

## 鹿児島県の管理モウソウチク林における管理・生産状況および林分構造の現状

孫 鵬程<sup>\*.1</sup>・貫名 涼<sup>2</sup>・柴田昌三<sup>2</sup>

本研究は、鹿児島県の管理モウソウチク林の生産状況と林分構造の現状を明らかにすることを目的とした。調査として始良市とさつま町の2カ所の管理モウソウチク林における林分調査と竹林管理者に対する聞き取りを行った。その結果、管理者の高齢化に伴い竹林での重労働が困難になっている一方で、林分調査の結果（平均稈密度 3,917 本/ha, 平均 DBH 12.0 cm, 新竹率 30.6%, 稈の一樣分布）と施業現状から、対象竹林における管理（密度、施肥および防災管理）は現在も続けていることが考察された。一方で、国内需要の低迷などの影響から、竹材・タケノコの生産量は10年前と比べて顕著に低減していた。このことは調査林分における稈密度が過去より増加したことと一致していたことに裏付けられていると考えられた。今後、竹林は委託管理など新たな管理主体により管理を継続する場合、今までの竹林管理で集積されてきた技術、竹林生産などを参考情報として整理・記録する必要があると考えられる。また、作業がしやすい低密度かつ一樣分布という林分の特徴を示す管理竹林を対象とした林業機械の開発と導入が、作業の持続性と省力化を改善する一つの選択肢として検討する価値があると考えられた。キーワード：モウソウチク、タケノコ、竹林整備、林分構造、鹿児島県

**Pengcheng Sun,<sup>\*.1</sup>Ryo Nukina,<sup>2</sup>Shozo Shibata<sup>2</sup> (2021) Current Status of Management, Production and Stand Structure of Managed Moso Bamboo Forests in Kagoshima Prefecture, Japan. J Jpn For Soc 103: 96-104** The purpose of this study was to clarify the status and problems of the management and stand structure of the Moso bamboo forests in Kagoshima Prefecture. We conducted an interview survey with 2 bamboo forest managers and investigated the stand structures in their bamboo forests, which are located in Aira City and Satsuma Town. It was revealed that density control, fertilization, and mowing in the bamboo forests are carried out regularly. As the result of this management, the stand structure of bamboo forests was revealed as: average culm density 3,917 / ha, average culm diameter at breast height 12.0 cm, 30.6% of 1-2 years culm; the culm stand was close to regular distribution. However, due to the sluggish demand for bamboo products and the aging of forest labour, the production of bamboo raw materials, especially bamboo shoots, has decreased significantly compared to 10 years ago, which was also considered to be connected with the increase in the density of bamboo culm in the bamboo forests. We concluded from these results that it is necessary to organize and record the information and methods related to management and production accumulated in the long term of bamboo forest management to ensure the sustainability of production, especially if management passes to a new entity in the future. Developing and introducing forestry machines was also expected to be an effective way to save labor costs in a bamboo forest connected with its relative low culm density and regular culm distribution.

**Key words:** Moso bamboo, bamboo shoots, bamboo forest management, stand structure, Kagoshima Prefecture

## I. はじめに

1736年に渡来したとされる帰化植物であるモウソウチク（青葉 1989）は昔から日本で資源として高い価値が認められ、竹材やタケノコの利用が積極的に行われてきた。しかしながら、安価な竹材製品の輸入増加、マダケの開花枯死、竹材生産者の高齢化などの影響で、1980年代から竹材の国内生産は減少し始め、竹林管理放棄のきっかけとなった（柴田 2010）。近年、管理竹林の面積は減少し続けており、日本各地の里山地域を中心にモウソウチクを主とした竹林の管理放置による拡大が多く報告されている（Okutomi *et al.* 1996; 鳥居・井鷲 1997; Isagi and Torii 1998; Suzuki and Nakagoshi 2008）。そのため、拡大竹林と竹木混交林の隣接地への侵入などによる農山村地域における景観悪化（栗田・包清 2010）、生物多様性の喪失（山口・井上 2004; 鈴木・中越 2008）など、放置竹林をめぐって生態学、社会学などの多くの視点から研究が進められてきた。

放置竹林に関する研究が多く見られる一方で、管理が維持されている竹林に関しては、1950年代から生産性を向上させることに焦点を当て、竹林の林分構造や生理に関す

る研究が多く行われてきた（沼田 1955; 上田ら 1959; 内村 1973; 鈴木・成田 1975）。しかし近年、管理竹林に関する新たな事例研究やデータの蓄積は非常に少ない状況にある。個々の小面積竹林の管理、生産および林分構造の現状と変化を詳細に捉えた研究はほとんど展開されていない。特に林分構造については、主に放置モウソウチク林を対象に、プロット調査で稈密度、胸高直径、稈高、新竹率、稈重量などの林分指標を把握・分析した研究が圧倒的に多い（豊田ら 2005; 久米村ら 2009; 加久ら 2014; 高田ら 2017）。筆者が把握した限りでは、管理モウソウチク林を対象として竹林生産に関わる定量分析の展開や林分構造の解明に関する新たな事例研究は存在しなかった。

竹資源の有効かつ持続的利用には、放置竹林の現状把握、拡大防止策などを考えると同時に、今まで管理が維持されてきたモウソウチク林の生産形態と林分構造の現状を把握することは、竹林の管理維持や生産持続性の確保および林分改善などを検討する上で有用と考えられる。

一般的に竹林の適正な経営・管理による竹材・タケノコの持続的生産は地域における竹産業の基盤と考えられ、岩井（2005）は鹿児島県の竹産業はタケノコの生産によって

\*連絡先著者（Corresponding author）E-mail: 451470671@qq.com  <https://orcid.org/0000-0003-4216-5383>

<sup>1</sup> 京都大学大学院農学研究科 〒606-8502 京都府京都市左京区北白川追分町（Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Kitashirakawa Oiwake-cho, Sakyo-ku, Kyoto, Kyoto 606-8502, Japan）

<sup>2</sup> 京都大学大学院地球環境学学 〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町（Graduate School of Global Environmental Studies, Kyoto University, Yoshida-Honmachi, Sakyo-ku, Kyoto, Kyoto 606-8501, Japan）

（2020年3月3日受付；2020年12月15日受理）

支えられていることを指摘した。そのため、国内の代表的なタケノコ生産林の管理形態と林分構造などの現在の状況を把握することは重要であると考えられる。鹿児島県は、全国1位の竹林面積を有し、特に県の北部地域には高品質のタケノコを生産するモウソウチク林をはじめとする管理竹林が多数存在している。したがって、鹿児島県における管理モウソウチク林の管理・生産および林分構造の現状について詳しく調査することは、管理モウソウチク林の現状を示す研究事例として意義あるものと考えられる。

そこで、本研究は管理竹林の分布が多い鹿児島県北部地域において、管理モウソウチク林の管理・生産状況、林分構造の現状および課題を明らかにすることを目的とした。具体的には、県下の竹材・タケノコに関する関係部局や竹林管理者に対する聞き取り調査を通じて、竹林管理・生産の現状を明らかにし、加えて林分調査で管理モウソウチク林の林分構造について調査した。

## II. 調査地と方法

### 1. 調査地および調査対象

鹿児島県は2019年4月時点で、18,337 haの竹林面積を有し、総立竹量5,487千束であった（鹿児島県森林経営課2019）。県内地区別の竹資源現存量と竹材・タケノコ生産量を表-1に示す。北薩（薩摩川内市、阿久根市、出水市、さつま町、長島町を含む区域）と始良・伊佐地区の竹林分布面積と総立竹量が県内で上位を占めていた。

県内竹林の所有形態と管理規模に関しては、全竹林面積のうち約80%が私有林で、大規模所有者は少なく、個々の私有林の所有面積がほとんど0.3 ha以下と非常に小規模である（鹿取・岩井1994）。竹林の経営方針に関しては、1965年頃までは県内のモウソウチク林は主に竹材とタケノコの両方を収穫する混用生産林であったが、輸入材の増加や石油製品の進出などの影響による国産材の需要減少により1970年以降からタケノコ生産林の経営へと方針を転換した（林野庁2004）。現在では、主に北薩地区、始良市および日置市を中心とした産地で多くの小面積タケノコ専用生産林が散在している（岩井2005）。

竹林生産について、図-1に鹿児島県における竹材・タケノコ生産量の推移を示した。竹材とタケノコともに、

1985年から2005年にかけて生産量はいずれも大幅に減少したが、竹材生産は2010年以降県内のパルプ生産の本格化により生産量がわずかに回復した。タケノコ生産量は2010年以降減少傾向にあるが、激しい増減は見られず、概ね豊作（表年）と凶作（裏年）により年間総生産量が5,000～7,000 tの範囲内に変動している。表-1に示したように、現在では竹材の生産は北薩と始良・伊佐地区、タケノコの生産は北薩、始良・伊佐および鹿児島地区で集中して行われている。

また、上述のタケノコ生産以外の目的で管理されているモウソウチク林（竹材・タケノコ混用生産林、竹材専用生産林、観光竹林など）に関しては、筆者の把握の限りでは竹材・タケノコ混用生産林、竹材専用生産林の状況を示した既往研究はみつからなかった。一方で、タケノコ専用生産林から恒常的に竹材が生産されており、これが竹材生産量全国一を支える大きな要因になっている（岩井2005）とされていることから、県内における竹材専用生産林や混用生産林の存在は少ないと判断した。また、観光竹林と竹林公園の数も少なく、モウソウチク林の管理規模は小さいことも判明した。そのため、本研究では鹿児島県を代表する管理竹林としてタケノコ専用生産林だけを対象として調査を行った。

前述のようにタケノコ専用生産林は小面積かつ散在して分布することから、県内すべての管理林分を調査することは困難である。そのため、具体的な調査対象の選定においては、県内のタケノコ生産に関わる実証事業が行われている鹿児島県環境林務部森林経営課特用林産係に今回の調査概要と目的を説明した上で、当局が2009～2010年に県内竹林管理体制策定のために現状調査が実施された二つの生産モデルモウソウチク林を代表例として扱うこととした。第1の生産モデル竹林は始良市北山に位置する1960年前後から竹材用林として管理を開始した0.6 haのモウソウチク林であり、2009年第1回始良地区竹林コンクールで最優秀賞などを受けた竹林である。第2の生産モデル竹林は北薩のさつま町に位置する1961年頃からタケノコ生産を目的として管理を開始した1 ha程度のモウソウチク林であり、2009～2010年川薩タケノコ品評会およびさつま町タケノコ品評会で優秀賞を受けた竹林である。

表-1. 鹿児島県内地区別の竹資源現存量と竹材・タケノコ生産量

地区	資源量 (2019年)		竹林生産 (2018年)	
	竹林面積 (ha)	立竹量 (千束)	竹材 (千束)	タケノコ (t)
鹿児島	5,402	937	5.5	1,154.2
南薩	566	200	0.2	29.2
北薩	5,705	2,384	474.2	4,366.0
始良・伊佐	2,743	1,092	143.7	417.6
大隅	2,431	757	0.0	98.4
熊毛	1,268	93	0.0	11.7
大島	221	23	0.0	10.4

1) 鹿児島県森林経営課の業務資料「地域森林計画書（平成31年4月1日）」に基づいて作成。2) 鹿児島地区はいちき串木野市、日置市、鹿児島市を含む区域、北薩地区は薩摩川内市、阿久根市、出水市、さつま町、長島町を含む区域、始良・伊佐地区は伊佐市、湧水町、始良市、霧島市を含む区域のことである。3) 資源量は2019年、竹材・タケノコ生産量は2018年時点のものである。

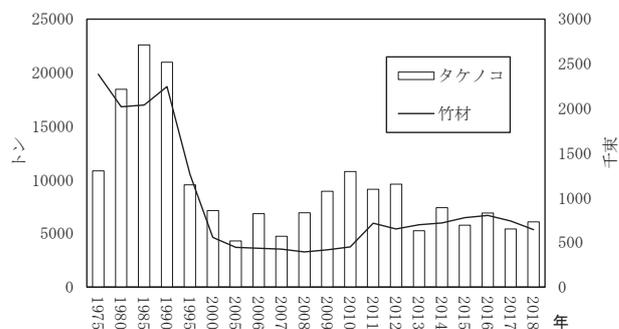


図-1. 鹿児島県における竹材・タケノコ生産量の推移

鹿児島県環境林務部森林経営課特用林産係の業務資料「鹿児島県のタケノコ・竹材生産の現状。タケノコ生産者養成講座資料。2018」および鹿児島県（オンライン）の統計データにより作成。

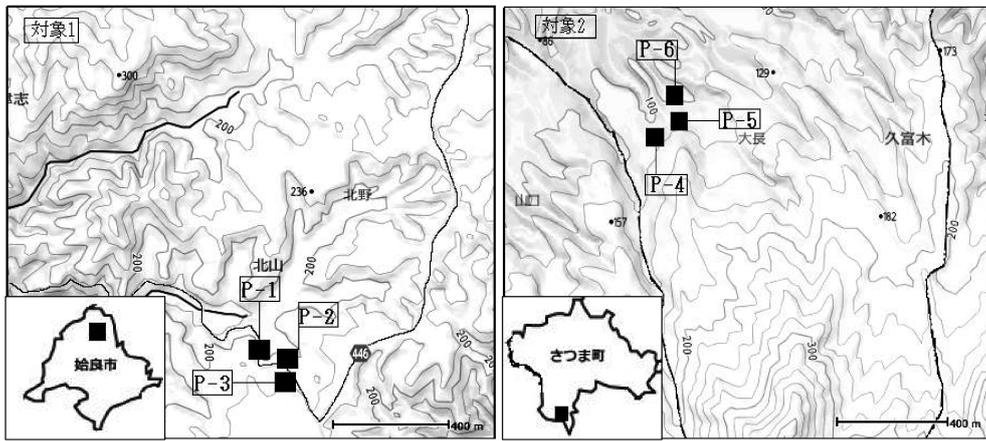


図-2. 対象地における調査林分の位置

対象1は始良市北山に、対象2はさつま町久富木に所在する。

2009～2010年時点の調査では、対象1と2の1) 竹林の位置と面積、2) 地形（傾斜度、方位、標高、土質）、3) 管理状況（肥培管理、密度管理、防災管理）、4) 林分指標（平均径、稈密度、新竹数、伐竹量）、5) タケノコ生産の状況（早掘りタケノコ・普通掘りタケノコの生産量、出荷回数など）の各項目のデータをすべて記録した。さらに、対象2の竹林管理者については2003年と2006～2014年のタケノコ青果出荷（出荷日、出荷量、出荷金額、出荷単価、出荷回数）に関する詳細データをすべて記録した。

以上のように、県内に現存している管理竹林のうち、過去の竹林管理・生産状況と林分構造のデータを確実に記録・保存し、加えて適切な管理による竹林コンクールで受賞されたなど優れた林分が維持されている竹林の存在は極めて少なく、このような履歴がわかる竹林は他にないと考えられた。そこで、本研究では上述二つの竹林を対象とし調査によって、過去の調査データとの比較、タケノコ青果出荷の経年データの整理と解析を行った。

なお、調査経費と期間の制約から調査対象を増やすことができなかったため、今回の調査結果は鹿児島県の一般的なタケノコ専用生産林の現状と異なる可能性がある一方で、県内の優良事例として管理と生産の体系などを整理して記録する価値が高いと考えられた。

## 2. 研究方法

主な調査方法は、鹿児島県環境林務部森林経営課特用林産系の業務資料の整理、対象1と2の竹林管理者への聞き取り調査、対象竹林における林分調査、対象2の2003年と2006～2014年タケノコ生産に関わる記録データの整理、対象1と対象2の2009～2010年時点林分調査データの整理と現状（2016～2017年）との比較である。

聞き取り調査では質問票を用いて、竹林管理者の基本情報（竹林労働者人数と年齢、竹林面積など）、竹林の歴史、過去の竹林・タケノコ生産の履歴、竹林施業の内容と時期、竹林・タケノコの生産量・出荷量などの情報を収集した。聞き取り調査は2017年3月28日から31日の間に行った。

林分調査では、二つの対象林においてそれぞれ三つの方形プロットを設定した。二つの調査対象林の面積が1ha以下のため、加久ら（2014）の調査方法を参考にして10m

×10mの方形プロットを設定し、プロットの標高、傾斜度、傾斜方位、土壌母材を記録した上で、調査プロット内のタケノコおよび倒伏竹程以外のすべての立竹を対象に毎竹調査（稈密度、立竹胸高直径（以下DBH、直径巻尺を用いて0.1cm単位で測定した）、稈齢、稈の位置）を実施した。稈齢に関しては、稈に記載されていた発生年を稈齢に換算して記録した。稈の位置の測定には、プロットの林縁に接する横と縦方向に10mの巻尺2本をx-y軸として設置し、各稈の根元のx、y座標を0.1m単位で測定した。なお、調査は4月から6月の生育期を避けて、2017年3月28日から31日の間に行った。調査対象林における各調査プロットの位置を図-2に示す。

## 3. データ解析

対象竹林の林分構造を明らかにするため、各プロットにおける稈密度、DBH、胸高断面積合計（BA）、稈径のばらつき度を示すDBHの変動係数CV（標準偏差/平均値）、新竹率（1～2年生稈の比率）をそれぞれ計算した。各プロット内の稈のDBHに関する分散の特徴を考察するために、プロットごとに稈のDBH階級図、および稈齢別のDBHの最大・最小値、四分位数値を計算して箱ひげ図を作成した。また年齢別稈のDBHの差異を検討するために多重比較（一元配置分散分析）を、タケノコ青果の出荷量と出荷の平均単価間の関係を考察するために相関分析（Kendall相関係数）を行った。統計処理には統計ソフトSPSS 22.0（IBM SPSS Statistics Version 22）を用いた。また、稈の空間分布データの解析方法に関しては、 $m-m^*$ 回帰分析法（Iwao 1968）を用いた。 $m$ は区画当たり稈本数の平均値、 $m^*$ は区画当たり稈本数の平均こみあい度を示す。 $m^*$ は計算式（1）で値を算出する。なお、計算式（1）中の変数に関しては、 $x_i$ は第*i*番目の方形区にいる個体数、 $n$ は方形区数のことを示す。 $m-m^*$ 分析法を用いて生物個体群の分布様式を解析した既往研究に関しては、田村（1998）、丹羽ら（2004）、鄧ら（2011）などがあげられる。しかし日本では管理モウソウチク林を対象に稈の分布様式を解明した研究は筆者の把握の限りではいまだにない。その稈の分布様式は管理竹林の林分状況を評価する一つの重要な指標として把握する必要があると考えられる。

$$m^* = \frac{\sum_{i=1}^n x_i(x_i - 1)}{\sum_{i=1}^n x_i} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{\sum_{i=1}^n x_i} - 1 \quad (1)$$

$$m^* = \alpha + \beta m \quad (2)$$

$m$ - $m^*$ 回帰分析法においては、 $m$ と $m^*$ は計算式(2)で線形関係となる。 $\beta$ 値は稈分布の集中度を示している。 $\beta=1$ のときはランダム分布、 $\beta<1$ のときは一様分布、 $\beta>1$ のときは集中分布していることを示している。切片 $\alpha$ の値は稈分布の基本単位の平均サイズを示し、 $\alpha$ 値が大きくなるに従い分布の基本単位となる集団のサイズが大きくなる。

### III. 結 果

#### 1. 竹林管理者の基本状況

対象1(70代の竹林管理者が2人であった)は1960年から約0.6haのモウソウチク林を現在まで管理してきた。当初はすでに管理されている竹林で、大径で良質な竹材の生産が中心で、生産された竹材は主に地元の竹材商社などを經由して外国へ輸出されていた。1960年代後半から1970年にかけて、円高や輸入竹材の増加などが原因で竹材生産からタケノコ生産に中心を転換した。対象2(70代2人, 80代1人, 合計3人の竹林管理者であった)に関しては、1961年から約1haのタケノコ生産中心のモウソウチク林の経営・管理をはじめた。生産されたタケノコ青果は全国、加工向けのタケノコは地元の加工工場に出荷されていた。現在ではタケノコの生産を目的として竹林管理を継続している。

#### 2. 竹林管理の現状

対象1では、密度管理(間伐)、肥培管理(施肥、中耕、除草)および防災管理(土留め、獣害対策として電気柵の設置、スギの防風樹帯の設置)といった施業によって竹林を管理していた。年に1回の密度管理には5年以上の稈を中心に10~11月頃に間伐作業を行っていた。施肥に関しては6月に鶏糞たい肥とタケノコ専用肥料を、9月に有機肥料とタケノコ専用肥料を、11月に鶏糞たい肥、タケノコ専用肥料および有機肥料を施用していた。中耕作業(地表から深さ10~15cmまでの土壌を膨軟にして通気性を良くし、タケノコの成長の良いようにする作業)は年に1回(10月頃)、除草作業は年間5~6回の頻度で行われていた。また、今回調査した林分(P-1, P-2, P-3)は緩傾斜地帯にあるため(傾斜度10°前後)、土留め作業(等高線方向で2~4mの間隔に、長さ3~5mに玉切りした竹稈を2段重ねる)も行っていた。対象2では、密度管理(間伐)、肥培管理(施肥、中耕、除草)、防災管理(ウラ止め、土留め、獣害対策として電気柵の設置)という竹林施業が行われていた。年に1回の密度管理に関しては、11月に5年生以上の稈を中心とする間伐を行っていた。施肥作業に関しては、2月に硫安(窒素だけの単肥)、7月にタケノコ専用肥料、8月にたい肥、10月にタケノコ専用肥料、11月に硫安が施用されていた。中耕作業は年に1回、除草作業は夏から冬の時期内で3~4回行われていた。また、対象1と同様の土留め作業も確認した。なお、上述の施業は

基本的には管理農家が自ら行っていた。

#### 3. 竹材・タケノコの生産・出荷

対象1では2016年時点のタケノコ総出荷量は1,336kgであり、そのうち、タケノコ生産協同組合や個人商店に青果として出荷された超早掘りタケノコ(10月上旬)は90kg、早掘りと普通掘りタケノコ(12~4月)は455kgであり、それ以外にJAに出荷される加工用のタケノコが791kgであった。竹材生産に関しては、土留め用以外のほとんどの間伐材が地元の竹パルプ加工事業体へ出荷されており、2016年の出荷量は約12,000kg、収入は104,000円前後であった。対象2では2016年時点のタケノコ総生産量は約4,000kgで、そのうち1,000kgがタケノコ青果として出荷され、3,000kgが加工用タケノコとして北薩地区の農産加工工場へ出荷されていた。また、竹林からの間伐材はほとんどが土留め作業のために消費され、一部はチップ用と燃料用として出荷されているが、量は不明であった。

調査対象のタケノコ生産・出荷の実態をより明確にするため、対象2の過去(2003年と2006~2014年)のタケノコ出荷の詳細データ(出荷日、出荷回数、1回当たりの出荷量、出荷単価)を解析した。図-3に対象2の2003年のタケノコ青果出荷状況を示した。出荷期間は概ね10月から4月前半で、合計出荷回数は45回であった。出荷量と出荷単価に関しては、10~12月の間の超早掘りタケノコが少量(100kg以下)かつ高価格(1,000円/kg以上)で出荷され、1月から3月後半までの早掘りタケノコの出荷量(100~400kg/回)の増加に伴い単価が減少(600~800円/kg)していた。4月から出荷量はピーク(400~1,500kg/回)になり、単価は最も低い(50~200円/kg)時期となっていた。なお、本文では2003年時点のデータのみを図-3として挙げたが、2006~2014年の毎年のタケノコ青果出荷状況も図-3と類似し、概ね出荷日の推移により1回当たりの出荷量が増加し、出荷単価が低減する傾向があった。

図-4には対象2の2006~2014年におけるタケノコ青果出荷量と出荷回数の経年変化を示す。10月~翌年4月のタケノコ青果の出荷回数は23回から51回、合計出荷量は910kgから2,837kgであった。タケノコ青果出荷量と出荷回数には年によって増減があったが、大きな変動は認められなかった。図-5には対象2の2006~2014年における超

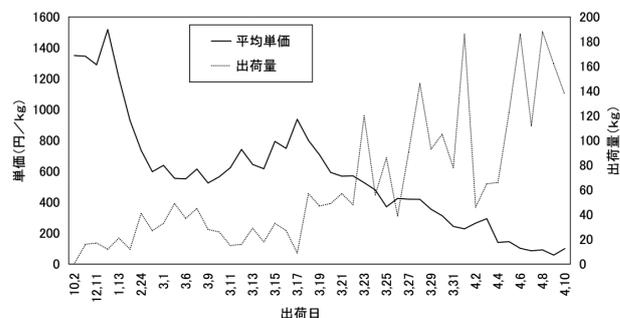


図-3. 2003年の対象2のタケノコ青果出荷状況(出荷回数合計45回)

1) 図ではタケノコ青果の出荷状況のみを示している、加工用タケノコの出荷は含まれていない。2) 出荷期間は概ね当年の10月から翌年の4月前半までであった。

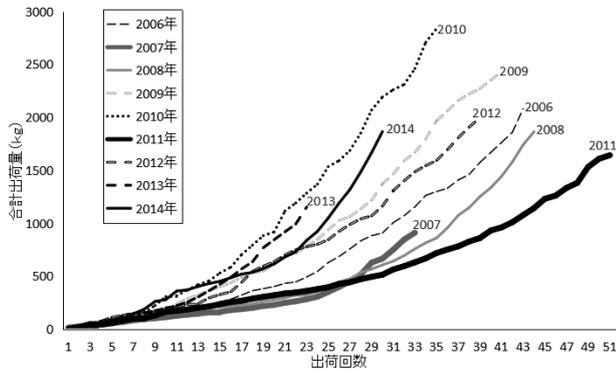


図-4. 2006～2014年における対象2のタケノコ青果出荷量と出荷回数

1) 図ではタケノコ青果の出荷状況のみを示している。加工用タケノコの出荷は含まれていない。2) ここでは合計出荷量は毎回の出荷量の累計である。

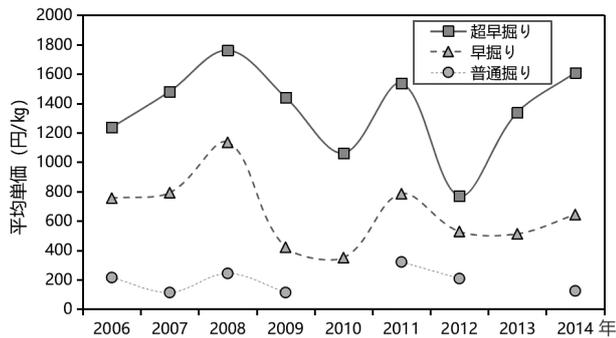


図-5. 2006～2014年における対象2のタケノコ青果の平均単価

1) タケノコ青果の出荷時期は、超早掘りが10～12月、早掘りが1～3月、普通掘りが4月である。2) 2010と2013年には普通掘りタケノコの出荷がなかったため、図にはその平均単価を示さなかった。

早掘り、早掘りおよび普通掘りタケノコ青果の平均単価の経年変化を示す。出荷の時期別（10月～翌年4月）には平均単価の変動が激しい（80～1,800 ¥/kg）。また、タケノコ青果の種類別から見ると、超早掘りタケノコの年平均の出荷単価は概ね800～1,800 ¥/kg、早掘りタケノコは400～1,200 ¥/kgの範囲内で、年によって出荷の平均単価の激しい増減は認められた。一方で、普通掘りタケノコの年平均の出荷単価には著しい変動が見られず、概ね400 ¥/kg以下であった。

4. 林分構造

各プロットの立地条件を表-2に示す、対象1の3プロット（P-1, P-2, P-3）が始良市の北部地区、対象2の3プロット（P-4, P-5, P-6）がさつま町南部の地域に位置している（図-2）。プロットの標高分布は98～210 m、傾斜度は8～15°前後、土壌母材はいずれもシラス（火山灰土）であった。斜面方位は概ね北西面と北面であり、九州では高品質タケノコ生産を目的としている竹林では、主として北向きが多い傾向がある（野中 2001）とされており、同様の傾向が認められた。

6プロットの稈密度、DBH、DBH変動係数（CV）、新竹率および胸高断面積合計を表-3に示す。二つの対象林における稈密度の平均は3,917本/haであった。そのうち、新竹（1～2年生）の平均密度は1,197本/haで全稈の30.6%を占めていた。立枯稈や倒伏稈（なお調査時には前

表-2. 調査対象モウソウチク林の概要

竹種	面積 (ha)	管理歴	調査 PLOT	立地条件			
				傾斜度 (°)	方位	標高 (m)	土壌母材
対象1 モウソウチク	0.6	約59年	1	10	南面	200	
			2	15	西南面	210	シラス
			3	12	北面	206	
			4	10	北西面	98	
対象2 モウソウチク	1.0	約58年	5	13	北西面	115	シラス
			6	8	北面	103	

表-3. 各プロットの林分指標値

対象	PLOT	稈密度 (本/ha)	平均 DBH (cm)	DBH 変動係数 (CV)	新竹率 (%)	胸高断面積合計 (m <sup>2</sup> /ha)
1	P-1	3,400	11.6	0.126	26.5	36.61
	P-2	3,800	12.2	0.144	28.9	45.62
	P-3	4,900	12.1	0.141	38.8	57.88
2	P-4	3,000	11.8	0.142	36.7	33.65
	P-5	4,200	12.0	0.127	23.8	48.07
	P-6	4,200	12.3	0.128	28.6	50.02
平均値		3,917	12.0	0.135	30.6	45.31
標準偏差		612	0.2	0.008	5.4	8.16

新竹率は（1年生と2年生稈の数/全稈密度）で計算された。

年の台風の影響で発生した倒伏稈はすべて除去されていた）は6プロットで出現しなかった。稈の平均DBHは12.0 cm、平均胸高断面積合計は45.31 m<sup>2</sup>/haであった。プロットごとの稈の平均DBHは11.6～12.3 cmの範囲に分布し、DBHの平均値から極端に離れた稈の数は少なく、プロットごとの平均DBHには大きな差は見られなかった。また、DBH変動係数（CV）の平均は0.135であったことから、プロットごとの稈径のばらつきは小さいことが示された。

各プロットにおける稈の胸高直径階分布を図-6に示す。すべてのプロットにおける稈の胸高直径階分布は概ね一山型分布に近く、著しい差異は見られなかった。直径の細い稈（DBH 5.0 cm以下）と極端に太い（15.0 cm以上）稈は少なく、DBH 12.0～13.0 cmの稈の数が最も多く、10.0～14.0 cmの間に稈が集中して分布していた。

各プロットにおける稈の齡構造を図-7に示す。対象1（P-1, P-2, P-3）では、1年生18.2%、2年生15.7%、3年生9.1%、4年生23.9%、5年生20.7%、6年生12.4%という齡構成であった。それに対して、対象2（P-4, P-5, P-6）では、1年生27.2%、2年生1.8%、3年生9.6%、4年生18.4%、5年生44.0%の齡構成であった。なお、対象2における2年生の稈がほとんど存在せず、3年生の稈も少ないことに関しては、2015年8月23～25日の台風15号の強い影響で、稈の堅さに影響する含水率の比較的高い1～2年生稈（石井 2010）の倒伏が大量発生したことが主な原因と考えられた。一方、対象1では、前述のように管理モウソウチク林の周辺に台風の被害防止用スギの防風樹帯を設けたことによって台風の被害をほとんど受けておらず、林分はそのまま維持されていた。

稈齢別の DBH の分布をみると、図-8 に示したように、対象1では1年生から6年生稈の平均 DBH はすべて 11.0~13.0 cm の範囲内にあり、年齢別稈の間の平均 DBH 差は微小であった。一方、対象2では年齢別に稈の平均 DBH に大きな差はなかったものの、3年生以上稈の平均 DBH が上回る傾向が示された。一元配置分散分析を実施したところ、年齢別稈の DBH について、1年生<3年生 ( $t = -1.627, p < 0.05$ )、1年生<4年生 ( $t = -1.186, p < 0.05$ )、1年生<5年生 ( $t = -1.421, p < 0.05$ ) との結果が得られた。1年生稈(台風被害後に発生した稈)の DBH は3年、4年および5年生稈(台風被害前に発生した稈)より有意に小さかった一方で、3年と4年、3年と5年および4年と5年生稈の DBH には、有意差が見られなかった。以上から、2015年の台風被害後に発生した稈(1年生)は台風被害前に発生した稈(3、4、5年生)より DBH が小さくなる傾向が認められた。

6プロットのすべての立稈の空間分布について調べた結果を図-9で示す。全立稈の空間分布様式に関する  $m-m^*$  回帰分析法を用いた解析の結果を表-4に示す。全6プロットのうち、5プロットが一様分布 ( $\beta < 1$ )、1プロットが集中分布 ( $\beta > 1$ ) であり、一様分布に偏っている傾向が示された。また、すべてのプロットにおける稈の分布単位を示す  $\alpha$  値がかなり低い値 ( $\alpha < 1$ ) であることから、6プロットにおける稈の分布単位が小さい、すなわち間伐によって、地下茎の側芽成長により近い距離に2本以上の稈が成立することがほとんどないような親竹管理が行われていることが示された。解析の結果、全般に、稈が小さい分布単位で一様分布している傾向があるという結果になった。なお、P-6のみが集中分布をしていることに関しては、前述のように台風の影響で若齢竹の多くが倒伏したことが主な原因であると考えられた。

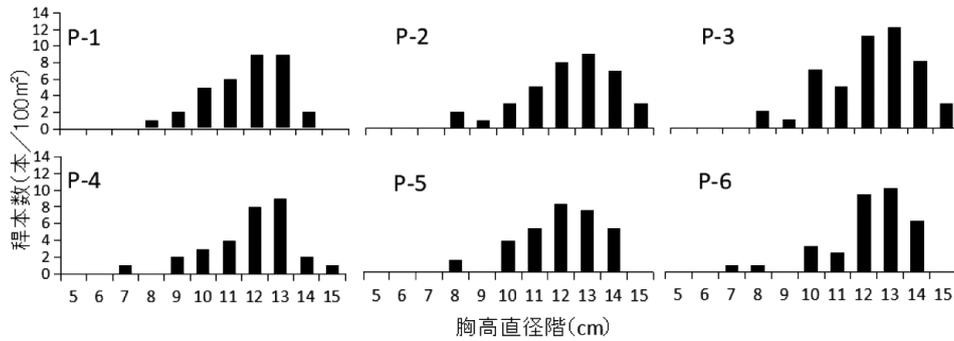


図-6. 6プロットにおける稈の胸高直径階分布

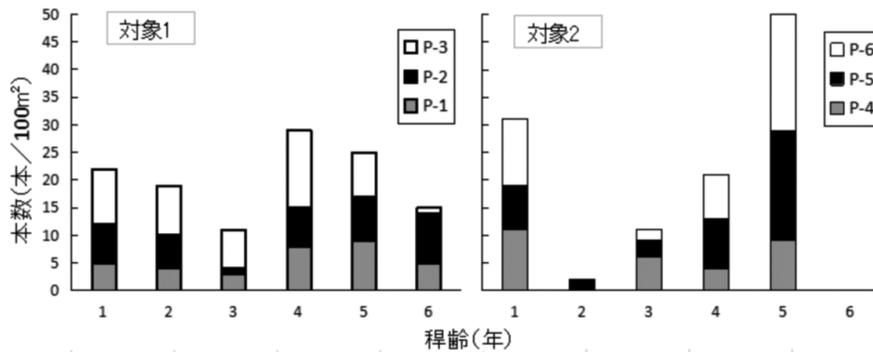


図-7. 6プロットにおける稈の年齢構造

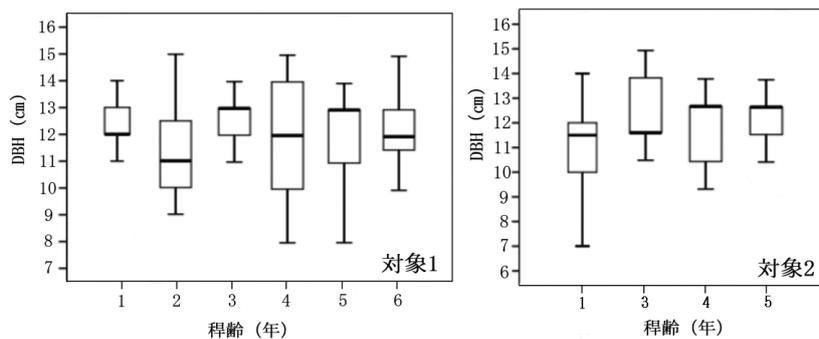


図-8. 稈齢別の DBH の分布

1) 対象2の林分における2年生稈は2本(DBH 12と8 cm)しかなかったため、図-8では示さなかった。

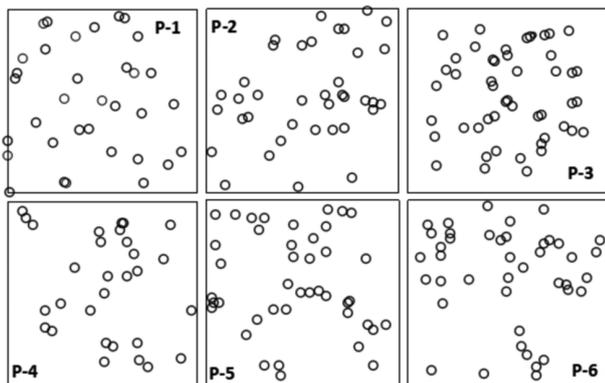


図-9. 各プロットにおける稈の位置

表-4. 全立稈の空間分布の  $m-m^*$  回帰分析の結果

PLOT	$m^* = \alpha + \beta m$			分布様式	
	$\beta$	$\alpha$	$R^2$		
対象 1	P-1	0.9924	-0.0695	0.9945	一様
	P-2	0.9739	0.1648	0.9986	一様
	P-3	0.9058	0.2239	0.9985	一様
対象 2	P-4	0.9396	0.3220	0.9850	一様
	P-5	0.9027	0.3024	0.9973	一様
	P-6	1.0990	0.0982	0.9984	集中

#### IV. 考 察

##### 1. 竹林管理の現状

対象 1 と 2 の竹林管理者の年齢はすべて 70 歳以上、かつ後継者がいない現状であった。このことは（前掲 オンライン）の提示した川薩地区における竹林生産者の平均年齢が 74 歳、後継者不足という結果と一致した傾向であった。管理者の高齢化による管理不足がタケノコ生産量減少の一つの原因であり（片野田 2008）、加えて竹材の伐採、タケノコの掘出などの作業は高齢の生産者にとって重労働であることから、現在管理されている竹林は今後、日常的な維持・管理の頻度が低下する可能性があると考えられる。管理竹林の林分維持、あるいは今後の委託管理などによる新たな管理主体による管理を考える場合、今までの竹林管理で集積されてきた技術、そして竹林からの生産（各年の林分指標、生産・出荷の詳細など）を有用な参考情報として整理・記録し、今後活かしていくことが有効と考えられる。

竹林施業に関しては、対象 1 と 2 は概ね一致していたが、施業の時期と頻度には差異があった。今回の調査結果は、過去に実施された調査（2009～2010 年に鹿児島県環境林務部森林経営課特用林産係により実施された調査）の結果と一致し、竹林施業の項目に変化は見られなかった。タケノコの発生時期、発生量およびタケノコの形状などに影響を与える肥培施業（施肥、除草、土留めなど）を詳しくみると、対象 1 では年 3 回の頻度で、いずれもタケノコ専用肥料（窒素質肥料）と有機質肥料を併用している一方で、対象 2 では年 5 回の頻度で、タケノコ専用肥料、たい肥以外、窒素単肥のみの施用も見られた。このことは、窒素単

肥の方が速効性があり現存量に対する効果が大きい（沼田 1962）ため、タケノコの肥培と同時に台風の被害からの林分の回復も目的としたことが理由であると考えられた。なお、対象 2 の通常の肥培施業に関しては、1 月下旬から 2 月下旬までに BB 肥料（粒状の硫酸・燐安・塩化加里・硫酸加里などを主原料として配合したものである）、5 月にたい肥および緩効性タケノコ専用肥料（ニューさつま）、7 月中旬にケイカル、9 月に森林肥料と BB 肥料、12 月上旬に少量の硫酸が施用されていた。

##### 2. 竹材・タケノコの生産・出荷

以下では、竹材・タケノコ生産の量的変化を考察するため、今回の調査結果と前述した過去に実施された調査の結果、および対象 2 の 2003 年、2006～2014 年タケノコ出荷の既存データとの比較を行った。今回の調査で対象 1 の 2016 年のタケノコ総出荷量（約 1,336 kg）は 2010 年（7,800 kg）の約 6 分の 1 であった。そのうち、タケノコ青果（545 kg）は 2010 年（2,100 kg）の約 4 分の 1、加工向けタケノコ（791 kg）は 2010 年（5,700 kg）の約 7 分の 1 しかなかった。対象 2 の 2016 年の総収穫量は約 4,000 kg であったが、2010 年の加工向けに出荷されたタケノコの量が不明であったため、総出荷量の比較ができなかった。一方、タケノコ青果（約 1,000 kg）は 2010 年時点（2,837 kg）の約 3 分の 1 しかなかった、さらに図-4 に示したように例年のタケノコ青果出荷量よりも低い傾向が見られた。以上の比較を通じて、二つの調査対象林においてはタケノコ青果の生産量が過去より減少していることが示唆された。豊作（表年）と凶作（裏年）および自然災害の影響以外に、国内タケノコの需要低迷、輸入タケノコ缶詰などの加工品の増加（岩井 2005）、中小産地も含む国内他産地での独自の竹林管理技術の確立と発展による早掘りタケノコ市場の競争激化、竹林労働者の高齢化による労働力の不足などが原因と考えられた。

また、図-4 と図-5 に基づいて、対象 2 のタケノコ青果の出荷量と出荷の平均単価間の関係を考察した。出荷量と平均単価間の関係を見るために相関分析を行った結果、タケノコ青果出荷量と出荷の平均単価の間には、負の相関が認められ（kendall の相関係数  $r = -0.514, p = 0.037 < 0.05$ ）、図-10 に示したように、出荷量の増加に伴い平均単価が低下する傾向が示唆された。タケノコ掘り取り、根切りおよび選別などの作業は高齢の生産者にとって重労働であり、タケノコ販売からの収益が確保できることを前提に、タケノコ掘出などの作業時間を短縮すべきと考えられた。また、超早掘り、早掘り、普通掘りおよび加工向けタケノコの 1 本の掘り取りと根切りのため必要とする時間や労力はほぼ変わっていない一方で、超早掘りや早掘りタケノコの出荷単価は普通掘りや加工用よりはるかに高い（図-3）。以上のことから、希少性がありかつ高価な超早掘り、早掘りタケノコを生産を促進することは、タケノコ販売の収益の確保およびタケノコの掘り出しなど竹林での作業負担の軽減を同時に実現するために検討すべき選択肢の一つとして考えられた。

竹材に関しては、2016 年の対象 1 の伐出量は 12,000 kg

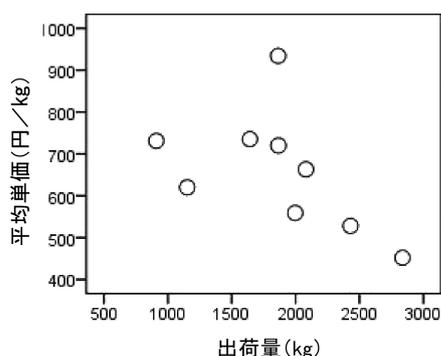


図-10. 対象2のタケノコ青果出荷量と平均単価の関係

であり、鹿兒島のタケノコ生産林における稈の平均重量約22 kg (寺岡・加治佐 2016) を参考にして換算した結果、約545本に相当した。その伐出量は現在の稈密度4,033本/ha (P-1, P-2, P-3 稈密度の平均値) の13.5%であることが明らかになった。しかしながら、過去の調査結果により2010年の伐竹量(730本/ha)は当年の稈密度(2,500本/ha)の約30%で、竹林における伐採強度は過去より減少したことがわかった。対象2の竹林では2010年時点の伐出量(550本/ha)は当時の稈密度(2,500本/ha)の約22%であったが、今回の調査では伐出量が不明のため比較できなかった。伐出された竹材の土留め以外の用途に関しては、対象1では過去の液体燃料加工用から現在のチップ加工用に変化し、対象2では過去のチップ加工用の出荷を停止していた。二つの対象ともに生産された竹材の利用が過去から変化したことが明らかになった。

### 3. 管理モウソウチク林の林分構造

林分調査を通じて、対象1と2の平均稈密度は3,917本/ha、平均胸高直径は12.0 cm、胸高断面積合計は45.31 m<sup>2</sup>/haであることが明らかになった。2010年時点の調査では対象1と2ともに稈密度は2,500本/haであったが、今回の調査により対象1の稈密度が1,533本/ha、対象2の稈密度が1,300本/ha増加していることがわかった。一方で、対象1と2の稈平均DBHは2010年時点(対象1と2とも平均DBHが12.0 cm)とほとんど変化が見られなかった。稈密度が過去より増加したことに関しては、竹林における間伐強度と頻度が過去より低下したためであると推測される。また、既往研究(寺岡・加治佐 2016)は薩摩川内市の6カ所のタケノコ専用生産林における林分調査を通じて、稈密度は2,583本/ha、平均DBHは12.6 cmであることを明らかにしている。上述既往研究の結果と比べて、本調査で得られたタケノコ専用生産林の稈密度が高い一方、平均DBHが若干低い傾向が示された。さらに、柴田(2010)の提示したタケノコ専用生産林の適切な稈密度(2,000~3,000本/ha)より高いことが判明した。このことは、前述した伐竹量が過去より減少したことと一致している。現在では、県内での竹材伐採業者(切り子)はほとんど存在しておらず、タケノコ農家が自家労働で竹材を伐採し(岩井 2005)、加えて竹林管理者の高齢化に伴い竹稈の伐採・搬出など重労働が困難になっていることから、本調査対象地に限らず、県内の他地域においてもタケノコ

専用生産林の稈密度の増加が顕在化する可能性があると考えられた。

稈構成に関しては、今回2017年3月の調査時点では二つの対象とも林内における間伐作業はまだ行われておらず(対象1と対象2の伐採作業は毎年の10~11月の間で、5年以上の稈を中心に伐出している)、5年生以上の稈が竹林中に残っていることから、二つの対象とも4年生以上の稈の比率が高い傾向が認められた。対象2は自然災害の影響により本来の稈年齢構造が大きく変化し、年齢別稈本数の分布は不規則であった。また、対象1では年齢別の稈DBHの差が小さく、およそ12.0 cm前後に分布する一方で、対象2では1年生稈のDBHが比較的低い傾向(図-8)が見られた。強風で1~2年生の若齢竹の多くは倒伏被害を受け、被害を受けた林分における生産量は4~5年間は低下すると考えられ、台風後に発生した新稈のDBHが比較的小さくなっていると考えられた。

稈の空間分布については、6プロットのうち、5プロットにおける稈が一様分布を示したことから、調査地の管理モウソウチク林においては稈が一様分布(稈がほぼ等距離に分布)している傾向があるという解析結果となった。他の管理モウソウチク林における稈の分散構造に関する既往研究が見つからなかったが、千葉県天然マダケ林における稈の分布様式はランダムに近づくこと(沼田 1955)、京都の天然マダケ林における稈の分布様式は極めてランダムな分布を示したこと(上田・沼田 1961)から考えると、放置竹林と管理竹林における稈の分散構造には顕著な差異が存在するといえる。稈の分散構造に差異が生じる原因に関しては、竹林の立地や土壌などの自然条件のほか、主に竹材やタケノコの収穫、あるいは中耕、施肥作業などといった人為的管理によってより土壌の異質性が改善される(Zhu *et al.* 2014) ことによると考えられる。

## V. 結 論

本研究では鹿兒島県におけるタケノコ生産を目的とした管理モウソウチク林を対象に林分調査および竹林管理者に対する聞き取り調査を行い、管理モウソウチク林の管理・生産状況および管理された竹林の林分構造を明らかにすることを目的に、1) 竹林管理施策、2) 竹材・タケノコの生産と出荷の詳細な内容、3) 管理竹林における稈密度、平均DBH、新竹率、稈の分散構造などの林分指標の三つに焦点をあてて分析を行った。その結果、二つの竹林管理主体はともに50年以上の長い竹林管理歴があり、竹林管理と竹材・タケノコの生産に関わる技術や知恵が多く蓄積されてきたが、高齢化による竹林での重労働作業が困難になるなどの課題に直面している。調査では、二つの対象ともタケノコ生産を中心とした竹林施策を定期的に行っていることが確認され、その管理の結果(稈密度が3,917本/ha、平均DBHが12.0 cm、新竹率が30.6%)から、二つの対象竹林における管理はこれまで維持されてきたといえる。しかしながら、竹林の生産性から見ると、竹材、特にタケノコの出荷量は過去より減少している傾向が見られた。これは竹材・タケノコ需要の低迷と市場競争の激化、竹林管

理者の高齢化により作業が困難になっていることが要因と考えられた。このような竹材・タケノコ生産量の減少は、竹林における稈密度が過去より増加していることとも関係していると考えられた。今後、竹材・タケノコ生産が低迷し続ける場合、竹林での施業頻度と管理強度の低下により稈密度がさらに増加する可能性がある。そうした中で、管理竹林の林分維持、さらに委託管理などの新たな管理主体による管理を考える場合、これまでの竹林管理で集積されてきた技術、そして竹林からの生産（各年の林分指標、生産・出荷の詳細など）を有用な参考情報として整理・記録する必要があると考えられる。現在、竹林作業効率の向上や省力化のための林業機械の開発と実証実験が進んでいる一方で、その研究や実験対象は主に放置竹林となっている（古川 2009；上村ら 2013；村上・山田 2009）。しかしながら、放置竹林や拡大竹林と比べて管理モウソウチク林では林分密度が低く、稈が一様分布し、土留め作業などにより竹林内部における作業空間の広さと作業の容易さが確保されることから、管理モウソウチク林を対象とした林業機械（原竹伐採用の小型グラブ（野田 2014）およびタケノコ掘り補助ロボット（九産大産業ロボット 2015）など）の開発と導入が作業の持続性と省力化を改善する一つの選択肢として検討する価値があると考えられた。

### 引用文献

- 青葉 高 (1989) 園芸植物大事典. 小学館
- 古川 均 (2009) 小面積竹林を対象とする作業システムと問題点, 傾斜地帯幅 5~10 m. 日林学術講 120: M19
- 鄧 英英・湯 孟平・徐 文兵・陳 永剛・婁 明華・趙 明水 (2011) 天目山近自然毛竹純林の竹稈空間結構特徴. 竹子研究彙刊 30 (1): 11-16
- Isagi Y, Torii A (1998) Range expansion and its mechanisms in naturalized bamboo species, *phyllostachys pubescens*, in Japan. J Sustain For 6: 127-141
- 石井 哲 (2010) モウソウチクの伐採所要時期及び含水率. 岡森研報 26: 19-28
- 岩井吉彌 (2005) 竹材及びタケノコ生産の変遷と課題—鹿児島を事例として—. 森林応用研究 14: 1-8
- Iwao S (1968) A new regression method for analysis the aggregation pattern of animal populations. Res Popul Ecol 10: 1-20
- 鹿児島県森林経営課 (2019) 地区別・樹種別の森林面積と蓄積現状. 「地域森林計画書. (平成 31 年 4 月 1 日)」
- 鹿児島県 (オンライン) 鹿児島県森林・林業統計: 林産物及び木材工業 (平成 21 年~令和元年) <http://www.pref.kagoshima.jp/sangyo-rodor/rinsui/ringyo/toukei/index.html> (参照 2020-7-1)
- 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重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 学術研究論文集 28: 19-24
- 片野田逸朗 (2008) タケノコ栽培における肥培管理の改善, 被膜肥料の選定と施肥基準の再検討. 鹿児島県森技総研報 11: 1-15
- 鹿取悦子・岩井吉彌 (1994) 鹿児島県の竹産業の構造: 竹材の生産・流通・加工の分析. 京大演報 66: 76-91
- 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. 鹿大演報 36: 1-8
- 栗田 融・包清博之 (2010) 地域景観の保全に資する地域住民の利用可能性からみた竹の活用条件に関する考察. ランドスケープ研究 73(5): 659-662
- 九産大産業ロボット (2015) タケノコ掘り補助ロボット. [http://www.ip.kyusan-u.ac.jp/j/kougaku/tb/sakaki/rmdc2017q/works/work\\_2015\\_06.html](http://www.ip.kyusan-u.ac.jp/j/kougaku/tb/sakaki/rmdc2017q/works/work_2015_06.html) (参照 2020-6-20)
- 前迫俊一 (オンライン) 鹿児島県川薩地区におけるたけのこの生産振興について—生産者の高齢化などに対応した取組— (2009 年 11 月). [https://www.rinya.maff.go.jp/kyusyu/ryuikikanri\\_happyokai/hatupyoutaikai21-2.html](https://www.rinya.maff.go.jp/kyusyu/ryuikikanri_happyokai/hatupyoutaikai21-2.html) (参照 2019-3-2)
- 村上 勝・山田隆信 (2009) 竹皆伐作業による低コストチップ化システムの開発. 日林学術講 120: M19
- 丹羽康之・城倉友幸・中村寛志 (2004) AFC 構内農場のリング園におけるハダニとその天敵類の発消長ならびに空間分布について. 信州大学農学部 AFC 報告 2: 23-30
- 野田 巖 (2014) 点在する資源を効率的に使うには?. (竹林整備と竹材・タケノコ利用のすすめ方. 全国林業改良普及協会編, 全国林業改良普及協会). 188-197
- 野中重之 (2001) モウソウチクのウラ止め, 福岡県下の実態. 日林九支研論文集 54: 173-176
- 沼田 真 (1955) 竹林の群落構造と遷移—竹林の生態学的研究. 千葉大学文学部紀要 1: 221-231
- 沼田 真 (1962) 竹林の生態. 日本林業技術協会
- Okutomi K, Shinoda S, Fukuda H (1996) Causal analysis of invasion of broad-leaved forest by bamboo in Japan. J Veg Sci 7: 723-728
- 林野庁 (2004) 竹林資源と竹産業の変遷と現状及び課題 (岩井担当). 里山林等における地球温暖化防止等のための森林整備に関する基礎調査 第 2 章: 87-113
- 柴田昌三 (2010) 竹資源の新たな有効利用のための竹林施業. 森林科学 58: 15-19
- 鈴木健敬・成田忠範 (1975) モウソウチク林の施業試験. 林業試験場研究報告 273: 75-93
- 鈴木重雄・中越信和 (2008) モウソウチク稈密度の増加が植物種数に及ぼす影響. Hikobia 15: 185-192
- Suzuki, S, Nakagoshi, N (2008) Expansion of bamboo forests caused by reduced bamboo-shoot harvest under different natural and artificial conditions. Ecol Res 23: 641-647
- 高田真莉子・逢沢峰昭・中山ちさ・大久保達弘 (2017) 群馬県における竹林の分布と林分構造を基にした荒廃の指標化. 宇大演報 53: 27-41
- 田村正人 (1998) 個体群生態学入門. 家屋害虫 20(1): 52-59
- 寺岡行雄・加治佐剛 (2016) 薩摩川内市のモウソウチク資源量と生産可能性について. 薩摩川内市竹資源量把握調査業務委託 (基礎調査) 平成 27 年度業務報告
- 鳥居厚志・井鷲裕司 (1997) 京都府南部地域における竹林の分布拡大. 日生態誌 47: 31-41
- 豊田信行・得居 輝・松岡真悟 (2005) モウソウチクの林分構造と混交による樹木の生長変化. 愛媛県林技研報 23: 29-34
- 上田弘一郎・斎藤達夫・上田晋之助 (1959) 竹林の肥培に関する研究: 三要素試験について. 京大演報 28: 13-36
- 上田弘一郎・沼田 真 (1961) 原生竹林の更新とその生態学的研究. 京大演報 33: 27-54
- 上村 巧・佐々木達也・伊藤崇之・鳥居厚志 (2013) 平坦地のモウソウチク林における帯状伐採の作業性. 森林学誌 28(1): 51-58
- 内村悦三 (1973) マダケ林の本数管理と生産力について. 富士竹類植物園報告 18: 16-29
- 山口 修・井上二 (2004) モウソウチクを主とするタケ類の里山林への参入と照葉林への参入. 兵庫教育大学研究紀要 24: 81-94
- Zhu QG, Jin AW, Lou YH, Tang SG, Qiu YH (2014) Association between spatial patterns and ramets of *phyllostachys heterocycal* cv. *Pubescens* population using replicated spatial point patterns. World Bamboo Rattan 12(5): 1-8