



Title	林内かき起こし地における更新樹種の分布特性
Author(s)	宮, 久史; MIYA, Hisashi; 小鹿, 勝利 他
Citation	北海道大学 演習林研究報告, 61(1), 1-10
Issue Date	2004-08
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/21485">https://hdl.handle.net/2115/21485</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	61(1)_P1-10.pdf



# 林内かき起こし地における更新樹種の分布特性

宮 久史<sup>1</sup> 小鹿 勝利<sup>1</sup>

Distribution Pattern of Tree Saplings Regenerated on Scarified Sites  
with Sparse Canopy Trees in Northern Japan

by

Hisashi MIYA, Katsutoshi KOSHIKA<sup>1</sup>

## 要 旨

無立木地でのかき起こしは北海道で更新補助作業として定着し、発生する更新木はカンバ類が主体である。一方、林内かき起こしは多様な樹種が更新することが報告されている。本研究では林内かき起こし地で更新樹種毎に環境特性（光環境、母樹または上層木からの距離）を把握し、多様な樹種の更新が可能な疎開面積を考察した。調査は北海道大学雨龍研究林で行った。

7年前に行われた更新木調査との比較では、優占樹種とその他の樹種との樹高差が広がっていることが確認された。光環境と更新木の関係で、カンバ類は相対照度70%以上の箇所での更新が多かった。トドマツは相対照度60%付近での更新が多く、ミズナラは相対照度40%付近での更新が多い傾向が見られた。キハダは光環境と更新との関係は明確でなかった。また、カンバ類、ヤナギ類は上層木から約6m離れなければ更新が困難であり、トドマツ、キハダは上層木からの距離に関係のない分布をしていた。ミズナラは主に母樹を中心とした半径約16mの範囲で更新していた。以上より母樹から半径6m～16mの孔状疎開地で多様な樹種の更新が可能であることが示唆された。

キーワード：林内かき起こし、分布特性、疎開面積、種子散布型

---

2004年6月25日受理, Accepted June 25, 2004

1：北海道大学大学院農学研科環境資源学専攻森林管理保全学講座, 札幌市北区北9西9, 060-8589

Research Group of Forest Management and Conservation, Division of Environmental Resources, Graduate school of Agriculture, Hokkaido University, Kita 9 Nishi 9 Kita-Ku, Sapporo, 060-8589

## 1. はじめに

北海道の森林の多くはササ類（チシマザサ、クマイザサなど）に覆われ、実生や稚樹は被圧されている。一度ササ類に林床を覆われた林地では、刈払いや植込みなどの更新補助作業を行わない限り林木の更新は難しい。北海道ではこのような林地に対し、ブルドーザーやレーキドーザー等で表土ごとササを除去するかき起こしが1960年代半ばから行われ始めた（青柳 1983）。当初かき起こし対象地は過度の伐採や風倒による無立木地が主体で、カンバ類の単純林が成立した。そこで近年行われ始めたのが、林内かき起こしである。施工地内に多くの林木を母樹として残し林床の光条件を多様にする事で、カンバ類の更新と成長を抑制し、多様な広葉樹を更新させることが可能であることが、更新初期段階では確認された（林田ら 1991, 倉橋ら 1999）。しかし、更新木の成長過程での樹種構成の変化に関する報告はない。

広葉樹は生育していく過程でより強い光を必要とする樹種もあるため（小池 1988）、更新初期段階の多様な樹種構成が、そのまま維持されるとは限らない。また成長するに従い樹種毎に純群落を形成するようになり、更新初期段階の混交した状態からモザイク状の配置に変化していく可能性もある。このように更新木がモザイク状に存在するとき、樹種別にどのような環境条件で更新するかかわれば、かき起こしによって目的とする樹種を更新させることが可能になる。そのため林内かき起こし地における樹種構成の変化、及び更新樹種毎の成長を把握し、その環境条件を検討することは重要である。

また、これまでの研究では、更新木の環境条件を知る上で重要な空間分布（巖 1988）を把握するために、林内のいくつかの特徴的な立地に小区画を設置し、その中を調査することで更新面全体を推定していた。しかし、この手法では正確に更新状況を把握しているとはいえず、特徴的な立地を選定する際に主観が入ることも否めない。今後より正確な更新樹種の立地特性を知るためには、更新面全面を調査することが必要である。

従来、林木の空間分布を把握する方法としてIδ法を用いた研究（石橋ら 1989, 本阿弥ら 1997）や、Lloyd (1967) による平均こみあい度（太田ら 1972, 1975）などを用いた研究が行われてきた。これらは調査地をいくつかに区画してその中の林木の本数を数える方法であり、調査結果が区画の大きさに影響されや

すく（ピールー 1977, 西川 1998）、位置データを区画毎の個体数の形にまとめてしまうため、区画相互の位置関係についての情報が失われてしまうなど限界がある（長谷川 1986）。一方、林木からの距離を用いる距離法は、方形区法の欠点を補うものとして研究されてきた（西川 1998）。これは個体の空間パターンを、領域の中で選んだいくつものランダム標本点と個体との距離、または個体と個体との間の距離により表現しようというものである（長谷川ら 1986）。特にアメリカなどで用いられてきたK関数（Ripley 1977）は、全ての林木の位置を用いるためより正確な判断ができる（西川 1998）。

加えて、後述するK関数を変形したL関数（Besag 1977）を用いることで二種類の点（本研究では更新木と上層木）の空間的な分布相関を把握できる。分布相関とは二種類の点が近くにまとまって存在するか、別々の場所に存在するか、この二つに当てはまらずバラバラに存在するかということである。これにより母樹と更新木との分布相関を把握することができる。その結果、目的樹種を更新させる技術が高められると考えられる。

本研究では①林内かき起こし地での更新後から現在までの樹種構成及び成長を把握すること、②樹種毎に天然更新している場所の環境条件（光環境、空間分布、母樹からの距離）を明らかにすることを目的とした。

## 2. 調査及び解析方法

### 1) 調査方法

調査は北海道大学北方生物圏フィールド科学センター雨龍研究林320林班の林内かき起こし地で行った。雨龍研究林の林相はトドマツ、アカエゾマツ、ミズナラ、シナノキ、イタヤカエデ、カンバ類などからなる針広混交林が主体で、山腹部では無立木地が多くササが密生している。尾根部分はダケカンバの疎林になっている。

本研究では、320林班内のほぼ平坦な林内かき起こし地にA、B区、2箇所の調査地を設けた。A区は1987年、B区は1979年にかき起こしが行われ、本調査の時点（2003年）での林齢は16、24年生である。調査地の大きさはA区が95m×60m（0.57ha）、B区が50m×100m（0.50ha）である。同箇所では1996年（本研究の7年前）に林分構造及び更新状況の調査が行われている（倉橋ら 1999）。本研究では更新木の個体数が多かったカンバ類、ミズナラ、トドマツ、キハダ、

表-1 調査地内の樹種構成 (本数比率: %)

	A 区		B 区	
	上層木*	更新木*	上層木*	更新木*
アカエゾマツ	6.2	—	6.4	0.1
トドマツ	38.9	1.1	26.8	41.8
ホオノキ	—	—	—	0.1
イタヤカエデ	2.7	0.1	11.8	3.2
カンバ類	31.0	77.6	6.4	18.8
キハダ	2.7	3.6	5.6	7.9
ナナカマド	—	—	6.6	0.9
ミズナラ	13.3	13.3	19.7	15.7
ハリギリ	—	1.0	7.2	2.3
シナノキ	2.7	—	6.3	2.9
アズキナシ	—	—	—	5.0
ヤナギ類	2.2	4.0	3.2	1.5
計 (本数)	100.0 (225)	100.0 (1788)	100.0 (126)	100.0 (2355)

\*上層木: 胸高直径 $\geq 10$ cm,  
更新木:  $10\text{cm} >$  胸高直径 $\geq 1$  cm

ヤナギ類の更新木を対象とした。

調査はまずかき起こし以前から存在したと考えられる胸高直径 $\geq 10$ cmの林木 (以下, 上層木と呼ぶ) について, 樹種, 胸高直径, 樹高, 位置の測定を行った。両調査地のの上層木及び更新木の樹種構成を表-1に示す。なお, 本研究では更新木を胸高直径 $< 10$ cmの個体としているが, 表-1の更新木は $10\text{cm} >$  胸高直径 $\geq 1$  cmの個体である。更新木についてはまず胸高直径 $\geq 1$  cmの個体に対して, 樹種, 胸高直径, 位置を測定した。また, 胸高直径 $< 1$  cmの更新木については1996年に調査が行われた箇所に $2\text{m} \times 2\text{m}$ の方形区 (以下, 方形区) を復元し, 樹種, 樹高を測定した。方形区の個数はA区3箇所 (A1~A3), B区3箇所 (B1~B3) である。また調査地内をコンパス測量によって $10\text{m} \times 10\text{m}$ に区画し, 区画の境界線上に $2\text{m}$ おきに $2\text{m} \times 2\text{m}$ の小区画 (以下, 小区画) を設定し (A区415箇所, B区386箇所), その小区画内の更新木 ( $10\text{cm} >$  胸高直径 $\geq 1$  cm) の優占樹種と競合樹種を調査した。優占樹種は各小区画内の更新木の中で最上層に達し, 個体数が多い樹種とした。また, 最上層の更新木が競合状態にある場合は, 競合状態にある樹種全てを調査した。小区画の中心においては, 照度計を用いて開放地に対する相対照度を測定した。反復は3度としその平均値を用いた。測定は原則として地上から $3\text{m}$ の高さで行ったが, 更新木の樹高が $3\text{m}$ 以上の場合は樹冠上で測定した。しかし, 樹高成長が著しく良い箇所では相対照度を測定できず, A, B両区で1割程測定対象から除外した。

## 2) 解析方法

林木の成長過程での樹種構成の変化と樹高成長量を把握するため, 7年前に行われた優占種の異なる方形区6箇所 (A1~A3, B1~B3) を再測定した。優占している樹種は, カンバ類, ミズナラ, トドマツであり, 樹種毎に2箇所の $2\text{m} \times 2\text{m}$ の方形区が設定されている。カンバ類が優占している箇所にはA1, A3, ミズナラが優占している箇所にはA2, B1, トドマツが優占している箇所にはB2, B3が設定されている。調査地内における更新木の分布と, 方形区的位置を図-1に示す。

また, 局所的な光環境と優先樹種の間関係を検討するため, 各優占樹種毎に, A区415箇所, B区386箇所の小区画を相対照度10%毎に頻度を数えた。さらに, 調査地内全小区画の相対照度10%毎の頻度分布を求めそれら2つの頻度分布について,  $\chi^2$ 検定を行った。

更新木の空間分布を把握するためL関数 ( $L(d)$ ) で解析を行い, 更新木と母樹 (同種の上層木), 更新木と上層木 (種を限らない) の分布相関をもとめるため $L_{12}(d)$ で解析を行った (Besag 1977)。なお, ここでいう母樹とは更新木と同種の上層木を指している。L関数はK関数を変形させたものであるため, まずK関数 (Ripley 1977, 1981) について説明する。

K関数の考え方は, 調査地内のある点 (本研究では更新木) を中心にした半径 $d$ の空間を設定し, その中に入る他の点数を解析の対象とする。K関数を式で表わすと次のようになる。

$$K(d) = n^{-2} |A| \sum \sum \omega_{ij}^{-1} I_d(d_{ij})$$

ここで $n$ は面積が $|A|$ の領域Aにある点の総数,  $d_{ij}$ は $i$ 番目の点と $j$ 番目の点との距離を表している。 $I_d(d_{ij})$ は $d_{ij} < d$ のとき1,  $d_{ij} \geq d$ のとき0となる指示関数であり, これを補正するために $\omega_{ij}$ がある。 $\omega_{ij}$ は点 $i$ を中心とした半径 $d_{ij}$ の円のうち, 領域A内に入る部分の円周の全円周に対する割合である。L関数は, K関数を次のように変形させたものである。

$$L(d) = \{K(d)/\pi\}^{1/2} - d$$

L関数によって個体の空間分布様式が解析でき, 分布様式は集中分布, ランダム分布, 規則分布に分けられる。集中分布の場合は, その集団の半径が示される。

また,  $L_{12}(d)$ は, 2種類の点 (本研究では更新木と同種の上層木, または更新木と上層木) の空間的

な分布相関を調べる関数であり、 $K(d)$ を普遍化した $K_{12}(d)$ を以下のように変形させたものである。

$$L_{12}(d) = \{K_{12}(d)/\pi\}^{1/2-d}$$

2種類の点の空間的な位置関係は、大きく3種類に分けられる。その模式図を図-2に示す。(a)のようにそれぞれが近くに分布している場合は同所的であるといい、(b)のようにそれぞれが違う場所に分布し

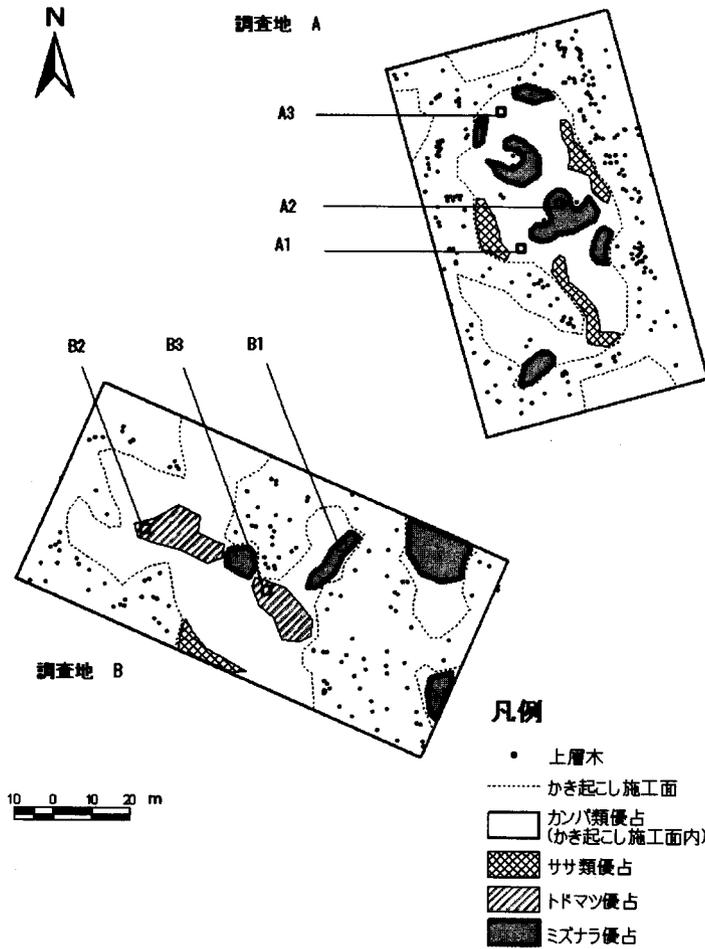


図-1 更新群落の分布と方形区的位置

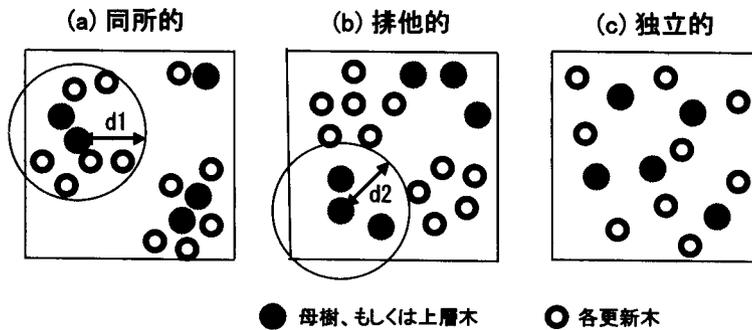


図-2 分布相関の模式図

ている場合は排他的であるといい, (c)のように同所的でも排他的でもなく, それぞれがバラバラに分布している場合は独立であるという。なお, 同所的と判断された場合は上層木を中心とした集団の半径を, 図-2に示した(a)のd1から求めることができる。排他的であると判断された場合は上層木から何m離れなければ更新が困難であるかを, 図-2に示した(c)のd2から求めることができる (Rebertus *et al.* 1989)。

### 3. 結果

#### 1) 樹種構成の変化と樹高成長

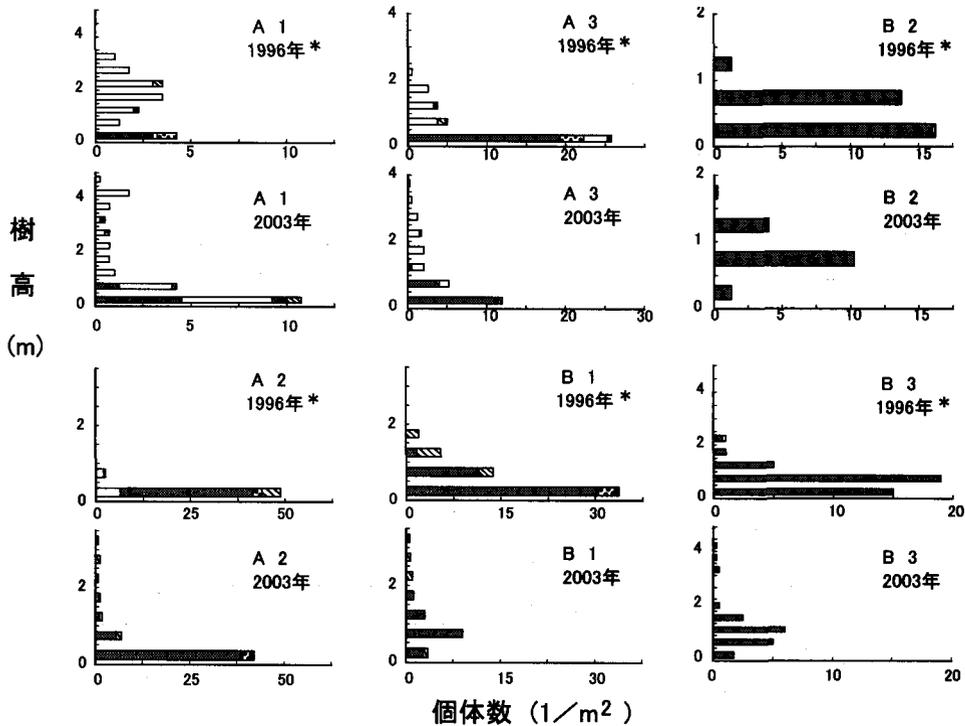
7年前(1996年)と現在の更新樹種構成を表-2, 各方形区の樹種別樹高頻度分布を図-3に示す。表-2をみると7年前と現在の樹種別個体数はA1のカンパ類, トドマツ, ヤナギ類, ミズナラ, A2のトドマツ, ヤナギ類, キハダが増加しているが, これら以外の樹種の個体数は減っている。6方形区全体の7年前

表-2 更新木の樹種別本数

(本)

方形区	A 1		A 2		A 3		B 1		B 2		B 3	
	1996*	2003	1996*	2003	1996*	2003	1996*	2003	1996*	2003	1996*	2003
優占樹種	カンパ類		ミズナラ		カンパ類		ミズナラ		トドマツ		トドマツ	
トドマツ	12	23	148	180	77	60	174	63	123	94	162	66
アカエゾマツ	4	1	9	8	12	4	11		1		2	
カンパ類	51	56	26	9	52	33	1					
ヤナギ類	1	3		2	3							
キハダ				1	2		1					
ミズナラ	1	5	22	19	4	2	32	13				
合計	69	88	205	219	150	99	219	76	124	94	164	66
1㎡当り本数	17.3	22.0	51.3	54.8	37.5	24.8	54.8	19.0	31.0	23.5	41.0	16.5

\*1996年のデータは倉橋ら (1999) による



■トドマツ □アカエゾマツ □カンパ類 □ミズナラ □キハダ □ナナカマド ■シナノキ □ヤナギ類

\* 1996年のデータは倉橋ら(1996)による

図-3 方形区内の樹種別樹高分布

の主な構成樹種はカンバ類、ミズナラ、トドマツ、アカエゾマツであった。このうちカンバ類、ミズナラ、トドマツは、2003年までの全体の個体減少率は約30%であり、アカエゾマツは約70%であった。

また樹高分布（図-3）では、各優占樹種が2003年においても更新木群の上層を占めている。その結果、優占樹種と他樹種の平均樹高の差が7年前より大きくなり、二段林化が進んでいた。下層の樹種構成はA1を除く全ての方形区においてトドマツが9割以上を占め、広葉樹が優占していた方形区はカンバ類-トドマツ、ミズナラ-トドマツになっていた。

## 2) 光環境毎と各樹種の更新

相対照度毎に、各樹種が優占している区画の相対照度を図-4に示した。 $\chi^2$ 検定の結果とこの相対照度分布から、カンバ類は相対照度70%以上で優占する割合が高く ( $p < 0.05$ )、トドマツは相対照度60%~70%で最も優占する割合が高かった (B区,  $p < 0.05$ )。ミズナラはA区で相対照度40%付近での更新が多い傾向がみられた ( $p = 0.054$ )。キハダは $\chi^2$ 検定でも更新木と相対照度の頻度分布との間に有意な差がないことからカンバ類、トドマツと比較すると特定の相対照度の箇所に多く更新するという傾向は見られなかった。

## 3) 更新木の空間分布様式と集団の大きさ

更新木の空間分布様式は、解析を行った全ての樹種が集中分布であった。樹種毎の集団の半径を表-3に示す。A区のカンバ類が最も大きな集団を形成し、他樹種は集団の大きさに大差はないものの、A区のキ

ハダが比較的大きな集団を形成している。トドマツはA区で更新木の個体数が19本と少ないため、解析に用いなかった。

## 4) 更新木の上層木、母樹との分布相関

分布相関の結果を表-4に示す。カンバ類の更新木はA、B両区で上層木から排他的に分布していた。排他的な範囲はA区で上層木から6.0mまでの間、B区では上層木から8.0mまでの間であった。ヤナギ類も同様に上層木から排他的に分布しており、A区では7.6m、B区では5.0mまでの範囲であった。

トドマツはB区で上層木と排他的な分布であり、その他では独立的な分布という結果になった。キハダはA区で母樹と同所的、B区で独立的な分布であり、両樹種共に一定の結果を得ることはできなかった。

ミズナラに関しては更新木と母樹が同所的に分布していた。同所的な集団の範囲はA区で母樹から約6.0m~15.2mの範囲であり、B区では母樹から約6.0m~16.0mの範囲で同所的に分布していた。他の樹種では、独立あるいは一定の傾向がなかった。

表-3 樹種毎の集団半径

調査地	カンバ類	トドマツ	ミズナラ	キハダ	ヤナギ類
A	33	—	13	23	15
B	18	16	12	12	14

数値は集団半径 (単位: m) を示す

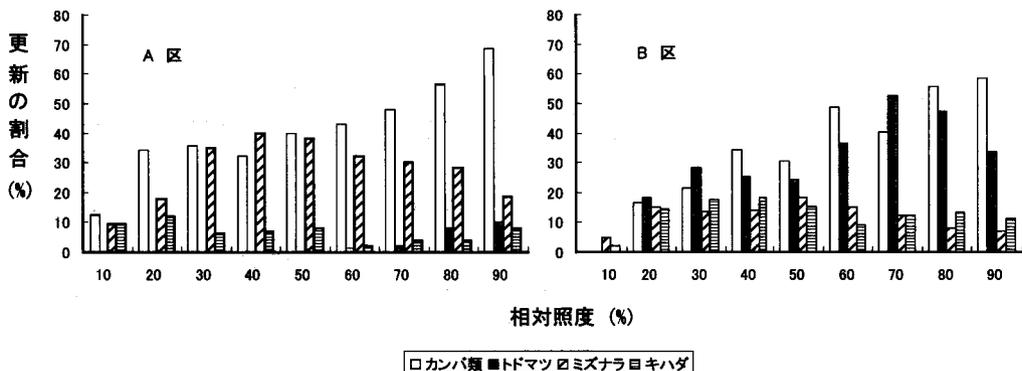


図-4 相対照度毎の更新樹種状況

表-4 樹種毎の分布相関 ( $L_{12}(d)$ 計算値)

調査値	上層木と各更新木				母樹と各更新木			
	A		B		A		B	
	分布相関	距離(m)	分布相関	距離(m)	分布相関	距離(m)	分布相関	距離(m)
カンバ類	排他	0.0~6.0	排他	0.0~8.0	独立		独立	
ヤナギ類	排他	0.0~7.6	排他	0.0~5.0	独立		独立	
トドマツ	独立		排他	0.0~6.0	独立		独立	
キハダ	独立		独立		同所	0.0~ 5.0 0.0~ 7.6	独立	
ミズナラ	独立		独立		同所	0.0~ 6.0 0.0~15.2	同所	0.0~ 6.0 0.0~16.0

#### 4. 考察

##### 1) 種構成の変化

更新木はカンバ類-トドマツ、ミズナラ-トドマツという二段林を形成しており、各方形区でカンバ類、ミズナラ、トドマツの種間の樹高差が1996年に比べ大きくなっていった(図-3)。また、1996年にトドマツよりも上層に生育していた優占樹種は、A1以外の方形区で個体数が減少していた(表-2)。これらの広葉樹は7年間の成長過程で他個体との競合に負け、枯損したと考えられる。

A, B区で1996年に個体数の多い樹種はカンバ類、ミズナラ、トドマツ、アカエゾマツであった。その中でアカエゾマツは個体減少率の最も高い樹種であった。アカエゾマツは1996年の時点で下層木であり、そのため他樹種からの被圧により枯死したと考えられる。B区で1991年に林田らによって行われた調査では、多数のアカエゾマツが更新していたが、現在ほとんど更新木が残っていないことから、林内かき起こし地でアカエゾマツの更新木を生育させるためには刈り出し等の補助作業が必要であると思われる。

##### 2) 樹種の分布特性

カンバ類の更新木(10cm $\geq$ 胸高直径>1cm)の個体数は他樹種に比べ多かった(表-1)。その原因として、種子の散布数が多く散布距離が長いことと、成長が速く被圧による枯死が比較的少ないことが挙げられる。カンバ類では、ダケカンバの有効種子散布距離が約40m程度といわれているものの、本調査地に更新しているシラカンバは200m~300m(中野・村井1970)である。図-1に示すように本調査地のかき起こし施工地全体がカンバ類の有効種子散布距離内であり、そのためカンバ類が最も優占できたと考えられる(表-3)。また、カンバ類の更新木と上層木との分布

相関は排他的であった。かき起こし面の光環境は林縁から中心部に向かって明るくなることが報告されており(倉橋ら1999)、林縁部の相対照度は中心部よりも暗い。シラカンバは相対照度30%付近から成長が低下し始めることが指摘されており(藤村・坂下1985)、弱光環境はカンバ類の更新に不向きのため、分布様式が排他的であったと考えられる。

ミズナラは更新木と母樹の分布相関が同所的であった(表-4)。ミズナラの種子散布様式は重力散布あるいは動物散布であり、有効種子散布距離は10~15mである(今田1968)。本研究の結果(表-4)では、ミズナラの更新木がこの有効種子散布距離内に更新していることが確認された。また、カンバ類と比較すると特定の光環境の箇所が多く更新しているということはなかった(図-3)。このことからミズナラの天然更新には光環境よりも母樹の存在が重要であると考えられる。

トドマツは全方形区(6箇所)で更新が確認されており、他樹種より個体数が多かった(表-2)。種子散布様式が風散布型であり、有効種子散布距離が20m~30m(小笠原ら1980, 高橋ら1980)であることから、最大で直径60mほどの孔状疎開地であれば疎開地全体に種子が供給することができる。そのため本調査地のかき起こし施工地全体にトドマツ更新木の発生が確認されたと思われる。

キハダは特定の光環境で更新することはなく(図-4)、母樹との分布相関もA区では同所的であったが、B区では独立的であり(表-4)、キハダの更新環境に明瞭な傾向はみられなかった。過去の研究から、表土を保残し林内かき起こしを行った場合、キハダは埋土種子による更新が多い事が確認されている(佐藤ら1996)。また、佐藤ら(1996)の研究ではハリギリやミズナラ等の鳥類が果実を採餌する樹種の樹

冠下において、キハダの更新木が多く確認されているが、本研究ではそのような傾向は見られなかった。かき起こしの際に表土が移動し、埋土種子もそれに伴い移動したことがその理由の一つとして考えられる。

ヤナギ類の空間分布は他樹種と同様に集中分布であったが、同じ先駆樹種であるカンバ類に比べヤナギ類の集団は小さかった(表-3)。その理由としては、かき起こし施工地周囲の母樹数がカンバ類に比べ少なかったことが挙げられる(表-1)。またヤナギ類の更新木のほとんどはエゾノバッコヤナギであった。エゾノバッコヤナギは成長に強い光が必要であり(北海道林務部 1976)上層木の樹冠下では成長が困難であると考えられる。そのため、上層木と更新木との分布相関の結果が排他的になったと考えられる。

### 3) かき起こしの疎開面積

表-4に示した上層木と更新木の分布相関の結果から、カンバ類ではA区において上層木から6.0mまで、B区において8.0mまでの範囲で排他的であった。そのため上層木から半径6.0m以内はカンバ類の更新が困難であり、ヤナギ類に関しても同様に上層木から半径5.0mまでは更新が困難であるといえる。ミズナラは母樹から半径6.0m以内で更新する可能性が高く、母樹から半径16.0mまでに更新木が集中的に存在する。トドマツ、キハダの分布相関は独立的であり、かき起こし施工地全体に更新していた。これらの結果は、上層木の樹高や樹冠面積にも規定されるため、必ずしも一般的とは言えないが、最も多様な樹種の更新を得られる可能性が高い孔状疎開地の面積を考えると、半径6m~16mの孔状疎開地で、多様な樹種が更新することが期待できる。半径5mの孔状疎開地の中央付近では相対照度50%~55%、半径10mの孔状疎開地の中心部分で65%前後の相対照度であると予想されていることから(倉橋ら 1999)、半径6m~16mのかき起こし地では先駆樹種も更新が可能である(図-4)。しかし、半径6m~8m以下の小面積のかき起こし地では、カンバ類やヤナギ類の更新が少なく、他樹種が混生することも期待される。

### 5. おわりに

今回の調査結果から、今後さらに樹種構成が変わっていくことも予想されるため、更なる継続調査が必要であると考えられる。現段階においてアカエゾマツは下層に位置しており、個体減少率から考えても刈出

し等の補助作業なしに成長することは難しいと考えられる。

林床にササ類が密生し伐採後の天然更新が期待できない箇所では、小面積で孔状に伐採しその後かき起こしを行うという方式が、天然林を持続的に管理していくための一つの選択肢であろう。本研究では孔状疎開面積の半径を考察したが、他の林地で同様の結果を得られるかどうか、またさらに更新補助作業技術向上のためには他の地域での検証が必要であろう。

本研究のとりまとめにあたり、北海道大学大学院農学研究科中村太士教授、信州大学農学部植木達人教授より、懇切なご指導を賜った。北海道大学大学院農学研究科の渋谷正人助教授には、ご指導と共に過去の研究データを提供して頂いた。北海道立林業試験場の内山和子さんには多くの助言を頂いた。また本研究を行うにあたって雨龍研究林の吉田俊也助手並びに職員の皆様には、研究を進める上で相談にのって頂き、またいろいろ便宜をはかって頂いた。お礼申し上げます。最後に調査を手伝って頂いた北海道大学大学院農学研究科環境資源学専攻(当時)の池田光恵さん、尾内勇樹君、佐々木松輝君、津田高明君、中川恵一君、永山滋也君、松原健二君、三田友規君、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター所属の長井美緒さんにお礼申し上げます。

### 参考文献

- 青柳正英(1983):道有林「かき起こし」の実態,北方林業35, 49-53  
 石橋整司・芝野伸策・高橋康夫(1989):天然林における樹木の分布様式,日林誌71, 503-510  
 今田盛生(1968):ミズナラ単木母樹からの種子散布,日林北支講17, 61-63  
 巖 俊一(1988):生物個体群の空間分布様式—その解析法をめぐる話題—巖 俊一生態学論集, 637-647, 思索社  
 内山和子・石崎英治・尾張敏章・吉田俊也・秋林幸男・高橋廣行・守田英明・高島 守・小宮圭示(2001):北海道北部天然林における林木の空間分布,日林北支論49, 145-147  
 小笠原繁雄・高橋康夫・倉橋昭夫・濱谷稔夫(1980):トドマツ,イタヤカエデ,及びシナノキの種子の飛散,日林北支講29, 65-67  
 奥村日出雄・矢島 崇・滝川貞夫・松田 彊(1984)

- ：大型機械によるかき起こし地の天然更新, 日林北支論33, 83-85
- Kenkel, N. C., (1988): Pattern of Self-Thinning in Jack Pine: Testing The Random Mortality Hypothesis Ecology 69 (4), 1017-1024
- 菊澤喜八郎 (1983) : 北海道の広葉樹林, 152pp 北海道造林振興協会, 札幌
- 倉橋良之・渋谷正人・矢島 崇・松田 彊 (1999) : 林内かき起こし地における樹木の更新と光環境, 北大演研報告56, 55-69
- 小池孝良 (1988) : 落葉広葉樹の生存に必要な明るさとその成長に伴う変化, 林木の育種, 148, 19-23
- 小山浩正・矢島 崇 (1989) : かき起こし地における侵入樹種の分布様式と階層構造の推移, 日林北支論37, 55-57
- 佐藤 創・佐藤孝夫 (1989) : キハダ苗木の生長に及ぼす庇陰及び施肥の効果, 林業技術研究発表大会論文集, 94-95
- 佐藤 創 (1993) : かき起こし後のキハダの更新初期課程, 日林北支論41, 196-198
- 佐藤 創 (1995) : 林内かき起こしにより混交林をつくる試み, 光珠内季報100, 7-10
- 佐藤 創 (1996) : かき起こし地における埋土種子からの更新, 日林北支論44, 64-66
- 渋谷正人・小島康夫・松田 彊 (1996) : 混交林における樹種間の相互関係—ミズナラ樹冠下にカンバ類は生育しない—, 日林北支論44, 70-72
- 清和研二 (1994) : 落葉広葉樹の定着に及ぼす種子サイズと稚樹のフェノロジーの影響, 北海道林業試験場研究報告31, 1-68
- 高橋康夫・今野 進・佐藤昭一・柴田 前・畑野健一 (1980) : エゾマツ・トドマツの天然更新に関する研究—種子の飛散について—, 日林北支論29, 62-64
- Debussche, M., and Isenmann, P., (1994): Bird-dispersed seed rain and seedling establishment in patchy Mediterranean vegetation. Oikos69, 414-426
- Diggle, P. J., (1983): Statistical Analysis of Spatial Point Patterns, Academic Press, New York.
- Duncan, R. P., (1991): Competition and the coexistence of species in a mixed Podocarp stand, Journal of Ecology 79, 1073-1084
- 中野 実・村井英夫 (1970) : 造林樹種の特徴 前編 カンバ類の更新, 118pp, 北方林業叢書, 札幌
- Nanami, S., Kawaguti, H. and Yamakura, T., (1999) : Dioecy-induced spatial patterns of two codominant tree species, Podocarpus nagi and Neolitsea aciculate, Journal of Ecology 87, 678-687
- 西川匡英 (1998) : 天然林の調査法, 森林計画学会出版局
- 長谷川政美・種村正美 (1986) : なわばりの生態学, 111pp, 東海大学出版会
- 林田光祐・小山浩正 (1990) : 北海道の針広混交林におけるかき起こし地の更新初期動態 (I) —埋土種子の分布とかき起こしによるその変化—, 101回日林論, 447-448
- 林田光祐・福田仁士・秋林幸男・松田 彊 (1991) : 樹冠下かき起こしによる天然下種更新—かき起こし後11年間の経過—, 日林論北支論39, 35-37
- 林田光祐・五十嵐恒夫 (1995) : かき起こし後の林床における野ねずみによる種子の捕食, 日林誌77, 474-479
- ピールー (1977) : 数理生態学, 南雲仁一監訳, 81-132pp, 産業図書
- 肥後陸輝 (1994) : 風害跡地二次林を構成する樹種の再生様式—前生樹割合, 成長速度, 閉鎖林冠部での稚樹密度にもとづいて—, 日林誌76, 531-539
- 藤村好子・坂上幸雄 (1985) : シラカンバ苗木の生長におよぼす庇陰の影響, 96回日林論, 339-340
- Besag, J. (1977): Contribution to the discussion of Dr Ripley's paper, Journal Royal Statistical Society B 39, 139-195
- Besag, J. E., and P. J. Diggle., (1977): Simple Monte Carlo tests for spatial pattern, Apple. Stat. 26, 327-333
- 北海道林務部 (1976) : 北海道の森林植物図鑑 樹木編, 39, 社団法人北海道国土緑化推進委員会
- 本阿弥俊治・山本 博・高橋康夫・芝野伸策・岡村行治・井口和信 (1997) : 北方針葉樹天然林の林分構造—大型試験地における分布様式—, 日林論108, 89-90
- 三好英勝 (1996) : 道有林におけるかき起こし作業の成果 北方林業48, 105-108
- Moeur, M., (1993): Characterizing Spatial Patterns of Tree Using Stem-Mapped Data, Forest Science 39 (4), 756-775
- Lloyd, M., (1967): Mean crowding, The Journal of Animal Ecology 36, 1-30
- Rebertus, A. J., Williamson, G. B. & Moser, E. B. (1989) :

Fire-induced Changes in *Quercus laevis* spatial pattern in Florida sandhills, *Journal of Ecology* 77, 638-650      Ripley, B. D (1977) : Modelling spatial patterns, *Journal of the Royal Statistcal Society B* 39, 172-212

### Summary

In general, many saplings of various tree species regenerate in scarified sites with sparse canopy trees. We investigated the light condition and distance from canopy trees and mother trees of the saplings in two scarified sites of the Uryu Experimental Forest of Hokkaido University. The objective of this study is to estimate the patch area in which saplings of various species grow concomitantly.

Saplings density of *Betula spp.* and *Abies sachalinensis* were the highest at 70% and 60% of relative light intensity, respectively. The relationship between the relative light intensity and sapling densities of *Quercus crispula* and *Phellodendron amurense* was not evident. Few saplings of *Phellodendron amurense* and *Salix spp.* occurred in radius of 6 meter from canopy tree. Canopy trees didn't affect the distributions of saplings of *Abies sachalinensis* and *Phellodendron amurense*. *Quercus crispula* frequently regenerated within a radius of 16 meters from mother trees. The results of our study suggested that various tree species could regenerate in scarified sites of radius from 6 to 16 meters.

Key words : scarification under the canopy, distribution pattern of regenerated tree, gap size, seed dispersal type