## 10.植栽・保育に関するガイドラインの作成

平成 29 (2017) 年度から令和元 (2019) 年度までの調査結果を基にまとめた「早生樹利用による森林整備手法ガイドライン」を次ページ以降に示す。

なお、ガイドラインは別冊子で印刷製本し、林野庁に200部提出した。

# 早生樹利用による 森林整備手法ガイドライン



<sup>令和2(2020)年2月</sup> 林野庁

## 目次

. 7	背景と目的	1
. 文	付象樹種	1
. <b>h</b> i	直栽・保育の留意点	2
(1	) センダン	2
1	需要	5
2	成林状況	6
3	植栽適地と植栽後の成長	9
4	植栽密度	17
(5)	苗木の手配	18
6	芽かき	19
7	下刈り	20
8	初期コスト	23
(2	)コウヨウザン	25
1	需要	27
2	成林状況	28
3	植栽立地	30
4	苗木と生存率	32
(5)	植栽密度	37
6	苗木の手配	38
7	ノウサギ被害防除	40
0	知知 コフト	

注:本ガイドライン中のグラフで示したエラーバーは全て標準偏差を表している。

#### 1. 背景と目的

国産材の利用が進み、木材自給率が上昇傾向で推移する中、森林資源の持続的な利用を確保して いく観点から、伐採後の再造林が重要となっている。一方、造林においては初期作業である植栽と 下刈りに多額の費用を要し、この費用の回収ができる主伐までの期間が非常に長いことが、所有者 の関心を再造林に向きにくくしている。

そのような中、20~30年という比較的短い期間で木材としての利用が見込まれるセンダンやコウ ヨウザン等の早生樹が、造林樹種の選択肢として注目を集めつつあり、研究や実証調査も盛んになってきている。しかし、本格的な研究等の開始から日が浅いこともあり、育苗、植栽立地、施業体系等不明な点が未だ多く、試験研究情報等も一元的には整理されていない。

このため、平成29 (2017) 年~令和元 (2019) 年にかけ、林野庁の早生樹利用による森林整備 手法検討調査により、これまでの早生樹の植栽技術に関する情報の収集・分析及び既存の植栽地に おける生育状況の調査、実証的な植栽による試験等を実施した。本ガイドラインはこの結果に基づ き、早生樹を植栽する際の参考となるよう作成したものである。

#### 2. 対象樹種

本ガイドラインは用材生産が可能な樹種のうち、各地域で植栽が進んでおり、生産目標の参考となる既存植栽地があるセンダン、コウヨウザンの2樹種について記載した。

センダンは、現在、天然木が加工され、家具材や住宅部材として流通しているが、製材業界や家 具業界から材を求める声が徐々に大きくなってきている。

熊本県では、熊本県森林・林業・木材産業基本計画に基づきセンダンの植栽を推進しており、熊 本県甲佐町に試験展示林を設けるなど、研究開発を進めている。

一方、センダンの植え方や植栽適地、保育管理等について明らかになっていない点も多いことか ら、本事業では、植栽密度や植栽立地、芽かきや下刈りに関する調査結果を基に、本ガイドライン をまとめた。

コウヨウザンは、中国から導入された早生樹であり、神社・仏閣等に単木的に植栽されているものが多いが、広島県庄原市には同一林齢のスギ以上の林分蓄積を有するコウヨウザン林分がある。 コウヨウザンは材質試験でヒノキと同等の値を示すとの報告があるほか、萌芽再生力が強いなど、 再造林の低コスト化にもつながる樹種として期待されている。現在は島根県、広島県、鹿児島県で 造林補助事業の対象樹種として指定され、植林が進められている。

一方、コウヨウザンについては、苗木の選択やノウサギによる被害について不明な点も多い。本 事業では、現在流通している1年生苗と2年生苗の成長の比較や、ノウサギ被害防除に関する調査 結果を基に、本ガイドラインをまとめた。

## 3. 植栽・保育の留意点

## (1) センダン

センダンにかかる本ガイドラインは、実証植栽地3箇所(表1)及びその他13箇所の既存植栽地(表2)の調査等に基づき作成した。各調査地の位置を図1に示す。

なお、センダンのガイドライン中に示す林分No.は表1、表2、図1に対応している。

#### 表 1 センダン実証植栽地の概要

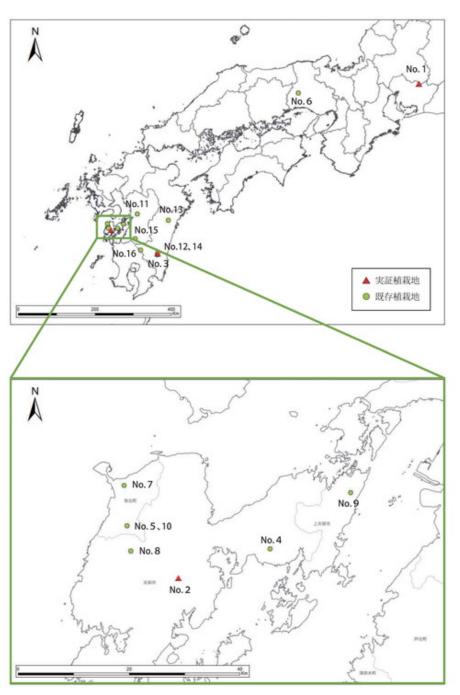
林分 No.	場所	植栽年月	植栽密度 (本/ha)	植栽面和	責(ha)	年平均気温 (℃)*
1	愛知県豊田市	平成 30 (2018) 年 12 月	400	0.4	12	12.9
2	熊本県天草市	平成 30 (2018) 年 1月	400	0.16	0.45	10.4
2	原平系大阜市	平成 30 (2018) 平 1月	200	0.29	0.45	16.4
3 宮崎県宮崎市 平成 25	平成 29 (2017) 年 12 月	400	0.29	0.54	10.0	
	当啊东昌啊巾	平成 29 (2017) 平 12 月	200	0.25	0.54	16.9

<sup>\*</sup> 最寄りの気象観測所の平年値を基に、100mで0.6℃下がるとして算出

## 表 2 センダン既存植栽地の概要

林分 No.	若/壮	調査時 林齢	場所	植栽年月	植栽密度 (本/ha)	植栽面積 (ha)	年平均気温 (℃)*
4		2	熊本県天草市橋本町	平成 29 (2017) 年 4 · 5月	400	-	14.6
5		2	熊本県天草郡苓北町①	平成 28 (2016) 年	299	0.05	15.4
6	老	3	兵庫県宍栗市	平成 28 (2016) 年 4月	400	0.3	13.5
7	AG	3	熊本県天草郡茶北町	平成 30 (2018) 年 3 月	400	0.11	14.6
8	林	3	熊本県天草市天草町	平成 30 (2018) 年 3 月	400	0.42	14.6
9		3	熊本県上天草市	平成 30 (2018) 年 3 月	400	0.22	14.6
10		5	熊本県天草郡苓北町②	平成 25 (2013) 年	389	0.09	15.4
11		17	熊本県甲佐町	平成 13 (2001) 年 4 月	1,111	0.1	16.8
12		17	宫崎県高岡町(民有材)	平成 13 (2001) 年 3 月	2,500	2.86	16.7
13	壮	18	宮崎県延岡市	平成 12 (2000) 年 3 月	3,500	0.14	14.0
14	静林	21	宮崎県高岡町(国有材)	平成8 (1996) 年	2,800	0.16	16.5
15	"	24	熊本県人吉市	平成7 (1995) 年	3,000	0.8	14.8
16	1	30	宮崎県えびの市	平成元 (1989) 年 3 月	3,000	1.24	13,9

<sup>\*</sup> 最寄りの気象観測所の平年値を基に、100mで0.6℃下がるとして算出



03 45

図1 センダンの実証植栽地及び既存植栽地 (図中のNo.は表1,2の林分No.に対応)

#### Q1. センダンの需要はあるの?いくらで売れるの?

A 1. 末口40cm、4 mの直材は約 4 ~ 5 万円/m³ で取引されている。 需要は高く、植栽面積も拡大している。 →詳しくは、① 需要(P5)

#### Q 2. 将来どのような林分になるの?

A 2. 林齢17年生で平均樹高16.5m、平均胸高直径28.2cmの林分がある。 →詳しくは、②成林状況(P6)

#### Q3. どこに植えれば良いの?

A 3. 山地では、乾いた斜面上部よりも下部での生育が良好である。 耕作放棄地では、水田跡地よりも畑跡地で生育が良好である。 ただし、水田跡地でも滞水しない立地で生育が良好な事例もある。 →詳しくは、③ 植栽通地と植栽後の成長(P9)

#### Q4.どのくらい植えれば良いの?

A 4. 熊本県では植栽密度400本/haを推奨している。 肥大成長を促すため間伐を行い、最終的な立木密度は70本/haとされている。 →詳しくは、④ 植栽密度(P17)

## Q5. 苗木はどこで手に入るの?価格は?

A 5. 生産量は熊本県が一番、次いで宮崎県であり、熊本県では苗長50~ 100cm、90~290円/本である。 →詳しくは、③ 苗木の手配(P18)

#### Q6.「芽かき」とは?芽かきはどの程度やれば良いの?

A 6. 芽かきとは、枝の元となる芽を欠いて通直材を生産する最も有効な 方法である。春芽かきと夏芽かきの最低年2回必要で、求める直材の 長さ(高さ)まで実施する。 →詳しくは、⑥ 芽かき(P19)

#### Q7. センダンは成長が早いため、下刈りをする必要がないのでは?

A 7. 下刈りは基本的に必要であり、特に耕作放棄地では雑草木の繁茂が激しく、徹底的に行う必要がある。 →詳しくは、⑦下刈り(P20)

#### Q8. どれくらいの初期費用がかかるの?

A 8. 植栽から2年目の保育作業までで、山地では約64万円/ha(植栽密度 400本/ha)である。

また、雑草木の繁茂が激しい耕作放棄地では114~152万円/ha (植 栽密度200~400本/ha) が必要である。→詳しくは、® 初期コスト(P23)

#### ① 需要

## Q1. センダンの需要はあるの?いくらで売れるの?

A 1. 末口40cm、4 mの直材は約 4 ~ 5 万円/m³ で取引されている。 需要は高く、植栽面積も拡大している。

センダンは、ケヤキの代替材として、「硬すぎず軟らかすぎず、加工性やデザイン性にも優れている」と評価が高く、イスやテーブル等の家具材に加え、住宅部材等にも利用されている(写真  $1\sim4$  ;協同組合 福岡・大川家具工業会)。現在供給されているセンダンはほぼ天然木で、末口 40cm、 $4\text{moniffであれば約}4\sim5$  万円/m³ 程度で取引されている。

近年の製材業界や家具業界からの需要の高まりに対し、熊本県ではセンダン人工林からの材供給を目指して植林を推進し、植栽面積は平成26 (2014) 年の1.21haから平成29 (2017) 年の9.18haに拡大している。また、全国的に見てもセンダンの植栽箇所は増加傾向にあり、平成25年度の熊本県等3県から、平成29年度には、兵庫県、島根県、大分県、宮崎県等9県に増加している。



写真 1 無垢材を接ぎ合わせたテーブル



写真2 集成材



写真3 突板



写真4 スギ合板(12mm)の両面にセンダン 挽板(4mm)を貼り合わせた国産早生広葉樹 ハイブリットパネル(PLT)

## ② 成林状況

## Q2. 将来どのような林分になるの?

## A 2. 林齢17年生で平均樹高16.5m、平均胸高直径28.2cmの林分がある。

本事業で調査したセンダン既存植栽地のうち、壮齢の6 林分(No.11~No.16)の平均樹高、平均 胸高直径、林分材積の結果を図2に示す。

成長良好な林分から成長不良な林分まで様々な林分が見られた。各林分の特徴について次ページ 以降に示す。

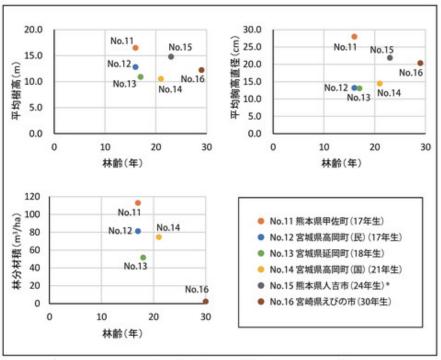


図 2 センダン既存植栽地における林齢と平均樹高(左上)、平均胸高直径(右上)、林分材積(左下) \*No.15は調査ブロットが狭く林分材積として適切に評価できないため、林分材積の贮蔵は省略した。

#### ◆ 成長良好な林分

No.11熊本県甲佐町のセンダン既存植栽地は、平成13 (2001) 年、密度1,111本/haで植栽された17年生の林分であり、調査を行ったセンダン既存植栽地の中で最も良好な林分として成林していた (写真5 熊本県林業研究・研修センター舞の原試験展示林)。本林分では、下刈りが年2回、2年間行われ、4年生時及び11年生時に間伐が実施されるなど徹底した管理が行われている。

本林分では、33m×40mのプロットを設定し、30本のセンダンを調査した。

これらのセンダンは、平均樹高16.5m・平均胸高直径28.2cmに達し、胸高直径が最も太いものは 39.2cmに達していた(図 3)。また、植栽から2年目の夏までに芽かきを高さ4.5mまで2週間ごと に実施したことで、多くの個体が4m以上の直材を得られる立木に成長していた(図 4)。

このように、理想的なセンダン林分を仕立てるには、植栽後数年間の芽かきや下刈り、またその 後の適切な時期における間伐等の徹底した保育管理が大切であることが分かった。





写真 5 No.11熊本県甲佐町17年生林分

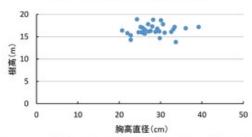


図3 No.11熊本県甲佐町17年生林分の胸高直径及び樹高の分布

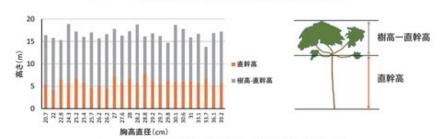


図4 No.11熊本県甲佐町17年生林分の直材が採れる高さの分布

#### ◆ 成長が抑えられていた林分

No.13宮崎県延岡市のセンダン既存植栽地は、平成12 (2000) 年、密度3,500本/haで植栽された18年生の林分であり、成林していたものの成長が抑えられ、林分材積が51.7m³/haにとどまっていた(写真6)。本林分では、下刈りが年1回、平成14 (2002) 年~平成21 (2009) 年まで実施されているが、間伐の記録はない。

本林分では、13m×15mのプロットを設定し、15本のセンダンを調査した。

これらのセンダンは、平均樹高10.9m・平均胸高直径13.1cmと、成長が抑えられていた。

このように、センダンの成長を促進させるためには、間伐が不可欠であることが分かった。特に センダンは成長が早く林冠閉鎖も早いため、適した時期に間伐を行うことが大切である(本数管理 についてはP17に記載)。



写真 6 No.13宮崎県延岡市18年生林分

#### ◆ 成林しなかった林分

No.16宮崎県えびの市のセンダン既存植栽地は、平成元 (1989) 年、密度3,000本/haで植栽された30年生林分であるが、成林していなかった (写真7)。本林分では、植栽後、年1回、4年間下刈りが実施されたが、11年生時の除伐以降、19年間保育間伐等が行われていない。

本林分では、植栽地1.24haに生存するセンダンを調査した。

その結果、植栽されたセンダンのほとんどが消失し、生存していたセンダンは15本のみだった。 調査地には、樹高10mを超えるタブノキやウラジロガシ等が生育しており、再生してきたこれら の常緑広葉樹等にセンダンが被圧されるようになったと考えられた。

このように、数年経過したセンダン林分でも、定期的に見回り、状況に応じて雑草木を除去する 等の保育管理が大切であることが分かった。





写真 7 No.16宮崎県えびの市30年生林分(調査員が指差しているのはセンダンの枯死木)

#### ③ 植栽適地と植栽後の成長

センダンは暖帯に自生し、谷筋や斜面下部、平地で成長が良いとされており <sup>1)</sup>、養分、水分要求 度が非常に高い樹種である <sup>2)</sup>。本事業で、山地の斜面中部~下部・平坦地、耕作放棄地にセンダ ンを植栽し、立地の違いによる成長を調査した。また、既存植栽地についても合わせて調査を行っ た。以下、植栽立地を山地と耕作放棄地の場合に分け、各立地における植栽後の成長をまとめた。

#### ◆ 山地の場合

#### Q3-1. どこに植えれば良いの?

A 3 - 1. 山地では、乾いた斜面上部よりも下部での生育が良好である。

#### ✔ 斜面別の比較その1 (実証植栽地, No.3 宮崎県宮崎市3年生の若齢林)

宮崎県宮崎市のセンダン実証植栽地(写真8)は、平成29(2017)年12月に国有林の斜面に植 栽した3年生の調査地である。前生林は66年生のスギ・ヒノキ・広葉樹で、平成28(2016)年~ 平成29(2017)年にかけて伐採されている。

本林分では、植栽地の斜面を中部(標高75m)と下部~平坦地(標高52m)の2つに分け、樹高 及び平均胸高直径を植栽直後から3年間にわたって調査した。

その結果、植栽から2年後の平均樹高は、斜面中部で1.7mだったのに対し、斜面下部~平坦地では2.3mと、有意に高くなった(t検定:P<0.05)。また根元径についても斜面下部~平坦地で有意に太くなる結果となった(t検定:P<0.05)(図5)。

このように、センダンは斜面中部よりも下部で生育良好であることが分かった。



写真8 No.3 宮崎県宮崎市3年生林分

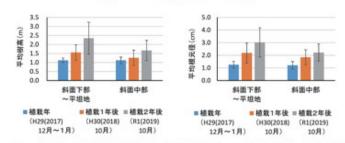


図 5 斜面別の平均樹高及び平均根元径の経年変化(No.3 宮崎県宮崎市3年生林分)

#### ✔ 斜面別の比較その2 (既存植栽地, No.15熊本県人吉市24年生の壮齢林)

熊本県人吉市のセンダン既存植栽地(写真9,10)は、平成7 (1995)年に県有林の斜面に植栽 された24年生の林分である。

本林分では、林分の斜面を上部(標高280m)と下部(標高260m)に分け、樹高及び平均胸高 直径を調査した。

その結果、平均樹高は斜面上部で14.3m、斜面下部で15.0mと有意差はなかったものの、平均胸 高直径は斜面上部の14.9cmに比べ、斜面下部は25.0cmと有意に大きかった(t検定:P<0.05) (図6)。

このように、センダンは斜面上部よりも下部で生育良好であることが分かった。

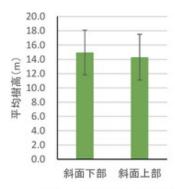
なお、熊本県が行った県内36林分(林齢6~20年生)のセンダン植栽地の調査によると、成林 していた11林分は、土壌水分や養分が豊富な谷筋や平地に多く生育していたが、成林していない 林分は斜面上部や尾根上に多く位置しているとしており<sup>30</sup>、本調査の結果と同様の傾向を示して いた。



写真9 No.15熊本県人吉市24年生林分 斜面下部(標高260m)の様子



写真10 No.15熊本県人吉市24年生林分 斜面上部(標高280m)の様子



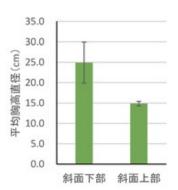


図 6 斜面別の平均胸高直径及び樹高 (No.15熊本県人吉市24年生林分) (平均胸高直径のみ有意差あり(t検定:P<0.05))

#### ✔ その他生育良好な事例

植栽地の気候や土壌、斜面方位など様々な要因があるため、植栽適地を一律に判定することは容易ではないが、今回調査した既存植栽地には、山地に植栽され良好な成長を示す林分が見られたので、以下に紹介する。

#### No.4熊本県天草市栖本町

熊本県天草市栖本町のセンダン既存植栽地は、平成29 (2017) 年、ほぼ平坦地の針葉樹伐採跡 地に植栽された林分である。平均樹高は2年生で4.3mに達していた (写真11)。芽かきや下刈り 等、管理が適切に行われていることが、良好な成長につながっていると考えられる。





写真11 No.4 熊本県天草市栖本町 2 年生林分

#### No. 7 熊本県天草郡苓北町

熊本県天草郡苓北町のセンダン既存植栽地は、平成30 (2018) 年、ヒノキ林の伐採跡地に植栽された林分である。平均樹高は3年生で3.6mに達していた(写真12)。植栽木の周囲に雑草木がそれほど繁茂しておらず、下刈り等の管理も適切に行われていることが、良好な成長につながっていると考えられる。





写真12 No.7 熊本県天草郡苓北町 3 年生林分

#### ◆ 耕作放棄地の場合

#### Q3-2. どこに植えれば良いの?

A 3-2. 耕作放棄地では、水田跡地よりも畑跡地で生育が良好である。 ただし、水田跡地でも滞水しない立地で生育が良好な事例もある

#### ✔ 畑跡地と水田跡地の比較(実証植栽地, No.1 愛知県豊田市2年生の若齢林)

愛知県豊田市のセンダン実証植栽地は、平成30 (2018) 年12月にクワ畑及び水田跡地に植栽した 2年生の調査地である。センダンの植栽前は、耕作をやめてから約20年経過しており(写真13)、 クワノキが残るなどしていたため、重機による地拵えを行った(写真14)。

本林分では、植栽地を、①畑跡地(写真15)と②水田跡地に大きく分けた上で、水田跡地は、排 水路を設けた箇所(写真16)、設けない箇所に分け、さらに排水路を設けない箇所については、畔 上植栽(写真17)と田内植栽(写真18)に分類し、合計4プロットで調査を行った。

植栽立地別に生存率を比較したところ、畑跡地の100%に対し、水田跡地(排水路あり)で31%、水田跡地(排水路なし:畔植え)で47%、水田跡地(排水路なし:田内植え)に至っては全て枯死する結果となった(図7)。また、樹高及び根元径についても、水田跡地に比べ、畑跡地で有意に成長が良い結果となった(畑跡地と水田跡地(排水路なし・畦)で有意差あり(t検定:P<0.05))(図8.9)。

このように、センダンは水田跡地よりも畑跡地で生育良好であることが分かった。また、水田跡 地に植栽する場合、排水路作設による効果は多少あるが、それだけでは不十分であることが分かっ た。なお、滞水状況によっては水田の路盤を崩す等の工夫も必要である。





写真13 No.1 愛知県豊田市地拵え前の様子(左:畑跡地、右:水田跡地)



写真14 重機による地拵えの様子



写真15 No.1-① 愛知県豊田市畑跡地



写真16 No.1-② 愛知県豊田市水田跡地 (排水路あり)



写真17 No.1-②愛知県豊田市水田跡地 (排水路なし:畦植え)



写真18 No.1-②愛知県豊田市 水田跡地(排水路なし:田内植え)

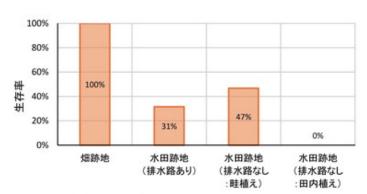


図7 植栽立地別の生存率 (No.1 愛知県豊田市2年生林分)

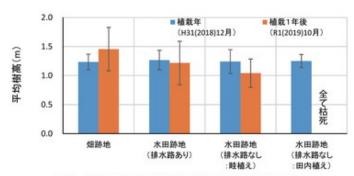


図8 植栽立地別の平均樹高(No.1 愛知県豊田市2年生林分) 樹高が低くなっているのは、植栽後冬期の寒害を受け幹の上部が枯死し、台切で再生させたことによるものである

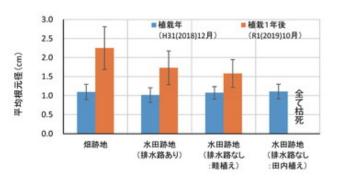


図9 植栽立地別の平均根元径(No.1 愛知県豊田市2年生林分)

## ✔ 水田跡地間での比較 (既存植栽地, その他の地域)

今回調査したセンダン既存植栽地には、水田跡地であっても良好な生育を示す林分が見られた 一方、前述のNo.1 愛知県豊田市の水田跡地と同様、成長不良な林分も見られたので、以下に紹介 する。

#### ~生育良好な事例~

#### No.6兵庫県宍粟市

兵庫県宍粟市のセンダン既存植栽地は、稲作をやめてから30年以上経過していた棚田跡地(写 真19)であり、植栽前はススキや雑木が生い茂っていた。この植栽地は、宍粟市早生樹活用研究 会により平成28 (2016) 年に密度400本/haで植栽され、植栽後は芽かきを適期に実施し、下刈り を年2回行っている。

これらのセンダンの平均樹高は3年生で5.3mに達していた。

水田跡地であるが滞水しない立地にあり、下刈りや芽かき等の管理が徹底的に行われていること が良好な成長につながっていると考えられる。





写真19 No.6 兵庫県宍粟市 3 年生林分

#### No.5,10熊本県苓北町①②

熊本県苓北町のセンダン既存植栽地は、平成25 (2013) 年及び平成28 (2016) 年に棚田跡地 に密度約300~600本/haで植栽された調査地である(写真20,21)。テラス状に段々となっており、最上段である5段目(標高214m)に5年生、1段目(標高195m)に2年生のセンダンが植 栽されていた。緩効性固形肥料を元肥として施肥し、芽かきを植栽後2年間実施し、下刈りも行っている。

これらのセンダンの平均樹高は2年生で3.8m、5年生で7.5mに達していた。

No.6 兵庫県宍栗市と同様、水田跡地であるが滞水しない立地にあり、適切な保育管理が良好な成長につながっていると考えられる。



写真20 No.5 熊本県苓北町①2年生林分



写真21 No.10熊本県苓北町②5年生林分

#### ~生育不良な事例~

#### No.8 熊本県天草市天草町

熊本県天草市天草町のセンダン既存植栽地は、近くに沢が流れている水田跡地で、平成30 (2018) 年3月に植栽されたセンダンである (写真22)。

これらのセンダンの平均樹高は3年生で1.2mにとどまっていた。

下刈りは実施されたと思われるが、近くに沢が流れるなど、一時的に滞水する時期があることが 推察され、生育不良につながっていると考えられる。



写真22 No.8 熊本県天草市天草町 3 年生林分

#### No.9熊本県上天草市

熊本県上天草市のセンダン既存植栽地は、近くに溜池がある水田跡地で、平成30(2018)年3月 に植栽されたセンダンである(写真23)。

7月の下刈り前にはこれらのセンダンのほとんどが枯死しており、生存木も平均樹高0.7mとほとんど成長していなかった。

溜池のそばに立地し、地下水位が高いことが推察され、生育不良につながっていると考えられる。



写真23 No.9熊本県上天草市3年生林分

#### ④ 植栽密度

#### Q4. どのくらい植えれば良いの?

A 4. 熊本県では植栽密度400本/haを推奨している。 肥大成長を促すため間伐を行い、最終的な立木密度は70本/haとされている。

センダンの施業については、熊本県が平成8 (1996) 年頃から育林研究を行っており、当初は 植裁密度3,000本/ha、5,000本/ha、7,000本/haで植栽木の成長や曲がり等の樹形を比較する試験 が行われた。これらの林分では、初期成長は良好だったものの、数年で林分閉鎖し、肥大成長が明 確に減速しただけでなく、幹曲がりの矯正効果も不十分であった。

その後、芽かきの技術が開発され、低密度植栽でも通直な材の生産が可能となったことから、現在では、少ない間伐回数で持続的な直径成長を促すのに適していると考えられる植栽密度400本/ha (植栽間隔5m)を推奨している。具体的には、20年後に収穫することを目指し、植栽後に複数回間伐し、収穫時には70本/ha (12m間隔)まで立木密度を下げ、末口径30cm以上、直幹4mの丸太生産を想定している。

なお、林分閉鎖後の林分葉量は、一般的に立木密度に関わらず面積当たり一定になることから、 高密度で植栽した場合には、単木当たりの葉量が減り、肥大成長が抑制される。このため、肥大成 長を促すためには、単木の葉量が最大化されるよう適したタイミングで間伐し、立木密度をコント ロールすることが重要である。

「センダンの育成方法(熊本県)<sup>1)</sup>」の施業体系の一例では、図10に示す立木密度であれば、肥大成長に影響がないとしている。なお、植栽後2年目までに樹高4.5mに達することが理想的である。

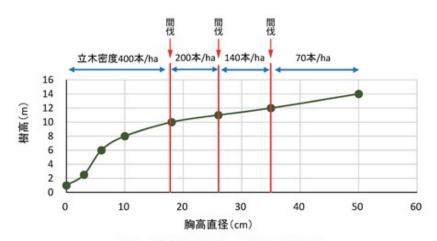


図10 肥大成長に影響がないと考えられる立木密度 (センダンの育成方法<sup>1)</sup>の施業体系を基に作成)

#### ⑤ 苗木の手配

## Q5. 苗木はどこで手に入るの? 価格は?

A 5. 生産量は熊本県が一番、次いで宮崎県であり、熊本県では苗長50~ 100cm、90~290円/本である。

センダンの苗木生産は熊本県が一番多く(表3)、苗長は50~100cmで価格は90円~290円/本 となっている(表4)。苗木には、個体選抜した母樹から採取した種子に由来するもののほか、山 林等から採取した種子に由来するものもある。今後の用材生産に向けては、個体選抜した母樹から 採取した種子で作った優良苗木を使うことが望まれる。なお、熊本県では、成長が良好で樹幹が通 直な数家系を個体選抜している。

また、本事業におけるセンダンの苗木は「熊本県樹苗協同組合(電話:096-288-6722)」から 購入した(写真24.25)。

表3 センダン苗木の生産地域と生産量※

地域	生産者						
地域	数	H24(2012)	H25(2013)	H26(2014)	H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)
島根県	1	試験栽培用	のため、数量	不明			
香川県	1						3,000
H-20 III	2	1,200	600	100	800	700	500
佐賀県		1,000	1,000	1,000	2,000	2,000	2,000
65-4-111		0			500	5,000	20,000
熊本県	2	10,000	10,000	10,000	10,000	22,000	32,000
大分県	1	4,000	4,000	4,000	7,000	7,000	7,000
宮崎県		0	0	6,900	5,400	0	3,000
	2	2,500	0	500	3,700	9,700	16,000

<sup>※</sup> 全国山林種苗協同組合連合会及び日本植木協会へ平成29 (2017) 年度に租会した結果

表 4 生産されているセンダンの規格と価格※

地域	規格 (苗長)	金額	備考
	60 cm	90 円	Am -++-
熊本県	100 cm	110 円	裸苗
	50cm	290 円	ポット苗
	60 cm	100 円	Am -++-
4-7500	100 cm	180 円	裸苗
大分県	50 cm	240 円	ポット苗
	100 cm	420 円	ホット田
宮崎県 80 cm		65 円	裸苗

※ 全国山林種苗協同組合連合会及び日本植木協会へ平成29 (2017) 年度に開会した結果



写真24 本事業で植栽に供された裸苗



写真25 センダンの苗畑

#### ⑥ 芽かき

#### Q6-1.「芽かき」とは?

A 6-1. 芽かきとは、枝の元となる芽を欠いて通直材を生産する最も 有効な方法である。

「芽かき」とは、樹幹を通直にする最も有効な方法であり、頂芽以外の側芽を取り除くことである (写真26)。センダンは、数多く発生する側芽により低い位置で枝分かれするため、天然に自生しているセンダンから太い通直材を採ることは難しい。このため、通直な材を得るには、求める材の高さまで芽かきを行うことが非常に重要な作業となる。芽かきの具体的な手法等については、「センダンの育成方法 1) (https://www.pref.kumamoto.jp/kiji\_20150.html)」を参照されたい。





写真26 頂芽を残し、側芽を取り除く「芽かき」の様子

#### Q6-2. 芽かきはどの程度やれば良いの?

A 6-2. 春芽かきと夏芽かきの最低年2回必要で、求める直材の長さ (高さ)まで実施する。

芽かきは、春  $(4\sim5$ 月)及び夏  $(6\sim9$ 月)の時期、最低年 2回、枝下高が求める直材の長さになるまで行う必要がある。

芽の発生時期には個体差があるため、植栽地全ての個体の芽が出終わった時期にまとめて芽かきを行おうとすると、出芽の早かった個体からは既に枝が発生しており、立木の曲がりを生んでしまう(写真27,28)。特に、植栽後1年目に比べ2年目の方が、出芽量が比較的多く、出芽のタイミングも早いため、2年目の芽かきには特に注意が必要である。

価値の高い直材を多く収穫するには $1\sim2$ 週間に1回程度の頻度で見回り、側芽発生の度に芽かきを行うことが求められる。自宅近くなどアクセスの良い場所にセンダンを標準木として一本植えて、その標準木の芽吹きを観察して芽かきの時期を判断するのも一つの方法である。



写真27 根元から95cm高で三又に 分かれたセンダン



写真28 根元から130cm高で曲がった センダン

#### ⑦ 下刈り

Q7. センダンは成長が早いため、下刈りをする必要がないのでは? A7. 下刈りは基本的に必要であり、特に耕作放棄地では雑草木の繁茂が 激しく、徹底的に行う必要がある。

センダンは成長が早く雑草木の背丈をすぐに追い越すため、下刈りが不要であるとの考えもあったが、実際には競争相手となる雑草木がセンダンより早く成長する事例も見られ、下刈りが必要であることが分かった。

#### ◆ 耕作放棄地での雑草木の強力な再生力

No.2熊本県天草市のセンダン実証植栽地は、平成30 (2018) 年3月に耕作放棄地に植栽した 3年生の調査地である。耕作放棄前はサツマイモが作られており、植栽前はクズとともに樹齢5 ~8年生程度のアカメガシワやクサギ等が一部に侵入し、樹高3~4m程度の藪状になっていた (写真29)。なお、植栽地の周囲にはミカン畑が広がっている。

本林分では、重機により地拵えを行った上で植栽したが、翌年8月下旬にはセイタカアワダチソ ウ等の雑草木がセンダンを追い抜くスピードで再生した。この雑草木によりセンダンの成長は大き く阻害され、成長阻害をそれほど受けなかったプロット① (写真30) の平均樹高2.8mに対し、雑草 木による成長阻害を受けていたプロット② (写真31) の平均樹高は1.7mと、1m以上の違いが見ら れた。また、平均根元径についても約1.1cmの成長差が見られた(図11)。

このように、耕作が放棄されてから長年経過しているような耕作放棄地では、雑草木の根系や埋土種子が地下部に大量に蓄積されており、地上部を刈っても強力な再生力で再度繁茂し、センダンの成長を阻害することが分かった。特にセイタカアワダチソウやクズによる被圧が甚大であった(写真32,33)。このような林分では、年1回の下刈りでは不十分で、最低でも年2回が必須である。

労力軽減のためには、植栽前に除草剤を散布し、雑草木の生育を抑えてから植栽するなどの除草 対策を考えていくことも必要である。





写真29 No.2 熊本県天草市の植栽地においてセンダン植栽前に定着していたクサギ(左)やクズ(右)等



45

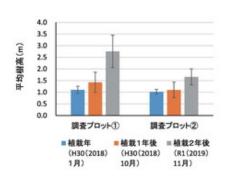


写真30 No. 2 熊本県天草市 3 年生林分調査プロット① 左:平成30(2018)年1月下旬(地拵え後)、右:平成30(2018)年8月下旬(下刈り前)





写真31 No. 2 熊本県天草市 3 年生林分調査プロット② 左:平成30(2018)年1月下旬(地拵え後)、右:平成30(2018)年8月下旬(下刈り前)



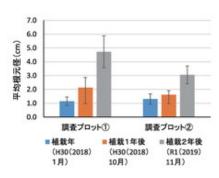


図11 植栽年から植栽 2 年後までの平均樹高と平均根元径の成長 (No. 2 熊本県天草市 3 年生林分) 調査プロット①:植栽後、センダンの背丈を超える雑草木が周囲になく、成長阻害をそれほど受けなかった箇所 調査プロット②:植栽後、センダンの背丈を超える雑草木に覆われ成長阻害を受けた箇所



写真32 センダンの樹高を上回るセイタカ アワダチソウ



写真33 クズに巻きつかれるセンダン

## ◆ 雑草木が引き起こしたセンダンへの二次的被害

雑草木に覆われたセンダンは、被圧による直接的な被害だけでなく、その雑草木をすみかとする 害虫(ゴマダラカミキリ、シャクトリムシ)による二次的被害を受けていた(写真34,35)。

センダンが雑草木の背丈を越えていたとしても、害虫による被害を避けるためには、雑草木の下 刈りを一定程度継続することも必要である。



写真34 シャクトリムシにより葉の被害を 受けたセンダン



写真35 ゴマダラカミキリにより幹の被害を 受けたセンダン

#### ⑧ 初期コスト

#### Q8.どれくらいの初期費用がかかるの?

A 8. 植栽から2年目の保育作業までで、山地では約64万円/ha(植栽密度 400本/ha)である。

また、雑草木の繁茂が激しい耕作放棄地では114~152万円/ha (植 栽密度200~400本/ha) が必要である。

No.2熊本県天草市(耕作放棄地)のセンダン実証植栽地及びNo.3宮崎県宮崎市(山地)のセンダン実証植栽地において(植栽履歴の詳細はそれぞれP20,9参照)、2年目までにかかる保育作業等についてコスト分析を行った。コストは、植栽、下刈り及び芽かきにかかった人工数のデータを基に算出した。植栽密度は、熊本県が推奨する400本/haに加え、さらに手間(コスト)をかけずに早く収穫することを目指し、末口径30cm以上・直幹2.5mの丸太生産を想定し、200本/ha(植栽間隔7m)の植栽試験も設計した。なお、直幹2.5mは、テーブル板等に用いることが可能な長さで、手の届く範囲での芽かきが可能な高さである。

No.2熊本県天草市(耕作放棄地)では、植栽密度による影響以上に、雑草木の繁茂状況がコストに大きく影響した。このため、植栽後、センダンの背丈を超える雑草木が周囲になく、成長阻害をそれほど受けなかった200本/ha区をプロット①、センダンの背丈を超える雑草木に覆われ成長阻害を受けた400本/ha区をプロット②として区分した。なお、プロット①、②はP20,21と同じプロットである。

プロット①で、植栽から植栽後2年目までに約114万円/haのコストがかかり、プロット②では、 152万円/haのコストがかかった(図12)。

このように、雑草木の繁茂が激しい耕作放棄地では、山地以上に地拵え及び下刈りにかかるコストが多くなるケースがあるため、植栽前の除草対策等、コストをいかに下げていくかを考えていく必要がある。

No.3宮崎県宮崎市(山地)では、植栽密度400本/haで、植栽から植栽後2年目までに約64 万円/haのコストがかかった。一方、植栽密度200本/haでは、植栽及び芽かきに必要な労力が抑え られ、約55万円/haのコストに抑えることができた(図12、表5)。

このため、植栽密度200本/haでは、400本/haに比べ、苗木代、植栽労力、間伐にかかる手間 (コスト)を軽減できる利点がある。一方、400本/haでは本数が多い分、枯死のリスクが軽減さ れるとともに、間伐時に成長の良好な植栽木を選抜して残せる利点がある。これらを踏まえ、植 栽密度を選択していく必要がある。

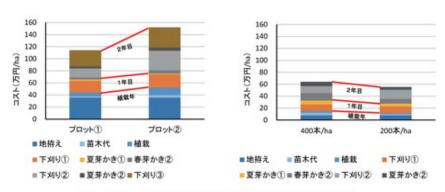


図12 地拵え、植栽、芽かき及び下刈り(植栽後2年間)にかかったコスト (左: No. 2 熊本県天草市3年生林分、右: No. 3 宮崎県宮崎市3年生林分)

表 5 地拵え、植栽、芽かき及び下刈り(植栽後 2 年間)にかかったコスト

(単位:万円/ha)

場所		植栽年		1年目		2年目			合		
	区分	地拵え	苗木代	植栽	下刈り①	夏芽 かき①	春芽 かき②	下刈り ②-2	夏芽 かき②	下刈り ②-1	at-
No. 2 熊本県	プロット① (植栽密度 200 本/ha)	35	2	6	20	2	3	15	3	27	114
天草市*	プロット② (植栽密度 400 本/ha)	35	4	13	21	1	6	32	5	33	154
No. 3 宮崎県	植栽密度 400 本/ha	8	4	3	11	7	13	12	7	-	64
宮崎市	植栽密度 200 本/ha	8	2	1	11	5	8	15	5	-	55

センダンの背丈を超える雑草木が周囲になく、成長阻害をそれほど受けなかった200本/ha区をブロット①、センダンの背丈を超える 雑草木に覆われ成長阻害を受けた400本/ha区をブロット②として区分した。なお、ブロット①、②はP20,21と同じブロットである。

## 3. 植栽・保育の留意点

## (2) コウヨウザン

コウヨウザンにかかる本ガイドラインは、実証植栽地8箇所(表6)及びその他3箇所の既存植 栽地(表7)の調査等に基づき作成した。各調査地の位置を図13に示す。

なお、コウヨウザンのガイドライン中に示す林分No.は表6、表7、図13に対応している。

表 6 コウヨウザン実証植栽地の概要

林分 No.	場所	植栽年月	植栽密度 (本/ha)	植栽面積 (ha)	年平均気温* (℃)
1	富山県立山町	平成 29(2017)年 11月	1,600	0.45	9.8
2	静岡県小山町	平成 30(2018)年 10 月	1,600	0.50	11.0
3	和歌山県上富田町	平成 30(2018)年 11月	1,600	0.50	14.3
4	広島県北広島町	平成 29(2017)年 12 月	1,500	0.43	11.4
5	山口県周南市	令和元(2019)年6月	1,600	0.46	12.5
6	徳島県三好市	令和元(2019)年6月	1,600	0.50	9.6
7	熊本県水俣市	令和元(2019)年7月	2,100	0.50	13.0
8	宫崎県宮崎市	平成 29(2017)年 12 月	1,600	0.51	16.9

<sup>\*</sup> 最寄りの気象観測所の平年値を基に、100mで0.6℃下がるとして算出

表 7 コウヨウザン既存植栽地の概要

林分 調査時 No. 林齢		場所	場所植栽年		植栽面積 (ha)	年平均 気温* (℃)	
9	55	広島県庄原市	昭和 38(1963)年	3,000	0.637	12.1	
10	30	高知県 土佐清水市	昭和 7 (1932)年植栽 昭和 63(1988)年伐採後、 萌芽再生	2,700	0.3	15.1	
11	60	熊本県菊池市	昭和 34(1959)年	3,846	0.13	12.4	

<sup>\*</sup> 最寄りの気象観測所の平年値を基に、100mで0.6℃下がるとして算出

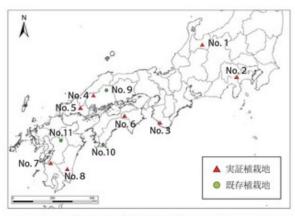


図13 コウヨウザンの実証植栽地及び既存植栽地(図中のNo.は表 6,7 の林分No.に対応)

#### Q 1. コウヨウザンの材質は良い?どのような用途があるの?

A 1. 材質は基本的に良好で、構造材や集成材も含めた合板や建材として の利用を視野に入れた試験・研究が現在進められている。

→詳しくは、① 需要 (P27)

#### Q2. 将来どのような林分になるの?

A 2. コウヨウザン林分のほとんどが同一林齢のスギの平均以上の林分材 積を示した。 → 詳しくは、② 成林状況 (P28)

#### Q3. どこに植えれば良いの?

A 3. 生育適地は基本的にスギの植栽が可能な地域と考えられる。斜面別にみると、斜面上部よりも斜面中部、下部で生育良好であり、尾根部では風害に注意が必要である。 →詳しくは、③ 植栽立地(P30)

#### Q4. どんな苗木を何に注意して植えれば良いの?

A 4. 苗齢による生存率の差は基本的に認められない。被害としては雪害、 乾燥害、ノウサギ被害が確認され、特に乾燥害は枯死に至るケースが あるため注意が必要である。 →詳しくは、④ 苗木と生存率(P32)

#### Q5. ヘクタール当たり何本植えれば良いの?

A 5. 広島県では現在、造林補助事業により植栽密度1,500本/haで植裁されている。 →詳しくは、⑤ 植栽密度(P37)

## Q6. 苗木はどこで手に入るの?価格は?

A 6. 主に広島県で生産されており、苗長30~70cmで90~248円/本と なっている。 →詳しくは、⑥ 苗木の手配(P38)

## Q7.ノウサギ被害の対策は?

A 7. ノウサギが多い所では単木防護の対策が有効だが、多くのコストが 必要となる。 →詳しくは、⑦ ノウサギ被害防除 (P40)

#### Q8.どれくらいの初期費用がかかるの?

A 8. 植栽から2年目の保育作業までで約100万円/haとなっており、特に 1年生苗は誤伐防止のための印付け、2年生苗は苗木代で多くの コストがかかっている。 →詳しくは、® 初期コスト(P43)

#### ① 需要

## Q1. コウヨウザンの材質は良い?どのような用途があるの?

A 1. 材質は基本的に良好で、構造材や集成材も含めた合板や建材として の利用を視野に入れた試験・研究が現在進められている。

広島県庄原市(52年生)の林分から採材したコウヨウザンの材質試験によると、曲げ、縦圧縮、 せん断強度については、スギ、ヒノキの無等級材の基準強度を上回り、めり込み強度はスギを下回 った。これらの結果から、コウヨウザンの材が建築用材として十分に利用できる材質である可能性 が示唆されている 4)。

一方、茨城県日立市(22年生)の林分から採材したコウヨウザンの材質試験によると、曲げ強度 についてはスギにやや劣り、曲げヤング係数はスギとヒノキの中間程度であった 5)。

コウヨウザンの材質は基本的に良好で、構造材や集成材も含めた合板や建材としての利用を視野 に入れた試験・研究が現在進められている(写真36)。

また、コウヨウザン材を用いた机や椅子の試作も行われている(写真37)。





写真36 コウヨウザンの材質試験の様子(広島県提供)



写真37 高知県土佐清水市で萌芽更新したコウヨウザン林分から得られた材を用いた机、椅子

## ② 成林状況

## Q2. 将来どのような林分になるの?

A 2. コウヨウザン林分のほとんどが同一林齢のスギの平均以上の林分材積を示した。

No.9 広島県庄原市のコウヨウザン既存植栽地の斜面下部(写真38)では、55年生で林分材積 1,449m³/haと、スギの平均の2倍以上の値を示した。また、斜面上部(写真39)でもスギの平均 程度の値を示し、その他文献等による調査結果からもコウヨウザンは同一林齢のスギの平均以上の 林分材積を示していた(図14、表8,9)。



写真38 No.9 広島県庄原市55年生林分 斜面下部(標高310m)



写真39 No.9 広島県庄原市55年生林分 斜面上部(標高373m)

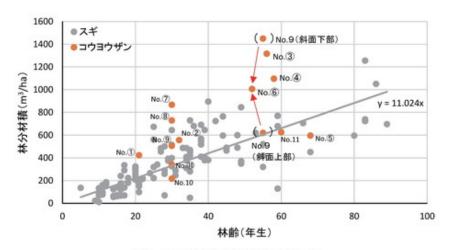


図14 コウヨウザン及びスギの林分材積の比較 (スギのデータは、森林総合研究所 宇都木玄 研究ディレクター提供) (図中のNo.は表 8,9 の林分No.に対応)

#### 表8 現地調査から得られたコウヨウザンの材積

林分 No.	場所	林齢	材積 (m³/ha)	備考
9	広島県庄原市 (斜面下部)	55	1,449	材積は、森林総合研究所「幹材積計算プログラム」「熊 本スギ」にて計算
3	n (斜面上部)	55	620	я
10	高知県土佐清水市 (萌芽更新)	30	217	л
11	熊本県菊池市	60	626	л

表 9 文献調査から得られたコウヨウザンの材積

林分 No.	場所	林齢	材積 (m³/ha)	文献名等
0	茨城県日立市	21	423	茨城県における 21 年生コウヨウザンの成長 6)
2	千葉県鴨川市	32	557	東京大学千葉演習林におけるコウヨウザンの成長 <sup>7)</sup>
3	千葉県君津市	56	1,316	· v
4	千葉県君津市	58	1,096	"
5	静岡県南伊豆町	68	597	わが国におけるコウョウザンの成長*)
6	広島県庄原市	52	1,006	"
7	熊本県菊池市	30	867	コウヨウザン 30 年生林分の成長及び材質特性 <sup>9)</sup>
8	地位:上	30	730*	コウヨウザンの暫定的な収穫予想表の作成 10)
9	地位:中	30	506*	"
00	地位:下	30	343*	"

## \* 予想值

No.10高知県土佐清水市のコウヨウザン既存植栽地(写真40)は、昭和7 (1932)年に最初のコウヨウザンが植栽された後、昭和63 (1988)年に伐採され、萌芽再生した林分である。林分材積217 m³/haとスギの平均より劣るものの、萌芽更新による再造林の低コスト化の可能性を示している。No.11熊本県菊池市のコウヨウザン既存植栽地(写真41)は、林分材積626 m³/haとスギの平均程度の値を示した。



写真40 No.10高知県土佐清水市30年生 (萌芽更新)林分



写真41 No.11熊本県菊池市60年生林分

#### ③ 植栽立地

#### Q3. どこに植えれば良いの?

A 3. 生育適地は基本的にスギの植栽が可能な地域と考えられる。斜面別にみると、斜面上部よりも斜面中部、下部で生育良好であり、尾根部では風害に注意が必要である。

#### ◆ 斜面について

## ✔ 斜面別の比較その1 (実証植栽地, No.8 宮崎県宮崎市3年生の若齢林)

No.8 宮崎県宮崎市のコウヨウザン実証植栽地(写真42)は、平成29(2017)年12月に国有林の 斜面に植栽した3年生の調査地である。前生林は66年生のスギ・ヒノキ・広葉樹で、平成28 (2016) 年~平成29 (2017) 年にかけて伐採されている。

本林分では、植栽地の斜面を上部(標高103m)と中部(標高70m)の2つに分け、生存率を調 査した。その結果、植栽から2年後に斜面上部で70%だった生存率は、斜面中部で97%と、有意に 高かった(カイ二乗検定: P<0.05) (図15)。

このように、コウヨウザンは斜面中部よりも斜面上部で生存率が低くなり、乾燥地形にある尾根 がかった立地はコウヨウザンの植栽地として避けることが望ましいことが分かった。





写真42 No.8 宮崎県宮崎市 3 年生林分(左:斜面中部、右:斜面上部)

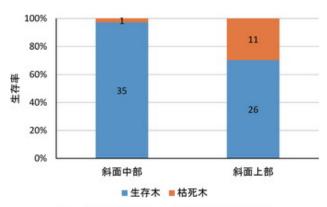


図15 斜面別の生存率(No.8 宮崎県宮崎市 3 年生林分)

#### ✔ 斜面別の比較その2 (既存植栽地, No.9 広島県庄原市55年生の壮齢林)

No. 9 広島県庄原市のコウヨウザン既存植栽地では、斜面上部よりも斜面下部で成長が良く、健 全率、平均樹高及び平均胸高直径で斜面下部が斜面上部に比べ高い値を示した(図16)。

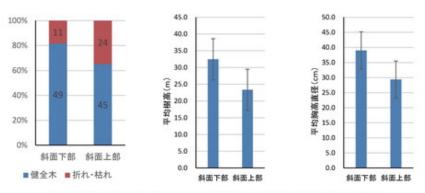


図16 斜面別の健全率、平均樹高及び平均胸高直径(No.9 広島県庄原市55年生林分) 全て有意差あり((左)カイ二乗検定:P<0.05、(中・右)t検定:P<0.05)

#### ◆ 風害等について

コウヨウザンに比較的多くみられる幹折れは風害や冠雪害に起因すると考えられる(写真43)。 No.9 広島県庄原市のコウヨウザン既存植栽地では、主幹の折れや枯れが、斜面下部で18%、斜面上部で35%と、斜面上部で有意に高かった(前述の図16左)。

また、No.11熊本県菊池市のコウヨウザン既存植栽地でも幹折れや風倒が発生している。

このようなことから、植栽に当たっては、風害の可能性についても留意して植栽地を選定する必要がある。





写真43 主幹上部の幹折れ (左:No.9 広島県庄原市55年生林分、右:No.11熊本県菊池市60年生林分)

#### ④ 苗木と生存率

## Q4. どんな苗木を何に注意して植えれば良いの?

A 4. 苗齢による生存率の差は基本的に認められない。被害としては雪害、 乾燥害、ノウサギ被害が確認され、特に乾燥害は枯死に至るケースが あるため注意が必要である。

植栽後のコウヨウザンがどのような成長を示すのか、どのような被害が発生するのか等を明らか にするため、8箇所の実証植栽地において1年生苗及び2年生苗のコウヨウザンを植栽し、調査を 行った。

調査に当たっては、各植栽地において1年生苗及び2年生苗ごとに各30~40本程度の調査プロットを設け、植栽から数か月~2年後のコウヨウザンの状態を記録した。

生存率は、苗齢に関係なく概ね80%以上と良好であった。ただ、No. 2 静岡県小山町やNo. 3 和 歌山県上富田町等、乾燥害等により生存率が著しく低下しているケースも見られた(表10)。

主な被害として、雪害等 (No.1 富山県立山町)、乾燥害 (No.2 静岡県小山町、No.3 和歌山県 上富田町)、ノウサギ等被害 (No.2 静岡県小山町、No.4 広島県北広島町、No.5 山口県周南市、 No.7 熊本県水俣市、No.8 宮崎県宮崎市)が確認された。

表10 実証植栽地8箇所における苗齢別の生存率及び被害状況

林分	2010	植栽後の	生社	存率	107, i. b. de debede
No.	場所	経過年数	1年生苗	2年生苗	受けた被害
1	富山県立山町	2年	64 %	78 %	雪害等
2	静岡県小山町	1年	16 %	71 %	乾燥害、ノウサギ被害
3	和歌山県上富田町	1年	32 %	11 %	乾燥害
4	広島県北広島町	2年	97 %	92 %	ノウサギ被害
5	山口県周南市	4か月	91 %	100 %	ノウサギ被害
6	徳島県三好市	4 か月	94 %	100 %	被害なし
7	熊本県水俣市	3か月	89 %	100 %	ノウサギ、シカ被害
8	宮崎県宮崎市	2年	84 %	_	ノウサギ被害

#### ◆ 雪害等を受けたケース

No.1 富山県立山町のコウヨウザン実証植栽地は、傾斜17~26°で冬には積雪する山の斜面である(写真44)。

平成29 (2017) 年12月の植栽後、平成30 (2018) 年8月に植栽木を調査したところ、雪による 主軸折れや寒さによる主軸枯れが確認された。1年生苗には主軸への被害は見られなかったが、2年 生苗については、調査木36本中、12本が主軸枯れ、10本が主軸折れの被害を受けていた(写真45)。

苗齢による被害状況の違いが何に起因するのか現段階では明らかではないが、積雪地域に植栽した場合、雪圧による主軸折れや寒害による主軸枯れに注意することが必要である。







写真45 雪により斜面の下に向かって苗木が めくれるように主軸折れしたコウヨウザン

#### ~ 萌芽による再生力~

平成30 (2018) 年8月に主軸枯れや主軸折れが発生した2年生苗22本のうち、その後、枯死したのは2本のみで、20本は萌芽により再生し枯死には至っていなかった(写真46)。





写真46 主軸被害を受けた後、萌芽再生するコウヨウザン

# ◆ 乾燥害と思われるケース

No.2 静岡県小山町及びNo.3 和歌山県上富田町のコウヨウザン実証植栽地では、植栽後の降水が 少なく、乾燥枯死したと思われるコウヨウザンが多く見られた。

# No.2静岡県小山町

No. 2 静岡県小山町のコウヨウザン実証植栽地 (写真47) では、全体的に生存率が低かった。

この原因としては、平成30 (2018) 年10月下旬の植栽後、12月25日から1月30日の37日間での総降雨量が3mm (最寄りの気象観測所の降雨データによる)と、ほとんど雨が降らない日が続いたことに加え、植栽地の火山灰土壌が非常に軽く、サラサラしており、土壌表面が乾燥しやすい性質を持っていたことが考えられる。

また、植栽から1年経過後の生存率は2年生苗で71%、1年生苗で16%と、苗齢による生存率 の違いが有意に認められた(カイ二乗検定: P<0.05) (写真48)。

1年生苗は2年生苗に対して相対的に根の量が少なく(写真49)、より厳しい状況下に置かれ たのではないかと考えられる。

このように、乾燥しやすい土質におけるコウヨウザンの植栽に当たっては、乾燥が続く時期を避 けるとともに、サイズの大きい苗木を用いる等の配慮が必要である。



写真47 No. 2 静岡県小山町 2 年生林分



写真48 枯死した1年生苗





写真49 No. 2 静岡県小山町で植栽したコウヨウザン(左: 1 年生苗、右: 2 年生苗)

#### No.3和歌山県上富田町

No.3 和歌山県上富田町のコウヨウザン実証植栽地 (写真50) では、植栽から1年経過後の生存率が2年生苗で11%、1年生苗で32%と、両苗齢とも生存率が低い結果となった (写真51)。

この原因としては、平成30 (2018) 年11月下旬の植栽後、12月23日から1月30日の39日間での総降雨量が9.5mm (最寄りの気象観測所の降雨データによる)と、ほとんど雨が降らない日が続いたこと、また本植栽地が南向き斜面で日当たりが良いこと等から深刻な乾燥害を受けたのではないかと推察される。

このように、乾燥害を受けやすい季節、立地での植栽については注意が必要である。





写真50 No. 3 和歌山県上富田町 2 年生林分

写真51 枯死した2年生苗

# ◆ノウサギ被害を受けたケース

実証植栽地8箇所のうち、ノウサギによる被害が確認されたのは、No.2静岡県小山町、No.4 広島県北広島町、No.5山口県周南市、No.7熊本県水俣市、No.8宮崎県宮崎市の5箇所であった (表11)。そのうち1年以上経過した実証植栽地では、その被害率はいずれも100%だった。

苗齢によってノウサギ被害率に違いが認められたのは山口県のみで、2年生苗よりも1年生苗が被害を多く受けていた。その他の地域では苗齢によるノウサギの被害率に違いは見られなかった。ただし、苗のサイズにより特徴的な被害が見られ、苗木サイズの小さい1年生苗は食害により盆栽状になっていた(写真52)。また、2年生苗では主軸切断の被害が発生していた(写真53)。

表11 実証植栽地8箇所における苗齢別ノウサギ被害の状況

林分 No.	an or	68 60 50 m 67 10 ft 96	ノウサギ被害率		
	場所	植栽後の経過年数	1年生苗	2年生苗	
1	富山県立山町	2年	被害	なし	
2	静岡県小山町	1年	100 %	100 %	
3	和歌山県上富田町	1年	被害	なし	
4	広島県北広島町	2年	100 %	100 %	
5	山口県周南市	4 か月	41 %	14 %	
6	徳島県三好市	4 か月	被害	なし	
7	熊本県水俣市	3 か月	28 %	22 %	
8	宮崎県宮崎市	2年	100 %	-	





写真52 盆栽状になった1年生苗 (左:No.4 広島県北広島町3年生林分、右:No.8 宮崎県宮崎市3年生林分)



写真53 ノウサギによって主軸切断の被害を受けた2年生苗 (No.4 広島県北広島町3年生林分)

# ~萌芽による再生力~

No.2 静岡県小山町、No.4 広島県北広島町、No.8 宮崎県宮崎市では、調査した全ての植栽木で ノウサギ被害が確認された。乾燥害を受けたと思われるNo.2 静岡県小山町を除くと、枯死したの はNo.4 広島県北広島町で76本中4本(枯死率5%)、No.8 宮崎県宮崎市で73本中12本(枯死率 16%)と、その多くが枯死せず、萌芽により再生していた(写真54)。

このように、コウヨウザンではノウサギによる食害が枯死に直結することは少ないことが分かった。



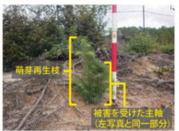


写真54 主軸切断の被害を受けたが(左)、萌芽再生枝が伸び回復したコウヨウザン(右) (左:令和元(2019)年7月、右:令和元(2019)年10月)

#### ⑤ 植栽密度

# Q 5. ヘクタール当たり何本植えれば良いの?

A 5. 広島県では現在、造林補助事業により植栽密度1,500本/haで植裁 されている。

広島県では、中国湖南省のコウヨウザン人工林の樹高成長モデルパラメータを使用した樹高成長 曲線をもとに、現在、造林補助事業により植栽密度1,500本/haで植裁されている。これらの林分は、 30年後に400m³/haを収穫し、梱包材、バイオマスに加え、合板、LVL等の活用を想定している。

本調査の7箇所のコウヨウザン実証植栽地においても、広島県の植栽密度を基に、1,500本/ha~1,600本/ha(植栽間隔2.5~2.6m)で植栽した(写真55)。ただし、No.7熊本県水俣市においては、保安林の指定施業要件に基づき、2,100本/haで植栽した。

適切な植栽密度については現在明らかとなっていない。このため、現在、「成長に優れた苗木を活用した施業モデル(体系)の開発」(戦略的プロジェクト研究推進事業,平成30(2018)年~令和4(2022)年)では、1,100,1,600,2,500本/haの植栽試験地において、植栽後の成長が調査されている。



写真55 植栽密度1,500本/ha(植栽間隔2.6m)で植栽されたコウヨウザン

#### ⑥ 苗木の手配

# Q6. 苗木はどこで手に入るの?価格は?

A 6. 主に広島県で生産されており、苗長30~70cmで90~248円/本となっている。

コウヨウザンの苗木は主に広島県で生産されている(表12)。

従来は種苗生産者が裸苗を生産していたが、平成29 (2017) 年から (一財) 広島県森林整備・農業振興財団の「農林水産業みらいプロジェクト」によりコンテナ苗の生産が始まった。このプロジェクトにより、コウヨウザンのコンテナ苗の生産技術が開発され、平成29 (2017) 年に22,337本、平成30 (2018) 年に52,782本のコンテナ苗が生産されている (写真56)。なお、生産技術の詳細については、「コウヨウザンコンテナ苗生産マニュアル 11) (https://hsnz.jp/)」を参照されたい。苗木の規格は苗長30~70cm、価格は90~248円/本である (表13)。また、本事業におけるコウヨウザンの苗木は「広島県樹苗農業協同組合 (電話:082-228-5437)」を通じて購入した (写真57~59)。

表12 コウヨウザン苗木の生産地域と生産量※1

地域	d. 200 de 86.	生産量(本):概算値						
	生産者数	H25(2013)	H26(2014)	H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	
						1,245	930	
						1,625		
			2		400	12,498	8,480	
					500	2,170	1,510	
ete da um	9	200	500	11,000	1,500	3,800	2,795	
広島県						1,015	410	
						475		
							450	
						22,337#2	52,782 12	
	合計	200	500	11,000	2,400	45,165	67,357	
大分県	1	300	300	500	2,000	3,000		

<sup>※1</sup> 全国山林種苗協同組合連合会、日本植木協会へ平成29(2017)年度、広島県樹苗農業協同組合、(一財)広島県森林整備・農業振興財団へ令和元(2019)年度に照会した結果

<sup>※2 (</sup>一財)広島県森林整備・農業振興財団が「農林水産業みらいプロジェクト」で生産するコンテナ苗





写真56 (一財)広島県森林整備・農業振興財団が生産するコンテナ苗

地域	規格 (苗長)	金額	備考	
	30- cm	99 円	裸苗 (1年生苗)	
	30-45 cm	111 円	裸苗 (2年生苗)	
広島県	45-70 cm	166 円	休田 (2年生田)	
从人们外	20-30 cm	195 円	コンテナ苗	
	30-50 cm	222 円		
	50- cm	248 円		
	30 cm	90 円	400 +++	
	50 cm	120 円	裸苗	
大分県	30 cm	220 円	-1° 1 .#*	
	50 cm	300 円	ポット苗	
	30 cm	220 円	コンテナ苗	

表13 生産されているコウヨウザンの規格と価格※

30 cm 220 円 コンテナ苗
※ 全国山林種苗協同組合連合会、日本植木協会へ平成29(2017)年度、広島県樹苗農業協同組合、(一財)広島県森林整備・農業振興財団へ令和元(2019)年度に照会した結果



写真57 本事業で植栽に供された裸苗(ボールより左1年生、右2年生)



写真58 本事業で植栽に供されたコンテナ苗 (苗長約25-30cm)



写真59 本事業で植栽に供されたコンテナ苗 (苗長50cm以上)

#### ⑦ ノウサギ被害防除

# Q7. ノウサギ被害の対策は?

A 7. ノウサギが多い所では単木防護の対策が有効だが、多くのコストが 必要となる。

P35のとおり、コウヨウザン実証植栽地8箇所のうち、5箇所でノウサギによる被害が確認され、 そのうち、植栽から1年以上経過した実証植栽地では、被害率はいずれも100%だった。また、ノウ サギはコウヨウザンに対して嗜好性が高く、餌量が豊富であってもコウヨウザンを選好的に摂食す ることが確認されている 12)。

そこで、実証植栽地においてノウサギ防除試験を実施し、ノウサギに対する防除の効果やコスト を調査した。

# ◆ 防除の方法

現在、ノウサギに対して考えられる防除方法として忌避剤及び単木防護ネットを用いたノウサギ 防除試験を実施した。なお、忌避剤としてコニファー水和剤(写真60)、単木防護ネットとして ジュウガードS(写真61)を使用した。



写真60 本実証植栽地で使用した忌避剤

### コニファー水和剤

・原液1ℓが入っている4ℓのコンテナに水を 加え希釈し、噴霧器にて植栽木に散布。

・希釈倍数:3~5倍・使用液量:10~50ml/本・価格:2,440円(税抜)/袋



写真61 本実証植栽地で使用した単木防護ネット

# ジュウガードS

- 植栽木のサイドに支柱を挿し、ネットをかぶせて結束パンドで支柱に固定し、地際をプラアンカーで打ち付ける。
- ・価格:620円(税抜)/1セット
- ・内訳:ネット(0.85m)、支柱(1.2m)、結 東バンド、プラアンカー

# ◆ 防徐の効果

単木防護ネットは、ノウサギ被害を受けていた実証植栽地全5箇所で、ノウサギによる被害を0%に抑えることができた。

一方、忌避剤区では、忌避剤を散布した枝葉に食害は見られなかったが、散布後に新しく伸びた 枝葉については被害が認められた(写真62,63)。No. 2 静岡県小山町では、無処理区の被害率47% に比べ忌避剤区20%と被害軽減が確認されたものの、その他 4 地域では被害軽減された調査地はな かった(表14)。

表14	ノウサ	ギ被害を受け	た実証権穀地	5箇所におけ	る防除手法別の被害率
-----	-----	--------	--------	--------	------------

林分 No.	101.00	防除検証 期間		忌避剤の効果 (無処理区との		
	場所		単木防護区	無処理区	忌避剂区	比較) (カイニ 検定)
2	静岡県小山町	2 か月	0%	47%	20%	被害軽減あり (P<0.05)
4	広島県北広島町	3か月	0%	97%	83%	被害軽減なし
5	山口県周南市	4 か月	0%	27%	36%	被害軽減なし
7	熊本県水俣市	3か月	0%	25%*	25%*	被害軽減なし *シカ被害も含む
8	宫崎県宮崎市	3か月	0%	42%	31%	被害軽減なし





写真62 忌避剤散布後ノウサギによって主軸切断の被害を受けたコウヨウザン (No. 4 広島県北広島町 3 年生林分)

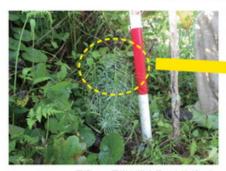




写真63 忌避剤散布後ノウサギによって主軸切断の被害を受けたコウヨウザン (No.8 宮崎県宮崎市 3 年生林分)

#### ✓ 忌避剤散布時の注意点

No.6 徳島県三好市では、ノウサギ被害は確認されなかったが、ノウサギが生息する地域のため ノウサギ防除を実施した。防除後、1年生苗では、無処理区の生存率94%に対し、忌避剤区の生存 率58%であった。枯死した原因としては、忌避剤の施用量過多による呼吸阻害が考えられる(写真 64)。このように、忌避剤は施用量以上を散布すると呼吸阻害を起こし成長に悪影響を及ぼすこと もあるため、注意が必要である。



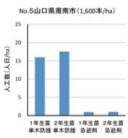


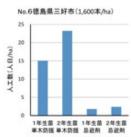
写真64 忌避剤散布後に枯死した1年生苗(左:6月、右:10月) (No.6 徳島県三好市1年生林分)

# ◆ 防徐のコスト

人工数は忌避剤の0.5~2.4人工/haに比べ、単木防護ネットでは15~23人工/haかかった。コスト でみると単木防護ネットは忌避剤に比べ約160~270万円/ha多くかかる結果となった(図17,18)。

単本防護ネットはノウサギによる被害を確実に防除できるが、より多くのコストがかかるため、 状況に応じて植栽本数を減らすことも選択肢の一つとして考えられる。また、単木防護ネットを自 作するなど工夫すれば費用を削減できる可能性はある。





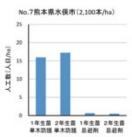
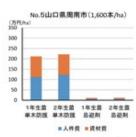
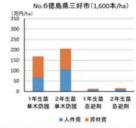


図17 植栽時にノウサギ防除を実施した3地域における防除にかかった人工数





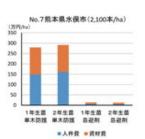


図18 植栽時にノウサギ防除を実施した3地域における防除にかかったコスト

# ⑧ 初期コスト

# Q8. どれくらいの初期費用がかかるの?

A 8. 植栽から2年目の保育作業までで約100万円/haとなっており、特に 1年生苗は誤伐防止のための印付け、2年生苗は苗木代で多くの コストがかかっている。

苗齢別に植栽した実証植栽地7箇所において、2年目までにかかる保育作業等についてコスト分析を行った。その結果、苗齢によるコストの違いに影響を与える主な要素は、「苗木代」「印付け(写真65)」の2つであった(図19)。苗木代は、2年生苗166円/本に対し1年生苗は77円/本であり、植栽密度1,600本/haの場合、2年生苗のほうが142,400円/ha割高となった。

下刈りの際の誤伐防止のための印付けは、2年生苗の場合は3万円/haだったのに対し1年生苗の場合は9万円/haを要し、1年生苗のほうが6万円/ha割高となった(写真65)。

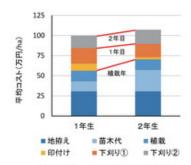
全体でみると、植栽密度1,600本/haの場合、1年生苗では100万円/ha、2年生苗では107万円/ha と、1年生苗のほうが割安となった。一方、植栽及び下刈りにかかる人工数は、1年生苗の植栽と 2年生苗の植栽とでほとんど差はなかった(表15,16、図19)。

このようなことから、苗木の価格、下刈り時の誤伐の可能性を踏まえ、1年生苗と2年生苗の選択をしていくことが望ましい。





写真65 誤伐防止のために行った印付けの作業(左)及び印を付けたコウヨウザン(右)



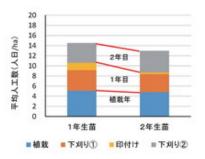


図19 実証植栽地の植栽から2年目の下刈りまでにかかった平均コスト及び平均人工数 ※苗木代は1年生苗77円、2年生苗166円、諸経費等は除いて計算

表15 地拵え、植栽及び下刈り(植栽後2年間)等にかかった平均コスト (単位:万円/ha)

苗齢 地拵.	植栽年			1年目		2年目	A 21
	地拵え	苗木代	植栽	印付け	下刈り①	下刈り②	合計
1年生苗	31	12	13	9	19	15	100
2年生苗	31	27	13	3	16	18	107

表16 植栽及び下刈り(植栽後2年間)等にかかった人工数 (単位:人日/ha)

苗齢 植栽年 植栽*	植栽年	1	年目	2年目	A 91.
	植栽*	印付け	下刈り①	下刈り②	合計
1年生苗	5.1	1.4	4.1	3.9	14.5
2年生苗	4.8	0.3	3.6	4.2	13.0

<sup>\*</sup> 地拵えは含まない

# 引用・参考文献

- 1) 熊本県 (2015) センダンの育成方法 (P4,12) (https://www.pref.kumamoto.jp/kiji\_20150.html)
- 2) 福山宣高 (1996) センダン幼齢人工林の成長について (日林九支論No.49,P83~84)
- 3) 横尾謙一郎 (2017) センダンの育成技術の開発・普及と材の利用について (山林2019・6.29)
- 4) 涌嶋智 (2017) 早生樹コウヨウザンの特徴と材質 (木材情報2017年10月号)
- 5) 涌嶋智 (2017) 52年生コウヨウザンの材質と製材品の強度について (現代林業2017.6)
- 6) 近藤禎二ら (2016) 茨城県における21年生コウヨウザンの成長 (関東森林研究67:113-116)
- 7) 近藤禎二ら (2017) 東京大学千葉演習林におけるコウヨウザンの成長 (関東森林学会68-2)
- 8) 近藤禎二ら(2017) わが国におけるコウヨウザンの成長(日本森林学会第128回ポスター)
- 9) 森田正彦ら (1990) コウヨウザン30年生林分の成長及び材質特性 (日林九支研論集No.43)
- 10) 山田浩雄ら (2018) コウヨウザンの暫定的な収穫予想表の作成 (森林総合研究所林木育種センター平成30年版・126-128)
- 11) (一財) 広島県森林整備・農業振興財団・広島県樹苗農業協同組合 (2019) コウヨウザンコンテナ苗生産マニュアル (農林水産業みらい基金)
- 12) 陶山大志ら (2018) コウヨウザンに対するノウサギの嗜好性と被害 (第129回日本森林学会大会 (抄録))



# 平成 31 年度 早生樹利用による森林整備手法検討調査委託事業 報告書

令和 2 (2020) 年 2 月 (発行) 林野庁

(作成) 一般社団法人 日本森林技術協会 〒102-0085 東京都千代田区六番町7番地 TEL (03) 3261-5281 (代表) ∕FAX (03) 3261-5393 http://www.jafta.or.jp