

# 船生演習林干害発生地に補植されたヒノキの苗タイプの違いによる 初期成長の検証

## The evaluation of initial growth due to the difference between seedling types of *Chamaecyparis obtusa* replanted in drought damage area of Utsunomiya University Forest at Funyu

斎藤 忠信, 斎藤 紀雄, 大森 伸也, 阿部 和彦, 大島 潤一, 飯塚 和也

Tadanobu SAITO, Norio SAITO, Shinya OHMORI, Kazuhiko Abe, 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

干害は、無降雨期間が長期間に及ぶと発生する気象害で、土壌水分が不足するために、樹木の生育が抑制され、樹木が枯死する被害を生じる(図-1; 柳沢ら 1980)。一般的に、干害は連続無降雨期間が夏期に 30 日以上、冬期に 40 日以上続くと発生すると言われていた(森林総合研究所 2019)。人工林では、植栽直後から 1 齢級以内の幼齢木に被害が発生しやすく(柳沢ら 1980; 久保山ら 2003)、特に新植地で多大な被害をもたらすことが知られている(吉藤 2019)。干害は、森林の公益的機能を低下させるとともに、森林経営に大きな損害を招く。

2018 年に宇都宮大学農学部附属船生演習林内のヒノキ新植地(面積 1.03 ha)において干害が発生し、植栽本数 2,814 本に対して、干害による枯死木が 1,012 本確認され、枯死率は 36.0%に達した(大島ら 2021)。干害が発生した 2018 年は、降水量が少なく平均気温

が高い異常気象の年であったことから、7 月の無降雨期間が長く、気温が高かったことが干害の発生に起因したと示唆された(大島ら 2021)。また、尾根部もしくは傾斜が 30°を超える急傾斜地で腐植に乏しい A 層が薄い土壌において高い干害の枯死率が確認された(大島ら 2021)。

一方で、干害発生地での苗タイプの違いによる干害耐性調査の結果から、ヒノキコンテナ苗が干害への高い耐性を有することが判明した(大島ら 2021)。しかしながら、干害発生後の苗タイプの違いによる成長特性については把握されていない。そこで、本研究では、船生演習林内の干害発生地に補植したヒノキ裸苗とヒノキコンテナ苗を対象に、補植後 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、裸苗とコンテナ苗の初期成長の違いを検証した。

### 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 林班に小班のヒノキ新植地である(図-2)。2 林班に小班は、南北約 300 m、東西約 150 m の弓状、標高は約 250 ~



図-1 干害を受けたヒノキ裸苗

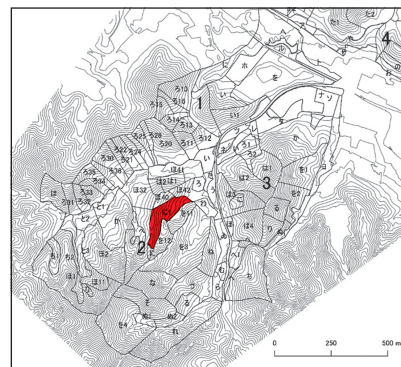


図-2 調査地位置図

350 m で、総面積 1.39 ha のうちヒノキ新植地が 1.03 ha である。調査地は、2017 年秋に林齢 64 年のヒノキ林が皆伐され、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）が植栽間隔 1.8 m（植栽密度 3,000 本/ha）で 2,814 本植栽された。2018 年 6 月から 7 月まで無降雨期間が続き、2018 年 7 月下旬にヒノキ裸苗の干害被害が確認されたため、干害概況調査が実施された（大島ら 2021）。調査の結果、干害による 1,012 本の枯死木が確認され、枯死率は 36.0% に達した（大島ら 2021）。特に、調査地の東斜面中腹（傾斜 30°～35° および 35° 以上）での干害被害が甚大であった（大島ら 2021）。

## 2.2 干害発生地でのヒノキ苗の生育状況調査

干害発生地での苗タイプの違いによるヒノキの干害耐性および成長状況を調査するため、2019 年 5 月に、2 林班に小班東斜面の斜面上部から斜面中腹（平均傾斜 32.2° の急傾斜地）にかけて、ヒノキ裸苗（福島県新地町の種苗業者が生産した 3 年生苗）とヒノキコンテナ苗（栃木県鹿沼市の種苗業者が生産した 2 年生苗）を前年ヒノキ裸苗が枯死した箇所に各 50 ずつ補植し、干害耐性調査試験地を設定した（図-3；大島ら 2021）。補植は、苗タイプ間で植栽条件や苗木の配置に偏りが無いように、試験地内の水平列計 10 列を対象として、北側に裸苗、斜面の南側にコンテナ苗を水平列 1 列につき 5 本ずつ配置し、裸苗補植試験区（平均傾斜 31.4°）およびコンテナ苗補植試験区（平均傾斜 33.1°）を設けた（大島ら 2021）。なお、試験地の土壌は、A 層の層位深さが 26 cm と薄く、A 層、B 層ともに腐植が発達していなかった（大島ら 2021）。また、両試験区の地況および日照条件はほぼ同じであり、裸苗の補植時に客土や施肥は行われなかった（大島ら 2021）。

補植後 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）および 4 成長期後（2022 年 11 月）に苗木の枯死状況を目視により確認し、枯死木の全木本数に対する割合により、枯死率を求めた。なお、補植後 1 成長期後の枯死率は、大島

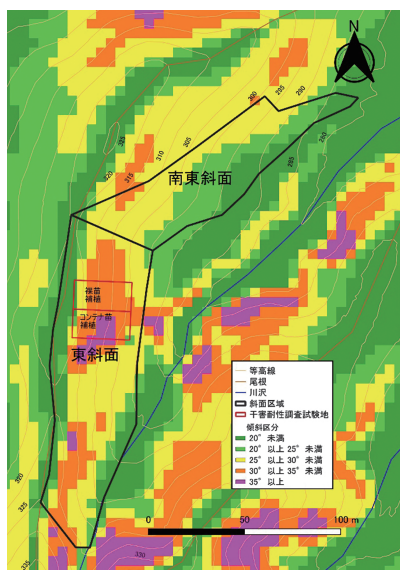


図-3 干害耐性調査試験地

ら（2021）のデータを引用した。また、補植時、補植後 1 成長期後、2 成長期後、3 成長期後および 4 成長期後に調査対象木の樹高、根元径を計測し、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、成長量は各測定値の差から求め、成長率は次式（渡邊ら 2017）により算出した。

$$\text{成長率} = \frac{\ln(\text{期末のサイズ}) - \ln(\text{期首のサイズ})}{\text{経過月数(年)}}$$

なお、測定対象木は、獣害等の被害木を除いたものとした。

## 3. 結果と考察

ヒノキ裸苗およびヒノキコンテナ苗における補植時から 4 成長期後までの枯死率の推移を図-4 に示す。補植してから 1 成長期後の 2019 年 10 月の枯死率は、裸苗が 74% で、コンテナ苗が 18% であり、裸苗の枯死率は、コンテナ苗よりも有意に高い枯死率を示した（図-4）。そして、裸苗の枯死率は、1 成長期後から 4 成長期までほぼ同じ値で推移した（図-4）。一方、コンテナ苗の枯死率は、1 成長期後から 4 成長期まで時間の経過とともに徐々に増加する傾向を示し、4 成長期後には枯死率が 30% に達した（図-4）。また、1 成長期後から 4 成長期後までの裸苗とコンテナ苗の枯死率間に有意差が確認された（図-4）。

渡邊ら（2017）は、ヒノキコンテナ苗の活着率がヒノキ裸苗よりも高いことを報告している。諏訪ら（2016）は、植栽季節に関わらず、ヒノキコンテナ苗がヒノキ裸苗よりも有意に高い活着率を有することを報告している。これらの報告と同様に、本研究のコンテナ苗の枯死率が裸苗よりも低かったことから、コンテナ苗は根鉢により植え痛みが少なく（原山ら 2016）、掘り取り後の取り扱いや気象条件の影響を受けにくいと示唆される（山川ら 2013）。また、同時期に新植された船生演習林内の 2 林班の小班のヒノキ植栽地でも、本研究と類似した結果が報告されている（大貫ら 2022）。

裸苗およびコンテナ苗における 4 成長期後の要因別の枯死数を表-1 に示す。裸苗の生存本数は 12 本で、枯死本数は 38 本であり、最も多かった要因別の枯死本数は干害の 32 本であった（表-1）。次に、風害による抜けの 4 本が続き、自然枯死と風害による折れがそれぞれ 1 本であった（表-1）。一方、コンテナ苗の

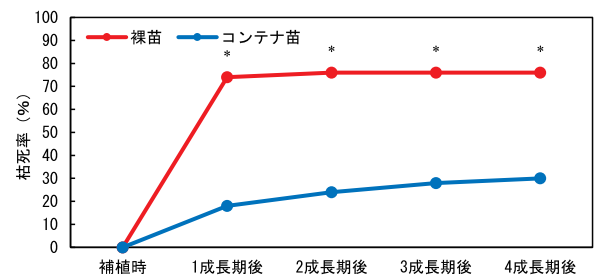


図-4 裸苗およびコンテナ苗における補植時から 4 成長期後までの枯死率の推移

注) \* は、裸苗とコンテナ苗間に  $\chi^2$  検定による有意差あり ( $p < 0.05$ )。

生存本数は35本、枯死本数は15本であった(表-1)。最も多かった要因別の枯死本数は干害と風害による倒れの4本であり、続いて自然枯死の3本、獣害を含むその他の2本、抜けと折れの1本であった(表-1)。

1成長期後の枯死率の結果から、ヒノキコンテナ苗が裸苗よりも干害への耐性を有することが判明した(大島ら2021)。一方、本試験地では、2成長期以降、干害の発生が確認されておらず、裸苗では1本のみの枯死が確認された(図-4)。しかしながら、コンテナ苗では2成長期以降も枯死率の増加が確認されたことから、コンテナ苗の幼齢木では風害等の被害を受けやすいことが推測される。

裸苗およびコンテナ苗の補植時から4成長期後までの樹高の推移を図-5に示す。裸苗の平均樹高は、補植時に57.3 ± 8.9 cm、1成長期後に75.6 ± 11.0 cmになり、4成長期後には172.2 ± 57.1 cmにまで成長した(図-5)。一方、コンテナ苗の平均樹高は、設置時に37.3 ± 11.7 cmであったが、1成長期後に62.5 ± 11.9 cmであり、4成長期後には172.4 ± 45.0 cmに成長した(図-5)。また、裸苗とコンテナ苗の樹高について、*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たが、2成長期以降の樹高に有意差が認められなかった(図-5)。

裸苗およびコンテナ苗の補植時から4成長期後までの根元径の推移を図-6に示す。裸苗の平均根元径は、補植時に9.7 ± 1.9 mm、1成長期後に12.8 ± 2.2 mm、4成長期後には26.6 ± 5.1 mmにまで成長した(図-6)。

表-1 裸苗およびコンテナ苗における4成長期後の要因別の枯死本数

要因	裸苗 (本数)	コンテナ苗 (本数)
生存	12	35
干害	32	4
自然枯死	1	3
倒れ	0	4
抜け	4	1
折れ	1	1
その他	0	2
計	50	50

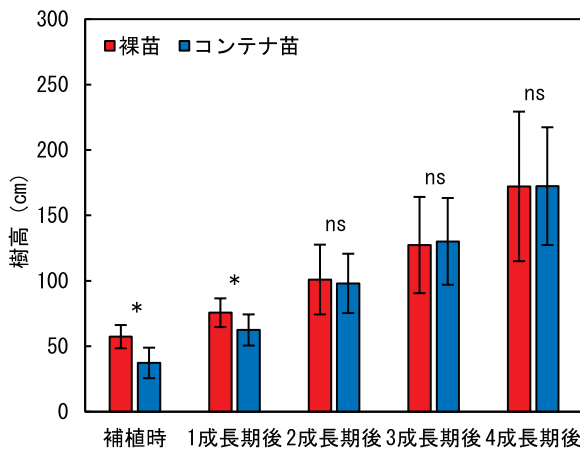


図-5 裸苗およびコンテナ苗における補植時から4成長期後までの樹高の推移

注) \*は、裸苗とコンテナ苗間に*t*検定による有意差あり ( $p < 0.05$ )。nsは、裸苗とコンテナ苗間に*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。

一方、コンテナ苗の平均根元径は、補植時に4.8 ± 1.1 mm、1成長期後に9.2 ± 1.8 mmであり、4成長期後には27.3 ± 6.6 mmに成長した(図-6)。裸苗とコンテナ苗の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、補植時から1成長期後まで裸苗がコンテナ苗より有意に大きい根元径を有したが、2成長期以降裸苗とコンテナ苗の根元径間に有意差が認められなかった(図-6)。

裸苗およびコンテナ苗の補植時から4成長期後までの比較苗高の推移を図-7に示す。裸苗の平均比較苗高は、補植時に60.5 ± 12.0、1成長期後に60.2 ± 10.2で、4成長期後には63.8 ± 14.4を示し、補植時から4成長期後まで60から64の間で推移した(図-7)。一方、コンテナ苗の平均比較苗高は、補植時に78.3 ± 23.2、1成長期後に69.0 ± 10.2であり、4成長期後には63.9 ± 12.5の値を示し、補植時以降徐々に減少する傾向を示した(図-7)。裸苗とコンテナ苗の4成長期後までの比較苗高を比較した結果、補植時から1成長期後ま

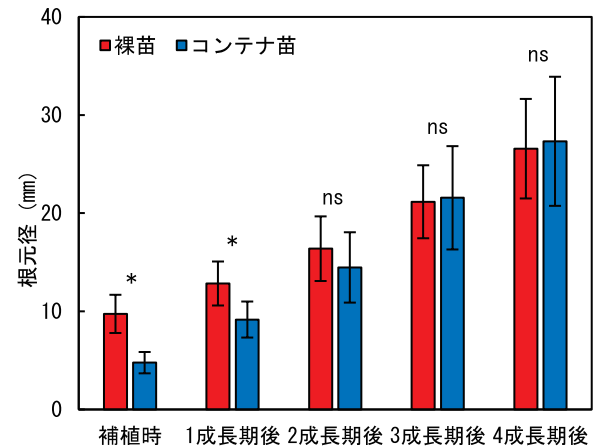


図-6 裸苗およびコンテナ苗における補植時から4成長期後までの根元径の推移

注) \*は、裸苗とコンテナ苗間に*t*検定による有意差あり ( $p < 0.05$ )。nsは、裸苗とコンテナ苗間に*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。

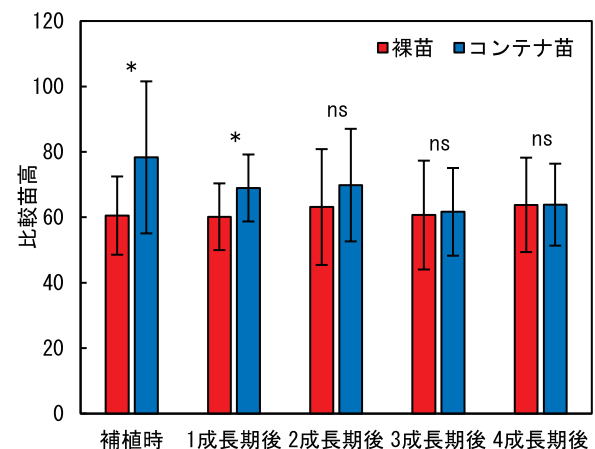


図-7 裸苗およびコンテナ苗における補植時から4成長期後までの比較苗高の推移

注) \*は、裸苗とコンテナ苗間に*t*検定による有意差あり ( $p < 0.05$ )。nsは、裸苗とコンテナ苗間に*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。



でコンテナ苗が裸苗より有意に高い値を示したが、2 成長期後以降の比較苗高に苗タイプの違いによる有意差が認められなかった (図-7)。

裸苗およびコンテナ苗の 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。樹高の成長量では、裸苗とコンテナ苗間に *t* 検定 ( $p < 0.05$ ) による有意差が認められなかった (表-2)。また、根元径の成長量では、3 成長期後および全期間においてコンテナ苗が裸苗よりも有意に大きい成長量を示した (表-2)。裸苗およびコンテナ苗の 4 成長期後までの樹高および根元径の成長率を表-3 に示す。1 成長期後、3 成長期後、4 成長期後および全期間の樹高の成長率において、裸苗とコンテナ苗間に *t* 検定 ( $p < 0.05$ ) による有意差が認められなかったが、2 成長期後の樹高の成長率においては、コンテナ苗が裸苗よりも有意に高い値を示した (表-3)。樹高の成長量と対照的に、1 成長期後から 3 成長期後までと全期間においてコンテナ苗が裸苗よりも有意に高い根元径の成長率を示したが、4 成長期後において裸苗とコンテナ苗の根元径の成長率間に有意差が認められなかった (表-3)。

本研究におけるコンテナ苗の樹高は、成長量の有意差は確認されなかったが、1 成長期から 3 成長期まで裸苗よりも高い成長量を示し (表-2)、植栽 2 年以内に樹高の差がなくなった (図-5)。したがって、コンテナ苗は、植栽直後の 1 成長期から裸苗よりも高い樹高成長を示し、2 成長期後には 2 年生であるコンテナ苗が、3 年生の裸苗とほぼ同じ樹高まで成長すると考えられる。近藤・袴田 (2017) は、2 年生ヒノキコンテナ苗の樹高成長量が 1 成長期目および 2 成長期目ともに裸苗より大きく、植栽時に異なっていた樹高が 2 成長期目を終えた時点で、裸苗とコンテナ苗間に有意な樹高差がみられなかったことを報告している。本研究の結果は、この報告と一致しており、コンテナ苗が植栽初期において優れた樹高成長特性を有すると言える。一方で、通常の林地である 2 林班る小班の斜面中腹 (傾斜 17.5° ~ 27.0°) に新植された裸苗とコンテナ苗の樹高と比較すると (大貫ら 2022)、本研究におけ

る 2 成長期後の裸苗、コンテナ苗の樹高は、それぞれ 101.0 cm, 98.1 cm であり、2 林班る小班の裸苗 (119.1 cm)、コンテナ苗 (125.4 cm) よりも低い値を示した。この結果から、干害発生地に植栽されたヒノキ苗は、樹高の成長が低下することが推測される。

本研究のコンテナ苗の根元径は、補植時には裸苗よりも有意に小さい値を有したが、1 成長期から 4 成長期までの間裸苗よりも良好な成長量を示し (表-2)、植栽 2 年以内に根元径の有意差がみられなくなった (図-6)。このことから、コンテナ苗は、1 成長期から裸苗よりも大きい直径成長を示し、2 成長期後には 2 年生であるコンテナ苗が、3 年生の裸苗と同等な根元径を有すると考えられる。近藤・袴田 (2017) は、2 年生ヒノキコンテナ苗における根元径の成長が樹高同様に 1 成長期目、2 成長期目ともに裸苗より大きく、2 成長期終了時点で裸苗とコンテナ苗との間に根元径の有意差が確認されなかったことを報告している。同様に、渡邊ら (2017) は、2 年生ヒノキコンテナ苗における根元径の成長量が、植栽後 2 年間で裸苗よりも大きいことを報告している。本研究の結果は、これらの報告と同様であり、コンテナ苗が植栽初期において優れた根元径の成長特性を有すると考えられる。一方、本研究における 2 成長期後の裸苗、コンテナ苗の根元径は、それぞれ 16.4 mm, 14.5 mm であり、2 林班る小班の裸苗 (14.9 mm)、コンテナ苗 (15.2 mm) と同様な値を示した (大貫ら 2022)。したがって、根元径の初期成長は、樹高と異なり、土壌、傾斜等の立地環境の影響を大きく受けないことが推察される。

加えて、本研究における 1 成長期後の樹高および根元径の成長量、成長率は、裸苗、コンテナ苗ともに、2 林班る小班の値よりも高い値を示したが (表-2, 表-3; 大貫ら 2022)、2 成長期後の樹高および根元径の成長量、成長率は、2 林班る小班の値よりも低い値を示した (表-2, 表-3; 大貫ら 2022)。このことから、干害発生地におけるヒノキ苗は、植栽 1 年目は通常の林地のヒノキ苗よりも大きな成長量を示すが、植栽 2 年目以降成長量が低下する可能性が示唆される。

表-2 裸苗および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)		
	裸苗	コンテナ苗	有意差	裸苗	コンテナ苗	有意差
1 成長期後	21.2 ± 14.7	25.2 ± 14.3	ns	3.4 ± 1.6	4.3 ± 1.3	ns
2 成長期後	25.4 ± 22.8	35.6 ± 16.8	ns	3.5 ± 2.7	5.3 ± 2.4	ns
3 成長期後	26.4 ± 16.1	32.1 ± 19.7	ns	4.8 ± 2.3	7.1 ± 3.1	*
4 成長期後	44.8 ± 26.5	42.2 ± 17.1	ns	5.4 ± 3.1	5.8 ± 3.2	ns
全期間	117.7 ± 57.6	135.1 ± 45.1	ns	17.2 ± 4.5	22.5 ± 6.5	*

注) \* は、裸苗とコンテナ苗間に *t* 検定による有意差あり ( $p < 0.05$ )。ns は、裸苗とコンテナ苗間に *t* 検定による有意差なし ( $p > 0.05$ )。

表-3 裸苗および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率 (平均値±標準偏差)

期間	樹高			根元径		
	裸苗	コンテナ苗	有意差	裸苗	コンテナ苗	有意差
1 成長期後	0.42 ± 0.32	0.99 ± 1.13	ns	0.38 ± 0.19	0.92 ± 0.30	*
2 成長期後	0.34 ± 0.30	0.58 ± 0.27	*	0.29 ± 0.21	0.58 ± 0.24	*
3 成長期後	0.27 ± 0.17	0.33 ± 0.21	ns	0.31 ± 0.14	0.51 ± 0.21	*
4 成長期後	0.34 ± 0.18	0.32 ± 0.13	ns	0.26 ± 0.15	0.27 ± 0.15	ns
全期間	2.22 ± 1.13	4.67 ± 4.03	ns	1.89 ± 0.59	4.80 ± 1.53	*

注) \* は、裸苗とコンテナ苗間に *t* 検定による有意差あり ( $p < 0.05$ )。ns は、裸苗とコンテナ苗間に *t* 検定による有意差なし ( $p > 0.05$ )。



本研究におけるコンテナ苗の比較苗高は、1成長期後までは裸苗よりも有意に高い値を示したが、2成長期後以降は裸苗と同等の値を有した(図-7)。したがって、2成長期後までのコンテナ苗は、樹高、根元径ともに裸苗よりも大きく成長するが、比較苗高の推移から樹高の成長よりも、根元径の成長を優先させると考えられる。本研究の結果は、大貫ら(2022)の報告を支持する。一方、本研究における2成長期後の裸苗、コンテナ苗の比較苗高は、それぞれ63.1、69.8であり、2林班の小班の裸苗(80.8)、コンテナ苗(83.0)よりも低い値を示した(大貫ら2022)。このことから、干害発生地に植栽された苗木は、樹高の成長よりも根元径の成長を優先させ、苗木の形状を安定させることが示唆される。加えて、城田ら(2016)は、スギコンテナ苗とスギ裸苗の培地の有無に関わらず、植栽後に乾燥ストレスを受けると、植栽1年目は樹高成長を抑制して根量増加を優先し、植栽2年目は根量増加による乾燥ストレスの解消が伸長成長を促すことを推測している。本研究の結果も、この報告と同様に、植栽後に乾燥ストレスを受けたために、樹高の成長が抑制された可能性が考えられる。

結果として、本研究において、干害発生地に補植されたヒノキ裸苗およびヒノキコンテナ苗は、根元径の成長を優先し、樹高の成長を抑制するため、比較苗高の低い樹形になることが明らかとなった。しかしながら、植栽木の地下部の成長と地上部の成長の関係については把握されておらず、干害による植栽木の初期成長への影響をより詳細に検討していくためには、根の量や乾燥ストレスに関する実証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小班の干害発生地に補植されたヒノキ裸苗およびヒノキコンテナ苗を対象に、補植後4成長期における樹高、根元径および比較苗高を調査し、干害被害による植栽木の初期成長への影響を考察した。補植後から4成長期後までの枯死率では、コンテナ苗が裸苗よりも低い枯死率を示し、コンテナ苗の良好な活着性が確認されたが、裸苗は半数以上が干害のために枯死した。コンテナ苗の樹高および根元径は、補植時には裸苗よりも小さかったが、2成長期後には裸苗と同様な値を示した。コンテナ苗の比較苗高は、1成長期後までは裸苗よりも高い値を示したが、2成長期後以降は裸苗と同等の値を有した。一方で、干害発生地における2成長期後の裸苗およびコンテナ苗の樹高は、通常の林地の苗木よりも低かったが、根元径は、通常の林地の苗木とほぼ同様な値を示した。また、干害発生地の裸苗およびコンテナ苗の比較苗高は、通常の林地よりも低い値を示した。干害発生地の裸苗およびコンテナ苗は、根元径の成長を優先し、樹高の成長を抑制するため、比較苗高の低い樹形になることが明らかとなった。

#### 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、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.
- 原山尚徳, 来田和人, 今博計, 石塚航, 飛田博順, 宇津木玄(2016)異なる時期に植栽したカラマツコンテナ苗の生存率, 成長および生理生態特性. 日本森林学会誌 98: 158-166.
- 近藤晃, 袴田哲司(2017)ヒノキ3年生コンテナ大苗の植栽工程と初期成長-2年生コンテナ普通苗との比較-. 静岡県農林技術研究所研究報告 10: 91-97.
- 久保山裕史, 鄭躍軍, 岡裕泰(2003)主要な森林気象災害の林齢別被害率の推定と考察. 日本林学会誌 85(3): 191-198.
- 宮崎 紳(1969)苗木の良否. 造林ハンドブック. 養賢堂, 東京. 600-609.
- 大貫維真, 大島潤一, 飯塚和也(2022)船生演習林に植栽されたヒノキコンテナ苗の初期成長. 宇都宮大学農学部演習林報告 58: 23-30.
- 大島潤一, 加藤大河, 飯塚和也(2021)ヒノキ新植地における干害の発生状況および苗タイプの違いによる干害耐性の検証. 日本緑化工学会誌 47: 27-32.
- 森林総合研究所(2019)写真でみる林木の気象害と判定法. 森林総合研究所, 茨城. 1-44.
- 城田徹央, 松山智矢, 大塚大, 斎藤仁志, 岡野哲郎, 大矢信次郎(2016)長野県北部におけるスギコンテナ苗の活着と初期成長. 日本森林学会誌 98(5): 227-232.
- 諏訪鍊平, 奥田史郎, 山下直子, 大原偉樹, 奥田裕規, 池田則夫, 細川博之(2016)植栽時期の異なるヒノキコンテナ苗の活着と成長. 日本森林学会誌 98: 176-179.
- 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.
- 柳沢聡雄, 岡上正夫, 大山浪雄, 坂上幸雄, 高橋邦秀(1980)造林地の干害とその対策. わかりやすい林業研究解説シリーズ No. 65, 林業科学技術振興所, 東京. 1-70.
- 吉藤奈津子, 鈴木 覚, 玉井幸治(2019)統計資料に基づく36年間の日本の民有人工林における干害被害の推移と地域性. 森林総合研究所研究報告 18(3): 289-299.
- 渡邊仁志, 茂木靖和, 三村晴彦, 千村知博(2017)ヒノキにおける実生裸苗と緩効性肥料を用いて育成した実生コンテナ苗の初期成長. 日本森林学会誌 99: 145-149.