

多雪地帯でのスギコンテナ苗の成長に対する苗木の大きさや植栽方法の影響

小谷二郎・千木 容・池田虎三[※]・小倉 晃^{※※}

要旨： 多雪地帯の5年生の造林地において、コンテナ苗の苗サイズや植栽方法の違いが、活着、成長、根元曲がりに及ぼす影響について裸苗と比較して検討した。コンテナにはMスターコンテナを用いた。最も好成績であったのは、コンテナ普通苗をグラップルによって耕耘したのち苗木植栽機を用いて植栽した場合とコンテナ普通苗を植栽機で植栽した場合で、根元曲がり水平長も他に比べて小さかった。コンテナ苗は活着が良好で大苗では根元直径の成長に有利な面がみられた。一方、裸苗は普通苗をクワで植栽する従来の方法は活着、成長とも良好であったが、大苗は植栽方法に関係なく不良であった。以上のことから、多雪地帯であってもコンテナ苗は有効であることが示唆された。

キーワード： 裸苗、大苗、スギ、植栽機、Mスターコンテナ

I はじめに

全国的に、戦後の拡大造林により造成された針葉樹人工林の大半が成熟期を迎え、主伐による材の安定供給に資するとともに、将来を見据えた跡地の再造林による資源の平準化が必要となっている。しかしながら、材価の低迷により森林所有者の多くが主伐に踏み切れず、再造林に対する意欲も低下しているのが実情である。森林所有者の再造林意欲を高めるためには、材の生産性を高めることに加え、再造林にかかるコストの低減が重要と考えられる。そのため、これまでの再造林方法を見直す取り組みが全国的に行われてきた（全国林業改良普及協会、2013；森林総合研究所、2016；同東北支所、2016）。この取り組みでは、コンテナ苗を用いて伐採搬出と再造林を同時並行で行う一貫作業システムが導入され、その後の下刈り作業の省略化の可能性も検討されてきた。石川県でもコンテナ苗の植栽試験（小倉ら、2013；千木ら、2014；池田ら、2016；千木ら、2017）、下刈りの省略化試験（小谷、2018）、雪起こし省略化試験（小谷、2019）等が行われ、これまでよりも植栽や初期保育にかかる経費の低減化の可能性が示唆されている。しかしながら、コンテナ苗の成績に関して5年以上継続して調査した事例は少ないのが実情である。とくに、本県のように多雪地帯での事例は非常に少ない。コンテナ苗の有利性は、活着や成長だけでなく育苗の利便性や植栽効率などにも現れる（壁谷ら、2016）ことから、今後益々コンテナ苗の利活用が高まる可能性が考えられる。

これまで、裸苗では長年の経験で苗木サイズとして苗高30～50cm が用いられてきた。おそらく、これよりも大きい苗では活着が悪いことが関係し

ていると考えられる。大苗は、植栽後の成長が普通苗と同じであれば、下刈り期間の短縮に繋がる可能性がある。したがって、コンテナ苗を用いて大苗が植栽可能となれば低コスト化の可能性も高まると考えられる。また、これまで林地での植栽にはクワを用いるのが一般的であった。コンテナ苗ではスペードやディブルといった道具を用いてより簡易に植栽が可能で、しかもあまり季節を限定する必要がなく、活着率も高いことがポイントとされている（山田・三樹、2015）。このことから、多雪地帯においても、クワ以外による方法を用いて活着や根元曲がりなどに問題が生じないかを検証する必要がある。

そこで、この試験では、5年生の植栽地において、コンテナ苗の活着と成長および多雪地帯特有の根元曲がりを検証するために、コンテナ苗と裸苗を用いて、苗木の大きさと植栽方法の違いによる影響について検討した。

表-1 試験地設定時（2015年）の概要

試験区	植栽方法	供試数	樹高 (cm)	根元径 (mm)	形状比	備考
コンテナ普通苗 (500ml)	苗木植栽機	46	51.1	6.6	77.4	2年生
	グラップル [※]	42	68.5	9.2	74.5	
コンテナ大苗 (1,180ml)	苗木植栽機	48	85.3	9.7	87.9	3年生
	クワ	44	82.6	9.8	84.3	
裸大苗	苗木植栽機	49	105.0	19.3	54.5	4年生
	クワ	49	103.0	18.8	54.7	
裸普通苗	クワ	45	52.5	12.6	41.7	3年生

※グラップルによる耕耘ののち苗木植栽機で植栽

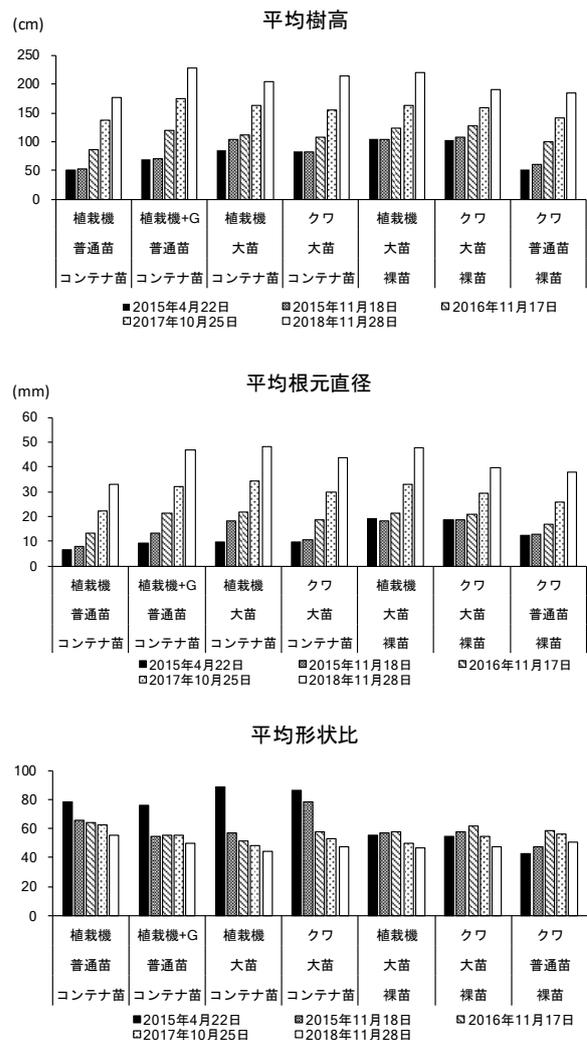
II 試験地と調査方法

試験地は、石川県西侯県有林地内（小松市西侯町）で、スギ再造林を行った3.5haに設けた。標高350m、斜面傾斜5～30°、土壌型適潤性褐色森林土(B₀型)である。この地域の最深積雪深は190cmと推定される。また、付近のスキー場情報により、2017年は平年並であったが、2018年の最深積雪深は300cmと推定された。

2015年4月に（皆伐の4か月後）、造林地内に植栽方法別（クワ・苗木植栽機）、苗木タイプ別（コンテナ苗・裸苗）、苗木サイズ別（普通苗・大苗）に異なる組み合わせの試験区を設けた（表－1）。苗木植栽機は石川県で開発した動力式オーガの改良機械（千木ら、2017）である。コンテナ苗は、Mスターコンテナを用い、普通苗は500ml、大苗は1,180mlの根鉢で育成した。このうち、コンテナ普通苗で苗木植栽機を用いる場所の一部に、事前にグラップルによる耕耘作業を組み合わせた（小倉ら2013）。植栽密度は、1,500本/haである。試験区は、1区画300m²とし合計7区（2,100m²）とした。

植栽直後と毎年秋に、樹高、根元直径を測定するとともに、5年生時には根元曲り水平長を地上1.2mの位置で測定した（値が小さいほど曲りが少なく通直性が高いことを示す指標となる）。

解析は、一般的な分散分析に加え、一般化線形モデル（GLM）を用いて、生存や成長量（成長率）に対する、苗木サイズ、苗木形態、植栽方法の影響を評価した（グラップルによる耕耘作業を組み合わせた区は省いた）。統計解析には JMP ver. 9（SAS Institute 2011）を用いた。



図－1 平均樹高、平均根元直径、平均形状比の推移

III 結果

1 5年間での枯死・誤伐と生存率の比較

活着不良により枯死したと考えられる苗と誤伐により消失した苗の本数と割合を表－2に示す。枯死率は、裸大苗をクワで植栽した場合（以下、

表－2 5年間の枯死、誤伐による生存状況

試験区	植栽方法	供試数	枯死		誤伐		生存	
			本数	%	本数	%	本数	%
コンテナ普通苗 (500ml)	苗木植栽機	46	2	4.3 ns	6	13.0 ns	38	82.6 ns
	グラップル※	42	0	0.0 *	2	4.8 ns	40	95.2 ns
コンテナ大苗 (1,180ml)	苗木植栽機	48	3	6.3 ns	4	8.3 ns	41	85.4 ns
	クワ	44	4	9.1 ns	3	6.8 ns	37	84.1 ns
裸大苗	苗木植栽機	49	9	18.4 ns	7	14.3 ns	33	67.3 ns
	クワ	49	13	26.5 **	4	8.2 ns	32	65.3 ns
裸普通苗	クワ	45	2	4.4 ns	0	0.0 ns	43	95.6 ns

※グラップルによる耕耘ののち苗木植栽機で植栽
χ²検定結果:*(p<0.05)、**(p<0.01)、ns(有意差なし)

表-3 成長量(成長率)、形状比、根元曲り水平長

試験区	植栽方法	生存数	樹高成長		根元径成長		形状比	根元曲り水平長 (cm)
			Δ(cm)	%	Δ(mm)	%		
コンテナ普通苗 (500ml)	苗木植栽機	37	31.5 b	27.4 a	6.7 c	33 a	56 a	26.1 c
	グラップル*	40	39.9 a	26.7 a	9.4 ab	33 a	50 b	26.4 c
コンテナ大苗 (1,180ml)	苗木植栽機	41	31.7 b	20.7 b	9.6 a	33 a	45 c	35.7 ab
	クワ	33	30.7 b	21.2 b	8.4 b	31 a	47 bc	34.2 b
裸大苗	苗木植栽機	32	28.8 bc	17.2 c	7.1 b	21 bc	46 bc	42.8 a
	クワ	33	22.9 c	15.9 c	5.4 c	18 c	48 bc	41.1 a
裸普通苗	クワ	41	32.8 b	26.6 a	6.3 c	23 b	50 b	29.2 b

※グラップルによる耕耘ののち苗木植栽機で植栽

表中のアルファベットは、Tukeyの多重比較の結果(同じ場合は有意差がないことを示す)

裸大苗+クワ(26.5%)で高い傾向がみられた(χ^2 検定、 $p<0.01$ 、多重比較、 $p<0.01$)。逆に、最も枯死率が低かったのは、コンテナ普通苗でグラップルによる耕耘後に苗木植栽機で植栽した場合(以下、コンテナ普通苗+グラップル+植栽機)(0%)であった(同検定多重比較、 $p<0.05$)。誤伐率は、裸大苗で植栽機を用いた場合(以下、裸大苗+植栽機)(14.3%)やコンテナ普通苗で植栽機を用いた場合(以下、コンテナ普通苗+植栽機)(13.0%)にやや高い値を示したが有意な差はみられなかった(同検定多重比較、 $p>0.05$)。これらの結果から、植栽方法に関係なく裸大苗の生存率は65.3~67.3%で低い傾向がみられ(同検定多重比較、 $p<0.05$)、コンテナ普通苗+グラップル+植栽機の場合(95.2%)と裸普通苗でクワによる植栽した場合(以下、裸普通苗+クワ)(95.6%)では生存率が高い傾向がみられた(同検定多重比較、 $p<0.05$)。GLM解析の結果、生存には苗木サイズのみ有意で、大苗は生存に対し負に影響した($p<0.05$)。

2 樹高・根元直径の5年間の推移

植栽時の樹高は、大苗82.6~105.0cmに対し、普通苗51.1~68.5cmであったのが、5年生時には大苗189.6~220.3cmに対し、普通苗176.0~227.8cmと依然大苗が上位に位置した(図-1)。5年間の平均成長量(表-3)は、コンテナ普通苗+グラップル+植栽機の場合(39.9cm)が最も大きく、裸大苗+クワの場合(22.9cm)が最も小さかった(1元配置分散分析、Tukeyの多重比較、 $p<0.05$)。GLM解析の結果、苗木サイズのみが有意で、大苗は負($p<0.05$)に影響した。平均成長率は、コンテナ普通苗+グラップル+植栽機(26.7%)、コンテナ普通苗+植栽機(27.4%)、

裸普通苗+クワ(26.6%)で高く、植栽方法に関係なく裸大苗が15.9~17.2%と低かった(1元配置分散分析、 $p<0.05$ 、Tukeyの多重比較、 $p<0.05$)。GLM解析の結果、苗木サイズと苗木形態が有意で、大苗は負($p<0.0001$)に、コンテナ苗は正($p<0.0001$)に影響した。

植栽時の根元直径は、裸大苗18.8~19.3mm、裸普通苗12.6mm、コンテナ大苗9.7~9.8mm、コンテナ普通苗6.6~9.2mmであったのが、コンテナ大苗43.9~48.3mm、植栽機による裸大苗39.9mm、裸普通苗37.8mm、コンテナ普通苗33.2~46.9mmとなっていた(図-1)。5年間の平均成長量(表-2)は、コンテナ大苗で植栽機を用いた場合(以下、コンテナ大苗+植栽機)(9.6mm)とコンテナ普通苗+グラップル+植栽機(9.4mm)で大きい傾向にあり、裸大苗+クワ(5.4mm)および裸普通苗+クワ(6.3mm)が小さい傾向にあった(1元配置分散分析、 $p<0.05$ 、Tukeyの多重比較、 $p<0.05$)。GLM解析の結果、苗サイズと苗木形態が有意で、大苗が正($p<0.0001$)でコンテナ苗も正($p<0.0001$)に影響した。平均成長率は、コンテナ苗が裸苗よりも高い傾向がみられ、裸大苗+クワが最も低い傾向がみられた(1元配置分散分析、 $p<0.05$ 、Tukeyの多重比較、 $p<0.05$)。GLM解析の結果、苗サイズと苗木形態が有意で、大苗が正($p<0.0001$)でコンテナ苗も正($p<0.0001$)に影響した。

3 形状比の推移および根元曲り水平長の比較

植栽時の形状比(樹高/根元直径)は、裸普通苗42.3、裸大苗54.9~55.4、コンテナ苗75.9~88.5、とコンテナ苗で高かったのに対し、5年生時には差が小さくなり、ほとんどが50以下で唯一コンテナ普通苗が55.5で最も高かった(1元配置分散分析、 $p<0.05$ 、Tukeyの多重比較、 $p<0.05$) (図-1、

表-3)。5年間の形状比の推移は、コンテナ苗は年とともに減少傾向を示したのに対し、裸苗では3年目まで上昇傾向を示したのち、減少傾向を示した。

地上高1.2mでの根元曲がり水平長を比較した結果、コンテナ普通苗+植栽機(26.1cm)とコンテナ普通苗+グラップル+植栽機(26.4cm)が他よりも小さくなる傾向がみられ、裸大苗は他よりも大きくなる傾向がみられた(1元配置分散分析、 $p < 0.05$ 、Tukeyの多重比較、 $p < 0.05$)。GLM解析の結果、苗サイズと苗木形態が有意($p < 0.0001$)で、大苗が正($p < 0.0001$)に、コンテナ苗が負($p < 0.0001$)に影響した。

IV 考察

裸苗とコンテナ苗の比較

今回の試験結果から、活着率、樹高成長、根元直径成長のどれをみてもコンテナ苗の有利性が伺われた(表-3)。ただし、普通裸苗のクワ植栽は、コンテナ苗と同等ないしやや上回っている面もみられたことから、これまでのように春または秋での植栽には優れた方法と考えられる。

今回の試験で特徴的であったのは、まずコンテナ苗は裸苗に比べて活着率が高いことである。コンテナ苗は、根がむき出しになっていないことで乾燥に強いことに加え、土壌になじみやすいため定植後の成長に有利と考えられる。また、コンテナ苗は裸苗に比べて根元直径の成長が良好であった(表-3)点も特徴的である。これは、コンテナ苗の形状比が裸苗に比べて高い(表-2)ことが関係していると考えられる。コンテナ苗、裸苗に関わらず、形状比が高い個体は樹高成長が小さく、直径成長を大きくする傾向があることが知られている(八木橋ら、2016)。多雪地帯でコンテナ苗を使うことに対する懸念材料の1つとして、雪圧によって根鉢が動きやすくなり、根元曲がりが大きくなるのではないかという問題である。この点に関して検証した結果、裸苗に比較してコンテナ苗は根元曲がり小さい傾向がみられ、問題はないことが明らかとなった。しかしながら、多雪地帯での植栽試験で、裸苗に比べてコンテナ苗で根元曲がりが大きくなった事例(図子、2019)も報告されていることから、今後さらに検証を重ねる必要がある。

苗の大きさの影響

今回の試験では、82.6~105.0cmの大苗を試験に用いた(表-1)。その結果、コンテナ大苗では根元直径の成長量や成長率に有利な面がみられた一方、裸大苗では活着、成長ともに不良で根元曲がり水平長も大きくなる傾向がみられた(表-3)。最が成績の良かったのは、グラップルで耕耘後に植栽機を用いて植栽したコンテナ苗であった(表-3、図-1)。これに関して、グラップルで耕耘した後にクワで大苗を植栽した場合でも活着、成長とも良好であったことが報告されている(小倉ら、2014;小倉ら、2015;小倉、2016;)。苗木植栽機を用いた場合にクワに比べて活着率が高かったのは十分に耕耘された効果と考えられる。

5年生時点での樹高を比較した場合、普通苗が176.0~184.0cmに対し大苗は189.6~227.8cmであったことから大苗は約10~50cm上回っていたことになる。仮に、50cmの差があり普通苗の年成長量(31.5~32.8cm)と比較すると約1.5~1.6年分成長が早いという計算となる。これを下刈りの省略化という面から考えると1回分ないしは2回分は省略可能と考えられる。

植栽方法の違い

植栽方法の違いには大きな影響はみられなかった。コンテナ苗は、植栽機でもクワを用いた場合でも根元直径の成長が良好であったのに対し、裸大苗は、植栽機を用いてもコンテナ苗よりも成長が劣っていた。このことから、コンテナ苗は植栽方法に関わりなく成長に有利になっていると考えられる。コンテナ苗の植栽に関して、傾斜地ではスピードなどよりもクワの作業効率が良好であることが報告されている(小倉ら、2013)。一方、植栽機は、25°の傾斜地でもクワよりも作業効率が良かった(千木ら、2017)ことから、場所による制限を受けにくいと考えられる。

以上のことから、コンテナ苗は活着、成長とも有利な面が多いことが明らかとなり、多雪地帯でも充分利用可能であることが判った。コンテナ大苗の5年生時の樹高は普通苗よりも大きいままで推移していたことから下刈りの省略化に繋がる面が伺われた。今後は苗の価格との関係を検討する必要があると考えられる。

引用文献

池田虎三・川崎萌子・小谷二郎・千木容(2017)
動力式植栽機の作業性とスギコンテナ苗の植栽

- 後の成長. 雪と造林17: 48-51
- 壁谷大介・宇都木玄・来田和人・小倉晃・渡辺直史・藤本浩平・山崎真・屋代忠幸・梶本卓也・田中浩 (2016) 複数試験地データからみたコンテナ苗の植栽後の活着および成長特性. 日本森林学会誌98: 214-222
- 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. 石川県農林総合研究センター林業試験場研究報告49: 7-12
- 小谷二郎 (2019) 多雪地帯での低コスト再造林技術ー雪起こし省略試験ー. 雪と造林18: 23-26
- 小倉晃 (2016) グラップルによる耕耘跡地に植栽されたスギ大苗の初期成長. 山林1585: 25-30
- 小倉晃・小谷二郎・千木容 (2014) グラップルを使用したスギ大苗植栽事例ー石川県石動山県有林の植栽事例. 石川県農林総合研究センター林業試験場研究報告 46: 7-9
- 小倉晃・百瀬年彦・小林政広・伊藤優子 (2015) スギ大苗植栽のためにグラップルで耕耘した土壌の物理的性質. 石川県農林総合研究センター林業試験場研究報告 47: 31-33
- 小倉晃・千木容・小谷二郎・池田虎三・間明弘光 (2013) 石川県におけるマルチキャビティコンテナ苗の植栽コスト事例ースギ・クロマツー. 石川県農林総合研究センター林業試験場研究報告 45: 20-22
- SAS Institute (2011) JMP (Statistical discovery software) version 9 (日本語版). SAS Institute
- 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ー実証研究の現場からー. 29pp
- 千木容・川崎萌子・池田虎三 (2017) 苗木植栽機によるスギコンテナ苗木植栽における労働生産性似ついて. 石川県農林総合研究センター林業試験場研究報告 48: 39-41
- 千木容・川崎萌子・池田虎三・小倉晃 (2017) スギコンテナ苗木の林地植栽における成長について. 石川県農林総合研究センター林業試験場研究報告 48: 19-22
- 八木橋勉・中谷友樹・中原健一・那須野俊・櫃間岳・野口麻穂子・八木貴信・齋藤智之・松本和馬・山田健・落合幸仁 (2016) スギコンテナ苗と裸苗の成長と形状比の関係. 日本森林学会誌 98: 139-145
- 図子光太郎 (2019) スギコンテナ苗と裸苗の植栽初期の根元曲がり形成. 雪と造林18: 19-22
- 全国林業改良普及協会編 (2013) 低コスト再造林・育林技術最前線. 林業改良普及双書172、143pp、全国林業改良普及協会、東京
- 山田健・三樹陽一郎 (2015) 林業改良普及双書178、コンテナ苗ーその特長と造林方法. 全国林業改良普及協会、143pp



コンテナ普通苗+植栽機



グラップル+コンテナ普通苗
+植栽機



裸普通苗+クワ



裸大苗+クワ



コンテナ大苗+植栽機



コンテナ大苗+クワ



裸大苗+植栽機

写真-1 苗木形態別、植栽方法別の5年生時の生育状況