

マングローブ前面群落構成種の個体群構造と相対成長関係

緒方淳二¹⁾・富田瑞樹²⁾・鈴木邦雄¹⁾

Population Structure and Allometric Relationships of Seaward Mangrove Species, Thong Nian bay, Southeastern Thailand

Junji Ogata¹⁾, Mizuki Tomita²⁾ and Kunio Suzuki¹⁾

Abstract: We investigated the population structure of seaward mangrove species, *Avicennia alba*, *A. marina*, *Sonneratia alba* and *Rhizophora apiculata* between September 2004 and September 2005 in Thong Nian bay, Khanom, Southeastern Thailand. Mortality rate of *A. alba* and *S. alba* was higher than the other species. Although the rate of gain in basal area of *A. alba* (3.47%), *A. marina* (3.99%) and *S. alba* (3.07%) did not differ, the rate of loss in basal area of *A. alba* was the highest (2.03%). However, the changes in frequency distribution for stem diameter did not differ significantly between September 2004 and September 2005. Height and diameter relationships of the species were regressed by expanded allometric equation, and maximum attainable height of *S. alba* and *A. alba* was greater than that of *A. marina*. In the study site, it is considered that *S. alba* and *A. alba* regenerate first, and *A. marina* regenerate as follows.

Keywords: *Avicennia*, expanded allometry, pioneer species, population structure, *Sonneratia*

はじめに

樹木の樹高と直径の相対成長関係を明らかにすることにより、個体群の発達段階や群落の遷移過程を推察する研究が多く行われてきた (e.g. 中須賀 1979, O'Brien *et al.* 1995, 石原・持田 1999)。特に拡張相対成長式は、遷移系列や様々な環境傾度上における各樹種の相対的な序列を推察できるため (e.g. 依田 1971, Ogawa & Kira 1977)、立地環境の違いと最大樹高や樹高と直径の相対成長関係に関する研究 (三木ほか 2003, Tateno & Takeda 2003, Tomita *et al.* 2005) や、林冠木および下層木の樹高と直径の相対成長関係についての研究 (Aiba & Kohyama 1996, Thomas 1996) などに用いられてきた。

タイの河川の河口部では、汀線に沿って *Avicennia alba* と *Sonneratia alba* を標徴種とする *Sonneratia alba*-*Avicennium albae* (宮脇ほか 1985) や *S. alba*-*A. alba* 群落 (中村ほか 1985, Mochida *et al.* 1999) が前面群落を形成している。同様に前面群落を形成する種として *A. marina* があげられる (宮脇ほか 1985, Duke 1992, 馬場・北村 1999)。これら *A. alba*, *S. alba* と *A. marina* は先駆種であることが知られており (Tomlinson 1986, Aksornkoae *et al.* 1992)、河口部付近の干潟や砂州などの新しく形成された堆積地に定着する (Aksornkoae *et al.* 1992, 宮城ほか 2003)、ところが 3 種ともに先駆種とされるものの、*Sonneratia* 属や *A. alba* の実生はギャップなどに多く生育する (緒方ほか 2005) 一方、*A. marina* は林冠下の暗環境で

も生育可能である (Walters 2005) ことから、遷移系列上の各種の序列は大きく異なると考えられる。また、タイにおける *A. alba* と *S. alba* が優占する林分構造は、中須賀 (1990) などにより報告されている一方、*A. marina* を含む林分構造については、オマーン (三木ほか 2003)、ニュージーランド (Osunkoya & Creese 1997) や日本 (中須賀 1979) などで見られるのみで、タイにおける報告例はほとんどない。

そこで本研究では、*A. alba*, *S. alba*, *A. marina* が共存する前面群落において、その林分構造を明らかにすることを目的として調査を行った。具体的には、出現種の個体群構造および、樹高と直径の相対成長関係を拡張相対成長式で回帰した結果から、前面群落に出現する種の遷移系列上の序列と調査群落の遷移段階をそれぞれ推察した。

調査地および調査方法

タイのマレー半島中央部の東側に位置し、タイ湾に面するナコン・シ・タマラート県カノムのトン・ニアン湾 (9° 18' 14.0" N, 99° 48' 3.4" E) で調査を行った (Fig. 1)。タイ湾では干潮と満潮がほぼ 1 日に 1 回の頻度で起こり、それぞれの水位の差は 1~2m である (Spalding *et al.* 1997)。泥質土壌の干潟を形成しているトン・ニアン湾には、陸域からの土砂供給が見込めない干潟が立地となるタイグランドタイプ (宮城 1991, 1992, 宮城ほか 2003) の

¹⁾ 横浜国立大学大学院環境情報学府 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-7
Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University
Tokiwadai 79-7, Hodogaya-ku, Yokohama 240-8501 / Japan

²⁾ 東京情報大学総合情報学部 千葉県千葉市若葉区谷町 1200-2
Faculty of Informatics, Tokyo University of Information Sciences
Yato-cho 1200-2, Wakaba-ku, Chiba 265-8501 / Japan

マングローブ林が発達している。ナコン・シ・タマラート県における2003年の平均気温は27.3℃、年間降水量は2831.6mmである(National Statistical Office Ministry of Information and Communication Technology 2005)。

2004年9月にマングローブ林の汀線側の前縁部を基線として50m×50m(0.25ha)のプロットを設置した。プロット内の樹高1.5m以上の幹を対象に毎木調査を行い、種名・樹高・地上高1.3mの位置における胸高周囲長(Girth at Breast Height: GBH)を記録した。ただし、*Rhizophora apiculata*は支柱根が発達しているため、地上高で最上位に位置する支柱根の上部0.3m地点の周囲長を計測した。加えて、2005年9月にGBHの再計測と幹の消長を記録した。

計測したGBHから胸高直径(Diameter at Breast Height: DBH)と胸高断面積(Basal area: BA)を算出し各解析に用いた。2004年9月における種間の胸高直径階級分布の違いを、Kolmogorov-Smirnov検定を用いて解析した。有意性の判断には、多重性による第1種の過誤を避けるためにBonferroniの補正後の有意水準($\alpha^* = 0.05/6 = 0.0083$)を用いた。各種の2004年9月から2005年9月までの1年間の胸高直径階級分布の変化を、Kolmogorov-Smirnov検定を用いてそれぞれ解析を行った。解析には統計解析ソフトSPSS(SPSS Inc. 2005)を使用した。また、2004年から2005年の一年間のBAの変化を明らかにするために、次式を用いて出現種のBAの増加率と減少率をそれぞれ算出した(Kanno *et al.* 2001)。

$$\text{BAの増加率} = BA_1 / BA_0 \quad (1)$$

$$\text{BAの減少率} = BA_0 / BA_1 \quad (2)$$

ここで BA_1 は2004年に計測したBAの合計値である。 BA_0 は2004年から2005年にかけて増加した分のBAの合計であり、 BA_2 は枯死もしくは減少した分のBAの合計である。

また、2005年3月に、地上高0.3mの位置における周囲長の計測を個体ごとに行い、直径(Diameter at 0.3m height: $D_{0.3}$)を求めた。さらに、各種の直径と樹高の相対成長関係を明らかにするために拡張相対成長式(Ogawa & Kira 1977)を用いて回帰を行った。

$$1/H = 1/(A \cdot D^2) + 1/H_{max} \quad (3)$$

ここで D は各個体の直径である。ただし、*R. apiculata*は萌芽幹を持たないためDBHを用い、複数の萌芽幹を出すその他の種については $D_{0.3}$ を用いて、それぞれ回帰した。変数 A 、 h 、 H_{max} は各種に固有の変数であり、 A は個体密度に対応した値、 h は相対成長係数、 H_{max} は各種の最大樹高の推定値である(依田 1971, Aiba & Kohyama 1996)。

結 果

本調査地では、*A. alba*、*A. marina*、*S. alba*の3種に加えて*R. apiculata*が確認され、各種の幹数とBAは大きく異なった(Table 1)。2004年の幹数は合計469本であり、各



Fig. 1. Location of study site in Thong Nian bay, Khanom, Southeastern Thailand.

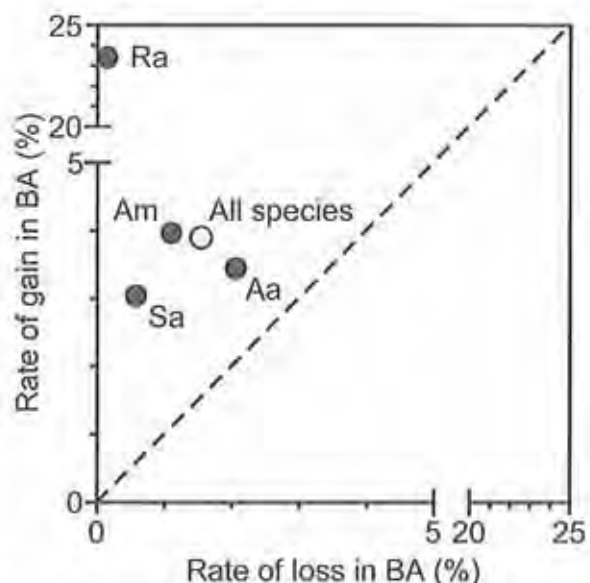


Fig. 2. Relationships between rate of gain and loss of basal area for each and all species. See Table 1 for species abbreviations.

種で25~258本と大きくばらついた(Table 1)。*A. marina*の相対出現幹数が55.01%と最も高く、次いで*A. alba*が30.28%と高かった。また、*R. apiculata*は9.38%、*S. alba*は5.33%であった。2004年から2005年までの合計幹数の減少率は6.18%であり、すべての種で幹数が減少した。種ごとの幹数の減少率は、*A. alba*が9.86%と最も高く、次いで*S. alba*が8.00%、*A. marina*が4.65%であった。*R. apiculata*は2.27%と減少率が最も低かった。

2004年のBAの合計は18.74m²/haであり、各種で

Table 1 Changes in the number of stems and basal area of the species (height > 1.5m) in the study site (0.25ha).

Species	Abbreviation	Density (number of stems / 0.25ha)			Basal Area (m ² / ha)			Relative change (%)		
		2004	2005	Mortality rate (%)	2004	2005	Gain	Loss	Total	
<i>Avicennia alba</i>	Aa	142	128	9.86	10.84	10.99	3.47	2.03	1.44	
<i>Avicennia marina</i>	Am	258	246	4.65	4.19	4.31	3.99	1.07	2.92	
<i>Sonneratia alba</i>	Sa	25	23	8.00	3.33	3.42	3.07	0.55	2.52	
<i>Rhizophora apiculata</i>	Ra	44	43	2.27	0.38	0.47	23.50	0.12	23.38	
Total		469	440	6.18	18.74	19.19	3.92	1.51	2.41	

Table 2 Changes in the frequency distribution of diameter at breast height in the study site (0.25ha). Values show the number of stems in September 2004. Values in parenthesis show the number of stems in September 2005.

Species	DBH class (cm)						
	-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35
<i>Avicennia alba</i>	50 (37)	17 (18)	21 (18)	18 (19)	13 (12)	19 (19)	4 (5)
<i>Avicennia marina</i>	143 (129)	73 (74)	30 (30)	9 (10)	3 (3)		
<i>Sonneratia alba</i>	3 (1)	4 (4)	3 (3)	4 (4)	3 (3)	4 (4)	4 (4)
<i>Rhizophora apiculata</i>	32 (28)	10 (13)	1 (1)	1 (1)			
Total	228 (195)	104 (109)	55 (52)	32 (34)	19 (18)	23 (23)	8 (9)

Table 3 Sample sizes, parameters for the expanded allometric equation and the coefficients of determination for each species.

Species	n	A	h	H _{max}	r ²
<i>Avicennia alba</i>	90	0.29	1.63	19.22	0.90***
<i>Avicennia marina</i>	61	0.92	1.28	13.55	0.80***
<i>Sonneratia alba</i>	17	0.07	2.31	17.72	0.92*
<i>Rhizophora apiculata</i>	42	1.68	0.82	186.25	0.86**

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

0.38m²/ha ~ 10.84m²/ha と大きくばらついた (Table 1). *A. alba* の相対 BA が 57.85% と最も大きな値を示した。次いで *A. marina* の相対 BA が 22.35%, *S. alba* が 17.79% であった。*R. apiculata* の相対 BA が最も低く、2.01% であった。全種の BA の合計値は、2004 年から 2005 年の 1 年間で 2.41% 増加し、*R. apiculata* の BA の増加率が 23.50% と最も高い値を示した (Fig. 2, Table 1)。一方、*A. alba* と *A. marina*、*S. alba* に大きな差はみられなかった。

2004 年 9 月の胸高直径階分布を種間で比較すると、*A. alba* と *S. alba* (Kolmogorov-Smirnov 検定: $p = 0.028$) および *A. marina* と *R. apiculata* ($p = 0.120$) のそれぞれの組み合わせに有意な差はなかった。一方、それ以外の組み合わせには有意差が認められた ($p < 0.0001$)。 *A. marina* と *R. apiculata* がともに逆 J 字形の分布を示したのに対して、*A. alba* と *S. alba* は全ての階級に出現し明瞭な分布のピークが見られなかった。*A. marina* は 55.43% の幹が DBH15cm 未満であり、逆 J 字形の分布を示した。また、最大 DBH

が 24.70cm であった。*A. alba* は 35.21% の幹が DBH15cm 未満の階級に出現した。DBH10cm から 30cm の階級の出現頻度は 9.15% ~ 14.79% を示し、最大 DBH が 34.19cm の幹も出現した。出現個体数は少ないものの、*S. alba* も全ての階級に出現していた。一方、*R. apiculata* は逆 J 字形の分布を示したが、最大 DBH が 15.34cm であった。また、それぞれの種において 2004 年と 2005 年の直径階分布を比較したが、4 種ともに有意差はなかった (Table 2, Kolmogorov-Smirnov 検定: $p = 0.213 \sim 0.968$)。

各種の樹高と直径の関係について拡張相対成長式を用いて回帰した結果、それぞれの変数に種間差が認められた (Fig. 3, Table 3)。変数 H_{max} は、*A. alba* が 19.22m、*S. alba* が 17.72m と高い値を示した。一方、*A. marina* は 13.55m と最も低い値を示した。また、*R. apiculata* は、サイズの大きな個体が欠如しているために直線的になった。変数 h の値は、*S. alba* が 2.31 とどの種よりも大きな値を示し、次いで *A. alba* が 1.63、*A. marina* が 1.28 と続き、

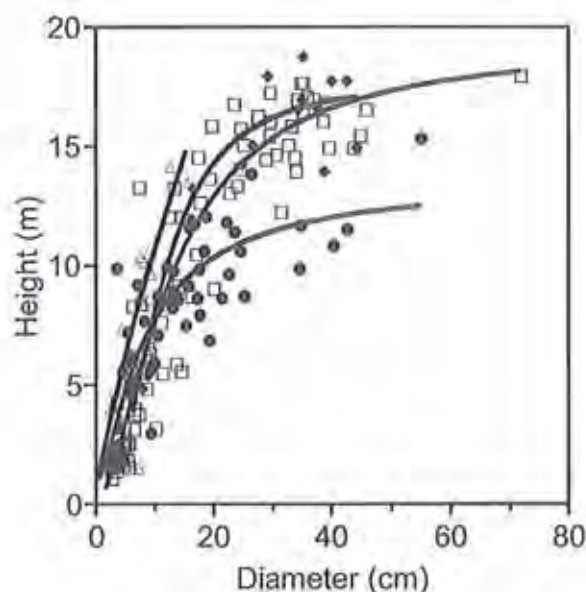


Fig. 3. The height - diameter relationships of each species: (\square) *A. alba*, (\bullet) *A. marina*, (\blacklozenge) *S. alba* and (\triangle) *R. apiculata*. Fitted lines are the expanded allometric equation: $1/H = 1/(A \cdot D^b) + 1/H_{max}$. See Table 3 for the number of species, each parameter for the expanded allometric equation and the coefficients of determination.

R. apiculata が 0.82 と最も低い値を示した。即ち、直径成長に対する樹高成長は *S. alba* が最も大きく、*A. alba*、*A. marina* と続き、*R. apiculata* が最も小さいことが示された。

考 察

本研究では、*A. alba* と *A. marina* が優占する前面群落に出現した種の個体群構造に加えて、各種の樹高と直径の相対成長関係および消長を明らかにすることにより、マングローブ前面群落の形成過程と各種の個体群の発達段階を推察できた。*A. alba* と *S. alba* の個体群は成熟し個体群を維持している段階にあり、その下層で *A. marina* が現在も個体群を拡大していると推察された。また、*R. apiculata* は調査群落に侵入し始めている段階にあると考えられた。

A. alba は、DBH の最も小さな階級に最頻値が認められたものの、他種に比べて大サイズの幹が多く出現し、BA 合計も最も高い値を示した。これは、*A. alba* の個体群は成熟しており、個体群を維持している段階にあることを示唆している。一方、出現幹数と BA の減少率がともに最も高い値を示した。特にサイズの小さなクラスでの減少率が高く、新規に加入する個体によって幹や BA の減少を補償できていないと考えられた。*A. alba* は、河口部などの新しく形成された立地に生育する (Aksornkoae et al. 1992) ことや、*A. alba* の実生は良好な光環境下に多く出現する (緒方ほか 2003) ことから、今後、ギャップ形成などの攪

乱により、実生の生育可能なマイクロサイトが形成されなければ、*A. alba* の個体群が衰退すると推察できる。

S. alba は、DBH の大きな幹が出現しているにもかかわらず、胸高直径階分布に明瞭なピークが見られなかった。さらに、出現幹数もわずかしき減少しておらず、BA についても減少率が増加率よりも低い値を示した。つまり、*S. alba* は、調査群落内において、新規に加入する個体が少ないまま現在の個体群を維持していると考えられる。現地での観察では、種子散布は確認されているものの、当年～数年生の実生はほとんどみられなかった。*S. alba* は、砂州などの新しい堆積地に生育する (Tomlinson 1986, 宮城ほか 2003) ため、現在、泥質土壌が堆積している調査地の立地環境が実生の生育・定着を抑制しているとも考えられる。*S. alba* や *A. alba* が優占する群落では、サイズの大きなギャップが形成され、そのことが *S. alba* と *A. alba* の実生の定着や成長を促進させる (Imai et al. 2006) ことや、成木の根返りや枯死により形成されたギャップでは、表層土壌が流出し立地環境が変化する (Sherman et al. 2000) ことから、*S. alba* も *A. alba* と同様に、ギャップ形成などの攪乱が起きなければ個体群が衰退する可能性がある。

A. alba と同様に、*A. marina* もまた、DBH が 5cm 未満の階級に最頻値が確認された。しかし、幹数の減少率が *A. alba* や *S. alba* と比べて小さく、BA の増加率が大きな値を示したことなどから *A. marina* の個体群は現在も拡大しているといえる。*A. marina* の実生は、林冠下でも成育することが可能であり (Walters 2005)、実生バンクを形成する (Clarke & Allaway 1993) ことが知られている。本調査地の群落は、林冠を構成する *S. alba* と *A. alba* の下層に *A. marina* が侵入し、現在の階層構造を持ったと考えられる。

宮脇ほか (1986) は、*Sonneratia albae-Avicennietum albae* の下層に *R. apiculata* や *R. mucronata* が生育することを報告している。本調査地でも小サイズの *R. apiculata* が群落の下層に生育していた。加えて、幹数の減少率が最も少ないことや、BA の減少がほとんどなく、増加率が高い値を示したことから、本調査地は *R. apiculata* が侵入し始めている段階であると考えられる。また、調査群落の下層に *R. apiculata* の実生が数多く確認されたことから、群落内での優占度が今後上昇していくと考えられる。

拡張相対成長式の相対成長係数 h は、陽樹の場合 1 よりも大きく陰樹の場合はほぼ 1 とみなすことができ、相対成長係数 h が大きいほど直径成長に対する樹高成長が大きくなる (依田 1971)。これまでの研究から先駆種とされる *S. alba*、*A. alba*、*A. marina* (Aksornkoae et al. 1992, 馬場・北村 1999) だが、変数 h の値が最も高い *S. alba* がより先駆的であり、次いで *A. alba*、*A. marina* であると本研究では序列付けることができた。また、*R. apiculata* の変数 h の値は、1 よりも小さかったことから、本調査地においてはより陰樹的と考えられた。つまり、本調査群落は、*S. alba*、*A. alba*、*A. marina*、*R. apiculata* の順で遷移しており、*S. alba* と *A. alba* が群落を形成した後に *A. marina* が侵入す

る段階を経て遷移が進行し、*R. apiculata* の侵入により、さらに遷移が進むと推察される。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、中村武久東京農業大学名誉教授には現地調査において便宜を図っていただき、研究に関しても多くのご助言を頂きました。また、Thailand Environment Institute の Sanit Aksornkoae 教授、Department of Marine and Coastal Resources の Sonjai Havanond 博士、Sopon Havanon 氏、Sangob Panitchari 氏および Pisek Saleekul 氏には、現地調査を行う際にご協力を頂きました。横浜国立大学の藤原一繪教授ならびに横浜国立大学、東京農業大学、大阪府立大学、東京工科大学の学生の皆さんには、現地調査をご協力頂きました。本研究は横浜国立大学 21 世紀 COE プログラム生物・生態環境リスクマネジメントの経費により行われた。

引用文献

- Aiba, S. & Kohyama, T. (1996): Tree species stratification in relation at allometry and demography in warm-temperate rain forest. *Journal of Ecology* 84: 207-218.
- Aksornkoae, S., Maxwell, G.S., Havanond, S. & Panichsuko, S. (1992): Plants in mangroves. Chalongsat, Bangkok.
- 馬場繁幸・北村昌三 (1999): マングローブ植林のための基礎知識 - マングローブ林の再生のために -. (財) 国際緑化推進センター, 東京.
- Clark, P. J. & Allaway, W. G. (1993): The regeneration niche of the grey mangrove (*Avicennia marina*): effects of salinity, light and sediment factors on establishment, growth and survival in the field. *Oecologia* 93: 548-556.
- Duke, N.C. (1992): Mangrove floristics and biogeography. Tropical mangrove ecosystems (eds. Robertson, A.I. & Alongi, D.M.). American Geophysical Union, pp. 63-100. Washington, DC.
- Imai, N., Takyu, M., Nakamura, Y. & Nakamura, T. (2006): Gap formation and regeneration of tropical mangrove forests in Ranong, Thailand. *Plant Ecology* 186: 37-46.
- 石原修一・持田幸良 (1999): マングローブ二次林の発達過程とその立地. *生態環境研究* 6 (1): 119-125.
- Kanno, H., Hara, M., Hirabuki, Y., Takehara, A. & Seiwa, K. (2001): Population dynamics of four understory shrub species during a 7-yr period in a primary beech forest. *Journal of Vegetation Science* 12: 391-400.
- 三木直子・Bardel Al-Balushi・山口康人・吉川賢 (2003): オマーン湾沿岸に分布するヒルギダマシ (*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh.) 林の林分構造. *日本緑化工学会誌* 29 (1): 125-130.
- 宮城豊彦 (1991): マングローブハビタットの地形形成と生物の役割. *地形* 12 (3): 273-277.
- 宮城豊彦 (1992): マングローブハビタットの土地管理. *地形* 13 (4): 325-331.
- 宮城豊彦・安食和宏・藤本潔 (2003): 日本地理学会「海外地域研究叢書」1 マングローブ - なりたち・人びと・みらい -. 古今書院, 東京, 193pp.
- 宮脇昭・奥田重俊・鈴木邦雄・藤原一繪・中村幸人・村上雄秀・大野啓一・鈴木伸一・Sanga Sabhasiri (1985): タイ国マングローブ林の植生学的研究. タイ国マングローブ林の植生生態学的研究 (宮脇昭 編), pp. 1-100 横浜国立大学環境科学研究センター植生学研究室, 横浜.
- Mochida, Y., Fujimoto, K., Miyagi, T., Ishihara, S., Murofushi, T., Kikuchi, T. & Promojanee, P. (1999): A phytosociological study of the mangrove vegetation in the Malay Peninsula. *TROPICS* 8: 207-220.
- 中村武久・鈴木邦雄・榎垣宮都 (1985): タイ国マングローブ植生の群落区分と群落構造 - Ranong および Phangnga を中心として -. タイ国マングローブ林の植生生態学的研究 (宮脇昭 編), pp. 101-114. 横浜国立大学環境科学研究センター植生学研究室, 横浜.
- 中須賀常雄 (1979): マングローブ林の林分解析. *琉球大学農学部学術報告* 26: 413-519.
- 中須賀常雄 (1990): 第 1 章 東南アジアのマングローブ植物とその生態 2. 林分構造と現存量. 東南アジアのマングローブ - その生態と生理 (中村武久 編), pp. 33-44. 東京農業大学総合研究所, 東京.
- National Statistical Office Ministry of Information and Communication Technology (2005): Statistical yearbook Thailand 2004. Statistical Forecasting Bureau National Statistical Office. Bangkok.
- O'Brien, S. T., Hubbell, S. P., Spiro, P., Condit, R. & Foster, R. B. (1995): Diameter, height, crown, and age relationships in eight neotropical tree species. *Ecology* 76 (6): 1926-1939.
- 緒方淳二・富田瑞樹・鈴木邦雄 (2003): マングローブ樹木の幼個体および成木段階における分布の比較と環境要因との関係. *生態環境研究* 10 (1): 27-35.
- 緒方淳二・富田瑞樹・鈴木邦雄 (2005): マングローブ先駆樹種 *Avicennia alba* と *A. marina* の分布パターンの比較. 第 52 回日本生態学会講演要旨集: 196.
- Ogawa, H. & Kira, T. (1977) Methods of estimating forest biomass. Primary Productivity of Japanese Forests. JIBP Synthesis Vol. 16 (eds. Shidei, T. & Kira, T.), pp. 15-25. University of Tokyo Press, Tokyo.
- Osunkoya, O. & Creese, R.G. (1997): Population structure, spatial pattern and seedling establishment of the grey mangrove, *Avicennia marina* var. *australasica*, in New Zealand. *Australian Journal of Botany* 45 (4): 707-725.
- Sherman, R.E., Fahey, T.J. & Battles, J.J. (2000): Small-

- scale disturbance and regeneration dynamics in a neotropical mangrove forest. *Journal of Ecology* 88: 165-178.
- Spalding, M.D., Blasco, F. & Field, C.C. (Eds.) (1997): World mangrove atlas. The International Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa.
- SPSS Inc. (2005): SPSS 14.0J Brief Guide, SPSS Inc., Chicago.
- Tateno, R. & Takeda, H. (2003): Forest structure and tree species distribution in relation to topography-mediated heterogeneity of soil nitrogen and light at the forest floor. *Ecological Research* 18: 559-571.
- Thomas, S.C. (1996): Asymptotic height as a predictor of growth and allometric characteristics in Malaysian rain forest trees. *American Journal of Botany* 83 (5): 556-566.
- Tomita, M., Hirabuki, Y. & Suzuki, K. (2005): Differences in allometric relationships and causes of death among *Melaleuca cajuputi* populations in three subcoastal habitats. *Biosphere Conservation* 7 (1): 39-48.
- Tomlinson P.B. (1986): The botany of mangroves. Cambridge University Press, Cambridge.
- Walters, B.B. (2005): Ecological effects of small-scale cutting of Philippine mangrove forests. *Forest Ecology and Management* 206: 331-348.
- 依田恭二 (1971): 森林の生態学. 築地書館, 東京.