

根羽村におけるコンテナ苗の初期成長に対する枝条マルチング効果の検証

城田徹央¹, 小濱光弘¹, 松山智矢¹, 大塚 大¹, 大矢信次郎², 岡野哲郎¹, 齋藤仁志¹

¹信州大学農学部, ²長野県林業総合センター

Effect of branch-mulching on initial growth of container-grown
Chamaecharis obtusa saplings in Neba village

Tetsuo SHIROTA¹, Mitsuhiro KOHAMA¹, Tomoya MATSUYAMA¹, Dai OTSUKA
Shinjiro OYA², Tetsuo OKANO¹ and Masashi SAITO¹

¹Faculty of Agriculture, Shinshu University and ²Nagano Prefecture Forest Research Center

要旨: 下刈りコスト削減の可能性を模索するため、ヒノキの裸苗およびコンテナ苗を対象に、伐採時に林地に残された枝条を用いた苗のマルチングによる苗の成長促進効果および雑草抑制効果を検討した。苗の活着および成長に対する枝条マルチングの促進および抑制の効果は認められなかった。雑草木に関しては、垂直方向では萌芽更新由来と考えられる広葉樹の旺盛な樹高成長のため競争指数に対して抑制効果がなく、水平方向の被度に対しては1年目に抑制傾向はあるものの統計的に有意ではなく、かつ2年目には全く抑制効果を示さなかった。これらの結果から、この調査地では雑草木の更新能力が優れ、枝葉マルチングは効果を発揮できなかったと結論された。

キーワード: 低コスト, コンテナ苗, 雑草木, 競合

Keywords: low cost management, container – grown sapling, weed plants, competition

1. はじめに

現在、日本では伐期を迎えた人工林が急増している(林野庁2014)。しかし、育林コストが高いことから伐採をせず再造林も行わない場合や、伐採後に再造林を行わない放棄地が増加することが懸念されている。育林コストの内、地拵えから植林までのコストが1/3を、その後の下刈りコストが約1/3を占めている(林野庁2014)。前者についてはコンテナ苗を用いて、植栽時期を選ばない特徴を利用し伐採から植栽までの作業の一貫化を目指す取り組みがなされている(中村2012, 森林総合研究所2016)。

一方で、下刈りコストについては、先ず下刈り頻度の削減、つまり、毎年下刈りに対して隔年下刈りや下刈りを行わない簡素化する方法などによってコスト削減が可能である(渡辺ら2013, 森林総合研究所2016)。さらに、大苗やエリートツリーなど初期成長が良い苗を活用する試み(竹内・金澤2011, 田代2012, 星・倉元2012)が挙

げられる。

この他にもさらに、雑草木発生抑制を目的に農業、林業を問わずマルチングを用いた方法が研究されてきた。マルチングとは、木質系チップやビニルシートなどの資材を用いて土壌を被覆することにより、物理的、微気象的環境を改変し、雑草木および苗の成長を操作するものである。具体的には、地温抑制効果(加藤・菊池2000, 福永ら2002, 柳井2002, 飯塚ら2003)、蒸発抑制効果(鈴木1998, 飯塚ら2003, 原口2009)、雨水捕捉効果(鈴木1998, 原口2009)、地表攪乱からの保護効果(加藤・菊池2000, 柳井2002)をもたらすと指摘されている。

マルチングによる雑草木発生抑制効果は、木質系チップのマルチ(飯塚ら2003, 金澤ら2004, 北村ら2004, 石川ら2013)、ワラマルチ(保田・住吉2008, 于ら2004, 徐2013)、マットシート状のマルチ(矢部2001, 角ら2007, 道岡ら2009, 木方ら2011)、ストーンマルチ(加藤・菊

池 2000, 福永ら 2002, 柳井 2002), などを用いた多くの研究でそのポジティブな効果が示されている。一方でマルチングの方法や発生する雑草木種によって効果が表れないことを示唆する研究が, 木質系チップのマルチ (大和田ら 2011), ワラマルチ (于ら 2004, 保田・住吉 2008, 徐 2013), マットシート状のマルチ (飯塚ら 2003, 林野庁 2009) で報告されている。

マルチングの効果は雑草木発生抑制効果のみではなく, 苗の成長を促進させるとする報告もある。例えば, 木質系チップのマルチでは飯塚ら (2003) が, マットシート状のマルチでは 木方ら (2011) および矢部 (2001) が, ストーンマルチでは福永ら (2002), 加藤・菊池 (2000), 柳井 (2002) がそれぞれ成長を助長するとする報告をしている。一方で, 苗の成長に悪影響をおよぼすまたは効果がないと示唆されている研究もあり, 木質系チップのマルチでは能勢 (2009), マットシート状のマルチでは林野庁 (2009) がそれぞれ該当する。

しかしながら, 低コスト造林を目標とする現在の状況においては, マルチ資材にかかるコストも考慮する必要があるだろう。一方で, 伐採現場では枝葉を除去し, 幹だけを収穫の対象とするため, 林地に枝葉が残される。これら枝葉をマルチング資材として活用できれば, 相対的に低いコストによって雑草木の発生抑制や苗の成長促進が可能となるかもしれない。ただし, これらの分解は比較的早い場合, その効果があるとしても一時的なものにとどまることが予測される。とはいえ, その初期成長の段階において雑草木の抑制に効果があれば, あるいは裸苗, コンテナ苗の初期成長の促進に効果があれば, 枝葉マルチングを活用する意義を見出すことはできると考えられる。そこで本研究では, 林地に残存する枝条をマルチング資材として活用して下刈りコスト削減を実現するほ

どの効果を実現できるのかどうかを検証することを目的として, 苗木の植栽と並行した枝葉マルチング実験を行った。

なお, 本研究は調査地全般の設定と伐採・造林一貫作業システムの調査を大矢, 齋藤, 大塚が, マルチング処理と1年目の計測を小濱が (小濱 2015), 2年目のモニタリング調査を造林学研究室のメンバーが, 取りまとめを城田がそれぞれ担当した。

2. 調査地と方法

2.1 調査地

調査地は長野県下伊那郡根羽村の村有林39林班である (北緯 35.54°, 東経 137.14°, 標高約 860m)。北東向き斜

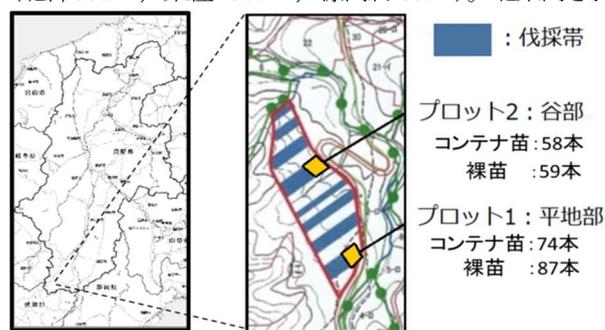


図-1 調査地概要

青い伐採帯の幅は 5 m, 10 m, 20 m および 25 m である。

表-1 植栽本数

処理	裸苗	コンテナ苗
A	37	33
B	37	33
C	37	35
D	35	31
計	146	132

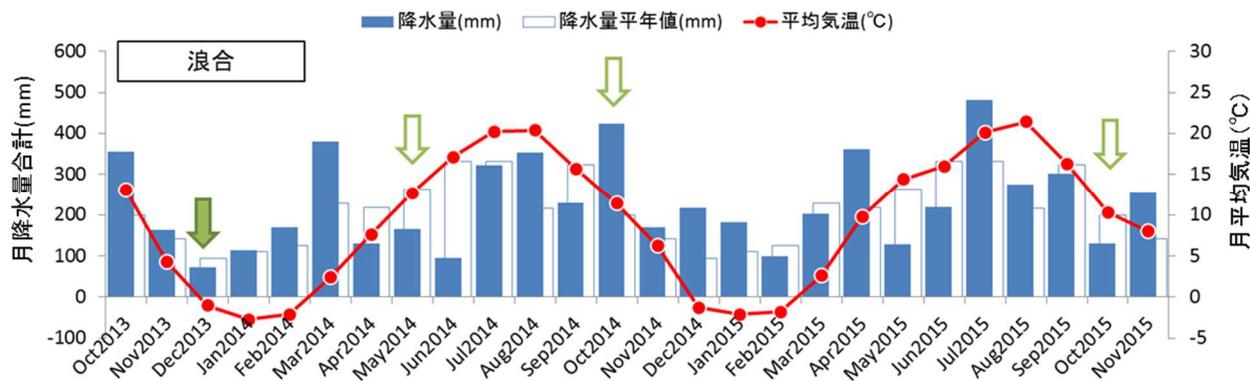


図-2 試験地の気象

根羽村 (浪合観測所) における2年間の月降水量と月平均気温。特異的な乾燥状態にないか確認するため月降水量の平年値を空四角で併記した。塗りつぶしと空の矢印は, それぞれ植栽時と観測時を示す。なお過去10年間の年平均気温は 9.5°C, 年平均降水量は 2616 mm であった

面方位に沿って形成された 10 m, 15 m, 20 m および 25 m の伐採帯において、スギを伐採し、ヒノキを植栽する伐採・造林一貫作業が行われた (図-1)。本調査地に最も近い混合気象観測所における最近 10 年間の年平均気温は 9.5°C, 年平均降水量は 2616 mm であった (図-2, アメダス混合気象庁 2016)。

本調査地では 2013 年 11 月に伐採・植栽一貫作業システムに従って、53 年生のスギを帯状皆伐すると同時に、ヒノキの裸苗と 300 cc コンテナ苗を植栽した。植栽密度は 1500 本/ha, 方形植栽である。なお、本調査を行った範囲の植栽方式は裸苗については唐鋤を用いた丁寧植栽, コンテナ苗を用いたダブル植栽である。この伐採・造林一貫作業システムとその効率に関しては大矢 (2014) に詳細な記述がなされている。試験地全体に異なる伐採幅の試験区が設定されたが、この中で最も伐採幅が広い区域の林道に近い平坦な 2 箇所には枝条マルチング試験地を設定した (図-1)。全体で裸苗 146 本, コンテナ苗 132 本である (表-1)。なお 2 つの試験地には生残や成長, 枝条マルチングの効果に統計的な差が見いだせなかったの

で、本論文では特に解析においてプロット間差について触れないこととした。

2.2 枝葉マルチング処理

2014 年 5 月中旬, 伐採時に発生したスギの枝条とリターを用いて苗の周囲 1 m×1 m 内に 4 通りの処理を施した (図-3)。処理 A は伐採時に発生した枝条とリター層を除去, 処理 B は伐採時に発生した枝条のみを除去 (通常のリターのみを残存), 処理 C は対照区とした。処理 D では枝条を倍量になるように重ねた (図-2)。2014 年 10 月の段階で, 枝条マルチングの量を計測したところ, 処理 A および B には全く存在しない状態が継続していた。処理 C および処理 D の枝葉マルチングの被覆率は, それぞれ 69% (95%信頼区間: 62-77%) および 97% (95%信頼区間: 96-99%) であり有意な差が検出された ($p<0.001$)。同様に処理 C と処理 D の枝葉マルチングの厚みを 1 m 枠内で 4 点計測してその平均値によって評価する方法と比較したところ, 処理 C では 7.6 cm (95%信頼区間: 7.6-8.6 cm), 処理 D では 8.2 cm (95%信頼区間: 8.7-10.9 cm) となり有意な差が認められた ($p=0.002$)。このように設置か

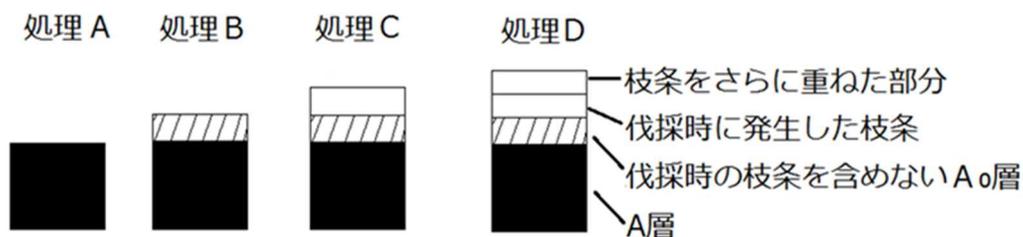


図-3 枝条マルチングの設定

処理 A では A 層すなわち硬質土壌を, 処理 B では A0 層すなわち通常のリター層を露出させた。処理 C は伐採時の枝条が散乱した対照区に該当し, 処理 D は処理 B の枝条を加えて倍増させた枝条マルチング区である。小濱 (2015) を元に作成。

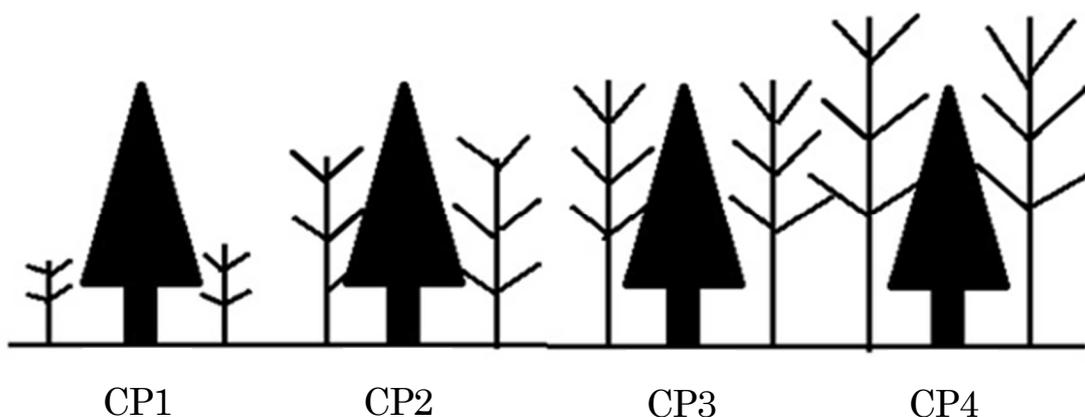


図-4 競争指数の判定基準

雑草木の高さが苗高の半分以下であれば CP 1, 半分以上で苗高以下であれば CP 2, 苗高とほぼ同じであれば CP 3, 苗高よりも明らかに高く, 苗を被圧していれば CP 4 とした。平岡ら (2013) を元に作成。

ら最初の1生育期間は枝葉マルチングの処理は持続していた。

2.3 調査方法

2014年6月に植栽時サイズを、同年10月に1年目サイズを、2015年10月に2年目サイズを計測した。測定項目は苗の生残(活着)、地上5cmにおける2方向の地際直、苗の自然高、競合状態(図4、平岡ら2013)、雑草木の被覆状態(低:25%未満,中:25%以上75%未満,高:75%以上,平岡ら2013)である。

2.4 解析

生残(活着)、競合状態、雑草木による被覆については分割表とFisherの正確確率検定($p=0.05$ 水準)によってマルチングの効果を検証した。この解析にはEZR(Kanda2013)を用いた。一方、直径、苗高およびこれらの成長量については、苗のタイプと枝条マルチング処理を独立変数とする反復測定分散分析を行い、誤差変動を調整したScheffeの方法による多重比較によって各項目を比較した。この解析にはStatistica 10.0(Statsoft)を用いた。

3. 結果

3.1 活着率

表2に活着率の推移を示した。1年目は裸苗、コンテナ苗ともに100%であり、2年目も枯死個体はほとんどなく、マルチングの効果も認められなかった(Fisherの正確確率検定, $p=0.05$ 水準)。

3.2 成長

図5に基部直径、苗高およびその成長量の推移を示した。また表3にこれらの反復測定分散分析の結果を示した。まず、基部直径とその成長量には裸苗とコンテナ苗の違いがあるが、これは初期値の違いというよりも、苗タイプと時系列の交互作用によって、特に2年目においてそのサイズ差が拡大した結果であると考えられた。一方で、マルチング処理単体の作用およびそれが関わる交互作用は全く検出されておらず、その影響はなかったと判断される。

次に苗高とその成長量には、基部直径とその成長量と

表-2 活着率(単位:%)の推移

処理	裸苗		コンテナ苗	
	1年目	2年目	1年目	2年目
A	100.0	100.0	100.0	97.0
B	100.0	100.0	100.0	97.0
C	100.0	94.6	100.0	100.0
D	100.0	100.0	100.0	93.5

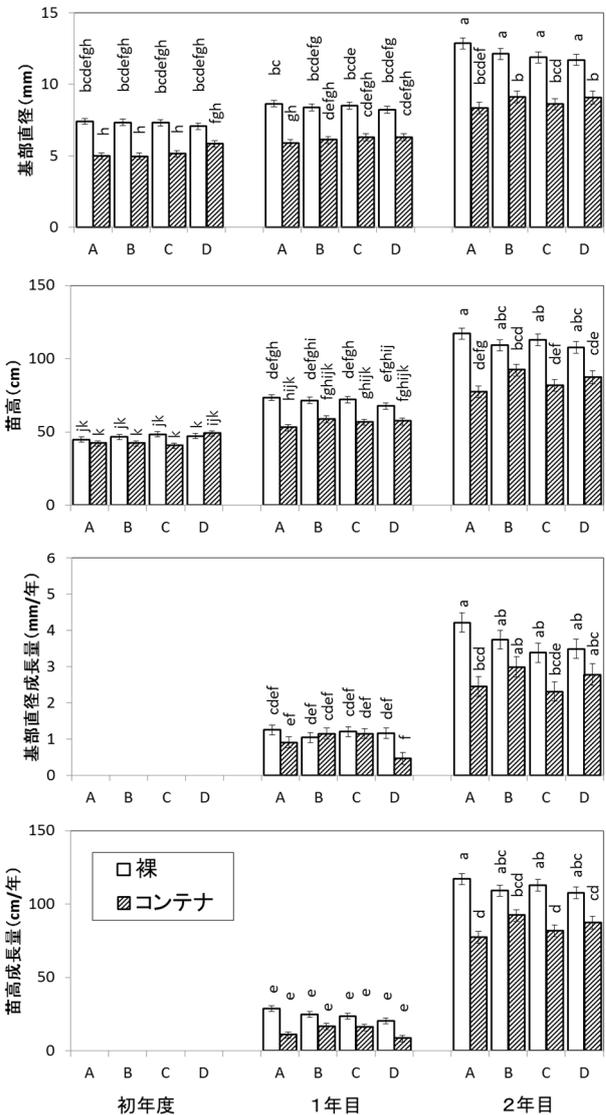


図-5 基部直径、苗高およびその成長量の推移

表-3 サイズと成長に関する反復測定分散分析表

要因	d.f.	基部直径のF値		基部直径成長量のF値		苗高のF値		苗高成長量のF値	
切片	1, 263	7710	***	1309	***	8272	***	4095	***
苗タイプ	1, 263	199	***	32	***	98	***	112	***
マルチング	3, 263	0.03	n.s.	1.28	n.s.	0.34	n.s.	1.12	n.s.
苗タイプ×マルチング	3, 263	2.09	n.s.	1.77	n.s.	3.07	*	3.63	*
時系列	2, 526	1136	***	445	***	1166	***	3677	***
時系列×苗タイプ	2, 526	29	***	17	***	57	***	35	***
時系列×マルチング	6, 526	1.50	n.s.	2.34	n.s.	1.17	n.s.	1.00	n.s.
時系列×苗タイプ×マルチング	6, 526	1.84	n.s.	2.10	n.s.	2.89	**	2.51	n.s.

*: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.01$, ***: $p \leq 0.001$, n.s.: $p > 0.05$, d.f.は要因および誤差の自由度

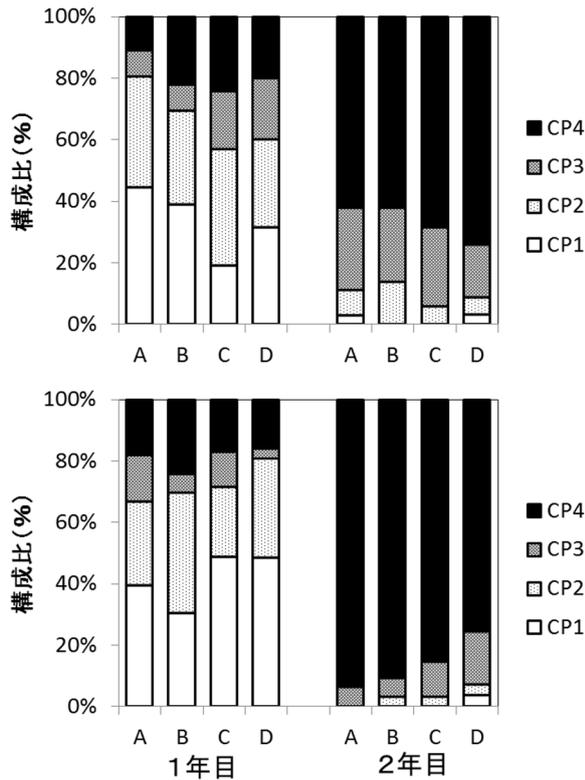


図-6 雑草木との競争指数の推移

上段：裸苗，下段：コンテナ苗

同様に、裸苗とコンテナ苗の違いがあるが、初期の値がほとんど変わらないこと、1年目の成長はいずれも停滞していることから2年目の成長の違いがその差を生み出していることが考えられる。その一方で、直径成長と異なり、分散分析表では苗タイプとマルチングの交互作用、時系列と苗タイプとマルチングの交互作用が検出された。多重比較の結果を検討すると、確かに1年目と2年目において、苗高やその成長量の序列が変わるなど、少々の変更が認められた。その一方で、それぞれの観測年におけるそれぞれの苗タイプについて、マルチング処理間の違いを検討すると有意な差は認められなかった。すなわち枝葉マルチングは苗高成長に対しても明確な違いを生み出すほどの明確な効果はもたらさなかったと判断される。

3.3 雑草木との競合

図-6に競争指数の推移を示した。1年目における競争状態は、裸苗では枝葉マルチングによって強くなり、コンテナ苗では弱くなるという苗のタイプによって逆の傾向があった。しかしながら統計的には、枝葉マルチングによる競争指数の構成は、1年目における裸苗 ($p=0.354$)、コンテナ苗 ($p=0.639$) ともに有意ではなかった。2年目においても、統計的に裸苗 ($p=0.855$)、コンテナ苗 ($p=0.532$) ともに有意ではなかった (いずれも Fisher の正確確率検

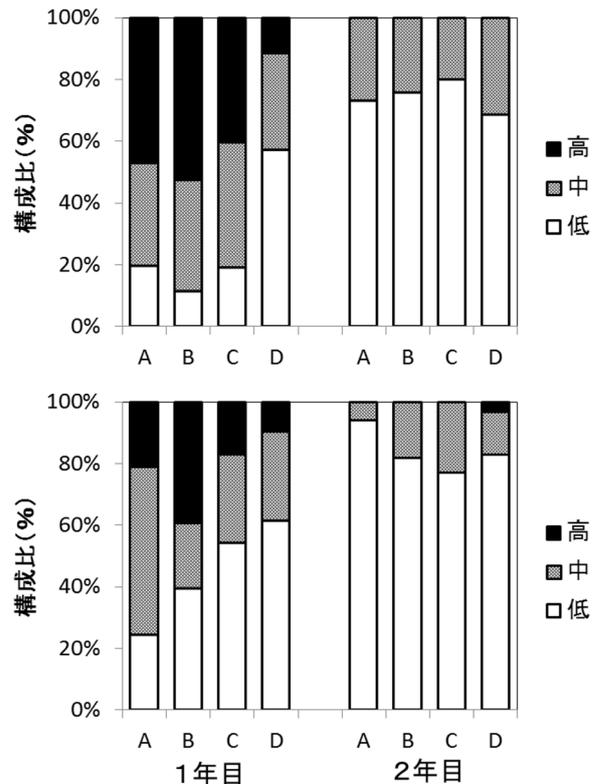


図-7 雑草木の被度の推移

上段：裸苗，下段：コンテナ苗

定, $p=0.05$ 水準)。

図-7に雑草木の被度の推移を示した。1年目には枝葉マルチングによって雑草木被度が低くなり、2年目には影響がなくなり、いずれも高い被度を示すという結果となった。ただし統計的には、枝葉マルチングによる雑草木被度の構成は、1年目における裸苗 ($p=0.855$)、コンテナ苗 ($p=0.855$)、2年目における裸苗 ($p=0.757$)、コンテナ苗 ($p=0.156$) について有意ではなかった (いずれも Fisher の正確確率検定, $p=0.05$ 水準)。すなわち枝葉マルチングは、1年目の被度に対して抑制的な効果を持つ傾向が見取れるものの、統計的に検出できるほどの明確なものは発揮されていなかったと結論された。

4. 考察

4.1 コンテナ苗の活着と成長

本研究においてコンテナ苗の活着率はほぼ 100%であった。従来、培土付きのコンテナ苗は活着率が高く、実証研究の事例においても大半が 95~100% (山川ら 2013, 渡邊ら 2014, 平田ら 2014, 岩田 2015), 90~95% (山川ら 2013, 岩田 2015) の活着率を示している。本研究におけるコンテナ苗の活着率も高く、一般的な水準を満たしているといえるだろう。コンテナ苗の活着率が裸苗のそれに対して優位性があるという見解があるものの (林野

序 2014), 本研究では裸苗の活着率も高かったことから, これらには明確な差がないという最近の実証研究とそのメタデータによる解析結果(森林総合研究所 2016)を支持するものである。しかしながら, 乾燥立地ではコンテナ苗に活着率の優位性を認めるという見解もあることから(城田ら 2016), 立地条件によっては慎重に検討を進める必要もあるだろう。

一般に, コンテナ苗は裸苗と比べて樹高成長がやや優れるかほぼ同程度で, 直径成長は劣るとする事例が多い(福田ら 2012, 平田ら 2014, 宮下・渡部 2014, 岩田 2015)。一方で, いずれもコンテナ苗の成長が優れるとする報告もある(福田ら 2012, 金澤 2012, 渡邊ら 2014)。しかしながら, 全国のメタデータに基づく解析結果としては, 苗のタイプによる成長差は顕著ではないという見解がなされていることを考慮すると(森林総合研究所 2016), 本試験地では直径成長および苗高成長の両方がコンテナ苗で小さいという従来とは異なる結果も, 平均的な現象の一事例として包括的に許容される内容であると位置づけられる。

4.2 枝葉マルチングの効果

当初, 枝葉マルチングの効果として, 成長が促進されることと, 雑草木の繁茂が抑制されることの2点が期待されたが, いずれについても1年目および2年目ともに効果が現れなかった。木質系チップのマルチが土壤水分環境を整えることによって苗の成長を促進することを示す研究結果もあるが(飯塚ら 2003), その一方で, シート状のマルチングが苗の成長に影響をおよぼさないといった研究報告(林野庁 2009)がある。さらに逆に木質系チップのマルチングが成長の阻害を示唆する研究報告(能勢 2009), 同じく木質系チップのマルチングが土壤水分環境に悪影響を与える場合が考えられている研究報告(斎藤 2003)もある。このような負の効果をもたらす原因として, マルチングの土壤水分蒸発抑制の効果以上に木質系材料の浸透圧が高い特徴が表れてしまい, 結果として土壤水分環境の改善がなされなかったことが挙げられている(能勢 2009)。

一方で, コンテナ苗の直径成長において, 有意な差は認められてはいないが, マルチング処理Dで成長量がやや少なめであったことには注意を向ける必要があるかもしれない。コンテナ苗は裸苗より少し小型であり, 枝下高も低い位置にある。このような苗にマルチング処理を施すと, 下部の枝の光合成生産が抑制され, 成長が低減される可能性が考えられる。2年目になると樹高が大きくなるために, 樹冠下部の被陰が軽減される結果, この枝下の被圧はごく一時的な効果に過ぎないとはいえ, 過剰

な量のマルチング, あるいは苗近傍へのマルチングは忌避される処理かもしれない。

枝葉マルチングに期待されたもう一つの効果, すなわち雑草木の抑制効果は, 統計的に検出できるほど有意なものではなかった。裸苗の1年目において期待されたものと逆の結果になったのは, 樹高成長がマルチングを施していないA処理において優れていたため, 相対的に雑草木からの被圧を逃れ易かったことが原因となっていた可能性がある。一方で, コンテナ苗のほうは樹高が比較的揃っており, 枝葉マルチングによる雑草木の抑制効果は僅かにあったのかもしれない。ただし, これらの効果が統計的に検出されていないことは, この現象が生じる可能性が確率的に低いことを示唆している。いずれにしても, 競争指数は苗と雑草木の樹高の差を指標化したものであり, その量を総合的に判定したものではない。すなわち一本でも伸長成長に優れた雑草木が隣接すると, 競合状態が悪い方向へと評価される。このため, 特に初期段階においては, ノイズが大きい指標であることは疑いがなく, これを定量的に把握するためには, 処理の段階を増やす実験デザインよりも, 反復数を増やす実験デザインを優先しなくてはならなかったのかもしれない。

もともと根羽村のスギ人工林では, 高い頻度で間伐が実践されてきており, 林床の広葉樹の種多様性も高く, 被度も高い(荒井 2013, 水野 2014)。その結果, 伐採・造林を行うと, 埋土種子由来の更新木だけでなく, 萌芽由来の更新木が雑草木として競合する。萌芽個体は根系に貯蔵された物質を用いるために伸長成長が急速であるため, 今回の枝葉マルチングだけでは十分に防ぎきれなかった可能性が高い。

これに対して, 同じく統計的には有意ではなかったものの, このような状況では, 競争指数よりも, むしろ1年目の雑草木の被度の方が, 相対的に全体像を反映していた可能性があった。競争指数は1本でも苗より大きくなれば, その値が大きく変化するのに対して, 被度は複数の個体が増加することで, あるいは1つの個体が樹冠を大きく拡張することで, 増大する値であるからである。枝条マルチング処理は萌芽更新, 実生更新を問わず, 地面からリター上部までの距離を伸ばすことで, 光資源を制約する。これは暗い場所の厚みを増加させるという観点からも, 面を増加させるという観点からも, 雑草木の生育環境を制約する。複数の個体に対して制約的に働くという観点からは, 枝条マルチングはある程度有効に機能するのかもしれない。しかしながら, 仮にそれが機能したとしても, 今回の結果を見る限り, その効果は2年目には明確に消失していた。2年目にはすでに枝条マルチ

ングから雑草木が抜き出ており、幹や枝を拡張し、苗を被圧する状況に至っていたものと考えられる。

いずれにしても、枝条マルチングの是非を論ずるためには、その効果を発揮しうる雑草木とそうでない雑草木について整理を行う必要がある。それは単に種や草本種か木本種かといったものではなく、種子散布様式や埋土種子更新かそれとも萌芽更新かといった初期更新に係る問題が重要になると考えられる。特に地下部への貯蔵が可能な種群については、枝葉マルチングによる抑制は困難になるであろうし、この場合、むしろ複数回の地上部刈り払いの方が有効な対策になる可能性もある。今後、植栽前の林床構成種の状況から伐採後の更新状況が推定できるようになれば、あるいは枝葉マルチングの有効な林分とそうでない林分を区分けしていくことが可能になるかもしれない。このような総合的な生態学的視野を持ちながら、今後も低コスト造林に取り組むことが重要になると考えられる。

【謝辞】

本研究は信州大学と根羽村の連携協定の枠組みのもと行われた。調査の実施にあたっては、根羽村森林組合の職員の皆さま、長野県林業総合センターの職員の皆さま、信州大学農学部造林学研究室、同森林施業・経営学研究室の大学院生ならびに学生諸氏の協力を得た。なお、本試験地の設定は林野庁補助事業「低コスト造林等導入促進事業」の補助を受けた根羽村森林組合の支援によって、モニタリング調査は(独)農研機構生物系特定産業技術研究支援センター「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業」のうち「林業の省力化・低コスト化等を可能とする技術体系」により実施された。

【引用文献】

- アメダス浪合気象庁 (2016) http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/annually_a.php?prec_no=48&block_no=1317&year=2014&month=&day=&viw (2015年12月16日閲覧)。
- 荒井真樹子 (2013) 根羽村スギ人工林における植物種多様性に及ぼす立地特性と林分構造の影響。信州大学農学部 専攻研究。pp.34.
- 福田達胤・松尾 亨・渡辺貞幸・木戸口佐織 (2012) 民国連携によるコンテナ苗の実証試験と普及。平成23年度 森林・林業技術交流発表集(東北森林管理局): 113-117.
- 福永健司・高橋 悟・渡邊文雄・Tabarek M.ISMAEL (2002) 熱帯乾燥地帯における緑化と劣化した土と水環境の修復。農業土木学会誌 70: 17-20.
- 原口智和 (2009) フィルムマルチの植栽孔の大きさと土壌水分・熱環境。佐賀大学農学部彙報 94: 61-71.
- 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。日本森林学会誌 95:305-311.
- 平田令子・大塚温子・伊藤 哲・高木正博 (2014) スギ挿し木コンテナ苗と裸苗の植栽後2年間の地上部成長と根系発達。日本森林学会誌 96: 1-5.
- 星比呂志・倉本哲嗣 (2012) エリートツリーにより期待される施業の効率化(特集 現地実証進む・低コスト造林)。日本緑化工学会誌 31: 385-390.
- 飯塚康雄・塚田綾子・藤原宣夫 (2003) 支柱及びマルチング材の効果に関する実験的検討。日本緑化工学会誌 29: 277-280.
- 石川枝津子・横田 聡・義平大樹・小林浩幸冬 (2013) ライムギをカバークロップとして用いた北海道十勝地域のダイズ作における雑草防除。雑草研究 58: 127-131.
- 岩田若奈 (2015) スギコンテナ苗の植栽工期と植栽1年後の成長。島根県中山間地域研究センター研究報告 11: 39-44.
- 徐 錫元 (2013) 除草の風土 [24] 愛知県のイチジク園における稲わらマルチ。雑草研究。58:137-138.
- 角龍市朗・伊藤操子・伊藤幹二 (2007) 防草シートを利用したシバザクラ植被形成における雑草の影響とその防除。雑草研究 52: 57-65.
- 金澤 巖 (2012) コンテナ苗木生産と低コスト造林。現代林業 555: 23-30.
- 加藤民枝・菊池俊一 (2000) 北海道の高標高域における地表面礫被覆が樹木の初期成長に与える影響。日本林學會誌 82: 268-275.
- 金澤好一・竹内忠義・高橋史彦 (2004) 木材チップ等の敷設による下刈りの削減効果。研究報告 10: 1-12.
- Kanda,T. (2013) Investigation of the freely available easy-to-use software'EZR' for medical statistics. Bone Marrow Transplantation 48:452-458.
- 北村直也・熊澤孝一・大平智恵子・川上敬介・松島義郎 (2004) 樹皮マルチ敷設が雑草発生に及ぼす効果。鳥取県林業試験場研究報告 41:29-32.
- 木方洋二・高須恭夫・北川保紀・白井一則・小林元男・木方千春 (2011) リサイクル木材を利用した緑化資材の開発と種々の緑化試行 (2): マットを用い

- た草押えおよびマルチング効果試験. 木材工業 66:582-585.
20. 小濱光弘 (2015) 造林1年目における枝条マルチングがヒノキコンテナ苗の成長におよぼす影響. 信州大学農学部 専攻研究. pp.37.
 21. 道岡昌美・上野秀人・福田直人・菅家文教・大森誉紀 (2009) 綿マルチ敷設が温州ミカン栽培の雑草抑制および果実品質に与える影響. 日本作物学会四国支部会報 46:42-43.
 22. 宮下智弘・渡部公一 (2014) 植栽時に地中に施肥したスギコンテナ苗と裸苗の活着および1成長期間の成長促進効果. 東北森林科学会誌 19 : 22-26
 23. 水野佑紀 (2014) ロジスティック重回帰分析を用いた根羽村スギ人工林における種組成の推定. 信州大学農学部 専攻研究. pp.75.
 24. 中村松三(2012)再造林の低コスト化とコンテナ苗 (特集 伐跡地の森林再生,更新・保育技術を考える). 森林技術 847 : 24-27.
 25. 能勢育夫 (2009) 木質マルチング材の種類とクロマツ苗の生長. 石川県林業試験場研究報告 41:13-15.
 26. 大矢信次郎 (2014) 針葉樹人工林の低コスト更新技術の開発. 平成 25 年度長野県林業総合センター業務報告. pp.46-47.
 27. 大和田壘・佐々木祐司・岡村俊邦 (2011) 河川改修に伴うニセアカシア (*Robinia pseudacacia* L.) の分布拡大. 日本緑化工学会誌 37:135-138.
 28. 林野庁 (2009) マルチシートによる下刈作業の省力化技術の開発. http://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/syubyou/pdf/21-20houkokusyo_3hoikugijutu.pdf (2016年3月25日閲覧) .
 29. 林野庁(2014)平成 26 年度森林・林業白書「林業経営の動向」 pp.97-105, 「低コストで効率的な作業システムの普及」 pp.112-118, 全国林業改良普及協会, 東京.
 30. 斎藤直人 (2003) 抜根による緑化資材・マルチング材への活用 <http://www.fpri.hro.or.jp/rsdayo/10303010103.pdf> (2016年3月25日閲覧)
 31. 森林総合研究所 (2016) コンテナ苗を活用した主伐・再造林技術の新たな展開～実証研究の現場から～. pp.29, 森林総合研究所広報課, つくば市.
 32. 城田徹央・松山智矢・大矢信次郎・岡野哲郎・大塚大・齋藤仁志・宇都木玄・壁谷大介 (2016) 東信地方におけるカラマツコンテナ苗の活着と初期成長. 信州大学農学部 AFC 報告 14:13-21.
 33. 鈴木 純 (1998) フィルムマルチ施用畑の雨水と土壌水分の挙動. 農業気象 54:23-29.
 34. 竹内忠義・金澤好一 (2011) 伐採跡地における広葉樹大苗植栽. 群馬県林業試験場研究報告 16:51-58.
 35. 田代慶彦 (2012) スギ造林地における大苗・普通苗による下刈り省力試験比較 (特集 現地実証進む・低コスト造林). 現代林業 555:22-25.
 36. 于 毅・歴 宝足・李 輝・趙 愛華・徐 会連(2004) P-14 麦藁マルチが畑雑草発生に及ぼす影響 後 1年目の活着と成長に及ぼす影響. 日本作物学会紀事 73:240-241.
 37. 矢部茂明 (2001) 杉のマルチについて: スギ造林地の保育段階におけるマルチングの効果. 新潟大学教室系技術職員専門研修 13 : 90-96.
 38. 柳井清治 (2002) 積雪寒冷地帯の岩屑地における森林造成法の開発: 植栽後 9 年間の成長と生残. 日本緑化工学会誌 27:519-525.
 39. 保田謙太郎・住吉 正 (2008) 筑後および佐賀地域の野菜畑における麦ワラマルチの使用実態の調査. 雑草研究 53 : 204-209.
 40. 渡邊仁志・三村晴彦・茂木靖和・千村知博 (2014) ヒノキ・コンテナ苗の植栽工程に及ぼす傾斜の影響および初期成長. 平成 26 年度中部森林技術交流発表集 : 18-23.
 41. 渡辺直史・深田英久・藤本浩平・徳久 潔 (2013) 低コスト育林技術の開発 (隔年下刈りによるコスト削減). http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/030102/files/201_2070300162/2012070300162_www_pref_kochi_lg_jp_uploaded_attachment_97323.pdf (2016年3月25日閲覧) .
 42. 山川博美・重永英年・久保幸治・中村松三 (2013) 植栽時期の違いがスギコンテナ苗の植栽後 1 年目の活着と成長に及ぼす影響. 日本森林学会誌 95:214-219.
- (原稿受付 2016. 3. 26)