



広島県省力・低コスト再造林 実践の手引



令和7年7月
広島県

目 次

1	広島県の林業の現状と課題	1
(1)	森林資源と素材生産量	1
(2)	主伐面積と造林面積、再造林率の推移	2
(3)	再造林が進まない原因	3
①	林業経営が成り立たない	3
②	所有者が管理できない	5
③	その他の要因（獣害対策と苗木の確保）	6
2	解決策について	9
(1)	解決の糸口	9
(2)	具体的な対策《施業の見直しによる低コスト化》	10
①	低コスト化による林業収支の改善	10
②	低コスト化するポイント	10
(3)	具体的な対策《実証成果の導入による省力・低コスト再造林》	14
3	省力・低コスト再造林の実践手順	16
(1)	ICTハーベスタの導入	17
①	ICTハーベスタとは	17
②	ICTハーベスタの効果	19
③	ICTハーベスタ導入のポイント	20
④	ICTハーベスタの実証事例 バリュースタッキング機能を活用した造材の効果	20
⑤	バリュースタッキング機能の活用による作業の省力化	22
(2)	機械による地拵え	24
①	機械による地拵えとは	24
②	機械地拵えによる効果	25
③	機械地拵え実施のポイント	25
④	機械地拵えの実証事例	26
(3)	機械による苗木等の運搬	28
①	機械による苗木等の運搬とは	28
②	機械による運搬の効果	29
③	機械による運搬のポイント	30
④	広島県での実証の成果	32
(4)	植栽器具を用いたコンテナ苗の植栽	34
①	コンテナ苗専用の植栽器具を使用した植栽	34
②	植栽器具の効果	35
③	植栽器具使用のポイント	35
④	植栽器具を用いたコンテナ苗植栽の実証事例	36
(5)	伐採と造林の一貫作業システム	37

① 伐採と造林の一貫作業システムとは何か	37
② 従来の施業方法との違いと一貫作業によって期待できる効果	37
③ 一貫作業のポイント	38
④ 一貫作業の実証事例	39
(6) 低密度植栽	40
① 低密度植栽とは何か	40
② 低密度植栽の効果	41
③ 低密度植栽実施のポイント	41
④ 広島県での取組	42
(7) 下刈り回数の削減	43
① 下刈り回数の削減の効果	43
② 下刈り回数削減のポイント	43
③ 広島県での取組	44
(8) 下刈り機械の導入	45
① 下刈り機械とは何か	45
② 下刈り機械導入による効果	45
③ 下刈り機械導入のポイント	46
④ 下刈り機械の実証事例	48
4 コスト試算の結果	52

はじめに

広島県のスギ・ヒノキ人工林の多くは伐採適期を迎えており、素材生産量は増加しています。その一方で、主伐後の再生林の割合は約3割に留まっており、造林未済地が増加してきていることは、県内の森林資源の循環利用や森林の持つ公益的機能の持続的な発揮の面からも大きな課題となっています。

再生林が進まない大きな理由としては、「所有者が管理できない」、「林業経営が成り立たない」ことが挙げられます。

そのため、広島県では、「2025 農林水産業アクションプログラム」に基づき、所有者から市町や意欲と能力のある林業経営体に経営を委託することに加えて「低コスト施業技術」の推進により林業経営の黒字化を図ることに取り組んでいます。

この「低コスト施業技術」を実証するために「低コスト再生林実証事業（令和3～6年度）」を実施し、その成果をこの「広島県省力・低コスト再生林実践の手引」にまとめました。

今後の森林整備にあたっては、当手引を参考にして多くの林業経営体に低コスト施業を実践いただき、森林資源の循環利用に繋げていただければ幸いです。

1 広島県の林業の現状と課題

ここでは、再造林に関連する広島県の現状と課題について整理します。

(1) 森林資源と素材生産量

広島県ではスギ・ヒノキの人工林の多くが昭和 30 から 50 年代にかけて植林されており、現在、利用適期を迎えた 11 齢級（51 年生）以上の林分は全体面積の 50%以上を占めています。

県内のスギ・ヒノキの木材生産量は令和 5 年度に合計 40.7 万 m³となっており、このうち、主伐が 26.6 万 m³、間伐が 14.1 万 m³となっています。また、樹種別内訳では、スギ 17.3 万 m³、ヒノキ 23.4 万 m³で、調査開始の平成 22 年度と比べて、全体で 2.8 倍（主伐で 5.3 倍、間伐で 1.4 倍）の増加となっています。

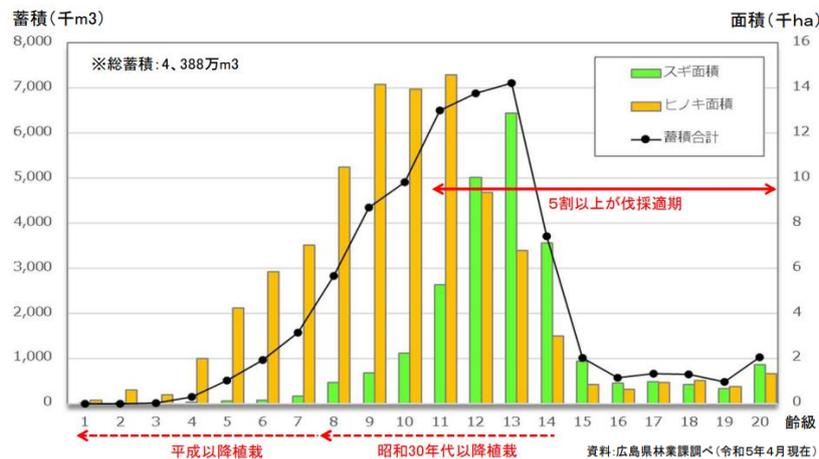


図1 広島県内スギ・ヒノキ人工林の齢級構成

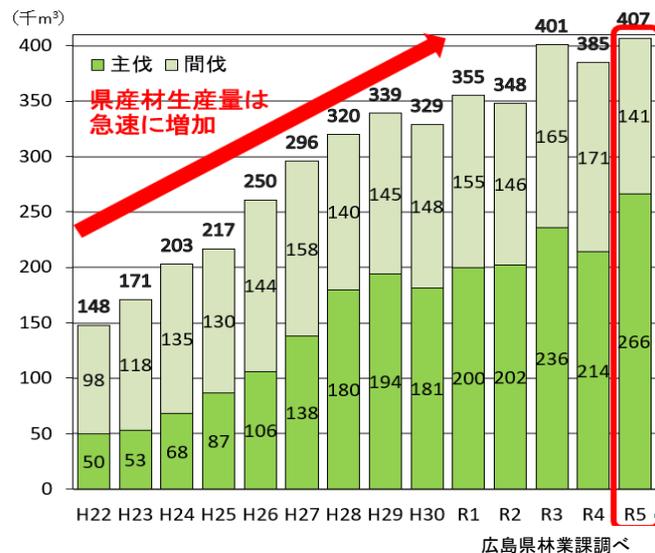


図2 広島県における木材(スギ・ヒノキ)生産量の推移

(2) 主伐面積と造林面積、再造林率の推移

令和5年度の広島県のスギ・ヒノキにおける主伐面積は、主伐材積量を基に、国有林を含む県内全体で概ね700haと推計しています。

一方で、主伐後の再造林は、民有林及び国有林を併せて約220ha実施しています。また、これに加えて水源林造成事業により約112haの森林造成が実施されています。

民有林の再造林率については、主伐材積量から推計した主伐面積に対する造林補助事業等による植栽面積から、35%と算定(R3からR5までの平均値)していますが、残りの65%の伐採地は、人工造林されていない状況となっています。

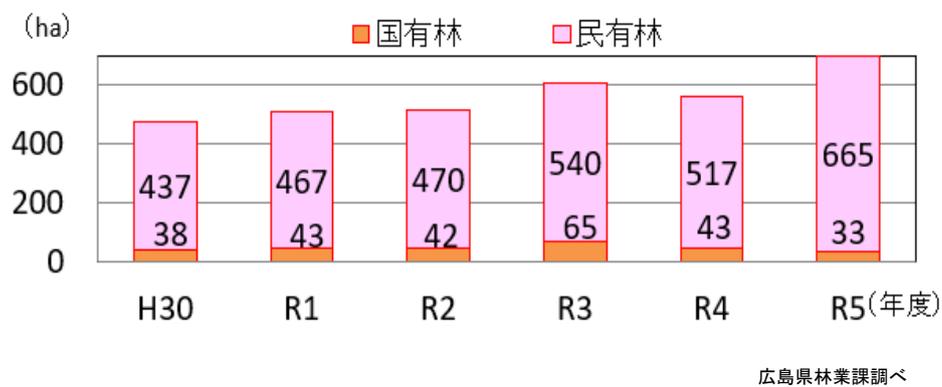
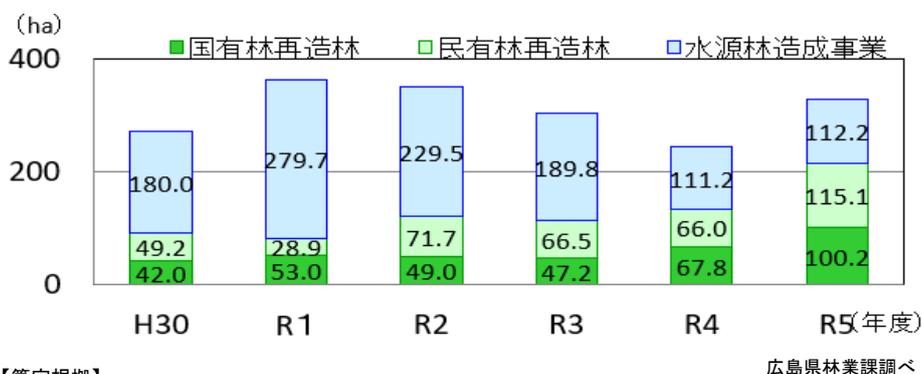


図3 広島県における主伐面積（推計）



【算定根拠】

※主伐面積は、スギ・ヒノキの主伐による平均収穫材積を381.0 m³/haと推定して算定。

※造林等面積は、国有林再造林事業、民有林再造林事業、水源林造成事業による植栽実績。

※主伐実施年度と造林等実施年度とは、必ずしも一致していない。

図4 広島県における再造林実績

(3) 再造林が進まない原因

広島県の林業の主要な課題として、再造林が3割に留まっているという問題があります。

図5は、令和3年に、県内の森林組合等林業経営体を対象として、主伐後の再造林が行われない理由をアンケート調査し、結果を取りまとめたものです。42の林業経営体のうち、25経営体より回答を得ました。その結果、再造林が行われない理由は、「林業経営が成り立たない」、「所有者が管理できない」、「その他の要因（獣害による苗木の被害、苗木の不足）」の大きく3つに分類されました。

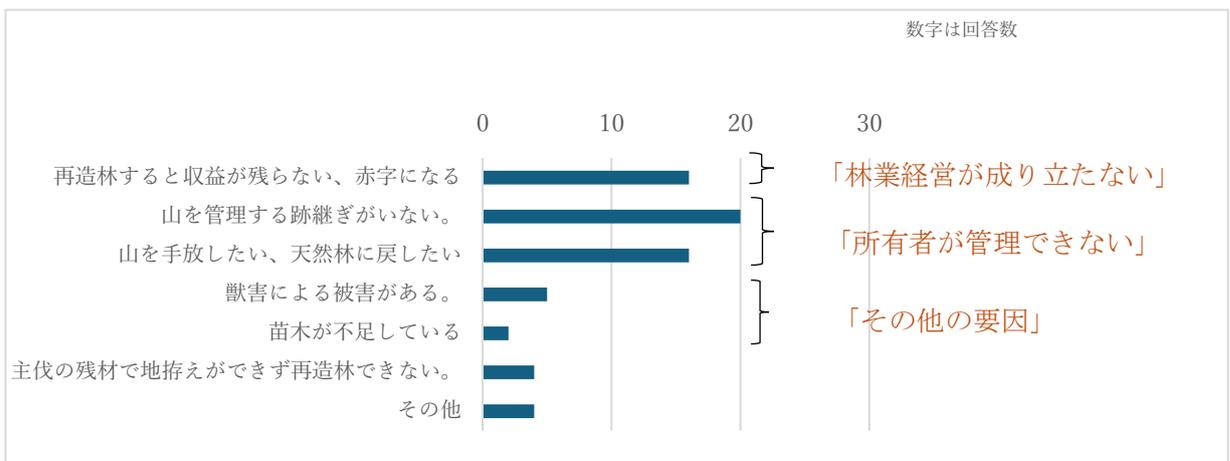


図5 再造林が行われない理由（R3低コスト再造林実証業務アンケート結果）

① 林業経営が成り立たない

再造林が進まない理由として、木材価格の低迷や、造林費用の負担が大きいことにより、森林所有者等が林業経営に対する関心を失っているという課題があります。

表1、表2は、昭和52年に広島県が発行した「優良材生産育林技術体系（普通林）」の施業をもとに、作業道や収入間伐等を加えた従来の施業を想定した林業収支です。

県が昭和52年に作成した優良材生産育林技術体系は、昭和30年～50年代の木材価格を前提とした施業体系となっていますが、その施業を現在、更には今後行うとして、将来、得られるであろう木材価格が、現在の木材価格と同様（ヒノキ13,500円/m³、スギ9,000円/m³）と考えた場合、補助金を活用してもヒノキ林ではha当たりわずか20万円程度の利益で、スギに至っては13万円の赤字となります。このまま、主伐後の再造林に、従来どおりの施業を行うようでは、持続可能な林業経営は見込めないと認識する必要があります。

表1 従来の森林施業の収支 (3,000本/ha・裸苗・下刈り5回) (ヒノキ林)

■ヒノキ収支

	ha当たり単価(千円)					森林経営1000haの毎年の収支						備考
	収入			支出	収支	事業量 (ha)	収入(千円)			支出 (千円)	収支 (千円)	
	木材売上	補助金	計				木材売上	補助金	計			
主伐	3,432		3,432	2,512	920	20	68,640		68,640	50,240	18,400	
再造林		858	858	1,262	▲404	20		17,160	17,160	25,240	▲6,464	裸苗 3千本/ha
下刈		619	619	911	▲292	100		12,380	12,380	18,220	▲5,840	5回分
除伐		129	129	190	▲61	20		2,580	2,580	3,800	▲976	
枝打		76	76	111	▲35	20		1,520	1,520	2,220	▲560	
保育間伐		127	127	187	▲60	20		2,540	2,540	3,740	▲960	
作業道新設		356	356	524	▲168	20		7,120	7,120	10,480	▲2,688	
搬出間伐①	468	265	733	471	262	20	7,488	5,300	14,660	9,420	4,192	
作業道補修		45	45	66	▲21	20		900	900	1,320	▲336	
搬出間伐②	1,013	0	1,013	950	63	20	16,208	0	20,260	19,000	1,008	
計	4,913	2,475	7,388	7,184	204		92,336	49,500	147,760	143,680	4,080	

表2 従来の森林施業の収支 (3,000本/ha・裸苗・下刈り5回) (スギ林)

■スギ収支

	ha当たり単価(千円)					森林経営1000haの毎年の収支						備考
	収入			支出	収支	事業量 (ha)	収入(千円)			支出 (千円)	収支 (千円)	
	木材売上	補助金	計				木材売上	補助金	計			
主伐	3,762		3,762	3,178	584	20	75,240		75,240	63,560	11,680	
再造林		858	858	1,262	▲404	20	0	17,160	17,160	25,240	▲8,080	裸苗 3千本/ha
下刈		619	619	911	▲292	100	0	12,380	12,380	18,220	▲5,840	5回分
除伐		129	129	190	▲61	20	0	2,580	2,580	3,800	▲1,220	
保育間伐		127	127	187	▲60	20	0	2,540	2,540	3,740	▲1,200	
作業道新設		356	356	524	▲168	20	0	7,120	7,120	10,480	▲3,360	
搬出間伐①	748	415	1,163	791	372	20	14,960	8,300	23,260	15,820	7,440	
作業道補修		45	45	66	▲21	20	0	900	900	1,320	▲420	
搬出間伐②	810	0	810	899	▲89	20	16,200	0	16,200	17,980	▲1,780	
計	5,320	2,549	7,869	8,008	▲139		106,400	50,980	157,380	160,160	▲2,780	

再造林が行われない理由に係るアンケート調査において、木材価格の低迷や造林費用の負担が大きいことにより、森林所有者等が「林業が成り立たず林業経営に関心を失ってしまった」と回答する理由が、この数字からも読み取れます。

なお、昭和55年の木材価格を用いて試算した場合、スギは4万円/m³と単価は現在の約4倍となり、ha当たりの木材売り上げが532万円/ha→2,128万円/ha、ヒノキでは約5倍の491万円/ha→2,455万円/haとなり、250万円/ha程度の補助金を必要とせずとも大きな利益を得られたことが想定されます。このことから、木材価格により得られる価格を基本に、林業収支にみあう合理的な施業を進めるためにも「再造林の低コスト化」を進める必要があります。

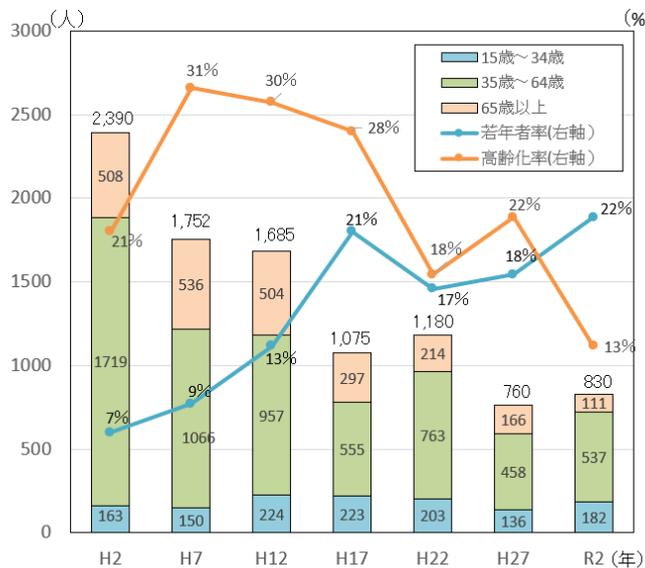
② 所有者が管理できない

広島県では、林業経営適地の集約化を行い、「森林経営管理制度」を活用しながら、市町や意欲と能力のある林業経営体に経営を委託する取り組みを進めています。一方、森林施業を請け負う担い手も不足してきているという課題があります。

広島県における林業従事者数は、図6に示すとおり、平成2年の2,390人から令和2年は830人と、約1/3に激減しています。

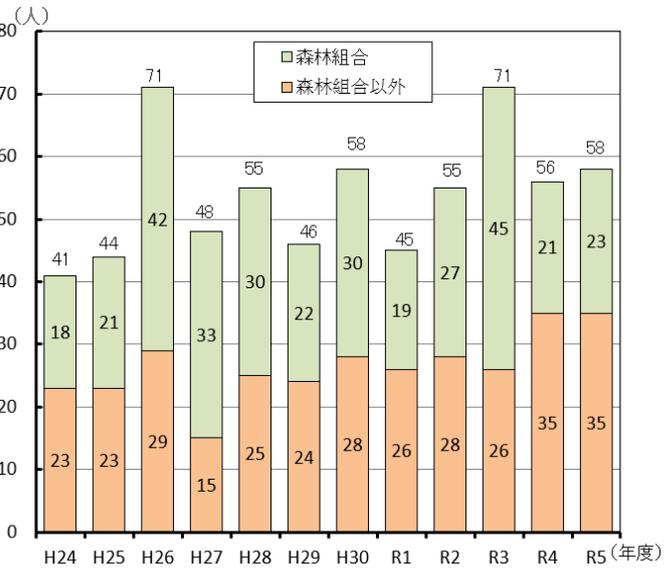
林業従事者の若年者率（35歳未満の従事者の割合）は、平成2年から平成17年にかけて上昇した後にはほぼ横ばいで推移していますが、令和2年には22%と平成2年以降で最も高い若年者率となっています。これは特に高齢層が辞めていく中で、若年層が恒常的に就業し続けたことが寄与したものと考えられます。

なお、森林組合をはじめとした林業経営体で緑の雇用等を活用した方を中心に、毎年50名程度が県内で新規就業しているものの、今後、林業経営適地において森林資源の循環利用を支えるために必要な人材の確保にはなお不十分な数字となっています。



資料：総務省「国政調査」

図6 広島県における林業従事者数



資料：広島県林業課調べ

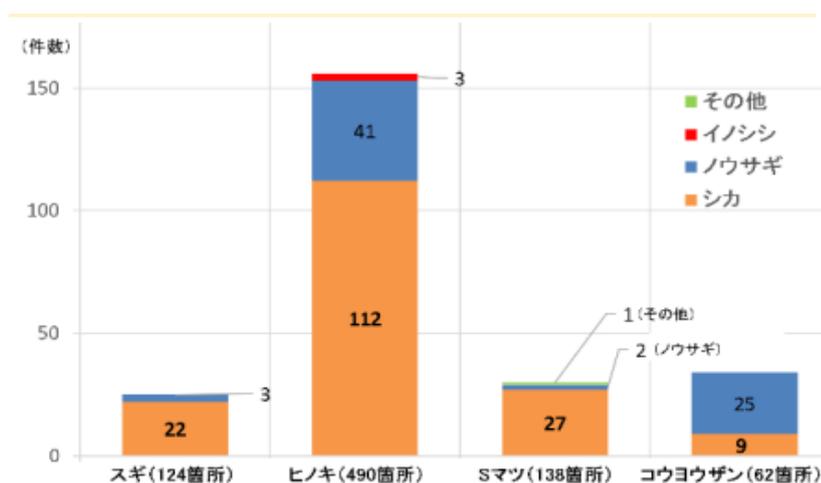
図7 林業経営体への新規就業者数

③ その他の要因（獣害対策と苗木の確保）

広島県内のニホンジカの頭数の増加や生息域の拡大に伴う林業被害の拡大とともに、ノウサギの食害についても効果的な解決策の確立・普及が十分でなく、更には苗木が十分確保できていない等の課題があります。

【獣害対策】

広島県では、毎年、林業経営体へアンケートを実施し、植栽から5年生までの造林地を対象に獣害の状況を調査しています。令和5年度の調査対象地は、県内839の施業地で、うち828施業地の回答（回答率98.7%）を得ています。その結果、全体の約30%の施業地で獣害を受けており、ヒノキの施業地では、72%が「ニホンジカ」、8%が「ノウサギ」による被害が確認されています。



令和5年度 広島県ニホンジカ林業被害実態調査結果 資料：広島県林業課調べ

図8 対象樹種と主な加害獣について

広島県では、再造林地のニホンジカによる食害の拡大が懸念されています。このため、体制強化の一環として林業経営体向けの捕獲技術の普及を目的に、令和2～4年度にかけて「ニホンジカ被害拡大抑制対策事業」により、「技術の確立」、「人材の育成」及び「体制の構築」に向けた取組を実施し、くくり罠による捕獲技術の実証調査を行い、その効果を検証しています。

また、林業経営体を対象とした人材育成研修を開催して、狩猟免許取得を支援するとともに、令和5年度には「ニホンジカ林業被害防止技術マニュアル」を発行して、林業経営体による主体的な捕獲体制の構築に向けて取組を進めています（以下参照）。令和6年度にはマニュアルを用いて1林業経営体がパイロット事業に取り組み5頭のシカを捕獲する成果を上げました。今後は造林事業等を活用して林業経営体による捕獲を進めていきます。

なお、捕獲と並行して必要な防護に関しては、ネット柵、単木保護等があり、一定程度の効果がみられるものの維持管理等に要する費用については支援する制度がなく、今後、再造林を進める上での検討課題となっています。

広島県ニホンジカ捕獲技術マニュアル

<https://www.pref.hiroshima.lg.jp/soshiki/86/deer-forestry.html>

【苗木の確保】

苗木生産に関しては、これまで供給の多くを担ってきた裸苗の生産者の高齢化により裸苗の生産が減り、新たにコンテナ苗生産が増加する傾向にあり、令和5年度にはコンテナ苗と裸苗の出荷量が逆転する状況となっています。このように生産技術の過渡期ともいえる背景から、広島県の苗木生産体制はやや不安定となっており、需要はあるものの県内産苗では十分には要望に沿えない場合が生じるなどの課題があります。

今後の林業用の苗木については、裸苗と比べて単価的には若干高くなるものの、植栽時期に影響を受けにくいコンテナ苗の生産が拡大することで、コンテナ苗の活用を前提とした再造林を考えていく必要があります。

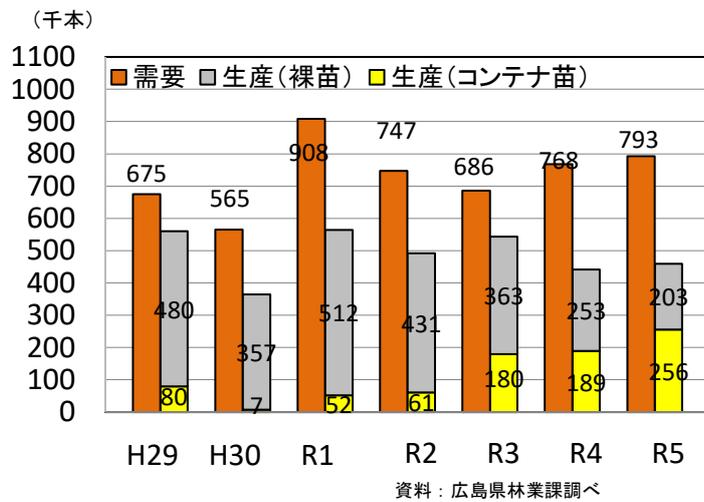


図9 スギ・ヒノキ苗木需要量と県内生産量の推移

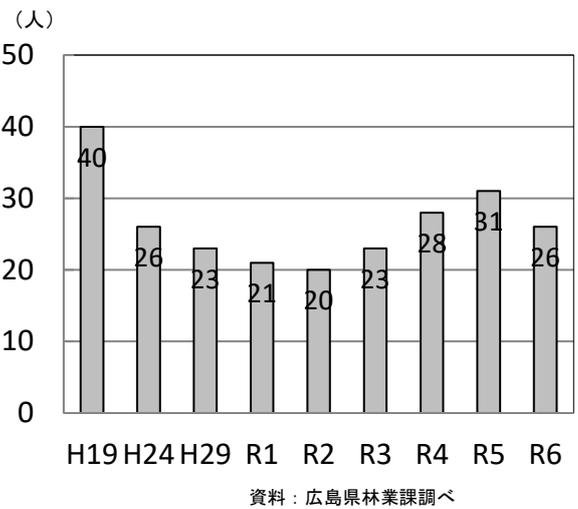


図10 広島県の生産者の推移

2 解決策について

(1) 解決の糸口

図 11 は、令和 3 年に、再造林作業を実施している林業経営体を実施したアンケート結果です。

「主伐後の再造林が進むための解決策」について聞いたところ、「再造林経費の低コスト化による林業収支の改善を行う」との回答が最も多いことがわかりました。また、森林所有者が変わって、「山林の管理を別の者が行う」や、「伐採後の再造林の際に、主伐者と再造林者が連携」する必要があること、獣害の多い場所では「捕獲等の獣害対策を積極的に行う」といった回答が見られました。

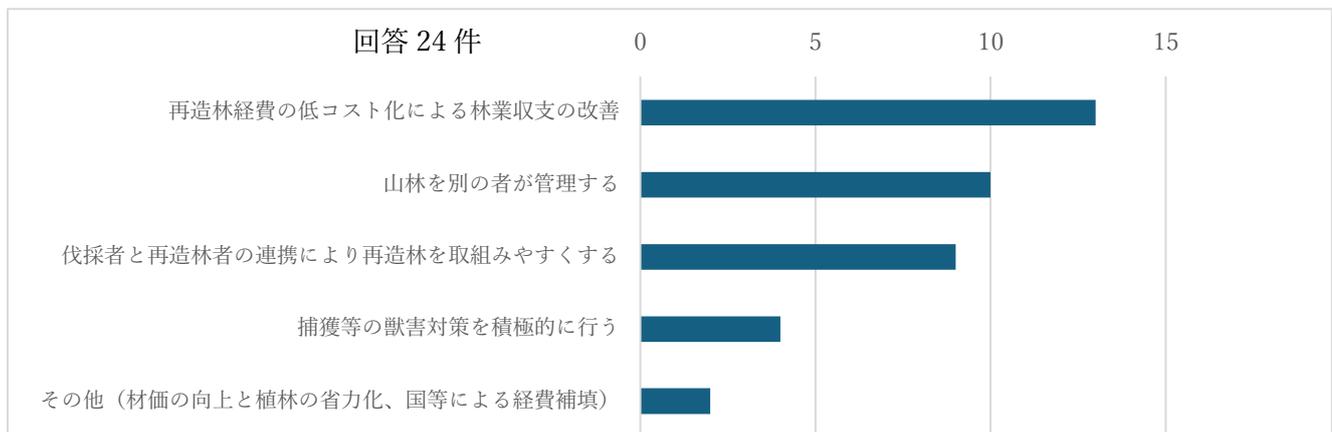


図 11 どうすれば再造林が進むか R3 低コスト再造林実証業務アンケート結果 数字は回答数

(2) 具体的な対策 ≪ 施業の見直しによる低コスト化 ≫

① 低コスト化による林業収支の改善

現状の育林経費は、平均して全体で266万円/haを要すると試算されています。ただし、この育林経費のうち、伐採後の地拵え・植栽、下刈りまでの最初の5年間に要する経費は全体の8割(217万/ha)を占めています。よって、この5年間の育林経費を低コスト化することが効果的となります。



図 12 伐採後の育林経費

② 低コスト化するポイント

次に、低コスト化に向けて見直すべき施業のポイントを説明します。

低コスト化に向けた施業の見直し

- ・主伐の生産性向上 県平均 9.5 m³/人日 ⇒ ヒノキ 11.0 m³/人日、スギ 13.0 m³/人日
- ・再造林(地拵え)： 人力地拵え ⇒ 機械地拵え
- ・再造林(植栽)： 3,000本/ha植栽 ⇒ 2,000本/ha植栽
- ・下刈： 植栽後5年間実施 ⇒ 植栽後4年間実施(植栽後1年目は未実施)

生産性の向上と機械地拵えについて

広島県の主伐における生産性は、国の目標とする13.0 m³/人日に満たない現場も多くみられることから、林業経営適地の集約を進めるとともに、林業機械の導入による生産性の向上を一層進める必要があります。そして、主伐時に使用した林業機械を活用した“機械地拵え”を行うことにより、これまで多くの費用と時間・労力を要していた人力地拵えが効率化され、大幅

な低コスト化が図られます。

1 回目の下刈り省略について

主伐前の林冠は閉鎖していたため、下草が生えにくい状況となっていることから、伐採後に速やかな植栽を行うことで第 1 回目の下刈りについては省略できる場合が多い。ただし、主伐時点で既に下草や灌木が多い事業地では下刈りを省略すると植栽木が成長できずに、2 年目の下刈りが掛かり増しとなる場合があることから、現場状況に応じて適宜、判定をします。

低密度植栽について

生産目標を一般材の中丸太へ見直したことから、この生産に必要な本数を植栽・管理することとし、1,500~2,000 本/ha 程度の低密度植栽を行います。具体的には、広島県が令和 6 年 12 月に発行した低密度植栽育林技術体系が参考となります。

なお、近年、柱を壁に隠す大壁工法が広く普及し、求められる材は一般材が中心になるとともに、集成材や合板等のニーズが高くなっています。これらを背景として、従来よりも優良材の需要が下がり、価格面にも反映されにくくなっていることから、森林施業も一般材の中丸太を目指すことを前提として考えることとし、枝打ち等の施業は自然落枝しにくいヒノキのみを対象に実施します。

次に、これらの見直しを前提としたヒノキ、スギ林の収支モデルを表 3、表 4 に示します。

ha 当たりの収支がヒノキ林で 204 千円→から 608 千円 (+404 千円) へ、スギ林で -139 千円→から 289 千円 (+428 千円) へ改善される見込みとなりました。

表3 従来の森林整備と低コスト再造林の導入による林業収支の比較（ヒノキ林）

現状

(市町、森林再生協議会からの支援は含まず)

ヒノキ林

従来の森林施業による林業収支

	ha当たり単価(千円)					森林経営1000haの毎年の収支						備考
	収入			支出	収支	事業量 (ha)	収入(千円)			支出 (千円)	収支 (千円)	
	木材売上	補助金	計				木材売上	補助金	計			
主伐	3,432		3,432	2,512	920	20	68,640		68,640	50,240	18,400	
再造林		858	858	1,262	▲ 404	20		17,160	17,160	25,240	▲ 6,464	裸苗 3千本/ha
下刈		619	619	911	▲ 292	100		12,380	12,380	18,220	▲ 5,840	5回分
除伐		129	129	190	▲ 61	20		2,580	2,580	3,800	▲ 976	
枝打		76	76	111	▲ 35	20		1,520	1,520	2,220	▲ 560	
保育間伐		127	127	187	▲ 60	20		2,540	2,540	3,740	▲ 960	
作業道新設		356	356	524	▲ 168	20		7,120	7,120	10,480	▲ 2,688	
搬出間伐①	468	265	733	471	262	20	7,488	5,300	14,660	9,420	4,192	
作業道補修		45	45	66	▲ 21	20		900	900	1,320	▲ 336	
搬出間伐②	1,013	0	1,013	950	63	20	16,208	0	20,260	19,000	1,008	
計	4,913	2,475	7,388	7,184	204		92,336	49,500	147,760	143,680	4,080	



目指す姿

ヒノキ林

低コスト再造林による林業収支

	ha当たり単価(千円)					森林経営1000haの毎年の収支						備考
	収入			支出	収支	事業量 (ha)	収入(千円)			支出 (千円)	収支 (千円)	
	木材売上	補助金	計				木材売上	補助金	計			
主伐	3,432		3,432	2,314	1,118	20	68,640	0	68,640	46,280	22,360	
再造林		764	764	1,124	▲ 360	20		15,280	15,280	22,480	▲ 7,200	コンテナ 2千本/ha
下刈		495	495	728	▲ 233	100		9,900	9,900	14,560	▲ 4,660	4回分
除伐		129	129	190	▲ 61	20		2,580	2,580	3,800	▲ 1,220	
枝打		76	76	111	▲ 35	20		1,520	1,520	2,220	▲ 700	
作業道新設		356	356	524	▲ 168	20		7,120	7,120	10,480	▲ 3,360	
搬出間伐①	426	212	638	389	249	20	7,488	4,240	12,760	7,780	4,980	
作業道補修		45	45	66	▲ 21	20		900	900	1,320	▲ 420	
搬出間伐②	830	0	830	711	119	20	16,208	0	16,600	14,220	2,380	
計	4,688	2,077	6,765	6,157	608		92,336	41,540	135,300	123,140	12,160	

ha当たりの収支が204千円→から608千円(+404千円)へ改善される見込み。

表4 従来の森林整備と低コスト再造林の導入による林業収支の比較（スギ林）

現状

（市町，森林再生協議会からの支援は含まず）

スギ林

従来の森林施業による林業収支

	ha当たり単価(千円)					森林経営1000haの毎年の収支						備考
	収入			支出	収支	事業量 (ha)	収入(千円)			支出 (千円)	収支 (千円)	
	木材売上	補助金	計				木材売上	補助金	計			
主伐	3,762		3,762	3,178	584	20	75,240		75,240	63,560	11,680	
再造林		858	858	1,262	▲ 404	20	0	17,160	17,160	25,240	▲ 8,080	裸苗 3千本/ha
下刈		619	619	911	▲ 292	100	0	12,380	12,380	18,220	▲ 5,840	5回分
除伐		129	129	190	▲ 61	20	0	2,580	2,580	3,800	▲ 1,220	
保育間伐		127	127	187	▲ 60	20	0	2,540	2,540	3,740	▲ 1,200	
作業道新設		356	356	524	▲ 168	20	0	7,120	7,120	10,480	▲ 3,360	
搬出間伐①	748	415	1,163	791	372	20	14,960	8,300	23,260	15,820	7,440	
作業道補修		45	45	66	▲ 21	20	0	900	900	1,320	▲ 420	
搬出間伐②	810	0	810	899	▲ 89	20	16,200	0	16,200	17,980	▲ 1,780	
計	5,320	2,549	7,869	8,008	▲ 139		106,400	50,980	157,380	160,160	▲ 2,780	



目指す姿

スギ林

低コスト再造林による林業収支

	ha当たり単価(千円)					森林経営1000haの毎年の収支						備考
	収入			支出	収支	事業量 (ha)	収入(千円)			支出 (千円)	収支 (千円)	
	木材売上	補助金	計				木材売上	補助金	計			
主伐	3,762		3,762	2,914	848	20	75,240		75,240	58,280	16,960	
再造林		764	764	1,124	▲ 360	20	0	15,280	15,280	22,480	▲ 7,200	コンテナ 2千本/ha
下刈		495	495	728	▲ 233	100	0	9,900	9,900	14,560	▲ 4,660	4回分
除伐		129	129	190	▲ 61	20	0	2,580	2,580	3,800	▲ 1,220	
作業道新設		356	356	524	▲ 168	20	0	7,120	7,120	10,480	▲ 3,360	
搬出間伐①	520	332	852	622	230	20	10,400	6,640	17,040	12,440	4,600	
作業道補修		45	45	66	▲ 21	20	0	900	900	1,320	▲ 420	
搬出間伐①	810	0	810	756	54	20	16,200	0	16,200	15,120	1,080	
計	5,092	2,121	7,213	6,924	289		101,840	42,420	144,260	138,480	5,780	

ha当たりの収支がマイナス 139 千円→から 289 千円 (+428 千円) へ改善される見込み。

(3) 具体的な対策 ≪実証成果の導入による省力・低コスト再造林≫

表3と表4で示した林業収支の改善に加えて、2025 広島県農林水産業アクションプログラムに基づき低コスト再造林の実証調査を実施し、その成果をまとめました。具体的には、以下の取り組みがあります。

①林業経営体の生産性の調査、②ICTハーベスタ、③機械地拵え、④ドローン苗木運搬の効果、⑤低密度植栽（コウヨウザン:1,500本/ha、ヒノキ:2,000本/ha）⑥植栽器具、⑦下刈り省略、⑧自走式下刈り機械の効果

表5 広島県農林水産業アクションプログラムの取組

施業の項目	従来の施業	2020 農林水産業 アクションプログラム		2025 農林水産業 アクションプログラム	
		施業の見える化		低コスト再造林実証事業において 低コスト化を実証	
主伐	9.5 m ³ /人・日	指標	目標：ヒノキ 11.0 m ³ /人日 目標：スギ 13.0 m ³ /人日	実証	林業経営体の生産性を調査・実証 ICTハーベスタの効果を実証
地拵え	人力地拵え	指標	機械地拵え	実証	機械地拵えの実証
苗木運搬	人力運搬	指標	人力	実証	ドローン運搬の効果を実証
植栽	唐鋤	指標	3,000本/ha⇒2,000本/ha 植栽	実証	3,000本/ha⇒2,000本/ha 植栽の実証 植栽器具の効率性を実証
下刈り	人力 (刈払い機)	指標	1年目の下刈り省略 5回⇒4回	実証	1年目の下刈り省略を実証 自走式下刈り機械の効果を実証
低密度植栽 (早生樹の 活用含む)				実証	コウヨウザン ヒノキ

なお、再造林が進まない理由として指摘のあった「所有者が管理できない」という課題については、林業経営適地の選定と集約化及び森林経営管理制度を活用して、市町や経営力の高い林業経営体が森林の経営管理を受託する方向で取組を進めていることから、この「手引」では触れないこととします（以下参照）。また、獣害対策のうちニホンジカについては、P7のマニュアルを参照していただくこととして、これ以降は本文で触れないことにします。

広島県の林業経営適地の集約化

<https://www.pref.hiroshima.lg.jp/uploaded/attachment/579523.pdf>

（広島県の森林・林業・木材産業 P18～）

3 省力・低コスト再造林の実践手順

本「手引」では、低コスト化や省力的・効率的な作業の実現に向けて取り組む県内の林業経営体を対象として想定しています。

県で行った実証調査の結果、明らかとなった内容を中心に、どのような環境条件であれば効果的な作業ができるか、作業を行う上でポイントとなることはどのようなことかなどを取りまとめました。

図 13 では、低コスト再造林における有効なコスト削減のポイントについて示しています。解説の順番は「ICT ハーベスタ」、「機械地拵え」、「機械による苗木等の運搬」、「植栽器具を用いたコンテナ苗の植栽」、「低密度植栽」、「下刈り回数の削減」、「機械下刈り」としています。

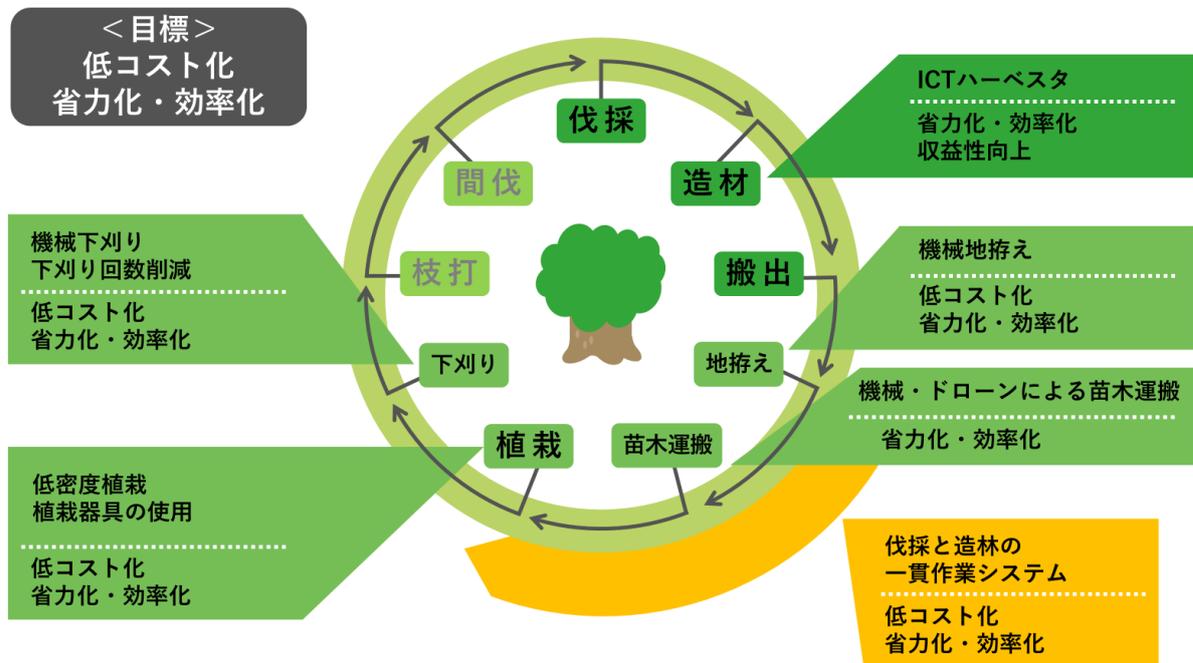


図 13 低コスト再造林における有効なコスト削減のポイント

(1) ICT ハーベスタの導入

① ICT ハーベスタとは

戦後造成した人工林が本格的な利用期を迎える中、人工林資源の有効活用や国産材の安定供給体制を構築し、国産材の競争力を強化していくためには、近年目覚ましい発展を遂げている地理空間情報や ICT 等の先端技術を活用し、森林作業の効率化・省力化や需要に応じた木材生産を可能にする「スマート林業」の実現に向けた取組を推進することが必要です。このような背景から、ICT ハーベスタと通常の（バリューバッキング機能を使用しない）ハーベスタの造材結果を比較することで ICT 活用の効果を検証しました。

ICT ハーベスタは、細り予測装置と通信・記録機能を搭載し、伐倒した木の細りを造材する前に把握することで需要や価格に応じた丸太生産を行うことが可能なハーベスタです。生産した丸太の径や長さは、現行のハーベスタでの作業時にも計測されていますが、オペレーターが作業の参考にするだけで、他に活用されていませんでした。最新の ICT ハーベスタは、丸太の径と長さのデータをインターネットで即時に共有できるようになるため、生産者等の川上側だけではなく、丸太を買って利用する川中・川下側と共有することで、流通コストの削減や付加価値の高い丸太の生産が可能となり、森林所有者の収益増にもつながります。

次に ICT ハーベスタの機能について表 6 により説明します。造材報告では、生産した丸太の情報をデジタルデータとして管理して、電波状況や連絡体制が整っていれば川上から川下までリアルタイムで情報を共有することが可能です。

造材指示では、出荷先ごとの指定数量を設定することで過不足なく丸太を生産できるリミテーション機能、木材市場の価格と細り予測を基に高い収益が見込める採材を提案してくれるバリューバッキング機能があります。また、キャリブレーションによる機械校正を行うことで高い測材精度を発揮することができます。カラーマーキングによって造林した場所で丸太の仕分けをすることができ、中間土場までの搬出を省力することが可能となります。

表6 ICTハーベスタの機能

ICTハーベスタの機能		効果
造材報告	・デジタルデータ管理 (径級・長さ等)	・進捗管理や生産量の把握が容易 ・川上～川下の円滑な情報共有
造材指示	・リミテーション機能 (指定に基づく数量制限) ・バリュebaッキング機能 (細り予測に基づく採材提案)	・指定数量を設定することで丸太の仕分け作業を省力化 ・市場価格に基づき最適な採材提案がされるため収益性が向上
測材精度管理	・キャリブレーション (電子キャリパーによる機械校正)	・高い測材精度を担保とすることでICTハーベスタの測材データを取引に使うことができれば検知などの作業を省略可能 ※川上～川下で合意形成が必要
カラーマーキング	・丸太のマーキング	・造材しながら出荷先ごとに仕分けすることで作業の効率化・省力化が可能

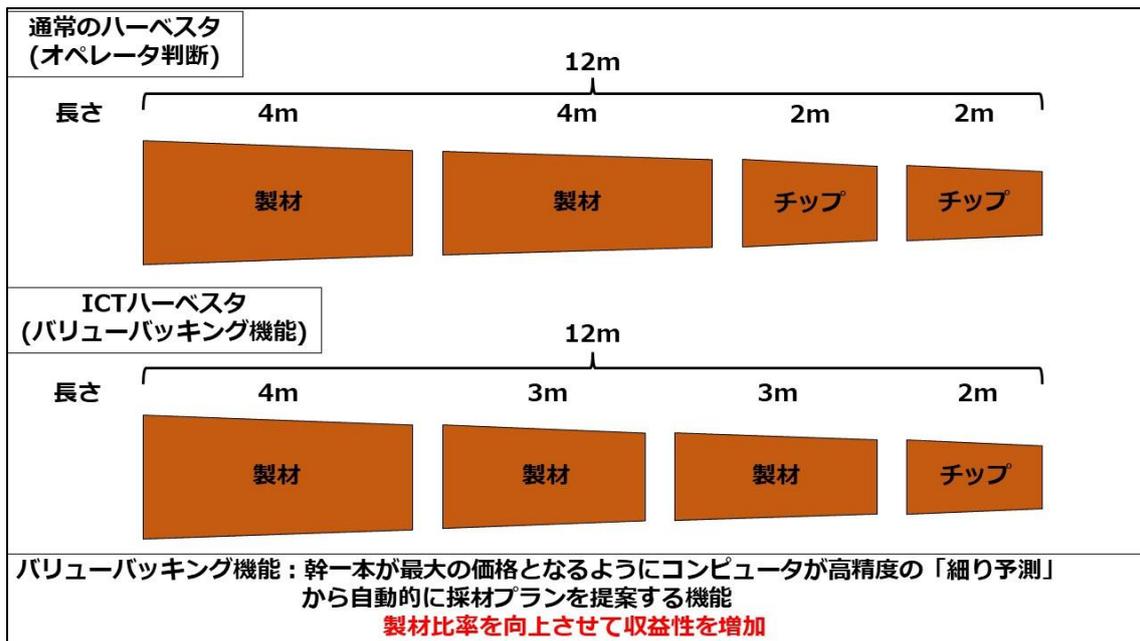


図14 バリュebaッキング機能の概略図

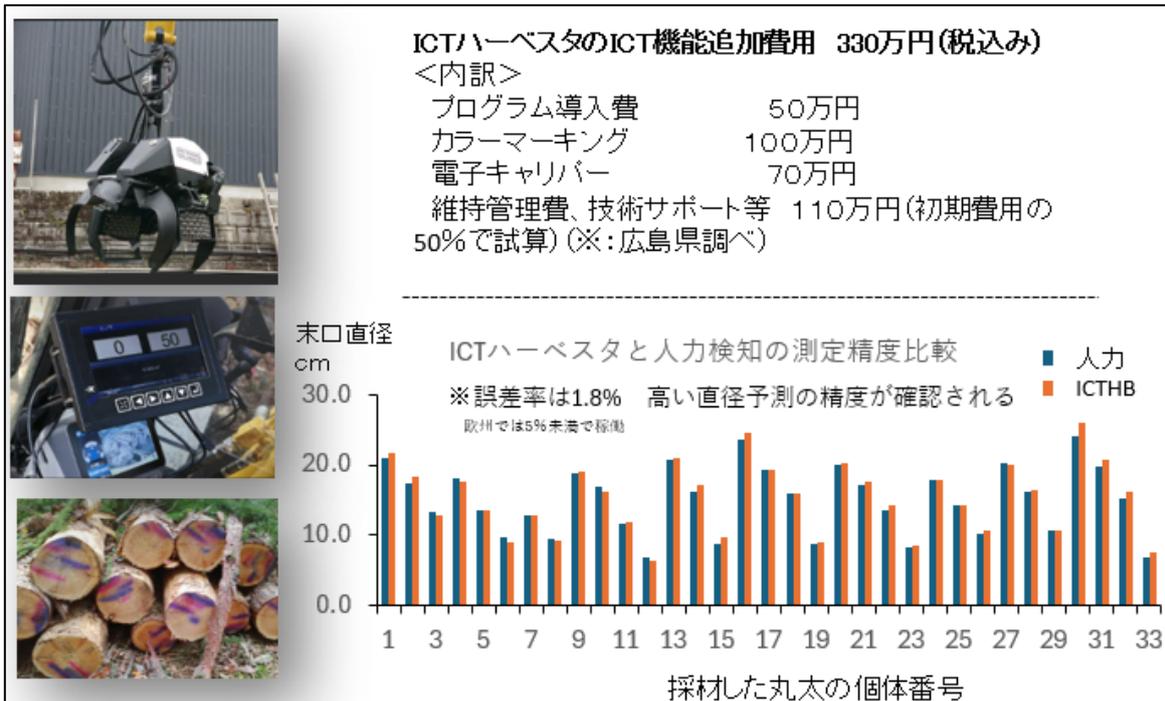


図 15 ICT ハーベスタに係るコスト及び測定精度

② ICT ハーベスタの効果

ICT ハーベスタの機能を活用した作業システムにより省力化・効率化が期待できます。

実証の結果、表7のとおりバリューバック機能による造材では通常の造材よりも木材販売価格が高くなることがわかりました。

表7 バリューバック機能による収益性の増加効果の例

作業の種類	木材販売価格		バリューバック機能による効果
	通常の造材	バリューバック機能による造材	
主伐 (R5)	15,817 円/m ³	16,759 円/m ³	942 円/m ³ (収益増加)
間伐 (R6)	15,114 円/m ³	15,761 円/m ³	647 円/m ³ (収益増加)

③ ICT ハーベスタ導入のポイント

ICT ハーベスタを活用して作業の省力化・効率化を図るとともに、収益を向上させるためにはデータ管理者の確保、最適な作業システムの構築、川上から川下までが一体となって木材を円滑に流通させる体制を整備していく必要があります。ICT ハーベスタ等を利用したスマート林業の実現に向けては、関係者間での緊密なコミュニケーションが益々重要となります。

表 8 ICT ハーベスタ活用の条件

データ管理者の育成・確保	デジタルデータの管理・分析を行い、作業員への指示や取引先との調整ができる人材が必要
効率的な作業システムの構築	丸太の造材だけでなく、運搬方法や事業量を確保することで作業の効率化による収益性向上を目指すことが重要
川上～川下の連携	ICT ハーベスタのデータを取引で利用する場合、木材市場や製材工場との合意形成が必要

④ ICT ハーベスタの実証事例 バリュースタッキング機能を活用した造材の効果

【主伐事業地における結果】

2名のオペレーターにより、通常通りの採材とバリュースタッキング機能を活用した主伐事業地における採材を比較した結果、ICT ハーベスタを活用した場合、表9のとおり、平均販売単価が942円/m³高くなりました。平均販売単価が高くなった要因は、前述したとおりバリュースタッキング機能を使用することで、単価の高い3m材を積極的に採材できたことや、それにより単価の低いチップの、材積に占める割合（チップ材率）が減少したことがあげられます。

表 9 バリュースタッキング機能の有無による比較

採材方法	通常通りの採材	バリュースタッキング機能
伐採した立木本数	48	49
採材本数	205	227
総材積	38.36 m ³	43.38 m ³
木材販売価格（推計）	15,817 円/m ³	16,759 円/m ³
チップ材積	4.21 m ³	2.43 m ³
チップ材率（材積）	11%	6%

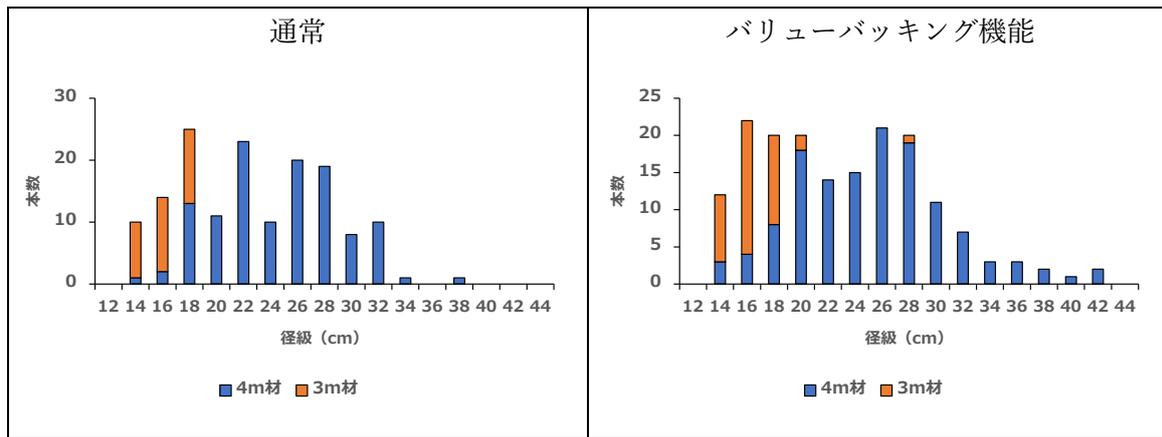


図 16 バリューバック機能の有無による採材結果

【間伐事業地における結果】

間伐事業地においても、バリューバック機能を使用して造材した丸太と、通常通りに造材した丸太のコスト比較に取り組みました。その結果、表 10 に示すとおり、バリューバック機能を使用した場合の方が、1 m³当たりの金額で 647 円/m³高くなりました。今回の実証では、バリューバック機能を活用した結果、表 10 及び図 16、17 に示すとおり、市場単価の高い 3m 材が多く造材されました。ちなみに年間 1 万 m³の生産量がある林業経営体では、仮に 600 円/m³が向上すると年間 600 万円ほど、木材販売収支が改善される計算となります。一方で、ICT 部分の導入費用は 330 万円であることから 1 年で元がとれる計算となります。なお、留意点としては、腐れ材や曲がり材では ICT ハーベスタが判断できないため、従来どおりオペレーター自身が目視で判断しなければなりません。

表 10 バリューバック機能の有無による木材販売価格の比較

採材方法	通常通りの採材	バリューバック機能
伐採した立木本数	24	22
採材本数	74	78
(うち 4m 本数)	(72)	(52)
(うち 3m 本数)	(2)	(26)
総材積	7.77 m ³	7.11 m ³
チップ材率	41%	42%
木材販売価格 (推計)	15,114 円/m ³	15,761 円/m ³

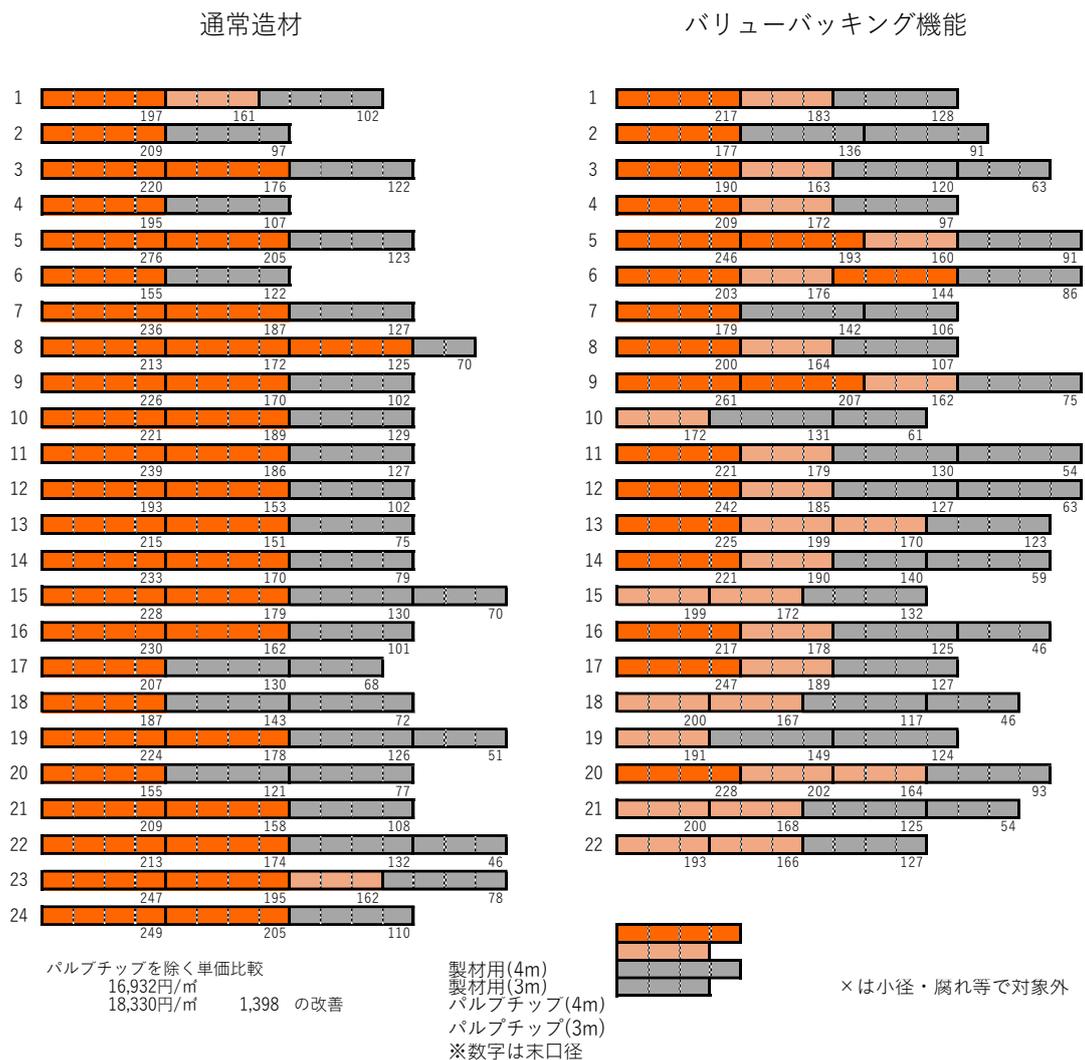


図 17 バリューバックキング機能の有無による造材の内訳

⑤ バリューバックキング機能の活用による作業の省力化

バリューバックキング機能の有無による造材作業の効率を実証した結果、経験の浅い若手のオペレーターでは、表 11 に示すとおり、作業効率の向上が確認されました。

表 11 バリューバックキング機能の有無による作業効率

オペレーター (OP)	作業効率	
	通常通り	バリューバックキング機能
若手 OP	1.96 分/m ³	1.68 分/m ³
ベテラン OP	1.28 分/m ³	1.48 分/m ³

また、測定精度の検証とあわせて、人力検知に要する作業時間から人工を計算したところ、表 12 に示すとおり、人力検知には 100 m³当たり約 1.2 人日かかることがわかりました。

実施した実証調査の作業工程は、①現地で造材、②造材した丸太を土場に運搬、③土場で丸太を人力検知、④出荷、でした。ICTハーベスタの測定データを使用することができれば、上記の作業工程のうち③の省略が可能となります。

通信環境が整い、丸太の出荷者と販売先が取引データに係る合意形成をとれることが前提となりますが、ICTハーベスタであれば現地で造材した丸太のデータを販売先とリアルタイムにインターネット上で情報を共有し、土場で検知せずに直接販売先へ丸太を運搬することが可能となります。人力検知にかかる労力の削減が期待できることがわかりました。

表 12 人力検知の調査結果

作業時間 (分)	人力検知した本数	材積 (m ³)	100 m ³ 当たり人日
318	319	64.4	1.18

※1 $((318 \times 100) / 64.4) / 60 / 7 = 1.18$ 人日/100 m³

※2 1日当たり7時間労働

(2) 機械による地拵え

① 機械による地拵えとは

機械による地拵え（以下、「機械地拵え」という）は、伐採・搬出に使用する機械を用いて行う作業であり、人力による地拵え（以下、「人力地拵え」という）と比較して、作業の省力・低コスト化を図ることができます（表 13）。地拵えを平坦地や緩傾斜地で行う場合、機械が林内に進入できるため、省力化の効果がより高まります。

表 13 地拵えの種類

機械地拵え	人力地拵え
・車両系の一貫作業の伐採・搬出で使用した機械を用いて行う地拵え 例：グラップル、バケット、クラッシャなど	・チェーンソー等を用いて、枝条を整理すること 例：チェーンソー、木製の棒（まくり棒）、刈払い機など



写真 1 三次市における機械地拵え（左）と人力地拵え（右）の様子

※一部急な部分は人力作業が必要

② 機械地拵えによる効果

広島県内の林地勾配の条件が異なる4事業地(表16)で実証した結果、平均して機械地拵えは人力地拵えよりも作業量及びコストを削減できることがわかりました。図18に示すとおり、人工は約10人日、コストは約18万円を削減することができました。なお、今回の実証地区では局所的に機械が進入できない傾斜地があったため、人力地拵えを併せて行いました。

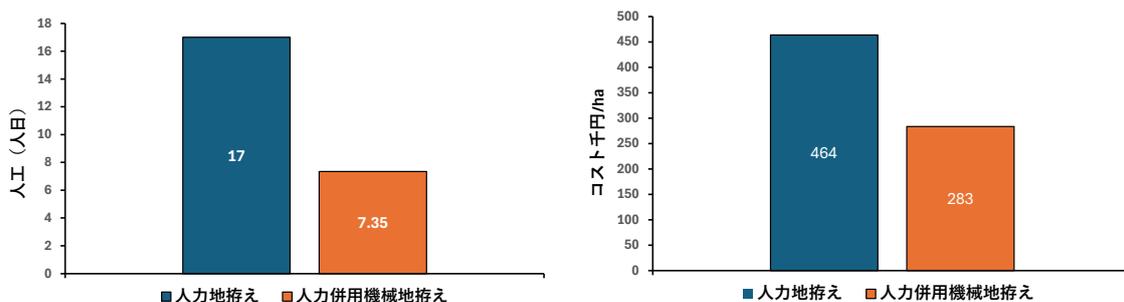


図18 人力地拵えと機械地拵え(人力併用)の比較 [左:人工(人日/ha)、右:コスト(円/ha)]

③ 機械地拵え実施のポイント

機械地拵えの実施には、伐採・搬出の際に使用した機械(グラップル等)を用いて作業を行います。伐採の時点から末木枝条の集積場所や、全木集材による末木枝条の林外への搬出などを検討して地拵え作業の生産性向上を意識することが重要です。表14に傾斜ごとの地拵えの作業内容を示したので判断基準のひとつとしてご覧ください。

また、機械地拵えにおいては、時間をかけすぎると逆にコストが高くなることもあり、地表をきれいにするのが目的ではなく、植栽を行うために必要な地表整理であることを意識して行うことが重要です。

表14 傾斜ごとの地拵えの作業内容

傾斜	作業内容
緩傾斜地 (傾斜 15° 未満)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 林内走行 ・ 林内の大部分で機械地拵えを実施
中傾斜地 (傾斜 15° 以上 30° 未満)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 作業路走行 ・ 機械が林内走行できないため作業路からアームの届く範囲で機械地拵えを実施 ・ 残りは人力地拵えを実施
急傾斜地 (傾斜 30° 以上)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 架線による全木集材を実施 ・ 末木枝条を減らして人力地拵えの負担軽減

④ 機械地拵えの実証事例

県内4事業地で機械地拵え（人力併用）を実証した結果、表15に示すとおり、従来の人力地拵えよりもコストは約38.9%、人工は約56.7%縮減するという成果が得られました。

表15 一貫作業の実証成果（県内4事業地の平均）

	従来の人力地拵え	人力併用機械地拵え	縮減効果
人工	17人日/ha	2.53人日/ha（機械） 4.82人日/ha（人力）	9.65人日/ha減 （約56.7%減）
コスト	463,602円/ha	283,484円/ha	180,118円/ha減 （約38.9%減）

※ 人力併用の機械地拵えは機械作業と人力作業を含む。費用は諸経費込み

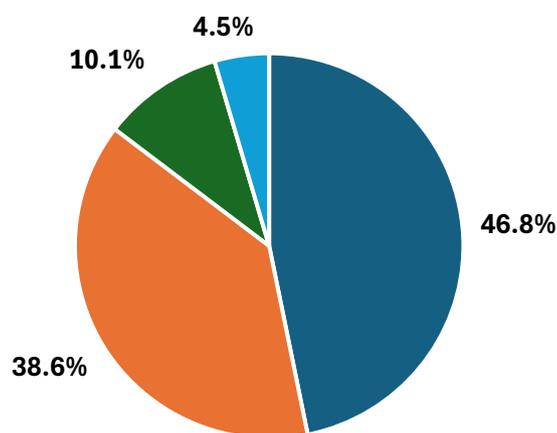
4地区それぞれの一貫作業の内容とコスト試算の詳細な結果を表16に示します。

表16 広島県4事業地の地拵えのコスト試算結果

地区	面積 (ha)	地拵え の種類	単価 (円/日)	作業日数 (日)	金額 (円)	haあたり経費 (直接経費)	haあたり経費 (諸経費込み※)	機械 地拵え	人力 地拵え	地形
庄原市①	1.59	機械	42,700	5.4	230,580	248,604	350,748	204,603	—	中傾斜地 (15~30°)
		人力	18,300	9.0	164,700			—	146,145	
三次市	3.12	機械	42,700	9.3	397,110	150,154	211,848	179,574	—	緩傾斜地 (15°未満)
		人力	18,300	3.9	71,370			—	32,274	
安芸太田町	2.34	機械	42,700	2.7	115,290	235,397	332,115	69,512	—	急傾斜地 30°以上
		人力	18,300	23.8	435,540			—	262,603	
庄原市②	1.18	機械	42,700	3.4	145,180	169,559	239,226	173,585	—	緩傾斜地 (15°未満)
		人力	18,300	3.0	54,900			—	65,641	
						(平均)	283,484	156,819	126,666	

※ 諸経費：1.077（共通仮設費）×1.31（現場監督費、社会保険料）森林環境保全整備事業より

三次市の一貫作業では、グラップルで木寄せ（伐倒木の集材）と地拵えを並行して行いました。それぞれの作業時間の比率は、木寄せが全体の約5割、地拵えが約4割でした。木寄せが完了したら、その後ハーベスタが作業を行うため、その合間にグラップルで地拵えするという作業を繰り返しており、1台で2つの作業を並行して行ったことから作業の生産性が向上したと考えられます。



■ 木寄せ ■ 機械地拵え ■ バイオマス集積 ■ その他

図 19 グラップルの作業内訳



写真2 一貫作業におけるグラップルの並行作業

(3) 機械による苗木等の運搬

① 機械による苗木等の運搬とは

機械による苗木運搬は、集材・搬出に使用したフォワーダや架線系機械を用いて苗木等を運搬することで、人肩による運搬と比べて作業を省力化することができます。機械が撤収する前に苗木運搬が実施できるように伐採・搬出が完了する時期と植栽する時期を調整することが重要です。

また、伐採・搬出の時期と植栽時期の間が空いてしまいフォワーダや架線系機械が使用できない場合はドローンを用いることで苗木等の運搬を省力化することができます。ドローン運搬とは、植栽する苗木やシカ防護柵などの資材等を、土場から造林現場までドローンを用いて運搬することです。導入にあたっては、ドローンの導入コスト（購入・維持管理コストや業者委託コスト）がかかること、最大積載重量や運搬可能距離に制限があること、オペレーターの確保・育成が必要であることなど、ドローン運搬を行う際に考慮すべきポイントがあります。このため、ドローン運搬の実施にあたっては、ドローンを効果的に運用できる条件や全体の作業の流れを把握し、従来の運搬方法と比較して総合的にメリットがあるかを検討する必要があります。



写真3 フォワーダ（左）とドローン（右）

② 機械による運搬の効果

三次市で集材・搬出に使用したフォワーダを用いて苗木運搬を実施した結果、図 20 に示すとおり、人肩での運搬と比較して 1,000 本当たりの運搬時間は約 1/30 に縮減することができました。

また、県内 4 事業地でドローンによる苗木運搬を実証した結果、図 21 に示すとおり人肩での運搬と比較して 1,000 本当たりの運搬時間は約 1/4 に縮減することができました。

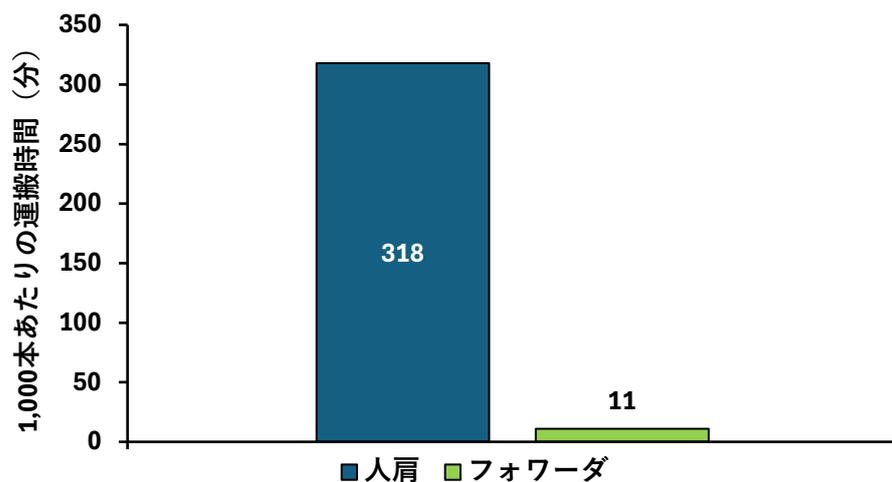


図 20 人肩とフォワーダの 1,000 本当たりの運搬時間

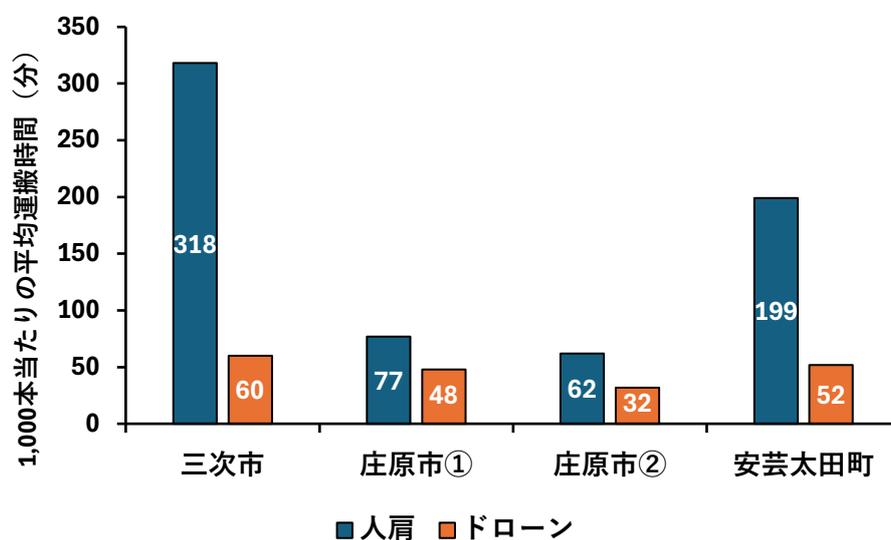


図 21 人肩とドローンの 1,000 本当たりの運搬時間

③ 機械による運搬のポイント

木材搬出に用いるフォワーダや架線系機械を用いて苗木等を運搬する場合のポイントを表 17 に示します。実施に当たっては、機械を利用できる時期の調整等の必要があります。

表 17 フォワーダ等を活用した苗木運搬のポイント

- ・ 機械が撤収する前に運搬を実施するため搬出の完了時期と植栽時期の調整が必要
- ・ 苗木を運搬してから植栽までの間が空く場合は、植栽適期が長く、根鉢に保水機能があり裸苗より乾燥に強いコンテナ苗を利用

また、ドローン運搬に適した環境条件を表 18 に示します。林業経営体が作業する事業地はさまざまな条件下にあるため、ドローン運搬に適した条件を把握することが重要です。路網の状況や年間の植栽本数などを考慮した上でドローンの活用を判断する必要があります。

表 18 ドローン運搬に適した環境条件

植栽地までの路網状況	車道から植栽地まで使用可能な路網がない場合
運搬の水平距離	土場から植栽地まで 360m 以上離れた事業地
高低差	土場から植栽地までの高低差が 120m 以上の事業地

※出典：林野庁（2023）ドローンを活用した苗木運搬マニュアル

ドローンの導入・運用方法には購入する方法と業者に作業委託する方法があります。それぞれのメリット・デメリットを表 19 に整理しました。ドローンの購入を検討している林業経営体は表 20 のドローン購入の判断基準とあわせてご覧ください。

表 19 ドローン導入のメリット・デメリット

	メリット	デメリット
ドローン購入	<ul style="list-style-type: none"> ・苗木の納品のタイミングに合わせて使用することが可能 ・天候等による日程変更が可能 ・現場状況に詳しい作業員が行うため、円滑な事前準備が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・購入費、保険料、管理費等が必要 ・継続したオペレーターの育成が必要 ・費用対効果を高くするために一定の事業規模が必要
ドローン作業委託	<ul style="list-style-type: none"> ・ドローン運搬に適した事業地のみ作業を依頼することでコストの抑制が可能 ・導入経費、管理費等が不要 ・オペレーターの確保が不要 ・専門業者のため効率的かつ安全な作業が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・委託先との事前調整、現地説明が必要 ・委託先との日程調整が必要（繁忙期や天候不順等による作業日の順延） ・運搬量が少ない現場では費用対効果が低下

表 20 ドローン購入の判断基準

植栽本数	年間 14 万本以上の植栽予定
植栽面積	年間約 70ha 以上の植栽予定
稼働日数	ドローンによる苗木運搬予定が年間 27 日以上

※出典：林野庁（2023）ドローンを活用した苗木運搬マニュアル

④ 広島県での実証の成果

三次市でフォワーダを用いて苗木を運搬した結果、表 21 のとおり人肩運搬と比較して時間短縮効果が得られることがわかりました

フォワーダによる運搬の効果
作業効率：人肩運搬に比べて時間短縮効果が 28.9 倍

表 21 フォワーダ運搬による実証成果

地区	距離	地形	運搬手段	1,000 本当たりの運搬時間	時間短縮効果
三次市	長距離 (1,367m)	平坦	フォワーダ	11 分	28.9 倍
			人肩	5 時間 18 分	

また、県内 4 地区で生産性を比較した結果、表 22 に示すとおり、ドローン運搬は人肩運搬に比べて平均して時間短縮効果が 3.9 倍得られることが確認できました。

ドローン運搬の効果
作業効率：人肩運搬に比べて時間短縮効果が 3.9 倍
コスト：人力運搬と比べて約 15%コストを削減できる見込み

表 22 ドローン運搬の実証成果

地区	距離	地形	運搬手段	1,000 本当たりの運搬時間	時間短縮効果
三次市	長距離 (550m)	平坦	ドローン	1 時間	5.3 倍
			人肩	5 時間 18 分	
庄原市①	中距離 (240m)	傾斜地	ドローン	48 分	1.6 倍
			人肩	1 時間 17 分	
庄原市②	短距離 (120m)	平坦	ドローン	32 分	1.9 倍
			人肩	1 時間 2 分	
安芸太田町	中距離 (240m)	傾斜地	ドローン	1 時間 7 分	5.1 倍
			人肩	5 時間 40 分	
平均	—	—	ドローン	52 分	3.9 倍
			人肩	3 時間 19 分	

ドローン運搬では人肩運搬と比較して、コストを約 15% (52 千円) 縮減できることが確認できました (表 23)。

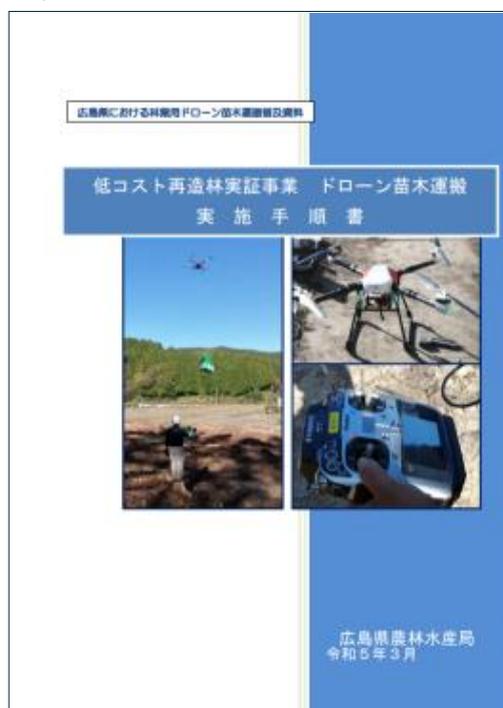
表 23 コスト試算の結果

人肩運搬の経費	ドローン運搬の経費	縮減効果
344 千円/ha	292 千円/ha	▲52 千円/ha (▲15%)

表 24 実証で使用したドローン

	機体情報の概要
	機種：森飛 morito15/：マゼックス社 運搬可能重量：約 10.4kg 最大飛行時間：30 分 (無負荷時)
	特徴
	<ul style="list-style-type: none"> ・「自動開閉フック」荷下ろし地点で補助者の必要はありません ・荷掛け、荷下ろし地点に操縦者が各 1 人で作業可能です

また、広島県では「低コスト再造林実証事業 ドローン苗木運搬実施手順書」を発行しており、本「手引」とあわせてご覧ください。



低コスト再造林実証事業 ドローン苗木運搬実施手順書 (令和 5 年 3 月発行)
<https://www.pref.hiroshima.lg.jp/soshiki/86/drone-transportation-forestry.html>

(4) 植栽器具を用いたコンテナ苗の植栽

① コンテナ苗専用の植栽器具を用いた植栽

コンテナ苗は機械化による生産の効率化や育苗施設の利用により生産期間の短縮が図られるほか、これまで植栽に適さなかった時期においても高い活着率が期待できるという特徴があります。また、コンテナ苗と裸苗の植栽作業効率を比較した事例の多くでは、コンテナ苗の優位性が示されています。なお、コンテナ苗の普及に伴いコンテナ苗植栽の高効率化を目指して、コンテナ苗専用の植栽器具である動力式の「ほるほるくん」も開発されています。



植栽で従来から使用される「唐鍬」



コンテナ苗の使用で一般的な「ディブル」



動力式の「ほるほるくん」

② 植栽器具の効果

実証の結果、図 22 に示すとおり、安芸太田町地区の事例ではコンテナ苗はどの植栽器具を用いても、裸苗に比べて植栽効率が上がりました。環境条件にもよりますが、従来使用していた唐鋤よりもコンテナ苗専用の器具を使用した方が、効率的に植栽することができます。

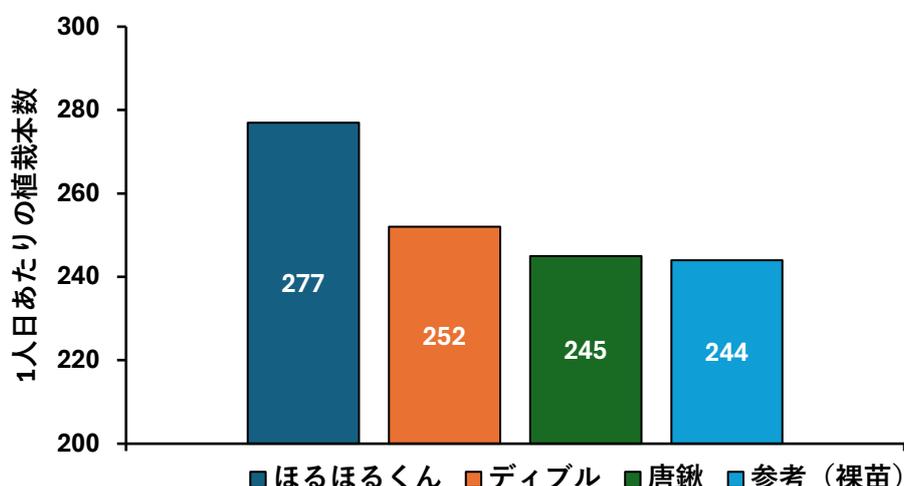


図 22 安芸太田町地区の事例における植栽器具別の生産性

③ 植栽器具使用のポイント

コンテナ苗専用の植栽器具を使用して植栽を行う場合、植栽器具の特徴を理解し、事業地の環境に適したものを選択することで植栽効率の向上が期待できます。

表 25 植栽器具の特徴

植栽器具	メリット	デメリット
ぼるぼるくん	<ul style="list-style-type: none"> ドリルで地中の根系を切断可能 穴掘り時に出た土は飛散しないため植えた後の埋め戻しが容易 	<ul style="list-style-type: none"> 傾斜地等で作業する場合、作業員への負荷大 他の植栽器具よりも重量があるため連続作業に不向き
ディブル	<ul style="list-style-type: none"> 先端部を交換してさまざまなサイズのコンテナ苗に使用可能 1動作で植穴を掘ることが可能 	<ul style="list-style-type: none"> 堅密土壌、地表に根系層があるところでは効率が低下 地表のごみが多い箇所での使用は不向き
唐鋤	<ul style="list-style-type: none"> 立地を選ばずに使用可能 地表のごみの除去、堅い土壌の耕耘が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 平坦地などの条件がいい箇所ではかがみ込む姿勢が長くなるため他の植栽器具と比べ労力負荷大

④ 植栽器具を用いたコンテナ苗植栽の実証事例

植栽器具を使用した効果

- ・緩傾斜地では、ほるほるくんの植栽効率が高い（277～291 本/人日）
- ・中傾斜地では、ほるほるくんと唐鋤の植栽効率が高い（320～325 本/人日）

県内2地区で異なる器具による植栽効率を調べた結果、緩傾斜地ではほるほるくんの植栽効率が高いことがわかりました（277～291 本/人日；表 26）。標準的な裸苗の植栽効率（244 本/人日）と比較すると 1.1～1.2 倍向上しています。中傾斜地ではほるほるくんと唐鋤の植栽効率が高い結果となりました（320～325 本/人日）。標準的な裸苗の植栽効率と比較すると約 1.3 倍向上しています。ディブルの植栽効率は土壌が堅い箇所では低かったものの、軟らかい（締め固められていない）箇所では効率的に作業ができました。

表 26 植栽器具ごとの植栽効率

地区	地形	土壌	植栽器具	1 人日当たりの植栽本数
庄原市② (コンテナ苗)	緩傾斜地	堅い※1	ほるほるくん	291 本/人日
			ディブル	165 本/人日
			唐鋤	260 本/人日
	中傾斜地	軟らかい	ほるほるくん	320 本/人日
			ディブル	276 本/人日
			唐鋤	325 本/人日
安芸太田町 (コンテナ苗)	緩傾斜地	軟らかい	ほるほるくん	277 本/人日
			ディブル	252 本/人日
			唐鋤	245 本/人日
参考※2 (裸苗)	—	—	—	244 本/人日

※1 林業機械が林内に進入して地拵えを実施したので地面が締め固められていました

※2 林野庁の標準歩掛から算出しました



写真 4 平坦地（ほるほるくん；左）及び中傾斜地（ディブル；右）での植栽作業

(5) 伐採と造林の一貫作業システム

① 伐採と造林の一貫作業システムとは何か

伐採と造林の一貫作業システム（以下、一貫作業という）とは、図 23 に示すとおり、伐採・搬出作業と植栽作業を並行もしくは連続して行い(冬季を挟む場合を含む)、伐採跡地の植生が繁茂しないうちに植栽を行うことで作業の効率化、作業コストの削減を図る作業システムです。

林業の作業システムは、緩傾斜地～中傾斜地において車両が林内や作業路を走行する車両系システムと、作業路の開設が難しい急傾斜地での架線系システムに分類されますが、一貫作業は車両系作業システムでの適用が主体となります。

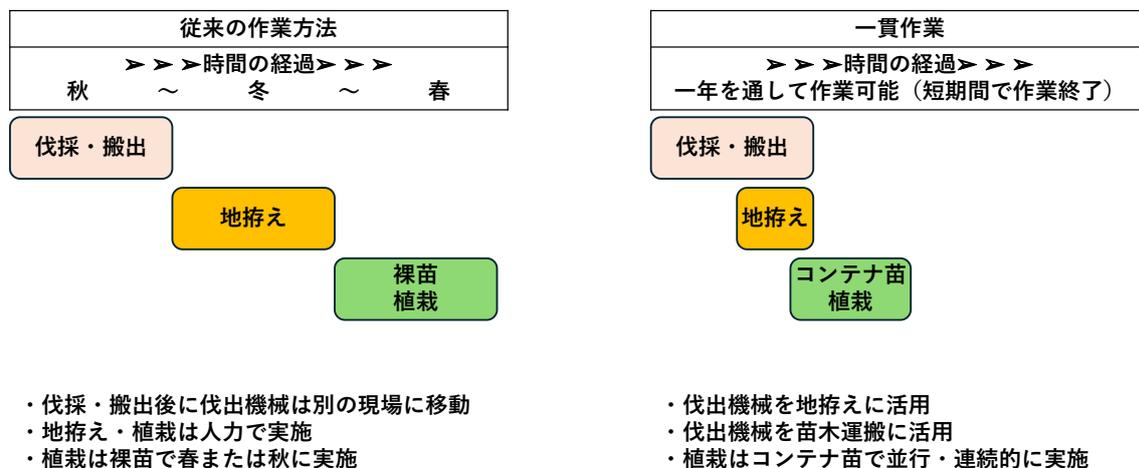


図 23 従来の作業方法と一貫作業

② 従来の施業方法との違いと一貫作業によって期待できる効果

一貫作業と従来の施業方法との違いは、ア.伐採や搬出に使用した機械（グラブ等）を用いて地拵えを実施することにより、従来の人力による地拵えを効率化・省力化すること、イ.木材運搬のための機械（フォワード等）を用いて苗木や獣害対策の資材を運搬することで、植栽・保育作業を効率化・省力化すること、ウ.伐出してすぐに植栽を行うことで、1年目の下刈り作業を省略し、作業負担の軽減を図ることです。伐採は年間を通じて行われるため、一貫作業では植栽適期が長いコンテナ苗を用いて植栽を実施することが重要です。

表 27 一貫作業によって期待できる主な効果

- ・ 機械地拵えによる作業の効率化・省力化
- ・ 資材の機械運搬等による植栽・保育作業の効率化・省力化
- ・ 下刈り作業の削減による省力化

③ 一貫作業のポイント

一貫作業では伐採・搬出のための機械を再造林作業に活用しますが、使われる機械や作業

内容は林地の傾斜に影響を受けます。図 24 に示すように、現地の地形や所有する機材に応じて作業システムを予め構築することで安全かつ効率的に作業を実施することができます。

また、複数の関係者で作業を行うことが多いため、それぞれの作業分担、作業日程を事前に調整する必要があります。さらに、作業が始まってからも、進捗状況や今後の見通しを共有し、円滑に作業が実施できる体制を整える必要があります。作業全体の効率を上げるためには、伐採時から造林作業までの段取りを考えながら作業することが重要です。

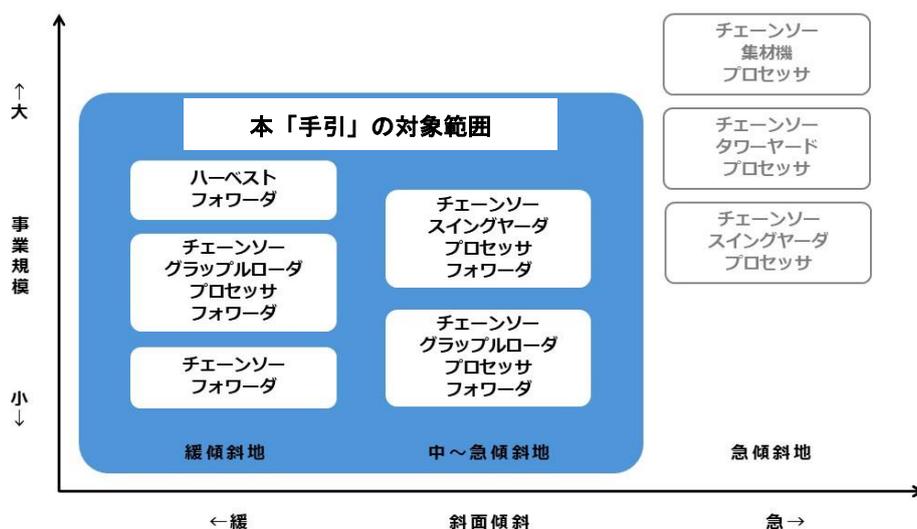


図 24 作業システムと斜面傾斜及び事業規模の関係

※出典：中村ら（2019）低コスト再造林への挑戦 一貫作業システム・コンテナ苗と下刈り省力化



④ 一貫作業の実証事例（地拵えまで）

県内4地区で一貫作業を実証した結果、表28に示すとおり、伐採・地拵えともに高い生産性でした。また、各地区の一貫作業で使用した機械を表29に示します。

表28 広島県4地区の一貫作業による伐採と地拵えの生産性（R3～4年度）

調査場所	傾斜	出材積m ³	面積ha	伐採生産性 m ³ /人日	地拵え生産性 ha/人日	地拵えの形態	備考
一貫作業 ：車両系・作業路走行	庄原市①	11～30	455.26	1.59	17.10	0.26 0.02	機械9 人力1 R3年度実施
	三次市	0～15	2087.00	3.19	26.90	0.32 0.04	機械9 人力1 R3年度実施
	安芸太田町	15～35	887.717	(伐採) 2.34 (地拵え) 1.00	13.00	0.08 0.03	機械2 人力8 R4年度実施 地拵え完了から植栽開始まで約4ヶ月期間が空いた
	庄原市②	10～35	514.10	1.18	20.10	0.30 0.05	機械9 人力1 R4年度実施

表29 広島県4地区の一貫作業内容と使用機械

	面積 (ha)	材積 (m ³)	作業内容	使用機械
A地区 庄原市 一貫作業	1.59	455.26	伐倒	チェーンソー
			木寄せ	ザウルス
			造材	プロセッサ
			搬出	フォワーダ
			機械地拵え	ザウルス
			人力地拵え	—
B地区 三次市 一貫作業	3.12	2087.00	伐倒	チェーンソー
			木寄せ	グラップル
			造材	ハーベスタ
			搬出 (丸太・用材)	フォワーダ
			機械地拵え	グラップル
			人力地拵え	—
E地区 安芸太田町 伐採、地拵え、植栽作業 ※地拵え完了から 約4か月期間が空いた	(伐採) 2.34	887.72	伐倒	チェーンソー
			木寄せ	グラップル
			造材	プロセッサ
			搬出	フォワーダ
			機械地拵え	グラップル
			人力地拵え	—
G地区 庄原市 一貫作業	1.18	514.10	伐倒	チェーンソー
			木寄せ	ザウルスロボ
			造材	ハーベスタ
			搬出	フォワーダ
			機械地拵え	ザウルスロボ
			人力地拵え	—

(6) 低密度植栽

① 低密度植栽とは何か

再生林の低コスト化を図る手段として、低密度植栽の導入も選択肢の一つとして期待されています。

従来、主要な造林樹種の植栽密度は、スギ、ヒノキが3,000本/ha程度、カラマツが2,000～2,500本程度であることが一般的でしたが、低密度植栽を導入し、植栽本数を減らすことにより、苗木購入費や植栽労務費を縮減し、再生林・保育の低コスト化を図ることができます。

今回の実証では、低密度植栽による苗木購入費などの低コスト化を図りつつ、機械下刈りの作業スペースの確保（機械が苗間を走行するためには2.5m以上の間隔が必要）にも配慮した植栽を実施しました。

また、広島県では「広島県低密度植栽育林技術体系（令和6年12月）」を発行しており、本「手引」とあわせてご覧ください。



広島県低密度植栽育林技術体系（令和6年12月発行）

<https://www.pref.hiroshima.lg.jp/soshiki/86/ikurin.html>

概要（一部抜粋）

育林技術体系とは、柱材や大径材など、ある目的の材を生産するために必要な施業方法を総合的に記したもので、植栽・下刈り・ツル切り・雪起し・枝打ち・除間伐等の施業の組み合わせで構成されます。この低密度植栽育林技術体系では、植栽・除間伐等による林分の適正な密度管理を中心に説明します。

② 低密度植栽の効果

従来よりも植栽本数を減らすことで、苗木購入費及び植栽にかかる労務費の削減が可能となります。また、下刈り実施時に、注意すべき植栽木の本数が少なくなるため、効率的な作業を行える可能性があります。なお、これまでの研究等では、1,500 本/ha 以上であれば成林や木材利用への影響が少ないことがわかっています。

- ・ 植栽本数の減少による苗木購入費、植栽の労務費の削減。
- ・ 機械下刈りが可能となることにより、下刈り作業時間の削減

表 30 成林・木材利用への影響が少ない植栽密度

スギ・ヒノキ	1,500 本/ha 以上
--------	---------------

③ 低密度植栽実施のポイント

低密度植栽を実施する際のポイントや留意点を表 31、表 32 にまとめました。前述したように、低密度植栽は従来と比較してコスト削減や作業の効率化が期待される一方で、植栽する場所の環境等によっては通常よりもコストがかかってしまう可能性があります。例えば、気象害・獣害等による成立本数の減少リスクに加え、林冠閉鎖の遅延による下刈り・ツル切り・除伐等の育林作業の増大等、現場条件により弊害が生じる可能性を考慮の上、植栽本数を決定する必要があります。

また、植栽後に機械下刈りを実施する場合、機械が作業できる植栽間隔を確保する必要があります。使用する機械のサイズにもよりますが、一般的な植栽密度よりも植栽間隔が広くなるため植栽密度とあわせて作業方法を検討する必要があります。

表 31 植栽樹種の留意点

植栽樹種の留意点	
スギ	成長が早い樹種であり、斜面下部等の水分環境が良い立地では特に成長が良く低密度植栽でも基本的に問題ないですが、クズ等の発生には留意してください。
ヒノキ	スギに比べて成長が遅く、低密度植栽では雑草木との競合が長く続き、下刈りの回数が増える可能性及び林冠閉鎖が遅れる可能性があります。

表 32 低密度植栽の留意点

枯死等による成立本数の減少	積雪による植栽木の折損や根抜け、獣害等による植栽後の枯死によって成立本数が減少する可能性があります。必要に応じて補植を検討します。
保育作業の継続的な実施	低密度になるほど林冠が閉鎖するまでに時間がかかるため、下刈りやツル切り等の保育作業を継続的に実施しなければならぬ可能性があります。

④ 広島県の取組

県内4事業地で機械下刈りに配慮した低密度植栽を実施しました。結果として、表33に示すとおり、コウヨウザン1,500本/ha、ヒノキ2,000本/haの植栽密度とし、植栽本数は33～50%削減しました。

表33 低密度植栽の実施箇所

実証地 (植栽年)	苗木の種類	植栽密度 (植栽間隔)	従来の植栽密度との 比較 (3,000本/ha)
庄原市 (R3年)	ヒノキ・コンテナ苗 その他	2,000本/ha (2.8m×1.8m)	約33%減
三次市 (R3年)	コウヨウザン・コンテナ苗 その他	1,500本/ha (2.6m×2.6m)	50%減
安芸太田町 (R4年)	コウヨウザン・コンテナ苗	1,500本/ha (2.6m×2.6m)	50%減
庄原市 (R4年)	ヒノキ・コンテナ苗	2,000本/ha (2.5m×2.0m)	約33%減

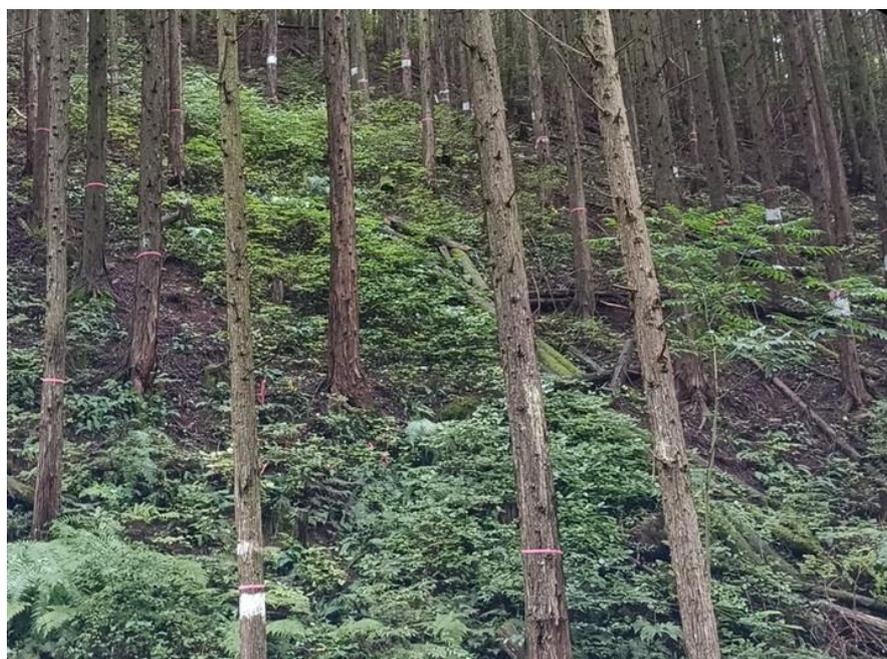


写真5 広島県内(国有林)の低密度植栽のヒノキ林分
(植栽密度1,500本/ha、R4撮影時48年生)

(7) 下刈り回数の削減

① 下刈り回数の削減の効果

下刈りは、植栽木と雑草木の競合状態によって実施の要否を判断することで、実施回数を削減できる可能性があります。

下刈り実施の判断は、下刈りを実施する時期の競合雑草木の特性や高さを考慮して判断します。

また、大苗や成長に優れた苗木を植栽することで、競合する雑草木との競争から早期に抜け出し、下刈り回数の削減や下刈り完了までの期間を短縮できる可能性があります。

② 下刈り回数削減のポイント

下刈りは、雑草木が植栽木の成長を阻害している場合にのみ実施することで、作業全体の省力化を図ることができます。下刈りの要否を判断する基準を図 25 に示します。これは、植栽木と雑草木の競合状態（以下、C 区分と呼ぶ）を、植栽木と雑草木の相対的な樹高関係で指標化したものです。C1、2であれば下刈りが省略できますが、C3であれば下刈り検討、C4であれば下刈り実施となります。

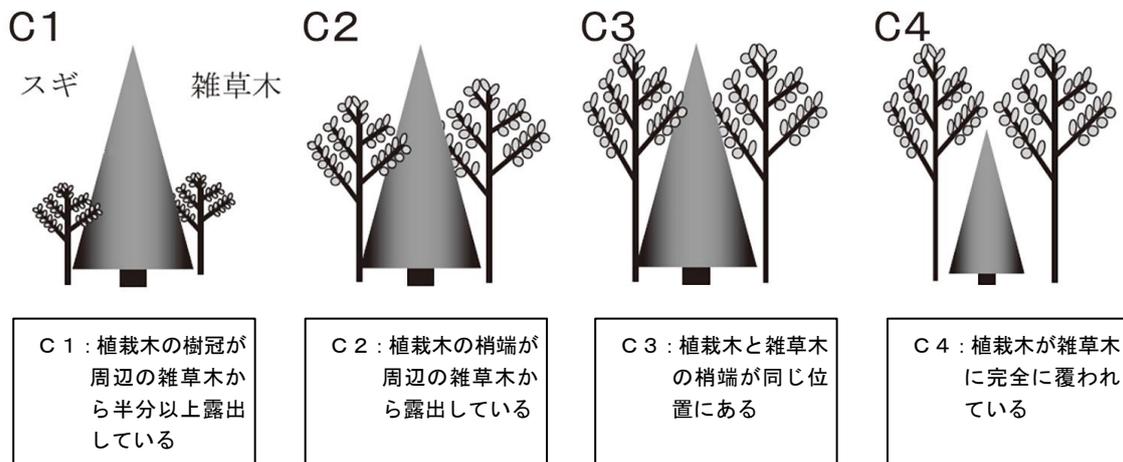


図 25 植栽木と雑草木の競合状態 (C 区分)

※出典：山川ら (2016) スギ植栽木の樹高成長に及ぼす期首サイズと周辺雑草木の影響

③ 広島県の取組（コウヨウザン大苗の植栽）

下刈り回数削減とノウサギ等の被害対策を目的に、成長に優れたコウヨウザンの大苗（樹高約80cm）を植栽し、植栽木の成長と雑草木との競合状態について調査しました。

令和3年度にコウヨウザンの大苗を試験植栽して以降、その後の植栽木の成長、ノウサギ等の被害、C区分を毎年継続して調査しています。図26に示すとおり、令和6年度の調査時点でコウヨウザン大苗の平均樹高は約155cmとなっており、雑草木の平均樹高（129cm）よりも高くなっています。雑草木は植栽当初は落葉広葉樹が主で、その後ササが優占してきた状況です。令和6年度まで一度も下刈りを実施していません。一方、植栽木は植栽直後から令和4年冬季までノウサギ等による被害を受けていましたが、それ以降、令和5年度、6年度の調査では雑草に覆われた影響により、主軸の切断などの被害は発生しませんでした。令和4年冬季までにノウサギ等による被害がその後の雑草木との競争に影響を与えた可能性が考えられます。

また、比較対照としてコウヨウザン普通苗を同時期に植栽しました。この試験地では令和5年度から毎年下刈りを実施しています。令和6年度の調査の結果、コウヨウザン普通苗の平均樹高は約115cm、生存率は92%（23本/25本生存）でした。普通苗の方が大苗の生存率を上回っていましたが、生存している植栽木のうち6本でシカによる剥皮が発生していました。一方、雑草木に囲まれている大苗には剥皮は確認されませんでした。令和7年度以降も調査を行い、下刈り回数の削減及びノウサギ等の被害対策の検討を継続します。

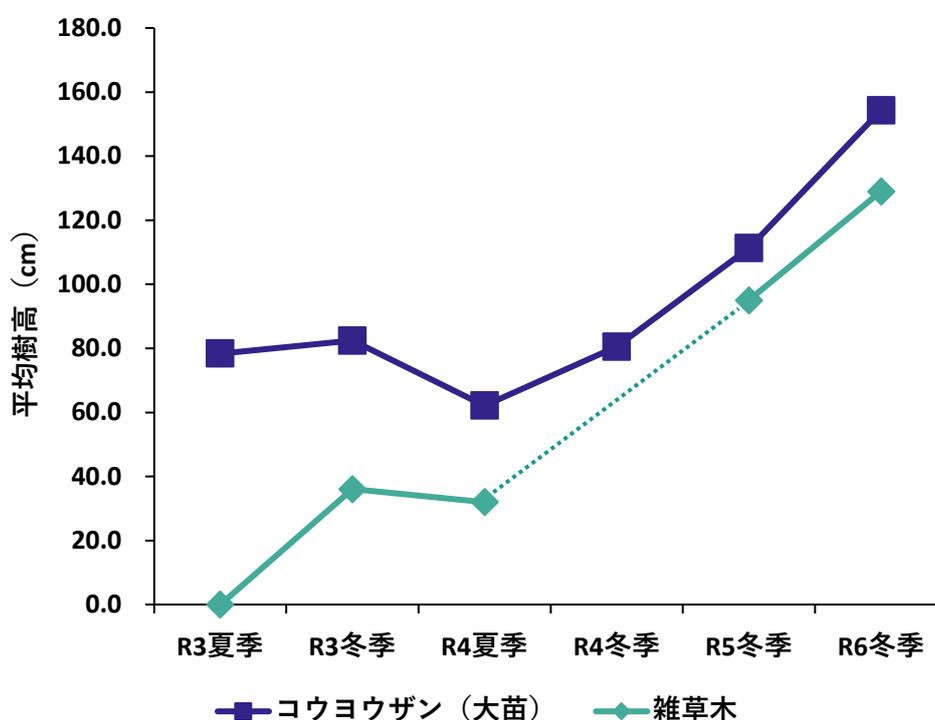


図26 コウヨウザン大苗と雑草木との競合状態

(8) 下刈り機械の導入

① 下刈り機械とは何か

現状での再造林（地拵え、植栽、下刈りまで）に係る費用は平均して ha 当たり約 217 万円であり、そのうち下刈りにかかる費用は 91 万円と、再造林費用の約 42%を占めています。従来の下刈り作業は手持ちのエンジン式草刈機による作業が一般的で、炎天下の傾斜地という過酷な環境で行う場合もあり、またスズメバチによる被害や熱中症等のリスクもあります。作業員の高齢化や人手不足の影響から、下刈り作業の従事者の確保は年々難しくなっており、主伐後の再造林を確実に行うためにも、下刈り作業の省力化・軽労化を進め、費用や労働負荷の軽減を図る必要があります。それに向けた一つのアプローチとして、下刈り機械の導入が考えられます。下刈り機械の、より効果的な運用方法等を検討する必要がありますが、機械の導入によって作業の省力化・軽労化が期待できます。



写真6 下刈り機械による作業（山もっとモット；左、アラフォー傾子：右）

② 下刈り機械導入による効果

下刈り機械の導入によって効率的な下刈りの実施が期待できます。下刈り機械である“山もっとモット”を用いた実証では、事前に切株破碎処理が必要でしたが、図 27 に示すとおり、下刈りの作業時間は標準的な人力下刈りの 1/2 となりました。

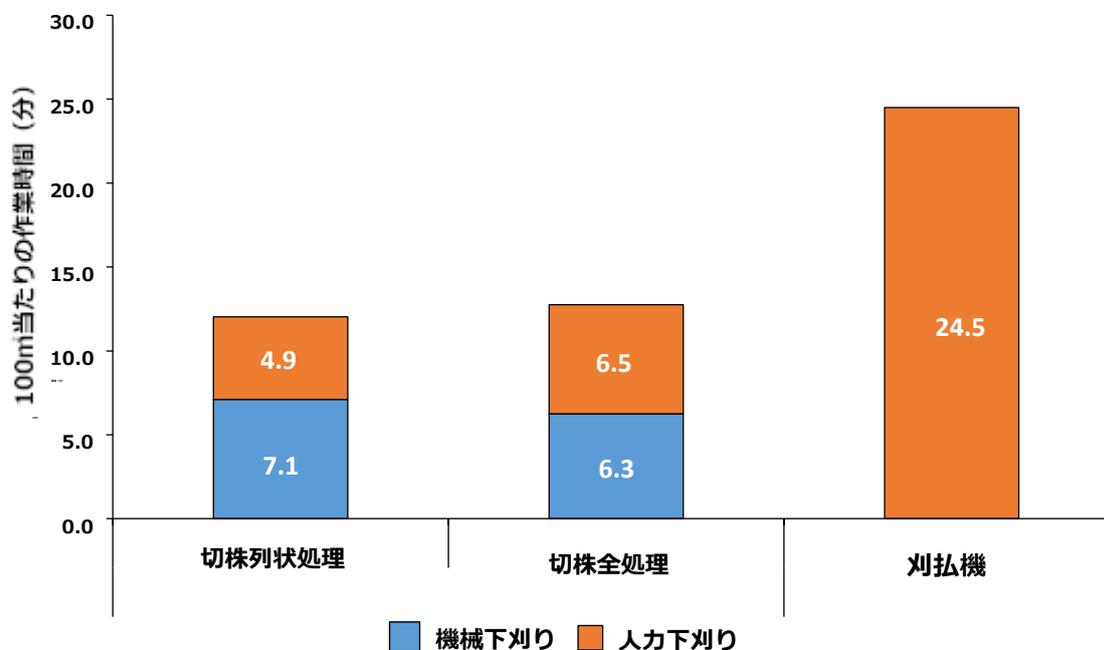


図 27 山もっとモット活用による作業時間の縮減効果

③ 下刈り機械導入のポイント

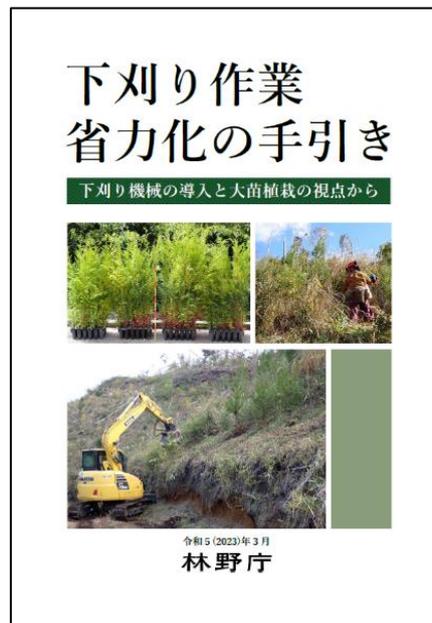
機械下刈りを効果的に実施するためには、事業地の地形や導入する機械の種類に応じて事前準備や作業の段取りを決める必要があります。実証調査の結果判明した、下刈り機械を効果的に運用する条件を表 34 に示しました。留意点として、石礫が多いところでは刃が石礫に当たって破損する恐れがあるため注意が必要です。林野庁から発行されている「下刈り作業省力化の手引き」もご覧いただき下刈り機械導入の参考にしてください。

表 34 下刈り機械を効果的に運用する条件

- ・ 緩傾斜地 (15° 未満)
- ・ 機械走行を想定した、地拵え時の末木枝条の丁寧な整理
- ・ 下刈り機械が走行するルート上にある切株の破碎処理
- ・ 下刈り機械の車幅・旋回を考慮した植栽間隔の検討



写真7 下刈り機械の走行が困難な林地状況（石礫や末木枝条が散在）



参考：林野庁（2023）下刈り作業省力化の手引き

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/houkokusho/syokusai.html>

④ 下刈り機械の実証事例

下刈り機械導入の効果

平坦地～中傾斜地かつ伐根処理済みであれば作業時間を約 1/2 縮減（山もつとモット）
 全体の作業時間のうち 62～80%は機械で作業できるため労務負荷の軽減が期待できます

県内 2 地区で機械下刈りを実証しました。庄原市では“山もつとモット”を使用して、切株の処理別に下刈り作業を実施しました。切株を処理した場所（B及びC）では下刈り機械の走行にほぼ支障がなく、図 28 に示すとおり、人力下刈りの標準作業時間と比較しても約 1/2 の時間で下刈り作業が完了しました。さらに、切株処理時間を考えるとBが効果的です。

また、下刈り機械を導入して費用対効果を得るために必要となる年間の下刈り面積は表 35 のとおり 19.1～23.5ha であることがわかりました。

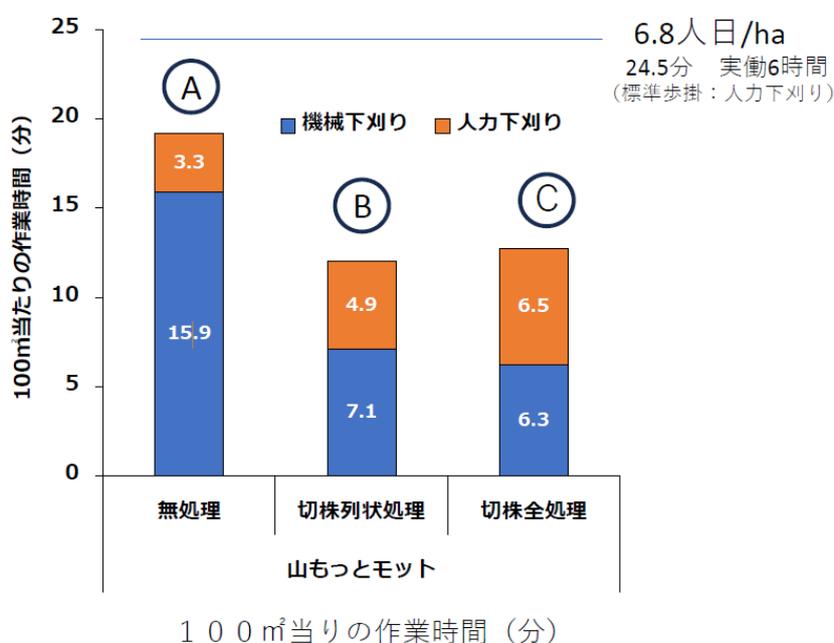


図 28 切株の処理別の山もつとモットの作業時間

表 35 山もつとモットの切株の処理別の損益分岐点

下刈り機械	切株の処理状況	損益分岐点
山もつとモット	無処理	23.5ha/年
	列状処理	19.1ha/年
	全処理	19.1ha/年

三次市では図 29 のとおり 3 種類の下刈り機械を使用しました。伐根処理は行わずに下刈り作業を行った結果、人力下刈りの標準作業時間よりも若干時間はかかりましたが、全体の作業時間のうち 62~80%は機械下刈りを行っているため労働負荷の軽減が図られています。また、下刈り機械導入による費用対効果は、表 36 のとおり面積が広いほど大きくなります。損益分岐点は、機種や現地の傾斜により異なり、年間下刈り面積は 3.2~17.9ha となりました。

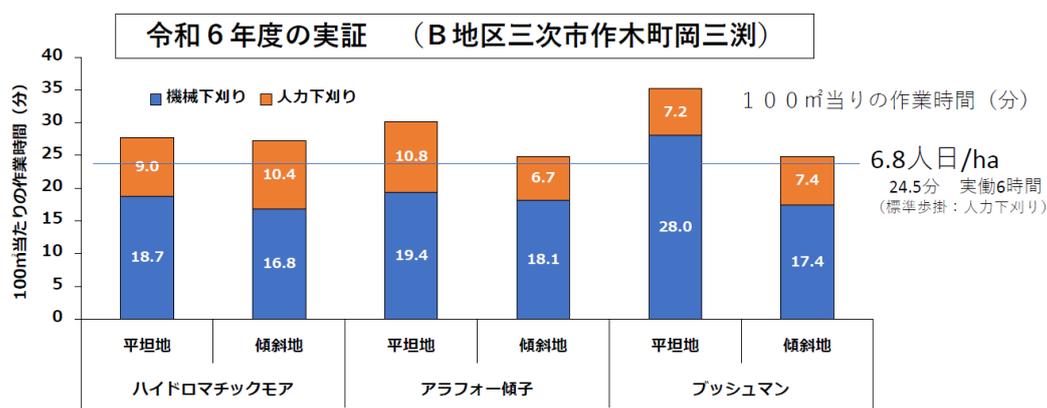


図 29 下刈り機械別の作業時間

表 36 下刈り機械別の損益分岐点

下刈り機械	地形	損益分岐点
ハイドロマチック・モア (刈刃機械一体型)	平坦地	17.9ha/年
	傾斜地	17.9ha/年
アラフォー傾子 (刈刃機械一体型)	平坦地	7.2ha/年
	傾斜地	6.8ha/年
ブッシュマン (刈刃アーム装着型) ベースマシン+アタッチメント	平坦地	14.5ha/年
	傾斜地	11.2ha/年
ブッシュマン (刈刃アーム装着型) アタッチメントのみ	平坦地	4.1ha/年
	傾斜地	3.2ha/年

以下に実証で使用した下刈り機械の概要と特徴を示します。

	<p style="text-align: center;">機体情報の概要</p> <p>機種：山もつとモット メーカー：キャニコム 刈幅：1200mm 刈高：350mm</p>
	<p style="text-align: center;">特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・乗用型草刈機 ・雑草等を刈刃で粉碎する ・アタッチメントを交換することで残材集材や苗木運搬にも対応可能
	<p style="text-align: center;">機体情報の概要</p> <p>機種：アラフォー傾子 メーカー：キャニコム 刈幅：1100mm 刈高：35～80mm モア昇降高（最大）：250mm</p>
	<p style="text-align: center;">特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ラジコン式草刈機 ・雑草等を刈刃で粉碎する ・アタッチメントを交換することで残材集材や苗木運搬にも対応可能



機体情報の概要

機種：ハイδροマチック・モア
 メーカー：筑波重工株式会社
 刈幅：1500mm

特徴

- ・リモコン型草刈機
- ・地拵え（切株破碎は除く）と下刈りが可能
- ・車高を変えて走行可能（車体は最大で地上高 600mmで上昇可能）



機体情報の概要

機種：ブッシュマン
 メーカー：松本製作所
 刈幅：850mm

特徴

- ・刈刃アーム装着型
- ・ハンマーナイフにより雑草を粉碎
- ・チルト式のためアームの角度調整が可能

4 コスト試算の結果

これまでの実証調査の結果から各作業のコストに与える影響を整理しました。

なお、下刈り機械導入の場合は（ ）書きで表しています。

※ 下刈り機械の導入は、時間短縮や労働の軽減に繋がる一方で、事前の伐根処理やルート決定の効率化により、より低コスト化を検討する必要があります。

		従来		実証結果	
		施業内容	金額	施業内容	金額
地拵え	人力部分	17.0人	463,602	4.82人	126,666
	機械運転経費			グラブプル運転2.53人	156,819
	費用	小計	463,602	小計	283,485
苗木	苗木代	3000本 裸苗	444,059	2000本コンテナ苗	490,418
	費用	小計	444,059	小計	490,418
植栽	植付	3000本裸苗 12.3人	312,367	コンテナ苗 6.6人	167,611
	人力運搬	1.65人	41,903	ドローン年間稼働率25日	36,667
	費用	小計	354,269	小計	204,278
下刈り 5年間 緩傾斜地 伐根処理あり	人力部分	38.0人	897,751	30.4人	718,201
	刈払機運転	1.0式	13,403	1.0式	10,723
	機械運転(1年目) ・伐根破碎処理 ・ルート選定	-	-	自走式下刈り機 (山もつとモット 利用時)	(138,339)
	機械運転(2~5年目) ・機械下刈り ・人力下刈り				(767,513)
	機械経費等	-	-		(317,446)
	費用	小計	911,154	小計	728,923 (1,223,298)
合計		再造林+人力下刈り5回	2,173,084	再造林+人力下刈り4回	1,707,105
				再造林+自走式下刈り機4回	(2,201,479)

※1 造林事業単価を参考

※2 自走式下刈り機は、現場の勾配が20度程度までで、自走できる造林地に限られる。
(5年間の償却、年間稼働日数30日程度)

おわりに

「広島県省力・低コスト再造林実践の手引」は、農林水産業施策の実行計画である「2025 広島県農林水産業アクションプログラム」に基づき、森林資源経営サイクルの構築に向けた「低コスト施業技術の推進」として、令和3年から6年度までの間に実証事業に取り組んだ成果を元に普及用として作成しました。

一方で、低コスト再造林の課題解決に向け、林野庁や各都道府県、各種研究機関などで様々な取り組みや研究が行われており、日々新たな課題や成果が報告されています。そのため、本手引に掲載された実証結果についても、他機関の報告と重複する場合や異なる結果が出る場合があるため、必要に応じて追記や修正を行う予定です。

最後に、県では「2025 農林水産業アクションプログラム」の最終年である令和7年度を迎え、取り組みの評価と共に新たなアクションプログラムの検討を行っています。引き続き、県の取り組みにご理解とご支援をいただきますようお願い申し上げます。結びとさせていただきます。

謝辞

本書作成に必要なデータの収集についてご協力、ご支援をいただきました関係各位におかれましては、この場をお借りして厚く御礼申し上げます。