

研究資料

トドマツ人工林における保残伐施業の実証実験（REFRESH）における実験区の伐採前の林分組成

明石信廣¹・対馬俊之²・雲野 明¹・長坂晶子¹・長坂 有¹・大野泰之¹・
 新田紀敏¹・渡辺一郎¹・南野一博¹・山田健四^{1,3}・石濱宣夫¹・
 滝谷美香¹・津田高明⁴・竹内史郎¹・石塚 航¹・福地 稔¹・
 山浦悠一^{5,6}・尾崎研一⁶・弘中 豊^{5,7}・稲荷尚記⁸

Composition of trees before harvesting in the Retention Experiment for plantation FoREstry in Sorachi, Hokkaido (REFRESH) sites

Nobuhiro AKASHI¹, Toshiyuki TSUSHIMA², Akira UNNO¹, Akiko NAGASAKA¹, Yu NAGASAKA¹, Yasuyuki OHNO¹,
 Noritoshi NITTA¹, Ichiro WATANABE¹, Kazuhiro MINAMINO¹, Kenji YAMADA^{1,3}, Nobuo ISHIHAMA¹,
 Mika TAKIYA¹, Takaaki TSUDA⁴, Fumio TAKEUCHI¹, Wataru ISHIZUKA¹, Minoru FUKUCHI¹,
 Yuichi YAMAURA^{5,6}, Kenichi OZAKI⁶, Yutaka HIRONAKA^{5,7}, and Naoki INARI⁸

要旨

日本の人工林は、1960～1980年代に植栽されたものが多く、まもなく主伐期を迎えるが、従来のような大面積皆伐、一斉植栽による更新は、生物多様性の保全や水土保全機能などの公益的機能への悪影響が懸念される。近年、欧米では、伐採時に一部の樹木を保残して複雑な森林構造を保全する「保残伐」の検証実験が各地で行われている。そこで、北海道、北海道大学農学部森林科学科、森林総合研究所北海道支所、北海道立総合研究機構林業試験場は、北海道・芦別市、赤平市、深川市にまたがる北海道有林空知管理区225～250林班、約5,887haを対象として、2013年からトドマツ人工林における保残伐施業の実証実験（Retention Experiment for plantation FoREstry in Sorachi, Hokkaido, REFRESH）を開始した。3段階の密度の広葉樹単木保残区、人工林の中央付近0.36haを保残する群状保残区、人工林皆伐区、1ha程度の小面積を皆伐する受光伐区、伐採をしない広葉樹天然林対照区と人工林対照区の8種類の実験区（各約5～9ha）をそれぞれ3セット設定した。本資料では、実証実験の各実験区における伐採前の樹木の本数、材積及び胸高断面積をとりまとめた。

キーワード：トドマツ人工林、保残伐施業、REFRESH

はじめに

森林には生物多様性の保全、水土保全、木材生産など多面的な機能が求められている。しかし、そのための具体的な管

理手法は確立されていないのが現状である。日本の森林面積の4割を占める人工林は、1960～1980年代に植栽されたものが多く（林野庁 2014）、まもなく主伐期を迎えることになる。しかし、従来の施業技術を用いた大面積皆伐、一斉植栽によ

*1 北海道立総合研究機構林業試験場 Forestry Research Institute, Hokkaido Research Organization, Bibai, Hokkaido 079-0198

*2 北海道立総合研究機構林業試験場道北支場

Dohoku Station, Forestry Research Institute, Hokkaido Research Organization, Nakagawa, Hokkaido 098-2805

*3 現所属：北海道立総合研究機構林産試験場

Forest Products Research Institute, Hokkaido Research Organization, Asahikawa, Hokkaido 071-0198

*4 北海道立総合研究機構林業試験場道南支場

Donan Station, Forestry Research Institute, Hokkaido Research Organization, Kikyo, Hakodate, Hokkaido 041-0801

*5 北海道大学大学院農学研究院 Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Hokkaido 060-8589

*6 森林総合研究所 Forestry and Forest Products Research Institute, Tsukuba, Ibaraki 305-8687

*7 現所属：認定NPO法人生態工房 SEITAI KOUBOU, Kichijoji-Honcho 4-9-22, Musashino, Tokyo 180-0004

*8 森林総合研究所北海道支所 Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, Sapporo, Hokkaido 062-8516

[北海道林業試験場研究報告 第54号 平成29年3月 Bulletin of the Hokkaido Forestry Research Institute, No. 54, March, 2017]

る更新は、生物多様性の保全や水土保全機能などの公益的機能への悪影響が懸念される（森林総合研究所 2010）。北海道では、樹種特性から長伐期施業に適さないと考えられているトドマツが人工林面積の50%以上を占めており、今後広大な面積の伐採が必要となる。そのため、人工林としての生産性も考慮しながら、生物多様性に配慮した伐採、更新方法を緊急に開発する必要がある。

近年、欧米では、伐採時に一部の樹木を保全して複雑な森林構造を保全する「保残伐」(retention forestry)の検証実験が各地で行われている(GUSTAFSSON *et al.* 2012, LINDENMAYER *et al.* 2012, FEDROWITZ *et al.* 2014, MORI and KITAGAWA 2014, SOLER *et al.* 2016)。一部の樹木を伐採せず単木あるいは群状に保残することにより、皆伐では失われる老齢木、大径木などを確保し、多様な生物の生息地としての機能を維持しようとするものである。しかし、人工林としての管理を前提とした保残伐実験は世界的にもほとんど行われておらず、主伐の際に何をどの程度保残すればよいのかは明らかになっていない。また、林業として森林を経営する所有者には、保残に伴う伐採木の減少や作業の複雑さなどによる効率低下、保残木が次世代の植栽木を被陰することによる成長の低下などのコスト増が発生することになる。保残伐施業を普及させるには、保残伐による生物多様性の保全効果と経済的損失を同時に調査して両者のトレードオフを明らかにし、現実的な保残伐の手法を提案する必要がある。

北海道、北海道大学農学部森林科学科、森林総合研究所北海道支所、北海道立総合研究機構林業試験場は、2013年5月に「トドマツ人工林における保残伐施業の実証実験に関する協定書」を締結し、トドマツ人工林において保残伐施業の実証実験(Retention Experiment for plantation FoREstry in Sorachi, Hokkaido, REFRESH)を共同で実施することとなった(土屋 2013)。本実験では、保残方法の異なる保残伐の実験区を設定し、保残方法と生物多様性や水土保全機能に及ぼす効果の関係を明らかにするとともに、保残伐の作業効率を調査し、保残伐に伴う経済的損失を明らかにすることを目的としている。

保残伐施業が生物多様性や水土保全機能に及ぼす効果は長期的な変化が想定されるため、長期的な実証実験が必要となる。そのため、調査地の基礎的なデータについて整理し、個別の研究において利用できるよう保存、公表していく必要がある。本資料は、実証実験の各実験区における伐採前の樹木の組成をとりまとめたものである。

方 法

実験区の種類

海外でこれまでに報告されていた保残伐に関する研究は、一部で苗木が補植される場合があるが、ほとんどは天然林で実施されている。また、北アメリカや北欧諸国では、針葉樹

林や針葉樹にカンバ類など少数の広葉樹が混交する森林(VANHA-MAJAMAA and JALONEN 2001, MACDONALD and FENNIAC 2007, AUBRY *et al.* 2009)、南アメリカではナンキョクブナが優占する森林(SOLER *et al.* 2016)を研究対象としており、上層木の組成が単純であることが多い。一方、本実験では、自然植生としては広葉樹林または針広混交林が成立していたと考えられる場所に、木材生産を目的として造成されたトドマツ人工林を対象とし、伐採後にはトドマツ苗木を植栽する。本州の研究から、針葉樹人工林では広葉樹が混交すると動物群集の多様性が増すことが明らかになっている(OHSAWA 2007, 山浦 2007)。そこで、人工林の施業では失われる広葉樹を保残対象として、3段階の密度(1haあたり10本, 50本, 100本)で保残する実験区を設定することとした。また、トドマツは風倒被害を受けやすいと考えられており、単木的に保残した場合には倒れる危険性が高いことも、広葉樹を保残する理由として考慮した。

トドマツ人工林には、しばしば広葉樹が侵入、定着している(坂上 1985, 野々田ほか 2008)。しかし、適切に管理され、気象害や病虫獣害が発生しなかった林分では、ほとんど広葉樹が侵入していない場合も多い。そこで、トドマツを含む樹木を群状に保残する実験区も設定することとした。

実験区の設定

北海道・芦別市、赤平市、深川市にまたがる北海道有林空知管理区225~250林班、約5,887haを実証実験の対象地域とした。標高864mのイルムケツ山山頂付近とその南側、東側を含む地域である。

この地域では、1911年に1,930haに及ぶ山火被害を受け(北海道 1956)、大正末期から人工造林が行われるようになった(道有林100年記念誌編集委員会 2006)。1950年から1970年頃まで、植栽時には全刈りと火入れによる地拵えが行われていた。

対象地域内にある50年生以上のトドマツ人工林を対象として、森林の現況や施業履歴から実験区の設定箇所を検討した。日本の森林における公益的機能のなかで、地域住民の関心が最も高いのは水土保全機能であると考えられ、道有林も大部分が水源かん養保安林に指定されている。そこで、水土保全機能への影響を調査するため、小流域を考慮して実験区を選定した。

検討の結果、表-1のように、広葉樹単木少量保残区(SS)、広葉樹単木中量保残区(SM)、広葉樹単木大量保残区(SL)、群状保残区(GR)、人工林皆伐区(CC)、受光伐区(SC)、広葉樹天然林対照区(NC)、人工林対照区(PC)の8通りの実験区(それぞれ5ha以上)を、原則として毎年1セット、3年間で3セット設定することとし、表-2のとおり実験区を設定した。人工林対照区については設定時点で48年生の林分も含まれた。広葉樹単木保残区は広葉樹の侵入

状況を考慮して選定した。広葉樹の多い林分を広葉樹中量保残区または広葉樹大量保残区に充てる必要があったため、その他の実験区は広葉樹が比較的少ない林分から選定することとなった。実験区の配置の検討にあたっては、伐採対象とすることができる林分のなかで、実験区間の間隔の確保、水土保持機能に関する調査を実施するための小流域の状況等を考慮した。実験区の間隔はおおむね200m程度空けることとしたが、限られた候補地のなかで選定するため、150m程度のところが生じた(図-1)。このほか、実験区を設定せず伐採を行わない人工林対照区(PC)を、第2セット広葉樹単木中量保残区(SM2)及び第3セット広葉樹単木少量保残区(SS3)に隣接する林分に設定し、水土保持機能の調査を実施することとした。

各セットについて、伐採の前々年度に実験区の位置を確定し、伐採前年に伐採前調査を行った。融雪後、8月までに伐採、その年の秋に地拵えを行い、翌年にトドマツを植栽するとともに、伐採後調査を開始することとした。第1セットは2013年に伐採前調査を行い、2014年に伐採、地拵えが実施された。第2セットは2015年、第3セットは2016年にそれぞれ

伐採、地拵えが実施された。2013年度に設定して2014年度に伐採を行う実験区を第1セットとし、実験区の略称にセットを示す数字を付けてSS1のように表記する。

保残木の選木と調査

広葉樹単木保残区の保残木は、林冠に達している広葉樹から、できるだけ多様な樹種が保残されるように選木した。保残木の分布をなるべく一様にするため、保残木の密度を保残木1本あたりの面積に換算し(少量保残:0.1 ha/本, 中量保残:0.02 ha/本, 大量保残:0.01 ha/本)、これを目安に保残木を選定した。

第1セット保残木の調査は2013年7月、第2セットは2014年7月、第3セットは2015年3月(SL3)及び7月(SS3, SM3, GR3)に実施した。本実験に参画する研究者と道有林管理を担当する北海道水産林務部森林環境局道有林課、現地を所管する空知総合振興局森林室の職員で作業班をつくり、意見交換しながら選木作業を行った。森林管理上の立場からは、林道や集材路に近い樹木は作業の支障となるため、できるだけ保残しないこと、ツルが絡みついた樹木を伐採する場

表-1 実験区の種類

Table 1 Types of experimental units

| 略称 Abbreviation | 実験区 Treatment | 内容 Operation methods |
|--------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SS | 広葉樹単木少量保残区 Dispersed Retention, 10 trees/ha | 人工林内に侵入している広葉樹林冠木を約10本/ha保残して残りを伐採 Approximately 10 trees/ha of naturally regenerated broadleaved species are retained |
| SM | 広葉樹単木中量保残区 Dispersed Retention, 50 trees/ha | 人工林内に侵入している広葉樹林冠木を約50本/ha保残して残りを伐採 Approximately 50 trees/ha of naturally regenerated broadleaved species are retained |
| SL | 広葉樹単木大量保残区 Dispersed Retention, 100 trees/ha | 人工林内に侵入している広葉樹林冠木を約100本/ha保残して残りを伐採 Approximately 100 trees/ha of naturally regenerated broadleaved species are retained |
| GR | 群状保残区 Aggregated Retention | 人工林の中央付近0.36haのトドマツ・広葉樹を保残して残りを皆伐 A patch of 0.36 ha is retained at the center of the experimental unit |
| CC | 人工林皆伐区 Clear cutting | 保残伐と比較する林分 Clear cutting |
| SC | 受光伐区 Patch cutting | 1ha程度の小面積皆伐、従来道有林で実施されてきた手法(第2セット、第3セットのみ) Two or three patch cutting, ca. 1 ha each, in the experimental unit; 2 nd and 3 rd sets only |
| NC | 広葉樹天然林対照区 Uncut broadleaved stand | 保残伐と比較する林分、伐採なし Controls without harvesting in natural broadleaved stands |
| PC | 人工林対照区 Uncut planted stand | 保残伐と比較する林分、伐採なし Controls without harvesting in planted stands |

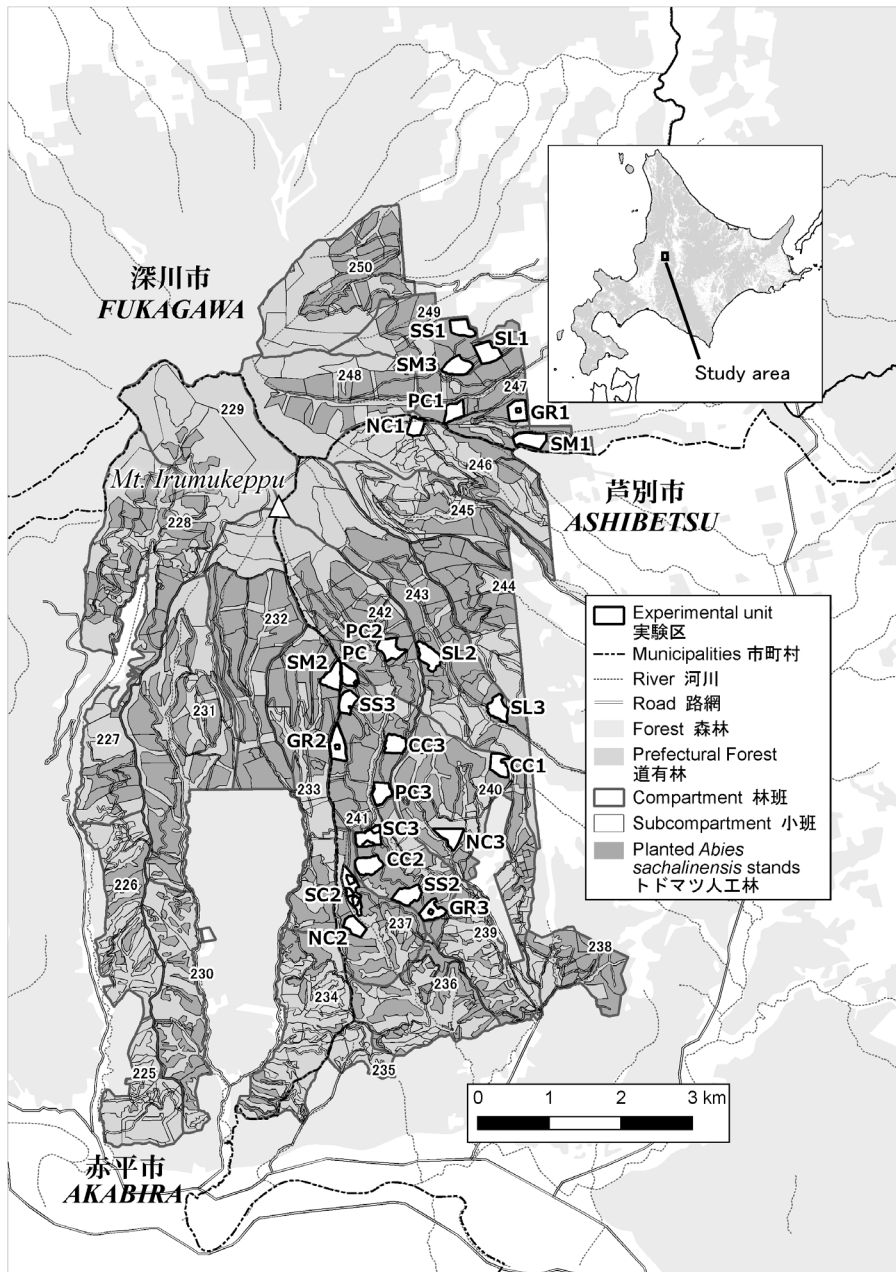


図-1 実験区の配置

数字は林班を示す。PCは水土保持機能調査のために設定した人工林対照区で、実験区は設定していない。

Fig. 1 Study site

Numbers represent the compartment. “PC” denotes the control site without harvesting in the planted stand that was used in the hydrological study only and this was not an experimental unit for other studies.

合や広葉樹が集中して分布する区域で一部を伐採する場合は、安全に作業ができるかどうかを検討すること、などが選木のポイントに加えられた。

保残木は黄色と黒の2色のビニールテープを巻いて識別できるようにするとともに、直径巻尺を用いて胸高直径を測定し、ハンディタイプのGPSで位置を記録した。積雪期に調査したSL3については、伐採後の2016年10月に予定どおり伐採されず残っていた保残木を再度調査し、再調査時の胸高直径を集計に用いた。

保残木の一部は伐採時に支障木として伐採された。また、保残木として選木されなかったが伐採されなかった立木も少数ながら一部の実験区に残ることになった。本資料では、保残木として選木されたものを保残木として集計した。

伐採木の調査

伐採木のデータは、道有林を所管する空知総合振興局森林室職員及び委託を受けた事業者によって実施された調査結果の提供を受けた。胸高直径5 cm以上を対象として2 cm括約

表-2 各実験区の植栽年と最終間伐

Table 2 Year of planting and last thinning of each experimental unit

| 実験区 Experimental Unit | 区域面積 Area | 林班 Compartment | 小班 Subcompartment | 植栽年 Year of planting | 最終間伐 Year and method of last thinning |
|---------------------------|--------------|-------------------|----------------------|-------------------------|------------------------------------------|
| 第1セット 1 st set | | | | | |
| SS1 | 6.30 | 249 | 52 | 1959 | 2011, 定性 qualitative thinning |
| SM1 | 7.85 | 247 | 61 | 1956 | 2004, 定性 qualitative thinning |
| | | | 62 | 1957 | 1996, 定性 qualitative thinning |
| | | | 65 | 1943 | 2004, 定性 qualitative thinning |
| | | | 70 | 1963 | 2004, 定性 qualitative thinning |
| SL1 | 7.94 | 249 | 51 | 1958 | 2005, 定性 qualitative thinning |
| GR1 | 6.78 | 247 | 58 | 1957 | 2004, 定性 qualitative thinning |
| CC1 | 6.89 | 240 | 51 | 1953 | 2005, 定性 qualitative thinning |
| PC1 | 5.87 | 247 | 57 | 1967 | 2012, 列状 row thinning |
| NC1 | 4.96 | 246 | 5 | — | 記録なし No record |
| 第2セット 2 nd set | | | | | |
| SS2 | 7.49 | 241 | 61 | 1958 | 2012, 定性 qualitative thinning |
| SM2 | 7.10 | 233 | 64 | 1964 | 2006, 定性 qualitative thinning |
| SL2 | 7.92 | 243 | 54 | 1959 | 2008, 定性 qualitative thinning |
| | | | 55 | 1958 | 2008, 定性 qualitative thinning |
| GR2 | 8.23 | 241 | 53 | 1962 | 2005, 定性 qualitative thinning |
| SC2 | 9.24 | 237 | 52 | 1955 | 2009, 列状 row thinning |
| CC2 | 7.87 | 241 | 58 | 1960 | 2009, 定性 qualitative thinning |
| PC2 | 7.63 | 242 | 56 | 1967 | 2009, 定性 qualitative thinning |
| NC2 | 5.55 | 237 | 2 | — | 1987, 択伐 selection cutting |
| 第3セット 3 rd set | | | | | |
| SS3 | 5.76 | 241 | 52 | 1964 | 2005, 定性 qualitative thinning |
| SM3 | 7.72 | 249 | 52 | 1959 | 2011, 定性 qualitative thinning |
| | | | 53 | 1959 | 1990, 定性 qualitative thinning |
| SL3 | 6.99 | 243 | 64 | 1957 | 2012, 定性 qualitative thinning |
| GR3 | 6.39 | 241 | 61 | 1958 | 2012, 定性 qualitative thinning |
| SC3 | 7.83 | 241 | 57 | 1960 | 2009, 定性 qualitative thinning |
| | | | 58 | 1960 | 2009, 定性 qualitative thinning |
| CC3 | 6.17 | 241 | 71 | 1965 | 2005, 定性 qualitative thinning |
| PC3 | 6.26 | 241 | 70 | 1964 | 2013, 定性 qualitative thinning |
| NC3 | 6.61 | 240 | 42 | — | 1970, 択伐 selection cutting |

区域面積には区域内の林道等を含む。

各実験区の内容は表-1参照。実験区名称の数字はセットを示す。

The area of forest road is included in the values of the area.

See Table 1 for details of the treatment in each experimental unit. The number in the name of each experimental unit indicates the number of the set.

表-3 各実験区における植生調査区数

Table 3. Number of plots at each experimental unit

| 実験区 Experimental unit | 調査区数 Number of plots | | | |
|--------------------------|----------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| | 伐区内 Cutting area | 伐区境界 On the border of the cutting area | 保残区域 (実験区内) Retention patch and uncut area | 伐区外 (実験区外) Out of the experimental unit |
| SS1 | 6 | | | 1 |
| SM1 | 7 | | | 1 |
| SL1 | 6 | 1 | | |
| GR1 | 4 | 1 | 9 | |
| CC1 | 6 | | | 1 |
| PC1 | | | 7 | |
| NC1 | | | 4 | |
| SS2 | 7 | 1 | | |
| SM2 | 6 | | | 1 |
| SL2 | 7 | | | |
| GR2 | 6 | | 9 | |
| CC2 | 7 | | | |
| SC2 | 5 | | 3 | |
| PC2 | | | 7 | |
| NC2 | | | 4 | |
| SS3 | 7 | | | |
| SM3 | 7 | | | |
| SL3 | 7 | | | |
| GR3 | 5 | | 9 | |
| CC3 | 6 | 1 | | |
| SC3 | 4 | | 4 | |
| PC3 | | | 7 | |
| NC3 | | | 4 | |

で記録され、針葉樹と広葉樹が区別されている。

立木幹材積

伐採木の材積については、空知総合振興局森林室が用いている値を利用した。針葉樹と胸高直径37cm未満の広葉樹の材積は、胸高直径と実験区ごとの樹高曲線から計算されている。胸高直径37cm以上の広葉樹については、1本ずつ胸高直径と樹高から材積が求められている。

保残木のうち、針葉樹と胸高直径37cm未満の広葉樹の材積は、空知総合振興局森林室が用いている2cmの胸高直径階ごとの単木材積によって求めた。胸高直径37cm以上の広葉樹については、中島(1950)の「闊葉樹標準材積表」により胸高直径から求めた。

植生調査区

単木保残区、群状保残区及び皆伐区では、保残木と伐採木を調査することにより林分全体の樹木の組成を把握することができるが、受光伐区、広葉樹天然林対照区及び人工林対照区では、伐採しない樹木をすべて調査する労力が大きいため、

下層植生調査のために設定した調査区の毎木調査のデータを実験区のデータとして集計した。

各実験区に設定した調査区数は表-3のとおりである。調査区は50m間隔を基本としたが、地形や過去の集材路の配置を考慮して設置した。また、伐採後の林縁の植生変化についてデータを得るため、一部の調査区は伐区外(実験区外)に設置した。群状保残区の保残部分はほぼ全体が調査区に含まれる。20×20mの各調査区において、胸高直径1cm以上の樹木の胸高直径を測定したが、ここでは胸高直径5cm以上の樹木のデータを用いた。調査は伐採前年の6月または8月に実施した。

結果

実験区の樹木組成

広葉樹単木保残区(SS, SM, SL)、群状保残区(GR)、人工林皆伐区(CC)及び受光伐区(SC)の伐採部分では、伐採木調査及び保残木調査によって胸高直径5cm以上のすべての生立木が記録されている。これらの胸高直径階別本数及び材積を表-4に示した。

表一 4 各実験区における立木の胸高直径階別本数と材積

Table 4 Number of trees and stem volume at each experimental unit

| 胸高直径 DBH(cm) | SS1 面積 Area: 6.30 ha | | | | SM1 面積 Area: 7.85 ha | | | | SL1 面積 Area: 7.94 ha | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| | 伐採木 Trees for harvesting | | 保残木 Trees for retention | | 伐採木 Trees for harvesting | | 保残木 Trees for retention | | 伐採木 Trees for harvesting | | 保残木 Trees for retention | | | | | | | |
| | <i>A. sachalinensis</i> 材積 Volume (m ³) | 広葉樹 Broadleaved trees 本数 N | <i>A. sachalinensis</i> 材積 Volume (m ³) | 広葉樹 Broadleaved trees 本数 N | <i>A. sachalinensis</i> 材積 Volume (m ³) | 広葉樹 Broadleaved trees 本数 N | <i>A. sachalinensis</i> 材積 Volume (m ³) | 広葉樹 Broadleaved trees 本数 N | <i>A. sachalinensis</i> 材積 Volume (m ³) | 広葉樹 Broadleaved trees 本数 N | <i>A. sachalinensis</i> 材積 Volume (m ³) | 広葉樹 Broadleaved trees 本数 N | | | | | | |
| 5-7 | 17 | 0.17 | 42 | 0.42 | 1 | 0.01 | 95 | 0.95 | 10 | 0.20 | 112 | 1.12 | | | | | | |
| 7-9 | 75 | 2.25 | 36 | 0.72 | 14 | 0.42 | 86 | 1.72 | 34 | 1.02 | 244 | 4.88 | | | | | | |
| 9-11 | 146 | 7.30 | 37 | 1.48 | 38 | 1.90 | 76 | 3.04 | 1 | 0.04 | 287 | 11.48 | | | | | | |
| 11-13 | 206 | 16.48 | 28 | 1.68 | 47 | 4.23 | 61 | 3.66 | 8 | 0.48 | 291 | 17.46 | | | | | | |
| 13-15 | 274 | 32.88 | 47 | 3.76 | 52 | 6.76 | 52 | 4.16 | 17 | 1.36 | 306 | 27.54 | | | | | | |
| 15-17 | 289 | 49.13 | 31 | 3.72 | 81 | 13.77 | 39 | 4.68 | 24 | 2.88 | 281 | 33.72 | | | | | | |
| 17-19 | 319 | 73.37 | 36 | 5.76 | 79 | 18.17 | 37 | 5.92 | 22 | 3.52 | 235 | 39.95 | | | | | | |
| 19-21 | 360 | 104.40 | 33 | 6.93 | 97 | 28.13 | 22 | 4.62 | 145 | 44.95 | 147 | 32.34 | | | | | | |
| 21-23 | 372 | 130.20 | 33 | 8.91 | 97 | 35.89 | 13 | 3.51 | 132 | 50.16 | 116 | 32.48 | | | | | | |
| 23-25 | 382 | 164.26 | 35 | 11.90 | 143 | 64.35 | 12 | 4.08 | 125 | 56.25 | 82 | 29.52 | | | | | | |
| 25-27 | 320 | 169.60 | 25 | 10.50 | 178 | 94.34 | 9 | 3.78 | 129 | 70.95 | 60 | 26.40 | | | | | | |
| 27-29 | 285 | 173.85 | 36 | 18.36 | 207 | 132.48 | 10 | 5.10 | 184 | 121.44 | 26 | 14.04 | | | | | | |
| 29-31 | 238 | 173.74 | 22 | 12.98 | 220 | 160.60 | 8 | 4.72 | 174 | 132.24 | 26 | 16.90 | | | | | | |
| 31-33 | 202 | 167.66 | 12 | 8.40 | 226 | 194.36 | 5 | 3.50 | 160 | 137.60 | 17 | 13.09 | | | | | | |
| 33-35 | 170 | 164.90 | 5 | 4.15 | 256 | 248.32 | 16 | 13.28 | 24 | 19.92 | 10 | 8.70 | | | | | | |
| 35-37 | 74 | 79.92 | 1 | 1.01 | 240 | 268.80 | 1 | 0.75 | 152 | 170.24 | 1 | 0.93 | | | | | | |
| 37-39 | 62 | 74.40 | 1 | 1.22 | 260 | 325.00 | 1 | 0.89 | 140 | 182.00 | 2 | 2.49 | | | | | | |
| 39-41 | 32 | 44.16 | 3 | 3.84 | 184 | 253.92 | 2 | 2.23 | 101 | 144.43 | 17 | 21.06 | | | | | | |
| 41-43 | 14 | 21.28 | | | 115 | 180.55 | 1 | 1.14 | 72 | 113.04 | 9 | 12.47 | | | | | | |
| 43-45 | 7 | 11.62 | | | 90 | 154.80 | 2 | 2.49 | 47 | 80.84 | 2 | 3.08 | | | | | | |
| 45-47 | 1 | 1.81 | | | 48 | 90.24 | | | 29 | 56.55 | 4 | 6.82 | | | | | | |
| 47-49 | | | | | 37 | 75.48 | 2 | 3.75 | 18 | 38.16 | 7 | 13.12 | | | | | | |
| 49-51 | | | | | 16 | 36.64 | 5 | 10.27 | 6 | 13.74 | 2 | 4.11 | | | | | | |
| 51-53 | | | | | 6 | 14.82 | 3 | 6.72 | 1 | 2.47 | 2 | 4.48 | | | | | | |
| 53-55 | | | | | 4 | 10.64 | 5 | 12.16 | 2 | 5.32 | | 0.00 | | | | | | |
| 55-57 | | | | | 5 | 14.30 | 1 | 2.63 | | | 1 | 2.63 | | | | | | |
| 57-59 | | | | | | | 3 | 8.52 | | | 1 | 2.84 | | | | | | |
| 59-61 | | | | | | | 2 | 6.11 | | | 2 | 6.11 | | | | | | |
| 61-63 | | | | | | | 1 | 3.28 | | | 2 | 6.55 | | | | | | |
| 63-65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 65-67 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 67-69 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 69-71 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 71-73 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 73-75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 75-77 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 117-119 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 合計 Total | 3845 | 1663.38 | 463 | 105.74 | 70 | 30.86 | 2741 | 2428.92 | 548 | 74.22 | 400 | 270.39 | 2408 | 1691.20 | 2243 | 313.04 | 818 | 402.50 |
| 密度 Density (/ha) | 610.32 | 264.03 | 73.49 | 16.78 | 11.11 | 4.90 | 349.17 | 309.42 | 69.81 | 9.45 | 50.96 | 34.45 | 303.27 | 213.00 | 282.49 | 39.43 | 103.02 | 50.69 |
| 胸高断面積 (m ² /ha) | 26.92 | | 2.25 | | 0.59 | | 28.74 | | 1.36 | | 3.76 | | 19.67 | | 5.72 | | 5.79 | |
| Basal area | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

斜体の材積は中島(1950)の「闊葉樹標準材積表」による。

Italic letters denote the stem volumes derived from the table with the values of the standard volume of broadleaved trees (Nakajima 1950)

表-4 (つづき)
Table 4 (Continued)

| 胸高直径 DBH (cm) | CC2 面積 Area: 7.87 ha | | | | GR2 面積 Area: 8.23 ha | | | | SC2 伐採面積 Harvesting area: 2.92 ha | | | | | | | |
|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------|--------|--------|-------|
| | 伐採木 Trees for harvesting | | 広葉樹 Broadleaved trees | | 伐採木 Trees for harvesting | | 広葉樹 Broadleaved trees | | 伐採木 Trees for harvesting | | 広葉樹 Broadleaved trees | | | | | |
| | トドマツ 本数 N | 材積 Volume (m ³) | 本数 N | 材積 Volume (m ³) | トドマツ 本数 N | 材積 Volume (m ³) | 本数 N | 材積 Volume (m ³) | トドマツ 本数 N | 材積 Volume (m ³) | 本数 N | 材積 Volume (m ³) | | | | |
| 5-7 | 5 | 0.10 | 107 | 1.07 | 17 | 0.17 | 1 | 0.01 | 2 | 0.02 | 6 | 0.06 | 77 | 0.77 | | |
| 7-9 | 30 | 1.20 | 52 | 1.04 | 14 | 0.28 | 1 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 13 | 0.39 | 42 | 0.84 | | |
| 9-11 | 62 | 4.34 | 47 | 1.88 | 16 | 0.64 | 1 | 0.15 | 0.00 | 0.00 | 32 | 1.60 | 32 | 1.28 | | |
| 11-13 | 97 | 10.67 | 28 | 1.68 | 13 | 0.78 | 3 | 0.45 | 1 | 0.06 | 48 | 3.84 | 39 | 2.34 | | |
| 13-15 | 152 | 22.80 | 14 | 1.12 | 141 | 18.33 | 4 | 1.69 | 0.00 | 0.00 | 49 | 5.88 | 17 | 1.36 | | |
| 15-17 | 199 | 39.80 | 27 | 3.24 | 207 | 35.19 | 7 | 2.04 | 1 | 0.12 | 65 | 10.40 | 28 | 3.36 | | |
| 17-19 | 214 | 53.50 | 26 | 4.16 | 192 | 44.16 | 5 | 2.07 | 1 | 0.16 | 54 | 11.34 | 28 | 4.48 | | |
| 19-21 | 198 | 63.36 | 42 | 8.82 | 212 | 61.48 | 10 | 3.77 | 1 | 0.21 | 69 | 19.32 | 32 | 6.72 | | |
| 21-23 | 215 | 86.00 | 40 | 10.80 | 224 | 82.88 | 7 | 3.33 | 1 | 0.27 | 63 | 22.05 | 29 | 7.83 | | |
| 23-25 | 264 | 124.08 | 43 | 14.62 | 323 | 145.35 | 16 | 5.44 | 1 | 0.34 | 66 | 28.38 | 22 | 7.48 | | |
| 25-27 | 330 | 181.50 | 41 | 17.22 | 362 | 191.86 | 12 | 5.04 | 2 | 0.84 | 73 | 38.69 | 23 | 9.66 | | |
| 27-29 | 378 | 249.48 | 16 | 8.16 | 451 | 288.64 | 11 | 5.61 | 0.00 | 0.00 | 63 | 38.43 | 11 | 5.61 | | |
| 29-31 | 403 | 306.28 | 18 | 10.62 | 494 | 360.62 | 9 | 5.31 | 1 | 0.59 | 77 | 56.21 | 14 | 8.26 | | |
| 31-33 | 401 | 344.86 | 9 | 6.30 | 453 | 389.58 | 3 | 2.10 | 1 | 0.70 | 98 | 84.28 | 3 | 2.10 | | |
| 33-35 | 304 | 307.04 | 25 | 20.75 | 437 | 423.89 | 4 | 3.32 | 0.00 | 0.00 | 91 | 88.27 | 7 | 5.81 | | |
| 35-37 | 191 | 213.92 | 2 | 1.86 | 363 | 406.56 | 1 | 0.93 | 1 | 0.93 | 82 | 91.84 | 3 | 2.99 | | |
| 37-39 | 135 | 168.75 | 3 | 3.24 | 278 | 347.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 63 | 78.75 | 2 | 2.16 | | |
| 39-41 | 95 | 131.10 | 4 | 4.80 | 185 | 255.30 | 2 | 2.40 | 10 | 12.42 | 79 | 109.02 | 2 | 2.46 | | |
| 41-43 | 54 | 82.08 | 2 | 2.74 | 106 | 166.42 | 2 | 2.64 | 6 | 9.42 | 32 | 50.24 | 2 | 2.46 | | |
| 43-45 | 22 | 37.84 | 2 | 3.14 | 60 | 103.20 | 1 | 1.57 | 7 | 12.04 | 19 | 32.68 | 1 | 1.44 | | |
| 45-47 | 11 | 20.68 | | | 28 | 52.64 | 1 | 1.71 | 2 | 3.76 | 25 | 47.00 | 1 | 1.78 | | |
| 47-49 | 5 | 10.20 | | | 9 | 18.36 | 0 | 0.00 | 2 | 4.08 | 7 | 14.84 | | | | |
| 49-51 | | | | | 10 | 22.90 | 1 | 2.10 | | | 2 | 4.58 | | | | |
| 51-53 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 53-55 | 1 | 2.57 | | | | | | | | | | | | | | |
| 55-57 | 1 | 2.76 | | | | | | | | | | | | | | |
| 57-59 | 1 | 2.95 | | | | | | | | | | | | | | |
| 59-61 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 61-63 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 63-65 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 65-67 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 67-69 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 69-71 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 71-73 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 73-75 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 75-77 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 77-79 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 79-81 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 合計 Total | 3768 | 2467.86 | 548 | 127.26 | 4691 | 3426.20 | 205 | 57.87 | 225 | 180.88 | 13 | 4.24 | 1176 | 838.09 | 413 | 78.73 |
| 密度 Density (/ha) | 478.78 | 313.58 | 69.63 | 16.17 | 569.99 | 416.31 | 24.91 | 7.03 | 27.34 | 21.98 | 1.58 | 0.52 | 402.74 | 287.02 | 141.44 | 26.96 |
| 胸高断面積 (m ² /ha) | 29.22 | | 2.10 | | 39.41 | | 0.88 | | 2.07 | | 0.07 | | 27.31 | | 3.65 | |
| Basal area | | | | | | | | | | | | | | | | |

表-4 (つづき)

Table 4 (Continued)

| 胸高直径 DBH (cm) | SS3 面積 Area: 5.91 ha | | | | SM3 面積 Area: 7.72 ha | | | | SL3 面積 Area: 6.99 ha | | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|
| | 伐採木 Trees for harvesting | | 保残木 Trees for retention | | 伐採木 Trees for harvesting | | 保残木 Trees for retention | | 伐採木 Trees for harvesting | | 保残木 Trees for retention | | | | | | |
| | 広葉樹 Broadleaved trees 本数 N | 材積 Volume (m ³) | 広葉樹 Broadleaved trees 本数 N | 材積 Volume (m ³) | トドマツ <i>A. sachalinensis</i> 本数 N | 材積 Volume (m ³) | 広葉樹 Broadleaved trees 本数 N | 材積 Volume (m ³) | トドマツ <i>A. sachalinensis</i> 本数 N | 材積 Volume (m ³) | 広葉樹 Broadleaved trees 本数 N | 材積 Volume (m ³) | | | | | |
| 5-7 | 9 | 0.09 | 48 | 0.48 | 0.00 | 0.64 | 64 | 0.64 | 0.00 | 0.00 | 45 | 0.45 | 44 | 0.44 | 4 | 0.04 | |
| 7-9 | 34 | 1.02 | 73 | 1.46 | 0.00 | 2.28 | 114 | 2.28 | 1 | 0.02 | 90 | 1.80 | 80 | 1.60 | 5 | 0.10 | |
| 9-11 | 29 | 1.45 | 74 | 2.96 | 0.08 | 5.04 | 126 | 5.04 | 4 | 0.16 | 196 | 7.84 | 102 | 4.08 | 9 | 0.36 | |
| 11-13 | 67 | 5.36 | 104 | 6.24 | 0.06 | 12.96 | 216 | 12.96 | 6 | 0.36 | 197 | 13.79 | 87 | 5.22 | 17 | 1.02 | |
| 13-15 | 94 | 12.22 | 71 | 5.68 | 0.16 | 23.52 | 294 | 23.52 | 9 | 0.72 | 242 | 24.20 | 84 | 6.72 | 24 | 1.92 | |
| 15-17 | 97 | 16.49 | 55 | 6.60 | 0.36 | 29.76 | 248 | 29.76 | 11 | 1.32 | 233 | 32.62 | 91 | 10.92 | 33 | 3.96 | |
| 17-19 | 90 | 20.70 | 51 | 8.26 | 1.46 | 39.52 | 247 | 39.52 | 24 | 3.84 | 200 | 38.00 | 57 | 9.12 | 38 | 6.08 | |
| 19-21 | 107 | 31.03 | 30 | 6.39 | 1.28 | 47.04 | 224 | 47.04 | 30 | 6.30 | 186 | 46.50 | 51 | 10.71 | 50 | 10.50 | |
| 21-23 | 103 | 38.11 | 15 | 4.10 | 2.19 | 43.74 | 162 | 43.74 | 40 | 10.80 | 150 | 46.50 | 44 | 11.88 | 67 | 18.09 | |
| 23-25 | 155 | 69.75 | 10 | 3.64 | 3.28 | 32.98 | 97 | 32.98 | 35 | 11.90 | 174 | 67.86 | 28 | 9.52 | 52 | 17.68 | |
| 25-27 | 173 | 95.15 | 4 | 1.74 | 4.35 | 44.94 | 107 | 44.94 | 46 | 19.32 | 184 | 88.32 | 20 | 8.40 | 66 | 27.72 | |
| 27-29 | 231 | 147.84 | 1 | 0.54 | 2.70 | 26.01 | 51 | 26.01 | 36 | 18.36 | 119 | 66.64 | 8 | 4.08 | 50 | 25.50 | |
| 29-31 | 287 | 218.12 | 2 | 1.18 | 0.59 | 160.37 | 44 | 25.96 | 44 | 25.96 | 171 | 114.57 | 11 | 6.49 | 61 | 35.99 | |
| 31-33 | 316 | 271.76 | 1 | 0.74 | 1.48 | 182.45 | 18 | 12.60 | 36 | 25.20 | 148 | 116.92 | 6 | 4.20 | 64 | 44.80 | |
| 33-35 | 350 | 353.50 | 1 | 0.83 | 2.49 | 187.20 | 22 | 18.26 | 33 | 27.39 | 136 | 121.04 | 10 | 8.30 | 38 | 31.54 | |
| 35-37 | 278 | 311.36 | | | | 244.53 | 7 | 6.54 | 15 | 14.01 | 98 | 101.92 | 6 | 5.58 | 39 | 36.27 | |
| 37-39 | 229 | 297.70 | | | | 194.30 | 3 | 3.24 | 14 | 15.40 | 95 | 109.25 | 7 | 7.56 | 35 | 38.51 | |
| 39-41 | 169 | 241.67 | | | 1.24 | 161.32 | 3 | 3.96 | 6 | 7.43 | 41 | 54.53 | 0 | | 28 | 34.68 | |
| 41-43 | 96 | 150.72 | | | | 120.62 | 1 | 1.32 | 14 | 19.40 | 37 | 54.02 | 1 | 1.32 | 17 | 23.56 | |
| 43-45 | 43 | 76.97 | | | | 85.92 | | | 6 | 9.24 | 8 | 13.28 | 1 | 1.57 | 20 | 30.81 | |
| 45-47 | 26 | 50.70 | | | | 44.22 | | | 8 | 13.63 | 11 | 19.91 | 0 | | 7 | 11.93 | |
| 47-49 | 11 | 23.32 | | | | 28.47 | | | 2 | 3.75 | | | | | 8 | 15.00 | |
| 49-51 | 3 | 6.87 | | | | 21.33 | | | 7 | 14.37 | 2 | 4.26 | 1 | 1.35 | 6 | 12.32 | |
| 51-53 | 1 | 2.56 | | | | 7.68 | | | 1 | 2.24 | | | | | 5 | 11.20 | |
| 53-55 | | | | | | 2.75 | | | 1 | 2.43 | | | | | 1 | 2.43 | |
| 55-57 | | | | | | | | | 2 | 5.27 | | | | | 2 | 5.27 | |
| 57-59 | | | | | | | | | 1 | 2.84 | | | | | | | |
| 59-61 | | | | | | | | | 1 | 3.06 | | | | | 3 | 9.17 | |
| 61-63 | | | | | | | | | 1 | 3.28 | | | | | | | |
| 63-65 | | | | | | | | | 1 | 3.50 | | | 1 | 1.45 | | | |
| 65-67 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 67-69 | | | | | | | | | 1 | 3.98 | | | | | | | |
| 69-71 | | | | | | | | | 1 | 4.22 | | | | | | | |
| 71-73 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 83-85 | | | | | | | | | 1 | 6.07 | | | | | | | |
| 95-97 | | | | | | | | | 1 | 7.81 | | | | | | | |
| 129-131 | | | | | | | | | 1 | 13.06 | | | | | | | |
| 合計 Total | 2998 | 2444.46 | 540 | 50.84 | 21.71 | 2433 | 1894.25 | 2048 | 380.31 | 440 | 306.64 | 2763 | 1144.22 | 740 | 120.51 | 749 | 456.43 |
| 密度 Density (/ha) | 507.28 | 413.61 | 91.37 | 8.60 | 3.67 | 315.16 | 245.37 | 265.28 | 49.26 | 56.99 | 39.72 | 395.28 | 163.69 | 105.87 | 17.24 | 107.15 | 65.30 |
| 胸高断面積 (m ² /ha) | 37.99 | | 1.41 | | | 21.82 | | 7.06 | | 4.26 | | 17.91 | | 2.49 | | 7.37 | |
| Basal area | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表-4 (つづき)
Table 4 (Continued)

| 胸高直径 DBH (cm) | CC3 面積 Area: 6.17 ha | | | GR3 面積 Area: 6.39 ha | | | 保残木 Trees for retention | | | 伐採面積 Harvesting area: 1.87 ha | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------|
| | 伐採木 Trees for harvesting | | | 伐採木 Trees for harvesting | | | トドマツ A. sachalinensis | | | トドマツ A. sachalinensis | | | |
| | 本数 N | 材積 Volume (m ³) | 広葉樹 Broadleaved trees 材積 Volume (m ³) | 本数 N | 材積 Volume (m ³) | 広葉樹 Broadleaved trees 材積 Volume (m ³) | 本数 N | 材積 Volume (m ³) | 広葉樹 Broadleaved trees 材積 Volume (m ³) | 本数 N | 材積 Volume (m ³) | 広葉樹 Broadleaved trees 材積 Volume (m ³) | |
| 5-7 | 1 | 0.01 | 0.05 | 79 | 0.79 | 0.79 | 1 | 0.03 | 0.03 | 1 | 0.02 | 0.59 | |
| 7-9 | 11 | 0.33 | 0.24 | 41 | 0.82 | 0.82 | 4 | 0.16 | 0.16 | 4 | 0.16 | 0.60 | |
| 9-11 | 26 | 1.30 | 0.64 | 22 | 0.88 | 0.88 | 1 | 0.05 | 0.05 | 9 | 0.54 | 0.60 | |
| 11-13 | 56 | 5.04 | 1.62 | 20 | 1.20 | 1.20 | 4 | 0.36 | 0.36 | 15 | 1.50 | 0.72 | |
| 13-15 | 92 | 11.96 | 3.36 | 6 | 0.48 | 0.48 | 2 | 0.26 | 0.26 | 21 | 2.94 | 0.48 | |
| 15-17 | 74 | 12.46 | 5.16 | 10 | 1.20 | 1.20 | 2 | 0.36 | 0.36 | 44 | 8.36 | 0.24 | |
| 17-19 | 112 | 22.16 | 5.92 | 5 | 0.80 | 0.80 | 4 | 0.96 | 0.96 | 38 | 9.50 | 0.64 | |
| 19-21 | 162 | 39.42 | 12.39 | 5 | 1.05 | 1.05 | 8 | 2.48 | 2.48 | 28 | 8.96 | 0.63 | |
| 21-23 | 178 | 54.42 | 15.93 | 3 | 0.81 | 0.81 | 6 | 2.28 | 2.28 | 41 | 15.58 | 1.02 | |
| 23-25 | 240 | 92.64 | 14.96 | 4 | 1.38 | 1.38 | 8 | 3.76 | 3.76 | 42 | 19.74 | 3 | |
| 25-27 | 297 | 137.57 | 13.86 | 4 | 1.70 | 1.70 | 9 | 4.95 | 4.95 | 51 | 28.05 | 2 | |
| 27-29 | 375 | 204.14 | 17.34 | 6 | 3.06 | 3.06 | 16 | 10.56 | 10.56 | 61 | 40.26 | 1 | |
| 29-31 | 434 | 281.72 | 12.39 | 3 | 1.77 | 1.77 | 12 | 9.48 | 9.48 | 91 | 69.16 | 1 | |
| 31-33 | 389 | 289.56 | 11.20 | 4 | 2.80 | 2.80 | 22 | 19.58 | 19.58 | 104 | 92.56 | 3 | |
| 33-35 | 346 | 302.29 | 10.79 | 3 | 2.45 | 2.45 | 16 | 16.64 | 16.64 | 107 | 108.07 | 2 | |
| 35-37 | 344 | 339.68 | 0.93 | 2 | 1.72 | 1.72 | 17 | 19.89 | 19.89 | 84 | 94.08 | 1 | |
| 37-39 | 255 | 290.02 | 7.02 | 2 | 1.72 | 1.72 | 10 | 13.40 | 13.40 | 78 | 101.40 | 2 | |
| 39-41 | 136 | 172.47 | 1.03 | 1 | 1.30 | 1.30 | 11 | 16.28 | 16.28 | 46 | 65.78 | 2 | |
| 41-43 | 80 | 112.11 | 3.78 | 1 | 1.60 | 1.60 | 8 | 13.04 | 13.04 | 29 | 45.53 | 3 | |
| 43-45 | 27 | 43.29 | 1.64 | 1 | 1.22 | 1.22 | 3 | 5.55 | 5.55 | 14 | 24.08 | 3 | |
| 45-47 | 19 | 33.96 | 1.64 | 1 | 1.22 | 1.22 | 2 | 4.02 | 4.02 | 10 | 18.80 | 1 | |
| 47-49 | 5 | 9.72 | 1.64 | 1 | 2.34 | 2.34 | 2 | 4.38 | 4.38 | 2 | 4.24 | 1 | |
| 49-51 | | | | 1 | 2.34 | 2.34 | 2 | 4.38 | 4.38 | 1 | 2.29 | 1 | |
| 51-53 | | | | 4 | 10.56 | 10.56 | | | | | | | |
| 53-55 | | | | 4 | 11.36 | 11.36 | | | | | | | |
| 55-57 | | | | | | | | | | | | | |
| 57-59 | | | | | | | | | | | | | |
| 59-61 | | | | | | | | | | | | | |
| 61-63 | | | | | | | | | | | | | |
| 63-65 | | | | | | | | | | | | | |
| 65-67 | | | | | | | | | | | | | |
| 67-69 | | | | | | | | | | | | | |
| 69-71 | | | | | | | | | | | | | |
| 71-73 | | | | | | | | | | | | | |
| 73-75 | | | | | | | | | | | | | |
| 75-77 | | | | | | | | | | | | | |
| 77-79 | | | | | | | | | | | | | |
| 79-81 | | | | | | | | | | | | | |
| 合計 Total | 3659 | 2456.27 | 474 | 1872 | 1929.47 | 221 | 29.37 | 148.28 | 3 | 0.03 | 761.60 | 149 | 19.46 |
| 密度 Density (/ha) | 593.03 | 398.10 | 76.82 | 292.96 | 301.95 | 34.59 | 4.60 | 23.21 | 0.47 | 0.00 | 407.27 | 79.68 | 10.41 |
| 胸高断面材積 (m ³ /ha) | 42.44 | | 2.99 | 26.31 | 0.61 | | | 2.05 | 0.00 | | 37.06 | 1.37 | |
| Basal area | | | | | | | | | | | | | |

表-5 各実験区に設定した調査区内における立木本数と胸高断面積

Table 5 Number and basal area of trees in plots at each experimental unit.

| 実験区 Experimental unit | 位置 Position | 調査区数 Number of plots | トドマツ | | 広葉樹 | |
|--------------------------|------------------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------|
| | | | <i>Abies sachalinensis</i> | | Broadleaved trees | |
| | | | 本数 N (/ha) | 胸高断面積 Basal area (m ² /ha) | 本数 N (/ha) | 胸高断面積 Basal area (m ² /ha) |
| SS1 | 伐区内 Plots in cutting area | 6 | 842 | 34.27 | 67 | 1.78 |
| SM1 | 伐区内 Plots in cutting area | 7 | 486 | 37.33 | 82 | 3.14 |
| SL1 | 伐区内 Plots in cutting area | 6 | 396 | 29.65 | 392 | 13.98 |
| GR1 | 伐区内 Plots in cutting area | 4 | 525 | 38.57 | 44 | 0.73 |
| | 保残区域内 Plots in the retention patch | 9 | 794 | 48.17 | 50 | 1.33 |
| CC1 | 伐区内 Plots in cutting area | 6 | 350 | 32.62 | 79 | 10.23 |
| PC1 | | 7 | 629 | 35.92 | 239 | 3.99 |
| NC1 | | 4 | 0 | 0.00 | 994 | 51.68 |
| SS2 | 伐区内 Plots in cutting area | 7 | 368 | 31.83 | 89 | 3.25 |
| SM2 | 伐区内 Plots in cutting area | 6 | 508 | 40.97 | 221 | 4.83 |
| SL2 | 伐区内 Plots in cutting area | 7 | 450 | 27.61 | 307 | 13.13 |
| GR2 | 伐区内 Plots in cutting area | 6 | 563 | 40.30 | 50 | 1.92 |
| | 保残区域内 Plots in the retention patch | 9 | 608 | 45.51 | 33 | 1.45 |
| CC2 | 伐区内 Plots in cutting area | 7 | 504 | 32.88 | 82 | 2.26 |
| SC2 | 伐区内 Plots in cutting area | 5 | 475 | 33.17 | 135 | 3.47 |
| | 保残区域内 Plots in the retention patch | 3 | 433 | 36.52 | 8 | 0.10 |
| PC2 | | 7 | 789 | 37.76 | 175 | 3.92 |
| NC2 | | 4 | 31 | 1.84 | 756 | 34.91 |
| SS3 | 伐区内 Plots in cutting area | 7 | 504 | 45.22 | 39 | 0.84 |
| SM3 | 伐区内 Plots in cutting area | 7 | 339 | 23.52 | 329 | 11.83 |
| SL3 | 伐区内 Plots in cutting area | 7 | 582 | 28.87 | 382 | 14.82 |
| GR3 | 伐区内 Plots in cutting area | 5 | 320 | 31.79 | 60 | 2.78 |
| | 保残区域内 Plots in the retention patch | 9 | 453 | 36.30 | 8 | 0.02 |
| CC3 | 伐区内 Plots in cutting area | 6 | 567 | 43.36 | 46 | 1.50 |
| SC3 | 伐区内 Plots in cutting area | 4 | 538 | 41.83 | 38 | 2.40 |
| | 保残区域内 Plots in the retention patch | 4 | 575 | 49.14 | 144 | 2.77 |
| PC3 | | 7 | 564 | 32.96 | 136 | 2.92 |
| NC3 | | 4 | 81 | 9.05 | 744 | 19.42 |

各調査区は20×20m。本数と胸高断面積は伐採木と保残木の合計。

The size of each plot was 20 × 20 m. Trees for harvesting and those for retention were included.

胸高直径階別本数の違いを反映して、伐採前のトドマツの1本当たりの平均材積はGR3で最も大きく(1.02 m³)、SL3で最も小さかった(0.41 m³)。トドマツと広葉樹を合計した伐採前のhaあたり材積が最も大きかったのはGR2(446 m³/ha)、最も小さかったのはSL3(246 m³/ha)であった。いずれのセットもGR、SS、SM、SLの順に材積に占めるトドマツの割合が低下し、GRでは96~99%、SSでは92~98%、SLでは66~70%であった。CCの材積に占めるトドマツの割合は、CC1ではSM1よりやや低く、CC2及びCC3は同セットのSSとSMの間の値であった。

このように、伐採前の立木の組成は実験区ごとに大きく異なっている。そのため、保残伐施業の効果等の検証においては、伐採前の状態の違いを考慮する必要がある。

植生調査区の樹木組成

各実験区に設定した調査区のうち、伐区内及び群状保残区(GR)、受光伐区(SC)の保残区域内に設置した調査区について、胸高直径5 cm以上の樹木の本数及び胸高断面積を表-5に示した。

伐区内の植生調査のプロット数は実験区間で4~7と違いがあった。しかし、SS、SM、SL、CC、GRの胸高断面積について、すべての生立木の調査結果(表-4)と植生調査区の調査結果(表-5)を比較すると、トドマツはR²=0.82、広葉樹はR²=0.81であり、植生調査区における樹木のデータは各実験区の樹木組成と高い相関があった。

謝辞

本実験の実施にあたり、伐採等の多くの作業が北海道有林

の事業として実施された。北海道水産林務部森林環境局道有林課及び北海道空知総合振興局森林室の皆様には、本実験へのご理解と多大なご協力をいただいた。伐採等を実施された協同組合アースグローイング及び構成員各社の皆様には、作業の進行にあたって調査へのご協力をいただいた。北海道大学大学院農学研究院の中村太士教授、澁谷正人准教授、森本淳子准教授には保残伐施業の実証実験の構想段階から議論に加わっていただき、多くの有益なご助言をいただいた。北海道大学大学院農学院の河村和洋氏には現地調査への助力をいただいた。本研究の実施にあたり、三井物産環境基金の研究助成「人工林において生物多様性保全と木材生産は両立できるか？—保残伐実験による検証と普及方法の提案—」及びJSPS科研費 25252030の助成を受けた。関係者の皆様に深く感謝の意を表す。

引用文献

- AUBRY, K. B., HALPERN, C. B. and PETERSON, C. E. (2009) Variable-retention harvests in the Pacific Northwest: A review of short-term findings from the DEMO study. *Forest Ecology and Management* 258: 398–408.
- 道有林100年記念誌編集委員会 (2006) 道有林百年の歩み. 北海道造林協会, 札幌.
- FEDROWITZ, K., KORICHEVA, J., BAKER, S. C., LINDENMAYER, D. B., PALIK, B., ROSENVALD, R., BEESE, W., FRANKLIN, J. F., KOUKI, J., MACDONALD, E., MESSIER, C., SVERDRUP-THYGESON, A. and GUSTAFSSON, L. (2014) Can retention forestry help conserve biodiversity? A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 51: 1669–1679.
- GUSTAFSSON, L., BAKER, S. C., BAUHUS, J., BEESE, W. J., BRODIE, A., KOUKI, J., LINDENMAYER, D. B., LÖHMUS, A., PASTUR, G. M., MESSIER, C., NEYLAND, M., PALIK, B., SVERDRUP-THYGESON, A., VOLNEY, W. J. A., WAYNE, A. and FRANKLIN, J. F. (2012) Retention forestry to maintain multifunctional forests: a world perspective. *BioScience* 62: 633–645.
- 北海道 (1956) 道有林五十年誌. 北海道.
- LINDENMAYER, D. B., FRANKLIN, J. F., LÖHMUS, A., S.C. BAKER, S. C., BAUHUS, J., BEESE, W., BRODIE, A., KIEHL, B., KOUKI, J., PASTUR, G. M., MESSIER, C., NEYLAND, M., PALIK, B., SVERDRUP-THYGESON, A., VOLNEY, J., WAYNE, A. and GUSTAFSSON, L. (2012) A major shift to the retention approach for forestry can help resolve some global forest sustainability issues. *Conservation Letters* 5: 421–431.
- MACDONALD, S. E. and FENNIACK, T. E. (2007) Understory plant communities of boreal mixedwood forests in western Canada: Natural patterns and response to variable-retention harvesting. *Forest Ecology and Management* 242: 34–48.
- MORI, A. S. and KITAGAWA, R. (2014) Retention forestry as a major paradigm for safeguarding forest biodiversity in productive landscapes: A global meta-analysis. *Biological Conservation* 175: 65–73.
- 中島広吉 (1950) 北海道立木幹材積表. 興林会北海道支部叢書第一輯 46p.
- 野々田秀一・渋谷正人・斎藤秀之・石橋聰・高橋正義 (2008) トドマツ人工林への広葉樹の侵入および成長過程と間伐の影響. *日林誌* 90: 103–110.
- OHSAWA, M. (2007) The role of isolated old oak trees in maintaining beetle diversity within larch plantations in the central mountainous region of Japan. *Forest Ecology and Management* 250: 215–226.
- 坂上幸雄 (1985) 造林地に侵入した広葉樹の樹種数と本数. *北方林業* 37: 285–288.
- SOLER, R. M., SCHINDLER, S., LENCINAS, M. V., PERI, P. L. and PASTUR, G. M. (2016) Why biodiversity increases after variable retention harvesting: A meta-analysis for southern Patagonian forests. *Forest Ecology and Management* 369: 161–169.
- 土屋禎治 (2013) 北海道有林における新たな人工林施業のとりくみ. *農業と経済* 79 (12): 91–96.
- 林野庁 (2014) 森林・林業統計要覧2014. <http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/toukei/pdf/yoran1401.pdf>
- 森林総合研究所 (2010) 大面積皆伐についてのガイドラインの策定. 森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果集 30. <http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/koufu-pro/documents/seikasyu30.pdf>
- VANHA-MAJAMAA, I. and JALONEN, J. (2001) Green tree retention in Fennoscandian forestry. *Scandinavian Journal of Forest Research* 3: 79–90.
- 山浦悠一 (2007) 広葉樹林の分断化が鳥類に及ぼす影響の緩和—人工林マトリックス管理の提案—. *日林誌* 89: 416–430.

Summary

Most of the planted forests in Japan were created during 1960–1980 and are now approaching commercial harvesting age. However, there are concerns associated with the impacts large-area clear cutting and single species plantation exert on multiple functions of forests. Retention forestry is a method for conservation of the structural complexity of forest stands by retaining trees at the time of harvest which has been attracting wide research interest in the Nordic countries and North America since the 1970s. We initiated the Retention Experiment for plantation FoREstry in Sorachi, Hokkaido (REFRESH) in planted *Abies sachalinensis* stands in the Prefectural Forest at Ashibetsu, Akabira and Fukagawa, Hokkaido (ca. 5,887 ha), since 2013. Three replications of the

experimental units (ca. 5-9 ha each) were established; dispersed retention at three levels of retained tree density, aggregated retention (0.36 ha at the center of the experimental units), clear cutting, patch cutting (two or three patch cutting, ca. 1 ha each, in a unit), controls consisting of natural stands of broadleaved trees without harvesting, and in planted stands. Here we report data on the number, stem volume, and basal area of the trees in each experimental unit before harvesting.

Key words

planted *Abies sachalinensis* stand, REFRESH, retention forestry