

樹冠下のかき起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 -

佐藤 創 *

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

- Mechanisms from seed dispersal to seedling establishment -

Hajime SATO*

要 旨

かき起し後の数樹種の天然更新過程を明らかにするために北海道北部の針広混交林内で6月と9月にかき起しを行い、ダケカンバ、トドマツ、エゾマツ、ミズナラ、ハリギリ、ミズキ、ナナカマド、キハダの8種を対象にして、4年間の種子落下、実生の発生、定着、成長について調査を行った。ダケカンバの母樹の胸高断面積合計は8種の23%であったが、同種の落下種子数は、8種の88%を占めた。8種とも種子数は1年ごとに多い少ないを繰り返す変動パターンを示した。実生の発生はダケカンバ、トドマツ、エゾマツ、ミズナラでは前年の種子に由来していたが、ハリギリでは前々年の、ミズキとナナカマドでは前年と前々年の種子に由来していた。キハダはかき起し直後に埋土種子に由来して発芽した。落下種子数に対する発生当年秋の実生数の割合は、樹種により1%~6%であった。ダケカンバの落下種子数が多かったことにより、かき起し4年目秋の個体数はダケカンバが8種の87%を占めた。発生当年秋の実生数の1年後~3年後の生残率については、トドマツ、ナナカマド、キハダが高く、ダケカンバ、ミズキが中程度で、エゾマツは低かった。発生してからかき起し4年目までの材積成長量は、6月のかき起し当年に発生した実生間では、ダケカンバがキハダよりも大きく、かき起し2年目以降に発生した同齢実生間ではミズナラ、ミズキ、ナナカマドはダケカンバよりも大きく、トドマツ、エゾマツ、キハダはダケカンバよりも小さかった。

各樹種の種子の豊凶ならびに散布特性、発芽習性、光に対する生育特性などから、以下のことが結論づけられた。(1)かき起し後にはダケカンバの実生個体数が多く、成長速度も速いため、バイオマスが最も多くなりやすい。(2)キハダは表土を残したかき起しにより、ダケカンバに次ぐバイオマスが期待できる。(3)相対光合成有効放射28%の下ではトドマツ、ミズナラ、ハリギリ、ミズキ、ナナカマドなどはダケカンバの被陰下で生育する。(4)エゾマツは、かき起しで定着を期待するのは難しい。

キーワード：かき起し，更新，実生，種子散布，発芽，生残，成長

はじめに

北日本とくに北海道の多雪地域ではササ類が密生するため天然更新が阻害されることが多い。北海道では1970年頃から、天然林を伐採した後の疎開面で林を再生させる手段として“かき起し”すなわち大型ブルドーザーによりササを剥ぎ取り、鉋物土壌を裸出させ、樹木の発芽、定着を促す作業が行われるようになってきた。かき起し地は孔状地である場合が多いため、タネを遠くまで飛ばし、陽光下で旺盛な成長が可能な力

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

ンバ類が発生し、そのまま林を形成する場合が多かった。カンバ類の更新については、かき起し技術がほぼ確立された（青柳 1982）と見ることが出来る。

近年、生物多様性の保全と価値の高い各種広葉樹材の生産の両面から、天然林の樹種構成に近い、多様な森林を更新させるかき起し技術が望まれるようになってきた（青柳 1982；林田ほか 1991）。カンバやトドマツ（菊沢ほか 1980）、ブナ（八坂ほか 1997）などの単一樹種をねらった更新補助に比べて、多種から成る林で多種の更新を図る場合には、それぞれの樹種の母樹の量、結実の年変動の違い、実生の生残および成長の光環境に対する反応の違いなどの様々な要因が重なり、法則性をつかむのは容易ではない。まずは、カンバ類も含めたより多くの樹種についてかき起し後の天然更新過程、すなわち周囲にどれだけの母樹があれば、どのくらいのタネが落下し、そのうちどのくらいの実生が発芽し、定着していくのか、などを少しずつ明らかにしていく以外にないだろう。これまで、エゾマツ、トドマツ（高橋ほか 1981）以外には、そのような詳細なかき起し後の更新過程を調査した例は無かった。また、水井（1993）により、先行的に北海道産落葉広葉樹の種子繁殖に関する研究が行われた。

本研究では、数種の母樹が豊富に残る林冠下でかき起しを行い、その直後からそれらの種を対象に種子の落下および実生の発生、生残、成長過程についてケーススタディを行い、これまでの研究も参考にしながら、かき起し後の数樹種の更新パターンの法則性を検討することを目的とした。

本研究は、北海道大学農学部付属中川地方演習林の全面的な協力の下に行われた。関係者である中野繁、日浦勉、北條元、奥山悟、森田英明、森永郁男の各位に深く感謝の意を表す。また、現地調査に協力された北海道立林業試験場（当時）の浅井達弘、塚田晴朗、真坂一彦、山田健四、佐藤英彰、藤本恵二、棟方清志、本田雅幸の各位に感謝の意を表す。

方 法

(1) 試験地

試験地は北海道北部の音威子府村にある、北海道大学中川地方演習林 229 林班標高 240m の尾根上平坦地に設けた。この尾根はオホーツク海と日本海との分水嶺となっている。胸高所面積合計の大きい順に、ミズナラ、トドマツ、ダケカンバ、イタヤカエデ、シナノキなどから成る針広混交林で、胸高直径 6cm 以上の立木の幹数 305 本/ha、幹材積 241 m³/ha であった。1988 年には択伐が行われたため、林内にはいろいろのサイズのギャップが分布していた。林床にはクマイザサが優占していた。

(2) かき起し

1993 年に 6 月と 9 月に分けて 100m × 100m の区画内でバックホウ（日立 EX120）を用いてかき起しを行った（図 - 1）。バックホウには法面用バケットに長さ 38cm の爪を 5 本取り付け、レーキ仕様にしたもの（夏目 1991）を装着して、ササの根茎を剥ぎ取り、なおかつ表土をなるべく残すようにした。また、上木の根を傷めない範囲内でなるべく幹の近くまで、作業を行った。

(3) 調 査

かき起し終了直後にミズナラ、ハリギリ、シナノキ樹冠下に 45 ヶ所の調査区を設定した（図 - 1）。調査区はランダムに配置し、1 つの調査区には開口部 1m² のシードトラップと 1m × 2m の方形区を隣接させた。シードトラップは直径 6.5mm の FRP 製ポール（宇部日東化成）をリング状にした開口部に、1mm メッシュの寒冷紗を取り付け下部をひもで縛り漏斗状にしたものを作成した。現地では、4 本の鉄パイプを支柱にし開口部の高さが 1.3m になるように取り付けした。開口部には鳥の侵入を防ぐために水糸を星形に張った。

1993 年 9 月から 1996 年 11 月までに落下した種子を集めるため、シードトラップの内容物をほぼ 1 ヶ月おきに回収し、室内でタネを抽出して種類別にカウントした。明らかに発芽能力がないと判断されたタネは除外して数えた。積雪期は雪の重みで破損するのを防ぐためシードトラップを支柱からはずして地面に置き、

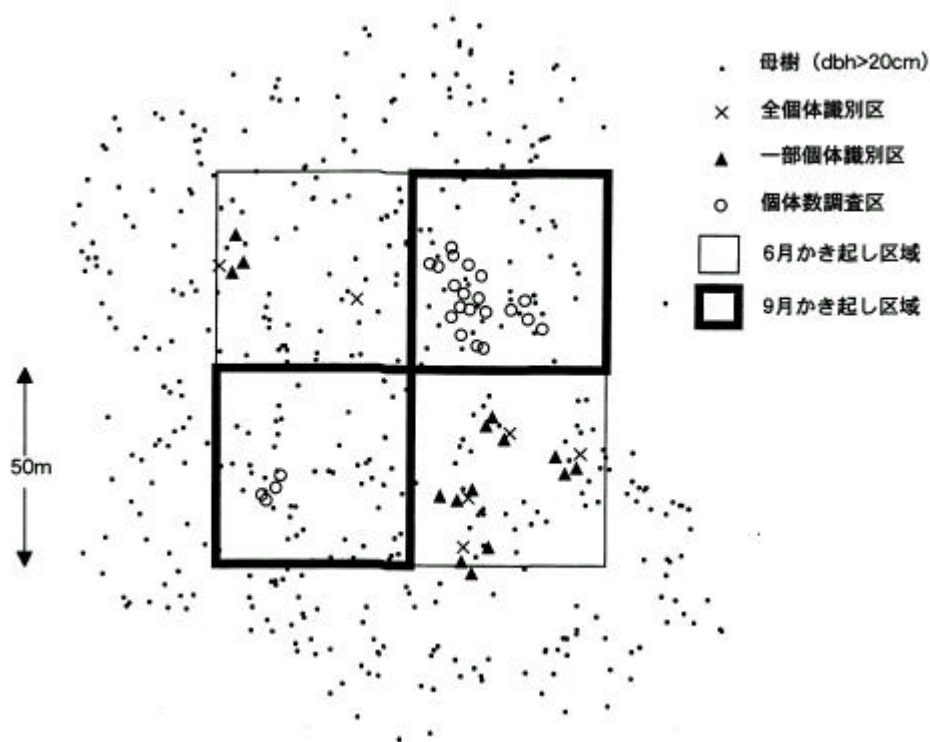


図 - 1 試験地内のかき起し区域ならびに母樹，調査区の位置

融雪後にまとめて回収した。

発生した実生の調査は前述した方形区で行った。1993年から1996年の各年9月（1994，1995年は7月も）に6本の樹冠下に1カ所ずつ、計6カ所の方形区を選び、高木性樹種の実生全個体を対象に、個体識別を行い、樹高，根元径，樹種を記録した（図-1；全個体識別区）。そのほか15カ所において、同時期に実生個体数の多かったダケカンバについては個体数を，その他の樹種については個体識別し，樹高，根元径，樹種を記録した（一部個体識別区）。残る24カ所では，同時期に樹種別に実生個体数を数えた（個体数調査区）。全個体識別区と一部個体識別区は6月かき起し区域内で，個体数調査区は9月かき起し区域内である（図-1）。いずれの調査区でも1996年9月に，全実生個体について，樹高，根元径，樹種を記録した。解析は実生の発生が多かったダケカンバ，トドマツ，エゾマツ，ミズナラ，ハリギリ，ミズキ，ナナカマド，キハダの8種を対象にした。

各シードトラップから半径50mの円内にある，胸高直径20cm以上の立木（以下，母樹と呼ぶ）を対象にして，胸高直径，平面座標，樹種を記録した。円内の母樹の本数および胸高断面面積合計を全ての円で足し合わせた値を全シードトラップ周囲の母樹の量の指標とした。通常に求めた試験地全体の母樹の本数および胸高断面面積合計はシードトラップ周囲の母樹を正確には反映しないからである。この円は互いにオーバーラップしたが，それらを重ね合わせた投影面積は2.5haとなった（図-1）。

1996年8月に各方形区で地上高2mと，開放地の地上高2mで光量子センサー（プリードPAR-01）を用いて，光合成有効放射を測定し，後者に対する前者の百分率を相対光合成有効放射（%PAR）とした。

結 果

(1) 種子落下

試験地内（2.5ha）の母樹密度は177本/haであった。全シードトラップ周囲の母樹のヘクタール当たりの胸高断面面積合計（ m^2/ha^{-1} ）は，多い順にミズナラ7.6，ダケカンバ3.8，イタヤカエド3.3，トドマツ3.0，シナノキ2.3，ハリギリ1.5，ナナカマド0.25となっていた。全トラップを併せた4年間の合計の落下種子

数はダケカンバが主要樹種の 88%を占め非常に多く、それ以外ではトドマツ、ハリギリ、エゾマツの順に多かった(表 - 1)。ダケカンバ、エゾマツは母樹の胸高断面積合計比に対して落下種子数比が多く、トドマツ、ミズナラ、ハリギリ、ミズキ、ナナカマド、キハダは少ないと言える。イタヤカエデとシナノキは母樹が多いにもかかわらず、調査期間中に種子はほとんど落下しなかった。

全トラップを併せた落下種子数の年変動は、いずれの樹種についても毎年交互に種子数の増減を繰り返すパターンを示した(図 - 2)。ダケカンバ、エゾマツ、ミズキは 1993 年に種子数が最大となる類似したパターンを示した。トドマツ、ナナカマドは 1995 年に最大となった。ミズナラとハリギリは 1994 年に最大となる類似したパターンを示した。

表 - 1 各シードトラップから半径 50 m の円内の母樹の密度と胸高断面積合計を全ての円 (45 ケ所; 35.3ha) について足し合わせたヘクタール当たりの値、ならびに主要樹種の 4 年間 (1993 年~1996 年) の全シードトラップ内の落下種子密度、1996 年 9 月の全方形区合計の実生個体密度と平方メートル当たりの D²H。上段の数字は実数、下段は 8 種の中での百分率を表す。

	ダケカンバ	トドマツ	エゾマツ	ミズナラ	ハリギリ	ミズキ	ナカマド	キハダ
母樹密度(ha ⁻¹)	28.0	29.5	0.54	46.3	6.6	18.2	11.5	5.5
(%)	19.2	20.2	0.37	31.7	4.5	12.5	7.9	3.8
母樹胸高断面積合計(m ² ha ⁻¹)	3.8	3.0	0.02	7.6	1.5	0.22	0.25	0.12
(%)	23.1	18.3	0.13	45.9	9.08	1.30	1.47	0.70
落下種子密度(m ⁻²)	2,587	155.5	79.3	16.0	81.4	9.1	9.0	0.6
(%)	88.1	5.29	2.70	0.55	2.77	0.31	0.31	0.02
実生個体密度(m ⁻²)	99.0	2.99	1.71	1.08	1.81	0.81	3.01	2.88
(%)	87.4	2.64	1.15	0.95	0.60	0.72	2.66	2.54
実生 D ² H(cm ³ m ⁻²)	98.6	0.199	0.062	1.45	0.037	0.864	2.169	7.58
(%)	88.9	0.18	0.06	1.31	0.03	0.78	1.96	6.83

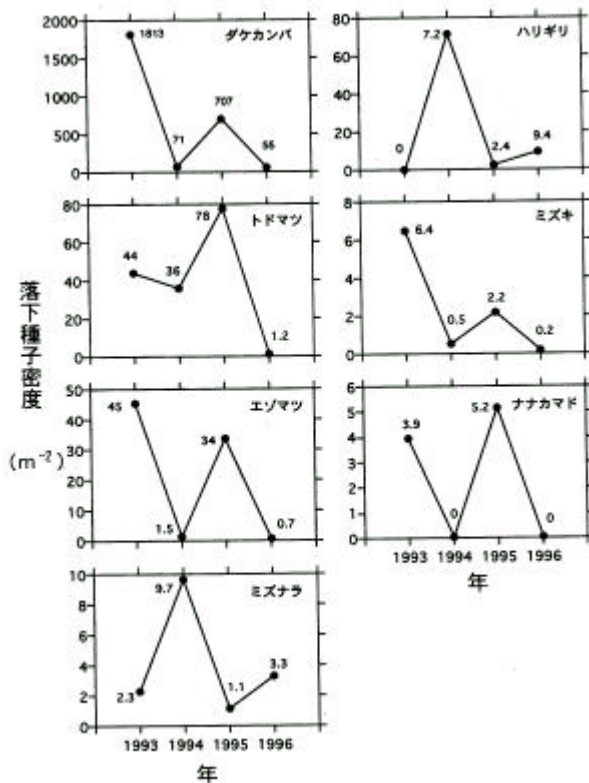


図 - 2 落下種子密度の年変動

全個体識別区、一部個体識別区、個体数調査区を併せた値を示す。各年の種子数には翌年の融雪後の初回のサンプリング時の数も含まれる。キハダは落下種子数が非常に少なかった(表 - 1)ため、図示しなかった。

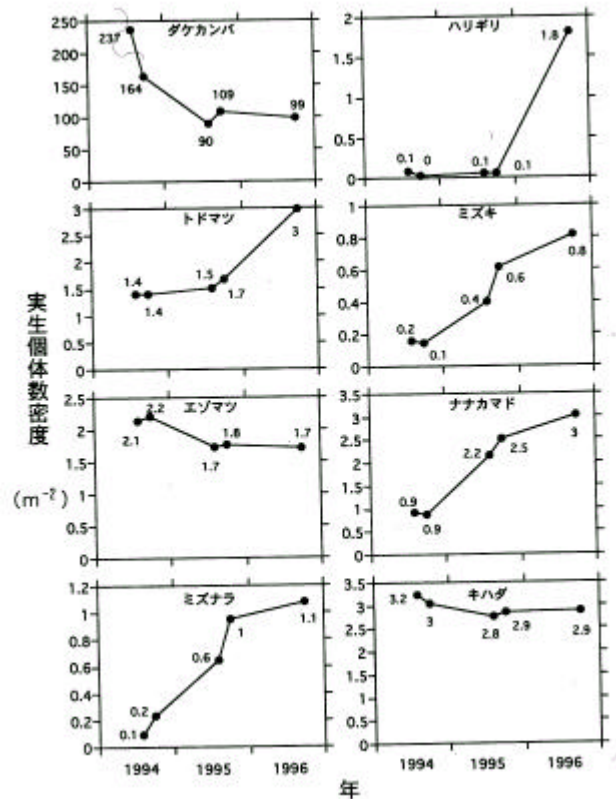


図 - 3 実生密度の年変動

全個体識別区、一部個体識別区、個体数調査区を併せた値を示す。

(2) 種子落下から実生の発生・生残過程

相対光合成有効放射(%PAR)は全個体識別区で $27.6 \pm 14.1\%$ (平均値 \pm 標準偏差), 一部個体識別区で $28.2 \pm 10.8\%$, 個体数調査区で $27.6 \pm 6.2\%$ で, それぞれの間で有意差はなかった(Mann-Whitney の U 検定)。

全方形区を併せた実生個体数の年変動は, ダケカンバ, エゾマツ, キハダでは減少傾向を示し, トドマツ,

ミズナラ, ハリギリ, ミズキ, ナナカマドでは増加傾向を示した(図-3)。ダケカンバの1994年の実生のほとんどは, 豊作年であった1993年の落下種子(図-2)に由来するものである。その後は種子の供給があった場合でも, 実生個体数は減少傾向を示した。トドマツは, 1993年に中程度の種子数が落下したため1994年に実生が発生し, その後, 1995年の豊作を受けて, 1996年には実生個体数はそれまでの倍程度に増加した。エゾマツは1993年の種子の豊作により, 翌1994年に実生個体数が最大となった。翌1995年には実生個体数が減少し, 同年には豊作であったが, 翌年個体数は横這いとなった。ミズナラは1993年に落下種子数が少なかったため, 翌1994年は実生個体数は少なかったが, 1994年に豊作となったため, 翌1995年には実生個体数が大幅に増加した。その後は落下種子が少なく, 個体数は微増したにすぎなかった。ハリギリ実生は当初は個体数が少なかったが, 1994年に種子が豊作になったため, 翌々年の1996年に大幅に個体数が増加した。ハリギリは2冬を経過しないと発芽しないことが知られている(原口・斉藤1974)。ミズキは1993年に豊作, 1994年には凶作となったが, 実生個体数が1994年に比べて1995年に2倍以上になったことから判断すると, 種子が落下した翌年に一部が発芽し, 翌々年にはそれ以上の数が発芽したと考えられる。ナナカマドも種子数および実生の年変動パターンともに, ミズキに類似していた。ナナカマドもミズキと同様の発芽パターンを示したものと考えられる。キハダは落下種子数が非常に少なかった(表-1)が, 実生個体数はかき起し翌年の1994年から多かった。これは埋土種子に依るものであることがわかっている(佐藤・塚田1996)。

種子の落下から実生の発生当年ないし3年目までの生残率の変化は, 発生当年秋までの生残率が最も低く, 大きい順にダケカンバ(6.1%), ミズナラ(4.8%), エゾマツ(3.0%), トドマツ(2.9%), ハリギリ(1.4%)となっていた(図-4)。種子の落下から実生の発生3年目までの生残率は, 大きい順にダケカンバ(3.4%), トドマツ(2.1%), エゾマツ(1.4%)であった。

種子の落下から実生の発生当年ないし3年目までの生残率の変化は, 発生当年秋までの生残率が最も低く, 大きい順にダケカンバ(6.1%), ミズナラ(4.8%), エゾマツ(3.0%), トドマツ(2.9%), ハリギリ(1.4%)となっていた(図-4)。種子の落下から実生の発生3年目までの生残率は, 大きい順にダケカンバ(3.4%), トドマツ(2.1%), エゾマツ(1.4%)であった。

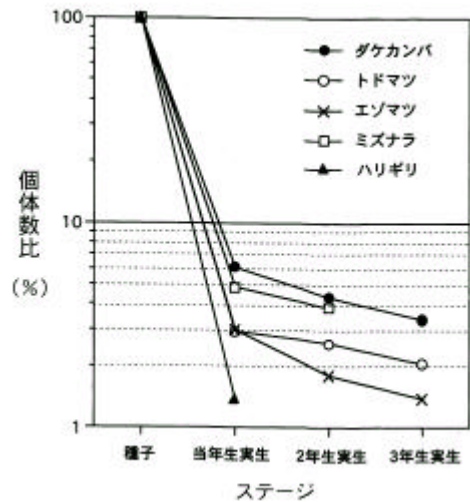


図-4 種子の落下から実生の発生当年ないし3年目までの生残過程

個体数は種子のステージを基準とする百分率で示す。ダケカンバ, トドマツ, エゾマツは種子の落下が1993年で, 実生の発生が1994年の集団について, ミズナラは種子の落下が1994年で, 実生の発生が1995年の集団について, ハリギリは種子の落下が1994年で, 実生の発生が1996年の集団についてそれぞれ示す。ミズキとナナカマドについては, 同じ年の種子の発芽が複数年にまたがったので, 図示できなかった。

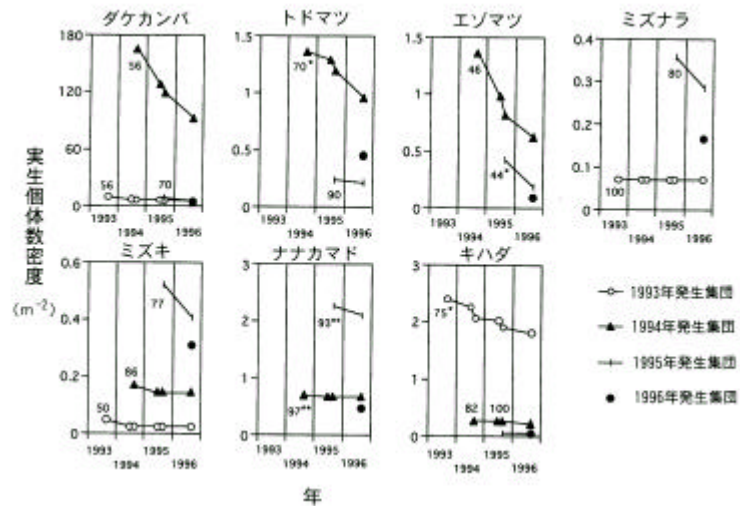


図-5 発生年別の実勢の生残曲線

ダケカンバの1993年発生集団とその他の種の全ての1993年発生集団は全個体識別区と一部個体識別区を併せた値, ダケカンバの1994年以降の発生集団は全個体識別区の値を示す。ハリギリは1995年までは新規加入個体が非常に少なかったため, 図示しなかった。図中の各同齢実生の発生年に付した数字は, その実生の1996年9月までの生残率(%)を示す。アスタリスクはその同齢実生の1996年までの生残率が, ダケカンバのそれと有意差があったことを示す(χ^2 検定; *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$)。

ダケカンバ, ミズナラ, ミズキ, キハダの 1993 年に発生した実生は, 埋土種子あるいは前年に敷布された種子に由来して, 6 月のかき起し直後に発生したものである (佐藤・塚田 1996)。キハダの 1996 年までの生残率はダケカンバのそれよりも有意に高かった (図 - 5)。1994 年に発生した実生では, ダケカンバの個体数が他種より非常に多かったが, 1996 年までの生残率については, トドマツとナナカマドがダケカンバに比べて有意に高かった。1995 年に発生した実生の 1996 年までの生残率については, ダケカンバに比べて, エゾマツが有意に低く, ナナカマドが有意に高かった。ハリギリ (図 - 3) も含めて, 種子の落下があれば, 1996 年でも新規加入個体が見られたことから, かき起し後の更新期間は 4 年以上であるといえる。

(3) 成長

いずれの種でも 1996 年における平均 D^2H は, 最も早く発生した実生が, それ以降に発生した実生に比べて大きい傾向にあった (図 - 6)。1993 年に発生した実生間で, 1996 年のサイズをダケカンバと比較すると, キハダは有意に小さかった。1994 年に発生した実生間で同様にダケカンバと比較すると, トドマツとエゾマツは有意に小さく, ナナカマドは有意に大きかった。1995 年に発生した実生間で同様にダケカンバと比較すると, トドマツ, エゾマツ, ナナカマドは有意に小さく, ミズナラは有意に大きかった。

考 察

本研究で対象とした 8 樹種のうち, ダケカンバの種子重は 0.614mg (水井 1993), エゾマツは 2mg (倉橋ほか 1992), トドマツは 10.7mg (畠山 1981) であり, その他の樹種は動物散布種子でダケカンバとエゾマツより重かった。ダケカンバとエゾマツは小さい種子を多く生産する種であると考えられ, そのことが母樹の胸高断面積合計に比して, 落下種子が多かった (表 - 1) ことにつながったのであろう。シナノキ, イタヤカエデ両樹種ともに 4 年間も結実がないような種ではない (九島・石塚 1992, 水井 1993)。この 2 種が調査期間中結実しなかった原因は今の所確定は出来ないが, 試験地が分水嶺上に位置するため, 気象条件が厳しいことが関係しているかも知れない。

ダケカンバの種子数はほぼ 1 年ごとに多い, 少ないを繰り返す変動パターンである (水井 1993)。トドマツも同様の変動パターンを示すが (水井ほか 1979, 九島・石塚 1992), 種子の充実率は年による違いが大きい。

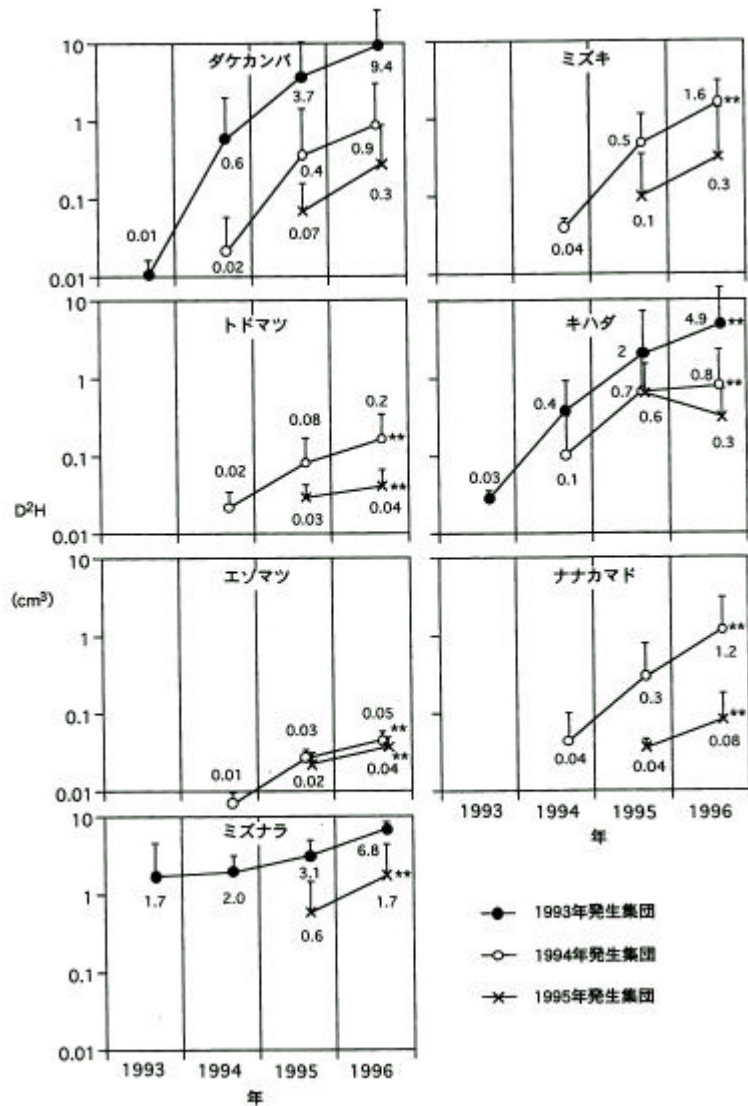


図 - 6 1996 年 9 月まで生存した同齡実生の平均 D^2H の推移

縦棒は標準偏差を示す。数字は平均値を示す。アスタリスクは, 1996 年 9 月の D^2H がダケカンバの同年に発生した実生のそれと有意差があることを示す (Mann-Whitney の U 検定; **, $P < 0.01$)。ハリギリは 1995 年までは新規加入個体が非常に少なかったため, 図示しなかった。

く、豊作年ほど充実率が高くなる傾向が示された（水井 1981, 九島・石塚 1992）。エゾマツの豊凶はトドマツのそれにほぼ一致しているとされているが（武藤 1965）、本結果でも同様であった。ミズナラは 1 年ないし 2 年ごとに多少を繰り返す変動パターンが基本であるとされている（九島・石塚 1992, 倉本ほか 1995）。ハリギリはやや不規則に豊作年が訪れるようであるが（佐々木 1985）、豊作年の個体間の同調ははっきりしており（水井 1993）、観察では道北地方では 1992 年と 1994 年にまとまった結実が見られた。ミズキは本調査期間では 1 度だけ豊作となり、ナナカマドは 2 度豊作となったが、前者は結実間隔が長く、後者は短いとされている（水井 1993）。以上のダケカンバ、トドマツ、エゾマツ、ハリギリ、ミズキ、ナナカマドについては本調査結果はそれら既往の結果を裏付けたといえる。

実生の発生は、鳥散布種以外では種子が落下した翌年に起こったが（水井ほか 1979）、鳥散布種のハリギリは 2 年後に多くの種子が発芽し（図 - 2, 3）、観察では 3 年後にも多少の種子が発芽した。従来報告では、苗畑では 2 年後に発芽したとされている（原口・斉藤 1979）。ハリギリ種子は後熟性を有する（森 1991）。3 年後にも発芽したのは林内で太陽放射熱が少なく、種子の後熟に時間を要したためであると思われる。ミズキとナナカマドは 2 年にまたがって発芽した。久保田（1979）によると苗畑でもミズキは同様の発芽パターンを示したとされているが、果皮を除去して苗畑でとり蒔きしたところ、ほとんどの種子は 2 年後に発芽したという報告もある（当道道北支場苗畑、藤本恵二 未発表）。ミズキの発芽習性については未だ不明な点が多い。ナナカマドは果肉が除去された種子は、翌春に発芽するが、果実のままでは翌々春に発芽すること（水井 1993, 林田ほか 1994）が知られている。そのことを仮定すると、本調査地ではナナカマドは、直接落下した果実と鳥に散布された種子の両方があったことになる。かき起し後は、実生の発生にとって好適な環境が一度に出来るため、すぐに発芽する種がその場を占拠することになる。たとえかき起し直後に種子が落下しても、発芽が翌々年になるのでは不利である。鳥散布種子は埋土種子としての寿命が長く、好適な条件が来るとすぐに発芽する性質を持つとされていて、ミズキ、ナナカマド、キハダはいずれもそういった性質を持つとされている（水井 1993）。しかし、本研究で実際に埋土種子からのすばやい発芽が見られたのはキハダのみで（佐藤・塚田 1996）、ミズキとナナカマドでは見られなかった。キハダは埋土種子としての寿命が長く（小沢 1950）、かき起し後にかなり普遍的に発生する樹種である（林田・小山 1990, 菊地 1990, 佐藤 1993）と結論づけられる。ハリギリ、ミズキ、ナナカマドはキハダに比べて母樹が豊富であることから、埋土種子としての寿命はキハダに比べて短く、かき起し後に埋土種子からの普遍的な発生を期待できないと言える。したがって、ハリギリ、ミズキ、ナナカマドなどはかき起しによってそのまま成林させるのには不向きな樹種であるといえる。むしろ、混交林の 1 構成種として、部分的な定着を期待するのがよいだろう。

種子の落下から実生の発生年秋までの死亡要因は、落下当初からのシイナ、発芽不能、落下から発芽までの食害、菌害、発芽から秋までの被圧、乾燥、食害、菌害など数多くある。ダケカンバを苗畑で秋まきした場合、発芽当年秋までの発芽率は 1%に満たなかったこと（久保田 1979）に比べると、今回の発生率 6%（図 - 4）は非常に高い値であるといえる。その理由としては、相対照度 28%の林内では地表面が乾燥しにくいことから、ダケカンバの発芽および生残率が高くなったものと推察される（佐藤・塚田 1994）。ミズナラは苗畑では最大 100%近い発芽率を示すが（久保田 1979）、Kanazawa（1982）によると、天然林ササ型林床では堅果内子葉のゾウムシ幼虫による食害や、齧歯類の堅果の持ち去りが頻繁であるため発芽率は 0.1%と低くなっている。今回の発生率は 5%であり林床での値としては十分に高いといえる。かき起しが好適な発芽床を提供する（佐藤・塚田 1995）とともに、齧歯類の侵入を阻害する（宮木・斉藤 1985）という点で、ミズナラの発生に有利に働いたのであろう。高橋ほか（1981）によると、林内かき起し後の非充実種子も含めた落下種子数に対する発生当年秋の実生数の割合は、エゾマツとトドマツで、約 15%（充実率 64 ~ 77%）と 10%（充実率 34 ~ 43%）であった。本調査地と同一村内の道有林美深経営区物満内地区で、か

き起こしてトロマツを人工播種した場合の非充実種子も含めた播種数に対する発芽率は 1%未満（充実率 55%）であったという（水井 1981）。今回の発芽率は2種ともに 3%であった。これらの発芽率のバラツキは種子の充実率のみに由来するとは言えず、現段階では不明である。苗畑ではエゾマツの非精選種子の発芽率は 45~60%（武藤 1965）、トロマツのそれは 10~25%程度（武藤 1961）であるとされている。苗畑に比べて林地の発芽率が低いことには、暗色雪腐病菌が関与している可能性がある（遠藤・林 1983）。

ダケカンバのかき起し当年発生個体は旺盛な成長をして、現在、群落の最上層を占めている（図-6）。しかし、2年目以降に発生したダケカンバの材積成長はミズナラ、ミズキ、ナナカマドに比べて小さく、生残率はキハダ、トロマツ、ナナカマドに比べて低かった。2年目以降に発生したダケカンバにとっては、かき起し当年発生個体や侵入した草本からの被圧下、さらに2年目以降の発生集団間での競争下にあった。ダケカンバの純光合成速度はキハダ、ミズナラよりも高く、ダケカンバの光補償点はミズナラ、ナナカマド、ミズキよりも小さい（小池 1988）。したがって、下層ではダケカンバは今後個体数、サイズともに衰退し、キハダ、ミズナラ、ミズキ、ナナカマド、トロマツが優勢になっていくと思われる。エゾマツの生残、成長はダケカンバよりはるかに劣っていた。観察からは、他の実生や草本に被圧されて死亡したものが多かった。林内かき起し後、実生発生1年目秋から2年目秋までの生残率を調べた例では、エゾマツでは約 57%、トロマツでは、約 87%であり（高橋ほか 1981）、本研究のエゾマツ 60%、トロマツ 88%とほぼ同じ値だった。高橋ほか（1981）が観察したエゾマツの死亡要因は、立ち枯れ、落葉による蒸れ、鳥害、虫害などであった。エゾマツ以外の種子の落下がある場所では、かき起しによりエゾマツの天然更新を成功させるのは困難であると考えられる。

ダケカンバは 1996年時点で、全個体に対する個体数比（87%）、サイズ比（89%）ともに、他の種をはるかに凌いでいたが（表-1）、生残率や成長率が特に高いわけではなかった。むしろダケカンバの優占は、落下種子数の多さや種子数に対する実生発生数の多さに起因していると考えられる。落下種子数の多さには、母樹本数の多さが、また、発生率の多さには、適度な被陰による土壤乾燥の防止が効いていると考えられる。ダケカンバの種子落下や実生の発生を抑制して、多様な樹種の更新を期待するには、ダケカンバの母樹密度が本試験地よりも低い場所で、ダケカンバの豊作年とずらして、より暗い林内でかき起すことなどが有効であろう。ダケカンバ以外の多様な樹種の更新とダケカンバの落下種子密度および明るさの関係については第2報で検討する。

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．
遠藤克昭・林 敬太 1983 トロマツの天然更新．空沼天然林施業実験林報（ ）：175 - 181．
原口聡志・斉藤新一郎 1974 ハリギリの根ざし育苗について．北方林業 26：189 - 192．
林田光祐・福田仁士・秋林幸男・松田 彊 1991 樹冠下のかき起しによる天然下種更新．日林北支論 39：35 - 37．
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の動態．日林論 101：447 - 448．
林田光祐・八木橋 勉・宮本敏澄 1994 被食型散布種子の発芽に及ぼす被食の影響．日林論 105：575 - 578．
Kanazawa Y. 1982 Some analyses of the reproduction process of a *Quercus crispula* Blume population in Nikko．
I. A record of acorn dispersal and seedling establishment for several years at three natural stands．Jap. J. Ecol. 32：325 - 331．
菊地 健 1990 火入れ地ごしらえ地における林木の生長．日林北支論 38：79 - 81．

- 菊沢喜八郎・福地 稔・水谷栄一・浅井達弘 1980 トドマツ人工林の天然下種更新()林内更新のための施業指針．北林試研報 18：11 - 23．
- 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．
- 久保田泰則 1979 広葉樹の実生による繁殖．光珠内季報 49：16 - 26．
- 倉橋昭夫・佐々木忠兵衛・小笠原繁男・高橋 稔・井口和信・笠原久臣 1992 エゾマツの球果，種子および次代苗の諸形質の標高に伴う変異 - 東京大学北海道演習林について．日林北支論 40：56 - 58．
- 倉本恵生・五十嵐恒夫・門松昌彦・船越三朗 1995 ミズナラ堅果落下量の年変動 - 北大雨龍地方演習林における13年間の結果．日林北支論 43：146 - 148．
- 九島宏道・石塚森吉 1992 羊ヶ丘の種子落下量(1985~1990)．日林北支論 40：68 - 70．
- 宮木雅美・斉藤 満 1985 カシワの更新に関するネズミ(Ⅰ)堅果およびネズミ類の分布と堅果の消失過程．日林論 96：371 - 372．
- 水井憲雄 1981 道北地方の針広混交林におけるトドマツ天然下種更新の実態．北林試研報 19：1 - 149．
- 水井憲雄 1993 落葉広葉樹の種子繁殖に関する生態学的研究．北林試研報 30：1 - 67．
- 水井憲雄・菊沢喜八郎・浅井達弘 1979 トドマツ人工林の天然下種更新(Ⅰ)4年間の稚苗消長について．北林試研報 17：13 - 22．
- 森 徳典 1991 北方落葉広葉樹のタネ．139pp，北方林業会．
- 武藤憲由 1961 トドマツ - 育苗編．北方林業叢書 20，144pp，北方林業会．
- 武藤憲由 1965 エゾマツ - 育苗・育林篇．北方林業叢書 29，148pp，北方林業会．
- 夏目俊二・奥山 悟・中野 繁・秋林幸男 1991 バックホウを用いた地表処理．日林論 102：727 - 728．
- 小沢準二郎 1950 土中に埋もれた林木種子の発芽力．林試集報 58：25 - 43．
- 佐々木忠兵衛 1985 道央自生広葉樹の着果の周期性．日林北支論 34：130 - 132．
- 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・塚田晴朗 1994 樹冠下のかき起こし直後の更新状況．平成5年度林技研論集 98 - 99．
- 佐藤 創・塚田晴朗 1995 カシワ海岸林における播種試験．日林北支論 42：143 - 145．
- 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．
- 高橋康夫・佐藤昭一・柴田 前・高橋有雄・畑野健一 1981 エゾマツ・トドマツの天然更新に関する研究 - 地はぎ処理による稚苗の発生・消失(2カ年の経過)．日林北支論 30：85 - 87．
- 八坂通泰・寺澤和彦・小山浩正 1997 ブナの結実予測．日林北支論 45：10 - 12．

Summary

In northern part of Japan, dense dwarf bamboo (*Sasa spp.*) disturbs natural regeneration after selective cutting. Soil scarification, for example, by excavator have been operated to remove rhizome of dwarf bamboo and promote the regeneration. In most cases, pioneer species such as *Betula spp.* have been established in the scarified opening. To promote the regeneration of many species, we must clarify the regeneration mechanisms of the many species after soil scarification. We conducted soil scarification under canopies of mixed forest stand in northern Hokkaido in June and September 1993. After that, we investigated the process from seed rain, emergence, survival and growth of seedling of eight species such as *Betula ermanii*, *Abies sachalinensis*, *Picea jezoensis*, *Quercus mongolica* var. *grosseserrata*, *Kalopanax pictus*, *Cornus controversa*, *Sorbus commixta* and *Phellodendron amurense* for four years. Average % photosynthetic active radiation was 28%. Seed rain density of *Betula* was eighty-eight percent of total seeds of eight species owing to the fecundity of *Betula*. All species showed the alternate mast seeding behavior. Seeds of *Betula*, *Abies*, *Picea* and *Quercus* germinated the next year. Seeds of *Kalopanax* germinated two years later. Seeds of *Cornus* and

Sorbus germinated both the next and the year after next. *Phellodendron* germinated from buried seeds. The ratio of numbers of current autumn seedling to seed numbers were from one to six percent . Seedling numbers of *Betula* in the fourth year was eighty-seven percent of the whole eight species owing to the enormous seed rain and moderate shading condition . Survival ratios of seedlings of *Abies*, *Sorbus* and *Phellodendron* were higher , those of *Betula* and *Cornus* were intermediate and that of *Picea* was lower. Volume growth rate of *Betula* was higher than that of *Phellodendron* among first year's cohort. Volume growth rates of *Quercus*, *Cornus* and *Sorbus* were higher than *Betula* and those of *Abies*, *Picea* and *Phellodendron* were lower than *Betula* among cohort after second year. For the success of establishment of other species than *Betula*, soil scarification in the non-masting year of *Betula*, in the further place from mother trees of *Betula* or under more shading condition are considered to be important.

Key word: soil scarification, regeneration, seedling, seed dispersal, germination, survival, growth