

温帯域の高標高におけるコウヨウザンの成長速度と生育適地の把握について

森林技術・支援センター

森林技術普及専門官

○田口 たぐち 康宏 やすひろ

一般職員

おおたけ 大武 ふみや 史弥

要旨

早生樹であるコウヨウザンは、岐阜県内では標高 400m 未満の暖温帯域が生育に適していると言われており、高標高での生育検証事例が少ないため、500m、750m、1000m の標高別に植栽したコウヨウザンの初期成長について検討を行いました。植栽後、約 2 年間の成長では標高 1000m でのコウヨウザンの成長が最もよく、高標高でも成長することが確認され、生育には気象条件以外にも大きく影響していることが考えられました。

はじめに

主伐再造林が進む中、短伐期で利用が見込める早生樹が注目されており、その一つにコウヨウザンがあげられます。コウヨウザンは中国・台湾に分布する常緑高木のヒノキ科の針葉樹であり、成長が早く生育に適した箇所ではスギの約 2 倍の材積成長になると言われています（近藤ら 2020）。コウヨウザンの植栽適地は暖温帯域と言われており（森林総合研究所 2021）、岐阜県では南部の平野部が適地と考えられ（宇敷ら 2021）、岐阜県高山市はコウヨウザンの生育できる気象条件を満たしていない地域とされています。しかし、岐阜県高山市の年平均気温は 50 年前に比べて約 2℃上昇しており（気象庁 高山特別地域気象観測所 標高 560m）、近年の温暖化によりコウヨウザンの植栽適地が拡大している可能性があります。また、岐阜県中津川市湯舟沢国有林には、標高 900m の箇所に樹高約 20m のコウヨウザンが単木で生育しています。このような背景も含め、コウヨウザンの植栽適地ボーダー域での成長データが少ないことから、岐阜県のボーダー域である温帯高標高域での生育適地を把握する目的で、令和 4 年度から令和 9 年度まで森林総合研究所林木育種センター・岐阜県森林研究所との共同研究を行っています。



写真 1 植付時のコウヨウザン

1 調査方法

試験地は岐阜県下呂市の神割国有林 1082 へ林小班（標高 500m、以下神割試験地）、大洞国有林 225 に林小班（標高 750m、以下大洞試験地）、本洞国有林 1043 へ林小班（標高 1000m、以下本洞試験地）の 3 箇所に設置しました（図 1）。各試験地の概要は表 1 のとおりです。なお、図 1 は岐阜県のコウヨウザンの気象条件による生育適地を示した図（岐阜県森林研究所 専門研究員（現所属：岐阜県森林文化アカデミー） おおぼら 大洞智宏氏作成）の上に各試験地の位置を示したものです。この図によると、神割試験地はコウヨウザンの植栽適地ボーダー域に位置し、大洞試験地及び本洞試験地は生育適地を満たさない地点にあります。

試験地は令和 4 年 5 月にコウヨウザン及び比較対象樹種としてスギをそれぞれ 200 本ずつ、ha 当たり 2,500 本換算で植栽しました。コウヨウザンの苗木は、森林総合研究所林木育種センターが採取した種子により、広島県森林整備・農業振興財団が M スターコンテナにより生産した 1 年生苗木で、種子生産地別に 9 系統（熊本

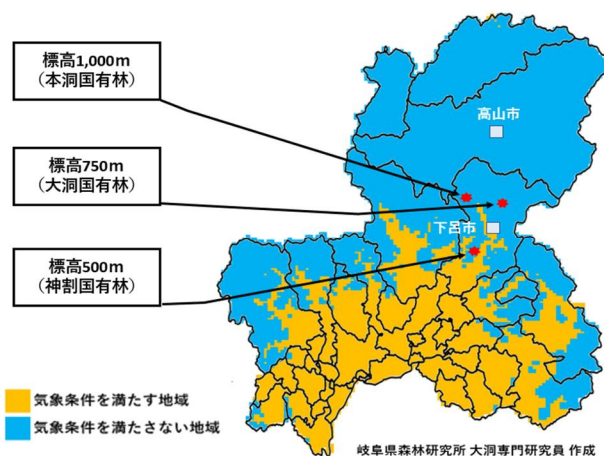


図1 岐阜県のコウヨウザンの生育適地と試験地位置図

県、茨城県、高知県、静岡県（4系統）、千葉県、京都府）のコンテナ苗木を、それぞれの系統がランダムに配置されるよう単木混交で植栽を行っています。なお、系統別に植栽苗木本数が異なっており、多い系統で97本、少ない系統で26本となっています。スギについては下呂市で生産された1年生コンテナ苗木を植栽しました。

コウヨウザンはノウサギの食害にあいやすいため、単木ネット型ツリーシェルター（クワンタイⅡ）及び試験地全体を囲う高さ1mの防護柵を合わせて設置しました。

令和4年10月ではコウヨウザン、スギともに活着率が90%以上であり、コウヨウザンのウサギによる食害はありませんでした。試験的にネット型ツリーシェルターをしていないコウヨウザン及びスギについては一部にシカによる食害がみられました（表2）。

成長量調査は植栽時から年2回、春と秋にコウヨウザン及びスギの根元径、苗高を測定し、春の調査では下刈前の個体ごとの雑草木競合調査を行いました。なお、2年間とも各試験地において下刈を行っています。

雑草木競合調査については図2のように、C1：植栽木の樹冠が周辺の雑草木から半分以上外に出ている、C2：植栽木の樹冠が周辺の雑草木からそこそ外に出ている、C3：植栽木の樹冠が周辺の雑草木の高さが同じぐらい、C4：植栽木の樹冠が周辺の雑草木に完全に覆われている、C5：植栽木の樹冠が上方も含め周辺の雑草木に完全に覆われている、の5段階で判定を行いました。

気象条件の調査は、各試験地において15分毎に気温及び地温（地下10cm）を測定（おんどとりTR42及びTR42A）するとともに、最深積雪指示計を用い

表1 試験地の概要

	神割試験地	大洞試験地	本洞試験地
標高	500m	750m	1,000m
雑草木	灌木	ササ	草本/ササ
斜面方向	南向	東向	東向
平均傾斜	35°	8°（谷筋）	33°

表2 活着率・獣害の有無

	神割試験地	大洞試験地	本洞試験地
コウヨウザン 活着率(%) (R4年10月)	92.0	98.5	97.5
コウヨウザン 獣害（～R5.5月）	なし	なし	なし
スギ 活着率(%) (R4年10月)	95.5	97.5	94.0
スギ 獣害（シカ）（～R5.5月）	あり	なし	あり

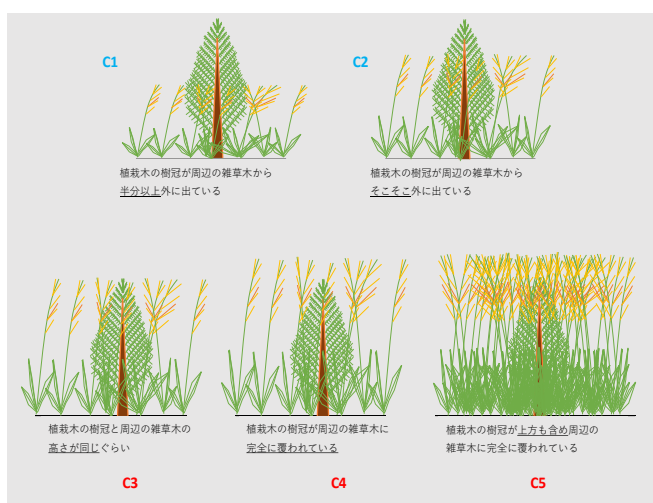


図2 雑草木競合調査の5段階の模式図

て令和4年から令和5年にかけて最深積雪深を測定しました。土壌調査は中部森林管理局計画課作成「森林の育成」研修資料森林土壌（現地実習）に基づき、令和5年10月に各試験地で行いました。

2 調査結果

(1) 気象（気温、地温、最深積雪深）

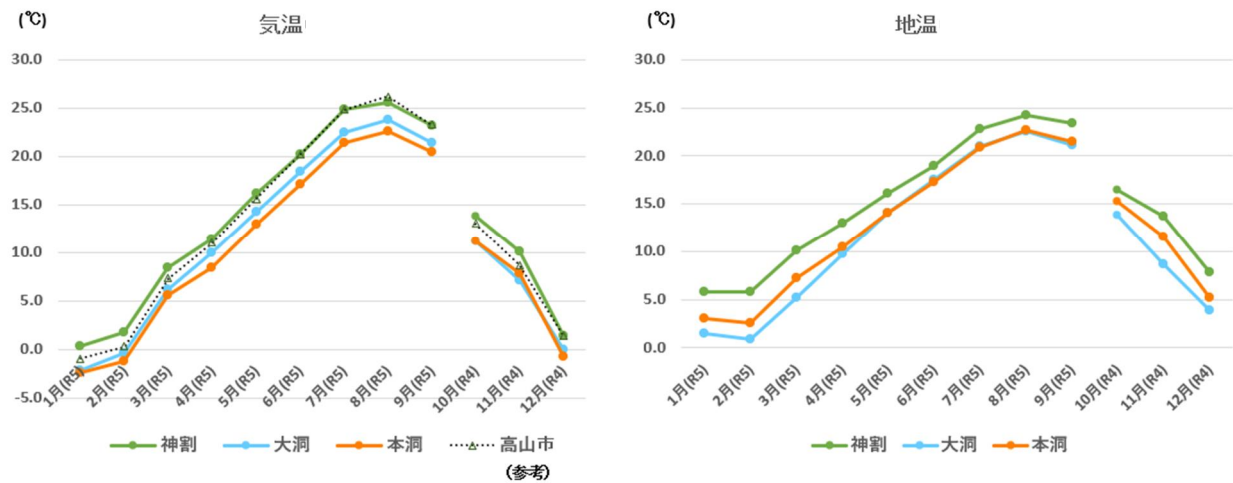


図3 各試験地の気温、地温

令和4年10月から令和5年9月までの各試験地の月平均気温・地温のグラフを図3に、年平均気温・暖かさ指数・寒さ指数を表3に示します。各試験地において標高が高くなるにつれ、年平均気温は低くなっていましたが、令和4年10月から令和5年3月までの月平均気温は大洞試験地と本洞試験地と同程度であり、同じ期間の月平均地温は本洞試験地より大洞試験地のほうが低くなっていました。

気候条件におけるコウヨウザンの植栽適地は、年平均気温 12℃以上、暖かさ指数 90℃・月以上、寒さ指数-15℃・月以上であり（山田ら 2017）、神割試験地ではこれら全ての条件を満たしていましたが、大洞試験地・本洞試験地ではこれらの条件を全て満たしていませんでした（表3）。なお、岐阜県高山市（標高 560m）ではこれらの条件を全て満たして

表3 各試験地の年平均気温、暖かさの指数、寒さの指数

ました。
最深積雪深は、神割試験地では 15cm、大洞試験地では 20cm、本洞試験地では 45cm であり、標高が高くなるにつれ、最深積雪深は大きくなっていました。

	神割試験地	大洞試験地	本洞試験地	高山市（参考）
年平均気温（℃）	13.1	11.0	10.2	12.6
暖かさの指数（℃・月）	108.6	89.6	82.3	105.1
寒さの指数（℃・月）	-11.6	-17.7	-19.4	-14.3

※令和4年10月～令和5年9月
※コウヨウザンの生育に適した気候条件を満たしている場合は、赤字で表示

(2) 土壌

土壌調査の結果を写真2に示します。神割試験地は適潤性褐色森林土（偏乾亜型）、大洞試験地は適潤性褐色森林土であり加えて石礫の量が多い土壌でした。本洞試験地は下層に黒色土があることから、その上に生成途中の適潤性褐色森林土が乗る埋没土壌であることが考えられました。各試験地において土壌条件がそれぞれ異なっていることがわかりました。



写真 2 神割試験地 大洞試験地 本洞試験地

(3) 雑草木との競争

図 4 は、下刈前、令和 5 年 6 月調査時点での試験地毎の雑草木競争指数割合について示しています。本洞試験地においてはコウヨウザン、スギの試験地とともに雑草木競争指数は、ほぼ C3 以下となっていました。大洞試験地の C4 以上の割合は、コウヨウザン 69%、スギ 87%であり、神割試験地の C4 以上の割合はコウヨウザン 60%、スギ 64%となっていました。

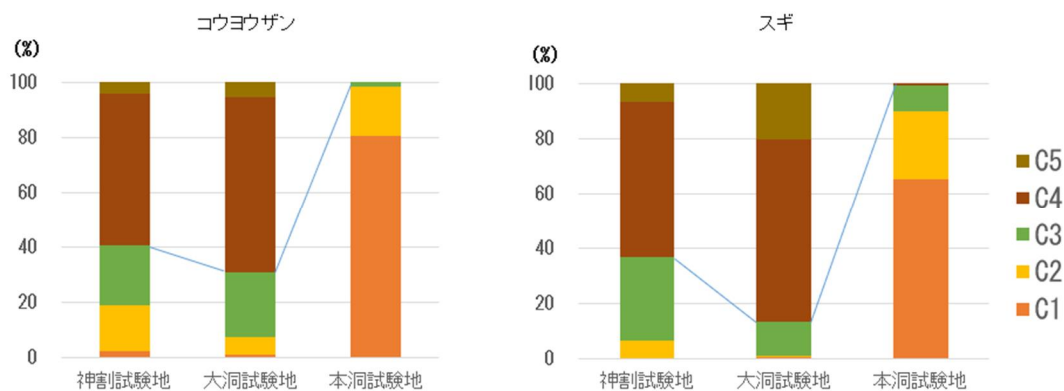
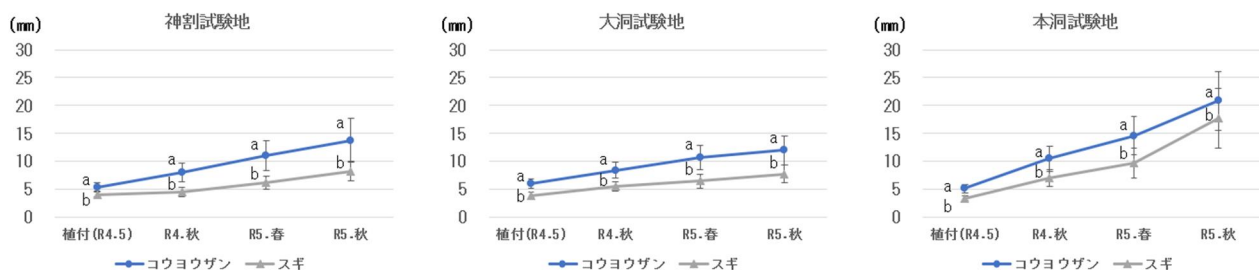


図 4 各試験地の雑草木競争指数割合

(4) コウヨウザンとスギの成長量の比較

植付時（令和 4 年 5 月）から 2 年目（令和 5 年 10 月）までの各試験地別のコウヨウザンとスギ成長量について、図 5、図 6 に示します。



p<0.001, Mann-Whitney U test (記号順で有意差有り)

図 5 各試験地別のコウヨウザンとスギの成長量（根元径）の推移

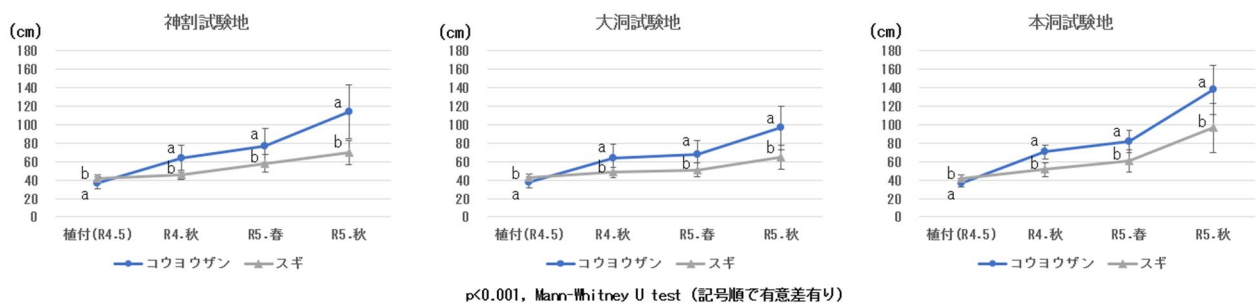


図6 各試験地別のコウヨウザンとスギの成長量（苗高）の推移

平均根元径については、植付時から2年目まで各試験地ともスギよりコウヨウザンの方が有意に大きい値を示し続けていました(P<0.001, Mann-Whitney U 検定)。平均苗高については、各試験地とも植付時にはコウヨウザンよりスギの方が有意に大きい値を示していましたが、1年目の秋以降においては、スギよりコウヨウザンの方が大きい値を示し続けていました(P<0.001, Mann-Whitney U 検定)。

2年目において、試験地ごとにスギの平均根元径を100としたとき、コウヨウザンの根元径の比率は神割試験地では167、大洞試験地では155、本洞試験地では118となっていました。また、スギの平均苗高を100としたとき、コウヨウザンの苗高の比率は神割試験地では162、大洞試験地では149、本洞試験地では143となっていました。

(5) コウヨウザンとスギの形状比

コウヨウザンの形状比の平均値は、植付から2年目まで60から80程度であったのに対し、スギの形状比の平均値は植付時には100を超えており、その後低くなる傾向がありました(図7)。コウヨウザンの形状比が秋から春にかけて低くなっていますが、これは秋の調査から春の調査の間に樹高成長に比べ根元成長が大きいためでした。また、本洞試験地では植付の秋からコウヨウザン、スギの形状比ともに他の試験地より低い値となっていました(P<0.001, Steel-Dwass 検定)。

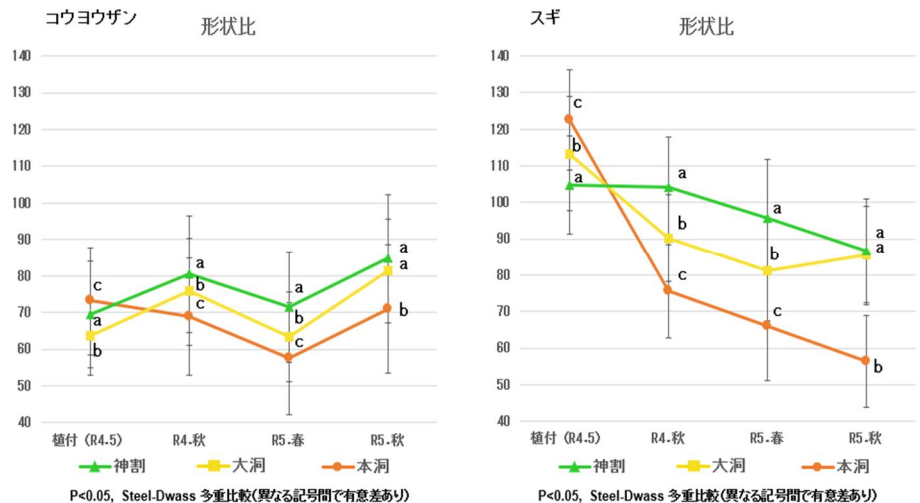


図7 コウヨウザンとスギの形状比の推移

(6) コウヨウザンの成長量の各試験地別比較

植付時から2年目までの各試験地別のコウヨウザンの成長量について、図8に示します。植付時の平均根元径に各試験地別に若干有意差があったものの(P<0.001, Steel-Dwass 検定)、苗高には有意差がありませんでした。2年目の平均根元径は、値の高い順に本洞試験地では $20.8 \pm 5.2\text{mm}$ (平均値±標準偏差)、神割試験地では $13.7 \pm 3.9\text{mm}$ 、大洞試験地では $12.0 \pm 2.6\text{mm}$ となっており、2年目の平均苗高は本洞試験地では $138 \pm 30\text{cm}$ 、

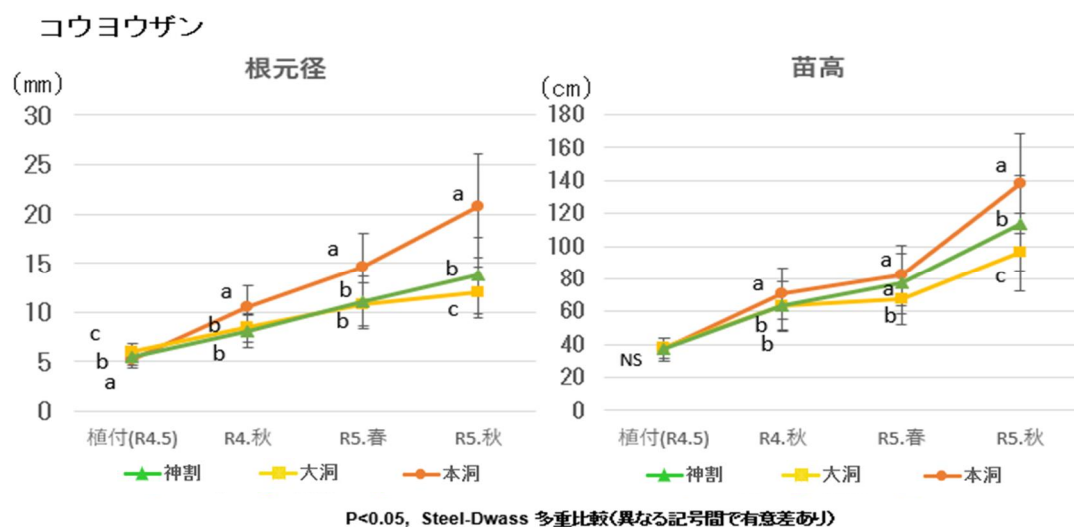


図8 コウヨウザンの成長量の推移

神割試験地では 114 ± 29 cm、大洞試験地では 97 ± 24 cm となっていました。根元径・苗高ともにこの順で有意に大きくなっていました ($P < 0.001$, Steel-Dwass 検定)。2年目において、本洞試験地では2mを超える個体が数本確認できましたが、平均根元径・苗高ともにバラツキ(標準偏差)の値も大きく、本洞試験地、神割試験地、大洞試験地の順となっていました。

(7) スギの成長量の各試験地別比較

植付時から2年目までの各試験地別のスギの成長量について、図9に示します。植付時の平均根元径に各試験地別に有意差がありました ($P < 0.001$, Steel-Dwass 検定) が、その差はわずかでした。植付時の平均苗高については、本洞試験地・神割試験地に比べて大洞試験地が有意に大きかったものの、その差はわずかでした。2年目の平均根元径は、値の高い順に本洞試験地では 17.7 ± 5.3 mm、神割試験地では 8.2 ± 1.8 mm、大洞試験地では 7.7 ± 1.6 mm となっており、2年目の平均苗高は本洞試験地では 97 ± 27 cm、神割試験地では 70 ± 13 cm、大洞試験地では 65 ± 13 cm となっていました。スギについても根元径・苗高ともにこの順で有意に大きくなっていました (根元径: $P < 0.05$ 、苗高: $P < 0.001$, Steel-Dwass 検定)。

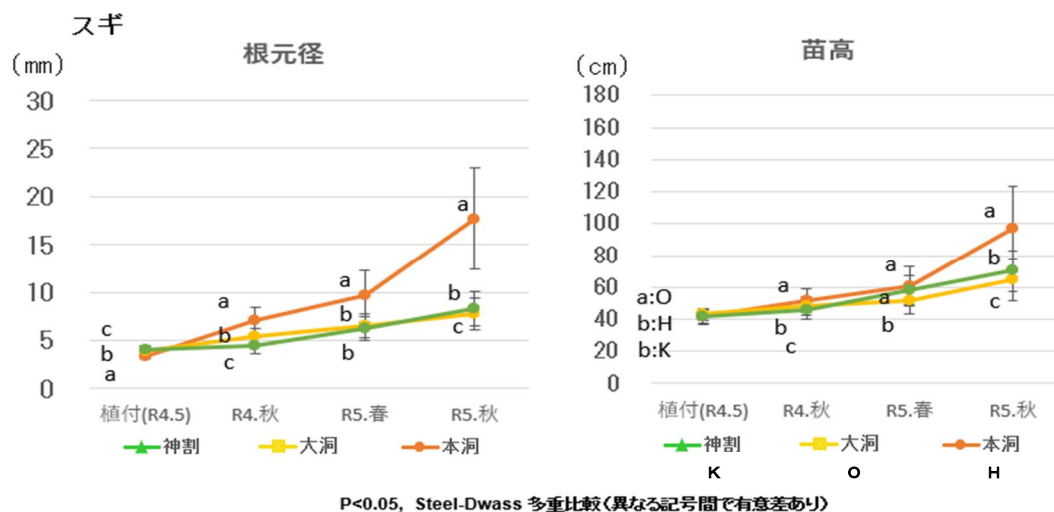


図9 スギの成長量の推移

(8) コウヨウザンの多幹性

各試験地において、コウヨウザンの特徴の一つである多幹となる個体を一部確認しました（写真3）。試験地のコウヨウザンの多幹率は、神割試験地では12%、大洞試験地では1%、本洞試験地では11%でした。



写真3 多幹となったコウヨウザン

(9) コウヨウザン系統別成長量

種子生産地別に9系統のコウヨウザンの成長量について、全試験地をまとめて比較したところ、平均根元径、苗高ともに系統による成長の差がみられました（図10）。なお、試験地別でも系統間で同様な傾向がみられました。

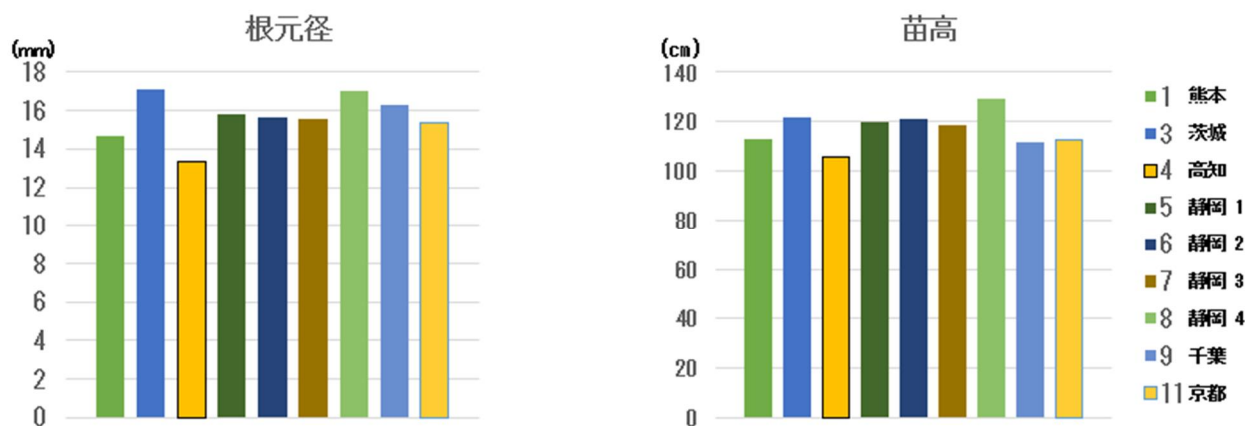


図10 コウヨウザン 種子生産地別 9系統の成長量

考察

各試験地の気象条件について、標高が高くなるにつれ年平均気温は下がっており、コウヨウザンの生育適地の気候条件に当てはまる箇所は標高500mの神割試験地のみでしたが、この2年間の成長についてコウヨウザン、スギともに最も良い成長を示したのは標高1000mの大洞試験地でした。コウヨウザンの成長とスギの成長を比較するとどの試験地においてもコウヨウザンの方が根元成長、樹高成長ともに大きい結果となりました。このことからコウヨウザンの生育には気候だけでなく、その他の条件が大きく影響していることが示唆されました。

スギの成長を100とした場合のコウヨウザンの成長の比率を比較したとき、標高が高くなるほどその比率が低くなっていましたが、近藤ら(2020)の報告では、コウヨウザンとスギの成長比較においてコウヨウザンよりスギの成長がよい場所があり、その原因は土壌条件によるものであると考えられていたことから、この比率の違いは気象条件によるものだけではないと考えられました。

標高1000mの本洞試験地でのコウヨウザン、スギの成長が最もよく、次いで標高500mの神割試験地、標高750mの大洞試験地の順となっていました。スギと同じようにコウヨウザンは、斜面下部の林分で成長が最も良く、斜面中部でもよい成長を示すが、斜面上部などの地形では成長がよくない（森林総合研究所 2021）とされており、各試験地の土壌条件の違いが成長の差に表れた一因と考えられます。

下刈が行われる前の雑草木との競争において、本洞試験地ではほぼC3以下であり雑草木との競争が少なく、神割試験地及び大洞試験地ではC4以上の割合が大きく、コウヨウザン及びスギが雑草木との競争において劣勢となっていたと考えられました。斎藤ら(2020)の報告では、スギの19年生若齢林分では、直径は3月下旬から成長を開始し5月上旬にピークとなり7月上旬でほぼ止まり、樹高は5月中旬から伸長が始まり6月中旬にピークとなり9月中旬でほぼ止まったとあり、今回の雑草木調査及び下刈の期間は、この報告の期間中にあたることから一概には言えませんが、下刈までの雑草木との競争が少なかったことにより本洞試験地での成長が最もよかったことの一因と考えられます。また、雑草木の被圧の影響は樹高成長よりも直径成長に大きく表れることから(丹下ら1993)、1年目秋以降の本洞試験地の形状比に比べて、神割試験地・大洞試験地の形状比が高かったことは、雑草木との競争が高いことによるとも考えられます。

さらに、標高が中位である大洞試験地でのコウヨウザン、スギの成長が他の試験地に比べてよくなかったことは、上記以外に大洞試験地が谷筋に位置しており、秋から冬までの間では地温は他の試験地に比べ低く、測定はしていませんが、谷筋という地形から日照時間も短いことも要因の一つと考えられます。

また、各試験地において、コウヨウザンでは多幹となる個体が見られましたが、近藤ら(2020)の報告の中において、国内各地のコウヨウザンの多幹率は0～52%と報告されており、その中央値は3%であったことから、多幹率が10%を超える神割試験地及び本洞試験地は多幹率が比較的高いと考えられます。多幹は、植栽後若い時期に気象害、獣害などによって主軸が被害を受けることから発生すると言われており(近藤ら2020)、今回の試験地は単木ネット型のツリーシェルターを設置していたことから、気象害、獣害の影響は少なかったと考えられ、他の要因があったことが示唆されます。

コウヨウザンの成長について比較的バラツキが大きかったことは、種子産地別の系統間によるバラツキも含まれていると考えられるため、個体間の成長差とは一概に言えないものであると推察されますが、今回はその解析まで至っていないため、今後の調査を続けていく中で明らかにできればと考えています。

おわりに

本研究は、令和4年度から令和9年度までの技術開発課題であり、森林総合研究所林木育種センター・岐阜県森林研究所との共同研究です。今後も調査を継続的にを行い、コウヨウザンに影響する成長条件を検討していきます。また、この間、獣害対策、気象条件の変化等のことも考慮しつつツリーシェルターの除去やそのタイミングについて検討を行い、さらにコウヨウザンの種子産地別の系統間による成長量の違いが系統間の差によるものかを確認したいと思います。一連の研究にご協力いただいた森林総合研究所林木育種センター、岐阜県森林研究所、岐阜森林管理署の職員各位に厚くお礼申し上げます。

引用文献

近藤禎二・山田浩雄・大塚次郎・磯田圭哉・生方正俊(2020) わが国におけるコウヨウザンの成長. 森林遺伝育種 第9巻 1-11

国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 林木育種センター(2021) コウヨウザンの特性と増殖マニュアル

宇敷京介・大洞智宏(2021) 岐阜県下に植栽したコウヨウザンの初期成長. 令和3年度中部森林技術交流発表会

山田浩雄・安部波夫(2017) コウヨウザン、センダン、キハダ、ウルシ、イタヤカエデ、ウダイカンバの所在地データベースの作成. 平成29年度森林総合研究所林木育種センター年報

齊藤哲・川崎達郎・壁谷大介・飛田博順・田中憲蔵・右田千春・梶本卓也(2020) スギ若齢個体の直径成長と

伸長成長の季節変化. 第 126 回日本森林学会大会

丹下健・鈴木祐紀・八木久義・佐々木恵彦・南方康(1993) 雑草木の刈り払い方法が植栽木の成長に与える影響. 日本林学会誌 75 巻 5 号 416-423