

令和 5 年度

森林・林業交流研究発表集録

林 野 庁
近畿中国森林管理局

森林・林業交流研究発表集録の発刊にあたって

我が国の森林は、国土の3分の2を占め、国土の保全、水源の涵養、生物多様性の保全、地球温暖化の防止、文化の形成、木材等の物質生産等の多面的機能を有しており、国民生活に様々な恩恵をもたらす「緑の社会資本」です。それらの機能を持続的に発揮させていくためには、将来にわたり、森林を適切に整備及び保全していかなければなりません。



令和3年6月に閣議決定された「森林・林業基本計画」では、間伐や再造林等により森林の適正な管理を図りながら、森林資源の持続的な利用を一層推進して林業・木材産業を成長・発展させ、社会経済生活の向上と2050年カーボンニュートラルに寄与する「グリーン成長」を実現していくこととされています。このため、新技術を活用して伐採から再造林・保育に至る収支のプラス転換を図る「新しい林業」の展開や、木材産業の競争力の強化などに取り組むこととされています。

新たな技術の開発や導入、その成果の現場への普及・定着を図るためには、研究・教育機関を含むすべての関係者が連携して取り組むことが不可欠です。こうした意味から、森林・林業交流研究発表会は、大変意義のある場であると思います。

本研究発表会は、昭和43年（1968年）から国有林の「業務研究発表会」として開催し、平成14年度からは、高等学校の皆様にも参加いただくなど内容を見直しており、これまで発表された課題数は、累計1千課題を超えています。令和5年度の発表会は、新型コロナウイルス感染症が5類感染症に移行したこともあり、近畿中国森林管理局の職員に加え、森林大学校、高等学校の学生・生徒のみなさん、研究機関の発表者の方々と一般傍聴の方々が4年ぶりに会場に集まり、多様かつ新鮮な研究成果の発表を通じて、各地域における新たな技術の開発・導入・普及に関する幅広い情報・経験の共有が図られたものと考えます。

本集録は、令和5年度の研究発表会で発表された25課題（特別発表4課題を含む）をまとめたものです。低コスト造林の取組、獣害対策、ICTを活用した治山事業など、時宜にかなったテーマが多く、今後の地域の森林・林業の発展に大いに貢献するものと期待している次第です。

発表いただきました皆様に厚く御礼申し上げますとともに、林業の更なる成長産業化と、森林の有する公益的機能の高度発揮が実現することを祈念いたします。

令和6年2月

近畿中国森林管理局長 國井 聡

目 次

森林・林業交流研究発表集録の発刊にあたって 1

目次 2

研究発表

I 森林技術

○早生樹センダンを用いた森林造成技術の確立 6
～育苗編～

石川森林管理署 神山 太一
植村 茜

○コンテナ苗植栽後 10 年程度経過した林分の現況について 11
～植栽時期が成長に及ぼす影響～

近畿中国森林管理局 森林技術・支援センター 佐伯 浩一

○多雪区域における低密度植栽について 19

滋賀森林管理署 竹原 昇平
宮崎 実周

○低コスト省力造林の取組について 23
～オルソ画像を活用した下刈省略区域の判定～

三重森林管理署 那須 満まる
篠原 庄次

○GNSS 機器（モバイルマッパー）の精度検証と活用方法の考察 30
～林業現場でのより精度の高い活用を目指して～

岡山森林管理署 根村 輝
伊藤 由希
笹原 真華

○タケニグサの繁茂する再造林地における早期下刈りの有効性について 37

兵庫県立森林大学校 阪上 碧海
前田 諄

II 森林保全

- 大亀谷国有林における都市近郊林の竹林対策について（経過発表）…………… 44
奈良森林管理事務所 山中 芙美香
本谷 駿介
- ツタウルシ除去技術の研究について（第2報）…………… 49
～気比の松原の白砂青松復活を目指して～
福井森林管理署 平井 信彰
- 防護柵の撤去試験について…………… 55
和歌山森林管理署 畑中 宣輝
久保田 啓太
- 積雪地における森林防護柵の効果的な設置方法についての考察…………… 58
鳥取森林管理署 津山 稔
- 箕面国有林シカ生息状況外モニタリング調査の結果について（中間報告）…………… 63
～箕面国有林における個体群管理指針の作成を目指して～
近畿中国森林管理局 箕面森林ふれあい推進センター 田上 富二男
株式会社野生動物保護管理事務所 海老原 寛
- 自動撮影カメラによるニホンジカの生息密度推定…………… 71
奈良県森林技術センター 青山 祐輔
- 表層崩壊発生抑止を目的とした簡易な木製杭工法の開発…………… 78
京都大阪森林管理事務所 川勝 祥永
越井木材工業株式会社 清水 賢
株式会社コシイプレザービング 壁野 宏司
- 平成30年7月西日本豪雨からの早期復旧に向けて…………… 85
～【東広島地区民有林直轄治山事業】黒瀬区域における取組～
広島森林管理署 北山 智也
藤井 大耀
- 城山国有林における景観に配慮した山腹工事について…………… 89
山口森林管理事務所 掛部 晋
井上 正人
佐藤 亜弓
- 急斜面における3つのICT技術の導入について…………… 98
兵庫森林管理署 瀧沢 学

○緑をとりもどせ！その6	103
～持続可能な森林経営に向けた挑戦～	
鳥取県立智頭農林高等学校	藤本 光潤 森 悠輔

Ⅲ 森林とのふれあい、未利用材活用

○未来へ受け継ぐ悠久の森	108
京都府立北桑田高等学校	谷脇 めぶき 内田 凜 長島 慧明 西口 恵唯 岡本 美咲
○広島県立庄原実業高等学校への森林環境教育の取組について	111
広島北部森林管理署	阿部 良文
○林地残材の有効利用を通じた地域林業への貢献	114
島根森林管理署	弘兼 光秀
○間伐材の利用	119
～間伐材を利用した展示作品の制作と SNS 発信～	
兵庫県立山崎高等学校	秋武 駿希 清水 蒼生 三木 昂星

特別発表

○北海道における低コスト更新手法としての地がき作業と 環境への影響評価について	123
(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 関西支所	伊藤 江利子
○林木育種における UAV の活用事例	128
(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 林木育種センター 関西育種場	高島 有哉 山野邊 太郎 磯田 圭哉
○山地溪流において倒流木を発生させないためには？	134
～倒流木を除去した溪流区間における倒流木の再発生とその要因～	
三重県林業研究所	島田 博匡

○早生樹コウヨウザンに関する取組と今後の方向…………… 140
広島県立総合技術研究所 林業技術センター 涌 嶋 智

審査委員講評…………… 145

受賞結果…………… 150

審査委員名簿…………… 152

※ 本文の名前欄の○印は代表発表者

早生樹センダンを用いた森林造成技術の確立 ～育苗編～

石川森林管理署 業務グループ 係員 ○神山 太一
総務グループ 係員 植村 茜

1 はじめに

石川森林管理署管内では加賀海岸国有林をはじめとしてクロマツが海岸林を構成し、防風機能を発揮しています。

また、近年全国で松くい虫の被害が再拡大していることを受け、海岸林の防風機能を維持するため、薬剤の地上散布や空中散布などを実施しています。

しかし、このような防除を行っても松くい虫被害を受ける箇所もあります。被害を受けた立木は伐倒駆除を行います。これにより林内に伐採跡地（ギャップ）（写真－1）が形成され、防風機能の低下を招くため早急に次世代のクロマツ林の育成が必要です。ところが、成林になるまでは10～20年ほどの長い時間を要します。その間にも次の被害が起きてしまうため、管内国有林において自生が確認された早生樹であるセンダン（写真－2）を用いた一時的な代替を検討することとし、実の採取及び育苗を行いました。

今回は、石川森林管理署が実施したセンダンの育苗や種子の発芽率について取りまとめました。



写真－1 伐採跡地（ギャップ）



写真－2 自生しているセンダン

2 取組概要

(1) センダンの実の採取・保存

令和4年11月に加賀海岸国有林の自生個体付近にて熟した実を採取しました。センダンの実（写真－3）は果肉が核（写真－4）を覆っている構造になっており、果肉が未熟なものや乾燥したものは発芽しない性質を持っていることから、実の採取にあたってこれらを目視で除去しました。センダンの種子は核の中に大きさ数mmのものが5～6個ほど入っていますが、播種は核の状態で行います。採取した実は1週間水を張ったバケツに浸け、その後手作業で果肉を除去します。

また、播種は春に行うので、それまでの間、核を冷蔵保存します。市販の赤玉土を水でふやかし一緒にフリーザーパックに入れて冷蔵庫で保存しました。今回の取組では、保存方法を対比させるため1パックのみ庁舎内のガレージにて常温保存を行いました（写真－5）。保存期間（12月～4月）を通したガレージ内の平均気温は約10℃でした。



写真-3 採取したセンダンの実



写真-4 センダンの核



写真-5 ガレージにて常温保存を行ったフリーザーパック

(2) 播種

播種は4月末に行いました。市販の培養土、腐葉土、海岸林で採取した砂による3種類のプランターを作成し、プランター内で冷蔵保存の核と常温保存の核で区分けをして播種しました(写真-6)。播種した核の数は冷蔵保存で50個、常温保存で40個です。播種後は屋根のない庁舎内駐車場にて1日3回水やりを行い育苗し、播種する土壌と核の保存方法ごとの発芽率を比較します。



写真-6 作成したプランター
(左から腐葉土、培養土、砂)

(3) 直播き

プランターへの播種に加えて、海岸林への直播きを行いました。加賀海岸国有林（図－1）の沿岸部および内陸部にそれぞれ1箇所ずつ2m四方のプロットを設定し（写真－7、8）、直播きを行いました。プロットはともに砂質土壌で、冷蔵保存の核を100個ずつ直播きしました。その後、水やり等を行わずに放置し直播きしたプロットごとの発芽率を比較します。



図－1 加賀海岸国有林プロット設定箇所



写真－7 沿岸部プロット



写真－8 内陸部プロット

3 取組結果

(1) センダンの発芽率の算出

センダンは前述のとおり核の中に種子が複数個入っているため、播種した核1つからまとまって発芽しますが（写真－9）、発芽率の算出にあたっては発芽した核の個数を用いて算出します。



写真－9 センダンの発芽の様子

(2) プランターにおける発芽率の比較

プランターにおける各土壌と核の保存方法、播種してからの期間ごとの発芽率について、表-1のとおり結果が得られました。播種して4か月後の発芽率は、「培養土・冷蔵保存」において最も発芽率が高く62%、「砂・冷蔵保存」において最も低く28%でした。併せて、どの土壌・保存方法においても全体の約3割の核が発芽することがわかりました。また、常温保存を行ったものは冷蔵保存のものとは比べて早期に発芽していることがわかりました。しかし、時間の経過につれて冷蔵保存との発芽率の差は小さくなりました。

表-1 播種した土壌と核の保存方法毎の発芽率

発芽率 (%)	保存	2ヶ月後	3ヶ月後	4ヶ月後
砂	冷	8	14	28
	常	18	23	30
培養土	冷	8	52	62
	常	20	33	43
腐葉土	冷	10	28	34
	常	15	40	40

(3) 直播における発芽率の比較

次に、直播きの発芽率を比較しました（表-2）。直播きにおいては沿岸部に比べて内陸部において発芽率が高いことがわかりました。

また、直播きして3か月後から早期に発芽したものが枯死し、全体の発芽率としては低下しました。

発芽率と併せて、発芽した個体の生育についても沿岸部より内陸部において良好でした。9月20日時点で両地点にて最も成長した個体は沿岸部で約10cm、内陸部で約30cmでした（写真-10、11）。

表-2 直播きした箇所毎の発芽率

発芽率 (%)	2ヶ月後	3ヶ月後	4ヶ月後
内陸部	10	33 ▶	31
沿岸部	5	17 ▶	15



写真-10 沿岸部における成長個体



写真-11 内陸部における成長個体

4 考察

(1) プランターにおける育苗

プランターへの播種において、土壌や保存方法に関わらず全体の約3割の核が発芽したことから、あくまで発芽においては播種する土壌や核の保存方法は重要でないと考えられます。

また、常温保存を行った核の早期発芽について、冷蔵保存をすれば播種しない限り核内の種子は休眠しますが、常温保存では春先の気温上昇に合わせ、発芽に向けた準備ができていたと考えられます。常温保存を行った核について、今回取組を実施した石川県のような寒冷地では常温の環境下においても疑似的に冷蔵保存できた可能性があり、冷蔵保存・常温保存ともに全体の3割程度であれば発芽が見込めると考えられます。

しかし、これは寒冷地における結果であり、他地域ではこれらの結果は異なる可能性があると考えられます。

(2) 直播きにおける育苗

専門家の意見ではセンダンの発芽は直播きした土壌環境に影響されるとのことでした。加えて、発芽の段階では潮風や強風は影響しないとのことから、今回直播きした箇所において、沿岸部よりも内陸部でセンダンの発芽に適した土壌環境が整っていたと考えられます。

しかし、プロットを設定した両箇所において、日当たり等若干の条件の差はありますがともに砂質土壌であることから、今後も引き続き比較検証が必要と考えられます。

また、沿岸部に比べて内陸部において発芽率や発芽した個体の生育が良好であることから、海岸林への植栽等は内陸部から推し進めるとよいと考えます。

5 今後の取組について

今回の取組では、センダンの発芽・育苗について取り上げました。今後は、苗木の育成方法や海岸林への植栽を実施したいと考えています。具体的には春植えに向けた越冬方法の確立や植栽箇所ごとの生育状況の観察などが挙げられます。

また、今後もセンダンに関する取組を引き続き実施し、一時的なクロマツの代替としてだけでなく、海岸林の緑化等にも活用したいと考えます。

コンテナ苗植栽後 10 年程度経過した林分の現況について ～植栽時期が成長に及ぼす影響～

森林技術・支援センター 森林技術普及専門官 佐伯 浩一

1 課題を取り上げた背景

戦後造成された人工林の多くが利用期を迎え、今後は主伐・再造林の取組を積極的に進めていく必要があります。しかしながら、木材価格の低迷や造林費用の負担が大きいことから、伐採後放置され、日本国内の主伐面積に対する再造林面積は約 3 割程度で推移している現状にあります。

昨今の主伐・再造林を促進するうえで、「一貫作業システム」が注目されていますが、これに欠かせないコンテナ苗については、寒冷地の冬期や極端に乾燥が続く時期を除き、通年植栽可能で、且つ、植栽が容易である特性を持ち、平成 20 年頃から開発され、平成 26 年には林野庁が標準規格を策定し、少しずつではありますが、民間にも普及しています。

そこで、「一貫作業システム」によるコンテナ苗植栽後 10 年程度が経過した林分において、現況を調査・分析し、コンテナ苗のさらなる普及の一助になりえることが出来ないかと考えました。

2 調査地概要

岡山県新見市の三室国有林において、平成 24 年から平成 28 年にかけて森林総合研究所関西支所との共同研究として、植栽時期を変化させコンテナ苗と普通苗の活着状況や初期成長を比較した試験地を活用し調査を行いました。植栽試験地の詳細は、以下のとおりです（図-1）。

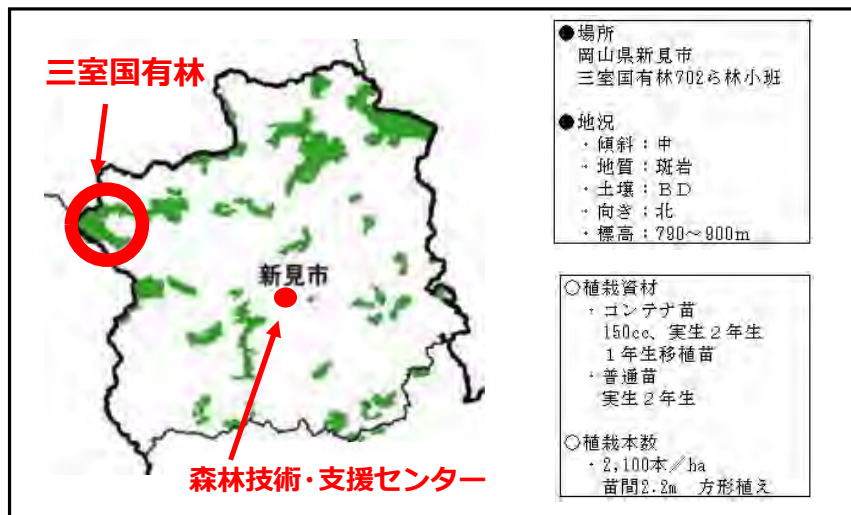


図-1 植栽試験地の詳細

これまでの経過としては、平成 25 年 7 月頃までに一貫作業システムにより約 5 ha の皆伐を実施しています。同年 8 月と 10 月、翌年 5 月のそれぞれの時期に一定の区画を設け、ヒノキコンテナ苗及び普通苗を植栽し、現在 11 年生の林分になっています。施業履歴としては、平成 29 年に下刈りを 1 回実施しています。

また、調査地における現在までの経過は写真-1 のとおりで、5 年目に下刈りを実施しています。

なお、11年目の写真は、現在の様子ですが、7月に撮影すると植栽木が確認しづらかったため、10月に撮影しています。

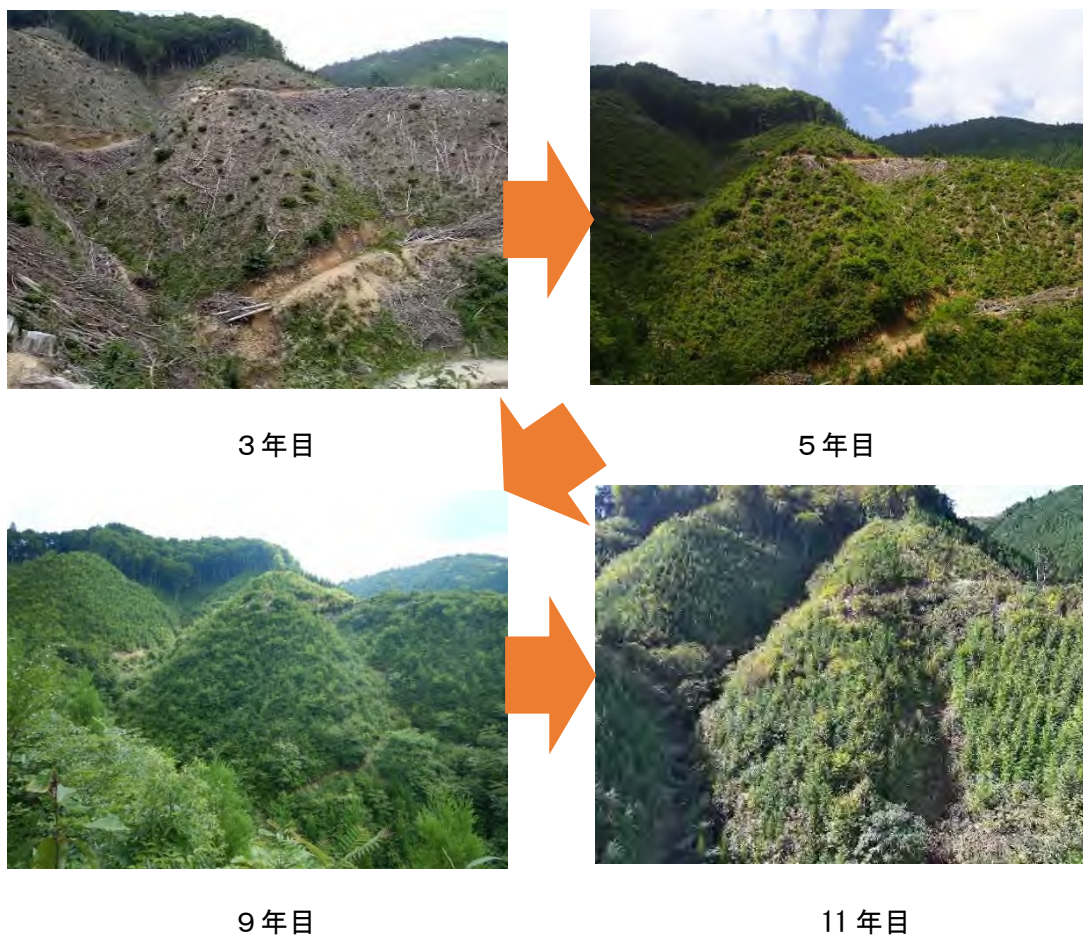


写真-1 現在までの経過

3 これまでの成果

(1) 活着率比較試験

コンテナ苗の活着率（図-2）については、これまで植栽不向きとされていた夏植えが、秋植え、春植えと遜色ない良好な結果であったのに対し、普通苗の夏植えは7割程度の活着しかありませんでした。

また、全ての季節を通じた活着率は、コンテナ苗が約9割、普通苗は約8割とコンテナ苗の方が良好でした。

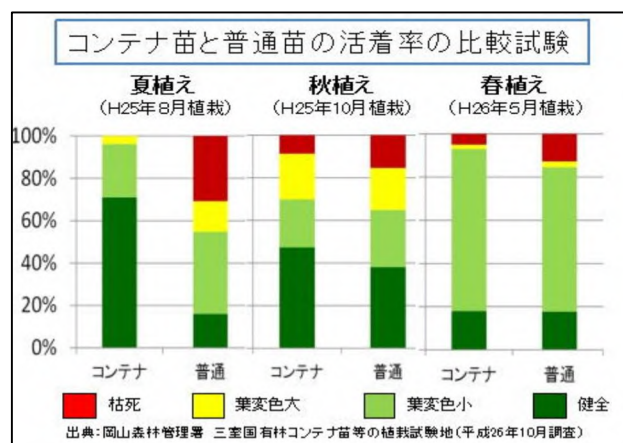


図-2 コンテナ苗と普通苗の活着率 (近畿中国森林管理局 HP より引用)

(2) 初期成長

次に、植栽後約4年経過した平成28年成長量の調査結果です。

樹高(図-3)については、いずれの時期もコンテナ苗は普通苗と比べ同等か高くなっています。

根元径(図-4)についても、コンテナ苗は普通苗と比べ同等か太くなっています。

このことにより、初期段階では、コンテナ苗は良好に成長していました。

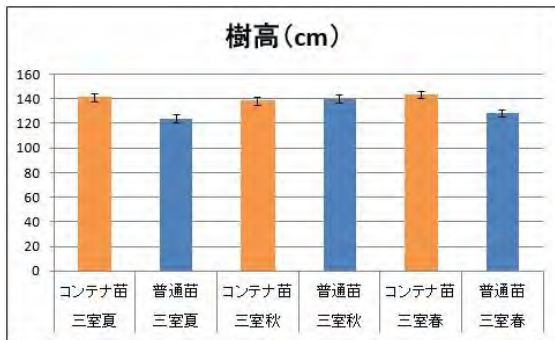


図-3 樹高の推移

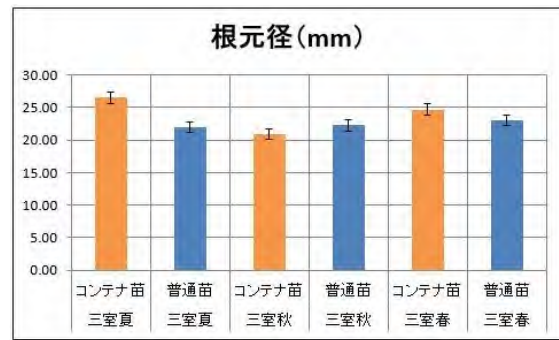


図-4 根元径の推移

4 調査内容

(1) 調査項目

当初の試験地を活用し、10年程度経過した林分の現況を調査しました。コンテナ苗と普通苗を植栽時期ごとに各51本、計153本ずつ、合計306本について樹高、胸高直径を測定・比較しました。

(2) 試験地位置

試験地の位置(図-5)については、図下方が北で標高が低くなっており、斜面の向きは北向きです。



図-5 試験地の位置

5 調査結果

(1) コンテナ苗の植栽時期毎に係る生育状況

樹高、胸高直径について、Tukey法による多重比較により検定を行いました。

まず、樹高(図-6)は、植栽時期毎に有意差はなく、胸高直径(図-7)は、秋植えと春植えに有意差がありました。

このことから、コンテナ苗は夏植えであっても、秋植え・春植えと遜色なく良好に成長していました。

樹高

植栽時期	夏植え	秋植え	春植え
平均値 (cm)	454	446	435

Tukey法による多重比較

夏植え	a	植栽時期による有意差なし。
秋植え	a	
春植え	a	

*異なるアルファベットは平均値に有意差（5%水準）があることを示す。

図-6 樹高（コンテナ苗）

胸高直径

植栽時期	夏植え	秋植え	春植え
平均値(mm)	65.67	67.18	59.43

Tukey法による多重比較

夏植え	ab	秋植えと春植えに有意差あり。
秋植え	a	
春植え	b	

*異なるアルファベットは平均値に有意差（5%水準）があることを示す。

図-7 胸高直径（コンテナ苗）

(2) 普通苗の植栽時期毎に係る生育状況

コンテナ苗と同様に、Tukey法による多重比較により検定を行いました。

樹高（図-8）、胸高直径（図-9）ともに、夏植えと秋植えに有意差がありました。

このことから、普通苗の夏植えは、秋植えに比べやや劣る成長でした。

普通苗については、一般的には夏植えに不向きと言われてはいますが、今回の調査でもその結果が表れたのではないかと考えます。

樹高

植栽時期	夏植え	秋植え	春植え
平均値 (cm)	406	460	436

Tukey法による多重比較

夏植え	b	夏植えと秋植えに有意差あり。
秋植え	a	
春植え	ab	

*異なるアルファベットは平均値に有意差（5%水準）があることを示す。

図-8 樹高（普通苗）

胸高直径

植栽時期	夏植え	秋植え	春植え
平均値(mm)	56.68	64.92	60.72

Tukey法による多重比較

夏植え	b	夏植えと秋植えに有意差あり。
秋植え	a	
春植え	ab	

*異なるアルファベットは平均値に有意差（5%水準）があることを示す。

図-9 胸高直径（普通苗）

(3) コンテナ苗と普通苗の植栽時期毎に係る生育状況（夏植え）

次に、コンテナ苗と普通苗の植栽時期毎に係る生育状況を比較するため、樹高、胸高直径について、T検定による確認を行いました。

夏植えは、樹高（図-10）、胸高直径（図-11）ともに有意差がありました。

このことから、コンテナ苗の夏植えは、普通苗より成長が良い傾向でした。

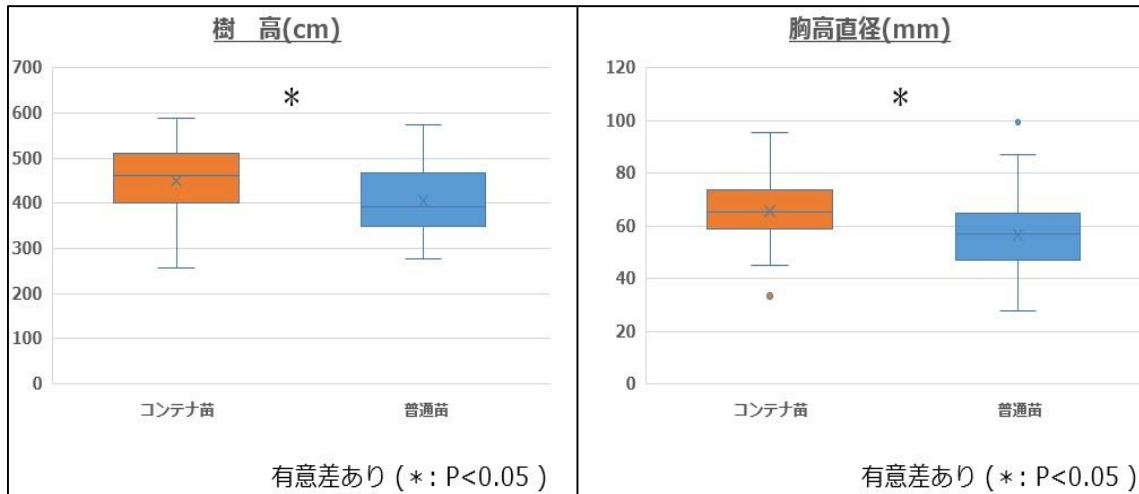


図-10 樹高(夏植え)

図-11 胸高直径(夏植え)

(4) コンテナ苗と普通苗の植栽時期毎に係る生育状況(秋植え)

秋植えは樹高(図-12)、胸高直径(図-13)ともに有意差はありませんでした。

このことから、コンテナ苗の秋植えは、普通苗と遜色なく良好に成長していました。

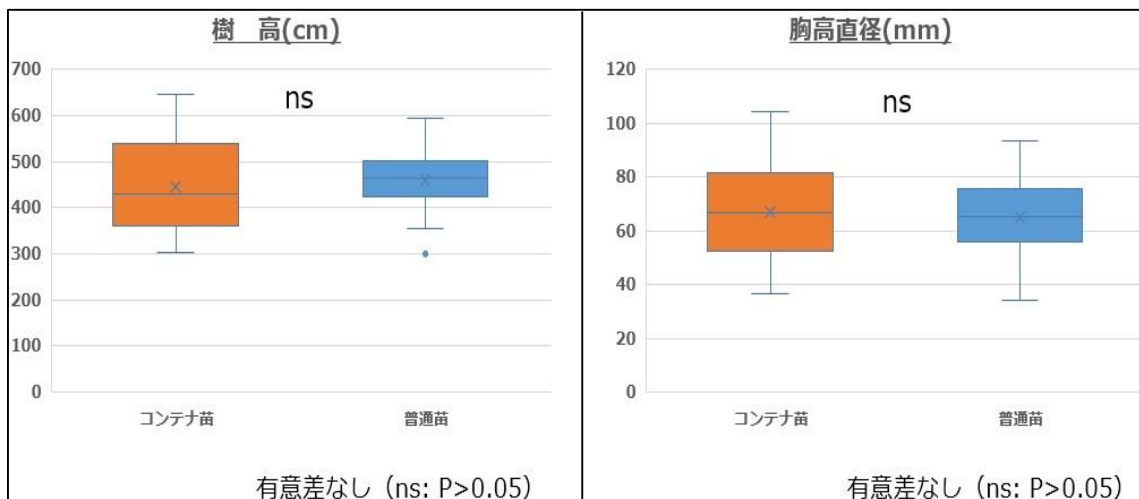


図-12 樹高(秋植え)

図-13 胸高直径(秋植え)

(5) コンテナ苗と普通苗の植栽時期毎に係る生育状況(春植え)

春植えは樹高(図-14)、胸高直径(図-15)ともに有意差はありませんでした。

このことから、コンテナ苗の春植えは、普通苗と遜色なく良好に成長していました。

コンテナ苗については、年間を通じて植栽可能と言われていますが、季節毎の生育状況の調査からもそのような結果が表れたのではないかと考えます。

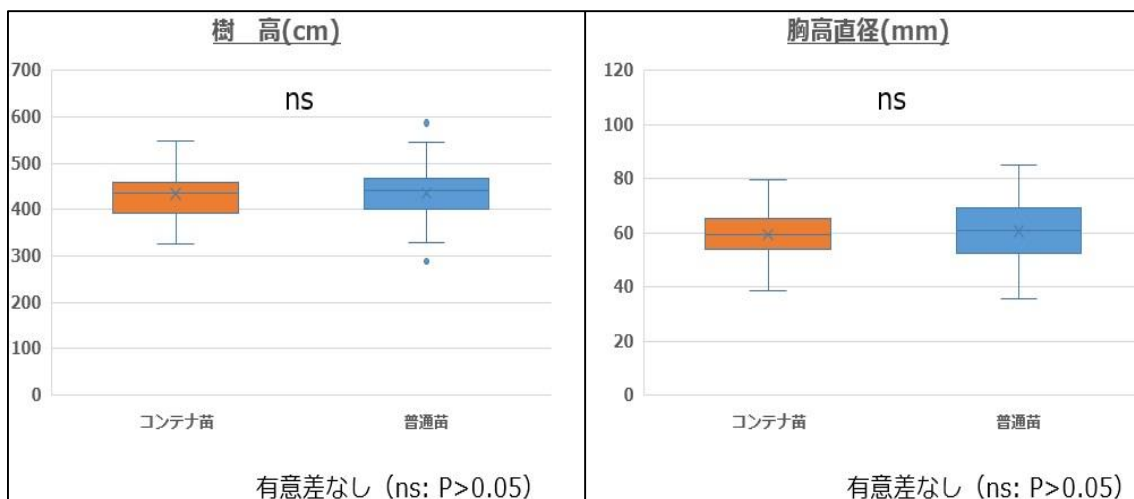


図-14 樹高（春植え）

図-15 胸高直径（春植え）

(6) コンテナ苗と普通苗の植栽時期毎に係る育成状況（全て）

最後に、全ての時期を集計し、コンテナ苗と普通苗に係る育成状況を比較しました。

樹高（図-16）は、有意差はなく、胸高直径（図-17）は、有意差がありました。

全ての時期を集計した結果からも、コンテナ苗は普通苗と遜色なく良好に成長していることが分かりました。

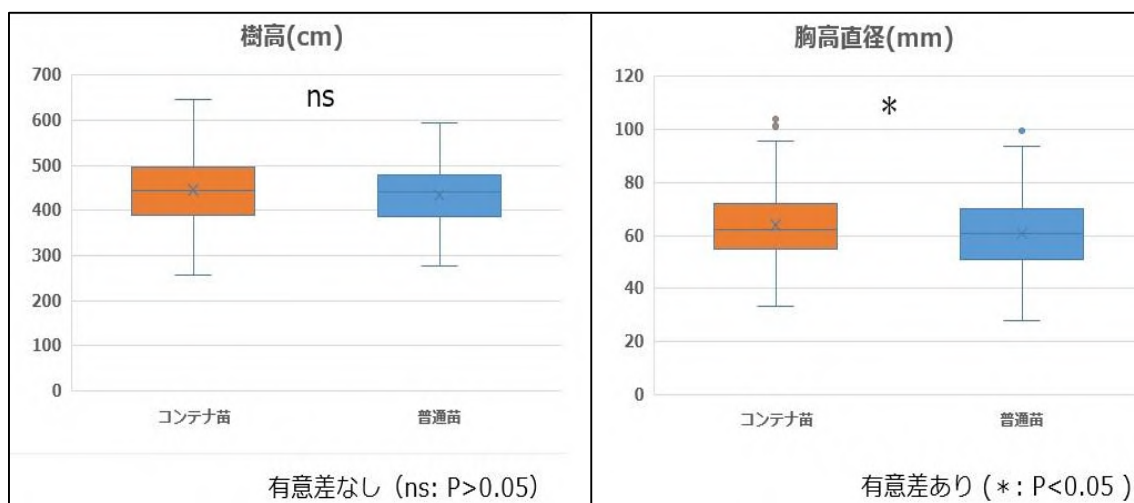


図-16 樹高

図-17 胸高直径

(7) コンテナ苗と普通苗の育成状況（収穫予想表）

現時点の育成状況を兵庫・岡山地域収穫予想表と比較しました。

樹高（図-18）、胸高直径（図-19）は、コンテナ苗・普通苗いずれも、1等地を上回る成長となりました。

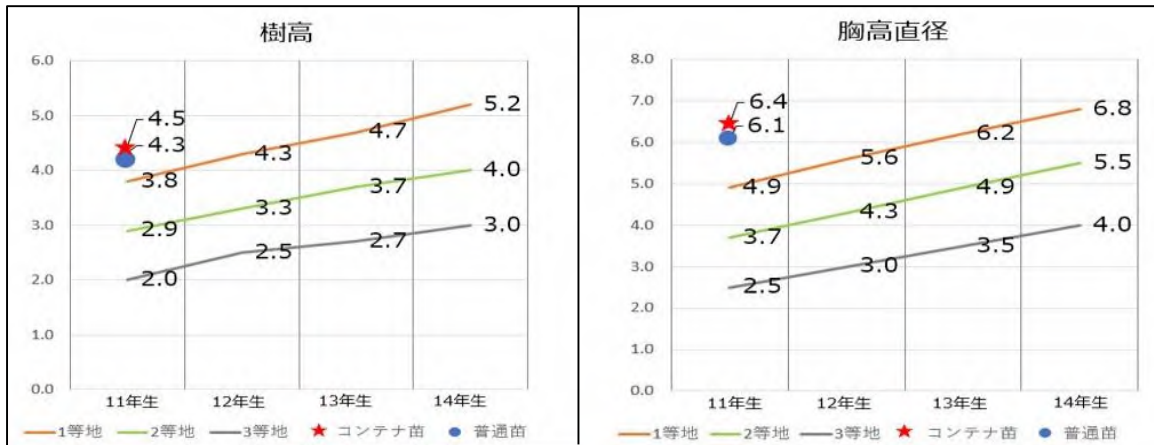


図-18 収穫予想表との比較（樹高）

図-19 収穫予想表との比較（胸高直径）

6 考察

コンテナ苗については、植栽時期を選ばず活着、初期成長ともに良好でした。

さらに、今回の調査結果から、植栽後約10年程度が経過しても良好な成長でした。

以上のことから、コンテナ苗については、植栽初期から10年程度を経過した現況においても普通苗と遜色なく順調に成長していることが確認できました。

今後は、主伐・再造林の取組を積極的に進めていくに当たって、一貫作業システムに欠かせないコンテナ苗について、これらの成果をもとに民有林等への情報発信に努めていきたいと考えています（図-20）。

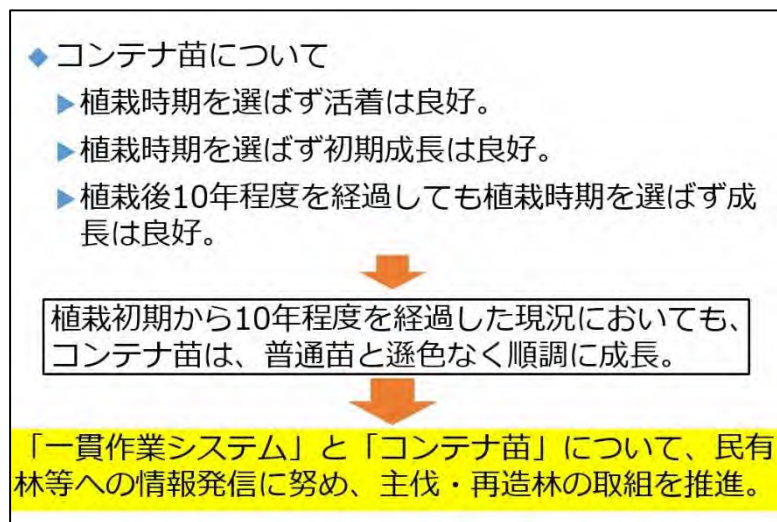


図-20 考察

引用文献

- 1) 諏訪鍊平、奥田史郎、山下直子、大原偉樹、奥田裕規（森林総合研究所関西支所）、池田則男、細川博之（林野庁近畿中国森林管理局森林技術・支援センター） 植栽時期の異なるヒノキコンテナ苗の活着と成長：日本森林学会誌、98 巻 4 号 P.176-179、2016
- 2) 近畿中国森林管理局 「技術開発課題のデータベース 伐採・植付一貫作業下でのコンテナ苗等の活着・生育実証」
https://www.rinya.maff.go.jp/kinki/sidou/gijyutukaihatu/attach/pdf/gijyutukaihatu_data-7.pdf（令和5年12月15日）

多雪区域における低密度植栽について

滋賀森林管理署 森林整備官 竹原 昇平
業務グループ 係員 ○宮崎 実周

1 はじめに

森林育成における雪害対策については、これまで様々な検討がなされており、滋賀森林管理署においても試験地を設定し調査を継続してきました。昭和 45 年度に滋賀県北部に位置する奥伊吹国有林（図－1）において、面積 1.05ha の試験地を設定し、昭和 46 年 4 月にスギ ha 当たり 1,000 本植栽を実施しています。この試験地は多雪区域で低密度植栽を実施することにより、造林木にどのような影響を与えるか調査研究することを目的に設定されたもので、昭和 46 年度、昭和 53 年度及び昭和 59 年度に対照地とのコスト比較、生長量調査等を当時の大阪営林局林業技術研究発表等において報告してきたところです。

本試験地はすでに廃止となっており、小班合併した 1.05ha の元試験地区域のおおよその位置は特定できていますが、対照地の位置は資料不足により特定できていない状況となっています。

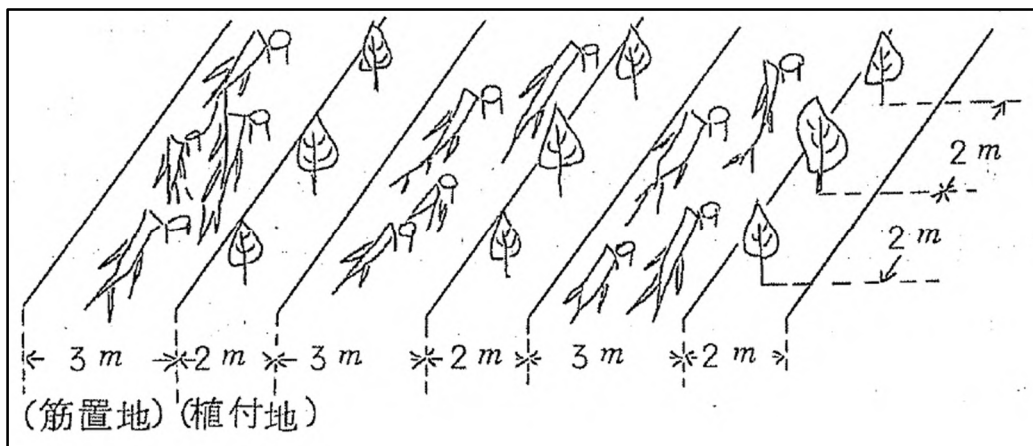
低密度植栽を実施した元試験地は、令和 5 年度時点で林齢 53 年生となっています。この元試験地が現段階でどのように生育したか調査結果を報告します。



図－1 試験地位置図

2 元試験地の概要

元試験地は、滋賀県米原市曲谷に位置する奥伊吹国有林に所在しており、屈指の多雪区域です。「少なく植えて、大切に育てる」ことを目的として、昭和 45 年 9 月に試験地を設定し、昭和 46 年 4 月に ha 当たり 1,000 本のスギを 1.05ha の試験地区域に植栽しました。当時の植栽方法は、植栽木同士の間幅を 2 m 確保、横幅の列間を 5 m で植栽することを原則とし、1 本当たり 5 m × 2 m とし 10 m² の面積を確保し、尾根から谷へ向けて列状に植付作業を実施しています（図－2）。



図－2 植付方法（若林 1971）

元試験地の施業内容等は表－１のとおりです。

昭和46年4月に植栽し、下刈は7回実施しています。また、元試験地が多雪区域ということもあり、11年連続で倒木起こしを実施しています。昭和60年以降の施業は実施しておらず、無間伐の林分となっています。

表－１ 施業履歴

西暦	元号	林齢	作業種（元試験地）			備考
			倒木起	下刈	その他	
1970	昭和 45					9月試験地設定
1971	昭和 46	1		下刈	植栽	
1972	昭和 47	2		下刈	根踏	
1973	昭和 48	3		下刈		
1974	昭和 49	4	倒木起	下刈		
1975	昭和 50	5	倒木起	下刈		
1976	昭和 51	6	倒木起	下刈		52豪雪
1977	昭和 52	7	倒木起	下刈		
1978	昭和 53	8	倒木起			
1979	昭和 54	9	倒木起		つる切	
1980	昭和 55	10	倒木起			56豪雪
1981	昭和 56	11	倒木起		除伐	
1982	昭和 57	12	倒木起			
1983	昭和 58	13	倒木起			59豪雪
1984	昭和 59	14	倒木起		枝払	
1985	昭和 60	15				
合計			11回	7回		

3 調査方法及び調査結果

まず無人航空機により上空から現地を確認し、元試験地内の成林している区域 0.58ha で調査を行うことを決定しました。

その後、地上レーザ計測機器により、林分を調査しました。

地上レーザ計測機器とは、機器から照射されるレーザにより森林内の胸高直径、樹高、材積等を計測し、データ化して活用できるというものです。

計測間隔は約7mとし、一筆書きとなるようルート設定して約200地点でデータを収集しました。



写真－１ 地上レーザ計測機器による調査

4 調査結果

(1) 調査結果

無人航空機の撮影による元試験地の状況は写真-2のとおりです。白ラインがおおよその元試験地の位置です。元試験区全体で見ると約6割が成林し、残りの4割が広葉樹化していることが分かります。広葉樹化の原因については過去の資料が現存していないため、分かりませんでした。

調査区域 0.58ha (5,758 m²) 内の立木本数は 378 本、材積 480 m³ となり、ha 当たりの本数は 656 本、ha 当たり材積が 833 m³ となりました。また、立木調査結果から胸高直径の平均が約 40 cm、平均樹高は約 21.1 m となり、調査区域内 378 本の形状比 (H/D) の平均が約 53 となりました。矢高については、平均約 5 cm という結果が得られました (表-2)。

表-2 調査結果

調査区域内本数	378 本
調査区域内材積	480 m ³
ha 当本数	656 本
ha 当材積	833 m ³
平均直径 (D)	40cm
平均樹高 (H)	21.1m
形状比 (H/D)	53
矢高	5cm



写真-2 試験地位置

(2) 樹幹の細り率

樹幹の細り率については図-3のとおりです。調査区域内の 30 本を無作為で抽出しています。対照区がないので単純に比較することはできませんが、広島森林管理署新元重山国有林で令和元年度に調査されたデータ (図-4) よりは細り率が高くなっています。

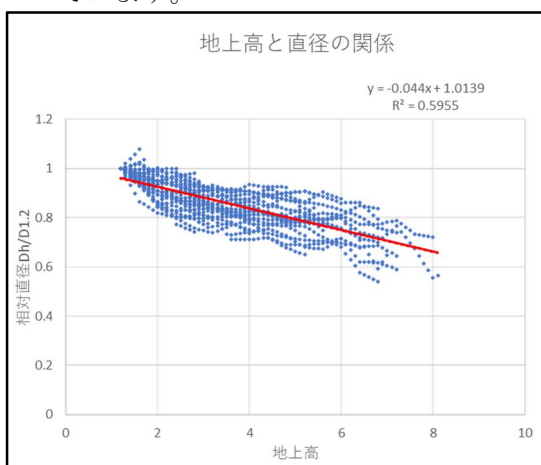


図-3 調査区域内の細り率

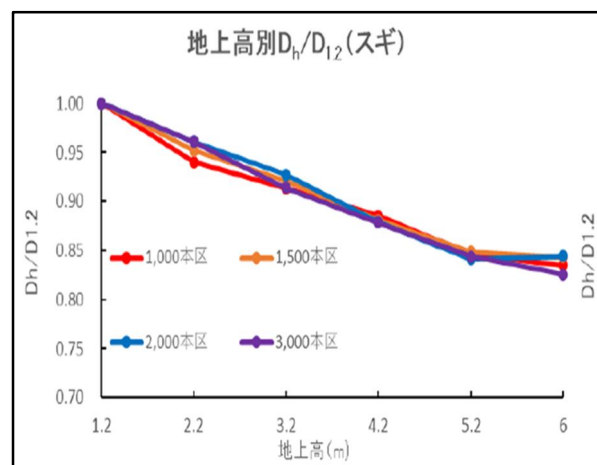


図-4 新元重山国有林試験地の細り率
(広島森林管理署 HP より引用)

5 考察

多雪区域において低密度植栽を実施した結果、この奥伊吹国有林の元試験地においては、全体の4割程度が広葉樹化しているものの、6割程度は良好に成林していることが分かりました。

調査区域から算出した ha 当たりの本数は 656 本で、ha 当たり材積が 833 m³となりましたが、無人航空機の撮影により元試験地の約4割が広葉樹化していることを確認していますので、元試験地全体で考えた場合、ha 当たりの本数及び材積の数値は若干減るものと考えました。また、調査区域内の立木調査結果から調査区域内 378 本の形状比の平均が 53 となったことや樹幹の細り率の結果から、全体的にややウラゴケの傾向にあるものの、形状比が 70 を大きく下回り、風雪害に強い林分となっている可能性があることが分かりました。

昭和 45 年度の試験地設定当時から、「少なく植えて、大切に育てる」ことを基本に調査に取り組んできました。令和 5 年度時点において元試験地内の林分は良好に生育しており、今後の豪雪等により、どのように林分状況が変化していくか調査を継続していく考えです。

参考文献

- 1) 若林嘉兵衛 多雪地帯の疎植造林：昭和 46 年大阪営林局 林業技術研究発表、1971
- 2) 若林嘉兵衛 多雪地帯の疎植造林（第 2 報）：昭和 53 年大阪営林局 林業技術研究発表、1978
- 3) 若林嘉兵衛 多雪地帯の疎植造林（第 3 報）：昭和 59 年大阪営林局 業務研究発表、1984
- 4) 広島森林管理署 「令和 5 年度 再造林の省略化に向けた低密度植栽試験地の検証報告に係る現地検討会」
https://www.rinya.maff.go.jp/kinki/sidou/foresuter/attach/pdf/5nengentiken_toukai-1.pdf (2023 年 12 月 1 日)

低コスト省力造林の取組について
～オルソ画像を活用した下刈省略区域の判定～



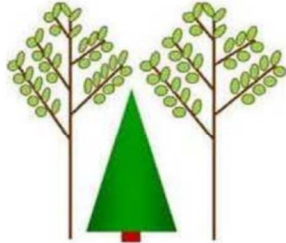
三重森林管理署 業務グループ 係 員 ○那須 満まる
北勢森林事務所 首席森林官 篠原 庄次

1 背景

地拵、苗木代、植付、下刈に要する造林初期費用は、立木販売収入のほぼ倍となっており、主伐による収入をもって再造林経費を賄えない現状にあります。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」の実現に向けて、低コスト造林は不可避であり、そのためには造林初期費用の約50%を占める下刈経費の削減が非常に重要です。

このため、新植地における下刈の実施に当たっては、これまで画一的に全ての区域において実施してきたところですが、雑草木の繁茂の程度を「競合状態区分表」（表－1）に照らして、下刈の要否を判断することとし、不要と判断した区域については下刈を省略することによって、下刈経費の低減を図っているところです。

表－1 競合状態区分表

C1	C2	C3
		
樹冠の梢端が雑草木から露出 【下刈省略】	樹冠の梢端と雑草木の高さが同じ 【下刈省略を検討】	樹冠が雑草木に埋もれている 【下刈を実施】

上記の方法により下刈の要否を判断するためには、植生の繁茂状態や植栽木と雑草木の競合状態を現地で目視により確認していますが、植生の繁茂状態や雑草木との競合状態は、標高、傾斜方向、地形等の条件により区々です。写真－1は新植地の尾根付近を撮影したもので、写真－2は同じ新植地の中腹付近を同一時期に撮影したのですが、同一の新植地であっても、植生の繁茂状態が大きく異なります。



写真－1 植生が少ない尾根付近
(福王山国有林21ろ林小班)
(2023. 7. 28撮影)



写真－2 植生が多い中腹付近
(福王山国有林21ろ林小班)
(2023. 7. 28撮影)

このように、新植地における植生の繁茂状態や雑草木との競合状態の全容を把握するには、全域において踏査する必要があるため、相当の時間と労力を要していることが課題となっています。

本研究では、現地調査の負担軽減を目的として、ドローンにより撮影した画像を用いて、植生の繁茂状態や雑草木との競合状態を効率的に把握する手法について検討しました。

2 調査方法

翌年度に下刈の対象となる4年生の林分（悟入谷国有林30ほ林小班）と2年生の林分（福王山国有林21ろ林小班）について、全域をドローン（Autel EVO II Pro V3。写真-3）により撮影しました。撮影に当たっては、自動で飛行・撮影できるように事前にプログラミングを行っています。



写真-3 Autel EVO II Pro V3

撮影した画像はAgisoft Metashapeを使用してオルソ化し、DEM（数値標高モデル）も作成しました。そのオルソ画像とDEMをGISに展開して、陰影図並びに植生高図を作成し、これらを用いて植生の繁茂状態を確認するとともに、植栽木と雑草木との競合状態を判断する「C区分判定」の可否を検討しました。

3 結果

(1) 植栽木がある程度成長した林分におけるC区分判定

写真-4から写真-8まで及び図-1から図-3までは、いずれも悟入谷国有林30ほ林小班のものです。この林小班の施業履歴については、2018年12月に主伐、2019年11月に植栽、2021年7月に下刈を実施しています。

写真-4は2022年5月2日に撮影したオルソ画像です。植栽後3年を経過して（当時は4年生の林分）、植栽木もある程度成長しているため、画像から植栽木の判別が可能です。

写真-5は約3ヶ月後の2022年7月28日に撮影したオルソ画像です。写真-4と比べて全体的に植生が繁茂し、地表が雑草木に覆われていることが確認できます。写真-5では、植栽木と雑草木が同系色のため、これらを判別することができず、オルソ画像だけでは競合状態を判断することが困難です。



写真-4 オルソ画像（区画①）
（2022. 5. 2撮影）



写真-5 オルソ画像（区画①）
（2022. 7. 28撮影）

そこで、ドローンで撮影した画像から高低差の計測データであるDEMを作成して、そのDEMから図-1のような陰影図を作成し、この陰影図も用いてC区分判定を試みました。図-1では、尖っている部分が多数確認でき、これらの位置は写真-4の植栽木の位置と合致していることから、植栽木の樹冠と推測され、競合状態は「C1」と判断しました。実際の現地の状況については、写真-6のとおり植栽木の樹冠が露出している「C1」と確認できました。

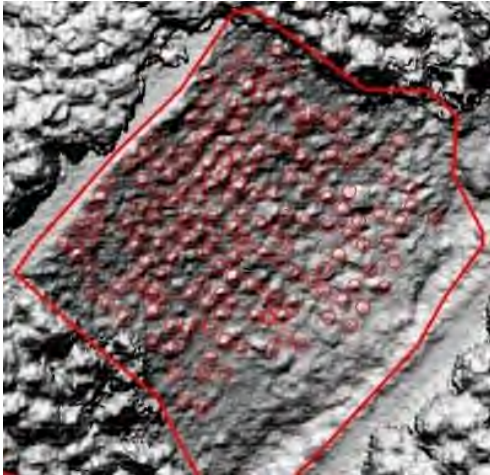


図-1 陰影図 (区画①)
(2022. 7. 28 撮影データから作成)



写真-6 現地の状況 (区画①)
(2022. 7. 28 撮影)

図-2及び写真-7は同一林小班の別の区画の陰影図及び現地の状況の写真です。図-2では、植栽木の樹冠を確認することができないことから、雑草木に被覆されているものと推測され、競合状態は「C3」と判断しました。実際の現地の状況は、写真-7のとおり植栽木が雑草木に埋もれている「C3」と確認できました。

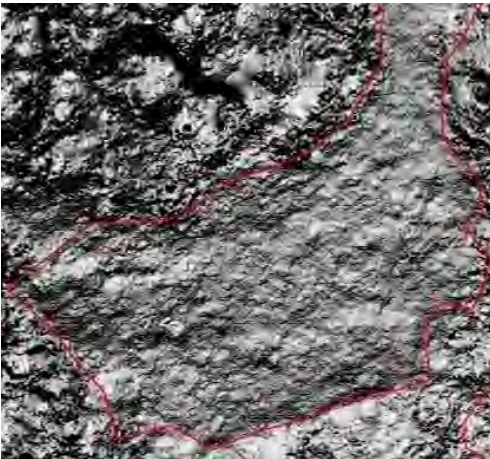


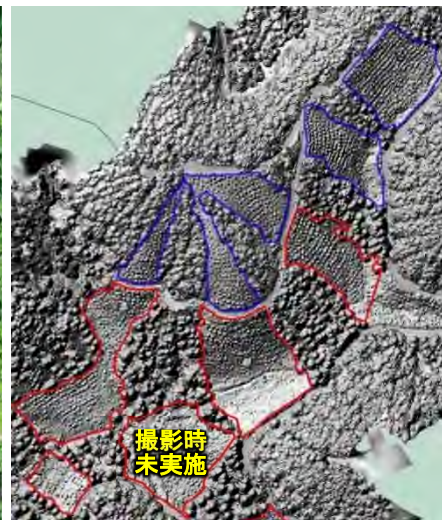
図-2 陰影図 (区画②)
(2022. 7. 28 撮影データから作成)



写真-7 現地の状況 (区画②)
(2022. 7. 28 撮影)

以上のように、この林小班におけるC区分判定は、現地を目視して判定した結果とオルソ画像及び陰影図を用いて判定した結果が一致しました。このため、オルソ画像等を用いたC区分判定の結果に基づき、翌年度の下刈実行区域と省略区域を決定しました。

下刈実行区域の下刈は、翌年度の2023年6月に実施し実施後のオルソ画像が写真-8です。下刈を省略した区域であっても植栽木が確認でき順調な生育が認められます。これを陰影図にしたものが図-3で、植栽木が更に明確に確認できます。



(上) 図-3 下刈後の陰影図
(2023. 8. 28 撮影データから作成)

(左) 写真-8 下刈後のオルソ画像
(2023. 8. 28 撮影)

(2) 植栽木が小さい林分におけるC区分判定

写真-9は2023年8月28日に撮影した福王山国有林21ろ林小班のオルソ画像です。この林小班は2022年4月までに主伐を完了し、同年11月に植栽を行っています。このオルソ画像からは、植生の繁茂は確認できますが、当時は秋植えして1年足らずの2年生の林分であったため、植栽木が小さく存在を確認することが困難な状況です。

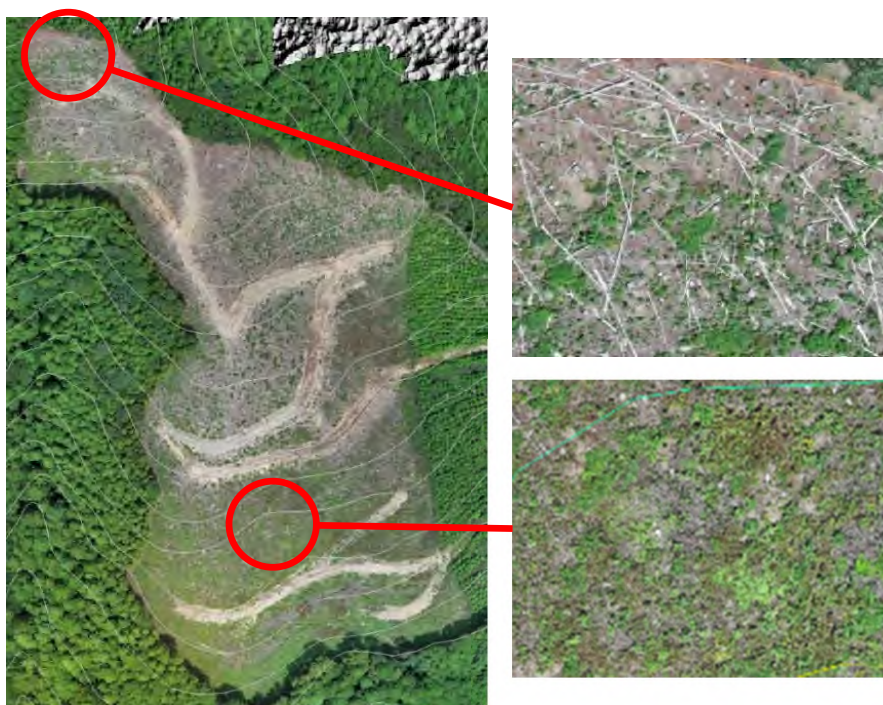


写真-9 オルソ画像 (2023. 8. 28 撮影)

そこで、DEMから算出した植生高を視覚化した植生高図を作成し、それを用いてC区分判定を試みました。植生高は、伐採直後と植生繁茂後における地表面の標高差が該当すると推定して、伐採直後に撮影・作成したDEMと植栽後植生が繁茂している状態を撮影・作成したDEMとの差から求めました。図-4は求めた植生高をGISに展開したオルソ画像上に表示した植生高図で、赤色が濃くなるほど、植生高が高いことを表しています。

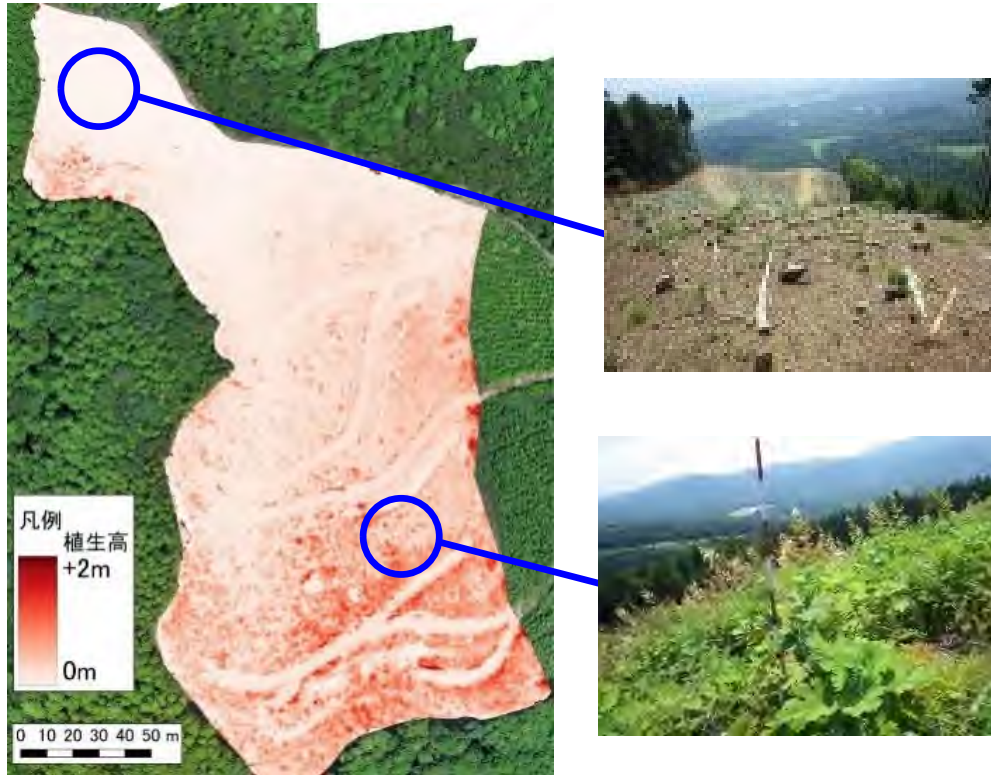
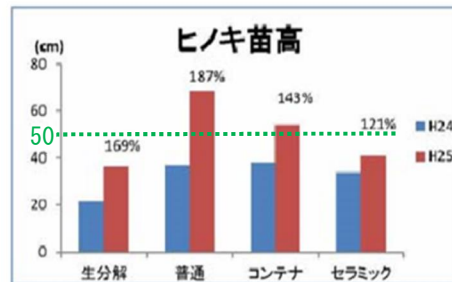
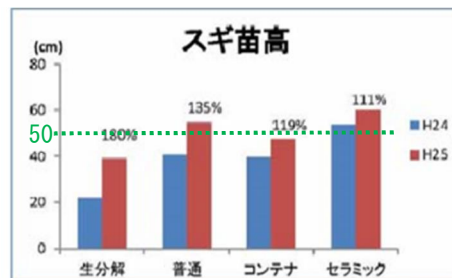


図-4 植生高図（植生高を視覚化）

この林小班に植栽した苗木は、苗長が35cm以上のコンテナ苗ですが、コンテナ苗を植栽して1年後の苗長は約50cmと推定されること（近畿中国森林管理局 森林技術・支援センターの試験研究データによる。図-5）から、図-4において植生高が50cm以上の区域は雑草木が優勢な状態と考えられます。

図-4から植生高が50cm以上の区域を抽出した植生高図が図-6です。この図の赤色で表示した区域の植生高は50cm以上であり、この区域の競合状態を「C3」と判断し、翌年度下刈を実行することになりました。植生高が50cm未満の区域や植生が疎らな区域については翌年度の下刈を省略することになりました。図-7は翌年度の下刈実行区域と省略区域を表示したもので、全域の約4割の区域について下刈の省略が可能と判断しました。



近畿中国森林管理局
森林技術・支援センター資料

図-5 スギ・ヒノキの苗高¹⁾



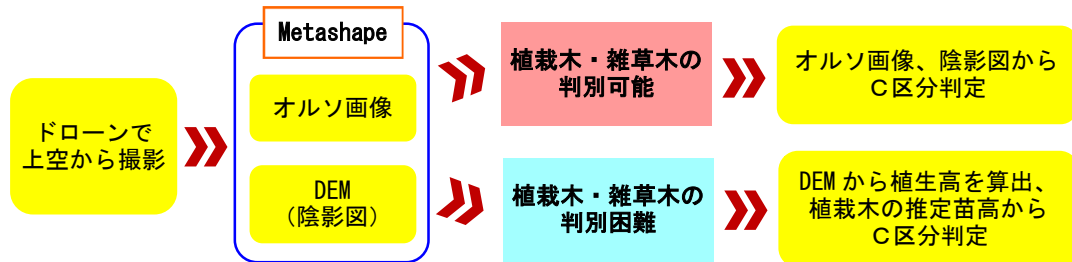
図－6 植生高図（植生高 50cm 以上を抽出）



図－7 下刈実行・省略区域を表示

(3) ドローンによるC区分判定の手順

上記(1)及び(2)の手順を図－8にまとめます。ドローンにより撮影した画像をオルソ化するとともにDEMや陰影図を作成し、GISに展開して解析します。植栽木がある程度成長しており、雑草木と判別できる場合は、これらのオルソ画像等からC区分判定を行います。植栽木が小さく雑草木と判別できない場合は、伐採直後と現時点の2つのDEMから植生高を求め、植生高が植栽木の推定苗高以上の区域は「C3」と判断します。



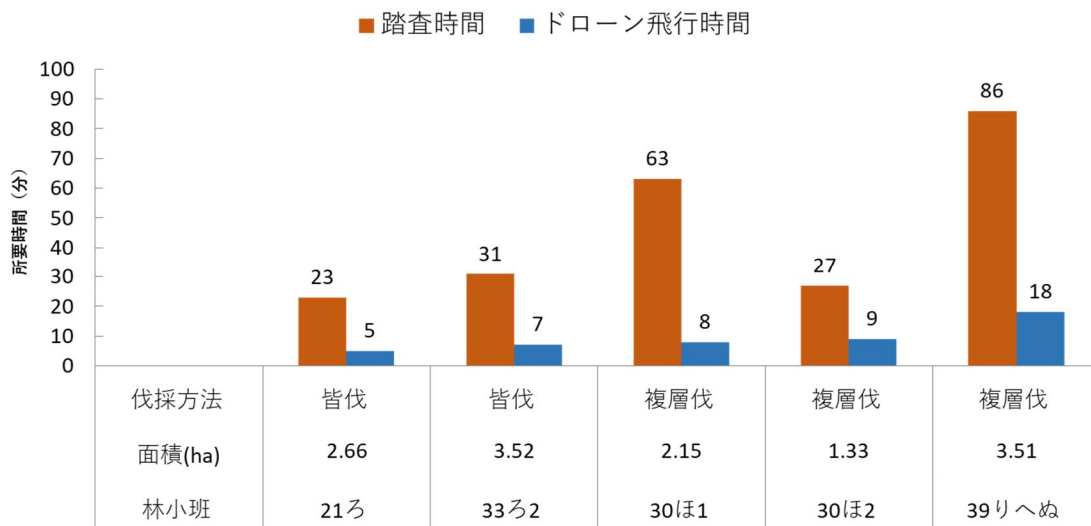
図－8 手順とりまとめ

(4) ドローンの活用による調査時間の短縮

C区分判定をドローンを活用して行うことにより、どの程度調査時間を短縮できたかを検証しました。図－9は各林小班におけるC区分判定に要する調査時間について、踏査による場合とドローンを活用した場合を比較したグラフです。

調査時間の短縮の程度は、地形、残存木の状況、面積、路網の有無等の条件により様々です。踏査による場合、国有林が導入している带状伐採法による複層林では、残存している立木により遠望できず、現地まで移動するために時間がかかり、場所によっては1時間以上要した箇所もありました。また、シカ防護柵を設置している箇所では、迂回を

強いられることで時間を要しました。一方、ドローンを活用した場合、5～18分ほどの飛行時間で撮影を終了したことから、踏査と比較して大幅に調査時間を短縮することができました。



図－9 調査時間の比較

4 まとめ

ドローンで撮影して得られたオルソ画像から、新植地における植生の繁茂状態を容易に把握することができました。また、オルソ画像及び陰影図上で植栽木・雑草木の判別が可能な林分では、樹冠の梢端が雑草木から露出している「C1」かそうでないかの判定が可能でした。さらに、植栽木と雑草木の判別が困難な林分でも、DEMから求めた植生高が植栽木の推定苗長を超えている区域については、樹冠が雑草木に埋もれている「C3」と判定することができます。これらの手法を用いた植栽木と雑草木の競合状態の判定によって、翌年度の下刈実行区域と省略区域を区分することができました。

このことにより、現地での調査時間を大幅に短縮できたほか、オルソ画像等をGISに展開することで、下刈実行区域の面積計測や図面作成などの事務に要する労力を軽減することができました。

ただし、ドローンで撮影した画像は撮影高度、天候、日照方向、日影等により、解像度が大きく影響されることから、撮影時の条件をよく把握した上で、調査に臨む必要があります。なお、オルソ画像等からでは「C2」と「C3」の違いは判定できませんでした。

また、下刈を実行することとした区域を現地に標示する際には、作業道や地形の明瞭な変化点などの目印が必要になるため、画像のみから判定した区域と下刈実行区域は必ずしも一致しないことに注意が必要です。

本研究による成果も踏まえ、引き続きICT機器を活用することにより、現場業務の簡略化と負担軽減を図っていきたいと思います。

引用文献

- 1) 近畿中国森林管理局 森林技術・支援センター 「伐採・植付一貫作業下でのコンテナ苗等の活着・生育実証」シカ被害対策研究の成果と課題についての現地検討会(平成26年10月9日～10日)資料

GNSS 機器（モバイルマップパー）の精度検証と活用方法の考察
～林業現場でのより精度の高い活用を目指して～

岡山森林管理署 業務グループ 係 員 ○根村 輝
係 員 ○伊藤 由希
新郷森林事務所 森林官補 ○笹原 真華

1 はじめに

(1) GNSS 測量とは

近畿中国森林管理局ではモバイルマップパーを導入し、立木の収穫調査において GNSS 測量の活用に取り組んでいます。

GNSS (Global Navigation Satellite System) とは衛星測位システムのことで、複数の測位衛星からの電波を受信することにより、位置を特定するシステムです。

GNSS 測量の利点として、従来のポケットコンパスを用いた測量と比較して、刈払いの省略、必要な道具の減少などから少人数で測量が可能である点が挙げられます。

欠点としては、地形・天候等の周囲状況で測位精度が左右される点、測点ごとの計測になるため閉合誤差のような一連の測量成果としての精度の評価が難しい点などが挙げられます。

また、モバイル端末への苦手意識や後述の後処理補正等の複雑な工程から、敬遠されてしまっており、実際に GNSS 測量を実施できる職員が少ない現状にあります。

(2) 背景

GNSS 測量を区域測量に使用する際の条件については、近畿中国森林管理局収穫調査規程及びその運用において定められており、要約すると以下のとおりです。

- ・測定面積は 1 ha 以上、測点間隔は 20m 以上とする
- ・計測時の PDOP 値は 4 以下が望ましい
- ・計測点での計測時間は 60 秒以上とする
- ・後処理によるディファレンシャル補正及びマルチパス補正（以下、「後処理補正」という。）を必ず行う

※PDOP 値：上空の測位衛星の配置等による測位精度への影響度を示す数値

しかし、これらの条件に基づいて測量を行うなかで、後処理補正により区域が異様に変形したり、PDOP 値を小さくする方法が不明確であったり、不便さや疑問を感じるがありました。

そこで本研究では、様々な条件下での精度を検証し、林内における精度の高い測量方法を確立することを目的としました。

2 方法

公共測量による測量成果をもつ境界標をモバイルマップパーで GNSS 測位することにより精度を検証しました。

境界標の直上で胸の高さに機器を持ち、モバイルマップパー50 及び 60 による測位を行いました。計測時間は 30 秒とし、計測時間による測位精度の違いを調査するため、一部の箇所では 30 秒間の計測に加え、同地点を計測時間 60 秒でも計測しました。測点の周囲の傾斜を目測で記録し、それらが測位精度に与える影響も調査しました。

また、理想的な条件下（開放空間）でのモバイルマップパーの性能を把握するため、電子基準点においても同様の調査を行いました。

調査は岡山森林管理署管内の国有林内の境界標計 188 点及び電子基準点 4 点(図-1、写真-1) で計測を行いました。

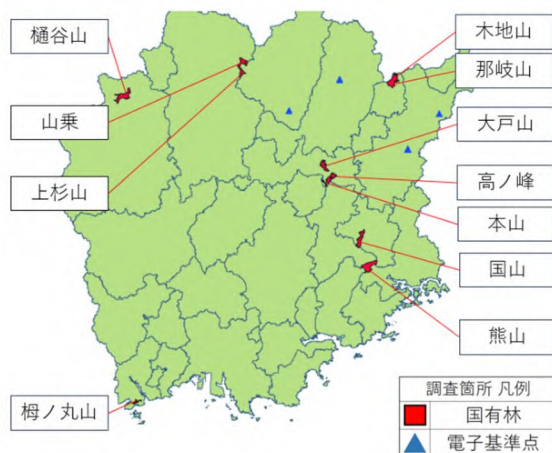


図-1 調査地



写真-1 電子基準点

得られた測量成果は、Mobile Mapper Office6.0 及び国土地理院が提供している電子基準点データを使用して後処理補正を行いました。その後、後処理補正を行う前後の測量成果を QGIS に取り込み、計測機能を用いて既存の測量成果との誤差を計測し、精度の検証を行いました。

3 結果

(1) 電子基準点での計測結果(表-1)

開放空間においては、補正前では 2m 前後、補正後では 1m 前後の誤差で測位が可能であることがわかりました。

表-1 電子基準点での計測結果

電子基準点	使用機器	測定時間(s)	PDOP値	補正無 誤差(m)	補正有 誤差(m)
岡山加茂A	MM 6 0	30	0.99	2.12	0.51
岡山加茂A	MM 5 0	30	1.17	3.18	0.70
鏡野	MM 5 0	30	1.42	2.58	1.25
作東	MM 6 0	30	0.94	1.58	0.85
作東	MM 6 0	60	1.08	1.38	0.68
岡山大原	MM 6 0	30	1.10	2.03	0.80
岡山大原	MM 6 0	60	1.16	0.71	0.46

(2) PDOP 値と後処理補正の有無による誤差の比較

PDOP 値が 2 以下、2 超 4 以下、4 超のそれぞれの場合について補正の有無別に誤差をグラフ化しました(図-2)。

PDOP 値が大きいくほど誤差も大きくなりました。これは、PDOP 値が測位衛星の配置が位置精度への影響度を表していることと合致しています。

また、後処理補正の有無に着目すると、PDOP 値が 2 以下の場合には後処理補正により精度が良くなる一方、PDOP 値が 2 よりも大きい場合には補正をしない方が、精度が高いという結果になりました。

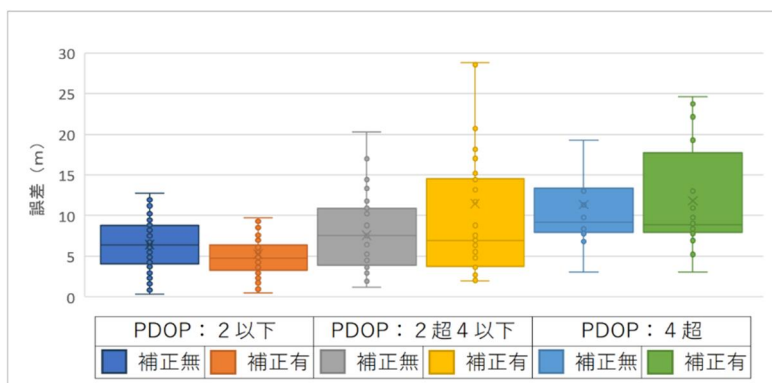


図-2 PDOP 値別の補正前後の誤差

(3) 測点周囲の傾斜による PDOP 値への影響

目測の傾斜が 0～15 度の箇所を「緩」、15～30 度の箇所を「中」、30 度以上の箇所を「急」とし、傾斜区分ごとの PDOP 値の分布をグラフ化しました (図-3)。

傾斜「中」では半数以上の測点で、傾斜「急」ではほとんどの測点で PDOP 値が 2 を超えました。

立木調査を行う場所では平均傾斜が 30 度を超える場合も多く、傾斜区分で言えば「中」～「急」が想定されます。これらのことから、後処理補正をしない方が精度の良い成果を得られるのではないかと考えます。

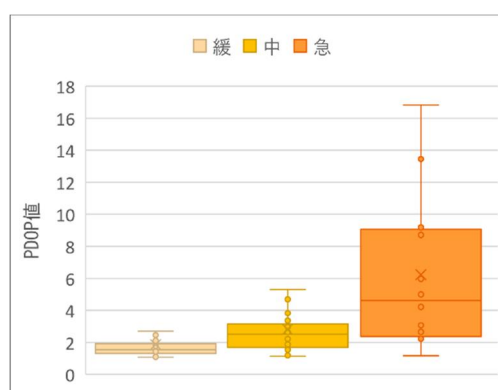


図-3 傾斜区分ごとの PDOP 値

(4) 計測時間と後処理補正による誤差の比較

樋谷山国有林及び山乗国有林において、同じ境界標を計測時間 30 秒と 60 秒でそれぞれ測位し、計測時間と後処理補正の有無による誤差の比較を行いました (図-4)。計測時間 60 秒で後処理補正をしない場合が最も誤差が少なく、精度が高いという結果になりました。

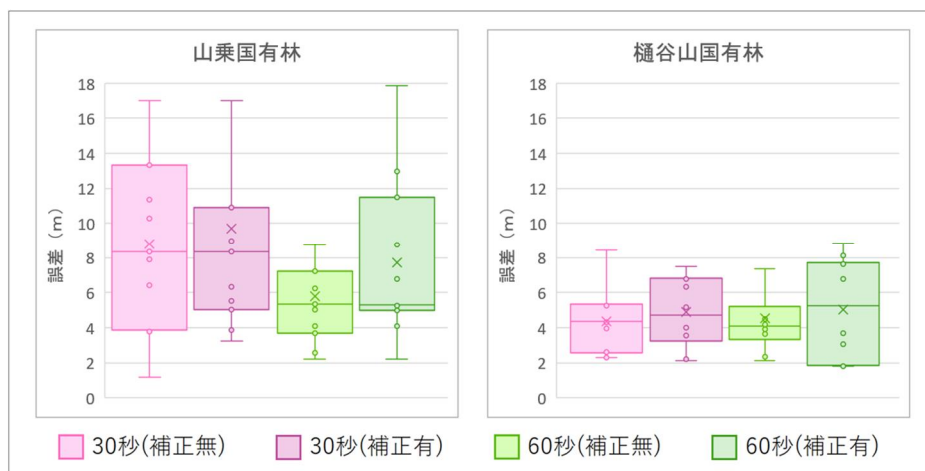


図-4 計測時間ごとの補正前後の誤差

(5) 時間経過と PDOP 値の推移

図-5は国山国有林及び上杉山国有林で調査を行った際の、1点目の測位開始時点からの経過時間とPDOP値の推移を表したグラフです。

測位開始直後はPDOP値が不自然に高く、国山では10分弱、上杉山では30分程度かけて安定した数値に収束しました。

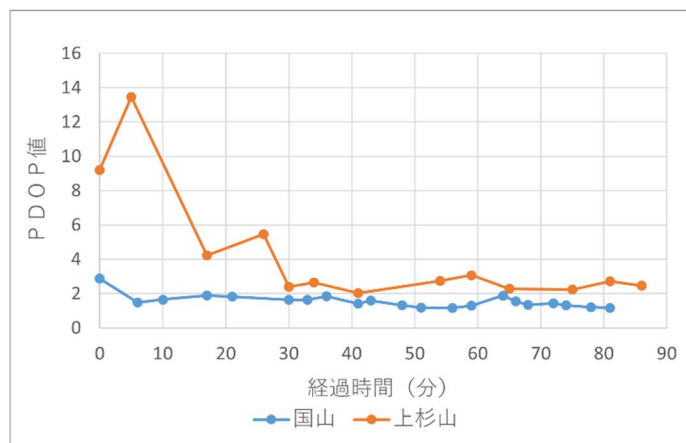


図-5 時間経過によるPDOP値の推移

また、調査箇所によってPDOP値が収束するまでの時間が異なる原因が、衛星の電波の受信環境にあるのではないかと考えました。

そこで、開放空間において、端末が衛星に接続された直後から定点で30秒間の測位を繰り返して、PDOP値が収束するまでの時間を調査しました(図-6)。調査の結果、開放空間では数分で収束する様子が見られたことから、電波の受信環境の良さが、収束までの時間に影響していることが分かりました。

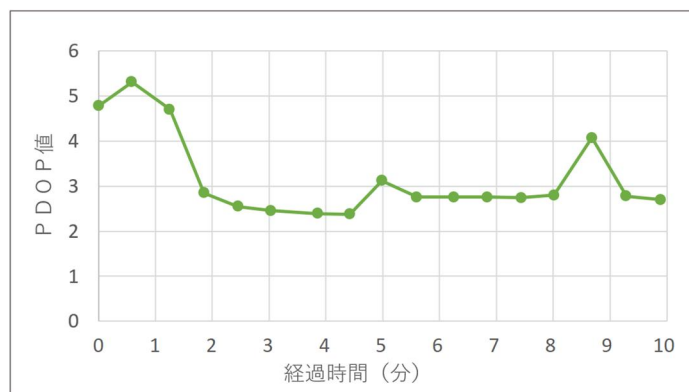


図-6 開放空間でのPDOP値の推移

4 まとめ

今回の調査結果から、林内において最も高い精度でGNSS測量が実施できる手順は以下のとおりであることが分かりました。

- ・モバイルマッパーを衛星と接続させてから、開けた場所で15分程度待機させる
- ・その後、測量を開始し、各測点で60秒間の計測を行う
- ・測量終了後、持ち帰ったデータは後処理補正を行わず、そのまま測量成果とする

5 今後の展望

モバイルマッパーの後処理補正は工程が複雑なことや、専用ソフトが必要であることから、GNSS 測量における最難関であり、この測量方法が敬遠される大きな要因となっています。しかし、後処理補正を行う必要が無くなれば、今まで敬遠していた職員層にも GNSS 測量が広まっていくのではと考えています。

また、さらなる GNSS 測量の普及を進めるため、本研究の結果をもとに GNSS 測量を始める前のモバイルマッパーの操作から、測量、データの取り出しまでをまとめた手順書を作成しました（別紙）。

作成した手順書の通り GNSS 測量を行い、得られた測量成果と同地点におけるコンパス測量成果を比較したところ、図-7の通りとなりました。測量区域の線形は概ね合致しており、面積も大きく変わらないことが分かりました。

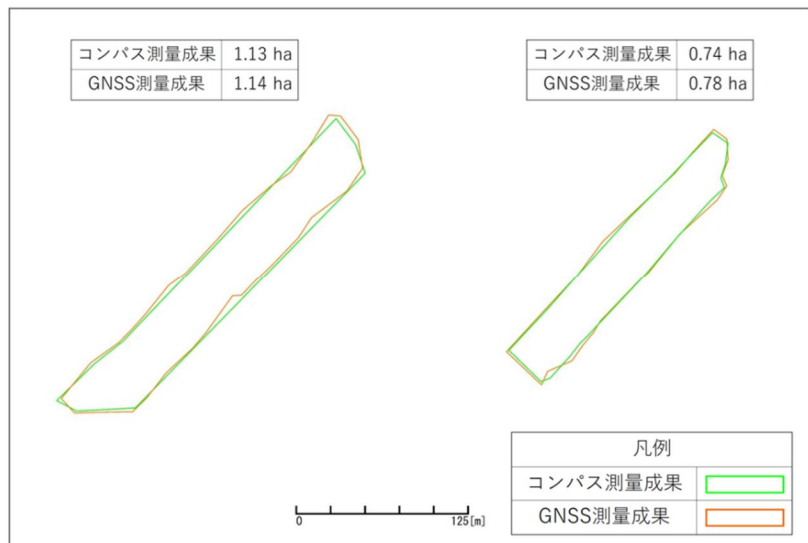


図-7 コンパス測量成果と手順書準拠のGNSS測量成果の比較

6 おわりに

現時点では収穫調査規程と矛盾する部分があるため、作成した手順書の配布等はできませんが、将来的にこの手順書が局内で普及することにより、GNSS 測量へのハードルを下げ、区域測量はもちろん、図面修正や不明標の搜索、作業道の線形の把握など様々な分野でも、より積極的に GNSS 測量が活用されることを目指していきたいと考えています。

参考文献

- 1) 収穫調査規程（昭和 55 年 8 月 28 日付け 55 大利第 314 号大阪営林局長通知）最終改正 令和 5 年 3 月 29 日付け 4 近資第 129 号
- 2) 収穫調査規程の運用について（昭和 55 年 8 月 28 日付け 55 大利第 315 号大阪営林局長通知）最終改正 令和 5 年 3 月 29 日付け 4 近資第 130 号


モバイルマップパー50・60を使用したGNSS測量の手順書

1 GNSS測量を始める前に...

(1) MMAD アプリの起動後、以下の通りに操作して端末を衛星に接続してください。

- ①、②の順にボタンを押し、GPSメニュー（画像2枚目）を開きます。
GPSメニューから③「接続」を押すと、衛星との接続が始まります。




- (2) 端末が衛星に接続されたことを確認します。
(左下の衛星アイコンが  から  に変われば接続完了です。)
- (3) なるべく開けた場所（林道など）で15分程度待機させてください。

2 測量の開始

目的の地点に移動して測量を開始します。

(1) GPSメニューを開き、④「測量支援」を押すと、地図表示画面の右下に測量ウィンドウが追加されます。（画像2枚目）



- (2) 測量ウィンドウの⑤  ボタンを押すと、基準点情報ウィンドウが開きます。
- (3) ⑥を押すと測位が開始されるので、その場で60秒間モバイルマップパーを静止させて測位を行ってください。
- ⑦「確定する」を押すと測位結果を確定できます。
- (4) 基準点情報ウィンドウに戻るので、⑧「OK」を押すと測点が確定し、地図に測点のアイコンが表示されます。
- (5) 始点のみ測点を確定する際に、保存するファイル名を入力する画面が出ますので、後から分かる名前を入力してください。

別添

- (6) 測点には杭を設置してください。
 - (7) 各測点で(2)～(5)を繰り返し、終点（1点目と接続する点）で測点を確定する前に、基準点情報ウィンドウを下にスクロールし、⑨「接続先番号」に始点の測点番号を入力してください。
- 接続条件欄の⑩「▽」を押し、⑪「結合」を選択した後、測点を確定してください。



これで、現地での作業は完了です。

3 測量データの取り出し

測量データの取り出しには、データを保存したいSDカードと、モバイルマッパーの機種ごとに対応したメモリーダや、変換アダプタが必要です。

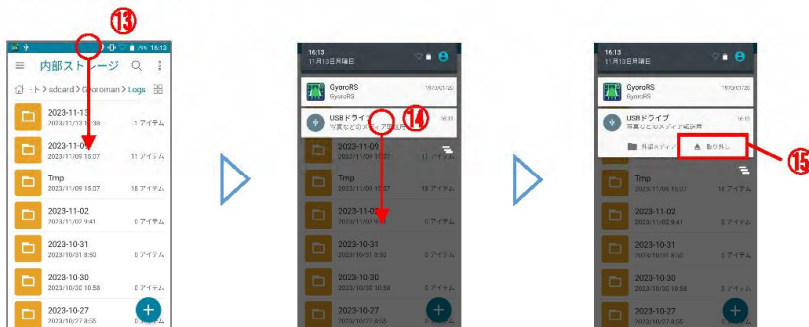
(SDカードを始めてモバイルマッパーに接続する場合は、別紙を参考にSDカードのフォーマットを行ってください)

- (1) SDカードとメモリーダをモバイルマッパーに接続し、ストレージ管理アプリ（ファイルマネージャー）を起動します。
- (2) 測量データは、

「内部ストレージ」>「Gyoroman」>「Logs」>「yyyy-mm-dd」（年月日）に、保存されています。

測量データを移動またはコピーで「USB ドライブ」（SDカード）に移してください。

- (3) 画面最上部のステータスバー⑬を下にスワイプした後、⑭を下にスワイプすると、⑮「取り外し」が表示されるので押してください。
- (4) 「USB ドライブを安全に取り出しました」と表示されたのを確認して、SDカードを取り外してください



タケニグサの繁茂する再造林地における早期下刈りの有効性について

兵庫県立森林大学校 専攻科2年 ○阪上 碧海
○前田 諄

1 課題を取り上げた背景と目的

下刈り作業は、身体的負担の大きい夏季（7～8月）に集中するので、他の時期に行うことができれば労働力の分散や労働負荷の軽減が期待できます。穂山（2022）は、鹿児島県で春季の5月下刈りを行ったところ、夏季に行う下刈りと同様の効果があり、有効であると報告しています。この結果を兵庫県で適用するには、兵庫県の造林地植生での検証が必要です。兵庫県中央部のニホンジカ（以下、シカと略します）が多く生息する地域では、シカの嫌いな多年草タケニグサが繁茂する再造林地（写真－1）が多く、場所によってタケニグサの草丈が毎年2m以上となるため植栽木を被圧する問題があります（写真－2）。そこで、タケニグサが繁茂する再造林地において、下刈りの身体的負担軽減を目的に、早期（5月）下刈りの有効性について検証を行いました。



写真－1 再造林地で繁茂するタケニグサ



写真－2 開花したタケニグサ
(7月11日撮影：草丈が2mを超える)

2 試験地と試験方法

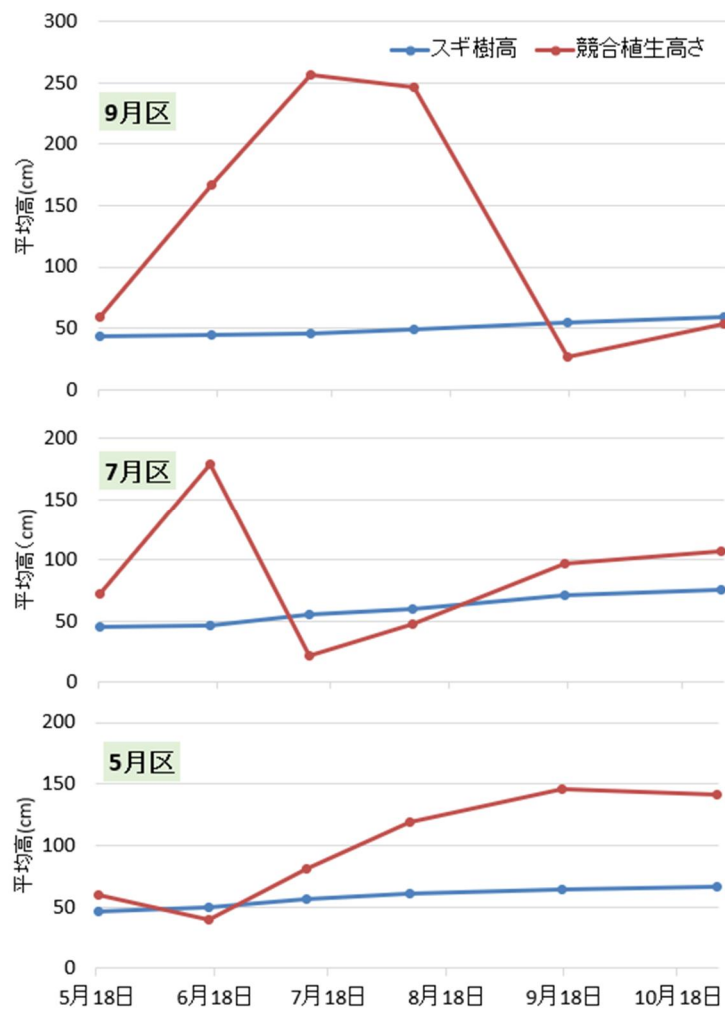
(1) 試験地

試験地は兵庫県養父市大屋町明延地内に位置するスギ再造林地です。面積は約2ha、東向き平衡斜面で傾斜は約35度です。2020年3月にスギを植栽後、シカの激しい食害とタケニグサによる被圧でスギ苗木の多くが消失し、2023年4月にスギを改植しています。

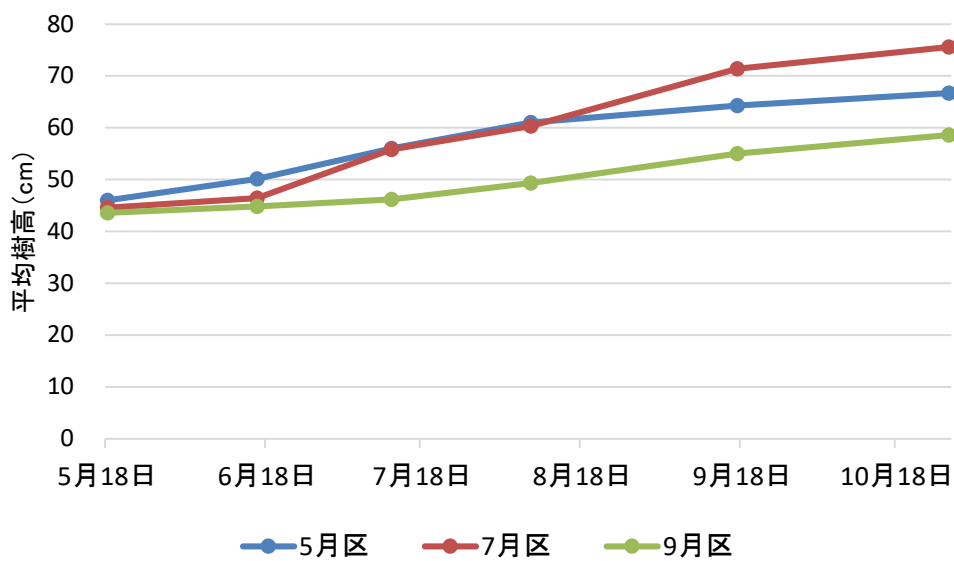
(2) 試験方法

2023年4月、幅10m、長さ30mのプロットを3区画設定し、斜面に向かって左から5月区、7月区、9月区としました（図－1）。それぞれの時期にその区画の下刈り（写真－3）を実施し、作業は、養父市森林組合が5月区は5月26日、7月区は7月7日、9月区は9月14日に実施しました。

スギ苗木は2m間隔で2,500本/ha、植栽し、各プロット内の中心近くの範囲のスギ15本にナンバリング（図－1）して、月ごとにスギの樹高、スギの周囲半径50cm以内で最も高い雑草木の種類、高さ、スギへの被圧状況を記録しました。被圧状況の区分は、山川ほか（2016）の基準に準じて、C1：スギ樹冠が雑草木から半分以上露出している、C2：スギの梢端が雑草木から露出している、C3：スギの梢端と雑草木の高さが同じ、C4：スギの梢端が雑草木に完全に埋もれている、の4区分としました（図－2）。



図一 3 各試験区におけるスギと競合植生の高さの推移



図一 4 各試験区におけるスギ平均樹高の推移

(2) 競合植生種

各試験区における競合植生種割合の推移を図-5に示しました。

5月区、7月区ではタケニグサを刈り払った後、切り株からタケニグサが萌芽再生しましたが、8月以降はベニバナボロギクが急速に繁茂し、草丈が5月区は約150cm、7月区は約100cmでした。9月区では、タケニグサがほぼ枯れかかっている状態であったため切り株からの萌芽はみられず、ベニバナボロギクが繁茂しましたが、草丈は50cm程度にとどまりました。

現地の観察からタケニグサは、7月には開花し、8月には結実して9月には枯れ始めることから、8月以降は切り株から萌芽再生しにくくなると推察され、雑草木間の競争に勝ったベニバナボロギクが繁茂したと考えられました。

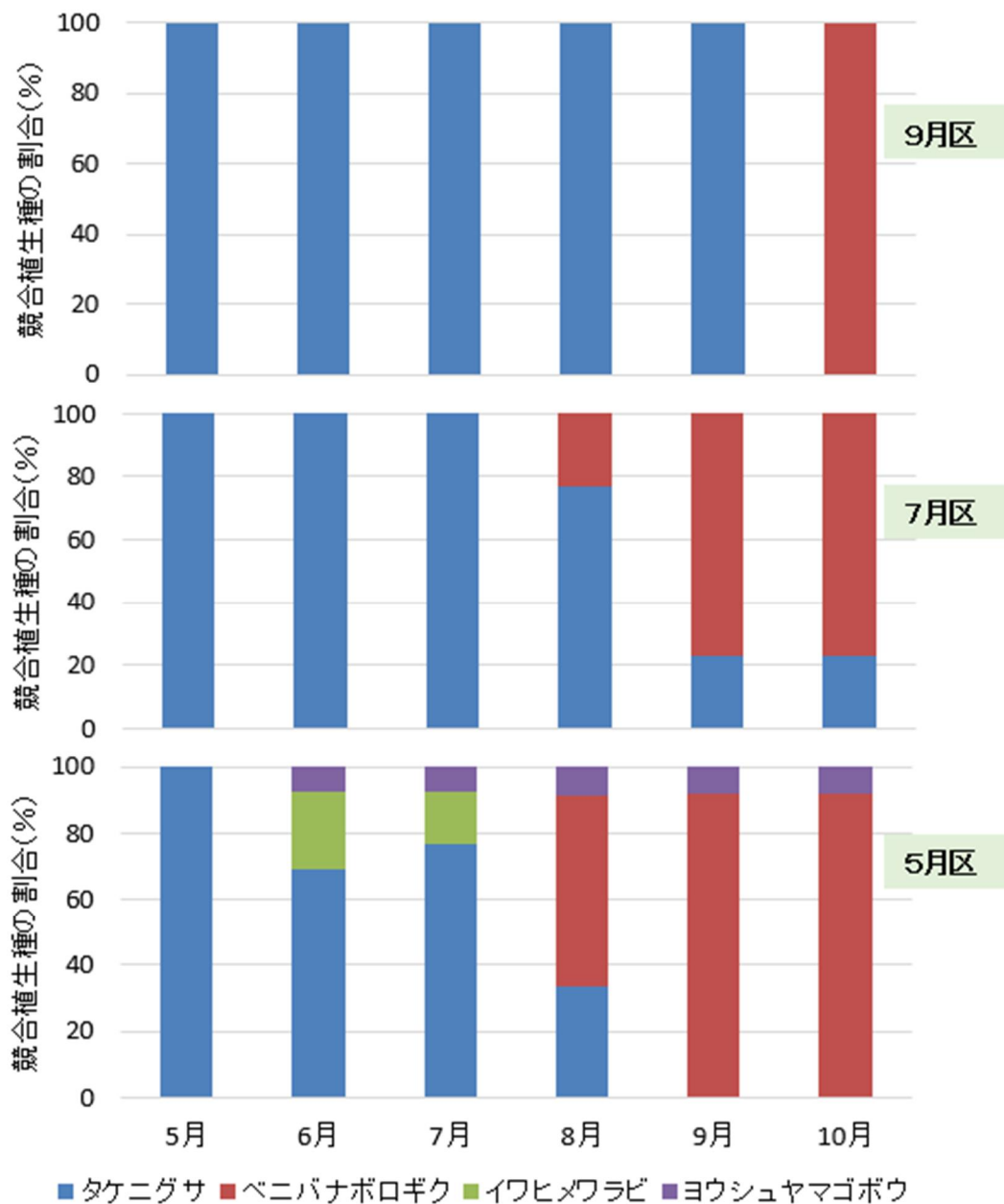


図-5 各試験区における競合植生種割合の推移

(3) スギの被圧状況

各試験区におけるスギ被圧状況割合の推移を図-6に示しました。

C4になるとスギ樹高成長は著しく低下する(山川ほか 2016)といわれています。C4に注目してみると、7月区は、成長期の7~8月にC4がないことがわかります。スギが7月区で旺盛な成長を示した(図-4、写真-4)要因として、成長期の7~8月にスギが雑草木に被圧されなかったためと考えられます。5月区は、早期下刈りで5~6月にC4がほとんどなかったため7月までの初期成長が旺盛であった(図-4)と推察され、8月以降はベニバナボロギクに被圧されたため(写真-5)スギの成長が横ばいとなったと考えられます。9月区は、8月まで草丈の高いタケニグサに被圧され続けて(写真-6)、陽光が当たらなかったため生育が抑制された(図-4)と推察されます。

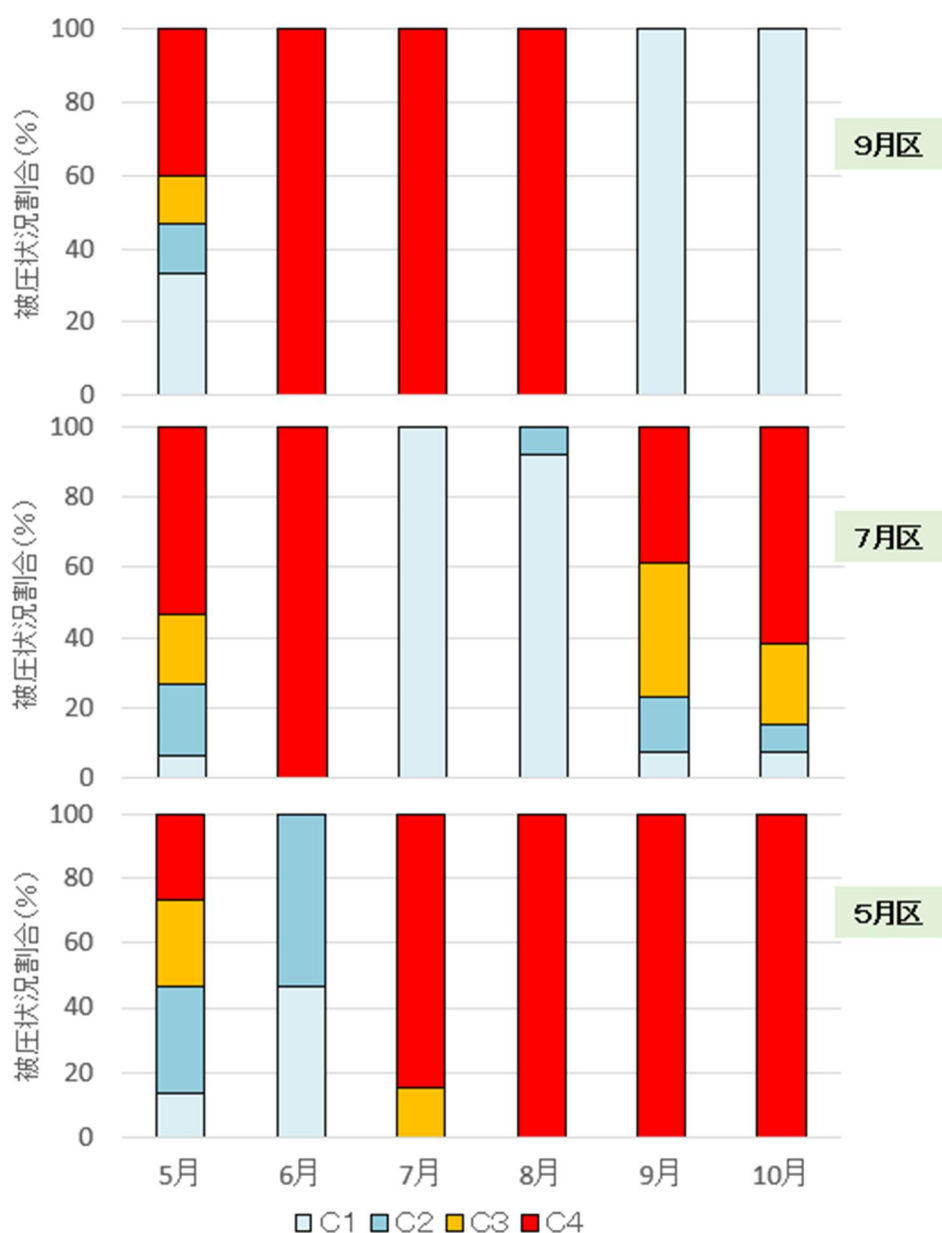


図-6 各試験区におけるスギ被圧状況割合の推移



写真-4 7月区のスギの状況
(9月17日撮影：旺盛な成長)



写真-5 5月区で繁茂する
ベニバナポロギク (8月8日撮影)



写真-6 9月区のスギの状況
(7月12日撮影：タケニグサが被圧)



写真-7 5月区の下刈り状況
(5月26日実施)



写真-8 7月区の下刈り状況
(7月7日実施：誤伐を確認)



写真-9 9月区の下刈り状況
(9月14日実施)

(4) 下刈り時の聞き取りと現地観察

各試験区の下刈り時の状況を写真－7、写真－8、写真－9に示しました。

下刈り時の作業のやりやすさについての聞き取り結果によると、5月区は、タケニグサの草丈は約60cm程度で、とても柔らかく、下刈り作業はやりやすいとことでした。刈り取った茎葉もすぐに萎れていました(写真－7)。7月区は、タケニグサの草丈は約250cm程度と高かったですが、茎葉は柔らかく、刈り取った茎葉は萎れていました。一方、スギの誤伐がみられました(写真－8)。タケニグサの草丈が高くてスギが見えにくかったとのこと。9月区は、タケニグサの茎が竹のように堅くなっていて、下刈り作業は行いにくかったとのこと。刈り取った茎葉にタケニグサ種子がたくさん付いていて、スギに覆い被さっていました(写真－9)。

4 まとめ

タケニグサの繁茂する再造林地で5月の早期下刈りを行った結果、スギ苗木の成長は8月までは良好でしたが、下刈り後の雑草木繁茂が旺盛で、通常の7月下刈りに比べて8月以降のスギの成長が抑制されました。5月下刈りでは、下刈り実施のタイミングが早かったと考えられます。

下刈り作業のやりやすさから考えると、7月以降、タケニグサの草丈が急激に高くなりスギ苗木が見えにくく誤伐リスクが高くなると思われます。また、茎が堅くなるため下刈り作業が行いにくくなると考えます。本試験地のタケニグサは成長のピークが7月であり、早めに成長を終える植物と考えられることから、6月下刈りでも7月下刈りと同様の効果があると推察します。今後、6月下刈りも視野に入れて検証を重ねていきたいと思えます。

引用文献

- 1) 穂山浩平 春季下刈りの有効性と下刈り回数削減の可能性を検証. 現代林業 675 : 44~47, 2022
- 2) 山川博美・重永英年・荒木眞岳・野宮治人 スギ植栽木の樹高成長に及ぼす期首サイズと周辺雑草木の影響. 日林誌 98 : 241~246, 2016

大亀谷国有林における都市近郊林の竹林対策について（経過発表）

奈良森林管理事務所 森林整備官 ○山中 芙美香
事務管理官 本谷 駿介

1 はじめに

従来から竹は、国内に広く分布しており、食用、建築資材、日用雑貨、工芸品等に利用されてきました。しかし、プラスチック等の代替材の普及や、安価な輸入品の増加により、竹材の利用量が減少し、放置竹林が拡大しています。

竹は成長が早く、繁殖力が強いいため、従来の植生が被圧され、森林の持つ公益的機能の低下が懸念されています。そのため、全国的に竹林対策の必要性が高まっています。

奈良県内の国有林においても同様に竹が侵入している状況で（写真－1）、特に北部の国有林は住宅地域に所在する都市近郊林であるため、景観や環境に配慮した対策が必要と考えられます。そこで、都市近郊林である大亀谷国有林をフィールドに、竹林の拡大を抑制するための効果的な対策を検証しました。



写真－1 国有林への竹侵入の様子

2 試験の概要

大亀谷国有林 31 に林小班内に 0.2ha の試験地を設定しました。令和 3 年度に、試験地内の従来の植生を残し、すべての竹の伐採・搬出を行いました。その上で、試験地を以下の 3 つの区域に分けました（図－1）。

(1) 樹種転換区域 (0.140ha)

試験地内に広葉樹を植栽し、毎年新たに発生するタケノコを駆除し続けることで、樹種転換をはかる区域

(2) 混合液処理区域 (0.057ha)

農薬によらない、環境に配慮した混合液を、竹及びタケノコに注入し、竹への影響を検証する区域

(3) 遮光処理区域 (0.003ha)

伐採した竹を玉切り、地面に敷きつめることで、新たに発生する竹への影響を検証する区域



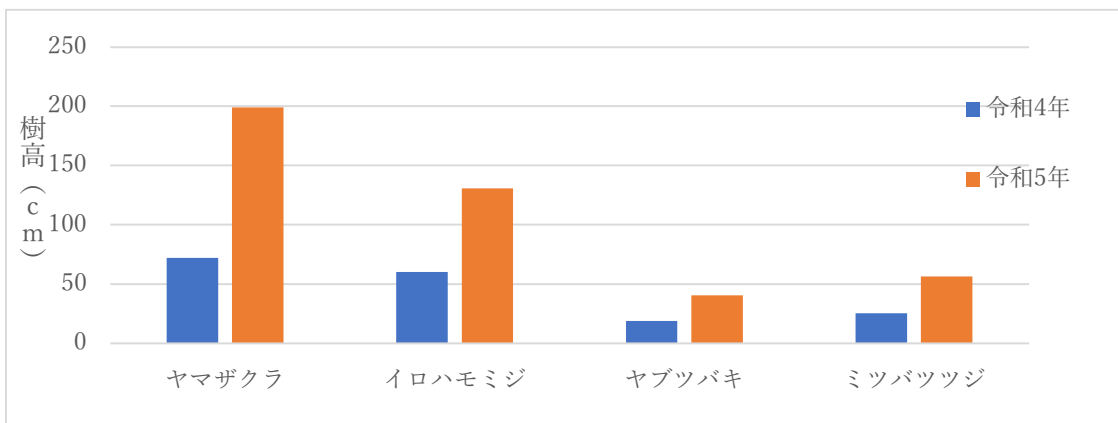
図－1 試験地概要

3 実行結果

(1) 樹種転換区域

樹種転換のための植栽木は、ヤマザクラ (30 本)、イロハモミジ (30 本)、ヤブツバキ (20 本)、ミツバツツジ (20 本) とし、それぞれに番号を付け、樹高の測定と生育状況を記録しました。樹種の選定にあたっては、景観に配慮するとともに、今後の維持管理を考え、住宅地側には高木にならない樹種としました。

植栽木の成長については、樹種による差が見られるものの、おおむね良好に成長しました (図－2)。



図－2 植栽樹種の成長

また、毎年新たに発生した竹を駆除し、年度ごとに駆除本数を比較したところ、新たに発生したタケノコの本数の推移については、令和4年度は1,034本でしたが、令和5年度は97本となり、大幅に減少する結果となりました（表-1）。このことから継続的な駆除により、タケノコの発生に一定の効果はあるものの、今後も駆除を続けていくことが必要と考えます。

表-1 タケノコの駆除本数

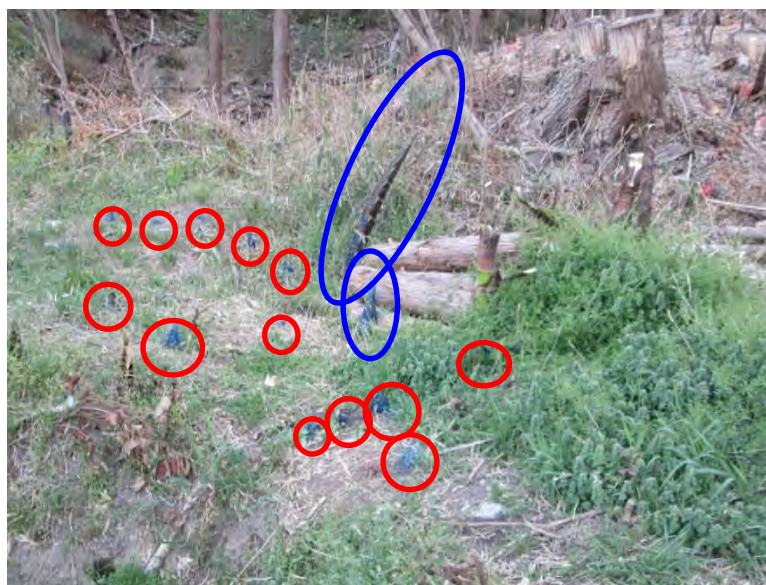
駆除月	令和4年度 駆除本数（本）	令和5年度 駆除本数（本）
3月	53	
4月	811	76
5月	139	21
6月	31	
合計	1,034	97

(2) 混合液処理区域

混合液処理区域は、竹及びタケノコに混合液を注入し、竹への影響を検証するために設定しました。この区域では、新たに発生したタケノコの駆除は行わず、混合液注入による効果のみを検証しました。

試験地が住宅地に近いことから、周辺環境に配慮し、食用酢と植物成分由来の食器用洗剤を1対1の割合で混合した液を使用しました。食用酢は、酸による生長の阻害を、食器用洗剤は発泡による通水障害等を想定して選定しました。

竹1本につき30mlの混合液を注入し、混合液の注入後、蒸発を防ぐため、穴をふさぎ、竹の伐根には赤スプレー、タケノコには青スプレーで色付けしました(写真-2)。令和4年3月には竹の伐根300本とタケノコ170本に、令和5年には竹40本に混合液を注入したところ、令和4年3月に処理したタケノコの約70%は成長が止まりました。



○ 効果あり ○ 効果なし

写真-2 混合液注入後のタケノコの様子

たが、令和5年7月に竹に注入した場合、効果は見られませんでした。

(3) 遮光処理区域

令和4年4月、伐採した竹の一部を、5m×6mの面積に約5段で敷き詰め、遮光しました(写真-3)。10か月後の令和5年2月には新たな竹が発生していたことから、十分な効果は認められませんでした(写真-4)。



写真-3 遮光処理区域の状況(令和4年4月)



写真-4 遮光処理区域の状況(令和5年2月)

4 考察

樹種転換区域については、継続的にタケノコを駆除することで、発生を減らすことが可能と考えます。また、植栽木が保全され、良好な生長につながったと考えられるので、今後も継続的に取り組み、検証していきます。

混合液処理区域については、タケノコに注入することで、一定の効果があることが分かりました。今後は、より効果的な処理方法の検証、継続的なデータ収集に取り組めます。

遮光処理区域については、効果がみられませんでした。引き続き経過を観察していきます。

以上の検証結果を踏まえ、今年度は、当試験地で現地検討会を開催しました。現地検討会では、奈良県、奈良市、五條市、吉野町、奈良水源林整備事務所が参加し、竹林対策に高い関心が寄せられました。意見交換においては、混合液の選定・効果、植栽樹種の選定理由について質疑があり、検証結果の提供の要望がありました（写真－5）。



写真－5 現地検討会の様子

引き続き継続的なデータ収集を行い、検証結果を民有林にフィードバックしていき、民有林と一体となって地域の竹林対策に貢献していきます。

ツタウルシ除去技術の研究について（第2報）
～気比の松原の白砂青松復活を目指して～

福井森林管理署 地域林政調整官 平井 信彰

1 課題を取り上げた背景

福井県敦賀市に所在する気比の松原（写真－1、2）は、市街地北側、敦賀湾の最南端に位置しています。気比の松原の海岸線の一部を除き、東西約1km、南北約400m、面積約32haのマツを主体とした海岸林を松原国定公園として、福井森林管理署が管理しています。

日本三大松原の一つに数えられることもあり、名勝、若狭湾国定公園、潮害防備・保健保安林などに指定されています。

また、広く国民の皆さんに親しんでいただけるよう、「日本美しい森 お薦め国有林」にも選定されています。



写真－1 現在の気比の松原

近年、松原国定公園は、松くい虫被害、高い樹林密度（写真－3）、広葉樹・外来植物の侵入（写真－4）、ならびにツタウルシの繁茂（写真－5）等、かつての白砂青松の景観から変化が目立つようになり、課題が山積しているのが実状です。

燃料源として落葉落枝が利用されなくなったことで、松葉かきが行われず土壌が肥沃化し、ツタウルシに代表されるマツ以外の植生が目立つ状況にあります。

またツタウルシは触れると“皮膚がかぶれる”人も多く、美観的には、根際から上部へマツの樹皮を緑の葉が覆うことから、駆除を求める声が多く聞かれます。

当署では、白い砂浜と青々した松原の復活を目指し、関係機関等とも連携して対策に取り組んでいます。



写真－2 明治末～昭和初期頃の気比の松原



写真－3 マツの老大木と稚樹



写真－4 松原内への広葉樹の侵入

毎年開催している、有識者や市民団体、行政等から構成される「気比の松原保全対策検討委員会」でも、マツの幹に張り付くツタウルシの被害が例年報告される状況になり、当署では令和4年度に試験地を設置し、ツタウルシの効率的な除去について研究を始めました。

2 試験地の概要

令和4年度にツタウルシの効率的な除去に取り組むため、7種の施業の異なる2m×2mの試験地を設定（写真－6）しました。

- ① 無施業
- ② 地かきのみ※¹
- ③ 除草剤※²のみ
- ④ 織布シート※³+除草剤
- ⑤ 不織布シート※⁴+除草剤
- ⑥ 織布シートのみ
- ⑦ 不織布シートのみ



写真－5 マツの幹を覆うツタウルシ

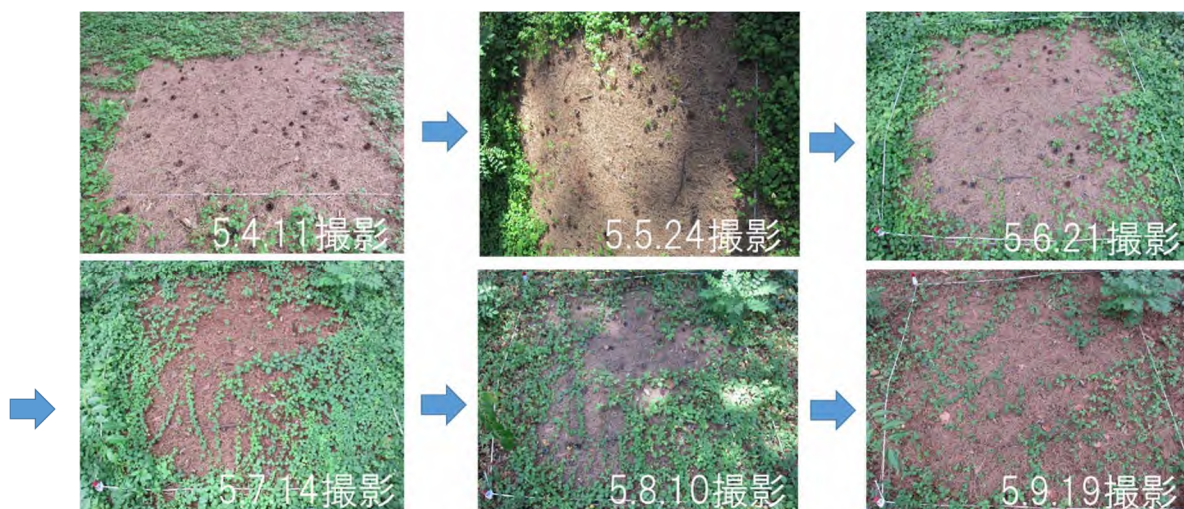
- ※1 試験地 ②の地かきは令和4年度のみ実施
- ※2 グリホサートカリウム塩を含む薬剤
- ※3 ポリプロピレン素材のシート
- ※4 遮光性がある厚さ数mmの耐候性に優れた素材

試験地では毎月定点観測として写真撮影を行いました。

以下に、試験地 ③除草剤のみの施工した箇所を月ごとの定点写真を示します（写真－7）。



写真－6 試験地の状況



写真－7 【試験地 ③除草剤のみ】の月例の定点写真

【試験地 ①無施業、②地かきのみ、③除草剤のみ】について

撮影した定点写真を用い、試験地 ①～③内に生える下草による”被覆率”の割合を算出しました。ここでは

$$\text{被覆率} = \text{下草面積} \div \text{試験地面積} \times 100$$

として算出しました。

なお下草面積（もしくは試験地内の土目面積）の算出にはプランメーターを用い、月ごとの被覆率を算出しました（表－1）。試験地 ④～⑦は下草群が確認できなかったため、被覆率を算出しませんでした。

表－1 【試験地 ①～③】の被覆率

単位：％

施業地番号	調査月日				
	R5.4.11	R5.5.24	R5.6.21	R5.7.14	R5.8.10
① 無施業	98.4	100	96.4	100	98.8
② 地かきのみ (令和4年度実施)	8.7	69.8	78.7	93.2	94.8
③ 除草剤のみ (令和4年度実施)	3.5	14.2	46.7	75.0	78.1

表－1で各施業地を比較すると、試験地 ①無施業 の被覆率が4月～8月まで「ほぼ100％」に対し、

- ・ 試験地 ②では、地かきを毎年実施せずとも、数か月は下草を抑える効果がある
- ・ 試験地 ③では、除草剤には効果の低減も確認されるが、一定の効果は持続することがわかりました。

【試験地 ④織布シート+除草剤、⑤不織布シート+除草剤】について

織布シート・不織布シートに除草剤を散布した試験地では、4月～10月を通して、下草はほぼ見られませんでした（写真－8）。



写真－8 【試験地 ④不織布シート+除草剤】4月・7月の状況

【試験地 ⑥織布シート、⑦不織布シート】について

⑥織布シートと⑦不織布シートともに、“もやし状”に密生するツタウルシの稚樹が確認されましたが、大きな差は見られませんでした（写真－9）。



写真-9 【試験地 ⑥織布シートと⑦不織布シート】の状況

また今年の猛暑により、⑥織布シート、⑦不織布シートと土壌の間が高温になったことにより、ツタウルシの稚樹が枯れたと推定される現象が確認できました（写真-10）。



写真-10 【試験地 ⑥織布シートのみ】シート下部の5月と8月の状況

3 令和5年度の新たな取組

ツタウルシに対する地かき、松葉かきの効果を検証するために、下記の2つの試験地を新たに設置しました。

- ⑧ 地かき+松葉かき（毎年度実施）
- ⑨ 松葉かきのみ（毎年度実施）

また国土防災技術株式会社と協力し、除草目的植物の植生地にフルボ酸を散布し、土壌中の養分を溶脱させることによる除草効果を確認するため、希釈濃度（50倍、100倍、200倍、300倍、400倍、対照区：非散布）を変え散布した1m×2mの試験地を6箇所設定しました（写真-11）。



写真-11 フルボ酸の散布

4 令和6年度の取組予定

令和6年度は以下の取組を予定しています。

・試験地の経過観測の継続

なお、試験地 ④織布シート+除草剤、⑤不織布シート+除草剤、⑥織布シートのみ、⑦不織布シートのみ については、1/3～1/2 程度シート(写真-12 シート部を黄色に着色した部分)を取り除き、1年半程度シートで覆われた箇所の下草の発生過程を確認するとともに、他の試験地との比較を行います。



・フルボ酸散布地の経過観測

引き続き、フルボ酸による除草効果を確認するとともに、除草目的植物に対して、最も効果的に土壌中の養分を溶脱させる希釈濃度を明らかにしていくこととしています。

写真-12 試験地
シート撤去(黄色箇所)予定部

今後とも福井森林管理署では、ツタウルシの効率的な除去技術の確立を目指し、取組を進めて参ります。

防護柵の撤去試験について

和歌山森林管理署 業務グループ 係員 ○畑中 宣輝
治山グループ 係員 久保田 啓太

1 課題を取り上げた背景

近年、造林地では鹿被害等を防止するために、防護柵が利用されています。この防護柵は、皆伐された造林地を一周するように張られており、成林後もそのまま山に設置されたままとなっています。このため、防護柵によって動物の移動が大きく制限されるとともに、近年問題となっている廃プラスチック問題にも関係し、その取扱いが今後の課題となってくると考えられます。

2 試験地

7年生の造林地において、防護柵の撤去を行いました。当該造林地は無下刈りを試行している箇所であり、植栽木の生長は良好で植栽木と灌木が密集した状況でした。令和4年11月に和歌山県農林大学校の実習フィールド提供という形で、面積0.4haの造林地のうち約2/3にあたる防護柵約400mを撤去しました(図-1)。

防護柵には草木や、伸びてきた枝条がネットの間から飛び出ること絡みつき、簡単には外せませんでした。撤去を行う前は、地面に刺さった杭を掘り起こす作業が困難になると考えていましたが、この試験地では地面が思いのほか柔らかいのか、杭の撤去には手間を要しませんでした。

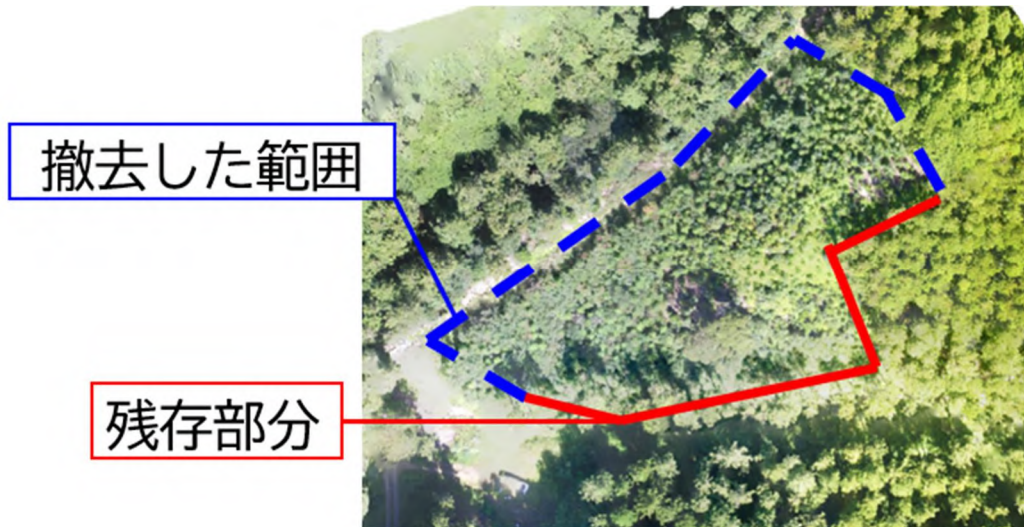


図-1 防護柵の撤去

3 実行結果

撤去から1年後、今回の試験地で、プロット調査を行いました。任意の2か所に5m×5mのプロットを設定して、毎木調査を行うとともに、プロット全体を通した獣害の進行状況について調査しました(図-2)。プロット1は比較的作業道から近い場所で、獣道が発見された場所に設定しました。林内傾斜は緩やかで、立地は南向き斜面です。

エリアの高木層には植栽木のスギ、その他にはカラスザンショウ、タラノキ、キリ、アカメガシワが確認されました。亜高木層にはスギ、アカメガシワ、草本層に

はシカの不嗜好性植物であるシダが確認されました。ここでは、ディアラインの形成には至っていませんが、獣道は等高線沿いのものと作業道から下りてくるものが確認されました。不嗜好性植物への食害は、一部スギの側枝への食害が確認されました。植栽木の樹皮剥ぎは、見られませんでした。

また、特筆すべき事項として、このプロットでは獣道にイノシシの足跡が認められるなど、イノシシが通っていると考えられる痕跡が見つかりました。

プロット2は、傾斜が急な地点で、灌木や下草が繁茂している箇所に設定しました。立地は南向き斜面です。

エリアの高木層には植栽木のスギ、その他にはカラスザンショウ、キリ、アカメガシワが確認されました。亜高木層にはスギ、サクラ、サンショウが確認され、草本層にはシダ、イズセンリョウ、サルトリイバラが確認されました。獣道に関して、こちらでは等高線沿いにプロット1と比べてごく薄い痕跡が確認されました。不嗜好性植物への食害ですが、このプロットではシカの食害圧が弱く、認められませんでした。同じく、植栽木の樹皮剥ぎは見られませんでした。

特筆すべき事項としては、このプロットでは、植栽木のスギで根曲木が多数確認されました。これに関しては、詳しくは後述しますが、防護柵撤去以前からのものであり、防護柵撤去による材質の低下は見られませんでした。



図-2 プロット箇所

以上、プロット調査の結果から、植栽木に目立った被害は見られませんでした(写真-1)。これは、造林地の植栽木と灌木等により、林内が藪になっているからと考えられます。確かに、獣道は形成されつつありますが、1年たった段階では、獣道から先へはシカが侵入しようとしても、身体に枝条があたり、それを嫌がり侵入しないのではないかと考えられます。これらのことから、一般的に除伐を実行する前のような、林内が藪化している状況であれば、防護柵を撤去しても食害の被害は発生しないと考えられます。一方で、除伐を実行して植栽木だけになった直後では、容易にシカの侵入を許してしまうため、造林地に被害が出る可能性があり、防護柵を撤去することは慎重に考えることが必要です。

次に、撤去した防護柵の処分について説明します。今回撤去した防護柵資材とそれに絡みついた草木の重量は、約100kgとなりました。この処分には、草木をネットから手作業で取り外す必要があります。産業廃棄物としての処理が必要になり



写真-1 梢端が出ている様子

ます。この処理を業者に見積もり依頼したところ、約8万円になるとの回答を得ました。

以上を踏まえて、防護柵撤去にかかる直工費を算出しました。まず、400mの撤去に7人で3時間かかったため、2.625円となり、これに和歌山県の普通作業員の労務単価を掛け合わせると、55,913円となり、これに産廃処理費8万円を合わせて135,913円となりました。次に、これを100m当たりの撤去費用に換算すると、135,913円÷4で33,978円となりました。ただし、これは直接費のみであり、実際に委託に出すとすると、間接費がかかってくるため、この倍程度の事業費になると考えられます。

4 まとめ

防護柵撤去から1年が経ちましたが、今のところ、植栽木への目立った被害は認められません(写真-2)。また、撤去時期については、あまり年数が経ちすぎると、ネットに更に枝条や蔓類が絡みつくなどして、掛かりまじになってしまうことから、できるだけ早い時期が適当であると考えられます。



写真-2 試験地の上空写真

5 今後の取組

今後の取り組みとしては、現在の試験地の植栽木への被害状況を引き続き観察していくこととしています。また、今回の撤去試験の防護柵はステンレスの強化ワイヤーが入っていない防護柵ですが、現在の防護柵には、ステンレスを入れて強化したものが多く、重量もかさむため、撤去時のコストがどれだけ変化するかを調べることに、また、撤去後の防護柵は、設置時に比べて草木が絡みついたため、重量が増えることから、ドローンでの運搬も考えるべきではないかと思えます。撤去箇所についても、除伐ができるほど林内が藪化した無下刈りの箇所を今回は選定しましたが、冬下刈りの取り組みと組み合わせると、今回の近接小班に冬下刈り実行後、植生が変化して藪化しつつあるところがあるため、林況をみながらその箇所の撤去についても考えていく予定です。

積雪地における森林防護柵の効果的な設置方法についての考察

鳥取森林管理署 森林整備官 津山 稔

1 課題を取り上げた背景

現在、戦後に植栽した人工林が主伐・再造林の時期を迎えています。一方でシカ等の獣害が近年拡大傾向にあり再造林において獣害から植栽木を守る森林防護柵が必要となっています。こうした状況に加えて、鳥取県の山間部では毎年2～3mの積雪が確認されており、雪の重みによる森林防護柵への被害（以下「雪害」と呼びます。）が発生しています（写真－1）。



写真－1 雪害の様子

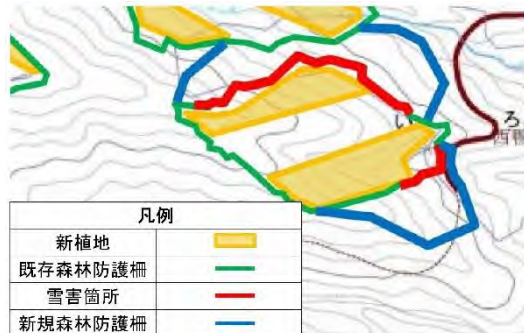
雪害により毎年修繕に多大な費用と労力が必要となっていることから、雪害を受けにくい効果的な森林防護柵の設置方法を確立することを本研究の目的としました。

2 方法

- (1) 令和3年度に甚大な雪害が発生した新植地（西鴨国有林 569 い林小班）があり（図－1）、そこに雪害を受けにくいと考えられる設置方法で森林防護柵を令和4年度に設置しました（図－2）。そして、令和5年度に融雪後の雪害状況を確認しどれほどの効果があったかを調査しました。



図－1 雪害を受けた新植地



図－2 新規で森林防護柵を設置

- (2) 雪害を受けにくいと考えられる設置方法については以下の3つの方法を試しました。
ア 方法①: 尾根沿い、林道や作業道の谷側沿いをなるべく通るようにしました（写真－2、3）。これについては融雪時等に雪の移動が小さい位置に防護柵を設置し、雪害を軽減する狙いがあります。

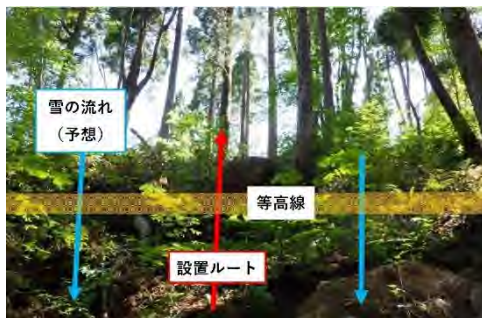


写真－2 作業道沿いの設置イメージ



写真－3 尾根沿いの設置イメージ

イ 方法②：急傾斜地を通る際は等高線に対して垂直に通しました（写真－４、５）。これにより雪の移動と防護柵が平行に近い形となり、雪の重みを受ける防護柵ネットの面が減り、雪害を軽減する狙いがあります。



写真－４ 急傾斜地の設置イメージ



写真－５ 急傾斜地の設置イメージ

ウ 方法③：できる限り立木を支柱の代わりに使用しました（写真－６、７）。これについては雪の重みで倒れにくい立木を使用することで雪害を軽減する狙いがあります。

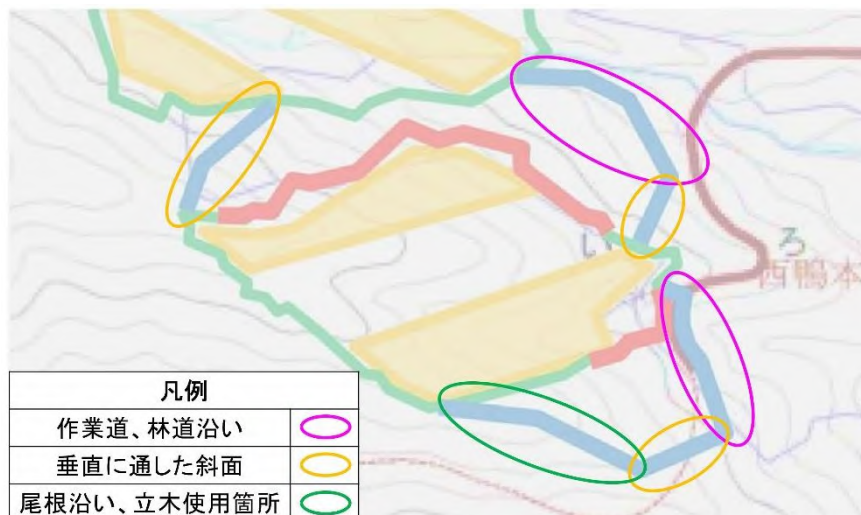


写真－６ 立木使用の設置イメージ



写真－７ 立木使用の設置写真

(3) それぞれの設置方法による防護柵の位置は図－３のとおりです。



図－３ 設置方法の位置図

3 結果

雪害が軽微だった箇所は尾根沿い、垂直に通した斜面、立木を使用した箇所でした。雪害が甚大だった箇所は林道、作業道の谷側沿いの一部区域でした。

- (1) 尾根沿い、立木を使用した箇所については写真-8、9の比較のとおりごくわずかなロープのたるみが見られる程度で、ほとんど雪害はありませんでした。



写真-8 積雪前



写真-9 融雪後

- (2) 垂直に通した斜面については写真-10、11の比較のとおりネット、ロープのたるみ、軽度な支柱の傾きが確認されました。軽微な雪害が見られるものの、甚大な雪害はありませんでした。



写真-10 積雪前



写真-11 融雪後

- (3) 林道、作業道の谷側沿いについては一部区域で支柱の倒壊、折損など甚大な雪害が見られました。特に上空が明るく開けた箇所にて甚大な雪害が見られました（写真-12～15）。



写真-12 積雪前



写真-13 融雪後



写真-14 明るく開けた箇所



写真-15 明るく開けた箇所

(4) 融雪後の雪害状況を取りまとめると図-4のとおりです。

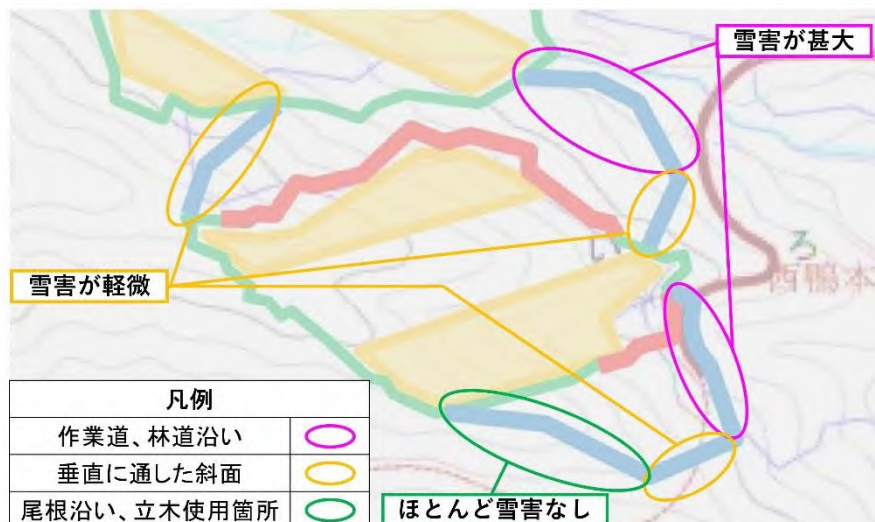


図-4 雪害状況の位置図

4 考察

尾根沿い、立木使用箇所についてはほとんど雪害がなかったことから、立木を使用することで雪害に対する強度が上がること、尾根沿いは特に雪害を受けにくいことがわかりました。

等高線に垂直に通した箇所については急傾斜であったにも関わらず、甚大な雪害は見られませんでした。このことから、等高線に垂直に通すことで雪害に対する強度が上がるということがわかりました。

雪害が軽微だった箇所はいずれも林内でした。このことから、周りに立木があったため、積雪の移動が抑えられたことや林内は日当たりが悪く、積雪の溶けるスピードが遅かったため、融雪時の雪圧が小さかったことが予想されます。

林道、作業道の谷側沿いの雪害が大きかった原因としては積雪の移動を抑える立木が付近に無かったことや日当たりがよく、積雪の溶けるスピードが速いため、融雪時の雪圧を大きく受けたことが考えられます。

これらの実証結果から積雪地における森林防護柵の効果的な設置方法についてまとめると以下のとおりとなります。

- ・ 林内に設置する
- ・ 特に尾根沿いはできるだけ通るようにする
- ・ 立木を使用する
- ・ 等高線に対して垂直に通す
- ・ 日当たりのよい箇所には設置しない

最後に実証結果を踏まえた積雪地における伐区設定について考察します。林内に森林防護柵を設置するのが効果的であることから、可能な範囲で周りに立木が残るような伐区にし、残った立木の中に森林防護柵を通すことで、雪害を軽減できると思います。伐区のイメージとしては写真-16のとおりです。



写真-16 積雪地における伐区のイメージ

箕面国有林シカ生息状況外モニタリング調査の結果について（中間報告）
～箕面国有林における個体群管理指針の作成を目指して～

箕面森林ふれあい推進センター 自然再生指導官 ○田上富二男
株式会社野生動物保護管理事務所 上席研究員 ○海老原 寛

1 課題を取り上げた背景

箕面国有林を含む大阪府北摂地域では、ニホンジカ（以下、「シカ」という。）の個体数増加に伴い、森林生態系への影響が顕著となっていることから、平成 26 年度から地域のボランティア、大阪府、箕面市、(国研) 森林総合研究所関西支所、京都大阪森林管理事務所、そして当センターで構成する「明治の森箕面自然休養林管理運営協議会」において、シカとの共存ができる健全な森に再生するという目的を共有しながら、シカの被害防止対策を進めています。

しかしながら、箕面国有林（図－1）における森林被害（写真－1、2）は依然として深刻です。特に、落葉広葉樹林での下層植生は未だ回復が見受けられず、このままでは、森林の持つ公益的機能の衰退や生物多様性の低下が懸念される事態が発生することになります。

こうした中、全国各地では、シカ、イノシシの生息数を 10 年後（平成 35 年度）までに半減させることを目指した「抜本的な鳥獣捕獲強化対策」（平成 25 年 12 月策定）に基づき、シカの個体数調整が進められていますが、森林の再生に適切なシカの生息密度の基準はまだ確立されていないのが現状です。

については、箕面国有林において、シカの個体数管理を進めながら、シカの生息密度指数と植生の衰退状況の関係を調査し、森林の再生を目的としたシカの個体群管理指針の作成に向けて検討を進めることとしました。



図－1 箕面国有林の位置



写真－1 スギ・ヒノキ人工林の状況



写真－2 落葉広葉樹林の状況

2 経過

箕面国有林では、平成 26 年から「明治の森箕面自然休養林管理運営協議会」において、シカによる食害防止計画を作成し、シカの個体数管理を進めています。

具体的には、①シカの食害から植生を守る対策、②シカの個体数管理、③モニタリング調査、④市民への広報や啓発活動の 4 つの取組方針が定められており、当センターでは、

②シカの個体数管理として捕獲事業を実施し、③モニタリング調査としてセンサーカメラ調査や行動特性調査などを実施しています。

また、令和2年度から「箕面国有林におけるシカの個体群管理指針」の作成に向けて、GPSテレメトリー調査によるシカの行動特性調査、糞塊密度調査、森林植生衰退状況調査、固定プロット森林影響調査などを実施してきました。

3 実行結果

(1) シカの捕獲実績

対象区域（図－2）において、平成26年度から令和4年度までにオスシカ227頭、メスシカ460頭、合計で687頭（表－1、写真－3）を捕獲しています。捕獲数は各年度の増減はあるものの、令和元年度以降は増加傾向に転じており、更なる捕獲強化が求められています。

なお、個体数増加の抑制効果が大きい成獣メスの捕獲率は年度全体の40.0～65.3%を占めています。

表－1 これまでの捕獲実績

年度	目標	シカ	イノシシ	計
H26		48	8	56
H27	130	100	18	118
H28	120	58	19	77
H29	120	97	27	124
H30	130	84	20	104
R01	100	50	8	58
R02	90	70	10	80
R03	80	72	5	77
R04	80	108	9	117

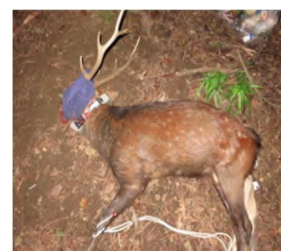


写真－3 くくりわな捕獲状況

図－2 捕獲対象区域

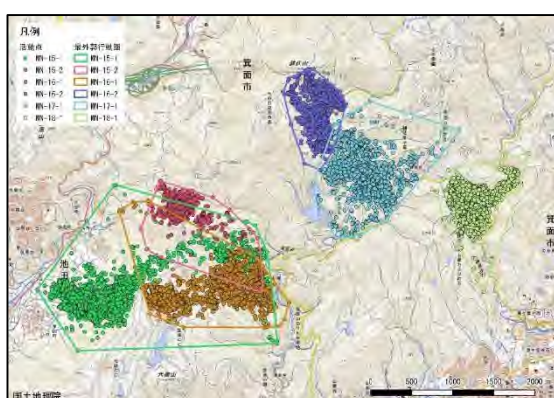
(2) GPS テレメトリーによる行動特性調査

シカによる農林業被害や生態系被害を防止するためには、その場所に生息するシカの行動を理解することが不可欠であることから、箕面国有林に生息するシカに GPS 首輪（写真－4）を装着し、行動特性を把握することとしました。

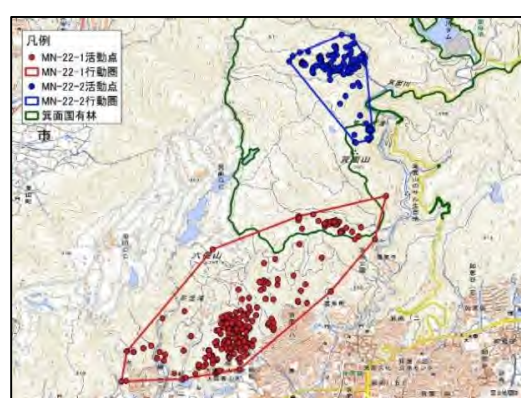


写真－4 首輪装着

平成 27 年度から令和 4 年度までに、雄シカ 3 頭、雌シカ 6 頭を捕獲し、行動特性を把握しました。結果は、平成 27 年度の雌シカ 1 頭以外は 2 ㎞以内（図－3、4、表－2）と、行動圏内を頻繁に大きく動いているのではなく、狭い範囲を大きく移動せず生活していることが示されました。



図－3 行動圏面積 (H27～R1)



図－4 行動圏面積 (R4 年度)

表－2 最外郭法による行動圏面積

年度	個体No.	性別	追跡期間	追跡日数	行動圏面積 (km ²)
27	MN-15-1	♀	2016/1/31 ~ 2017/2/21	387	4.34
27	MN-16-2	♀	2016/3/8 ~ 2016/8/17	162	1.30
28	MN-16-1	♀	2017/2/15 ~ 2018/1/25	344	1.99
28	MN-16-2	♀	2017/3/13 ~ 2017/9/4	175	0.60
29	MN-17-1	♀	2017/9/27 ~ 2019/1/9	469	1.82
30	MN-18-1	♀	2018/9/27 ~ 2020/1/21	481	0.99
3	MN-21-1	♂	2021/10/29 ~ 2021/12/17	49	0.61
4	MN-22-1	♂	2022/11/22 ~ 2023/1/25	64	1.56
4	MN-22-2	♂	2022/12/27 ~ 2023/2/1	36	0.34

(3) 糞塊密度調査

この手法は、シカの生息動向の把握に適していることから、令和2年度から箕面国宧有林においても糞塊密度調査（図-5）を実施することとしました。

令和2年度から令和3年度は微減となりましたが、令和4年度（表-3）ではルート1以外は微増との結果となり、シカの生息密度指数は大きな変化が見受けられず、捕獲が困難な急傾斜地での利用集中が常態化していると考えられます。

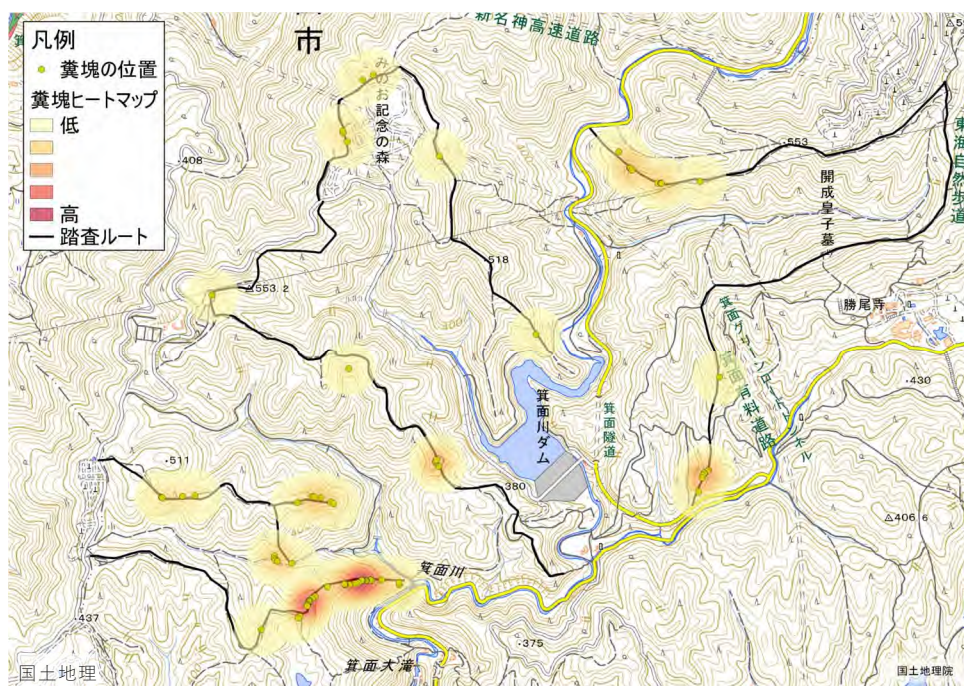


図-5 確認された10粒以上糞塊の位置(令和4年度)

表-3 ルート別糞塊密度

ルート No.	距離	R02		R03		R04	
		糞塊 数	糞塊密度 (個/km)	糞塊 数	糞塊密度 (個/km)	糞塊 数	糞塊密度 (個/km)
1	4.81	20	3.89	35	7.28	15	3.12
2	3.79	17	4.08	14	3.69	20	5.27
3	2.73	107	30.31	37	13.54	53	19.40
	11.33	144	11.21	86	7.59	88	7.77

※糞塊数は10粒以上

(4) 森林植生衰退状況調査

シカが過度に生息している地域においては、下層植生の衰退や土壌の流出など森林生態系への深刻な影響を及ぼすことから、箕面国有林において、簡易的な植生調査を行い森林植生の衰退状況を調査しました。

調査は1林班当たり植林地2カ所、自然林2カ所を基本とし、10林班で合計41カ所(図-6)において実施しました。

具体的には、L杭の周辺20×20cmの範囲内を踏査し、林地、植生、シカによる影響、食痕履歴を調査しました。



図-6 森林植生衰退状況調査地

ア 下層植生衰退度 (SDR) による評価

SDR適地であった13地点の低木層の植被率を用いて、各調査地点から半径500m以内のSDRを評価しました(図-7)。

SDRは、調査地域全体で衰退度1～4となり、調査地によって衰退度が大きく異なりました。6段階評価で一番深刻な衰退度4を示したのは箕面大滝周辺の調査地であり、当地点は糞塊密度調査においても多くの糞塊が確認された地点でした。一方で、低い衰退度を示したのは、箕面川ダムの西側が多い結果となりました。

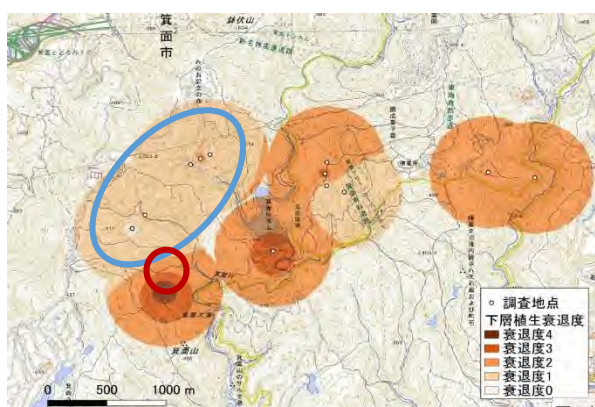


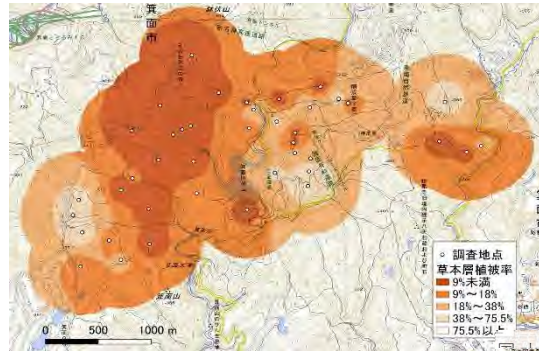
図-7 調査地域内のSDR

箕面国有林という狭域においても地域差が大きいことが示されるとともに、低木層の植被率が低下している地域は一部であると考えられます。

イ 草本層植被率による IDW 法空間補間結果

SDR は低木層の植被率の評価であり、かつ広葉樹林に限定した評価であったため、調査地域全域のシカによる影響を十分に評価できませんでした。そこで、比較的シカの影響が早い段階で生じる草本層の植被率を用いて、全植生タイプにおいて評価を行いました（図－8）。

調査地域内には草本層の植被率が 75.5%を超える地点は確認されず、多くの地点で 38.0%以下となりました。箕面川ダムの東側が相対的に高い一方で、西側は低いことが確認されました。



図－8 草本層植被率の IDW 法による空間補間結果

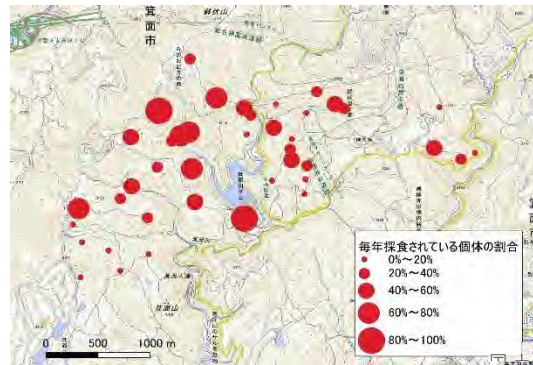
ウ 食痕履歴法による調査結果

植物の枝から食痕を確認し、牙燐痕（がりんこん）（写真－5）をもとに過去のシカの採食状況を把握しました。調査対象は、シカの口が届く 1.5m 以下に枝を付けているものとし、各調査地点での調査個体数は 10 個体で樹種は指定せずに実施しました（図－9）。

毎年採食を受けている樹木はすべての調査地点で確認されました。特に、みのお記念の森（エキスポの森）から箕面川ダム付近では毎年採食を受けている個体の割合が高い一方で、箕面川ダムの北側と東側では、当年枝に食痕がない個体の割合が高く、これらの地域ではシカの利用頻度が低下していると考えられ、捕獲の効果が植物に現れていることが示唆されました。



写真－5 当年枝に食痕がないタムシバ



図－9 シカに毎年採食されている個体の割合

エ 固定プロット森林影響調査

広域でシカの影響を把握するため、森林衰退状況調査を実施した地点の中で、固定のプロットを設置し、詳細な植生調査を実施しました。

調査地は、森林衰退状況調査の結果から植生衰退度の高い林班、中庸的林班、低い林班を抽出し、各林班で植林地 2 カ所と自然林 2 カ所を基本とし、3 林班× 4 カ所× 2 年間の合計 24 カ所に 10m×10m の方形区を設置しました。

シカの影響が大きいと考えられる第二低木層と草本層の植被率（表－4）は、スギ・ヒノキ林で第二低木層が $9.8 \pm 15.45\%$ 、草本層が $10.3 \pm 11.80\%$ で、落葉広葉樹林の第二低木層が $8.7 \pm 4.70\%$ 、草本層が $0.9 \pm 1.70\%$ となりました。

1994～2004 年に調査（石田ら 2010）された兵庫県猪名川町の落葉広葉樹林（無被

害林) の植被率が第二低木層で $35.6 \pm 17.6\%$ 、草本層で $14.7 \pm 10.0\%$ となっているので、箕面国有林の落葉広葉樹林はシカの影響が著しい状態であると考えられます。

また、第二低木層と草本層の出現種数(表-5)は、スギ・ヒノキ林で第二低木層が 1.9 ± 1.8 種、草本層が 34.3 ± 12.4 種で、落葉広葉樹林の第二低木層が 3.0 ± 2.1 種、草本層が 18.1 ± 9.5 種となりました。

石田ら(2010)の出現種数が第二低木層で 17.9 ± 6.1 種、草本層で 36.8 ± 9.8 種です。すので、箕面国有林の落葉広葉樹林の種の多様性も著しく低いことが示唆されました。

表-4 植生タイプ別の平均階層高および植被率

植生タイプ		スギ・ヒノキ人工林		落葉広葉樹林	
調査区数		16		8	
高さ(m)	高木層	20.0 ±	2.45	19.5 ±	5.01
	亜高木層	10.0 ±	1.0	12.3 ±	1.75
	第一低木層	4.9 ±	1.21	5.9 ±	0.83
	第二低木層	1.5 ±	0.57	1.9 ±	0.23
	草本層	0.3 ±	0.16	0.3 ±	0.14
植被率(%)	高木層	91.3 ±	14.43	83.8 ±	20.66
	亜高木層	2.9 ±	9.98	73.1 ±	24.04
	第一低木層	8.6 ±	15.11	41.9 ±	21.03
	第二低木層	9.8 ±	15.45	8.7 ±	4.70
	草本層	10.3 ±	11.80	0.9 ±	1.70

(参考) 無被害林の植被率は、第二低木層で $35.6 \pm 17.6\%$ 、草本層で $14.7 \pm 10.0\%$ (石田ら 2010)

表-5 植生タイプ別の平均胸高直径(DBH)、平均密度、階層別平均出現種数

植生タイプ	スギ・ヒノキ人工林		落葉広葉樹林	
調査区数	16		8	
林冠木平均DBH	25.8 ±	6.4	30.3 ±	11.4
林冠木平均密度(100m ²)	9.3 ±	2.0	4.3 ±	2.2
平均出現種数(全階層)	35.0 ±	11.6	21.5 ±	7.3
高木層	1.5 ±	0.8	1.9 ±	0.6
亜高木層	0.2 ±	0.4	4.3 ±	2.1
第1低木層	0.6 ±	0.9	3.0 ±	2.1
第2低木層	1.9 ±	1.8	3.0 ±	2.1
草本層	34.3 ±	12.4	18.1 ±	9.5

4 考察

この調査結果から、①箕面国有林に生息するシカは、捕獲地域での利用頻度は減少しているものの、捕獲が困難な急傾斜地では集中利用が常態化している。②箕面国有林内での捕獲効率は極めて高いものの、生息密度指数に変化が生じないのは、国有林外からの流入が多い。③箕面国有林は、低木層の植被率が高い一方で、草本層の植被率は低いなど、未だ十分な植生回復には至っていない。しかし、一部地域では捕獲の効果が植物に現れるなど一定の成果が出ている。と推察されます。

「個体群管理指針」の勘所は、国有林内のシカ密度を下げていくことです。これまでの調査結果を反映した計画的かつ効率的な捕獲と、被害を抑制するための対策、そして、それらの効果を随時モニタリングすることが重要となっています。

引き続き、シカの捕獲事業を継続しながら、シカの生息密度と植生の衰退状況の関係性を明らかにし、大阪府の設定する「衰退度1」が適正かどうかの判断も含め、令和8年度までに「個体群管理指針」を作成すべく取組を進めていくこととします。

引用文献

石田弘明・黒田有寿茂・橋本佳延・澤田佳宏・江間薫・服部保 ニホンジカが暖温帯夏緑二次林の種多様性と種組成に与える影響、15：219-22、保全生態学研究、2010

自動撮影カメラによるニホンジカの生息密度推定

奈良県森林技術センター 森林資源課 主任主事 青山 祐輔

1 はじめに

ニホンジカによる森林被害は、再生林や森林整備の実施に支障を及ぼし、生息密度が高い地域においては、下層植生の消失や土壌流出により森林の有する公益的機能の発揮に影響を与える恐れがあります。

奈良県では、糞塊法によって生息状況を調査し、捕獲数などのデータを用いた階層ベイズモデル法の結果から、北西部、東部、南部の各地域における推定個体数および捕獲目標頭数を算出しています¹⁾。しかし、捕獲目標頭数以上の捕獲を達成している北西部において、農林業被害が拡大傾向にあることなどから²⁾、各地域における推定個体数および捕獲目標頭数を見直す必要が生じているといえます。

近年、野生動物の生息密度調査においてカメラトラップ法が広く利用されており、自動撮影カメラから取得できる情報だけで密度を推定する方法として REST モデル³⁾が開発され、活用が期待されています。

生息状況を把握するにあたり、糞塊法は精度が低いですがコストを抑えられるため県全域で可能な手法です。一方カメラトラップ法 (REST モデル) は精度は高いですがコストが高いため狭い面積のみ可能な手法です。この2つの手法を組み合わせることで、ニホンジカの生息状況をより正確に調べることができると考えています。

そこで、本研究では、奈良県内の調査地において糞塊法調査を実施するとともにカメラトラップ法による調査を実施し、REST モデルにより生息密度を推定しました。

2 調査方法

(1) ニホンジカの撮影試験

ア 高取町の調査地 (令和3年度)

令和3年度は奈良県高市郡高取町松山地内に調査地を設定しました。調査地の標高は200~250mで、面積はおおよそ10haであり、主な植生はスギおよびヒノキ人工林、二次林、二次草原でした。調査地を8区に区切り、各区に1台ずつ、合計8台の自動撮影カメラを設置して動画を撮影しました。

自動撮影カメラは、8月3日に設置し、11月9日に各区画内で自動撮影カメラを移設し、1月19日に回収しました。自動撮影カメラはBushnell社トロフィーカムXLT30MP ノーグロウDCを使用しました。自動撮影カメラの設定は、動画撮影モードで撮影時間は60秒とし、撮影間隔は0.6秒、センサー感度はNormalとしました。自動撮影カメラは立木に固定しました。

撮影範囲を明示するために杭を設置しました。撮影範囲の位置および大きさは文献⁴⁾に準じ、自動撮影カメラと撮影範囲の距離を1.4m、撮影範囲を一辺が1.91m、面積が1.58 m²の正三角形としました。自動撮影カメラで撮影範囲の試し撮りを行った後、杭を撤去しました。

イ 野迫川村の調査地 (令和4年度)

令和4年度は奈良県吉野郡野迫川村北今西地内に調査地を設定しました。調査地は標高1,250m~1,300mのおおよそ4kmの尾根沿いに位置し、主な植生はブナ・ミズナラが林冠を優占する天然林でした。調査地を5区に区切り、各区に3台ずつ、合計15台の自動撮影カメラを設置して動画を撮影しました。

自動撮影カメラは、6月14日に設置し、8月23日に各区内で自動撮影カメラを移設し、12月1日に回収しました。自動撮影カメラはBushnell社トロフィーカムXLT30MP ノーグロウDCを8台、およびトロフィーカムXLT32MP ノーグロウDC4Kを7台使用しました。自動撮影カメラの設定は、動画撮影モードで撮影時間は60秒とし、撮影間隔は0.6秒、センサー感度はHighとしました。自動撮影カメラは立木に固定しました。

撮影範囲を明示するために杭を設置しました。撮影範囲は、自動撮影カメラとの距離を1.4m、撮影範囲を一辺が1.91m、面積が1.58 m²の正三角形としました。自動撮影カメラで撮影範囲の試し撮りを行った後、杭を撤去しました。

(2) REST モデルによる生息密度推定

自動撮影カメラを回収した後、撮影された動画をパソコンで確認し、撮影対象の種同定を行いました。別個体と判断できない同一種が撮影間隔30分以内に複数回撮影されていた場合は1回の撮影機会として扱いました。動画内の撮影範囲をデスクトップ描画ソフトで明示し、撮影対象の両後足が撮影範囲に進入し、退出するまでの滞在時間を計測しました。

ニホンジカが撮影された時刻から、ニホンジカが活動している時間の1日あたりの割合を示す活動時間割合⁵⁾を推定しました。推定には統計分析ソフトR 4.1.2の‘activity’パッケージ⁶⁾を用いました。

以下の密度推定式を用いてニホンジカの生息密度を推定しました。ただしRESTモデルでは対象動物が活動している時刻の滞在時間のみを用いるため、ニホンジカの休息による滞在時間を除いて平均滞在時間を算出しました。

$$D = E(Y) \times E(T) / (sHA)$$

D: ニホンジカの生息密度(頭/km²)

E(Y): ニホンジカの撮影範囲での撮影機会(回)

E(T): ニホンジカの平均滞在時間(秒)

s: 撮影範囲の面積(km²)

H: 自動撮影カメラの合計稼働日数(秒)

A: ニホンジカの活動時間割合

(3) 糞塊法調査

ア 高取町の調査地(令和3年度)

ニホンジカの撮影試験と同じ調査地で糞塊法調査を12月16日に実施しました。尾根上を踏査し、踏査ルート幅2m以内で発見されたニホンジカの糞塊数を記録しました。糞塊は糞粒が10粒以上のものを対象としました。

イ 野迫川村の調査地(令和4年度)

ニホンジカの撮影試験と同じ調査地で糞塊法調査を12月1日に実施しました。尾根上を踏査し、踏査ルート幅2m以内で発見されたニホンジカの糞塊数を記録しました。糞塊は糞粒が10粒以上のものを対象としました。

3 結果と考察

(1) ニホンジカの撮影試験

ア 高取町の調査地(令和3年度)

8月3日から11月9日にかけて設置していた自動撮影カメラは、8台のうち2台で不具合が生じ、稼働日数はそれぞれ4日と5日でした。残りの6台は正常に稼働し、稼働日数は98日でした。11月9日から1月19日にかけて設置していた自動

撮影カメラは8台全てで正常に稼働し、稼働日数は71日でした。したがって合計稼働日数は1,165日でした。

全撮影動画数は4,324本であり、そのうち野生鳥獣が撮影されていた撮影動画数は1,418本でした。哺乳類はニホンジカを含む10種類が撮影されたほか、鳥類は8種が撮影されました。表-1に月ごとの撮影頻度指数(RAI: (撮影機会/合計稼働日数)×100)の推移を示しました。

表-1 高取町で撮影された野生鳥獣の撮影頻度指数(回/100日)

撮影対象	8月	9月	10月	11月	12月	1月	平均
ニホンジカ	22.60	24.44	17.74	12.16	20.56	3.29	17.17
イタチ類	2.82	7.22	8.60	10.36	6.05	6.58	7.04
イノシシ	5.08	6.11	2.69	4.05	12.50	9.87	6.87
ネズミ類	2.82	18.33	1.08	4.05	7.26		5.75
タヌキ		0.56	4.84	6.76	9.27	9.21	5.32
哺乳類	1.13	0.56		3.15	2.82	0.66	1.55
ニホンノウサギ	2.82	0.56	1.08	0.45	2.82	0.66	1.46
アライグマ	0.56	1.11	0.54	2.70	2.42		1.37
ニホンリス		0.56	1.08				0.26
ネコ				0.45	0.40		0.17
不明		1.67	2.15	1.80	2.82	0.66	1.63
トラツグミ			1.08	1.35	2.42	1.32	1.12
ヤマシギ				1.35	1.61	1.32	0.77
カケス		1.11	1.61				0.43
ヤマドリ	0.56			0.45			0.17
鳥類					0.40	0.66	0.17
シロハラ							0.17
ヤマガラ		0.56		0.45			0.17
キジバト						0.66	0.09
メジロ				0.45			0.09
不明	1.13	0.56	0.54	7.66	5.24	1.97	3.18
合計稼働日数	177	180	186	222	248	152	1165

イ 野迫川村の調査地(令和4年度)

6月14日から8月23日にかけて設置していた自動撮影カメラは、15台のうち2台で不具合が生じ、稼働日数はそれぞれ2日と17日でした。残りの13台は正常に稼働し、稼働日数は70日でした。8月23日から12月1日にかけて設置していた自動撮影カメラは、15台のうち5台で不具合が生じ、稼働日数はそれぞれ18日、54日、56日、58日、84日でした。残りの10台は正常に稼働し、稼働日数は100日でした。したがって合計稼働日数は2,199日でした。

全動画本数は4,770本であり、そのうち野生鳥獣が撮影されていた撮影動画数は1,720本でした。哺乳類はニホンジカを含む11種類が撮影されたほか、鳥類は13種が撮影されました。表-2に月ごとの撮影頻度指数の推移を示しました。

表－2 野迫川村で撮影された野生鳥獣の撮影頻度指数（回/100日）

撮影対象	6月	7月	8月	9月	10月	11月	平均
ニホンジカ	17.92	20.10	33.25	35.43	31.89	9.24	25.92
イタチ類	16.67	22.58	37.05	15.62	15.31	1.91	19.10
ネズミ類	5.83	1.49	3.09	4.90	8.42	6.05	4.82
タヌキ		2.73	6.41	6.99	3.06	0.64	3.73
イノシシ		0.25	4.28	1.17	1.53	8.92	2.64
哺乳類	5.00	4.22	4.28	1.86			2.50
ニホンリス	0.83	0.50	0.24	1.63	0.26	0.32	0.64
ニホンノウサギ		0.25	0.24	0.47	1.28	0.32	0.45
ハクビシン	0.42	0.74	0.24				0.23
コウモリ類		0.25	0.24	0.23	0.26		0.18
ツキノワグマ				0.23			0.05
不明	3.75	3.47	2.61	2.10	0.77	1.27	2.27
鳥類	2.08	17.87	3.09	10.49	10.20	4.14	8.55
ヤマドリ				6.29	7.40	0.64	2.64
ヤマガラ				0.93	4.59		1.00
マミチャジナイ	1.67			0.47	1.79		0.59
トラツグミ	2.08		0.48	0.23	1.28		0.59
カケス	0.42	0.50	1.19	0.23			0.45
アカゲラ	2.92	0.74					0.45
カワラヒワ				0.70	1.53		0.41
マミジロ				0.23	0.77		0.18
ゴジュウカラ					0.51		0.09
アカハラ					0.51		0.09
ヤマシギ	0.42						0.05
アオゲラ					0.26		0.05
シロハラ							0.77
不明	0.83	0.25	0.95	1.17	1.53		0.77
合計稼働日数	240	403	421	429	392	314	2199

(2) REST モデルによる生息密度推定

ア 高取町の調査地（令和3年度）

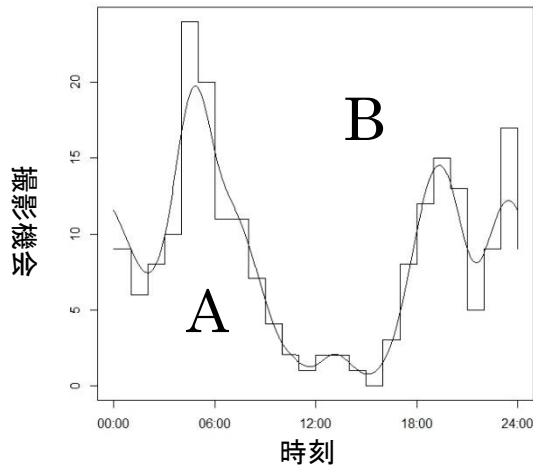
ニホンジカの撮影範囲での撮影機会は102回でした(表－3)。ニホンジカが撮影範囲内に進入してから退出するまでの滞在時間は、全体の半分以上にあたる54回で5秒未満でしたが、採食等により撮影範囲内に留まり滞在時間が長くなる個体もいました。

最も滞在時間が長かった個体は、撮影範囲で休息し、1時間以上(6,171秒)留まっていました。この撮影機会を除いた場合、撮影機会は101回であり、平均滞在時間は20.017秒でした。

表－3 撮影範囲でのニホンジカの滞在時間と撮影機会

滞在時間(秒)	撮影機会(回)
0-1	20
1-5	34
5-10	16
10-30	13
30-100	11
100-300	7
300-	1
合計	102

図－1に、撮影範囲外における撮影を含むニホンジカの撮影機会(200回)について、時刻ごとの推移を示しました。ニホンジカの撮影時刻は早朝(5時頃)、夕方(19時頃)、深夜(24時頃)に撮影機会のピークがあり、三峰性の日周活動を示しました。図－1に示す活動時間Aと非活動時間Bの面積比から活動時間割合を計算し、活動時間割合は0.4216と推定されました。



図－１ ニホンジカの撮影時刻

以下の密度推定式を用いて計算した結果、ニホンジカの生息密度は 30.15 頭/km²と推定されました。この生息密度は、令和 2 年度の県全域における生息密度の 24.3 頭/km²および県北西部における生息密度の 28.2 頭/km²よりも高いものでした¹⁾。したがって調査地におけるニホンジカの生息密度は比較的高いと考えられました。

$$D = E(Y) \times E(T) / (sHA)$$

D : ニホンジカの生息密度(頭/km²)

$$E(Y) = 101 \text{ (回)}$$

$$E(T) = 20.017 \text{ (秒)}$$

$$s = 1.58 \times 10^{-6} \text{ (km}^2\text{)}$$

$$H = 1,165 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ (秒)}$$

$$A = 0.4216$$

イ 野迫川村の調査地 (令和 4 年度)

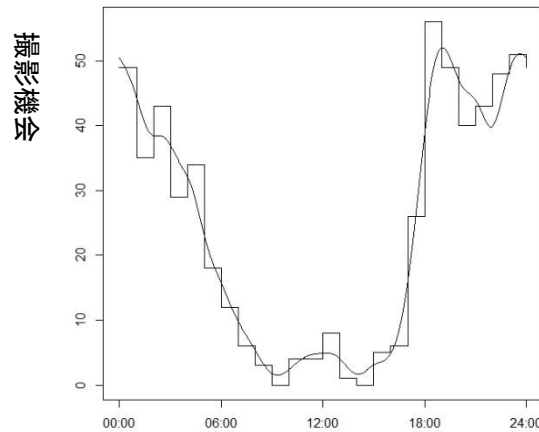
表－４に示すように、ニホンジカの撮影範囲における撮影機会は 222 回でした。ニホンジカが撮影範囲内に進入してから退出するまでの滞在時間は、全体の半分以上にあたる 149 回の撮影機会において 5 秒未満でしたが、採食等により撮影範囲内に留まり滞在時間が長くなる個体もいました。ただし、1 回の滞在時間が 300 秒を超えるニホンジカはおらず、休息しているニホンジカは撮影されませんでした。そのため、平均滞在時間は 8.69 秒でした。

表－４ 撮影範囲におけるニホンジカの滞在時間と撮影機会

滞在時間(秒)	撮影機会(回)
0-1	61
1-5	88
5-10	23
10-30	35
30-100	14
100-300	1
300-	0
合計	222

図－２に、撮影範囲外における撮影を含むニホンジカの撮影機会(570 回)について、時刻ごとの推移を示しました。ニホンジカは夕方(18 時頃)と深夜(24 時頃)に

撮影機会のピークがあり、二峰性の日周活動を示しました。活動時間 A と非活動時間 B の面積比から活動時間割合を計算し、活動時間割合は 0.4568 と推定されました。



図－2 時刻ごとのニホンジカの撮影機会の推移

以下の密度推定式を用いて計算した結果、ニホンジカの生息密度は 14.07 頭/km² と推定されました。この生息密度は、令和 3 年度の調査で推定した高取町における生息密度の 30.15 頭/km² と比較すると半分程度であり、令和 2 年度の県全域における生息密度の 24.3 頭/km² および県南部における生息密度の 21.4 頭/km² よりも低いものでした¹⁾。したがって調査地におけるニホンジカの生息密度は比較的低いと考えられました。

$$D = E (Y) \times E (T) / (sHA)$$

D : ニホンジカの生息密度 (頭/km²)

E (Y) = 222 (回)

E (T) = 8.69 (秒)

s = 1.58 × 10⁻⁶ (km²)

H = 2,199 × 24 × 60 × 60 (秒)

A = 0.4568

(3) 糞塊法調査

ア 高取町の調査地 (令和 3 年度)

調査地の尾根上を 1.85km 踏査し、糞塊数は 86 でした。したがって、糞塊密度は 46.49 糞塊/km でした。

調査地に近い明日香村栢森において令和 3 年 11 月 25 日に実施された糞塊法調査で得られた糞塊密度は 29.8 糞塊/km であり²⁾、本研究ではそれよりも大きい密度指標となりました。REST モデルによる生息密度の推定結果と同様に、糞塊法の調査結果からも、調査地におけるニホンジカの生息密度は比較的高いと考えられました。

イ 野迫川村の調査地 (令和 4 年度)

調査地の尾根上を 3.93km 踏査しましたが、10 粒以上の糞塊は発見されず、糞塊密度は 0 糞塊/km でした。ただし 10 粒未満の糞塊は 3 箇所で見つかったため、10 粒未満の糞塊を含めた総糞塊数による糞塊密度は 0.76 糞塊/km でした。

調査地に近い十津川村杉清において令和 4 年 11 月 22 日に実施された糞塊法調査

では、10粒以上の糞塊による糞塊密度は4.8糞塊/km、総糞塊数による糞塊密度は11.3糞塊/kmであり²⁾、本研究ではそれよりも小さい密度指標となりました。RESTモデルによる生息密度の推定結果と同様に、糞塊法の調査結果からも、調査地におけるニホンジカの生息密度は比較的低いと考えられました。

4 おわりに

本稿では、途中経過として、高取町（令和3年度）と野迫川村（令和4年度）で実施した研究結果について紹介しました。今後、さらに調査データを蓄積し、ニホンジカの生息密度と糞塊密度の相関を調べることで、糞塊密度の生息密度指標としての信頼性を評価し、糞塊密度を用いた生息密度算出および個体数推定の可能性について検討していきます。

本研究は、公益財団法人北村森林保護財団 森林・林業調査研究等事業として実施しました。

引用文献

- 1) 奈良県、奈良県ニホンジカ第二種特定鳥獣管理計画 第7次計画、2022
- 2) 奈良県食と農の振興部農業水産振興課鳥獣対策係、奈良県森林技術センター森林資源課、奈良県ニホンジカ第二種特定鳥獣管理計画 令和4年度モニタリング報告書、2023
- 3) Yoshihiro Nakashima, Keita Fukasawa, Hiromitsu Samejima Estimating animal density without individual recognition using information derivable exclusively from camera traps, 735-744, *Journal of Applied Ecology* 55(2), 2018
- 4) 独立行政法人 環境再生保全機構 環境研究総合推進費(4-1704)、異質環境下におけるシカ・イノシシの個体数推定モデルと持続可能な管理システムの開発 成果報告集、2020
- 5) J. Marcus Rowcliffe, Roland Kays, Bart Kranstauber, Chris Carbone, Patrick A. Jansen Quantifying animal activity level using camera trap data, 1170-1179, *Methods in Ecology and Evolution* 5(11), 2014
- 6) J. Marcus Rowcliffe activity: Animal Activity Statistics, R package version 1.3.1, <https://CRAN.R-project.org/package=activity>, 2021

表層崩壊発生抑止を目的とした簡易な木製杭工法の開発

京都大阪森林管理事務所 治山技術官 ○川勝 祥永
越井木材工業株式会社 清水 賢
株式会社コシイプレザービング 壁野 宏司

1 背景

「平成 30 年 7 月豪雨を踏まえた治山対策検討チーム」の中間とりまとめにおいて、脆弱な地質地帯、特に土石流等の発生箇所となる危険性のある 0 次谷及び羽根根部付近における山腹崩壊対策の必要性が言及されています。しかし、山腹崩壊の抑止を目的とした工法は、現状では限られています。また、このような工法の施工に当たっては危険を伴うことも多い上に、作業員の高齢化が進み、施工従事者数も年々減少しています。一方、国際的にも ECO-DRR のような生態系を活用した防災・減災対策が求められるなど、新たな需要も生じています。これらのことから、山腹崩壊に対して抑止効果を発揮しつつ、木材利用も促進され、安全で省力化した工法が求められています。

従来、木杭は木柵工、丸太筋工等の横木を保持するために用いられてきましたが、木杭自体の崩壊抑止効果についての検証はされてきませんでした。そこで、本発表では、木杭と羽根木を用いた表層崩壊を抑止する工法（以下、木製杭工法）についての取組と、その効果の検証状況について報告します。

2 事前の検討・試験

(1) 木製杭の仕様

越井木材工業株式会社及び株式会社コシイプレザービングが中心となり、有識者を含めた協議会において、木製杭工法を考案しました。具体的には、先端先付をした同形状の円柱材（ $\phi 120$ 、L1100-1600 mm）の木杭の頭頂部に、同径状の羽根木（ $\phi 120$ 、L1000 mm 程度）を金物で接合するものです（図-1）。表層土を木杭と羽根木により補強・一体化させることで、すべり面を押し下げ、斜面を安定化させることが可能となります。この効果は、比較的短いロックボルトと地表の被覆で斜面を安定化させる工法に通じるものです（北村ら 1987、山本ら 1987）。木杭に防腐防蟻効力を付与させることで、樹木根系の持つ崩壊抑止機能が十分に発揮される 3～4 齢級までの期間の耐久性を有しております。

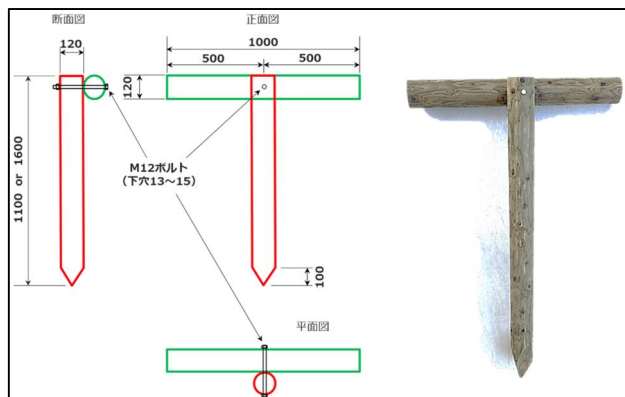


図-1 木製杭の仕様

(2) 斜面崩壊抑止モデル

本工法は、樹木根系の持つ崩壊抑止機能から着想したもので（阿部 1997、掛谷ら 2014）、引き抜き抵抗がせん断抵抗となります。本モデルを図-2に示します。杭の引き抜き抵抗 T の水平成分 $T \sin \alpha$ はせん断抵抗とな

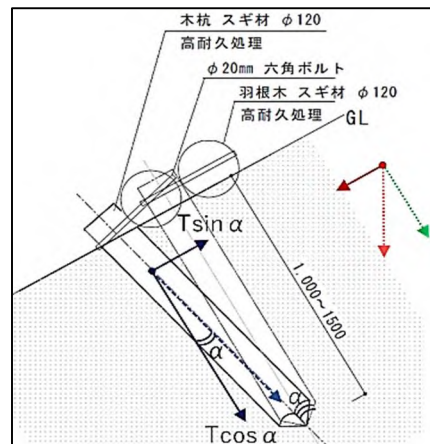


図-2 木製杭を含む斜面崩壊抑止効果の模式図

り、垂直成分 $T \cos \alpha$ は垂直応力として働き、

$$C_r = (\sin \alpha + \cos \alpha \times \tan \theta) \times T \quad \dots\dots\dots (1)$$

C_r : 杭のせん断抵抗力

θ : 内部摩擦角

α : 木杭の折れ曲がり角

と表すことができます。

$$\alpha = \tan^{-1} A \quad \dots\dots\dots (2)$$

A : 最大抵抗力 (引き抜き時) を示した変位量の 1/2 で求められます。

(3) 原位置すべり抵抗試験方法

そこで、本工法の効果を検証するため、原位置すべり抵抗試験 (以下、原位置試験) を行いました。試験は 2019/3/17 (晴天) に兵庫県丹波市山南町五ヶ野 (越井木材社有林) にて行いました。

原位置試験は以下の手順で行いました。

- 1) 本試験地に、 $\phi 120$ mm の木杭を打設し、羽根木を設置しました。
- 2) 縦×横×高さ = $1,000 \times 1,000 \times 1,000$ mm の土塊の試験体を作成しました (写真-1)。木杭を土塊の中央に位置するように周辺の地盤を掘削し、土塊が崩れないようにアクリル板及びベニヤ板にて周囲を囲いました。比較として、同じ試験地内で同寸法の土塊のみの試験体を作成しました。
- 3) 反力をとるため、土塊荷重側にバックホウを設置しました。
- 4) 荷重時に土塊にモーメントが発生しないようにするため、土塊荷重部の上端面を切り落とし、60 度傾斜面を成形し、等分布に荷重できるように厚物の木製板を設置し荷重面としました。
- 5) 荷重面に対して、ロードセルと連結したジャッキアップを用いて、一定の速度でゆっくりと荷重を加えました。変位センサーをジャッキアップ荷重面と同じ面に設置し、土塊の変位量を測定しました。

試験時の力の流れを下記に記します (図-3)。

- ① 右方向へのせん断荷重が作用します。
- ② 土塊が体積膨張し、木杭の頭頂部が右方向へ傾きます。
- ③ ②の作用により杭に対して上向きの引抜き力が生じます。
- ④ 木杭周面と土の間に周面摩擦力が生じ、木杭内部に引張応力が生じます。
- ⑤ 引張応力は羽根木に伝わり、羽根木が土塊を押さえ付けることにより土塊内部の摩擦力が増加します。
- ⑥ せん断破壊が下層方向に移動し、表層崩壊が抑止されます。



写真-1 試験体図

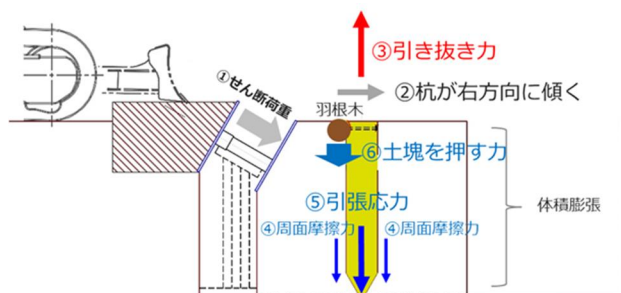


図-3 原位置すべり抵抗試験時の力学図

(4) 原位置すべり抵抗試験の結果及び考察

試験地の変位に伴う抵抗力の変化を図-4に示します。両方とも変位量の増加に伴い、抵抗力が増加し、ピーク後持続しましたが、徐々に低下するというパターンを示しました。「木杭あり」は「土塊のみ」に比べて、ピーク抵抗力が約1.5倍大きく、ピークまでの変位量が小さい結果でした。つまり、杭がないと変形が大きく、少しの力ですべりが徐々に進行すると考えられます。したがって、木杭により土塊剛性が向上されたと考えられます。これは、根系が表層土の剛性を高めることと同じ効果と考えられます (Denis et al. 2017)。

また、「土塊のみ」は横方向へせん断破壊をおこし、「木杭あり」は斜め下方向へせん断破壊することを観察できました。これらのことから、木杭により斜面を補強・一体化させ、すべり面を押し下げることによって、抵抗力を増加させると考えられます。これは、根系によるすべり面の押し下げ効果と同じと考えられます (阿部ら 1986、塚本 1987)。以上のことから、本工法は根系と同様の斜面崩壊抑止効果があると考えます。

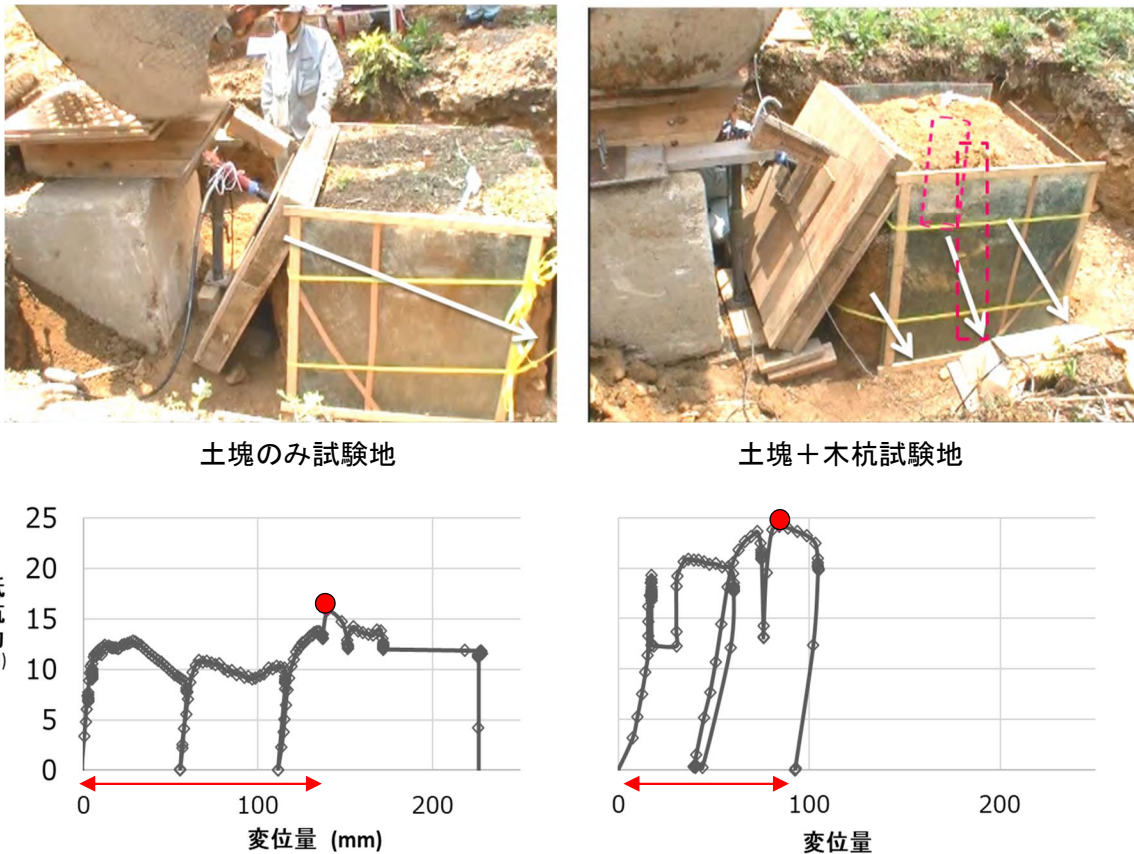


図-4 変位に伴う抵抗力の変化 (●は抵抗力のピーク値) 及びピーク後の試験体様子

3 施工方法の検討

検討や試験の過程で、木杭打設の効率化が課題として挙げられました。直径 120 mm、長さ 1,600 mm の木杭の打ち込みには十分な打設力が必要であることから、エンジン内蔵型でありながら、人力で持ち運び可能な機械を選定しました（写真－2）。さらに、作業効率を上げるため、先端に取り付ける木杭打設用ヘッドを新規作製しました。また、木杭長さが 1,600 mm と長いので、木杭打設の際に機械の持ち上げに負担が大きいことを試験打設の時点で確認しました。そこで、アースオーガで下穴を開け、木杭の仮打ち込みをすることを検討しました。検討の結果、500 mm 程度の下穴であれば約 10 秒でできることを確認しました（写真－3）。



写真－2 木杭の打設



写真－3 下穴開け

4 国有林における木製杭工法の試験施工

令和 4 年度に、京都市山科区安祥寺山国有林（対象面積 0.09ha）において、0 次谷の斜面表層崩壊及び表層土流出抑止を目的として本工法を採用し、効率的な施工方法の試行・検証を行いました。

(1) 施工場所の選定

実際に本工法を使用できる場所を選定するために、どのような箇所を対象とするかを検討した結果、風倒林地、作業道路肩、崩壊地・その周縁部、伐採跡・幼齢林などが考えられました。これらのうち、伐採跡・幼齢林で適した箇所が同国有林内にあり、現地踏査を実施し、当該箇所に決定しました。本試験地は土石流等の発生源となる危険性のある 0 次谷を伴う斜面であり、同様の斜面が尾根を挟み隣り合っており、木杭施工区域と未施工区域が隣接して設定できました（写真－4）。



写真－4 試験施工地

(2) 施工工程のフロー

現地調査からはじまり、木製杭にマーキングをするまでが一連の施工フローとなります(図-5)。令和5年の1月より現地測量から始まり3月中旬に終了しました。



図-5 施工フロー

(3) 施工試験結果

現地測量を基に設計図書の作成、墨だし、材料の間配り、下穴開け、仮打設、本打設、羽根木付け、完了検査を実施し、計287本を施工しました(図-6)。一連の工程を通して、施工業者や有識者と意見交換を行い、最適な施工方法を検討しました。本工法が木杭の打設の工程を機械化する事により、迅速かつ作業負担の少ない作業であることを確認しました。

また、施工の安全性・迅速性を向上させるため、3 施工方法の検討 で触れたアースオーガで下穴を開け、木杭の仮打ち込みをすることで、より施工の効率が上がることを確認しました。その結果、約60本/日・3人工で施工が可能となりました(写真-5)。

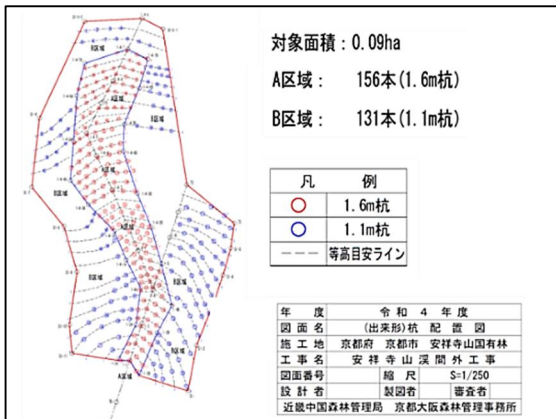


図-6 木杭配置出来高図



写真-5 施工後の様子

5 今後の展開と期待される効果

山腹斜面において本工法の効果を検証するため、上述の試験地(写真-4)の木杭施工・未施工区域において、木杭による斜面崩壊抑止効果及び羽根木による雨水分散・排水効果を確認します。

(1) 試験施工地における計測内容

測定機器の設置は2023年6~7月にかけて行いました。斜面崩壊抑止効果は斜面変位量により確認します。変位量は伸縮計ワイヤー変位センサー(SENTEC社 WPS-500-MK30)にて計測します。

羽根木の持つ雨水分散・排水効果は表面流の浮遊物量・地下水水位量により確認します。表面流浮遊物量は、施工斜面地の最下部にコンクリート製の樋を設置し、表面流を採取することで確認します。具体的には、降雨後に表面流水を採取し、浮遊物試験（Suspended Solids 試験）にて浮遊物量を計測します。地下水水位量は、テンシオメーター（大起理化工業 DIK3023）を羽根木上部に設置し計測します。計測は2023年から計5年間行う予定です（写真－6）。



写真－6 試験機器・装置のセットアップ図

(2) 期待される効果

木杭を用いた安価な表層崩壊抑止工の確立により、一時的な強雨等による斜面の崩壊対策を適切かつ簡易に実施することが可能になると期待されます。今後、皆伐施業を行う地域の増加が見込まれる中、本工法を再生林と併せて行うことにより、皆伐により根系が衰退した斜面の崩壊防止など、多くの潜在的な需要があると考えます。また、本工法は法面崩壊もしくは路面侵食が生じている林道等にも適用可能であり、今後、さらに施工対象の拡大も期待されます。

引用文献

- 1) 阿部和時 樹木根系が持つ斜面崩壊防止機能の評価方法に関する研究：森林総研研報 No. 373 105-18、1997
- 2) 阿部和時・岩本賢 R. Ziemer Robert 崩壊地周縁と底面における根系の崩壊防止効果の比較：日林関東支論 38 回、1986
- 3) Denis Cohen M. S. Tree-root control of shallow landslides : Earth Surf. Dynam., 5 451-477、2017
- 4) 掛谷亮太 阿部和時 岡田康彦 荒金達彦 村津匠 原位置せん断試験による森林の崩壊防止機能の考察：関東森林研究、65(2):173-176、2014
- 5) 北村照喜 長尾哲 奥原正由 斎藤孝夫 鉄筋補強土工法の斜面安定への適用と設計法に関する考え方について：土木学会論文集第 385 号/VI-7、1987
- 6) 塚本良則 樹木根系の崩壊抑止効果に関する研究：東京農工大学農学部附属演習 演習林報告 (23)、p65-12、1987
- 7) 西村和夫・山本稔 比較的短いロックボルトを用いた切り取り斜面の安定について：土木学会論文集、第 388 号/III-8、1987
- 8) 林野庁「平成 30 年 7 月豪雨を踏まえた治山対策検討チーム」中間取りまとめ、2018

平成 30 年 7 月西日本豪雨からの早期復旧に向けて
～【東広島地区民有林直轄治山事業】黒瀬区域における取組～

広島森林管理署 山地災害復旧対策室 係員 ○北山 智也
治山グループ 係員 ○藤井 大耀

1 課題を取り上げた背景

平成 30 年 6 月 28 日から 7 月 8 日かけ停滞した梅雨前線と台風 7 号の影響によって、広島県では県内全域において長時間に及ぶ総雨量 400mm～600mm と記録的な豪雨（平成 30 年 7 月豪雨（西日本豪雨））となりました。また、山地災害などの被害額は約 466 億円となり激甚災害に指定される被害を受けました。

広島森林管理署では、特に被害の大きかった広島県東広島市の民有林（高屋、八本松、黒瀬（写真－1）の 3 区域）において、平成 31 年度から東広島地区民有林直轄治山事業に着手しました。

このうち、黒瀬区域における特徴的な取組として、ヘリコプターによる航空緑化工及びラジコンヘリによる空中散布工を試験的に実施しました。また、ソフト対策として、地元大学と連携した植樹イベントを開催するなど様々な取組を実施していることから、これらについて報告します。



写真－1 黒瀬区域の航空写真

2 経過

東広島地区民有林直轄治山事業黒瀬区域の全体計画では、主要工事は山腹工 36ha、溪間工 23 基を計画し、予算額は約 40 億円となっています。令和 4 年度末の進捗状況は、山腹工 18.8ha、溪間工 3 基を施工完了しており、進捗率は約 42%となっています。

黒瀬区域は、山頂部に近い崩壊地が多く存在し、資機材の搬入経路の確保が困難な箇所が非常に多くなっています。このような中、二次崩壊や表面侵食を防止するため早期に対策を実施する必要があることから、ヘリコプターによる航空緑化工を実施し、植生基盤である表土の移動防止を図ることとしました。しかしながら、高圧線が設置されている箇所の付近では、航空機の飛行が制限されていることから、ヘリコプターによる高圧線下への緑化工は未実施となりました。このため、未実施箇所の緑化方法について検討した結果、高圧線への影響が少ないと考えられる無人航空機（ラジコンヘリ）による空中散布工を試験的に実施することとしました。

また、黒瀬区域の直下には、保全対象の一つとして「広島国際大学」が位置しており、約 2,800 名の学生が在籍しています。民有林直轄治山事業着手後、学校関係者へ復旧計画の説明などを実施し、機会ある毎に情報提供など行って、関係者への安心を提供するとともに、現地学習会や植樹イベントを実施するなど、ソフト面での対策も並行して実施しています。

3 実行結果

(1) ヘリコプターによる航空緑化工

資機材の搬入経路の確保が困難な山頂部に近い崩壊地の早期緑化を図るため、令和 2 年 10 月にヘリコプターによる航空緑化工（写真－2）を実施しました。施工面積は 11.45ha、直接工事費の ha 単価は約 450 万円（ヘリポート整備費等含む。）となっています。なお、施工後の緑化状況（散布 8 ヶ月後）は遠景、近景（写真－3）とも良

好な結果となっています。



写真－２ ヘリ散布実施状況



写真－３ ヘリ散布後緑化状況

しかしながら、黒瀬区域内には高圧線が設置されていることから、その付近では航空機の飛行制限があり、高圧線下への緑化工は未実施となりました。

(2) ラジコンヘリによる緑化試験施工

ヘリコプターの飛行制限により実施できなかった箇所の緑化については、隣接林分等からの植生侵入を期待しましたが、約2年が経過した状況においても植生の侵入は思わしくないことから、別途緑化方法を検討することとしました。

近年、ICT等の新技術が著しく進展し、森林・林業分野においても新技術を積極的に活用して効率化等を図ることが期待されており、林野庁では、森林管理の基礎となる森林資源情報の高度化、データや最新技術を活用した「スマート林業」を推進していることから、UAV等を活用した緑化基材散布工の検討を進めることとしました。

まずは、UAV機器を活用している事業者等の情報収集を行い、当該事業者へ相談したところ、ドローンは高圧線付近では電波障害等により通信エラーが発生する可能性があるとのことから、ラジコンヘリによる緑化工を検討し、令和4年10月に試験施工を実施しました。

施工箇所は、広島国際大学南側の北向き斜面で、面積0.55ha（幅約30m、延長約250m）の細長い区域で実施（写真－4）しました。直接工事費のha単価は約600万円（ヘリポート整備費等含む）となっています。

施工に当たっての課題として、資材運搬路沿いのヘリポートから崩壊地最上部への有視界飛行が困難であるとともに、ラジコンヘリの飛行延長が長くなることから結果的に非効率になるものと考え、崩壊地内の中腹に中間ヘリポートを設置し、中間ヘリポートまでの資材運搬は大型ドローンにより実施（写真－5）しました。



写真－４ ラジコンヘリ施工状況



写真－５ 大型ドローン資材運搬状況

また、散布した緑化基材が粉瘤状であることから、施工中のラジコンヘリの自風による舞い上がり（写真－6）が多く発生し、均一的な散布とならなかった箇所等があり、一部緑化不良箇所も見受けられますが、全体的な緑化状況は概ね良好な結果となりました。

（3）地域との連携の取組

ア 現地学習会の開催

保全対象の一つである広島国際大学は、平成30年7月豪雨により大規模に山腹崩壊した現場に近接するとともに、救急救命



写真－6 自風による舞い上がり状況

学科の学生が、いのちの危機を救う適切な判断力と救急救護のスキルを日々磨いておられることから、授業の一環として現地学習会を実施しました。

学生にとっては、治山事業の現場を目にすることが少ないため、大学付近で発生した豪雨災害の被害状況と復旧事業を知ってもらうことで、治山事業に関する知識や防災意識の向上に役立ててもらえたと思っています。

学生からは、「元の森林の状態に戻るにはどれくらいの期間がかかるのか」、「崩れる前に防ぐための工事などもあるのか」、「復旧作業中に災害が起きないように工夫はしているのか」などたくさんの質問があり、自然災害に対する関心の大きさを改めて知ることができました。

イ 植樹イベントの開催

現地学習会をきっかけに大学との連携がスタートし、キャンパス周辺にある森林の大切さや治山事業が果たす役割への理解を深めることを目的として、令和4年10月14日に、学生ボランティアや学長を始めとする教職員が参加して、松くい虫被害に抵抗性のあるアカマツ苗500本を植樹しました（写真－7）。参加した学生ボランティアの皆さんからは、「元の森林の状態に戻るにはどれくらいの期間がかかるのかわかりませんが楽しみにしています。」などの声が聞かれました。



写真－7 植樹イベントの様子

4 考察

（1）今後に向けた課題

現段階の課題として、ラジコンヘリでの緑化工は、崩壊縁では操縦者から立木の枝が確認しづらいため、近づくことが難しく、散布ができない点があります。ラジコンヘリより操縦が簡単でカメラを搭載しているドローンであれば、崩壊縁近辺まで散布が可能かと考えます。

散布性能については、現段階ではスラリー式資材が散布できる技術がないため、今後の技術開発に注視していきたいと思えます。

また、資材運搬に使用する大型ドローンは国内に数台しかないため、農薬や肥料等の散布時期は繁忙期となり、機材の確保が困難となります。

以上のことから、無人航空機による緑化工は、施工できる箇所、時期がある程度限定されるため、現地をよく確認しながら検討、計画する必要があると考えます。

(2) 今後の方針

早期復旧に向けて事業を着実に実施していくため、社会的ニーズにあった復旧方法等や、復旧計画の見直しを適時・適切に実施していきます。特に、UAV 機器や遠隔臨場等、ICT 技術を活用した新技術の導入について検討を行い、積極的に新技術の導入を進めていきたいと思ひます。

また、地域との連携については、広島国際大学とも連携しながら、引き続き国有林野事業や民有林直轄治山事業の PR を含めた取組を継続して実施していきたいと思ひます。

城山国有林における景観に配慮した山腹工事について

山口森林管理事務所 総括森林整備官 ○掛部 晋
森林情報管理官 井上 正人
業務グループ 係員 ○佐藤 亜弓

1 課題を取り上げた背景

令和3年6月3日から4日にかけて、低気圧と前線の影響で大気の状態が不安定になり局地的な豪雨によって、山口県岩国市の城山国有林（図-1）山腹斜面において崩落が発生しました。昭和46年に施工した山腹工（PNC板土留工）の一部が被災するとともに、山腹斜面から崩落した土石が市道直上の既設コンクリート擁壁工付近まで到達しました（写真-1）。幸い、既設コンクリート擁壁工によって流出土砂が抑えられた為、人家及び市道に直接的な被害はありませんでしたが、以後の降雨等で再度崩落する危険性が高い状況となっていました（写真-2）。

当該地は保全対象に近接しており、地元自治会からも早期の工事を求められていたことから、施設災害復旧工事として令和3年度に計画・施工を行いました（写真-3）。

城山国有林は、錦帯橋、岩国城と一帯となり県下の代表的な観光地の一つとして毎年多くの人々が訪れていますが、当該箇所は、国の重要文化的景観、岩国市景観計画における重点地区及び錦帯橋風致地区に指定されており、景観に配慮した工法が求められていた為、着色モルタルを用いた簡易法枠吹付工を主工種としました。



図-1 国有林の位置図（赤丸）



写真-1 城山国有林工事箇所



写真-2 工事施工前

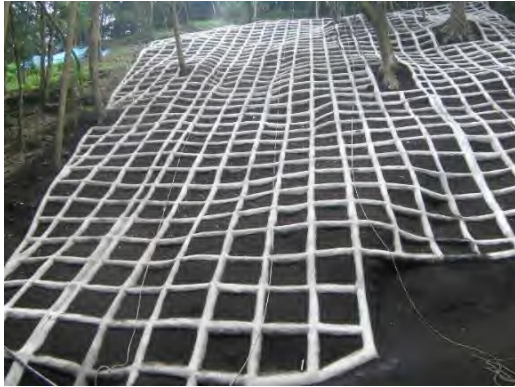


写真-3 工事完成後

2 経過

通常の法枠工では白色が目立ちますが（写真－4）、景観上の配慮が必要な箇所であることから、吹付モルタルに茶色の顔料を混合し、構造物の色彩を周囲の地山となじませることで、視覚的に目立ちにくい構造物としました（写真－5）。

また、既設構造物である PNC 板と簡易法枠吹付工との間に隙間ができる構造となるため、簡易法枠吹付工と同一材料で施工できるモルタル吹付工を、既設 PNC 板を巻き込みながら隙間に施工することで雨水などによる侵食を防止し、更に簡易法枠吹付工と同色とすることで景観にも配慮した施工を行うことができました（写真－6、7）。



写真－4 通常の法枠工



写真－5 茶色の顔料を混合



写真－6 枠吹付



写真－7 モルタル吹付完了

施工前に地元町内会に対して工事概要の説明パンフレットを配布し、岩国市の観光部局にも着色剤の色の要望等を聞きながら工事への理解促進に取り組みました。冬季の施工となったため、吹付モルタルにモルタル防凍剤を混合しました。また、鍊混ぜ水に地元住民所有の井戸水（水温約 16℃）を提供いただき、吹付後の凍害を防ぐことができました。

本工事にあたり、受注者とは監督員による通常の現地立会・電話・メールに加え、ウェアラブルカメラを使用した遠隔臨場を実施し、日程調整の効率化、移動時間の短縮も図りながら、工事の進捗に影響がないよう、現場とは密に連絡を取り合うことができました。

また、施工地周辺道路は早朝以外の日中・夜間の大型車通行禁止という制約がある中で、資材・機材等の運搬を計画的に行うことで、標準工期 220 日に対して約 130 日の短期間で工事を完了させることができました。

3 実行結果

これらの取組みを客観的に評価・分析するためアンケート調査を実施しました。

アンケート作成時には、林野公共事業における事業評価マニュアル（R5.4.1）のアンケート手法を参考とし、誰でも回答できるように簡略化した調査方法としています。

アンケートは施工地付近の地域住民26名と、観光等で訪れている来訪者51名（以下観光客という）の計77名に対して調査を実施しました（写真－8、9）。

調査用紙は「治山事業の必要性」、「法枠の色彩」、「景観に配慮した治山工事の必要性」、「人工的な植栽の必要性」、「治山事業実施前後の環境変化」、「治山事業に対する意見」、年齢、職業、住まいを問う全9項目の質問で構成し、選択肢と回答に対する自由記述方式を採用しました。

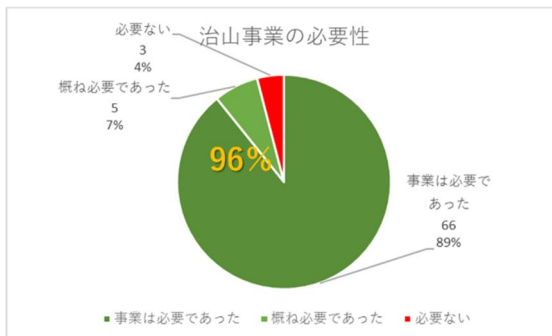


写真－8 アンケート調査

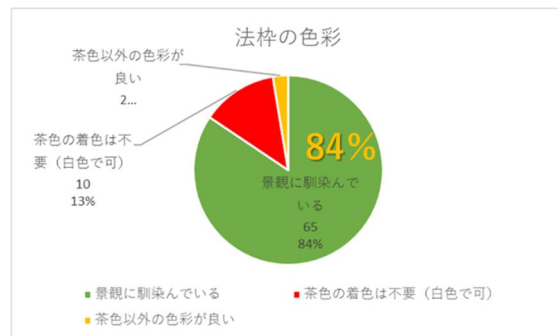


写真－9 アンケート調査

調査の結果、問1「治山事業の必要性」を問う質問では、「事業は必要であった」、「概ね必要であった」と回答した人は96%でした（図－3）。問2「法枠の色彩」についての質問では、「茶色の着色は景観に馴染んでいる」と回答した人が84%でした（図－4）。



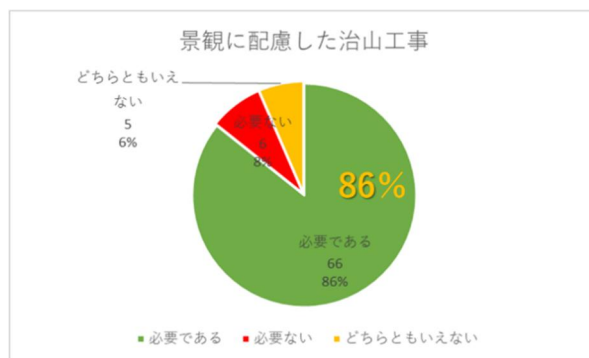
図－3 問1 治山工事の必要性



図－4 問2 法枠の色彩

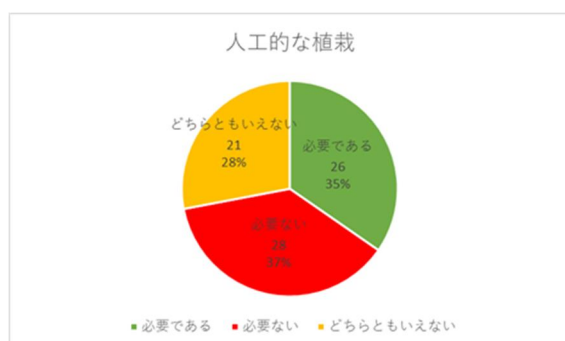
また問3「景観に配慮した治山工事の必要性」を問う質問に「必要である」と回答した人は86%でした（図－5）。

治山事業の必要性や法枠の色彩に対して肯定的な意見が大きな割合を占めました。

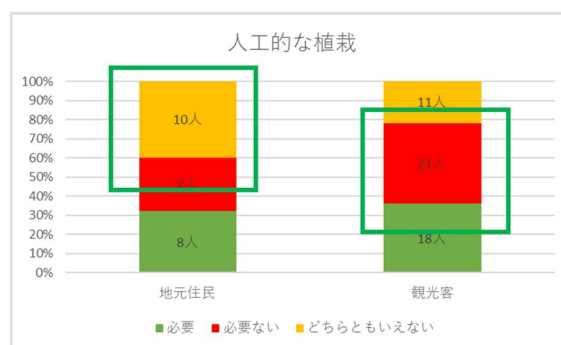


図－5 問3 景観に配慮した治山工事の必要性

一方、問4の工事済箇所への「人工的な植栽の必要性」を問う質問では、「必要である」は35%、「必要ない」は37%、「どちらともいえない」は28%と意見が割れました（図－6）。地元住民は「どちらともいえない」と回答した人が最も多く、観光客は「必要ない」と回答した人が最も多くなりました（図－7）。



図－6 問4 人工的な植栽の必要性



図－7 問4の地元住民と観光客の回答比較

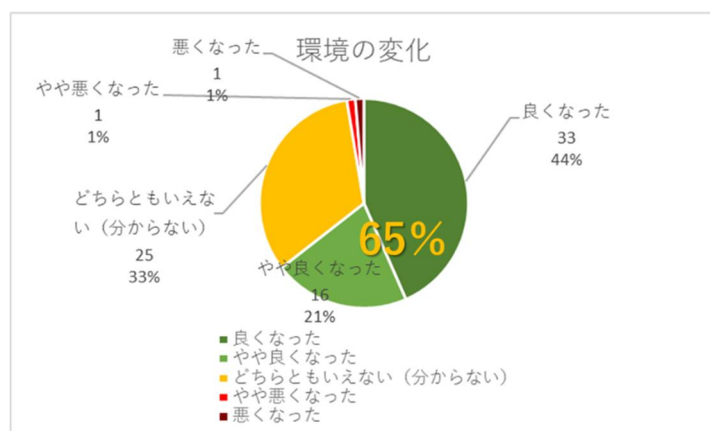
自由記述欄の回答では「必要である」、「必要ない」、「どちらともいえない」と回答した人のうちそれぞれ14名、6名、4名の計24名の回答を得ました。

表－1は防災に関する意見をオレンジ、景観に関する意見を赤、植物の自然な成長に関する意見を緑で色分けしたものです。

表－1 問4 回答別の自由記述

1 (必要である)		2 (必要ない)	
防災のため	6	自然の状態がいい	3
早期の復旧のため	3	現状のままでいい	1
周囲と馴染ませるため	2	防災には逆効果では	1
早期の景観復旧のため	2	目立つ場合は必要	1
景観のため	1		
計14		計6	
3 (どちらともいえない)		計4	
		植栽が環境に良いのか不明	2
		自然に生える場合は不要	1
		防災に役立つ場合は必要	1

24名のうち、防災に関する意見（オレンジ）を回答した人は11名、景観に関する意見（赤）を回答した人は6名、植物の自然な成長に関する意見（緑）を回答した人は5名になりました。



また問5「治山事業実施前後の環境変化」を問う質問では、「良くなった」、「やや良くなった」と回答した人は65%、「どちらともいえない(わからない)」と回答した人は33%、「やや悪くなった」、「悪くなった」と回答した人は3%でした。環境が良くなったと回答する人が多くなりました(図-8)。

図-8 問5 治山事業実施前後の環境変化

自由記述欄の回答では「良くなった」、「やや良くなった」、「どちらともいえない」、「やや良くなった」、「悪くなった」と回答した人のうちそれぞれ7件(5名)、3件(2名)、2件(2名)、0件、1件(1名)の計10名13件の回答を得ました。

表-2は防災に関する意見をオレンジ、景観に関する意見を赤で色分けしたものです。「やや悪くなった」以外の選択肢で景観に関する意見(赤)がありました。

表-2 問5 回答別の自由記述

1 (良くなった)	計7	3 (どちらともいえない)	計2
防災になっている	2	眺めが悪い	2
観光業のためになる	2		
事業前は見た目が悪い	1	4 (やや悪くなった)	なし
古いものを保存するのが良い	1		
早期の実行が良い	1	5 (悪くなった)	計1
2 (やや良くなった)	計3	災害の跡が見える	1
見た目が改善した	2		
防災になっている	1		

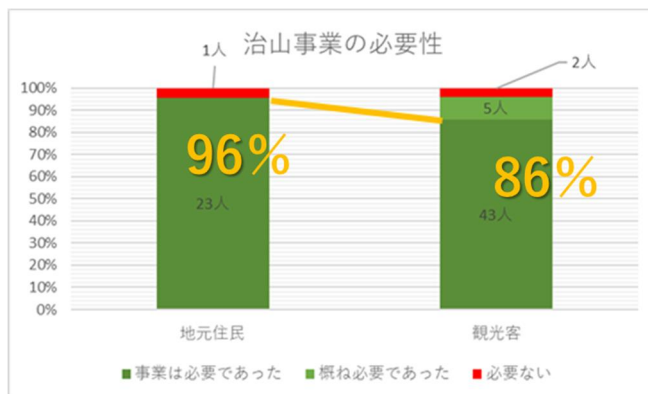
問6「治山事業に対する意見」を問う質問では、観光客から27件、地元住民から8件の回答がありました(複数の意見を回答した人もいるため人数ではなく回答の個数で計上)。表-3は防災に関する意見をオレンジ、景観に関する意見を赤、工事への感謝・応援を黄色、自然との共生に関する意見を緑で色分けしたものです。

表－3 問6 治山事業に対する意見

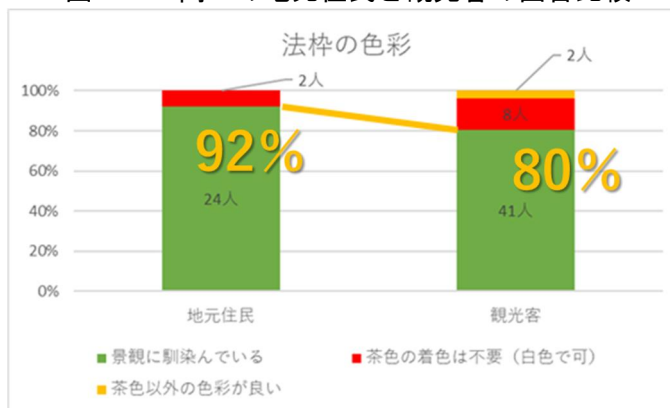
観光客	計27	地元住民	計8
景観に配慮してほしい	6	景観に配慮してほしい	2
防災を行ってほしい	5	防災を行ってほしい	2
早く復旧してほしい	4	点検・メンテナンスをしてほしい	2
地域の人のために工事が必要	2	工事への感謝	1
工事は行う方が良い	2	自然との共生に配慮してほしい	1
工事への感謝・応援	2		
観光業に役立つ	2		
花など追加してほしい	2		
山についてPRするべき	1		
山との共存を目指すべき	1		

観光客の回答で多かった意見は「景観に配慮してほしい」（6件）、「防災を行ってほしい」（5件）、「早く復旧してほしい」（4件）です。地元住民の回答で多かった意見は同率で「景観に配慮してほしい」（2件）、「防災を行ってほしい」（2件）、「点検・メンテナンスをしてほしい」（2件）でした。

4 考察



図－9 問1の地元住民と観光客の回答比較



図－10 問2の地元住民と観光客の回答比較

問1「治山事業の必要性」で「事業は必要であった」と回答した人は地元住民の96%、観光客の86%でした（図－9）。

実際に被災箇所周辺に住んでいる地元住民の方が必要と回答する割合が高いことは予想通りでした。

また問2「法枠の色彩」で「茶色の着色は景観に馴染んでいる」と回答した人は地元住民の92%、観光客の80%でした（図－10）。

法枠の茶色の着色は今回の工事において景観の配慮として行ったものです。地元住民の方が、景観への配慮をより高く評価していました。

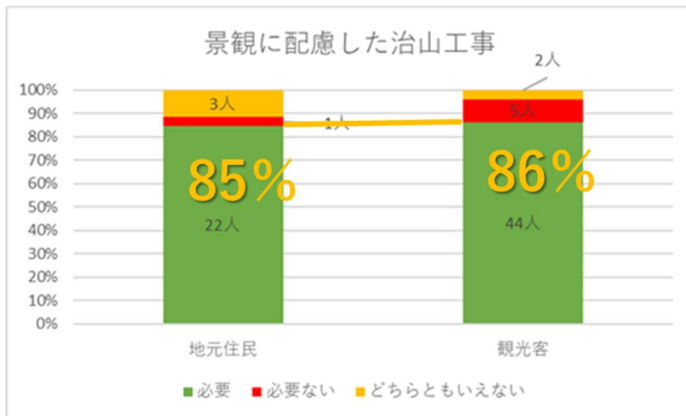


図-11 問3の地元住民と観光客の回答比較

一方、問3「景観に配慮した治山工事の必要性」で「必要」と回答した人は地元住民の85%、観光客の86%でした(図-11)。両者がほぼ同じ割合になりました。

治山事業の必要性や工事の評価は地元住民、観光客共に高くなりました。災害発生時、被害に遭う可能性のある地元住民の評価が高いことは予想通りでしたが、被災の可能性が比較的少ない観光客も治山事業の評価がかなり高い結果になりました。これは、地元住民や観光客という立場の

違いを問わず、国民の治山事業に対する関心が高いことを示していると思われます。

表-4 問4回答「どちらともいえない」の自由記述

3 (どちらともいえない)	計4
植栽が環境に良いのか不明	2
自然に生える場合は不要	1
防災に役立つ場合は必要	1

問4「人工的な植栽の必要性」に、「どちらともいえない」と回答した人の自由記述欄(表-4)に、「(人工的な)植栽が環境に良いのか分からない」という意見がありました。また植物が「自然に生える場合は(植栽は)不要」という意見は、植物が自然に生えるのか分からないため、もし自然に生える場合は、という意見を書いたのだと思われます。

「防災に役立つ場合は必要」という意見も、植栽が防災に役立つのか分からないため、もし防災に役立つ場合は、という意見を書いたのだと思われます。「どちらともいえない」と回答した人は、そもそも人工的な植栽について知らない人が多いのだと思われます。

天然更新と人工的な植栽のメリット、デメリット等、事業への理解を求めため、植栽などあまり馴染みのない知識の周知が必要であると考えます。特に地元住民は「どちらともいえない」と回答した人が最も多かったため、地元住民に対しての周知に力を入れるべきだと思われます。

表-5 問5回答「どちらともいえない」「悪くなった」の自由記述

3 (どちらともいえない)	計2
眺めが悪い	2
5 (悪くなった)	計1
災害の跡が見える	1

問5「治山事業実施前後の環境変化」では、「やや悪くなった」以外の選択肢で景観に関する意見がありました。「良くなった」、「やや良くなった」と回答した人の自由記述欄には「見た目が改善された」という意見がありました。

一方「どちらともいえない」と回答した人は、現時点では「眺めが悪い」、「悪くなった」と回答した人は「災害の傷跡が見える」と、「眺めが悪い」と感じる人もいました(表-5)。

しかし、現時点で施工箇所や災害の跡が見えていても、時間が経てば周囲の自然に馴染むため、眺めは改善します。ただ、施工後一時的に眺めが悪くなる恐れがあることに留意するべきだと考えます。

表－6 問6「治山事業に対する意見」
観光客の回答

観光客	計27
景観に配慮してほしい	6
防災を行ってほしい	5
早く復旧してほしい	4
地域の人のために工事が必要	2
工事は行う方が良い	2
工事への感謝・応援	2
観光業に役立つ	2
花など追加してほしい	2
山についてPRするべき	1
山との共存を目指すべき	1

表－7 問6「治山事業に対する意見」
地元住民の回答

地元住民	計8
景観に配慮してほしい	2
防災を行ってほしい	2
点検・メンテナンスをしてほしい	2
工事への感謝	1
自然との共生に配慮してほしい	1

問6「治山事業に対する意見」において、観光客の回答(表－6)は1番多いものが「景観に配慮してほしい」(6件)、2番目に多いものが「防災を行ってほしい」(5件)という意見です。

また赤線で囲った「早く復旧してほしい」、「地域の人のために工事が必要」、「工事は行う方が良い」という意見は、工事を通じた防災を求める意見であると考えます。

「防災を行ってほしい」という意見も5件あり、防災関連の意見が最も多くなっています。

また地元住民の回答(表－7)において、「点検・メンテナンスをしてほしい」という意見がありました。これらも山地災害を未然に防ぎ、被害を減少させることに繋がります。「防災を行ってほしい」という意見と合わせて、地元住民も防災関連の意見が最も多くなりました。

観光客と地元住民両者とも防災に関する意見が最も多く、次に景観に関する意見が続き、回答の傾向が似通っていました。立場の違いを問わず、国民の防災に対する関心が高いことを示していると思われます。

今回景観に配慮した治山工事についてアンケート調査を行いました。そもそも「景観」の語義は何か今一度調べました。「景観」は明治時代、植物学者の三好学がドイツ語のLandschaftを翻訳したものです(小学館国語辞典編集部編『精選版 日

本国語大辞典 2巻』、小学館、2006)。しかし景観は明確な定義が定まっていません。2004年に景観法が制定されましたが、法律上「景観」について定義づけられていません。

ただ、Landschaftが「古くから地域という意味をもっていたのに対して、〈中略〉それが人間の視覚に映る形態すなわち相観という意味に発展したことに由来する」(日立デジタル平凡社『世界大百科事典 第二版』、平凡社、1998)ことから景観は「視覚中心」に地域を捉えるという意味を持ちます。また景観工学の第一人者である中村良夫は「景観とは人間をとりまく環境のながめにほかならない。しかし、それは単なるながめではなく、環境に対する人間の評価と本質的な関わりがある」と「環境に対する人の評価」を強調しています。(太田裕彦「環境心理学の視点から捉えた景観の役割・意義」『日本不動産学会誌第22巻第3号』、p52、日本不動産学会、2008)

つまり景観とは「視覚」で捉えた環境を「人間が評価」したものであると考えます。そのため視覚で捉えた環境を「人間が評価」するアンケート調査は、「景観」に対する調査方法として妥当なものだと思われます。

5 まとめ

今回のアンケート調査の考察をまとめると、1つ目に地元住民、観光客ともに今回の工事の評価は高いこと、治山工事の必要性を感じていること、防災に対して関心が高い

ことが分かりました。2つ目に、工事の際植栽など国民に馴染みのない知識の周知が必要であること、治山工事施工後一時的に景観が悪くなる恐れに留意する必要があり、さらなる事業の理解を求める必要性を感じました。3つ目に、「景観」の語義からアンケート調査は景観の調査に有効であると考えます。

6 最後に

令和5年3月に岩国市で開催された第2回名勝錦帯橋保存活用委員会においても、治山工事箇所について昨年よりも落ち着いてきて、目立たなくなっているという趣旨の発言もありました。



写真-10 完成直後令和4年2月



写真-11 令和5年6月

錦帯橋については、創建350年をむかえ各種イベントが開催され、テレビや新聞、地元広報誌などで紹介される機会が増えています。借景林として背景に位置する城山国有林が出てくる機会も増えておりますが、岩国市の錦帯橋課をはじめ、関係者と連携しながら城山国有林の保全に努める必要があります。

今後も、地域住民の生命・財産を守り安全・安心な暮らしの実現のため、地元ニーズの把握に努め、景観に配慮した工法等、積極的に検討していきたいと考えています。

急斜面における3つのICT技術の導入について

兵庫森林管理署 主任治山技術官 瀧沢 学

1 課題を取り上げた背景

急斜面の山腹工事に3つのICT技術を導入して、生産性の向上と安全性の確保に関する取組を行ったので報告します。

兵庫県中西部の宍粟市に所在する戸倉東山国有林において、平成30年7月の西日本豪雨災害により発生した林地崩壊及び荒廃溪流の復旧工事を実施しています（写真－1）。

先行して荒廃溪流の溪間工等の整備を進め、崩壊発生から4年経過後に崩壊発生源に着手すべく現地確認をしたところ、傾斜が約45度（一部では60度を超える）あることや、降雨等の影響により斜面内に複数の侵食が発達し複雑な斜面を形成していることが判明しました（写真－2）。

このため、対策工の立案に必要な斜面形状を正確に把握できる測量手法や、急斜面かつ不安定土砂が堆積している斜面における工事の安全確保、また積雪時期（現地標高約700m）を考慮すると、施工期間が限定されることから、現地測量と斜面掘削工を効率よく、かつ手戻りなく実施する必要性がありました。



写真－1 崩壊直後の写真



写真－2 東斜面上部の状況

2 経過

(1) 施工方法の検討

工法の検討にあたり、以下の課題がありました。

- ・複雑な地形を踏まえた、正確な地形把握
- ・急斜面で土質が悪いことから、安全の配慮
- ・施工時期の制限があることから、短期間での施工

これらの課題に対応するため、急斜面での地形計測から斜面掘削工までの一連の作業を安全確保した上で、効率的に施工することができる工法を検討した結果、斜面工事に特化した3つのICT技術（①UAV写真測量、②3次元設計、③マシンガイダンス斜面掘削工）を導入し施工上の課題に対する効果を検証することにしました。

(2) 導入した ICT 技術

ア UAV 写真測量

ドローンを用いた空中写真撮影により、詳細な地形データを取得できる測量方法です。本施工地では対地高度 30m、ラップ率 80%を確保して測量を行いました。

飛行ルートはあらかじめ登録し、正確な飛行を確保しつつ測量することができます (図-1)。

- 操縦者と補助者は急傾斜地の外から測量
- 高度 30m を飛行し重なり率 80% で写真撮影



図-1 UAV 写真測量

イ 3次元設計

UAV 写真測量による撮影情報から、オルソ画像等の作成や 5cm 四方に 1 点の密度の 3次元点群データの作成をします。作成した 3次元点群データから掘削土量を予想できる掘削シミュレーションの作成が可能です (図-2)。

掘削シミュレーションにより、施工範囲や土工量を決定する際の重要な判断材料が得られ、施工期間と予算の想定が立てやすくなるメリットがあります。

- UAV 写真測量によりオルソ (正射) 画像等を作成
- 3次元点群データを作成 (5cm 四方に 1 点)
- 3次元設計により掘削シミュレーションを作成

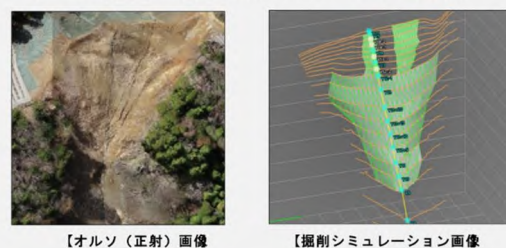


図-2 3次元設計

ウ マシンガイダンスによる斜面掘削工

3次元設計によりシミュレーションした掘削位置情報を、斜面掘削機に搭載したマシンガイダンスにセットアップすることにより、マシンガイダンスが斜面掘削機の位置情報、掘削深さをリアルタイムに把握して、掘削場所と深さをガイダンス画面に表示してオペレーターへの指示を行います。オペレーターはガイダンス画面に従い、計画した深さまで掘削すれば良いため、設計図を確認する作業がなくなり、掘削作業に専念できることや、丁張設置、施工途中の確認測量が不要となることから、作業中の待ち時間が削減でき施工時間の短縮が可能となります (図-3)。

- 3次元設計データを斜面掘削機械にセットアップ
- マシンガイダンス (MG) により掘削位置をガイド
- 丁張設置作業や施工中の確認測量が不要



図-3 MG (マシンガイダンス) 斜面掘削工

(3) マシンガイダンス斜面掘削機のシステム概要

ア 斜面掘削機の位置把握方法は RTK 測位方法を採用しており、固定局と移動局の 2 つの受信機がそれぞれ 4 つ以上の衛星から信号を受信する技術で、2 つの受信機の間で位置情報をやりとりして測位のズレを補正するため、単独測位よりも位置精度が高い情報を得ることが可能で測位誤差は数 cm 以内になります。

また、ネット環境が不要であり、携帯電波等の受信が難しい山間部でも、上空が開けた場所があれば測位が可能です（写真－3）。



写真－3 MG 斜面掘削機のシステム概要①

イ マシンガイダンス斜面掘削工の施工に際し、正確なバケット位置の把握が重要となり、バケットの高さ、前後、左右の 3 次元位置の把握を爪先で正確に把握するため、爪先の精度を 5 cm 未満まで調整する必要があります。

このバケット位置情報は、掘削場所を特定するため必要な基礎情報となります（写真－4）。



写真－4 MG 斜面掘削機のシステム概要②

(4) 施工状況

ア RTK 基地局は、掘削現場から 200m 離れた上空の開けた川の対岸に設置しました。肉眼ではマシンガイダンス斜面掘削機が確認できない場所でしたが、問題なく測位でき、掘削作業を計画どおりに実施できました（写真－5）。

イ 掘削作業については、マシンガイダンスから掘削位置と深さについて指示があることから、オペレーターの判断時間が短くなり掘削時間を短縮することができました。また、丁張設置、施工途中の確認測量が不要となり、機械の待機時間が無くなったことから、約半月という短時間で掘削作業を完了することができました（写真－6）。



写真－5 RTK 基地局設置状況



写真－6 MG 斜面掘削機の掘削作業状況

3 実行結果

ICT 施工と従来工法を(1)生産性、(2)施工管理、(3)安全性の3つにおいて、比較して考察した結果を報告します。

(1) 生産性

生産性は、測量、設計、掘削の各作業日数により比較しました(図-4)。

測量では、従来工法の13日間に対しICT施工では2日間となりました。設計では、従来工法の13日間に対し、ICT施工では17日間となりました。

掘削では、従来工法の30日間に対し、ICT施工では17日間となりました。

測量から掘削までの一連の作業を合計すると20日間の短縮となり、全体で約60%の生産性の向上につながりました。

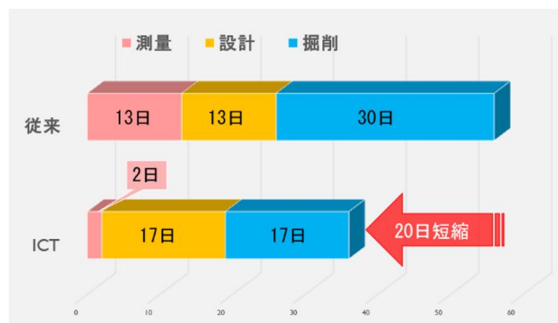


図-4 生産性 (作業日数の比較)

(2) 施工管理

施工管理は、土工量の計算精度により比較しました(表-1)。

3次元設計では、横断面数が5断面の追加、測点数は1,176点の追加となりました。横断面数、測点数の増加により、土工量計算が詳細になり、従来工法と比較して63 m³の土工量の差が確認できました。

出来形等の地形を反映した横断面数の追加や、UAV 写真測量による測点数の増加により、土工量計算の精度が向上したためと推測されます。

表-1 施工管理 (土工量の比較)

項目	従来方法	3次元設計
横断面数	4	9
測点数	169	1,345
土工量 (m ³)	916	979

※今工事の場合

(3) 安全性

安全性は、リスクの高い斜面内の作業回数により比較しました(図-5)。

測量は、従来工法で延べ44人、ICT施工では現場外からUAV 写真測量を行ったため0人となり、斜面作業を省略できました。

掘削は、従来工法で延べ30人、ICT施工で延べ17人となり斜面内作業回数を削減することができました。

高リスク作業である斜面内作業を削減でき、安全性でも有効な手段であると推測されます。



図-5 安全性 (斜面内作業回数の比較)

4 まとめ

急斜面で工期に制約がある山腹斜面における斜面掘削工の課題に、3つの ICT 技術で取り組むことで、メリット及び導入に関する課題が確認できました。

メリットは以下の3点です。

- ① 掘削時間及び待機時間短縮による生産性の向上。
- ② 測点数の増加及び横断数の柔軟な測定による施工管理の向上。
- ③ 急斜面内の作業を削減することによる安全性の向上。

一方で、導入に関する2つの課題もみられました。

- ① ドローンや3次元設計ソフトなど、面積の大小に関わらず発生する基本料金が必要なことから、施工面積が小さい場合はコスト面で費用対効果が相対的に低くなること。
- ② 発注者側の知識習得やマニュアル類の整備が不足していること。

上記の課題はありますが、ICT 活用工事の監督・検査を適切に行うことを目的に、ICT 技術に係る研修等の積極的な実施により、ICT 技術に精通した監督・検査職員の体制を速やかに整えていくことが必要であると考えています。

緑をとりもどせ！その6
～持続可能な森林経営に向けた挑戦～

鳥取県立智頭農林高等学校 森林科学科3年 ○藤本 光潤
○森 悠輔

1 はじめに

令和3年度の野生鳥獣による森林被害面積は、全国で約4,900haであり、シカの被害はその約7割を占めています。

鳥取県東部、智頭町にある本校の学校林でも、ススキの草原がシカの食害を受け裸地となり、土砂崩壊の危険が増大しています。私たちは、5年前よりススキの植栽による緑化復元を進めてきました。2年前から、シカの「忌避樹木」を植栽することによる「裸地の森林化」の試みを始めました。「忌避樹木」とは、有毒や、匂いや棘があるために、シカが食べるのを嫌がる樹木のことです。今回、3つの調査活動について報告します。

2 忌避樹木の生育状況

(1) 実施計画

令和3年10・11月、シカの忌避樹木の苗200本を植栽しました。令和4年5月と9月に活着状況と生育状況の調査を行い、さらに令和5年4月、活着状況と生育状況の調査を行いました。植栽樹種、植栽方法、調査項目等は令和4年度森林・林業交流研究発表集録で発表しましたので、割愛させていただきます。

(2) 結果

観察の結果、ゴマギなどで活着生育する個体がみられました（写真－1）。



写真－1 ゴマギ

令和5年4月の樹木の活着状況を一覧にしました（表－1）。

表－1 令和5年4月の樹木の活着状況 (本)

樹種名	ネジキ	ソヨゴ	レンゲツツジ	ウリハダカエデ	ゴマギ	エゴノキ	ミツマタ	シロダモ	アセビ	シキミ	合計
	2	12	9	1	12	4	0	3	6	5	54

植栽した200本のうち、2年後まで生育したものは54本でした。

(3) 考察

令和3年10月・11月に植栽した忌避樹木の生育状況をみると、まず、ひと冬を越した令和4年5月では、健全に生育していた個体は52本でした。同じ年の9月に観察した結果、136本の個体で新芽が伸長したことが確認されました。この時点で、68%の個体で生存と伸長が確認され、緑化への期待が膨らみましたが、ふた冬を経過した今年4月の状況では、200本中約4分の1の54本しか生育が確認されませんでした。その原因としてはシカの食害以上に土砂の流出による消失と枯死が影響したものと考えられます。樹種別にみると、「ソヨゴ」と「ゴマギ」の活着率が高く、これは元々周辺の林や裸地で自生する樹種であったため、活着しやすかったと考えられます。一方で、アセビについても現地で自生している樹種であり、食害も受けずに順調に生育しましたが、土砂流出の影響を受け活着の確認は6本にとどまりました。現地に自生する樹種はその他の樹種に対し活着しやすいですが、苗木による植栽では、土砂流出の影響を受けると考えます。レンゲツツジは10本ずつ隣接して植栽し9本が活着しました。偶然、植栽した箇所が土砂流出や崩壊を受けない場所だったと考えられます。昨年度の考察と同様、傾斜30度の斜面では土砂流出の影響を強く受けることが分かりました。毎年の豪雨で斜面には「ガリ」が形成されつつあり、樹木が生長する過程で消失の危険度は増してくると言えます。

3 植栽方法の検討

(1) 実施計画

令和4年度の研究から、倒伏と欠損の複合被害が発生するなど、雪害の発生率は100～50%でした。その調査結果を、令和4年11月16日に開催された令和4年度森林・林業交流研究発表会で報告した際、審査員の方から助言を2ついただきました。一つ目は、「活着率や生存率を高めるために「単植え」の技法を活用してみてもは」、そして二つ目は、「雪害を避けるために、雪解けを待って植栽してみてもどうか」というものでした。一箇所に1本の苗木を植える単木植えに対して、複数本の苗木を寄せて植える方法を「単植え」といい、「単植え」にすることで、土壌中の環境を樹木に適したものとし、活着を促します。また、樹木同士が競争することで、成長を早める効果があります。さらに、これまでの竹杭についての検討課題を考慮して、竹杭を打つことをしないことにし、比較データを取りました。

(2) 植栽方法

令和4年11月18日、忌避樹木5種類を各10本ずつ、単植えで植栽しました。今回は、幹に棘があるサンショウとカラスザンショウ、先駆種として成長が早く、生存率が高いため、シカの食害にあっても森林化の可能性のあるオオバアサガラ、コハクウンボク、タニウツギを選出しました。また、雪解けを待って令和5年4月18日、同じ5種50本を植栽しました。

(3) 調査方法

7月17日、シカの食害状況、雪害状況、活着状況を観察しました。また、9月15日と10月20日には、シカの食害状況と活着状況を観察しました。

(4) 結果

ア 令和5年7月の調査結果

調査結果を一覧表にしました(表-2)。

表－2 食害・雪害状況および活着状況一覧 (本)

樹種名	サンショウ	カラスザンショウ	コハクウンボク	オオバアサガラ	タニウツギ	
食害の有無	20	18	12	8	18	
活着状況	枯死	0	1	5	0	1
	活着	20	19	15	20	19
	消失	0	0	0	0	0
雪害状況	根こげ	0	0	0	0	0
	倒伏	0	0	0	0	0
	幹折れ	0	0	0	0	0
	欠損	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	

シカの食害状況については、100本の樹種のうち76本が、頂芽をむしり食べられる被害を受けました(写真－2)。



写真－2 サンショウ

雪害状況については、雪害を受けたと思われる個体はありませんでした。活着状況については7本の枯死が確認されました。単木植えと巣植えによる違いは今回、確認されませんでした。

イ 令和5年9月の調査結果

調査結果を一覧にしました(表－3)。

表－3 食害・雪害状況および活着状況一覧 (本)

樹種名	サンショウ	カラスザンショウ	コハクウンボク	オオバアサガラ	タニウツギ	
食害の有無	20	18	12	8	18	
活着状況	枯死	11	9	12	1	13
	活着	9	11	8	19	7
	消失	0	0	0	0	0

活着率は54%でした。中でもオオバアサガラが良好で活着本数は19本でした。その他の植栽木については倒伏後、枯死する個体がありましたが、消失した個体はありませんでした(写真－3)。



写真－3 オオバアサガラ

ウ 令和5年10月の調査結果

オオバアサガラの葉がシカの食害を受けていました。

(5) 考察

今回、100本中76本が頂芽を食害されたにもかかわらず活着したことは、成長力の強い樹種を選定したことが大きな要因と考えられます。活着率を高める単植えの方法を用いることとあわせて、今後の成長が期待できます。しかし、オオバアサガラにみられるように、葉がシカに食害されていたため、今後の観察が必要です。

雪害を受けた個体が多かったことは大きな驚きでした。昨年度の考察とあわせて考えると、柔らかい苗に杭による支柱をすることは、積雪量や斜面傾斜度を考慮して、施工しない選択肢もあることが分かりました。

「単木植え」と「単植え」の比較については、今後も検討を続けます。

4 ススキのプロット植栽について

(1) 実施計画

令和元年からススキの植栽を行ってきましたが、令和3年、防護柵の中にススキの株を植栽することで、シカの食害を受けずに順調に成長することが分かりました。そこで、ススキの草原を復元するために、その拠点となる小面積の「プロット植栽」をすることとしました。小面積のプロット植栽は、シカが檻と考えて侵入しにくいこと、大面積を柵で囲うことに比べて、労働力や費用が少なくすむこと、隣接するプロットとの間隔を1m開けることで、シカの通り道となる利点があります。

(2) 設置方法

材料は1m×2mのスチール製防護柵とビニルハウス用のパイプです。

高さ1m、4m四方の正方形プロットを設置、斜面下側1mに隣接するプロットを設置しました。

ビニルハウスのパイプを最低40cmは地中に打ち込み、防護柵で囲いました。

ススキの株を休耕田から堀取り、プロットの中に植栽しました。

(3) 結果

10月、ススキは順調に生長しました。今後、積雪時期に備えて防護柵を斜面に倒しておきたいと思います(写真－4)。



写真－４ 植栽したススキ

5 まとめ

今後の緑化計画に向けて、研究結果の中から効果的な植栽方法を考えていきたいと思
います。

忌避樹木を植栽するにあたり、樹種による活着の成功率が大きく異なるために、当試
験地では、「ゴマギ」、「ソヨゴ」といった現地で自生する樹種に限定したいと思
います。ゴマギ、ソヨゴに加えてオオバアサガラも、防護柵の設置とあわせて植栽したいと思
います。植栽時期は雪解けを待って植栽し、植栽場所は「ガリ」が発生しにくい地形を選
びたいと思います。急傾斜、多雪地での防護柵による食害防止は難しいですが、小面積
のプロットを囲むことでススキの植栽と併せて対策を行っていききたいと思
います。巢植
えの効果は、今後も経過観察していききたいと思
います。来年の春、雪解けをまって、限
定した忌避樹木の植栽と生育促進、さらに、ススキの小面積プロットの複数形成を行っ
ていききたいと思
います。

私たちは、裸地となった斜面に緑をとりもどし、土砂崩壊を防いでいきます。そして、
シカの食害によって失われた豊かな自然を森林へと復元し、持続可能な森林経営を実現
するための挑戦を続けていききたいと思
います。

未来へ受け継ぐ悠久の森

京都府立北桑田高校 京都フォレスト科 3年 ○谷脇 めぶき
○内田 凜
長島 慧明
西口 惠唯
○岡本 美咲

1 課題を取り上げた背景

私たち、北桑田高校の地元である京都府の中央部、京都市や南丹市等にまたがる68,851haに及ぶ広大な区域が2016年3月に「京都丹波高原国定公園」として指定されました。「芦生の森」と呼ばれる原生的な自然や希少な動植物だけでなく、「かやぶき屋根」といった特徴的な伝統民家がある集落もあり、自然と寄り添う暮らしと地域文化がおりなす、自然と文化が融合したユニークな国定公園となっています。これらの地域に残る豊かな自然を後生に引き継ぐため、高校生が指導役となり、小学生への環境教育を行い、次世代の担い手である小学生に地元の自然や森の豊かさについて知ってもらい、地域の林業や自然に対する理解を深める機会とする事を私たちの活動のテーマにしました（写真－1）。



写真－1 悠久の森

2 経過

地元小学生との交流が決まり、高校生の私たちに何ができるのかと、最初は悩みましたが自分たちだからこそできる企画を考えることにしました。日々の学習を振り返った時、実習での経験を生かしたものにしたい、小学生に知ってほしいこと、体験してほしいことから、私たちが考えた企画は、①地域の森林や林業の紹介、②木工体験、③悠久の森づくり、という3つです。これらの活動を通して、小学生が森や木にふれる森林体験学習を行い、自然の良さや自然を大切にすることを育ませたいと考えました。



写真－2 打合せ

活動を始めるに当たり、京都京北小中学校へ伺い、どんな内容で実施するか相談しました（写真－2）。小学校からは「授業の中で、1年間を通して京北地域の自然・文化について学ぶ時間があり、地域の自然や林業についても学ぶ予定をしている。小学校としてもぜひ、北桑田高校で取り組んでいる内容や、林業の仕事について教えてほしい。一緒に何か活動する時間を持ちたい。」という要望を頂きました。京都フォレスト科で

これまで学習してきたことを生かした内容で、私たちとの活動を通し、小学生に京北に残る豊かな自然や、古くから林業が栄えてきた歴史を知ってもらおう。森や木にふれる森林体験学習を行い、自然の良さや自然を大切にすることを育ませたいと考えました。この企画を小学校に提案したところ、その企画で実施してもらいたい、高校生だからこそできる内容で子供たちに伝えてもらいたい、という意見をもらいました。

3 実行結果

(1) 交流会

交流会当日は地元京北地域の森林や森林の役割、北桑田高校の活動についてといった内容で小学生に授業を行いました。高校生が一方的に話すのではなく、クイズ形式にしたり、プリントへの書き込みにしたりすることで、小学生にも参加型で楽しんで学んでもらうことができました。日本の森林が抱える問題についてのクイズを行ったとき、ご家族が林業会社を営んでいる小学生がいたため、その知識の多さに驚かされました。森林や林業に対する興味・関心が高く、植樹体験を楽しみにしていることを感じると共に、小学生にとって私たち高校生が森林や林業の先生になっていることを実感しました。

(2) 木工体験

交流会の後半は、木工体験です。小学生には簡単に手作りできるヒノキ材を活用したネームプレート作りをしてもらいました（写真－3）。高校生から作業説明を行い、グループごとに取り掛かりました。アルファベットで名前を作ったり、様々なパーツを組み合わせて模様にししたりして、ネームプレートを作ってもらいました。簡単な作業でしたが、小学生たちは様々な発想を取り入れた作品を仕上げようと、時間の許す限り真剣に取り組んでいる姿が見られました。小学生からは、「高校生と一緒にプレートを作ることができ、楽しかった。」「高校生のみんなが手伝ってくれたので良いものができた」という感想がありました。一緒に作業に取り組んだことで、次回の植林活動に向け仲を深める機会にもなりました



写真－3 木工体験

(3) 悠久の森づくり

トチノキの植林は、京都市合併記念の森で実施しました。北桑田高校では、平成16年より京都市と提携を結び、合併記念の森全体のうち、30haを管理しています。スギ、ヒノキなどの針葉樹が多くを占めており、日々の実習で枝打ちや間伐などの森林整備に取り組んでいます。トチノキの植林に向けては、校内で種子をまき、自分たちで苗を育てました（写真－4）。植林当日、小学生には除伐の体験後、植林を行ってもらいました。ただ単に木を植えるというセレモニーではなく、自分たちで森を作るという意識をもってもらうためです。除伐はノコギリを使い、直径10cm程度の雑木を伐採、枝払いを行い、細かく細断しました。高さ3mほどの低木でしたが、ノコギリで伐採するのは小学生には大変な作業であり、手助けをしながら作業に取り掛かりました。実習での経験を活かし、安全に配慮しながら力がある部分は高校生が手助けし、小学生にも除伐の体験をしてもらいました。伐採後、トチノキの植樹に移りました。小学生に1本ずつ苗木を手渡し、順番に丁寧に植樹をしました（写真－5）。事前に植樹を行う場所には穴を開けており、苗木のサイズに合わせて穴の大きさを調節しました。そこに苗木を入れ、土をかぶせ、踏み固めました。植樹した苗木を1本ずつ防獣網で覆う作業も体験してもらいました。シカ



写真－4 トチ苗木



写真－5 植林体験

やイノシシなどからの被害を防ぐために行う作業だということを小学生にも伝えました。自分たちが植えるトチノキが大きく育つことを願いながら植樹している姿は、自分の手で地域の森づくりを行う瞬間でもあり、一緒に活動した私たちにも忘れられない時間となりました。

4 考察

私たちとの活動を通して、小学生からは「高校生のお兄さんから森林や林業について詳しく学ぶことができた。」「ノコギリで木を切る大変さが分かった。」「植樹が思い出に残った。」など、様々な感想を聞くことができました。また、「自分たちが植えた木が大きく育った姿を大人になったら見に来たい」という意見もあり、今回の活動が未来につながることを実感しました。私たちが行った「悠久の森づくり」は、その一歩を踏み出したところです。トチノキは 50～60 年成長してようやくその実が収穫できるともいわれています。人のも長い時間をかけて成長していきます。私たちの「悠久の森づくり活動」により、故郷の森を思う気持ちを持った子供たちが大きく成長したとき、トチノキが大きく育った悠久の森となっていることを願い活動を継続していきます（写真－6）。



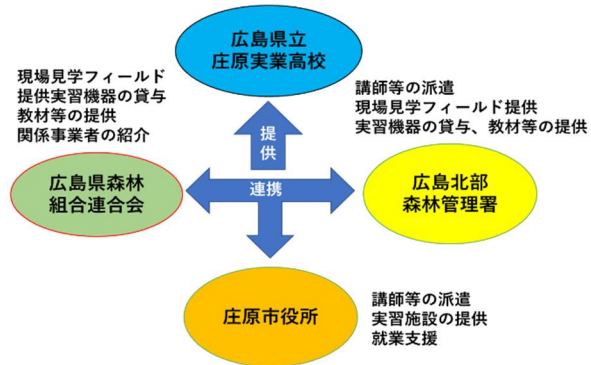
写真－6 集合写真

広島県立庄原実業高等学校への森林環境教育の取組について

広島北部森林管理署 森林技術指導官 阿部 良文

1 課題を取り上げた背景

広島北部森林管理署では、広島県内の林業従事者が減少している中、令和2年3月に広島県立庄原実業高等学校、広島県森林組合連合会及び広島北部森林管理署で、林業を担う人材育成に向けた連携・協力に関する協定を締結しました。また、令和4年度より新たに庄原市役所が連携に加わりました。



図－1 人材育成連携協定イメージ

同協定では、4者の密接な連携・協力(図－1)により、林業を担う人

材を育成し、林業の成長産業化、森林資源の循環利用及び地域の発展を目的として、同校環境工学科の生徒を対象とした森林環境教育(出前講座)を実施しています。

令和5年3月に1年次から3年次まで3年間の森林環境教育が終了したことから、その内容等について、分析・検証を行い、今後の森林環境教育に活かすことにしました。

2 経過

(1) 森林環境教育カリキュラム

令和2年度に同校環境工学科入学の生徒30名に対して、森林環境教育カリキュラム(表－1)を策定し、1年次2回、2年次3回、3年次2回の計7回の講座、実習、現地見学を行いました。

講座は、森林のもつ多面的機能森林施業(写真－1)及び国有林・森林組合事業を学ぶこと、実習では、森林調査(写真－2)、林業機械試乗(写真－3)及び木材加工を行い、現地見学では、木材共販所、早生樹生産施設の見学(写真－4)を行っています。

表－1 森林環境教育カリキュラム

区分	1学期	2学期	3学期
1年次	—	講座：森林のもつ多面的機能森林施業 10/21実施	見学：木材流通を学ぶ (三次木材共販所) 2/17実施
2年次	実習：森林調査と林道事業 8/24実施	実習：林業機械試乗・選木演習 12/10実施	講座：森林組合・国有林野事業の概要 3/11実施
3年次	見学：新たな林業の取組コウヨウザン育苗施設 7/27実施	実習：庄原の林業史、木材加工(卒業記念品ベンチ製作) 11/10実施	—



写真－1 講座：森林のもつ多面的機能
森林施業



写真－2 実習：森林調査（樹高測定）



写真－3 実習：林業機械演習（試乗）



写真－4 見学：新たな林業の取組
コウヨウザン育苗施設

(2) アンケート調査

令和5年3月に卒業を迎えた生徒に対して、3年間の講座、実習、見学ごとに森林環境、森林の仕事に対するアンケート調査を行いました。

アンケート内容は、①特に変化なし、②興味を持つようになった、③人に説明できるようになった、④仕事でやってみたくなった、⑤卒業後も関わりたい、の選択形式と全般的な感想・意見についての回答を求めました。

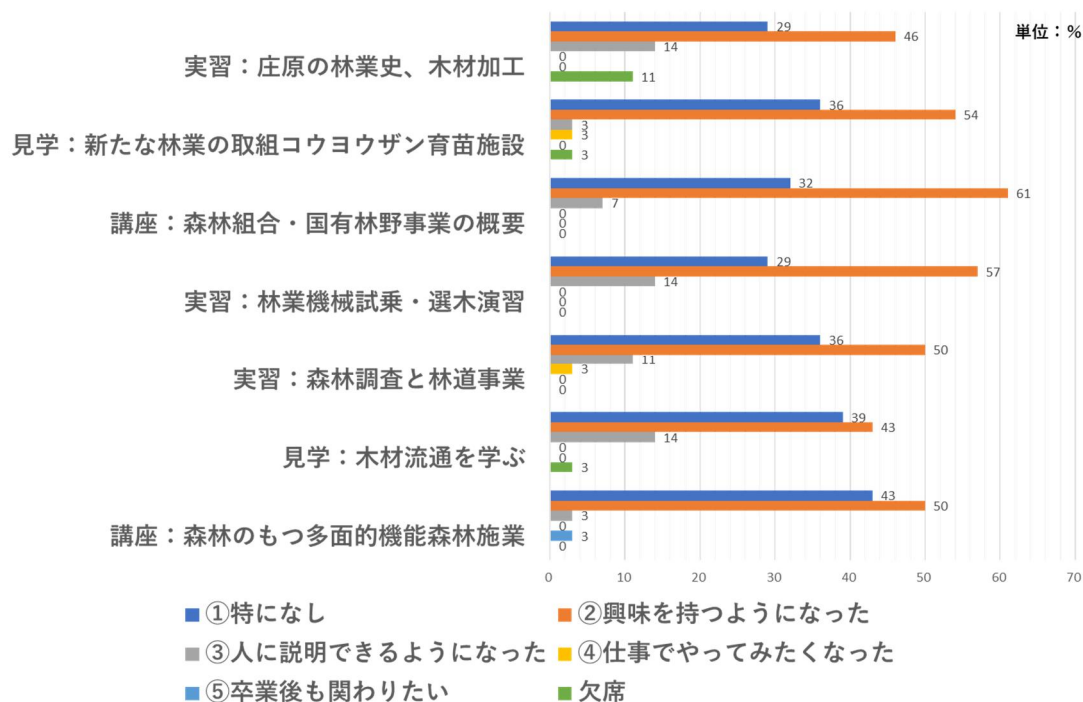
3 実行結果

アンケート調査の結果、30人中28名から回答（図－2）がありました。

全体的に①特に変化なしが3～4割程度、②興味を持つようになったが5～6割程度、その他（③～⑤）は、1割以下の回答となりました。

全般的な感想・意見としては、主に「たくさん学べて良かった・楽しかった」、「もっと山に行って、作業をしたかった」、「もっと機械を使ったり、乗りたかった」、「チェーンソーで木を伐りたかった」、実習当日に枯れ枝が生徒のヘルメットに当たることがあり、無事だったことから、「ヘルメットは、大切だと知った」と実体験に基づく意見がありました。

また、実習・見学を12月や2月に行ったため、「冬は寒いので実習時期を考えて欲しい」、下級生のカリキュラムでは、木質バイオマス発電所の見学を実施しているので、「木質バイオマス発電所に行きたかった」との意見がありました。



図－2 森林環境や森林の仕事に対するアンケート結果（30人中28名回答）

4 考察

アンケート結果の取りまとめを行った結果としては、あまり林業を身近に感じていなかった生徒の約6割が、森林・林業に興味を持つようになりましたが、進路が林業関係の就業・進学に繋がっていない状況です。

また、3年間を通した初の取組であったことから、生徒側のニーズ等を十分に把握できていなかったことが分かりました。同じく実施時期などの調整において、学校側を含む関係機関との連携に不十分なところがありました。

このような中、令和5年度に卒業する生徒2名が林業大学校に進学が決まり、地元森林組合に就職を希望するという成果も少しずつ出ています。

今回の調査結果を踏まえ、生徒側のニーズ等の把握に努め、林業の担い手になりたいと思える取組を関係機関と引き続き連携して進めたいと考えています。

林地残材の有効利用を通じた地域林業への貢献

島根森林管理署 邑智森林事務所 首席森林官 弘兼 光秀

1 はじめに

林野庁では、「新しい林業」を展開していくため、林業の低コスト化・省力化に向けた各種取り組みを行っています。

当署においても伐採系森林整備事業による「伐採と造林の一貫作業システム」に取り組んでいますが、山土場や林内に存置される末木枝条等の林地残材は再造林の大きな支障となっています。

一方で、林地残材については、島根県内の自治体、バイオマス発電所等から燃料となるバイオマス燃料の安定供給について多くの要望が寄せられている状況です。9月に行ったバイオマス発電所への聞き取り調査では、「大型火力発電所の大量使用による原料不足から8ヶ月間操業停止を余儀なくされた。チップ材の安定供給を国にお願いしたい。」などの意見や要望が地域から寄せられました。

そこで、現在は未利用となっている林地残材について、利用可能なエネルギー資源として有効利用し、地域への貢献を図ること、また、今年度、不調不落が発生している森林整備事業入札への林業事業者参入のインセンティブとならないか考察しました。

2 林地残材とは

立木は一般的に図-1のとおりA材、B材、C材、D材に区分され、A・B材は建築用、合板等に使用され、C・D材は、通称林地残材と言われており、端尺材や枝葉が該当します。今回の発表ではD材の枝葉を林地残材として主眼とします。



図-1 木材の材種区分

3 状況調査

林地残材の有効利用の可能性について検討するために、①伐採系森林整備事業における取り扱い、②民有林における取り扱い、③島根県内の木質バイオマス発電所における取り扱い、④林地残材供給の可能性についての4つの視点で状況を調査しました。

- (1) 伐採系森林整備事業における取り扱い
 現状として、請負契約の特記仕様書では、地拵えに代わる「林地整理」として、未木枝条等を植付けに支障が無い状況に分散存置することとなっていますが、枝条の量が多すぎるため、それだけでは処理できず、作業道沿い（写真－1）や伐区内への集積により、植栽（写真－2）及び、防護柵設置時の支障（写真－3）となっています。また下刈作業において刈払機のキックバックの危険等の問題があります。



写真－1 林地残材の集積状況



写真－2 伐区内への集積



写真－3 防護柵設置時の支障

- (2) 民有林における取り扱い

林地残材を有効利用している民有林を現地調査したところ、自社で山を買入れた場所（写真－4）で、10トン運搬車両が集積地まで入ることができ、グラップルによる集積・積込みが可能（写真－5）となっており、搬出条件が非常に良い場所となっています。

搬出した林地残材は、自社のヤードに運搬し 100%木質バイオマス用としてチップに破碎され有効利用されています（写真－6）。

業者への聞き取りでは、条件が良い場所以外は搬出してないのが現状とのことです。



写真－4 現地調査箇所



写真－5
 グラップルによる積込み



写真－6 ヤードでの破碎

(3) 島根県内の木質バイオマス発電所における取り扱い

島根県では、バイオマス活用推進計画の基本的な方針として、地球温暖化の防止等を掲げ、平成25年から現在まで県内4箇所の発電所等(図-2)が稼働しています。

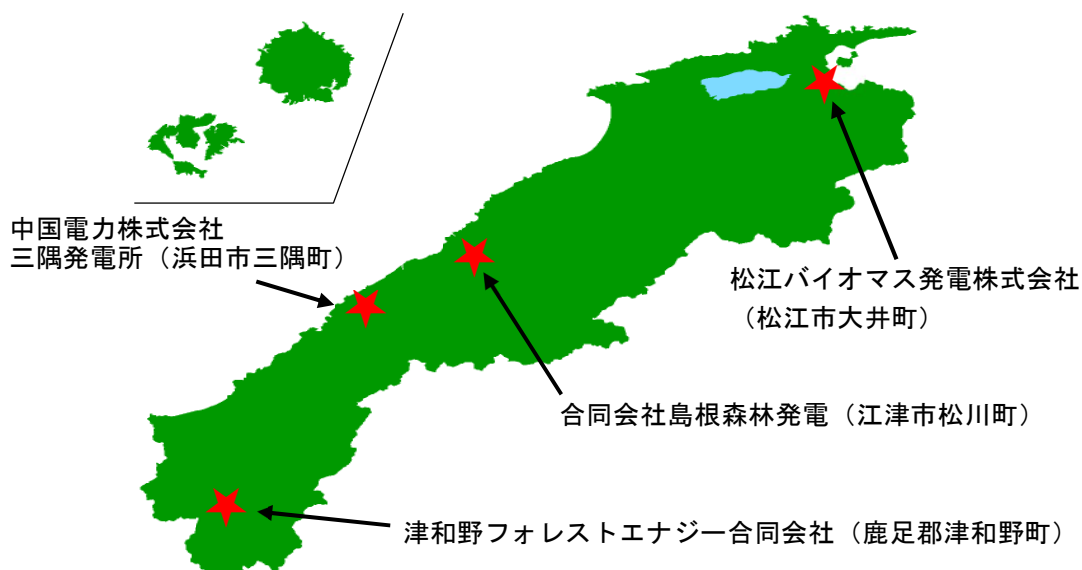


図-2 島根県内のバイオマス発電所位置図

ア 発電所の概要(表-1)

林地残材としては年間約17万トンの燃料調達の実績となっています。また、木質バイオマス(林地残材)を原料とした燃料用チップの供給にあたっては、島根県素材流通協同組合と発電事業所との需給調整を図り、小規模事業所については、地域の林業事業者が中心となって供給しています。

表-1 島根県内のバイオマス発電所の概要(島根県農林水産部 2022を元に作成)

事業者名	合同会社しまね森林発電	松江バイオマス発電株式会社	中国電力株式会社三隅発電所	津和野フォレストエナジー合同会社
所在地	江津市松川町	松江市大井町	浜田市三隅町	津和野町
発電規模	12,700kw	6,550kw	1,000,000kw	480kw
営業運転開始時期	平成27年7月	平成27年6月	平成25年4月	令和4年8月
燃料調達計画(林地残材)	166,800トン/年			
R4燃料調達実績(林地残材)	167,387トン/年			
燃料供給者	島根県素材流通協同組合ほか(発電事業所と需給協定を締結し供給)			地域の林業事業者

イ 木質バイオマスの利用状況(図-3)

木質バイオマスのうち、製材工場等残材、建設発生木材については製紙原料などとしてほぼ利用済みである一方で、林地残材の利用率は低位であり、木質バイオマスのエネルギー利用を進めるためには、林地残材の活用が不可欠です。

発生形態別 木質バイオマス資源量		利用状況	利用率
林地残材 約2,000万m ³	→	約500万m ³	25%
製材工場等残材 約850万m ³	→	約833万m ³	98%
建設発生木材 約1,000万m ³	→	約480万m ³	96%

図－3 木質バイオマスの発生量と利用状況（林野庁 2020 を元に作成）

（4）林地残材供給の可能性

島根県東部地域周辺には林地残材の取扱業者が5社あり、国有林内に伐採系森林整備事業で集積した林地残材の購入の可能性等について聞き込みをしました。5社中4社は現場の状況、物量、購入金額により検討可能との回答でしたが、1社は、原油高の状況下で購入してまで取りに行ける状況ではなく、搬出にあたって補助金を支給してほしいとの回答でした。

国有林では、副産物としての販売に限られますが、現地は奥地が多く、搬出条件が相当良くない限り林地残材の供給は困難であると推測されます。

4 現状に対しての考察

（1）伐採系森林整備事業における取扱方法について

現在の伐採系森林整備事業での林地残材の取り扱いに対し、次のとおり提案します。

請負業者に林地残材を最低価格で販売し、請負業者は搬出するかしないかは自由とします。作業の工夫次第では、請負業者が収益を得ることも可能です。

発注にあたっては工期に幅を持たせるなど少しでも搬出し易い条件となるようにし、また、林地残材を搬出すれば事業成績を加点するよう検討することとします。

（2）低質材の国有林野安定供給システムについて

現時点では、端材、端尺材については販売の対象となっていますが、その中に林地残材は含まれていないため、低質材に林地残材を含めることが出来ないか検討が求められます。

（3）地域の民有林における取り扱いについて

流域単位に行政管理によるストックヤードの整備を行い、破碎機についても行政による整備配置を行う必要があります。

飯石森林組合が運営する吉田木材流通センター（写真－7）は、雲南市がストックヤードとして整備したもので、森林所有者や自伐林家などが、4m材に交じり端尺材（写真－8）の搬入を行い、用途ごとに仕分けを行って有利販売に努めています。



写真－7 吉田木材流通センター

地域の受け皿を整備し、林地残材を集荷できれば、ロットのまとまりも確保でき、安定供給が可能となります。

また、流域の素材流通協同組合等を通じ、行政、チップ等取扱業者を含めて、林地残材の需給調整を図る必要があります。



写真－8 搬入された端尺材

5 まとめ

伐採と再生林の一貫請負事業を実施するにあたり、林地残材に主眼を置き、林地残材を通じた地域への貢献に対する課題、考察として提案しました。

現在は円安、原油高供給が困難な状況ではありますが、今後国有林からの安定供給が可能となれば、地域への貢献、また請負業者へのインセンティブともなります。

県内のバイオマス発電については、稼働後約10年が経過していますが、林地残材の利用は進んでいません。この林地残材を有効利用できることが可能となれば、必ず地域への貢献の一助となると考えます。

引用文献

- 1) 島根県農林水産部 令和4年度島根県の森林・林業・木材産業、65ページ「8 木質バイオマス発電所への木質チップの供給」、2022
- 2) 林野庁木材利用課 令和2年7月木質バイオマスのエネルギー利用の現状と今後の展開について、2020

間伐材の利用
～間伐材を利用した展示作品の制作と SNS 発信～

兵庫県立山崎高等学校 森と食科 秋武 駿希
○清水 蒼生
○三木 昴星

1 はじめに

(1) 兵庫県立山崎高等学校について

私たちの通う兵庫県立山崎高等学校は、兵庫県宍粟市山崎町にあります。令和3年度より新しく学科名が「森と食科」となり、私たちはその第1期生として入学をしました(図-1)。

森と食科は、森の管理や木工、シイタケ栽培などを学ぶ森林環境類型、農と食について、栽培から加工・販売までを学ぶ農産・食品類型に分かれています。



図-1 山崎高等学校

(2) 兵庫の森林の現状

兵庫県の森林面積はおよそ56万ha、県土の67%を占めます。その95%が民有林となっています。林業就業数は、734人と平成10年と比べると半減しています。社会保障制度や機械化による労働環境の改善などで、新規就業者は確保できており、60歳未満の人数は維持できているそうです。

(3) 兵庫県宍粟市の林業

私たちの住む宍粟市は、面積のうち90%が森林となっており兵庫県の中でも林業・木材業が盛んな地域です。とくに「宍粟材」は県内素材生産量の3割を占め、県内有数の木材産地として知られています。

2 森林管理と間伐材について

(1) 森林管理について

森林管理は、伐採、更新、保育から構成されています。苗木を植え付け、下刈り、除伐、枝打ち、間伐などの保育を行い、目的の大きさになったときに、伐採して収穫をします(図-2)。

植え付けた苗木が成長すると混み過ぎてしまいます。その際に、木を健全に育てるために、木の一部を刈り取る「間伐」を行います。私たちはこの間伐した木材を利用することを計画しました(図-3)。



図-2 森林のサイクル

(2) 間伐材の課題

ア 間伐材の利用の減少

環境問題への取り組みからペーパーレスが進み、木材の利用が減ってきていることや、割りばしなどの国産木材のおはしが海外製の安価なものに変わってしまっていることなどが理由として挙げられます。

イ 土砂災害の被害への影響

放置された間伐材が、土砂災害が発生した時に、一緒に流れてしまったり、被害が大きくなってしまったりする可能性があります。



図-3 間伐材について

3 間伐材の利用計画

(1) 間伐材を利用した作品展示

ガーデンショーなど様々な展示に参加する機会があるので、その際、間伐材を生かした作品を作ることになりました。

(2) 木工教室の開催

オープンハイスクールやセミナーなど、木工体験を通して、森林の大切さや木工の楽しさを知ってもらおうと考えました。

(3) SNS での発信

森と食料を紹介する SNS を作り、作品を通して、発信をすることになりました。

4 間伐材の調達

学校で行う演習林実習で間伐を行いました。また、兵庫県林務課や森林大学校に依頼し、県有林での間伐材を分けていただくこともできました。それらを、実習で製材し、木工品の材料になるよう加工しました（写真-1）。



写真-1 間伐実習

5 実践1「間伐材を利用した作品展示」

(1) 展示作品の目標

- ア 間伐材や製品にできない材（端材・廃材）を使う
- イ 間伐材を利用するとともに、間伐の意義を周知する
- ウ 木の良さを伝えられる作品作りを行う
- エ 木工の楽しさを伝える

(2) 作品製作

製材しているうちに割れや反りで、販売物にできない材も積極的に利用しました。製材から始まり、糸鋸で小物を作ったり、展示スペースに合わせて組み立てたりしました。

ア 「忘れられた音楽」

兵庫県庁や淡路花祭「高校生花とみどりのガーデン」に展示をしました。スギを中心に、カイズカイブキ、コナラの切り株も利用しました。

かつては華やかだったけれど、今は森林の中に眠っている様子を表現しました。ピアノやバイオリンも木材で作りました。また、背景のフェンスを五線譜に見立ててあり、農業高校ならではの「FFJの歌」が隠れています（写真-2）。

見ていただいた方にはピアノやバイオリンの細かな再現がいいとほめていただきました。

イ 「SUPER YAMASAKI WORLD」

明石市で行われた、「ひょうごまちなみガーデンショー」のアグリハイスクールガーデンで作品を展示しました。スギ材やヒノキ材、廃材を使っています。

ブロックのレンガは一つ一つ磨いて形を整えた木でできています。細かなところまでこだわり、遊び心あふれる作品になったと思います。木工品で作品の世界観を表現することで、木工の楽しさが伝えられたと思います。通りがかった小



写真-2 忘れられた音楽



写真-3 SUPER YAMASAKI WORLD

さな子供たちも喜んでくれました（写真－3）。
ウ 「しその森」

地元の西兵庫信用金庫で展示を行いました。

廃材で作った木のオブジェに、しその森にすむ動物をちりばめました。焼き色を付けたり、木の看板を作ったり工夫をしました。

6 実践2「木工教室」

(1) オープンハイスクール

ペン立てを作ることを提案し、図面などを設計し、スギ材を使って材料を準備しました。参加した78名の中学生が体験をしました。組立に苦戦している生徒もいましたが、1時間ほどで作り上げることができました。

アンケートでは、木工に関心を持ってくれた生徒も多く、意義があったと思います（図－5）。

(2) 夏休みこどものくらしセミナー

西播磨県民局と連携をして行いました。

ここでは、「森からのメッセージ」というパペット劇を行って、森林の役割、森林の手入れの大切さを伝えました。また、木工で間伐材を使っていることも説明しました。ペンスタンドに、木で作ったマスコットを用意し、オリジナルの作品にしてもらいました。参加者の子供たちが熱心に参加してくれました（写真－3）。

(3) 地域のイベント

5歳くらいから小学6年生までの子どもが参加してくれました。準備していた材料45人分が無くなるほどたくさんの方の参加がありました（図－6）。

(4) 県立西はりま特別支援学校との交流学习

年間2回木工体験を行っています。今年度は、木製のラックを製作しました。とても関心を持って取り組んでくれました。今後も交流を続けていく予定です。



図－5 オープンハイスクール



写真－3 パペット劇



図－6 地域のイベント

7 実践3「SNSでの発信」

森と食科のSNSを作り、授業での取り組みを紹介しています。木工や森林のことだけでなく、さまざまな取り組みを紹介し、中学生の進路選択にも役立ててもらえるような発信を目指しています（図－7）。

また、より多くの方に知っていただけるように、山崎高校やSNSを紹介するリーフレットを作成し、地域の販売会でも配布しています（図－8）。



図－7 SNSについて



図－8
リーフレット

8 結果

(1) 作品展示

ア アンケート

見ていただいた方にアンケートをお願いし、感想をいただきました。その結果、見た目、発想、技術は「良い」、「少し良い」が多い結果になりました。ほぼ全員の方が木の良さは伝わったと答えてくれました（表－1、2）。

表－1 アンケート結果1

忘れられた音楽※県庁（回答5）

	良い	少し良い	普通	少し悪い	悪い
見た目	4	1	0	0	0
発想	5	0	0	0	0
技術	4	1	0	0	0
総合評価	5	0	0	0	0
		はい	いいえ		
木の良さは伝わったか	5	0			

表－2 アンケート結果2

SUPER YAMASAKI WORLD ※職員・生徒（回答26）

	良い	少し良い	普通	少し悪い	悪い
見た目	22	4			
発想	18	6	1	1	
技術	17	8		1	
総合評価	22	3		1	
		はい	いいえ	未回答	
木の良さは伝わったか	24	1	1		

イ 感想

どの作品もアイデアが良い、ディテールが細かいなどの感想をいただくことができました。

(2) 木工教室

オープンハイスクール78名、くらしのセミナー25名、地域のイベント45名の計148名に参加いただき、おおむね好評をいただきました。しかし、木工の楽しさにとどまってしまった部分もあるので今後の課題です。

(3) SNS

オープンハイスクールでは、認知度アンケートを行いました。まだまだ認知されているとはいえない状況でした。もっと学校や授業の風景を知りたいという声が多かったので、改善していきます。

9 今後の課題や展望

森林の役割や森林の保育管理の大切さ、木工品の良さなどを今後も伝え、理解していただく必要があります。そのために、SNSの活用を進め、関心を持ってもらえる投稿、まめな更新を心掛けます。また、木の良さを生かした作品を作ります。今後も楽しんでもらえる作品作りを続けていきたいです。そして地域のイベントで木工教室や体験教室を行い、小さな子どもたちに紹介します。さらには、木工キットなど気軽に楽しめる製品の開発にも挑戦したいと思っています。

これからも取り組みを続けていきたいと思えます。

北海道における低コスト更新手法としての地がき作業と環境への影響評価について

国立研究開発法人森林研究・整備機構

森林総合研究所関西支所 主任研究員 ○伊藤 江利子

1 課題を取り上げた背景¹⁾

地がき（かき起こし）は、林床に密生するササを大型機械で根系ごと除去して鉦質土層を露出させ天然更新を図る更新補助作業です。地がきは地拵えの一部として始まり、高寒地造林の保護樹造成を目的とした期間を経て、地がきに大型機械が使われるようになった 1960 年代後半以降、ササに覆われた無立木地の解消のための天然更新補助作業として北海道内で広く行われ、主にカンバ類を更新樹種として高い更新成功率を収めてきました。

この地がきが近年再注目されています。その背景となるのが北海道のトドマツ人工林更新問題です。北海道人工林 141 万 ha のうちトドマツ人工林は約半数の 76 万 ha を占めます。その齢級構成は本州より約 10 年遅れてピークを迎えた拡大造林を反映して、現在は 46-50 年生に面積分布のピークがあります。トドマツは林齢が上がるほど腐朽が発生することが知られ²⁾、本州以南のスギ・ヒノキのような伐期延長が難しい樹種です。北海道の地域森林計画においても腐朽害回避を意図して平成 24 年にトドマツの標準伐期齢が 50 年から 40 年に短縮されました。令和 4 年 3 月 31 日現在、標準伐期齢を超過したトドマツ林の面積は 59 万 ha です。一方、北海道の人工造林面積は微増傾向にあるとはいえ、令和 3 年度で年間 8, 100ha であり、両者の面積は大きく乖離しています。

このトドマツ人工林跡地の再造林問題に対する解決案のひとつとして、チシマザサ、クマイザサが密生する道央・道北における地がきによるカンバ類の更新が有力視されています。地がきの造林経費は 20 万円/ha とトドマツの新規植栽の 1/8 と試算されています。また合板材料などの用途でカンバ類の需要は高まっており³⁾、単なる無立木地回避の更新ではなく、地がきによる低コストカンバ林造成は林業経営として成立する可能性があります。

地がき作業を広域にわたって展開していく上では地がき作業が環境に及ぼす影響に留意する必要があります²⁾。地がきに用いる重機については、大型機械が導入された当初はブルドーザ排土板を用いてササを表層土壌ごと押し出していたものが、その後レーキドーザとなり、なるべく土を残してササのルートマットのみを除去するよう改良されました。近年ではベースマシンが油圧ショベルに変わり、それに各種のアタッチメントを装着しています。森林土壌のなかでも表層土壌は物理性・化学性に優れ、樹木の成長を支える重要な層です。そこで本研究では、地がきによる表層土壌の除去と土壌環境ならびに更新木への影響に着目して研究を行いました。

2 研究の結果

(1) 地がきによる土壌攪乱

ア 土壌攪乱の実態^{4, 5, 6)}

実際に地がきを行って、断面観察により土壌攪乱の実態を把握しました。油圧ショベルとアタッチメントによる地がきは、ブルドーザやレーキドーザを使った過去の地がきに比べて除去深度が浅いことが分かりました。次に重機走行による下層の締固めが懸念されましたが、それもありませんでした。また地点による違いが大きかったことが分かりました。これはトドマツ伐採跡地では根株等の障害物が多く、作業が一樣に行えないためです。これはササ無立木地で行った過去の地がき例とは大きく異なる点です。

イ 土壌攪乱の残存⁷⁾

地がきによる土壌攪乱は何年くらい残るのかについて調べました。過去に筋状地がきが行われた林分で、地がきを行った地がき帯と、地がきを行わずに残した残し帯の両方で土壌調査を行い、それらと経過年数の関係を検討するクロノシークエンス法により時間経過に伴う土壌の変化を推定しました。地がきからの年数に伴って、地がき帯の土壌理化学性が顕著に良化する傾向は認められず、地がき後 40 年程度は土壌に対する地がきの影響は残ることが分かりました。また非火山灰地の調査地において、土壌への影響が顕著であることが分かりました。非火山灰を母材とする留萌管理区は過去の地がきにおいて特異的に更新率が低かったという報告があります。攪乱に対する土壌の脆弱性を見極めたうえで、地がき強度を調節する必要があるかと思われれます。

(2) 地がき地での成長

ア 先行研究の検討¹⁾

地がき地でのカンバ類の成長については梅木(2003)⁸⁾による、地がきダケカンバ林の成長は地がきによらない林分の成長より良いとの報告があります。この地がき林分で成長が良い理由を説明するものとして、柴田ら(2007)⁹⁾と橋本(2003)¹⁰⁾が挙げられます。柴田ら(2007)はカンバ類の成長に不可欠な土壌の無機態窒素含有率が地がき地で高くなることを示しました。また橋本(2003)は強度攪乱地ではシラカンバの成長を有利にする外生菌根形成率が高いことを示しました。一方で、地がきによる土壌排除がカンバ類の成長を抑制することを示す研究例もあります。Aoyama et al. (2009)¹¹⁾は北大演習林で実施されている「表土戻し」処理によってカンバ類の成長が圧倒的に良化することを示しました。表土戻しとは地がきで除去したササを含む表層土壌をいったん施工地外に堆積させ、ササ根系が枯死した後に堆積物を施工地に敷き戻すものです。

イ 地位指数曲線の比較¹²⁾

地位指数曲線の比較により地がきによる土壌攪乱がカンバの中～長期的な成長に影響するか検討しました。地位指数曲線を用いた比較は、先ほど先行研究で紹介した梅木(2003)でも行われていますが、梅木(2003)では道内の地がきカンバ林はまだ若く、13～22 年生でした。若齢林では土壌影響がでなくとも、壮齢～老齢林では成長が抑制される可能性も考えられます。私たちは 20～44 年生の地がきカンバ壮齢林で樹高を測定し、非地がき地のカンバ林と地位指数を比較しました。その結果、壮齢林データで推定した地位指数は若齢林データで推定した地位指数と大差はなく、またそのどちらもが非地がき地のカンバ林の地位指数よりも大きいことが分かりました。地がきカンバ林で成長が著しく抑制される傾向は、若齢林と壮齢林の双方を通じて認められないと結論づけられました。

(3) 地がき地での更新

ア 地がき地におけるカンバの更新位置¹³⁾

地がき作業の仕様には、全面地がき、円形の孔状地がき、そして国有林で多く行われた筋状地がきがあります。ある程度の帯と呼ばれる幅をもって地がき帯と残し帯を交互に繰り返すのが筋状地がきですが、このような筋状地がき林分では、カンバ類は当然ながら地がきを行った地がき帯に更新すると考えていました。しかしながら、過去の地がきカンバ林調査を重ねるうちに、どの帯でカンバが更新したのか判然としない林分がかなり多いことに気が付きました。測量による微地形調査を行い、残し帯でカンバが更新している林分を発見しました。

イ 更新帯と土壌理化学性の関係¹⁴⁾

残し帯で更新している事例の発見を受け、更新しなかった地がき帯は地がきが深

すぎた、一方で更新した残し帯は深すぎる地がきの両端にあつて適度な攪乱となつた、との仮説を考えました。そこで、地がき帯に更新していた 10 林分と、残し帯に更新していた 9 林分を対象に、地がき帯と残し帯で土壌理化学性に差があるか検討しました。私たちの予想では、カンバが更新した地がき帯と残し帯の間には差がない一方で、更新しなかった残し帯は攪乱が弱すぎ、更新しなかった地がき帯は攪乱が強すぎで、どちらも更新帯とは有意差があるだろうと予想しました。しかしながら、私たちの予想とは異なり、有意差が認められたのはどちらも更新しなかった 1 番の残し帯と 4 番の地がき帯の間のみでした。

カンバの更新位置の決定要因には私たちが測定した土壌理化学性以外の要因も複数関与し、更新位置は時々によって変化するようです^{1, 15-17)}。

3 まとめと施業への示唆

地がきによる土壌影響は重機が油圧ショベルとアタッチメントという仕様に变化したことを反映して、過去の地がきより軽減されていきました。表層土壌がすべて剥がされ、次表層以下の鉱質土層が露出するような状況はおそらく起こらないと考えられます。

過去の地がきの土壌影響は地がき後 40 年が経過しても影響は明確に残っていました。林床のササは回復しても、失われた表層土壌は戻りません。なお林床のササですが、非火山灰地で表層土壌の逸失が著しい林分では残し帯から倒れこんだササ稈が地がき帯の空間を埋めていることが多く、固い次表層の土壌に入り込んでいる根系はあまり見られませんでした。ササ根の侵入も難しいような堅密な土壌を露出させると、根系の発達と枯死による土壌空間の生成・有機物の供給を発端とした土壌環境の回復も抑制されると考えられます。

更新木の成長については、先行研究と私たちの研究の結果は一致し、地がき地において地がきを理由としてカンバ類の成長が非地がき地に劣ることはない結論づけました。一方で、表土戻し処理により成長が良化する傾向も示唆されました。表土戻しの為に、地がきから数年後に重機を再び林地に運んで作業を実施するのは、重機、オペレーター、林道整備等から実務的に難しいと考えられます。しかしながら表土が薄く更新が失敗しやすい非火山灰地などは、表土保全や補植の意味を兼ねて表土戻しも選択肢となりうると考えます。

現在の地がきは表層土壌がより保全されるような作業形態に変化しています。筋状地がきのかき幅を周囲のササの種類、具体的にはササ丈に合わせて細かく調節することが可能となり、またササ根系の除去に際してはグラップルレーキでつまんだのちに土を振るい落とす作業も考案されています。さらに現在の地がきでは、地面の凹凸や表土の厚さにおいて林地内に様々な条件の場所作出されます。偶然性に左右されやすく更新失敗が何に起因するか未知数のカンバ更新ですが、作業後の林地条件が一様でないことで、林床条件を理由とした全面的な更新失敗を避けられる見込みがあります。

今後の地がきが有する懸念の多くは、地がき候補地がトドマツ跡地であることに起因しています。第一には母樹密度の問題です¹⁸⁾。過去の地がきは主に標高が高く寒冷な立地におけるササ無立木地の解消を目的として行われました。対象地は無立木地ですが、周囲にはかなりの数のカンバの母樹が存在しました。かつての地がき作業では母樹さえ適当に分布していれば更新は可能であるとされ、母樹密度の目安のひとつとして、胸高直径 30 cm 程度以上の母樹が ha あたり 15~20 本更新面に散在していることが挙げられていました。トドマツ主伐地のカンバ母樹密度がこの目安を満たすかどうか検討する必要があります。比較的低標高地に存在するトドマツ跡地での更新が期待されるカンバ類樹種はシラカンバとなります。高標高地に多いダケカンバよりも種子の豊凶は小さいとはされますが、年によって 100 倍近い種子密度の差が認められます¹⁸⁾。事業的に可能で

あれば、春の開花状況から凶作を避けて地がき作業を行うことが望ましいといえます。トドマツ人工林が低標高地に存在するという特徴から、カンバ類と高茎草本の競争も検討事項となります^{1,17)}。過去の知見では低標高地は高標高の湿地とともに地がき不適地とされており、地がきを行ってもヒヨドリバナ、エゾアザミ、ヨブスマソウ、ハンゴンソウ、オオブキなどキク科大型草本が侵入し、成林は厳しいとされています。これらの大型草本は湿性土壌を生育の好適地とします。したがって斜面下部や谷地、平坦部の凹地などの立地は大型草本が繁茂しやすく、シラカンバの更新条件は厳しくなります。

最後にエゾシカの問題があります³⁾。地がきカンバ林におけるエゾシカの食害はまさに今日的な問題です。北海道におけるササ丈と積雪深は密接に関連しており、雪深い道央・道北地方にはササ丈の高いチシマザサ・クマイザサが分布しています。この高いササ丈ゆえに道央・道北地方の下刈り年数は時に10年以上と長期に渡ります。それゆえにこの地方はトドマツの再造林がコスト的に厳しい地域であると同時に、地がきによるカンバ類の天然更新が最も期待される地域となります。一方、エゾシカは1990年代以前は雪の少ない道東に多く生息していましたが、現在では全道に広がっており、道央・道北地方にもエゾシカによる森林影響が累積しつつあります。1960～80年代に地がき作業の多くが行われた多雪地にはエゾシカはほとんどいなかったのに対し、現在の地がき候補地はエゾシカの強い食害圧下にあります。札幌の南東に位置する恵庭市の事例でも、シカ柵のあるなしで植生の更新状況がまったく異なりました。地がき造林経費として試算された20万円/haにはシカ柵の設置費用やメンテナンス費用は含まれていません。シカ柵の設置を前提とする更新施業はコスト・労力の点で非現実的であるため、北海道が進めている頭数管理の徹底が地がき更新作業を進めていく上での必須要件と考えられます³⁾。

引用文献

- 1) 伊藤江利子, 橋本徹, 相澤州平, 石橋聡 北海道における地がき更新補助作業と今後の課題、森林立地、60(2)、71-82、2018
- 2) 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所北海道支所 北の森だより、22、2019 [https://www. ffpri. affrc. go. jp/hkd/research/documents/kitanomori_vol22_hp. pdf](https://www.ffpri.affrc.go.jp/hkd/research/documents/kitanomori_vol22_hp.pdf)
- 3) 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所北海道支所 循環的なカンバ林業をめざして -地がきを利用した施業管理技術-、第5期中長期計画成果13 (森林産業 -4) <https://www. ffpri. affrc. go. jp/pubs/chukiseika/5th-chuukiseika13. html>
- 4) 橋本徹, 相澤州平, 伊藤江利子 グラップルレーキによる地掻き後の土壌断面形態、北方森林研究、65、53-56、2016
- 5) 橋本徹, 相澤州平, 伊藤江利子, 倉本恵生 グラップルバケットによる地掻き後の土壌断面形態、北方森林研究、65、69-72、2017
- 6) 伊藤江利子, 橋本徹, 相澤州平, 倉本恵生 表土やり戻しを行った地がき地における表層土壌理化学性、北方森林研究、67、49-52、2019
- 7) 伊藤江利子, 橋本徹, 相澤州平, 古家直行, 石橋聡 地がきカンバ更新地における表層土壌の理化学性からみた地がき攪乱の残存状況、森林総合研究所研究報告、18(3)、301-310、2019
- 8) 梅木清 北海道における天然林再生の試み—かき起こし施業の成果と課題—、日本森林学会誌、85、246-251、2003
- 9) 柴田英昭, 小澤恵, 佐藤冬樹, 笹賀一郎 森林施業に伴う地表処理が土壌窒素動態に及ぼす影響とそのメカニズム、日本森林学会誌、89、314-320、2007

特別発表

- 1 0) 橋本靖 シラカンバに定着する外生菌根菌の生態とその役割に関する研究、日本菌学会会報、44、67-74、2003
- 1 1) Aoyama, K., Yoshida, T., and Kamitani, T. An alternative of soil scarification treatment for forest restoration: effects of soil replacement、Journal of Forest Research、14、58-62、2009
- 1 2) 伊藤江利子、橋本徹、相澤州平、古家直行、石橋聰 北海道における地がきダケカンバ更新地の樹高成長と表層土壌理化学性の関係、森林総合研究所研究報告、18(4)、345-353、2019
- 1 3) 橋本徹、伊藤江利子、梅村光俊、古家直行、辰巳晋一、石橋聰 筋状地掻きで更新したダケカンバの立木位置と微地形の関係、北方森林研究、67、53-56、2019
- 1 4) 伊藤江利子、橋本徹、相澤州平、古家直行、石橋聰 筋状地がき地におけるカンバ類の更新位置、森林総合研究所研究報告、18(2)、213-218、2019
- 1 5) 橋本徹、伊藤江利子、梅村光俊、石橋聰 異なる更新床へのシラカンバ播種による更新と競合植生の1年後の状況、北方森林研究、69、1-2、2021
- 1 6) 橋本徹、伊藤江利子、梅村光俊、石橋聰 異なる更新床へのシラカンバ播種による更新と競合植生の2年後の状況、北方森林研究、70、35-36、2022
- 1 7) 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所北海道支所 北の森だより、28、2022 https://www.ffpri.affrc.go.jp/hkd/research/documents/kitanomori_no28.pdf
- 1 8) 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所北海道支所 北の森だより、21、2019 https://www.ffpri.affrc.go.jp/hkd/research/documents/kitanomori_vol21_hp.pdf

林木育種における UAV の活用事例

森林総合研究所林木育種センター関西育種場 主任研究員 ○高島 有哉
 育種研究室長 山野邊 太郎
 育種課長 磯田 圭哉

1 はじめに

Unmanned Aerial Vehicle (UAV)、通称ドローンの急速な性能向上により、様々な分野において、誰でも気軽に UAV を活用できるようになりました。林業分野においても、情報技術 (ICT) を活用したスマート林業が推進されており (林野庁 2021)、UAV の利活用の場が広がってきています。

林木育種センター関西育種場でも、林木育種事業および研究において、UAV を活用しています。本稿では、使用している機材や方法を交えて、その活用事例を紹介します。

2 UAV について

UAV は、直訳すると無人航空機であり、その名の示す通り、人が搭乗しない航空機全般を表します。また、雄のミツバチまたは羽音を表す「ドローン」という単語が使われることも多く、UAV と同義として用いられる場合と、UAV のうち自律性を持つ機体のみを指す場合もあります。

UAV は、固定翼タイプと回転翼タイプがあり、それぞれに長所と短所があります (表-1)。UAV を導入する際は、どのような業務に活用するかを踏まえて機種選定をすることが推奨されます。例えば、長距離の空撮では固定翼タイプ、荷物の運搬なら大型の回転翼タイプなどが適していると考えられます。

表-1 UAV の種類と特徴

UAV の種類	長所	短所
固定翼タイプ	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー効率が良いため飛行時間が長い 最大飛行速度が速い 風などに強い 	<ul style="list-style-type: none"> 前進しかできない ホバリングができない (※垂直離着陸が可能な機体もあり)
回転翼タイプ	<ul style="list-style-type: none"> 飛行安定度が高い 前後左右に飛行可能 ホバリング可能 	<ul style="list-style-type: none"> 飛行時間が短い 風に弱い

関西育種場では、空撮を主な用途としており、山林に持ち運ぶことも多いため、ローター部分が折り畳み式でコンパクトに収納できる回転翼タイプの機種 (dji Mavic2 Pro) を使用しています。

3 UAV による空撮および sfm 処理について

空撮後の画像は、そのまま利用するのではなく、三次元点群モデルやオルソ画像に変換して利用することが一般的です。移動するカメラで取得した一連の二次元画像から、三次元点群モデル等の三次元構造を推定する技術を structure from motion (sfm) と呼びます。sfm は Metashape や Pix4D 等の専用のソフトウェアを用いることが一般的です。本稿では、Metashape を用いた数値表面モデル (DSM) やオルソ画像を構築する流れを紹介しします。

(1) 空撮の流れ

UAVによる空撮は、隣接する画像の重複率が70～80%程度になるように、飛行高度および速度を調整し、あらかじめ作成した飛行ルートに従って自動飛行させることにより空撮しています(図-1)。図-1は、対地高度60m、飛行速度26km/h、重複率80%で作成した飛行ルートの例です。

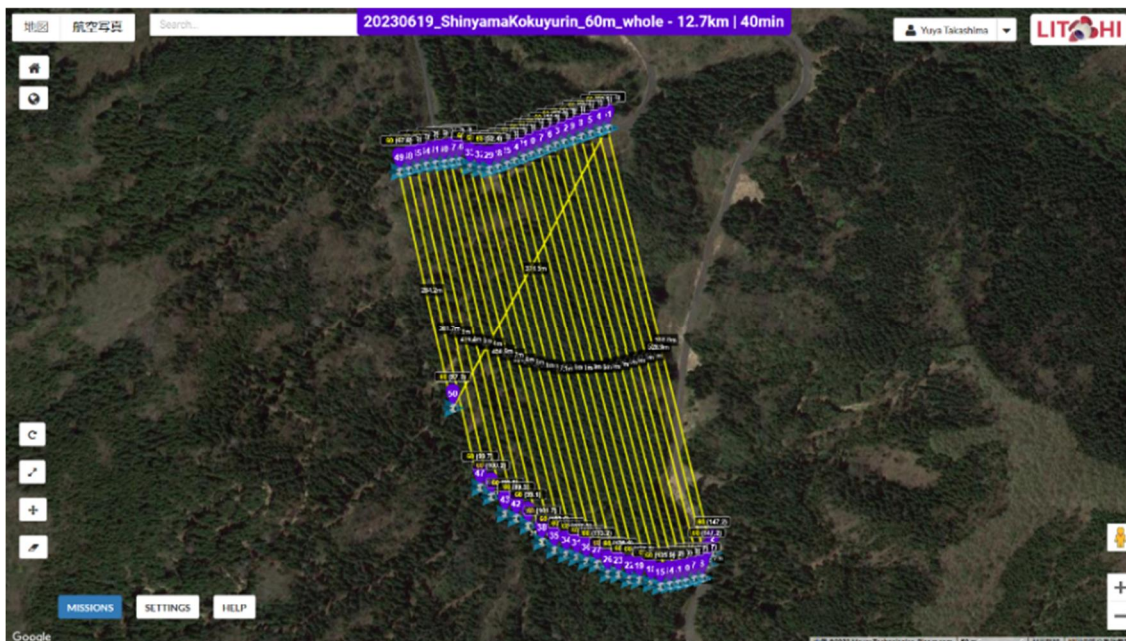


図-1 自動飛行アプリLitchでの飛行ルート作成例

リアルタイム・キネマティック (RTK) モジュール等の高精度GNSSを搭載していないUAVによる空撮を行う際は、地上基準点 (Ground Control Points: GCP) と呼ばれる位置座標が既知の対空標識5点以上を、空撮を実施する区域に事前に設置しておくことで、空撮画像から構築されるオルソ画像等の写真測量モデルの誤差精度を向上させることができます。GCPは、市販の専用プレートを利用できますが、図-2のように、地面に直接スプレーでL字等を描くことで代用することも可能です。



図-2 スプレーで描かれたGCPの例

設置したGCPの位置の測位は、高精度単独測位リアルタイム・キネマティック (PPP-RTK) 方式での測位が可能な受信機 (DG-PRO1RWS および VRSC ; ビズステーション) を使用しています。PPP-RTKは、日本版GPSであるQZSS (みちびき) のセンチメートル級測位補強サービス (CLAS) を利用した測位方式であり、一般的なRTK方式とは異なり、携帯電話やモバイル通信などの電波が届かない山間部等でも高精度測位が可能なシステムです。

(2) 空撮画像からオルソ画像等の構築

空撮画像からオルソ画像の構築は、いくつかの段階に分かれています。最初に、空

撮画像の特徴点を抽出し、複数画像で共通の特徴点をタイポイントとして整理し、各画像の位置を推定します。その後、これらの情報を基に、各画像を撮影したカメラの空間位置を高精度に推定します。

カメラの空間位置が確定したら、高密度点群モデルを構築します(図-3)。高密度点群モデルは、この後の処理で構築される数値表面モデル(DSM)やオルソ画像のベースとなるモデルです。



図-3 約1,200枚の空撮画像から構築された高密度点群モデル

高密度点群モデルを用いて、連続する標高値に変換したモデルがDSMであり、真上から見たような傾きや歪みのない画像に変換した統合画像がオルソ画像です。図-4に、図-3の高密度点群から構築されたDSMおよびオルソ画像を示します。



図-4 図-3の高密度点群モデルより構築されたDSM(上段)およびオルソ画像(下段)

これまでに説明した流れで構築されたDSMおよびオルソ画像を活用した業務および研究の事例について、この後の章にて紹介していきます。

4 活用事例

(1) 検定林設定

検定林は、選抜したエリートツリーや特定母樹を含む精英樹の実生苗やさし木苗を植栽した試験地のことです。植栽木が、遺伝的にどのくらい優れているかを調査・検定すると共に、次世代の精英樹を選抜する役割を担っています。

従来の検定林造成の流れと UAV を活用した検定林造成の流れを図-5に示します。

従来の検定林造成の流れでは、まず候補地を踏査し、職場に戻っておおよその試験地形状などを検討し、再度現地に行き、コンパス測量を行いながら試験地のブロックの大きさや配置を決定します。そして、コンパス測量の結果をもとに植栽本数等を決定した後、植栽する流れです。

一方、UAV を活用した検定林造成の流れを、図-5 の右側に示します。赤字で示した箇所が、従来との変更点で、工数も1つ減っています。まず、踏査の段階で UAV による空撮を行い、職場に戻りオルソ画像を作成し、GIS 上で試験地の形や配置と、苗木の植栽本数を決定し、現地では、測量は行わずに、GIS 上で決めた試験地の四隅などの位置座標を、PPP-RTK を利用して探索しながら杭打ちを行い、その後、植え付けを行います。

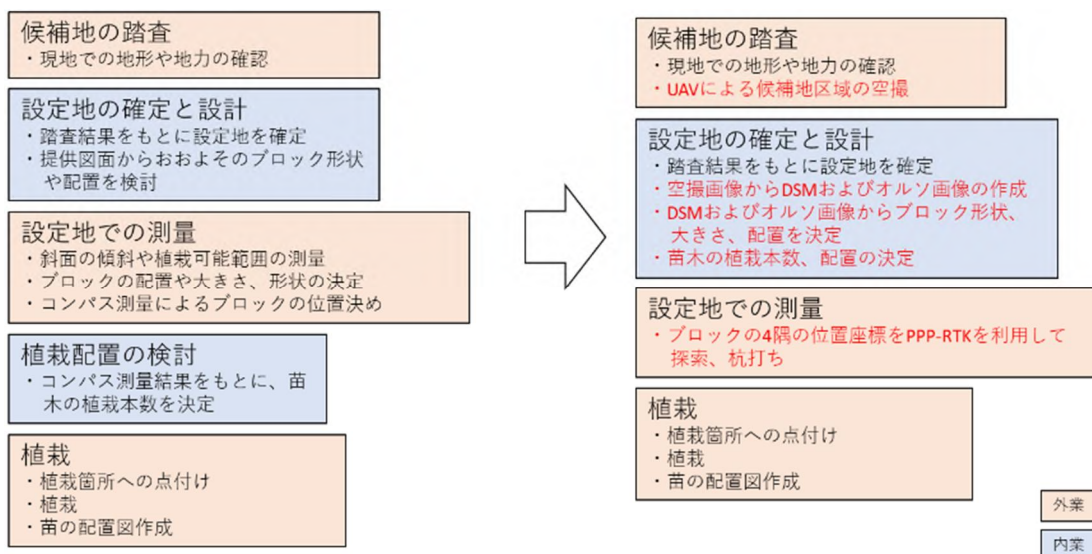


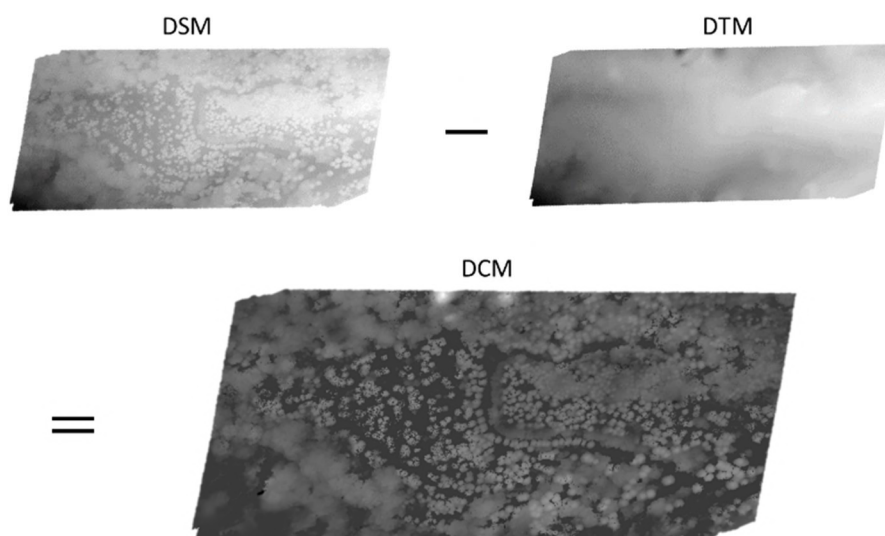
図-5 従来の検定林造成のフロー（左）と UAV を活用した検定林造成のフロー（右）

検定林造成時に UAV を活用すると、図-5 の「設定値での測量」において、人手・時間の大幅な削減が可能となりました。具体的には、従来だと4人で約5時間かかっていた作業が、UAV を活用することにより、3人で約2時間で行うことが可能になりました。

(2) 樹高測定

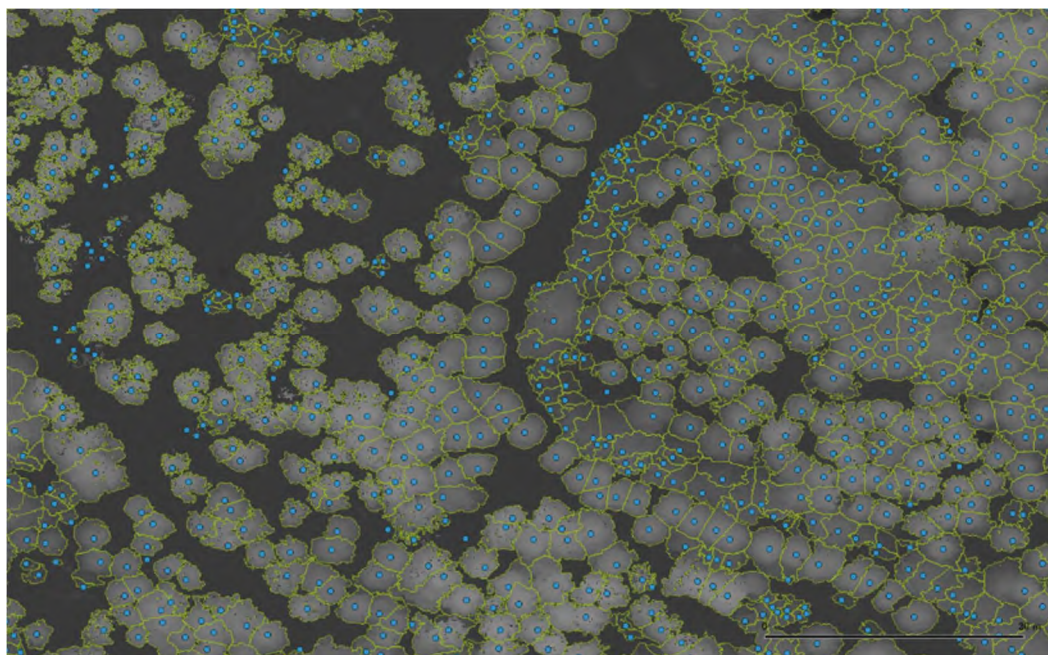
検定林では、植栽木 1,000 本以上の樹高、胸高直径、曲りおよび被害等の毎木調査を定期的に行っていますが、この調査で律速となる樹高測定の効率化を目的に UAV の活用を試みています。

空撮から DSM を構築するまでは、前述と同様ですが、樹高を推定するためには、DSM から地表面だけの数値地形モデル (DTM) を差し引いた、数値樹冠モデル (DCM) が必要となります。DTM を構築するための手法にはいくつかあるのですが、本稿では空撮画像から DSM と DTM を同時に構築した例を紹介します。空撮画像から DTM を構築するために、高密度点群を地表面と地表面以外の樹冠や構造物に分類します。地表面として分類された点群のみを用いて構築した数値モデルが、DTM に相当します。そして、構築した DSM と DTM の差分が DCM になります (図-6)。



図－6 DSM および DTM からの DCM の構築

DCM における樹頂点および樹冠を、R の ForestTools パッケージを用いて抽出しました（図－7）。図－7の青色の点が樹頂点、黄色のポリゴンが樹冠の境界を示しています。このうち、青色の樹頂点の高さを推定樹高としました。



図－7 抽出された樹頂点および樹冠

図－8に、推定樹高と実測樹高の関係を示します。推定樹高の精度は、実測樹高と比較して、相関係数で0.90、決定係数で0.81になりました。

UAVを利用した樹高測定では、UAVを飛行させる30分～1時間程度で現地での作業を終了でき、胸高直径等の他の調査にのみ専念できます。現在は、どの樹種をどのように撮影・解析すれば、実測との誤差が少なるか等を検証している段階であり、定期

調査に UAV を正式に採用するまでは至っていませんが、検証を進めることで、定期調査に UAV が活用されていくと考えています。

(3) その他の活用事例

その他の事例としては、関西育種場内や管轄する育種素材保存園の管理、マツノザイセンチュウ接種苗の早期評価、立木のフェノロジー調査等の多岐に渡る業務・研究に活用しています。

一例として、関西育種場のオルソ画像と管理事例を示します(図-9)。オルソ画像を用いることで、積雪による曲りや倒木被害およびマツノザイセンチュウにより枯損した個体等を簡単に把握することが可能です。このように、定期的に場内の空撮を行うことで、気象害や病虫害などの被害把握が容易になるだけでなく、記録として画像で残せるなどのメリットが挙げられます。

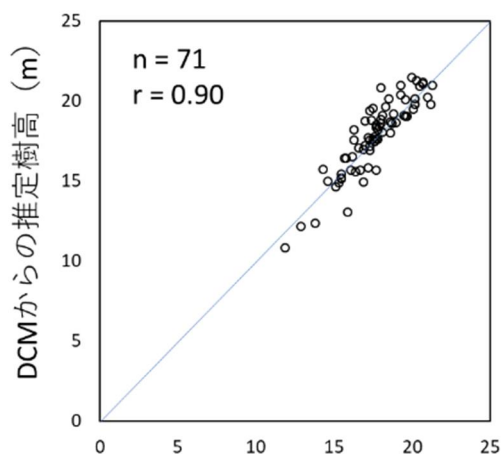


図-8 DCMからの推定樹高と実測樹高との関係

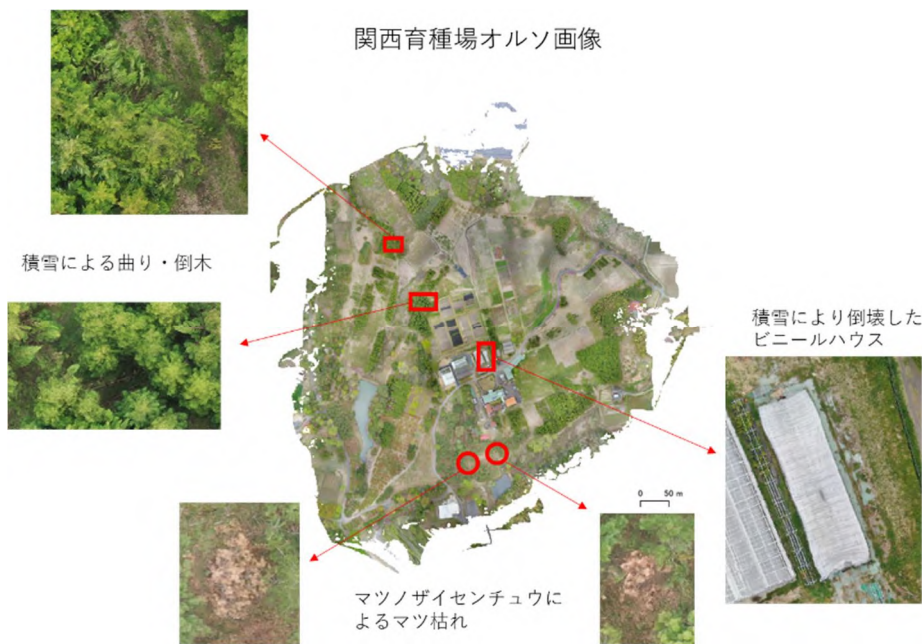


図-9 関西育種場のオルソ画像と植栽木の被害等

5 まとめ

林木育種センターの担う林木育種事業において、既に多くの業務に UAV が活用されています。今後も新たな技術を取り入れながら、データの蓄積や手法開発を進めていきます。そして、便利なツールを有効活用し、業務の効率化と研究の発展性を高めることで、林木育種を推進・発展させ、成果を速やかに社会還元していきます。

引用文献

林野庁 森林・林業基本計画、p. 38、2021

山地溪流において倒流木を発生させないためには？
～倒流木を除去した溪流区間における倒流木の再発生とその要因～

三重県林業研究所 研究課 主幹研究員兼課長 島田 博匡

1 はじめに

近年、頻発する豪雨災害に伴って流木被害が各地で発生していますが、流木は災害時のみならず、数年単位で生じる中小出水時においても橋梁や取水口の閉塞、ダム湖への流入などの被害を招きます。そのため、このような出水時に流出する恐れのある流木の発生や流下に関する実態を把握し、対策を講じることが重要です。しかし、これまでに中小出水時における倒流木の発生、滞留、流下に関する研究事例はほとんどないことから、その実態を解明することは、山地溪流域における流木が発生しにくい森林管理の方向性を明らかにするうえで急務となっています。

また、三重県では「みえ森と緑の県民税」を財源とする災害緩衝林整備事業（以下、事業）により、豪雨時の流木被害を防止するために、溪流部において倒流木などの除去を行っており、この実施効果を検証することも求められています。

そこで、この研究では、倒流木を除去した溪流区間において、一定期間経過後に調査を行い、新たに発生していた倒木、流木について、その量、形態的特徴、発生要因などを調査しました。この結果から、中小出水時に発生する倒流木について、発生量、発生量に影響する要因、発生要因、ひとたび溪流に入った倒木の流木化・流下過程を明らかにし、これをもとに、事業効果を検証するとともに、中小出水時に倒流木が発生しにくい森林管理について検討しました。

なお、本稿は島田（2023a）、島田（2023b）で報告した内容を中心にまとめたものです。

2 調査地と方法

(1) 調査地

2014年度と2015年度の事業により、2015年3月から2016年8月にかけて完成した三重県内の事業地の67溪流区間（延長55～2,015m、平均延長548m、総延長36,700m）を調査対象としました。

(2) 方法

2019年11月から2021年11月にかけて、各事業地で完成日から1,212～2,333日（3.3～6.4年）後に調査対象の溪流区間を踏査し、長さ1m以上かつ中央位置での直径が10cm以上の倒流木がみられた場合には、その位置をGNSSで測位し、倒木と流木の区別、樹種、長さ、直径、発生要因、腐朽度、根株の有無、チェーンソー痕の有無などを調査しました。なお、倒木と流木の区別について、「倒木」は立木の根返りや幹折れ、山腹崩壊、林地に残置された間伐木の滑落などによって、一部あるいは全体が溪流部に入り、そこから移動していないと考えられるものとし、立ち枯れ木、傾斜木などもこれに含めました。「流木」は上支流からの流下木、不安定土砂に埋没していたものが再出現したものなど、ひとたび溪流に入った倒木の二次移動木と考えられるものとししました（図-1）。

倒流量量に影響する降雨特性の指標として、各溪流区間から最寄りの三重県県土整備部観測所で観測されたデータを用いて、各溪流区間の事業完成日から調査日までの期間雨量、同期間雨量を事業完成日から調査日までの期間日数で除した一日当たりの雨量、事業完成日から調査日までの間の最大24時間雨量を求めました。

また、流域特性の指標として、溪流区間の最下流位置を流末とする流域面積（ha）、



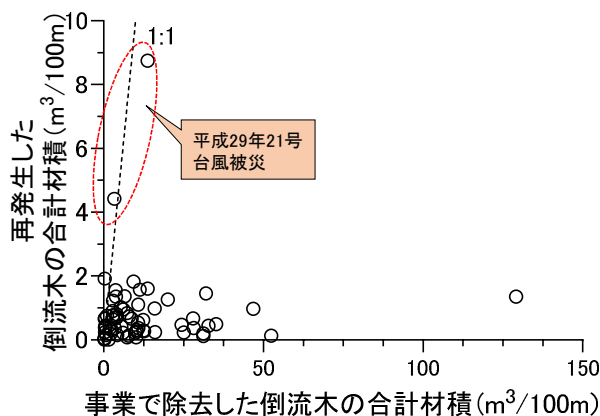
図－1 倒木と流木の分類

溪流区間最下流位置と最上流位置間の流路勾配 (%) を求めました。さらに、近年の航空レーザ測量データから作成した 0.5m 解像度あるいは 1m 解像度の DEM が入手できる 56 溪流区間については、事業完成日から調査日までの間の最大 24 時間雨量時における各溪流区間の縦断方向中央位置付近の流路幅 (m)、水深 (m) を算出しました (詳細は島田 2023b を参照)。

3 結果と考察

(1) 倒流木の除去効果の持続性

再発生していた倒流木の材積 (平均 $0.8\text{m}^3/100\text{m}$) は除去材積 (平均 $12.4\text{m}^3/100\text{m}$) と比較してわずかであり、平成 29 年 21 号台風 (最大瞬間風速 35.4m/s 、気象庁津観測所) による風倒被害を受けた一部を除き、除去効果は維持されていました (図－2)。調査期間中で最も大きい最大 24 時間雨量は 674mm (2015 年、三重県県土整備部三戸観測所)、年間降水量は $4,482\text{mm}$ (2019 年、三重県県土整備部三戸観測所) であり、かなりの雨量がみられた場所、時期もありましたが、それに伴う表層崩壊は無く、著しい倒流木の発生はみられませんでした。また、三重県内 6 カ所の溪流区間 (事業を行った溪流 4 カ所、行っていない溪流 2 カ所) に固定試験地を設けて、倒流木の再発生や移動をモニタリングしていますが、調査を行った 4 年間で倒流木の材積はほとんど変化しませんでした (島田・沼本、未発表)。そのため、これらの結果のように、著しい台風被害などを受けなければ、長期間にわたって除去効果は維持されると考えられました。



図－2 各溪流区間において事業で除去した倒流木の材積と再発生していた倒流木の合計材積の関係 (島田 2023a を改変)

(2) 倒流木量に影響する要因

再発生していた倒流木の材積と降雨特性との関係性を明らかにするために、再発生していた倒木、流木それぞれの材積 ($\text{m}^3/100\text{m}$) と事業完成日から調査日までの期間日数 (日)、期間雨量 (mm)、一日当たりの雨量 (mm/日)、最大 24 時間雨量 (mm) との相関関係を解析しましたが、いずれにおいても明確な傾向はみられませんでした。また、同様に流域特性との関係を明らかにするために、流域面積、流路勾配、事業完成日から調査日までの間の最大 24 時間雨量時における流路幅 (m) と水深 (m) との関係も解析しましたが、明確な傾向がみられませんでした。これについて、倒木の供給には、後述するように風倒、溪岸侵食によるものの割合が大きいことから (表-1)、溪流部周辺の森林管理状態が関係している可能性があります。また、流木は不安定土砂に埋没していたものが再び現れたと考えられるものや、上支流から流入したと考えられるものが多くみられたことから、流域内における過去の災害履歴や事業対象の溪流区間外の溪流やその周辺森林の状態の影響も考えられます。今後は溪流区間やその流域内における溪流周辺の森林状態、土砂災害履歴を明らかにし、これらと倒流木材積との関係についても解析する必要があります。

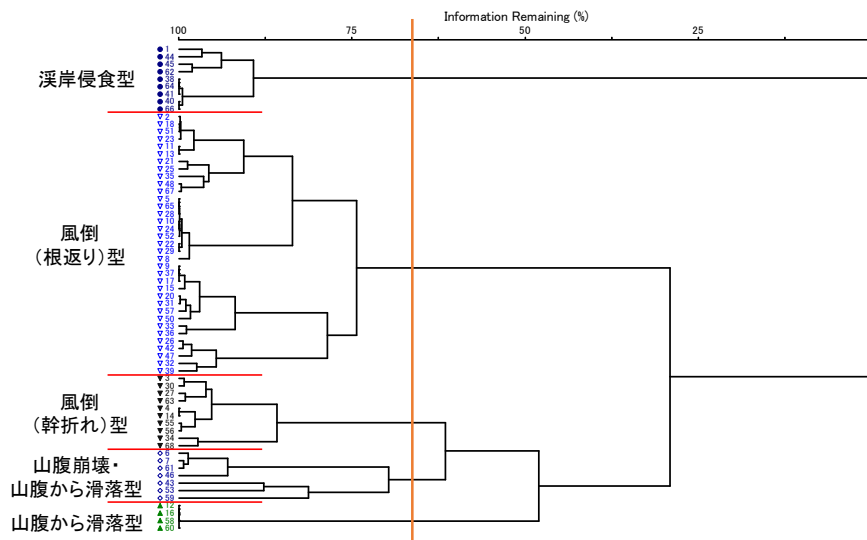
(3) 倒流木の発生要因

全 67 カ所の溪流区間において再発生していた倒木は 936 本、 202.8m^3 、流木は 1,647 本、 83.0m^3 であり、材積割合では倒木 71%、流木 29% でした。流木の多くは不安定土砂に埋没していたものの再出現や上支流から流入したものと考えられました。倒木の発生要因では、風倒による根返りと幹折れで材積割合 69.8%、溪岸侵食が 15.3% であり、これらで発生要因の 85.1% を占めていました (表-1)。また、各溪流区間における倒木の発生要因別材積割合をもとにクラスター分析で溪流区間を分類したところ、溪岸侵食型、風倒 (根返り) 型、風倒 (幹折れ) 型、山腹崩壊・山腹から滑落型、山腹から滑落型の 5 タイプに分けられましたが、溪岸侵食型、風倒型が大半を占めており、溪流区間単位でも風倒、溪岸侵食が主要因である溪流が大半を占めていました (図-3)。

これらの結果から、倒木の発生要因として風倒に起因する根返りや幹折れ、溪岸侵食が主要因であることが明らかになり、風倒、溪岸侵食を防ぐことで大幅に倒木の発生を減らすことができると考えられました。そのため、林分の健全性を高めるために適切な立木密度の管理を行うとともに、溪流周辺では間伐時に形状比の高いものや根系発達が弱いと推測される個体、溪岸侵食を受ける危険性が高い個体を優先的に選木することが重要になると考えられます。また、山腹斜面から伐採木などが滑落してきたものも 7.6% みられたことから、特に急傾斜地において伐採木を搬出しない場合には、伐採木を流路幅よりも短く玉切らずに、等高線方向に並べて確実に固定することも重要です。

表-1 再発生した倒流木の発生要因 (島田 2023a)

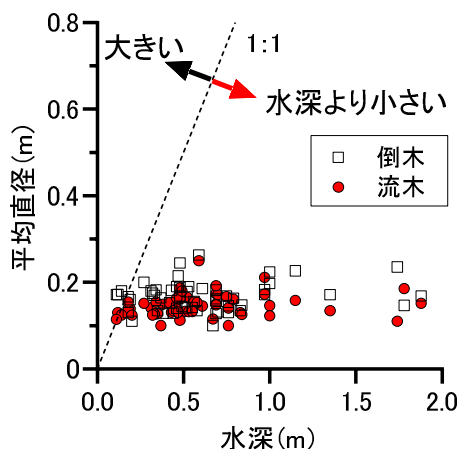
種別	発生要因	材積(m^3)	割合(%)
倒木	風倒(根返り)	117.8	58.1
	風倒(幹折れ)	23.7	11.7
	溪岸侵食	31.1	15.3
	山腹斜面から滑落	15.5	7.6
	人為	5.3	2.6
	山腹崩壊	5.3	2.6
	立ち枯れ	1.1	0.5
	不明	3.0	1.5
	倒木計	202.8	
流木		83.0	
合計		285.8	



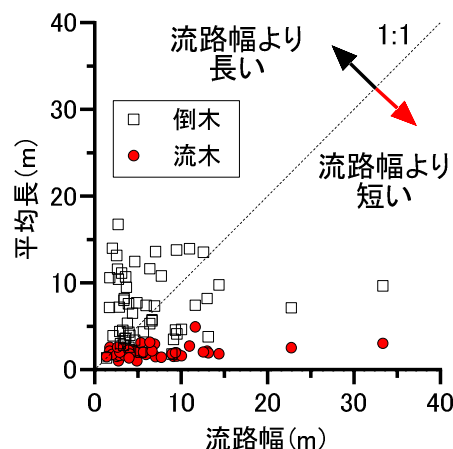
図－3 クラスタ分析を用いた倒木の発生要因による溪流区間の分類（島田 2023a）

(4) 倒木の流木化の過程

倒木が流木に変化し、滞留、流下する過程を明らかにするために、溪流の流路幅、水深と倒流木の形態的特徴との関係性を検討しました。水深と倒流木の平均直径の関係では、倒木と流木でほとんど差はなく、水深に関わらずほぼ同様の直径がみられました（図－4）。大半の溪流区間では、水深は浮遊限界（水深：平均直径＝1：1）よりも深いことから、直径は流木の移動に対して制限要因になることはなかったと考えられます。一方、流路幅と倒流木の平均長の関係では、倒木の平均長は様々で 10m 以上の溪流区間もみられましたが、流木は倒木より短く、平均長は 2～3m であり、大半の流木が流路幅よりも短くなっていました（図－5）。このことから、流路幅は流木の発生・移動に影響し、倒木の腐朽、折損などで流路幅よりも短くなって流木化すると考えられました。また、腐朽度（1～4 までの段階があり、数値が大きいほど腐朽が進んでいる）については、倒木では溪流区間によって様々ですが、流木では腐朽の進んだ 3 以上が大半であり（図－6）、比重が小さく移動しやすいものが多いと考えられました。根株付率でも倒木は溪流区間によって様々ですが、流木では概ね 30% 以下であり（図－7）、腐朽、折損により根株が付いておらず、流れやすい形態となったものが多いと考えられました。



図－4 水深と倒流木の直径の関係（島田 2023b を改変）



図－5 流路幅と倒流木の平均長の関係（島田 2023b を改変）

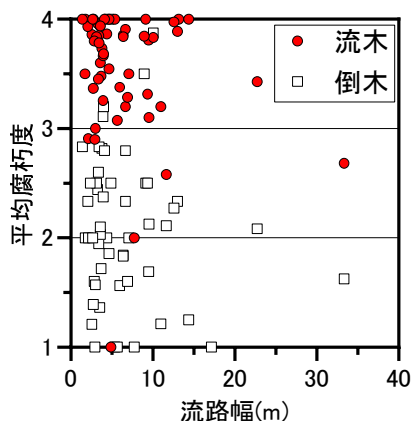


図-6 倒流木の腐朽度
(島田 2023b を改変)

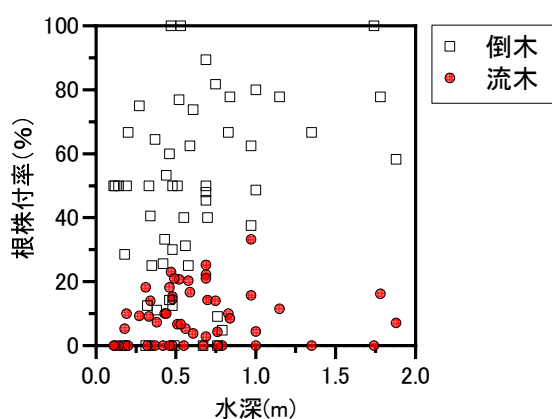


図-7 倒流木の根株付率
(島田 2023b を改変)

以上から、山地溪流における中小出水時の倒木の流木化、流下の過程を推測すると(図-8)、流木の長さは倒木よりも短く、大半は流路幅よりも短いこと(図-5)、腐朽度は倒木よりも流木で高いこと(図-6)などから、風倒による根返りや幹折れ、溪岸侵食などで発生した倒木は長期間かけて腐朽・折損し、比重が小さく、長さが短くなって流木に移行していきと考えられます。そして、山地溪流では流路幅が狭く、大石などの障害物も多いことから、一気に流れ出すことは少なく、各所で滞留を繰り返しながら、出水のたびに徐々に流下していくと推測されます。このことから、流路幅が狭い山地溪流では流路幅が広く、流量の多い中下流部の河川と比べて倒流木の滞留期間が長くなると考えられ、ひとたび溪流に入った倒木は長期間にわたって下流への流木発生源になってしまうことが懸念されます。そのため、溪流部の倒流木を除去することは流木被害防止のために有効な対策であると考えられます。

4 まとめ—中小出水時に倒流木が発生しにくい森林管理—

ひとたび溪流に入った倒木は長期間にわたって下流への流木発生源となります。そのため、溪流部の倒流木を除去することは流木被害対策として有効です。しかし、このような対策はどこでもできるわけではありません。そのため、倒木を発生させない森林管理を行うことも重要です。

森林管理においては、倒木発生の主要因は、風倒、溪岸侵食であることから、それらが発生しないように林分の健全性を高めるために適切な密度管理を行う必要があると

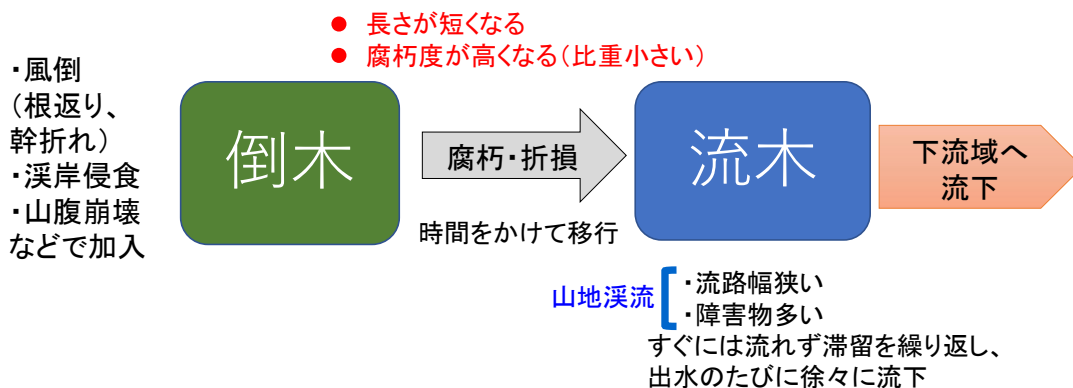


図-8 推測された山地溪流における中小出水時の倒木の流木化、流下の過程

特別発表

ともに、溪流周辺では倒木になりやすい立木の適切な選木が重要です。その際には、形状比の高い個体、根系発達が弱いと推測される個体、溪岸侵食を受ける危険性が高い個体を適切に選木する必要があります。また、倒木には、山腹斜面から伐採木などが滑落してきたものも一定数みられたことから、溪流周辺の山腹部で、伐採木を搬出しない場合、伐採木を流路幅よりも短く玉切らずに、等高線方向に並べて確実に固定することにも留意する必要があると考えられます。

引用文献

- 1) 島田博匡 倒流木を除去した溪流区間における倒流木の再発生量と発生要因、三重県林業研究所研究報告、13 : 1-10、2023a
- 2) 島田博匡 倒流木を除去した溪流区間において再発生した倒流木の特徴、中部森林研究、71 : 35-38、2023b

早生樹コウヨウザンに関する取組と今後の方向

広島県立総合技術研究所 林業技術センター技術支援部

次長兼技術支援部長 涌嶋 智

1 背景

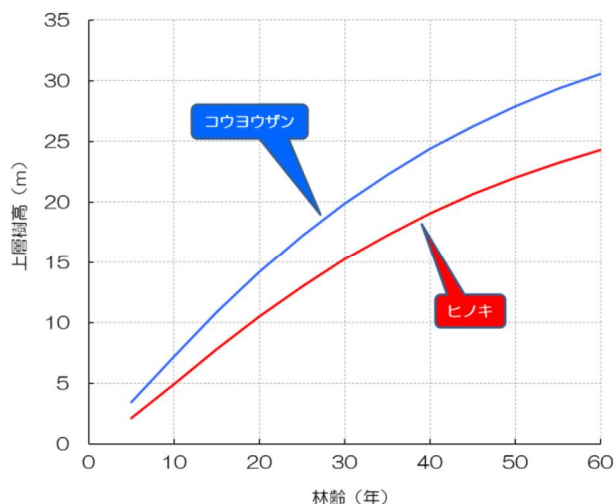
近年収穫期を迎えているスギ、ヒノキ等の人工林伐採後の再造林を適切に推進していくことは、森林資源の循環利用の観点から重要な課題となっています。再造林の実施にあたっては、育林経費の縮減と収穫までの期間短縮を目指して、「早生樹」やエリートツリーの導入が新たな選択肢として考えられます。

コウヨウザンは再造林への活用が期待されている樹種の一つで、成長の早さと伐採後の萌芽更新、色々な木材製品に利用可能な材質などの特徴があり、国や各県で様々な研究が行われています。本稿では、広島県におけるこれまでのコウヨウザン研究の取組とその成果の概要を紹介するとともに、今後解決すべき課題や方向について示します。なお、関連する文献を文末に載せておりますので、詳細な内容についてはそちらを参照してください。

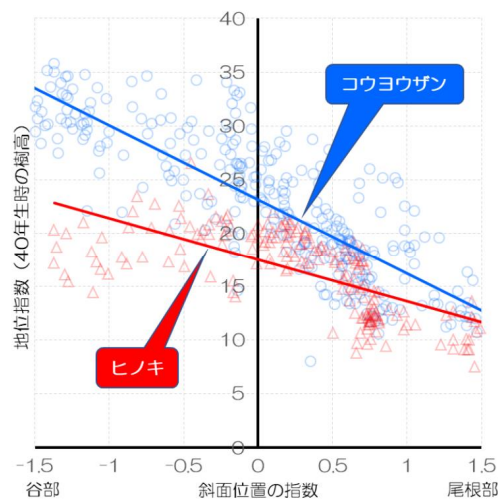
2 これまでの主な取組

(1) コウヨウザンの成長予測と植栽適地判定

広島県庄原市のコウヨウザン林分と周辺のヒノキについて地上型レーザースキャナによる毎木調査（成育位置、直径、樹高）を行うとともに、標準木を選んで伐採し、樹幹解析を行って上層木の樹高成長曲線を作成しました。その結果、コウヨウザンの樹高成長はヒノキと比較して約1.2～1.3倍になっていました（図－1）。また、40年生時樹高（地位指数）と斜面位置の指数（Topographic Position Index）の関係を調べたところ、コウヨウザンは斜面下部ほど樹高が高く、ヒノキとの差が大きくなることが分かりました（図－2）¹⁾。



図－1 上層木の樹高成長曲線



図－2 斜面位置と地位指数の関係

(2) コウヨウザン人工林における表土移動量

コウヨウザンの林床には落葉・落枝が堆積し、厚さは10 cm以上になることもあります（写真－1）。これらの堆積物が表土移動量に及ぼす影響について調査するため、土砂受け箱を庄原市のコウヨウザン林分の林床に設置しました（写真－2）。調査では堆積物を攪乱しない無処理区と全て除去する区を設置するとともに、比較のため隣接す

るヒノキ林において、地表植生の多い場所と少ない場所に調査区を設置しています。継続的に表土移動量（物質移動量：1 m幅当たりの土砂およびリターの量、物質移動レート：物質移動量を期間雨量で除した降水量1 mm当たりの値）を計測したところ、無処理区は堆積物除去区や周辺のヒノキ林と比較して移動量が低くなっていました²⁾。この調査結果から、コウヨウザン林分では、林床に堆積した落葉・落枝が表土移動を防ぐ効果があることが分かりました。

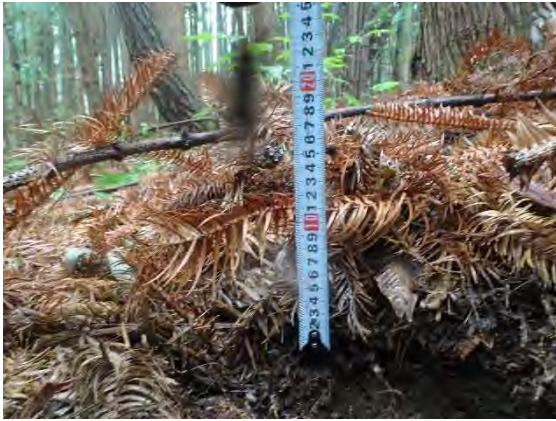


写真-1 林床に堆積した枯葉・枯枝



写真-2 土砂受け箱の設置

(3) コウヨウザン植栽試験

広島県三次市の林業技術センター高平施設内において、コウヨウザンの裸苗をサイズ別に4区分（20～25 cm未満、25～30 cm未満、30～35 cm未満、35～40 cm）に分けて2 m間隔（植栽密度 2,500 本/ha）で平成30年（2018年）4月に植栽しました。植栽の初期はサイズ別で平均樹高に差がありましたが、4成長期までにほぼ差が無くなり、いずれの苗も3成長期で平均約2 m、5成長期で平均約5 mに達していました（写真-3、図-3）³⁾。現地の植生はササ類、ヌルデ、クサギ、アカメガシワ等で、下刈りは1年目に全区域で実施した後、2年目（2019年）の8月には平均樹高がほぼ1 mを超えていたため、苗高50 cm以下の被圧木で一部実施したものを除き、2年目以降の下刈りは省略できました。本試験地では、今後も引き続き生育状況を調査して行く予定です。



写真-3 コウヨウザン育成状況

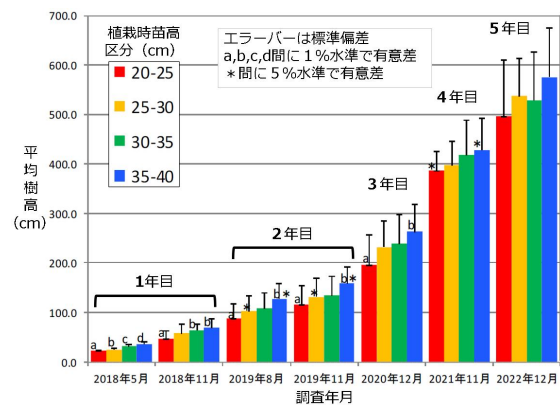


図-3 平均樹高の推移

(4) コンテナ苗の育成

コウヨウザンのコンテナ苗の育成技術開発のため、(一財)広島県森林整備・農業振興財団と協力して、コンテナ培地組成・施肥条件の比較、芽生え苗の移植時期の比較、病虫害の発生調査と防除について検討しました（写真-4、5）。その結果、施用した

緩効性肥料の溶出特性が異なる場合に枯損率に差が生ずること、芽生え苗の移植時期は11～2月の方が3～6月よりも生存率がやや低いが成長期間が長く取れるため苗高・根元径は大きくなること、育苗箱での根腐れ型立枯れ病には清潔な培土の利用が良いことなどが分かりました。これらの結果は取りまとめてマニュアル化しています⁴⁾。



写真-4 コンテナ苗（芽生え移植後）



写真-5 コンテナ苗（約2年生）

(5) 製材品の性能評価

コウヨウザンを普及していく上で、将来的な材の利用方法や製材品の性能を確認しておく必要があります。このため、日本各地の林齢の異なる4林分でコウヨウザンを伐採し、正角・平角材、ひき板材、集成材、LVL、合板、平パレットを試作しました（表-1）。各製材品について性能評価を行った結果（写真-6、7）、コウヨウザン材はヤング係数が高く、各製材品の材料として問題なく利用可能であることが分かりました⁵⁾。

表-1 コウヨウザン林分の所在地、林齢、作製した製材品

林分の所在地	伐採時の林齢	作製した製材品
広島県庄原市	52年生	平角材、ラミナ
	53年生	LVL
京都府京都市	47年生	正角材、ラミナ、集成材
千葉県鴨川市	34年生	正角材、ラミナ
茨城県日立市	22年生	正角材、ラミナ
	25年生	LVL、合板、平パレット



写真-6 集成材の曲げ強度試験



写真-7 LVLの曲げ強度試験

3 今後の方向

コウヨウザンは植栽後にノウサギやニホンジカによる食害を受けることが多いため、単木保護の防除資材や忌避剤等の効果を検討し、低コストで効果的な獣害防除方法を確立していく必要があります(写真-8、9)⁶⁾。



写真-8 ノウサギによる食害



写真-9 単木防除資材の設置

また、コウヨウザンの植栽密度やその後の下刈、除間伐などの管理方法については未だ十分な知見が得られていません。日本の多様な気候・環境(乾燥、過湿、積雪、寒冷など)における成育を確認することも重要です。

現在コウヨウザン苗木の多くは中国産種子で生産されていますが、国内で選抜された優良な系統による採種園等を整備し、種苗を供給していく必要があります⁷⁾。

利用の面からは、材の利用拡大につながる新たな製品開発などの取組が求められます。

4 謝辞

本稿の研究の一部は、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「南西日本に適した木材強度の高い新たな造林用樹種・系統の選定及び改良指針の策定」(平成27~29年度)、イノベーション創出強化研究推進事業「木材強度と成長性に優れた早生樹「コウヨウザン」の優良種苗生産技術の開発」(平成30~令和2年度)、(一財)広島県森林整備・農業振興財団・鳥取県林業試験場・広島県総合技術研究所共同研究「コウヨウザンによる単板積層材の試作試験」(平成28~平成31年度)、農林水産省委託プロジェクト研究「成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発」(平成30~令和4年度)により実施しました。

引用文献

- 1) 広島県立総合技術研究所林業技術センター 4 コウヨウザンの成長予測と植栽適地判定、研究成果・事例集(令和2年度)、7~8、2021
- 2) 渡辺靖崇、鈴木保志、涌嶋智、坂田勉、東敏生 コウヨウザン人工林における表土移動量、日林誌 100:178~181、2018
- 3) 坂田勉 コウヨウザン植栽試験5成長期の記録、広島県立総合技術研究所林業技術センター令和4年度研究成果発表資料、2023
- 4) 広島県立総合技術研究所林業技術センター 2 コウヨウザンコンテナ苗生産技術の確立、研究成果・事例集(令和2年度)、3~4、2021
- 5) 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター 5 コウヨウザンの材の利用特性、コウヨウザンの特性と増殖マニュアル、9~16、2021

- 6) 古本拓也 単木保護によるコウヨウザンの獣害防除効果の検証、広島県立総合技術研究所林業技術センター令和4年度研究成果発表資料、2023
- 7) 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター 6 コウヨウザン種子生産、7 コウヨウザンの苗木生産、コウヨウザンの特性と増殖マニュアル、17～42、2021

令和5年度 森林・林業交流研究発表会 審査委員講評

審査委員長

◎国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 関西支所

支所長 鷹尾 元

2日間にわたりまして、素晴らしい発表をお疲れ様でした。それぞれの発表、甲乙つけがたいものがあり、中々選ぶのに大変でした。まず、賞を取られた方々について、それぞれ講評を述べたいと思います。

◆近畿中国森林管理局長賞

○積雪地における森林防護柵の効果的な設置方法についての考察

鳥取森林管理署

積雪地における再造林において、シカの問題というのは今一番大きな問題で、そこに正面から取り組んだということが大変高く評価されました。そして様々な方法で実証的検討をされたこの成果は民有林へも波及が期待されるものだと思います。今後より多くの条件で試していただいて、広く使えるようにしていただくことを期待します。

○表層崩壊発生抑止を目的とした簡易な木製杭工法の開発

京都大阪森林管理事務所

越井木材工業株式会社

株式会社コシイプレザービング

生態系配慮の土木工法を提案され、土木工事における木材利用の促進にも貢献する素晴らしい工法だと思います。また、民間企業等との共同において技術開発を行ったことについても高く評価されると思います。今後さらに長期での技術の検証を行っていただきたいと思います。

○低コスト省力造林の取組について

～オルソ画像を活用した下刈省略区域の判定～

三重森林管理署

下刈りの省力化という大きな問題に取り組んだということ、ICT技術により、高さ情報をうまく使うという新しい切り口で取り組まれたということは、非常にユニークな新しい技術だったと思います。これについては精度の評価は、まだ残されていると思います。この分野で皆が納得する精度を示していただければと思います。

◆国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 関西支所長賞

○急斜面における3つのICT技術の導入について

兵庫森林管理署

先端的な工法というのを3つうまく組み合わせて、現場で問題となっている急斜面の崩壊地の工事を行い、安全面からもきちんと検討をされており、非常に価値の高い研究だったと思います。これは一つのケーススタディだったと思いますが、他の現場にも応用できるような形でさらに展開していただけると良いと思いました。

◆国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 林木育種センター
関西育種場長賞

○コンテナ苗植栽後10年程度経過した林分の現況について
～植栽時期が成長に及ぼす影響～

森林技術・支援センター

10年間研究・試験を続けてきた結果として、コンテナ苗が優れているということを実証的に示した、非常に意義の高い研究だったと思います。最終的に伐採して、収穫して、その材を採ったときの材質、材積、そういったところまで評価する必要があると思いますので、息の長い試験をどうぞよろしく願いいたします。

◆一般社団法人 日本森林技術協会 理事長賞

○タケニグサの繁茂する再造林地における早期下刈りの有効性について

兵庫県立森林大学校

夏の下刈りをどうにかしたいという、非常に大きな現場のニーズがあるところですが、このタケニグサという特殊な植生のあるところでの問題に対して、実証的に色々な方法を試してみて検討した、問題解決にあたる非常に良い事例だったのではないかと思います。

◆一般財団法人 日本森林林業振興会 会長賞

○防護柵の撤去試験について

和歌山森林管理署

この研究は非常にユニークで、まだほとんど誰も気が付いていませんでしたが、これから大問題になるかもしれないという問題を提起したというところで、高く評価されました。そしてまた、あまり撤去時期を待っているとツタが絡んで大変になるなど現場ならではの視点を持って研究・試験開発にあたられ、非常に素晴らしい研究だったと思います。

◆森林・林業交流研究発表会 審査委員長賞

○未来に受け継ぐ悠久の森

京都府立北桑田高等学校

郷土の森を高校生が自ら学んで、さらにその熱い思いを、次の若い世代に伝えるというこの活動を系統立ててお話していただいた、非常に面白い事例だったと思います。いろいろとこれからも問題は起きてくると思いますが、試行錯誤しながらやっていただきたいと思います。

○自動撮影カメラによるニホンジカの生息密度推定

奈良県森林技術センター

シカの生息数をきちんと推定するということは、非常に重要な問題ですが、これにコストがかかって大変だというところで、いかに精度を上げてコストを下げるかということ、2つのモニタリング手法をうまく組み合わせてやってみるという大変ユニークな提案だったと思います。

○多雪区域における低密度植栽について

滋賀森林管理署

もう50年も前に設定された、一度忘れ去られたこの試験地で、今この低密度植栽というものが必要とされている時代にこのような貴重なデータを発掘したということは、素晴らしいところだと思います。こういった忘れ去られたものが実はほかにもたくさん

んあるのではないかということ、ぜひみなさんにもそういう視点から、何か昔の先達の残してきたものがないか、もう一度徹底していただければと思います。

○GNSS 機器（モバイルマッパー）の精度検証と活用方法の考察
～林業現場でのより精度の高い活用を目指して～

岡山森林管理署

現場での省力化のための必要性ということ、現場から得た着眼点は非常に良い着眼点だったと思います。結論がこれまでのルールとはちょっと違うものを提案するという挑戦的な結果でしたので、こういう結果を得た時には、慎重に取り扱う必要があると思います。ぜひ本当に使えるかどうかということも慎重に慎重を重ねて検証していただければと思います。

○緑をとりもどせ！その6
～持続可能な森林経営に向けた挑戦～

鳥取県立智頭農林高等学校

大変なことになっている学校林、裸になってしまった斜面をどうするか、色々なアイデアを試して、専門家の意見も取り入れながら、継続しながら、色々なことを評価しているということで、ぜひ評価を続けていってほしいと思います。

全体について申し上げますと、今回は非常にレベルが高く、審査にも非常に苦労しました。何が良かったといえますと、まずアイデアが色々豊富にあって、今までになかったアイデアで取り組まれていること、それを解決しようとして色々試していること、それからプレゼンの技術も、少し前とは見違えるように上手になられており、本当に感心しました。

また、連携ということで例えば県の林試と組んでみたり、企業と連携されたりと非常に有効になされていたと思います。

それから森の大切さをどうやって伝えていくかということも一つのテーマだったと思います。これについても現場でも苦労されていることだと思いますし、我々関係するものは皆取り組んでいかなければいけないことだと思います。そういったことについても、またどんどんアイデアをだしていただくさればと思います。

事例の紹介というようなことが多かったのですが、これをいかに他の人に使ってもらえる技術にするかということが研究や技術開発にはあると思います。この事例研究だけで終わらすにはもったいないところで、ぜひ、どうしたらいいか我々のような研究所や、色々なところに気安く相談していただければいいと思います。

その他にもいろいろな連携というのは本当に大事だというのは、今回のみなさんの研究を拝見して思ったところです。森林関係者同士での連携も大事ですが、都市、住民、そういったところも含め自由な発想でさらに研究、技術開発等、いろいろな着想を広げていただければと思います。

審査委員

◎国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 林木育種センター

関西育種場 場長 古藤 信義

今年度の発表課題は、効果的なシカ対策、生態系等に配慮した治山工法、下刈りの労力軽減策など、地域特有の問題や現場ニーズの高い課題に対し斬新な視点から解決策を示す内容が多く、興味を引くものばかりでした。大変ありがとうございました。

課題に対して、地元自治体、公設試、民間企業等、様々な関係者と連携しながら、効果的に取り組まれていることも印象的でした。また、わかりやすい発表資料や生き生きとした素晴らしいプレゼンテーションが多く、各発表者のプレゼンテーション能力の高さにも関心いたしました。

今後も、地道に取り組を継続していただき、取組の成果が地域の課題解決や現場での実装につながっていくことを期待しております。

◎京都大学大学院 農学研究科 森林科学専攻 森林・人間関係学研究室

教授 松下 幸司

今回の森林・林業交流研究発表会は全面的に対面方式で実施され、さらには意見交換会も開催されるなど、ほぼコロナ前の状況に戻ったといえます。コロナ期を通じてパワーポイント作成技術が全般的に向上したように感じられました。さて、発表会で印象に残ったのは、過去の資料の発掘です。昭和40年代に設定された試験地の資料を再利用する研究発表がありました。国有林は長期にわたって様々な試験を実施してきました。本報告は調査内容や調査結果を適切に保存しておけば長期的に役立つことがあることを示しています。現在実施中の試験や調査の実施経緯や結果を保存するのはもちろんのこと、過去の試験地に関する資料についても組織的に探索することが望まれます。

◎フィールドソサイエティ 事務局長 久山 慶子

地球規模での気候変動の影響が顕在化してきたとされるなか、環境に寄与する森林機能への期待は自ずと高まりを見せています。今年度の発表においても、多種多様な課題に関わらず、よい森林を目指す必要性が共通して感じられました。

森林は地域の環境そのものです。第一次産業の分野でもICT技術の活用が進んできましたが、限定空間で工業化も可能な農業、閉鎖的な養殖も可能な漁業に対して、地域環境に直結する林業では、それ以前に問われることこそ重要なのでしょう。難しい状況が目立つものの、生物の相互関係に満ちた森林は私たちの生命線でもあります。人として、社会として取り組むべき森林・林業。気概をもって継続されることを願います。

◎三重県林業研究所 所長 福岡 秀哉

審査員として発表を聞く機会を頂き、発表者の皆さんが業務の傍ら研究に取り組み、成果を上げられている事に感銘を受けました。

森林の循環利用の促進が求められる中、ドローンやGNSS機器による省力化の取組のほか、過去の低密度植栽やコンテナ苗植栽現地の検証など、多くの課題解決に繋がる発表が行われました。また、厳しい条件下での山腹工事における様々な工夫も参考になる取組だと感じました。そして、高校生をはじめ、若い皆さんが眩しいくらい一生懸命発表する姿が強く印象に残っています。

今回取り組んだ研究について、さらに考察や検証を進め、現場に還元し、成果を普及することで、それぞれの地域の林業の進展に寄与されることを期待しています。

◎**広島県立総合技術研究所 林業技術センター センター長 秋田 修**

今回初めて研究発表会に参加させていただきました。全 21 課題どれも地域の課題を認識した興味深い発表ばかりで、多くの若い方が業務を行いながら試験研究に取り組まれていること、また次世代を担う高校生や森林大学の学生が、森林・林業の課題解決に真剣に取り組んでいる姿を拝見させていただき大変感動しました。

高校生をはじめ皆さんのパワーポイントを使用した発表は、限られた時間の中で、大変わかり易く、質問にもしっかりと受け答えができており、プレゼンテーションの技術がとても高いレベルにあると感じました。

発表者の皆様には、今後も継続して課題解決に取り組んでいただき、さらなる研究成果が得られますことを祈念しております。

◎**近畿中国森林管理局 計画保全部長 三浦 祥子**

コロナ禍後に実施された初の研究発表会で、多くの方々の発表を対面で見聞き出来たことに感慨深く思います。

今回の発表会では、森林・林業分野における様々な課題に対峙する内容に加えて、緻密なデータ収集と分析による検証を的確に行っている大変レベルの高い内容が多かったと思っています。特に、「新しい林業」や「獣害対策」、「森林土木」などで ICT を活用した内容が多く見られたことも特徴的でした。

ICT は日進月歩で発展していますので、今後これまでの成果をさらに進展させて、将来の森林・林業 DX につながる現場技術として寄与できることを期待します。

◎**近畿中国森林管理局 森林整備部長 石上 公彦**

新しい林業の実現、ICT 技術の活用、木材の利用推進、治山対策、森林の保全・再生や森林環境教育など多岐にわたる課題について、様々な内容の発表をいただきました。

それぞれ置かれた環境の下で、問題意識をもって研究に取り組まれた皆様に敬意を表します。

とりわけ、新しい林業の実現に向けた取組や、デジタル技術を活用した業務の効率化をめざす取組などについて、興味深く発表を聞かせていただいたところです。

こうした地道な取組が、今後の国有林の業務や地域の活動に活かされ、森林・林業の再生や地域の森林保全などの取組につながっていくことを期待しています。

受賞結果

近畿中国森林管理局長賞

○積雪地における森林防護柵の効果的な設置方法についての考察

鳥取森林管理署 津山 稔

○表層崩壊発生抑止を目的とした簡易な木製杭工法の開発

京都大阪森林管理事務所 川勝 祥永

越井木材工業株式会社 清水 賢

株式会社コシイプレザービング 壁野 宏司

○低コスト省力造林の取組について

～オルソ画像を活用した下刈省略区域の判定～

三重森林管理署 那須 満まる

篠原 庄次

(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 関西支所長賞

○急斜面における3つのICT技術の導入について

兵庫森林管理署 瀧沢 学

(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 林木育種センター 関西育種場長賞

○コンテナ苗植栽後10年程度経過した林分の現況について

～植栽時期が成長に及ぼす影響～

近畿中国森林管理局 森林技術・支援センター 佐伯 浩一

一般社団法人日本森林技術協会 理事長賞

○タケニグサの繁茂する再生林地における早期下刈りの有効性について

兵庫県立森林大学校 阪上 碧海

前田 諄

一般財団法人日本森林林業振興会 会長賞

○防護柵の撤去試験について

和歌山森林管理署 畑中 宣輝

久保田 啓太

森林・林業交流研究発表会 審査委員長賞

○未来へ受け継ぐ悠久の森

京都府立北桑田高等学校 谷脇 めぶき
内田 凜
岡本 美咲
長島 慧明
西口 恵唯

○自動撮影カメラによるニホンジカの生息密度推定

奈良県森林技術センター 青山 祐輔

○多雪区域における低密度植栽について

滋賀森林管理署 竹原 昇平
宮崎 実周

○GNSS 機器（モバイルマッパー）の精度検証と活用方法の考察

～林業現場でのより精度の高い活用を目指して～

岡山森林管理署 根村 輝
伊藤 由希
笹原 真華

○緑をとりもどせ！その6

～持続可能な森林経営に向けた挑戦～

鳥取県立智頭農林高等学校 藤本 光潤
森 悠輔

審査委員名簿

審査委員長	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 関西支所 支 所 長 鷹 尾 元
審 査 委 員	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 林木育種センター 関西育種場 場 長 古 藤 信 義
〃	京都大学大学院 農学研究科 森林科学専攻 森林・人間関係学研究室 教 授 松 下 幸 司
〃	フィールドソサイエティ 事務局 長 久 山 慶 子
〃	三重県 林業研究所 所 長 福 岡 秀 哉
〃	広島県立総合技術研究所林業技術センター センター長 秋 田 修
〃	近畿中国森林管理局 計画保全部長 三 浦 祥 子
〃	近畿中国森林管理局 森林整備部長 石 上 公 彦

令和6年（2024年）2月発行

令和5年度 森林・林業交流研究発表集録
（通算56回）

編集・発行 近畿中国森林管理局
〒530-0042
大阪市北区天満橋1丁目8番75号
TEL：050-3160-6749（技術普及課）
E-mail：kc_fukyu@maff.go.jp