

天然林抲伐施業による42年間の林分構造の変化

- 東京大学北海道演習林の事例 -

辰巳晋一（東大院農）・尾張敏章（東大北演）・山本博一（東大新領域）・白石則彦（東大院農）

要旨：抲伐施業が天然林の林分構造に及ぼす影響を評価するため、東京大学北海道演習林の抲伐林分における本数密度や林分蓄積、樹種・径級構成の長期的な変化について調べた。1964年～2005年の42年間に調査された計4,433か所の標準地データを計画期別・作業級別に解析した。その結果、回帰年10年の第1作業級（低標高域）では、平均本数密度が第8計画期（1964～'67年）の871本/haから第11期（'96～2005年）の814本/haへと減少していた。一方、回帰年20年の第2作業級（高標高域）では、585本/ha（第8～9期）から588本/ha（第10～11期）と横ばいでいた。両作業級とも、平均本数密度は針葉樹で減少し、広葉樹で増加する傾向が見られた。平均林分蓄積は両作業級とも242～279m³/haでほぼ安定的に推移していた。直径階別本数密度では、両作業級のエゾマツと第1作業級のトドマツで小径木（直径階6～24cm）の本数密度が徐々に減少していた。天然林を持続的に管理する上で、後継となる針葉樹の確保が課題であると考えられた。

キーワード：天然林抲伐施業、直径階別本数密度、林分蓄積、針葉樹比率、後継樹

I はじめに

大正～昭和初期以降、北海道では国・道有林を中心に天然林抲伐施業が行われてきた。しかし、施業後に劣化した天然林も多いとされる（5）。針葉樹の良木に偏った選木や、林分の成長量を上回る伐採など、短期的な収益性を重視したことが主な原因と指摘されている（3）。

北海道中央部に位置する東京大学北海道演習林（以下、北演）もまた、1958年以降、林分施業法に基づく天然林抲伐施業を行ってきた。林分施業法では、立地条件や林木の品質、天然更新の状況を基準とし、天然林を主に抲伐・補植・皆伐の3つの林分に区分する（3, 7）。抲伐林分においては、形質不良木や成長衰退木を主体に、林分成長量の範囲内で伐採を行う。その結果、50年を経過した現在においても、高い林分蓄積が維持されている（6）。

林分施業法の適用による林分構造の変化については、1995年までの林班沿革簿記録をもとに解析した山本ら（7）の報告がある。しかし、その後の研究は行われていない。そこで本研究では、林分施業法に基づく抲伐施業が天然林の林分構造に及ぼす影響を評価するため、42年間にわたる施業実行の過程で測定・記録されてきた多数の標準地調査データを利用し、本数密度や林分蓄積、樹種・径級構成の長期的な変化の解析を行った。解析結果をふまえ、抲伐施業によって天然林を持続的に管理していく際の課題について考察した。

II 資料と方法

北演の施業実験林面積は2005年現在で19,933haあり、うち39%の7,716haが抲伐林分である（4）。標高が低く成

長率が高い西側の一帯を第1作業級に、高標高で成長率が低い東側を第2作業級にそれぞれ区分している。林分施業法が実行に移されたのは北演の第8期計画（1958～'67）からであり、以後第9期（'68～'80）、第10期（'86～'95）、第11期（'96～2005）と計画が策定され施業が行われた（4）。なお、1981年に発生した大規模な台風被害により、1981～1985年は風倒木処理を中心とした暫定計画期間とされている。

本研究では、施業対象区域の森林資源状況を把握するために設定された標準地のうち、1964～2005年の42年間に抲伐林分内で調査された計4,433か所の測定データを用いた（1963年以前のデータは所在不明、暫定期間を除く）。表-1に作業級別、計画期別の抲伐実施状況、および抲伐林内に設置された標準地数・面積を示す。第1作業級では回帰年8～10年で材積伐採率15～16%，第2作業級では回帰年20年で材積伐採率17～25%の抲伐が行われた。また、抲伐林分面積の2～10%で標準地調査が行われた。各標準地では、胸高直径5.0cm以上の立木を対象に、樹種別・直径階（2cm括約）別の本数密度を測定した。また、

表-1. 抲伐実施状況および投伐林分内に設置された標準地数・面積

	第1作業級				第2作業級	
	第8期	第9期	第10期	第11期	第8～9期	第10～11期
投伐林分面積 (ha)	6,120	4,377	4,140	4,296	5,971 *	3,932 *
回帰年(年)	8	8	10	10	20	20
伐採率 (%)	15	15	16	16	25	17
標準地数 (箇所)	660	664	773	896	790	650
標準地面積合計 (ha)	131.1	248.7	246.0	221.9	525.0	213.1
標準地面積平均 (ha)	0.199	0.375	0.318	0.248	0.665	0.328

文献（4）を参考に作成、* : 2つの期間の平均値を記載

Shinichi Tatsumi, Toshiaki Owari, Hirokazu Yamamoto, Norihiko Shiraishi (The University of Tokyo, 1-1-1 Yayoi Bunkyo-ku Tokyo 113-8657) Change of the stand structure by natural selection forestry in 42 years - A case study in the Tokyo University Forest in Hokkaido -

北演の一変数材積表によって立木材積を計算した。

ただし、抾伐林分の境界や面積、標準地の数や位置は計画期ごとに変更されている。そのため本研究では、各計画期において抾伐林分に区分された林分全体の平均本数密度と平均林分蓄積を算出し、計画期による比較を行うことで、抾伐に伴う林分構造の総体的な変化を抽出した。また、回帰年が20年の第2作業級では、第8期と第9期、第10期と第11期をそれぞれ組み合わせた2つの計画期間に関して比較を行った。

各計画期における作業級別のha当たりの平均本数密度または平均林分蓄積（いずれもとSする）は、各小班の抾伐林分面積により加重平均した下式により算出した。

$$S = \frac{\sum_{j=1}^n (S_j \cdot A_j)}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad \text{ただし } S_j = \frac{\sum_{i=1}^{m_j} s_{ij}}{\sum_{i=1}^{m_j} a_{ij}},$$

a_{ij} : j 小班におけるi番目の標準地面積、 s_{ij} : j 小班におけるi番目の標準地の平均本数密度または平均林分蓄積、 m_j : j 小班内の標準地数、 S_j : j 小班における平均本数密度または平均林分蓄積の面積加重平均値、 A_j : j 小班の面積、n: 作業級内の小班数、である。

III 結果

1. 本数密度・林分蓄積 第1作業級における平均本数密度と平均林分蓄積の推移を表-2に示す。平均本数密度は、第8期（871本/ha）から第10期（804本/ha）の間に7.7%減少した。その後、第11期（814本/ha）にはわずかに増加した。平均林分蓄積は、第8期（258m³/ha）から第9期（242m³/ha）の間に一度減少した後増加に転じ、第11期（278m³/ha）は第8期と比べて7.8%増加した。

第2作業級における平均本数密度と平均林分蓄積の推移を表-3に示す。平均本数密度は、第8~9期（585本/ha）、第10~11期（588本/ha）とも第1作業級に比べて小さく、両者の間にはほとんど差は見られなかった。平均林分蓄積は、第8~9期（270m³/ha）、第10~11期（266m³/ha）とも第1作業級と同程度であり、安定的に推移していた。

2. 樹種別の密度・蓄積 第1作業級における樹種別の平均本数密度と平均林分蓄積の推移を図-1に示す。トドマツの本数密度（図-1a）は、第8期（378本/ha）から第11期（312本/ha）の間に17.3%減少した。また、エゾマツについても63本/haから47本/haへと25.6%減少した。一方、広葉樹の平均本数密度は大部分の種で増加傾向にあった。このため、第8期には平均本数密度の針葉樹比率が過半（52.9%）であったのが、第11期には46.9%となり、広葉樹が多数を占めるようになった（表-2）。

第1作業級の樹種別平均林分蓄積を見ると（図-1b）、トドマツとエゾマツでは当初減少傾向であったのが、第11

期には増加に転じた。広葉樹はほぼすべての種で増加した。平均林分蓄積の針葉樹比率は第8期（60.8%）から第11期（58.3%）の間に減少した（表-2）。

第2作業級における平均本数密度と平均林分蓄積の樹種別の推移を図-2に示す。第2作業級の樹種別の平均本数密度（図-2a）は、トドマツが第8~9期（173本/ha）から第10~11期（171本/ha）の間でほぼ変化が見られなかつたのに対し、エゾマツは123本/haから96本/haへと21.5%減少した。広葉樹は増加している種が多く、特にシナ類は55本/haから74本/haへと34.6%増加した。エゾマツの減少分がシナ類の増加分により相殺され、全体の平均本数密度はほぼ一定であった。針葉樹比率は51.5%から46.5%となり、第1作業級と同様に、広葉樹が過半数を占めるようになった（表-3）。

第2作業級の樹種別の平均林分蓄積（図-2b）については、エゾマツとトドマツの蓄積がわずかに減少した。広葉樹ではシナ類やイタヤ類が増加し、ダケカンバが減少した。平均林分蓄積の針葉樹比率は68.3%から64.5%へと低下したが、第1作業級と比べてやや高かった（表-3）。

3. 直径階別本数密度 第1作業級における樹種別の直径階別本数密度の推移を図-3に示す。また、小径木（直径階6~24cm）、中径木（26~38cm）、大径木（40cm以上）に分けた時の本数比を表-4に示す。トドマツは第8期から第11期の間に小径木の比率が5ポイント減少した。なかでも、直径階6~10cmでの本数減が顕著であった。その結果、第8期には抾伐施業において理想的とされる逆J字型の分布であったのが、第11期へと進むに従って相対的に小径木が少ない分布へと変化した。エゾマツも小径木の割合が減少し、その傾向はトドマツよりも顕著であった。広葉樹は逆J字型の分布を安定的に維持していた。

第2作業級における樹種別の直径階別本数密度の推移を図-4に示す。トドマツは第1作業級とは反対に、小径木がわずかに増加し、両計画期間を通じて直径階32~38cmの本数が比較的多い分布を維持していた。エゾマツは小径木比率が低い一方で大径木比率が高く、第8~9期から第10~11期の間にこの傾向がさらに強まった。広葉樹は第1作業級と同様に逆J字型の分布を維持していた。

IV 考察

山本ら（7）は第10期までの林班沿革簿記録をもとに、第1作業級の平均本数密度が減少傾向にあることを指摘した。本研究においても同様の傾向が見られたが、第11期になると平均本数密度はわずかに増えている。北演のペテラン技術職員によれば、第8~9期には針葉樹の生育を促進するため、広葉樹の小中径木が多く伐られていた。

表-2. 第1作業級における平均本数密度と平均林分蓄積の推移

	平均本数密度 (本/ha)				平均林分蓄積 (m ³ /ha)			
	第8期	第9期	第10期	第11期	第8期	第9期	第10期	第11期
針葉樹 小計	461 (52.9)	423 (50.8)	376 (46.8)	382 (46.9)	157 (60.8)	143 (59.1)	144 (57.0)	162 (58.3)
広葉樹 小計	410 (47.1)	409 (49.2)	428 (53.2)	432 (53.1)	101 (39.2)	99 (40.9)	108 (43.0)	116 (41.7)
合計	871 (100)	832 (100)	804 (100)	814 (100)	258 (100)	242 (100)	252 (100)	278 (100)

表-3. 第2作業級における平均本数密度と平均林分蓄積の推移

	平均本数密度 (本/ha)		平均林分蓄積 (m ³ /ha)	
	第8-9期	第10-11期	第8-9期	第10-11期
針葉樹 小計	302 (51.5)	274 (46.5)	184 (68.3)	171 (64.5)
広葉樹 小計	284 (48.5)	315 (53.5)	86 (31.7)	94 (35.5)
合計	585 (100)	588 (100)	270 (100)	266 (100)

() 内は期間別の比率を表す。

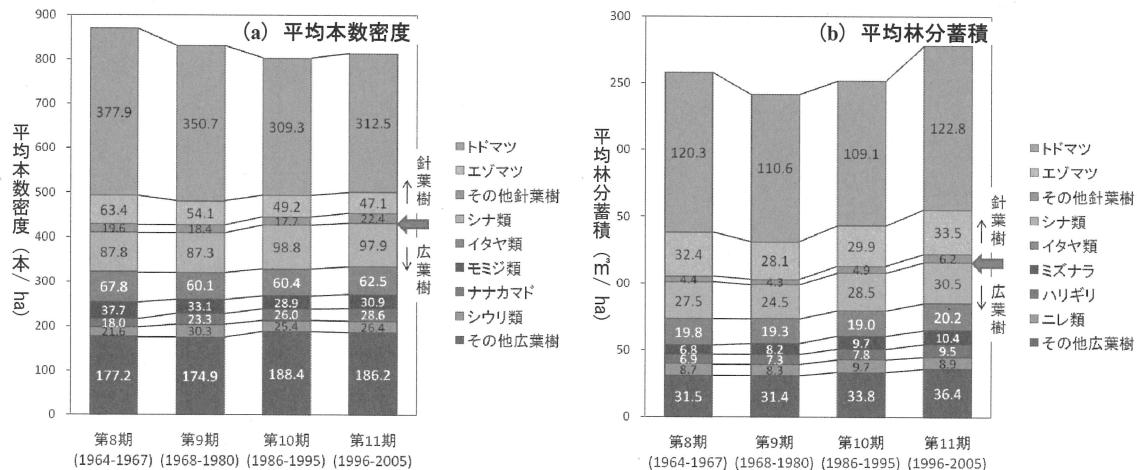


図-1. 第1作業級における平均本数密度と平均林分蓄積の樹種別の推移

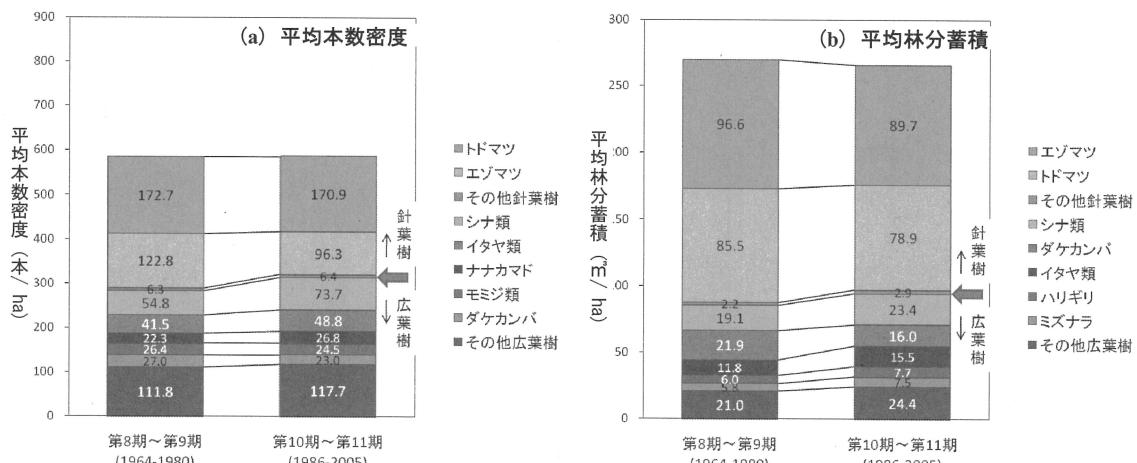


図-2. 第2作業級における平均本数密度と平均林分蓄積の樹種別の推移

シナ類にはシナノキ・オオバボダイジュ・モイワボダイジュ、イタヤ類にはエゾイタヤ・ベニイタヤ・クロビイタヤ、モミジ類にはオオモミジ・ハウチワカエデ、ニレ類にはハルニレ・オヒヨウがそれぞれ含まれる

一方、第10期以降は針葉樹の中大径木が主に伐採されており(7)、択伐施業における選木方針の変化が平均本数密度の増加に影響した可能性がある。第1作業級では、平均本数密度が減少したにも関わらず平均林分蓄積は増加した。伐採されずに残された小中径木が順調に成長し、中大径木の比率が増加したためと推察される(7)。

樹種構成の変化に関しては、両作業級とも針葉樹の平均本数密度が減少し、広葉樹が増加していた。第2作業級では、平均林分蓄積においても同様の傾向がみられた。広葉

樹の小中径木が伐られなくなったことに加えて、択伐により生じた生育空間を広葉樹が占有した(7)ことも影響した可能性がある。第1作業級では、針葉樹の平均林分蓄積も増加傾向であった。低標高域における針葉樹小中径木の成長の速さによるものと考えられる。

径級構成の変化については、両作業級とも針葉樹の小径木の平均本数密度が減少していた。第1作業級ではトドマツ、第2作業級ではエゾマツが、それぞれ択伐施業における主要な収穫対象樹種となっているが、いずれも後継樹と

なる小径木の減少が顕著であった。主な原因としては、第一に抾伐作業に伴う残存木の損傷や林床の搅乱が挙げられる。集材時の損傷被害は特に小径木に対して激しい傾向がある(2)。第二に、抾伐後の天然更新が十分でない可能性がある。特にエゾマツは倒木を主な更新サイトとしているため、抾伐が行われている林分では天然更新が難しいことが知られている(1)。

一方で、第2作業級のトドマツの平均本数密度と直径階別本数密度は期間を通じてほとんど変化がなかった。第2作業級では抾伐林分の面積が減少傾向にあり(表-1)、林分内容の劣化した森林が抾伐林分から除外されている(7)ことが一因と推察される。また、第2作業級は本数密度が低いことに加えて、回帰年が20年と長く搅乱頻度が低いため、残存木への被害が第1作業級に比べて小さかった可能性もある。

V おわりに

北演における今後数十年間の天然林抾伐施業を考えた場合、現在の針葉樹の小径木の本数密度の減少は将来の林分蓄積の減少に繋がる可能性がある。従って、このことを念頭に置いたうえで、回帰年や伐採率の設定、および倒木更新を促進させる施業等について検討していく必要がある。

本研究の実施にあたり、廣川俊英、犬飼浩の両氏をはじめとする北演技術職員各位には多大なご協力をいただいだ。深く感謝の意を表する。なお、本研究の一部は日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究(A)(課題番

号19208015)によった。

引用文献

- (1) NAKAGAWA, M., KURUHASHI, A., KAJI, M., HOGETSU, T. (2001) The effects of selection cutting on regeneration of *Picea jezoensis* and *Abies sachalinensis* in the sub-boreal forests of Hokkaido, northern Japan, *For. Ecol. Manage.* **146**: 15-23.
- (2) 大里正一・倉橋昭夫・山本博一・大橋邦夫・仁多見俊夫・小笠原繁夫・井口和信・佐々木忠兵衛(1996) 大形の車両系林業機械が林地に及ぼす影響 -北海道天然林における抾伐作業の事例-, 東大演報 **96**: 1-26.
- (3) 高橋延清(2001) 林分施業法(改訂版), 125pp, ログ・ビー有限会社, 札幌。
- (4) 東京大学大学院農学生命科学研究科付属演習林(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 **46**: 215-350.
- (5) 渡邊定元(2003) 天然林施業技術の評価と課題 -天然林施業が定着できず森林劣化が起きた技術的問題点の総括-, 日林誌 **85** (3): 273-281.
- (6) WATANABE, S., and SASAKI, S. (1994) The Silvicultural Management System in temperate and boreal forests: A case history of the Hokkaido Tokyo University Forest, *Can. J. For. Res.* **24**: 1176-1185.
- (7) 山本博一・大橋邦夫・道上昭夫・芝野伸策・岩本進一・犬飼浩・佐藤製(1997) 針広混交天然林の林分構造の解析(II)-抾伐施業による林分構造の変化-, 第108回日林論: 91-94.

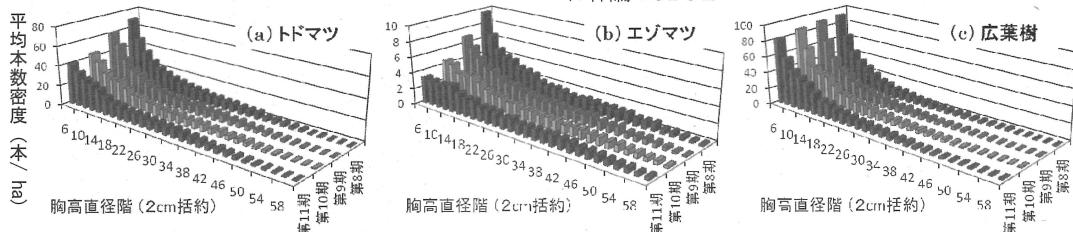


図-3. 第1作業級における樹種別の直径階別本数密度の推移

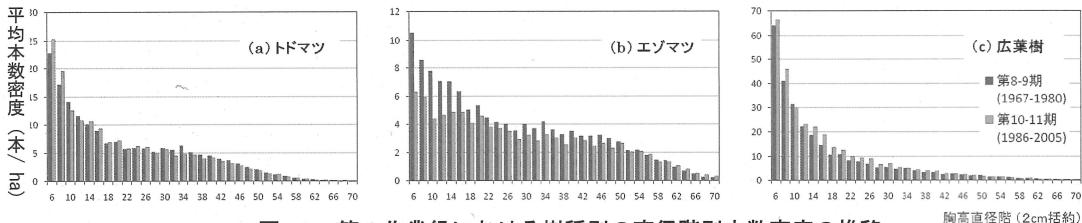


図-4. 第2作業級における樹種別の直径階別本数密度の推移

表-4. 第1, 第2作業級における樹種別、径級別の比率の推移

	第1作業級				第2作業級				トドマツ		エゾマツ	
	トドマツ		エゾマツ		広葉樹		トドマツ		エゾマツ		広葉樹	
	第8期	第9期	第10期	第11期	第8期	第9期	第10期	第11期	第8-9期	第10-11期	第8-9期	第10-11期
小径木割合(%)	76	76	75	71	67	66	62	57	84	84	83	82
中径木割合(%)	16	17	17	20	17	18	20	21	11	11	12	13
大径木割合(%)	7	7	8	10	16	15	18	22	6	5	5	6
									14	13	25	29
									54	49	81	80
									21	22	12	13
									8	7		