地の雪害調査報告. 林野庁, 1957, 9, 1-58.
- 2) —————: 昭和31. 3. 19~21日甲信地方に発生したカラマツ造林地の雨氷害調査報告. 林野庁, 1957, 9, 59-146.
- 3) 深沢和三・川辺二三夫: カラマツ, グイマツ材密度の樹幹内分布と未成熟材. 日本北支講, 1972, No. 4, 43-47.
- 4) 舟木敏夫・豊岡 洪・佐藤 明: 1977年有珠山噴火による広葉樹林の被害実態. 北方林業, 1979, 31, 12-16.
- 5) 函館営林局計画課: 有珠山噴火に伴う国有林の森林被害の概要と技術的問題点. 林野時報, 1978, 4, 14-20.
- 6) 道林試有珠対策プロジェクトチーム: 有珠山被害森林の復旧に関する調査研究. 林, 1978, 312号, 1-7.
- 7) 道林試: 1977年有珠山噴火による被害森林の復旧に関する調査報告. 林試調査資料, 1979, 3.
- 8) 道林務部治山課: 有珠山噴火と治山—1977年噴火災害と治山対策の記録一. 道治山協会発行, 1979, 2.

- 9) 十勝岳爆発罹災救済会：十勝岳爆発災害誌，北海道庁学務部社会課，1929.
- 10) 北海道・日本林業技術協会：有珠山周辺地区山林保全計画調査報告書，1979，3.
- 11) 石田茂雄・小野寺重男：カラマツ材の材質，北方林業，1973，227号，57-61.
- 12) 石田茂雄・今川一志・田島裕志：有珠山噴火による被害カラマツの樹幹形態，日林北支講，1978，27，42-45.
- 13) 伊藤 敏：有珠山噴火による森林被害，林業技術，1977，12，11-14.
- 14) 伊藤浩司：有珠山噴火の森林植生に及ぼす影響，有珠山噴火と環境変動，北大編，1978，213-225.
- 15) 片岡健二郎：冠雪の研究（第1報）— 枝葉の冠雪—，林試報，1952，No. 54，149-152.
- 16) 火山噴出物による林木被害調査班：1959年霧島火山群新然岳の爆発による林木の被害，林試報，1965，182，67-112.
- 17) 森田健次郎・他：有珠山噴火が森林におよぼす影響（II）— 森林被害の実態—，日林北支講，1977，26号，6-10.
- 18) 武藤憲由：有珠山噴火に伴う森林被害とその回復，有珠山噴火と環境変動，北大編，1978，327-334.
- 19) 西本哲昭・山本 肇・塩崎正雄：1977年有珠山噴火にともなう噴出物の林地への堆積状態，日林北支講，1977，26号，14-19.
- 20) 酒井良男：1977年有珠山噴火による災害調査，昭和52年度文部省科研報，1978，106-110.
- 21) 四手井綱英：雪圧による林木の雪害，林試報，1954，No. 73，1-10.
- 22) 杉山利治・佐伯正夫：昭和35年12月末の大雪による北陸地方の森林の冠雪害調査報告，林試報，1963，No. 154，73-95.
- 23) 高橋喜平：冠雪の研究（第1報）— スギの冠雪について—，林試報，1952，No. 54，140-148.
- 24) 高橋邦秀・佐藤 明：有珠山噴火が森林におよぼす影響（III）— 灰付着造林木の生理障害の推定—，日林北支講，1977，26号，11-13.
- 25) 田中館秀三：十勝岳爆発概報，1926.
- 26) 豊岡 洪・他：有珠山噴火が森林におよぼす影響（I）— 森林被害の範囲と被害の概要—，日林北支講，1977，26号，1-5.
- 27) 津村昌一：駒ヶ岳爆発による森林の被害及復興について，北海道林業会報，1929，324号，11-27.
- 28) 渡辺治人：木材理学総論，農林出版株式会社，1978.
- 29) 渡辺成雄・大関義男：冠雪の研究（第2報）スギの冠雪比較実験，林試報，1964，No. 169，121-139.

Summary

Forest trees were damaged by the ash fall of the volcanic eruptions of Mt. Usu in August in 1977. Japanese larch (*Larix leptolepis*) was damaged very severely compared with Ezo-spruce or Todo-fir. In this study, thus, the damages of Japanese larch stems were investigated in the four plantations at Tsukiura near the Lake Toya (Fig. 1, and Tables 1 and 2). The examinations were done from July to August in 1978 (Figs. 3~6). Belt transect method was also employed to show the appearances of main stems examined (Figs. 2, 4, 6, 8 and 9).

The results obtained in each forest were respectively mentioned in order. In the adult forest (II), particularly, the more detailed results were described because 285 trees were examined (Figs. 10, 11 and 12).

Based on the external appearances of main stems, the damaged trees were separated into three types, bowed (Photo 1), broken (Photos 2 and 3) and fallen. And the normal trees of which stems were not damaged externally were distinguished. The percentages of the frequency of each types were calculated. The damaged trees attained more than 90% in all forests. In the younger and the young forest, normal trees were not found at all. The most of damaged trees in the younger forest were bowed, and the rate of broken trees increased with stand age (Fig. 14). At about 10 year old, the rate of bowed trees became lower than

broken ones (Fig. 15). Generally, the diameter of broken tree was larger than bowed.

The direction of the bowing and breaking of damaged stems was examined (Figs. 3, 5, 7 and 13). The stems of which the directions were similar to the direction of the inclination of the forest land were frequently observed. However some were contrary. In the adult forest (I) which was plane, the directions of each tree were considerably dispersed. Judging from the studies about fallen snow, it is apparent that the local development of crown is a main factor for decision of the direction of bowing or breaking. Therefore, it is concluded that the relationship between the direction of damage and the land inclination is not direct but indirect. While in the younger forest, it is considered that the movement of the centroid is a main factor.

Since the average diameter at the breakage portions of broken stems was rd. 10 cm, it is supposed that the breakage portion corresponds to the transitional zone from juvenile to adult wood in stem.

The rate of trees with new leaves, which indicate the extent of recovery of damaged trees, was decreased with stand age.