

## 林分施業法の選木技術

東京大学北海道演習林

京都府立大学大学院生命環境科学研究科

東京大学大学院農学生命科学研究科

尾張 敏章・犬飼 浩・小池 征寛

美濃羽 靖

中島 徹

### はじめに

天然林択伐施業における伐採は、単に収穫を実現するだけではない。林分の成長や更新にも影響を及ぼす(2)。それゆえ、伐採木の選定(選木)は択伐施業の基本をなす重要な技術といえる。

東京大学北海道演習林(北演)は1958年以降、林分施業法に基づく天然林択伐施業を行っている。林分施業法では、林分の材積・価値成長の増大に寄与するように選木が行われる(5)。伐採木は概ね次の順に選ばれる(7): ①病・虫害木, ②腐朽の進んだ過熟木, ③後継樹の生育を阻害している形質不良木, ④寿命に達し材質が年々劣化している大径木。この選木方針に従って択伐を繰り返すことで、林分を構成する樹木の活力や材質を向上させ、より生産性の高い林分へと改良を図っていくとする。

現実にどの木を伐採木として選ぶかは、北演技術職員の経験に基づく判断に委ねられている。本研究では、林分施業法の選木技術を具体的に明示するため、北演の択伐林分において選木試験を行い、伐採木の特徴(樹種、サイズ、形質・健全性、空間分布)について分析した。

### 資料と方法

#### 1) 調査地の概況

調査地は北演 51 林班 A 小班択伐林分内の天然林施業試験地 No. 5137 とした(北緯 43° 12', 東経 142° 28', 標高 320-360 m)。面積は 0.376 ha, 南西向き斜面に位置し、傾斜度は 23-28° である。トドマツが優占し、アサダなど広葉樹が混交する。林床にササは少なく、天然更新が良好である(1)。

調査地では、胸高直径(DBH) 5.0 cm 以上の全立木に番号札が付けられ、5 年ごとに測定が行われている。直近(2008 年 6 月)の測定結果によれば、調査地内の立木本数は 471 本(1,253 本/ha)、立木材積は 158.3 m<sup>3</sup>(421.1 m<sup>3</sup>/ha)であった。なお、立木材積は北演の 1 変数材積表により算出した。北演第 1 作業級(低標高域)における択伐林分の平均蓄積は 259 m<sup>3</sup>/ha(7)であり、北演内でも蓄積の大きな林分である。過去 50 年間に計 5 回の択伐が行われており(1)、2009 年度にも実行予定である。

#### 2) 調査・解析方法

選木試験は 2009 年 9 月に行った。北演第 12 期試験研究計画(7)の基準に従い、材積伐採率を 16%とした。調査地の立木材積から、予定伐採量は 25.3 m<sup>3</sup>と算出された。選木は勤続年数 20 年以上の技術職員 2 名が行った。いずれも収穫調査の経験が長く、林分施業法の選木技術に精通した職員である。予定伐採量を基準として 2 名の

合意により選木し、伐採木の個体番号を記録した。直近の定期測定データを用いて伐採木と非伐採木の樹種・DBH を集計し、両者の比較を行った。

北演では通常、素材として利用可能な一定以上の径級の立木が選木対象とされる。そこで、調査地内の DBH 14.0 cm 以上の全立木(n=184)について、形質や健全性など、林分施業法の選木基準に関わる指標の有無を判定した。判定者は選木を行った技術職員 2 名とした。選木の基準・指標は、北演の立木形質コード表および技術職員への聞き取りをもとに作成した(表-1)。技術職員 5 名を対象とした予備試験を事前に行い、基準・指標の妥当性を現地で確認した。評価者による各指標の判定結果

表-1 林分施業法における選木の基準と指標

基準	指標	部位・状態
A. 材質に欠陥	曲がり	元・中・先
	キズ	元・中・先
	折れ	元・中・先
	割れ	元・中・先
	穴	元・中・先
	腐れ	元・中・先
	キノコ	元・中・先
	二叉	
	扁平	
	コブ	
	ねじれ	
	入り皮	
	枝多し	
B. 活力が低下	枯れ	全・半・先
	ヤニ	
	劣勢木	
	着葉量少	
	傾斜	
	芯止まり	
	根	倒れ・浮き・上がり
C. 他木の生育を阻害	シカ食	
	虫	幹・葉
D. 収穫作業の支障	隣接木	
	下木	
	かかり木	
	共木	
	集材路上	

Toshiaki OWARI, Hiroshi INUKAI, Yukihiro KOIKE (Univ. For. in Hokkaido, The Univ. of Tokyo, Furano 079-1561), Yasushi MINOWA (Grad. Sch. Life Env. Sci., Kyoto Pref. Univ., Kyoto 606-8522), Tohru NAKAJIMA (Grad. Sch. Agric. Life Sci., The Univ. of Tokyo, Tokyo 113-8657)

Single-tree selection techniques in the stand-based forest management system

について伐採木と非伐採木との比較を行った。

選木の判断に影響を及ぼす要因を明らかにするため、樹種、DBH、選木基準に関わる指標の有無を説明変数とし、伐採・非伐採を目的変数とする多重ロジスティック回帰分析を行った。統計解析ソフトウェアには Excel 2007 (マイクロソフト社) とエクセル統計 2008 (社会情報サービス社) を用いた。

さらに、調査地内の全立木 (DBH $\geq$ 5.0 cm) について、根元位置の座標 (x, y, z) を測量し、樹高、枝下高、樹冠幅 (4 方向) の測定を行った (1)。以上のデータをもとに、林分構造可視化ソフトウェアの Forest Window (3) を用いて林分断面図と樹冠投影図を描画した。

**結果**

1) 伐採木の樹種とサイズ

選木試験の結果、計 17 本が伐採木として選ばれた。本数伐採率 (DBH $\geq$ 5.0 cm) は 3.6% であった。伐採木の材積は計 26.0 m<sup>3</sup>、材積伐採率は 16.4% であった。

伐採木と非伐採木の樹種別本数を表-2 に示す。伐採木はアサダ 1 本を除く全てがトドマツであった。調査地内で優占する樹種がより多く選木された一方、個体数の少ない樹種は選木されなかった。樹種をトドマツとその他に 2 区分し、カイ 2 乗検定を行ったところ、トドマツが伐採木とされる比率は有意に高かった ( $p < 0.05$ )。

表-2 伐採木と非伐採木の樹種別本数と比率

樹種	伐採木		非伐採木		計	
	n	%	n	%	n	%
トドマツ	16	94.1	114	68.3	130	70.7
アサダ	1	5.9	28	16.8	29	15.8
イチイ			10	6.0	10	5.4
エゾマツ			3	1.8	3	1.6
イタヤカエデ			2	1.2	2	1.1
オオモミジ			2	1.2	2	1.1
シナノキ			1	0.6	1	0.5
オハホダイジュ			1	0.6	1	0.5
コシアブラ			1	0.6	1	0.5
キタコブシ			1	0.6	1	0.5
ハリギリ			1	0.6	1	0.5
ハウチカエデ			1	0.6	1	0.5
ホオノキ			1	0.6	1	0.5
ウダイカンバ			1	0.6	1	0.5
合計	17	100.0	167	100.0	184	100.0

注) 胸高直径が 14.0 cm 以上の立木。

伐採木・非伐採木の DBH 分布 ( $\geq$ 14.0 cm) および被選木率 (各 DBH 階における伐採木の本数比) を図-1 に示す。伐採木と非伐採木の平均 DBH はそれぞれ 40.8 cm, 29.6 cm であり、前者は後者に比べて有意に大きかった ( $p < 0.01$ , t 検定)。伐採木では DBH 40 cm 以上が 10 本と全体の半数以上を占めた。DBH 階が大きいほど被選木率は高くなる傾向が認められ ( $p < 0.01$ , カイ 2 乗検定)、DBH 50-59.9 cm 階では全立木のうち 3 割が伐採木として選ばれた。

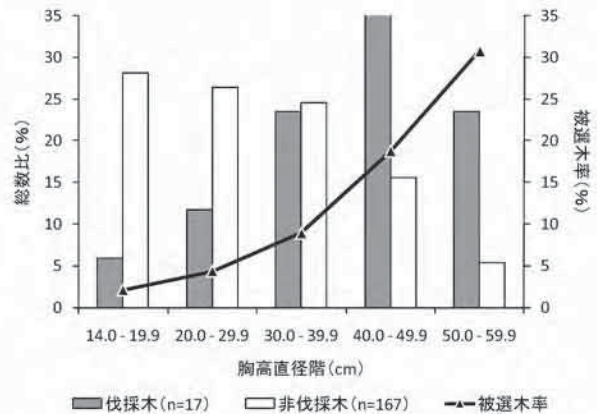


図-1 伐採木と非伐採木の胸高直径分布と被選木率

2) 選木基準に関わる指標の有無

伐採木と非伐採木について、各指標 (表-1) が有り判定された立木の対総数比を図-2 に示す。伐採木では、全てが下木の生育を阻害していると判定された。また、元腐れ (樹幹下部に腐朽有り)、枝多し (着枝量が多い)、中腐れ (樹幹中央部に腐朽有り) と判定された伐採木が半数以上あった。元腐れ、中腐れ、ヤニ、先枯れ、中キノコ、共木 (隣接木の伐倒により支障となる木) と判定された立木が伐採木とされる比率は有意に高かった。

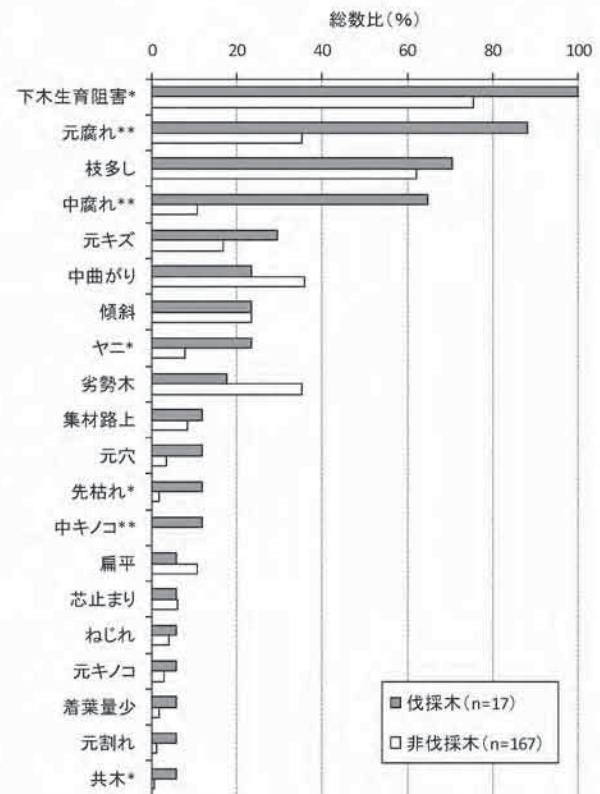


図-2 選木基準に関わる評価指標の判定結果

注) \*\*  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.05$ , カイ 2 乗検定。

3) 選木に影響を及ぼす要因

樹種、DBH、および伐採木の半数以上が有り判定さ

れた3つの指標(元腐れ, 中腐れ, 枝多し)の計5要因を説明変数とし, 伐採・非伐採を目的変数とした多重ロジスティック回帰分析の結果を表-3に示す。なお, 全伐採木が有り判定された指標「下木の生育を阻害」は分析から除外した。回帰モデルは有意であった ( $p < 0.001$ , 尤度比検定)。説明変数のうち, 樹種, DBH, 中腐れの3つで有意性が認められた。樹種がトドマツであり, DBHが大きく, 中腐れと判定される立木ほど, 伐採木として選ばれる傾向にあることが示された。また, 中腐れと判定された立木が同時に元腐れでもある比率は有意に高かった ( $p < 0.01$ , カイ2乗検定)。

表-3 多重ロジスティック回帰モデルによる選木要因の分析結果

説明変数	偏回帰係数	標準誤差	p値	オッズ比
樹種 (トドマツ:1, 其他:0)	4.399	1.488	0.003	81.403
胸高直径(cm)	0.087	0.033	0.009	1.091
元腐れ(有り:1, 無し:0)	0.910	0.938	0.332	2.483
中腐れ(有り:1, 無し:0)	2.921	0.787	0.000	18.558
枝多し(有り:1, 無し:0)	-0.318	0.865	0.713	0.727

注)目的変数:伐採木:1, 非伐採木:0

#### 4) 伐採木の空間分布

調査地の林分断面図と樹冠投影図を図-3に示す。集材路跡の一部を除き, 調査地の林冠はほぼ閉鎖しており, 針葉樹と広葉樹が混交する多層構造であった。伐採木として選ばれたのは, 主に上・中層を占める針葉樹(トドマツ)で, 調査地全体に大きな偏りなく分布していた。

択伐実行後の林分構造を仮想的に示すため, 伐倒木を非表示として林分断面図と樹冠投影図を描画した(図-4)。伐採後も林冠は概ね閉鎖した状態を維持していた。伐採前後で林分構造に大きな違いは認められなかったが, 針葉樹の伐採により, 林冠上層において広葉樹の優占度がやや増加した。

#### 考察

選木に影響を及ぼす要因を分析した結果, トドマツが他の樹種に比べて有意に多く選木される傾向が認められた。調査地はトドマツが優占する林分であり, 本数が最も多い樹種からほぼ全ての伐採木が選ばれた。一方, 本数の少ない樹種からは選木されなかった。これは, 伐採木が林分の樹種構成のバランスを考慮して選ばれたためと考えられる。北演の択伐林分全体においても, トドマツは最も多く存在する樹種であり(4), また最も多く伐採されている樹種でもある(8)。本研究の結果は, 北演全体の伐採傾向とも一致している。



図-3 林分断面図と樹冠投影図(伐採前)

注)濃灰色は針葉樹, 薄灰色は広葉樹, 黒は伐採木を表す。



図-4 林分断面図と樹冠投影図(伐採後)

注)図-3に同じ。伐採木を非表示とした。

立木のサイズもまた、選木に影響を及ぼす要因として有意であった。DBHが大きくなるほど、伐採木に選ばれる傾向のあることが示された。トドマツでは特に、大径化するに従って材質の劣化が顕著となる。そこで、トドマツの大径木を素材として利用可能なうちに伐採し、将来の成長が見込める中・小径木の伐採を控えたと考えられる。さらに、調査地は天然更新が良好で、中・下層に後継樹の多い林分であったため、大径木を伐採しても大きな林冠ギャップが形成される可能性は小さいと判断したとも推察される。北演の択伐林分では針葉樹の中・大径木が多く伐採されており(8)、本研究の結果は北演全体の伐採傾向とも整合的である。

選木基準に関わる指標のなかでは、中腐れと判定された立木が選木される傾向にあった。また、調査地内で中キノコと判定された全ての立木が伐採木として選ばれた。樹幹中央部が腐朽に冒されているトドマツは、強風により幹折れすることが多いと経験的に知られている。次回択伐施業を行うまでの間に折損する可能性が高いため、優先的に選木されたと考えられる。元腐れが有意な選木要因として検出されなかったのは、元腐れのみありと判定された立木が、本調査地においては材質劣化の程度が比較的小さいと判断されたためと推察される。

伐採木の空間分布については、大きな偏りが認められなかった。選木が空間的なバランスも考慮して行われていることを示している。一方、針葉樹中・大径木を中心とした伐採により、広葉樹の優占度が高まると考えられた。北演の択伐林分では、広葉樹が徐々に増加する傾向が認められている(6)。山本ら(8)は択伐によって生じた生育空間を広葉樹が占有した可能性を指摘しており、本研究の結果はそれを例証したものとみなされる。

#### おわりに

本研究により、一事例ではあるが、林分施業法の選木技術の特徴を具体的に示すことができた。また、選木の判断に影響を及ぼす要因についても、いくつかの興味深い示唆が得られた。実際には、同じ択伐林分といっても

種組成やサイズ構造、更新状況は多様であり、各林分の条件に適応した選木が行われている。林分施業法の選木技術を総合的、体系的に示すためにも、多様な林分を対象に同様の方法で調査を継続することが求められる。

本研究の実施にあたって、北演技術職員の福士憲司、高橋功一、犬飼慎也の各氏には現地調査に協力いただいた。厚くお礼申し上げます。なお、本研究の一部は日本学術振興会科学研究費補助金・若手研究(B)(課題番号:20710035)により行った。

#### 引用文献

- (1) 小池征寛・犬飼 浩・福士憲司・村川功雄・高橋功一・犬飼慎也・尾張敏章(2009) 東京大学北海道演習林における択伐施業林と保存林の林分構造の比較. 日森北支論 57: 105-107.
- (2) 小鹿勝利(2005) 合自然的な森林施業—照査法の考え方. 中村太士・小池孝良編, 森林の科学, 172-175.
- (3) Nobori, Y. (2000) Forest Window. 100pp, Japan Society of Forest Planning Press.
- (4) Owari T., Matsui M., Inukai H. and Kaji M. (2009) Stand structure and geographic conditions of natural selection forests in central Hokkaido, northern Japan. J. For. Plann., submitted.
- (5) 高橋延清(2001) 林分施業法—その考えと実践—(改訂版). ログ・ビー, 札幌, 125pp.
- (6) 辰巳晋一・尾張敏章・山本博一・白石則彦(2009) 天然林択伐施業による42年間の林分構造の変化. 関東森林研究 61: 投稿中
- (7) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林(2007) 北海道演習林第12期試験研究計画(自平成18年度至平成27年度). 演習林(東大) 46: 215-350.
- (8) 山本博一・大橋邦夫・道上昭夫・芝野伸策・岩本進一・犬飼 浩・佐藤 列(1997) 針広混交天然林の林分構造の解析(III) 択伐施業による林分構造の変化. 日林論 108: 91-94.