

林分施業法の選木技術 —ウダイカンバ二次林の事例—

東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林 尾張 敏章・福士 憲司・広川 俊英
 井上 崇・江口 由典・辰巳 晋一
 京都府立大学大学院生命環境科学研究科 美濃羽 靖
 東京大学大学院農学生命科学研究科 中島 徹

はじめに

伐採木の選定（選木）は、林分施業法（7）の基本をなす技術の一つである。著者らはこれまでに、東京大学北海道演習林（北演）の低～中標高域に位置する択伐天然林内で選木試験を行い、林分施業法の選木技術を具体的に示した（4, 5）。一方、ウダイカンバが優占する山火再生二次林（約 350 ha）では、高品質大径材の生産を目標とした施業を行っており（8）、北演独自の選木法（1, 6）に基づく間伐を7年ごとに実施している（2）。

そこで本研究では、林分施業法の多様な選木技術を総合化、体系化するための調査研究の一つとして、ウダイカンバ二次林の優良木化施業を対象に、既報（4, 5）と同様の方法で選木試験を実施した。試験の結果をもとに、選定された伐採木の特徴（樹種、サイズ、形質・健全性、空間分布）を分析したので報告する。

資料と方法

1) 調査地の概況

調査地は北演 72 林班 C 小班、山火再生林内の天然林施業試験地 No. 5121 とした（北緯 43° 14′, 東経 142° 26′, 標高 390–410 m）。面積は 0.31 ha, 南向き斜面に位置し、傾斜度は 13° である。1911 年の山火事跡に成立した広葉樹二次林であり、ウダイカンバ、ミズナラ、オオバボダイジュ、オヒョウが林冠上層を占める。林床はクマイザサが繁茂している。

2011 年 5 月の定期測定結果によれば、調査地内の立木本数（DBH ≥ 5.0 cm）は 246 本（796 本・ha⁻¹）、立木材積は 66.4 m³（214.9 m³・ha⁻¹）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。調査地の蓄積は北演山火再生林作業級内にある山火再生林（7 年回帰、計 347.58 ha）の平均蓄積（147 m³・ha⁻¹）（8）を上回る。過去 50 年間に計 3 回（1961, 1997, 2004 年）の間伐が行われており、2011 年度にも実行予定である。

2) 調査・解析方法

選木試験は 2011 年 7～8 月に行った。北演第 13 期教育研究計画（8）の施業方針に従い、材積伐採率を立木材積（25.0 ≤ DBH < 59.0 cm）の 16% とした。調査地の立木材積から、予定伐採量は 9.7 m³ と算出された。選木は勤続年数 18 年以上の技術職員 2 名が行った。両者とも前報（4）で選木した職員である。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。2011 年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・比較した。

また、調査地内にある DBH 15.0 cm 以上の全立木（n = 95）を対象として、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、前報（4）で作成した調査票を一部修正（枝折れと枝キノコを追加）して本調査に用いた。選木の基準・指標は表-1 のとおりである。技術職員 4 名を被験者とした予備試験を行い、修正した調査票

表-1 本調査で用いた選木基準と指標

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・枝
	割れ	元・中・先
	穴	元・中・先
	腐れ	元・中・先
	キノコ	元・中・先・枝
	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	
C. 他木の生育を阻害	根	倒れ・浮き・上がり
	被食	シカ・ネズミ
	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, Kenji FUKUSHI, Toshihide HIROKAWA, Takashi INOUE, Yoshinori EGUCHI, Shinichi TATSUMI (The Univ. of Tokyo Forests, Furano 079-1563), 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)

Tree marking techniques in the stand-based forest management system: A case analysis at a secondary forest dominated by *Betula maximowicziana*

の妥当性を現地で確認した。各指標の判定結果について、伐採木と非伐採木とを比較した。

選木の判断に影響を及ぼす要因を明らかにするため、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 2010 (マイクロソフト社) とエクセル統計 2010 ver. 1.09 (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 ≥ 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。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 9 本が伐採木として選ばれた。本数伐採率 (DBH ≥ 5.0 cm) は 3.7% であった。伐採木の材積は計 8.9 m³、材積伐採率 (25.0 ≤ DBH < 59.0 cm) は 14.8% で、予定伐採量をやや下回った。北演では通常、素材として利用可能な一定サイズ以上の立木が選木対象とされる (5)。そこで、伐倒支障木として選ばれたハウチワカエデの小径木 (DBH 11.7 cm) を除く 8 本の伐採木 (DBH ≥ 15.0 cm) を以下の分析の対象とした。

伐採木と非伐採木の樹種別本数を表-2 に示す。伐採木の樹種はウダイカンバが 4 本と半数を占めた。個体数が最も多かったホオノキからは 1 本のみが選木された。その他、オオバボダイジュ、オヒョウ、ハリギリが各 1 本であった。樹種をウダイカンバとその他に 2 区分し、フィッシャーの直接確率検定を行ったところ、ウダイカンバが伐採木とされる比率に有意性は認められなかった ($p > 0.05$)。

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	%
ホオノキ	1	12.5	20	23.0	21	22.1
ウダイカンバ	4	50.0	16	18.4	20	21.1
オオバボダイジュ	1	12.5	9	10.3	10	10.5
ミズナラ			7	8.0	7	7.4
エゾイタヤ			7	8.0	7	7.4
シナノキ			7	8.0	7	7.4
オヒョウ	1	12.5	5	5.7	6	6.3
ヒロハノキハダ			4	4.6	4	4.2
キタコブシ			3	3.4	3	3.2
ベニイタヤ			2	2.3	2	2.1
アサダ			2	2.3	2	2.1
ハリギリ	1	12.5			1	1.1
ハウチワカエデ			1	1.1	1	1.1
アズキナシ			1	1.1	1	1.1
イヌエンジュ			1	1.1	1	1.1
シウリザクラ			1	1.1	1	1.1
ミヤマザクラ			1	1.1	1	1.1
合計	8	100.0	87	100.0	95	100.0

注) 胸高直径が 15.0 cm 以上の立木。

伐採木・非伐採木の DBH 分布 (≥ 15.0 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 38.1 cm, 27.1 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 30.0 - 39.9 cm 階が 5 本と過半数を占め、全立木の 24% が伐採木として選ばれた。一方、DBH 40.0 cm 以上で伐採木として選ばれたのは 2 本のみであった。

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) が有りりと判定された立木の対総数比を図-2 に示す。伐採木 8 本のうち、7 本 (88%) が中曲がり (樹幹中央部に曲がり)

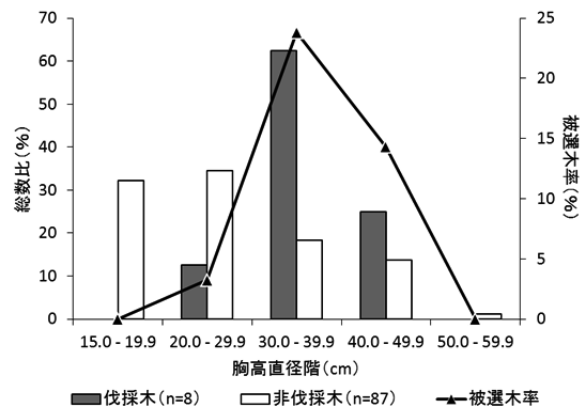


図-1 伐採木と非伐採木の胸高直径分布と被選木率

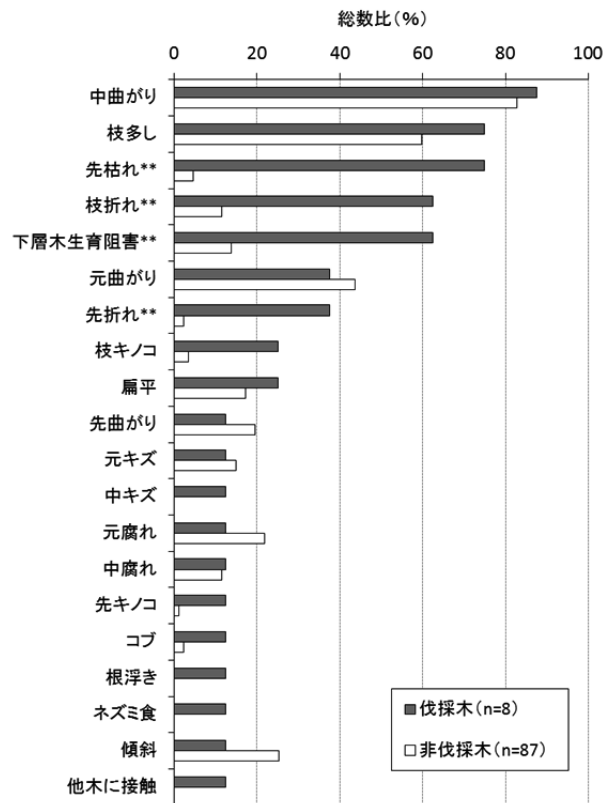


図-2 選木基準に関わる評価指標の判定結果

注) ** $p < 0.01$, フィッシャーの直接確率検定。

と判定された。また、枝多し（着枝量が多い）、先枯れ（梢端部に枯れ）、枝折れ（側枝に折れ）、下層木生育阻害と判定された伐採木がそれぞれ半数以上を占めた。先枯れ、枝折れ、下層木生育阻害、先折れ（梢端部に折れ）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（ $p < 0.01$, フィッシャーの直接確率検定）。

3) 選木に影響を及ぼす要因

樹種（ウダイカンバ）、DBH（1次、2次）、伐採木とされる比率が有意に高かった4指標（先枯れ、枝折れ、下層木生育阻害、先折れ）の計7つを説明変数とし、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。回帰モデルは有意であり（ $p < 0.01$, 尤度比検定）、判別の中率は95.8%（91/95）であった。増減法による変数選択の結果、説明変数として先枯れ、下層木生育阻害、先折れの3つが選ばれ、いずれも有意性が認められた。梢端部に枯れまたは折れが観察され、下層木の生育を妨げていると判定された立木ほど、伐採木として選ばれる傾向にあることが示された。

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。林

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
先枯れ(有り:1, 無し:0)	3.889	1.281	0.002	48.860
下層木生育阻害 (有り:1, 無し:0)	3.363	1.404	0.017	28.875
先折れ(有り:1, 無し:0)	2.980	1.420	0.036	19.693

注)目的変数:伐採木:1, 非伐採木:0。変数選択は増減法による。

冠は広葉樹のみで構成される多層構造であったが、伐採前から一部にギャップが生じていた。伐採木は2~3本がまとまって分布していた。調査地の北西側（図の左上）では選木されなかった。伐採木は主に中層木から選ばれた一方、上層木からの選木はなかった。

伐採後の林分構造を仮想的に示すため、伐採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）。伐採によって林冠ギャップが一部でやや広がったものの、林冠の構造には大きな違いが認められなかった。

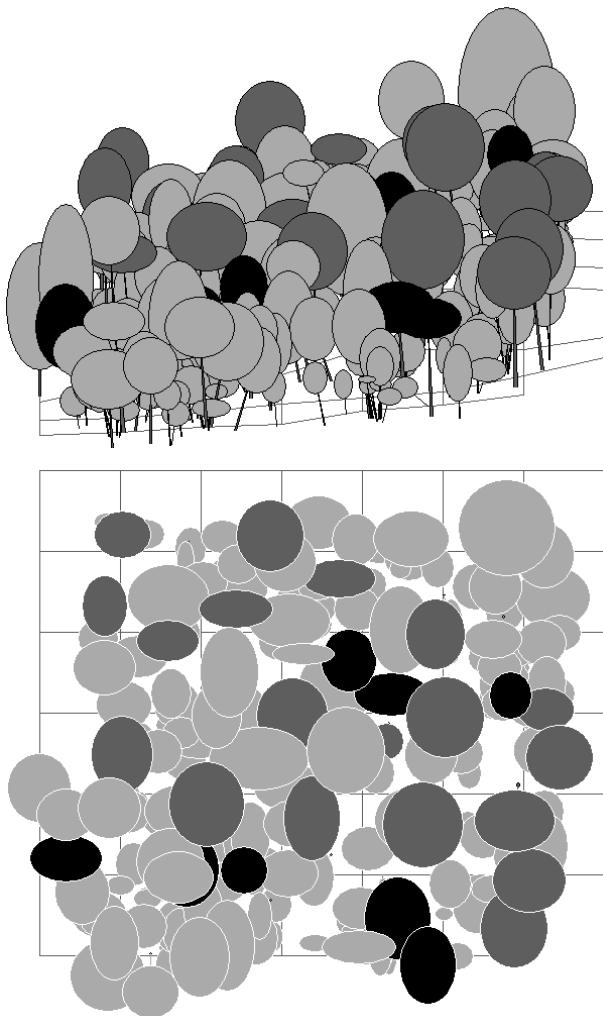


図-3 林分断面図と樹冠投影図（伐採前）

注) 濃灰色はウダイカンバ、薄灰色はその他広葉樹、黒は伐採木を表す。メッシュの1辺は10m。

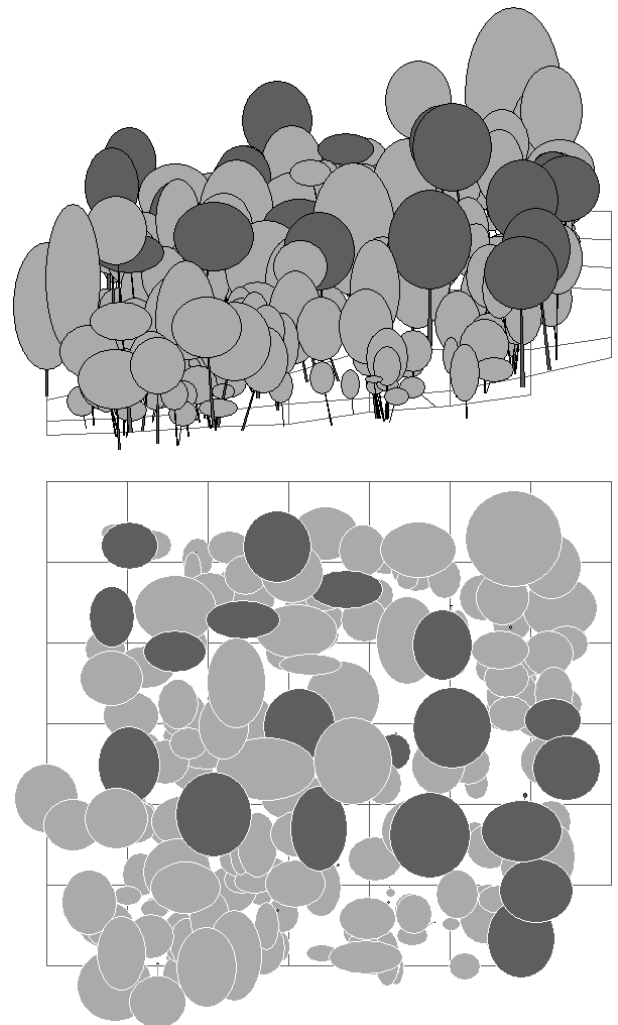


図-4 林分断面図と樹冠投影図（伐採後）

注) 図-3に同じ。伐採木を非表示とした。

考察

選木に影響を及ぼす要因を分析した結果、先枯れ、先折れと判定された立木が有意に多く選木される傾向にあった。北演の山火再生林では、ウダイカンバのうち①優良木として育成する木（育成木）の成長を阻害する木、②価値成長の期待できない木、を伐採対象としており（1）、2つの要因とも②を判断する際の指標と解釈できる。すなわち、梢端部に枯れや折れのある立木（樹冠衰退木）は、次回の施業までに枯損・材質劣化する可能性が高く、将来的な価値成長が望めないため、優先的に選木されたと考えられる。また、下層木の生育を阻害していると判定された立木も、有意に多く選木された。伐採によって形質の優れた下層木を育成し、林分の価値成長を高めようとしたものと推察される。一方、既報（4, 5）の結果と異なり、樹幹の腐朽は選木に影響を及ぼしていなかった。本調査地で元腐れと判定された立木は2割強であった（図-2）。山火事跡に成立してから100年が経過しているとはいえ、既報（4, 5）で対象とした択伐天然林に比べればまだ若齢であるため、樹幹の腐朽が進んだ立木は少なかったものと考えられる。

伐採木の樹種はウダイカンバが半数を占めたものの、有意に多く選木される傾向にはなかった。調査地の定期測定記録によれば、1997年に16本、2004年に9本のウダイカンバが伐採されている。調査地内のウダイカンバ立木に樹冠の重なりがほとんどない（図-3）ことから、前述した山火再生林の伐採対象（ウダイカンバ）のうち、①育成木の成長を阻害する木については、過去2回の間伐で概ね整理された可能性が高い。そのため、今回は樹種に拘らない選木が行われたと推察される。また、本数の最も多かったホオノキからの選木が1本のみであった一方、調査地内に1本しかなかったハリギリ（DBH 39.9 cm）が選木された。伐採木は本数の多い樹種から選ばれ、少ない樹種からは選ばれなかった既報（4, 5）と異なる結果になった。調査地内にはホオノキの樹冠衰退木がほとんどなく、また大部分が中～下層木のため、下層木生育阻害と判定されたホオノキは皆無であった。ハリギリの伐採木は、先枯れとともに枝折れ、中腐れも有りと判定され、次回の施業までに枯損・材質劣化する可能性が極めて高いこと、広葉樹のなかでも特に高価格で販売可能な樹種であること、伐採せずに残存しても母樹としての役割は期待できそうにないことなどが、今回の選木判断に影響したと考えられる。

立木のサイズもまた有意な選木要因ではなかったが、調査地の平均DBHをやや上回るサイズ（ $30.0 \leq \text{DBH} < 40.0 \text{ cm}$ ）から多く選木され、DBH 40.0 cm以上からの選木は少なかった。後者はウダイカンバやオオバボダイジュ、ミズナラであり、いずれも林冠の上層を占めていた。樹冠に衰退の徴候もなく、将来的に一層の材積・価値成長が期待できると判断されたため、選木されなかったものと推察される。

伐採に伴う林冠構造の改変は総じて小さかった。伐採木の空間分布は、既報（4, 5）とは異なり、平面的にやや偏りが認められた。同一箇所には生育する数本の立木をまとめて選木したように見えるのは、樹冠衰退木が偶然にそうした配置であったためと考えられる。また、調査地の北西側は、他の箇所比べて上層木が疎らであったため（図-3）、林冠ギャップの拡大を懸念して選木されなかったものと推察される。既報（4, 5）と同様、空間的なバランスを考慮した選木が行われていたと言える。上層木からの選木がなかったのは、DBHサイズの大きな立木から選木が少なかったのと同じ理由によるものと考えられる。

おわりに

本研究により、一事例ではあるが、北演のウダイカンバ二次林を対象とした選木技術を具体的に示すことができた。今回の試験では、樹幹の腐朽（4, 5）でなく、樹冠の衰退が選木の判断に影響していたのが特徴的であった。林分構造や立地環境によって選木の判断要因は異なるものの、林分の価値を将来に向かってより発展させる（7）という林分施業法の基本原則に従った選木が共通して行われていると言えるだろう。

本研究の実施にあたって、北演技術職員の小池征寛、大川あゆ子の各氏に協力いただいた。厚くお礼申し上げます。

引用文献

- (1) 犬飼 浩・高田功一・渡邊定元（1990）ウダイカンバ山火二次林の選木法．日林北支論 **38**：195-197.
- (2) 犬飼 浩・高橋功一・遠國正樹・中川雄治・後藤 晋（2008）山火事跡二次林の間伐によるウダイカンバの樹冠発達．日林北支論 **56**：63-65.
- (3) Nobori, Y. (2000) Forest Window. Japan Society of Forest Planning Press, 100pp.
- (4) 尾張敏章・犬飼 浩・福土憲司・小池征寛・犬飼慎也・算用子麻未・高橋功一・美濃羽靖（2011）林分施業法の選木技術－エゾマツ・トドマツ・シナノキ・イタヤカエデ混交林の事例－．日林北支論 **59**：99-102.
- (5) 尾張敏章・犬飼 浩・小池征寛・美濃羽靖・中島 徹（2010）林分施業法の選木技術．日林北支論 **58**：101-104.
- (6) 高田功一・犬飼 浩・渡邊定元・山本浩一（1989）ウダイカンバ二次林優良木の評価法．日林北支論 **37**：241-243.
- (7) 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.
- (8) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林北海道演習林（2012）北海道演習林第13期教育研究計画（平成23～32年度）．演習林（東大）：印刷中.