

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

伊藤 愛¹⁾・綿野好則²⁾・袴田哲司¹⁾・山本茂弘³⁾・近藤 晃¹⁾

¹⁾農林技術研究所森林・林業研究センター, ²⁾環境局自然保護課, ³⁾農林大学校林業分校

The Effects of Weeding Method and Planting Density of Japanese Cedar (*Cryptomeria Japonica*) and Japanese Cypress (*Chamaecyparis Obtusa*) on the Operational Efficiency of Weeding and Early Growth of Trees

Ai Ito¹⁾, Yoshinori Watano²⁾, Tetuji Hakamata¹⁾, Shigehiro Yamamoto³⁾
and Akira Kondo¹⁾

キーワード：作業工程，下刈り，植栽密度，成長量，坪刈り

I 結 言

造林・保育に掛かる経費のうち、植栽から10年間に必要となる経費は最も大きく、全体の7割を占めている⁵⁾。主な初期保育には地拵え、植栽、下刈りが該当するが、その中でも植栽後数年間、夏季を中心に行われる下刈りは、多くの労働投下と費用が必要な作業である。下刈りは、植栽木と雑草木との競合関係を排除し、植栽木の枯損を防ぎ、成長を良好にするため行われる作業である。その省力化として、これまで下刈りの省略、下刈り時期の変更による労働負担軽減度の研究などがなされてきた^{1),2)}。下刈りそのものを省略する方法としては、通常行われる全刈りよりも下刈り強度の低い坪刈りがある⁶⁾。坪刈りは植栽木の周辺のみを刈る方法で、面積を限定的にすることにより下刈りの省略を図る方法である。そのため、坪刈りを行う面積は植栽密度に大きく影響を受ける。一方、収益を上げるために低密度植栽は有効であることから⁴⁾、収益性が高く、かつ省力的な林業を行う上では、低密度植栽の条件下で省力的な下刈り方法を検討していく必要がある。しかし、植栽密度と下刈り方法を組み合わせた工程調査はこれまで報告がない。そこで、本研究では、植栽密度及び下刈り方法の違いが作業工程に及ぼす影響を比較した。また、下刈り作業の難度は、林齢、林地の斜

度、刈払いの対象となる雑草木などの要因によって左右されると考えられている³⁾。今回の調査地は、林齢及び斜度が似通った1つの皆伐地であるため、上記要因のうち雑草木の植生がそれぞれの下刈り作業に与える影響についても明らかにした。さらに、植栽密度及び下刈り方法の違いが下刈り後の植栽木の成長に与える影響について併せて調査した。

II 材 料 及 び 方 法

試験地は、浜松市天竜区西藤平地内(標高約250m)にある南西向き皆伐地である。2010年に、斜面上部に3年生ヒノキ苗、下部に2年生スギ苗を、低密度植栽である1000本/ha、2000本/ha、通常の植栽密度である3000本/haで植栽し、樹種と植栽密度の異なる試験区を0.1haずつ設けた(図1)。2011年から2013年にかけて、樹種・植栽密度ごとに試験区を二分し、下草全面刈り区(以下全刈り区)と植栽木周囲の下草のみ部分刈り区(以下坪刈り区)を設定して調査を行った。

1. 作業工程調査

下刈りは毎年森林組合の作業員3名が行った。下刈りを行う際、作業員1名に対し調査員1名が付き添い、「下刈り」「移動」に要し

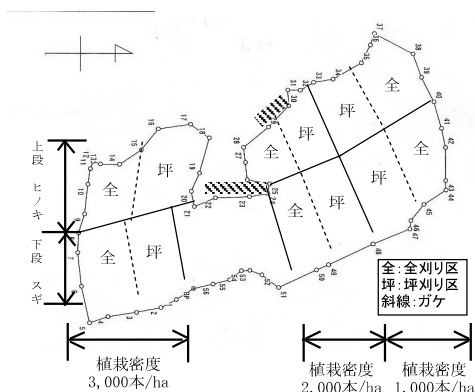


図1 調査地概要

た時間及び作業した植栽木の本数を記録した。作業した植栽木の本数から作業面積を計算し、haあたりの作業工程を算出した。なお、下刈りは作業経験による差を考慮し、一定の時間ごとにそれぞれの調査区で作業員の入れ替えを行った。また坪刈りの範囲は植栽木の周囲半径1mの円内とした。

haあたりの作業工程に影響する要因を明らかにするため、算出した作業工程を目的変数、下刈り方法、植栽密度、下刈り実施年、樹種を説明変数とし、一般化線形モデルにより解析を行った。いずれの説明変数も有意に作業工程に影響していることが分かったが、各変数の間に交互作用が認められた。そのため、それぞれの説明変数において、その他の条件を一定にした上で、下刈り方法間、樹種間においてはMann-Whitneyの u 検定、植栽密度間、年次間においてはKruskal-Wallis検定を行い、作業工程の比較を行った。

2. 雑草木の植生調査

刈払い対象となる雑草木について、下刈りを行う直前に各区画任意の10地点で1m四方のプロットを設け、プロット内の植被率と植生高を調査し、その積である植生量を算出した。全ての年に各区画で得られた作業工程の平均と、植被率、植生高、植生量の平均の値を用い、スピアマンの順位相関係数の検定によって植栽密度別、下刈り方法別にそれぞれの相関の有無を調査した。その結果、いずれも坪刈りの場合にのみ相関が見られ、中でも高い相関係数が得られたのは植生量であった。植生量による作業工程の影響を除くため、各区画の植生量あたりの作業工程の平均を算出した。

3. 植栽木の成長量調査

下刈りを行う前の2011年4月と2年間下刈りを行った後の2013年4月にスギの樹高と、地際部の根元径を計測した。なお、ヒノキはニホンジカ・カモシカによる食害が多数発生したため、解析から除外した。

III 結 果

1. 植栽密度と下刈り方法の違いが作業工程に及ぼす影響

得られた作業工程の結果を表1に示す。作業工程が最も優れていたのは、ヒノキの1000本/ha区において3年目の坪刈りを行った場合で、11時間/ha・人であった。作業工程が最も劣っていたのは、ヒノキの2000本/ha区において、1年目の全刈りを行った場合で、約46時間/ha・人であった。3年間の平均では、最も作業工程が優れていたのは、最も低密度である1000本/ha植栽で坪刈りを行った場合であった。通常施業である3000本/haでの全刈りを100とした場合、1000本/ha植栽での坪刈りは、スギ43、ヒノキ36となり、作業工程が約6割短縮されることが分かった。

(1) 下刈り方法による比較

各年の樹種及び植栽密度別に下刈り方法の影響を比較すると、最も植栽密度の低い1000本/ha区では、両樹種の通年平均で坪刈りの工程が全刈りの約61%であり、3年目のスギを除くと、どの年も坪刈りの方が有意に優れていた。2000本/ha区では、両樹種の通年平均で坪刈りの工程が全刈りの約80%であり、スギの1年目、ヒノキの3年目のみ坪刈りが有意に優れていた。最も密度の高い3000本/ha区では、両樹種の通年平均で坪刈りの工程は全刈りの約93%であり、1年目、3年目のヒノキの区画のみ坪刈りが有意に優れていたが、そのほかの区画ではどの年も下刈り方法による作業工程に有意な差はみられなかった(Mann-Whitneyの u 検定、 $p < 0.01$)。

(2) 植栽密度による比較

各年の樹種及び下刈り方法別に植栽密度の影響を比較すると、1年目、2年目の全刈り区を除き、いずれの場合も低密度植栽になるほど工程が優れる傾向にあった。特に坪刈りでは、全ての区画に

表 1 植栽密度の異なるスギ・ヒノキ幼齢木における3年間の下刈り作業工程表

| 樹種 | 植栽密度 (本/ha) | 下刈り 方法 | 1年目 (2011年) | | 2年目 (2012年) | | 3年目 (2013年) | | 通年平均 | | 年次間 |
|--------------|----------------|-----------|----------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|------------|------------|--------------|-----|
| | | | 作業工程 (時間 /ha、±SD) | 下刈り 方法間 | 作業工程 (時間 /ha、±SD) | 下刈り 方法間 | 作業工程 (時間 /ha、±SD) | 下刈り 方法間 | 坪/全 (%) | 通常施業 との比較 | |
| スギ | 1,000 | 全刈り | 32.83 ± 8.27 | ** | 23.45 ± 6.60 | ** | 16.17 ± 6.96 | ns | 72 | 65 | ** |
| | | 坪刈り | 16.58 ± 10.73 | | 12.91 ± 8.46 | | 17.64 ± 7.66 | | | 43 | ** |
| | 2,000 | 全刈り | 45.46 ± 27.30 | * | 35.03 ± 6.54 | ns | 24.50 ± 4.98 | ns | 93 | 98 | ** |
| | | 坪刈り | 37.58 ± 17.74 | | 28.87 ± 0.60 | | 28.22 ± 14.38 | | | 86 | ns |
| | 3,000 | 全刈り | 44.18 ± 20.93 | ns | 31.62 ± 12.71 | ns | 34.77 ± 17.39 | ns | 103 | 100 | ns |
| | | 坪刈り | 36.28 ± 17.23 | | 44.99 ± 24.33 | | 29.63 ± 15.20 | | | 103 | ** |
| | 植栽密度間 | 全刈り ns | 坪刈り ** | 全刈り * | 坪刈り ** | 全刈り ** | 坪刈り ** | | | | |
| ヒノキ | 1,000 | 全刈り | 30.50 ± 11.08 | ** | 24.58 ± 6.05 | ** | 17.71 ± 6.26 | ** | 50 | 73 | ** |
| | | 坪刈り | 11.13 ± 5.76 | | 12.52 ± 8.24 | | 11.00 ± 5.99 | | | 36 | ** |
| | 2,000 | 全刈り | 46.07 ± 20.69 | ns | 28.80 ± 8.33 | ns | 26.85 ± 15.86 | ** | 66 | 101 | ns |
| | | 坪刈り | 26.49 ± 10.55 | | 19.83 ± - | | 19.47 ± 7.18 | | | 67 | ** |
| | 3,000 | 全刈り | 40.74 ± 3.78 | ** | 28.97 ± 12.05 | ns | 29.19 ± 7.43 | ** | 83 | 100 | ns |
| | | 坪刈り | 20.47 ± 9.02 | | 34.04 ± 16.36 | | 24.05 ± 11.11 | | | 83 | ** |
| | 植栽密度間 | 全刈り ns | 坪刈り ** | 全刈り ns | 坪刈り ** | 全刈り ** | 坪刈り ** | | | | |
| 樹種間/ 樹種平均 | 1,000 | 全刈り | ns | | ns | | ns | | 61 | 69 | |
| | | 坪刈り | ** | | ns | | ns | | | 40 | |
| | 2,000 | 全刈り | ns | | ns | | ns | | 80 | 100 | |
| | | 坪刈り | ** | | ns | | ns | | | 76 | |
| | 3,000 | 全刈り | ns | | ns | | ns | | 93 | 100 | |
| | | 坪刈り | ** | | ** | | * | | | 93 | |

1) *は5%水準、**は1%水準の有意差があることを、nsは有意差がないことを、-は統計解析が不可だったことを示す。
(下刈り方法及び樹種間 Mann-Whitneyのu検定、植栽密度間及び年次間 Kruskal-Wallis検定)
2) 刈払い時間+移動時間
給油・刃研ぎ・休憩時間は除いた
3) 通常施業とは、3,000本/ha植栽、全刈りを行った場合を指す。

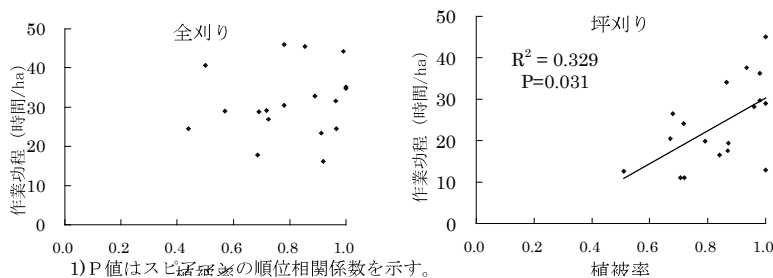


図 2 下刈り方法別の植被率と作業工程の関係

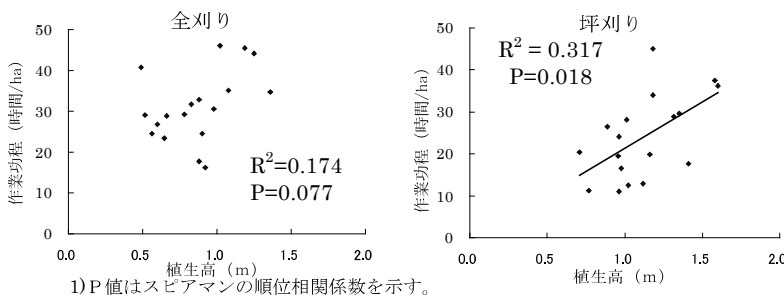


図 3 下刈り方法別の植生高と作業工程の関係

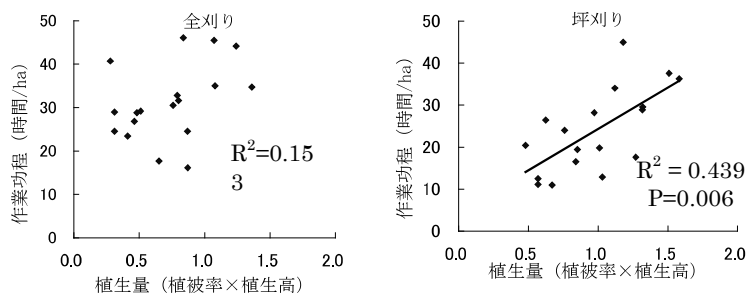


図 4 下刈り方法別の植生量と作業工程の関係

において密度の影響が有意に現れてきた(分散分析, $p < 0.01$)

(3) 年次間の比較

各区画で、年次間の比較を行うと、スギの1000本/ha区、2000本/ha全刈り区、3000本/ha坪刈り区、ヒノキの1000本/ha区、2000本/ha坪刈り区、3000本/ha坪刈り区において有意差が見られた($p < 0.01$)。しかし、その変動に各区画を通じた一定の傾向は見られなかった。

(4) 樹種間の比較

各年の各区画で、樹種間の比較を行うと、1000本/ha坪刈り区の1年目、2000本/ha坪刈り区の1年目、3000本/ha坪刈り区の1~3年目で、ヒノキの工程が優れていた($p < 0.05$)。しかし、その他の区画で樹種による差は見られなかった。

2. 雑草木の植生が下刈り作業の工程に及ぼす影響

作業工程の平均値と植栽率、植生高、植生量の平均値との相関関係の有無を調べた結果、坪刈りのみに、全ての項目で作業工程との相関関係が認められた($p < 0.05$) (図2, 3, 4). 各区の植生量は異なるため、試験区間の比較をより適正に行う目的で、植生量あたりの作業工程を算出したところ、全ての区画において、通年平均での坪刈りの工程が全刈りより優れる結果となった(表2). また、通常施業である3000本/haでの全刈りを100とした場合、1000本/ha植栽での坪刈りは、スギ46、ヒノキ20となり、作業工程が約7割短縮されることが分かった.

3. 植栽密度と下刈り方法が植栽木の初期成長量に及ぼす影響

成長量調査の結果を表3に示す. 植栽密度の同じ区画において、下刈り方法の違いを比較した結果、上長成長はどの区画も両者に差は見られなかった. 直径成長は、1000本/haでは坪刈り区で31.1mm、全刈り区で26.3mmとなり、坪刈り区が全刈り区より有意に大きかった($p < 0.05$). しかし、2000本/haでは全刈り区で22.5mm、坪刈り区で18.9mmとなり、全刈り区が坪刈り区より有意に高かった($p < 0.01$).

IV 考 察

1. 植栽密度と下刈り方法の違いが作業工程に及ぼす影響

今回の結果では、植栽密度の低い区画で、坪刈りの作業工程が優れる傾向にあった. この理由として、刈払い方法及び植栽密度の違いによる刈払い面積の差が考えられる. 全刈りでは、植栽密度に関係なく全ての面積を刈り払う必要があるが、坪刈りは植栽木の周囲のみ刈り払うため、刈払い面積は植栽密度が疎になるほど小さくなる. 3000本/ha区では植栽木間が約1.83mしかなく、植栽木の周囲1mの刈払い面積は合計8367m²/haとなり、坪刈りの効果はそれほど現れなかったが、植栽木間が3.16mある1000本/ha区では、刈払い面積は3140m²/haと3000本/ha区の約4割と小さくなるため、作業工程は優れた結果となったと考えられる. なお、3年目には、全刈りにおいても植栽密度が疎になるほど作業工程は優れる結果となった. これは岡本ら³⁾の報告と同じ傾向にある. 植栽の3年目には、植栽木は大きく育ち、下刈り対象の雑草木とは比較的容易に区別できるようになるため、視認に必要な時間は作業工程の重要な要因ではなくなると考えられる. しかし、一方で、下刈り作業において植栽木が多いと、誤伐を避け

表2 植生量を加味した植栽密度別スギ・ヒノキ幼齢木における下刈り作業工程

| 樹種 | 植栽密度 (本/ha) | 下刈り 方法 | 作業工程 (時間/ha) / 植生量 (植栽率×植生高) | | | | 坪/全 (%) | 通常施業 との比較 |
|-----|----------------|-----------|------------------------------|-------|-------|-------|------------|--------------|
| | | | 1年目 | 2年目 | 3年目 | 通年 | | |
| スギ | 1,000 | 全刈り | 41.56 | 57.20 | 18.59 | 39.12 | 39.3 | 117 |
| | | 坪刈り | 19.74 | 12.54 | 13.89 | 15.39 | | |
| | 2,000 | 全刈り | 42.40 | 32.43 | 28.20 | 34.34 | 73.6 | 102 |
| | | 坪刈り | 24.90 | 21.90 | 29.03 | 25.28 | | |
| | 3,000 | 全刈り | 35.63 | 39.52 | 25.56 | 33.57 | 82.9 | 100 |
| | | 坪刈り | 22.96 | 38.12 | 22.45 | 27.84 | | |
| ヒノキ | 1,000 | 全刈り | 40.13 | 79.30 | 27.24 | 48.89 | 39.5 | 50 |
| | | 坪刈り | 19.53 | 21.96 | 16.41 | 19.30 | | |
| | 2,000 | 全刈り | 55.01 | 59.75 | 57.92 | 57.56 | 49.2 | 58 |
| | | 坪刈り | 42.42 | 19.63 | 22.87 | 28.31 | | |
| | 3,000 | 全刈り | 145.50 | 93.45 | 57.23 | 98.73 | 35.3 | 100 |
| | | 坪刈り | 42.64 | 30.40 | 31.64 | 34.89 | | |

表3 異なる植栽密度・方法で下刈りを行った場合のスギの成長量

| 植栽密度(本/ha) | 下刈り方法 | 上長成長(cm) | | 直径成長(mm) | |
|------------|-------|--------------|------|------------|-----|
| | | 1年目 | 2年目 | 1年目 | 2年目 |
| 1000 | 全刈り | 182.8 ± 24.7 | 24.7 | 26.3 ± 9.0 | 9.0 |
| | 坪刈り | 180.6 ± 47.1 | 47.1 | 31.1 ± 7.6 | 7.6 |
| 2000 | 全刈り | 139.4 ± 33.9 | 33.9 | 22.5 ± 6.6 | 6.6 |
| | 坪刈り | 134.3 ± 41.2 | 41.2 | 18.9 ± 7.2 | 7.2 |
| 3000 | 全刈り | 173.3 ± 61.6 | 61.6 | 23.0 ± 8.4 | 8.4 |
| | 坪刈り | 183.0 ± 46.3 | 46.3 | 25.8 ± 8.4 | 8.4 |

1) *は5%水準の有意差、**は1%水準の有意差があり、nsは有意差がないことを示す (t検定)

2) 下刈りは2年間実施

るために、作業員は草刈機を慎重に扱って植栽木の周辺を刈り取る場面が増える。植栽密度が疎になるほどリズムよく刈り取れるため、優れた作業工程になったと考えられる。

2. 雑草木の植生が下刈り作業の工程に及ぼす影響

雑草木の高さと下刈り工程の関係について、金城ら²⁾は、雑草木の群落高さが高くなるほど、下刈りに要した人工数が増加する傾向にあると報告している。今回の結果では、全刈りでは植生との相関は見られなかったものの、坪刈りにおいては植被率及び植生高、植生量が大きくなるほど作業工程が増大する傾向にあった。これには、植栽木の視認率が関わっている可能性がある。全刈りでは区画の隅から刈り払っていくため、移動前に植栽木を探す必要は低いと推察されるが、移動前に植栽木の位置を把握する必要性のある坪刈りにおいて、雑草木による見通しの悪さは作業効率の低下につながると考えられる。実際、作業員からは「植栽木の位置がわかりづらい」との意見が寄せられ、その影響は大きいと推察された。

3. 植栽密度と下刈り方法が植栽木の初期成長量に及ぼす影響

今回の結果では、どの植栽密度においても上長成長に差は見られなかった。一方、直径成長は1000本/ha区では坪刈り、2000本/ha区では全刈りが優れており、3000本/haでは差はなく、植栽密度及び下刈り方法による明確な傾向は見られなかった。従って、下刈り方法と植栽木の成長の関係について、直径成長に関しては明確にならなかったが、上長成長は下刈り方法による差は生じないことが明らかになった。直径成長に明確な傾向が現れなかった理由として、立地等の条件による光条件の悪化が考えられる。今回の調査地では、1000本/ha、3000本/ha区は比較的起伏の少ない林地だったが、2000本/ha区は上段及び中段にガケがあり、光環境が均一でなかった可能性がある。このように、植栽密度や下刈り手法が植栽木の成長に与える影響を調査する現地試験では、雑草木以外の要因が関与する可能性があるため、多くの検証を行うことが、できるだけ条件が均一な調査地で試験を行うことが必要だと考えられる。

今回の試験結果からは、低密度植栽・坪刈りを

選択することは省力的な林業を行う上で有効であることが明らかになった。

V 摘 要

1000本/haの低密度植栽区において坪刈りを行った場合、通常施業である3000本/haの密度で全刈りを行った場合より、作業工程が7割短縮されることがわかった。下刈り工程に関係する要因としては、刈払い面積、植生量などが関係していると考えられた。下刈り方法と植栽木の成長については、上長成長、直径成長ともに明確な傾向は見られなかった。林地の状況を見極めた上で、低密度植栽・坪刈りを選択することは省力的な林業を実現させる上で有効であると考えられた。

謝 辞

本研究の現地調査に協力及び支援をいただいた当センター研究員及び静岡県西部農林事務所天竜農林局森林整備課の職員各位にこの場を借りて心より感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 伊藤武治・山田容三(2001)：下刈り時期の変更による労働負担軽減度と雑草木抑制効果の解析。日林誌 83, 191~196
- 2) 金城智之・寺岡行雄・芦原誠一・竹内郁雄・井倉洋二・浦めぐみ(2011)：下刈り実施パターンの違いによる下刈り作業工程。鹿大演研報 38, 7~11
- 3) 岡本憲和・渡辺政俊・中井 勇・古野東洲(1988)：上賀茂試験地における樹木植栽地の下刈り作業工程に関する検討。京大農演集報 18, 53~64
- 4) 太田徹志・高比良聡・中間康介・吉田茂三郎・溝上展也(2013)：伐採収益と植栽経費の観点からみた低密度植栽の有効性。日林誌 95, 126~133
- 5) 林野庁(2013)：平成25年度版森林・林業白書、全国林業改良普及協会：104pp.
- 6) 瀧井忠人・萩原進(2008)：「和歌山の環境林」整備手法開発～初期投資省力による造林手法の確立～。和歌山県農林水技セ研報 9, 61~72.