

NP0によるスギ・ヒノキ人工林の群状複層林施業におけるヤマザクラ・コナラの11年の成長：福岡県八女市黒木町におけるNP0法人山村塾による粗放的な管理活動を事例として

朝廣，和夫
九州大学大学院芸術工学研究院環境デザイン部門

<https://doi.org/10.15017/4372249>

出版情報：芸術工学研究. 34, pp.1-10, 2021-03-10. 九州大学大学院芸術工学研究院
バージョン：
権利関係：



NPO によるスギ・ヒノキ人工林の群状複層林施業におけるヤマザクラ・コナラの 11 年の成長

～福岡県八女市黒木町におけるNPO法人山村塾による粗放的な管理活動を事例として～

Eleven-year Growth of *Cerasus jamsasakura* and *Quercus serrata* in the Group Selection Openings of *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa* Plantation by NPO

A Case Study of the Rough Management Activities of Sanson-Jyuku, a Non-profit Organization in Kuroki Town, Yame City, Fukuoka Prefecture

朝廣和夫¹

ASAHIRO Kazuo

Abstract

The purpose of this study was to study the difference in growth between planted *Cerasus jamsasakura* and *Quercus serrata* in the eleven plots where had 15m square the group selection openings of *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa*, established by nonprofit organization from 2007 to 2010 in Kuroki Town, Yame City, Fukuoka Prefecture. For post-planting management, it was decided that underbrush would be cut only around the planted trees in order to increase biodiversity and competition among different species. Tree height measurement and vegetation surveys were conducted from 2007 to 2018. As a result, it was confirmed that the planted *Cerasus jamsasakura* could grow to 857~1,017 cm in 11 years through interspecific competition with the pioneer species. The average annual tree height growth was 64 cm. On the other hand, it was confirmed that the growth of *Quercus serrata* was significantly inhibited by the shade of the surrounding artificial forest of *Cryptomeria japonica*, *Chamaecyparis obtusa* and other plants in the study area. The height of the trees was only 276~417 cm in the 10th and 11th year at the upper site of the study area. It was concluded that the growth of *Quercus serrata* was unsuitable under these conditions.

1. はじめに

森林・林業白書¹⁾によると我が国の人工林は終戦直後や高度経済成長期に伐採跡地に造林されたものが多く、その半数が一般的な主伐期である 50 年生を超え、本格的な利用期を迎えている。人工林の主要樹種の面積構成比は、スギが 44%、ヒノキが 25%、カラマツが 10%、マツ類が 8%、トドマツが 8%、そして、広葉樹はわずかに 3%である。これらの森林は、樹冠による降水の遮断、下草や低木による雨水などによる土壌浸食の防止、その土壌による水源の涵養、多様な樹種の生息による生物多様性の保全や木材、食料の生産、地域における森林における営みに基づく伝統文化の保全や産業の振興、そして、これらの総体がもたらす景観の保全、快適環境の形成、レクリエーションや環境学習など多岐にわたる役割を担っている。政府は「森林・林業基本法」に基づき、森林及び林業に関する施策の総合的かつ計画的な推進を図るため「森林・林業基本計画」を策定し、概ね 5 年毎に見直している。2016 年に変更された計画では、本格的な利用期を迎えた森林資源を活かし、CLT (Cross Laminated Timber) *1)や耐火部材等の開発・普及による新たな木材需要の創出と、主伐と再造林対策の強化等、適正な森林サイクルの構築に資する取り組みを「林産物の供給及び利用」に関する目標として設定している。また、同計画では「森林の有する多面的機能の発揮」をもう一つの柱として掲げている。急斜面の森林または林地生産力の低い育成単層林等については、公益的機能の一層の発揮を図るため、自然条件等を踏まえつつ育成複層林への誘導を推進することとしている。育成複層林と

連絡先：朝廣和夫, asahiro@design.kyushu-u.ac.jp

¹ 九州大学大学院芸術工学研究院環境デザイン部門

Department of Environmental Design, Faculty of Design, Kyushu University

は「森林を構成する林木を択伐等により伐採し、複数の樹冠層を構成する森林として人為により成立させ維持される森林」とされている²⁾。具体的には、単木状の伐採やごく小面積の群状伐採、そして、帯状や群状伐採によるモザイク施業などがある。森林・林業基本計画では、指向する森林の状態として、全森林面積 2,510 万 ha のうち 680 万 ha (27%) を設定している。しかしながら、育成単層林から育成複層林への誘導は、市町村森林整備計画において 398 万 ha (16%) の設定にとどまり、2015 年の現況として 100 万 ha、2035 年の目標も 200 万 ha という状況である。2015 年 9 月の林政審議会の資料²⁾によれば、「複層林施業は、特に単木状やごく小面積の群状伐採による場合には、上層木の密度管理や下層木を傷つけない伐倒・搬出等、高度な技術を必要とする」とされ、実施は低位に止まっている状況とされ、誘導を図ることが重要と指摘されている。

この複層林施業の経緯を既往文献等から次のように把握した。Cinii で「複層林」というキーワードで検索すると、1934 (昭和 9) 年 9 月 21 日の室戸台風における森林被害を報告した大阪営林局の福田・前元³⁾の文献がある。京都・和歌山・滋賀地方の森林に激害を加え、例年の一般被害の 18 倍と指摘されている。被害は老齢木、大径木、そして針葉樹単純林ほど被害が多く、広葉樹の被害率は針葉樹の約 1/2 であり、広葉樹の混交歩合いが 30% 以上であれば針葉樹単純林の場合よりも被害はその約 1/7 以下に減少したという。「被害の発生しやすい尾根筋及び鞍部等には幅員 30~40m の防風樹帯をつくり、広葉樹の混交歩合い多き異齢複層林とし」とされ、複層林の必要性が指摘されている。その後、1970~1980 年代にかけて、人工林における複層林施業の研究が行われ、その多くは針葉樹単層林における間伐・小面積皆伐した空間に針葉樹を植栽するものであった。一方、このような針葉樹林に広葉樹やアカマツが階層的に異種混交した複層林に関する研究⁴⁾も存在し、風致的観点から群状もしくは帯状択伐法による更新が議論されている。

このような中、1993 年に林野庁は「環境林の整備と保全」⁵⁾を出版した。環境林とは「生活場所に身近な森林で、様々な生活環境保全に寄与しながら特に保健休養または保健文化機能に寄与することを目的とする森林であり、～」とされ地域住民や都市住民のレクリエーションの場を目的とした森林であると定義されている。本書における里山林のレクリエーション利用については重松に

より執筆されている。針葉樹人工林の環境林としての複層林施業については藤森隆郎が執筆している。単木状の間伐後の下木の植栽は耐陰性のある針葉樹種であり、陽性であるサクラやカンバは不可能とされている。陽性の樹種を更新するにはある程度の広さの空間を得ることが必要で、それを群状複層林と呼んでいる。その空間があまりに大きすぎると皆伐更新ということになり、群状複層林と呼べるのは一辺または直径が周辺の高木の樹高かそれよりも少し大きい程度までとみるのが妥当であると述べている。併せて帯状複層林も紹介されている。群状複層林施業の利点は上木の伐出がしやすいこと。光環境が良いので植栽木の成長が良いことである。一方、雑草木の繁茂は皆伐の場合に近くなるので、下刈り作業は多くなるとされている。

このような考え方にに基づき針葉樹と広葉樹を用いた複層林に関する研究は、1990 年代以降、数は少ないものの推進されている。吉野・前田は 2006 年に強度に間伐 (本数率 55.5%) したスギ林内にブナ、ミズナラ、ヤマザクラ、ケヤキ苗木を植栽し、9 年間の下木の生存率と成長量を報告⁶⁾している。当初の相対照度は 40% 程度であり 9 年後には 14% に低下した。枯死率はミズナラが高く、伸長成長が急激に低下したのは、ミズナラとヤマザクラであった。一方、ケヤキ、ブナは成長量が減少せず、試験開始 9 年後の樹高は 2.5m 以上を示したと報告しており、省力的に針広混交林や広葉樹林が造成できる可能性を述べている。斎藤⁷⁾は新潟県村上市において 2003 年に 46 年生のスギ人工林を東西方向に幅 10m で帯状に伐採し 2m 間隔でケヤキを植栽している。2014 年の報告では、ケヤキの樹高と胸高直径は伐採帯の中央から北側の光環境の良い植栽列で大きくなる傾向があったと述べている。また、伊藤⁸⁾、山川⁹⁾は林齢の異なる伐区を設けることによる林分全体の種多様度および構造の複雑性を維持する効果について述べている。2015 年には藤堂¹⁰⁾が実施したヒノキ林を対象に一辺の長さが平均樹高の 1.5 倍の方形区である皆伐地にコナラ、クリ、ヤマザクラを植栽し 2 年後の成長状況に関する報告がある。しかしながら広葉樹に関する研究事例は未だ少ない状況である。

林野庁の森林資源に関する基本計画の目標として初めて複層林が目標として掲げられたのは 1987 年である。当時で 8 万 ha が現存し、2012 年の目標は 107 万 ha であった。先に記述した 2015 年の現況が 100 万 ha であ

るから、当時の計画はほぼ順当に実施されている。その多くは針葉樹を用いた施業であった。2019年の森林・林業白書において、森林の多面的機能移の発揮が求められている自然的条件に照らして林業経営に適さない人工林は、管理コストの低い針広混交林等への誘導が求められている¹⁾。目標に対する進捗が止まっているのは、研究の遅れにより技術的課題が解決されていないことに加え、広葉樹を植林する林業および地域産業としての動機づけが十分に得られていないことも想定される。

次に、複層林施業と市民認識、市民活動について参考文献より整理を行う。フライブルク市の事例研究¹¹⁾では、森林利用者の林業観について景観保全への意識付けを高める効果が期待できると報告されている。ドイツでは小面積皆伐や混交林造成択伐が多く選択されており、木を伐ることに肯定的な態度を日本より有しているというのである。一方、日本の森林利用者の多くは大面積皆伐作業のイメージを持っていると指摘されている。近年、日本では森林・林業基本計画に掲げられている「森林の有する多面的機能の発揮」の目標があり、大規模伐採地を見ることは少なくなり林業に対するイメージも変化しつつあると想定される。しかしながら、国内において育成複層林の認識や印象評価に関する研究は未だ行われていない。我が国における、より一層の小面積皆伐、混交林造成択伐を含む育成複層林の推進は、国民の森林へのイメージを変える可能性があると考えられる。森林環境税が県・国レベルで導入されており、今後、一層、市民の関わることのできる森づくりの検討が求められるであろう。

一方、森づくりを行うNPOは広葉樹に関する取り組みが多い。林野庁は2003～2012年までに4回、森づくり活動についての実態調査を実施している。2012年の調査¹²⁾は3,060団体のうち980団体を無作為抽出し543団体(回収率55%)の回答を得ている。活動している森林は421団体のうち、天然林123団体(31%)、人工林針葉樹75団体(18%)、人工林広葉樹林37団体(9%)、そして人工林混交林69団体(16%)と、広葉樹の含まれる森林は229団体(56%)を占めた。人工林針葉樹の18%と比べ、大変、多いと言える。植え付けた植栽樹種について273団体中、広葉樹系で多い順では、サクラ類105団体(38%)、コナラ69団体(25%)、そしてクスギ63団体(23%)。針葉樹系では、マツ50団体(18%)、スギ11団体(4%)、そして、ヒノキ9団体(3%)であ

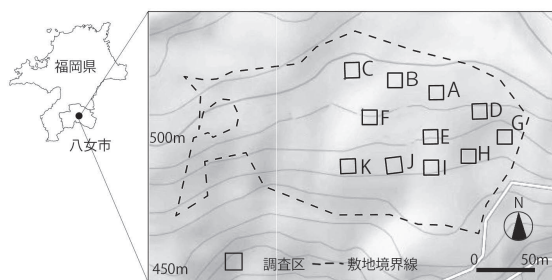
った。なお、森林・林業白書¹⁾によると森づくり活動を実施している団体は増加傾向にあり、平成30(2018)年度は3,303団体であり、各団体の活動目的は、「里山林等身近な森林の整備・保全」や「森林環境教育」をあげる団体が多いとされている。これらの取組みは、1950年に結成された国土緑化推進委員会が開始した「緑の羽根」募金運動による国民参加の森づくり活動の展開、および、2003年に高知県が全国にさきがけて森林環境税を導入し、各県も導入が進み、県民の主体的な森林活動への支援が行われている。

NPOによる群状間伐の取組事例は企業の森づくり活動ではあるが、日本たばこ産業株式会社が行う「JTの森」という社会貢献活動の中で、2007年頃に小菅(山梨県北都留郡小菅村)に水源林の混交林化と環境教育の拠点づくりを目的に、東京農業大学の指導のもと、1カ所あたり20m四方の針葉樹を間伐し、そこに広葉樹を植栽したり、実生を育てている活動がある¹³⁾。NPO活動においては、このように広葉樹の植林や育成の取組みやニーズが高いものの、針葉樹人工林における広葉樹との混交を目指した育成複層林づくりの取組みは少ない状況である。

そこで本研究では、NPOによる群状複層林施業による森づくりの試みを、本論の研究者らが計画・分担してきた。11年間、スギ(*Cryptomeria japonica*)およびヒノキ(*Chamaecyparis obtusa*)人工林の群状複層林を毎年、数区画ずつ設け、ヤマザクラ(*Cerasus jamsasakura*)およびコナラ(*Quercus serrata*)を植栽してきた。また、生物多様性の保全の観点から下草刈りは苗木周辺に限り、被圧木を部分除伐する粗放管理とした。これらの苗木の成長、および、調査区画内の植生環境の影響を概観的に示し、その成果と今後の課題について知見を得ることを目的とした。

本研究の意義は次のような観点にある。我が国で針広混交林を前提とした育成複層林への転換が遅れ、更なる推進が求められるなか、事例研究の蓄積と動機づけの開拓が必要と考える。また、NPO活動においては人工林混交林における活動は16%と少ないこと。特に、育成複層林づくりについては、森林への市民認識の改善につながる可能性を有しており、今後、NPO活動における多様な取組の試行が求められる。

本研究で設定した検討課題は、大きく次の2つである。1つ目は、群状複層林の粗放管理による植生の回復について。2つ目は、NPO活動で最も植栽されており、用材



調査区番号・設置年度: A, B, C・2007年, D, E, F・2008年, G, H, I・2009年, J, K・2010年 中心の緯度経度: E 130.69.52, N 33.23.87

図1 八女市黒木町笠原の調査区位置図

としても出荷可能なヤマザクラ、コナラ植栽苗の育成可能性とした。11年という限られた年限であり、NPO活動という管理程度の不明な点、程度の幅が存在する。しかしながら以上の2点については、本調査により明らかにできると考えた。

2. 研究対象地と方法

2.1. 研究対象地

研究対象地は福岡県八女市黒木町笠原の間伐が遅れ、平成3年の台風等で風害等を受けた45～54年生(2018年)のスギ・ヒノキ人工林である(図1)。所有は共有林で、小面積皆伐の活動は特例認定NPO法人山村塾が自主事業として2007年より「パッチワークの森づくり事業」として、所有者の許可を得て取り組みを行っている。その事業目的は「企業や市民の協力を募り、台風災害や手入れ不足によって、不健全となったスギ・ヒノキ林を群状的に整備し、針葉樹と広葉樹の入り混じった豊かな生態系の森林に整備する。」とされている。本研究者は協力者として施業の事前事後の調査・計画を分担した。

2.2. 研究対象地の気候・立地・植生

気象庁の黒木観測所のデータ(2007～2018年)の平均雨量 2,074.7mm, 平均気温 15.4℃, 暖かさ指数^{*)}は126.7であった。調査エリアの地質は東西で異なり、西側が主に安山岩、東側が主に泥質片岩である。標高491～513m, 植生帯はヤブツバキクラス域で典型的な照葉樹林帯に含まれ、二次林の代償植生はシイ・カシ萌芽林である¹⁴⁾。

2.3. 研究方法

①調査区の設定について

対象としたスギ・ヒノキ人工林の樹高は15.8～19.7m

程度であり、15m四方を伐採する群状複層林を2007年(3区画: A, B, C), 2008年(3区画: D, E, F), 2009年(3区画: G, H, I), 2010年(2区画: J, K)と、合計11区画実施した(図1)。皆伐を15m四方とした理由として、「環境林の整備と保全」⁵⁾で説明された群状複層林施業方法である「一辺または直径が周辺の高木の樹高かそれよりも少し大きい程度まで」という考えにもとづいた。この方法は、周辺の針葉樹人工林への風害などのリスクを抑え、かつ、下草刈りを行えば陽樹を育成できると説明されていること。また、本事業では10万円がNPOに寄付されると一区画を皆伐し、材を搬出し、植林を行う経費を賄うことができること。そして、ほぼ周辺樹高と同等のサイズで、照度50%程度を確保できると想定した。重松ら¹⁵⁾の既往研究では、間伐強度を違えたアカマツ林におけるコナラ苗木の育成実験の報告があり、強度間伐区(相対照度46.3～49.2%)が他の全天区や弱度・無間伐区よりも苗木の成長が良いとされており、以上、3つの理由から本方法を採用した。斜面方位は全ての区画がほぼ南面しており、傾斜度は8～24度、水分環境は22.3～39.1%である。立木密度は1,688～2,177本/ha, 平均胸高直径は15.7～22.1cm(区画設置個所の15×15m), 平均樹高15.8～19.7m(2007から2010年調査)であった。本来、調査区別に示すところであるが欠測値があるため全体的な記載とした。なお、樹高について2020年に調査した南側に隣接する樹高は14.4～30.8mであった。

②植栽苗について

各区画には、図2のように中心にヤマザクラ(高さ120～150cm)を1本、周辺4か所にコナラのポット苗(高さ80～150cm)を5本ずつ巢植えた。調査区全体で4年間にわたり総計ヤマザクラ11本、コナラ220本を植栽した。このシイ・カシなどが成長する照葉樹林帯で落葉樹種を植栽した主な理由は、林地が地域の共有林であることから成長後に伐採し換金することが求められた。橋詰¹⁶⁾による1989年の論考では、「戦後の拡大造林や広葉樹を軽視した政策によって有用広葉樹の大径材は払底しており、有用広葉樹資源の確保が今日重要な課題になっている。」と指摘されている。当時の大阪営林局日原営林署(島根県)管内で伐採された天然性のケヤキ、クリ、サクラ、コナラ、そしてヒノキの入札前の直径と入札後の価格が調べられている。当時、ヒノキの末口の径級30～40cmで3～4m材(80年生)は63,700～

251,000 円に対し、サクラは径級 32~40cm, 4~5.6m 材 (50~60 年生) で 41,000~162,000 円、コナラは径級 34~50cm, 3.2~4.2m 材 (90~120 年生) で 43,000~51,000 円 で取引されていたと報告されている。また、この地域の二次林の構成樹種であり景観の多様性づくりの観点から選木された。コナラで巣植えを採用した理由は、植栽時の苗木の樹高が 1m 未満であったことから、初期成長の過程で異種間競争により被圧され成育環境が厳しいことが想定されるためである。

③調査区の植生・水分条件について

調査はその後、2008 年、2009 年、2012 年、2018 年に苗木の樹高と 15m 四方内の植物社会学的調査^{*3)}を実施した。なお、傾斜度はクリノメーターで計測し、水分環境は 2020 年 3 月 16~17 日にかけて各調査区 15 か所ずつ、ハンディ TDR 土壌水分センサー (クリマテック株式会社、C-HydroSense、プローブ 20cm) を用いて追加調査を実施した。平均値を参考として示した (表 1)。

④調査区の照度環境について

初年度に設置した区画 A, B, C については光環境を把握するため、オプトリーフ (Y-1W) を区画内の四隅、中心、その間など 13 か所 (H=2m) に、2007 年 12 月から 2008 年 4 月にかけて伐採前と伐採後のそれぞれで設置し、調査地区の近隣の全天の草地を対照区として合わせて調査した。それぞれのデータについて、積算日射量 (MJ/m²) を求め、区画の平均相対照度を算出した^{*4)}。

⑤調査区の管理について

区画内の管理は、主に、苗周辺のツル伐りに加え、苗周辺 1m の範囲は、全ての低木の除伐が毎年実施されている。また、A~F の区画については、植栽後 6~7 年を経過すると、植栽樹木以外の高木層の被度が約 50%以上となり、植栽樹木を被圧する状況が見られたため、その被圧が緩和される程度にカラスザンショウやアカメガシワなどを数本除伐している。判断は、研究者らが被圧の程度を確認し、NPO 法人山村塾が選木し除伐を実施した。一般的にこのような競争木の繁茂を抑えるには植栽時に防草シートの敷設や地被植物等で地表面を覆う手法が取り入れられる。本事例では、次の 2 つの理由から下層植生の抑制手法を用いなかった。1 つは、異種間競争による上伸成長の促進を期待したこと。2 つ目は、NPO が事業主体で企業ボランティアと連携し、生物多様性やその他の機能の発揮も意図して活動を行うためである。

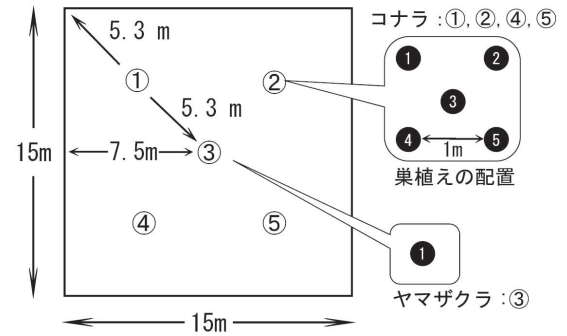


図 2 各調査区の植栽位置と巣植えの配置

表 1 調査区の基礎データ表

調査区番号	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
調査区	2007			2008			2009			2010	
設置年度	2007			2008			2009			2010	
斜面方位	S x W	SSW	SW	S x E	S x W	S x E	S	S x S	S	SSE	SSW
平均傾斜度 (°)	11.5	8	11	24	12	13.5	24	19	16	19.5	21.5
水分環境 (%)	30.0	35.5	33.1	29.5	34.0	32.1	28.3	30.9	22.3	39.1	30.2
主な樹種	スギ・ヒノキ										
立木密度	1688~2177 (本/ha)										
平均胸高直径	15.7~22.1cm										
平均樹高	15.8~19.7m										
樹齢	45~54年生										
2020年の樹高(m)	17.0	19.0	23.5	30.8	19.0	21.0	22.1	18.0	14.4	17.0	17.0
水分環境の単位は、絶乾状態から飽和状態までの体積水分比											
スギ・ヒノキのデータは、伐採前の調査区内を対象。2007~2010年調査、樹齢は											
2018年時点											
2020年の樹高は、斜面南側のスギ・ヒノキを 9 月 9 日に計測											

表 2 NPO 法人山村塾の活動履歴の概要

実施年月	実施内容*
2007年10~12月	・地権者への説明 ・調査区A,B,Cの場所決め、土地境界確認 ・種組成調査、林内照度調査 ・調査区の下刈り
2008年1月	・調査区A,B,Cのスギ・ヒノキの伐採、搬出作業 (山村塾主催のチェーンソー講習会も含む)
2008年3月	・調査区A,B,Cの苗木の植え付け作業 ((社) 国土緑化委推進機構、日本財団支援)
2008年4月	・調査区A,B,Cの照度調査、苗木調査
2008年7月	・地権者との意見交換会
2009年3月	・調査区D, E, Fの苗木の植え付け
2010年2月	・調査区G, H, Iの苗木の植え付け (寄付: 個人 2 口, KDDI株式会社九州総支社 1 口支援)
2010年9月	・苗木周辺の下草刈り、苗木調査 (KDDI株式会社九州総支社のボランティア活動と実施)
2011年4月	・調査区J, Kの苗木の植え付け (寄付: 九州電力労働組合 1 口支援) (2011年4月実施であるが2010年度事業として位置づけ)
2011年9月	・苗木周辺の下草刈り、苗木調査 (KDDI株式会社九州総支社のボランティア活動と実施)
2012年7月	平成24年7月九州北部豪雨 (道路崩落により調査・作業中断)

*: 本論に示す大学が主に実施した調査は除く

⑥実施・管理における NPO 活動の展開について

ここで、NPO による実施と管理について、経緯概要を表 2 に示す。NPO 法人山村塾は 2007 年に本事業を開始

し、10～12月に共有林の地権者への説明、調査区の設定、事前調査を研究者らと実施、2008年1月に立木の伐採・搬出、同3月に2007年度事業として調査区A, B, Cに苗木の植え付けを実施している。これらの事業の推進は、民間の助成事業を受け、一部、自主資金を用いている。2009年度には、個人、企業からの寄付を得て調査区を増設し、その後の苗木周辺の下草刈りや苗木の調査には企業ボランティアが継続的に参加している。なお、2012年に平成24年7月九州北部豪雨により調査区への道路が崩落し、災害復旧活動への注力のため、活動が滞ることとなった。

⑦苗木成長の分析について

植栽したヤマザクラとコナラ苗の成長の分析については、樹高成長および調査区内の他の樹種との競争関係を考察するため、各調査区の設置・植栽年より数えて1, 2, 3, そして11年までの平均樹高のデータを組み合わせ、その平均値を算出し比較考察することとする。各調査区の立地等の違いにより苗木、および周辺植生の成長、種組成に差異はあるが、全体的な成長推移を示すこととした。また、調査区内で成長した苗木以外の樹高についても、同様にグラフ化する。コナラについては、①、②および④、⑤間のデータについて、正規性をKolmogorov-Smirnov検定で検討し、等分散性をF検定で確認したうえでt検定を実施し、有意に差のある調査区を抽出した。植物社会学的調査のデータについては、成林しつつある2012年、2018年のデータを用い、優占種名、最大植生高、高・亜高木の植生被度、種数、そして多様度指数(Shannon指数)を示し、苗木の成長と区画内の他の植物、そして立地条件等との関係について考察を行う。最後に、各調査区のコナラ①、②および④、⑤の平均年間樹高成長と土壌水分環境、平均傾斜度との相関分析を行い、植栽木の成長と立地条件の関係を分析する。

3. 結果と考察

3.1. 調査区の照度について

調査区A, B, Cの伐採前後の平均相対照度を表3に示す。伐採前のスギ・ヒノキ人工林内の相対照度は30.6～38.2%であった。伐採後は、52.2～56.1%となった。なお、南側の立木の影響との関係で日照の比較的当たる図2の①、②は58.3～75.7%となり、一方、日照のより少ない④、⑤は27.1～49.6%であった。

3.2. 調査区内の樹高の推移

調査区内の苗木以外の植物の最大植生樹高の平均値を

表3 調査区A, B, Cの伐採前後の平均相対照度

調査区番号	A	B	C
伐採前の区画内の平均相対照度(%) 2007年12月20日設置～2008年1月8日回収	35.8	30.6	38.2
伐採後の区画内の平均相対照度(%) 2008年4月1日設置～2008年4月18日回収	56.1	53.8	52.2
北側の苗木植栽箇所①、②周辺の平均相対照度(%)	75.7	72.9	58.3
南側の苗木植栽箇所④、⑤周辺の平均相対照度(%)	31.0	27.1	49.6

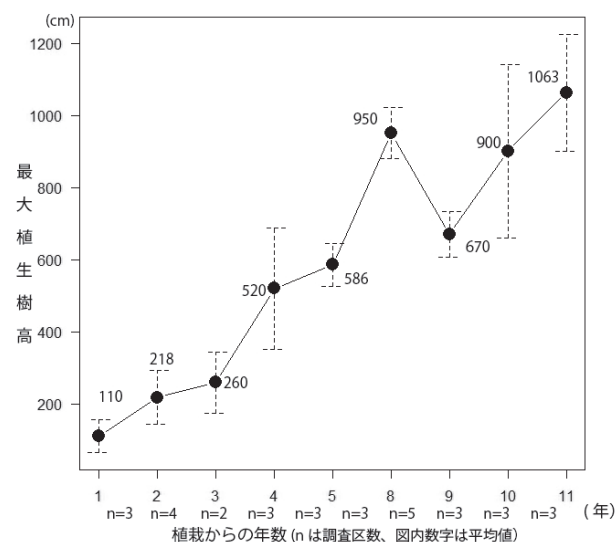


図3 調査区内の苗木以外の最大植生高の推移

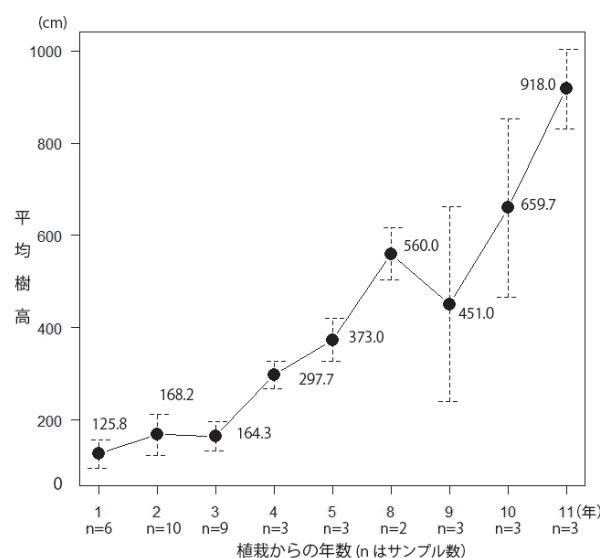


図4 ヤマザクラの平均樹高の推移

図3に示す。1年目の110cmから11年目の1,063cmまで、9年目のデータを除き、一定の割合での成長が見られた。次に、ヤマザクラの平均樹高の推移を図4に示す。ヤマザクラは植栽1年目の125cmから11年目の918cmまで、やはり、9年目を除き、比較的順調に生育が見ら

れた。図3の調査区内の苗木以外の植物の最大植生樹高と比較すると、3年目で100cm、4年目以降からは、各年200～300cm程度、平均的に低い樹高で成長がみられた。9年目の植生高成長が下がった理由について、調査区G, H, Iについて、苗木以外の最大植生高とヤマザクラの樹高はそれぞれ、G: 650, 450cm, H: 620, 240cm, そしてI: 740, 663cmであり、特に、GとHの成長が著しく不良であった。確かなことは言えないが、現地の観察を踏まえると、表1の平均傾斜度と2020年の周辺のスギ・ヒノキの樹高を見ると、平均傾斜度が24°, 19°と比較的他の調査区よりもきつく、樹高が22.1, 18.0mと他の調査区よりも高いため、苗木の受ける日射量が比較的少なく成長が阻害されたと想定した。

さらに、コナラの平均樹高の推移について、北側・巣植え配置①・②を図5に、南側・巣植え配置④・⑤を図6に示す。コナラは植栽1年目の60.6cmから成長を開始したが、5年目になっても、平均樹高は105.8～117.0cmにとどまった。それ以降の8～11年目については、北側で日当たりの良い配置①・②が298.6～334.4cm、南側の配置④・⑤が203.8～277.6cmとなり、若干、配置①・②が上回る結果となった。なお、11年目のコナラ苗の生存率は①・②、④・⑤とも53.3%であり、多くの個体が枯死する結果となった。

3.3. 調査区毎の成長と立地、植生との関係について

各調査区におけるヤマザクラおよびコナラの平均樹高、そして、2012年と2018年の調査区内の優占種名、最大植生高、高・亜高木の植生被度、種数、そして多様度指数を表4に示す。これらのデータを用い、特に顕著な特徴を有する調査区、苗木と植生の関係を考察する。

まず、植栽4年目にあたる調査区D, E, Fの2012年の調査データに着目する。ヤマザクラは265～323cm、コナラは68～179cm、他の樹種は287～710cmと伸びている。コナラは調査区Eで北側と南側で有意に成長差が生じている。Eはカラスザンショウが710cmにも伸び、被度45%で、種数33、多様度指数0.686と、調査区D, Fと比較して苗木への被圧が強く、コナラの成長を阻害したと考えられる。ヤマザクラについても被圧の影響を及ぼしたが、2009年の1年目と4年目の3年間の伸長は125～193cmの成長を果たしている。植栽5年目にあたる調査区A, B, Cの2012年の調査データでは、他の樹種が587～644cmの伸長の成長しており、コナラは82～145cmと調査区D, E, Fよりも伸長の成長が悪か

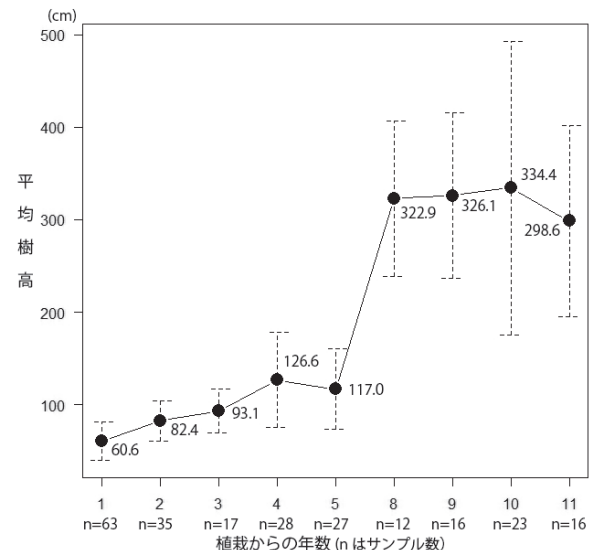


図5 コナラ調査区北側・巣植え配置①・②の平均樹高の推移

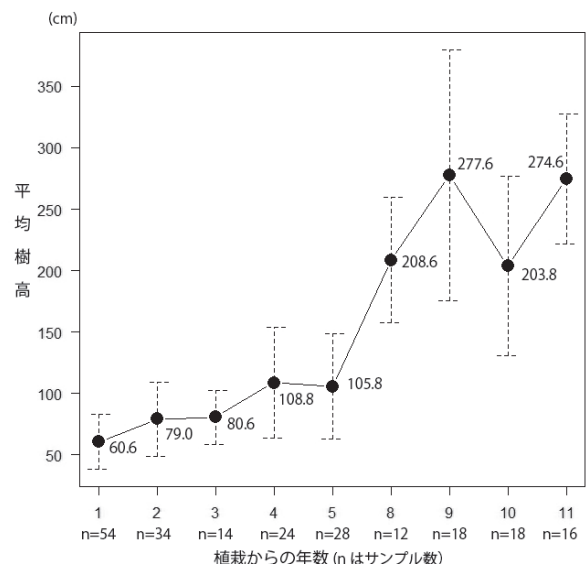


図6 コナラ調査区南側・巣植え配置④・⑤の平均樹高の推移

った。北側・南側で有意な成長の差はみられないことから、被圧の影響をより強く受けたと考えられる。ヤマザクラについては345～427cmで、2008年の1年目からの4年間で185～301cmの伸長の成長を行っており、同様に被圧はあるものの影響は少なく、成長を続けていた。

次に、表4の植栽8年目の調査区J, Kの2018年の調査データに着目する。ヤマザクラは520～600cmと成長し、コナラは199～325cmであった。これらの調査区では、カラスザンショウが900～1,000cmまで成長し、被度も55～65%であるものの、コナラは北側・南側で成

表 4 ヤマザクラ, コナラ, およびその他の植生の成長

ヤマザクラの植生高 (cm)

調査年	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2008	1年目										
	67.0	126.0	160								
2009	2年目			1年目							
	148.0	220.0	210.0	140.0	132.0	130.0					
2012	5年目			4年目			3年目			2年目	
	347.0	427.0	345.0	265.0	305.0	323.0	140.0	200.0	153.0	118.0	145.0
2018	11年目			10年目			9年目			8年目	
	857.0	1017.0	880.0	516.0	583.0	880.0	450.0	240.0	663.0	520.0	600.0
平均年間樹高成長	79.0	89.1	72.0	41.8	50.1	83.3	51.7	6.7	85.0	67.0	75.8

コナラの平均樹高 (cm), t=t検定 (北側の①・②の平均値と南側④・⑤の平均値。NはA~Fが10, G~Kは6。但し枯死木は除く)

調査年	A	t	B	t	C	t	D	t	E	t	F	t	G	t	H	t	I	t	J	t	K	t
2008 北側①・②	45.2		63.2		55.4																	
2008 南側④・⑤	53.0	*	45.7		61.3																	
2009 北側①・②	80.8	ns	80.9	ns	73.9	ns	69.4		53.6	ns	63.0	ns										
2009 南側④・⑤	73.5		62.3		91.1		70.3		54.4		61.0											
2012 北側①・②	145.8	ns	100.4		99.7	ns	178.8		104.0	*	107.5	ns	70.5	ns	113.7	ns	78.0	ns	100.2	ns	84.7	ns
2012 南側④・⑤	119.4		113.7		82.8		146.2		68.1	*	102.3		71.8	ns	99.8	ns	56.7	ns	100.0	ns	86.8	ns
2018 北側①・②	307.6		297.4		276.7		417.5		290.1		290.0		321.0		385.0		273.4		325.0	*	320.8	*
2018 南側④・⑤	277.7	ns	301.3	ns	230.0	ns	232.1	*	173.0		201.0		5/6枯死		276.7		全枯死		199.2	*	220.0	*
平均年間樹高成長	26.2		23.4		22.1		38.7		26.3		25.2		41.8		45.2		32.6		37.5		39.4	
上①・②, 下④・⑤	22.5		25.6		16.9		18.0		13.2		15.6				29.5				16.5		22.2	
t 検定: * : p<0.05で有意差あり ns : 有意差なし — : Kolmogorov-Smirnov検定による正規性もしくはF検定による等分散性なし																						

t 検定: * : p<0.05で有意差あり ns : 有意差なし — : Kolmogorov-Smirnov検定による正規性もしくはF検定による等分散性なし

調査区内の優占種名, 最大植生高 (cm), 高木層と亜高木層を足した植生被度 (%), 多様度指数 (Shannon指数)。但し, 植栽木は除く

調査年	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2012年11月	優占種名	アカメガシワ	エゴノキ	エゴノキ	ヤブムラサキ	カラスザンショウ	ヤマハゼ				
	最大植生高 (cm)	644	587	644	287	710	390				
	高・亜高植生被度 (%)	40	45	28	40	45	10				
	種数	39	42	30	54	33	41				
	多様度指数	0.476	1.084	0.511	0.499	0.686	1.043				
2018年11月	優占種名	アカメガシワ	エゴノキ	エゴノキ	エゴノキ	カラスザンショウ	エゴノキ	アカメガシワ	ヤマウルシ	カラスザンショウ	カラスザンショウ
	最大植生高 (cm)	1250	960	980	670	1150	880	650	620	740	1000
	高・亜高植生被度 (%)	45	60	55	50	60	55	40	50	65	65
	種数	42	34	26	34	33	47	21	35	38	42
	多様度指数	1.192	0.989	0.619	0.792	0.770	0.791	0.494	1.056	0.874	1.102

長に有意な差が確認された。種数が 42~43, 多様度指数も 1.1 と全体的に高い値を示していることから, 異種間競争の結果として, 比較的, 多様度が高い林層に至り, コナラの苗木も照度の差により, 優劣が生じたと考えられる。植栽 9 年目の調査区 G, H, I では, コナラの南側④, ⑤で多くの枯死木が観察された。

最も成長したヤマザクラとコナラ, および年間平均樹高成長について考察する。表 4 において, ヤマザクラは 11 年目の調査区 B で 1,017cm まで成長している。この調査区でコナラは 301cm と成長を果たせていない。その他の樹種はエゴノキで 960cm, 被度 60%であるが, ヤマザクラは樹高で 57cm, 上回っていた。コナラは 10 年目の調査区 D の北側で 417cm である。この調査区はエゴノキが 670cm と 10, 11 年目の調査区 A~F のの中では最もコナラ周辺の樹高が低く, その点がプラスに影響したと想定された。ヤマザクラの平均年間樹高成長は

6~89cm で平均 64cm であった。一方, コナラは枯死を除くと 13~45cm で北側平均 33cm, 南側平均 20cm, 全体平均 27cm にとどまった。

最後に, 樹種別の平均年間樹高成長と立地条件との相関分析の結果を表 4 に示す。有意確率が 5%以下となったのは, コナラ①, ②と平均傾斜度である。相関係数 0.9 と正の強い相関を示した。これは, 傾斜が強いほど調査区上部に植栽されたコナラの成長が有意に良いということであるから, 傾斜が強いほど日当たりが良く成長に効果的と言える。もう 1 つ, ヤマザクラとコナラ①, ②の間に相関係数 -0.664 の負の相関が認められた。これは, ヤマザクラを含むその他の樹種の成長が良いほど, その北側に位置するコナラの成長を阻害したと推察された。なお, コナラについては単植えを実施し, 個体間で大きな成長差があることが複数確認された。その要因は, 周辺木による被圧, シダ類やツル類の繁茂による影響, 水

分・土壌条件,そして、個体ごとの遺伝子や活性度の違いなどが推察される。要因が明確化できないため結果の表示と分析は行わなかった。

4. 総合考察

群状複層林施業と広葉樹の育成について総合考察を行う。本調査地ではスギ・ヒノキ林の皆伐と共にヤマザクラ、コナラ苗を植栽し成林化を目指したが、図 3、表 4 に示したように植栽樹種以外のカラスザンショウ、アカメガシワ、エゴノキ等の先駆樹種を中心に旺盛に繁茂し、11 年で 960~1,250cm の樹高に達した。植物の多様性は調査区毎で様々であり、概ね皆伐後 8 年目で種数 42~43 種、多様度指数 1.1 と最も高まるようである。伊藤ら⁸⁾が述べるように伐採年齢の異なる複数のパッチは様々な構造の植生環境を作ることができるといえる。

本研究では重松ら¹⁴⁾の先行研究を参考に照度 50% の環境におけるコナラの育成を着想した。しかしながら、アカマツ林とは異なる九州北部の標高 500m のシイ・カシ帯における 15m 四方のスギ・ヒノキ林の群状複層林施業地では、南斜面の中・上部で当初、概ね照度 50% を確保し、管理についても、毎年、苗木周囲 1m の下層植生の刈り取りと、林冠閉鎖度が 50% 程度を上回る 6~8 年目に高木のカラスザンショウなどの一部を除伐し、表 4 に示すように、それ以降も高木・亜高木層の被度を 40~65% に継続管理してきた。しかしながら、経年成長と共にスギ・ヒノキ林の樹高成長およびコナラ周辺の雑木の成長による被圧の影響を強く受け、特に斜面下部では日照不足により成長が強く阻害される結果となった。斜面傾斜度との強い正の相関が認められたことからコナラの育成には成長を通じた日照の確保が重要であり、15m 四方の群状複層林施業では不適であると考えられた。今後の研究課題としては、このような 15m 四方の群状複層林であっても、周辺のスギ・ヒノキ林の間伐による光環境の改善や、下草刈りの実施、防草シート等による林床植生の抑制手法を合わせることでコナラ林の育成可能性もあると想定される。

ヤマザクラの成長について、藤堂ら¹⁰⁾は光条件が重要であると指摘していた。本研究では、周囲の雑木の成長が 2~3m 程度、樹高で上回るものの、追従して成長をしており調査区 A, B, C の 11 年目で 857~1,017cm の成長が確認された。調査区設置当初の平均相対照度は 52.2~56.1% を有しており、コナラと同様の管理を実施

してきた。成長の度合いは、立地や周辺のスギ・ヒノキ林の成長や間伐の違いによりばらつきがあると想定されるものの、枯死することなく成長がなされた。調査区 D の 10 年目は樹高 516cm, 調査区 G, H の 9 年目は 450cm, 240cm と他と比し成長が悪い。この 3 調査区は図 1 に示すように東側の谷の凹地形に近く、表 1 に示す傾斜度 19~24 度と比較的傾斜がきつい。このような立地は周辺木の樹高も高く十分な照度が確保できないと想定された。

本研究は、このような粗放管理による結果である。このような群状複層林施業において更なるヤマザクラとコナラの成長を行うには、調査区内の照度確保のために藤森が述べているように下草刈りが必要である。また、和ら¹⁷⁾は北海道の陰樹であるトドマツの研究では、伐区内の日照率は一律ではないため林縁部^{*4)}において周辺樹木^{*5)}の影響で苗木の成長が劣るとされ、周辺林分の整理伐等の実施が重要と指摘されている。もしくは、方形区を南北、もしくは東西に長方形区とする等の改善の検討が必要である。

5. おわりに

本研究では九州北部の標高 500m のシイ・カシ帯において、NPO 活動の一環としてスギ・ヒノキ人工林を対象に 15m 四方の群状複層林施業を実施し、ヤマザクラとコナラを植栽した取り組みについて、11 年間の成長過程を報告した。苗木周辺のツル切り・除伐、林冠閉鎖木の被度 50% 程度の除伐管理により、植栽したヤマザクラは、カラスザンショウ、エゴノキ、アカメガシワ、ヤマウルシなどとの異種間競争を行いながら、11 年で 857~1,017cm まで概ね成長できることを確認した。平均年間樹高成長は 64cm であった。なお、傾斜 19~24 度の凹地形では成長の阻害がうかがわれた。一方、コナラは、植栽 4 年目から被圧による弊害が顕著になり、9 年目で周辺のスギ・ヒノキ人工林の日陰や、調査区内の他の植物の被圧により著しく成長が阻害されることが確認された。なお、調査区上部で傾斜度がきつく、他の植物の被圧の影響が少ないほど成長する傾向が確認された。しかしながら調査区上部の 10~11 年目でも樹高は 276~417cm に留まることから、本条件におけるコナラの育成は不適であると結論付けた。今後の課題として、ヤマザクラの育成を進めるには、競争木である先駆樹種との競争関係について明らかにする必要がある、除伐管理の方法につ

いて検討が求められる。また、除伐した小径材等の木材や植物資源の活用方法の検討も必要である。コナラの育成については、周辺の針葉樹林の樹高と密度、傾斜、土壌などの立地との関係、下草刈りなど下層植生を抑える管理手法、そして、林内照度との関係性についての検討が求められる。なお、生産林での取り組みが難しいなか、各種研究機関や NPO の展開が期待される。NPO 活動において学術的な知見に資する十分な計画・実施、調査区数の確保は困難を極めるが、事例の積み上げが望まれる。

群状複層林施業における広葉樹の育成の研究は、その目的により方向性が異なる。本研究は NPO による施業であり、広葉樹材の育成と共に、多様な森林環境や活動の実施が根底の考え方にある。2012 年度の林野庁による市民活動調査¹²⁾において広葉樹育成に取り組む NPO 活動は多く、人工林混交林で活動を行う団体も 69 団体(16%)存在した。NPO による群状複層林施業の取り組み報告が少ないことを鑑みると、本成果は、今後の一助となると考える。NPO の関わらない私有地、公有地における育成複層林について、森林・林業基本計画において全国で 680 万 ha を示しており、針葉樹を中心とした複層林だけでなく、針広混交林を中心とした複層林施業が求められている。「森林の有する多面的機能の発揮」をもとめるエリアでは、基本的に材の搬出を行わないという立場をとるのであれば、本研究で実施した群状複層林施業を行い、植栽せずに実生からの広葉樹種の育成を目指し、下草刈りやツル切りなどの保育管理をせずに育成することが考えられる。しかしながら、森林の活用の観点に立てば、公的資金で施業を実施し、そのまま粗放管理し活用の営みを行わないということであれば、所有者の動機づけは高まらないと想定される。今後、針広混交林化を進めるには、景観林の育成による観光の振興や各種林産物の開発など、森林空間を利用したサービス産業の推進を念頭に、地域に応じた新たな取り組みの検討が必要であると考えられる。

注

- *1) CLT とは Cross Laminated Timber の略で、ひき板を繊維方向が直交するように積層接着した木質系材料。
- *2) 月平均気温がセ氏 5 度を超えた月について、各月の平均気温から 5 度を差し引いた値の合計。
- *3) 植物社会学的調査とは、植生調査の方法として最も普及している調

査法で ZM 法とも呼ばれる。本研究では調査区全体を調査対象とし、階層区分を実施し、各階層について Braun-Blanquet の優占度の判定基準に基づき、出現種毎に被度、群度を取得した。

- *4) 群状複層林施業区内における植物の成長は、周辺樹木の日影の影響を強く受けることから、本来は全ての調査区、および経年的な照度の測定が必要である。本調査では、斜面が南面し、概ね一様のスギ・ヒノキ人工林であったこと、苗木生長後の同一条件での樹上での測定が困難であると考えられたことから、調査区 A, B, C の 3 区画の照度データで代表することとした。
- *5) 「林縁部」とは、調査区内における森林に囲まれた端のエリアである。「周辺林分」とは、調査区を囲む周辺の森林エリアのことである。

参考文献

- 1) 林野庁林政部企画課、令和元年度 森林・林業白書、2019、54-58
- 2) 林野庁林政部林政課、森林の誘導の考え方について、林政審議会配付資料、2015 年 9 月 30 日
- 3) 福田利雄・前元宏、タイトルなし、日本林學會誌、18 (5)、1936、339-350
- 4) 赤井竜男・中井勇・岡本憲和・渡辺政俊、京都市近郊における天然生ヒノキ・アカマツ混交林の林分構造と風致施業、京都大学農学部演習林報告、57、1986、128-142
- 5) 環境林整備検討委員会、環境林の整備と保全、1993
- 6) 吉野豊・前田雅量、針広混交林育成試験(1)スギ人工林内に樹下植栽された落葉広葉樹 4 種の 9 年間の生存と成長、兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告 森林林業編、53、2006、1-4
- 7) 齊藤潤也・奈良橋亘・塚原雅美・紙谷智彦、帯状伐採されたスギ人工林に植栽されたケヤキの成長と樹形、日本森林学会大会発表データベース、125、2014、277
- 8) 伊藤 哲・山川 博美・作田 耕太郎・溝上 展也、小面積皆伐施業が行われたスギ林の下層植生、日本森林学会大会発表データベース、116(0)、2005、499-499
- 9) 山川博美・伊藤哲・作田耕太郎・溝上展也・中尾登志雄、針葉樹人工林の小面積皆伐による異齡林施業が下層植生の種多様性およびその構造に及ぼす影響、J. Japanese for. Soc., 91(4)、2009、277-284
- 10) 藤堂千景・伊東康人・山瀬敬太郎、小面積伐採地に植栽した広葉樹 3 種の活着及び初期成長、日本森林学会大会発表データベース、126、2015、510
- 11) 比屋根哲・池田憲昭、ドイツと日本における森林利用者の林業観の相違、日本林學會誌、84(2)、2002、120-124
- 12) 林野庁森林利用課、森林づくり活動についての実態調査 平成 24 年調査集計結果、2013
- 13) JT の森小菅 (山梨県)、
https://www.jti.co.jp/sustainability/community_investment/forest/kosuge/index.html (Web 更新日時不明、閲覧日 2020 年 12 月 28 日)
- 14) 宮脇昭編著、日本植生誌 九州、現存植生図、1989
- 15) 重松敏則・森山博光・朝廣和夫・斎田昇、アカマツ林における間伐強度の違いが林床とクスギ・コナラ植栽苗の成長に与える影響、日本造園学会誌ランドスケープ研究、62 (5)、1999、547-550
- 16) 橋詰隼人、有用広葉樹の生長と材価について、広葉樹研究、5、1989、13-20
- 17) 和孝雄・菅野高穂・小鹿勝利・米康充・清野年、小面積皆伐作業試験地のトドマツ造林木の成長・北大苫小牧地方演習林の事例分析、北海道大学農学部演習林研究報告、53(1)、1996、77-96