



Title	北海道北部天然林における更新様式：数十年，数十haスケールでの解析
Author(s)	米，康充; YONE, Yasumichi; 笹，賀一郎 他
Citation	北海道大学農学部 演習林研究報告, 53(2), 297-330
Issue Date	1996-09
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/21407
Type	departmental bulletin paper
File Information	53(2)_P297-330.pdf



北海道北部天然林における更新様式

—数十年、数十 ha スケールでの解析—

米 康充* 笹 賀一郎**

Regeneration Pattern of Natural Forest in Northern Hokkaido:
Analysis on the Scale of Several Decades and Tens of Hectares

by

Yasumichi YONE* and Kaichiro SASA**

要 旨

天然林において生じる攪乱と更新のうち、高木層構成樹種が再生する場合を再生群落と定義し、その発生様式を数十年—数十 ha のスケールで解析した。調査は航空写真判読と伐採跡地における伐根の年輪判読を中心に行い、長期・大面積にわたる解析を行った。再生群落を含む林分の樹高構成は、樹高 10 m 以下の低木層と、それより大きい高木層に明確に分けられ、再生群落はこのような低木層の個体により構成されていた。林内では、このような再生群落が、数年—10 m²~100 m² スケールで定常的に発生していた。針葉樹林分では、このスケールの再生群落が近接した場所で断続的に起こることで、モザイク状に拡大する傾向がみられ、10 年~20 年の間に 600 m²~3,000 m²、約 40 年の間に 2,500 m²~1 ha の規模に拡大していた。針広混交林分・広葉樹林分では、数年—10 m²~100 m² スケールの再生群落の分布はランダム分布あるいは一様分布を示しており、再生群落が拡大する傾向は見られなかった。再生群落の発生頻度より求めた回転時間は、針広混交林・広葉樹林分では 460~770 年となり、調査地域の伐採木の齡構成よりかなり大きな値となった。一方、針葉樹林分では 200 年となり、伐採木の齡構成に近い値を示した。針葉樹林分では、再生群落が断続的・モザイク状に拡大する更新様式が見られ、このことが、北海道北部天然林の維持機構の上で重要な位置を占めると考えられた。

キーワード：天然林動態，群落，長期・大面積調査，時空間分布，航空写真

1996 年 3 月 29 日受理。Received March 29, 1996

*北海道大学農学部森林科学科森林施業計画学講座

Laboratory of Forest Management, Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, Hokkaido University.

**北海道大学農学部附属演習林

The Hokkaido University Forests, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Saaporo 060

はじめに

北海道の北部では、天然林資源の質的、量的劣化が問題となっている。この原因は、良木の選木と過度の伐採を行い、天然での回復力に過度の期待を寄せてきたためである。しかし、北海道北部の林床のほとんどはササで覆われているため、良木の選木と過度の伐採により疎林化した林分では、林床のササの勢いが増し、更新が困難になっている。また、林分の成長量は大面積、長時間になるほど把握が困難なため、曖昧な見通しで施業が行われている所が多い(松田, 1993)。今後、天然林の保続を行うためには、上記のようなことを見直し、適切な伐採方法、伐採量、回復期間、人為による回復の補助を考える必要があると思われる。そのためには、天然林の維持機構を把握する必要がある。

森林は、空間を占有していた樹木が部分的に消滅し、この空間を次世代の樹木が埋めることを繰り返すことで維持されており、森林の維持機構の把握のためにはこのような部分的な破壊と再生のプロセスを検討する必要がある。

森林がこのような部分的な破壊と再生のプロセスを繰り返す、空間的にも時間的にも不均質な構造からなっていることは早くから認められていた。この考え方を本格的に展開したのはWATT(1949)である。彼は、ブナ林が部分的な破壊によるギャップの形成とそこでの再生を繰り返すモザイク状の再生パターンからなっており、ギャップに由来する遷移段階の異なる相(先駆相、建設相、成熟相、衰退相)が空間的に不規則に配列されていることを示した。またこのような相からなる森林を、再生複合体と定義づけている。近年、このような森林の不均一性と、その直接の原因となる攪乱とを関連づけて森林を動的に理解しようという研究が増えている(山本, 1981; 中静・山本, 1987)。

ところで、森林施業に際しては、一般に長期的かつ大面積での計画が必要であり、施業にともなう、攪乱(天然・人為)により引き起こされる森林の不均一性の重要性が増大することを認識する必要がある。そのような攪乱の性質を決めるのが回転時間(攪乱から攪乱までの時間)、攪乱サイズ(ある単位あたりの攪乱をうける面積)、交代期間(対象面積全体が攪乱を受けるのに要する時間)、成熟時間といった、攪乱体制である(中静・山本, 1987)。このような攪乱体制を把握することは森林の動態を考える上で、また森林の計画を立てる上でも重要なことである。しかし、これまでの研究では、短期間・小面積でおこなわれたものが多く、個々のパッチ内での動態等は詳細に研究されているが、長期・大面積における攪乱体制を把握する研究は不十分な状態である。海外では長期・大面積プロットを設定し、組織的な調査が行われており、日本においても近年その必要性が論じられ、設定・調査が行われている。(中静, 1991)

攪乱体制が異なると、その森林のモザイク構造も大きく変化することは、シミュレーションモデル等で検討されており、逆に言えば森林のモザイク構造を検討することで攪乱体制の把握が可能である(伊藤, 1993)。そこで本研究では、北海道北部天然林における攪乱体制の一端

を明らかにするために、天然林内で起こる破壊と再生に着目し、数十ha規模での空間分布様式とその変動を把握することを目的とした。

調査地概要

調査は北海道北部に所在する北海道大学農学部附属天塩地方演習林（以下、天塩演習林）にて行った（図-1）。天塩演習林は北海道天塩郡幌延町字問寒別（北緯45度，東経142度）にあり，天塩川支流の間寒別川をめぐる一帯の山岳林である。天塩演習林は大きく河西地区，奥地地区，河東地区の3つに区分されている。調査対象としたのは河西地区の351林班と奥地地区の224林班と203林班である。

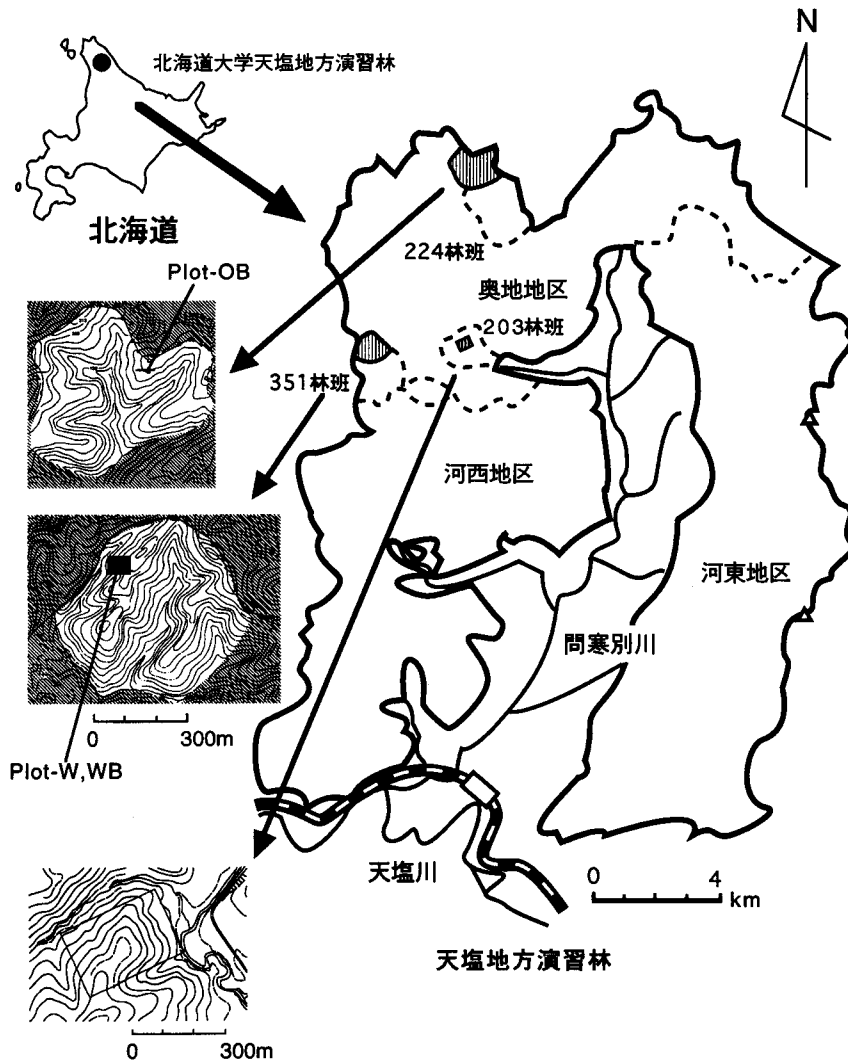


図-1 調査対象地

区の 224 林班・203 林班である。

対象地域の地質は、新生代新第三紀層に属し、泥岩・砂岩等で高低差の少ない丘陵性地形をなしている。気候は年平均気温 5.2℃、最高および最低気温の極値は 32℃と -33.5℃で、年降水量は約 1,200 mm、11 月から 5 月まで降雪をみる多雪地帯である。

森林の攪乱には風が大きく関与しており、直接風倒木を生じさせる他、被害木を生じさせることで、虫害・菌害が発生し、倒壊にいたる現象もある。そこで、1981 年以降に発生した主

な強風を表-1 に示した。夏期の台風によるものもあるが、主に冬季の暴風雪が多く、瞬間最大風速も大きい。また、10 月～12 月は湿雪を伴った暴風雪のため、林冠に冠雪しやすく、被害を生じやすい。このような冬季の暴風雪が、この地域の森林の攪乱の 1 つの要因となっている。

植生は、植物地理学的にみると温帯北部から亜寒帯への移行帯に位置し、針広混交林を形成している。林床には草本や灌木などの低木は少なく、チシマザサ、クマイザサが優占するところが多い。また、無立木ササ地も多くみられる。ササ型の林床をもつ林分においては、種子の定着が困難であり、また稚樹の生育の場としては照度が不足しているため、高木層構成樹種の更新が困難となっている。

調査地付近の 215 林班の森林構成は、エゾマツ、ミズナラ、ハリギリ、ハルニレ、ダケカンバの大径木にトドマツ、イタヤカエデ、ナナカマド等の小中径木を交えたものとなっている。胸高直径 6 cm 以上の本数は約 350 本/ha で、針葉樹が 54% を占め、材積は約 290 m³/ha で針葉樹が 63% を占める針過混交林となっている (矢島, 1981)。

調 査 方 法

ササ型林床をもつ当該調査地においては、高木層の破壊とギャップの形成直後に、前生稚樹の有無・破壊形態の差異等のため、ササによりギャップが埋められ無立木地になる場合と、高木層構成種により埋められる場合がある。本研究ではそのうち高木層構成樹種が再生する場合を対象とし、再生可能な場のパターンを把握することを目的とした。そこで、高木層を欠き、高木層構成樹種を含む低木層が存在する群落を再生群落と定義して、調査を行った。

プロット調査は、主に 351 林班において行い、それを補足するため 224 林班においても調査を行った。両林班とも施業を行った記録はなく、原生状態に保たれていると考えられる。1972 年 12 月の湿雪により被害をうけたとされる林分の再生状態を把握するため、351 林班の標高約 200 m の尾根上北西向き傾斜約 10 度の緩斜面に再生群落を含むように Plot-W を設定した。調

表-1 調査地付近の主な強風 (1981～1992 年)

年	月	風向	瞬間最大速 (m/s)	特 徴
1981	8	SW	18	台風
1981	10	SW	14	暴風雪
1984	1	SW	20	暴風雪
1985	11	WSW	18	強風・大雪
1986	12	SW	15	強風・大雪
1987	11	SW	17	強風
1988	1	WSW	13	強風・大雪
1990	10	SW	15	強風

*北海道の気象 (1981～1992) より作成

*本調査地に近い、中川測候所のデータを使用した

査は70 m×90 mの調査区を設定し、個体番号をつけ、胸高直径4 cm以上の個体に対して、樹種・胸高直径・樹高・位置・樹冠幅・生枯の毎木調査を行った。さらに、再生群落の発生の時間的変動を把握するために、Plot-W内に70 m×5 mの帯状区；Plot-WBを設定し、樹高1.3 m以上の個体に対して、個体番号をつけ、樹種・胸高直径・樹高・位置・樹冠幅・生枯の毎木調査を行い、成長錐によるサンプリングを行った。また、224林班の標高約180 mの尾根上南西向き傾斜約3度の緩斜面に約0.15 haの再生群落を含むように50 m×5 mの帯状区；Plot-OBを設定し、同様の毎木調査と成長錐によるサンプリングを行った。

また、広域にわたって再生群落の分布、時間変化を追跡するために、航空写真を利用した調査と、伐採跡地の伐根による年輪調査を行った。

航空写真の調査は、351林班(河西)の27.4 ha, 224林班(奥地)の34.8 haを対象とした。標高はそれぞれ、130 m~243 m, 120 m~212 mである。航空写真は1947年・1960年・1977年・1989年(表-2)の12年~17年間隔のものを使用した。判読には2倍伸(1977年は等倍)の航空写真を、2~4倍引き伸ばしたもの(約1:5,000)を使用した。これらの航空写真から高木層の林冠を欠き、樹高10 m以下の林冠が存在する場所を判読、透明シートに転写し、スキャナーによりコンピュータ(Apple社 Macintosh)に取り込んだ。解析には、画像解析プログラム(NIH-Image ver.1.59)にユーザ拡張コマンドを作成・追加(Metrowerks Pascal ver.1.1により作成)し、さらにマクロプログラムを作成し、面積・位置・分散構造等を解析した。透明シートへの転写は0.4 mmのペンを使い、解析可能な最小単位(コンピュータ上の1 dot)は約3 m²であった。

一方、伐根調査は351林班の近隣に位置する203林班において行った。調査地域は1991年7月中旬から8月下旬にかけて、胸高直径30 cm以上の立木に対して天然更新や更新補助作業を考慮して選木、伐採された。更新を考慮した選木の方法として、トドマツ、エゾマツ等の稚幼樹等の更新の良い場所は残し、更新の悪いササが優占する場所では重機による林床の攪乱・かき起こしを考え、群状に選木された。調査プロットの大きさは約200 m×300 mで、プロットに含まれた約220本の伐根について、位置の座標・伐根高・伐採面の最大と最小の半径を測定した。年輪調査は肥大成長が小さいため5年間隔で測定をした。また測定の際、立木番号を控えておき、立木処分のための調査野帳(1991年4月調査)から樹種、胸高直径、品等等を伐根

表-2 航空写真撮影状況

撮影地区 指定番号	撮影年月日 (年・月・日)	撮影地区名	カメラ焦点 距離(mm)	撮影高度 (m)	撮影縮尺
	1947				1:40,000
山-192	1960.07.09	天塩第二	210.36	5,050	1:24,000
CHO-77-6	1977.09.28~10.29	中頓別	151.56	2,450	1:15,000
89-1	1989.06.14~07.05	第4枝幸	213.58	4,200	1:20,000

毎に記録した。なお、調査地域では、1944年と1972年にも伐採が行われた記録がある。

以上の調査地および、写真判読の範囲を図-1に示す。

なお、本文中では植物名は和名で記した。以下に学名と略号を記する。学名は大井(1975)に従った。

トドマツ	As	<i>Abies sachalinensis</i> (Fr. Schm.) Masters
コシアブラ	Asc	<i>Acanthopanax sciadophylloides</i> Franch. et Savat.
イタヤカエデ	Am	<i>Acer mono</i> Maxim.
ベニイタヤ	Amm	<i>Acer mono</i> var. <i>mayrii</i> (Schwer.) Koidz., ex Nemoto
ダケカンバ	Be	<i>Betula ermanii</i> Cham.
シラカンバ	Bp	<i>Betula platyphylla</i> Sukatchev var. <i>japonica</i> (Miq.) Hara
ノリウツギ	Hp	<i>Hydrangea paniculata</i> Siebold
ハリギリ	Kp	<i>Kalopanax pictus</i> (Thunb.) Nakai
ホオノキ	Mo	<i>Magnolia obovata</i> Thunberg
エゾマツ	Pj	<i>Picea jezoensis</i> (Sieb. et Zucc.) Carr.
エゾヤマザクラ	Ps	<i>Prunus sargentii</i> Rehder
ミズナラ	Qm	<i>Quercus mongolica</i> Fisher var. <i>grosseserrata</i> (Blume) Rehd. et Wils.
チシマザサ	Sk	<i>Sasa kurilensis</i> (Rupr.) Makino et Shibata
クマイザサ	Ss	<i>Sasa senanensis</i> (Franch. et Sav.) Rehd.
ナナカマド	Sc	<i>Sorbus commixta</i> Hedl.
イチイ	Tc	<i>Taxus cuspidata</i> Sieb. et Zucc.
シナノキ	Tj	<i>Tilia japonica</i> (Miq.) Shimonkai
ハルニレ	Ud	<i>Ulmus davidiana</i> Planch. var. <i>japonica</i> (Rehd.) Nakai
オオカメノキ	Vf	<i>Viburnum furcatum</i> Blume

結果と考察

1. 伐採跡地の空間分布

1. 1 現況

伐根位置図と航空写真により判読した調査地の林相図を図-2に、伐根調査木の樹種別内訳を図-3に示す。これによると、調査地は針広混交林・針葉樹林・ササが優占する無立木地に区分することができること、またトドマツ・エゾマツの伐根が多く認められること、および伐採の残存木に広葉樹の小径木が多く存在していることから、対象林分の伐採前は大径の針葉樹と中小径の広葉樹の混交する林分であったと考えられる。

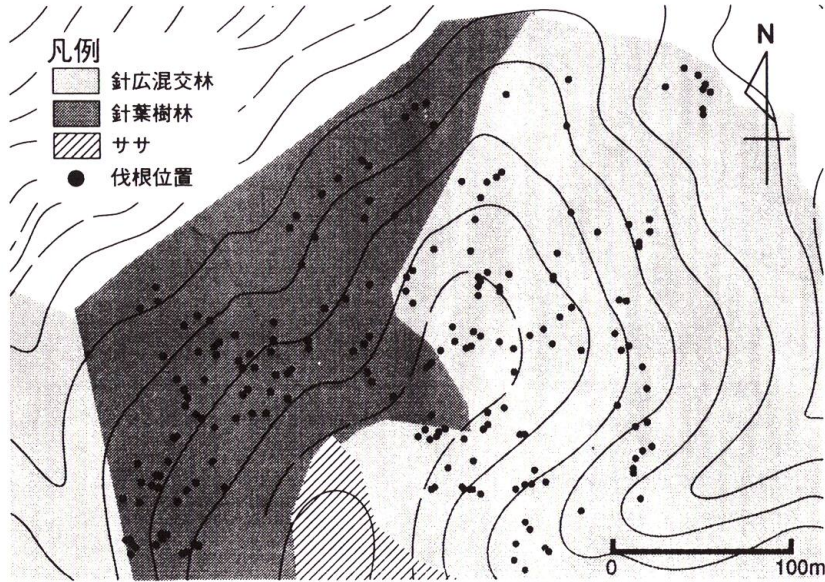


図-2 伐根調査木位置と林相

1. 2 攪乱時期

次に攪乱の時間的な動向を把握するため、直径成長が著しい個体の頻度分布について検討してみた。

図-4、図-5に調査木の伐採高での肥大曲線の一部を示す。調査木には図-4のようになだらかに成長するタイプと、図-5のように途中のある時期から急激に成長するタイプが認められた。

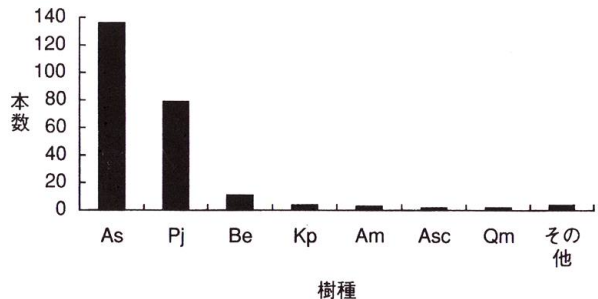


図-3 伐採木の樹種別内訳

藤本(1984)は、「トドマツは、被圧状態のままの個体の樹高成長は著しい頭打ち現象を示すが、被圧から脱した個体の成長速度はきわめて急速である」としている。また、駒木(1990)は、「エゾマツは一定の速度で緩やかな成長をしているが、光条件の良好な疎開地では急速な成長をする」として。つまり、エゾマツとトドマツは被圧下では成長様式に違いが見られるが、光条件の良い場所では共に、被圧下にくらべて成長が非常に良いと考えられる。よって、もし、エゾマツ、トドマツの、ある個体の成長量が急激に良くなったなら、その個体の周辺において攪乱が起り、林冠の消失があったと考えられる。佐多ら(1989)は、後者のように急激に成長するもののうち、ある5年間における肥大成長量が、その前の5年間における肥大成長量の2倍以上あるものをその5年間の成長量増大木とし、成長量増大木の個体数により攪乱の動向を推測している。

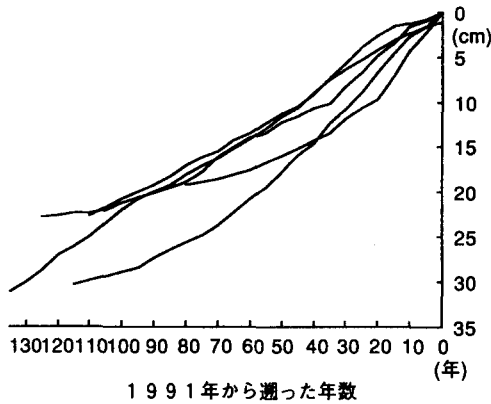


図-4 肥大成長曲線
(なだらかに成長するタイプ)

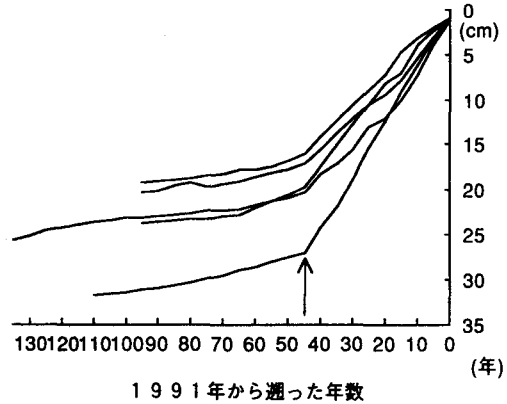


図-5 肥大成長曲線
(ある時期から急激に成長するタイプ)

そこで、佐多らの方法により成長量増大木の本数を調べてみた。その結果は図-6のとおりである。これによると、10~20年前と、40~50年前と60~80年前に成長量増大木が多い事がわかる。調査地は、19年前の1972年と47年前の1944年に伐採、つまり林冠が消失しており、成長量増大木の多い年と一致した。よって、成長量増大木の多い年には林内で攪乱が起り、林冠が消失したと推測することができる。

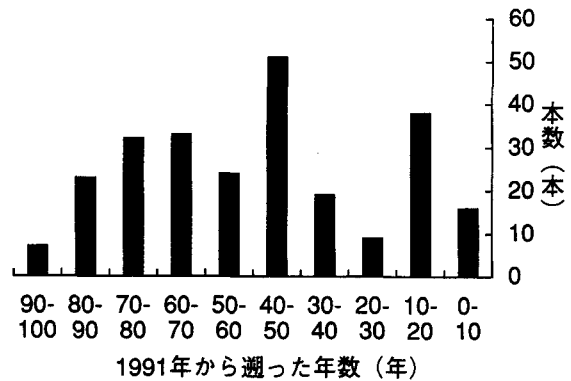


図-6 成長量増大木本数

60~80年前においても成長量増大木が多かったことからこの時期に何らかの攪乱が起こったと考えられる。この林分に関しては、1944年以前の伐採された記録は無いため、気象災害による攪乱の可能性について調べてみた。表-3は1912年~1921年の十年間に北海道北部を襲った顕著な低気圧を一覧にしたものである。

これを見ると、北海道北部には多くの被害をもたらした低気圧が通過しているが、この中で特徴的なのが、1915年4月に北海道北部を連続して襲った三つの低気圧である。これらは、11月と4月に多量の風雪によって、各地に被害をもたらしている。この時期の降雪は、湿雪だったことが予測され、また近年においても調査地周辺において湿雪、風害による被害が観測されていることから(加藤, 1986)、この調査地においても当時、湿雪・風害がもたらされた可能性が高いと考えられる。

表-3 1912~1921年に北海道北部を襲った顕著な低気圧

年	月	場所	最大瞬間風速 (m/s)	記 事	
1912	9	札幌	27.5	風台風	
	12	宗谷	14.1 (平均)		
1913	2	宗谷	34.2	暴風雪	
	3	宗谷	24.6		
	4	宗谷	21.6	暴風雪	
	8	宗谷	41.1		
	11	宗谷	31.8		
	12	宗谷	34.8		
1914	1	宗谷	26		風・水害
	5	宗谷	29.4		
	12	宗谷	47.3	暴風雪	
1915	1	宗谷	41.5		
	2	宗谷	45.9		
	2	宗谷	28.2		
	3	宗谷	32.3		
	3	宗谷	42.2		
	4	宗谷	16.7		
	4	宗谷	27		
	4	宗谷	39.7	暴風雨	
	12	宗谷	45		
1916	5	網走	20.9	未曾有の暴風雪	
	5	宗谷	27.9		
	9	宗谷	29.6		
	9	宗谷	29		
	12	宗谷	49.1		
1917	4	紗那	32.7	暴風雨 暴風雪	
	4	紗那	19.4		
	5	宗谷	29.9		
	5	紗那	26.2		
	6	宗谷	33.8		
	11	宗谷	43.9		
1918	1	紗那	37.8		風水害
	1	紗那	28.5		
	3	寿都	33.8		
	4	紗那	29.3		
	6	紗那	24.2		
	7	寿都	32.6		
	9	寿都	47.6		
	9	紗那	20.8	長時間の暴風	
	11	紗那	31.3		
	12	紗那	33.8	暴風雨	
1919	1	紗那	32.3		
	1	宗谷	36	暴風雨・水害	
	4	宗谷	39.8		
	5	紗那	16.3		
	6	紗那	36.8		
	9	宗谷	20.9		
	11	宗谷	30		
	12	宗谷	31.2		
1920	1	宗谷	33.1		暴風雪 暴風雨
	1	宗谷	35.4		
	2	宗谷	31.4		
	12	宗谷	30.1		
1921	2	宗谷	31.7	暴風雪 未曾有の風力	
	4	羽幌	32.8		
	12	羽幌	51.5		

1. 3 攪乱規模

次に、攪乱の平面的規模を推定する。調査木は、すべての立木を対象にしていなため、過去におこった攪乱の平面的規模を細かに推定することは無理である。しかしながら、近接する調査木の成長変化が同じ傾向を示すならば、その付近、数十m以上にわたる範囲の環境変化、攪乱を推定できると考えた。そこで、各10年毎の成長量増大木の配置図を図-7のように作成した。これによると、ある程度、集中斑を見ることが出来る。そこで集中斑の大きさを推定するために、I_d指数(MORISHITA, 1959)を使用した。

10年毎の成長量増大木のI_dは図-8に示したとおりである。これによって成長量増大木の多かった10~20年前、40~50年前、70~80・60~70年前について成長量増大木の分布を考察してみた。

40~50年前は、集中分布を示し、400m²と3,200m²に集中斑が見られた。45年前の伐採木の位置図は残っていないが、現地には相当な大径木が存在していたと考えられることから、伐採木は大径木を中心としたものであった可能性が高い。そして、伐採された大径木の周辺の稚樹が、成長量増大木として、集中斑をもって顕れたと考えられる。

10~20年前は、規則分布を示した。表-4に示すように、調査木は、当時すでに中径木になっていた。田川(1977)は、植物個体群において、優占樹種は初期には集中分布を示すが、成長にしたがって、規則分布を示すとしている。よって、調査木の分布

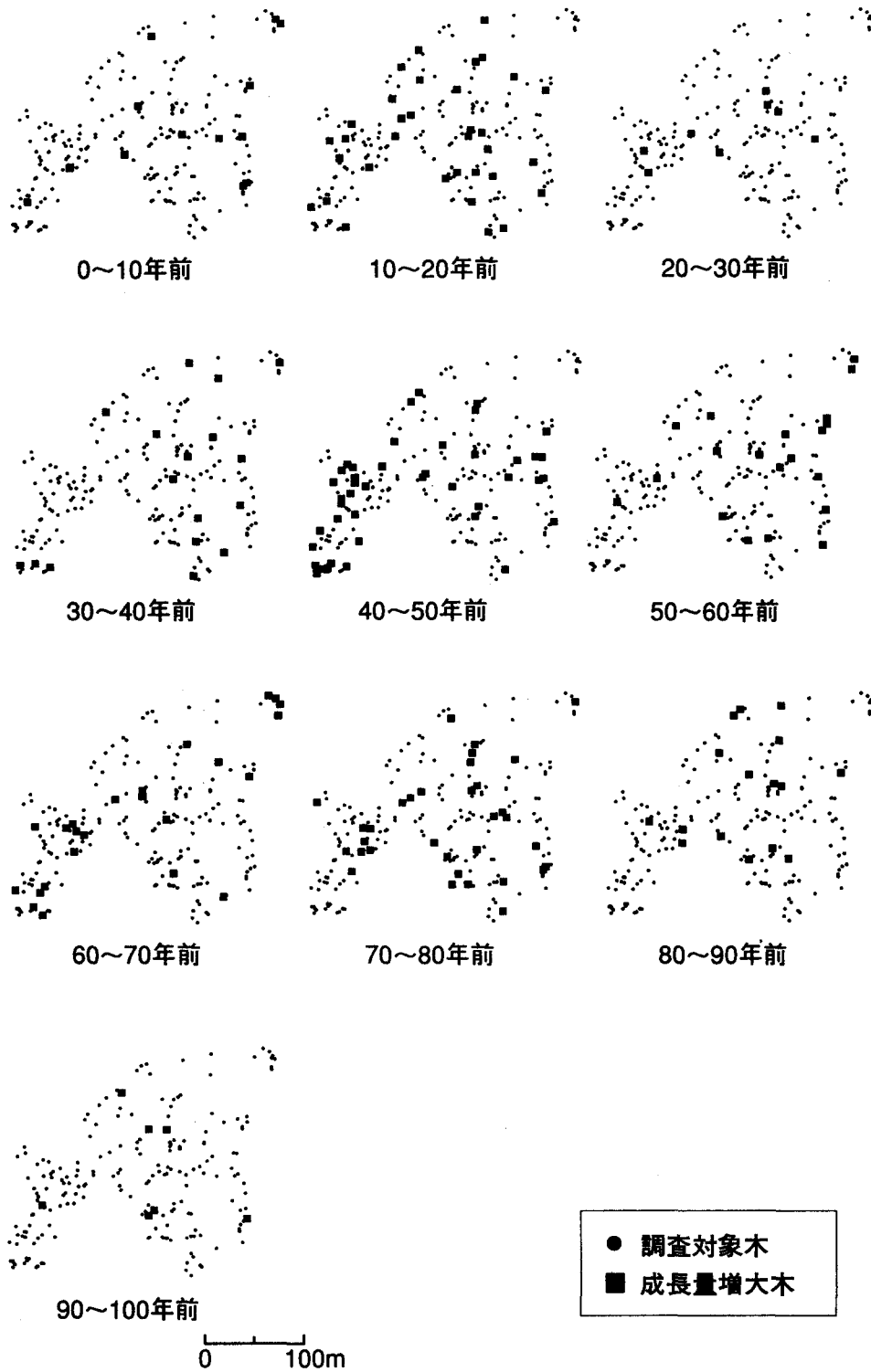


図-7 年別成長量増大木の配置

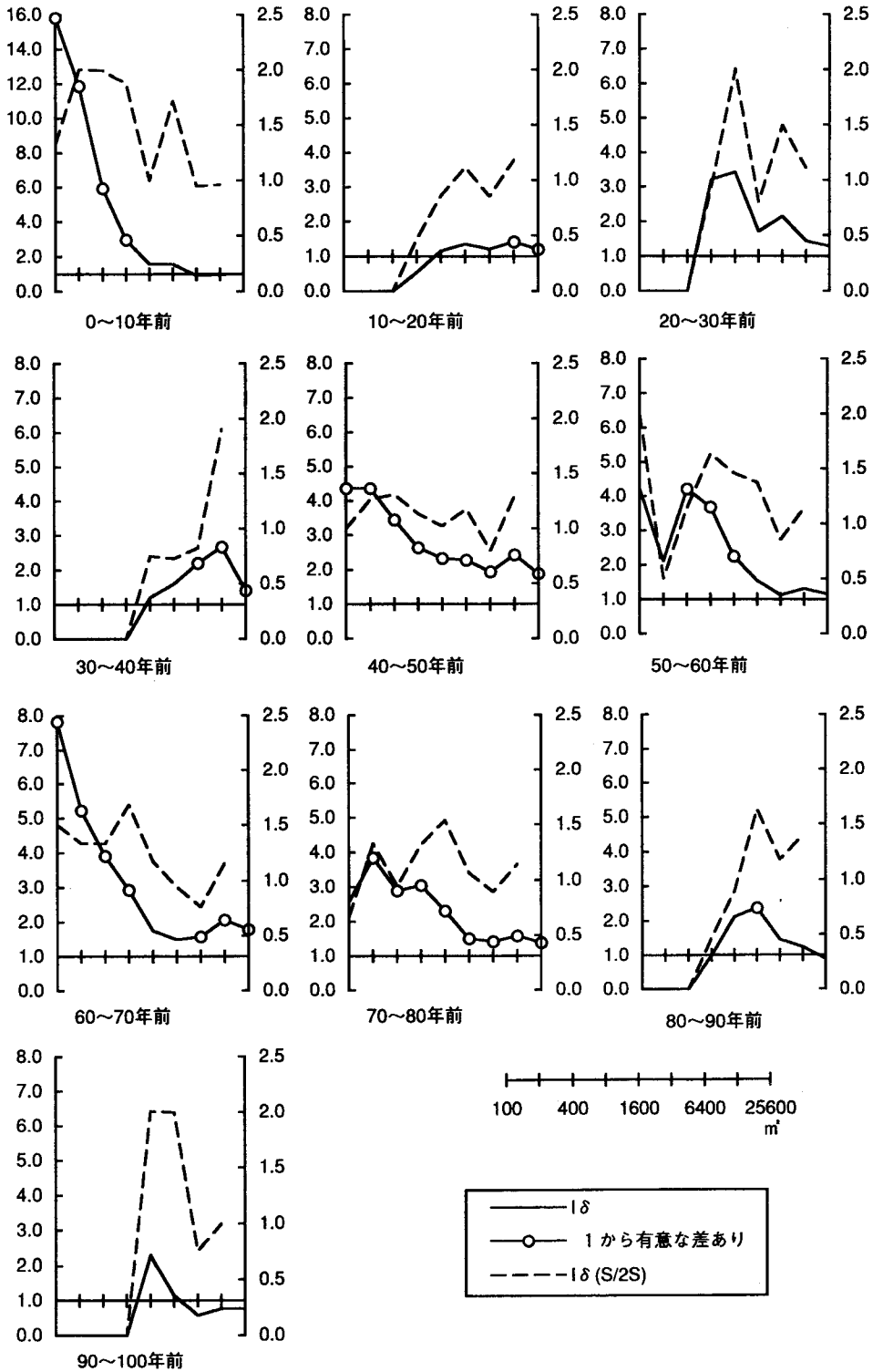


図-8 成長量増大木の $I\delta$

表-4 生長量増大木の平均根元直径

	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	80~90	90~100
平均値 (cm)	38.8	29.2	29.8	21.6	13.2	20.3	7.9	6.5	18.4	3.5
信頼区間 (95%)	6.0	4.2	10.3	5.2	1.9	18.1	3.9	1.1	18.3	3.2

そのものが規則分布を示していたと考えられる。また、この頃から集材に、ブルドーザが使われ出しており、施業方法の変化が、成長量増大木の分布の違いとして顕れた可能性もある。

70~80・60~70年前は共に集中班を示し、集中班の大きさはそれぞれ、1,600 m²、800 m²である。また、50~60年前も集中班を示し、集中班の大きさは800 m²であるが、その内部は規則分布を示している。図-9は70~80・60~70年前、それに50~60年前の成長量増大木の配置図を重ねたものである。これより、70~80

年前に集中して攪乱がおり、その後その近隣において攪乱が起こっていることがわかる。そして、50~60年前には近隣で集中して攪乱が起こっている場所は見あらず、一連の攪乱は終わったと考えられる。

以上より、60~80年前の同林地では10年—800~1,600 m²という規模の攪乱が連続して起こることで、20年—約3,000 m²という規模の攪乱が起こったと考えられる。

2. 再生群落の林況

2. 1 林況

湿雪害後の再生状態を調査したPlot-Wの、haあたりの本数・材積・構成比を表-5に、樹冠投影図を図-10に示した。

出現した樹種は、エゾマツ・トドマツ・イチイ・シラカンバ・ダケカンバ・ナナカマド・ベニイタヤ・シナノキ・コシアブラ・ハリギリ・ホオノキ・ミズナラ・エゾヤマザクラの13種であった。低木は、オオカメノキ、ノリウツギ等が存在し、林床にはチシマザサが優占している。林内には、枯死木により生じたマウンドやピットが多数あり、その周辺にはトドマツ、シラカンバ、ダケカンバ等が更新している。

図-11に各樹種の胸高直径のサイズ分布を示した。サイズ分布は、エゾマツが40 cm付近を

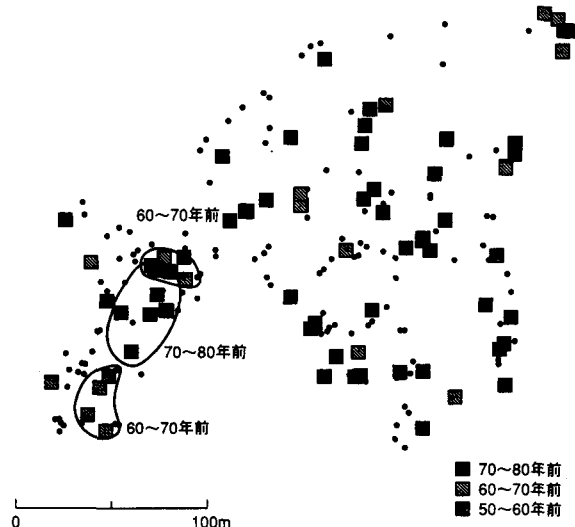


図-9 成長量増大木の配置 (年変化)

表-5 Plot-W の ha あたり本数、材積（生木、枯死木）

樹種	生 木				枯 死 木			
	本数 (/ha)	材積 (m ³ /ha)	本数比 (%)	材積比 (%)	本数 (/ha)	材積 (m ³ /ha)	本数比 (%)	材積比 (%)
<i>Picea jezoensis</i>	74.6	64.73	8.2%	35.8%	52.4	104.44	47.8%	66.2%
<i>Abies sachalinensis</i>	319.0	66.17	35.0%	36.6%	20.6	20.66	18.8%	13.1%
<i>Taxus cuspidata</i>	6.3	0.02	0.7%	0.0%				
その他針葉樹					34.9	24.64	31.9%	15.6%
針葉樹合計	400.0	130.93	43.8%	72.4%	107.9	149.74	98.6%	95.0%
<i>Betula platyphylla</i>	6.3	1.55	0.7%	0.9%				
<i>Betula ermanii</i>	38.1	10.49	4.2%	5.8%				
<i>Sorbus commixta</i>	290.5	6.37	31.8%	3.5%				
<i>Acer mono</i>	76.2	2.50	8.3%	1.4%				
<i>Tilia japonica</i>	6.3	0.05	0.7%	0.0%				
<i>Acanthopanax sciadophylloides</i>	17.5	0.43	1.9%	0.2%				
<i>Kalopanax pictus</i>	44.4	1.93	4.9%	1.1%				
<i>Magnolia obovata</i>	6.3	0.78	0.7%	0.4%				
<i>Quercus mongolica</i>	25.4	25.88	2.8%	14.3%	1.6	7.91	1.4%	5.0%
<i>Prunus sargentii</i>	1.6	0.03	0.2%	0.0%				
広葉樹合計	512.7	50.01	56.2%	27.6%	1.6	7.91	1.4%	5.0%
総計	912.7	180.94			109.5	157.66		

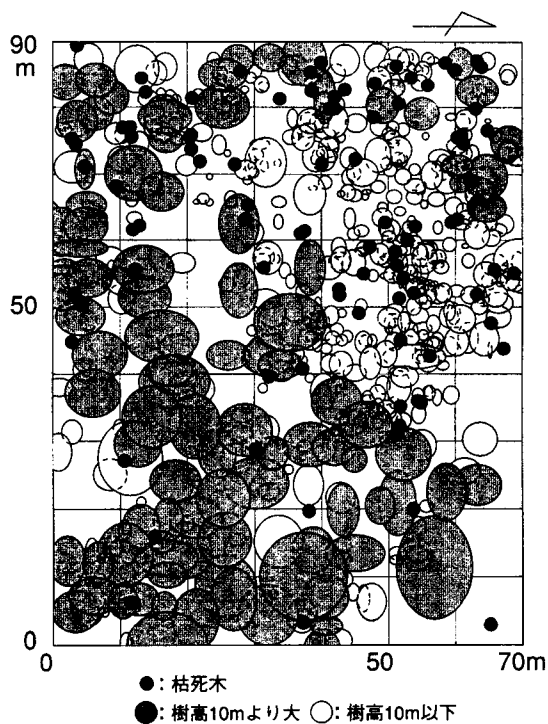


図-10 樹冠投影図 (Plot-W)

ピークとする山型となっている。また、トドマツ・ナナカマド・ベニイタヤ・コシアブラは小径木の本数が多く、胸高直径が増すにしたがって、急激に減少するほぼL字型の分布を示している。その他の樹種はほとんどが10 cmまでであり、シラカンバ・ダケカンバが40 cmまでの直径階に存在している。また、ミズナラは110 cmの大径木まで幅広く少数ずつ存在している。haあたりの本数は、トドマツが319本/haともっとも多く、続いてナナカマドが290本/haとなっている。合計では、913本/haとなり、針葉樹は400本/ha、広葉樹は513本/haで、広葉樹が56%を占めている。立木の材積を中島式北海道立木幹材積表の胸高直径と樹高による2変数の式より求めた。これによると、haあたりの材積では、トドマツが64.73 m³/haともっとも多く、ついで

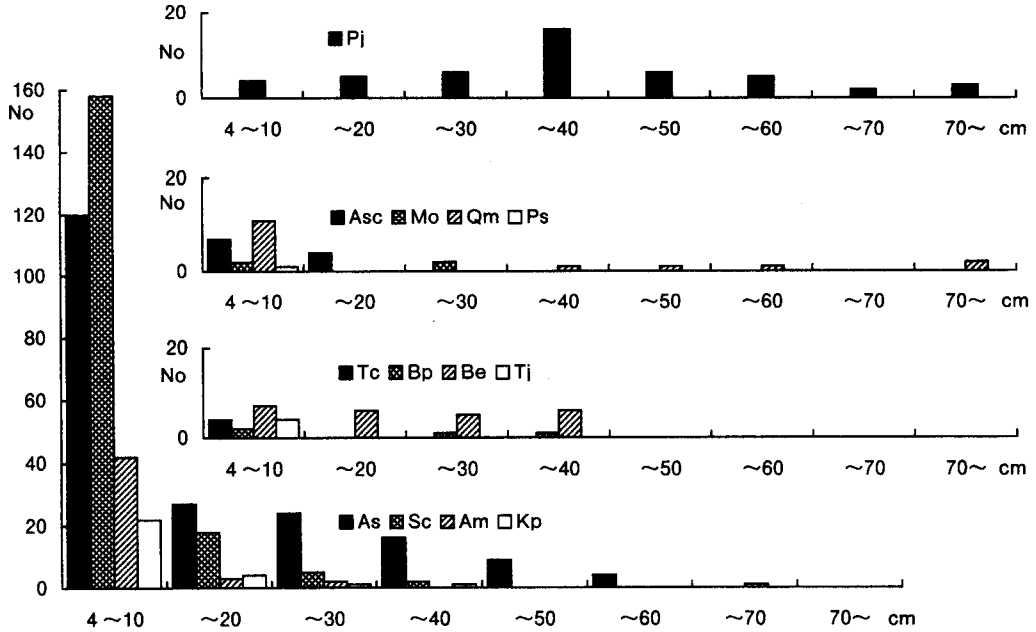


図-11 樹種別径級別本数 (Plot-W)

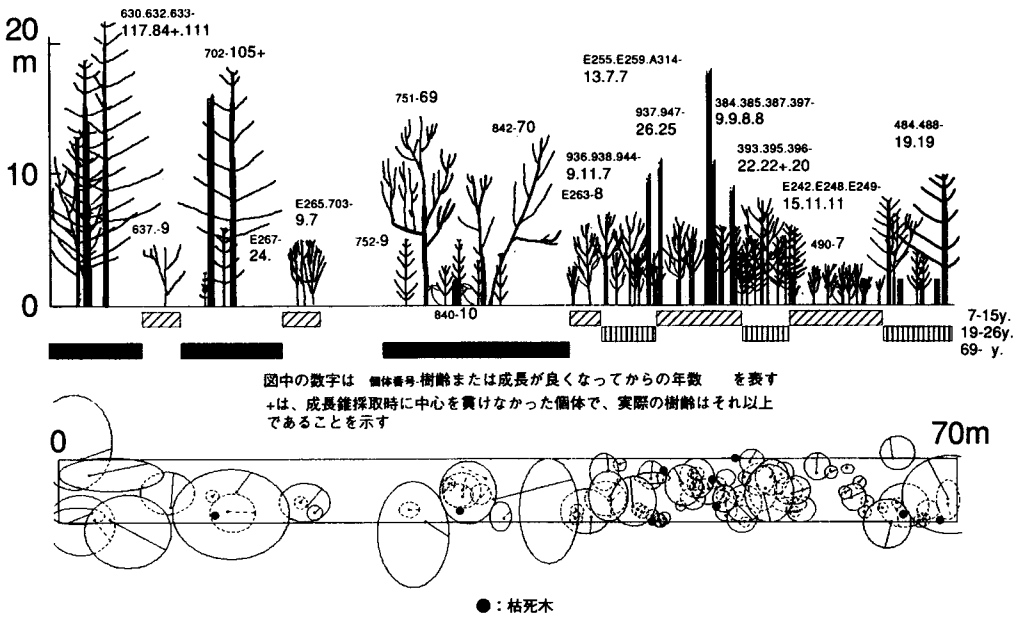


図-12 ベルトトランセクト (Plot-WB)

でエゾマツの $56.17 \text{ m}^3/\text{ha}$ となり、広葉樹ではミズナラの $25.88 \text{ m}^3/\text{ha}$ がもっとも大きい。合計では 180.94 m^3 となり、針葉樹は $130.93 \text{ m}^3/\text{ha}$ 、広葉樹は $50.01 \text{ m}^3/\text{ha}$ で針葉樹が72%を占

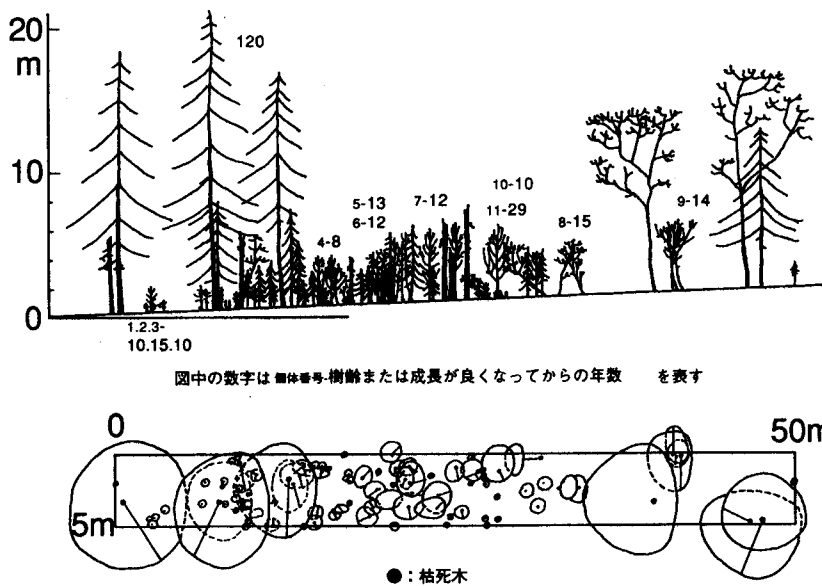


図-13 ベルトランセクト (Plot-OB)

表-6 Plot-WB, Plot-OB の樹高階別本数

樹種	Plot-WB 樹高 (cm)			Plot-OB 樹高 (cm)		
	~10	10~	合計	~10	10~	合計
<i>Picea jezoensis</i>	1	2	3	2		2
<i>Abies sachalinensis</i>	45	7	52	30	4	34
針葉樹合計	46	9	55	32	4	36
<i>Betula platyphylla</i>	2		2	6	1	7
<i>Betula ermanii</i>	3		3			
<i>Sorbus commixta</i>	47	2	49	35		35
<i>Acer mono</i>	9		9	8	1	9
<i>Tilia japonica</i>	1		1			
<i>Acanthopanax sciadophylloides</i>	2		2	2		2
<i>Kalopanax pictus</i>	9		9	1		1
<i>Magnolia obovata</i>		2	2			
<i>Quercus mongolica</i>	2		2	1		1
広葉樹合計	75	4	79	53	2	55
総計	121	13	134	85	6	91

めている。

林内にはかつて高木層を優占していたと思われる、多くの幹折れによる枯死木が存在していた。この枯死木の ha あたりの本数は、針葉樹 108 本、広葉樹 2 本、計 110 本で、針葉樹が 98% を占める。また中島式北海道立木幹材積表の胸高直径による 1 変数の式より算出した ha あたりの生存時材積の推定値は、針葉樹は 149.74 m³、広葉樹は 7.91 m³ で針葉樹が 95.0% を占る。

林冠ギャップ面積は 1,983 m² で、林冠ギャップ面積比率は 31.5% であった。

Plot-WB, Plot-OB の側面図および樹冠投影図を図-12, 13 に示した。また、表-6 に Plot-WB, Plot-OB の樹高別本数を示した。Plot-WB では、エゾマツ・トドマツ・ナナカマド・ホオノキ等が高木層を占め、低木層にはトドマツ・ナナカマド等が多く存在している。Plot-OB では、トドマツ・ダケカンバ・イタヤカエデ等が高木層を占め、低木層はトドマツ・ナナカマド等が多く存在している。

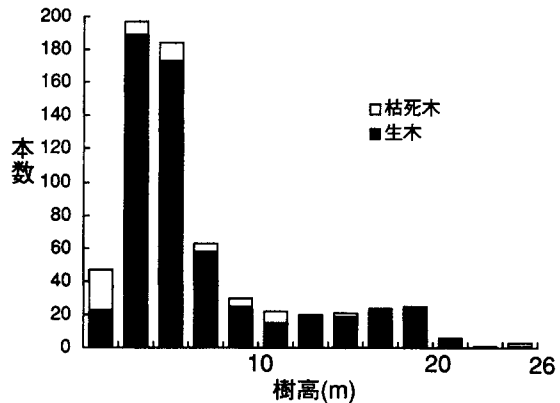


図-14 樹高階別本数

2. 2 階層構造

図-14 に Plot-W の生木と枯死木の樹高階別本数を示した。これによると、生木の樹高は 4 m 付近と 18 m 付近にモードを持つ 2 山型の分布をしていることが分かる。また、Plot-W の再生群落の樹高に関して K-平均法によりクラスター分析を行うと、1~10 m と 11~26 m の 2 つのグループに分けられる。

一方、サンプル木の樹齢と成長が急速に良くなってからの年数 (図-12, 13) によると、樹高 10 m 以下のグループは、26 年生以下の個体であり、10 m より大きいグループは 69 年生以上の個体である。

以上、この林分では、その樹高構成からも時間構成からも、明確に高木層と低木層に分けることができた。このことより、以降の航空写真による調査では、高木層と低木層の境界を 10 m と定義して判読を行った。

2. 3 林分の変化

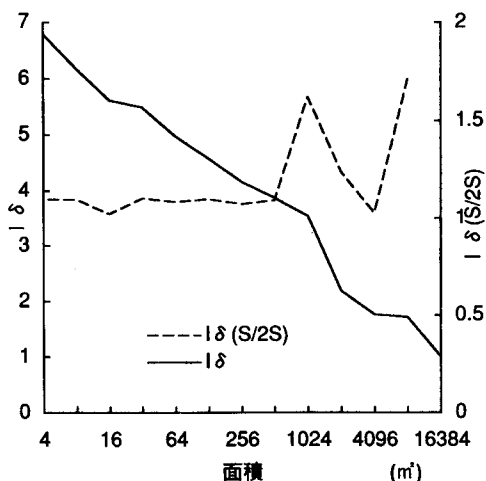
Plot-W では、エゾマツを中心とした大径木が高木層を占め、トドマツ・ナナカマド・ベニイタヤを中心とした小径木が低木層を占めている。このことより、Plot-W ではトドマツ・ナナカマド・ベニイタヤなどの樹種を中心として再生しているといえる。

樹高 10 m 以上の高木と、枯死木の本数、材積より、破壊前の林分構成を推定した (表-7)。これによると ha あたりの本数は 310 本で、針葉樹は 429 本、広葉樹は 60 本となり、針葉樹が 81% となる。また、ha あたりの材積では 320.91 m³ になり、針葉樹は 269.54 m³、広葉樹は 51.37 m³ となり針葉樹が 84% となる。また、本数ではエゾマツ、トドマツがそれぞれ 34%、材積ではエゾマツが 51% を占める。このことより、調査林分は破壊前にはエゾマツの大径木を中心とした針葉樹林分であったと考えられる。

以上より、Plot-W は破壊を契機に、エゾマツを中心とした針葉樹林分からトドマツ・ナナ

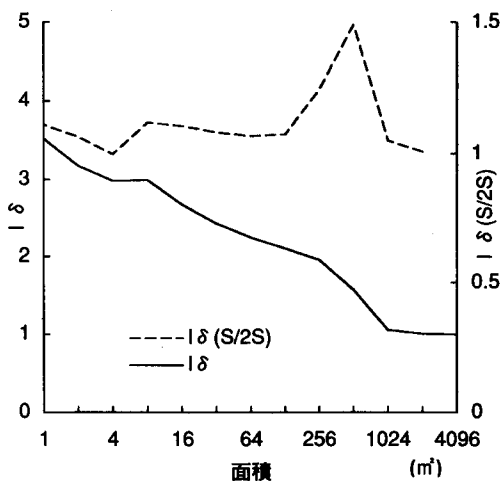
表-7 Plot-W の破壊前の ha あたり本数, 材積の推定値

樹種	本数 (/ha)	材積 (m ³ /ha)	本数比 (%)	材積比 (%)
<i>Picea jezoensis</i>	104.8	162.56	33.8%	50.7%
<i>Abies sachalinensis</i>	104.8	82.22	33.8%	25.6%
その他針葉樹	39.7	24.76	12.8%	7.7%
針葉樹合計	249.2	269.54	80.5%	84.0%
<i>Betula platyphylla</i>	1.6	1.33	0.5%	0.4%
<i>Betula ermanii</i>	25.4	10.32	8.2%	3.2%
<i>Sorbus commixta</i>	12.7	3.46	4.1%	1.1%
<i>Acer mono</i>	3.2	0.32	1.0%	0.1%
<i>Acanthopanax sciadophylloides</i>	1.6	0.12	0.5%	0.0%
<i>Kalopanax pictus</i>	3.2	1.37	1.0%	0.4%
<i>Magnolia obovata</i>	3.2	0.76	1.0%	0.2%
<i>Quercus mongolica</i>	9.5	33.68	3.1%	10.5%
広葉樹合計	60.3	51.37	19.5%	16.0%
総計	309.5	320.91		



樹高10m以下の個体について計算した

図-15 再生群落のIδ (Plot-W)



Plot-W内x=20-70m,y=30-80mの樹高10m以下の個体について計算した

図-16 再生群落のIδ (Plot-W)

カマド・ベニイタヤを中心とした針広混交林に推移していると考えられる。

2. 4 分散構造

図-10に示したPlot-Wの樹高別樹冠投影図より、再生群落はPlot-W西北部におおよそ1,000 m²の範囲で集中しているようにみられる。この再生群落の分布の集中性とその集中斑の大きさをIδ指数を用いて解析した(図-15)。これによると、下層木は集中分布を示し、集中斑

の大きさは、 $1,024 \text{ m}^2$ であった。ここでこの再生群落内の分布を詳しく検討するために $X=20\sim 70 \text{ m}$ ・ $Y=30\sim 80 \text{ m}$ の範囲で下層木の分布を $I\delta$ 指数により解析した(図-16)。これによると、下層木は集中分布を示し、集中斑の大きさは $256\sim 512 \text{ m}^2$ 、 $8\sim 16 \text{ m}^2$ であった。 $1,024\sim 512 \text{ m}^2$ の集中斑は、樹冠投影図からも、確認することができる。図-17に枯死木の分布を $I\delta$ 指数により解析した結果を示した。これによると枯死木も集中分布を示し、集中斑の大きさは $1,024\cdot 64\cdot 8 \text{ m}^2$ となり、再生群落の分布に大きさ、場所ともに近い。

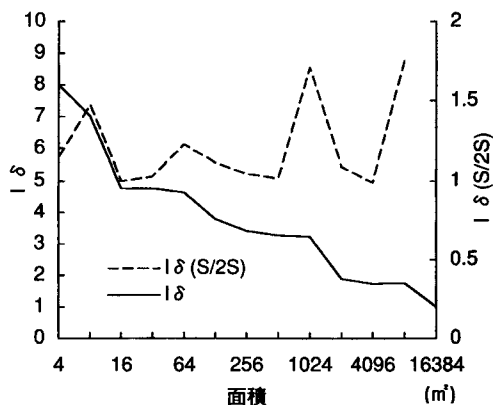


図-17 枯死木の $I\delta$ (Plot-W)

3. 再生群落の空間分布

3. 1 現況

図-18に1989年の航空写真による調査対象域(351林班・224林班、以降それぞれ河西・奥地とする)の全樹冠の分布を示す。また表-8、図-19に再生群落を含む樹冠被覆面積と調査地全体に対する樹冠疎密度を示した。

樹冠疎密度は年度により変化しており、河西は67.4%~77.7%、奥地は66.9%~84.0%で、平均でそれぞれ71.0%、75.0%であった。樹冠疎密度は河西、奥地とともに1960年に減少、1977年に増大、1989年に減少していた。

図-20、21に河西、奥地の再生群落の分布図を示す。また、表-9に再生群落面積と調査面

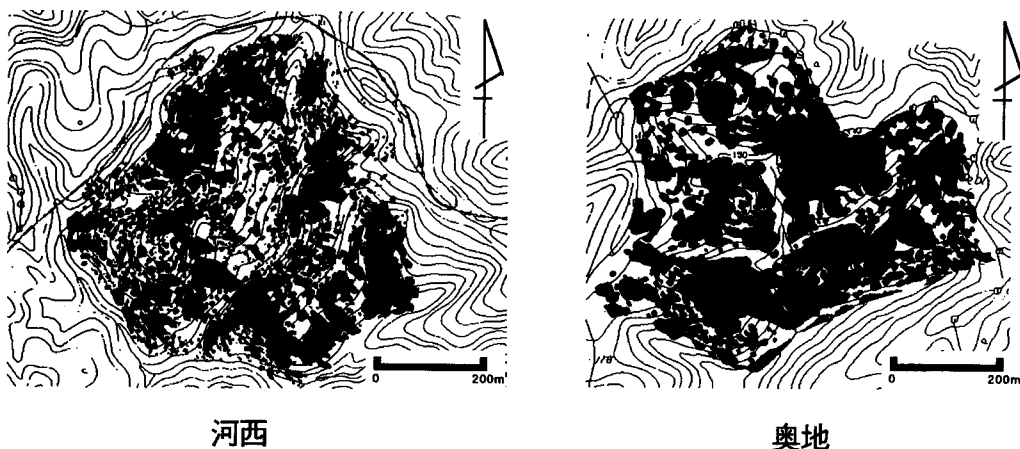


図-18 樹冠の分布

表-8 樹冠面積と樹冠疎密度

		年				平均面積	調査面積
		1947	1960	1977	1989		
樹冠面積	奥地 (m ²)	270,074	234,934	248,161	234,242	246,853	347,530
	河西 (m ²)	230,470	199,374	210,165	183,447	205,864	274,358
樹冠疎密度	奥地 (%)	77.7%	67.6%	71.4%	67.4%	71.0%	
	河西 (%)	84.0%	72.7%	76.6%	66.9%	75.0%	

積比, 樹冠被覆面積比を, 図-22 に再生群落面積と調査面積比, 図-23 に再生群落面積と樹冠被覆面積比を示した。再生群落面積の調査面積に対する比率は, 河西では 2.0%~3.6% で平均では 2.7% であり, 奥地では 0.9%~1.9% で平均では 1.3% であった。また, 樹冠被覆面積に対する比率は, 河西では 2.6%~5.7% で平均では 3.6% であり, 奥地では 1.2%~2.8% で平均では 1.8% であった。再生群落の合計面積は河西, 奥地とともに 1960 年に増大, 1977 年に減少, 1989 年に増大している。

3. 2 分布

図-24, 25 に各年度ごとの再生群落の面積階別の度数および面積の相対値を示す。この再生群落の面積は 1947 年以外の 1960 年, 1977 年, 1989 年については, それ以前の 1947 年, 1960 年, 1977 年の写真において, 再生群落と判読された部分は除いて集計しており, 13 年間, 17 年間, 12 年間の間に新たに発生した再生群落の面積を表している。つまり, この集計結果は発生直後の再生群落から, 最大で 12 年~17 年経過した再生群落を含んでいる。

これによると, 河西, 奥地とともに再生群落の頻度では, おおよそ 10 m² 付近にモードを持つ分布となっている。また, 再生群落の面積の合計では, おおよそ 10 m²~100 m² の再生群落が多く存在, 631 m² 以上の再生群落は存在しなかった。このことより, 調査対象域では, 10 m²~100 m² 規模の再生群落が発生しており, 12 年~17 年の間にその範囲は最大で約 600 m² まで, 拡大したものと考えられる。

4 再生群落の時間変化

4. 1 地上調査による再生群落の発生年

湿雪害跡地の齢構成を調べるため設定した Plot-WB における, 成長曲線の一部を図-26 に示した。これより, コンスタントに成長している個体と, ある時期を境に成長速度が急速とな

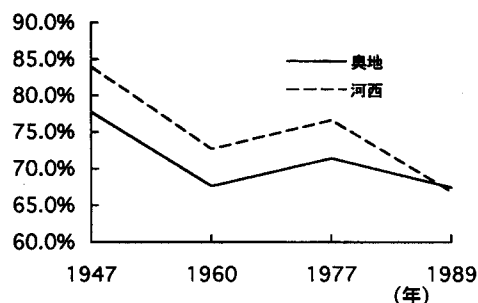


図-19 樹冠疎密度

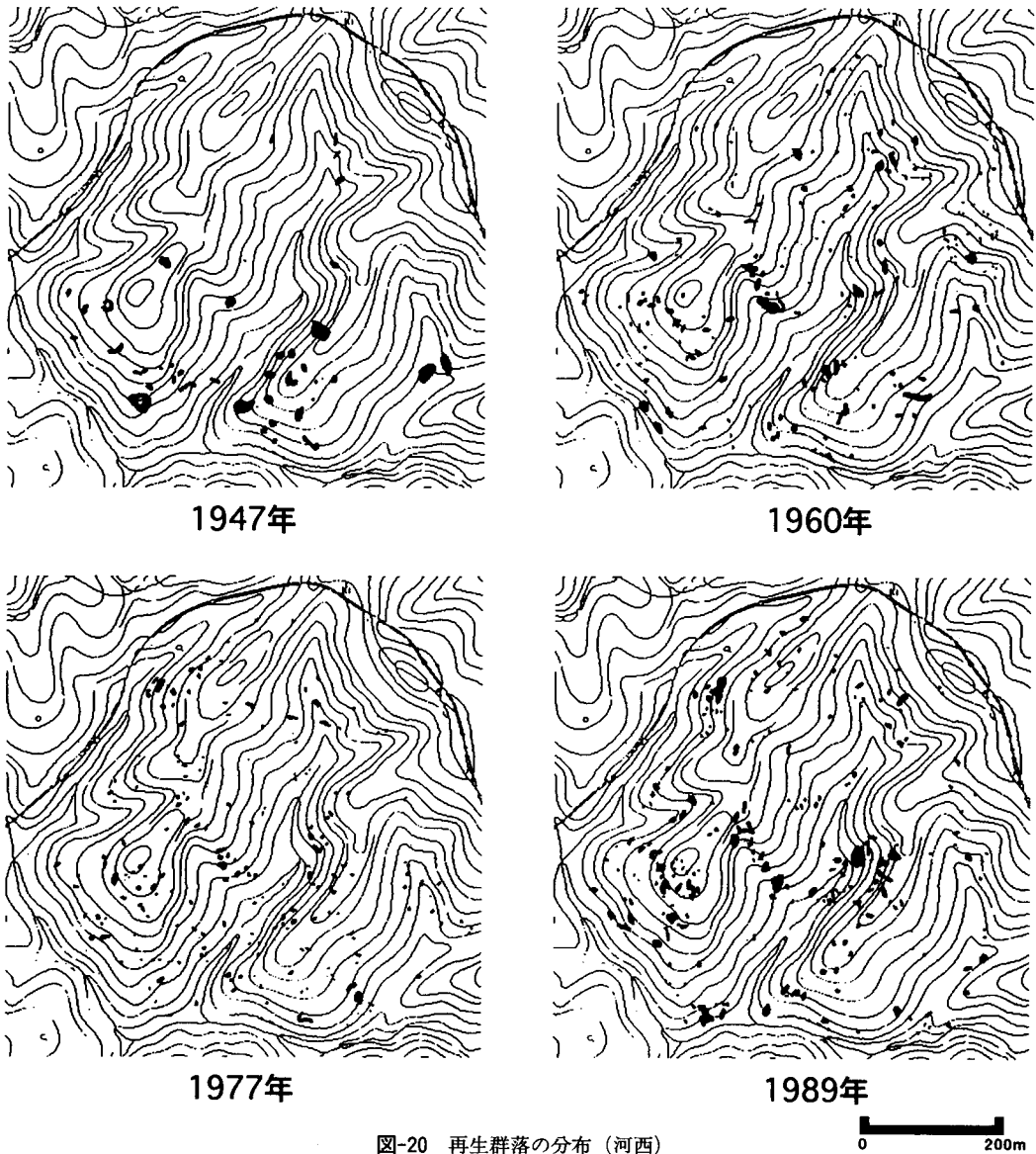


図-20 再生群落の分布 (河西)

る個体とが見られる。コンスタントに成長している個体は、更新した時より現在まで光環境がほぼ一定であったと考えられる。一方、ある時期を境に成長速度が急速となる個体は、先の203林班の伐採跡地の調査より、林冠の疎開以降に急激な成長を示したと考えられる。よって、コンスタントに成長している個体に対してはその樹齢を、ある時期を境に成長速度が速くなる個体に対してはその成長が急速に良くなった時期により、その近辺の林冠の疎開時期を推定した。

Plot-WBにおいては、図-12の側面図から、7~15年前および19~26年前の疎開を契機とした更新木、69年以上の、林冠を占めるグループの3つの集団に分けることができる。そし

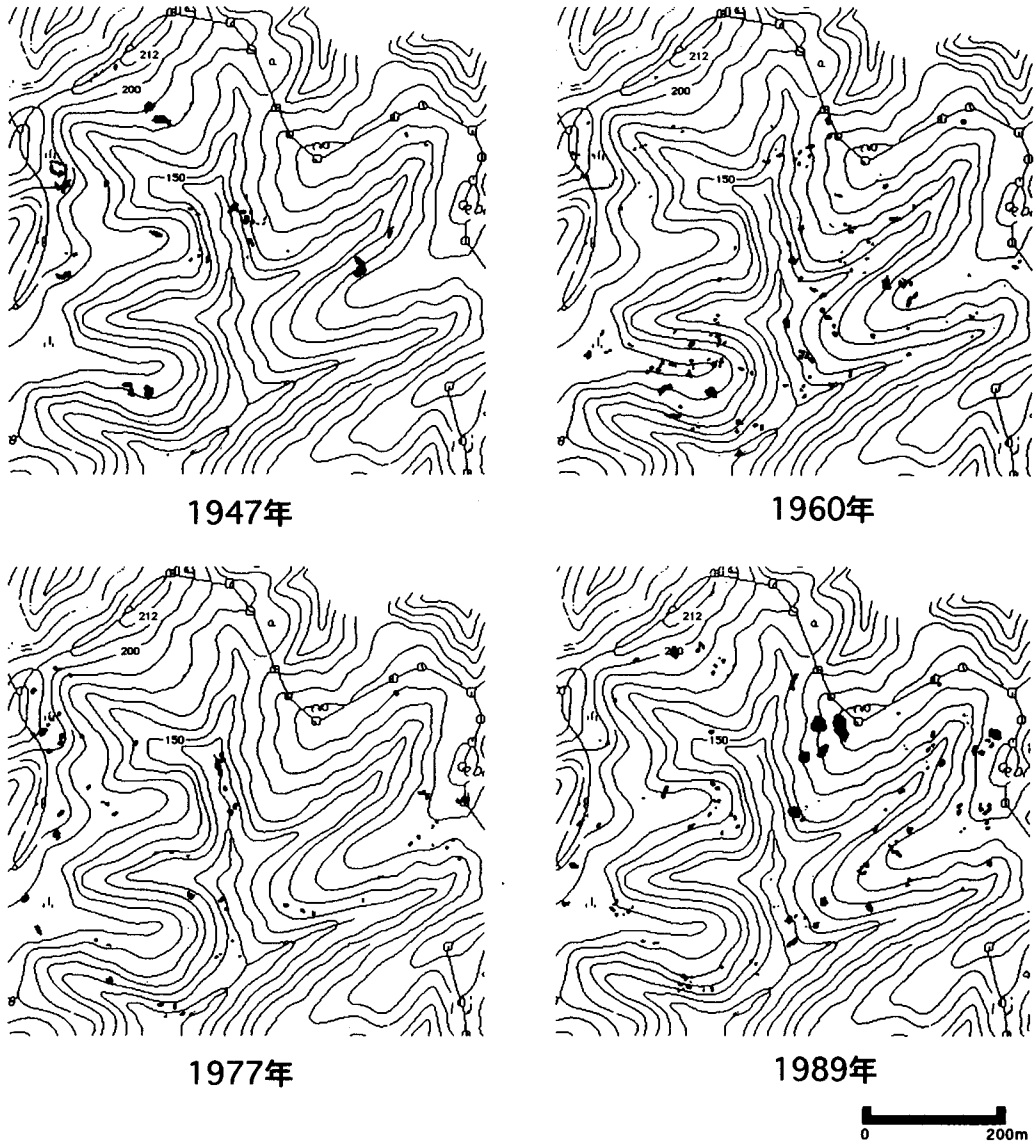


図-21 再生群落の分布 (奥地)

てそれぞれの集団は側面図上で、3～8 m、4～6 m、8～75 mの幅をもってモザイク状に存在している。このことから、Plot-WBでは7～15年前、19～26年前の約7年間に3～8 m、4～6 mの幅の再生群落が形成されたと考えられる。加藤ら(1984)は、幹折れ林分における前生稚樹の樹高成長に関して、林冠の疎開後その成長は急激に良くなるがその成長が最大になるのは、疎開直後から8年後ぐらいまでであると報告している。このことから7～15年前、19～26年前の約7年間の再生群落の形成はそれぞれ1回の攪乱で引き起こされた可能性が高い。また、このことから、Plot-Wにおいては何らかの原因で約26年前に3～8 m幅で林冠の疎開がおこ

表-9 再生群落面積と樹冠被覆面積比

		Year				平均	合計
		1947	1960	1977	1989		
再生群落面積	奥地 (m ²)	3,235	5,354	2,965	6,665	4,555	18,219
	河西 (m ²)	6,033	7,940	5,566	10,515	7,514	30,054
再生群落調査面積比	奥地 (%)	0.9%	1.5%	0.9%	1.9%	1.3%	5.2%
	河西 (%)	2.2%	2.9%	2.0%	3.8%	2.7%	11.0%
再生群落樹冠面積比	奥地 (%)	1.2%	2.3%	1.2%	2.8%	1.8%	7.4%
	河西 (%)	2.6%	4.0%	2.6%	5.7%	3.6%	14.6%

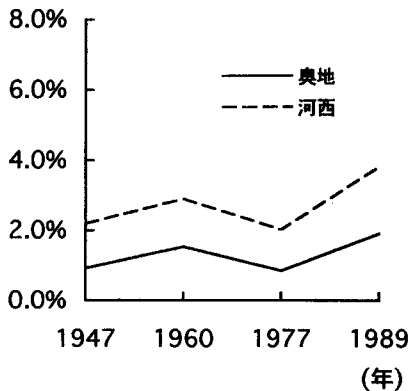


図-22 再生群落の調査面積比

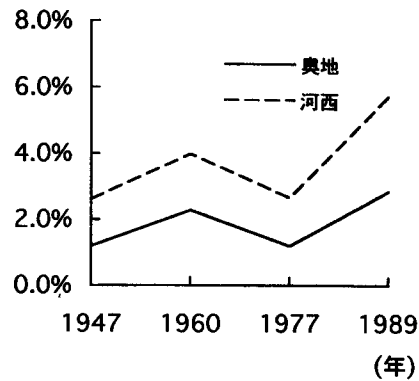


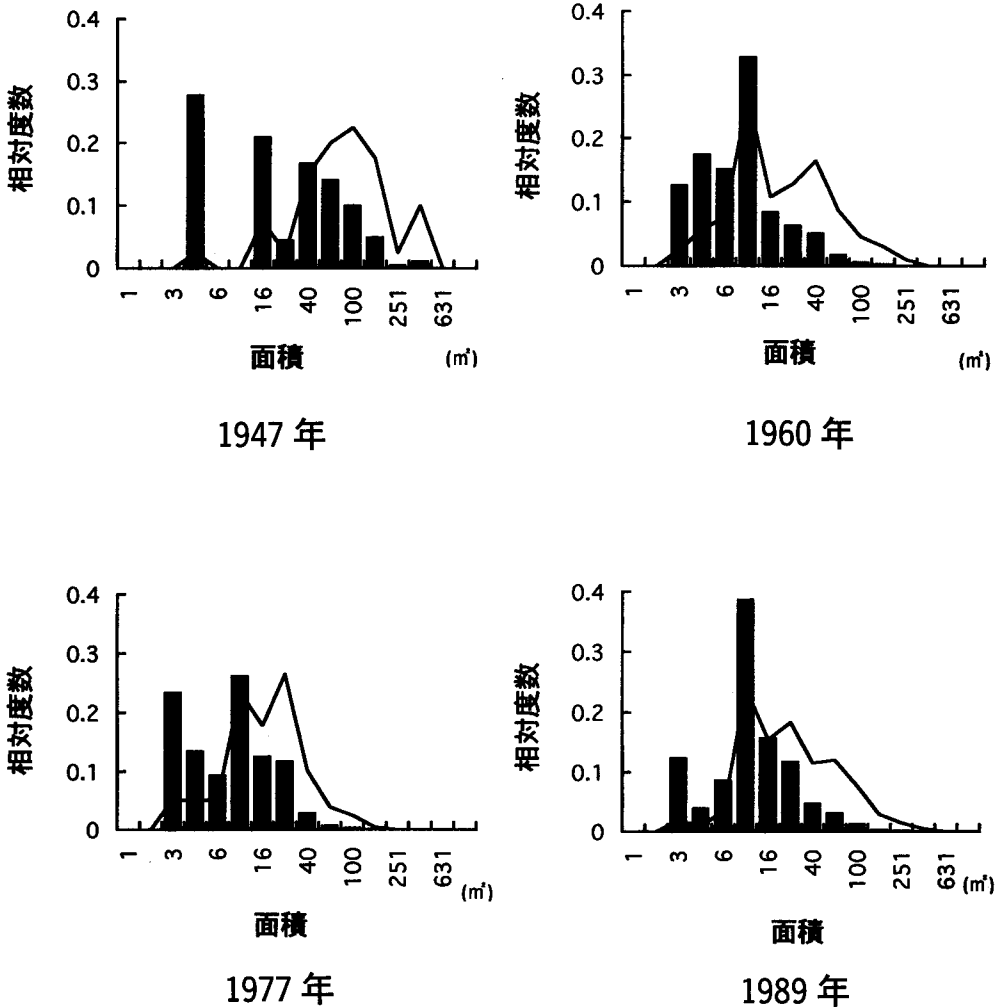
図-23 再生群落の樹冠被覆面積比

り、それに続く約7年のあいだに再生群落が形成されたと考えられる。さらに、約15年前にも同様の林冠の疎開が起り、それに続く約7年のあいだに再生群落が形成されたと考えられる。そして、それ以降は再生群落は形成されていない。また、それらの2回の攪乱によりできた再生群落の場所はモザイク状に存在しており、結果として、約21年—約30m幅の規模で再生群落形成されたと考えることができる。

Plot-OBにおいては、年輪調査による結果から8~15年前の更新木集団と、林冠木の集団に分けることができ、更新木集団は側面図上で約20mの幅をもって存在していることがわかる。よって、Plot-OBにおいては約7年—約20m幅の規模で再生群落が形成されたと考えられる。

4. 2 地上調査による再生群落の形成パターン

湿雪害後の再生状態を調査した、Plot-Wにおいては、Iδによる解析、および図-10の樹冠投影図より、下層木と枯死木の分布は似た傾向を示していた。また、プロット内の西北部には約1,000m²の大きな集中斑をもって枯死木と再生群落が存在し、その内部では約60~250m²

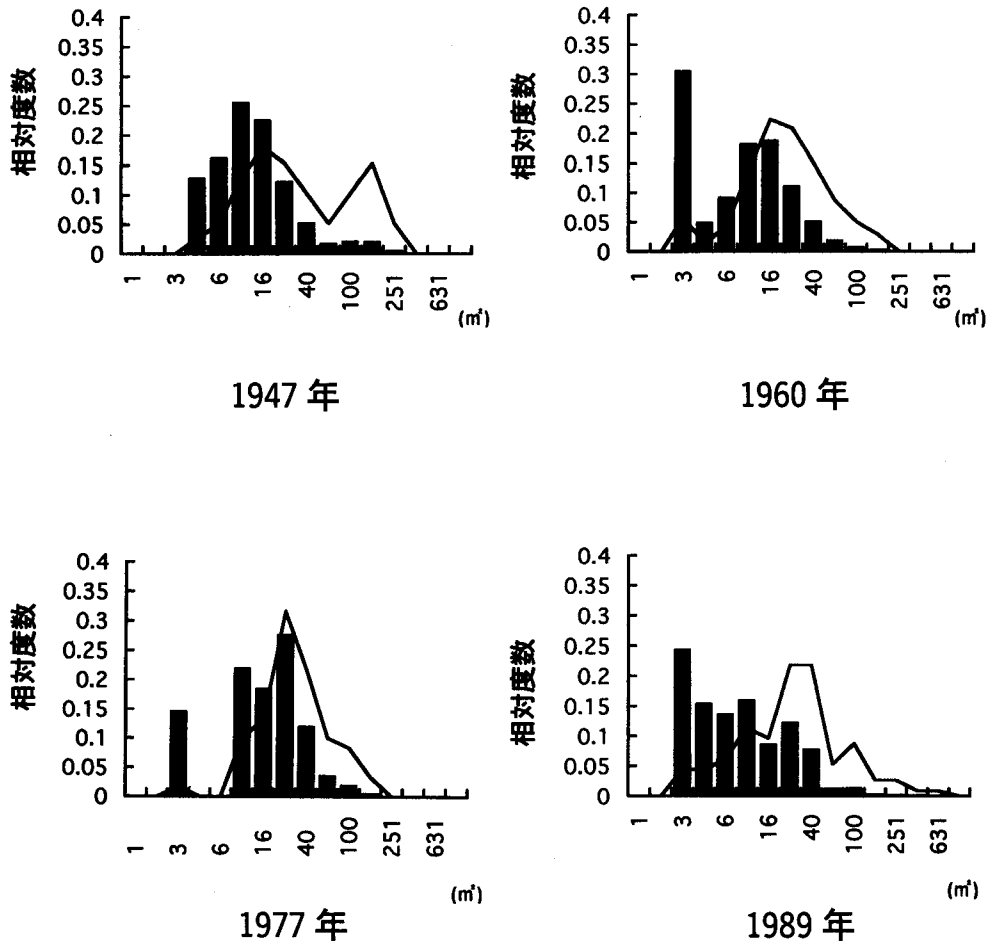


棒グラフは相対度数を、折れ線グラフは面積の相対値を示す。
縦軸は相対値を、横軸は面積の対数値を表す。
度数は区間幅で割った値の相対値である。

図-24 再生群落の面積階別度数及び面積 (河西)

の小さな集中班が存在していることが読みとれる。ここで時間的な変化を Plot-WB の調査結果より分析すると、調査地では小規模な破壊と再生が 2 回繰り返され、約 20 年で大規模な再生群落が形成されていると考えられる。

以上のことより、本調査地では 60~250 m² 程度の集中班をもって林冠木が倒壊し、それに続く 7 年程度の間には下層木が再生することで同規模の再生群落が形成された、つまり 7 年—60~250 m² 規模で再生群落が形成されたと考えられる。さらに、それがモザイク状に繰り返され、20 年—1,000 m² の再生群落が形成されたと考えられる。そして、その後現在に至る 7 年



棒グラフは相対度数を、折れ線グラフは面積の相対値を示す。
縦軸は相対値を、横軸は面積の対数値を表す。
度数は区間幅で割った値の相対値である。

図-25 再生群落の面積階別度数及び面積 (奥地)

間には、再生群落は形成されていない。

Plot-OBにおいては、林冠が約1,500 m²規模で疎開し、それに続く約7年の間に同規模で再生群落が形成された、つまり7年—1,500 m²で形成されたと考えられる。そして、その後現在に至る7年間には、再生群落は形成されていない。Plot-WとPlot-OBは、再生群落の規模としては、ほぼ同程度であるが、その成立過程に違いがみられた。

4. 3 空中写真による再生群落の形成パターン

1947年～1989年の42年間に発生した再生群落の分布傾向を調べるために、河西・奥地の航空写真判読図を重ねた(図-27)。これによると、再生群落の分布には集中性がみられるが、

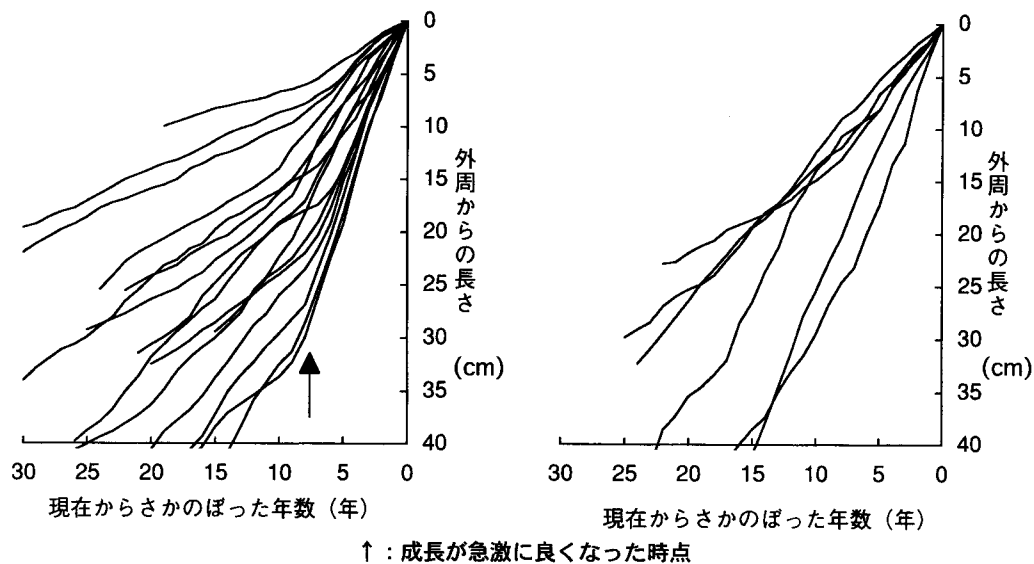


図-26 成長曲線 (Plot-W)

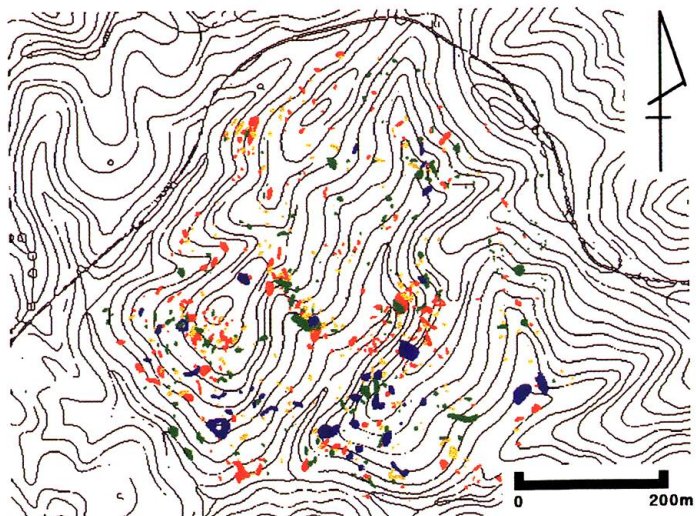
奥地においては、その集中性は河西に比べて弱いように見える。

そこで、この再生林群落の分布を $I\delta$ 指数で解析したところ (図-28)、集中分布を示した。集中斑の大きさは河西は $8 \text{ ha} \cdot 2,500 \text{ m}^2 \cdot 625 \text{ m}^2$ となり、奥地は $8 \text{ ha} \cdot 1 \text{ ha} \cdot 625 \text{ m}^2$ となった。ここで、図-18 の河西・奥地の全樹冠の分布を $I\delta$ で解析すると、図-29 に示すとおり、共に集中分布を示し、集中斑の大きさは 8 ha を示した。先ほどの、再生群落の集中斑のうち、 8 ha 集中斑は再生群落を含む樹冠全体の分布であるのでそれ以下の集中斑である、河西の $2,500 \text{ m}^2 \cdot 625 \text{ m}^2$ と奥地の $1 \text{ ha} \cdot 625 \text{ m}^2$ が再生群落固有のものであると考えられる。この中で $2,500 \text{ m}^2$ 、 1 ha の集中斑は、図-27 から同規模のとして読みとることができる。また、このような中規模の群落を形成せず、ランダムに分布している場所も読みとることができる。調査林内では再生群落がおおよそ $2,500 \text{ m}^2 \sim 1 \text{ ha}$ の規模の集中斑をもって存在している場所、つまり 42 年 - $2,500 \text{ m}^2 \sim 1 \text{ ha}$ 規模で存在している場所と、ランダムに存在している場所があることがわかる。

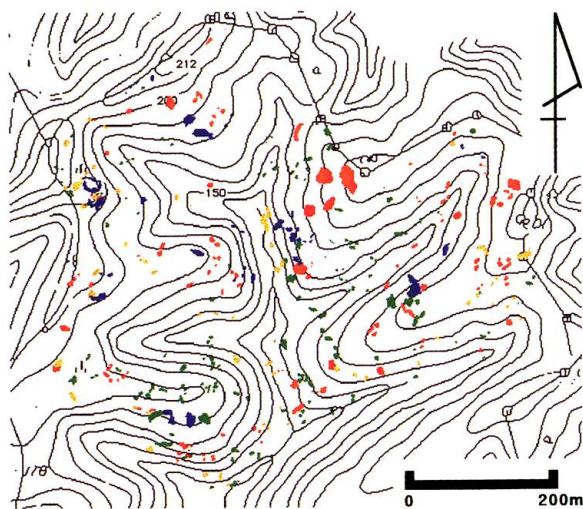
5. 形成様式の違い

大雪山において針葉樹林と、針広混交林の攪乱体制の違いを調査した久保田 (1993) は、針広混交林は連続的かつ周期的な更新を行っており、針葉樹林は予測性の低い攪乱による一斉更新を行っていると報告している。このことは、空間的には針葉樹林では集中斑をもって攪乱が起こっており、広葉樹林では比較的ランダムな分布で攪乱が起こっていることを示すものと考えられる。

また、203 林班での伐採跡地の調査では、60~80 年前に集中斑をもった攪乱が存在したが、



河西



奥地

■ 1947年 ■ 1960年 ■ 1977年 ■ 1989年

図-27 再生群落の分布 (1947年~1989年)

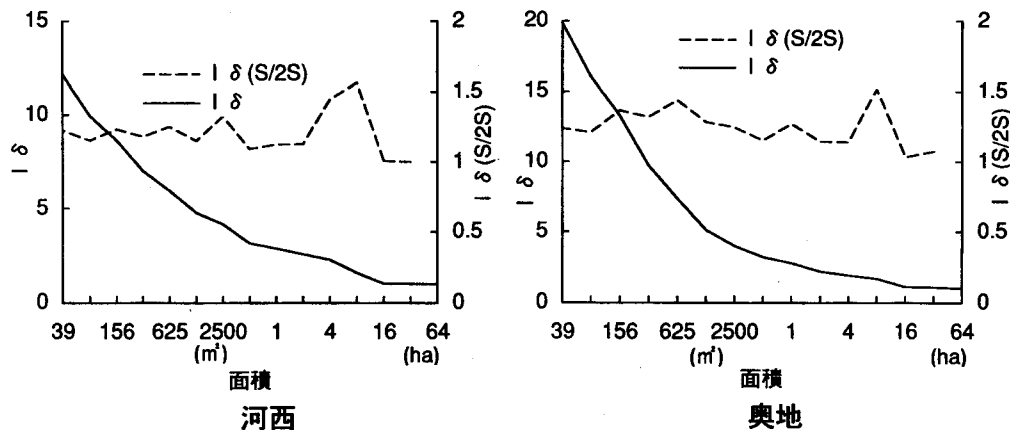


図-28 再生群落のIδ (1947年~1989年)

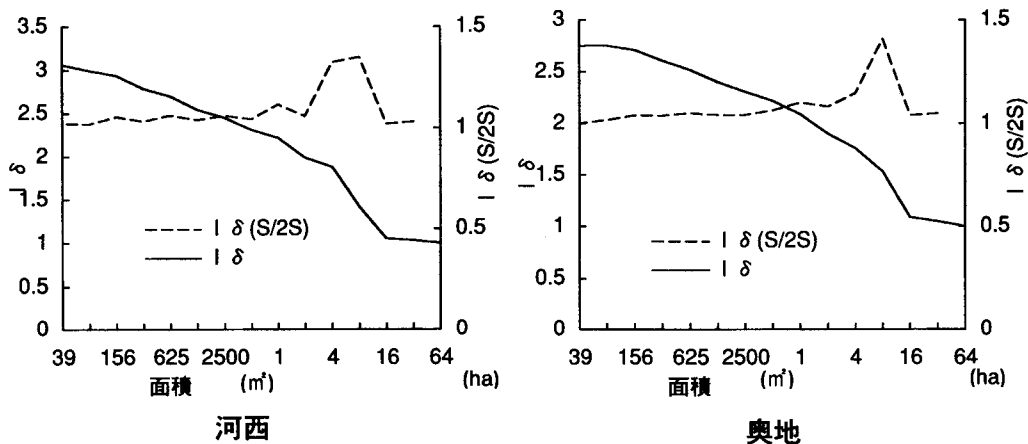
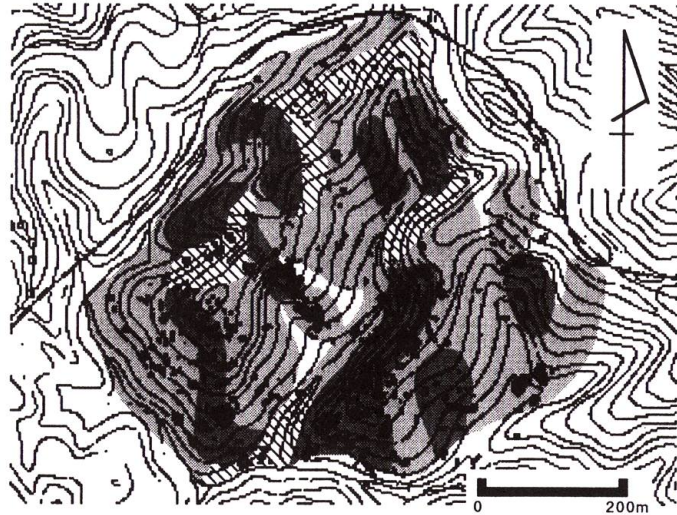


図-29 樹冠のIδ

図-2からそれは針葉樹林分で起こっていたことがわかる。

そこで、再生群落の分布様式の違いの理由の一つとして、林相の相違を考えてみた。再生群落と1947年の航空写真より、針葉樹林分、広葉樹林分、針広混交林分に分けて作成した林相図を重ねたのが図-30である。これによると、再生群落は破壊前に針葉樹林分であった場所に集中斑をもって多く存在していることが読み取れる。

また、それぞれの林相別に再生群落の面積を分散分析した結果が、表-10である。これによると、1947年~1989年の結果より、面積の平均値には林相の違いによって差があり、針葉樹林分が他の林分より有意に大きかった。それぞれの最大面積は、620 m²・220 m²・490 m²で針葉樹林分が最大であった。同様に、表-10の年別に分散分析した結果によると、有意となった1960年以外は、面積の平均値には林相の違いによって差は認められなかった。



■ 針葉樹林 □ 針広混交林 ▨ 広葉樹林

図-30 再生群落と林相

表-10 再生群落面積の林相別分散分析結果

年	平均 (m ²)			判定 (**:1%有意 *:5%有意)		
	針葉樹林	広混交林	広葉樹林	針-混	針-広	混-広
1948	101.0	59.1	45.3			
1960	26.1	18.5	15.2	*	*	
1977	18.4	16.4	13.2			
1989	19.7	19.1	29.1			
1948-1989	33.1	20.1	18.7	**	**	

以上のことより、10~20年の間に発生する再生林分の面積には林相によってあまり差がないが、約40年の間では針葉樹林分の再生群落は他の林分に比べて大きいことがわかる。

一方、林相別にI₀を求めたのが、図-31である。これによると、針葉樹林分では1ha以下の様々な大きさの集中斑が、針広混交林では2,500m²以下の様々な大きさの集中斑が存在していることが分かる。これに対して、広葉樹林分では、1haと625m²の集中斑に明確に分かれており、配置図の読みからも、625m²以下の小さな集中斑から構成されていることが読みとれる。

このことより、針葉樹林分において再生林分は、すでに発生した再生林分に近接して発生する傾向が他の林相の林分に比べて強く、一方、広葉樹林分においては比較的離れて発生する傾向があり、針広混交林分においてはその中間にあると考えられる。

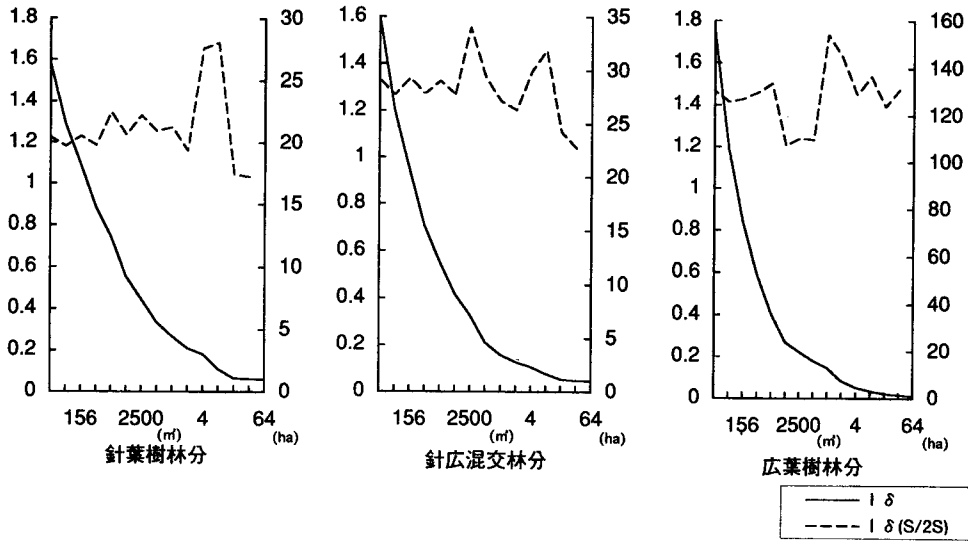


図-31 再生群落の林相別 $I\delta$

総合考察

図-32 に今回の調査で見られた再生群落の規模を示す。

航空写真による調査によると、調査対象地域では $10\text{ m}^2 \sim 100\text{ m}^2$ の再生群落が数多く存在していた。これは、Plot-W において見られた 7 年— $60 \sim 250\text{ m}^2$ の再生群落と規模的に近い。写真上には発生直後から数十年経た再生群落まで写し込まれるが、Plot-W の結果からこの $10\text{ m}^2 \sim 100\text{ m}^2$ の再生群落は数年のスケールでつくられたと考えられる。さらに十数年のスケールに注目すると、Plot-W の 20 年— $1,000\text{ m}^2$ と、航空写真による 12~17 年— 600 m^2 はスケールの近い。Plot-W においては、小さな再生群落ががモザイク状に繰り返し発生することで、大きな再生群落をつくっていたこと

から、調査対象地域でみられた最大 600 m^2 の再生群落は小さな再生群落の発生の繰り返しでつくられたと考えられる。この現象は少し規模が大きいのが、203 林班の調査でもみることができる。

ところで、 $10\text{ m}^2 \sim 100\text{ m}^2$ 規模の再生群落の分布には 2 つの分布パターンがみられた。1 つは $10\text{ m}^2 \sim 100\text{ m}^2$ のままで周辺に拡

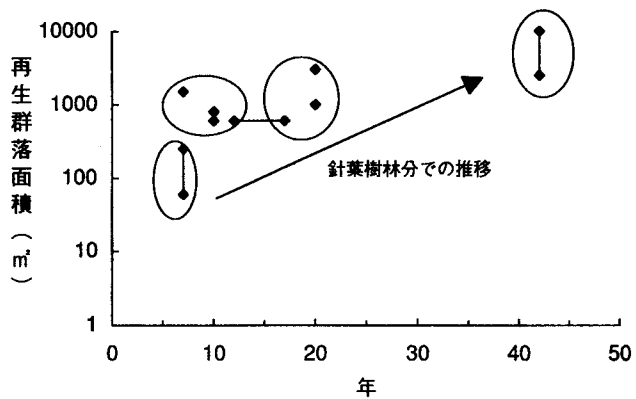


図-32 再生群落の時空間規模

大・合併せず、ランダムに存在するタイプと、もう1つは15年～20年間に600 m²～1,000 m²程度に拡大・合併し、45年で2,500 m²～1 ha程度の集中斑をつくるタイプである。

再生群落の集中斑のみられる針葉樹林分においては、約10年間に10 m²～250 m²の再生群落が形成されており、その後20年間に600 m²～1,000 m²、45年で2,500 m²～1 haと、再生群落が拡大していく傾向がみられた。しかし、その拡大方法は、連続したものではなく、60 m²～250 m²程度の林冠の疎開が10年程度の間隔で時間的に不連続に繰り返し起こることによって再生群落が形成されている。つまり、林冠の疎開が60 m²～250 m²程度で起こり、数年かけて再生群落が成立した後数年間は再生群落が拡大することはないが、その後になると、近隣の林冠の疎開が60 m²～250 m²程度でおこり、その後、同様の過程を経ることを繰り返していると考えられる。

木村(1977)は、本州亜高山帯針葉樹林において、林冠にギャップが生じると、強風により幹折れが生じたり、水収支の破綻から林冠のギャップは拡大する傾向にあるとしている。また小見山ら(1981)は、枯死木は集中分布し、集中斑の大きさは625 m²と2,500 m²であると報告している。これは、本調査地における再生群落の分布と近い。そして、枯死木が集中分布を示す理由として、亜高山帯のように環境条件が厳しいところでは、一カ所に枯死木が生じて林冠に空隙が生じると、連鎖的に枯死木が生じるためとしている。また、RUNKLE(1985)は、ギャップに隣接する林冠木の枯死確率がかなり大きいと述べている。本調査地では、10 m²～250 m²程度の再生群落が頻繁にできており、それによってできたギャップにより周辺木に環境変化がもたらされ、林冠の疎開を引き起こしていると考えられた。しかし、その拡大のしかたは、八ヶ岳縞枯木のシラビソ・オオシラビソ林などの亜高山帯でみられるシマガレ型の更新(木村, 1977)のような連続したものではなく、再生群落の近隣ではあるが不連続・モザイク的に発生している。

シマガレ型更新のような連続的な枯死は、恒常的に吹きつける卓越風のストレスにより、ある小さな群が枯死することでその風下の個体も枯死するのを繰り返すことで発生しており、シマガレの初期条件を用意したり移動を速めたり幅を拡大したりする、台風のようなイベント的な出来事は、恒常的な駆因でないと考えられている。これに対して本調査地周辺では、冬季の湿雪を伴った強風などのイベント的な原因による倒壊が多く確認されている(加藤ら, 1986)。このことから本調査地においては、ギャップの発生により、近隣の個体へ環境変化をもたらし、ストレスを受けている所に、先に述べた冬季の湿雪を伴った強風などのイベント的な出来事が起こることで、再生群落の近隣ではあるが、不連続・モザイク的な発生が起こっているのではないかと考えられる。

この針葉樹林分における45年間にできた再生群落の面積により、回転時間を算出してみると(表-11)約200年となる。本調査地に近い天塩地方演習林214・215・216・220・221・222林班において、広範囲から集材された伐採木の年輪を調査した矢島(1981)によると、樹高0.3 m

表-11 林相別再生群落の面積と回転時間

	針葉樹林	針広混交林	広葉樹林
再生群落面積 (m ²)	15,660	2,000	10,380
樹冠面積 (m ²)	74,010	36,530	113,510
回転時間 (年)	198	767	459

回転時間は以下の計算式で算出した。

$$\text{回転時間} = (\text{樹冠面積} / \text{再生群落面積}) \times (1989 - 1947)$$

再生群落の面積は1947年～1989年に新規に発生した再生群落の合計面積である。

樹冠面積は、1947年のデータを用いた。

林相と樹冠面積は別々に判読・合成したため、樹冠面積の合計は他の表と合致しない。

におけるエゾマツの最大年輪数は322本、トドマツは226本であり、それぞれ100～260本、100～140本の個体数が多いとしている。樹高0.3mまでに成長するのに要する年数の最大は、それぞれ23年、22年と報告されているので、樹齢はおおよそ、120～280年・120～160年で、最大約350年・250年であると言える。また、樹高0.3m～3.95mに成長するのに要した年数は、7～117年、6～83年である。この年数を被圧から解放されるまでの年数と仮定すると、伐採木が被圧から解放されてからの年数は、それぞれ最大で230年～340年、170年～240年となる。これらの年数と、本調査地の回転時間の約200年は近い値を示しており、針葉樹林の再生については、本研究によって明らかになった再生の過程が重要な役目をはたしていると考えられる。

一方、再生群落がランダムに分布する広葉樹・針広混交林分では、10m²～100m²スケールの再生群落が形成された後、45年の間に拡大する傾向はみられなかった。この広葉樹・針広混交林分における、45年間にできた再生群落の面積により、回転時間を算出してみると、460～770年となる。矢島(1981)の結果より前段と同様の方法で、被圧から解放されてからの年数を算出すると、ミズナラが最大で430年～460年、ハリギリ320年～370年、ダケカンバが220年～370年となり、本調査で算出された回転時間は、これらの値よりかなり大きい。この原因としては、さらに長期に観察すれば他の再生パターンが存在するという可能性と、再生群落1個あたりの面積がかなり小さいため判読誤差が大きかったという可能性がある。山本(1984)・YAMAMOTO(1989)は、ブナ林や照葉樹林のギャップは500m²を越えるものは少なく、平均して50～200m²程度の大きさであり、その空間的分布はランダムあるいは均一に近く分布していると報告しており、本調査地の結果と近い。広葉樹・針広混交林分での再生過程の中で、このランダムな分布での再生は、重要な位置をしめている可能性が高いと考えられる。

おわりに

この研究では、北海道北部天然林の原生林においても他の多くの森林と同じように、空間的にも時間的にも、不均質なモザイク構造からなっていることを数十ha規模で、その再生群落

の配置から示した。また、その再生群落の分布様式についても検討を行った。

分布様式については、針葉樹林分と広葉樹・針広混交林分でそのパターンが異なっており、針葉樹林分においてはその分布様式が明らかになったが、広葉樹・針広混交林分については今回の調査・分析による分布様式だけでは森林の世代交代を説明するには不十分であった。針葉樹林分においても今回行ったプロット調査 (Plot-W) では、針葉樹林分から針広混交林分へ推移していたが、本調査地のように、冬季の湿雪を伴った強風によりモザイク的に起こる破壊パターンと、北海道において一般的にみられるモザイク的な針広混交林の存在との間には、何らかの関連があると考えられる。今後の課題として、針葉樹林分→針葉樹林分、針葉樹林分→針広混交林分、針葉樹林分→広葉樹林分に推移する場合に分けた、破壊パターンとの関連を調べていく必要がある。また、この研究では北海道北部天然林に多くみられる無立木ササ地と再生群落の分布の関係については研究の対象としなかった。今後は、広葉樹林分、針広混交林分、ササ地の再生群落の分布様式を検討する必要がある。さらに、今回は林相によって再生群落の分布様式を考察したが、これ以外にも傾斜角度・方向、気象、標高、土壌など、攪乱を引き起こしたり、再生に影響をあたえる外部的な環境条件との関連についても考える必要がある。たとえば、351 林班 (河西) において再生群落が集中している場所は、南西斜面や南西にのびる河川にそった斜面に多くみられる。表-1 の調査地に近い中川測候所の記録から調査地一帯は、南西あるいは西南西の強風にさらされたことが考えられ、集中斑と風向・地形には何らかの関係があると考えられる。その上で、再生群落の分布様式の違いを生じさせる形成過程の違いを、樹木の老衰、虫害、菌害、林床植生、前生稚樹の有無などの内部的な環境条件を含めながら明らかにしてゆく必要もある。また今回、森林のモザイク構造に関してその再生初期に着目して研究をすすめたが、今後は群落の成熟時間といった成長の過程を含めながら、検討してゆく必要もある。

最後に、今回の研究結果による森林の取り扱い方法への応用の可能性を考えてみる。針葉樹林分において再生群落は周辺に拡大する傾向があった。このことは、林冠の疎開が周辺に広がる傾向を示すが、それと同時に再生群落が形成されることで森林が維持されていることも示している。ただしその広がり方は連続的なものでなく、数年程度の休止を置きながら数百~千数百 m² 程度ずつモザイク状に広がっていると考えられる。針葉樹林分において収穫をしようとする場合は、その伐採の影響が周辺に広がることを考慮にいれ、10 年程度の間隔を置きながら数百~千数百 m² ずつの伐採を周辺にモザイク状に広げる方法を検討する必要があるだろう。もちろん、その間に天然更新の期待できないところ、天然更新に失敗したところについては、更新補助作業を同時に行わなければならない。今回の調査地では、回転時間は 200 年となるが、モザイクのとりかたを工夫することで短縮は可能である。ただし、そのためには、攪乱体制と林分のモザイク構造との関連で、成熟時間 (バイオマスでの成熟、あるいは人間が必要な材がとれるまでの時間) の把握が必要不可欠である。

謝 辞

本論文の作成にあたり、北海道大学農学部森林科学科 和孝雄教授、小鹿勝利助教授、菅野高穂助教授、農学部附属演習林 佐藤冬樹助教授、山形大学農学部 藤原滉一郎教授にはご助力いただいた。演習林 板垣恒夫技官には航空写真判読に際してご指導をいただいた。天塩地方演習林の職員の方々には調査に際して色々と便宜を図っていただいた。特に同技官・林業技能補佐員の方々には、調査にあたってご指導・ご協力をいただいた。北海道大学農学部森林科学科の大学院生・学生、同教養部の学生の諸氏には調査にあたってご協力を受けた。また、米 瑞恵には多大な協力を受けた。ここに心からの感謝の意を表す。

引用文献

- 藤本征司 (1984) : トドマツの育成、更新様式について(予報), 天然林における樹群構造と更新の解析(第4報), 北海道営林局, 155-168.
- 伊藤 哲・寺岡行雄 (1993) : 広域森林管理と森林情報整備の問題点—広域森林におけるデータの変動とゾーニング—, 森林航測 **171**, 1-6.
- 加藤美栄子・松田 彊 (1986) : 針広混交林の小面積風害跡地における更新様式, 北海道大学演習林研究報告 **43**, 513-541.
- 駒木貴彰 (1990) : 天然林の成長評価, 樹木の年輪が持つ情報(解析技術と林業への応用), 北大農学部, 75-83.
- 木村 允 (1977) : 亜高山帯の遷移, 群落の遷移とその機構, 沼田 真編, pp.21-30, 東京, 朝倉書店.
- 小見山章・安藤辰夫・小野 章 (1981) : 御嶽山・亜高山帯天然林の動態 (II)—上層木の枯死状況—, 岐阜大学農学部研究報告 **45**, 307-321.
- 小見山章・田口 剛・石川達芳 (1984) : 御嶽山・亜高山帯天然林の動態 (X)—航空写真判読による林冠の再生過程の解析—, 日本林学会論集 **95**, 381-382.
- 久保田康裕 (1993) : 大雪山国立公園における針葉樹林の構造と攪乱履歴, 日本林学会北海道支部講演集 **41**, 202-203.
- 松田 彊 (1993) : 混交林の維持と再生, 北方林業 **46**, 123-126.
- MORISHITA, M. (1953): Measuring of the Dispersion of Individuals and Analysis of The Distributional Patterns. Mem. of Fac. Sci., Kyushu Univ., ser E (Biology) **2**, 39-47.
- 中静 透・山本進一 (1987) : 自然攪乱と森林群集の安定性, 日生態誌 **37**, 19-30.
- 中静 透 (1991) : 森林動態の面積長期継続研究について, 日生態誌 **41**, 45-53.
- 大井次三郎 (1975) : 日本植物誌顕花篇 1582 pp, 東京, 至文堂.
- RUNKLE, J. R. (1985): Disturbance regimes in temperate forests. In Disturbance and patch dynamics. S. T. A. PICKETT & P. S. WHITE (Eds). pp.17-34, New York, Academic Press.
- 佐多康子・夏目俊二 (1989) : 北海道北部地域における針広混交林の動態—林分構造および更新特性—, 日林論, **100**, 353-354.
- 田川日出夫 (1977) : 群落の構造, 群落の組成と構造, 伊藤秀三編, pp.112-192, 東京, 朝倉書店.
- WATT, A. S. (1949): Pattern and process in the plant community. J. Ecol. **35**, 1-22.
- 矢島 崇 (1981) : 針広混交林における主要構成樹種の成長過程に関する研究, 北大演研報 **39**, 1-54.
- 山本進一 (1981) : 極相林の維持機構—ギャップダイナミックスの視点から—, 生物科学 **33**, 8-16.
- 山本進一 (1984) : 森林の更新—そのパターンとプロセス—, 遺伝 **38**, 43-39.
- YAMAMOTO, S. (1989): Gap Dynamics in Climax Fagus crenata Forests. Bot. Mag. Tokyo, **102**, 93-114.

Summary

Spatial and temporal patterns of regeneration in a long term and a large area were studied in the forest of northern Hokkaido, Japan. In this area, because the forest floor is covered with Sasa, there are two cases of regeneration after disturbance. One is regenerated with trees, the other is regenerated with no trees, but only with Sasa. In this study, we dealt with the case regenerated with trees, and defined a patch which consisted of the regenerated trees as a regenerated patch. As a method for a long term and a large area investigation, aerial photograph analysis and tree ring analysis of stumps in a stand where selective cutting was done were used. The investigated area was about 60 ha on aerial photograph and 6 ha on a selective-cut-stand.

In the site, regenerated patches continued occurring in the small scale of several years — 10 to 100 m². In coniferous forest, regenerated patches of the small scale spread. The dispersion of the regenerated patches was clumped, and temporal and spatial expanse was 10 to 20 years — 600 to 3,000 m², about 40 years — 2,500 to 10,000 m². In broad-leaved forest and mixed forest, regenerated patches of the small scale did not tend to spread. The dispersion of the regenerated patches was random or regular.

In broad-leaved forest and mixed forest, the turnover time which was calculated by the development frequency of the regenerated patch was 460 to 770 years, and this value is larger than the age distribution of trees near this site.

In coniferous forest, the turnover time was about 200 years and this value is near to the age distribution of the trees. In coniferous forest the intermittent mosaic spreading of regenerated patches plays a vital role in maintaining the natural forest in northern Hokkaido.