

3. 早生樹の植栽技術に関する情報の収集・分析等

3.1. 文献調査

前述のとおり調査対象樹種はセンダン、コウヨウザン、チャンチンモドキ、ヤナギ類とした。これら4樹種を設定した理由は表3-1のとおりである。

表 3-1 樹種選定理由

樹種	選定理由
センダン	・ 成長が速い ・ 材が家具材等で有用 ・ 熊本県によるセンダン研究の先駆的な技術成果あり ・ 収穫期に近い試験展示林あり ・ 試験による育林技術マニュアルあり ・ 生産目標設定の参考となるような林分あり ・ 熊本県では熊本県森林・林業・木材産業基本計画でセンダン植栽を推進 ・ 福岡県大川市の家具工業会等の関係者がケヤキ等の代替材として成長が速いセンダンに着目
コウヨウザン	・ 成長が速い ・ スギ・ヒノキに匹敵するヤング率を有する調査結果あり ・ 生産目標設定の参考となるような林分あり ・ 広島県がコウヨウザン植栽を推進
チャンチンモドキ	・ 成長が速い ・ 直幹性を有する ・ 全国天然木化粧合単板工業協同組合連合会や大分県農林水産研究センター林業試験場での研究実績あり
ヤナギ類	・ 成長が速い ・ 未利用樹種がバイオマス資源として評価 ・ (国研) 森林研究・整備機構森林総合研究所北海道支所や北海道立総合研究機構森林研究本部林産試験場等での研究成果あり

3.1.1. 文献整理

早生樹について、学術論文等から情報を収集し、現状における技術体系、課題、利用等、全国各地で早生樹植栽を導入する際に参考となるよう内容を整理した。

昨年度収集した 63 文献に、本年度収集した 26 文献を追加した。単一樹種ではなく複数樹種を扱った文献については、集計の関係上、複数樹種の文献として整理した。

まず、4 樹種の基礎情報を表 3-2 に整理した。

表 3-2 基礎情報一覧

樹種名		科	形態的特徴	用途
センダン		[センダン科]	落葉高木。暖地の海岸近くに自生する。街路樹や公園などにもよく植えられている。高さ 5～15m、大きいものは 30m になる。	庭木 公園 街路樹 建築 家具 器具 楽器材 下駄 等
別名：	オオチ			
コウヨウザン		[ヒノキ科]	常緑高木。中国原産。江戸時代末期に渡来し、暖地によく植えられている。大きいものは高さ 35m、直径 1m になり、樹冠は広円錐形になる。	庭木 建築 器具 船舶材 等
別名：	－			
チャンチンモドキ		[ウルシ科]	落葉高木。暖地の山地にまれに生え、高さ 15～25m になる。 葉の形がチャンチン(センダン科)に似ている。	装飾品 等
別名：	カナメノキ			
オノエヤナギ		[ヤナギ科]	落葉低木～高木。湿地や川岸に多く生え、高さ 5～10m になる。枝は細く、通直性を有する。	護岸樹 細工物 パルプ バイオマス 等
別名：	カラフトヤナギ ヤブヤナギ、 ナガバヤナギ			
エゾキヌヤナギ		[ヤナギ科]	落葉高木。北地の水辺に生え、高さ 6～15mになる。	庭木 花材 細工物 バイオマス 等
別名：	ギンヤナギ ウラジロヤナギ			

出典：（財）林業科学技術振興所（1985 年），有用広葉樹の知識一育てかたと使いかた一、川崎吉光（1985 年），日本の樹木、
牧野富太郎（1989 年），牧野新日本植物図鑑
全国天然木化粧単板工業協同組合連合会（2015 年），
未利用広葉樹の新規需要開拓に関する調査委託事業

センダンやコウヨウザン、ヤナギ類については、熊本県、広島県、北海道において先駆的に研究がなされており、製品としての用途も含めた情報が整理可能であったが、チャンチンモドキについては、3 樹種と比較すると情報が非常に少なかった。

次に収集した文献を分類ごとに分けて整理するために、昨年度の区分と同様、以下の 7 つの観点で区分した。

- ①造林：施業（密度効果、芽かき、育種など）、生育（成長特性、保育など）に関する文献
- ②材質：材の基本的性質や特性、ヤング率などに関する文献
- ③遺伝：遺伝的多様性に関する文献
- ④生理：病害や施肥による成長促進に関する文献
- ⑤利用：用材としての利用に関する文献
- ⑥バイオマス：バイオマス利用（生産や利用の可能性等）に関する文献
- ⑦現状：当該樹種の現在までの樹種の取り扱いや位置づけ等一般的な記述に関する文献

上記の区分を活用し、今年度はセンダン 7 件、コウヨウザン 19 件を整理した（表 3-3～3-5）。また、昨年度の文献調査の結果を表 3-6～3-10 に示す。

表 3-3 文献情報集計結果

樹種名	基礎情報								件数
	4								合計
	造林 施業	生育	材質	遺伝	生理	現状	利用	バイオマス	合計
センダン	6	6+7	1	0	2	1	0	0	16+7
コウヨウザン	2+3	3+6	5+6	2+3	0	4+1	0	0	16+19
チャンチンモドキ	0	1	0	0	0	0	0	0	1
ヤナギ類	0	4	0	0	1	0	0	13	18
コウヨウザン・ チャンチンモドキ	4	0	0	0	0	0	0	0	4
センダン・ チャンチンモドキ	0	0	0	0	0	0	1	0	1
センダン・ コウヨウザン	1	0	0	0	0	0	0	0	1
総数									63+26

黒字：平成29年度文献調査件数

赤字：平成30年度文献調査件数

表 3-4 平成 30 年度 文献一覧 (センダン)

No.	区分	造林_生育	年	2015	著者名	村田功二ら
1	出典	第 126 回日本森林学会大会 (抄録)				
	文献名	関西地区における国産早生樹センダンの試験植林				
	概要	関西地域で実際にセンダンを植栽しその成長量を確認すると同時に、自生するセンダンの材質を調査した。熊本県で優れた成長が確認されたクローンから採取した種子由来の 1 年生苗を関西地区で植栽した。対象地域は大阪市住之江区平林の海岸沿いの遊休地と、南丹市美山町の京都府立大学附属大野演習林である。センダン苗をそれぞれ 10 本ずつを植栽し、樹高と根元直径の成長量を測定した。両方の調査地で 1 年間の成長量は良好であり、最も成長の良いものは樹高 3m、根元直径 60mm に達した。大野演習林に自生していたセンダンの地上 50cm から約 1m を供試材として年輪解析や材質評価を行った。降雪があり比較的冷涼な京都府立大学附属大野演習林(京都府南丹市美山町)でも、11 年目には直径 30cm、20 年目には直径 50cm に成長しており、優れた成長量が見込めることが分かった。				
No.	区分	造林_生育	年	2016	著者名	糟谷信彦ら
2	出典	第 127 回日本森林学会大会 (抄録)				
	文献名	京都府立大学大野演習林での早生樹センダンの植栽試験				
	概要	京都府南丹市にある京都府立大学生命環境学部附属大野演習林で、2014 年 5 月に 10 本、2015 年 5 月に 20 本植栽した。施肥区・無施肥区、シカ柵(単木ネット)の有無を設け、土壌 pH、土壌硬度、土壌の三相組成を調べた。また、京都市にある京都府立大学構内の苗畑で 2015 年 5 月に 21 本植栽した。2015 年終了時の DBH と樹高はそれぞれ 2014 年植栽で 4.7 cm、4.2 m、2015 年植栽で 1.4 cm、1.6 m であった。施肥区では直径・樹高成長とも無施肥区の約 2 倍であった。この他、近畿中国森林管理局管内との共同試験において、5 府県 10 箇所の国有林で計 170 本のセンダンを 2015 年春に植栽しており、その結果生育良好木の割合は 33(8~60) %、枯死率は 9(7~13) %となり、シカなどによる獣害、シュートの先枯れ、先折れが顕著であった。				
No.	区分	造林_生育	年	2017	著者名	糟谷信彦ら
3	出典	第 128 回日本森林学会大会 (抄録)				
	文献名	本州西部地域での早生樹センダンの植栽試験				
	概要	岡山～福井までの本州西部地域各地で植栽試験を行った。京都市の京都府立大学構内(植栽後 1 年間)及び京都府南丹市にある京都府立大学大野演習林(植栽後 3 年間)の直径、樹高成長量について施肥の効果が明らかであった。この他、近畿中国森林管理局管内との共同試験において、6 府県 11 箇所の国有林で 10~25 本のセンダンを 2015~2016 年春に植栽しており、その結果健全木(樹高 1.4m 以上)の割合は 59(20~90) %となり、シカなどによる獣害、枯損が多かった。				
No.	区分	造林_生育	年	2017	著者名	池本省吾

4	出典	第 128 回日本森林学会大会 (抄録)				
	文献名	施肥がセンダン苗木の成長に及ぼす影響				
	概要	林業試験場構内に植栽された 35 年生母樹の落下した種子を採取し、発芽試験及び施肥試験を行った。発芽試験の結果、3 月に採取・播種したものに比べて、12 月に採取・播種した方が 2 週間程度発芽の開始が早く、最終発芽率は 12 月:57.7%、3 月:33.5%で、12 月の方が高かった。このことから、当年産種子は取りまきの方が実用上有利と考えられた。施肥試験の結果、施肥量別の苗高の平均は、1.5g:32.1cm、3.0g:60.1cm、6.0g:70.1cm で、施肥量が増加すると成長量が大きくなる傾向がみられた。ただし 6g と 3g では大きな差はみられなかったことから、実用的には 3g 程度が適量と考えられた。無施肥のものはほとんど成長しなかったことから、センダンは肥料要求度の高い樹種と考えられた。				
No.	区分	造林_生育	年	2018	著者名	糟谷信彦ら
5	出典	第 129 回日本森林学会大会 (抄録)				
	文献名	本州西部地域での早生樹センダンの造林成績				
	概要	岡山～福井までの 6 府県 11 箇所の国有林で植栽試験を行った。各地で 10～25 本のセンダンを 2015(一部は 2016 年)春に植栽し、芽かきをおこなったところ、2017 年秋時点で、健全木(樹高 3.0m 以上のもので定義)の割合は各地で 0～75%とばらつきが大きく、また全体平均で 25%であった。シカなどによる食害、樹皮剥ぎ、折損、霜害、枯損がそれぞれ 10～20%みられた(全体の平均)。今後シカ柵(単木)設置や芽かきの適切な実施により、健全木の割合を高める必要性が再確認された。				
No.	区分	造林_生育	年	2018	著者名	池本省吾
6	出典	第 129 回日本森林学会大会 (抄録)				
	文献名	センダン植栽木への施肥が成長に及ぼす影響				
	概要	鳥取県内 5 カ所に設けた植栽試験地において、1 年生コンテナ苗を 2016 年秋に 1 カ所:97 本、2017 年春に 4 カ所:252 本植栽し、一部の試験地で植栽後に施肥を行った。植栽後の苗高、根元径を定期的に計測するとともに、雪害、病虫害等の発生状況を調査した。2016 年秋試験地(標高 480m)では、積雪による幹折れが発生した(被害率 92.1%)。幹の折損部からは萌芽が発生したが成長は不良であり、積雪地での植栽は不適と考えられた。2017 年春試験地の 1 成長期経過後の成長量の平均は、伸長成長(施肥区 25.6cm>無施肥区 11.4cm)、直径成長(施肥区 10.9mm>無施肥区 6.9mm)で、施肥の効果が認められた。また全ての試験地でゴマダラカミキリによる幹の食害が発生していたが、病害は認められなかった。一部の試験地では、イノシシによる掘り返し、シカによる食害が認められた。				
No.	区分	造林_生育	年	2018	著者名	高山勉ら
7	出典	第 129 回日本森林学会大会 (抄録)				
	文献名	センダン植栽木の初期成長と立地環境				
	概要	兵庫県粟市内の標高の異なる 3 箇所で調査を行った。結果、標高 180m の調査地が平均苗高 395cm と最も成長が良く、標高 370～400m で同 163cm、標高 680m で同 113cm となっ				

		た。全調査地計 235 本のデータから、苗高を応答変数とし、説明変数候補を標高、傾斜、苗高成長が最も良い時期である 8 月 16 日の直射光透過時間 (min)、土壌含水率、植栽時苗高とした一般化線形混合モデルを構築し、赤池情報量規準 (AIC) を指標に変数選択をしたところ、標高、傾斜、8 月 16 日の直射光透過時間が選択されたため、良好な初期成長には、標高が低いこと、傾斜が緩いこと、光環境が良いことが必要であることがわかった。このことから、気温が高く、表層土壌が厚い場所、北斜面よりも南斜面が適していると考えられた。
--	--	--

表 3-5 平成 30 年度 文献一覧 (コウヨウザン)

No.	区分	造林_施業	年	1998-08-13	著者名	俞新妥
1	出典	世 界 林 業 研 究				
	文献名	论杉木人工林的回归——从杉木林地力衰退的因果谈杉木林的可持续经营				
	概要	【中国の文献を和訳】1950 年代からコウヨウザン林は発展をし続け、早く生産できるようにするため、密植、純林、短輪伐期等を提唱してきた。しかし、コウヨウザン林の拡大は、地力衰退、害虫蔓延の問題を生んだ。地力衰退の原因として、コウヨウザンは針葉樹で落ちてくるものが少なく、養分が低く、またその落下物の分解速度も遅く、林地養分帰還率が低いことや、小枝とともに落下した葉の寿命が長く(4~5 年)、分解が難しいことがあげられる。持続利用できるコウヨウザン林を実現するためには、森林の生態系の営林概念を樹立すること、混交林をつくること、林農複合経営を推奨すること、輪伐期を適宜延長すること、経営強度など人為的干渉を減らすこと、などがあげられる。				
No.	区分	造林_施業	年	2016	著者名	近藤禎二ら
2	出典	第 127 回日本森林学会大会(抄録)				
	文献名	広島県におけるコウヨウザンの成長				
	概要	広島県に植栽された約 50 年生のコウヨウザン林分を毎木調査したところ、1285 本/ha の本数密度で約 720 m ³ /ha の蓄積を示した。また、樹幹解析によって 20~30 年以降も旺盛な成長を示すことが明らかになり、50 年程度までは利用目的に応じた伐期が選択できると考えられた。				
No.	区分	造林_施業	年	2017	著者名	大塚次郎ら
3	出典	第 128 回日本森林学会大会(抄録)				
	文献名	コウヨウザンの実生およびさし木コンテナ苗生産技術について				
	概要	広島県内民有林の4個体および茨城県内に生育する1個体から採取した種子を4月に苗畑とコンテナ(JFA300cc)に播種した。また、茨城県内の7個体から採取した萌芽を長さ8cm程度に調整したさし穂を4月にコンテナに挿し付けた。コンテナはココピート、鹿沼土、固形肥料が入った市販のコンテナ用培養土を用いた。苗畑に播種した対照のスギ精英樹の実生苗3家系と合わせ、7月から苗高、9月から根元径を12月まで毎月計測した。苗畑での苗高はスギ実生苗が、根元径ではコウヨウザン実生苗が優っていた。コンテナに播種したコウヨウザン実生苗は、もっとも成長が良かった家系で12月時点の平均苗高が約23cm、平均根元径が約5mmであった。コンテナのさし木の発根率は全体で87%と非常に高く、もっとも成長が良かったクローンの平均苗高は12月時点で30cm以上、根元径は約6mmでコウヨウザンさし木の際に課題となる枝性の発現は見られなかった。				
No.	区分	造林_生育	年	2014	著者名	鍾振徳
4	文献名	福州杉與香杉曾為淺山造林主要樹種				
	概要	【中国の文献を和訳】コウヨウザンの取引価格はかつて非常に高かったが、香杉*など他の樹種のほうが同面積あたり、より多くの収穫量がある。そのため、収穫量の少なさ(香杉はコ				

		ウヨウザンの1.5倍の収穫量」という欠点と、香杉に比べ老化も早いことから、一昔前に比べると私有林で栽培する人は減少した。 *台湾では大陸系のコウヨウザンとコウヨウザンの変種である香杉(ランダイスギ)を分けて扱っている。				
No.	区分	造林_生育	年	2018	著者名	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
5	出典	第4期中長期計画成果15(育種・生物機能-2)				
	文献名	コウヨウザンの特性と増殖の手引き				
	概要	コウヨウザンの成長や育苗、保育等の考え方、産地・系統等について、手引き書としてとりまとめている。コウヨウザンは地形的にはスギに適した斜面下部の林分での成長が最も良く、ヒノキに適した斜面中部の林分でも良い成長を示している一方、斜面上部や尾根筋及び照葉樹林帯から外れる寒冷な林分での成長は良くない。コウヨウザンの成長と立地環境条件との関係については、今後さらにデータの蓄積及び分析が必要である。				
No.	区分	造林_生育	年	2018	著者名	陶山大志ら
6	出典	第129回日本森林学会大会(抄録)				
	文献名	コウヨウザンに対するノウサギの嗜好性と被害				
	概要	2017年3月下旬～4月中旬、島根県内3か所に植栽したコウヨウザンの1年生苗木について、10月中旬にはニホンノウサギによる被害率は0%、23%、96%だった。また、同年4月上旬から10月上旬、島根県内1か所において、スギ、ヒノキ、コウヨウザン、センダンの1～2年生では被害率は0～35%であったが、コウヨウザンでは被害率は83%に達し、他の樹種より有意に高かった。同試験地において、被害が顕著に増加した時期にはノウサギの餌となるススキ等の林床植生が繁茂していたことから、餌量が豊富であってもノウサギはコウヨウザンを選好的に摂食すると考えられた。ノウサギはコウヨウザンに対して嗜好性が高く、その造林地を壊滅させる場合もあるため、同樹種を植栽する場合はノウサギ対策が必須であると考えられた。				
No.	区分	造林_生育	年	2018	著者名	山田浩雄ら
7	出典	第129回日本森林学会大会(抄録)				
	文献名	コウヨウザンの簡易収穫予想表の試作				
	概要	樹齢が21年生から68年生のコウヨウザン12林分の毎木調査データから、暫定的な収穫予想表の試作を行った。広島県庄原市の52年生林分での樹幹解析により樹高成長曲線を求め、これをガイドラインとして、地位指数曲線群を推定した。この地位指数曲線群に12林分の毎木調査データをプロットし、地位「上、中、下」の樹高成長曲線をそれぞれ決定した。また、12林分の毎木調査データから樹高と胸高直径および胸高直径と林分密度の関係式を推定し、この関係式を地位「上、中、下」の樹高成長曲線にそれぞれ当てはめて林分材積を求めた。その結果、地位「上、中、下」の30年次の林分材積は、それぞれ約700、500、				

		350m ³ /ha と推定された。				
No.	区分	造林_生育	年	2018	著者名	近藤禎二ら
8	出典	第 129 回日本森林学会大会(抄録)				
	文献名	コウヨウザン林分における幹折れ				
	概要	国内のコウヨウザン(<i>Cunninghamia lanceolata</i>)13 林分について幹折れの状況を調査したところ、いずれの林分も成林しており、10 林分では幹折れの発生が 1 割程度だった。幹折れを、幹の先端、中部、下部の 3 つの部位別にみると、採材への影響が最も少ない先折れの比率が高い林分が多く、特に林齢を重ねた林分でその傾向がみられた。				
No.	区分	造林_生育	年	2019	著者名	磯田圭哉ら
9	出典	林木育種情報 No.29:6-7				
	文献名	海外林木育種事情調査 中国コウヨウザン事情				
	概要	コウヨウザンについて、萌芽は最初の 2 年ほどは勢いよく成長するものの、年数が経つと成長が著しく低下するため、中国では萌芽更新は行われていない。洋口林場という国有林施設では、第三世代播種園産種子を使用し実生苗を生産しており、播種後 1 年で苗木は約 50cm の苗高になる。また、龍山林場の育苗施設の播種母樹は 200 以上の精英樹から選抜されたクローンで構成され、播種園産種子の発芽率は 50~60%とのことである。中国では住宅建築に木材を用いないため、土木資材として小径材の利用が多いとのことだったが、高付加価値のための大径木育林試験も行っていた。				
No.	区分	材質	年	2002	著者名	林仁政、洪國榮
10	出典	林業研究季刊刊 24 (1): 29-44				
	文献名	彰化員林興賢書院木材利用及劣化調査				
	概要	【中国の文献を和訳】柱の木材としてコウヨウザンは最適であるが、シロアリ被害がとて多い。中国産のコウヨウザンは台湾の伝統的な建築物によく使用されていたが、日本植民地時代に、中国大陆との貿易が途絶えたため、台湾産の木材で自給自足するようになり、中国産のコウヨウザンは次第に使われなくなった。				
No.	区分	材質	年	2007	著者名	—
11	出典	内政部建築研究所委託研究報告				
	文献名	木構造古蹟與歴史建築修復用新木料擇用基準之建立				
	概要	【中国の文献を和訳】人工造林のコウヨウザンは成長が早い。そのため、樹幹の中の未成熟材の比率が高く、材質の変異性も大きく、不均質性も高い。よって耐腐性と力学強度が低く、木材加工使用時に欠点が出やすい。例えば、切った後に曲がりやすい、乾燥時に裂けやすいことが問題点として挙げられる。				
No.	区分	材質	年	2017	著者名	藤澤義武ら
12	出典	第 128 回日本森林学会大会(抄録)				
	文献名	スギと対比したコウヨウザンの材質特性				

	概要	スギとの対比による材質特性の評価を行った。供試材料は比較的まとまった個体数があり、隣接して同齢のスギ林分のある4年生林分(宮崎県えびの市)、21年生林分(茨城県日立市)、56年生林分(熊本県菊池市)、99年生林分(鹿児島県垂水市)において樹高、胸高直径を測定するとともに、構造材利用における材質の指標であるヤング率と関係の深い応力波伝搬速度を測定した。その結果、コウヨウザンの成長の優位性は林齢の経過とともに低下する傾向にあるが、応力波伝搬速度はいずれの林齢においても常に大きく上回っていた。				
No.	区分	材質	年	2017	著者名	山田浩雄ら
13	出典	第128回日本森林学会大会(抄録)				
	文献名	成長曲線を用いたコウヨウザンの材積成長過程の解析				
	概要	広島県庄原市のさし木苗を植栽したと推定される約52年生コウヨウザンの造林地において、斜面の上部、中部、下部からそれぞれ優勢木、劣勢木、平均木の計18個体を伐採して樹幹解析を行った。SSR遺伝子型によるクローン分析の結果、優勢木、劣勢木、平均木のそれぞれに共通のクローンが存在し、また、成長曲線のパラメータにはクローン間差が認められた。これは成長や成長パターンがクローンによって異なっていることを示し、成長形質の改良が期待できることを示唆している。連年成長が最大となる成長曲線の変曲点の樹齢は約30年～75年の範囲にあり、成長の早晩性のクローン間差の存在も示唆された。				
No.	区分	材質	年	2018	著者名	涌嶋智ら
14	出典	第129回日本森林学会大会(抄録)				
	文献名	日本産コウヨウザンの原木丸太の特性				
	概要	林齢の異なる4箇所の林分で立木を伐採し、得られた原木丸太について元口・末口径、長さ、重量、縦振動法による動的ヤング係数等を測定した。林分の所在と伐採時の林齢・伐採本数は、広島県庄原市(HS)52年生・10本、京都府京都市(KK)47年生・11本、千葉県鴨川市(CK)34年生・10本、茨城県日立市(IH)22年生・25本で、それぞれ約4mの丸太を2～4本ずつ採材した。丸太の平均材積はHSが最も大きく0.44m ³ で、以下、KKが0.34m ³ 、CKが0.25m ³ 、IHが0.20m ³ であった。みかけの密度は逆にHSが最も小さく平均676kg/m ³ で、KKが733kg/m ³ 、CKが752kg/m ³ 、IHが825kg/m ³ であった。また丸太の採材位置が上になるほど密度が高くなる傾向があった。ヤング係数の平均値は、HKが9.37kN/mm ² 、KKが9.97kN/mm ² 、CKが8.99kN/mm ² 、IHが7.43kN/mm ² で、いずれの林分でも1番玉より2番玉のヤング係数が高くなる傾向を示した。				
No.	区分	材質	年	2018	著者名	(四国森林管理局)
15	出典	プレスリリース(四国森林管理局 HP)				
	文献名	“夢の早生樹コウヨウザン三世代プロジェクト”の推進について～早期投資回収と造林コストの大幅削減に向けて～				
	概要	第二世代の間伐木の強度は日本の他の地域のコウヨウザンと同程度、燃焼性はヒノキとほぼ同等。土佐清水市コウヨウザンの動的ヤング係数は8.62kN/mm ² ±1.22(参考:庄原市				

		9.37kN/mm ² ±0.84、日立市 7.43kN/mm ² ±1.10)、高位発熱量は 4600kcal/kg(参考:ヒノキ 4600kcal/kg)、低位発熱量は 4200kcal/kg(参考:ヒノキ 4200kcal/kg)。※高知県立森林技術センターが測定。また、材質・加工性・歩留まりはスギとほぼ同程度。節周辺に休眠芽の跡がみられる。				
No.	区分	遺伝	年	2016	著者名	磯田圭哉ら
16	出典	第 127 回日本森林学会大会(抄録)				
	文献名	国内コウヨウザン人工林における遺伝的多様性の解明				
	概要	日本国内のコウヨウザン林分を対象に、SSR マーカーによる遺伝資源評価を行った。SSR マーカーは Wen et al. (2013)により報告されているもののうち 27 マーカーを用いた。報告にある湖南省および広東省の精英樹の平均ヘテロ接合体率(He=0.616)と比較すると、広島県の民有林(He=0.518)は多様性が低く、林木育種センターの試験林(He=0.670)は同等であった。また、広島県の林分と林木育種センターの林分では、遺伝的組成に差異があることが示唆された。				
No.	区分	遺伝	年	2017	著者名	磯田圭哉ら
17	出典	第 128 回日本森林学会大会(抄録)				
	文献名	広島県庄原市のコウヨウザン林におけるクローン構成の解明と成長形質のクローン間変異の解析				
	概要	広島県庄原市の民有林において、林内のほぼ全ての個体の DNA 分析を行い、クローン構成の全貌を明らかにした。その結果、分析した 762 個体から 93 の遺伝子型が検出された。このうち 62 遺伝型が複数の個体で検出され、クローン関係のある個体が生育していることが明らかとなった。最も多く検出されたクローンは 97 個体で、全体の約 13%となった。				
No.	区分	遺伝	年	2018	著者名	磯田圭哉ら
18	出典	第 129 回日本森林学会大会(抄録)				
	文献名	国内コウヨウザン林分の遺伝的組成の解明と由来の推定				
	概要	27 座の SSR マーカーを用いて、国内 15 ヶ所のコウヨウザン林について遺伝的解析を行った。Structure2.0 で解析を行ったところ、3 つの遺伝クラスターに分けられた。1 つ目のクラスターには台湾由来個体が含まれ(クラスターT)、2 つ目のクラスターには中国中央部に位置する湖南省、広東省、貴州省由来個体が含まれ(クラスターC)、3 つ目のクラスターには中国東部に位置する浙江省由来個体が含まれていた(クラスターE)。このことから、国内に導入造林されたコウヨウザンは、台湾由来、中国中央部由来、中国東部由来の 3 タイプに分けられることが示された。				
No.	区分	現状	年	2018	著者名	渡辺靖崇ら
19	出典	日林誌(2018)100:178-181				
	文献名	コウヨウザン人工林における表土移動量				
	概要	コウヨウザン林分に簡易土砂受け箱を設置して表土移動量を観測した。土砂受け箱の設置要因として傾斜条件(急・緩)を設定した。また、物質移動レート(g m ⁻¹ mm ⁻¹)を指標として				

		他の樹種の林分を調べた既往の研究事例と比較検討した。傾斜条件を比較すると、急傾斜が緩傾斜より物質移動レートが高かった。しかし、急傾斜でも物質移動レートの絶対量は低く、その原因は急傾斜でも落葉落枝の被覆率が高いためと考えられた。既往研究による他樹種林分と比べると、コウヨウザン林分は表土保全の効果が高いとされるアカマツと広葉樹の混交林と同程度の物質移動レートとなった。
--	--	--

表 3-6 平成 29 年度 文献一覧（センダン）

No.	区分	造林_施業	年	2000	著者名	横尾謙一郎
1	出典	日本森林学会講演集				
	文献名	センダン幼齢林における施業試験-初期の植栽密度効果-				
	概要	植栽密度の違いが初期の成長・樹幹形にどのような影響を与えるか、植栽密度 3,000 本、5,000 本、7,000 本/ha の 3 段階で 5 年間の実証を行った。樹高は、植栽密度に差がなく、植栽から 5 年間で 10m を超えた。胸高直径は、植栽密度が高いほど小さかったが、4 年経過後は 5,000 本区と 7,000 本区の差はほとんど認められなかった。				
No.	区分	造林_施業	年	2001	著者名	牟田信次ら
2	出典	日本森林学会講演集				
	文献名	センダンの組織培養による人工林造成試験				
	概要	九州各地の河川域から選抜された優良センダンを組織培養により増殖し、その苗木を用いて人工林を造成した。組織培養による増殖結果と植栽 1 年目の成長状況について述べられている。1998 年と 1999 年の 2 年間の増殖の結果、89 本のシュートから 15,320 本のシュートを得た。最も増殖倍率が高かったのは大淀川で 396 倍、低かったのは川内川で 107 倍であった。				
No.	区分	造林_施業	年	2003	著者名	横尾謙一郎
3	出典	日本森林学会講演集				
	文献名	センダン幼齢木における施業試験(Ⅱ)-芽かきの時期・回数と樹幹形の関係-				
	概要	芽かきの回数を減らしても、樹幹形を通直にできるかを検討した。5 月の芽かきが、その後の樹幹形の通直性に大きく貢献すると考えられ、年 1 回(5 月)に芽かきを行なうと樹幹形が通直になることが示唆された。しかし、幹の細りの影響を考慮すると年 2 回の芽かきが望ましい。				
No.	区分	造林_施業	年	2004	著者名	上脇憲治ら
4	出典	日本森林学会講演集				
	文献名	センダンの組織培養苗による人工林造成試験				
	概要	センダンを対象樹種として、人工林の炭酸ガス固定機能の評価を行なった。評価は、九州各地の河川域から選抜された優良センダンの組織培養を使用し、成長状況より実施した。植栽地は①宮崎県東臼杵郡清水峠と②同県北諸県郡高岡町の 2 箇所で実施した。その結果、①では緑川、川内川、②では川内川のセンダンの成長が良好であった。				
No.	区分	造林_施業	年	2010	著者名	横尾謙一郎
5	出典	森林立地学会				
		植栽密度が異なるセンダン幼齢林の成長と幹材の形状				
	概要	センダン人工林の植栽密度が異なる 3 地区の幼齢林(3,000 本:A 地区、5,000 本:B 地区、7,000 本:C 地区)において植栽後 5 年間の成長経過と幹材の形状を調査した。その結果、5				

		年間で3地区全てが平均樹高10m以上であり、密度効果は認められなかった。胸高直径においては、5年間で平均直径がA地区で9.8cm、B地区で8.7cm、C地区で8.5cmであり、植栽密度が低い方の成長量が有意に大きかった。センダンの5年間の樹高及び平均直径は、ケヤキ、クヌギ、キハダの5年生時のものよりも大きく、成長が極めて早いことが確認された。植栽密度を5,000本/ha以上で材の通直性を高め、枝下高4mを確保した後に幹曲りが小さい個体の直径成長量を維持するため、間伐による本数管理を行うことが重要である。				
No.	区分	造林_施業	年	2017	著者名	横尾謙一郎
6	出典	山林				
	文献名	センダンの育成技術の開発・普及と材の利用について				
	概要	センダンの分布、植栽適地、生産目標に伴う等級区分、幹の通直性を高めるための施業試験、施肥による成長促進、優良系統木の選抜、病虫害、材の利用、バイオマスでの利用、造成、施業技術の普及等について記載されている。植栽適地については、平成24年9月～12月の熊本県ないのセンダン36林分(林齢6～20年生)について成林状況を把握した。成林していた11林分では、土壌水分、養分が豊富な谷筋や平地に多い一方で、成林していない林分は斜面上部や尾根上に多く、成長不良、草本類の被圧による枯死が原因であると考えられた。幹の通直性を高めるための施業試験については、芽かきによって最大矢高が3cm以下である一等の割合が大幅に増え、幹が通直になっただけでなく、枝打ち後のような変色が発生しないことが分かった。現在、保育間伐の回数を軽減し、幹の直径成長を持続できる植栽密度として400本/haを提案している。				
No.	区分	造林_生育	年	2001	著者名	落合年史
7	出典	日本森林学会講演集				
	文献名	センダンの選抜育種効果-検定5年次-				
	概要	センダンの遺伝的に優れた母樹を検討するため、次代検定林の生育状況を調査し、母樹の検定を行なった。その結果、優良な系統には萌芽後の主軸のゆがみが少なく樹高成長量が大きい性質が備わっていることが判明した。				
No.	区分	造林_生育	年	2002	著者名	横尾謙一郎
8	出典	日本森林学会講演集				
	文献名	センダンの枝の成長特性について				
	概要	センダンの樹幹・枝解析を行い、枝の成長特性を検討した。自生の35年生のセンダンの伐採を行い、樹幹及び枝の解析を行なった。枝は、4年生時に発生した枝3、4と、枝4が17年生時に折損し発生したと考えられる枝1、2について解析を行っている。サンプル数が少なく枝の成長特性の一般化まではできなかったが、枝の伸長量や折損時期が明らかとなった。本研究の枝4は17年生時及び27年生時に折損しており、上方に位置する枝3,4より、下方に位置する枝1,2の方が、経過年数が大きくなるにつれて伸長量が大きい結果となった。そのため、老齢林では、枝が横に張り傘型樹形になることが判明した。				
No.	区分	造林_生育	年	2002	著者名	横尾謙一郎

9	出典	九州森林学会 No.55				
	文献名	センダンの枝性が樹形に与える影響				
	概要	熊本県内に自生する3個体を用いて調査した結果、若齢期に低い位置で発生する枝が、その後の樹形に大きな影響を与えることが分かった。その理由が、樹形が傘型になるのは若齢期から成木になる経過で、枝の分岐能力が高まり、下向きの枝が優勢伸長するためだということも分かった。				
No.	区分	造林_生育	年	2003	著者名	横尾謙一郎
10	出典	熊本県林業研究指導所				
	文献名	センダンの育成方法				
	概要	センダンの育成方法について、普及版としてとりまとめている。20年の短伐期施業を目指し、収穫期の成立密度が200~300本/haと推定すると、当初の植栽密度は1,000本/haあれば十分と考えられる。また、芽かきは4~5月に頂芽以外の芽除去と6~9月に側芽除去の2回実施すればよい。				
No.	区分	造林_生育	年	2004	著者名	横尾謙一郎
11	出典	日本森林学会講演集				
	文献名	芽かきの時期・回数の違いがセンダンの樹幹形に及ぼす影響				
	概要	芽かきの時期・回数の違いがセンダンの樹幹形に及ぼす影響について検討した。本研究では、春期の芽かき時期が遅くなると曲がりが発生しやすいという仮定のもと、芽かき時期1回区(10月下旬:A区)と2回区(4月下旬・10月下旬:B区、5月下旬・10月下旬:C区)に区分して調査した結果である。その結果、幹曲がりとは4月下旬から5月下旬と10月下旬以降の2回芽かきを行えば小さいが、10月下旬以降の1回だけでは大きくなることが確認された。				
No.	区分	造林_生育	年	—	著者名	広葉樹展示林図鑑
12	出典	九州森林管理局 森林技術・支援センター				
	文献名	(センダンの概要)				
	概要	平成8年にポット苗を451本/0.17ha(2600本/ha)植栽したところ、病虫獣害の被害は特に見られなかったが、平成26年時点で現存率は19%と低かった。枯死原因は不明である。				
No.	区分	材質	年	2004	著者名	井上真由美ら
13	出典	九州森林学会				
	文献名	センダン(Melia azedarach)材の基本的性質				
	概要	供試木は熊本県に植栽された17年生の通直なセンダン3個体。年輪幅は、髄付近では地上高が低い部位で大きく、4年輪目あたりから樹皮に向かい良好な成長を保ちながら安定する傾向が認められた。成長が良好であった年には、形成層齢に関係なく広い年輪幅になる傾向を示した。気乾比重は地上高に関わらず、髄から樹皮に向かって緩やかな増加傾向を示した。また、地上高が高くなるにつれて全体的に気乾比重が増加する傾向が認められ				

		た。樹形が通直であれば、4m 以上の部位もそれ以下の部位と同様に利用可能であることを示唆された。				
No.	区分	生理	年	1983	著者名	永森通雄ら
14	出典	日本森林学会				
	文献名	京都、三重、高知、沖縄産広葉樹のそれぞれ相互の各地域における生育反応(Ⅰ)―センダンについて―				
	概要	稚苗の伸長量はどの地域においても沖縄産が最も伸長し、ついで高知産が大きく、三重及び京都産はほぼ同じくらいで小さかった。成長に対する限界日長の違いによるものと推察される。また、各地域の中では、どの産地のセンダンも京都で大となり、ついで三重、高知、沖縄の順に小となった。はっきりした理由は今後の検討課題となっている。				
No.	区分	生理	年	2013	著者名	廣石和昭
15	出典	熊本県林業研究指導所				
	文献名	材質劣化病害の防除に関する研究(センダンこぶ病) 平成 19 年度～平成 23 年度(単県)				
	概要	熊本県では、平野部を中心にセンダンこぶ病が広く見られたが、人吉盆地では罹病木は確認されなかった。また、つる性植物や周辺の樹木等により直接風が当たらないような環境にあるセンダンでは、センダンこぶ病が見られないか、比較的軽症であった。センダンこぶ病は、造林地にあらかじめ風雨をさえぎる防風林等を設けておき、風当たりの程度をコントロールすることにより被害を軽減できる可能性があることが示唆された。また、薬剤防除の予備的な試験では、その効果を確認できなかった。				
No.	区分	利用	年	2017	著者名	全国天然木化粧合単板工業協同組合連合会
16	出典	林野庁補助事業報告書				
	文献名	インテリアに適した国産早生広葉樹の発掘				
	概要	国産早生樹インテリア(複合フローリング、壁材、家具)を試作して、国際見本市に出展し、日本の「広葉樹インテリア」の可能性を広く周知したという報告書である。国際見本市では国産早生広葉樹製品の印象を評価し商品化の可否を評価した。また、インテリア製品として基本性能を有しているかを明らかにした。 熊本県産センダン、大分県産ユリノキ、長野県産チャンチン、岩手県産コナラ、北海道産ハンノキを用いて調査されており、それぞれの樹種を分布や特徴について、苗木の写真と共に紹介している。さらに実際に試作された製品についても写真と共に紹介している。 国際見本市で実施したアンケートの回答結果では、約 80%が早生広葉樹という言葉を知らなかった。樹種別の魅力ではセンダンが最も魅力的という結果となった。センダンの魅力的部分は、木目、色、表情の順で多く回答を得られた。回答者の中には、製品の価格が気になる方もおり、注目度は高いと考えられる。				

表 3-7 平成 29 年度 文献一覧 (コウヨウザン)

No.	区分	造林_施業	年	1989	著者名	佐々木隼人
17	出典	林業技術誌 No.568				
	文献名	四国におけるコウヨウザンの人工林の一事例				
	概要	高知県土佐清水市にある清水営林署が管理する「辛川山国有林 71 林班い小班」へ、昭和 7 年度にコウヨウザンが造林され、昭和 63 年秋(57 年生)で伐採された。その調査結果が取りまとめられている。昭和 7 年にスギ、ヒノキ、ケヤキとともに 800 本分のコウヨウザンが造林された。それぞれの密度はスギが 2,100 本/ha、ヒノキが 1,600 本/ha、ケヤキが 1,000 本/ha、コウヨウザンが 2,700 本/ha となっている。なお、植栽密度の設定理由に関する記録は残されていない。下刈り作業は、植栽翌年から毎年 1 回 5 年間実施されている。6 年目は下刈り未実施で、7 年目に最後の下刈作業が実施された。また、つる切り作業についても昭和 15 年度に 15ha、25 年度に 20ha 実施したという記録のみである。なお、この下刈り作業及びつる切り作業は、4 樹種を造林した地域全体の話であり、コウヨウザン植栽区域で実際に何回の下刈やつる切りの作業行われたのかは明らかとなっていない。収穫されたコウヨウザンは全部で、76 本で、41.25m ³ であった、平均樹高は 19m で平均胸高直径は 26 cmであった。主伐された本数は植栽本数の 10%に満たない結果となっている。また、沢に近いところに生立していたものについては、心腐れが多数あったとにことであり、環境条件が主因と考えられるが、原因が明らかとなっていない。コウヨウザンとスギ、ヒノキと一緒に収穫した際、立木一本あたりの大きさは、スギ 0.790m ³ 、ヒノキ 0.374m ³ で、コウヨウザン 0.543m ³ は両者の中間であった。なお、主伐 4 か月後の伐根から 5m の萌芽枝が確認されている。				
No.	区分	造林_施業	年	2017	著者名	近藤禎二ら
18	出典	日本森林学会 第 128 回ポスター				
	文献名	わが国におけるコウヨウザンの成長				
	概要	広島県庄原市の 52 年生コウヨウザンでは、個体密度 1,164 本/ha、平均樹高 20.2m、平均胸高直径 26.5cm、林分材積 1006m ³ /ha で、この地域のスギ 1 等地と比べて倍以上の成長 静岡県南伊豆町の 68 年生コウヨウザンでは、個体密度 751 本/ha、平均樹高 21.3m、平均胸高直径 30.7cm、林分材積 597m ³ /ha で、この地域のスギ 1 等地と比べて半分以下の成長。全て(6 地域)の地域で折れが 10%程度発生しているが、林分の存在にかかわる折れではない。				
No.	区分	造林_施業	年	2017	著者名	黒田幸喜
19	出典	森林遺伝育種学会誌 第 6 巻 第 4 号				
	文献名	コウヨウザン造林における広島県の取組み				
	概要	コウヨウザンの生育適地と造林特性、苗木の育成と造林、造林事業と地域森林計画での位置づけ等について記載されている。生育適地と造林特性では、既往の文献を取りまとめており、標高 1,000m までは育成が可能、照葉樹林帯が生育適地、切削などの加工が容易、2～3 回萌芽更新が可能など、低コストな更新技術として検証価値のあるものとしてまとめて				

		いる。苗木育成と造林については、挿し木苗と実生苗の芯立ちについて検証されており挿し木苗の方で 1 年芯立ちが遅れると報告しており、併せてウサギやシカ食害対策の必要性についても言及している。また、関係する団体の動きとして、広島県森林整備・農業振興財団による、10 万本規模のコウヨウザン専門のコンテナ苗施設の新設、耕作放棄地を含む 15ha 程度のコウヨウザン造林地の造成、国内選抜による優良品種を集めた採種園・採穂園の整備事業が農林水産業みらい基金へ採択されたことが報告されている。				
No.	区分	造林_生育	年	1980	著者名	加藤咲夫ら
20	出典	中部森林学会講演集				
	文献名	コウヨウザンの生長				
	概要	静岡県賀茂郡南伊豆町にあるコウヨウザン造林地(0.33ha)で、昭和 20 年頃植栽、昭和 26 年頃補植、昭和 34 年までに下刈りを 1~4 回/年実施しており、その後は保育作業を実施していない。本試験地は 0.33ha あり、そのうち 0.24ha について昭和 53 年 10 月に調査を実施した。287 本分の胸高直径と 34 本の外傷の少ない立木で樹高を計測した結果、平均直径が 22.1 ± 7.77 cm、平均樹高が 16.8 ± 2.85 m となった。15 年生前後に最初の間伐を行えば、単木の直径生長はよくなり、胸高直径のばらつきの小さい林になったと考えられる。日本では、他国よりは若干成長が勝るものの、スギと比べると中ぐらいで材積的には有利とは考えられず、利用価値からみても台湾における棺材という特殊需要でもない限り有利かは不明である。				
No.	区分	造林_生育	年	2016	著者名	山田浩雄ら
21	出典	日本森林学会講演集				
	文献名	コウヨウザンの所在地データベースの作成				
	概要	コウヨウザンの生育範囲を明らかにするため、コウヨウザンが植栽されている所在地を探索してデータベースを作成し、データベースにリンクさせた国土数値情報から所在地の気候要因を抽出した。これまでに 226 件のコウヨウザンの所在地が確認され、宮城県および新潟県以西から九州までの照葉樹林帯と考えられる地域に広く植栽されていた。特に、関東地方と近畿・東海地方から北陸地方にかけての地域に多く植栽されている傾向にあった。226 件のうち、約 50%が神社・仏閣の社叢林に、約 25%が都道府県・市町村の公園や植物園に、それぞれ単木的に植栽されている個体が多く、巨樹巨木や天然記念物として登録されている個体もあった。所在地の気候要因から、年平均気温 12°C 以上、暖かさの指数 $90^{\circ}\text{C} \cdot \text{月}$ 以上、寒さの指数 $-15^{\circ}\text{C} \cdot \text{月}$ 以上の地域が植栽可能地域と考えられた。年降水量は約 1,000~3,000mm の範囲に植栽されており、日本の気候では制限要因にはなっていないようであった。				
No.	区分	造林_生育	年	2017	著者名	大塚次郎ら
22	出典	関東森林学会 68-2				
	文献名	コウヨウザンの球果と種子の形質および精選手法について				
	概要	球果の平均体積は平均種子数および平均種子総重量との間に正の相関があり、スギと同				

		様の傾向を示した。未成選種子を 0.02%濃度に薄めた洗剤液に4時間浸漬することでシイナとシブタネを一定程度除去することができ、沈んだ種の発芽率は平均 71%、最大 33%となり、最も効果的な精選手法であった。しかし、シブダネの割合が高い場合には発芽率の向上の効果が小さい。				
No.	区分	造林_生育	年	2017	著者名	近藤禎二ら
23	出典	関東森林学会 68-2				
	文献名	東京大学千葉演習林におけるコウヨウザンの成長				
	概要	東京大学千葉演習林のコウヨウザンについて、同地域のスギの収穫予想表の地位上に比べ、コウヨウザンは3林分全てで上回った。コウヨウザン 32 年生 557m ³ /ha に対しスギ 35 年生は 431.9m ³ /ha、コウヨウザン 56 年生 1,316m ³ /ha、58 年生 1,096m ³ /ha に対しスギ 55 年生は 679.0m ³ /ha、60 年生は 731.4m ³ /ha という結果である。幹折れは 12~18%の発生率で、林齢の進んだ2林分(56 年生、58 年生)では先折れがほとんどで、採材に大きな影響はないと考えられた。				
No.	区分	材質	年	1990	著者名	森田正彦ら
24	出典	日林九支研論集 No. 43				
	文献名	コウヨウザン30年生林分の成長及び材質特性				
	概要	30 年生コウヨウザンの平均樹高は 17.2m、平均胸高直径は 18.9 cm、蓄積は 867m ³ /ha であり、スギに比べてそれぞれ、108%、103%、142%といずれも上回る結果となったが、ばらつきが非常に大きい。材質については、コウヨウザンはスギに比べて根元曲り、幹曲りが少なく、枝の枯れ上がりも良く、通直完満な林分となっていた。				
No.	区分	材質	年	1999	著者名	劉 元
25	出典	高知大学農学部紀要 第 68 号				
	文献名	コウヨウザン植栽木の材質に及ぼす地位および成長率の影響(劉)				
	概要	コウヨウザンの未成熟材範囲は、年輪幅で示せば約 17~20 年である。成長が速いもののほど、髄からの年輪数で示す未成熟材の範囲はほぼ変わらないが、髄からの距離で示すとその範囲は増加し、短伐期林業で生産される樹幹丸太を構造用材として利用する場合には、未成熟材の材積は大きな割合を占める。そのため、コウヨウザン育成には、初期成長を促進することによって未成熟材が量的に増加する特徴を考慮する必要がある。地位にあわせ、適当な植栽密度、灌・排水などで初期成長を調整し、間伐、施肥などで後期成長を促進すれば、より高い成長を持続させられると同時に、未成熟材部の量的減少、材質の低下防止およびその均一性の向上をある程度コントロールすることが可能であるという結論を得た。				
No.	区分	材質	年	2012	著者名	藤澤義武ら
26	出典	関東森林学会 63-1				
	文献名	12 年生コウヨウザンにおける樹幹ヤング率の産地間変異				
	概要	12 年生のコウヨウザン産地試験地において樹幹ヤング率を測定した結果、平均ヤング率は				

		8.5GPa と構造材として利用可能な値を示し、構造材生産を目的とした短伐期経営の可能性を示唆。また、ヤング率は産地間に有意差が認められ、育種による改良が可能であることが示唆された。				
No.	区分	材質	年	2017	著者名	涌嶋智ら
27	出典	森林遺伝育種学会誌 第6巻 第4号				
	文献名	コウヨウザンの材質				
	概要	庄原市産(52年生)と日立市産(22年生)のコウヨウザンについて材質を調べた結果である。庄原市産は3,000本/haから伐採時は1,164本/haとなっており、初期に下刈りと枝打ちを行った後は保育作業を実施していない。日立市産は1,852本/haから伐採時は1,346本/haとなっており、下刈りや枝打ちは実施していない。曲げ強度や曲げヤング係数について、庄原市産はヒノキを上回り、日立市産はスギと同程度と数値に幅が認められた。理由はいくつもの要素が関連していると推察されるが、詳細について明らかにするには更なる調査が必要である。				
No.	区分	材質	年	2017	著者名	涌嶋智ら
28	出典	公立林業試験研究機関 研究成果選集 No.14				
	文献名	広島県におけるコウヨウザンの生育と材質				
	概要	50～60年生のコウヨウザン伐採木の年輪解析では良好かつ継続的な生育状況が確認できた。材の強度はスギより高く、ヒノキよりも低いと考えられた。				
No.	区分	遺伝	年	2000	著者名	井出雄二ら
29	出典	日本森林学会講演集				
	文献名	我国に導入されたコウヨウザンの遺伝的多様性				
	概要	導入集団であっても比較的高い遺伝的多様性を維持しており、それが繁殖等を通じて将来とも維持できることが明らかになった。				
No.	区分	遺伝	年	2017	著者名	磯田圭哉ら
30	出典	関東森林学会 68-2				
	文献名	東京大学千葉演習林内のコウヨウザン林分における自殖家系の検出				
	概要	千葉演習林に植栽されているコウヨウザンの中に、単一の孤立木(清澄孤立木)由来の自殖家系が含まれることが示唆された。遺伝子型の分離比の解析からは、種子の成熟段階や苗木の育苗段階において劣性致死遺伝子による淘汰が起きていることが示唆された。				
No.	区分	現状	年	2009	著者名	菊地賢
31	出典	森林技術 No.809				
	文献名	台湾の森林と林業に触れる旅(上)				
	概要	北回帰線の直下に位置する台湾では、亜熱帯気候に属す。標高1,000m付近からは竹林が目立ち、コウヨウザンやスギ、台湾肖楠の造林地が見られるようになる。造林樹種は日本のスギが最も多く、他にヒノキ・ベニヒ・コウヨウザンなどが見られる。				

No.	区分	現状	年	2017	著者名	藤澤義武
32	出典	森林遺伝育種学会誌 第6巻 第4号				
	文献名	特集「これからの林業とコウヨウザン」について				
	概要	コウヨウザンは、照葉樹林帯までが分布範囲で、年平均気温 12℃以上暖かさ指数 90 以上、寒さ指数 15 以下の地域までが限界と考えられていたが、調査の結果、鹿児島県から宮城県に至るまで造林地があり、冷涼な地域でも適応できる可能性があると考えられ、耐寒性の評価も進んでいる。価格は、中国福建省の例で、4m 材(末口 24 cm)で 1,100 元/m ³ となっている。構造材としての利用を前提にする場合には成熟材部がある程度蓄積される樹齢で収穫する必要がある。この特集は、スギ・ヒノキをコウヨウザンに置き換えようとするものではなく、喫緊の課題として急増したバイオマスのエネルギー利用による再造林への対応や耕作放棄地等への植林を促進する一つの選択肢として考えようとするものである。				
No.	区分	現状	年	2017	著者名	大貫肇
33	出典	森林遺伝育種学会誌 第6巻 第4号				
	文献名	これからの林業を考える				
	概要	コウヨウザンは日本で造林が可能であり、カラマツに近い強度で、スギやヒノキよりも成長が旺盛で 30 年生程度の伐期が期待できる。				
No.	区分	現状	年	2017	著者名	近藤禎二
34	出典	森林遺伝育種学会誌 第6巻 第4号				
	文献名	コウヨウザン研究の現状				
	概要	コウヨウザンの生育適地は、九州から関東までの照葉樹林帯であり、あまり手入れされていない林分が多いにも関わらず、すべて成林していた。さらに、通直、完満、枝が少ない傾向にあった。萌芽更新が容易でさし木による増殖が容易。幹折れの頻度は高くないが二又がスギ、ヒノキに比べると目立つ。				

表 3-8 平成 29 年度 文献一覧（チャンチンモドキ）

No.	区分	造林_生育	年	2006	著者名	松村順司ら
35	出典	九州森林学会 No.59				
	文献名	チャンチンモドキ (Choerospondias axillaris) の肥大成長と比重				
	概要	チャンチンモドキの肥大成長は良好で、成長が良い個体の気乾比重は高いことから、育種を進めていく上で成長が良い個体の選抜が有効である。樹幹の通直性は非常に高く、樹幹上部の比重低下が少ないことから、地上高 10m までの材は利用可能である。樹幹外側の比重が高い部分では素材として付加価値の高い利用が有効であり、樹幹中心の比重が低い部分では木質ボードの原材料または紙パルプの原料としての利用が有効である。				

表 3-9 平成 29 年度 文献一覧 (ヤナギ類)

No.	区分	造林_生育	年	2002	著者名	岡村行治ら
36	出典	日本森林学会北海道支部論文集 第 50 号				
	文献名	オオバヤナギとヤナギ属 9 種の実生植栽苗の活着と成長				
	概要	オオバヤナギは直根が長く細根の形成が少ないため活着率がわずかに低かった。ヤナギ属9種は播種後1年で、オオバヤナギは播種後2年で現地への定植が十分可能といえる。				
No.	区分	造林_生育	年	2012	著者名	伊藤江利子ら
37	出典	北方森林研究 第 60 号				
	文献名	GIS 環境情報を用いた北海道内におけるヤナギ栽培可能性の評価				
	概要	GIS 情報を用いてヤナギの栽培可能面積を試算した。耕作放棄地・雑草群落や伐跡群落は土地活用の点でヤナギ植栽に非常に好適という結果となった。土壌分類群ごとのヤナギ優占率及び分布率については、砂礫地及び低地土壌で高い値を示した。				
No.	区分	造林_生育	年	2014	著者名	伊藤江利子ら
38	出典	北方森林研究 第 62 号				
	文献名	GIS 環境情報を用いた下川町内におけるヤナギ栽培適地の抽				
	概要	下川町では、将来的なバイオマス燃料需要量は 7-8 万トン/年であるが、現状では約 6 万トン/年が不足すると試算された。そこで、不足分の一部をヤナギで補うことを想定して、農機導入のための傾斜条件(15° 以下と設定)、土地利用形態に基づくヤナギ栽培転換可能性、土壌分類群に基づくヤナギ生育可能性、を調査した。耕作放棄地・雑草群落(植生自然度 4)は緩傾斜でのうち有効利用の観点から適地であり、水分条件と土壌栄養条件が適切であれば良好な成長が期待できると推測された。土壌分類では Class2 が分布確率と優占率の双方で高い値を示しヤナギ適地と判断された。なお、下川町には Class1 は存在しない。				
No.	区分	生理	年	2014	著者名	石原誠ら
39	出典	北方森林研究 第 62 号				
	文献名	下川町ヤナギ植栽地における獣害の発生実態ーヤナギ生育期の自動撮影装置によるエゾシカの撮影頻度と食害の傾向についてー				
	概要	ヤナギ類の新植や定期的に行う萌芽更新においては、低高さに軟らかい芽が大量発生することから、獣害の発生が懸念され、下川町の試験地を視察したところ、エゾジカによる食害痕が見いだされた。そこで、2008 年に植栽され、一部を除き 2009 年秋と 2010 年秋に収穫され萌芽更新した既存植栽地に部分的に電柵を設置(2011 年)した。その結果、無除草区でシカの電柵を解放した区画では食害が 12%発生し、除草区でシカの電柵を解放した区画では食害が 39%発生し、死亡した。除草しないことで被害が低減できる可能性が示唆された。				
No.	区分	生理	年	2014	著者名	矢野慶介ら
40	出典	北方森林研究 第 62 号				

	文献名	オノエヤナギとエゾノキヌヤナギの開花フェノロジーの種間差				
	概要	オノエヤナギとエゾノキヌヤナギの平均開花日は2週間以上異なっており、自然の状態で異種間の交配できる組み合わせは限られる。また、種内での開花日は雌雄で有意な差は見られなかったが、クローン間で最大で 2 週間程度異なっていたことから、同種内でも交配できない組み合わせが存在する可能性がある。一方、種間の交雑による雑種の種子はオノエヤナギ同士と変わらない高い発芽率で、開花時期が合えば容易に雑種ができることがわかった。				
No.	区分	バイオマス	年	1995	著者名	永田義明ら
41	出典	日本森林学会北海道支部論文集 第 43 号				
	文献名	ヤナギ類木質バイオマスの短期生産				
	概要	①ミニローテーション(超短伐期林:1~4 年生収穫)で 20,000 本/ha、40,000 本/ha、60,000 本/ha、80,000 本/ha の植栽密度、②ショートローテーション(短伐期林:5~10 年生収穫)で 2,500 本/ha、5,000 本/ha、10,000 本/ha、20,000 本/ha の植栽密度を設定して検討した。その結果、①では、4 年生のエゾノキヌヤナギの生産量が高く、地上木質絶乾量は約 70t/ha (MAI:17.5t/ha・year)であった。②では、3 年生において密植区ほど生産量が高く最多生産量の 20,000 本/ha の立木幹材積は 56m ³ /ha (MAI:18.5m ³ /ha・year)であった。エゾノキヌヤナギの成長、密度効果にクローン差が大きく、クローン選抜の有効性が示唆された。				
No.	区分	バイオマス	年	2001	著者名	永田義明ら
42	出典	北方林業 Vol.53 No.8				
	文献名	ヤナギ類木質バイオマスの短期生産				
	概要	小径木生産を目的とした 10 年伐期の試験区では、密植の 20,000 本/ha の生産量が高く、年平均生産量は 20m ³ を上回った。樹齢間の成長相関は 9 年生と 3 年生では R=0.789 で、この時点での選抜が有効である。容積密度数の樹齢間相関も 10 年生と 2 年生で R=0.864 と、早期選抜の可能性は高い。木質バイオマス生産を目的とした 2~3 年生伐期の試験区では、萌芽 1 年目でほぼ最多密度に達することが推測される。また、萌芽 1 年生・2 年生ともに年平均生産量は 20m ³ が見込まれる。両試験区で最大生産量を示すクローンは、同一クローンであり、年平均生産量は 30m ³ を上回る。				
No.	区分	バイオマス	年	2002	著者名	永田義明ら
43	出典	日本森林学会北海道支部論文集 第 50 号				
	文献名	エゾノキヌヤナギ木質バイオマスの短期生産				
	概要	クローン間の成長及び容積密度数に統計的な有意差が認められ、選抜の有効性が確かめられた。				
No.	区分	バイオマス	年	2009	著者名	丸山温
44	出典	北方林業 Vol.61 No.9				
	文献名	ヤナギバイオマス林育成の試み				
	概要	下川町における超短伐期栽培システムの開発や、低コストバイオエタノール製造技術及び				

		安価な樹皮タンニン抽出技術の開発に取り組んでいることを紹介している。				
No.	区分	バイオマス	年	2011	著者名	宇都木玄ら
45	出典	北海道森林管理局 北の国・森林づくり技術交流発表集				
	文献名	エネルギー資源作物としての樹木の利用—ヤナギの利用—				
	概要	ヤナギの成長試験や栽培、コストに関する現状等について記載。コストを下げるためには造林、施肥、収穫・運搬について考える必要があり、ヤナギ栽培に対する障害としてはヤナギ類葉さび病、ハムシ類、ガ類による食葉被害、アブラムシ類による吸汁被害、ウサギやシカ等による動物食害が考えられる。				
No.	区分	バイオマス	年	2011	著者名	上村章ら
46	出典	日本森林学会北海道支部論文集 第 59 号				
	文献名	ヤナギの種特性とバイオマス生産を睨んだその栽培				
	概要	マイクロカット苗は通常穂(長さ 21 cm)と比べて死亡率が高く、高施肥区で 5%以上、低施肥区で 20%以上、マイクロカット苗が高い結果となった。また、マイクロカット苗、通常穂とも高施肥区と比べて低施肥区で死亡率が高かった。マイクロカット苗の死亡原因として、ポットから取り出す時の根崩れが最も大きかった。通常穂より短い穂を使った場合、樹高成長も低下した。死亡率は 2/3 穂(長さ 14 cm)で 10%で 1/3 穂(長さ 7 cm)で 48%であった。ヤナギバイオマスを低コストで生産するには施肥と除草コストの削減が重要である。				
No.	区分	バイオマス	年	2012	著者名	宇都木玄ら
47	出典	北方林業 Vol.64 No.10				
	文献名	北海道における木質バイオマス資源作物の生産促進技術の開発				
	概要	挿し穂で簡単に造林可能、萌芽成長により伐採後も繰り返し生産可能、成長量が大いことがヤナギの優れている点である。北海道でのヤナギ栽培可能地域を、植生分布と群落内のヤナギ優占率から試算したところ、立地として大変有望かつ耕作放棄地及び雑草である場所では、41km ² 程度となった。				
No.	区分	バイオマス	年	2012	著者名	上村章ら
48	出典	北方森林研究 第 60 号				
	文献名	バイオマス造林樹種ヤナギの低コスト高収穫のための施策				
	概要	前年の秋に地がきをした試験区では雑草の量は 1ton/ha 以下で、地がき後 2 シーズン目の試験区では、雑草の量は 4~6ton/ha だった。草丈は 75~122cm で、除草を行わなければヤナギの成長は望めない状況であった。1 サイクル 21 年間の現状の生産コスト割合を算出したところ、全生産コストに占める施肥と除草の割合が約 5 割だった。				
No.	区分	バイオマス	年	2013	著者名	折橋健
49	出典	林産試だより				
	文献名	資源作物「ヤナギ」の栽培収穫技術に関する道内の動向				
	概要	作業の機械化、優良クローン品種の育種、栽培コスト資産等について記載。ヤナギの栽培				

		収穫技術の研究に携わってきた機関として、王子製紙(株)林木育種研究所(のちに森林博物館へ名称変更)、森林総合研究所北海道支所、森林総合研究所林木育種センター北海道育種場、北見工業大学を紹介している。				
No.	区分	バイオマス	年	2014	著者名	上村章ら
50	出典	森林総合研究所 第3期中期計画成果 18				
	文献名	北海道における エネルギー作物「ヤナギ」の生産の可能性				
	概要	土壌耕耘・マルチ・穂植栽・施肥の植栽前作業を前提として、3 年伐期・株施肥、これを 7 回繰り返しの 21 年で施業終了、新規植栽の繰り返しの短伐期栽培となる。クローン選抜の重要性や利用、栽培適地、生物害、海外の事例等を記載。マルチの設置により除草作業が不要になり雑草による施肥成分の収奪もなくなることから大幅なコスト削減が可能になった一方、エゾシカ防除に対する膨大なコストを問題点として挙げている。				
No.	区分	バイオマス	年	2014	著者名	上村章ら
51	出典	北方森林研究 第 62 号				
	文献名	ヤナギ挿しつけ 1 年目の台切りの有無が萌芽 2 年目のバイオマス量に与える影響				
	概要	ヤナギの栽培で通常挿しつけ当年に出た枝に対して行われる台切りは、萌芽枝数を増加させ、株個体当たりのバイオマス収量を増加させる目的で行われているが、台切りは地上 20～30 cm ほどの高さで枝を切るため、雑草が盛んに繁茂する立地では、再度雑草による被圧によって成長が抑制されることになる。そこで、雑草との競争対策として台切りしないことも一つの方策と考えたが、台切りをした株の萌芽の発達が悪く、台切りのメリットを出せなかった結果となった。適切な雑草の処理方法と植栽間隔を見出し、台切りをし、萌芽数を増やし、それぞれの萌芽枝を健全に成長させることが目標終了達成に重要であることが示唆された。				
No.	区分	バイオマス	年	2015	著者名	宇都木玄ら
52	出典	北方森林研究 第 63 号				
	文献名	木質資源作物としてのヤナギの利用可能性				
	概要	エゾノキヌヤナギ・オノエヤナギは、1 年間で地際直径が 2.4 cm 以上になる場合、バイオマス収穫量は約 10t/ha/year。しかし植栽環境に適さない個体では直径が小さくバイオマス収穫量は 8t/ha/year 以下であった。北海道において、エゾノキヌヤナギ・オノエヤナギを用い、適切な個体を選ぶことで 10ton/年の生産が可能で、雑草対策として土壌改良が有効であることが分かった。土壌改良に関わるインフラ整備、及び動物害に対し何らかの補助が可能であれば、ヤナギ栽培はエネルギー資源作物として採算が合う可能性がある。非土壌改良区画では、雑草の繁茂が著しく、各ヤナギ種は被陰及び手刈り除草時の誤伐による 39%の枯死し、エゾジカ食害による 12%の枯死が認められた。				
No.	区分	バイオマス	年	2016	著者名	森本栄治
53	出典	農村計画学会誌 第 35 巻 1 号				
	文献名	小規模遊休農地の活用に向けたエネルギー作物としてのヤナギ生産の基礎的研究				

		-経済的視点からの考察-
	概要	ヤナギ生産費について報告されている。ヤナギは萌芽再生能力が高く、1～2年周期で約20年間にわたって収穫が可能であり、2年間の平均生産量(2回収穫)は26.8dry-t/haとなっている。ヤナギをバイオマス燃料チップとして販売価格12,000円/tと仮定した場合、販売収益は12,000円/10aとなる。現段階の生産方法では自作と作業委託の場合で27,000～55,000円/10aの欠損が生じ経済的な優位性は確認できなかった。

表 3-10 平成 29 年度 文献一覧（複数樹種）

コ ウ ヨ ウ ザ ン ・ チ ヤ ン チ ン モ ド キ	No.	区分	造林_施業	年	2013	著者名	大島日出一ら
	54	出典	大分県農林水産研究指導センター 林業研究部年報 No.55				
		文献名	早生有用広葉樹等を活用した短伐期林業に関する研究				
		概要	チャンチンモドキの発芽率は苗畑で 68.8%、ガラス室で 87.5%と一般的な造林樹種と比べて高い値を示したことから、種子による育苗が適していると考えられた。一方、コウヨウザンの発根率は 47.4%と、スギの挿し木よりも低い値を示した。成長特性については、チャンチンモドキは 30 年生まで、コウヨウザンは 20 年生まで連年成長量が大きく、両樹種とも初期成長の良い樹種と考えられる。				
	No.	区分	造林_施業	年	2014	著者名	井上千種ら
	55	出典	大分県農林水産研究指導センター 林業研究部年報 No.56				
		文献名	早生有用広葉樹等を活用した短伐期林業に関する研究				
		概要	コウヨウザン、チャンチンモドキの材質調査、育苗調査、初期成長量、病害虫獣調査について記載。コウヨウザンについてはスギと比べ樹高成長量の有意差は無く、同様の成長傾向が認められたことから、コウヨウザンの適地はスギの適地と同様であると推測。チャンチンモドキでは、スギに比べ樹高成長は早いが先枯れ個体が多く発生した。このことから育苗方法や環境条件を明らかにすることで、優れた初期成長が期待できる。また、2 種共にノウサギによる食害が確認された。				
	No.	区分	造林_施業	年	2015	著者名	—
	56	出典	大分県農林水産研究指導センター 林業研究部				
		文献名	早生樹を用いた短伐期林業の手引き（コウヨウザン、チャンチンモドキ編）				
		概要	コウヨウザン、チャンチンモドキの分布や特性、材質、成長特性、病虫獣害、育苗方法等について記載。今後の課題について、コウヨウザンは下刈り回数や林分成長、チャンチンモドキは林分成長について明らかにする必要があるとされている。				
	No.	区分	造林_施業	年	2017	著者名	松本純
	57	出典	公立林業試験研究機関 研究成果選集 No.14				
		文献名	早生樹を活用した短伐期林業に関する研究				
		概要	コウヨウザン、チャンチンモドキ共にスギよりも成長が早いことが確認され、萌芽更新後も 2 世代目以降は初代と比べ成長が旺盛である。このことより下刈り回数の削減が可能であり、伐期の短縮が見込める。木粉を用いた燃料性能では、樹皮及び木質の高位発熱量はスギ・ヒノキと同程度だったことからバイオマス燃料としても有用である。 チャンチンモドキは、伐採時の玉切り作業時、製材時、天然乾燥時に材の割れや反りが観察されたことから、建築材として利用する場合に著しい欠点となる可能性があるため、優良個体の選抜などを検討する必要がある。				

セン ダン ・ チ ヤ ン チ ン モ ド キ	No.	区分	利用	年	2015	著者名	全国天然木化粧合単板 工業協同組合連合会
	58	出典	林野庁補助事業報告書				
		文献名	未利用広葉樹の新規需要開拓に関する調査委託事業				
		概要	センダンの材はケヤキ、キリ材の代替材として市場で売買され、建築材、内部造作などの装飾材や家具材に使用されている。チャンチンモドキのツキ板を試作したが、材に激しい割れが確認された。大分県の試験においても、伐採後に木口割れが生じることが報告されている。なお、乾燥中に落ち込みが確認される個体があるものの、伐採後の割れには言及していないため、材質の優良なものを選抜する必要がある。センダークローンを使用した芽かき試験では、芽かきにより初期成長は抑制されるが芽かき無し個体と同じ成長速度で材が形成されており、樹幹内での比重の差が小さい結果となった。また、各地方自治体へ早生広葉樹造林の可能性についてアンケートを実施し、この中では、耕作放棄地の農地転換にも触れられており、安易な林地転用を認めることの危険性が挙げられている。他方、早生広葉樹を活用して耕作放棄地を有効活用する可能性を探りたいという意見も挙げられている。				
セン ダン ・ コ ウ ヨ ウ ザ ン	No.	区分	造林・施業	年	2017	著者名	—
	59	出典	近畿中国森林管理局				
		文献名	早生樹造林のための技術開発について				
		概要	センダン植栽試験により分かったことは、シカの嗜好性があり、晩霜に弱いこと、被害木の適切な対応（折損・先端枯死木は切り戻し作業により萌芽させ、樹皮はぎ・カミキリムシ食害はボンド塗布にて食害防止）により、全122本の被害木のうち、完全枯死した個体は27本のみだったこと、施肥の有無が初期成長（特に根元径）の成長に影響すること（根元径：1年目で平均5.7cm差、2年目で平均3.7cm差）、林地の状況によっては施肥の省略も可能と思慮されること。コウヨウザンは、成長はスギ・ヒノキより早く、材質はスギよりやや強く、耐久性・耐腐朽性に優れ、主伐後は萌芽更新が期待できる。				

3.1.2. 既往文献から得られたまとめと考察

既往の事例では、2000 年以前より研究がなされているが、今回収集した文献の多くが 2000 年以降（2000 年より前のものは 6 件）であることから、比較的最近になってから注目されており、早生樹について未だ明らかになっていない部分が存在し実証研究段階のものと考えられる。しかし、2000 年以降の調査研究を収集した結果、センダンでは造林関連、コウヨウザンでは造林及び材質関連、ヤナギ類ではバイオマス関連の文献が多く見られた。チャンチンモドキについては、複数樹種を対象とした文献でも、合計で 6 件のみであり材利用を目的とした文献であった。

樹種毎に得られた知見は以下のとおりである。なお、これらの知見については、それぞれの試験結果で得られたものであるが、すべてを一般化できるかは検討を要することに留意する必要がある。

➤ センダン（平成 30 年度 文献調査）（表 3-4）

- ✓ 京都府立大学附属大野演習林(京都府南丹市美山町)でも、11 年目には直径 30cm、20 年目には直径 50cm に成長しており、降雪があり比較的冷涼な地域（平均気温 12.9℃：気象庁「美山」）でも優れた成長量が見込める（文献 1）
- ✓ 植栽後 1～2 年の植栽木について、直径・樹高成長とも施肥区では無施肥区の約 2 倍（文献 2）
- ✓ 無施肥のものはほとんど成長しなかったことから、センダンは肥料要求度の高い樹種と推察（文献 4）
- ✓ 岡山～福井までの 6 府県 11 箇所の国有林で行った植栽試験では、全体の平均でシカなどによる食害、樹皮剥ぎ、折損、霜害、枯損がそれぞれ 10～20%みられた。今後シカ柵（単木）設置や芽かきの適切な実施により、健全木の割合を高めることが必要（文献 5）
- ✓ 標高 480m の試験地（鳥取県）では、積雪による幹折れが発生（被害率 92.1%）。幹の折損部からは萌芽が発生したが成長は不良であり、積雪地での植栽は不適と推察（文献 6）
- ✓ ゴマダラカミキリによる幹の食害が発生していたが、病害は認められなかった（文献 6）
- ✓ センダンの良好な初期成長には、標高が低いこと、傾斜が緩いこと、光環境が良いことが必要。気温が高く、表層土壌が厚い場所、北斜面よりも南斜面が適していると推察（文献 7）

➤ センダン（平成 29 年度 文献調査）（表 3-6）

- ✓ 植栽密度の違いが初期の成長・樹幹形にどのような影響を与えるかを 3000・5000・7000 本/ha で調査した結果、植栽後 5 年間では樹高成長に差はないが、胸

高直径は植栽密度が小さいほど高く、植栽密度を高くして通直性を高め、枝下高 4m を確保した後に、間伐で本数管理を行うことが重要（文献 1, 5）

- ✓ 熊本県内のセンダン 36 林分（6～20 年生）を調査。土壌水分や養分が豊富な谷筋や平地で成林。斜面上部や尾根上で成長不良（文献 6）
- ✓ 芽かきで最大矢高が 3cm 以下で、通直となり一等の割合が増え、枝打ち後のような変色が発生しない。また、芽かきにより低密度での植栽でも通直性を高めることが可能となり、幹の直径成長を持続できるとともに、保育間伐の回数を軽減することができる。その際の植栽密度として 400 本/ha を提案（文献 6）
- ✓ 年間 2 回（4 月下旬～5 月と 10 月）の芽かきを行うことにより、幹曲がりを小さく出来ることを示唆（文献 11）。
- ✓ センダンこぶ病は、造林地にあらかじめ風雨をさえぎる防風林等を設けておき、センダンに直接風が当たらないように風当たりの程度をコントロールすることで被害を軽減できる可能性を示唆（文献 15）

➤ コウヨウザン（平成 30 年度 文献調査）（表 3-5）

- ✓ 広島県の約 50 年生のコウヨウザンでは、樹幹解析で 20～30 年以降も旺盛な成長を示し、50 年程度までは利用目的に応じた伐期が選択できると推察（文献 2）
- ✓ コウヨウザンは地形的にはスギに適した斜面下部の林分での成長が最も良く、ヒノキに適した斜面中部の林分でも良い成長を示している一方、斜面上部や尾根筋及び照葉樹林帯から外れる寒冷な林分での成長は良くない（文献 5）
- ✓ 島根県内のコウヨウザン 1 年生苗の事例では、ニホンノウサギは餌が豊富な時期であっても、コウヨウザンを選好的に摂食するため、植栽する場合はノウサギ対策が必須であると提言（文献 6）
- ✓ 国内 12 林分の毎木調査データから、コウヨウザンの 30 年次の林分材積は、地位「上、中、下」でそれぞれ約 700,500,350 m³/ha と推定（文献 7）
- ✓ 国内 13 林分について、10 林分では幹折れの発生が 1 割程度。幹の先端、中部、下部の 3 つの部位別にみると、採材への影響が最も少ない先折れの比率が高い林分が多く、特に林齢を重ねた林分でその傾向を確認（文献 8）
- ✓ コウヨウザンについて、萌芽は最初の 2 年ほどは勢いよく成長するものの、年数が経つと成長が著しく低下するため、中国では萌芽更新は行われていない（文献 9）
- ✓ コウヨウザンは成長が早いため、未成熟材の比率が高く、切った後に曲がりやすい、乾燥時に裂けやすいなど木材加工使用時に欠点が存在（文献 11）
- ✓ スギとの対比による材質特性の評価を行った結果、コウヨウザンの成長の優位性は林齢の経過とともに低下する傾向にあるが、応力波伝搬速度はいずれの林齢においても常に大きく上回っていた（文献 12）
- ✓ 広島県庄原市（HS）52 年生、京都府京都市（KK）47 年生、千葉県鴨川市（CK）

34年生、茨城県日立市（IH）22年生で、それぞれ約4mの丸太を2～4本ずつ採材し、動的ヤング係数等を測定。丸太の平均材積は HS>KK>CK>IH、みかけの密度は IH>CK>KK>HS、ヤング係数の平均値は KK>HK>CK>IH であった（文献14）

- ✓ 四国における第二世代の間伐木の強度は日本の他の地域のコウヨウザンと同程度、燃焼性はヒノキとほぼ同等で、材質・加工性・歩留まりはスギとほぼ同程度（文献15）
- ✓ 国内15ヶ所のコウヨウザン林について遺伝的解析を行った結果、国内に導入造林されたコウヨウザンは、台湾由来、中国中央部由来、中国東部由来の3タイプに分けられることを示唆（文献18）

➤ コウヨウザン（平成29年度 文献調査）（表3-7）

- ✓ 高知県土佐清水市の事例では、植栽時には800本（2,700本/ha）であったが、伐採時（57年生）には主伐された材積は41m³（76本）であり、心腐れが多数発生したとの事例あり（原因は不明）。なお、主伐4か月後は伐根から最大5mの萌芽枝を確認（文献17）
- ✓ 広島県庄原市における52年生コウヨウザン林分では、個体密度1,164本/ha、平均樹高20.2m、平均胸高直径26.5cm、林分材積1,006m³/haで、当該地域のスギ一等地の倍以上の成長。他方、静岡県南伊豆町における68年生コウヨウザン林分では、個体密度751本/ha、平均樹高21.3m、平均胸高直径30.7cm、林分材積597m³/haで、当該地域のスギ一等地の半分以下の成長。（文献18）
- ✓ 国内226の生育地の解析から、適地は照葉樹林帯、年平均気温12℃以上、暖かさの指数90℃・月以上、寒さの指数-15℃・月以上の地域で植栽可能と推測（文献21）
- ✓ 樹幹丸太には材質の低い未成熟材部分が存在。未成熟材の範囲は年輪数で約17～20年。短伐期林業で生産される樹幹丸太を構造用材として利用する場合、未成熟材が材積的に見ると大きな割合を占める可能性がある。初期成長を促進することにより未成熟材が量的に増加する特徴を考慮するとともに後期成長を促進することにより材質の低下を防止できる可能性についても指摘（文献25）
- ✓ 50～60年生のコウヨウザン伐採木の年輪解析では良好かつ継続的な生育状況を確認。材の強度はスギより高く、ヒノキよりも低いと推測（文献28）

➤ チャンチンモドキ（平成29年度 文献調査）（表3-8）

- ✓ 樹幹の通直性は非常に高く、樹幹上部の比重低下がないことから、地上高10mまでの材の利用は可能（文献35）
- ✓ 樹幹外側の比重が高い部分では素材として付加価値の高い利用が有効であり、樹

幹中心の比重が低い部分では木質ボードの原材料または紙パルプの原料としての利用が有効（文献 35）

- ✓ 54 年生のチャンチンモドキ 3 個体を樹冠解析した結果、30 年生まで連年成長量が大きい（文献 54）
- ✓ チャンチンモドキでは、スギに比べ樹高成長は早いが先枯れ個体が多く発生した。なお、樹高成長の傾向が異なることが原因として先枯れの発生時期は異なる（文献 55）
- ✓ 伐採時の玉切り作業時、製材時、天然乾燥時に材の割れや反りが観察されたことから、建築材として利用する場合に著しい欠点となる可能性があるため、優良個体の選抜などを検討する必要あり（文献 57）

➤ ヤナギ類（平成 29 年度 文献調査）（表 3-9）

- ✓ 北海道において、河川の周辺の低地土壌や砂礫地が適地、好適な水分環境・緩斜地の褐色森林土壌も適地（文献 37, 38）
- ✓ 2,500 本/ha、5,000 本/ha、10,000 本/ha、20,000 本/ha の植栽密度では、植栽 3 年後においては密植区ほど生産量が高く、20,000 本/ha で立木幹材積が 56m³/ha（文献 41）
- ✓ ヤナギ類の植栽密度 20,000 本/ha の生産量（10 年伐期）が高く、年平均生産量は 20m³を上回る（文献 42）
- ✓ ヤナギ栽培に対する障害としては、ヤナギ類葉さび病、ハムシ類、ガ類による食葉被害、アブラムシ類による吸汁被害、ウサギやシカ等による動物食害が想定（文献 45）
- ✓ 土壌耕耘・マルチ・穂植栽・施肥の植栽前作業を前提として、「3 年伐期・刈取り後に株施肥」を 7 回繰り返す（21 年間）ことで、新規植栽の繰り返しの短伐期栽培が可能。（文献 50）
- ✓ 地上高 15 cm のヤナギ地際直径とバイオマス収穫量の関係は、エゾキヌヤナギ・オノエヤナギとも、一年間に地際直径が 2.4cm 以上になった場合、バイオマス収穫量が 10t/ha/y。植栽不適地で 8t/ha/y 以下。栽培による年間目標収穫量を 10t/ha/y に定める（文献 52）
- ✓ 非土壌改良区で雑草の繁茂が著しく、各ヤナギ種は被陰及び手刈り除草時の誤伐で 39%枯死、エゾシカ食害で 12%枯死（文献 52）
- ✓ ヤナギは萌芽再生能力が高く、1~2 年周期で約 20 年間にわたって収穫が可能であり、2 年間の平均生産量（2 回収穫）は 26.8dry-t/ha。このことを前提にヤナギをバイオマス燃料チップとして販売価格 12,000 円/t と仮定した場合、販売収益は 12,000 円/10a。現段階の生産方法では自作と作業委託の場合で 27,000~55,000 円/10a の欠損が生じ自作の経済的な優位性は確認できず（文献 53）