

天然林施業北方針葉樹林の1981年15号台風 被害前後の林分構造及び家系構成

Studies on the Stand Structures and Family Composition of Boreal Coniferous
Forests of Selective-Cutting Type in the University Forest in Hokkaido
Heavily Damaged by the Typhoon No. 15 in 1981

倉橋 昭夫*, 松浦 堯***, 小笠原 繁男*, 濱谷 稔夫**

Akio KURAHASHI*, Takashi MATSUURA***, Shigeo OGASAWARA* and Toshio HAMAYA**

目 次

まえがき	62	II-2-1 林分構造	70
I 調査地の概況と調査方法	62	II-2-2 樹種構成	70
I-1 調査地	62	II-2-3 立木密度と分布	72
I-2 調査方法	64	II-2-4 集材による傷害木	75
I-2-1 毎木調査	64	II-2-5 稚樹及びササの生育状態	75
I-2-2 アイソザイム(同位酵素) の手法によるトドマツの 家系分析	65	II-2-6 トドマツの家系分析	78
I-2-3 風害後の経過時間とアイ ソザイムの変化について の検討	66	1) 風害後の経過時間によるアイソ ザイムの変化	78
II 結果と考察	66	2) 両方形区内におけるトドマツの 家系分析	79
II-1 風害の現れ方と程度	66	摘 要	84
II-2 風害による林況の変化	70	引用文献	85
		Summary	85

* 東京大学農学部北海道演習林

University Forest in Hokkaido, Faculty of Agriculture, University of Tokyo.

** 東京大学農学部林学科

Department of Forestry, Faculty of Agriculture, University of Tokyo.

*** 農林水産省林業試験場北海道支場

Hokkaido Branch, Forestry and Forest Products Research Institute, Ministry of Agriculture, Forestry and Fishery.

まえがき

東京大学北海道演習林は、1981(昭和56)年8月の台風15号によって第II作業級に属するエゾマツ・トドマツ・広葉樹混交の天然林を中心に大きな被害を受け、緊急の対応を迫られた¹⁾。以来、当演習林及び東京大学林学科の共同プロジェクトとして被害地の調査及び復旧のための研究が進められ、その一環として多数の固定調査区や風害保存区が設定され、各種の調査が行われてきた^{5,16)}。

これらのうち、第I作業級のトドマツ・広葉樹混交林の被害区域に設けられた2ヵ所の方形区では風害前の林分の状況や構造を復元推定し、以後の森林遷移との比較によって将来の施業指針を得、また天然林施業における的確な集材方法や更新手段を探り出すことを目的として調査が続けられてきた。

本報では、両方形区において行われた上記の諸調査に基づいて、とくに風害前後の林分構造や前生稚樹の生育状況などについて比較論及した結果を報告する。更に両方形区内のトドマツ調査木から試料(針葉)を採取し、針葉のパーオキシダーゼ・アイソザイム(同位酵素)による家系分析を行い、生存木ならびに風害木における家系と被害の度合との関係についても検討し⁷⁾、その成果に基づいて生存木あるいはその家系による林分の復旧について若干の予測を行ったので、その結果についても報告する。

本研究のうち、現地の林分構造と前生稚樹の調査は主として倉橋と小笠原が担当し、トドマツの家系分析は松浦が担当した。また濱谷は全般的な調整と草稿の推敲に当った。

本研究の遂行に当り、前北海道演習林長教授・畑野健一博士には暖かい御指導を仰いだ。また仁王以智夫助教授、柴田前講師及び芝野博文氏からは専門の立場からの貴重な御教示をいただいた。前林業試験場北海道支場育林部長(現東北支場長)早稲田收氏ならびに同北海道支場遺伝育種研究室長向出弘正氏はじめ研究室の諸氏からは、貴重な御助言と御協力をいただいた。記して心からのお礼を申しあげる。

なお、本研究の一部は文部省科学研究費(一般研究 A 57440011, 昭和57, 58年度及び試験研究(2) 59860014, 昭和59年度)によって行なったものである。

I 調査地の概況と調査方法

I-1 調査地

東京大学北海道演習林のほぼ中央、西瓜峠周辺の台風激害地域内に約500m隔てて二つの方形区〔5613〕と〔5614〕(各50m×50m)が設けられた(図-1)。表-1にその概要と被害の程



図一 1 調査地の位置図

Fig. 1 A map showing location of the quadrats

注. 風勢ベクトルは松崎・仁王¹⁶⁾による。

N.B. Stormy wind vector shown after Matuzaki and Nio¹⁶⁾.

度を示す。

(5613) は西達布川流域の尾根に近いほぼ一様な南東向き斜面 (58林班 a 小班) 上に、また

表一 1 調査方形区の概況

Table 1 Outline of the quadrats

方形区 Quadrat	(5613)	(5614)	
林小班 Compartment	58a	25c	
標高(m) Altitude	390	380	
方位 Direction	SE	SE	
傾斜(°) Inclination	16	24	
風害前* Before the typhoon	本数 Number	211	170
	材積 (m ³) Volume	80.31	72.72
被害率 (%) Ratio of wind damage	本数 Number	54	65
	材積 (m ³) Volume	41	63

注. *: 小径木以上を対象とし, 0.25ha 当りの値。

N.B. *: Values for trees of diameter larger than 5.1 cm in the area of 0.25 ha.

[5614] は布部川流域側の小沢に面した南ないし南東向き斜面 (25林班C小班) 上にそれぞれ位置している。いずれもトドマツ=オシダ群集の領域内にあり, 地表にはクマイザサが密生している。

両方形区の所在する一帯は第 I 作業級に属し, 従来択伐作業が行われてきたところで, 1958年の天然林施業法 (林分施業法) 開始以来¹⁵⁾, 58林班 a 小班は1962, '68および'79年に, 25林班 c 小班は1962, '71および'79年にそれぞれ材積率にして13~16%の択伐が行われている。

I-2 調査方法

I-2-1 毎木調査

調査に当って次の通り個体の大きさによるクラス分けを行った。高さ0.3~1.0mのものを稚樹 I, 高さ1.0m以上で DBH が5.0cm以下のものを稚樹 II として区別し, 更にそれ以上は, DBH によって DBH5.1~25.0cm: 小径木, 25.1~39.0cm: 中径木, 39.1cm以上: 大径木の3段階とした。

各方形区はその中を更に25個の小区画 (10m×10m) に分け, 針葉樹は稚樹以上, 広葉樹は小径木以上の個体について位置図を作成した。生立木については胸高直径を実測したが, 風害木

については、風倒処理後の伐根と風害木収穫調査野帳からデータを得た。広葉樹の稚樹は小区画単位にその本数を数えた。更に、方形区内の適当な位置に1 mの方形枠を各々8個ずつとり、その中の高さ0.3m以下の針・広葉樹稚苗の本数を調べた。

これらの調査は主として風害翌年の1982年7月に行われた。また、本調査地の地域では被害間もない1981年11月から翌年1月までの冬季間にトラクタによる風害木の伐木搬出がなされたので、集材による生存木の損傷の状況も可能な限り調査した。

なお、両調査方形区は、風害木処理跡をそのまま放置し、今後の遷移を調べることになっている。

I-2-2 アイソザイム（同位酵素）の手法によるトドマツの家系分析

台風被害から約1ヵ月後の1981年10月5～7日に、小径木以上のトドマツについて、[5613]では風害木36個体、生存木57個体の計93個体、[5614]では風害木35個体、生存木77個体の計112個体から1本ずつ長さ30～40cmの有葉枝を採取した。試料採取当時はまだ被害直後で風倒木が折重なっていたため風害木のうち数本は採取もれとなった。また、[5614]の生存木中6個体は枝下高が高くて試料採取が不可能であったため、調査対象から除外された。これを除くと、両方形区ともトドマツはそのほとんどが調査対象になったといえる。

採取した枝は農林水産省林業試験場北海道支場（札幌市羊ヶ丘）に持ち帰り、2分してアイソザイム分析用と針葉形態測定用に当てた。前者は -20°C に凍結貯蔵し、翌1982年1月から2月にかけて行なった電気泳動法によるアイソザイム分析に供した。一方、後者は1981年10月、11月の測定終了時まで $0\sim 5^{\circ}\text{C}$ の低温で貯蔵した。

アイソザイム分析には、採取試料の2年生（1980年伸長）部分の針葉を用いた。分析方法はでんぶんゲルを担体とする一次元水平電気泳動法によったが、針葉の酵素の中では最も多型であって検出も容易であり酵素活性の比較的安定しているパーオキシダーゼを分析対象とした。パーオキシダーゼの染色にはENDO¹⁾の方法を一部改変して用いた。アイソザイム・バンドの測定は松浦²⁾に準じて行なった。原点（電気泳動実験の際、試料をセットする箇所）より負方向に現われるパーオキシダーゼ・アイソザイム・バンドは0～3本しかなく、その活性も低いので、いずれも対象外とした。

アイソザイム・バンドの測定結果に基づいて両方形区内のトドマツ個体間の似通い度合を計算した。似通い度合は、SAKAI & MIYAZAKI¹³⁾にならない不一致数の大小によって表わした。すなわち、不一致数の小さいもの同士ほど似通い度合いが高い。なお、今回の分析では、酵素の活性あるいは酵素量の違いによるバンドの濃さは考慮せず、バンドの有無のみを問題とした。

針葉形態の測定は、1981年10月中旬から11月下旬にかけて実施されたが、各個体とも2年生枝上の針葉の中から10枚を無作為に抽出し、それぞれの長さや幅を測定し両者の比を求めた。これは、家系内変異と家系間変異の有意性を検定し、家系の存否を確かめるためである。

なお本調査では、風害木伐出後の伐根によって根株腐れの有無を調べ位置図に記入したが、これによって根株腐れと家系との関係についても検討がなされた。

I-2-3 風害後の経過時間によるアイソザイムの変化についての検討

前項で述べたように、トドマツの家系分析用試料が採取されたのは、風害後約1ヵ月を経てからである。従って、その間に針葉中の酵素活性やアイソザイム・パターンに変化を生じた可能性もあり、その点を検討しておく必要がある。

そこで、林業試験場北海道支場構内の着花調査用トドマツ植栽木（接木、20年生）のうち、N-15およびN-26の2クローンから各6ラメートを選び、1982年9月にブルドーザの牽引によって人為的にそれぞれ根倒し3本、折損3本の模擬風害木をつくった。そして、これからそれぞれ処理前、処理翌日、処理後1、2、3、4、5、6そして7週間目の計9回針葉試料の採取を行なった。

試料は、採取後速かにポリ袋に密閉し1982年11月～12月の電気泳動法実施まで -20°C で冷凍保存した。アイソザイム分析ならびにバンド測定の方法は前項で述べた通りである。

II 結果と考察

図-2、3に、両方形区内の稚樹以上の針葉樹及び小径木以上の広葉樹の全個体の位置を、生立木、風害木および集材傷害木に分けて示し、表-2にそれらの樹種別、クラス別の本数を示した。針葉樹の稚樹Iと広葉樹の稚樹IIについては、とくに集材傷害木の区別を行っていない。針葉樹の稚樹Iにはあまり損傷が見られなかった。

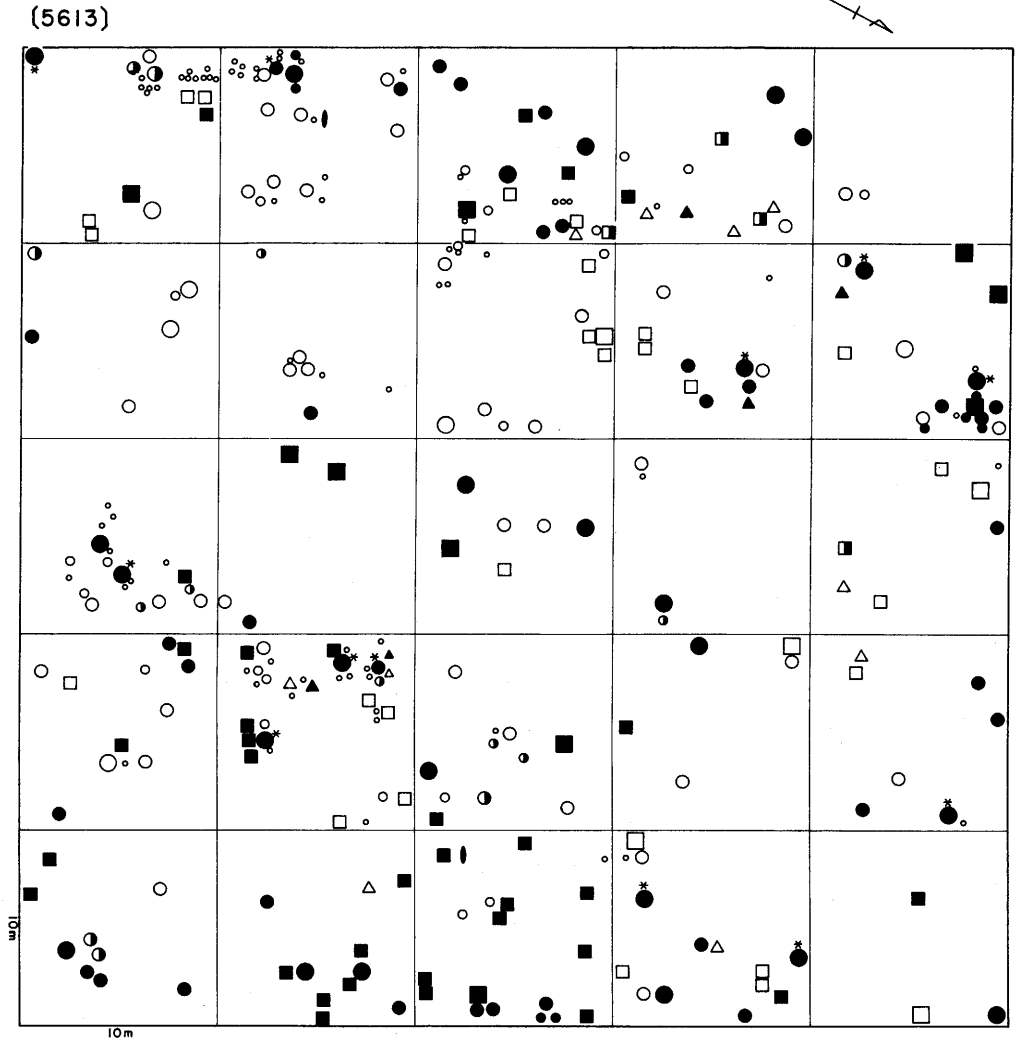
調査結果から判明した顕著な傾向は以下の通りである。

II-1 風害の現れ方と程度

演習林では被害直後に風倒木の状態を調査記録し、場所ごとの風の強さや方向を推定した¹⁶⁾。それによると、図-1に示すように本調査方形区を含む一帯での被害は東南東あるいは南東の風によるものと思われる。

両方形区内でも、北西方向に倒れあるいは折れている被害木が多く観察された。また図-2、3からもわかるように、いずれもほぼ全面に被害木が分布しており、一様に強い風が当たったものと推定される。

表-1に併せて示した材積による被害率を比べると、[5613]は41%で、当演習林の分類による中害(30~60%)に、[5614]は63%で激害(60%以上)にあたる。また、表-2によると、両方形区ともに針・広葉樹間にはあまり差がなく、林冠を形成する中径木以上の個体に被害が大きい。



図一 2 方形区[5613]の樹木位置図 (風害木を含む)

Fig. 2 Distribution of trees in [5613] (including wind-damaged trees)

注.
N.B.

○:トドマツ *Abies sachalinensis*
 ○:エゾマツ *Picea jezoensis*
 ♪:アエゾマツ *Picea glehnii*
 △:イチイ *Taxus cuspidata*
 □:広葉樹 Hardwoods

(大きさのクラス Size classes)

○:稚樹 I Sapling I
 ○:稚樹 II Sapling II
 ○:小径木 Tree of small diameter
 ○:中・大径木 Tree of medium or large diameter

中空 Open :生立木 Survivor standing tree

半中実 Half solid:集材傷害木 Tree damaged by logging

中実 Solid :風害木 Wind-damaged tree

*:腐朽のあるトドマツ伐根 Stump with wood-rot of *Abies sachalinensis*

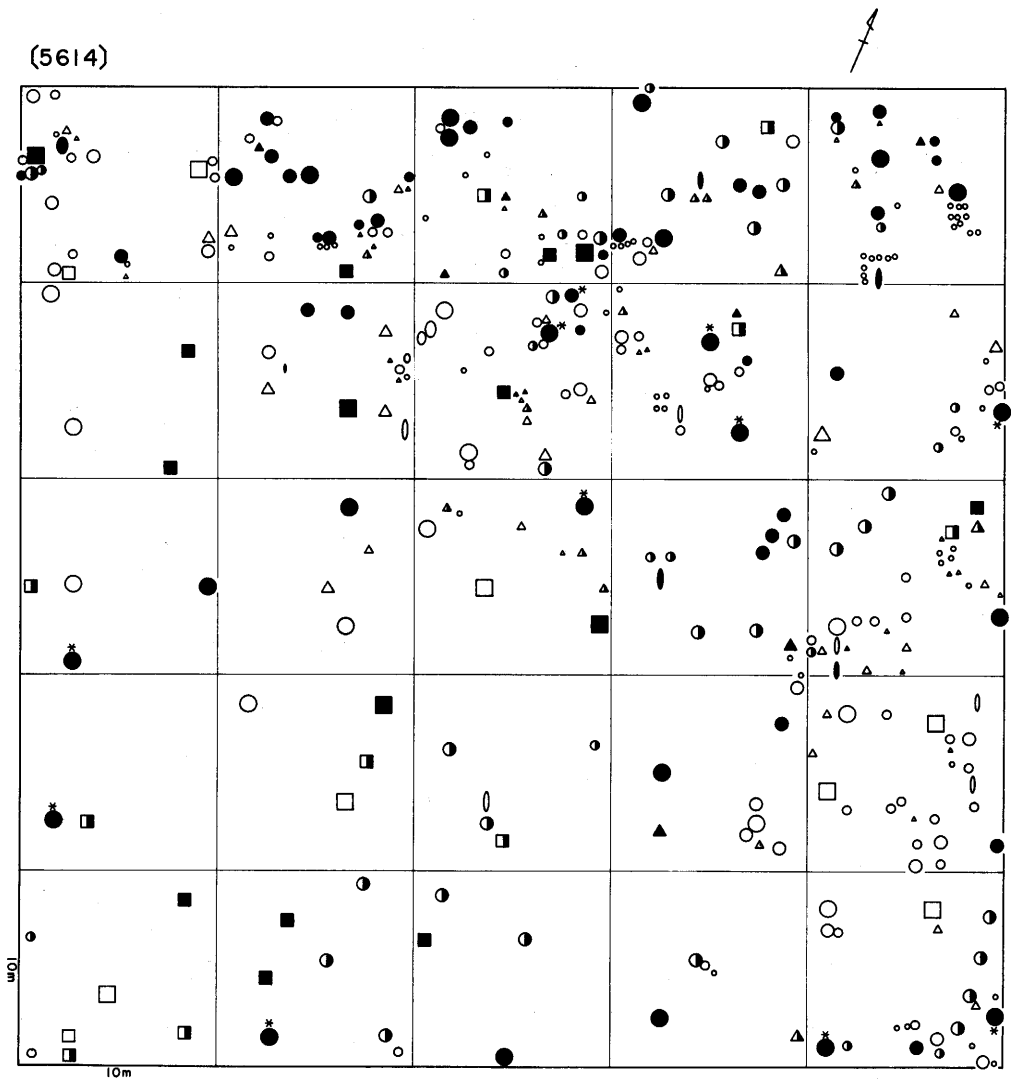


図-3 方形区[5614]の樹木位置図（風害木を含む）

Fig. 3 Distribution of trees in [5614] (including wind-damaged trees)

注. 記号は図-2と同じ。

N.B. Symbols same with those in Fig. 2.

同じく表-2によって、風害前後の本数を比較すると、針葉樹、主としてトドマツは稚樹IIクラス以上だけを見ても約60%が生き残っていることがわかる。

被害形態の種別では、両方形区を通じて多い順に、根返り (28.8%), 傾斜弯曲 (21.7), 幹折れ (16.8), 根元曲り (13.0), 根元折れ (12.5), 梢折れ (7.1) となっている。針・広葉樹とも大径木に根返りが多い。両者の間で差の著しいのは各クラスとも広葉樹の方に根元折れや

表一 2 方形区内の針・広葉樹の構成状況

Table 2 Composition of conifers and hardwoods in the two quadrats

樹種 Species	[5613]				[5614]				
	大きさクラス Size class	稚樹II Sapling II	小径木 Small diam.	中径木 Medium diam.	大径木 Large diam.	稚樹II Sapling II	小径木 Small diam.	中径木 Medium diam.	大径木 Large diam.
トドマツ <i>Abies sachalinensis</i>		20(8+7)*	40(39+6)	7(19+1)	(6)	49(13+13)	24(22+27)	3(16)	9(8)
エゾマツ <i>Picea jezoensis</i>							1(1+0)		
アカエゾマツ <i>Picea glehnii</i>			(2+0)				3(2+1)	2(1)	(1)
イチイ <i>Taxus cuspidata</i>		1(0+1)	9(4+0)			18(6+12)	8(3+3)	1	
アズキナシ <i>Sorbus alnifolia</i>		7(1)	7(11+0)			34(4)			
ナナカマド <i>Sorbus commixta</i>		14(3)	5(8+1)			11(1)	(3+0)		
シナノキ <i>Tilia japonica</i>		17(10)	7(2+1)	(1)	1	18(2)	2(2+1)	(1)	
シウリザクラ <i>Prunus ssiori</i>		43(15)	1(9+0)	(1)		34(7)	(2+4)	1	
イタヤカエデ <i>Acer mono</i>		9(2)	2(1+0)	(1)	2(2)	32(2)	(0+1)		2(1)
ホオノキ <i>Magnolia obovata</i>		5(3)	2(1+0)		(1)	6(2)	(2+0)		(1)
ミズナラ <i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>					1(2)		(0+1)	2(1)	1
ミヤマザクラ <i>Prunus maximowiczii</i>		2	(2+1)			11(1)			
オオモミジ <i>Acer palmatum</i> subsp. <i>amoenum</i>		1	1	(1)	1	6(1)		(1)	
ハリギリ <i>Kalopanax pictus</i>				(1)		1			
コシアブラ <i>Acanthopanax senticosus</i>			1			3(4)			
ヒロハノキハダ <i>Phellodendron amurense</i> var. <i>sachalinense</i>		16(7)				4			
ハルニレ <i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>		2				1			
エゾノバツコヤナギ <i>Salix hultenii</i> var. <i>angustifolia</i>		1						1	
ウダイカンバ <i>Betula maximowicziana</i>									
オヒョウニレ <i>Ulmus laciniata</i>						1	(1+1)		
オオバボダイジュ <i>Tilia maximowicziana</i>						10			
キタコブシ <i>Magnolia kobus</i> var. <i>borealis</i>						9			
ツリバナ <i>Euonymus oxyphyllus</i>						2			
アサダ <i>Ostrya japonica</i>							(0+1)		
ミズキ <i>Cornus controversa</i>						4	(1+0)		
計		138(49+8)	75(79+9)	7(24+1)	5(11)	254(44+25)	38(39+40)	9(20)	13(11)
Total		195	163	32	16	323	117	29	24

注. * : 各欄では生立木と〔風害木+集材傷害木〕に分けて示す。以上のほか、[5613]ではトドマツ74本、[5614]ではトドマツ64、エゾマツ1、イチイ24本の稚樹Iが認められた。

N.B. * : Numbers of survivor trees are shown in separate numerals from those of wind-damaged trees and logging-damaged trees in brackets. Beside these, there were observed 74 *Abies sachalinensis* survivors of sapling I in [5613], and 64 *Abies sachalinensis*, one *Picea jezoensis* and 24 *Taxus cuspidata* in [5614].

幹折れが少ないことである。また、針・広葉樹ともに小径木の被害は中・大径木の風倒に伴う二次的なものが多いようである。

上のような被害形態の分布傾向は、風害保存区12カ所(計7.8ha)における調査結果¹⁶⁾のそれと似ている。広葉樹は樹種別の調査対象木の本数が少ないが(表-2参照)、風害保存区で被害率の高いのはミズナラ、ハリギリ、シナノキ類、逆に低いのはカンバ類、イタヤカエデ、ニレ類であった。

別に、トドマツの小径木以上の伐根について腐朽の有無を調べたところ、腐朽株率は〔5613〕で35% (12/39)、〔5614〕で50% (11/22)であった。

II-2 風害による林況の変化

II-2-1 林分構造

両方形区における風害前後の林分構造を比較するために、図-4に針・広葉樹別、クラス別の本数分布を示した。

風害前の両方形区間では、針葉樹の稚樹に大きな違いが認められ、広葉樹の小径木もやや差の大きい方である。〔5613〕では針葉樹を除けばいずれも稚樹と小径木の個体数が多く中・大径木が少ないL字形かそれに近い頻度分布を示すのに、針葉樹のみは山形の分布を示す。もちろん大径木における針・広葉樹の本数の違いは、両方形区に異なる相観を与えていたと思われる。針葉樹ではトドマツが圧倒的に多かった。しかし、多少相観は異なっても両方形区とも針広混交の多層択伐林を形づくっていたことは確かである。

ところが風害によって両方形区ともに針・広葉樹のとくに中・大径木クラスに著しい本数減少があった。なかんずく〔5613〕では、針葉樹大径木と広葉樹中径木のすべてを失い、林相は一変した。ただその他のクラスの頻度分布はその傾向が風害前とあまり変らない。

上述の傾向を数量的にみるために風害前後の本数による混交比率を表-3に示した。

小径木以上の本数比率では、〔5613〕、〔5614〕とも、風害前の針葉樹の割合が圧倒的に高かったが、風害後でもその傾向はほとんど変らないか、針葉樹が僅かながら増えている。

一方、稚樹II層までを含めた数で比べると、風害前で逆に広葉樹の方が多いか針広同数であるが、風害後にもその傾向が僅かではあるが更に助長されている。しかし、小径木以上の広葉樹の残り方の少なさから考えると、両林分ともいずれは風害前の針葉樹優占の構造を回復するものと予想される。ただ〔5613〕の場合、針葉樹稚樹II層の少ないことがかなり長く影響するであろうと思われる。興味のもたれる点の一つである。

II-2-2 樹種構成

風害前の稚樹II層以上の構成広葉樹種数は〔5613〕では14種、〔5614〕では20種であった。風害後は、〔5613〕でハリギリの中径木が倒れて13種に減ったほかは変っていない。

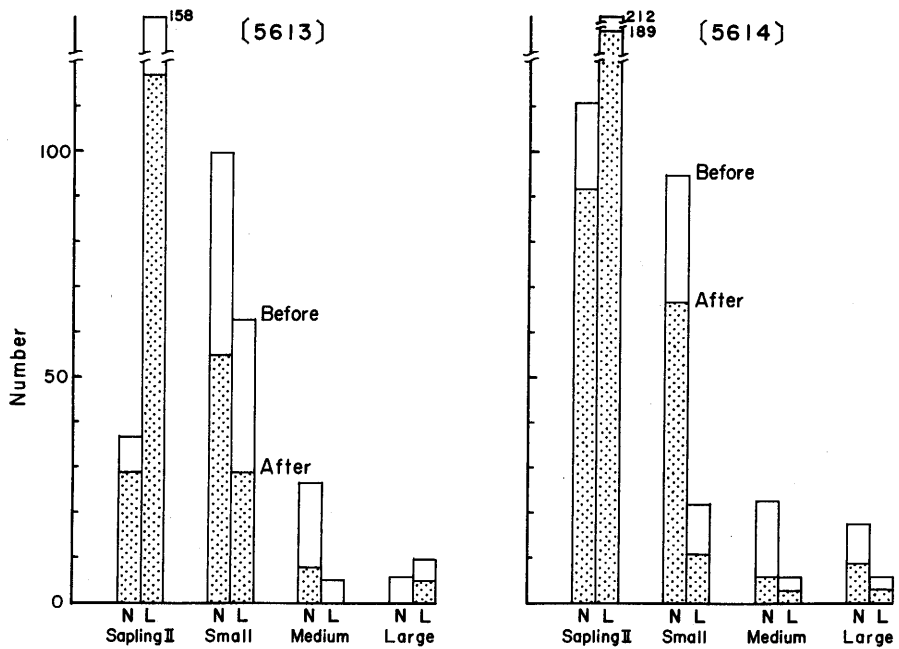


図-4 風害前後の針・広葉樹クラス別本数分布比較

Fig. 4 Comparison of frequencies of conifers and hardwoods in different classes before and after the typhoon

注. N.B. N: 針葉樹 Conifers, L: 広葉樹 Hardwoods.

表-3 風害前後の針・広混交比率の比較

Table 3 Comparison of mixture ratios of conifers and hardwoods before and after the typhoon

方形区 Quadrat	混交比率 Mixture ratio	稚樹 II 以上 Sapling II & trees				小径木以上 Trees of three classes			
		風害前 Before		風害後 After		風害前 Before		風害後 After	
		N	L	N	L	N	L	N	L
(5613)	本数 Number	170	236	92	151	138	78	63	34
	比率 (%) Ratio	42	58	38	62	63	37	65	35
(5614)	本数 Number	247	246	174	205	136	34	82	18
	比率 (%) Ratio	50	50	46	54	80	20	82	18

注. N.B. N: 針葉樹 Conifers, L: 広葉樹 Hardwoods.

風害前の両方形区に共通にみられた稚樹II層以上の広葉樹は、表-2のアズキナシからハルニレまでの13種である。そのうち上の5種はとくに本数が多く、稚樹II以上の個体数合計に対し〔5613〕で93%、〔5614〕で73%を占めていた。しかし、有用広葉樹であるミズナラ、ハリギリ及びウダイカンバは単位面積当りの個体数が少なく、先駆性の強いウダイカンバを除くと、ミズナラやハリギリの進出はかなり遅れるものと思われる。

II-2-3 立木密度と分布

表-4に小区画(10m×10m)に分けて調べた風害前後のトドマツと広葉樹の生立木の密度と分布を示した。立木分布状態は、25個の小区画(図-2, 3)のうち1本でも生立木のみられるものの数と森下の分散指数(I_d)によって表わしてある。

立木密度を比べると、両方形区ともまたトドマツと広葉樹のいずれも、先に述べた通り、風害後の減少が下層に少なく上層で著しい。

風害前には、小径木以上のトドマツが両方形区ともほぼ全面に分散生育していた。これに対して、稚樹I, IIは両方形区とも14~17個の小区画にしか認められず、また、分散指数 I_d も小径木以上のそれより大きく、偏在・集中分布の傾向を示していた。つまり、トドマツは小径木以上とそれ以下の二つの階層の間で立木分布が異っている。調査方形区の属する二つの林班域の大部分も、類似の立木分布を示したので、トドマツの後継樹が偏在的集中的な分布をすることは、この山域での一般的な傾向であると思われる。

また図-5にみられるように、稚樹IとIIの間でも違いがみられる。すなわち、両方形区ともに稚樹I, IIの偏在・集中分布する点は同じであるが、本数頻度が異なり、このくらの層では個体数の減少が激しいために分布も極めて変動的であることを物語っている。

なお、方形区〔5614〕の南西隅は小沢をはさんで凹地形となっており、ここにはトドマツの稚樹がほとんどみられない。

一方、広葉樹は稚樹層と小径木以上の層の間に分布小区画数の差がないかあるいは稚樹の方が若干多い。しかし、分散指数を比べると、稚樹が小径木以上より大きい値を示し集中性の強いことを示している。しかも、小径木以上とは逆に、稚樹を含む小区画の数ではトドマツより広葉樹の方が多い。

従って、このようにトドマツの更新後継樹の分布に著しい偏りのある状態で閉鎖していた林分の林冠が台風によって強度に破られそのままに放置されると、かなりの部分が広葉樹の優占するパッチに移行することも予想される。洞爺丸台風被害跡地の一部での30年後の状態がまさにその例である¹⁶⁾。しかし、風害木が搬出されたか否かによってもその後の林相は違ってくるものと思われる。

因みに当演習林内風害地140地点における前生更新木の調査によると、低標高山域でトドマツ・広葉樹混交林及び広葉樹林が良好に更新している面積は約50%である⁴⁾。演習林では、これ

表-4 風害前後のトドマツ・広葉樹生立木の密度と分布

Table 4 Distribution and density of standing saplings and trees of Saghalien fir and hardwoods before and after the typhoon

樹種 Species	大きさクラス Size class	〔5613〕		〔5614〕	
		風害前 Before	風害後 After	風害前 Before	風害後 After
小区画当り個体数(25小区画の平均) Number of individuals per sub-quadrat (means of 25 sub-quadrats)					
トドマツ Abies sachalinensis	稚樹 I Sapling I	3.0	3.0	2.6	2.6
	稚樹 II Sapling II	1.4	0.8	3.0	2.0
	小径木以上 Trees of three classes	4.7	1.9	4.4	1.4
広葉樹 Hardwoods	稚樹 II Sapling II	6.1	4.4	8.5	7.5
	小径木以上 Trees of three classes	3.1	1.2	1.4	0.4
生立木を含む小区画面数* Number of sub-quadrats including survivors*					
トドマツ Abies sachalinensis	稚樹 I Sapling I	17	17	16	16
	稚樹 II Sapling II	14	11	16	15
	小径木以上 Trees of three classes	25	21	24	15
広葉樹 Hardwoods	稚樹 II Sapling II	20	18	23	22
	小径木以上 Trees of three classes	20	13	19	8
森下の分散指数 I _δ Morishita's index of dispersion I _δ		上段 Upper : 10m×10m (下段 Lower) : 5m×5m			
トドマツ Abies sachalinensis	稚樹 I, II Sapling I, II	2.438 (4.668)	2.594	2.038 (3.551)	1.959
	小径木以上 Trees of three classes	1.054 (1.327)	1.185	1.232 (1.453)	1.357
広葉樹 Hardwoods	稚樹 II Sapling II	1.667 (—)	1.975	1.690 (—)	1.824
	小径木以上 Trees of three classes	1.457 (1.403)	1.649	1.159 (1.069)	1.023

注. * : 25小区画のうち生立木を1本以上含むものの数。

N.B. * : Number of sub-quadrats including one or more standing saplings and trees, among the 25 sub-quadrats.

以外の針葉樹の更新の不良な部分に対してはトドマツの補助造林を実施している¹⁴⁾。

風害に基づく出現小区画数減少の度合は、トドマツ、広葉樹ともに小径木以上のクラスで著しく、稚樹クラスでは少ない。従って、稚樹層を含めた全体で比べると、表-3でもみた通り、風害後に広葉樹の方が高い混交割合を示す結果となっている。そして、現在すなわち風害後の生立木の分布状態から判断すると、しばらくはこのような量的関係が維持されるものと思われる。ただ、相観的には前述のように両方形区とも針葉樹優占の形をとるであろう。

ここで、当演習林内でも本調査地とは若干種組成を異にする他地域での調査結果をみると、標高570mから1100

mにかけての亜寒帯針葉樹林域において林冠を構成するトドマツ及びエゾマツの上層木はおおむね同じ分布様式を示し、どちらも高度が上がるにしたがって機会分布から集中分布に変化する傾向がみられる³⁾。このことは多雪でチシマザサの密生する高標高域ほど針葉樹の更新が腐朽倒木に強く依存していることと関係している⁵⁾。

北海道内の主要樹種の分布様式は、すでに太田ら^{9,10)}及び酒井ら¹²⁾などによってかなり明らかにされており、調査山域によって程度の差はあるにしても、多くの場合トドマツが林冠上層で弱く下層で強い集中性を示す傾向は、本調査区の結果とほぼ同じである。また、北海道東部の足寄・松川実験林ではトドマツ幼齢木は大体凸地形に偏って集中分布をしており、広葉樹群の中に斑状にトドマツの集団が介在するこのような林相は、低標高の汎針広混交林域ではもっとも普通に目につくものであるという¹¹⁾。当演習林内の前述の洞爺丸台風被害跡地においても、地形的に凸形で南に面し傾斜15°ていどの斜面では比較的針葉樹の割合が高く、逆に凹または平らで緩かな斜面では広葉樹の割合が多くなる、という傾向が僅かながら認められている¹⁶⁾。

要するに、針広混交林において下層のトドマツ稚樹が偏った分布をしているという調査結果や見方が多い。このことは針広混交林の推移や森林施業とくに今回のような風害による林冠破

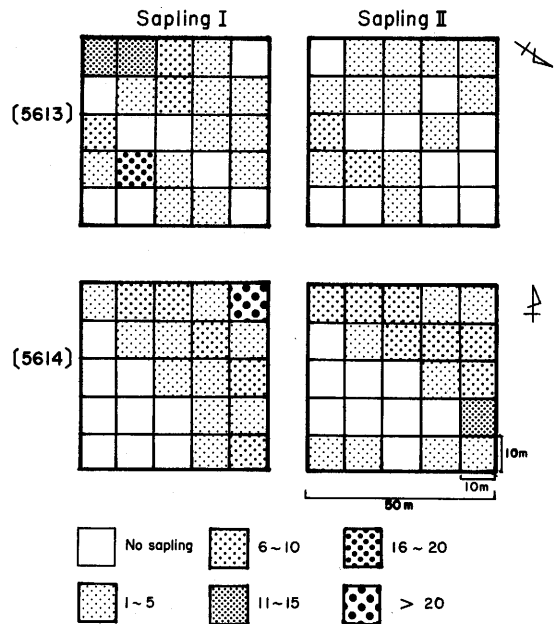


図-5 トドマツ稚樹 I, II の方形区内の分布状況

Fig. 5 Distribution of Saghalien fir saplings class I and II in the quadrats [5613] and [5614]

壊後の森林の取扱いを考える上において極めて重要な点であり、なお一層の詳細な調査が必要である。

II-2-4 集材による傷害木

以上は風害発生前後の林分の状況を比較したものである。しかし、風害木の集材搬出によって更に若干の傷害木を生じた(表-2)。

風害前の小径木以上の生立木に対する集材傷害木の割合を求めると、[5613]では僅か4.7%(10/211)であるが、[5614]では23.5%(40/170)に達し、通常の伐木・集材に比べてもかなり高率である。図-2, 3にみられる通り、両方形区とも全面に風害木が分布していた。また、トラクタによる搬出に当ってはできるだけ残存生立木を傷めないように配慮された。それにもかかわらずこの差を生じたのは、[5614]の斜面傾斜がやや急であり、[5613]のように風倒木の幹に平行な方向での搬出が必ずしも可能ではなかったことが主な原因と思われる。

また、トドマツの方が広葉樹に比べて集材傷害による衰弱木が多い。広葉樹は折損しても枝の立上りや萌芽による回復が多いのに対し、トドマツではそれが直接衰弱枯死につながるという再生力の差がこのような判然とした違いとして現われたものと思われる。

II-2-5 稚樹及びササの生育状態

各方形区内に1m方形枠を8個ずつとり、0.3m以下の小さい稚苗とクマイザサの生育状況を調べた。

トドマツ及び広葉樹の1㎡当りの平均(最小～最大)稚苗本数は、[5613]ではトドマツ5.8(0～17)本、広葉樹6.8(0～19)本；[5614]ではトドマツ4.3(0～13)本、広葉樹5.1(2～10)本であった。樹種としてはトドマツとイタヤカエデが多かったが、トドマツにはプロット間の差が大きかった。

広葉樹の稚苗は両方形区ともに13種ずつ出現し、その中には表-2掲載のもののほか、エゾノバッコヤナギ、タラノキなど陽性の先駆樹種も含まれる。

クマイザサの稈高と1㎡当り本数平均(最小～最大)値は、[5613]で76.3(40～100)cmと25(4～76)本；[5614]で48.8(20～75)cmと21(1～53)本であった。

風害によって上層木が倒れ林冠の閉鎖が破られたために林床植生がどう変化していくか、ササや稚苗の回復、侵入あるいは生育について追跡調査が必要であろう。風害後4年目の1985年春の状況としては、集材によって様々な影響をうけた林床にはクマイザサの回復、繁茂が著しい(図-6参照)。

大雪営林署管内で行われた洞爺丸台風(1954年)風倒跡地の植生調査²⁾によると、台地状の平坦地形で林床の原型がササであったところは、早いところでは6年、おそくとも10年で再びササが優占していたという。

本調査区においても、これまでの経過からみて類似の推移をたどるものと思われる。



A



B



C



D



E



F

図一6 風害後の調査方形区の林況の変化

Fig. 6 Change of stand physiognomy of the quadrats after the typhoon

A~C : [5613] ; D~F : [5614]

A, D : 風害直後 Just after the typhoon
(Oct. 6, 1981)

B, E : 翌年 Next year (May 13, 1982)

C, F : 4年後 After 4 years (May 9, 1985)

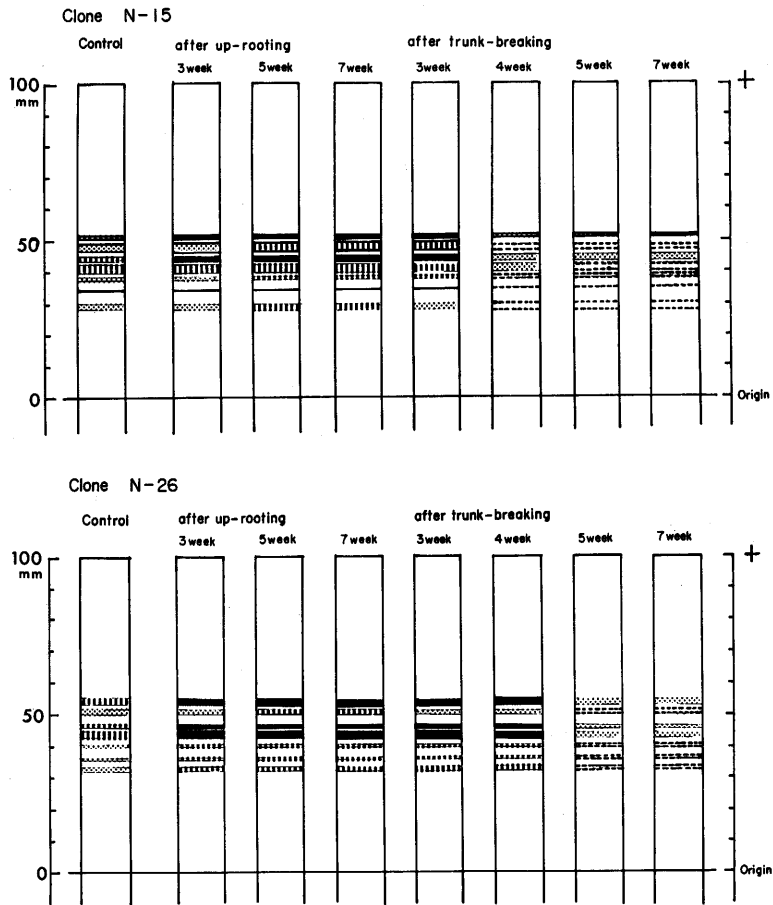


図-7 模擬風害処理後のトドマツ・パーオキシダーゼ・アイソザイム・パターンの経時的変化

Fig. 7 Changes of the isoperoxidase pattern in the artificially damaged trees of Saghalien fir with the lapse of time after the treatment

II-2-6 トドマツの家系分析

1) 風害後の経過時間によるアイソザイムの変化

模擬風害木のうち折損処理木には2クローン間に外観変化上多少の遅速があったのみで、いずれも処理後5週間を経た頃から落葉が始まり、7週後にはかなり激しい落葉がみられた。しかし、根倒し処理のものは、2クローンとも7週後の時点でも、外観的には何ら変化がみられず、落葉も起らなかった。

電気泳動実験結果を処理種類別に、処理前(対照区)、処理後3、4、5及び7週間目のパーオキシダーゼ・アイソザイム・パターンで図示すると、図-7の通りである。

落葉の始まった材料では、貯蔵中の乾燥も働いて、アイソザイム・バンドに活性が弱くなったり欠落するものが現われると予想されたが、図-7によれば、折損処理区では、N-15が処理後4週間目以降、N-26が5週間目以降に、そのアイソザイム・パターンに変化を示すようになる。

これに対して根倒し区では、アイソザイム・パターンは処理後7週間目まで全く変化しない。ただ、各バンドの活性が処理後の日数がたつほど処理前より強くなる傾向が認められ、そのためか、一見パターンに変化が生じたようにみえる。しかしトドマツの全パーオキシダーゼ・アイソザイム戸籍図⁶⁾と照合すると、処理前から処理後7週間目まではバンド本数、原点からの距離(バンド位置)はともに全く変化がないといえる。

処理後に活性が著しく変わりしかも処理後の方が強くなる傾向は、折損処理木の場合も同様で、落葉に伴って活性が失われるまでその状態が続く。このような現象の生化学的機構については、今日のところ不明である。

いずれにしても以上の事実は、風倒木が外観上落葉を始めるまでに至っていなければ、それからの採取試料をアイソザイム分析に供しても差支えないことを示すものであり、とくに今回のようにアイソザイム・バンドの活性の程度を対象外とした場合には、供試材料として充分であると思われる。

2) 両方形区内におけるトドマツの家系分析

もしある天然林の林分内でクローン繁殖が行われているとすれば、同一クローンに属するものは遺伝的に全く同じであるから、その林分の不一致数は極端な場合ゼロに近いものとなるであろう。また親子や兄弟のように近縁なもの同士であっても、不一致数は小さくなると考えられる。

しかし、不一致数の小さいことが果して実際に遺伝的近縁性を示すものであるかどうかを検証しておく必要がある。そこで、[5613]、[5614]各々のトドマツ供試木を針葉のパーオキシダーゼ・アイソザイム・パターンにおいて同じ不一致数をもつ群に分け、同じく遺伝性が強い形質と認められている針葉長幅比⁹⁾の群内分散を調べて、不一致数との関係を検討した(図-8)。

図-8によると、[5613]、[5614]の両方形区とも、不一致数の小さい群の方が、その大きい群に比べて針葉長幅比の群内分散が小さくよくまとまっている。このことは、不一致数の小さい群ほどそれに属する個体が互いに遺伝的に近いことを示しているといえる。そして両方形区とも、不一致数0から3までのものがすべて全群平均値(図では横線で示す)以下の群内分散値を示している。

以上の結果に基づいて、不一致数3以下の関係にあるものを位置図上で互いに線で結ぶと図-9([5613])および図-10([5614])のようになった。

図-9, 10で, a~eは風害木の群(家系),そしてA~E, Fは生存木のそれを示す。こうして線で結ばれた個体同士は,それぞれ遺伝的に近縁なものとなされる。換言すれば,同一の家系に属するといえる。判定にあたっては,前例にならい,(1)不一致数の小さいもの,(2)樹齢の高いもの(今回は年輪調査が行われていないので,胸高直径の大きいものを高樹齢とみなした),(3)不一致数が近似している場合は,距離の近いもの,胸高直径の大きいもの,の順に優先させた。

これによって,両方形区のとドマツは遺伝的に近縁な個体同士,すなわち同一家系に属する個体が,比較的狭い範囲内にまとまって分布していることがわかる。

このような傾向は,すでに夕張営林署管内紅葉山及び継立のとドマツ天然林においても認められている⁸⁾。ただ両者で異なる点は,群(家系)数が紅葉山7,継立5に対して,[5613]10,[5614]9と,ともに両方形区の方が多いことである。またいずれかの家系に属すると判定された個体の数の検定個体総数に対する比率は,紅葉山29.6%,継立44.7%と夕張ではやや大きい差異があったのに,両方形区では[5613]40.9%,[5614]41.1%と比較的高い値でそろっていた。

両方形区内で上のようにまとめられたとドマツの各群が確かに独立の家系をなすものであるかどうかを更に検証するために,方形区ごとに各群に属する個体の針葉長幅比について,それらの分散分析を行なった。その結果を表-5に示す。これによると,[5613]では0.1%レベル

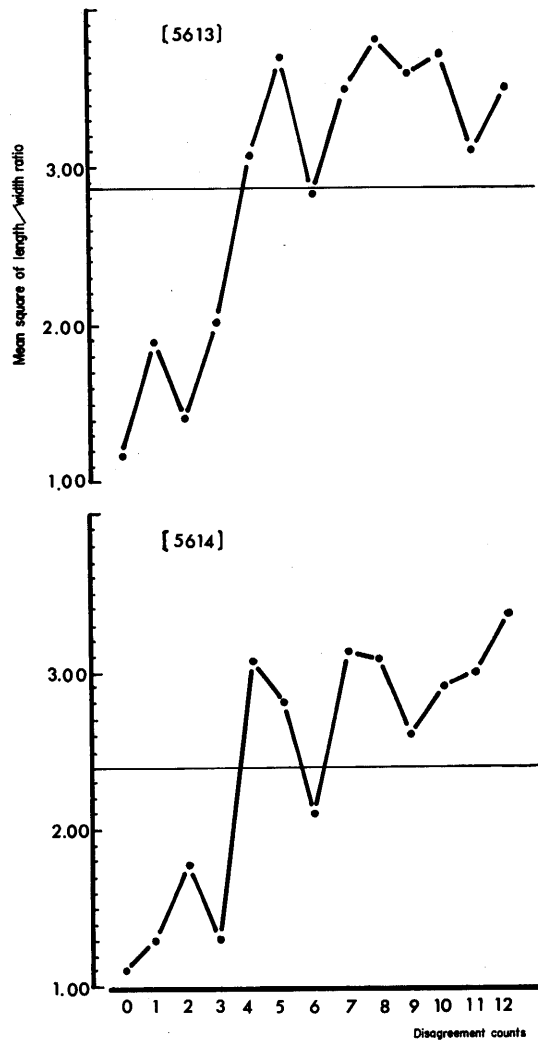
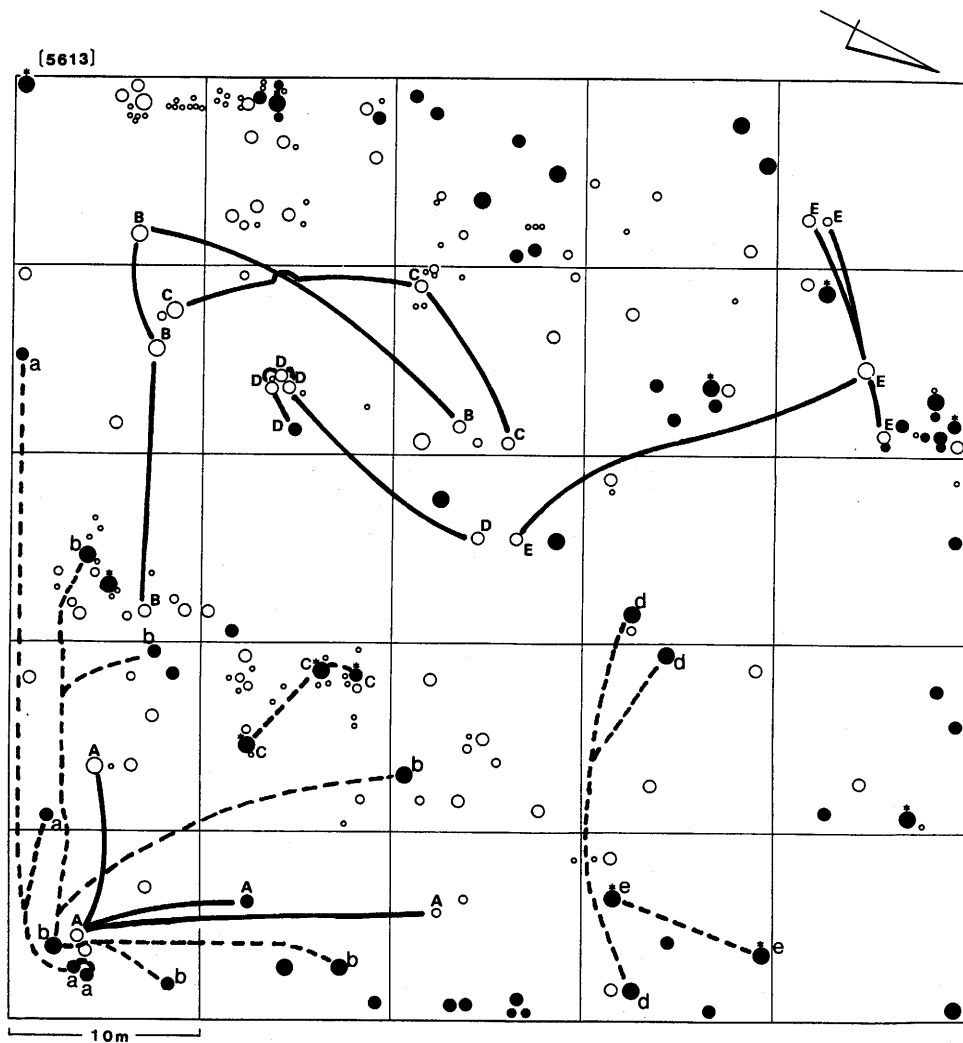


図-8 不一致数を同じくする調査木群ごとの針葉長幅率の群内分散

Fig. 8 Variation of the length/width ratio of the groups of Saghalien fir sample trees with the same disagreement counts in the quadrats [5613] and [5614]



図一9 方形区[5613]におけるトドマツの風害及び生存木の推定家系と腐朽入り伐根の分布

Fig. 9 Distribution of supposed families and stumps with rot of Saghalian fir in the quadrat [5613]

注. a~e: 風害木の家系 Family of wind-damaged trees
 N.B. A~E: 生存木の家系 Family of survivor trees
 *: 腐朽入り伐根 Stump with rot

で、また [5614] では 1% レベルで群間に有意差が認められる。従って、これらの各群は針葉長幅比の面からもそれぞれ別個の家系とみなすことができよう。

つぎに、図一9, 10において顕著な点は、風害木は風害木同士で、また生存木は生存木同士で家系をつくっていることである。[5613] の A と D, [5614] の C, D, E の生存木家系にそれぞれ 1 個体ずつ風害木が混っているが、これらの多くは風害木といっても斜傾した程度で、

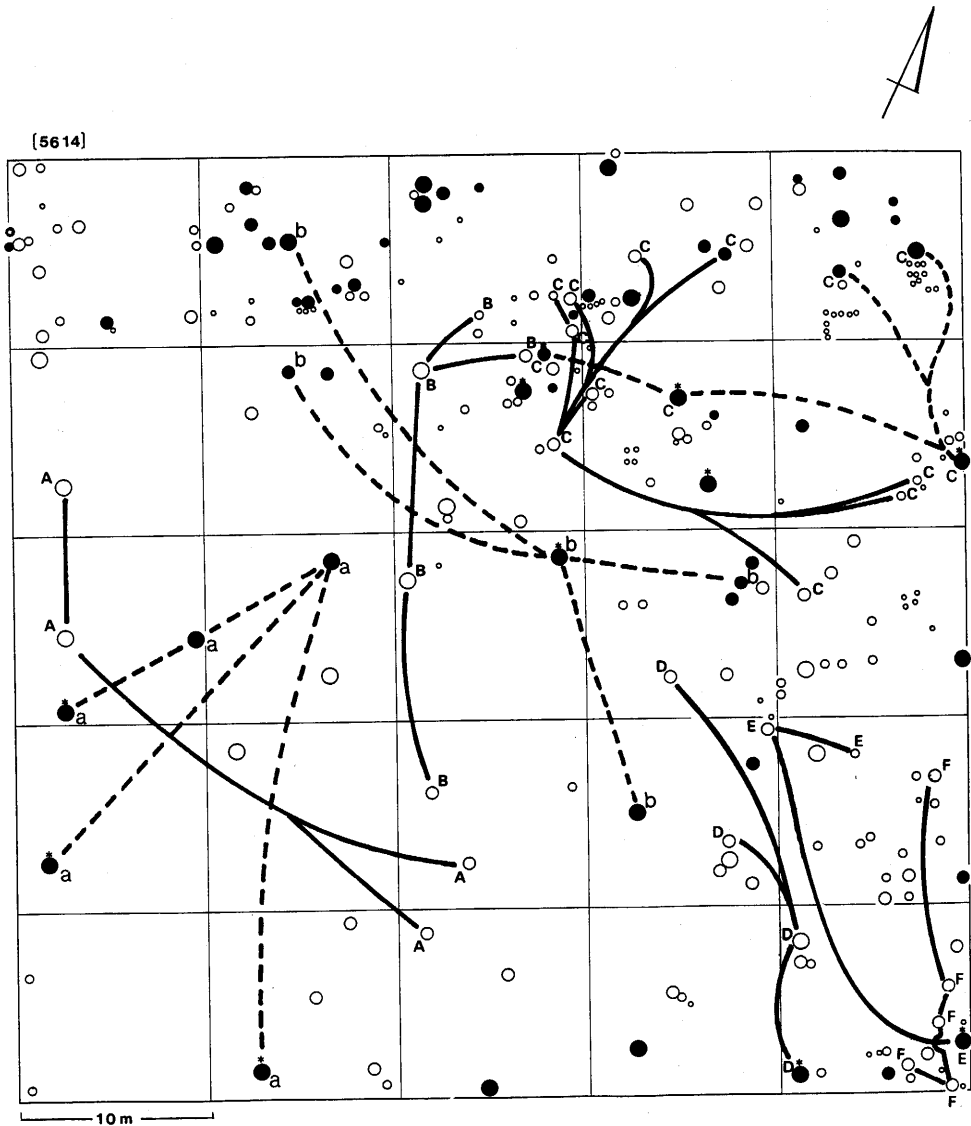


図-10 方形区[5614]におけるトドマツの風害木及び生存木の推定家系と腐朽入り伐根の分布

Fig. 10 Distribution of supposed families and stumps with rot of Saghalien fir in the quadrat [5614]

注. 記号は図-9に同じ。

N. B. Symbols same with those in Fig. 9.

完全な風倒・風折木ではない。風害木の家系に属する個体には大径のものが多いが、生存木の家系も両方形区とも大径木を含んでいる。これらのことは、トドマツの中には同じ条件下で台風に遭いながら、それに耐えうる幹の強さあるいは根張りを持った個体とそうでないものが存

表一五 トドマツ針葉長幅比の分散分析

Table 5 Analysis of variation of the length / width ratio in Saghalien fir populations in the quadrats [5613] and [5614]

[5613]					
要因 Source	偏差平方和 Sum of squares	自由度 d. f.	平均平方 Mean squares	分散比 F	
家系間 Between families	227.54674	9	25.2829	7.8959***	
家系内 Within families	92.85823	29	3.2020		
合計 Total	320.40497	38			
[5614]					
家系間 Between families	304.84802	8	38.1060	3.9448**	
家系内 Within families	357.41497	37	9.6598		
合計 Total	662.26299	45			

注. **, ***: 1%および0.1%水準での有意性を示す。

N.B. **, ***: Significant at 1% and 0.1% level, respectively.

在し、しかもそれらが遺伝的支配を受けて別個の家系をなしていることを示すものと思われる。しかし、このことについてはさらに今後の研究が必要である。

[5613]には前述のように(図一9)、10個の家系が認められており、小さい家系は2個体、大きい家系は6個体を含んでいる。ここで同じ家系に属する個体の2個体間距離の変動幅を調べたところ、全体で63組の個体間距離のうち、最小1m、最大33m、平均12.9mで、全体の2/3が20m以下であった。一方、[5614](図一10)では9個の家系があり、所属個体数では3から10までの幅があった。また、全体で110組の個体間距離には1mから36mまでの幅があり、平均は13.4mであった。しかも全体の2/3は[5613]とほぼ同じく21m以下であった。

以上の結果を夕張での調査例⁸⁾と比べると、紅葉山と継立で家系数が7と5、小家系の個体数が2と7、大家系のそれが10と19、個体間距離は最大が24と32m、個体間距離組合せ全体の2/3が収まる範囲が13と16mであった。つまり両方形区には、夕張の場合より家系数は多いが所属個体数が少なく、また、個体間距離が広いという傾向があるといえる。ただし、これらのことが林分の特徴なのか、あるいは地域の特性なのかは今後の研究課題である。

更に、両方形区内の処理搬出後の風害木の伐根について、腐朽の有無・状態を調べて風害前の腐朽の存否を推定し、それと風害との関係を求めた。図一9、10で*印を以って示したのが腐朽の入っていた個体の伐根である。この腐朽伐根の割合、すなわち、腐朽株率については先

に述べた通りであるが(II-1), 図-9, 10で注意を引くことは, [5613]ではc, e両家系の全調査個体(伐根)に, そして[5614]ではa, c両家系の大半の個体(3/5)に腐朽が入っていたということである。

ただ, 以上の調査では生立木を主とする家系の腐朽の程度が不明である。しかし, 夕張の紅葉山天然林⁹⁾の調査では, 方形区内の全個体について年輪測定を行なった際, やはり特定の家系ではほとんどの個体の根株に腐朽が入っているのに, ある家系では極く隣接して腐朽個体があるにも拘らず家系内の全個体が健全であることが見出されている。

このように, 風害木の家系について, 紅葉山の場合と類似の現象が認められたことは, 根株腐朽に家系による違いがあり, 従ってある程度遺伝的なものであることを示していると思われる。このことは, 今後の造林や育種に関連して留意すべき形質ないし現象であるといえる。

摘 要

1981年の15号台風によって全域に大きな被害を受けた東京大学北海道演習林のほぼ中央部トドマツ・落葉広葉樹混交林域内に, 中・激害のみられる林分を選んで2個の方形区(50m×50m)を設け, 稚樹及び小・中・大径木の各階層に分けてその林分構造を調べ, 更に稚苗の分布状況を調査した。

その結果は, 風害前の両方形区の森林がトドマツの多い針広混交の多層・択伐林型であったことを示している。しかし, 立木の密度及び分布状態を詳細に調べると, 小径木以上の上層のトドマツ個体はほどよく分散していたが, 下層の稚樹と稚苗の分布にはやや強い集中性と偏りがみられた。

調査方形区の属する二つの林班域の大部分も, やはり類似の立木分布を示している。

従って, このように下層のトドマツ更新後継樹の分布に著しい偏りのある状態で閉鎖していた林分の林冠が, 台風によって強度に破られそのままに放置されると, 部分的には広葉樹の優占する林に移行することが予想される。とくに林床にササの多い地域でのトドマツと落葉広葉樹からなる択伐林分についても, 風害前後の状態を調査比較したが, 同様にササ群落の繁茂の予想される場所が多くみられた。

新しい試みとして, 方形区内のトドマツ構成木についてアイソザイム(同位酵素)による家系解析を行った。その結果, 概して風害木は風害木同士で, また生存木は生存木同士でそれぞれの家系をつくっている傾向が認められた。

この事実は, 風害に対するある種の耐性には遺伝による部分があり, 遺伝性の差が家系間の差として現われることを示すものである。

両方形区に存在した各樹種の今後の更新動向を把握することは重要な課題であるが, とくに

主林木であるトドマツの場合，ここで認められた異なる傾向をもつ家系がどのような変遷と広がりをみせるか，施業上あるいは生態遺伝学上の興味ある問題である。今後の継続的調査に期待するところが大きい。

引用文献

- 1) ENDO, T. : A new method for peroxidase isozyme stain. *Ann. Rep. Nat. Inst. Genet. Japan.* 28 : 41, 1978
- 2) 林 敬太・豊岡 洪・佐藤 明・石塚森吉：大雪営林署管内層雲峡地区風倒跡地の植生変化。林試研報317：191～206, 1982
- 3) 入倉清次・広川俊英・柴田 前：東大北海道演習林における森林植生の垂直分布（Ⅲ）——森林構成群について——。90回日林論：333～334, 1979
- 4) 河原 漢・柴田 前・小沢慰寛・畑野健一：東京大学北海道演習林における昭和56年風害地の更新状況について。日林北支講33：74～76, 1984
- 5) 倉橋昭夫・小笠原繁男・梶 幹男・濱谷稔夫：東京大学北海道演習林の1981年15号台風風害跡地における前生稚樹の実態調査。日林北支講32：40～42, 1983
- 6) 松浦 堯：トドマツの系統分化。北海道の林木育種24—2：7～14, 1981
- 7) ——：トドマツの風害と家系。昭56林試北海道支場年報。106～107, 1982
- 8) ——：トドマツの天然林の家系分析。北方林業会編：天然林の生態遺伝と管理技術の研究，265～281，北方林業会，札幌，1983
- 9) 太田嘉四夫・五十嵐恒夫・藤原滉一郎：北海道の森林における主要樹木の時間的，空間的分布（Ⅰ），トドマツ天然林（予報）。日林北支講18：45～48, 1969
- 10) ——・——・滝川貞夫：全上（Ⅳ），エゾマツ天然林。84回日林講：266～268, 1973
- 11) 林業試験場北海道支場生態談話会編：エゾマツ，トドマツ天然林の生態と取り扱い。わかりやすい林業研究解説シリーズ33。21～24，林業科学技術振興所，東京，1968
- 12) 酒井寛一・千葉 茂・永田義明：樹種個体の分布とクローネの拡がりからみた樹種間の親和性。北方林業会編：天然林の生態遺伝と管理技術の研究，65～95，北方林業会，札幌，1983
- 13) SAKAI, K. & MIYAZAKI, Y. : Genetic studies in natural population of forest trees. II. Family analysis : A new method for quantitative genetic studies. *Silv. Gen.* 21 : 149～154, 1972
- 14) 柴田 前：演習林の風害と対応施業技術の考え方。山林1189：11～19, 1983
- 15) 高橋延清：林分施業法——その考えと実際——。127pp., 全国改良普及協会，東京，1971
- 16) 筒井迪夫ほか：亜寒帯針葉樹林における風害直後の森林施業に関する研究。昭和58年度科研報告書，56pp., 1984

(1985年5月31日受理)

Summary

Two quadrats 50m×50m wide were set in mixed forests of Saghalian fir and deciduous broad-leaved trees in the central part of the University Forest in Hokkaido, the University

of Tokyo, which had been heavily damaged by the typhoon No. 15 in 1981, and surveyed on their stand structure, i. e., density and distribution of trees and seedlings.

The results of these surveys suggest that the areas of the quadrats had been dominated by multi-layered Saghalien fir stands of selective-cutting type with some mixture of broad-leaved trees before the attack of the typhoon. And that, as observed in most parts of the compartments to which the quadrats belong, Saghalien fir trees with diameters over 6cm and occupying the canopy or upper layers were distributed doubtless nearly at random, while those with smaller diameters and young seedlings and saplings showed somewhat aggregate distribution under the canopy.

Consequently, once the canopies of such closed stands of Saghalien firs lacking even distribution of young seedlings and saplings as their successors are destroyed by a typhoon and left untouched, the greater parts of them are supposed to be filled up with broad-leaved trees.

Family analyses by means of peroxidase isozyme method were also carried out onto both wind-damaged trees, from which the materials were taken off immediately after the typhoon, and trees surviving undamaged of Saghalien fir in the quadrats. According to the results of analyses, the wind-damaged trees were in close mutual relation to each other showing similar isozyme patterns, while the survivors did so themselves. This fact suggests that the resistance to wind damage of Saghalien fir is subject to genetic ability to some extent.