

2条3条植栽による下刈の省力と多様な森づくり

森林技術・支援センター 発表者・チーフリーダー 業務係長 岡本 英朗
チーム員 企画係 加藤 諒介
アドバイザー 所長 本間 家正

1 はじめに

林業の低コスト化に向けた技術開発を推進する中で、低密度植栽は苗木の植栽費用の削減及び保育作業等全般的な費用の削減につながることが見込まれます。しかし、植栽間隔が広いため、下枝が枯れ上がらずに多節・大節になる、樹冠閉鎖が遅れることにより下刈・除伐の回数が増える、不良木の淘汰ができず低質な林分となるなどの問題が指摘されていました。

本研究では、低密度植栽の実施に伴う問題を解決するための方法として、植栽木を密集させて2条植え・3条植えにより密度効果を発揮させるとともに、非植栽区域を設けて下刈実行面積の削減を図ることができるのか、また、非植栽区域にて、ぼう芽力等を活用した天然更新を行い、カラマツと広葉樹の針広混交林を造成することで「多様な森づくり」ができるのかについて、平成30年から令和4年までの期間で調査したので、その結果について報告します。

2 材料と方法

(1) 試験地の概要と供試樹種

試験地は盛岡森林管理署管内の岩手県岩手郡岩手町字四日市山国有林1022は3小班となっています。また、試験地は「岩手町横断松くい虫防除帯森林整備推進協定」区域内にあることもあり、協定の整備目標に沿ってカラマツ新植及びコナラ・クリ等のぼう芽による天然更新とし、供試樹種は苗長35 cm以上、根元径5 mm以上の2年生カラマツコンテナ苗を使用しました（図1～2）。

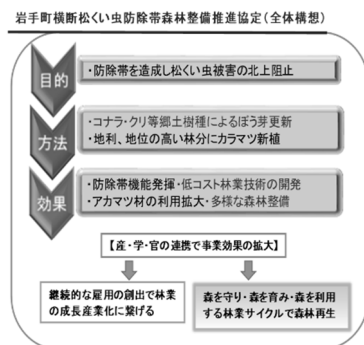


図1：松くい虫防除帯森林整備推進協定



図2：松くい虫防除帯位置図

(2) 試験地の設定

植栽方法としては、2条植え及び3条植えを行うとともに、非植栽区域を等高線に沿って交互に配置し、対象地として通常（方形植え）の低密度植栽試験地を設け、ヘクタール当たり1,500本植栽と1,000本植栽を各2プロット設定しました。また、地形や搬出路の配置状況等により、植付・下刈等の作業条件に差が出ないように設置しました（図3～4）。

前生樹は50年生のアカマツとなっており、広葉樹の材積歩合は約3割、本数歩合は約6割になります。ササの勢力は弱い状態であり、広葉樹の稚樹及びぼう芽も確認されているため天然更新が可能と考えられる林分状況でした。

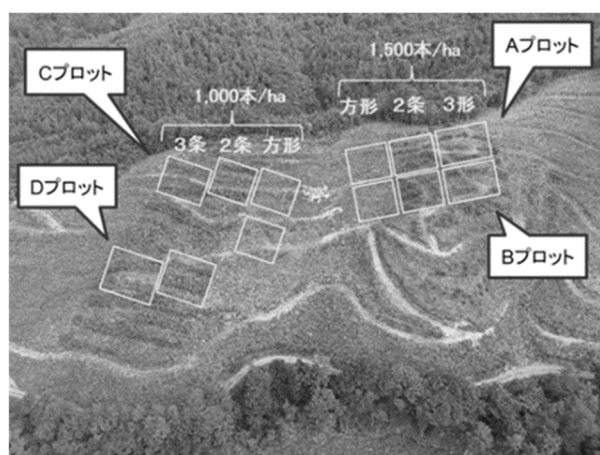


図3：プロット位置図



図4：試験地位置図

(3) 調査内容

各プロットにおいて、苗木植栽後の成長量を調査するために苗高と根元径を計測し、周囲の雑草木との競合状態に合わせてC1～C4に分類する被圧度調査を行い、下刈時には下刈工期調査を行いました。また、非植栽区域における天然更新状況の調査も行いました。

3 結果と考察

(1) 生存率の推移

令和4年秋調査後時点での生存率は、2条区76.4%、3条区80.5%、方形区82.1%という結果となり、各試験区で約8割以上となりました。植栽区域ごとの生存率を比較しますと、2条区の生存率が多少低くなりましたが大きな差は見受けられませんでした（図5）。

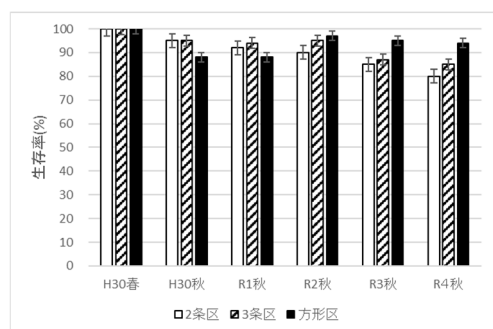


図5：生存率の推移

（２）成長の推移

根元径は、令和元年以降から成長量が大きく増加し（図６）、樹高は令和２年以降から成長量が大きく増加する結果となりました（図７）。形状比は、令和元年に下げ止まり、その後は 60～70 程度で推移しています（図８）。また、植栽区域の違いによる成長量に大きな差は見受けられませんでした。

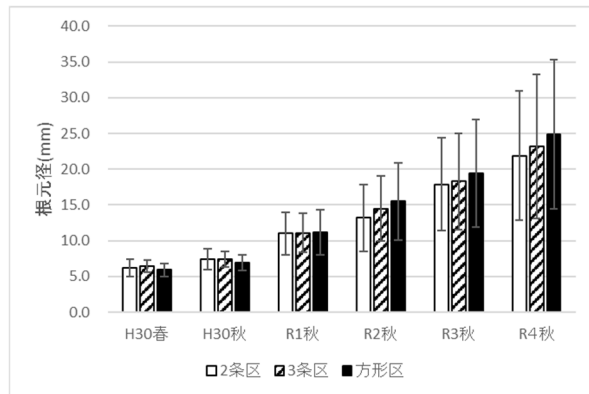


図６：根元径の推移

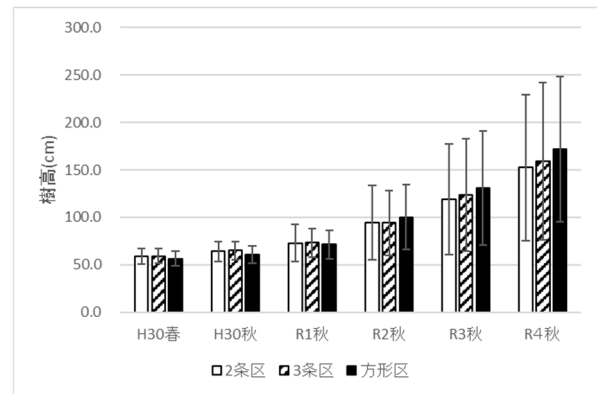


図７：樹高の推移

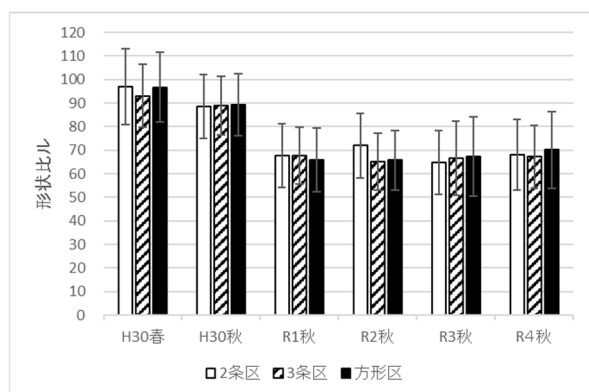


図８：形状比の推移

(3) 被圧度

令和4年春調査後時点での植栽木の被圧度については、C1・C2の割合が2条3条植栽、方形植栽ともに8割以上となり、植栽区域の違いによる被圧度に大きな差は見受けられませんでした。また、令和3年の時点ではやや被圧されている植栽木がありましたが、令和4年春の時点では、一部の成長が遅れている個体以外では、周囲の雑草木から露出しており、次年以降の下刈は必要ないと考えられる状態でした（表1～3）。

表1：被圧度調査結果表（2条植栽）

相対度数(%)		R4下刈前の被圧度(2条植栽)				
		C1	C2	C3	C4	計
R3秋調査	1~50	1%	1%	0%	1%	3%
	51~100	19%	15%	10%	3%	47%
	101~150	17%	5%	2%	1%	25%
	151~200	14%	1%	1%	0%	16%
	201~250	3%	2%	0%	0%	5%
	251~	4%	0%	0%	0%	4%
	計	58%	24%	13%	5%	100%

表2：被圧度調査結果表（3条植栽）

相対度数(%)		R4下刈前の被圧度(3条植栽)				
		C1	C2	C3	C4	計
R3秋調査	1~50	0%	1%	0%	1%	2%
	51~100	13%	15%	10%	6%	44%
	101~150	18%	10%	1%	0%	29%
	151~200	13%	1%	1%	0%	15%
	201~250	7%	0%	0%	0%	7%
	251~	3%	0%	0%	0%	3%
	計	54%	27%	12%	7%	100%

表3：被圧度調査結果表（方形植栽）

相対度数(%)		R4下刈前の被圧度(方形植栽)				
		C1	C2	C3	C4	計
R3秋調査	1~50	1%	0%	0%	2%	3%
	51~100	13%	12%	8%	2%	35%
	101~150	19%	5%	1%	0%	25%
	151~200	20%	2%	0%	0%	22%
	201~250	12%	0%	0%	0%	12%
	251~	2%	1%	0%	0%	3%
	計	67%	20%	9%	4%	100%

C1: 植栽木の樹冠が周辺の雑草木から半分以上露出している
C2: 植栽木の梢端が周辺の雑草木から露出している
C3: 植栽木と雑草木の梢端が同じ位置にある
C4: 植栽木が雑草木に完全に覆われている

(4) 下刈の省力

令和3年と令和4年の夏に実施した下刈功程調査の結果では、2条3条植栽に非植栽区域を設け、下刈実行面積の削減を図ることで、ほとんどのプロットで、2条3条植栽は方形植栽よりも人工数を少なくすることができました（表4）。

表4：下刈功程調査結果表

下刈功程調査	換算人工(人/ha)		下刈功程調査	換算人工(人/ha)	
	R3	R4		R3	R4
Aプロット2条区	2.4	未実施	Cプロット2条区	1.3	未実施
Aプロット3条区	2.0	未実施	Cプロット3条区	1.7	未実施
Aプロット方形区	3.4	未実施	Cプロット方形区	2.5	未実施
Bプロット2条区	2.3	3.1	Dプロット2条区	1.9	2.1
Bプロット3条区	2.5	1.6	Dプロット3条区	2.2	1.7
Bプロット方形区	2.2	2.7	Dプロット方形区	4.4	1.8

(5) 多様な森づくり

多様な森づくりについては、非植栽区域の数箇所では植生調査を実施しました。その内の代表的な調査区域2箇所の樹幹投影図を作成したところ、Bプロット3条区では、高さ1m以上の高木性樹種としてアカマツやシウリザクラ外8種の計36本が確認されており、その他には低木性樹種としてタラノキやムラサキシキブ等、草本類ではススキが確認されました(図9)。また、株立ちしている個体も確認されていますが、これらは前生樹からのぼう芽と考えられます。この区域では多様な高木性樹種が侵入していることから、多様な森づくりが可能ではないかと考えられます。

Dプロット2条区では、高さ1m以上の高木性樹種としてホオノキ、ヤマモミジ、オニグルミ、亜高木性樹種ではヌルデが確認され、低木性樹種では大部分がクマイチゴとなっており、草本類ではススキが確認されました(図10)。この区域では低木性樹種が多くを占めており、高木性樹種の多様性は低い状況となっていました。

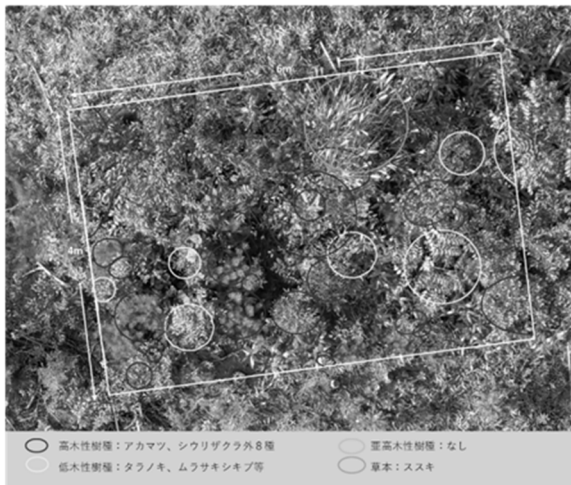


図9：樹冠投影図 (Bプロット3条区)



図10：樹冠投影図 (Dプロット2条区)

4 まとめ

植栽木の成長については、2条3条植栽、方形植栽ともに生存率は約8割となっており、樹幹閉鎖していない段階では、密度効果による成長量の違いは見受けられませんでした。また、非植栽区域に侵入した植生からの影響は現段階では確認されませんでした。

被圧度については、C1・C2の割合が2条3条植栽、方形植栽ともに8割以上となりました。これは植栽方法の違いによる初期成長量にほとんど差がなかったため、被圧度にも大きな差は見受けられなかったと考えられます。

下刈の省力については、下刈功程調査の結果、2条3条植栽に非植栽区域を設けることにより下刈実行面積の削減を図ることで、ほとんどの2条3条植栽区で方形植栽よりも人工数を少なくすることができました。

本試験地では、植栽区域と非植栽区域を等高線方向に数メートル間隔で設置したこともあり、特に植栽木の樹高が低い時期は植栽区域と非植栽区域の見極めが難しい箇所がありました。また、今回は等高線方向に植栽列を設定しましたが、地形や搬出路の配置状況により直線的に設定できなかったため、2条3条植栽を行う際は、沢や峰などの自然界で区域を設定するなど、区域を明瞭にできれば、さらに下刈功程を省力できるのではないかと

考えられます。

多様な森づくりについては、天然更新状況調査の結果から、前生樹にぼう芽樹種や林床に稚幼樹が多い場合、立地条件からササ等の競合植生が少なく周辺に母樹がある場合などは、2条3条植栽による多様な森づくりは可能ではないかと考えられます。

また、今回のような取組は、松くい虫被害地での樹種転換や将来の不透明な木材需要への対策の一つとして期待できるのではないかと考えられます。

現段階では、2条3条植栽による密度効果は発揮されていませんが、今後、カラマツがどのように成長していくか、広葉樹の成長にともなう枝の張り出し等によりカラマツが被圧されることで、カラマツの成長や品質にどの程度の影響を与えるのかなど、密度効果による影響の推移を見守り、どのように保育作業を実施していくべきか検討していく必要があります。

スギ巢植えと広葉樹を活用した低コスト林業の森づくり

あきた森のハーモニー

○伊藤 良太

秋田県 農林水産部 森林資源造成課 ○三浦 正嗣

1 はじめに

木材価格の低迷により間伐や主伐で得られる収入に比べて、造林やその後の下刈り・除伐等の保育に多くの経費がかかり、林業経営が圧迫される状況が続いています。近年、再造林においては植栽本数の見直しやエリートツリーの導入等により造林コストを低減させる取組が進められています。秋田市下浜の民有林では、寄せ植えの手法を用いた巢植えにより植栽本数の削減や保育作業の経費を抑える目的で3本の苗木を1つの巢として少し密に植えて、自生する広葉樹と共存させる施業を行っています。本報告では39年生の巢植え林分でのスギと広葉樹の成長量の変化を調査し、巢植え造林による低コスト林業への活用について検討しました。

2 取組・研究方法

(1) 調査地

調査地は秋田市下浜の民有林で、標高が60～100mに位置しています。広葉樹の二次林跡地内にスギを1m間隔で3角形の巢の状態ではa当たり700巢程度の密度で植栽しました。No.1調査地は広葉樹が優勢する斜面上部に20m×20mの調査区を1カ所、同一斜面で連続する斜面上部のNo.2調査地はスギが優勢する林分、斜面下部のNo.3調査地は広葉樹が優勢する場所にスギが植えられた林分で、いずれも10m×15mの調査区2カ所を設置しました。スギが優勢するNo.6調査地は他の3調査区から離れた所に20m×20mの調査区を1カ所設置しました(図-1)。

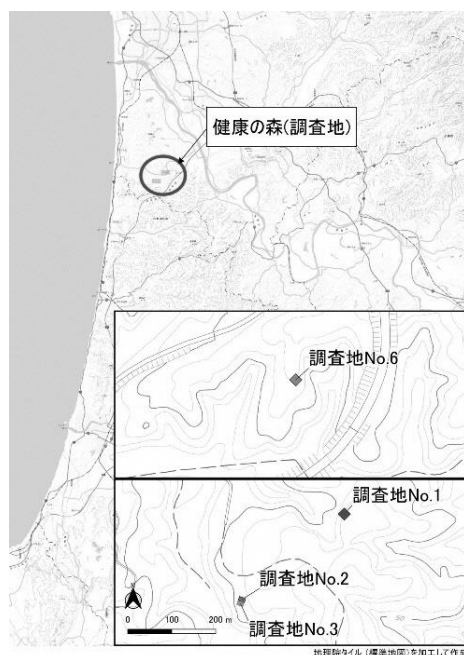


図-1 調査地位置図

(2) 調査方法

①林分調査

林分の階層構造、種組成を把握するために、各調査区の高さ1.3m以上のすべての樹木(低木種を除く)を対象に、1994～1998, 2005, 2007, 2010, 2023年に各調査区で樹高・胸高直径の測定を行いました。

②施業体系、低コスト化の検証

No.6調査地での林分調査の結果から、巢植え造林を行った林分における40年生時点ま

での施業体系を検証しました。また、巣植え林分における施業体系を実施した場合と一般的な施業を実施した場合の保育管理費用を試算し、巣植え造林による低コスト効果を検証しました。一般的な施業とは地域森林整備計画の「スギ一般材生産施業基準（中・長伐期（50年伐期））、2,100本以下植栽、地位中」に定める施業（40年生までに下刈りを3回、枝打ちを1回、除伐を1回、保育間伐を1回、搬出間伐を1回実施）としました。

3 結果

（1）林分概要

こちらは2023年調査時の林分の概要です。上の表がスギ、下の表が広葉樹の測定値を示しています。No.2とNo.3調査地は狭いエリアに植栽したためスギの本数が多くなっています。スギの立木材積は、スギが優勢するNo.2調査地で402.6m³/ha、No.6調査地で534.4m³/haでした。また、広葉樹の立木材積は、広葉樹が優勢するNo.1調査地で245.1m³/ha、No.3調査地で125.2m³/haでした。

表-1 林分概要(上段：スギ 下段：広葉樹)

No.	林齢	立木密度 (本/ha)	平均胸高 直径 (cm)	平均樹 高(m)	胸高断面 積合計 (m ² /ha)	立木材積 (m ³ /ha)
1	35	825	10.0	6.7	8.6	46.9
2	39	2,600	15.0	12.1	54.4	402.6
3	39	2,667	10.2	7.1	29.0	166.7
6	39	1,575	19.1	13.6	59.0	534.4

No.	林齢	立木密度 (本/ha)	平均胸高 直径 (cm)	平均樹 高(m)	胸高断面 積合計 (m ² /ha)	立木材積 (m ³ /ha)
1	35	2,825	11.4	10.3	38.3	245.1
2	39	467	6.3	7.8	1.9	8.9
3	39	1,333	11.4	9.6	19.9	125.2
6	39	600	15.1	13.6	13.1	97.5

（2）平均樹高の時系列変化

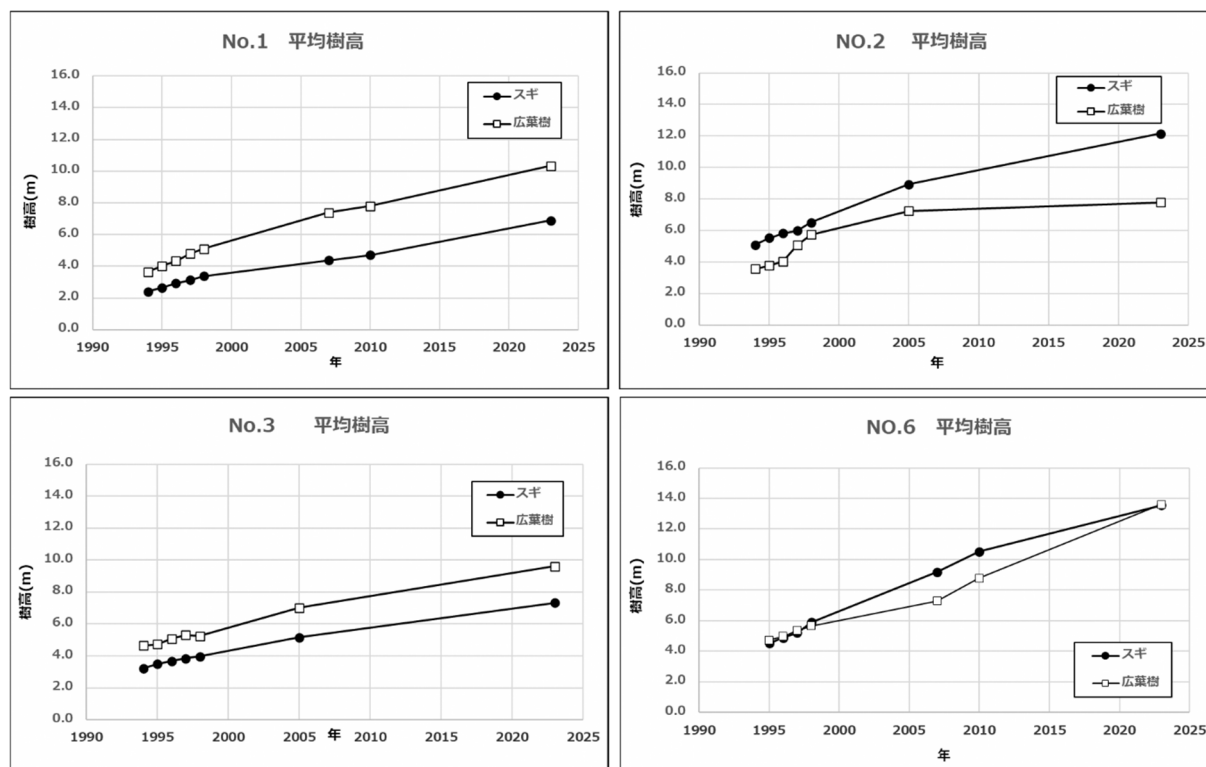


図-2 平均樹高の時系列変化

図-2 は調査地ごとの平均樹高の時系列変化を示しています。広葉樹が優勢の No. 1 と No. 3 調査地は成長初期より上層に広葉樹があることによりスギの樹高成長が抑えられています。一方、スギが優勢の No. 2 と No. 6 調査地のスギの樹高は成長が続いています。よって、成長初期の保育段階での優劣がその後の成長に影響を及ぼすということが言えます。

(3) 樹高階分布の変化

①No. 6 調査地（スギ優勢林分）

図-3 はスギ優勢林分である No. 6 調査地の樹高階分布の変化を示しています。39 年生のスギで樹高 12m 以上のスギ上層木は 925 本/ha ありました。次に本数密度は 39 年生のスギで 1,575 本/ha、一方自生する広葉樹の密度は 2010 年時点の 26 年生での 1,750 本/ha から、39 年生で 600 本/ha へと大きく減少していました。また、39 年生時点の林分材積はスギ 534m³ で、スギ人工林収穫表でも地位の良好な林分に相当する材積が得られました。

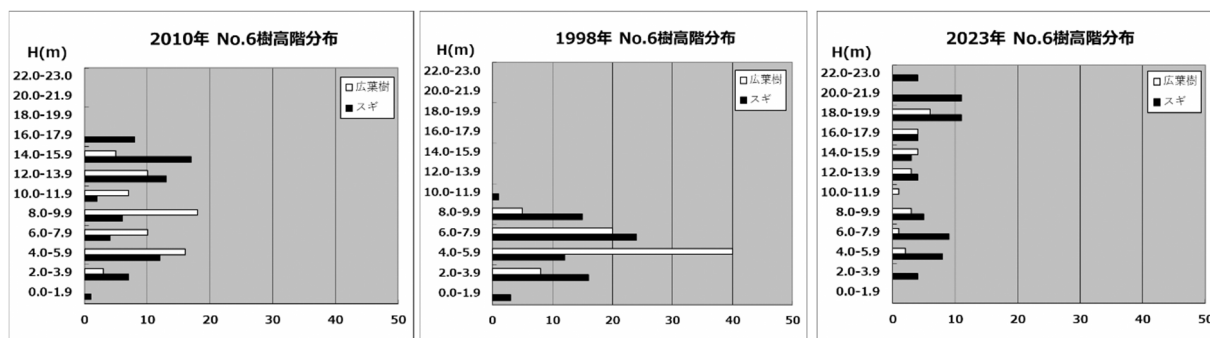


図-3 No. 6 調査地の樹高階分布

②No. 1 調査地（広葉樹優勢林分）

図-4 は広葉樹優勢林分である No. 1 調査地の樹高階分布の変化を示しています。スギの多くは広葉樹に被圧されて下層木として生存しており、35 年生で樹高 12m 以上のスギ上層木は 100 本/ha でした。林分材積はスギ 46.9m³、広葉樹 245.1m³ と林分材積は広葉樹が主体となっておりましたが、調査地全体の総材積として考えると、スギ優勢林分である No. 6 調査地と比較すると小さいという結果でした。

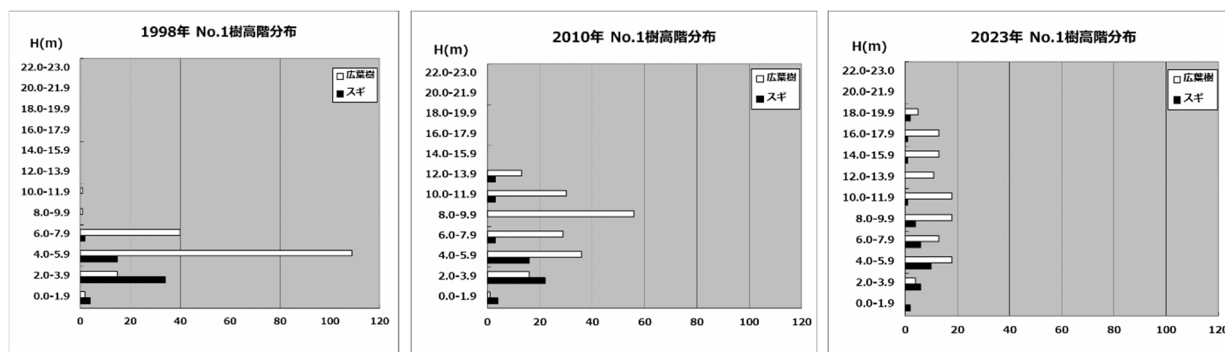


図-4 No. 1 調査地の樹高階分布

(4) スギの形質

写真-1 は No.6 調査地にある巣の内側から上向きに撮った写真です。巣の内側の枝が枯れ上がり幹の無節性が高くなっていることがわかります。写真-2 は今回の調査地とは別箇所ですが、巣植えされたスギを伐採して採取した円盤です。年輪の傾きが無いことが確認できました。



写真-1 巣の内側の枝の枯れあがり



写真-2 巣植えされたスギの円盤

4 考察・結論

(1) 林分調査

①10 年生前後のスギと広葉樹の優劣がその後の成長に影響しており、広葉樹を共存させる施業では、生育初期の管理が重要となることが解りました。

②スギが優勢な林分は、広葉樹が被圧により自然枯死することで個体数が大きく減少しており、スギは上層木から下層木に分かれることにより上層木は 925 本/ha へ減少していました。また、林分材積は除伐や間伐を行わなくても、一斉林の地位上に相当する材積が得られました。

③広葉樹が優勢な林分は、スギが広葉樹に被圧されて下層木として生存しており、林分材積は広葉樹が主体となるため総材積としては少なくなる結果となりました。

(2) 施業体系、低コスト化の検証

①施業体系の検証

巣植え林分では、巣の周辺のみを坪刈りすることで下刈りに要する労務を半減できることが報告されています(澤田ら, 2001)。これを参考に下刈りは坪刈りで植栽後 3 回実施することとしました。

No.6 調査地の林分調査では、39 年生時点のスギ上層木の本数密度が 925 本/ha であることが分かりました。これは地域森林整備計画の「スギ一般材生産施業基準(中・長伐期(50 年伐期))、2,100 本以下植栽、地位中」による施業を実施した林分における 39 年生時点の

本数密度（919 本/ha）と同程度であり、除伐と間伐を省略できると考えられます。

②低コスト化の検証

①の施業体系で保育管理を実施した場合の費用を試算したところ、一般的な造林を実施した林分では 2,532 千円/ha、巣植え造林を実施した林分では 1,521 千円となり、巣植え造林を実施した林分で 817 千円減額していました。

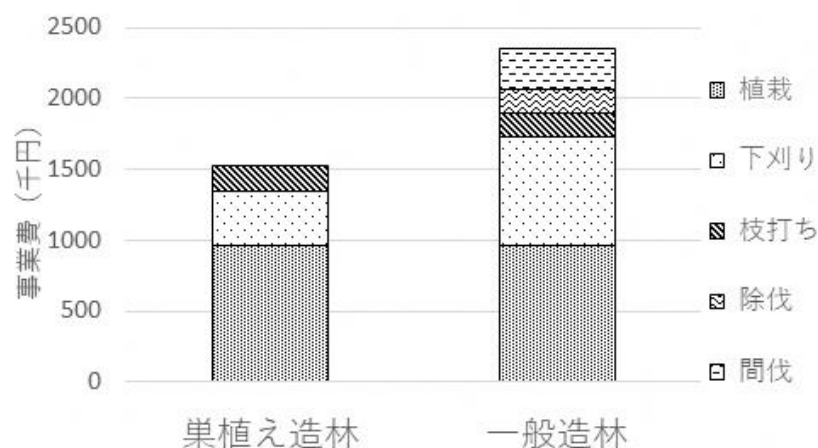


図-5 巣植え造林と一般造林での保育管理に要する事業費

5 参考文献

佐藤清太郎(2000)スギ巣植え環境順応造林法及び広葉樹育成の実践と評価. THF 平成 11 年度研究活動報告書：5-25

澤田智志・和田覚・石田秀雄（2001）森林の多面的機能を発揮する針広混交林造成技術の開発．秋田県森林技術センター研究報告 8：12-48

鈴木誠（1994）スギ，ヒノキ 39 年生巣植え試験林．林業技術 628：23-26

汰木達郎・薛孝夫（1995）スギ巣植林の成長（Ⅲ）30 年生林分の成長．九州大学農学部演習林報告 72：73-82

急傾斜地におけるスギコンテナ大苗の生育成績評価

由利森林管理署	発 表 者	主 事	渡辺 陽平
	チーム員	森林整備官	伊藤 裕太
		主任主事	小木曾 快
	チームリーダー	総括森林整備官	原田 裕介
	アドバイザー	次長	三上 貢

1 はじめに

森林は国土の保全や水源の涵養など様々な機能を有しており、これらの多面的機能を十分に発揮させるためには、主伐後の再造林や間伐等の森林整備を適正に進める必要があります。しかし近年、民有林における主伐面積に対する人工造林面積は3～4割程度で推移しており（林野庁 2020）、伐採後再造林されないまま放置されるケースが多くなっています。その原因の一つに、造林費用の負担が大きいことが挙げられます。令和4年現在、山元立木価格が157万円/haであるのに対し、地拵えから下刈までの造林初期費用は192万円/haとなっており（林野庁 2023）、山元立木価格を上回っているのが現状です。そのため、主伐後の確実な再造林を進めるためには、造林経費の低コスト化が重要な課題となっています。

造林初期費用の中で最も高い割合を占める作業種が下刈であることから、近年、下刈回数の削減等を目的に、スギコンテナ大苗（以下、大苗）の植栽が行われています。大苗は従来からのスギコンテナ苗（以下、普通苗）と比較して、根鉢の容量が大きなコンテナを用いてより大きく生育させたもので（表－1）、普通苗よりも早期に競合植生の高さを上回り、下刈作業の軽減が図れると期待されています。

主伐後の再造林は、平坦地など条件の良い場所だけではなく急傾斜地や雪害等が起こりやすい生育条件の厳しい場所でも実施され、そのような場所に大苗が植栽される可能性もあります。先行研究では、標高や斜度の異なる3地点にスギのコンテナ

表－1 スギコンテナ苗の規格（林野庁東北森林管理局 2022）

	苗 齢	苗 長	根 元 径	根 鉢
普通苗	2～3	35 cm以上	4.0 mm以上	150 cc
大 苗	2～3	60 cm以上	8.0 mm以上	300 cc

苗と裸苗を植栽し雪害の発生状況を調査したところ、急傾斜になるほど、あるいは苗高が大きくなるほど引き抜けや倒伏が起こりやすくなることが報告されています（図子 2016）。また、普通苗と大苗の間で生存率や成長を比較した研究では、生存率については大きな差は無く、成長量については普通苗と比べて根元直径の成長量が大苗という結果が示されています（小谷ら 2019）。しかし、大苗が植栽されるようになったのは比較的最近のことであり、生育条件の厳しい場所での大苗の定着や成長についての知見はまだ十分ではありません。

そこで本研究では、急傾斜地における大苗の導入の得失について検証することを目的に、植栽場所の斜度が大苗と普通苗の定着や成長に与える影響を調査しました。

2 研究方法

(1) 調査地

調査地は、由利森林管理署管内の斜面傾斜が異なる 2 か所に、計 6 調査区を設置しました（表－2）。

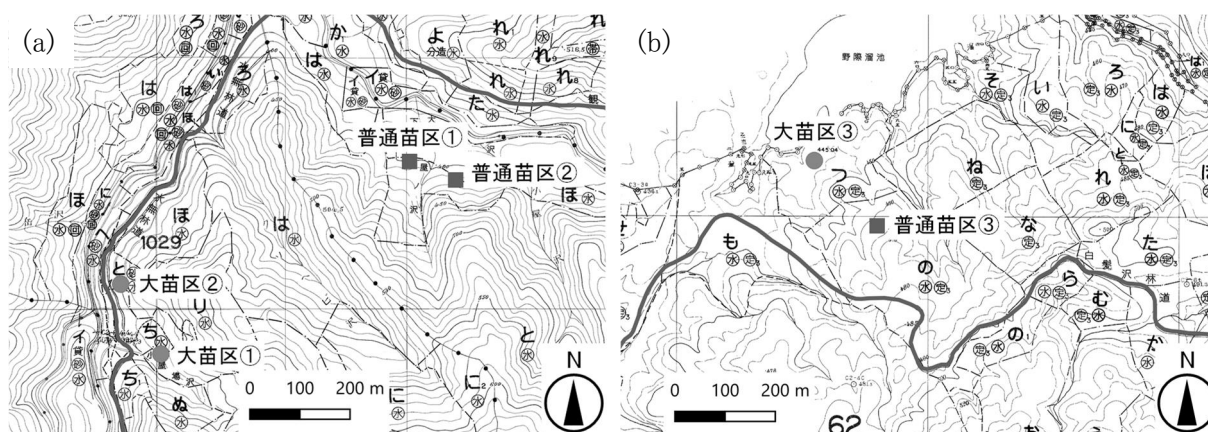
急傾斜地の調査区は、秋田県由利本荘市鳥海町上笹子字大火国有林 1028 林班ほ小班、及び丁森国有林 1029 林班り小班で（図－1(a)）、令和 3 年に伐採し、同年秋にスギコンテナ苗を植栽しました。この場所には、令和 3 年 11 月に東北森林管理局森林整備課が苗サイズ及び下刈回数（下刈 0 回、1 回）の違いに応じて 4 か所の植栽試験地を設置し調査を行っていることから、その試験地を調査区としました。調査区の斜度は $27.0\sim 42.3^{\circ}$ 、斜面方位は北または西、冬季の最深積雪は約 200 cm（気象庁 2020）となっています。なお、大苗区②及び普通苗区②では、植栽翌年の令和 4 年に下刈が行われる予定でしたが、入札不調により令和 5 年夏に下刈が行われました。

緩傾斜地の調査区は、秋田県にかほ市馬場字冬師山国有林 62 林班つ小班及びの小班で（図－1(b)）、令和 4 年に伐採し、同年秋にスギコンテナ苗を植栽しました。令和 5 年 5 月、つ小班に大苗区③を、の小班に普通苗区③を設置しました。調査区の斜度は $5.8\sim 10.0^{\circ}$ 、斜面方位は北西、冬季の最深積雪は約 200 cm（気象庁 2020）となっています。両調査区では、令和 5 年夏に下刈が行われました。

表－2 調査地の概要

林小班	傾斜区分	名称	斜度(°) [注1]	斜面方位	最深積雪 (cm)	伐採 年度	植栽苗	下刈	調査 時期
1029り	急	大苗区①	36.0	西	202	R3	スギ大苗	無	R3～R5
1029り	急	大苗区②	39.3	西	202	R3	スギ大苗	R5	R3～R5
1028ほ	急	普通苗区①	27.0	北	196	R3	スギ普通苗	無	R3～R5
1028ほ	急	普通苗区②	42.3	北	196	R3	スギ普通苗	R5	R3～R5
62つ	緩	大苗区③	5.8	北西	196	R4	スギ大苗	R5	R5
62の	緩	普通苗区③	10.0	北西	196	R4	スギ普通苗	R5	R5

[注1] 測定方法は（2）調査方法を参照。



図－1 急傾斜地(a)および緩傾斜地(b)の調査地の詳細図

（２）調査方法

各調査区から 30～35 個体を選定し、急傾斜地は令和 3 年 11 月から令和 5 年 11 月にかけて、緩傾斜地は令和 5 年 5 月から同年 11 月にかけての春と秋の 2 回、苗の生死と雪害の発生状況、樹高、地際直径を測定しました（急傾斜地では令和 5 年春は未調査）。雪害は、引き抜け（植穴から根鉢が完全に、または一部露出しているもの）、幹曲がり、折損を調査対象としました。樹高は、幹長をコンベックスを用いて測定し、地際直径は任意の 1 方向の直径をデジタルノギスを用いて測定しました。

また、各調査区の最大傾斜角度を、レーザー距離計 TruPulse360 (Laser Technology, Inc.) を用いて計測しました。

（３）解析方法

①苗の生死

苗の枯死率について、急傾斜地と緩傾斜地の調査区の間では植栽からの経過年数が異なるため、1 年あたりの枯死率を解析に用いました。1 年あたりの枯死率は正規分布に従わなかったことから（Shapiro-Wilk 検定、 $p < 0.05$ ）、対数変換したのち、応答変数を $\ln$ （1 年あたりの枯死率）、説明変数を斜度及び苗サイズ、斜度と苗サイズの交互作用、ランダム効果を調査区とした、線形混合モデルを用いて解析しました。

②雪害の発生状況

応答変数を、引き抜け率（植栽翌年の春時点）、または幹曲がり率、折損率（令和 5 年 11 月時点）、説明変数を斜度及び苗サイズ、斜度と苗サイズの交互作用、ランダム効果を調査区とした、一般化線形混合モデルを用いて解析しました。誤差構造には二項分布を仮定しました。

③樹高及び地際直径

調査区によって植栽からの経過年数及び下刈の回数が異なるため、本研究では植栽から 1 成長期経過後までの成長量を評価対象としました。応答変数を 1 成長期経過後の樹高成長量または地際直径成長量、説明変数を斜度及び苗サイズ、斜度と苗サイズの交互作用、ランダム効果を調査区とした、一般化線形混合モデルを用いて解析しました。誤差構造にはガンマ分布を仮定し、リンク関数に対数関数を用いました。

以上の解析は、R version 4.3.0 (R Core Team 2023)、及び R 内のパッケージ lme4、lmerTest を用いて行いました。

3 結果

（１）苗の生死

令和 5 年 11 月時点で、急傾斜地の調査区で数本枯死している個体が観察されましたが、いずれの調査区でも枯死率は 10%未満と低くなっていました（表－3）。また、斜度や苗サイズと 1 年あたりの枯死率との関係について分析しましたが、枯死率に斜度による有意な違いは認められませんでした（表－4）。

表－3 苗の生死及び雪害の発生状況

		生死			引き抜け			幹曲がり			折損		
		生存	枯死	枯死率(%)	無	有	被害率(%)	無	有	被害率(%)	無	有	被害率(%)
急傾斜地	大苗区①	32	0	0.0	28	4	12.5	27	5	15.6	32	0	0.0
	大苗区②	28	2	6.7	28	2	6.7	20	10	33.3	28	2	6.7
	普通苗区①	29	1	3.3	30	0	0.0	25	5	16.7	27	3	10.0
	普通苗区②	28	2	6.7	28	2	6.7	21	9	30.0	23	7	23.3
緩傾斜地	大苗区	35	0	0.0	35	0	0.0	17	18	51.4	30	5	14.3
	普通苗区	35	0	0.0	35	0	0.0	22	13	37.1	32	3	8.6

引き抜けは植栽翌年春時点の値、それ以外は令和5年11月時点の値

表－4 斜度が苗の枯死率及び雪害の発生率に及ぼす影響の推定値

	枯死率		引き抜け率		幹曲がり率		折損率
切片	−0.0059	n.s.	−7.502	n.s.	−0.126	n.s.	−1.540 **
斜度	0.0007	n.s.	0.137	n.s.	−0.027	n.s.	−0.048 n.s.
苗サイズ	−0.0056	n.s.	3.443	n.s.	−0.678	n.s.	−1.395 n.s.
斜度×苗サイズ	0.0005	n.s.	−0.129	n.s.	0.017	n.s.	0.087 *

有意確率は以下のとおり。n.s. $p>0.05$; * $p<0.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.001$ 。

(2) 雪害の発生状況

引き抜けについては、急傾斜地の調査区で10%程度の苗が被害を受けていた一方、緩傾斜地の調査区では発生していませんでした

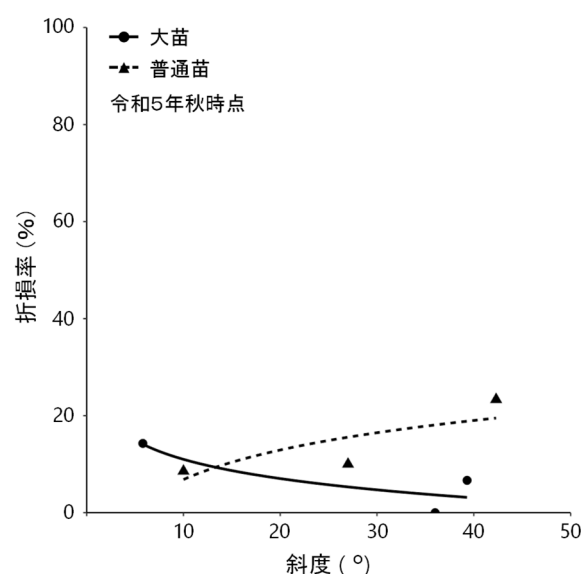
(表－3)。幹曲がりについては斜度に関わらず被害が発生しており、特に緩傾斜地の大苗区では半数以上の苗が被害を受けていました(表－3)。引き抜け率及び幹曲がり率について、斜度や苗サイズとの関係を分析しましたが、有意な関係は認められませんでした(表－4)。

折損については、急傾斜地の普通苗区や緩傾斜地の大苗区で被害率が10%以上となりました(表－3)。分析の結果、斜度と苗サ

イズの交互作用と折損率との間に有意な関係が認められ、斜度が増加するほど大苗の折損率は低くなり、普通苗の折損率は高くなる傾向が認められました(表－4、図－2)。

(3) 成長量

植栽直後の樹高は、大苗区②では 67.5 ± 6.0 cm(平均値±標準偏差、以下同じ)、普通苗区②では 51.4 ± 7.0 cm、大苗区③で 64.4 ± 5.6 cm、普通苗区③で 47.9 ± 5.6 cmでした。急傾斜地の調査区では2成長期経過後、緩傾斜地の調査区では1成長期経過後の令和5年11月の時点では、それぞれ 96.8 ± 20.0 cm、 67.2 ± 12.9 cm、 75.2 ± 16.3 cm、 66.5 ± 17.2 cmと



図－2 斜度と折損率との関係

なっていました(図-3(a))。樹高成長量について斜度や苗サイズとの関係を分析したところ、有意な関係が認められ、斜度が大きくなるほど成長量は減少すると推定されました(表-5、図-4(a))。また、急傾斜地では大苗の方が、緩傾斜地では普通苗の方が成長量が大きくなると推定されました(表-5、図-4(a))。

植栽直後の地際直径は、大苗区②で 8.5 ± 1.2 mm、普通苗区②で 7.8 ± 1.4 mm、大苗区③で 8.2 ± 1.5 mm、普通苗区③で 5.3 ± 0.8 mmでした。令和5年11月の時点では、それぞれ 17.5 ± 3.7 mm、 11.0 ± 2.3 mm、 12.7 ± 2.9 mm、 11.0 ± 3.8 mmとなっていました(図-3(b))。地際直径成長量について斜度や苗サイズとの関係を分析したところ、樹高成長量と同様に、斜度が大きくなるほど成長量は減少し、急傾斜地では大苗の方が、緩傾斜地では普通苗の方が成長量が大きくなると推定されました(表-5、図-4(b))。

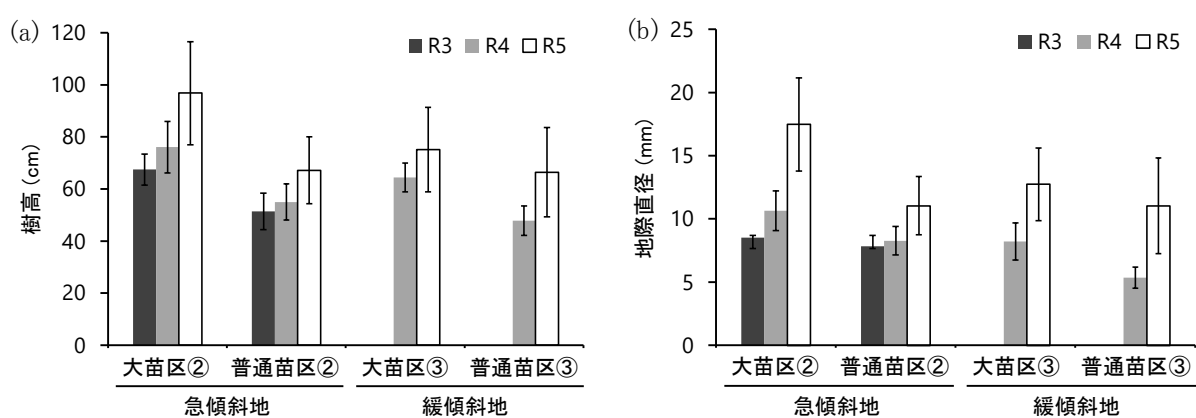


図-3 令和3年から令和5年の、樹高(a)及び地際直径(b)の変化(平均値±標準偏差)

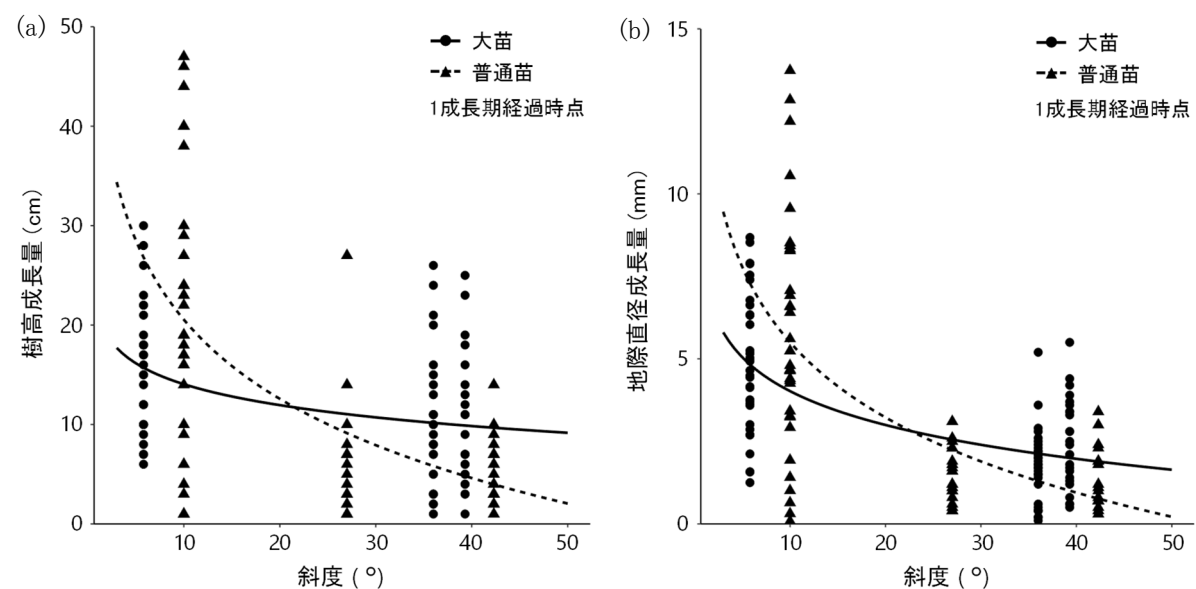


図-4 斜度と樹高成長量(a)及び地際直径成長量(b)との関係

表－５ 斜度が樹高成長量および地際直径成長量に及ぼす影響の推定値

	樹高成長量	地際直径成長量
切片	2.826 ***	1.461 ***
斜度	－0.014 *	－0.020 ***
苗サイズ	0.583 **	0.449 *
斜度×苗サイズ	－0.030 ***	－0.024 **

有意確率は以下のとおり。n.s. $p > 0.05$; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$ 。

４ 考察

枯死率や雪害の状況について斜度の影響があるかどうか分析したところ、折損率以外は斜度による有意な影響は認められませんでした（表－４）。この結果から、急傾斜地に大苗を植栽しても定着に大きな影響はないと考えられます。折損率について、緩傾斜地では普通苗よりも大苗の方が折損率が高くなると推定されました（図－２）。調査時に苗を観察したところ、地際付近で折れている個体が多く見られました。また令和５年１２月に大苗区③の苗を観察した際は、幹の先端が雪に埋もれ幹が大きく曲がっていました。このことから、樹幹への着雪によって苗が倒伏し、その後積雪により苗が埋もれ、沈降圧により幹が折れた可能性があります。大苗で倒伏が多く発生した原因としては、植栽した苗の形状比が高かったことが考えられます。大苗区③における植栽時の苗の形状比は 81.2 ± 17.1 （平均値 $\pm$ 標準偏差）で、個体によっては 100 を超えるものもありました。形状比の高い徒長苗が植栽後に倒伏し枯死した事例が報告されていることから（全国山林種苗協同組合連合会 2010）、本調査区の大苗では倒伏が起こりやすかった可能性があります。

樹高と地際直径の成長量について斜度の影響があるかどうか分析したところ、斜度は成長量に負の影響を及ぼしており、斜度が大きくなるほど成長量は少なくなっていました。また苗サイズに着目すると、急傾斜地においては大苗の方が普通苗よりも成長量が大きいと推定されました。これは、斜度によって苗が得られる日射量が異なることが影響していると考えられます。斜面に到達する日射量は斜面の傾斜角度や方位等の地形条件、太陽高度などにより変化します（黒瀬ら 1991）。本研究で設置した調査区はいずれも北から西の方角に面しており、そのような環境の日射量は、年間を通して斜度が大きくなるほど少なくなります（上原 1961；小沢 1962；黒瀬ら 1991）。林床には、下刈後においてもササや低木等の競合植生が多かった（特に急傾斜地）ことから、少ない光を獲得しようと競争する上で苗サイズが大きい方が生育に有利だった可能性があります。

急傾斜地におけるスギコンテナ大苗の生育成績について、生存、雪害、成長の点から調査したところ、生存率は普通苗と同等に高く、雪害の状況は普通苗と差が認められない、もしくは普通苗よりも雪害を受けにくい、成長量は普通苗よりも大きいことがわかりました。よって、今回の調査結果からは、急傾斜地に大苗を植栽することは利益が大きいと推察されます。しかし、本研究では植栽から 1～2 年という非常に短い期間しか観察できておらず、本研究の結果をもって急傾斜地における大苗の生育成績について結論付けることは尚早であると考えます。そのため、今後も調査を継続し、より長期間経過した時点での雪害の発生状況や成長量の差を比較する必要があると考えられます。

5 謝辞

由利森林管理署の皆様には、野外調査や論文の添削等多くのご協力をいただきました。また、東北森林管理局森林整備部森林整備課造林係の皆様には有意義な指導を、弘前大学農学生命科学部生物学科の石田清教授には、統計解析に際して有益な助言をいただきました。ここに深く感謝申し上げます。

6 参考文献

気象庁 (2020) メッシュ平年値 2020.

小谷 二郎・千木 容・池田 虎三・小倉 晃 (2019) 多雪地帯でのスギコンテナ苗の成長に対する苗木の大きさや植栽方法の影響. 石川県農林総合研究センター林業試験場研究報告 50: 6-11

黒瀬 義孝・林 陽生・真木 太一 (1991) 複雑地形地域における日射環境の把握. 四国農業試験場報告 54:147-159

小沢 行雄 (1962) 斜面の日射量について. 農業気象 18(1):39-41

R Core Team (2023) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>

林野庁 (2020) 令和 2 年 10 月 12 日林政審議会 配布資料 6 再造林の推進. <https://www.rinya.maff.go.jp/j/rinsei/singikai/attach/pdf/201012si-18.pdf>

林野庁 (2023) 令和 4 年度森林・林業白書. <https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/r4hakusyo/attach/pdf/zenbun-41.pdf>

林野庁東北森林管理局 (2022) 造林事業請負取扱要領 別紙 1 苗木仕様書.

上原 勝樹 (1961) 傾斜地開発利用に関する物理気象的研究. 香川大学農学部紀要第 7 号
全国山林種苗協同組合連合会 (2010) コンテナ苗の取り組みの現状と課題について. 緑化と苗木 151: 3-7

図子 光太郎 (2016) 富山県におけるスギコンテナ苗の活用と留意点. 富山県農林水産総合技術センター森林研究所 研究レポート No.14.

多雪地域におけるスギ大苗の倒伏と1成長期後の回復

庄内森林管理署	発表者	主事	武内 治樹
		主事	宮城 昂
チーム員	主事	主事	對馬 棕人
		土木担当	吉田 健翔
チームリーダー	主事	主事	畠山 明莉
		アドバイザー	主任森林整備官 安藤 菜穂

1 はじめに

東北森林管理局では現在、林業の生産性向上を図る「新しい林業」の取り組みのひとつとして、大苗植栽による下刈省略化の取り組みが試験的に実施されています。

大苗は普通苗と比べ苗長が長い点が特徴であり、山形県におけるスギ大苗の規格は苗長が60cm以上、根本径が7mm以上のものが大苗として定められています（図1、図2）。



図1 スギ普通苗

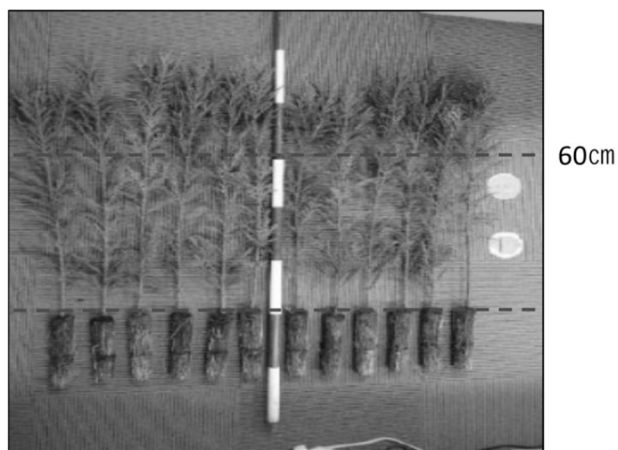


図2 スギ大苗

下刈省略化の具体的な取り組みとして、普通苗よりも苗長が長い大苗を植栽することで普通苗植栽よりも早期に樹高を確保することができ、稚樹が雑草木の被圧を受けにくい状況を作ることができます。それにより下刈回数を減らすことで造林経費削減につながります（図3）。

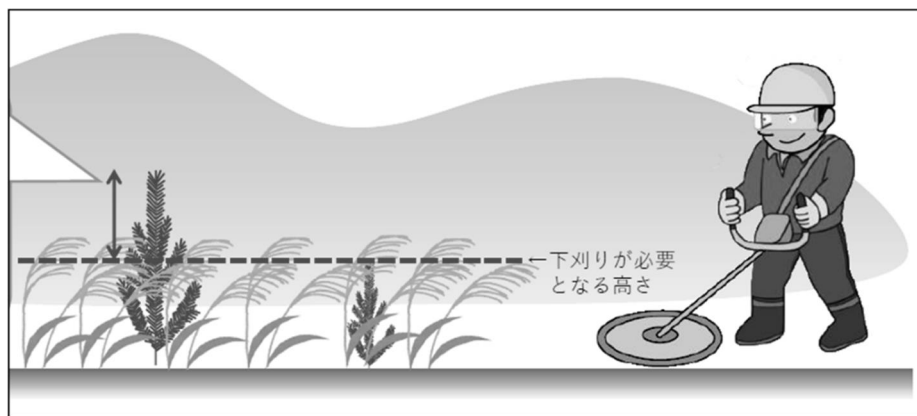


図3 大苗植栽による下刈り省略化の略図

しかし、樹高の高さを生かした大苗植栽が検討される一方で、多雪地域では大苗植栽はやめたほうが良いという地元事業者の意見を伺いました。このことから、大苗のほうが倒

伏等の雪圧害を受けやすいと考えました。

倒伏等により曲がりが生じると苗木の樹高が低く抑えられることが推測されますが、曲がりは1成長期中に回復する傾向があることも経験的に知られています。即ち、苗木の倒伏とその後の回復が、下刈不要の高さに達するまでの生育に影響すると考えられます。ただし、東北地方における大苗植栽は導入から日が浅く、定量的なデータが少ないのが現状です。

以上のことから、下刈省略化の視点から多雪地域におけるスギ大苗の倒伏と回復及び下刈省略化の有効性について調査・検討しました。

2 取組・調査方法

調査箇所は、山形県鶴岡市の山間部に位置する、天狗森国有林56ね林小班・57し林小班の2小班で実施しました。調査地の概要は下記のとおりです（図4）。

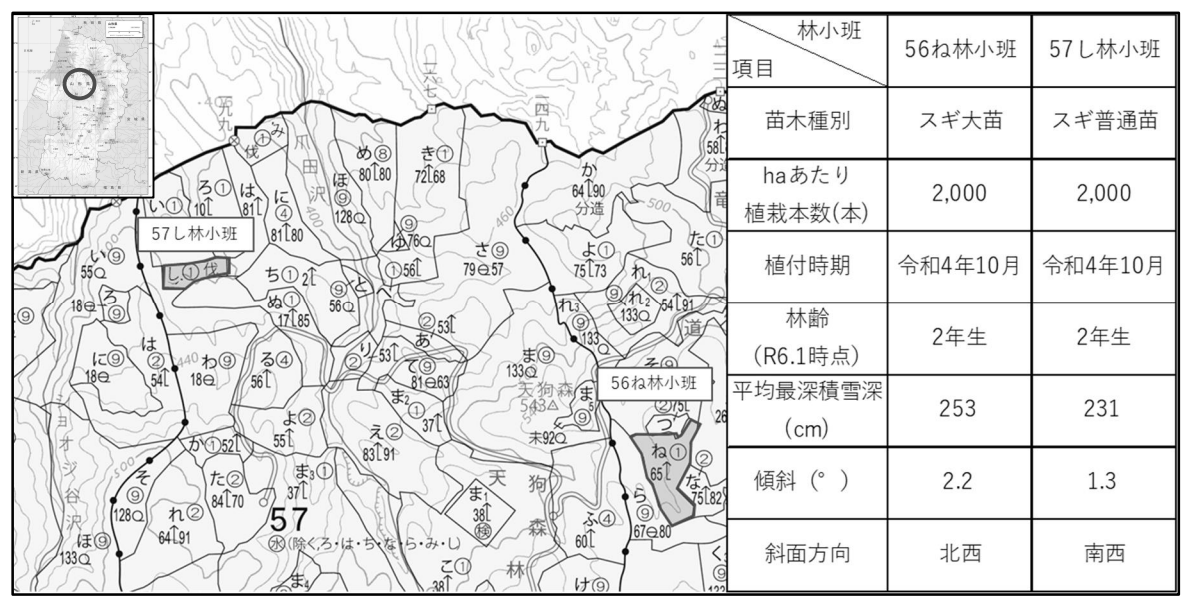


図4 調査箇所位置図及び調査地概要

表1 最寄りの観測点(楢引)における令和4年度の最深積雪深と過去30年間の平均最深積雪深

令和4年度最深積雪深	80cm
平均最深積雪深 (過去30年)	88cm

なお、令和4年度の積雪量については、最寄りの観測点（楢引）における令和4年度の最深積雪深と過去30年の平均最深積雪深に大きな差は無かったことから調査箇所においても例年通りの積雪量であると考えられました（表1）。

調査は上記2箇所において2つの調査を実施しました。

(1) スギ大苗の成長量及び回復

スギ大苗を植栽した56ね林小班にて、8月と10月の2回、60本を対象にア．根本径、イ．倒伏角、ウ．樹幹長、エ．樹高、オ．形状比、カ．曲がり方の6項目を記録しました。ウ．樹幹長は地際から頂端までの主軸の長さを、エ．樹高は地際から

頂端までの鉛直方向の長さを計測しました（図5）。

イ．倒伏角については地際の鉛直方向を 0° とし、主軸のうち最も倒れている箇所の傾きを勾配定規により計測しました（図6）。また、倒伏角および曲がり方により、曲がりの区分を以下のとおり、①正常、②折れ曲がり、③傾斜の3つに分類しました。

①「正常」：倒伏角が 45° 未満の稚樹

②「折れ曲がり」：倒伏角が 45° 以上かつ主軸に折れ曲がりがある稚樹（写真1）

③「傾斜」：倒伏角が 45° 以上かつ根元から倒れている稚樹（写真2）

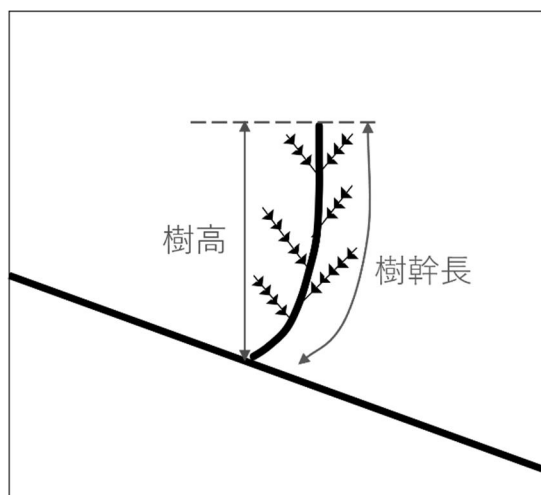


図5 樹幹長・樹高の測定

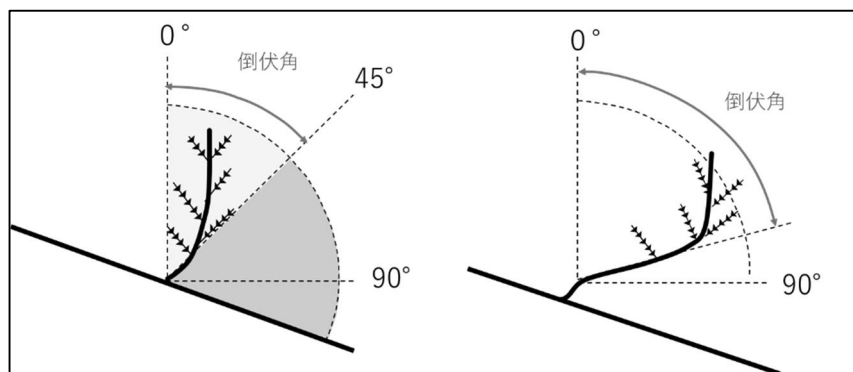


図6 倒伏角の測定方法



写真1 大苗の②折れ曲がり個体



写真2 大苗の③傾斜個体

(2) 植栽苗別の曲がり方及び樹高

大苗植栽をした56ね林小班と普通苗植栽をした57し林小班にて10月に各林小班に 100 m^2 の円形プロットを1点設定し、各プロット内のスギ稚樹について、(1)と同様に6項目を記録し、曲がり方別個体数割合及び樹高を比較しました。

3 結果

(1) スギ大苗の成長量及び回復に関する調査

8月から10月にかけてのスギ大苗の変化量の平均です（表2）。曲がり方区分は8

月時点でのものを示しています。

ア．根本径、ウ．樹幹長、エ．樹高は各曲がり方すべてで増加しました。イ．倒伏角については、①正常区分で増加、③傾斜区分で減少し、②折れ曲がり区分では変化が見られませんでした。①正常区分30個体中5個体の倒伏角が45°以上に増加し、③傾斜区分19個体中8個体の倒伏角が正常区分となる45°以下まで減少しました。

表2 8月から10月にかけてのスギ大苗の変化量（平均）

測定項目 曲がり方	根元径 (mm)	樹幹長 (cm)	樹高 (cm)	倒伏角 (°)
①正常 (30個体)	3.7	18.9	16.0	3.2
②折れ曲がり (11個体)	2.6	6.9	21.5	0.0
③傾斜 (19個体)	3.1	16.3	15.9	-6.7

なお、エ．樹高について、10月の調査では③傾斜区分の稚樹の多くは①正常区分の稚樹と同程度の樹高に生育していることが確認されました（図7）。

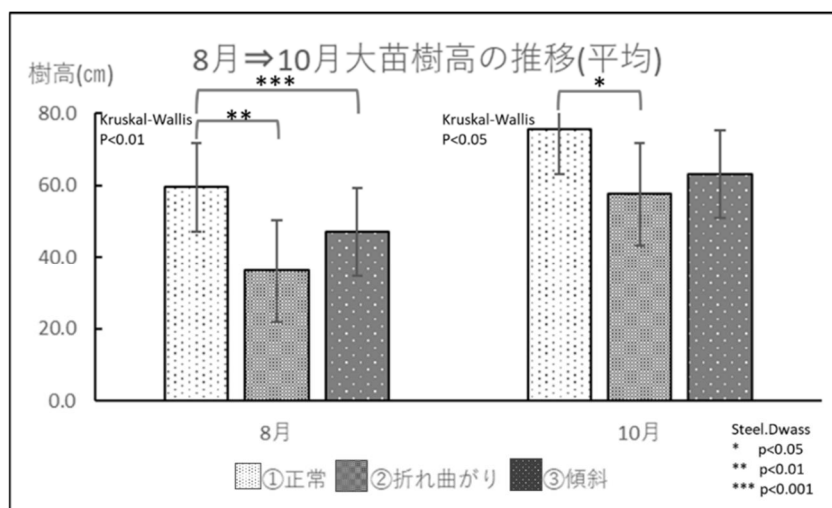


図7 8月から10月にかけてのスギ大苗樹高の推移（平均）

（*は比較した曲がり区分の樹高に有意な差があることを示す。）

（2）植栽苗別の曲がり方及び樹高に関する調査

大苗植栽地での曲がり方の比率については、①正常区分の割合が47.1%、②折れ曲がり区分が29.4%、③傾斜区分が23.5%となりました。一方、普通苗植栽地では①正常区分の割合が60.0%、②折れ曲がり区分が32.0%、③傾斜区分が8.0%となり、普通苗植栽と比較して大苗植栽は正常区分の割合が低く、傾斜区分の割合が高くなりました（図8）。また、折れ曲がり区分の割合は同程度という結果になりました。このように、植栽苗別で各曲がり方の割合に違いが見られましたが統計的に有意な差はありませんでした（図8、フィッシャーの正確確率検定 $p < 0.05$ ）。

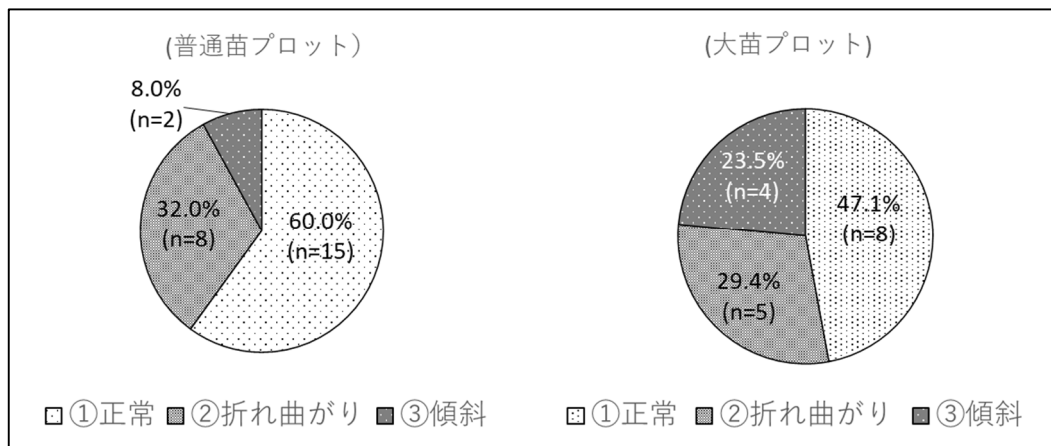


図8 曲がり方別個体数割合

また、プロット内稚樹の樹高について、大苗稚樹の樹高は曲がりの有無にかかわらず全ての曲がり方の区分において普通苗の正常区分の樹高よりも高い結果となりました（図9）。

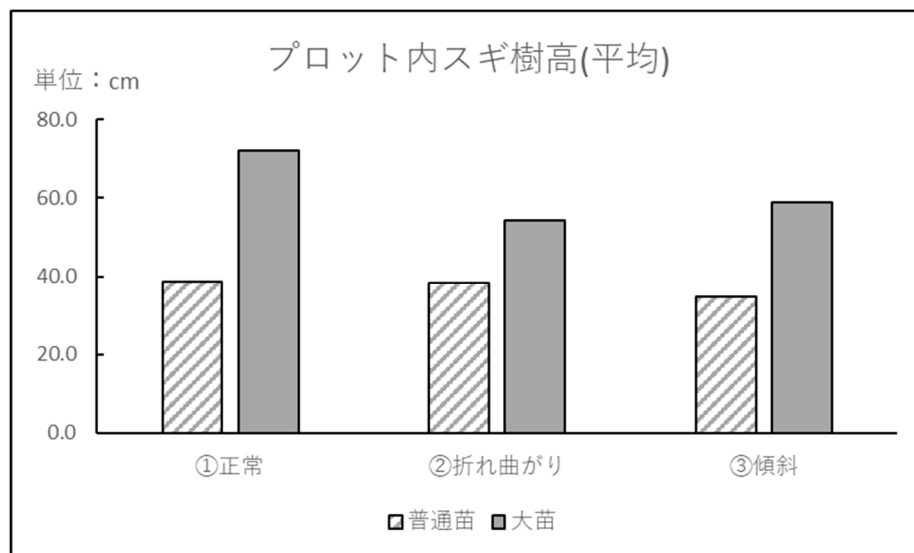


図9 植栽苗別の樹高（平均）

4 考察・今後の課題

雪圧害により、普通苗植栽と大苗植栽どちらの植栽苗でも稚樹の約4割から5割に折れ曲がり、傾斜が発生しました。また、傾斜区分の個体には1成長期の中で回復する傾向が見られた一方、折れ曲がり区分の個体では回復の傾向が見られなかったことから、雪圧害により折れ曲がりが多く発生した場合、下刈不要な樹高に達する期間が長くなる可能性があります。

また、普通苗と大苗を比較した各曲がり方の割合に統計的に有意な差はありませんでしたが、1成長期後に回復しない折れ曲がり区分の稚樹の割合はどちらの植栽苗でも同程度であること、曲がり方に関わらず樹高は大苗の方が高いこと、以上のことから多雪地域においても大苗植栽は下刈省略に有効だと考えます。

今後の課題として、植付初期は倒伏等の雪圧害を受けやすいことを考慮し、多雪地域における大苗植栽による下刈省略の有効性を判断するためには、2年目以降、稚樹の回復状況、新たな雪圧害の発生状況、大苗・普通苗それぞれの樹高が下刈不要な樹高に達してい

るか、数年間継続して観察する必要があると考えます。

5 参考文献等

- ・ 木村正彦, スギ大苗を使用した低コスト造林方法の一考察, 2010
<https://www.rinya.maff.go.jp/tohoku/syo/gizyutu/seika/pdf/h22-kimura-sinnrinn.pdf>
- ・ 関子光太郎, スギの苗種および植栽方法が根元曲がりに及ぼす影響,
富山県農林水産総合技術センター森林研究所研究報告, 2019, 11 号, p. 8-15
- ・ 平英彰, スギ幼齢木の根元曲がり形成過程, 日本林学会誌, 1985, 67(1), p. 11-19
- ・ 林野庁, コンテナ苗の大苗化の手引き, 2022
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/houkokusho/syubyou.html>
- ・ 国土交通省, 国土数値情報, 平均値メッシュデータ (第 3.0 版)
https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-G02-v3_0.html
- ・ 気象庁, 過去の気象データ検索
<https://www.data.jma.go.jp>

カラマツ造林地における筋刈（列間刈）の実施（続報）

宮城北部森林管理署 発表者 主任森林整備官 増田 悠介
チーム員 地域統括森林官 齊藤 晃
森林官 久保 美幸
岩崎 明実
チームリーダー 森林技術指導官 御法川 信樹
アドバイザー 総括森林整備官 三浦 友敬

1 はじめに

現在、再造林における保育作業の省力化・コスト削減が課題とされており、東北森林管理局管内においては、令和4年度より下刈作業において一部、筋刈（列間刈）を実施しています。この方法では、造林木の植付の列間のみを刈り払うことで、全刈に比べて下刈作業の省力化が見込まれますが、造林木付近に植生が残ることから成長への影響が懸念されます。なかでも、カラマツは陽樹で耐陰性が低く、幼齢期に日光量の不足や被圧の影響を受けると、生育が悪くなるとされています。東北森林管理局では「筋刈導入3ヵ年計画」として、筋刈（列間刈）の割合を徐々に増やしていき、令和7年度には原則筋刈の実施となるよう目標を定めているところです。当署管内ではシカ食害対策としてカラマツ造林地が増加していることから、カラマツに対しても筋刈（列間刈）の導入を検討していく必要があります。今回の調査では、カラマツ造林地において、今後筋刈を実施するために、どの程度成長への影響があるのか令和3年度秋植箇所を対象に造林木の成長を検証しました。



図1 筋刈（列間刈）のイメージ



図2 試験地の位置図

2 方法

（1）試験地の設定

当署管内において、奥羽山脈側と太平洋側では積雪など気候条件が異なります。そのため、令和3年度秋植箇所、多雪地となる奥羽山脈側に面している加美郡加美町の吉田地区と、積雪のほとんど無い太平洋側の気仙沼市本吉町の気仙沼地区の2地区に設定し、調査を行うこととしました。

表1 試験地の概要

地区名	①吉田地区	②気仙沼地区
小班名	247林班へ小班	353林班か小班
標高	500m	150m
植付時期	R3.10	R3.11
植付本数	2700本/ha	2000本/ha
斜面方向	北東	南西
その他	・令和3年度一貫作業 ・地拵なし	・令和3年度造林事業 ・枝条存置地拵を実施 ・シカ食害対策剤散布

(2) 試験地の概要

試験地の概要については、表 1、調査プロットの設定・概要については図 3・図 4 のとおりとなります。

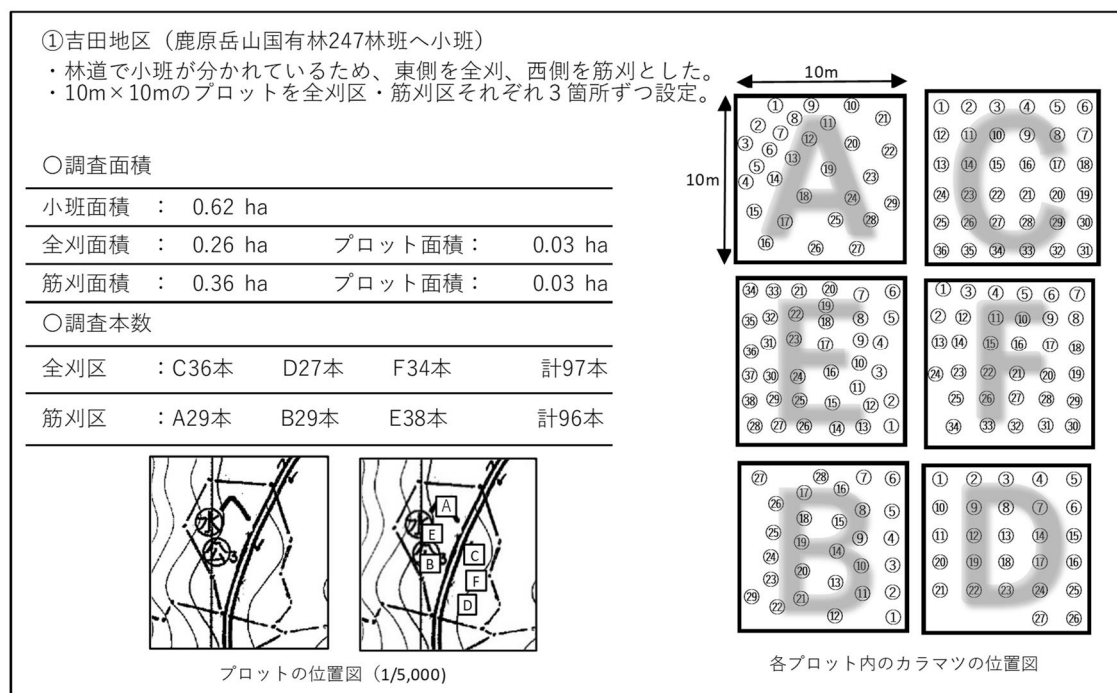


図 3 調査プロットの概要（吉田地区）

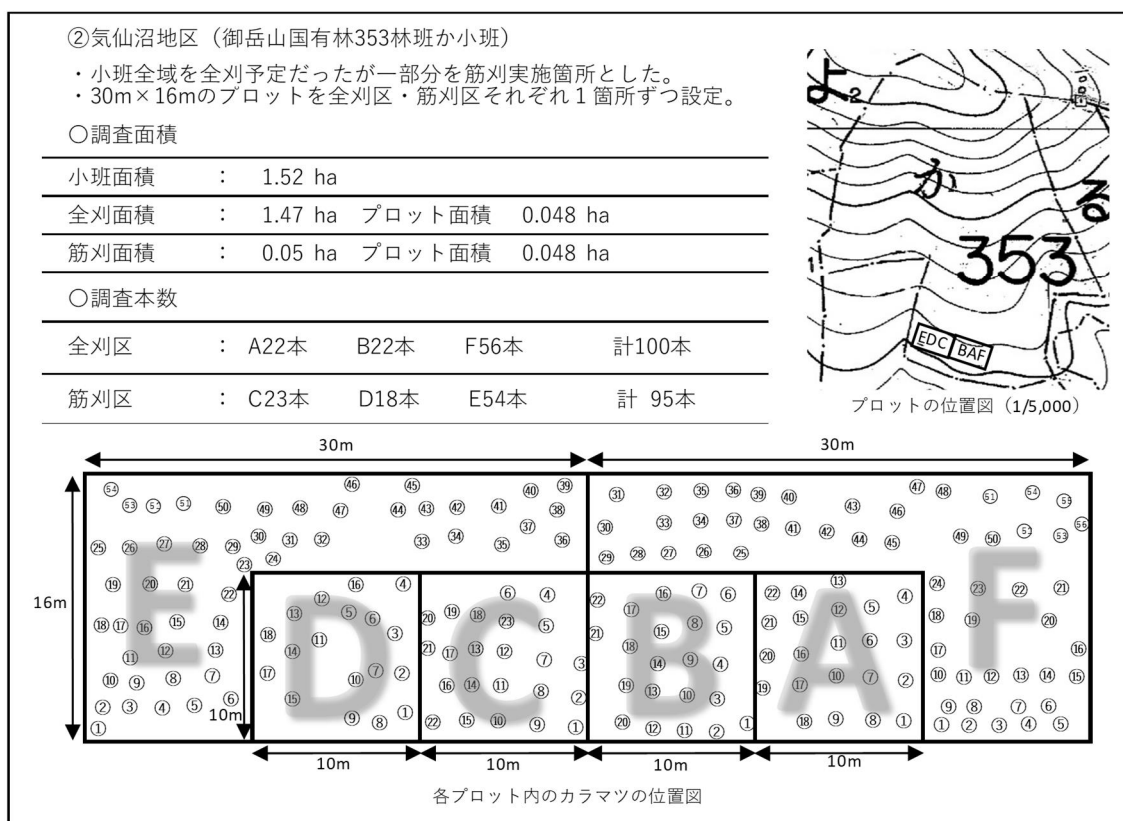


図 4 調査プロットの概要（気仙沼地区）

(3) 調査方法

成長量調査は、樹高と根元径の測定を成長休止後に調査しました。休止後の調査は、両地区ともに12月に実施しています。なお、吉田地区では、令和4年7月および令和5年6月に下刈を実施、気仙沼地区では、令和4年8月および令和5年9月に下刈を実施しています。

また、成長量調査とともに生育状況調査および競合植生調査を実施しました。生育状況調査はカラマツ造林木の状態について12月の成長量調査時に実施しました。

次に、競合植生調査は気仙沼地区において、下刈り前の8～9月にカラマツ造林木の周囲1m程度の周囲の競合植生の平均樹高と最大樹高を調査しました。

3 結果

(1) 成長量調査結果

○吉田地区

誤伐等の造林木を除外

して、全刈区：n = 5

3、筋刈区：n = 72。

平均樹高については、図

5のとおり全刈区で11

4cmだったのに対し、

筋刈区では122cmの結

果となりました。平均根

元径については全刈区で

は15.42mmだったの

に対し、筋刈区では14.88mmの

結果となりました。t検定を用いた

結果、全刈区と筋刈区で、平均樹高・平均根元径ともに有意差なしの結果となりました。

○気仙沼地区

誤伐等の造林木を除外して、全

刈区：n = 75、筋刈区：

n = 88。平均樹高につい

ては、図6のとおり全刈区

で125cmだったのに対

し、筋刈区では111cm

の結果となりました。平均

根元径については、全刈区

15.49mmだったのに対

し、筋刈区では11.59

mmの結果となりました。t

検定を用いた結果、平均樹

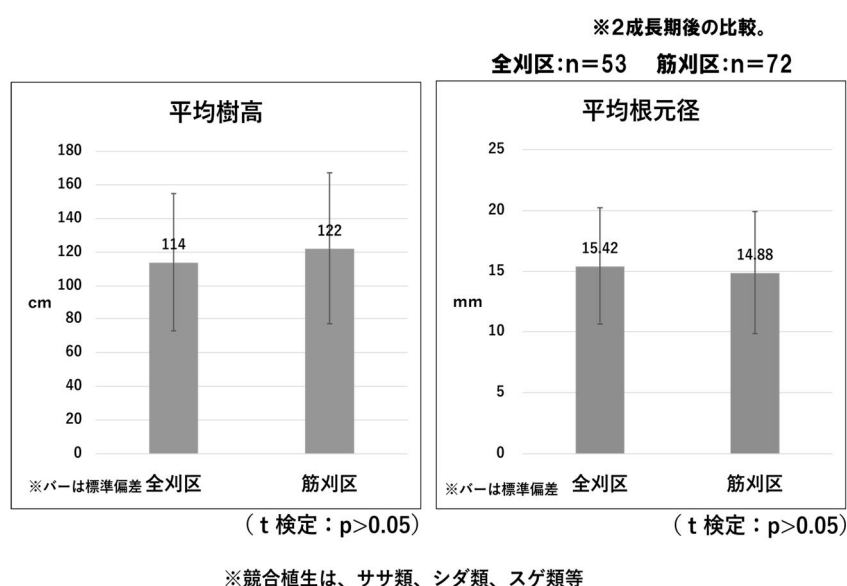


図5 成長量調査結果（吉田地区）

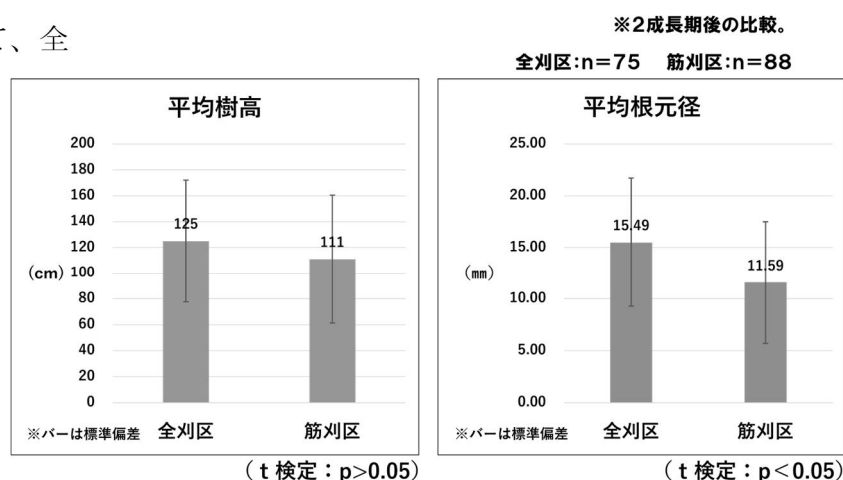


図6 成長量調査結果（気仙沼地区）

高については、有意差はない結果となりました。一方、平均根元径については、筋刈区の方が有意に劣っている結果となりました。

(2) 生育状況調査結果

2成長期後の生育状況について、健全、枯死・不明、誤伐等に分類しました。生育状況調査結果については、図7のとおりです。

その結果、吉田地区では、誤伐率は全刈区で2%、筋刈区で0%となりました。一方、気仙沼地区では、誤伐率は全刈区で6%、筋刈区で1%となり、どちらも筋刈区で誤伐率が低い傾向となりました。

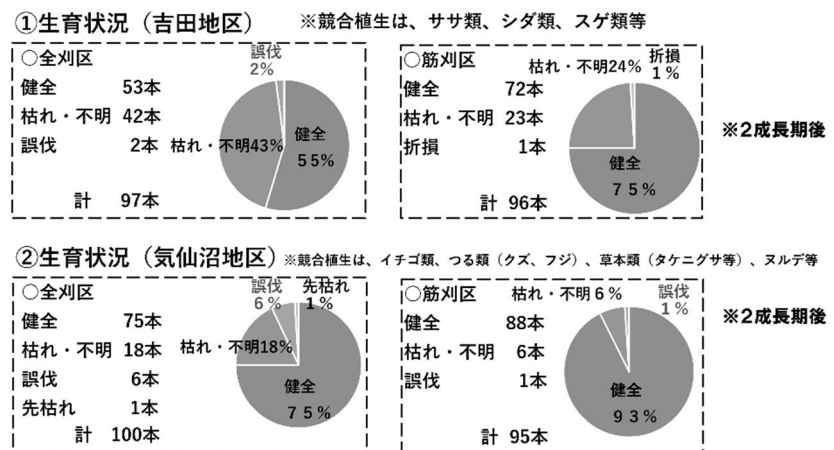


図7 生育状況調査結果

(3) 競合植生調査結果

○気仙沼地区

造林木が枯死などして箇所が不明なものは除外して、全刈区：n = 76、筋刈区：n = 79で平均競合植生高については、全刈区で87.37cmだったのに対し、筋刈区で105.19cmの結果となりました。全刈区の方が、筋刈区に比べて2割程度、平均競合植生高が抑えられていることとなります。一方、競合植生最大高について、全刈区：n = 72、筋刈区：n = 68で全刈区において、136.05cmだったのに対し、筋刈区で146.1cmの結果となりました。t検定を用いた結果、平均競合植生高については、全刈区の方が有意に劣っている結果となりました。一方、平均最大高については、有意差はない結果となりました。

4 考察

(1) 成長量について

○吉田地区

吉田地区においては、全刈区と筋刈区で、平均樹高・平均根元径ともに有意差なしの結果となりました。原因として、競合植生の高さが低く、繁茂が少なかったことから、樹高・根元径に有意差がない結果になったと考えられます。

○気仙沼地区

気仙沼地区では、平均樹高について、全刈区と筋刈区で有意差はありませんでした。今回の試験地は、カラマツの梢端部が競合植生の高さより出ていることが多かったことから、平均樹高に有意差がなかったと考えられます。一方、平均根元径については筋刈区は全刈区に比べて有意に劣っていました。これは筋刈（列間刈）により側方に植生があることで、全刈に比べて造林木への光量が不足したと考えられます。

(2) 生育状況調査について

両地区ともに全刈区に比べて、筋刈区で誤伐率が低い傾向となりました。これは、筋刈（列間刈）の実施は、造林木付近を細かく刈り払う必要がないため、誤伐率が低くなったと考えられます。

（３）競合植生調査について

○気仙沼地区

気仙沼地区では、平均競合植生高について全刈区は筋刈区に比べて有意に劣っていました。これは前年の競合植生が筋刈（列間刈）により造林木付近に残っているため、筋刈区の平均競合植生高が高くなったと考えられます。一方、平均最大高について、全刈区と筋刈区で有意差はありませんでした。

５ まとめ・今後の展望

筋刈のメリットとしては、全刈に比べ誤伐率の減少が見込まれることが確認できました。また、樹高成長よりも根元径成長への影響が出てくることがわかりました。

懸念点は、成長量については周囲の植生タイプによるデータが少なく、植生タイプのデータを蓄積する必要があります。

また、筋刈実施箇所において枯れてはいませんが被圧やつる類の侵入を受けているものがありました。１２月の成長量調査時において植生に埋もれて成長がほとんどしていなかったり、つるに巻かれているものがありました。筋刈（列間刈）の連年での実施は、被圧やつる類の原因となる競合植生が残り続けることとなるため、樹形へ影響や枯死を招く恐れがあります。

これらの結果から、今後カラマツの筋刈（列間刈）を実施するためには、現場で周囲の競合植生の状況を見極め、全刈や筋刈を組み合わせることでカラマツの筋刈（列間刈）は可能であると考えられます。

６ 引用文献

小野寺太紀・増田悠介（2022）カラマツ造林地における筋刈の実施. 令和４年度森林・林業技術交流発表集（東北森林管理局）pp. 12-16

７ 参考文献

國崎貴嗣（2017）刈り出し方法の違いがアカマツ天然更新稚樹の生残・成長に及ぼす影響. 岩手大学農学部演習林報告 48：47-56.

下刈の省力化・軽労化についての一考察

岩手南部森林管理署	発表者・チームリーダー	森林整備官	小渡 太
	チーム員	森林情報管理官	吉川 秀平
		森林整備官	永井 純一
		主事	森 滉平
	アドバイザー	次長	山田 清美

1 はじめに

我が国の林業は、山元立木価格に対して育林経費が高く、林業経営の収支改善には、育林の低コスト化が重要であるといわれています。また、育林従業者数は、減少を続けており、そのような中、林野庁では、伐採から再造林・保育に至る収支のプラス転換を可能とする「新しい林業」に向けた取組を行っています。

その一環として、再造林における下刈コストや労働負荷を削減・軽減する取組が各地で進められており、東北森林管理局管内においては令和4年度より筋刈を導入して2年が経過したところです。当署管内でも、例年300～400ha程度の下刈を実施していますが、筋刈については、令和4年度に約30ha、令和5年度に約60haを実施しました。そこで、2か年分のデータから当署管内における筋刈の効果と改善点を検討し、3年目以降の更なる、下刈コストの削減及び労働負荷の低減につなげていくことを目標としました。

2 取組内容

令和4・5年度に下刈を実施した箇所、作業効率を作業日報から算出し、(1)筋刈の導入効果の検証、(2)どのような条件が作業効率に影響するかの分析、の2つに取り組みました。令和4・5年度に下刈を実施した箇所は全刈で89か所、筋刈で29箇所ありましたが、そのうち、作業効率の算出に必要な作業日報に不正確な点がある箇所を除き、全刈33箇所、筋刈16箇所の計49箇所を調査対象としています。

作業効率への影響を分析した5つの作業条件は次のとおりです。

①傾斜（平均勾配）（緩：15°未満、中：15～30°未満、急：30°以上の3区分）②草丈（低：膝丈、中：腰丈、高：背丈の3区分）③樹高（低：0.8m未満、中：0.8～1.5m未満、高：1.5m以上の3区分）④気温（作業日のアメダスの最高気温の平均値）⑤植列の視認（可：列が整然としていて認識できるもの、不可：植栽間隔がバラバラで、現地で植列が認識できないもの）

3 結果

作業効率と、①傾斜、②草丈、③樹高、④気温、⑤植列の視認について、整理すると筋刈16箇所は表1、全刈33箇所は表2のとおりとなりました。

(1) 筋刈と全刈の作業効率の比較

作業効率は、筋刈箇所では平均 0.24 (ha/人・日)、全刈で 0.17 (ha/人・日) となり、筋刈の作業効率が全刈の 1.4 倍でした (図 1)。T 検定を実施したところ P 値は 0.0415 で、有意差が認められたため、作業効率は筋刈のほうが高いといえる結果でした。

表 1 ①傾斜条件による比較 (筋刈)

No	①傾斜	②草丈	③樹高	④気温	⑤植列の視認	効率 (ha/人・日)
1	緩	高	中	24.2	可	0.360
2	緩	高	高	20.2	可	0.549
3	緩	低	中	24.4	不可	0.187
4	中	高	中	29.5	不可	0.166
5	緩	高	高	21	不可	0.104
6	緩	高	低	28.1	可	0.128
7	中	中	中	33.2	可	0.408
8	緩	中	低	30.2	可	0.225
9	緩	中	低	27.8	不可	0.108
10	緩	中	低	29.6	不可	0.255
11	緩	中	中	28.9	可	0.234
12	緩	低	低	30	可	0.302
13	中	中	低	25.2	不可	0.145
14	中	低	低	21.2	不可	0.204
15	緩	中	低	20.1	不可	0.181
16	緩	低	中	27.7	不可	0.272
平均作業効率						0.239

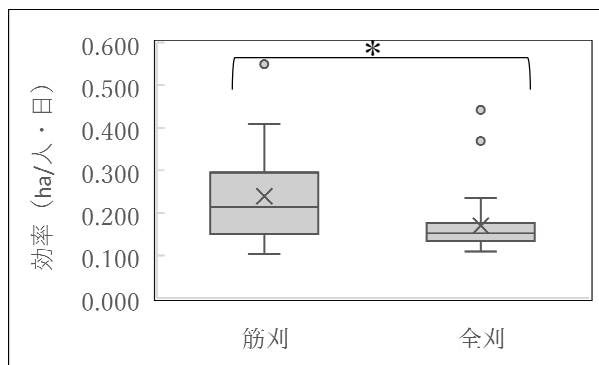


図 1 全刈と筋刈の作業効率の比較

(2) どのような作業条件が作業効率に影響するかの分析

全刈については、図 2～6 のとおりとなりました。いずれの条件においても、有意差検定の結果、有意差はありませんでした。したがって、各条件とも、作業効率に影響があるとは言えない結果でした。筋刈については、図 7～11 のとおりとなりました。①傾斜、②草丈、③樹高、④気温の 4 条件は有意差が見られず、今回の結果としては、4 条件は作業効率に影響を与える、とは言えませんでした。⑤植列の視認については、T 検定の結果、P 値は 0.042 で、有意差が認められました。視認可が 7 箇所、不可が 9 箇所では平均作業効率は可で 0.32 (ha/人・日)、不可で 0.18 (ha/人・日) で、1.78 倍であり、有意な差が認められました。したがって、作業効率は列が視認できると有意に高く、できないと低くなる結果となりました。

表 2 ①傾斜条件による比較 (全刈)

箇所 No	①傾斜	②草丈	③樹高	④気温	⑤植列の視認	効率 (ha/人・日)
1	中	中	中	22.5	不可	0.121
2	中	高	中	21.2	不可	0.147
3	緩	低	中	34.3	可	0.369
4	中	高	中	32.2	可	0.136
5	中	中	中	28.7	不可	0.111
6	緩	中	高	28.5	可	0.163
7	緩	高	中	24.3	不可	0.156
8	緩	高	中	26.5	不可	0.170
9	緩	高	高	25.3	不可	0.228
10	中	低	低	29.0	不可	0.226
11	緩	低	低	29.1	不可	0.187
12	緩	低	低	29.4	不可	0.181
13	緩	中	中	30.1	不可	0.234
14	緩	中	中	31.5	不可	0.111
15	緩	低	低	27.1	不可	0.151
16	急	中	低	29.9	不可	0.191
17	急	低	低	27.7	可	0.138
18	緩	中	中	33.0	可	0.164
19	中	低	低	26.4	不可	0.155
20	中	中	低	28.5	不可	0.139
21	中	高	高	28.3	不可	0.125
22	中	高	高	31.1	可	0.155
23	緩	中	低	31.2	不可	0.152
24	中	低	低	27.8	可	0.442
25	緩	低	中	25.1	不可	0.109
26	中	低	低	32.3	可	0.132
27	中	低	中	22.5	可	0.172
28	急	低	低	23.0	不可	0.135
29	中	高	高	27.9	不可	0.133
30	中	高	高	30.9	不可	0.141
31	緩	中	中	23.6	不可	0.117
32	緩	高	高	32.1	不可	0.152
33	緩	中	中	31.6	不可	0.172
平均作業効率						0.170

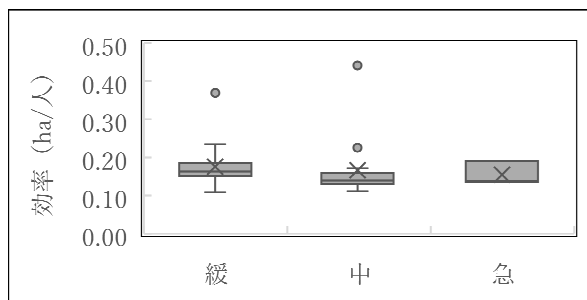


図 2 ①傾斜条件による比較 (全列)

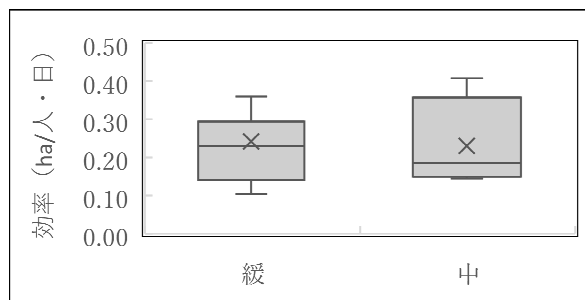


図 7 ①傾斜条件による比較 (筋列)

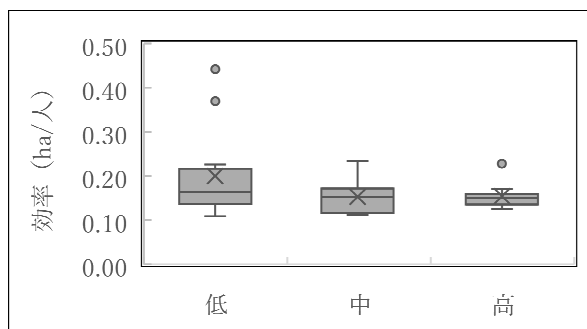


図 3 ②草丈による比較 (全列)

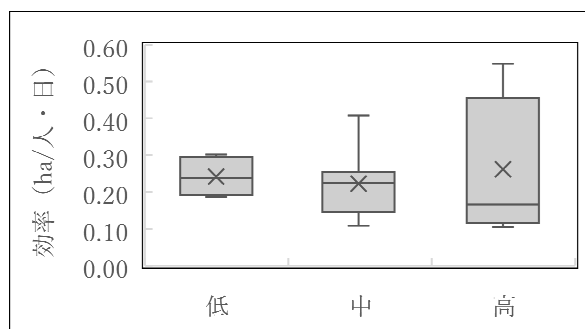


図 8 ②草丈による比較 (筋列)

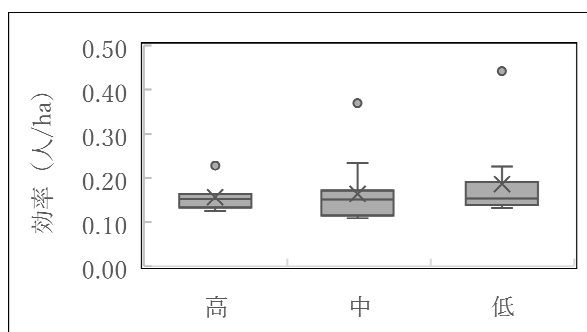


図 4 ③植栽木の樹高による比較 (全列)

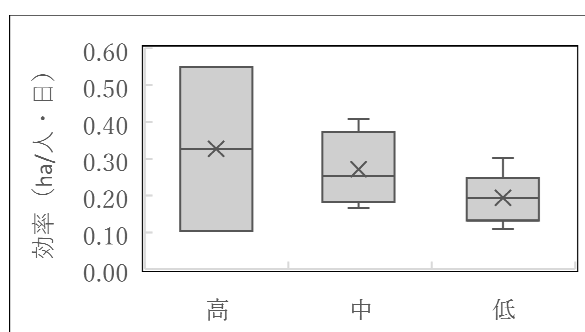


図 9 ③植栽木の樹高による比較 (筋列)

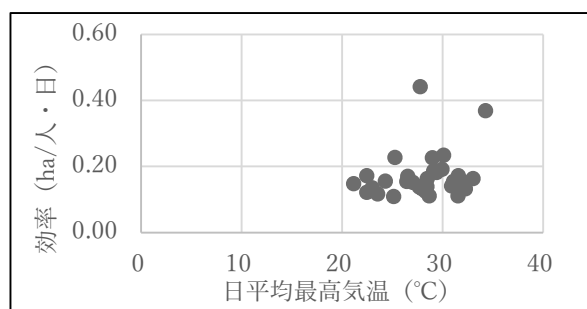


図 5 ④気温による比較 (全列)

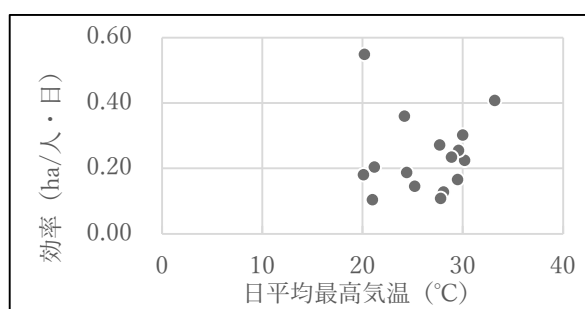


図 10 ④気温による比較 (筋列)

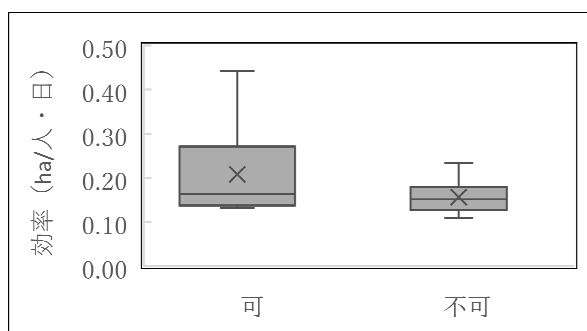


図 6 ⑤列の視認による比較 (全列)

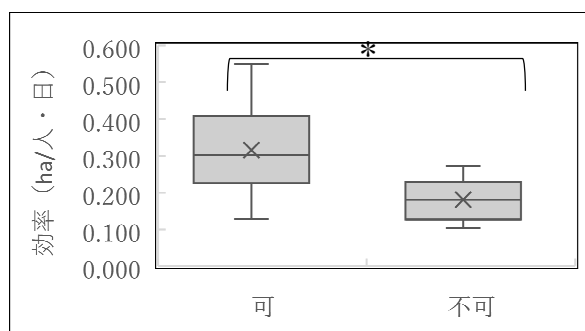


図 11 ⑤列の視認による比較 (全列)

4. 考察

結果で見たとおり、筋刈においては、植付の視認のしやすさが作業効率に影響していました。したがって、作業効率の向上のためには、地拵・植付時に列を整然とさせ、視認しやすい植列を作っていくことが、重要といえます。

しかし、現状では多くの植栽箇所において、視認しにくい植列が多く、整然とした植列の実現が課題と思われたため、現地で関係者と協議しました。



図 12 植列についての現地検討の様子



図 13 植付を仮定した作業の様子

図 12、図 13 のように、現地で植付を仮定し、苗の代わりにポールを地面に刺し、どのように、整然とした植列を実現するか、検討・検証しました。

その結果、植列を整然とするためには、①障害物をよける際の植付位置のずらし方、②林班の形や、地形の影響、の 2 つが課題とみられました。

①については、図 14 のように植付時、現地にある岩や伐根などをよける際に、列方向ではなく、列に対して上下に植付位置をずらしてしまい、植列が視認できなくなる、②については、特に複数の者で植付を実行する際、例えば図 15 のように作業員 A が等高線に沿って植え、作業員 B が林縁に沿って植える、ということが行われると、ずれた列ができてしまい、植列が整然としない、ということが起きているようでした。

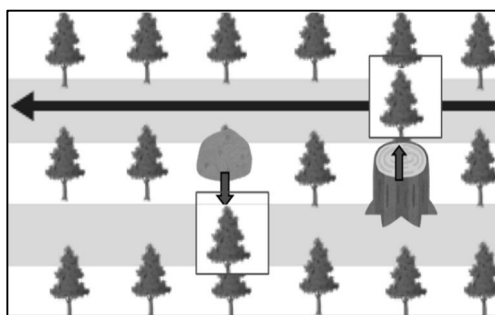


図 14 ①植付位置を上下にずらす図

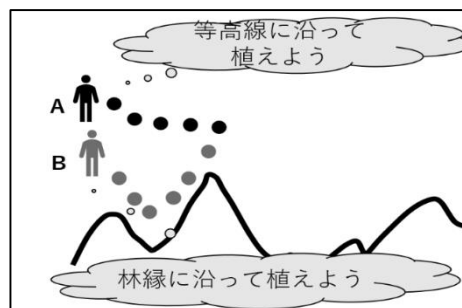


図 15 ②林班の形で列がずれるイメージ図

2 点の課題が見られたことから、当署では、課題解消のため、植付時のルールを 2 つ設定することにしました。1 つ目は、障害物をよける際、列方向に植付箇所をずらすことです。等間隔にとる植付位置に障害物がある場合、請負業者や、作業者によっては、上述の

ように、列に対して、上下に植付位置をずらし、植列の視認ができなくなっていたため、上下ではなく、列方向にずらすことで、植列の整然さを保つようにしました。

2つめは、林縁から離れた場所に植付の基準を取り、作業者全員が統一した基準を持つことです。事業体によっては、林縁から植付を行い、列が整然としない、ということが起きていました。そのため、林縁に沿って植えるのではなく、林縁から離れた箇所に基準列を取り、作業者が共通して基準を認識し、整然とした植列の実現を図りました。

これらの「新たなルール」は、図 16 のような A 4 用紙 1 枚にまとめ、現場で作業する方全員分の資料を手交して、全請負事業者へ周知しました。

この「新たなルール」での植栽を、今年度の植付箇所から実施しています。

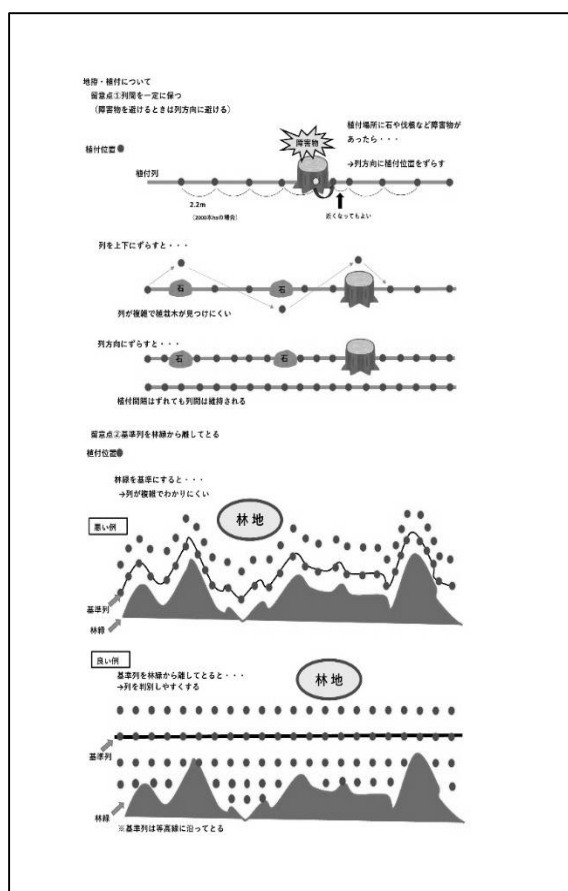


図 16 新たなルール周知のため配布した用紙

5. 今後に向けて

今回、下刈の作業効率を検証した結果、筋刈の作業効率は、全刈よりも高い、となりました。

また、筋刈においては、植列の視認の可否が作業効率に影響を与えており、視認できる箇所ができない箇所の 1.78 倍、という結果でした。

このことから、植栽時に植列を整序すれば、筋刈の作業効率はさらに上がると考えられます。

来年度以降、このルールで植栽した箇所の下刈が実施予定となっております。

今後、下刈コストの削減及び労働負荷低減の実現に向けて更なる、筋刈の効率化の検証をしていきたいと考えています。

6. 参考文献等

・令和 4 年度 森林・林業白書 第Ⅱ章 林業と山村（中山間地域）

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/r4hakusyo/zenbun.html>

・気象庁ホームページ 過去の気象データ

https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=33&block_no=&year=&month=&day=&view=

海岸防災林の樹勢回復への取組について

宮城県仙台地方振興事務所林業振興部 技師 小高敦志

1 はじめに

平成23年東北地方太平洋沖地震の津波により、海岸防災林は甚大な被害を受けました。これまで、行政や民間のボランティアにより植栽木の保育活動など、海岸防災林を復旧する取組が行われてきました。しかし、管内では生育状況が悪く、樹勢が弱い箇所が見られます。

そこで今回は、平成30年の防災林造成事業により盛土造成・植栽した宮城県岩沼市寺島字川向地区を試験地とし、健全な海岸防災林の復旧、植栽木の生育促進を目的とした、樹勢回復試験を実施しました。

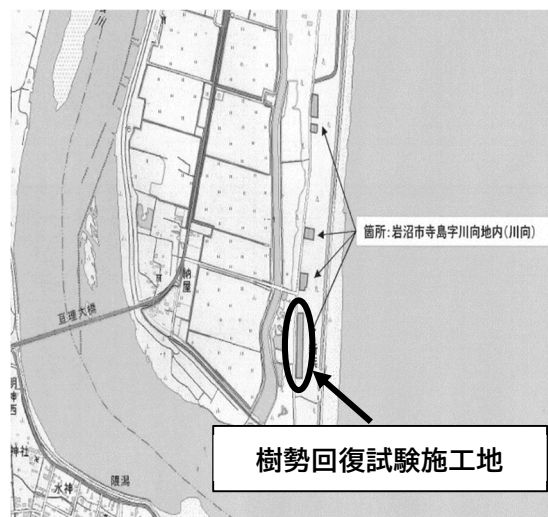


図1：位置図

2 取組・研究方法

今回の調査では、生育不良の原因を検討するため土壌、生育環境等の試験地の調査、及び、調査結果に基づく、植生基盤の改良を目的とした試験施工を行いました。

(1) 試験地の調査

試験地における生育不良の要因を確認するため、5つの項目で調査を実施しました。

① 土壌硬度の測定

試験地に10～15cmの穴を掘り、山中式土壌硬度計により土壌断面の土壌硬度を計測しました。

② 土壌のpHの測定

シンワ測定株式会社製の簡易土壌pH計を用いて計測を行いました。金属部分を完全に土中に入れ、約1分程度で針が安定したところのpHを計測しました。

③ 透水性の測定

アメリカンスコップで直径15cm、深さ30cm程度の穴を掘り、深さ10cmまで水を満たし、20分ほど周囲に水を浸透させます。その後、再度深さ10cmになるまで水を注入し、20分後、40分後の水位を測り、その結果をもとにして最終減水能（1時間当たりの減水速度）を求めました。

④ 電気伝導度（EC）から得られる土壌の肥沃度の分析

現地の土壌を一定量採取し、エヌエス環境株式会社の協力のもと、土壌の分析を行いました。

⑤ 目視による周辺環境の調査

植栽木が生育している区画の周囲の状況について、土壌の状態、周辺植生の状況等を目視により調査を行いました。



図2：土壌硬度の計測



図3：土壌pHの計測



図4：透水性の計測

(2) 植生基盤の改良を目的とした試験施工

試験地の調査結果をもとに本試験では「ネオソイルMS」（以下「ネオソイル」という。）を用いた試験施工を実施しました。

① ネオソイルとは

ネオソイルは、宮城県のグリーン製品に登録されている植生生育基盤材です。特徴としては、窒素、リン酸、カリウムの含有量が高く、保肥性及び、保水性に優れています。また、ネオソイルが弱アルカリ性であるため、酸性阻害を緩和し、植生が永続しやすく、原材料の一部に、伐採木や樹皮などの木質系原料を使用しているため、生素材で危惧される窒素飢餓状態の発生や、土壌中の酸素欠乏などの生育阻害が生じにくいことが挙げられます。

② 試験施工の方法

本試験では、ネオソイルを20%混合敷均した区画、ネオソイルを30%混合敷均した区画、ネオソイルを5cmツボ穴に敷込む区画、未施工の区画の4つの区域に分けて試験を実施しました。そして、植栽木の樹高、葉張、根元径をそれぞれ計測し、成長度合を確認しました。試験期間は、令和2年4月8日から令和5年5月20日までとし、3年1ヶ月の成長の変化を記録しました。

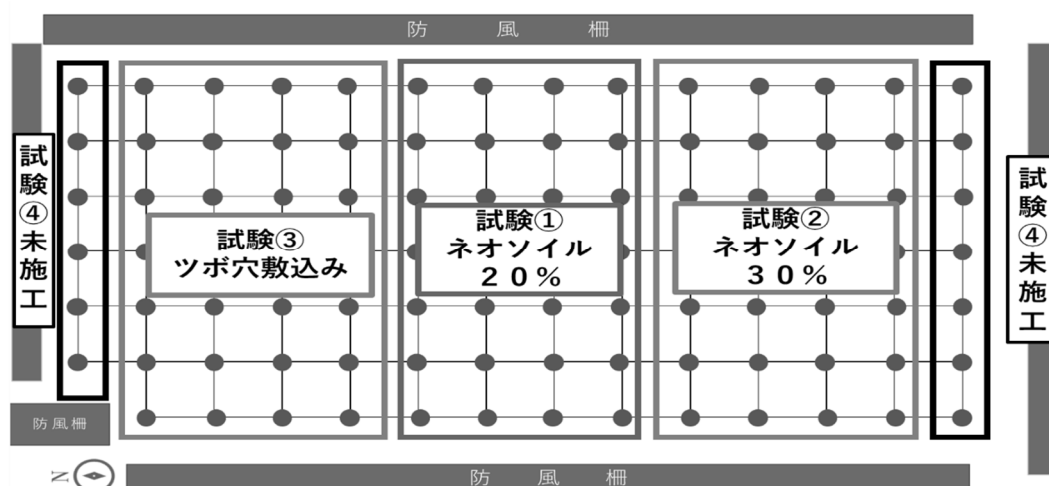


図5：試験地の概要

ア ネオソイル20%混合敷均し、ネオソイル30%混合敷均し

植栽木の周辺を30cm×30cmの範囲に、ネオソイルをそれぞれの割合で敷均し、3～5cmの深さで耕耘し、攪拌混合します。

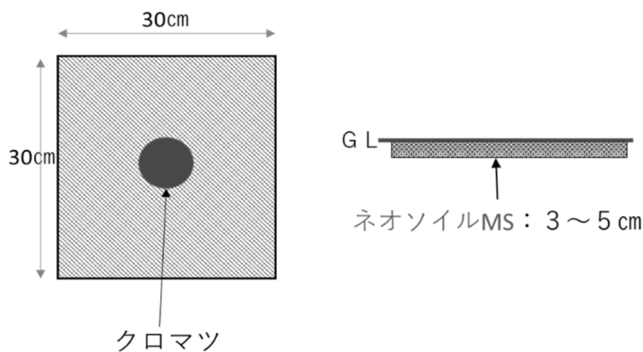


図6：敷均しイメージ図



図7：敷均し施行写真

イ ネオソイル5cmツボ穴敷込み

アメリカンスコップを用い、10cm×10cm、深さ10cmのツボ穴を4箇所掘り、そこに、5cmネオソイルを敷込み、上から掘削土を被せます。

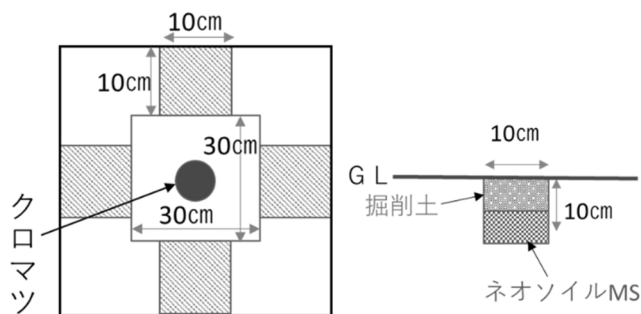


図8：ツボ穴敷込みイメージ図



図9：ツボ穴敷込み施行写真

3 結果

(1) 試験地の調査結果

① 土壌硬度の測定

平均硬度は10mm程度であり、一部23mmを示す測定箇所も散見されましたが、土壌の判定としては、根茎の発達を阻害する硬度ではありませんでした。

② 土壌pHの測定

pH=4.8～6.2とやや酸性ではありますが、樹木に生理的な障害が発生する可能性は低い値でした。

③ 透水性の測定

最終減水能（1時間当たりの減水速度）は45mm/hと植生基盤としての判

定は「可」、地盤の透水性は良好であり、湿害や枯枝などの障害が生じる状態ではありませんでした。

④ 電気伝導度（EC）から得られる土壌肥沃度の分析

電気伝導度（土壌の塩類濃度を示す数値であり、肥料成分の多少を図る目安となる指数） $EC = 0.006 \text{ dS/m}$ であり、土壌の肥料分は不足していると推定されました。

⑤ 目視による生育環境の観察

本試験地は他の試験地と比べ、表土のひび割れが多く確認されたことから、土壌表面の乾燥が強いことが観察されました。さらに、周辺は阿武隈川と貞山堀が近くにあり、風を遮るものが少ないことから、強い風が吹きやすい環境にあることが確認できました。

表 1：試験地の調査結果

	項目	数値	判定
①	土壌硬度	10mm	根茎の発達を阻害しない
②	土壌pH	4.8～6.2	やや酸性、樹木の成長に影響はない
③	透水性	45mm/hr	「可」透水性は良好
④	電気伝導度	0.006dS/m	肥料分は不足している
⑤	目視による調査	—	地表面が乾燥している 強い風が吹きやすい環境

（2）試験施工の結果

樹高、葉張、根元径のいずれの項目においても、未施工の区域と比べて、ネオソイルを施肥した区画の成長が良好でした。中でも、ネオソイル5cmツボ穴敷込みが最もよく成長しました。

樹高に関しては、未施工の区画より、ネオソイルを施肥した区画の方が概ね2割以上の成長が確認できました。中でも、ネオソイル5cmツボ穴敷込みの区画が最もよく成長し、未施工の区画と比べて4割以上成長しました。葉張、根元径に関しても、樹高と同様の結果がみられました。

表 2：試験施工の調査結果

	樹高 (cm)			葉張 (cm)			根元径 (cm)		
	R2.4.8	R5.5.20	成長量	R2.4.8	R5.5.20	成長量	R2.4.8	R5.5.20	成長量
ネオソイル20%混合敷均し	36.07	125.15	89.08	25.04	95.61	70.57	2.06	4.40	2.34
ネオソイル30%混合敷均し	35.57	119.43	83.86	25.02	98.34	73.32	1.91	4.42	2.51
ネオソイル5cmツボ穴敷込み	35.86	133.96	98.11	26.94	110.37	83.43	1.96	4.73	2.78
未施工	34.31	104.23	69.92	23.12	79.65	56.54	1.62	3.51	1.89

4 考察・結論

今回の調査で、ネオソイルを施肥した区域の成長が樹高、葉張、根元径のいずれの項目においても未施工の区画と比べて良かったことから、ネオソイルの施肥は樹勢を回復させるためには有効であることが確認できました。特に、ネオソイル5 c mツボ穴敷込みした区画での成長が最も良かったことから、ツボ穴を掘り敷込む方法が樹勢の回復には最も有効であるという成果が得られました。その要因として、ツボ穴を掘ることで、根茎近くにネオソイルが敷込まれ、根茎が吸収しやすかったことが考えられます。

当管内の海岸防災林では、今回試験施工を行った箇所以外にも植栽木の生育が良くない箇所がみられます。そのような箇所においても継続して調査を行い、成長度合いや経済性を確認した上で、今後は必要な箇所への実施を検討していきます。

参考文献

- (1) 日本造園建設業協会．植栽基盤整備ハンドブック ― いきいきとしたみどりは、理想の土壤から ―．2017（第5版）
- (2) 独立行政法人農林水産消費安全技術センター．肥料等試験法（2019）．2019

豪雨災害により発生した流木の有効活用について

青森森林管理署	発 表 者	主 事	長 山 晋 也
	チー ム 員	主任森林整備官	藤 本 信 悦
	チー ム リー ダー	総括治山技術官	畠 山 格
	ア ド バイ ザー	次 長	田 村 喜 信
		森林土木指導官	本城谷 貴 広

1 はじめに

青森県津軽半島の最北端に位置する外ヶ浜町藤嶋地区では、令和4年8月2日から線状降水帯が確認され24時間に186mmの降雨があり、周辺の溪流では溪岸斜面の崩壊が発生しました。特に藤島沢においては土砂や流木が集落や国道に流出し大きな被害を与えました。

令和4年より溪流に堆積した大量の流木処理を実施しており、本研究では撤去した流木の有効活用と処理費用の縮減について取り組みました。

2 取組内容及び結果

(1) 令和4年度の緊急応急工事時の取組

豪雨災害後、藤島沢には大量の流木が堆積しており、再び下流部に流出し被害が拡大する恐れがあることから堆積している流木の撤去を実施しました。撤去した流木には土砂が付着しており製材としては使用できないため、従来は木くずとして産業廃棄物処理していました。しかし、流木の処理量が多いうえ1tあたり18,000円と多額の処理費用が必要なことから、新たな処理方法を検討しました。青森県平川市の津軽バイオチップ株式会社では木材の受け入れを行っており木質バイオマス燃料として有効活用を行うため納入条件を調整しました（表-1）。

表-1：津軽バイオチップとの納入条件

幹 ・ 枝	土砂が付着していても買取可能
根 株	根株に噛んでいる石で破砕機の故障が想定されるため買取不可能
買取料金	幹 2,000 円/t 枝 500 円/t
運 搬	現場～津軽バイオチップ

（表-1）のとおり流木の幹や枝は買取可能となったことから津軽バイオチップまで運搬することとし、根株は産業廃棄物として処理することとしました。

令和4年度の緊急応急工事では流木を（表-2）のように693.1t実施しました。バイオマス燃料として流木の32.9%を有効活用したことで全量を産業廃棄物として処理した場合と比較し4,098,600円の処理費用を低減できました。しかし根株が67.1%と多くの割合を占めたことから8,377,200円の処理費用が必要となりました（表-3）。

表－2：流木処理数量の内訳

項目	数量	割合
バイオマス燃料 (幹・枝)	227.7 t	32.9%
産業廃棄物処理量 (根株)	465.4 t	67.1%
合計	693.1 t	100%

表－3：処理費の内訳

低減した 処理費	バイオマス量 処理単価 227.7 t × 18,000 円 = 4,098,600 円 (直接工事費)
要した 処理費	産業廃棄物量 処理単価 465.4 t × 18,000 円 = 8,377,200 円 (直接工事費)

(2) 令和5年度の取組

①考察

令和4年度の緊急応急工事では根株処理の割合が67.1%を占めたため、なぜ根株が多いのかの考察を行いました。現地調査の結果、藤島沢における流木の形態は、溪岸浸食による立木の流出（写真－1）や立木の滑落（写真－2）により、根株付きの立木や根株単体が多いことが分かりました。



写真－1 溪岸浸食



写真－2 立木の滑落

②流木の重量計測

流木における根株の考察を行うにあたり重量を計測しました（表－4）。

表－4：流木の重量計測結果

樹種	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	重量(kg)			合計	流木の根株が 占める割合
			根株	幹	枝		
スギ	26	58	1,042	1,019	130	2,191	47.1%
広葉樹	14	32	615	564	無	1,179	
ヒバ	9	26	219	298	46	563	
広葉樹	14	36	674	797	無	1,471	
計			2,550	2,678	176	5,404	

藤島沢に堆積している平均的な流木4本をそれぞれ造材し吊り測り機で重量を計測しました。流木の合計重量5,404kgのうち根株の重量は2,550kgと流木に占める根株の割合は平均47.1%でした。

③根株のバイオマス燃料としての有効活用

流木に占める根株の重量が多く処理費用を縮減するには、根株から石を除去する必要があります。除去の方法について検討したところ、コンクリートを破砕する小割破碎機により根をはさむことで根株に噛んでいる石や土などの付着物の除去が可能となりました。根株の付着物が占める重量を計測するため石や土を噛んでいる根株 2 本を計測しました。（表－5）のように根株のうち 37.2%は石や土などの付着物だと分かりました。また、根株から石や土などの付着物の除去が可能となったことから津軽バイオチップ株式会社との根株の取扱いについて改めて打ち合わせを行い、現場で石を除去することで納入可能となりました。

表－5：根株の重量計測結果

樹種	小割前	小割後	付着物の重量	付着物の割合
スギ	938kg	636kg	302kg	
広葉樹	1,080kg	632kg	448kg	
合計	2,018kg	1,268kg	750kg	37.2%

④流木の処理数量と費用の比較

根株から石の除去が可能となったことで幹や枝のほか根株も津軽バイオチップ株式会社へ納入可能となり有効活用できるものが増え、産業廃棄物処理量の縮減となりました（表－6）。

表－6：流木処理数量の比較（令和 6 年 1 月 5 日時点）

	令和 4 年度	令和 5 年度
産業廃棄物処理	465.4t	7.8t
バイオマス活用	227.7t	98.3t
計	693.1t	106.1t
産業廃棄物処理率	67.1%	7.4%
バイオマス活用率	32.9%	92.6%

令和 4 年度と令和 5 年度で比較すると産業廃棄物処理率が令和 5 年度は大幅に低減し金額として 100t あたり 836,400 円の処理費用を低減できました。

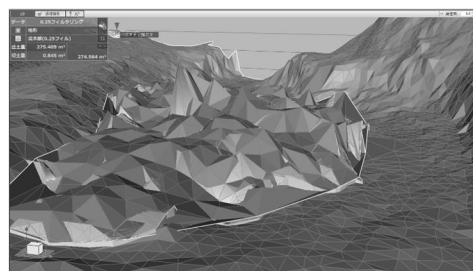
⑤ICT を活用した流木の層積調査

流木の処理を実施する際には事前に処理数量を算出する必要があります。通常実測の場合、立ち入りが困難な場所では危険を伴い、目測は精度が低いといった問題があります。このことから現場作業が省略化できる ICT により安全でかつ精度が高い効率的な現地調査を実施しました。なお、流木の数量は実材積を計測することはできないため、層積を算出し重量との関連を調査するため以下のとおり行いました。

1. 地上レーザー測量で堆積した流木の 3D データを作成し層積を算出（写真－3）。
2. バイオマス工場等に搬出したトラック 1 台ごとに重量を計測。
3. 層積あたりの重量を算出（表－7）。

表－7 層積調査結果

1. 層積 275.409m ³
2. 総重量 50.2t
3. $50.2\text{t} \div 275.409\text{m}^3 = 0.182\text{t/m}^3$



写真－3 3D データ

本調査により流木 1m³ あたりの重量は 0.182t との測定結果が導きだされましたが、今後データを積み上げ流木処理を行う際の基礎データとして活用するため検証が必要と考えています。

3 考察・結論

（1）今後における課題

今回の研究では流木の有効活用と処理費用の縮減に取り組みましたが、根株をバイオマス燃料として活用するための小割を実施した際に以下の課題が発生しました。

① 小割した際に発生した根株の木片や土砂の処理方法

根株から石の除去を行うため小割した際、土や石のほか木片が多く発生しました（写真－4）。今回小割した際に発生した木片等を産業廃棄物として処理した結果

7.4%になりました。さらなる処理費の縮減を目指し小割したものをスケルトンバケット（写真－5）でふるいにかけて、土や石、木片を分別する作業ができないか今後検討し、産業廃棄物処理ゼロを目指していきます。



写真－4 根株 1 つあたりの木片等



写真－5 スケルトンバケット

② 小割作業に必要な面積

根株の小割を実施した際に以下 4 つの作業箇所が必要となります。

1. 小割前の根株置き場 (100m²)
2. 小割作業箇所 (50m²)
3. 小割後の根株置き場 (100m²)
4. 木くず (産業廃棄物) 置き場 (50m²)

作業面積は最低でも 300m² 必要でした。緊急に流木処理を実施する場合、現場や近隣にこの作業面積の確保は困難であり、根株の小割作業などより効率的な作業方法への改善が必要です。

(2) 今後の展望

流木の有効活用と処理費用の縮減に向け取り組みましたが、小割作業の作業条件や作業仕組みについて事例の集約を行い更なる作業の効率化、コスト縮減を図る必要があります。

今回東北森林管理局管内では初めて、産業廃棄物であった流木をバイオマス燃料として有効活用できましたが、新たな流木の活用方法を模索し、より処理費用の縮減が図られるよう検討することとしています。

下北森林管理署の災害復旧の取組～地域対応の目線から～

下北森林管理署	発 表 者	主 事	菊池 亮佑
		主 事	日比野 華
	チー ム 員	主 事	中塔 花梨
	チー ム リーダー	治山技術官	山崎 彬弘
	ア ド バイザー	総括森林整備官	伊藤 研吾
		総括治山技術官	高橋 健太郎

1 はじめに

下北半島では、令和3年・4年と2年続けて大雨による山地災害が発生し、特に北部・西部の沿岸部が大きな被害を受けました（図1）。山から流れ出た土石流が橋を崩落させ孤立集落ができるなど、ライフラインに甚大な被害をもたらしました。下北森林管理署（以下、下北署）管内も山腹斜面や林道などが被災し、早期復旧に取り組んできました。

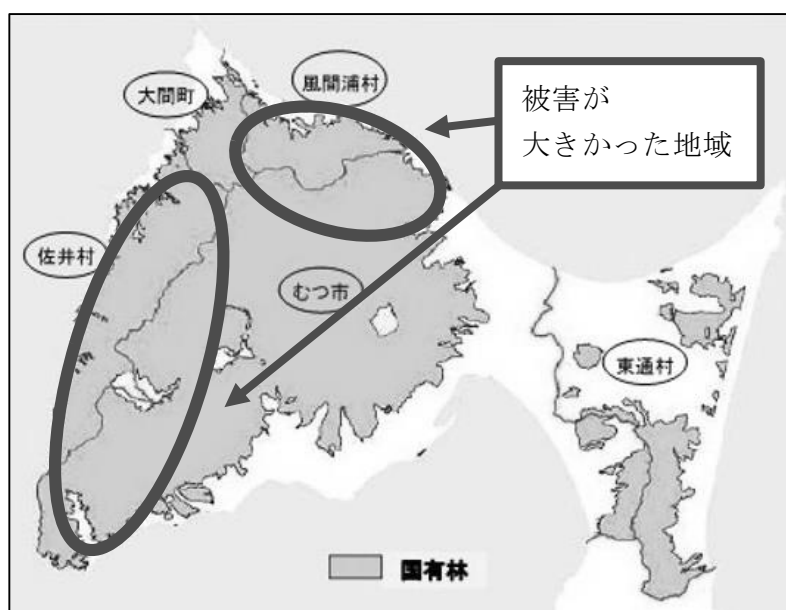


図1：下北森林管理署管内図

下北署管内の災害発生箇所には、沿岸部や公道に面している箇所及び、近くに民家や施設がある箇所がありました。また、隣接している民有地でも被災し、復旧に追われていました。このような被災状況にあったことから、災害復旧に取り組む中で、発注時は想定していなかった地元の方々からの意見・要望や、地方自治体との工事の調整などの対応が必要になりました。

そこで、災害時の地域の要望への対応や地方公共団体との連携を図るにあたり、どのようなことが重要か、下北署で実施した災害復旧工事を振り返りながら考えてみることにしました。

2 関係者からの要望

（1）漁業関係

① 工事着手前に工事説明会を実施

災害復旧工事を行った赤川地区は災害当時、河川からの土砂流出により海が濁っていました。赤川地区はアワビの見突き漁が盛んであり、海が濁っているとアワビが目視できなくなり、漁に支障が出てしまいます。下北署で行う工事は、河川を進入路とすることから、さらに海を濁す危険性があり、漁協に対し事前の説明を行いました。

内容は濁水対策について、具体的にはヤシフィルター（天然ヤシ繊維から作られた環境に優しい濁水ろ過フィルター）（写真１）の設置により濁水をろ過して濁りを軽減することや濁度計を用いて定期的に濁度を計測し（写真２）、基準値以上の濁度が計測された際は休工することを説明しました（現地で濁度を計測し、雨天時の濁度を基準値として設定。）。

これらの説明に対して漁協からは、雨天時や漁の前日にも工事を控えてほしいといった要望が挙げられました。



写真１：ヤシフィルターの設置



写真２：濁度の計測

② チラシの配布

地域住民から赤川地区の工事によって川が濁っているのではないかと、市に苦情が届いたことがありました。それを受けて、濁水対策、工事の概要及び進捗状況を記載したチラシを作成しました（図２）。

配布方法は市・村にお願いし、関係する地域の回覧版と一緒に届けてもらいました。また、配布期間は工事終了まで、四半期に１度の頻度で配布しました。

（２）近隣工事

青森県下北地域県民局（以下、県）との調整

風間浦村地区の治山工事において、工事発注後に隣接する県の防護柵工事と上下作業になることが発覚し、県工事の受注者から「下北署の法面工事が完了しないと、危険で工事ができない。」と作業工程の変更を求められました。

（３）周辺施設

老人ホームとの調整

下北署と県の工事で通行している林道沿いに老人ホームがあり、県の工事車両と老人ホームの施設の方の車が、林道上で鉢合わせした際にうまくすれ違えなかったことや、橋の段差により施設の方の車が傷ついたことがありました。老人ホームからは、誘導員の配置や林道の修繕等を求められました。

3 対応と結果

(1) 漁業関係

① 工事着手前に工事説明会を実施

漁協の要望に対して受注者と情報共有を行い、雨天時や漁の前日も休工の措置をとることで対応しました。

赤川地区のアワビ漁は、水の濁りが大きく影響するため、工事による濁りについて当初難色を示されました。しかし、工事ごとに説明会を実施したことや漁協の要望に合った対応をとったことで、漁に支障が出ないように工事を進めることができました。また、漁協からも苦情が出ず、工事に対する理解を得られたと考えます。

② チラシの配布

チラシの配布後は、地域住民から苦情が届くことはありませんでした。工事の情報が届きにくい地元の方々に対し、進捗状況や濁水管理について周知したことで、工事に対する不安を軽減できたのではないかと考えます。



図2：実際に配布したチラシ

(2) 近隣工事

県との調整

県の要望に対して協議を行い、下北署が先行して仮設防護柵を設置することで対応し、お互いの工事を進めることができました（写真3）。

しかし、工事の施工順序を変更したこと及び、上下作業になる箇所は県の工事完了後の施工となったことで、事業の進捗率の低下を招きました。事前に県の工事との調整が必要であると把握できていれば、より円滑に工事を進めることができたと考えます。



写真3：下風呂（1）災害関連緊急治山工事現場

(3) 周辺施設

老人ホームとの調整

老人ホームの要望に対して、工事車両が通行する時間帯に誘導員を配置すること、林道の補修や路肩の補強を行うことで対応しました。

車の走行の安全を確保するために、受注者と情報共有しながら対応を検討し、要望に合った対応をとったことで、老人ホームの方が通行する際に支障が出ないように工事を進めることができました。

しかし、工事車両が通行する時間帯を制限したことで、事業の進捗率の低下を招きました。また、同じ林道を通行し工事を行っていた県に、老人ホームからの要望や対応について情報共有が必要であったと考えます。

4 関係自治体との連携

国有林・民有林打合せ会議の開催

下北署と県の林業振興課で令和3年豪雨の現場をお互いに見学しながら、工事の

概要、進捗状況や工夫した工法等を紹介しました。この会議には、下北地域の関係自治体職員も参加し、実際に現地を見学しながら、災害復旧工事の進捗状況を把握していただきました（写真4、5）。

参加した関係自治体職員からは「普段見ることができない治山事業の裏側や、近くで見る規模の大きさに驚きつつ、地域の要望に応えながら、早期復旧のために様々な工夫をしていることを知る良い機会になった。」と感想をいただきました。

また、下北署と県の林業振興課で事前に打ち合わせを行ったところ、佐井村から土砂流出の対策について同様の要望が上がっていることを把握することができました。今後は県と連携しながら、この要望に対して対応していきたいと考えています。



写真4：下北署の工事現場見学



写真5：県の工事現場見学

5 考察・結論

今回の災害工事の経験を通して、発注段階までに調整できていれば、より円滑に工事を進められた事案が多くあったと感じました。

しかし、発注段階では把握できないこともあるので、想像力を働かせて可能な限り必要な調整を行ったうえで発注することが大切であると考えます。特に地域の産業や生活、地方自治体との連携を図り、それぞれに支障が出ないように工事を進めることが早期復旧に繋がると考えます。そのためには事前の説明や、工事時期に調整が必要な場合は発注前までに調整を終わらせ、受注者と情報共有することが重要です。

また、地域の理解と協力なしでは工事を実施することはできないため、円滑に工事を進めるうえで地域住民からの要望には可能な限り応えることが必要であると感じました。

地域ごとに必要な調整は変わるため、地域の実情に合わせて地元との連携をとることが重要です。そして災害時だけでなく、日頃から地方自治体や地域住民の方と情報共有し関わりを大切にすることが、円滑に工事を進めることに繋がると考えます。

人工知能を用いない自動画像解析による枯死木検出法の開発

八戸工業大学大学院 ○赤松笙太 佐々木崇徳（教授）

1 はじめに

現在、青森県は松枯れ病被害の国内最北端の地です。この病害の国内での被害は 1905 年に長崎県で発生し、1913 年に福岡県での事例と合わせて報告されたもの [1] が最初とされていますが、徐々にこの被害は北上を続けました。青森県内に於いても図 1 松枯れ病の報告例に示すように 2010 年に深浦町から津軽側で、2018 年には三八地域でも南部町小向地区で被害が報告されており、早急な対策が必要とされています。

青森県ではこれを踏まえ図 2 現在の枯死木探索の流れと実施期間に示すような流れで航空写真による松枯れ被害木の枯死木探索を目視によって実施、その結果を元に駆除を行っており、実際に一定の成果を挙げています。なお、広大な地域を対象にすべての地域において目視による単木単位での探索を行った場合には、混交林の中に散在した状態で自生している松も多いことから探索作業に時間が非常にかかり、その結果、後の現地調査や伐倒駆除が春にずれ込んでしまっている場合があります。これによって松枯れの原因となる線虫（マツノザイセンチュウ）の感染を拡大させる媒介虫（マツノマダラカミキリ）が羽化してしまうことで、伐倒駆除が間に合わなくなる危険性があるため、より早い時期で駆除の完了を目指す必要があります。

そこで本研究ではこの枯死木の探索を機械化することで、目視による探索にかかっていた時間を短縮し、この現地調査から伐倒駆除を行うまでの時間をより多く確保するとともに省力化を推進することを目的にその手法の開発を行いました。特に高度なハードウェアを必要としない手法の開発を目指すことで利用検討者の導入障壁を極力下げ、より多くの人に使ってもらうことで被害拡大の抑止を狙いました。

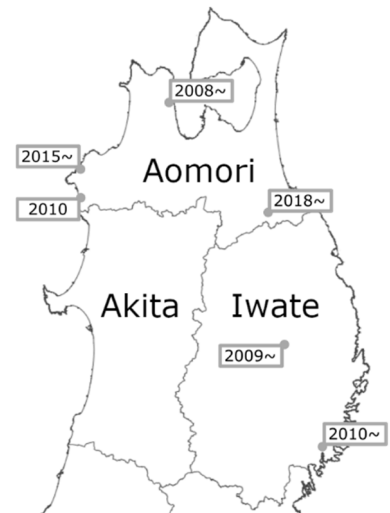


図 1 松枯れ病の報告例
(国土地理院白地図を加工)

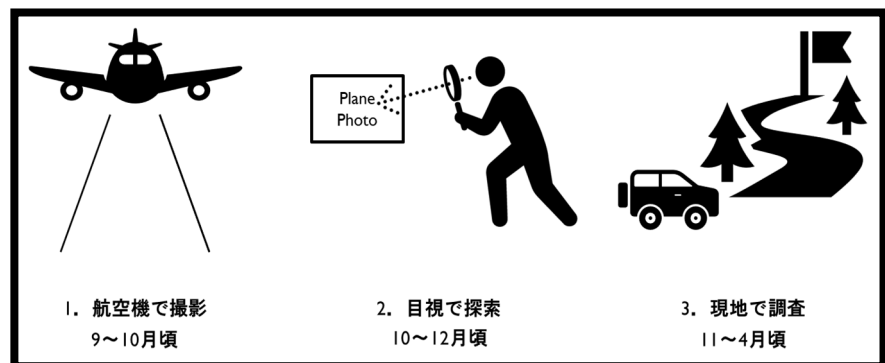


図 2 現在の枯死木探索の流れと実施期間

2 取組・研究方法

(1) システム要件の設定と構成の決定

① システム要件の設定

ア 基本条件の設定

本研究では先にも述べたように多くの人が使えるような汎用性のあるシステムの開発を目標としました。そこでまず以下の条件を満たすシステムの検討を行いました。

1. 地図の形で結果が確認できること
2. 位置情報等のメタデータを確認できること
3. シェアウェアを使用しないこと
4. 汎用的パソコン上で動作可能であること
5. 動作環境に左右されないこと
6. 長期運用に適した構成であること
7. オフライン環境でも利用可能なこと

1 と 2 の条件は実際にスマートフォンや Web 上で操作する地図アプリやフリー GIS ソフトの QGIS などのソフトの操作に近づけることで、操作の習熟に時間がかからないように配慮することとしました。

5 の条件に関しては一見 4 の条件に似ていますが、これは具体的にはクラウドシステム上にソフトウェアを設置しても、オンプレミス環境のサーバにソフトウェアを設置しても、クライアントパソコン自体でソフトウェアを動作させても解析が行えることを指しています。

イ 追加条件の設定 ―人工知能の使用について―

現在、松枯れに関する機械的な探索手法としては人工知能を使ったものが中国を中心に盛んに研究されています。このような人工知能を用いた手法を利用する場合、検出したい枯死木が実際に枯れている写真を多量に準備し学習を行わなければなりません。現在の三八地域はまだ激甚被害と言えるほどには松枯れ病による枯死木は発生していません。本研究では令和 1 年度からの三八地域で撮影された航空画像を主に使用して研究を行ったこともあり、単木単位での松枯れ枯死木のサンプル数が足りないこと、学習データの地域差（青森の東西や隣県など）による汎用性に疑問が残ること、特に学習時に非常に高いスペックを要求されることなどから、枯死木探索に人工知能を用いない手法を採用することとしました。

ウ 追加目標の設定 ―システムの最小要件と処理時間の目標―

現在販売されているパソコンは Windows 10 以上がインストールされ、マルチコアでメモリが概ね 16GB 程度搭載しているものを多く見かけます。そこで上に述べた条件の 4 を満たすため、このようなパソコンをシステムの最小要件として動作するように、実際の解析処理は 8GB 程度のメモリで快適に処理が行えるよう設計することとしました。

また本研究の目的が目視探索と比較して短期間で処理を行うことであることから、同時にこの最小条件で解析した際に、少なくとも目視探索に必要としていた期間の半分の期間で処理が完結することを目指しました。

② システム構成の決定

以上の条件から、図 3 システム構成の概図の構成でシステムを構築しました。操作を環境に関わらず統一するためブラウザ上で行えるようにし、Docker 上でシステムを構築することで OS や運用法に関係なく全く同じ構成で動くようにしました。また Docker を使用することで不具合が発生した際にリセットを行いやすくすることができ、長期運用時のトラブルを最小限に抑えることが出来ます。

加えてこの類のシステムを運用する際は多くの場合地図は外部サイトのものを使用しますが、今回はその地図に関しても Open Street Map のサーバを自前で構築することで、オフライン上でも動作するようにしました。

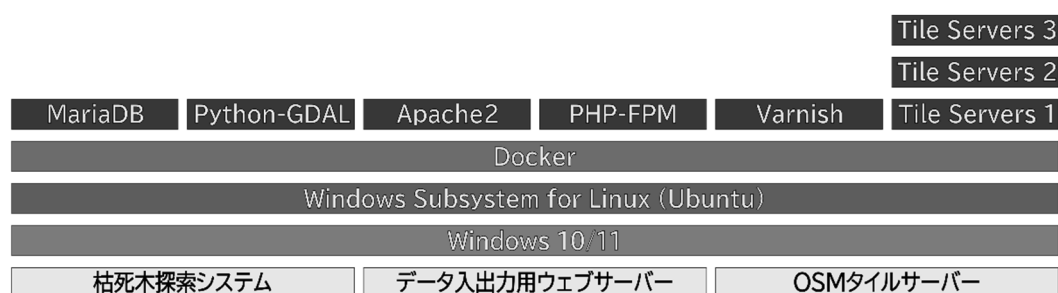


図 3 システム構成の概図

(2) 枯死木探索の手法

① 開発した解析手法の概要

今回実際に枯死木を探索するにあたって、設定した追加条件を満たすため図 4 解析の流れの流れで解析を行うプログラムを作成しました。

処理で最初に生成する NDVI は正規化植生指数とも呼ばれ、健全な植物が光合成を行う際に吸収するため太陽光の反射が少ない赤色光と強く反射される近赤外光の比を取ること

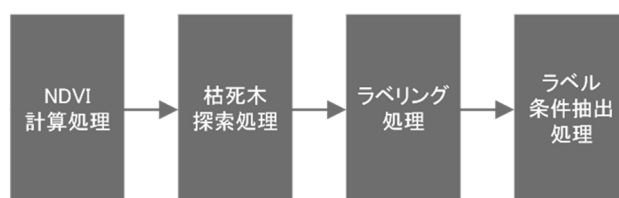


図 4 解析の流れ

で、その植物の活性度を得ることが出来ます [2]。しかし枯死木を探索する場合には活性度の低い場所を探すため、非植物も同様に検出されてしまいます。そこで枯死木が茶色に近づくことに着目し、緑や青の輝度が高い場所を省くことでこれら非植物を除去する式を構築し、探索処理として実装しました。加えて枯死木の大きさはその樹種の一般的な樹冠サイズから推定が可能なことから、検出結果の面積を計算し、その樹冠サイズから大きく外れた結果も除去するようにしました。

② 開発した解析手法の検証

図 3 システム構成の概図のシステムに図 4 解析の流れの処理を実装し、実際に動作を行い、その動作を検証しました。使用する画像は令和 1 年 9 月 14 日に撮影されたものを用いました。撮影に使用されたカメラは測量などで使用されるものであり、非常に高画質な 4 バンド航空写真を撮ることができます。解像度は概ね 0.2×0.2 m に調整されており、単木単位での調査が可能です。

3 検証の結果

(1) 解析結果

解析によって得られた結果を図 5 解析結果に示します。白色で表示されているものが図 4 解析の流れ中の枯死木探索処理で得られた結果、灰色の点が面積によって枯死木に近い大きさのもののみ抽出した結果になります。検出地物数は 599 と推定される枯死木に対して多い結果になりました。

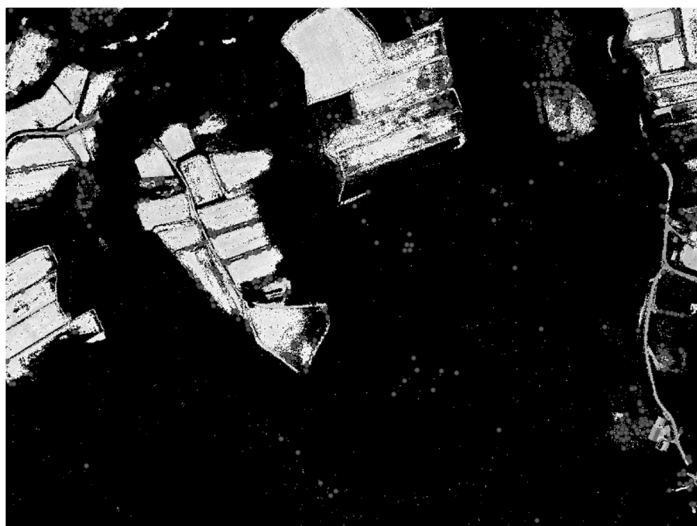


図 5 解析結果

次に目視による結果との一致を図 6 目視による結果との比較で確認します。線で囲まれた固有の記号番号が振られている部分が実際に目視探索によって枯死木と推定された場所になり、黒い点で表示されている部分が図 5 解析結果の結果と同じものになりますが、この検証対象の画像ではすべての対象木が検出出来ていました。また検証時三八地域の撮影エリアすべてに対して処理を行いました。処理速度に関しても全体を合わせて 3 時間程度と、目視による探索と比較して大幅な作業時間短縮が見込まれました。

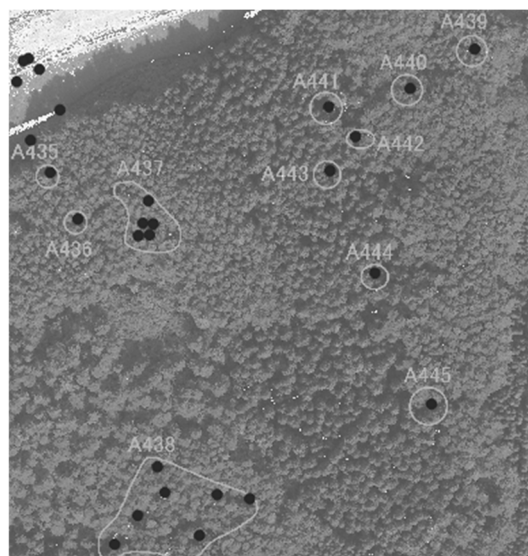


図 6 目視による結果との比較

(2) 現地調査

得られた結果のうち、森林内で推定された枯死木候補で且つ目視による探索で候補として挙げられていなかった場所の中からいくつかを選び、現地調査を行いました。その結果、目視での判断が難しい場所で実際に枯死木がみつかりました。

4 考察

(1) 誤検出等への対応

今回の解析では実際に枯死木が検出できていたものの、図 5 解析結果中の田畑の孤立ラベルや周辺の農道を中心に誤検出が見られました。また別の画像では図 7 誤検出例

(森林内の未舗装路)のように木々に隠れてところどころ見えている林道も検出されており、これらの誤検出の除去を行う必要があります。方法としては過去の結果と比較し重複している地点に関しては除去を行う手法や、土地利用土地被覆図を使用し特定エリアのみ検出を行う方法などが考えられます。但し図 7 誤検出例

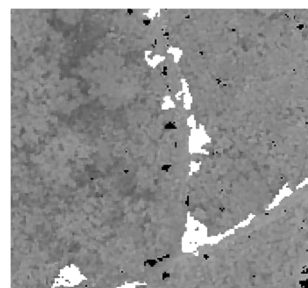


図 7 誤検出例
(森林内の未舗装路)

（森林内の未舗装路）のような林道が検出されている点に関しては自治体や組合が把握していない林道を探す方法として使える可能性があり、将来の林道整備への応用が期待できます。

（２）他樹種への応用

今回解析を行っていく中で、閾値の調整を行うことでアカマツ以外の枯死木に関しても検出が行えることがわかりました。現在青森県では松枯れ以外にもナラ枯れが特に津軽地域において大きな被害を出しており、早急な対応が必要になっています。本手法でも実際に深浦地域で解析を行ったところ、ナラ枯れの検出が行えたことから、これら他樹種での病害に対する枯死木探索に応用が可能であることが示されました。なお、樹種判別を行うまでに現状至っていないため、特定の病害に対して現在のシステムをそのまま使うことはできない状況です。しかしながら、何らかの方法で樹種判別を行うことでより精度の高い病害対策補助システムへ成長させられる可能性もあることから、現場の需要（ニーズ）を加味しつつ更なる検討を行っていく必要があります。

（３）スマート林業への対応

本手法は解析手法の関係上、撮影高度や解像度を相対的に処理するため人工知能を用いた手法などに比べて撮影方法による依存性が低いことが予想されます。このことから本手法は、現在林業の省力化などの手法として注目されているスマート林業の一環としてのドローン活用にも応用が可能であるのではないかと考えられます。現状、今回の手法で利用する近赤外線も撮影出来るドローンはDJI社のものが中心で機種の選択肢が多いとは言えませんが、将来的に機体価格が下がり国内メーカーの参入がなされれば、より事業者単位での枯死木対策にも本手法の活用が期待できます。よって、将来的にこれらの機種を使った検証を行う必要があります。

５ おわりに

青森県東部から岩手県にかけて分布しているアカマツは「南部あかまつ」と呼ばれ、長い間ブランド力のある木材として親しまれてきました。特に、青森県から岩手県にかけて高樹齢のアカマツも多く残っており、貴重な森林資源としても地域の環境保全の観点としても守っていく必要があります。本研究は、まだ始まって日が浅く改善の余地も多く残されていますが、本研究やそれによって生まれる成果物、またそこで得られた知見や人々との繋がりがこの森林を守る助けになることを願ってやみません。

最後に、本研究に関して航空画像の提供をはじめ協力し続けてくれた青森県三八県民局地域農林水産部林業振興課の皆様や発表会を通して多くのアドバイスをいただきました地方独立行政法人青森県産業技術センター林業研究所の皆様、また研究を続けていく中でアドバイスやご指導してくださいました多くの関係者の皆様には感謝の念にたえません。本当にありがとうございました。

６ 参考文献

- [1] 矢野宗幹．長崎県下松樹枯死原因調査．山林公報第４号付録，1913，p.1-14.
- [2] Rouse, John Wilson et al. “Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS.” Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. 1974, Goddard Space Flight Center 3d ERTS-1 Symp., p.309-313.

わが署における簡易架線を使用した森林整備の一考察

三陸北部森林管理署	発表者	主事	大沼 夏藍
	チーム員	森林情報管理官	畑山 侑也
		主任森林整備官	佐藤 誠
		主事	古家 絢杜
			徳田 陽仁
	チームリーダー	主任森林整備官	福田 守
	アドバイザー	総括森林整備官	日下 紀子

1 はじめに

(1) 管内の樹種構成

三陸北部森林管理署は、岩手県宮古市、山田町、岩泉町、田野畑村にある国有林を管理、経営しています。

国有林の所在は、太平洋に面した沿岸部から内陸部の北上高地まであり、沿岸部は北上高地が侵食された地帯となるため表土が薄く岩石地や崖等が多い国有林で、潮風、乾燥に強いアカマツ人工林と広葉樹が主体となっています。

一方、内陸部は、表土があるものの礫質や所々に岩石地がある急峻な国有林となっており、広葉樹を伐採後に植栽したカラマツ人工林と広葉樹が主体となっています。

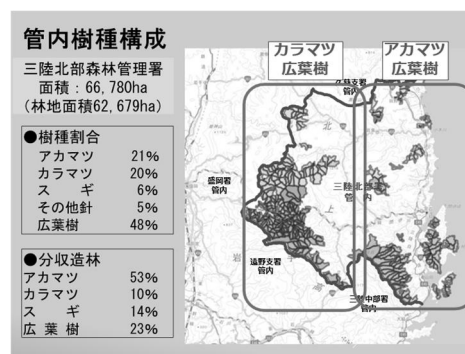


図 1

(2) 管内の林況

当署全体の森林調査簿では傾斜が「中」となっている箇所が多いものの、実際に現地を確認すると、峰筋、沢筋など部分的に急傾斜地が多く、車両系の作業システムでは森林作業道の作設に大変な労力が必要になっています。また、令和4年3月に「国有林における林地保全に配慮した施業の手引き」が作成され、これに即して「国有林の地域別森林計画」においては、急傾斜地において架線集材による搬出にすることとなっており、林地保全の観点からも、今後の架線による作業システムへの導入が課題になっていました。



図 2 コナラ分収造林



図 3 スギ活用型予定箇所

(3) テーマの選択

今回の簡易架線をテーマとして選択したのは、契約事業体から事業計画書の策定にあたり、現在の作業システムでは、

- ① 事業箇所内の既設のトラクター道が狭く、急なためフォワーダの走行ができず改めて搬出路の作設が必要となる。
- ② 急傾斜地で搬出路作設の困難が多い。
- ③ 作設後の林地保全（森林へのダメージの軽減）
- ④ 搬出作業の労働加重の軽減
- ⑤ 労働災害の防止のため

以上の理由から簡易架線を使用した事業を実行したいとの相談があり、当署としても今後の主伐、間伐において、簡易架線の導入の可能性を含め考察することとしました。

今回のテーマを選択した理由

★契約事業体から作業計画策定時に簡易架線を使用したい相談があった。

●簡易架線の使用理由

- ①事業箇所内の従前の既設のトラクター道が狭く急なためフォワーダの走行ができず改めて搬出路の作設が必要となる
- ②急傾斜地で搬出路作設の困難が多い
- ③作設後の林地保全（森林へのダメージの軽減）
- ④搬出作業の労働加重の軽減
- ⑤労働災害の防止のため

図 4

2 取組

(1) 考察箇所の事業概要

考察箇所の概要は、契約名：森林環境保全整備事業（早池峰山地区Ⅱ）

契約箇所：岩手県宮古市江繋字早池峰山国有林

181 林班い 1 小班外 38

契約面積：111.55ha

契約数量：保育間伐（活用型） 9,060m³

誘導伐（複層伐） 1,940m³

地拵・植付 6.92ha

検知 11,000m³

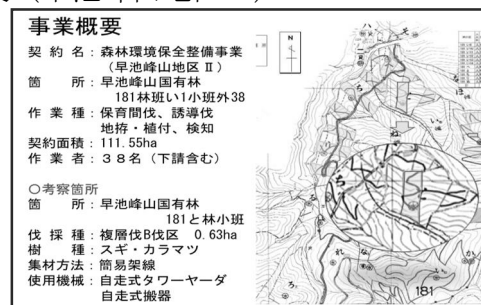


図 5

下請けの作業者も含めて 38 名で実行しており、契約面積の 4.14ha を簡易架線による集材を予定しています。

今回の考察には、181 林班と小班内の複層伐 B 伐区 0.63ha の簡易架線集材の結果と、車両系作業システムで実行した複層伐の結果を比較検討することとしました。

衛星画像は、簡易架線考察箇所と林道、土場等位置関係です。

(2) 使用機械及び作業

- ①使用機械は、コンラート社製の自走式タワーヤーダ及び自走式搬器です。

（タワーヤーダ購入年：令和 5 年 3 月、自走式搬器購入年：令和 5 年 3 月）



図 6 タワーヤーダ



図 7 自走式搬器

② タワーヤーダ（元柱）の設置状況

四本のガイラインを張って、タワーヤーダを固定します。



図8 タワーヤーダの設置状況



図9 タワーヤーダの設置状況

先柱の作設状況です。先柱の作設には木に登り、ガイライン、メインケーブルを張り上げます。（メインケーブル22mm、170m）

メインケーブルはラウンドスリングで固定し、ガイラインの固定にはラチェット式ラッシングベルトを使用します。



図10
先柱の設置



図11
先柱の完成

③ 先柱の完成

たるんでいたメインケーブルを張っていき準備完了です。

④ 集材の状況

・荷掛けの様子

荷掛けは本来1人予定でしたが、この時は初心者があり1名を増やし、2人体制で実施していました。

・集材の様子

リモコンで遠隔操作できるので、荷掛け手が安全を確保してから搬器を動かします。（全木集材、下げ木）

・集材状況

荷を掛けたら造材位置までおろして行きます。土場側のリモコンの圏内に入



図12
荷掛けの様子



図13
集材状況

ると搬器が自動的に止まります。

- ・土場の状態

今回の動画ではハーベスタを使用し、オペレーターが搬器を自分の造材しやすい位置までリモコンで動かして、材を降ろします。

集材木からスリングワイヤーを外し、ハーベスタに戻りリモコン

ン操作によりウインチを巻き上げ、先山に戻します。ハーベスタは枝払い、造材作業に移ります。搬器は、荷掛け手のリモコン圏内に入ると自動停止し、荷掛け手の操作により、次の材の荷掛けに入ります。

集材作業では、ハーベスタ 1 名、荷掛け 2 名、指導者 1 名で実行していました。



図 14 荷下ろしと造材

3 集材結果

車両系作業システムの 181 へ林小班 A・B 伐区と、181 と林小班 A・C 伐区との比較結果です。

①車両系作業システム

(2 小班、4 伐区)

面積：1.00ha

路網作設：8 日、9 人

集材：13 日、15 人

計 21 日 24 人でした。

②簡易架線系作業システム

(1 小班、1 伐区)

面積：0.63ha

作設：1 日、4 人

集材：5 日、9 人

計 6 日 13 人でした。

6. 集材結果

車両系181へ（A・B）・181と（A・C）伐区との比較

●車両系システム	●簡易架線系システム																				
▶ 面積：1.00ha	▶ 面積：0.63ha																				
▶ 作設：8日、9人	▶ 作設：1日、4人																				
▶ 集材：13日、15人 計 24 人	▶ 集材：5日、9人 計 13 人																				
▶ <u>Ha当たり 24 人</u>	▶ <u>Ha当たり 21 人</u>																				
<table><tr><td>・伐倒（チェンソー）</td><td>1 人</td></tr><tr><td>・集材（グラップル）</td><td>1 人</td></tr><tr><td>・造材・選別（ハーベスタ）</td><td>1 人</td></tr><tr><td>・運搬（フォワーダ）</td><td>1 人</td></tr><tr><td colspan="2">4人</td></tr></table>	・伐倒（チェンソー）	1 人	・集材（グラップル）	1 人	・造材・選別（ハーベスタ）	1 人	・運搬（フォワーダ）	1 人	4人		<table><tr><td>・伐倒（チェンソー）</td><td>1 人</td></tr><tr><td>・集材（荷掛）</td><td>1 人</td></tr><tr><td>・造材・選別（ハーベスタ）</td><td>1 人</td></tr><tr><td>・運搬（フォワーダ）</td><td>1 人</td></tr><tr><td colspan="2">4人</td></tr></table>	・伐倒（チェンソー）	1 人	・集材（荷掛）	1 人	・造材・選別（ハーベスタ）	1 人	・運搬（フォワーダ）	1 人	4人	
・伐倒（チェンソー）	1 人																				
・集材（グラップル）	1 人																				
・造材・選別（ハーベスタ）	1 人																				
・運搬（フォワーダ）	1 人																				
4人																					
・伐倒（チェンソー）	1 人																				
・集材（荷掛）	1 人																				
・造材・選別（ハーベスタ）	1 人																				
・運搬（フォワーダ）	1 人																				
4人																					

今回大きな差はなかった。

図 15

・Ha 当たりでは、車両系作業システムが 24 人、簡易架線系作業システムが 21 人となり、あまり変わらない結果となりました。

・日数では架線系が半分以下となっていますが、一人当たりの生産量が判らないことから、効率性に優れているとは言い切れませんでした。

これは、同一小班内で作業システムが混在していることから、システムごとの数量が把握できなかったためです。

4 まとめ

(1) 考 察

- ・複層伐における作業では、それほど大差のない結果であったが、搬出路作設に苦慮しそうな箇所、急傾斜地等に有効な搬出手段となり、今後の習熟で作業期間等の短縮が期待される。
- ・造材位置が固定されることから、林地残材減り、地拵が容易となる。
- ・今回の調査では、同一小班内に作業システムが混在したことから、作業日報からの把握だけでは正確な生産性の比較には疑問が残った。

(2) 課 題

- ・面積、数量等の把握による生産性の確認
同一小班内で作業システムが混在すると、一つの作業システム当たりの数量等の把握が難しい。
- ・架線系作業システムの工程
工程上には架線集材があるものの、近年ほとんど使用されていないので現在の作業実態に合うものなのかが不明。
- ・植付苗の運搬
一貫作業においては搬器を使用して苗木を運搬することが可能ですが、作業道のように歩きやすい場所がなく、植付時に労働者へ負担が増える。
- ・保育時の通勤時間の掛かり増し
苗の運搬と同様、機械等を運ぶための道路が無く、徒歩での移動となるため通勤時間が伸びる。
- ・バイオマス利用に向けた端材、枝条の販売方法の確立
造材位置が固定となり、端材や枝条が一か所に集められるため、集めた枝条等を有効活用できないか。

(3) 簡易架線集材における今後の期待

- ・作業期間の短縮、作業人員の削減
- ・急傾斜地等の搬出、林地残材の減少
- ・端材、枝条等の販売があり、
これらを可能としていくためにも今後、更に調査を進めていきたいと思います。

7.まとめ

・ 考察

- ▶ 複層伐等では、車両系と大差のない結果であった。習熟で作設、搬出期間の短縮が期待される。
- ▶ 造材位置が一つとなることから、林地残材が減少、地拵が容易となる。
- ▶ 同一小班に作業システムが混在しているため、作業日報からの把握では正確さには疑問が残った。

・ 課題

- ▶ 面積・数量等の把握による生産性の把握
- ▶ 架線系作業システムの工程
- ▶ 植付苗の運搬
- ▶ 保育時の通勤時間増（下刈等の保育も含め課題が残る）
- ▶ バイオマス利用に向けた枝条等販売算定方法

今後の期待・作業期間の短縮、作業人員の削減
・傾斜地での搬出、林地残材の減少
・端材、枝条の販売

図 16

最後に、今回ご協力いただいた有限会社道又林業様に厚く御礼申し上げます。

収穫調査から販売までの省力化についての検討

岩手北部森林管理署 発 表 者 主任主事 橋本 滯佳
山石 樹生

チーム員 主任主事 南坂 拓杜
主事 大畑 慶祐
主事 齋藤 颯
主事 坂本 大和

チームリーダー 森林技術指導官 小倉 俊一
アドバイザー 総括森林整備官 畠山 博也

1 はじめに

令和5年度の岩手北部森林管理署における収穫調査量は、令和4年度の倍をこえる14万 m^3 となりました。その多くが委託による調査となる中、入札不調が続いた結果、一部直営による調査となりました。直営による調査は面積約105haを15日間で、延べ47人で行うこととなり、多くの時間と人員を要しました。

このことから、東北森林管理局において調査方法の省力化に向け様々な取り組みを行っていますが、署段階では立木評定についても時間を要している実態があります。そのため、現状のままとなっている立木評定要領について着目し、今後の立木評定を含む収穫調査から販売までの過程で省力化を図れないか検討しました。

2 取組・研究方法

当署の立木販売で、令和3年度から令和5年度にかけて行われた74物件のうち、6割以上の物件で搬出等経費が立木価格を上まわった実態から、これらの物件の評定結果に着目し、立木材積や予定価格、搬出等経費等を踏まえた、評定結果の比較等を行いました。

また、他機関における、収穫調査から立木販売までの手法についての聞き取りも行いました。これらの結果を踏まえて、収穫調査から販売までの省力化を図るための検証及び検討を行いました。

3 結果

(1) 当署における評定結果のとりまとめ

本調査においては、それぞれの物件における最も材積の割合が多い樹種を主要な樹種とし、主要な樹種をスギ、カラマツ、アカマツ、広葉樹のいずれかに分類を行い、これらの樹種ごとの立木価格や搬出等経費、立木材積等の関係性について比較を行いました。その結果、各樹種には以下のような結果が見受けられました(図1、2)。

- ・スギ

スギ主体の物件は計 42 物件で、そのうち 15 物件において立木価格が搬出等経費を上回りました。また、スギ材積比率 90%以上かつ、スギ一般材の 1 本当たりの立木材積が 0.9 m³以上の物件では、それ以外の物件よりも立木価格が上がる傾向があり、これらの物件はすべてで立木価格が搬出等経費を上回りました。

- ・カラマツ

カラマツ主体の物件は計 12 物件で、そのうち 9 物件において立木価格が搬出等経費を上回り、全樹種の中で最も立木価格が搬出等経費を上回る割合が高くなりました。また、カラマツ主体の物件の中で立木価格が搬出等経費を下回った物件についてはすべて、広葉樹の材積比率が 30%以上含まれている物件であったため、広葉樹が立木評価価格を下けている要因と推測することができました。

- ・アカマツ

アカマツ主体の物件は計 7 物件で、すべての物件において立木価格は搬出等経費を下回り、立木価格が搬出等経費を上回る物件はありませんでした。

- ・広葉樹

広葉樹主体の物件は計 13 物件で、そのうち 3 物件でしか立木価格が搬出等経費を上回らず、アカマツ同様に低い水準でした。これら 3 物件はすべて、広葉樹の材積比率が 70%未満かつ、カラマツの材積比率が 30%以上であり、カラマツが要因で立木評価価格が上がることを推測することができました。また、広葉樹の材積比率 50%以上の物件では 1 物件を除いた、10 物件で立木価格が搬出等経費を下回り、広葉樹が増加することで立木評価価格が減少することが推測することができました。

以上の結果より、アカマツ、広葉樹においては立木価格が搬出等経費を下回る要因になり、カラマツは立木価格が搬出等経費を上回る要因になると考えられます。また、スギは材積比率や単木材積等によって立木価格と搬出等経費の関係に差異が生じると推測することができました。

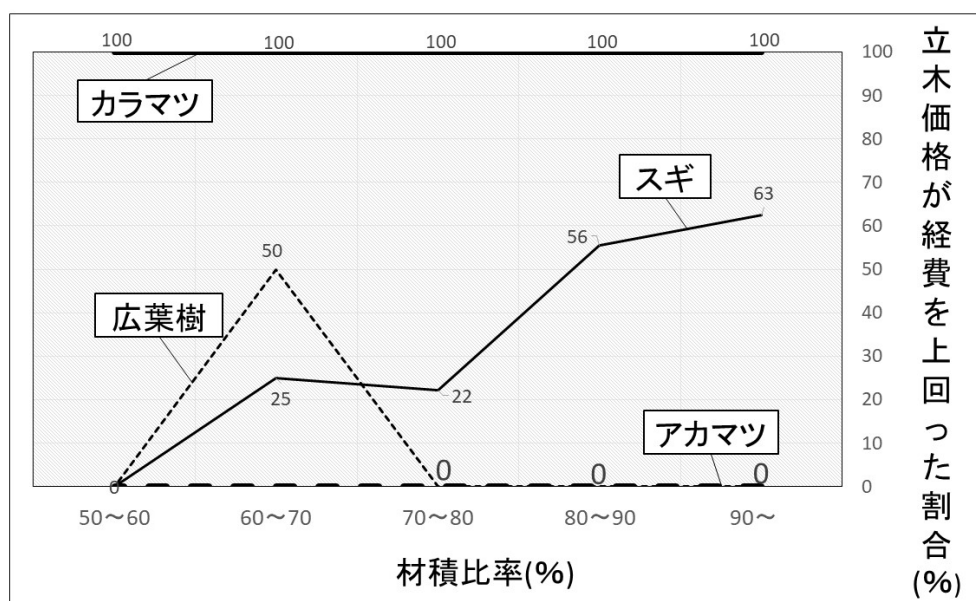


図 1 材積比率と有価率の関係

主要樹種	物件数	立木価格が経費を上回った物件		立木価格が経費を下回った物件	
		物件数	割合(%)	物件数	割合(%)
スギ	42	15	36%	27	64%
カラマツ	12	9	75%	3	25%
アカマツ	7	0	0%	7	100%
広葉樹	13	3	23%	10	77%
計	74	27		47	

図2 樹種ごとの比較表

また、上記のような比較以外にも、トラック運材距離や平均運材距離、森林作業道作設、平均傾斜等が経費に与える影響についての検証も行いましたが、立木価格と搬出等経費の関係を大きく変えるような影響は確認できなかったため、立木評定における立木価格と搬出等経費への影響は、樹種によるものが多いという結論に至りました。

(2)他機関における立木評定手法

今回、2つの機関に収穫調査から販売までの過程について聞き取りを行いました。

【2-1】A機関

A機関の収穫調査は毎木調査法と標準地調査法のほかにも、航空レーザを用いた調査方法を活用しています。航空レーザを用いた収穫調査は他の調査方法に比べて、大規模な調査が行えることにより、収穫調査の過程で省力化が可能となっています。A機関は近年、人手不足等の影響で調査量が減少していましたが、航空レーザの導入で調査量が増加傾向となっています。

【2-2】B機関

B機関は現地調査を行い、立木価格を算定後、搬出等経費を引き、評定価格を算出する手法です。ただし、価格算出を行う過程で一般材においては、採材想定を行う過程があり、より正確な価格を算出するものでした。そのため、B機関の公売物件は毎年数件程度ありますが、立木評定には労力を要している実態があります。

4 考察・結論

(1)収穫調査の省略化に向けて

収穫調査省力化に向けては、聞き取り調査を行ったA機関と同様に航空レーザを用いた収穫調査法の活用が有効であると考えます。当署においては、一部を除いた地域で令和3年度に航空レーザ測量が行われており、これらのデータを用いることにより収穫調査の省力化が可能になると考えます。また、航空レーザ計測が実施されていない箇所においては今後、県や市町村が実施する航空レーザ計測業務と連携を行い、民国連携により経費削減が可能であると考えます。

(2)立木評価省力化に向けて

本調査で、樹種ごとに検証を行いました。樹種によっては立木価格と搬出等経費への影響は類似した傾向を示したこと、樹種によっては評価を割愛することによって立木評価の省力化が可能であると考えます。(図3)

スギ、カラマツ主体の物件では多くの物件で、立木価格が搬出等経費を上回ったことから、従前どおり立木評価を行います。アカマツ主体の物件ではすべての物件で、広葉樹主体の物件では13物件中10物件で立木価格が搬出等経費を下回ったことから、これらの物件については評価の割愛が可能であると考えます。

ただし、広葉樹に関しては3物件で立木価格が搬出等経費を上回ったことより、条件を付けて評価割愛の有無を考察しました。広葉樹主体の物件で立木価格が搬出等経費を上回った物件は、広葉樹の材積比率70%未満かつ、カラマツ材積比率30%以上であったことから、これらの物件は従前どおりの立木評価を行い、それ以外の物件に関しては立木評価の割愛を行うことで、省力化が可能になると考えられます。

このように、広葉樹においては条件付きにはなりますが、アカマツと広葉樹主体の物件においては、立木評価の割愛が可能となり、立木評価の省力化が可能になります。しかし、本調査で記した評価の割愛手法は、現時点での市況下を参考としており、今後材価に大きな変動があった際は、別の検証が必要になると考えられます。

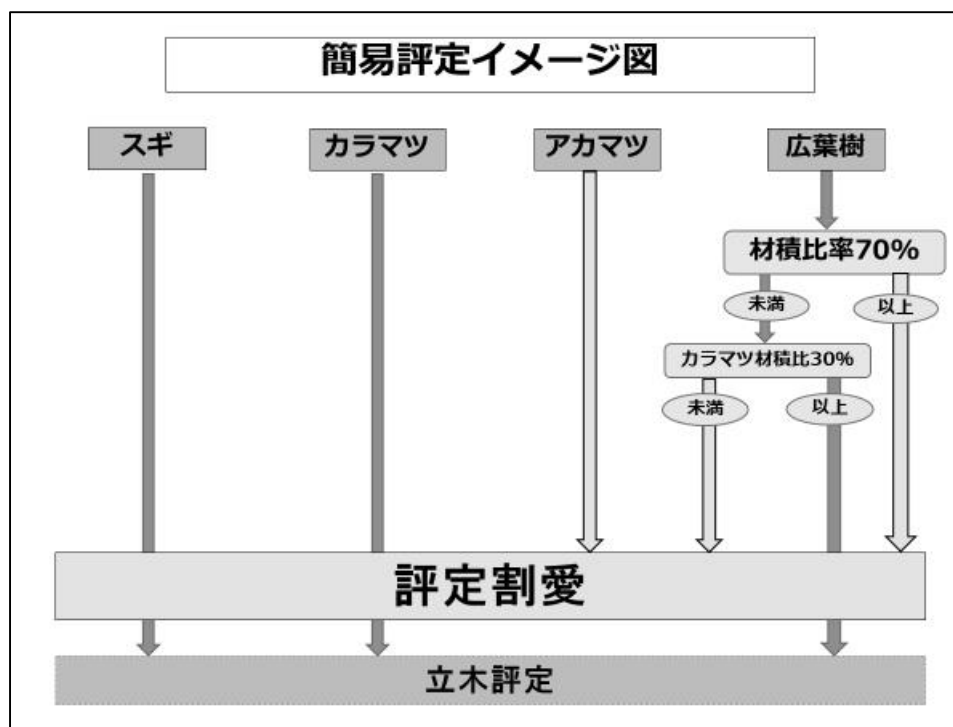


図3 簡易評価イメージ図