

スギコンテナ苗のサイズと増殖方法がノウサギの主軸切断被害に与える影響

鷲山立宗・袴田哲司（静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター）

再造林コスト削減に貢献できると期待されているコンテナ苗の植栽が進められている一方、ノウサギの食害が低コスト化を阻む要因となっている。食害されにくい苗木の養成や大苗の植栽などによる林業的防除を検討するため、スギコンテナ苗を用いて、苗木サイズや増殖方法の違いがノウサギによる主軸切断被害に与える影響を調査した。苗木サイズについては、地上高 69cm の主軸径が 9.2mm 以上に成長すれば、主軸切断被害を回避できると推察された。苗の増殖方法の違いは主軸切断被害の有無に影響しており、挿し木苗は有意に被害を受ける割合が低かった。植栽時の根元径が 3.2mm から 10.0mm の挿し木苗では、根元径が大きいほど被害を受ける確率が下がる傾向があった。

キーワード：スギコンテナ苗，林業的防除，獣害対策，ノウサギ，挿し木苗

I はじめに

コンテナ苗は皆伐後の再造林コスト削減に貢献できると期待されており (6)，全国的に人工林の主伐が行われている中で、その普及が進められている。一方で、再造林の低コスト化を阻む要因として、植栽苗に対する獣害が大きな問題となっている (11)。

植栽苗への獣害では、近年、ノウサギによる被害も増加傾向にあり、防鹿柵を設置しているにもかかわらず、ノウサギが柵内に侵入し、植栽した苗の主軸を切断される被害が発生している (11)。現状では、ノウサギの食害を完全に防ぐ方法はないが、対策の一つとして、食害されにくい苗木の養成や大苗の植栽などによる林業的防除が知られている (10, 15)。

林業的防除はノウサギの食害対策に有効であるが、既往の研究ではコンテナ苗での検証は限られている。苗木のサイズに注目すると、大苗の植栽がノウサギの食害対策に有効であり (9)，コンテナ苗の植栽時の根元径が大きいほどノウサギによる食害の確率が下がることが報告されているが (5)，主軸切断被害を回避するためにはどの程度のサイズが必要なのかは明らかではない。また、食害されにくい苗木としては、増殖方法の違いによる食害への影響について、裸苗を用いた検証が行われており、実生苗に比べて挿し木苗はノウサギの食害を受けにくいことが報告されているが (13)，コンテナ苗による検証は行われていない。また、近年スギの苗木についても組織培養による増殖が可能となっており (8)，同様にコンテナ苗による増殖方法ごとの検証が必要である。したがって、林業的防除によるノウサギの食害対策を行うためには、ノウサギによる主軸切断被害を回避可能な苗のサイズ、根元径による影響、及び苗の増殖方法の違いが被害に与える影響について、コンテナ苗を用いて検証する必要がある。

そこで本研究では、スギコンテナ苗へのノウサギの

主軸切断被害の状況を調査し、ノウサギが切断可能な地上高と主軸の径、根元径による被害率への影響、及び増殖方法の違いによる被害率への影響について検討した。

II 方法

1. 調査地の概要とスギコンテナ苗の植栽

調査地は静岡県藤枝市瀬戸ノ谷（北緯 34°59′，東経 138°10′）の主伐後の再造林地である。標高約 800～820m，南西向き斜面（0～15度）で、最寄りの観測所（気象庁川根本町地域気象観測所）のデータによると、当該地域における 2021 年の年平均気温は 14.5°，年降水量は 3,331mm であり、積雪は認められなかった。周囲は 10cm 目合いの防鹿柵が設置されているにもかかわらず柵内でノウサギの被害が発生しており、本試験では補植を兼ねて植栽を行った。

スギコンテナ苗として、挿し木苗 132 本（2 年生）、実生苗 32 本（2 年生）、組織培養で増殖した稚苗（2 年生）を 112 本準備した。

これら 3 種類の苗（計 276 本）について、2021 年 5 月下旬に調査地に 2,500 本/ha の密度で、各種類がランダムに配置されるよう植栽（補植）した。その後、6 月上旬に苗高と根元径を測定した（表-1）。

2. 測定とデータ解析

2021 年 11 月下旬に、枯死した個体を除く、挿し木苗 112 本、組織培養苗 105 本、実生苗 28 本の計 245 本を対象として苗高及び根元径を測定した。この時点で調査対象木にはノウサギの被害は確認されなかったが、その後 2021 年 12 月から 2022 年 2 月上旬にかけて被害が発生したため、2022 年 2 月中旬に、主軸が鋭利に切断されており、ノウサギによる主軸切断被害を受けたと判断できる苗木を対象に、切断された地上高（以下「切断高」）と切断箇所の主軸径（以下「切断径」）

WASHIYAMA Tatsumune*, HAKAMATA Tetsuji

Effects of propagation methods and size of containerized seedlings on cutting damage of Japanese cedar main stem by hare
tatsumune1_washiyama@pref.shizuoka.lg.jp

を測定した（表-1）。

なお、根元径と切断径はデジタルノギスで測定し、苗高及び切断高は竹製の 130cm スケールで測定した。データ解析にあたっては、ソフトウェア R (Ver4.2.1) を使用した。

III 結果

1. 主軸切断被害の概要

植栽木 276 本のうち、2021 年 11 月時点で生存していたのは 245 本で、増殖方法別の生存率は挿し木 85%、組織培養 94%、実生 88% であった（表-1）。枯死木の半数は植栽 2 ヶ月後の活着調査の時点で枯死していた。

2022 年 2 月の調査では、調査対象木 245 本のうち 117 本 (47.8%) が主軸切断被害を受けていた（表-1）。切断高（2022 年 2 月）は 5cm から 69cm であり、切断前の苗高（2021 年 11 月）に比例して高くなる傾向があるが、切断前の苗高が 69cm 以上の苗木では、苗高が高くなっても切断高は 69cm 以下に留まった（図-1）。被害木の根元径（2021 年 11 月）は 3.2mm から 21.2mm までなのに対し、切断径（2022 年 2 月）は 9.2mm までに留まった（図-2）。

2. 主軸切断被害の有無に影響する要因

増殖方法別の被害率は挿し木苗が最も低く、112 本のうち 30 本 (26.8%) が被害を受けていた。次いで組織培養苗の被害率が低く、105 本のうち 64 本 (61.0%) であった。最も被害率の高かった実生苗は、28 本のうち 23 本 (82.1%) であった（表-1）。

得られたデータを用いて、一般化線形モデル（誤差分布：二項分布，リンク関数：ロジット）による解析を行った。主軸切断被害の有無に影響する可能性のある要因として、増殖方法のほかに苗のサイズが考えられるため、苗のサイズを代表する変数として苗高と根元径を選定した。目的変数を主軸切断被害の有無とし、説明変数を増殖方法，苗高，交互作用とした苗高モデル，説明変数を増殖方法，根元径，交互作用とした根元径モデルについて AIC を比較した。その結果，AIC は苗高モデルで 303.58，根元径モデルで 298.27 であり，根元径モデルの方がよりデータに適合していた。このため，根元径モデルで逸脱度分析を行ったところ，苗の増殖方法は主軸切断被害の有無に有意に影響していたが，根元径による影響は認められなかった（表-2）。

表-1. 増殖方法別の苗の平均サイズと本数及び被害率

増殖方法	2021 年 6 月			2021 年 11 月			2022 年 2 月	
	苗高(cm)	根元径(mm)	本数	苗高(cm)	根元径(mm)	本数	主軸切断被害	被害率(%)
挿し木	37.6±7.1	4.8±1.1	132	53.9±10.6	6.5±1.3	112	30	26.8
組織培養	65.7±13.7	6.6±1.3	112	75.9±15.3	11.5±2.7	105	64	61.0
実生	71.5±11.3	7.0±1.1	32	81.0±19.5	14.0±2.8	28	23	82.1
全体	52.9±18.2	5.8±1.5	276	66.5±18.1	9.5±3.6	245	117	47.8

※苗高と根元径の値は平均値±標準偏差

また，増殖方法と根元径の交互作用が有意に影響していることから，目的変数を主軸切断被害の有無とし，説明変数を根元径として，増殖方法別に逸脱度分析を行ったところ，挿し木苗のみで根元径が主軸切断被害の有無に対して有意に影響しており（表-3），根元径が大きいほど被害の発生する確率が低くなった（表-4）。なお，苗高を説明変数として増殖方法別に逸脱度分析を行った場合も，同様に挿し木のみで苗高が主軸切断被害の有無に影響していたが，根元径を説明変数にした場合と AIC を比較すると，根元径を説明変数にした方がよりデータにより適合していた。

増殖方法別の被害の割合について，Fisher の正確率検定 (Bonferroni 補正) により多重比較を行ったところ，実生苗と組織培養苗では有意な差は認められなかったが，挿し木苗は他の増殖方法に対して有意な差が認められた（表-5）。

以上により，スギコンテナ苗における増殖方法の違いは主軸切断被害に影響しており，本試験では，実生苗と組織培養苗に比べて，挿し木苗で有意に被害を受ける割合が低かった。また，挿し木苗の根元径は主軸切断被害に影響しており，根元径が大きいほど被害の発生する確率が低くなった。しかし，実生苗と組織培養苗では，根元径による主軸切断被害への影響は認められなかった。

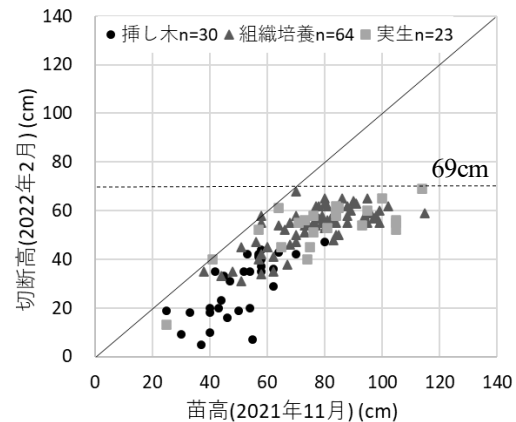
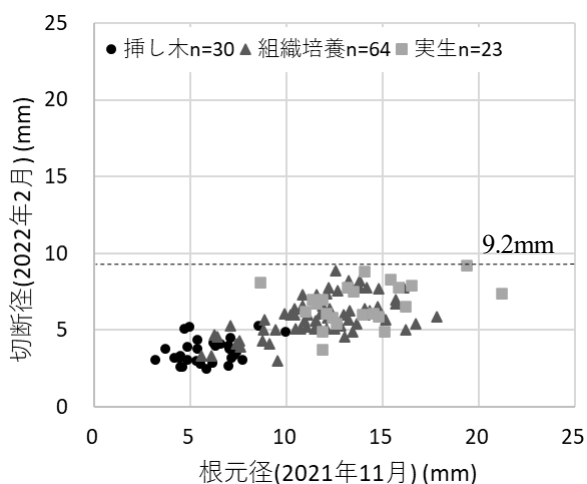


図-1. 主軸切断被害木の苗高と切断高



図一2. 主軸切断被害木の根元径と切断径

表一2. 一般化線形モデルによる逸脱度分析の結果

目的変数	説明変数	逸脱度	自由度	p 値
主軸切断	増殖方法(A)	17.66	2	***
	根元径(B)	0.13	1	0.721
	A×B	10.53	2	**

*** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

表一3. 一般化線形モデルによる増殖方法別の逸脱度分析の結果

モデル	目的変数	説明変数	逸脱度	自由度	p 値
挿し木	主軸切断	根元径	9.35	1	**
組織培養	主軸切断	根元径	1.16	1	0.282
実生	主軸切断	根元径	0.16	1	0.694

*** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

表一4. 挿し木苗の一般化線形モデル

目的変数	説明変数	係数・切片	標準誤差	z 値	p 値
主軸切断	根元径	-0.55	0.19	-2.87	**
	(定数項)	2.51	1.21	2.07	*

*** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

表一5. Fisher の正確確率検定 (Bonferroni 補正) による増殖方法別の被害割合の多重比較の結果

増殖方法	補正 p 値
実生×組織培養	0.132
挿し木×実生	***
挿し木×組織培養	***

*** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

IV 考察

1. ノウサギが切断可能な地上高と主軸の径

本試験において、スギの主軸切断被害は地上高 69cm 以下、主軸径 9.2mm 以下で発生していた (図一1, 図一2)。既往の研究でもほぼ同程度の値が示されており、八神 (14) はノウサギによるアカメガシワの主軸切断被害を調査し、被害の発生は樹高で 70cm まで、直径で 8mm までとしている。また、森林総合研究所 (12) はノウサギによる食害は地上高 70 cm 以下で発生するとしている。本試験において、地上高 69cm 以上で被害がみられないのは、69cm 程度がノウサギの食害可能な地上高の限度であるからと考えられる。また、苗木の成長に伴って切断高が上がり、根元径の成長にかかわらず切断径が 9.2mm までに留まるのは、主軸の肥大成長に伴い、根元近くの太い主軸を切断できなくなったからと推察される。試験の結果から、地上高 69cm 以下かつ主軸径 9.2mm 以下という条件で主軸切断被害は発生している。主軸径は梢端から根元に行くほど太くなるため、地上高 69cm 地点の主軸径が 9.2mm 以上であれば、69cm 以下の主軸径はすべて 9.2mm 以上に成長しており、主軸切断被害の発生条件を満たさなくなる。したがって、地上高 69cm 地点の主軸の径が 9.2mm 以上であれば、主軸切断被害を回避できると推察される。しかし、切断高は積雪期とそれ以外で異なるという報告もあり (7)、切断高の上限 69cm については、積雪が無いか極めて少ない場合の値であることに留意する必要がある。また、今回の試験では地上高 69cm 地点の主軸の径が 9.2mm 以上に成長した苗が無く、十分な検証ができなかった。今後、該当するサイズの苗を植栽し、主軸切断被害の有無を調査するなど、引き続き検証が必要である。

2. 根元径による被害率への影響

本試験において、挿し木苗に限って根元径が主軸切断被害に影響しており、根元径が大きいほど被害を受ける確率が下がった (表一3, 表一4)。しかし、実生苗と組織培養苗では、根元径による主軸切断被害への影響は認められなかった (表一3)。その原因として、増殖方法ごとに苗木の根元径が異なることが考えられる (表一1)。(社)日本林業技術協会 (5) は、植栽時の根元径 3.5mm から 6.0mm のコンテナ苗の食害を分析し、植栽時の根元径が大きいほどノウサギによる被害率が下がることを報告している。本試験で使用した挿し木苗のサイズは、同協会の調査と同程度で、植栽時の根元径は 3.2mm から 10.0mm、平均 4.8mm であった (表一1)。しかし、実生苗の植栽時の根元径の平均は 7.0mm、組織培養苗の植栽時の根元径の平均は 6.6mm であり、同協会の調査した苗木のサイズと異なっている (表一1)。このため、ある限定された苗木のサイズにおいてのみ、根元径が被害率に影響するものと推察される。

3. 増殖方法による被害率への影響

本試験において、実生苗と組織培養苗に比べて、挿し木苗で有意に被害を受ける割合が低かった(表-5)。異なる苗木集団間で、草食動物の嗜好性が異なる場合、「増殖方法の違い」の他に、「苗木のサイズの違い」(5)や「苗木の生育条件の違い」(1, 2)が考えられる。統計解析の結果、苗木サイズの違いは被害発生の有無を説明できなかった(表-2)。苗木の生育条件の違いについて、平川(3)が試験を行っており、異なる産地間の苗木を3月に植栽し、6月までは嗜好性の差がみられたものの、9月には差がほとんど見られなくなると報告している。このため、生育条件の違いによる嗜好性の差は3ヵ月から6ヵ月で失われると考えられ、苗木の生育条件の違いが本試験の結果に影響した可能性は低いと推察される。裸苗では、挿し木苗に対するノウサギの嗜好性が低いことは報告されており(9, 13)、今回の試験結果から、コンテナ苗でも挿し木苗に対するノウサギの嗜好性は低いと考えられた。しかし、ノウサギが挿し木苗を嗜好しない理由は明らかではない。谷口(13)は挿し木苗と実生苗の樹皮の粗蛋白質含有量と脂肪含有量を調査したが、苗木の摂食量との間には関係がみだせなかったとしている。平川(4)はスギに含まれる化学成分を分析し、ノウサギ高嗜好性の品種は摂食阻害物質が少ないのではないかと推測したが、その摂食阻害物質の特定にまでは至らなかった。その他、硬さや木質化の程度なども原因として推測されるが、ノウサギの嗜好性を左右するメカニズムについては、引き続き研究が必要である。

本試験の結果から、スギコンテナ苗でも、一定以上のサイズに成長することで、ノウサギによる主軸切断被害を回避できること、及び挿し木苗の植栽により主軸切断被害を軽減できることが明らかになった。今後は、主軸の切断を回避できるサイズやノウサギの嗜好性について引き続き検証を行うと共に、主軸の切断以外の被害についての検証や、ヒノキなどの異なる樹種での検証が必要である。また、低コスト再造林に向けて、林業的防除をどのように他の防除法と組み合わせるべきか、コストなどを含めて検討していく必要がある。

謝辞

本研究に使用した組織培養苗は、森林総合研究所から提供を受けたものである。心から感謝申し上げる。

引用文献

- (1) Bryant J P, Chapin III F S, Reichardt P B, Clausen T P (1987) Response of winter chemical defense in Alaska paper birch and green alder to manipulation of plant carbon/nutrient balance. *Oecologia* 72:510-514
- (2) Bryant J P, Clausen T P, Reichardt P B, McCarthy M C, Werner R A (1987) Effect of nitrogen fertilization upon the secondary chemistry and nutritional value of quaking aspen (*Populus tremuloides* Michx.) leaves for the large aspen tortrix (*Choristoneura conflictana* (Walker)). *Oecologia* 73:513-517
- (3) 平川浩文(1990)産地の異なるヒノキ苗木に対するノウサギの嗜好差とその変化. 森林防疫 39(11):6-8
- (4) 平川浩文(1996)ノウサギのスギ選好性に関する化学成分の解明. 森林総合研究所所報 88: 8-9
- (5) 一般社団法人日本林業技術協会(2022)令和3年度コンテナ苗標準化に向けた調査委託事業報告書. 72-73
- (6) 梶本卓也・宇都木玄(2016)プロジェクト「コンテナ苗を活用した低コスト再造林技術の実証研究」の紹介. 森林遺伝育種 5(2):101-105
- (7) 金森弘樹・扇 大輔(1997)ニホンノウサギによる広葉樹造林木の被害例. 森林応用研究 6:143-146
- (8) Maruyama E T, Ueno S, Hirayama S, Kaneeda T, Moriguchi Y (2020) Somatic Embryogenesis and Plant Regeneration from Sugi (Japanese Cedar, *Cryptomeria japonica* D. Don, Cupressaceae) Seed Families by Marker Assisted Selection for the Male Sterility Allele *ms1*. *Plants* 9(8): 1029
- (9) 新潟県農林水産部林政課(1981)野兎被害防除技術指針. 21-22
- (10) 大津正英(1977)日本の哺乳類(14) 兎目ウサギ科ノウサギ属トウホクノウサギ. 哺乳類科学 17(2):13-30
- (11) 佐藤重徳(2022)温故知新と不易流行—再造林地の直面する課題—. 森林技術 967:2-6
- (12) 森林総合研究所鳥獣管理研究室(1992)哺乳類による森林被害ウォッチング. 林業科学技術振興所 14-15
- (13) 谷口 明(1986)鹿児島県におけるノウサギによる造林木の被害とその個体群生態に関する研究. 鹿児島県林業試験場研究報告 2:1-38
- (14) 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
- (15) 山田文雄(2020)わが国のノウサギ2種の生態的特徴と被害およびその対策と管理. 樹木医学研究 21(3):176-182