

長野県における竹林の分布とその地形条件

相原 隆 貴^{*、1}・小林 慧 人^{2、3、4}・高野 (竹中) 宏平⁵・平田 晶 子⁶・尾関 雅 章⁵・松井 哲 哉^{6、7}

近年、周辺の土地への竹林の拡大が日本各地で問題となっている。竹林の適切な管理計画立案のためには、その成立を規定する地形条件の解明が必要である。先行研究において、比較的限定された地域における地形条件の解明がなされてきた一方で、広域で竹林の成立可能な気候条件（潜在生育域）下を対象とし、地形条件を解明した事例はない。本研究は長野県を対象とし、竹林の位置情報を航空写真および現地踏査によって把握し、潜在生育域と竹林の成立する土地の地形条件を県全域で比較した。その結果、竹林の潜在生育域は斜面傾斜度 0° 付近と 30° 付近に二つのピークを持ち、全方位に一樣に分布するのに対し、竹林 (10,523 カ所、総面積 1,449.0 ha) は斜面傾斜度 5~20° の緩傾斜地に 55.7% が、南東、南、南西向き斜面上に 53.5% が成立していた。この竹林の地形条件の傾向は、県内 5 地域 (北信地域、中信地域、東信地域、南信地域、木曽地域) いずれにおいても共通であった。これらの結果から長野県内の竹林は、南向きの緩斜面の条件に多く生育しているという傾向が明らかとなり、土地利用や竹林経営の観点から現在の地形条件に植栽され残存してきたと推察された。

キーワード：竹林、航空写真、斜面傾斜度、斜面方位、長野県

Takaki Aihara,^{*、1} Keito Kobayashi,^{2、3、4} Kohei Takenaka Takano,⁵ Akiko Hirata,⁶ Masaaki Ozeki,⁵ Tetsuya Matsui^{6、7} (2022) Distribution of Bamboo Stands and Its Topographical Conditions in Nagano Prefecture, Central Japan. J Jpn For Soc 104: 286-294

In recent years, range expansion of bamboo stands has become a problem in Japan. In order to plan an appropriate management for bamboo stands, it is necessary to understand the topographical conditions controlling their establishment. Although previous studies have evaluated the topographical conditions in a limited area, no studies have been evaluated topographical conditions of bamboo stands under their climatic potential habitat in wide range. The purpose of this study was to obtain detailed information on the distributions of bamboo stands in Nagano Prefecture by using aerial photographs and field surveys, to evaluate the topographical conditions of bamboo stands in comparison with that of potential habitats. As a result, 55.7 percent of all bamboo stands in Nagano Prefecture (10,523 sites, total area of 1,449.0 ha) were located on gentle slopes with slope aspects of 5-20 degrees, and 53.5 percent were located on slopes facing southeast, south, and southwest, whereas potential habitat of bamboo stands in Nagano Prefecture has two peaks at around 0° and 30°, and is distributed in all directions. Moreover, these topographical conditions of bamboo stands were common among the five regions of the prefecture. These results imply that bamboo stands in Nagano Prefecture tended to locate mostly on gentle south-facing slopes and suggesting that local residents have been planted and remain in the present topographical conditions from the viewpoint of land use and bamboo forest management.

Key words: bamboo stand, aerial photograph, slope aspect, slope direction, Nagano Prefecture

I. は じ め に

我が国において竹林は古くから、稗やタケノコの利用のために山林や田畑の周辺に植栽され、維持されてきた。その主要構成種はイネ科タケノコ科マダケ属のモウソウチク (*Phyllostachys edulis* (Carrière) Houz.), マダケ (*Phyllostachys reticulata* (Rupr.) K.Koch), ハチク (*Phyllostachys nigra* (Lodd. ex Loud.) Munro var. *henonis* (Mitford) Stapf ex Rendle) の 3 種である。モウソウチクは、1736 年に中国から持ち込まれた種と知られ (笠原ら 1970; 鈴木 1978; 堀田ら 1989), マダケ、ハチクは中国原産説と日本原産説がある (北村・

村田 1979; 鈴木 1996; 岡村 1996; Ohrnberger 1999; 小林 2017; 自然環境研究センター 2019)。いずれの種においても種子による更新はこれまでに報告されておらず (坪井 1913; 上田 1963; 岡村 1996; 鳥居・井鷲 1997; Kobayashi *et al.* 2022), 竹林の現在の分布は主に人為的な移植によって決まっていると考えられている (井鷲 2010; 柴田 2018)。

各地で管理されてきた竹林は 1970 年代以降、安価な中国産タケノコの大量輸入やプラスチック製品の出現によるタケノコ価格の低迷や竹材需要の減少等による竹林の管理放棄と (中島 2001; 柴田 2003), 農村における高齢化と

*連絡先著者 (Corresponding author) E-mail: s1930289@s.tsukuba.ac.jp  <https://orcid.org/0000-0002-8381-9016>

¹ 筑波大学大学院生命環境科学研究科 〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1 (Graduate School of Life and Environmental Studies, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8577, Japan)

² 同志社大学理工学部 〒610-0394 京都府京田辺市多々羅都谷 1-3 (Faculty of Science and Engineering, Doshisha University, 1-3 Tataramiyakodani, Kyotanabe, Kyoto, Kyoto 610-0394, Japan)

³ 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, Kitashirakawaoiwakecho, Sakyo-ku, Kyoto, Kyoto 606-8502, Japan)

⁴ 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 〒612-0855 京都府京都市伏見区桃山町永井久太郎 68 (Kansai Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, 68 Nagaikutaroh, Momoyama-choh, Fushimi-ku, Kyoto, Kyoto 612-0855, Japan)

⁵ 長野県環境保全研究所自然環境部 〒381-0075 長野県長野市北郷 2054-120 (Natural Environment Division, Nagano Environmental Conservation Research Institute, Kitagoh 2054-120, Nagano, Nagano 381-0075, Japan)

⁶ 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所生物多様性・気候変動研究拠点 〒305-8687 茨城県つくば市松の里 1 (Center for Biodiversity and Climate Change, Forestry and Forest Products Research Institute, Forest Research and Management Organization, Matsunosato 1, Tsukuba, Ibaraki 305-8687, Japan)

⁷ 筑波大学生命環境系 〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1 (Faculty of Life and Environmental Science, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8577, Japan)

(2021 年 12 月 24 日受付; 2022 年 6 月 21 日受理)

©2022 一般社団法人日本森林学会: この著作はクリエイティブ・コモンズのライセンス CC BY-NC-ND (引用を表示し、改変せず、非営利目的に限定) の条件の元で再配布・二次利用が可能なオープンアクセスです。 <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ja>

後継者不足に起因する農地や森林の管理放棄とが相まって（大野ら 1999；鈴木 2010；鬼東ら 2011）、竹林が繁茂したり周辺の土地へ拡大したりする現象が各地で報告されている（瀬嵐 1989；室井 1995；Okutomi *et al.* 1996；鳥居・井鷲 1997；Isagi and Torii 1998；篠原ら 2014）。タケ類は地下茎によって周囲へ広がることができ、春先の発筍後にわずか2～3カ月で10 m以上に達する稈を持つ（上田 1979；Okutomi *et al.* 1996）。そのため、隣接する森林や田畑などへ容易に侵入・占有し、年間拡大率は最大で1.11 ha ha⁻¹ year⁻¹に達するとの報告がある（Isagi and Torii 1998；篠原ら 2014）。既存の生態系が竹林に置き変わると林内の階層構造が単純化して種多様性の減少が生じ（瀬嵐 1989；中井・木佐貫 2006；鈴木 2010；阿久津ら 2012）、稈の密生・枯死稈の放置による景観の悪化が生じる懸念があり、多くの自治体で問題視されている（相原・立花 2018）。この問題への有効な対策として、継続的な密度管理等による竹林の維持、あるいは皆伐や薬剤散布による駆除と樹種転換等が考えられる（石田ら 1999；藤井・重松 2008；久本ら 2016；森林総合研究所 2018；Suzuki and Nakagoshi 2018）。これらいずれの対策を講じるにおいても竹林の成立する土地の地形条件を十分に把握することは欠かせない。例えば急斜面地での竹稈の伐採や搬出には作業上の危険が伴う上に経済的負担も大きくなる一方で（伊藤ら 2010）、緩傾斜面の竹林では多様な活動が容易であり、一般市民に活用されやすい可能性も指摘されている（栗田・包清 2009）。

竹林の成立しやすい土地の地形条件に関しては、特定の地域を対象としこれまで多数の研究が行われてきた。その結果、竹林は斜面傾斜度が0～20°の緩傾斜地に多く（大野ら 2002；林・山田 2008；小林 2010；吉村ら 2010；藤原・伊藤 2013）、斜面方位が東～南向きの斜面に多く成立していること（大野ら 2002；甲斐・辻井 2004, 2010；小林 2010；鬼東ら 2011）などがわかっている（真鍋ら 2020）。しかし、これらの先行研究は比較的限定された区域の竹林の斜面傾斜度や方位の記載にとどまり、地域全体の地形条件との比較を行っていないため、竹林が成立する地形条件の一般化には至っていない。そのためには、竹林分布の最大の制限要因である気候条件（沼田ら 1957；沼田 1962；渡邊 1987；染矢ら 2010；Takano *et al.* 2017；平田ら 2020）を考慮した上で、竹林が成立可能な気候条件下を対象に、竹林の地形条件の特徴を明らかにする必要がある。このように竹林が気候的に成立できない地域を対象から除くことで、竹林の成立に対する地形条件の影響をより正確に検討できる。

本研究では、広域で竹林の成立する地形条件を詳細に明らかにすることを目的とし、47都道府県中第4位の面積（1,356,156 ha、国土面積の3.6%）を占める長野県全域を対象とした。長野県は高山帯から暖温帯にまたがる多様な気候条件や山岳から平野に至る多様な地形条件を備えた地域である。また、他府県と同様、歴史的な竹の植栽や利用が報告されているが、マダケ属の分布上限近くに位置する地域でもあり、県内には竹林分布の見られない地域から、

分布し拡大現象のある地域までも含まれる（海原ら 2005；片桐 2010；森本 2017；尾関ら 2018；相原ら 2020）。すなわち、長野県全域において竹林が成立する土地の傾向をより詳細に把握するためには、気候条件的に竹林が成立可能な範囲を抽出した上で、地形条件の傾向を検討するというアプローチが有効となる。本研究では初めに、主に航空写真の判読から長野県全域の竹林の位置情報および気候条件の情報を詳細に取得し、竹林分布の特徴を把握した。次に長野県全域のうち、先行研究（平田ら 2020）が示した「気候条件的に竹林が成立可能な範囲（潜在生育域）」を抽出し、潜在生育域内の土地の地形条件と実際に竹林の成立する土地の地形条件（斜面傾斜度、斜面方位）とを比較した。また、長野県は地域ごとに様々な気候・地形条件があり、異なる地域間でも竹林が成立する地形条件は共通しているのか否かを明らかにするため、森林管理署の管轄に沿った5地域（北信地域、中信地域、東信地域、南信地域、木曽地域）間で竹林が成立する地形条件を比較した。

II. 研究方法

1. 竹林の位置情報の取得

本研究では長野県の竹林の位置情報を主に航空写真の判読により収集した。判読の元となる航空写真は2008～2016年に撮影された(株)NTTインフラネットのGEOSPACE CDSの航空写真を用いた。本航空写真は長野県内の879,129 ha（図-1：長野県の面積1,356,156 haの64.83%）をカバーし、解像度が25 cmであるため小規模な竹林の目視判読ができる。この航空写真をArcMap10.3.1（ESRI 2015）に読み込み、竹林の外周をポリゴン化した。竹林の判断基準は森林総合研究所（2018）に倣って、“林冠がポツポツと細かいパターンを示す部分”とした。なお、竹林が隣接する森林へ拡大している箇所については、竹稈の林冠が判読できる部分のみポリゴン化を行った。この作業を長野県内の全撮影区画内で行い、長野県の竹林の位置情報を収集した（図-1）。撮影範囲外の一部地域には、2017年5～8月に現地踏査し（図-1の矢印部分）、竹林の位置情報を記録した。

なお、本研究では長野県の竹林を構成する主要3種であるモウソウチク、マダケ、ハチクをまとめて「竹林」とした。その理由は、1) 空中写真で判読する際に区別が困難であるため、2) 現地においてもしばしば混生しているために竹林構成種ごとの区別が困難であるためである。また、竹林の管理の有無は識別しなかった。

2. 気候条件的に竹林の成立可能な土地の抽出

長野県全域から気候条件的に竹林が成立可能な土地（以下、潜在生育域）を抽出した。本研究において、竹林の潜在生育域は、平田ら（2020）によるマダケ属の現在気候下の生育確率が0.054より大きい値を示す地域とした（図-2）。平田ら（2020）の生育確率は、中国と日本のマダケ属の分布情報と最寒四半期の平均気温、最暖四半期の平均気温、年降水量から統計モデルを用いて約1 km×1 kmごとに推定されたものである。同推定の確率値0.054は、モデル構築に使用したマダケ属の分布地点における生育確率の

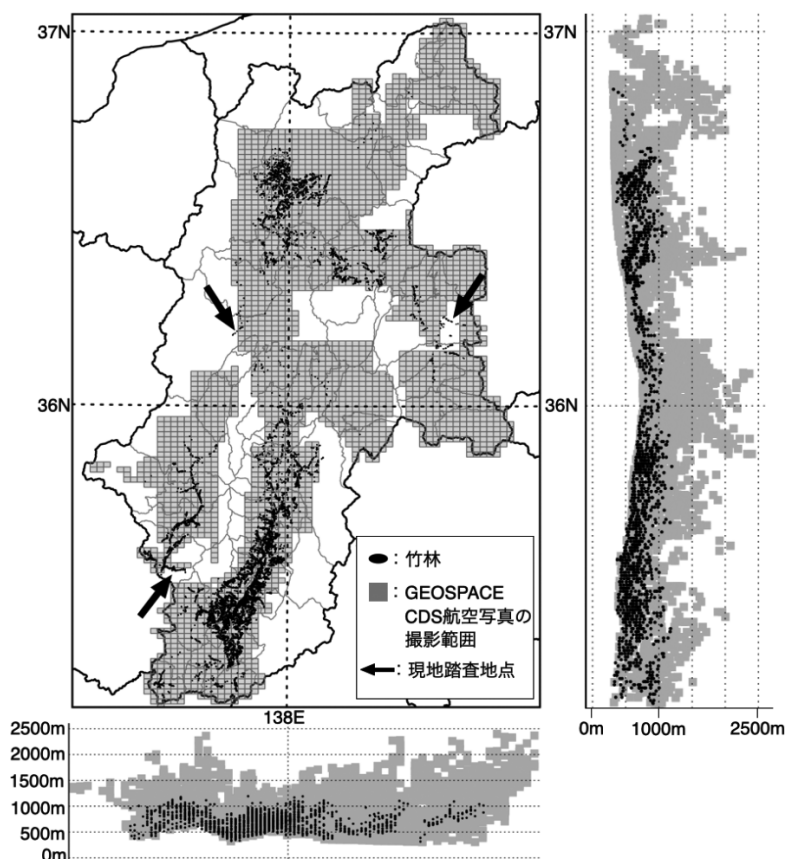


図-1. 長野県の竹林の位置と航空写真の撮影範囲

グレーで図示した範囲は、竹林の位置情報の取得に用いた長野県における GEOSPACE CDS 航空写真の撮影範囲。矢印は現地踏査した地域を示した。

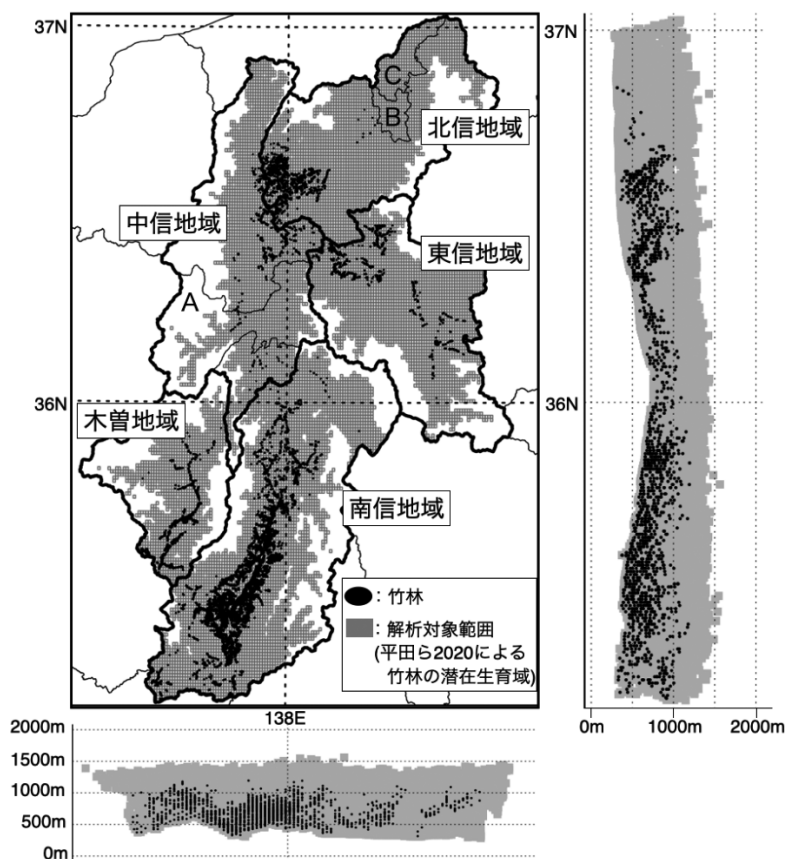


図-2. 長野県の竹林の潜在生育域と5地域

長野県内の竹林の潜在生育域は、平田ら(2020)推定の竹林の生育確率が0.054以上の地域とした。地域区分は森林管理署の管轄に該当する(中部森林管理局 2021)。Aは松本市、Bは中野市、Cは飯山市を示す。

最小値であり、確率値 0.054 以下の地域は、特にマダケ属の生育の可能性が低い地域と評価されている。なお、研究方法 1 で収集した長野県の竹林は、後述のように全てこの潜在生育域内に位置していた（図-2）。この潜在生育域と実際に竹林が生育している地点の地形条件について 10 m × 10 m の空間解像度で解析を行った。

3. 気候条件

国土交通省国土数値情報ダウンロードサイト (<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>) より取得した平年値メッシュ（国土交通省国土政策局 2012）から、各竹林が成立している地点の気候値を取得した。平年値メッシュは 1981～2010 年の各気候値の平年値が約 1 km × 1 km ごとに取得でき、本研究では年平均気温、年最高気温（最暖月の日最高気温の月平均値）、年最低気温（最寒月の日最低気温の月平均値）、吉良（1945）の暖かさの指数、年降水量、最深積雪深を扱った。なお、暖かさの指数（Warmth Index, 以下 WI）は平年値メッシュの月平均気温を用いて、統計計算ソフト R 3.6.1（R Core Team 2019）上で求めた。

4. 地形条件

本研究では、多くの先行研究で扱われている斜面傾斜度と斜面方位を地形条件として扱った。まず、長野県全域の 10 m メッシュの数値標高モデル（Digital Elevation Model, 以下 DEM）を国土地理院ウェブサイト (<https://www.gsi.go.jp/kiban/>) からダウンロードし、QGIS2.18（QGIS Development Team 2016）の「地形解析」を用いて、10 m × 10 m ごとの斜面傾斜度と斜面方位（方位角）を計算した。そして、竹林の生育する地点と潜在生育域それぞれの斜面傾斜度と斜面方位を ArcMap10.3.1（ESRI 2015）の Spatial Analyst を用いて抽出し、集計した。また、それらの 10 m × 10 m のセル数の相対頻度をヒストグラムで示した。

5. 統計解析

潜在生育域と竹林の成立する土地の斜面傾斜度、斜面方位それぞれの比較を有意水準 5% でフィッシャーの F 検定、カイ二乗検定を用いて行った。斜面方位については、0～22.5° と 337.5～360° を北、22.5～67.5° を北東、67.5～112.5° を東、112.5～157.5° を南東、157.5～202.5° を南、202.5～247.5° を南西、247.5～292.5° を西、292.5～337.5° を北西のカテゴリカルデータとして扱った。

また、長野県は南北に広く、気候条件が多様で地形の起伏にも富むことから、各地域の竹林の地形条件に地域間差があるのかについても検討した。地域区分は、森林管理署の管轄に沿った五つの区分（北信地域、中信地域、東信地域、南信地域、木曽地域）とした（図-2）。竹林は人為的な移植で分布を広げたことから、地域的にその構成種に偏りがあることが指摘されており（尾関ら 2018）、京都府の向日市や長野県の上田市でも明治や大正期から行政主導での植栽奨励があったことが記録されている（曾山 1916；京都府向日市 2020）。そこで本研究は各地域区分間で上述の検定を行った。以上の統計解析は全て統計計算ソフト R 3.6.1（R Core Team 2019）を用いて行った。

III. 結 果

1. 長野県の竹林分布と気候条件

航空写真の判読と現地踏査の結果、長野県内で 10,523 カ所の竹林の位置情報を取得した（図-1、表-1）。竹林の潜在生育域（生育確率 0.054 以上、平田ら 2020）は、長野県全体の面積 1,356,156 ha の 68.04% にあたる 922,693 ha であり、10,523 カ所の竹林は、生育確率が 0.07～0.77 にあり、すべて潜在生育域内に収まった（図-2）。

竹林の平均面積は 0.14 ha、面積の最大値は 3.27 ha、最小値は 0.0019 ha であった。長野県の竹林の面積合計は 1,449 ha であり、値は長野県全体の面積 1,356,156 ha の 0.11%（表-1）、潜在生育域の面積 922,693 ha の 0.16% であった。

県内 5 地域ごとの竹林面積を集計したところ、最大は南信地域の 920.0 ha、最低は中信地域の 87.1 ha であった（表-1）。土地面積に対する竹林面積の割合（竹林率）の最大は南信地域が 0.23%、中信地域が 0.03% であった（表-1）。

竹林の分布する標高は 251.9～1,059.0 m であり（図-1、2、表-2）、各気候値の幅は、年平均気温 7.7～13.1℃、年最高気温 18.6～23.7℃、年最低気温 -3.7～2.4℃、暖かさの指数 WI 65.2～104.5℃・月、年降水量 913.7～2,809.3 mm、年最深積雪深 10.0～106.0 cm であった（表-2）。

表-1. 長野県の 5 地域の総土地面積、竹林面積、竹林率、竹林地点数、平均竹林面積

	総土地 面積 (ha)	竹林面積 (ha)	竹林率 (%)	竹林 地点数	平均竹林面積 ±標準偏差 (ha)
北信地域	256,744	202.4	0.08	1,364	0.15 ± 0.19
中信地域	297,224	87.1	0.03	605	0.14 ± 0.18
東信地域	247,609	129.3	0.05	889	0.15 ± 0.22
南信地域	399,229	920.0	0.23	6,724	0.14 ± 0.19
木曽地域	154,615	111.4	0.07	941	0.12 ± 0.16
長野県	1,356,156	1,449.0	0.11	10,523	0.14 ± 0.19

地域区分は図-2 を参照のこと。竹林率は竹林面積/総土地面積 × 100 で計算した。

表-2. 長野県全域における竹林の生育する地点の標高、各気候値および竹林の生育確率

	平均値	最大値	最小値
標高 (m)	612.6	1059.0	251.9
年平均気温 (℃)	10.5	13.1	7.7
年最高気温 (℃)	21.3	23.7	18.6
年最低気温 (℃)	-0.5	2.4	-3.7
暖かさの指数 WI (℃・月)	84.6	104.5	65.2
年降水量 (mm)	1547.7	2809.3	913.7
最深積雪深 (cm)	25.1	106.0	10.0
竹林の生育確率	0.39	0.77	0.07

各気候値それぞれについて、平均値、最大値、最小値を示した。標高は国土地理院の 10 m メッシュの数値標高モデルから取得。各気候値は国土交通省国土数値情報ダウンロードサイトよりダウンロードした平年値メッシュ（国土交通省国土政策局 2012）から取得した。なお、平年値メッシュは 1981 年～2010 年の各気候値の平年値が約 1 km × 1 km ごとに取得できる。便宜上、「日平均気温の月平均値の年平均値」を「年平均気温」、「最暖月の日最高気温の月平均値」を「年最高気温」、「最寒月の日最低気温の月平均値」を「年最低気温」、「降水量の年合計値」を「年降水量」、「積雪深の年最大値」を「最深積雪深」と表記した。暖かさの指数 WI は「日平均気温の月平均値」を用いて、統計計算ソフト R 3.6.1（R Core Team 2019）上で求めた。竹林の生育確率は平田ら（2020）の推定結果の値を用いた。

2. 竹林立地の地形条件

1) 斜面傾斜度

長野県の竹林の生育する地点の斜面傾斜度の相対頻度は10°~20°にピークを持つ一山型であり(図-3(A)), 5~20°の緩傾斜地に全体の55.7%の竹林が立地していた(表-3)。一方, 竹林の潜在生育域の斜面傾斜度の相対頻度は0°付近と30°付近の二つのピークを持つ二山型であり(図-3(A)), 0~5°に19.8%, 30°以上に27.0%が立地していた(表-3)。長野県における竹林と潜在生育域の斜面傾斜度の平均値はそれぞれ17.1°と19.5°であり(表-4), 有意に異なっていた(Fisher's $F=2.1$, $P<0.05$)。

また県内5地域の竹林の生育する地点の斜面傾斜度の相対頻度も長野県全域と同じく概ね10°~20°にピークを持つ一山型であった(図-3(C), (E), (G), (I), (K))。平均の斜面傾斜度は北信地域が20.5°, 中信地域が20.2°, 東信地域が13.4°, 南信地域が16.7°, 木曽地域が16.5°であった(表-4)。

潜在生育域の斜面傾斜度の相対頻度は各地域で異なっており, 中信地域, 北信地域, 東信地域, 南信地域は長野県全域と同じく0°付近と30°付近の二つのピークを持つ二山

型であったが(図-3(C), (E), (G), (K)), 木曽地域は30°付近にピークを持つ一山型であった(図-3(I))。また, 相対頻度のピークの高さも地域間で異なっており, 東信地域と南信地域の0°付近のピークは全域のそれより低かった(図-3(A), (G), (K))。潜在生育域の平均斜面傾斜度は北信地域16.8°, 中信地域18.7°, 東信地域16.1°, 南信地域22.0°, 木曽地域25.5°であり(表-4), いずれの地域でも竹林の生育地点と潜在生育域の間で有意に異なっていた(図-3(C), (E), (G), (I), (K))。

2) 斜面方位

長野県の竹林の生育する地点の斜面方位の相対頻度は南向きの180°付近にピークを持つ一山型であり(図-3(B)), 南東, 南, 南西向きの斜面に全体の53.3%の竹林が立地していた(表-3)。一方で, 潜在生育域の斜面方位の相対頻度は北と南に低いピークを持ち(図-3B), どの斜面方位にも比較的一様であり(表-3), 竹林の斜面方位と有意に異なっていた($\chi^2=1041.7$, $P<0.05$)。

また, 各地域の竹林の生育する地点の斜面方位の相対頻度は長野県全域の結果と同様, いずれも南向きの180°付近にピークを持つ一山型であった(図-3(D), (F), (H), (J), (L))。竹林の斜面方位は長野県全域と同様いずれも南向きにピークを示し, 潜在生育域の斜面方位も長野県全域と同様に北と南に低いピークを持っていた。カイ二乗検定の結果, 竹林の生育地点と潜在生育域の間に有意差が見られた(図-3(D), (F), (H), (J), (L))。

IV. 考 察

本研究では, 長野県の全面積(1,356,156 ha)の約65%をカバーする航空写真から10,523カ所, 1,449 haにおよぶ竹林の情報を目視判読で取得した(図-1)。先行研究の中には環境省の植生図等のオープンデータから都道府県や日本全国の竹林分布情報を収集した事例はあるが(例えば大分県: 栗田・包清 2009; 群馬県: 高田ら 2017; 日本全国: 染矢ら 2010; 平田ら 2020), 本研究は高解像度の航空写真を用いて小規模な竹林の分布までも網羅したという特徴がある。ただし, 冬季の落葉樹林を除き, 航空写真の目視判読では森林の下層に分布する竹稈を判読することが困難であるため(相原ら 2020), 実際に竹林が生育する面積よりも過小に推定されている可能性があることに留意されたい。

1. 長野県の竹林分布の気候的特徴

本研究の結果, 長野県の竹林はWI 65.2~104.5℃・月, 年最低気温(最寒月の日最低気温の月平均値)の平年値は-3.7~2.4℃という, 冷温帯中部から暖温帯にかけての比較的温暖な地域に分布していることがわかった(表-2)。また, 気温と降水量の気候値から推定された潜在生育域(平田ら 2020)内に全ての竹林が位置していたことから(図-2), 気候条件により竹林分布が制限されていることが本研究の結果からも示唆された。一方で, 潜在生育域内であっても人の居住のない山間地等には分布がほとんど見られなかったことから(筆者私見), これまで指摘されているように竹林の成立には人の植栽が大きく影響していることが示唆された。加えて, 竹林の潜在生育域かつ人の居住地付

表-3. 長野県の竹林の生育地点および潜在生育域の地形条件(斜面傾斜度, 斜面方位)

竹林			潜在生育域	
斜面傾斜度	セル数(頻度)	%	セル数(頻度)	%
0~5°	887	8.4	14,487,081	19.8
5~10°	1,829	17.4	7,808,119	10.7
10~15°	2,065	19.6	6,884,088	9.4
15~20°	1,963	18.7	7,203,010	9.8
20~25°	1,659	15.8	8,028,276	11.0
25~30°	1,132	10.8	9,005,611	12.3
30°~	989	9.4	19,729,974	27.0
計	10,524	100.0	73,146,159	100.0
斜面方位			セル数(頻度)	
斜面方位	セル数(頻度)	%	セル数(頻度)	%
北	805	8.1	9,977,211	13.5
北東	885	8.9	8,789,492	11.9
東	1,025	10.3	8,531,347	11.5
南東	1,619	16.2	9,585,930	13.0
南	2,057	20.6	10,575,790	14.3
南西	1,644	16.5	8,760,620	11.9
西	1,048	10.5	8,226,905	11.1
北西	903	9.0	9,458,779	12.8
計	9,986	100.0	73,906,074	100.0

斜面方位は0~22.5°と337.5~360°を北, 22.5~67.5°を北東, 67.5~112.5°を東, 112.5~157.5°を南東, 157.5~202.5°を南, 202.5~247.5°を南西, 247.5~292.5°を西, 292.5~337.5°を北西と表記した。各セルの空間解像度は10 m×10 m。

表-4. 竹林の斜面傾斜度の平均値

斜面傾斜度(°)		
	竹林	潜在生育域
北信地域	20.5±9.6	16.8±12.8
中信地域	20.2±11.0	18.7±14.2
東信地域	13.4±8.3	16.1±12.1
南信地域	16.7±8.9	22.0±13.6
木曽地域	16.5±9.2	25.5±11.6
長野県	17.1±9.3	19.5±13.4

地域区分は図-2を参照のこと。平均±標準偏差を示した。

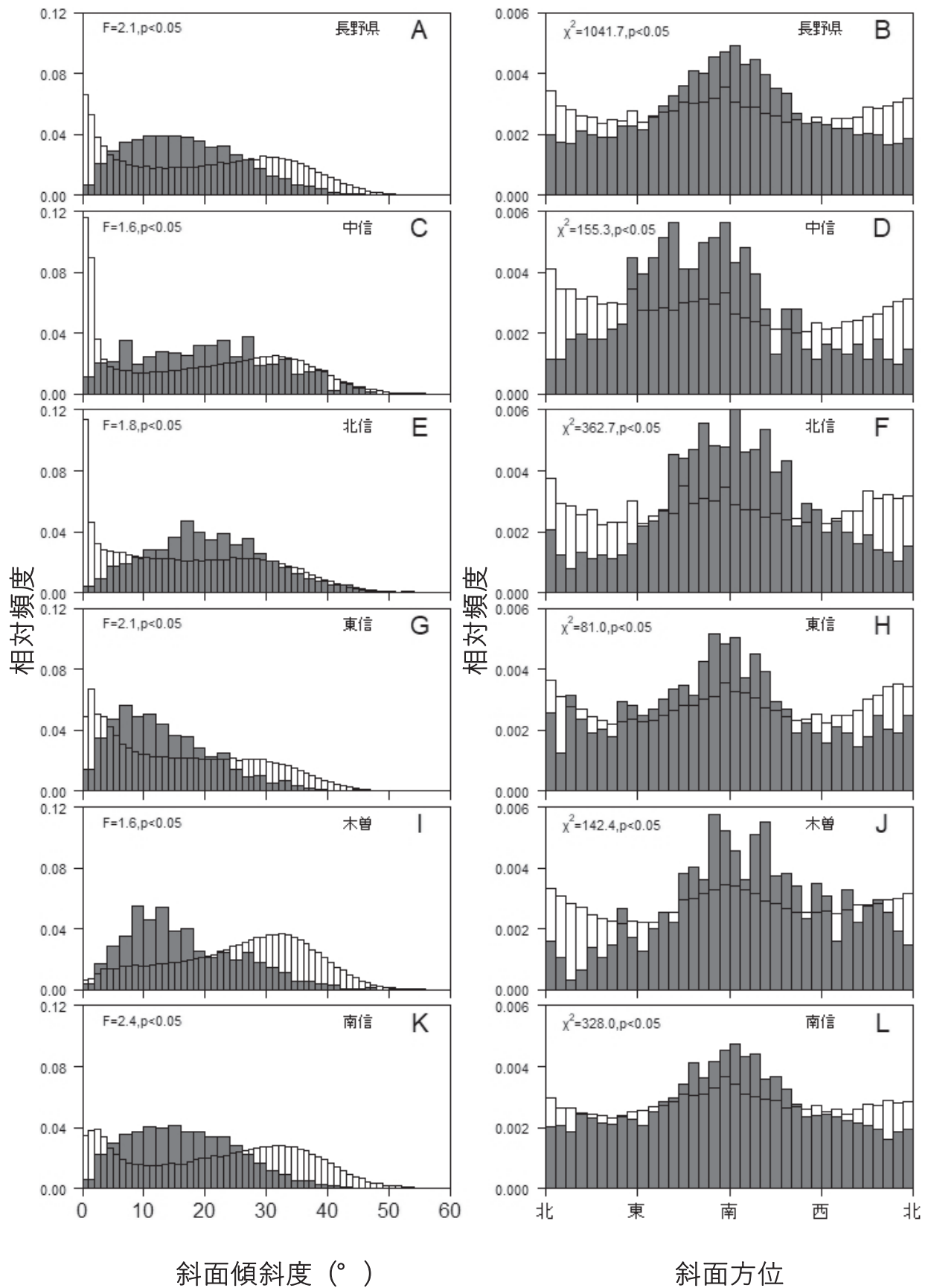


図-3. 長野県の竹林の生育する地点と潜在生育域の斜面傾斜度と斜面方位

黒の棒が竹林の生育する地点の相対頻度、白抜きの棒が竹林の潜在生育域の相対頻度を示す。中信地域、北信地域、東信地域、木曽地域、南信地域の地域区分は図-2を参照。斜面方位のX軸は0°, 90°, 180°, 270°, 360°の位置にそれぞれ北、東、南、西、北と表記した。区切り幅はスコットの公式 (Scott 1979) を採用した。各国の左上にフィッシャーのF値もしくはカイ二乗値およびP値を示した。

近であっても竹林の分布が見られない地域が中信地域の松本市付近や北信地域の中野市、飯山市付近等で見られた(図-2)。この要因について考察する。

まず、松本市の気象庁気象観測値を見ると、1900～1960年にかけての年最低気温の極値は、 -20°C 以下を記録した年が計5カ年ある。加えて、長野県統計書で大正～昭和(1916～1933年)の竹林面積を確認しても数値の記載がなく、約100年前から竹林がほとんどないことが推察される(長野県 1919a, b, 1920, 1921, 1922, 1924, 1925, 1926, 1929, 1932, 1937)。これらのことから松本市は気候条件からみて過去には竹林の生育に適した地域といえず、人為的な植栽が進まなかった可能性が考えられた。実際にマダケ、ハチクはそれぞれ -15.6°C 、 -17.8°C で稈が凍死し(内田 1930)、冬季の低温はマダケ属の分布を制限する要因とされている(沼田ら 1957; 渡邊 1987)。中国のモウソウチクの分布も年最低気温 -17.7°C の地域までであり(Fu 2001)、東北日本でも年最低気温の10年平均が -16.8°C を下回る地域でマダケ属のタケ類が確認されておらず(Takano *et al.* 2017)、モウソウチクの露地栽培の北限と考えられる北海道伊達市の過去40年間の最低気温の極値も1984年の -16.8°C である(1978～2020年の年最低気温の平均は -13.4°C)。

次に北信地域の中野市、飯山市付近で竹林の分布が少ない理由は、これらの地域が多雪地帯であることを踏まえると、先行研究で指摘の通り、雪の重みで稈が倒伏しマダケ属のタケ類の生育に適さないことが関連すると考えられる(沼田 1962; Numata 1979)。

なお、マダケ属のタケ類が自生する中国大陆では、竹林の分布制限要因の一つに年降水量800 mm以下の乾燥条件が挙げられているが(Fu 2001; Shi *et al.* 2020)、本研究では国内でも有数の寡雨地域にあたる東信地域の上田市(年降水量906 mm)においても竹林が多数確認された。したがって、長野県内の竹林においては乾燥による分布制限は受けていないことが推察された。

2. 竹林立地の地形条件の傾向

これまで市町村以下のスケールで竹林の立地環境を定量的に分析した事例は複数存在したものの、長野県全域のような広域を対象に、かつ潜在生育域も考慮したうえで地形条件を分析し、傾向を導き出した研究は本研究が初となる。

長野県の竹林は斜面傾斜度 $5\sim 20^{\circ}$ の緩傾斜地に全体の55.7%が立地していた(図-3(A)、表-3)。また、南東、南、南西向きの斜面方位に全体の53.3%の竹林が立地していた(図-3(B)、表-3)。これらの傾向は市町村以下のスケールで実施された多くの研究結果と一致した(大野ら 2002; 甲斐・辻井 2004; 林・山田 2008; 小林 2010; 吉村ら 2010; 鬼東ら 2011; 藤原・伊藤 2013)。緩傾斜地に竹林が多く立地するのは、平坦地が宅地、水田として利用され、それと山地の間に効率的な土地利用のため竹林が植栽され、残存してきた結果と考えられる(鳥居・井鷲 1997; 小林 2010)。また、タケノコ生産や伐採作業の観点から、急傾斜地は作業が困難で生産に不利という指摘もあり(今井・尼崎 1987; 伊藤ら 2010)、竹林の集約的な利用や他

の土地利用との兼ね合いから緩傾斜地への偏った分布が形成されたと考えられる。次に、南向き斜面では地温が上がりやすいため発筍時期が早くなることで早出しのタケノコ生産が可能である(上田 1963; 野中 2003)。また竹材の材質が北向き斜面より強くなることが知られている(浜田・森田 1983)。このように南向き斜面での竹林経営はより高付加価値を生むことが可能であるため、積極的に植栽され現在まで竹林として成立しつづけた可能性がある。実際、京都府向日市では明治期の1889年に日当たりの良い丘陵地をモウソウチク林へと開墾したとの記録があるため(京都府向日市 2020)、長野県においても南向き斜面への竹林の植栽が奨励された可能性も考えられる。長野県の林学士によって大正時代には出版された竹林経営本には、南向き斜面において竹の成長が良く、筍の速成栽培が可能と書かれている(安藤 1915)。

また、長野県の5地域間で竹林の生育する地点の斜面傾斜度と斜面方位の相対頻度が一山型を持つ傾向が類似しており、異なる気候条件や地形条件をもつ地域間でも竹林の立地する土地の地形条件は似た傾向を持つことが推察された。なお、北限近くの地域の常緑広葉樹林ではコナラ二次林、常緑広葉樹二次林が南向き斜面で多くなることが報告されているが(高橋ら 1983; 磯谷 1994)、本研究においても年平均気温が低い地域ほど竹林が南向き斜面に分布する頻度が高くなる傾向が認められた(J-Stage 電子付録付図-1)。

以上より、本研究では既報よりも広域を対象に竹林分布の立地条件(斜面傾斜度と斜面方位)に関して詳細な検討を行った。その結果、南向きの緩傾斜地に多く立地している傾向があることが明らかになった。この傾向は地形条件の異なる地域間でも共通しており、先行研究でも類似の結果が報告されていることから(大野ら 2002; 甲斐・辻井 2004; 林・山田 2008; 小林 2010; 吉村ら 2010; 鬼東ら 2011; 藤原・伊藤 2013)、日本各地の竹林立地の地形条件として一般的な傾向であることが示唆された。

謝 辞

この研究は、文部科学省「気候変動の影響評価等技術の開発に関する研究(JPMXD0715667165)」及び「気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)における社会実装の着実な推進(JPMXD0715667201)」(環境省・農林水産省・国土交通省「地域適応コンソーシアム全国運営・調査事業委託業務」、日本学術振興会科研費JP20H04380, JP19H02996及び特別研究員奨励費(19J11336)並びに環境再生保全機構環境研究総合推進費2-1907「気候変動適応を推進するための情報デザインに関する研究(JPMEERF20192007)」およびS-14-2(JPMEERF15S11420)の支援を受けた。解析にあたり、農林水産研究情報総合センター科学技術計算システムのArcGISを利用した。また、国立研究開発法人森林総合研究所多摩森林科学園の設楽拓人氏には現地調査に同行いただき、研究発表や方針等に関して有意義な助言をいただいた最後に3名の匿名査読者の方には有意義なコメントをいただきました。ここに記して感謝の意を示します。

本論文に関して、開示すべき利益相反状態はありません。

引用文献

相原隆貴・小林慧人・高野(竹中) 宏平・深澤圭太・中園悦子・尾関雅章・松井哲哉(2020) 長野県生坂村の無居住化地域におけ

- る竹林拡大：1977年と2014年の空中写真を用いた比較．景観生態学 25(2)：137-146
- 相原隆貴・立花 敏 (2018) 竹林の荒廃・拡大に対する周辺住民の認識・評価—茨城県つくば市茎崎地区を事例に一．森林計画誌 51(2)：37-46
- 阿久津瞳・逢沢峰昭・松英恵吾・大久保達弘 (2012) 栃木県那須烏山市におけるモウソウチク林の分布と周辺群落への侵入．宇大演報 48：139-152
- 安藤時雄 (1915) 竹林経営の要訣．六盟館：45-47
- 中部森林管理局 (2021) 管内図．https://www.rinya.maff.go.jp/chubu/introduction/gaiyou_kyoku/sosiki/index.html (2021年7月4日取得)
- ESRI (2015) ArcMap10.3.1. Redlands: Environmental Systems Research Institute, Inc.
- Fu J (2001) Chinese Moso Bamboo: Its Importance. The Magazine of American Bamboo Society 22(5)：5-7
- 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
- 藤井義久・重松敏則 (2008) 継続的な伐竹によるモウソウチクの再生力衰退とその他の植生の回復．ランドスケープ研究 71(5)：529-534
- 浜田 甫・森田 茂 (1983) 竹の生育条件と材質．Bamboo Journal 1：25-27
- 林加奈子・山田俊弘 (2008) 竹林の分布拡大は地形条件に影響されるのか？．保全生態学研究 13：55-64
- 平田晶子・高野 (竹中) 宏平・相原隆貴・中尾勝洋・津山幾太郎・唐 勤・松井哲哉・脇岡靖明 (2020) 日本の竹林分布に対する気候変動影響評価：拡大リスク増大下での適応にむけて．環境科学論文集 34：210-215
- 堀田 満・緒方 健・新田あや・星川清親・柳 宗民・山崎耕宇 (1989) 世界有用植物事典．平凡社．805, 1323, 1345
- 久本洋子・江上 浩・鈴木重雄 (2016) 程伐採および塩素酸ナトリウム・クロレートS全面土壌散布によって放置竹林から広葉樹林への早期転換は可能か？．景観生態学 21(1)：69-74
- 曾山子投 (1916) 長野県の竹林奨励．大日本山林會報 404：72-73
- 今井直久・尼崎博正 (1987) 向日市西の丘における竹林の変遷と竹材生産林について．Bamboo Journal 5：1-8
- 井鷲裕司 (2010) 多様なタケの繁殖生態研究におけるクローン構造と移植履歴の重要性．日生態会誌 60：89-95
- Isagi Y, Torii A (1998) Range expansion and its mechanisms on a naturalized bamboo species, *Phyllostachys pubescens*, in Japan. J Sustain For 6：127-141
- 石田弘明・服部 保・今西朋子・加藤 文・高比良響・豊木麻由・山田真紀子・山崎香陽子 (1999) 三田市フラワータウンにおけるモウソウチク林の皆伐後の植生動態．人と自然 10：29-40
- 磯谷達宏 (1994) 伊豆半島南部の小流域における常緑および夏緑広葉二次林の分布とその成立要因．生態環境研究 1(1)：15-31
- 伊藤崇之・村上 勝・谷山 徹 (2010) 竹利用のキーは伐出のコスト．森林科学 58：20-23
- 甲斐重貴・辻井美香 (2004) GISを用いた九州南部地域の里山における竹林拡大の時系列的変化と要因の検討—宮崎県高岡町の事例—．宮崎大学農学部研究報告 50(1・2)：73-83
- 海原淳平・植木達人・井上 裕・林 博道 (2005) 放棄竹林の整備効果に関する一考察—長野県伊那谷のマダケ林を事例として—．中部森林研究 53：183-186
- 笠原基知治・田中幸男・岡村はた (1970) 竹類開花第Ⅲ報 モウソウチクの開花．富士竹類植物園報告 15：80-95
- 片桐 学 (2010) 信州の食文化 (Ⅱ)．信州短期大学紀要 21：40-46
- 吉良竜夫 (1945) 農業地理学の基礎としての東亜の新気候区分．京都帝大農学部園芸学研究室：23
- 北村四郎・村田 源 (1979) マダケ属．(原色日本植物図鑑 本編2．北村四郎・村田源共著、保育社)．361-364
- Kobayashi K, Umemura M, Kitayama K, Onoda Y. (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 Biol 37(1)：78-90
- 小林幹夫 (2017) タケ亜連—マダケ属．(日本のタケ亜科植物．小林幹夫編著、北隆館)．127-142
- 小林勇介 (2010) GISを用いた竹林の分布変化の研究—京都府西南部における事例—．地理学論集 85：42-50
- 国土交通省国土政策局 (2012) 国土数値情報 (平年値メッシュ)．
- 栗田 融・包清博之 (2009) 竹林活用を基調とした地域景観の保全に資する地域類型に関する基礎的研究．ランドスケープ研究 72(5)：735-741
- 京都府向日市 (2020) 第5節 竹林とタケノコ栽培に係る歴史的風致．(向日市歴史的風致維持向上計画向日市歴史的風致維持向上計画．京都府向日市)．163-182
- 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
- 森本英嗣 (2017) 放棄竹林の利用価値創出に向けた竹粉利用の検証とそれによる影響評価—その1：上田市塩田地域の放棄竹林の実態調査—．長野大学紀要 39(2)：47-48
- 室井 緯 (1995) 竹林に侵略されつつある雑木林．富士竹類植物園報告 39：29-34
- 長野県 (1919a) 第八 山林及鑑業．(長野県統計書 大正5年 (第34回)．) 135
- 長野県 (1919b) 第八 山林及鑑業．(長野県統計書 大正6年 (第35回)．) 202
- 長野県 (1920) 第八 山林及鑑業．(長野県統計書 大正7年 (第36回)．) 304
- 長野県 (1921) 第四 山林及鑑業．(長野県統計書 大正8年 (第37回) 第3編) 88
- 長野県 (1922) 第四 山林及鑑業．(長野県統計書 大正9年 (第38回) 第3編) 88
- 長野県 (1924) 第四 山林及鑑業．(長野県統計書 大正11年 (第40回) 第3編) 113
- 長野県 (1925) 第四 山林及鑑業．(長野県統計書 大正12年 (第41回) 第3編) 113
- 長野県 (1926) 第四 山林及鑑業．(長野県統計書 大正13年 (第42回) 第3編) 105
- 長野県 (1929) 第四 山林及鑑業．(長野県統計書 昭和2年 第4編) 109
- 長野県 (1932) 山林及鑑業．(長野県統計書 昭和5年 第4編) 98
- 長野県 (1937) 山林及鑑業．(長野県統計書 昭和10年 第4編) 98
- 中井亜理沙・木佐貫博光 (2006) 宮川下流高水敷の森林における竹の株数密度が下層樹木の種多様性および生育に及ぼす影響．三重大学生物資源学部紀要 33：21-28
- 中島章文 (2001) 都市近郊における竹林の管理・経営の実態—京都市近郊のタケノコ生産地を事例にして—．森林応用研究 10(1)：1-7
- 野中重之 (2003) タケノコ生産管理技術と新たな竹林経営．福岡県森林林業技術センター研究報告 第4号：1-52
- 沼田 真 (1962) 竹林の生態学．日生態会誌 12(1)：32-40
- Numata M (1979) The relationship of limiting factors to the distribution and growth of bamboo. In Ecology of Grasslands and Bamboo-lands in the World. Numata M (ed) Dr. W. Junk bv Publishers, 259-275
- 沼田 真・三寺光雄・小川一子 (1957) 竹林の立地条件—竹林の生態学的研究 第5報—．千葉大学文理学部紀要 2(2)：162-171
- 大野朋子・平井 潤・丸山 宏・前中久行 (1999) 地形図を用いた都市近郊林における竹林化の解析．ランドスケープ研究 62(5)：599-602
- 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
- Ohmberger D (1999) The Bamboos of the World: Annotated Nomenclature and Literature of the Species and the Higher and Lower Taxa. Elsevier Science. 596
- 岡村はた (1996) タケ．(植物の世界 121号．小山鐵夫・小林幹夫編、朝日新聞社)．11-13
- Okutomi K, Shinoda S, Fukuda H (1996) Causal analysis of the invasion of broad-leaved forest by bamboo in Japan. J Veg Sci 7：723-728
- 鬼東大平・加藤 顕・小林達明 (2011) 千葉県におけるモウソウチク林群落拡大モデルに関する基礎的研究．日緑工誌 37(1)：90-95
- 尾関雅章・高野宏平・石田祐子 (2018) 産業管理外来種マダケ属 *Phyllostachys* spp. の長野県内の分布記録．長野県植物目録：75-80
- QGIS Development Team (2016) QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <https://www.qgis.org/ja/site/index.html>. (2019年1月15日取得)
- R Core Team (2019) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>. (2021年7月4日取得)
- Scott DW (1979) On optimal and data-based histograms. Biometrika 66(3)：605-610

- 瀬嵐哲央 (1989) 竹林群落の構造と遷移の特性：雑木林の竹林化。北陸における自然的・人為的環境の総合的研究：昭和 63 年度文部科学省特定研究研究成果報告書。23-25
- Shi P, Preisler HK, Quinn BK, Zhao J, Huang W, Roll A, Cheng X, Li H, Holscher D (2020) Precipitation is the most crucial factor determining the distribution of moso bamboo in Mainland China. *Glob Ecol Conserv* 22: e00924
- 森林総合研究所 (2018) 広がる竹林をどうしよう？という時に一放置竹林の把握と効率的な駆除技術一。
- 自然環境研究センター (2019) モウソウチクなどの竹類。(最新日本の外来生物。自然環境研究センター編著, 平凡社)。347
- 柴田昌三 (2003) モウソウチクと日本人。日緑工誌 28(3): 406-411
- 柴田昌三 (2018) 里山における竹資源管理のあり方。JATAFF ジャーナル 6(8): 6-11
- 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—。日林誌 96: 351-361
- 染矢 貴・竹村紫苑・宮本 駿・鎌田磨人 (2010) 自然環境情報 GIS と国土数値情報を用いた日本全域の竹林分布と環境要因の推定。景観生態学 15(2): 41-54
- 鈴木貞雄 (1978) 日本タケ科植物総目録。学研: 70
- 鈴木貞雄 (1996) マダケ属。(日本タケ科植物図鑑。鈴木貞雄, 聚海書林)。43-45
- 鈴木重雄 (2010) 竹林の分布拡大過程における土地利用履歴の影響—広島県竹原市小吹集落の事例—。地理学評論 83(5): 524-534
- Suzuki S, Nakagoshi N (2018) Vegetation changes over seven years after clear-cutting of bamboo culms. *J For Plann* 24(1): 1-9
- 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
- 高橋啓二・長谷川朋子・福岡 司 (1983) 都市地域の南・北斜面における二次林の群落構造の比較 (1)。千葉大園学報 32: 107-117
- Takano TK, Hibino K, Numata A, Oguro M, Aiba M, Shioyama H, Takayabu I, Nakashizuka T (2017) Detecting latitudinal and altitudinal expansion of invasive bamboo *Phyllostachys edulis* and *Phyllostachys bambusoides* (Poaceae) in Japan to project potential habitats under 1.5°C-4.0°C global warming. *Ecol Evol* 7: 9848-9859
- 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
- 坪井伊助 (1913) 花自然枯。(実験竹林造成法。岐阜縣山林會)。86-97
- 内田繁太郎 (1930) 耐寒性有用竹類と其肥培法に就て。林學會雜誌 12(3): 133-147
- 上田弘一郎 (1963) 有用竹と筍。博友社。199
- 上田弘一郎 (1979) 竹と日本人。NHK ブックス
- 渡邊政俊 (1987) 生態的立場からみた竹林施業に関する基礎的研究。日本の竹を守る。40-44
- 吉村享子・藤原道郎・美濃伸之 (2010) 現存植生図をもとにした淡路島における竹林の分布特性現存植生図をもとにした淡路島における竹林の分布特性。Hikobia 15: 401-406

J-STAGE DATA

長野県の竹林分布情報とその地形条件

Distribution and topographical conditions of bamboo stands in Nagano Prefecture

<https://doi.org/10.50853/data.jjfs.20444661>