

船生演習林におけるヘキサチューブによる植栽木の初期成長への影響

The effect of initial growth of seedlings by Hexatube in Utsunomiya University Forest at Funyu

斎藤 忠信, 斎藤 紀雄, 大森 伸也, 大島 潤一, 飯塚 和也

Tadanobu SAITO, Norio SAITO, Shinya OHMORI, Jyunichi OHSHIMA, Kazuya IIZUKA

宇都宮大学農学部附属演習林 〒 329-2441 栃木県塩谷郡塩谷町船生 7556

University Forests, School of Agriculture, Utsunomiya University, 7556 Funyu, Shioya, Tochigi, 329-2411, Japan

1. はじめに

新植地への獣害として、ニホンジカ被害、ノウサギ被害が知られている。特にニホンジカの被害が全国各地で激化しており、中でもスギ、ヒノキの被害は林業経営上の深刻な問題となっている（佐野 2009）。ニホンジカの被害は、枝葉採食と剥皮害に大別され、さらに剥皮害は、樹皮食害と角こすり被害の2つに分けられる（佐野 2017）。ニホンジカによる樹皮食害と角こすり被害は、幼齢林においても確認されている（片平 2018）。

ノウサギは、陽光の良く入る若い造林地を好む傾向があるため、幼齢木への被害が圧倒的に多い（八神 2010）。また、その被害は摂食方法によって枝葉摂食と樹皮摂食の2つに分けられ（八神 2010）、主軸を鋭利な刃物で切断されたような主軸切断が特徴的である。主軸切断の被害を受けた幼齢木のうち、直径 8 mm 以下の幼齢木が全体の 90% を占めている（八神 2010）。

ニホンジカ、ノウサギに対する防除法は、捕獲（銃猟とくくりワナ）、防護柵、忌避剤、ツリーシェルターなどが有効とされている。ツリーシェルターは、植栽木の周りを囲む防除法であり、ニホンジカ、ノウサギ、ノネズミ等野生動物による食害を防止する働きがある。特に、ツリーシェルターの中でもヘキサチューブには、植栽木の樹高への成長促進効果があることが報告されている（中村・網倉 1998）。しかしながら、ヘキサチューブを設置することによる植栽木の成長への影響については、詳細に検討されていない。

一方、宇都宮大学農学部附属船生演習林においても、2015 年以降ヒノキ、スギなどの新植地に対するニホンジカ、ノウサギによる被害が増加している。そこで、船生演習林では、植栽したヒノキ裸苗とスギコンテナ苗を対象に、ヘキサチューブを設置した。本研究では、ヘキサチューブ設置後 4 成長期間における樹高、根元径および比較苗高を調査し、ヘキサチューブによる植栽木の初期成長への影響を検討した。

2. 調査方法

2.1 調査地

本研究の調査地は、栃木県塩谷郡塩谷町船生に所在する宇都宮大学農学部附属船生演習林の 2 林班に小班とした（図-1）。調査地である 2 林班に小班は、南北約 300 m、東西約 150 m の弓状で、総面積 1.39 ha のうちヒノキが 1.03 ha、スギが 0.36 ha を占め、標高は約 250 ~ 350 m である。調査地は、2017 年秋に皆伐され、伐採後の 2018 年 5 月にヒノキ裸苗（栃木県鹿沼市の種苗業者が生産した 3 年生苗）、スギコンテナ苗（栃木県鹿沼市の種苗業者が生産した 2 年生苗）が植栽された。

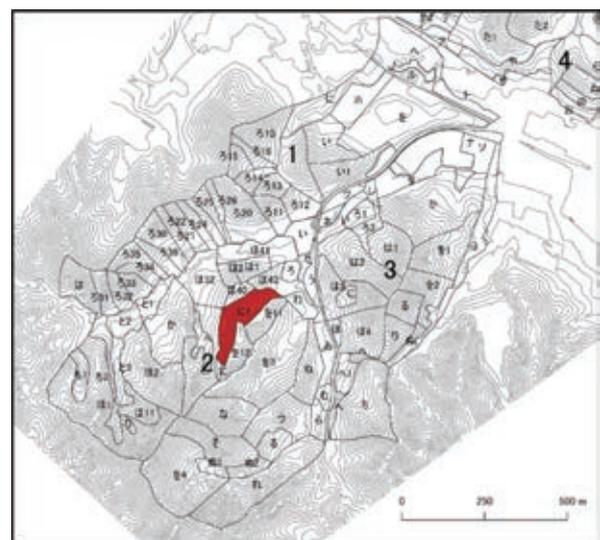


図-1 調査地位置図

2.2 ヘキサチューブ設置および植栽木の成長調査

2019 年 5 月に、ヒノキ裸苗植栽地から 50 本、スギコンテナ苗植栽地から 50 本を選定し、それら全ての樹高と根元径を測定した。その測定結果に基づき、樹高と根元径の平均値が等しくなるように、ヒノキ裸苗 50 本およびスギコンテナ苗 50 本を、それぞれヘキサチューブ設置木 25 本および対照木 25 本に分類し、ヘキサチューブ (140 cm タイプ、ハイトカルチャ株式会社製) を設置した (図-2)。そして、ヘキサチューブ設置後 1 成長期後 (2019 年 10 月)、2 成長期後 (2020 年 11 月)、3 成長期後 (2021 年 11 月)、4 成長期後 (2022 年 11 月) に調査対象木の樹高、根元径を計測した。加えて、苗木の健全性の指標となる比較苗高 (苗高/根元径) を算出した (宮崎 1969; 相場 1987)。また、ヘキサチューブ設置による樹型異常 (曲がり等) について調査した。なお、スギコンテナ苗は、ヘキサチューブ設置後 2 成長期後に、全ての苗木の樹高がヘキサチューブの高さ 140 cm を超えたため、2021 年 4 月にヘキサチューブを撤去した。



図-2 調査地

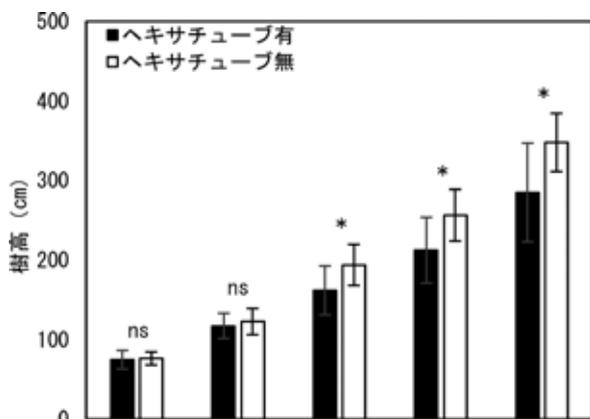


図-3 ヒノキ裸苗におけるヘキサチューブ設置時から 4 成長期後までの樹高の推移

*は、ヘキサチューブ設置木と対照木間に t 検定による有意差あり (p<0.05)。nsは、ヘキサチューブ設置木と対照木間に t 検定による有意差なし (p>0.05)。エラーバーは、標準偏差を示す。

3. 結果と考察

ヒノキ裸苗におけるヘキサチューブ設置木、対照木のヘキサチューブ設置時から 4 成長期後までの樹高の推移を図-3 に示す。ヒノキ裸苗におけるヘキサチューブ設置木の平均樹高は、設置時に 74.7 ± 11.6 cm、1 成長期後に 117.1 ± 15.8 cm になり、4 成長期後には 284.8 ± 62.0 cm にまで成長した (図-3)。一方、対照木の平均樹高は、設置時に 76.1 ± 8.3 cm であったが、1 成長期後に 122.5 ± 16.6 cm であり、4 成長期後には 347.8 ± 36.5 cm に成長した (図-3)。また、ヒノキ裸苗におけるヘキサチューブ設置木と対照木の樹高について、t 検定 (p < 0.05) を行ったところ、1 成長期後の樹高に有意差は認められなかったが、2 成長期後以降の樹高に有意差が認められた (図-3)。

スギコンテナ苗におけるヘキサチューブ設置木、対照木のヘキサチューブ設置時から 4 成長期後までの樹高の推移を図-4 に示す。スギコンテナ苗におけるヘキサチューブ設置木の平均樹高は、設置時に 69.1 ± 10.4 cm、1 成長期後に 142.8 ± 31.1 cm で、4 成長期後には 370.0 ± 64.6 cm にまで成長した (図-4)。一方、対照木の平均樹高は、設置時に 73.6 ± 12.8 cm であったが、1 成長期後に 158.1 ± 36.7 cm であり、4 成長期後には 491.9 ± 88.4 cm に成長した (図-4)。また、スギコンテナ苗におけるヘキサチューブ設置木と対照木の樹高について、t 検定 (p < 0.05) を行ったところ、2 成長期後までの樹高に有意差はみられなかったが、3 成長期後以降の樹高に有意差がみられた (図-4)。

ヒノキ裸苗におけるヘキサチューブ設置木、対照木のヘキサチューブ設置時から 4 成長期後までの根元径の推移を図-5 に示す。ヒノキ裸苗のヘキサチューブ設置木の平均根元径は、設置時に 10.5 ± 1.4 mm、1 成長期後に 12.3 ± 1.8 mm、4 成長期後には 28.0 ± 5.7 mm にまで成長した (図-5)。一方、対照木の平均根元径は、設置時に 11.2 ± 1.4 mm、1 成長期後に 16.2 ± 2.6 mm であり、4 成長期後には 55.1 ± 6.6 mm に成長した (図-5)。ヒノキ裸苗のヘキサチューブ設置木

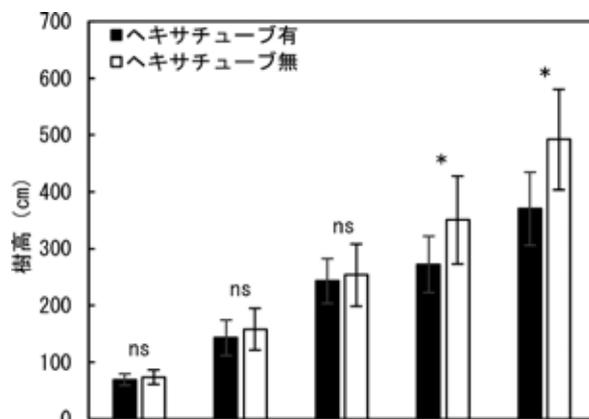


図-4 スギコンテナ苗におけるヘキサチューブ設置時から 4 成長期後までの樹高の推移

*は、ヘキサチューブ設置木と対照木間に t 検定による有意差あり (p<0.05)。nsは、ヘキサチューブ設置木と対照木間に t 検定による有意差なし (p>0.05)。エラーバーは、標準偏差を示す。

と対照木の4成長期後までの根元径において、t検定 ($p < 0.05$) を行ったところ、1成長期後以降、対照木がヘキサチューブ設置木より有意に高い値を示した (図-5)。

スギコンテナ苗におけるヘキサチューブ設置木、対照木のヘキサチューブ設置時から4成長期後までの根元径の推移をそれぞれ図-6に示す。スギコンテナ苗のヘキサチューブ設置木の平均根元径は、設置時に 11.7 ± 2.6 mm、1成長期後に 13.9 ± 3.0 mm、4成長期後には 57.0 ± 11.9 mm にまで成長した (図-6)。一方、対照木の平均根元径は、設置時に 12.5 ± 3.0 mm、1成長期後に 21.5 ± 6.6 mm であり、4成長期後には 75.3 ± 15.4 mm に成長した (図-6)。スギコンテナ苗のヘキサチューブ設置木と対照木の4成長期後までの根元径において、t検定 ($p < 0.05$) を行ったところ、ヒノキ裸苗同様に1成長期後以降、対照木がヘキサチューブ設置木より有意に高い値を示した (図-6)。

ヒノキ裸苗におけるヘキサチューブ設置木、対照木

のヘキサチューブ設置時から4成長期後までの比較苗高の推移を図-7に示す。ヘキサチューブ設置木の平均比較苗高は、設置時に 71.4 ± 10.8 、1成長期後に 96.0 ± 13.9 で、4成長期後には 101.5 ± 9.7 を示し、2成長期後以降100前後で推移した (図-7)。一方、対照木の平均比較苗高は、設置時に 68.9 ± 10.1 、1成長期後に 76.7 ± 11.9 であり、4成長期後には 63.6 ± 6.7 の値を示し、1成長期後以降徐々に減少する傾向を示した (図-7)。ヘキサチューブ設置木と対照木の4成長期後までの比較苗高を比較した結果、1成長期後から4成長期後までヘキサチューブ設置木が対照木より有意に高い値を示した (図-7)。

スギコンテナ苗におけるヘキサチューブ設置木、対照木のヘキサチューブ設置時から4成長期後までの比較苗高の推移を図-8に示す。ヘキサチューブ設置木の平均比較苗高は、設置時に 60.5 ± 10.8 、1成長期後に 103.4 ± 10.2 、2成長期後に 117.7 ± 12.4 と設置後から2成長期後まで増加する傾向を示した (図-8)。し

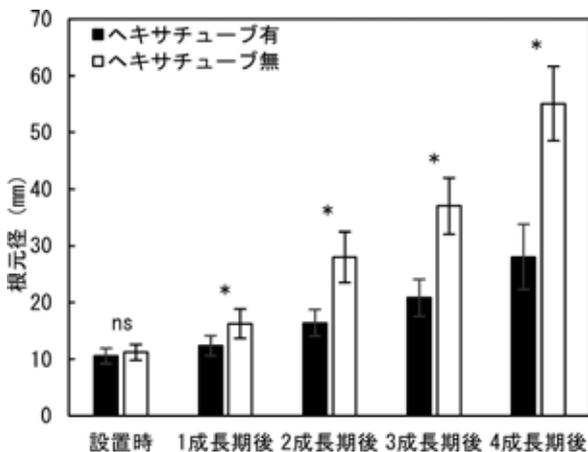


図-5 ヒノキ裸苗におけるヘキサチューブ設置時から4成長期後までの根元径の推移

*は、ヘキサチューブ設置木と対照木間にt検定による有意差あり ($p < 0.05$)。nsは、ヘキサチューブ設置木と対照木間にt検定による有意差なし ($p > 0.05$)。エラーバーは、標準偏差を示す。

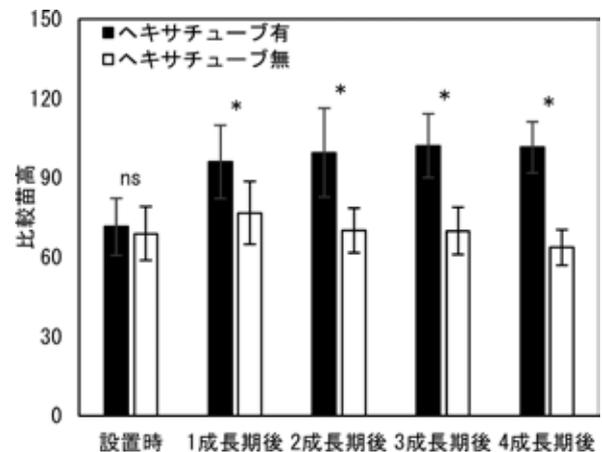


図-7 ヒノキ裸苗におけるヘキサチューブ設置時から2成長期後までの比較苗高の推移

*は、ヘキサチューブ設置木と対照木間にt検定による有意差あり ($p < 0.05$)。nsは、ヘキサチューブ設置木と対照木間にt検定による有意差なし ($p > 0.05$)。エラーバーは、標準偏差を示す。

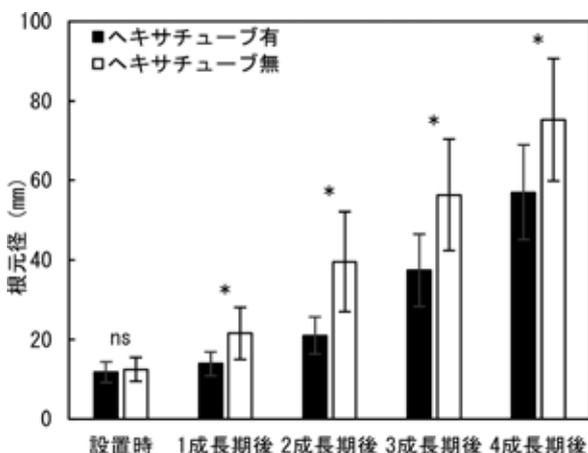


図-6 スギコンテナ苗におけるヘキサチューブ設置時から4成長期後までの根元径の推移

*は、ヘキサチューブ設置木と対照木間にt検定による有意差あり ($p < 0.05$)。nsは、ヘキサチューブ設置木と対照木間にt検定による有意差なし ($p > 0.05$)。エラーバーは、標準偏差を示す。

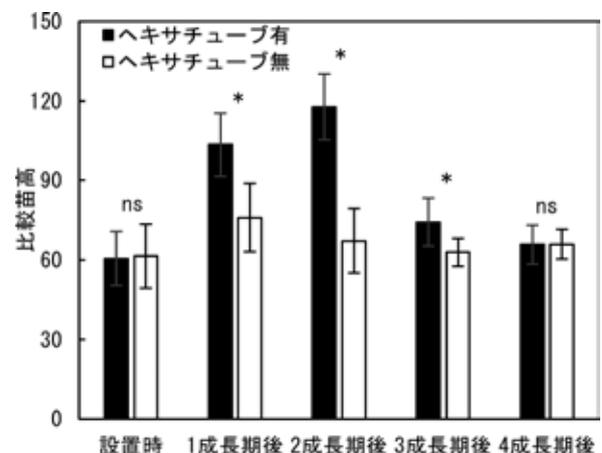


図-8 スギコンテナ苗におけるヘキサチューブ設置時から2成長期後までの比較苗高の推移

*は、ヘキサチューブ設置木と対照木間にt検定による有意差あり ($p < 0.05$)。nsは、ヘキサチューブ設置木と対照木間にt検定による有意差なし ($p > 0.05$)。エラーバーは、標準偏差を示す。

かし、3 成長期後に 74.3 ± 9.1 、4 成長期後に 65.8 ± 7.3 と 3 成長期後以降減少する傾向を示した (図-8)。一方、対照木の平均比較苗高は、設置時に 61.4 ± 12.1 、1 成長期後に 76.0 ± 12.9 で、4 成長期後には 65.9 ± 5.6 を示し、2 成長期後以降 65 前後で推移した (図-8)。ヘキサチューブ設置木と対照木の 4 成長期後までの比較苗高を比較した結果、1 成長期後から 3 成長期後までヘキサチューブ設置木が対照木より有意に高い値を示したが、4 成長期後ではヘキサチューブ設置木と対照木間に有意差は確認されず、類似した値を示した (図-8)。

ヒノキ裸苗におけるヘキサチューブ設置木、対照木の 4 成長期後までの樹高および根元径の成長量を表-1 に示す。1 成長期後の樹高の成長量では、ヘキサチューブ設置木と対照木間に t 検定 ($p < 0.05$) による有意差が認められなかったが、2 成長期後から 4 成長期後までの樹高の成長量では、対照木がヘキサチューブ設置木よりも有意に高い値を示した (表-1)。また、1 成長期後から 4 成長期後までの根元径の成長量では、対照木がヘキサチューブ設置木よりも有意に高い値を示した (表-1)。

スギコンテナ苗におけるヘキサチューブ設置木、対照木の 4 成長期後までの樹高および根元径の成長量を表-2 に示す。1 成長期後から 2 成長期後までの樹高の成長量において、ヘキサチューブ設置木と対照木間に t 検定 ($p < 0.05$) による有意差が認められなかったが、3 成長期後から 4 成長期後までの樹高の成長量においては、対照木がヘキサチューブ設置木よりも有意に高い値を示した (表-2)。樹高の成長量と対照的に、1 成長期後から 2 成長期後まで対照木がヘキサチューブ設置木よりも有意に高い根元径の成長量を示した

が、3 成長期後から 4 成長期後までヘキサチューブ設置木と対照木の根元径の成長量間に有意差が認められなかった (表-2)。

中村・綱倉 (1998) は、スギ及びヒノキのヘキサチューブ設置木の樹高成長が極めて速いことを明らかにしている。加えて、廣澤 (2002) は、スギ苗木において、ヘキサチューブ設置木の樹高は対照木よりも高い成長率の値を示したが、根元径では、ヘキサチューブ設置木が対照木とほぼ同じ成長率を示し、全体的に徒長する傾向があることを報告している。また、廣澤 (2002) は、ヒノキのヘキサチューブ設置木では、対照木と比べて樹高成長はほとんど変わらないが、根元径が非常に細くなることから、徒長する傾向があることを報告している。一方、森・高橋 (2000) は、ヒノキ植栽木において、ヘキサチューブ設置 2 年後の樹高は対照木より少し高く、根元径は対照木より小さく、肥大成長に関しては有利な部分は少ないことを明らかにしている。

しかしながら、本研究では、ヒノキ裸苗、スギコンテナ苗ともに 4 成長期間でヘキサチューブ設置木が対照木よりも低い樹高で推移し (図-3, 図-4)、スギコンテナ苗の 2 成長期を除き、ヘキサチューブ設置木が対照木よりも低い樹高成長量を示した (表-1, 表-2)。結果として、本研究では、樹高に対する成長促進効果は認められず、これらの報告とは異なる傾向を示した。また、本研究における根元径は、ヒノキ裸苗、スギコンテナ苗ともに 4 成長期間でヘキサチューブ設置木が対照木よりも低い値で推移し (図-5, 図-6)、スギコンテナ苗の 4 成長期を除き、ヘキサチューブ設置木が対照木よりも低い成長量を示した (表-1, 表-2)。この根元径の結果は、森・高橋 (2000)、廣澤 (2002)

表-1 ヒノキ裸苗における 4 成長期後までの樹高および根元径の成長量 (平均値±標準偏差)

期間	樹高 (cm)			根元径 (mm)		
	ヘキサチューブ 有	ヘキサチューブ 無	有意差	ヘキサチューブ 有	ヘキサチューブ 無	有意差
1 成長期後	42.4 ± 9.1	46.4 ± 16.6	ns	1.8 ± 1.0	5.1 ± 1.7	*
2 成長期後	44.5 ± 17.9	71.3 ± 12.7	*	4.0 ± 1.2	11.7 ± 2.9	*
3 成長期後	50.7 ± 16.9	62.5 ± 10.5	*	4.4 ± 2.2	9.0 ± 3.7	*
4 成長期後	72.4 ± 24.2	91.6 ± 14.7	*	7.2 ± 3.9	18.1 ± 3.9	*
全期間	210.0 ± 54.5	271.8 ± 31.7	*	17.5 ± 5.6	43.9 ± 6.1	*

*は、ヘキサチューブ設置木と対照木間に t 検定による有意差あり ($p < 0.05$)。

ns は、ヘキサチューブ設置木と対照木間に t 検定による有意差なし ($p > 0.05$)。

表-2 スギコンテナ苗における 4 成長期後までの樹高および根元径の成長量 (平均値±標準偏差)

期間	樹高 (cm)			根元径 (mm)		
	ヘキサチューブ 有	ヘキサチューブ 無	有意差	ヘキサチューブ 有	ヘキサチューブ 無	有意差
1 成長期後	73.7 ± 22.8	82.3 ± 31.9	ns	2.1 ± 1.2	8.7 ± 4.0	*
2 成長期後	100.3 ± 15.6	95.1 ± 23.7	ns	7.1 ± 2.2	18.0 ± 6.9	*
3 成長期後	29.1 ± 23.6	97.0 ± 26.2	*	16.4 ± 5.9	16.8 ± 3.6	ns
4 成長期後	97.8 ± 28.5	141.6 ± 24.4	*	19.6 ± 6.5	18.9 ± 6.1	ns
全期間	300.9 ± 56.3	416.1 ± 84.3	*	45.3 ± 10.2	62.5 ± 13.2	*

*は、ヘキサチューブ設置木と対照木間に t 検定による有意差あり ($p < 0.05$)。

ns は、ヘキサチューブ設置木と対照木間に t 検定による有意差なし ($p > 0.05$)。

の結果とよく一致していた。

本研究におけるヒノキ裸苗の比較苗高では、ヘキサチューブ設置木は対照木よりも有意に高い値で推移し(図-7)、全ての成長期間で徒長する傾向を示した。この比較苗高の結果は、廣澤(2002)の報告と類似している。一方、スギコンテナ苗のヘキサチューブ設置木の比較苗高は、3成長期後までは対照木よりも有意に高い値を示したが、4成長期後には対照木とほぼ同じ値を示した(図-8)。また、スギコンテナ苗のヘキサチューブ設置木は、2成長期後(ヘキサチューブ撤去後)以降、対照木よりも著しく低い樹高成長量を示し、対照木とほぼ同じ根元径の成長量を示した(表-2)。これらの結果から、スギコンテナ苗のヘキサチューブ設置木が、ヘキサチューブ撤去後に健全な樹形を回復するために伸長成長よりも肥大成長を優先する可能性が示唆された。鶴崎ら(2016)は、徒長したスギコンテナ苗が伸長成長よりも肥大成長を優先させ、苗木の形状を安定させることを報告しており、本研究の結果は、この報告を支持する。

ヘキサチューブ設置による樹型異常は、1成長期後のスギコンテナ苗では確認されなかったが、1成長期後のヒノキ裸苗ではヘキサチューブ設置木25本中、5本(20%)に先曲がりの樹型異常が確認された。森・高橋(2000)は、ヘキサチューブ設置による樹型異常は少なく、屈曲型の異常が少し見られる程度であることを報告しており、この報告は、本研究の結果とよく一致している。一方、4成長期後のヒノキ裸苗ではヘキサチューブ設置木25本中、5本(20%)にねじれ等の樹型異常が確認された(図-9)。樹型異常が確認さ



図-9 ヘキサチューブ撤去後のヒノキ裸苗における樹形異常

れたヘキサチューブ設置木の多くが樹高200cmを超え、ヘキサチューブの高さ(140cm)以上に成長していることから、ヘキサチューブの撤去の遅延が影響していると示唆される。また、ヒノキは梢端を下垂しながら伸長成長するため(中村・網倉1998)、ヘキサチューブ内での樹形異常が発生しやすいと推察される。したがって、植栽木の梢端部がヘキサチューブの高さを超えたら、速やかかつ適切にヘキサチューブを撤去する必要があると考えられる。

結果として、本研究では、ヒノキ裸苗およびスギコンテナ苗において、ヘキサチューブによる樹高の成長促進効果は認められず、根元径はむしろ肥大成長が抑制され、比較苗高の高い樹形になることが明らかとなった。加えて、スギコンテナ苗では、ヘキサチューブ撤去後に伸長成長よりも肥大成長を優先する可能性が示唆された。一方で、ヒノキ裸苗のヘキサチューブ撤去後の成長状況は把握されておらず、ヘキサチューブによる植栽木の成長への影響をより詳細に検討していくためには、今後の継続的な調査が必要である。

4. まとめ

本研究では、宇都宮大学農学部附属船生演習林2林班に1小班に植栽されたヒノキ裸苗およびスギコンテナ苗を対象に、ヘキサチューブ設置後4成長期間における樹高、根元径および比較苗高を調査し、ヘキサチューブによる植栽木の初期成長への影響を考察した。ヒノキ裸苗、スギコンテナ苗ともに4成長期間でヘキサチューブ設置木がよりも低い樹高で推移した。加えて、スギコンテナ苗の2成長期を除き、ヘキサチューブ設置木が対照木よりも低い樹高成長量を示したことから、ヘキサチューブによる樹高に対する成長促進効果は認められなかった。同様に、ヒノキ裸苗、スギコンテナ苗ともに4成長期間でヘキサチューブ設置木が対照木よりも小さい根元径で推移し、スギコンテナ苗の4成長期を除き、ヘキサチューブ設置木が対照木よりも小さい根元径成長量を示した。また、ヒノキ裸苗のヘキサチューブ設置木は、対照木よりも高い比較苗高で推移し、全ての成長期間で徒長する傾向を示した。一方、スギコンテナ苗のヘキサチューブ設置木は、3成長期後までは対照木よりも高い比較苗高で推移したが、4成長期後には対照木とほぼ同じ比較苗高を示した。したがって、スギコンテナ苗は、ヘキサチューブ撤去後に健全な樹形を回復するために伸長成長よりも肥大成長を優先する可能性が示唆された。4成長期後のヒノキ裸苗のヘキサチューブ設置木において、ねじれ等の樹型異常が確認されたため、植栽木の梢端部がヘキサチューブの高さを超えたら、速やかかつ適切にヘキサチューブを撤去する必要がある。

謝辞

本研究の実施にあたり、調査にご協力を賜りました宇都宮大学農学部森林科学科 越前雄生氏、加藤大河氏、樋口大航氏、大貫維真氏、須田望夢氏、中村友郎氏、百瀬夕唄氏、今成大河氏、濱田哲典氏に心より感謝いたします

引用文献

- 相場芳憲 (1987) 造林材料およびその育成. 林業実務必携. 朝倉出版, 東京. 159-169.
- 廣澤正人 (2002) シカ食害の常習地域におけるツリーシェルターを用いた造林技術の検討. 栃木県林業センター研究報告 15 : 1-27.
- 片平篤行 (2018) 幼齡人工林における獣害発生状況の把握. 群馬県林業試験場研究報告 21-22 : 25-35.
- 宮崎 榊 (1969) 苗木の良否. 造林ハンドブック. 養賢堂, 東京. 600-609.
- 森 一生, 高橋昌隆 (2000) シカ林業被害防護チューブに関する報告. 徳島県林業総合技術センター研究報告 37 : 7-11.
- 中村誠幹, 網倉和弘 (1998) チューブ法によるシカの食害防止について: シカと林業の共存を目指して. 森林応用研究 7 : 75-78.
- 佐野 明 (2009) ニホンジカによるスギ, ヒノキ若・壮齡木の剥皮害の発生時期と被害痕の特徴. 哺乳類科学 49(2) : 237-243.
- 佐野 明 (2017) ニホンジカによるスギ・ヒノキの樹皮食害: 林業経営上, 何が問題か?. 森林野生動物研究会誌 42 : 31-35.
- 鶴崎 幸, 佐々木重行, 宮原文彦 (2016) 福岡県におけるスギ挿し木コンテナ苗と裸苗の成長-植栽年の異なる 5 つの調査地の事例-. 第 127 回日本森林学会大会学術講演集 : 244.
- 八神徳彦 (2010) ノウサギ食害木の形態的特徴と施肥による食害軽減効果. 石川県林業試験場研究報告 42 : 25-28.