

令和 3 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

我が国は、地球温暖化に伴う気候変動、少子高齢化と人口減少、新型コロナウイルス感染症の流行など大きな変化に直面しており、それらに対応しながら、各般の施策を進めていくことが求められています。

昨年6月に閣議決定された新たな「森林・林業基本計画」においては、林業・木材産業が内包する持続性を高めながら成長発展させ、人々が森林の発揮する多面的機能の恩恵を享受できるようにすることを通じて、社会経済生活の向上とカーボンニュートラルに寄与する「グリーン成長」を実現することとされ、今後の施策の方向として、①森林資源の適正な管理・利用、②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」の展開、③木材産業の競争力の強化、④都市等における「第2の森林」づくり、⑤新たな山村価値の創造、の5本の柱が打ち出されたところです。

こうした施策を推し進める礎となるのは、研究・教育機関を含む関係者が連携した新しい技術開発と森林・林業の次世代を担う若手の育成にほかなりません。

令和3年度の発表会は、新型コロナウイルス感染症拡大防止を考慮し、昨年度と同様会場での発表とWebによる発表を併用するとともに、たくさんの方々に発表会をご覧いただけるよう、YouTubeによるライブ配信も併せて行いました。そうした中、近畿中国森林管理局の職員に加え、森林大学校や高校の生徒をはじめとする教育機関、自治体、研究機関など10機関・団体にご参加いただき、多様かつ新鮮な発表の場となりました。

本集録は、令和3年度の研究発表会で発表いただいた23課題をまとめたものです。林業分野へのICT活用や森林被害対策、災害復旧など地域の課題に密着した幅広いテーマが取り上げられています。本集録が、今後の地域の森林・林業の発展の一助となれば幸いです。

発表いただきました皆様には、厚く御礼申し上げますとともに、森林・林業の発展や地域の課題解決に向けた取組がさらに進展しますことを祈念いたします。

令和4年2月  
近畿中国森林管理局長 柏原 卓司



# 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

○鍛冶屋又国有林におけるヒノキ低コスト造林試験…………… 6  
～10年生時の広葉樹の除伐が植栽木の成長に及ぼす効果～

三重森林管理署 早瀬 互  
三重県林業研究所 島田 博匡

○ICTを活用した丸太材積の測定方法について②…………… 11  
～丸太検知ソフトのさらなる誤差検証～

鳥取森林管理署 吉田 周平

○木質チップ路盤工としての支障木有効活用について…………… 18

島根森林管理署 秋田 顕二  
西垣 涼香

○スギ造林地に発生した天然生センダンの育成方法と成長量の調査(第1報)…………… 23

岡山森林管理署 片岡 彰  
飯嶋 弘毅

○ニホンジカ生息地におけるセンダンを活用した広葉樹林造成について…………… 30

株式会社組合立森林研究所 宅見 亮  
菅沼 肇

○作業道の路面補強に関する一考察…………… 37  
～頻発する局地的豪雨に備えて～

(国研) 森林研究・整備機構森林整備センター  
近畿北陸整備局 和歌山水源林整備事務所 長柄 豊  
久保田 拓也

○FRDを活用した森林作業道開設設計と既存方法による開設路線の検討・考察に  
ついて…………… 47

兵庫森林管理署 斎藤 俊彦  
後藤 祐輔

|                                    |       |
|------------------------------------|-------|
| ○ドローンによる高精度計測の検証と利用について……………       | 53    |
| ～RTKによる森林計測～                       |       |
| 近畿中国森林管理局 森林技術・支援センター              | 吉坂 英則 |
| ○中国地方低標高地における造林樹種の多様性に向けての一考察…………… | 61    |
| ～チャンチンモドキが持つ可能性について～               |       |
| 近畿中国森林管理局 森林技術・支援センター              | 坪倉 真  |
| ○桧4m材を2本継手接合した実用可能な技術開発について……………   | 67    |
| ～4m材の可能性を目指して～                     |       |
| 木構造建築研究所                           | 田原 賢  |

## II 森林保全

|                                   |                                |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| ○緑をとりもどせ！……………                    | 68                             |
| ～生物多様性の保全と土砂崩壊の防止を目指して その4～       |                                |
| 鳥取県立智頭農林高等学校                      | 木村 梓馬<br>坂本 雅治<br>川下 翼<br>三村 匠 |
| ○平成30年台風21号等災害からの復旧について……………      | 73                             |
| ～貴船山国有林風倒木被害地の早期復旧に向けて～           |                                |
| 京都大阪森林管理事務所                       | 仲保 裕博<br>野崎 花音                 |
| ○ノウサギの森林被害防止のための誘引及び捕獲試験について…………… | 82                             |
| 和歌山森林管理署                          | 安田 真菜<br>日吉 沙絵子                |
| ○治山事業におけるICT活用の取組について……………        | 90                             |
| ～遠隔臨場の実施～                         |                                |
| 兵庫森林管理署 神戸治山事業所                   | 山本 康二                          |
| 近畿中国森林管理局 治山課                     | 山本 雅志                          |
| ○林内に設置された侵入防止柵の管理技術の検討……………       | 95                             |
| 岡山県農林水産総合センター森林研究所                | 三枝 道生                          |

### Ⅲ 木材・特用林産物、森林とのふれあい、担い手育成

- 大亀谷国有林における国民参加の森林づくりの取組…………… 103  
～地域に親しまれる国有林を目指して(コロナ禍で高まる森林ニーズの検証)～  
奈良森林管理事務所 宮岡 響  
大石 政弘
- 京都府立高等学校における森林環境教育…………… 110  
～「嵯峨野高等学校有林」と「スーパーサイエンスハイスクール事業」～  
京都府立嵯峨野高等学校 谷口 悟  
山脇 正資
- 民国連携ケーススタディ地区の取組…………… 114  
－神石高原町の事例－  
広島北部森林管理署 山本 光夫
- 大学演習林における地域貢献…………… 120  
－地域活性化のための人材育成を目指して－  
京都大学フィールド科学教育研究センター 勝山 智憲  
大橋 健太
- 国産キハダの栽培推進と優良な県産製品の拡大に向けた奈良県研究分野統合本部  
の挑戦…………… 123  
～短期栽培のキハダは生薬として利用できるか～  
奈良県薬事研究センター 西原 正和
- 林福連携による世代を超えたつながりで創る木工製品…………… 127  
京都府立北桑田高等学校 小久保 瑠惟  
吉川 凱揚  
岩本 凧都  
川寄 優心  
和田 直弥
- 森を知り、森から地域を活性化する取組…………… 131  
～人と地域をつなぐ林道～  
京都府立宮津天橋高等学校 石本 貫志  
初岡 皆星  
京都府立宮津高等学校 平 和将  
大江 涼亜
- 都市近郊林でのカシノナガキクイムシ駆除と森林環境教育の実践について…………… 134  
～カシナガ捕獲用粘着シート設置等における体験学習～  
広島森林管理署 徳永 壮一郎  
長尾 美和

## 特別発表

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| ○古生層山地小流域－竜ノ口山南谷－の水流出と森林……………     | 138        |
| (国研) 森林研究・整備機構森林総合研究所             |            |
| 関西支所                              | 細田 育広      |
| ○エリートツリー・特定母樹の開発と普及に向けた取組……………    | 143        |
| (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                    | 栗田 学       |
| ○スマート林業研究開発成果の現場実装に向けて……………       | 146        |
| ～UAV オルソ画像と林内全天球画像を対象としたAIアプリの開発～ |            |
| 石川県 農林総合研究センター林業試験場               | 矢田 豊       |
| <b>審査委員講評……………</b>                | <b>147</b> |
| <b>受賞結果……………</b>                  | <b>151</b> |
| <b>審査委員名簿……………</b>                | <b>153</b> |

※ 本文の名前欄の○印は代表発表者

# 鍛冶屋又国有林におけるヒノキ低コスト造林試験 ～10年生時の広葉樹の除伐が植栽木の成長に及ぼす効果～

三重森林管理署 首席森林官(長島・北大杉担当区) ○早瀬 亙  
三重県林業研究所 研究課 主幹研究員兼課長 島田 博匡

## 1 課題を取り上げた背景

三重森林管理署と三重県林業研究所との共同試験地では、低密度植栽と下刈り省略による低コスト化に着目し、植栽密度別に下刈り有無の条件が異なる試験区を設定して、植栽から下刈り、除伐、間伐までの作業コスト、ヒノキ植栽木の成長と形質を比較することで、収益性の高い育林体系の確立を目指しています。

この試験地では、植栽後11年が経過し、下刈り、除伐作業が完了したことから、これまでの経過、除伐が植栽木の成長に及ぼす効果、今後の施業について報告します。

## 2 試験地の地況

試験地を設定した鍛冶屋又国有林は、紀伊半島南部の三重県北牟婁郡紀北町に所在しています。ここは、大台山系の南東斜面側に位置するため、我が国でも有数の多雨地帯で、尾鷲ヒノキで有名な林業地です(図-1)。

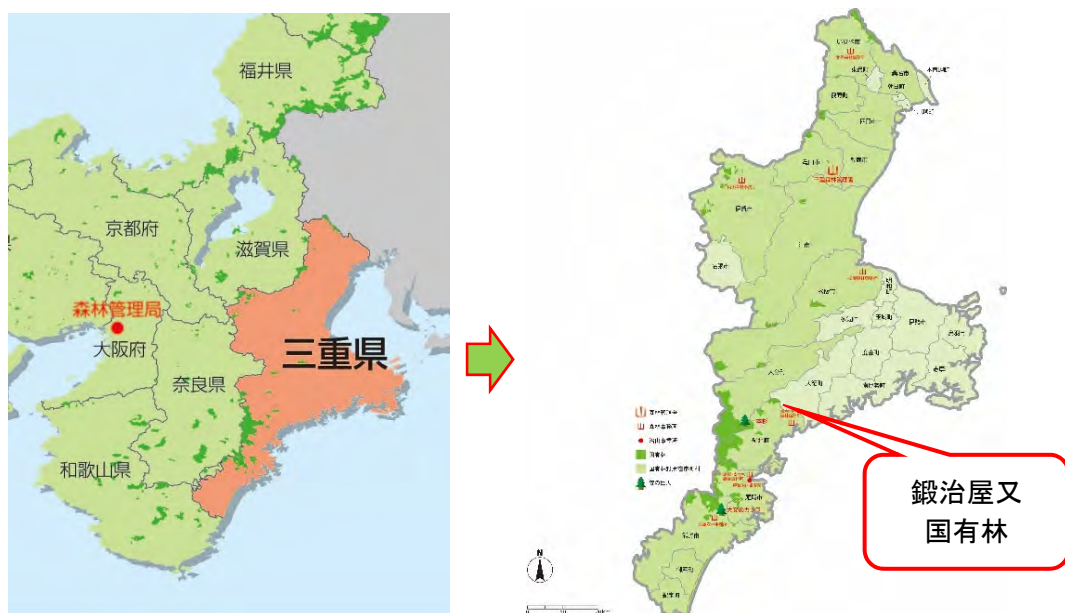
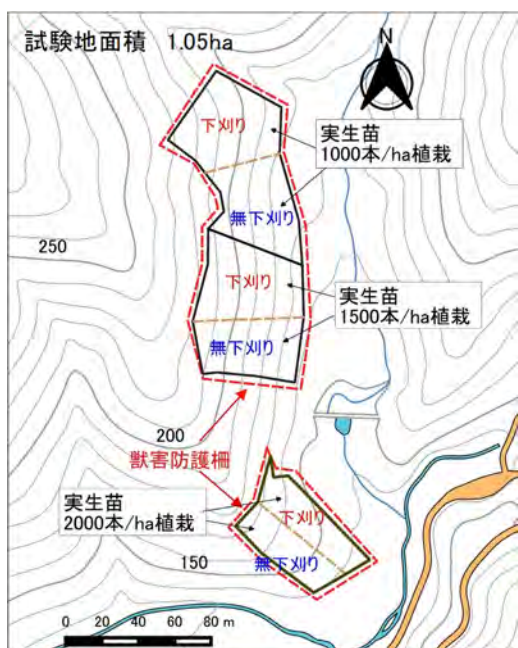


図-1 試験地の位置

## 3 試験地の概要

試験地の全面積は1.05haであり、0.12～0.22haの6区画を設定しています(図-2)。また、それぞれの区画に獣害防護柵を設置しており、全体的には東向き斜面となっています。

2008年春に皆伐した伐採跡地に植栽密度をヘクタール当たり2,000本、1,500本、1,000本植栽とする区画を設定し(以下、2,000本区、1,500本区、1,000本区と称す。)、それぞれの植栽密度区を、下刈りを実施する区画、しない区画に分けて、ヒノキの実生苗の植栽を行いました(写真-1)。



図－2 試験地の概要



写真－1 試験地の状況  
(2010年3月植栽後)

#### 4 施業経過

2010年1月中旬から3月上旬にかけて地拵え、獣害防護柵を設置し、同年3月にヒノキ2年生実生苗を植栽しました。

植栽後は下刈り区のみ植栽年の2010年から6年生時の2015年までの7月または8月に毎年1回、植栽木の根元周り1m程度の坪刈りを行いました。

また、6年生時までの調査で、下刈り区、無下刈り区ともに広葉樹が多数侵入して植栽木と競合していたことから、10年生時の2019年7月に広葉樹の除伐を実施しました(写真－2)。

2018年除伐前



2019年除伐後



写真－2 除伐前後の状況(1,500本区)

#### 5 調査方法

植栽直後、各区画内に450～900m<sup>2</sup>のプロットを設け、植栽時、1～6成長期後、除伐実施年前後の9～11成長期後に、プロット内の植栽木の生存率、樹高、直径(地際あるいは



胸高)、樹冠面積などを測定しました。なお、植栽後6成長期までの調査結果については島田ら<sup>3)</sup>にまとめられています。

## 6 調査結果

### (1) 生存率の推移

11 成長期後の生存率は下刈り区 80.6~98.0%、無下刈り区 78.6~88.9%で、1,500 本区では下刈り区の生存率の方が低くなっていました。いずれの区画でも枯死木の大半は植栽初年度に発生しており、その後はほとんど枯死木が発生しなかったことから、下刈りの有無は生存率にほとんど影響しなかったと考えられます(図-3)。

また、11 成長期後における分岐、クランク、屈曲などの樹形異常の発生率は下刈り区 3.3~12.6%、無下刈り区 8.3~18.9%であり、無下刈り区の方が高い傾向がみられました。

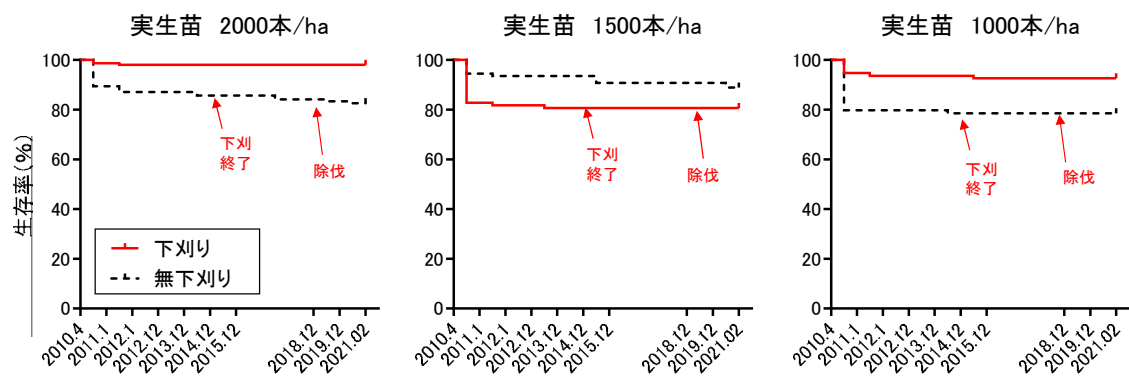


図-3 植栽木の生存率の推移

### (2) 平均樹高の推移

4年生時頃から、2,000 本区、1,500 本区、1,000 本区ともに下刈り区が無下刈り区に比べ成長が若干良かったものの、経年推移での顕著な伸びの差は見受けられませんでした。また、試験区間の違いはほとんどみられませんでした(図-4)。

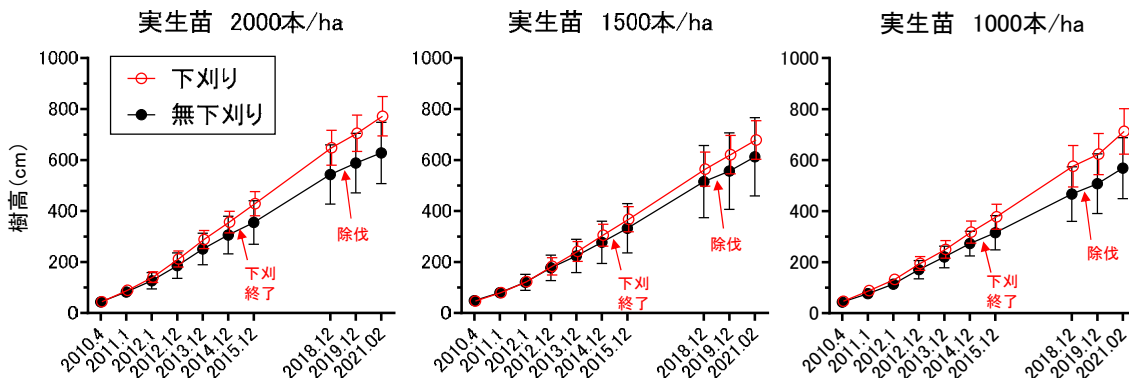


図-4 植栽木の樹高の推移。誤差線は標準偏差を示す。

### (3) 平均樹冠面積の推移

除伐実施時までは無下刈り区は下刈り区よりも樹冠面積の成長が劣る傾向にあり、その差が年々広がる傾向がみられましたが、除伐4ヶ月後に調査した10年生時以降は無下刈り区の成長量が下刈り区と同程度まで大きくなりました。

また、植栽密度による違いについては、下刈り区、無下刈り区ともに樹冠が閉鎖していた2,000本区では除伐後もほとんど樹冠面積は変化しませんでした。1,500本区と1,000本区では、除伐実施翌年の11年生時に著しく樹冠が大きくなりました(図-5)。

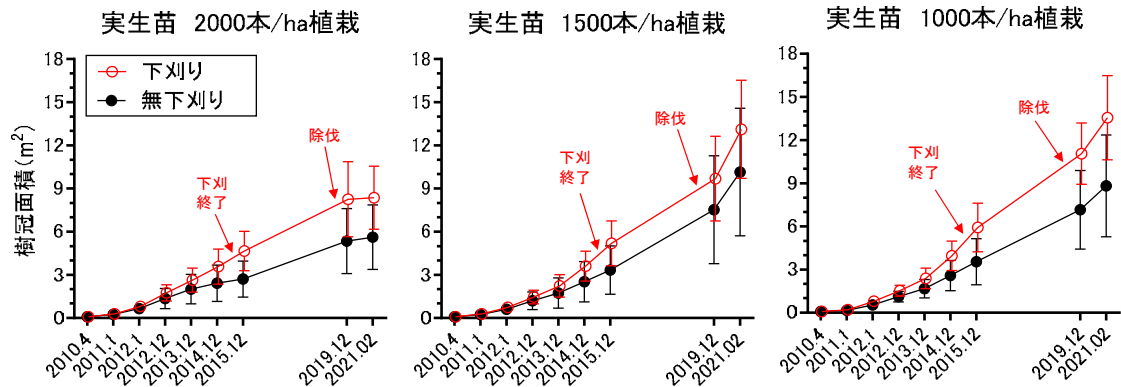


図-5 植栽木の樹冠面積の推移。誤差線は標準偏差を示す。

(4) 平均胸高直径の推移

樹冠面積と同じく、9年生時までは無下刈り区は下刈り区より成長が劣る傾向にあり、その差が年々広がる傾向がみられましたが、除伐4ヶ月後に調査した10年生時以降は無下刈り区の成長量が下刈り区と同程度まで大きくなっていました。

また、除伐実施翌年の11年生時に1,500本区、1,000本区で下刈り区、無下刈り区ともに成長量が高まり、2,000本区よりも有意に大きくなりました(図-6)。

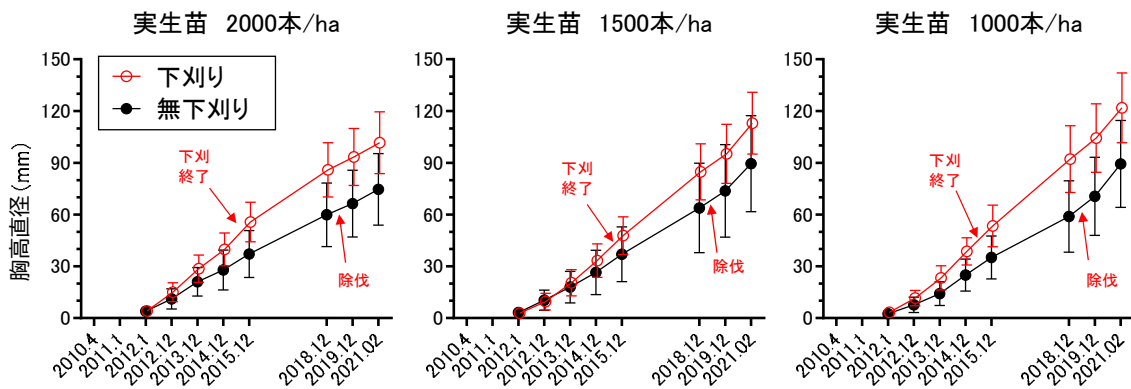


図-6 植栽木の胸高直径の推移。誤差線は標準偏差を示す。

(5) 経費試算

これまでの施業に要した経費を、「(令和3年3月)林野庁計画課造林、保育及び間伐事業標準工程表」及び、歩掛が無いものは「(令和3年)三重県造林事業標準単価表」より算出しました。なお、除伐経費については、2,000本下刈り区の経費を標準歩掛と等しいと仮定し、作業日報に記録された2,000本下刈り区の除伐にかかる総所要時間を1として各区画の総所要時間との比率を求め、各区画の比率を標準歩掛に乗じることで各区画の経費を算出しました。

さらに、植栽密度毎の坪刈りの全刈りに対する総所要時間の比率については伊藤ら<sup>1)</sup>を参考にしました。

除伐経費は無下刈り区で大きい傾向がみられますが、無下刈り区の総育林経費は下刈り区よりも縮減できました。

また、植栽、下刈り経費が抑えられたことにより、除伐まで実施しても、従来の作業方法で下刈りまで実施した場合より経費を抑えられました(図-7)。

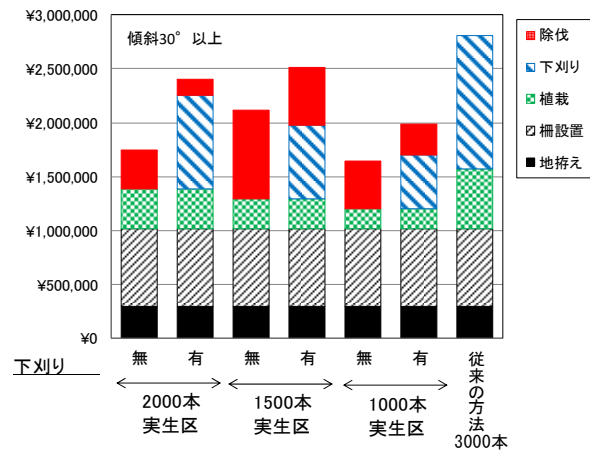


図-7 これまでの施業に要した経費の試算

## 7 まとめ

- (1) 9年生時までは、植栽木の成長に植栽密度の影響はみられませんでした。無下刈り区の樹冠面積、胸高直径の成長量は下刈り区よりも劣っていました。
- (2) 除伐実施直後の10年生時に、無下刈り区の樹冠面積、胸高直径の成長量は下刈り区と同程度まで大きくなりました。
- (3) 除伐実施翌年の11年生時には、樹冠面積、胸高直径の成長が高まり、1,500本区、1,000本区で無下刈り区、下刈り区ともに、2,000本区よりも有意に大きくなりました。
- (4) 樹高成長は、除伐後も植栽密度の影響をほとんど受けませんでした。
- (5) 2,000本区では除伐直前には植栽木の樹冠がほぼ閉鎖していたのに対し、1,500本区、1,000本区では侵入広葉樹を除伐することで樹冠面積が増加し、それに伴って直径成長も大きくなりました。
- (6) 除伐経費は、無下刈り区で下刈り区より大きい傾向がありましたが、除伐までの総育林経費は、無下刈り区は下刈り区を超えませんでした。また、除伐を実施した各区画の総育林経費は、下刈りまでの従来方法と比較して小さくなりました。

## 8 おわりに

今後の計画として、林分収穫表の樹高成長曲線<sup>2)</sup>と相対幹距比から初回間伐の時期を検討したところ、1,500本区、1,000本区では当面間伐を行う必要はありませんが、2,000本区では24年生時までには間伐が必要と考えられました。

今後は、間伐まで含めた育林経費と将来予測される収穫量のバランスから、植栽密度、下刈り有無の最適な組み合わせを検討する予定です。

この計画を基本に、今後も、三重森林管理署と三重県林業研究所では共同試験を続けていきます。

## 引用文献

- 1) 伊藤 愛・綿野好則・袴田哲司・山本茂弘・近藤 晃 植栽密度の異なるスギ・ヒノキ造林地における下刈り方法の違いが作業工程と植栽木の初期成長量に及ぼす影響：静岡県農林技術研究所研究報告第8号、89～93、2015
- 2) 島田博匡 三重県のスギ・ヒノキ人工林における長伐期施業に対応した林分収穫表の作成：三重県林業研究所研究報告第2号、1～28、2010
- 3) 島田博匡・奥田清貴・中井昌之 三重県鍛冶屋又国有林において低密度で植栽したヒノキの初期成長に及ぼす植栽密度と下刈り及び苗タイプの影響：三重県林業研究所研究報告第7号、1～19、2017

## ICTを活用した丸太材の測定方法について② ～丸太検知ソフトのさらなる誤差検証～

鳥取森林管理署 業務グループ 係員 吉田 周平

### 1 課題を取り上げた背景

近年の国産材の供給量は増加しつつあるなか、2016年5月に変更された「森林・林業基本計画」では、2025年の国産材の供給量及び利用量について4,000万 $\text{m}^3$ を目指すこととされています。今後、国産材の流通量の増大に対応して、より効率的な林業生産活動を行うために、ICTを活用した効率的な林業である「スマート林業」を実現させることが重要な課題の一つとされています。

このような課題を受けて、昨年度、木材流通の効率化を実現するためのICTとして、「AI丸太検知くん」と「検知丸」という二種類の丸太検知ソフトによる測定の実績と速度について調査を実施しました。

その内容は、実際にものさしで径級を測る実測検知、iPadを用いて写真を撮影し、撮影した写真から検知を行うアプリ「AI丸太検知くん(国土防災技術株式会社)」(以下「AI丸太検知くん」と表記)、デジタルカメラを用いて撮影を行い、パソコンにて写真から検知を行うソフト「検知丸(株式会社竹谷商事)」(以下「検知丸」と表記)の三つの方法で検知を行い、それぞれの測定材積と検知時間の比較を行い、検知精度と効率の調査を行うというものでした。

その調査の結果、実測検知の材積を100%として考えると、AI丸太検知くん、検知丸ともに、林野庁の検知基準である、「材積の差が5%以下」となりました。また、丸太の本数が148本以上でAI丸太検知くんが最も早く検知できるという結果になりました。

このことに加え、移動コストの削減や屋外作業の軽減などから、AI丸太検知くんについて国有林で試験的な導入を進めるべきではないかとの結論を得ました。

しかしながら、検査基準を満たしたのは全データの平均値であり、椋ごとの材積比の差は検知基準を満たしていないものがありました。

また、誤差の範囲についても、どちらの検知ソフトも検知基準の範囲外に出してしまう部分があり、より詳しい検証が必要である、との課題も残りました。

そこで今回は、前年度の結果において導入を進めるべきと考えられたAI丸太検知くんについて、試験的な導入に向けた、さらなるデータの収集及び誤差の検証を行うことを目的に調査を行いました。

### 2 調査方法

本調査では、AI丸太検知くんを用いて撮影したのち検知した値と、実測検知の値とを比較して誤差を測定します。

前回からの一つ目の変更点として、撮影場所が椋から近すぎると写真端の丸太の断面が楕円に写る、遠すぎると丸太が小さく写り、正確な計測ができない等の要因によって誤差が出やすくなるのではないかとの仮定から、今回は距離を決めずに1点のみでの撮影でしたが、今回は椋から2m、3m、4m、5mと定め、

4 地点で撮影し、誤差を比較しました。

二つ目の変更点として日照条件によって誤差に違いが出るのではないかとの仮定から、日光の当たり具合を確認するために天候、方角、時刻を記録し、加えて槿の丸太の本数を記録しました。

具体的な調査手順としては

#### (1) AI 丸太検知くん

まず初めに、大きさの基準になる直径 10 cm のベンチマークと呼ばれる板を 1 槿に 3 つ以上取り付けます。二つ目に、アプリ内で場所、樹種、丸太の長さを設定します。三つ目に、ベンチマークを取り付けた槿をそれぞれ 2 m、3 m、4 m、5 m の 4 地点で撮影します。ここまでが現場で行う行程となります。

撮影後、AI が写真から木材の径級を検知する際に、関係のない背景の丸太を検知してしまうことや、何らかの理由で認識されないことや、検知場所が大きすぎてしまうことがあります（写真-1）。そのため、そういった誤認識を修正する作業が必要となります。修正を行うと、検知したい槿の丸太が全て赤い丸で認識された状態となります（写真-2）。この作業を経て、AI 丸太検知くんを使った検知は終了となります。



写真-1

AI 丸太検知くんによる検知の際の誤認識



写真-2

AI 丸太検知くんの誤認識の修正後

#### (2) 実測検知

現在行われている方法であり、槿の丸太に 1 本ずつものさしをあてて径級を測り、材積を算出する方法です。

### 3 実行結果

今回の調査では、合計 18 槿で調査を行い、データの解析を行いました（表-1）。

実測検知で検知された材積を 100% として、AI 丸太検知くんを用いて検知を行った材積の比率を算出し、誤差 5% 以内に収まるのか検証を行いました。また、標準偏差と誤差範囲を求め、測定した値が平均値からどの程度ばらつきがあるかを算出しました。

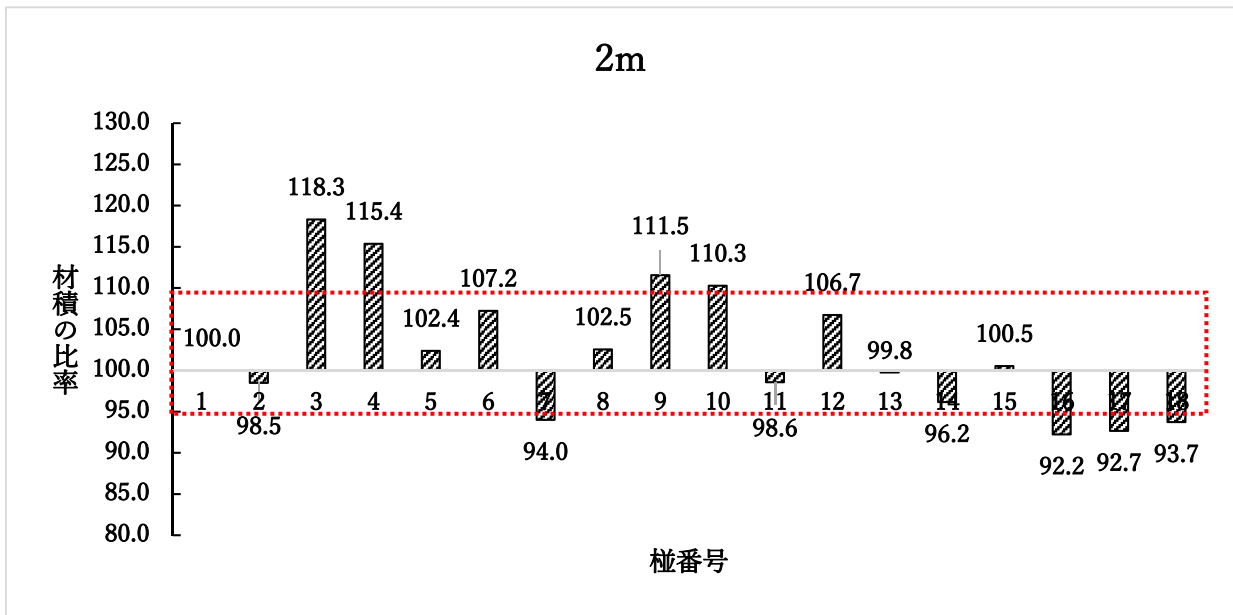
槿全体の平均では、実測検知との材積の差において、5 m では基準値を満たしませんが、2 m、3 m、4 m の時は基準値を満たす、という結果となりました。

表－1 4地点でのAI丸太検知くんを用いた検知と実測検知との材積比率及び、  
検知時の撮影条件

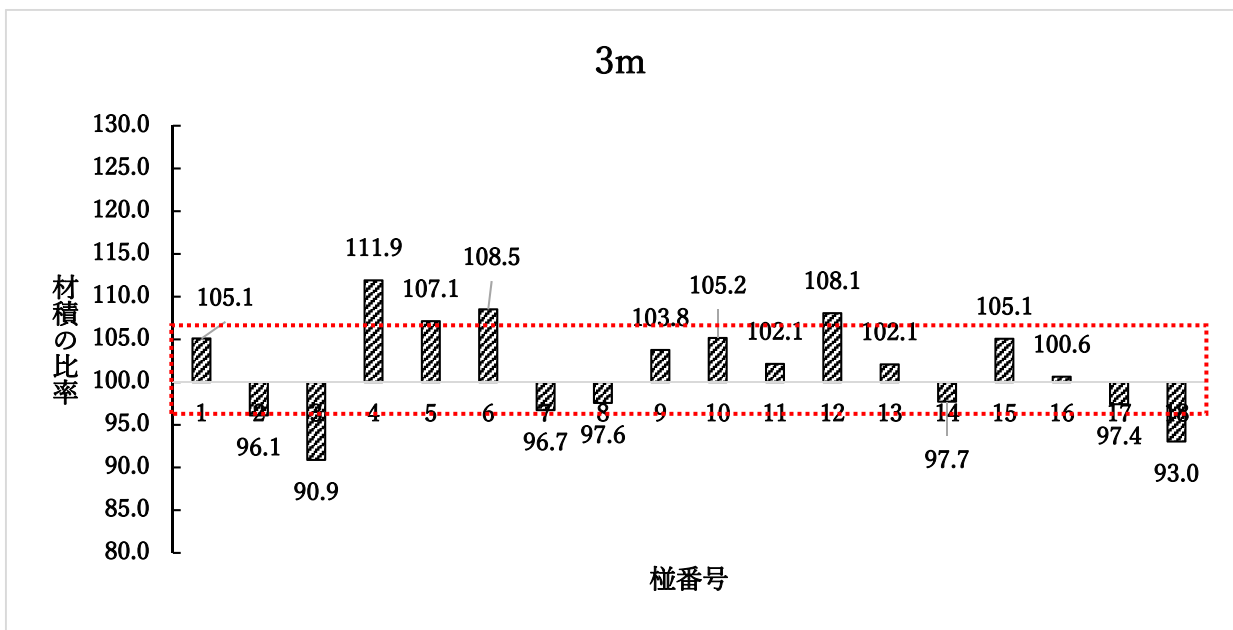
| 桧番号   | 材積比率 (%) |       |       |       | 天気 | 方角 | 本数<br>(本) |
|-------|----------|-------|-------|-------|----|----|-----------|
|       | 2m       | 3m    | 4m    | 5m    |    |    |           |
| 1     | 100.0    | 105.1 | 107.9 | 126.2 | 曇り | 北東 | 6         |
| 2     | 98.5     | 96.1  | 102.4 | 95.9  | 晴れ | 北東 | 8         |
| 3     | 118.3    | 90.9  | 112.5 | 121.8 | 曇り | 東  | 9         |
| 4     | 115.4    | 111.9 | 108.5 | 115.4 | 曇り | 北東 | 9         |
| 5     | 102.4    | 107.1 | 110.9 | 102.4 | 雨  | 南西 | 11        |
| 6     | 107.2    | 108.5 | 101.1 | 105.9 | 晴れ | 南東 | 14        |
| 7     | 94.0     | 96.7  | 106.1 | 106.1 | 晴れ | 東  | 23        |
| 8     | 102.5    | 97.6  | 98.6  | 101.5 | 曇り | 北東 | 34        |
| 9     | 111.5    | 103.8 | 106.6 | 110.1 | 曇り | 東  | 36        |
| 10    | 110.3    | 105.2 | 111.3 | 112.8 | 晴れ | 南東 | 38        |
| 11    | 98.6     | 102.1 | 97.1  | 99.1  | 晴れ | 北東 | 38        |
| 12    | 106.7    | 108.1 | 103.7 | 110.3 | 曇り | 西  | 47        |
| 13    | 99.8     | 102.1 | 108.0 | 110.4 | 晴れ | 西  | 49        |
| 14    | 96.2     | 97.7  | 96.9  | 95.8  | 雨  | 東  | 63        |
| 15    | 100.5    | 105.1 | 102.9 | 104.2 | 雨  | 西  | 78        |
| 16    | 92.2     | 100.6 | 97.7  | 108.0 | 雨  | 西  | 85        |
| 17    | 92.7     | 97.4  | 98.2  | 98.5  | 雨  | 東  | 90        |
| 18    | 93.7     | 93.0  | 88.8  | 84.2  | 晴れ | 南  | 121       |
| 平均    | 102.3    | 101.6 | 103.3 | 106.0 |    |    |           |
| 分散    | 57.6     | 31.6  | 38.2  | 107.1 |    |    |           |
| 標準偏差  | 7.6      | 5.6   | 6.2   | 10.3  |    |    |           |
| 誤差範囲下 | 94.7     | 96.0  | 97.1  | 95.7  |    |    |           |
| 誤差範囲上 | 109.8    | 107.2 | 109.5 | 116.4 |    |    |           |

#### 4 考察

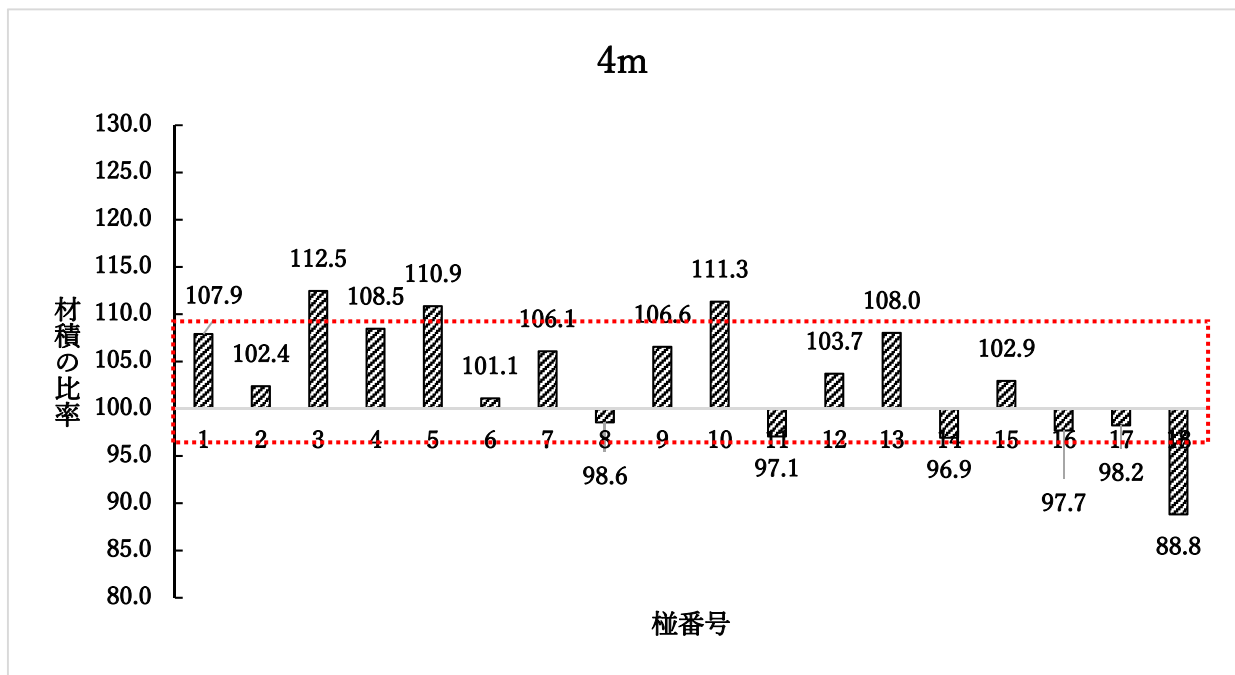
2 mから5 mそれぞれの材積比率を黒斜線の縦棒グラフで表し、標準偏差から得られたばらつきの範囲を赤い点線で示しました(図-1、2、3、4)。検知基準は「誤差が5%以下」のため、材積の比率が95%~105%であれば基準を満たすこととなります。これらのことを踏まえると、図から、3 mで撮影した際に、データのばらつきの範囲と検知基準との差が最も小さいということがわかります。



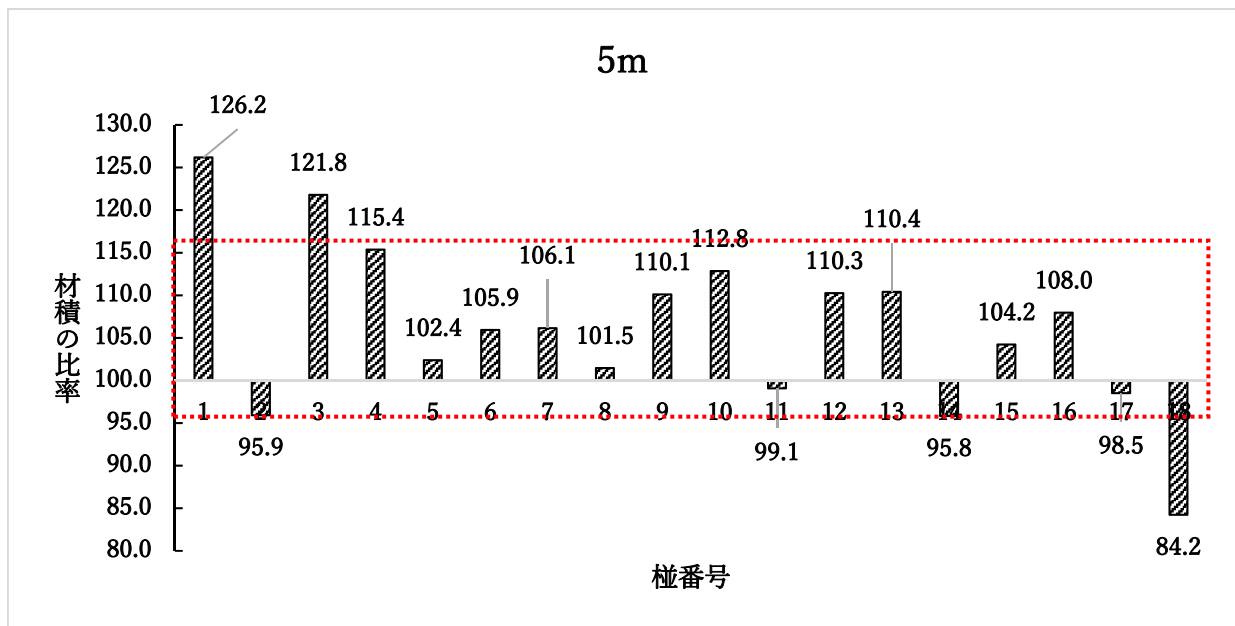
図－1 桧から2 mの位置で撮影を行ったAI丸太検知くんのデータ



図－2 桧から3 mの位置で撮影を行ったAI丸太検知くんのデータ



図－3 極から4 mの位置で撮影を行ったAI丸太検知くんのデータ



図－4 極から5 mの位置で撮影を行ったAI丸太検知くんのデータ

次に、最も誤差の少なかった3 mで撮影したデータについて、日照条件との関係性を検証しました。天気、方角については、極の撮影状況を晴れ、曇り、及び雨の全データにおける割合を表に示し、丸太本数については、丸太の本数と材積の比率の関係性をグラフで示し、基準を満たさないものを赤色に色付けしました（表－2、3、図－5）。

検知基準を満たした極と、満たさなかった極の天気と方角、丸太本数について比較したところ、検知基準を満たすことと、撮影時の天気、方角、丸太の本数については、はっきりとした関係性はみられませんでした。しかし、丸太の本数については、本数が少なくなるほどデータのばらつきが大きくなる傾向がみられ、2 m、4 m、5 mで撮影したデータにおいても同じような傾向が見られました。

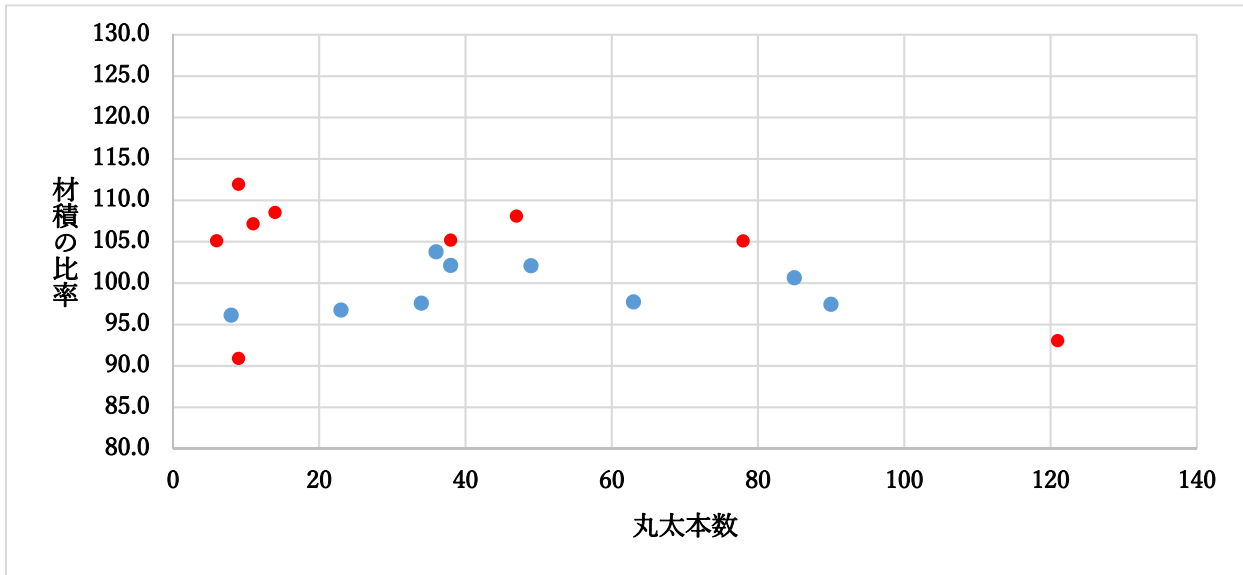


表－２ 天気と材積比率が基準を満たすかどうかとの関係性

| 天気          | 晴れ  | 曇り  | 雨   |
|-------------|-----|-----|-----|
| 検知基準を満たした桧  | 22% | 11% | 17% |
| 検知基準を満たさない桧 | 17% | 22% | 11% |

表－３ 方角と材積比率が基準を満たすかどうかとの関係性

| 方角          | 北東  | 東   | 南東  | 南  | 南西 | 西   |
|-------------|-----|-----|-----|----|----|-----|
| 検知基準を満たした桧  | 17% | 22% | 0%  | 0% | 0% | 11% |
| 検知基準を満たさない桧 | 11% | 6%  | 11% | 6% | 6% | 11% |



図－５ 桧の丸太本数と材積比率の関係性

今回の調査の結果から、誤差が生じる原因の一つに撮影する距離が関係しており、撮影する距離を調節することで、測定で出る誤差を減らすことができる、ということがわかりました。また、丸太の本数が少なくなるにしたがい材積比率のばらつきが大きくなることや、前回の調査で得られた結果と合わせて、148 本以上の桧を 3 m 離れた地点で撮影することが最も効果的であり、以上の条件では AI による丸太検知利用の可能性が高くなったと考えられます。

## 5 まとめ

今回の結果及び考察から、実際の業務の中で AI 丸太検知くんを導入する場合、システム販売の山元検知が適していると考えます。

システム販売において現在行われている検知委託の場合、山積された木材を限られた敷地のなかで手の届く範囲まで並べて、検知しなければなりません。また、日程調整等

によって検知が遅れば、山土場が木材でいっぱいになり、事業停滞の原因になります。

それらを解消する選択肢の一つとして、AI による丸太検知は有効であると考えます。AI による丸太検知では極の写真さえあれば職員によって山土場の検知が可能になるため、検知委託を解消でき、検知が遅れることや、検知委託発注に係る事務も必要なくなるため、業務の効率化が図れると考えます。

最後に、調査中に明らかになった課題について3点触れておきます。

1点目は、撮影時に、極の断面に直接日光が当たる場合、極の凹凸によって下に積まれた丸太に、上に積まれた丸太の影がかかってしまい、円として認識されないことがありました（写真－3）。

2点目は、丸太の状況について、撮影する丸太が楕円形であったり、変色していたりする場合は、計測場所のずれや誤認識がよく見られました（写真－4）。

上記の2点目までは、AI 丸太検知くんの誤認識の修正作業の際に修正が可能ですが、認識されない丸太があると修正作業の増加につながり、非効率的であるため、解決すべき課題だと考えます。

3点目は、修正作業の後でも、丸太一本ごとの径級は少しずつ誤差がでるため、丸太1本ごとの材積を正確に測ることは難しいということがわかりました。

1点目の課題については、曇りの日に検知をする、丸太の末口を北側に向けて極を積む、といった対応が考えられます。

2点目の課題と3点目の課題については、システムの精度によるものであるため、システムの改修によって解消されていくものと考えられ、今後のシステムの改修を期待します。



写真－3 上段の丸太の影によって認識されない下段の丸太



写真－4 計測場所を誤認識した楕円形の丸太と、変色した丸太

## 木質チップ路盤工としての支障木有効活用について

島根森林管理署 日原治山事業所 治山技術官 ○秋田 顕二  
業務グループ 係員 西垣 涼香

### 1 課題を取り上げた背景

森林土木工事において支障木が発生する場合、工事の入札前に立木販売による処分を行うことになっていますが、支障木は品質やサイズ等が不揃いであることが多く、販売に至らない場合は、工事の契約後に工事受注者によって集積まで行われます。集積後の取扱いについては、下流域に流出する危険のない場所における自然還元利用や工事現場内において建設資材としての利用する検討を行い、必要に応じて産業廃棄物処理を実施します。また、近年は、末木枝条としてバイオマス燃料用に販売される事例も増えてきています。

本課題は、支障木を燃やすことなく地上に炭素を固定し、かつ、一定量の材積を有効利用する手段として、支障木をチップ化したうえで林道の路盤材に利用しました。

一方で、林道規定第 22 条において「路面は、幹線とする自動車道にあってはアスファルト若しくはコンクリート等による舗装又は砂利、支線又は分線とする自動車道にあっては砂利とすることを基本とする。」と規定されているため、試験的な施工として実施しました。

### 2 木質チップ路盤工の実施（試験施工）

#### (1) 試験施工場所

島根県鹿足郡吉賀町に位置する猿田原国有林において、令和 2 年度に竣工した「猿田原治山工事」において発生した支障木を、片道 61km 離れた島根県益田市の工場でチップ化し、猿田原国有林内の林道まで再び運搬しました。

#### (2) 木質チップ

路盤工の資材として使用した木質チップは、用途により大きさが異なります。写真-1 は、工場において原木の状態からチップ化ラインに投入し破碎された支障木です。写真-2 のとおり大きさは 40～50mm であり、主な用途はバイオマス燃料用です。



写真-1 チップ化



写真-2 木質チップ

#### (3) 試験施工の実施

猿田原治山工事の現地に至るまでの通勤路となる「白井米山(猿田原)林道」において、木質チップを幅 3.0m 厚 10cm で林道に敷き均しました。敷き均しには重機を使用し、転圧は行いませんでした。当林道の試験施工地の近傍において、令和元年度の林道改良工事のなかで「砂利路盤工」が実行されていたため、施工の幅、厚さ、歩掛はこれを準用することとしました。



写真-3 敷均し状況



写真-4 試験施工完了

#### (4) 路面の強化

施工した木質チップの上を走行すると若干の浮き沈みを感じたことから、より安定した走行性を得るために、木質チップ路盤工の一部において、路面を強化しました。

##### ア セメント工法

水 4.90に対し、セメント 25.0kg を混ぜセメントミルクを作り、木質チップの上に打設しました。



写真-5 セメント攪拌



写真-6 セメント施工

##### イ 固着剤工法

法面工事等において、木質チップを緑化基盤材として吹き付ける際に侵食防止を目的として吹き付ける固着剤を使用しました。水 4.50に対し、固着剤 9.00を混ぜ、じょうろにより木質チップの上から散布しました。



写真-7 固着剤攪拌

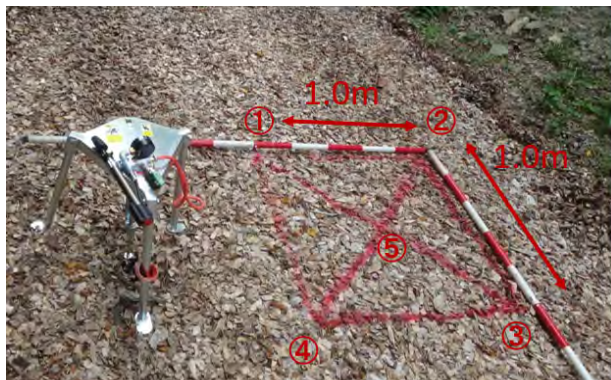


写真-8 固着剤散布

### 3 簡易支持力試験機による検証

林道工事に使用する路盤材等は品質管理の点から CBR 試験を行うこととなっていますが、木質チップは材質がその対象にならないことから、参考として平板載荷試験の簡易版である簡易支持力試験機によって、林道の設計荷重を満たしているかの確認を行いました。

#### (1) 簡易支持力試験機による測定方法



写真－9 簡易支持力試験機

木質チップを敷き均した林道のうゑに簡易支持力試験機を設置し、測定者は台座に座り体重によって試験機をおさえ、ポンプで加圧しました。

表－1 2等林道橋のT荷重

| 荷重   | W   | 0.1W         | 0.4W         | b1        | b2        | a         | $\frac{0.1W}{(b1 \times a)}$ | $\frac{0.4W}{(b2 \times a)}$ |
|------|-----|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------|------------------------------|------------------------------|
|      | 総荷重 | 前輪 2 本<br>荷重 | 後輪 8 本<br>荷重 | 前輪<br>輪帯幅 | 後輪<br>輪帯幅 | 車輪<br>接地長 | 前輪<br>荷重                     | 後輪<br>荷重                     |
|      | kN  | kN           | kN           | m         | m         | m         | kN/m <sup>2</sup>            | kN/m <sup>2</sup>            |
| T-14 | 137 | 13.7         | 54.9         | 0.125     | 0.5       | 0.2       | 548                          | 549                          |

測定した結果から判定を得るために、設計の極限支持力度として2等林道橋の荷重を設定しました。表－1の計算結果から、重い方の後輪荷重に対し、当機器に設定されている安全率 1.5 を掛けると 823.5kN/m<sup>2</sup> となります。これを上回る近似値 853.0kN/m<sup>2</sup> が計画最大荷重となります。この 853.0kN/m<sup>2</sup> の圧力を木質チップに与えるために、ゼロから 0.48Mpa (=N/mm<sup>2</sup>) までを 21 回に分け加圧し、1 回の加圧に対し木質チップの沈下量を調査します。この方法によって写真－9の箇所のほか、もう 1 箇所測定し、合計 10 点を測定しました。

#### (2) 測定結果による判定

圧力がゼロから 853kN/m<sup>2</sup> の 1/3 である 284kN/m<sup>2</sup> までのグラフの勾配を初期勾配、最後の 3 点の平均を計画最大荷重時の勾配と呼びます。設計荷重の判定基準は 2 点あります。計画最大荷重時の勾配が、初期勾配の傾きの 1/3 以上大きくなること、1 回

の加圧が 5mm 以下かつ全沈下量が 20mm 以下であることです。表-2 のとおり、全 10 おいて両方の判定基準で OK となり、2 等林道橋における T-14 荷重をクリアしました。

また、4WD の普通車により、木質チップ路盤工、セメント施工および固着剤施工のうえを通行したところ、問題なく通行することができました。

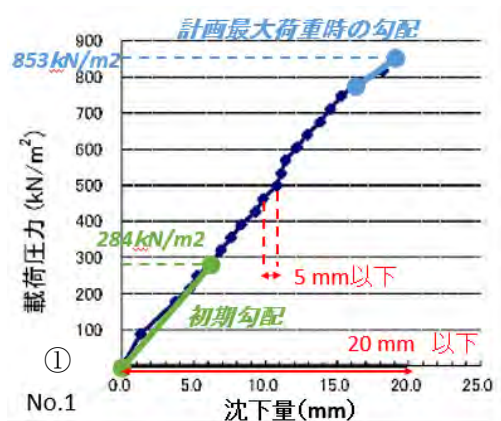


図-1 測点①(例)の測定結果

表-2 10点の判定結果

| 測定点        | ①    | ②    | ③    | ④    | ⑤    | ⑥    | ⑦    | ⑧   | ⑨    | ⑩    |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|
| 初期勾配       | 46   | 34   | 41   | 33   | 69   | 36   | 35   | 73  | 65   | 63   |
| 初期勾配の1/3   | 15   | 11   | 14   | 11   | 23   | 12   | 12   | 24  | 22   | 21   |
| 計画最大荷重時の勾配 | 27   | 51   | 237  | 71   | 71   | 47   | 55   | 142 | 44   | 37   |
| 勾配による判定    | OK   | OK   | OK   | OK   | OK   | OK   | OK   | OK  | OK   | OK   |
| 全沈下量(mm)   | 18.9 | 18.8 | 15.8 | 17.6 | 16.2 | 16.5 | 18.9 | 8.9 | 15.9 | 19.0 |
| 沈下量による判定   | OK   | OK   | OK   | OK   | OK   | OK   | OK   | OK  | OK   | OK   |

#### 4 コスト面による検証

木質チップ路盤工、セメントによる強化工法および固着剤による強化工法について、標準工法である砂利路盤工およびコンクリート路面工とコストを比較したところ、表-3 のとおりとなりました。

表-3 各工法とコスト

| 工法                     | コスト 円/m2 |
|------------------------|----------|
| 木質チップ路盤工               | 1, 163   |
| 【標準工法】砂利路盤工(産廃費含む)     | 1, 864   |
| セメントによる強化工法            | 4, 720   |
| 固着剤による強化工法             | 5, 155   |
| 【標準工法】コンクリート路面工(産廃費含む) | 7, 378   |

#### 5 考察

CBR 試験方法ではなく、簡易支持力試験機による試験ではありますが、木質チップを路盤材として敷き均した施工において、2 等林道橋の設計荷重がクリアできました。木

質チップのみの路盤工は若干の浮き沈みを感じるため、セメントや固着剤によってより強化された路面を実現できる可能性があります。石材に比べて、環境に与える影響が小さく、支障木を燃やさず利用できるため、地上に炭素を固定することができます。

## 6 今後の課題

木質チップを路盤材として利用することは林道規定により認められていないため、実用化するためには、耐久性や流亡等の経過観察、普通車以外の軽車両や大型トラック等の通行にかかる検証、設計条件として、安全な通行を確保できるよう林道の勾配、チップの厚さの検証が必要です。

また、セメントや固着剤以外でも、コストを抑えつつ路面を強化する施工方法を検討していきます。

## 引用文献

- 1) 日本林道協会 林道必携 技術編、220、日本林道協会、2011

# スギ造林地に発生した天然生センダンの育成方法と成長量の調査（第1報）

岡山森林管理署 業務グループ 係員 ○片岡 彰  
首席森林官（金川・津賀） 飯嶋 弘毅

## 1 はじめに

平成 30 年度にスギ植栽を行った土倉山国有林において、天然下種や萌芽により発生した天然センダンが 200 本程度自生しているのを発見しました。

これまでの試験、研究では、人工植栽したセンダンの育成方法や成長量調査等は行われていますが、天然生センダンについては、試験研究が行われておらず、また、天然生センダンは、人工植栽したセンダンに比べ、植栽コストの削減や高い成長量が期待されることから、天然生センダンの育成方法と成長量の調査を行うこととしました。

## 2 試験地の場所

試験地の場所は、岡山県の中央部、岡山市北区御津金川に所在する土倉山国有林 855 ろ林小班内です（図-1）。この小班面積 5.95 haのうち、3.27 haが同一年度に主伐し再造林を行う一貫作業でスギの植栽を行った場所です（図-2）。



図-1 試験地の場所



図-2 一貫作業地

スギ植栽を行った北側の区域で、自生している約 200 本の天然生センダンを発見しました（図-3）。

試験地は、調査対象木 40 本、面積約 0.10ha を設定し、シカ防護柵を設置後、芽かき等を実施する施業区A、天然生センダン 30 本と、対象区として何も手を加えない無施業区B、天然生センダン 10 本及びスギ 15 本の区域を設定しました（図-4）。

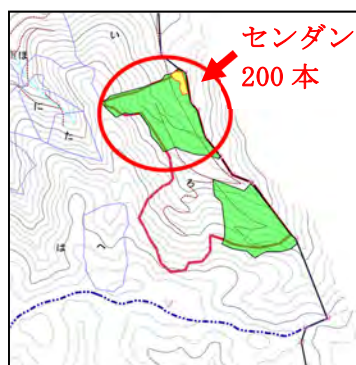


図-3



図-4 試験区の設定



### 3 育成方法

#### (1) 施業方法 (図-5)

天然生センダンの育成方法として、人工植栽での試験方法を参考に、図-5のとおり必要な施業を行うこととしました。まず1年目に天然発生したセンダンについて、一本仕立てを行い、2年目からは5月期に芽かき、8月期に脇芽の切除を行います。この作業を枝下高が2.5mになるまで行います。8年目から13年目は個体間の競合状況に合わせて本数調整を行い、20年目には主伐を行う計画としました。目標林型は、胸高直径36cm 70本/haとしています。

また虫害として、ゴマダラカミキリの成虫が確認された場合は、食害対策として、捕殺及び有機リン系の殺虫剤を樹皮に塗布することとしています。



図-5

#### (2) 芽かき (図-6)

芽かきとは、春期4月～5月に行う作業で、頂芽だけを残し、それ以外の枝、葉を取り除く作業です。これにより樹幹が通直に成長します。

センダンは、芽かきを行わないと、枝を四方に広げ暴れ木となり、家具材等として利用できる通直な一般材の生産ができなくなってしまう。



図-6



写真-1 芽かき前



写真-2 芽かき中



写真-3 芽かき後

(3) 脇芽の切除 (図-7)

脇芽の切除とは、夏期6月～9月に行う作業で、葉の付け根から生えてくる芽を取り除く作業です。

脇芽が成長すると、その分の栄養が分散し、頂芽成長に悪影響を与えてしまいます。

また葉の上に重なるように生えるため、光合成の妨げにもなります。

芽かき、脇芽の切除は、枝下高が2.5mになるまで毎年行っていきます。



図-7



写真-4 脇芽の切除前



写真-5 脇芽の切除後

(4) 一本仕立て、切り戻し等

その他、芽かき作業時に、根元で萌芽が発生していた場合の一本仕立てや、枯損があった場合の切り戻しの作業を行いました (写真-6)。

剪定後は、切り口の保護を行うため、癒合剤を使用しました (写真-7)。



写真-6



写真-7

(5) 芽かきの有無による樹形の比較

試験区に自生しているセンダンの、芽かきの有無による形状を比較すると、樹高が2m程度でも、芽かきをしないと、途中から三つ又や根元から分岐するなど、違いが出ています(写真-8~10)。



写真-8 芽かき有り



写真-9 芽かき無し



写真-10 芽かき無し

芽かき等の作業を行ったセンダンと、行わなかったセンダンの利用径級時点の樹形を比べると、写真に示すとおりの違いが出てしまいます(写真-11、12)。【熊本県林業研究指導所：センダンの育成方法(改訂版) 2015を引用。】

しっかりと芽かきを行ったセンダンは、植栽12年後で長さ4m、末口30cmの木材が収穫でき、植栽20年後には長さ4m、末口46cmの木材が収穫できるとする研究結果があります。

一般材として利用可能なセンダンを育成するためには芽かきを行う必要があります。



写真-11 芽かき有り



写真-12 芽かき無し

#### 4 成長量調査

##### (1) 調査方法

調査は測桿で樹高を測定し、デジタルノギスで地際から 10 cmの根元径の測定を行います。

##### (2) 調査結果（天然生センダン）

試験区域内にある、天然生センダンの令和2年度から令和3年度の1年間の平均樹高・根元径をグラフ化した結果、令和3年度調査時点の天然生センダンの樹高は平均195 cm、根元径は平均2.27cmでした。令和2年度の調査データと比較すると、1年間で樹高は平均62 cm（図-8）、根元径は平均0.65cm成長している結果となりました（図-9）。

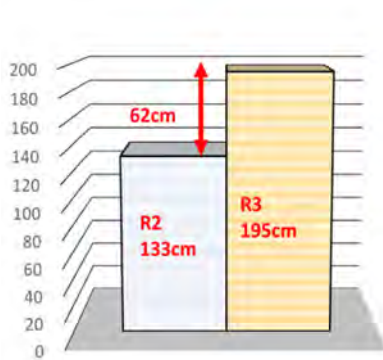


図-8 樹高

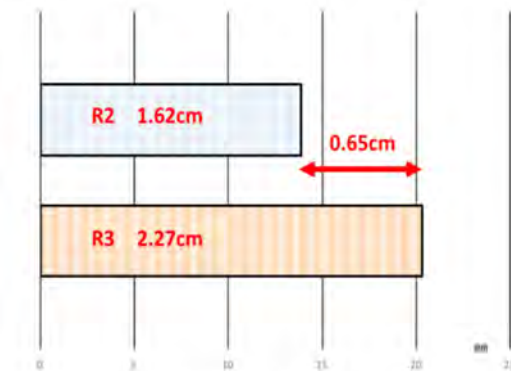


図-9 根元径

##### (3) 成長量の比較（天然生センダンと人工植栽したセンダン）

樹高、根元径を比較した2年生時点の人工植栽したセンダンについては、津山市加茂町に所在する、津川山国有林で行っているセンダン試験地のデータを使用しました。

1年間で天然生センダンは、62 cm成長していますが、人工植栽したものは37 cmでした。

比較すると、天然生の方が25 cm、より成長していることが確認されました（図-10）。

また、根元径については、天然生は0.65 cm、人工植栽は0.54 cmとなり、樹高と同様に天然生センダンの方がより成長していることが確認されました（図-11）。

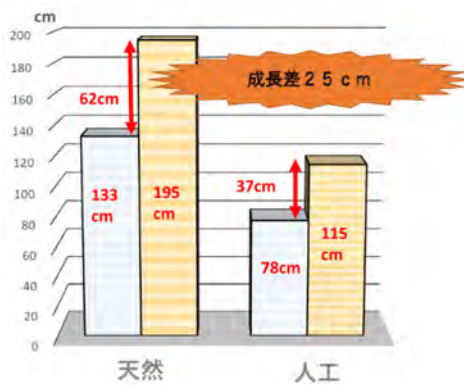


図-10 樹高

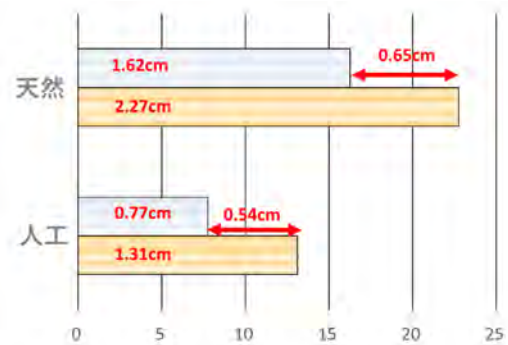


図-11 根元径

(4) 生存率の比較（天然生と人工植栽）

試験区域内の天然生センダンと、人工植栽したセンダンの生存率を比較すると、天然生センダンは発見後2年時点でも生存率100%（図-12）、人工植栽したセンダンは、2年生で生存率90%（図-13）となり、天然生センダンの方が生存率が高い結果となりました。

人工植栽したセンダンの枯損は、植栽後、活着しなかったことが原因と考えられます。対して、天然生センダンは、天然下種等により自然発生しているため、活着の失敗がありません。



天然生センダン  
(発見後)2年時

図-12



人工植栽したセンダン  
(2年生)

図-13

(5) 成長の比較（天然生センダンと人工植栽スギ）

令和2年10月から、令和3年10月までのセンダンとスギの1年間の成長量を比較すると、センダンの樹高の成長量は62cm、スギの樹高の成長量は40cmと、センダンはスギに比べて22cm高く成長している結果となりました（図-14）。

根元径の成長量を比べると、センダンは0.65cm、スギ1.0cmと、スギの方が0.35cm多く成長している結果となりました（図-15）。

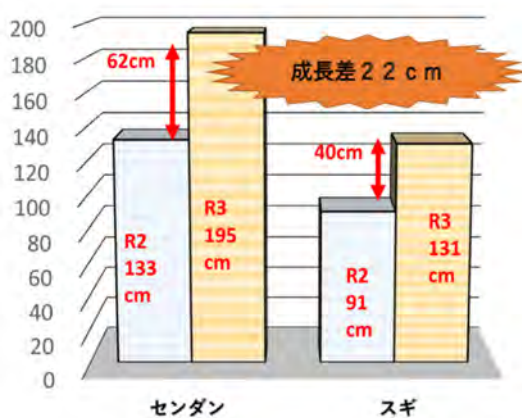


図-14 樹高

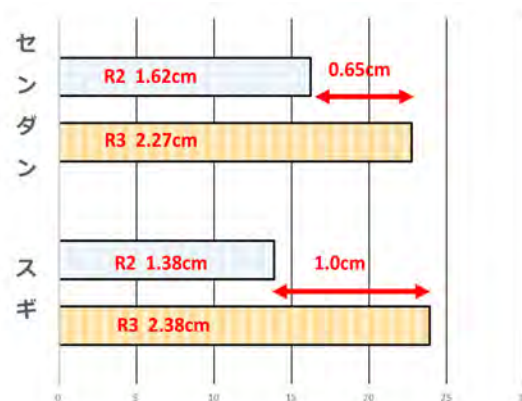


図-15 根元径

## 5 まとめ・考察

育成コストについては、天然生センダンは、苗木、地拵、植付及び施肥の費用が不要となり、下刈については回数の削減が可能となるため、施業方法が確立できれば、より低コストで育成が可能と考えます。

また、人工植栽したセンダンよりも天然生センダンの方が、樹高、根元径の成長量とともに良い結果となっており、当初予定していた、20年より短い期間での伐採、更新のサイクルも期待できます。

なお、今回は、各施業等に対する経費の分析までを行うに至っていませんので、次回報告時には、より詳しい分析を行うなど、今後も引き続き天然生センダンの育成方法と成長量の調査を進めていきたいと考えています。

## 引用文献

- 1) 熊本県林業研究指導所 センダンの育成方法(改訂版)、熊本県、2015

## ニホンジカ生息地におけるセンダンを活用した広葉樹林造成について

株式会社組合立森林研究所 宅見 亮  
菅沼 肇

### 1 課題を取り上げた背景

大阪府北摂一体では、平成 30 年 9 月、台風 21 号により甚大な被害を受けました。被害跡地の復旧が急務となっておりますが、ニホンジカが生息しているため、防護柵やチェーンなどによる被害防除方法無くしては成林しません。

今年度、箕面国有林において防護柵管理業務を受託させていただき、毎週大日橋地区の森林を巡視しています(図-1)。ニホンザルの群れに取り囲まれ、ニホンジカが警戒する鳴声を聞きながら防護柵内外を観察してみて、あたり一面に生育するセンダンの活力の強さに気づき、ニホンジカ生息地における災害復旧の先駆植栽樹種として活用できないかと考えました(写真-1)。



図-1 調査位置図



写真-1 大日橋1

大日橋1 (箕面国有林 281 い 2 林小班)

### 2 経過

#### (1) センダンの特性

センダンは、センダン科センダン属の落葉高木で、樹高 15~20m、胸高直径 60~100 cm に達します。陽樹であり、常に陽光を要求し、やや乾燥する向陽の斜面や岩壁上に生育しています。30 年ほどで主伐できる早生樹として注目され、試験植林をはじめ直まき試験などが行われています(糟谷信彦ら 2021)。箕面国有林では、ヒヨドリ、イカルなどの鳥類、及びニホンザル、ニホンジカなどの哺乳類による動物散布により自生していると思われ(辻大和ら 2011)。

また、センダンはニホンジカによる獣害、枯損が多く発生したと報告(糟谷信彦ら 2016)されています。

#### (2) 調査方法

防護柵の内と外において、①木本類の毎木調査 ②ニホンジカの被害状況調査 を実施することにより、センダンの忌避効果及び防護柵の設置効果を把握することとしました。

大日橋1 (箕面国有林 281 い 1 及び 2 林小班) では、風倒木被害跡地の復旧対策として、平成 31 年度に皆伐更新により、イロハモミジ、エノキ、ムクノキ、アキニレ、エドヒガン等 1,120 本が植栽されました。これらの広葉樹苗木は、周辺のイロハモミジ

ケヤキ林の自然林相に配慮されており将来的な高木層を形成することが期待されています。調査プロット（10m×1m）を防護柵内に1か所、柵外に2か所設置し、木本植物の樹高、根元径を計測するほか、ニホンジカの食害の有無を調査しました(図-2)。

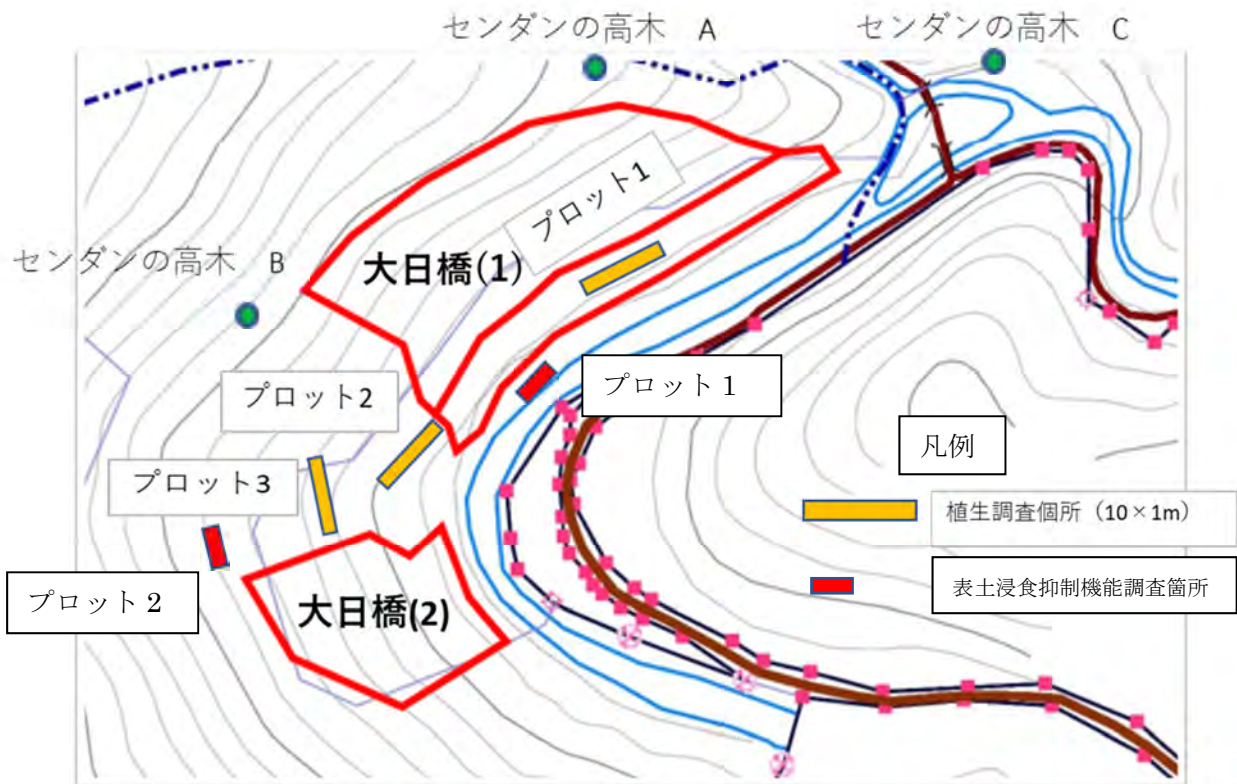


図-2 調査位置図

また、センダンの表土の浸食抑制機能を把握するため、センダン低木の下部表土に調査プロット（2.0×0.2m）を設け、赤スプレーペンキで塗ることにより表土の流出を観察しました(写真-2、写真-3)。



写真-2 プロット1



写真-3 プロット2

### 3 実行結果

#### (1) 毎木調査結果及び被害率

防護柵内のプロット1では13種、48本の木本が確認されましたが、防護柵外のプロット3では、3種、6本が、プロット3では、3種、10本が確認されました(表-1、2)。防護柵内では、センダンが14本(29%)と本数で最も多く、被度の上でも優占して



いました(図-3)。つづいて、イロハモミジが27%、ナンキンハゼが13%を占めており、全体の被害率は14.5%でした。防護柵外のプロット2とプロット3ではいずれも確認種数が3種と少なく、本数も10本以下で、全体の被害率は50.0%でした。センダンへの被害が大きく、そのほとんどが樹皮の剥皮であり、葉の食害も確認されました。

保護柵外では、センダン低木が優先しているのは、兵庫県で高山らによって報告されているようにシカの嗜好性が低いためセンダン低木が群落を成立している(高山勉2021)と考えられます。

表-1 プロット毎の被害率

| 樹種       | 種子散布型 | プロット1(防護柵内) |       | プロット2(防護柵外) |       | プロット3(防護柵外) |       | 計  |     |
|----------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|----|-----|
|          |       | 本数          | うち被害木 | 本数          | うち被害木 | 本数          | うち被害木 | 本数 | 被害木 |
| イロハモミジ   | 風     | 13          |       | 1           |       | 2           |       | 16 | 0   |
| エゴノキ     | 動物    | 2           |       |             |       |             |       | 2  | 0   |
| エドヒガン    | 動物    | 1           |       |             |       |             |       | 1  | 0   |
| エノキ      | 動物    | 2           |       |             |       |             |       | 2  | 0   |
| カラスザンショウ | 動物    | 1           |       |             |       |             |       | 1  | 0   |
| キイチゴsp.  | 動物    | 1           |       |             |       |             |       | 1  | 0   |
| ケヤキ      | 風     | 1           |       |             |       |             |       | 1  |     |
| ヒメコウゾ    | 動物    | 3           |       |             |       |             |       | 3  | 0   |
| ジャケツイバラ  | 機械的   | 2           |       |             |       |             |       | 2  | 0   |
| センダン     | 動物    | 14          | 6     | 4           | 2     | 6           | 4     | 24 | 12  |
| ナンキンハゼ   | 動物    | 6           | 1     | 1           |       |             |       | 7  | 1   |
| ムクノキ     | 動物    | 1           |       |             |       |             |       | 1  | 0   |
| ヤブツバキ    | 重力    |             |       |             |       | 2           | 2     | 2  | 2   |
| リョウブ     | 風     | 1           |       |             |       |             |       | 1  | 0   |
| 計        |       | 48          | 7     | 6           | 2     | 10          | 6     | 64 | 15  |
|          | 樹種数   | 13          | 2     | 3           | 1     | 3           | 2     | 14 | 2   |
|          | 被害率   | 14.5        |       | 33.3        |       | 60.0        |       |    |     |

表-2 毎木調査結果

| プロット-区画 | No. | 種名       | 樹高(cm) | 根元径(mm) | 備考   |
|---------|-----|----------|--------|---------|------|
| 1-1     | 1   | センダン     | 85     | 9.2     |      |
|         | 2   | エノキ      | 39     | 6.8     |      |
|         | 3   | センダン     | 170    | 23.0    | 3本立ち |
| 1-2     | 4   | センダン     | 49     | 11.1    | 樹皮食害 |
|         | 5   | ナンキンハゼ   | 120    | 21.5    |      |
|         | 6   | センダン     | 150    | 16.1    |      |
|         | 7   | センダン     | 232    | 17.5    |      |
|         | 8   | ナンキンハゼ   | 96     | 8.2     |      |
|         | 9   | センダン     | 110    | 22.3    | 樹皮食害 |
| 1-3     | 10  | キイチゴ sp. | 10     | 1.0     | 多数   |
|         | 11  | ヒメコウゾ    | 61     | 4.0     |      |
|         | 12  | イロハモミジ   | 45     | 4.1     |      |
|         | 13  | エドヒガン    | 48     | 3.0     |      |
|         | 14  | イロハモミジ   | 44     | 3.0     |      |
|         | 15  | ジャケツイバラ  | 36     | 7.0     |      |
|         | 16  | ジャケツイバラ  | 55     | 7.3     |      |
|         | 17  | ヒメコウゾ    | 50     | 3.0     |      |
|         | 18  | ケヤキ      | 35     | 2.4     |      |
|         | 19  | センダン     | 170    | 17.2    |      |
|         | 20  | センダン     | 210    | 16.2    |      |

|      |    |          |     |      |           |
|------|----|----------|-----|------|-----------|
|      | 21 | センダン     | 217 | 19.4 | 樹皮食害      |
| 1-4  | 22 | ヒメコウゾ    | 82  | 7.0  |           |
|      | 23 | リョウブ     | 45  | 3.6  |           |
|      | 24 | イロハモミジ   | 26  | 2.4  |           |
|      | 25 | エゴノキ     | 105 | 7.4  |           |
| 1-5  | 26 | ナンキンハゼ   | 90  | 12.6 |           |
| 1-6  | 27 | センダン     | 156 | 18.2 |           |
|      | 28 | センダン     | 174 | 6.6  |           |
|      | 29 | センダン     | 120 | 10.2 |           |
|      | 30 | カラスザンショウ | 30  | 6.8  |           |
|      | 31 | ナンキンハゼ   | 82  | 5.0  |           |
|      | 32 | イロハモミジ   | 45  | 4.4  |           |
|      | 33 | ムクノキ     | 50  | 7.5  |           |
| 1-7  | 34 | イロハモミジ   | 52  | 4.0  |           |
|      | 35 | イロハモミジ   | 44  | 5.8  |           |
|      | 36 | センダン     | 190 | 14.5 | 樹皮食害      |
|      | 37 | イロハモミジ   | 71  | 4.1  |           |
|      | 38 | イロハモミジ   | 7   | 1.3  |           |
| 1-8  | 39 | エゴノキ     | 80  | 5.6  |           |
|      | 40 | センダン     | 162 | 24.4 | 樹皮食害      |
|      | 41 | イロハモミジ   | 21  | 1.5  |           |
| 1-9  | 42 | イロハモミジ   | 40  | 4.8  |           |
|      | 43 | ナンキンハゼ   | 182 | 39.7 |           |
| 1-10 | 44 | ナンキンハゼ   | 173 | 56.8 | 枝折れ       |
|      | 45 | イロハモミジ   | 53  | 4.2  |           |
|      | 46 | イロハモミジ   | 66  | 5.5  |           |
|      | 47 | イロハモミジ   | 54  | 3.5  |           |
|      | 48 | エノキ      | 31  | 5.2  |           |
| 2-1  | 49 | センダン     | 175 | 7.3  |           |
|      | 50 | センダン     | 149 | 8.0  | 3本立ち      |
| 2-2  | 51 | センダン     | 138 | 6.5  | 6本立ち、樹皮食害 |
| 2-7  | 52 | センダン     | 212 | 13.9 | 2本立ち、樹皮食害 |
| 2-8  | 53 | イロハモミジ   | 6   | 1.2  |           |
| 2-9  | 54 | ナンキンハゼ   | 7   | 1.0  |           |
| 3-1  | 55 | センダン     | 270 | 22.3 | 2本立ち、樹皮食害 |
|      | 56 | センダン     | 370 | 36.9 | 6本立ち、樹皮食害 |
|      | 57 | イロハモミジ   | 12  | 1.2  |           |
|      | 58 | イロハモミジ   | 10  | 1.1  |           |
| 3-2  | 59 | センダン     | 149 | 11.0 | 2本立ち、樹皮食害 |
| 3-4  | 60 | センダン     | 194 | 16.3 |           |
| 3-5  | 61 | センダン     | 240 | 20.0 | 2本立ち、樹皮食害 |
| 3-8  | 62 | センダン     | 320 | 15.9 | 2本立ち      |
|      | 63 | ヤブツバキ    | 281 | 28.1 | 樹皮食害      |
| 3-9  | 64 | ヤブツバキ    | 25  | 4.0  | 樹皮食害      |

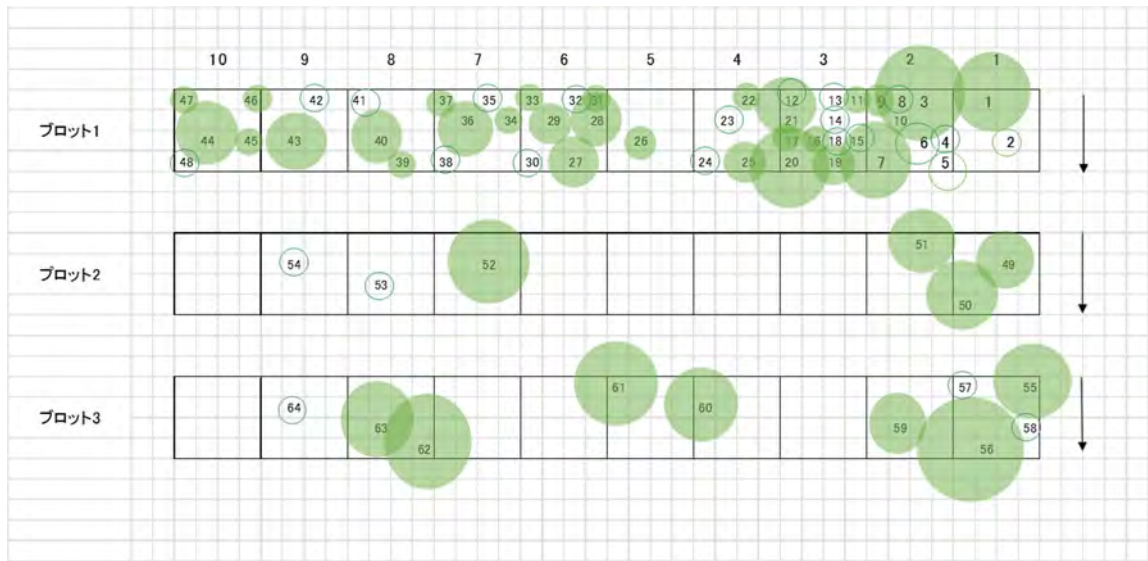


図-3 樹冠投影図

(2) 表土浸食抑制効果

①プロット1

センダンの低木は当初被害が無かったが、1カ月後の表土浸食確認時には折損被害を受けていました。右上から左下にかけてシカの足跡が確認され表土も踏荒らされていましたが、センダン低木の下は比較的表土がよく残っていました（写真-4、図-4）。

②プロット2

ニホンジカの侵入はなかったため、センダンの表土保全機能がよく表れておりセンダン下の表土が良く残されていました（写真-5、図-5）。

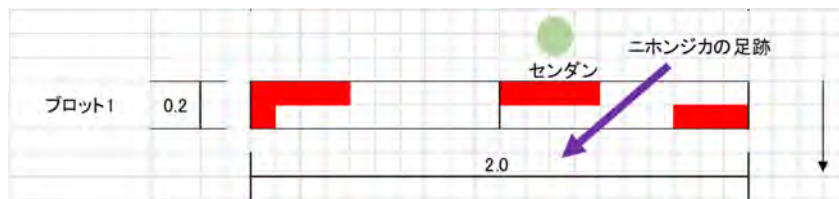


図-4 プロット1



写真-4 プロット1



写真-5 プロット2



図-5 プロット2

#### 4 考察

##### (1) センダンのギャップ更新について

大日橋地区の北側の自然林内でアラカシ、ソヨゴ、アベマキの高木が風害で倒れたギャップに、センダンの低木が23本、ナンキンハゼの低木が1本確認されました（写真-6、写真-7）。付近の高木林の林床には照度が不足しているためか、センダン低木は確認されませんでした。このギャップから20m付近にセンダンの高木が生育していましたので、種子はそこから提供されていると思われます。ニホンジカの被害を免れた低木が広葉樹間の競争の影響を受けて、通直で側枝のない精英樹が形成されたものと推測されます。他にも二本の通直で枝下高4m以上ある単木で生育するセンダン高木が確認されました（写真-8、写真-9、写真-10）。



写真-6



写真-7



写真-8 高木 A H=12.0m



写真-9 高木 B H=16.0m



写真-10 高木 C H=22.8m

## (2) センダンを活用した広葉樹林造成

ニホンジカ生息地では、多様性豊かな森林を造成するため防護柵が不可欠であると評価されました。成長の早いセンダンがパイオニア樹種として高木層を形成し、表土を保全することにより、イロハモミジ、エドヒガンなどの極相群落への遷移を早めることができそうです。また、センダンを主伐または除伐することにより、自然林の構成種の上長生長を促して、多様性豊かな森林へと保育していくことも期待できます。

なお、1キロメートルほどの位置にあるようらく台では、鳥散布の可能範囲内であると思われませんが、センダン低木が確認されていません(江間薫 2020)。この理由の一つとして、土壌型の違いがあげられそうです。ようらく台は腐植質の多い肥えた土壌ですが、大日橋は河川敷のような石礫が多いため、石礫による地熱上昇が種子の休眠状態を解除している(崎尾均 2015)と考えられます。地球温暖化により年平均気温の上昇が予測されているため、センダンの生育適地は拡大傾向にあり、今後とも観察を継続していきたいと考えています。

今回の発表にあたり、京都府立大学大学院生命環境科学研究科の糟谷信彦助教には、お忙しいなか現地までお越しいただき、有益なご助言を賜りました。この場をお借りして心から感謝申し上げます。

### 引用文献

- 1) 糟谷信彦ら センダンの直まき試験における発芽果実率や苗木の成長への立地環境、光環境及び母樹の影響：日林誌 103、40~47、日本森林学会、2021
- 2) 辻大和ら 野生ニホンザルの採食する木本植物：霊長類研究 27、27~49、2021
- 3) 糟谷信彦ら 京都府立大学大野演習林での早生樹センダンの植栽試験：第127回日本森林学会大会(抄録)、日本森林学会、2016
- 4) 高山勉ら センダン群落の成因と生態的特性および伐採後の萌芽再生：日林誌 103、279~284、日本森林学会、2021
- 5) 江間薫 人工林皆伐地における天然更新を活用した針広混交林化の可能性：令和元年度森林・林業交流研究発表集録、12~17、近畿中国森林管理局、2020
- 6) 崎尾均 なぜハリエンジュは日本の河川流域で分布を拡大したのか?：日緑工誌 40(3)、465~471、日本緑化工学会、2015

作業道の路面補強に関する一考察  
— 頻発する局地的豪雨に備えて —

国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林整備センター  
近畿北陸整備局 和歌山水源林整備事務所 造林係 ○長 柄 豊  
所 長 久保田 拓也

## 1 はじめに

森林整備センターでは、昭和 36 年から水源かん養機能上重要な民有林保安林のうち、無立木地や散生地など水源かん養の機能が低下している箇所を分収造林方式で整備する水源林造成事業を実施しており、現在までに民有林保安林の約 1 割に相当する 49 万 ha の森林を造成しています。

特に、低コスト化を図るための作業道については、従前より整備を行ってきましたが、近年は、森林が育成段階から利用可能な段階を迎え、荷を積んだトラックが安全に走行できる強度を確保する必要があり、「簡易で丈夫な作業道づくり」に取り組んできました。簡易で丈夫な作業道づくりに重要な要素は、以下の 3 つになります。

- (1) 丈夫な路体※1・のり面を確保すること
- (2) 適切な排水処理を行うこと
- (3) 丈夫な路面※2を確保すること

※1 路体：作業道の構造体を指す

※2 路面：車両系のタイヤ接地面付近を指す

近年は特に、局地的豪雨により修理費用が増大していることから、その対策の 1 つとして、今回は 3 つめの「丈夫な路面を確保すること」に注目しました。

写真 1 は実際に豪雨により被害を受けたものであり、近畿北陸整備局ではこのような被害を未然に防ぐ取組として、「路面補強工法」を行ってきました。



写真 1 豪雨による被害の一例

今回の考察は、取り組んできた「路面補強工法」について、以下の 3 つの事項を確認することを目的とします。

- (1) 森林整備センターが取り組んできた「路面補強工法」を数値化し確認すること
- (2) 過去に発生した豪雨後の「路面補強工法実施箇所」の状況を確認すること
- (3) より簡易な調査手法を確認すること

## 2 調査対象の整理

調査対象は、降雨による状況確認のため近畿北陸整備局管内で実施した3年以上経過した路面補強工法の箇所としました。路面補強工は、以下のとおり「従前から取り組んできた工法」と「近年取り組み始めた工法」に分類します。

### (1) 従前から取り組んできた工法

- ・丸太組工
- ・敷砂利工
- ・丸太組工と敷砂利工の併用
- ・コンクリート工
- ・土構造（参考）

### (2) 近年取り組みはじめた工法

- ・山ズリ工
- ・鉄鋼スラグ工

丸太組工は、路肩と路面に丸太組を設置します。路面の丸太は、全幅員に敷設し、輪荷重の路体への均等伝達、不等沈下抑制の役割があります。また、路肩部の丸太は、路肩部を補強する役割があります（写真2）。



写真2 丸太組工（従前から取り組んできた工法1）

敷砂利工は、路面強度を確保するために用います（写真3）。



写真3 敷砂利工（従前から取り組んできた工法2）

コンクリート工は、縦断勾配が急な箇所などに用いています（写真4）。



写真4 コンクリート工（従前から取り組んできた工法3）

山ズリ工は、ふるいをかけていない粒径 30 cm程度の岩を含むものを敷均し、路面と路体を補強します。もともとは、黒ボク土や粘性土等の軟弱地帯の対策として開発された工法ですが、施工後の豪雨にも対応できたことを確認したため、近畿北陸整備局管内の全土質を対象に導入しました（写真5）。



写真5 山ズリエ（近年取り組みはじめた工法1）

鉄鋼スラグは、金属の精錬の際、融解によって分離した副産物です。水と反応して固化する性質があり、これを利用し路面を補強します。鉄鋼スラグ工は、路面に敷均し、散水、転圧を行い、硬化のため1週間養生し完成します（写真6）。



写真6 鉄鋼スラグ工（近年取り組みはじめた工法2）

### 3 調査機器の選定

路面強度の調査には、様々な原位置試験が存在しますが、簡易に調査が可能なものを採用しました。

#### (1) キャスポル

キャスポルは、直径 50 mmのランマーを落下させ、その衝撃加速度から強度を算出し



ます。今回は、CBR 値により評価を行います（図 1）。なお CBR 値の評価目安は、過去の研究結果から、2 t 積トラックの繰り返しの使用に耐えることができる値として 10%以上（注 1）とします。

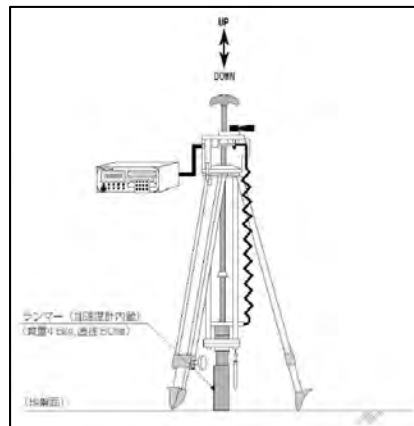


図 1 カスポール

(2) 土壌硬度計

土壌硬度計は、垂直にコーンを圧入させ、コーンの圧入深を測定します。土壌硬度計は、カスポールに比べさらに調査が簡易で安価であることがメリットとなります（図 2）。

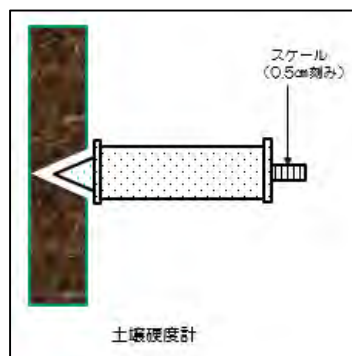


図 2 土壌硬度計

また土壌硬度の圧入深の値を、感覚的に理解するための目安として表 1 を引用しました（注 2）。

表 1 土壌硬度計の示す値の目安

| ●土壌硬度計の示す値の目安 |                      |
|---------------|----------------------|
| 1 圧入深10mm以下   | 指が抵抗なく入る             |
| 2 圧入深11～15mm  | やや抵抗があるが入る           |
| 3 圧入深15～20mm  | かなり抵抗があるが第一関節ぐらいまで入る |
| 4 圧入深20～24mm  | 入らないがへこむ             |
| 5 圧入深25～28mm  | 指跡がつく程度              |
| 6 圧入深29mm以上   | 指跡もつかない              |

4 書類調査及び現地調査について

書類調査は、アメダスデータ及び過去書類から整理します。現地調査は、1箇所につき 5 回調査を実施し、その平均値を値としました（写真 7～9）。



写真7 キャスポルによる現地調査

写真8 土壌硬度計による現地調査



写真9 その他の現地調査

## 5 調査結果とりまとめ

延べ150回の調査を行い、その調査結果を表のとおり、とりまとめました（表2-1及び表2-2）。

表2-1 調査結果一覧（書類調査）

### 書類調査

| 路面強度を達す工法          | 所在地       | 利用状況 |      | 施工後の豪雨                            |            |        | 修理履歴 |          |
|--------------------|-----------|------|------|-----------------------------------|------------|--------|------|----------|
|                    |           | 撤出実績 | 撤出年度 | 時間雨量20mm<br>or<br>日降雨量90mm<br>の件数 | 時間最大<br>雨量 | 24時間雨量 | 有無   | 内容及び費用   |
| 丸太組工1 (H25)        | 滋賀県甲賀市    | 聞伐   | R2   | 45                                | 37         | 197    | 無    | —        |
| 敷砂利工1 (H28)        | 和歌山県田辺市龍神 | 複層林  | R3   | 91                                | 70         | 296    | 有    | 路面<br>修理 |
| 敷砂利工2 (H25)        | 滋賀県甲賀市    | 聞伐   | H26  | 45                                | 37         | 197    | 無    | —        |
| 丸太組工と敷砂利工の併用 (H29) | 和歌山県田辺市   | 無    | —    | 52                                | 85         | 310    | 無    | —        |
| コンクリート工1 (H29)     | 和歌山県田辺市   | 無    | —    | 52                                | 85         | 310    | 無    | —        |
| コンクリート工2 (H29)     | 和歌山県田辺市   | 無    | —    | 52                                | 85         | 310    | 無    | —        |
| 山ズリエ (H29)         | 滋賀県甲賀市    | 聞伐   | R2   | 27                                | 36         | 163    | 無    | —        |
| 鉄鋼スラグ工 (H28)       | 和歌山県田辺市   | 無    | —    | 62                                | 85         | 310    | 無    | —        |
| 土構造1 (R2)          | 和歌山県田辺市   | 無    | —    | 15                                | 44         | 165    | 無    | —        |
| 土構造2 (H28)         | 和歌山県田辺市   | 無    | —    | 62                                | 85         | 310    | 無    | —        |

表 2-2 調査結果一覧（現地調査）

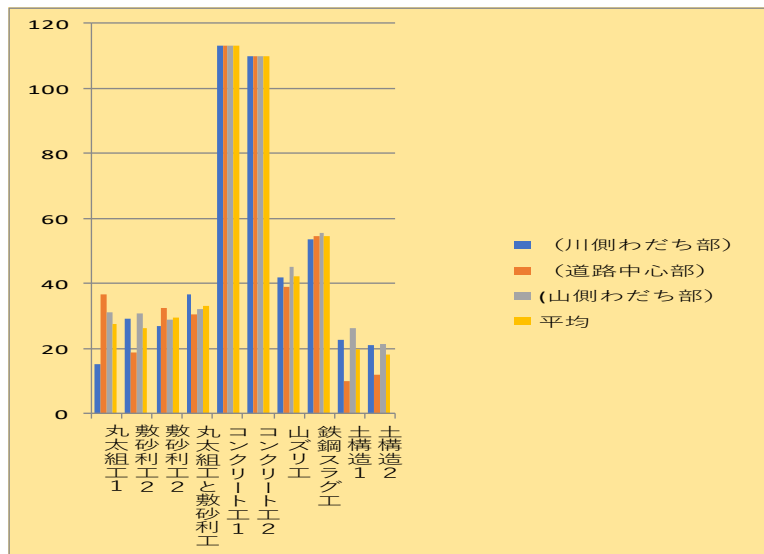
現地調査

| 路面強度を増す工法         | 外観  |         |      |      | （川側わだち部）        |                      | （道路中心部）         |                      | （山側わだち部）        |                      | 平均              |                      | （山側法面）               |
|-------------------|-----|---------|------|------|-----------------|----------------------|-----------------|----------------------|-----------------|----------------------|-----------------|----------------------|----------------------|
|                   | 幅員  | 地質      | 地山積料 | 道路勾配 | キャスボル<br>（CBR値） | 土壌硬度計<br>貫入量<br>（mm） | キャスボル<br>（CBR値） | 土壌硬度計<br>貫入量<br>（mm） | キャスボル<br>（CBR値） | 土壌硬度計<br>貫入量<br>（mm） | キャスボル<br>（CBR値） | 土壌硬度計<br>貫入量<br>（mm） | 土壌硬度計<br>貫入量<br>（mm） |
| 丸太組工 1（H25）       | 3.0 | マサ土・粘性土 | 20   | 6    | 15              | 18                   | 37              | 24                   | 31              | 24                   | 28              | 22                   | 21                   |
| 敷砂利工 1（H28）       | 4.0 | レキ混り粘性土 | 35   | 6    | 29              | 21                   | 19              | 17                   | 31              | 19                   | 26              | 19                   | 13                   |
| 敷砂利工 2（H25）       | 3.0 | マサ土・粘性土 | 25   | 7    | 27              | 21                   | 33              | 24                   | 29              | 25                   | 30              | 23                   | 15                   |
| 丸太組工と敷砂利工の併用（H29） | 3.0 | 粘性土     | 35   | 5    | 37              | 29                   | 30              | 29                   | 32              | 22                   | 33              | 27                   | 13                   |
| コンクリート工 1（H29）    | 3.0 | 粘性土     | 30   | 15   | 113             | 36                   | 113             | 36                   | 113             | 36                   | 113             | 36                   | 12                   |
| コンクリート工 2（H29）    | 3.0 | 粘性土     | 26   | 16   | 110             | 36                   | 110             | 36                   | 110             | 36                   | 110             | 36                   | 4                    |
| 山ズリエ（H29）         | 3.0 | マサ土・粘性土 | 30   | 15   | 42              | 28                   | 39              | 27                   | 45              | 26                   | 42              | 27                   | 16                   |
| 鉄鋼スラグ工（H28）       | 3.0 | 粘性土     | 25   | 9    | 54              | 33                   | 55              | 32                   | 56              | 34                   | 55              | 33                   | 20                   |
| 土構造 1（R2）         | 3.0 | レキ混り粘性土 | 25   | 4    | 23              | 21                   | 10              | 18                   | 26              | 21                   | 20              | 20                   | 8                    |
| 土構造 2（H28）        | 3.0 | レキ混り粘性土 | 20   | 3    | 21              | 21                   | 12              | 12                   | 21              | 23                   | 18              | 19                   | 16                   |

(1) キャスボルの調査結果

調査結果のうち、キャスボルの CBR 値を工法毎に整理しグラフにしました（表 3）。

表 3 キャスボルの調査結果

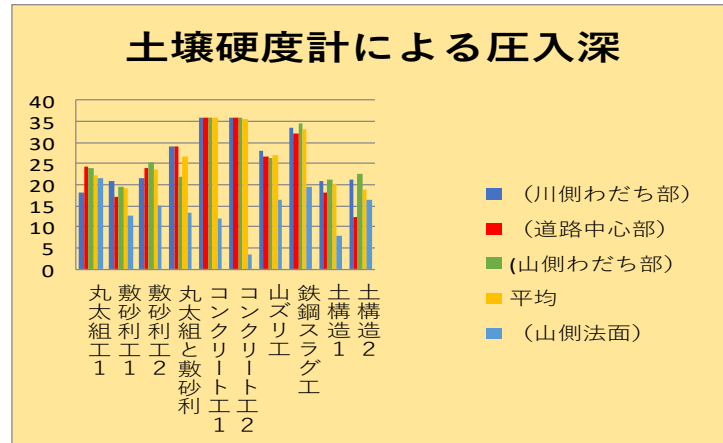


調査結果から、山ズリエ工と鉄鋼スラグ工は、いずれも高強度の路面であることを確認しました。また丸太組工と敷砂利工は CBR26%以上を確保していることを確認しました。

(2) 土壌硬度計の調査結果

土壌硬度計の圧入深の結果を工法毎にグラフで整理しました（表 4）。

表4 土壌硬度計の調査結果



土壌硬度計は、圧入深さの最大が36mmとなります。キャスボルで高強度を示したコンクリート工は全て最大圧入深36mmに達しています。このことからコンクリート工程度の強度を持った工法は土壌硬度計による強度調査は不可能と判断しました。この結果を除いた土壌硬度計の調査結果は、キャスボルの調査結果と同様の傾向を示したといえます。

また、土壌硬度計の調査結果が示す値を表1の「土壌硬度計の示す値の目安」に置き換えると、コンクリート工と鉄鋼スラグは「指跡もつかない硬さ」、山ズリエと丸太組工と敷砂利工の併用は「指跡がつく程度」、丸太組工と敷砂利が「入らないがへこむ」もしくは「かなり抵抗はあるが第一関節まで入る硬さ」になります。

(3) 書類調査と現地調査

調査結果のうち、降雨状況と修理状況及び現場状況に着目し整理しました(表5)。

表5 施工後の降雨と修理状況

●書類調査と現地調査

| 路面強度を増す工法          | 書類調査 |      |                         |        |        |      |        | 現地調査 |          |      |      |               |              |
|--------------------|------|------|-------------------------|--------|--------|------|--------|------|----------|------|------|---------------|--------------|
|                    | 利用状況 |      | 施工後の豪雨                  |        |        | 修理履歴 |        | 外観   |          |      |      | キャスボルCBRI値(%) | 土壌硬度計目入量(mm) |
|                    | 搬出実績 | 搬出年度 | 時間雨量20mm or 日降雨量80mmの件数 | 時間最大雨量 | 24時間雨量 | 有無   | 内容及び費用 | 幅員   | 地質       | 地山傾斜 | 道路勾配 |               |              |
| 丸太組工1 (H25)        | 間伐   | R2   | 45                      | 37     | 197    | 無    | —      | 3.0  | マサ土・粘性土  | 20   | 6    | 28            | 22           |
| 敷砂利工1 (H28)        | 樹齢林  | R3   | 91                      | 70     | 296    | 有    | 路面修理   | 4.0  | レキ・粘性土互層 | 35   | 6    | 26            | 19           |
| 敷砂利工2 (H25)        | 間伐   | H26  | 45                      | 37     | 197    | 無    | —      | 3.0  | マサ土・粘性土  | 25   | 7    | 30            | 23           |
| 丸太組工と敷砂利工の併用 (H29) | 無    | —    | 52                      | 85     | 310    | 無    | —      | 3.0  | 粘性土      | 35   | 5    | 33            | 27           |
| コンクリート工1 (H29)     | 無    | —    | 52                      | 85     | 310    | 無    | —      | 3.0  | 粘性土      | 30   | 15   | 113           | 36           |
| コンクリート工2 (H29)     | 無    | —    | 52                      | 85     | 310    | 無    | —      | 3.0  | 粘性土      | 26   | 16   | 110           | 36           |
| 山ズリエ (H29)         | 間伐   | R2   | 27                      | 36     | 163    | 無    | —      | 3.0  | マサ土・粘性土  | 30   | 15   | 42            | 27           |
| 鉄鋼スラグ工 (H28)       | 無    | —    | 62                      | 85     | 310    | 無    | —      | 3.0  | 粘性土      | 25   | 9    | 55            | 33           |
| 土構造1 (R2)          | 無    | —    | 15                      | 44     | 165    | 無    | —      | 3.0  | レキ混じり粘性土 | 25   | 4    | 20            | 20           |
| 土構造2 (H28)         | 無    | —    | 62                      | 85     | 310    | 無    | —      | 3.0  | レキ混じり粘性土 | 20   | 3    | 18            | 19           |

この結果、鉄鋼スラグ、山ズリ及びコンクリート工は、表5の条件下で施工し、3年以上経過する中で、災害査定の要件となる異状な天然現象の基準の時間雨量20mm、日降雨量80mm以上の降雨（以下、基準に該当する降雨という）に相当回見舞われましたがいずれも路面の洗掘等はありませんでした。

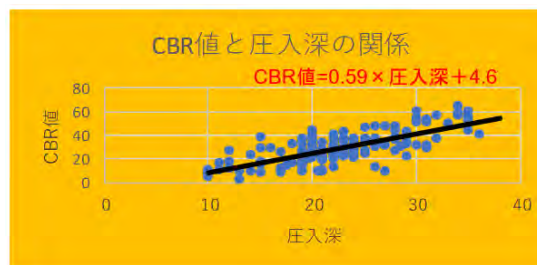
敷砂利工1は、表の条件下で施工し、5年が経過する中で、基準に該当する降雨に91回見舞われました。そのうち、時間70mm、日296mmの降雨によって、路面が洗掘される被害を受け修理を行いました。

丸太組工、敷砂利工2、丸太組工と敷砂利の併用、参考として実施した土構造2は、5年以上経過する中で、基準に該当する降雨に50回近く見舞われましたが、いずれも路面の洗掘等はありませんでした。

#### (4) キャスポルと土壤硬度計

キャスポルと土壤硬度計の全調査箇所を散布図で整理しました。この結果、 $CBR値 = 0.59 \times 圧入深 + 4.6$ の式を得ました（表6）。

表6 キャスポルと土壤硬度計の値について



この式から圧入深10mm以上はCBR10%以上であり、繰り返しの使用に耐える路面を確保していることとなります。

## 6 考察（まとめ）

今回の調査により、路面補強工を実施してきた箇所は、現状のまま、2t積トラックの走行が可能な範囲であることを確認しました。

また、路面補強工のうち、豪雨対策として検討してきた「近年取り組みはじめた工法」は施工後の豪雨でもいずれも路面の洗掘等はありませんでした。

従前から取り組んでいる工法も一部を除き、路面の洗掘等はありませんでした。

今後、路面補強工の実績を重ね、路面強度調査を継続実施し、現場条件を整理することで路面強度が必要な箇所が判明すると推測されます。

さらに、キャスポルと土壤硬度計の結果では、相関関係があることが判明しました。今回提案した土壤硬度計による簡易な強度調査手法は、精度を向上させたうえで採用を検討していきます。

簡易で丈夫な道づくりには、丈夫な路面を確保するだけでなく丈夫な路体やのり面を確保すること、適切な排水処理を行うことが重要です。

今後も路面だけでなく路体やのり面を含め、他工法の開発、他工法との併用等の研究を行い、現地の特性に適応した作業道作設技術を向上させるよう努力していきます（写真10）。



止水工  
(和歌山県田辺市西牟婁)



木製路面排水工  
(和歌山県田辺市中辺路町)



木製路面排水工  
(京都府京丹波町)



栗石路面排水工  
(兵庫県豊岡市)



片勾配+木製路面排水工  
(奈良県吉野郡)



山留丸太組工  
(和歌山県田辺市中辺路)



山側土留工  
(和歌山県田辺市龍神)



むしろ張芝工  
(京都府福知山市)

写真 10 森林整備センターの取り組み事例

また、今回の考察にあたり、データ及び情報収集、現地調査、資料提供等によりご協力をさせていただいた以下の組織の方々にこの場をかりて感謝申し上げます。

- ・西牟婁森林組合
- ・紀中森林組合
- ・日本林業土木（株）大阪出張所
- ・日鉄スラグ製品（株）和歌山事業所
- ・中辺路森林組合
- ・住友林業（株）大阪事務所
- ・日本製鉄（株）関西製鉄所
- ・（株）マルイ

#### 引用文献

注1 「井上弘一・有村佳将 作業道開設に伴う軟弱土壌における丸太組（のり留工）と路体の研究：平成24年度森林・林業交流研究発表会、2012」

注2 「倉持正実・小早川修一 畑に穴を掘ろう 土を見よう：現代農業、14ページ、農山漁村文化協会、2006」

# FRD を活用した森林作業道開設設計と既存方法による開設路線の検討・考察について

兵庫森林管理署 業務グループ 係員 斎藤俊彦  
係員 後藤祐輔

## 1 はじめに

兵庫森林管理署では年間5箇所程度の製品生産事業を実施しており、年間の素材生産量は12,300m<sup>3</sup>を予定しています。生産予定箇所は急傾斜地も多く、搬出路検討のため、森林作業道の設計に伴う現地踏査などに多大な労力を要しています。作業道の設計については、国有林GISで手入力もしくは基本図に手書きで路網の設計を行い、現地で路網全体を踏査し、路網を修正して完成となります。場合によっては修正後再度踏査を行うこともあり、この踏査が作業道の設計において最も作業時間がかかる部分になります。このような作業道の設計において、路網設計支援ソフト「Forest Road Designer」通称FRDに注目が集まっています(図-1)。

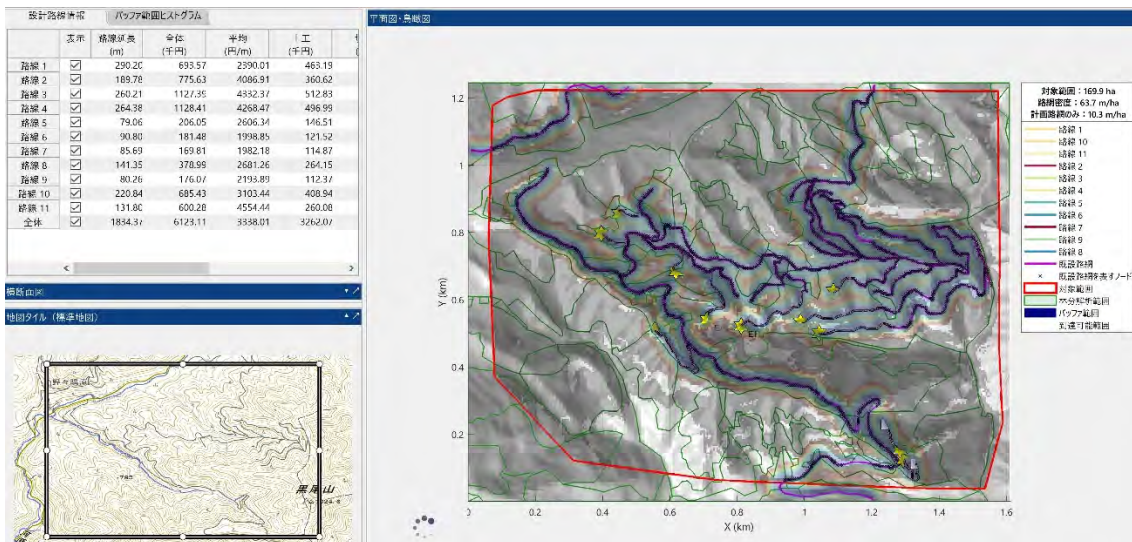


図-1 FRDの作業画面

FRDは、住友林業株式会社と森林研究・整備機構 森林総合研究所の白澤紘明氏が共同開発した、路網設計支援ソフトで、航空レーザー計測で得られた精緻な地形データ等を活かして、林道や森林作業道などの林業用路網の線形案を設計することができます。

また、現地踏査回数の大幅削減や線形案の妥当性確認、コスト・リスクの評価など、路網設計・管理業務の効率化・省力化を図り、林業の活性化と安全性向上を支援する機能があります(住友林業HP)。

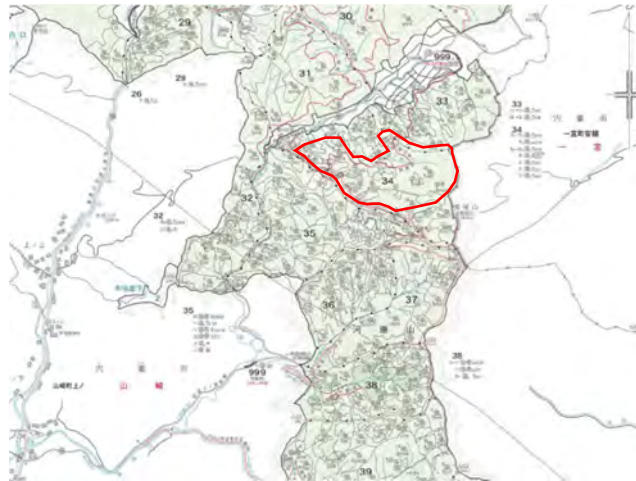
このため本研究では、このFRDを活用することにより、事前に机上で森林作業道の開設可能予定線が検討できることから、①FRDの路網と従来の方法で作成した路網との違い、②FRDの路線と事業者が作成した路線の比較、③FRDで出力されるコストを使用するには、の3点について、現場の視点を取り入れた検討・考察を行いました。

## 2 検討方法

### (1) 対象地

検討対象地は、一部急峻な地形はあるが令和2年度に生産事業を行った河原山国有林にしました(図-2)。





図－２ 検討対象地（兵庫県宍粟市山崎町 河原山国有林 34 林班）

## （２）FRD の操作方法

FRD で路網を出力するには、以下のような順序で操作を行うことになります。

まず、DEM データと呼ばれる地形の情報が入った地図と、既に作られた路網の線形情報が入った SHAPE 形式のデータを用意します。そして用意したデータを FRD にとりこみ、近畿中国森林管理局が定めている作業道作設仕様書に従って路網の出力を行います。

### ア 複数の DEM データの準備

今回は、メッシュの大きさ違いによって、出力される路網にどのような差があるかについても比較するため、近畿中国森林管理局が配備した 5 m メッシュの DEM データのほかに、兵庫県が HP で公開している 1 m メッシュの DEM データを扱うこととしました。

### イ パラメータ設定

近畿中国森林管理局が定めている森林作業道の作設仕様書には、縦断勾配が 18% 以下であること（やむを得ない場合短区間のみ 25% 程度）、幅員は 3 m とすること、切土・盛土等様々なパラメータの条件があります。今後 FRD の普及を考えると機械操作に慣れていない職員も扱うことを想定して、本研究では縦断勾配の傾斜を 18% と 25% の 2 種類を設定し、その他の項目については仕様書に従い設定しました。

## 3 実行結果

FRD の路網の各条件で出力した結果は、図－3 になります。18% と 25% の勾配に注目すると路網はおおむね一致していますが、25% の方が到達可能となった場所が増えました。5 m メッシュと 1 m メッシュでは、5 m メッシュの方が到達箇所は多くなる結果となりました。

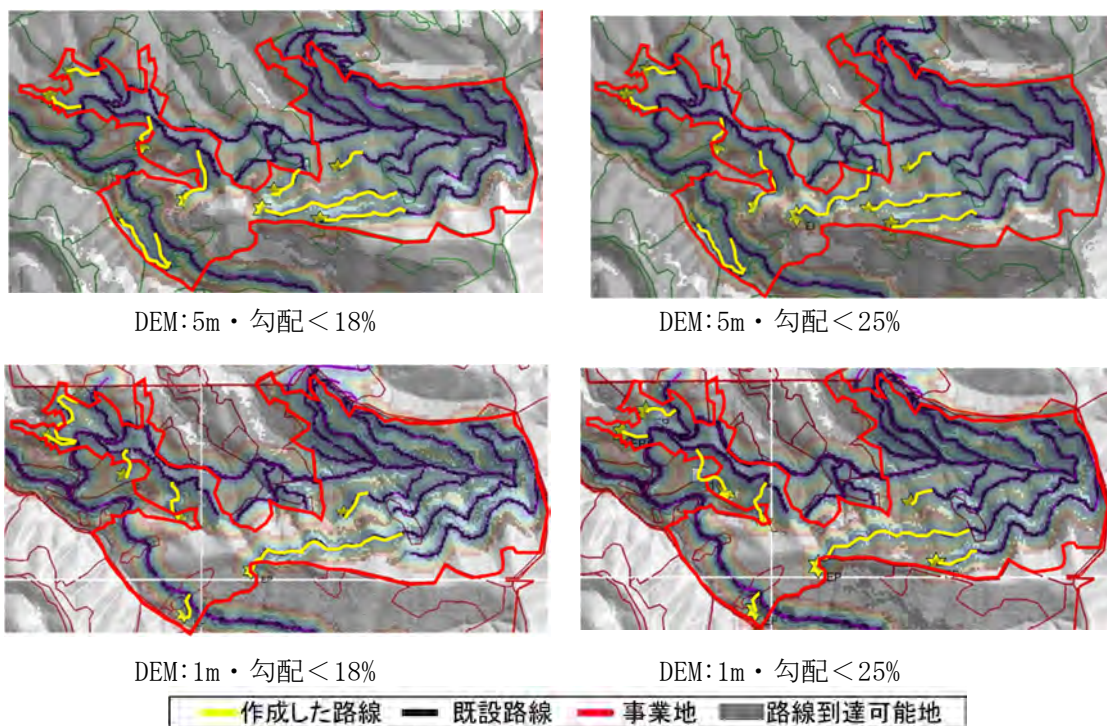


図-3 FRDによる路網出力結果

#### 4 検討・考察

##### (1) FRDの路網と従来の方で作成した路網との違い

署の職員が現地を踏査後に作成した作業道の予定路線図(図-4)とFRDの路網図は、おおむね一致していました。



図-4 職員が作成した作業道予定路線図



写真-1 予定路線青色箇所の現地状況

一方で、5mメッシュでは到達可能で1mメッシュでは到達できないと判定された箇所(図-4内青丸)について、現地の河原山国有林で調査を行いました。

現地は大半が急斜面でしたが、一部緩やかな箇所があり、そこに職員が作業道の路線を作成していることがわかりました。このことから傾斜が急になるほどFRDを使用しにくくなることがわかりました。

また、5 mメッシュの方が到達可能となる理由を次のように考察しました。

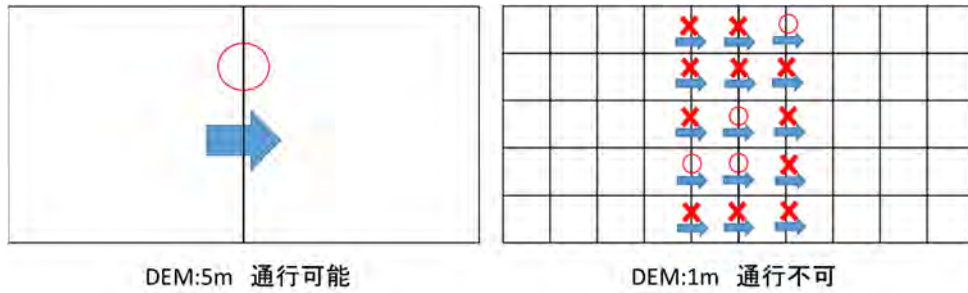


図-5 DEMの違いによる通行判定結果の模式図

模式図(図-5)で説明すると、5 mメッシュと1 mメッシュではデータの個数が異なります。急峻な箇所では、詳細な1 mメッシュにすると微地形を計測して、FRDは通行不可と判断していると推測されます。そのためこのようなメッシュの違いによって結果が変わる箇所を重点的に踏査し作設可能か判断する必要があります。

(2) FRDの路線と事業者が作成した路線の比較

作業道路線図(図-6)に示した赤色の線は、事業者が実際に作成した作業道とFRDの路線を比較すると、橙色の円内では、おおむね事業者の路線と一致していました。

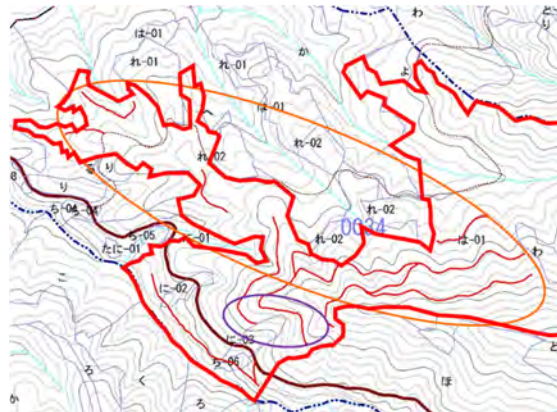


図-6 事業者が作成した作業道路線図

一方で、FRDでは到達できないと判断された箇所(図-6内青丸)について、現地の河原山国有林で調査を行いました。



写真-2 作業道路線図橙色箇所



写真-3 作業道路線図青色箇所

橙色箇所での現地状況（写真－２）は、傾斜は比較的緩やかであるとわかりました。このような緩やかな傾斜の箇所では、踏査する必要はありますがFRDで作成した路線を十分に活用できるとわかりました。

青丸箇所の現地の状況（写真－３）は、かなりの急傾斜地であり、またFRDでは読み取ることが出来ない地質情報の礫がたくさんあることがわかりました。実際に作設されている路線は、周りの中で比較的緩やかな場所であり、また、作業道作設時に切り倒した支障木を利用して路網の安全・強度を高める工夫を行っていました。このことからFRDでは到達できない箇所であっても、事業者の技術力によっては作業道を作設できることがわかりました。

### （３）FRDで算出された設計価格を活用するには

FRDの操作画面には、路線ごとに設計価格を自動計算する機能が付いています（図－１）。しかし、このFRDで出力される価格は、近畿中国森林管理局の業務で扱う作業道作設の積算方法とは異なるため使用できません。そこで今回の４種類の条件で出力した路網と従来の方法の路線と作設された路線の総延長、総費用及び単価を表にまとめました（表－１）。

表－１ FRDで出力した路網、従来の方法の路線と作設された路線の各種表

| 路線条件      | 総延長 (m) | 総費用 (円)        | 単価 (円/m) |
|-----------|---------|----------------|----------|
| 1m 勾配 18% | 1,041   | 4,074,250 *1   | 3,912    |
| 1m 勾配 25% | 1,184   | 4,644,770 *1   | 3,923    |
| 5m 勾配 18% | 1,744   | 5,963,410 *1   | 3,419    |
| 5m 勾配 25% | 1,834   | 6,123,110 *1   | 3,338    |
| 従来の方法の路線  | 2,078   | 約 2,177,000 *2 | 1,048    |
| 作設された路線   | 2,533   | 約 2,660,000 *2 | 1,050    |

\*1・・・FRDにより出力      \*2・・・積算ソフトにより試算

表－１をみるとFRDで出力される価格は積算ソフトと大きく異なっていました。そのため現状では、FRDの金額を業務に活用するには難しいところですが、事業予定地の概算など大まかな金額を扱う資料等には使用可能であると考えられます。

## 5 今後の方針

今回考察した結果を踏まえて実際に現場で使用するためには、5mメッシュの条件によりFRDで自動設計した路線の案を複数用意し、1mメッシュとの差のところやFRDでは読み取れない地質等を中心に踏査し、路網を修正して完成というフローとなります（図－７）。

また、FRDでは複数の路線案を瞬時に作成することができます。この機能を用いて、事前に複数路線を準備して踏査時に持ち込むことで、岩石等により作業道作設が困難な場合、踏査中に他の路線をすぐに検討できるメリットがあるため、外業作業である踏査が大幅に時間短縮につながると期待できます。

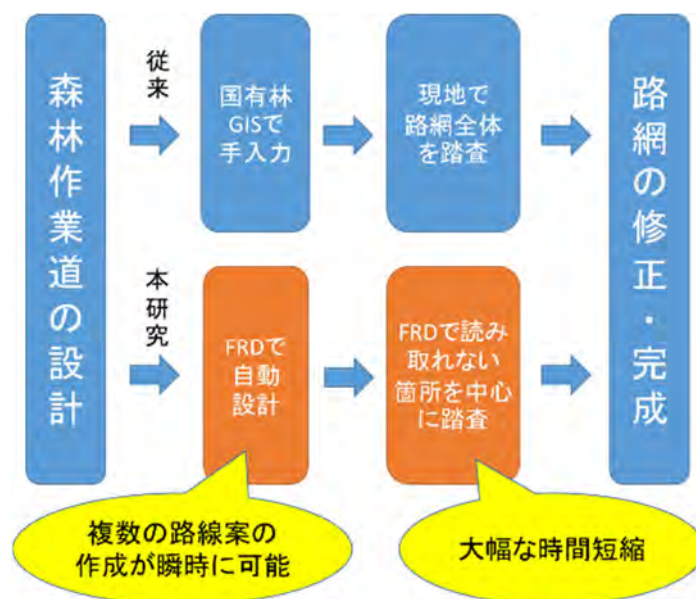


図-7 今後の作業道作設のフローチャート

実際に事業検討箇所の踏査で、FRD で作成した路線を活用して複数の路線案を用意して、FRD で読み取れない箇所を中心に踏査した後、一部修正を行い路線決定しました。踏査を重点的に行う箇所がわかるため、外業作業の簡略化につながったと感じました(図-8)。

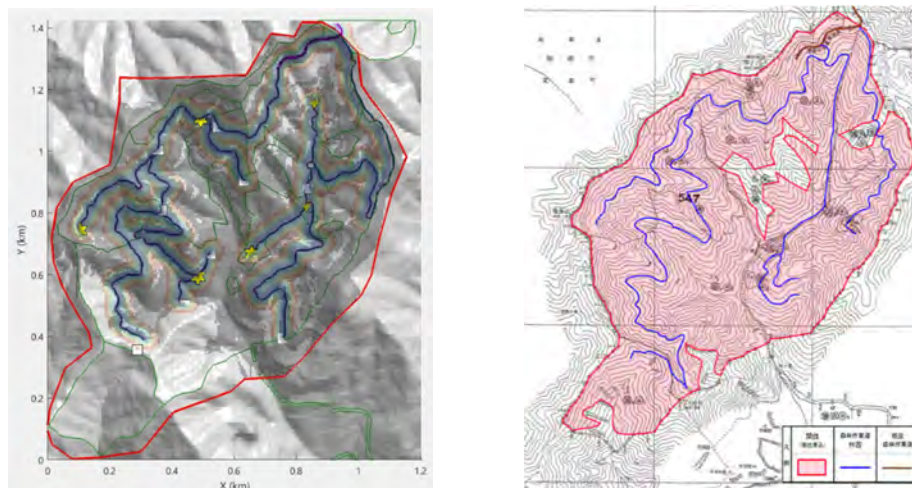


図-8 事業検討箇所のFRDで作成した路線及び予定路線

以上をまとめると、FRD の使用により外業作業の省力化につながることで、急傾斜地が含まれる場合、現場の実態に合わせるため、DEM データは微地形を拾わない5 mメッシュの方が良いこと、FRD の設計価格は事業地の概算程度で使用可能であることの3点が明らかになりました。

引用文献

- 1) 住友林業、「路網設計支援ソフト (FRD)」、<http://sfc.jp/treecycle/value/frd.html>、参照 2021 年 11 月 19 日

# ドローンによる高精度計測の検証と利用について ～RTKによる森林計測～

近畿中国森林管理局 森林技術・支援センター 業務係長 吉坂 英則

## 1 はじめに

従来の森林計測においては、大面積、急傾斜地などを計測するのは難しいところでしたが、近年はドローンによる空撮写真を解析することにより、効率的な面積計測や樹高計測等が可能となってきています。

しかしながら、ドローン単独でのGNSSを用いた位置情報の計測では、数メートルの誤差が生じるなど、正確性に問題があります。

今回は、「ドローンによる高精度森林計測技術」により得られるデータの精度を検証し、森林管理や、林業への活用について検討を行いました。

従来のGNSS計測は、衛星からの電波のみにより、計測を実施するものですが、今回はRTKと呼ばれる計測方法で地上に設置した基地局と、計測を行う移動局間で、常に通信を行い、誤差を最小限に抑えることができるか検証しました（図-1）。

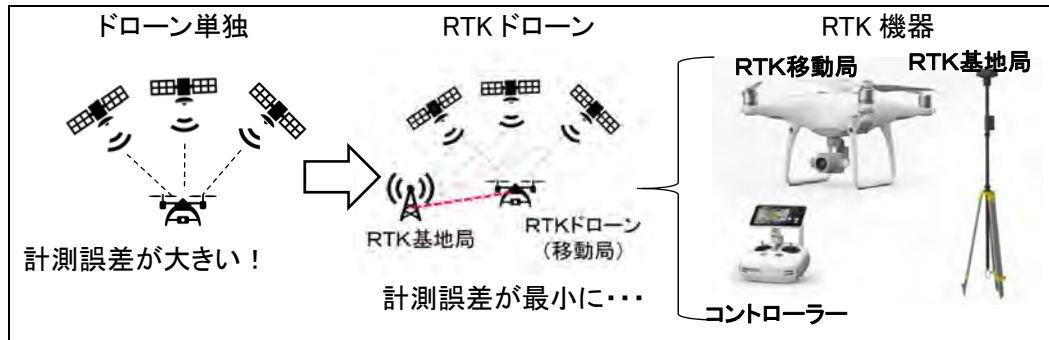


図-1 RTKの仕組み

## 2 検証概要

### (1) 検証箇所

試験地は、新見市内の菅ヶ峠国有林 597 林班で、令和2年度の生産事業地の作業道の形状を計測します。

### (2) 検証方法

まず、作業道上の13カ所へ観測点を設置し、トランシット測量により、縦断、平面、横断を計測し、真値となるX、Y、Z座標値を計算します（写真-1、写真-2）。

RTKドローンの飛行計画の設定は、国土地理院のホームページから地形情報等を取得し、飛行計画を設定します（写真-3）。

現地の13測点に、ドローンによる空撮写真で確認出来るよう対空標識として、十字にL杭を設置します（写真-4）。

RTK基地局を、上空が開けた場所に設置し、衛星から正確な座標を取得させます（写真-5）。

計測作業は5haほどの面積を10分程度で計測できました。



写真-1 TS 測量



写真-4 対空標識

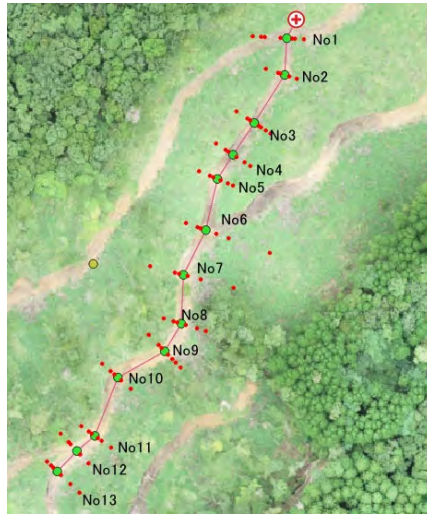


写真-2 TS 計測結果

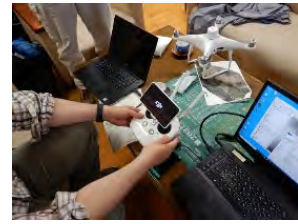


写真-3 RTK 測量



写真-5 RTK 計測

### 3 検証結果

(1) X, Y 座標値の誤差、精度比較

ア RTK ドローンによる計測結果

RTK 計測結果と、トランシット測量による水平方向、「X, Y 座標値」のズレの状況です (写真-6)。

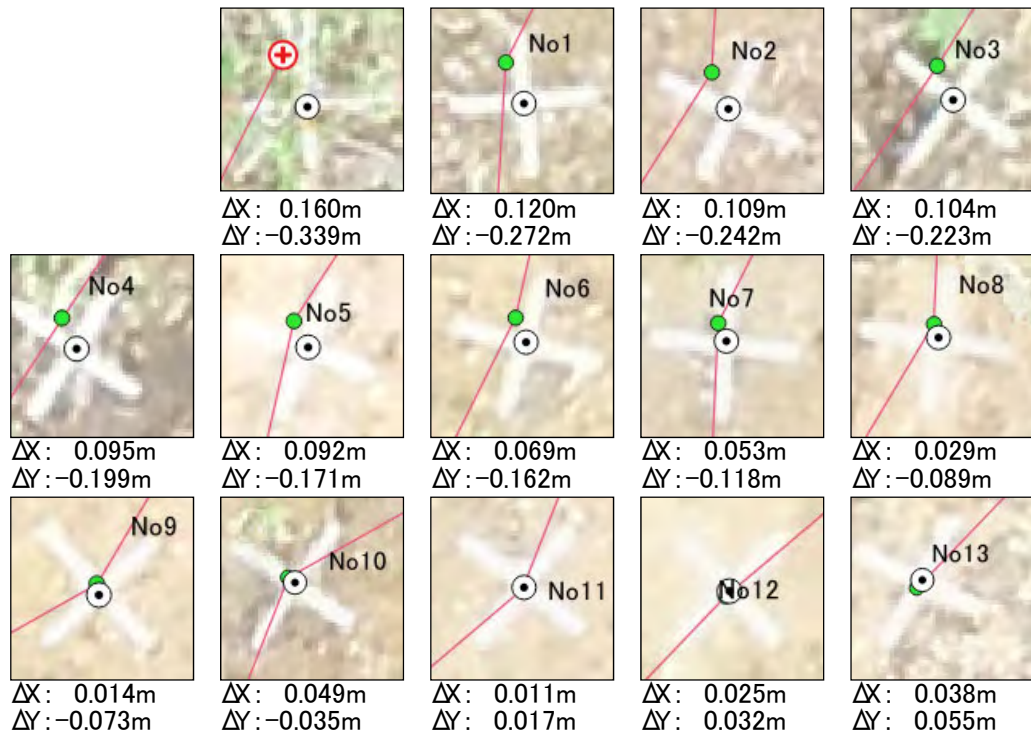


写真-6 ● トランシット計測真地 ◎ RTK ドローン計測

最大 34 cmほどのズレが生じていますが、徐々にズレは小さくなり、No12 から No13 のズレは数cmとなっています。

標準偏差について X 座標は ±0.045m、Y 座標は±0.120m となり、標準偏差でのばらつきは少なく精度は高いものとなっています(表-1)。

表-1 RTK ドローン計測結果

| 座標 | 誤差平均Δ    | 標準偏差σ   |
|----|----------|---------|
| X  | 0.0690m  | ±0.045m |
| Y  | -0.1300m | ±0.120m |

イ ドローン単独による計測結果

RTK を使用しないドローンの単独計測の結果です。

一定方向に大きくずれていることがわかります(写真-7)。

水平方向の X 座標では-1.267m、Y 座標では、大きく-2.279m の誤差が生じています(表-2)。

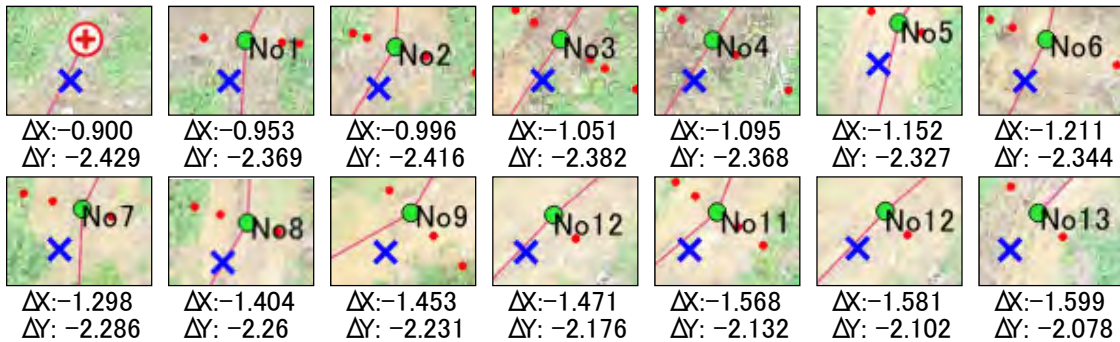


写真-7 ●トランシット計測真地 ×ドローン単独計測

標準偏差については、X 座標 ±0.247m、Y 座標±0.118m の結果となっています(表-2)。

水平方向の RTK ドローンと、ドローン単独計測との標準偏差をグラフ化してみます(図-2)。

ドローン単独計測による誤差は1~2メートル見られますが、精度については、RTK の X 座標以外は大きな差ではありません。

表-2 ドローン単独計測結果

| 座標 | 誤差平均Δ   | 標準偏差σ   |
|----|---------|---------|
| X  | -1.267m | ±0.247m |
| Y  | -2.279m | ±0.118m |

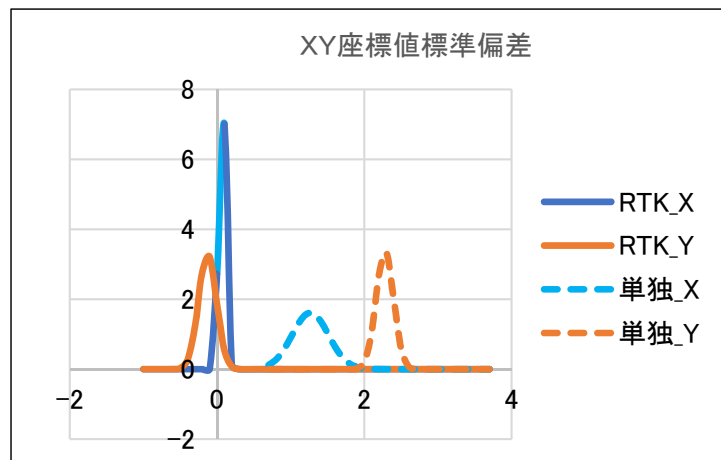


図-2 RTK ドローン、ドローン単独による計測精度



(2) Z座標値の誤差、精度比較

Z座標値の誤差、精度比較について検証します。

縦断計測の結果はドローン単独の場合、日時により標高の誤差が数十m～数百m生じることは通常であり、今回の検証でも約46mを超える大きな誤差が生じてしまいます(図-3)。

標高について、RTKドローン計測では誤差平均は-0.409m、標準偏差は±0.048mとなりましたが、ドローン単独による計測では、誤差が-46.928m、標準偏差は、0.382mとなります。

RTKドローンによる計測では、Z座標(標高)は、かなり高い精度がえられました(表-3)。

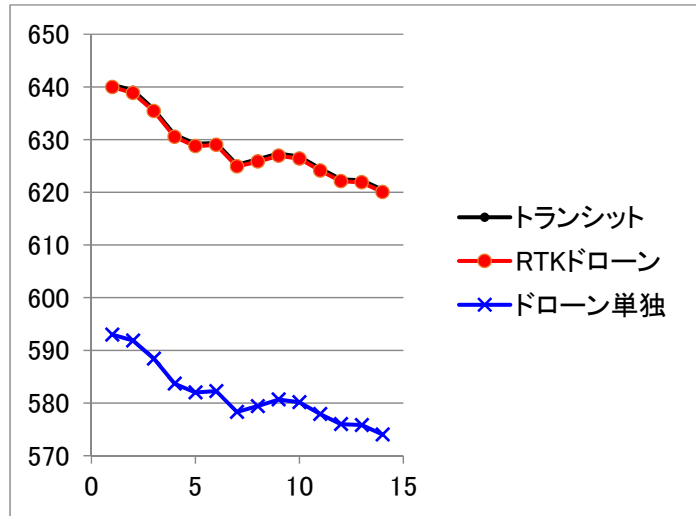


図-3 RTKドローン、ドローン単独による標高計測

表-3

| Z座標値    | 誤差平均Δ    | 標準偏差σ   |
|---------|----------|---------|
| RTKドローン | -0.409m  | ±0.048m |
| ドローン単独  | -46.928m | ±0.382m |

(3) RTKドローンによる断面計測

RTKドローンによる断面計測を検証します。

|   |     |   |     |
|---|-----|---|-----|
| <p>RTKドローンの計測により、作成された3次元点群データから、各測点の断面を切り出します。この断面と、トランシット計測による横断測量を比較します。</p> |     | <p>また、当該現地は平成30年度に航空レーザー計測が実施されており、作業道作設前の地形情報「DEM」について、同じように断面を切り出します。</p> |     |
| DSM   | 断面図 | DEM   | 断面図 |
|   |     |   |     |

図-4 3Dモデルからの断面切り出し

ア 縦断面計測

RTK 計測の縦断面は、トランシット計測の真値の縦断とは平均 $-0.409\text{m}$  低く計測されていたため (図-5)、この数値を補正してみると、ほぼ一致し、精度が高いことがわかります (図-6)。

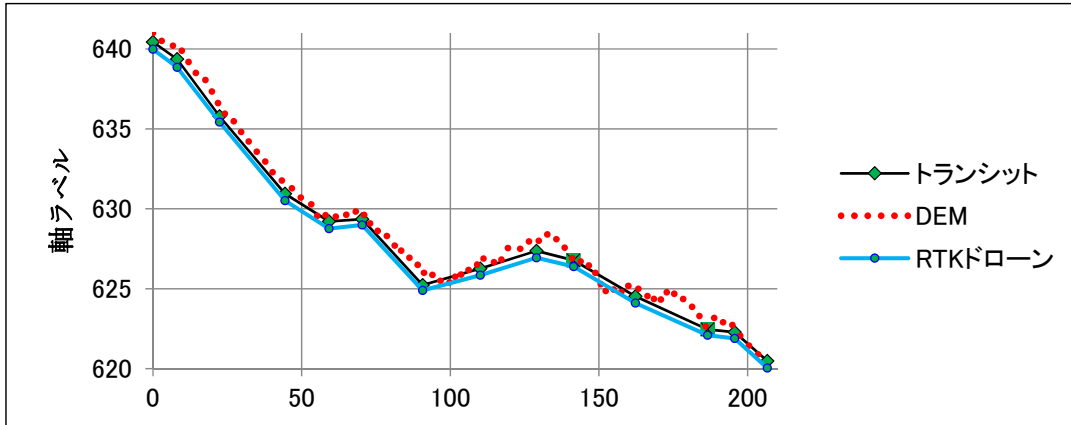


図-5 縦断面図

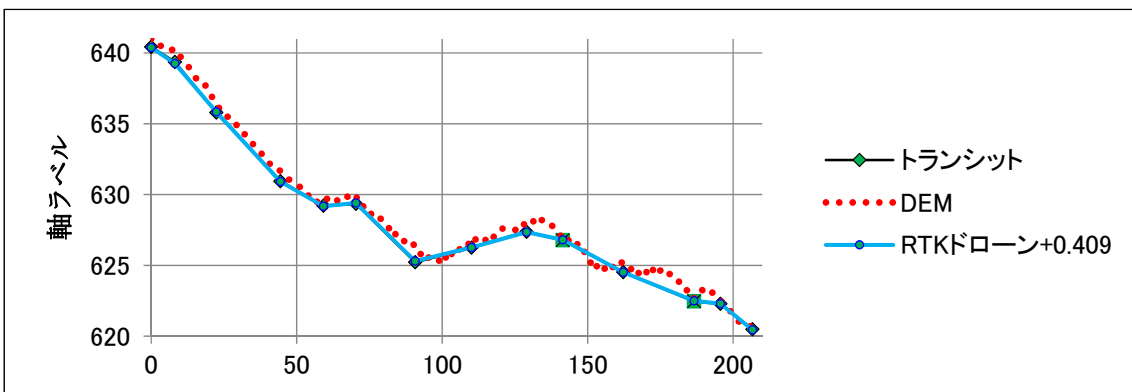


図-6 縦断面図(補正後)

作業道作設前の地形を重ね合わせると、各測点で掘削された高さが解ります。赤い破線が、掘削前の地形 (DEM) です (図-6)。

イ 横断面計測

横断面形状について、トランシット計測、RTK 計測を比較し、掘削前の地形 DEM を重ねてみます。

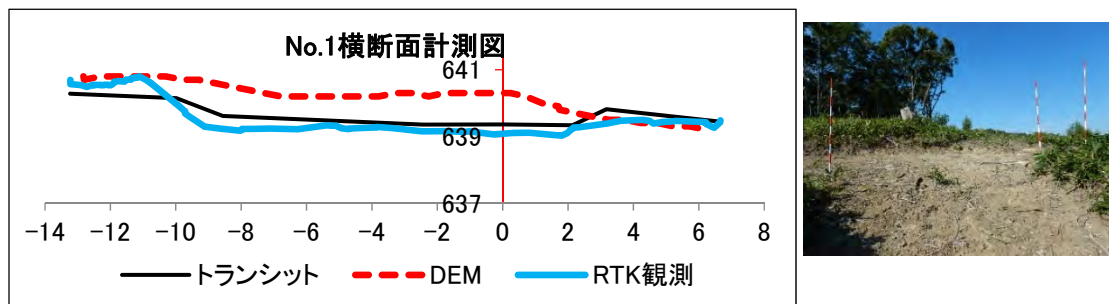


図-7 横断面計測図 (No.1)



写真-8 No.2 横断面山側



写真-9 No.2 正面



写真-10 No.2 横断面谷側

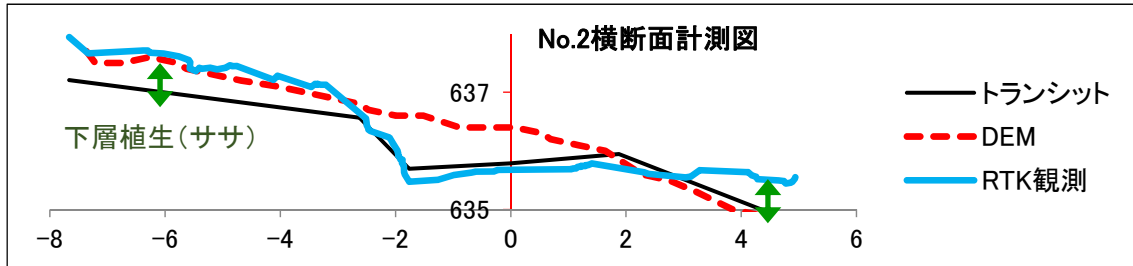


図-8 横断面計測図 (No. 2)

No. 2 の山側地山がトランシット測量の結果より高くなっているのは下層植生のササが密生しているためです (写真-8)。

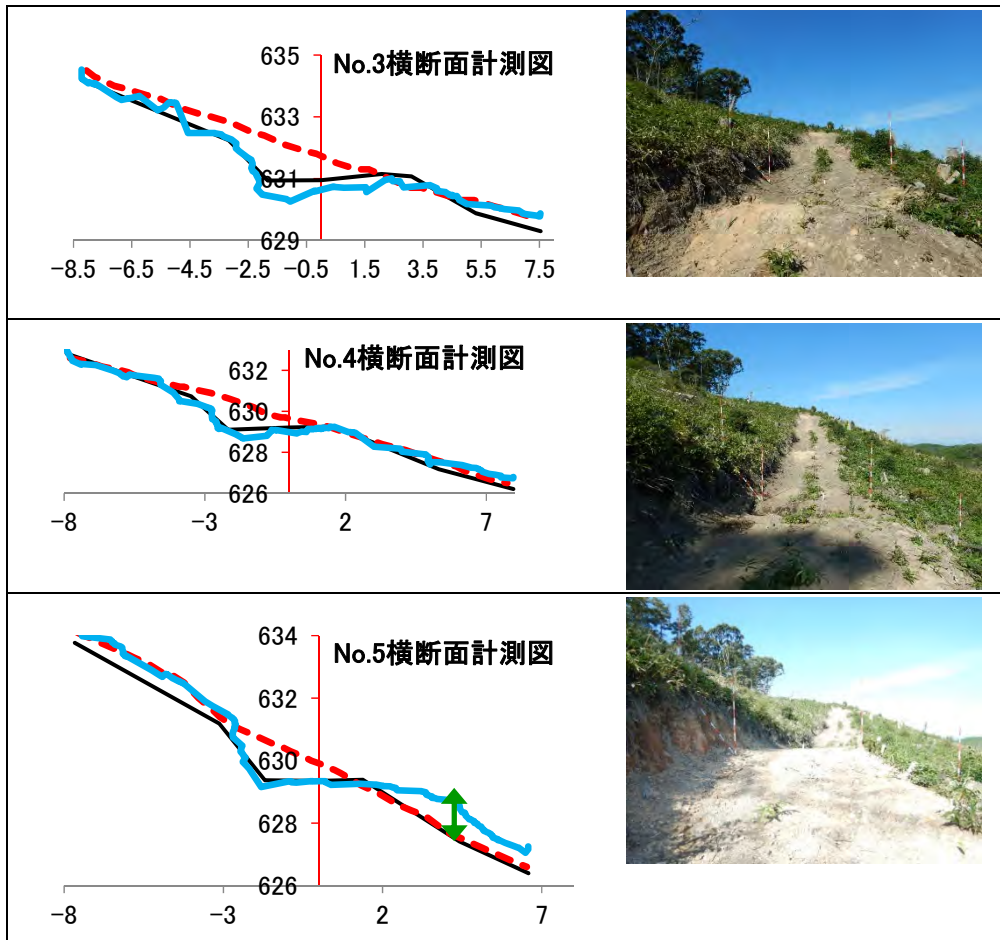


図-9 横断面計測図 (No. 3-No. 5)

No. 5 の路肩より谷方向で RTK 観測値が高くなっているのは盛土工ではなく、植生によるものです。このような箇所は空撮写真や、現地写真による判断が必要となります。

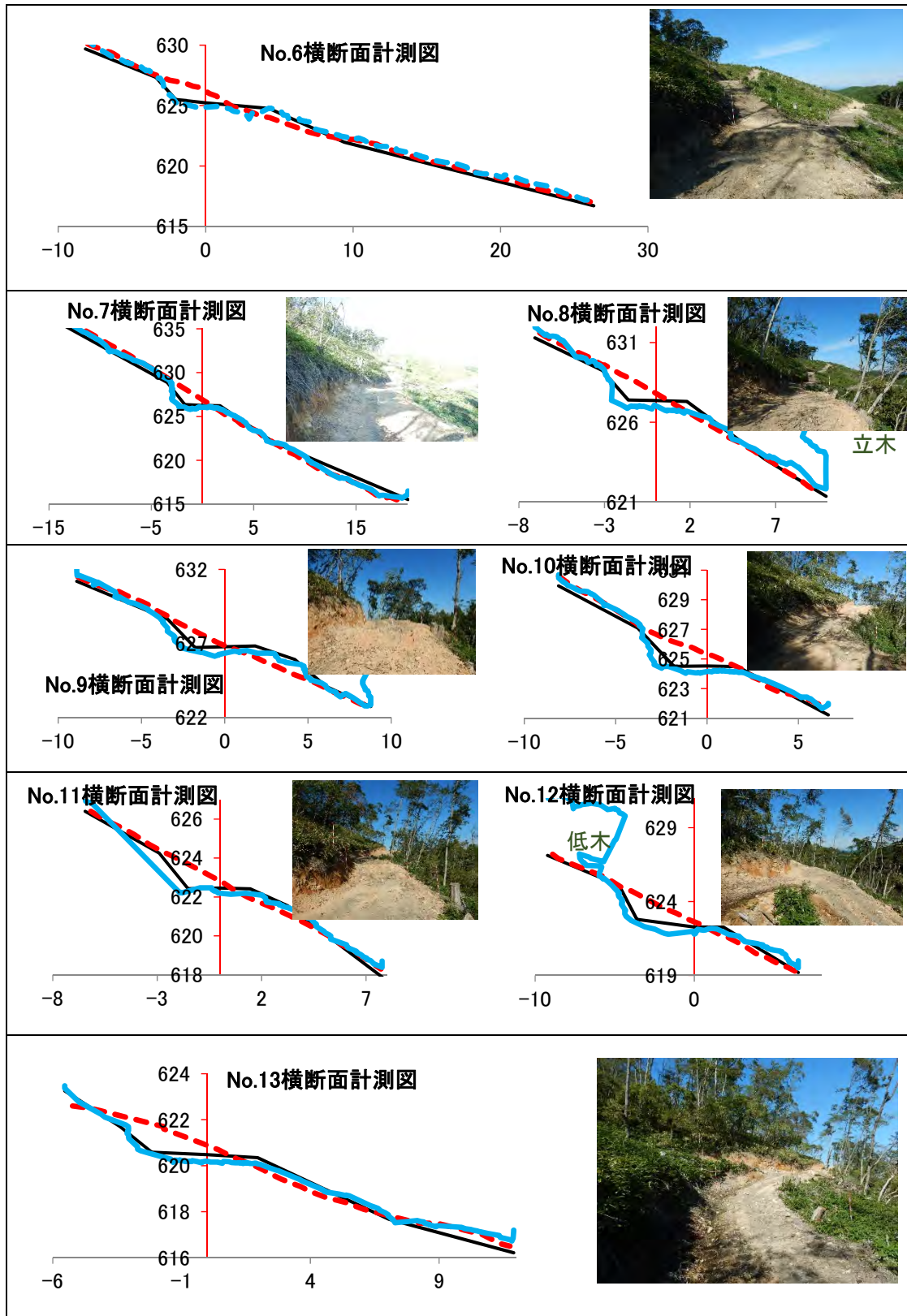


図-10 横断面計測図 (No. 6—No. 13)

## 4 考察

### (1) 活用方法

以上の検証結果から、RTK ドローンにより高い精度の計測が可能であることがわかりました。これにより、以下の活用が考えられます。

- ・林道設計や完成検査について、効率的に計測が行えます。
- ・自然災害での被災箇所においても、現地に立ち入ることなく計測できるため、安全を確保し、正確な計測が可能となります。
- ・植生の生長状況の把握により、下刈り実施の判断材料となります。
- ・正確な立木位置の特定により、地上計測データとの関係が容易になります。
- ・正確な位置情報が得られることから、森林境界の判断材料にも使えると考えます。

具体例として、延長 700m の林道工事での測点数は 81 点にのぼり、トランシットによる地形測量が 1 測点当たり、15 分かかるとして、81 測点の場合には、約 20 時間かかります。RTK ドローンによる計測では、測点数に関係なく、基地局などの準備作業に約 40 分、計測飛行に約 10 分と、1 時間以内で作業が終了でき、大幅な効率化が図れます。

### (2) 課題

- ・RTK ドローンの使用やデータの活用に関して、データの取得や解析のために、幅広い知識が必要です。
- ・RTK ドローンの解析だけでは地表面の高さは分からないため、下層植生の有無や平均高を把握することが必要です。
- ・RTK 基地局は移動局との通信が必要なため、計測区域近くに設置する必要があり、正確な位置情報を得るために、上空が開けている箇所を探すことが必要です。
- ・RTK システムを誰もが活用するための指導普及や、マニュアルの整備なども同時に進める必要があると考えます。

今後森林土木や、治山事業の現場等、RTK 計測が普及すれば林業の現場において更に広がるものと考えます。

中国地方低標高地における造林樹種の多様性に向けての一考察  
～チャンチンモドキが持つ可能性について～

近畿中国森林管理局 森林技術・支援センター 坪倉 真

## 1 はじめに

### (1) 背景と現状

戦後に植栽された人工林が利用期に達している現在、林業適地での主伐後の再造林の重要性が、公益的機能の維持等の観点からも高まっています。

最近はウッドショック等の影響で材価が高騰しましたが、徐々に市場価格も下降している状況であり、従来の方法で再造林しても林業として採算が取れない状況が続き、森林所有者の経営意欲が低下していることが課題となっています。

現在中国地方の低標高地では、ほぼスギとヒノキが再造林されており、再造林時の初期投資額が大きな負担となっています。

そのような状況の中、新たな造林樹種としてチャンチンモドキに着目し、他樹種との比較により、導入に向けての考察を行いました。

### (2) チャンチンモドキとは

樹木の詳細については以下のとおりです（写真－1）。



学名：Choerospondias axillaris

科名、属名：ウルシ科チャンチンモドキ属  
落葉広葉樹

別名：カナメノキ

分布：中国南部 タイ、ベトナム、  
ネパールなど、九州(福岡が北限)

特性：雌雄異株、9月～10月に果実が熟成  
幹は通直

材の利用：建築材、家具材、合板材  
(中国)

その他の利用：樹皮 軟膏の材料 (中国)

種子 数珠の材料 (中国)

果実 食用 (ネパール)

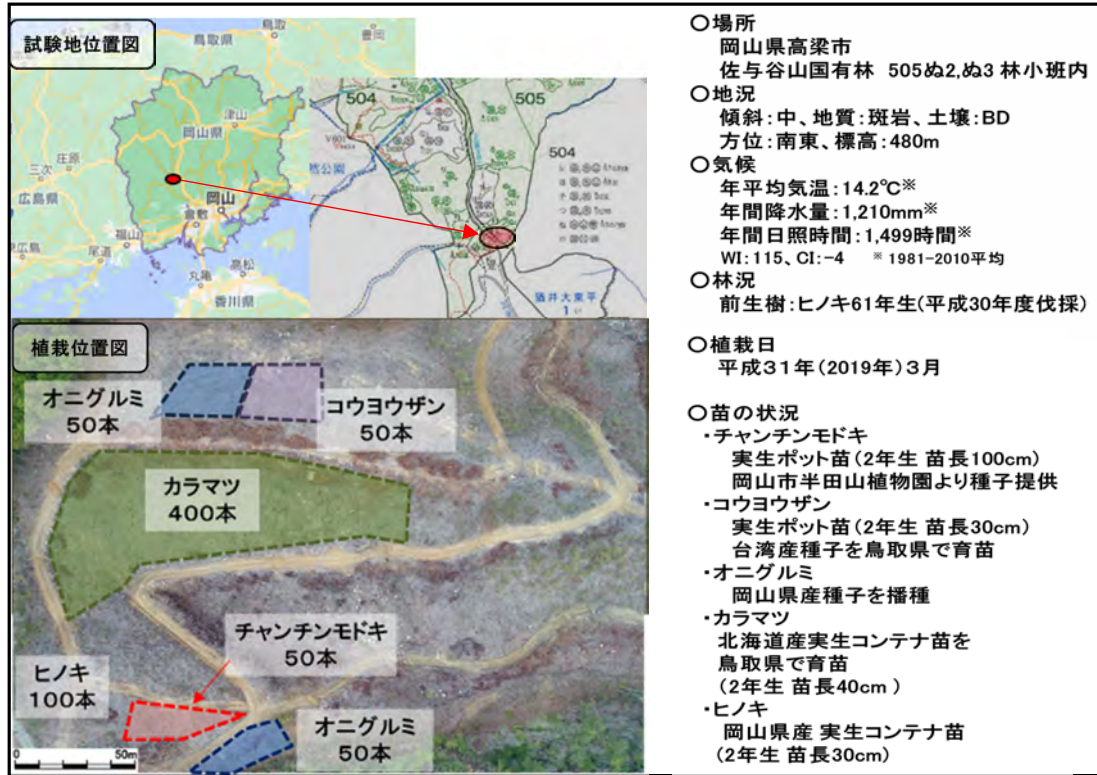
神への捧げ物としてヒンズー教の多くの儀式で利用されています。

写真－1 60年生のチャンチンモドキ

## 2 調査の概要

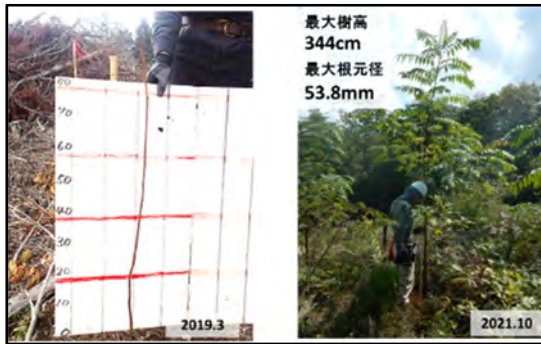
岡山県の中中部、高梁市内の佐与谷山国有林内の試験地において、チャンチンモドキ、オニグルミ、カラムツ、コウヨウザン、ヒノキの植栽を行い成長量(平均根元径、平均樹高、樹高成長率)、枯死率、コスト比較を行い、そこから得た樹種毎の特性から総合評価を行いました。

植栽試験地の詳細は以下のとおりです（図－1）。

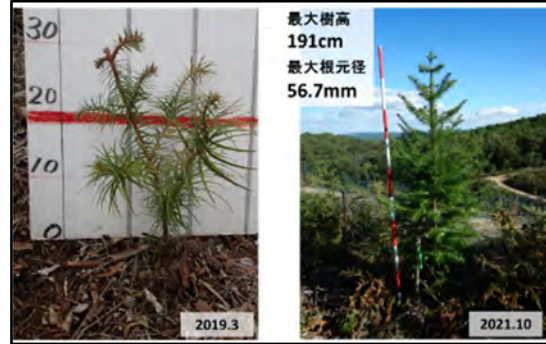


図－1 植栽試験地の詳細

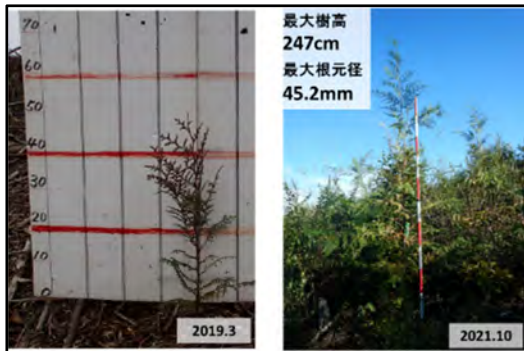
各樹種の植栽直後と植栽後3年半が経過した状況は以下のとおりです。



写真－2 チャンチンモドキ



写真－3 コウヨウザン



写真－4 ヒノキ



写真－5 カラマツ



写真－6 オニグルミ

今回の試験地においては、チャンチンモドキ、コウヨウザン、ヒノキが順調に生育している反面、カラマツ、オニグルミ（播種）の成長が悪い結果となりました。

### 3 調査結果

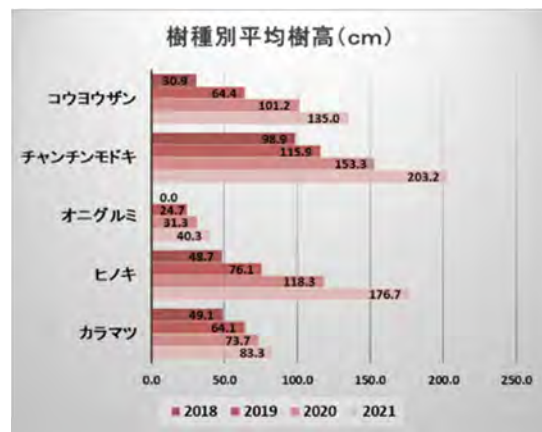
#### (1) 成長量調査

2018～2021年の樹種別平均根元径と平均樹高は（表－1、表－2）のとおりです。

表－1 平均根元径



表－2 平均樹高



平均根元径については、植栽後3年半が経過した時点でチャンチンモドキ、コウヨウザン、ヒノキの順に数値が大きい結果となりました。また、カラマツの根元径の成長が停滞している状況です。

平均樹高については、チャンチンモドキ、ヒノキ、コウヨウザンの順に数値が大きく、ヒノキについては4年目に大きく樹高を伸ばしました。

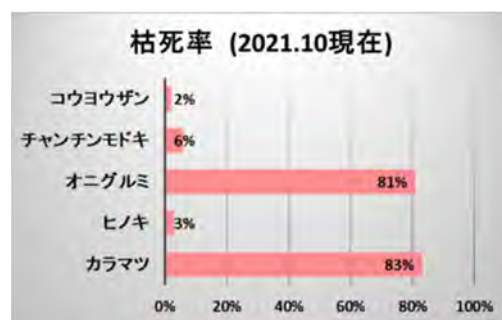
#### (2) 樹高成長率、枯死率調査

2018～2021年の樹高成長率と枯死率は（表－3、表－4）のとおりです。

表－3 樹高成長率



表－4 枯死率





樹高成長率についてはコウヨウザン、ヒノキ、チャンチンモドキの順に高くなり、カラマツが一番低くなりました。

枯死率についてはコウヨウザン、ヒノキ、チャンチンモドキの順に低くなり、カラマツについては83%が枯死しました。枯死原因については森林総合研究所関西支所に土壌や枯死木を鑑定してもらったところ、ヒノキに適した土壌によく見られる菌(暗色枝枯病菌、疫病菌 (phytophthora cinnamomi))の影響のほか、夏期の高温、乾燥によるものではないかという知見を頂きました。

#### 4 考察

##### (1) コスト比較

樹種毎の1 haあたりの造林コストは以下のとおりとなりました(表-5)。

表-5 1 haあたりの造林コスト

| 樹種       | haあたり<br>植付本数 | 1本単価 | 植付作業費   | 下刈経費<br>4年分 | 合計        |
|----------|---------------|------|---------|-------------|-----------|
| チャンチンモドキ | 2,000         | 383  | 220,000 | 0           | 986,000   |
| コウヨウザン   | 2,000         | 220  | 220,000 | 0           | 660,000   |
| カラマツ     | 2,000         | 250  | 100,000 | 640,000     | 1,240,000 |
| ヒノキ      | 2,000         | 216  | 100,000 | 640,000     | 1,172,000 |
| オニグルミ    | 2,000         | 460  | 220,000 | 640,000     | 1,780,000 |

オニグルミに関しては、苗木を購入したものととして計上しました。

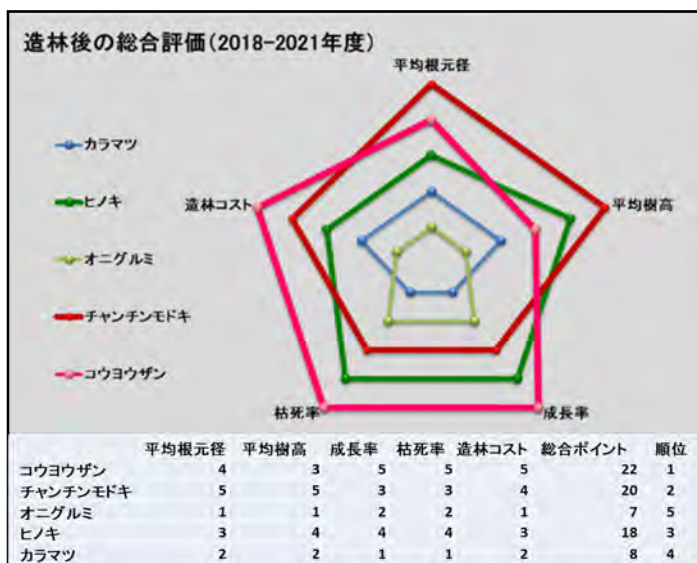
今回の試験地ではチャンチンモドキ、コウヨウザンについては、植栽後から無下刈、カラマツ、ヒノキ、オニグルミは下刈を実施しました。

結果、コウヨウザン、チャンチンモドキ、ヒノキ、カラマツ、オニグルミの順で造林コストが安価になりました。

##### (2) 総合評価

先ほど比較した樹種ごとの平均根元径、平均樹高、樹高成長率、枯死率、造林コストについて、成績の順に採点し、レーダーグラフにまとめました(表-6)。

表-6 総合評価レーダーグラフ



総合ポイントを比べると、コウヨウザン、チャンチンモドキ、ヒノキの順となりました。

ヒノキは全体的にバランスが良く、この試験地はあらためてヒノキの適地であることが確認できました。

総合ポイントでヒノキより上位となったチャンチンモドキとコウヨウザンについては、ヒノキの適地に植栽できる可能性が示されました。

(3) 樹種の選定

ア 分布からの考察

樹種の選定について、樹種ごとの分布から考えました (図-2)。



図-2 植生分布からの考察概念図

中国地方低標高地に多く見られるヒノキ適地を基準として、北方系に属するカラマツ、南方系に属し、タイ、ネパールなど西寄りに自生するチャンチンモドキ、中国、台湾など東寄りに自生するコウヨウザン、今回の調査結果から北方系に属するカラマツよりも南方系に属するチャンチンモドキ、コウヨウザンの方が良い成績であることがわかりました。

この傾向については、地球温暖化によるそれぞれの樹種の北限、南限が北上していることを示しているのではないかと推測されます。

イ 他の要因からの考察

先ほどの考察に別の要因をプラスして樹種選定を行いました (図-3)。

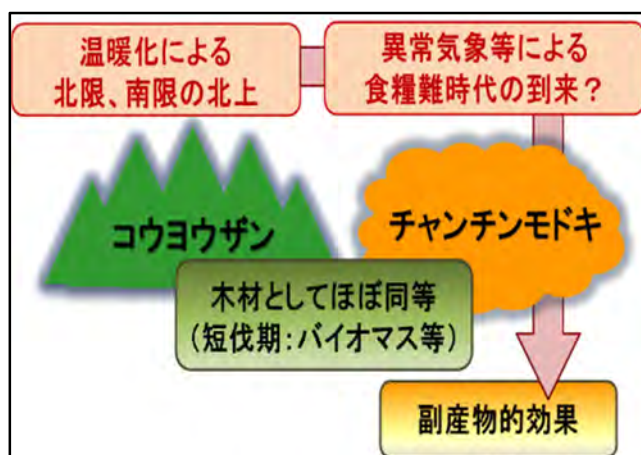


図-3 他の要因からの考察概念図

先ほど選抜されたコウヨウザン、チャンチンモドキのどちらも木材の強度的な特性や伐期などはほぼ同等で現在の子な用途は木質バイオマス発電等です。

これからの樹種選定にあたり、温暖化の影響プラス、異常気象と言われるようになった近年の傾向から食糧難の時代がくることも予想されます。

そこで、果肉を食材などで利用でき、副産物としての効果を持ち合わせたチャンチンモドキを新たな造林樹種として選択しても良いのではないかと考えます。

ウ チャンチンモドキの施業イメージ

チャンチンモドキの施業イメージについては (図-4) のとおりです。

まずは近隣の自生地等から種子を調達し苗を育て、その中から母樹として大きく育てる樹木と 15 年サイクル以内の萌芽更新で木材生産を行う樹木に振り分けます。

チャンチンモドキは樹齢 7 年生以降で結実するとされているので、最初の収穫までの間は、母樹から採れる実や種、樹皮を副産物として利用しながら収入を確保しつつ木材生産と副産物生産を同時進行するイメージです。



図-4 チャンチンモドキの施業イメージ

## 5 まとめ

再造林の時の樹種を選択するには、今後予測される、さまざまな社会的要因も考慮する必要があります。

今回は一つの基軸として、「温暖化」、「食糧難」について考慮し樹種を選定しました。その基軸から見えてくる新たな発想としては、人工林を木材プラスアルファの生産拠点として活用するという考え方も導き出されました。

しかしながら、今回の選定が必ず正解であるとは言えません。

今後はその時代の環境やニーズに即して柔軟に対応できる「かまえ」や「そなえ」が必要となります。

このような取り組みの積み重ねが、持続可能な社会の構築に貢献できるものであると考えます（図-5）。

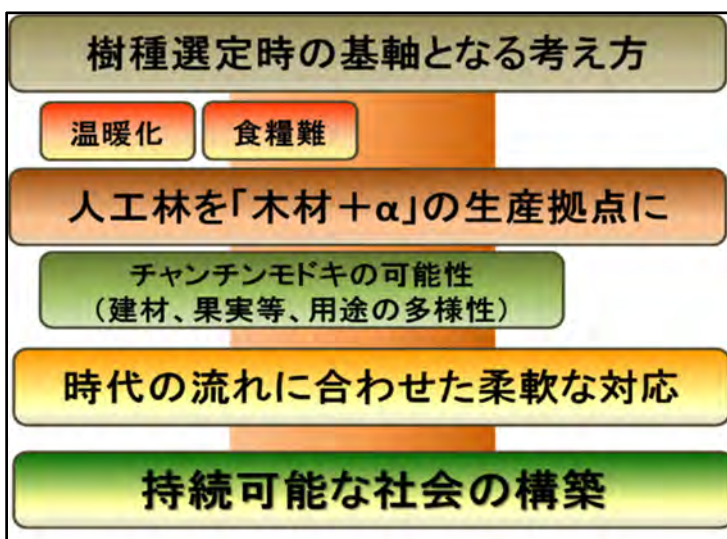


図-5 これからの樹種選定概念図

## 脛 4 m材を 2 本継手接合した実用可能な技術開発について ～ 4 m材の可能性を目指して～

木構造建築研究所田原 代表 田原 賢

### 1 課題を取り上げた背景

岡山県新見市のヒノキ生産量は多く、その木材産業の中心は原木の大きさから出発し、それらの原木から製材され、横架材等の製品が市場へと流通されているのが現状です。

全国的にも国産材の原木長さが一定の定尺 4 m で統一されており、その規格・長さで木材製品が生産され、建築用材に使われているが、近年の大型木造における 4 m 以上の空間には 4 m 材では長さが足りないため、集成材や鉄骨に変更して対応しているのが一般的です。

そこで木質構造の分野から見ても 4 m 材 + 4 m 材で 8 m 材が可能ならば、今後の国産材の可能性が大きく広がるものと思われ、その可能性について実用化に向けた検証実験を行いました。

### 2 経過

現在の「ウッドショック」と言われている、集成材や鉄骨でなければ不可能と思われる大きな空間を木造建築として実現可能なことを木造関係者（木材関係者・設計者・施工者等）に見ていただき、この内容でヒノキ材の可能性を広げて行きたいと、公開実験を企画したものです。

素材生産現場では 8 m 材の材長で伐採されなくて、ほとんどの玉切長さは 4 m で統一されており、この長さ以上が必要な場合には「特注扱い」になるので、生産現場でも数本の特注材のために、乾燥の窯への搬入やプレカット機械での加工に配慮しなければならず、コストアップの要因になっているのが現状です。

### 3 実行結果

検証実験の結果、2 階の床梁でスパン 4 間 (7.28m) の実証実験で建築基準法の積載荷重をのせた結果は、たわみ量は約 10 mm で、実際には中央部で 7 mm 程度の上方向のむくりに付けているので、実質は 3 mm 程度でした。

したがって、3 mm 下がり水平レベルに対しての実質のたわみ量となっており、建築基準法の制限値 20 mm 又は 3/1000 よりも 4 倍以上の性能（居室積載荷重に対し）が担保されたことを確認しました。

### 4 考察

一般的なヒノキ構造材を集成材でなければできないと思われていた大きな空間の構造材に 4 m 材が活用できれば、今後の世界情勢から起こる再度の「ウッドショック」に対応できるのではないかと思います。

こう言った川下側からの木構造の技術開発を行うことで、一般的な 4 m 材を繋いで大空間が可能であることを木造関係者に理解していただき、これから新見市を初め日本各地のヒノキ構造材の可能性を川下側から提案し積極的な取組をしたいと考えています。

「緑をとりもどせ！」  
～生物多様性の保全と土砂崩壊の防止を目指して その4～

鳥取県立智頭農林高等学校 森林科学科3年 ○木村 梓馬  
○坂本 雅治  
川下 翼  
三村 匠

## 1 これまでの経緯

鳥取県八頭郡智頭町にある本校の演習林には、近くの村の方が「かや場」として活用されていた草原がありました。しかし、7年前、ススキが一斉に枯死して裸地となり、その後、シカの食害を受けて、草原は復元されず、山腹斜面は崩壊地となっています。その結果、草原に生息していた野鳥が見られなくなるなど、生態系の多様性の減少と、崩壊土壌が道路暗渠を埋めるなどの状況が生じています。4年前より、この裸地の緑化復元活動に取り組み始めました。以前森林・林業交流研究発表会で発表をした際、審査委員の先生方から、マザーツリーの観点から、大きな株を植えて繁茂の拠点をつくること、また、シカの食害を防ぐために防護柵を設置することなどのアドバイスをいただき、基礎研究をすすめてきました。

昨年度は、鳥取県林業試験場の村上場長様と智頭町で「森の山人塾」の代表をされている元鳥取大学農学部林学科教授の山本福壽様から助言を受けました。

その中で、本年度は、この3つの研究に取り組むこととしました。

- ・平坦地造成と防護柵によるススキの定植
- ・忌避植物による崩壊地保護と森林化
- ・ヤナギの丸太による小川の土留め工

## 2 方法と結果

### (1) 平坦地の造成と防護柵によるススキの植栽

#### ア 方法

2月25日、鳥取県林業試験場を訪問しました。場長の村上様、研究員の矢部様より、シカの被害状況と山腹斜面緑化の方法についてお聞きしました。

その中で、「崩壊地の緑化の第一歩は土砂の移動を止めること」、「森林化には長期計画が必要なこと」、「多雪地域に植栽した樹木をシカの食害から守る方法」を学びました。そこで、ススキの繁茂にむけて土砂の移動を止めるために、まず斜面を掘削して平坦地を造り、そこにススキの大株を植え、さらに防護柵で囲むことで、ススキをシカの食害から守りながら、抵抗性のある大株を短期間で育成することを目標としました。まず、平坦地をつくるための掘削箇所を決めました。

3月下旬、造園用のミニコンボを使って、幅1m、長さ50mの平坦地を造成しました（写真1）。

4月20日、休耕田のススキの大株を掘り取りました。株は運搬を考慮して直径30cm程度としました。平坦地に2m間隔で15本植えました（写真2、3）。

4月30日、周辺をワイヤーメッシュ防護柵で囲いました。幅1m、高さ1mです。15本のうち、13本を囲い、残り2本と比較しました（写真4）。



写真1 平坦地の造成



写真-2 ススキ植栽



写真-3 防護柵の設置



写真-4 設置状況

#### イ 結果

植栽したススキは、順調に成長しました（写真5）。

昨年は6月下旬にシカの食害を受けましたが、防護柵の効果で食害は受けませんでした。防護柵で囲わなかった株は、食べられて枯死しました（写真6）。



写真-5 ススキの成長



写真-6 シカの食害

7月13日の観察で、防護柵からはみ出る葉がありました。そこで、7月20日、シカに忌避効果があるとされるピンクのビニルテープをワイヤーメッシュの上50cmに張りました（写真7）。

10月19日、写真のような状況です（写真8）。防護柵以上に伸びた葉は食害されず、9月には開花しました。防護柵近くで葉が食害されていることが見られました。



写真-7 テープの設置



写真-8 ススキの成長（開花）

## (2) 忌避植物による崩壊地保護と森林化

「森の山人塾」の山本福壽様から、昨年度試みたミツマタとアセビの葉の煮汁をススキに噴霧する方法では忌避効果が長続きしないことをご指摘いただきました。

さらに、ニホンシカの忌避植物の苗を植えることで、崩壊斜面の保護と森林形成を促す方法を提案していただきました。そこで私たちは、「シカの忌避樹木を山腹斜面に植栽し、裸地を森林化する。」ことを目標としました。

緑の募金公募事業「次世代の森づくり人材育成基金」の採択を受けて、シカの忌避植物 10 種類の苗木を各 20 本ずつ購入しました。

忌避植物はネジキ・レンゲツツジ・ウリハダカエデ・ゴマキ・ミツマタ・エゴノキ・アセビ・シロダモ・ソヨゴ・シキミです。

8月17日、作業工程と現場の確認を行いました。植栽時期は落葉する10月下旬としました。10月20日、支柱にする杭をモウソウチクで作りました。10月25日、植栽する樹木苗が搬入されました。10月26日と11月2日の2日間、山本先生の指導で斜面に植栽する方法を学びました。森林となった時を創造しながら、2m 間隔で斜面に植栽する位置を決めて植栽しました。

雪害等で倒伏・根こげを起こさないように竹の杭を打ち込み苗木を支えました(写真9、10)。成長を経過観察するために、樹高をはかり記録しました。



写真-9 忌避樹木の植栽



写真-10 雪圧に備えて支柱をする

## (3) ヤナギの丸太による小川の土留め工

昨年度、ヤナギの活着の良さと成長の早さに注目し、崩壊斜面下部に流れる小川にヤナギを使った河畔林を形成させ、あわせてヤナギの丸太を使って豪雨時の土砂流出を止められないか試みました。

ヤナギの丸太を使って、小川を横断するようにX字に二段の土留めを設置しました(写真11)。

本年度も研究を継続し、昨年度設置したヤナギの成長を観察しました。



写真-11 ヤナギの丸太をX字に二段

その結果、4月23日、丸太から新芽が伸長していることが確認されました。

4月27日、シカの食害を受けないように2m×1m、高さ1mでワイヤーメッシュの防護柵で囲いました（写真12）。

大雨が降った後の、6月14日観察すると、上流からの土砂で防護柵大きく曲がっていました。しかし、丸太で土砂は止まり、伸長した新芽も無事でした。

集中豪雨のあった後、7月8日に観察すると、流路が変化していました。伸長したヤナギは無事で、シカに食べられた跡はありましたが、ヤナギは1m40cmまで成長しました（写真13）。



写真-12 防護柵の設置



写真-13 ヤナギの成長状



写真-14 豪雨により倒伏

学校が3日間休校になるほどの集中豪雨が続いた後の7月13日に観察しました。防護柵は流出土砂と岩でなぎ倒され、伸長していたヤナギも倒れていました（写真14）。

ヤナギの生命力に期待して、岩を取り除き、防護柵を元通りにしました。7月20日、倒れたヤナギの枝から新たに新芽が伸長して、前回ほどの数ではありませんでしたが、枝が30cmほどに伸びているものが観察されました。防護柵の上にピンクのビニルテープを張り、観察を続けることとしました。8月20日の観察で、再び流路が変化しましたが、ヤナギは成長していました（写真15）。10月27日の観察で、萌芽した枝が1m20cmまで伸び、一番太いもので12mmでした（写真16）。



写真-15 流路が変化する



### 3 考察

#### (1) 平たん地の造成と防護柵によるススキの植栽

斜面に平たん地を作ること、土の移動が抑えられススキの株の定着が促されました。今回はミニコンボを使い幅1mで敷設しましたが、十分な幅だったと思われます。防護柵についても1mの高さでシカの食害を防ぐことができました。

ピンクのビニルテープの効果ははっきりしませんが、防護柵の上から食害された跡は見られませんでした。ススキの成長に1mの高さの防護柵とテープで可能と思われます。しかし、ミニコンボでの敷設は場所も限られ、小規模になります。

また、積雪による防護柵の破損も考えられ、来年以降も観察を続けます。



写真-16 ヤナギの成長状況

#### (2) 忌避植物による崩壊地保護と森林化

長期的な計画を立て、森林の育成という新たな事業を始めました。仲間の助けを受け200本の樹木を植えることができました。また、報道機関でも取り上げていただき、「緑の募金」事業の趣旨を達成することができました。

今後、定着、伸長については観察をつづけます。また、今回は緑化対象地のごく一部の植栽でしたから、今後3年間、同様の植林を続けることで、面積を増やしたいと思います。同時にシカの食害や急傾斜地の雪害等の影響について調査していきたいと思います。

#### (3) ヤナギの丸太による小川の土留め工

小川を横断する形でヤナギの丸太を設置して林を形成させると同時に土留めとして利用する試みは、X字の2段にするとかなりの土砂にも耐えます。しかし、伸長した枝がシカによって食べられないように防護柵で囲うことは食害には効果がありますが、集中豪雨時の土砂流出にはメッシュ柵が耐えられません。完全にヤナギは枯死しませんが、十分な大きさに成長するまでに集中豪雨に合う危険性は十分にあり、今後も研究が必要です。

### 4 おわりに

研究を始めてから4年がたち、大きな成果等は得られていません。しかし、この発表会の審査委員の先生をはじめ、林業試験場の方や地域の有識者の方の励ましや助言をいただく機会に恵まれています。

シカの食害による林床植物の消滅や斜面の崩壊などが、地元智頭町では大きな課題となっています。課題解決に向けて地道な研究を続けることで、温かな励ましに答えていきたいと思っています。

また、今年から緑の募金公募事業の補助金を頂いて、研究が進められています。今後は市民の方々にも森林の公益的な機能について発信し、森林の大切さを伝えていきたいと思っています。

平成 30 年台風 21 号等災害からの復旧について  
～貴船山国有林風倒木被害地の早期復旧に向けて～

京都大阪森林管理事務所 総括 治山 技術 官 ○仲保 裕博  
治山グループ 係員 野崎 花音

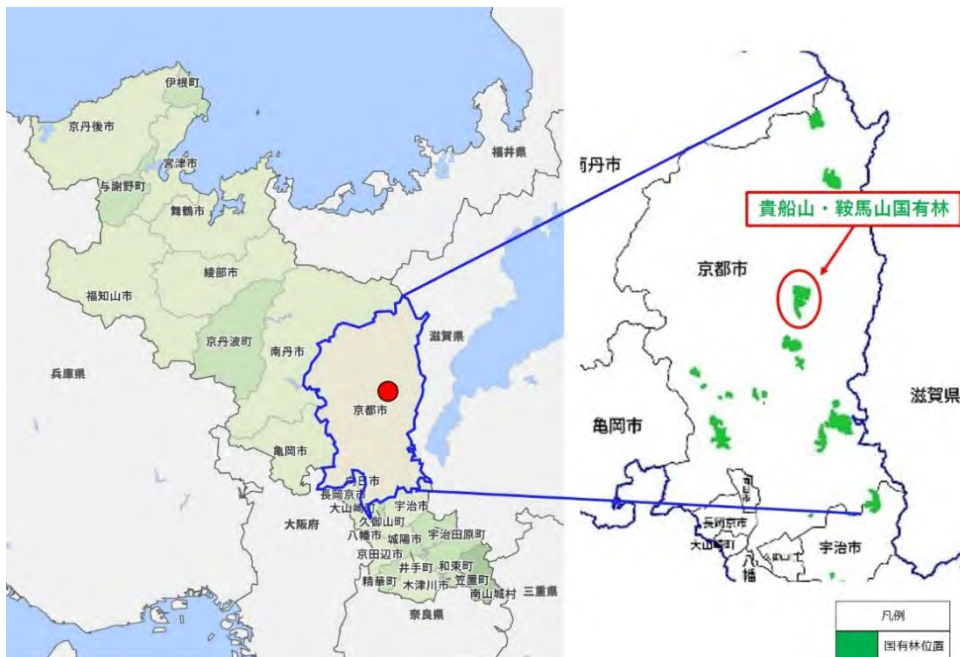
## 1 平成 30 年台風 21 号の被害状況について

平成 30 年 9 月 4 日に近畿地方を通過した台風 21 号は、昼頃から暴風となり、京都市内では最大瞬間風速 39.4m を観測しました。

京都府内では、負傷者や家屋の一部損壊などのほか、国宝の重要文化財や観光名所の社寺仏閣に多大なる被害を与えました。

この台風の影響により、京都大阪森林管理事務所管内においても、京都市中心部から北部の山合に位置する、貴船山国有林、鞍馬山国有林において大規模な風倒木被害が発生しました（図－1）。

貴船山国有林周辺は、京の奥座敷として貴船神社や、川床料理で有名な料理旅館が建ち並び、風光明媚な観光名所となっています。



図－1 貴船山国有林・鞍馬山国有林 位置図

## 2 森林再生全体計画(貴船・鞍馬)について

この被害からの復旧にあたり、地域住民の安全・安心な暮らしを守るとともに、観光・景観への配慮など多角的な視点から森林再生のあり方を検討するため、有識者からなる検討委員会を立ち上げ、その成果を「平成 30 年台風 21 号等被害に係る森林再生全体計画」として取りまとめ、森林再生に向けた方向性と箇所別の復旧計画が策定されました（図－2）。

森林再生計画の実施にあたっては、地域住民の理解と協力を求めるため住民説明会を開催し、台風被害の状況、復旧方法、今後の見通しなどについて説明を行いました。

平成30年台風21号等被害に係る森林再生全体計画(貴船・鞍馬) 概要



図-2 平成30年台風21号等被害に係る森林再生全体計画(貴船・鞍馬) 概要

3 貴船山国有林の被害状況について

写真-1は、風倒木被害の発生した貴船山国有林を上空から撮影した写真です。

貴船山国有林は、三角末端面が谷沿いに連続している地形となっており、斜面は35度以上の急傾斜となっています。



写真-1 貴船山国有林の地形



図-3 風倒木被害位置

図-3は、風倒木被害を表した位置図です。貴船山国有林、鞍馬山国有林では赤線で囲った範囲においてスギ、ヒノキ林を中心に53箇所、面積として約13haの風倒木被害が発生しました。

写真-2は、貴船山国有林の風倒木被害発生当時の写真です。急勾配の斜面では、ほぼすべて北側に向かって立木が共倒れしており、写真-3のように林内では風倒木が折り重なっているのが分かります。



写真－２ 貴船山国有林の被害状況



写真－３ 林内の被害状況

#### 4 風倒木の搬出について

これらの地形や被害状況を踏まえ、風倒木の搬出方法について検討しました。

通常は写真－４、写真－５のように作業道を作設し、高性能林業機械を使って立木を搬出するのが一般的な方法です。

しかし、作業道は低コストで設置することができますが、写真－６のように崩れ易い地形で作設すると作業道が起因となる崩壊が発生するリスクがあります。写真－７は風倒木被害から数年が経過し、林内に放置された被害木が大雨の影響により斜面を落下し、直下の道路周辺施設が被害を受けた状況です。



写真－４ 国有林内作業道作設状況



写真－５ 作業道での搬出状況



写真－６ 作業道崩落状況



写真－７ 道路周辺施設の被害状況

このようなリスクがある中で、貴船山国有林は急傾斜で崩れやすい地形であること、施工地直下に民家などの保全対象があるなど非常に厳しい条件の中で、斜面への負荷を軽減することを第一に考え、次に不安定な状態の風倒木をいち早く撤去する必要があると考えました。

これらを考慮した結果、ヘリコプターとモノレールを使って風倒木を搬出することとしました。

また、森林再生計画に基づき、優先順位が高い料理旅館上部斜面、叡山電鉄上部斜面について令和2年度より治山事業を開始しました（図-4）。



図-4 治山事業実施箇所

## 5 治山事業の実施方法について

次に治山事業施工箇所①料理旅館上部斜面の施工区域について説明します。

風倒木を搬出する区域は約1haとなっています。ヘリコプターで搬出する区域は直下の保全対象に風圧などの影響が出ないように青色で囲った範囲としました。モノレールで搬出する区域はヘリコプターの近づけない保全対象に隣接するオレンジ色で囲った範囲としました。端尺材や枝条などの搬出は広範囲となり、人力による施工となるため、モノレールを3路線設置しました（図-5）。

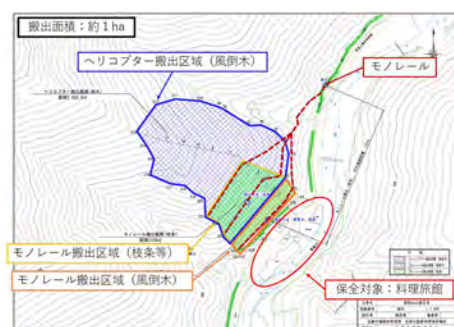


図-5 治山事業施工箇所①

次に治山事業施工箇所②叡山電鉄上部斜面の施工区域について説明します。

風倒木を搬出する区域は約0.5haとなっています。施工箇所直下には叡山電鉄が走っていますが、令和2年7月の大雨により、国有林と同じく平成30年に台風被害を受けた民有林が崩落し、電車の運転が長期間に渡り休止となりました。

この災害発生直後、叡山電鉄上部斜面は全てヘリコプターにより風倒木の搬出を行うこととしました。

端尺材や枝条等は料理旅館上部斜面と同じようにモノレールを3路線設置して搬出を行いました（図-6）。

それでは、実際の作業状況について写真で説明します。



図-6 治山事業施工箇所②

## 6 ヘリコプターによる搬出について

写真-8は、実際に風倒木を運搬したヘリコプターです。通称 K-MAX とよばれる機体で、貨物輸送専用のヘリコプターです。最大積載量は2.2tで約50mの長吊りロープを使って風倒木の搬出を行います。

次に風倒木の搬出作業について説明します。ヘリコプター作業に支障となる立木や傾斜した被害木などをあらかじめ写真-9のように伐採しておきます。次に写真-10のように、概ね一回の運搬量が1.5t以下となるように玉切りを行い、風倒木にスリングワイヤーロープを巻き付けます。



写真-8 カマン式 K-1200 型



写真-9 伐倒作業及び枝払い作業



写真-10 ワイヤロープ巻き付け

次にヘリコプターによる搬出作業状況です。写真-11のように長吊りロープの先端フックに、スリングワイヤーロープを引っ掛けて一度に数本の風倒木を引き上げ、写真-12のように約2km先の土場まで運搬します。



写真-11 ヘリコプター搬出作業

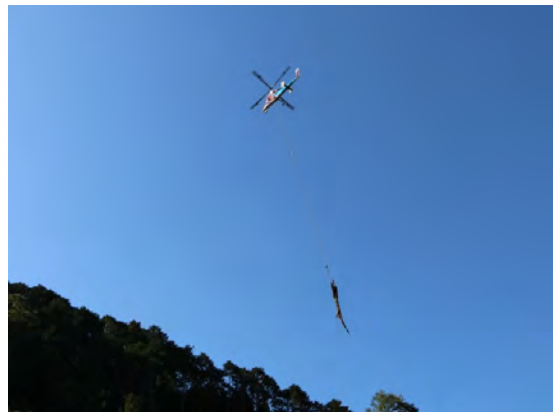


写真-12 2km先の土場へ運搬

土場では、写真-13のようにヘリコプターが運んできた風倒木の造材作業を行い、写真-14のように集積しました。



写真-13 造材作業



写真-14 造材集積した風倒木

## 7 根株の搬出について

写真-15 は、風倒木の搬出作業のあと、根株が斜面から転落した状況です。貴船山国有林での風倒木被害はスギやヒノキが根っこから根返りしたものが多数を占めており、施工地内では風倒木や根株が転落しないようワイヤーロープで固定していました。

不安定な状態の根株は付着した土石が落下する恐れがあり、安全性が確保できないため、ヘリコプターで搬出することができませんでした。

これらの不安定な状態の根株は現場内から撤去する必要があるため、写真-16 のように根株周辺の根切りを行い、落下する恐れのある土石の取り除きを行いました。

写真-17 は根株の処理が終わり、スリングワイヤーロープを巻き付けた状況です。これにより、安全性が確保され、根株を運搬することができました。

表-1 はヘリコプターによる搬出作業をとりまとめたものです。

ヘリコプターによる作業日数は、料理旅館上部斜面で5日、叡山電鉄上部斜面で4日、合わせて9日間でヘリ作業を終了しました。ヘリコプターの飛行回数は合計で521回、風倒木の運搬重量は合計で約650t、根株運搬の飛行回数は合計で107回、根株の運搬個数は合計で127個となりました。



写真-15 斜面から転落した根株



写真-16 根株の根切り、土砂撤去作業



写真-17 ワイヤーロープ巻き付け

表-1 ヘリコプター搬出作業集計表

| 工事施工箇所 | 倒木運搬      |      |         | 根株運搬 |      |
|--------|-----------|------|---------|------|------|
|        | ヘリ作業      | 飛行回数 | 重量(t)   | 飛行回数 | 運搬個数 |
| 料理旅館上部 | ①R2.6.1   | 70   | 100.9   |      |      |
|        | ②R2.6.2   | 71   | 97.9    |      |      |
|        | ③R2.6.3   | 55   | 67.2    |      |      |
|        | ④R2.6.23  | 67   | 69.1    | 16   | 16   |
|        | ⑤R2.6.24  | 56   | 52.4    | 54   | 54   |
|        | 小計        | 319  | 387.5   | 70   | 70   |
| 叡山電鉄上部 | ①R2.10.13 | 79   | 97.6    |      |      |
|        | ②R2.10.20 | 77   | 103.4   |      |      |
|        | ③R2.10.28 | 27   | 36.3    | 37   | 57   |
|        | ④R2.10.29 | 19   | 23.7    |      |      |
|        | 小計        | 202  | 261.0   | 37   | 57   |
| 合計     | 9日        | 521回 | 648.5 t | 107回 | 127個 |

写真-18 はヘリコプターによる搬出完了後、モノレールを設置して林内に残った端尺材や枝条などを人力で搬出している状況です。

写真-19 は枝条などの搬出が完了し、法面清掃が完了した状況です。



写真-18 モノレール搬出

写真-19 法面清掃後

## 8 高強度ネット斜面安定工について

写真-20 は、法面整形後の斜面に高強度ネット斜面安定工を施工した状況です。

高強度ネット施工面には、搬出不可能な斜面に埋没した根株が多数残っており、これらの根株は露出した部分の根切りを行い、写真-21 のように根株の上から高強度ネット覆い、しっかりと斜面に固定しました。

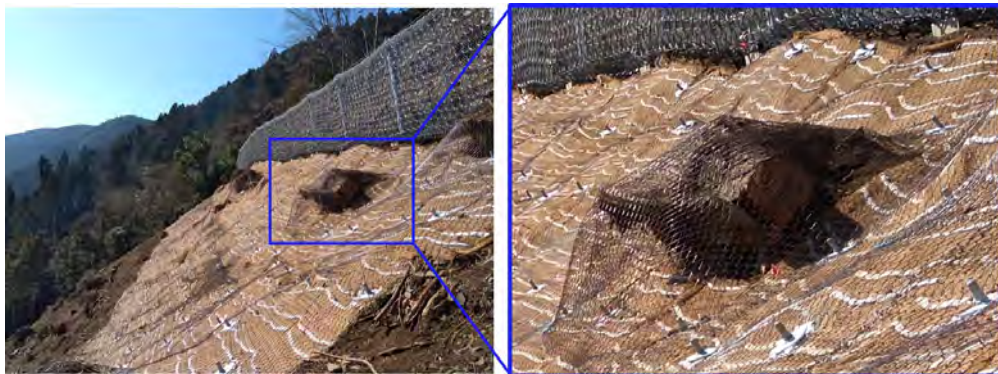


写真-20 高強度ネット斜面安定

写真-21 埋没した根株の固定状況



## 9 施工後の状況について

写真-22 は、令和2年度の工事完了時点での料理旅館上部斜面の比較写真です。斜面崩壊防護柵工の設置も完了し、斜面は安全な状態となりました。令和3年度から残りの高強度ネット斜面安定工を順次施工し、令和4年度に治山工事が完了する予定です。

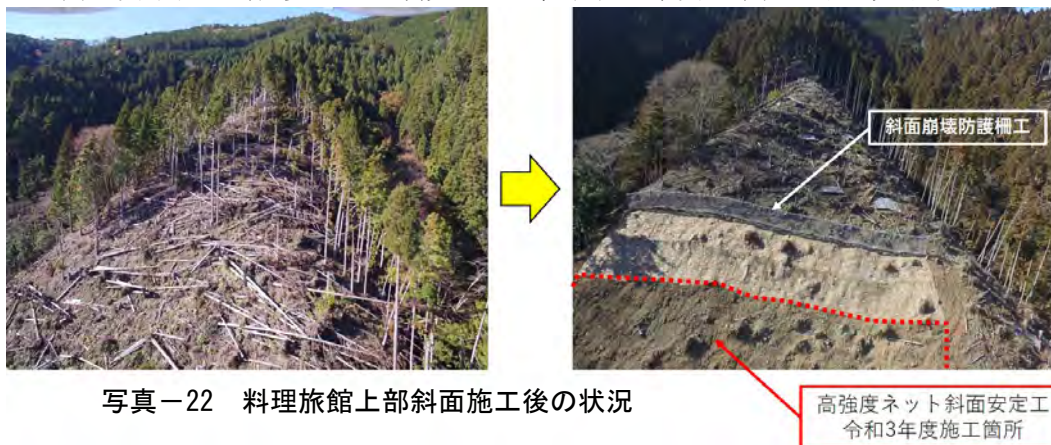


写真-22 料理旅館上部斜面施工後の状況

写真-23 は、今年8月に撮影した叡山電鉄上部斜面の状況です。

写真の左奥法枠工施工地は昨年7月に崩落した民有地の復旧状況です。

手前側は風倒木被害のあった国有林の状況です。電車の運転休止期間中に風倒木の撤去が完了し、今年度の治山事業で落石防護柵の設置が完了しました。

叡山電鉄は、1年2ヶ月の運転休止期間を経て、令和3年9月18日運転を再開しました。



写真-23 叡山電鉄上部斜面施工後の状況

## 10 考察

貴船山国有林風倒木被害地の復旧工事を実施して、次のように考察を取りまとめた。

- (1) 平均傾斜が35度を超えるような急傾斜地では、作業道作設による崩落の危険性があるなど災害のリスクが高くなる。
- (2) 災害リスクの高い施工地においてヘリコプター等を利用することは、作業道を作設するよりも斜面への負荷を軽減することができる。
- (3) 現地の地形を見極めつつ、保全対象への影響を考慮した工法を選定することが必要である。
- (4) ヘリコプター等を利用したことにより短期間に風倒木を搬出し、風倒木落下などの二次災害を防止できる。
- (5) 根返りした根株はできる限り現場内から搬出し、埋没した根株は確実に地山に固定することにより、斜面の安定を確保する必要がある。

これらのことから、大規模な風倒木被害地の復旧工事は施工地直下の保全対象に対して「安心・安全」な方法を選択することが大切です。

最後となりましたが、今後においても現地の地形、保全対象などへの影響などを考えながら工法を選択し、地域住民の皆様が安心して暮らせるよう、風倒木被害地の早期復旧に向けて取り組んでいきたいと考えています。

## ノウサギの森林被害防止のための誘引及び捕獲試験について

和歌山森林管理署 業務グループ 係員 ○安田 真菜  
係員 日吉 沙絵子

### 1 課題を取り上げた背景

わが国の造林地において、シカ及びノウサギは植栽木の枝葉や樹皮を食害し、植栽木の生長阻害や枯死を引き起こします。シカは苗木の葉を根こそぎ食べていくような食べ方をする一方、ノウサギは前歯で綺麗に茎を切って食べます。シカとノウサギのどちらによる食害かを見分けるためには、食害された苗木の切り口をよく観察することが必要です（写真－1）。

令和2年度の森林・林業白書によると、令和元年度のノウサギによる森林被害は野生鳥獣による被害面積全体のわずか3%であり、シカによる被害面積 71%と比較して圧倒的に少ない状況です（林野庁、2021）。シカによる被害への対策が積極的に進められている一方、ノウサギによる被害については1980年代から減少し（山田、2020）、それ以来、深刻な問題として扱われてきませんでした。

しかしながら、ここ数年で、造林地におけるノウサギ被害対策への関心が高まっています。四国森林管理局管内の国有林においてはノウサギによる苗木の食害が増加しており（林野庁、2021）、林野庁ではノウサギ被害が顕在化しつつあることを受け、令和3年度から新たに「ノウサギ被害対策検討事業」を予算化し、対策に取り組み始めています（林野庁、2020）。和歌山森林管理署の国有林においても、ノウサギによる苗木の折損や防護柵ネットの食い破り跡が確認されています。ノウサギはシカよりも小さく、シカ用防護柵ネットの10cm目合いの編み目をくぐり抜けてしまうことから、シカ用の防護柵設置後もノウサギによる苗木の食害が発生します。

このように、ノウサギによる苗木の食害がこれからの林業にとって大きな問題になるのではないかと考えたため、課題として取り上げることとしました。



写真－1 シカとノウサギの食害の違い

### 2 研究課題

ノウサギ被害の対策のひとつとして、捕獲が挙げられます。ノウサギを捕獲する方法として使われるのはくくりわなや箱わな、銃殺などです（山田ら、1988）。くくりわなでシカやイノシシを捕獲する場合、獣道や林道脇にヘイキューブや米ぬかを設置してシカ等を誘引し、捕獲します。一方ノウサギはシカと同じ餌では誘引できず、また、くく

りわなでノウサギを捕獲するにはノウサギの通り道を見つけ、足の置き場を予測してわなを仕掛ける必要があります、相当の経験や知識が必要です。

そこで、経験や知識の少ない初心者でも簡単に仕掛けられる、効率的なノウサギの誘引捕獲手法の開発に取り組みました。

### 3 実行内容

使用されていない森林作業道は野生動物にとって見通しと足場のよい大きな獣道となっていると仮定し、ノウサギの誘引に適した餌を特定するための誘引試験を行いました。その後、誘引試験において効果的であると判断した誘引物を用いた捕獲試験を実施しました。

#### (1) 誘引試験

##### ア 調査方法

調査地は宮城川国有林 60 林班い小班です。3 m 幅の森林作業道に誘引物を設置する場所を 2 か所設け、1 か所につき 2 台ずつセンサーカメラを設置しました（図-1、写真-2・3）。29 種類の誘引物を用意し、4 月 15 日から 8 月 20 日まで、6 回にわたって誘引物を数種類ずつ設置し、ノウサギがどの餌を好んで採食するか等をセンサーカメラで確認しました（図-2）。

宮城川国有林60林班い小班

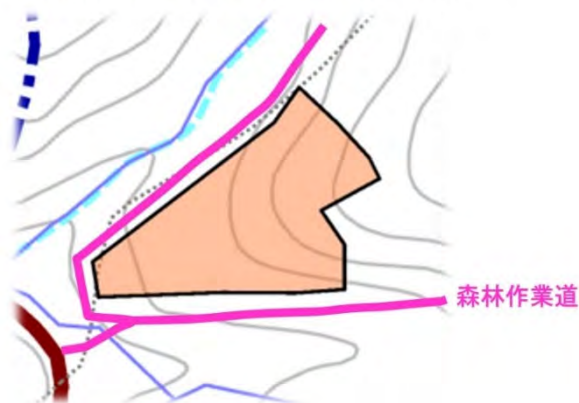


図-1 誘引試験を実施した宮城川国有林 60 林班い小班



写真-2 試験を行った森林作業道



写真-3 誘引物及びセンサーカメラ設置箇所

### 誘引物一覧

- |               |            |           |
|---------------|------------|-----------|
| • ドライフルーツ     | • クサギ      | • レタス     |
| • ピーナッツ       | • ニンジン     | • エンドウマメ  |
| • リンゴ         | • カラスザンショウ | • メダケ     |
| • サツマイモ       | • 麦        | • ミヤマイラクサ |
| • カラスノエンドウ    | • ハルノゲシ    | • クズ      |
| • タンポポ        | • クローバー    | • ツユクサ    |
| • コウヨウザン      | • サルトリイバラ  | • ネムノキ    |
| • グミキャンデー(菓子) | • サワグルミ    | • ウサギのふん  |
| • アカメガシワ      | • サンショウ    | • ヒマワリの種  |
| • キャベツ        | • ホオノキ     |           |

図－2 29種類の誘引物

確認したところ、ノウサギは29種類の誘引物（餌）のうち、カラスザンショウ、クズ、ネムノキの3種類をよく採食していることが分かりました。

この3種類について、採食の特徴や誘引物の設置位置によって採食回数が増減するかを検証するため、同じ調査地において、追加で試験を実施しました。8月20日から9月30日までの約6週間、約一週間おきにカラスザンショウ、クズ、ネムノキの設置位置を入れ替え、ノウサギの採食状況をセンサーカメラで確認しました（写真－4）。



写真－4 毎週3種類の餌の設置位置を入れ替えて約6週間試験を実施

## イ 結果と考察

試験結果は図-3、図-4のようになりました。図-3からは、どの餌もまんべんなく食べていることが分かりました。図-4はノウサギとシカの採食状況を表していますが、3種類のいずれの餌もノウサギの採食回数の方がシカの採食回数より多くなりました。ノウサギは葉が枯れても頻繁に試験地を訪れていたため、採食回数が多くなったと考えられます。

カラスザンショウの採食状況をセンサーカメラで確認したところ、シカが葉をほとんど食べた後にノウサギが残った葉と茎をかじっていました。シカは一度来ると長時間滞在し、葉だけを綺麗に食べていきますが、葉が枯れてしまったり、葉がほとんどなくなってしまったりすると、あまり訪問しなくなりました。一方、ノウサギは毎晩数時間滞在し、写真-5のように枝もかじっていくような食べ方をしていました。

以上のことから、ノウサギはカラスザンショウ、クズ、ネムノキをよく採食し、この3種類の餌によってノウサギを森林作業道へと誘引できることが分かりました。

### ノウサギによる採食状況 (8月20日～9月30日)

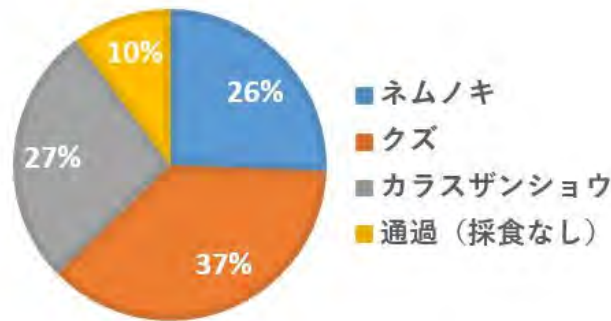


図-3 誘引物の採食割合

### ノウサギとシカの採食状況 (8月20日～9月30日)

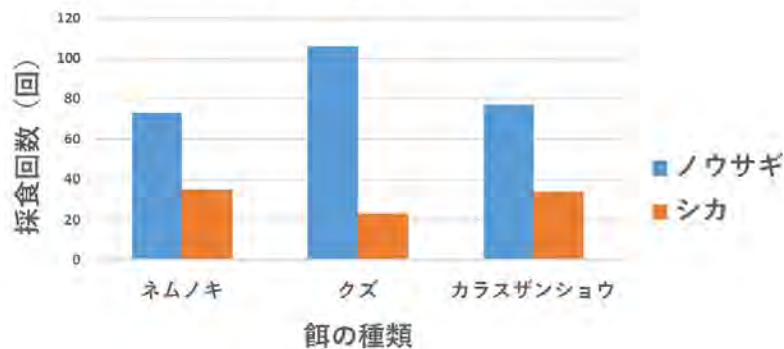


図-4 ノウサギとシカの採食回数



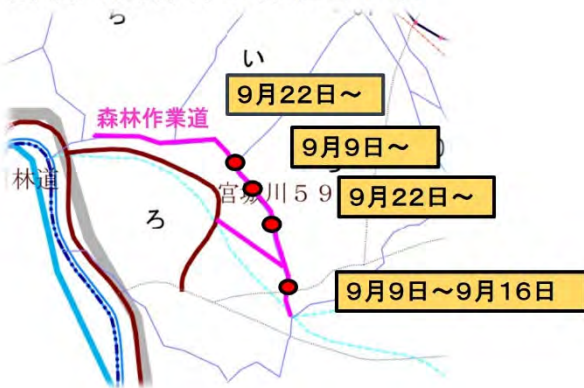
写真－5 餌を設置してから約一週間経過したカラスザンショウの茎とノウサギにかじられた跡

(2) 捕獲試験

ア 調査方法

続いて、誘引試験において誘引効果の高かったカラスザンショウとクズを用いて捕獲試験を行いました。誘引試験を行った宮城川国有林 60 林班い小班に加え、59 林班ち小班の森林作業道において捕獲試験を実施しました。9 月上旬から捕獲試験を開始し、59 林班ち小班のわな設置箇所では、わな設置の一週間前からカラスザンショウによる誘引を行いました（図－5）。わな 1 か所につきセンサーカメラを 2 台設置し、ノウサギの誘引・捕獲状況を確認しました。

宮城川国有林59林班ち小班



宮城川国有林60林班い小班

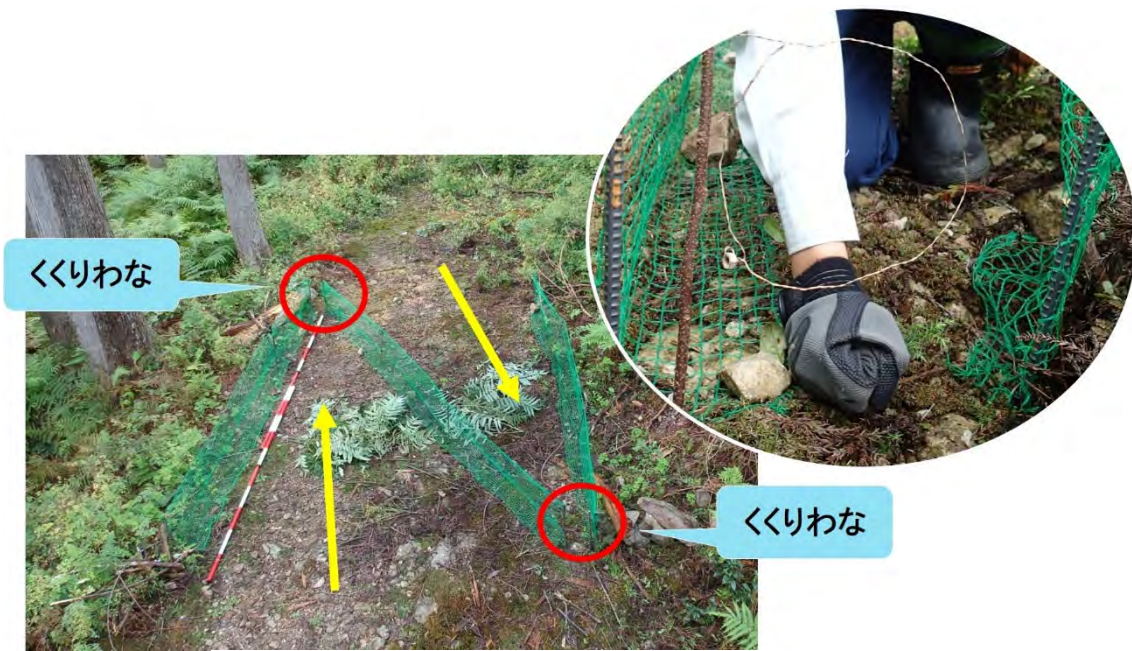


↑捕獲の一週間前からカラスザンショウを置き誘引 ↑誘引試験と同一の場所

図－5 捕獲試験を実施した 59 林班ち小班（左）及び 60 林班い小班の森林作業道（右）

イ ノウサギ N 型誘引捕獲わなについて

捕獲試験を行うにあたり、森林作業道に N 型にネットを張りノウサギを誘引するわなを作成し、「ノウサギ N 型誘引捕獲わな」（以下、「N 型わな」。）と名付けました。ノウサギは狭いところに入ろうとする習性があるため、ネットで通り道を細くし、先にあるくくりわなに誘引する形になっています（写真－6）。誘引物は N 型わなの中央に設置しました。

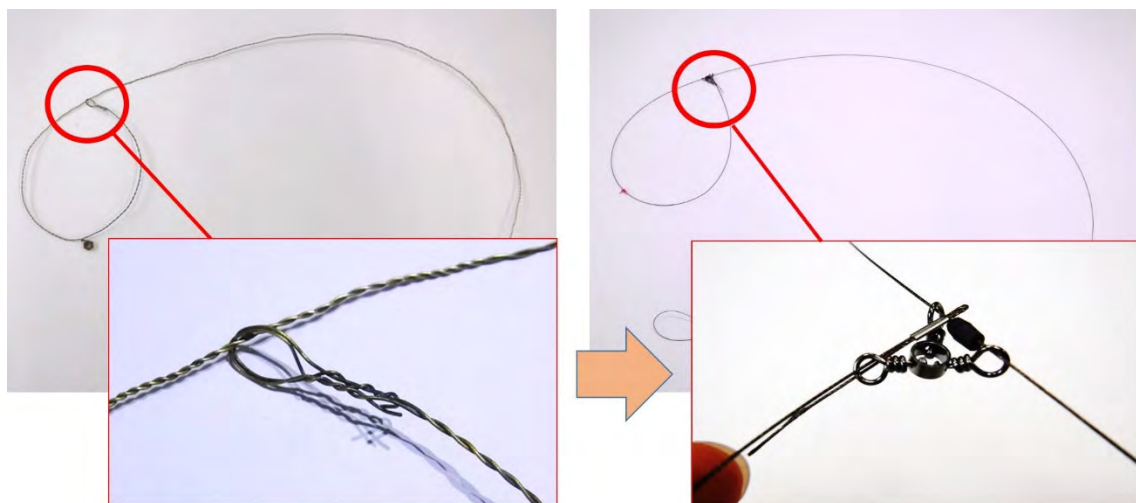


写真－6 ノウサギN型誘引捕獲わな

ウ N型わなの材料、費用及び設置時間について

ノウサギをくくりわなへ誘導するためのネットについては、ホームセンターで購入した安価な動物侵入防止用ネットを幅半分に切ったものを使用しました。くくりわな本体については、捕獲試験開始当初は針金で作成したものを使用していましたが、わなの滑りが悪かったため、9月下旬から材質を磯釣り用ワイヤーに変更しました。磯釣り用ワイヤーで作成したわなでは、滑りが良すぎて絞まったワイヤーの反発が強くもとの形に戻ってしまうため、金具部分に抵抗を持たせるためのゴムをつけ、ワイヤーの通し方を複雑にすることで滑り具合を調整しました（写真－7）。

N型わなの作成費用は表－1のようになり、1基あたり1,990円で作成できました。跳ね上げ式のくくりわなやノウサギ等の小型・中型動物捕獲用の箱わなの費用と比べ、半分以下の価格でした。現地におけるN型わなの設置時間は3人で約20分でした。



写真－7 わなの材質と金具部分



表－1 N型わな1基あたりの作成費用

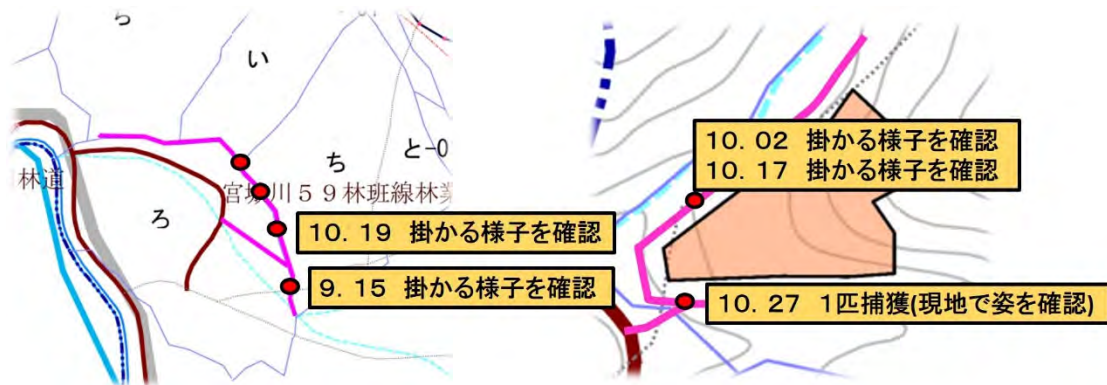
| 資材      | 仕様・規格                           | 単価(税込) | 数量                      | 資材価格(税込) | 合計     |
|---------|---------------------------------|--------|-------------------------|----------|--------|
| N型誘導ネット | 動物侵入防止用ネット PE100mm目合×1.35mm×50m | ¥2,200 | 3+3+4m=10m使用<br>半分にして使用 | ¥220     | ¥1,990 |
|         | 異形鉄アンカー 直径10mm 600mm以上          | ¥143   | 10本                     | ¥1,430   |        |
|         | 結束バンド SGケーブルタイ SG-200 100本入/袋   | ¥770   | 20本                     | ¥154     |        |
| くくりわな   | 磯釣用ワイヤー No.38 10m               | ¥200   | 1m×2                    | ¥40      |        |
|         | 三又サルカン size5 8個入/袋              | ¥273   | 1個×2                    | ¥70      |        |
|         | ステンレスクリップ PL SS 36個入/袋          | ¥466   | 2個×2                    | ¥52      |        |
|         | 浮きゴム小 9mm 穴直径1~1.4mm 10個入/袋     | ¥154   | 1/2個×2                  | ¥16      |        |
|         | 浮き止め紐 No.1624 0.2~4号 5m         | ¥194   | 10cm×2                  | ¥8       |        |

エ 結果と考察

捕獲試験を行った結果、ノウサギがくくりわなにかかった様子をセンサーカメラによって計5回確認できました(写真－8、図－6)。ただし、5回のうち4回はくくりわなが緩んだり、切られてしまったりしたことから捕獲には至らず、現地へ確認に行ったときにはノウサギの姿はありませんでした。



写真－8 N型わなに誘引されたノウサギ



図－6 ノウサギがわなにかかった場所

逃げられてしまった原因のひとつとして、わなのアンカーへの取り付け方が悪かったことが考えられました。そのため、くくり方を「金具と結束バンド」から「本結びと結束バンド」に変更しました。また、ワイヤーがかみ切られて逃げられたことから、かみ切られないようワイヤーからステンレス線に変更しました。くくりわなの輪の大きさやネットとわなの隙間についても調整し、現在試験を継続しています。

以上のことから、カラスザンショウやクズなどでノウサギを効果的に誘引できること、安価に作成できるN型わなによってノウサギを捕獲できることが分かりました。

#### 4 まとめ

以上の誘引試験及び捕獲試験の結果から、カラスザンショウ、クズ、ネムノキなどの山にある植物によりノウサギをN型わなへ誘引できることが分かり、それにより、森林作業道を獣道と仮定して、経験や知識が少なくても、誰でもN型わなによってノウサギを捕獲できることが分かりました。

#### 引用文献

- 1) 林野庁 シカ等による森林被害緊急対策事業：令和3年度林野庁予算の概要、2020
- 2) 林野庁 令和2年度森林及び林業の動向：令和2年度森林・林業白書、98・223、2021
- 3) 山田文雄、藤岡浩、鳥居春己、服部正策 シリーズ 日本の哺乳類 技術編 ウサギの捕獲法：哺乳類科学 28（1）、118～122、1988
- 4) 山田文雄 木や森に関わる鳥獣害を考える わが国のノウサギ2種の生態的特徴と被害およびその対策と管理：樹木医学研究 24（3）、176～182、2020

## 治山事業におけるICT活用の取組について ～遠隔臨場の実施～

兵庫森林管理署 神戸治山事業所 ○山本康二  
近畿中国森林管理局 計画保全部治山課 山本雅志

### 1 課題を取り上げた背景

建設産業は、地域のインフラの整備やメンテナンス等の担い手であると同時に、地域経済・雇用を支え、災害時には最前線で地域社会の安全・安心の確保を担う地域の守り手として、国民生活や社会経済を支える大きな役割を担っています。

しかし近年、建設業界では就労者の高齢化や現場の技能労働者の減少、若手入職者の減少といった課題に直面しており、中長期的なインフラの品質確保等のためには持続可能な建設産業の構築が課題となっています。

私たち、林野庁職員が担当している治山事業などの森林土木工事も同様の課題に直面しているところです。

こうした建設産業がかかえる課題や環境の変化を受け、インフラの品質確保とその担い手の中長期的な育成・確保を目的として、令和元年に「公共工事の品質確保の促進に関する法律」が改正されました。また、この法律改正で、発注者の責務として「働き方改革の推進」や「情報通信技術の活用による生産性向上」など、公共工事の品質確保に関する基本的事項が追加されました。

これらの背景を踏まえ、近畿中国森林管理局では具体的に情報通信技術、いわゆるICTを活用した施工管理の検討を行い、令和2年度に管内の治山事業箇所において、試行的に遠隔臨場の実施を行いました。

今回試行した「遠隔臨場」とは、工事現場などにおいて、監督職員と受注者がウェアラブルカメラなどによる映像と音声の双方向通信を使用して、施工途中の段階確認や材料検査、立会などを行うことをいいます。従来は監督職員自らが現地に赴き、確認・検査などの監督業務を行っていましたが、遠隔臨場では職場のパソコンなどから現地の確認・検査を行うことで、業務の効率化及び品質・生産性の向上を図ることが可能です。

### 2 経過（情報通信技術（ICT）の活用）

兵庫森林管理署発注の遠隔臨場を実施した治山事業の概要について説明します。

事業実施年度は令和2年度で工事名は城山山腹工事、施工地は兵庫県芦屋市の城山国有林内で都市部と近接した位置関係にあります。工事内容は落石対策工で、主な工種は落石発生源を抑えるワイヤーネット被覆工と裸地斜面を緑化する山腹緑化工です。

また、仮設工として資材運搬用のモノレールの架設や荷卸盤台の設置を行いました。

なお、監督職員は神戸市兵庫区の神戸治山事業所で勤務しており、監督業務のための官用車を使用した場合の移動距離は片道約16kmで所要時間は平均40分を要する位置関係となっています（図－1）。

次に遠隔臨場に使用した2つの機器・システムの主な仕様について説明します。



図－1 事業箇所の位置関係図

写真－１はヘルメットに取り付けるタイプの機器です。写真のようにヘルメットのつばに取り付ける物や、側面部分に取り付ける物もあります。ヘルメット取り付けタイプのため、両手が自由に使えることが特徴です。音声はトランシーバーのような使い方で交互通話となります。モニター方法は専用のアプリケーションが必要となりますが、複数人で同時に現場臨場を行うことが可能です。



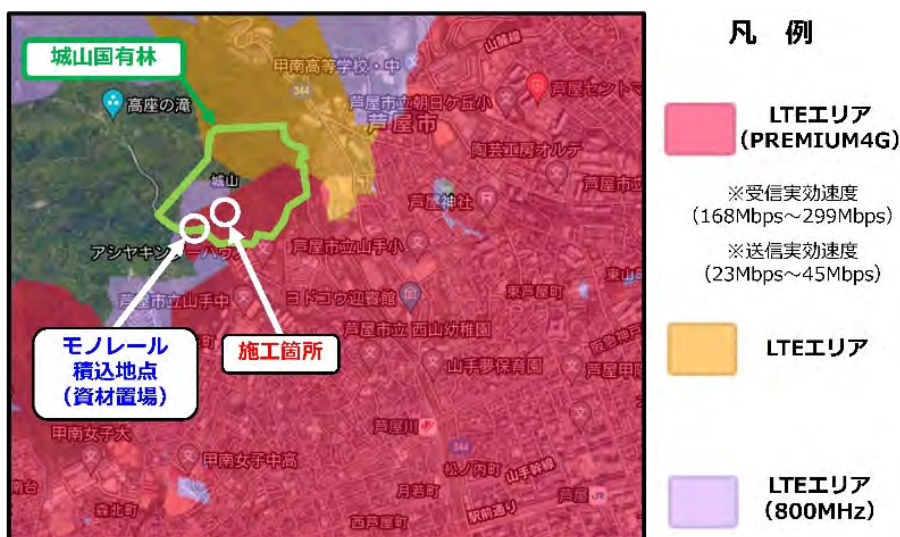
写真－１ 遠隔臨場機器①

写真－２はスマートフォンタイプの機器です。専用のスマートフォンを使用します。通常のスマートフォンと同様に手で持って使用したり、付属のジンバルに付けて使用します。手で扱うタイプのため、被写体への接近が容易で目盛りの読み取りなどが効率よく確認できます。音声は通常のスマートフォンと同様で、同時通話が可能です。モニター方法は専用のウェブ上で確認しますが、同時接続可能数は２台までとなります。



写真－２ 遠隔臨場機器②

次に施工箇所周辺のモバイル通信の電波状況について説明します。主に遠隔臨場を行った場所は、資材置場を兼用している「モノレール積込地点」と「工事施工地」の２箇所です。電波はドコモLTE電波を使用しており、公表されているエリアマップでは２箇所とも赤色で表示されている高速通信可能エリアに入っています（図－２）。



出典：NTTドコモ サービスエリアマップより

図－２ 事業箇所付近の通信エリアマップ

次に監督業務において実施した遠隔臨場の内容ですが、工事に使用する材料の検査をはじめ、アンカーの削孔長や引抜強度試験などの品質確認や各工種の出来形確認まで幅広く遠隔臨場を実施することができました。また、都度発生する施工確認などについて

も遠隔臨場で効率よく対応することができました（写真－3）。

### 3 実行結果

#### (1) 得られた効果

遠隔臨場の実施により得られた効果について報告します。

1点目は、移動時間削減に伴う業務の効率化です。表－1は遠隔臨場を実施した内容で遠隔臨場による監督業務時間と現地で対応した場合に想定される監督業務の時間をまとめたものです。この2つを比較すると、遠隔臨場による監督業務時間は合計で9時間20分となり、現地対応を想定した場合よりも15時間35分の効率化を図ることができました。

今回は初めての試行で、様々な使用状況の確認を並行して行っていたことなどを踏まえると、今後さらに効率化を図ることが可能であると期待できます。

2点目は、監督業務の品質向上と円滑な進行管理です。

監督業務の実態として軽微な材料検査や確認については、受注者の自社管理で対応をお願いすることも多くあります。また、現地立会が必要な内容であっても、業務都合により、別途日程調整のうえ対応せざるを得ない場合があります。数日間、現場作業を滞らせることがあります。

表－1で自社管理を想定した場合、5回の材料検査で自社管理を依頼していると考えられます。また、1月18日の午後に実施している施工確認については、勤務時間内での対応が困難であるため、別途対応とすることが考えられます。

今回は、遠隔臨場を使用したことで監督職員による確認を増やすことができました。これにより、作業の手戻りも無く工事を進めることができ、工事全体の品質向上を図ることができました。

さらに、時間にとらわれないスムーズな確認や、日程調整を必要とする機会を減らすことができ、現場を滞らせることなく円滑な進行管理を図ることができました。

3点目は、人材育成の補助やサポート体制の強化です。工事の監督業務は監督職員1人で対応することが多いと思われま

す。遠隔臨場の機器にもよりますが、複数の者が同時に確認することができるものもあり、こうした機器を使用すれば、経験豊富な職員が監督職員への助言や指導をすることができるため、人材育成の補助や業務のサポート体制強化にも効果を発揮できると考えます（写真－4）。



写真－3 遠隔臨場の実施状況

表－1 遠隔臨場による監督業務時間と現場での想定監督業務時間状況

| 実施日      | 内容     | 場所  | 遠隔臨場時間 | 現地での想定臨場時間 |
|----------|--------|-----|--------|------------|
| R2.12.11 | 材料検査等  | 事務所 | 45分    | 100分       |
| R2.12.15 | 材料検査   | 事務所 | 60分    | 175分       |
| R2.12.23 | 出来形確認等 | その他 | 60分    | 110分       |
| R3.1.15  | 削工確認等  | その他 | 60分    | 140分       |
| R3.1.18  | 品質試験等  | その他 | 60分    | 220分       |
| R3.1.19  | 品質試験   | その他 | 60分    | 140分       |
| R3.1.20  | 材料検査   | 事務所 | 10分    | 85分        |
| R3.1.22  | 品質試験   | 事務所 | 20分    | 120分       |
| R3.1.26  | 材料検査   | その他 | 5分     | 85分        |
| R3.1.27  | 材料確認等  | その他 | 90分    | 130分       |
| R3.1.29  | 材料検査   | 事務所 | 30分    | 90分        |
| R3.2.25  | 出来形確認  | その他 | 60分    | 100分       |
| 合 計      |        |     | 9時間20分 | 24時間55分    |



写真－４ 遠隔臨場によるサポート体制強化のイメージ

4点目は、働き方改革、ワークライフバランスの推進です。工事期間中に兵庫県内では、緊急事態宣言が発令されており、新型コロナウイルス感染症対策の一環としてテレワークを行っていましたが、自宅からでも適切に監督業務を行うことができ、工事の進捗に支障を来すこと無く進めることができました。

このことは、発注者側の働き方改革・ワークライフバランスの推進としても非常に有効な手段であると考えます。

#### (2) 課題

一方で、課題についても確認できたので報告します。

1点目は、使用場所の制限です。治山事業の工事箇所においては、山間部での作業が多く、また、地形や天候にも左右されやすいことから、安定した通信環境の確保が課題となります。

2点目は、通話方法の検討です。機器により交互通話型と同時通話型があります。電話と同様に扱える同時通話型がコミュニケーションも取りやすく最適と考えますが、機器によっては通信容量の増加で映像がフリーズすることもありました。場合によっては、音声のみ携帯電話を使用するなど通話方法の検討も課題であると考えます。

3点目は、現地確認の必要性です。規格・数値の決まったものを確認するのは遠隔臨場でも十分可能でしたが、現地状況を加味して判断するものについては、カメラ越しでは伝わらない部分もありました。確認内容によっては現地確認が必要であることもしっかりと認識しておく必要があります。

#### 4 考察

この他にも多くの課題はありましたが、結果として、「業務の効率化」、「業務の品質向上」、「円滑な進行管理」を図ることができ、私自身、監督業務の負担軽減も図ることができました。また、遠隔臨場の導入により「人材育成の補助」や「サポート体制の強化」など、様々な場面での有効性が期待できます。さらに、遠隔臨場はテレワークとの相性も良い技術であり、働き方改革・ワークライフバランスの推進の観点からも非常に有効な手段となります。以上のことから、今後も導入可能な環境においては、遠隔臨場の積極的な導入を検討していきたいと考えています。

最後に、今後の取組として次のことを検討していきます。

##### (1) 遠隔臨場の積極的な実施

管内の各森林管理署等の発注工事で試行を実施しており、様々な製品での比較検討に取り組みます。

##### (2) 通信困難箇所での取組検討

山間部でも安定して使用できるよう、通信設備の検討に取り組みます。

##### (3) 他機関との情報共有

兵庫森林管理署では兵庫県主催のICT研修に参加し、遠隔臨場の実施について林野庁の取組として情報共有しました。引き続き、他機関との情報共有にも積極的に取り組んでいきたいと考えています（写真－５）。



写真－５ 他機関との情報共有への取組

今後もICTを導入することにより、公共工事の品質確保の促進を図るとともに、頻発する山地災害から国民の生命財産を守るため、円滑な治山事業の実施に取り組んで参ります。

# 林内に設置された侵入防止柵の管理技術の検討

岡山県農林水産総合センター森林研究所 三枝道生

## 1 はじめに

2020年度の岡山県における、シカによる農林業被害額は約3千2百万円で、近年では減少傾向にあります(図-1)、棲息地域は拡大しており(図-2)、それに伴いシカによる被害が大きい地域も広がっています。

一方、被害防止対策は多くの地域で実施されていません。その理由として、森林所有者や林業従事者の被害に対する意識が希薄であること、被害防止対策に対する経費や労力への懸念及び被害防止効果そのものに懐疑的であることが分かりました(三枝ら 2019)。

そのため、林内に設置された侵入防止柵の定期点検により、シカ被害の防止効果を検証するとともに、効率的な管理方法を検討しました。なお、本研究は、2015年から岡山県美作県民局農林水産事業部森林整備課と連携し、実施しました。

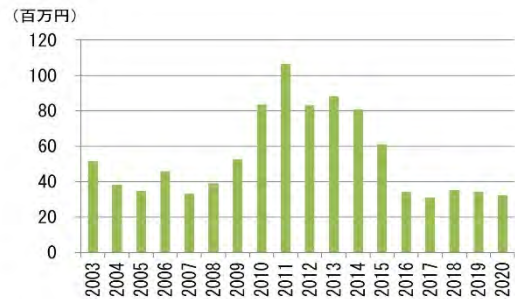


図-1 岡山県の農林業被害額  
(岡山県鳥獣対策室調べ)

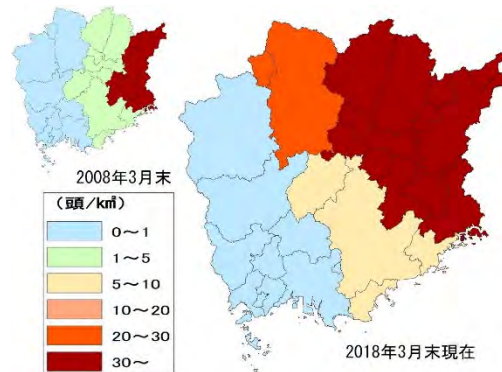


図-2 岡山県の地域別生息密度

## 2 方法

### (1) 踏査による侵入防止柵の管理方法の検討

調査地は、2004年10月に発生した台風による風倒木被害を受けた標高550~730m、傾斜角25~45度の保安林で、シカの生息密度が高い県東部地域に位置します(図-3)。尾根が異なる2つの団地で構成されており、これまでに2007年及び2010年に植栽し、2010年には侵入防止柵(A団地1,310.1m、B団地600.3m)が設置されています。しかし、雪害による支柱の倒伏や、獣類の絡まりによるネットの破れ等により、侵入防止柵の破損が発生し、その後も修復されなかったため、本調査を開始するまでに植栽木の7割は被害を受けました。

2015年10月~12月に、侵入防止柵の修繕及び植栽木の補植を実施し、管理方法を決定した後に、2016年7月から踏査による点検を開始しました。

点検間隔は2週間毎とし、破損の種類及び位置を調査しました。また、ネットの切断や、倒木・落枝や雪害等による支柱の折損、柵体の倒伏が生じた場合は、結束バンドや添え木等による簡易な修繕を行うこととしました(写真1~4)。

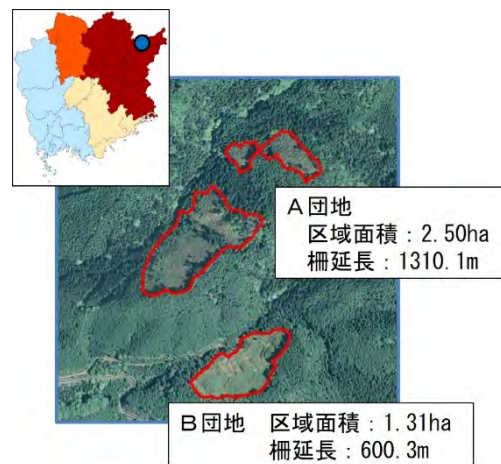


図-3 調査地位置図



なお、調査間隔の決定方法及び 2016 年 7 月～2017 年 12 月の調査結果については、既報（三枝ら 2019）で報告しています。



写真-1 穴の補修(結束バンド)

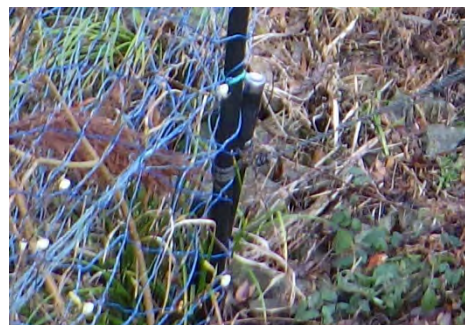


写真-2 支柱折損の補修(添え木)



写真-3 倒木(干渉部分の除去)

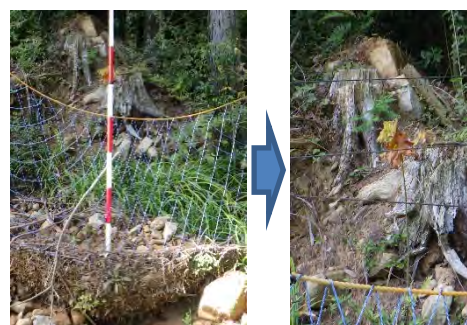


写真-4 ネットの下垂(ロープの設置)

## (2) UAV を使用した管理作業の省力化

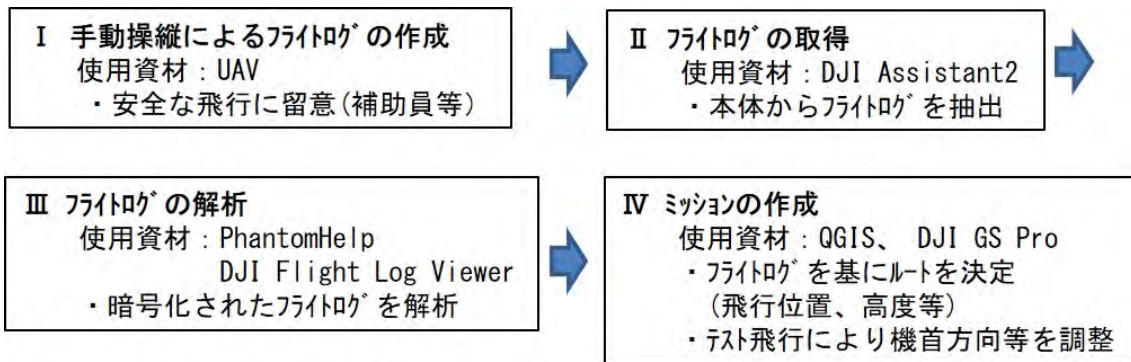
造林地は周囲長が長い場合が多く、直近の作業道から離れていることも少なくありません。また、起伏に富んだ地形であるため、作業性を向上することが難しく、一日に点検できる侵入防止柵の件数は限られます。そのため、長期的に継続して点検を実施するためには、労務の省力化を図り、作業性を向上させる必要があります。そこで、UAV を使用することで直接踏査することなく、侵入防止柵の点検が可能であるか検討しました。対象とした侵入防止柵は、(1)のB団地(柵延長600.3m)です。

UAV を点検に利用するうえで達成すべき目標として、①自動操縦による点検が可能であること、②シカが侵入できる程度の柵の損傷を発見できること、の2点を設定しました。

侵入防止柵の点検に必要な近距離撮影をするためには、周辺林や対象地内の残存木より低い高度での飛行に加え、起伏に富んだ地形に沿った高度の維持が必要です。さらに、残存木等の障害物を回避しなければならず、このような複雑なルートのミッション設定は机上で行うことは困難であるため、手動操縦によるフライトログを利用したミッション作成を試みました。

使用機種は、MAVIC2\_ZOOM (DJI 製)、ルート作成には、DJI\_Assistant2 (DJI 社)、DJI\_Flight\_Log\_Viewer (PhantomHelp 社の online\_service)、QGIS、GS\_Pro (DJI 社) をそれぞれ使用しました。作成手順は、図-4 に示します。

作成したミッションにより、侵入防止柵の点検における UAV 利用の可否及び留意点を検討しました。

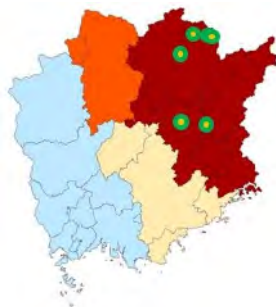


図－4 ミッション作成までのフロー図及び使用した資材

(3) 既設の侵入防止柵の破損発生状況

2018年8～10月に、シカの生息密度の高い県東部地域の林内に設置された侵入防止柵6ヶ所(図－5、表－1)における破損の発生状況について調査しました。

踏査は柵体に沿って行い、柵体の破損の有無、破損の原因及び、植栽木の被害の有無を調査しました。



図－5 調査地位置図

表－1 侵入防止柵の概要

| No. | 場 所     | 設置年  | 経過年数 | 延長(m) | 植栽木    |
|-----|---------|------|------|-------|--------|
| 1   | 美咲町谷内陰  |      |      | 1,200 | ヒノキ    |
| 2   | 久米南町羽出木 | 2015 | 3年   | 1,057 | ヒノキ    |
| 3   | 阿波村郷路南  |      |      | 586   | ヒノキ    |
| 4   | 加茂町倉見   | 2016 | 2年   | 317   | スギ・ヒノキ |
| 5   | 加茂町原口   |      |      | 1,080 | ヒノキ    |
| 6   | 阿波村郷路南  | 2017 | 1年   | 235   | スギ     |

3 結果と考察

(1) 踏査による侵入防止柵の管理方法の検討

調査開始から2年間における破損の発生状況を図－6に示します。1年目の最初の月(7月)は173件の破損が発生しましたが、その後は回を重ねる毎に破損件数は減少しました。途中、積雪期(1～3月)は点検を中断しましたが、翌年4月に調査を再開したところ、1年目に引き続いて破損件数は減少しました。



図－6 2年間の破損発生状況

なお、調査再開直後の4月には雪害で、10月には台風により柵体が破損し、件数が若干増加しましたが、応急的な修繕により、その後の破損件数への影響はありませんでした。このことから、柵体そのものに破損が生じて、速やかに対処することで、侵入防止柵の機能を維持することが可能と考えられました。

定期的な点検及び修繕により、侵入防止柵全体の破損件数が少なくなり、点検間隔を延長しても、柵体の機能維持が可能であると考えられましたが、一方で、特定の箇所に集中的に破損が発生すると、ネットが破られ、柵内にシカが侵入してしまいます。そこで、侵入防止柵を50m毎に区切り(図-7)、鳥獣由来と考えられる破損の発生件数を調査しました。

また、同一区間内に連続で発生した破損件数を図-8に示します。被害が発生した後、同じ区間内で次の回に破損が発生しなければ青色で、5回(2ヶ月半)連続で破損が発生した場合は赤色で示しています。

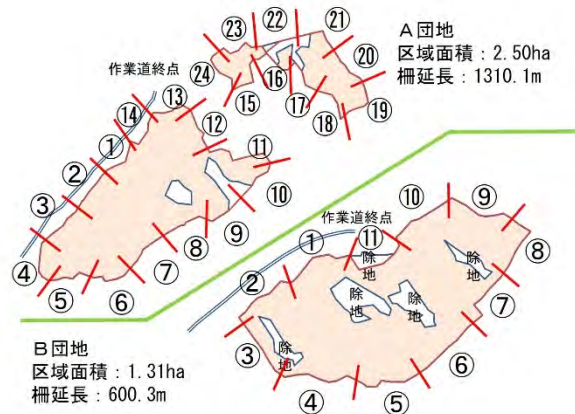


図-7 箇所別破損発生調査の区画分け

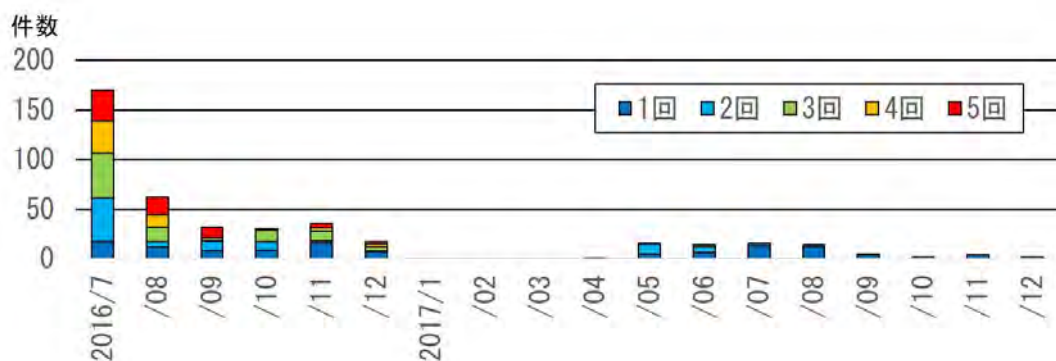


図-8 同一区間内に連続で発生した破損件数

1年目は、全体の破損発生件数は大きく減少しましたが、2ヶ月以上(4~5回)連続で破損が発生した区間がありました。一方、2年目は、頻繁に発生する区間はほとんどなくなりました。このことから、侵入防止柵の設置当初は破損の件数に関わらず、シカが柵内に侵入する危険性がありますが、点検を継続することで解消されることが考えられました。このような結果が得られた要因として、元々は林内のシカにとって安全で利用しやすい餌場だった場所が侵入防止柵で囲まれたため、これまで往来していた周辺を中心に侵入を試みたものの、破損が定期的に修繕されることで利用困難な餌場になったためと考えられます。また、定期的に人が入山することで、シカにとって安心できる地域ではなくなったと判断した可能性も考えられます。

これらの結果を基に、4年目には半数の1ヶ月毎(年間8回)、更に、5年目には年間4回に点検回数を減らしたところ(図-9)、点検回数にかかわらず、破損件数は低位で維持しており、侵入防止柵の機能が維持されていることが確認できました。

このことから、侵入防止柵の管理方法として、設置当初は頻繁に踏査、点検を実施することで、侵入防止柵の機能を維持できることや、その後の管理労務の軽減につながるということが分かりました。なお、雪害や台風等による気象害の発生が懸念される時期には、破損が発生しやすいため、早急な対応が必要と考えられます。

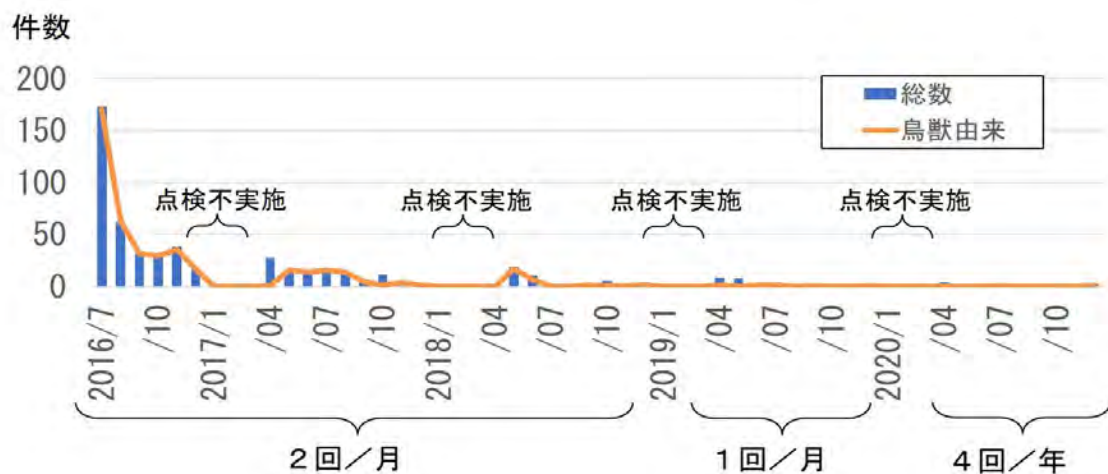


図-9 5年間の被害発生状況

(2) UAV を使用した管理作業の省力化

手動操縦のフライトログを基に作成したミッションで撮影した映像を写真-5~7に示します。

造林地の多くは皆伐や災害のため成木がなく、隣接地との境界に侵入防止柵が設置される場合がほとんどです。そのため、侵入防止柵の大半は障害物に遮蔽されることなく撮影でき、その精度は柵の編み目の状態を確認することが可能でした(写真-5)。

一方で、撮影が困難な箇所もありましたが、点検方法や使用機器の選定により、良好な映像を取得することが可能でした。侵入防止柵の前後に草類等の下層植生が繁茂している箇所では視界が遮蔽されるため、静止画では、周辺植生とネットが同化して編み目が確認しにくい状態(写真-6)でしたが、動画ではネットの状態を確認することが可能でした。また、下刈りにより物理的な遮蔽物を除去することにより点検が可能でした。なお、造林地内に立木が残存している箇所では、侵入防止柵から離れるため、視認性が下がり、単焦点カメラによる点検は困難でした(写真-7)が、ズームレンズを使用することで近接飛行時と同様の映像を取得できました。そのほか、機首方向はウェイポイント毎に設定していますが、次のポ



写真-5 UAVによる映像



写真-6 下層植生の繁茂した箇所



写真-7 柵体から距離がある箇所

イントまでに転回するため、機首方向を大きく変更する必要がある箇所では転回速度が速くなり、点検が困難です。そのため、そのような箇所ではウェイポイントを複数設定し、緩やかに転回することで視認性を改善することができました。

UAVを使用した点検の作業性を踏査と比較したところ、傾斜角 25～45 度の林内に設置された柵延長 600.3m の侵入防止柵において、点検の開始から終了まで、踏査では約 30 分掛かりましたが、UAV では約 13 分と半分以下の時間で撮影することができました。飛行を自動操縦で行っており、撮影時間内で点検が可能であることから、所要時間を大幅に改善できると推測されました。

一方、UAV による撮影では軽微な破損の発生は把握できないと予測され、それらが起因となり、さらに大きな破損につながる可能性があることから、踏査による詳細な点検は必要と考えています。したがって、融雪直後や下刈り時などに踏査を実施するとともに、踏査の補助として、定期的に UAV で点検を実施することで、侵入防止柵の機能維持と労務を軽減できると考えられます。

### (3) 既設の侵入防止柵の破損発生状況

調査結果を表 2 に示します。設置後の経過時間にかかわらず、全ての調査地で侵入防止柵の破損及び柵内にシカが侵入した痕跡が確認されました。3 年経過した調査地よりも 2 年経過した調査地 (No. 4) のほうが柵延長 100m 当たりの破損発生数が多く、経過年数による破損数への影響を把握することはできませんでした。また、柵延長による破損数への影響は、柵延長が長くなるほど 100m 当たりの破損数が増加する傾向は見られましたが、柵延長が 2 番目に短い調査地 (No. 4) で 100m 当たりの破損数が最も多く、破損の発生は侵入防止柵の設置期間や規模のみで判断することは困難であると考えられます。

今回の調査で確認された柵の破損事例の写真を写真 8～17 に、内訳を図 10 に示します。破損は 124 件発生し、約 4 割は下刈りによる切断でした。

表 2 侵入防止柵の破損発生状況

| No. | 経過年数 | 延長 (m) | 柵内への侵入 | 植栽木の被害 | 植栽木の枯死 | 破損等の発生数 | 破損箇所/100m |
|-----|------|--------|--------|--------|--------|---------|-----------|
| 1   |      | 1,200  | ○      | ○      | ○      | 44      | 3.67      |
| 2   | 3年   | 1,057  | ○      | ×      | ×      | 17      | 1.61      |
| 3   |      | 586    | ○      | ○      | ×      | 8       | 1.36      |
| 4   | 2年   | 317    | ○      | ×      | ×      | 19      | 5.99      |
| 5   |      | 1,080  | ○      | ○      | ×      | 34      | 3.15      |
| 6   | 1年未満 | 235    | ○      | ○      | ○      | 2       | 0.85      |

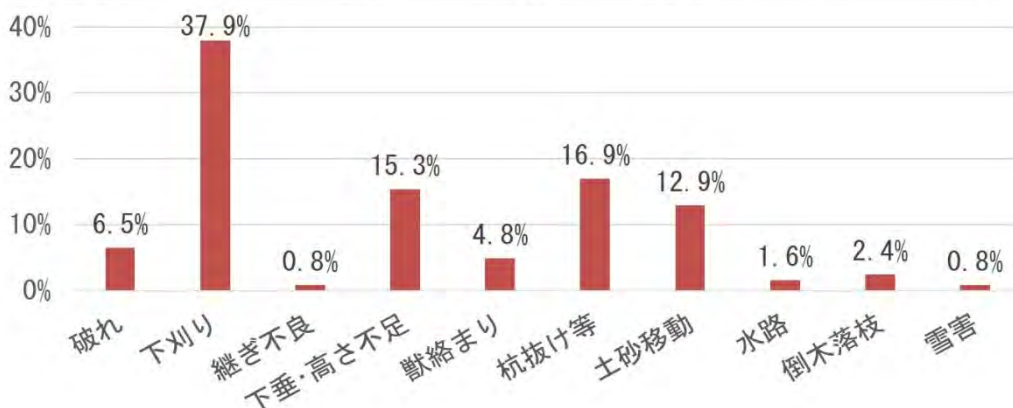


図 10 発生した破損における種類別の内訳

下刈りによる切断（写真－9）以外にも、本来ネットの端を重ねて設置する部位を端部同士で継ぎしている例（写真－10）、水路を十分に塞げていない例（写真－15）など人為的な破損や設置時の瑕疵が多く確認されました。調査件数が少なく、本調査の結果が一般的であるとは言えませんが、人為的な破損や設置時の瑕疵が侵入防止柵の機能維持に大きく影響していると考えられました。



写真－8 獣類による破れ



写真－9 下刈りによる切断



写真－10 ネットの継ぎ方不良



写真－11 ネットの下垂



写真－12 獣類の絡まり



写真－13 アンカー杭の抜け



写真－14 土砂の移動



写真－15 水路への設置(穴の仕舞不良)



写真-16 倒木による柵体の脱落



写真-17 雪による倒伏

#### 4 まとめ

林内に設置された侵入防止柵において、定期的な点検を実施したところ、開始当初は多くの破損が発生しましたが、点検を継続することで破損件数は大幅に減少しました。点検による破損の軽減効果は、点検を中断した降雪期を経ても持続しました。また、同一箇所において、継続的な破損の発生がなくなった後は、点検間隔を延長しても、破損件数の増加は見られなかったことから、侵入防止柵を設置した直後から定期的な点検を実施することで、造林木の保護及び将来的な点検労力と経費の削減が見込めると考えられました。一方、雪害や台風等の気象害が発生した場合、柵が大きく破損している可能性があることから、柵の機能維持のためには、点検を実施して、できるだけ早く復旧することが肝要です。

また、点検の効率化を図るため、UAVによる点検方法を検討したところ、手動操縦によるフライトログを利用することで、地形が複雑で、立木等の障害物があるために、自動飛行が困難な造林地においても、低空を飛行が可能なミッションを作成できました。下層植生の繁茂や、障害物の回避のために柵体から距離が開いた場合は点検しづらいケースもありましたが、下刈りの実施やズームカメラの使用により、概ね良好な映像を得ることができました。また、踏査と比較して作業時間を半減でき、点検の効率化が図れると考えられました。

一方、カメラでは確認できない小さい破損や、障害物で視界が遮断される箇所があるため、UAVのみでの点検は柵の機能が消失する危険性を解消することは困難であると思われます。融雪直後や下刈り時などの踏査による詳細な点検と、UAVによる定期的な点検を組み合わせて実施することで、侵入防止柵の機能維持と労務の軽減が可能と考えられます。

ところで、シカの生息密度の高い地域に設置された侵入防止柵は、設置後の経過期間にかかわらず破損が確認されました。一方、確認された破損等には、下刈りによる切断や、侵入防止柵を設置する際の不適切な作業による瑕疵など、人為的な破損が大きな割合を占めていました。調査件数が少ないため、一般的な結果とは言い切れませんが、人為的な破損や設置時の瑕疵が、侵入防止柵の機能維持に大きく影響していると考えられます。これらの破損は解消可能ですので、造林木を保護するためにも適切な作業を励行していただきたいと思えます。

#### 文献

- 1) 三枝道生、井上真吾 防鹿柵の効果的な維持管理方法の検討：水利科学 NO. 368、112～123、一般社団法人日本治山治水協会、2019

大亀谷国有林における国民参加の森林づくりの取組  
～地域に親しまれる国有林を目指して（コロナ禍で高まる森林ニーズの検証）～

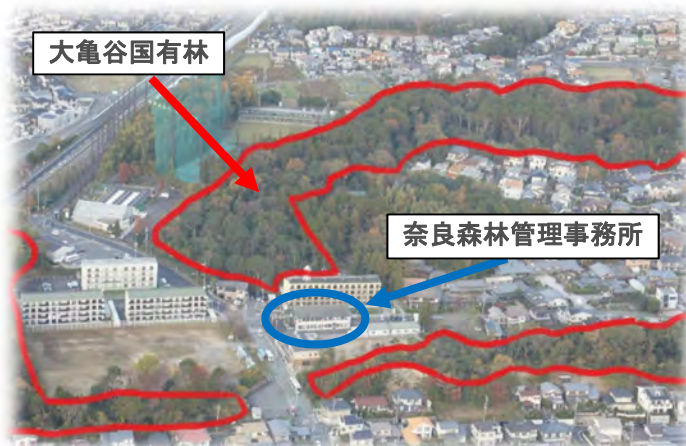
奈良森林管理事務所 業務グループ 係員 宮岡 響  
森林技術指導官 大石 政弘

1 大亀谷国有林の現況と近年の変遷

奈良市西部に位置する大亀谷国有林は、戦後の宅地造成による売却が進み、現在、周囲を住宅地に囲まれ、約8haの面積となっています。主な林相としては、一部ヒノキ人工林はあるものの、広葉樹を主体とした里山的林相を呈しています。【写真－1、図－1】

平成8年に土地活用の対象地として売却の検討が進められていましたが、これに反対する地域住民による「森林の現状のまま残す」との要望活動が活性化し、その後、地域住民と国の間で協議を重ね、平成17年に森林レクリエーション機能発揮を目的とした森林管理を行う国有林として国が管理することとしました。また、平成20年には、国と、奈良森林管理事務所に隣接するひかり幼稚園、赤膚ネイチャークラブの3者による「遊々の森」協定を締結し、「森の幼稚園ひかり」【写真－2】と題した、当時管内初となる幼児教育活動を展開しています。

さらに、平成29年には地元の自治会等で結成された「大亀谷国有林管理運営協議会」と「ふれあいの森」協定を締結し、「わんぱくの森」【写真－3】として活動の幅を広げ、森林空間利用タイプの国有林として10数年が経ちました。



写真－1 上空から捉えた大亀谷国有林



図－1 大亀谷国有林の位置図



写真－2 森の幼稚園ひかり



写真－3 自治会による森林整備



## 2 最近の社会情勢

一昨年発生した「新型コロナウイルス感染症」の影響により、テレワークの増加、多人数による外食機会の減少、室内イベント等の中止など、人々の日常生活は様々な場面での自粛行動が求められる不自由なものとなり、閉塞感が漂っていました。

このような社会現象の中、人々は開放感を求め、近年ブームとなっている登山やキャンプ、森林セラピーなどに癒やしを求め、週末になると森林やキャンプ場などへ繰り出すといったニュースが流れるなど、森林への関心が急激に高まりつつあります。

## 3 課題に取り組んだ経緯

このような社会現象を踏まえ、奈良森林管理事務所では、これまで継続してきた二つの協定に基づく活動【写真-2、3】と平行して、住宅街の中心にあり、間近に森林が体感できる奈良市内では類を見ない大亀谷国有林の存在が、コロナ禍による影響と相まって新たなニーズを生む可能性があるのではないかと考え、これまでの活動に対する認知度等や、近隣住民の皆様方のニーズ把握を目的として、アンケートによる調査を実施し、その結果から導かれる地域ニーズを的確に把握し効果検証を行うなど、名実ともに「国民の森林」とすべく検討することとしました。

## 4 アンケート結果

アンケートの実施は、大亀谷国有林の近隣に居住されている住民の方を対象に行い、87世帯から回答がありました。

まず、質問1【図-2】の「近所に森林は必要ですか」との問いに対しては、82%、71世帯の方から「必要である」との回答を得ました。質問2【図-3】の「森林に人の手を加えることは必要ですか」の問いに対しては、79%、69世帯の方から必要であるとの回答を得ました。質問3【図-4】の「大亀谷国有林を知っていますか」の問いに対しては、「はい」と回答した世帯が、93%、81世帯にのぼり、多くの方が近接する森林が国有林だと認識していました。

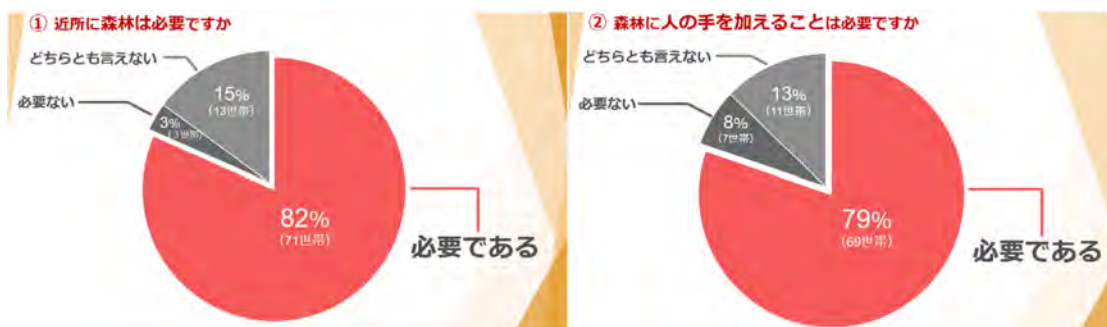


図-2 質問1

図-3 質問2

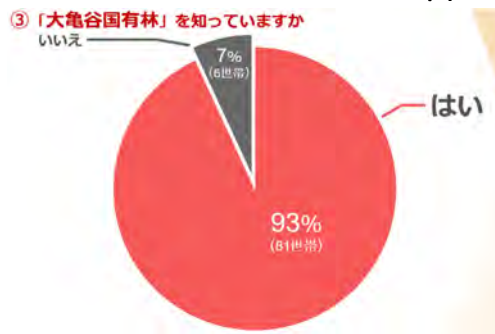
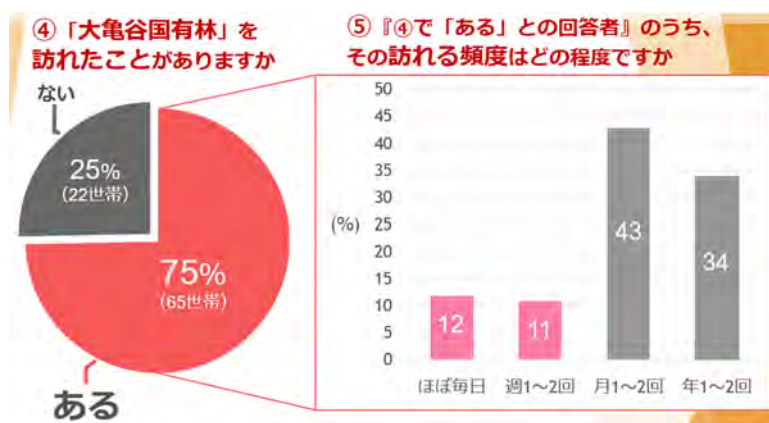


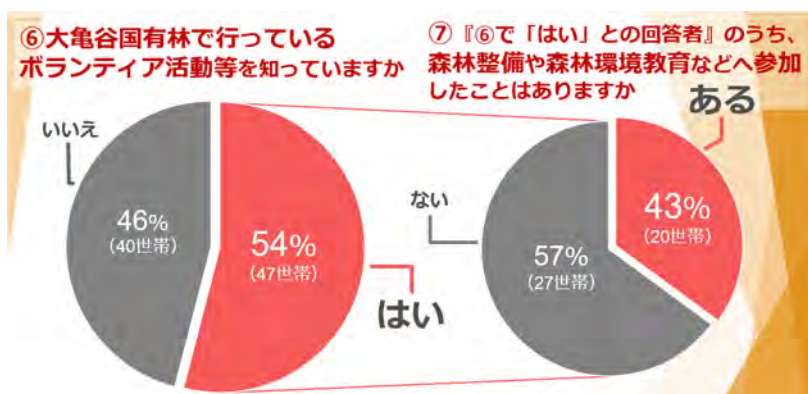
図-4 質問3

しかし、質問4の「大亀谷国有林を訪れたことがありますか」の問いに対する回答は、75%の65世帯であり、質問5でその頻度を聞いたところ、ほぼ毎日、週1～2回と答えたのは、合わせて23%と低位な状況でした。【図－5】

一方、質問6の「大亀谷国有林で行っているボランティア活動等を知っているか」との問いに対しては、54%、47世帯から「知っている」と回答【図－6左】を得ました。このアンケート結果を踏まえれば、大亀谷国有林で取り組まれているボランティア活動等が必ずしも認知されているとはいいがたい状況と考えます。



図－5 質問4、質問5



図－6 質問6、質問7

質問7【図－6右】で、その47世帯に森林整備や森林環境教育への参加経験を聞いたところ、参加したことがあると回答したのは43%の20世帯であり、質問8において、質問7で「ない」と回答した27世帯のうち、今後、森林ボランティア活動等へ参加したいと回答【図－7左】した世帯は、37%の10世帯でした。質問7の回答のうち、参加経験のある20世帯と合わせても30世帯とアンケート対象全体の34%と低位な結果となりました。

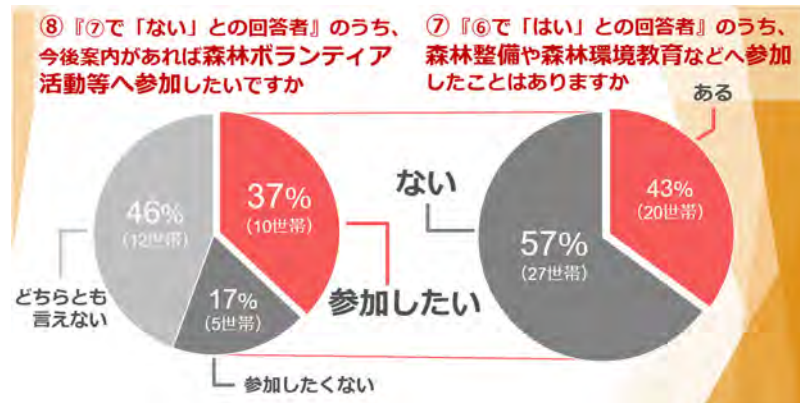


図-7 質問8

次に、今後望ましいと思われる活動を複数回答可で選んで回答【図-8】してもらいました。その結果、地域住民の憩いの場、自然観察や野鳥観察の場としての提供を望む声が多いことがわかりました。

今回のアンケートにおいて、大亀谷国有林で今後実施してほしい企画や意見要望等について自由回答【図-9】を求めたところ、①コロナ禍における緑豊かな憩いのスペースの確保、②二酸化炭素削減効果への期待などの要望とボランティア活動への感謝がある反面、③活動のアピール及び周知不足といった厳しい意見もいただきました。

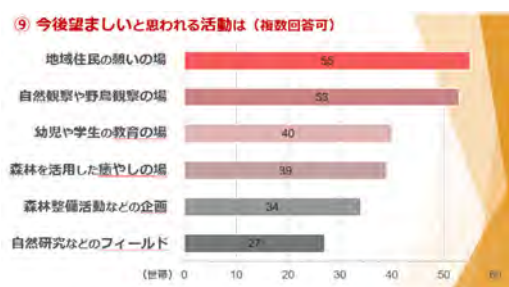


図-8 質問9

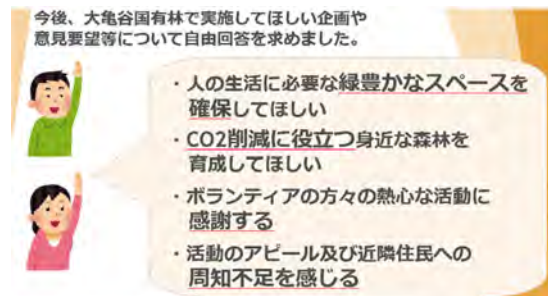


図-9 質問10

## 5 アンケート結果の検証【図-10】

今回のアンケート結果から、住宅地に森林が隣接していることや、森林に人の手を加え、必要な整備をすることに対しても概ね肯定的でした。また、当該森林が国有林であるとの認識も高く、訪れたことがある方も概ね多いと言えます。しかしながら、訪れる頻度は月に1~2回、年に1~2回程度で、リピート率が高いとは言えない状況です。

さらに、大亀谷国有林で協議会などを通じて行っているボランティア活動の認知度は約半数で、参加に至っては今後の参加希望を合わせても約3割とあまり高いとは言えない状況でした。今後求められる活動については、地域住民への憩いの場の提供や、コロナ禍での不自由な生活への反動なのか、森林に対して、癒やしを求めている傾向にありました。

### アンケート結果の検証

- ① 森林が近接していることは**肯定的**。
- ② 森林に人の手を入れることにも**肯定的**。
- ③ 大亀谷国有林の認知度も高く、訪れる人も概ね高め。  
ただし、**リピート率は高くない**。
- ④ ボランティア活動等の認知度も約半数で、  
参加に対しては今後の希望も含めて**約3割と高くない**。
- ⑤ 今後求める活動については、**癒やしを求める傾向**。

図-10 アンケート結果の検証

#### 6 アンケート結果から導かれた今後の課題【図-11】

今回のアンケート結果を通じて、1つ目に、大亀谷国有林の認知度は90%を超えている反面、訪れる人は1～2回程度と頻度が高くない理由は何なのか。2つ目に、大亀谷国有林で行っている協議会等を通じたボランティアの関心も高くないのは、PR不足もさることながら、内容について気楽に参加できるものになっていないなど参加に対する制限はないか。3つ目に、今後求められている要望のうち、憩いの場の提供など条件整備について、どの程度必要なのか。効果的な方法はどのようなことが考えられるか。

以上3点の課題が浮き彫りになったと考えます。

### 課題（アンケート結果から導かれた今後の課題）

- ① 大亀谷国有林への認知度の割に、  
訪れる頻度が低いのは何故か？
- ② 大亀谷国有林のボランティア活動への関心が低いのは  
PR不足or参加形態の工夫の問題？
- ③ 地域住民の方が望む、  
憩いの場を作るために必要なこととは？

図-11 課題

## 7 課題を踏まえた今後の取組

これらの課題を踏まえ地域に親しまれる国有林を目指すために3つの対応策を提案します。1点目【図-12】として、集客が高く多くの人を訪れる場所には、必ずと言っていいほど目玉となるものが存在します。一朝一夕で目玉がつくれるとは思いませんが、例えば歩道から見える場所に、ヤマザクラや地域産の広葉樹などを植林し、四季折々に楽しめるスペースを作るなど、視覚で魅了します。それと併せて、案内看板や歩道の整備、途中で簡易的な休憩施設を設けることについても検討します。また、これまでPR看板は設置しているものの、更なるPR効果を図るため、人目につく場所への移設や増設を検討します。

① 大亀谷国有林への認知度の割に、訪れる頻度が低いのは何故か？

**人が集まる山には、必ず人を引きつける目玉が必要！**

例えば・・・

- ・ヤマザクラや地域産の広葉樹などを植林！
- ・あずまや、歩道などの施設整備！
- ・PR看板などの設置！

図-12 今後の取組①

2点目【図-13】として、これまでのボランティア活動等に加えて、協定相手であるボランティアと協力して効果検証を行い、桜の季節や紅葉の季節など、四季折々に楽しめるイベントを企画します。PRの手法についても、チラシ、SNS、市町の広報誌などを活用して、しっかりとしたPRを展開していきます。そして、小さいお子さんから年配の方まで、幅広い年代の方にも参加いただける内容となるような企画立案を行います。

② 大亀谷国有林のボランティア活動への関心が低いのは、PR不足or参加形態の工夫の問題？

**ボランティア活動への参画の向上を目指して**

例えば・・・

- ・季節に応じたボランティア活動の企画！
- ・チラシ、SNS、市町の広報誌などを活用したPR
- ・年齢層にあったイベントの企画立案

図-13 今後の取組②

3点目【図-14】として、地域みなさんが憩いの場としての利用が望まれていることを踏まえ、必要な条件整備について地域の意見に耳を傾けつつ実施方法を検討します。アンケート結果から、適度な森林整備については寛容ではあるものの、国だけの考えでは、その手法を検討する際、地域の要望の意にそぐわない可能性もあります。

今後、積極的に国有林を利用したいと望まれる方々の要望に応えるためにも、森林環境教育や森林散策など、国有林とボランティアの共同企画により年間を通した活動を検討します。

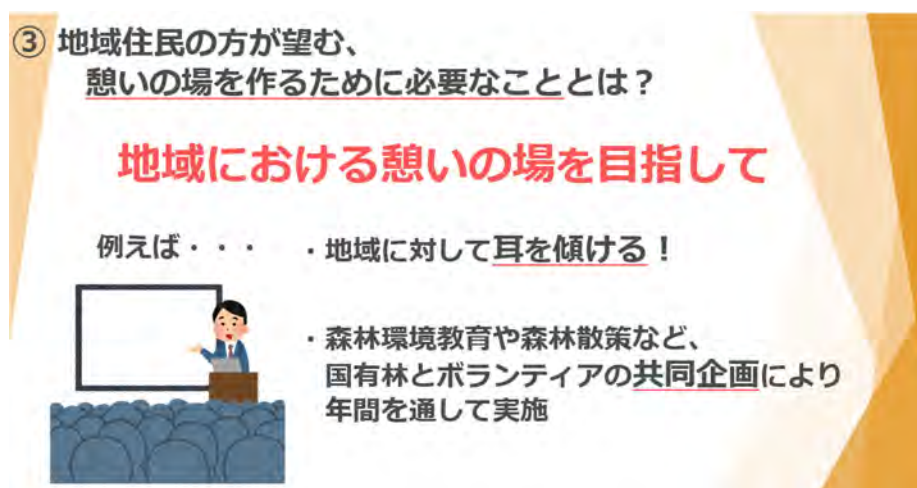


図-14 今後の取組③

## 8 まとめ

最後に、奈良森林管理事務所では、地域のニーズを的確に把握するため、実施した活動の効果検証を行うことを目的とするアンケート聴取などを行いながら、地域と一体となった森林整備、ふれあいの森活動を展開し、大亀谷国有林が、名実ともに「国民の森林」となるよう取り組んでまいります。

京都府立高等学校における森林環境教育  
～「嵯峨野高等学校校有林」と「スーパーサイエンスハイスクール事業」～

京都府立嵯峨野高等学校 ○谷 口 悟  
山脇 正資

## 1 背景・目的

本校は、嵐山など観光地に近い京都市街地北西部に位置し、専門学科である京都こすもす科5クラス、普通科3クラス、計8クラス、1,000人弱の生徒が学んでいます。京都府における理数教育の拠点校として、平成24年度からスーパーサイエンスハイスクール(S S H)の指定を受け、科学技術系人材の育成に向けた研究開発に取り組んでいます。また、研究者としての資質を育む教育課程の研究開発を目指し、3年間かけて行う探究活動である「スーパーサイエンスラボ(S S L)」を中心に事業を推進しています。さらに、S S H科学技術人材育成重点校事業と、京都府の指定事業である「スーパーサイエンスネットワーク京都」(「S S N京都」)とを連動させ、京都府の理数教育の基幹校として各取組を行っています。S S N京都とは、理数教育を推進している府立9校を指し、この9校がひとつにまとまり、探究活動の質の向上にむけて各取組を実施しています。

本研究では、本校校有林を利用した森林環境教育および重点校事業による森林研究プログラムについて報告します。

## 2 取組の経過

本校の課題探究活動は、生徒の主体性を重視し実施しています。また、「課題発見能力」「課題設定能力」の育成に重きを置き、研究活動を開始し、活動の過程で、失敗を経験しながら「研究の作法」について学びます。本校のS S Lでは、物理・化学・生物・数学・校有林調査の5つのラボがあります。生徒は、第一学年では実験や実習の基礎技術の習得と批判的言語運用能力と英語によるコミュニケーション能力の向上のための取組を実施し、ラボを選択し、課題設定を始めます。第二学年では、1～5名のチームで生徒の興味に応じたテーマの課題研究を始めます。第三学年では、すべての生徒が研究をまとめ口頭発表および論文執筆を行います。また、希望生徒は、府全体の発表会である「みやこサイエンスフェスタ」、全国の「S S H生徒研究発表会」や各種学術団体において研究成果を発表します。

校有林は、京都市右京区嵯峨鳥居本一華表町にあり、淀川水系に属し、植生は針広混合林、広さは約1.8 haです。土壌種は適潤性褐色森林土に分類され、過去には、陶土の採取履歴があり、尾根部は通称「赤土山」と呼ばれています。



写真－1 校有林の位置



写真－2 ドローンによる校有林の上空写真

平成25年の当初は大きな枯損木が立ち、林冠が閉ざされ、下層植生は貧弱な状況でし

た。生徒の入山を許可するためには、安全の確保が急務でした。枯損木を含め、これまで1,000本を超える立木について適切に間伐処理を行いました。理科（地学）と地歴公民科（地理）の教員が校有林調査ラボを立ち上げ、発足から「自然を測ろう」をコンセプトに、校有林がもつ多面的機能について研究を開始しました。また、自然科学や数学を題材に活動するサイエンス部についても、平成25年から校有林における研究活動を開始しました。

校有林における本校生徒による課題研究活動に関する研究開発を進め、後にSSN京都関係校に普及することを考えていました。

### 3 結果

校有林を題材にする生徒は、校有林の散策や先行研究を調べ、自らの研究課題の設定を行います。

校有林での研究を開始した当初の研究課題は、樹木や土壌がもつポテンシャルを評価するものが多く、「詳細地形図の作成」、「土壌物理性」、「土壌化学性」、「土壌生物性」、「土壌断面調査」、「動物生態調査」等でした。これらの研究は現在も継続して行われています。近年は、校有林の間伐材の利活用や土の陶土としての利用することに関する研究が見られるようになりました。これまで100名以上の生徒が校有林で探究活動を行いました。研究成果は、日本森林学会、日本土壌肥料学会、日本地球惑星科学連合等の学術団体への発表し、のべ発表が41報、学術論文の体裁に則った単著論文が68報出されています。また、シンガポール共和国、タイ王国、カナダにおいて、英語による8本の口頭報告を行いました。さらに、令和元年度および令和2年度のSSH生徒研究発表会に校有林調査ラボの生徒が本校代表として研究成果を発表しています。



写真－3 校有林内土壌断面の例



写真－4 探究活動の様子①



写真－5 探究活動の様子②



写真－6 タイ国での発表  
(TJSS Fair 2015)



写真－7 シンガポール共和国  
の高校生との交流（校有林）



校有林での探究活動に関する研究開発をもとに、SSH科学技術人材育成重点事業としてカナダ・ケベック州での森林研究プログラムを企画しました。プログラムの目的は、「現地調査を中心とした課題研究の実施」、「将来的な共同研究の可能性を探る」、「研究者としての国際性・コミュニケーション能力・リーダーシップの育成」です。参加条件は、校有林において十分なトレーニングを積んでいること、自ら研究課題を設定し実行できること、必要な最低限の英語力を有することとしました。生徒が設定した研究課題は「凍てつく大地に挑む ～カナダ・ケベック州におけるメープル林下の土壌生成～」です。現地の大学や高校と連携し、調査場所をあらかじめ決定し、100kgをこえる各種測定機材や分析機器を準備しカナダに向かいました。現地は当然のように積雪があり、生徒が主体的に、状況に応じて変更案を立てました。調査項目は、「立木密度」、「土壌断面調査」、「土壌 pH」、「土壌貫入強度」、「土壌呼吸」です。これらの結果は、「京都サイエンスフェスタ」や各種学術団体で報告しました。以上の取組により、ある程度国内で調査研究を学び実施できた生徒は、海外においても主体的に研究課題を設定し、調査を自ら実行できることがわかりました。



写真－8 土壌断面の例(カナダ)



写真－9 ビッターリッヒ法による立木密度調査



写真－10 土壌モノリスの観察 (McGill University)

カナダ・ケベック州での森林研究プログラムの研究開発をふまえて、令和2年度から「アジアサイエンスリサーチプロジェクト (ASRP) in Malaysia/Singapore」を企画しました。これは、平成31年度まで実施していたSSH重点事業「アジアサイエンスワークショップ」を改変し、環境調査を主にした取組にしたものです。対象は、SSN京都関係校の生徒です。目的は、府立高校生の国際性の育成を図ること、トップ人材の育成



写真－11 京都府立丹後海と星の見える丘公園の位置 (ホームページより)



写真－12 京都府立丹後海と星の見える丘公園の上空写真 (ホームページより)

することです。内容は、SSN京都関係校9校の生徒が主体的に環境調査の内容を考え、協働で研究を実施しました。本来はマレーシアでの環境調査を予定していましたが、新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から、調査場所を国内に変更しました。調査場所は京都府立丹後海と星の見える丘公園と本校校有林とし、2年間で6校82名の生徒および8名の本校卒業生が環境調査に参加しました。京都府立丹後海と星の見える丘公園は、京都府北部丹後半島東岸に位置し、敷地面積は118.5 haあります。事前学習を設定し、参加者が野外巡検や現地確認するとともに、クラウド式グループウェアを用いて先行研究について情報共有を行いました。現地確認の際には、森林環境調査に関する機材の使用目的や使用方法を学びました。そして、各校教員の指導のもと、生徒は主体的に研究課題を設定しました。新型コロナウイルス感染症拡大防止の観点から、調査日程などのスケジュールの変更はあったものの、SSN京都関係校6校による森林環境を題材とした協働研究を実施することができました。これらの成果は、「みやこサイエンスフェスタ」および各種学術団体等で報告しました。



写真-13 土壌断面調査



写真-14 土壌断面調査（斜面下部）



写真-15 調査機材



写真-16 化学分析

#### 4 今後の課題・取組

以上のことから、環境調査のための事前学習をシステム化することにより、高校生が主体的にフィールドサイエンスについての協働研究に取り組むことができることがわかりました。

今後、校有林においては、生徒主体での探究活動を継続し、例えば「校有林内でチャノキ(*C. sinensis*)を栽培・収穫し、校内で加工する、校有林で陶土を採取し、電気釜で抹茶茶碗を焼き上げ、茶室「里仁軒」でお抹茶を頂く」といったオール嵯峨野ブランドの開発を現実にする等、常に楽しく価値のある校有林での探究活動を継続したいと思います。現在、チャノキについては、京都府農林水産部農林水産技術センター農林センター茶業研究所の協力のもと、定植の計画が進行中です。

さらに、SSH重点枠事業については、SSN京都の生徒を繋げることはもちろん、海外の高校生と「フィールドサイエンス」を中心とした協働研究について研究開発を進めたいと考えています。

## 民国連携ケーススタディ地区の取組 －神石高原町の事例－

広島北部森林管理署 森林技術指導官 山本 光夫

### 1 はじめに

我が国の森林資源は、戦後植林された人工林が成熟期を迎え、この資源を有効活用し、森林・林業の再生を図るため、その牽引者となる人材としてフォレスター「森林総合監理士」制度が平成 25 年度に創設されました。一方、国有林では、いち早く平成 23 年度から市町村への技術的支援を行う「准フォレスター」の育成及び活動を開始していました。

しかし、「支援体制を整えて活動している地域は一部にすぎない。」「フォレスター活動を知らない市町村もある。」などの課題があり、活動を模索していた状態でした。このような中、平成 27 年度、「国有林の森林総合監理士等の市町村における活動を



図－1 神石高原町位置図

模範として、その取組の課程、方法等を実地で検証し、他の市町村に普及・啓発していく『ケーススタディ地区』を各森林管理局に設定することが決定しました。管内では、神石高原町（図－1）にケーススタディ地区を設定しました。

### 2 ケーススタディ地区の概要

#### (1) 神石高原町の概要と課題

神石高原町は、広島県の北東部に位置し、町の森林面積は 31,000ha、そのうち国有林は 12%、約 3,700ha、51 団地と町内に広く散らばっており、国有林が各種施業をする際には、隣接する森林所有者との連携が重要となっています。また、民有林の特徴は、人工林率が 34%、所有形態が小規模零細で分散していることです。そのため、小規模分散型の森林を団地化し、路網整備による生産性の向上、木材生産と森林整備の低コスト化等を図り、計画的な伐採と更新の推進が必要となっていました。

#### (2) ケーススタディ地区の選定理由

神石高原町をケーススタディ地区に選定した理由は、下記のことなどが挙げられます。

##### ア 町森林整備計画策定の支援実績

平成 27 年度から、広島県、広島北部森林管理署、広島森林管理署の森林総合監理士等が連携し、支援チームとして神石高原町の森林整備計画（平成 28 年度～令和 2 年度）の策定支援に取り組んできた実績があり、森林組合の加入により一層の連携強化を図ることが期待されていた。

##### イ 市町村森林整備計画で民国連携を明記

神石高原町森林整備計画では、「国有林と隣接する民有林団地における国有林及び関係者との一層の連携強化、森林共同施業団地の設定による民国一体となった効率的な森林整備の推進」が明記され、協力体制が整っていた。

### (3) 支援チーム

ケーススタディ地区の取組は、支援チーム(写真-1)により行われ、メンバーは総勢12名(令和3年度:広島県庁2名、県地方機関2名、神石高原町2名、森林組合2名、広島森林管理署1名、広島北部森林管理署3名)です。必要に応じて、関係者を追加参集しています。

広島北部森林管理署が事務局を担い、支援チームのメンバーとの会議等の日程調整、活動方針や現地調査などの活動内容を調整します。調整の際は、広島県、広島森林管理署の森林総合監理士等と連携して、効果的な活動内容となるよう意見交換しています。

民有林の現地情報は、森林組合に頼るところが大きく、森林共同施業団地設定にかかる情報には特に期待しています。

地元神石高原町の林務担当者は、未経験者あるいは経験の浅い方が短期で交代するため、担当者のニーズにあった現地検討会、林業の基礎的な勉強会を行っています。



写真-1 支援チーム会議

## 3 主なケーススタディ地区での取組

ケーススタディ地区では、2つの課題解決を柱に取り組んでいます。

1つ目は、森林共同施業団地(国有林と民有林が隣接する地域で、効率的な森林整備や有利な木材の販売等を行うため団地化を行う取組)の設定に取り組み、路網の相互利用、木材集積場の共同使用等の効率的な木材生産に寄与することです。この取組については、後ほど詳しく記載します。

2つ目は、国有林でのコンテナ苗の植栽、一貫作業システムなど主伐・再造林にかかる低コスト施業の取組に関する現地検討会を開催し、国有林での事例をモデルにして民有林への普及を促すことです。

神石高原町林務担当職員のニーズ等を踏まえながら、現地検討会を開催しました(表-1、写真-2)。

表-1 現地検討会一覧

| 年度     | 現地検討会テーマ   |
|--------|--|
| 平成28年度 | ・2,000本/ha 植栽の普及<br>・一貫作業システム普及(主伐後すぐにコンテナ苗植栽)           |
| 平成29年度 | ・一貫作業、コンテナ苗植栽地の1年後の植生状況<br>・2,000本/ha 植栽後10年経過した造林地の生育状況 |
| 平成30年度 | 天然更新完了確認   |
| 令和元年度  | シカ被害防護柵の設置(立木を利用した柵、ツリーシェルター)                            |
| 令和2年度  | 低コスト造林(下刈り省略)  |



写真-2 下刈り省略3回の現地検討会

## 4 森林共同施業団地設定の取組

本発表では、森林共同施業団地の設定に取り組んだ、「福永」、「新免」、「有木」、「相渡・古川」の4箇所(図-2)のうち、3箇所での取組をご紹介します。

### (1) 福永区域

福永区域は、平成 28 年度に国有林が提示した隣接民有林 6 箇所との団地候補地リストの一つで、国有林と「森林経営計画策定済みの森林組合受託森林」が団地区域となっています。

支援チームの取組により、森林組合と 2 者間の森林共同施業団地の設定ができました。

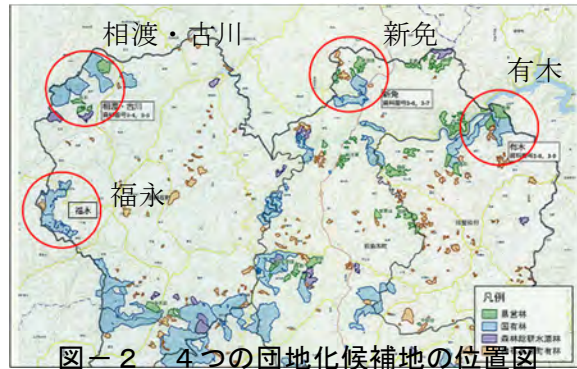


図-2 4つの団地化候補地の位置図

#### 【福永区域での取組内容】

ア 当署が、国有林に隣接する民有林の団地候補リスト（6 箇所）、国有林の今後 5 年間程度の主伐と搬出間伐のリストを作成。

イ 支援チームで、上記アと、広島県作成の民有林の林種・林齢・施業履歴データ等と GIS 情報を基に、団地候補地を絞り込み。絞り込みでは、5 年間の事業予定がない・少ない箇所、急傾斜等路網作設が困難な箇所等を除外し、福永区域での現地調査を決定。

ウ 支援チームで現地調査(当該国有林の隣接地を主体に)を実施。国有林森林作業道予定線への民有林側からの路網接続地点の確認、団地区域、事業計画等を検討。

エ 森林組合は森林所有者からの施業受託を受けて、上記結果を踏まえた森林経営計画を樹立。

団地区域と年度別事業計画を最終調整し、森林共同施業団地設定に関する協定を締結。

オ 平成 29 年度国有林で事業実施。

カ 平成 30 年度、民有林事業で国有林の森林作業道と接続(図-3)したことで、それまで搬出不可能だった民有林材 525 m<sup>3</sup>を国有林側へ搬出。



図-3 福永区域の路網配置

### (2) 新免区域

新免区域は、平成 29 年度に森林組合から提案があった 3 つの候補地(新免、相渡・古川、有木)の一つです。新免区域(図-4)は、国有林、県営林、町有林の公有林が主体の団地区域となっています。

平成 29 年度から令和 2 年度まで、支援チームで、団地設定に向けた検討を行いました。団地設定には至りませんでした(継続検討扱い)。

#### 【新免区域での取組内容】

・広島県、森林組合が作成した国有林、県営林、町有林の配置位置図を基に路網の接続等現地調査を支援チームで実施(写真-3)。

・現地調査の結果を踏まえ、メリットと課題を整理。



図-4 新免区域の森林配置図

ア メリット

- ① 県営林と国有林の路網を接続することで、国有林材の搬出、土場の共同利用が可能。
- ② 隣接する県営林と町有林の森林資源は共に成熟し、事業実施や路網整備の連携が可能。



写真－3 新免区域の現地調査の様子

イ 課題

- ① 国有林の施業（間伐等）は、5年間予定無く、次回は早くても令和6年度以降。
- ② 県営林は、令和4年度・5年度の事業計画の実施に当たって土地所有者の同意が必要（分収割合を県の方が有利になるように変更することが実施の条件）であるが、一部未済のため、施業実施時期が未確定。
- ③ 町有林は、施業計画策定と予算化が必要であり、事業化に目処が立った段階で加わる意向。
- ④ 森林組合は、受託森林所有者と森林経営計画の話は行っておらず、県営林の施業実施決定と合わせて、受託森林の森林経営計画を立ててから協定参加の意向。また、受託森林は面積が少ないため、町有林と共同で立てることを検討。

ウ 検討結果【決定事項】

森林共同施業団地の候補地として、引き続き事業計画等を情報共有し検討。なお、当該区域での団地設定には、県営林の事業計画の所有者同意が不可欠（現時点では地元同意は得られていない）。

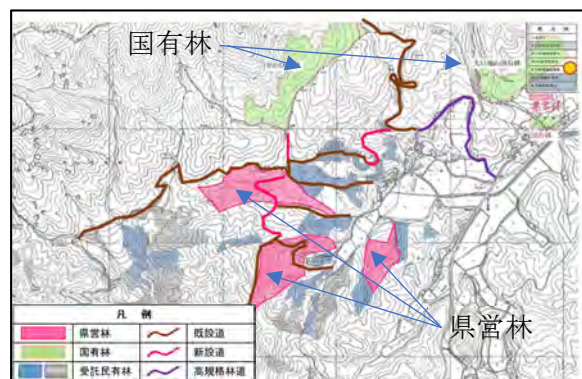
(3) 相渡・古川区域

相渡・古川区域は、県営林と受託森林が大部分を占め、そこに国有林が加わるエリアとなっています（図－5）。

平成29年度から令和2年度まで、支援チームで、団地化に向けた検討を行いました。が、団地化には至りませんでした。

【相渡・古川区域の取組内容】

- ・ 森林組合が作成した配置図、国有林が作成した関係国有林の林班情報及び広島県が作成したGIS図面等をもとに、団地エリアの循環路網の最適配置を図上検討したうえで連結点を決定し、現地調査を実施しました。
- ・ 現地調査の結果を踏まえ、メリットと課題を整理しました。



図－5 相渡・古川区域の森林配置位置図

ア メリット

- ① 国有林、県営林、受託森林の既設森林作業道を拡張連結することで、大型車が通行可能な循環型路網の開設が可能となり、効率的な流通に寄与（現状は、

幹線への運搬は、集落内を通行する小運搬のみ)。

- ② 国有林は5年間のうち搬出間伐の計画有り。

#### イ 課題

- ① 受託森林内の循環路網(林業専用道)の新設(130m)が、補助事業で作設可能か検討が必要。
- ② 受託森林は、次の間伐は5年程度先。
- ③ 県営林は、今後5年間の事業の仮計画はあるものの、所有者同意の問題で施業実施時期は未確定。
- ④ 国有林は、事業量が少ないため、里道経由の既設道への接続が現実的。
- ⑤ 県営林は、事業規模が小さく投資対効果の面で大型路網の開設は困難で、中間土場までの小運搬が現実的との意向。
- ⑥ 国有林、県営林、受託森林が、個々の所有地の中だけ道を作っている現状を解消し、団地内道づくりの一本化を図る必要。

#### ウ 検討結果【決定事項】

大型路網の開設は困難と意見集約。候補地から外すが、中間土場の共用、協調施業、システム販売等での連携等、引き続き事業計画等情報共有し検討することで決定。

### 5 取組実施に当たり苦労した点

以上のように、当初は容易に団地設定が進むと想定していた国有林、県営林、町有林など公有林を中心とした区域での取り組みは、事業予定の不一致、特に県営林の所有者同意問題など、個々の諸課題があり、団地を設定することはできませんでした。

取組の課程では、目に見えて成果が上がらず、候補地の見直しを行ったところ、候補地を提案してくださった森林組合から「成果が上がらなかつたらやめたらいい」といった考え方は改めるべきとの意見をいただくなど、合意形成の難しさを感じました。

森林組合からは、搬出の為の林業専用道の配置の必要性と主体がどこになるかが大切であるとの意見がありました。この点は、森林組合のご意見どおり、主体は民有林であり、その課題解決のために支援しているのだという立場で更に議論をつくすべきであったと反省しています。

### 6 おわりに

当初、私はケーススタディ活動で重要なことは、地域課題である森林共同施業団地を作り上げ、その取組手法とプロセスを作りあげることが、求められた成果であると思っていました。

これまで、ケーススタディ活動に4年間携わりましたが、森林共同施業団地は作り上げることはできませんでした。その原因の1つとして、5年間程度の事業計画を基に団地設定を考え、短期に事業実績を求めたことがあげられます。振り返ると、10年、15年先を見据えた長期スパンで協定を結び、余裕を持った路網・施業の連携を図ることが重要だったと考えています。

次にケーススタディ地区の今後について、取組期間は、通達では6年が基本となっており、今年度で終了予定です。しかし、神石高原町では、森林共同施業団地の設定等の民国連携の取組が引き続き必要であることから、この後継体制について検討が必要と考えています。関係者が一体となり、課題に対して連携・協力しながら、実地活動ができる「実践部隊」の良さを生かした体制が継続できればよいと考えています。

今後も、国有林が牽引役となって、森林共同施業団地を推進し、地域の林業と経済の活性化に貢献できるよう、努力していきたいと考えています。



# 大学演習林における地域貢献 ー地域活性化のための人材育成を目指してー

京都大学フィールド科学教育研究センター 技術専門職員 ○勝山 智憲  
技術専門職員 大橋 健太

## 1 課題を取り上げた背景

はじめに、この課題を取り上げた背景について説明します。日本の面積の3分の2に相当する豊富な森林が存在する日本ですが、人々が日常生活の中で森林や林業に接する機会が少なくなり、森林の荒廃や環境に対する森林の持つ役割、重要性に対する意識が低くなっていました。近年、豊富な森林資源を持続的かつ有効に活用するため、森林での様々な体験活動等を通じて、森林と生活や環境について、理解と関係を深める「森林環境教育」の取組がさかんに行われるようになっていますが、この取組をさらに推進する必要があります。

多くの森林を保有するのは小さな山村であり、少子高齢化、主要産業であった林業の担い手不足、その影響による林業の衰退とそれに伴う森林の荒廃という悪循環がおこっています。この問題解決のためには、森林環境教育を通じて地域の若い世代に気軽に森林環境と向き合い、興味を持ってもらうことが重要であり、森林の持続的管理と森林資源活用のために、森林環境教育を将来の担い手育成と地域活性化に繋げることが重要な課題です。ここでは、和歌山研究林が地域の学校に向けて長期にわたって取り組んできた成果を紹介します。

## 2 経過

京都大学和歌山研究林は、和歌山県有田郡有田川町（旧清水町）、和歌山県の北東部で奈良県との県境に位置します。有田川町の人口は令和2年9月現在、26,164人でそのうち2,837人が旧清水町の人口となっています。旧清水町は、平均年齢は60歳を超え、その面積は有田川町の半分以上を占め、森林率も約90%と森林に囲まれた小さな山村地域です。京都大学はその中の842haの山林を管理しています。標高は455m～1,261mで、平均傾斜40度の急傾斜地で、暖温帯にはシイやカシ類、中間温帯にはモミ・ツガ、冷温帯にはブナミズナラと幅広い森林帯が見られます。

和歌山研究林では、学生実習などの直接的な大学の教育研究だけではなく、長期モニタリングや施設整備を行っています。例えば、林道・作業道・歩道の維持管理、林内150箇所のプロットにおける胸高直径、樹高測定等のデータ収集、直営の木材生産、保育間伐等の手入れ、モニタリング1000といわれる生態系調査、調査研究に必要な重機、機材のメンテナンスなどです。これらに加えて和歌山研究林では、学生及び一般にむけた社会教育にも力を入れており、地域の小中学校、高校の児童と生徒に、自然観察や伐倒体験などから樹木の性質や特徴、林業に関わる知識等を解説する森林環境教育の取組等に力を入れています。

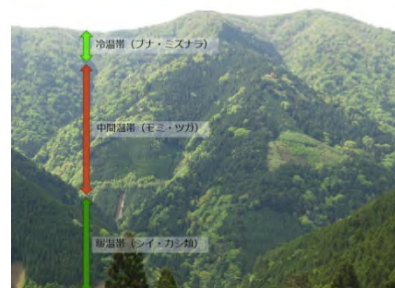


写真-1 研究林内の様子

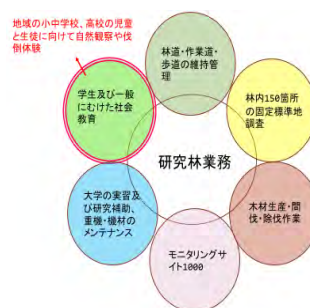


図-1 和歌山研究林の業務

現在、地元の有田川町立八幡小学校の5年生を対象に春と秋の2回、森林体験を行っています。春は森林の仕組みと樹木の特徴などについて、講義と林内での樹木学習を行い、終了後のテスト結果に応じて賞状を渡しています。秋には、人工林でのこぎりを用いた伐倒体験を行います。こうして子供達は木を伐ることの難しさと伐り倒せた時の喜び等を体験しています。これらを通して自然や樹木に触れ、自然の大切さを理解し、樹木や森林に興味を持ってもらうことを重視しています。

また、有田川町立八幡中学校とは職業体験という授業の一環で3日間、研究林における業務、伐倒等の育林作業から森林の調査、重機の操作、データ処理等を体験してもらっています。大学での仕事を体験することで森林や環境に興味を持ち、将来の仕事の選択肢の一つとして考えてもらえるよう実習を行っています。

そして、和歌山研究林が有田中央高等学校清水分校と連携し、正式な選択科目として実施しているウッズサイエンス、森林ウォークについて説明します。

平成14年度から開講している選択科目「ウッズサイエンス」は、旧清水町の主要産業である林業について理解を深め、森林と森林資源の有効活用、森林保全について知識と技術を身につけてもらう取り組みです。

まず、森林ウォークは高校一年生を対象に自然散策を通して森林に対する興味関心を深めてもらうために実施しています。

そしてウッズサイエンスは、3年生を対象に選択科目として実施し、本研究林の教員による森の仕組みや林業に関する解説のほか、学校の校庭及び学校周辺におけるコンパスやレベルを用いた測量の実施、コンパス測量を用いたプロット設置から胸高直径、樹高測定を行う毎木調査、樹木識別、苗木植栽、林業において必要不可欠なチェーンソー、刈り払い機の説明と操作、作業道開設や林道維持管理に必要な重機の操作体験や解説、研究補助業務の体験を行い、それを用いた現場での作業と林業の基本について年間25日、60時間余りの講義、実習を行っています。

高校生からは初めて体験することが多く貴重な経験になった、緑に囲まれて生活しているのに知らないことが多かったなどの感想がありました。今後は、大学でしかできない研究の補助業務を中心に、森林・環境への理解を求め、学問の幅を広げつつ、将来に生かしてもらえるきっかけ作りを進めていくことが重要です。

## 小学校自然散策



自然散策や樹木に触れてもらうことで自然の大切さを理解し、樹木や森林に興味を持ってもらうことを重視しています。

図-2 小学生向け森林教育

## 中学校職業体験



大学での仕事を体験することで、森林や環境に興味をもち、将来の仕事の選択肢の一つとして考えてもらえるよう実習を行っている。

図-3 中学生向け森林教育

## 森林ウォーク



図-4 森林ウォーク

## ウッズサイエンス1



図-5 ウッズサイエンス

### 3 実行成果

20年余りにわたる連携教育の積み重ねの成果として、ウッズサイエンスを受講した47名のうち、全体の17%が地元森林組合や木材会社、林業会社、企業に就職し、林業大学校等の進学を加えると30%が将来の地域における担い手として活躍しています。全体の3分の1と決して多くはありませんが、こうした活動をきっかけの一つとして、地元に興味と愛着を持ち、地域振興のために活躍していることは決して小さな成果ではないと考えています。この他にも和歌山県内、有田郡・有田市への就職と半数以上が地元及び近隣地域において活躍しています。こうした地域の人材育成の成果を踏まえ、平成25年度には有田中央高等学校と新たに教育連携の協定を締結し、また令和2年度には京都大学フィールド科学教育研究センター、有田中央高等学校、有田川林業活性化協議会、有田川町の4者間で林業振興及び人材育成にむけた包括連携協定を締結しました。一方で、地域では、人口の減少、少子化による担い手不足はますます加速し、生徒数自体も大きく減少しています。今後は地域の学校には自然散策や授業を継続し、地域外の生徒を対象としたイベントの実施も増やし、森林環境に興味を持ち、森林資源を活用した産業振興に理解のある人材を幅広く育成していく必要があります。

### 4 考察

大学演習林が地域の教育機関と深く連携して20年以上も森林環境教育を続けているケースは珍しいですが、地域の少子・高齢化が進む中、森林をベースとした産業振興に関わる人材育成の取組への支援と貢献は、大学演習林にとって新たな役割の一つといえます。同時に演習林の強みを生かした講義実習は小中高にとって教育効果のアップにつながり、両者に相乗効果が生まれます。大学が行っている研究を若い世代に体験してもらうことで森林環境に興味と理解を求めることがこれからの日本の林業、森林保全に役立ちます。和歌山研究林では、これまでの社会連携教育を継続、発展させ、大学の教育研究とバランスを取りながら、大学演習林における地域貢献の可能性について、さらに幅広く検討していきます。

国産キハダの栽培推進と優良な県産製品の拡大に向けた奈良県研究分野統合本部の挑戦  
～短期栽培のキハダは生薬として利用できるか～

奈良県薬事研究センター 総括研究員 西原 正和

## 1 課題を取り上げた背景

キハダはミカン科の広葉樹で、古くから周皮を除いた樹皮を生薬オウバクとして、「黄連解毒湯」などの漢方処方構成生薬のみならず、胃腸に対する民間薬として重宝されている陀羅尼助などの原料として用いられてきました<sup>1)</sup>。

オウバクを取得するためには、通例 20 年以上の栽培年月を必要とするため、その栽培年数の長さから管理者がリタイヤされる場合や耕作放棄地となっているところが数多くあります。

一方で、国内で使用されている生薬の状況は、2018 年で 26,390,666 kg が流通していますが、そのうち約 9 割 (23,639,934 kg) が海外産 (うち約 8 割 (22,052,252 kg) が中国産) に依存している状況です<sup>2)</sup>。そのため、海外からの流通、特にチャイナリスクに伴う中国からの流通がストップした場合には、日本の漢方・生薬製剤の製造ができないといった危機的な状況にあります。

オウバクについても、同様の状況で、2018 年の総使用量は 176,179 kg ですが、国産での自給率は 1,917 kg とわずか 1% です<sup>2)</sup>。

そこで、奈良県では平成 30 年度より 6 つの公設試験研究機関による奈良県研究分野統合本部を立ち上げ、キハダの栽培促進と有効利用を目指しています。この取組では、これまで活用されてこなかった葉、実、心材などの副産物の活用法や栽培のための苗木の生産方法などの検討、有用成分の探索や、生薬部位 (オウバク) のベルベリン含量の確認を行うことにより、その栽培促進を狙っています。

今回、通例 20 年以上の栽培年月を必要とするキハダ (通例木) の栽培期間を短縮できないか検討するため、樹齢の若いキハダを伐採調査し、生薬 (オウバク) として利用可能かについて検討を行うこととしました。

## 2 経過

樹齢の若いキハダを確保するため、本県の栽培管理者に無理をお願いし、宇陀市産の樹齢 3 年及び 6 年生のキハダ 1 本ずつを伐採し、その樹高及び胸高直径を測定しました。さらに周皮を除いた樹皮 (オウバク) を取得の上、医薬品の公定書規格である第 18 改正日本薬局方に収載されているオウバクの規格を満たすか確認を行いました<sup>3)</sup>。また、オウバク中に含まれるベルベリン型アルカロイド類として知られているベルベリン、パルマチン、ジャトロリジン (図-1) の含量を測定しました。さらに、流通しているオウバクと比較するため、2019 年度より 3 年間、通例木の伐採調査で得たオウバク (2019 年度: 23 ロット、2020 年度: 32 ロット、2021 年度: 21 ロット) を天日乾燥したものについても、ベルベリン

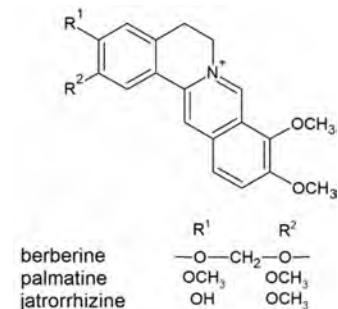


図-1 ベルベリン型アルカロイド類の構造

含量を測定しました。

なお、ベルベリン型アルカロイド類の含量測定は、既報に従い、実施しました<sup>4)</sup>。

### 3 実行結果

#### (1) 樹高及び胸高直径

樹齢3年及び6年生のキハダについて、樹高及び胸高直径を測定しました。その結果、表-1に示す結果となりました。この結果をもとに、今年度の通例木の伐採調査で得られた結果と比較しました(図-2)。

表-1 樹齢3年及び6年生キハダの樹高、胸高直径

| ロット | 樹齢(年) | 樹高(m) | 胸高直径(cm) |
|-----|-------|-------|----------|
| 1   | 3     | 5.0   | 15.9     |
| 2   | 6     | 8.0   | 29.6     |

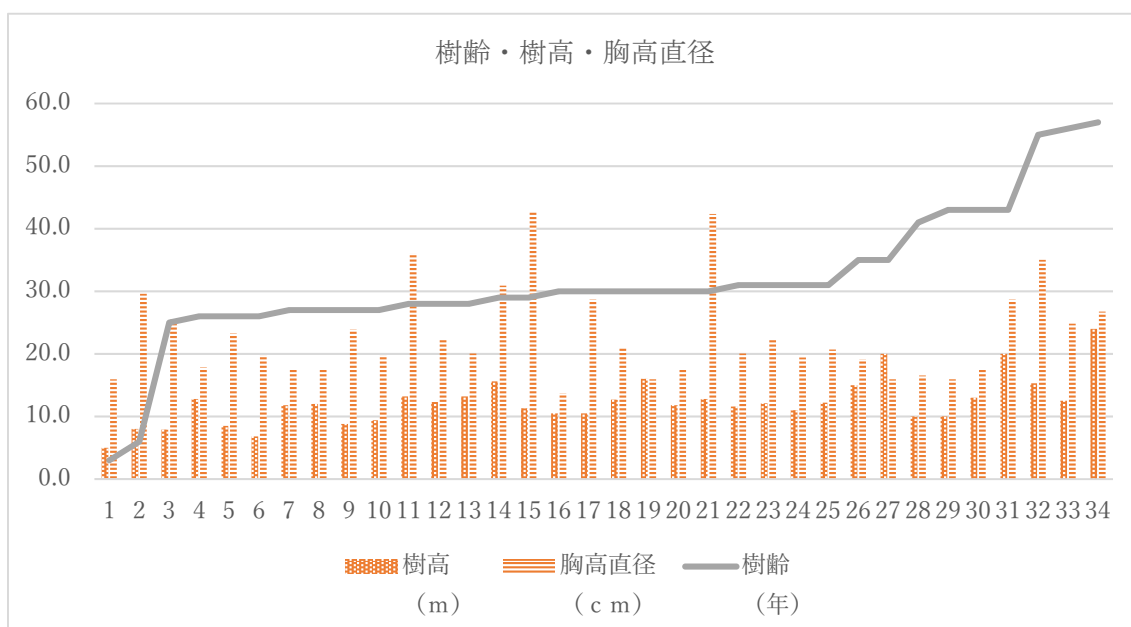


図-2 2019年度の樹齢・樹高・胸高直径の結果

今年度の通例木の伐採調査で得られたキハダの平均樹齢は33.3年であり、樹高は $12.6 \pm 3.6$  m、胸高直径は $23.1 \pm 7.5$  cmでした。これらの結果をもとに、樹齢3年及び6年生のキハダと比較したところ、樹高は、通例木より低いものの、胸高直径は、樹齢6年生のキハダでは、通例木の平均値以上の結果でした。

#### (2) 日本薬局方オウバクに規定された試験結果

樹齢3年及び6年生のキハダから得られたオウバクは、通例木に比べ栽培年数が短いことから、医薬品の規格に適合しない可能性が想定されました。そこで、樹齢3年及び6年生のキハダから得られたオウバクが、医薬品の公定書規格である第18改正日本薬局方の規格に適合するかどうかを確認しました。なお、樹齢3年及び6年生のキハダは、いずれも3本に分枝していたことから、分枝部分ごとにオウバクを採取し、試験を実施しました。

その結果、樹齢3年及び6年生のいずれにおいても、日本薬局方オウバクの規格に適合しました。特に、薬用植物の栽培等ではハードルの高い規格となる含量規格についても、十分に規格を満たしました（表-3、4）。

表-3 樹齢3年生キハダから得られたオウバクの結果

|        | ベルベリン<br>含量 (%) | 生薬の<br>性状 | 確認試験 |     |     | 乾燥<br>減量 | 灰分 | 酸不溶<br>性灰分 |
|--------|-----------------|-----------|------|-----|-----|----------|----|------------|
|        |                 |           | (1)  | (2) | (3) |          |    |            |
| 1-1 上部 | 3.73            | ○         | ○    | ○   | ○   | ○        | ○  | ○          |
| 1-1 下部 | 5.68            | ○         | ○    | ○   | ○   | ○        | ○  | ○          |
| 1-2 上部 | 4.19            | ○         | ○    | ○   | ○   | ○        | ○  | ○          |
| 1-2 下部 | 5.40            | ○         | ○    | ○   | ○   | ○        | ○  | ○          |
| 1-3 上部 | 5.94            | ○         | ○    | ○   | ○   | ○        | ○  | ○          |
| 1-3 下部 | 3.42            | ○         | ○    | ○   | ○   | ○        | ○  | ○          |
| 3本合わせ  | 6.11            | ○         | ○    | ○   | ○   | ○        | ○  | ○          |

表-4 樹齢6年生キハダから得られたオウバクの結果

|        | ベルベリン<br>含量 (%) | 生薬の<br>性状 | 確認試験 |     |     | 乾燥<br>減量 | 灰分 | 酸不溶<br>性灰分 |
|--------|-----------------|-----------|------|-----|-----|----------|----|------------|
|        |                 |           | (1)  | (2) | (3) |          |    |            |
| 2-1 上部 | 3.73            | ○         | ○    | ○   | ○   | ○        | ○  | ○          |
| 2-1 下部 | 5.68            | ○         | ○    | ○   | ○   | ○        | ○  | ○          |
| 2-2 上部 | 4.19            | ○         | ○    | ○   | ○   | ○        | ○  | ○          |
| 2-2 中部 | 5.40            | ○         | ○    | ○   | ○   | ○        | ○  | ○          |
| 2-2 下部 | 5.94            | ○         | ○    | ○   | ○   | ○        | ○  | ○          |
| 2-3 上部 | 3.42            | ○         | ○    | ○   | ○   | ○        | ○  | ○          |
| 2-3 下部 | 6.11            | ○         | ○    | ○   | ○   | ○        | ○  | ○          |
| 3本合わせ  | 5.89            | ○         | ○    | ○   | ○   | ○        | ○  | ○          |

### (3) ベルベリン型アルカロイド含量とベルベリン含量の比較

樹齢3年及び6年生のキハダから得られたオウバクについて、ベルベリン型アルカロイド含量を測定しました。その結果、表-5に示すとおりとなりました（Ber：ベルベリン、Pal：パルマチン、Jat：ジャトロリジン）。

また、日本薬局方オウバクの含量規格であるベルベリンについて、通例木との比較を行いました。

その結果、通例木とほぼ同等の結果となりました（表-6）。なお、樹齢3年及び6年生のキハダは1ロットずつであったことから、ロット数の不足により有意差検定を用いた比較は実施しませんでした。

表－5 樹齡3年及び6年生のベルベリン型アルカロイドの結果

|        | Ber (%) | Pal (%) | Jat (%) |        | Ber (%) | Pal (%) | Jat (%) |
|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
| 1－1 上部 | 3.73    | 0.73    | 0.093   | 2－1 上部 | 3.73    | 0.48    | 0.074   |
| 1－1 下部 | 5.68    | 0.52    | 0.121   | 2－1 下部 | 5.68    | 0.65    | 0.136   |
| 1－2 上部 | 4.19    | 0.71    | 0.103   | 2－2 上部 | 4.19    | 0.75    | 0.131   |
| 1－2 下部 | 5.40    | 0.64    | 0.113   | 2－2 中部 | 5.40    | 0.50    | 0.140   |
| 1－3 上部 | 5.94    | 0.42    | 0.123   | 2－2 下部 | 5.94    | 0.86    | 0.173   |
| 1－3 下部 | 3.42    | 0.51    | 0.083   | 2－3 上部 | 3.42    | 0.43    | 0.087   |
| 3本合わせ  | 6.11    | 0.68    | 0.121   | 2－3 下部 | 6.11    | 0.70    | 0.160   |
|        |         |         |         | 3本合わせ  | 5.89    | 0.43    | 0.133   |

表－6 ベルベリン含量の比較

|                  | 平均値±標準偏差 (%) | 最大値 (%) | 最小値 (%) |
|------------------|--------------|---------|---------|
| 樹齡3年生 2021年      | 5.05±1.088   | 6.11    | 3.42    |
| 樹齡6年生 2021年      | 4.62±0.908   | 6.23    | 3.61    |
| 通例木 2019年 n = 23 | 4.89±1.800   | 9.51    | 2.79    |
| 通例木 2020年 n = 32 | 6.03±1.364   | 8.54    | 3.15    |
| 通例木 2021年 n = 21 | 5.14±1.221   | 8.35    | 3.54    |

#### 4 考察

今回の結果から、樹齡3年及び6年生のキハダであっても、取得したオウバクは第18改正日本薬局方の規格を満たすほか、通例木とほぼ同様のベルベリン含量を示しており、市場流通が可能なのことがわかりました。

これにより、キハダの短期栽培の可能性があることがわかりました。すなわち、約20年の栽培年月が長く、その栽培を再考する方や、短期での栽培を望む方には、今回のような短期栽培が可能であると確認できました。一方で、通例どおりのオウバクの収量を望む方や、これまでどおりのサイクルで栽培したい方は、長期栽培をすることで、栽培方法の棲み分けの可能性が示されました。

今回、調査した若齢木は、2ロットであったことから、統計処理により判断することができなかつたため、今後さらにロット数を増やす方法などを検討し、さらなる調査を行う予定です。

#### 引用文献

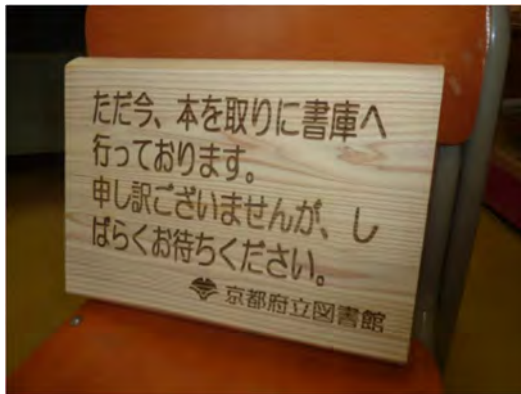
- 1) 竹谷孝一、木内文之、小松かつ子、パートナー生薬学 改訂第3版増補、214～215、株式会社南江堂、2018
- 2) 山本豊、笠原良二、平雅代、武田修己、樋口剛央、山口能宏、白鳥誠、佐々木博、生薬学雑誌、75 (2)、89～105、2021
- 3) 厚生労働省、第十八改正日本薬局方、1879～1880、2021
- 4) 上村静香、西原正和、大住優子、塩田裕徳、薬学雑誌、139、1471～1478、2019

## 林福連携による世代を超えたつながりで創る木工製品

京都府立北桑田高等学校 ○小久保 瑠性  
○川嵯 優心  
岩本 凧都  
吉川 凱揚  
和田 直弥

### 1 はじめに

私たちコンピュータ木工班は、NCルーターやレーザー加工機でつくる新しい木製品を研究開発し、地元産木材をPRしています。先輩たちは、京都府立図書館で使う、家具や表示板を考案しました。この材料には地元の木である、北山杉の磨き丸太を使っています（写真－1・2）。また、京都府立盲学校に出向き、本校が提案した木製トレイ研磨作業や図形のパズルなど木製教材を使って交流したこともあります。この活動を通し、様々な機会地元産木材の製品をPRし、その普及を図り、炭素循環型社会の実現に向けて努力しています。また、地元林業の活性化により、森が元気になり、災害に強い環境づくりに貢献できることも目標にしています。



写真－1



写真－2

### 2 昨年度の取組

一昨年の秋に「チームKYO-SO」のメンバーが来校されました。このチームは、ICTを活用し山間部と都市部をつなげ林業や木工品の生産工程を見える化し発信することで山村地域や林業の活性化をはかるプロジェクトを行っています。その中に林福連携という考え方があり、高齢者福祉施設「西院」の所長さんより田舎の高校生と都市部の高齢者が共同で木製品の生産ができないかという交流の申し出がありました。「西院」はS i t t eというブランドでカッティングボードを製作し販売している実績があります。

#### (1) 製作品の決定

新型コロナウイルス感染が拡大したので、約3か月休校となり、活動開始できたのは6月でした。そして高齢者施設への立入りは禁止なので、Z o o m 会議で始めました（写真－3）。



写真－3



お互いの自己紹介や、京北の印象を聞いたりしました。オンライン接続方法や会議の流れを決めて、会議後のまとめなど、「チームKYO-SO」の方がサポートしてくれます。商品開発の勉強も地元で創作活動をしているメンバーの方にお世話になりました。2回目のZoom会議では、事前に簡単な試作品も届けたうえで、まったく新しいものの提案はむずかしいので、ネット通販にある木製品の中から私たちが作れそうなものを選んで、提案しました。そして具体的にコースター・貯金箱・スマホスピーカーの三種類で販売品を絞り込みました。

## (2) 販売品製作

スマホスピーカーは、形状を変えていくつか試作しました。当初スマホケースから外して使っていましたが、ケースを付けたまま使えるようにし、充電コードも付けられるようにしました。音の出口は直線的な方が大きな音が出ました。

最終形状構造は9層の板を貼り合わせます。ベルトサンダーで研磨を行い、ロゴマークを彫刻しました。この後の塗装と、パッケージ作業は高齢者の方に引き継ぎます。

コースターは5種類の和柄を考案し、CADで描いたものをそのままレーザーで切断しました(写真-4)。そしてベルトサンダーで研磨の仕上げまでは、本校で行いました。この後の塗装とパッケージ作業は高齢者の方に引き継ぎます。

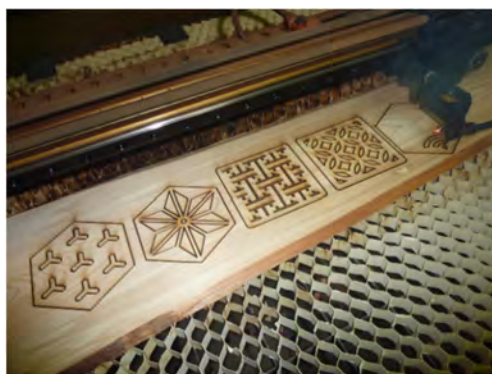


写真-4

貯金箱は、試作品を事前に届けたところ、少しサイズが大きすぎるという意見があり、サイズ変更をしました。賽銭箱と大きく彫刻し、貯金のたびにご利益がありそうな形状にしました。

高齢者の方には、この組み立てと、塗装・パッケージ作業をお願いしました。貯金箱の部材を納入するとき、特別に代表者2名が来場を許され、組み立て作業の講習会を行いました。初め高齢者の方は組み立てが難しそうだと不安になっていましたが、実際に丁寧に説明すると何とかうまく完成しました。私たちの訪問を大変喜んでおられました(写真-5)。



写真-5

## (3) 価格決定とイベントでの販売

3回目のZoom会議で販売価格を決めました。本校は材料費の回収ができれば特に生徒の手間賃は考えなくてよいですが、イベントで販売できれば高齢者の方に手間賃を受け取ってもらうように考えました。そのことで生きがいや社会に対する責任感が生まれると思います。そして西院が行う作業工程の説明をしました。その後、本校・西院ともに大急ぎで製作したところ、それぞれ20個ずつ完成しました。それらの商品は、学校の近くで行われた、イベントで販売しました。西院の高齢者の方も来られて一緒に販売しました。来場者数の制限があり、例年より規模は縮小されていました。しかし、予想を上回る売り上げがありほぼ完売しました。このイベントでの販売の様子はNHK京都放送局に取材され、「京いちにち」という番組の特集で放映されました(写真-6・7)。



写真－6



写真－7

### 3 今年度の取組

#### (1) 鞍馬寺から製作依頼

今年度に入り、鞍馬寺から本校に風倒木を活用した木製品の製作依頼がありました。テレビで私たちの活動を見たそうです。2018年9月に上陸した、台風21号の影響で鞍馬寺周辺は、大きな被害を受けました。この森は初代管長さんが、鞍馬寺自然科学博物苑を創設し、貴重な自然を未来に残すため、とても大切にされていました。早速私たちはこの森の視察に行きました。3年前に被害を受けたにもかかわらず、いまだに手の付けられない場所もあり、風倒木を少しずつ短く玉切りし、ほぼ人力で運び出されていました。自然に種が飛んできて育った樹齢何百年という木も含まれており、何とか有効利用したいと思いました(写真－8)。



写真－8

#### (2) 材料搬入・作品決定・加工

まず、以前山から運び出し、鞍馬寺に残しておいた、樹齢200年の天然ヒノキの元玉が本校に運び込まれ、使いやすい形に製材しました。その後乾燥機に入れ、できあがったものにベルトサンダーをかけ、厚みを一定に調整しました。鞍馬寺からは、今年は初代管長さんが亡くなられて50周年の法要が行われるので、自然を愛した管長さんにふさわしい記念品を作ってほしいと要望がありました。そこで鞍馬寺には、自然を大切にしてくださいという想いで読まれた初代管長さん直筆の和歌が残っていたので、スキャナーで加工し、天然ヒノキに彫刻することにしました。鞍馬寺周辺の森は、初代管長さんの遺志を受け継ぎ、自然のまま未来へ残して行くことになっているため、50年程前から一切木の伐採は禁止されています。したがってこのヒノキは風倒木で無い限り、伐り出されることはなかった、とても貴重なものです。

レーザーで彫刻した後、防水のための塗装や、文字を着色するなど、試作をした結果、塗装や着色をしないものが最もヒノキの放つ香りが感じられるので、それにしました。天然ヒノキの香りの深さにとても驚きました(写真－9)。



写真－9

### (3) 西院デイサービスセンターとの共同作業

今年も西院デイサービスとコラボすることを考えていたので、オンライン会議を開き、鞍馬寺注文品の仕上げ研磨をお願いしたところ、高齢者の皆さんは積極的に受け入れてくれました。レーザー彫刻したものを西院デイサービスセンターへ搬入し、仕上げの研磨をしてもらいました。この会議の様子からお年寄りの作業までをNHKが取材されました。完成したものを鞍馬寺へ納品しに行きました。まずは、仕上げてくれた高齢者の皆さんから、鞍馬寺の本堂で製品を受け取りました。

完成品をチェックして、きれいな箱に詰め替えました。高齢者の皆さんは一個を磨くのに1時間以上かけて丁寧に作業されるらしく、そのクオリティーの高さに脱帽しました。私たち高校生では集中力が続かないのに、しっかり作業してくれました（写真-10）。

この作品は鞍馬寺の現職の管長さんに受け取っていただき、初代管長さんの自然を大切に作る想いが詰まった素晴らしい作品だと言ってもらえました。この納品の様子もしっかり取材されました（写真-11）。



写真-10



写真-11

### (4) その後

さらに次の日、NHKの方が来校され、北桑田高校でも実習風景の取材とインタビューを受けました。西院デイサービスとコラボした鞍馬寺の記念品作りの様子をまとめて9月20日ハートネットTVで放映されました。Eテレの全国放送です。2学期は新たな木工品を製作する予定でしたが、コロナ禍の緊急事態宣言により他団体との交流は禁止になったため活発な活動ができず、秋のイベント向けに昨年製作した貯金箱とコースターだけを協力して製作しました。11月6・7日に行われた「ツクル森」というイベントに、西院デイサービスのブースが出されたので、生徒二人が販売のお手伝いに行きました。また、貯金箱作りのワークショップも行いました。

## 4 まとめ

### (1) 成果

西院デイサービスとのコラボ作品を販売し、地元の木のパブリシティができました。さらに取材を受けたことでPRが強力になり、社会的に価値あることだとわかりました。

またオンライン会議により、コロナ禍での取組を実践できました。さらに炭素循環型社会と高齢者福祉社会の両方に貢献できたと思います。

### (2) 今後の課題

製品を安定的に供給するため、簡単に量産できるものを開発したいです。

また、後輩に受け継ぎ、イベントでの販売だけでなく継続的な活動にするなど、さらに発展した活動にしたいです。

森を知り、森から地域を活性化する取組  
～人と地域をつなぐ林道～

京都府立宮津天橋高等学校フィールド探究部 石本 貫志  
初岡 皆星  
京都府立宮津高等学校建築科 平 和将  
大江 涼亜

## 1 はじめに

### (1) フィールド探究部について

私たちフィールド探究部は、京都府の北部、丹後地域で様々な活動を行っています。その活動の例として、巨樹の調査のほか、絶滅危惧種であるサンショウモという水田雑草の保護やその生育に適した環境を作るなどにより、環境保全に取り組んでいます。また、宮津市を流れる大手川を舞台に、生物調査や川の環境づくりに取り組んでいます。放置されて10年以上が経ってしまった親水公園を子供たちが遊べるような改修もしています。丹後の山・里・川が私たちのフィールドです。

### (2) 建築科について

京都府下唯一の建築科として、建築にかかわる専門性を深く学びながら、地域との連携を学科目標に掲げ、様々な活動に取り組んでいます。

近年では、地元の子供たちに笑顔を届ける「ままごとハウス」という木製遊具を保育所や幼稚園に寄贈する活動や、与謝野町・ちりめん街道沿に「バス待合所」を設置するなど、生徒の私たちが立案から製作までを手掛けています。

今年度は新しい試みとして、フィールド探求部と同じ題材を共有することに挑戦し今後、さらに発展させていきたいと考えています。



## 2 巨樹について

### (1) 巨樹の定義

1本の幹で立つ「単木」については、環境省によると、胸高幹周（地上130cmの幹周りの太さ）が3m以上であるものが巨樹とされています（図-1）。一方、複数の幹からなる株立ちは、1番太い幹の胸高幹周が2m以上で、全ての幹の胸高幹周の合計が3m以上であるものが巨樹とされています。この基準にしたがって、メジャー計測によってデータを集めました。

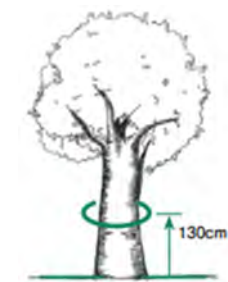


図-1 巨樹の測定

### (2) 巨樹調査の結果（丹後地域全域）

現在丹後地域全域で3,108本を確認しており、その調査結果をマッピングしました（図-2）。丹後全域に非常に多くの巨樹が存在することが分かります。中国、近畿地方の市町村と比べても丹後地域は群を抜いています。上位10位のうち丹後2市2町がすべてランクインしています（表-1）。

以上のように、非常に多くの巨樹を発見しましたが、今回はその中でも宮津市南部の杉山に注目することにしました。



図－２ 巨樹マッピング

表－１ 近畿中国森林管理局管内の市町村ごとの巨樹確認数

|    | 市町村     | 本数   |
|----|---------|------|
| 1  | 京丹後市    | 1242 |
| 2  | 宮津市     | 1193 |
| 3  | 宇陀市(奈良) | 433  |
| 4  | 加賀市(石川) | 429  |
| 5  | 伊根町     | 347  |
| 6  | 長浜市(滋賀) | 343  |
| 7  | 与謝野町    | 321  |
| 8  | 雲南市(島根) | 302  |
| 9  | 金沢市(石川) | 288  |
| 10 | 白山市(石川) | 288  |

また、今年4月までの調査結果を、「海の京都丹後の巨樹物語」というガイドブックにまとめました。(写真－1、2)



写真－1 「海の京都丹後の巨樹物語」



写真－2 贈呈式の様子

### 3 杉山の天然杉

#### (1) 杉山について

杉山は、標高約700メートル、その名前の通り大小様々なスギが育っていて、天橋立が眼下に一望できます(写真－3)。

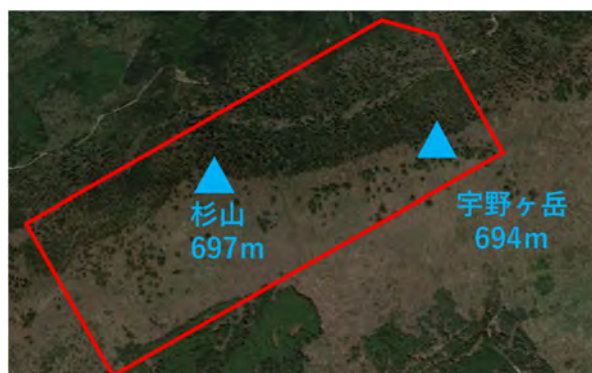


写真－3 杉山からの風景

#### (2) 天然杉について

スギは宮津市の杉山一帯に分布しており、貴重な森林資源として地域に活用されてきました。

その証拠に伐採と再生を繰り返してできる台状スギという形態を形成しています。ここを管理されている上宮津の方々は、天然スギをとっても大切にされています。これまでの京都府立大学の調査により衛星写真で2,000本以上の天然スギの存在が明らかにされましたが、現地調査は不十分でした。正確なデータを得るため、私たちは杉山に分け入り調査を始めました。



図－3 選定区

### (3) 杉山の認知度

現在、貴重な巨樹・天然スギが数多く生息する杉山ですが、地域の方々や観光に訪れた方々への認知が不十分で、地域の方々だけで保全されている状況です。

そこで私たちは、この杉山をより多くの方々に知ってもらい、一人でも多くの方に足を運んでもらえるような仕掛けづくりを行うために、地域の自治会の方々と協議を重ね、林道内に退避場所を兼ねた休憩施設「東屋」を設置する提案を行いました。

### (4) 杉山の調査結果

杉山から宇野ヶ岳にかけての標高 500メートル以上の約1平方キロメートルに選定しました。先ほどの基準に従って、調査し位置情報を記録してマッピングしました。現在調査区の約30%を調査し、天然スギの巨樹を252本確認することができました。さらに、いずれの巨樹についても、台状スギの形態を示していました。また、丹後全体では現在548本のスギを確認しています。

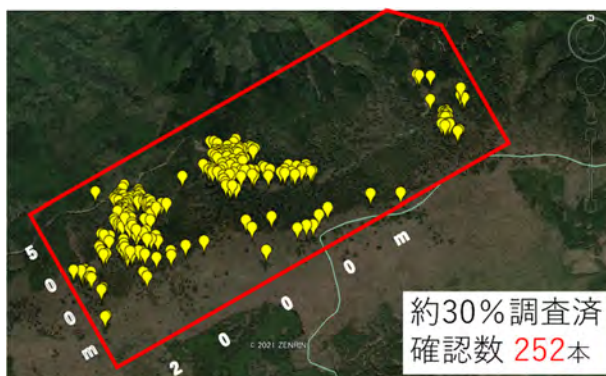


図-4 調査結果

杉山のたった1平方キロメートルにその半数近くが存在していることとなります。今後さらに調査を進めていけばその割合はもっと大きくなると思われます。

### (5) 調査から見えること

杉山から宇野ヶ岳にかけての帯には1,000本近くの天然スギの巨樹が分布することが予想されます。これは京都有数の天然スギ群落で、宮津市南部の生態系を構成する大きな要素になっていることが分かりました。

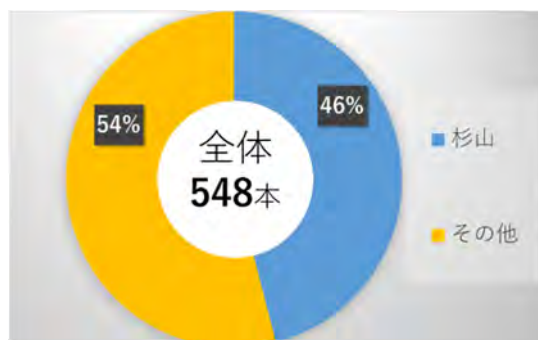


図-5 丹後のスギの割合

### (6) 取組から得られる効果

昨年度からこの取組をスタートさせ、杉山林道内に「東屋」を2棟設置することができました。

現在、上宮津・杉山エコガイドの会の方々を中心に、広報誌への掲載や情報発信を積極的に行っていただき、「杉山」への注目が集まっています。

来春以降に行われる「エコツアー」の参加者増加が期待できる成果を得ることができました。

また、地域の方々と共に、地元の「森」について知見を広げ、深く学べる機会になりました。



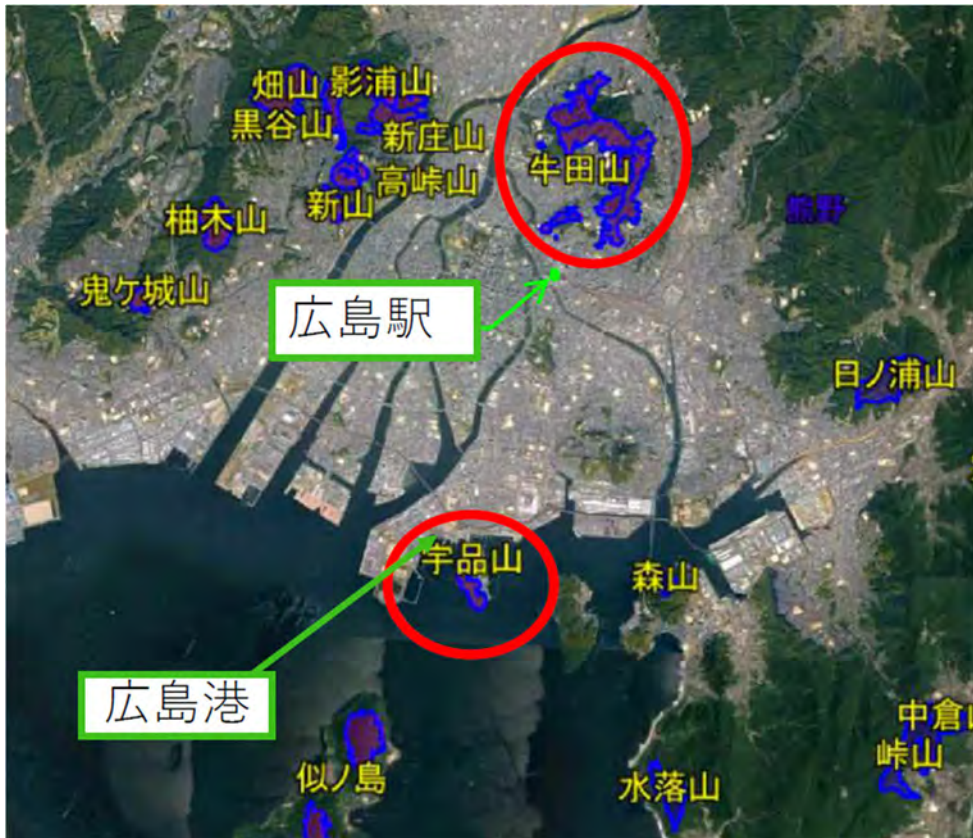
# 都市近郊林でのカシノナガキクイムシ駆除と森林環境教育の実践について ～カシナガ捕獲用粘着シート設置等における体験学習～

広島森林管理署 業務グループ 係員 徳永 壮一郎  
主任森林整備官 長尾 美和

## 1 課題を取り上げた背景

広島県（除く北部）を管轄区域とする広島森林管理署は、広島市街に近接する都市近郊林や中国山地の奥地森林等を管理しており、各地でミズナラなどの落葉広葉樹が生育して登山者や地域住民へ新緑や紅葉などの多彩な風景を提供しています。しかしながら、平成20年頃から県北西部の中国山地付近においてカシノナガキクイムシ（以下「カシナガ」という。）の被害が発生・拡大し、近年では、県南部の都市近郊林においても被害が見られるようになってきました。

今回、カシナガによる被害実態、防除方法等について地域住民に知っていただくため、都市近郊林に設置したカシナガ捕獲用粘着シート設置・撤去に併せ、地元小中学生の森林環境学習を実施しました。



写真－1 広島市の都市近郊国有林

赤囲いは、カシナガ捕獲用粘着シートを設置・撤去した宇品山国有林と牛田山国有林

## 2 経過

- (1) 令和2年9月8日、多数のフェリーが発着する広島港周辺に位置し、自然観察教育林に指定されている宇品山国有林においてカシナガ被害の一報があり、9月28日にも更なる被害報告がありました。また、10月14日、広島駅北部に位置する牛田山国有林でも被害報告の第一報がありました。

- (2) 9月8日に報告された宇品山国有林のカシナガ被害木は、道路沿いの枯死木で倒木の危険があるため、令和3年2月に請負事業による伐倒くん蒸処理を実施しました。
- (3) 登山道を有し地域住民の憩いの場となっている両国有林については、生存木を伐倒しないよう地域住民から要望があったことなどから、カシナガ捕獲用粘着シートを設置しました。



倒木の危険があり、令和3年2月に伐倒くん蒸処理を実施



伐倒処理後の根元

写真－2 広島市宇品山国有林の道路沿いの枯死木

- (4) シートの設置方法



設置方法は、木から脱出するカシナガを捕らえるため粘着面を内向きにします。

また、粘着面と木との間に空間を設けると捕獲率が上がると説明されていますので、空間設置のためのスペーサーとしてビニール金網を使用しました。

写真－3 使用したカシナガ捕獲用粘着シート（かしのがホイホイ）  
縦約 30 cm 横約 100 cm

- (5) 宇品山国有林でのカシナガ捕獲用粘着シート設置状況

令和2年9月20日、国民参加の森林づくりで協定締結している「アース・ミュージアム元宇品」の自然観察ガイドよりアベマキのカシナガ被害報告がありました。同年9月28日被害木調査を実施し、同年11月11日シートを設置しました。

被害木は、直径90cmのアベマキ大径木であったことから、スペーサーの設置には、



自然観察ガイドの方を含め数人がかりで実施しました。スペーサー設置後、カシナガ捕獲用粘着シートを根元から2mの高さまで、しっかり巻きました。隙間がないように巻いたことから、約30枚のシートを使用しました。

なお、シートの設置後は、「さわらないでください」の注意標識を付けて、カシナガが脱出する春期までそのままの状態を維持しました。



写真－4 アベマキ被害木にシートを設置した状況

#### (6) 牛田山国有林でのカシナガ捕獲用粘着シート設置状況

令和2年10月14日に被害報告を受け、令和3年1月18日に被害木調査を実施してカシナガ捕獲用シートの設置について検討し、同年2月8日にシートを設置しました。



被害木は、直径30cm程度のカシ7本であり、3又、2又の木があったことから、隙間が出来ないようにシートに切り込みを入れる等工夫して設置しました。

この結果、直径30cmの木で1本当たり約10枚のシートを使用しました。

写真－5 牛田山国有林でカシナガ捕獲用粘着シートを設置した状況

### 3 実行結果

(1) 粘着シートの設置後、令和3年3月17日に開催された牛田山付近の中学校行事の登山に当たり、事前に教師へカシナガによる被害実態及び防除効果に係る資料を提供し、生徒へ説明していただきました。生徒からは、カシナガ被害の実態や、被害木に対して駆除作業が実施されていることに驚きがあり、森林環境学習の深化にもつながりました。

(2) 宇品山をフィールドとして活動している「アース・ミュージアム元宇品」の自然観察ガイドの方から「シート撤去時に地元小学校児童に見学させたらどうか」との提案を受け、令和3年4月12日、自然観察ガイドの協力により、カシナガ捕獲用粘着シート撤去の際に見学・勉強会を開催しました。児童等は実物のカシナガを確認しつつ、カシナガ被害と都市近郊林の大切さを実感することができました。



写真－6 牛田山国有林での見学・勉強会の様子

(3) 令和3年10月7日、牛田山国有林のカシナガ捕獲用粘着シートを撤去しました。カシナガ捕獲用粘着シートの状況は、10 cm四方の中に、約 250 から 300 匹のカシナガが付着しており、1 シート当たり約 5 千匹から 6 千匹が捕獲できた計算になりました。直径 30 cmの木で約 10 シートを使用しましたが、このうち根本付近の 4 シートでの捕獲が多数を占めており、計算上約 2 万匹から 2 万 4 千匹のカシナガが捕獲できたこととなり、カシナガ被害の拡大を一定程度防ぐ効果がみられました。



10 cm四方に約 250  
～300 匹捕獲

1 本の木から約  
20,000～24,000 匹  
捕獲

写真－7 撤去したシートの状況

#### 4 考察

カシナガ捕獲用粘着シートを設置・撤去した 8 本のアベマキ・カシのうち、7 本は枯死をくい止められたため、カシナガ捕獲用粘着シートは一定の防除効果がみられました。

また、シートを設置した木は目立つため、登山者等地域住民の関心を喚起することとなり、森林環境教育の活用にも有効であると判明しました。今後は、誰でも簡単にシートの設置ができるといった利点を活かしつつ、児童等への設置体験のほか、自然観察ガイド等がボランティアとしてシート設置・撤去に参加いただけるよう、資材運搬・設置に係る労力の軽減方策や、作業手順のマニュアル化等について検討します。

古生層山地小流域—竜ノ口山南谷—の水流出と森林

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 チーム長（森林水循環担当） 細田 育広

1 はじめに

森林の水源涵養機能は、明治30年森林法制定以来、保安林指定の主要な目的となっています。この水源涵養機能は一般的に「森林の土壌が、降水を貯留し、河川へ流れ込む水の量を平準化して洪水を緩和するとともに、川の流量を安定させ、水質を浄化させる機能」（林野庁 2021）と理解されています。ただし地質により、水流出の特性は異なります。

概略的に述べれば、花崗岩は土壌と風化帯（風化基岩）のどちらも砂質で透水性が良く、雨水は土壌から風化帯を通過して深部浸透します。降水条件に応じて深部の地下水帯が拡張し、それに伴って水流出は増減しています。このため、降雨による増水は深部浸透に要する時間分抑制的となり、降雨後の減水は地下水帯が大きいほど長続きし、水流出は平準化されやすい特性があります。一方、地質年代の古い堆積岩である中生層・古生層流域の水流出は、普段の水量が少なく、降雨に対しては急速で大きな増水が生じる特性があります。これは風化帯の透水性が低いため、表層の比較的透水性の良い土壌を中心とした水移動で水流出が生じるためと考えられてきましたが、実態は十分に解明されていませんでした。そこで、古生層を基岩とする竜ノ口山森林理水試験地南谷（以降、南谷）において、山腹斜面内部の水分変動を観測し、渓流水量の変動との関係を調べました（細田・谷 2016）。

2 竜ノ口山森林理水試験地

竜ノ口山森林理水試験地は、岡山県岡山市内の岡山管理署管内竜ノ口山国有林内に位置し、北谷（17.3 ha）・南谷（22.6 ha）の二つの流域で構成されます（図-1）。1937年の観測開始以来、瀬戸内海式気候の温暖寡雨地域における森林状態と水流出の関係を解明するため観測を継続しています。現在、降水量は竜ノ口山西山麓の当支所岡山実験林気象観測露場で、渓流水量は各試験流域の量水堰堤で観測しています（細田ら 2019）。量水堰堤ではV字型ノッチを越流する水位を記録し、水位-流量曲線式で流量に換算しています（武田 1942）。流量を時間積分し、流域面積で除した値が流出量です。

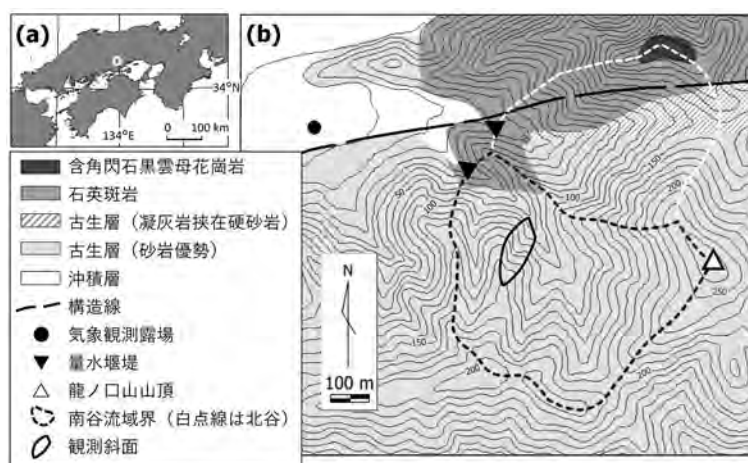


図-1 竜ノ口山森林理水試験地の位置 (a、白丸)、地形および武田（1942）に基づく地質 (b)（細田・谷（2016）の図から調製）

### 3 観測斜面の地下構造と透水性

観測斜面（図-1）の上部（#1）と中部（#2）の2箇所、地下構造を把握するための機械ボーリングを行いました。ボーリングコアを全層採取して岩相を確認したところ、亀裂の少ない比較的新鮮な基岩に到達した深さは、#1で約10 m、#2で約16 mでした。地表付近の20~30 cm程度の有機物の多い表層土壌の下は、細片化した礫が多くなり、そこから基岩の風化帯になると考えれば、観測斜面には10 m以上の風化帯が存在するといえます。斜面下部では斜面上方からの堆積物も加わり、土層厚を増していきそうですが、浸食により主流路には比較的新鮮な基岩が露出しています。このため、風化帯は斜面中腹で厚く、山脚で急激に薄くなる分布をしているようです。

ボーリングの過程で、現場透水試験を実施したところ、透水係数は3 m以深で $10^{-8}$ ~ $10^{-7}$  m/s オーダーであることがわかりました（図-2）。この値は、南谷における深さ概ね1 m未満の表土層の透水係数（阿部ら 1984）よりも2~3 オーダー低い値です。降雨一流出過程では、その応答の早さなどから、透水係数 $10^{-6}$  m/s オーダー以上のところで水移動が生じる（塚本 1992）と考えられているので、この基準によれば、観測斜面における降雨一流出過程の主な舞台は、深さ1 m未満の表土層ということになります。

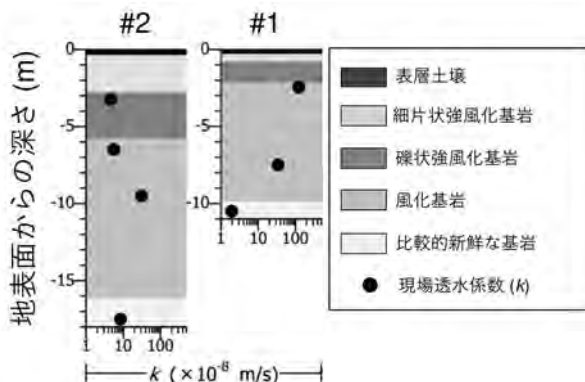


図-2 風化帯の鉛直構造と現場透水係数  
（細田・谷（2016）の図から調製）

### 4 観測斜面の水分変動と渓流水量の関係

ボーリング孔2箇所（#1、#2）と、斜面下部に1979年設置された深さ3 mの縦坑（#3、藤枝ら 1980）を観測井として、孔内水位の変動を観測しました（図-3）。観測井内の地下水の急激な温度変化は、強雨時に#1で希に生じるのみです。このため、観測井内の地下水は、観測井底部周辺から滲出していると考えられ、その水位は、観測井周囲の水分状態と平衡する圧力状態を反映していると考えられます。

#1、#2では深さ40 cmまでの表層土壌のマトリックポテンシャル（ $\psi_m$ ）も観測しました。 $\psi_m$ は負値で表され、その絶対値は湿潤になると小さく、乾燥すると大きくなる土壌水分状態の指標です。

図-4に、降雨イベントに伴う、地下水位と流出量の一例を示します。表層土壌の平均 $\psi_m$ は、#2では一年の長い期間、高めに維持される傾向があり、この期間においてもその傾向が現れています。#1の平均 $\psi_m$ は、期間の初めに乾燥していましたが、降雨イベントのたびに湿潤な状態に遷移し、総雨量68.6 mmの降雨イベントの時に最も湿潤な状態となりました。その後、5日間の無降雨で徐々に乾燥が進み、6日後の総雨量30 mmの強雨で再び湿潤な状態となりました。この経過の中で#2の地下水位は、#1の表層土壌が湿潤になるにつれて降雨に対する反応が早く、変動が大きくなっていきました。#1、#3では期間当初の地下水位は観測されませんでした。#1では総雨量35.2 mmと68.6 mmの降雨イベントで、#3では総雨量18.4 mm以上

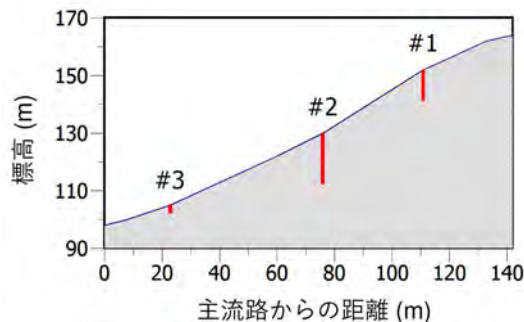


図-3 観測井の配置

## 特別発表

の降雨イベントで地下水位が観測されました。総雨量 37.8 mm の降雨イベントよりも、その 2 日後の総雨量 35.2 mm の降雨イベントの方が量・ピークともに大きな流出となり、総雨量 68.6 mm の降雨イベントと同程度に降雨強度が大きかった総雨量 30 mm の降雨イベントでは、地下水位の反応が小さく、小さな流出にとどまりました。

この経過から、斜面上部に至る表層土壌水分と風化帯の地下水位、および流出量は同時性をもって連動しており、#1 で地下水位が大きく上昇した時、流出が非常に大きくなることがわかります。これは厚い風化帯が、透水性が低いにもかかわらず降雨一流出過程に参与していることを意味します。#2 で地下水位が 8 m 以上上昇したときの減水過程から推定される透水係数は  $10^{-5}$  m/s オーダーまで上昇していますが、透水性が高い状態は長く維持されず、急速に低下していきます。これは、現場透水係数が低いことにも表れているように、風化帯の間隙が狭いためと考えられます。間隙が狭いと表面張力の影響を受け易く、浸透水は自由に動ける重力水から、動きにくい毛管水へと遷移しやすいためです。こうした性質は保水性が高いことを意味し、#2 で一年の長い期間、表層土壌水分が高く維持される傾向につながっていると考えられます。風化帯に浸透水が保持されやすいため、普段の流出は抑制的となる一方、少ない浸透水で間隙が満たされやすいため、降雨一流出の応答が早いことにつながっていると考えられます。またその結果として、渇水量が少なく、降雨時の増水が大きい古生層流域の流出特性が生じていると考えられます。

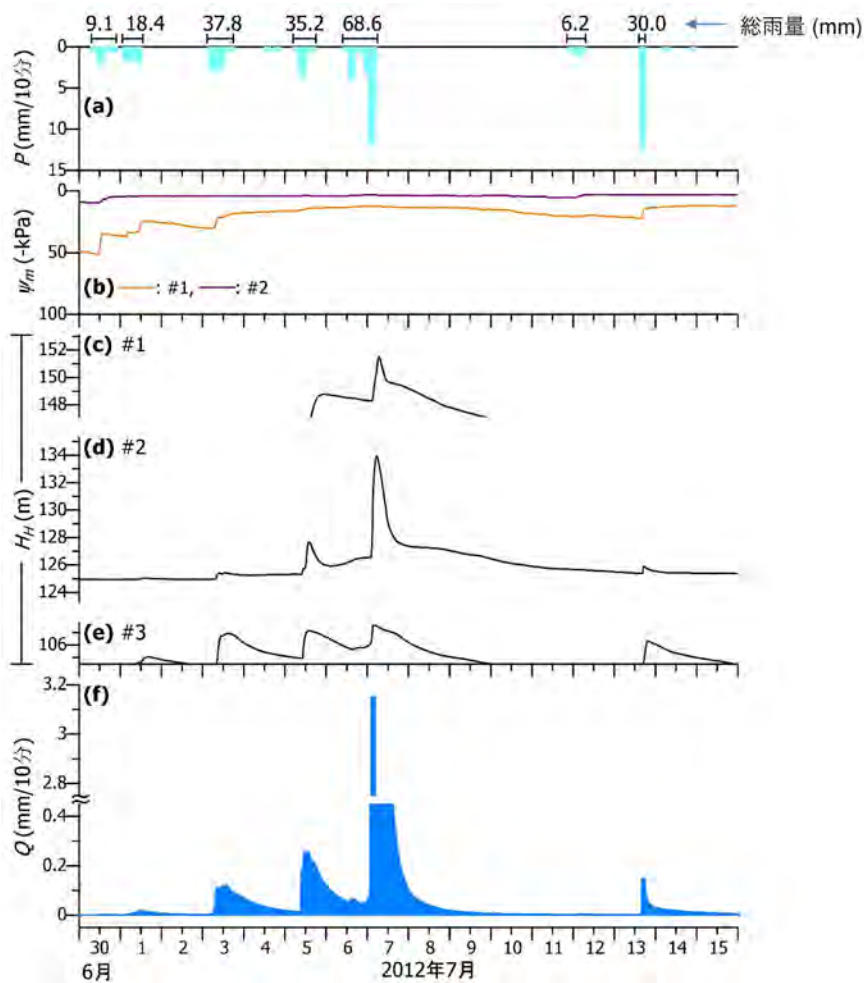


図-4 雨量 (a)、表層土壌の平均  $\psi_m$  (b)、地下水位標高値 (c-e)、および流出量 (f) の経時変動の例 (細田・谷 (2016) の図から調製)

5 渓流水の流出成分

前章で述べたように、風化帯の地下水位と流出量の変動は、ほぼ同時に、相似的に生じています。このため、ある時点で地下水位を上昇させている水は、同時点で増水している渓流水とは別物と考えることができます。降雨中の渓流水の主成分が雨水なのか、地下水なのかを確かめるため、雨水、渓流水の溶存ケイ酸 ( $\text{SiO}_2$ ) 濃度と、水の構成元素である水素と酸素の安定同位体比 (同順に  $\delta\text{D}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ ) の経時変動を調べました (図-5)。 $\text{SiO}_2$  濃度は、雨水ではほぼゼロであり、地下水や渓流水では、岩石と水の接触による化学的風化の機会が多いほど高くなります。自然水の  $\delta\text{D}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$  は水循環過程の物理条件に応じて大きく変動しますが、同一環境であれば、ある程度の範囲に収束します。

流域が乾燥していた総雨量 198.6 mm の降雨イベント (図-5 a-e) では、 $\text{SiO}_2$  濃度は降雨イベント初期の#3 の地下水位上昇と同調するように急速に低下しますが、その後は降雨、地下水位、渓流水の変動に関係無く、緩やかに増加していきました。 $\delta\text{D}$  と  $\delta^{18}\text{O}$  は、 $\text{SiO}_2$  濃度が急低下した初期段階に一時的に雨水の値に近づきましたが、すぐに雨水の値から乖離していく動きがみられ、その後は横ばいで経過しました。流域が比較的湿潤な状態にあった総雨量 75.7 mm の降雨イベント (図-5 f-j) でも、 $\text{SiO}_2$  濃度、 $\delta\text{D}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$  の変動幅はいずれも小さくなりますが、降雨イベント初期の#3 の地下水位上昇と同調するように  $\text{SiO}_2$  濃度は低下し、同じタイミングで  $\delta\text{D}$  と  $\delta^{18}\text{O}$  は雨水の値から乖離する動きを

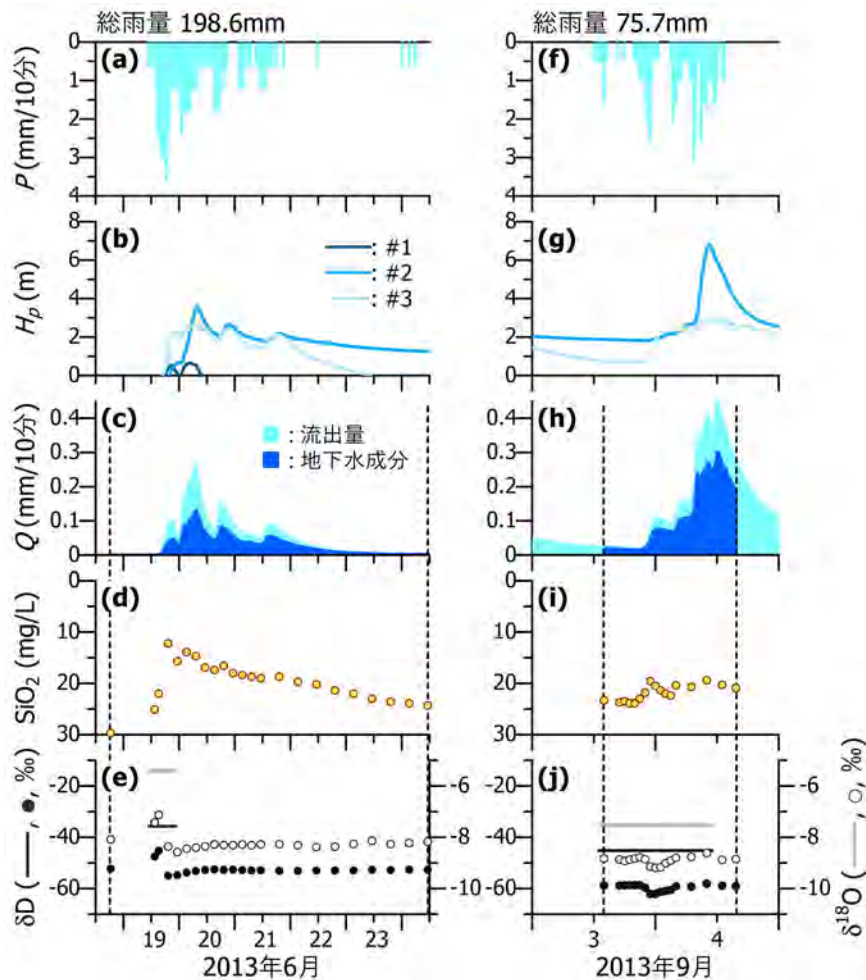


図-5 雨量 (a, f)、地下水位 (b, g)、流出量 (c, h)、渓流水の溶存ケイ酸塩濃度 (d, i) および水素と酸素の安定同位体比 (e, j) の経時変動の例 (細田・谷 (2016) の図から調製)

## 特別発表

示しました。SiO<sub>2</sub>濃度に基づいて流出量における地下水成分を推定すると、図-5c、hのようになります。しかし、 $\delta D$ 、 $\delta^{18}O$ の動きからは、SiO<sub>2</sub>濃度を低下させていたのは、地表面に近い場所にとどまっていた、比較的新しい過去の降雨イベントの浸透水であったと考えられ、新しい雨水は、降雨の最中ほとんど流出していないものと考えられます。また、降雨イベントの初期段階を過ぎるとSiO<sub>2</sub>濃度、 $\delta D$ 、 $\delta^{18}O$ の変動が小さく、安定してくるのは、風化帯が湿潤になるにつれ、より深い地下水帯が流出に寄与する割合が大きくなっていくためと考えられます。

## 6 おわりに

観測斜面は、南谷のごく一部でしかありませんが、そこでの厚い風化帯の水分変動は、渓流水量の変動と良く一致していました。降雨時の地下水位と流出量の経時変動に同時性と相似性があることから、おそらく、浸透した雨水が間隙を埋めていくことで生じる圧力が、地下水帯に伝播されて流出が生じていると考えられます。このプロセスを解明することが今後の課題と考えています。

本稿で紹介した研究から推察される古生層の風化帯の水移動特性は、中生層・古生層流域にみられる流出特性を良く説明します。南谷は源流域に相当する小流域ですが、数十km<sup>2</sup>以上のスケールのダム流域でも、中生層・古生層流域の基本的な流出特性は変わりません(志水 2005)。このため中生層・古生層は、平準化機能が低いと評価されがちですが、実態としては基底流出が抑制的であることがその大きな要因と考えられます。基底流出が抑制的なのは、風化帯の保水性が高いためであり、森林にとっては、利用できる水が安定的に得られる好都合な水理特性であると考えられます。実際、深層風化した花崗岩山地は禿瘠地化しやすく、それに隣接する中生層・古生層山地は森林が繁茂している状況が、かつての近畿～山陽の風景だったようです(小出 1973)。ただし、中生層・古生層の風化帯は、破碎帯でもなければ普通の透水性が低いため、そこに降水を効率よく浸透させるためには、透水性の良い表土、いわゆる森林土壌の保全が重要と考えられます。

最後に、竜ノ口山森林理水試験地における観測は、近畿中国森林管理局岡山森林管理署にご協力頂きながら継続しています。また、本稿で紹介した研究は JSPS 科研費 JP18201036 および JP23221009 (いずれも研究代表者は京都大学農学研究科教授(当時)・谷誠博士)の助成を受けました。ここに記し、謝意を表します。

## 引用文献

- 阿部敏夫・谷 誠・小林忠一 山地崩壊及び洪水発生危険地区判定法の確立：農林水産技術会議事務局研究成果 No. 157、94-98、農林水産技術会議事務局、1984
- 藤枝基久・阿部敏夫・岸岡 孝 山地小流域における井戸水位調査の一例：日本林学会関西支部第 31 回大会講演集、299-302、1980
- 細田育広・小南裕志・深山貴文・岡野通明・後藤義明 竜ノ口山森林理水試験地観測報告 (2006年1月～2010年12月)：森林総合研究所研究報告 18(1)、111-128、2019
- 細田育広・谷 誠 古生層堆積岩小流域の厚い風化基岩層における水分変動が降雨流出応答に及ぼす影響：地形 37(4)、465-492、2016
- 小出 博 日本の国土—自然と開発— (上)：15-43、東京大学出版会、1973
- 林野庁 水源涵養機能：<[https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/tamenteki/con\\_2\\_4.html](https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/tamenteki/con_2_4.html)> (参照 2021-12-08)
- 志水俊夫 日本における山地河川の流出特性：水利科学 48(6)、6-17、2005
- 武田繁後 龍ノ口山水源涵養試験第一回報告〔昭和12～14年両谷比較観測成績〕：1-181、農林省山林局、1942
- 塚本良則 森林水文学：134-139、文永堂出版、1992

エリートツリー・特定母樹の開発と普及に向けた取組

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 育種課長 栗田 学

1 はじめに

近年、スギを中心とする人工林の多くが本格的な収穫期を迎える中、主伐・再造林面積が増加傾向にあります(1)。将来にわたって森林資源を安定的に生産し活用するためには、収穫して、使い、植えて、育てるといった森林のサイクルを担う林業・木材産業が経営的に安定することが重要と考えられます。安定的な林業経営には、コスト削減が重要なポイントの1つと考えられており、主伐後の再造林において、造林経費のうち初期の植栽や保育コストが約7割を占め、その内、下刈にかかる経費が約半分を占めるとされています(2)。この初期の造林・育林コストの削減に寄与する方策の1つとして考えられるのが、エリートツリーや特定母樹等、成長性に優れた系統の活用です。

2 エリートツリーとは

エリートツリーとは、各地の山で選抜された第1世代精英樹のうち、優良なものを交配した苗木から、成長等特性がさらに優れた個体を選んだもので、第2世代精英樹等のことをさします。昭和29年から精英樹選抜育種事業が開始され(最盛期は昭和32~33年)、用材生産を目的として成長の早いこと、幹が真っ直ぐであること、病気や虫の害がないことなどを目標に、第1世代精英樹が選抜されました(3)。選抜された第1世代精英樹の特性や性能を評価して、優良であった精英樹同士の人工交配等を行い、その後代から選ばれたのがエリートツリーとなります。エリートツリーは成長性に優れることを基本として選抜していることから、下刈り回数を減らし、初期の造林・育林コストの削減効果や伐期の短縮が期待されています(4)。

3 特定母樹とは

平成25年度に森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法(間伐等特措法)の改正が行われ、特に優良な種苗を生産するための種穂の採取に適する樹木であって、成長に係る特性の特に優れたものを農林水産大臣が「特定母樹」として指定し、その増殖の実施の促進を図ることとされ(5)、令和3年度には延長が行われました。この特定母樹の指定基準は、10年生以上の林分で、成長が良く在来系統の概ね1.5倍の材積があり、材の剛性、通直性に問題がないなど、エリートツリーの選抜基準と同等の要件が必要とされますが、特定母樹はエリートツリーよりも雄花の着花性の基準が厳しくなっており、特定母樹の指定基準は花粉量が一般的なスギ・ヒノキの概ね半分以下と規定されています。それゆえ、特定母樹由来の苗木(特定苗木)は「花粉症対策に資する苗木」としての定義もあわせて持ちます。関西育種基本区では今年度、スギ12系統が新たに特定母樹に指定され、令和3年12月現在でスギ50系統、ヒノキ40系統の特定母樹が指定されており、いずれもエリートツリーからの指定となっています(図1)。



スギ特定母樹：50系統 ヒノキ特定母樹：40系統（令和3年12月現在）



図1 関西育種基本区の特定母樹の事例

#### 4 エリートツリーや特性母樹由来の苗木の特性について

現在、エリートツリーや特定母樹由来の苗木の植栽が進められており、それらの成長パターンのデータが蓄積されつつあります。関西育種場でも国有林内等に試験地を設定させていただき、初期成長量に関するデータの蓄積を行っています。平成26年度、高知県四万十町（西四国局14号）と馬路村（西四国局15号）に、特定母樹5家系、エリートツリー6家系及び第1世代精英樹15家系の実生苗を植栽し、毎年の成長量調査を行いました（図2）。植栽後、4年次までの成長量調査を行った結果、西四国局14号、西四国局15号ともに、特定母樹及びエリートツリー由来の実生苗の平均値が、第1世代精英樹由来の実生苗の平均値を上回る結果となりました。本試験に供試した第1世代精英樹には検定林調査の結果、初期成長が優良な系統の実生苗を用いていることもあり、家系ごとに成長量を比較すると、必ずしも全ての特定母樹やエリートツリーの家系の樹高平均値が第1世代精英樹の家系の樹高平均値を上回っているわけではありませんが、特定母樹及びエリートツリーが成長に優れる割合が高い傾向を示していました。本植栽試験の事例からは、試験に供試したエリートツリーのうち、成長量が上位の系統を選抜することにより、第1世代精英樹由来の実生苗と比較して、下刈が1回程度削減できる可能性が考えられる結果となりました。

## 特別発表



図2 スギ特定母樹、エリートツリー由来実生苗の成長の様子

## 5 おわりに

今回は四国での試験の事例ですが、地域によって用いる系統や植生、地位等の状況も異なることから、引き続き関係機関にご協力いただき、特定母樹やエリートツリー由来の苗木の成長特性を調査するための試験地や、その効果をご確認いただくための展示林の設定に取り組み、特性情報の更新と発信を進め、優良な系統の普及促進を図りたいと考えています。

## 引用文献

- (1) 林野庁、森林資源の現況、2017  
(<https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/h29/index.html>)
- (2) 林野庁、令和2年度 森林・林業白書、2021  
(<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/R2hakusyo/index.html>)
- (3) 林木育種センター、精英樹選抜育種に関する取り組み  
(<https://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/jkisedaiikusyu/documents/2senbatsu.pdf>)
- (4) 林木育種センター、エリートツリーの開発、2021  
(<https://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/business/sinhijnsyu/seicyou.html>)
- (5) 林野庁、特定母樹、2021  
(<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/kanbatu/boju.html>)

## 特別発表

### スマート林業研究開発成果の現場実装に向けて ～UAV オルソ画像と林内全天球画像を対象としたAI アプリの開発～

石川県農林総合研究センター 林業試験場 副場長 矢田 豊

#### 1 課題を取り上げた背景

国内の森林資源が成熟し本格的な利用期を迎える一方、林業事業体における人手不足が深刻化しており、調査業務の効率化が喫緊の課題となっています。一方、小型無人機により撮影・合成したオルソ画像（以下、UAV オルソ画像）や手軽な専用カメラにより撮影した林内全天球画像が比較的容易に取得できるようになり、それらの効率的な活用手法の開発が求められています。

以上のことから、林業事業体等が実施する森林調査業務を効率化するために、近年画像認識の分野で広く有用性が認められている深層学習技術を活用し、UAV オルソ画像を用いた樹種判別、および林内全天球画像を用いた材積や原木品質推定のためのAI エンジンと、それらを利用した森林境界明確化支援やコナラの資源量推定等を行うためのWeb アプリケーションソフトウェアを試作したので、その結果についてご紹介します。

#### 2 経過

画像は、Skycatch社のExplore1とその連携システムにより撮影・合成したUAV オルソ画像、およびリコー社のTHETA-SCを用いて撮影した全天球画像を使用しました。深層学習モデルとしてDenseNetを、フレームワークとしてKerasを使用しました。UAV オルソ画像からは樹種を、全天球画像からはスギ人工林の材積や原木品質を推定するAI エンジンを開発しました。

#### 3 実行結果

検証の結果、それぞれのAI エンジンにおいてほぼ実用に耐える精度を実現し、それらを実利用するためのWeb アプリケーションソフトウェアを試作することができました。

AI エンジンの開発成果と試作アプリケーションソフトウェアの詳細については、矢田ら（1）および第133回日本森林学会にて発表しました。

#### 4 考察

本研究により、深層学習を用いることで、UAV オルソ画像を対象とした樹種判別や林内全天球画像を対象とした材積および原木品質の推定が、ほぼ実用レベルで可能となることが明らかとなりました。今後は、より広範なニーズに対応するためにさらなる精度の向上と推定要素の拡大を目指すほか、試作アプリの機能についても改良を重ねた上で、今年度内に、石川県内森林組合等を対象とした実証運用に進む予定です。

#### 謝辞

今回、発表の機会を与えていただいた近畿中国森林管理局関係各位、包括連携協定の下、スマート林業の取り組みに連携して取り組んでいただいている（株）小松製作所および関係会社関係各位、調査地の使用にご理解・ご配慮・ご協力いただいた森林所有者・各森林組合関係各位、県・市町関係各位に、厚く御礼申し上げます。本研究は、生研支援センター イノベーション創出強化研究推進事業の支援を受けて、石川県農林総合研究センターと金沢工業大学、石川県森林組合連合会、（株）エイブルコンピュータを構成員とするコンソーシアムが実施したものです。

#### 引用文献

（1）矢田 豊ら 深層学習による森林画像の分析とその活用—UAV オルソ画像と林内全天球画像を対象とした森林資源情報等の推定—、53～56、中部森林研究 69、2021  
（掲載URL）<https://doi.org/10.18999/chufr.69.53> →



## 令和3年度 森林・林業交流研究発表会 審査委員長等講評

### 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 桃原 郁夫

皆さま、2日間お疲れさまでした。

森林総合研究所 関西支所の桃原より一言ご挨拶申し上げます。

残念ながら今年も昨年に引き続き新型コロナに翻弄された年となってしまいました。その中で「森林・林業交流研究発表会」の開催にご尽力いただきましたすべての皆さまに、また実施困難な中で研究を行い、それを会場あるいは Web でご発表いただいた発表者の皆さまに、感謝申し上げます。ありがとうございました。

それでは早速ですが、恒例の講評に移らせていただきます。

#### ◆近畿中国森林管理局長賞

○ノウサギの森林被害防止のための誘引及び捕獲試験について

和歌山森林管理署

林道を獣道に見立てたり、現地で調達できる植物を餌とするなどの工夫が高く評価されました。

#### ◆近畿中国森林管理局長賞

○治山事業における ICT 活用の取組について

～遠隔臨場の実施～

兵庫森林管理署 神戸治山事業所、近畿中国森林管理局 治山課

治山事業だけでなく、他の事業にも応用できることや、時間短縮・人材育成にもつながる成果であることが高く評価されました。

#### ◆近畿中国森林管理局長賞

○林内に設置された侵入防止柵の管理技術の検討

岡山県 農林水産総合センター 森林研究所

メンテナンスの間隔を減らせるといった今後のシカ対策に有益な成果が高く評価されました。

#### ◆(国研)森林研究・整備機構 森林総合研究所 関西支所長賞

○国産キハダの栽培促進と優良な県産製品の拡大に向けた奈良県研究分野統合本部の

挑戦 ～短期栽培のキハダは生薬として利用できるか～

奈良県 森林技術センター

特用林産の利用拡大に向け、複数の研究機関が連携して良い成果を上げたことが評価されました。

#### ◆(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

○鍛冶屋又国有林におけるヒノキ低コスト造林試験

～10年生時の広葉樹の除伐が植栽木の成長に及ぼす効果～

三重森林管理署、三重県 林業研究所

今後の主伐・再造林を見越し、長年にわたって低コスト造林に組織的に取り組んで来たことなどが評価されました。

◆一般社団法人日本森林技術協会 理事長賞

○作業道の路面補強に関する一考察

～頻発する局地的豪雨に備えて～

(国研) 森林機構 森林整備センター 近畿北陸整備局 和歌山水源林整備事務所  
路網に山ズリや鉄鋼スラグが有効であることを明らかにした点が評価されました。

◆一般財団法人日本森林林業振興会 会長賞

○FRD を活用した森林作業道開設設計と既存方法による開設路線の検討・考察について

兵庫森林管理署

無理のない路網の設計に向け、FRD を使うなどの選択肢を増やした点が評価されました。

◆森林・林業交流研究発表会 審査委員長賞

○林福連携による世代を超えたつながりで創る木工製品

京都府立北桑田高等学校

高齢者と共同で木材製品を作るという取組が鞍馬山からのお声かけにつながるなど、  
取組の広がりが評価されました。

◆森林・林業交流研究発表会 審査委員長賞

○森を知り、森から地域を活性化する取組

～人と地域をつなぐ林道～

京都府立宮津高等学校、京都府立宮津天橋高等学校

スギ大径材という地元の埋もれた資源を見つけ出し、その活用を考えた点が評価されました。

◆森林・林業交流研究発表会 審査委員長賞

○緑をとりもどせ！

～生態系の多様性保全と土砂崩壊の防止を目指して その4～

鳥取県立智頭農林高等学校

学生たちが山地災害の防止のために創意工夫を続けてきた点が評価されました。

以上が受賞課題とその理由です。

受賞者の皆さま、おめでとうございます。

これらの受賞課題以外にも、もう少しで受賞を狙えるものも複数ありました。次回の雪辱を期待しております。

さて、ここからは、私から研究への心構えについて、一言お伝えさせていただきたいと思えます。

昨年度も少しお話しさせていただきましたが、研究というのはレンガを積むように、過去の研究成果に新たな研究成果を積み上げていく地道な作業です。

とりあえず何かやったらこうなりました、というのは研究とは言いません。

過去の研究を踏まえ、その上に新たな知見を積み上げていくのが研究です。

ですから、研究を名乗るためには、過去の経緯を踏まえた目的がなければなりません。

そして、その目的を達成するための方法は、研究者のバイアスが入らないよう注意深く設計しておく必要があります。

さらに得られた結果が偶然によるものでないことを検定し、証明する必要があります。

研究とは、この様ないくつものステップを経てはじめて研究と呼ぶに値するものになります。

今回の研究発表交流会で、このレベルまで達していた発表はどのくらいあったでしょうか。

もちろん皆さんはプロの研究者ではありませんから、そのように言われても困るかもしれません。しかし、努力を止めてしまっただけで終わってしまいます。

せっかく「森林・林業交流研究発表会」のようなアマチュアにも開かれた場があるので、ぜひこの中で少しずつ腕を磨き、研究に近づいていただければと思います。

厳しい言葉となってしまいましたが、来年は「研究」発表が大幅に増えることを祈念して終わりの挨拶としたいと思います。

本日はどうもありがとうございました。

## 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 添谷 稔

今年度もコロナ禍の制約の中での発表会となってしまいましたが、皆様大変お疲れ様でした。全ての発表について大変興味深く聞かせていただきました。

特に、キハダの短期栽培の可能性を拓いた研究を始め、ノウサギの餌の嗜好性を丁寧に調査した取組、ICTの導入による森林土木分野での業務改善に向けた取組、高校生の皆さんの日頃の努力がにじみ出るような発表等が印象に残りました。

全ての発表について言えることですが、今回の発表で終わるのではなく、異動や卒業により担当者が代わった後においても、ぜひ継続的に取り組んでいかれることを期待します。

発表者の皆様におかれましては、今回の交流発表会をきっかけとして、ぜひ外部の同業者や研究者の方々との交流をより一層深めていただき、益々ご活躍なされることを祈念しております。

### ◎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

准教授 松下 幸司

新型コロナウイルスが終息しない中で、今年度もオンラインを利用した発表会となりました。発表者の皆様にとっては、通常業務だけではなくこのような研究活動についても制約が大きかったものと思われます。いずれの発表も興味深いものでありました。研究発表の内容は多岐にわたっていますが、スギ・ヒノキ人工林の経営に関する発表が少なかったように感じました。戦後、国有林に限らず、スギ・ヒノキが全国的に造林され、現在、伐採可能な林齢に達しているところが増えています。スギ・ヒノキ人工林の伐採と造林にかかわる技術情報や経営情報を蓄積し、国有林・民有林の関係者に広く提供することも国有林の役割ではないかと思われ、今後の研究発表を期待したいです。

### ◎フィールド ソサイエティー 事務局長 久山 慶子

今年度も様々な取組が発表され、森林、そして林業が多様であり、奥深いものであることに改めて気づかされました。

現代の私たちは、残されている森林によってようやく環境の大切さを知るという体たらくです。暮らしのなかでもっと森が意識され、個人ができることから地域の森の保全に関わるようなしくみの充実化が望まれます。

都市生活者にとっても森林は疎遠であってはならない、流域を視野に入れた林業にこそ希望が見出せる、早晩、そんな認識がさらに共有されるようになるでしょう。そのとき、積み重ねられた実績や研究は、各々の場所での礎となるはずです。おもねりのない検証が丁寧に続けられ、森を舞台にした交流が広がることを期待しています。

◎石川県 農林総合研究センター 林業試験場 場長 小谷 二郎

多くの発表がオンラインとなる中、研究の取りまとめから当日の発表まで、尽力された皆様に心から敬意を表します。発表課題は、主伐再造林、ICT活用、野生動物被害など、林業が直面する問題への取組や、地域連携、里山管理、豪雨や台風の災害復旧など、今後の森林の管理や利用の在り方に関する取組が多く、いずれも背景や問題に対する解決方法を十分に検討されていたと感じました。皆様には、継続して課題に取り組み、さらなる問題点や改善点などについて、再度発表する機会を持っていただきたいと思います。皆様の今後のご発展をお祈り申し上げます。

◎滋賀県 琵琶湖環境部森林政策課 参事兼普及指導係長 知田 之宏

はじめて審査員として参加させていただきました。

私は行政の立場におりますので、普及指導や行政の視点から発表内容を審査させていただきました。

日々の業務に携わるなか、様々な課題解決のため研究にも取り組まれているなか、現場での活用も期待される発表もあり非常に刺激がありました。

特に、高校生の発表が3事例あり、長年にわたる土砂崩壊防止の取組や木工製品による福祉施設との連携の取組、巨木を地域の宝としての地域おこしの取組など今後の普及指導にも参考となる内容でした。自分たちで見つけた課題解決のために日々取り組んでおられることに頼もしさを感じました。

最後に、みなさまの研究成果が今後の行政施策に活用させていただけることを期待しております。

◎近畿中国森林管理局 計画保全部長 三浦 祥子

森林・林業分野において直面している様々な課題に対し、森林資源の利活用や獣害対策、ICT技術による検証など、ニーズを捉えた発表内容で非常に興味深いものが多かったと思います。

また、新型コロナウイルス感染症対策のため、Web配信を活用したことで、多くの方が視聴し、参加できたことは、技術者育成としても有意義であったと思っています。

今回の発表の成果がさらに進展するとともに、現場業務に活用されて、今後の林業・林産業に寄与できることを期待しています。

◎近畿中国森林管理局 森林整備部長 清水 隆典

今回発表のあった23課題は、国有林職員、民間、研究機関、高等学校等のさまざまな立場から、それぞれ地域や現場の課題をしっかりと捉え取り組まれていたと思います。内容や目的、アプローチの方法も様々で、それぞれ特色があり、特に独創的な視点のものにはハッとさせられました。あらためて森林・林業の裾野の広さを感じるとともに、いろいろな技術・成果・知識が有機的に結びつくこと、また、人と人とのつながりが大切であることを再認識しました。

また、高校生から発表された3課題は、地域を元気にしたい、そこに暮らす人々との結びつきを大切にしたい、チームワークで頑張っている姿に爽やかな印象を持ちました。

森林・林業には「古くて新しい課題」も多くあります。例えば、森林整備の効率化・省力化、シカ被害対策など特に現場で困っていることは、視点を変えてやってみる、常識に囚われない、ICT化で解決することも必要です。また、国有林では、小さな試験地レベルではなく、失敗を恐れず実証ベースで果敢に挑み、実用化させることが大切です。引き続きそれぞれの立場で意欲的に取り組まれることに期待しています。

## 受賞結果

### 近畿中国森林管理局長賞

○ノウサギの森林被害防止のための誘引及び捕獲試験について

和歌山森林管理署 安田 真菜  
日吉 沙絵子

○治山事業における ICT 活用の取組について

～遠隔臨場の実施～

兵庫森林管理署 神戸治山事業所 山本 康二  
近畿中国森林管理局 治山課 山本 雅志

○林内に設置された侵入防止柵の管理技術の検討

岡山県 農林水産総合センター 森林研究所 三枝 道生

### (国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 関西支所長賞

○国産キハダの栽培促進と優良な県産製品の拡大に向けた奈良県研究分野統合本部の挑戦

～短期栽培のキハダは生薬として利用できるか～

奈良県 薬事研究センター 西原 正和

### (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

○鍛冶屋又国有林におけるヒノキ低コスト造林試験

～10年生時の広葉樹の除伐が植栽木の成長に及ぼす効果～

三重森林管理署 早瀬 亙  
三重県 林業研究所 島田 博匡

### 一般社団法人 日本森林技術協会理事長賞

○作業道の路面補強に関する一考察

～頻発する局地的豪雨に備えて～

(国研) 森林研究・整備機構 森林整備センター 近畿北陸整備局

和歌山水源林整備事務所 長柄 豊  
久保田 拓也

### 一般財団法人 日本森林林業振興会会長賞

○FRD を活用した森林作業道開設設計と既存方法による開設路線の検討・考察について

兵庫森林管理署 斎藤 俊彦  
後藤 祐輔

### 森林・林業交流研究発表会審査委員長賞

○林福連携による世代を超えたつながりで創る木工製品

京都府立北桑田高等学校 小久保 瑠惟  
吉川 凱揚  
岩本 凧都  
川寄 優心  
和田 直弥



○森を知り、森から地域を活性化する取組  
～人と地域をつなぐ林道～

|              |     |     |
|--------------|-----|-----|
| 京都府立宮津高等学校   | 平   | 和 将 |
|              | 大 江 | 涼 亜 |
| 京都府立宮津天橋高等学校 | 石 本 | 貫 志 |
|              | 初 岡 | 皆 星 |

○緑をとりもどせ！  
～生態系の多様性保全と土砂崩壊の防止を目指して その4～

|              |     |     |
|--------------|-----|-----|
| 鳥取県立智頭農林高等学校 | 坂 本 | 雅 治 |
|              | 木 村 | 梓 馬 |
|              | 川 下 | 翼   |
|              | 三 村 | 匠   |

## 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<br>支 所 長 桃 原 郁 夫          |
| 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<br>林木育種センター 関西育種場<br>場 長 添 谷 稔 |
| "       | 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<br>准 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                               |
| "       | 石川県農林総合研究センター林業試験場<br>場 長 小 谷 二 郎                         |
| "       | 滋賀県琵琶湖環境部森林政策課<br>参事兼普及指導係長 知 田 之 宏                       |
| "       | 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 清 水 隆 典                             |

令和4年（2022年）3月発行

令和3年度 森林・林業交流研究発表集録  
（通算54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