

速報

早生樹コウヨウザンの植栽後2年間の樹高成長と生育状況^{*1}井上千種^{*2}

井上千種：早生樹コウヨウザンの植栽後2年間の樹高成長と生育状況 九州森林研究 68：115－118, 2015 林業の採算性を向上させるために、短伐期林業の導入が求められており、その実現には、早生樹が有効である。コウヨウザンは、スギに比較して成長が早く、同程度の強度性能が見込まれるが、我が国における稚樹の樹高成長や生育状況に関する知見は少ない。本研究では、3箇所のコウヨウザン植栽試験地を対象に植栽後2年間の樹高成長量および病虫害獣害、枯死木の発生状況を調査した。その結果、樹高成長量は1年目が3.4～15.0cm、2年目が16.2～20.9cmであった。1年目の樹高成長量は試験地間で有意差が認められたが、2年目のそれでは認められなかった。2年目の樹高成長量は2箇所の試験地でスギより大きかったが、1箇所の試験地で小さかった。また、2箇所の試験地で47.2、61.1%のコウヨウザンにノウサギによる食害が観察された。枯死率は11～17%であった。

キーワード：コウヨウザン、早生樹、樹高成長、生育状況

I. はじめに

従来の林業は、木材価格に対して初期育林経費が高いことや植栽から資金回収できる主伐までの期間に40～50年の長期間を要することから、採算性に問題がある。このため、林業の採算性向上には、初期育林経費の軽減と資金回収の短期化を可能とする早生樹の導入が有効であると考えられる。

江戸時代後期に我が国に渡来した、萌芽更新が可能であるコウヨウザン (*Cunninghamia lanceolata*) は、スギ科コウヨウザン属の常緑針葉樹で、耐蟻性・耐朽性を有し、柱や横架材に用いられる中国や台湾の主要造林樹種である。また、九州において成林している事例もある (2) ことから、将来我が国においても造林樹種として期待が持てる。成長の面では、25年生時の平均樹高が17.2m、平均胸高直径が18.9cmであり、同時期に隣接して植栽されたスギに対し、それぞれ108.2、103.3%上回っていた (4)。以前、当研究部で樹幹解析した供試木 (5) に関しては、25年生時に4m材が2番玉まで採材可能であった。材質の面では、製材後の板の天然乾燥期間は、3か月程度必要とされる (2)。また、強度性能は曲げ強さが、23年生時では55～90MPa程度 (6)、30年生時では35.3～42.6MPa (4)、54年生時では51.5～112.2MPa (2) であること、曲げヤング率が、23年生時では6～13GPa程度 (6)、30年生時では10.6～13.0GPa (4)、54年生時では5.3～13.4GPa (2) であることが報告されている。主要造林樹種として用いられているスギについては、曲げ強さの平均値、最小値がそれぞれ65、50MPa、曲げヤング率の平均値、最小値が7.5、5.5GPaとされている。ヒノキについては、曲げ強さの平均値、最小値が75、60MPa、曲げヤング率の平均値、最小値が9.0、6.0GPaとされている (7)。そのため、スギ、ヒノキと同等程度の曲げ性能を持った材の生産が期待される。

しかし、日本における幼齢期のコウヨウザンの成長に関する資

料がなく、初期成長や病虫害獣害の防除、補植の必要性については不明である。そこで、本研究ではコウヨウザンの初期成長、枯死率および病虫害獣害を明らかにするとともに我が国の主要造林樹種であるスギと比較することを目的とした。

II. 試験地と調査方法

試験地は、大分県大分市大字上判田の県営林に2箇所、同県国東市国東町岩屋の私有地に1箇所の合計3箇所とした (以下、大分試験地Ⅰ、大分試験地Ⅱ、国東試験地)。大分試験地Ⅰは、標高が約593m、斜面方位が北東、平均傾斜が37°であった。また、植栽された稚樹の樹高と同程度の高さから魚眼レンズを用いて撮影した全天写真をフリーソフトCanopOn2を用いて解析した結果、平均的な空隙率は58.6%であった。大分試験地Ⅱは、標高が約593m、斜面方位が南西、平均傾斜が15°、平均的な空隙率が45.3%であった。大分試験地Ⅰ、大分試験地Ⅱは、ともに51年生ヒノキ林の伐採跡地に設定した。国東試験地は、標高が約106m、平均傾斜が0°、平均的な空隙率が59.2%であった。国東試験地は、試験地設定前はヒノキ植栽地であったが、シカの食害を受けたため10年生時に伐採された跡地である。

大分試験地Ⅰ、大分試験地Ⅱの7～8月、国東試験地の7～9月の月平均気温は、コウヨウザンの成長量が最も大きくなる22～30℃の範囲に入っていた。中国におけるコウヨウザンの植栽地域の北部では、月平均気温が最も低いのは1月で、1～2℃である (3)。本研究のいずれの調査地でも月平均気温は1月が最も低く、大分試験地Ⅰ、大分試験地Ⅱは1.4℃、国東試験地は5.9℃であった。以上のことから、本試験地の気温条件は、コウヨウザンが成林できる範囲内にあると考えられる。

各試験地ともコウヨウザン植栽地に隣接してスギを植栽した。大分試験地Ⅰ、大分試験地Ⅱでは、コウヨウザン植栽地とスギ植

^{*1} Inoue, C.: The height growth and the condition of Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) for two years from planting.

^{*2} 大分県農林水産研究指導センター林業研究部 Oita Pref. Agr., For. and Fis. Res. Ctr., Forest Exp. Stn., Hita, Oita 877-1363, Japan.

栽地は斜面に平行に位置している。コウヨウザンは実生のポット苗、スギはシャカインのさし木裸苗を用いた。2樹種ともに植栽密度2000本/haとし、36本ずつ植栽した。植栽時期は、大分試験地Ⅰが平成25年3月、大分試験地Ⅱが平成25年4月、国東試験地が平成25年3月であった。

各試験地の全木について、地際直径は、植栽時にノギスを用いて0.1mm単位で測定した。樹高は、植栽時および平成25年11月、平成26年9月に、測竿を用いて1cm単位で測定した。病虫害獣害の有無、枯死木の本数については、植栽時から平成25年11月の期間は1ヶ月ごと、平成26年3月から平成26年9月の期間は3ヶ月ごとに調査した。病虫害獣害については、調査木にみられた食害痕等を記録した。ただし、大分試験地Ⅰ、大分試験地Ⅱでは平成26年2月、国東試験地は植栽時にシカネットを設置したため、シカ被害以外の調査を行った。平成26年9月の調査において、コウヨウザンの被害木の中に、芯立ちした萌芽枝が発生している個体が観察された。これらの個体は、食害からの回復が見込まれると考え、本数を記録した。また、半枯れや倒伏などの異常が観察された場合も、これらの状態を記録した。

植栽時の調査木の地際直径と樹高の各試験地間の差を、Welchのt検定で解析し、Bonferroniの補正を行った。植栽時の樹高と地際直径から比較苗高を算出した。ここで、比較苗高とは植栽時の樹高を地際直径で除した値とした。比較苗高の各試験地間の差を、Tukeyの多重比較検定を用いて解析した。植栽時～平成25年11月を1年目、平成25年9月～平成26年11月を2年目とし、測定結果から樹高成長量を算出し、樹種間の差を、Welchのt検定を用いて解析した。また、樹高成長量の試験地間の差を、Welchのt検定で解析し、Bonferroniの補正を行った。ただし、解析にあたっては、食害を受けた個体および枝性の個体を除外した。病虫害獣害の被害本数を植栽本数で除し、被害率を算出した。萌芽枝による回復が見込める個体の本数を、平成26年9月の調査時に生存している個体の本数で除し、萌芽枝発生率とした。各測定時に新たに観察された枯死木の本数を植栽本数で除し、枯死率を算出した。枯死する前に観察された異常の種類ごとに、枯死木の本数を植栽本数で除し、異常別の枯死率を算出した。異常が観察されなかった場合も、同様に算出した。

表-1. 各試験地の苗木のサイズ

	コウヨウザン			スギ		
	平均地際直径 (mm)	平均樹高 (cm)	平均比較苗高	平均地際直径 (mm)	平均樹高 (cm)	平均比較苗高
大分試験地Ⅰ	6.4±1.5 a	39±5 a	6.4±1.3 a	6.8±1.1 a	41±6 a	6.2±1.3 a
大分試験地Ⅱ	6.8±1.0 a	39±7 a	5.8±1.2 a	8.1±1.4 b	44±7 ab	5.5±0.9 b
国東試験地	6.3±1.3 a	36±8 a	5.9±1.6 a	7.6±1.5 b	46±8 b	6.2±0.9 a

注：数値は平均値±標準偏差を示す。平均地際直径、平均樹高における同じアルファベットは、樹種別の Welch の t 検定により、5%水準で有意差がないことを示す。平均比較苗高における同じアルファベットは、樹種別の Tukey の多重比較により、5%水準で有意差がないことを示す。

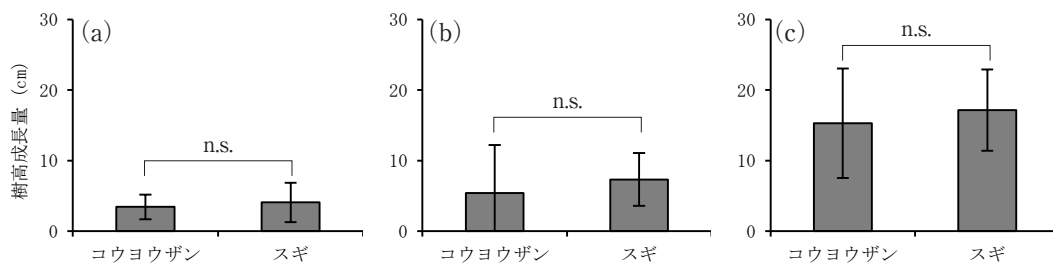


図-1. 平成25年の大分試験地Ⅰ (a)、大分試験地Ⅱ (b)、国東試験地 (c) における樹高成長量
注：バーは標準偏差を示す。n.s.は Welch の t 検定により、5%水準で有意差がないことを示す。

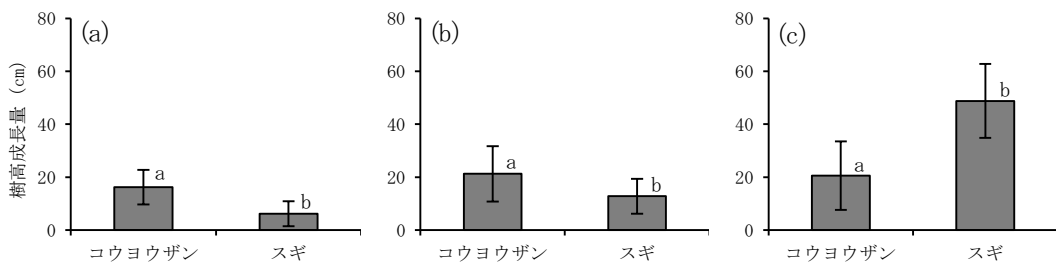


図-2. 平成26年の大分試験地Ⅰ (a)、大分試験地Ⅱ (b)、国東試験地 (c) における樹高成長量
注：同じアルファベットは Welch の t 検定により、5%水準で有意差がないことを示す。

Ⅲ. 結果と考察

1. 初期成長

各試験地における植栽時の地際直径、樹高、比較苗高の平均値を表-1に示す。コウヨウザンの地際直径、樹高、比較苗高に、試験地間で有意差が認められなかった (Welch の t 検定: $p < 0.05$, 以下同じ)。スギでは、大分試験地 I の地際直径が他の 2 試験地に比べ有意に小さかった ($p < 0.05$)。大分試験地 I の樹高が国東試験地に比べ有意に低かった ($p < 0.05$)。大分試験地 II の比較苗高が他の 2 試験地に比べ有意に小さかった (Tukey の多重比較: $p < 0.05$)。

1 年目における試験地ごとの樹高成長量を図-1に示す。各試験地の樹高成長量は、コウヨウザンとスギとの間に有意差が認められなかった (Welch の t 検定: $p < 0.05$, 以下同じ)。また、統計処理の結果、両樹種とも、樹高成長量は国東試験地の方が大分試験地 I、大分試験地 II より有意に大きかった ($p < 0.05$)。

1 年目におけるコウヨウザンの成長に適する気温条件に該当する期間が、大分試験地 I および大分試験地 II では 7~8 月であったのに対し、国東試験地では 6~8 月であった。そのため、樹高成長量に試験地間で有意差が認められたことは、苗木に起因するものではなく、試験地の気温条件の差異による可能性がある。

2 年目における各試験地の樹高成長量を図-2に示す。大分試験地 I および大分試験地 II では、コウヨウザンの樹高成長量がスギに比べ有意に大きかった ($p < 0.05$)。一方、国東試験地ではコウヨウザンの樹高成長量がスギに比べ有意に小さかった ($p < 0.05$)。また、統計処理の結果、コウヨウザンの樹高成長量は試験地間で有意差が認められなかった ($p < 0.05$)。スギは、大分試験地 I および大分試験地 II が国東試験地に比べて有意に小さかった ($p < 0.05$)。

今回、コウヨウザンとスギの樹高成長量は、試験地間で異なる結果が得られた。この理由については不明である。コウヨウザンの樹高成長は、4~10 年生時に旺盛である (I) とされており、今回の 3 箇所の試験地については継続調査が必要と考えられる。それぞれの試験地の平均傾斜は 0~37°であった。コウヨウザンは緩傾斜を好む (3) とされるが、2 年目の樹高成長量に有意差が認められなかったことから、傾斜の違いが樹高成長量へ及ぼす影響についても今後調査する必要がある。各試験地の空の平均的な空隙率が 45% 以上であり、日当たりのよい場所であった。コウヨウザンは陰樹であることが示唆されている (3) ため、日照条件の影響も検討する必要がある。

2. 病虫獣害

コウヨウザン、スギともに全ての食害木には鋭く切られた食害痕が確認され、試験地内の数箇所でもノウサギのものと思われる糞が確認された。そのため、試験地内の食害をノウサギによるものとした。食害率および萌芽枝発生率を表-2に示す。大分試験地 I では、コウヨウザンの 61%、スギの 6% が食害を受けた。大分試験地 II では、コウヨウザンの 47%、スギの 3% が食害を受けた。国東試験地では、コウヨウザンの 3% が食害を受けた。特に被害が大きかった大分試験地 I、大分試験地 II では、食害木のうち 32、33% の個体に芯立ちした萌芽枝が観察された。

ノウサギによる食害状況は、食害木の根元に切られた幹の断片

表-2. 各試験地のノウサギ食害率と萌芽枝発生率

	コウヨウザン		スギ	
	食害率 (%)	萌芽枝発生率 (%)	食害率 (%)	萌芽枝発生率 (%)
大分試験地 I	61 (22)	32 (7)	6 (2)	0 (0)
大分試験地 II	47 (17)	33 (7)	3 (1)	0 (0)
国東試験地	3 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

注: 括弧内の数字は食害本数および、食害後芯立ちした萌芽枝が確認された個体の本数を示す。

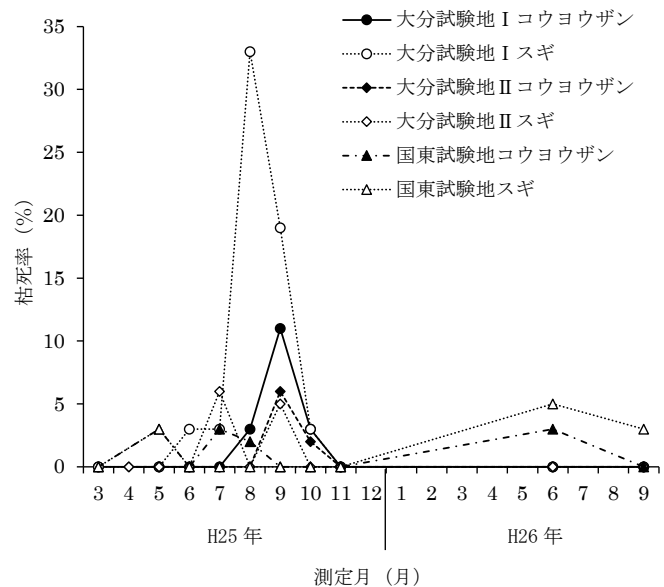


図-3. 各試験地の月別枯死木割合

表-3. 各試験地における枯死木の状況

枯死前の状態	大分試験地 I		大分試験地 II		国東試験地	
	コウヨウザン (%)	スギ (%)	コウヨウザン (%)	スギ (%)	コウヨウザン (%)	スギ (%)
半枯	11	17	3	3	3	0
倒伏	0	6	0	0	6	0
食害	3	6	0	0	0	0
異常なし	3	33	6	8	3	11

が落ちており、ノウサギがかみ切った部位の全てを食べてはいないことが分かった。そのため、今回の食害木が食べられたのか、かみ切られただけなのかは分からない。後者の場合、食害が一時的なものとなる可能性がある。ノウサギの食害が一時的なものなのか、恒常的なものなのかについても継続調査する必要がある。食害後枯死した個体は大分試験地 I で 1 本観察されたのみであり、幾分かは萌芽枝による回復が見込まれた。また、今回芯立ちした萌芽枝が観察されなかった個体の多くで、地際部分に開芽していない、もしくは開芽したばかりの萌芽枝が観察された。これらの萌芽枝が今後芯立ちし、個体が回復する可能性がある。ただし、萌芽枝の中には芯立ちしていない、枝性のものも観察された。したがって、開芽前後の萌芽枝が観察された個体の全てで、芯立ちした萌芽枝が発生するかはわからなかった。萌芽枝の今後の発生

状況や成長量については、今後も継続調査する必要がある。

以上のことから、コウヨウザンの植栽地は、ノウサギが生息していない地域を選別することが望ましいと考えられる。ただし、コウヨウザンは萌芽更新が可能で、更新後初期の樹高成長が大きい(8)ため、再造林経費の軽減が可能である。また、短伐期林業の可能性もある。そのため、ノウサギが生息している地域における、コウヨウザンを用いた短伐期林業の可能性については、防除にかかる経費を含め伐期や材の価値、再造林経費の面から総合的に判断する必要がある。

中国では、病害については、*Colletotrichum* 類及び *Glomerella cingulata* による炭疽病、*Solella cunninghamiicola* などによる葉枯病、*Botryosphaeria cunninghamiae* などによる枝枯病が報告されている。ただし、枝枯病については千葉県でも報告されている。虫害については主にハマキガ科の *Polychrosis cunninghamiicola* による芽の食害、シロアリ科 *Macrotermes barneyi* やタイワンシロアリによる球果の食害、キクイムシ類による材の食害が報告されている。獣害については、リスによる樹皮の食害のみが報告されている(3)。本試験地ではノウサギによる食害しか確認されなかったが、他の害についても今後の継続調査が必要である。

3. 枯死率

調査期間中に、大分試験地 I ではコウヨウザンの 17%、スギの 62% が枯死した。そのうち、コウヨウザンでは、半枯した後枯死した個体の割合が最も大きかった。スギでは、枯死する前に特に異常が観察されなかった個体の割合が最も大きく、次いで半枯した後枯死した個体の割合が大きかった。大分試験地 II ではコウヨウザンの 9%、スギの 11% が枯死した。2 樹種ともに枯死する前に特に異常が観察されなかった個体の割合が最も大きかった。大分試験地 I および大分試験地 II では、枯死が 8~10 月に集中した。大分試験地 I、大分試験地 II では、コウヨウザンの食害率は高かったが、食害後枯死するものは少なかった。国東試験地では、コウヨウザンの 12%、スギの 11% が枯死した。コウヨウザンで

は、倒伏した後枯死した個体の割合が最も大きかった。スギでは、枯死する前に特に異常が観察されなかった個体の割合が最も大きかった。国東試験地では、枯死が集中した期間はなかった(図-3, 表-3)。

各試験地ともに、コウヨウザンの枯死率がスギのそれに比べ低いか同程度であったため、コウヨウザンを植栽しても補植の経費はスギより低いか同程度になると考えられる。枯死の原因については、枯死する前の状況が試験地によって異なっていた。コウヨウザン、スギともに、倒伏後の枯死については、植栽時に地面をしめ固めるなど注意することで、予防できた可能性がある。また、植栽時のコウヨウザンの樹高、地際直径、比較苗高に有意差が認められなかったことから、苗木のサイズは枯死の原因ではないと考えられた。今回の調査では、枯死の原因は不明であった。

引用文献

- (1) 中国樹木誌編委会主編 (1981) 中国主要樹種造林技術, 1342 pp, 中国林業出版社, 北京.
- (2) 井上千種・豆田俊治 (2013) 大分県林業研究部年報 56 : 2-8.
- (3) Lindsay E. Fung (1993) *Cunninghamia lanceolata* (CHINESE FIR) . A STUDY OF ITS POTENTIAL AS A COMMERCIAL PLANTATION SPECIES IN NEW ZEALAND. 323 pp, University of Canterbury, Christchurch.
- (4) 森田正彦ほか (1990) 日林九支研論 43 : 49-50.
- (5) 大島日出一・豆田俊治 (2012) 大分県林業研究部年報 55 : 2-7.
- (6) 劉元・中山義雄 (1998) 木材学会誌 44 : 387-394.
- (7) 森林総合研究所 (2004) 木材工業ハンドブック改定 4 版, 1221 pp, 丸善株式会社, 東京都.
- (8) 周ほか (2013) 安徽农学通报 19 (4) : 120-121.
(2014 年 11 月 14 日受付 ; 2015 年 2 月 12 日受理)