

森林・林業技術交流発表集

平成25年度

東北森林管理局

ごあいさつ

東北森林管理局長 黒川正美

皆様、おはようございます。平成25年度の森林・林業技術交流発表会の開催に当たりまして、一言ご挨拶申し上げます。

本日も臨席の皆様方には、常日頃から東北森林管理局の業務運営に關しまして格別のご理解とご協力を賜り厚く御礼申し上げます。また、様々な立場で森林・林業・木材産業の活性化に寄与して頂いておりますことに対し深く敬意を表する次第です。また、本日は審査員をお引き受け頂いた皆様方には、大変お忙しいところをご出席頂き誠にありがとうございます。

この発表会は森林・林業・木材産業の活性化等を推進するために、情報提供、意見交換を行い関係者の技術の普及・向上そして交流の推進を図ることを目的として開催しているところです。

昨年末に政府の農林水産業地域の活力創造本部におきまして、攻めの農林水産業に向けて農林水産業地域の活力創造プランが決定されております。このプランの中で森林・林業関係では、林業の成長産業化が位置付けられており、今後、木材需要の創出とか国産材の安定供給体制の構築、あるいは多面的機能の維持・向上などの課題に取り組んでいかなければならないところです。これらの課題解決には、関係者の皆さまの技術の普及・向上が不可欠であります。

本日の発表会には森づくり、環境教育にかかわる団体、高校、大学、研究機関、県そして国有林と幅広い関係者に参加して頂いております。このように様々な関係者が集まり情報を共有するとともに、連携、協力して技術力の向上を図っていくということが極めて重要だと考えております。

また、今年度より国有林野事業が、特別会計から一般会計へと移行致しました。これによりまして国有林が持っております組織、技術力、そして資源を最大限に活用して、森林・林業の再生あるいは地域の活性化に一層貢献していくということが求められております。本日の発表会は、そういう意味でも国有林の技術力を示す場であるということで意義のあるものだと考えております。

さてこのあと、平成25年度の国有林野事業業務研究発表会の伝達表彰を行うことになっております。昨年度のこの交流発表会で受賞された方々に代表で中央のこの業務研究発表会に出席して頂いております。東北からは3組に出席して頂きましたが、その3組全てが最優秀賞等の受賞をしております。発表された方々、誠におめでとうございます。これも皆様方の常日頃の業務や研究に対する取り組みの成果であり、東北地域の取り組みのレベルの高さと評価できるのではないかと考えております。

最後になりますが、本日、明日の2日間を通じて本発表会の目的である技術力の普及・向上、そして交流を積極的に図ることによって東北から我が国の森林・林業の再生が図られることを祈念致しまして私の開会の挨拶とさせていただきます。

どうぞよろしく願いいたします。

目 次

I 森林技術部門

| | | | | |
|---|---|------------------------|----------------------------------|----|
| 1 | 秋田県森吉山麓高原ブナ林再生事業における土壌改良材施用の効果 | 秋田県立大学大学院 | 金丸 孔明 松下 通也 蒔田 明史 | 5 |
| 2 | 列状間伐の実施方法の判断に関する考察 | 三八上北森林管理署 | 一重喬一郎 鈴木 晃輔 児玉 俊一 | 10 |
| 3 | 天然更新を活用した牧草地の森林化について | 岩手北部森林管理署 | 松尾 亨 | 20 |
| 4 | 青森県内の素材生産と製材の現状に関する調査 | 津軽森林管理署 金木支署 | 堀部 公平 斎藤 健治 | 28 |
| 5 | 岩手県における木質バイオマスの供給ポテンシャルの経済的評価 | 岩手大学 | 相馬 夏美 澤口 勇雄 立川 史郎 佐々木一也 | 34 |
| 6 | 見直そう！海岸前線林のクロマツ植栽本数 ～クロマツ5千本／ha植えへの挑戦～ | 庄内森林管理署 | 浅野 智哉 金田 直幸 火石 明宏 | 38 |
| 7 | ヒバ施業実験林資料の電子化に関する取組（最終報告） | 森林技術・支援センター | 木村 正彦 岡浦 貴富 | 43 |
| 8 | 東日本大震災の教訓を踏まえた防潮堤の設計・施工について | 宮城北部森林管理署 海岸防災林復旧対策事務所 | 宮下 崇 水村 年一 | 48 |
| 9 | 森林共同施業団地の取組を核とした民国連携の推進 | 山形森林管理署 | 杉田 篤信 小林 貞成 | 53 |

| | | | | | |
|-------------|--|------------------------|-------------------------|-------|-----|
| 10 | 一点載荷試験による路盤の調査と検証 | 岩手南部森林管理署 | 畑田 宏 | ..... | 58 |
| 11 | 主伐と植栽の一括発注による低コスト造林の基本モデルの開発 | 東北森林管理局 | 西村 祐 | ..... | 63 |
| 12 | 森林経営計画作成指導 | 秋田県 北秋田地域振興局 | 小笠原正太 | ..... | 67 |
| 13 | ステレオ空中写真ペアを活用した、効率的な林分材積把握システムの構築 | 岩手北部森林管理署 | 北山 勝史 | ..... | 71 |
| 14 | 汚染されたスギほだ場の評価について | 宮城県 北部地方振興事務所 | 相澤 孝夫 | ..... | 76 |
| 15 | 多雪寒冷地等におけるコンテナ苗の改良と低コスト育林手法の開発 | 岩手北部森林管理署 三陸北部森林管理署 | 松尾 亨 河田 光美 | ..... | 81 |
| 16 | 森林組合を中心とした搬出間伐の推進 ～間伐をいつやるか？『今でしょ！！』～ | 青森県 中南地域県民局 | 逢坂 誠 | ..... | 88 |
| 17 | 森林共同施業団地における事業実行による効果と今後の課題 | 仙台森林管理署 | 岩崎 孝司 新岡 英仁 | ..... | 93 |
| II 森林ふれあい部門 | | | | | |
| 18 | 林業研究会と連携した森林づくり | 山形県 庄内総合支庁 | 阿部 正己 | ..... | 98 |
| 19 | 「ゆりりんの森から」～海岸林再生と市民活動～ | ゆりりん愛護会 | 大橋 信彦 | ..... | 103 |
| 20 | 地域とともに！～ふれあい活動の面から見た民国連携について～ | 山形森林管理署 最上支署 | 蓮尾 直志 長岐 祐平 | ..... | 105 |
| 21 | 地元の小学生を対象とした森林教室の取り組みについて | 三八上北森林管理署 | 鈴木 晃輔 児玉 俊一 一重喬一郎 | ..... | 109 |

Ⅲ 森林保全部門

- 22 自然再生に向けた取組 115
津軽白神森林生態系保全センター 鈴木 修
川村 幸春
- 23 朝日自然塾の活動実績と今後の方向について 120
朝日庄内森林生態系保全センター 岩井 國彦
小倉 俊一
- 24 遠野地域におけるニホンジカ被害の現状と地域と連携した
被害防止対策の取組 126
岩手南部森林管理署 遠野支署 茂木 大佑
- 25 山形版ブナ豊凶予測手法の開発 130
－ 2013年の結実状況で検証する－
山形大学 東澤 春菜
山形県環境科学研究センター 佐藤 充
- 26 管内の若齢造林地におけるシカ被害の特徴とその防除について 135
三陸中部森林管理署 土肥 和貴
石橋 史朗
外柳 剣太

Ⅳ 高等学校の部

- 27 Our Green Innovation utilizing area resources 141
～地域資源を活用した私たちのグリーンイノベーション～
秋田県立大曲農業高等学校 立原 昂平
後藤 滉
築 芳洋
加藤 慎也
- 28 捨てたらゴミ、拾えば資源？ 間伐材の有効利用！ 146
山形県立村山農業高等学校 高橋 広大
今野 諒
戸村 矯之輔
西田 洗亮
- 29 守れ！ 殖やせ！ 南限の植物 エゾノウワミズザクラ 150
青森県立五所川原農林高等学校 前田 天斗
黒瀧 康諒
田中 大聖
- 30 除間伐材、廃材を用いた森林体験活動の促進 154
岩手県立盛岡農業高等学校 中村 拓哉
川村 恵菜
太田 代竜
坂本 滉季
畑 翔
花澤 拓人

| | | | | | |
|-----|-------------------|---------------|-------|-------|-----|
| V | 特別発表 | | | | |
| | シカ分布のさらなる拡大に備えて |  |  | ..... | 157 |
| | (独) 森林総合研究所 東北支所 | | 堀野 眞一 | | |
| VI | 特別講演 | | | | |
| | 秋田藩の林政改革と近代への継承 |  |  | ..... | 161 |
| | | 筑波大学生命環境系教授 | 加藤 衛弘 | | |
| | | 筑波大学大学院 | 芳賀 和樹 | | |
| | (補論)近代下北における国有林経営 |  |  | ..... | 164 |
| | | 筑波大学大学院 | 中村 晃子 | | |
| VII | 講評・審査結果 | | | | |
| | 森林技術部門 |  |  | ..... | 166 |
| | | 岩手大学教授 | 澤口 勇雄 | | |
| | 森林ふれあい部門 |  |  | ..... | 171 |
| | | 東北森林管理局森林整備部長 | 飯塚 淳 | | |
| | 森林保全部門 |  |  | ..... | 172 |
| | | 山形大学教授 | 小山 浩正 | | |
| | 高等学校の部 |  |  | ..... | 174 |
| | | 東北森林管理局森林整備部長 | 飯塚 淳 | | |
| | 審査結果 |  |  | ..... | 175 |

I 森林技術部門

秋田県森吉山麓高原ブナ林再生事業における

土壌改良材施用の効果

秋田県立大学

○金丸孔明・松下通也・蒔田明史

1. はじめに

土壌物理性は樹木の生育に重要な要因である。表土喪失により土壌環境の悪化したフィールドにおける植生回復事業では、土壌物理性を改善するために有機質系土壌改良資材のバーク堆肥（以下、バーク）を鋤き込む事がある。バーク堆肥とは、広葉樹や針葉樹の樹皮に鶏ふんなどの窒素源を添加して発酵させた堆肥で（藤原ら 2010）、土壌の膨潤化、保肥力の増大や透水性の改善効果（日本造園学会 2000）、粗孔隙の増大による通気性改善効果がある（松崎 1992）とされる。

本調査対象地とした秋田県の森吉山麓高原では、かつて樹高 30 m の広大なブナ林が広がっており（Nakashizuka 1984）、約 40 年前にブナ林伐採に加え土壌攪乱を伴った放牧地造成が行われた。2005 年から秋田県森吉山麓高原自然再生協議会が設立され、失われたブナ林を取り戻すための植栽活動が行われている（秋田県 2011）。放牧地造成により表土が喪失した劣悪な土壌環境を改善する施業方法として、植栽区全体の土壌を“リッパー”と呼ばれる機械で耕起し（深さ 60 cm 未満）、“ロータリー”による砕土（12~18 cm）を行った後、土壌改良材であるバークを植栽区全体に鋤き込み（40 t/ha）、ブナ植栽用の植穴にもバークを施用（2 kg/穴）する土壌改良方法（全面耕起法）が主に行われている。一方で、リッパーとロータリーによる土壌耕起を行った後、植栽区全体へのバーク鋤き込みを行わず、植栽用の植穴にのみバークを施用する場合もある。両施業法では、ブナ稚樹周囲の植生バイオマス量や光環境は同程度だが、バーク全面鋤き込みを行わない場合には、費用や労力を削減することができる。しかし、植栽区全面へのバーク鋤き込みの有無によるブナ稚樹の生育環境や生育状態の違いは、科学的に明らかになっていない。

本研究では、土壌表土が失われた劣悪な土壌条件での土壌改良方法の確立のために（1）バーク全面鋤き込み有区と無区でのブナ稚樹における生育環境の違いと、（2）バーク全面鋤き込み有区と無区での植栽ブナ稚樹の生育状態の違いを明らかにする。

2. 調査地概要&方法

（1）調査地概要

森吉山麓高原自然再生事業地内のお互いに 500 m ほど離れた 2 つの植栽エリア（No. 5、No. 8）を調査対象とした。それぞれの植栽エリアにおいて、植栽区全面へのバーク鋤き込み有区と無区をそれぞれ 1 区選び（合計 4 プロット）調査を実施した。

（2）ブナ稚樹の生育環境

ブナ稚樹の生育環境の指標として、土壌硬度と日平均体積含水率の測定を行った。

土壌硬度は、長谷川式土壌貫入計（H-100 型・分割式； ダイトウテクノグリーン株式会社）を用いて測定した。2 つの植栽エリア（No. 5、No. 8）のバーク鋤き込み有区と無区それぞれに

において、各区内で6地点を選んで深さ30 cmまで測定した(測定日: 2012年9月15日)。長谷川式土壌貫入計は、2 kgの落錘を上端(高さ50 cm)まで持ち上げた後に落下させ、そのエネルギーで先端の円錐コーン(ϕ 20 mm、先端角 60°)を土中に貫入させ、1回の打撃で貫入した深さの測定を行うものである。各区において、打撃1回あたり貫入した深さの測定記録より、相対的な土壌の硬さの指標である“軟らか度”を土壌深度5 cmごとに求めた。統計解析は、軟らか度を応答変数として、植栽エリア、パーク全面鋤き込みの有無、土壌の深さ階級を説明変数とした三元配置分散分析を行った後、TukeyHSD法により事後比較を行った。軟らか度(cm/drop)の根の進入可否の基準と土壌の硬さの表現は、

0.7未満:多くの根が進入困難・固結

0.7以上~1.0未満:根系発達に阻害あり・硬い

1.0以上~1.5未満:根系発達に阻害樹種あり・締まった

1.5以上~4.0未満:根系発達に阻害なし・軟らか

4.0以上:根系発達に阻害なし(低支持力、乾燥)・膨軟すぎ

とされる(日本造園学会 2000)。

土壌の体積含水率は、4区それぞれで区内3地点にECH₂Oセンサー(EC-5; DECAGON社)を1本ずつ設置し(深さ5 cm)、約3ヶ月間(2012年7月29日~10月25日)、1時間毎に記録した。回収した継時データから日平均値を求めた。統計解析は、説明変数として時系列自身の過去の値を利用する回帰モデルである自己回帰係数(AR coefficient)と移動平均係数(MA coefficient)を備えた自己回帰移動平均モデル(Autoregressive Moving Mean model、ARMAモデル)を用いて時系列解析を行った。その際に、赤池情報基準(AIC: Akaike Information Criterion)が最小となるようARMAモデルの自己回帰次数pと移動平均次数qを決定した[体積含水率: p=3、q=3]。

(3) ブナ稚樹の生育状態

ブナ稚樹の生育状態の指標として、4区から各10個体をランダムに選び、稚樹高(cm)、当年枝伸長(cm)、個葉面積(cm²)、SPAD値、最大光合成速度($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)を測定した。稚樹高の測定は2012年9月18日に行った。当年枝伸長は、ブナ稚樹の樹冠上部から一番成長したものをを選んで測定した(測定日: 2012年9月18日)。個葉面積は、4区で稚樹高と当年枝伸長を測定した各10個体を調査対象とし、1個体あたり3枚の葉を採取した(採取日: 2012年8月30日)。採取した葉の画像をスキャナーでデジタル化し、プログラムLIA32(Yamamoto 1998)を用いて葉面積を算出した。SPAD値は、各区6個体ずつ3枚の葉を選び、1枚の葉に対して3回測定を行った。測定にはミノルタ製葉緑素計SPAD-502を用いて、2012年8月31日に実施した。最大光合成速度は、各区で測定対象とした10個体の中から4~6個体を選び、1個体から2枚の葉を選び、1枚あたり2回測定を行った。また、調査地から40 km離れたアメダス阿仁合(北緯 $39^\circ 59.6'$ 、東経 $140^\circ 24.2'$ 標高120 m)では、2012年8月18日から29日まで降水量0 mmが記録され、測定日前日の8月30日は5.5 mmの降水量が観察された。測定は2012年8月31日の6時30分頃から10時30分頃にかけて行った。ライカ社のLI-6400P携帯用光合成蒸散測定装置を用い、照度 $1500 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ に設定し、最大光合成速度の値が安定するまで20~30分の光馴化を行い測定した。統計解析は、稚樹高、当年枝伸長、個葉面積、SPAD値、最大光合成速度のそれぞれを応答変数とし、植栽エリアとパーク全面鋤き込みの有無を説明変数として二元配置分散分析を行った。なお、個葉面積、SPAD値、最大光合成速度については、1個体あたり複数の葉を抽出して測定しているため、疑似反復を避ける

ためにランダム効果として“個体”を説明変数に投入した。

3. 結果

(1) バーク鋤き込み有無による生育環境の違い

軟らか度に対する三元配置分散分析の結果、植栽エリアの違い、バーク全面鋤き込みの有無、土壌深度の有意な影響を検出した(表-1)。全ての調査区において、表層(土壌深度 5~10 cm)の軟らか度は 1.5(cm/drop)以上の値を示した(図-1)。しかしバーク堆肥の全面施用の効果について見てみると、バーク鋤き込み有区で平均 1.59 (cm/drop)、無区では平均 1.86 (cm/drop)であり、バーク堆肥施用によって軟らか度が改善(向上)したとは言い難かった。むしろ、バーク全面施用の有無による軟らか度の差よりも、植栽エリア間による軟らか度の差の方が大きかった [No. 5:2.05 (cm/drop), No. 8:1.40 (cm/drop)]。

土壌の体積含水率について、7/29 からの時間推移を図-2 に示す。土壌水分は、降雨に伴い上下動を繰り返しながらも、夏から秋にかけてゆるやかに上昇傾向であった(図-2)。しかし、各時点における 4 区間の上下関係はほぼ一貫していた(図-2)。時系列解析の結果、時間傾向・植栽エリアの効果は有意に認められたが、バーク全面鋤き込みの効果は有意ではなかった(表-2、図-2)。各エリアにおけるバーク鋤き込みの有無による差異よりも、植栽エリア間での含水率の違いが大きかったことが明らかになった(図-2)。

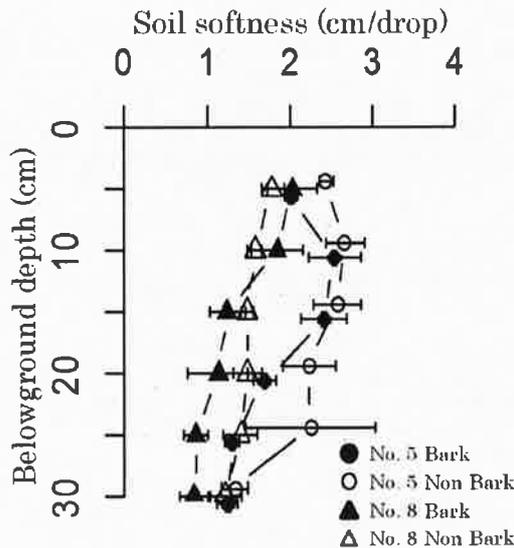


図-1 各プロットにおける土壌深度 5 cm ごとの軟らか度(平均±標準誤差)

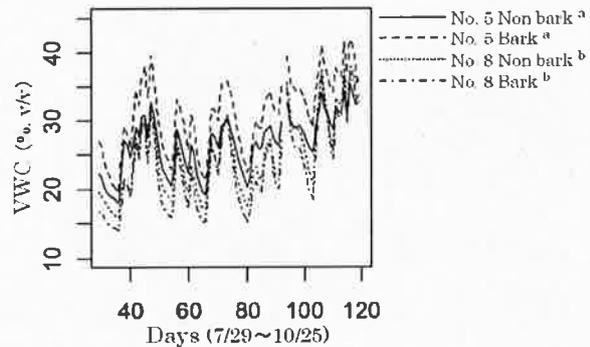


図-2 各プロットにおける表層 5 cm の日平均体積含水率(VWC)

表-1 土壌の軟らか度に対する、バーク堆肥鋤き込みの有無、植栽エリアおよび土壌深度の影響

| | Df | Sum sq | Mean sq | Fvalue | Pvalue |
|-------------------|-----|--------|---------|--------|--------|
| Bark | 1 | 1.55 | 1.55 | 11.88 | 0.001 |
| Area | 1 | 6.04 | 6.04 | 46.26 | 0.000 |
| Belowground depth | 1 | 8.32 | 8.32 | 63.77 | 0.000 |
| Residuals | 140 | 18.27 | 0.13 | | |

表-2 体積含水率に対する時間(Time)、植栽エリア(Area)、バーク全面鋤き込みの有無(Treatment)

| | Df | Fvalue | Pvalue |
|-----------|----|--------|--------|
| Time | 1 | 288.65 | 0.000 |
| Area | 1 | 22.58 | 0.000 |
| Treatment | 1 | 1.05 | 0.307 |

(2) バーク堆肥鋤き込み有無による植栽ブナ稚樹の生育状態の違い

2008 年に約 30 cm で植栽されたブナ稚樹は、調査を実施した 2013 年には樹高が平均 41~52 cm までに達しており、当年枝伸長も平均 15~18 cm 伸びた(表-3)。稚樹高と当年枝伸長

に対する二元配置分散分析の結果、バーク全面鋤き込みの有無と植栽エリアの有意な影響は検出されなかった(表-3)。また、その他のブナ生育状態は、SPAD 値:24~31、個葉面積:13.3~21.2 cm²、最大光合成速度:5.78~7.83 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の値を示した(表-3)。統計解析の結果、SPAD 値、個葉面積と最大光合成速度に対してバーク鋤き込みによる有意な影響は検出されなかった(表-3)。しかし、個葉面積と最大光合成速度に対してのみ植栽エリアの影響が有意に検出された(表-3)。

表-3 植栽エリアとバーク堆肥全面鋤込による、稚樹高、当年枝伸長、SPAD 値、個葉面積、最大光合成速度(Amax)の平均値(\pm 標準偏差)

| Area, Treatment | Tree height (cm) | | Annual shoot growth (cm) | | SPAD | | Leaf area (cm ²) | | Amax ($\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$) | |
|-----------------------|------------------|----------|--------------------------|----------|----------------|----------|------------------------------|----------|---------------------------------------|----------|
| | Mean \pm SD | | Mean \pm SD | | Mean \pm SD | | Mean \pm SD | | Mean \pm SD | |
| No.5, Bark | 45.4 \pm 19.5 | | 15.5 \pm 5.8 | | 31.1 \pm 6.6 | | 21.2 \pm 8.9 | | 7.8 \pm 1.1 | |
| No.5, Non bark | 52.1 \pm 11.1 | | 18.2 \pm 7.8 | | 29.9 \pm 6.3 | | 16.6 \pm 5.5 | | 6.9 \pm 1.7 | |
| No.8, Bark | 41.4 \pm 20.0 | | 15.3 \pm 8.9 | | 28.0 \pm 3.1 | | 13.3 \pm 3.3 | | 6.3 \pm 0.9 | |
| No.8, Non bark | 48.6 \pm 15.8 | | 15.2 \pm 7.7 | | 24.7 \pm 5.4 | | 14.3 \pm 2.8 | | 5.8 \pm 2.2 | |
| Explanatory variables | <i>F</i> | <i>P</i> | <i>F</i> | <i>P</i> | <i>F</i> | <i>P</i> | <i>F</i> | <i>P</i> | <i>F</i> | <i>P</i> |
| Area | 0.65 | 0.43 | 0.62 | 0.44 | 0.84 | 0.37 | 5.71 | 0.02 | 4.38 | 0.05 |
| Treatment | 2.81 | 0.10 | 0.17 | 0.69 | 3.11 | 0.09 | 0.53 | 0.47 | 1.93 | 0.18 |

4. 考察

(1) バーク全面鋤き込みの有無によるブナ稚樹の生育環境の違い

土壌硬度は、軟らか度が 1.5 cm/drop 以上であると樹木の根系発達に阻害がないとされる(日本造園学会 2000)。全処理区において、バーク全面鋤き込みの有無に関わらず、表層 10 cm までは基準以上の値を示した。そのため、バーク全面鋤き込みの有無による軟らか度の明瞭な改善効果は認められなかった。また、先行研究として、バーク堆肥を 3 L/株(1.5 kg/株)、6 L/株(3.0 kg/株)、9 L/株(4.5 kg/株)の 3 段階で施用し、2 年生のコナラ苗木を育成すると、6 L/株(3.0 kg/株)で樹高の相対成長率が最も高くなるとの報告がある(高砂・高山 2011)。さらに、5 年生の中晩生カンキツを用いて、バーク堆肥量 50 t/ha 換算で 60 L ポットに施肥した場合には、固相率を減少させ、気相率を増加させた(杉山ら 2006)との報告もある。これらと比べ、本研究ではバーク鋤き込み量がやや少なかったため、明瞭な改善効果が認められなかった可能性がある。

土壌水分において、未熟土にバーク堆肥を施用すると土壌の保水性向上が期待されるとの報告がある(高砂・高山 2011)。しかし、本研究では、バーク鋤き込みによる含水率の改善効果は認められなかった。その要因として、植栽エリアによる元々の保水力の差が影響したと推察する。

(2) バーク全面鋤き込みの有無によるブナ稚樹の生育状態の違い

ブナ稚樹の生育状態に対して、バーク全面鋤き込みによる有意な影響は検出されなかった。苗畑で 3 年間育成した 37 家系のブナ稚樹の平均樹高は、32.8~66.5 cm との報告がある(高橋ら 2001)。また、植林後に下刈りを行い、誤伐被害のない 6 成長期のブナ平均樹高は 172 \pm 52 cm、平均の当年伸長量は 32 \pm 16 cm である(前田 2003)という報告もある。本研究では、バーク全面鋤き込みの有無に関わらず、植栽 5 年目でブナ稚樹高は 40 cm 以上、当年枝伸長は 15 cm 以上とそれぞれ成長した。苗畑で育苗したものに比べ、稚樹高や当年枝伸長の成長

率は低いものの、バーク全面鋤き込みの有無に関わらず確実に成長していた。また、何も遮るものがない夏場の苗畑における2年生ブナ稚樹の最大光合成速度は、 $6.67 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ であった(Fernando et al. 2002)。それと比較すると、本研究でのブナ稚樹の最大光合成速度($5.78 \sim 7.83 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)は、同程度の値を示していた。

以上より、ブナ生育状態(稚樹高、当年枝伸長、最大光合成速度は、バーク全面鋤き込みの有無に関わらず、おおむね良好な値を示した。バーク全面鋤き込みを行うには、費用は約120万/ha、施業日数は約2日/haが余計にかかる(秋田県 未発表)。そのため、土壌環境によっては、植栽木の根元への施用のみで、バーク全面鋤き込みを省略することが可能であることが示唆された。

引用文献

秋田県 (2011) 森吉山麓高原自然再生事業実施計画書。

Fernando, V., José, M., Ismael, A., Luis, B., Pierre, D., Esteban, M and Erwin, D. (2002) The greater seedling high-light tolerance of *Quercus robur* over *Fagus sylvatica* is linked to a greater physiological plasticity, *Trees*, 16(6):395-403.

藤原俊六郎・安西徹郎・小川吉雄・加藤哲郎. (2010). 土壌肥料用語辞典 第2版. 社団法人 農村漁村文化協会.

前田雄一. (2003). 植林後 6 成長期を経過したブナの残存と誤伐被害. *森林応用研究*, 12: 65-68.

Nakashizuka, T. (1984) Regeneration process of climax beech (*Fagus crenata* Blume) forests, IV: Gap formation, *Japanese journal of ecology*, 34(1):75-85.

杉田久志・金指達郎・正木隆 (2006) ブナ皆伐母樹保残法施業試験地における33年後、54年後の更新状況-東北地方の落葉低木林床ブナ林における事例, *日本森林学会誌*, 88(6):456-464.

(社)日本造園学会 緑化環境工学研究委員会 (2000) 緑化事業における植栽基盤整備マニュアル, *ランドスケープ研究*, 63(3):224-241.

高橋誠・向田稔・川野耕蔵・川村忠士 (2001) ブナ自然交配家計 37 家系における初期生長の家系間変異, *東北森林科学会誌*, 6(1):1-6.

高砂裕之・高山晴夫 (2011) 造成地における未熟土の性状とバーク堆肥施用が土壌改良および 4 樹種の苗木の初期成長に与える効果, 37(1): 114-119.

Yamamoto, K. (1998) A simple method for evaluating fine-scale variation of chlorophyll concentration within a leaf, *University Forest, Faculty of Agriculture, Niigata University*, 31:41-48.

列状間伐の実施方法の判断に関する考察

三八上北森林管理署 森林官 ○一重喬一郎 鈴木晃輔 児玉俊一

1. はじめに

間伐は、林分を健全に維持し、残存木の生長の促進と形質の向上を目的として実施される。これらの目的を満たしつつ、限られた予算や人員のもと多くの要間伐林分に施業を行うための一つの方策として、従来の定性間伐と比べて作業効率が高いとされる列状間伐が積極的に実施されてきた。ただし、一口に列状間伐といっても、どの様に伐採列と残存列を組み合わせるか、また、残存列へ定性間伐を加えるか否か等、それらの組合せによって間伐作業の生産性や間伐による保育効果に差があると考えられる。そこで本調査では、様々な方式の列状間伐の得失を整理し、どの様に間伐を実施していくべきか判断するために必要な知見を得ることを目的とした。

2. 調査方法

既発表論文等のレビューによる文献調査と管内施業跡地での実地調査を行った。

2.1 文献調査

「CiNii Articles」、「J-STAGE」および「Google scholar」といった文献検索サイトと「Google」によって「列状間伐」等のキーワードで検索し、表題や要旨等から関連すると判断された文献をレビューした。また、国有林のイントラネットである「Garoon」の「全文検索システム」により「技術開発情報」も検索した。なお、レビューの対象は国内の調査・研究結果とし、そのうち学会発表等の講演要旨は対象としなかった。

2.2 実地調査

文献調査によっては十分に明らかにできなかった事項について、実地調査を行った。調査対象林分の概況と調査内容を表1に示した。

表1 実地調査対象林分の概況と調査内容

| 林小班名(調査区名) | | 蕨国有林113り3(蕨列状区) | | 蕨国有林113り6(蕨定性区) | | 生内国有林28い7(生内列状区) | |
|------------------------|----|---|----|-----------------|----|---|----|
| 樹種/林齢 | | スギ/54 | | スギ/52 | | スギ/45 | |
| 現在の平均樹高(m) | | 18.5 | | 21.6 | | 20.2 | |
| 本数密度(本/ha) | | 1000/1286 | | 925/1250 | | 1498/2247 | |
| 現在/前回間伐前 ^{※1} | | | | | | | |
| 施業履歴 ^{※2} | 林齢 | 列状間伐(1.5~2伐4残) | 43 | 定性間伐 | 41 | 列状間伐(2伐4残) | 45 |
| | | 保育間伐 | 30 | 経常間伐 | 30 | 保育間伐 | 30 |
| | | 保育間伐 | 26 | 保育間伐 | 24 | 除伐Ⅱ類 | 19 |
| | | 除伐Ⅱ類 | 20 | 除伐Ⅱ類 | 18 | 除伐 | 15 |
| | | 除伐 | 13 | 除伐 | 12 | 除伐 | 9 |
| 調査面積(ha) | | 0.040 | | 0.040 | | 0.027 | |
| 調査項目(結果掲載カ所) | | <ul style="list-style-type: none"> ・胸高直径(3.1.1項) ・立木間距離(3.1.1項) | | | | <ul style="list-style-type: none"> ・樹冠周囲の開き具合(3.1.2項) ・形質不良木の割合(3.2項) ・立木の形状比の分布(3.3項) | |

※1: 前回間伐前の本数密度は、伐根数や伐採列幅から推定した。※2: 林班沿革簿から把握し、除伐以降の施業を記載した。

実地調査は、11年前に列状間伐を行った「葛国有林113り3小班」、同じく11年前に定性間伐を行った「113り6小班」（それぞれ「葛列状区」と「葛定性区」と呼ぶ）および、今年度に列状間伐を実施した「生内国有林28い7小班」（「生内列状区」とよぶ）で行った。葛列状区および葛定性区では、現在の胸高直径を測定することで間伐による成長促進効果の評価を試みた。さらに、立木間距離を測定することで、間伐によって直径成長に必要な生育空間が確保されたか検証した。生内列状区では、樹冠周囲の開き具合、形質不良木の割合および立木の形状比の分布を調べることで、生長促進効果、形質向上効果および冠雪害抵抗性向上効果をそれぞれ評価した。

3. 結果と考察

3.1 列状間伐による生長促進効果の評価

3.1.1 列状間伐後の生長量の把握による生長促進効果の評価

(1) 文献調査

文献調査結果を表2に示した。

表2 列状間伐による生長促進効果の評価事例

| 文献 | 列状間伐の方式 | 樹種 | 地域 | 間伐時の林齢 | 調査時期 | 結論 | 留意点 |
|----|----------------------------|------|-----|------------------------------|---------------------------------|--|---|
| 1 | 2m伐5m残 (無間伐と比較) | ヒノキ | 岡山県 | 27 | 間伐の12年後 | 列間木、列面木ともに無間伐区と比較して直径成長が促進されており、2m伐5m残では林分全体に間伐効果が得られる。 | 列間木の直径成長は列面木のそれと比べてわずかに劣る。 |
| 2 | 1伐3残 | スギ | 岐阜県 | 23と29 ^{※1} | 2回目間伐の11～19年後 | ・間伐列に面する個体と面しない個体の直径成長の差は大きく、間伐列に面しない個体は成長が劣る。 ・1回目の間伐の際に間伐列に面するか否かが、枝の枯れ上がりが抑制されたか否かに強く影響しており、早期の間伐が有効である。 | 植栽密度がやや高い。 (3,850本/ha) |
| 3 | 1伐3残 | スギ | 宮城県 | 33, 35, 39, 41 ^{※2} | 間伐の7, 12, 12, 5年後 ^{※2} | 列状間伐後の生長量を調査した4林分全てで、胸高直径生長における残存列の違いによる有意な差は認められなかった。 | 調査地の林況が示されておらず、どのような林分で実施したのか明らかでない。 |
| | 2伐5残 | スギ | 宮城県 | 49 | 間伐の5年後 | 胸高直径生長における残存列の違いによる有意な差は認められなかった。 | 調査地の林況が示されておらず、どのような林分で実施したのか明らかでない。 |
| 4 | 1伐3残 (3m伐9m残) | カラマツ | 長野県 | 47 | 間伐の3年後 | 中央列の直径成長量は間伐隣接列と比べて有意に低かった(t検定, $p < 0.05$) ため、残存列が3列以上の場合、中央列の直径生長を促進するには、点状間伐を追加する必要がある。 | 特になし。 |
| 5 | 1伐3残+定性 (定性間伐と比較) | スギ | 宮城県 | 35 | 間伐の8年後 | 列状間伐区の材積成長率は、同一林分内の定性間伐区のそれと比べて高く、列状間伐が残存木の生長の観点から有効な間伐方法であると示唆された。 | ・要間伐林分ではない。 (RY: 約0.5 ^{※3}) ・材積間伐率に差がある。 列状: 41%、定性: 35% |
| | 2伐5残 | スギ | 宮城県 | 38 | 間伐の4年後 | 残した5列のうち中央の1列の直径成長率が他の4列と比べて低く、間伐効果が少なかった。 | 要間伐林分ではない。 (RY: 約0.6 ^{※3}) |
| 6 | 1伐5残 | ヒノキ | 佐賀県 | 30 | 間伐の5年後 | 間伐列に隣接する立木における間伐後の胸高直径成長量は間伐前と比べて1.5～2倍であり、間伐の影響が認められた。 | 調査数が少ない。(間伐列に隣接する立木2本、隣接しない立木3本) |
| 7 | 1伐4～5残 2伐6残 | スギ | 秋田県 | 39～44 ^{※4} | 間伐の3, 5年後 | 伐採列が1列の場合は残存木に間伐効果が確認されなかったものの、2列の場合は林縁部から1～3m程の範囲で間伐効果が認められた。 | 左記の結論を述べるには、結果と考察が不十分と思われる。 |
| | 2伐6～9残 | スギ | 秋田県 | 34 | 間伐の5年後 | ・間伐後に胸高直径成長量が増加する立木は林縁部から2m程の範囲に限られていた。 ・ただし、優勢木は林内の位置に関係なく良好な成長を続けていた。 | 特になし。 |
| 8 | 2伐4残 | スギ | 大分県 | 15 | 間伐の6年後 | 間伐により沿線木の直径成長は促進されたが、内部木の直径成長は促進されなかった。 | 調査数が少ない。(沿線木3本、内部木3本) |
| 9 | 1伐3残+定性 2伐4残 2伐5残+定性 | ヒノキ | 栃木県 | 29 | 間伐の7年後 | ・直径成長は内側列と比べて外側列で大きく、間伐効果は外側列で大きい。 ・2伐4残では、内側列の立木に枝の枯れ上がりが認められ、樹冠長率は50%程から8ポイント程低下した。 | 特になし。 |

※1: 間伐を2回実施しており、2回目は1回目と直行するように行った。 ※2: 調査林分が複数あり、それぞれの林齢と調査時期を示している。 ※3: 本数密度、樹高等を基に「収量比数RY計算プログラム(森林総合研究所)」により筆者が算出。 ※4: 調査林分が複数あるが、引用文献に個別の林齢と調査時期が示されていない。

1 伐 2~3 残に相当する 2 m 伐 5 m 残の事例¹⁾では林分全体に間伐効果があったと報告されている。一方、残存列が 3 残以上の事例²⁻⁹⁾のうち、2 伐 5 残の事例では外側列から 2 列目まで間伐効果が及ぶとする結果⁵⁾や、列による差は認められなかったとする結果³⁾も報告されているが、伐採列に接する立木と比べて接しない立木の直径生長が劣るとする報告^{2,4,6-9)}がほとんどであった。したがって、残存列数が 3 残以上の列状間伐では、間伐による生長促進効果が林分全体に及ばない恐れが大きいと言える。また、表 2 に示していないが、列状間伐に関する宮城県のマニュアル¹⁰⁾や、書籍¹¹⁾、総説¹²⁾においては、列状間伐により伐採列に接しない立木が生じる場合、林分全体に間伐効果が及ぶようにするためには、残存列に定性間伐を加える必要が指摘されている。ただし、どの程度、定性間伐を加える必要があるか定量的には示されていない。

(2) 実地調査

① 林内の様子 (蔦列状区)

蔦列状区の伐採列の現状を写真に示した。間伐から 11 年経過後も、樹冠がうっ閉していないとわかる。



写真 蔦列状区の伐採列(蔦国有林 116 リ 3 小班)

② 平均胸高直径 (蔦列状区, 蔦定性区)

蔦列状区の内側列と、同区の外側列および蔦定性区の立木の平均胸高直径を図 1 に示した。なお、蔦列状区では 1.5~2 伐 4 残の列状間伐が 11 年前に実施されており(表 1)、ここでは、伐採列に接しない 2 列を内側列、伐採列に接する 2 列を外側列とした。内側列の平均胸高直径は外側列および蔦定性区のそれと比べて有意に小さかった。機械的に選木を行う列状間伐の直後には、内側列と外側列で立木の胸高直径に差はなかったと考えられるため、間伐から 11 年の間におよそ 5 cm の差が生じたことになる。この結果から、表 2 に示した多くの事例^{2,4,6-9)}と同様に、伐採列に接しない立木の直径成長は劣ると確認できた。ただし、蔦定性区と蔦列状区の胸高直径を単純に比較することは、蔦定性区の方が地位が高いこと、および蔦定性区における定性間伐でどのような選木を行ったか明らかでないこと等から、適切ではない。

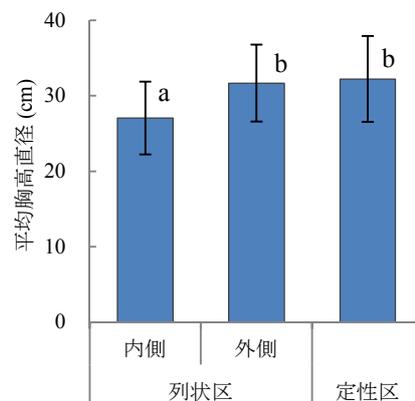


図 1 平均胸高直径

同一のアルファベットを記したバーの間には有意差(T 検定, $P < 0.05$)がないことを示す。エラーバーは標準偏差。

③ 立木間距離 (蔦列状区, 蔦定性区)

先行研究¹³⁾によって、立木間距離と直径生長との間には相関があることが知られている。そこで、胸高直径と同様に、蔦列状区の内側列と外側列の立木間距離に差が認められるか確認した。さらに、列状間伐と同時に残存列へ定性間伐を加えた場合、立木間距離がどのように変化するかを調べることで、林分全体に生長促進効果を及ぼすことができるか検証した。

蔦列状区の内側列、それに定性間伐を加えた場合、同区の外側列および蔦定性区の立木間距離を図 3 に示した。蔦列状区の内側列の立木間距離は同区の外側列および定

性区のそれと比べて有意に小さかった。このことから、内側列の胸高直径が外側列と比べて小さかった（図 1）原因は、十分な立木間距離、すなわち生育空間が得られなかったためと考えられる。次に、11年前の列状間伐を、材積間伐率 33%程度の 1 伐 4 残+定性間伐で行っていたと想定し、間隔や形質を考慮して残存列に 5 本に 1 本程度の選木（内側列から 7 本、外側列から 1 本を選木した）を行い、立木間距離の変化を調べた。定性間伐を加えた場合の内側列の立木間距離は外側列や定性区のそれと同等（有意差なし）になると分かった。また、伐採列を 2 伐から 1 伐に狭めたとしても、伐採列を隔てた立木間距離は 4 m 程であるため、図 2 の結果と比べて十分な間隔と言える。以上より、1 伐 4 残に定性間伐を加えた材積間伐率 33%程度の列状間伐を採用すると、内側列の立木間距離を十分に改善することができるため、林分全体に生長促進効果が及ぶと示唆された。

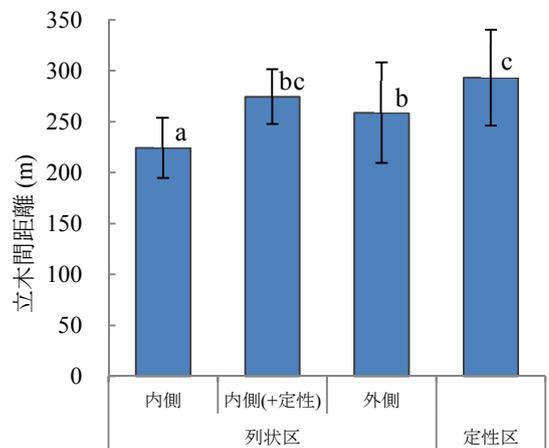


図 2 立木間距離*

同一のアルファベットを記したバーの間には有意差(T 検定, $P < 0.05$)がないことを示す。エラーバーは標準偏差。

*: 先行研究¹³⁾を参考に、樹冠が接しかつ 4.5 m 以内の距離の立木のうち近い方から 3 本目までの平均距離とした。

3.1.2 樹冠周囲の開き具合の把握による生長促進効果の評価

(1) 文献調査

岡山県林業試験場の中島ら¹⁴⁻¹⁶⁾は、列状間伐により樹冠の周囲が開けたかを指標として、生長促進効果の評価している。その主要な成果である残存幅と間伐効果を受けた残存木の割合の関係を、文献¹⁶⁾より引用して図 3 に示した。なお、中島らは間伐後の断面積生長量の調査結果¹⁵⁾を基に、樹冠の周囲が少しでも開けた残存木は間伐効果を受けたものとしている。ここで、幅 2 m を概ね 1 列とすると残存幅 6 m は 3 残に、8 m は 4 残にそれぞれ相当するため、図 3 からは 3 残では約 1/3 の残存木が 4 残では約 1/2 の残存木が間伐効果を受けないと読み取れる。同一の著者らにより整備された岡山県の列状間伐に関するマニュアル¹⁷⁾では、間伐効果を受けない残存木のうち 2~3 本に 1 本を追加で間伐すると、林分全体に効果が及ぶとしている。以上を踏まえると、3 残では残存木の 1/6~1/9 本を、4 残では 4~6 本に 1 本を追加で間伐すれば、林分全体に間伐効果が及ぶと言える。なお、このことは 3.1.1 項で示した結果とも一致する。

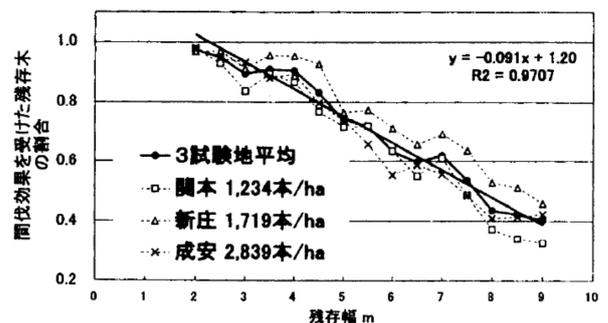


図 3 残存幅と間伐効果を受けた残存木の関係¹⁶⁾

(2) 実地調査（生内列状区）

上述の先行研究¹⁴⁻¹⁶⁾を参考に、今年度に 2 伐 4 残の列状間伐を実施した生内列状区において、間伐後の残存木の樹冠周囲の開き具合を調べた。その上で、材積間伐率 33%程度の 1 伐 4 残+定性間伐で列状間伐を行っていたと想定して 5 本に 1 本程度の選木を

行い、残存木の樹冠周囲の開き具合がどう変化するか調べ、その結果を図4に示した。調査した残存木は48本で、そのうち8本は被圧木だったので結果から除外した。2伐4残後に全く樹冠の開けなかった立木の割合は、図3からは50%程と予想したが、実際には30%であった。次に、1伐4残+定性で施業したと想定して、上層木40本から形質や間隔を勘案して8本を選木（内側列から5本、外側列から3本）した。その結果、樹冠の全く開けていない立木はゼロになり、樹冠の1/2以上が開ける立木は56%に上った。また、被圧木も併せて伐るとして計算した定性部分の材積間伐率は13%であり、1伐部分と合わせても33%であったことから、本調査の結果は、指定施業要件における材積間伐率の上限（35%）を満たした上で得られたものである。以上より、前項（3.1.1）の現地調査結果と同様に、1伐4残に定性間伐を加える方式を採用すると、林分全体に間伐効果が及ぶと分かった。

また、今回の調査では十分に評価できなかったが、間伐による生長促進効果を知る上で、樹冠長率も重要な指標である。藤森¹⁸⁾は、樹冠長率が20%に近づいてしまった立木は、その後の間伐により周囲が開けても生長が回復する可能性は少なく、樹冠長率50%を目指していくような密度管理が望ましいと主張している。さらに、先の文献調査結果（表2）によると、列状間伐を実施した林分の内側列の立木における樹冠長率の低下^{2,9)}が報告されている。このことは、列状間伐によって周囲が十分に開けなかった内側列の立木では、樹冠長率が低下し続けてしまい、たとえ次の間伐で生育環境が改善したとしても、良好な成長が見込めない恐れがあることを示唆している。すなわち、次回間伐のみならず、そのさらに先の間伐や主伐の収穫量にまで影響を及ぼす恐れがあり、今後、詳しく調査する必要がある。

3. 2 列状間伐による形質向上効果の評価

(1) 文献調査

列状間伐の前後では、林分内の不良木の割合が変わらないため、残存列へ定性間伐を加えて不良木を間引く必要^{2,10,19,20)}が多く指摘されているが、その効果を定量的に評価した事例は限られている。豊留ら²¹⁾は、1伐2残、1伐3残+下層間伐、1伐4残+下層間伐、下層間伐の4通り全ての間伐を本数間伐率33%となるように行い、間伐木に占める曲り木の割合を調べた。その結果、下層間伐の割合が増えるほど曲り木の割合が多くなるとしている。しかし、評価事例の蓄積としては十分といえないため、現地調査によっても確認した。

(2) 現地調査（生内列状区）

今年度に2伐4残の列状間伐を実施した生内列状区において、間伐後の残存木に占める形質ごとの立木の割合を調べた。さらに、1伐4残+定性間伐を想定して選木を行い、残存木に占める形質ごとの立木の割合がどう変化するか調べ、結果を図5に示し

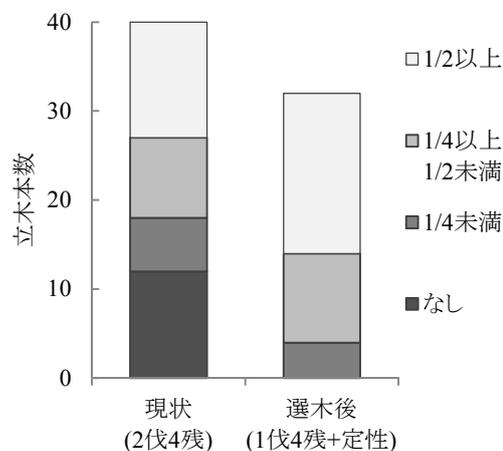


図4 樹冠周囲の開き具合の変化

た。なお、調査地は前項（3.1.2）と同一であり、選木も共通している。また、立木の形質は以下の基準で目視により判別した。健全木：大きな欠点のないもの、曲り木：曲りが大きく採材歩留りが落ちると思われるもの、他の欠点木：曲り以外の欠点により採材歩留りが落ちると思われるもの。

2伐4残後の現状では、残存木40本のうち健全木は29本で、その割合は73%であった。次に、形質や間隔を考慮して残存木から8本を選木（健全木4本、曲り木3本、他の欠点木が1本）したところ、残存木に占める健全木の割合は78%へ向上した。このことから、残存列に定性間伐を加えると、形質の向上に一定の効果があると言える。ただし、単なる定性間伐による形質向上効果を調べた事例²⁰⁾では、およそ2/3の形質不良木を除去できたと報告されているが、本調査ではおよそ1/3

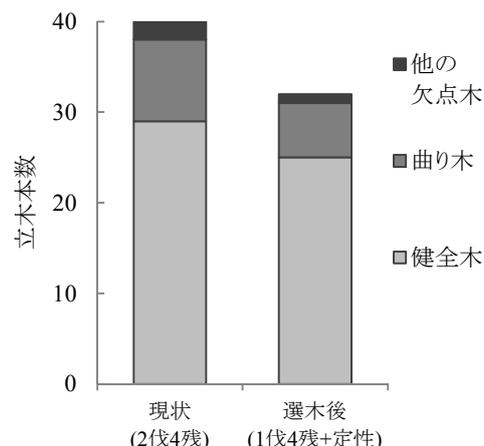


図5 各形質の立木本数の変化

(11本中4本)に止まった。これは、列状間伐に合せて定性間伐を加える場合、既に片側の立木が無くなっている外側列よりも、内側列の立木を優先して選木せざるを得ない（本調査では、内側列から5本、外側列から3本を選木）ので、単なる定性間伐と比べると選木の自由度が低いことが原因であると推察する。さらに、1伐3残に定性間伐を加える場合は真ん中1列からの選木が中心となり、1伐5残の場合は5残のうち3残からの選木が中心となるため、残存列が多い方が定性間伐を加えた場合の形質向上効果は高いと考えられる。

3. 3 列状間伐による冠雪害抵抗性向上効果の評価

(1) 文献調査

一般に、形状比が高い立木や樹冠の形が偏っている立木ほど冠雪害を受けやすく、同一林分でも形状比の高い立木が偏在している箇所には冠雪害が発生し易いとされている²²⁾。実際に列状間伐を実施した林分における冠雪害の発生事例を表3に示した。

表3 列状間伐実施林分における冠雪害の発生事例

| 文献 | 列状間伐の方式 | 間伐時の林齢 | 被害時の林齢 | 樹種 | 被害率 (%) | 平均樹高 (m) | 平均形状比 | | | 結論 |
|----|---------|--------|--------|----|---------|----------|-------|------|------|---|
| | | | | | | | 全立木 | 無被害木 | 被害木 | |
| 23 | 1伐2残 | 38 | 39 | スギ | 20.1 | 21.6 | - | 79.4 | 87.2 | 被害木の形状比は無被害木のそれと比べて高い。 |
| 24 | 1伐3残 | 32 | 33 | スギ | 24.2 | 19.2 | 80.7 | - | - | ・形状比の高い立木ほど被害の割合が高い傾向であった。 ・残存列の小径木や形状比の高い立木も併せて間伐することで、被害を少なくすることが可能 |
| 25 | 2m伐6m残 | 15 | 17 | スギ | 24.4 | - | - | - | - | ・残存列外側半分の被害本数は内側半分のその1.48倍。伐採列が原因となった恐れあり。 ・次回間伐を列状の方が定性より早く行わなければならないが、組み合わせることで回避できる可能性。 |
| | 定性(下層) | 15 | 17 | スギ | 11.9 | - | - | - | - | |

形状比が高い立木ほど気象害を受け易かったこと^{23,24)}が報告されており、同一林分内では列状間伐を実施した林分で被害率が高かったとの報告²⁵⁾も見受けられた。その

結果を受け、残存木の冠雪害への抵抗性を向上させるには、形状比が高い立木を林内に残さないことが重要であり、そのために残存列へ定性間伐を加えることが推奨されている^{24,25)}。

(2) 実地調査（生内列状区）

今年度に2伐4残の列状間伐を実施した生内列状区において、残存木の形状比の分布を調べた。さらに、1伐4残+定性間伐を想定して選木を行い形状比の分布がどう変化するか調べ、結果を図6に示した。なお、調査地は前々項(3.1.2)および前項(3.2)と同一であり、選木も共通している。選木の結果、形状比80以上の立木が主に選木され（70～80：1本、80～90：4本、100以上：3本）、残存木の平均形状比は76から72へ低下した。このことから、残存列に定性間伐を加えると、形状比の高い立木を除去することができ、冠雪害抵抗性の向上が期待できると言える。

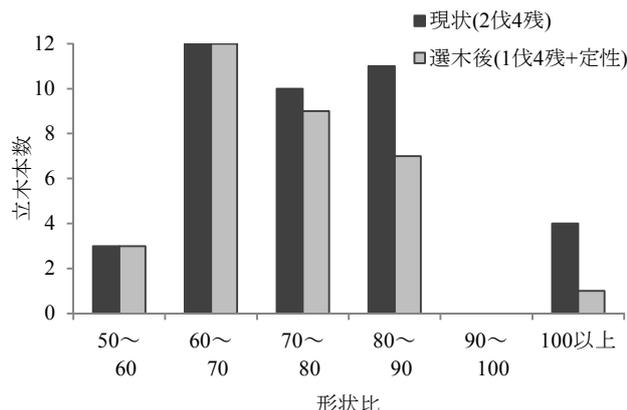


図6 立木の形状比の分布

の立木が主に選木され（70～80：1本、80～90：4本、100以上：3本）、残存木の平均形状比は76から72へ低下した。このことから、残存列に定性間伐を加えると、形状比の高い立木を除去することができ、冠雪害抵抗性の向上が期待できると言える。

3.4 残存木への損傷に関する評価

列状間伐は定性間伐と比べて残存木への損傷を3割～半分程度軽減できる^{10,26)}と報告されている。したがって、列状間伐と併せて残存列へ定性間伐を行い、なおかつ、その材を搬出する場合には、定性間伐部分での伐倒や集材によって残存木の損傷が増加する恐れがある。

3.5 間伐作業の生産性に関する評価

文献調査結果を表4に示した。なおここでは、1伐と2伐の生産性を比較した事例のみを取り上げた。

表4 列状間伐の生産性の評価事例

| 文献 | 樹種 | 地域 | 間伐時の林齢 | 本数密度 (本/ha) | 単木材積 (m ³ /本) | 傾斜 | 作業種 | 使用機械 | 列状間伐の方式 | 生産性 (単位) |
|----|----|-----|------------|-------------|--------------------------|-----------|----------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|
| 27 | スギ | 栃木県 | 49 | 1037 | - | 3~10° | 伐倒・造材・極積 | ハーベスタ | 1伐2残 | 8.4 (m ³ /h) |
| | | | | | | | | | 2伐4残 | 9.4 (m ³ /h) |
| 3 | スギ | 宮城県 | 41 / 40~42 | 1523 / 1883 | 0.360 / 0.152 | 20° / 30° | 伐倒 | チェーンソー | 1伐 | 54 (本/h) |
| | | | | | | | | | 2伐 | 69 (本/h) |
| | | | 41 | 1523 | 0.360 | 20° | 集材 | スイングヤーダ (ウインチ) | 1伐 | 20.4 (m ³ /人・日) |
| | | | | | | | | スイングヤーダ (ランニングスカイライン) | 2伐 | 17.4 (m ³ /人・日) |
| | | | | | | | | 1伐 | 14.5 (m ³ /人・日) | |
| | | | | | | | | 2伐 | 20.2 (m ³ /人・日) | |

1伐と2伐の生産性を比較した事例は限られているが、緩傾斜地²⁷⁾および急傾斜地³⁾いずれの事例においても、概ね2伐の方が生産性は高いと報告されている。これらは、1伐よりも2伐の方が作業空間に余裕があることが主な原因と考えられている。

3.6 間伐材の生産量に関する評価

列状間伐と併せて残存列に定性間伐を加える場合には、形質不良木を積極的に取り

除くために採材歩留りの低下が想定される。さらに、本数密度が高い林分で定性部分から木寄せを行うと生産性が低下したり残存木への損傷が増えたりする恐れがあるので、ある程度は伐り捨てにすることも考えられる。したがって、一概には言えないが、定性間伐の割合が増えるほど生産量は減少すると考えられる。

3.7 総合的な評価

これまでの調査結果（3.1～3.6）に基づき、1伐2残、1伐3残+定性、1伐4残+定性、2伐4残の4つの方式の列状間伐について得失を評価し、表5に示した。評価は○、△、▲の3段階で相対的にランク付けすることで行った。なお、4つの方式の材積間伐率はいずれも33%を想定した。

表5 列状間伐の方式別の得失に関する評価結果

| 列状間伐の方式 | 保育効果 | | | | 木材生産 | |
|---------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|----------------------|
| | 直径成長 | 形質向上 | 冠雪害抵抗性 | 損傷軽減 | 間伐作業の生産性 | 間伐材生産量 |
| 1伐2残 | ○ 全ての残存木が伐採列に接する | ▲ 不良木の除去なし | ▲ 雪害危険木の除去なし | ○ 軽減可能 | △ 2伐より低い | ○ 多い |
| 1伐3残+定性 | ○ 内側1列に対して十分な間伐可能 | ○～△ 効果はあるが十分でない恐れ | ○～△ 効果はあるが十分でない恐れ | ○～△ 定性部分の搬出で損傷増加の恐れ | △～▲ 2伐より低く、定性部分の搬出でさらに低下の恐れ | ○～△ 定性部分を伐り捨てると低下 |
| 1伐4残+定性 | ○ 残存列にも十分な間伐可能 | ○～△ 効果はあるが十分でない恐れ | ○～△ 効果はあるが十分でない恐れ | ○～△ 定性部分の搬出で損傷増加の恐れ | △～▲ 2伐より低く、定性部分の搬出でさらに低下の恐れ | ○～△ 定性部分を伐り捨てると低下 |
| 2伐4残 | △ 内側2列で低下の恐れ | ▲ 不良木の除去なし | ▲ 雪害危険木の除去なし | ○ 軽減可能 | ○ 高い | ○ 多い |

全体的にみると、間伐作業の生産性と間伐材生産量といった木材生産面を優先させるならば2伐4残が優れており、間伐による保育効果を優先させるならば1伐3残+定性か1伐4残+定性が優れていると言える。1伐2残は直径成長や損傷軽減の面からは優れているが、間伐の前後で立木の構成に変化がないため、形質向上と雪害抵抗性については劣っていると評価した。しかし、これは逆に言うと、形質不良木がほとんどなく、かつ冠雪害の危険が少ないと判断できる林分においては、1伐2残のデメリットは少なくなり、相対的に望ましい施業と言える。また、1伐3残+定性と1伐4残+定性では、後者の方が定性間伐の割合が高いために、形質向上と冠雪害抵抗性は優れており、損傷軽減、間伐作業の生産性、間伐材生産量は劣ると思われるが、どの程度の差があるか定量的に検証できなかったため同一の評価とした。

4. 結論

一般に、間伐等の施業が林分に与える影響を検証するには長期に渡る継続的な取り組みが必要であるため、どの様な施業方法を採用するか決定する際に、必ずしも十分な情報に基づいて判断できるわけではない。したがって、中・長期的には、国有林のフィールドを活用して必要なデータの収集に取り組みつつも、その時々に行われる既存の情報を基に意思決定を行うことが現実的であり、より確かな判断に資すると考える。本調査では、その様な考えのもと、どの様に間伐を実施すべきか判断するために必要

な知見を得るために、文献調査とできる範囲での実地調査により列状間伐の得失を整理した。本調査の結果に基づくと、伐採列を1伐に、残存列を3残か4残程度に設定して定性間伐を加える施業が保育効果の点で優れている。したがって、本数密度が高く混み合っており、なおかつ形質不良木の除去が不十分な若齢林における列状間伐の方式としては好ましいと考える。

しかしながら、列状間伐の得失に関する知見は、間伐後の生長量については比較的豊富であるが、それ以外については十分とは言えず、本調査で得た知見はあくまで暫定的なものである。さらに、本調査で評価の対象とした列状間伐の得失は、実際の意思決定のために必要な情報の一端に過ぎない。今後は、間伐方法の違いにより次回間伐から主伐までを含めた収支がどの様に変化するかといったことを、不確実性は大きくとも予測する必要はあると考える。さらには、今後発生する要間伐林分の面積と、そこから生産できる間伐材の数量、それに対する需要量といったマクロな視点からの検討も行わなければ、どの様に施業を進めていくべきか判断することは困難であると思える。

さらには、国有林において間伐等の作業を実行するのは契約関係にある事業者である。いくら理屈上は適切と思われる施業を計画し、間伐設計を行えたとしても、例えば選木が適切でなければ期待したとおりの保育効果は望めないし、伐倒手や重機のオペレーターの力量が十分でなければ生産性は上がり、残存木には損傷を与える恐れが大きい。したがって、適切な施業を実現するには、施業計画のみならず、事業実行に責任を持つ監督員と事業者の作業員の知識・技術力も極めて重要である。そのためには、技術力の優れた事業者を適切に評価し、その更なる向上を促すような仕組みが必要であると考えられる。

文献

- 1) 矢野宣和, 山口歳弘:列状間伐における林況変化把握と経営的評価. 平成 23 年度 近畿中国森林管理 森林・林業交流研究発表会.
- 2) 近藤道治:スギ密植造林地における列状間伐後の直径成長. “列状間伐を考える”, 関東・中部林業試験研究機関連絡協議会「列状間伐研究会」, 2010, pp.13-14.
- 3) 水田展洋, 水戸辺栄三郎, 梅田久男:列状間伐の伐採幅と労働生産性及び列状間伐後の残存木の状況. 宮城県林業試験場成果報告 17, 31-38 (2008).
- 4) 横井秀一:スギ密植造林地における列状間伐後の直径成長. “列状間伐を考える”, 関東・中部林業試験研究機関連絡協議会「列状間伐研究会」, 2010, pp.9-10.
- 5) 金澤孝之, 滝澤伸, 水戸辺栄三郎:機械化作業システムに適合した森林施業法の開発. 宮城県林業技術センター成果報告 14, 59-83 (2004).
- 6) 桑原康成:2 回目の列状間伐の実施時期の検討 -列状間伐後 5 年経過した樹冠のうっ閉速度と立木成長-. 九州森林研究 56, 198-199 (2003).
- 7) 澤田智志:スギ人工林の低コスト間伐技術の導入による非皆伐施業体系の確立 -列状間伐林分の生長特性と列状間伐後の間伐方法の検討-. 秋田県森技研報 21, 1-16 (2012).
- 8) 姫野光雄:列状間伐 - 残置林木への影響. 林業技術 709, 24-27 (2001).

- 9) 関東森林管理局 森林技術センター, 日光森林管理署:列状間伐の効果について(日光署 303 い小班)完了報告.
- 10) 宮城県林業試験場:列状間伐の欠点って?, 残存木は傷つかないの?. “列状間伐のここが知りたい!”, 2007.
- 11) 植木達人:<ためらい その 2>. “列状間伐の考え方と実践”, 林業改良普及双書, 2007, pp.35-37.
- 12) 近藤道治:列状間伐が森林環境に与える影響. 森林利用学会誌 **21**(1), 9-14 (2006).
- 13) 宮本麻子, 天野正博:立木の空間分布および生育条件が個体成長に及ぼす影響. 森林総合研究所研究報告 **1**(2), 163-178 (2002).
- 14) 中島嘉彦, 芦田素廣:小型タワーヤーダを用いた列状間伐の間伐効果(I) –間伐による樹冠の占有面積変化-. 森林応用研究 **8**, 77-80 (1999).
- 15) 中島嘉彦, 且良則:小型タワーヤーダを用いた列状間伐の間伐効果(II) –目視による間伐効果の判定-. 森林応用研究 **9**(2), 19-22 (2000).
- 16) 中島嘉彦, 且良則, 黒瀬勝雄:小型タワーヤーダを用いた列状間伐の間伐効果(III) –伐採帯の合理的な配置法-. 森林応用研究 **10**(1), 101-103 (2001).
- 17) 岡山県林業試験場:5 作業方法. “列状間伐の手引き”, 2002, pp.13-16.
- 18) 藤森隆郎:立木密度と成長の関係. “間伐と目標林型を考える”, 全国林業改良普及協会, 東京, 2010, pp.46-48.
- 19) 竹内郁雄, 只木良也, 蜂屋欣二, 河原輝彦, 佐藤明:ヒノキ 30 年生林分の間伐試験 –列状間伐を中心として-. 林試研報 **272**, 141-155 (1975).
- 20) 中島嘉彦, 芦田素廣, 且良則, 山岡嘉助:高性能林業機械を用いた列状間伐と定性間伐の比較試験. 岡林試研報 **15**, 1-6 (1999).
- 21) 豊留勝, 竹内郁雄:列状間伐の強度と間伐木の関係. 九州森林研究 **61**, 26-30 (2008).
- 22) 豪雪地帯林業技術開発協議会:(3)冠雪害の発生する条件. “雪に強い森林の育て方”, 日本林業技調査会, 東京, 1984, pp.46-56
- 23) 横井秀一:スギ列状間伐林分に発生した冠雪害. “列状間伐を考える”, 関東・中部林業試験研究機関連絡協議会「列状間伐研究会」, 2010, pp.5-6.
- 24) 近藤道治, 今井信:スギ列状間伐林分で発生した冠雪害. “列状間伐を考える”, 関東・中部林業試験研究機関連絡協議会「列状間伐研究会」, 2010, pp.1-4.
- 25) Taisitiroo SATOO, Tamikazu MOROTO, Rokuro USHIYAMA: A line-thinning experiment of a plantation of *Cryptomeria japonica*: growth and snow damage. 日林誌 **53**(3), 72-76 (1971).
- 26) 近藤道治, 今井信:列状間伐後の生産性と残存木の損傷. “列状間伐を考える”, 関東・中部林業試験研究機関連絡協議会「列状間伐研究会」, 2010, pp.15-16.
- 27) 鈴木茂夫, 今井博代, 塩田淳史, 永嶋龍一, 河俣雅久:機械化作業システムに適合した森林施業法の開発. 栃木県林セ研報 **18**, 24-42 (2003).

天然更新を活用した牧草地の森林化について

岩手北部森林管理署 主任森林整備官 松尾 亨

1 はじめに

東北地方の国有林には、かつては森林であったところを牧草地として造成し、市町村に貸付してきた採草地等がある。しかし、近年の畜産不振から返地を望んでいる箇所が増加傾向にあり、その森林化にあたっての経費が問題化している。

放牧・採草を休止して10年～20年経過しても、これらの牧草地は、オーチャードグラス・チモシー等の外来牧草が繁茂し、根の緊密化や1mを超える草丈により、天然種子の発芽や生長を阻害している。こうした天然更新にあたっての問題点を、地掻による地表処理により解消し森林化させることにより、従来的人工植栽より低コストで、郷土樹種による森づくりの施業方法の開発を目的に5年間調査した内容である。

2 試験地の概要と経過

位置 岩手県八幡平市田山 矢神岳国有林他

北緯 40 度 4 分 51 秒 東経 140 度 58 分 5 秒 海拔 650 m

森林土壌 適潤性褐色森林土

伐採前の森林 アカマツ・ミズナラ・シラカンバ等の天然生林と一部カラマツ等の人工林

昭和 48 年度に牧草地として約 100ha を旧安代町が造成し、貸付契約により継続使用していた。その後も、放牧・採草利用をしていたが、畜産業の不振により、平成 10 年頃より使用されなくなり放棄された。

平成 20 年返地のための現地検討会を森林総合研究所東北支所と行い、天然更新による森林化の試験に取り組んだ。

3 試験区の設定状況 農業用トラクタ掻き起こし

掻き起こし作業前の牧草地と母樹カラマツ林 掻き起こし耕運処理後の試験地



写真 1



写真 2

建設用バックホウによる牧草剥離

牧草剥離前の状況



写真 3

列状に牧草を剥離 写真左と奥が母樹林



写真 4

4 調査項目と調査方法

(1) 天然更新の可能性の調査

① 掻き起こしによる地表処理後、埋土・飛散種子による発芽の状況の調査

(2) 掻き起こし方法の違いによる調査

① 農業用トラクタによる耕運（八幡平市所有機械による）

② 建設用バックホウによる牧草剥離（森林林業振興会チャーターによる）

(3) 天然更新の発生樹種及び母樹林の調査

① (2) ②による天然更新発生樹種調査

② 天然更新母樹林の調査

(4) 比較試験として播種更新及び植栽による人工更新の調査

① ミズナラ・シラカンバ等の前生樹木の播種による更新調査

② ブナ他広葉樹による人工植栽による更新調査(ブナ苗木 森林総研東北育種場提供)

③ 動物散布の可能性の調査（ハイスタンプライン）

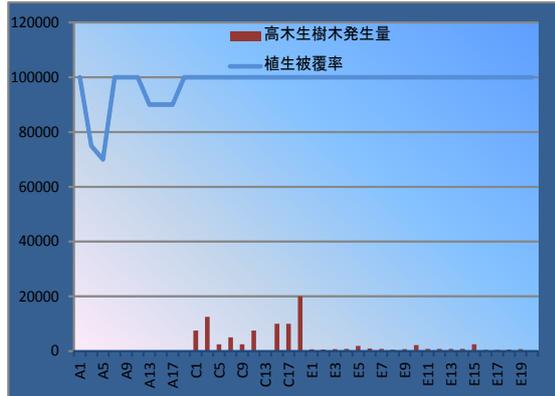
5 調査データと結果

(1) 天然更新の可能性の調査

周辺の残存森林状況を調査し、過去の森林時代の埋土種子からの発生と、母樹からの飛散種子からの発生を調査。

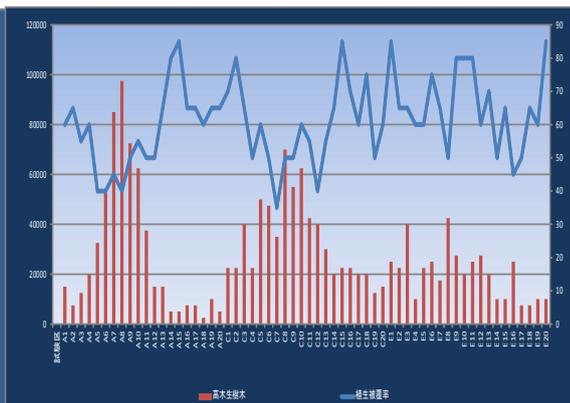
① 掻き起こし作業後の種子の発生状況の調査

農業用トラクタによる耕運



グラフ 1

建設用バックホウによる牧草剥離



グラフ 2

掻き起こし作業時に土壌サンプルから埋土種子の調査をしたが、牧草地に開発してから40年近く経過しており木本類の種子が見られなかった。また、農業用トラクタが耕運した箇所からも発生稚樹が見られなかった。

一方、建設用バックホウによる牧草剥離箇所も、埋土種子からの発芽が見られなかったが、飛散種子発生由来のアカマツ・イタヤカエデ・ウリハダカエデ等の発生が見られた。

[分析内容は(2)の結果1・2による]

(2) ①・② 掻き起こし方法の違いによる地表処理

地表処理の違いによる天然更新の稚樹発生量を調査するにあたって、導入機械と事業経費の比較を行うことを検討したところ、掻き起こしレーキ機種がなく、事業主体であり共同研究機関の八幡平市側から本格実施時に取り組みやすい機種として、市所有農業用トラクタによる耕運処理と、チャーター契約の建設用バックホウによる牧草剥離の方法で、稚樹の発生量を調査した。

結果1 (農業用トラクタ)

グラフ1が農業用トラクタ耕運による箇所のデータである。A区の天然更新箇所では稚樹の発生がほとんど見られなかった。写真2・5を参照

C区の播種更新箇所では、ケヤマハンノキとヒメヤシャブシの発生が見られ、haあたり平均で5,000本程度であった(写真6)。

E区の列状植栽箇所については、ブナ・ミズナラ等の植栽箇所全体の残存率は72%程度であった。減少の原因は誤伐・ウサギ食害・雪折れの順に発生していた。また、植栽時には60cm程度の樹高が、1mに達したものが全体の70%程度であった(写真7)。



写真 5



写真 6

写真 7

結果 2 (建設用バックホウ)

グラフ 2 が建設用バックホウによる牧草剥離による箇所のデータである。A 区の天然更新箇所ではアカマツ・イタヤカエデ・ウリハダカエデ等の稚樹の発生量が多く、ha あたりで、多い区画で 100,000 本・平均で 30,000 本程度の発生が見られる (写真 8)。

C 区は、比較試験として行ったミズナラ播種区である。ミズナラの播種は発生量も多く平均で ha あたり 15,000 本であり発芽率も高い。また、飛散種子によるアカマツ・ウリハダカエデ等の発生も合わせると ha あたり平均 35,000 本程度の発生が見られる (写真 9)。

E 区も比較試験のミズナラ他 11 種の播種区である。シラカンバ・ケヤマハンノキ・ホオノキ・ヒメヤシバシ等の播種とアカマツ・イタヤカエデ等の飛散種子による発芽と併せて ha あたり平均 20,000 本の発生となっている (写真 10)。



写真 8



写真 9

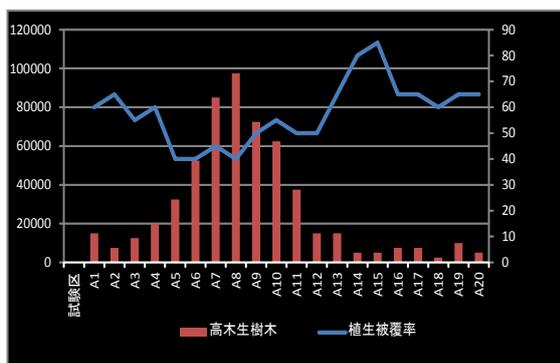


写真 10

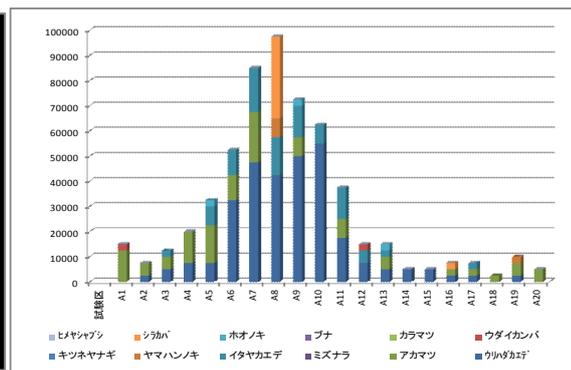
(3) 天然更新の発生樹種及び母樹林の調査

① 稚樹の発生量の多かった (2) ②の建設用バックホウによる牧草剥離箇所の調査

高木性樹木の発生量と草本被覆率及び樹種別グラフ



グラフ 3



グラフ 4

グラフ 3 は高木性稚樹の発生量と草本の被覆率で被覆率の低い箇所の発生量が多い。

グラフ 4 は、天然更新区の発生樹種を表したものである。ウリハダカエデ・アカマツ・イタヤカエデ・シラカンバ等の飛散種子による発生量が多い。

②ーイ 天然更新母樹林の調査 図 1

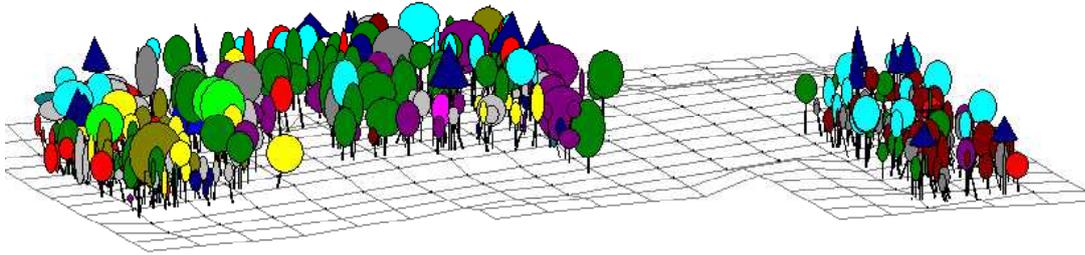
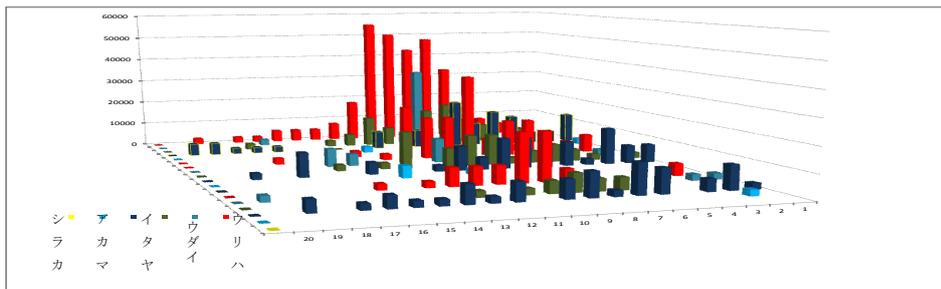


写真 4 の試験区の母樹林をフォレストウインドで調査した図である。

濃紺アカマツ 緑イタヤカエデ 赤ウリハダカエデ 水色シラカンバ等 黄色ホオノキ 茶色ミズナラで表している (図 1)。

母樹林の主要樹種は、高木性のアカマツ・イタヤカエデ・シラカンバが主体の林で、点的にウリハダカエデ・ヤマモミジが見られた。前生樹林が、アカマツ・イタヤカエデ・ミズナラ等であったことから、下のグラフのようにこれらの母樹起源のものと思われる稚樹の発生量が多い。グラフ 5 のように立体で表した稚樹発生量と関連している。



グラフ 5

図 1 の樹種と同色で 5 種



グラフ 6

母樹林からの距離別に稚樹の発生量を表したグラフである。25 ~ 60 m 付近が ha あたりの発生量が多く、100 m 付近でかなり少なくなる。(ha あたり 5,000 本) 近似値線を見て今後の残存率から考えて飛散種子による限界距離と思われる。

(4) 比較試験としての播種試験及び植栽による人工更新

① 天然更新との比較試験として播種試験

グラフ 2 の高木性樹木の発生量から、C 区のみズナラ播種区では ha 平均で 35,000 本程度の稚樹が発生し、そのうち 15,000 本ほどが播種のみズナラであった。みズナラは ha あたり平均で約 42,500 本程度の播種であり 35 % 程度の発芽率である。

また、E 区にはケヤマハンノキ・ホオノキ・ヒメヤシャブシ等 12 種を播種した箇所

のデータである。下は C 区の状況写真である写真 11 は播種翌年の稚樹 写真 12 は 2 年目の秋の稚樹の根茎の状態である。

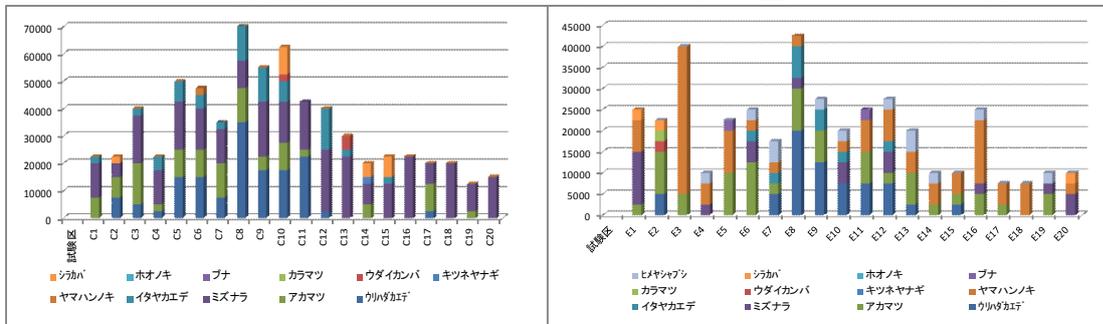


写真 11



写真 12

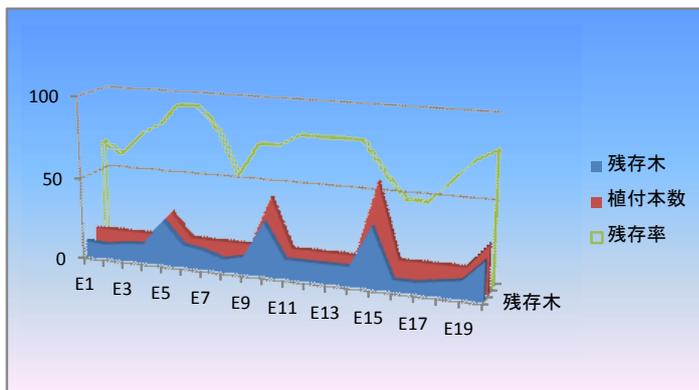
グラフ 7・8 は播種試験区 C と E 区の樹種構成と発生量のグラフである。



グラフ 7

グラフ 8

② ブナ他広葉樹の植栽による人工更新との比較



グラフ 9

プロットごとに植栽密度を ha1,000 本から 3,000 本で植栽し調査した。植栽密度により生育状況や残存率に明確な違いは見られなかった。下刈り時の誤伐・雪折れ・ウサギ・ネズミ食害により残存率は平均値で 72 % となった。

植栽 5 年後の生育状況は、平均値で植栽時の 60 cm から 1.3 m 程度に成長している。シラカンバ等大きいものでは 2.2 m のものも見られるが、低密度 (1,000 本) 植栽で残存率の低い箇所が見られるなど、成林時の本数密度の低下も懸念され、投入経費から考えて植栽によらなければ成林が難しいような急傾斜地などにおいてこの方法が適切と考える。

③ 動物散布の可能性調査

平成 23 年度より動物散布による試験として、写真 5 のような間伐材の杭を 2 m 間隔

で高さ 1.5m ほどに設置し、番線で杭間を結んで「野鳥の止まり木」と杭周辺での小動物の隠れ家となり、樹木種子の散布を調査する（仮称ハイスンプライン）試験を実施したが、2 年経過時の調査では、一部にタラノキの発芽が見られるものの、高木性樹木の稚樹は見られなかった。



写真 5



写真 6

6 事業経費の比較

植栽 4 年目の下刈り経費まで算出した通常の人工植栽による更新と比較して、下刈り 2 回を含めた天然更新作業で ha あたり 46 万円で約 34 %の経費で可能であり、92 万円ほどの低コスト化に繋がる（表 1 参照）。

技術開発経費内訳

表 1

| 作業種 | 金額 | 面積 | Ha 当たり金額 |
|----------------------|---------|-------|----------|
| 農業用トラクタ掻き起こし(市所有) | 588,000 | 1.8Ha | 326,700 |
| 建設用バックホウ 牧草剥離 市発注 | 536,000 | 2.0Ha | 268,000 |
| 植付(人件費) | 130,000 | 0.6Ha | 216,700 |
| 播種(人件費) | 70,000 | 1.4Ha | 50,000 |
| 種子採取(人件費) | 180,000 | 1.4Ha | 129,000 |
| 下刈 | 616,000 | 6.2Ha | 99,400 |
| 苗木代(ミズナラ) | 110 | 1.0Ha | 275,000 |

岩手北部森林管理署人工更新(下刈4年目)標準Ha当たり 1,384,000円

天然更新区Ha当たり 466,800円 約34%

播種区Ha当たり 645,800円 約46%

7 調査結果のとりまとめ

調査結果のポイント

(1) 地表処理の工法の違いが樹木稚樹の発生と生育に重要

- ① 牧草の根茎の処理には建設用バックホウ等による牧草剥離が発生がよい。
- ② 草本の侵入スピードを遅らせるため、秋の処理が効果的。
- ③ 地表処理は傾斜 20 度以下の斜面で行うことと、列状に残草地を設けることで土壌の流出防止効果が得られる。

(2) 母樹林の配置

- ① 母樹林の常風方向の風下に、天然更新箇所を設定する。
- ② アカマツ・イタヤカエデ等の飛散種子は母樹～100 m程度までが可能範囲

(3) 天然更新が難しい箇所の更新方法

- ① 播種更新をはかるため周辺森林の状況に合わせた、多種の播種が良い。
(例 発芽率の良いミズナラ・ブナ等の大型種子と初期成長の良いケヤマハンノキ等)
- ② 急傾斜地で地表処理できない箇所は植栽で対応するが、5年残存率70%を考慮した本数が必要。

(4) 保育作業について

- ① 稚樹の乾燥や寒風害予防から、草本の密度・草丈の生長を見ながら適度な刈り。

8 今後の事業への取り組み

調査データから今後の取り組み

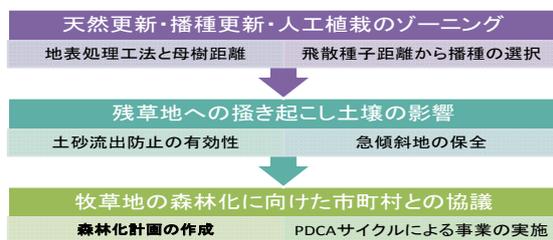


図2

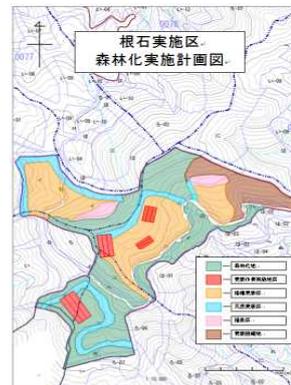


図3 ゾーニング計画図 (案)

牧草地の森林化計画作成にあたっては、7 調査結果のとりまとめから天然更新の可能なゾーン・播種更新の可能ゾーン・人工植栽ゾーンや、急傾斜地で林地保全上そのままのゾーンを検討し、ゾーニングを図ってから実行していく必要がある。

作業の実施後も、稚樹の生育状況に応じた保育作業を適時取り入れていくことが重要であり、状況を見極めながら PDCA サイクルで団地ごとの事業を進めていくこともポイントと考える。

9 今後の技術開発の活用

牧草地の森林化については、東北地方の各地で取り組まれた例があるものの、低コストで成功している事例が見られないため、他の市町村での活用も視野に入れ今後の展開が必要である。

本試験地において、岩手県を始め青森県からも視察団があるなど、この問題に予算と時間の両面で苦慮している市町村も多くあり、技術の汎用性が広がることにより、その地域に合わせた方法の選択に繋がると考えられる。今後さらに実施段階での検証を踏まえて、他所での参考事例となるように技術の普及を図っていく。

青森県内の素材生産と製材の現状に関する調査

津軽森林管理署金木支署 ○堀部 公平 齋藤 健治

1. はじめに

青森県は全国で第4位のスギ人工林面積を有しており、スギ人工林の成長とともに、年々、スギ丸太の素材生産量が増加し、年間70万 m³ を超える素材生産量の4分の3を占める状況となっている。

そのような中で青森県内には、大型の製材工場や集成材工場等の立地もなく、県内で生産されているスギ丸太の販売先の確保が重要な課題となっており、今回、関係団体の協力を得て、素材生産業者及び製材業者を対象としたアンケート調査を行い考察することとした。

2. アンケート調査の方法

平成24年度の状況等を主体にアンケート調査することとし、青森県内の素材生産業者等81社と製材業者70社にアンケートを送付した。

素材生産業者等へのアンケートの内容は、

- ・立木の購入量と生産した素材の販売量
- ・スギ丸太の販売状況と意見

などとし、30社から回答が得られた。また、製材業者へのアンケートの内容は、

- ・丸太の消費状況
- ・スギ丸太の受入状況
- ・スギ製材品の出荷状況

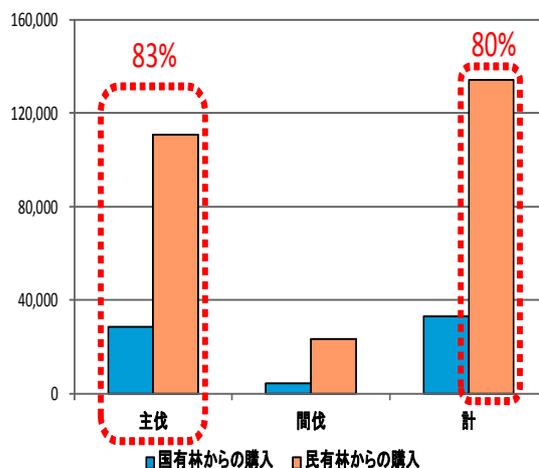
などとし、22社から回答が得られたので、集まったデータを分析することとした。



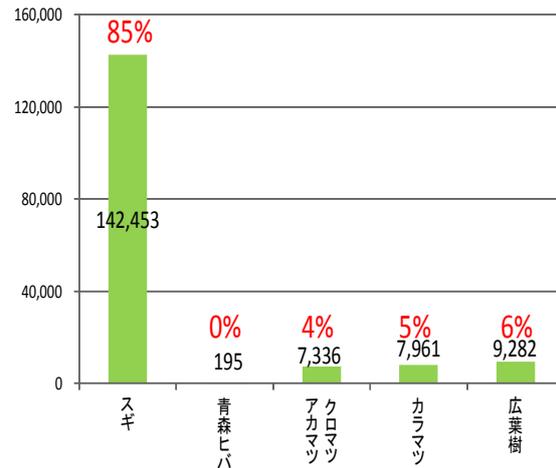
3. アンケート調査の結果

(1) 素材生産業者等のアンケート調査の結果

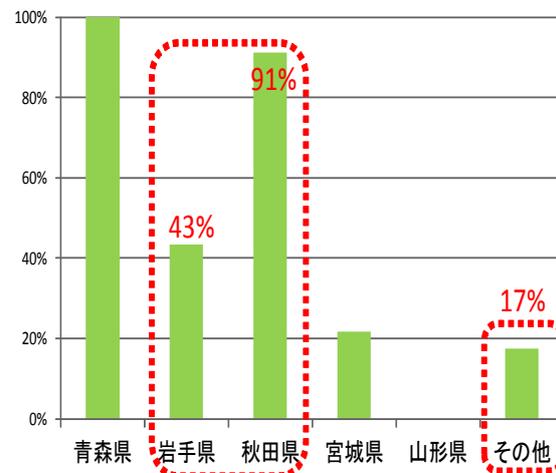
① 「立木の購入量」は、30社で16万7千 m³ となり、国有林・民有林別では民有林からの購入が80%の13万4千 m³、主間伐別では主伐が83%の13万9千 m³ になった。また、1社当たりでは5千6百 m³ の購入量となった。



② 「立木の樹種別購入量」は、スギが85%の14万2千 m³ を占めており、スギ以外ではアカマツ・カラマツ・広葉樹が、それぞれ5%前後の7千から9千 m³ となった。

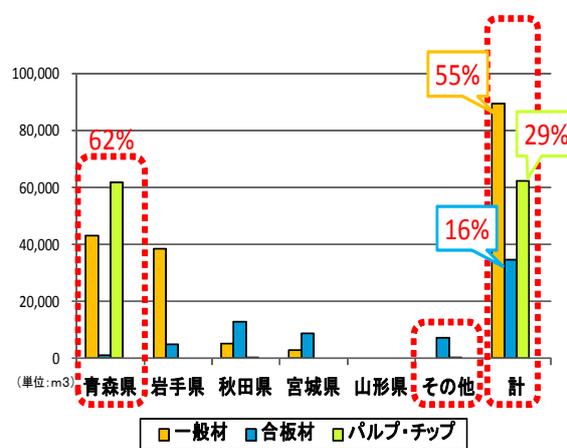


③ 「県別の丸太販売状況」は、青森県での取引者数を100%として、秋田県へは91%、岩手県へ43%と隣接県への販売が活発で、東北以外の地域には17%販売していた。



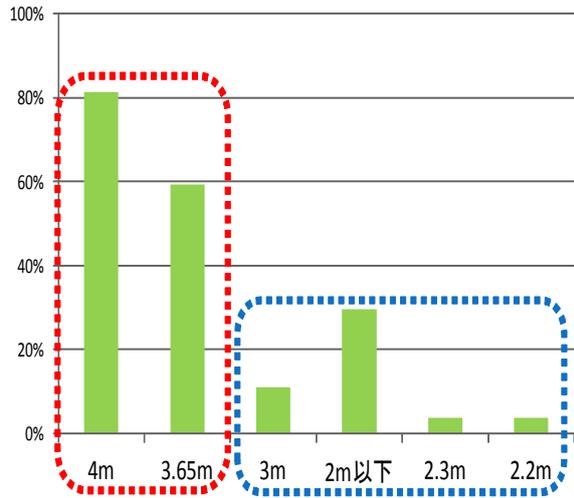
④ 「丸太の販売数量」は、全体で21万9千 m³ となり、85%に当たる18万6千 m³ は各工場等へ直送し、15%に当たる3万3千 m³ が市場等で販売されていた。また、55%が一般製材用、16%が合板用、29%がパルプ・チップ向けとなった。

県別では青森県内で62%の丸太を販売、県外では秋田県、岩手県、宮城県のほか、海上輸送による遠距離販売も行われていた。

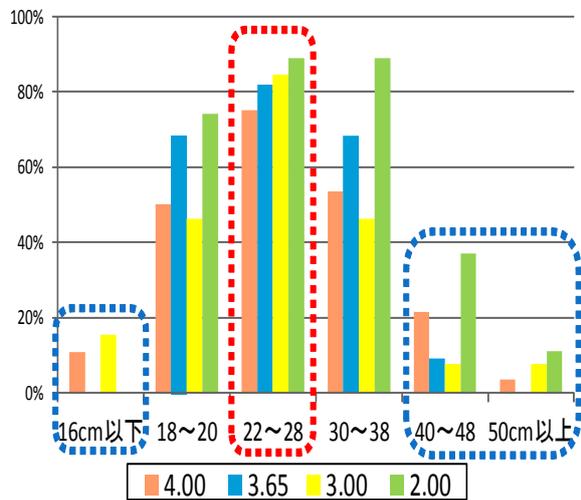


⑤ 「スギ丸太の長級別の販売状況」

は、4 mで81%の22社、3.65 mで59%の16社で販売しやすい結果となり、反面3 mと2 m以下で販売しにくいとの回答が半数を超え、3 m採材を行っていない意見も多数あった。

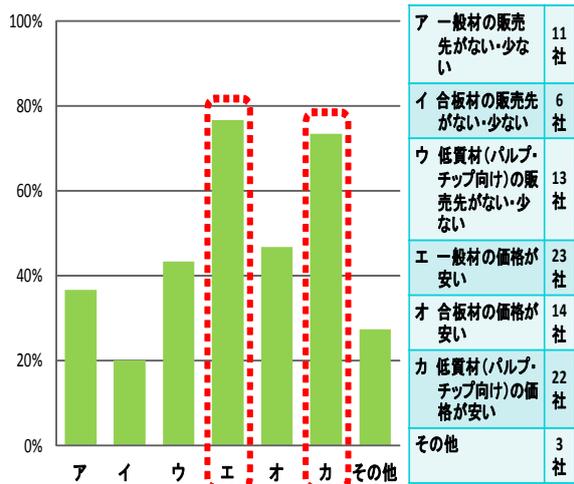


⑥ 「スギ丸太の長級別の販売径級」は、材の長さによる違いは少なく、全般的に22 cmから28 cmの径級の材は販売が容易である反面、16 cm以下の細物と40 cm以上の太物で販売に苦慮している結果となった。

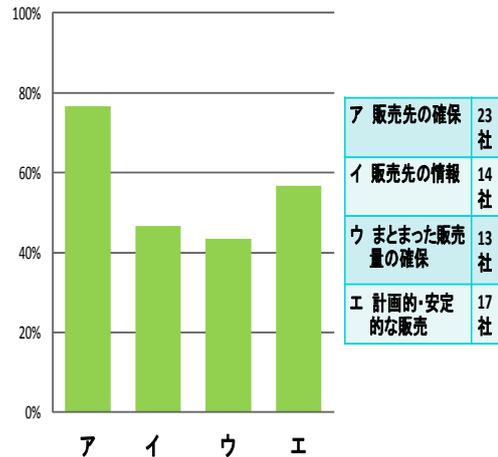


⑦ 「丸太販売の問題点」は、販売先の確保より価格面での問題が大きい結果となり、特に、「エ 一般材の価格が安い」、「カ 低質材の価格が安い」は、70%以上の回答となった。

その他の回答として、大型工場の受け入れ制限や径級30 cm以上の丸太の販売に苦慮しているといった意見も寄せられた。



⑧ 「丸太販売に重要と思われるもの」は、「ア 販売先の確保」が77%、「エ 計画的・安定的な販売」が57%と高い結果となった。

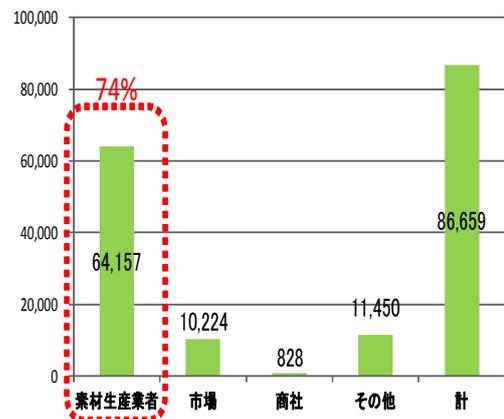


- ⑨ 「丸太販売に関する意見」は、
- ア 青森県内に大型製材工場・合板工場の立地を要望
 - イ 丸太のストックヤードの確保
 - ウ 県外だと丸太の運搬経費の負担が大きい
 - エ 買い手市場で丸太価格が安い
 - オ 細物・太物が売りづらい
 - カ 国有林の立木価格が高い・歩止まりが悪いなどがあつた。

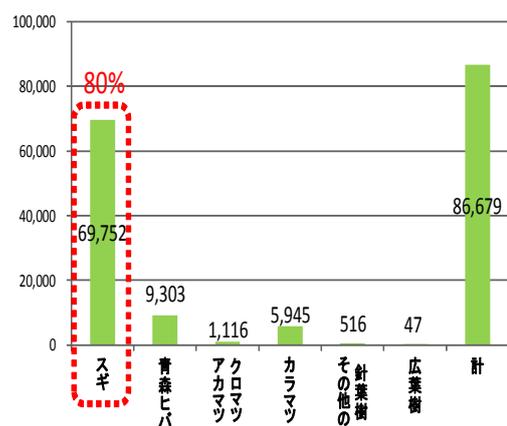
(2) 製材業者等のアンケート調査の結果

① 「丸太消費量」は、22社の合計で8万7千 m³、1社当たり3,917 m³ となり、消費量が1,000 m³ に満たない製材業者が10社あつた。

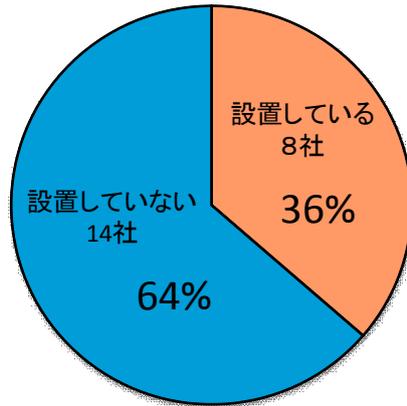
「丸太の購入量」は、丸太消費量とほぼ同じ数量で、購入先は素材生産業者等から74%に当たる6万4千 m³ となり、このほかでは、「市場」と「その他」でそれぞれ1万 m³ 程度の購入となつていた。



② 「丸太の樹種別購入量」は、80%の7万 m³ がスギ丸太で、スギ丸太以外では、青森ヒバが11%の9千 m³、カラマツが7%の6千 m³ でスギ主体の購入となつていた。

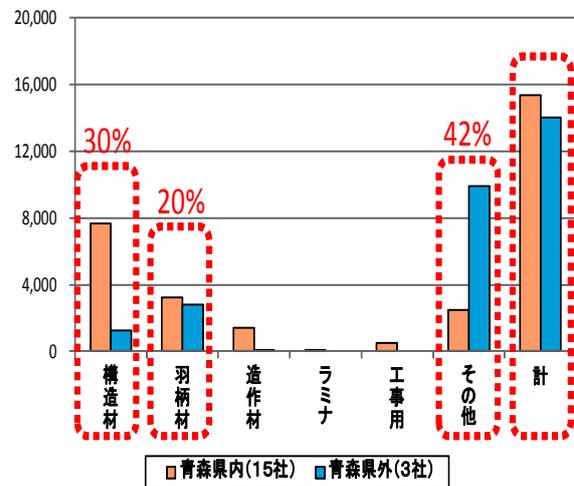


- ③ 「乾燥施設の設置状況」は、36%の8社で設置しているが、未設置の工場は今後の設置について、1社を除く13社で未定という結果となった。



- ④ 「スギ製材品の分類別出荷状況」では、出荷数量全体では2万9千 m³ 出荷され、県内が1万5千 m³、県外が1万4千 m³ となり県内が若干多い結果となった。

分類別では、その他が42%の1万2千 m³、構造材が30%の9千 m³、羽柄材が20%の6千 m³ となり、その他のほとんどが梱包・パレット材でした。分類別での県内外へのお荷状況では、構造材、造作材、工事用材が県内での出荷比率が高く、その他と羽柄材が県外での出荷比率が高い傾向となった。



- ⑤ 「スギ製材品の納入先」は、41%の1万2千 m³ が工務店、38%の1万1千 m³ が商社となり、県内では工務店、県外では商社という結果となった。

- (3) 「国有林で実施しているシステム販売との連携」について、「必要」の回答が、素材生産業者では58%に対して、製材業者は36%となった。

必要とする理由は、素材生産業者では、

ア まとまった販売量の確保が可能になり計画的・安定的な販売が可能

イ 価格面での有利販売

ウ 販売できなかった材の販売先の確保

製材業者では、

ア 仕入れ価格の安定により経営が安定などの意見が寄せられた。

不要とする理由は、素材生産業者では、

ア これまでの取引先から購入を断られる

- イ これまでの取引先に迷惑をかける
 - ウ 丸太販売に時間がかかり土場敷の確保が必要になる
- 製材業者では、
- ア 民有林材は森林組合でまとめている分で十分
 - イ 丸太購入の様々な選択肢が必要
 - ウ 素材生産業者からの直接購入で十分
- といった意見のほかに、両者から小規模な企業には向かないとの意見があった。

4. 考 察

素材生産業者は、丸太の販売先の確保に苦慮、製材業者は、製材品の販売先の確保に苦慮していることから、

- (1) 丸太販売における素材生産業者と製材業者間の情報・連携の体制整備と強化
- (2) 中規模・大規模な製材・集成材・合板工場などの立地
- (3) 製材品販売先の情報整備
- (4) 羽柄材を主体とした製材品の首都圏への流通体制の構築
- (5) 木質バイオマス施設との連携による林地残材や背板チップの有効活用
- (6) 青森県内でのスギ製材品の利用拡大

などの対策のほか、県外へ出荷するスギ等の丸太については、複数のストックヤードを設けて自動選別機による選別巻立、入荷計画の情報発信と受注システム、陸上・海上輸送など流通構造の確立による効率化と計画的な販売を行うことで、スギ丸太の販売における問題の解決と製材品の需要拡大や販売の円滑化により、素材生産業者や製材業者の育成・整備が図られ、平成32年までに国産材の供給量倍増による国産材自給率50%の実現が可能になると考えられる。



岩手県における木質バイオマスの供給ポテンシャルの経済的評価

岩手大学農学部

○相馬夏美・澤口勇雄・立川史郎・佐々木一也

1. はじめに

2011年3月11日の東日本大震災により東京電力福島第一原子力発電所において爆発事故が発生した。この他にも地震・津波による火力発電所，水力発電所，変電所，送電設備などの被災により，関東地方を中心に，電力の供給が大きく不足する事態が生じた。これらの事態を受け，政府は「東日本大震災からの復興の基本方針」を策定し，震災からの復興に当たってバイオマスを含む再生可能エネルギーの導入促進を図ることとされた。

わが国は，国土の約7割を森林が占める「森林国」でありながらも，国内の森林・林業は，林業産出額や林業所得の減少，森林所有者の経営意欲の低迷などにより，依然として厳しい状況におかれている。このような状況下で，収集・運搬コストのかかり増しなどによって，毎年約2,000万m³の「未利用間伐材」が発生しており，再生可能エネルギーとしての木質バイオマス資源の収集体制の整備が緊要な課題となっている。

本研究では全国2位の森林面積を有し，森林資源に恵まれた岩手県において，GISにより森林資源データと現在の道路状況を解析し，搬出可能な木質バイオマスポテンシャルを経済的に評価した。なお，経済的評価に際し，路網整備が必要不可欠であることから，地形条件を考慮しつつ，既設の道路から搬出路となるフォワード道を新設計画し，路網費用まで含んだ搬出コストを算出することによって，より現実的な経済的評価による木質バイオマスの供給ポテンシャルを推定した。

2. 研究方法

(1) 材料

森林資源データには民有林（岩手県庁）及び国有林（東北森林管理局）においてそれぞれ整備されている，森林計画のデジタルデータを用いた。この他の主要データとしては，国土地理院刊行の数値地図50mメッシュ(標高)を地形解析に，同様に道路等の空間解析に数値地図2500(空間データ基盤)を用いた。

主要ソフトウェアはArcGIS10.1（ESRI社製）であり，エクステンションとしてSpecial Analyst及びNetwork Analystを使用した。座標系は岩手県を対象としていることから，平面直角座標系X系(JGD_2000_Japan_Zone_10)に設定した。

(2) 研究手順

民有林と国有林のデータを統合後，GIS上でデータを加工した。地形解析結果を基

にフォワーダ道による仮想路網計画を作成し搬出コストを算出した。フォワーダ道計画は谷線に沿って作設されるものとして、道路と接続する谷線のみを抽出し、フォワーダ道とした。フォワーダ道（谷線）に対応する集水域を伐区として設定し、フォワーダ道の起点に運材土場を設定した。また、フォワーダ道と木寄せの合計距離が1km以下を搬出可能エリアとした。

コスト算出方法は文献（1，2）に準じた。各林業機械のコストは標準功程式に作業功程補正値を乗じて補正作業功程を求め、時間費用を補正作業功程で除した。路網の配置を行い、搬出可能量を求めた後、エクセルにより搬出コストを分析した。

なお、GISによるデータの加工・作成及び解析はPCの性能上、岩手県全土を対象に一括して解析するのは困難なために、「馬淵川上流」「北上川上流」「北上川中流」「久慈・閉伊川」「大槌・気仙川」の5流域単位で区切り、Network Analyst解析では、エリアが広い北上川中流及び久慈・閉伊川流域は、更に北部と南部に分割した。

(3) 作業システムの設定

作業システムとコストには地形傾斜が大きく影響する。そこで、岩手県のDEMから傾斜角データを作成し、これにより「0°~15°未満」をレベル1、「15°~30°未満」をレベル2、「30°以上」をレベル3とした。作業システムは、レベル1及びレベル2を車両系、レベル3を架線系とし、レベル1ではハーベスタ系、レベル2ではチェーンソー・プロセッサ系、レベル3ではタワーヤード系として作業システムを設定し、それぞれでコスト解析を行った。

(4) 施業モデルの設定

主間伐における伐採齢及び伐採率に関して施業モデルを設定（表1）し、当該モデルを前提に1年間における搬出量を算出した。スギ、カラマツ及びその他針葉樹は2回目と3回目の間伐と主伐、アカマツ及び広葉樹は主伐のみで素材生産が行われるものとして、土場までの搬出コストを算出した。

表1 施業モデルの設定

| 樹種 | 施業 | 伐採齢 | 伐採率 |
|--------------|-----|-----|------|
| スギ | 間伐1 | 20年 | 切捨 |
| | 間伐2 | 30年 | 30% |
| カラマツ 他針葉樹 | 間伐3 | 45年 | 30% |
| | 主伐 | 60年 | 100% |
| アカマツ | 間伐1 | 20年 | 切捨 |
| | 主伐 | 50年 | 100% |
| 広葉樹 | 主伐 | 50年 | 100% |

3. 結果と考察

(1) 最大搬出ポテンシャル

搬出距離、木寄せ距離に大きな制限を設定せずに、フォワーダ道を導入した集水域内における皆伐可能な資源を全て伐採したときの搬出量を「最大搬出ポテンシャル」

とした。伐区に含まれる資源のみを「最大搬出可能量」として集計し、伐区に含まれない資源を「搬出困難量」とすると、最大搬出可能量は約 8,300 万 m^3 で、これは禁伐林等を除いた最大搬出ポテンシャル（森林蓄積）2 億 2,400 万 m^3 の 37% であった。

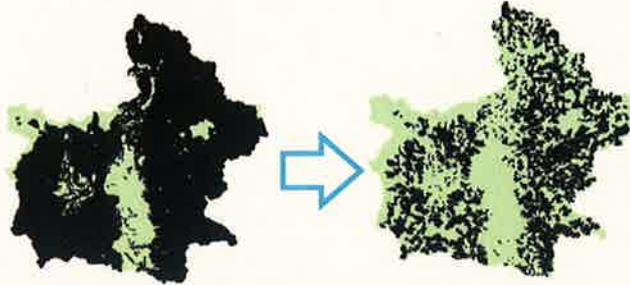


図 1 最大搬出ポテンシャルと最大搬出可能量（北上川上流域の例）

緩傾斜地のレベル 1 における搬出量は、コスト 2,500 円/ m^3 をピークに正規分布に近く、約 112 万 m^3 が 10,000 円/ m^3 以下で搬出可能であった。レベル 2 でも、コスト 2,500 円/ m^3 をピークに分布し、10,000 円/ m^3 以下のコストで約 116 万 m^3 が搬出可能であった。しかし、レベル 3 は急傾斜地で適応地が少ないことから 10,000 円/ m^3 以下の搬出量は 1 万 m^3 にすぎなかった。

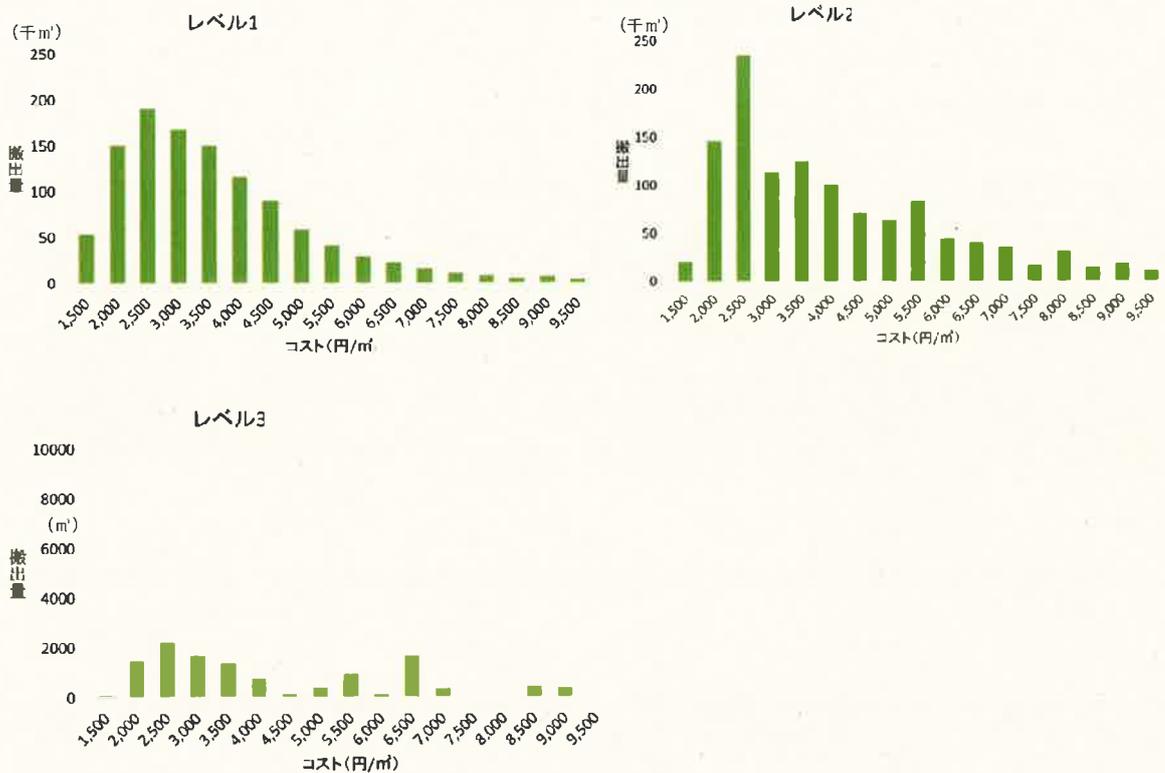


図 2 搬出コスト別の搬出量の分布

(2) 伐期を上回る搬出可能量

スギ、カラマツ、その他針葉樹の伐期を60年、アカマツ、広葉樹を50年としていることから、前記(2)の搬出量には伐期齢を上回った林分は計上されていない。伐期を上回る林分の搬出可能量は、広葉樹1,240万 m^3 、アカマツ543万 m^3 、スギ432万 m^3 、カラマツ57万 m^3 、その他針葉樹48万 m^3 で合計2,320万 m^3 が伐期を上回る林分の搬出可能量とされた。前記(2)に示したように、約6%の割合でコストが10,000円/ m^3 をオーバーしたことを伐期を上回る林分にも適用すると、コスト10,000円/ m^3 以下の搬出可能量は約2,200万 m^3 と推定された。

4. 考察

GIS上で新たに計画されたフォワード道は96m/haに達した。しかしながら、フォワード道と木寄せの合計距離が1km以下を搬出可能エリアとする条件の下において、現状の林道等の道路整備状況では、最大搬出ポテンシャル2億2,400万 m^3 の約3~4割しか搬出することができない。このことから、林業専用道の整備を進め、資源の搬出可能範囲を広げる必要があることが分かった。本研究における道路整備データは数値地図2500(空間データ基盤)を用いたことから、小規模な林道や林業専用道の路線が含まれていない場合がある。したがって、これらの既存の林道等路網も加えることによって、より現実的なフォワード道の設置と正確な供給ポテンシャルの解明が期待できる。

本研究の結果、一定の施業モデルのもとで、2013年における搬出可能量は、コスト1万円/ m^3 以下で約240万 m^3 とされ、さらに伐期を上回る林分では約2,180万 m^3 の搬出可能量が見込めた。岩手県内での年間丸太生産量は現在約100万 m^3 であることから、GISシミュレーション上では当面それを遥かに超える供給ポテンシャルがあることが明らかになった。

謝辞

本研究にあたり、岩手県庁及び東北森林管理局から快くデータのご提供をいただいたことに対し御礼申し上げます。

引用文献

(1) 澤口勇雄ら(2004)高性能林業機械による列状間伐システムの導入・定着に関する研究. 岩手県林業公社共同研究報告書.

(2) 澤口勇雄ら(2010)路網と高性能林業機械を組み合わせた低コスト作業システム導入マニュアル. 低コスト作業システム構築事業.