

## 植栽された熱帯樹は何年で本来の林冠層に達するのか？

松本陽介(森林総研)・米田令仁(国際農林水産業研究センター)・田中憲蔵(森林総研)・  
Mohamad Azani Alias・Nik Muhamad Majid(マレーシア・プトラ大学)・  
田淵隆一(森林総研)・Sasitorn Pongparn・Pipat Patanaponpaiboon(チュラロンコン大学)

**要旨：**人工植栽した熱帯樹種において、林冠層あるいはエマージェント層に到達する年数の予測を行った。マレーシアの熱帯降雨林の植栽試験地で12樹種、およびタイの季節林の植栽地と並木において2樹種、合計14樹種の樹齢と樹高のデータを集めた。Mitscherlich式を用いた樹高成長曲線からポテンシャルとしての林冠層到達年数を計算した。その結果、降雨林では20年前後で、季節林では30年前後で林冠層下部(ここでは高さ30mを想定)に達するポテンシャルのある樹種があること、降雨林のエマージェント層下部(同、45m)に30~40年で達するポテンシャルのある樹種があることが明らかになった。しかし、多様な生物種の住みかを提供できる多樹種による垂直的な階層構造(ここでは中心高をエマージェント層では55m、季節林では35mとして想定)の修復には成長の遅い樹種も含まれることが必要で、それに要する年数は、最短でもエマージェント層を有する降雨林ではおおむね112年~134年程度、季節林ではおおむね34年~41年程度の期間が必要であると考えられた。

**キーワード：**熱帯林修復, 樹高, Mitscherlich式, マレーシア, タイ

**Abstract:** Tree ages required for reaching to forest canopy layer and/or to emergent layer were estimated in some planted tree species in the tropics i.e. 12 rain forest species in Peninsula Malaysia and 2 monsoon forest species in Thailand with applying Mitscherlich equation based age-tree height growth curve. Some species showed the potential to grow up to canopy height of natural forest within 20 to 40 years, and 50 to 60 years were enough for some species potentially reaching to emergent layer of the rain forest. The time required for ecosystem rehabilitation with installing multiple layers and tree species of which can host rich biota, however, is assumed to be much longer e.g. more than 112-134 years at shortest in rain forest species and more than 34-41 years in monsoon forest species as well.

**Key word:** rehabilitations of tropical forest, height curve, Mitscherlich-equation, Malaysia, Thailand

### I はじめに

熱帯降雨林では、高さ30~40mに林冠層があり、その上部にフタバガキ科やマメ科等の巨木になる樹種で構成されるエマージェント層があるが、この層の樹種は合板や用材生産のために重用され伐られてきた。同様に熱帯季節林では降雨林と類似した樹種に加えチーク等で構成されているが、降雨林同様に有用樹が選択的に伐採されてきた。これらの熱帯林は、本来の樹種構成・森林空間構造の劣化が進んでいる。

健全な林冠層はエマージェント層も含めて、スペシャリストとしての特定の昆虫類、鳥類、小ほ乳類やサル類などが生息しており、この層の樹種構成・空間構造の健全性は豊かな生物多様性を保持するために不可欠である。いったん伐採された林冠構成種では、母樹密度の低下や花粉親の欠如で健全種子の減少/欠如、

先駆的で成長が早く繁殖力の旺盛な *Macaranga* 属樹種などの侵入・繁茂、および林の分断化、動物等による種子移動が期待できないなどの理由で、なかなか天然更新が進まない。このため、熱帯林では人工植栽を行わなければならない場合も少なくない。

しかし、植栽試験の公開データ、とりわけ樹高データが少なく、生物多様性回復を含めた熱帯林の垂直的な階層構造の修復に要する年数についての知見は見当たらない。これまでに、樹高成長の良い個体を対象とすること、および長期間でも適合性が良い樹高成長曲線を使うことで、ポテンシャルとしての樹冠高到達年数の大まかな推定は可能と考え、我が国のスギやヒノキなどの人工植栽林で適合性が高い Mitscherlich 式(1, 3)が熱帯降雨林のフタバガキ科樹種においても有用であることを報告した(5)。

Yosuke MATSUMOTO (Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI), Matsunosato 1, Tsukuba, Ibaragi, 305-8687), Reiji YONEDA (Japan International Research Center for Agricultural Science (JIRCAS), Ohwashi 1-1, Tsukuba, Ibaragi, 305-8686), Kenzo TANAKA (FFPRI), Mohamad Azani ALIAS, Nik Muhamad MAJID (UPM, Malaysia), Ryuichi TABUCHI (FFPRI), Sasitorn POUNGPARN, Pipat PATANAPONPAIBOON (Chulalongkorn University, Thailand), How many year does it take planted tropical trees to reach the forest canopy?

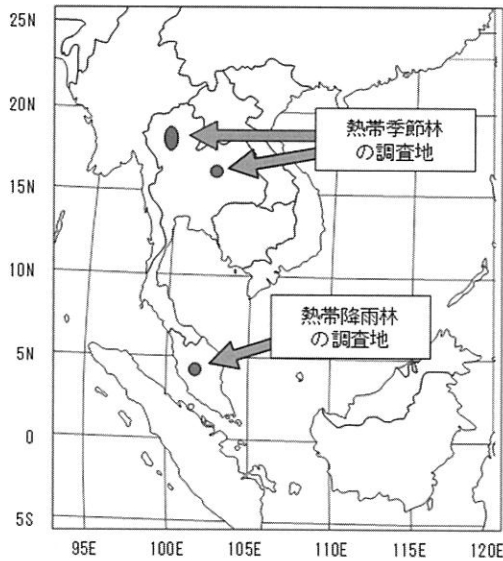


図-1. 調査地の位置

Fig.1 Location of study area

本研究では熱帯降雨林および熱帯季節林地帯の植栽履歴が明確な個体の樹齢と樹高のデータを集め、樹高成長カーブからポテンシャルとしてのそれぞれの林分が形成する本来の林冠層への到達年数を推計した。

## II 調査地および方法

### 1. 熱帯降雨林

調査地はマレーシア国・ペラ州・ビドー町のチクスの植栽試験地である(図-1)。1991~1999年までの間、国際協力事業団(JICA)はマレーシア国と共同で行った複層林経営プロジェクトで50樹種以上の植栽試験地を設定した。これらの試験地は、約4mごとに方形植えの約8年生の*Acacia mangium*林を1, 2, 4, 8, 16列ごとに列状あるいは帯状伐採し、樹種ごと伐採列数ごとの約1haの区画を作り、主に郷土樹種を伐採木と同じ間隔で植栽した(2)。この1列幅および2列幅伐採区は列状伐採といえ、4列幅および8列幅では帯状伐採、16列ではほぼ皆伐である。同プロジェクトでは、樹種ごと伐採列数ごとの区画の継続成長調査プロットの樹高および胸高直径データを公開(2)している。

この試験地において、現在も良好に管理されている樹種別試験区のなかから、*Shorea leprosula*, *S. parvifolia*, *Neobaranocarpus heimii*, *Dryobaranops sumatrensis*, *S. glauca*, *S. ovalis*, *Hopea odorata*, *S. acuminata*, *Palaquium gutta*, *Pentaspadon montleyi*,

*Dipterocarpus cornutus*, および *S. roxburghii* の12樹種を選び、植栽18年前後の樹高を測高器(パーテックスレーザー, HAGLOF社)を用いて2010年9月および2011年2月に現地調査した。

### 2. 熱帯季節林

タイにおいて調査を行った(図-1)。*Tectona grandis*の樹高を、北部のチェンマイ、ランパンの2県(図の左上)の人工林において成長の良い個体を選んで測高器を用いて2012年6月に測定した。

また、*Dipterocarpus alatus*の樹高をChiangMai-Lamphun Roadの並木(2012年6月の測定時の樹齢113年)で同様に測定した。植栽後9年目までの若齢林および20年生前後の樹高は、それぞれ東北タイのコンケン県の試験植栽地(田淵, 未発表データ)および文献データ(4)を用いた。

### 3. 樹高成長曲線の調整

Mitscherlich式により最大樹高と係数aおよびbによって樹齢-樹高曲線(樹高成長曲線)が得られる。

樹高(m) =

$$\text{最大樹高(m)} \times \{1 - a \times \exp(-b \times \text{樹齢(年)})\}$$

ここでは、本研究で集めた樹種ごとの樹齢と樹高のデータのなかから、樹高の高い順に5つを選びそれぞれの樹高成長曲線を定めるために用いた。また、樹種ごとの最大樹高はPROSEA(6)の記載に基づいて定めた。PROSEAでの記載は、古くはSymingtonの記載(7)などを継承しており、熱帯林が豊富に残されていた時期の広範な観察・調査に基づいているため、樹種ごとの本来の最大樹高を示していると考えられる。

最大樹高を補正する係数aは既報(1, 3, 5)ではほぼ1前後のため、ここでは1.0に固定し曲率を決める係数をbのみとして20年生前後の個体の最大樹高を用いて決定した。

## III 結果と考察

図-2に熱帯降雨林の樹種で、成長の比較的早い*Shorea leprosula*および成長が遅い*Neobaranocarpus heimii*, また、熱帯季節林の主要な造林樹種である*Tectona grandis*および*Dipterocarpus alatus*の最大樹高曲線を樹高データとともに示した。Mitscherlich式は樹高成長曲線としてわが国のスギやヒノキで当てはまりが良いことが報告(1, 3)されているが、図に示すように熱帯樹種でも有用な樹高成長曲線式として利用できることが明らかである。

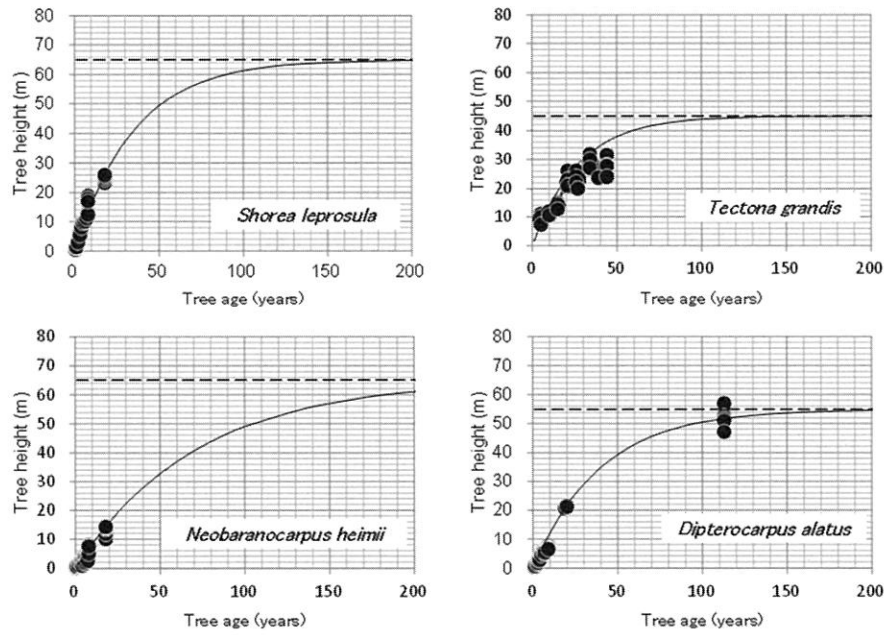


図-2. 熱帯降雨林の樹種（左上，左下）および熱帯季節林の樹種（右上，右下）の最大樹高曲線

Fig. 2 The maximum tree high curves of tropical rainforest species (right side) and tropical monsoon forest species (left side)

表-1. エマージェント層および林冠層に到達する予測年数

Table 1 Estimated years for reach emergent layer and canopy layer

樹種名 Spices name	樹種区分 Forest type	PROSEAによる 最大樹高の記載 Discription of height in PROSEA	ミツチャーリツヒ式の係数 Coefficient of Mitscherlich equation		予測到達年数 (year) Estimated years				
			最高 樹高 (m) Max. height	a	b	エマージェント層 Emergent layer		林冠層 Canopy layer	
						想定中心高 Middle 55m	想定下部高 Bottom 45m	想定中心高 Middle 35m	想定下部高 Bottom 30m
<i>Shorea ovalis</i>	Rain f.	up to 60m	65	1.0	0.0370	51	32	21	17
<i>Dryobaranops sumatrensis</i>	Rain f.	up to 60(-67)m	67	1.0	0.0320	54	35	23	19
<i>Pentaspadon montleyi</i>	Rain f.	up to 50m	55	1.0	0.0420	—	41	24	19
<i>Shorea glauca</i>	Rain f.	up to 50m	55	1.0	0.0400	—	43	25	20
<i>Shorea parvifolia</i>	Rain f.	up to 65m	70	1.0	0.0270	57	38	26	21
<i>Shorea leprosula</i>	Rain f.	up to 60m	65	1.0	0.0285	66	41	27	22
<i>Shorea acuminata</i>	Rain f.	up to 54m	56	1.0	0.0350	112	47	28	22
<i>Shorea roxburghii</i>	Rain f.	up to 40m	45	1.0	0.0510	—	—	29	22
<i>Dipterocarpus cornutus</i>	Rain f.	very large tree	55	1.0	0.0170	—	82	52	41
<i>Neobaranocarpus heimii</i>	Rain f.	over 60m	65	1.0	0.0140	134	84	55	44
<i>Palaquium gutta</i>	Rain f.	up to 45m	50	1.0	0.0210	—	110	57	44
<i>Hopea odorata</i>	Monsoon f.	up to 45m	48	1.0	0.0380	—	73	34	26
<i>Tectona grandis</i>	Monsoon f.	up to 40m (some time more)	45	1.0	0.0370	—	—	41	30
<i>Dipterocarpus alatus</i>	Monsoon f.	up to 40m (some time more)	55	1.0	0.0250	—	68	40	32

\*: from Mangrove Guidebook (Wm Giesen *et al.*: FAO & Wetlands international, 2007)

係数aは樹齢-樹高曲線の場合1.0前後のことが多く、またミツチャーリツヒ式を簡素に利用するため1.0に固定した。

最高樹高がエマージェント層の想定高と同じか満たない場合は算出不能のため“—”で示した。

降雨林樹種、季節林樹種ごとに、表中右端の“樹冠層の想定下部高”の到達年数順に示した。

Mitscherlich式：樹高(m) = 最高樹高(m) × [ 1 - a × exp(- b × 樹齢(年) ) ]

表-1に今回用いた樹高成長曲線式(Mitscherlich式)の各樹種の最大樹高,定数aおよびbとともに,エマージェント層(中心高を55m,下部高を45mと想定)および林冠層(同35m,同30mと想定)の到達年数をまとめて示した。林冠層中心への到達に要する年数は熱帯降雨林樹種では21~57年,熱帯季節林では34~41年で,樹高成長の遅い樹種は早い樹種の倍以上の年数を必要とすることがわかった。

熱帯降雨林樹種においては,林冠層中心高への到達年数の早い順に *Shorea ovalis*, *Dryobaranops sumatrensis*, および *Pentaspadon montleyi* であり,それぞれ21年,23年,および24年,遅い樹種は, *Dipterocarpus cornutus*, *Neobaranocarpus heimii*, および *Palaquium gutta* でそれぞれ52年,55年,および57年であった。

熱帯降雨林においてその特徴といえるエマージェント層への早い到達が見込むことができる降雨林樹種は,その層の中間高を55mと想定し設定最大樹高が60m以上の樹種では,51~134年であった。樹高成長の早い *Shorea ovalis* で51年, *Dryobaranops sumatrensis* で54年, および *S. parvifolia* で57年とそれぞれ推定された。逆に,設定最大樹高が60m以上の樹種のうち到達が遅いものは *Neobaranocarpus heimii* で134年, *Shorea acuminata* で112年であった。

降雨林では20年前後で,季節林では30年前後で林冠層下部(ここでは高さ30mを想定)に達するポテンシャルのある樹種があること,降雨林のエマージェント層下部(同,45m)に30~40年で達するポテンシャルのある樹種があることが明らかになった。

しかし,多様な生物種の住みかを提供できる多樹種による垂直的な階層構造(ここでは中心高をエマージェント層では55m,季節林では35mとして想定)の修復には成長の遅い樹種も含まれることが必要で,それに要する年数は, *Neobaranocarpus heimii* や *Shorea acuminata* を基準とすれば,最短でもエマージェント層を有する降雨林ではおおむね112年~134年程度,季節林ではおおむね34年~46年程度の期間が必要であると考えられた。

#### IV おわりに

熱帯林の垂直的な階層構造の修復に必要な期間に関する知見が皆無の状況で,本研究により20年前後の樹高によって林冠層あるいはエマージェント層到達年数

の予測が大まかではあるが可能になったことは,修復活動に要する期間の長さを活動計画に組み込む契機になることが期待される。

本研究は,科学研究費補助金(基盤研究(B 海外), No. 20405030)による助成を受けて行われた。

#### V 引用文献

- (1)愛媛県林業技術センター(2005)愛媛県の高齢級人工林に対応したシステム収穫表の成長パラメータと使用方法,研究成果移転実績報告 No. 10, pp. 25
- (2)Forestry Department Peninsular Malaysia, Perak State Forestry Department, and Japan International Cooperation Agency (2002) Record of Multi-Storied Forest Management Project in Malaysia. Thin Brothers' Printing Co., 52000 Kuala Lumpur, pp. 215
- (3)石井洋二・齋藤寛・五十嵐正徳(2005)福島県会津地方のスギ高齢林の樹高成長,日林誌 87(5), pp. 419-421
- (4)Kantinan Peawsa-ad and Chingchai Viriyabuncha (2001) Growth yield and aboveground biomass of *Dipterocarpus alatus* aged 19 yrs. Proceedings of the 7<sup>th</sup> Silvicultural Seminar (at Kasetsart Univ.). Royal Forest Department of Thailand (RFD), pp. 82-100 (タイ語, 英文要旨付)
- (5)松本陽介・米田令仁・田中憲蔵・田淵隆一・Mohamad Azani Alias・Nik Muhamad Majid (2012) 熱帯樹が林冠層に達するまでの最短期間の推定法 - コンセプトと半島マレーシアでの事例紹介, 第22回日本熱帯生態学会大会講演要旨集, p. 91
- (6)PROCEA(1994) Plant Resources of South-East Asia 5(1) Timber trees: Major commercial timbers, Prosea Foundation, Bogor, Indonesia, pp. 610
- (7)Symington, C. F., (1941) Forster's manual of dipterocarpus, Malayan Forest Records No. 16, Forest Department, Kuala Lumpur, pp. 244