

# マングローブ植生と立地の地形特性:日本, ミクロネシア, フィリピンにおける調査から

菊池多賀夫

## Mangrove vegetation and landform features of the habitats: a review of the author's research in Japan, F. S. Micronesia and the Philippines

Takao Kikuchi

**Abstract:** This paper presents a review of the author's research on mangrove vegetation and its associated habitats in Japan, F. S. Micronesia and the Philippines. An alluvial plain mangrove site was studied in Japan and its sedimentation and erosion histories were described in relation with sea-level changes. Longitudinal-scale (along the river) mangrove habitats were differentiated through such long-term landform process, whereas transverse-scale habitats were differentiated within longitudinal habitats by current sedimentation of organic and inorganic fine materials imported from river and tidal channels. Mangrove vegetation is affected by the habitat controls operating at both scales. Mangrove forests supported by a peaty habitat were also examined in F. S. Micronesia and the Philippines. The habitat of these forests was maintained by accumulation of organic materials provided by the trees themselves in spite of a sea-level rise from approximately 2000 to 1000 years ago.

**Keywords:** habitat, mangrove, peat, scale, sedimentation

### 諸言

生産活動も居住も平野を中心に展開してきた日本では、土地利用でも環境管理でも、また自然保護でも、まず取り上げられるのは平野であり、その自然的特性、構造への十分な理解が求められる。環境への関心が急激に高まった1970年代、著者らはそのように考え、平野を対象とする植生・立地の研究を思い立った。しかし、日本は水田にイネを栽培して発展してきた国である。すでに平野は隅々まで開発しつくされ、研究の場を探そうにもほぼ不可能である。唯一探してあてたのが沖縄県西表島仲間川下流の沖積平野で、ここで、沖積平野の自然の成り立ちを植生と地形との両面から理解しようとする研究を立ち上げたが、すくなくとも当初、筆者らの関心は沖積平野の自然的成り立ちに向いていて、かならずしもマングローブではなかった。とりあげた沖積平野の植生がたまたまマングローブだったということである。以後、マングローブ植生とその立地、特に地形要因の研究にかかわることとなり、菊池ほか(1978, 1980)、菊池(1995)、Kikuchi(1995)、Kikuchi et al.(1999)などに報告してきた。それらにもとついて研究の概要をふり返ってみたい。

### I. 立地の地形動態とマングローブ植生:

#### 仲間川下流沖積平野の調査

この沖積平野は縦断方向(上-下流方向)に3 km、横断方向に最大1 kmほどの広さで、上流部のセミアングローブ林を含めてほぼ全面が自然状態のマングローブ林に覆われている。ひとつの沖積平野の自然構成を、ほぼ原形

のままに見ることができる調査地であった。上流側は流路ぞいに自然堤防をともなう氾濫原で、セミアングローブにあたるサガリバナ林が成立している。下流側にはデルタが展開し、オヒルギ、ヤエヤマヒルギのマングローブ林に覆われている。その先は河口湾が海に向かって開き、沿岸とデルタ先端部にはマヤブシキとヒルギダマシが顕著なマングローブ林が見られる(菊池ほか1978, 1980)。

### 1. 仲間川下流沖積平野の地形変遷:

#### 縦断スケールの立地分化と植生

沖積平野を形成する堆積作用は海面の高さに同調して進むので、先端は海面付近の高さに広がる平坦な堆積面をつくりながら拡大し、デルタ(三角州)が形成される。しかし、海面の水準はかならずしも一定ではない。長期的には変化し、それにつれて堆積面は時に陸化して侵蝕を受け、時には海底に沈んでその上にあらたな堆積が進むことになる。

仲間川のデルタの地表は厚さ1-2m程度の細粒物(粘土、細砂)の堆積層で、ここには有機物が豊富に含まれるが、その下に、無機質な細粒物質の堆積層が普遍的に分布していた。この層は貝殻片を含む海成の堆積層で、一部は有機質層を突き抜けて地表に露出し、デルタ面に微高地をなして散在している。この事実から、かつて海は現在のデルタ域まで陸側に入り込み、海底でも現在のデルタ面よりも高かったことがわかる。上流の氾濫源域でこれに対応する堆積層は陸成相を示しているので、この時の海進は氾濫原の地域には及んでいなかった。この海成

堆積層の上の面には明らかな凹凸がある。この層が海底に形成された後、海面は低下し、海底が離水（陸化）して侵蝕を受けたしるしである。その後海面はふたたびわずかに上昇し、侵蝕された低地を埋める形であらたな堆積が進み、現在のデルタを形成した。こうして現在のマングローブ林の環境が整えられたが、海退の時の削り残しが上記の微高地で、そこだけはアダン林が成立し、デルタの植生をやや複雑にしている（菊池ほか 1978, 1980）。

以上の変遷を菊池ほか（1978, 1980）は縄文海進を想定して述べているが、特に確証にもとづくわけではなかった。西表島の別の地域で、2000年から1000年前に向かって海面が上昇し、1000年前頃に相対的な海面低下があった事が指摘されており（Fujimoto and Ohnuki 1995）、あるいはこの海水準の変遷がかかわるものかもしれない。いずれにしても、海水準の変動を含む長期的な過程が深くかかわって縦断方向（河川流路の方向）の立地の分化が生まれていることは確かで、本稿ではこれを、次に述べる横断スケールの立地分化にたいして縦断スケールの立地分化と呼びたい。

## 2. 搬入物質の堆積：横断スケールの立地分化と植生

デルタには仲間川本流やその支流が流れ、ほかに潮汐の出入りで刻まれる浅い水路がある。これらの水路から船で観察するが、このデルタの主要なマングローブはオヒルギのように見える。しかし、デルタ面上に踏み込んでみると、そこにはヤエヤマヒギ主体のマングローブ林がある。植生図で見るとデルタ中心部にヤエヤマヒルギ林があり、これを縁取るように陸側の縁辺部や水路沿いにオヒルギ林が多い（菊池ほか 1978）。デルタの表面では水路を通じて搬入される物質やマングローブ自身の生産物（泥炭）の堆積が現に進行しており、メキシコ湾南岸のデルタで Thom (1967) が詳細に述べたように、その堆積が微細な立地の分化につながる。仲間川のデルタでも水路を通じて搬入される浮遊物質の堆積が進行しているが、堆積は流路沿いに集中する傾向を示し、その背後には及びにくい。その結果、この作用による堆積地が、言わばデルタを“修飾”するように流路沿いに発達していた（菊池ほか 1978）。これは現に進行しているデルタ内部の立地分化である。

前節の縦断スケールの立地分化は基本的には掃流物質の堆積によるデルタ、広くは沖積平野の発達にともなうものである。これに対して上記の流路ぞいの堆積はすでに成立したデルタの上にもたらされる浮遊物質の堆積で、現に進行しているものである。この堆積による立地の分化を、本稿では横断スケールの立地分化とよびたい。

## 3. マングローブの配列構造：

### スケールの異なる二つのゾーン

水域（海水・気水）と陸域との境界域に成立するマングローブ植生の様態は、ゾーンとして捉えられることが多い。Watson(1928)はそうした研究の先駆的、古典的成果で、潮汐による冠水の頻度、それを生み出す土地の比高との関係でゾーンを捉え、水路からデルタ面にかけて連続的、直線的に高くなる土地を想定し、その上に展開するマングローブの交替を示した。Mochida et al. (1999) がマレー半島のマングローブのゾーンを潮位を目安にして示したのも同じ捉え方である。これらは条件の変化に対するマングローブ種や群落の応答を抽象化して示すもので、現実の空間に展開する植生の姿を直接あらわすわけではない。菊池ほか（1978, 1980）が仲間川で得た地形断面・植生配置図をみると、オヒルギ林が優占するデルタの面は直接水路に接していて、水路側に低い土地は付随していない。仲間川でも低い土地はあり、メヒルギ、ヒルギダマシ、マヤブシキなどが生育するのは事実だし、そうした例をつないで理想化すれば、かつて宮田・小谷（1963）が示したように直線的な傾斜にそったゾーンを示すことはできる。しかし、それらの低い立地は水路の中の中州や寄り州、拡大中のデルタ先端などで、デルタの面に直接連続するものではない。そのような不連続性も注目すべき立地の特性である。

Macnae(1968)は、立地特性の軸上に展開させるのではなく、類型化したマングローブ林そのものの配置をゾーンと捉えた。これももう一つの古典的研究である。前節で、流路沿いに集中する搬入物質の堆積をデルタの“修飾”と例えたが、修飾をとり払ったデルタの本体は流路間のより無機質な物質の堆積地で、そこにはヤエヤマヒルギが優占している。ここは Macnae(1968) の Rhizophora (オオバヒルギ属) 帯にあたることになる。その上流側に位置するはずの Bruguiera (オヒルギ属) 帯はデルタの上流側の縁にせまく見られるオヒルギ林がそれで、さらに上流側の陸側縁辺に当たるのはサガリバナ林である。下流側では、デルタの末端部にマヤブシキがめだつ小林分がみられ、これは Sonneratia (ハマザクロ属) 帯にあてることができる。並べれば仲間川のマングローブでもこのようになるが、ただし、各ゾーンは同じ幅をもってはいるわけではない。デルタの大半は Rhizophora 帯が占めており（オヒルギ林の“修飾”はある）、ほかのゾーンはさして広くない（菊池ほか 1978, 1980）。

デルタは海面を基準とする堆積によって形成されるので、基本的には海面付近の高さに一様に広がる土地である。その限りでは立地としての一様性が高く、特定のタイプの群落が広くひろがるための条件をそなえている。フィリピンのボホール島に、海側にせまくヒルギダマシ属のゾー

ンがあるほかは大部分がニッパヤシでおおわれた沖積平野がある。ボーリング調査の結果、地下には泥炭が広く存在していることがわかっており (Fujimoto et al. 1995), かつてはおそらくオヒルギ属やオオバヒルギ属主体のマングローブ林があったのであろう。その泥炭を覆う粘土質の堆積を基質にして本来陸側縁辺にあるはずのニッパヤシがデルタ上にひろがったと推定される。C-14 年代測定では 400 年から 500 年前ころのことで (Fujimoto et al. 1995), このような出来事にしてもデルタの大半にわたって均一に広がっている。空間的ひろがりや植生や景観の重要な属性である。ゾーンや群落の配置に不均等があれば、それにも意味がある。そのような意味を地形的構造を背景にして理解することが著者らの主要な課題のひとつであった。

以上の記述にはスケールの異なる 2 つのゾーンーションが含まれている。1 つは海から陸への群落の交替で、他の 1 つは水路に直行する方向の交替である。それぞれ縦断スケールの立地分化、横断スケールの立地分化にそって展開するものなので、本稿ではそれぞれ縦断スケールのゾーンーション、横断スケールのゾーンーションと呼びたい。横断スケールのゾーンーションの内容は縦断方向の位置によって変わるはずで、例えば仲間川では、横断スケールにおけるゾーンーションの最前線の種が、河口部ではヒルギダマシやマヤブシキ、内陸部ではメヒルギというように変わることが観察される。マングローブ植生の全体像を的確に理解するためには、両スケールの配列構造を分けて認識し、その上で両者を統合的に表現することが求められる。中村 (2010) がマングローブ林の配分・分布を上流-下流の軸と河川-内陸の軸からなる座標上に示したのも同じ考え方であろう。

## II. 海面の上昇とマングローブの応答:

### ミクロネシア・フィリピンの調査

昨今、懸念されている地球温暖化の影響の 1 つに海面 (海水準) の上昇がある。マングローブの生育は平均海面から高潮位までの範囲におよそ限られるので、海面が上昇すると今あるマングローブ林は水没・消滅するのではないかと危惧されるのである。しかし、海面の上昇はこれまでの地球の歴史に幾度となくあった。そのような時に、マングローブ泥炭の集積が海面上昇に拮抗して地盤を高め、マングローブ林が維持されてきた事実がある。そのようなマングローブ林を、ミクロネシアとフィリピンで調査した。

### 1. 調査地のマングローブ林と泥炭層

ミクロネシアではボンベイ島とコスラエ島、フィリピンでは中部のボホール島で調査を行った。各島から多様な植物群落が記録されているが (Mochida et al. 1995,

Mochida et al. 2006), Kikuchi et al. (1999) は 3 島を通しての比較から 6 群落タイプにまとめた。そのうちニッパヤシ群落とサガリバナ林は陸側縁匹の無機的な立地のセミマングローブ林である。残り、ヤエヤマヒルギ林、フタバナヒルギ-ヒルギダマシ林、マヤブシキ-オヒルギ林、ホウガンヒルギ-オヒルギ林と呼んだタイプは真正のマングローブ林である。そのうち、ヤエヤマヒルギ林の立地は無機的で、泥炭地ではない。フタバナヒルギ-ヒルギダマシ林はおおむね 0.5 m 以下の比較的薄い泥炭層、マヤブシキ-オヒルギ林はやや厚い 0.5 m から 1 m 前後の厚さの泥炭層、ホウガンヒルギ-オヒルギ林は 1.5 m 程度からそれ以上に達する厚い泥炭層の上に成立している (Fujimoto et al. 1995, Fujimoto et al. 1996)。

泥炭地は主に未分解の有機物からできており、無機物質の堆積がさかんな土地では形成されにくい。調査したマングローブ林はいずれも島嶼の礁湖沿岸に発達したもので、陸地から直接供給される物質には乏しい立地である。

### 2. 海水準の上昇とマングローブ泥炭の形成、立地の維持

マングローブ泥炭の形成は、原則的に、マングローブの生育範囲に準じて平均海面の高さから始まり、高潮位付近で上限に達する。泥炭はマングローブ自身の生産物で造られ、マングローブはそれを基質にして生育するからである。ミクロネシアの潮位差は 1.5 m 程度で、期待できる泥炭層の厚さは単純に計算してその半分、0.75 m 程度ということになる。フタバナヒルギ-ヒルギダマシ林やマヤブシキ-オヒルギ林の泥炭層の厚さは、おおむねこの範囲におさまる。しかし、ホウガンヒルギ-オヒルギ林の泥炭層はこれを超えて 1.5 m から 2 m にも達する。底部はマングローブが生育できる下限潮位よりもはるかに下にあり、その泥炭の C-14 年代値はおよそ 1800 年前であった (Fujimoto et al. 1996)。当時のマングローブはその高さに生育していたはずなので、海面もその高さにあったことになる。その後海面は現在の高さまで上昇し、その上昇分を泥炭が埋めることによって立地が維持され、現在に至った (Kikuchi et al. 1999)。フタバナヒルギ-ヒルギダマシ林やマヤブシキ-オヒルギ林の薄い泥炭層では底部で 700 年前から約 500 前の年代であった (Fujimoto 1996)。

Kawana et al. (1995) は、コスラエ島について、このような泥炭の情報やサンゴ片の年代測定値、ビーチロックやベンチなどの地形学的痕跡などを総合して、海水準の変動史を明らかにしている。それによると約 3700 年前頃に現在よりも 1 m ほど高かった海面がその後低下に向かって約 2000 年前頃には現在よりも 2 m 近く低くなり、その後はふたたび上昇に転じて約 700 年前頃にはほぼ現在と同じ高さに達した。この経緯をふまえると、現在ホウガンヒ

ルギー-オヒルギ林が成立している立地には約 2000 年前にすでにマングローブ林が存在し、その後の海面の上昇を泥炭の埋積でしのいで立地を維持し、約 700 年前以降は現海面のもとに安定に継続してきたことになる。フタバナヒルギー-ヒルギダマシ林とマヤブシキ-オヒルギ林の立地は現海面のもとに形成されたものであった。

泥炭層の厚さと C-14 年代値から単純に割り出した泥炭の平均的な堆積速度は、多くの報告と同程度で約 2 mm/yr. であったが、短期的には最大 4-5 mm/yr. という値が得られた (Miyagi et al. 1995)。

### 3. マングローブ林の遷移

ミクロネシアのマングローブの遷移については古く今西・吉良 (1944) が論じ、Hosokawa et al. (1977) もこれを紹介している。アマモ社会 (沈水植物社会) から始まってヤエヤマヒルギ・フタバナヒルギ林が成立し、マヤブシキ優占林を経て、または直接、極相林としてのハウガンヒルギ・マヤブシキ・オヒルギ林に到達するというものであった。途中相とされるマヤブシキ優占林は概略的に本稿のマヤブシキ-オヒルギ林に相当するものようであるが、そうだとすればこのタイプのマングローブ林はすでに安定した海水準のもとに 500 年またはそれ以上の期間を経ている (上述)。一方、ハウガンヒルギー-オヒルギ林はたしかに 2000 年の歴史を経ているが、立地の厚い泥炭層は海水準の上昇なくしては形成されなかった。マヤブシキ-オヒルギ林の 500 年の過程を 1000 年、2000 年に延ばしても、海水準が一定であるかぎり厚い泥炭層の発達はある得ない。それでも時間とともにハウガンヒルギオヒルギ林に替わっていくのか、または厚い泥炭層が形成されない以上、後者の実現はないのか。この点はいずれとも決することはできないが、すでに 500 年の歴史をもつマヤブシキ-オヒルギ林を遷移の途中層と見ることが妥当かどうか。今西・吉良 (1944) も論じているように、それぞれ並立的に安定して存在しているものとみるのが実態に則しているのではなかろうか。

今西・吉良 (1944) はパイオニアとしてヤエヤマヒルギ・フタバナヒルギ林をあげたが、Chapman (1976) は、これに加えて砂質の土地のパイオニアとしてマヤブシキをあげている。Ishihara et al. (2006a) が礁湖内に形成された平均海面より 20 cm 程度高い砂州に定着したマヤブシキの実生・幼樹個体群を報告しているのはそれに当たるであろう。そのように発生したマヤブシキ個体群にはその後、ヤエヤマヒルギやオヒルギが加わり、マヤブシキ自体は、種子からの新たな芽生えはないものの伏枝からの萌芽によって幹数を増やしていく。こうして混交林が形成されていくことを (Ishihara et al. 2006b) が報告している。

### おわりに

マングローブの立地を堆積作用や泥炭の集積の視点から解明する研究は Thom (1982), Woodroffe (1992, 1999) などによって進められ、Miyagi (1995, 1999), Fujimoto (1995, 1996, 1999) からも取り組んでいる。これらによって完新世の海水準変動がかかわる長期的なマングローブ立地の形成、動態に関する研究が大きく進展しており、著者らが当初めざした沖積平野の植生、その一部をなすデルタの植生 (マングローブ植生) の十分な理解のために喜ばしい状況が形成されている。今後のさらなる発展のために、生態学的時間で現に進行している横断スケールの立地分化、それに対する生物の応答を加えた 3 者をバランス良く取り上げた研究の展開を期待したい。

### 引用文献

- Chapman, V. J. (1976): Mangrove Vegetation, J. Cramer, Vaduz. 447pp.
- Fujimoto, K. and Y. Ohnuki (1995): Developmental processes of mangrove habitat related to relative sea-level changes at the mouth of the Urauchi River, Iriomote Island, southwestern Japan. *Quarterly Journal of Geography*, 47, 1-12.
- Fujimoto, K., T. Miyagi, and T. Kikuchi (1995): Formative and Maintainable mechanisms of mangrove habitats in Micronesia and the Philippines. In, *Rapid Sea Level Rise and Mangrove Habitat* (ed. T. Kikuchi), Institute for Basin Ecosystem Studies, Gifu University, Gifu, 9-18.
- Fujimoto, K., T. Miyagi, T. Kikuchi and T. Kawana, (1996): Mangrove habitat formation and response to Holocene sea-level changes on Kosrae Island, Micronesia. *Mangroves and Salt Marshes*, 1, 47-57.
- Fujimoto K., T. Miyagi, T. Murofushi, Y. Mochida, M. Umitsu, H. Adachi and P. Pramojanee (1999): Mangrove habitat dynamics and Holocene sea-level change in the southwestern coast of Thailand. *TROPICS*, 8, 239-255.
- Hosokawa, T., H. Tagawa and V. J. Chapman (1977): Mangals of Micronesia, Taiwan, Japan, the Philippines and Oceania. In, *Wet Coastal Ecosystems* (ed. V. J. Chapman), Elsevier, Amsterdam, 271-291.
- 今西錦司・吉良龍夫 (1944): 生物。ポナベ島 - 生態学的研究 - (今西錦司編), 講談社. (1975, 復刻版)
- Ishihara, S., T. Kikuchi, Y. Mochida, R. Tabuchi, S. Kuramoto, K. Fujimoto, K. Ono, M. Hiraide, K.

- Miyazaki, Y. Hirata, A. Simpson, E. E. Waguk, and S. Lihpai (2006) Establishment and regeneration of mangrove forests dominated by *Sonneratia alba* J. Smith in Micronesia. In, Evaluation of the Carbon Fixation and Organic Matter Decomposition Functions in Natural Mangrove Forests (R. Tabuchi ed.), 11-24.
- Ishihara, S., T. Kikuchi, Y. Mochida, R. Tabuchi, S. Kuramoto and K. Fujimoto (2006) Vegetative propagation of *Sonneratia alba* in the Micronesian Islands. In, Evaluation of the Carbon Fixation and Organic Matter Decomposition Functions in Natural Mangrove Forests (R. Tabuchi ed.), 25-32.
- Kawana, T., T. Miyagi, K. Fujimoto, and T. Kikuchi (1995): Late Holocene sea-level changes and mangrove development in Kosrae Island, the Carolines, Micronesia. In, Rapid Sea Level Rise and Mangrove Habitat (T. Kikuchi ed.), Institute for Basin Ecosystem Studies, Gifu University, Gifu, 1-7.
- 菊池多賀夫 (1995): 海面の上昇とマングローブ。学術月報, 48:31-35.
- Kikuchi, T. (ed.) (1995): Rapid Sea Level Rise and Mangrove Habitat. 55pp. Institute for Basin Ecosystem Studies, Gifu University, Gifu, 55pp.
- Kikuchi, T., Y. Mochida, T. Miyagi, K. Fujimoto and S. Tsuda (1999): Mangrove forests supported by peaty habitats on several islands in the western Pacific. TROPICS, 8, 197-205.
- 菊池多賀夫・田村俊和・牧田 肇・宮城豊彦 (1978): 西表島仲間川下流域の沖積平野にみられる植物群落の配列とこれにかかわる地形 I。マングローブ林。東北地理, 30: 71-81.
- 菊池多賀夫・田村俊和・牧田 肇・宮城豊彦 (1980): 西表島仲間川下流域の沖積平野にみられる植物群落の配列とこれにかかわる地形 II。サガリバナ林・アダン林。東北地理, 32: 185-193.
- Macnae, W. (1968): A general account of the fauna and flora of mangrove swamps and forests in the Indo-West-Pacific Region. Adv. Mar. Biol., 6, 73-270.
- Miyagi, T., K. Fujimoto and T. Kikuchi (1995): Late Holocene sealevel changes and the mangrove peat accumulation / habitat dynamics in the western Pacific area. In, Rapid Sea Level Rise and Mangrove Habitat (T. Kikuchi ed.), Institute for Basin Ecosystem Studies, Gifu University, Gifu, 19-26.
- Miyagi, T., C. Tanavud, P. Pramojanee, K. Fujimoto and Y. Mochida (1999): Mangrove habitat dynamics and sea - level change-A scenario and GIS mapping of the changing process of the delta and estuary type mangrove habitat in southwestern Thailand. TROPICS, 8, 179-196.
- Mochida, Y., K. Fujimoto, T. Miyagi, S. Ishihara T. Murofushi, T. Kikuchi and P. Pramojanee, (1999) A phytosociological study of the mangrove vegetation in the Malay Peninsula. TROPICS, 8, 207-220.
- Mochida, Y., T. Kikuchi, K. Fujimoto, Y. Hirata, and R. Tabuchi (2006): A pytosociological study of the mangrove forests on Pohnpei Island, Micronesia. In, Evaluation of the Carbon Fixation and Organic Matter Decomposition Functions in Natural Mangrove Forests (R. Tabuchi ed.), 4-10.
- Mochida, Y., M. Yamanaka, S. Tsuda, E. E. Melana, A. M. Mapalo, S. D. Bagalihog and T. Kikuchi (1995): A phytosociological description of the mangrove forests on Kosrae Island, Micronesia, and Bohol Island, the Philippines. Ecological Review, 23, 67-76.
- 中村 武久 (2010): マングローブ研究の目指すところ。Mangrove Science, 7: 1-7.
- 宮田逸夫・小谷信夫 (1963): 八重山群島・西表島の植生。九州大学八重山群島学術調査報告第I集, 23-42.
- Thom, B. G. (1967): Mangrove Ecology and Deltaic Geomorphology, Tabasco, Mexico. J. Ecol., 55, 301-343.
- Thom, B. G. (1982): Mangrove ecology-A geomorphological perspective. In, Mangrove Ecosystems in Australia: Structure, Function and Management (B. F. Clough ed.), Australian Institute of Marine Science, Townsville, 3-17.
- Watson, J. G. (1928): Mangrove forest of the Malay Peninsula. Malayan Forest Records, 6, 275pp.
- Woodroffe, C. (1992): Mangrove sediments and geomorphology. In, Coastal and Estuarine Studies (A. I. Robertson and D. M. Alongi eds.), American Geophysical Union, Washington, DC, 7-41.
- Woodroffe, C. (1999): Response of mangrove shorelines to sea-level change. TROPICS, 8, 159-171.