

スギにおける将来木施業試験地の設定と林業経営的意義

○藤田泰崇*・○渋谷昂大*・麻生臣太郎*・菊地智久*・渡邊 篤*・菅原大輔*
Johannes Trzebiatowski**・Fabian Keck**・佐々木一也*・澤口勇雄*
*岩手大学農学部, **ロッテンブルグ大学

1. はじめに

近年、ドイツから「将来木施業」の概念が紹介され、日本国内でもこの方法による施業が導入され始めている。ドイツ国内においては、約40年前から将来木施業が導入され、多くの資料や技術が蓄積されてきた。しかし、これらは主に天然更新林におけるものであり、日本のスギ林に適用できるか疑問は残る。岩手大学演習林は、ロッテンブルグ大学（独）と共同で将来木施業試験地を設定し、長期モニタリングを行うこととした。また、その成果から伐期までのシミュレーションを行い、林業経営的意義を考察した。

2. 試験地の設定と将来木の選定

(1) 試験地設定

試験地は岩手大学農学部附属御明神演習林内に設定した。人工更新地であり、林齢は22年～27年、面積は0.97ha（試験区：0.50ha、対照区：0.47ha）である。また、海拔280m～290m、年平均気温9.4℃、年平均降水量1,542mmとなっている（雫石：北緯39°41.8'東経140°58.5'標高195m）。試験地内の胸高直径6cm以上の全スギ立木に個体識別番号を付与した後、直径割付巻尺を用いて毎木調査を行った。これは、長期の調査において繰り返し行われる測定における小さな変化量が重要になるためである（Kramer and Akca, 2008）。樹高は、すべての胸高直径の範囲において、2cm幅の胸高直径階ごとに1～8本、Haglof社のVertexIVを用いて測定した。立木位置情報の測定は、デジタルコンパスとレーザー距離計を組み合わせたシステムであるティンバーテック社のFORMASによりそれぞれの位置座標を測定した。

(2) 将来木の選定

将来木の選定は、Abetz (1974) の基準に従った。すなわち、①Vitality（活力）、②Quality（品質）、③Distribution（配置）である。

ダグラスファーにおいて、樹冠が投影する範囲は、実際に立木が占有する範囲の80%から若齢木では85%であることが知られており（Wickel, 1991）、これはドイツトウヒも同様である（Assmann, 1961）。このことから、スギにおいても樹冠投影面積は立木占有面積の80%と仮定した。御明神演習林における胸高直径と樹冠の関係を表-1に示す。

表-1 胸高直径と樹冠の関係

胸高直径 (cm)	樹冠直径 (m)	樹冠投影面積 (m ²)	立木占有面積 (m ²)
60	6.61	34.30	42.87
70	7.59	45.19	56.49
80	8.56	57.58	71.97
90	9.54	71.47	89.34

将来木本数 (n) は、立木占有面積 (a) により (1) 式で決定する。

$$n = \frac{10,000}{a} \quad (1)$$

将来木の配置がそれぞれ、正三角形の頂点にあるのならば、立木の占有する範囲は正六角形となり、将来木間の平均距離「 $dist$ 」は、(2) 式から求められる (Pretzsch, 2009)。

$$dist = \frac{1}{\sqrt{n}} * 107.46 \quad (2)$$

本試験地においては、将来木の目標胸高直径を 80cm とした。これらの式を用いると、将来木間の距離は、胸高直径 80cm の場合で 9.12m、90cm の場合で 10.16m となる。先述の 3 基準に加え、将来木の選定は、実際の林分の状態に適合させる必要がある。このため、「適当な将来木がない場所では将来木を選定しなくてよい」、「将来木間の距離は、小さすぎることはあっても大きすぎることはない」(Abetz, 1974) ということも考慮に入れ、将来木間の距離を 10m とした。

3. 毎木調査結果

毎木調査結果を表-2 に示す。樹高に関する値は、試験区は 76 本、対照区は 87 本の樹高測定結果から求めた樹高曲線を用いた。林分の平均胸高直径と比べて、将来木の平均胸高直径は 30% 程度、平均樹高も 10%~20% 程度それぞれ大きくなっている。

表-2 毎木調査結果

区分	試験区	対照区
本数 (本/ha)	2,308	2,161
平均胸高直径 (cm)	15.1	15.3
平均樹高 (m)	12.8	11.9
胸高断面積 (m ² /ha)	43.14	42.57
林分材積 (m ³ /ha)	212.2	196.4
将来木本数 (本/ha)	100	104
将来木平均胸高直径 (cm)	19.2	21.0
将来木平均樹高 (m)	14.4	14.7

4. 成長シミュレーション

試験区で成長シミュレーションした。シミュレーションは、GIS にセータセットし間伐を繰り返えした。成長は残存立木を母点とするポロノイ分割領域 (立木占有面積) に比例するものとし、スギ超長伐期収穫予想表 (和泉ら, 2006) により推定した成長予想曲線にしたがわせた。試験区設定時と 150 年生における立木配置を図-1, 図-2 に示す。なお、図は樹冠形状を円とし、胸高直径に比例したサイズで描いている。図-1, 図-2 における胸高直径の頻度分布を図-3, 4 に示す。

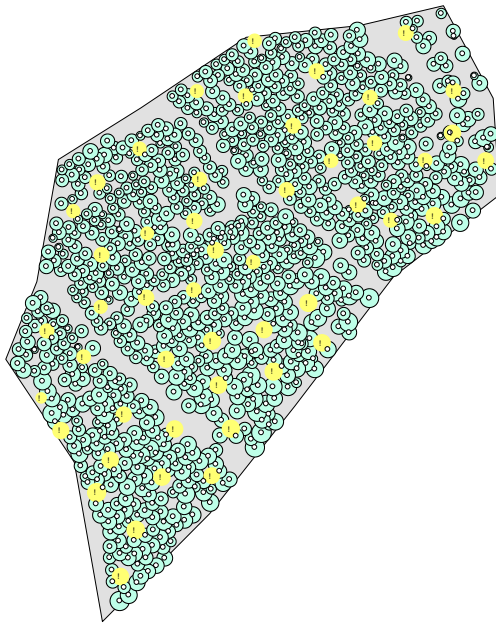


図-1 立木配置 (設定時)

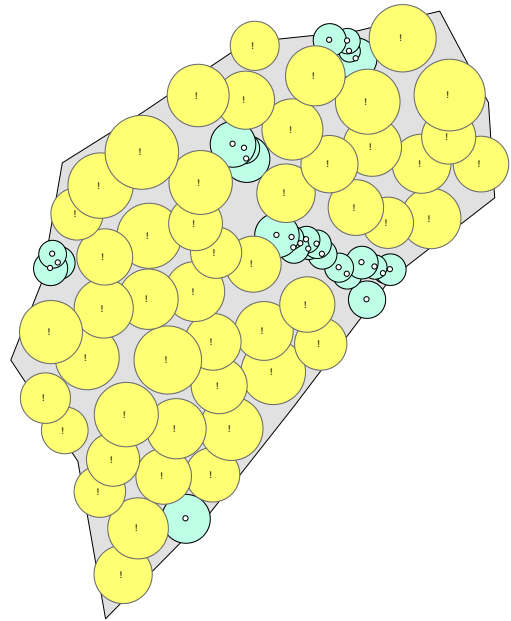


図-2 立木配置 (150年生)

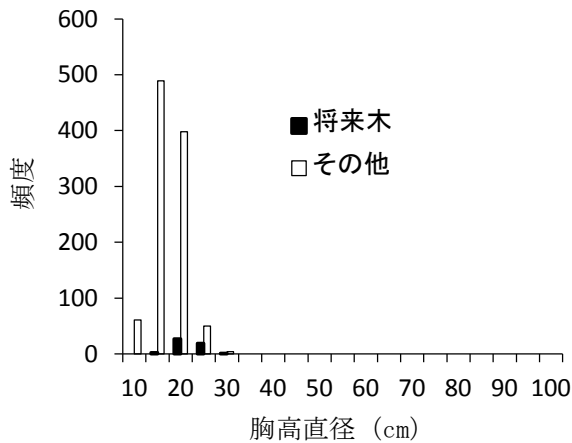


図-3 胸高直径階分布 (設定時)

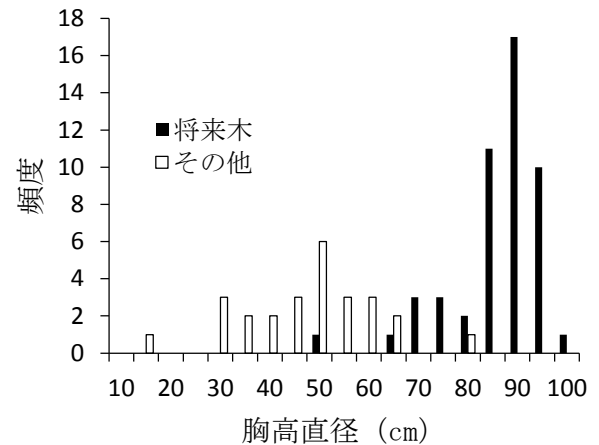


図-4 胸高直径階分布 (150年生)

5. コストおよび販売収入の算定

(1) 伐出コスト

将来木施業と対照施業における伐出コスト(直接費)を算定した。対照施業は超長伐期(150年)、長伐期(100年)、中伐期(60年)とした。比較対象施業に超長伐期収穫予想表を適用するに際して、超長伐期収穫予想表の林齢を便宜上3年減じて読み替えた。各施業の伐出作業システムを表-3、表-4に示す。比較対象施業では初回間伐に列状間伐を導入した。将来木施業では、将来木の配置が決定しているので普通間伐とした。集材方法は若齢から中齢ではフォワーダ(短幹集材)とし、立木密度が低下した段階でスキッダ(全木集材)によった。

伐木、造材、集材、巻立の作業能率は、文献(対馬ら, 1995: FSC, 2004: 麻生ら, 2015)により算出した。システム労働生産性は、直列型作業(全林協, 2001)として各工程の作業能率から算定

表-3 作業システム (将来木施業)

林齢	伐木	林内造材	集材	土場造材	巻立
~70年生**	(C)・(H)		(F)	×	(G)
80~95年生**	(C)・(H)		(F)	×	(G)
110年生**~主伐	(C)	×	(S)	(C)	(G)

表-4 作業システム (比較対象施業)

	伐木	林内造材	集材	土場造材	巻立
~30年生*		(C)	(F)	×	(G)
45年生~**		(C)	(F)	×	(G)
80年生**~主伐	(C)	(S)	(S)	(G)	(G)

チェーンソー (C), ハーベスタ (H), フォワーダ (F), スキッダ (S), グラップル (G)

*、列状間伐, **普通間伐, 主伐・間伐

した。システムの労働生産性のうち将来木施業の例を図-5に示す。機械経費, 労務費, 労働生産性 (FSC 編, 2004; 麻生ら, 2015) から伐出コストを算出し, 将来木施業の例を図-6に示す。

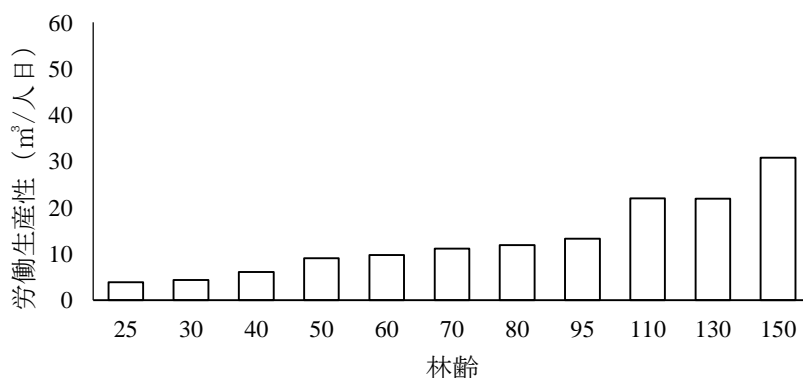


図-5 システム労働生産性 (将来木施業)

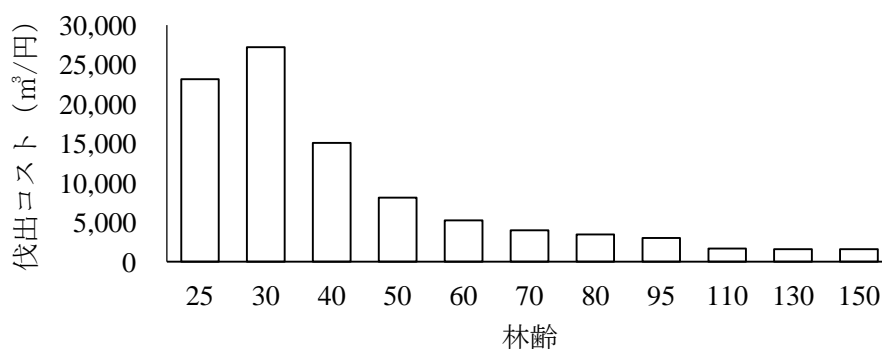


図-6 伐出コスト (将来木施業)

(2) その他のコスト

(2) -① 間接経費 間接経費は間接諸経費率を50% (全林協, 2001) とし, 伐出コスト (直接費) に乗じて得た。

- (2) -② 運材経費 運材経費は御明神演習林での販売実績から 2,500 (円/m³) とした。
- (2) -③ 市場経費 市場経費は御明神演習林での実績から販売委託手数料 8%, はい積手数料 750 円/m³ とした。
- (2) -④ 造林・保育経費 造林経費は 231 万円とした (林野庁編, 2015)。
- (3) 販売収入 丸太価格は文献 (FSC 年報, 2007-2014) をもとに設定した。岩手大学演習林の実績 (FSC 年報, 2007-2014) や, 文献 (山田, 2008: 伊地, 2010) から 100 年生を越える付近から丸太価格が上昇する傾向にあったので, 100 年生以上の大径材を高価格化 (50,000 円/m³) した。丸太価格の例を表-5 に示す。

表-5 丸太価格の例

末口直径 (100 年生未満)	単価 (円/m ³)
8~13cm	7,200
24~28cm	11,000
30~36cm	12,600
56~62cm	20,000
末口直径 (100 年生以上)	単価 (円/m ³)
8~13cm	7,200
14~22cm	9,000
24~28cm	11,000
56~62cm	50,000

6. 経営シミュレーション

施業モデル別の収支差を図-7 に示す。収支差から経営的に優位な順に, 「超長伐期施業 (2,776 万円/ha) ≧ 将来木施業 (2,407 万円/ha) > 長伐期施業 (742 万円/ha)」となり, 中伐期施業 (-43 万円/ha) は赤字だった。将来木施業が超長伐期施業に対して若干不利になった原因として, 将来木施業では列状間伐ができないことからハーベスタの適応範囲が狭くなったために, 伐出コストが約 150 万円/ha 掛かり増したことが上げられた。

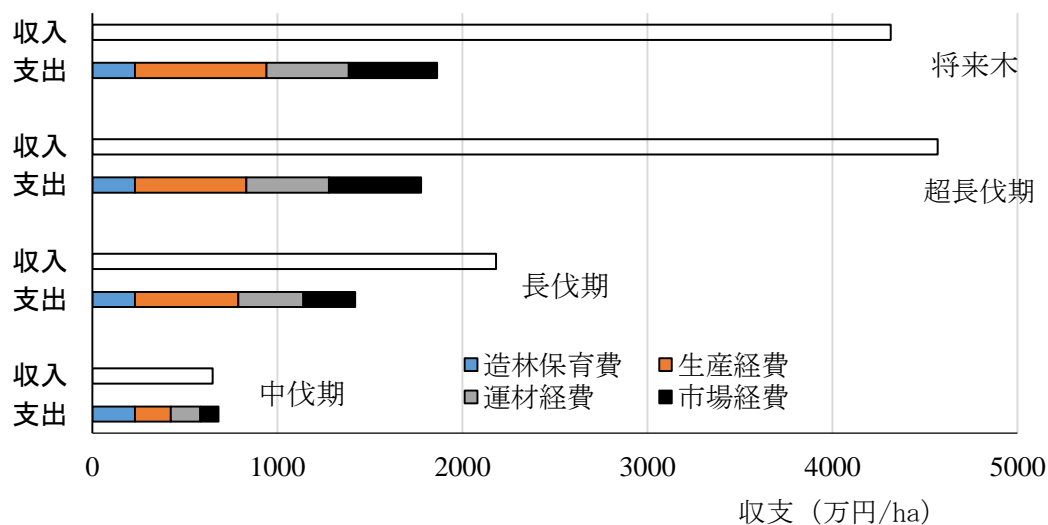


図-7 施業モデル別の経営収支

長伐期化により最終収支が向上する理由として、丸太価格が上昇し主間伐収入が増えること、長伐期化することで平均立木幹材積が大きくなることで労働生産性が向上すること、中伐期に比べ再造林保育の回数を減らせることが考えられる。

本研究では、将来木施業の質向上側面が十分に反映されていないことや、大径木の伐出データが十分でないなどの問題がある。しかし、北東北においてのスギ林業経営は長伐期化することで経営的に優位なことは明らかに確認できる。

引用文献

Abetz, P. (1974) Zur Standraumregulierung in Mischbeständen und Auswahl von Zukunftsbaumen.

Allgemeine Forstzeitschrift. 29:871-873.

麻生臣太郎・村井凜太郎・立川史郎・佐々木一也・菊池智久・菅原大輔・高橋健保・澤口勇雄 (2015)

大径材におけるハーベスタの適応限界. 東北森林管理局平成 26 年度 森林・林業技術交流発表集: 85-89.

Assmann, Ernst (1961) Waldertragskunde: organische Produktion, Struktur, Zuwachs und Ertrag von Waldbeständen. 490pp. BLV-Verl.-Ges. München.

伊地知美智子・遠藤日雄 (2010) スギ大径材の有効利用に関する研究. 鹿児島大学農学部演習林研究報告: 79-92.

和泉慎太郎・西園朋広・澤田智志 (2006) スギ超長伐期林分における収穫予想表の調製. 東北森林管理局平成 18 年度森林・林業技術交流発表集: 9-13.

岩手大学農学部附属寒冷フィールドサイエンス教育研究センター編 (FSC 編) (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. (社)岩手県林業公社共同研究報告書: 16-38, 59-61.

岩手大学農学部附属寒冷フィールドサイエンス教育研究センター年報 (FSC 年報) 平成 19 年度～平成 26 年度.

Kramer, Horst and Akça, Alparslan (2008) Leitfaden zur Waldmesslehre. 280pp. J.D. Sauerländer's Verlag. Frankfurt am Main.

Pretzsch, Hans (2009) Forest Dynamics, Growth and Yield: From Measurement to Model. 664pp. parey Verlag. Berlin Heidelberg.

林野庁編 (2015) 森林・林業白書(平成 27 年): 101.

Wickel, Andreas (1991) Z-Baum-orientierte Durchforstungsansätze für DouglasienBestände im Südschwarzwald. 126pp. Albert-Ludwigs-Universität. Freiburg.

対馬俊之・由田茂一 (1995) 高齢トドマツ林におけるチェーンソーを用いた伐倒作業能率. 日林北支論 43: 113-115.

山田容三・山内美菜子・宇野暁紀・近藤稔 (2008) 長伐期施業における高齢級間伐に関する研究. 第 119 回日本森林学会大会セッション ID: F12.

全国林業改良会編 (2001) 機械化のマネジメント. 115-117, 144-146.