

下刈の効果に関するこれまでの研究成果のまとめ

秋田森林管理署 湯沢支署 業務グループ○高橋 宏瑛
地域技術官 土肥 和貴

1. 背景

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

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

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

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

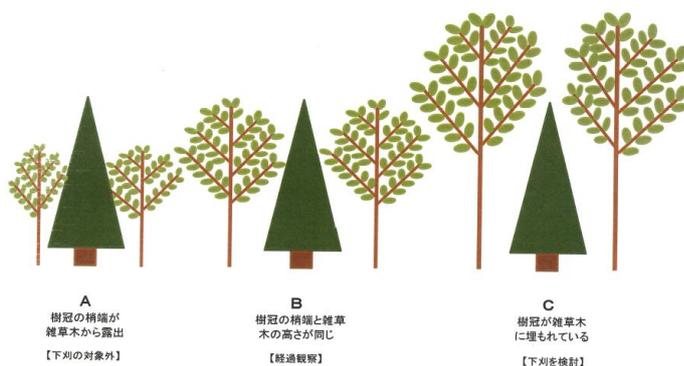


図 1 東北森林管理局における「下刈り実施の判断目安」

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

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

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

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

2. 方法

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

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

3. 結果および考察

(1) 雑草木の被圧が植栽木に与える影響について

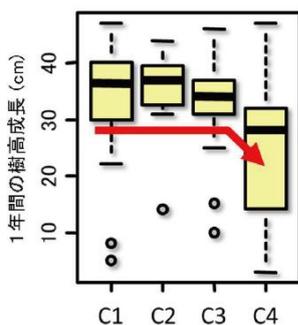


図 2 山川ら (2012) 競合状態と樹高成長の関係

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

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

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

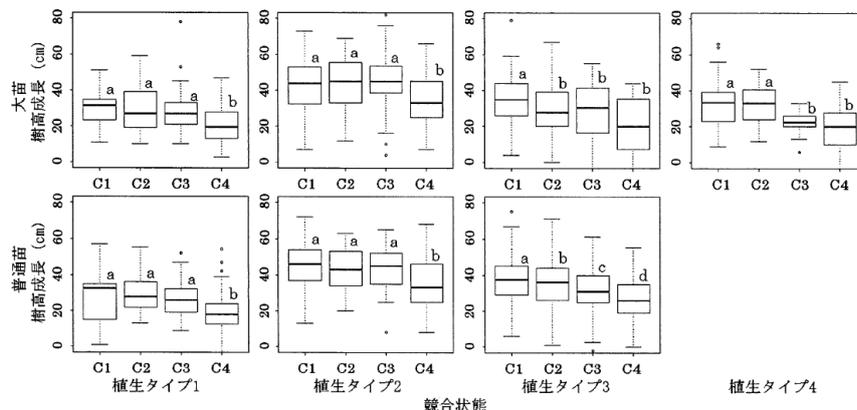


図 3 北原ら (2013) 競合状態と樹高成長の関係。アルファベットは多重比較の結果を表す ($p < 0.05$)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

表1 谷本（1983）一部改変

全光条件下のスギの地上部個体重に対する雑草木群落モデル内でのスギの生長割合

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

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

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

以上の結果から、植栽木の先端が雑草木に覆われることで上方被圧を受けると、樹高成長が小さくなるということが示され、上方被圧は樹高成長に直接的に影響を及ぼすことがわかった。一方では、側方被圧は樹高、根元直径、地上部個体重、樹冠投影面積などのパラメーターに影響を与える可能性が示された。樹冠投影面積について丹下ら(1993)は、樹冠の露出が小さくなるにつれ、スギおよびヒノキ植栽木の根元直径や樹高が小さくなる指摘している。樹冠露出の減少は植栽木の受光量を減少させ、植栽木の光合成生産の減少による植栽木の成長低下が引き起こされたと考えられる。また、広葉樹の結果ではあるが、Huang et al., (2008) や Eyles et al., (2012) は、下刈有り区と下刈無し区を比較すると、下刈無し区の植栽木は光合成速度が低下したと報告しており、雑草木の被圧によって植栽木の光合成特性が低下する可能性があると考えられる。

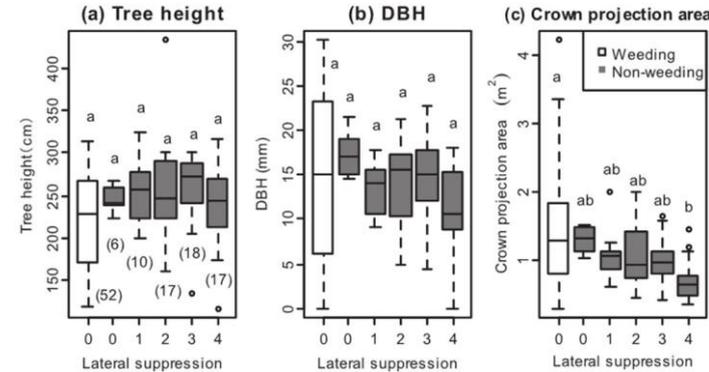


図4 平田ら(2012)

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

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

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

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

(2) 下刈と樹高との関係について

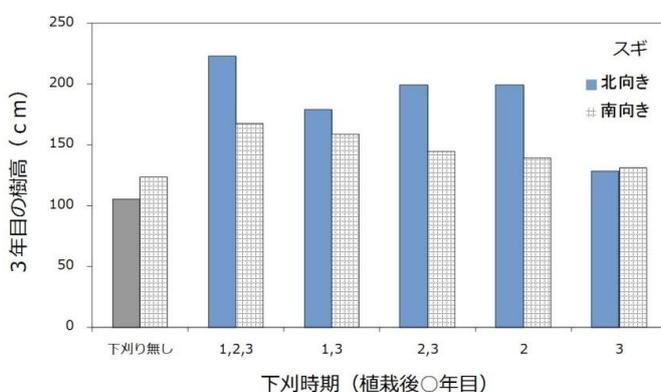


図5 金城ら(2011) 一部改変
下刈時期の違いによるスギ植栽木の樹高成長。

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

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

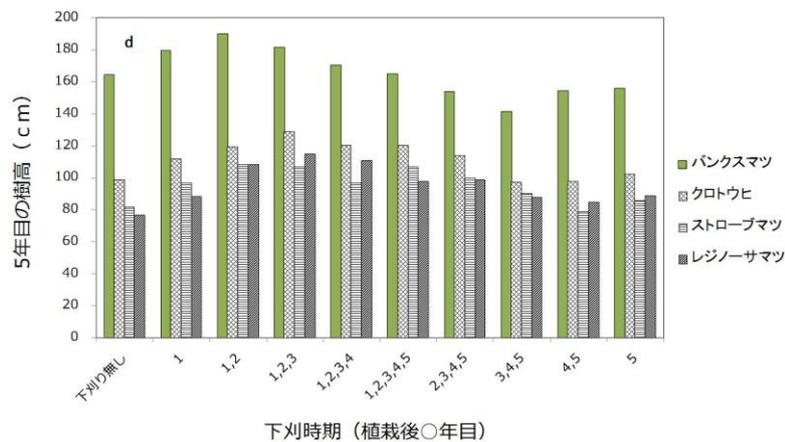


図6 Wagner et al., (1999) 一部改変
下刈時期の違いによるバンクスマツ、レジノーサマツ、ストローブマツ、クロトウヒ植栽木の樹高成長。

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

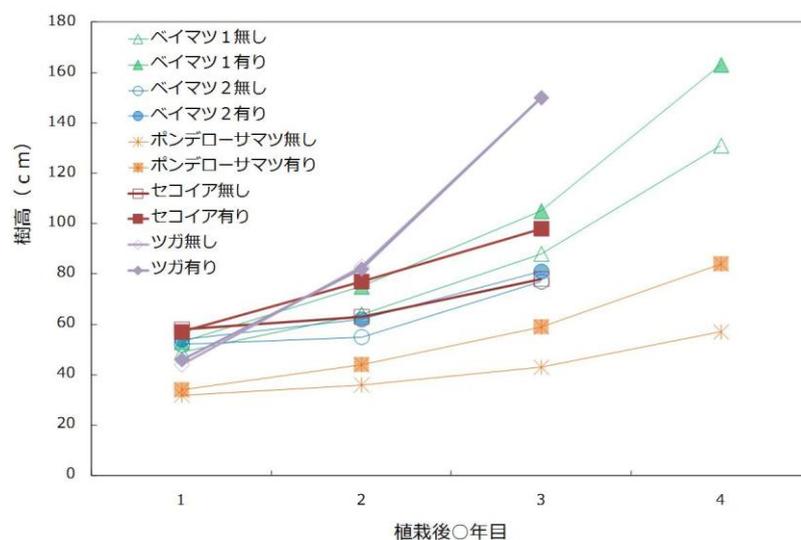


図7 Rose et al., (2002) 一部改変
下刈無し区と下刈有り区における植栽木の樹高成長の違い。

らの場合も3年間で1回の下刈であるが、植栽後2年目に下刈を行った場合の方が、樹高が高くなる傾向がみられた。また、スギを扱った文献を見つけることができなかつたため、同じ針葉樹であるマツ科のデータを参考として同様に比較した。Wagner et al., (1999) は、下刈実施パターンを10種類に分類し、植栽木の5年目における樹高を比較した。Korean Pine (*Pinus strobes* L.) ではそれぞれ107.0 cm、90.1 cm、レジノーサマツ (*Pinus resinosa* Ait.) ではそれぞれ114.9 cm、87.7 cmであった（図6）。

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

次に、植栽後最初期の下刈有無の違いによる樹

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

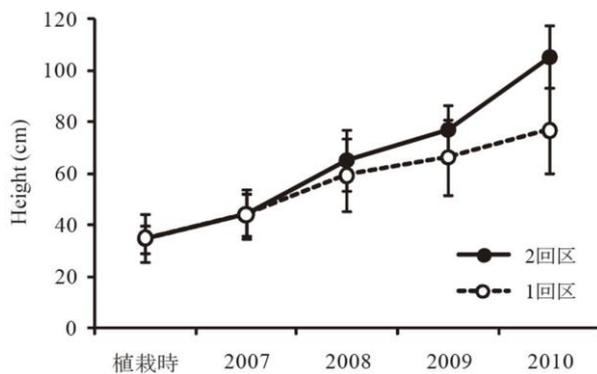


図 8 山川ら (2011)
下刈 1 回区と下刈 2 回区におけるスギ植栽木の樹高成長。

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

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

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

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

4. まとめ

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

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

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

5. 引用文献

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

度 森林・林業技術交流発表会 特別発表.

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