

論文

スギの初期成長に及ぼす立地と施肥の影響, および省力造林の可能性

渡邊仁志・茂木靖和

**Effects of soil type and fertilization for initial growth of Japanese cedar
(*Cryptomeria japonica* (L. fil.) D. Don) and their possibility of labor-saving forestation**

Hitoshi WATANABE and Yasukazu MOTOKI

異なる立地条件のスギ植栽地において植栽後7年間にわたり施肥を継続し、スギの初期成長に及ぼす立地と施肥の影響、および施肥による植栽初期の保育作業（下刈り）省力化の可能性について検討した。無施肥区における樹高成長は、土壌条件に対応して、B_B試験地<B_D(d)試験地<B_D試験地の順に大きかった。施肥効果はすべての試験地で認められたが、その程度は土壌型や施肥量によって異なっていた。施肥効果は、B_B試験地>B_D(d)試験地>B_D試験地の順に高かった。しかし、B_B試験地（施肥試験区）の樹高はその他の試験地（無施肥区）の樹高には及ばなかった。一方、B_D(d)試験地（施肥試験区）の樹高は、B_D試験地（無施肥区）の樹高よりも高くなった。このことから、施肥は本来の立地条件を大幅に向上するものではないが、スギの成育適地を多少拡大する可能性があると考えられた。また、施肥により下刈り作業の期間は1～2年短縮でき、このうちB_D型土壌においては下刈り期間は4年になることが示唆された。

キーワード：スギ、林地肥培、施肥、省力造林、下刈り、立地、樹高成長

I はじめに

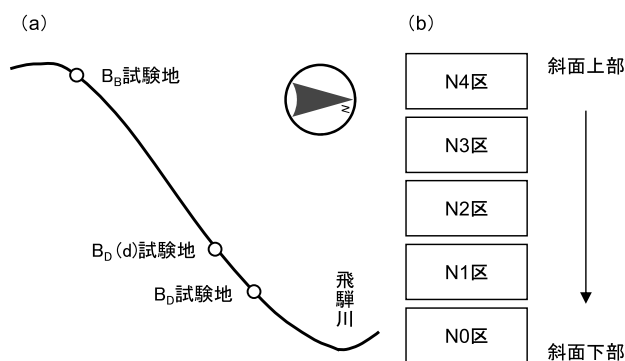
人工林管理にかかる労力・費用のうち、初期保育が占める割合は極めて高い。なかでも下刈り作業にかかるコストは、全育林コストの3割から4割程度（農林水産省統計部編，2004；室，2008）に達しており、森林所有者への大きな負担となっている。この下刈り作業を省力化し低コストな施業方法確立することは、森林所有者の労力・費用的な負担を減らし、伐採後の確実な再造林を進めるうえで重要である。

下刈り作業の省力化を目指した研究としては、これまでに防草資材の設置、除草剤の使用、下刈り方法の工夫や回数を減らすことによる簡略化などの報告がある（島田，2008）。これらの手法のうち、下刈りの簡略化または省略（長谷川ら，2005；島田，2008；下園ら，2009）を成功させるためには、下刈り回数の減少による植栽木への負の影響、すなわち下刈り対象（雑草木）による被圧、および雑草木との養水分の収奪により発生する植栽木の成長低下や形質悪化、が少なくなるような対策が必要である。そのためにとられる対

策としては、樹高成長が優れた品種の導入や大苗の植栽（下園ら，2009；平岡ら，2009）、または施肥などによって植栽木の初期成長速度を大きくし、植栽木が雑草木の高さを抜け出すまでの期間を短縮することが考えられる。

スギ（*Cryptomeria japonica* (L. fil.) D. Don）は、養水分への要求度が比較的高い樹種（橋本ら，1969）であることから、植栽初期の成長を高めるために、林地肥培に関する研究が盛んに行われてきた（原田，1979）。岐阜県下においても竹下（1982）などの研究例があるが、その一方で、施肥と保育作業の省力化との関連性について検討した事例は少ない。しかし、これからの低コスト林業を考える場合、林地肥培による植栽木の成長促進効果について、捉え直しておく必要がある。

岐阜県中部にある下呂実験林の適地適木実験林では、斜面上の位置（立地）が異なる試験地において植栽後の数年間にわたり林地肥培が続けられ、主要造林樹種の成長過程が継続調査されている（竹下ら，1966；竹下ら，1967；竹下ら，1968；岐阜県林業試験場，1969；岐阜県林業試験場，1970；中村ら，1971；中村ら，1972；



図－１ 斜面上における試験地の位置 (a) および試験地内における施肥試験区の配置 (b)

試験地の位置図は、国土地理院の電子国土Webシステムから提供された背景地図等データを用いて作成したものである。

高山ら，1973；高山ら，1974；野々田ら，1975）。この実験林のうちヒノキ（*Chamaecyparis obtusa* (Sieb. et Zucc.) Endl.）植栽試験地では，井川原（2001）によって成長に及ぼす立地と施肥の影響が検討され，ヒノキ幼齢林においてはB₀型土壌で施肥効果がより大きく表れたことが示されている。

本研究ではこの実験林のスギ植栽試験地において，スギの初期成長に及ぼす立地と施肥の影響と，施肥によって植栽初期の保育作業（下刈り）が省力化（回数低減）できるかどうかを検討した。

Ⅱ 方 法

1. 試験地の概況

試験地は，岐阜県益田郡下呂町（現下呂市）小川にある下呂実験林・適地適木実験林（スギ植栽試験地）に設置した。この実験林は，北向き平衡斜面の上部～下部に位置しており，標高は400～650mで，地質は濃飛流紋岩類（溶結凝灰岩）である。最寄りの宮地地域気象観測所（東へ約5km，標高450m）における観測によると，気象の平年値（1979～2000年）は，平均気温11.8℃，年降水量2410mmであった（気象庁，2011）。

適地適木実験林内には，同一斜面上にB₀試験地，B₀(d)試験地，およびB₀試験地が設けられている（図－1a）。このうち，B₀試験地は標高約630mの山頂緩斜面にあり，土壌型は乾性褐色森林土（B_B）である。また，B₀(d)試験地は標高約450mの平衡斜面中部に位置しており平均傾斜は39°，土壌型は適潤性褐色森林土（偏乾亜型，B₀(d)），B₀試験地は標高約400mの平衡斜面下部に位置しており平均傾斜は35°，土壌型は崩積型の適潤性褐色森林土（B₀）である。

スギ植栽試験地には，ヒノキ人工林の皆伐後，1965

表－１ 施肥試験区における施肥量

試験地	施 肥 試験区	年間施肥量				期間内の 総施肥量	
		1～5年生		6～7年生		1～7年生	
		(g/本・年)		(g/本・年)		(g/本)	
施 肥 方 法		単木施肥		←		←	
B _B	N0 *	0	(0)	0	(0)	0	(0)
	N1	21	(5)	29	(7)	163	(39)
	N2	33	(8)	46	(11)	257	(62)
	N3	50	(12)	67	(16)	384	(92)
	N4	63	(15)	83	(20)	481	(115)
B _D (d)	N0 *	0	(0)	0	(0)	0	(0)
	N1	21	(5)	29	(7)	163	(39)
	N2	33	(8)	46	(11)	257	(62)
	N3	50	(12)	67	(16)	384	(92)
	N4	63	(15)	83	(20)	481	(115)
B _D	N0 *	0	(0)	0	(0)	0	(0)
	N1	21	(5)	29	(7)	163	(39)
	N2	33	(8)	46	(11)	257	(62)
	N3	50	(12)	67	(16)	384	(92)
	N4	63	(15)	83	(20)	481	(115)

* N0区は無施肥区で，施肥区(N1～N4)に対する対照区である。括弧内の数字は，窒素換算量である。

年4月にアジマノ（味真野，福井県）の実生を植栽した。下刈りは1966年6月（2年生時），1967年6月（3年生時），同9月（3年生時）に行った。B₀(d)試験地とB₀試験地では，1966年（2年生時）にそれまでに枯死した個体の代わりに補植を行った。また，B₀(d)試験地とB₀試験地では，1966年（2年生時）の調査時に全個体の約7～12％（10～18個体）にニホンノウサギ（*Lepus brachyurus* Temminck）による食害が発生していた。

2. 施肥試験区の設定

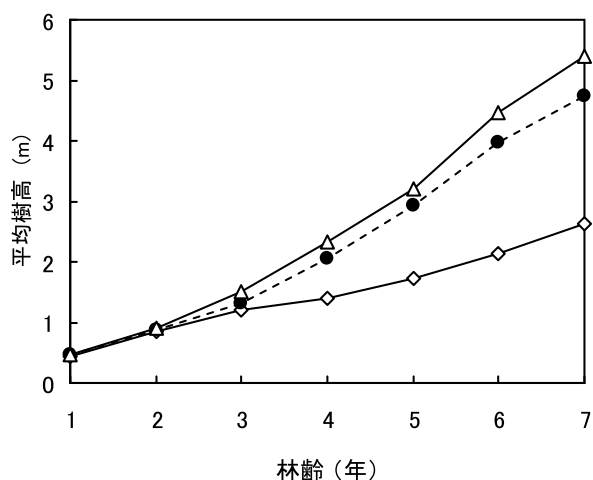
それぞれの試験地内に施肥量を違えた5つの施肥試験区を設けた（表－1）。施肥試験区は，それぞれの試験地の中で斜面上部から下部に向かってN4区～N0区の順に並んでいる（図－1b）。したがって，施肥量は斜面下部よりも斜面上部において多い設計になっている。施肥試験区のうちN0区は無施肥区（対照区）とした。施肥は1965年（1年生時）～1971年（7年生時）の7年間，毎年6月に行った。種類は緩効性の化成肥料（マルリンスーパー1号，日本林業肥料株式会社，N：P：K＝24：16：11）で各個体の根元に施用した。施肥期間のうち6～7年生時（1970～1971年）の2ヶ年は，N0区以外の施肥試験区の施肥量を増やした（表－1）。

3. 調査方法と解析方法

各試験地内の植栽木（129本～150本／試験地）には個体番号を付し，植栽直後（1965年）と1966年（2年生時）～1971年（7年生時）の秋期に計7年間，すべて

表－2 各施肥試験区における解析対象個体数

試験地	各施肥試験区の試料数(本)					合計
	N0	N1	N2	N3	N4	
B _B	15	26	25	20	18	104
B _D (d)	36	22	18	23	18	117
B _D	21	21	26	25	26	119



図－2 各試験地の無施肥区における樹高成長過程
◇はB_B試験地, ●はB_D(d)試験地, △はB_D試験地を示す。

の個体の樹高を計測した。

植栽初期の造林木の樹高成長に及ぼす立地の影響を検討するため、各試験地の無施肥区(N0区)における樹高成長過程を比較した。また、樹高成長に及ぼす施肥の影響を検討するため、同一試験地内の各施肥試験区における樹高成長の過程、および7年生時と植栽時の樹高の差(以下、樹高成長量という)を比較した。

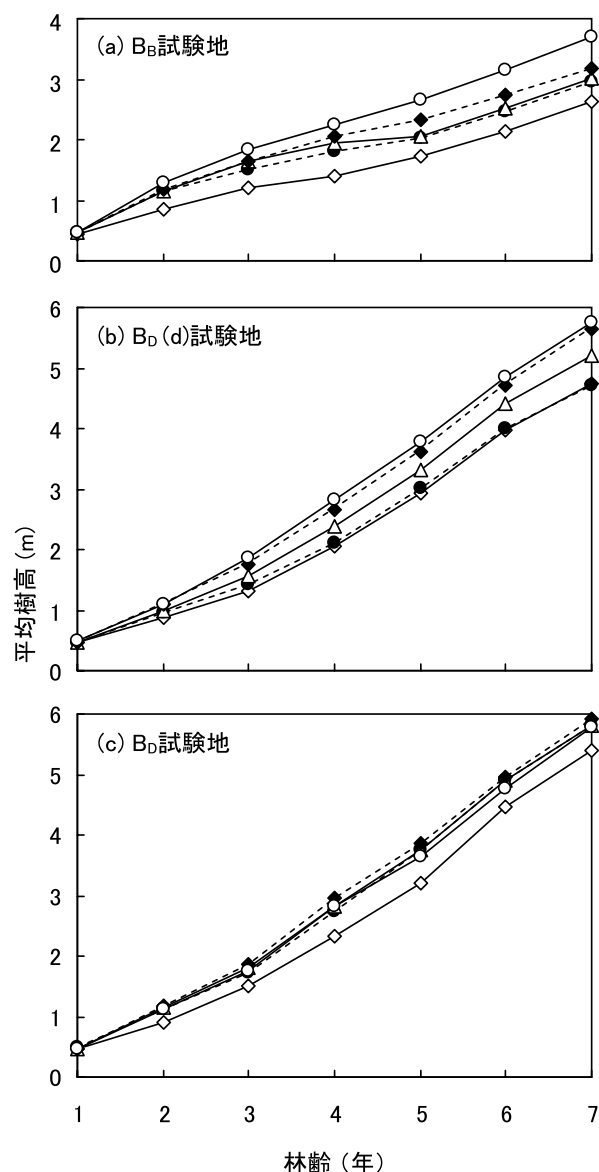
立地間(または施肥試験区間)における差の有無について、一元配置分散分析を用いて検定した。ここで有意な差がみられた場合には、事後検定としてBonferroniの多重比較検定を行い、どの立地間(または施肥試験区間)に樹高(または樹高成長量)の差があるか検定した。

なお、解析は調査期間中に枯死した個体、補植した個体、食害を受けた個体、および前年の測定値と比較して樹高が10cm以上低下した個体を除いた個体を対象にした。その結果、解析の対象となった個体は1試験地あたり104～119本、1施肥試験区あたり15～36本となった(表－2)。

Ⅲ 結 果

1. 各試験地の無施肥区におけるスギの樹高成長

各試験地のN0区における樹高成長過程を図－2に示す。1年生時の平均樹高は、B_B試験地で0.44m、B_D(d)試験



図－3 各施肥試験区における樹高成長過程
◇はN0区, ●はN1区, △はN2区, ◆はN3区, ○はN4区を示す。

地で0.45m、B_D試験地で0.46mであった。この時点では、各試験地における平均樹高には有意な差がみられなかった(一元配置分散分析, $p>0.05$)。また、翌2年生時の平均樹高にもほとんど差はみられなかった。3年目以降は、B_D(d)試験地とB_D試験地における植栽木の成長速度が大きくなったために、B_B試験地との平均樹高の差は次第に大きくなっていった。

7年生時の平均樹高は、B_B試験地で2.64m、B_D(d)試験地で4.74m、B_D試験地で5.39mであった。この時点の平均樹高に有意差がみられたため(一元配置分散分析, $p<0.001$)、Bonferroniの多重比較検定を行い平均樹高を比較すると、それぞれの試験地間で有意な差が認められた($p<0.01$)。

2. 各施肥試験区におけるスギの樹高成長

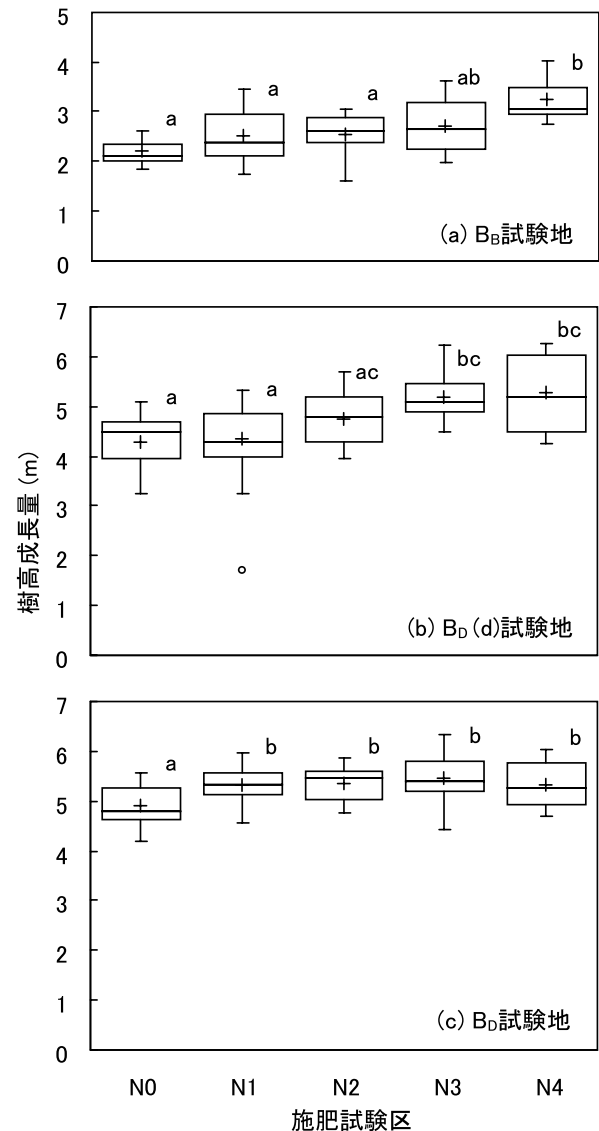
各施肥試験区における樹高成長過程を試験地ごとに示した（図－3）。1年生時の平均樹高は、B_B試験地で0.44～0.48m、B_D(d)試験地で0.45～0.50m、B_D試験地で0.46～0.49mであった。このときの平均樹高を施肥試験区間で比較すると、B_B試験地とB_D試験地においては有意差はみられず（一元配置分散分析、 $p>0.05$ ）、B_D(d)試験地においては有意な差が認められた（一元配置分散分析、 $p<0.01$ ）。

B_B試験地において、N0区における2年生時以降の平均樹高は常に他の施肥試験区のそれよりも低く、N4区の平均樹高はその他の施肥試験区のそれよりも常に高かった（図－3a）。同様にB_D(d)試験地において、N0区とN1区の平均樹高は他の施肥試験区のそれよりも常に低く、N4区の平均樹高は他の施肥試験区のそれよりも常に高かった（図－3b）。B_D試験地においても、他の試験地同様、N0区の平均樹高は他の施肥試験区のそれよりも常に低かったが、N1区～N4区までの平均樹高の差は、B_B試験地やB_D(d)試験地のそれらほどは明瞭ではなかった（図－3c）。

図－4は各施肥試験区における樹高成長量を比較して示したグラフである。施肥試験区ごとの樹高成長量の平均（平均樹高成長量）は、B_B試験地では2.20～3.24m、B_D(d)試験地では4.29～5.25mで、施肥量が多い試験区の方が大きい傾向があった（図－4a、図－4b）。B_D試験地では4.93～5.45mで、施肥量が多い試験区の方が大きい傾向はみられたものの、N3区の平均樹高成長量の方がN4区のそれよりも大きかった（図－4c）。

施肥試験区ごとに比較した平均樹高成長量には、すべての試験地において有意な差が認められた（一元配置分散分析、 $p<0.01$ ）。試験地ごとに施肥量別の施肥効果をBonferroniの多重比較検定により比較すると、B_B試験地では、N0区とN3区（ $p<0.05$ ）、N0区とN4区（ $p<0.01$ ）、N1区とN4区（ $p<0.01$ ）、N2区とN4区（ $p<0.01$ ）、N3区とN4区（ $p<0.01$ ）の平均樹高成長量の間に有意差が認められた（図－4a）。同様にB_D(d)試験地では、N0区とN3区（ $p<0.01$ ）、N0区とN4区（ $p<0.01$ ）、N1区とN3区（ $p<0.01$ ）、N1区とN4区（ $p<0.01$ ）の間に有意差が認められた（図－4b）。また、B_D試験地では、N0区とN1区（ $p<0.05$ ）、N2区（ $p<0.05$ ）、N3区（ $p<0.01$ ）、およびN4区（ $p<0.05$ ）の間にそれぞれ有意差が認められた（図－4c）。

平均樹高成長量が最も大きかった施肥試験区（B_B試験地とB_D(d)試験地ではN4区、B_D試験地ではN3区）と最も小さかった施肥試験区（すべての施肥試験区でN0区）の平均樹高成長量の差は、B_B試験地では1.04m、B_D(d)試験地では0.96m、B_D試験地では0.52mであった



図－4 各施肥試験区における樹高成長量の比較

箱の上端は75パーセンタイル、下端は25パーセンタイル、箱中の横線は中央値を示す。箱から上に伸びたひげは95パーセンタイル、下に伸びたひげは5パーセンタイルを示す。○はSminov-Grubbs検定（ $\alpha=0.05$ ）による外れ値、+は平均値を示す。箱の右肩の異なるアルファベットは、施肥試験区間のスギの樹高成長量における有意差（Bonferroniの多重比較検定、 $p<0.01$ または $p<0.05$ ）を示す。

（図－4）。

IV 考 察

1. スギの樹高成長に及ぼす立地の影響

N0区における7年生時の平均樹高には、B_B試験地<B_D(d)試験地<B_D試験地の関係がみられた（図－2）。ス

ギの樹高成長には、立地条件との密接な関係があることが知られている。このうち土壌型で比較すると、 $B_A \cdot B_B$ 型 $< B_C$ 型 $< B_D(d)$ 型 $< B_D$ 型 $< B_D$ （崩積）型 $< B_E$ 型土壌の順、すなわち乾性土壌から湿性土壌に向かって成長が良くなることが知られている（橋本ら，1969）。

本研究において、無施肥区であるN0区は各試験地における本来の土壌条件を示している。したがって、試験地ごとのスギの樹高成長の違いは、各土壌型におけるスギの樹高成長のポテンシャルを表していると考えられる。

2. スギの樹高成長に及ぼす施肥の影響、および省力造林の可能性

$B_D(d)$ 試験地の1年生時の平均樹高には、施肥試験区間で差が認められた（図-3）ため、樹高の代わりに樹高成長量を用いて施肥の影響を比較する。本研究において、植栽7年後の無施肥区との樹高成長量の差（施肥効果）はすべての試験地で認められたが、その程度は試験地や施肥試験区によって違いがあった（図-4）。

既存研究から、施肥効果は一様に現れるものではなく、地形や土壌型などに左右される（塘，1969）ことが知られている。岩川・下園（1968）は、スギ植栽木の肥培試験地において、施肥効果は、 B_D 型 $> B_C$ 型 $> B_B$ 型の順に効果があったとしている。桑原（1964）によれば、繰り返し施肥を行わなかった場合、 B_B 型土壌に植栽したスギでは、施肥直後の効果は大きいが持続せず、 $B_D(d)$ 型土壌では持続性があることが認められた。河田・衣笠（1968）は、スギ幼齢木の施肥効果は、 B_D （崩積）型土壌よりも B_D （匍行）型土壌の方が高いことを示している。本試験地の施肥効果（図-4）は、 B_B 試験地 $> B_D(d)$ 試験地 $> B_D$ 試験地の順に高くなっていることから、その傾向は後者2例の報告と一致している。また、桑原（1964）と異なり本試験地で B_B 試験地の施肥効果が持続している（図-3c）のは、7年間にわたり施肥を継続しているためだと考えられる。

B_B 試験地において、施肥量が最も多い試験区の施肥効果とその他の試験区のそれには違いがみられた（図-4a）。 B_B 型土壌は比較的酸性が強く、養分に乏しい土壌である（森林土壌研究会編，1982）ことから、施肥により土壌の生産力が向上する余地が多く残されていることが推測される。

一方、 B_D 試験地では、無施肥区とそれ以外の施肥試験区の施肥効果には差がみられたが、施肥量の多少による効果の違いは認められなかった（図-4c）。 B_D 型土壌はもともとスギの生産力が高い土壌である（橋本ら，1969）。したがって、土壌生産力を上乗せできる余地は限られており、肥料を多用してもその余地が広がる

ことはないと推測される。また、 $B_D(d)$ 試験地は、 B_B 試験地と B_D 試験地の中間の反応を示している（図-4b）と考えられる。

$B_D(d)$ 試験地において施肥量が最も多い試験区では、最終年の平均樹高が5.76mに達した（図-3b）。これは、 B_D 試験地の無施肥区における平均樹高（5.39m，図-3c）よりも高かった。このことから、 $B_D(d)$ 型土壌が、施肥によって B_D 型土壌の土壌生産力にまで向上した可能性がある。一方で、 B_B 試験地において施肥量が最も多い試験区の平均樹高は3.71mであった（図-3a）。 B_B 試験地では、施肥により土壌生産力が向上しても、そこに植栽されたスギの樹高は、 $B_D(d)$ 試験地や B_D 試験地の植栽木の樹高には及ばなかった。

以上のことをまとめると、施肥によってスギの成育適地が拡大する可能性はあるものの、その効果は本来の土地生産力を大幅に向上するものではないと考えられる。つまり、塘（1969）が指摘するように、施肥によってどのような林地でも同じように植栽木の成育が期待できるわけではないといえる。

竹下・中村（1969）は、本試験地に近い岐阜県益田郡金山町（現下呂市）のスギ新植地において下刈り停止時期を検討し、植栽木に成長低下がみられなくなることから、植栽木の樹高が雑草木の1.5倍程度になれば下刈りを終了できるとしている。このときの雑草木の樹高は2m、スギの樹高は3mであった（竹下・中村，1969）。また、一般的な新植地において下刈りを停止する時期は、植栽木の樹高が雑草木より70～80cm程度高くなったとき（東京農工大学農学部林学科，1987）とされていることから、雑草木の樹高が2mの場合、下刈りを停止することが可能な植栽木の樹高は2.8m程度となる。

本試験地において植栽木の樹高が2.8～3mに達するのに要する年数は、 B_B 試験地の無施肥区では約7年、施肥試験区では約5年であった（図-3a）。同様に、 $B_D(d)$ 試験地と B_D 試験地の無施肥区では約5年、施肥試験区では約4年であった（図-3b，図-3c）。つまり、施肥試験区の樹高は、無施肥区のそれよりも1～2年早く約3mに達することから、下刈り作業の期間は1～2年短縮できる。また、スギの植栽地として妥当だと思われる B_D 型土壌においては、施肥によって下刈りが必要な期間は4年になり、施肥を行わない場合に比べて下刈り期間が1年間、短縮可能であると示唆された。

実際の植栽地において保育作業の省力化を考える場合、当然のことながら施肥によって作業量やコストが増大することを考慮する必要がある。今後、施肥量やその回数、方法、および下刈り期間内における下刈りの回数低減や方法の工夫などを組み合わせて、保育作業のコスト低減手法を検討することが必要である。

謝 辞

下呂実験林・適地適木実験林の実験計画と設定は、竹下純一郎、野々田三郎、戸田清佐、中村基、山口清の各氏（いずれも当時、岐阜県林業センター）が担当した。本研究は上記の各氏、および高山雄治、後藤康次、東方喜之の各氏（いずれも当時、岐阜県林業センター）が測定し、井川原弘一氏（当時、岐阜県森林研究所）がとりまとめたデータセットを用いて解析した。中村基氏には、実験林の経緯と試験地の配置についてご教授いただき、井川原弘一氏には論文の内容に対して有益なご助言をいただいた。また、下呂実験林の造成、維持管理、試験地の貸与など、下呂財産区には多岐にわたりご協力いただいている。試験地の設定や作業実施にあたっては、岐阜県下呂市農林部林務課ならびに岐阜県下呂農林事務所林業課の関係諸氏の協力を得た。下呂実験林における調査は、岐阜県林業試験場、岐阜県林業センター、岐阜県森林科学研究所、岐阜県森林研究所の歴代研究員のご尽力により継続されている。ここに記して厚くお礼申し上げる。

引用文献

岐阜県林業試験場(1969) 育林技術モデル実験林の造成。
岐阜県林試業報(昭和43年度)：25-30
岐阜県林業試験場(1970) 育林技術モデル実験林の造成。
岐阜県林試業報(昭和44年度)：37-42
原田洸(1979) 林地肥培研究の動向，戦後の日本における。森林と肥培100：19-23
長谷川健一・岡野哲郎・川崎圭造(2005) 下刈り省略試験地のヒノキの成長。中森研53：19-22
橋本与良・真下育久・宮川清(1969) スギ人工林の成長と環境。(スギのすべて，坂口勝美監修，社団法人全国林業改良普及協会)。17-62
平岡裕一郎・藤澤義武・松永孝治・下村治雄(2009) ニホンジカ被害地における森林造成技術の確立，下刈り省力施業による被害軽減とそれに適したスギ品種の開発。森林防疫58：28-37
井川原弘一(2001) 下呂実験林の適地適木実験林における植栽樹種の成長過程(I)，ヒノキの成長と土壌型，施肥の影響。岐阜県森林研報30：9-16
岩川雄幸・下野園正(1968) 苗木形状，土壌ごとの肥培効果について。日林関西支論19：73-75
河田弘・衣笠忠司(1968) スギ幼齡林施肥試験〔兵庫県山崎営林署管内マンガ谷国有林〕，関西地方におけ

る林地施肥試験(第2報)。林試研報216：75-97
気象庁(2011) 気象統計情報，過去の気象データ検索(オンライン) <http://www.jma.go.jp/> (参照：2011年5月17日)
桑原武男(1964) 乾性土壌に植えられたスギの肥培効果。日林講75：125-126
室孝明(2008) 森林組合の事業・経営動向，第20回森林組合アンケート結果から。農業金融61：295-301
中村基・高山雄治・戸田清佐(1971) 下呂実験林の造成。岐阜県林セ業報(昭和45年度)：25-30
中村基・高山雄治・戸田清佐(1972) 下呂実験林の造成。岐阜県林セ業報(昭和46年度)：25-31
野々田三郎・中村基・後藤康次(1975) 下呂実験林の造成。岐阜県林セ業報(昭和49年度)：32-39
農林水産省統計部編(2004) 林家経済調査，育林費結果報告(平成13年度)。農林統計協会
島田博匡(2008) 低密度植栽したヒノキの初期成長に及ぼす雑草木処理方法の影響。中森研56：43-46
下園寿秋・上床眞哉・大迫恵(2009) 下刈り省力によるスギ成長試験。九森研62：80-83
森林土壌研究会編(1982) 森林土壌の調べ方とその性質。林野弘済会
高山雄治・戸田清佐・中村基(1973) 下呂実験林の造成。岐阜県林セ業報(昭和47年度)：19-27
高山雄治・中村基・後藤康次(1974) 下呂実験林の造成試験。岐阜県林セ業報(昭和48年度)：33-40
竹下純一郎(1982) 育林保育作業における林地肥培の応用に関する研究。岐阜県林セ研報10：1-114
竹下純一郎・中村基(1969) 下刈り終了時点に関する試験。日林中支論18：39-42
竹下純一郎・野々田三郎・戸田清佐・中村基・山口清(1966) 下呂実験林の造成。岐阜県林試業報(昭和40年度)：57-58
竹下純一郎・野々田三郎・戸田清佐・中村基・山口清・東方喜之(1967) 下呂実験林の造成。岐阜県林試業報(昭和41年度)：49-54
竹下純一郎・野々田三郎・戸田清佐・中村基・東方喜之・山口清(1968) 育林技術モデル実験林の造成。岐阜県林試業報(昭和42年度)：58-62
東京農工大学農学部林学科(1987) 林業実務必携(第三版)。朝倉書店
塘隆男(1969) スギの肥培。(スギのすべて，坂口勝美監修，社団法人全国林業改良普及協会)。263-285