

論文

スギ再造林地における下刈り回数削減の可能性*1

穂山浩平*2・内村慶彦*3

要旨：再造林面積の増加に伴い、下刈りを必要とする造林地の面積も累積的に増加している。また、林業労働力が長期的に減少傾向で推移していることもあり、今後の再造林を推進する上で、下刈り回数の削減は早急に対応すべき課題である。そこで、下刈り回数を削減した試験地を設定し、スギ植栽木の成長量や雑草木との競合状態などを調査した。その結果、ススキなど最大高さが2 m程度の草本類が繁茂する造林地では、下刈り回数を5回から3回に削減してもスギ植栽木は成長できることが明らかになった。また、下刈り回数削減の可否には、造林地に優占する雑草木の種類や植栽木と雑草木の高さの関係が大きく関与してくるものと考えられた。

キーワード：下刈り回数、省力化、雑草木、競合、再造林

はじめに

鹿児島県（以下本県という）は59万2千haの森林を有し、うち46%の27万2千haが人工林である（鹿児島県 2020）。近年、それら人工林の大半が利用期を迎える中、木材需要の増加も相まって、主伐面積及び再造林面積は増加傾向にある（鹿児島県 2019）。再造林面積が増加すれば、造林の初期保育である下刈りを必要とする造林地の面積も累積的に増加するが、林業労働力が長期的に減少傾向で推移しているため（鹿児島県 2020）、下刈りの遅延や未実施が懸念されている。

下刈りの省力化については、これまでに無下刈りや隔年下刈り、坪刈りなどに関する研究が行われてきた（例えば、金城ら 2011, 下園 2011, 八木 2018）。そのうち下刈り回数の削減について、宮里ら（2013）は健全な林分を育成するためには無下刈りよりも下刈り回数の削減が妥当と指摘した。また、小谷（2018）は、植栽後3年間（2~4年生）で下刈りを終了した場合でも、翌年には樹高が下刈り終了の目安にほぼ達したと報告しており、下刈り回数を3回に削減しても雑草木に被圧されることなく成長できる可能性を示唆した。下刈りは初期保育コストの4割弱を占めるが（山田 1999）、下刈り回数を削減することができれば、省力化が図られるとともに、採算性も向上し、4割程度に留まっている再造林率（鹿児島県 2019）

の上昇も期待できることから、下刈り回数の削減は早急に対応すべき課題と考えられる。

そこで、本研究では、本県における下刈り回数削減の可能性を検証するため、下刈り回数を削減した試験地を設定し、スギ植栽木に関して成長量や雑草木との競合状態などを調査したので、その結果を報告する。

調査地と方法

1 調査地

調査は、鹿児島県南九州市川辺（以下川辺試験地という）、曾於市末吉町深川（以下末吉試験地という）及び始良市蒲生町西浦（以下西浦試験地という）で行った。川辺試験地では2015年2月、末吉試験地では2015年3月、西浦試験地では2016年5月にスギを植栽した（表1）。

下刈りの実施年については、植栽直後から3年間下刈りを省略することはスギの成長を阻害し、形質にも影響を与えることから（金城ら 2011）、スギ植栽木の成長を阻害しないよう植栽当年もしくは植栽2年目から年1回の下刈り（全刈り）を毎年実施することとした。また、下刈り回数については、近年、年1回の下刈りを5年間程度実施することが多いことを踏まえて、下刈り回数を計5回とした試験区（以下5回下刈り区という）及び計3回とした試験区（以下3回下刈り区という）を設定した（表2）。

*1 Hoyama, K., Uchimura, Y. : Feasibility of omission of weeding in Sugi (*Cryptomeria japonica*) reforestation sites.

*2 鹿児島県森林技術総合センター森林環境部

*2 Kagoshima Pref. Forestry Technology Center. Forestry and Environment div., Aira 899-5302 Japan.

*3 鹿児島県自然保護課

表1 調査地の概要

区分	川辺	末吉	西浦
斜面方位	南西	南東	南西
傾斜角	10°	30°	24°
伐採年月	2015年2月	2014年10月	2015年3月
植栽年月	2015年2月	2015年3月	2016年5月
苗木の種類	スギ裸苗	スギ裸苗	スギ裸苗
苗木の系統	不明	不明	県始良3号
植栽密度	3,000本/ha	2,500本/ha	3,000本/ha
測定対象本数 (5回・3回)	33本・30本	35本・34本	20本・35本

表2 下刈りの実施状況

区分	2015	2016	2017	2018	2019	2020
川辺	◎	○/■	○/■	○/■	○	○
末吉	◎	○/■	○/■	○/■	○	○
西浦		◎/○/■	○/■	○/■	○	○

◎：植栽

○：5回下刈り区において下刈り

■：3回下刈り区において下刈り

表3 植栽木と雑草木の競合状態の分類

カテゴリ	植栽木と雑草木の競合状態
C1	植栽木の樹冠が周辺の雑草木から半分以上露出している
C2	植栽木の樹冠が周辺の雑草木から半分未満露出している
C3	植栽木と雑草木の梢端が同じ位置にある
C4	植栽木が雑草木に完全に覆われている

表4 試験地別の雑草木の出現種及び出現比率（上位3種）

試験地	順位	3回目下刈り前		4回目下刈り前		5回目下刈り前	
		種名	出現比率(%)	種名	出現比率(%)	種名	出現比率(%)
川辺 5回下刈り区	1	ススキ	63.4	ススキ	87.5	ススキ	90.2
	2	メリケンカルカヤ	9.8	メリケンカルカヤ	4.5	キブシ	1.8
	3	アオモジ	6.3	アオモジ	0.9	ノブドウ	1.8
川辺 3回下刈り区	1	ススキ	72.0	ススキ	87.0	ススキ	95.7
	2	アカメガシワ	6.0	メリケンカルカヤ	7.6	アオモジ	1.1
	3	ヤマグル	6.0	アカメガシワ	2.2	クマノミズキ	1.1
末吉 5回下刈り区	1	セイタカアワダチソウ	38.7	セイタカアワダチソウ	58.1	セイタカアワダチソウ	36.6
	2	アカメガシワ	28.2	ススキ	9.7	ススキ	17.1
	3	クサギ	6.5	アカメガシワ	4.8	ノブドウ	7.3
末吉 3回下刈り区	1	セイタカアワダチソウ	36.8	セイタカアワダチソウ	61.0	アカメガシワ	17.6
	2	アカメガシワ	31.6	ホシダ	8.1	セイタカアワダチソウ	14.0
	3	イヌビロ	7.4	ススキ	7.4	イヌビロ	11.8
西浦 3回下刈り区	1	—	—	クサギ	50.7	アオモジ	38.6
	2	—	—	アオモジ	19.3	アカメガシワ	25.0
	3	—	—	アカメガシワ	11.4	クサギ	12.9
西浦 5回下刈り区	1	—	—	クサギ	36.3	クサギ	16.1
	2	—	—	アカメガシワ	23.8	アオモジ	14.5
	3	—	—	アオモジ	17.5	ハマセンダン	9.7

3回下刈り区では、4,5回目の下刈りを実施していないが、5回下刈り区で下刈り前の調査を行う際に3回下刈り区でも雑草木の調査を行った。

2 調査方法

川辺及び末吉試験地では、2015年12月からスギ植栽木の樹高（以下スギ樹高という）及び地際直径（地表面から5cm程度）の測定を行った。また、西浦試験地は、筆者らが春季下刈りの試験を行った試験地（穂山ら2020）であるが、4回目の下刈りを実施する前の2019年6月から測定を行った。なお、測定は主に下刈り前、下刈り後及び

成長休止期に行い、調査期間中に枯損あるいは誤伐されたスギ植栽木については測定対象から除外した。

スギ植栽木が周囲の雑草木から受ける影響を把握するため、上記の測定に併せて、雑草木の種類・高さ（以下雑草木高という）、スギ植栽木と雑草木の競合状態を調査した。試験地で優占する雑草木高については、根元から周囲50cm以内の雑草木を対象として、スギ植栽木と直交する

4方向に生育する雑草木の最大高さをそれぞれ測定し、それら最大高さの平均値を各スギ植栽木に対する競合雑草木高とした。スギ植栽木と雑草木の競合状態については、山川ら(2016)に従い、植栽木と雑草木の垂直的な競争関係に基づいて、C1~C4の4つのカテゴリに分類し(表3)、目視で判定した。また、試験地で優占する雑草木の種類を把握するため、雑草木が繁茂する3~5回目の下刈りにスギ植栽木と直交する4方向に生育する雑草木の出現回数を種類別にカウントし、その出現比率により上位3種を抽出した。

3 解析方法

下刈り回数がスギ植栽木と雑草木の垂直的な競争関係に与える影響を把握するため、スギ樹高と競合雑草木高を下刈り回数ごとに比較した。なお、スギ樹高と競合雑草木高は、各試験区の平均値で示した。

植栽した苗木が雑草木に完全に覆われてしまうと、苗木の樹高成長が抑制される(北原ら2013, 山川ら2016)。下刈りを3回で終了した後スギ植栽木が雑草木に完全に覆われ、樹高成長が抑制された場合、枯損する可能性があることから、下刈り回数の削減がスギ植栽木と雑草木の競合状態に与える影響を把握するため、競合状態C4の割合を試験地ごとに比較した。

さらに、下刈り回数の違いがスギ植栽木の樹高成長に与える影響を把握するため、スギ植栽木の樹高成長率を比較した。樹高成長率は各個体の樹高成長率の平均値で示した。なお、各個体の樹高成長率は調査時の樹高を調査開始時の樹高で除した値とし、調査開始時の樹高成長率を100とした。また、下刈り回数の違いが形状比(本稿では樹高を地際直径で除した値)に与える影響を把握するため、5回目の下刈りを実施した年の成長休止期(2020年11月)に形状比を比較した。なお、樹高成長率及び形状比における下刈り回数間の比較はWilcoxonの順位検定を用い、解析は統計解析ソフトR3.6.3で行った。

結 果

1 下刈り回数とスギ植栽木・雑草木の競合状態

川辺試験地ではススキが優占しており(表4)、5回下刈り区では調査開始時からスギ樹高が競合雑草木高を上回っていた。3回目の下刈り前にスギ樹高と競合雑草木との差が小さくなったが、その後も下刈りを実施したこともあり、スギ樹高と競合雑草木高との差は年々大きくなった(図1(a))。競合状態C4の割合をみると、3回目の下刈り

前は18%、4回目の下刈り前は11%であったが、2019年9月以降は0%で推移した(図4(a))。一方、3回下刈り区では、5回下刈り区と同様に3回目の下刈り前にスギ樹高と競合雑草木高との差が小さくなった。その後は下刈りを実施しなかったこともあり、雑草木が繁茂する夏季にスギ樹高と競合雑草木高との差が小さくなることもあったが、その差は年々大きくなった(図1(b))。競合状態C4の割合をみると、3回目の下刈り前に8%に増加したものの、その後は下刈りを実施していないが4%に低下し、2020年9月には0%となった(図4(a))。

末吉試験地ではセイタカアワダチソウが優占しており(表4)、5回下刈り区では調査開始時からスギ樹高が競合雑草木高を上回っていた。雑草木が繁茂する夏季にスギ樹高と競合雑草木高との差が小さくなることがあったが、3回目の下刈り以降、その差は年々大きくなった(図2(a))。競合状態C4の割合をみると、調査開始時は26%であったが、年々低下し、3回目の下刈り以降は0%で推移した(図4(b))。一方、3回下刈り区では、調査開始時からスギ樹高が競合雑草木高を上回っており、3回目の下刈りまでは5回下刈り区とほぼ同じスギ樹高と競合雑草木高であった。その後は下刈りを実施しなかったこともあり、雑草木が繁茂する夏季にスギ樹高と競合雑草木高との差が小さくなることがあったが、その差は年々大きくなった(図2(b))。競合状態C4の割合をみると、調査開始時は38%であったが、年々減少し、2018年2月以降は0%で推移した(図4(b))。

西浦試験地では川辺及び末吉試験地とは異なり、草本類ではなく、クサギやアオモジなどの落葉広葉樹が優占していた(表4)。5回下刈り区ではスギ樹高が競合雑草木高を上回っており、4回目の下刈り前にスギ樹高と競合雑草木高との差は約50cmであったが、4回目の下刈り以降、その差は大きくなり、雑草木が繁茂する夏季にも差は小さくなることはなく、2020年11月には差が約350cmとなった(図3(a))。競合状態C4の割合をみると、4回目の下刈り前に10%であったが、4回目の下刈り以降は0%で推移した(図4(c))。一方、3回下刈り区では5回下刈り区と同様にスギ樹高が競合雑草木高を上回っていた。他試験地の3回下刈り区ではスギ樹高と競合雑草木高との差は年々大きくなる傾向がみられたが、西浦試験地ではその差は大きくなることはなかった(図3(b))。そこで競合状態C4の割合をみたところ、2019年9月までは0%で推移していたが、2019年11月以降、その割合は増加し、2020年11月には40%に達しており、他試験地とは異なる傾向を示した(図4(c))。

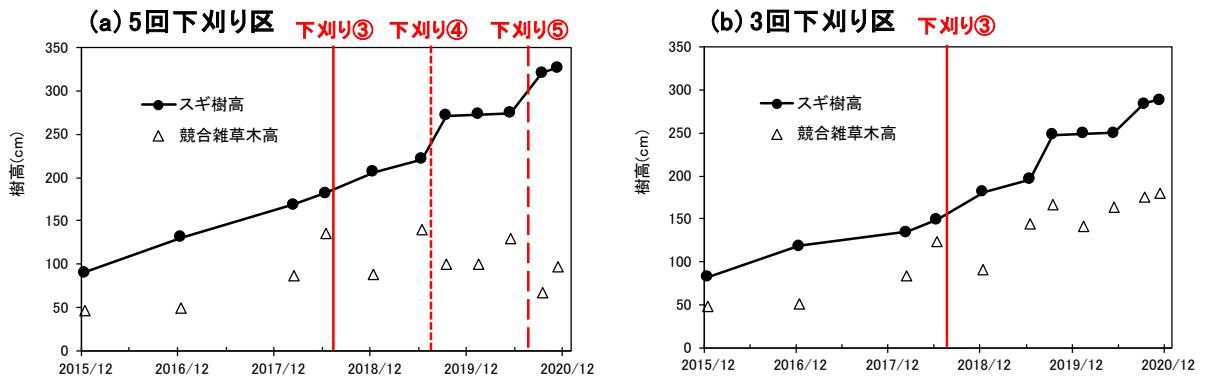


図1 川辺試験地における下刈り回数別のスギ樹高と競合雑草木高

丸囲みのアラビア数字は下刈り回数，グラフ内の縦線（実線及び点線）は各下刈りの実施時期を示す。

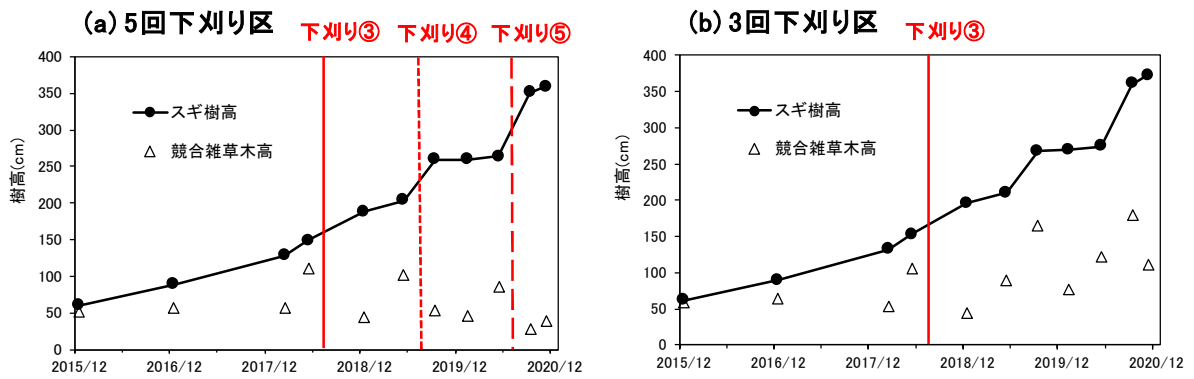


図2 末吉試験地における下刈り回数別のスギ樹高と競合雑草木高

グラフ内の縦線等の説明は図1に準ずる。

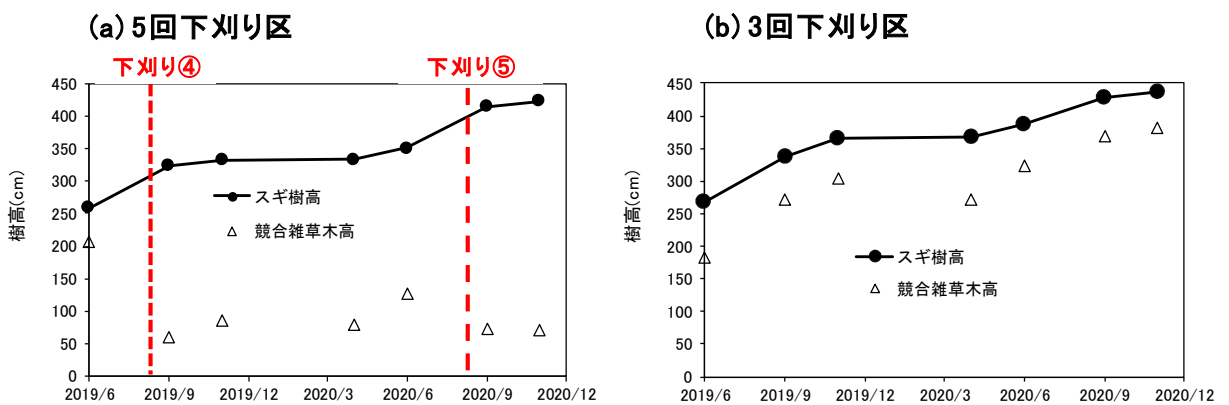


図3 西浦試験地における下刈り回数別のスギ樹高と競合雑草木高

グラフ内の縦線等の説明は図1に準ずる。

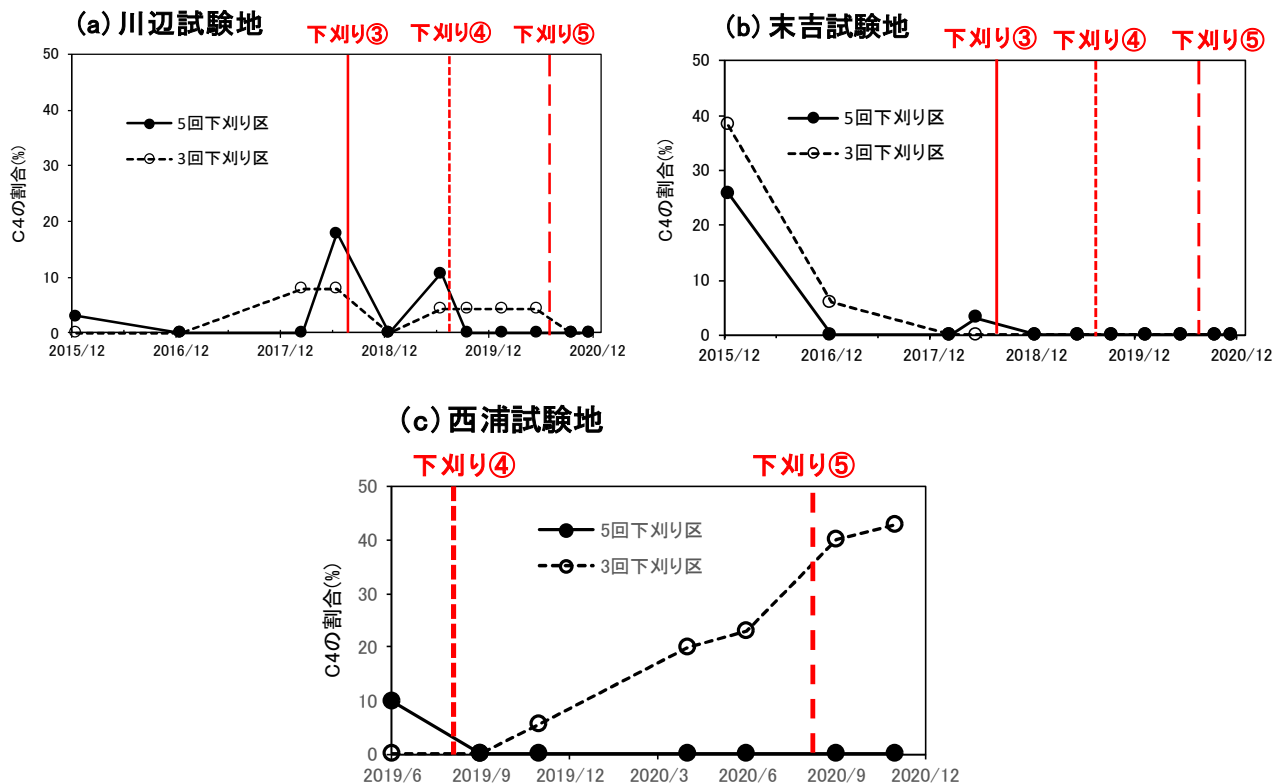


図4 下刈り回数と競合状態 C4 の割合の関係
 グラフ内の縦線等の説明は図1に準ずる。
 3回下刈り区では下刈り④、⑤を実施していない。

2 下刈り回数と樹高成長率

川辺試験地において樹高成長率を比較したところ、3回及び5回下刈り区はほぼ同等で推移し、5回下刈り区と3回下刈り区に有意差は認められなかった(図5(a), $p > 0.05$)。また、末吉試験地においても3回及び5回下刈り区はほぼ同等で推移し、有意差は認められなかった(図5(b), $p > 0.05$)。

一方、西浦試験地では、4回目と5回目の下刈りの間に3回下刈り区が5回下刈り区に比べ高く推移し、この期間は両試験区の樹高成長率に有意差が認められた(図5(c), $p < 0.05$)。

3 下刈り回数と形状比

川辺試験地において5回目の下刈り後の成長休止期における形状比を比較したところ、3回下刈り区が5回下刈り区に比べ有意に高かった(図6(a), $p < 0.05$)。また、西浦試験地においても川辺試験地と同様に、3回下刈り区が5回下刈り区に比べ有意に高く、川辺試験地と比べると、

その差は大きかった(図6(c), $p < 0.05$)。

一方、末吉試験地では、5回下刈り区と3回下刈り区に有意差は認められなかった(図6(b), $p > 0.05$)。

考 察

スギ植栽木の樹高と、植栽木と雑草木の相対的な競争関係は、下刈りの要否を判断する有効な指標である(山川ら2016)。今回、3試験地でスギ植栽木と雑草木の競合状態を調査したところ、下刈り回数を3回に削減してもスギ植栽木の樹高が競合雑草木高を上回っていた(図1)。また、競合状態 C4 の割合に着目すると、川辺及び末吉試験地では下刈り前に増加することはあったが、3回下刈り区においても年々減少する傾向がみられた(図2(a)(b))。しかし、西浦試験地の3回下刈り区では、4回目の下刈り以降、その割合は急激に増加した(図2(c))。この推移の違いは優占する雑草木の種類が関係していると考えられる。川辺及び末吉試験地ではススキやセイタカアワダチソウなどの

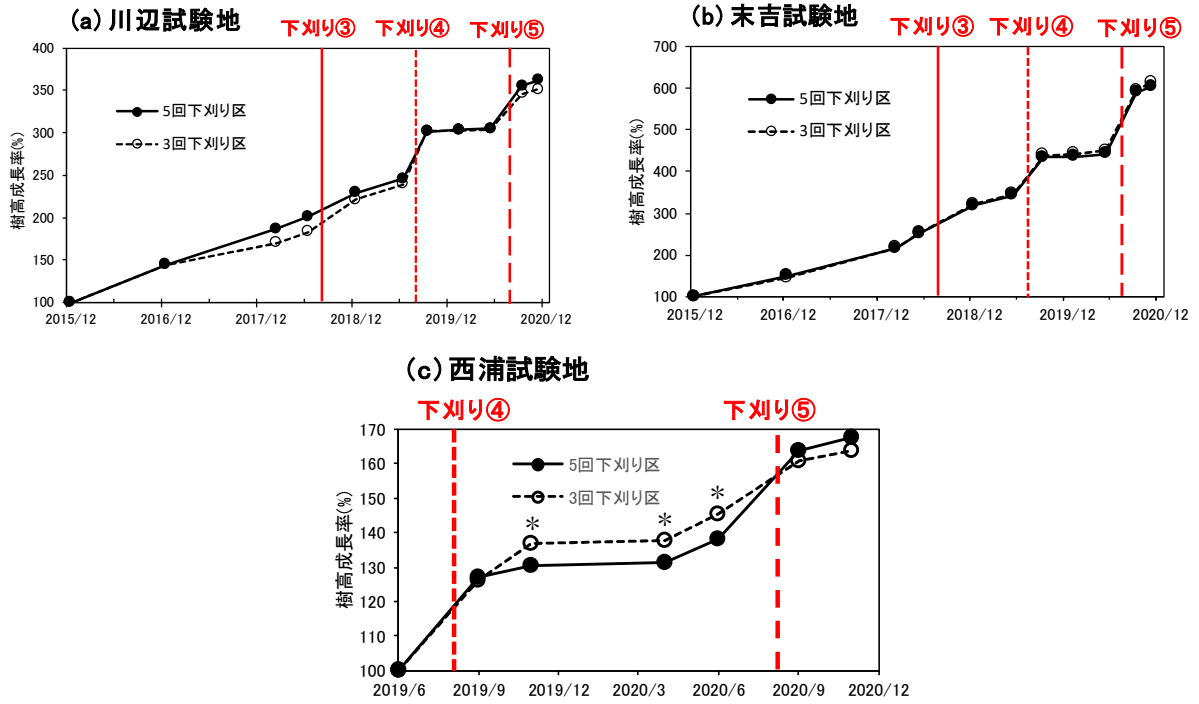


図5 下刈り回数と樹高成長率の関係

グラフ内の縦線等の説明は図1に準ずる。3回下刈り区では下刈り④、⑤を実施していない。
* : 下刈り回数間で有意差があることを示す ($p < 0.05$)

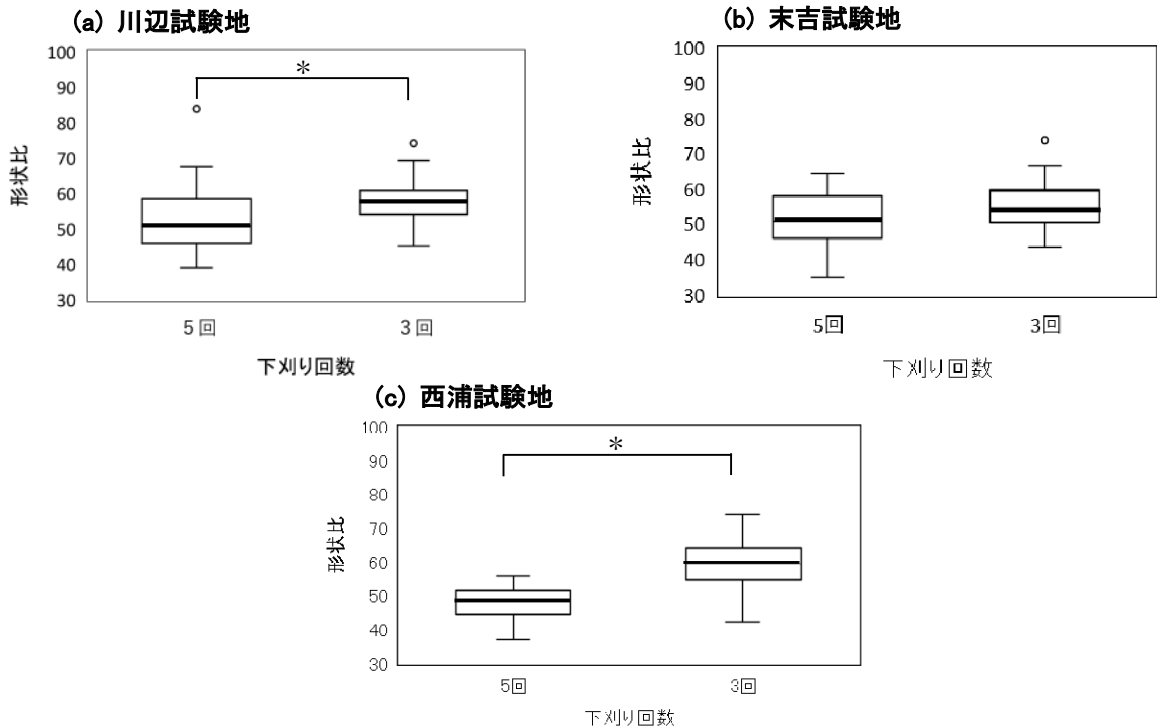


図6 下刈り回数と形状比の関係 (2020年11月)

箱中の太線が中央値、箱の下端が第一四分位、箱の上端が第三四分位、ひげの両端が箱の長さの1.5倍内にある最大値及び最小値、ひげの外の白丸(○)は外れ値を表す。
* : 下刈り回数間で有意差があることを示す ($p < 0.05$)

草本類が優占しており(表 4)、ススキやセイタカアワダチソウの最大高さは 2 m 程度である(大橋ら 2016・2017)。つまり、スギ植栽木がその高さを越えれば、雑草木からの被圧はほぼなくなると考えられる。また、鶴崎ら(2016)はその年の下刈りの要不要を検討するタイミングはスギの樹高が 170 cm 付近であるとしているが、川辺及び末吉試験地における 3 回目の下刈り時点の平均樹高は 170cm 前後であり(図 1, 2)、そのタイミングと一致することから、3 回目の下刈り時点が下刈り回数削減の可否を判断する最初のタイミングと考えられた。

一方、西浦試験地ではクサギやアオモジなどの落葉広葉樹が優占していることから(表 4)、最大樹高も草本類に比べ高くなる。3 回下刈り区では 3 回目の下刈りを実施した後、それら落葉広葉樹は刈り払われることなく成長し続け、スギ植栽木を被圧するようになり、競合状態 C4 の割合はさらに増加すると推察されるため、スギ植栽木の成長が阻害される可能性が高くなると考えられる。

植栽した苗木が雑草木に完全に覆われてしまうと、苗木の樹高成長が抑制される(北原ら 2013, 山川ら 2016)。川辺及び末吉試験地では競合状態 C4 の割合が年々減少したこともあり(図 2(a)(b))、下刈り回数を削減しても樹高成長率が低下することはなかった。一方、西浦試験地では、4 回目と 5 回目の下刈りの間に 3 回下刈り区の樹高成長率が 5 回下刈り区に比べ高く推移した(図 5(c))。3 回下刈り区が高く推移した期間は、競合状態 C4 の割合が増加した期間(図 4(c))と一致することから、その期間は雑草木からの被圧が強くなったことにより樹高成長が抑制されるはずであるが、むしろ高い樹高成長率を示した。全く被陰されないスギ植栽木より弱度の被陰条件にあるスギ植栽木の方が成長がよいとの報告もあることから(安藤ら 1972)、雑草木からの被圧がスギ植栽木の樹高成長を促進した可能性も否定できない。

台風襲来地である本県では、スギ植栽木が徒長し形状比が高くなった場合、台風による倒伏が懸念される。末吉試験地では 3 回下刈り区と 5 回下刈り区の形状比に差はなかったが(図 6(b))、川辺及び西浦試験地では 3 回下刈り区の形状比が 5 回下刈り区に比べ高くなった(図 6(a)(c))。雑草木に被圧されると樹高より根元直径への影響が早くあらわれることから(佐倉ら 1980, 丹下ら 1993, 平岡ら 2013)、3 回下刈り区では下刈り回数を削減したことにより雑草木が繁茂し、その繁茂に伴い直径成長が抑制され、形状比が高くなったと考えられる。形状比が 70 程度を越えると台風被害が大きくなるが(米丸 1998)、3 回下刈り区の形状比をみると、どの試験地においても大半の形状比が 70 以下となっていることから、台風被害を受けること

は少ないと考えられた。

以上のことから、造林地に優占する雑草木がススキやセイタカアワダチソウなど最大高さが 2 m 程度の草本類であれば、下刈り回数を 3 回に削減してもスギ植栽木は成長できることが明らかになった。一方、西浦試験地のように、クサギやアオモジなどの落葉広葉樹が優占する造林地では、下刈りを 3 回に削減した場合、下刈り後に成長した落葉広葉樹がスギ植栽木を被圧し、スギ植栽木の成長が阻害される可能性が高いことも示唆された。これらのことから、下刈り回数削減の可否には、造林地に優占する雑草木の種類や植栽木と雑草木の高さの関係が大きく関与してくるものと考えられた。

謝 辞

本研究では、曾於市森林組合、南九州市耕地林務課及び始良市農林水産部林務水産課に調査地を提供していただいた。また、下刈りの実施に際しては、かごしま森林組合及び始良西部森林組合から助言や協力をいただいた。ここに深謝する。

引用文献

- 安藤貴・宮本知子(1972) スギ苗の生長に及ぼす光の強さと植栽密度の影響. 日本林学会誌 54(2) : 47-55.
- 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.
- 穂山浩平・内村慶彦(2020) 春季下刈りがスギ植栽木の成長に与える影響と適用の可能性. 九州森林研究 73 : 47-51.
- 鹿児島県(2019) 鹿児島県森林・林業振興基本計画 : 8-9.
- 鹿児島県(2020) 令和元年度鹿児島県森林・林業統計 : 1-5.
- 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.
- 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) : 1-6.
- 小谷二郎(2018) スギ再造林地での下刈り期間の短縮が成長に与える影響. 石川県林業試験場研究報告 49 : 7-12.
- 宮里学・森田慎一・東正志(2013) スギ下刈り省力試験

- 地の成長調査. 鹿児島県森林技術総合センター業務報告 61 : 1.
- 大橋広好・門田裕一・木原浩・邑田仁・米倉浩司(編) (2016) 改訂新版日本の野生植物 2. 平凡社, 東京.
- 大橋広好・門田裕一・木原浩・邑田仁・米倉浩司(編) (2017) 改訂新版日本の野生植物 5. 平凡社, 東京.
- 佐倉詔夫・沼田真 (1980) スギ幼齢造林地の群落とその遷移 (I) 伐採後 5 年間の下刈区と放置区の経過. 日本林学会誌 62(10) : 371-380.
- 下園寿秋 (2011) スギ (*Cryptomeria japonica*) 造林地における下刈り省略試験. 九州森林研究 64 : 53-55.
- 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. 日本林学会誌 75(5) : 416-423.
- 鶴崎幸・佐々木重行・重永英年・山川博美 (2016) 下刈りがスギ幼齢木と雑草木の成長に及ぼす影響. 九州森林研究 69 : 99-102.
- 八木貴信 (2018) 低コスト再造林方法への新たな試み. 九州の森と林業 126 : 1-3.
- 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.
- 山川博美・重永英年・荒木眞岳・野宮治人 (2016) スギ植栽木の樹高成長に及ぼす期首サイズと周辺雑草木の影響. 日本林学会誌 98 : 241-246.
- 米丸伸一 (1998) スギ, ヒノキ単層林の台風被害. 鹿児島県林業試験場研究報告 4 : 1-23.