

寒冷地における早生樹の育成について

仙台森林管理署 地域技術官 ○小林 哲也
森林官（川崎森林事務所）○橋本 敏之

1 はじめに

高度経済成長期以降、立木価格は低水準で推移し、森林経営の健全化のためには、造林コストの削減は喫緊の課題である。スギやヒノキと比べて短い期間で収穫時期を迎える早生樹には、造林コストの削減、短期の投資回収等が期待されている。

当署は株式会社村井林業、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東北育種場（以下、東北育種場という。）及び宮城県林業技術総合センターの4者で、平成30年3月13日に「早生樹の共同研究に関する協定」を締結し、併せて平成30年3月20日に当署は株式会社村井林業と分収造林契約を締結した。

シラカンバは北日本¹⁾、ユリノキはほぼ日本全域²⁾、コウヨウザンは関東地方から西日本にかけて分布している³⁾。早生樹とされている樹種は、主に比較的温暖な地域である西日本において研究が進められてきた経緯があり、寒冷地での事例が少ないことから、寒冷地で早生樹の育成が可能なのか、特にコウヨウザンに注目して検証した。

2 研究方法

（1）先行研究

コウヨウザンは中国・台湾原産の外来樹種で、日本においてこれまでに確認された全国243件のコウヨウザンの所在地情報から見た主な所在地の気候条件は、年平均気温が約12℃以上、暖かさの指数が約90℃・月以上、寒さの指数が約-15℃・月以上であり、主に照葉樹林帯に広く植栽されている³⁾。

この条件を東北森林管理局管内に当てはめるため、国土数値情報⁴⁾からGISソフトにより年平均気温の分布を描画した。さらに、アメダスの気温データ⁵⁾により暖かさの指数・寒さの指数を計算し、条件に適合する地域を抽出したところ、図1のとおり、宮城県、秋田県、山形県の海側の地域に集中していることがわかった。

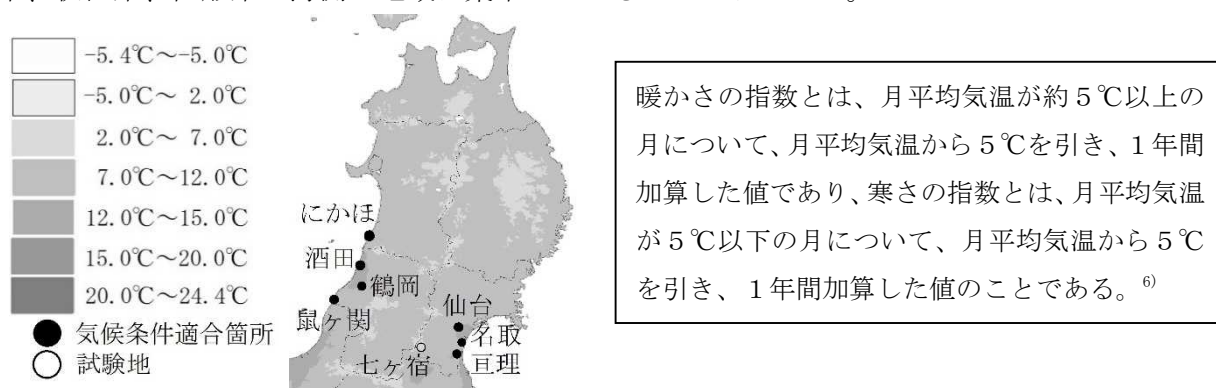


図1：コウヨウザン所在地から見た気候条件の適合箇所（東北局管内）及び試験地の箇所

出典：国土交通省のホームページより作成

(2) 試験地の概要

試験地は、株式会社村井林業と契約した分収造林地であり、所在地は宮城県刈田郡七ヶ宿町刈田嶽国有林 357 林班の小班、標高 575m、面積 1.37ha である（図 1 参照）。成長量を比較するため同様の時期に植え、同様の気候条件である試験地から約 8 km 離れたスギの植栽地（宮城県白石市深谷字白萩山国有林 323 林班は 1 小班、標高 630m、面積 0.59ha）を比較対象とした。樹種及び植栽本数等については表 1 のとおりである。

表 1：樹種及び植栽本数等

樹種	コウヨウザン	シラカンバ		ユリノキ		スギ
ha 当たり植栽本数 (本/ha)	2,000	3,000	1,000	1,000	500	2,200
植栽本数(本)	200	750	250	250	150	30
面積(m ²)	1,000	2,500	2,500	2,500	3,000	100
伐期齢(年生)	40	32	32	32	32	未定
標準地の本数(本)	28	50	50	30	30	30
標準地の面積(m ²)	140	167	500	300	600	100
平均苗長(cm)	71	20	20	60	60	24
種苗会社等所在地	広島県広島市	北海道北斗市		大分県大分市		宮城県大衡村
苗齢・規格	1 年生コンテナ苗	2 年生コンテナ苗		2 年生コンテナ苗		2 年生コンテナ苗

注) スギについては、比較対象として用いた 1 プロットのデータである。

(3) 調査方法

① 気象観測

現地に気象観測装置 Weather Station Vantage Pro 2 (Davis 社 アメリカ) を設置し、平成 30 年 4 月から令和元年 12 月までの温度、雨量、風向、風速、湿度のデータを計測した。また、アメダスの白石における月平均気温と対象林分における月平均気温の差を求めその年間平均値を補正值として、1 ヶ月の間に 1 日でもデータの欠損がある場合は、その月について気象庁のホームページからアメダスの月平均気温に補正值を加減した数値を試験地の月平均気温として使用した。

② 耐凍性評価

東北育種場の協力の下、林木育種センターに耐凍性評価の試験を実施していただいた。植物は高温や低温等のストレスを受けると細胞膜の性質が変化して、電解質が細胞の外に漏れ出すことがある。電解質漏出法は、植物の組織片を－10℃から－30℃までの温度別に冷却した後、遮光条件下で融解し、水に浸し、漏れ出た電解質量を導電率計で測定するもの⁷⁾であり、各温度で凍結した植物の生存率を調べることができる。試料については、枝の針葉の組織片を実験に用いるため、積雪前の 12 月に対象林分から 6 本の枝を採取し、枝の切り口を湿らせたタオル等で包み、冷蔵便で林木育種センターに送付した。

③ 成長量調査・活着率調査

宮城県林業技術総合センターの協力の下、平成 30 年 4 月、同年 10 月、令和元年 10 月に対象林分において植栽樹種の標準地を毎木調査し、樹高、根元径、枯損木の有無、枯損

の原因を確認した。標準地の本数及び面積等については表 1 のとおりである。材積の計算については、青森営林局の立木材積表(1961)⁸⁾を参考に、細田ら(2010)⁹⁾が開発した幹材積計算プログラムにより計算した。

3 結果

(1) 気象観測

平成 30 年 4 月から令和元年 12 月までの試験地の月平均気温とアメダス白石観測所における月平均気温の差の平均値は-2.2℃であり、本研究においてデータに欠損がある期間については、この-2.2℃を補正值とした。試験地における平年の年平均気温については、アメダス白石観測所の平年の年平均気温である過去 30 年の平均気温から補正值を差し引いたものとした。

試験地の年平均気温、暖かさの指数及び寒さの指数については、表 2 のとおりであり、試験地は先行研究による所在地から見たコウヨウザンの気候条件に適合しないことがわかった。また、気象観測の結果、試験地の最低気温は約-5℃であった。

表 2：試験地における年平均気温、暖かさの指数及び寒さの指数

	年平均気温(℃)	暖かさの指数(℃・月)	寒さの指数(℃・月)
平成 30 年	10.3	82.3	-18.6
令和元年(平成 31 年)	10.2	78.4	-16.6
平年	9.7	74.2	-18.2

(2) 耐凍性評価

林木育種センターに実施していただいた電解質漏出法による耐凍性評価の結果は、図 2 のとおりである。試験地のコウヨウザンは、-20℃まで凍結すると障害が発生し、生存率が急激に低下した^{A)}。この結果から、試験地の最低気温である約-5℃の気温では、コウヨウザンは十分生存可能であることがわかった。

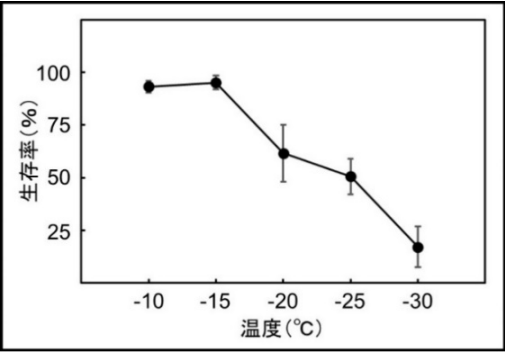


図 2：試験地におけるコウヨウザンの耐凍性評価の結果

提供：林木育種センター、遠藤 圭太

(3) 成長量調査・活着率調査

コウヨウザン及びスギの個体サイズの経年変化について示すため、植栽時、1 成長期後及び 2 成長期後の樹高及び根元径の大きさを図 3 のとおり表した。コウヨウザンは樹高、根元径ともに伸びており、特に樹高の成長が旺盛であるのに対し、スギは根元径の成長が

旺盛である。このことは、表3からも読み取れる。コウヨウザンは形状比が大きくなっている一方、スギは形状比が小さくなっていることがわかる。また、平均樹高についてはコウヨウザンとスギは同等であり、平均根元径についてはコウヨウザンよりもスギの方が大きかった。ha当たりの材積については、林分の蓄積量がどの程度大きくなったかを示す指標として有用であり、初期成長の段階であるがすべてスギを上回っていることがわかった。

表3：植栽木の樹高、根元径、形状比及びha当たり材積

		コウヨウザン	シラカンバ		ユリノキ		スギ
ha 当たり植栽本数(本/ha)		2, 000	3, 000	1, 000	1, 000	500	2, 200
樹高 (cm)	平成 30 年 4 月	20. 2	69. 8	73. 2	64. 2	64. 6	42. 7
	平成 30 年 10 月	38. 0	115. 3	125. 2	76. 3	78. 3	45. 3
	令和元年 10 月	64. 0	181. 1	202. 7	101. 2	122. 8	64. 0
	成長率(倍)	3. 2	2. 6	2. 8	1. 6	1. 9	1. 5
根元径 (mm)	平成 30 年 4 月	4. 9	8. 8	8. 5	5. 6	5. 8	5. 0
	平成 30 年 10 月	5. 6	12. 6	12. 5	7. 8	8. 3	7. 5
	令和元年 10 月	8. 3	21. 5	22. 6	17. 0	21. 8	11. 9
	成長率(倍)	1. 7	2. 4	2. 7	3. 0	3. 8	2. 4
形状比 (樹高/根元径)	平成 30 年 4 月	41	79	86	115	111	85
	平成 30 年 10 月	68	92	100	98	94	61
	令和元年 10 月	77	84	90	60	56	54
ha 当たり材積 (m ³ /ha)	平成 30 年 4 月	0. 00	0. 11	0. 04	0. 01	0. 01	0. 02
	平成 30 年 10 月	0. 01	0. 28	0. 10	0. 02	0. 02	0. 03
	令和元年 10 月	0. 02	1. 12	0. 47	0. 13	0. 14	0. 11
	成長率(倍)	9. 3	10. 2	13. 0	9. 1	17. 4	6. 2

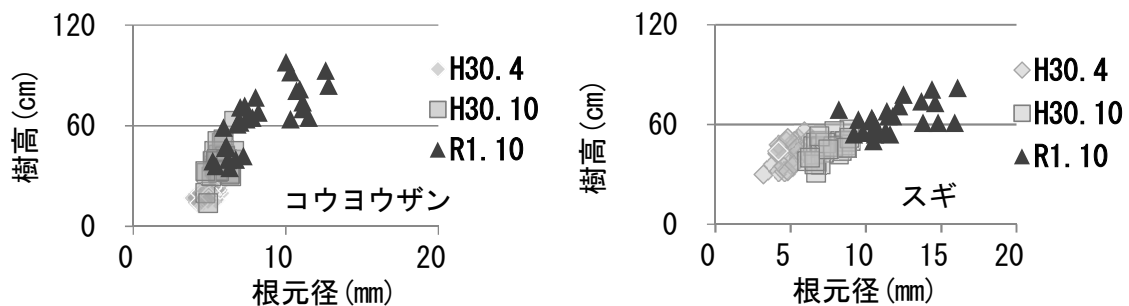


図3：個体サイズの経年変化

冬期間は図4のように、コウヨウザンは雪に埋まってしまい、越冬後は植栽本数の4分の1の割合で先枯れが発生したものの、先枯れ箇所はすべて萌芽成長した。



図4：先枯れしたコウヨウザンの萌芽後の様子（左：冬期、中央：春期、右：秋期）

また、下刈りは植栽年を含む5ヶ年の間、6月に坪刈りにより行われた。図5のとおり植栽直後からの様子を見ると、コウヨウザンは下草よりも早く成長していることがわかる。



図5：試験地のコウヨウザンの様子

(左：平成30年5月14日、中央左：10月15日、中央右：令和元年5月9日、右：10月8日)

コウヨウザンについては、近畿中国森林管理局においても調査が実施されており、表4のとおり岡山県の事例が公表されている¹⁰⁾。植栽時の苗の大きさが異なることから、植栽時を1としたときの成長率の違いについて比較したところ、樹高の成長率は宮城県七ヶ宿町の方が大きく、根元径の成長率は岡山県新見市の方が大きいことがわかった。

表4：岡山県新見市のコウヨウザンの事例

	樹高(cm)	根元径(mm)	形状比
植栽時	50.5	9.0	56
2成長期	131.9 (2.6倍)	22.8 (2.5倍)	61

表5のとおり、コウヨウザンの活着率は89%となっている。枯損原因は不明だが、現地に掘り起こされた箇所があることから、イノシシ等の獣害による消失も考えられる。なお、冬期間のコウヨウザンは雪に埋まってしまい、越冬後は植栽本数の4分の1の割合で先枯れが発生したものの、先枯れ箇所はすべて萌芽成長した。また、シラカンバやユリノキについては越冬後の折損や枯損があり、これらはすべて雪害・凍害として集計した。

表5：植栽木の活着率及び主な枯損原因

樹種	コウヨウザン	シラカンバ		ユリノキ		スギ
ha 当たり植栽本数 (本/ha)	2,000	3,000	1,000	1,000	500	2,200
活着率	89%	82%	84%	77%	83%	80%
主な枯損原因	不明	折損(66%) 被圧(33%)	雪害(50%) 被圧(38%)	凍害(43%) 被圧(43%)	被圧(80%) 凍害(20%)	獣害(50%) 不明(50%)

注)「主な枯損原因」の()内の数字は、枯損原因の内訳の割合ある。

シラカンバ及びユリノキの生育状況については表3のとおり、樹高及び平均根元径ともに

スギよりも大きかった。また、植栽時からの形状比の経年変化を見ると、シラカンバは形状比が一定である一方、ユリノキはスギと同様に形状比が下がっていて、肥大成長が旺盛であることがわかった。また、コウヨウザンと同様に植栽直後からの様子を写真で確認したところ、同じ条件下で下刈りが行われた結果、どちらの樹種も下草よりも早く成長していることがわかった。

表7のとおり公表されている他の事例と比較すると、シラカンバについては、北海道の事例¹¹⁾と同等の初期成長率であることがわかった。ユリノキについては、山口県の事例¹²⁾よりも初期成長率が低いことがわかった。

なお、北海道の事例については根元径の値が公表されていないものの、根の深さ及び根の広がりから根元径の回帰式から推定値を計算した。

表6：北海道のシラカンバ及び山口県のユリノキの事例

北海道 シラカンバ (佐藤 1995)				山口県 ユリノキ (山田ら 2001)			
	樹高 (cm)	根元径 (mm)	形状比	500 本/ha	樹高 (cm)	根元径 (mm)	形状比
植栽時	80	26.1	31	植栽時	45	4.7	96
2 成長期	232 (2.9 倍)	69.0 (2.6 倍)	34	2 成長期	204 (4.5 倍)	32.3 (6.9 倍)	63

4 考察

多くの樹種において、冬期の耐凍性が寒冷地での種の分布を決定する鍵となる要因である¹³⁾ことを踏まえると、南方由来の樹種であるコウヨウザンを東北地方において広く植栽するには、その耐凍性を明らかにすることが重要であると考えられる。本研究において、山田ら (2017) による日本全国の主な所在地から見たコウヨウザンの気候条件に試験地である宮城県七ヶ宿町は適合せず、実際に気象観測の結果、三つの条件を全て満たさなかった。ところが、活着率は概ね良好であり、下草よりも早く成長し、植栽時の苗の大きさが異なるものの西日本の事例である岡山県新見市の結果と比べて遜色のない生育状況であった。このことは、コウヨウザンの気候条件に適合しない地域においてもコウヨウザンが生育しうる箇所があることを示唆する。

さらに、シラカンバやユリノキについては寒害や凍害による枯損があったものの、耐凍性評価の結果、コウヨウザンについては宮城県七ヶ宿町の最低気温である -5°C を下回る環境下でも死滅せず、試験地の気温では十分に越冬可能であると言える。この結果から、最低気温の低さがコウヨウザンの生存率に影響を与えている可能性があることがわかる。つまり、コウヨウザンの気候条件として年平均気温、暖かさの指数及び寒さの指数だけでは不十分で、南方由来の樹種であるコウヨウザンについては寒冷地における最低気温の低さがその越冬可能性を左右しうると考えられる。

本研究においては雪害による影響を十分に考慮しなかった。雪害による影響としては、例えば初期成長段階における雪圧による折損及び倒伏や、積雪量により生育状況が制約されることが挙げられる。また、ユリノキについては広葉樹でありながら直通性があるのが特徴でありながら、北アメリカ原産の外来樹種であり、寒冷地においては積雪や気温の低下により樹形の乱れが発生する可能性がある。こうしたことから、今後は、冬期の積雪量や降雪の有無

等を調査し、雪害が及ぼす影響を検証する必要がある。

5 謝辞

本研究にあたり各種調査及び施業の実行等にご協力いただいた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東北育種場、宮城県林業技術総合センター及び株式会社村井林業の皆様、並びに電解質漏出法による耐凍性評価の試験を実施していただいた林木育種センター遺伝資源部保存評価課の遠藤圭太様に深く感謝申し上げます。

6 引用文献

- 1) 倉田悟(1971), 原色日本林業樹木図鑑 第一巻, 地球社
- 2) 飯島亮・安森俊比古(1964), 日本における造園樹木の植栽分布に関する研究 第3報, 造園学会, 28巻3-4号
- 3) 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
- 4) 国土交通省国土政策局国土情報課, 国土数値情報ダウンロードサービス, <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
- 5) 気象庁, 過去の気象データ・ダウンロード, <http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>
- 6) 国立研究開発法人森林総合研究所林木育種センター, コウヨウザンの特性と増殖の手引き, 第4期中長期計画成果15(育種・生物機能-2), 2018年3月
- 7) 山田浩雄・遠藤圭太・宮本尚子(2017), 電解質漏出法によるコウヨウザンの耐凍性評価、平成29年度版林木育種センター年報業務レポート, 130-131
- 8) 青森営林局(1961), 立木材積表, 昭和36年10月
- 9) 細田和男・光田 靖・家原敏郎(2010), 現行立木幹材積表と材積式による計算値との相違およびその修正方法, 森林計画学会誌44巻2号:23~39ページ, 2010年12月発行
- 10) 近畿中国森林管理局, 近畿中国森林管理局における早生樹造林の取組, <http://www.rinya.maff.go.jp/kinki/sidou/gijyutukaihatu/souseiju.html>
- 11) 佐藤孝夫(1995), 樹木の根系の成長に関する基礎的研究, 北海道林業試験場研究報告32号, 1995年3月
- 12) 山田隆信・佐渡靖紀(2001), ユリノキ植栽による混交林造成試験, 山口県林業指導センター 林業試験研究発表集 2001
- 13) Sakai A・Larcher W(1987), Frost Survival of Plants Responses and Adaptation to Freezing Stress. Springer-Verlag, Berlin

7 データの提供

- A) 遠藤 圭太, 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