

# 地域産タケ材の品質評価と供給・流通ルートの開発

2016年度～2018年度

豊嶋 勲\*

## 要 旨

近年、多くの地域で放置竹林の整備が課題となっている。本研究では、その効率的な駆除法として腰高伐採法に着目し、竹林駆除の省力化手法について調査した。その結果、腰高伐採法は既存の手法である地際伐採法に比べ、少なくとも皆伐後3年間は、再生タケの本数密度、総材積ともに小さく伐採駆除の省力化につながるレベルであると考えられた。また、利用による竹林管理という観点から、モウソウチクの利用に取り組む民間企業との共同で地域産タケ材をスピーカー振動板へ利用するため、最適な材質を持つ個体の選別法及びその材質評価を行うとともに県内林業事業者によるタケ材の供給コスト調査及び供給ルートについて調べた。その結果、生材の丸竹の応力波伝播速度とヤング率の関係は有意な関係があり、構築されたこのデータベースを基に現地での応力波伝播速度測定から効率よくヤング率による個体選別が可能となった。また、一定量のタケ素材を供給する場合の供給コストを試算した結果、作業道に隣接した竹林ではキロあたり20円程度となった。一方、搬出路網のない竹林ではキロあたり50円を超えるコストとなった。

## I 目的

タケノコやタケ材の需要が減少し、竹林が管理されなくなって久しく、全国的に放置竹林の拡大への対策が課題となっている。当県では、里山林や人工林への侵入が確認されており、自治体などにより伐採駆除が実施されている。この伐採駆除は農薬を用いる手法より長期にわたる伐採と管理が必要となるが、周辺環境への特別な配慮を必要としないことから竹林整備の一般的な手法として実施されることが多い。しかし、長期の伐採を要することは整備費用の増大を招くこととなり改善の余地がある。そこで本研究では、伐採駆除の効率化に期待される腰高伐採法、すなわち約1m高

で高伐りする方法に着目し、その省力化への効果を県内の複数箇所で検証した。

一方で、広大な面積の放置竹林の駆除には伐採駆除だけに依存することは難しく、タケを材料としての利用を促し、竹林管理に繋げていくことが重要と考えられる。タケ材の利用方法は様々考えられるが、本研究では、サポイン事業でモウソウチクを使用したスピーカーコーン（以下、コーン）の実用化を目指す民間企業等との共同により愛知県内の地域産タケ材（モウソウチク）の性質・性能や利用可能な個体の選別手法を確立するとともに県内におけるタケ材の入手ルートと供給コストについて調べた。

---

Isao TOYOSHIMA: Strength properties of bamboo from Aichi prefecture and exploring supplier of unused bamboo, *phyllostachys pubescens*.

本研究の一部は、日本木材学会中部支部大会（2017）及び第69回日本木材学会（2019）で公表した。本研究は、平成28年度、29年度の戦略的基盤基準高度化支援事業（サポイン事業）を活用して実施した。

\* 現新城設楽農林水産事務所

## II 方法

### 1. 竹林再生の効率的抑制法の検討

西尾市と豊橋市に試験地を設置した。西尾フィールドは2016年2月に放置竹林を皆伐し、豊橋フィールドはこれまでタケノコ生産林であった箇所の一部に試験地を設け、2017年2月に皆伐した。西尾フィールドは、腰高伐採区、地際伐採区を同程度の面積で南西斜面に設けた。豊橋フィールドは、面積が腰高伐採区：地際伐採区＝2：1となるよう南斜面に設置した。各試験地の概況は表－1のとおりである。胸高直径、樹高は無作為に50本調査した結果である。haあたりの材積はSuga et. al.(2011)の次式(1)を使用した。

$$V=(0.908 \cdot \pi \cdot DBH^2 \cdot H)/(4 \cdot ((1-1.2/H)/0.6)^{1.742})/10000 \cdot 0.311 \quad (1)$$

V(材積):m<sup>3</sup>, DBH(胸高直径):cm, H(樹高):m

皆伐の翌年度以降は、10月に再生タケの胸高直径、樹高、本数密度を測定し、再生タケの形状等の変化を調べた後、2月に再生タケの皆伐を同様に継続した。

表－1 試験概要, 面積(S), 胸高直径(DBH), 樹高(H), 本数密度(TD), 材積(V)

試験地	S (ha)	DBH (cm)	H (m)	TD (ha <sup>-1</sup> )	V (m <sup>3</sup> ・ha <sup>-1</sup> )	皆伐前の状況
西尾フィールド	0.22	10.5 (1.7)	15.4 (1.5)	9,200	167.1	放置竹林
豊橋フィールド	0.12	12.1 (1.7)	17.0 (1.4)	1,800	42.0	タケノコ生産竹林

※ ( ) は標準偏差を表す。

### 2. 地域産タケ材の品質評価

2016年～2017年に愛知県内の西尾市、豊橋市、東浦町の竹林で3年生以上と判断した立竹を無作為に伐採した。伐採した竹稈を元口から1.8mごとに玉切り1番玉から3番玉までの供試材を得た(立竹 n=129, タケ素材(以後、丸竹) n=385)。伐採後直ちに縦振動法による固有振動数と応力波伝播速度、重量を測定した。また材積を求めた

め、末口と元口径および肉厚を測定した。材積(V<sub>log</sub>)は以下の式(2)による。

$$V_{log}=\frac{((D_t+D_b)/4)^2 \cdot \pi \cdot 1.8 - ((D_t+D_b-2T_t-2T_b)/4)^2 \cdot 1.8 \cdot \pi}{4} \quad (2)$$

D<sub>t</sub>(末口径):mm, D<sub>b</sub>(元口径)mm, T<sub>t</sub>(末口肉厚)mm, T<sub>b</sub>(元口肉厚):mm

丸竹のヤング率(E<sub>log</sub>)は以下の式(3)による。

$$E_{log}=(2 \cdot f \cdot 1.8)^2 \cdot (W_{log}/V_{log}) \quad (3)$$

f(固有振動数):Hz, W<sub>log</sub>(丸竹の重量):kg

次に末口と元口間の応力波伝播速度(V<sub>sw</sub>)を測定した。測定にはFAKOPPを用いた。以上により応力波伝播速度とヤング率の関係データ群(V<sub>sw</sub>, E<sub>log</sub>)を得た。

### 3. タケ材の供給・流通ルートの開発

前節で述べた西尾市、豊橋市で初回の皆伐を実施し、伐採、集材・集積及び搬出の労働生産性、供給コスト試算を行った。両フィールドの作業仕組み及び路網条件は表－2のとおりである。労働生産性は、各作業にかかった人員及び時間と竹稈の総重量(t)から求めた。総重量は、供試材の竹稈1本当たりの重量を測定し、本数密度データから推定した。生産コストは労務費15,000円/人日、福利厚生、管理費を含めた。機械代は建設単価歩掛を参照した。

表－2 作業仕組みと路網条件

試験地	伐採・玉切	集材・集積	搬出	積込	路網条件
西尾フィールド	チェーンソー	グラップル	—	人力	作業道隣接
豊橋フィールド	チェーンソー	人力	小型運搬車	人力	道路まで300m

## III 結果と考察

### 1. 竹林再生の効率的抑制法の検討

表－3に皆伐後の試験地における再生タケの胸高直径、樹高、本数密度、haあたりの立竹材積の変化を示す。皆伐後の初年度は両伐採区ともに、胸高直径、樹高、本数密度は減少した。特に腰高

表-3 腰高伐採区及び地際伐採区における毎年伐採後の再生竹の胸高直径(DBH), 樹高(H), 本数密度(TD), 立竹総材積(V)の変化.

(a) 西尾フィールド				
年度		2016	2017	2018
DBH (cm)	腰高伐採	3.8±2.1	1.7±1.2	1.8±1.2
	地際伐採	2.5±1.9	3.2±1.5	2.2±1.4
H (m)	腰高伐採	3.8±1.7	2.8±1.4	3.6±1.4
	地際伐採	2.8±1.7	3.2±1.6	3.4±1.5
TD (ha <sup>-1</sup> )	腰高伐採	3,100	5,900	5,900
	地際伐採	5,100	6,500	8,700
V (m <sup>3</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	腰高伐採	5.1	2.1	2.7
	地際伐採	10.9	7.0	4.4

(b) 豊橋フィールド				
年度		2016	2017	2018
DBH (cm)	腰高伐採	-	5.8±3.2	5.6±3.0
	地際伐採	-	7.4±3.4	6.5±3.4
H (m)	腰高伐採	-	6.9±3.2	7.7±5.1
	地際伐採	-	8.4±3.2	8.4±3.7
TD (ha <sup>-1</sup> )	腰高伐採	-	900	1,280
	地際伐採	-	1,400	1,270
V (m <sup>3</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	腰高伐採	-	7.1	6.0
	地際伐採	-	9.8	8.1

伐採区での再生タケの本数密度は、両フィールドともに地際伐採区より減少量が大きかった。しかし、伐採後2年以降の本数密度は増加に転じた。一方で、伐採後2年以降の再生タケの材積については、両フィールドともに減少した。これらのことから初年度の皆伐後、腰高伐採区では、地際伐採区より再生タケの本数密度は少なく、竹稈の材積は小さいことが明らかとなった。以上のことから放置竹林の伐採駆除への腰高伐採法の適用により、少なくとも伐採後3年までは通常の地際伐採法より労力を軽減できる可能性が示された。

## 2. 地域産タケ材の品質評価

図-1に丸竹の末口径と末口肉厚の関係を示す。丸竹の径が大きくなるほど肉厚も大きくなった(1%有意)。材を入手する際、搬出効率を考慮した径の大きさとともに材料として必要な寸法が確保されているかは重要なことである。これにより丸竹を調達する際の径基準を決めることが可能となった。

次に、地域産の丸竹のヤング率について図-2に1番玉から3番玉ごとに示す。丸竹のヤング率

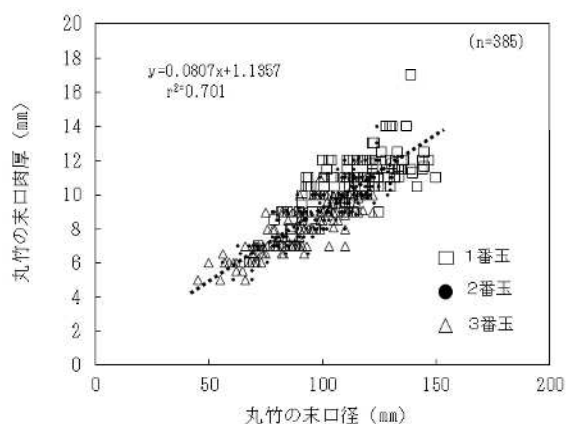


図-1 丸竹の末口径と末口肉厚の関係

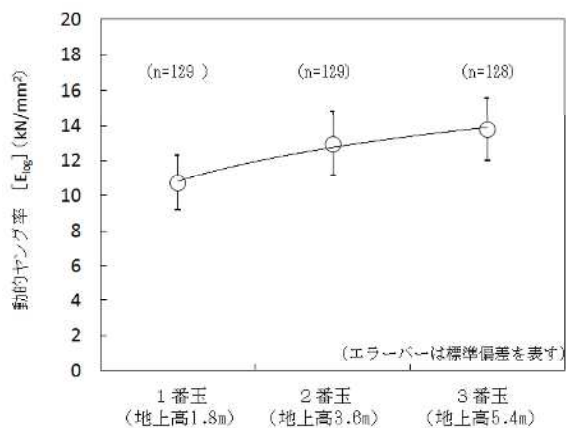


図-2 丸竹の地上高によるヤング率の変化

は、8.4 ~ 15.7 kN/mm<sup>2</sup>に分布し、番玉数が大きくなるほど、すなわち地上高が高くなるほど大きくなった。ヤング率の高い材料を求めらるれば地上高の高い部位から採取すればよいと考えられる。

これに関して、立竹にて応力波伝播速度だけでヤング率を予測するための応力波伝播速度 vs.動的ヤング率の関係データ群を構築した。1番玉についてこの関係を図-3に示す。応力波伝播速度の上昇とともにヤング率が大きくなり(1%有意)、含水率及び密度を考慮せずとも高い精度で予測できることが示された。

次に、含水率を考慮することなく丸竹の応力波伝播速度測定だけから、本プロジェクトでコーン

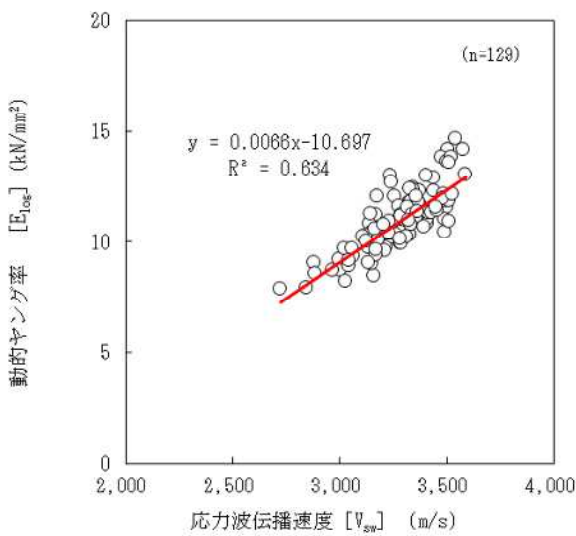


図-3 丸竹(1番玉)の応力波伝播速度と動的ヤング率の関係

に求める乾燥状態での応力波伝播速度を満たす材料の予測について検討した。目標として設定したコーンの応力波伝播速度は、5,000m/sとした。タケ素材は樹脂含浸、流動成形処理の過程で応力波伝播速度は若干減少することが明らかとなっている。まずは、素材の段階で 5,000m/s を超える丸竹を選別するための丸竹生材の応力波伝播速度による選別法について検討した。ここで応力波伝播速度は含水率依存があることが Chan et. al. (2011)をはじめ多くの既報で知られ、繊維飽和点以上と以下でバイリニアで表すことができるとされている(図-4)。本研究では丸竹の乾燥過程で応力波伝播速度 vs.含水率の関係を逐次測定したデータからモウソウチクの  $\Delta V_{sw}/\Delta MC$  を繊維飽和点(F.S.P)以上と以下に分けてそれぞれ数個体分の平均値を求めた。

その結果 F.S.P 以上では  $\Delta V_{sw}/\Delta MC$  を 11.8、以下では 16.8 とした。これを用いて丸竹生材の応力波伝播速度測定値と含水率から全乾状態の丸竹の応力波伝播速度推定値を求めた。この関係を図-5に示す。

両者には有意な相関関係はなく、応力波伝播速

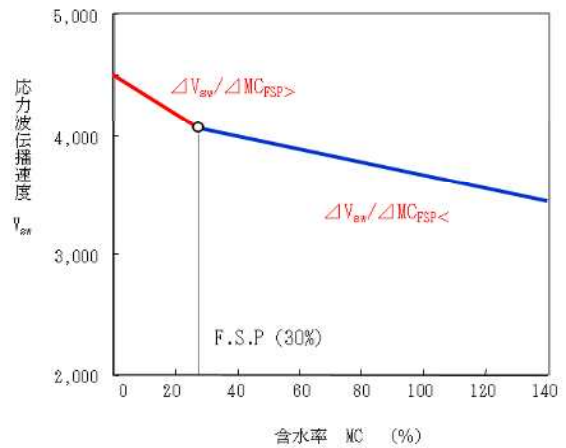


図-4 応力波伝播速度の含水率による変化を表すイメージ

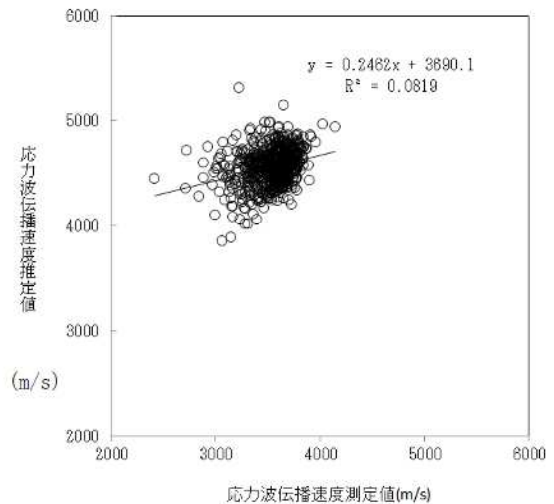


図-5 応力波伝播速度測定値と推定値の関係

度の測定のみで目標値を超える個体の推定は困難であることがわかる。また、応力波伝播速度推定値においても 5,000m/s を超える個体はわずかしがなく、素材の時点で目標値を上回ることは難しいと判断された。以上のことから、高性能なコーンを求めるには、モウソウチクの全乾状態での応力波伝播速度の推定分布域からではなく、応力波伝播速度から推定したヤング率を用いることが有効と考えられた。

### 3. タケ材の供給・流通ルートの開発

表-4に西尾、豊橋フィールドの労働生産性と

表－４ 労働生産性と供給コスト

試験地	労働生産性 (t/人日)			路網条件	供給コスト (円/kg)	
	伐採・玉切 集材・集積	搬出	トータル		条件 (A)	条件 (B)
西尾 フィールド	1.3	－	1.3	トラック進入 可能な作業道 に隣接	6	24
豊橋 フィールド	1.0	1.1	0.5	集積地から道 路まで300m	30	55

供給コストを示す。労働生産性は、伐採、集材・集積、搬出にかかった人工と林分全体の推定竹悍重量から求めた。西尾フィールドは既述したようにトラック進入路に隣接していることからグラップルを導入し、竹林内に積置きする材（集積）と搬出用に作業道端まで運び出した材（集材）に分けた。これにより、無駄な集積を省略することができ生産性は高かった。供給コストは、伐採・集積までの費用はかからないものとする場合（条件 A）と全工程の費用がかかる場合（条件 B）の試算を行った。西尾の場合、条件 A の場合は 6 円/kg に対し、条件 B では 24 円/kg であった。豊橋での試算では、条件 A で 30 円/kg、条件 B で 55 円/kg となった。当プロジェクトのタケ生産コスト事例調査のサポインプロジェクト委員会（2016-2017）によれば、高知県において森林組合が供給するタケ素材はおおよそ 25 円/kg となっている。これは集成化など高度利用を前提とした限度額であるとされている。すなわち西尾フィールドのような搬出条件の比較的良好な所でも何らかの補助がなければ、燃料やチップなどへの低度利用は難しいことを示している。一方、豊橋フィールドの場合では、条件 A で 30 円/kg と高度利用でも難しい数値となった。竹林は多くの地域で路網条件のよくない場所にあると思われる。利用を前提とした伐採にあっては、トラック進入が可能な路網が必須と考えられた。

## 引用文献

- サポインプロジェクト委員会（2016-2017）高知県・福岡県タケ利用事例調査レポート（未公表）
- Chan M. J., J. C. Walker, C. A. Raymond (2011). Effects of moisture content and temperature on acoustic velocity and dynamic MOE of radiate pine sapwood boards. *Wood Sci. Technol.* 45: 609 – 626
- Suga H, Inoue A, Kitahara F (2011). Derivation of two-way volume equation for bamboo, *phyllostachys pubescens*, *J. For. Res.* 16: 261-267