

## 半島マレーシアの6地点に植栽されたチークの成長と材密度

## Growth and wood density on planted teak among six sites in Peninsular Malaysia

米田令仁\*1・田中憲蔵\*2・市栄智明\*3・Mohamad Azani Alias\*4・Nor Zaidi Jusoh\*5・

Amir Saaiffudin Kassim\*6・Ahmad Zuhaidi Yahya\*6

Reiji YONEDA\*1, Tanaka KENZO\*2, Tomoaki ICHIE\*3, Mohamad Azani ALIAS\*4, Nor Zaidi JUSOH\*5,

Amir Saaiffudin KASSIM\*6 and Ahmad Zuhaidi YAHYA\*6

\* 1 森林総合研究所四国支所

Shikoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, Kochi 780-8077

\* 2 森林総合研究所

Forestry and Forest Products Research Institute, Tsukuba 305-8687

\* 3 高知大学農林海洋科学部

Faculty of Agriculture and Marine Science, Kochi University, Nankoku, Kochi 783-8502

\* 4 マレーシアプトラ大学林学部

Faculty of Forestry, Universiti Putra Malaysia (UPM), Selangor, 43400, Malaysia

\* 5 半島マレーシア森林局

Forestry Department of Peninsular Malaysia, Negeri Sembilan, 70503 Malaysia

\* 6 マレーシア森林研究所

Forest Research Institute Malaysia (FRIM), Selangor, 52109, Malaysia

**要旨：**これまでチーク(*Tectona grandis*)植林に不適とされてきた半島マレーシアにおいて、様々な地域に植栽された14~46年生のチークの個体サイズや材密度を調べた。マレーシア半島部のPerlis州、Selangor州、Pahang州、Negeri Sembilan州、Malacca州、Johor州の計6林分に調査区を設定し、毎木調査及び材の採取をおこなった。植栽適地から不適地を含むタイのチーク人工林で得られた既報の結果と比較すると、今回の6林分の平均胸高直径、平均樹高、優勢木の樹高(上層樹高)は、タイの平均値に近い値であった。また、材密度もタイで報告されている範囲にあり、林齢が高い林分ほどチークの材密度も高かった。このことから、植栽不適地とされてきたマレーシアでも、タイのチーク人工林と同程度の直径成長や樹高成長、材密度が期待できると考えられた。

**キーワード：** 湿潤熱帯、チーク人工林、上層樹高、形状比、材密度

**Abstract:** Tree size characteristics (tree height and stem diameter) and wood density were studied on planted teak (*Tectona grandis*) in Peninsular Malaysia where is classified as unsuitable climate zone for teak plantation. A total of six teak plantations (14 – 46 years old) were selected from Perlis, Selangor, Pahang, Negeri Sembilan, Malacca and Johor States in Peninsular Malaysia. Mean DBH, mean tree heights, the dominant tree height (DTH), and wood density of study sites were within the same range as those in Thailand. These results indicate that tree size characteristics and wood density of teak plantations in Peninsular Malay might be similar to those in Thailand.

**Key-word:** Humid tropics, teak plantation, dominant tree height, H/D ratio, wood

## I はじめに

チーク(*Tectona grandis*)は、世界三大銘木のひとつに数えられるほど材質が優れ、家具材や建築材として広く使用され、既に世界の熱帯地域に広く植栽されている。天然の分布域は東南アジアからインドにかけての熱帯季節林地域で

あり、植栽に適した気候は平均年降雨量が1250–1300mm  $y^{-1}$ 、月降雨量40mm以下の乾期が3–6ヵ月、年平均気温が22–26°Cと言われている(II)。そのため、高温で明瞭な乾期がない半島マレーシアにおいて、特にタイ国

表—1. 調査地の林齢、植栽間隔、調査区のサイズ、平均胸高直径、平均樹高、上層樹高  
Table.1 Stand age, plant spacing, plot size, mean DBH, mean height and dominant tree height (DTH)

Site	Stand Age	Spacing	Plot Size [m]	Mean DBH [cm]	Mean Height [m]	DTH [m]
Mata Ayer, Perlis	36	4m X 4m	40X40	26.3 ± 0.9	21.2 ± 0.6	27.3
Puchong, Selangor	14	6m X 9m	10X160	18.0 ± 0.9	12.0 ± 0.6	16.9
Bentong, Pahang	27	3m X 3m	5X40	18.5 ± 2.7	13.8 ± 1.4	20.0
Kuala Klawang, Negeri Sembilar	46	3m X 3m	10X20	26.4 ± 1.6	21.1 ± 0.9	26.3
Jasin, Malacca	18	4m X 6m	10X60	23.6 ± 1.7	14.4 ± 0.8	18.4
Pagoh, Johor	18	2.4m X 2.4m	10X15	20.4 ± 0.7	13.6 ± 0.4	17.2

境に近い地域を除いた地域は、チーク植栽に不向きであると信じられてきた(7)。しかし、Tanaka らは乾期が明瞭でないタイ南部でも気候に関係なくチークの植栽の可能性があるとして指摘し(10)、Krishnapillay は半島マレーシアで植栽したチークが良好な初期成長を示すことから、乾期がない半島マレーシアでもチークの成長量が下がることはない予測している(7)。しかし、その裏付けとなる植栽後長期間に渡るチークの成長データは示されておらず、マレー半島南部に植栽されたチークの成長速度やその変化要因はわかっていない。

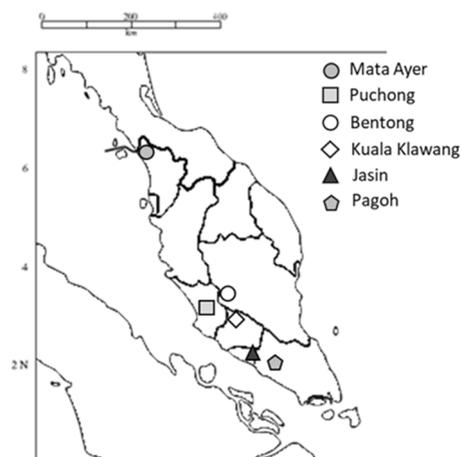
近年、米田らは半島マレーシアの数地点に植栽されたチーク林で調査をおこない、半島マレーシアでも良好な直径成長を示すことを報告した(13)。一方で、チークの材質や強度に深く関係する材密度についての情報は、ほとんど報告されていない。一般的に、材密度は樹高や成長速度と密接な関係があるとされている(5)。半島マレーシアとタイのチーク人工林では、チークの直径成長や幹の形状比が異なるという報告もあるため(15)、半島マレーシアのチークは異なる材密度を示す可能性もある。

本研究では半島マレーシアの異なる地域のチーク人工林6林分でチークの成長や材密度を調べ、ほぼ同齡のタイのチーク人工林の既存データと比較することで、乾期が無いマレーシア半島部は本当にチークの植栽不適地なのかどうかについて検討をおこなう。

## II 方法

**1. 調査地** 本研究は半島マレーシアの6カ所のチーク人工林でおこなった(図—1)。Perlis 州 Mata Ayer 森林保護区のチーク林はマレーシア森林研究所(FRIM)の試験区で、本調査では1979年に植栽された林分を選んだ。Selangor 州のチーク林は首都 Kuala Lumpur の郊外の Puchong 地区の道路沿いに 2002 年に植栽されたチーク林を選んだ。Bentong と Kuala Klawang はマレーシア森林局が管理する人工林で、それぞれ林齢 27 年、46 年であった。Malacca 州の Jasin, Johor 州の Pagoh は高速道路を管理する PLUS によって、高速道路沿いに1997年に植栽されたチーク林で調査をおこなった。

これら6地点の年平均気温はいずれも約 27 度で、年間の変動は少ない。年降雨量は、いずれも約 2000~2400mm で、Puchong, Bentong, Kuala Klawang, Jasin, Pagoh では降雨量が多い月、少ない月があるが、年間を通して雨が降り、月の降雨量が 100mm を下回ることはない。一方、Mata Ayer では 12 月、1 月、2 月は降雨量が少なく、月の降雨量が約 40mm になる(3)。



図—1. 調査をおこなった地点  
Fig.1. Location of research sites

**2. 調査項目** 調査をおこなった6地点では植栽環境が異なるため、それぞれ異なる面積で調査区を設定した(表—1)。Puchong, Bentong と Jasin では道路沿いの植栽であったため、できるだけ道路から離れるように設定した。調査区内のチークについて、本数を確認し、巻尺を用いて幹の胸高直径(DBH)を測定し、Vertex(Hagalof 製)を用いて樹高を測定した。材の採取は幹の胸高(1.3m)の高さにおいて、コア直径 5.15mm の成長錘(インクリメントボア; Mattson, Sweden)を用い、幹の中心に向けて直径の約3~9割(平均 60.1%)の長さで採取した。採取試料は、直径、長さ、生重を測定後、80 度に設定したオープンで乾重が安定するまで乾燥させ全乾重量を測定し、材密度を求めた。また、Mata Ayer と Pagoh の材密度は小川(8)のデータを用いた。

### III 結果と考察

1. 幹の胸高直径および樹高 幹の DBH および樹高の測定結果を表-1に示す。6林分の平均 DBH は 18.0cm (Puchong) から 26.4cm (Kuala Klawang), 平均樹高は 12.0m (Puchong) から 21.2m (Mata Ayer) となった。Yoneda ら(14) がタイでおこなった調査では、林齢 20 年前後のチーク人工林では平均 DBH は 8.3cm から 20.8cm であることから、ほぼ同齢の Jasin や Pagoh のチーク林はタイの同齢のチーク人工林に比べ比較的 DBH が大きいと考えられる。また同様に平均樹高を比較すると、林齢 20 年前後のタイの林分では 6.5m から 19.3m であることから(14)、今回の結果はタイの同齢林のなかで中間程度の樹高であると言える。

平均樹高のデータは、梢端枯れ個体や他の植栽木に被圧され極端に成長の悪い個体のデータも含むが、今回調査したチーク林は未間伐林のため、平均樹高が間伐をおこなっているタイに比べ低くなった可能性がある。そこで、林分の上位 10% の優勢木の樹高(以降、上層樹高とする Dominant Tree Height; DTH)を求め、タイの DTH(4)と比較した。その結果、今回の 6 林分の DTH は 16.9~27.3m で(図-2)、タイの DTH と遜色なく、約 25 年生以上に限れば高い部類と考えられた(図-2)。

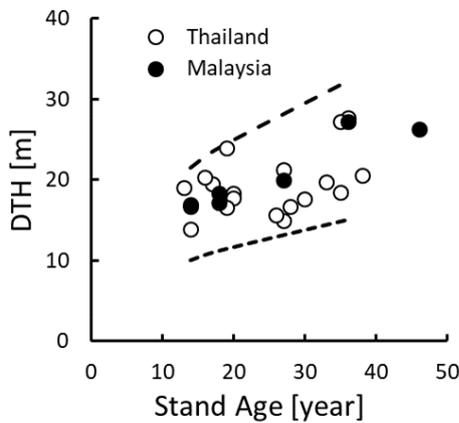


図-2. 本研究とタイ国内のチーク人工林における林齢と上層樹高の関係。点線は東北タイの収穫予想表による上層樹高の範囲(4)。

Fig.2. Relation between stand age and dominant tree height (DTH) on teak plantation in Thailand and Malaysia (present study). Dotted line means range of DTH from yield table in Northeast Thailand by Ishibashi (4).

2. 材密度 材密度データの無い Kuala Klawang を除く 5 林分の材密度は 0.52 から 0.59 g cm<sup>-3</sup> で、Puchong と Bentong 間では有意差があったが、その他の調査地間の有意差はなかった(図-3)。一般的にチークの全乾材密度は約 0.55g cm<sup>-3</sup> で(9)、今回の値はタイ人工林の値の範囲内に

ある(12, 14)。一方、林齢と平均材密度の関係は有意ではなかった(p=0.07)(図-4)。他の研究では林齢が高いほど材密度が高くなるが(6, 12, 14)、本研究では林齢が高い Mata Ayer で材密度のばらつきが大きく(図-3)、林齢との関係が無くなった一因と考えられた。チークは心材、辺材で材密度が異なるという報告はなく、25 年生以下のチークでは幹の外側と中心で材密度はほとんど変わらないとしている(2)。また、25 年生以下のチークと高齢のチークで材密度の違いは少ないとされている(2)。そのため、データのばらつきはサンプリングの部位などによって発生したのではないと考える。インドのチーク人工林では、成長速度が材密度に影響したことから(1)、個体による成長速度の違いが Mata Ayer の材密度がばらついた一因と考えられる。

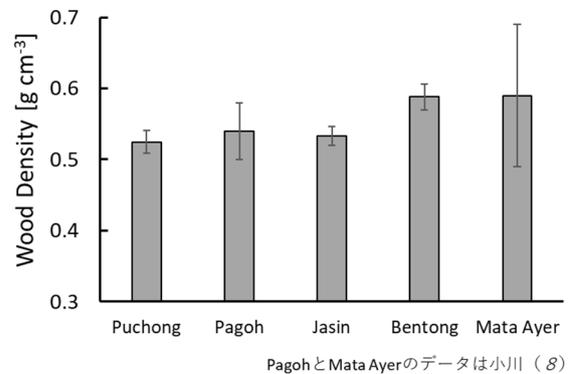


図-3. 各林分の幹の材密度  
Fig.3. Wood density on teak trees in each site

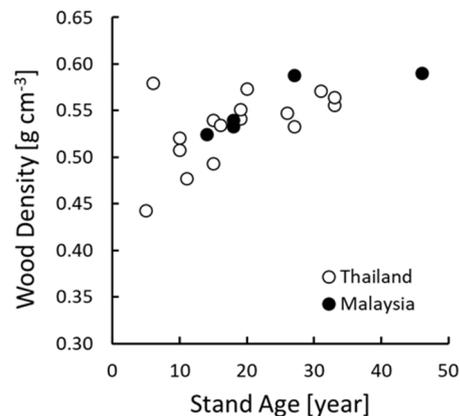
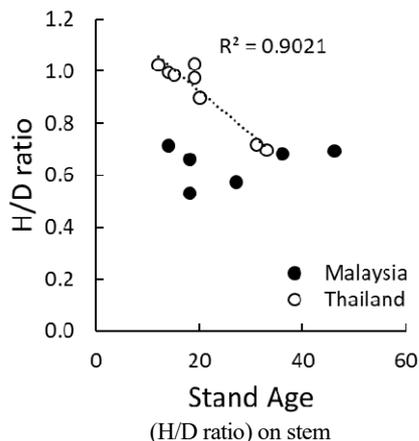


図-4. 林齢と材密度の関係  
Fig.4. Relation between stand age and wood density

3. 幹の形状比 半島マレーシアの 6 林分では、タイの林分と比較して直径成長がやや大きく、樹高は同じ程度となるため、形状比(H/D 比)が低かった(図-5)。一般的に立木密度が低下すれば直径成長が促進され形状比が低下する。Pagoh を除く 5 林分については、植栽間隔が

タイと比べて広く立木密度が低くなったことが、低い形状比の一因と考えられる。また、Puchong は道路沿いであったため光環境が良く、直径成長が促進され形状比が低下した可能性も考えられた。しかし、Pagoh は高密度に植栽され間伐も行われていないにもかかわらず、低い形状比であったがその要因は不明であった。

図-5. 林齢と幹の形状比(H/D比)の関係  
Fig.5. Relation between stand age and Height-Diameter ratio



以上から、調査した6林分のチークは、タイのチークより形状比は低いですが、成長には大きな違いはなく、材密度も変わらないことが明らかになった。半島マレーシアでは、初期成長だけでなく中長期成長もタイと遜色なく、収穫可能なサイズまで十分な成長が見込まれた。したがって明確な乾期を持たない半島マレーシアが、単純にチークの植栽不適地であるとは言えないことが示された。

**謝辞：**調査の補助をしていただいたマレーシア森林局や FRIM のスタッフに感謝の意を表す。本研究は科研費(課題番号：15K07488)のもとでおこなった。

#### 引用文献

(1) ANISH, M.C., ANOOP, E.V., VISHNU, R., SREEJITH, B., JIJEEESH, C.M. (2015) Effect of growth rate on wood quality of teak (*Tectona grandis* L.f.): a comparative study of teak grown under differing site quality conditions. *J. Indian Acad. Wood Sci.* 12(1): 81-88.

(2) BHAT, K.M., PRIYA, P.B., RUGMINI, P. (2001) Characterisation of juvenile wood in teak. *Wood Sci. Technol.* 34: 517-532.

(3) Climate Data Org. (<http://www.en.climate-data.org>)

(4) ISHIBASHI, S., SAKAI, M., NODA, I., VACHARANGKURA, T., KRONGKITSIRI, V.,

KAMOLPANIT, D., HIMMAPAN, W. (2010) Yield prediction table on *Tectona grandis* (teak) in Northeast Thailand. [Revised edition] RFD-JIRCAS Joint Research Project. 16pp.

(5) KENZO, T., SANO, M., YONEDA, R., CHANN, S. (2017) Comparison of wood density and water content between dry evergreen and dry deciduous forest trees in Cambodia. *JARQ* 51(4): 363-374.

(6) KOKUTSE, A.D., BAILLÈRES, H., STOKES, A., KOKOU, K. (2004) Proportion and quality of heartwood in Togolese teak (*Tectona grandis* L.f.). *For. Ecol. Manage.* 189: 37-48.

(7) KRISHNAPILLAY, B. (2000) Silviculture and management of teak plantations. *Unasyuva* 51:14-21.

(8) 小川智子(2016)チーク植林木の成長に影響を及ぼす環境要因に関する研究. 2015 年度高知大学大学院総合人間自然科学研究科農学専攻修士論文, 45 pp.

(9) SOERJANEGARA, LEMMENS R.H.M.J. (1994) PROCEA. Plant Resources of South-East Asia 5(1) Timber trees: Major commercial timbers. Prosea Foundation, Bogor, Indonesia, pp.610.

(10) TANAKA, N., HAMAZAKI, T., VACHARANGKURA, T. (1998) Distribution and site requirements of teak. *JARQ* 32: 65-77.

(11) WEBB, D.B., WOOD, P. SMITH, J. HENMAN, G. (1984) A guide to species selection for tropical and sub-tropical plantation. In *Tropical forestry papers No. 15*. Commonwealth Forestry Institute, Univ. of Oxford. 256pp.

(12) 米田令仁・Woraphun Himmapan・野田巖 (2013) タイ国内3県に植栽されたチークの材密度. *関東森林研究* 64(2): 25-28

(13) 米田令仁・田中憲蔵・市栄智明・Mohamad Azani Alias (2017) 半島マレーシアの4地点に植栽されたチークの成長の比較. *関東森林研究* 68(1): 37-40

(14) YONEDA, R., HIMMAPAN, W., TEDSORN, N., VACHARANGKURA, T., NODA, I. (2017) Development of allometric equation to estimate biomass and carbon stock in young teak plantations in Thailand. *JIRCAS Working Report* 85: 1-10.

(15) 米田令仁・田中憲蔵・市栄智明・Mohamad Azani Alias (2017) 半島マレーシアの5地点のチーク人工林における成長と幹の形状比. 第27回日本熱帯生態学会年次大会講演要旨集. 86