

タイ、カンチャナブリー県の公共林の林分構造と現存量

米田令仁(国際農研)・Woraphun Himmapan(タイ王室森林局 研究部)・竹中浩一(国際農研)・野田巖(国際農研)

要旨: タイ国カンチャナブリー県の公共林について、これまでに報告されている現存量推定式を用いて、林分の現存量を推定した。公共林内に40m×40mの調査区を2箇所設定し(Plot 1, Plot 2)、胸高直径、樹高の測定と構成樹種の材密度を調査し、現存量推定式にこれらの値を入れて、現存量の値を比較した。Plot 1は *Dipterocarpus obtusifolius* が林分の約半分を占める小径木で構成された Dry Dipterocarp Forest (DDF)であった。一方Plot 2は *Shorea siamensis* や *Xylia xylocarpa* var. *kereii* 等で構成される DDF と Mixed Deciduous Forest (MDF)の中間的な森林であった。現存量を求めた結果、Plot 1では82.8~181.5t/ha、Plot 2では81.8~202.9t/haとなり、最大値は最小値の2倍以上の値を示した。一般式として作られた推定式は、タイで伐採によって得られた式で求められた推定量よりも高い値を示したことから、現存量をより性格に推定するためには地域や森林タイプによって推定式を作る必要があると考えられた。

キーワード: 現存量推定式、毎木調査データ、材密度、タイ

Abstract: Above-ground biomass on stand level was estimated by some allometric equations. In order to calculate the biomass, tree census and wood collection were conducted at two 0.16ha plots (Plot 1, Plot 2) in community forest in Kanchanburi province, Western Thailand. In Plot 1 where was consisted of small DBH size trees, *Dipterocarpus obtusifolius* was dominant species. For Plot 2, *Shorea siamensis* and *Xylia xylocarpa* var. *kereii* were dominant species. Forest type of these plots were recognized as Dry Dipterocarp Forest (DDF), ecotone between DDF and Mixed Deciduous Forest (MDF). Estimated stand level above-ground biomass in Plot 1 and Plot 2 showed from 82.8 to 181.5t/ha, 81.8 to 202.9t/ha, respectively. General equation for biomass estimation showed higher biomass values than equation made in Thailand. Thus, it is necessary to make allometric equation in each region and forest types to estimate accurately.

Keywords: Allometric equation, tree census data, wood density, Thailand

I はじめに

近年の地球温暖化抑制政策として期待されている REDD の取り組みのために、熱帯林がもつ炭素量の推定は重要な課題となっている。しかし、推定した炭素量の値がどれほどの精度があるか評価するためには、対象となる森林の樹木を伐採して実際の値を求める必要がある。1960年代、1970年代には熱帯の各地において、幹の直径、樹高と現存量との関係を調べる研究が多くおこなわれてきた(4, 5)。しかし、近年では熱帯林の伐採が問題になっていることから、人工林や二次林を除き(2)、熱帯地域で伐採を伴う現存量調査をおこなうことが困難である。そのため、過去の現存量調査の結果を集約し、熱帯林の現存量を推定する一般式を作る試みもおこなわれている(1)。

本研究では、現存量推定のための一般式とタイ国内で伐採によって得られた推定式を用いて現存量を推定し、どれほど値が異なるのか比較した。

II 材料と方法

調査地概要 調査はタイ国カンチャナブリー県サイヨーク地区ヤントン村内にある公共林においておこなった。カンチャナブリーの年平均気温は約29度、年降水量は1000~1200mm/yで、5月から10月までは雨期、11月から4月までは乾期となる。公共林はヤントン村内にある組織によって管理され、森林を持続的に管理するための様々な規則が決められている。公共林内の森林については原則伐採が禁止されていることから、自然に近い樹種で構成された森林である。

Reiji YONEDA, (Japan Int. Res. Cent. Agr. Sci., (JIRCAS), 1-1 Owashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8686, Japan), Woraphun HIMMAPAN, (For. Res. and Develop. Bureau, Royal Forest Department (RFD), Bangkok 10900, Thailand), Koichi TAKENAKA (JIRCAS), Iwao NODA (JIRCAS). Forest structure and stand biomass on community forest in Kanchanburi Province, Thailand

表-1. Plot 1 および Plot 2 に出現した上位 5 種の本数, 立木密度, 平均胸高直径, 平均樹高, 胸高断面積合計 および材密度.

Table-1. Stand density, mean DBH, mean height, total basal area and wood density on major 5 species in plot 1 and plot 2.

Plot1							
Species	Local name	number of trees	stand density [trees/ha]	mean DBH [cm]	mean height [m]	basal area [m ² /ha]	wood density [g/cm ³]
<i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	ยางเหียง	240	1500	9.2	9.3	11.46	0.68
<i>Shorea obtusa</i>	เต็ง	70	438	7.0	7.9	1.78	0.76
<i>Xylocarpus var. kereii</i>	แดง	32	200	8.8	10.1	1.35	0.73
<i>Dipterocarpus tuberculatus</i>	ยางพลวง	28	175	8.8	8.7	1.48	0.71
<i>Canarium subulatum</i>	มะกอกเกลื้อน	12	75	13.7	11.1	1.32	0.56
Other		65	406	8.6	8.0	2.98	
		447	2794	8.9	9.0	20.37	

Plot2							
Species	Local name	number of trees	stand density [trees/ha]	mean DBH [cm]	mean height [m]	basal area [m ² /ha]	wood density [g/cm ³]
<i>Shorea siamensis</i>	รัง	65	406	11.8	11.8	4.87	0.68
<i>Xylocarpus var. kereii</i>	แดง	51	319	10.3	10.8	3.13	0.81
<i>Schleichera oleosa</i>	ตะคร้อ	32	200	9.6	8.8	2.00	0.88
<i>Vitex pinnata</i>	ตีนนก	19	119	10.7	11.1	1.24	0.77
<i>Terminalia mucronata</i>	มะเกลือเลือด	17	106	8.3	9.5	0.70	0.78
Other		121	756	9.5	8.9	6.58	
		305	1906	10.2	10.0	18.52	

調査区の設定 本調査では公共林内の丘の上に一箇所 (Plot 1), 丘の下部の平坦な地形の場所に一箇所 (Plot 2) を設置した。調査区は 40m×40m とし, 中に 10m×10m のサブプロットを設置した。調査区内に出現する胸高直径 (Diameter at Breast Height; DBH) 4 cm 以上の樹木について DBH, 樹高を測定し樹種の同定をおこなった。

材の採集 現存量推定では胸高直径や樹高データの他に材密度を用いることがあるため, 材の採集もおこなった。材の採集はコア直径 5.15mm の成長錘 (インクリメントボア ; Mattson, Sweden) を用いて, 地面から 0.3m の高さの幹で採集した。材サンプルは長さ約 10cm 採集し, 直径の小さい個体は幹の直径の約 8 割を採取した。採取したサンプルは, 直径, 長さ, 生重を測定した後に 80 度に設定したオーブンで乾重が安定するまで乾燥させた。乾燥後に全乾重量を測定し, 材密度を求めた。

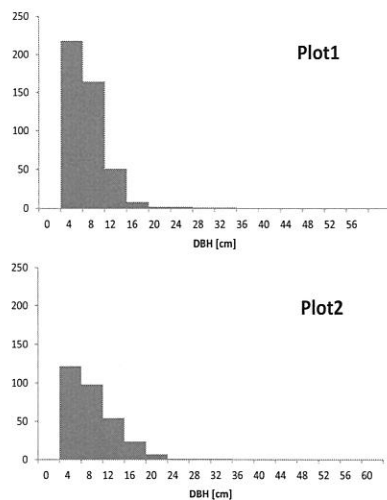


図-1. Plot 1 と Plot 2 内に出現した樹木の胸高直径階別分布.

Figure-1. Distribution of DBH class in Plot 1 and Plot 2

現存量推定 現存量の推定は荻野ら(1967), Kiyono et al. (2010), Chave et al. (2005)の現存量推定式を用いた。荻野らは東北タイのナコンラチャシマ県で樹木を伐採し実際の現存量を求めた上で式を作成した。Kiyono らは主にインドネシアの乾燥林データから推定式を作成した。Chave らは世界各地の熱帯林の現存量調査をもとに, 一般式を作成している。

荻野らが作成した式から以下の DDF の現存量推定式 (1) から (4) を用いた。

$$w_S = 189 \times (D^2 H)^{0.902} \quad (1)$$

$$w_B = 0.125 \times w_S^{1.204} \quad (2)$$

表-2. 各推定式を用いた現存量の比較.

Table-2. Estimation of above-ground biomass in Plot 1 and Plot 2 by equation from Ogino et al. (1967), Kiyono et al. (2010) and Chave et al. (2005).

	Ogino et al. (1967)				Kiyono et al. (2010)				Chave et al. (2005)	
	Stem	Branch	Leaf	AGB	Stem	Branch	Leaf	AGB	AGB(1)	AGB(2)
Plot 1	63.31	16.73	2.80	82.84	98.91	21.24	4.69	124.84	117.99	181.52
Plot 2	61.85	17.50	2.40	81.76	111.08	23.86	4.22	139.16	123.49	202.87

(t/ha)

$$1/w_L = 17.1/w_S^{1.2} + 0.0417 \quad (3)$$

$$AGB = w_S + w_B + w_L \quad (4)$$

Kiyono らの推定式からは以下 (5) から (8) の式を用いた。

$$w_S = 2.69 \times (BA)^{1.29} \rho^{1.35} \quad (5)$$

$$w_B = 0.217 \times BA^{1.26} \times \rho^{1.48} \quad (6)$$

$$w_L = 173 \times BA^{0.938} \quad (7)$$

$$AGB = w_S + w_B + w_L \quad (8)$$

Chave らは熱帯の乾燥林の定義を年間降水量 1500 mm/y 以下, 乾燥期間 5 ヶ月以上としていることから, Chave et al.の推定式は「乾燥林」を選び, 以下の (9) と (10) の式を用いた。

$$AGB_{(1)} = 0.112 \times (\rho D^2 H)^{0.916} \quad (9)$$

$$AGB_{(2)} = \exp(-0.6667 + 1.784 \times \ln(D) + 0.207 (\ln(D))^2 - 0.0281 (\ln(D))^3) \quad (10)$$

AGB: 地上部現存量(kg), w_S : 幹の現存量(kg), w_B : 枝の現存量(kg), w_L : 葉の現存量(kg), D : 胸高直径(cm), H : 樹高(m), BA : 胸高断面積(m²), D^2H (m³), ρ : 材密度(g/cm³)

III 結果と考察

1. 林分構造 Plot 1, Plot 2 ではそれぞれ 26 種, 33 種の樹木が確認された。Plot 1 ではフタバガキ科の *Dipterocarpus obtusifolius* が最も多く出現し全体の本数の約 54% を占めた。次いで *Shorea obtusa*, *Xylocarpa var. kereii* 等が多く出現した。一方 Plot 2 ではフタバガキ科 *Shorea siamensis* が最も多く出現し次い

で *Xylocarpa var. kereii* 等が多く出現した(表-1)。この種組成はタイの森林区分では Plot 1 は Dry Dipterocarp Forest (DDF), Plot 2 は DDF と Mixed Deciduous Forest (MDF) の中間的な森林であることが言える (6)。毎木調査の結果, Plot 1, Plot 2 共に小径木で構成されている森林であり (図-1), 特に Plot 1 では全体の 85.5% が DBH 8cm 以下の樹木で構成されていることが分かった。聞き取り調査をおこなった結果, 本調査をおこなった公共林では, 過去には小規模の伐採がおこなわれたことから, 本調査地では大径木の木が確認されなかったと考えられる。

2. 材密度 調査区内に出現した樹種の材密度は Plot 1 では 0.40 (*Spondias pinnata*) ~ 0.86g/cm³ (*Erythrophloeum succirubrum*), Plot 2 では 0.32 (*Bombax valetonii*) ~ 0.88g/cm³ (*Schleichera oleosa*) を示した (表-1)。Plot 1, Plot 2 に出現する樹木の平均の材密度はそれぞれ 0.61g/cm³, 0.65g/cm³ を示し, 全体的に高い材密度の樹種で構成されていた。

3. 現存量の推定 現存量推定式を用いて調査区の現存量を計算した結果, Plot 1 では 82.8~181.5t/ha, Plot 2 では 81.8~202.9t/ha となり, 最大値は最小値 2 倍以上の値を示した (表-2)。タイ国内の DDF で伐倒を伴う現存量調査では, 荻野らの調査では 45.0~89.7t/ha, Ogawa et al.の調査では 78.7t/ha とされている (4)。このことから, DDF の現存量が 100t 以上になると言うことは考えにくい。そのため, 一般式として用いられている Kiyono や Chave の推定式をこのタイ、カンチャナブリー県の公共林で用いると過大評価する可能性

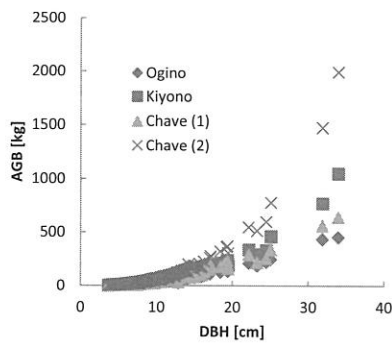


図-2. Plot 1 内の樹木について各推定式を用いた現存量

Figure-2. Estimation of above-ground biomass by each equation on each trees in Plot 1.

がある。また、荻野らの式を用いた場合は Plot 1 のほうが Plot 2 よりも高い現存量を示しているが、Kiyonoらの式や Chave らの式を用いた場合は逆に Plot 2 のほうが高い現存量があると評価されてしまう。これは DBH が大きい木ほど推定される現存量の差が大きくなるため(図-2)、多くの小径木で構成されている森林と小径木が少ない森林を比較した場合、使う推定式によっては評価が変わってしまう恐れがあると考えられる。

IV おわりに

以上のことから、現存量推定の一般式と言われる式は、現存量を過大評価してしまう可能性がある。そのため、森林の現存量を推定するためには地域や森林タイプごとに推定式を作成する必要がある。ただし、伐採を伴う実験をおこなうことは困難であることから、一般式の改良が必要であると考え。Chave らは区分けをする際に熱帯乾燥林については年降水量と乾期の期間しか考えていない。そのため、これら2つの要素に更に細かくわかるための要素を加え細分化し、再評価する必要があると考える。

本研究は国際農林水産業研究センター交付金プロジェクト「東南アジアにおける持続的利用を通じた森林管理・保全技術開発」の一環で実施した。現地の調査

で協力いただいた、タイ王室森林局、林業研究開発部造林研究科の各位にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

引用文献

- (1) CHAVE, J., ANDALO, C., BROWN, S., CAIRNS, M.A., CHAMBERS, J.Q., EAMUS, D., FÖLSTER, F.H., FROMARD, F., HIGUCI, N., LESCURE, J.P., NELSON, B.W., OGAWA, H., PUIG, H., RIERA, B., YAMAKURA, T. (2005) Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* :145, pp.87-99
- (2) KENZO, T., ICHIE, T., HATTORI, D., ITIOKA, T., HANDA, C., OHKUBO, T., KENDAWANG, J.J., NAKAMURA, M., SAKAGUCHI, M., TAKAHASHI, N., OKAMOTO, M., TANAKA-ODA, A., SAKURAI, K., NINOMIYA, I. (2009) Development of allometric relationships for accurate estimation of above- and belowground biomass in tropical secondary forests in Sarawak, Malaysia. *J. Trop. Ecol.*: 25, pp.371-386
- (3) KIYONO, Y., FURUYA, N., SUM, T., UMEMIYA, C., ITOH, E., ARAKI, M., MATSUMOTO, M. (2010) Carbon stock estimation by forest measurement contributing to sustainable forest management in Cambodia. *JARQ*: 44, pp. 81-92
- (4) OGAWA, H., YODA, K., OGINO, K., KIRA, T., (1965) Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. II Plant Biomass. *Nature and Life in Southeast Asia* (4)
- (5) 荻野和彦・Duongkeo RATANAWONGS・堤利夫・四手井綱英 (1967) タイ国森林の一時生産力. 東南アジア研究:5, pp.121-154
- (6) RUNDEL, P.W. and BOONPRAGOB, K. (1995) Dry forest ecosystems of Thailand. In BULLOCK, S.H., MOONEY, H.A., MEDINA, E. (ed.) *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 93-123