

# 樹冠下のかき起しによる多様な樹種の更新 ( )

## - 林冠開放度と種多様性の関係 -

佐藤 創 \*

### Regeneration of many tree species by soil scarification under canopies ( )

#### -Relation between canopy openness and species richness-

Hajime SATO

#### 要 旨

ダケカンバのみではなく多様な樹種の更新方法を明らかにするために、樹冠下やギャップなどの林冠の開放度が異なるかき起し地で、かき起しから3年間、樹種ごとの更新過程を調べた。ミズナラ、ハリギリ、ミズキ、ナナカマドなどの動物散布種子は林冠開放度が小さいほど落下種子は増加した。逆にダケカンバ、トドマツなどの風散布種子は林冠開放度に関わらず種子が落下した。かき起し1年後までに発生した実生間では相対光合成有効放射(%PAR)20%以下では、ダケカンバの成長と生残の両方から評価した更新成績はキハダやトドマツに比べて劣っていたが、20%以上ではダケカンバの更新成績はキハダやトドマツに優っていた。かき起し2年後に発生した実生間では%PAR40%以下でミズナラの更新成績がダケカンバに比べて優っていた。かき起し3年後の生残個体のうち材積で上位を占める個体のうち、キハダ、ミズナラ、ナナカマドなどダケカンバ以外の材積割合は%PARと負の相関関係があり、%PAR30%以下ではダケカンバ以外の材積割合が0.5を超える方形区が増加した。ダケカンバの落下種子密度が少ない場所では多い場所に比べて、ダケカンバ以外の多様な樹種の更新が見られた。

以上のことから多様な樹種の更新を促進するには、(1)林冠開放度が低い樹冠下または(2)ダケカンバの落下種子が少ない樹冠下でかき起しを行う必要があることが明らかになった。既往の文献も併せて、それらの条件を定量化することを試みた。

キーワード：かき起し，更新，稚樹，前更作業，相対光合成有効放射，種子散布，種多様性

#### はじめに

道内の主要落葉広葉樹資源は高価値であることが一因となって収穫が進んだため、カンバ類が微増傾向にある以外は確実に減少傾向にある(北海道林務部 1970~1993)。それにもかかわらず、資源回復のための更新についてはヤチダモ、カンバ類、ミズナラなどごく一部の樹種で小面積での人工造林が行われた以外は、天然更新に任せてきたのが現状である。多くの樹種については人工造林方法が確立されておらず(寺澤ほか 1997)、さらに高コストであることや、採種場所と植栽場所の不一致から天然林への遺伝子汚染の可能性もあること(鷲谷・矢原 1996)などのデメリットがある。

ササが繁茂する多雪地帯の天然更新については、伐採後の孔状ササ地に対して、“かき起し”が広く行われてきたが、低コストで現地に適した遺伝的性質を有する個体の再生というメリットがある反面、カンバ林やブナ林以外は再生しにくいというデメリットもあった(青柳 1982)。落葉広葉樹林は高価値材の生産という経済的側面のみならず、生物多様性の保護や保健休養などの機能を持つ環境財としても価値の高いものであることから、森林の自己維持機能を極力利用した方法で施業を行うことが重要であると考えられる。したが

\* 北海道立林業試験場 Hokkaido Forestry Research Institute, Bibai, Hokkaido 079-0198

[北海道林業試験場研究報告 第36号 平成11年3月, Bulletin of the Hokkaido Forestry Research Institute, No. 36 March, 1999]

って、多雪地での多様な落葉広葉樹の更新にはかき起し（林田ほか 1991）が望ましいと考えた。

従来のかき起しは伐採後の孔状ササ地あるいは無立木ササ地に対して行ってきたが、多様な樹種の更新のために想定した施業は、初めに伐期に近づいた林内あるいは樹冠下でかき起しを行い、多種の稚樹の更新が完了した時点で、上木を伐採するというものである（図 - 1）。本研究で対象とする工程は、かき起しから多種の稚樹の更新が開始した段階までである。

前報ではダケカンバの母樹密度 28 本/ha，平均的な相対光合成有効放射（%PAR）28%の針広混交林下で 1993 年かき起しを行った結果，ダケカンバの落下種子数，実生発生本数が多く，生残率も低くなかったことから，更新稚樹の総材積中 88%はダケカンバが占めることを報告した（佐藤 1998）。ダケカンバ以外の

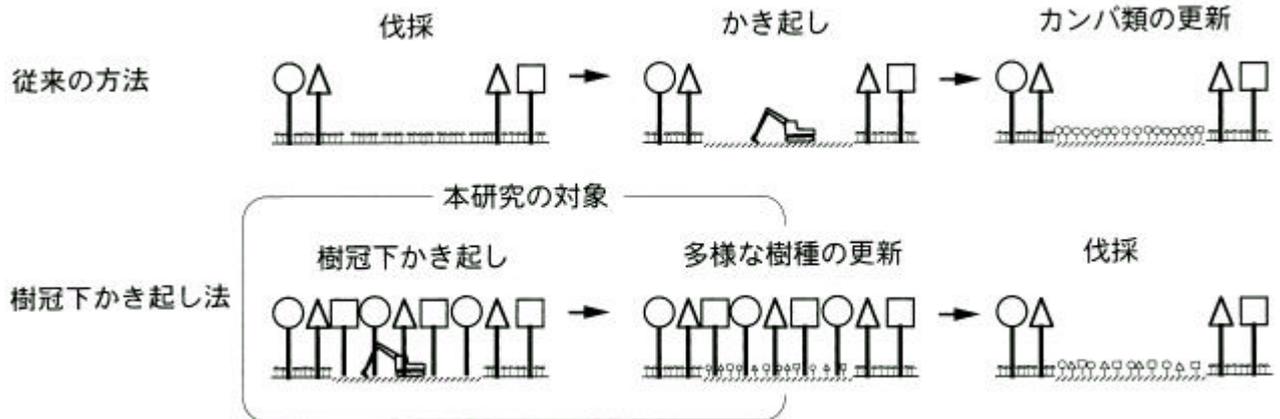


図 - 1 樹冠下のかき起し法と従来のかき起し法の作業工程の比較および本研究の対象工程

樹種の更新をより促進するには，先駆樹種であるダケカンバの定着を抑制するような，（1）より光の弱い場所すなわち樹冠の開放度が小さい場所または，（2）ダケカンバの母樹密度が低く落下種子数が少ない場所である必要がある，と仮説を立てた。以上の 2 点を検証するために，主に前報と同様のデータを用いて，林冠の開放度やダケカンバの母樹密度が異なる様々な地点の間で，更新過程を比較した。

本研究を進めるにあたって助言を頂いたり，試験地の設定，現地調査などに協力された北海道大学農学部附属中川地方演習林の中野繁，日浦勉，北条元，奥山悟，森田英明，森永郁男，および北海道立林業試験場の浅井達弘，塚田晴朗，眞坂一彦，山田健四，藤本恵二の各位に深く感謝の意を表す。

## 方 法

### （1）音威子府試験地

試験地，かき起し方法，調査区の設定，調査方法については前報（佐藤 1998）に記載した通りである。前報では 100m×100m内のかき起し地の樹冠下に設定した調査区の結果のみ報告したが，本報では約 70m離れた長径 35m×短径 20mのギャップ内のかき起し地の結果も併せて報告する（図 - 2）。ギャップでのかき起し時期，調査区の設定，調査方法なども樹冠下の試験地（佐藤 1998）と同様である。

### （2）中川試験地

北海道大学中川地方演習林内の中川町琴平地区にお

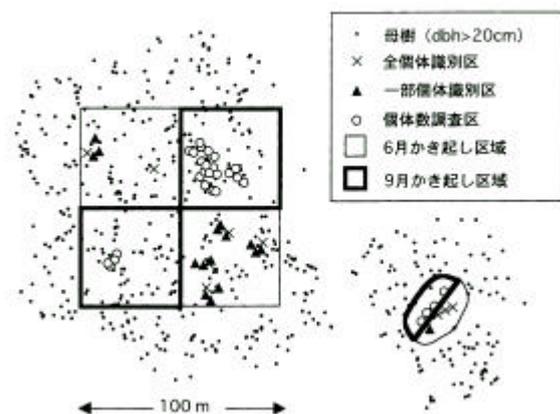


図 - 2 母樹，調査区，かき起し区域の位置図  
調査地の内訳については（佐藤 1998）を参照。

いて、1994年8月に4個体のハリギリ成木樹冠下でかき起しを行った。かき起しには音威子府試験地と同様のバックホウを用いて、表土をなるべく残すようにしてササの根を剥ぎ取った。かき起し後に1m×1mの方形区と開口部1m<sup>2</sup>のシードトラップを各個体の樹冠下に2ヵ所ずつ計8ヵ所設けた。方形区ではかき起し4年後の1998年6月に方形区内の全稚樹の樹高と根元直径を測定した。シードトラップの内容物は1994年11月と1995年6月に回収して、更新への寄与が大きいと思われる、かき起し直後の秋から翌春までに落下する高木性樹種の種子数を数えた。

### (3) 苗畑遮光試験

中川町にある北海道立林業試験場道北支場苗畑において、ハリギリとダケカンバを用いて遮光試験を行った。用いた苗木はハリギリは西興部産4年生で平均樹高は24cm、ダケカンバは音威子府産1年生で平均樹高22cmであった。20本の苗木を2列に苗間25cm、列間30cmに植栽したものを1処理区とし開放条件下、PAR14.4%、3.1%の3つの光条件下に1処理ずつ置いた。以上の処理を2種について2反復ずつ行った。植栽は1995年6月に行い、植栽1週間後に寒冷紗をかけ上記の光条件になるように調整した。落葉後に寒冷紗をはずし、苗木は冬囲いをし、1996年の葉の展開期直前に再び寒冷紗をかけな。調査は植栽時と1996年秋の落葉完了後に生存個体の樹高と根元直径を測定した。

## 結 果

### (1) 林冠開放度と種子落下の関係

各調査区上方の林冠の開放度は、樹冠下であるか、ギャップ下であるかや、林冠個体の密度により大きなバラツキがあった。ここでは各調査区における%PARをその林冠開放度の指標として用いることにする。ミズナラ、ハリギリ、ミズキでは林冠開放度が高くなるにつれて落下種子数は減少した(図-3)。ナナカマドでは60%までは林冠開放度が高くなるにつれて、落下種子密度は増加したが、60%以上すなわちギャップ下では落下種子密度は低かった。それに対してダケカンバ、トドマツでは林冠開放度と落下種子数には明確な関係が見られなかった。エゾマツでは林冠開放度が高くなるにつれて、落下種子密度が増加した。これは2個体しかないエゾマツ母樹のうちサイズの非常に大きい1個体(DBH=134cm)がギャップ付近に見られたためと判断した。以上より、重力落下種子や鳥散布種子は林冠がうっぺいしている場所ほど多く落下し、風散布種子は林冠開放度に関わりなく落下することが示された。

### (2) 林冠開放度と実生の発生、成長、生残、サイズの関係

落下種子の密度に対する、発生した実生密度の割合を実生発生率と定義する。6月かき起し区ではかき起し直後から埋土種子由来のダケカンバが発生した(佐藤・塚田 1996)。そこでは、かき起し翌年春に発生したダケカンバは埋土種子由来ではなく、かき起し当年秋から翌年春ま

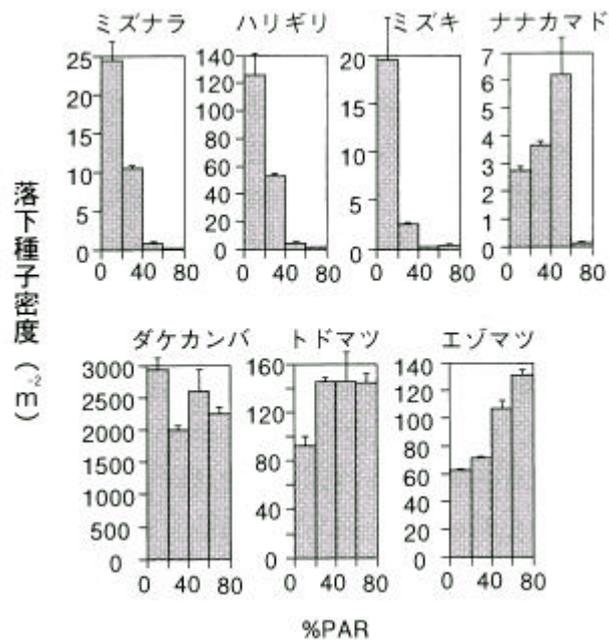


図-3 相対光合成有効放射(%PAR ; 林冠開放度)と落下種子密度の関係  
%PAR>60%はギャップ,%PAR<60%は樹冠下を示す。

でに落下した種子に出来るはずである。そこで、6月かき起し区で、発生個体数の多かったダケカンバとトドマツについて、かき起し当年秋から翌年春までに落下した種子密度とかき起し翌年春に発生した実生密度から実生発生率を算出し、林冠開放度との相関を求めた。ダケカンバでは  $-0.28$  ( $n=25$ ), トドマツでは  $-0.01$  ( $n=25$ ) でいずれも有意な関係はみられなかった。

新たに発生する実生の種構成は前年の落下種子の種構成を反映して、年度間で異なっていた(佐藤1998)。6月かき起し区でダケカンバと各年度ごとにまとめた数の発生が見られた種について、かき起し4年後(1996年)までの成長と生残を示した(図-4)。かき起し当年に埋土種子に由来して発生したダケカンバとキハダを比較すると、PAR20%未満では両者の成長間に差がないのに対し、PAR20%以上ではダケカンバの成長がキハダに比べて有意に大きかった。それに対して、生残率についてはPAR40%未満ではキハダがダケカンバに比べて高かった。かき起し翌年に発生したダケカンバとトドマツを比較すると、PAR20%未満では両者の成長間に差がなかったが、20%以上ではダケカンバの成長がトドマツに比べて有意に大きかった。生残率については両者間に有意差はなかった。かき起し2年後に発生したダケカンバとミズナラを比較すると、ミズナラの成長はPAR40%未満でダケカンバより有意に成長量が大きかった。40%以上ではミズナラ実生が発生しなかったため、両者の大小関係は不明である。生残率についてはPAR20%未満ではミズナラがダケカンバよりも有意に高かった。

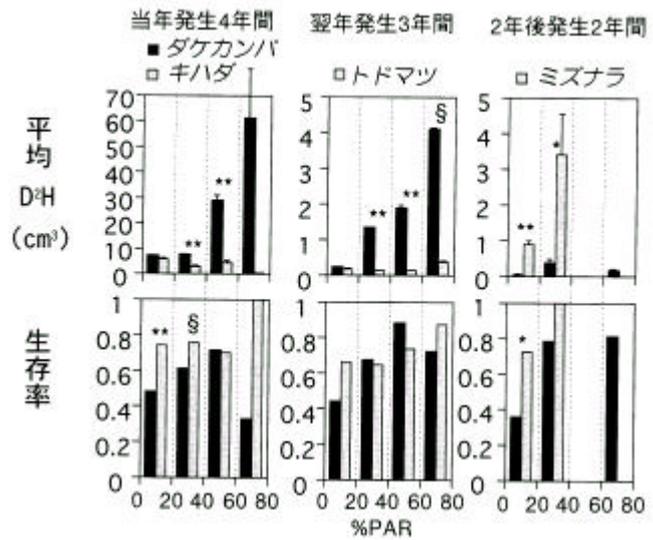


図-4 6月かき起し区と同齢実生の明るさ別の材積成長と生残率

グラフ最上段には発生年度と調査期間を示す。黒い棒は全てダケカンバを示す。以下の印は2種間に有意差があることを示す。  
 \*\*,  $P < 0.01$ ; \*,  $P < 0.05$ ; §,  $0.05 < P < 0.1$  (U検定, 上段); G 検定, 下段)

1996年秋の生残稚樹のうち今後も成長を続け、成木に達する個体はごく一部である。ここでは2㎡の方形区内で、材積で上位6個体がそれ未満の個体に比べて将来の林を構成する可能性が高い、と仮定してそれらの樹種構成と林冠開放度との関係を調べた(図-5)。上位6個体のうちダケカンバ以外の材積割合は、ギャップのような林冠開放度が高い(60%以上)地点では、最大でも0.5程度であったが、林冠開放度が約30%以下になると、最大0.9程度に達した。全体としては林冠開放度とダケカンバ以外の材積割合には有意な負の相関があったが、同じ林冠開放度でもダケカンバ以外の材積割合には大きなバラツキがあった。ダケカンバ以外の樹種の合計材積に占めるそれらの種の割合は、キハダ66%、ミズナラ10%、ナナカマド9%であった。

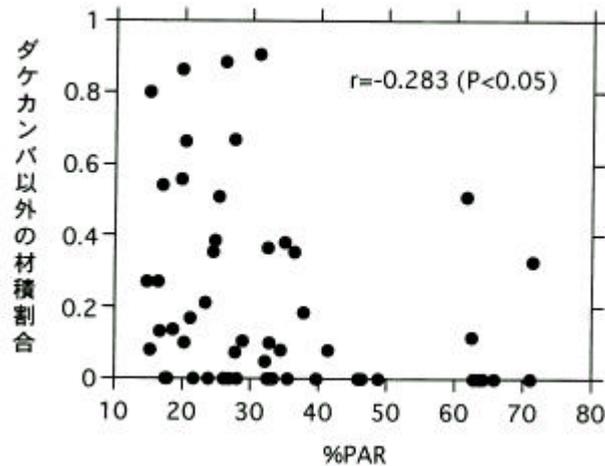


図-5 林冠開放度(%PAR)と上位木のダケカンバ以外の材積割合との関係

上位木のダケカンバ以外の材積割合とは各方形区内(2㎡)で材積の大きいものから6個体を選びその合計材積に占めるダケカンバ以外の材積の割合を示す。ダケカンバ以外の樹種にはキハダ、ミズナラ、ナナカマドなどが含まれた。

表 - 1 ダケカンバ落下種子密度の違いと定着稚樹構成

音威子府試験地はギャップ内の方形区を除く。落下種子密度は更新への寄与率が高いかき起し直後の秋から翌年春までのものを示す。稚樹数、D<sup>2</sup>Hはかき起し後3生育期間経過後の値を示す。ダケカンバ以外のD<sup>2</sup>H 割合とは方形区内の全高木種合計D<sup>2</sup>Hに占めるダケカンバ以外のD<sup>2</sup>Hの占める割合を示す。アスタリスクは2試験地間に有意差があることを示す(P < 0.01, U検定)

試験地	%PARの 平均値 (%)	ダケカンバ 落下種子密度の 平均値 (m <sup>-2</sup> )	ダケカンバ 稚樹数の 平均値 (m <sup>-2</sup> )	ダケカンバ 稚樹 D <sup>2</sup> H 合計の 平均値 (cm <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> )	ダケカンバ 以外の D <sup>2</sup> H 割合 の平均値
音威子府	27.8	1474**	97.9**	196.8**	0.21**
中川	25.2	24.8	1.5	22.9	0.86

(3) ダケカンバの落下種子密度と稚樹の多様性

音威子府試験地ではダケカンバ母樹が多いため、落下種子密度も高く、ダケカンバ稚樹の個体数、材積ともに多かった。そこで、よりダケカンバ落下種子密度の小さい中川試験地における更新状況と比較した。2試験地間で%PARに違いはなかったが、音威子府試験地のギャップを除く樹冠下の調査区での落下種子密度、ダケカンバ稚樹数、ダケカンバ稚樹合計D<sup>2</sup>Hは中川試験地でのそれに比べて有意に高く、全高木種合計D<sup>2</sup>Hに占めるダケカンバ以外のD<sup>2</sup>Hの割合は音威子府試験地が中川試験地に比べて低い値を示した(表-1)

(4) 苗畑遮光試験

試験期間の生残率はPAR 14%以上ではダケカンバ、ハリギリとも100%であったが、PAR 3%ではダケカンバの生残率は約20%に低下しハリギリよりも有意に低くなった(図-6)。調査期間に生存し続けた個体についてのD<sup>2</sup>Hの相対成長率の平均値は、PAR 14%以上ではダケカンバがハリギリよりも有意に高かったが、PAR 3%では両者間に有意差はなくなった。以上のことから、稚樹の定着についてはPAR 4%以上ではダケカンバがハリギリに比べて有利であるが、PAR 3%ではハリギリの方が有利であると言える。

考 察

(1) 林冠開放度と更新樹種の多様性

落下種子の種多様性は林冠がうっぺいしている場所ほど高かった。ギャップサイズと落下種子の

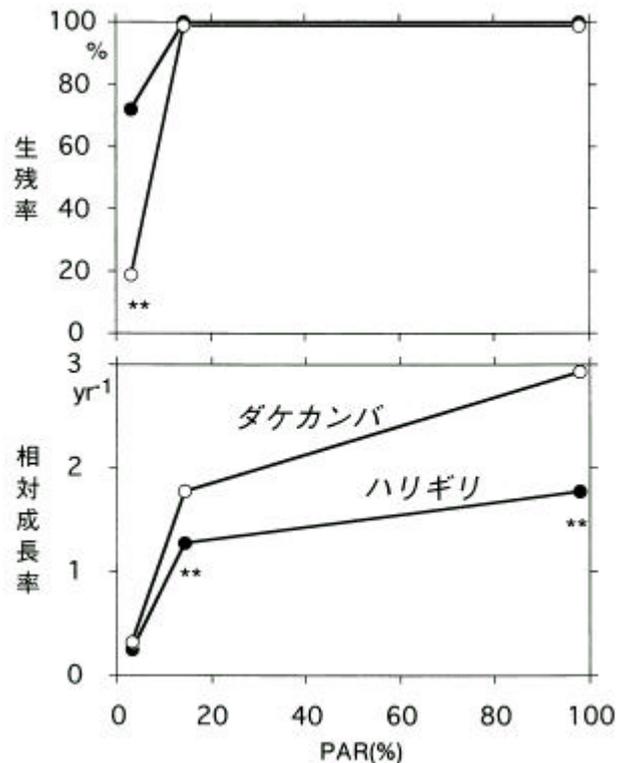


図 - 6 苗畑遮光試験での2年間の生存率と生残個体のD<sup>2</sup>H相対成長率の平均値

\*\*、P < 0.01 (χ<sup>2</sup>検定, 上段; U検定, 下段)

種多様性の関係については、Connell (1978) は大ギャップでは長距離散布種子しか到達できないために、落下種子の種数は少なくなり、ギャップサイズが小さくなるほど短距離散布種子も到達できるようになるために落下種子の種数が増加する、という仮説を立てた。本研究では落下種子の種数に及ぼす林冠開放度の効果が検出できたが、厳密な意味ではギャップサイズの効果を見たわけではない。ギャップサイズが小さくなることと、林冠開放度が小さくなることは付近の母樹が増加するという点で共通する。したがって、本結果はこの仮説を概ね支持すると同時に、Connell の仮説をさらに拡張して、付近の母樹が増加するほど落下種子の種数が増加する、という仮説を提唱したい。樹冠下では鳥の糞として排泄されたハリギリ種子が全ハリギリ種子の 6 割りを占めていたことがわかっている (佐藤 1995) したがって、樹冠開放度が小さくなることは鳥散布種子が落下しやすくなるという点でも、落下種子多様性を増加させることにつながると言える。

種子落下のつぎの段階は実生の発生であるが、実生発生率には林冠開放度は影響しなかった。ミズメとアカシデでも相対照度が 10% を越えると、相対照度と実生発生率には関係がなかったという報告がある (米田ほか 1993)。10% 以上の相対照度では両者の関係はあまり考慮する必要がないようである。

実生発生の次の段階は実生の成長および生残である。ダケカンバは強光利用型の成長特性を有し、弱光下と強光下では成長速度に大きな違いがあることが知られている (小池 1988)。この性質のためダケカンバと競争状態に置かれたキハダやトドマツは高い林冠開放度の下でもダケカンバに被圧されて、低い林冠開放度下と同程度の成長しか示さなかったもの (図 - 4) と推察される。一方、林冠開放度 15 ~ 20% ではダケカンバの成長がキハダやトドマツのそれと同程度になった。

かき起しから 2 年後には地表面は回復した植生の被陰下になっていたため、林冠開放度にかかわらず、より弱光利用型の性質を有するミズナラの成長がダケカンバを大きく上回った (図 - 4)。これには種子サイズの違いが大きく効いている (清和・菊沢 1989) とされる。このことはダケカンバの豊作が本調査のようにかき起し当年 (佐藤 1998) ではなく、かき起し翌年に訪れた場合には、回復した植生に被圧されて、ダケカンバの更新が種子サイズの大きい種に比べて大きく抑制されうること示唆する。

生残については 40% 以下の PAR 下でダケカンバの生残率がキハダやミズナラのそれよりも劣る場合があった (図 - 4)。また、遮光試験では PAR 14.4% から 3.1% に低下すると、ダケカンバの生残率はハリギリに比べて大きく低下した (図 - 6)。さらに、7 ~ 10% の相対照度下で稚樹を生育させた場合、シラカンバやウダイカンバなどは次年度に死亡したが、イタヤカエデ、ハリギリ、ヤチダモなどは次々年度まで生存したという (小池 1988)。このように強光利用型の樹種ほど弱光下での死亡率が高くなるのが一般的な現象であると考えられる。陰樹の成長は 5 ~ 10% の相対照度で始まり、陽樹の成長は 10 ~ 20% で始まると言われている (原田 1954)。以上のことから、成長および生残を指標とする更新成績については、林冠開放度 (% PAR) が約 15% 以下になると、ダケカンバがその他の樹種に比べて低下するようになり、10% 以下になるとダケカンバは定着できないと判断される。

稚樹材積上位木の中でキハダ、ミズナラ、ナナカマドなどの占める割合は、林冠開放度が低くなるにしたがって高くなった (図 - 5)。この割合が、類似した林冠開放度下でも大きくばらついたのは、それらの種の落下種子あるいは埋土種子の量、微環境の違いなどに起因すると推察される。ダケカンバとキハダは 6 月かき起し区では埋土種子出来で 1993 年に発生し、9 月かき起し区では埋土種子および 1993 年の豊作種子に由来して 1994 年に発生し、ミズナラは 1994 年の豊作種子により 1995 年に発生し、ナナカマドは 1993 年の豊作種子により 1994 年に発生した (佐藤 1988)。また、イタヤカエデ、シナノキ、ハリギリは母樹が多いにもかかわらず、調査期間中に種子が落下しないか、あるいは 1996 年に発生したため、上位木には含まれなかった。このように、今回の更新樹種構成は、埋土種子により普遍的な発芽が期待できるキハダ (佐藤・塚田 1996) を除いて、かき起し年に依存して異なる流動的なものであると言える。したがって、目的樹種の更新成功のためには、かき起し年の適切な選定が非常に重要である。

今回のかき起しはダケカンバの豊作年に合致し、さらに1994年と1995年にはシャクガ類の幼虫が林冠木の葉を食害したこと(原ほか1995)により、本報で提示した1996年測定的光強度よりも強光下にあった。したがって、ダケカンバの稚樹の定着には非常に好条件であったが(佐藤1998)、それにもかかわらず、PAR3%以下の林冠開放度下ではダケカンバ以外の材積割合が0.5を超える方形区が見られた。したがって、仮説1は検証され、多様な樹種の更新のためには林冠開放度が低いことは大きな効果があると結論づけられる。

北海道大学雨竜地方演習林では、多様な樹種の更新を目的にして、樹冠下のかき起しを行ってきた。ミズナラ樹冠下やアカエゾマツ樹冠下のかき起しにより、ミズナラ、キハダ、トドマツなどの多種類の稚樹が定着し(林田ほか1991)、特にミズナラ樹冠下ではカンバ類の生育が抑制されること(渋谷ほか1996)から、多様な樹種の更新には有利なようである。ただし、年により更新成績には差があるようで(林田ほか1991)、かき起しのタイミングはその後の更新成績に大きな影響を及ぼすと考えて良いだろう。

## (2) ダケカンバの母樹密度と更新樹種の多様性

ダケカンバ落下種子数の多い音威子府試験地と少ない中川試験地の比較から、ダケカンバの落下種子が少ない樹冠下では林冠開放度に関わらず、多様な樹種が更新することが明らかになった(表-1)。すなわち仮説2が支持されたことになる。ここでは音威子府試験地においてダケカンバの更新が不可能な母樹密度を試算してみる。ダケカンバの母樹密度をダケカンバの母樹からの距離と落下種子密度の関数として表すと、

$$Y=(448.5D^2/\sqrt{2.88^{-3}3X^2})\exp[-\{\log(X)-3\}^2/0.72] \quad (1)$$

となることがわかっている(Sato and Hiura 1998)。ただし、Yは1993年から1995年の落下種子密度、Dは母樹の胸高直径、Xは母樹からの距離を示す。今、ダケカンバの更新に必要な発生実生数を6本/m<sup>2</sup>と仮定し(村井1970)、落下種子数に対する発生実生数の割合を本試験地での結果である6%(佐藤1998)と仮定するとダケカンバの更新に必要な種子密度は100個/m<sup>2</sup>となる。更新に寄与する種子はかき起し当年(1993年、ただし1994年春までに落下した種子を含む)に落下してきたもののみと仮定する(図-3)。本試験地では1993年の落下種子密度は1993年から1995年の落下種子密度の7割りである(佐藤1998)ので、(1)式の右辺に0.7を乗じた式、

$$Y=(314D^2/\sqrt{2.88^{-3}3X^2})\exp[-\{\log(X)-3\}^2/0.72] \quad (2)$$

がかき起し当年の落下種子密度となる。ある地点の周囲に複数の母樹があった場合、その母樹の胸高直径と母樹までの距離を(2)式に代入したものを足し合わせた値が100個/m<sup>2</sup>以下であれば、ダケカンバの更新が不可能であることになる。ここでは、周囲の母樹を6×6の碁盤の目上の均等配置とし、その中心における落下種子密度を計算により求めた(図-7)。このシミュレーションに拠ると、中心における落下種子密度が100個/m<sup>2</sup>となる母樹密度は母樹の胸高直径が30cmの時は5.2本/ha、50cmの時は3本/haとなった(図-7)。母樹胸高直径を30cm~50cmと仮定すると、与えられた地点でダケカンバの更新が不可能な周囲の母樹密度は3~5本/ha以下であると試算することが出来る。

## (3) 樹冠下のかき起しによる多様な樹種の更新方法

これまで述べてきたことをまとめ、樹冠下でかき起しを行い、多様な樹種を更新させるには、実際どのような手順で作業を行ったら良いかについての試案を次に示す。

まず初めに、伐期が近づいた伐採予定木を選ぶ。伐採予定木の樹冠下に後継樹があれば、後継樹を傷めないように伐採を行えばよい。しかし、実際には北海道多雪地の天然林はササの斉枯死を契機に稚樹の発生・定着が始まるようなので、後継樹がないことが多い(石橋・渡辺 1994)。後継樹がない場合やあっても目的樹種ではない場合には、樹冠下でかき起しを行うことになる。その際目的樹種の種子の豊作年に、種子落下期直前に行うようにする。ダケカンバの種子の凶作年であれば目的樹種の更新にはより都合がよい。

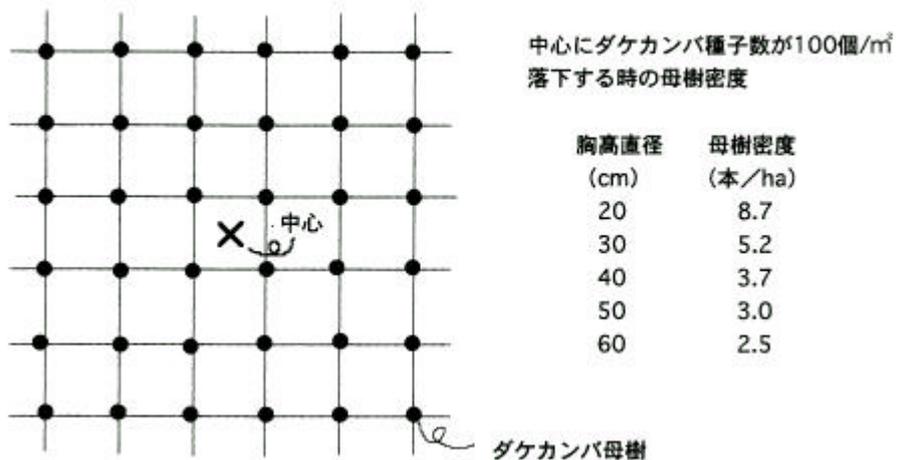


図-7 ダケカンバの落下種子数と母樹密度の関係を試算するために用いた仮想林分とダケカンバ落下種子密度が100個/m<sup>2</sup>になるときの母樹密度

かき起し後に多様な樹種が発生・定着するためにはまず、かき起し地周囲のダケカンバ母樹が3～5本/ha以下であるかどうかが重要である。以下であれば、目的樹種を主体にしてダケカンバ以外の多様な樹種が発生・定着する。3～5本/ha以上であれば、相対的な光の強さが10～15%以下、すなわちほぼ閉鎖した林冠下であるかどうか重要である。10～15%以下であれば、目的樹種を主体にし、多様な樹種が定着するが、10～15%以上になり相対的な光強度が増加するにつれて、更新樹種に占めるダケカンバの割合が増加する。このダケカンバの更新可能な光強度の閾値はかき起し後3年経過時点という更新初期を調べた段階のもので、多様な樹種の更新条件を確実に把握するには更新完了まで調べる必要がある。北海道当別町の樹冠下かき起し地(佐藤 1993)に設定した、相対照度21.2%、2m<sup>2</sup>の方形区で、かき起し後10年間にダケカンバは23個体中生残個体はなくなったが、キハダは生残率29%(28個体中8個体生残)、生残個体の平均樹高43.6cmに達した(佐藤 創 未発表)。また、一般に成長に伴い個体全体に対する同化器官の割合が低下すると、耐陰性が低下することが予想される(Canham 1989)。したがって、先に提示したダケカンバの生存可能な光強度の下限閾値はより上がる、言い換えると多様な樹種の更新のための条件が広がることが予想される。

ダケカンバの比率が高くなりやすい条件下の場合、ダケカンバの豊作年とずらしてかき起しを行うか、かき起しの1, 2年前にダケカンバ母樹を3～5本/ha以下になるように択伐するのが有効であろう。

以上の方法で後継樹を確保した後の上木伐採は、稚樹高がササ丈を超えた段階が目安となるが(藤森 1991)、実際のタイミングについては今後の課題である。

従来のように、伐採後に一旦ギャップが形成されてしまうと、多雪地ではササ地化してしまい(石橋・渡辺 1994)、その解消のためにかき起しを行ってもカンバ類以外は更新しにくかった。北海道本来の多様な樹種構成の林を、利用しつつも持続的に維持していくためには、母樹が存在する間に、後継樹を確保し、その後伐採を行う、といういわゆる前更作業が非常に重要である、と考える。樹冠下のかき起しもその前更作業の1つに位置づけられる。ブナ林では林床植生の刈り払いや弱度のかき起しを行い、ブナ上層木の択伐により林内照度を調整して、ブナ稚樹の定着を待ってから上木を伐採する前更天然更新法が提唱されている(片岡 1982, 前田 1988, 藤森 1991, 長谷川 1996)。ブナ林内はもともと照度が低く、さらにブナの耐陰性が高い(小池 1988)のために、林内照度を低くコントロールすることにより、先駆樹種の定着を抑制しつつブナ稚樹の定着を図ることが比較的容易であると考えられる。北海道のブナ帯以北の天然林では林

内照度が高いため、ササ類が繁茂している。このような環境下でササ除去のためかき起しを行うと更新面の照度を大きく増加させ、先駆樹種の侵入に結びつきやすいと思われる。

天然更新による多様性の維持のためには、各樹種の生育と照度の関係、結実予測、地表処理の強度などに関する研究が今後必要である。天然力を生かした施業はコストはかからないが、各樹種の生態的特性に基づきめ細かな調査、計画、実行が必要とされ、それに向けた今後の体制の強化を望みたい。

## 文 献

- 青柳正英 1982 道有林の「かき起こし」の実態．北方林業 35 : 49 - 53 .
- Canham , C.D . 1989 Different responses to gaps among shade- tolerant tree species . Ecology 70: 548-550.
- Connell . J. H . 1978 Diversity in tropical rain forests and coral reefs . Science 199: 1302-1310.
- 藤森隆郎 1991 多様な森林施業 . 191pp , 全国林業普及協会 , 東京 .
- 原 秀 穂・東浦康友・洞平勝男・高橋儀明 1995 道北地方の広葉樹林で大発生しているシャクガ類について . 森林保護 250 : 41 - 43 .
- 原 田 泰 1954 森林と環境 - 森林立地論 . 159pp , 北海道造林振興協会 , 札幌
- 長谷川幹夫 1996 ユキツバキの生育するブナ林において上層木の部分的な伐採と刈払いを行ったときの天然下種更新の成果 . 日林論 107 : 193 - 196 .
- 林田光祐・福田仁士・秋林幸男・松 田 彊 1991 樹冠下の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 . 日林北支論 39 : 35 - 37 .
- 北海道林務部 1970~ 1993 昭和 44 年度北海道林業統計 ~ 平成 4 年度北海道林業統計 . 北海道 .
- 石 橋 聡・渡 辺 惇 1994 択伐試験地の 40 年 - 択伐施業の効果と問題点 . 北方林業 46 : 37 - 40 .
- 片岡寛純 1982 ブナ林の保続 . 135pp , 農林出版 , 東京 .
- 小池孝良 1988 落葉広葉樹の生存に必要な明るさとその生長に伴う変化 . 林木の育種 148 : 19 - 23 .
- 前田禎三 1988 ブナの更新特性と天然更新技術に関する研究 . 宇都宮大学学術報告特輯 46 : 1 - 79 .
- 村井英夫 1970 カンバ類 (主としてダケカンバ) の天然下種および人工下種更新施業の実際 . 「造林樹種の特性 (前編) カンバ類の更新」 (中 野 実・村井英夫共著) , pp . 33 - 118 , 北方林業叢書 46 .
- 佐 藤 創 1993 かき起こし後のキハダの更新初期過程 . 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 1998 樹冠下のかき起こしによる多様な樹種の更新 ( I ) - 種子散布から実生定着までの過程 . 北林試研報 35 : 21 - 30 .
- Sato , H . and Hiura , T . 1998 Estimation of overlapping seed shadows in a northern mixed For. Ecol. Manage. 104: 69-76 .
- 佐 藤 創・塚田晴朗 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 .
- 清和研二・菊沢喜八郎 1989 落葉広葉樹の種子重と当年生稚苗の季節的伸長様式 . 日生態会誌 39 : 5 - 15 .
- 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 .
- 寺澤和彦・梅 木 清・滝谷美香 1997 群状混植された広葉樹 9 種の植栽 20 年後の成績 . 日林北支論 45 : 53 - 56 .
- 鷺谷いづみ・矢原徹一 1996 保全生態学入門 . 270pp . 文一総合出版 , 東京 .
- 米田吉宏・柴田叡弑・和口美明 1993 ミズメ・アカシデ埋土種子の発芽と林床照度との関係 . 日林関西支論 2 : 127 - 130 .

## Summary

To clarify how to promote natural regeneration of many species not only *Betula ermanii*, I investigated natural regeneration process at various sites with different canopy openness on a scarified ground for three years after soil scarification. Numbers of animal-dispersed seeds such as *Quercus mongolica* var. *grosseserrata*, *Kalopanax pictus*, *Cornus controversa* and *Sorbus commixta* increased as canopy openness decreased. On the contrary, numbers of wind-dispersed seeds such as *B. ermanii* and *Abies sachalinensis* did not relate to canopy openness. Among saplings that emerged for a year after the soil scarification, survival of *B. ermanii* was inferior to that of *Phellodendron amurense* under 40% of PAR (percent photosynthetic active radiation). Growth of *B. ermanii* was not different from that of *P. amurense* and *A. sachalinensis* under 20% of PAR, although that of *B. ermanii* was superior to that of *P. amurense* and *A. sachalinensis* over 20% PAR. Among saplings that emerged after two years from the soil scarification, growth and survival of *Q. mongolica* var. *grosseserrata* were superior to those of *B. ermanii* under 40% PAR. Volume ratio of species except *B. ermanii* such as *P. amurense*, *Q. mongolica* var. *grosseserrata* and *S. commixta* against all tree species among six saplings, per quadrat after three years from the soil scarification, of which volumes were larger than other saplings negatively correlated to %PAR. Quadrats number of which volume ratio of species except *B. ermanii* surpassed 0.5 was increased under 30% PAR. Species diversity of saplings was higher on the site where seed density of *B. ermanii* was low than on the site where that was high.

From mentioned above, to promote regeneration of many species, the soil scarification (1) under closed canopy or (2) under canopy where seed density of *B. ermanii* is low is important. I tried to quantify those conditions from my results and previous reports.

**Key word:** soil scarification, regeneration, sapling, preregeneration system, percent photosynthetic active radiation, seed dispersal, species richness