

平成 30 年度

木材需要の創出・輸出力強化対策のうち「地域内エコシステム」構築事業のうち

木材のマテリアル利用技術開発事業

竹のマテリアル利用に向けた
効率的な竹材生産技術の開発
報告書

平成 31 年 3 月

一般社団法人 日本森林技術協会

目次

1章. はじめに	1
2章. 事業概要	2
2.1. 事業の背景	2
2.2. 事業の目的	2
2.3. 事業実施項目	2
3章. 検討委員会	5
3.1. 検討委員会の開催	5
4章. マテリアル利用に向けた竹材生産技術の確立	7
4.1. マテリアル利用を考慮した竹材の種類区分の検討	7
4.2. マテリアル利用を目的とした高効率・低コスト伐採集材システムの確立	10
4.3. 帯状伐採等による継続利用モデルの確立	33
5章. 地域の竹資源状況に最適な竹材供給プランの作成	38
5.1. モデル地域での竹材伐採供給計画の検討	38
5.2. モデル地域の竹資源状況を踏まえた効率的で持続可能な竹材供給プランの作成	45
6章. 手引書の作成.....	48
6.1. 手引書の作成.....	48
7章. まとめと今後の課題	49
7.1. まとめ	49
7.2. 今後の課題	49
参考文献	51
別添資料	52

1章. はじめに

本書は、林野庁補助事業「平成 30 年度木材需要の創出・輸出力強化対策のうち『地域内エコシステム』構築事業のうち木材のマテリアル利用技術開発事業・竹のマテリアル利用に向けた効率的な竹材生産技術の開発」（以下、本事業）において、一般社団法人日本森林技術協会が取り組んだ成果をとりまとめたものである。

本書の構成は以下のとおり。

1 章. はじめに

本書の構成を示す。

2 章. 事業概要

事業の背景及び目的、実施概要を示す。

3 章. 検討委員会

本事業で実施した検討委員会の概要を示す。

4 章. マテリアル利用に向けた竹材生産技術の確立

利用用途を考慮した竹資源の類型区分や竹林資源を把握するためのマップ作成技術の検討結果、また、竹資源の状態に応じた施業種・施業方法についての検討結果を示す。

5 章. 地域の竹資源状況に最適な竹材供給プランの作成

モデル地域での現地検討の内容や、その結果を整理している。

6 章. 手引書の作成

本事業を通じて得られた知見等を踏まえて作成した地域で活用できる竹林利用に関する手引書（以下、手引書）の内容について示す。

7 章. まとめと今後の課題

本事業のとりまとめと、今後の課題について示す。

謝辞

兵庫県淡路市の現地検討会においては杉本林業株式会社、山口県宇部市の現地検討会においては三輝トラスト株式会社にそれぞれご協力頂き、現地において伐採、集材、搬出、運搬等についてヒアリングを実施させて頂いた。この場を借りて深く感謝申し上げます。

2章. 事業概要

2.1. 事業の背景

戦後の燃料革命や経済発展・社会情勢の変化に伴い、かつて人々の暮らしに欠かせなかった薪炭林や採草地、田畑の管理放棄が増加してきた。竹林の多くも 1970 年代以降利用が減少し、手入れが行き届かなくなった。このような全国的な山林の管理不足や耕作放棄地の増加は、それらに隣接する管理放棄された竹林の分布拡大に拍車をかけており、地域資源の循環利用の崩壊を招いている。本来の農地や里山の持つ資源循環機能を持続的に発揮させていくためには、農地・林地の土地所有者の意向や、地域住民のニーズなどを踏まえて地域資源の需要拡大を図る必要がある、里山林の履歴・現況や将来の姿の効率的な分析・評価を基にした地域資源の適切な利用、維持・管理が求められている。

また、きのこ、山菜、木炭等の特用林産物の産出額は、年間約 2 千億円と林業全体の産出額の約 5 割を占め、山村地域における貴重な収入源となっており、地域の活性化に重要な役割を果たしている。

しかしながら、竹材については、バイオマス利用等の新たな利用拡大が見込まれる一方で、伐採・搬出に係るコストが高いことなどにより利用が進まず、竹林の荒廃が生じている。

2.2. 事業の目的

本事業では、竹林を資源として持続的に利用していくため、マテリアル利用としての竹材に着目し、その供給力の向上を図ることにより、未利用竹材の有効活用等に資することを目的として実施した。

2.3. 事業実施項目

竹資源を有効かつ持続的に利用していくための管理・供給システム確立に向けたステップを、下記のように整理した。

① 竹資源量の把握手法の確立

- 竹資源の分布状態の把握
- 立地条件別の類型化
- 立地条件別の地上部現存量の推定
- 利用可能な竹材資源量及び供給コストの推定及び類型化

② 効率的な竹資源の伐採搬出技術の開発

- 低コスト収穫・搬出技術の開発

③ 竹林の類型化と竹資源の持続的管理・供給システムの構築

- ①及び②の成果と既存情報、地理情報等より、自然要因、社会要因からみた竹林

の類型化と利用可能性区分を行うとともに、再生量を推定し、持続的管理・供給システムを構築

平成 28 年度に実施されている「平成 28 年度地域材利用拡大緊急対策事業のうち地域竹材の利用促進対策（竹材生産情報把握手法確立事業）」（以下「竹材生産情報把握手法確立事業」）は、上記のうち、主として①の利用可能な竹資源量の把握手法の確立を目的として実施され、続いて実施された「平成 29 年度特用林産振興総合対策事業のうち特用林産物の供給力の向上のうち効率的な竹林施業体系の構築」（以下「効率的な竹林施業体系の構築事業」）は、主として②③の課題への対応として実施されたものと位置づけられる。

これら過年度の結果を受け、本事業では、近年取組が進んでいる竹資源のマテリアル利用に対応した高効率で低コストな生産技術の確立を目指すものとする。

表 2.1 事業実施項目の概要

実施項目	実施手順		
	目的	概要	
検討委員会の開催	円滑かつ確実な実行を図るために、専門的知見を有する学識経験者等で構成される検討委員会を設置し、事業実施方針や調査の方法等について助言を受ける。	検討委員の選定および検討委員会の開催	事業方針の検討時およびとりまとめ時に検討委員会を開催する。
マテリアル利用に向けた竹材生産技術の確立	機械を併用した竹材生産手法を適切に選択することにより、マテリアル利用の用途を想定した地域で安定的かつ持続的な竹材生産・供給システムを確立する。	マテリアル利用を考慮した伐採竹の類型区分の検討	マテリアル利用を想定し、竹資源を質やサイズで類型化する。
		マテリアル利用を目的とした高効率・低コスト伐採集材システムの確立	マテリアル利用を考慮した竹の類型区分に対応した伐採・集材・搬出方法について、コストと効率の観点から整理する。
			竹林をより効率的に抽出する手法を検討し、H28 年度に検討した竹資源量の把握手法を更新する。

実施項目		実施手順	
	目的		概要
		帯状伐採等による継続利用モデルの確立	<p>帯状伐採等、竹資源の持続的・循環的な利用に寄与する伐採集材方法等について、既往文献を基に整理する。</p> <p>既往研究の整理結果を踏まえ、竹資源を循環的に利用する竹材生産システムが適用可能な空間スケールや、最適な伐採・集材方法の組み合わせ・配置方法等を検討する。</p>
地域の竹資源状況に最適な竹材供給プランの作成	上記の検討結果をモデル地域において検証し、マテリアル利用可能な竹林資源の状態や、作業システム等について検討する。	モデル地域での竹材伐採供給計画の検討	モデル地域において現地検証を行い、作業システムやマテリアル利用可能な竹林の条件を確認する。
		モデル地域の竹資源状況を踏まえた効率的で持続可能な竹材供給プランの作成	モデル地域における竹資源の状況や竹需要の動向等を踏まえ、施業の効率性や持続可能性も考慮に入れた上で、マテリアル利用を含む様々な竹林の取り扱い形態を想定し、竹材の供給ポテンシャルやコスト等の推計・評価を行う。
まとめ	行政担当者等が、竹資源の状況や利用目的等に応じた適切な竹林の取り扱いについて検討ができるよう、手引書として整理する。	手引書の作成	竹資源の利用に関する手引書を作成する。

3章. 検討委員会

3.1. 検討委員会の開催

3.1.1. 実施方針

事業の実施にあたっては、円滑かつ確実な実行を図るために、専門的知見を有する学識経験者等で構成される検討委員会を設置し、事業実施方針や調査の方法等について助言を受けながら実施することとした。

3.1.2. 検討委員

検討委員の名簿を表 3.1 に示す。

表 3.1 委員名簿（敬称略、五十音順）

氏名	所属・職名
鈴木 重雄	駒澤大学 地理学科地域環境研究専攻 准教授
鳥居 厚志	国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 関西支所
藤原 道郎	兵庫県立大学大学院 緑環境景観マネジメント研究科長 教授
山田 隆信	山口県 農林水産部森林企画課 主査

3.1.3. 開催概要

検討委員会の開催概要を表 3.2 に示す。事業実施内容や成果には、検討委員会での指摘事項を反映させた。

表 3.2 委員会開催概要

回	日時	議題
第1回	平成30年10月31日（水） 13:30～15:30	事業の背景 今年度事業の方針 進捗状況の報告 今後のスケジュール
第2回	平成31年2月26日（火） 13:30～15:30	事業方針の確認 進捗状況の報告 今後のスケジュール



第1回委員会



第2回委員会



図 3.1 委員会の様子

4章. マテリアル利用に向けた竹材生産技術の確立

4.1. マテリアル利用を考慮した竹材の類型区分の検討

4.1.1. 実施方針

竹の利用は、主に食用としてのたけのこの利用、たけのこ生産林の整備に伴い廃棄される間伐材の有効活用、および素材（広義な意味でのマテリアル利用）としての利用に分けることができる。（広義の）マテリアルとしての利用は、供給される竹材に要求される品質に大きな幅があり、これによって適用する施業方法の考え方は大きく変わる。

なお、効率的で低コストな施業体系を構築する上では、一般に農林業の各種施業においては機械化が有効と考えられるが、竹林施業の場合、生産される竹材の用途によっては、機械化することにより要求品質が満たされない可能性がある。

竹資源のマテリアル利用を検討するために、まずはどのような竹資源がどのようなマテリアルに利用できるのか、もしくはマテリアル毎に求められるサイズや品質はどのようなものなのかを明らかにすることとした。

4.1.2. 検討手順

ア. 搬出時のサイズ（～1m、～2m、～4m、～10m）と質（悪くても可、良）の2つの観点から伐採竹の類型化を試みた。（図 4.1）

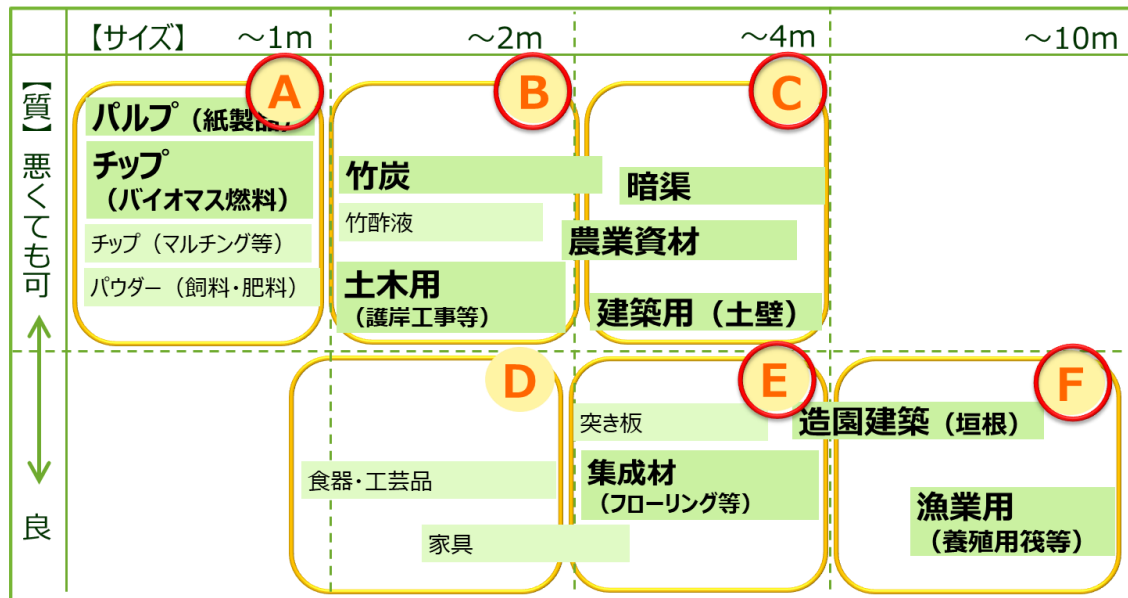


図 4.1 竹材の類型区分

イ. 検討委員会（第1回）において、類型区分の考え方及び表 4.1 について諮ったところ、以下の意見が示された。

- マテリアル利用を考慮した場合、竹の種類やサイズの種類が重要となる。
- Dの区分（食器・工芸品、家具）や造園建築用の垣根等の伝統的なものはマダケだと思うが、多くのはモウソウチクで代替されている。
- マダケとモウソウチクが混在している地域や、マダケが主となる地域もあるため、モウソウチクとマダケは分けて検討すべきではないか。
- マダケとモウソウチクとでは作業工程が異なるため、マダケも対象とすると、検討しなければならないことが増えることが想定される。
- 現場でのサイズと利用する際のサイズ（作業工程毎のサイズの違い）を考慮した方が良いのではないか。
- 枯稈と生稈とを分けて考えた方が良いのではないか。

ウ. モデル地域（淡路・山口）において地元の竹伐採事業者を対象に、マテリアル利用を検討する際に竹資源を分類する観点をヒアリングした。その結果、類型区分する際には、品質や長さ以外の要因（「太さ」や「稈齢：竹の若さ」といった観点）も重要であることが明らかとなった。また、利用用途に応じて求められる竹種や、より詳細な品質（割れ、直材／曲材）が重要であることが示された。

4.1.3. 結果

行政担当者や新規参入する事業者等が、竹林の利用可能性を大まかに判断できるよう、用途別に必要とされる観点と定量的・定性的な目安を整理した。（表 4.1）

なお、対象とした用途は、「竹の利活用推進に向けて」（林野庁 平成 30 年 10 月）で示されている 4 区分（日常雑貨、建設・建築用品等、造園用資材、伝統工芸品）に加え、新たな利用形態として、「エネルギー/製紙（電気・熱）」、「その他（肥料・飼料等）」の区分を追加した。また、サイズは、搬出時のサイズとした。

表 4.1 用途別に必要とされる観点と定量的・定性的な目安

区分	用途	竹種	運搬サイズ	割れ	稈齢	運搬・販売先	
日常雑貨	カゴ、ザル、串、団扇、扇子、物差し、食器類、竹ぼうき、すだれ、物干し竿、傘等	ネザサ、ハチク、マダケ、モウソウチク等	用途による	用途による	用途による	ホームセンター、道の駅等	
建築・土木・ 農林漁業用資材	外装材	集材材、家具	モウソウチク	4.5m以下	不可	おおよそ4年以上	家具工房等
		竹小舞（土壁下地）	ハチク、マダケ	4.5m以下	縦割れ可	おおよそ4年以上	ホームセンター等
	内装材（突板）		モウソウチク	4.5m以下	不可	おおよそ4年以上	突板製造工場
	農林業用資材（果樹支柱、イノシシ柵、鹿ガード等）		モウソウチク、マダケ	4.5m以下	用途による	用途による	農家・林家等
	土木用資材（粗朶、暗渠等）		モウソウチク、マダケ	4.5m以下	不可	用途による	土木・建築等
	牡蠣筏、牡蠣棚、海苔竹		モウソウチク	11.6m以上 /13cm以上	不可	おおよそ4年以上	牡蠣、真珠、のり養殖等
造園用資材	垣根、植木支柱等	マダケ、モウソウチク	4.5m以下	不可	用途による	一般、庭園、社寺院等	
伝統工芸品	茶道用具、生け花用具、尺八、笛、弓矢、竹刀、釣り竿等	ハチク、マダケ、モウソウチク	2m以下	不可	用途による	専門店等	
エネルギー/ 製紙	チップ/パルプ	マダケ、モウソウチク	4.5m以下	不問	不問	ボイラー温浴施設、発電所等	
その他	竹炭	マダケ、モウソウチク	4.5m以下	不問	不問	農協、キャンプ場等	
	飼料	マダケ、モウソウチク	—	不問	若	動物園、鶏舎等	
	肥料	マダケ、モウソウチク	4.5m以下	不問	若	果樹園等	
	CNF（セルロースナノファイバー）	マダケ、モウソウチク	4.5m以下	不問	不問	化学メーカー、研究所等	
	食用（メンマ等）	モウソウチク、マダケ	1.0m以下	—	当年生	一般、道の駅等	

4.2. マテリアル利用を目的とした高効率・低コスト伐採集材システムの確立

4.2.1. 実施方針

竹林は、面的にまとまりをもって広い範囲に均一に分布していることはまれで、狭い範囲に点在して分布、もしくは人工林や広葉樹林に混交していることが特徴である。さらに、高性能林業機械等を導入した大規模で集約的な施業システムの構築は、初期投資が大きいことや、高い稼働率を前提としていることから、あらゆる地域で導入できるシステムとは言い難い。

また、竹には、細く軽量で成立本数が多い、かさばり滑りやすいという特徴があるため、一般的な林業機械では思うような効率化が図られない可能性がある。

「効率的な竹林施業体系の構築事業」（平成 29 年度）において開発した、竹林施業のうち伐採・集材・玉切り作業の効率化に着目した竹専用の伐採機械（竹専用アタッチメント：BC-25 DX2（通称 BC-25s、以下、「バンブーカッター」という）¹）は、小型のベースマシンを使用し、竹の特徴に対処することが可能であることから、高効率で低コストな伐採・集材を行う際に有効な機械と考えられる。

そこで、本事業では、バンブーカッターといった竹専用の機械を組み合わせることによる効率的・低コストな竹林施業体系の構築を目指し、竹資源の状態や地形条件等に応じた最適な作業システム（伐採・集材・搬出方法）を検討することとした。

また、狭い範囲に点在して分布、もしくは人工林や広葉樹林に混交している竹林資源を高効率・低コストに施業していくためには、施業をある程度集約的に実施できることが効果的であることから、竹林資源の状況や地形条件を基に、効率的な施業実施のポテンシャルの高いエリアを抽出する手法を検討し、「竹材生産情報把握手法確立事業」（平成 28 年度）において検討した「竹林資源情報マップ」を更新することとした。

以下の 2 つの検討事項について、4.2.2 以降に詳述する。

- ① マテリアル利用を考慮した竹の伐採・集材・搬出方法
- ② 竹林資源情報マップの更新

¹ 九州ナカミチ株式会社 (<http://www.kyushu-nakamichi.com/>)

4.2.2. 検討手順

① マテリアル利用を考慮した竹の伐採・集材・搬出方法

ア. 作業工程の定義を明確化し、作業工程毎に確認すべき条件をマトリックス表に整理した。

本事業で定義する、各作業工程（伐採、集材、搬出、運搬）の範囲を図 4.2 に、作業方法を検討する際に確認すべき条件を表 4.2 に示す。

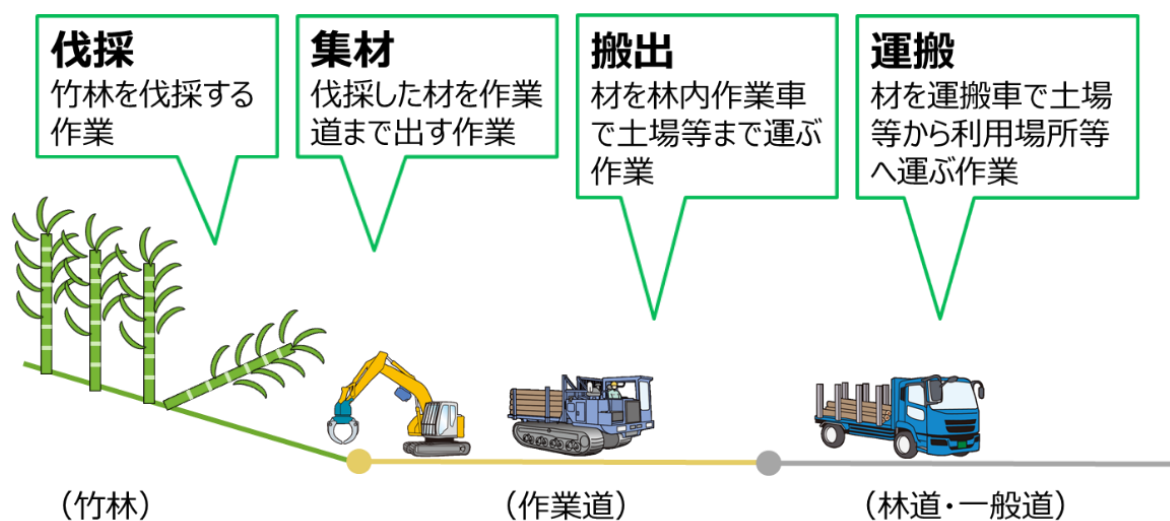


図 4.2 本事業で定義する作業工程

表 4.2 作業方法を検討する際に確認すべき条件

作業	樹木の混交度	傾斜	道幅	道からの距離
伐採方法	○	○	○	—
集材方法	—	○	○	○
搬出方法	—	—	○	—
運搬方法	—	—	○	—

なお、表 4.2 に示す条件を確認すべき理由は以下のとおりである。

➤ 樹木の混交度：

施業対象林分内の樹木・竹の混交状態によって、施業に重機を利用できない場合があるため。例えば、純竹林では、竹を伐採しながらバンブーカッターが林内に進入できるが、樹木が混交している場合には、バンブーカッターでは樹木を伐採できず、林内に進入できない。また、森林所有者などが森林の立木を

伐採する場合、伐採及び伐採後の造林の届出等が必要なため、竹のみの伐採に比べ手続きに手間がかかる。

- 傾斜：
 - 林内の傾斜によって、重機を利用できない場合があるため。
- 道幅：
 - 搬出道や運搬道の道幅によって、通行できる車輛の大きさが異なるため。
- 道からの距離：
 - 集材方法（重機）によって、アーム等の届く範囲が異なり、これにより、伐採箇所から集材箇所（林分に近接した道）までの距離の制限が異なるため。

イ. 各作業工程において想定される手法（利用機械等）毎に、各条件を適用する際の境目となる値を山口県（2016、2017、2018）などの既存研究成果等から整理した。整理した結果を、作業工程毎に表 4.3～表 4.6 に示す。

表 4.3 伐採方法と条件

伐採方法	樹木の混交度	傾斜	道幅 (搬出・運搬道)
バンブーカッター	純林	20 度以下	3m 以上
フェラーバンチャー	混交でも可	20 度以下	3m 以上
チェーンソー (人力)	混交でも可	制限無し (35 度以下)	制限無し

表 4.4 集材方法と条件

集材方法	傾斜	道幅 (搬出・運搬道)	道からの距離 (作業道まで)
バンブーカッター、 グラップル	20 度以下	3m 以上	3.5～4m 程度
フォーク	20 度以下	2.5m 以上	3m 程度
人力	制限無し (35 度以下)	制限無し	制限無し

表 4.5 搬出方法と条件

搬出方法	道幅 (搬出・運搬道)
フォワーダ	2.5m 以上
軽トラック	2.5m 以上

表 4.6 運搬方法と条件

運搬方法	道幅 (搬出・運搬道)
軽トラック	2.5m 以上
4t トラック	5m 以上
10t トラック	6.5m 以上

ウ. 検討委員会（第1回）において、手順ア～イの内容について検討した。
 主な意見を以下に示す。

- 樹木の混交度について
 - ✧ 竹と森林が混交している箇所は竹林拡大の最前線である。何を目的とするかで竹林の混交度の区分は変わってくるだろう。
 - ✧ マテリアル利用を前提とするならば、細かく区分する必要はないだろう。
 - ✧ 山口県の場合は竹林の拡大防止の観点から、単稈単位で空中写真を判読し、林分内の竹率を以下のように区分している。
 - 100～75%/75～50%/50% 以下
- 傾斜について
 - ✧ 傾斜は、施業地の最大傾斜で検討すべきである。
 - ✧ バンブーカッターは、傾斜 15 度未満であれば利用可能だと思われる。

エ. 検討委員会での指摘事項等を踏まえ、伐採・集材・搬出に利用されるそれぞれの機械等の特徴を、それぞれメリット・デメリットの観点から定性的に示すこととした。
 結果は、「4.2.3 結果」の表 4.13 に示す。

② 竹林資源情報マップの更新

適用する作業システム（伐採・集材・搬出・運搬方法）や施業箇所の検討材料となる情報を整備するため、「竹材生産情報把握手法確立事業」（平成 28 年度）において検討した「竹林資源情報マップ」を更新することとした。本年度、整備した情報とその利用目的を表 4.7 に示す。

表 4.7 整備した情報

整備単位	データ	内容	利用目的
竹林資源情報 メッシュ（ 10mメッシュ）	竹の割合 （マダケ）	（連続数値）	伐採方法を検討するため。
	竹の割合 （モウソウチク）		
	竹の割合（合計）		
	最大傾斜	15度未満 15～35度 35度以上	伐採方法、集材方法を検討するため。
	道との位置関係	上げ荷 下げ荷	下げ荷が可能かを確認し、施業の効率性、コスト等を検討するため。
竹林資源情報ポ リゴン（メッシュ のかたまり）	竹林の面積 （マダケ）	（連続数値）	生産量、施業の効率性、コスト等を検討するため。
	竹林の面積 （モウソウチク）		
	竹林の面積（合計）		

解析対象範囲は、兵庫県淡路島（淡路市南部・洲本市北部、図 4.3）及び山口県（美祢市南部・宇部市北部、図 4.4）とした。解析対象地の概要と選定理由を表 4.8 に示す。

表 4.8 解析対象地

解析対象地	概要・選定理由
兵庫県淡路島 （淡路市南部・洲本市北部）	<p>環境省の自然環境保全基礎調査・植生図で竹林が多く、かつ、林野庁の森林生態系多様性基礎調査においても竹が優占する箇所を多く含む範囲である。また、淡路島では、竹専用重機バンブーカッター（BC25）を用いた伐採や竹チップボイラーの利用も行われており、具体的な現状と課題を把握しやすい。</p> <p>さらに、本事業の委員でもある兵庫県立大の藤原道郎教授らによる既存の竹に関する情報や研究事例が存在し、本事業成果の検証が可能である。</p>
山口県 （美祢市南部・宇部市北部）	<p>県民税を用いての放置竹林対策に積極的な県であり、竹林情報の整備が進んでいる。</p> <p>また宇部市北部には竹林整備の専門業者が存在し、本事業の委員でもある県職員の協力により各種実証試験や検証の場としても協力が得やすい。</p>

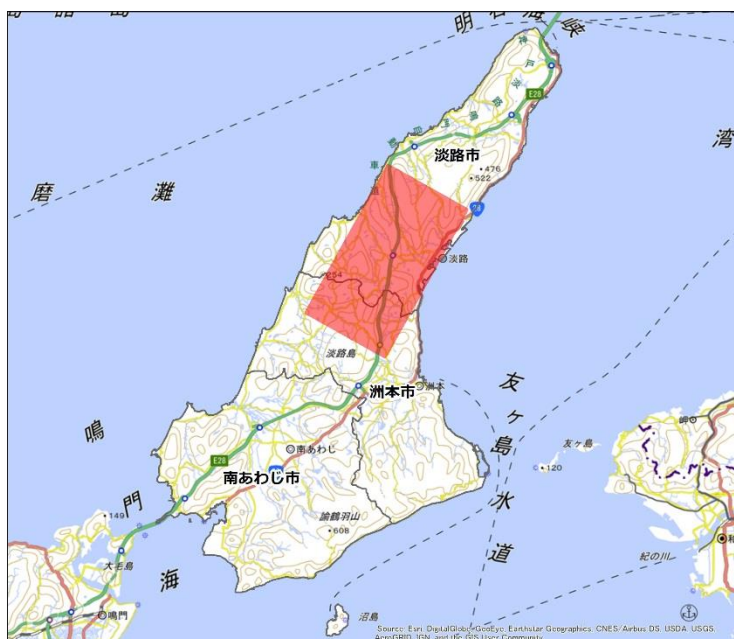


図 4.3 兵庫県淡路島の解析対象範囲（赤枠の範囲）

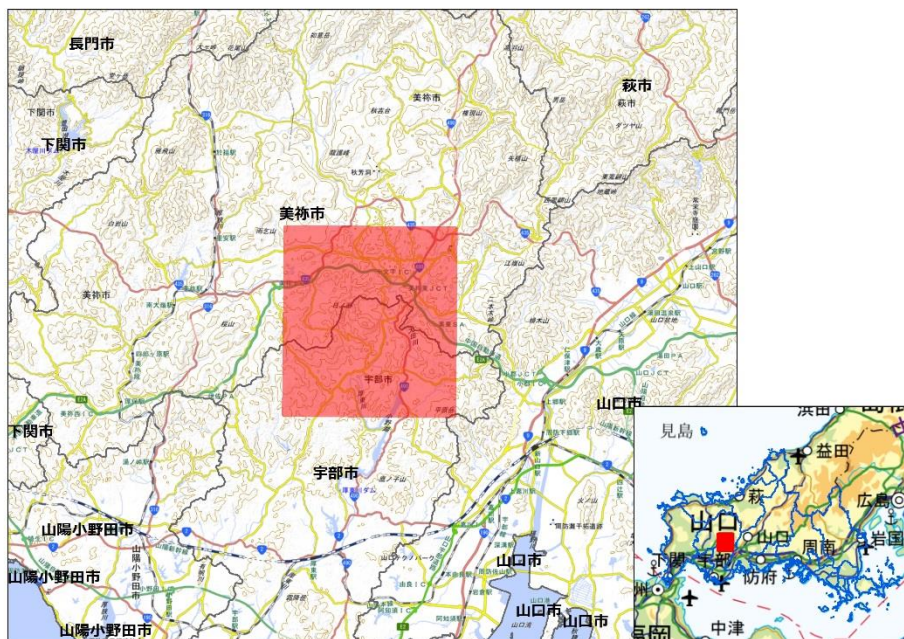


図 4.4 山口県の解析対象範囲（赤枠の範囲）

表 4.7 に挙げた各データ及び属性情報の整備方法を以下に示す。

ア. 竹の割合

施業対象林分内の樹木の混交度によって、施業に重機を利用できない場合があるため、竹の割合（樹木の混交度）の情報は、作業方法を検討する上で重要な指標になる。そこで、衛星画像を用いて竹の割合（樹木の混交度）を求める解析手法を検討し、情報を整備した。

解析手法を以下に示す。

➤ 使用データ

本解析では、SPOT 6 号／7 号²の画像（オルソ補正済み）を使用した。搭載センサの諸元を表 4.9 に示す。なお、兵庫県淡路島は、2016 年 5 月 1 日撮影、山口県宇部市は、2015 年 5 月 1 日撮影の画像を使用した。

² AIRBUS Defence & Space 社が 2012 年、2014 年に打上げた気象・地球観測衛星により撮影された衛星画像のこと。

表 4.9 SPOT 6 号/7 号搭載センサの諸元

観測幅	60km (直下)	
分解能	マルチスペクトル	6m
	パンクロマチック	1.5m
波長帯	マルチスペクトル	青 0.455 - 0.525 μm 緑 0.530 - 0.590 μm 赤 0.625 - 0.695 μm 近赤外 0.760 - 0.890 μm
	パンクロマチック	(0.455 - 0.745 μm)

➤ 解析方法

解析手順を以下に示す。

作業単位となるスケールは、バンブーカッターで伐採が行える最低単位の 10m 幅 (図 4.5) を参考に設定した。なお、10m という長さは、全国レベルで利用可能な国土地理院の標高データの解像度 (10m) でもあり、このような既存の環境情報の利用も前提に設定した。

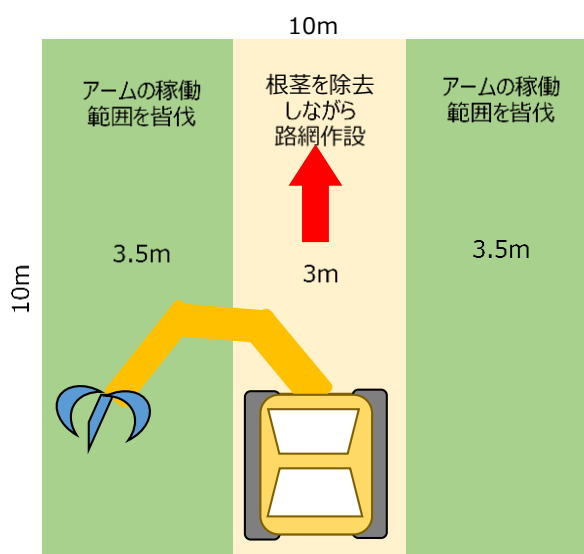


図 4.5 バンブーカッターの作業幅

(1) SPOT 画像のパンシャープン³処理

10m メッシュ内の竹割合を求めるために、微小な竹パッチを把握することを目的として、パンシャープン処理を行った。

³ パンシャープンとは、高解像度のパンクロマチック (モノクロ) 画像を、低解像度マルチバンド (カラー) 画像と融合させる処理で、高解像度のマルチバンド画像を生成することができる。

今回は、ArcGIS10.5（ESRI 社）を使用してパンシャープン処理を実施し、1.5m 解像度のマルチバンド（カラー）画像を作成した。

(2) ピクセルベース分類による土地被覆分類及び竹林抽出

パンシャープン処理を実施した SPOT 画像を利用して、ピクセルベース分類により土地被覆分類図を作成した。

分類単位に着目すると、画像分類手法には主に、ピクセル単位で画像分類する「ピクセルベース分類」と、ある程度のまとまりを持ったピクセルの集合（オブジェクト）を分類単位とする「オブジェクトベース分類」がある。「竹材生産情報把握手法確立事業」（平成 28 年度）では、オブジェクトベース分類による竹林抽出手法を検討したが、オブジェクトベース分類では、竹林パッチ（林分）は抽出できるものの、抽出した竹林パッチ内での樹木の混交度を確認することは困難である。

そこで、ピクセル単位で竹林を抽出し、10m メッシュ内の竹林ピクセルの割合を算出することで、一定範囲内の樹木の混交度を解析することとした。

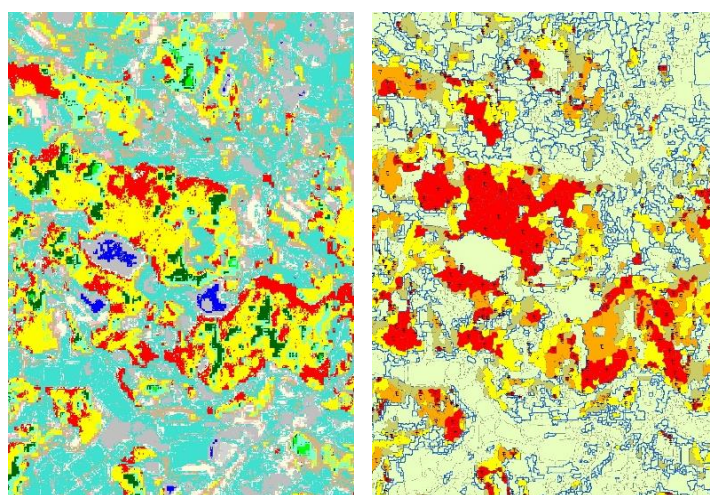


図 4.6 同一エリアにおけるピクセルベース分類（左）とオブジェクトベース分類（右）の比較

土地被覆分類図は、ERDAS IMAGINE 2015（Hexagon Geospatial 社）を使用し、^{さいゆうほう}最尤法⁴（Maximum Likelihood）を用いた教師付き分類⁵により作成した。分類項目を表 4.10 に示す。各分類項目の教師データは、Google

⁴ 最尤法とは、各分類クラスに対するピクセルデータの尤度を求め、尤度最大のクラスにそのピクセルを分類する方法。（尤度とは、想定するパラメーターがある値をとる場合に観測している事柄や事象が起こりうる確率のこと。）

⁵ 分類クラスのトレーニングデータ（パターンを認識するための基準を定義するデータ）を、解析者や既存の分類結果によって抽出する方法。

Earth (Google 社) の衛星画像や空中写真、山口県の空中写真判読結果等を参照に収集した。

このうち、「マダケ」、「モウソウチク」に分類されたピクセルを、竹林として抽出した。

表 4.10 分類項目

対象地	分類項目
兵庫県淡路島 (淡路市南部・洲本市北部)	マダケ、モウソウチク、広葉樹、雑木、畑地、耕地、水田、草地、裸地、市街地、人工物、水域
山口県 (美祢市南部・宇部市北部)	マダケ、モウソウチク、針葉樹、広葉樹、畑地、水田、草地、裸地、市街地・人工物、水域

(3) 竹の割合を 10m メッシュで集計

解析対象範囲を網羅する 10m メッシュを整備し、(2)で抽出した竹林の面積割合を 10m メッシュ単位で集計した。面積割合は、ArcGIS10.5 (ESRI 社) の Spatial Analyst ツール (ゾーン統計) や、フィールド演算機能等を使用し、「マダケ」、「モウソウチク」、「マダケとモウソウチクの合計」のそれぞれで整備した。

イ. 最大傾斜

施業対象林分の傾斜によって、施業に重機を利用できない場合があるため、伐採・集材方法の検討に利用することを目的とし、最大傾斜の情報を整備した。

解析手法を以下に示す。

➤ 使用データ

本解析では、基盤地図情報数値標高モデル (国土地理院) を使用した。基盤地図情報は、国土地理院の基盤地図情報ダウンロードサービスページ (<https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>) から、誰でも無料で入手可能である。

数値標高モデルは標高のメッシュデータであり、5m メッシュと 10m メッシュの 2 種類のデータがある。山口県は 5m メッシュのデータが入手できたが、兵庫県淡路島は 5m メッシュのデータが全域では整備されていなかったため、淡路島は 10m、山口県は 5m メッシュのデータを使用して解析を行った。

➤ 解析方法

解析手順を以下に示す。なお、「ア. 竹の割合」と同様に、10m メッシュを集計単位とすることとした。

(1) 標高メッシュデータのラスタ化

ダウンロードした数値標高モデルは、XML形式のファイルであるため、GIS処理が行えるラスタデータ形式（TIFF、JPEG等、格子状に並んだピクセルの集合体であらわされた画像データ）に変換した。変換処理には、ArcGIS10.5（ESRI社）の国内データ変換ツールを使用した。

(2) 最大傾斜の計算

ラスタ化した標高データから傾斜角のデータを作成し、傾斜角データと10mメッシュを重ねて、10mメッシュ内の最大傾斜を算出した。解析には、ArcGIS10.5（ESRI社）のSpatial Analystツール（傾斜角、ゾーン統計）を使用した。

(3) 傾斜区分図の作成

(2)で作成した最大傾斜のデータを再分類し、傾斜区分図を作成した。区分方法とその根拠は表4.11のとおり。解析には、ArcGIS10.5（ESRI社）のSpatial Analystツール（再分類）を使用した。

表 4.11 傾斜区分とその根拠

傾斜区分	根拠（各施業方法・重機使用の可否）				
	バンブー カッター	フェラー バンチャ	グラップ ル	フォーク	人力作業
15度未満※	○	○	○	○	○
15～35度	×	×	×	×	○
35度以上	×	×	×	×	×（安全 面から実 施困難）

※ 表4.3では20度以下とされているが、検討委員会での指摘を踏まえ15度未満とした。

ウ. 道との位置関係

施業の効率性やコスト等を検討するため、10mメッシュ毎にそのメッシュが近接する道路より上か下か（下げ荷か上げ荷か）を解析した。

➤ 使用データ

本解析では、「イ. 最大傾斜」で使用した標高データと、電子国土基本図（地図情報）（国土地理院）の道路中心線データを使用した。

➤ 解析方法

解析手順を以下に示す。なお、「ア. 竹の割合」、「イ. 最大傾斜」と同様に、10mメッシュを集計単位とすることとした。

(1) 半径 30m 以内に道があるメッシュの抽出

道路中心線のデータから半径 30m のバッファ⁶を発生させ、バッファと交差する 10m メッシュを抽出した。道から半径 30m は、ウインチが届く範囲(集材可能な範囲)を基準として設定した。解析には、ArcGIS10.5 (ESRI 社) の解析ツール (バッファ) 及び空間検索機能を使用した。

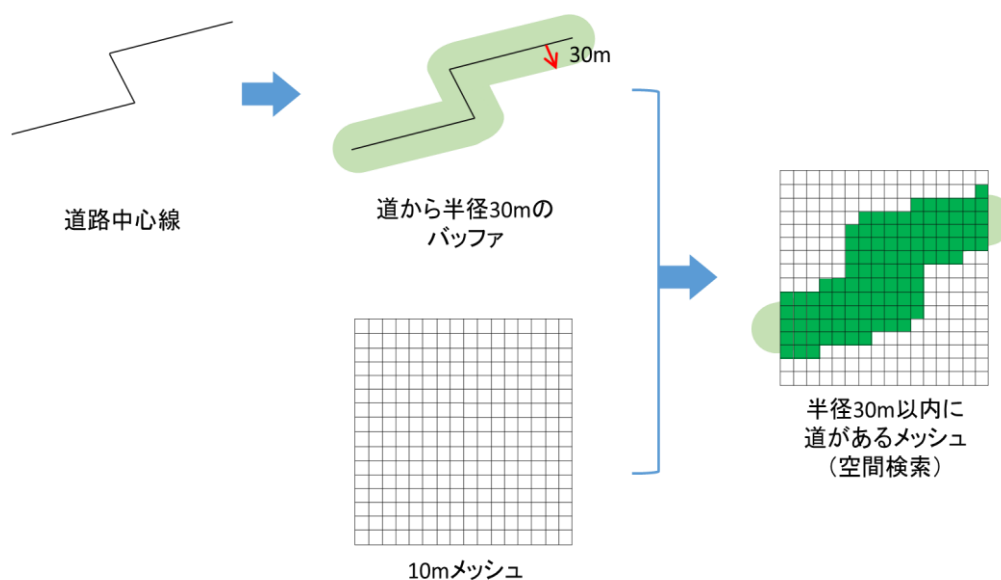


図 4.7 半径 30m 以内に道があるメッシュの抽出イメージ

(2) メッシュの標高と近接道路の最低標高の比較

(1)で抽出した 10m メッシュの中心の標高値と、各メッシュから半径 30m 以内の道路の最低標高を比較し、下げ荷が可能か否かのデータを整備した。10m メッシュの中心標高及び半径 30m 以内の道路の最低標高の抽出には、ArcGIS10.5 (ESRI 社) の解析ツール (インターセクト⁷) を使用した。

⁶ ある対象物から等距離内にある領域のこと、もしくはそれを作成する機能のこと。

⁷ 図形が重なる部分を抽出して、新たな図形を作成する機能のこと。

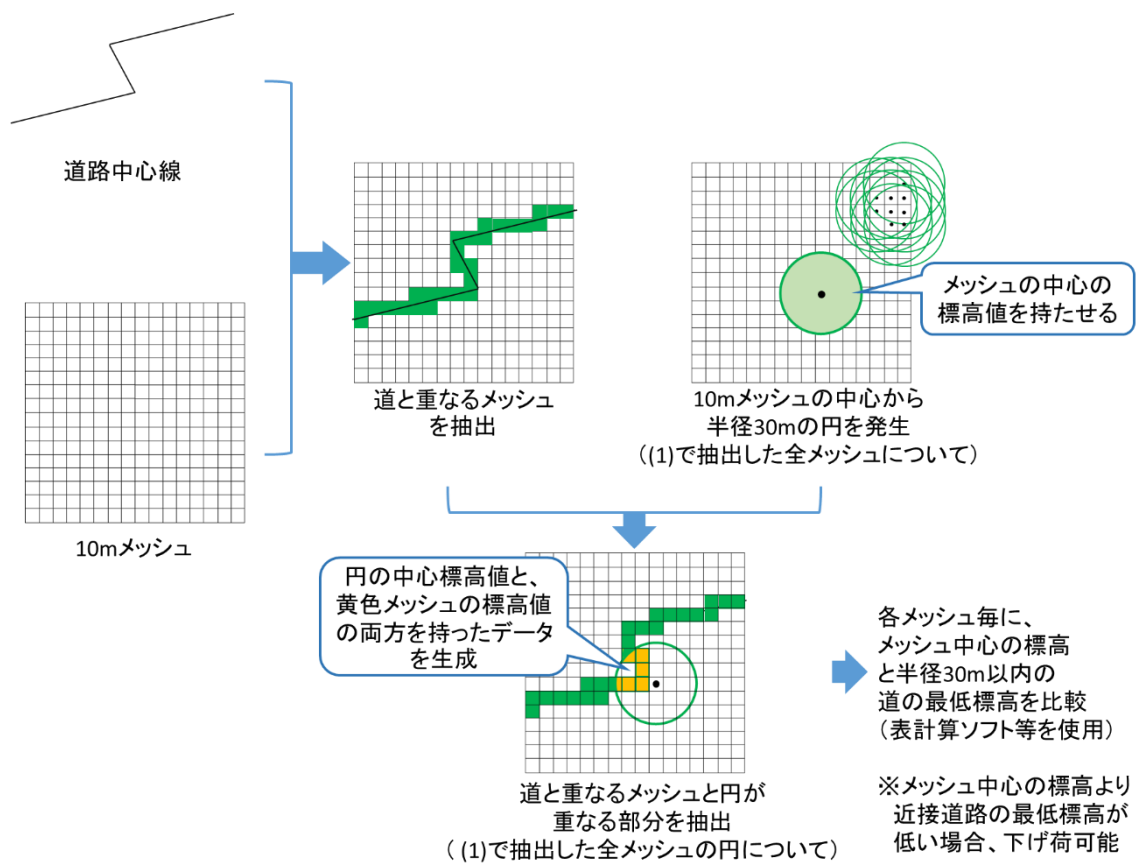


図 4.8 道との位置関係の解析イメージ

エ. 竹林の面積

生産量、施業の効率性、コスト等を検討するため、「ア. 竹の割合」で整備したデータを利用し、竹林の面積を算出した。

➤ 使用データ

本解析では、「ア. 竹の割合」で整備したデータを使用した。

➤ 解析方法

解析手順を以下に示す。

(1) 竹の割合が75%以上のメッシュの抽出

「ア. 竹の割合」で整備したデータを基に、「マダケ」、「モウソウチク」、「マダケとモウソウチクの合計」毎に、割合が75%以上のメッシュを抽出した。解析には、ArcGIS10.5 (ESRI 社) を使用した。

(2) 竹林の「かたまり」データの作成

(1)で抽出したメッシュについて、「マダケ」、「モウソウチク」、「マダケとモウソウチクの合計」毎に、隣り合ったメッシュを結合し、竹林の「かたまり」のデータを作成した。解析には、ArcGIS10.5 (ESRI 社) のデータ

管理ツール（ディゾルブ⁸）を使用した。

(3) 竹林面積の計算

(2)で作成した、竹林メッシュのかたまり毎に、面積を計算した。解析には、ArcGIS10.5（ESRI 社）のジオメトリ演算機能を使用した。

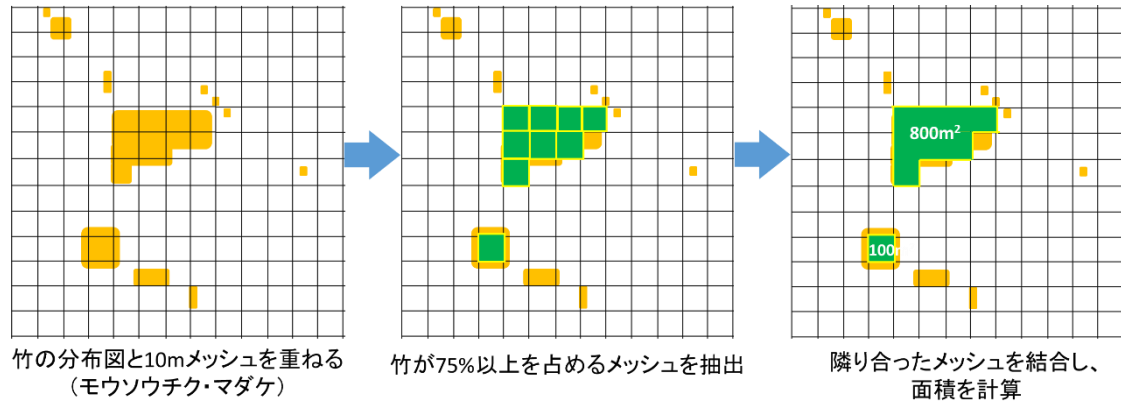


図 4.9 竹林の面積の解析イメージ

⁸ 同じ属性値を持つ図形を一つにまとめる機能のこと。

オ. 施業方法の違いを考慮した竹林抽出

上記、「ア. 竹の割合」～「エ. 竹林の面積」について、施業方法の違いを考慮し、バンブーカッター等の重機を使用することを想定する竹林と、チェーンソーによる人力作業を想定する竹林の2パターンに区分して整備した。各パターンの竹林抽出基準を表 4.12 に示す。

表 4.12 施業方法の違いを考慮した竹林抽出のパターン

パターン	抽出基準								
バンブーカッター等の重機を使用することを想定	4tトラックが進入可能な道（幅員 5.5m 以上）から、50m／100m／300m の範囲内にある竹林								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>距離</th> <th>根拠</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>50m</td> <td>舗装道路であっても重機本体での移動が可能な範囲</td> </tr> <tr> <td>100m</td> <td>舗装道路であっても重機本体での移動がなんとか可能な範囲</td> </tr> <tr> <td>300m</td> <td>未舗装道路であれば重機本体での移動が可能な範囲</td> </tr> </tbody> </table>	距離	根拠	50m	舗装道路であっても重機本体での移動が可能な範囲	100m	舗装道路であっても重機本体での移動がなんとか可能な範囲	300m	未舗装道路であれば重機本体での移動が可能な範囲
	距離	根拠							
	50m	舗装道路であっても重機本体での移動が可能な範囲							
	100m	舗装道路であっても重機本体での移動がなんとか可能な範囲							
300m	未舗装道路であれば重機本体での移動が可能な範囲								
※ 重機のクローラが舗装面を傷つける等の理由から、重機は舗装道路を長距離走行することができない。									
チェーンソーによる人力作業を想定	軽トラックが進入可能な道（幅員 3m 以上）から、30m の範囲内にある竹林								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>距離</th> <th>根拠</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30m</td> <td>道からウインチが届く範囲</td> </tr> </tbody> </table>	距離	根拠	30m	道からウインチが届く範囲				
距離	根拠								
30m	道からウインチが届く範囲								

➤ 使用データ

本解析では、電子国土基本図（地図情報）（国土地理院）の道路中心線データを使用した。

➤ 解析方法

解析手順を以下に示す。

(1) 幅員 3m 以上、幅員 5.5m 以上の道路データの整備

道路中心線データの幅員の属性値を基に、幅員 3m 以上の道路データ、幅員 5.5m 以上の道路データを抽出した。解析には、ArcGIS10.5（ESRI社）を使用した。

(2) 各パターンにおける施業可能な竹林の抽出

表 4.12 の抽出基準に従い、幅員 5.5m 以上の道路から 50m、100m、300m のバッファを、幅員 3m 以上の道路から 30m のバッファを、それぞれ

れ発生させた。

「ア. 竹の割合」～「エ. 竹林の面積」で整備したデータについて、上記のバッファと重ね合わせ、各パターンにおける施業可能な竹林メッシュを抽出した。

解析には、ArcGIS10.5（ESRI 社）の解析ツール（バッファ）及び空間検索機能を使用した。

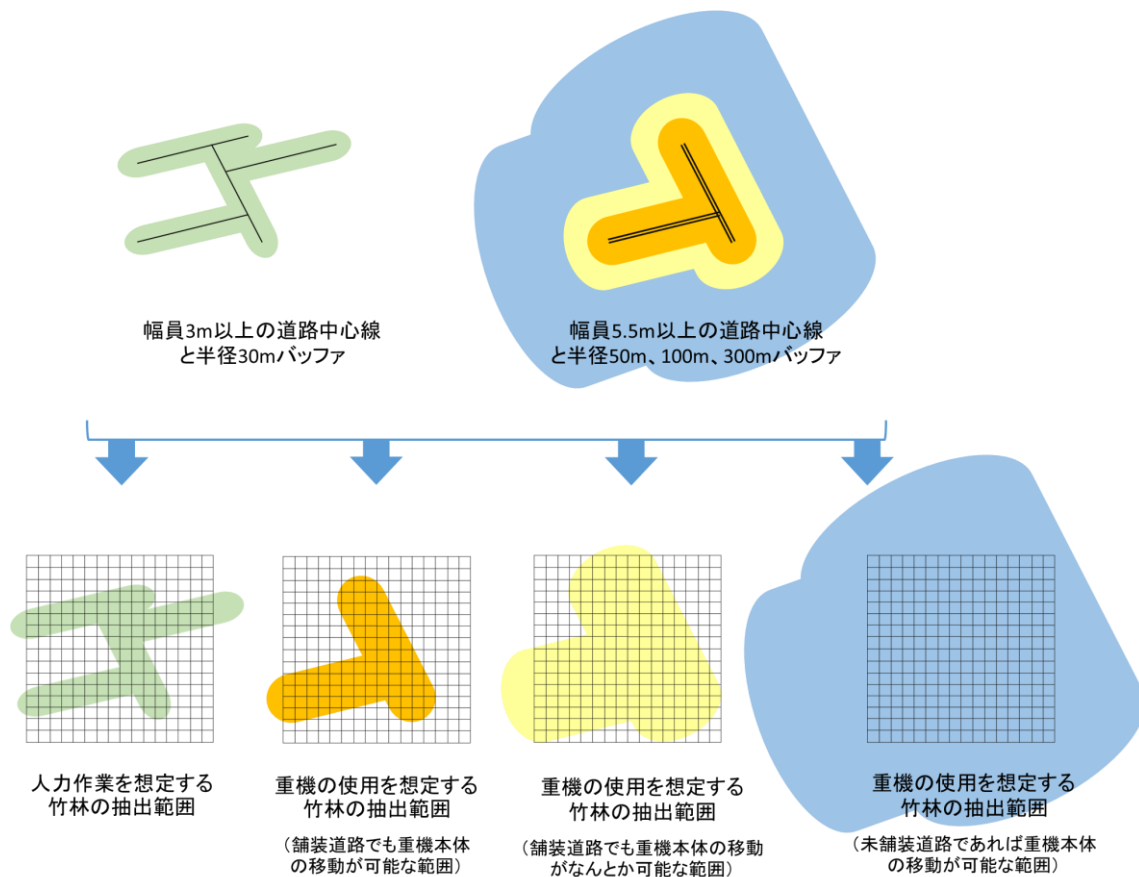


図 4.10 各パターンにおける施業可能な竹林抽出のイメージ

4.2.3. 結果

① マテリアル利用を考慮した竹の伐採・集材・搬出方法

伐採・集材・搬出に利用されるそれぞれの機械等の特徴を、それぞれメリット・デメリットの観点から整理した（表 4.13）。

表 4.13 伐採・集材・搬出に利用される機械等の特徴




区分	バンブーカッターBC25s（アタッチメント）			
特徴 ⁹	<ul style="list-style-type: none"> 国内唯一の竹専用開発された油圧式アタッチメント。（刃のついた回転式グラップル） グラップルの支点が2箇所あり、両方のトンクが可動式で、開口幅が広い。 グラップルの片方が細身のバケツトになっており、先端に根茎切断用の爪を追加している。 オプションで脱着式チェーンソーが利用可能。 			
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 油圧式の強靱なグラップルと刃で複数の竹稈を寄せ集めて掴み、同時に伐採することが可能。 複数本の稈を一度にまとめて玉切り可能。 脱着式チェーンソーで切断面のきれいな玉切りも可能。 グラップルのバケツト部に追加した2本の爪で竹の切り株の根茎を切断し、切り株の掘り起こしができるため、作業道の開設が可能。掘り起こしの際土壌攪乱も少ない。 竹林の枯死稈の片付け等も含め、一台で複数の重機の役割を担えるため大幅な効率化とコストカットにつながる。 			
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 基本的に伐採する稈の質は選べない。 稈が多少割れる恐れがある。 急傾斜地や立木（樹木）の混交率が高いと竹林内に入れない。 自走可能だがクローラ部分が金属であるため舗装道路の長距離走行は難しい。 300m 圏内（ベースマシン本体の効率的な走行可能距離内）にベースマシン運搬用の大型トラック（積載量 8t 級以上）のアクセスが必要。 			
利用可能な作業工程	伐採：○	集材：○	搬出：－	運搬：－




⁹ 「平成 29 年度特用林産振興総合対策事業のうち特用林産物の供給力の向上のうち効率的な竹林施業体系の構築報告書」 pp10

区分	フェラーバンチャ（フェラーバンチャザウルスロボ ¹⁰ ）			
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 樹木を伐採できるため、竹林内の竹の割合（樹木の混交度）を問わず施業が可能。 			
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> バケットの片方は固定されて、もう片側しか開口しないため、込み合った竹林内では稈を掴みにくい。 自走可能だがクローラ部分が金属であるため舗装道路の長距離走行は難しい。 300m 圏内（ベースマシン本体の効率的な走行可能距離内）にベースマシン運搬用の大型トラック（積載量 8t 級以上）のアクセスが必要。 			
利用可能な作業工程	伐採：○	集材：○	搬出：－	運搬：－
区分	グラップル（回転式グラップルアタッチメント）			
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 油圧式のため掴む力が強い。 バケットとトングの開口幅が大きく、複数本同時に掴める。 枯れ稈など荒れた竹林を短時間で片付けられる。 			
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 物を掴んで移動させることに特化しており、刃がないため伐採・玉切りはできない。 竹に傷をつける可能性があり工芸品などの集材には向かない。 300m 圏内（ベースマシン本体の走行可能距離内）にベースマシン運搬用の大型トラック（積載量 8t 級以上）のアクセスが必要。 			
利用可能な作業工程	伐採：－	集材：○	搬出：－	運搬：－

¹⁰ 松本システムエンジニアリング株式会社 (<http://www.coara.or.jp/~mse/index.html>)

区分	フォーク（アタッチメント）			
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 物をつまんで移動させることに特化しており、主に集材、土場の整理に用いられる。 バンブーカッターなどの回転式グラブに比べ構造がシンプルで軽いためベースマシンがより小さくてすむ。そのため、細い作業道を往復するなど比較的小回りが利く。 			
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> バンドリング（集束）しないとまとまった量の竹材を運べない。 吊るして運ぶのであまり重いものを運べない。 自走可能だがクローラ部分が金属であるため舗装道路の長距離走行は難しい。 300m 圏内（ベースマシン本体の走行可能距離内）にベースマシン運搬用の中型～大型トラックのアクセスが必要。 			
利用可能な作業工程	伐採：－	集材：○	搬出：－	運搬：－
区分	チェーンソー			
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 傷や割れ目を稈に付けずに切断可能。 機械が入れない急傾斜地でも作業可能。 軽トラックで運搬可能。 			
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 複数本をまとめて伐採・玉切りすることは出来ない。 伐倒時に稈が裂けた際等に近距離から破片が当たる危険性がある。 			
利用可能な作業工程	伐採：○	集材：－	搬出：－	運搬：－
区分	フォワーダ			
メリット	<ul style="list-style-type: none"> クローラを切り替えすことで急斜面を登ることができる。 大量に材を運搬できる。 			
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> クローラ部分が金属であるため、舗装道路を長距離は自走できない。 			
利用可能な作業工程	伐採：－	集材：－	搬出：○	運搬：－

区分	軽トラック			
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 汎用性が高い。 運転に特殊免許が不要。 小型であるため比較的細い作業道に入れる。 			
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 未整地作業道や急斜面は登れない。 運搬できる重さと長さの制限がある。 重さ：350kg まで 長さ：車両の全長にその長さの1/10を加えた長さまで 			
利用可能な作業工程	伐採：－	集材：－	搬出：○	運搬：○

② 「竹林資源情報マップ」の更新

「4.2.2 検討手順」に示した解析手法を用い、表 4.7 の情報を整備した。整備した情報の例を以下に示す。(図 4.11～図 4.14)

【例】チェーンソーによる人力作業を想定した竹林
(幅員 3m の道から半径 30m 以内を抽出)

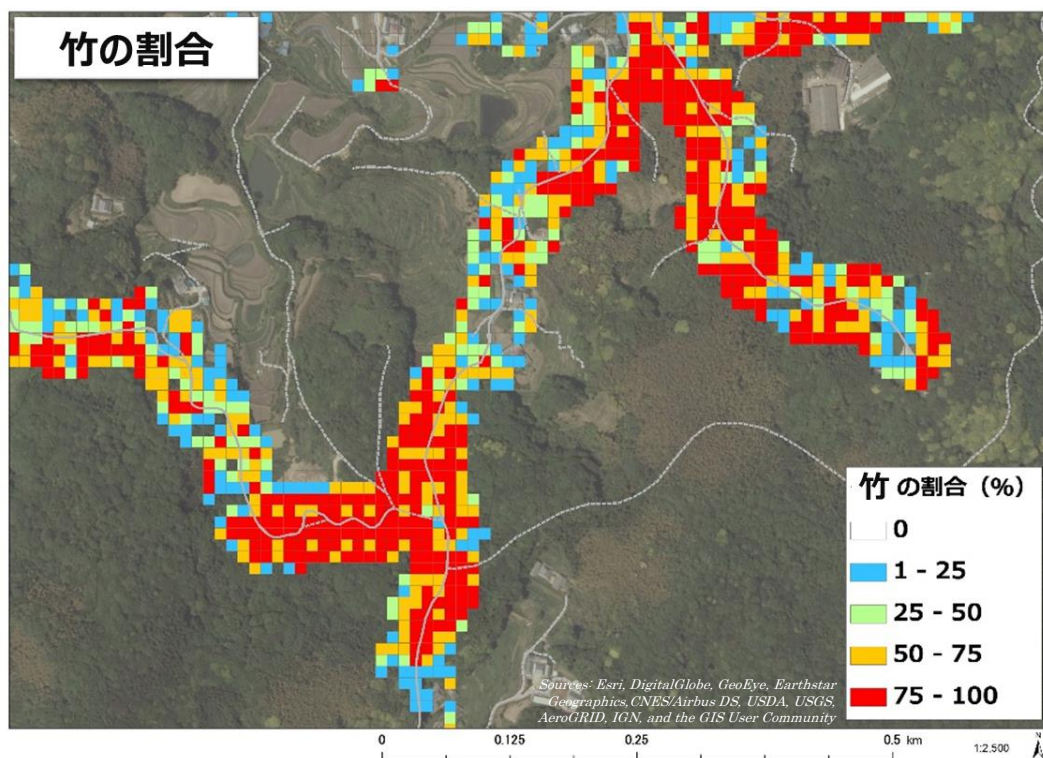


図 4.11 竹の割合 (10m メッシュ)

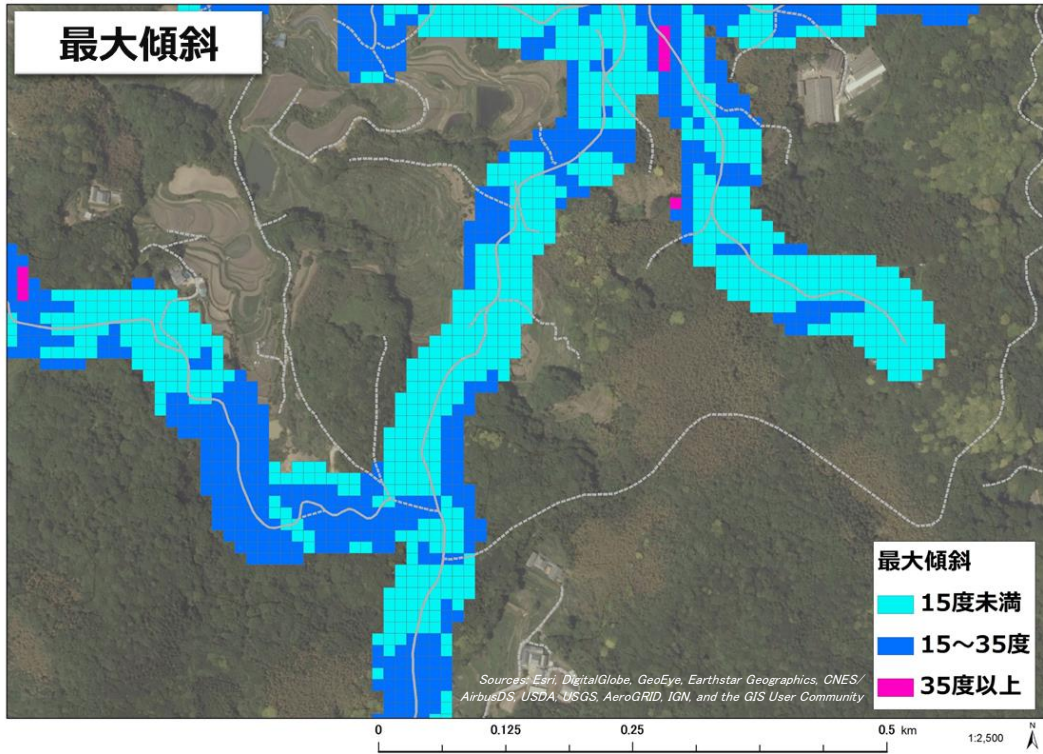


図 4.12 最大傾斜 (10m メッシュ)

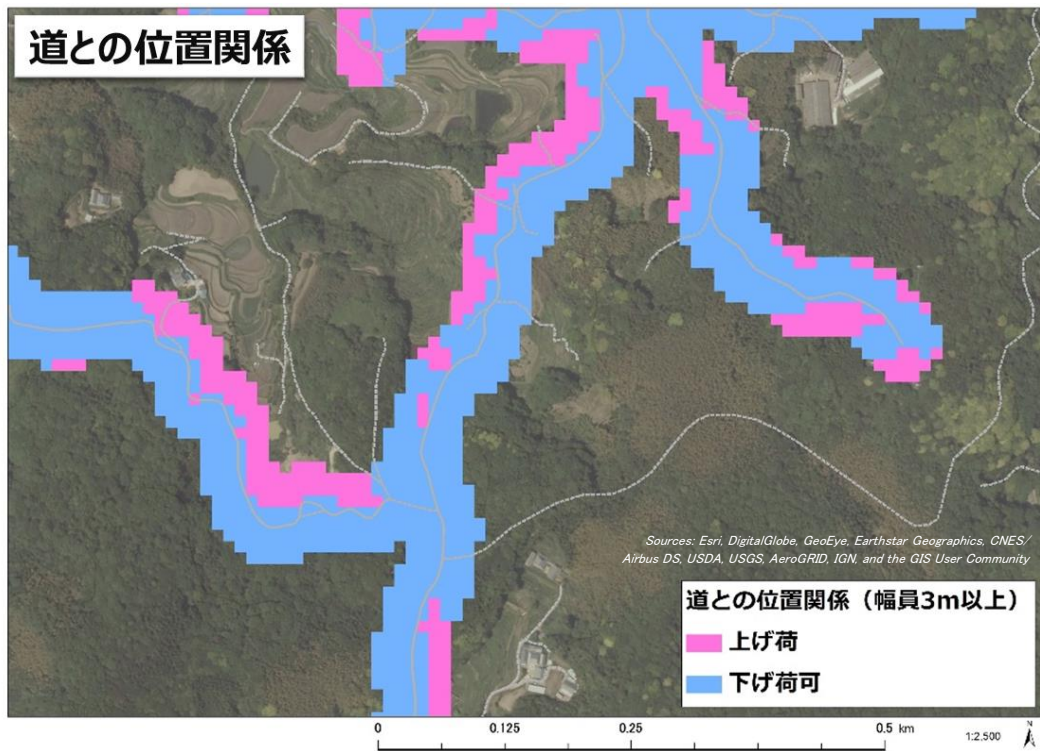


図 4.13 道との位置関係 (10m メッシュ)

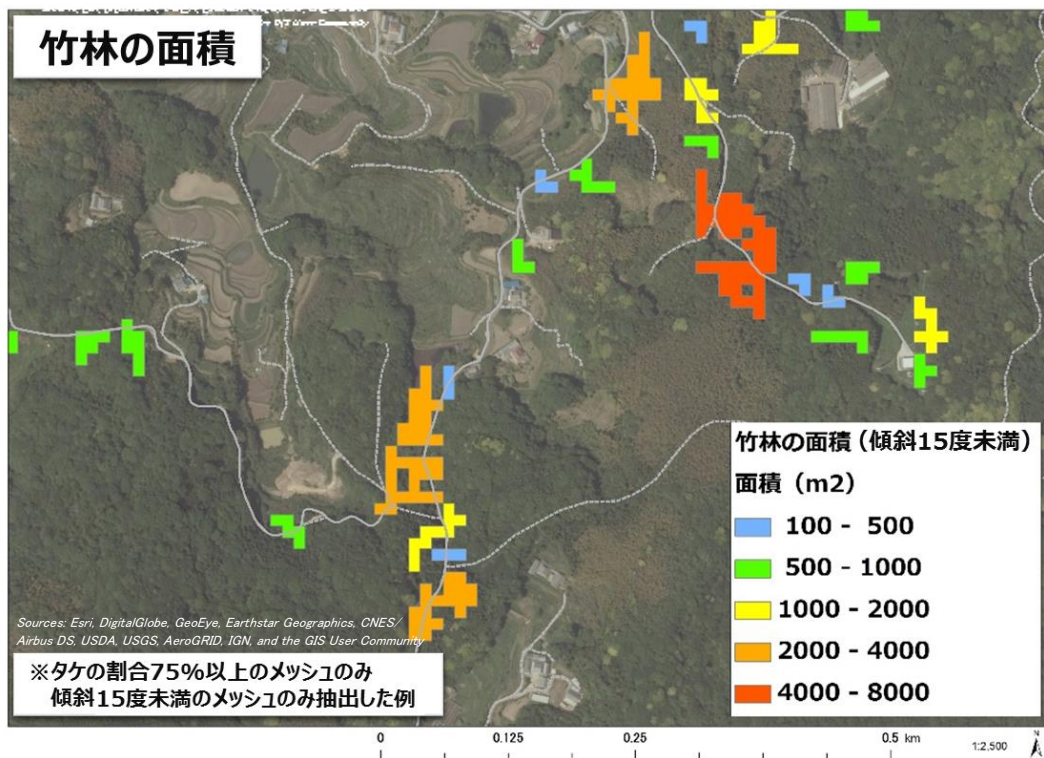


図 4.14 竹林の面積 (メッシュのかたまり)

なお、整備した竹林資源情報マップの利用可能性を検討するため、山口県を対象として、既存データとの比較・検証を行った。「5.1 モデル地域での竹材伐採供給計画の検討」において、検証結果を詳述する。

4.3. 帯状伐採等による継続利用モデルの確立

4.3.1. 実施方針

「4.2 マテリアル利用を目的とした高効率・低コスト伐採集材システムの確立」で詳述したとおり、竹資源の状態や地形条件等に応じた最適な作業システム（伐採・集材・搬出・運搬方法）、および効率的な施業実施のポテンシャルの高いエリアを抽出する手法が確立された。

一方で、実際に施業を行う場合には、地域全体といった広域的なエリア全体における資源状況や地形条件だけでなく、対象とする竹林所有者の要望や竹のサイズといったより詳細な情報に基づいて検討する必要がある。

本項では、竹林の状況に応じた循環利用システムを確立するため、検討に必要な観点（竹林所有者の要望、資源状況、地形条件）毎の基準と、それらの組合せに応じた竹林の利用方法を検討することとした。

4.3.2. 検討手順

ア. 既往研究成果等の整理

帯状伐採等、竹資源の持続的・循環的な利用に寄与する伐採方法等について、既往文献を基に整理した。

イ. 竹の循環利用システムの検討

既往研究の整理結果を踏まえ、竹資源を循環的に利用する竹材生産システムが適用可能な空間スケールや、最適な伐採・集材方法の組合せ、配置方法等を検討した。

4.3.3. 結果

ア. 既往研究成果等の整理

帯状伐採¹¹は、持続的・効率的に竹林を整備・管理する方法として考えられているが、その実態や効果についての長期観測やモニタリングの研究成果（表 4.14）によると、大規模に伐採してしまうとなかなか元通りには回復しないことが明らかとなっている。

表 4.14 帯状伐採等に関する既往の研究成果

主な既往の研究成果
5, 10, 20m 幅での帯状伐採区では、伐採幅が広くなるにつれ竹林の再生・回復は遅れ、伐採後 4 年後も回復率は 50%に達しなかった（久米村明ら（2010））。
繁茂したモウソウチクを 6m 幅で皆伐すると、資源量の回復率は 5 年間では 3 割程度に留まる。また、伐採前の状態にまで回復させるには 10 年以上を要する（伊藤ら（2010）、伊藤ら（2018）、山口県（2016））。
人力による 5 割の択伐であれば、8 年後には択伐前の資源量にほぼ回復する（加久ら（2014））。

¹¹ 機械等により、帯状に皆伐する施業方法のこと。（図 4.15）

なお、施業方法（皆伐、帯状伐採、択伐等）は、竹林の利用目的や所有者の要望に大きく左右される（杉本林業株式会社（兵庫県）・三輝トラスト株式会社（山口県）へのヒアリングより）（5.1 モデル地域での竹材伐採供給計画の検討）。また、竹林の種類および樹木の混交度によっても、どのような機械を導入すべきか変化する（杉本林業株式会社・三輝トラスト株式会社へのヒアリングより）（5.1 モデル地域での竹材伐採供給計画の検討）。



図 4.15 帯状伐採のイメージ（山口県宇部市）

イ. 竹の循環利用システムの検討

上記を踏まえ、竹資源を循環的に利用するための空間スケールや、最適な伐採・集材方法の組合せ等について、表 4.15 の観点に着目して整理した。

各観点による場合分けを、表 4.16～表 4.20 に示す。

表 4.15 場合分けの観点

観点（条件）	関連する事項		
	用途	作業システム	作業効率
竹種	○		
竹林の状態（樹木の混交）		○	○
竹林所有者の要望		○	
竹資源の状態（竹稈の高さ、稈齢）	○		
地形概況（林内の最大傾斜、近接舗装道路の通行可能車輛（積載量））		○	○

対象とする竹林の竹種は、用途の検討に影響を与える。特に、モウソウチクとマダケ・ハチクは用途が異なる場合があるため、区分した。(表 4.16)

表 4.16 施業種・施業方法毎の適用条件(1)「竹種」

竹種	クラス
モウソウチク	モ
マダケ、ハチク	マ・ハ

施業を行う場合、機械の導入が容易かそうでないかは作業システムや作業効率に大きく影響を与える。特に竹と樹木が混交している侵入竹林では、バンブーカッター等の機械を利用する際に支障があることから、純竹林（樹木が混交していない竹林）と侵入竹林を区分した。(表 4.17)

表 4.17 施業種・施業方法毎の適用条件(2)「竹林の状態（樹木の混交）」

樹木の混交	クラス
純竹林	I
侵入竹林	II

竹林の作業システムは所有者の要望が大きく影響する(5.1モデル地域での竹材伐採供給計画の検討)ことから、主な所有者の要望(「駆除」、「景観整備・持続的利用」、「商用利用」)に応じて区分した。(表 4.18)

なお、「駆除」は、既存の森林植生の分布域に拡大している侵入竹林や放置竹林等を無くしたいという要望であることから、施業種は皆伐を想定した。

また、「景観整備・持続的利用」は、皆伐して竹林を無くしてしまうのではなく、景観のために竹林を整備しつつ伐採した竹材を利用したいという要望であるため、施業種は带状伐採を想定した。なお、持続的な利用を想定するため、施業の空間スケールは、約8年間隔で持続的生産が可能な面積があることが重要となる。

一方、「商用利用」は、たけのこ生産や伝統工芸品等の特用林産や特殊用途用の生産林として整備したいという要望であるため、施業種は択伐を想定した。

表 4.18 施業種・施業方法毎の適用条件(3)「竹林所有者の要望」

所有者の要望	クラス	備考 (想定される施業種と空間スケール)	
		施業種	空間スケール
駆除	i	皆伐 最低3年間繰り返す必要有り	制限無し
景観整備・持続的利用	ii	带状伐採	持続的生産が可能な面積
商用利用	iii	択伐	制限無し

竹のサイズや稈齢は、利用用途の決定に影響を与える。特に、漁業用筏等の長尺の材が必要な場合やパルプ、チップ等の含水量の少ない材が好ましい場合を考慮した区分を行った。(表 4.19)

表 4.19 施業種・施業方法毎の適用条件(4)「竹資源の状態 (竹稈の高さ・稈齢)」

竹稈の高さ※		稈齢	クラス
小	モウソウチクの場合：18m 未満 マダケ・ハチクの場合：15m 未満	おおよそ4年未満 (含水量が多い)	A
		おおよそ4年以上 (含水量が少ない)	B
大	モウソウチクの場合：18m 以上 マダケの場合：15m 以上	おおよそ4年未満 (含水量が多い)	C
		おおよそ4年以上 (含水量が少ない)	D

※ モウソウチクは漁業用筏に利用可能な材のサイズ(伐採時に18m以上か否か)、マダケは伝統的な酒樽、醤油樽等の木桶に利用される籬(タガ)の長さが約15mであるため、これらの材のサイズを基準とした。(図 4.16)



図 4.16 醤油木桶 (写真提供：Jocelin Ong)

効率的に竹林を伐採するためには、機械の導入が効果的である。一方で、バンブーカッターやグラップルといった重機は、林内の傾斜が急な場合は重機が横転する危険性があることや、重機を近接する道路まで運搬できなければ効率性が下がることから、傾斜と近接道路の通行可能車両を区分した。(表 4.20)

表 4.20 施業種・施業方法毎の適用条件(5)「地形概況」

林内の最大傾斜	近接舗装道路の通行可能車両（積載量）	クラス
～15° 程度 (重機メイン)	8t 未満	①
	8t 以上	②
15～35° 程度 (人力メイン)	8t 未満	③
	8t 以上	④
35° 程度～	—	—

上記（表 4.16～表 4.20）の「クラス」を組み合わせ、施業方法の場合分け表を作成した。(別添資料 2)

<クラスの選択方法>

- (1) 以上の分類表の順番で、対象とする竹林の状況が該当するクラスを選択する。
- (2) 選択されたクラスを組み合わせる。(例) マ-I-ii-A-①
- (3) 別添資料 2 から、該当する組合せの箇所を参照する。

5章. 地域の竹資源状況に最適な竹材供給プランの作成

5.1. モデル地域での竹材伐採供給計画の検討

5.1.1. 実施方針

4章で設計し本年度整備した竹林資源情報マップの精度、妥当性、及びクラス別施業体系の区分に基づき、実際の利用可能性等を検討するために、兵庫県淡路島（淡路市南部・洲本市北部）及び山口県（美祢市南部・宇部市北部）のそれぞれのモデル地域を対象に現地検証を行った。その上で、竹資源の分布状況を把握可能な既存のデータ（植生図、森林簿・森林計画図、インターネット地図、空中写真判読結果、衛星画像解析結果等）と比較し、それぞれの特徴等について整理した。

また、事業者が必要としている竹の条件（竹種、サイズ）や施業の効率性（特に機械の搬入・搬出・運搬）についての判断基準等を、現地の事業者及び検討委員へのヒアリングを踏まえて検討し、それらの情報について、行政担当者等が現地踏査の際に整理するための竹林状況調査票（以下、「竹林カルテ」）（別添資料1）として記録できる手法を検討した。

5.1.2. 検討手順

- ア. 現地検証を効率的に実施するために、本年度整備した竹林資源情報マップを基に、3次メッシュ¹²毎に竹林面積を集計し、竹林面積の大きい順に3次メッシュに優先順位を付した。
- イ. アで優先順位の高かった3次メッシュのエリアを対象に、現地検証を実施した。実際の竹林資源の状況を確認するとともに、竹材の利用用途や施業方法を検討するための指標となる情報及びその基準値について、現地の事業者及び検討委員へのヒアリングを踏まえて検討した。現地検証の概要は以下のとおり。

表 5.1 現地検証の概要

	兵庫県淡路島	山口県
実施日	2018年12月17日～18日	2019年1月29日～30日
参加者	鳥居 厚志 氏（検討委員） 藤原 道郎 氏（検討委員） 杉本林業株式会社（事業者） （一社）日本森林技術協会	山田 隆信 氏（検討委員） 三輝トラスト株式会社（事業者） （一社）日本森林技術協会
主な確認・検討	✓ 本年度整備した竹林資源情報	✓ 本年度整備した竹林資源情報

¹² 基準地域メッシュ（第3次地域区画）。緯度の間隔30秒、経度の間隔45秒で区分されたメッシュ。メッシュ一辺の長さは約1kmになる。

	兵庫県淡路島	山口県
事項	マップの利用可能性 ✓ 竹材の利用用途や施業方法を検討するための指標となる情報及びその基準値	マップの利用可能性 ✓ 既存の竹林資源データとの比較・検証 ✓ 竹材の利用用途や施業方法を検討するための指標となる情報及びその基準値

なお、山口県を対象に実施した、既存の竹林資源データとの比較・検証では、以下のデータを使用した。

- ✓ 植生図（環境省）
- ✓ 森林簿・森林計画図
- ✓ 空中写真判読結果（山口県作成）

ウ. イで検討した結果を踏まえ、竹林カルテのフォーマットを作成した。

5.1.3. 結果

(1) 本年度整備した竹林資源情報マップの利用可能性

兵庫県淡路島において竹林資源情報マップから抽出した 12 箇所の竹林を調査した結果、10 箇所については、竹林の分布、竹種及びその他の地形情報等が正確に抽出できていることが確認できた。(表 5.2)

山口県においても竹資源情報マップから抽出した 12 箇所の竹林を調査した結果、10 箇所については、竹林の分布、竹種及びその他の地形情報等が正確に抽出できていることが確認できた。(表 5.3)

兵庫県淡路島での調査結果も踏まえ、SPOT6 号/7 号の画像を解析することで、広範囲から竹林の空間的分布を効率的に見つけ出すことができることが確認された。特に、モウソウチクは高精度で分類・抽出できることが確認された(表 5.2、表 5.3)。一方、マダケについては、これまで行っていたいずれの画像分類手法においても色合いや樹形パターンなどを示すテクスチャがヒノキやメダケ、ネザサと混同されやすい傾向があることがわかった。

(2) 既存の竹林資源データとの比較・検証

これらの結果は環境省の植生図や山口県の空中写真判読結果ともおおむね一致していた。

特に、目視判読による竹林の抽出とポリゴン化が必要な空中写真判読と比較すると、本事業で検討した手法は半自動的に竹林を抽出することが可能であるため、市町村や都道府県といった広範囲の検討を行いたい場合に効果を発揮することが示された。

(3) 竹材の利用用途や、施業方法を検討するための指標となる情報やその基準値

バンブーカッターなどの重機を利用した施業を検討する際の判定には、道路からの距離情報に加え、道との位置関係（上げ荷/下げ荷）の情報を事前に把握できると効率的な検討が可能になるが、道との位置関係（上げ荷/下げ荷）の机上での把握は、GIS を利用し

た高度な解析が必要であり、多大な時間と労力を要する一方、現場では容易に確認できる情報である。なお、道との位置関係（上げ荷／下げ荷）は、施業のしやすさ（施業の効率性、コスト等）を検討するための指標であるため、広域な検討対象範囲から調査優先林分を抽出する段階においては必要が無く、竹林資源情報マップとして整備する効果は低い。

一方、施業のしやすさを判断する際には、現地でしか把握できない情報（ガードレール・駐車スペースの有無、歩道の有無、電柱の有無、法面高・種等）が重要であることが現地の林業事業者へのヒアリングにより明らかとなった。

表 5.2 兵庫県淡路島現地調査結果

日程	調査箇所 3次メッシュ ID、 (SPOT 分類竹種)	実際の竹種	確認事項、 特徴	施業の可能性
2018/ 12/17①	51345689 No. 986 付近 (マダケ)	マダケ	放置されて過密状態であるが、強風の為竹の稈の高さは低い。	稈高が低く、竹林パッチが細かく散在しているため、あまりバイオマス量は期待できないものの、乾燥しているためチップには向いている。道路から斜面を削って重機を入れることは可能。
2018/ 12/17②	51345668 No. 842 周辺 (マダケ)	ハチク	マダケと誤判読。天狗巣病にかかったマダケとの見分けは地上からでもなかなかつかない。	樹高が低く、小型であり、道路に隣接して生育しているため、人力によって切り出すことが可能。すでに択伐した痕跡があり、地域住民によって利用されているようである。
2018/ 12/17③	51345668 No. 785 周辺 (モウソウチク)	モウソウチク	樹高の高いモウソウチクがまとまった面積で生えているため、重機による効率的な伐採が期待される。	かつてのミカン畑やウバメガシ林にモウソウチクが侵入し、既存植生を既に駆逐している。重機の侵入は可能。
2018/ 12/17④	51345659 No. 711	ネザサ (マダケと	メダケやネザサなどはマダ	

日程	調査箇所 3次メッシュ ID、 (SPOT 分類竹種)	実際の竹種	確認事項、 特徴	施業の可能性
	(マダケ)	して誤判読)	ケに誤判読されやすい。	
2018/ 12/17⑤	51345659 No. 711 の向かい (マダケ)	マダケ	細く密生している。	細いマダケが急峻な谷に密生。人力で伐採しても集材するためには谷の下部に作業道が必要。
2018/ 12/18⑥	51344667 No. 082 (モウソウチク)	モウソウチク	耕作放棄された水田の脇の放置竹林。中程度の高さで、広葉樹と多少混交している。	林内に向かって斜面を少し削れば重機を入れることは可能。道路から近いが交通量は多い。
2018/ 12/18⑦	51344667 No. 073 (マダケ)	マダケ	比較的細く、天狗巣病が見られる。	道路から近いが交通量は多く、作業が危険。チップに向いている。
2018/ 12/18⑧	52344698 No. 289 周辺 (竹 75% 以上)	モウソウチク とマダケが 交互に分布	モウソウチクもマダケも中程度のサイズで放置されているが農地で利用されている。	地形が複雑でコンクリート法面などもあるため、重機は入れられない。
2018/ 12/18⑨	51344698 No. 293 周辺 (モウソウチク)	モウソウチク	細く、稈高も 10m 程度。かつて伐採されていた可能性がある。尾根の上部に位置し乾燥気味。	民家の裏で、幹線道路に面している。イノシシ柵を設置する為の作業道が道路からほぼ垂直に入っている為、これを竹の伐採に活用できる。人力で対応可能な個体サイズと面積。 チップに向いている。
2018/ 12/18⑩	51345629 No. 512 の向かい (マダケ)	ハチク・マダケ混在	細く短い稈。	歩道があり、土の法面の上部に生えており、伝統工芸品を人力で切り出す

日程	調査箇所 3次メッシュ ID、 (SPOT 分類竹種)	実際の竹種	確認事項、 特徴	施業の可能性
				のに向いている。
2018/ 12/18⑪	51345761 No. 827 周辺 (マダケ及びモウ ソウ)	モウソウチ ク・マダケ	中程度のサイ ズの稈だが筏 にするには短 い。	放置され荒廃している。 純竹林であるが重機を乗 せたトラックがアクセス できないため、人力・軽 トラ作業になる。
2018/ 12/18⑫	51345772 No. 934 (モウソウチク)	モウソウチク	大型で太い稈 からなる侵入 竹林。地形が 棚田状。	地元住民によると、かつ て水田であったが何十年 も手入れせずモウソウチ クが侵入し、土地所有者 も高齢化して放置状態と のこと。

表 5.3 山口県現地調査結果

日程	調査箇所 3次メッシュ ID、 (SPOT 分類竹種)	実際の竹種	確認事項、 特徴	施業の可能性
2019/ 1/29①	51311275 No. マ 166 (マダケ)	マダケ	樹高が低く、 直径も細い。か つて何度か伐 採されていた 可能性がある。	あまりバイオマス量は期 待できないものの、乾燥 しているためチップには 向いている。道路に隣接 しているため作業効率は 高い。
2019/ 1/29②	51311275 No. マ 168 (マダケ)	マダケ(一部 メダケ)	樹高は高いが アクセスが悪 い。	電線があるため事前に電 力会社と調整が必要。つ る植物やメダケが繁茂し ているため、整備が必要。
2019/ 1/29③	51311275 No. マ 167 (マダケ)	マダケ	稈は細いが道 路と農地の間 にまとまった 面積で分布。	農業資材としての利用の 痕跡あり。尾根部に分布 し立地が乾燥気味である ため、材はチップに向い ている。
2019/ 1/29④	51311275 No. マ 164	マダケ(一部 にネザサ)	樹高は低めで あるがまと	隣のモウソウチク林より 上流側に分布しチップと

日程	調査箇所 3次メッシュ ID、 (SPOT 分類竹種)	実際の竹種	確認事項、 特徴	施業の可能性
	(マダケ)		まった面積がある。	しての利用が見込まれる。歩道と縁石があるため大型トラックを横付けできない。小型のフォークが入れる。イノシシの獣道が見られる。
2019/ 1/29⑤	51311275 No. モ 80 (モウソウチク)	モウソウチク	大型でまとまった面積があるためいろいろ用途は見込めるが牡蠣筏には小さい。	樹高が中程度、ある程度まとまった面積で分布しているため、チップやパルプに利用できる。歩道に隣接して生育しているため、人力によって切り出すことが可能。
2019/ 1/29⑥	51311275 No. マ 156 (マダケ)	マダケ	密度の高い純林であるが、背は低い。	民家の周囲に分布する為所有者の許諾等に配慮が必要。材はチップに向く。
2019/ 1/29⑦	52311264 No. モ 68 (モウソウチク)	モウソウチク	スタジイ林に進入した大型のモウソウチク。筏用の稈も集材可能。フォーワーダを用いて竹材を引き上げたとのこと。	実際に帯状伐採が行われている。森林簿では隣接する民家の裏山がたしかにモウソウチクであることを示していたが、実際には山口県の空中写真による判読でも今回の衛星画像分類においても、モウソウチクは広範囲に分布拡大して周囲の広葉樹林に侵入し優占していることが確認できた。用意した図面上で最大傾斜が緩く、道路に面した場所において実際に路網が開設されていた。
2019/ 1/30⑧	51312220 No. マ 261	ヒノキ、ネザサ (誤判読)	盛り上がった地形上に均一	

日程	調査箇所 3次メッシュ ID、 (SPOT 分類竹種)	実際の竹種	確認事項、 特徴	施業の可能性
	(マダケ)	竹林ではな かった)	に植えられた ヒノキおよび メダケやネザ サなどであっ た。	
2019/ 1/30⑨	—	誤判読	—	—
2019/ 1/30⑩	51311275 No. マ 349 (マダケ)	マダケ	道路に面した 場所にマダケ、 道路から遠い 山側にモウソ ウチクが分布。	法面の脇から重機を入れ ることは可能。道路幅が 広まっている為、トラッ クを止められる。
2019/ 1/30⑪	51311275 No. マ 347 (マダケ)	林縁部はマ ダケ、内部は モウソウチク	水田の脇のま とまった面積 の竹林。樹高 はそこそこ高 く、密度も高め である。	高まった立地に成立して いる竹林であるが、等位 面に隣接している水田に 鉄板を敷くことができれ ば、重機を投入して効率 的に伐採できる。
2019/ 1/30⑫	51312231 No. マ 362 (マダケ)	マダケ、(一 部モウソウ チク)	平坦な肥沃な 立地で、管理 された背の高 い竹林。	水田、果樹園、ヒノキ林、 墓地が混在している里山 で、伐採した竹が野積み されている。平坦な地形 でかつ搬出路が近くにあ るため、持続的な利用が 期待される。

5.2. モデル地域の竹資源状況を踏まえた効率的で持続可能な竹材供給プランの作成

5.2.1. 実施方針

竹材を持続的に利用していくためには、対象とする竹林の特徴に応じたマテリアル利用を選択し、それに応じた最適な施業方法を選択することが重要である。一方で、小規模・分散的に存在し、需要先が必ずしも確立していない地域においては、資源量の把握から需要先の把握、運搬等、様々なコスト要因を考慮した上で、竹材の供給ポテンシャルを把握しなければならない。

本事業においては、効率的で持続可能な竹材供給の目安となるようなコスト試算を行うため、兵庫県淡路島及び山口県での調査結果を踏まえ、竹林分類クラス毎、作業システム毎に掛かる経費の試算を検討した。

5.2.2. 検討手順

- ア. 以下の手順で試算することを検討し、第二回検討委員会に諮った。
- (ア) 竹林資源情報マップから優先実施エリアを抽出し、優先実施エリア内に存在する調査可能な竹林について、竹林カルテを作成。
 - (イ) 竹林カルテを基に、個別竹林毎のマテリアル用途および最適な作業システムを検討。なお、所有者の要望は、竹種がマダケ・ハチクで小面積の場合は商用利用(表 4.18 iii)とするが、それ以外は景観整備・持続的利用(表 4.18 ii)と想定する。
 - (ウ) 作業システムで利用する機械等の諸元や作業効率を既存資料から整理。
 - (エ) 竹林資源情報マップと山口県が作成した推計式*から各竹林における竹資源の賦存量を推計。
※ モウソウチク林賦存量 = $((0.1618x \text{ 平均胸高直径}^{1.9689}) \div 1000) \times \text{平均本数} \times (1 + (\text{含水率} 45\%) \div 100) \times \text{面積}$
 - (オ) 優先実施エリア内のコスト試算を「各竹林で個別に施業を行った場合」と、「優先実施エリア内で一括して行った場合」で実施・比較。
- イ. 検討委員会(第2回)において、検討した試算方法について諮ったところ、主に以下に示す意見が出された。
- 計算式内の係数等は山口県で当てはめたものなので、他の地域では異なる。
 - コストは条件によって大きく異なってくるため、無理に値を出さず、考え方を整理する方が良い。
 - コストの目安や考え方、検討する上でのヒントは必要。
 - 竹材を伐採して林外に出す(伐採～搬出)までのコストは、大中小レベルでは出せるし、これが無いと利用できない。一方、運搬コストは、様々であるため推定しても意味が無い。
 - 伝統工芸品としての利用は、材を大量に必要とするようなものとは条件が大きく

異なるため、今回のコスト試算の対象からは外して良い。

5.2.3. 結果

コスト試算については、数値として示すのが困難な部分もあるため、個別竹林の試算を行うのではなく、既に行われた試算結果等を参考にコストの考え方を整理することとした。

(表 5.4)

また、別添資料 2 に、「作業効率の目安」という項目を入れ、“高・中・低”といった定性的な指標で表現することとした。

なお、林野庁が整理した試算結果¹³⁾によると、竹林の地形や作業システムによって生産性とコストには大きな幅（生産性：0.7～3.8wet-t/日、コスト：6,000～46,000 円/wet-t）があることが明らかとなっている。（図 5.1）

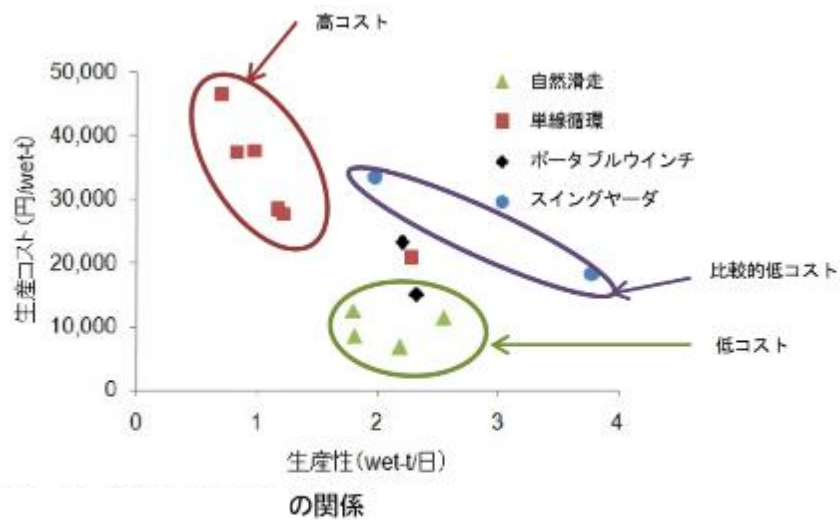
表 5.4 コストの考え方

分類	観点		考え方
竹資源の状況	竹林面積		面積が大きいほど生産量や施業の効率性が高くなるため、単位面積当たりのコストが低くなる。
	サイズ (材積)	太さ	サイズが大きい程、同一作業における生産量が高まり、単位材積当たりのコストが低くなる。
高さ			
地形概況	近接舗装道路の通行可能車両		道路幅が広い程大型機械の搬入が可能となるため、生産量が高くなり、単位面積もしくは材積当たりのコスト低減に繋がる。
	林内の最大傾斜		傾斜が急な程作業効率の下がるため、単位面積もしくは材積当たりのコストが高くなる。 ただし、傾斜地（概ね 20 度以上）では、伐採竹の自然滑落を利用することでコストを下げられる可能性がある。
施業のしやすさ	樹木の混交（純竹林／侵入竹林）		竹稈の間隔が広い程（整備されているほど）作業効率が高くなるため、施業コストが低くなる。
	道路との位置関係（上げ荷／下げ荷）		上げ荷の場合、集材に機械等を使用するため、施業コストが高くなる。
	ガードレールの有無		ガードレールがあると機械が林内に入れないため、作業効率の下がる。

¹³⁾ 『竹の利活用推進に向けて』（林野庁 2018）「3 竹の伐採・搬出の方法とコスト」

分類	観点	考え方
	(運搬用トラック等の)駐車スペースの有無	駐車スペースが無いと、集材(積荷)場所が確保できないため、施業コストが高まる。
	歩道の有無	歩道があると、歩行者の安全管理等が必要になるため、施業コストが高まる。
	電柱・電線の有無	電柱・電線があると、搬出の際の障害となるため、施業コストが高まる。
	法面高	法面高が高いと、機械の搬入の際の障害となるため、施業コストが高まる。
	法面種	法面がコンクリートだと、機械の搬入の際の障害となるため、施業コストが高まる。

(参考) 山口県(2019/1/16) 山口県における竹の収集運搬システム実証と竹資源情報の公開(第7回竹フォーラム)



注：コストの記載は林野庁
資料：森林科学 No. 58

図 5.1 生産性とコストの関係

6章. 手引書の作成

6.1. 手引書の作成

6.1.1. 実施方針

全国的な山林の管理不足や耕作放棄地の増加により、放置された竹林が増加し駆除を求められている一方で、竹は、その再生力の強さから持続的な利活用が期待できる資源でもある。

しかしながら、竹は生育している場所や地形等により取り扱い方が様々であることから、持続的な利用を想定した竹林管理に取り組むハードルは高い。

そのため本事業では、これまで調査・検討してきた結果を取りまとめ、竹資源の持続的な利用を検討している都道府県や市町村の林務担当者、竹林等の伐採事業者の方々が、人工林等に侵入・拡大した竹や管理放棄された竹林の駆除のみを目的とした取組だけではなく、竹資源の状況や利用目的等に応じた適切な竹林の取り扱いについて検討ができるよう手引書として整理することとした。

6.1.2. 検討手順

手引書の作成に当たっては、特に以下の点に留意する必要があると考えた。

- ア. 地域に小規模・分散的に存在する竹林をマテリアルとして利用していくためには、地域全体として整備・管理を検討していく必要がある。
- イ. 地方自治体の担当者や、これまで竹林の伐採を行っていない事業者は、竹の特徴や竹林管理について基礎的な情報を持っていない可能性が高いことを考慮する必要がある。
- ウ. 地域に分散する竹林を少人数の地方自治体職員でカバーするのは困難であり、優先的に検討を進めるエリアを決めた上で、整備計画や実際の施業を行うことが現実的だと思われる。

6.1.3. 結果

竹や竹林管理に関する予備知識を持たない地方自治体の担当者や伐採事業者の方向けに、竹の基本的な性質や竹林利用の手順等について平易な内容・表現で整理した手引書を作成した。

竹林利用の手順については、資源分布状況の把握から優先エリアの検討および調査の実施、竹林カルテの作成から施業実施まで、それぞれの段階毎のポイントと具体的な考え方を整理した。また、竹及び竹林管理に初めて携わる方達の疑問点を Q&A 方式で整理し、誰でもすぐに使える手引書となる様工夫した。(別添資料3)

7章. まとめと今後の課題

7.1. まとめ

本事業では、平成 28 年度事業で検討した竹林の抽出手法をベースに、地域の竹資源の分布状況をマクロに把握した上で優先的に対策を行うエリアを抽出し、現地踏査により詳細な竹林資源や地形等の情報を整理する方法を整理した。

また、それらの調査で得られた情報に基づき、竹林の状況に応じたマテリアル利用の決定や対象とする竹林における最適な施業システムを検討する方法を示した。

これらの手法をまとめた手引書を地域の竹資源管理に携わる可能性の高い地方自治体の担当者や地域の伐採事業者等が活用することで、竹林資源をマテリアルとして利用するための検討が全国各地で進むことが期待される。

7.2. 今後の課題

本事業を踏まえて、竹林利用をより進めていくためには、次の課題について今後取り組むべきと考えられる。

竹林を効率的に利用することを考慮した場合、伐採から集材、搬出の各プロセスを高効率に低コスト化するための機械化が重要である一方、竹専用開発された機械は少なく、既存の木材専用の機械やそれらをベースに改良したものが多く用いられている。これらの機械は、基本的に大規模・集約的な施業を行う場合に最適なものであり、初期投資が大きいこと、高い稼働率を前提としていること等が課題となっている。

本事業では、機械と従来手法との併用により、施業の効率化と竹林の循環利用を両立させるための作業システムを検討したが、伐採後に資源が回復するまでには相当の時間を要するため、機械による継続的な利用を行う場合には相当量の竹材もしくは相当な箇所の竹林が必要なことが明らかとなってきた。

また、機械を導入する場合、伐採や運搬のプロセスで竹稈が割れたり、傷がついたりするため高品質が求められる用途には向いていないことや、小規模で分散しているという竹林が多い地域では、大量かつ安定供給が必要不可欠なバイオマス燃料用途を想定する場合においても、機械系システムの導入可能範囲は制約されてしまう。

そのため、小規模・分散型の竹林に対しては、重機の使用を前提としたシステムではなく、チェーンソーによる人力作業と軽トラック等による搬出・運搬作業の組合せが効果的と考えられるが、生産された竹材の用途や販売方法、施業コストについてはまだ十分な検討がなされていないため、今後具体的な実証モデル等を通じて検証する必要がある。

一方、長期間管理が放棄されていた放置竹林を再び管理竹林に戻す作業については、多大なコストを要することが想定される。効率的な施業のために、小規模で分散している竹林を団地化、集約化する場合には、所有者の確認や意向の調整等を事前に行う必要がある。さらに、竹は山林だけではなく様々な地目（農地等）に生育している場合も多く、適用さ

れる法令が異なっていることや伐採された竹の取り扱いについても所轄官庁や地方自治体により様々であり、民間事業者等が竹を利用する際の障壁となっている。今後はこれらに関する検討も同時に進めていく必要がある。

参考文献

- (1) 加久美雪・藤原道郎・大藪崇司・澤田佳宏・山本聡 (2014) 兵庫県淡路島における竹稈量の推定にもとづく持続的な竹稈の燃料利用と竹林管理の可能性. 環境情報科学学術論文集 28 : 19-22.
- (2) 藤原道郎・伊藤休一 (2013) 淡路島における現存植生図を基にした竹林の面積, 分布および傾斜に関する予察的研究. Hikobia 16: 393-402.
- (3) 山本ジェイミー順子・藤原道郎・大藪崇司・澤田佳宏・山本聡 (2013) 淡路島における竹林の分布および立地環境を基にした竹林管理の仕組み. Hikobia 16: 403-412.
- (4) 伊藤武治・奥田史郎・酒井 敦 (2018) 放置モウソウチク林の落葉量の年変動と伐採後の葉量の回復過程 —高知県の帯状皆伐区での 10 年間の観測事例— 日林誌 100: 124-128
- (5) 豊田信之 (2016) 竹を伐り続けると? —写真とキャプションで綴る— 森林技術 891: 16-18.
- (6) 鳥居厚志・上村巧 (2018) 広がる竹をどうしよう? という時に—放置竹林の把握と効率的な駆除技術—. 国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所関西支所.
- (7) AIRBUS Defence & Space、フランス.
- (8) 林野庁 (2018) 「竹の利活用推進に向けて」(平成 30 年 10 月)
- (9) 近藤晃・加藤 徹・伊藤 愛 (2014) モウソウチク林の皆伐後における再生竹の持続的な刈り取りが広葉樹林化に及ぼす影響. 静岡県農林技術研究所研究報告第 7 号.
- (10) Suzuki, Shigeo & Nakagoshi, Nobukazu (2018) Vegetation Changes Over Seven Years After Clear-cutting of Bamboo Culms. Japan Forest Planning 24: 1-9.
- (11) 静岡県環境森林部 (2004) 竹林整備読本—竹林の整備と利用、拡大防止のための解説書. 平成 16 年 3 月.
- (12) 山形県森林研究研修センター (2018) 孟宗竹栽培管理マニュアル (山形県版) (平成 29 年 2 月).
- (13) 鳥居厚志・奥田史郎 (2010) タケは里山の厄介者か? 森林科学 58: 2-5.
- (14) 伊藤崇之・村上勝・谷山徹 (2010) 竹利用のキーは搬出のコスト. 森林科学 58: 20-23.
- (15) 久米村 明・寺岡行雄・竹内郁雄 (2009) 放置モウソウチク林の林分構造と地上部現存量. 鹿児島大学演習林研究報告 36: 1-8.
- (16) 久米村 明・寺岡行雄・竹内郁雄 (2010) モウソウチク林での伐採季節と伐採幅の違いが竹再生過程におよぼす影響. 九州森林研究 63: 71-74.
- (17) 浦 めぐみ・寺岡行雄・竹内郁雄 (2011) 放置モウソウチク林での帯状伐採後におけるトマリタケノコの発生. 鹿児島大学演習林研究報告 38: 13-17.

別添資料

- | | |
|--------|----------------------|
| 別添資料 1 | 竹林状況調査票（竹林カルテ） |
| 別添資料 2 | マテリアル利用・施業方法一覧表 |
| 別添資料 3 | 手引書（『竹林利用の手引き 2018』） |

平成 30 年度木材需要の創出・輸出力強化対策のうち「地域内エコシステム」構築事業
のうち木材のマテリアル利用技術開発事業・竹のマテリアル利用に向けた効率的な竹
材生産技術の開発 報告書

平成 31 年 3 月

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)