

人間の暮らしと密接に関わってきた竹林の近年の分布および地上部資源量 ：兵庫県丹波篠山市を事例とした研究

菊川裕幸^{1*}・小林慧人²・阪下竜喜³・三橋弘宗⁴・柴田昌三⁵

¹ 神戸学院大学現代社会学部

² 森林研究・整備機構 森林総合研究所関西支所

³ 兵庫県立篠山東雲高等学校

⁴ 兵庫県立人と自然の博物館

⁵ 京都大学大学院農学研究科

e-mail : ag19041@s.okadai.jp

Recent Distribution and Above-ground Biomass of Bamboo Stands, Closely Linked to Human Life : A Case Study of Tamba Sasayama City, Hyogo Prefecture

Hiroyuki KIKUKAWA^{1*}, Keito KOBAYASHI², Ryuki SAKASHITA³,
Hiromune MITSUHASHI⁴ and Shozo SHIBATA⁵

¹ Faculty of Contemporary Social Studies, Kobe Gakuin University

² Kansai Research Center Forestry and Forest Products Research Institute

³ Hyogo prefectural Sasayamashinonome Highschool

⁴ Museum of Nature and Human Activities, Hyogo

⁵ Graduate School of Agriculture, Kyoto University

e-mail : ag19041@s.okadai.jp

Summary

Focusing on Tamba-Sasayama City in Hyogo Prefecture, this study aimed to 1) facilitate a better understanding of the actual distribution of bamboo stands throughout the city and 2) clarify bamboo species and management conditions through on-site surveys to gain a better understanding of the amount of above-ground bamboo biomass throughout the city. For objective 1), we analyzed bamboo stand distributions and changes in each bamboo stand based on aerial photo data over two years (1999 and 2016). For objective 2), we investigated bamboo species, management conditions, and growth locations of each bamboo stand and estimated the above-ground biomass. We verified bamboo stands throughout the city both in 1999 and 2016, confirming 2,007 and 2,016 stands in 1999 and 2016, respectively. The total area covered by bamboo stands increased by > 20 % from 186.5 ha in 1999 to 229.1 ha in 2016. Of the 1,209 tracts of bamboo stands surveyed, Moso bamboo (*Phyllostachys pubescens* Mazel ex Houz.) consisted of 58 % of the total, followed by Madake (*P. bambusoides* Sieb. et Zucc.) and Hachiku (*P. nigra* var. *henonis* Staps) at 39.2 % and 2.8 %, respectively. The management status tended to be consistent across all three species, with > 50 % of plants left "unmanaged " for both Moso and Madake. Considering the overall bamboo stand conditions, the average culm densities for Moso and Madake bamboo were 14,340 and 26,982 culms/ha, respectively, while their above-ground dry weight per unit areas of the stands were 329.7 and 164.6 t/ha, respectively. The estimated above-ground bamboo biomass of all bamboo stands surveyed throughout Tamba-Sasayama was 36,844.2 tons. A total of 60,229.8 tons of bamboo resources were estimated to be utilized in Tamba Sasayama

2024年12月6日受付. 2025年1月7日受理.

*投稿責任者.

人植関係学誌. 24 (2) : 9-18. 2025. 論文 (原著論文).

City. Additionally, in the future, it will be important to study survey methods for mountain forest areas and formulate plans for bamboo stand development and resource management using the information obtained. In recent years, there has been much activity using bamboo resources to revitalize local communities, and it has been recognized as having certain benefits for human life. In the future, it will be important to consider methods for surveying mountain forests and formulate plans for maintaining bamboo stands and managing resources based on the information obtained to rebuild the relationship between the Japanese people and bamboo.

Key words : abandoned bamboo stand, *Phyllostachys pubescens* Mazel ex Houz.,
P. bambusoides Sieb. et Zucc., resource utilization
放置竹林, モウソウチク, マダケ, 資源利用

緒言

世界のイネ科タケ亜科植物は 1,400 種類以上にのぼるといわれ、我が国では日本列島に自然に分布する種に加え、外国からの導入種で帰化もしくは長年にわたり一定の地域で栽培利用の歴史のあるものを含めて 131 種に分類される (林野庁, 2018)。その中でも、我が国においてもっとも大型種であり、資源としての利用価値が高い三大有用竹として、モウソウチク (*Phyllostachys pubescens* Mazel ex Houz.), マダケ (*P. bambusoides* Sieb. et Zucc.), ハチク (*P. nigra* var. *henonis* Staps) が挙げられる (柴田, 2010)。

竹の稈は樹木の幹とは比較にならないスピードで成長し、発筍からわずか 2～3 か月で伸長・肥大成長を終える特徴をもつ。食料や材として有益な植物であり、特に農家にとっては農作業の材料となるほか、竹材や筍によって、現金収入を得やすいことから盛んに栽培されてきた (大野ら, 2002)。しかし、1980 年代ごろから海外からの安価な竹材輸入が増加し、1990 年代には海外からの筍製品 (主に水煮筍) の輸入が急増した結果、竹材と筍という 2 種類の収穫物の国内の経済的価値が低下した (柴田, 2010)。その結果、我が国の三大有用竹の竹林は管理されず荒廃し、周辺の土地 (人工林や里山などの樹林、休耕農地、溜め池等) に及ぼす影響も問題視されるようになった (柴田, 2010)。2023 年には日本全国の竹林面積は約 17.5 万 ha となり (林野庁, 2023)、統計資料上では、長期的に微増傾向で推移している (林野庁, 2018)。

このような現状を踏まえ、1990 年代以降、竹林拡大の実態に関する研究 (大野ら, 2002; 片野田, 2003; 鈴木ら, 2006; 篠原ら, 2014; 真鍋ら, 2020 など) や、放置竹林を利用するための資源量の調査 (奥田ら, 2006; 北里・井上, 2013) が行われてきた。竹林の分布変遷や資源量を簡便かつ適切に評価することは、竹資源のバイオマス利用推進等において基礎となる。また、竹林における炭素蓄積量を把握し、気候変動の緩和に向けた竹林の管理政策立案に資する研究も行われている (Yamamoto・Inoue, 2023)。これらの研究成

果は、今後の竹と人との関係性の再構築を検討する上で重要な基盤となる。

こうした竹林分布の実態や竹資源量は地域によって異なるため、実態を把握するためには地域ごとに調査を進める必要がある。地域全体の竹林の分布傾向を把握するには、先行研究にあるような航空写真や GIS を用いた分析が有効である。そして竹資源量をより適切に推定するためには、竹の種類や現在の管理状況を考慮することも重要であり、そのためには現地踏査が欠かせない。しかし、実際にこうしたアプローチを通して地域レベルで資源量把握を試みた例はこれまでにほとんどない。

そこで本研究では、兵庫県丹波篠山市を対象に、1) 市全域の竹林分布の実態を把握すること、2) 現地踏査を通して竹の種や管理状況を明らかにし、市全域の竹林の地上部現存量の推定を行うことを研究の目的とした。1) については、2 時点の航空写真データ (1999 年と 2016 年) をもとに、竹林の分布状況や各竹林の 2 時点の変化を解析した。2) では、踏査可能な竹林を対象に、竹の種類および管理状況、生育立地を調査し、地上部現存量の推定を行った。

調査地と研究方法

1. 調査地

調査地である兵庫県丹波篠山市の総面積は 377.59km² で、主要な産業は農業である。標高 200～300 m の篠山盆地を中央に有し、気候は年較差、日較差ともに大きい内陸性気候で年平均気温は約 12.7℃、年間降水量は約 1,350 mm (2000～2007 年の平均値) である (丹波篠山市, 2020a)。

丹波篠山市の竹林について兵庫県林業統計書を見ると、2008 年の竹林面積は 99 ha となっており、2020 年も 99 ha と面積の増減はない (兵庫県農政環境部, 2010, 2022)。篠山市歴史文化基本構想 (丹波篠山市, 2020b) によれば、市内を流れる大山川や篠山川には細工に手ごろなマダケ林が多く、竹籠の製造業者が大正中期から昭和中期まで多く存在していた。また、筑

や箕などの日用雑貨、農具及び運搬籠を近隣だけでなく大阪、神戸などへも卸していた。さらに、観賞用、工芸用のウンモンチク(タンバハンチクとも呼ばれる)材の特産地でもあり、篠山城周辺に竹工芸作家によって植栽された記録もある(坪井, 1913; 上田, 1963; 丹波篠山市, 2024a)。しかし、時代の変遷とともに河川改修による原料調達量の減少、プラスチック製品の安価な供給により、1960年ごろに竹細工は下火となった。このように、丹波篠山市においてもかつて竹は生活の中で広く利用されてきたが、全国的な竹利用の減少と同時期にその利用は減少している。

現在、丹波篠山市の放置竹林は増加傾向にあり、こうした放置竹林の一部では地域住民による整備活動が実践されている。例えば、福住地区では地域の農業高校や農家がモウソウチクを用いたビニールハウス(バンブーグリーンハウス)を製作している(Bamboo Green-House Project, 2024)。また、整備後に出た竹材を破碎するための竹破碎機の貸し出しが行政によって行われており、破碎後の竹をチップ化し、農業利用するなどの取り組みもみられる(菊川ら, 2018)。

2. 竹林の分布状況の把握

丹波篠山市が所有する、1999年4月と2016年4月(調査時点で同市に現存する最新の写真)に市内全域が撮影された航空写真を使用した。航空写真はデジタルオルソ画像に変換し、GISソフト ArcGIS (esri ジャパン製)を用いて目視判読により15 m²以上の竹林を抽出した。判読の精度を高めるため、両年のデータについてそれぞれ2回ずつ解析を行った。なお、google map等の衛星写真を利用しなかったのは、丹波篠山市が所有する航空写真の方が解像度が高く、竹林判別の精度が高まると判断したためである。

各竹林については、面積に加え、標高、平均傾斜度、主要道路からの距離を測定するために、航空写真のほかに国土地理院発行の基盤地図情報から、数値地図25,000(地図画像)、10 mメッシュの平均標高、道路線データを取得した。両年の面積の比較は、抽出した竹林を重ね合わせることで行い、その増減を求めた。そして、抽出した竹林は、4つのタイプに分類し、整理した(第1表)。すなわち、1999年には確認できなかったが2016年には確認できたものを「新規出現」の竹林、逆に1999年に確認できたが2016年に確認できなかったものを「消滅」の竹林、両年において同じ場所にあり、面積が減少したものを「面積減少」の竹林、面積が増加したもの(複数の竹林の統合を含む)を「面積増加」の竹林とした。

3. 現地調査

2016年の航空写真の目視判読により抽出した竹林2,072か所のうち、現地踏査が可能であった1,209か所(全体の竹林数の58.3%)について、2021年6月から8月にかけて、竹の種類(モウソウチク、マダケ、

ハチク)、管理状況(放置、一部管理、管理)、分布場所(山林、農地、住宅地、河川、その他(いずれにも分類できない土地))を調べた。複数種が隣接している竹林は、それぞれ別の竹林として調査し、複数種が混生している場合は、優占種を種名とした。管理状況の3区分(放置、一部管理、管理)は「放置」を竹林内の枯死稈が抜去されておらず、竹を伐採した痕跡が見当たらない竹林、「一部管理」を竹林内に枯死稈は存在するが、農道、林道や道路などの付近のみで整理伐がなされている竹林、「管理」を、竹林内の枯死稈が抜去され、下草等の除去や伐採が行われている竹林や、筍生産のために管理されている竹林、とした。

4. 竹林の地上部現存量の推定

1) アロメトリー式の作成

各種の竹について、竹稈(稈+枝葉)の乾燥重量を推定するため、以下の式(1)のアロメトリー式を作成した。

$$W = a \text{ DBH}^{\beta} \quad (1)$$

ここで、Wは枝葉を含めた竹稈(全体)の乾燥重量を、DBHは稈の胸高直径を、 a と β は定数を示す。

2020年8月および2021年7月に市内で5年以上管理が行われておらず放置されたモウソウチク林とマダケ林のそれぞれ3林分(第3表のモウソウチク林p1~3、マダケ林b1~3)において、モウソウチクは計24本、マダケは計23本をランダムに選定し、稈の地際部で伐採した。伐採後、稈のDBHを測定し、稈、枝、葉のそれぞれの生重量を計測した。さらに周辺の竹稈を伐採し、各器官の含水率を計算し(平均値はモウソウチク稈37.9%、枝30.3%、葉45.1%、マダケで稈38.9%、枝32.0%、葉50.3%)、各器官の生重量を乾燥重量量に換算した。ハチクについては市内で十分なサンプル量を確保できなかったため、同じ兵庫県内のハチク林調査時に用いられた既報のアロメトリー式(Kobayashiら, 2022)を使用した。

2) 単位面積あたりの地上部現存量の推定

単位面積あたりの竹林の地上部現存量Mは、以下の式(2)から推定した。

$$M = \rho W \quad (2)$$

ここで、 ρ は単位面積あたりの稈の本数(稈密度)、Wは平均の竹稈(稈+枝葉)の乾燥重量量を示す。モウソウチクでは、前述の竹林p1~3に加えて2 m×5 mのプロットを2個(第3表のp4~5)、マダケでは、b1~3に加えて3 m×3 mのプロットを2個(第3表のb4~5)、ハチクでは3 m×3 mのプロット2つ(第3表のpn1~2)を対象にプロット内の全稈を調査し、すべての生きている稈のDBHを測定した。p4~5、b4~5、pn1~2は2024年7月に調査した。DBHは0.1cm括約で測定した。各種の平均DBHおよび稈密度 ρ を計算し、 ρ ならびに式(1)で求めたWを用いて、式(2)によりMを計算した。

3) 地域全域の竹林の地上部現存量の推定

地域全体の竹林の地上部現存量 S は、以下の式 (3) で推定した。

$$\begin{aligned} S &= \sum s_i \quad (i=1,2) \\ s &= \sum b_j \quad (j=m,p,u) \\ b &= A M \quad (3) \end{aligned}$$

ここで、 s_i ($i=1,2$) において、 s_1 は踏査可能であった竹林の地上部現存量を、 s_2 は踏査不可能であった竹林の地上部現存量を示す。 b_j は各管理状況の竹林の現存量とし、 j はそれぞれ m が管理竹林、 p が一部管理の竹林、 u が放置竹林を示す。 A は竹林面積、 M は単位面積あたりの地上部現存量を示す。

未踏査の竹林面積は、丹波篠山市内の竹林の総面積から現地踏査した竹林面積を差し引き算出した (モウソウチク 46.3 ha, マダケ 43.3 ha, ハチク 3.9 ha)。

なお、未踏査竹林の管理状況は、立ち入りが困難であることから、管理がなされていないとの仮定をおき、放置竹林とみなして地上部現存量を計算した。

5. 統計解析

竹林面積の年代間比較等の2群間のデータ比較では、対応のある母平均の差の検定 (t 検定) を行った。「新規出現」竹林と「消滅」竹林の2群間の比較には、対応のない母平均の差の検定 (t 検定) を行った ($p < 0.05$, 両側検定)。これらの統計処理には統計ソフトエクセル統計 7.0 for Windows (エスミ社製, 2019年版) を用いた。アロメトリー式の統計解析には、統計ソフト IBM SPSS Statistics 24.0 for Windows / IBM Corporation (Chicago, IL, USA) を用いた。

結果

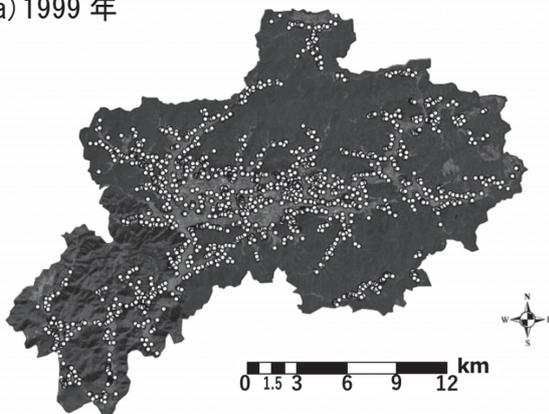
1. 竹林の分布状況の把握

丹波篠山市の1999年と2016年の竹林分布状況を第1図に示した。竹林は1999年および2016年でともに市内全域で確認された。すべての竹林と4タイプに分類した各カテゴリー (新規出現, 消滅, 面積増

加, 面積減少) の竹林数, 面積, 立地条件を第1表に示した。竹林は1999年に2,007か所, 2016年に2,072か所であり, 17年間で65か所増加していた (約1.0倍)。17年の間に「新規出現」した竹林は594か所, 「消滅」した竹林は498か所であった。竹林面積の合計は, 1999年に186.5 ha, 2016年に229.1haとなり, 17年間で42.6 ha 拡大していた (約1.2倍)。すべての竹林を対象にすると, 1999年と2016年との比較で有意に増加していたのは個々の面積であり, 1999年の $968.4 \pm 1,438.3 \text{ m}^2$ (平均値 \pm 標準偏差) から2016年の $1,134.1 \pm 1,507.6 \text{ m}^2$ に増加した。一方, すべての立地条件に関する値は有意に減少していた。道路までの距離は1999年には $23.4 \pm 20.5 \text{ m}$ であったが, 2016年には $21.7 \pm 18.6 \text{ m}$ と減少していた。この要因として, 「新規出現」した竹林の道路までの距離が $19.9 \pm 17.2 \text{ m}$ と「消滅」の竹林 ($23.9 \pm 22.1 \text{ m}$) よりも短くなっていることや, 「面積減少」した竹林の道路までの距離1999年 ($26.2 \pm 23.1 \text{ m}$) が2016年 ($24.2 \pm 22.0 \text{ m}$) よりも有意に短くなっていることが関連すると考えられた。平均傾斜度は1999年の $14.2 \pm 9.9^\circ$ から2016年の $13.5 \pm 9.6^\circ$ に減少していた。この要因として, 「面積減少」, 「面積増加」の竹林で, 2016年の平均傾斜度が有意に減少していたことが関与していると考えられた。平均標高は1999年の $236.0 \pm 37.8 \text{ m}$ から, 2016年の $230.9 \pm 47.7 \text{ m}$ へとやや減少する傾向を示した。

第2図には, 1999年および2016年のすべての竹林の面積および立地条件の頻度分布を示した。面積をみると, 500 m^2 以下の小面積の竹林が最も多く, 1999年には全体の43.0%であったが, 2016年には30.4%となり減少していた。一方で $1,000 \sim 2,000 \text{ m}^2$, $2,500 \sim 3,000 \text{ m}^2$, $4,000 \sim 4,500 \text{ m}^2$ といった大面積の竹林は17年間で増加傾向を示した。道路からの距離は, 両年とも $10 \sim 15 \text{ m}$ が最も多く, 約30%を占めていた。傾斜度は $0 \sim 5^\circ$ が最も多く, 傾斜が急になるにつれて竹林数が減少する傾向にあった。

a) 1999年



b) 2016年

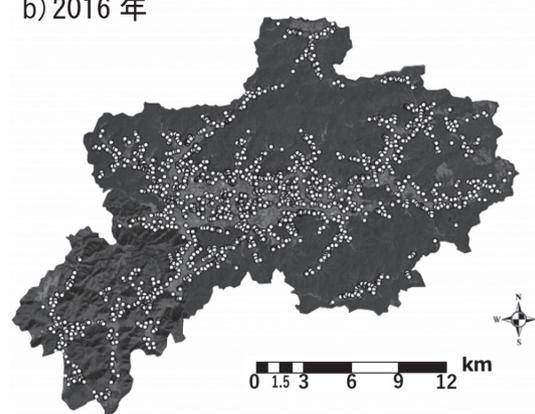


Fig.1. Distribution of bamboo stands sampled in 1999 and 2016 in Tamba-Sasayama City.

第1図. 丹波篠山市全域の1999年と2016年の竹林の分布状況。

注: 各竹林の面積が小さいものが多いため図中には各竹林の中心点を○で示した。

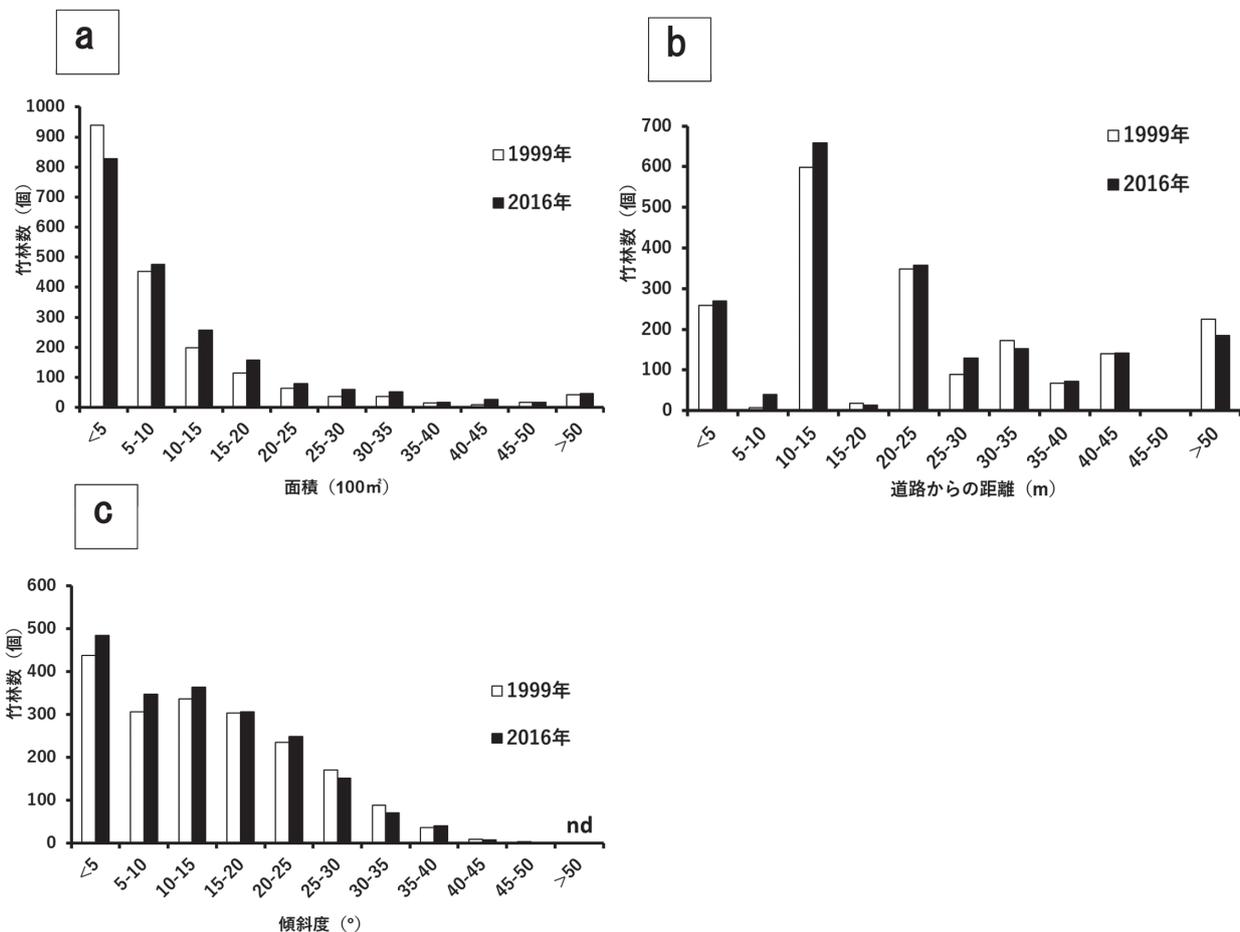


Fig. 2. Comparison of bamboo stand patches in 1999 and 2016 (a: area, b: distance from road, c: average slope).
 第2図. 丹波篠山市の1999年と2016年の竹林面積や立地条件に関する頻度分布 (a:面積, b:道路からの距離, c:平均傾斜度).

Table 1. Comparison of the bamboo stand area and the area and location conditions of each bamboo stand category in 1999 and 2016.

第1表. 1999年と2016年の竹林面積と各竹林カテゴリーの面積と立地条件の比較.

調査年	竹林カテゴリー ^z	竹林数 (箇所)	竹林面積		道路までの平均 距離±SD(m)	平均傾斜度 ±SD (°)	平均標高 ±SD(m)
			総面積(ha)	平均±SD(m)			
1999	全竹林	2,007	186.5	968.4±1,438.3	23.4±20.5	14.2±9.9	236.0±37.8
2016		2,072	229.1	1,134.1±1,507.6	21.7±18.6	13.5±9.6	230.9±47.7
2016	新規出現	594	27.6	478.9±509.5	19.9±17.2	13.4±9.4	242.3±40.3
2016	開発等による消滅	493	26.2	543.9±720.3	23.9±22.1	13.7±9.6	239.6±41.3
1999	面積減少	434	66.4	1,580.4±2,007.4	26.2±23.1	15.8±10.9	237.5±36.5
2016		435	47.6	1,130.3±1,379.1	24.2±22.0	14.7±10.7	228.2±49.4
1999	面積増加	1,080	94.0	916.9±1,325.1	22.1±18.4	13.8±9.5	233.7±36.5
2016		1,043	153.9	1,501.7±1,777.7	21.8±17.6	13.1±9.3	225.5±49.6

*: $p < 0.05$, ns: 有意差なし.

^z1999年には確認できなかったが2016年には確認できたものを「新規出現」、逆に1999年に確認できたが2016年に確認できなかったものを「消滅」、両年において同じ場所にあり、面積が減少したものを「面積減少」、面積が増加したものを「面積増加」とした。

Table 2. Bamboo species, management situation, and distribution locations of surveyed bamboo stands.

第2表. 踏査した竹林の竹種, 管理状況および分布場所.

竹種	竹林数 (箇所, %)	竹林面積		管理状況 (箇所, %) ^z			分布場所 (箇所, %)				
		総面積 (ha)	個々の竹林 面積(m²)	管理	一部管理	放置	山林	田畑	住宅地	河川	その他
モウソウチ	701(58.0)	86.6(63.9)	1258.7±1714.8	52(7.4)	268 (38.2)	381 (54.4)	628 (89.6)	40 (5.7)	13 (1.9)	5 (0.7)	15 (2.1)
マダケ	474(39.2)	46.5(34.3)	1010.1±1357.6	17(3.6)	130 (27.4)	327 (69.0)	277 (58.4)	95 (20.0)	19 (4.0)	65 (13.7)	18 (3.8)
ハチク	34(2.8)	2.5(1.8)	801.6±745.9	0(0)	6 (20.0)	24 (80.0)	8 (26.7)	12 (40.0)	1 (3.3)	9 (30.0)	0(0)

^z管理状況の定義は本文を参照.

2. 竹の種類と管理状況および分布場所

現地踏査の結果を第2表に示した。種ごとに竹林数をみると、モウソウチクが全体の58.0%と過半数を占め、マダケが39.2%、ハチクが2.8%と続いた。合計面積をみると、モウソウチクで1,258.7㎡と最も広く、マダケが1,010.1㎡、ハチクが801.6㎡と続いた。個々の竹林面積も同様にモウソウチク、マダケ、ハチクの順であった。

管理状況については3種ともに一致した傾向であった。面積の広い2種（モウソウチク、マダケ）についてみると、「管理」の竹林はそれぞれ7.4%、3.6%、「一部管理」の竹林はそれぞれ38.2%、27.4%、「放置」の竹林はそれぞれ54.4%、69.0%であり、両種ともに大半の竹林が十分に管理されていなかった。「一部管理」の竹林は、林道沿いや道路沿いなどのごく一部を伐採

Table 3. Above-ground biomass in abandoned *Phyllostachys pubescens* Mazel ex Houz., *Phyllostachys bambusoides* Sieb. et Zucc. and *P. nigra* var. *henonis* Staps stands estimated by allometry formula.

第3表. 放置モウソウチク林, 放置マダケ林, および放置ハチク林の林分概況.

竹種		稈密度 (本/ha)	DBH(cm)	地上部現存量 ² (t/ha)
モウソウチク	p1	13,500	9.8±1.9	246.8
	p2	15,100	8.9±2.2	233.6
	p3	10,100	13.8±1.5	338.1
	p4	16,000	11.1±2.3	365.5
	p5	17,000	12.3±2.1	464.3
平均±SD		14,340±2,696	11.1±2.0	329.7±94.3
マダケ	b1	23,700	6.3±1.9	181.9
	b2	23,500	6.6±1.3	197.4
	b3	20,000	4.5±2.7	77.4
	b4	37,740	5.0±0.9	184.2
	b5	29,970	5.6±1.2	182.3
平均±SD		26,982±7,005	5.6±0.9	164.6±49.2
ハチク	pn1	17,205	5.9±2.7	112.8
	pn2	47,175	6.9±1.2	397.8
平均±SD		32,190±21,192	6.4±0.7	255.3±201.5

²地上部現存量はアロメトリー式から推定された地上部器官の乾物重を示す。

している状態にあり、このカテゴリーの竹林の中で、林内の間伐や枯死竹の抜去等がなされている竹林は確認できなかった。

分布場所をモウソウチク、マダケの2種でみると、山林がそれぞれ89.6%、58.4%と共通して最も大きかった。一方、田畑や河川の分布割合はモウソウチクで低くマダケで高かった。ハチクは少ないものの、他の2種と異なり、田畑(40.0%)がやや多く、次いで河川(30.0%)や山林(26.7%)に分布している特徴がみられた。

3. 竹林の地上部現存量の推定

モウソウチクおよびマダケの稈DBHと竹稈の乾物重の関係は次式のようにになった。

$$\text{モウソウチク} : W = 0.34\text{DBH}^{1.75} \quad (R^2 = 0.95, p < 0.001)$$

$$\text{マダケ} : W = 0.20\text{DBH}^{1.98} \quad (R^2 = 0.97, p < 0.001)$$

竹林の林分概況と単位面積あたりの地上部現存量の結果を第3表に示した。稈密度をみると、モウソウチクで最も低かった。モウソウチク林は10,100～17,000本/haの範囲にあり、平均は14,340±2,696本/ha、マダケ林は20,000～37,740本/haの範囲にあり、平均は26,982±7,005本/ha、ハチク林では32,190±21,192本/haであった。一方で稈の平均DBHはモウソウチクで最も大きく11.1±2.0cm、マダケで5.6±0.9cm、ハチクで6.4±0.7cmであった。竹林の単位面積あたりの地上部現存量は、モウソウチクで329.7±94.3t/haと最も大きく、マダケで164.6±49.2t/ha、ハチクで255.3±201.5t/haと推定された。

丹波篠山市全域における竹林の地上部現存量の推定値を第4表に示した。踏査した竹林における推定値は合計36,844.2tとなり、その内訳は、モウソウチクで28,552.0t(77.5%)、マダケで7,653.9t(20.8%)、ハチクで638.3t(1.7%)であった。これらに未踏査の竹林の推定値を足し合わせた結果、市内全域の竹林の地上部現存量の合計は60,229.8tと概算され、その内訳は、モウソウチクで43,809.9t(72.7%)、マダケで14,782.3t(24.5%)、ハチクで1,637.7t(2.8%)となった。

Table 4. Results of estimated above-ground biomass in bamboo stands in Tamba-Sasayama City.

第4表. 丹波篠山市における竹林の地上部現存量の推定結果.

種類	単位面積あたりの地上部現存量 (t/ha)	踏査した竹林		合計(踏査した竹林+未踏査の竹林)	
		竹林面積(ha)	地域全体の竹林地上部現存量(t)	竹林面積(ha)	地域全体の竹林地上部現存量(t)
モウソウチク	329.7	86.6	28,552.0	132.9	43,809.9
マダケ	164.6	46.5	7,653.9	89.8	14,782.3
ハチク	255.3	2.5	638.3	6.4	1,637.7
計		135.6	36,844.2	229.1	60,229.8

考 察

1. 竹林の分布状況と管理

本研究対象地域では、17年の間に竹林面積が1.2倍に拡大していた。竹林面積の拡大要因には、竹林数の増加と個々の竹林面積の拡大の2要因が考えられる(鳥居, 1998)。丹波篠山市では竹林数の大きな変化はなかったことから、個々の竹林面積の拡大が全体の竹林面積の拡大の主要因と考えられた(第1表, 第2図)。

真鍋ら(2020)は、1960年代以降の各地域の竹林面積の拡大に関する研究事例をまとめている。モウソウチク林の面積拡大は丹波篠山市と同様に都市近郊の地域で報告されており、面積の拡大率は2.4~5倍であり、本研究の1.2倍と比べると2倍以上であった。真鍋ら(2020)は2000年以降の竹林面積を評価した研究は少なく、近年の拡大状況の包括的な評価が難しいことを指摘している。既報の多くが20世紀の竹林面積の変化を解析した事例であることを考慮すると、2000年以降の竹林面積の推移を報告した本研究は貴重な資料といえる。面積拡大の程度が既報よりも小さい理由は明らかではないが、竹林の拡大速度は隣接する樹林の存在によって低下すると考えられており(Kobayashiら, 2018)、こうした点が関連する可能性がある。すなわち、地域全体として、ここ数十年の間に里山エリア自体も人の利用を受けなくなり樹林化が進行した結果、竹が容易に拡大できるエリア(ニッチ)が次第に減少しているという可能性である。

竹林数には大きな変化がなかったが、個々の竹林の消長についてみると、17年の間に新たに出現した竹林は594か所、消滅した竹林は498か所であった。竹林の消滅は、先行研究で指摘されてきたように、市街地化等の人為的な影響が主な原因と考えられ(大野ら, 2003)、開花枯死による消滅は調査期間内に認められなかった。また、新たに出現した竹林については、詳細な原因は不明であるが、時代背景を考慮すれば、竹の植栽が新たに行われたというよりも、1999年に小面積であった、あるいは樹林の樹冠下にあった竹林が拡大したものが2016年に目視判読された可能性がある。丹波篠山市内では2020年頃からハチク林(ウンモンチク林)の一斉開花枯死現象が散見されており、開花後には竹林面積がさらに減少する可能性がある。今後の竹林面積の推移については長期的に経過観察を続ける必要がある。

竹林の立地条件は管理作業を行う上で重要な情報となる(山本ら, 2013)。研究は各地で行われており、調査地に近い地域の事例として、兵庫県淡路島では道路からの距離が100m以内かつ傾斜角が10~25°の場所に竹林が集中しており、大阪府岸和田市では標高250m以下、傾斜5~10°の西南西向きの斜面に竹林数が多いことなどが示されている(真鍋ら, 2020)。

丹波篠山市においては、1999年と2016年ともに、多くの竹林が道路からの距離は25m以内で、平均傾斜角は15°未満、標高は250m以下に分布しており、既報の結果と概ね一致していた(第1表)。

以上より得られた結果をもとに立地条件の特徴から管理可能性の高い竹林を検討した。一般に、傾斜度が概ね20°を越えると人の移動や伐採等の作業は行いにくく、伐採した竹が自然滑落するといわれている(林野庁, 2018)。そこで、傾斜20°までを管理作業に入りやすい傾斜と考えた。また、道路からの距離については、人力での搬出が可能とされる30mを伐採可能距離と考える事例がある(三好, 2015)。これら2つの条件を満たす(傾斜が20°を下回り、道路からの距離が30mよりも近い)竹林は、2016年の竹林の中で1,159か所が該当し、その面積は110.1haであった(合計竹林面積の48.1%)。このことから、丹波篠山市内の竹林は、立地条件の観点からみれば、およそ半数の竹林が管理可能であると考えられた。また、兵庫県内で竹林拡大のシナリオ分析を行った宮崎ら(2015)は、小面積の竹林から優先的に除去を行うことが将来の竹林面積を縮小させる上で最も有効であると報告している。丹波篠山市において面積縮小の管理指針を目指しているかどうかについて筆者らは把握していないが、市内では小面積の竹林が最も多いという特徴があったため(第2図)、それらを優先して伐採することは将来的な竹林面積増加の抑制に有効に働く可能性がある。

2. 竹の種類と管理状況および分布場所

現地調査と航空写真に基づき竹林分布等を調査した研究はこれまで数多く報告されているが(篠原ら2014, 真鍋ら, 2020)、竹種や管理状況および分布場所を詳細に調査した例は筆者らが調べる限りではこれまでなかった。

丹波篠山市においては、踏査可能であった竹林を対象に調べた結果、竹林数1,209か所中で最も面積が大きかったのはモウソウチク(58.0%)であり、管理竹林は10%以下とほとんど管理されていなかった。分布場所をみると、モウソウチクは約90%が山林に分布していた(第2表)。モウソウチク林の分布が確認された場所の周辺には、居住地および農地が点在しており、かつてタケノコ生産や竹材利用のために植栽が行われたものが管理放棄され、その分布が拡大したことが考えられる。一方、マダケやハチクは田畑や河川における分布割合が高いという特徴があり、これがモウソウチクとは異なる点であった。マダケが河川に分布していたのは、マダケは適度な水分量があり、水はけがよい環境立地を好むことや歴史的に護岸のために植栽されてきたこと(藤原ら, 2009)が考えられた。本研究のような種ごとの分布情報は基礎的であるが全国的にみても数少ない。今後、他の地域でも同様の調

査が進むことが望まれる。

3. 竹林の林況と地上部現存量

竹林の林分概況のうち、まずモウソウチクをみると、稈密度の平均は $14,340 \pm 2,696$ 本/ha、DBHの平均は 11.1 ± 2.0 cmであった(第3表)。日本各地のモウソウチク林のDBHや稈密度の報告を整理したInoueら(2018)によると、稈密度の平均は $5,222 \pm 2,561$ 本/haで、最小は1,000本/ha、最大は21,900本/haであった。DBHの平均は 10.6 ± 1.8 cmで、最小は6.2 cm、最大は15.0 cmであった。このことから、日本各地のモウソウチク林と比較して、本調査対象のモウソウチクの稈密度は平均より2.7倍高く、DBHは同様の値となった。

次にマダケであるが、本研究における稈密度の平均は $26,982 \pm 7,005$ 本/ha、DBHの平均は 5.6 ± 0.9 cmであった(第3表)。群馬県における調査では、稈密度の平均は $17,467$ 本/haでDBHの平均は5.4 cmであった(高田ら, 2017)。本研究では、高田ら(2017)と比較すると、稈密度は約1.5倍と高く、DBHは同様の値を示した。ハチクについては、サンプル数が少なく2林分ではらつきが大きかった。放置竹林の平均的な林況把握のためには情報蓄積が必要である。

単位面積あたりの地上部現存量では、モウソウチクは 329.7 ± 94.3 t/ha、マダケは 164.6 ± 49.2 t/haとなった。Yamamoto・Inoue(2023)による日本各地の竹林の地上部重をみると、モウソウチクは $46.7 \sim 293.8$ t/ha(平均は 145.7 ± 61.4 t/ha)、マダケは $28.3 \sim 137.8$ t/ha(平均は 63.5 ± 31.6 t/ha)であった。これらの数値と本研究の結果を比較すると、地上部現存量は既報の上限値をモウソウチクでは約36t、マダケでは約27t上回っていることがわかった。

地上部現存量の値は式(2)より、平均稈密度と竹稈の乾燥重量の2要素に分解される。本研究で大きな値を示した具体的な理由は不明であるが上述のように稈密度の高さが影響しているかもしれない。他には乾燥重量を規定するアロメトリー式であるが、既報の別のアロメトリー式(後藤ら, 2008)を用いて計算すると、モウソウチク p1～p5の地上部現存量の平均は 355.9 ± 120.7 t/ha、マダケ b1～b5は 126.4 ± 41.5 t/haとなり、本研究の推定値よりもモウソウチクで約25 t/ha多く(1.08倍)、マダケで約38 t/ha少なかった(0.76倍)。このように用いる式によっても推定値が幾分変動しうることに留意し、得られた数値の扱いに慎重になる必要がある。

丹波篠山市内における地域全体の竹林の地上部現存量は $60,229.8$ tとなり、その約73%をモウソウチクが占めた。未踏査であった竹林は立ち入りが困難な場所に位置していたため、調査が出来なかったが、これらの竹林は放置竹林である可能性が極めて高く、今後管理が行われなければ拡大することが予想される。竹を

バイオマス資源として継続的に利用するためには、将来的な利用可能量といった資源量の把握が不可欠である(久米村ら, 2009)。本研究では既報の方法に従って計算を行い(村上ら, 2006; 奥田ら, 2006; 佐渡・山田, 2007; 阿部・柴田, 2009)、加えて、管理状況や竹の種を考慮してより詳細に現存量推定を試みた。

丹波篠山市では、地域住民を対象に竹破砕機の無償貸し出しが行われ、行政と住民が協力して竹林整備や竹を活用しようとする機運が高まりつつある(丹波篠山市, 2024b)。そのため、市全域で管理を考える際には、単に「竹林」と捉えるのではなく、どのような状態の竹種で、どのように管理されているのかを把握することで、地域内の竹林における整備の優先順位の決定に寄与できると考えられる。

一方、研究の限界として、山林部の調査が困難であったことや地上部現存量を把握する上で枯死稈の存在を考慮に入れられていないことなどが挙げられる。今後はこうした点についても調査方法を検討する必要がある。竹資源の活用例は全国で報告されており、筍の採取やメンマへの加工、竹パウダーの農業利用、竹林を用いたレクリエーション活動等、地域ぐるみの活動が挙げられる(全国林業改良普及協会, 2014)。このように、市民の暮らしにおいて竹資源は、コミュニティの再生やレクリエーション、教育の場など様々な有益性がある。そのため、今後は官民一体となり、竹林整備や資源管理の計画を策定することが重要である。

これまでの人間にとって竹は、生活用具や食料など生活に欠かせないものであったが、現代はそうでなくなりつつある。そのため、今後は新たな関係性を構築していくことが重要である。

摘 要

本研究は兵庫県丹波篠山市を対象にし、1) 市全域の竹林分布の実態を把握すること、2) 現地踏査を通して竹の種や管理状況を明らかにし、市全域の竹林の地上部現存量の推定を行うことを目的とした。1) については、2時点の航空写真データ(1999年と2016年)をもとに、竹林の分布状況や各竹林の2時点の変化を解析した。2) では、踏査可能な竹林を対象に、竹の種類および管理状況、生育立地を調査し、地上部現存量の推定を行った。その結果、竹林の分布は、1999年、2016年いずれも市内全域で確認され、竹林数は1999年に2,007箇所、2016年には2,072箇所が確認され、竹林面積の合計は1999年の186.5 haから2016年には229.1 haとなり約1.2倍の拡大がみられた。踏査した竹林1,209箇所のうち、モウソウチクが全体の58.0%を占め、次いでマダケが39.2%、ハチクが2.8%となった。管理状況は3種とも一致した傾向であり、モウソウチク、マダケいずれも「放置」の割合が50%

を越えた。竹林の林分概況について、稈密度の平均をみると、モウソウチク林は14,340本/ha、マダケ林は26,982本/haであり、単位面積あたりの地上部乾物重はモウソウチク林で329.7t/ha、マダケ林で164.6t/haとなった。丹波篠山市全域における竹林の地上部現存量の推定では、踏査した竹林全体で36,844.2tとなった。ここに未踏査の竹林全体の地上部現存量を加えると、丹波篠山市内では合計60,229.8tの竹資源の利用が可能であることが推定された。近年、竹資源を活用した地域活性化は盛んに行われており、人間の暮らしの中で一定の有益性が認められている。今後は山林部の調査方法の検討や、得られた情報をもとに竹林整備や資源管理の計画を策定し、かつての日本人と竹の関係性を再構築することが重要である。

謝辞

本研究の一部は、神戸市経済観光局農村計画課による「令和6年度竹の利活用調査」の助成を受けて実施された。

引用文献

- 阿部佑平・柴田昌三. 2009. 天王山における放置モウソウチク林の林分構造と整理伐後3年間の動態. 日本緑化工学会誌 35(1): 57-62.
- Bamboo Green-House Project. 2024 (更新年). 事例紹介. 2024.11.1. (調べた日付). <https://bamboogreenhouse.wixsite.com/bghproject/dataitem-junny7su>
- 藤原正季・大石哲也・天野邦彦. 2009. 砂礫州上に定着したマダケ林の消長特性. 水工学論文集 53: 1177-1182.
- 後藤誠二郎・巳 嘎那・河合洋人・張 福平・渡辺 修・西條好迪・秋山 侃. 2008. アロメトリー式から求めた地上部現存量と林分構成による放棄竹林の構造解析. システム農学 24(4): 223-232.
- 兵庫県農政環境部. 2010 (更新年). 平成20年兵庫県林業統計書. 2024.10.1. (調べた日付). <https://web.pref.hyogo.lg.jp/nk14/documents/ringyotokei20.pdf>
- 兵庫県農政環境部. 2022 (更新年). 2024.10.1. (調べた日付). 令和2年度兵庫県林業統計書. <https://web.pref.hyogo.lg.jp/nk14/documents/r2ringyotokei.pdf>
- Inoue, A., M.Sato and H.Shima. 2018. Maximum size-density relationship in bamboo forests: Case study of *Phyllostachys pubescens* forests in Japan. Forest Ecology and Management 425:138-144.
- 片野田逸朗. 2003. 蒲生町西浦地域における竹林拡大の実態. 九州森林研究 56: 82-87.
- 菊川裕幸・木田森丸・圓増まどか・稲元友佳子・岸本賢一・加藤 拓・藤嶽暢英. 2018. 乾燥汚泥・竹チップ混和堆肥の熱水抽出液の特性評価と堆肥施用がダイズ(丹波黒大豆)の生育に及ぼす影響. 日本土壌肥科学雑誌 89(4): 295-301.
- 北里春香・井上昭夫. 2013. モウソウチクにおける竹稈および竹林レベルでの利用率の決定. 日本森林学会誌 95(1): 1-7.
- Kobayashi, K., K.Kitayama and Y.Onoda. 2018. A simple method to estimate the rate of the bamboo expansion based on one-time measurement of spatial distribution of culms. Ecological Research 33: 1137-1143.
- Kobayashi, K., M.Umemura, K.Kitayama and Y.Onoda. 2022. Massive investments in flowers were in vain: Mass flowering after a century did not bear fruit in the bamboo *Phyllostachys nigra* var. *henonis*. Plant Species Biology 37: 78-90.
- 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. 鹿児島大学農学部演習林研究報告 36: 1-8.
- 真鍋 徹・柴田昌三・長谷川逸人・伊東啓太郎. 2020. 竹林の拡大に関する景観生態学的研究—竹林の持続可能な利用に向けて—. 景観生態学 25(2): 119-135.
- 宮崎祐子・三橋弘宗・大澤剛士. 2015. シナリオ分析に基づいた竹林の管理計画立案. 保全生態学研究 20(1): 3-14.
- 三好京子. 2015. 放置竹林の現状および整備コストに関する研究. 京都大学大学院農学研究科森林科学専攻 修士論文.
- 村上桂太・竹内郁雄・寺岡行雄. 2006. 鹿児島県におけるモウソウチク林の地上部現存量. 九州森林研究 59: 121-124.
- 大野朋子・加我宏之・下村泰彦・増田 昇. 2002. 大阪府岸和田市における竹林の拡大特性に関する研究. ランドスケープ研究 65(5): 603-608.
- 大野朋子・加我宏之・下村泰彦・増田 昇. 2003. 岸和田市における竹林の変容形態と集落・市街地との関係性に関する研究. ランドスケープ研究 66(5): 547-550.
- 奥田史郎・鳥居厚志・伊藤武治・上村 巧・佐々木達也・伊藤崇之・木村光男・豊田信行・山田倫章・伊藤孝美・竹内郁雄. 2006. タケの地上部現存量を簡易に推定する. 森林総合研究所 平成18年度 研究成果選集: 42-43.
- 林野庁. 2018 (更新年). 竹の利活用推進に向けて. 2024.11.1. (調べた日付). <https://www.rinya.maff.go.jp/j/tokuyou/take-riyou/attach/pdf/>

index-3.pdf

- 林野庁. 2023 (更新年) 令和5年度 森林・林業白書. 2024.10.15. (調べた日付). <https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/r5hakusyo/attach/pdf/zenbun-38.pdf>
- 佐渡靖紀・山田隆信. 2007. 山口県におけるモウソウチク林の地上部現存量. 日本森林学会大会発表データベース P1e11.
- 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.
- 篠原慶規・久米朋宣・市橋隆自・小松 光・大槻恭一. 2014. モウソウチク林の拡大が林地の公益的機能に与える影響—総合的理解に向けて—. 日本森林学会誌 96(6): 351-361.
- 鈴木素之・長谷川秀人・六信久美子・山本哲朗. 2006. 山口県における竹林の拡大とその生態. 土木学会論文集G 62(4): 445-451.
- 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. 宇都宮大学農学部演習林報告 53: 27-41.
- 丹波篠山市. 2020a (更新年). 丹波篠山市の概要. 2023.9.1. (調べた日付). <https://www.city.sasayama.hyogo.jp/pc/nouto/about/>
- 丹波篠山市. 2020b (更新年). 篠山市歴史文化基本構想～歴史・文化を活かしたまちづくり～. 2024.9.1. (調べた日付). <https://www.city.tambasayama.lg.jp/material/files/group/36/06bunkatekikeikan.pdf>
- 丹波篠山市. 2024a (更新年). 広報丹波篠山 10月号. 2024.11.1. (調べた日付). <https://www.city.tambasayama.lg.jp/material/files/group/165/r0610total.pdf>
- 丹波篠山市. 2024b (更新年). 竹粉碎機・無煙炭化器を貸し出します. 2024.12.20. (調べた日付). https://www.city.tambasayama.lg.jp/material/files/group/69/R605_bambooflyer.pdf
- 鳥居厚志. 1998. 空中写真を用いた竹林の分布拡大速度の推定: 滋賀県八幡山および京都府男山における事例. 日本生態学会誌 48(1): 37-47.
- 坪井伊助. 1913. 実験竹林造成法. 岐阜県山林会.
- 上田弘一郎. 1963. 有用竹と筍: 栽培の新技術. pp.242-243. 博友社. 東京
- Yamamoto, M. and A.Inoue. 2023. Predicting changes in carbon stocks of bamboo forests in Japan from 1985 to 2005. Journal of Forest Research 28(6): 407-415.
- 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.
- 全国林業改良普及協会. 2014. 竹林整備と竹林・タケノコ利用のすすめ方. 全国林業改良普及協会. 東京