

トドマツ人工林における天然更新技術の検討

三八上北森林管理署 主任森林整備官 ○小林未知子
総括森林整備官 藤倉 憲一

1. はじめに

当署管内には、約50haのトドマツ人工林があり、近年はスギ素材よりも高価格で取引実績があることから、今後も継続的に供給していきたいと考えている。

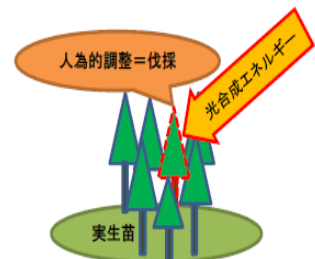
森林の若返りにおいて、低コストが喫緊の課題となる中、一部小班では実生苗が発生し、天然更新の可能性が見込まれるが、トドマツについては、実生苗から稚樹に至る生育途上で消失する事例が多い現状にある。

そこで、本研究では、現地調査を通じ天然更新に必要な条件の検討を行うこととした。

2. 調査内容の検討

管内3箇所のトドマツ林を調査したところ、うち2箇所で最も成長の良かった90cmクラス稚樹では、下枝から葉の変色が始まっているもの、既に枯れてしまったものが複数見受けられた。トドマツは耐陰性の強い樹種ではあるが、90cmクラスに達し、耐陰性の衰えとともに必要な受光量が増える一方、成長量に見合った受光量が供給されず、成長の衰えや枯死が発生していると推測される。

このことから本調査では、これらの箇所を調査地に選定し、人為的に調整できる可能性があり、かつ成長に大きな影響を与える環境要因「受光量」に絞り込んで調査を行うこととした。



3. 調査手法について

(1) 調査ポイントの設定

選定した調査地内において、(表-1)①~③に着目し、調査比較、検討に最適と思われる稚樹、生立木をセンター木に据えた全6箇所の調査ポイントを設定した。

(表-1) 調査ポイントの概要

	選定にあたっての着目点 / 補足事項	調査ポイント名	箇所数
①	標準的稚樹群生地を形成する生立木 ※樹冠下群生地 [※] で毎木調査実施	「A」 「B」	2
②	90cmクラス稚樹 ※枯死1本(「枯90」)を含む	「トワ90」「枯90」 「健全90」	3
③	将来有望な天然更新木(樹高約15m) ※実生苗が将来的な目標とする光環境に位置付け	「有望」	1

(2) 調査方法

① 受光量調査

一般的な受光量調査方法である全天空写真による開空度解析、照度計を使用した照度計測とも機材不足であったことから、全天空写真による開空度解析をベースに、魚眼レンズ付カメラを、手持ちカメラ（パノラマ撮影機能付 i - p h o n e）で代用のうえ、開空度解析を準用した手法を考案した。

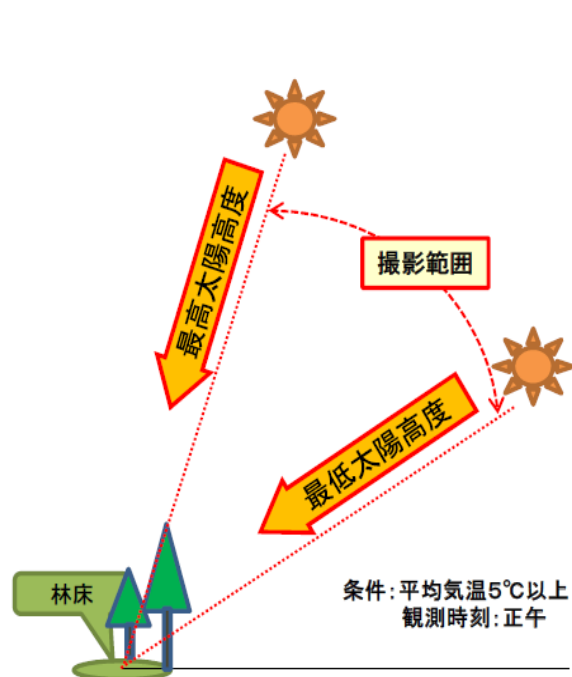
一度の撮影における撮影範囲は、水平、垂直方向とも大幅に制限されることから、(表-2) のとおり絞込みを行った。(図-1 参照)

具体的には、センター木から1m離れた地上高30cmと1mで、最低・最高太陽高度角を保ち、4分割した方位ブロック(図-2)ごとに、パノラマ撮影した。

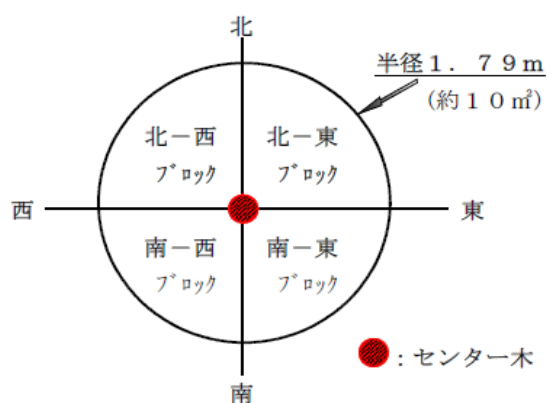
(表-2) 撮影機材別 撮影範囲 比較表

撮影機材		魚眼レンズ付きカメラ	パノラマ撮影機能付きカメラ (i - p h o n e)
撮影できる写真		全天空写真(ドーム状)	パノラマ写真
撮影範囲	垂直方向	天頂角0~90°	最低・最高太陽高度角 (一般的に光合成が始まるとされる平均気温5℃以上の期間内)
	水平方向	全方位(360°)	4方位で4分割(図-2参照)
解析方法		間隙の割合:開空度(%)	全天空写真の解析方法を準用
撮影枚数		1枚	高度角(2P)×方位(4P)×撮影位置(2P)=16枚 P:パターン

(図-1) 垂直方向 撮影範囲イメージ図



(図-2) 方位ブロック図



ア. 最低・最高太陽高度角の確認

緯度・経度および観測時刻から1年の太陽高度を自動計算できる無料サイト（カシオ高精度計算サイト）と所在市町村の雨温図から導いた。

イ. 解析方法

撮影した画像は、「ペイント」を用いて白黒に2極化させ、ピクセル数確認後、白く写った間隙の割合を下式により数値化した。

この率を、本研究における「入射率」とし、各方位における入射率の平均を「平均入射率」として結果分析に使用する。

$$\text{間隙の割合（入射率）} = \text{（白のピクセル数）} \div \text{（総ピクセル数（白+黒））}$$

② 毎木調査

（図-2）のとおり、センター木を中心に半径1.79mの円を描き、4方位ブロックに分割後、ブロックごとに実生苗の高さ、根元径、節数を調査した。

なお、節数は、1年に1節増えることから苗齢を推定することとした。

4. 調査結果・分析

（1）毎木調査結果

① 推定苗齢と苗高の関係

調査箇所では平成3年度に間伐が実行されている。

（表-3、4）のとおり、苗齢は、「A」で最大23年生、「B」で25年生となっており、間伐以降発生し、かつ苗齢の分布から持続的に種子の供給があると推測され、間伐効果は大きいといえる。

② 実生苗生育状況と方位の関係

（表-5、6）のとおり、西方向（北西、南西）、東方向（北東、南東）における苗の生育状況が各々似通っており、かつ北方向（北西、北東）より南方向（南西、南東）の成長がよい。ただし、群生地「B」南西については、唯一の例外となった。

③ 発生本数率と方位の関係

（表-5、6）のとおり、調査対象本数を分母とした方位ブロックごとの発生本数の割合（以下「発生本数率」という）では、南方向における発生本数率が、全体の65%以上を占め、南方向の成績が良好であった。

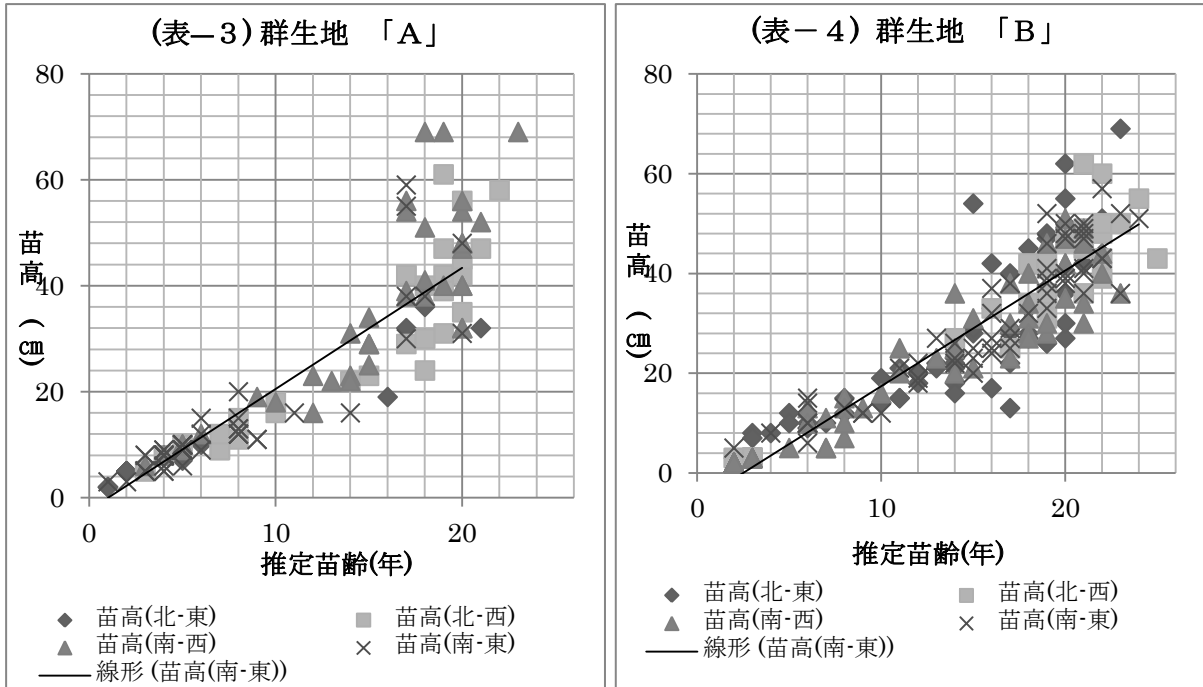
④ 発生本数率と平均入射率の関係

（表-5、6）のとおり、発生本数率と平均入射率の折線グラフ線形は似通っており、実生苗発生と受光量には関係性があると考えられる。

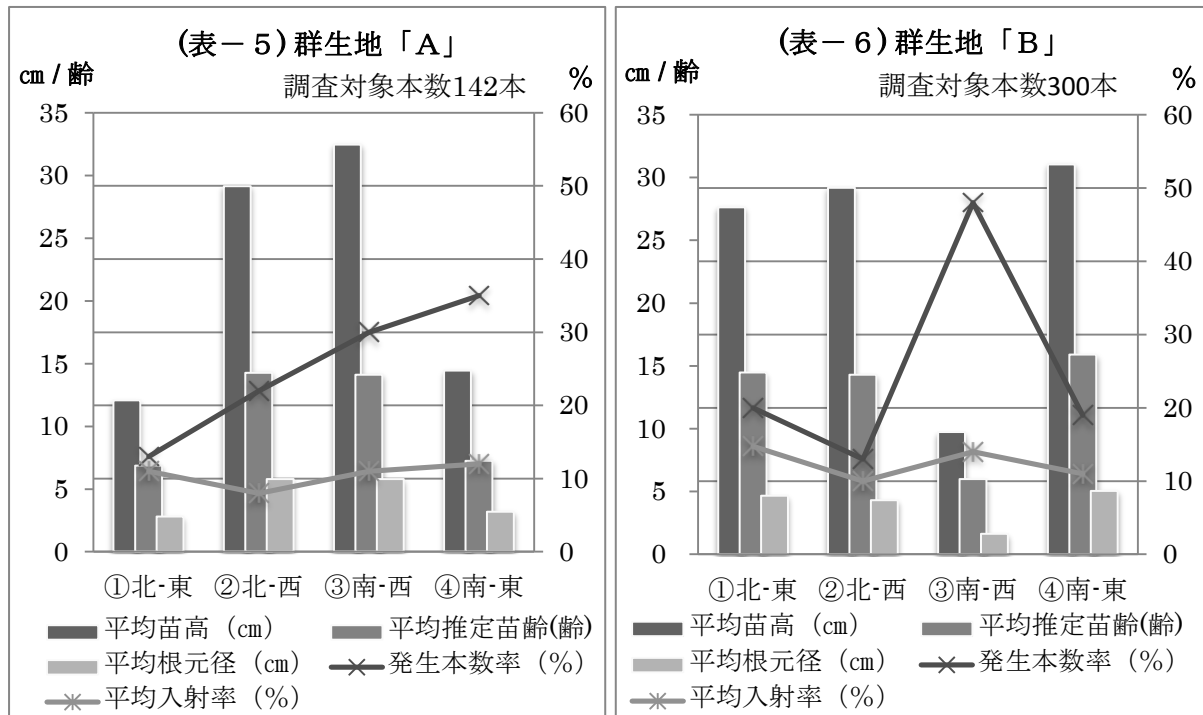
また、上記②における分析結果において、「唯一の例外」となった群生地「B」南西では、発生本数率・平均入射率とも上位ブロックでありながら、苗の生育状況が

最低となり、発生初期の実生苗にとっては過剰な受光量のため、乾燥、消失を引き起こしているとも推測された。

(推定苗齢と苗高の関係)



(方位別 実生苗生育状況・発生本数率・平均入射率)



これらの結果から、日本においては太陽の軌道が南よりのため、全方位において、光が差し込んでくる南方向の入射率の影響を受けやすいと推測される。

よって、「南方向における光環境の整備がより重要である」と考え、南方向に絞り込み、受光量調査の結果分析を進めることとした。

(2) 受光量調査結果

① 間伐前

(表-7)のとおり、「枯90」で、南方向平均入射率が平均10%を下回ったのに対し、「健全90」「トワ90」では10%をわずかに上回った。

「A」「B」では、毎木調査結果において、11%で実生苗の成績が良かったことから、南方向における平均入射率が最低11%必要であると考えられる。

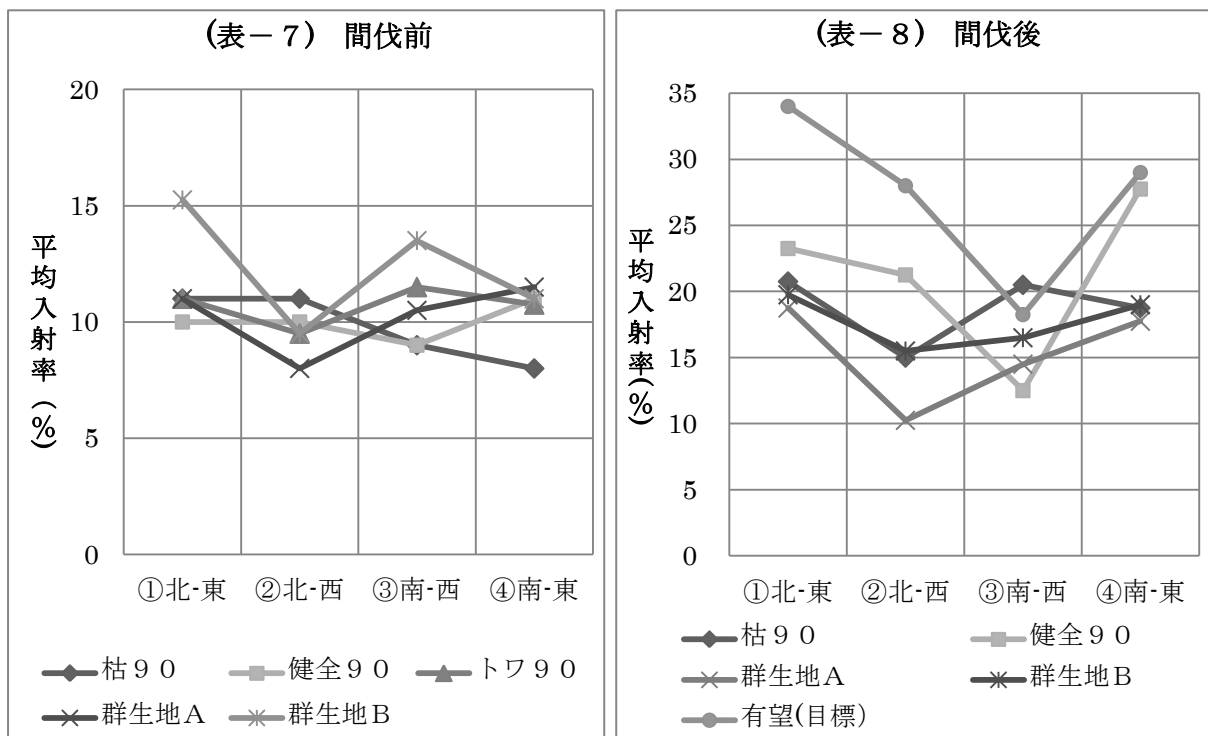
ただし、立ち枯れが進行している現状からこの先の成長が望めず、いずれのポイントも近い将来立ち枯れることが予想された。

② 間伐後

立ち枯れが予想されたのち、間伐が行われた調査ポイントでは、どの程度の光環境改善が図られたのか、将来目標と位置付けた「有望」(表-1参照)における平均入射率と比較したところ、(表-8)のとおり、「枯90」南西以外、「有望」に至らなかった。よって、早めの光環境整備を計画し、将来目標率に導くべきである。

そのほか、折れ線グラフの線形が最も「有望」に似通っている「健全90」については、南東のみの光環境の改善によって、どの程度の成長が見込めるのか注視したい。

(間伐前・後における方位別平均入射率)



5. 調査結果のとりまとめ

以上の調査・分析結果から、次の3点が明らかになった。

- (1) 全方位において、南方向からの受光量の影響を強く受けるため、南方向の光環境整備が重要である。
- (2) 南方向における平均入射率が各々 11% あれば、最大苗高 90 cm クラスもしくは推定苗齢 25 年生程度まで成長可能である。
- (3) (2) 以降も成長を継続させるためには、将来目標とした「有望」における南方向の平均入射率へ短期間で移行させることが重要である。

6. 天然更新技術の一考察

上記取りまとめ結果にもとづき、天然更新に向けた施業の一考察を行った。

(1) 実施手順

- ① 稚樹は、群状に発生していることから、成績のよいエリアを選抜する。
- ② 選抜エリアの中心点から、最低太陽高度(平均気温 5℃以上の期間内)における最長入射距離(下式のとおり)を半径とする円内を「中心地の成長に影響を与えるエリア」とし、南方向(南側半円)を重点的に間伐する。

$$\text{最長入射距離} = \text{平均樹高} \div \tan(\text{最低太陽高度角})$$

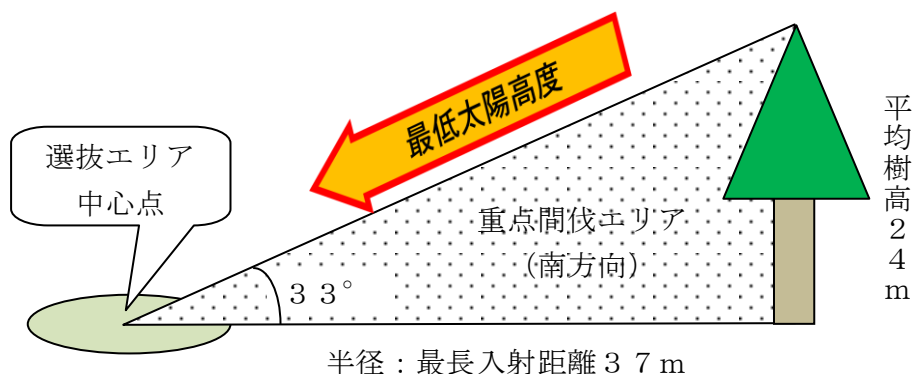
(例) 今回の調査地の場合(図-3 参照)

間伐標準地調査野帳より、平均樹高 24 m、最低太陽高度 33°

$$\therefore \text{最長入射距離} = 24 \text{ m} \div \tan 33^\circ \approx 37 \text{ m}$$

- ③ ②で決定したエリアを5千分の1図に図示のうえ、エリア内南方向の地形、生育樹種に応じて、隣接小班を含めた施業、その他保育作業を併行して検討する。

(図-3) 最長入射距離イメージ図(平均樹高 24 m の時)



7. 最後に

今後は、南東方向の平均入射率が、将来目標値に最も近似している「健全 90」の経過観察を中心に、南方向に重点を置いた施業の有効性を実証するとともに、現在被圧状態にある将来有望な天然更新木を上層木へ仕立てるための光環境整備を目標としたい。

なぜ天然スギはよく曲がるのか？

～曲げ加工に適した造林スギを得るためには～

秋田県立大学 生物資源科学部 ○野出彩乃

秋田県立大学 木材高度加工研究所 足立幸司・瀧誠志朗・高田 克彦

1. はじめに

全国的に天然スギの資源量が減少する中で、曲げわっぱ用材として伝統的に使われてきた天然スギ（天スギ）は、将来的な資源枯渇の状況にあり、高齢級の人工林スギ（造林スギ、造スギ）の利用可能性を模索することは、地域の伝統的工芸品産業の振興にとって有用である。天スギと造スギの材質の違いによる現場への不具合は、特に、曲げ加工を必要とする大館曲げわっぱで顕著であり、造スギは天スギよりも曲げにくい事例が報告されている（図1）¹⁾。

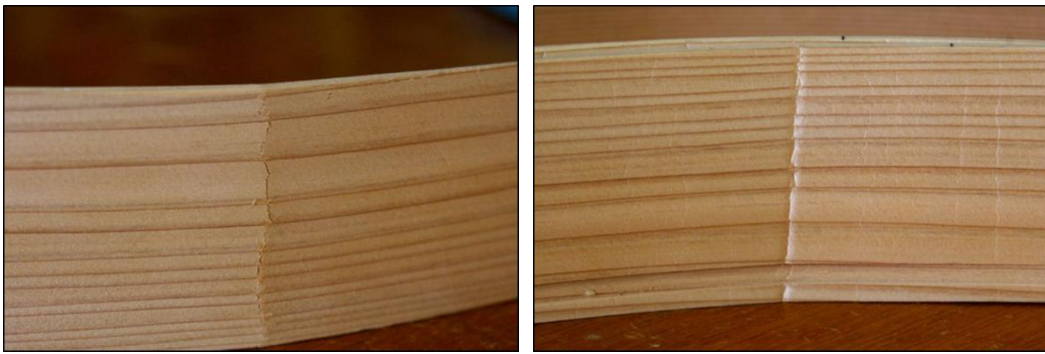


図1 曲げわっぱの加工不具合

木材高度加工研究所ではこれまでに、天スギは造スギよりも小さい曲率まで曲げられること、応力波伝播法や打撃音法によって得られる比曲げヤング率を指標とすれば、曲げ加工に適したスギ材を選別できることを明らかにした¹⁾。しかし、同じ秋田県内で生産される天スギと造スギで曲げ特性がなぜ異なるのか？という疑問に回答が出されていない。今後、造スギの超長伐期化で曲げわっぱ用材の安定的な生産を目指すためには、天スギの曲げ特性の経年変化を理解することが重要と考えられるが、研究例はこれまでに認められない。

本発表では、天スギがどのように成長して曲げやすい材質を形成したのかを明らかにするために、天スギと造スギを対象として、髓から樹皮に向けた年輪ごとの曲げ特性の変化を調査し、両者を比較検討した。また、木口面の組織構造観察を行い、曲げ特性と組織構造の関連性について考察した。

2. 実験方法

秋田県産および青森県産の天然スギおよび秋田県産の造林スギの髓から樹皮までを含む個体から、髓を通る厚さ60~80mmの板材を、接線方向厚さ約9mmに粗挽き後、7日間以上風乾して気乾状態とした。その後、髓から樹皮に向けて2mm毎に分割した試験体を連

続的に切り出した (図 2)。

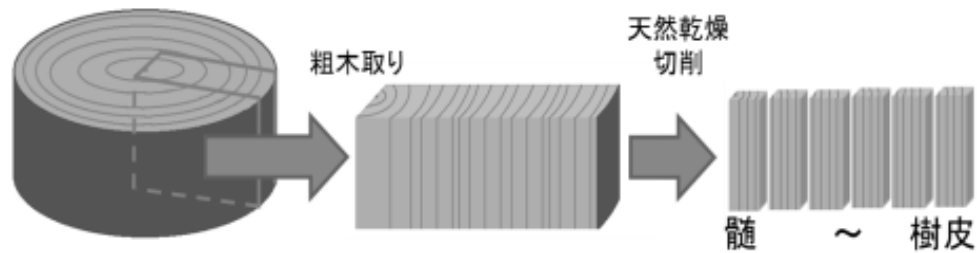


図 2 試験体の作製手順

試験体は、寸法、重量および年輪幅を測定した後、曲げスパン54mm、変形速度3mm/minの条件で万能試験機を用いて3点曲げ試験を行い、スパン中央部のたわみ δ と荷重 P を測定した (図 3(a))。

最大荷重 P_{max} 時のたわみを破壊たわみ δ_u とし、折れにくさの指標とした。また、 P_{max} の10%と40%に相当する荷重とたわみをそれぞれ求め、その傾き ($\Delta P/\Delta \delta$) から曲げヤング率 E を算出した。また、気乾比重 ρ で除して比曲げヤング率 E/ρ を求め、単位重量当たりの曲げにくさの指標とした。それらを髓から樹皮まで連続した試験体それぞれで求めることにより、樹幹内半径方向の変動パターンを求めた (図 3(b))。

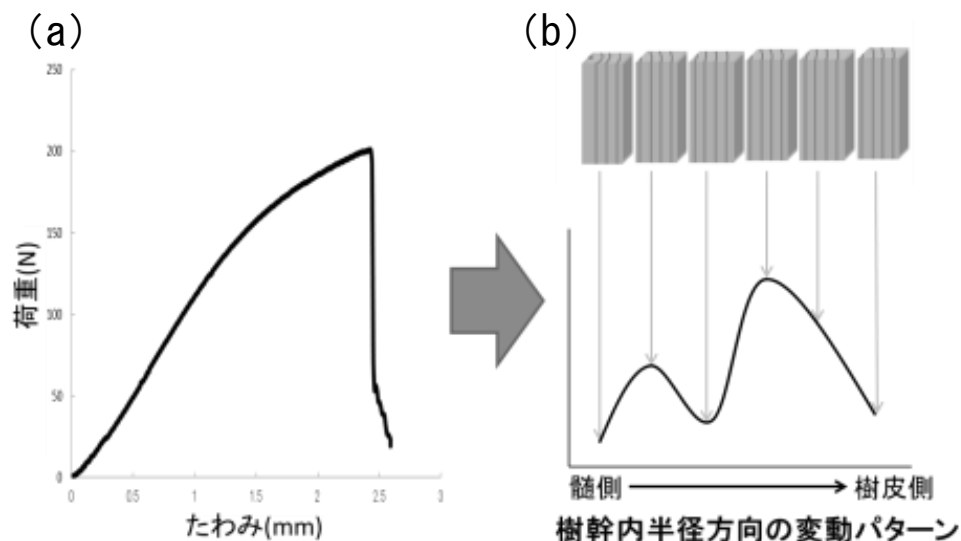


図 3 (a) 荷重-たわみ曲線 (b) 樹幹内半径方向の変動パターンの求め方

また、3点曲げ試験後の試験体木口面から厚さ16 μ mの薄片を作製し、サフランニンで染色後にデジタルマイクロスコープで組織観察を行った。年輪ごとの仮道管の放射方向の内腔径 L_r と接線壁厚 M_t を測定し、 L_r と M_t の比 $L_r/2M_t$ が2に達したところで早・晩材界面があたえられるとしたモルクの定義²⁾により春から夏にかけて成長する細胞壁の薄い早材と、秋に成長する細胞壁の厚い晩材を区分した。

3. 結果と考察

3.1 天スギと造スギの曲げ特性

図4に天スギと造スギの破壊たわみおよび比曲げヤング率の半径方向変動を示す。造スギに関して、破壊たわみは髄付近が最も高く、15年輪にかけて減少し、以後はほぼ一定となった。また、比曲げヤング率は髄付近が最も低く、15年輪にかけて急激に上昇し、以後は緩やかに増加する傾向が認められた。これは、造スギで一般的に知られる未成熟材から成熟材にかけて生じる挙動と同様であった。天スギに関しては、破壊たわみおよび比曲げヤング率ともに造スギとは異なる挙動を示した。破壊たわみは、髄から10年輪にかけて減少する傾向を示したが、その後は緩やかな増加傾向にあり、全体的な値は造スギよりも高かった。このことは、未成熟材から成熟材移行期の15~20年輪という若齢期で、天スギは造スギと比較して折れにくい材質を形成していることを示唆した。また、比曲げヤング率は、髄から約20年輪にかけて増加したが、その変化幅は造スギよりも低かった。加えて、約20年輪以降は緩やかな減少傾向が認められ、髄付近の未成熟材よりも低くなった。比曲げヤング率は、細胞壁の単位重量当たりの曲げやすさに相当するため、髄付近の比曲げヤング率がほぼ等しい天スギと造スギが、経年成長の過程で生じた挙動の違いは、形成された細胞壁構造の違いにあると考えられる。

一般的にスギに代表される針葉樹は、仮道管を主とした組織構造となっており、仮道管は一次壁、二次壁外層、二次壁中層 (S_2 層)、二次壁内層からなる多層膜構造であることが知られており、うち、 S_2 層は細胞壁に占める体積が最も多く、かつ、強度を担うセルロースマイクロフィブリルも多く含まれている。天スギの比曲げヤング率が造スギよりも低いことを細胞壁構造の観点から考えた場合、比曲げヤング率の低さは、 S_2 層の割合が造スギよりも少ない可能性があり、また、 S_2 層の割合の低さは、木部形成過程において二次壁の肥厚が抑制されている可能性が挙げられる。二次壁の肥厚の抑制は、被圧木や大径老齢木で見られる現象であり、天スギも何らかのかたちで生育環境下において形成層活動が抑制され、通常通り木部細胞が分化していないことが考えられる。

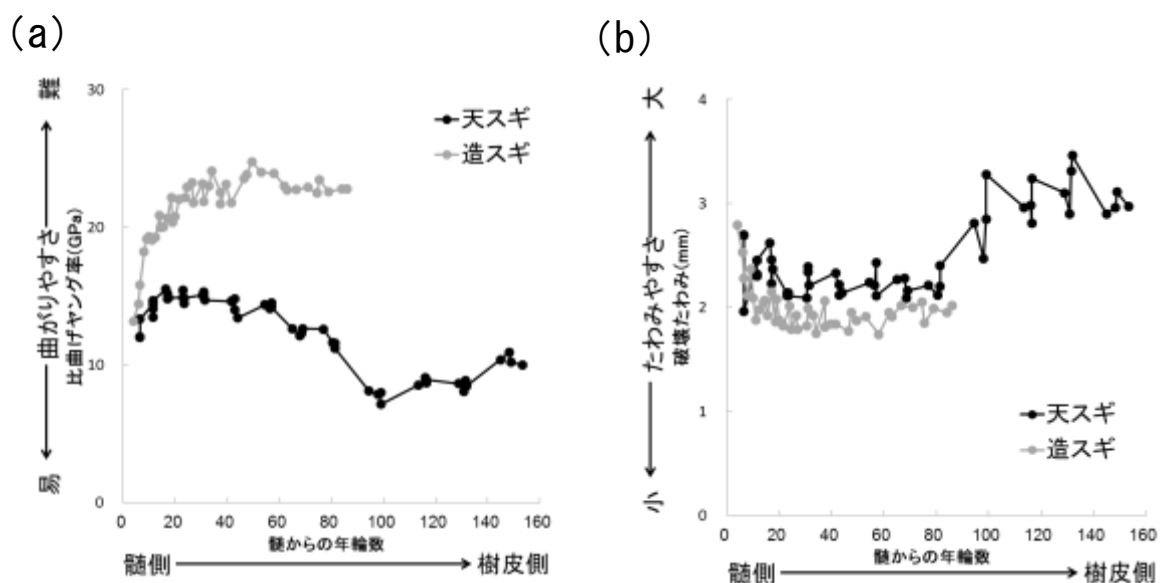


図4 天スギ・造スギの各物性の樹幹内半径方向変動 (a) 破壊たわみ (b) 比曲げヤング率

3.2 天スギと造スギの組織構造

図5に天スギ・造スギで年輪幅のほぼ等しい1年輪における組織構造を比較した。図中には早材および晩材の区分を示した。天スギは造スギと比較して、1年輪に占める晩材が少なかった。これは、成熟材以降において天スギで全般的に確認された。このことから、天スギでは二次壁の肥厚が抑制されている状態で成長していることが示唆され、図4で確認された天スギの比曲げヤング率の低下を支持するものであった。

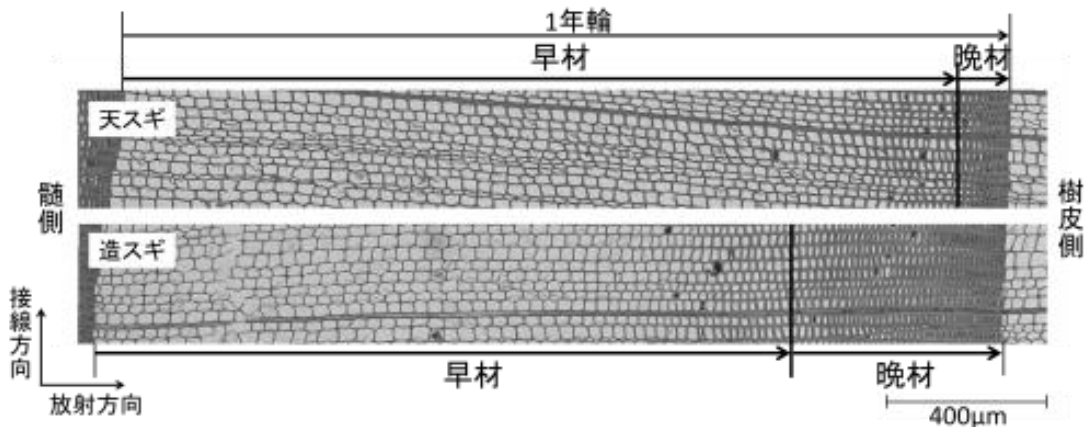


図5 天スギ・造スギ木口面の1年輪における顕微鏡写真

4. おわりに

天スギの折れにくい材質は、髓から20年輪程度の若齢期で既に形成されており、二次壁の肥厚の抑制による晩材の割合低下によって E/ρ が低下するためと考えられた。したがって、現状で E/ρ の高い造スギの立木は肥大成長を抑制する施業方法（光合成量を抑えるため被圧を強度に行う、枝を積極的に払う等）によって曲げわっぱに適した折れにくい材質に誘導可能であることが示唆された。

謝辞

本発表にあたり、組織実験をご指導いただいた秋田県立大学木材高度加工研究所の工藤佳世特任助教、研究プロジェクトの遂行にご協力いただいた大館曲げわっぱ協同組合および東北森林管理局米代東部森林管理署各位、発表にあたり指導・助言をいただいた秋田県立大学生物資源科学部の蒔田明史教授、星崎和彦准教授、井上みずき助教に深甚の謝意を表す。

引用文献

- 1) 足立幸司 (2015), 地域資源を活かした木のものづくり, 平成26年度森林・林業技術交流発表会, 東北森林管理局, 2015/2/6
- 2) 佐伯浩 (1969), 針葉樹材における構造の年輪内変移に関する研究. 京都大学博士論文

東北森林管理局が実施している低コスト林業の紹介

森林整備部 企画官（技術開発担当） 笠井 史宏

1 課題を取り上げた背景

わが国の森林資源の状況から利用可能な育成単層林について、年齢構成の平準化、森林資源の若返り・循環利用、森林の持つ多面的機能の維持・向上を図りつつ、林業の成長産業化を進めるため、主伐・再造林面積が増大していくことが見込まれる。1～5年生の保育費が林業経営コストの概ね5割を占め、地拵、植付、下刈等の初期造林コストの低減が喫緊の課題となっている。東北森林管理局が取り組んでいる低コスト林業の実証試験の状況を紹介する。

2 研究の方法及び成果経過

低コスト化の手法としてコンテナ苗の活用、低密度植栽・下刈省力化試験、伐採造林一貫作業システムを実施している。

(1) コンテナ苗植栽

① コンテナ苗の植栽実績

東北森林管理局の植栽実績は表1のとおりである。コンテナ苗の生産体制の整備とともに植栽本数が増加しており、特に平成27年度は著しく増加している。東北森林管理局では、森林整備計画に基づく県別・樹種別苗木需要見込みを示し、生産体制の支援に努めている。

表1 東北森林管理局のコンテナ苗植栽実績

年度	H20		H21		H22		H23		H24		H25		H26		H27		累計	
	面積	本数	面積	本数	面積	本数	面積	本数	面積	本数	面積	本数	面積	本数	面積	本数	面積	本数
スギ			4	11			16	34	29	73	24	61	32	81	95	218	199	477
カラマツ							1	3	6	13	1	2	5	10	22	45	35	73
クロマツ	0	1			1	2			0	0							1	3
ヒバ													1	2	1	3	2	5
計	0	1	4	11	1	2	17	38	34	86	25	63	38	93	118	265	237	558

② コンテナ苗の活着調査結果

植栽1成長期後に広域的な活着調査を実施した。比較的標高が高い箇所、積雪量が多い箇所も含まれ、一部雪害による引き抜け、幹折れが発生したが、太平洋側、日本海側とも生存率は平均で95%となり、実用化に問題のない結果が得られている(表2)。

表2 東北森林管理局管内の広域的コンテナ苗活着調査

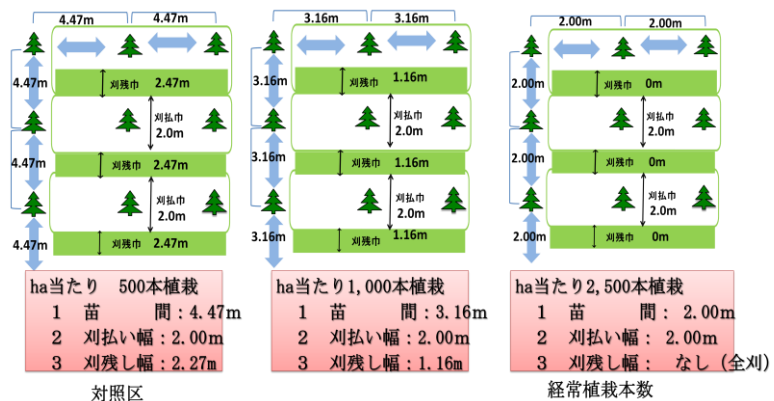
地域	植栽時期	樹種	苗齢	調査木本数	枯損木数	生存率
太平洋側	秋植	スギ	2年生	500	20	96%
	春植	スギ	2年生	700	37	95%
太平洋側小計		スギ	2年生	1,200	57	95%
日本海側小計	秋植	スギ	2年生	1,200	61	95%
計				2,400	118	95%

(2) 低密度植栽試験・下刈省力化試験

① 低密度植栽試験

低密度植栽は、現在一般的な植栽本数であるヘクターあたり 2500～3000 本を減らして植栽するもので、直接的な初期造林経費の軽減や単木的な成長量が大きくなることから、短伐期施業並びに林業投資利回りの向上による林業経営の改善が期待されている。

図 1 植栽本数別 植栽間隔・下刈刈り残し幅



② 下刈省力化試験

低密度植栽試験と合わせ下刈省力試験を実施した。下刈方法は植栽木から上下 1m の範囲を筋刈りして、毎年下刈りを行う区画と隔年で下刈りを行う区画を設定した。刈り残し区域に生育する高木性広葉樹にも着目する。

③ 試験地の設定

植栽本数は 500 本、1000 本、1500 本、2500 本。(500 本、2500 本区は対照区)。試験地は表 3 のとおりである。平成 27 年度に設定した試験区は、当面無下刈りとし、植生との競合状態を経過観測する。

表 3 低密度植栽・下刈省力化試験地一覧

署等名	県	植栽時期	樹種	苗木種類	下刈方法	摘要
津軽	青森	H26・春	カラマツ	裸苗	筋刈、毎年・隔年	
津軽	青森	H26・春	スギ	裸苗	筋刈、毎年・隔年	
三陸北部	岩手	H26・春	カラマツ	裸苗	筋刈、毎年・隔年	
三陸北部	岩手	H26・春	スギ	裸苗	筋刈、毎年・隔年	
遠野	岩手	H26・春	カラマツ	裸苗	筋刈、毎年・隔年	
最上	山形	H26・秋	スギ	裸苗	筋刈、毎年	
由利	秋田	H27・春	スギ	コンテナ苗	当面不実施	
盛岡	岩手	H27・秋	スギ	コンテナ苗大苗	当面不実施	500、1000、1500 本

④ 調査項目

A 植栽木の活着・成長調査、下刈誤伐調査

現段階では、植栽本数別の成長量の差異は顕現していない。将来的には、林木の材質調査、林分材積調査等も実施する

B 下刈工期調査(参考データ)

下刈工期は、植栽間隔が広くなると、苗木の発見に時間を要するため工期が落ちる傾向があった。大苗等視認性を高めることで改善が見込まれる。また、植栽本数区別の下刈誤伐の状況等を調査したが、植栽密度よりも立地環境の影響が大きく、明確な関係性は見いだせなかった。更に調査データを集積していく。

表 4 植栽本数区別下刈工期調査 (平成 27 年度遠野支署 (H26 植栽カラマツ裸苗))

植栽本数 区	プロット1		プロット2		プロット3		プロット4		平均	
	秒数	比率	秒数	比率	秒数	比率	秒数	比率	秒数	比率
500 本区	511	0.85	356	0.71	953	1.20	817	0.81	659	0.91
1000 本区	620	1.04	432	0.86	773	0.97	1007	1.00	708	0.98
1500 本区	599	1.00	503	1.00	795	1.00	1007	1.00	726	1.00

注：秒数は 100 m² 当たりの下刈り作業時間で、3 人の作業者の平均値である。サンプル数がないので参考値である。

C 植栽工期調査(参考データ)

1 本当たりの植栽時間は、植栽本数が減少し植栽間隔が広くなると、位置決めにかかる傾向があった。習熟や補助器具の使用で改善すると考えられる。1 本当たり植栽時間にヘクタール当たり植栽本数を乗じて ha 当たり人工数に換算すると低密度になるほど植栽工期は高くなった(表5)。

表 5 植栽本数別植栽工期 (平成 27 年度由利森林管理署(コンテナ苗・普通苗))

植栽 本数	調 査 回 数	植栽木 1 本当たりの秒数			ha 当たり植栽時間			ha 当たり人工数				
		プロット外		プロット内	プロット外		プロット内	プロット外			プロット内	
		a	b	C	a	b	C	a	b	比率	植付	比率
		植付	植付+点付	植付	植付	植付+点付	植付	植付	植付+点付	比率	植付	比率
500 本	2	90	180	46	2.4	4.2	1.1	2.0	4.0	0.36	1.0	0.25
1000 本	2	88	176	39	4.1	8.1	1.8	3.9	7.8	0.70	1.7	0.43
1500 本	1	54	108	39	3.8	7.5	2.7	3.6	7.2	0.65	2.6	0.65
2500 本	2	50	100	36	5.8	11.6	4.2	5.6	11.1	1.00	4.0	1.00

注：プロット内の植栽箇所には、あらかじめ植栽箇所を表示(点付け)して植栽した。

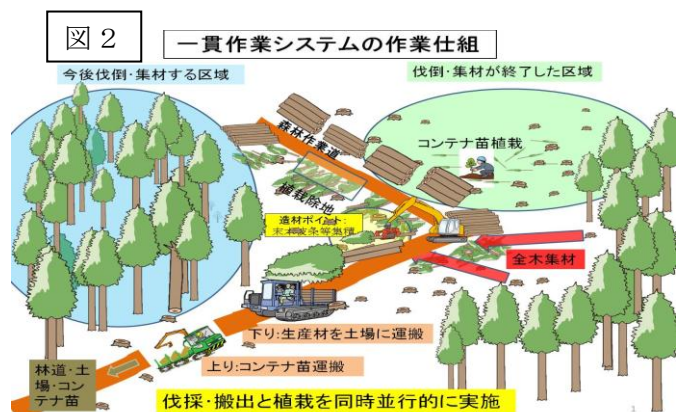
プロット外では、植栽箇所を表示しながら(点付け)、植付けを行った。

a は実際の植付けに要した時間、b は植付けに要した時間と点付けに要した時間の合計である。

(3) 伐採造林一貫作業システム

① 一貫作業システムの利点

主伐と植付を一括して発注し、同時並行的に実施することにより、林業機械のより有効な活用(フォワーダによる苗木運搬、必要によりグラブを用いた地拵等)、合理的な作業仕組等(植生が繁茂する前に植栽することで地拵、下刈りの省力、地拵が省力となる集材方法、弾力的な労務管理等)により地拵や植付作業等の造林にかかるコストの低減が期待されている。



② 伐採造林一貫作業システムの実施状況(表 6 参照)

表6 伐採造林一貫作業システム 実証試験一覧表

年度	署等	伐採方法	面積	地拵	苗木種類	植栽密度	林況等
25	湯沢	皆伐	2.50	人力・機械 /筋置・枝条散布	コンテナ苗・裸苗	2500	スギ 103, 95 年生
26	湯沢	皆伐	4.38	無地拵*1	コンテナ苗	2500	スギ 85 年生
27	湯沢	皆伐	2.15	無地拵*2	コンテナ苗	2500	スギ 68 年生
27	金木	複層伐	4.54	無地拵*2	裸苗 (1 伐区のみ)	2000	スギ 50-53 年生
27	米代西部	複層伐	1.70	無地拵*2	コンテナ苗	2500	スギ 61-69 年生
27	山形	複層伐	4.68	無地拵*2	コンテナ苗	2500	スギ 64-68 年生
27	置賜	複層伐	2.71	無地拵*2	コンテナ苗	2500	スギ 61 年生

注*1:伐採前に刈払いを実施

注*2:造林作業としては地拵はしていないが、集材時に植栽支障物の除去や刈払いを実施

使用機械は伐倒:チェーンソー、集材:グラップル、造材:プロセッサ、運材:フォワーダ

③ 平成 25 年度の実施状況 (詳細は平成 25 年度森林林業交流発表集に発表収録)

地拵方法、植栽方法を変えて、伐採搬出で使用する機械による機械地拵とコンテナ苗植栽を組み合わせた場合の省力化を検討した。グラップルを使用した機械地拵と人力地拵の比較では、機械地拵の工程が 50%以上向上した。機械稼働時間が増加したことで経費の節減は軽微であった。コンテナ苗と裸苗の植栽工期調査の結果、コンテナ苗植栽で最大 22%工期の向上が見られたが、差がない箇所もあり、苗木小運搬等の条件も勘案する必要がある。

④ 26 年度の実施状況

全木集材を前提に、造林工程としては、無地拵で植栽を実施。植栽地に枝条を存置した状態で植付を行ったが、コンテナ苗の植栽工期は、平均植栽本数 313 本/人・日となり、裸苗植栽標準工期の 175%となった。伐採前に刈払機で全面刈払いしており、完全な無地拵作業ではなかったが、全木集材とコンテナ苗植栽を組み合わせれば、枝条処理をしなくても高い植栽工期が得られることが分かった(写真 1)。また、植栽(秋植)翌年春に存置した枝条、積雪が植栽木に及ぼす影響・被害を調査した。枯損率 4%、引き抜けしたもの 3%、根が不安定なもの 5%であった。主軸の傾きは 30 度未満 34%、30~60 度 37%、60 度以上 29%であった。枯損や主軸の傾きは沢地形等の急傾斜地で頻度が高くなったが、存置された枝条との顕著な関係は見られなかった。

写真 1



⑤ 27 年度の実施状況

平成 27 年度は、地拵作業を行わず全木集材を徹底させた場合の植栽箇所内の支障物・植栽工期への影響を計測するため、以下の 4 種類の作業仕様を設定し、事業を実施した(表 7)。「林内不用木の除去」-全木集材をしても林内に残る植栽支障物を除去。市場価値のない灌木、倒木、伐倒時に先折れした先端部等を除去する作業で、先端部の径が 4 cm 以上のものを除去。「伐後の刈払」-灌木の伐倒、植栽の邪魔になる地床植生(ササ、雑草、灌木)の刈払を行う。堆積した刈払物は集積せず、そのまま存置。伐

表 7	林内不用木の除去	伐後の刈払
A タイプ	○	○
B タイプ	○	×
C タイプ	×	○
D タイプ	×	×

採前の刈払は、伐倒、待避の支障物のみ行う（通常の伐倒作業）。ツルがある箇所は刈払を行うタイプで実施する。

写真 2

i 実施結果

ア 湯沢支署で植栽工期の時間観測を行った。

1 本当たりの植付時間は、Aタイプ-20.8秒、Bタイプ-39.0秒、Cタイプ-10.9秒、Dタイプ-21.2秒であった。もっとも工期の高いCタイプの観測箇所は、作業道上部に位置し、全木集材だけで、枝条以外の植栽の支障物は除去された状態だったので、この状態にすることが植栽工期の向上に必要である（写真2）。



写真 3

イ 各実施箇所の作業日報の集計値から、枝条処理等に要した経費、植付に要した経費（苗木代を除く）、植栽工期、労働生産性について比較した3署9箇所の結果を表8に示す。



写真 4

平成26年度に実測した経常地拵後にコンテナ苗植栽を行った場合の植栽工期は291本/人・日であった。表8と比較すると、植栽工期が高く、不用木処理等の経費が小さく、同処理を行った場合の労働生産性の低下が少ない箇所はア：米代西部署114ほ（Bタイプ）（写真3）とイ：置賜署37か（Dタイプ）（写真4）であった。植栽工期は高いが、不用木処理等の経費が大きく、同処理を行った場合の労働生産性の低下も大きい箇所はウ：米代西部署114へ（Cタイプ）（写真5）とエ：置賜署37か（Aタイプ）（写真6）であった。

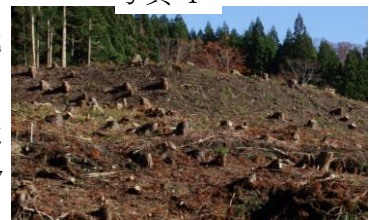


写真 5

今回は作業仕様を明確にするためにA、B、Cタイプと条件を設定したが、一貫作業システムでコンテナ苗植栽を行うならば、地拵作業をしなくても、極力作業道まで木寄を行い、作業道上で造材・枝払を行う「全木集材の徹底」と胸高直径4cm以上の立木を伐採する「伐木の徹底」を行うことで、上記ア、イ程度に植栽支障物の処理を行えば十分な植栽工期が得られると考える。



写真 6



なお、下草（笹等）、小径灌木の有無が植栽工期に影響した箇所があり、下刈への影響を含め林地条件等の差について、さらに検証する必要がある。

3 まとめ

コンテナ苗については、東北地方の環境下でも実用上問題ない適性を示している。低密度植栽・下刈省力化試験は、試験設定からの期間が短く中間報告となった。伐採造林一貫作業システムについても、全木集材を徹底することで地拵の省力が可能であると考えられるが、更に林地条件、作業方法を変えてデータを蓄積し、分析する必要がある。

これらの低コスト林業の手法は組み合わせ、施業のモデルとして構築、提示できるよう、今後も調査を続けていきたい。

表 8 伐採造林一貫作業システム実証試験 作業日報集計値

署		湯沢				米代西部			置賜		略号	
林小班		1 た				114 ほ	114 へ	103 ほ	37 か	37 か	摘要	
作業タイプ		A	B	C	D	B	C	D	A	D*		
林内不用木集積		○	○	×	×	○	×	×	○	×		
伐後の全刈		○	×	○	×	×	○	×	○	×		
林況等	伐採方法	皆伐				複層伐			複層伐			
	植栽面積	1.12	0.59	0.38	0.06	0.43	0.47	0.8	1.57	1.58		
	前世	平均単材積	0.88	0.88	0.88	0.88	1.13	1.32	1.15	1.49	1.31	
		林分	林齢	68	68	68	68	62	69	61	61	61
	林地傾斜		27	35	25	-	27	27	30	23	25	
	伐区内作業道密度		392	312	284	0	326	351	456	229	117	
	生産事業	生産事業人工数計	57.0	42.6	23.4	2.8	21.0	4.5	29.0	80.8	64.0	A
生産量		674	662	247	28	300	80	295	840	660	a	
労働生産性		11.82	15.54	10.56	10.00	14.29	17.8	10.17	10.4	10.31	X	
造林事業	不用木処理・刈払計	数量	1.1		0.4		0.43	0.5				(ha)
		人工数	1.0		1.2	0.0	0.2	6.0	0.0	5.9	1.0	B
	植付	数量	2850	1475	950	150	1100	1200	2000	4200	4100	(本)
		人工数	14.5	9.4	5.6	1.9	3.5	4.7	10.0	10.5	16.5	
		植付功程	197	157	170	79	314	255	200	400	248	
	Ha 当たり費用(千円)	不用木除去					17	95		193	55	
		刈払	16		56			253		22		
		小計	16		56		17	348		215	55	
		植栽	172	216	200	438	120	147	182	95	154	
		計	188	216	256	438	137	495	182	313	209	
生産事業・造林事業人工数計		58.0	42.6	24.6	2.8	21.2	11.5	29	86.7	65.0	C=A+B	
試算修正労働生産性		11.62	15.54	10.04	10.00	14.15	13.91	10.17	9.69	10.15	Y=a/C	
不用木処理・刈払を行ったことによる労働生産性の低下量		0.20	0.00	0.52	0.00	0.14	3.89	0.00	0.71	0.16	Z=Y-X	

注：人工数は6時間を日換算

置賜署Dタイプは堆積枝条の散布処理を実施。

X:労働生産性の人工数に作業道作設分は含んでいない。

Y:試算修正労働生産性は、生産部門・造林部門(林内不用木除去・枝条整理・刈払)の合計人工数で生産量を除いた試算値である。

ha 当たりの植栽費用は日報集計値から、労賃、機械損料、燃料費で算出。植栽費用に苗木代は含んでいない。

合板材における層積検知の活用について

米代東部森林管理署 上小阿仁支署 業務グループ○鈴木 諒
業務グループ 西周 真宏
業務グループ 山田 淳

1 背景と目的

製品生産事業における東北森林管理局での検知業務は、二つの方法を使い分けている。一つ目は毎木検知である。毎木検知は製品生産された素材の径級を一つずつ測定し、それらを合計して樅の材積を求める方法で、一般材を対象に適用されている。もう一つが層積検知である。層積検知は樅を一つの直方体としてとらえ、樅の高さ・横幅・長級から材積を求める方法で、低質材を対象に適用されている。

表-1 材区分別における評定単価と検知方法の一覧表

	一般材	合板材	低質材
材の検知方法	毎木検知	毎木検知	層積検知
材の評定単価	径級別	一律	一律

表-1は材区分別の検知方法と評定単価についてまとめたものである。径級別に単価が異なる一般材は毎木検知、一律である低質材は層積検知が適用されている。しかし、合板材は単価が一律だが毎木検知を行っている。本調査では、単価が一律ならば合板材でも層積検知が可能ではないかと考え、検証した。

層積検知を適用することによる利点を整理する。一つ目に作業効率の向上が挙げられる。層積検知では測定が簡潔に済むので、効率向上が期待できる。二つ目に層積検知の方が毎木検知に比べて請負単価が低いため、低コスト化にも貢献できる。三つ目に毎木検知のような高所作業が省略され、作業の安全面も改善すると考えられる。

合板材を層積検知していく上で不可欠なものについて述べる。層積検知は、樅の高さ・横幅・長級に、実績換算率(以下、換算率という)をかけて材積を算出する。現在適用されている換算率は、秋田杉低質材に限られたものであり、合板材に適用される換算率は未定である。

よって本調査の目的は、上小阿仁支署管内における合板材の換算率を求めると同時に、作業時間やコストについて試算を行い、合板材における層積検知の活用の可能性について検討を行った。

2 調査方法

(1)換算率の算出方法

検知請負者が通常通り毎木検知し、検知野帳から材積の数値を取得する(式-1の V)。

その樅を職員が層積検知し、高さ・横幅・長級の測定を行う(式-1の H 、 W 、 L)。材積から測定値を除し、換算率を逆算する方法とした(式-1の k)。

式-1 換算率の算出式

$$k = \frac{V}{H \times W \times L}$$

k : 換算率
 V : 材積 (m³)
 H : 高さ (m)
 W : 横幅 (m)
 L : 長級 (m)

(2)層積検知の測定方法

層積検知要領と検知請負者の助言に従って測定を行った。

- 高さ(m)はアルミスケールを使用(小数点以下第3位四捨五入)。桧の上底から下底までの間隔を測定するが、測定する地点によって差が生じるため3カ所を測定し(写真-1)、平均する。
- 横幅(m)はメジャーを使用(小数点以下第3位四捨五入)。桧の形状が直方体ならば、両端の間隔を測定。しかし、本調査では層積検知することを前提にした桧を対象としていないため、桧の形状が台形または半円形をしているものが多い。検知請負者からの助言を図にしたものが図-1である。両端を上部に積み上げて直方体にするのを仮定し、イメージした直方体の横幅を測定した。この方法は測定者の知識と経験が問われる。そのため、誤差を減らせるよう測定者2人が交代で2回測定し(写真-2)、平均する。

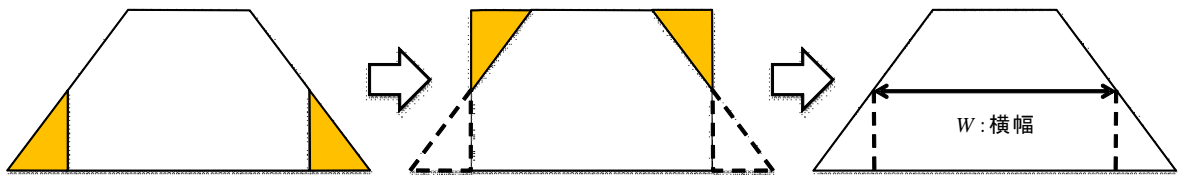


図-1 層積検知における横幅の測定概念

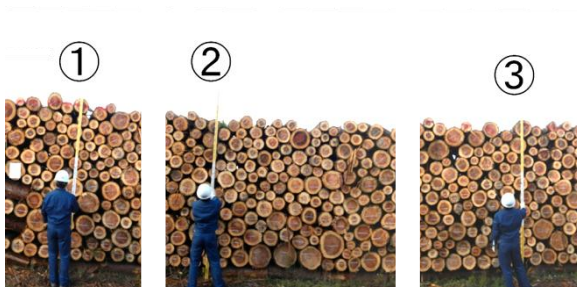


写真-1 高さ測定の様子



写真-2 横幅測定の様子

- 長級(m)は抽出検査のため測定はするが、従来の層積検知に従い2.00m採材ならば2.00m、4.00m採材ならば4.00mとする。

(3)検知業務の作業時間計測と比較

検知請負者が毎木検知、職員が層積検知で同一桧を測定し、それぞれ作業時間を計測する。1人あたりの作業効率を比較する。

(4)検知業務の請負経費算出と比較

検知業務は作業内容に基づき表-2のように分類され、材区分ごとに適用される作業内容も異なる。現在の合板材は作業内容Ⅰに該当するが、層積検知となれば作業内容Ⅲに該当し、請負単価が安くなる。本調査では合板材が作業内容Ⅰと作

業内容Ⅲである場合とで経費を試算し、比較する。

表-2 素材の検知業務における作業内容

	作業内容Ⅰ	作業内容Ⅱ	作業内容Ⅲ
長級・径級の測定	○	○	
品等格付		○	
木口表示	○	○	
指定野帳記入	○	○	○
巻立表示板の貼付	○	○	○
スプレー塗布	○	○	○
適用される材区分	合板材	一般材	低質材

(5)検知業務の安全性に関する聞き取り

当支署における検知請負者に、「合板材が毎木検知から層積検知になった場合に作業がどう変わるか」を聞き取り調査した。

3 結果と考察

(1)換算率の算出

調査期間は平成27年7月21日から同年12月9日である。平成27年度の上小阿仁支署における合板材は420樞であり、本調査では179樞(約4割)を測定した。換算率を平均したところ0.725となった。秋田杉低質材の換算率0.630と比べて高い数値であった。これは合板材が低質材と比べると通直であることから、間隙が低質材より少なかったためと考えられる。

前述した換算率の平均値は、あくまで抽出した標本の平均である。上小阿仁支署における合板材の換算率を求めるには、抽出した標本から母集団の平均値を推定する必要がある。そこで、t推定を用いて母集団の平均を区間推定した。

表-3 t推定に用いる各要素の算出値

	要素	数値
n	標本数	179
\bar{x}	平均	0.725
s	標準偏差	0.072
p	信頼区間	1%
$t_p(n-1)$	t値	2.842
$t_p(n-1) \frac{s}{\sqrt{n}}$	標準誤差	0.015

式-2 t推定の算出式

$$\bar{x} - t_{0.01}(n-1) \frac{s}{\sqrt{n}} < k < \bar{x} + t_{0.01}(n-1) \frac{s}{\sqrt{n}}$$

表-3が各要素の算出値、式-2が換算率の信頼区間を求める式である。以上より、上小阿仁支署全体の合板材における換算率の平均は、99%の信頼区間で $0.725 - 0.015 < k < 0.725 + 0.015$ となり、 $0.710 < \text{換算率} < 0.740$ となった。図-2は換算率の正規分布とt推定による棄却域を表したものである。t推定より導かれた誤差は小さく、2%未満であったことから、今回の調査は母集団を十分に反映した抽出ができたと考えられる。また、小誤差かつ正規性が確認できたことから、合板材を無作為に積み上げた場合、材積と空隙の体積比、すなわち換算率は一定値に収束すると考えられる。

だが、本調査における換算率の最小値は0.588、最大値は0.978であった。今後、合板材を層積検知する場合、換算率にばらつきがある状態では、購入者は材積が過大評価された素材を購入させられるリスクを負う。しかし、国有林から合板材を購入する者の多くが大規模経営をしているため、まとまった量を購入する傾向がみられる。その結果、大数の法則によって購入した桧における材積の過不足は0に収束すると考えられる。したがって、合板材を層積検知した場合に発生する購入者のリスクは小さいものであると考えられる。

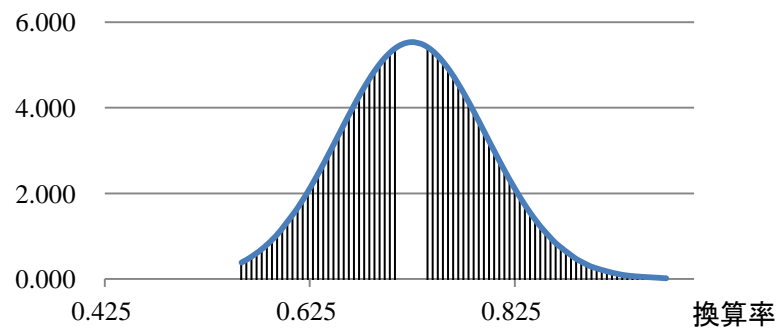


図-2 平均換算率の正規分布と棄却域

(2)作業時間計測と比較

試験対象として556本、49.411m³の桧を用い、作業時間を計測した。表-4が結果である。1人あたりの作業効率を比較すると、層積検知は毎木検知の約10分の1であり、大幅な効率向上が見込めることが分かった。

表-4 時間計測結果

	径級測定・木口表示		指定野帳記入		作業効率
毎木検知	55分	1人	15分	2人	103秒/m ³ ・人
層積検知	-	-	4分	2人	10秒/m ³ ・人

(3)請負経費試算と比較

平成27年度の当支署における合板材の生産量は全体の約45%を占めた。合板材を毎木検知した作業内容Ⅰとしての経費と、層積検知した作業内容Ⅲとしての経費とで比較したところ、請負経費を100万円以上削減できることがわかった。局全体で考えると大幅なコスト削減が可能であると考えられる。

(4) 検知業務の安全性に関する聞取り

調査日:平成27年9月18日

Q. 合板材が層積検知になった場合の作業について

- ① 径級測定や木口表示作業が減り、時間が短縮されるため、業務が簡潔になる。
- ② 桧が高いと毎木検知では脚立が必要だったが(写真-3)、層積検知ならば不要になる。高所作業が減るのは安全で安心である。

検知請負者も層積検知の安全性を再認識したことが分かった。



写真-3 毎木検知による高所作業の様子

4 検証

3-(1)で述べたとおり、換算率は0.725となったが、図-2から、桧ごとに適正な換算率に差が生じている。このばらつきについて検証した。私たちは桧の間隙と形状に着目した。層積検知は直方体を前提とした検知方法であり、桧の高さ・横幅・長級から材積を確定するものである。そのため、直方体に近く間隙の小さい桧が、最も層積検知に適している。しかし、今回の調査の合板材は毎木検知を前提に巻き立てられており、間隙が大きいものや(写真-4)、直方体と異なる形状のもの(写真-5)があった。これらの点が換算率に影響を与えたのではないかと考えた。



写真-4 間隙が大きい桧



写真-5 直方体と異なる形状の桧

まず、間隙の大小と換算率の関係について検証した。桧を撮影した写真から間隙の大小で判読・分類し、それらの換算率を比較した。表-5が結果である。間隙の大きい方が換算率が低いことが分かる。2グループ間の差を検討するためにスチューデントのt検定を行った。その結果が表-6である。間隙の大小で分類したグループ間に有意差が認められた($t=2.270, df=177, p<0.05$)。したがって、間隙の大小は換算率の大小に影響すると考えられる。

表-5 間隙の大小で分類した樅のグループにおける統計量

	標本数	平均換算率	標準偏差
間隙が小さい	112	0.734	0.076
間隙が大きい	67	0.709	0.064

表-6 間隙の大小で分類した樅のグループ差の t 検定

t値	自由度	有意確率(両側)
2.270	177	0.024

次に、樅の形状と換算率の関係について検証した。前述の通り、樅を撮影した写真から直方体に近い形状と、異なる形状のものを判読・分類した。図-3は2グループにおける換算率の正規分布である。直方体と異なるグループは直方体のグループと比べて値がばらつくことが分かる。これは直方体と異なる形状は測定しづらいため、高さおよび横幅の測定に誤差が生じたと考えられる。上底が下底あるいは地面に対して平行になっていないものは、高さを測定する地点を変更すると測定値が異なった。また、横幅は図-1のような直方体をイメージする、いわば測定者の予測に基づく測定であるため、直方体から異なれば異なるほど、横幅の端を決定することが困難になった。特に、上部が凸型の半円形や三角形の樅は、高度な空間把握能力と経験を問われた。ばらつきの原因は上述した2点であると考えられる。

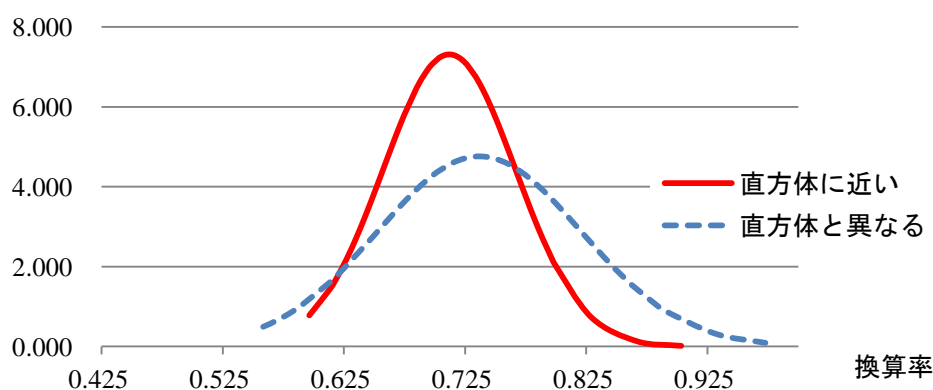


図-3 樅の形状で分類した換算率の正規分布

5 課題と展望

本調査では換算率は0.725という結果になったが、これは毎木検知することを前提とした樅で調査した、上小阿仁支署の換算率である。前述した検証で、樅の形状や間隙が換算率に影響することが分かった。よって、樅を直方体に巻き立てて再検証する必要がある。そのためには製品生産請負事業者の協力が必要であり、同時に他署でも調査を行い、より信頼性のある換算率を求めることが大切である。また、層積検知した材の販売について購入者にご理解いただくことが重要である。

このように、合板材の層積検知には課題があるが、それ以上に有益な点が多い。したがって、今後の国有林経営において十分に検討する価値があると考えられる。

鉄鋼スラグを活用した簡易舗装について

米代西部森林管理署 業務グループ ○當麻 成亮
森林整備課 路網整備係 山田 悠貴
森林整備課 路網計画係 関岡 春香

1. はじめに

(1) はじめに

米代西部森林管理署において平成 25 年、26 年度に新設した林業専用道で、積雪寒冷地では初となる鉄鋼スラグ製品の『カタマ SP』を用い簡易舗装を行った。

カタマ SP は九州の一部で使用された実績のある新日鉄住金（株）の製品で、敷均し後、散水し重機による転圧を行うことで、アスファルト舗装のように硬化するため長期的な耐久性が期待できる。

現在、森林林業再生プランに基づき路網整備を進めているが、路網密度の上昇により維持修繕費も比例するようなことがあってはならない。そのため、従来の砕石を用いた林道よりも維持修繕費の削減が可能で、森林施業も行いやすくなる鉄鋼スラグには大きな可能性がある。

(2) 鉄鋼スラグを導入した経緯

東日本大震災により砕石の供給不足が発生し、林道新設工事における上層路盤工の資材調達が危惧される状況となったため、砕石の代替えとなる新たな材料・工法を検討する必要があった。そのため、代替えとして砕石の供給不足地へ船便で大量に輸送が可能で、耐久性も期待できる『鉄鋼スラグ』を用いることとした。

2. 研究方法

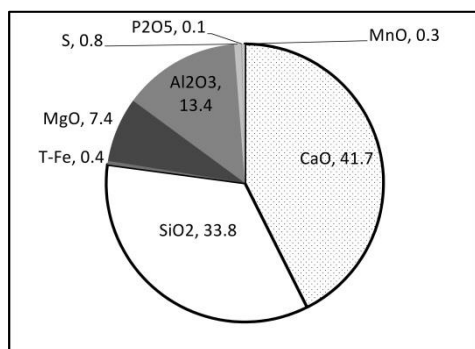
実際に施工した事例や各業者への聞き取り、その後の経過観察を基に鉄鋼スラグの特徴や課題を取りまとめた。また施工後に路面の Ph を測定し、環境性の評価を行った。

(1) 鉄鋼スラグとは

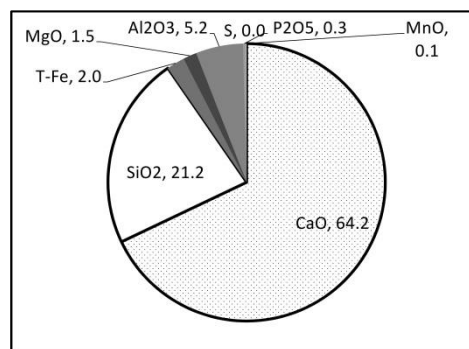
『鉄鋼スラグ』は鉄鉱石、石灰石、コークスを用いた鉄鋼製造に伴い生成されるもので、鉄鉱石の鉄以外の成分と、石灰石、コークスが分離した副産物である。

鉄鋼スラグの構成は石灰『CaO』とシリカ『SiO₂』が主成分で配合の大半を占めており、セメントの構成と似ているため、水と反応して固まる『潜在水硬性』を有することが分かる。

【構成成分比較】



鉄鋼スラグ



セメント

今回使用した『カタマ SP』は、通常的路盤材として使用される鉄鋼スラグに高炉セメントの原料である高炉水砕スラグを混合し、より強い硬化が期待できる製品である。

また、鉄鋼スラグの使用に際し国有林においては水源林が多いため環境に対し問題があつてはならないが、今回使用した『カタマ SP』は環境問題をクリアしている。出荷時に行った有害物質の測定試験の結果、六価クロム等の有害物質は全て土壤汚染対策法の基準値内に収まっていたほか、施工後に路面表層の Ph を測定した結果、施工直後はアルカリ数値が高いが、施工 7 日後には中性化していたため、環境に対して問題がないことが確認された。

【表層 Ph 測定結果】

	測定地点						平均
	280-L	280-R	650-L	650-R	1150-L	1150-R	
施工0日後	10月29日 12.5	10月29日 12.0	10月23日 12.0	10月23日 11.5	10月18日 13.0	10月18日 13.0	12.3
施工1日後	10月30日 9.0	10月30日 9.0	10月24日 7.0	10月24日 7.0	10月19日 9.0	10月19日 9.5	8.4
施工7日後	11月6日 7.0	11月6日 7.0	10月31日 7.0	10月31日 7.5	10月25日 7.5	10月25日 8.0	7.3

Ph : 0(酸性)~14(アルカリ性)

(2) 砕石と鉄鋼スラグの比較

① 走行性

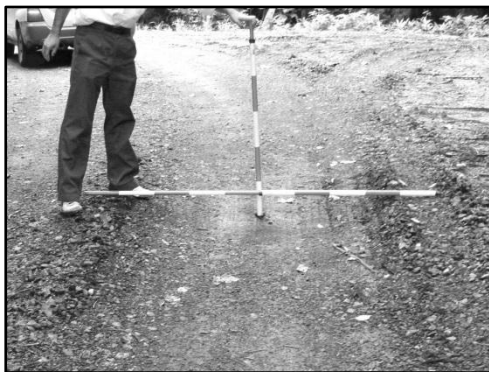
新設の林道で砕石による路盤工を施工した場合、転圧しても数十年利用した林道に比べると砕石が締固まっておらず走行に注意する必要があるほか、法面からの湧水等、水の影響を受けやすい。しかし、鉄鋼スラグで簡易舗装した路面は凹凸が少なく快適に走行できるほか、水の影響を受けにくく車両への負担も少ない。

② 耐久性

鉄鋼スラグは水による路面洗掘に強く、車両走行による轍が発生しにくい。

平成 25 年度に新設した西の又第二林道では実験的に砕石区間と鉄鋼スラグ区間を設け、翌年度にこの林業専用道を使用し 550m³ (10m³ 積のトラック 55 台) 運材したところ、鉄鋼スラグ区間ではアスファルト舗装のように硬化しており、砕石区間のような轍は発生していなかった。

【施工 2 年後比較】



砕石区間



鉄鋼スラグ区間

③ 経済性

鉄鋼スラグは施工時こそ若干割高となるが、維持修繕を含めた長期的なトータルコストは安価となる。

施工時が若干割高であることについては、鉄鋼スラグの施工単価が m あたり 2,617 円で砕石の 2,585 円と比較すると約 30 円 (1.2%) 高い結果から確認できる。

鉄鋼スラグの m³ 当たり単価は商社から見積を取ったもので、搬入した港から 40km 以内の

現場で使用する場合の単価となる。また、碎石の m3 当たり単価は見積りに運搬費を加算したものである。

【単価比較】

上層路盤		敷厚15Cm				m3当たり					
購入	RC-40 20.0km運搬	1.27	m3	3410	4331	鉄鋼スラグ	敷厚15Cm	m3当たり			
敷均し、転圧	モーダクレーダ、ロードローラ、タイヤローラ	1	m3	1140	1140	購入	鉄鋼スラグ	1.27	m3	3000	3810
計					5471	敷均し、転圧	モーダクレーダ、ロードローラ、タイヤローラ	1	m3	1140	1140
m当たり					2585	箱堀	BH0.45級による床掘	1	m3	865	865
						計					5815
						m当たり					2617

従来の碎石を使用した林道の m 当たりの維持修繕費用は、平成 25 年度の米代西部森林管理署管内の維持修繕費用合計 2,300 万円を、維持修繕を行った路線延長 250km で割り返すことで算出し、その結果、年間の補修には m 当たり 92 円の維持修繕費を要している。

【維持修繕費用】

米代西部署チャーター延長(68路線)	250,425	m
チャーター(実行金額)	16,317,000	円
碎石購入	6,607,000	円
補修費用合計	22,924,000	円
m当たり維持修繕費用	92	円

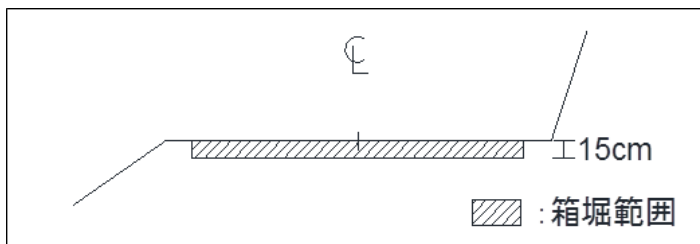
このことから、鉄鋼スラグにした路線は従来の碎石を使用した林道の維持修繕費用『m 当たり 92 円』を要しないため、鉄鋼スラグと碎石の施工時のコスト差『30 円』は、1 年も経過すれば元は取れ、頻繁に維持修繕を要する碎石と比較するとトータルコストは安価になる結果となった。

④施工性

東北森林管理局の上層路盤の施工方法は路床に上置きであるため、作業工程は材料運搬→敷均し→転圧だが、鉄鋼スラグの場合、箱堀→材料運搬→敷均し→散水・転圧の作業が必要となる。

箱堀は路床の完成後に鉄鋼スラグの敷厚 15cm 分を掘削するもので、その中に鉄鋼スラグを敷くことにより、路床に上置きと比べ路盤の際まで丁寧に転圧が可能となる。

【箱堀イメージ図】

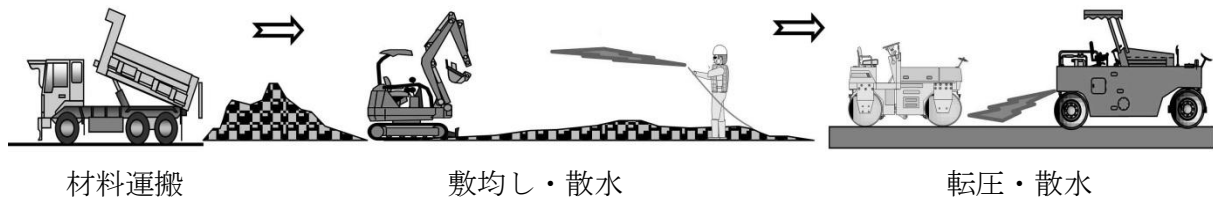


箱堀は先に全区間行ってしまうと、その上を走行する重機のキャタピラで路床が泥濘化し、鉄鋼スラグの食い込みが大きくなるほか、仕上がりに影響が出る問題が発生する。そのため、鉄鋼スラグを敷く都度約 100m ごとに箱堀を行うことが望ましい。

散水は敷均し前ではなく、敷均し、転圧中に状況を見ながら行うことで含水率の調整が可能となるため、施工管理がしやすくなるほか良い品質のものに仕上がる。

施工時間に関しては、材料運搬・敷均し・散水・転圧作業は一日約 100m の施工ができるが、箱堀を行う分鉄鋼スラグは碎石に比べ時間がかかる。

【施工フロー図】



⑤工程管理

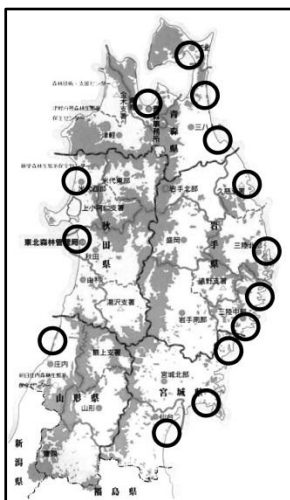
鉄鋼スラグは出荷から1ヶ月以内に使用しなければならないことや天候不順を予測しなければならないこと、材料納入についても船便のため使用予定の3週間ほど前に余裕を持って注文する必要があることなど、工程管理には細心の注意が求められる。

⑥施工箇所

製鉄所で生成された鉄鋼スラグは使用予定近辺の港まで船便で運搬される。その性質上、荷卸した港から施工箇所までの距離が離れるほど運搬費がかかり、港から遠くなるほど採用しづらくなる面がある。

東北森林管理局管内では計14の港に鉄鋼スラグを搬入ができる。

【搬入可能な港位置図】



- ア：青森県
青森港、大湊港、むつ小川原港、八戸港
- イ：岩手県
久慈港、宮古港、釜石港、大船渡港
- ウ：宮城県
気仙沼港、石巻港、仙台港
- エ：秋田県
能代港、秋田港
- オ：山形県
酒田港

(3) 今後の課題

①木製路面排水工の流末処理

鉄鋼スラグで簡易舗装された路面は雨水が透水せず、そのまま路面水となって流下するため路面排水工に集水し過ぎ、排水時に地山が洗掘される事例があった。そのため路面排水工流末には排水先が地山であっても洗掘防止の処理を考える必要がある。

対応策として植生土のうや植生マットを使用した水路工で路面水を排水することにより地山の洗掘を抑えられるのではないかと考えている。

②急勾配でのスリップ

急勾配で崩土が被さった箇所ではタイヤが空転するため、チェーンを巻き走行していたという事例がある。そのため縦断勾配や切土法長を考えた路線選定を考える必要がある。

メーカー基準では転圧機械による施工が難しくなることから限界は10%とされているため、10%を超える場所については従来通りコンクリート路面工と組み合わせて対応していきたいと考えている。

③補修方法

鉄鋼スラグは船便 1 便での満船契約、数量は 1000m³ 前後の固定数量での契約となるため少量の補修はできない。そのため、壊れた箇所に対しては鉄鋼スラグ以外のもので補修を行う必要がある。

対応として、部分的なクラックやへこみ等の小規模な損壊であればモルタルによる補修が考えられているが、路床の崩壊に伴う数十 m の損壊等の大規模な場合はまだ補修方法が考えられていない。

3. 考察

鉄鋼スラグ施工後の路面はアスファルト舗装のように硬化し、雨水による洗掘もあまり見られず、走行性、耐久性ともに優れていた。

また、碎石による従来の上層路盤工のような補修が殆ど必要なく、維持修繕費が抑えられ経済性も優位であった。

東北森林管理局として今後は鉄鋼スラグを用いた工事のデータを蓄積し、各課題の改善策について検討しつつ、これからも検証をかねて、鉄鋼スラグの使用に見合う現場があれば採用していきたい。

【参考資料】

2012.9 新日鐵住金『NS スラッガーズ』p3 鉄鋼スラグ構成成分

新日鐵住金「鉄鋼スラグ『カタマ SP』施工要領書」施工フロー図

NETIS 新技術情報提供システム『固まる簡易舗装材カタマ SP』

http://www.netis.mlit.go.jp/NetisRev/Search/NtDetail1.asp?REG_NO=QS-130016&TabType=2&nt=nt (2015.1 アクセス)

下刈の効果に関するこれまでの研究成果のまとめ

秋田森林管理署 湯沢支署 業務グループ○高橋 宏瑛
地域技術官 土肥 和貴

1. 背景

近年、日本の森林資源は戦後の拡大造林箇所が本格的な利用期を迎えてきているため（林野庁, 2014）、伐採後の再生林が増加していくことと想定され、下刈などの初期保育作業も必然的に増加していくと考えられる。このような想定の中、保育作業の現況は木材価格の下落によって木材の販売収益に対し、育林経費の方が高いという状態が続いている。

例えば、過去の研究成果や統計結果から、50年生までのスギ人工林にかかる経費は平成20年度には約231万円/haとなっているが、このうち約7割に当たる約156万円/haが植栽から10年間で必要とされ（林野庁, 2014）、その中でも下刈にかかる経費が4割弱と最も大きな割合を占めている（山田, 1999）。これは東北においても同様の傾向であり、小谷と松本（2013）が山形県の国有林において調査した結果においても、植栽から10年間で育林経費の約4割強を下刈が占めていることがわかっている。このように、下刈は初期育林経費で最も高い割合を占めているため、下刈回数の低減などによる下刈費用の低減化は、育林経費の削減と林業の採算性向上のために重要である。

このような背景から、東北森林管理局では森林林業の低コスト化実現のため、これまでの造林方針書の「保育作業実行年次の標準表」によって下刈回数を画一的に取り扱うのではなく、植栽木の生育状況や生育箇所毎に下刈の必要性を判断するという方針として、新たに「下刈実施の判断目安」を示した。この方針に基づき、平成28年度より国有林内で植栽木の樹冠高を基準にして下刈実施の判断を行っていく予定である。

「下刈実施の判断目安」では、図 1A のように、植栽木の樹冠高が雑草木の高さを上回る場合は、下刈の対象としない。図 1B のように、植栽木の樹冠高が雑草木の高さとほぼ同じ場合は、

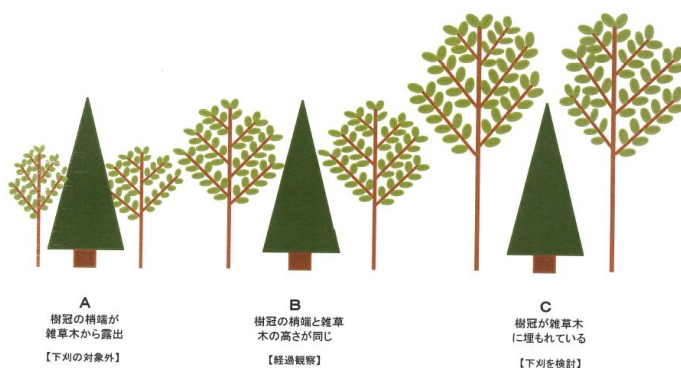


図 1 東北森林管理局における「下刈り実施の判断目安」

経過観察することとし、当年度の下刈を省略する。図 1C のように、植栽木の樹冠高が雑草木の高さに満たない場合は、下刈の対象とするが、高さの軽微なもの、シカ害が予想されるもの、落葉性の雑草木が大半を占めるものは省略を検討するというもので、それぞれの現場に応じて判断することとなり、これまでの画一性が排除されることで下刈省略による育林経費の削減が期待される。

しかし、下刈省略の実施は各森林管理（支）署で初めての取り組みであり、東北において実践されているという具体例も少ない。そのため、下刈省略を実施する前に、下刈省略に関する種々

の文献を整理し、実施する際の注意点などを把握することが重要であると考えられる。

そこで本発表では、雑草木の被圧や下刈省略に関する文献の知見をレビューし、①雑草木の被圧が植栽木に与える影響、②下刈と樹高との関係に着目し、省略を実施する際の留意すべき点を検証することを目的とする。

2. 方法

Google scholar や J-STAGE などの文献検索サイトを用いて、下刈、下刈省略、スギ、針葉樹、weed control 等のキーワードで国内外問わず文献を検索した。検索した文献の結果や考察を精読し、関連する文献をレビューした。

なお、今回レビューした文献は裸苗を春植えしたもの、年一回の下刈実施をしたものであったが、①コンテナ苗で実験設定している下刈省略研究が少なかったこと、②コンテナ苗への過渡期のいま、民有林での植栽も含め裸苗もまだまだ需要があると考えられるという理由から、裸苗で検証している文献をレビューすることにした。

3. 結果および考察

(1) 雑草木の被圧が植栽木に与える影響について

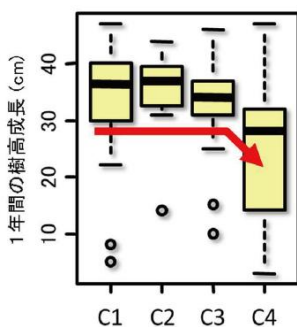


図 2 山川ら (2012) 競合状態と樹高成長の関係

平田ら (2012) の実験手法から、植栽木が雑草木より受ける被圧は主に次の二つに分けることができる。

一つ目は、縦の被圧（上方被圧）であり、植栽木の先端部が雑草木と接触している状態、あるいは植栽木の先端部が雑草木に覆われている状態を指す。二つ目は、横の被圧（側方被圧）であり、植栽木の側枝や樹冠が雑草木と接触している状態である。

東北森林管理局の「下刈実施の判断目安」のもととなった山川ら (2012) の研究や北原ら (2013) の研究では、上方被圧による影響が示されている。どちらの研究もスギ

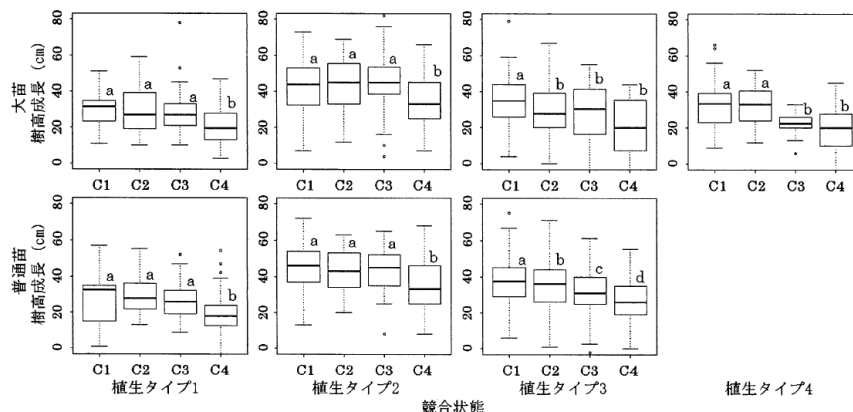


図 3 北原ら (2013)

競合状態と樹高成長の関係。アルファベットは多重比較の結果を表す ($p < 0.05$)

(*Cryptomeria japonica*) 植栽木を用いて、植栽木と雑草木の競合状態を、
 C1：植栽木の樹冠が雑草木群から半分以上露出している状態、
 C2：植栽木の樹冠の先端が雑草木群から露出している状態、
 C3：雑草木の樹冠の先端と雑草木群の高さが同程度である状

態、C4：植栽木が雑草木群に完全に覆われている状態の4つに分類している。競合状態ごとの樹高成長を比較したところ、C1～C3では樹高成長に大きな変化はみられなかったが、C4のように植栽木が完全に雑草木に覆われるようになると、植栽木の樹高は他の競合状態よりも小さくなるという傾向がみられた（図2、図3）。また、北原ら（2013）の研究の植生タイプ1は落葉高木種のタラノキが優占、植生タイプ2では落葉高木種のアカメガシワが優占、植生タイプ3では落葉低木種のナガバモミジイチゴ、クマイチゴ、ニガイチゴが優占、植生タイプ4ではホシダやイワヒメワラビなどのシダ植物が優占している。植生タイプ1の試験地のみ伐採後3年経過してからの植生であるため、他の植生タイプより樹高成長が小さくなったと指摘されている（図3）。一方、植生タイプ間で樹高成長に大きな差はないため、被圧が植栽木に与える影響は周辺植生の違いでは変化しない可能性があると考えられる。

平岡ら（2013）の研究では、競争係数（CI：Competition Index）のうちCI4（Miina and Pukkala 2000）を用いて、下刈無し区における木本植生による被圧の程度をモデル

$$CI_{(j)} = \sum_{k=1}^n \alpha_{jk}$$

$$\alpha_{jk} = \arctan((h_k - \beta \cdot H_j) / dis_{jk}) \quad (h_k \geq \beta \cdot H_j)$$

- j : スギ対象木
- k : j 以上の高さの木本
- H_j : j の樹高
- h_k : k の樹高
- dis_{jk} : j と k の距離
- β : H_j にかかる係数
- R : スギ対象木から半径 R 以内に存在する木本植物

ルによって推定計算した。左記の計算式モデルにおいて、対象木周囲の半径 R （m）を0.5、1.0、1.5m、 β を0.5、0.75、1.0に変化させ、値が最も低くなる場合のCIを算出した。モデルによる推定計算の結果、スギの樹高、および根元直径の両形質ともに、 $R=1.5$ 、 $\beta=0.75$ のときの

モデルが最良と判断された。この結果は、スギ植栽木の半径1.5m以内に生息し、スギ樹高の3/4以上の木本植物が植栽木の競争相手になることを意味するといえる。このことから、スギ樹高、根元直径の成長には植栽木の3/4程度の高さの雑草木による側方被圧の影響を受けると考えられる。

谷本（1983）は、雑草木とスギ樹冠との垂直的な位置関係を検証するため、雑草木群落高を植栽木の3/4、1/2、1/4の高さの3つの場合に分け、それぞれの場合における植栽木の生長割合の変化を調べた。生長割合とは、庇陰のない相対照度100%対照区で

群落モデル		3/4型		1/2型		1/4型		対照区	
項目		相対照度 (%)	生長割合 (%)	相対照度 (%)	生長割合 (%)	相対照度 (%)	生長割合 (%)	相対照度 (%)	生長割合 (%)
業 層 区 分	第1業層	100	100	100	100	100	100	100	100
	第2業層	100	100	100	100	100	100	100	100
	第3業層	17	51	58	100	100	100	100	100
	第4業層	4	0	9	35	51	100	100	100
生長割合計(%)			251		335		400		400
全光下に対する割合(%)			62.8		84.0		100		100

表1 谷本（1983）一部改変

全光条件下のスギの地上部個体重に対する雑草木群落モデル内でのスギの生長割合

2年間生育させたスギ植栽木の地上部個体重を100%とし、対照区の地上部個体重に対する3/4、1/2、1/4の各試験区における植栽木の地上部個体重の割合とした。生長割合は、雑草木群落高がスギ植栽木の樹冠を1/4、1/2の高さまで覆った場合、それぞれ100%、84%と被圧による影響はあまり見受けられなかった（表1）。一方、樹冠が3/4の高さまで覆われると割合は62.8%と著しく低下し（表1）、平岡ら（2013）の研究結果のように、植栽木の3/4程度の高さの雑草木による側方被圧によって植栽木の成長に影響が発生することを示した。

平田ら（2012）の研究では、側方被圧の方位数がヒノキ植栽木に与える影響を検証

している。植栽後4年目における下刈無し区の植栽木の樹高、胸高直径は側方被圧方位数にかかわらず、下刈有り区と有意な差はなかった(図4)。一方、樹冠投影面積は側方被圧方位数が増えるにつれて小さくなる傾向がみられ、4方位から被圧を受けた場合には下刈有り区よりも有意に小さくなった(図4)。

以上の結果から、植栽木の先端が雑草木に覆われることで上方被圧を受けると、樹高成長が小さくなるということが示され、上方被圧は樹高成長に直接的に影響を及ぼすことがわかった。一方では、側方被圧は樹高、根元直径、地上部個体重、樹冠投影面積などのパラメーターに影響を与える可能性が示された。樹冠投影面積について丹下ら(1993)

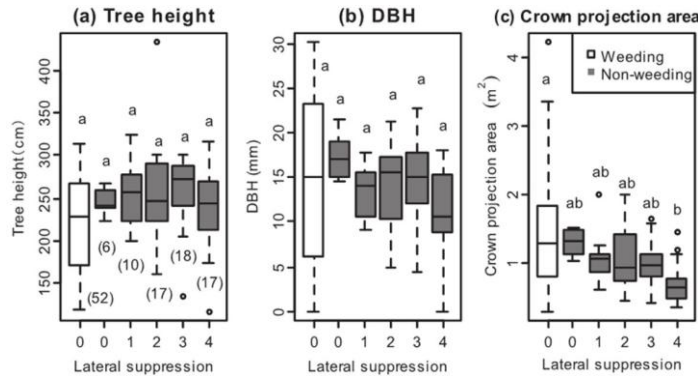


図4 平田ら(2012)

下刈有り区および下刈無し区における、側方被圧方位数別の樹高(a)、胸高直径(b)、樹冠投影面積(c)の比較。アルファベットは多重比較の結果を表す($p < 0.05$)

は、樹冠の露出が小さくなるにつれ、スギおよびヒノキ植栽木の根元直径や樹高が小さくなる指摘している。樹冠露出の減少は植栽木の受光量を減少させ、植栽木の光合成生産の減少による植栽木の

成長低下が引き起こされたと考えられる。また、広葉樹の結果ではあるが、Huang et al., (2008) や Eyles et al., (2012) は、下刈有り区と下刈無し区を比較すると、下刈無し区の植栽木は光合成速度が低下したと報告しており、雑草木の被圧によって植栽木の光合成特性が低下する可能性があると考えられる。

これらのことから、植栽木の樹高成長に直接的に影響を与える上方被圧に注意する以外にも、樹冠露出等の減少による光合成生産量の減少を通じて植栽木成長に影響を与え得る側方被圧についても考慮する必要がある、特に植栽木の3/4の高さに雑草木群落高が近付いてきた時には注意して観察をおこなっていくことが重要である。

(2) 下刈と樹高との関係について

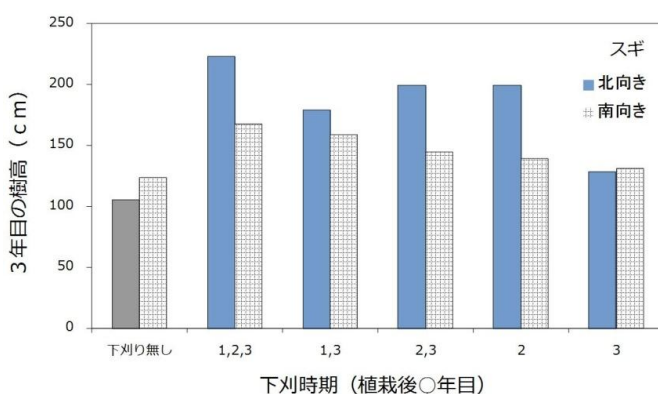


図5 金城ら(2011) 一部改変
下刈時期の違いによるスギ植栽木の樹高成長。

前述のように、雑草木による被圧の影響により植栽木の樹高成長や生長割合が小さくなることがわかったが、被圧による影響は植栽木の樹高が高くなるにつれて小さくなると思われる。このことから、下刈によって植栽木の樹高成長を効率良く促進することは、雑草木による被圧の影響を小さくするうえで重要であると考えられるため、次に下刈と樹高の関係性について着目をした。

下刈時期を変えることや下刈省略により植栽木の樹高成長がどのように変化するかを具体的に検証した論文は日本国内ではほとんどなく（金城ら, 2011）、海外でもあまり例はない（Hoepting et al., 2011）。数少ない研究の中で、金城ら（2011）はスギ植栽木を用いて下刈実施パターンを6種類に分類し、植栽木の3年目における樹高を比較した。下刈実施パターンの中でも、植栽後2年目に実施した場合の樹高は斜面北向き試験区で199 cm、斜面南向き試験区で139 cm、植栽後3年目に実施した場合の樹高は斜面北向き試験区で128 cm、斜面南向き試験区で131 cmであった（図5）。どちら

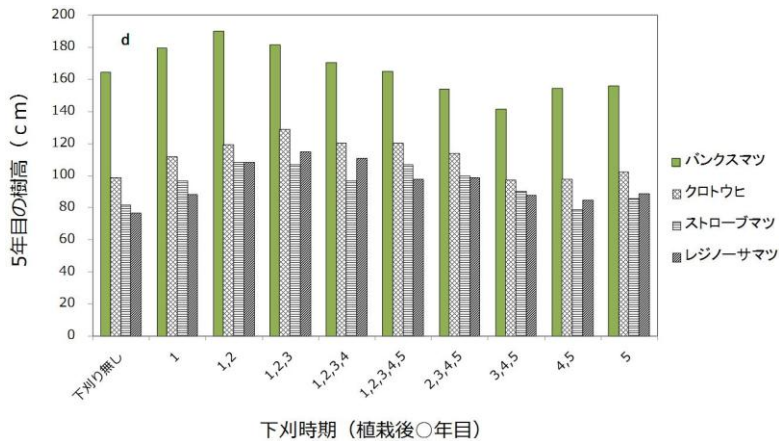


図6 Wagner et al., (1999) 一部改変
下刈時期の違いによるバンクスマツ、レジノーサマツ、ストローブマツ、クロトウヒ植栽木の樹高成長。

た。植栽後1, 2, 3年目に下刈した場合と、植栽後3, 4, 5年目に下刈した場合を比較すると、バンクスマツ (*Pinus banksiana* Lamb.) では、それぞれ181.4 cm、141.7 cmであった（図6）。どちらの場合も5年間で3回の下刈であるが、植栽後1, 2, 3年目に下刈を行った場合の方が、樹高が高くなる傾向がみられた。同様に、クロトウヒ (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.) ではそれぞれ129.2 cm、97.6 cm、

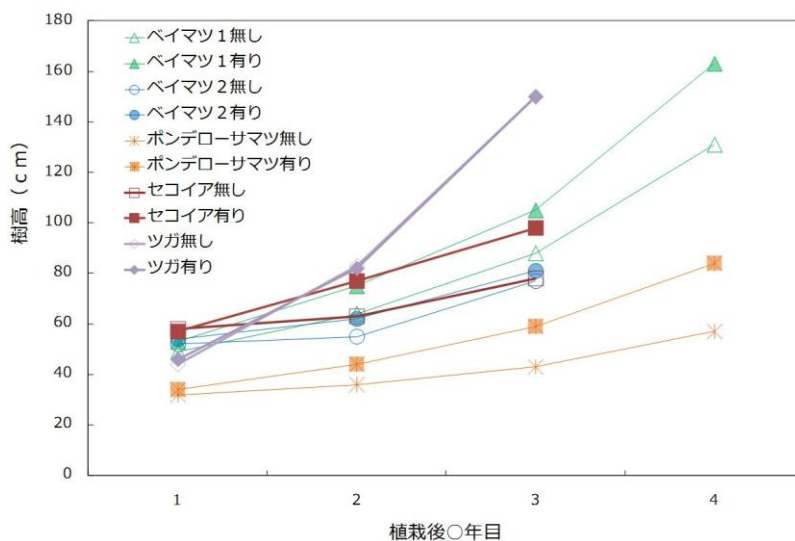


図7 Rose et al., (2002) 一部改変
下刈無し区と下刈有り区における植栽木の樹高成長の違い。

らの場合も3年間で1回の下刈であるが、植栽後2年目に下刈を行った場合の方が、樹高が高くなる傾向がみられた。また、スギを扱った文献を見つけることができなかつたため、同じ針葉樹であるマツ科のデータを参考として同様に比較した。Wagner et al., (1999) は、下刈実施パターンを10種類に分類し、植栽木の5年目における樹高を比較し

た。植栽後1, 2, 3年目に下刈した場合と、植栽後3, 4, 5年目に下刈した場合を比較すると、バンクスマツ (*Pinus banksiana* Lamb.) では、それぞれ181.4 cm、141.7 cmであった（図6）。どちらの場合も5年間で3回の下刈であるが、植栽後1, 2, 3年目に下刈を行った場合の方が、樹高が高くなる傾向がみられた。同様に、クロトウヒ (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.) ではそれぞれ129.2 cm、97.6 cm、ストローブマツ (*Pinus strobes* L.) ではそれぞれ107.0 cm、90.1 cm、レジノーサマツ (*Pinus resinosa* Ait.) ではそれぞれ114.9 cm、87.7 cmであった（図6）。

これらスギやマツ科植栽木のデータから植栽後最初期に下刈を行った場合の方が、下刈による樹高成長の効果が高くなる傾向があることが示唆された。

次に、植栽後最初期の下刈有無の違いによる樹

高成長を比較した。Rose and Ketchum (2002) の針葉樹各樹種の樹高データをみると、ツガ (*Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg.) 以外の、ベイマツ (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco)、ポンデローサマツ (*Pinus ponderosa* Dougl. ex P. Laws. & C. Laws.)、セコイア (*Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl.) においては、植栽後 1 年目の下刈の有無では樹高成長に差はなかったが、植栽後 2 年目になると下刈無し

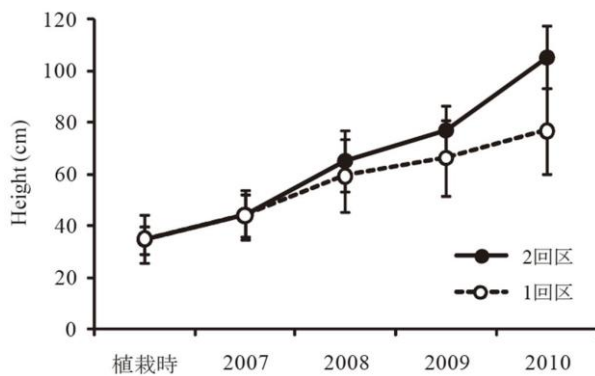


図 8 山川ら (2011)
下刈 1 回区と下刈 2 回区におけるスギ植栽木の樹高成長。

の場合よりも下刈有りの場合の方が、樹高が高くなる傾向がみられた (図 7)。同様の傾向は重永ら (2012) のスギを用いた場合でもみられ、下刈無し区、下刈有り区の樹高は、植栽後 1 年目でそれぞれ 34.4 cm、35.4 cm、植栽後 2 年目でそれぞれ 54.2 cm、73.1 cm であった。

また、山川ら (2011) の研究ではスギを用いて樹高成長を比較している。1 回区での下刈は植栽年の 2007 年の 1 回のみで、2 回区での下刈は植栽年の 2007 年、植栽後 2 年目 2008 年の 2 回である。1 回区、2 回区をそれぞれ比較すると、植

栽後 2 年目の 2008 年では 2 回区の方が樹高が高くなり、2009 年以降も 2 回区の方が樹高成長が大きいという傾向がみられた (図 8)。

これらの結果から、植栽後 2 年目の下刈は植栽後 2 年目以降の樹高成長にも影響を与えている可能性があるということが示唆された。

4. まとめ

本発表では雑草木の被圧が植栽木に与える影響と、下刈と樹高の関係に着目した文献をレビューした。

雑草木が植栽木の樹冠を被覆すると植栽木の樹高成長に直接的に影響を与えることと、植栽木の 3/4 の高さの雑草木は樹高や樹高以外のパラメーターにも影響を与えることがわかった。下刈と樹高の関係については、植栽後最初期の下刈や植栽後 2 年目の下刈の重要性などが確認された。

今後は、植栽木の 3/4 の高さの雑草木群落高に注意をしつつ、さらに植栽木の成長に重要な時期と周辺植生の状況を総合的に勘案しながら下刈実施及び下刈省略を判断することが重要であると考えられる。

5. 引用文献

- 1) 北原 文章・渡辺 直史・光田 靖・山川 博美・酒井 敦・垂水 亜紀 (2013). スギ植栽木の成長と下刈り対象木の競合状態との関係. 森林応用研究 22: 1-6.
- 2) 金城 智之・寺岡 行雄・芦原 誠一・竹内 郁雄・井倉 洋二 (2011). 下刈り実施パターンの違いが植栽木に及ぼす影響. 九州森林研究 64: 56-59.
- 3) 小谷 英司・松本 和馬 (2013). 低コスト再生林の技術と東北の課題. 平成 24 年

度 森林・林業技術交流発表会 特別発表.

- 4) 重永 英年・野宮 治人・荒木 眞岳・山川 博美 (2012). ススキに被圧されたスギ植栽木の初期成長. 森林総合研究所九州支所年報 24
- 5) 森林総合研究所 (2013). 低コスト再造林の実用化に向けた研究成果集.
- 6) 谷本 丈夫 (1983). 造林地における下刈、除伐、つる切りに関する基礎的研究 (第2報) スギ幼齢木の生長と雑草木との相互関係の解析とその応用. 林業試験場研究報告 324: 55-79.
- 7) 丹下 健・鈴木 祐紀・八木 久義・佐々木 恵彦・南方 康 (1993). 雑草木の刈り払い方法が植栽木の成長に与える影響. 林学会誌 75 (5): 416-423.
- 8) 平岡 裕一郎・重永 英年・山川 博美・岡村 政則・千吉良 治・藤澤 義武 (2013). 下刈り省略とその後の除伐がスギ挿し木クローンの成長に及ぼす影響. 日本林学会誌 95: 305-311.
- 9) 平田 令子・伊藤 哲・山川 博美・重永 英年・高木 正博 (2012). 造林後5年間の下刈り省略がヒノキ苗の成長に与える影響. 日本林学会誌 94: 135-141.
- 10) 山川 博美・重永 英年・荒木 眞岳 (2011). 大分県日田市の下刈りが省略された林地における植栽木および雑草木の成長. 森林総合研究所九州支所年報 23
- 11) 山川 博美・重永 英年・荒木 眞岳・伊藤 哲 (2012). 下刈り省略林地における植栽木と雑草木の競合プロセスと成長. 第123回 日本森林学会大会
- 12) 山田 容三 (1999). 下刈り作業の現状について. 林業と薬剤 150: 12-18.
- 13) 林野庁 (2014). 平成26年度 森林・林業白書.
- 14) Eyles A., Worledge D., Sands P., Ottenschlaeger M. L., Paterson S. C., Mendham D. and O'Grady A. P. (2012). Ecophysiological responses of a young blue gum (*Eucalyptus globulus*) plantation to weed control. *Tree Physiology* 32: 1008-1020.
- 15) Hoepting M. K., Wagner R. G., McLaughlin J. and Pitt D. G. (2011). Timing and duration of herbaceous vegetation control in northern conifer plantations: 15th-year tree growth and soil nutrient effects. *The Forestry Chronicle* 87: 398-413.
- 16) Huang Z., Xu Z., Blumfield T. J. and Bubb K. (2008). Variations in relative stomatal and biochemical limitations to photosynthesis in a young blackbutt (*Eucalyptus pilularis*) plantation subjected to different weed control regimes. *Tree Physiology* 28: 997-1005.
- 17) Miina J. and Pukkala T. (2000). Using numerical optimization for specifying individual-tree competition models. *Forest Science* 46: 277-283.
- 18) Rose R. and Ketchum J. S. (2002). Interaction of vegetation control and fertilization on conifer species across the Pacific Northwest. *Canadian Journal of Forest Research* 32: 136-152.
- 19) Wagner R. G., Mohammed G. H. and Noland T. L. (1999). Critical period of interspecific competition for northern conifers associated with herbaceous vegetation. *Canadian Journal of Forest Research* 29: 890-897.

米代川流域における森林・林業活性化への取組

秋田県鹿角地域振興局農林部

森づくり推進課 主査 小笠原健太

1. 趣旨・目的

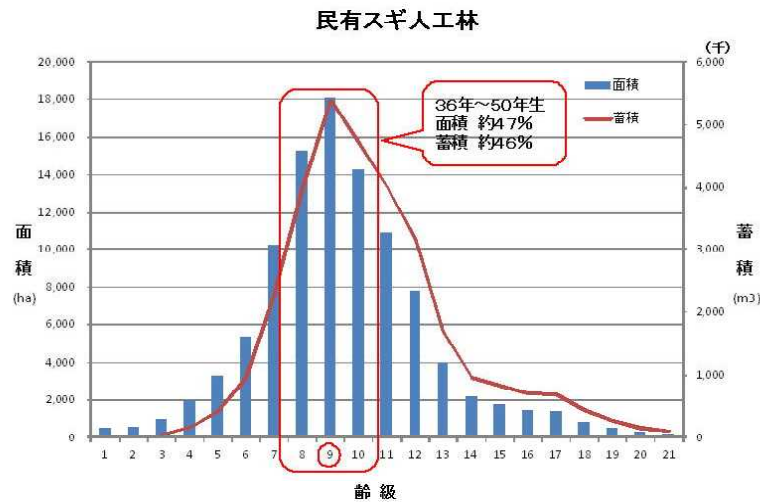
秋田県北部に位置する米代川流域は、県内3流域の1つで、これまで天然秋田スギの産地として本県経済の発展に寄与してきました。

天然秋田スギの資源量はほぼ枯渇してしまいましたが、現在も人工林によるスギ資源に支えられた流域となっています。

近年の木材生産に関する政策の転換や、森林の多面的機能の持続的発揮などへの関心が一層高まっているほか、県内他流域の大型製材工場や合板工場などの量産工場の台頭など、国産材を取り巻く社会環境は大きな変化を見せています。

このような中で、当流域の私有スギ人工林の齢級別資源構成のピークは9齢級となり利用可能な資源となっており、また今後、製材適材となる10齢級以上の林分が急速に増加することから、秋田スギ製品の産地体制強化を図り、素材の安定供給体制の確立を急ぐ必要があるため、国及び市町村や米代川流域林業活性化センターと連携して、米代川流域の森林・林業活性化に向けた条件整備に取り組んでいます。

米代川流域の森林資源構成



2. 取組の内容

(1) 米代川流域森林・林業活性化プロジェクト推進

当流域では、現在5年単位4期目の米代川流域森林・林業活性化プロジェクトにおいて、森林・林業活性化に向けた条件整備の目標を掲げており、川上から川下を一体としたスギ一般材加工供給基地づくり体制を整備して、プロジェクトを推進していくこととしております。

(2) 普及指導活動

- ・流域の各総会や協議会に出席して関係者との連携・調整
- ・説明会等において情報の共有
- ・研修会に参加して事業者等への人材育成
- ・各事業実施計画の作成支援

3. 取組の成果

(1) 川上分野

原木を安定的に供給する体制づくりのため

- ・民・国連携による集約化モデル団地内において林業専用道が完成
- ・高性能林業機械の導入推進



集約化モデル団地内林業専用道

(2) 川下分野

秋田スギ製品の生産拡大のための施設整備

- ・木材流通センターが移転整備
- ・チップ工場の開設
- ・製材工場の大型製材施設の増築、プレカット工場の増築



木材流通センター移転

(3) 木質バイオマス活用関連

利用促進に向けた整備

- ・民間工場によるチップボイラーの稼働
- ・森林組合による車両搭載型の移動式チップパー導入



民間工場チップボイラー稼働

4. 課題

(1) 低コスト素材生産システムによる生産量の増加

川上から川下においての施設の整備は整ってきましたが、次に低コスト素材生産システムによる生産量の増加が必要となります。

(2) 森林経営計画作成促進

生産量増加のためには、小規模で分散した森林を面的にまとめて集約化する、森林経営計画の作成促進が必要不可欠となります。

(3) 流域内各地域での作成率の較差

当流域は県内他流域に比べ計画作成率が低い傾向にあり、尚且つ流域内各地域においても作成率に較差があります。

5. 考察

(1) 今後取り組むべき内容

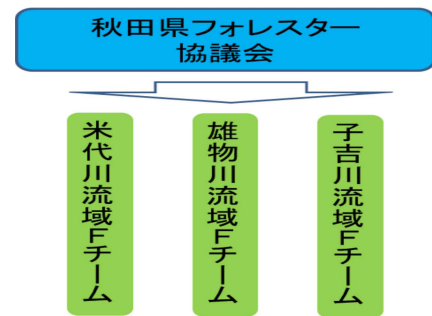
当県では、平成25年7月に秋田県フォレスター協議会を発足し、民有林と国有林が連携して情報交換等を強化していくため、県内3流域にフォレスターチームを編成することとしました。

① フォレスターチームによる流域一体となった活動

- ・ 指導、助言
- ・ 各種研修会での人材育成
- ・ 情報共有

② 森林経営計画作成促進

- ・ 流域内の更なる森林経営計画の作成促進
- ・ 流域内各地域の作成率較差平準化



(体系図)

(2) 理由

① 流域森林資源の活用

各普及指導員の個々の能力だけでは当然限界もあることから、流域一体となったチームとして活動を図ることにより、流域の資源を最大限に利用し、林業の活性化や持続的な森林経営及び生物多様性保全など、森林の持つ多面的機能の向上に繋がると思います。

② 牽引者の育成

チームによる活動を通じて、コミュニケーションの場を増やし、個々のスキルを向上させ、流域林業の将来を担う牽引者の育成に結びつき、森林経営計画の作成促進、延いては流域の森林・林業活性化に繋がると思います。

(3) 期待する成果

当流域の活性化が、川上から川下における林業活動の核となり、他の地域への普及拡大のきっかけになり、更には広域的・長期的な視点にたった地域の森づくりをゾーニングしていき、木材のサプライ・チェーンの構築を併せて展開することができ、外材需要を地域材に置き換えることへの第一歩に繋がると期待しています。

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。

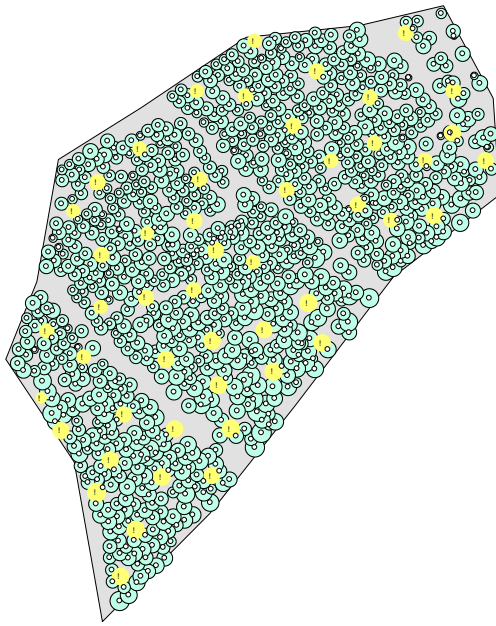


図-1 立木配置 (設定時)

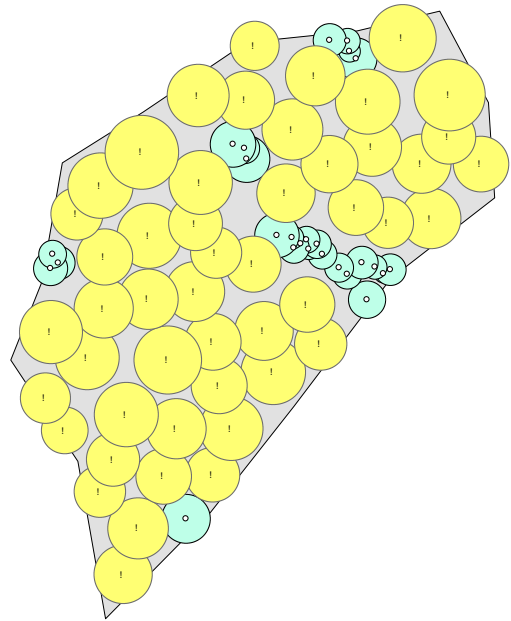


図-2 立木配置 (150年生)

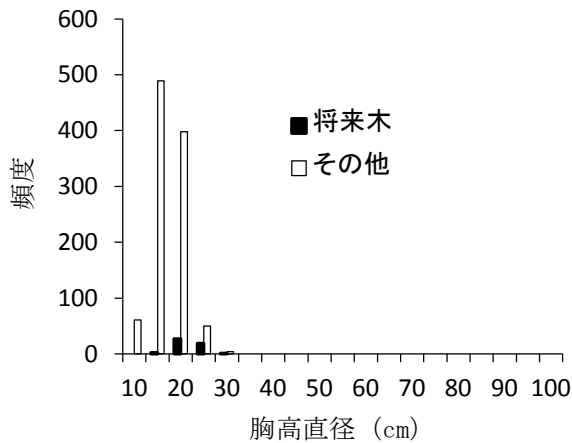


図-3 胸高直径階分布 (設定時)

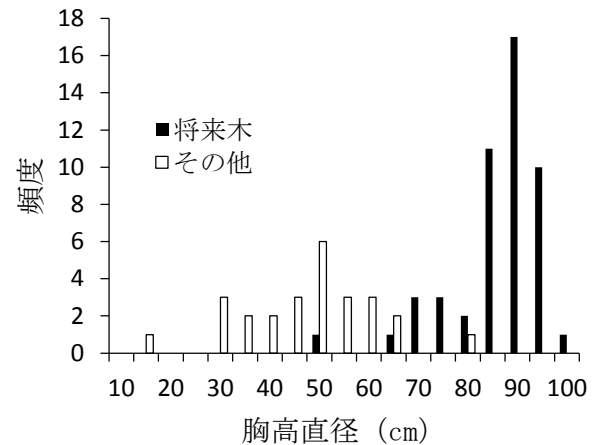


図-4 胸高直径階分布 (150年生)

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ド(短幹集材)とし、立木密度が低下した段階でスキッド(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。

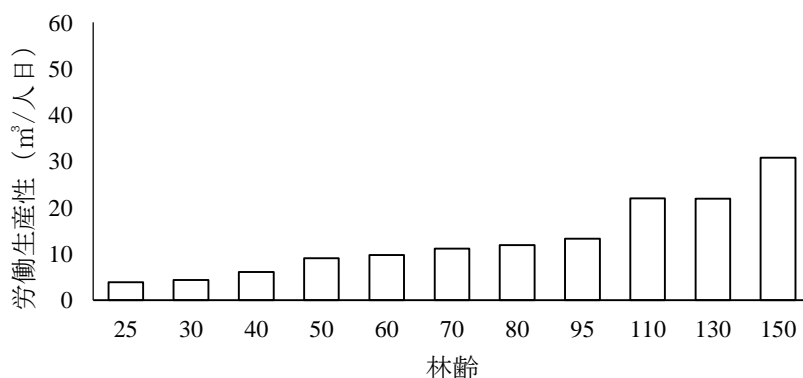


図-5 システム労働生産性 (将来木施業)

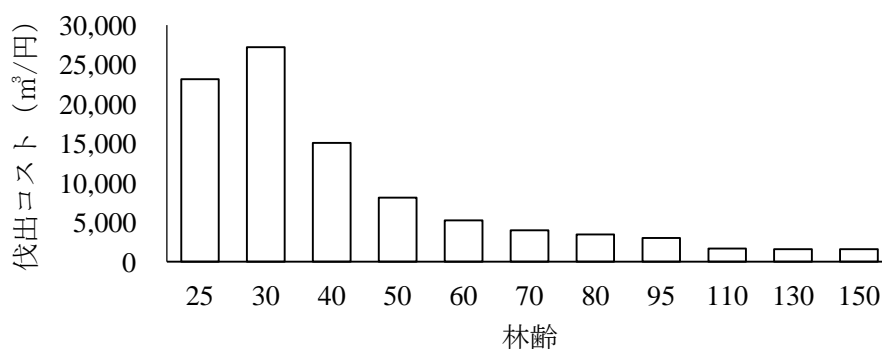


図-6 伐出コスト (将来木施業)

(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。

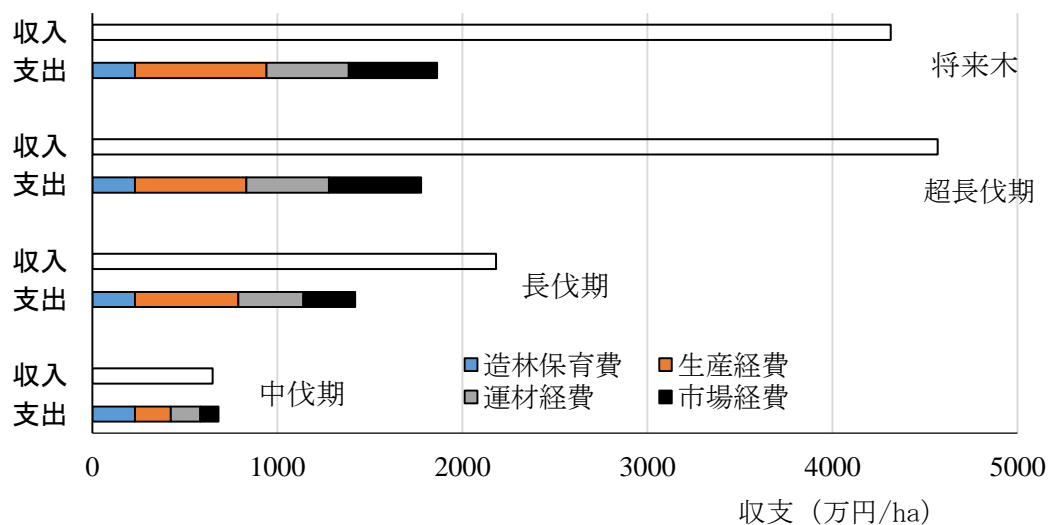


図-7 施業モデル別の経営収支

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.

多雪寒冷地におけるコンテナ苗の成長及び下刈省略効果について

岩手北部森林管理署 地域技術官 ○市原 良浩
業務グループ 谷地 真梨佳

1. はじめに

利用期を迎えた人工林の循環的利用を図るためには伐採後の再生林の低コスト化が必須であり、その手段として植栽時期を選ばず、かつ植栽作業効率が高いコンテナ苗の植栽や作業費用の削減につながる下刈の省略が施業へ本格的に導入されつつある。

しかしながら、当署のような多雪寒冷地においては、雪害や寒さの害（凍害、寒風害）など苗木への損傷が懸念されるものの、コンテナ苗の植栽や下刈省略の実証例が少ない現状にある。

そこで当署では、多雪寒冷地におけるコンテナ苗の成長特性や下刈省略の効果を検証するため、平成 23 年度より試験地を設定し、局の技術開発課題としてデータ収集を行っている。

本発表では、多雪寒冷地におけるコンテナ苗の成長及び下刈省略効果についてこれまでに得られた結果を報告するとともに、多雪寒冷地におけるコンテナ苗の植栽と下刈省略の施業への導入について検討した。

2. 試験地の概要

当署管内の岩手県八幡平市及び二戸市に所在する国有林に次の 4 試験地を設定し、コンテナ苗と普通苗の成長の比較と下刈省略効果の検証を行った。

(1) コンテナ苗と普通苗の成長の比較

- ・御山第一国有林 329 は 10 林小班
平成 23 年 5 月にコンテナ苗と普通苗を植栽。
- ・御月山国有林 444 は 1 林小班
平成 24 年 5 月と 11 月にコンテナ苗と普通苗を植栽

(2) 下刈省略効果の検証

- ・御山第一国有林 327 は 2 林小班
平成 25 年 6 月に普通苗を植栽。
- ・浄法寺第一国有林 201 は 1 林小班
平成 25 年 6 月にコンテナ苗を植栽。
各試験地に、スギとカラマツの下刈無作業区、1・3・5 年目下刈区、2・4 年目下刈区、毎年下刈区（各区 50 本）を設定している。

3. 調査方法

調査は毎年 7～8 月と 10～11 月の 2 回、各試験地に植栽したスギとカラマツの苗木の樹高、根元径、活着及び雪害等損傷状況について調査を行った。近年、スギコンテナ苗の初期成長について、植栽時の形状比（樹高/根元径）が 60 前後のずっしりとした苗ほどその後の成長がよいという報告（森林総合研究所 2015）があることから、本発表では

成長を樹高と形状比で評価した。

4. 調査結果

(1) コンテナ苗と普通苗の成長の比較

① 春植の成長

御山第一国有林（329 林班）と御月山国有林（444 林班）の試験地に 5 月に植栽した苗木について、スギではいずれの試験地でも植栽時のコンテナ苗の形状比が 60 程度のずっしりとした苗であり、平成 27 年度現在、普通苗に比べてコンテナ苗の樹高成長がよい結果であった（図 1）。一方、カラマツについては、植栽時の形状比がもともとスギより高く徒長傾向にあるが、植栽時のコンテナ苗の形状比がより低い御山第一国有林（329 林班）の試験地ではコンテナ苗と普通苗の樹高成長に差がなかったものの、形状比が高い御月山国有林（444 林班）の試験地では普通苗の樹高成長が良い結果であった（図 2）。

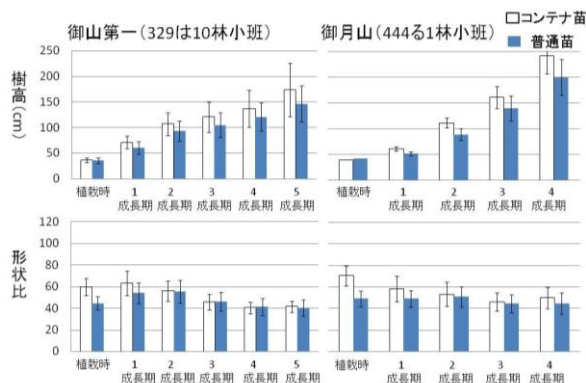


図 1 コンテナ苗と普通苗の成長
春植スギ

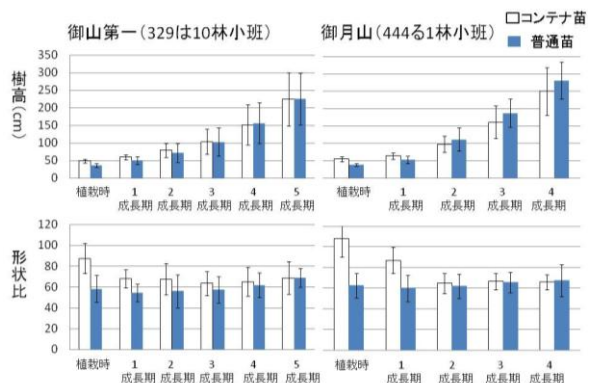


図 2 コンテナ苗と普通苗の成長
春植カラマツ

② 秋植の成長

御月山国有林（444 林班）の試験地に 11 月に植栽した苗木については、スギ・カラマツとも植栽時のコンテナ苗の形状比が高く徒長しており、普通苗の方が樹高成長がよい結果であった（図 3、図 4）。

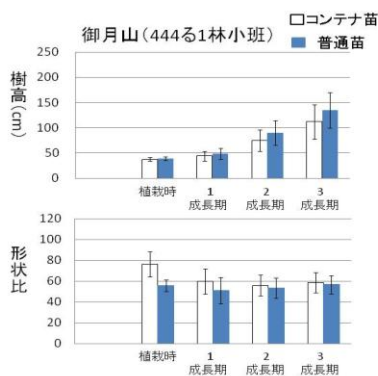


図 3 コンテナ苗と普通苗の成長
秋植スギ

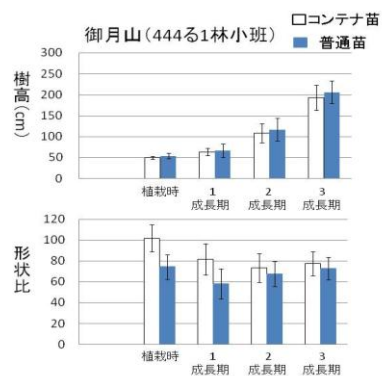


図 4 コンテナ苗と普通苗の成長
秋植カラマツ

③ 活着及び損傷状況

本発表で対象とした4試験地のスギ・カラマツの生存率と損傷率について樹種ごとにまとめた。なお、損傷率は、生存している個体のうち損傷がみられた苗の割合であり、下刈時の誤伐は除いている。

積雪時のコンテナ苗は、両樹種とも植栽初年は雪に埋もれ、倒れる現象が見られたが、掘り起こすと自然に起き上がり損傷はあまり見られなかった。

スギ(表1)について、活着率(1成長期の生存率)は秋植、春植問わず98%以上と高く、平成27年度現在、そのほとんどが生存している。損傷については、融雪後、一部の苗木に先枯・先折等が生じているものの、コンテナ苗と普通苗に差は見られなかった。

一方、カラマツ(表2)について、活着率は御山第一国有林(329林班)の試験地で植栽前後に雨が降らなかったことや尾根地形で乾燥ぎみであったことが影響したのか、コンテナ苗・普通苗問わず低くなったものの、その他の試験地のコンテナ苗は93%以上活着し、平成27年度現在、そのほとんどが生存している。

また、秋植ではコンテナ苗の活着率が100%なのに対して、普通苗の活着率は63%と特に低い結果となった。損傷については、スギ同様、コンテナ苗と普通苗に差はみられなかった。

表1 スギの生存率及び損傷率

試験地	植栽年	植栽時期	苗種	サンプル数(本)	生存率(損傷率)(%)				
					1成長期	2成長期	3成長期	4成長期	5成長期
御山第一(327)	H25	春	普通	50	100 (0)	100 (16)	100 (2)		
浄法寺第一(201)	H25	春	コンテナ	50	98 (0)	98 (6)	96 (0)		
御月山(444)	H24	春	普通	36	94 (0)	94 (9)	92 (6)	92 (0)	
			コンテナ	36	100 (0)	97 (0)	97 (6)	97 (0)	
		秋	普通	36	100 (11)	100 (0)	100 (3)		
			コンテナ	36	100 (11)	97 (6)	97 (0)		
御山第一(329)	H23	春	普通	72	100 (0)	100 (0)	100 (0)	100 (0)	100 (0)
			コンテナ	72	100 (0)	100 (0)	100 (0)	100 (0)	100 (0)

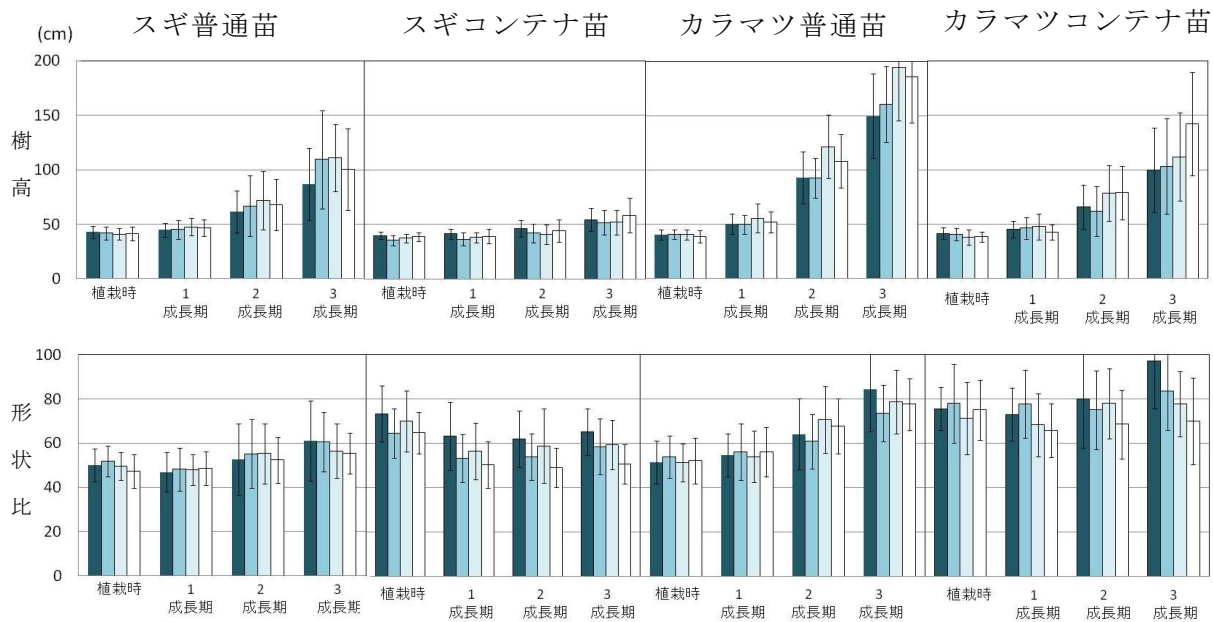
表2 カラマツの生存率及び損傷率

試験地	植栽年	植栽時期	苗種	サンプル数(本)	生存率(損傷率)(%)				
					1成長期	2成長期	3成長期	4成長期	5成長期
御山第一(327)	H25	春	普通	50	94 (2)	94 (0)	94 (0)		
浄法寺第一(201)	H25	春	コンテナ	50	94 (2)	94 (0)	90 (2)		
御月山(444)	H24	春	普通	30	93 (0)	93 (0)	93 (7)	93 (0)	
			コンテナ	30	93 (0)	90 (0)	90 (4)	90 (0)	
		秋	普通	30	63 (5)	60 (0)	57 (6)		
			コンテナ	30	100 (0)	100 (0)	97 (3)		
御山第一(329)	H23	春	普通	60	81 (0)	72 (0)	71 (0)	68 (0)	68 (0)
			コンテナ	72	76 (0)	71 (0)	69 (0)	69 (8)	68 (0)

(2) 下刈省略効果の検証

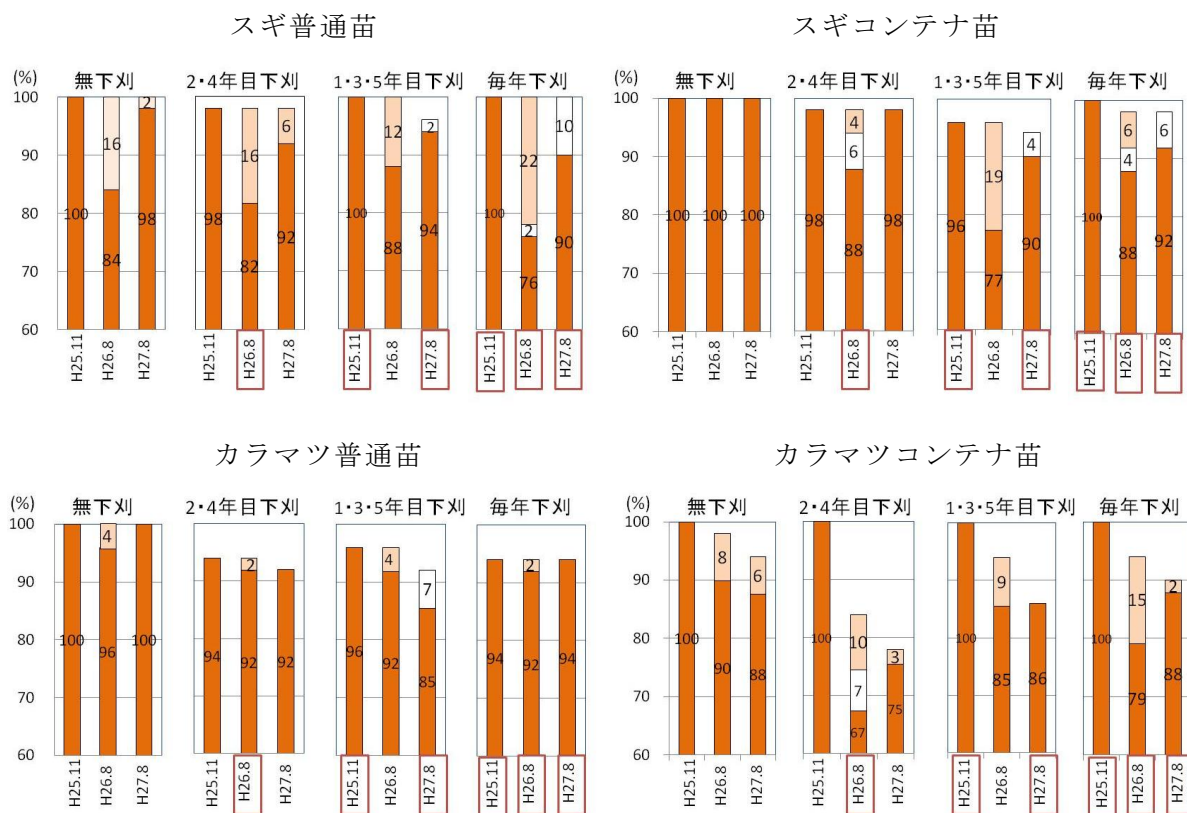
調査3年目までの各試験地における樹高成長、損傷状況はそれぞれ図5、図6のとおりである。ここでは、3成長期目の各試験地の成長について通常施業である毎年下刈区と比較してどのような傾向にあるのか検証するとともに、下刈を省略した翌年の下刈時に、植生が繁茂することによって誤伐や損傷が増加することが懸念されるため、下刈を省略した翌年の損傷状況についても検証した。そして、各苗種について毎年下刈区と比較して成長や損傷に差がない作業区を下刈を省略できる可能性のある作業区として位置づけた。

なお、下刈は平成27年度現在、2・4年目下刈区で1回、1・3・5年目下刈区で2回、毎年下刈区で3回実施し、下刈回数が少ないほど、植生が繁茂し、苗木が被圧される傾向がみられた。



凡例：■ 無下刈区 □ 2・4年目下刈区 □ 1・3・5年目下刈区 □ 毎年下刈区

図5 各作業区の樹高（上段）と形状比（下段）の推移



凡例：■ 健全 □ 損傷 □ 誤伐 棒 下刈実施年

図6 各作業区の誤伐・損傷状況

① スギ普通苗

樹高成長は、苗木が完全に被圧されていた無下刈区でその他の作業区より成長が劣っており、形状比は下刈を省略するほど高く徒長傾向であった。誤伐は下刈を省略した翌年に発生するものの、毎年下刈区で発生する範囲内であった。損傷は、一部の苗木に先枯や先折等が生じるものの毎年下刈区と隔年下刈区に差は見られなかった。

このことから、スギ普通苗は 2・4 年目下刈、1・3・5 年目下刈の隔年下刈に省略できる可能性がある。

② スギコンテナ苗

樹高成長は、植栽時の乾燥が影響したのかどの試験地でも低く試験地間の差はなかった。また、形状比は下刈を省略するほど高く徒長傾向であったが、隔年下刈区間で差はなかった。損傷・誤伐について、スギ普通苗同様、下刈を省略した翌年に増える傾向は見られなかった。

このことから、スギコンテナ苗も隔年下刈に省略できる可能性がある。

③ カラマツ普通苗

樹高成長は、無下刈区、2・4 年目下刈区で低く、1・3・5 年目下刈区と毎年下刈区間で差はなかった。形状比は、無下刈区で高く徒長傾向であるが、それ以外の作業区間で差はなかった。

このことについて、本試験地の植生は植生高約 50cm のササであり、その他の植生の侵入が抑えられていたため、初年度に下刈を実施し 1 成長期で苗木が周辺植生高を脱した 1・3・5 年目下刈区の成長が良好になったものと考えられる。

誤伐については、下刈省略により雑草木が増加したことや、カラマツはスギに比べ葉の色が薄く周辺の植生に同化しやすいことが影響したのか、1・3・5 年目下刈の 2 回目の下刈時に 7%発生していたものの、下刈を省略した翌年に損傷が増えることはなかった。

このことから、カラマツ普通苗は、下刈を省略した翌年の下刈時に誤伐に注意が必要であるが、1・3・5 年目下刈に省略できる可能性がある。

④ カラマツコンテナ苗

樹高成長は毎年下刈区と比較して、平成 27 年度現在、苗木が周辺植生高を脱していないその他の作業区は成長が劣っていた。形状比は下刈を省略するほど高く、徒長傾向であった。誤伐は 2・4 年目下刈区の下刈を省略した翌年に 7%発生しているものの、損傷は下刈を省略した翌年に増える傾向はみられなかった。ただし、カラマツコンテナ苗は下刈を省略すると樹高成長が劣ることから、現時点では下刈は省略できないものと考えられる。

5. まとめ

多雪寒冷地のコンテナ苗について、当初懸念された積雪や寒さによる影響は普通苗と比較して観察されず、施業への本格導入にも問題ないことが明らかになった。

スギでは、植栽時の形状比が 60 程度でずっしりとしていた春植コンテナ苗の樹高成長が良好で、植栽時期による活着の差はなかった。

一方、カラマツの樹高成長は、植栽時のコンテナ苗の形状比が高く徒長していたことが影響したのか、試験地により普通苗の成長がよい箇所もあり、明瞭な差は見られなかった。また、活着率は、秋植普通苗で低く、カラマツ普通苗の秋植は適さないことが確認できた。

下刈の省略について、調査 3 年目の結果から下刈をしないと周辺植生に被圧され、毎年下刈区と比べて樹高成長が劣り徒長する傾向がみられた。そんな中で、スギでは隔年下刈でも毎年下刈と樹高成長に差はなく省略できる可能性があること、カラマツでは普通苗で省略翌年に植生が繁茂することで誤伐に注意が必要となるが、1・3・5 年目下刈に省略できる可能性があることが明らかになった。

6. 多雪寒冷地における施業への導入について

コンテナ苗のうち、スギでは形状比 60 程度の苗を植栽した春植コンテナ苗の成長が良好であることから、形状比が 60 程度のずっしりとした苗を植栽すれば、スギコンテナ苗を下刈期間の短縮を目的とした春植へ導入が期待される。

カラマツについては、植栽時の形状比が影響したのか、コンテナ苗の初期成長が早いという特性はみられなかったが、秋植の活着率が高いことから、カラマツを秋植する際に導入が有効と考えられる。

また、両樹種ともコンテナ苗の植栽時期を問わない、植栽作業効率が高いという利点を生かして、コンテナ苗植栽を見越して地拵を簡略化した現場への導入や伐採から植付まで一貫して行う一貫作業システムへの導入が有効と考えられる。

下刈省略については、まだ調査 3 年目と調査中であることや、下刈省略の可否が試験地の植生状況に影響を受けることが考えられるため、今回の 1 試験地のみでは断言はできないが、下刈を隔年実施に省略できる可能性がある。当署では、引き続き調査を行うとともに、今後、植生の異なる試験地での研究やさらなる検証が必要と考える。

7. 参考文献

宇都木 玄、壁谷 大介ほか 「一貫作業システムへの切り札 コンテナ苗の植栽試験結果」、森林総合研究所 平成 27 年版 研究成果選集 (2015)

アカマツ資源の有効活用に向けた森林施業実施計画の編成作業

三陸北部森林管理署 森林官（宮古担当区） 新井潤子

1 はじめに

平成 27 年度、久慈・閉伊川森林計画区は次期計画の予備編成の年である。当署管内の沿岸部にはアカマツ人工林が多く、その一部が伐期に到達しつつある。しかし、現在アカマツは一般材としての需要が少ない。一方でアカマツ林から採取される松茸は地元住民の貴重な収入源である。また、当署管内では松枯れ被害は無いものの、岩手県内で広がりつつある。そこで、①実際の資源状況、②間伐の有無や遅れによる品質等への影響、③宮古担当区内の松枯れ被害のリスク、④アカマツ材の需要、⑤生産面での課題、⑥アカマツ林に対する地元住民の考え等の課題を整理し、アカマツ資源を有効活用するために今できるベストな計画を作成することを目的とした。

2 調査の方法と結果

(1) 成林状況調査

アカマツを更新種を含む人工林 335 小班について、衛星写真（GoogleEarth）から更新種の分布を判読し、国有林地理情報システムで面積を測定して面積割合を算出した。

その結果、更新面積に対する更新種の面積割合は図-1 のようになった。更新種が半分以上分布している小班は 213 小班で沿岸部に多く見られた。一方、更新種が半分以下になっている小班は 122 小班で全体の 4 割弱、内陸部のみでは小班数の 6 割以上となった。その特徴として、沢地形と東斜面で更新種が見られず、広葉樹の侵入木が分布している小班が多かった。

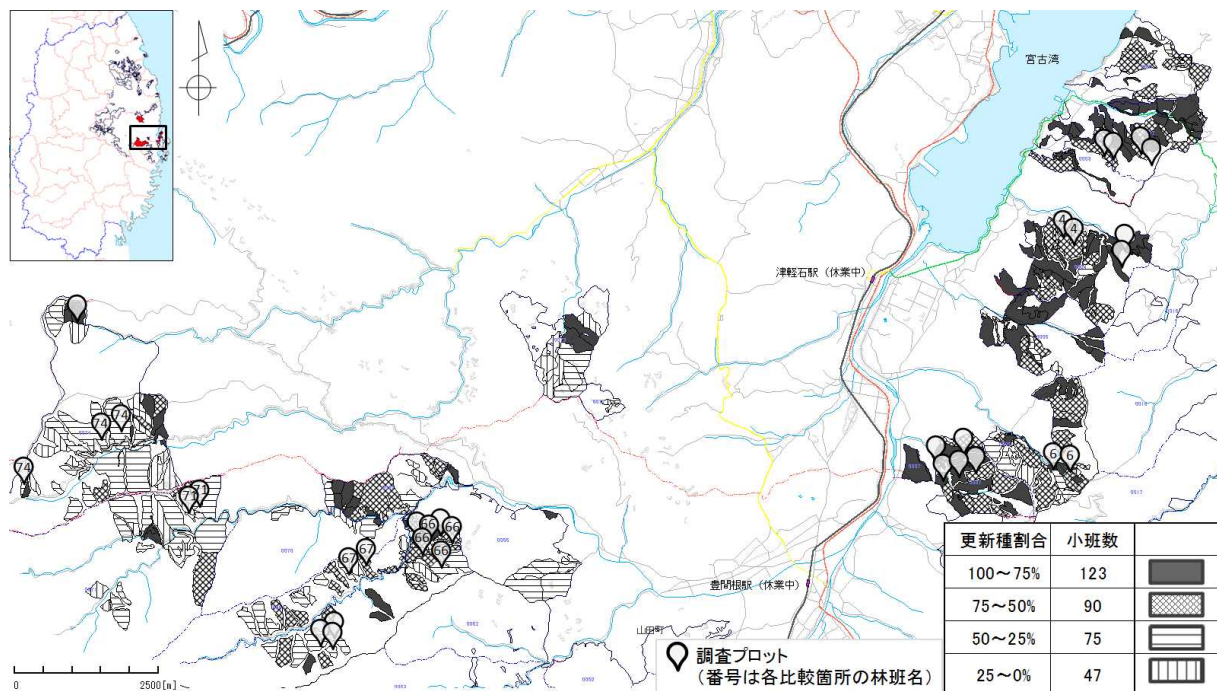


図-1 更新種の面積割合と現地調査箇所

(2) 蓄積・品質調査

資源状況と間伐の有無や遅れによる品質等への影響を調べるため、林齢31～64年の17小班と、林齢や環境が似た小班で間伐時期が異なる比較箇所6箇所15小班の合計32小班で現地調査を実施した(図-1)。それぞれの小班でアカマツが分布している箇所で林分構造が平均的な箇所3地点を調査地点とし、蓄積をおみとおし(調査器具)で測定した。さらに調査地点ごとに平均的な健全木を5本選び平均胸高直径、平均樹高、採材可能長級を調べ、本数密度は計算により算出した。この調査では樹高は全て目測で測定し、採材可能長級は各健全木について、一般材が採材できないもの、2m材が採材可能なもの、4m材以上が採材できるものの3つに区分した。

その結果、平均胸高直径(図-2)と平均樹高(図-3)はいずれの小班でも収穫予想表に近い値となった。また、間伐をしていない小班でも成長が良好なものが多く見られ、アカマツ施業群の伐期である50年程度では間伐の有無による成長の差は見られなかった。また、蓄積(図-4)は調査した全ての小班で収穫予想表を上回っていた。本数密度(図-5)は無間伐小班では間伐の目安である要間伐林分の本数を上回っている小班が多かったが、樹高成長とともに自然枯死する傾向が見られた。

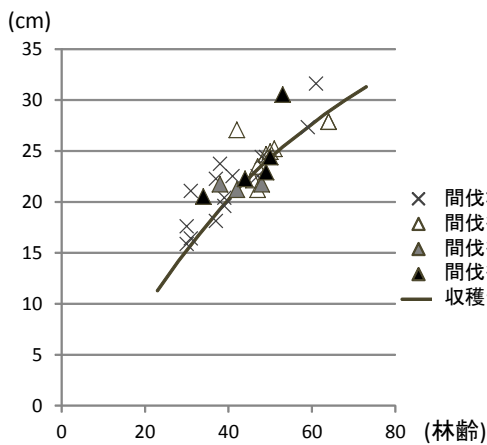


図-2 平均胸高直径

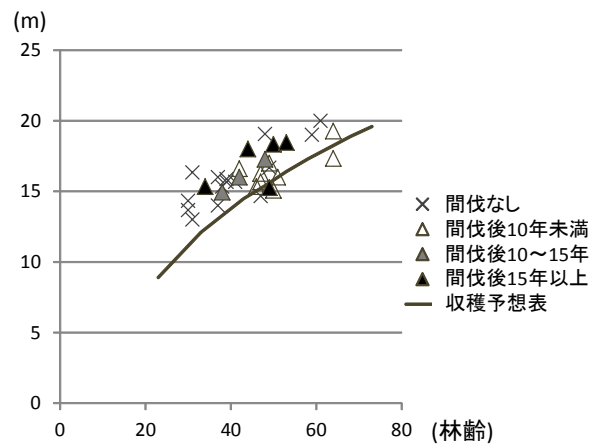


図-3 樹高

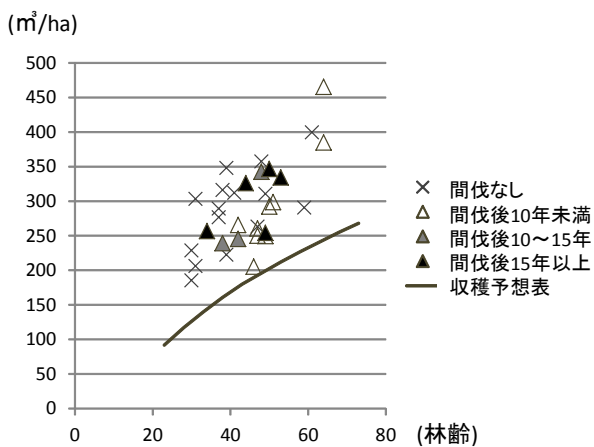


図-4 蓄積

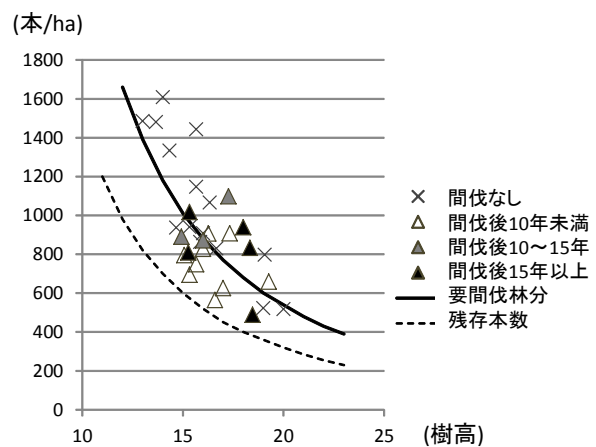
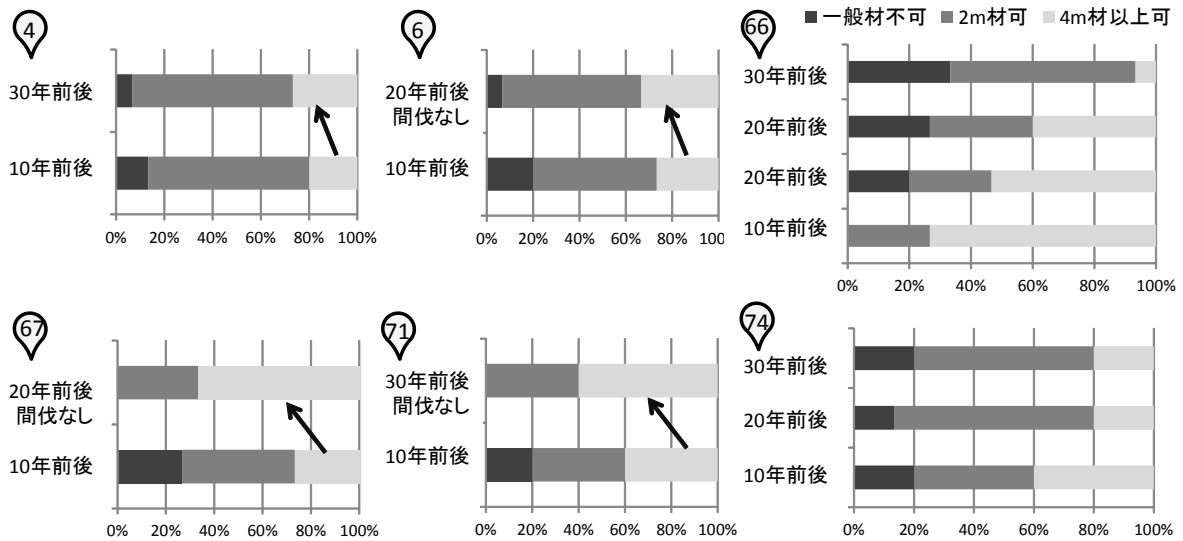


図-5 本数密度

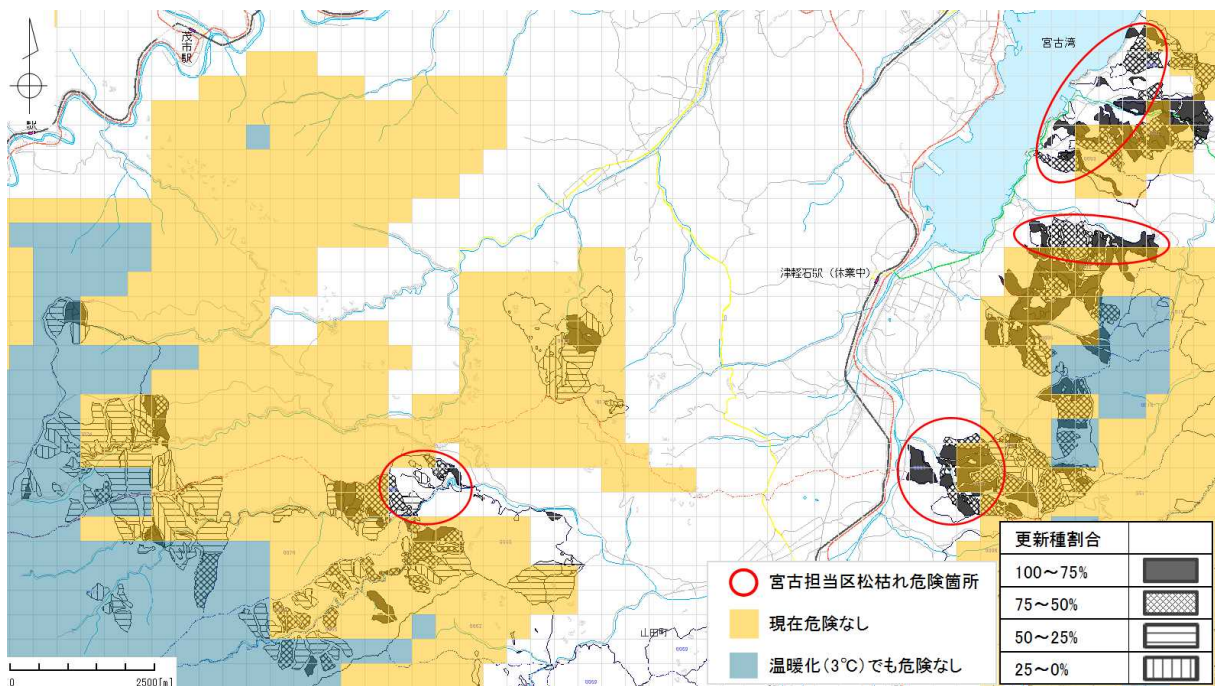
除伐から間伐までの期間による採材可能長級への影響を調べた結果、66 林班では間伐が遅れるにつれて一般材が採材できないものの割合が増えていたが、調査した多くの比較箇所では間伐が遅れるにつれ、通直な材が多いという結果になった（図－6）。



図－6 各比較箇所における除伐から間伐までの期間による採材可能長級への影響

(3) 宮古担当区内の松枯れリスク

『岩手県における松枯れ被害分布の特徴解析による被害判定マップ』（澤口ら,2009）を参考に、現時点での被害判定マップと温暖化によって危険が増大することを予測したシミュレーションマップ（3℃上昇）を用いて宮古担当区内での松枯れリスクを把握した（図－7）。その結果、沿岸の林地で特に被害危険があることがわかり、温暖化の上昇具合によって大面積が危険箇所となる可能性があることが判明した。



図－7 被害判定マップ（澤口ら,2009）による松枯れ危険箇所

(4) アカマツ材の需要

岩手県森林組合連合会に聞き取り調査を行った。アカマツの需要動向について聞いたところ、全体的な需要量や納入先は減少しており、その理由としては大手ハウスメーカーは梁や桁にアカマツを使わないため一般建築用の需要が減り、それに伴い製材工場も減少していることがあげられた。一方で岩手県森林組合連合会での流通量は変わっておらず、その理由としては西日本のマツ資源の枯渇に伴い、岩手県産のアカマツには一定の需要があることがあげられた。流通の主な規格としては長級 3 ～ 6m、径級 16cm 上の梁や桁用の構造材で、それらの平成 26 年度の実績は約 8 千 m^3 であった。その他の需要として合板やフローリング、土木用材等があげられた。また、重要文化財等に使用する大径、無節材のアカマツ資源管理が重要とのことであった。

(5) 生産面での課題

当署で立木販売買受実績のある事業体 6 社にアンケート調査を行った。その結果、伐倒時の課題としては青カビによる伐採時期の制限があげられ、造材時の課題としては曲がりによる歩留まりの低下やプロセッサ等の使用機械の制限などがあげられた。搬出時の課題としては林地の傾斜をあげる事業体が多かった。入札時の考慮事項としてはアカマツ材の需要、次に立地条件や搬出コストを重視する事業体が多く、一方で他物件（他樹種）の需要を重視する事業体や、アカマツ林の入札には参加しないという事業体もいた（図-8）。また、過去 3 年間のアカマツ材の供給先を聞いたところ、合板が主流で、その他に梁や桁、集成材、チップやバイオマス、矢板などの用途として供給されていた。取引先や需要量は過去 10 年で減少したとの声が多く聞かれ、その理由としては建築様式の変化と良材の減少をあげる事業体があった。

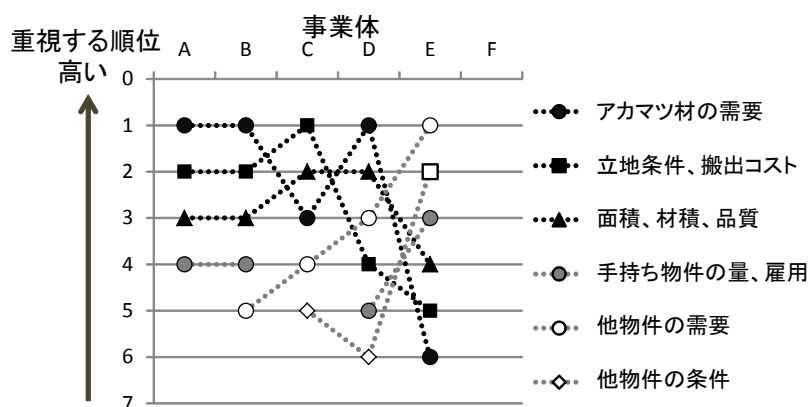


図-8 入札時の考慮事項

(6) アカマツ林に対する地元住民の考え

当署で松茸採取の契約をしている松茸組合 11 組合にアンケート調査を行った。その結果、国有林での松茸採取を行っている者は 300 人程度いた。間伐等の森林整備による松茸生産量への影響を聞いたところ、「減少する」との懸念の声が 9 組合から聞かれ、その理由としては日当たりや風通しが変わるためといったもので、森林整備をする前に組合長に話してほしいとの声もあった。また、松枯れについての質問では、沿岸部に広がるかという質問に対しては、「広がる」が 5 組合、「どちらともいえない」が 5 組合で、「広がらない」という意見はなかった。一方で、松枯れの前に利用できるアカマツを伐採するべきか聞いたところ、反対意見が 8 組合と多く、松茸が少ない山を伐採して松枯れの感染源を減

らすべきか、との質問にも反対意見は7組合となり、事前の伐採には消極的な意見が多いという結果であった。また、アカマツ林の伐採跡地での更新種について何がよいと思うか聞いたところアカマツが4組合、広葉樹等の天然更新が3組合、カラマツが2組合と様々な意見があった。

3 まとめ

宮古担当区内のアカマツが更新種に含まれる人工林では、4割弱にも及ぶ小班で更新種の分布面積が更新面積の半分以下となり、特に内陸部で多くみられた。これらの小班では沢地形や東斜面の林地で特に更新種の分布が見られず、アカマツ等の生育適地でなかったことがうかがえる。こうした広葉樹林化した小班では現況に即した施業群へ変更する必要があり、今回の編成作業では搬出条件等も考慮し、アカマツ施業群16小班とアカマツ長伐期施業群24小班を天然更新型複層林誘導施業群へ変更することを検討している。

一方で、アカマツが分布している場所では、直径や樹高の成長はおおむね収穫予想表に近い値となっており、蓄積は調査した小班全てで収穫予想表を上回っていた。本数密度は無間伐林分で高いものの、樹高成長とともに自然枯死して減少する傾向が見られた。間伐が遅れた小班では通直な材が採れる割合が高く、また本数密度が高いことから枯れ上がりが進み節が小径化することが予想される一方で、今回の調査では形状比がかなり高い林分も一部見受けられていたことから、他植栽種や林況を十分確認した上で必要に応じて間伐を行う必要があると考えられる。

松枯れ危険箇所としてはアカマツ等更新種の面積割合が高い沿岸部で被害危険があることがわかり、温暖化によって多くの林地に被害が広がる可能性があった。松枯れ被害処理経費として伐倒や燻蒸を請負事業で対応するには1m³当たり3万～4万円ほどかかるため、伐期を迎える小班では松枯れが発生する前に計画的に利用して樹種転換を進めることが被害対策コストを削減するためにも必要である。アカマツ材の需要先としては全体的に減少傾向にあるものの、依然として梁や桁としての需要がある程度見込まれること、また合板等の需要もあることから、沿岸の降雪の少ない立地条件を生かし、冬期の雇用の場として立木販売等を行っていくことは可能であると考えられる。また、重要文化財等に使用する大径、無節材の資源管理も重要との意見があったことから、国有林でも長伐期施業群等で育成していく必要がある。

以上のことを踏まえて、この課題の目的であるベストな計画を作成するため、宮古担当区では図-9を編成作業の基本的な考え方とした。

松枯れ危険箇所ではアカマツ材の有効利用や被害対策コストの削減、

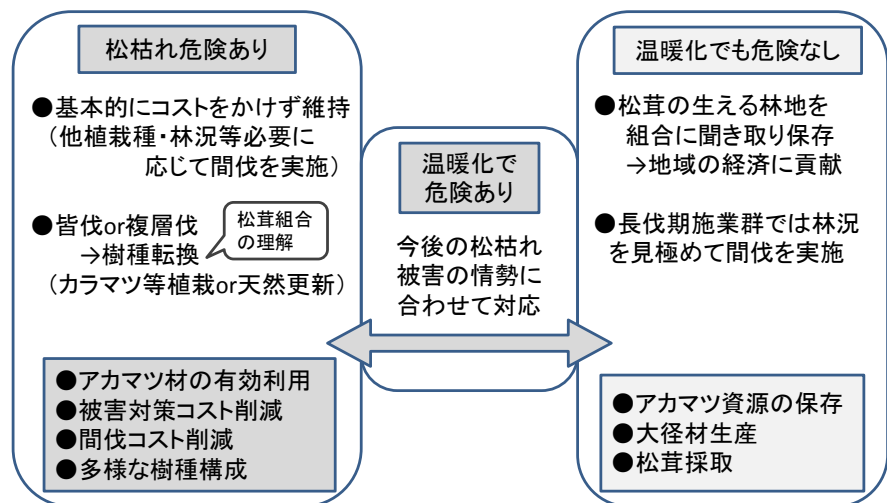


図-9 編成作業の基本的な考え方

間伐コストの削減、多様な樹種構成を重視して、基本的にコストをかけずに維持し、伐期に到達した小班では松茸組合の理解を得ながら皆伐や複層伐などを行い、カラマツ等の植栽や有用広葉樹の天然更新等で樹種転換を図っていく必要があると考えられる。温暖化でも危険ないと予想される小班ではアカマツ資源の保存や大径材生産、松茸採取を重視することとし、多様なアカマツ資源を将来にわたって供給し続ける必要がある。また、松茸が生える林地を松茸組合に聞き取り保存するなどして地域の経済に貢献していく必要がある。

最後に、上記の基本的な考え方に加えて林齢や林況、施業履歴、搬出条件等を考慮して具体的な伐採計画を図-10のように検討した。松枯れ危険箇所から優先的に主伐を検討して樹種転換を図っていく予定である。松茸採取契約地では聞き取りを行い、該当箇所での伐採に理解を得ることができた。今後も地元住民と意思疎通を図り、松枯れへの危機意識も高めつつ、事業を進めて行く必要がある。

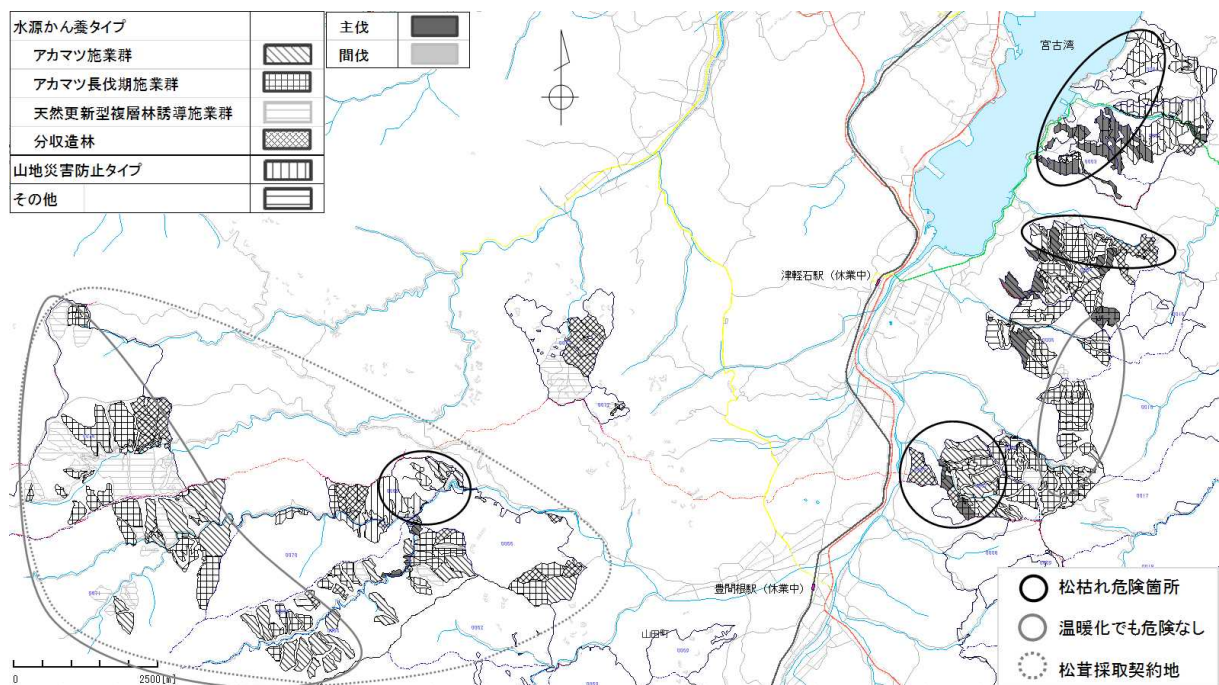


図-10 変更後の施業群と伐採計画の検討

謝辞

本課題を進めるにあたり、たくさんの方々にご協力をいただいた。お忙しい中アンケートにご協力いただいた岩手県森林組合連合会、事業体の皆様、松茸組合の皆様、資料を提供していただいた澤口氏に御礼申し上げます。

引用文献

澤口勇雄・佐々木俊一・立川史郎(2009)岩手県における松枯れ被害分布の特徴解析による被害判定マップ。岩手大学農学部演習林報告 40:19～31

庄内海岸林前線部におけるクロマツ植栽本数

～5,000 本/ha 植えの挑戦～

庄内森林管理署 業務グループ ○関矢 敬介
遊佐森林事務所 火石 明宏
業務グループ 大和田 洸希

1. はじめに

庄内海岸林は山形県西部に位置し、北は遊佐町西浜から南は鶴岡市湯野浜までの総延長約 34km、幅 1.5～3.0km、面積約 2,400ha に及ぶ全国有数の規模である。そのうち、約 3 割の 833ha が国有林であり、海側に位置している。この海岸林は、日本海から吹き付ける強風や飛砂から庄内に住む人々の暮らしや産業を守る防災林として重要な役割を果たしており、これまで多くの人たちにより守り育てられてきた。現在では、維持・管理を中心とした保育作業や松くい虫被害対策等を継続して行っている。

庄内海岸では、戦後の昭和 26 年から始まった国の治山事業により、これまで砂丘造成、クロマツの植栽などが行われてきた。

クロマツの植栽が始まった当時は、日本海の厳しい気象環境下のため、10,000 本/ha 植栽を基本としていた。

植栽後 60 年以上が経過した現在、防風林としての機能は有しているものの、前線部は過密となり、林齢の割には直径が細く下枝が枯れ上がった林分となっている（図 2）。

今後、より健全なクロマツ防災林として成林させるための森林整備等の施業を検討していく段階である。

植栽当時、砂丘は造成途中で安定しておらず、植栽木が海風や飛砂による悪影響を受けやすい状況にあった。しかし現在は、砂丘が造成され安定してきたことにより前線部の受ける影響が緩和されてきていることから、植栽密度を低くしても成林が見込めるのではないかと考えた。

本研究では、従来の半分に当たる 5,000 本/ha 植えを行い、前線部において生育が可能か否かを検証した。



図 1 庄内海岸



図 2 クロマツ林

2. 調査方法

試験地は、砂丘の条件の異なる酒田市八間山国有林と鶴岡市浜泉国有林に、生育環境及び施業方法を変えて13パターンを設定した(図3)。

設定条件は次のとおり。

- ・砂丘の砂草・静砂木の定着度合い【良好/不良】
- ・前線林の有無
- ・地拵えの種類【除草のみ/天地返し】

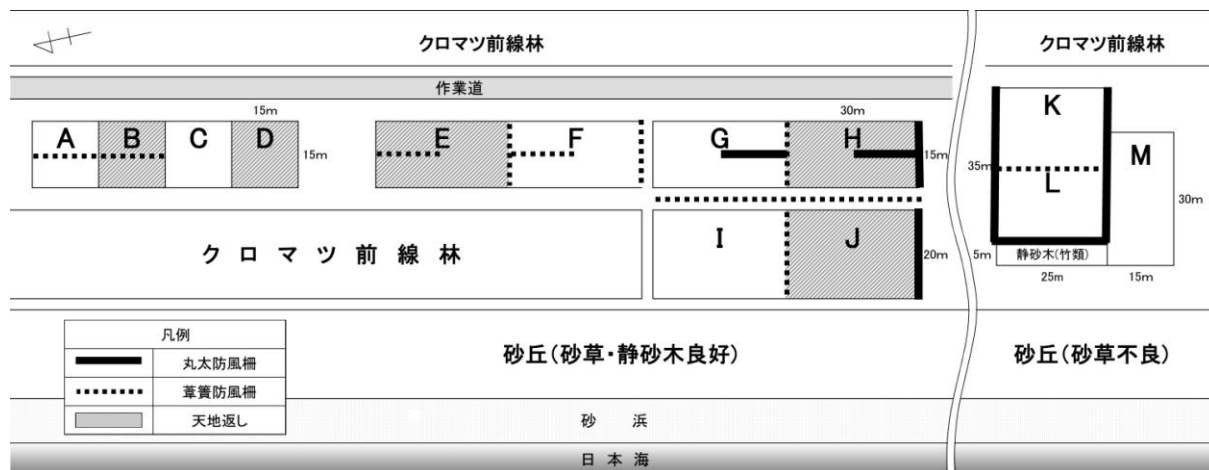


図3 試験地の概略

試験地には平成25年3月に植栽密度5,000本/haで植栽し(図4)、植栽木の生存確認と樹高の測定を約3年にわたって計7回行った。その結果から求めた生存率と樹高をもとに、前線部における植栽条件を検討した。樹高は、地際から梢端部までの長さをコンベックスを用いて測定した。



図4 植栽直後 (H25.3)

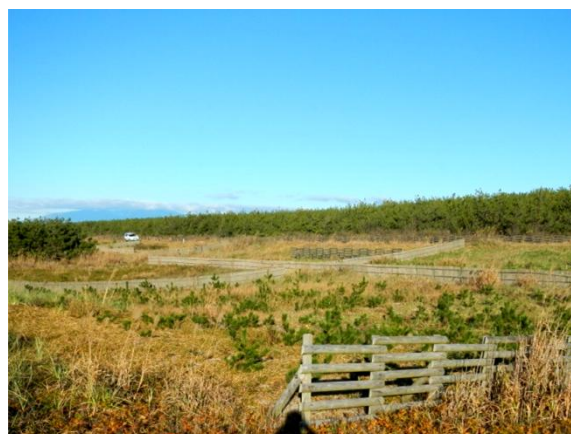


図5 植栽後3年 (H27.11)

3. 結果

平成 27 年 11 月調査時 (図 5) の生存率及び樹高を指標とし、生育環境と施業方法の違いによる効果を比較した。

各試験地の調査結果を図 6 に示す。表 1 は、次の条件を○と×で表したものである。

「砂草・静砂木」 ○:良好 ×:不良

「前線林」 ○:あり ×:なし

「天地返し」 ○:天地返し ×:除草のみ

生存率及び樹高が最も良かったのは、条件が 3 つとも○の試験地 E であった。全体の傾向として「砂草・静砂木が良好」、「天地返しを実施」の条件が揃う試験地は良い結果を示した。

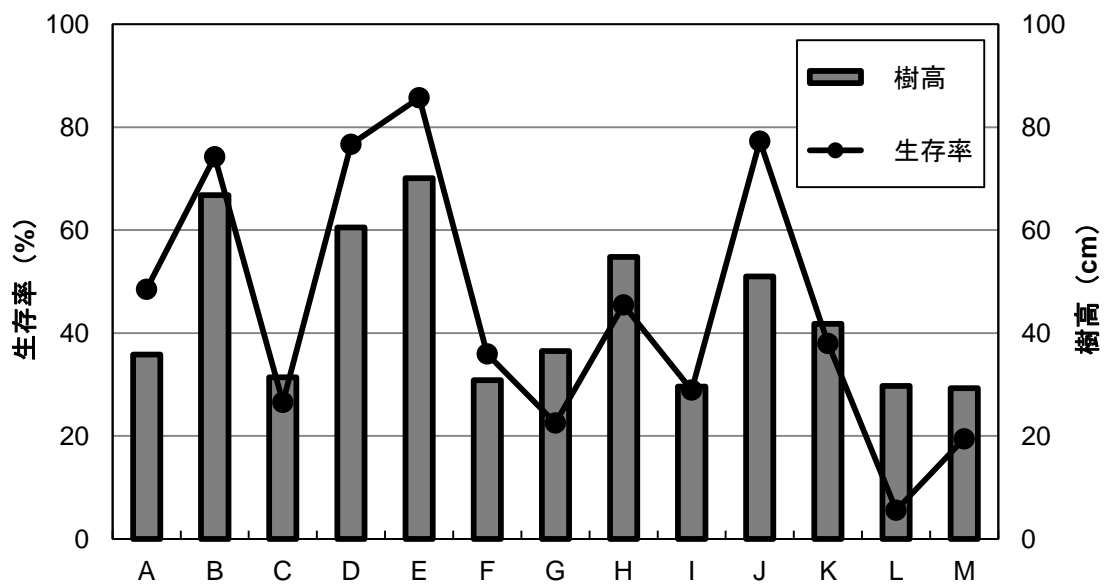


図 6 各試験地の調査結果

表 1 各試験地の条件

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
砂草・静砂木	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×
前線林	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×
天地返し	×	○	×	○	○	×	×	○	×	○	×	×	×

図 7 は砂草・静砂木が不良な箇所の植栽時と 2 年後の写真である。2 年後には海側の植栽木が約 50cm 埋まっていた。これは砂丘の砂草・静砂木が不良で、砂の移動を制限する機能が低かったためと考えられる。このことから、砂丘の砂草・静砂木が定着し、砂の移動を制限することが必須であると分かった。



図7 砂草・静砂木が不良な箇所の植栽時（左）と2年後（右）

図8は砂草・静砂木が良好な箇所を前線林の有無で分け、さらに地拵えの種類で分けたグラフである。前線林ありの天地返し実施箇所では生存率80%、樹高67cmと最も良い結果であった。前線林なしの場合でも、天地返し実施箇所は除草のみに比べ結果が良かった。これは天地返しを実施したことにより周囲の植生が排除され、土壌の硬度を低下させたためと考えられる。

前線林の有無で比較すると、前線林ありの箇所は地拵えの種類に関わらず、なしの箇所に比べ良い結果であった。

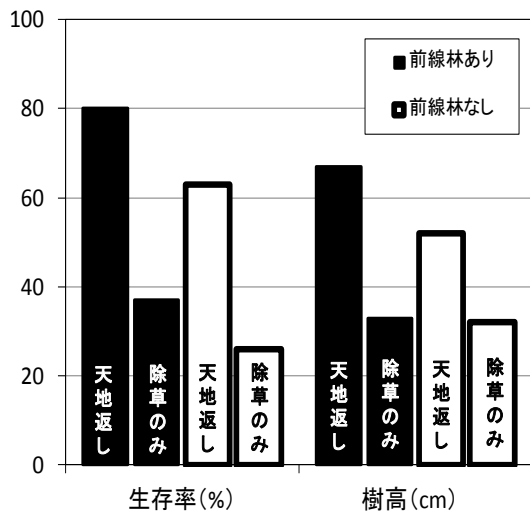


図8 前線林の有無・施業別にみた生存率及び樹高

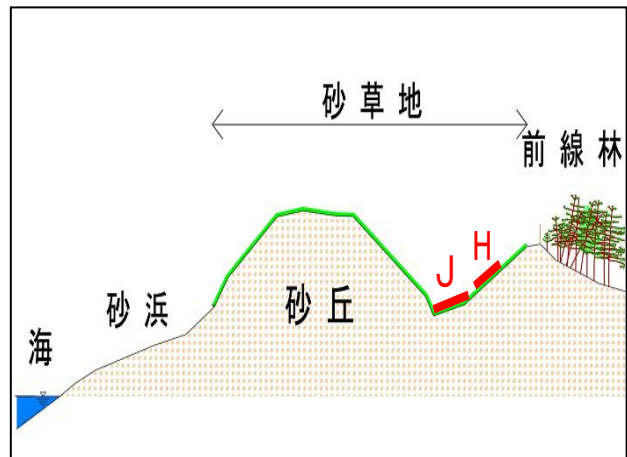


図9 試験地J付近の砂丘の断面図

一方、試験地Jに前線林はないが、生存率が77%と後方のHに比べ30%以上高く、全体でも2番目に高い値を示した。これは、図9のように試験地Jの海側に存在する砂丘が風除けとなり、風の影響を受けにくかったためと考えられる。

これらの調査の結果、クロマツの活着や生育には、海側の前線林や砂丘等の風除けとなる存在が重要であることが分かった。

図10は、植栽から3年目までの生存率の推移である（調査月は毎年3月。3年目のみ11月）。植栽後2年目はどの箇所も生存率が低下したが、植栽3年目では低下の度合いが落ち着いた。特に表1で条件が3つとも○の試験地BDEと試験地Jは生存率が80%近くであり、今後も高い生存率を保ったまま成長していくと考えられる。

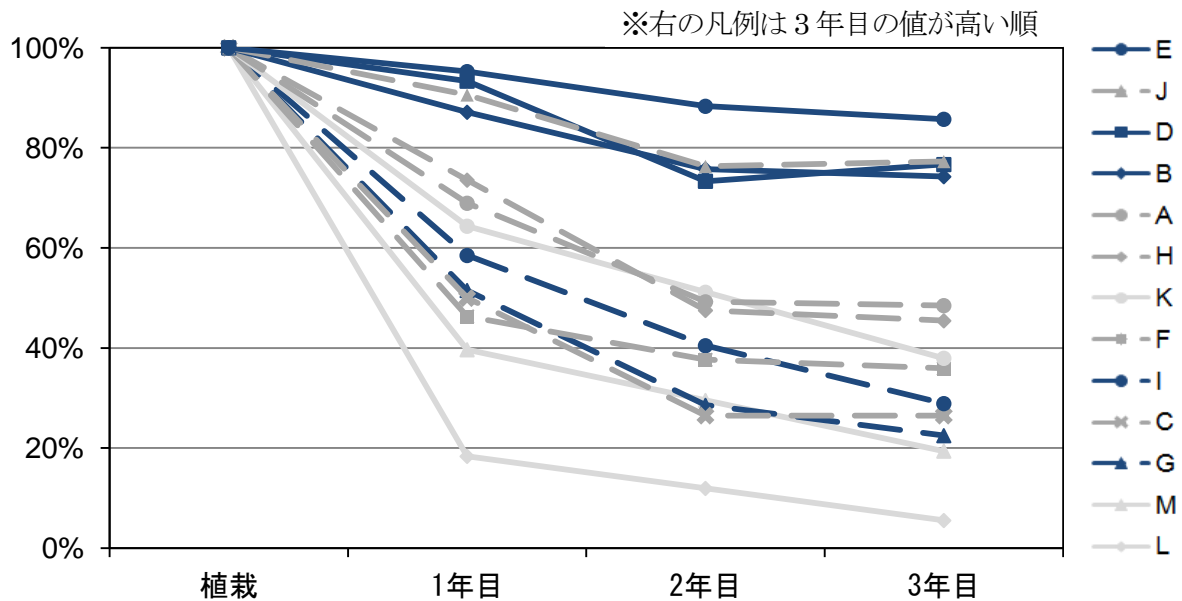


図10 生存率の推移

4. 考察

植栽後3年の調査結果から、砂丘の砂草・静砂木の定着度合いが良好で、海側に砂丘や前線林の風除けが存在するという生育環境の下で、植栽時に天地返しを実施するという条件を満たせば、前線部で5,000本/ha植えを行ってもクロマツ苗の生存・成長が見込めることが分かった。

今後、本研究で得た知見を活かし、庄内海岸前線部の施業に繋げていきたい。

5. 参考文献

- (1) 酒田営林署 (1983) : 海岸治山事業概要
- (2) 森林総合研究所 (2011) : クロマツ海岸林の管理の手引きとその考え方

津軽流域におけるコンテナ苗普及の取組について

津軽森林管理署 業務グループ○金田直幸
業務グループ 渡辺新太
総務グループ 木村淳司

1. はじめに

全国第4位のスギ人工林面積を有している青森県（林野庁，2012）では、戦後植林された人工林が主伐期を迎え、今後主伐箇所が増加することが予想されている。主伐後は、国土保全、森林資源の循環などの観点から再生林に取り組む必要があるが、材価が低迷し、今後の価格上昇も見通せない中で、主伐収入で再生林費がまかなえないことから、県内の再生林率は約3割にとどまっており（青森県，2015）、造林・育林コストの削減による再生林率の向上が急務である。

近年、「低コスト造林」の重要な手法のひとつとして「コンテナ苗」の導入が全国的に進められており、青森県が発表した青い森再生林推進プランでも、平成35年度に40万本というコンテナ苗生産能力の目標を掲げている。しかし、青森県では平成26年度当初、コンテナ苗の生産は行われていなかったため、まずは津軽地方からコンテナ苗の普及を図るべく、流域活性化センターとも連携し、官民協力で取り組むこととした。

2. コンテナ苗普及に向けた取組

(1) コンテナ苗の特性や普通苗との違いに対する理解促進のための取組

青森県内では前述のようにコンテナ苗の生産が行われておらず、コンテナ苗の普及のためにまず、林業事業者、種苗関係者を含めた林業関係者に、コンテナ苗と普通苗の違いや、コンテナ苗の特性を理解してもらう必要があり、平成26年度からさまざまな取組を開始した（表1）。

まず、平成26年6月17日に青森県の林業関係者、14名が参加し、岩手県の岩手北部森林管理署管内のコンテナ苗生育試験地やカラマツの植栽現場、さらに花巻市内の生産事業者を視察し、実際にコンテナ苗の植付けも行った。参加者の多くが実際にコンテナ苗を見るのが初めてであり、参加者からいろいろな感想や質問、意見も出され、コンテナ苗に対する印象も変わったように思われる。

2回の現地検討会（写真1）には延べ約150名が参加し、コンテナ苗に関する座学での講義と、コンテナ苗の植栽体験を行った。結果、コンテナ苗の植栽の容易さなどの利点を理解してもらうことができ、検討会後のアンケートでは参加者の80%がコンテナ苗を導入したいと答えていた。一方、安定供給への不安など今後の課題を指摘する声も多く聞かれた。

事業者に対する取組だけでなく、これからの林業の担い手になりうる若い世代にもコンテナ苗の周知を行っており、五所川原農林高等学校（五農高）・森林科学科の生徒の皆さんに、平成27年7月27日にコンテナ苗に関する実習を行った（写真2）。

実習では、実際にコンテナ苗と普通苗の植栽作業や、コンテナへの幼苗移植体験を実施した。生徒からは、「コンテナ苗は普通苗に比べ植えるのが簡単だった」という感想が聞かれ、幼苗の移植には夢中になっている生徒もおり、コンテナ苗の植栽効率の高さや育苗現場について理解してもらうことができた。

また、五農高では、今後2000本程度のコンテナ苗の生産実習を開始する予定で、平成28年3月に播種し、4月にはコンテナへ移植し生産していくプログラムとなっている。

実施日	普及取組名	参加者	実施場所	内容
26.6.18	コンテナ苗の 種苗・造林状況 現地視察	県・森林組合・ 林業事業体 森林管理署から 14名	・岩手北部森林管 理署管内 ・花巻市	・下刈試験地の見学 ・コンテナ苗の植付を体 験 ・花巻市内の育苗事業体 の見学
26.9.18	平成26年度 コンテナ苗 現地検討会	国、青森県、関 係市町村、林業 事業体、種苗事 業体等から約 100名	青森県南津軽郡 大鰐町大字居士 三ツ目内山国有林	・コンテナ苗についての 座学 ・コンテナ苗と普通苗の 植付を体験
27.7.27	五所川原農林 高等学校 森林科学課 への実習	五所川原農林高 等学校森林科学 課の生徒	種沢種苗園 (弘前市)	・コンテナ苗と普通苗の 植付を体験 ・幼苗のコンテナへの移 植
27.10.17	平成27年度 コンテナ苗 現地検討会	国、青森県、関 係市町村、林業 事業体、種苗事 業体等から43 名	青森県平川市 字西碓ヶ関山 国有林	・津軽署のコンテナ苗普 及の取組についての紹 介 ・コンテナ苗の植付を体 験

表1 コンテナ苗の特性や普通苗との違いに対する理解促進のための主な取組一覧



写真1 平成26年度コンテナ苗現地検討会



写真2 五農高のコンテナ苗実習

実施日	普及取組名	参加者	実施場所	内容
27.6.17	コンテナ苗生産事業体視察	署・種沢種苗園	岩手県花巻市・住田町	・コンテナへの土詰め・幼苗の移植体験 ・消火用ノズルによる灌水作業など、機械化・効率化方法の見学
27.12.22	コンテナ苗冬越し方法など視察	署・種沢種苗園	岩手県花巻市・住田町	・コンテナ苗の育苗段階での冬越し方法（寒さ対策・積雪対策）視察
27.7～	平成28年度のコンテナ苗本格生産開始に向けた試験栽培	署・種沢種苗園	種沢種苗園（弘前市）	コンテナ苗の設置場所、灌水、施肥、冬越し方法などの検討

表2 津軽地方でのコンテナ苗生産開始のための生産技術の検討に関する取組



写真3 吉田樹苗の消防用ホースによる灌水



写真4 試験栽培を紹介する地元紙の記事

(2) 地元でのコンテナ苗生産に向けての取組

コンテナ苗を地元で生産し、安定供給していくことも津軽地方におけるコンテナ苗普及に向けては非常に重要である。しかし、多雪地でのコンテナ苗生産技術は確立されておらず、津軽署では弘前市内で種苗業を営む種沢さん親子（以下種沢種苗園）と連携し、冬越し方法をはじめとする生産技術の検討に向けて、コンテナ苗生産事業体（横田樹苗（岩手県花巻市）と吉田樹苗（岩手県住田町））の視察や、種沢種苗園での試験栽培を行った（表2）。

平成27年6月17日の視察では、実際にコンテナへの土詰め、幼苗の移植の体験や、大量生産に主眼を置いた作業の機械化・効率化の方法について、実際にスプリンクラーを使用し

た灌水や消火用ノズルによる灌水作業など（写真3）、これまでの生産作業にない作業方法を見学することができた。平成27年12月22日には、主にコンテナ苗の冬越しについて視察した。雪曲がり防止のための苗木の設置の仕方や、ホームセンターにも売っている資材を工夫して活用したり、冬はコンテナ同士を密集させ、雪で倒れることを防いだりする、などの寒さ・積雪対策について学ぶことができた。津軽地方は視察した地方よりも雪が多いですが、この視察で得た知見は地元でのコンテナ苗生産に生かしていけるものと考えられる。

視察の成果を生かしながら、平成28年度のコンテナ苗の本格生産開始に向けて種澤種苗園でのコンテナ苗試験栽培を行っており、「コンテナ苗 雪国で挑戦」と地元夕刊紙の1面（東奥日報、2015）でも大きく取り上げられ、コンテナ苗の普及・啓発に貢献できた（写真4）。

3 今後のコンテナ苗普及・低コスト林業実現に向けた取組

これまでに述べた津軽森林管理署が行った様々な取組により、津軽地方においてはコンテナ苗の周知・普及促進を図ることができたと考えられる。そして、来年度からコンテナ苗の生産が本格化することに伴い、今後の取り組みはコンテナ苗の普及促進から実用化にシフトしていくことを検討している。現在はコンテナ苗の価格が普通苗に比べ高いため、コンテナ苗の使用がすぐに造林・育林コストの削減につながるわけではない。

しかし、コンテナ苗の価格は地元での生産開始により今後下げることができる可能性もあり、またコンテナ苗の利点である通年植栽可能な点を生かして、コンテナ苗を活用した伐採、搬出（主伐）から地拵・植付までをひとつの行程として行う一貫作業システムと組み合わせることにより、コストの削減につなげることができる（天野、2016）と考えられる。そこで、津軽署では来年度、関係者を集め津軽流域で生産したコンテナ苗を使用した一貫作業システムの現地検討会の開催や、スギ大苗のコンテナ苗を使用した下刈省略化試験により、コンテナ苗を利用した低コスト林業の効果の検証や普及に取り組む考えである。

4. 参考文献など

林野庁業務資料（平成24年3月31日現在）都道府県別スギ・ヒノキ人工林面積

http://www.rinya.maff.go.jp/j/sin_riyou/kafun/pdf/sugihinoki_menseki.pdf, 2016年1月8日閲覧

青森県（2015）青い森再造林推進プラン

<http://www.pref.aomori.lg.jp/soshiki/nourin/rinsei/files/saizorinsuisinplan.pdf>, 2015年12月21日閲覧

東奥日報（2015年10月7日夕刊1面）トピックス弘前発 コンテナ苗 雪国で挑戦，

天野智将（2016）多雪地帯における一貫作業システム，東北地方の多雪環境に適した低コスト再造林システムの実用化に向けた研究成果集 ここまでやれる再造林の低コスト化 東北地方の挑戦，森林総合研究所 東北支所編集発行，14

川上から川下までの幅広い関係者が連携した「南部あかまつ」をはじめとする地域材の普及促進に向けた取組

青森県 三八地域県民局地域農林水産部林業振興課 主幹 上野 和俊

1 はじめに

当管内のアカマツについては、管内の森林面積の1/3、県内の蓄積の約半分を占め、古くから「南部アカマツ」の産地として全国的に知られているが、建築様式の変化等により、外材にその市場を奪われ利用が低迷しており、アカマツ材の主な用途はチップとなっている。また、「南部アカマツ」をはじめとする地域材の認知度が一般の大工・工務店や消費者に対して低く、地域材の需要拡大が課題となっていた。

よって、管内に豊富に存在するアカマツに付加価値を付け、安価なチップ材主体から住宅部材利用への転換を図るとともに、地域材活用に取り組む工務店や公共建築物・一般木造住宅への普及促進を図るため、「森林所有者・森林組合・製材業・木材販売業・住宅産業・家を建てる会、NPO法人」等の関係者と連携して行った、各種取組について紹介する。

2 これまでの取組

准フォレスター（林業普及指導員）がコーディネーター役となり川上から川下までの関係者間の合意形成を図りながら、以下の取組を実施。

(1) 住宅部材（構造材：主に梁・桁）としての製材品生産技術の開発（H21～22）

① アカマツの青変（変色）抑制対策

春から夏に伐採された木は、青変菌による変色が発生するため、伐採時期が秋から冬に限定されていた。よって、年間を通じた製材品の安定供給を行うため、変色抑制対策を確立する必要があったことから、秋田県立大学木材高度加工研究所に研究委託を実施。

② アカマツの乾燥特性の解明

割れや狂いの発生しにくい構造材生産のための乾燥技術を確立するため、秋田県立大学木材高度加工研究所に研究委託を実施。

(2) 南部あかまつ活用研究会の設置（H23～24）

アカマツをはじめとする地域材を活用して、地域らしさのある住宅デザイン、魅力的な内装材製品をつくっていくため、森林組合、製材所、工務店、建築設計事務所、木工所、デザイナー等の関係者が参加して勉強会を開催。



【地域材のブランド化セミナー】



【事例集製作ワークショップ】

(3) 公共施設及び一般住宅への地域材の普及促進

① 地域のシンボルとなる木造公共施設等の整備

ア 三八地域県産材で家を建てる会の関係者と連携し、下記の公共施設の整備の際に地域材活用の働きかけを行った。(H23～)

- ・「八戸ポータルミュージアムはっち」の内装展示
- ・種差海岸インフォメーションセンター
- ・西白山台小学校(八戸市)



【八戸市への働きかけ】

イ 三八地域県産材で家を建てる会関係者と連携し、東日本大震災で被災したクロマツを活用したベンチを製作し、市内の主要施設へ寄贈(H24)



【JR八戸駅へ寄贈】



【八戸市役所へ寄贈】

② 地域材を活用した住宅モデルの作成

東日本大震災被災者の住宅再建支援のため、被災者、市町村、八戸工業大学、森林組合、製材所、工務店、建築設計事務所と連携し「地域材活用復興モデル住宅研究会」を設置し、地域材を活用した復興住宅モデルの「検討、被災者への提案、PR」を行った。(H25)



【研究会での検討状況】



【地域材活用復興住宅セミナー】

③ 「県産材フェア～森のめぐみ展～」の開催(H23～)

「八戸ポータルミュージアムはっち」を全館借り切り、市町村、森林組合、工務店、家を建てる会等と連携し、一般消費者の方々に、暮らしにつながる森林や木材への理解を深めてもらうため、「南部あかまつ」をはじめとする地域材と森づくりから木工・住まいづくりまでに関わる人々の取組をPRした。

④ 地域材活用に取り組む工務店の普及拡大

ア 管内の工務店に対する戸別訪問(H25～H26)

地域材を活用する工務店の拡大を図るため、木材利用ポイント事業説明会に参加の工務店等を対象に戸別訪問を行い、「南部あかまつ」をはじめとする地域材活用の働きかけを行った。

イ 地域材を活用できる大工技能者の育成（H26～）

地域材を活用できる経験豊富な技術者の数の減少及び高齢化が進展し、技能・技術の継承が困難になりつつあること、管内には、集成材等のエンジニアードウッドの工場がなく、地産地消の推進のためには、地域材を使用した製材品の需要拡大が必要なことから、一般に流通している地域材を使用した製材品（無垢材）を扱える大工・工務店の量的拡大を主な目的とし、NPO法人に委託して研修会を開催。



【仕口・継手の刻みの実習】



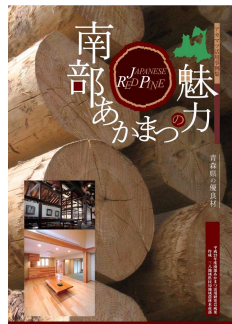
【金物を使わない小屋組み実習】

3 取り組みの結果

(1) 住宅部材（構造材：主に梁・桁）としての製材品生産技術の開発

- ① アカマツの青変（変色）抑制対策が確立され、通年生産が可能となった。
- ② アカマツの乾燥特性が明らかになったことから、良質な製材品を生産するための効率的な乾燥方法が確立された。

(2) 南部あかまつ活用研究会での検討結果を基に工務店及び一般消費者向けの販促ツールを作成した。



【南部あかまつ活用事例集】



【フローリング資材の実物サンプル帳】

(3) 公共施設整備及び一般住宅への地域材の普及促進

- ① 高い集客力が見込まれる公共施設で地域材を活用した整備を行ったことにより、管内の他町村の公共施設整備の際に高い波及効果が見込まれる。



【八戸ポータルミュージアムはっち H23】



【種差海岸インフォメーションセンター H26】

②「地域材活用復興モデル住宅研究会」でシニア向け、ファミリー向けの2タイプの住宅モデルを作成し、これらを被災者に提案して、自己資金で実際に建設してもらった。



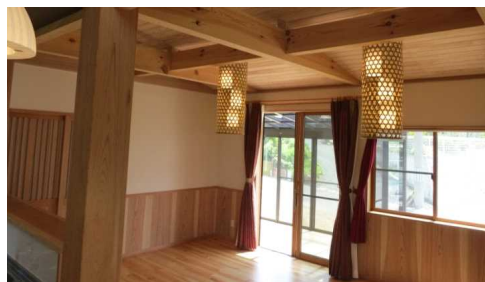
【ファミリータイプ 外観】



【ファミリータイプ 内部】



【シニアタイプ 外観】



【ファミリータイプ 内部】

③ 平成23年から「県産材フェア」を継続して開催してきたことにより、昨年度は2日間で7千人を超える入場者数となり、はっちのイベントでもトップレベルの集客力を誇るようになるとともに、一般消費者が地域材に関心を持つ機会を提供することができた。



【県産材フェアの開催状況】

(4) 地域材活用に取り組む工務店の普及拡大

- ① 工務店等の関係者の心理的距離が縮小した。
- ② 販促ツールを使用し、工務店の戸別訪問を行った結果、約30社興味を示した。

(5) 課題

① 製材品の品質や量の確保

小学校建設などの大規模な公共施設整備の際に発注者が求める製材品の品質や量を確保することができない。

② 地域材活用住宅のプロモーションの強化

住宅の建築意欲が旺盛な20代後半～40歳の層の消費者については、特に木に対するこだわりが無いことから、これらの層に向けたPRが必要。

4 考察

製材品の品質や量など一朝一夕では解決できない課題については、各製材所・プレカット工場等の協業化やJ A Sの機械等級区分の取得などを目指して、各団体と調整していく必要がある。

また、地域材活用住宅のプロモーション強化に向けて、地域材活用住宅見学バスツアー及び各種セミナーの開催など、今後も積極的に取り組んでいきたい。

“大館曲げわっぱ協定”に基づく適材木の供給に向けた取組

米代東部森林管理署 森林官補（長木担当区）○牧田朋子
業務グループ 末廣雄二

1 はじめに

1.1 大館曲げわっぱ

「大館曲げわっぱ」は、薄い杉の柾板を煮沸し、曲げて作る容器で、当署が位置する秋田県大館市で古くから製造され、経済産業大臣指定伝統的工芸品に登録されている。天然秋田杉の細かい木目と色味の美しさが特徴と言われ、木のぬくもりや日本らしさを感じさせる工芸品として国内で親しまれてきた。また、近年ではフランスを始めとする海外でも弁当箱を中心に人気を集め、2015年にイタリア・ミラノで開催された国際博覧会でも紹介された。このように、大館曲げわっぱは地域にとって重要な伝統産業であるが、一方でその原材料確保が課題になっている。

曲げわっぱの原材料には、主に天然秋田杉が使われてきた。そのほとんどは国有林からの供給であったが、資源の減少により、以前から供給終了が検討されていた。これに対し、地域では曲げわっぱ原材料確保について懸念が広がった。当署では平成15年に当時96年生の杉人工林を「曲げわっぱの森」に設定することで、地域と連携して天然秋田杉に代わる、高齢級材の確保を目指した。平成24年度で国有林からの天然秋田杉の供給は終了し、翌平成25年度からは高齢級人工杉を供給している。

1.2 曲げわっぱ製造における人工杉の問題点

しかし、人工杉を原材料とした曲げわっぱ製造では、天然秋田杉に比べて3つの問題点があることが明らかになった。

1点目は曲げわっぱ製造で重要な「曲げ」の工程で折れやすい点である。天然秋田杉では折れるものはごく稀であったが、人工杉ではしならず、折れるものが多い。2点目は年輪幅が広い点である。曲げわっぱには基本的に心材を柾目で使用する。天然秋田杉では年輪幅が狭く、均一で美しい柾板が得られるのに対し、人工杉は成長が良いため、年輪幅が広がる。3点目は歩留まりが悪い点である。天然秋田杉と人工杉共に、幹の中心部分は木目が特に粗いため使用できないことは同じであるが、現状の人工杉は径級が小さいため、中心部分の割合が高くなる。さらに、天然秋田杉では初期成長が抑えられているため、中心部分でも比較的木目が細かく、使用できる部分が多くなる。

以上3つの問題点のうち「年輪幅」と「歩留まり」は、実際に伐採しなければ判断できないが、「折れやすい」という点については、立木段階での調査手法が研究されている。

1.3 曲げわっぱ適材木の選別に関する研究

人工杉の「曲げやすさ」が、細胞壁を構成するセルロースマイクロフィブリルの傾角(MFA)と密接な関係であることに着目し、応力波伝播速度測定器 FAKOPP(アルナス社製:図1)を用いた応力波伝播法による非破壊試験によって、人工杉の中から MFA が大きい個体、すなわち「曲げやすい木」を選別することが試みられている⁽¹⁾。

FAKOPPは簡易な操作で、立木・丸太・製材のいずれの状態でも高い精度で応力波伝播速度を測定することができ、材質評価手法としての有効性が示されている⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾。

また、人工杉の曲げやすさは、木部の成熟とともに安定し、健全木であれば、約20年輪よりも外側ではほぼ一定となることが知られている。これらのことから、約20年生以上の木であればFAKOPPによる材質判定が可能と判断される。



図1 FAKOPP 応力波伝播速度測定器

平成26年度の秋田県内の複数の私有林における調査では、「曲げやすい木」を厚さ3mm、直径15cmの丸型弁当箱製作に耐えられる材質のものとした場合、全体の約1割という結果が得られている⁽¹⁾。

しかし、データ数は未だ少ないため、本格的な統計解析等に向けて、今後はより多くのデータ収集が必要である。効率化を図るためには、立木1本あたりの測定時間の短縮化は元より、林地1箇所あたりに必要な測定数量の確定ならびに林地条件の比較検討に必要なパラメータの抽出など、選別方法を確立することも課題に挙げられる。

1.4 大館曲げわっぱ適材木選別調査協定

国有林や大館市有林をデータ収集及び効率的な選別手法の確立に向けた調査研究のフィールドとして提供する「大館曲げわっぱ適材木選別調査協定」を、平成27年9月に、秋田県立大学木材高度加工研究所、大館曲げわっぱ協同組合、大館市、当署の4者で締結した。

産学官の連携協定締結により、木材高度加工研究所の足立准教授と共に、国有林での適材木選別調査を今年度から開始した。

1.5 本研究の目的

本研究では、協定締結によって構築された調査研究体制の中で、国民の森林として、地域の伝統産業が抱える原材料確保の課題に対し、最終的には原材料供給という形で貢献することを目指す。そのために、曲げわっぱ原材料としての「曲げやすい木」の供給可能性について検討することとし、今年度は、曲げわっぱ製造者へのアンケート調査、国有林での適材木選別調査の2つの取組を実施した。

2 曲げわっぱ製造者へのアンケート調査

2.1 調査内容

今後の曲げやすい木の供給について検討するにあたり、まずは製造者のニーズを正確に把握するため、アンケート調査を実施した。各社へ直接訪問し、自記入式アンケート用紙を配布し、あわせて聞き取り調査も実施した。

2. 当署では、原料供給を通じて、地域の伝統産業の振興に貢献できればと考えています。「曲げやすい材」の安定供給が可能になった際、今後の事業展望についてどのように考えられるかお教えください。
(チェック☑を入れてください。複数回答可)

- 新たな商品の開発
- 販路の拡充(販売方法の見直し、海外輸出など)
- 増産
- その他 (_____)

図2 アンケート用紙一部抜粋

対象は大館曲げわっぱ協同組合に加盟する7社のうち、実際に曲げわっぱ製造をしている6社とした。(外1社は塗り工程のみ。)

質問事項は、「問1. 原材料の年間需要量(記述)」、「問2. 曲げやすい人工杉の安定供給が可能になった場合に取組みたいこと(選択回答, 自由記述: 図2)」とした。

2.2 アンケート調査結果

問1の原材料については、企業によって、丸太を購入して板を挽く場合と、始めから板状の製品で調達する場合に分かれ、丸太・製品それぞれの量で回答があった。これらをすべて丸太換算すると、曲げわっぱ協同組合全体の年間需要量は約300 m³であることが明らかになった。

次に、問2の結果を表2に示す。「新たな商品の開発」が4社と多く、その他では「原材料を確保できれば、安心して後継者を育成できる」という回答があった。

これらのことから、曲げやすい人工杉には、今後一定の需要があること、また、選別技術の活用による曲げやすい木の安定供給の実現が、地域産業振興への貢献につながることを示された。

表2 アンケート問2の結果

2. 「曲げやすい人工杉」の安定供給が今後可能になった場合に取組みたいこと	
新商品の開発	4社
販路の拡充(海外等)	3社
増産	2社
その他: 後継者の育成	1社

3 平成27年度国有林での曲げわっぱ適材木選別調査

3.1 目的と課題

この取組では、最終的には、曲げわっぱ適材木を供給することを目指す。しかし、秋田県内の民有林の調査では曲げやすい木がほとんど存在しない箇所も見られた⁽¹⁾ことから、最初の取組みとして、管内の曲げやすい木の資源量を明らかにする必要がある。曲げやすい木の判定には、現時点では、FAKKOPによる応力波測定が確実であるが、管内のすべての立木を調査することは難しい。そのため、例えば1 haあたりの必要調査本数や、その結果を林班全体に適用する際の計算方法などを検討し、より効率的な選別手法を確立することが求められる。

そこで本研究では、より効率的な調査手法の確立に向け、まずは、曲げやすい木の分布データを蓄積するため、木材高度加工研究所の足立准教授と共に平成27年11月にFAKOPPによる適材木選別調査を実施した。

3.2 研究方法

(1) 調査地の概要

調査地の概要を表3に示す。国有林森林調査簿を基に林齢・土壌・地位の3条件を統一し、調査のしやすさを踏まえ、「33い」及び「33に」の2林小班を決定した。また、将来の曲げわっぱ原材料供給を目的として設定された「曲げわっぱの森」も調査した。

表3 調査地の概要

	33い 林小班	33に 林小班	曲げわっぱの森
面積	4.07 ha	1.14 ha	20.45 ha
林齢	60年生	62年生	108年生
土壌	BDd型	BDd型	BDd型
地位	平均的	平均的	高い
調査本数	30本	16本	26本

(2) FAKOPP を用いた応力波伝播法による適材木選別調査

各対象林小班内に 20m×25m のプロットを設け、プロット内の全ての杉生立木を調査対象とした。

調査には FAKOPP を用い、次の①から③の手順で、1 立木につき 2～3 箇所測定した。

- ① FAKOPP の 2 本のセンサーを立木の鉛直方向に 90 cm の間隔で打ち込む
※節・根元部など、繊維が通直でない部分は正確に測定できないため除外する
- ② 片方のセンサーをハンマーで叩く (応力波が発生)
- ③ 応力波がもう一方のセンサーまで伝わる時間 t (s) を野帳に記録する

作業は、野帳・90 cm 標示 (1 人) と FAKOPP による測定 (1 人) の 2 人で行い、作業時間は 1 立木あたり平均で約 3 分程度であった。

記録した応力波伝播時間 t (s) とセンサー間距離 d (m) から、応力波が物体中を伝わる速度 v (m/s) を算出し、密度あたりのヤング率 E/ρ (GPa) を求めた (式 1)。

$$v = d / t = \sqrt{E / \rho} \quad (\text{式 1})$$

密度あたりヤング率と曲げやすさには負の相関が知られている⁽⁵⁾。本研究では、丸型弁当箱 (厚さ 3 mm、直径 15 cm) の製作に耐えられる材質のものを「曲げやすい木」とし、その密度あたりヤング率 13 GPa

を基準として、それ以下のものを「曲げやすい」と判定した (表 4)。

表 4 FAKOPP 測定値、応力波伝播速度、密度あたりヤング率及び材質の関係

90cm伝播時間 t (μ s)	応力波伝播速度 v (m/s)	密度あたりヤング率 E/ρ (GPa)	材質
～219	4110～	16.9～	曲げにくい
220～249	3610～4100	13.1～16.8	普通
250～	～3600	～13	曲げやすい

3.3 結果

3 林小班の「曲げやすい」、「普通」、「曲げにくい」と判定された杉立木の存在割合を図 3 に示した。

「33 い」林小班では、曲げやすいが 36.7%、普通が 63.3%、曲げにくいと判定された木はなかった。

「33 に」林小班では、曲げやすいが 50.0%、普通が 43.7%、曲げにくいが 6.3%であった。

曲げわっぱの森では、曲げやすいが 28.0%、普通が 56.0%、曲げにくいが 16.0%であった。

したがって、今回調査した 3 林小班にはそれぞれ 36.7%、50.0%、28.0% の割合で曲げわっぱ適材木である曲げやすい木が存在することが明らかになった。

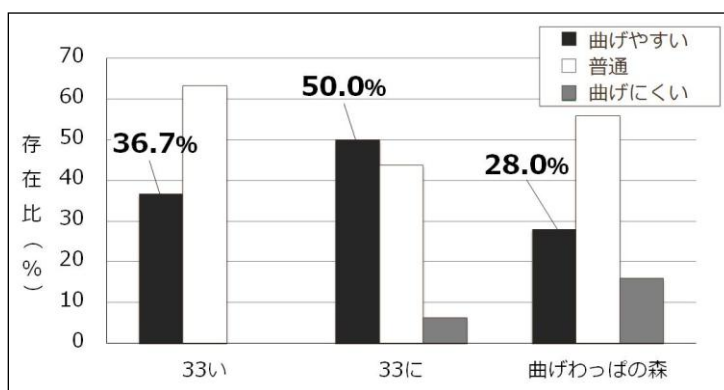


図 3 各林小班の杉立木の曲げ加工の難易度分布

3.4 考察

(1) 曲げやすい木の存在割合

今回の調査で得られた、管内3林小班における曲げやすい木の割合は、林小班毎にはばらつきは見られたものの、約3～5割の範囲であった。

同様の方法による適材木の調査は秋田県その他地域でも行われ、調査木のうち曲げやすいと判定された木の割合は県平均で約1割であった。また、この調査では、秋田県南部に比べ、北部地域における曲げやすい木の存在比が高い傾向が示唆されている⁽¹⁾。

今回得られた、管内3林小班における曲げやすい木の存在比が約3～5割という結果も、県平均とされる1割よりも高いものであり、このことは、秋田県北部地域における曲げやすい木の存在比が南部に比べて高い可能性を支持するものである。

しかし、今回の結果は0.05haプロット内の密度あたりヤング率の存在比を明らかにしたものである。FAKOPPによる測定精度は高く、これらの数字の信頼性は高いものの、同一林小班において遺伝子発現の違いによる材質変動は確実に存在することから、今後はプロット面積、もしくは調査本数を変えても同様の結果が得られるか等を検証し、林小班全体を評価する方法を確立する必要がある。加えて、林小班全体を評価する方法の確立後に、林小班ごとの存在比に相違が認められた場合、環境条件や個体の形態（樹高・胸高直径等）など複数のパラメータに着目して、林小班を選定することで、生育環境と曲げ特性の関係性の把握に繋がる可能性がある。

以上を総合すれば、当署管内には曲げやすい木が秋田県平均とされる約1割よりも多く存在すると考えられ、安定供給に向けて量的可能性はあると言える。

そこで、曲げやすい木の供給可能量を国有林森林調査簿の現時点での蓄積を基に試算した。

管内80年生以上の人工杉のうち、曲げやすい木が、少なくとも秋田県平均の約1割存在すると仮定した場合、合計で約6万 m^3 となった(図4)。2.2で求められた大館曲げわっぱ協同組合の丸太の年間需要量300 m^3 を

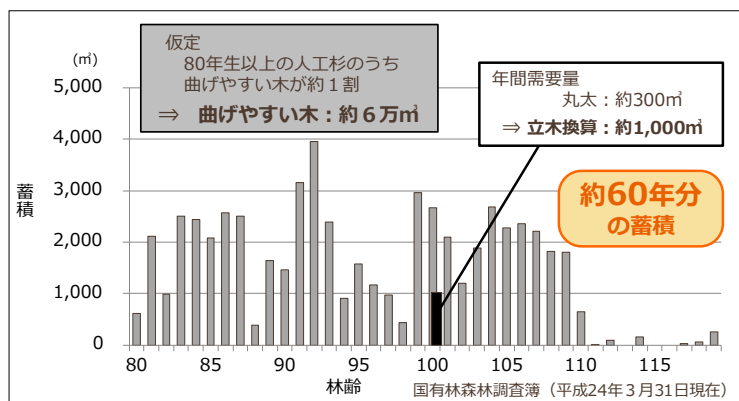


図4 曲げわっぱ適材木の推定供給可能量

立木換算すると約1000 m^3 となることから、曲げやすい木の総蓄積6万 m^3 は約60年分に相当すると考えられる。この試算には搬出困難地なども含むことから、すべてを実際に供給できるとは限らない。一方で、本研究で当署管内に曲げやすい木が比較的多い可能性が示されたこと、今回は考慮していない毎年の成長量を加えれば、供給可能量は上方修正される可能性が高いことが予測される。

(2) FAKOPPによる調査の実行性

FAKOPPによる判定作業は、短時間かつ簡便で、打撃強度など作業者の違いによる結果への影響は小さいことが確認された。このことから、この機材を用いた場合、森林管理署職員による技術習得は容易で、実際の調査を行うことが可能であると判断される。ま

た、今回の調査地のうち、曲げやすい木が 50.0%存在した「33 に」のように、曲げやすい木が多い場所が存在する可能性がある。これらのことから、この技術の実用化により、次の 2 点について、早い段階での実現の可能性はある。

1 点目は、曲げやすい木の育成である。曲げやすい木が多い箇所を小班単位で選ぶことができれば、150 年を伐期とする超長伐期施業の対象として長期的に育成できる。また、定性間伐の際に FAKOPP 調査を行い、曲げやすいと判定された木を残して育成することも考えられる。

2 点目は、曲げやすい木の供給である。収穫調査時等に FAKOPP 調査を実施し、曲げやすいと判定された木に標識して、選択的に供給することが考えられる。

実用に至るには、今後、曲げわっぱ原材料需要量とのバランスや調査コストについての検証が必要である。

4 今後の課題

今後は、より多くの箇所で FAKOPP 調査を行い、曲げやすい木の分布データを蓄積することが重要である。国有林は小班ごとに管理され、施業履歴や土壌型などの環境情報が森林調査簿に整理されているため、データの解析がしやすいというメリットがある。様々なパラメータを用いて統計解析することで、今までに明らかにされていない、曲げやすい木に共通する施業・環境条件や分布特性を見つけられれば、例えば、曲げやすい木の存在可能性が高い箇所を調査簿や立木の情報から予測し、集中的に調査できる可能性がある。また、プロット調査の調査本数や測定方法の最適化を図ることで省力化を目指す。より迅速・簡便に判定できる機械の開発なども、今後の調査結果に応じて検討していく必要がある。

最終的には、管内の適材木の資源量全体を明らかにし、適材木供給に向けた条件整備や具体的な手順を検討していくことが重要である。

今後も、産学官で連携し、長期的な視点で曲げわっぱ適材木の供給に向けた取組を進めていく。

謝辞 本研究の実施にあたり、秋田県立大学木材高度加工研究所 足立 幸司 准教授には、調査の主導および技術提供と共に、研究内容について多くのご指導を賜りました。篤く御礼申し上げます。また、アンケート調査についてご助言を賜りました大館曲げわっぱ協同組合 理事長 佐々木 悌治 氏、アンケート調査にご協力を賜りました大館曲げわっぱ製造者の皆様にも心から感謝申し上げます。

参考文献

- (1) Adachi K., Taki S., Node A. and Takata K., Non-destructive screening technique for bending materials and its sustainable material allocation of Japanese cedar, 25th Annual Meeting of MRS-JAPAN, Yokohama, 2015/12/8-10, F1-P9-016 (2015)
- (2) 池田潔彦, 木野直樹: 木材学会誌 46, 3, 181-188 (2000)
- (3) 池田潔彦, 有馬孝禮: 木材学会誌 46, 3, 189-196 (2000)
- (4) 池田潔彦, 大森昭壽, 有馬孝禮: 木材学会誌 46, 6, 558-565 (2000)
- (5) 則元京: スギおよびヒノキ間伐材の曲げ加工, 木材研究・資料, 18, 93-102 (1983)

低コスト造林の取組について～無地拵&下刈省略～

仙台森林管理署 業務グループ 今村桃子

1. はじめに

現在、人工林の多くが本格的な利用期を迎えつつある中、森林資源を有効に活用しながら、人工林の齢級構成の平準化を図るためには、適切な主伐・再造林を推進していく必要がある。

しかしながら、将来的にも木材価格の上昇は期待できない一方で、人件費の高止まりやコンテナ苗の導入に伴う苗木単価の上昇により、再造林にかかる経費は増大しているため、再造林の低コスト化が喫緊の課題となっている。

東北森林管理局では、伐採と造林を一括して発注する一貫作業システムの導入を進めているが、仙台森林管理署においては皆伐箇所が多くが分収林であるため、当面は一貫作業以外の方法で再造林コストの削減を図っていく必要がある。

そこで、地拵と下刈を省略した場合、苗木の成長量や植付以降の作業、再造林コストにどのような影響があるのかを調査し、今後の課題について考察した。

2. 調査方法

七ヶ宿森林事務所管内の分収造林伐採跡地に、A～Dの4箇所の試験地を設け、無地拵と下刈の省略による成長量の違いを調査した(表1)。

試験地	国有林	区分	面積 (ha)	樹種	伐採時の林齢
A	柳澤山国有林 378 わ 1 林小班	分収造林	2.70	スギ	43 年生
B	柳澤山国有林 378 わ 2 林小班	分収造林	3.55	スギ	43 年生
C	大提燈国有林 379 け 林小班	分収造林	2.81	スギ	44 年生
D	古道山国有林 402 ら 1 林小班	分収造林	7.84	スギ アカマツ	43 年生

表1. 各試験地の概要

いずれの試験地も平成26年の春～秋に伐採と搬出を完了しており、伐採跡地の植生量や残材・枝条量は同程度であった。

これら4つの試験地において、Aは無地拵で1年目下刈実施、Bは無地拵で1年目下刈不実施、CとDは枝条存置地拵で1年目下刈不実施とした（表2）。

試験地	地拵	下刈(初年度)
A	×	○
B	×	×
C	○	×
D	○	×

表2. 各試験地の施業実施計画

いずれも平成27年5月～6月に植栽し、植栽直後の6月と成長が落ち着いた11月に、植栽木の根元径と樹高を測定し成長量の比較を行った。また、無地拵箇所での植付作業と下刈作業に従事した請負業者へのアンケート調査も行った。

3. 結果

(1) 成長量調査について

A～Dの平均成長量は図1のとおりとなった。

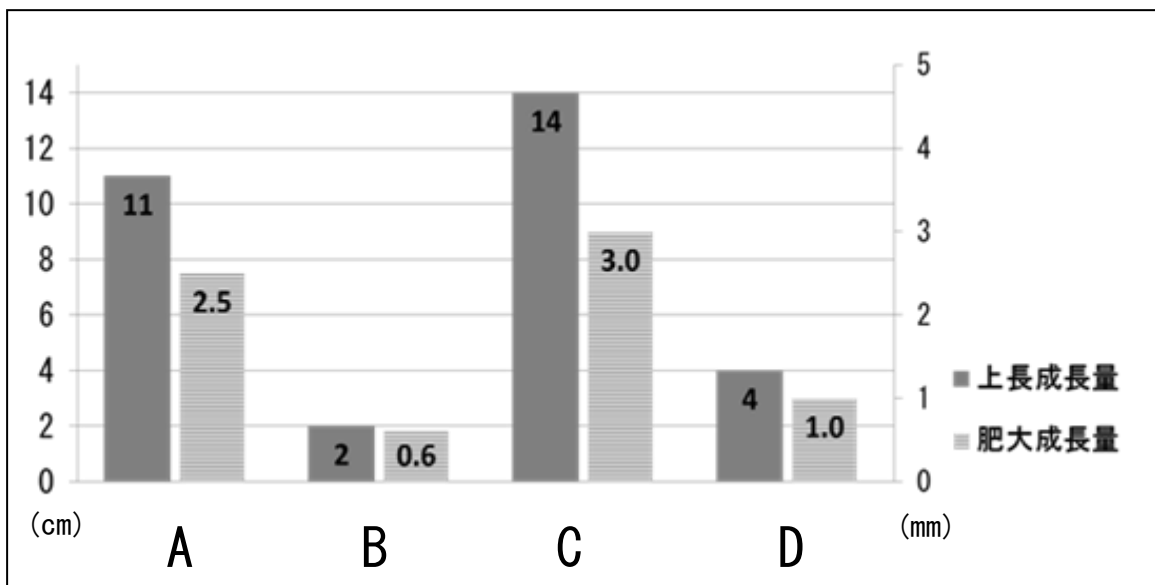


図1. 各試験地の平均上長・肥大成長量

上長成長量・肥大成長量ともにAとCでは大きな差はなく、地拵と下刈を省略したBは、他の箇所に比べて成長量が著しく低い結果となった。

条件が同じCとDで大きな差があったが、これはDの斜面がCと比べ北向きだったため、日照量の差により草本類を含め成長が悪かったものと考えられる。

以上のことから、コストを削減するために作業を省略しつつ、ある程度の上長成長と肥大成長を保つためには、地拵・下刈のいずれか一方の作業は実施することが望ましいと思われる。

(2) アンケート調査について

アンケート調査は、無地拵箇所の植付作業について 17 人を対象に、無地拵箇所の下刈作業については 14 名を対象に行った。項目はいずれも複数回答である。

無地拵箇所の植付作業のアンケート結果については、移動しにくいという回答が多く、伐採後そのまま放置されている枝条が移動の妨げになったものと考えられる（図 2）。

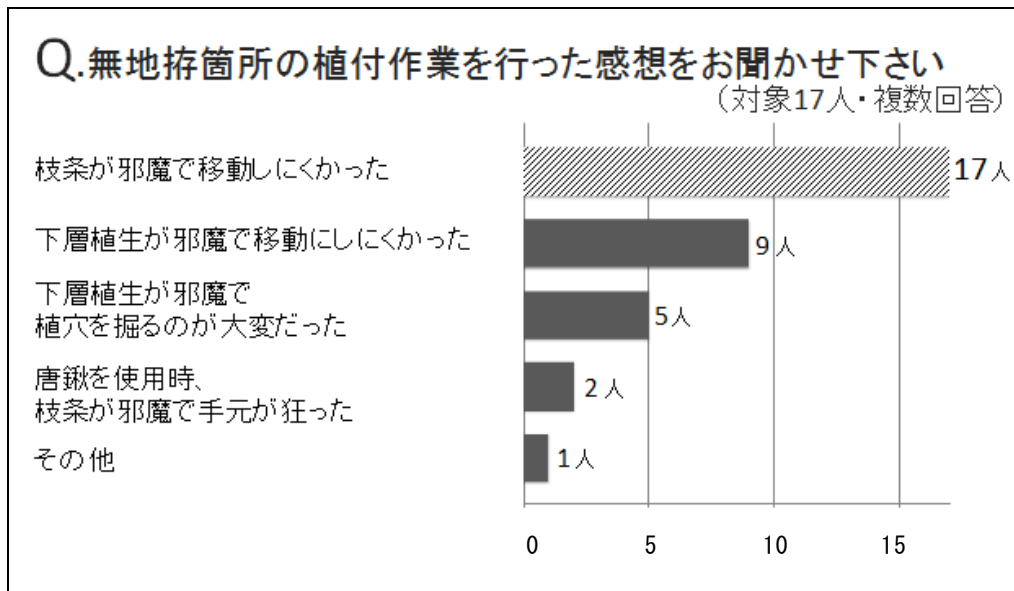


図 2. 無地拵箇所の植付作業についてのアンケート結果

下刈作業のアンケート結果については、「苗木を探すのが大変だった」という回答が一番多く、無地拵だったために灌木や草本が繁茂していたことや、枝条を避けて植栽したため、植幅が定まっていなかったことが原因として考えられた（図 3）。

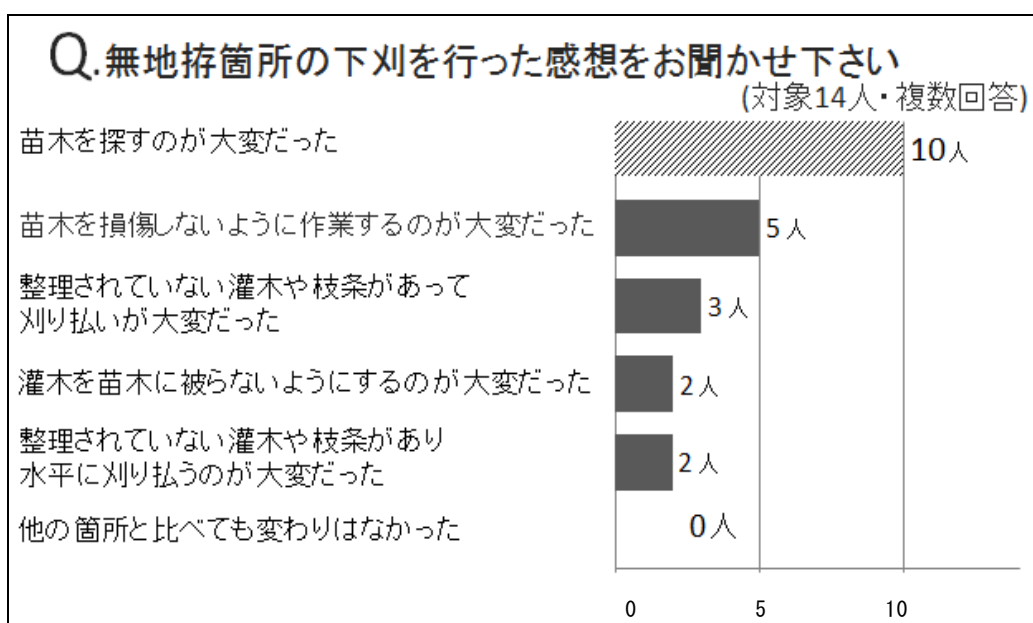


図 3. 無地拵箇所の下刈作業についてのアンケート結果

また、安全面においても、枝条につまずき転倒しそうになる等の意見が多く、無地拵箇所での作業は安全上の問題が見られる結果となった（図4）。

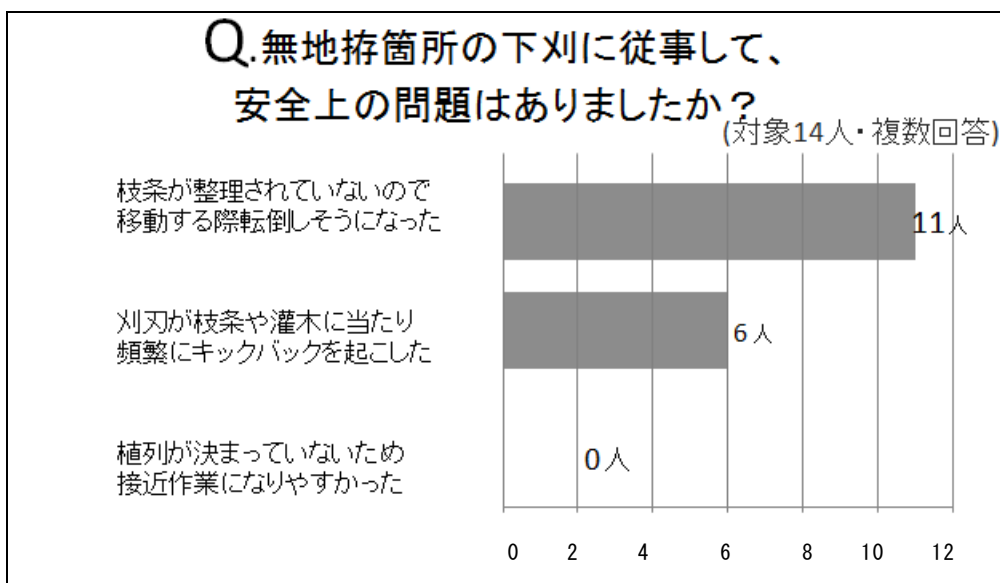


図4. 無地拵箇所の安全面でのアンケート結果

4. 考察

今回の調査では、地拵と下刈をともに省略すると成長が著しく悪くなったため、いずれかを実施すれば苗木の成長には影響が少ないと考えられる。ただし、今回の試験地はササ類の侵入がなく下層植生の密度が薄い箇所で実施したが、ササ類や下層植生の密度が高い箇所では、現場の状況に応じて作業種を選択する必要がある。

また、各作業のコストを算出したところ、従来どおり地拵と下刈一回を実施する場合と比較して、地拵・下刈ともに省略した場合は約30%減、地拵を省略して下刈のみ実施した場合は約21%減、地拵を実施して下刈を省略した場合は約8%減となった（図5）。

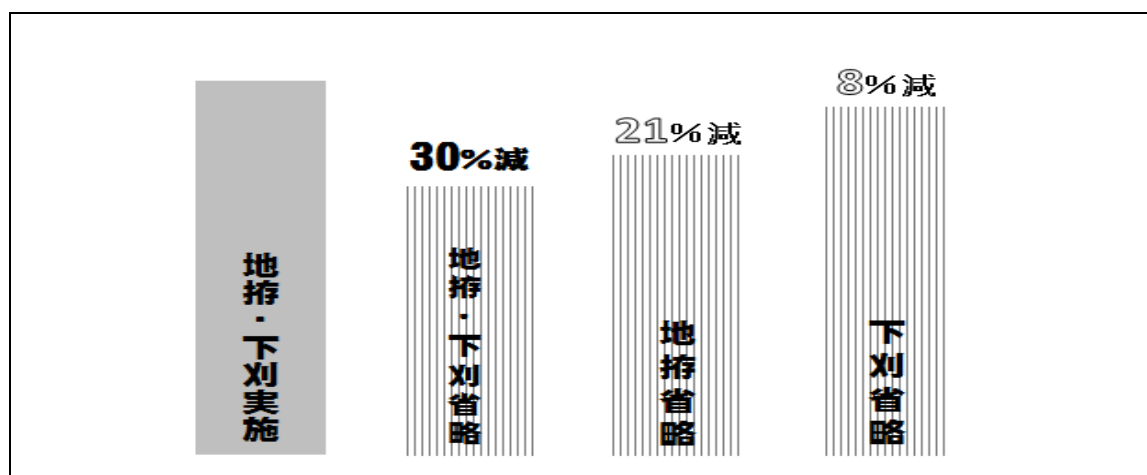


図5. 各作業のコスト比較

前述の成長量を考慮すると、ある程度の成長を確保しつつ、コストを最小限に抑えるためには、地拵を省略し下刈のみを実施する方法が有効であると考えられる。しかし、地拵を省略する場合は枝条を避けて植栽するため、苗木が余ったり、植幅や列にばらつきが出ることで下刈時の折損率が増加する要因になる可能性がある。

また、地拵や下刈の省略は発注者にとってはコストの削減になるが、受注者にとっては作業工程や労働強度、地拵の省略による安全面での問題が見られた。そのため、一貫作業でない場合は搬出の段階から、地拵や下刈の省略を考慮した作業を行い、互いに利益のあるコスト削減の方法について検討していく必要がある。

今回の調査では、植栽直後と一成長期経過後の2回しかデータを収集していないため、今後も継続してデータ収集を行い、地拵と下刈を省略した場合の成長への影響を調査していきたい。

治山施設の長寿命化対策における調査手法について

岩手南部森林管理署 巖美治山事業所 佐藤 将

1. はじめに

高度経済成長期以降に集中的に整備されたインフラの老朽化が懸念される中、その維持管理を適切に行っていくことが課題となっている。政府は、平成25年10月に「インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁会議」を設置し、同年11月に「インフラ長寿命化基本計画」を策定して国や地方公共団体などがインフラの維持管理を推進するための方向性を示している。

林野庁は、政府の方針を踏まえて平成26年8月に「林野庁インフラ長寿命化計画」を策定し、インフラが将来にわたって求められる機能を適切に発揮するための対策の充実に努めている。

一方、岩手南部森林管理署は国有林はもとより、直轄事業開始から約50年で概成を迎えつつある民有林直轄地すべり防止事業を所管する署として既設治山施設への対策を進めている。ここでは、磐井川地区民有林直轄地すべり防止事業で行った治山施設の維持管理・更新等の方針を立てるための機能評価に係わる調査手法について報告する。

2. 磐井川地区民有林直轄地すべり防止事業の概要

磐井川地区民有林直轄地すべり防止事業は、4区域で構成されている（図-1）。

産女川防止区域は、昭和43年度に防止区域に指定され、44年度から直轄事業が行われている（実線）。井戸沢防止区域は昭和54年度に防止区域に指定され、同年度から直轄事業が行われている（破線）。ニゴリ沢防止区域は、昭和44年度に防止区域に指定され、45年度から岩手県により補助事業として地すべり防止事業が行

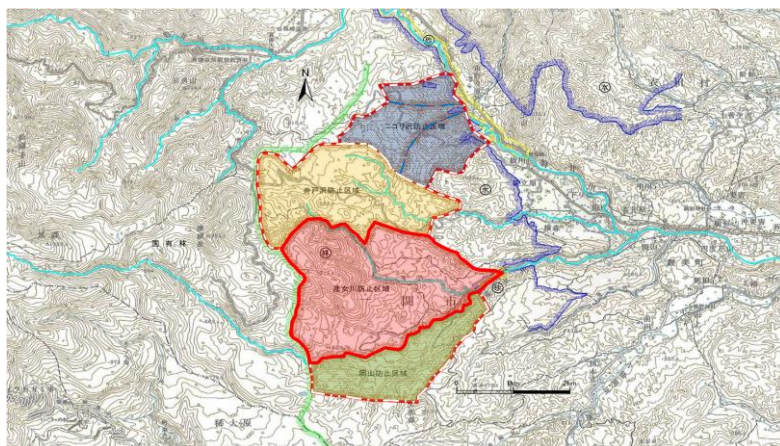


図-1 磐井川地区民有林直轄地すべり防止事業区域

われていたが、昭和54年度に井戸沢防止区域とともに直轄事業で実施されている。また、平成21年度に岩手・宮城内陸地震で被害の大きかった区域を拡大指定して事業を行っている（一点鎖線）。岡山防止区域は、平成4年度に地すべり滑動が見られたために防止区域に指定されていたが、平成13年度に直轄事業に編入されている（二点鎖線）。総面積は1688.98haとなる。

3. 治山施設の機能評価区分の検討

平成25年度、概成判断を主とした対策を進めるにあたり、治山施設の機能評価区分が整理されていなかったために検討を行った。維持管理・更新などの方針となることから集約するか細分するかを決める必要があった。参考とした他機関などが提示している評価方法や判定表でも4区分と大まかなものから8区分と細かなものまで幅広く、内部検討段階においても集約案か細分案で議論することとなった。

最終的には、施設の機能が維持されているか否かが重要であることから集約する形で機能評価区分定義(案)として決定した(表-1)。

表-1 機能評価区分定義(案)

機能評価区分A	機能が損なわれている事象が生じており、補修・補強・更新が必要と判断されるもの。
機能評価区分B	今後、機能が損なわれる可能性のある事象が生じており、将来的に補修・補強・更新が必要と判断されるもの。
機能評価区分C	求められる機能を維持している状態で、補修・補強・更新の必要がないと判断されるもの。

次に各治山施設の配置目的と機能評価区分を判断する事象をまとめた一覧を示す(表-2)。

表-2 治山施設の配置目的と点検における機能評価区分(※一部抜粋)

工種・種別	配置する目的 (治山技術基準解説 地すべり防止編)	治山施設点検における機能評価区分		
		機能評価区分: C	機能評価区分: B	機能評価区分: A
抑制工	地すべり地の地形、地下水の状態などの自然条件を変化させることによって、地すべりの移動を許すまたは緩和させることを目的とする。(地すべり防止編:p165)	求められる機能を維持している状態	今後、機能が損なわれる可能性のある事象が生じており、経過観察が必要な状態	機能が損なわれている事象が生じており、補修・補強・更新が必要な状態
地表水排除工	地すべり地内の地表水および地すべり地から流入する地表水並びに地下水排除工によって排除された地下水を、地すべり地外に排除すること。(p171)	【定められる機能】 降雨、湧水などの地表水および地下水排除工流からの流水を地すべり地外へ速やかに流出させる。	・水路工に変形が生じており、過水のおそれ、破損へいたる可能性があるもの ・水路工脇が浸透しているもの ・土砂や流木等による局所的な閉塞が著しいもの ・部材の局所的な破損・部材の劣化	・水路の破損、変形により過水のおそれがあるもの ・壁の破損により過水のおそれがあるもの ・土砂等で完全に埋没あるいは閉塞し、水路以外の箇所を流水が流下しているもの
水路工	地すべり地またはその周辺の箇所に設置し、高流水による浸食および高流水の地下浸透を防止すること。(p173)	【定められる機能】 高流水による浸食および高流水の地下浸透を防止する。	・流路工を形成する構造物(床面工・帯工・護岸工)の変形は見られないが、脚部等が浸透しているもの ・土砂や流木等による閉塞が著しいもの ・部材の局所的な破損(加工工、鋼製の場合) ・部材の劣化	・構造物全体にわたる変形、傾倒または破損により破損浸食のおそれがあるもの ・構造物の主要な箇所に発生したクラック(○△製の場合) ・土砂等で完全に埋没し、流路以外の箇所を流水が流下しているもの ・背後斜面の崩壊 ・中柱材の流失
地下水排除工	地すべりおよびその周辺から地すべり地内に浸透する高帯地下水を排除すること。(p174)	【定められる機能】 地すべりおよびその周辺から地すべり地内に浸透する高帯地下水を排除する。	・噴出口の目詰まり、部材の劣化 ・孔口保護部(土留等)の劣化 ・排水管(集水筒等)の土砂堆積 ・集水量の低下	・吐口の変形や破損 ・孔口保護部の劣化、破損あるいは埋没 ・排水管の破損・変形あるいは埋没
暗渠工	地上からのボーリングによって、地すべりに作用する地下水を排除すること。(p177)	【定められる機能】 地上から地すべりに作用する地下水を排除する。	・ボーリング工口口のスケール付着 ・孔口保護部(土留等)の劣化 ・孔口保護部等の部材の劣化 ・排水管(集水筒等)の土砂堆積 ・集水量の低下	・ボーリング工の変形や破損 ・孔口保護部の劣化、破損あるいは埋没 ・孔口保護部の大きな変形および破損
集水井工	地表からは排除できないすべり面付近の地下水を排除すること。(p182)	【定められる機能】 地表からは排除できない地すべりに作用する地下水を集水井によって集め、排水ボーリングによって排水する。	・ライナープレート等部材の劣化 ・排水ボーリング工口口のスケール付着 ・静水槽内の土砂堆積 ・集水井ボーリング工口口のスケール付着 ・集水量の低下	・ライナープレートの大きな変形および破損 ・静水槽の変形や破損 ・排水能力不足による静水槽水位の上昇 ・排水ボーリング工の変形や破損 ・集水井ボーリング工の変形や破損
排水トンネル工	地すべりに作用する地下水を排除すること。(p190)	【定められる機能】 地すべりに作用する地下水を集水井によって集め、排水トンネルによって排水する。	・ライナープレート等部材の劣化 ・ライナープレート等部材の微小な変形 ・クラック(○△製)の発生 ・集水井ボーリング工口口のスケール付着 ・集水量の低下	・ライナープレート等部材の大きな変形および破損 ・トンネル内床底の破損 ・排水能力不足による水路内水位の上昇 ・集水井ボーリング工の変形や破損
治山ダム工等				
谷止工 床面工	地すべり地末端部の渓流の縦横浸食の防止、地すべり地からの流出土砂の抑制・規制、またはダムの堆積による押さえ土効果を実現させること。(p197)	【定められる機能】 (谷止工) 地すべり地末端部の渓流の縦横浸食の防止、地すべり地からの流出土砂の抑制・規制、またはダムの堆積による押さえ土効果を実現させること (床面工) 地すべり地末端部の渓流の縦横浸食の防止	・脚部等の洗掘や浸食 ・部材の局所的な破損(加工工、鋼製の場合) ・部材の劣化	・構造物全体にわたる変形や傾倒 ・背後斜面の崩壊 ・中柱材の流失 ・構造物の主要な箇所に発生したクラック(○△製の場合)
護岸工	地すべり地末端部の渓流の縦横浸食の防止、地すべり地からの流出土砂の抑制・規制	【定められる機能】 地すべり地末端部の渓流の縦横浸食の防止、地すべり地からの流出土砂の抑制・規制	・脚部等の洗掘や浸食 ・部材の局所的な破損(加工工、鋼製の場合) ・部材の劣化	・構造物全体にわたる変形や傾倒 ・背後斜面の崩壊 ・中柱材の流失 ・構造物の主要な箇所に発生したクラック(○△製の場合)
土留工	崩土工、押さえ土工の基礎工として、地すべりの安定、側面下方部の浸食による崩壊防止のほか、水路工、暗渠工等の基礎および方向転換時の支持。(p199)	【定められる機能】 崩土工、押さえ土工の基礎工として、地すべりの安定、側面下方部の浸食による崩壊防止のほか、水路工、暗渠工等の基礎および方向転換時の支持	・脚部等の洗掘や浸食 ・部材の局所的な破損(加工工、鋼製の場合) ・部材の劣化	・構造物全体にわたる変形や傾倒 ・背後斜面の崩壊 ・中柱材の流失 ・構造物の主要な箇所に発生したクラック(○△製の場合)
抑止工	地すべりの滑動面に於いて杭やアンカーなどの構造物の挿入・固定を利用して地すべりの移動を抑制することを目的とする。(地すべり防止編:p165)			
杭工	地すべり斜面に杭を挿入して、地すべりの滑動面に抵抗させること。(p200)	【定められる機能】 地すべり斜面に杭を挿入した杭による地すべり抵抗力の増加	・杭頭部材(連結、杭頭アンカー)の劣化 ・杭の腐食 ・山側斜面の浸食・崩壊、地すべり変状 ・杭間土砂の中挿け	・杭頭部材(連結、杭頭アンカー)の変形・破損 ・杭の変形や破損 ・谷間斜面の浸食・崩壊、地形変状 ・施工位置周辺での地すべり変状
山腰工	-	【定められる機能】 土砂の移動を抑制し、植生の育成・土壌の安定、もしくは基礎工の基礎となる。	配置された土留の手法に変化が生じており、将来的に山腰崩壊防止・表面浸食・水溜り等の機能低下・損失へ至ると判断される事象が生じている	配置された土留の手法に変化が生じており、山腰崩壊防止・表面浸食・水溜り等の機能低下・損失が発生していることと判断される事象が生じている

この一覧について集水井を例に説明する。

治山技術基準による集水井の配置目的は、地表からは排除できない地すべりに作用する地下水を集水ボーリングによって集水し、排水ボーリングによって排水することである。これが集水井に求められる機能であり、この機能を維持しているものが機能評価区分Cと判断される。

機能評価区分Bと判断される事象は、ライナープレートなど部材の劣化、集水・排水ボーリング孔口のスケールの付着、静水槽内の土砂堆積、集水量の低下となる。

機能評価区分Aと判断される事象は、ライナープレートの大きな変形や破断、集水・排水ボーリングの変形や破損、静水槽の変形や破損、排水能力不足による静水槽水位の上昇となる。

前述のように他の治山施設についても治山技術基準による配置目的から捉えた求められる機能を維持しているか否かで機能評価区分を判定する。

4. 各治山施設の目視を基本とした施設点検および機能評価

平成25年度は、産女川区域の134施設および岡山区域の26施設で点検を行った。平成26年度は、井戸沢区域の49施設で点検を行った。

点検結果による各治山施設の機能評価区分を表-3に示す。

表-3 平成25・26年度で施設点検を行った治山施設の機能評価区分一覧

工種	機能評価区分A	機能評価区分B	機能評価区分C
水路工	22	2	2
流路工	1	0	0
ボーリング暗渠工	0	3	2
集水井工	7	49	31
排水トンネル工	2	0	0
治山ダム	9	14	45
護岸工	1	1	5
土留工	0	0	4
杭打工	0	0	3
山腹工	0	0	6
合計	42	69	98

機能評価区分Aが最も多い水路工については、土砂・枯葉の堆積による要因が殆どであることから、本報告では、損壊もしくは劣化の程度の判断が難しい集水井と治山ダムのそれぞれの機能評価について説明する。

(1) 集水井



写真-1



写真-2

①機能評価区分Aとした昭和47年度施工の小股沢(右岸)3号集水井(写真-1)。全体的に腐食錆が顕著で機能低下が進行していると判断され、早急な対策が必要である(写真-2)。



写真-3



写真-4

②機能評価区分Bとした昭和47年度施工の小股沢(右岸)6号集水井(写真-3)。全体的に腐食錆が進行しているが、著しい機能低下は見られず、早急な対策は必要ない(写真-4)。



写真-5

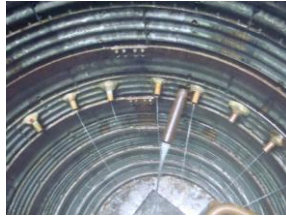


写真-6

③機能評価区分Cとした平成9年度施工の小股沢(左岸)1号集水井(写真-5)。腐食錆の進行は軽微であるため、対策の必要はない(写真-6)。

(2) 治山ダム

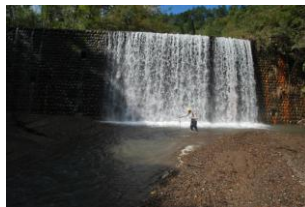


写真-7



写真-8

①機能評価区分Aとした昭和28年度施工の練石積治山ダム(写真-7)。左岸袖部に深さ40cmのクラックがあり、袖部が分離していると考えられ、早急な対策が必要である(写真-8)。



写真-9



写真-10

②機能評価区分Bとした昭和51年度施工のコンクリート治山ダム(写真-9)。左岸側のクラックから漏水があるが、著しい機能低下ではないため、早急な対策は必要ない(写真-10)。



写真-11



写真-12

③機能評価区分Cとした昭和52年度施工のコンクリート治山ダム(写真-11)。左岸部に1箇所ヘアークラックが見られるが、機能上問題のないため、対策の必要はない(写真-12)。

5. 機能評価区分Aとした治山施設の詳細調査

平成27年度には、機能評価区分Aとした治山施設について詳細調査を行った。

(1) 詳細調査の内容

1) 集水井

外圧変形：更新に必要な調査ボーリング、集排水ボーリングの機能確認

腐食：内巻きを検討するための偏心測定、板厚測定、集排水ボーリングの

機能確認

排水低下：排水機能補強のための排水管延長確認、排水管追加検討

2) 治山ダム

外観調査、弾性波探査、比抵抗二次元探査、ボーリングコア判定、ボアホールカメラ観測、ルジオン試験、密度検層

(2) 詳細調査の結果

腐食錆の進行による著しい機能低下があると判断した集水井について、内巻きを検討するための超音波板厚計による板厚測定（写真－13、14）で平均板厚が4.5mmである集水井が存在した。これは昭和47年度に施工されたものであり、現在標準使用されている2.7mmよりも厚く、土圧にも耐えられるという結果であった。この結果を受けて、機能評価区分Aとしたものでも再検討とした。



写真－13 超音波板厚計



写真－14 測定状況

6. おわりに

機能評価の指標がない中で、検討を重ねて3区分とした定義（案）を維持管理・更新等の方針として施設点検を行って機能評価したが、詳細調査によってA判定としたものでも再検討となった。このことから目視点検のみでなく、詳細調査を行って、より正確な機能評価を得ることで過不足のない長寿命化対策を施すことができると考えられる。

また、本報告は集水井と治山ダムが中心となったが、平成25年度から実施している調査について、他の治山施設を含めて検証を行い、「インフラ長寿命化基本計画」及び「林野庁インフラ長寿命化計画」に掲げられるメンテナンスサイクルの実施に係る基準などの整備に生かしたい。

謝辞

本報告をとりまとめるにあたり、ご協力いただいた国土防災技術株式会社盛岡支店の皆様にお礼を申し上げます。

未利用材の活用に向けた取組について

三陸中部森林管理署 森林整備官 遠藤 周作
 総括森林整備官 劔持 直樹
 業務グループ ○畠山 大樹

1. はじめに

平成24年7月に電気事業者に対して再生可能エネルギー源を用いて発電された電気を一定の期間・価格での買い取りを義務づけた「再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT）」が導入され、以後、全国でバイオマス発電所が急増している。岩手県では、未利用木質バイオマス（以下、未利用材）の利用量が、平成28年内に年間30万t以上になると考えられている（日刊木材新聞2016）。平成28年2月末現在、当署管内の国有林については、県内の稼働中、着工中・着工予定、構想段階の発電所から半径50km以内を集荷範囲とした場合、4施設の集荷範囲内に入っている（図1）。



図 1. 岩手県内のバイオマス発電所と集荷範囲

今後需要が急増すると考えられる未利用材は、一般的に、利用されずに林地に放置されている未利用間伐材や主伐残材のことを示す。具体的には、根元部分の材(以下、タンコロ)や枝葉のことである。これらは、年間約800万トン発生するにもかかわらず、ほとんど利用されていない現状にある(林野庁2015)。当署においてもタンコロ等は、販売価格に対して搬出コストが高くなることからこれまで利用されていない。

今後、発電所への未利用材の供給量が不足し、合板やチップ用等とされてきた丸太が発電用として利用されるケースも考えられるため、カスケード利用を念頭に置きつつ、未利用材の有効利用を促進していく必要がある。

本研究は需要の拡大に迅速に対応し、未利用材を搬出し活用していくため、①既存の作業システム(短幹集材)に容易に組み込むことができ、②可能な限り初期費用がかからず、③作業地の特徴を生かすことの3つを前提条件として設定し、活用に向けた課題や条件を明らかにすることとした。③作業地の特徴については、通常に通直なスギのタンコロは50~60cmの長さのためグラップルで掴みにくく作業効率が低下するが、今回の作業地の

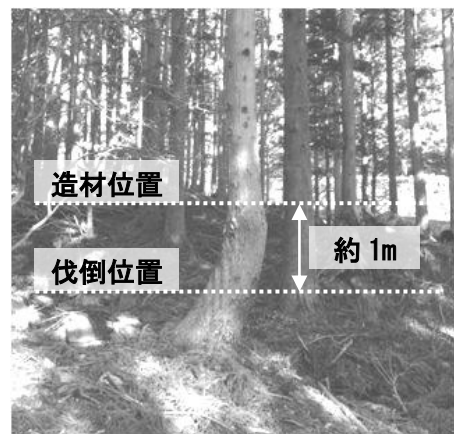


図 2. 根曲がりしたスギ立木

多くのスギは、図2のように根曲がりしている。このため、造材位置を変えてタンコロの部分延ばすことなく、通常的位置で造材してもタンコロを1m以上確保することができるため、グラップルの作業効率の低下を抑制できると考えられた。

2. 作業方法

(1) 作業地

作業地は、住田町内の火ノ土山国有林 29 林班 (37 ~40 年生)の間伐箇所とした。面積は 18.02ha、予定生産量は 1,156m³であり、作業システムは表 1 に示す。

表 1. 作業システム

伐倒	チェーンソー
造材・集材	プロセッサ
搬出	フォワーダ
はい積み	グラップル

(2) 搬出方法

搬出方法は、図3の二通りの方法を検討した。案1は、タンコロと元玉丸太を同時に搬出し、搬出コストを大幅にカットできる可能性があったが、今回使用したフォワーダの荷台長が3mであった

ことから、5mを超える積荷の半分近くが荷台からはみ出し車両のバランスが崩れること、カーブ時に積荷がのり面に接触するという問題が生じた。そのため、タンコロの1mという長さを生かし、既存のフォワーダを改造せず丸太とタンコロをそれぞれ搬出する案2を採用した。

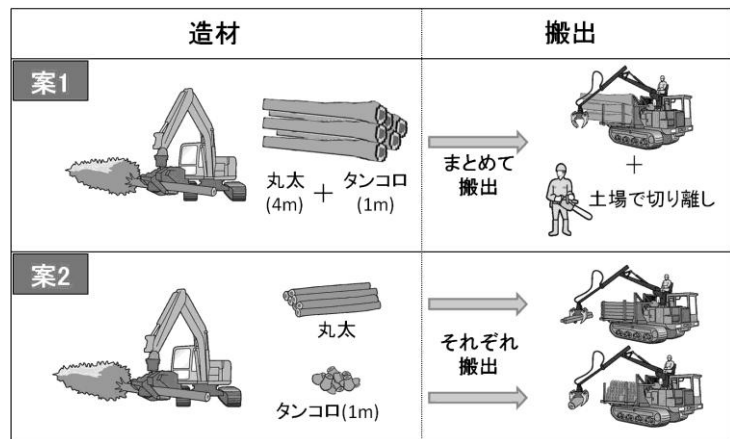


図 3. 搬出方法案

(3) はい積み方法

通常の2mや4mの丸太は1列積み(図4下段)を行うが、短いタンコロはこの方法では高く積めず、広いスペースが必要になる。このため、2列に寄り添わせることで1mのタンコロでも高く積むことができる2列積み(図4上段)を採用した。

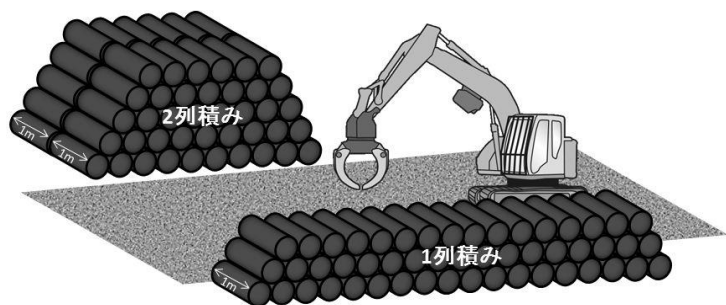


図 4. はい積み方法

3. 調査方法

タンコロを搬出し、はい積みするまでの作業工程とコストを調査するとともに、タンコロ以外の丸太も同様に調査し比較した。

(1) 工程調査

「積み込み」「走行速度」「荷下ろし」「はい積み」作業について、図5及び表2、3に示している項目を計測した。調査項目の材積は末口二乗法により算出し、作業時間やグラップル作業回数は撮影した動画により調査した。なお、グラップル作業回数とは、丸太を掴み所定の場所に置くまでを1回としたものである。

表 2. 調査項目

調査項目
L: 材長 (m)
D: 直径 (cm)
N: 本数
V: 材積 (m ³)
Ds: 距離 (m)
G: グラップル作業回数
T: 作業時間

表 3. 丸太種別

丸太種別 (F)	丸太種別 (G)
a: 4m混合	a1: 4m直
	a2: 4m曲
	a3: 4m小径
b: 2m合板	b: 2m合板
c: 2mチップ	c: 2mチップ
d: 1mタンコロ	d: 1mタンコロ

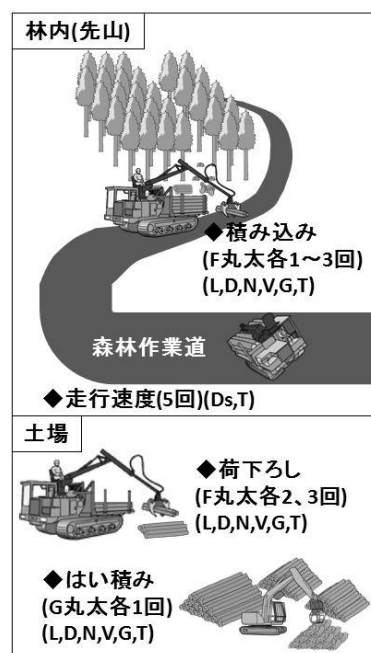


図 5. 調査方法概要

(2) コスト解析

表 4 に示す作業種別の作業時間を推定するため、村松 (2015) の統計解析と同様に、統計ソフトウェア R(ver3.2.3) を用いた一般化線形モデルによる解析を行った。応答変数である作業時間は正規分布に従うと仮定し、リンク関数は対数、オフセット項は材積として 1m³ 当たりの作業時間を推定した(説明変数は功程調査の計測値)。

次に、機械種別の変動費を井上(2001)の履带式フォワーダ(中型)、グラップルソー(中型)の数値より算出した(表 5)。なお、今回は通常の素材生産において、他の丸太と同時にタンコロの搬出を行うことで、タンコロ搬出にかかる固定費は相殺されるため変動費のみを算出し、表 3 の丸太種別(G)ごとに比較を行った。

表 4. 使用機械及び説明変数

作業種	使用機械	説明変数
積み込み (n=10)	フォワーダ	・ 材長 (m)
荷下ろし (n=11)	フォワーダ	・ 直径 (cm)
はい積み (n=5)	グラップル	・ 本数

表 5. 機械種別の変動費

機械種	保守・修理費 (円/h)	燃料・油脂費 (円/h)	機材消耗品費 (円/h)	計 (円/h)
フォワーダ	1,201.0	832.5	0.0	2,033.5
グラップル	858.7	612.7	299.0	1,770.4

4. 調査結果

(1) 「積み込み」「荷下ろし」の作業功程

「積み込み」「荷下ろし」共に材長と正の相関があり、材長の短い d(1m タンコロ)は最も低い値であった(図 6、7)。c(2m チップ)を基準とした場合、dの「積み込み」は 56%、「荷下ろし」は 59%であった。

また、フォワーダの積載量については、dが最も少ない 2.393m³で、cを基準とした場合 58%であった(図 8)。

(2) 走行速度

区間距離 249m、平均傾斜 12° の条件で計測し、土場から先山まで(積荷なし上り)は 3.1km/h、先山から土場まで(積荷あり下り)は 3.9km/h であった。

(3) 「はい積み」の作業功程

dの作業功程は 9.3m³/h であった。cを基準とした場合、dは 94%であり大きな差は見られなかった(図 9)。グラップル作業回数では、他の丸太種別と比較して、一度に掴む材積は少ないが、短い時間で順序よく積み上げることで作業功程を上げている(図 10、11)。

(4) 作業時間の統計解析

作業時間は全ての作業種において、材長及び直径に負、本数に正の影響を受けており、材長が長く、直径が太いほど短縮され、本数が多いほど増加する(表 6)。

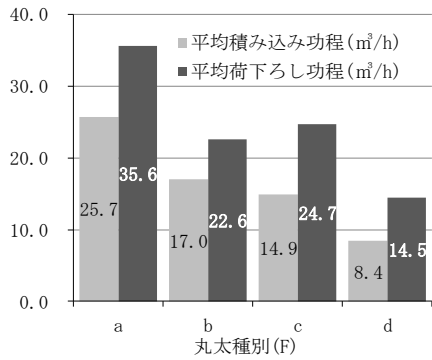


図 6. 積み込み、荷下ろし作業工程

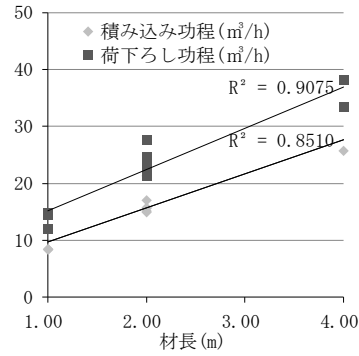


図 7. 材長との相関

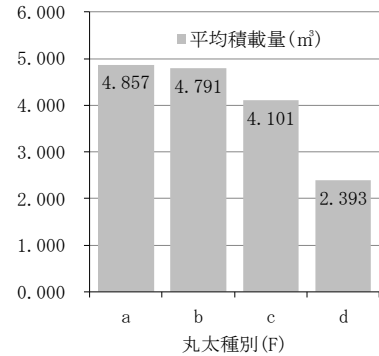


図 8. 積載量

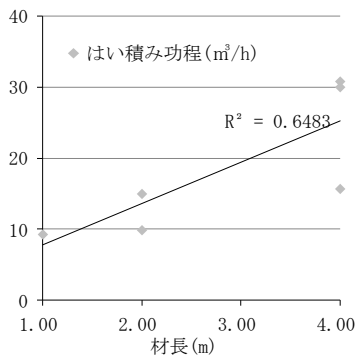


図 9. はい積み工程

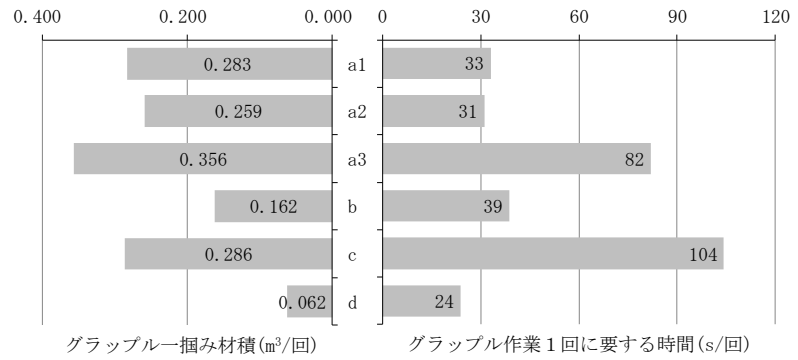


図 10. 一掴みの材積

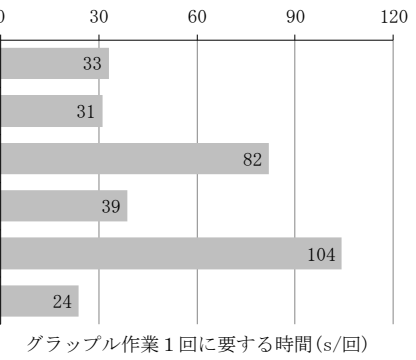


図 11. 作業 1 回に要する時間

表 6. 作業時間の統計解析結果

説明変数	積み込み		荷下ろし		はい積み	
	係数	標準誤差	係数	標準誤差	係数	標準誤差
材長 (m)	-0.5968	0.0806	-0.4485	0.0763	-0.3087	0.0586
直径 (cm)	-0.0019	0.0007	-0.0012	0.0006	-0.0002	0.0002
本数	0.0135	0.0052	0.0081	0.0047	0.0041	0.0013
(切片)	-0.2903	0.5286	-1.3494	0.5046	-1.9379	0.5526

注) 切片は一般化線形モデル式の切片

(5) 作業コスト(変動費)

作業コスト算出に使用した因子を表 7 に示す。これらの因子から変動費を算出した結果(図 12、13)、1m³ 当たりの変動費は d が 773.8 円で最大となり、c の約 1.6 倍であった。

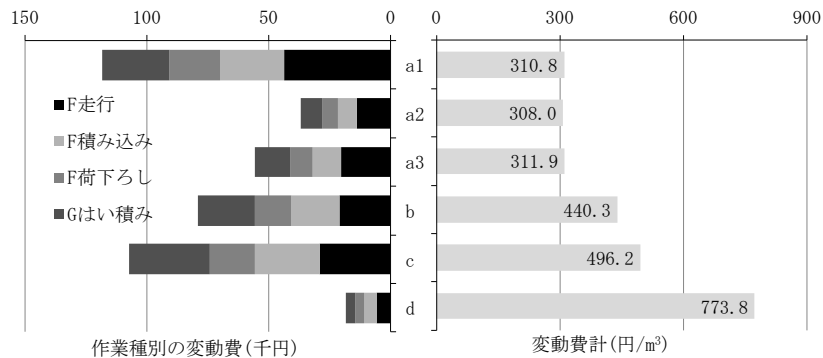


図 12. 作業種別の変動費

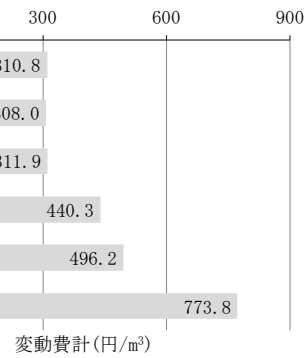


図 13. 1m³ 当たりの変動費計

表 7. 変動費算出に使用した因子

丸太種別(G)	直径 (cm) ①	1本当たり 材積(m ³) ②	総材積 (m ³) ③	総本数 ④	積載 本数 ⑤	積載量 (m ³) ⑥	往復 回数 ⑦	集材範囲 (m) ⑧
a1 : 4m直	21	0.176	380.16	2,160	27	4.752	80	463
a2 : 4m曲	19	0.144	118.80	825	33	4.752	25	463
a3 : 4m細	12	0.058	178.12	3,071	83	4.814	37	463
b : 2m合板	20	0.08	179.36	2,242	59	4.720	38	463
c : 2mチップ	13	0.034	216.24	6,360	120	4.080	53	463
d : 1mタンコロ	24	0.058	23.78	410	41	2.378	10	463
合計			1096.46	15,068				

- 注) ① 実際に出材した丸太の平均直径。
 ② ①を基に末口二乗法により算出。
 ③ 実際に出材した総材積を⑥の積載量で割り切れるように調整。
 ④ ③を②で除した商。
 ⑤ 最大積載量(図 8 の積載量)を②で除した商。
 ⑥ ②に⑤を乗じたもの。
 ⑦ ③を⑥で除した商。
 ⑧ 作業地の平均集材距離。

5. 考察と課題

タンコロの活用には低コスト化が必須である。そのため、本格的な活用に向けた課題を以下に示す。

(1) 「積み込み」「荷下ろし」の作業工程の改善

作業工程と材長は正の相関があることから、材長を伸ばせば工程は上がると推測する。しかし、今回集材した材長より長いタンコロは林内にはほとんど存在しないため、工程の改善は困難と考える。

(2) 「はい積み」の工夫

2列積みにより作業工程の低下を抑えることができ、2mチップ丸太と同程度の作業工程になり、有効と考える。

(3) フォワーダへの積載方法の工夫

今回、1mタンコロの積載時はフォワーダの荷台スペースに無駄があり(図 14 左)、積載量が少なく、車両の往復回数の増加につながり、走行にかかる変動費が増大した。このことから、1mタンコロを2列に積む等の工夫(図 14 右)により積載量を増加させることが必要である。

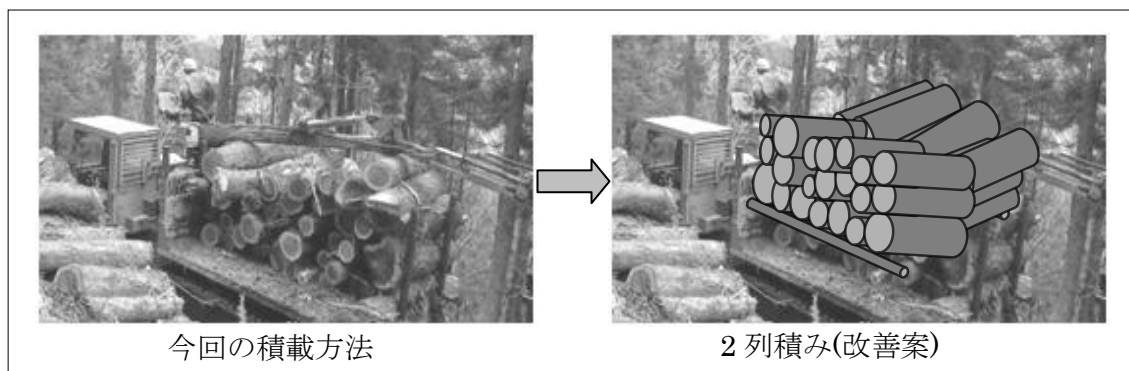


図 14. 1m タンコロの積載方法

(4) 集材範囲の検討

今回のコスト計算では、全ての丸太種別で集材範囲を同じに設定したが、1m タンコロのみ範囲を狭め、土場から比較的近い範囲を集材することでフォワーダの走行にかかる変動費を削減することが可能と考える。

(5) 1m タンコロの作業コストの再計算

これまでの1m タンコロのフォワーダの積載量と集材範囲の改善より、1m タンコロの搬出コストを少なくとも2m チップと同程度に抑えることができるか検討を行った(図15)。因子を以下のとおり変更することで、d(1m タンコロ)をc(2m チップ)と同程度の495.8 円/m³に変動費を抑えることができた。

- ① フォワーダの積載量を約1m³増加させ3.4m³にすることで、フォワーダの往復回数を8回に減少させた。
- ② 集材範囲を463m から270m に狭めた。

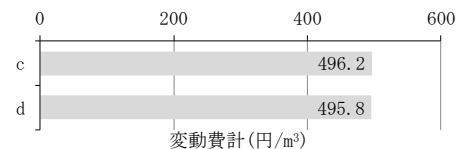


図 15. 1m タンコロと2m チップの作業コストの再計算結果

6. おわりに

本研究の結果から、タンコロの活用にはフォワーダの移動にかかる変動費を減らす必要があることが言える。具体的には、①フォワーダの積載量を増加させることにより、土場と先山間の往復回数を減らすこと、②集材範囲を狭め、土場から近い場所の集材に特化することが必要であると考えられる。フォワーダの積載量については、2列積み等により積載量を増加させることができるが、積み込み作業が複雑になるため、この作業にかかる変動費が増大すると予想される。そのため、2列積みに限らず、さまざまな積載方法の試行が必要である。また、今回試すことができなかった搬出方法の案1(タンコロと元玉丸太の同時搬出)は、荷台が長いフォワーダを用いて、元玉丸太を3m程度で採材する場合に実行できる可能性がある。集材範囲については、狭めると集材可能な未利用材の量も減ることから、作業地によっては、トラック1台分にも満たない量の未利用材しか集材できないことが想定される。そのため、フォワーダの積載量の増加によるコストの低減を早急に検討し、タンコロの集材可能量を明らかにする必要がある。

最後に、今回搬出したタンコロは、バイオマス発電用として販売した。平成28年には岩手県内では複数の発電所が稼働することに伴い、未利用材の需要が増大することが見込まれるため、未利用材を積極的に活用できるよう搬出方法等について検討していく必要がある。

7. 引用文献

- 日刊木材新聞 2016年1月7日 「15年は5ヵ所で21万トン規模 東北」
林野庁(2015) 木材需給と木材産業, 平成26年度森林・林業白書, 149-167
村松義昭(2015) トンバッグとフォワーダを用いた簡易な未利用資源材収集システムの開発, 平成26年度 森林・林業技術交流発表集 東北森林管理局, 50-55
井上源基(2001) 伐出コストを計算しよう, 機械化のマネジメント 全国林業改良普及協会 編 全国林業改良普及協会, 135-155

GISを活用した国有林情報管理手法の検討

下北森林管理署 森林官補（田名部担当区）浜本拓也

1. はじめに

国有林の森林官は、一人につき数千 ha から一万 ha 以上という広大な国有林を担当している。そして、その広大なフィールドについて多岐に渡る様々な情報を把握している必要がある。そのように広大な面積を持つ森林の情報管理に役立つのが、GIS（Geographic information system：地理情報システム）である。GIS を利用することで、フィールドの地理的な広がりやポイントごとの情報について、PC 上で総合的に管理し、把握することができる。

国有林の情報管理のためには、国有林地理情報システム（以下、国有林 GIS）が開発され、全職員が各々の PC で利用できるよう配備されている。しかし、森林管理署や森林事務所での国有林 GIS の実際の利用率は低く、情報を管理したり把握したりするためのツールとしては依然として紙媒体の図面や書類が使われている。その結果、森林事務所には雑多な図面・書類が大量に累積され、過去の情報も含めた担当区情報の把握が困難であるケースや、書類の不備や分かりづらさ等により情報が適切に引き継げないケースなどが生じている。

国有林 GIS は、豊富なデータや高度な機能を備えた GIS ソフトである一方、PC 上での動作が遅いこと、データの編集や入出力に関する自由度が低いことなどが、森林事務所等での実用において不利な点と考えられた。他方、森林情報管理用の GIS ソフトとしては、昨今、「QGIS」というフリーソフトが注目を集めている¹。QGIS は動作の軽さ、汎用性の高さなどについて評価が高い。今回の取組では、QGIS の導入により、森林事務所等における情報管理のために GIS をより幅広く活用できることや、国有林 GIS と QGIS の比較を通じた国有林 GIS に関する改善要望の具体化等が期待できると考え、QGIS を業務に活用する方法について検討することとした。

2. 取組の方法

以下の方法により、QGIS の基本的な機能と性能、および森林事務所における業務への活用方法について検討した。なお QGIS は ver.2.8.2 を使用した²。

（1）サンプルデータの作成

下北森林管理署管内の田名部担当区および出戸担当区をモデルとして、その情報を一元的に閲覧・管理できるような QGIS 用のデータセットを試験的に作成した。データの具体的な内容及び導入方法は後述するが、主に、林小班、境界点、林道・作業道

¹ QGIS：フリーかつオープンソースの GIS ソフト。平成 21（2009）年に ver.1.0 が公開され、平成 23（2011）年公開の ver.1.7 から日本語に対応している。インストール、使用、改変、配布などがすべて自由に行えることが特徴。

² 取組中に複数回のアップデートがあり、2016 年 2 月時点での最新版は ver.2.12 であるが、機能の安定性等を考慮して、今回の取組の中では長期保守版である ver.2.8 を継続して使用した。

について、国有林 GIS から出力したデータを QGIS に導入する手順について検討し、一部編集を加えるなどして QGIS 用のデータとして整理した。

(2) 対比表の作成

QGIS が森林事務所における標準的な業務に対応しうるか確認するため、国有林 GIS の機能との対比表を作成した。具体的には、林野庁が作成している「国有林地理情報システム研修マニュアル（平成 27 年度版）」をもとに、国有林 GIS の機能を項目別に整理し、それぞれの項目について、QGIS で同様の操作が可能かどうか、また各 GIS での利便性の違いなどについて整理した表を作成した。

3. 取組の結果

(1) サンプルデータの内容及び作成手順

下記「サンプルデータ作成の主な手順」の方法により、田名部・出戸担当区に関する情報を管理するための QGIS 用のデータセットを作成することが出来た。基本画面は下の図のように表示され（図 1）、国有林 GIS と同様に、色分け表示や帳票データの閲覧ができる（図 2）。このデータは QGIS がダウンロードされた PC であれば誰でも閲覧可能である。また他の担当区でも同様のデータを作成するための手順書を作成し、必要に応じて職員等に提供することで、QGIS の普及に活用できるものとした。

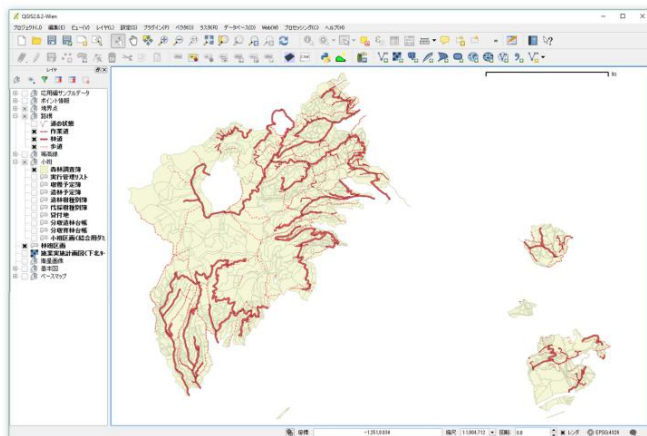


図 1 QGIS の基本画面

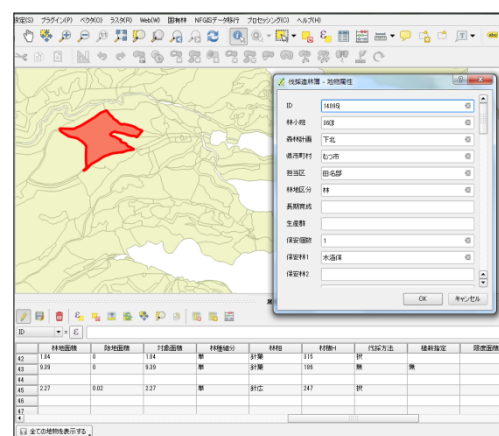


図 2 帳票情報の閲覧

サンプルデータ作成の主な手順

- ① 国有林 GIS のデータ出力機能を使い、下北森林管理署管内のシェープファイルデータを出力（このうち「林班区画」「小班区画」「境界標」「林道」「作業道」「歩道」「等高線」を使用）
- ② QGIS の地物編集機能を使い、モデルとする担当区以外の小班や林道等の地物を削除。
- ② 国有林 GIS の CSV 出力機能を使い、各種帳票データ（森林調査簿など）を個別に出力。
- ③ CSV を一部加工した上で QGIS に取り込み、QGIS の属性データ結合機能を用いて「小班区画」に属性情報を結合させ、帳票データの付与された小班区画のシェープファイルデータを作成。
- ④ 国有林 GIS 用のデータフォルダから、基本図（TIFF）及び衛星写真をコピー。
- ⑤ 以上のシェープファイルデータ及び画像データをセットとして整理し、QGIS に読み込ませ、ラベルやスタイルを設定した上で、プロジェクトとして保存。

(2) 対比表の作成結果

「国有林地理情報システム研修マニュアル」は、概要編（全3章）、活用編（全33章）、補足編（全6章）から成るマニュアルであり、その内容から、国有林GISに備わっている機能を独自に48項目に整理した。その上で、項目ごとにQGISで同様の操作が可能かどうか検証し、その結果と操作方法および相違点等について整理した。

48項目中、プラグインと呼ばれる拡張機能を導入しない状態で43項目、プラグイン等を利用することで3項目、合計で46項目がQGISでも同様に可能であった(表1)。

本稿では結果の概略のみを示すが、操作方法等を記述した詳細版については、サンプルデータや手順書と同様に、必要に応じて職員等に提供することでQGISについての理解の促進等に役立てることができるものとして作成した。

表1 国有林GISの機能のQGISにおける再現可能性の検証結果

No.	機能の内容	可否	No.	機能の内容	可否
1	画面表示位置の保存	○	25	小班計測	○
2	台帳情報の表示	○	26	計測線の断面図表示	△
3	データごとの表示・非表示切替	○	27	林道予定線の森林資源情報計測	×
4	ラベル表示の設定変更	○	28	測量成果の取り込み	○
5	地物表示のスタイル設定変更	○	29	独自に作成したデータの保存	○
6	縮尺に応じた表示設定	○	30	衛星画像の表示	○
7	ラベル・スタイル設定の保存	○	31	位置情報付きでない画像の表示	○
8	地物表示の順序変更	○	32	シェープファイルの取り込み	○
9	選択地物の属性情報の表示	○	33	CSVファイルの取り込み	○
10	選択地物の色の変更	○	34	任意の地物を作図して追加	○
11	林小班名からの小班検索	○	35	任意の地物を除いた面積計測	○
12	属性情報からの小班検索	○	36	緯度経度からポイント情報を登録	○
13	属性情報の出力	○	37	シェープファイルの出力	○
14	地物の色分け表示	○	38	GPS機器でのデータ表示	○
15	地物の色分け条件の保存	○	39	地物の編集	○
16	複数の属性情報からの小班検索	○	40	地物の属性情報の編集	○
17	バッファ検索	○	41	林道予定線の土工量の計測	×
18	ポイント情報の登録	○	42	境界標情報の編集	○
19	写真の添付	○	43	図面の印刷	○
20	位置情報付き写真の取り込み	△	44	色分け後の色分け条件変更	○
21	GPSトラックログの取り込み	○	45	色分け等の凡例の表示	○
22	GPSトラックログの高低差表示	△	46	色分け小班のシェープファイル出力	○
23	GPSトラックログの出力	○	47	空間検索	○
24	図上計測	○	48	緯度経度による位置検索	○

○：QGISの機能により同様の機能が再現可能 △：プラグイン等の導入により同様の機能が再現可能

×：今回の取組では同様の機能を再現する方法が見つからなかった

(3) QGIS の活用例

ここまでの結果から、QGIS は国有林 GIS とほぼ同様の方法で業務に利用することが可能であることが確認できた。またその過程で、QGIS 特有の機能を活用することで、国有林 GIS とは異なる形で GIS を業務に活用できることが見出された。活用の可能性は多岐に渡るが、ここでは、日常業務に GIS を利用する場合において特に重要と考えられた活用方法およびポイントについて記述する。

① 基礎的なデータ表示に関する応用

国有林 GIS と比較した場合の QGIS の利点として、データの表示方法に関わる設定の柔軟性が挙げられる。こうした性質を活用すれば、林小班表示の際の色分け条件やラベル表示に関わる設定を使用者にとって見やすいよう手軽な操作で柔軟に変更する（図 3）、林道に路面状況の優劣に関わる属性情報を与え、その情報に応じて林道を色分け表示する（図 4）、などの応用が可能である。

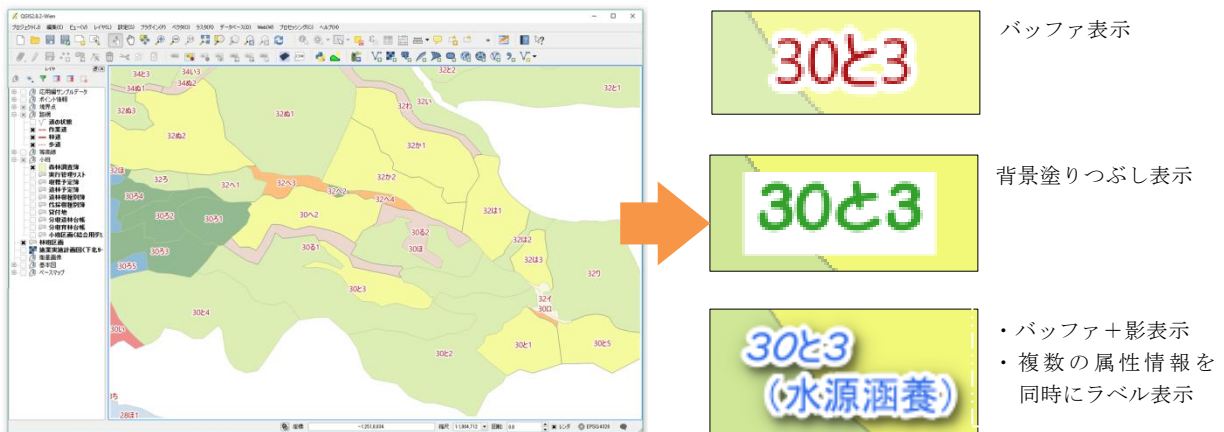


図3 QGISにおける林小班的表示及びラベル表示の設定変更例

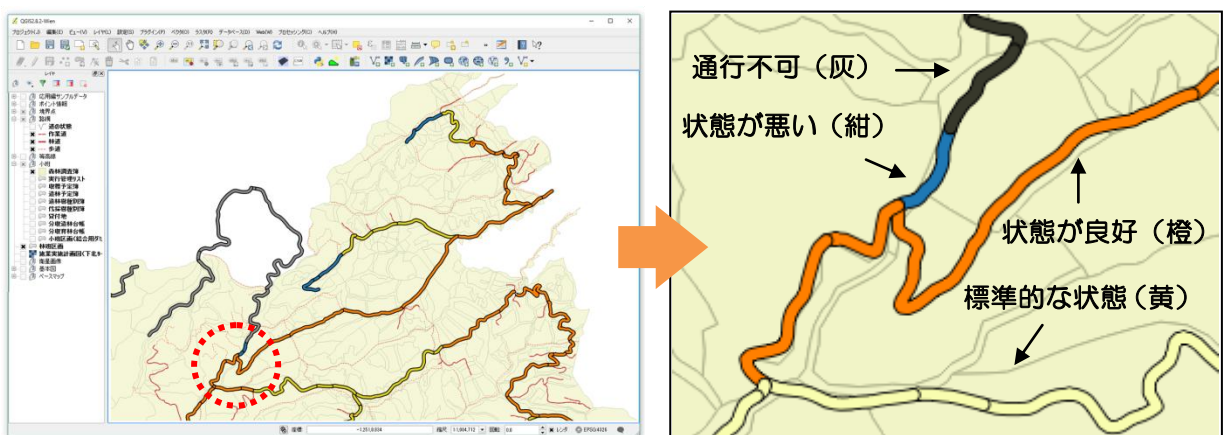


図4 QGISにおける林道の表示（色分け表示例）

② エクセルデータとの連携（GIS を活用した調査指示等）

今回のサンプルデータの作成に当たっては、国有林 GIS から抽出した帳票情報の CSV データを、小班区画のシェープファイルに結合させることにより森林調査簿等の属性情報を持つ小班区画データを作成した。この方法は、二つの異なるデータの属性情報を結合させる QGIS の機能を使用したものであり、国有林 GIS から出力した帳票情報以外のデータにも幅広く応用することができる。

例えば、森林管理署から森林官に発出する調査命令は、従来のような文書や通常のエクセルデータでは調査個所を図面上で確認するために手間がかかるが、そうしたエクセルデータを QGIS に取り込めば、調査個所を分かりやすく表示できる（図 5）。

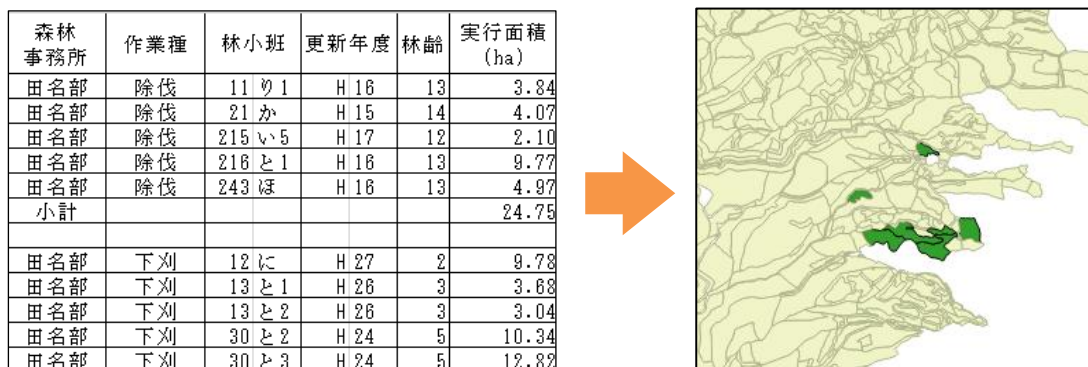


図 5 林小班単位のエクセルデータを QGIS 上で表示させるイメージ

この操作には、小班区画のシェープファイルデータと、取り込もうとするデータのそれぞれに、共通する小班固有の ID (通し番号) が付与されていることが必要である。今回の取組では、①ID のみを属性情報として与えたダミー小班区画、及び②林小班名を入力すると ID が自動入力されるテンプレートの二つを事前に作成しておくことで、林小班単位のデータを簡単に QGIS 上に取り込めるようにした（図 6）。

これらの作成手順についても手順書を作成しており、例えば各森林管理署で手順書に沿ってダミー小班およびテンプレートを作成して署内及び管内担当区に配布すれば、各自で自由にデータを取り込むことができるようになり、調査命令等を各森林官が自分の PC 上の QGIS に取り込んで表示させるなどの活用が可能になる³。

ダミー小班の属性情報

ID	



作成した CSV

ID			

テンプレートでは、林小班を入力すると ID が自動入力される。その他の列に属性情報を自由に入力して CSV 形式で保存し、QGIS 上でダミー小班に結合させれば、小班単位の任意の情報を導入できる。

図 6 ダミー小班に CSV の属性情報を結合させるイメージ

³ 今回の取組時点ではこの方法を採用したが、その後検討を進める中で、ID でなく林小班名を使用する簡易な方法も採用しうることが確認された。また Python 等を使用することで、CSV 取込みの手順をさらに簡素化できるものと考えられるなど、今後の改良の余地は大きい。

③ 各種電子データとの連携

前項の方法では、林小班単位で作成されたエクセルデータを QGIS 上に取込むことが出来るが、それ以外の形式のデータ（図面や文書）や、CSV 形式に整理することが難しい複雑な様式のデータ（例：収穫調査復命書、収穫実行簿など）には適さない。

そうしたデータを QGIS と連携させる方法として、今回の取組では QGIS の「アクション」機能を利用した。これは小班等の地物を選択してアクション機能の起動を選択した際、事前に設定したコマンドを実行させられる機能であり、コマンドとしてファイルパスを入力すれば PC 内に保管された任意のファイルを開かせることができる。

コマンドは指定したフィールド（カラム）に入力されたものを使用させることができる。指定したフィールドの編集ウィジェットを「ファイル」に変更すれば、編集モード時にカラム横のボタンから参照画面を開いてファイルを指定することでファイルパスを入力することができ、ファイルを添付するような手軽な操作感覚で、任意の電子ファイルを関連付けることができる（図 7）。

この方法によれば、小班や林道等に、Word や PDF など形式を選ばずファイルを添付することができ、例えば貸付ポイントに契約図面を添付する、小班に過去の収穫調査復命書を添付するなど、情報管理への様々な応用が可能になる。

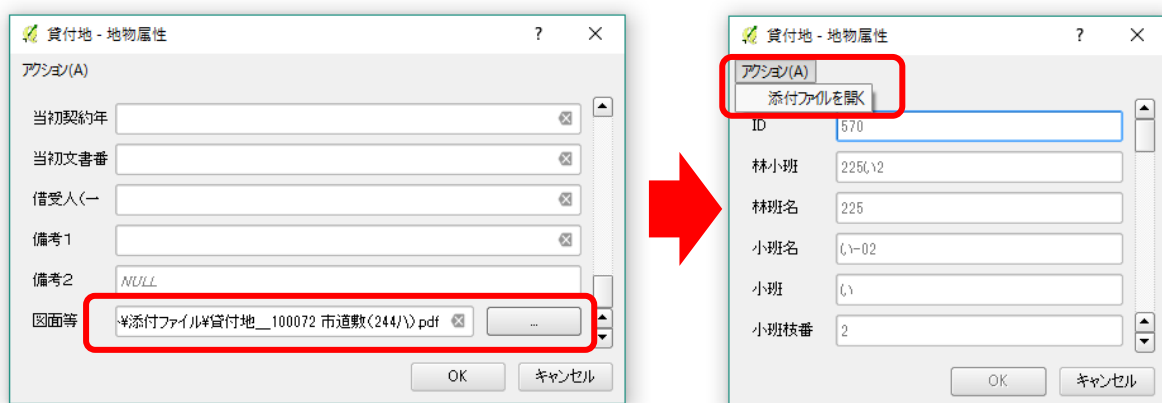


図 7 小班等の属性情報にファイルパスを入力し、アクション機能によりファイルを開かせる

4. 考察

(1) QGIS の特長

今回の取組により、QGIS の基本的な機能および性質について一定の整理をすることができた。QGIS は国有林 GIS で閲覧することのできるデータを同様に表示させて閲覧させることができるほか、国有林 GIS の主要な機能のほとんどについて同様の操作が可能である。国有林 GIS と比較した場合の利点として、特に、動作が軽い（速い）こと、データ表示に関する柔軟性が高いことが見出された。

特に後者については、利用者の感覚やその時々用途に応じて、データの表示に関する設定を柔軟に変更することができる点が重要である。国有林 GIS にも凡例変更やデータ表示・非表示切替の機能は備わっているが、設定の自由度の高さ、設定変更操作の手軽さなどの点は、現時点では QGIS が優れている。

またエクセルデータの取込みや電子ファイルとの連携を活用することで、森林事務所で取り扱うほとんどの情報が、**QGIS** と連動させて閲覧することが可能になる。今後、これまで紙媒体により情報のやり取りや保管をしていた資料について、積極的に電子化を進めていけば、それ自体が情報管理の効率化につながることに加え、そうした電子データを **QGIS** 等の **GIS** ソフトと連携させることにより、情報を現場と結び付けて管理していくことが可能になることが期待できる。

（２）国有林 **GIS** と比較した場合の **QGIS** の課題点

QGIS と比較して国有林 **GIS** が優れている点として、特に、①林小班の検索機能、②図上計測機能、③情報の信頼性、が挙げられた。①、②は国有林のために設計された **GIS** ならではの高度な機能であり、仮にこうした点で **QGIS** の適用範囲を広げていくには、**Python** によるプラグインの作成等の発展的な対応が必要となる。③については、**QGIS** ではデータの内容を誰でも自由かつ手軽に編集できるという特徴がある分、森林調査簿等の基盤的な情報についても、手元にあるデータの信頼性が必ずしも保証されないということである。このような点については、共通のデータベースを使用し、管理者権限を持つ職員以外にはデータを編集することができない国有林 **GIS** のようなシステムが優れており、**QGIS** とは一長一短の関係にあると言える。

（３）結論と今後のビジョン

以上のようなことから、国有林 **GIS** と **QGIS** は、当面、それぞれ異なる役割を持った **GIS** ソフトとして、相互補完的に運用されることが望ましいと考えられる。

そこでは、国有林 **GIS** は国有林に特化した検索機能等の専門的機能を持つ信頼性の高いデータベースとして活用し、**QGIS** はそうしたデータを含めた様々な情報を必要に応じて取り込みつつ各職員の業務内容に応じて柔軟に **GIS** の機能を活用するツールとして位置づける、という役割分担が想定される。

将来的にはそれらの機能が国有林 **GIS** に統合されることが理想的と言えるが、それまでの当面の間、**QGIS** は国有林 **GIS** とは違った形で、**GIS** というツールが持つ利便性を、国有林業務に幅広く活用するためにその役割を発揮できるものと考えられる。

今後、**QGIS** のように汎用性の高い **GIS** を幅広く職員が活用することで、情報の電子化や「見える化」が進むことによる業務の効率化や、**GIS** を活用した業務研究の発展が期待できると考えられる。また **GIS** についての理解がより深まることで、国有林 **GIS** の更なる改良についての要望や議論の具体化が進むことが期待される。

QGIS については、現状では一部の森林管理署等の職員が独自に活用方法を模索している段階である。今後、**QGIS** の利便性を業務に活用していくためには、そうした職員間での情報共有等を進めつつ、導入手順や基本的な操作方法等について職員への情報提供をしていくことが重要と考えられる。

各研究機関との連携状況

森林技術・支援センター 沼田 一輝

1 はじめに

国有林野事業は平成25年4月から一般会計による業務運営へと転換し、これまで国有林の技術開発の拠点であった各局の森林技術センターは、新たな組織に改組し、名称も森林技術・支援センターに改称した。これに伴い、技術開発目標等を踏まえ、民有林経営への普及を念頭にした地域の実情に即した技術開発の実施、技術開発成果の円滑な普及・定着、開発された技術の普及等を通じた人材育成を図るため、技術開発試験地の設定や管理、データ収集及び成果の普及等が森林技術・支援センターの主な業務となった。しかしながら、民有林の技術開発等の現状を全て把握しているわけではなかった。

このため、平成27年度に各県等の研究機関等との意見交換等を進め、民有林の現状を把握することとした。

2 研究方法

(1) 意見交換等

各県等の各研究機関へ赴き、研究機関の取組や民有林の現状等について聞き取りを行った。また、当センターの平成27年度技術開発課題や過去の研究成果等について意見交換を実施した。

これについては、国の研究機関1箇所と各県研究機関5箇所で行った。(図1)

- ① 森林総合研究所東北支所
6月23日に意見交換
- ② 青森県林業研究所
5月14日に意見交換
9月28～29日に合同研修会
- ③ 岩手県林業技術センター
6月23日に意見交換
- ④ 宮城県林業技術総合センター
7月27日に意見交換
- ⑤ 秋田県林業研究研修センター
10月16日に意見交換
- ⑥ 山形県森林研究研修センター
11月12日に意見交換

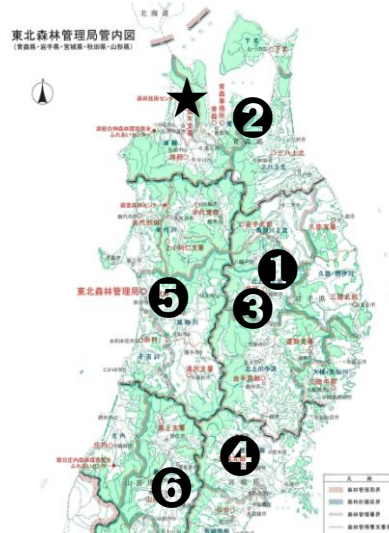


図1：各機関の位置 (★=当センター)

(2) 情報共有

各機関へ訪問した際、東北森林管理局でも技術開発課題になっている「低密度植栽」の共通テーマがあった為、その情報の共有を行った。

- ア 岩手県林業技術センター : 8月6日に研修会参加
- イ 岩手県林業技術センター : 10月22日に合同調査
- ウ 宮城県登米地域事務所 : 11月12日に現地視察

3 結果及び考察

(1) 各機関との取組結果

①青森県林業研究所との取組

平成26年度より試行的に意見交換や合同研修会を開催してきたところである。

27年度は、合同研修会として東日本大震災の津波で被害した青森県三沢市の海岸防災林復旧状況の視察(写真1)をすると共に、国有林研修会へ講師を派遣した。また、青森県林業研究所主催の「平成27年度青森県森林・林業・木材関係技術発表会研究発表会」において発表を行った(写真2)。



写真1

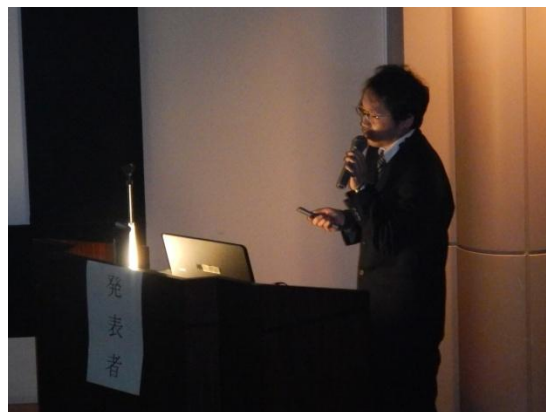


写真2

②岩手県林業技術センターとの取組

民有林の現状等の聞き取りや意見交換会から、両機関共通のテーマとして「低密度植栽」に取り組んでいることが把握できた。このことから、岩手県林業技術センター主催のスギ低密度植栽研修会(岩手県矢巾町)への参加や、カラマツ低密度植栽試験地(岩手県葛巻町)での合同調査(写真3)の実施、また、東北森林管理局主催の低密度植栽試験現地検討会(三陸北部署管内)へ招待するなど、情報共有の強化を図った。



写真3

③宮城県林業技術総合センターとの取組

宮城県の民有林等の現状把握や低コスト林業等について情報共有を図ると共に、宮城県が実施しているスギ低密度植栽箇所（宮城県登米町）の現地視察を行った。

④秋田県林業研究研修センター及び山形県森林林業研究研修センターとの取組

民有林等の現状把握や低コスト林業について情報共有を図ると共に、海岸林への広葉樹導入について疎通を深めた。

(2) 考察

各県等の研究機関での研究状況や民有林の現状把握や情報共有を図る中で、青森県であればヒバ関係、秋田県はスギなど各県特有の問題・課題が再認識でき、また、それぞれの機関の知見の深さについて理解が深まった。

このことから、森林技術・支援センターの目的である民有林経営への普及を念頭にした地域の実情に即した技術開発の実施、その成果の円滑な普及そして定着が図られるよう取り組み、東北地方における森林・林業の再生推進に貢献していきたい。

防鹿柵によるニホンジカ防除対策

三陸中部森林管理署 業務グループ ○外柳 剣太
主任森林整備官 永瀬 和
森林官（世田米担当区） 安藤 菜穂

1. はじめに

三陸中部森林管理署管内（大槌町、釜石市、大船渡市、住田町、陸前高田市の5市町）では、ニホンジカ（以下、「シカ」という。）による幼齢造林木の被害が多く発生している。被害は冬期間に集中しており、主にスギの幼齢木の枝葉食害、10～15年生のスギ造林木の樹皮剥ぎが確認され、住田町・陸前高田市内の国有林では、枯死に至る被害が発生し、成林が見込めない箇所もみられる。

当署管内のシカの生息密度は、岩手県の第4次シカ保護管理計画（大槌町を除く、管内4市町と遠野市の一部で実施）では、H19年度の5.7～8.1頭/㎏から、H25年度の8.4～12.4頭/㎏へと増加傾向にあるとされている。

当署では、シカによる被害を防止するため、H23、24年度に忌避剤を用いた被害対策を行ったが、明確な効果が見られず、防鹿柵を設置した。防鹿柵設置の実績は全国で数多くあり、資材種類も多岐に渡るが、設置、巡視、回収の費用の低減が課題となっている。このため、異なった資材工法の柵の巡視、修繕の時間、設置、回収の費用や効果を比較し、費用と時間の少ない工法の選定のため、調査を行った。

2. 調査方法

(1) 調査概要

調査地は、当署管内においてH26年度防鹿柵を設置した6つの林小班（面積17.88ha、総延長5676m、林齢1～7年生）とし、調査期間は、設置終了後のH27年3～12月とした。各資材工法の仕様は表1のとおり。

これら4種類の資材工法について、巡視、修繕、設置及び回収のコストを試算した。

表1 各資材工法の設置

資材工法	柵仕様	網目	支柱間隔	網高
A	ステンレスワイヤー入り繊維網+※ ¹ 木支柱	10 cm×10 cm	4m	2.0m
B	〃	5 cm×5 cm	4m	2.0m
C	金網+※ ² 鉄支柱	15 cm×15 cm	2.5m	2.05m
D	金網+木支柱	15 cm×15 cm	4m	2.05m

※¹木支柱…防腐処理済み径7 cm、全体長3m、※²鉄支柱…径4 cm、全体長2.7m

注¹) A及びBは共に、上下にフェンシングワイヤーが通っており、Aは10 cm網目で、下に潜り込み防止の30 cmの「たらし」があり、Bは5 cm網目で「たらし」が無い。

C、D(金網)は、上下分かれている2段張りの構造である。

① 維持管理(巡視・修繕)の調査

柵設置箇所毎に、破損・修繕調査票(図1)を用いて現地調査(破損:種類・原因・場所、修繕:内容・時間・人員・使用資材、作業距離)を行い、資材工法毎の破損の種類、原因を把握すると共に、巡視、修繕に要する人工や時間等を試算した。

② 設置・回収の費用

設置時の積算資料等により、設置資材の費用、人工及び将来の回収費用を試算して資材工法別に比較した。

図1 破損・修繕調査票

3. 結果

(1) 破損の種類や件数

破損・修繕調査票より、各資材工法別に破損の件数や内容を比較した(表2参照)。破損の件数はA(10 cm網目)の件数が他に比べ多く発生しており、対してB(5 cm網目)、C(金網+鉄支柱)は破損がほとんど発生しなかった。資材工法毎の状況は以下のとおり。

表2 調査地の防鹿柵破損状況

柵仕様	破損内容	破損件数
A (10cm×10cm網目 +木支柱)	網下空き	25
	補助杭抜け	22
	網切断	10
	網外れ	13
	支柱倒れ	10
	網たるみ	6
B (5cm×5cm網目 +木支柱)	網切断	1
C (金網+鉄支柱)	破損なし	
D (金網+木支柱)	網下空き	6
	補助杭抜け	2

注²⁾ 破損1件=1箇所の意。

① □A(10 cm網目+木支柱)

破損の種類は多岐に渡っているが、網の「下空き」やそれに伴い発生する「補助杭抜け」が多数を占めており、その主な原因は、シカ等の動物による潜り込みや地盤崩れ等の自然災害であった。また、「下空き」「補助杭抜け」以外にも、動物による「網切断」、積雪や倒木による「網外れ」「支柱倒れ」「網たるみ」等の被害が発生していた。

② B(5 cm網目+木支柱)

動物による「網切断」1件のみ発生していた。動物のアタック跡、噛み跡、潜り込もうとした跡等の痕跡は多く見られたが、A(10 cm網目)と比較すると破損が少なかった。

③ C(金網+鉄支柱)

破損は発生しなかった。潜り込みによる痕跡や被害もなかった。

④ D(金網+木支柱)

網の下空きに掛かる破損が数件発生していた。金網自体に大きな損傷は無いが、地盤崩れによる「下空き」や、それに伴い補助杭(木杭)の浮き上がり等が発生していた。



写真1 網下空き破損(地盤崩れによる)



写真2 多種の破損が重複(積雪による)

(2) 修繕内容と時間

修繕内容、時間及び破損内容と比較した(表3参照)。

「支柱直し」は最も時間がかかり、1件あたり約35分を要した。今回の調査で、最も破損が多かった「下空き」の修繕(「補助杭補強」「又釘打ち直し」)については、修繕時間は短かった。

表3 修繕内容と修繕時間(5時間/日/2人作業)

修繕内容	修繕時間(分/件)	対象破損内容
支柱直し	35	支柱倒れ
網張り直し	20	下空き・切断・外れ・たるみ
倒木処理	20	切断・外れ
補助杭補強	11	下空き・補助杭抜け
又釘打ち直し	9	外れ・たるみ

(3) 柵巡視可能距離

資材工法別に1日あたりの巡視可能距離を試算した(表4参照)。

C、D(金網)の巡視可能距離は、A、B(繊維網)より2倍となっていた。これはA、B(繊維網)はシカによる網の切断の有無を、点検する必要があるが、C、D(金網)はその必要がなかったことが要因である。

B(5cm網目)は、A(10cm網)に比べ、破損が発生せず、巡視時の立ち止まり時間が少なかったこと等から巡視距離が伸びている。

表4 巡視可能距離(5時間/日/2人作業)

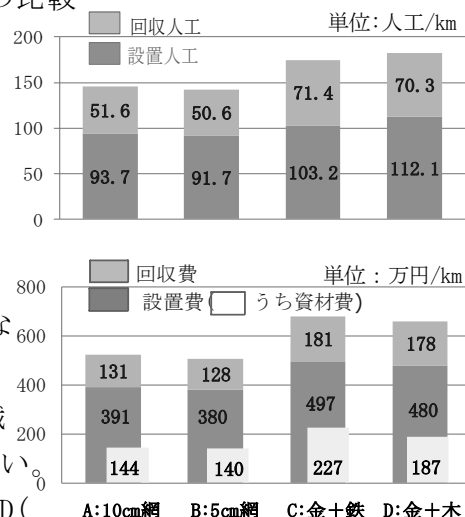
柵仕様	総延長(km)	巡視可能距離(km/日)	傾斜(度)
A (10cm×10cm網目+木支柱)	4.1	1.4	35
B (5cm×5cm網目+木支柱)	1.2	2.0	
C (金網+鉄支柱)	0.15	2.8	40
D (金網+木支柱)	0.27	2.8	

(4) 設置、回収の費用と人工の比較

設置、回収費用と(図2)、設置、回収工程(図3)は右のとおりである。

資材工法により、設置の人工に大きな差は無く、回収の人工はC、D(金網)がA、B(繊維網)よりも20人工/kmほど少ない。

資材費はC、D金網がA、B(繊維網)よりも約80万円/km高い。設置、回収費用の合計も、C、D(金網)は、A、B(繊維網)よりも約150万円/km高く、回収費用は、金網が約50万円/km高い。



設置工程	回収工程
主杭(木・鉄)打ち込み	引き抜き
補助杭打ち(木・鉄控支柱)	引き抜き
網張り(繊維ネット・金網)	撤去
Fワイヤー張りアンカーピン	撤去
刈り払い	
資材運搬	撤去

図2 設置・回収費用と人工 図3 設置・回収工程
注³)設置費の中に資材費を表示

注⁴)回収費は木支柱を含む資材を全て回収するとして計算。

4. 考察

調査結果より、資材工法別の維持管理(修繕・巡視)、設置、回収について比較を行った(表5)。

(1) 維持管理(修繕・巡視)

修繕について、破損の種類・件数はA(10cm網目)が圧倒的に多く、B、C、D(5cm網目と金網)は、大規模な破損は、ほとんどなかった。B(5cm網目)

の方がA(10cm網目)よりも破損が少なかったが、設置箇所は隣接箇所、同じような地形、傾斜であった。理由については今後検証していく必要がある。また、D(金網+木支柱)は、「下空き」等の被害が数件出ていたが、破損の種類が限定されており、修繕に時間がかかるものではなく、その他に大規模な破損は確認されなかった。

巡視時間について、C、D(金網)では、シカの噛み切りによる「網の切断」の発生が考えにくく、確認する必要が無いため、A、B(繊維網)のおよそ半分の時間であった。

これらのことから、維持管理については、B、C、D(5cm網目と金網)が容易であり、特にC(金網+鉄支柱)は破損が全く認められず、巡視の時間が短く、労力が少なく済んでいる。

また、「下空き」箇所については、短時間で修繕が可能であり、林地残材等を補助杭として使用することにより、後日改めて修繕作業を行う必要がなくなり、修繕費用の削減につながると考えられる。

なお、調査箇所は、平均傾斜が35~40°といずれも比較的急傾斜で、箇所毎に傾斜の違いはわずかであり、巡視時間に大きな影響を与えるものではなかった。そ

表5 資材別の設置から回収までの比較

	維持管理	設置	回収
A (10cm×10cm網目) +木支柱	△	◎	◎
B (5cm×5cm網目) +木支柱	○	◎	◎
C 金網+鉄支柱	◎	○	△
D 金網+木支柱	○	○	△

のため、維持管理に要する時間等の違いは、繊維網と金網の違いによる影響が大きいと考えられる。

(2) 設置・回収

設置に要する人工は、資材による差がほとんど無かったが、資材費用で、A、B(繊維網)がC、D(金網)よりも安価になっている。

回収については、C、D(金網)が、金網資材の運搬、撤去に要する人工が多いため、費用も約50万円/km高くなっている。

これらのことから、設置と回収の合計費用は、A、B(繊維網)がC、D(金網)を大きく上回って安価である。

(3) 今回の調査箇所における望ましい資材工法について

C、Dの金網資材は、大規模な破損はほとんど見られず、巡視の時間も少なく済んでいるが、人工と費用が大きくかかり増しとなっている。

このことから、今回の小班単位における4つの資材工法では、破損がほぼ確認されず、設置・回収費用も金網よりも比較的安価である、B(5cm網目+木支柱)での施工が現時点では望ましいと考える。

5. 今後の課題

今回調査した4資材工法の防鹿柵は、設置後1年であり、今後の効果や修繕・巡視の人工、費用の継続した調査が必要と考える。また、B(5cm網目)の調査箇所は積雪が少ない箇所であり、積雪地での効果や柵破損を検証していくこととしている。

さらに、柵の延長が長い場合や、林道からの距離が遠く、巡視が困難な場合に選択すべき設置資材は、維持管理費用のさらなる比較を行い、検討が必要である。

今後、立木を使用した防鹿柵の設置や、網の斜め張りの設置を検討しており、それらについても比較を行い、設置箇所に応じた費用のかからない資材工法の選定を行っていきたいと考えている。

6. 参考資料

1) 岩手県：第4次シカ保護管理計画，2013年

低コスト森林施業（一貫作業システム）の実施結果等について

置賜森林管理署 業務グループ 伊達義人

1. はじめに

近年、戦後に造林された森林が収穫期を迎え民国問わず伐採量が増加している。しかし、木材価格の低迷により林業経営の見通しが立たなくなったため、再造林が行われない伐採跡地が増加している。木材価格の上昇が見込み難い中で、森林の公益的機能の維持や持続的な林業経営を行うためには、造林・保育コストを削減する技術の確立が不可欠である。

本署は、コスト削減を目的とした森林施業の内、製品生産事業と造林事業を一括で発注し、運材作業等と同時並行的に枝条整理を行い、作業効率を高め再造林のコスト削減を図る一貫作業システムに着目した。

本テーマでは、その一貫作業システムの置賜地方におけるコスト削減効果の検証、枝条整理の方法の簡略化によるコスト削減効果の検証を目的としている。

2. 調査方法

今回の調査は、山形県西置賜郡小国町大字金目字滝ノ沢に位置する滝ノ沢入国有林38林班か小班において実施した。小班内に約1.5haの伐区を2箇所設けそれぞれの枝条整理の方法を、枝条をなるべく集積し林地内に残さない枝条集積型（以下「第1伐区」とする）と、枝条整理を植栽困難なほど枝条が堆積した箇所でのみ実施し、林地内に植栽ができる程度に枝条を散布・存置する枝条散布型（以下「第2伐区」とする）としてコストの削減効果を比較することとした。作業工程と経費は、職員の現地調査と現場代理人からの作業日報、作業員からの聴き取りから算出している。

また、本署の過去の実績から従来の作業方法で事業を実行したことを想定し、その際の作業工程と経費を試算した値（以下「試算値」とする）とも比較することとした。

なお、ここでの経費は直接経費のことを示している。

3. 結果

(1) 製品生産事業の作業工程の比較

製品生産事業の作業工程は試算値と比較すると、第1伐区では約30%増、第2伐区では約20%増とどちらの伐区も作業工程が増加している。（図2）

作業種ごとの内訳を見ると、第1伐区では、人力の伐倒・造材の工程が主に増加している。第2伐区では、機械による運材・巻立の工程が特に増加している。

(2) 造林事業の作業工程の比較

造林事業では、製品生産事業の際の枝条整理による地拵省略と林内運搬車によるコンテナ苗の運搬、コンテナ苗による植栽工程の短縮により試算値と比較して、第1伐区では約75%減、第2伐区では約61%減と大きく減少した。（図3）

また、第2伐区では、一部人力地拵を行ったことにより第1伐区と比べ人工数が増加している。これは、林業機械では作業困難な斜面下方に枝条が堆積したためである。

(3) 全体の作業工程と経費の比較

全体の作業工程は試算値と比較した場合、製品生産事業では作業工程が増加したものの造林事業の作業工程が大きく減少した。第1伐区では約13%減、第2伐区では約17%減となっており、第2伐区のほうが作業工程の削減にやや有利という結果となった。(図5)

次に経費について試算値と比較すると、第1伐区では約3%増、第2伐区では3%減となり、コストはほとんど削減できなかった。(図5)

4. 課題と対策

今回の結果からは想定よりもコスト削減効果を得ることができなかった。

このことについては、様々な要因によるものが考えられるが今回は第2伐区の2つの点について考察した。

まず1つ目は、製品生産事業において機械による運材・巻立の工程が増加したことが要因と考えられた。工程が増加した理由としては、枝条を林地内に均等に散布することを重視し林業機械の利用できる区画において丁寧に枝条整理を実施したためだと考えられる。

次に2つ目は、一部の区画において人力地拵が発生したことが要因と考えられる。これは、搬出路上において造材作業を行った際に枝条が想定よりも大量に発生したため、搬出路の斜面下方に多く散布した結果、林業機械での処理が困難な区画に過剰に枝条が堆積してしまったために起こったと考えられた。

上記のような、削減する予定であった機械稼働時間と地拵が増加してしまった点が今回のコスト削減効果を低下させる主な要因であったと考えられる。

これらの対策としては、コンテナ苗が少ないスペースであっても比較的容易に植栽できるという点を踏まえ、なるべく枝条整理を行わない枝条存置型の方法が有効だと考えられる。それに加え搬出路作設の際には、伐採と搬出を優先するが可能であれば林業機械による枝条整理を行うことも考慮すればなおよいと考えられた。

また、地拵を省略し植栽まで行うことを考慮できるような指導体制や講習会の実施、それらを実行できる職員の育成が必要だと考えられた。さらに発注側と受注側との連絡体制等を強化し、現場の状況に応じて協議ができる密接な関係を構築することが重要であると考えられる。

5. 今後の取り組み

今回の結果を踏まえ、本署は今後も一貫作業システムの事業発注や検討会を開催し、関係機関への技術普及を図りたいと考えている。

また、効果的な枝条整理の方法の模索やコンテナ苗の積極的な利用に加え、下刈省略のための試験区を設けその結果と合わせて、伐採から下刈までの林業施業の低コスト化に向けた検証を行うことを考えている。

6. まとめ

今回の一貫作業システムの実施結果では、枝条整理の方法がそれぞれ異なる第1伐区と第2伐区に加え、従来の作業で行った際に想定される試算値を比較しコスト削減効果を検

証した。

結果としては、どちらの伐区も試算値と比較して作業工程は削減することができ、特に散布型が比較的大きく削減することができた。しかし、経費に関しては第2伐区が微減となった程度で目立った削減効果が見られなかった。

コスト削減効果が得られなかったことに関しては多くの要因が考えられるが、機械稼働時間の増加と人力地拵の実施の2点が主な要因であると考えられた。

これらの課題を解消することで一貫作業システムはコスト削減効果を得られると考えられる。そのためにも本署は、今後も一貫作業システムを含めた低コスト林業に取り組んでいきたい。

7. 謝辞

最後に、この事業に取り組むにあたって事業実行と調査に協力してくださった小国町森林組合の皆様と、発表原稿作成にあたって様々な助言を賜ってくださった東北森林管理局と置賜森林管理署の職員一同に心より感謝いたします。

参考

笠井史宏（2015）東北森林管理局における低コスト林業の紹介

西村祐，奈良一志，岩間由文，入交信太（2013）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

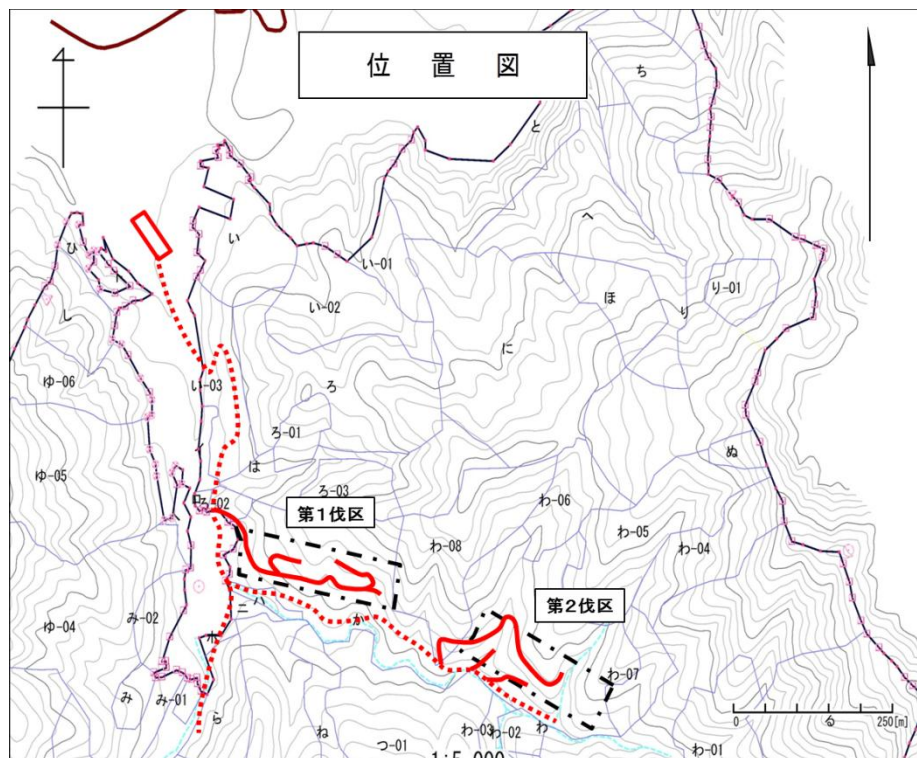


図1：一貫作業システム実行箇所位置図（滝ノ沢入国有林38林班か小班）

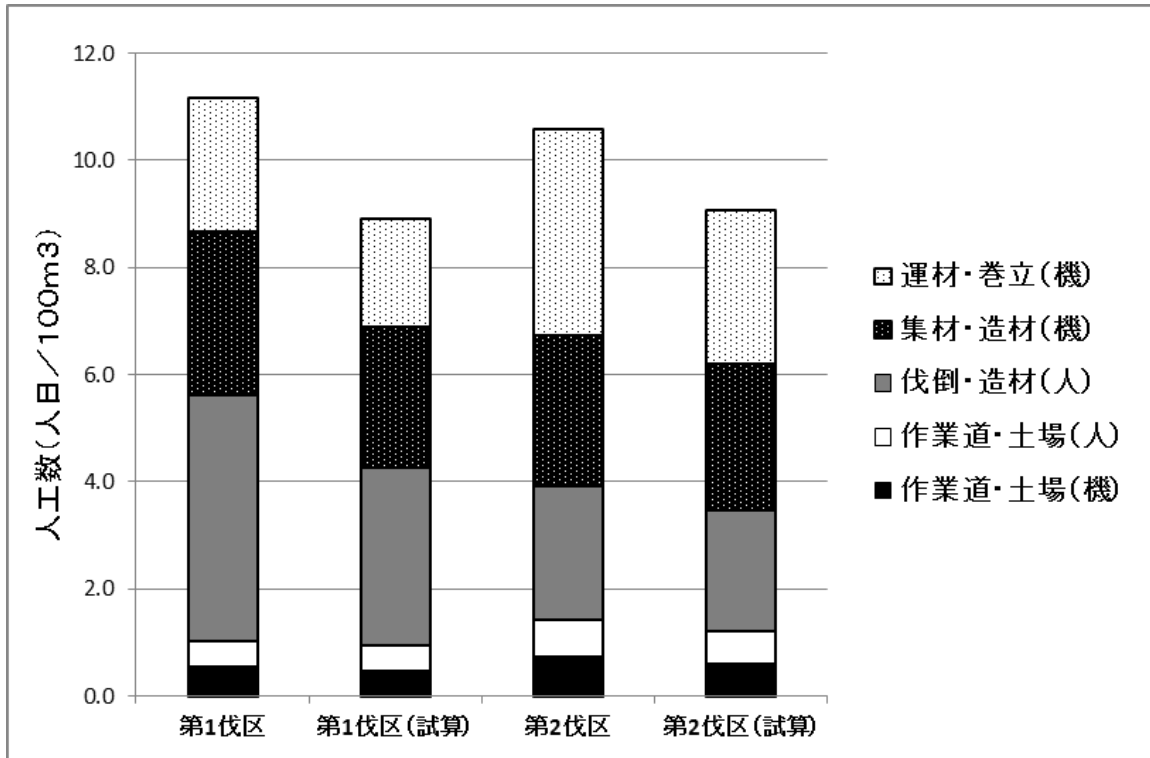


図2：製品生産事業における作業種別の工程（100m³当たり）

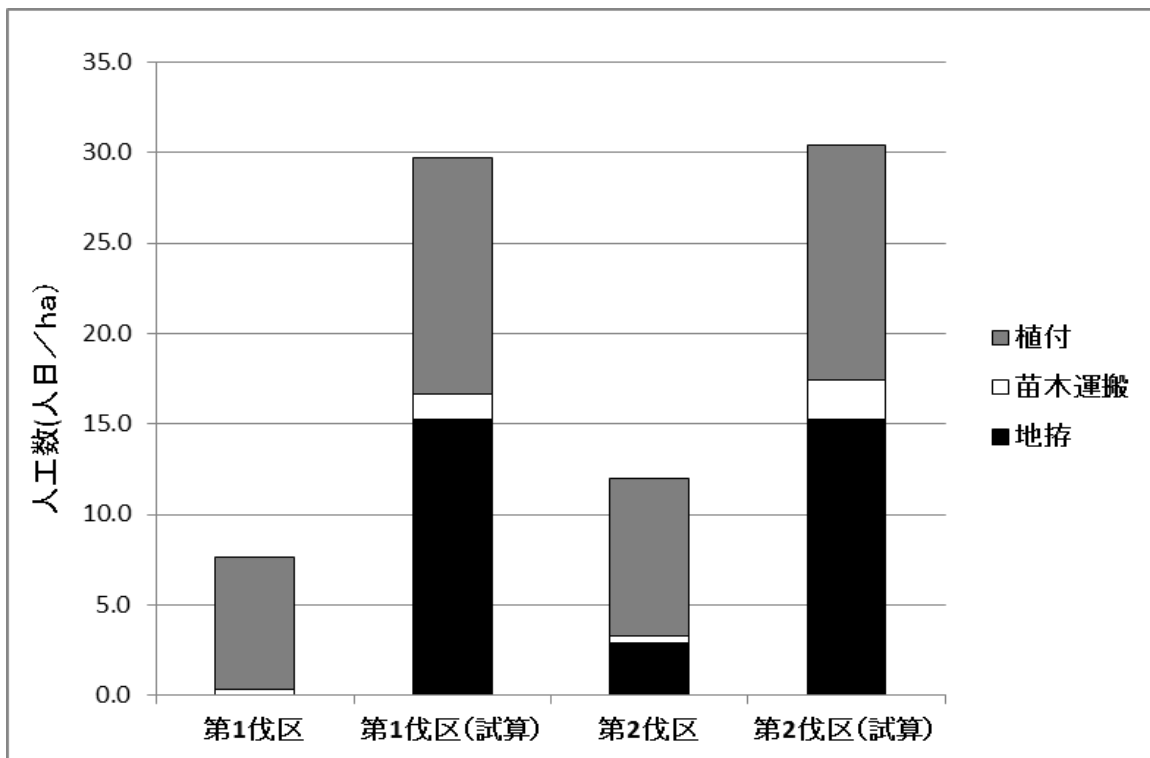


図3：造林事業における作業種別の工程（haあたり）

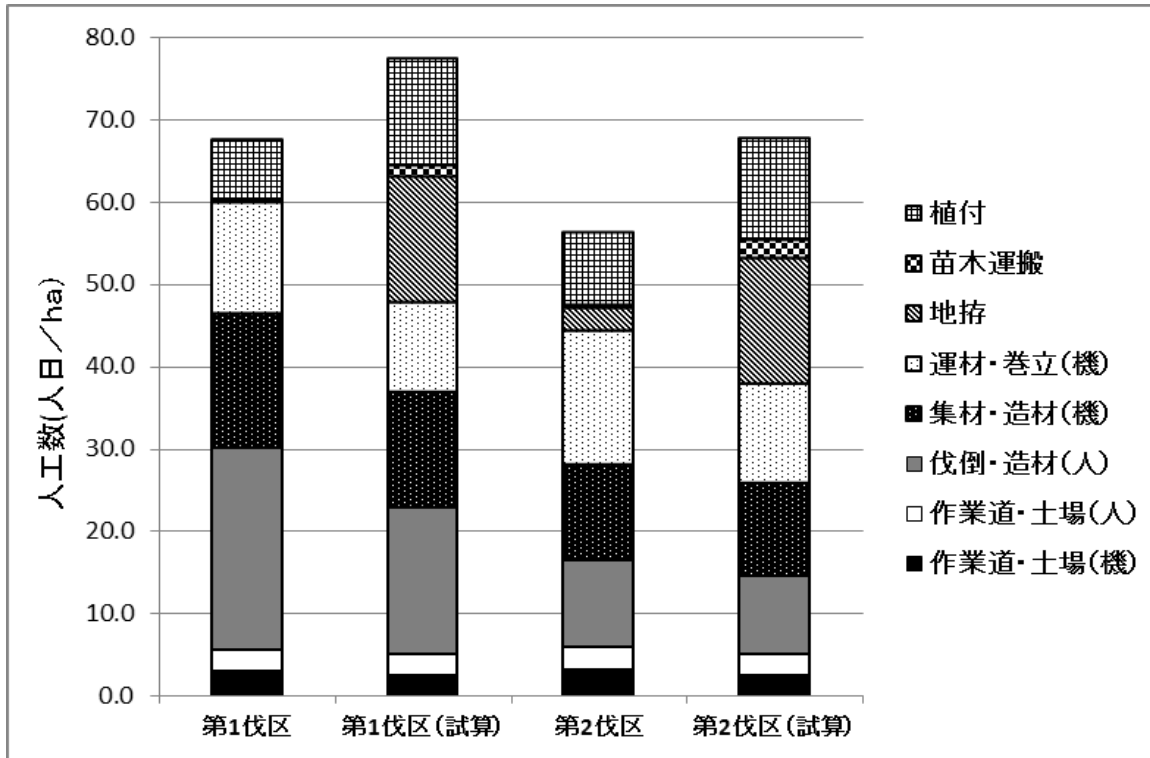


図4：事業全体の作業種別の工程（h a 当たり）

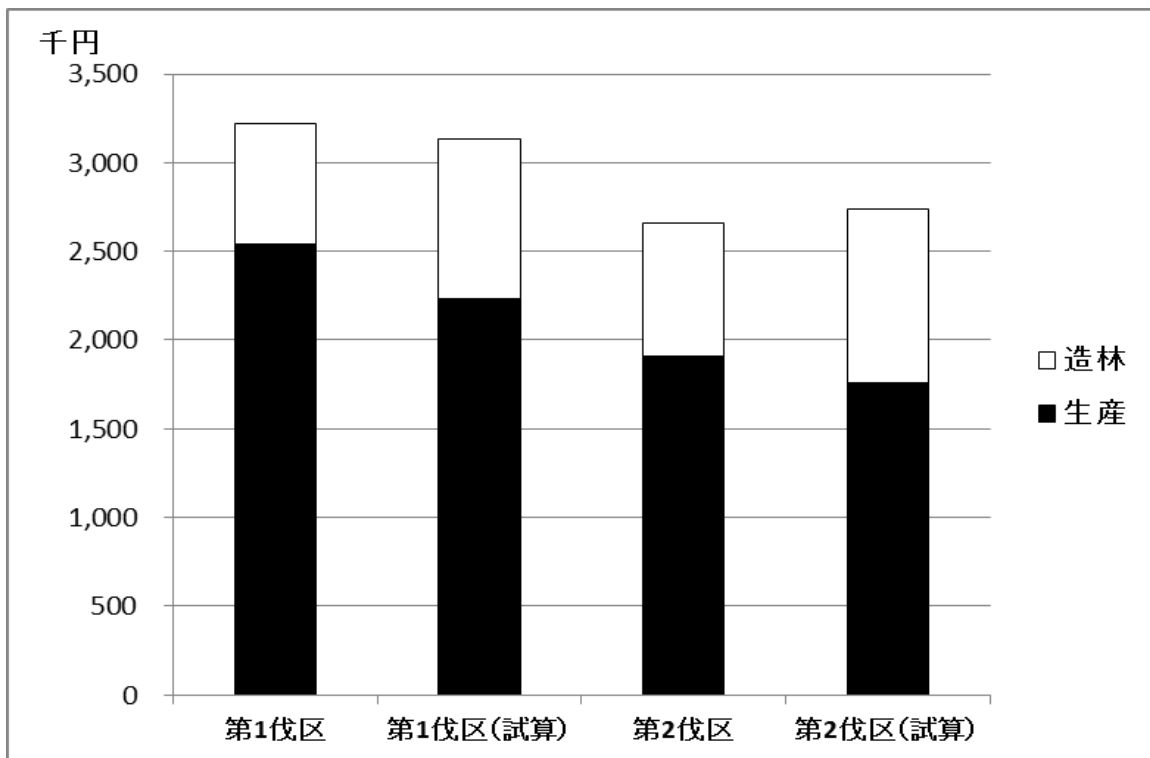


図5：事業種別の直接経費（h a 当たり）

市場化テスト等を通じた生産事業箇所の改善 ～盛岡式土場の効果の検証と今後の課題～

盛岡森林管理署 地域統括森林官（雫石・御明神担当区） 落瀬 勝重
主任森林整備官 松田 卓士
地域技術官 ○畑 田 宏

1. はじめに

(1) 生産箇所の奥地化とその課題について

当署の生産事業箇所は、近年、奥地化が進んでいる。これにより素材販売の際に土場から市場起算点までの距離が長くなり、販売単価が下がるおそれがある。これに加え、素材を搬出する大型トラックによる林道走行の頻度および区間の増大により、林道の維持修繕費や除雪経費の増加となっている。

そのため当署は、今年度から県道などの一般舗装道路付近で土場として利用できる国有林を探し、そこに中間土場を設置（以下、「盛岡式土場」とする）した。この他にも、総務省所管事業である平成 24 年度から 3 カ年にわたる公共サービスの改革を推進する「市場化テスト」や平成 26 年度から実施している採材検討会など、生産および販売に関する取り組みを実施してきた。

今回の研究では、これらの取り組みについて報告をするとともに、その効果を検証する。

(2) 盛岡式土場の概略

盛岡式土場は、今年度から設置し、運用を開始した。土場を設置した場所は、岩手県の県道 219 号線に面した雫石町の網張国有林 791 い 5 林小班内である。この小班は調査簿ではカラマツの 57 年生林であるが、土場を設置した場所は、過去に伐採搬出した際に土場として使用した後、植栽したものの生育せず不成績造林地となった箇所である。その後も周辺小班の立木販売時に土場に使用したこともあり、今回も同様に使用した。

図 3 は、盛岡式土場の写真である。土場の広さは約 0.3 ha(幅 20m × 奥行き 150m)、

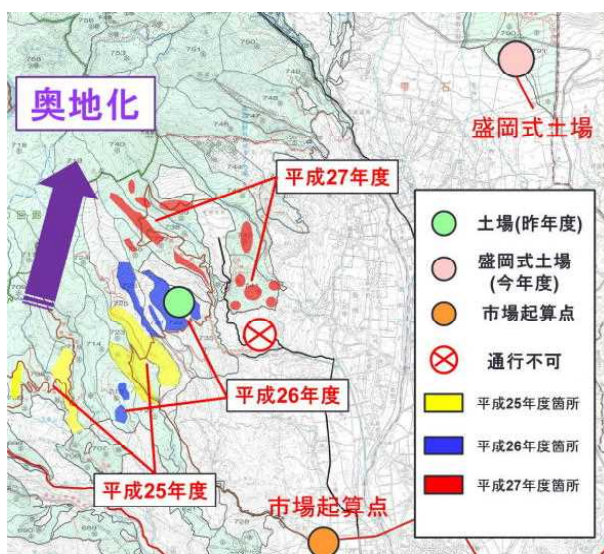


図 1. 生産事業箇所の奥地化の様子

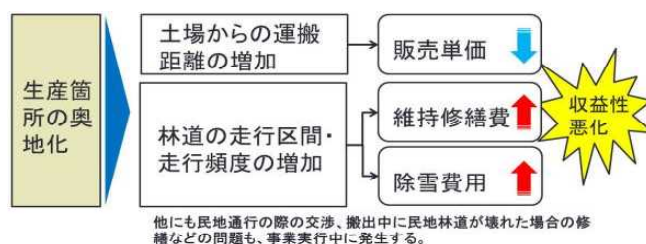


図 2. 生産箇所の奥地化により発生する課題

図 3 のように土場の中央部分に搬出入路を入れ、バックホウとトラックが同時に作業を行えるように設置している。また極の間隔を十分に確保することにより、重機が空いたスペースを利用して転回やすれ違いをスムーズに行えるようにした。



図 3. 盛岡式土場の様子

2. 研究の方法

以下の取り組みについて、次のような方法で効果を検証した。

(1) 採材検討会

参加者の感想や検討会の様子からその効果についてとりまとめ、さらに昨年度と今年度の長材の比率を比較した。

(2) 市場化テスト

市場化テストの事業の受注者に対して、監督職員と資源活用業務担当者によるヒアリング調査を行い、市場化テストのメリットや要望についてとりまとめた。

(3) 盛岡式土場

まず盛岡式土場の設置による生産事業費単価および素材の販売単価の比較を行い、盛岡式土場の設置効果について検証した。次に委託販売およびシステム販売の契約実績のある事業者を対象にアンケート調査を行い、素材買受業者の盛岡式土場に対する評価や搬出で困った経験などについて調査した。

3. 結果および考察

(1) 採材検討会

今年度から生産事業の受注者に加え、素材買受業者に参加を呼びかけた。これは製材時にある程度の材の曲がり許容できることから、曲がりの許容範囲について供給側と受給側とで共通認識を持ち、販売単価が高い長材の比率を向上させる目的で実施したものである。

表 1 は、採材検討会を開いた雫石町内の国有



図 4. 採材検討会の様子

林で生産、委託販売した材の今年度と昨年度の長材比率である。平成 26 年度の長材比率はスギ・カラマツを合わせて全体の 58%に対して、今年度は 92%で増加している。

また、署内の職員も採材検討会に参加し、実際に採材を行うことで、採材検討会が生産事業の監督や収穫調査における知識や経験を向上させる場となった。

表1. 長材比率の比較結果

年度	樹種	2m材	4m材	計	4m材比率
平成26年度	スギ	698	1,028	1,726	60%
	カラマツ	53	18	71	25%
	合計	751	1,046	1,797	58%
平成27年度	スギ	105	1,174	1,279	92%
	カラマツ	19	189	208	91%
	合計	124	1,363	1,487	92%

(2) 市場化テスト

事業の監督職員および資源活用業務担当者が生産事業受注者にヒアリング調査を行った結果、次のようなメリットやデメリットが明らかになった。

ヒアリング調査ではデメリットも挙げられたが、ヒアリング全体を通してはメリットの方が大きく、市場化テストの事業を行ったことに対して前向きな回答であった。

メリット

3年間の事業量の確保により

- ・設備投資ができた（ハーベスタ 1 台、フォワーダ 1 台を購入）
- ・雇用の増加（現場作業員を 1 名増員）
- ・他の周辺事業も確保することで 1 年を通じて安定して事業ができ、重機の移動を減らせたのでコスト削減もできた。
- ・3年間の事業が確保できるので、経営の見通しが立てやすかった。

デメリット・要望など

- ・変更契約ができないので、小班ごとの出材量の管理には注意が必要である。そのため、現地の山の生育状況に合わせた作業がしにくいので、柔軟に対応できるようにしてほしい。
- ・森林作業道作設計画を受注者の側で提案できるようにすれば、市場化テストの事業目的により合致したものとなり、受注者・発注者の双方にとってさらにより効果が得られるのではないかと。

(3) 盛岡式土場

① 事業費単価および販売単価の検証

盛岡式土場の効果を検証するために、事業費単価と販売単価を比較した。

図 5 は事業費単価の比較結果である。今回、盛岡式土場まで運搬する事業箇所について、事業の積算価格をもとに単価を算出して比較した。この現場の生産量は 4,460m³ で、加重平均で 39.5 km の小運搬を行っている。この現場での事業費単価は、盛岡式土場まで運搬することで 1m³ あたりで 2,172 円の増加となった。

素材の販売単価については、土場の位置が素材の価格にどの程度反映されているか調べるため、山元土場盛岡式土場での委託販売結果について昨年度と今年度のものを比較した。ただし、今年度、盛岡式土場で委託販売された素材は 4m のスギ一般材のみのため、4m のスギ一般材の比較である。

図 6 が販売単価の比較結果であるが、販売単価は昨年度より 1,883 円上昇していた。

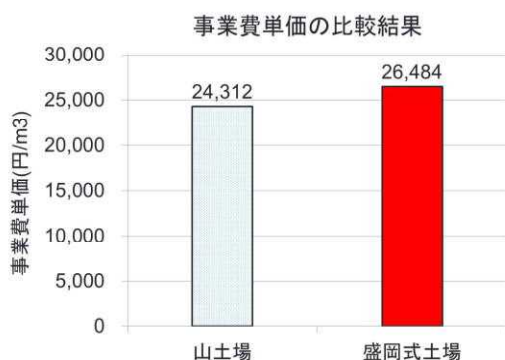


図 5. 事業費単価の比較結果

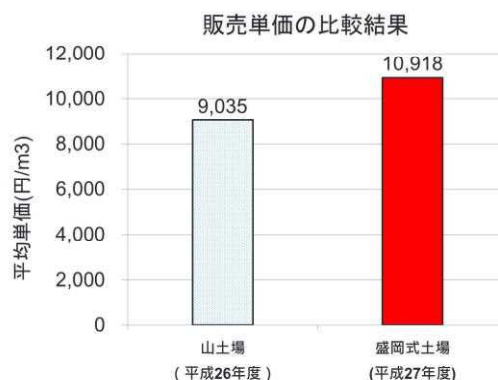


図 6. 販売単価の比較結果

② アンケート調査による検証

添付資料の調査票を作成し、盛岡式土場に対する評価や土場からの搬出における要望や困った経験について調査した。

今回は、システム販売の買受業者および委託販売の契約相手から 10 社を抽出して回答を依頼し、すべての相手から回答を得られた。

結果については、まず「盛岡式土場についてどの程度メリットを感じていますか」という質問に対して、図 7 のように 10 社中 8 社が、「大いにある」との回答であった。

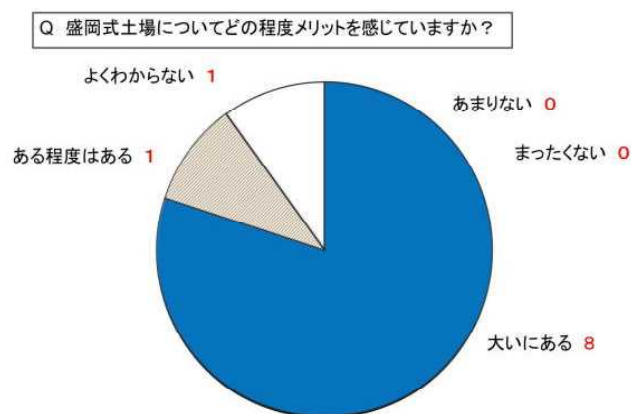


図 7. 盛岡式土場のメリットについての集計結果

次に、山土場からの搬出で困った経験については、調査票の問 6 で調査した。この設問では、選択肢に「購入から引渡しまで時間がかかる」などの搬出以外の項目を用意して該当するものを 3 つ選択する形式を用いて、買受業者にとって山土場からの搬出が関心事であるかを確認するとともに搬出に関する要望を抽出した。

図 8 が問 6 の集計結果である。集計結果では「勾配やカーブが急なため、大型トラックの走行が困難」などの山土場からの搬出に関する項目に回答が集中していた。

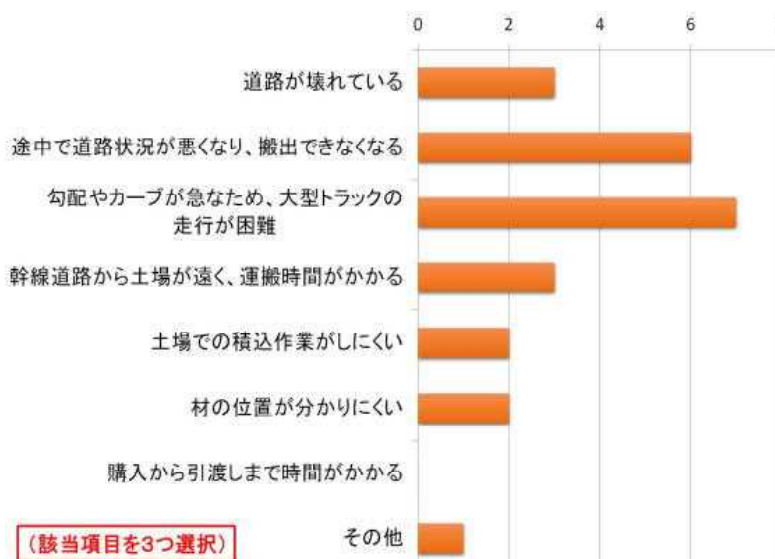


図 8. 山土場での困った経験についての集計結果

4 考察および今後の課題

採材検討会については、買受業者も参加することで曲がりの許容範囲について共通認識を持つことができ、長材の比率も向上しているので、効果は大いにあると思われる。今後、製材工場の所有する機械の性能の向上などにより、曲がり材の許容範囲が広がることも予想され、今後も買受業者の材に求める品質の変化を生産事業者伝える採材検討会などの必要性が増すものと考えられる。

市場化テストについては、設備投資や雇用の増加など生産業者にもメリットがあり、3カ年にわたるこの事業が結果的に事業体の育成にもつながったことが、ヒアリング調査から確認できた。

最後に盛岡式土場については、アンケート調査で盛岡式土場の効果は「大いにある」との回答が多く、さらに山土場での困った経験についても搬出に関する回答が多いので、山土場から搬出する際の狭小で急峻な林道走行が買受業者にとって素材購入時の大きな関心事であった。

事業費単価と販売単価を比較すると、事業費単価の増加額が販売単価の増加額を上回る傾向がみられた。しかし、除雪や林道の維持修繕の費用など、素材の販売単価に直接現れない費用などを考慮すると、盛岡式土場の設置は事業費単価の増加額以上のメリットがあると思われる。また、盛岡式土場は今年度から始めた試みであり、来年度以降に土場の効果が販売価格にさらに反映される可能性もあり、今後も販売単価の注視が必要である。さらに土場からトラックで工場まで 1 日何往復できるかを調査するなどして、買受業者のメリットをより具体的に検証することも必要である。

添付資料 アンケート調査票

盛岡森林管理署 資源活用業務における土場に関するアンケート調査

会社名 ()

アンケート調査にご協力いただきましてありがとうございます。本調査は、国有林野事業の製品生産および販売における購入者の意向や要望を収集し、事業方法の改善を検討するための資料を目的としたものです。
今回、回答していただいた内容について、集計結果を研究発表や冊子で公表することはありますが、企業名を公表したり、回答者が特定されるようなことはいたしません。

1. 購入者の基本情報に関する項目

Q1. 年間の素材購入量(平成26年度)は、どのくらいですか？

m3 (うち国有林材 m3)

2. 運搬および土場へのアクセスに関する項目

Q2. 土場からの運搬方法について、お答えください。(該当する番号を二つ選択)

- ① 自社で行っている ② 委託で行っている ③ 自社と委託の併用で行っている ④ その他 ()

Q3. 主に使用するトラックのサイズについて、お答えください。(該当する番号を二つ選択)

- ① 6tクラス ② 10tクラス ③ 14tクラス ④ 20tクラス超

Q4. 国有林林道の走行に関する運転手の経験について、お答えください。(該当する番号を二つ選択)

- ① 頻繁に走行する ② たまに走行する程度 ③ ほとんど走行の経験がない ④ よくわからない

Q5. 運転手が土場周辺の地理や道路事情を把握しているかどうかについて、お答えください。(該当する番号を二つ選択)

- ① 熟知している(頻繁に行くので地図なしで土場まで行ける) ② ある程度熟知している(土場周辺の幹線道路までは、地図なしで行ける程度) ③ ほとんど知識がない(地図やナビがないと周辺まで行けない) ④ 委託などのため、よくわからない

3. 土場に関する要望等

Q6. 国有林の土場からの運搬で、困った経験がある事項について、該当するものについて番号で回答ください。(3つまで回答可)

1. 道路が狭れている 2. 搬出途中で道路状況が悪くなり、搬出できなくなる 3. 道路勾配やカーブが高いため、大型トラックでの林道走行が困難である 4. 幹線道路から土場までの距離が長く、運搬に時間がかかる 5. 土場での積込作業がしにくい 6. 材の位置が分かりにくい 7. 手続などにより、購入から引渡まで時間がかかる 8. 生産箇所や種によって、品質が大きく違う 9. その他 ()

※番号で回答ください。

Q7. 盛岡森林管理署では、本年度から山元土場を生産事業の箇所から県道などの舗装道路の近くに行きます。(以下、「盛岡式土場」と呼ぶ。)盛岡式土場について、どの程度メリットを感じていますか。(該当する番号を二つ選択)

- ① 大いにある ② ある程度はある ③ よくわからない ④ あまりない ⑤ まったくない

Q7で「大いにある」および「ある程度はある」とお答えいただいた方のみにお聞きします。

Q8. 盛岡式土場について、具体的にどのようなメリットがありましたか。(自由記述)

[]

Q9. 盛岡式土場について、「あまりない」および「まったくない」とお答えいただいた方のみにお聞きします。

Q9. 盛岡式土場について、具体的にどのようなデメリットや改善すべき点がありましたか。(自由記述)

4. その他(意見・要望について)

Q10. はい/いい方法や土場などについて、その他意見や要望等がありましたら、ご回答ください。(自由記述)

[]

以上で終了です。ご協力ありがとうございました。

再造林率の違いによる100年間のスギ人工林資源の将来推移の

シミュレーションについて

秋田県農林水産部

○橋 政行

秋田県農林水産部森林整備課

澤田智志・加藤貴志

1. はじめに

秋田県では、発電用を含む地域材需要をバランスよく拡大するとともに、適切な再造林を確保しながら、平成23～25年平均で約100万 m^3 の水準にある素材生産量を平成32年に140万 m^3 まで増加させることを目標としている。資源の成熟はもとより労働力や予算事情等からも、今後、主伐の増加は避けられないが、本県民有林における再造林率は2割程度と非常に低い現状にある(表-1)。資源の循環利用に関する施策の重要性が増す中

にあって、効率的な施策検討のため、本県民有林のスギ人工林を対象に、任意に設定する伐採計画量(素材生産量)と再造林率から、将来の資源推移を予測する基本的なシミュレーションシートを作成した。

表-1 主伐由来の素材生産量、再造林率等の推計

区分	[千 m^3 、ha]			
	H23	H24	H25	H23～25平均
素材生産量(A)	994	983	1,106	1,028
うち国有林(B)	351	309	277	312
民有林(C=A-B)	643	674	829	715
うち間伐由来(D)	158	250	315	241
主伐由来(E=C-D)	485	424	514	474
Cのうち広葉樹(F)	73	71	68	71
Eのうち人工林(G=E-F)	412	353	446	404
人工林皆伐面積の推計(X=G/400 m^2 /ha※)	1,030	883	1,115	1,009
再造林面積の実績(Y)	251	243	185	226
再造林率の推計(Y/X(%))	24	28	17	23

注)「秋田県林業統計」(A,B,F,Y)、県業務資料(D)を基に簡便に推計したもの
 ※ 県営林主伐箇所における蓄積調査実績(約570 m^3 /ha)×利用率0.7

2. シミュレーションシートの作成

シミュレーションシートの構成を図-1に示す。

シートはマイクロソフトエクセルを利用し、森林簿から得られる齢級別の面積、材積、成長量を基礎資料とした(木平 1990)。100年後までの長期シミュレーションを可能とするため森林簿の齢級の上限は31齢級まで広げた。

第1分期の各齢級の面積と材積(表-2)から収穫表(表-3)を作成した。

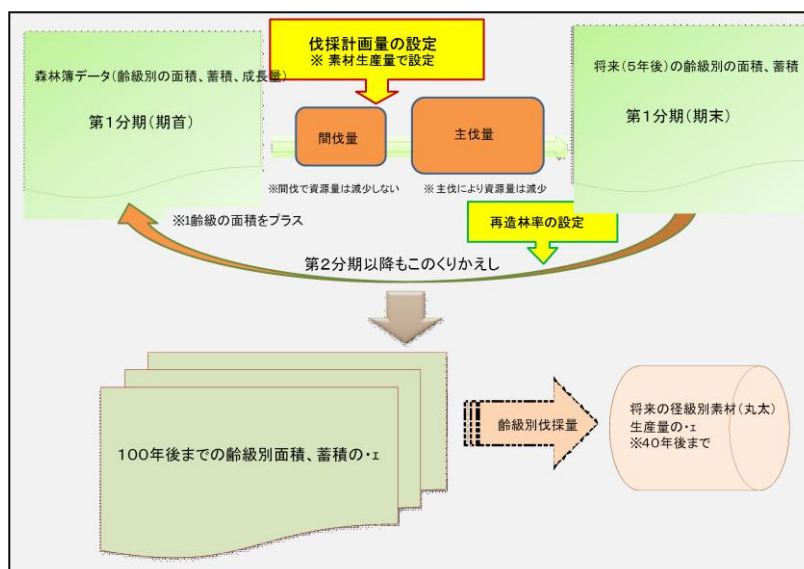


図-1 シミュレーションシートの構成

収穫表の期中央材積は主伐可能量及び主伐量の材積の計算、割り戻しによる面積計算（間伐も同様）に用いる。間伐量は、地域森林計画における一般材生産の基準に従って伐期に応じ3～4回の間伐を行う（熊谷ら2009）こととし（表-4）、素材換算を行いつつ、任意の伐採計画量から間伐量を差し引いた量を主伐量とした。主伐量は、11 齢級以上を主伐可能量とし、5 年前の森林簿との齢級ごとの材積差をもとに齢級別に割り振ることとした（藤掛2003）。なお、素材換算に用いる利用率は、今後のバイオマス需要の拡大等を考慮し、主伐0.8、間伐0.6と設定した。

表-2 森林資源表(第1分期)

齢級	現況		主伐可能量	
	面積(ha)	材積(m ³)	面積(ha)	材積(m ³)
1	1,009	0		
2	1,189	0	7,796	
3	1,947	63,842	20,370	
4	4,016	341,739	40,421	
5	7,371	998,331	75,988	
6	13,769	2,574,493	125,380	
7	24,973	5,806,340	220,017	
8	31,599	8,739,093	269,727	
9	38,471	12,281,367	331,159	
10	35,542	12,876,321	292,122	
*				
11	26,751	10,790,635	192,735	26,751
12	19,519	8,576,741	100,148	19,519
13	10,088	4,691,477	54,306	10,088
14	4,714	2,318,904	17,786	4,714
15	4,462	2,279,156	13,602	4,462
16	3,416	1,797,061	5,690	3,416
17	3,037	1,622,925	11,903	3,037
18	2,149	1,190,636	7,454	2,149
19	1,293	738,993	4,889	1,293
20	842	496,698	542	842
21	321	190,533	1,134	321
22	202	123,412	320	202
23	52	32,030	275	52
24	26	16,709	-42	26
25	4	2,384	13	4
26	4	2,752	18	4
27	0	264	2	0
28	4	2,502	-17	4
29	3	2,006	5	3
30	3	1,903	6	3
31以上	10	6,953	19	10
合計	236,783	78,566,200	76,898	35,911,387

*伐期齢=11 齢級とする
**伐採可能量は面積×(収穫表期中央材積)とする。

表-3 収穫表

齢級	単位:m ³ /ha																			
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	...			
期首材積	135	187	233	277	319	362	403	439	465	492	511	526	534	554	571	590	...			
連年成長量	10	9	9	9	9	8	7	5	5	4	3	2	4	3	4	1	...			
期中央材積*	161	210	255	298	341	383	421	452	479	501	518	530	544	563	581	592	...			

*伐採時の材積となる (31 齢級以上まで)

表-4 間伐量計算シート(第1分期)

齢級	現況		間伐可能量		間伐量	
	面積(ha)	材積(m ³)	面積(ha)	材積(m ³)	面積(ha)	材積(m ³)
1	1,009	0				
2	1,189	0				
3	1,947	63,842				
4	4,016	341,739				
5	7,371	998,331	7,371	1,188,300	3,686	178,245
6	13,769	2,574,493	13,769	2,887,943	6,884	433,191
7	24,973	5,806,340	24,973	6,356,384	12,486	953,458
8	31,599	8,739,093	31,599	9,413,411	15,800	1,412,012
9	38,471	12,281,367	38,471	13,109,264		
10	35,542	12,876,321	35,542	13,606,625		
11	26,751	10,790,635	26,751	11,272,471		
12	19,519	8,576,741	19,519	8,827,110	1,888	256,207
13	10,088	4,691,477	10,088	4,827,241	976	140,111
合計	216,242	67,740,379	208,083	71,488,749	41,720	3,373,223

注1) 地域森林計画に基づき、5~9 齢級で2回(初回は除伐のため未計上)、さらに2割は12~13 齢級で1回の間伐を行うものと設定
2) 間伐可能量は現況面積×(収穫表期中央材積)とする
3) 間伐材積率は30%とする

主伐量の齢級別の割り振り(主伐のシナリオ)を検討するにあたり、過去5年間(H21-26)における11 齢級以上の齢級別の材積の変化を見たところ、高齢級ほど減少率(表-5のC/B)が高いということもなく、齢級による顕著な差が見られなかった。H11-16、H16-21における変化との比較から、この傾向は徐々に進んでいるものと思われ、その理由としてE W用材の増加等、需要サイドの変化が影響しているものと考えられた。

このため、第1分期の割り振りは表5のC/ΣCを基本として行い、第2分期以降については、今後も減少率の平準化が進むものとして、12 齢級以上では前分期から齢級を一つスライドさせ、11 齢級は11 齢級以上の総材積に占める当該齢級の割合によることとした(表-6)。

また、第2分期以降の1 齢級の面積は、前分期の主伐面積に任意の再造林率を乗じて計上した。

表-5 H21~26の5年間の齢級別材積の比較

齢級	H26現況(期末)		H21現況(齢級調整)		C=B-A	C/B(%)	C/ΣC(C%)
	面積	材積(A)	面積	材積(B)			
11	26,751	10,790,635	27,254	10,993,695	203,060	1.8	25.3
12	19,519	8,576,741	19,917	8,751,715	174,974	2.0	21.8
13	10,088	4,691,477	10,342	4,809,787	118,310	2.5	14.7
14	4,714	2,318,904	4,858	2,389,836	70,932	3.0	8.8
15	4,462	2,279,156	4,673	2,387,331	108,175	4.5	13.5
16	3,416	1,797,061	3,546	1,865,236	68,175	3.7	8.5
17	3,037	1,622,925	3,077	1,644,446	21,521	1.3	2.7
18	2,149	1,190,636	2,107	1,167,080	(+)		
19	1,293	738,993	1,326	757,510	18,517	2.4	2.3
20	842	496,698	859	506,892	10,194	2.0	1.3
21	321	190,533	329	195,239	4,706	2.4	0.6
22	202	123,412	206	125,808	2,396	1.9	0.3
23	52	32,030	52	32,011	(+)		
24	26	16,709	27	17,322	613	3.5	0.1
25	4	2,384	5	3,264	880	27.0	0.1
26	4	2,752	6	3,840	1,088	28.3	0.1
27	0	264	0	264	0	0.0	0.0
28	4	2,502	4	2,572	70	2.7	0.0
29	3	2,006	3	2,006	0	0.0	0.0
30	3	1,903	3	1,951	48	2.4	0.0
31以上	10	6,953	9	6,228	(+)		
合計	76,898	34,884,674	78,602	35,664,030	803,656	2.3	100.0

表-6 主伐シナリオの設定

年齢	C/ΣC (%)	1分期	2分期	3分期	4分期	5分期	6分期	7分期	8分期	9分期	10分期	11分期
11	25.3	28.0	30.1	25.1	17.3	12.2	6.4	3.4	1.8	0.9	0.6	0.5
12	21.8	25.0	19.6	22.6	20.7	15.2	11.4	6.2	3.3	1.8	0.9	0.6
13	14.7	16.0	17.5	14.7	18.6	18.2	14.2	11.0	6.1	3.3	1.8	0.9
14	8.8	9.0	11.2	13.1	12.1	16.4	17.0	13.8	10.8	6.0	3.3	1.8
15	13.5	7.0	6.3	8.4	10.8	10.6	15.3	16.4	13.5	10.7	6.0	3.2
16	8.5	6.0	4.9	4.7	6.9	9.5	10.0	14.8	16.1	13.4	10.7	5.9
17	2.7	3.0	4.2	3.7	3.9	6.1	8.9	9.6	14.5	16.0	13.3	10.6
18		2.0	2.1	3.1	3.0	3.4	5.7					
19	2.3	2.0	1.4	1.6	2.6	2.7	3.2					
20	1.3	1.2	1.4	1.0	1.3	2.3	2.5					
21	0.6	0.5	0.8	1.0	0.9	1.1	2.1					
22	0.3	0.3	0.3	0.6	0.9	0.8	1.1					
23		0.0	0.2	0.3	0.5	0.8	0.7					
24	0.1	0.0	0.0	0.2	0.2	0.5	0.7					
25	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.4					
26	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2					
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1					
28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
31		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
合計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0					

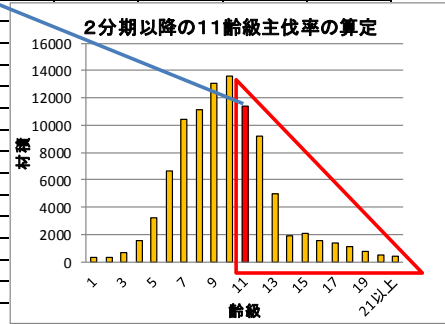


表-7 主・間伐量合計(1分期の例)

年齢	現況		間伐量		主伐量		合計	
	面積	伐採可能量	面積	材積	面積	材積	面積	立木材積
5	7,371	1,188		3,686		178	3,686	178
6	13,769	2,888	6,884	433			6,884	433
7	24,973	6,356	12,486	953			12,486	953
8	31,599	9,413	15,800	1,412			15,800	1,412
9	38,471	13,109					0	0
10	35,542	13,607					0	0
11	26,751	11,272			1,903	802	1,903	802
12	19,519	8,827	1,888	256	1,583	716	3,472	972
13	10,088	4,827	976	140	958	458	1,934	598
14	4,714	2,363			514	258	514	258
15	4,462	2,313			387	200	387	200
16	3,416	1,811			324	172	324	172
17	3,037	1,653			158	86	158	86
18	2,149	1,209			102	57	102	57
19	1,293	751			99	57	99	57
20	842	498			58	34	58	34
21	321	193			24	14	24	14
22	202	124			14	9	14	9
23	52	33			0	0	0	0
24	26	17			0	0	0	0
合計	228,595	82,455	41,720	3,373	6,123	2,864	47,843	6,237
素材材積				2,024		2,291		4,315

【実績に合わせた補正】		
補助事業実績より	補正後	
構成率	年齢	
材積率(%)	間伐量	
	材積(千m³)	
0	5	0
1	6	34
6	7	202
11	8	371
18	9	607
25	10	843
10	11	337
10	12	337
10	13	337
5	14	169
4	15	135
100	合計	3,373

さらに、ここで求めた年齢別伐採量(表-7)と、収穫表作成システム LYCS3.3 の年齢別の胸高直径別立木本数分布及び市況材価シートを用いて、径級別素材生産予測も行えるようにした(広嶋 2003、森林総合研究所 Web サイト)。ただし、その際、地域森林計画における基準に基づき算出される間伐に係る年齢別の伐採量は、より実態を反映したものとなるよう、総量は変えずに、補助事業における実績を基に、高齢級方向に補正して用いることとした。

3. 秋田県民有林スギ人工林の将来予測の結果

(1) 100年間の資源推移

作成したシートを用いて、本県民有林スギ人工林(単層林)を対象とした100年間の資源推移シミュレーションを行った。秋田県が目標としている平成32年の素材生産量140万m³のうち民有林分を89万m³と見込み、その生産に必要な伐採量がすべてスギ人工林から確保され(本県素材生産量に占めるスギの割合は89%(H25実績)、これが将来とも継続するものとして伐採計画量を設定した(ただし、第1分期は段階的に引き上げ)。

また、再造林率については、現在の民有林における再造林率を念頭に 20% に設定した。また、対比のために 80% のシミュレーションも行った。この結果、素材生産量 89 万 m³・再造林率 20% で推移させた場合、蓄積は 30 年後から減少に転じ、65 年後には現在量を下回った。再造林率 80% の場合、蓄積はほぼ増加し続けた。

表-4 100年間の資源量の推移

面積: 千ha、蓄積: 万m³

設定			1分期 (現在)	3分期 (10年後)	5分期 (20年後)	7分期 (30年後)	9分期 (40年後)	11分期 (50年後)	15分期 (70年後)	21分期 (100年後)
伐採計画量 (素材生産量)	再造林率									
89万m ³	20%	面積	237	226	211	196	180	165	137	98
		蓄積	7,857	8,902	9,360	9,378	9,079	8,627	7,509	5,527
89万m ³	80%	面積	237	234	230	227	223	219	213	204
		蓄積	7,857	8,902	9,406	9,581	9,589	9,602	9,684	9,682
89万m ³	53%	面積	237	230	222	213	204	195	180	158
		蓄積	7,857	8,902	9,385	9,490	9,359	9,165	8,717	7,857
112万m ³	80%	面積	237	232	227	222	217	213	205	193
		蓄積	7,857	8,837	9,022	8,887	8,627	8,435	8,220	7,848

この結果を踏まえ、伐採計画量で 100 年後も現在の蓄積が維持される最小の再造林率を求めてみたところ、53% となった。ただし、この場合でも、面積は約 3 割減少する。さらに、国が平成 32 年の目標に掲げている国産材自給率 50% を念頭に素材生産量を 89 万 m³ から 112 万 m³ に引き上げ、同様に、100 年後も現在の蓄積が維持できる再造林率を求めたところ、80% となった (表-8、図-2)。

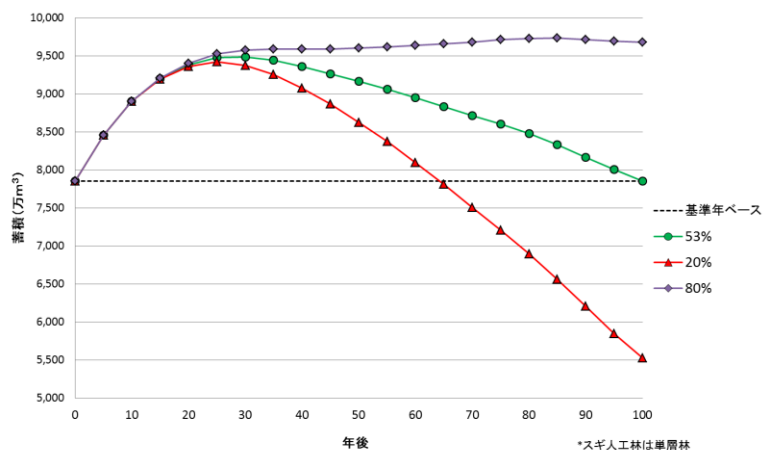


図-2 再造林率の違いによるスギ人工林資源量の推移

(2) 径級別の素材生産予測

前述の素材生産量 89 万 m³・再造林率 53% の場合の資源推移シミュレーションから得られる齢級別の伐採量 (主間伐計) を用いて、40 年後までの径級別素材生産量予測を行った。

この結果、今後 24cm 上の丸太が増え、35 年後以降は半数を超えるが、そのうち 30cm 上は 40 年後でも 2 割にとどまった。

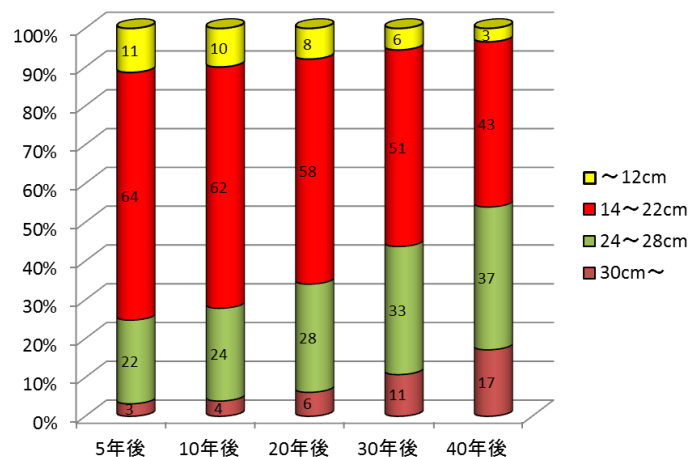


図-3 径級別の素材生産割合の推移

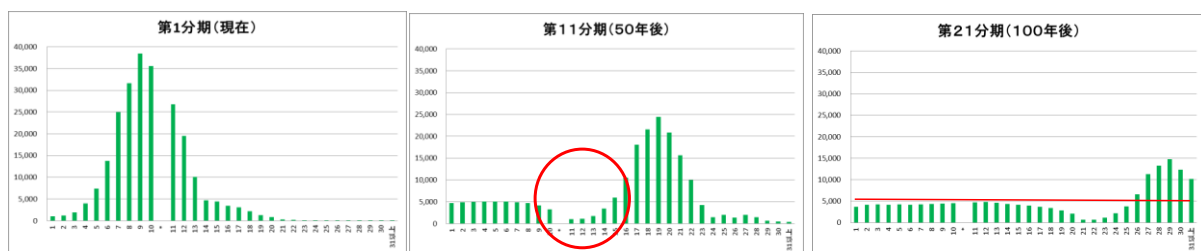
また、12cm 下の割合は、30 年後以降数%まで減少するとの結果となった（図-3）。ただし、この予測については、主伐シナリオの設定によるところが大きく、この点を十分に踏まえて活用する必要がある。

4. まとめ

今回作成したシートにより、さまざまな設定による 100 年間の資源推移シミュレーションを簡易に行うことできた。秋田県では、今回のシミュレーション結果を説明資料として活用しながら、地域材需要の拡大と再生林の促進対策をセットで講じる必要があること、2 割に低迷する再生林率を先ずは 5 割とすることを目標に対策に取り組むことなどについての意思統一を図ることが出来た。本シートをベースに改良を加えながら、今後の施策検討にあたって継続的に活用していきたい。

【参考】 国有林素材生産量89万³・再生林率53%の場合の分期別の面積等

分期	1	2	4	6	8	10	15	20	21
期首森林面積(千ha)	237	234	226	217	208	199	180	161	158
期首森林蓄積(万 ³)	7,857	8,459	9,203	9,481	9,443	9,266	8,717	8,005	7,857
主伐材積(千 ³ /年)	573	733	894	973	1,014	1,008	996	1,006	
主伐面積(ha/年)	1,225	1,564	1,855	1,921	1,889	1,781	1,567	1,375	
間伐材積(千 ³ /年)	675	509	295	189	135	143	159	145	
素材生産材積(千 ³ /年)	863	892	892	892	892	892	892	892	
径級別内訳	~12cm	98	89	71	50	31			
	14~22cm	551	555	517	452	380			
	24~28cm	186	213	249	295	328			
	30cm~	28	35	55	96	153			
再生林面積(ha/年)	649	829	983	1,018	1,001	944	830	729	



参考文献

- (1)木平勇吉(1990)繰返しのない保続計算法. 日林誌 72(2)
- (2)藤掛一郎 (2003) 森林資源構成表を用いた減反率の推定. 統計数理 51(1)
- (3)広嶋卓也(2003)丸太価格に基づく減反率の推定. 数理統計 51(1)
- (4)熊谷操ほか(2009)人工林資源の状況と将来予測. 日林北支論 57
- (5)森林総合研究所 Web サイト (www2.ffpri.affrc.go.jp/labs/LYCS)