



Title	模型ヘリコプターによる風倒木調査と潮風害の研究
Author(s)	川瀬, 清; 太田, 路一
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 40(4), 815-854
Issue Date	1983-09
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/21107
Type	bulletin (article)
File Information	40(4)_P815-854.pdf



[Instructions for use](#)

模型ヘリコプターによる風倒木 調査と潮風害の研究*

川瀬 清** 太田路一**

Investigation of the Fallen Trees by a Model Helicopter and the Sea Saline Wind Damages of Tree Leaves*

By

Kiyoshi KAWASE** and Michikazu OTA**

目 次

序 言	815
I. 台風15号による全北海道の森林被害	820
II. 苫小牧地方演習林の被害	822
1. 苫小牧地方演習林の概況	822
2. 苫小牧地方における台風15号の概要	822
3. 森林の風倒被害	824
1) 調査方法	824
2) 調査結果	825
3) 考察	840
4. 潮風害	841
1) 調査方法	842
2) 塩素の分析方法	842
3) 結果と考察	842
結 言	847
摘 要	848
参 考 文 献	849
Summary	850

序 言

1981年8月23日の台風15号は北海道の森林に大きな被害を与えた。被害林木の材積は総計371万m³で、そのうち針葉樹が60%であった。また人工林の被害樹種は97%をカラマツ

* 1983年2月28日受理 Received February 28, 1983.

** 北海道大学農学部演習林 Experiment Forests, Faculty of Agriculture, Hokkaido University.

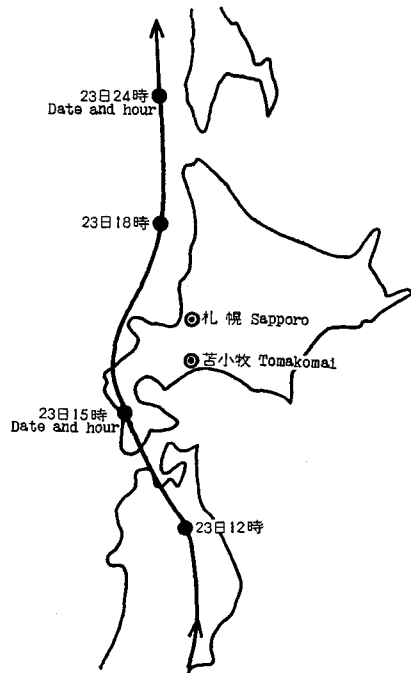
が占めており、北海道大学苫小牧地方演習林においてもカラマツが55%、トドマツが27%とカラマツの被害が最大であった。

苫小牧地方演習林に大量の風倒被害が生じると、演習林では直ちに経常の林業経営試験に利用している航空写真の撮影条件で全林にわたって航空写真を撮影し、被害の状況を記録に留めたが、1万mの高さから撮影したこの写真は局地的に詳細にわたって行なう研究用資料としては充分でない。そこで林業経営部門で林況調査に使用している空中写真撮影用ラジコンヘリコプターを用い、高度150~200mから風倒木の状況を撮影した。これによると地上では全容を把握することの困難な、そして高度1万m上空から撮影した航空写真では観察困難な風倒の状況を、かなりくわしく観察することができた。

林内に風倒が生じると林道の通行が困難になるために、緊急を要する状況調査の進展が遅れるが、ラジコンヘリコプターを用いる場合は操縦技術が上達すると5m×10m程度の小さなヘリポートを使って発着させ、かなり遠くまで飛行させることができるので森林調査に大きな威力を発揮する。今回の調査は風倒の状況を記録すると共に、できれば風向、風速、地形、林況、樹形と風倒との関連についても検討する予定で着手したが、それらについては充分解明することができなかつた。しかし1954年の台風15号による風害調査の折には行なうことができなかった空中写真による調査ができたので、今後の研究資料としても広く役立つものと考え報告することにした。

なお、苫小牧地方演習林は太平洋岸から4kmのところであり、強風のときには潮風の影響を受けており、そのうえ工業都市の大気汚染物質が森林に影響を与えているため、両者による複合汚染が森林に与える影響は無視することができない。今回は台風通過後数日にして潮風の影響を強く受けたと思われる樹木の葉の褐変が目立ってきたのを機会に、林内の32地点から採取した樹葉中の塩素量を測定して、森林に及ぼす潮風の影響についても検討したので併せて報告する。

本研究を行なうに当り、ラジコンヘリコプターによる森林の撮影に協力された林業経営部門主任氏家雅男助教、笹木重和技官、中里栄氏ならびに終始協力された苫小牧地方演習林の方々、資料整備に協力された事務部業務掛、さらに図の墨入れに協力された佐藤敦子技官に対し心から感謝の意を表す。



図—1 1981年8月23日の台風15号の進路

Fig. 1. Course of typhoon No. 15 on Aug. 23 in 1981.

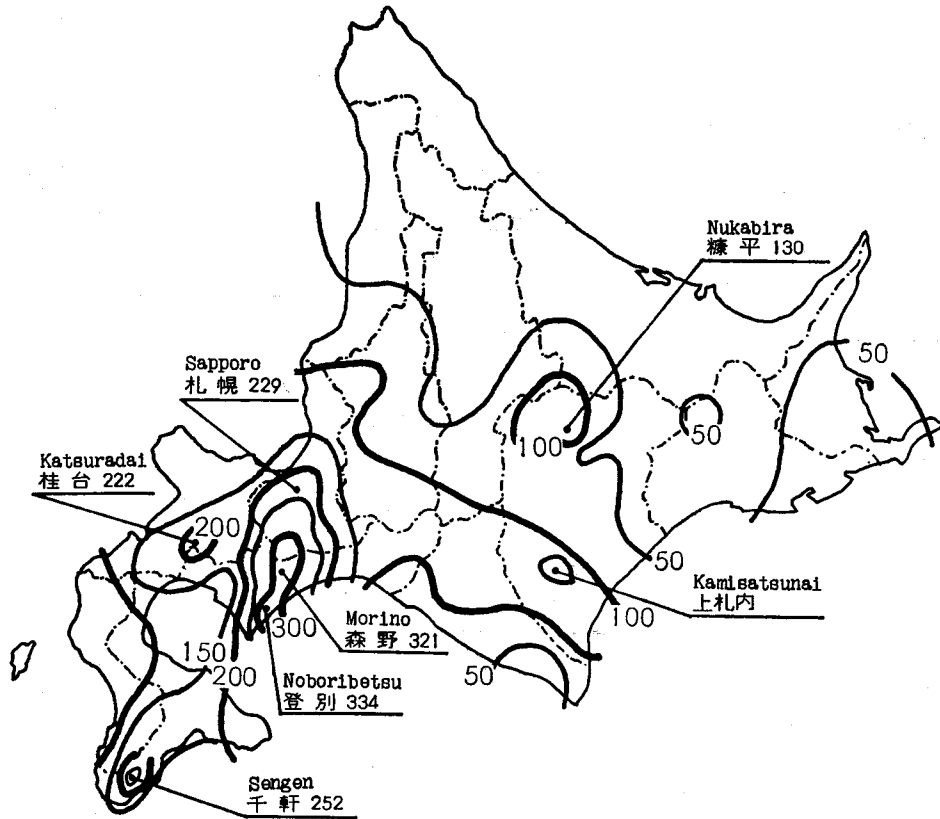


図-2 総降水量分布図

Fig. 2. Distribution of precipitation (mm).

表-1 所管別森林被害¹⁾

Table 1. Damage of forest of each owner

所管別 Owner	人工林 Planted forest		天然林 Natural forest		合計 Total		被害額 Price (1,000 yen)
	面積 Area (ha)	材積 Volume (1,000 m ³)	面積 Area (ha)	材積 Volume (1,000 m ³)	面積 Area (ha)	材積 Volume (1,000 m ³)	
国有林 National forest	3,650	138	31,226	1,725	34,876	1,863	8,714,336
一般民有林 Private forest	14,689	1,298	398	55	15,086	1,353	9,730,070
大学演習林 University forest	518	20	3,950	398	4,468	418	3,729,992
道有林 Hokkaido prefectural forest	451	24	899	50	1,350	74	396,957
合計 Total	19,308	1,480	36,472	2,228	55,780	3,708	22,571,355

表-2 国有林の局別森林被害¹⁾

区 分 Regional forest	人 工 林 Planted forest							
	カ ラ マ ツ Karamatsu larch		ト ド マ ツ Todomatsu fir		そ の 他 The others		計 Total	
	面 積 Area (ha)	材 積 Volume (1,000 m ³)	面 積 Area (ha)	材 積 Volume (1,000 m ³)	面 積 Area (ha)	材 積 Volume (1,000 m ³)	面 積 Area (ha)	材 積 Volume (1,000 m ³)
帯 広 支 局 Obihiro	1,136	46	176	2	110	2	1,422	50
旭 川 支 局 Asahikawa	—	—	107	5	8	—	115	5
直 轄 局 Sapporo	1,563	60	297	12	157	8	2,017	80
北 見 支 局 Kitami	56	3	20	—	8	—	84	3
函 館 支 局 Hakodate	12	—	—	—	—	—	12	—
計 Total	2,767	109	600	19	283	10	3,650	138

Note: N.l. Needle-leaved tree, B.l. Broad-leaved tree.

表-3 道有林の林務署別森林被害¹⁾

林 務 署 Prefectural district forest	人 工 林 Planted forest					
	カ ラ マ ツ Karamatsu larch		ト ド マ ツ Todomatsu fir		計 Total	
	面 積 Area (ha)	材 積 Volume (1,000 m ³)	面 積 Area (ha)	材 積 Volume (1,000 m ³)	面 積 Area (ha)	材 積 Volume (1,000 m ³)
池 田 Ikeda	52	1	64	4	116	5
浦 幌 Urahoro	26	1	—	—	26	1
北 見 Kitami	59	—	20	1	79	1
浦 河 Urakawa	133	12	—	—	133	12
旭 川 Asahikawa	16	1	5	—	21	1
苫 小 牧 Tomakomai	59	2	15	1	74	3
美 深 Bifuka	—	—	2	1	2	1
合 計 Total	345	17	106	7	451	24

Note: N.l. Needle-leaved tree, B.l. Broad-leaved tree.

Table 2. Damage of national forest in each regional forest

天然林 Natural forest				合計 Total				
面積 Area (ha)	材積 Volume			面積 Area (ha)	材積 Volume			被害額 Price (1,000 yen)
	針 N.l. (1,000 m ³)	広 B.l. (1,000 m ³)	計 Total (1,000 m ³)		針 N.l. (1,000 m ³)	広 B.l. (1,000 m ³)	計 Total (1,000 m ³)	
25,373	1,034	391	1,425	26,795	1,082	393	1,475	6,662,170
3,689	141	17	158	3,804	146	17	163	1,422,006
952	49	23	72	2,969	128	24	152	482,518
1,180	60	10	70	1,264	63	10	73	143,325
32	—	—	—	44	—	—	—	4,317
31,226	1,284	441	1,725	34,876	1,419	444	1,863	8,714,336

Table 3. Damage of forest in each prefectural district forest

天然林 Natural forest				合計 Total				
面積 Area (ha)	材積 Volume			面積 Area (ha)	材積 Volume			被害額 Price (1,000 yen)
	針 N.l. (1,000 m ³)	広 B.l. (1,000 m ³)	計 Total (1,000 m ³)		針 N.l. (1,000 m ³)	広 B.l. (1,000 m ³)	計 Total (1,000 m ³)	
184	14	1	15	300	19	1	20	109,325
195	13	3	16	221	14	3	17	52,896
455	7	5	12	534	8	5	13	69,752
—	—	—	—	133	12	—	12	85,491
65	2	5	7	86	3	5	8	33,767
—	—	—	—	74	3	—	3	43,505
—	—	—	—	2	1	—	1	2,221
899	36	14	50	1,350	60	14	74	396,957

表-4 一般民有林の支庁別森林被害¹⁾

支 庁 Shicho (Adminis- trative division)	人 工 林 Planted forest							
	カ ラ マ ツ Karamatsu larch		ト ド マ ツ Todomatsu fir		そ の 他 The others		計 Total	
	面 積 Area (ha)	材 積 Volume (1,000 m ³)	面 積 Area (ha)	材 積 Volume (1,000 m ³)	面 積 Area (ha)	材 積 Volume (1,000 m ³)	面 積 Area (ha)	材 積 Volume (1,000 m ³)
十 勝 Tokachi	8,562	625	6	1	18	—	8,586	626
日 高 Hidaka	2,048	237	10	—	27	2	2,085	239
上 川 Kamikawa	1,568	160	19	1	30	3	1,617	164
胆 振 Iburi	1,311	159	7	—	32	2	1,350	161
そ の 他 The others	1,047	108	3	—	1	—	1,051	108
合 計 Total	14,536	1,289	45	2	108	7	14,689	1,298

Note: N.l. Needle-leaved tree, B.l. Broad-leaved tree.

I. 台風 15 号による全北海道の森林被害

台風 15 号は図-1 に示すように 1981 年 8 月 23 日 14 時頃松前半島に上陸し、15 時頃江差附近に達し、その後北上して積丹半島をかすめるようにして北海道の西海岸に沿って日本海を北上し、18 時には羽幌近海を通過、さらに 20 時には宗谷岬の北端の西方海上に達している。台風の原因が北海道に達する以前から大雨を降らせ、21 日 0 時から 24 日 24 時までの間の総降水量の分布は図-2 のようであった。これによると降水は北海道の西南部に集中している。

森林の被害を北海道林業経営協議会の森林風害対策部会議事録¹⁾ によってみると表-1 のようであって、被害材積は国有林が 50%、一般民有林が 37%、大学演習林が 11%、道有林が 2% となっている。国有林の被害は 93% が天然林で、大部分が天然林で占められているのに反し、民有林は人工林の被害が 96% を占めている。被害金額は一般民有林が全道の 43% と最大で、ついで国有林の 39%、大学演習林の 17%、道有林の 2% 弱の順となっている。

これらの被害を所管別にややくわしくみると国有林については表-2 のようである。被害材積の 79% は帯広営林支局で占められており、以下旭川営林支局、北海道営林局直轄(札幌)、北見営林支局の順となっており、台風の原因にもっとも近い函館営林支局の被害はほとんど皆無であった。つぎに道有林の場合は表-3 にみられるように被害は軽微であったが、被害の大きさは池田、浦幌、北見、浦河各林務署の順であった。

つぎに一般民有林の支庁別森林被害は表-4 のようであって、被害材積は十勝の 47% を最高に日高の 21%、上川の 13%、胆振の 12% の順となっている。また大学演習林の被害は表-5

Table 4. Damage of private forests in each administrative division

天 然 林 Natural forest				合 計 Total				
面 積 Area (ha)	材 積 Volume (1,000 m ³)			面 積 Area (ha)	材 積 Volume (1,000 m ³)			被 害 額 Price (1,000 yen)
	針 N.l.	広 B.l.	計 Total		針 N.l.	広 B.l.	計 Total	
30	2	2	4	8,616	628	2	630	5,264,173
273	35	4	39	2,358	274	4	278	1,564,078
67	6	2	8	1,684	170	2	172	1,274,925
—	—	—	—	1,350	161	—	161	840,406
27	4	—	4	1,078	112	—	112	786,488
397	47	8	55	15,086	1,345	8	1,353	9,730,070

表-5 大学演習林の森林被害

Table 5. Damage of forest in each university

大 学 University	林 種 Forest type	面 積 Area (ha)	材 積 Volume (1,000 m ³)	被 害 額 Price (1,000 yen)
東 京 Tokyo	天 然 林 Natural forest (N.l. 70 : B.l. 30)	3,950	393	3,539,700
北 海 道 Hokkaido	天 然 林 Natural forest	200	5	—
	人 工 林 Planted forest		15	—
	合 計 Total		20	155,040
九 州 Kyushu	人 工 林 Planted forest (カラマツ) Karamatsu larch	318	5	35,252
合 計 Total	天 然 林 Natural forest	3,950	398	—
	人 工 林 Planted forest	518	20	—
	合 計 Total	4,468	418	3,729,992

Note: N.l. Needle-leaved tree.
B.l. Broad-leaved tree.

のようであって東京大学北海道演習林が被害の94%を占めており、その内訳は針葉樹が70%となっている。北海道大学苫小牧地方演習林の被害は5%弱であるがカラマツ、トドマツ、チヨウセンゴヨウなどの壮齢林が壊滅的打撃を受けている。九州大学北海道演習林の被害はカラマツ人工林で1%弱であった。

II. 苫小牧地方演習林の被害

1. 苫小牧地方演習林の概要

苫小牧地方演習林は、太平洋岸からおよそ4 km 北方にある標高5~90 m の台地をなす約2,700 ha の森林である。人工造林地は表-6 に示すようにカラマツ、トドマツ、アカエゾマツなどの針葉樹が大部分の植栽地合計 835 ha で、約1,700 ha の天然林はミズナラ、ハリギリ、カエデ類、カンバ類、ヤチダモなどを主体とする種類の豊富な広葉樹林で、エゾマツを主とする針葉樹がわずかに混生している森林である。地形は北西から南東方向に低く、数本の沢がその方向に走っている。市道が森林のほぼ中央部を南東から北西に低地に沿って走り、森林の南端をかすめるようにして高速道路が通っている。4~9月の着葉期には南あるいは南南東の風が卓越している。春には放射冷却現象による晩霜害がみられる。

表-6 苫小牧地方演習林の森林
Table 6. Forest type of Tomakomai Experiment Forest

林	地	Forest	面積 Area (ha)
天然	広葉樹林	Natural broad-leaved tree forest	1,734
人工林 Planted forest	カラマツ	Karamatsu larch (<i>Larix leptolepis</i>)	388
	トドマツ	Todomatsu fir (<i>Abies sachalinensis</i>)	210
	アカエゾマツ	Akaezomatsu spruce (<i>Picea glehnii</i>)	52
	その他	The others	185
	小計	Sub-total	835
除地	その他	Left-over area	149
総計		Total	2,718

2. 苫小牧地方における台風の概況

苫小牧測候所の観測データによって苫小牧附近の風向、風速、降水量をみると、

瞬間最大風速 : 38.6 m/s (風向 SE, 8月23日14時40分)
 最大風速 (10分間平均値) : 27.7 m/s (風向 SE, 23日14時40分)
 現地最低気圧 : 964.8 mb (23日15時)
 総降水量 (22日1時~23日17時) : 141.5 mm

であった。これらの経時的变化を表-7 に示す。表-7 には演習林で観測したデータも併記したので比較検討することにする。まず風向についてみると演習林の風速が3 m/s 以上であった23日7時から同日22時までの間の風向は南寄りの風でよく一致しており、とくに強風時は南東風(SE)であった。測候所の風速は10分間平均値(毎正時10分前から毎正時までの10分間の平

均値)で、演習林の風速は1時間平均値〔1時間の風の風程(m)を3,600秒で除した値〕であって測定法が異なっているが、図-3に見られるように測候所の値がつねに高い値を示しながら、強弱の傾向は両者間で全く一致している。そして両者とも15時に最高風速を示している。つぎに降水量は22日の降り始めから23日15時まで141.5mmに達しており、図-4に示すように23日の1時から7時までの間に集中している。

表-7 苫小牧における1981年15号台風観測記録
Table 7. Wind and rain of typhoon No. 15 in 1981 in Tomakomai

日 Day	時 O'clock	風 向 Wind direction		風 速 Wind velocity (m/s)		降 水 量 Precipitation (mm)	
		測 候 所 Meteorological station	演 習 林 Experimental forest	測 候 所 Meteorological station	演 習 林 Experimental forest	毎 時 Every hour	計 Total
22	24	NNE	NW	2.5	0.4	4.5	22.5
23	1	NE	NE	5.6	0.6	25.0	25.0
	2	NNW	NNE	5.0	0.6	16.5	41.5
	3	NW	NW	3.1	0.6	22.0	63.5
	4	W	NNW	3.0	1.4	14.5	78.0
	5	WNW	E	9.2	1.6	5.0	83.0
	6	ESE	NNW	10.4	1.1	9.5	92.5
	7	ESE	ESE	12.9	3.6	18.5	111.0
	8	SE	SE	17.0	6.2	1.5	112.5
	9	SE	SE	18.7	7.5	0.0	112.5
	10	SE	SE	18.8	7.8	0.0	112.5
	11	SE	SE	20.1	8.9	1.0	113.5
	12	SE	—	21.5	9.4	0.0	113.5
	13	SE	SE	21.7	8.3	1.0	114.5
	14	ESE	SE	23.0	9.7	4.0	118.5
	15	SE	—	25.1	11.7	0.5	119.0
	16	SE	—	20.9	9.7	0.0	119.0
	17	S	—	16.0	6.5	0.0	119.0
	18	SW	SSW	24.0	5.6	0.0	119.0
	19	SW	SW	19.6	7.9	0.0	119.0
	20	SW	SW	14.9	5.6	0.0	119.0
	21	SW	SW	11.7	4.2	0.0	119.0
	22	SW	S	7.3	4.0	0.0	119.0
	23	SW	SE	7.4	0.8	0.0	119.0
	24	SSW	SE	6.4	0.7	0.0	119.0

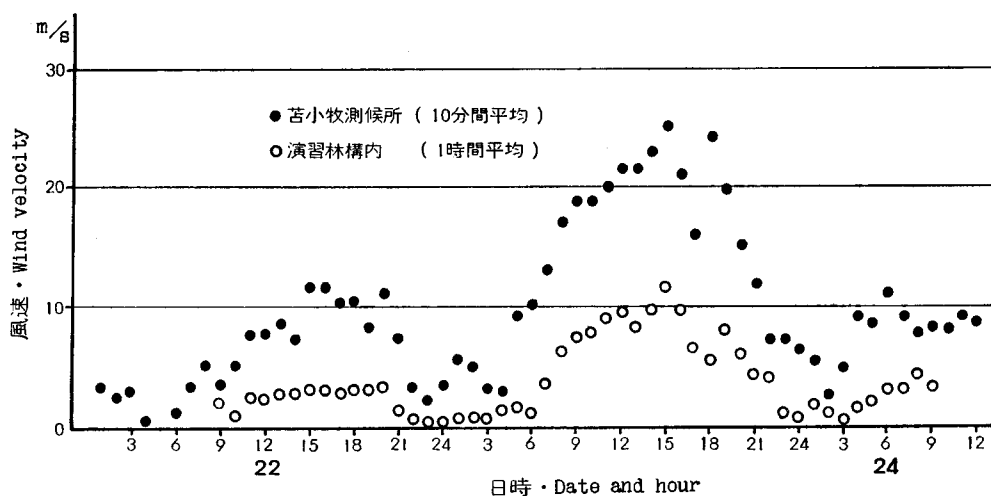


図-3 苫小牧測候所と演習林構内で測定した風速の推移

Fig. 3. Relation between wind velocities at meteorological station (●) and experimental forest (○).

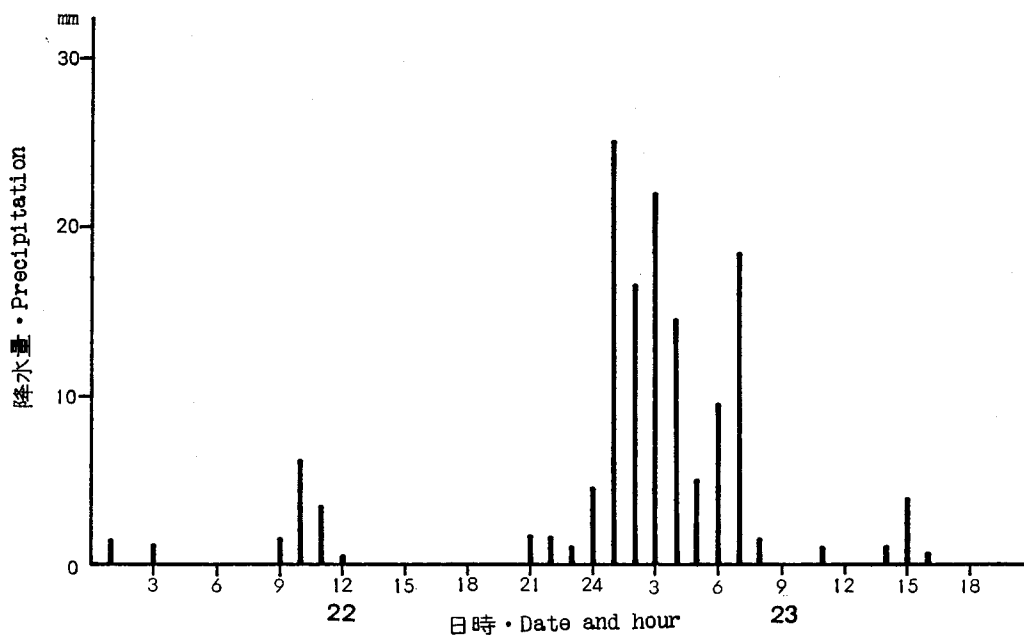


図-4 台風前後の苫小牧における時間雨量変化図

Fig. 4. Distribution of precipitation during the typhoon.

3. 森林の風倒被害

1) 調査方法

カメラを装着したラジコンヘリコプターを使って撮影した。使用したラジコンヘリコプターはつぎのようである。

機 種	ヒロボー株式会社 FALCON 707 改良型
主ローターの直径	162 cm
胴体の長さ	136 cm
全備重量	4,000 g (カメラを除く)
エンジン	50 クラス
無線機	44 チャンネル

またカメラは Konica FS-1 (総重量 910 g)、レンズは RMC Tokina 17 mm 1:35 (超広角) である。費用は機体、カメラ、無線機のほかに機体の強化改良と振動対策費、調整・テスト料を含めて総額 56 万円であった。1 回の滞空時間は 15 分である。カメラを装着したヘリコプターの写真を 図-5 に示す。

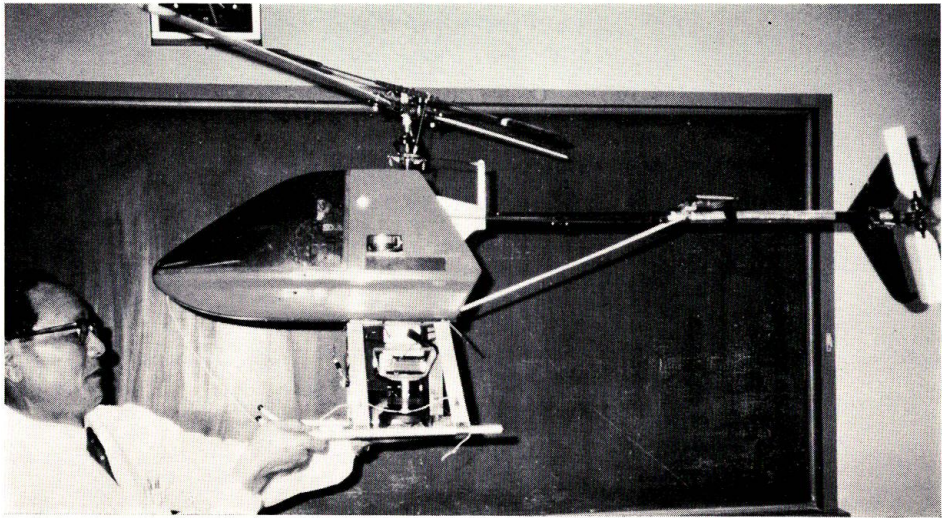


図-5 カメラを装着したラジコンヘリコプター
 Fig. 5. Radio-controlled helicopter with camera.

撮影は林道をヘリポートに使い (上部に障害物のない 5m×10m 程度の平地があればよい) 150~200 m の高さで飛行させ、操縦者とシャッターマンが綿密に連絡をとりながら実行した。地上には原則として南北の方向に長さ 10 m の白布を敷き、これによって風倒木の長さや風倒の方向が一見してすぐわかるようにした。ヘリコプターの操縦は諸般の事情を考慮して、この道 7 年のベテランパイロット中里栄氏に依頼し、シャッターマンを笹木技官が担当した。撮影は 図-6 に示すように激害地を対象に行なった。

2) 調査結果

苫小牧地方演習林の資料によると樹種別、林班別造林木の被害状況は表-8 のようである。また 1945 年 (昭和 20 年) 以前植栽の造林木の被害は表-9 のようである。これによると 1945 年

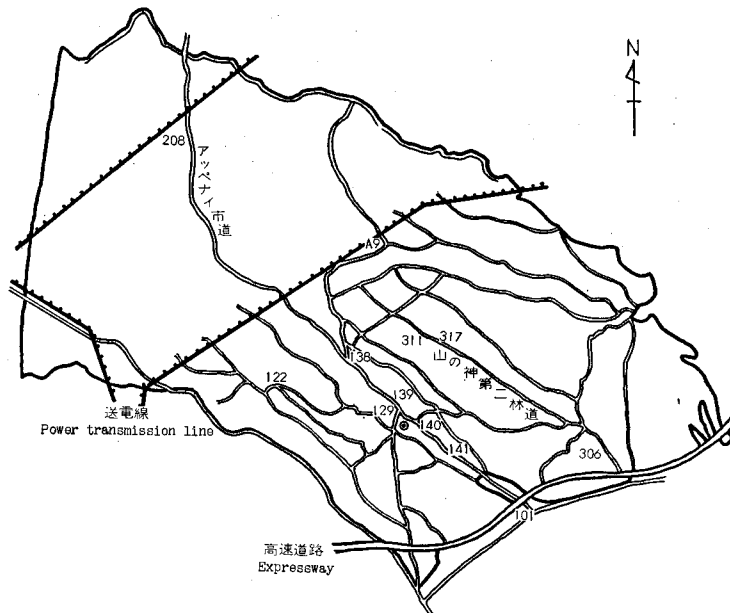


図-6 ラジコンヘリコプターによって写真撮影した風倒木の林班位置図

Fig. 6. Compartment number of fallen trees photographed by radio-controlled helicopter.

表-8 樹種別造林木被害状況

Table 8. Damage of planted trees in each species

樹種 Tree species	面積 Area (ha)	本数 Number of trees	材積 Volume (m ³)
カラマツ <i>Larix leptolepis</i>	376.69	72,624	9,636.82
トドマツ <i>Abies sachalinensis</i>	62.40	14,918	2,686.51
ニセアカシア <i>Robinia pseudoacacia</i>	34.33	5,425	1,076.01
ヨーロッパトウヒ <i>Picea abies</i>	23.38	2,859	902.84
チョウセンゴヨウ <i>Pinus koraiensis</i>	3.08	1,761	464.66
バンクスマツ <i>Pinus banksiana</i>	1.00	555	158.67
アカエゾマツ <i>Picea glehnii</i>	11.45	278	68.32
チョウセンモミ <i>Abies holophylla</i>	1.73	43	10.17
エゾマツ <i>Picea jezoensis</i>	3.44	34	4.26
合計 Total	517.50	98,497	15,008.26

表—9 終戦前植栽木の被害

Table 9. Damage of trees planted before 1945

樹種 Tree species	植栽年 Year of plantation	面積 Area (ha)	本数 Number of trees	材積 Volume (m ³)
カラマツ <i>Larix leptolepis</i>	1924	0.63	64	21.93
	1925	3.56	166	51.04
	1929	1.85	276	75.22
	1930	3.01	415	174.24
	1931	5.99	495	136.70
	1933	12.87	1,765	408.22
	1934	2.88	220	153.62
	1941	0.48	66	18.29
	1944	0.21	40	9.29
	合計 Sub-total	31.48	3,907	1,048.65
トドマツ <i>Abies sachalinensis</i>	1926	8.16	1,154	233.75
	1927	0.73	130	25.79
	1928	0.59	600	130.04
	1930	3.37	2,045	462.16
	1933	6.30	1,294	161.97
	1935	10.46	2,401	471.92
	1936	1.00	545	77.49
	1937	8.74	3,757	626.01
	1938	2.10	602	92.94
	1939	1.05	95	12.31
	1940	2.10	658	104.25
	合計 Sub-total	44.60	13,281	2,328.63
ヨーロッパトウヒ <i>Picea abies</i>	1915	0.69	196	81.52
	1916	0.55	209	85.01
	1932	1.50	437	79.53
	合計 Sub-total	2.74	842	246.06
チョウセンゴヨウ <i>Pinus koraiensis</i>	1939	2.38	1,477	355.29
	1940	0.70	284	109.37
	合計 Sub-total	3.08	1,761	464.66
バンクスマツ <i>Pinus banksiana</i>	1922	3.02	555	158.67
総計 Total	—	84.92	20,346	4,246.67

以前に植栽した古い造林地の被害は激害・中害造林地の総計に対し、面積にして58%、本数にして40%、材積にして54%を占めており、古い造林地の被害が大きかったことがわかる。

また天然林を含めた全域において風倒木から生産して売払った素材は表-10のようであつて、針葉樹が94%を占め、そのうちカラマツが55%、トドマツが27%、チョウセンゴヨウが5%、ヨーロッパトウヒが2%となつており、広葉樹ではミズナラの2%が最大で表-10に示した10種類のほかにも多数の樹種があつた。

表-10 風倒木から生産し売払った素材の量
Table 10. Volume of logs produced from fallen trees

針葉樹材 Softwood		広葉樹材 Hardwood	
樹種 Wood species	材積 Volume (m ³)	樹種 Wood species	材積 Volume (m ³)
カラマツ <i>Larix leptolepis</i>	4,641	ミズナラ <i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	180
トドマツ <i>Abies sachalinensis</i>	2,285	イタヤ類 <i>Acer</i> sp.	92
チョウセンゴヨウ <i>Pinus koraiensis</i>	455	アサダ <i>Ostrya japonica</i>	38
ヨーロッパトウヒ <i>Picea abies</i>	318	カツラ <i>Cercidiphyllum japonicum</i>	33
バンクスマツ <i>Pinus banksiana</i>	165	ヤチダモ <i>Fraxinus mandshurica</i> var. <i>japonica</i>	28
エゾマツ <i>Picea jezoensis</i>	60	サクラ類 <i>Prunus</i> sp.	22
ストロブマツ <i>Pinus strobus</i>	7	ホオノキ <i>Magnolia obovata</i>	21
アカエゾマツ <i>Picea glehnii</i>	7	ウダイカンバ <i>Betula maximowicziana</i>	14
ウラジロモミ <i>Abies homolepis</i>	1	ダケカンバ <i>Betula ermanii</i>	12
チョウセンモミ <i>Abies holophylla</i>	1	ハリギリ <i>Kalopanax pictus</i>	11
合 計 Sub-total	7,940	その他 The others	62
合 計 Sub-total		合 計 Sub-total	513
総 計		Total	8,453

つぎにヘリコプターによる写真を撮影した造林地の被害状況はつぎのようである。

141 林班のトドマツ造林地 (図-7) この造林地は1928年の植栽である。被害は付表-2に示すように面積0.59 ha、本数600本、材積130 m³であつた。写真の右中央、林道を横切つて

いる白線は長さ 10 m の白布で、片方の端に見える白い点は北を示すために立っている白衣着用の人間である。倒木の主方向は北西であるので、強い南東風によって倒れたことが理解できる。風倒木の高さ(長さ)は傾斜の方向や度合、撮影の方向などによって異なるので正確な判定はできないが、スケールに使用した 10 m の白布と比較すると 15 m 以上であることははっきりわかる。なお写真は立体視できるように連続して撮影してあるので、2 枚を組合せてみると傾斜の状態などはかなりくわしく観察することができる。



図-7 1928年植栽トドマツの風倒木(141林班)

Fig. 7. Todomatsu fir fallen trees planted in 1928 (compartment 141). White line crossed by the path is ten-meter cloth and points to the north.

306 林班のトドマツ造林地 (図-8) この造林地は 1930 年の植栽で被害は 付表-2 に示すように面積 1.20 ha, 本数 655 本, 材積 126.26 m³ であった。この造林地の近くの林道には樹木がおおいかぶさっていて、ヘリコプターの位置を確認できる見晴しのよい空地がなかったので、約 200 m 離れたヘリポートから飛行させ、トランシーバーを用いて操縦者と現地にいるシャッターマンが連絡しながら撮影したため、かなり高空からの写真である。風倒木の倒れている方向は複雑に乱れているが、大部分は北の方向であり、南からの強風によって倒れたことが理解できる。白布の線は 141 林班の場合と同様に南北を指しており、太く見える方が北である。なお右上部に高速道路が見えており、道路に沿った林縁にみられる帯状物は高速道路から森林を保護する試験を実行中の防風網であり、下方の白色の四角形は C 鉄塔(道路から 40 m

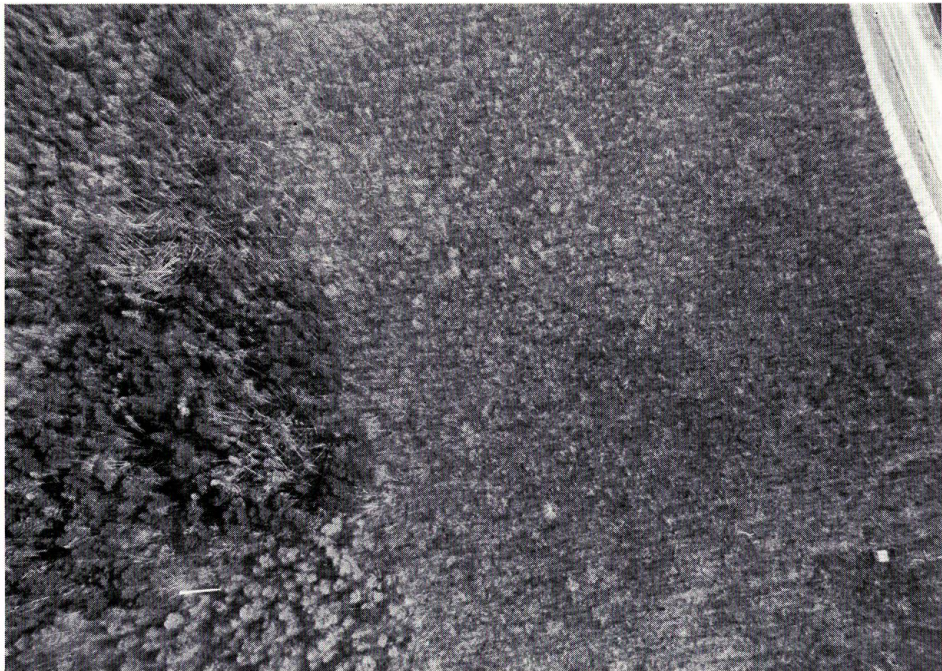


図-8 1930年植栽トドマツの風倒木 (306林班)

Fig. 8. Todomatsu fir fallen trees planted in 1930 (compartment 306).
White line is ten-meter cloth.



図-9 1950年植栽トドマツの風倒木 (122林班)

Fig. 9. Todomatsu fir fallen trees planted in 1930 (compartment 122).

森林内に入った道路の森林に及ぼす影響を観測するためのセンサー類を取付けた試験用の塔)の下にあるプレハブ小屋の屋根である。

122 林班のトドマツ造林地 (図-9) 1930年の植栽で被害は付表-2に示すように面積1.97 ha、本数1,371本、材積260.08 m³であった。この造林地は苫小牧地方演習林の中では比較的深い谷の両斜面にあるもので、風倒残存木や林道沿いの林木の状態からヘリコプターを見失う心配があったので、かなり高い高度で飛行させたため、写真上方に矢印で示した白布の線も確認することがむずかしいほどであるが、風倒の状態は谷に沿った北西方向のものが多く見られる。

138 林班のトドマツ造林地 (図-10) 1935~1938年の植栽で被害は付表-2に示すように面積9.63 ha、本数3,583本、材積636.80 m³であった。風倒木の倒れている方向は写真左上に見えるアッペナイ市道に沿っているものが大部分で、西北であることから、南東の強風によるものであることが理解できる。この写真では林道を参考にすると位置や方位を確認しやすいが、紅葉期にとった写真は対照物がない場合でも立木の形や葉の色などを参考にして、比較的容易に現地との照合ができることを示している。



図-10 1935~1938年植栽トドマツの風倒木 (138林班)

Fig. 10. Todomatsu fir fallen trees planted in 1935~1938 (compartment 138).

311 林班のトドマツ造林地 (図-11) 1937と1940年植栽で被害は付表-2に示すように面積11.19 ha、本数3,725本、材積620.73 m³であった。この写真の10 mの白線の方向は南北を



図-11 1937と1940年植栽トドマツの
風倒木 (311 林班)

Fig. 11. Todomatsu fir fallen trees
planted in 1937 and 1940
(compartment 311). White
line does not point to the
north.



図-12 1937と1940年植栽トドマツの
風倒木 (311 林班)

Fig. 12. Todomatsu fir fallen trees
(compartment 311).

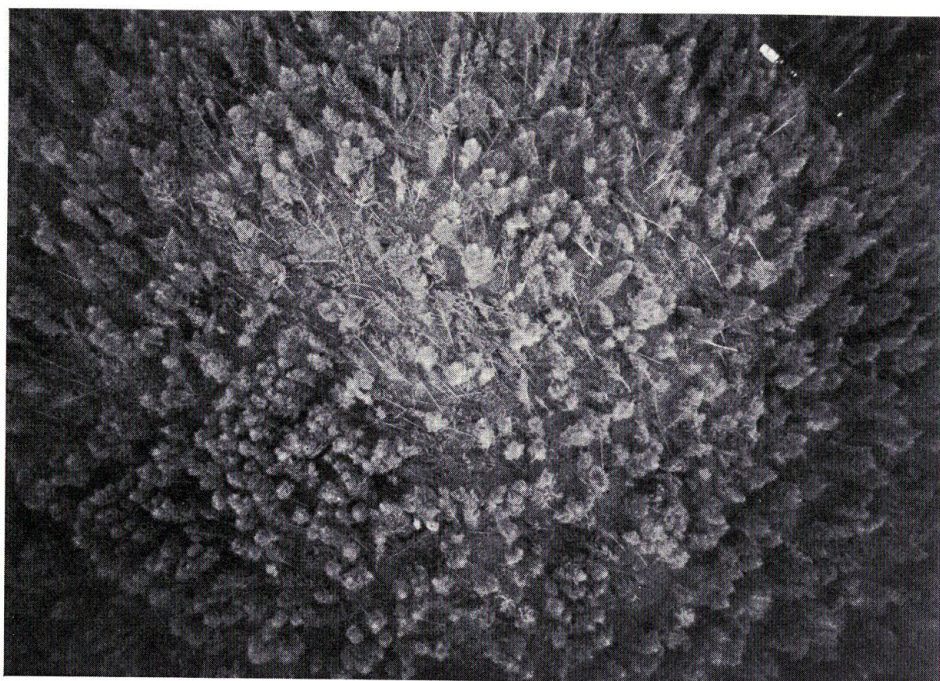


図-13 1954と1955年植栽カラマツの風倒木 (208 林班)

Fig. 13. Karamatsu larch fallen trees planted in 1954 and 1955 (compartment 208).



図-14 風倒木整理後の状況 (208 林班)

Fig. 14. Circumstance after cutting and logging the fallen trees (compartment 208).

指していない。風倒木の倒れている方向は林道の方向で知ることができる。この林道は山の神第2林道で南東から北西に通じているから、風倒木の倒れている方向は北西であることがわかる。なお参考のため同地点上空でやや斜め方向に広範囲の森林を撮影した写真を図-12に示す。これによると広葉樹林にはほとんど風倒木がみられないから、被害があったとしても軽微であることが推定できる。

208 林班のカラマツ造林地 (図-13) 1954と55年植栽で被害は付表-1に示すように面積24.22 ha、本数12,716本、材積1,376.07 m³であった。この造林地は激・中害造林地の中ではもっとも若齢のものであって、完全な倒木が少なく傾斜木が多く、他の風害地のようにほぼ一斉の被害は受けていないが、中央の激害地ではほぼ北西に通じる林道と平行して倒れている。傾斜木の多いところは立体視するか、梢頭の列の乱れによって被害の状況を知ることができる。この造林地の中には被害を受けなかった林木も混在していたが、今後の育林事業における取扱い方がむずかしいので図-14に示すように皆伐して整理した。

136 林班のカラマツ造林地 (図-15) 1952年植栽で被害は付表-1に示すように面積5.01 ha、本数1,000本、材積160.09 m³であった。風倒木の倒れている方向はアッペナイ市道に平行の西北であるので、強風が道路に沿って南東から吹いたことがわかる。今回の風害造林地において、もっとも風当たりが強いと考えられる林縁部に、強風に耐えて残った林木が各所でみら



図-15 1952年植栽カラマツの風倒木(136林班)

Fig. 15. Karamatsu larch fallen trees planted in 1952 (compartment 136). Right side is young plantation of white pine.

れたが、これは林縁の樹木が充分日光に浴して育ち、平常の強風に刺激されながら強固な根張りを作り上げたものと考えられる。なお道路を距てた右側の常緑樹は1967年植栽のストロブマツで被害はなかった。

139 林班のカラマツ造林地 (図-16) 1930~1959年植栽で被害は付表-1に示すように面積12.17 ha、本数3,275本、材積540.99 m³であった。本造林地はヨーロッパトウヒと混植したものであるが、ヨーロッパトウヒがほとんど枯死したため、現状ではカラマツ林とみて差支ない状態であった。この造林地にかぎらずアップナイ市道沿いの林木はほぼ道路に沿って北西方向に倒れているが、道路から離れた斜面に入ると斜面の上の方に向かって倒れているものが目立っている。なお本造林地の写真には長さ10 mの南北を指す白布の写っているものもあるので、ここにはのせないが、それらも参考にしながら観察を行なった。

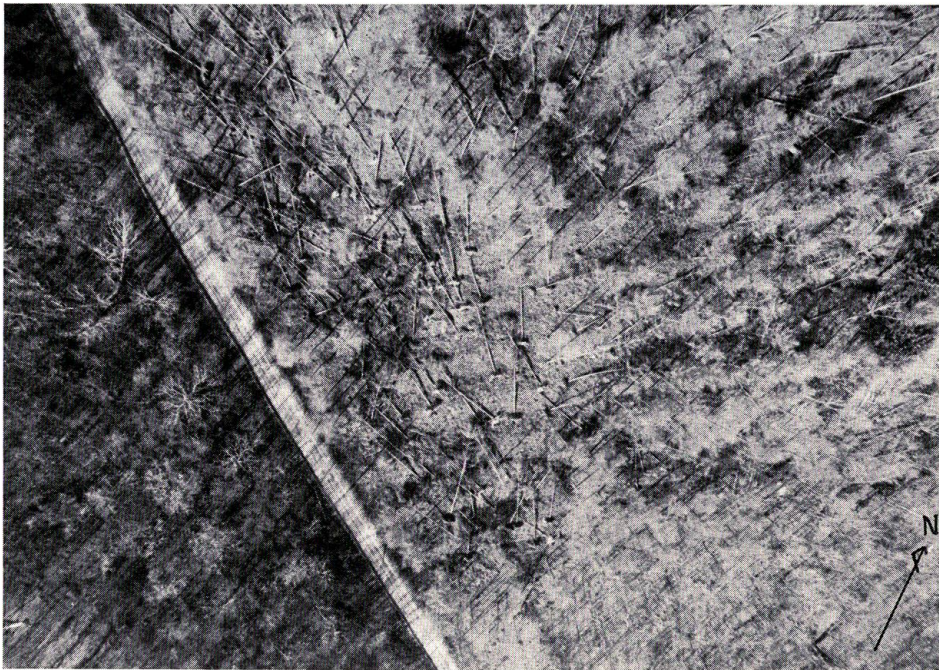


図-16 1930と1931年植栽カラマツの風倒木 (139林班)

Fig. 16. Karamatsu larch fallen trees planted in 1930 and 1931 (compartment 139).

140 林班のカラマツおよびヨーロッパトウヒの造林地 (図-17) カラマツは1959年植栽で被害は付表-2に示すように面積2.42 ha、本数858本、材積78.44 m³であった。右上にはその造林地の北西の一部が写っている。若齢林であるので完全には倒れていないが、傾斜木、屈曲木などが目立っている。写真左の常緑樹疎林は1916年植栽のヨーロッパトウヒの造林地で、被害は付表-3に示すように面積0.55 ha、本数209本、材積85.01 m³で、庁舎に近いので早急に整理した。残存木は樹高の低い被圧木である。

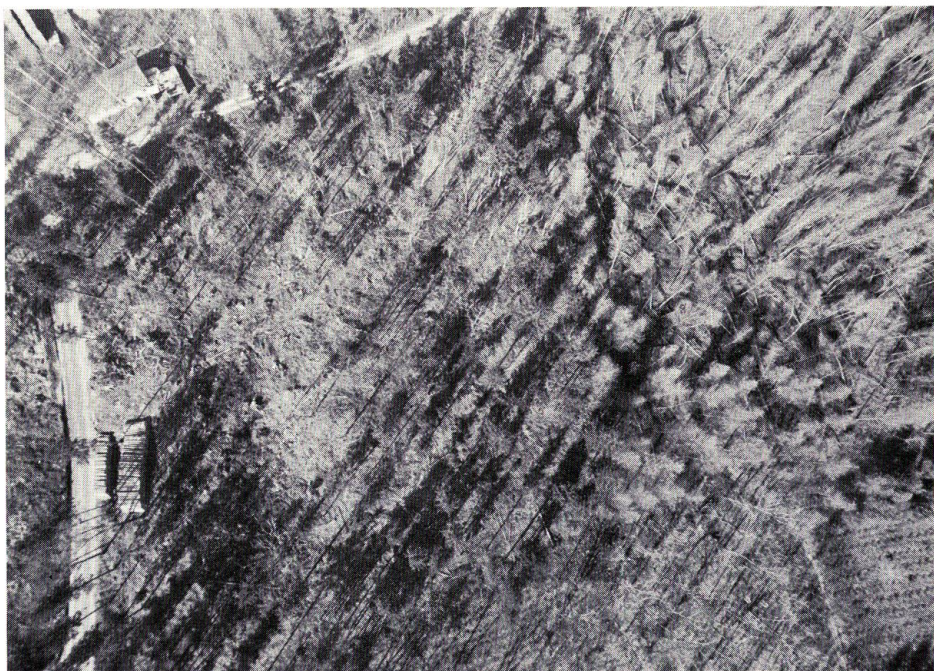


図-17 1957と1959年植栽カラマツ風倒木および1940年植栽のヨーロッパトウヒ風倒木整理後の状況(140林班)

Fig. 17. Karamatsu larch fallen trees planted in 1957 and 1959 and circumstance after cutting and logging the fallen trees of Norway spruce planted in 1916 (compartment 140).

129 林班のヨーロッパトウヒ造林地(図-18) 1915年植栽の稀少の古い造林地で被害は付表-3に示すように面積0.69 ha, 本数196本, 材積81.52 m³である。この造林地には同齡のストロブマツがごくわずかに混在していた。また河畔にはヤチダモ中径木の風倒木が数本見られた。風倒木の倒れている方向は他の造林地と同じく主に北西であった。

317 林班のチョウセンゴヨウ造林地(図-19) 1939年植栽で被害は付表-4に示すように面積2.38 ha, 本数1,477本, 材積355.29 m³であった。この造林地は北海道では珍しいよく成林した貴重な森林であった。リスが種子を運んで林内に散布するので、それを対象にして研究が進められていた。かつて試験のため一部択伐した時にわずかながら風倒木がみられたが、今回の台風では全林が完全に倒壊した。風倒木の倒れている方向は他の造林地と同じように林道に沿って北西の方向であった。

101 林班のニセアカシア造林地(図-20) 1918~1926年植栽で被害は付表-4に示すように面積9.94 ha, 本数1,076本, 材積212.14 m³であった。ニセアカシアは針葉樹と異なり直立するものが少いので、風倒による被害を写真によって判定することは困難であるが、図-20の写真では根返りの様子がかかなりはっきり観察でき、風倒木の倒れている方向は高速道路を参考にするとほぼ北西の方向であり、他の造林地と同様である。



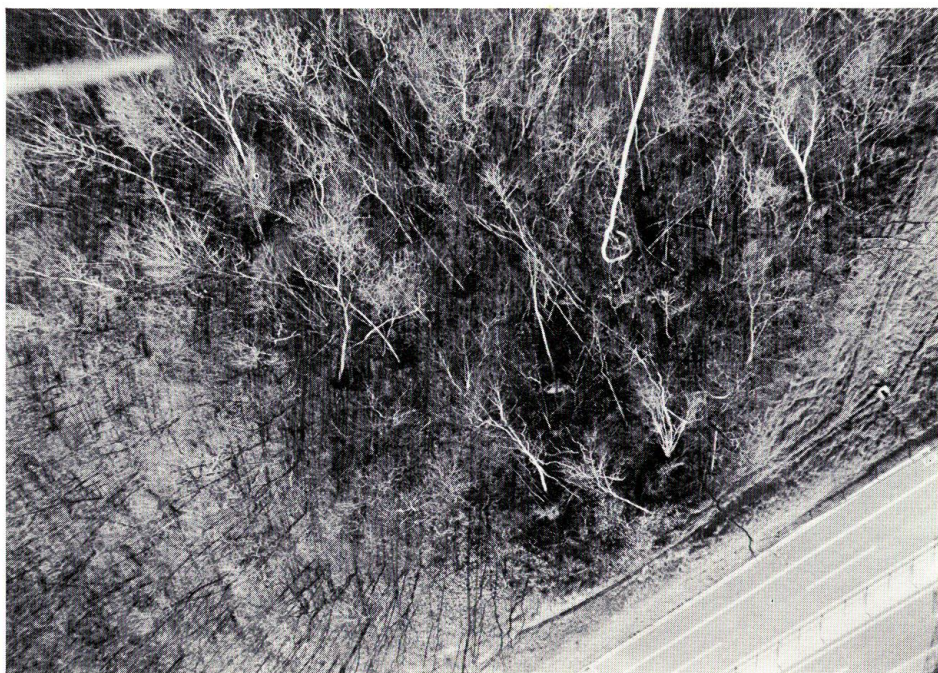
図-18 1915年植栽ヨーロッパトウヒの風倒木, ストローブマツとヤチダモの風倒木が小数ある (129林班)

Fig. 18. Norway spruce fallen trees planted in 1915 (compartment 129).



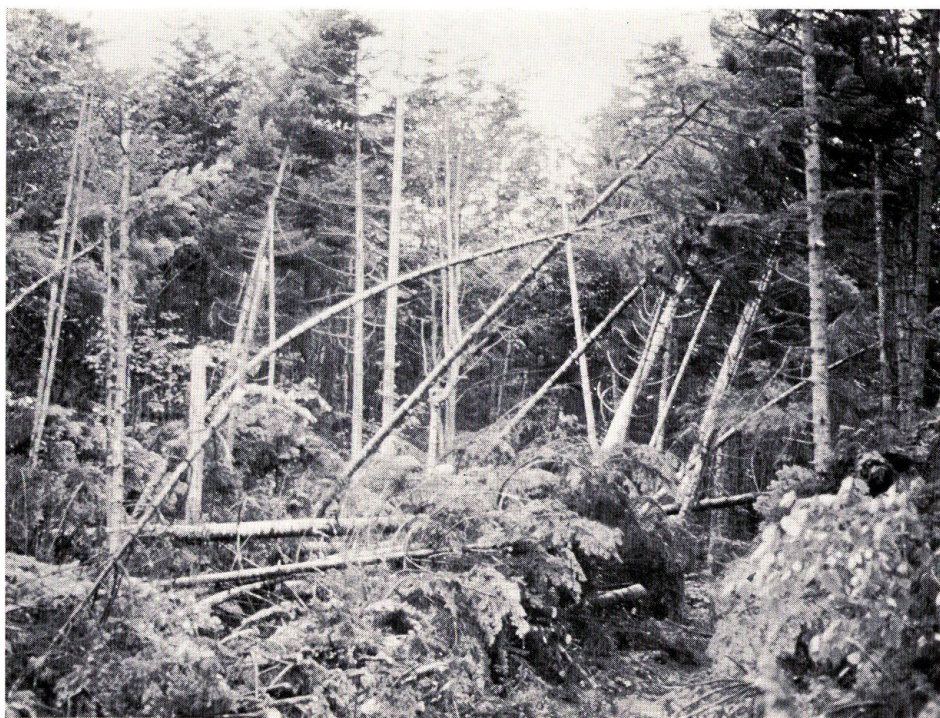
図-19 1939年植栽チョウセンゴヨウの風倒木 (317林班)

Fig. 19. Korean pine fallen trees planted in 1939 (compartment 317). White line points north-west direction.



図—20 1918~1926年植栽ニセアカシアの風倒木(101林班)

Fig. 20. Locust fallen trees planted in 1918~1926 (compartment 101).



図—21 138林班のトドマツ風倒木

Fig. 21. Todomatsu fir fallen trees (compartment 138).



図—22 208 林班のカラマツ風倒木

Fig. 22. Karamatsu larch fallen trees (compartment 208).



図—23 317 林班のチョウセンゴヨウ風倒木

Fig. 23. Korean pine fallen trees (compartment 317).

なお参考のために被害状況を地上で側面から撮影したのでトドマツ (138 林班) を図-21 に、カラマツ (208 林班) を図-22 に、チョウセンゴヨウ (317 林班) を図-23 に示す。

3) 考 察

筆者等はいままで大気汚染の森林に及ぼす影響について研究^{2),3)}を進めてきたので、主に常風を対象に考えてきたが、今回は異状な強風の森林に及ぼす影響について調査研究できる好機であった。そのためには、まず林木の風倒をひき起す諸因子について、その解明に必要な風害現場の様子をそのまま正確に記録に留めておく必要があった。さいわいラジコンヘリコプターによる森林調査は以前から苫小牧地方演習林とその周辺の林地で、ストロブマツに及ぼす大気汚染の影響調査に活用させてもらっていたので、今回の風倒木調査にはいち早く対応することができた。この方法の難点はヘリコプターの操縦のむずかしさにあるが、今回は幸いベテランの中里栄氏の協力が得られたので、ほぼ所期の目的を達成することができた。

ヘリコプターによる写真撮影は気球を用いる場合のように、重いボンベをトラックに積載し、水素のような危険なガスを使ったり、ヘリウムのような高価なガスを使い棄てにする必要がなく、係留するロープの切断によって気球をカメラもろとも失うような心配のない方法である。すなわち運搬の容易さ、経費の安さ、広い基地を必要としない点において気球よりすぐれた調査方法であるので、今後広く使用される可能性が期待される。



図-24 台風時の潮風によって褐変したヒダカゴヨウと広葉樹の葉 (308 林班)
Fig. 24. Japanese strobilus pine and broad-leaved tree leaves damaged by strong sea saline wind during the typhoon (compartment 308).

今回はデータの充分な解析までは行っていないが、得られた資料を潮風による森林の被害調査に参考にすることができた。また調査方法を公表して広く研究や業務の参考にさせていただくことにも意味があり、今後この種の問題に対応する方法の1つとして考えられるので報告することにした。

4. 潮 風 害

台風の通過後数日にして森林の広い範囲にわたって樹木の葉が褐色に変化した。その様子は図-24にみられるように、同一樹木にあっても南側の褐変が目立っていた。この特色は千歳市附近の高速道路に面した樹木にもはっきりと見る事ができた。これは常風では樹葉の褐変を起すほど大量には運ばれない海水が、台風によって短時間に遠くまで、多量に運ばれたことによるものと考えられた。

海水の無機成分の組成は化学大辞典によると NaCl 77.6%, MgCl_2 10.9%, MgSO_4 4.7%, CaSO_4 3.6%, K_2SO_4 2.5%, CaCO_3 0.3%, MgBr_2 0.2% となっていて、塩化物が88.5%を占めている。そこで海水の量は塩素を測定することによって推定できると考え、樹葉面に運ばれた塩素を指標として海水の分布をつぎのようにして調査した。

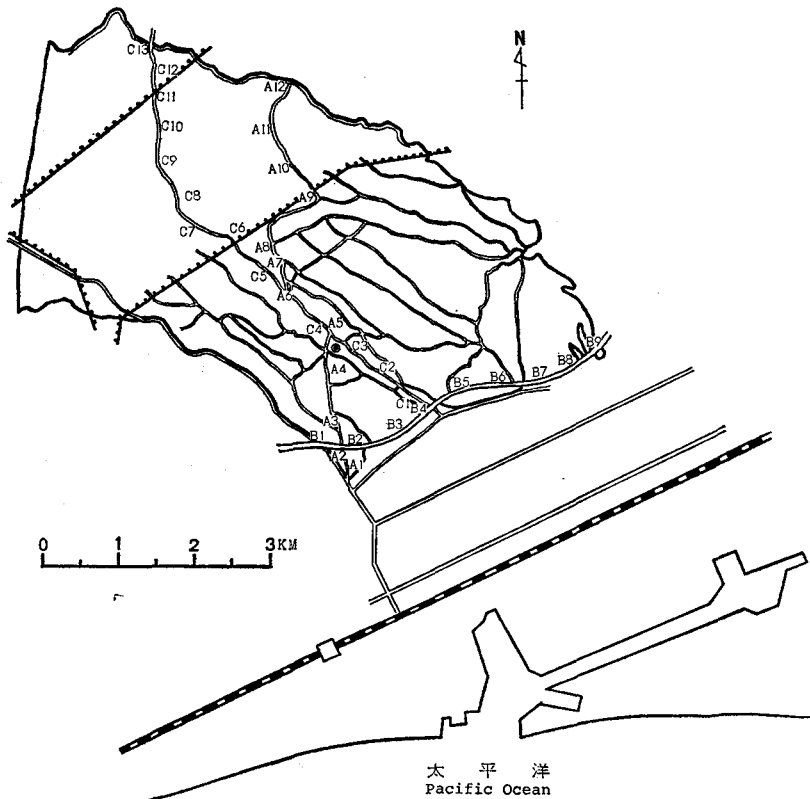


図-25 塩素定量用樹葉の採取地点
Fig. 25. Sampling sites of tree leaves.

1) 調査方法

苫小牧測候所による観測、苫小牧地方演習林による観測および図-7~20に示す風倒木の倒れている方向から林木の風倒を生じさせた台風は南東の風であったと理解できる。そこで図-25に示すように、演習林のほぼ中央部を南から北に向って風向を配慮することなくとった14地点(A₁~A₁₄)、演習林の南端部で高速道路の北側にあるため南側が開放されていて、南からの風を強く受ける林縁に沿った9地点(B₁~B₉)、さらに風倒被害の多かったアッペナイ市道沿いに南東の低い沢地の中から北西の台地上まで台風の風向に従った13地点(C₁~C₁₃)を設置し、それら各地点からハリギリ、イタヤカエデ、ホウノキ、ミズナラの4種類の葉を採取して塩素の含有量を測定した。ついで台風の来なかった1982年の同じ時期に同じ地点から同一樹種の葉を採取して同様に塩素を定量した。

2) 塩素の分析方法

樹葉は南向きの林冠部において地上高6~7mのところから採取した。1981年の台風直後の樹葉は褐変したもの、ちりちりに巻きあがったもの、破損したもの、褐色ないし黒色の斑点のあるものを主として選んだ。しかし森林の奥地の樹葉は大部分正常な葉であった。採取した葉はビニール袋に入れて持ち帰り、新聞紙上にひろげて数日間室内に放置して風乾にしたのち、105°Cの乾燥器内で1昼夜乾燥してからHEIKO振動試料粉碎機で細かく粉碎した。つぎに試料細粉20~30mgを精秤し、濾紙(東洋濾紙No.7)に包んで1ℓの燃焼フラスコの栓に付いている白金ホルダーに固定した。燃焼フラスコ中に吸収液として純水20mlを入れたのち、酸素ポンプから吸収液が飛散しないよう注意しながら酸素を約20秒間吹き込み、ライターを用いて濾紙の先端に点火し、すばやく栓をフラスコに装着して試料を燃焼させた。燃焼フラスコは約1分間手で激しく振りまぜたのち、振とう器に固定して20分間振とうし、生成したガスを吸収させた。こうして得られた供試液⁴⁾の塩素の定量はチオシアン酸第二水銀比色法⁵⁾によって行ない、葉中の塩素量は乾燥葉1g中のmg数で表わした。

3) 結果と考察

葉中塩素の含有量を表-11に示す。これによって樹種別、年次別に塩素の含有量をみるとまず1981年の台風による被害樹葉の塩素含有量はハリギリ、イタヤカエデ、ホウノキ、ミズナラの順に高く、平均それぞれ8.0, 6.8, 5.0, 4.5 mg/gとなっている。また台風の被害を受けていない翌1982年の同時期採取した葉中の塩素はイタヤカエデ、ハリギリ、ホウノキ、ミズナラの順にそれぞれ6.0, 5.7, 4.0, 2.5 mg/gとなっている。

樹種別に塩素含有量をみるとフッ素の含有量測定結果^{2),3)}の傾向と近似しており、フッ素も塩素もイタヤカエデとハリギリの値が高く、ホウノキとミズナラが低い値となっていて、樹種による特性があるものと考えられる。

つぎに台風の有無による差を1981年の台風年と1982年の無台風年について比較すると、イタヤカエデのBライン(B₁~B₉)の平均値が台風年が8.4 mg/gで無台風年が8.8 mg/gと、

表-11 樹葉の塩素含有量

Table 11. Chlorine contents of wood leaves (mg/g)

採取地点 Sampling site	海岸からの距離 Distance from beach (km)	ハリギリ <i>Kalopanax pictus</i>		イタヤカエデ <i>Acer mono</i>		ホウノキ <i>Magnolia obovata</i>		ミズナラ <i>Quercus monogolica</i> var. <i>grosseserrata</i>		平均 Av.	
		1981	1982	1981	1982	1981	1982	1981	1982	1981	1982
A 1	3.8	8.1	9.6	8.5	5.8	2.5	3.8	9.2	4.4	7.1	5.9
A 2	4.1	11.0	2.8	—	4.5	—	2.7	4.8	1.1	7.9	2.8
A 3	4.6	6.3	4.2	7.8	9.0	1.7	2.3	0.9	1.1	4.2	4.2
A 4	5.1	2.2	4.3	6.6	4.4	2.9	1.4	4.1	1.5	4.2	2.9
A 5	5.8	8.6	3.7	8.3	4.3	2.3	2.2	6.3	2.1	4.0	4.1
A 6	6.3	8.3	4.6	5.0	4.8	3.6	2.2	5.2	0.7	5.5	3.1
A 7	6.9	6.4	4.5	5.8	3.1	3.0	1.8	3.0	0.5	4.6	2.5
A 8	7.3	7.1	5.0	9.6	2.9	3.5	3.9	5.6	1.3	6.5	3.3
A 9	7.6	4.8	7.5	7.1	4.2	4.6	1.5	5.2	0.9	5.4	3.5
A10	8.0	7.0	3.0	5.1	3.7	3.5	3.2	4.0	0.9	4.9	2.7
A11	8.6	—	4.8	2.2	3.8	1.6	2.2	1.5	0.4	1.8	2.8
A12	9.0	3.3	3.6	5.8	3.6	2.0	2.4	1.4	0.8	3.1	2.6
平均 Av.		6.6	4.8	6.8	4.5	2.8	2.5	4.3	1.3	4.9	3.3
B 1	4.1	12.6	5.9	8.5	14.0	8.7	12.4	6.1	6.3	9.0	9.7
B 2	4.1	11.0	7.8	7.9	7.6	8.6	7.7	9.4	9.7	9.2	8.2
B 3	4.2	15.5	11.1	5.6	9.4	8.7	4.9	4.4	5.0	8.6	7.6
B 4	4.5	21.5	6.6	—	9.7	18.3	10.6	10.5	5.6	16.7	8.1
B 5	4.5	9.3	5.2	8.4	5.3	8.0	10.2	7.8	5.3	8.4	6.5
B 6	4.8	9.3	8.4	10.3	7.8	9.2	5.5	8.1	4.1	9.2	6.5
B 7	5.0	12.6	16.2	—	11.4	15.7	10.8	6.4	5.1	11.6	10.9
B 8	5.1	8.3	10.3	9.2	7.5	5.9	11.8	2.4	4.9	6.5	8.6
B 9	5.2	13.3	8.5	8.7	6.3	5.8	5.8	5.3	5.0	8.3	6.4
平均 Av.		12.6	8.9	8.4	8.8	9.9	8.9	6.7	5.7	9.4	8.1
C 1	4.9	—	4.5	—	4.5	6.7	2.1	5.5	1.7	6.1	3.2
C 2	5.2	5.3	4.2	5.3	4.3	1.8	0.9	2.4	1.2	3.7	2.7
C 3	5.4	—	—	6.1	6.4	2.5	3.2	5.3	2.1	4.6	3.9
C 4	6.0	—	3.8	5.7	11.1	3.1	2.4	1.7	0.7	3.5	4.5
C 5	6.9	—	5.2	13.1	4.2	3.7	1.5	5.6	1.2	7.5	3.0
C 6	7.4	6.2	5.5	6.2	4.6	4.6	1.3	3.5	4.0	5.1	3.9
C 7	7.6	4.8	5.3	6.1	8.0	2.2	2.9	4.1	0.6	4.3	4.2
C 8	8.0	—	1.1	4.9	4.0	3.9	2.3	2.5	0.8	3.8	2.1
C 9	8.5	2.9	4.8	—	4.3	2.2	3.1	1.7	1.3	2.3	3.4
C10	8.9	3.6	4.2	1.4	4.8	2.2	0.9	2.4	1.7	2.4	2.9
C11	9.5	4.3	5.2	6.8	3.5	4.7	1.9	3.3	1.5	4.8	3.0
C12	10.0	—	5.3	2.8	4.4	2.9	2.8	2.0	0.7	2.6	3.3
C13	10.6	3.5	3.0	6.0	5.2	—	1.7	1.0	1.1	3.5	2.8
平均 Av.		4.4	4.3	5.9	4.6	3.4	2.0	3.2	1.2	4.2	3.0
総平均 Av. of all		8.0	5.7	6.8	6.0	5.0	4.0	4.5	2.5	5.9	4.6

台風年の値の方がやや低くなっている以外は、平均値はすべて台風年の値の方が高くなっている。また1981年のすべての測定値の平均と、1982年のそれをくらべてみると、それぞれ6.1 mg/gと4.6 mg/gとなっていて台風年の値の方が無台風年の値より29%高くなっている。台風のない年は葉の損傷がそんなに目立っていないのに、台風後の樹葉がいちじるしく褐変するなど両者の被害の差が歴然としているわりには、塩素含有量の差が29%であるのは、その値が小さいようにも考えられるが、塩素の場合もフッ素の場合と同じように開葉期に、わずかながらもつねに潮風にさらされて塩化物を徐々に蓄積し、秋には被害のいちじるしくなる限界近く

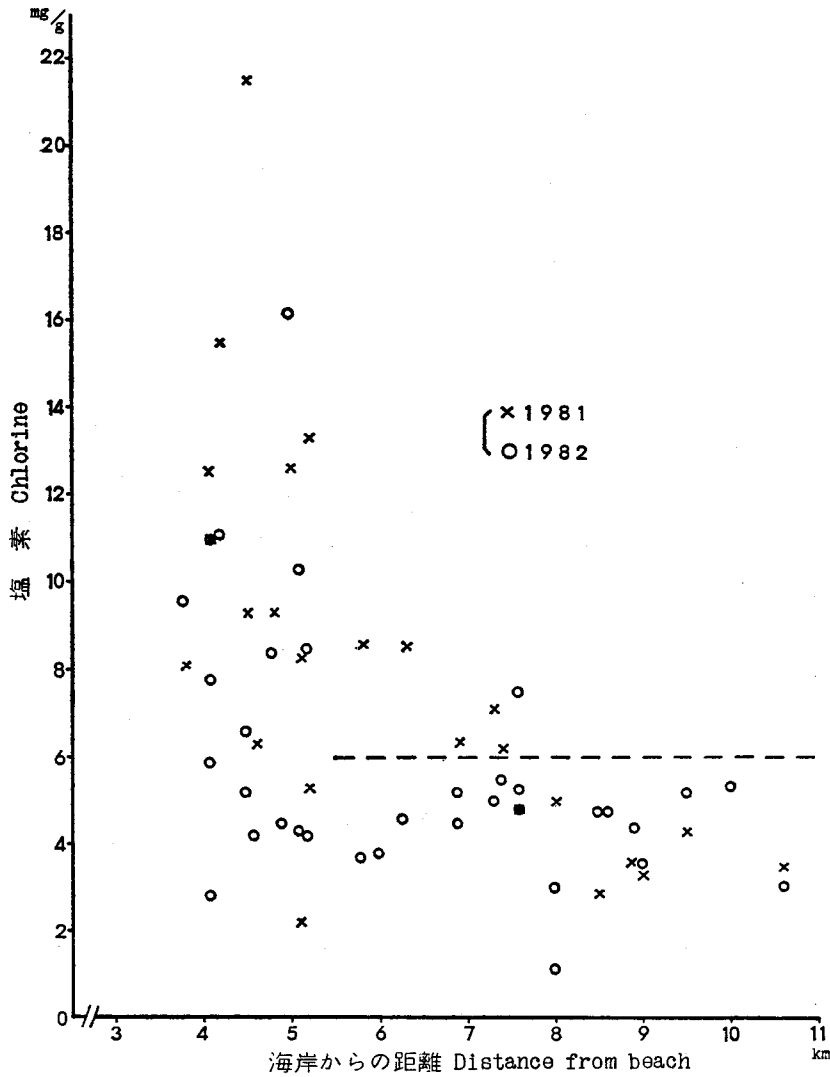


図-26 海岸からの距離と樹葉の塩素含量のとの関係 (ハリギリ)

Fig. 26. Chlorine content of leaves of *Kalopanax pictus* collected at various distances from beach.

なっているため、添加塩化物のわずかの増加によっても被害がはっきりとあらわれたものか、あるいは台風時に濃い霧状の海水を吹きつけられて葉が枯死したのち、風速がおとろえたときの海水の少ない雨で塩化物が洗い流されたため、低い値になったものとも考えられる。

地形と塩素含有量との関係をみると、苫小牧における開葉期の常風が南よりの風であり、台風の風向も南東であったことから、南向き斜面の値が高いことはBラインの平均値が他とくらべて高いことからわかるが、AおよびCラインの中でも南向き斜面の葉が高い値を示す傾向がみられた。

さらに海岸からの距離と塩素含有量の関係を樹種別、年次別にみると図-26~29のようである。まずハリギリについてみると図-26のようであって、海岸線からの距離が5.5 km以遠の地点では無台風年1982年の塩素含有量は6 mg/g以下で、これを越える部分の大方は台風の影響による増加と考えられる。同様のことがイタヤカエデ(図-27)についてもいうことができ、無台風年の5.5 km以遠の地点では大部分が5 mg/g以下であり、ハウノキ(図-28)については4 mg/g以下、ミズナラ(図-29)については2 mg/g以下とみることができる。

つぎに樹葉採取地点を5.5 km以内の16地点と以遠の18地点の2群に大別して樹種別に塩素の平均含有量をみると表-12のようである。いずれの樹種も5.5 km以内の平均値が以遠

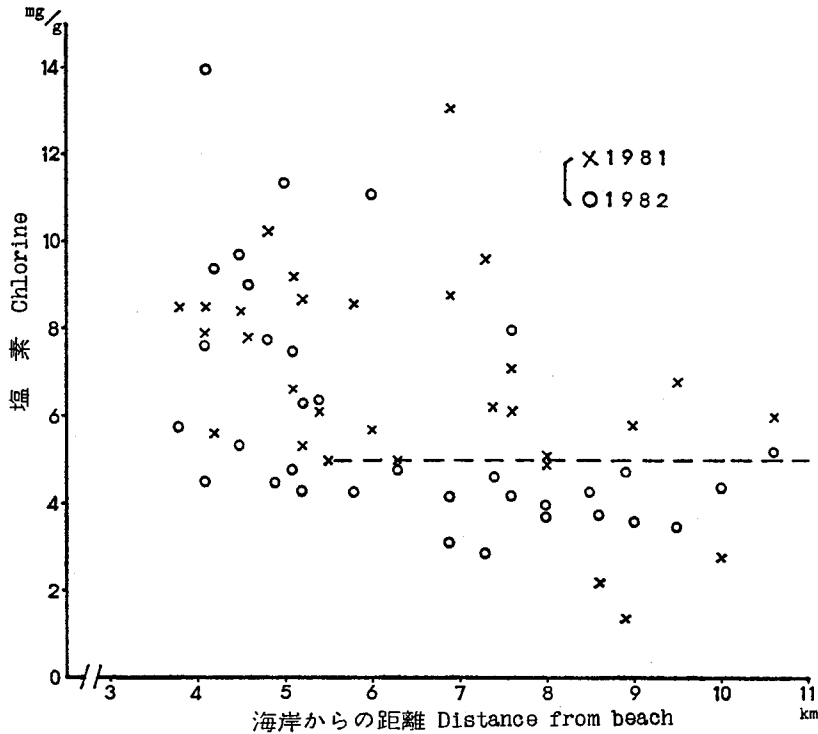


図-27 海岸からの距離と樹葉の塩素含有量との関係 (イタヤカエデ)

Fig. 27. Chlorine content of leaves of *Acer mono* collected at various distances from beach,

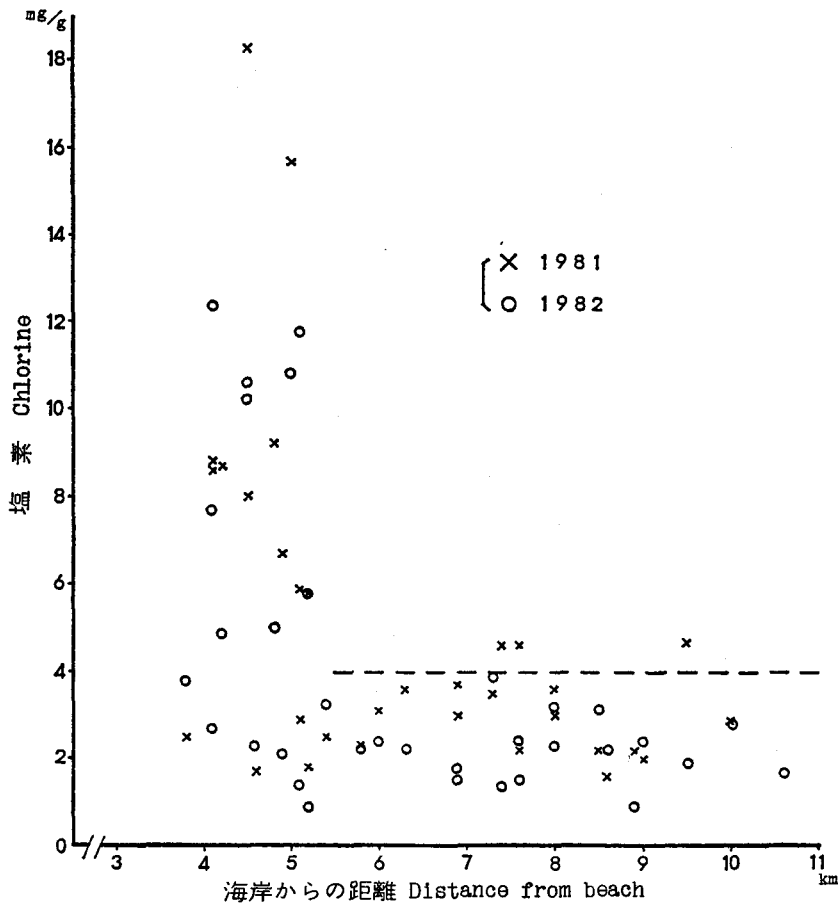


図-28 海岸からの距離と樹葉の塩素含有量との関係 (ハウノキ)
 Fig. 28. Chlorine content of leaves of *Magnolia obovata* collected at various distances from beach.

表-12 遠近2地点群における樹葉の平均塩素含有量
 Table 12. Chlorine contents of leaves in long and short-distance groups from beach (mg/g)

樹種 Tree species	ハリギリ <i>Kalopanax pictus</i>		イタヤカエデ <i>Acer mono</i>		ハウノキ <i>Magnolia obovata</i>		ミズナラ <i>Quercus monogolica</i> var. <i>grosseserrata</i>		平均 Av.	
	1981	1982	1981	1982	1981	1982	1981	1981	1981	1982
5.5 km 以内 16 地点の平均 Meanvalue of 16 points within 5.5 km	10.5	7.3	7.7	7.4	7.1	6.0	5.8	4.0	7.8	6.1
5.5 km 以遠 18 地点の平均 Mean value of 18 points beyond 5.5 km	5.4	4.5	6.0	4.7	3.2	2.2	3.3	1.2	4.2	3.2
近地点の遠地点に対する百分率 Percentage of near points value to far points	192	164	129	148	226	269	173	340	186	191

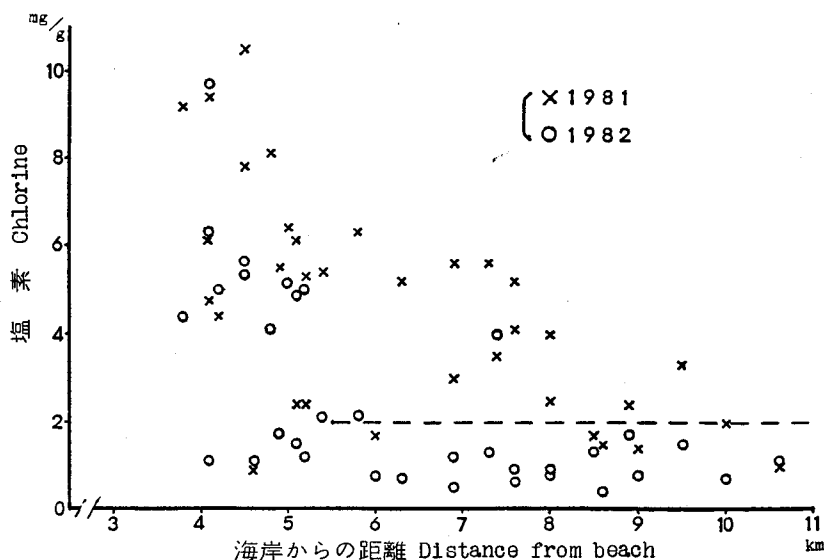


図-29 海岸からの距離と樹葉の塩素含有量との関係 (ミズナラ)

Fig. 29. Chlorine content of leaves of *Quercus mongolica* var. *grosseserrata* collected at various distances from beach.

の平均値よりも高くなっている。また以遠地点の平均値を100とすると、近い地点の平均値は1981年のイタヤカエデの129から1982年のミズナラの340の間に分布し、樹種による特性がみられるが、4樹種全部を平均すると台風年が186、無台風年が191ときわめて近い値となっている。

なお潮風に関する研究の多くは汀線近くの樹葉の塩分に関するもの^{6)~10)}や、土壌中塩分に関するもの⁹⁾、さらに塩分含有量の地形による影響などに関するもの⁹⁾がある。筆者等の研究でも海岸から比較的近い地点の樹葉でも隣接森林の濾過作用によって塩素含有量が少なかったり、遠い地点の葉でも南向きで直接南風を受けるものは塩素含有率が高いなど、既往の研究結果とほぼ一致した傾向がみられた。

結 語

1981年8月23日の台風15号による苫小牧地方演習林の目立った被害は針葉樹に集中して、広葉樹の被害は集中的豪雨によって地盤の軟弱化した沢筋のものが目立ち、天然広葉樹林の被害は人為的に防ぎようのないものと判断された。しかし被害の大きかった針葉樹造林木については林木を育成する立場からは反省すべき点もあった。

今回の台風で被害の大きかった造林木はトドマツ、カラマツ、チョウセンゴヨウであり、隣接する国有林ではトドマツ造林木に大被害があり、エゾマツの被害は比較的軽微であった。1954年の15号台風では苫小牧地方演習林のカラマツ高齢林分は全部被害をうけ、ストロームマツとバンクスマツは全倒、半倒相半ばした¹¹⁾。また林齢40年をこえる古いしかも生長の衰え

た造林地では著しい被害が発生し、カラマツ類は生長の良好な箇所さえ、トウヒ類に較べると被害が目立っていると報告^{12),13)}されている。これら1954年と1981年の両台風の状況を総合して判断すると、トウヒ類は強風に耐える方に属する樹種であることがわかる。

トウヒ類は一般に浅根性で風害に弱いとされているが、苫小牧地方のような火山灰土壌で表土の浅い林地では、むしろ浅根性のものがその樹種本来の良好な根系の発達を期待でき、根系の水平的ひろがりの調査¹²⁾においても他樹種にくらべるときわめて大きな値をもったものがみられ、そのため風害に強いのではないかと推察できる。しかしヨーロッパトウヒは材質が劣悪であるため利用に適しないという考え方があって、木材を扱う人達に好まれないが、苫小牧地方演習林の造林木について調べたところでは風乾比重が0.43~0.47あって、用材として利用に耐えるものであることがわかっている。従って、こうした誤った先入観にとらわれることなく、冷静に客観的に材質や風に耐える樹木という特質に着目して、苫小牧地方演習林における造林適木の1種と位置づけする必要がある。

つぎに今回被害の少なかった広葉樹の育成と利用については積極的に推進することが望ましい。広葉樹といえども低湿地帯における樹高の高い林木にはかなりの被害を生じたが、一般に針葉樹にくらべると微々たるものであった。苫小牧地方演習林においては広葉樹の更新がよく、育てやすく、小径木でも利用価値が高いので広葉樹の育成に力を入れるべきである。すなわち小径木であっても、きのこ栽培用の楢木や製炭原木として価値が高いので、風害の危険や霜害、病虫害の心配も少ないこととあわせて有利に育成することができる。このように育林から利用まで一貫した森林施業を行なえる条件を作り出すことが苫小牧地方演習林にとって、今後のもっとも重要な研究・教育上の課題であると考えられる。なお潮風害や大気汚染物質による森林の被害については、今後とも研究を継続する。

摘 要

1981年8月23日の台風15号は北海道の森林に大きな被害を与えた。被害木の材積は総計371万 m^3 で、そのうち針葉樹が60%であった。所管別に被害をみると国有林が50%、一般民有林が37%、大学演習林が11%、道有林が2%となっている。

1. 北海道大学演習林の被害は大部分が苫小牧地方演習林に集中し、被害は北海道内4大学演習林総材積の5%弱であった。
2. 苫小牧地方の瞬間最大風速は38.6 m/s、風向はSE、総降水量は141.5 mmで、苫小牧地方演習林の被害は1945年以前の古い造林地が主で、面積にして58%、材積に54%を占めた。
3. 樹種別被害材積はカラマツが55%、トドマツが27%、チョウセンゴヨウが5%、ヨーロッパトウヒが2%、ミズナラが2%と針葉樹造林木が全体の90%以上であった。
4. 激害造林地の状況をラジコンヘリコプターにカメラを装着して撮影したところ、地上では観察できない風倒木の状況が明瞭にみられ(図-7~20)、立体視することによってさらにくわ

しく観察することができた。

5. 台風の通過後、森林の広範囲にわたって樹葉の褐変が観察されたので、潮風によるものと考え、樹葉(ハリギリ、イタヤカエデ、ハウノキ、ミズナラ)中の塩素を測定して潮風による影響を調査したところ、
 - a. 地形的には南面の、海に面し、南風を強く受ける森林の樹葉中の塩素が台風年も無台風年も目立って高い値を示した。
 - b. また海岸からの距離と塩素含有量との関係を見ると、台風の有無にかかわらず海岸から5.5 km以内の地点の樹葉中の塩素含有量が目立って高く、それ以遠では無台風年には樹種別にはほぼ一定値以下であった(図-26~29)。
 - c. 樹種別塩素含有量はハリギリとイタヤカエデが高く、ハウノキとミズナラが低く、フッ素含有量の値^{2),3)}とよく似た傾向を示した。
6. 苫小牧地方演習林とその近辺の国有林をみるとトウヒ類と広葉樹の被害が比較的軽微であったことから考え、今後は風に強いトウヒ類と、きのこ栽培の原木や薪炭材として利用できる小中径広葉樹の育成をも重視することが得策と考えた。

参 考 文 献

- 1) 北海道林務部：北海道林業経営協議会森林風害対策部会議事録(1981)。
- 2) 太田路一・川瀬 清・石崎健二・前田 豊：北海道大学苫小牧地方演習林の大気汚染。北大演習林研究報告, 37, No. 1, 287 (1980)。
- 3) 同 上：北海道大学苫小牧地方演習林の大気汚染(II)。同上, 40, No. 3, 491 (1983)。
- 4) 桜井孝一：木材・パルプ・紙中の塩素の迅速定量法。林業試験場研究報告, 280, 95 (1976)。
- 5) 日本分析化学学会北海道支部編：水の分析。150 (1966), 化学同人。
- 6) 門田正也：防潮風濾過に就て(予報)。日本林学会誌, 31, 212 (1949)。
- 7) 熊谷才蔵：クロマツの葉の塩分捕捉量。第65回日本林学会大会講演集, 249 (1956)。
- 8) 伊藤重右衛門・今 純一：日高地方海岸林の塩風害。北林技研論文集, 18, 373 (1969)。
- 9) 小川 章・松平 昇・飯塚 修：北海道胆振, 日高太平洋沿岸の緑化技術に関する研究(2)。潮風影響下の林分における葉中塩分と土壌中塩分。王子林木育種研報 3, 129 (1976)。
- 10) 千葉 茂・小川 章・飯塚 修：北海道胆振, 日高太平洋沿岸の緑化技術に関する研究(3)。苫小牧海岸試験地における潮風と樹木の葉中塩分量。同上, 3, 135 (1976)。
- 11) 北海道大学演習林：北海道大学演習林60年の歩み。(1963)。
- 12) 三島 懋・谷口信一・谷口三佐男：苫小牧演習林における風害状態(I)。(異郷土樹種の造林地について)。北大演習林研究報告, 17, 715 (1955)。
- 13) 三島 懋・谷口信一・谷口三佐男・菱沼勇之助：苫小牧演習林における風害状態(II)。(天然生林について)。同上, 19, 1 (1958)。

Summary

This study deals with damage of forests in Tomakomai Experiment Forest, Hokkaido University which was suffered by Typhoon No. 15 in 1981. The typhoon hit Hokkaido on August 23, holding her course northward as shown in Fig. 1, and brought much precipitation in the west southern district. (Fig. 2). The enormous amounts of trees were blown down, totaled to the fallen-tree volume of about 3,710,000 m³, as shown in Table 1. The percentages of the damaged forest tree volume among the forests in Hokkaido were 50, 37, and 11 in national, private and university forests, respectively. The damage of Tomakomai Experiment Forest of Hokkaido University was about 5 percent of all university forests in Hokkaido (Table 5). In Tomakomai Experiment Forest of 2,718 ha including planted forests of 835 ha, the planted forests were especially damaged through the strong south-eastern wind of the typhoon (Table 7). Almost all trees of middle-aged *Larix leptolepis*, *Abies sachalinensis* and *Pinus koraiensis* were blown down (Table 9).

1. The model radio-controlled helicopter with a camera (Fig. 5) was used for aerial photographing of highly injured forests as shown in Fig. 6, and the photographs are shown in Figures 7 to 20 and the photographs taken on the ground are in Figures 21 to 23.
 - a. The helicopter can make an ascent from very narrow heliport as 5×10 meters in the forest and photograph the damaged forests from the heights of 150 or 200 meters in a short time.
 - b. As shown in Figures 7 and 8, the length and direction of the fallen-trees were able to be researched by comparing with those of the white cloth of 10 meters long. One of the findings was that the main direction of the fallen-trees was to the north-west and the trees were blown down by the strong south-easterly wind.
 - c. With two neighboring photographs, the forests were able to be observed stereoscopically and the state of the fallen-trees became more clearly understandable.
 - d. The fault point of this method is in difficulties of operations of the helicopter. But if good operator is available, it will come into use in general works of forest management effectively.
2. In a few days after the typhoon, colors of tree leaves began to change into brown, especially on the south slope faced to the beach (Fig. 24). It was considered that the leaves were damaged by the sea saline wind, so four kinds of the leaves of *Kalopanax pictus*, *Acer mono*, *Magnolia obovata* and *Quercus mongolica* var. *grosseserrata* were collected in the sampling sites in Fig. 25 and chlorine in them was analyzed (Table 11).
 - a. The close relation between the chlorine content and the direction of the land slope was observed and the leaves collected in the slope faced to the beach contained high chlorine.
 - b. Among the tree species, the leaves of *Kalopanax pictus* and *Acer mono* contained high chlorine, while those of *Magnolia obovata* and *Quercus mongolica* var. *grosseserrata* had the low content. This was the same tendency with the case of fluorine contents of the leaves.^{2,3)}
 - c. Chlorine contents of the leaves collected in the typhoon year (1981) and the non-typhoon year (1982) were compared with each other. The result showed that each chlorine

content of the leaves of *Kalopanax* (Fig. 26), *Acer* (Fig. 27), *Magnolia* (Fig. 28) and *Quercus* (Fig. 29) had special characteristic, respectively.

- d. In the case of the leaves collected in the sampling sites within 5.5 km from the beach, each species showed high value of chlorine content, while the leaves collected in the farther sampling sites showed its lower values than the characteristic value of each species such as 6 mg/g in *Kalopanax*, 5 mg/g in *Acer*, 4 mg/g in *Magnolia*, and 2 mg/g in *Quercus*.
- e. The discoloration of the leaves after the typhoon in 1981 was so remarkable that the great deal of damage was done to the leaves, while that of the leaves in the non-typhoon year (1982) was not so remarkable. Some chlorides must have been washed away with the rains after the typhoon.
- f. In Tomakomai district, the air pollution effects on the forests has been observed^{2,3)} and it is considered that some complex effects of polluted air and sea saline wind must be observed in the forests.

付表—1 カラマツ造林木の被害状況

Appendix 1. Damage of Karamatsu larch planted in each compartment

林 班 Compartment	面 積 Area (ha)	本 数 Number of trees	材 積 Volume (m ³)	植 栽 年 Year of plantation
103	3.23	292	40.91	1952
105	6.29	2,871	330.25	1958
106	2.09	139	22.30	1952
108	5.91	864	103.76	1921, 1952
109	11.91	2,913	437.26	1953
110	4.70	707	96.92	1953
111	25.64	5,896	695.67	1956
113	7.62	2,935	325.19	1952, 1959
114	16.79	1,616	201.83	1952
116	1.51	588	87.30	1952, 1958
117	6.20	1,637	247.00	1951, 1958
118	4.23	425	72.25	1931, 1958
119	1.58	198	30.03	1958
120	4.21	218	37.79	1952, 1960
121	1.04	234	23.53	1951, 1954
122	2.13	180	47.43	1933
123	0.54	198	17.99	1958
124	1.09	64	18.52	1957
127	7.43	1,976	286.94	1930, 1958
130	9.69	956	130.94	1929, 1955, 1959
131	1.08	72	7.02	1955
132	1.05	673	68.81	1957
135	1.90	950	100.49	1959
136	5.01	1,000	160.09	1952
138	2.17	314	92.31	1933
139	12.17	3,275	540.99	1930, 1931, 1957, 1959
140	2.42	858	78.44	1957, 1959
141	3.00	477	62.97	1918, 1957
205	14.40	450	69.30	1955
206	16.10	2,630	282.23	1954, 1955
208	24.22	12,716	1,376.07	1954, 1955
209	9.70	667	117.02	1935
210	5.49	3,082	390.80	1930
211	25.10	4,819	615.50	1953, 1954
212	7.07	884	143.18	1953
305	3.92	669	65.41	1958, 1950
306	20.56	2,842	337.19	1924, 1933, 1958, 1960
307	11.00	1,595	147.40	1957

林 班 Compartment	面 積 Area (ha)	本 数 Number of trees	材 積 Volume (m ³)	植 栽 年 Year of plantation
308	5.91	197	32.51	1939
311	5.31	927	202.60	1933
312	21.17	1,405	375.42	1934, 1938, 1941, 1944
313	7.61	774	73.01	1957, 1958
314	8.77	779	128.42	1925, 1928, 1931, 1957, 1960
317	2.94	74	17.40	1942
318	1.83	453	67.90	1932, 1958
319	4.26	1,542	252.60	1929, 1957, 1960
322	7.84	342	87.42	1934, 1938
323	15.41	2,552	429.65	1929, 1931, 1958
331	3.36	363	34.60	1957
411	2.09	341	25.10	1962
合計 Total	376.69	72,624	9,636.82	

付表一2 林班別トドマツ造林木の被害状況

Appendix 2. Damage of Todomatsu fir planted in each compartment

林 班 Compartment	面 積 Area (ha)	本 数 Number of trees	材 積 Volume (m ³)	植 栽 年 Year of plantation
112	3.88	243	43.17	1940
121	4.57	631	160.36	1927
122	1.97	1,371	260.08	1930
123	8.16	1,154	233.75	1926
132	0.20	19	5.82	1916
138	4.34	1,587	324.14	1935
〃	1.00	545	77.49	1936
〃	2.19	849	142.23	1937
〃	2.10	602	92.94	1938
140	0.36	63	13.19	1928
141	0.59	600	130.04	1928
302	3.68	410	63.62	1933
303	2.62	884	98.35	1933
306	1.20	655	126.26	1930
311	11.19	3,725	620.73	1937, 1940
316	9.24	714	131.24	1935, 1939
317	5.11	866	163.10	1935
合計 Total	62.40	14,918	2,686.51	

付表—3 林班別エゾマツ, アカエゾマツ, ヨーロッパトウヒ造林木の被害状況

Appendix 3. Damage of Ezomatsu, Akaezomatsu and Norway spruces planted in each compartment

樹種 Tree species	林班 Compart- ment	面積 Area (ha)	本数 Number of trees	材積 Volume (m ³)	植栽年 Year of plantation
エゾマツ <i>Picea jezoensis</i>	115	3.44	34	4.26	1941
アカエゾマツ <i>Picea glehnii</i>	112	6.47	216	61.47	1943
	329	4.98	62	6.85	1941
小計 Sub-total	—	11.45	278	68.32	
ヨーロッパトウヒ <i>Picea abies</i>	108	2.08	104	33.02	1921
	122	1.50	437	79.53	1932
	129	0.69	196	81.52	1915
	131	8.21	1,206	414.47	1919, 1925
	132	0.30	8	2.78	1928
	140	0.55	209	85.01	1916
	141	2.85	429	106.90	1920, 1921
	305	7.20	270	99.61	1929, 1932
小計 Sub-total	—	23.38	2,859	902.84	
合計 Total	—	38.27	3,171	975.42	

付表—4 林班別バンクスマツ, チョウセンゴヨウ, チョウセンモミ, ニセアカシア造林木の被害状況

Appendix 4. Damage of Jack pine, Korean pine, Manchurican fir and locust tree planted in each compartment

樹種 Tree species	林班 Compart- ment	面積 Area (ha)	本数 Number of trees	材積 Volume (m ³)	植栽年 Year of plantation
バンクスマツ <i>Pinus banksiana</i>	107	1.00	555	158.67	1922
チョウセンゴヨウ <i>Pinus koraiensis</i>	315	0.70	284	109.37	1940
	317	2.38	1,477	355.29	1939
合計 Total	—	3.08	1,761	464.66	
チョウセンモミ <i>Abies holophylla</i>	322	1.73	43	10.17	1938
ニセアカシア <i>Robinia pseudoacasia</i>	101	9.94	1,076	212.14	1918, 1921, 1923, 1926
	102	4.91	1,093	239.51	1917, 1922, 1924
	103	1.63	489	101.58	1925
	105	5.39	1,069	200.80	1915, 1924
	131	3.24	891	146.21	1928
	305	9.22	807	175.77	1915, 1924
合計 Total	—	34.33	5,425	1,076.01	