# 東南アジア低湿地の地形

古川久雄\*

# Natural Geography of Coastal Swamp Lands in Insular Southeast Asia

## Hisao Furukawa\*

This review paper aims to describe the geographical features of coastal swamp lands in Insular Southeast Asia, mainly in the Indonesian Archipelago. The first of its three chapters is related to the recovery of the paleo-geography of the Sunda Sea. The eustatic submersion of the Sunda Land, which was proposed by Molengraaf and Weber, is considered to give the framework of the natural geography of the area. Modifying findings made more recently by radiocarbon dating and detailed boring studies are

## はじめに

スマトラ東岸,ボルネオ南岸,西岸,北西 岸,マレー半島沿岸,イリアンジャヤ南岸な ど,いわゆる東南アジア島嶼域沿岸部には広 大な低湿地帯がある。その低平で広大な低湿 地帯はマングローブ,淡水湿地林,泥炭湿地 林で覆われ,東南アジア地域における最後の 農業的未利用地となっている。低湿であるこ とに加えて,その土地基盤が酸性硫酸塩土壌 や泥炭土壌であり,人間の接近を許さない環 境であることが,その開発を阻んできたもの である。従来この広大な地域は少数の地域住 民により,建材,屋根ふき用材,薪炭材,タ also reviewed.

The second chapter describes the ecological features of the two main environments which predominate the area, namely, mangrove and peat swamp. The peculiar practices of the rice cultivation therein are also described as indicators of the specificity of the environment.

The third chapter comprises case studies which, based on historical sources, try to indicate the growth and vicissitudes of the coastal lands in the historical period.

ンニン資材などの抽出に小規模に利用されて きたにすぎない。また,陸地の前面に広がる 湛水帯 (mud bank) や漏斗状の開口部をも つエスチュアリーで,沿岸流や潮流を利用し た小規模な漁業が行われてきた。林の中での 定着農業はまれであり,林産物の抽出や漁業 と組み合わせたかたちで行われる湿地焼畑農 耕において,自給作物が細々と生産されてき た。19世紀にはバンジャールやブギスの商業 的農民が海からこの低湿地帯にとりつき、コ コヤシ・プランテーションを開くと同時に, 大きな干満差を利用する潮汐かんがい水田を 開いた。この特異な水稲栽培方式は各国政府 機関の注目を集め,潮汐かんがい水稲栽培を 基軸にし,他作物を組み合わせた農業形態を 以て,低湿地帯の開発を行おうとする試みが 大規模に進められている。インドネシアの南

<sup>\*</sup> 京都大学東南アジア研究センター; The Center for Southeast Asian Studies, Kyoto University

スマトラのみをとりあげても、1969年にムシ (Musi)川のウパン(Upang)デルタで300へ クタールの開田を以て始まった潮汐湿地開発 計画が、現在ではアイルスギハン(Air Sugihan)、アイルサレェ(Air Saleh)、アイル トゥラン(Air Telang)、プラウリマウ(Pulau Rimau)、カランアグン(Karang Agung)な ど周辺の地域をも含み、1983年までに三十数 万ヘクタールの開発が予定されている[Collier 1979]。しかし、この低湿地帯の特異な 立地、生態環境については深く切りこんだデ ータがきわめてとぼしく、その実体に関する 理解は不十分なままに開発が先行しているの が現状である。

島嶼部の沿岸低湿地が厚い泥炭をもつ湿 地林で覆われていることは、大陸部大河川の デルタにはみられない顕著な特徴であり、後 者にはマングローブ湿地はあるものの泥炭湿 地はない。このちがいはひとつには、集水域 (drainage basin)と堆積盆 (receiving basin) の比が大陸部では大きいのに比べ、スンダ陸 棚地域では堆積盆が圧倒的に大きく、久馬 [1983]の表現を借りると「なかなか埋積が 進まない」ことに由る。さらに見落とせない のはスンダ陸棚の地史である。洪積世の長い 期間、陸化したスンダ陸棚自体が集水域とな り、その場面では堆積盆はインド洋や南シナ 海、またセレベス海やモルッカ海であったわ けである。

本稿は,東南アジア低地部の中できわ立っ た存在であるスンダ陸棚周辺の低湿地につい て,その地形的なり立ち,微地形に関する既 存の資料を縦覧し,その実体を窺うひとつの 資料を提供しようとするものである。

#### I スンダ陸棚の地史

 スンダ陸棚の形成 スンダ陸棚はアジア大陸から張り出した大 陸棚であり、van Bemmelen [1949:16] に よれば、タイ湾、マラッカ海峡、南シナ海西 南部、ジャワ海およびマカッサル海峡西南部 を含む、100 m 以下の浅い海である。185万 km<sup>2</sup>の面積をもち、世界でも最大規模の大陸 棚とされる。この浅い広大な海域は、すで に19世紀にオーストラリア側の Great Australian Bank とともに Great Asiatic Bank と して知られていた。この陸棚に光をあてて、 その地史の解明に一時代を画したのは、Molengraaf & Weber [1921] であった。彼らは スンダ陸棚を、準平原化した「スンダラン ド」が後氷期の海進によって沈水したものと

考えた。その概要を以下に紹介しよう。

Pliocene 末期にはスンダ陸棚地域は部分的 に準平原が発達していた。洪積世に入って氷 期が始まり、海水準が低下するとともに、全 体が陸化した。そして,陸域の削剝と準平原 化が進行し,河川の運ぶ土砂は陸棚末端部に 堆積し, その成長を促す。他方, 高海水準期 には水域が広がり,陸棚上端部での堆積が進 行する。洪積世の長期にわたる氷期、間氷期 のくり返しにより準平原は一層,発達・拡大 し、最後の氷期にはスマトラ、ボルネオ、 ジャワをつなぐ広大な平原,つまり「スンダラ ンド」が現れた。そこにはバンカ(Bangka), ビリトン (Billiton) などの残丘が低く突き 出ていた。この準平原は南,南西および西 端をジャワとスマトラの山地で限られ、北 と北東端をボルネオの山地で限られていた。 多雨気候下, このスンダランドを排水する河 川は大量の水を集め、深い谷を地表に刻みこ んだにちがいない。洪積世の氷期がおわり海 水準が上昇するとともに準平原は沈水し、き わめて平坦な海底地形をもつスンダ陸棚が形 成された。残丘は海でとりかこまれ, バンカ, ビリトン, シンケップ (Singkep), カリマ タ (Karimata), カリムンジャワ (Karimunjawa), バウェアン (Bawean), アレンズ

(Arends), 大・小サレムボウ (Salembow), その他の島々に変貌した。以上がスンダ陸棚 形成に関する Molengraaf と Weber の考え の概要である。

この仮説のために,彼らは三つの証拠を提 出している。第1はよく知られているように 海底河川の存在である。そのきっかけは,シ ンケップ島の漂砂錫鉱床が海底に伸びた川筋 (溺れ谷)の存在を示したことである。また, バンカやビリトン島の漂砂錫鉱床は陸域にあ るものが多いけれども,現在の浸食基準面よ りも低い位置にある。このことも海面低下の 現象を指示する点では同様である。

スンダ陸棚全域に行われた海底調査のデー タに基づいて,彼らはスンダ陸棚上にスマト ラからバンカ,ビリトン,カリマタを経てボ ルネオに至るカリマタ分水界と,それによっ て分けられた南北ふたつの平原を想定した。 そして、大きな海底河川の存在を示した。北 側の平原は北スンダ川の流域である。北スン ダ川はボルネオのカプアス (Kapuas)川,サ ンバス (Sambas) 川, スマトラのムシ川, ジャンビ (Jambi) 川を支流として合わせて 北東へ流れ、大ナツナ (Natuna) 島とスビ (Subi) 島の間で南シナ海へ注いでいた。 シ アク (Siak) 川やカンパール (Kampar) 川, マラッカおよび北スマトラの河川は、マラッ カ海峡を北西へ流れる川に合流した。南側の 平原は東スンダ川の流域である。東スンダ川 はボルネオのクテイ (Kutai)川, サンピッ ト (Sampit) 川, カティンガン (Katingan) 川、カハジャン (Kahajan)川,カプアス川, ムルン (Murung) 川, バリト (Barito) 川を 合わせ,カリムンジャワ島からバウェアン島



図1 スンダ陸棚の海底地形と海底河谷 (Kuenen [1950] の図を羽鳥・柴崎 [1971] より引用), 等深線は m 表示,太線は海底河谷

に沿って東へ流れ, カンゲアン(Kangean) 島の北でバリ海に注いでいた。Kuenen [1950] はその後のデータも加えて, これら 海底河川の流路について詳細な図を示してい る(図1)。

第2の証拠はスンダ陸棚におけるサンゴ礁 の分布である。スンダ陸棚は浅く暖かい海で あるにもかかわらず, サンゴ礁が異常に少な い。このことは,スンダ海の形成が後氷期以 降の新しい現象であり,また塩分濃度が薄 く、シルト含量の高い泥海であったことに関 連づけている。しかし、このスンダ陸棚に も,ナツナ島周辺諸島,スンダ海峡北のドゥ イツント (Deuzend) 諸島, ボルネオ堆の外 縁など,スンダ陸棚外縁部には例外的に大規 模なサンゴ礁があり, 中でもマカッサル海峡 に面したボルネオ堆には Great Sunda Barrier Reef, Laurel Reef などが発達してい る。そして、これらのサンゴ礁の基底が大略 40尋 (72 m) 等深線上に並ぶことに注目し, 氷期におけるスンダランドの海岸線をこの72 m 等深線が示していると彼らは考えた。氷期 の推定海岸線が一定深度に並ぶことは,他方, スンダランドの地殻が安定しており、隆起・ 沈降がないことを示しているが、しかし深い トラフに面したスンダランド東縁部ではその 沈降運動にとりこまれた部分もあり、マカッ サル海峡南部のカル (Kalu), カルクァン (Kalukuang), パテルノスター(Paternoster), ポスティリヨン (Postiliyon) など,環礁から なる島々は, 洪積世のはじめにはすでに沈降 運動によってスンダランドから切りはなされ ていたであろうと推定している。

第3の証拠は、スマトラ、ボルネオ、ジャ ワの河川の淡水魚の類似性に関する面白い事 実である。比較された142種の魚のうち、カ プアス川(西ボルネオ)とクテイ川(東ボル ネオ)に共通にみられるのは52種(36.6%) である。一方、クテイ川にいない67種のう ち,50種(75%)が東スマトラのものと合致 する。また、カプアス川にいない23種のう ち、17種(74%)はマカッサル海峡に注ぐ諸 河川に共通である。このように西ボルネオと 東ボルネオの淡水魚の類似度は小さく、むし ろかつての北スンダ川、東スンダ川の各支流 間での類似度が高い。

以上紹介したごとく, MolengraafとWeber は洪積世における海水面の最低水準は現在よ り72m 低下したことを提唱し,スンダ陸棚 の形成についての説得力ある論議を展開し た。その論議は豊富なデータに基づき,斬新 なアイデアにあふれている。大陸棚上の沈水 河谷の存在については,日本でも1934年に矢 部・田山によって報告されたが, Molengraaf らの指摘ははるかに先んじていたわけであ る。

2. 最近におけるスンダランドの海岸線の変 化

洪積世における海退・海進は何回もくり返 され、最大海退量も上記の 72 m 以外に100、 あるいは 130 m など諸説ある。最近 Tjia [1970] は漂砂錫鉱床, サンゴ礁, 段丘面, 海底段丘や平坦面 (bench), ボーキサイト鉱 床面,内陸の旧汀線など,海進・海退の残す 痕跡に関するデータをスンダランド地域から 収集し, 第四紀のスンダランド周辺地域の海 水準を整理している(図2)。その結果によ ると、低海水準は現海面下-82-90 m, -60-67 m, -50-51 m, -45 m, -36 m, -30-33m, -28 m, -18-22 m, -13 m, -10 m, -7m がみられる。また,高海水準は現海面 上, +6 m までの数段, +10-12 m, +16-18 m, +30-33 m, +50-60 m がみられるとし ている。Tjia は +50-60 m 海水準を Milazzian, +30-33 m & Tyrrhenian, +18-20 m を Monastrian の諸海進に対比している。 低湿地の地形という観点では、低湿地の広

古川:東南アジア低湿地の地形



図2 スンダランドにおける後氷期の海水準(Tjia [1970] より引用)

がりと生態環境に対して最近に大きな影響を 与えた縄文海進,いわゆる Daly 海水準期が 注目される。これについても早くにスンダラ ンド地域でデータがえられている。東部イン ドネシアのサンゴ礁の形態についての詳細な 報告の中で Kuenen [1933] は,旧浜汀,サ ンゴ礁,海食台,砂洲 (sand cay),ノッチ などが現海面より数メートル高い範囲に広く 存在することに注目した。その高度は+0.5-1 m, +1.5-2 m, +4-5 m 程度に収斂するこ とを報告している。そして,これを東部イン ドネシアの地殻変動に関連づけるよりは,む しろごく最近の海退の結果であろ うとの考えを示した。

過去の海岸線を復元する場合, 海面変動と地殻変動の効果を区別 する必要があり,そのためには試 料の年代と地形的位置に関する 吟味が必要である。Tjia et al. [1972], Tjia et al. [1975] のデ - タは、 地殻変動に由来する 隆起速度の推定値を示している (表1)。それによると、スルー (Selu) 島で過去400-500年に6-8.7 mm/年, トゥカンブシ (Tekanbesi) 諸島で過去1,100-1,200 年に8mm/年,南スラウェシの パンカジェネ (Pangkajene) 平野 で過去4,000年に1.4-2.5 mm/年, サバのセンポルナ (Semporna) 半 島で過去19,000年に 5-10 mm/年, 中部スラウェシのパルー (Palu) で過去24,000年に4.5mm/年,イ リアンジャヤのビアク(Biak)島

で過去22,000年に4.5 mm/年など の値が示されており、東部イン ドネシアではやはりかなり大きな 変位量が推定されている。トゥカ ンブシ諸島のトメア(Tomea)島

ではサンゴ礁が14段の段丘をなし,地殻上 昇が段階的,継続的に生じていることを示し ている。

他方,マレー半島およびその周辺のスンダ ランドは少なくとも最近数万年間,subcratonic な安定地塊であるとする考えが強まっ ている [*ibid*.]。そして表2に示される<sup>14</sup>C 年代とその試料高度は,直接に過去の高海水 準の位置を示すと考えられている。Fujii et al. [1971] も同様の考えで既存データをま とめ,過去11,000年間の海面変動について日 本とインドネシアの状況を比較している。そ

位置	推定速度	継続年数		
スルー島*	6-8.7 mm/年	400-500年		
トメア島*	8.4	1,100-1,200		
南スラウェシ,パ ンカジェネ平野*	1. 4–2. 5	4,000		
サバ,センポルナ 半島*	5-7,あるいは 7-10	19,000		
中部スラウェシ, パルー*	4.5	24,000		
サバ,タンジョン リパ**	2.7 ?	$180\pm75$		
カンゲア ン 諸 島 <b>,</b> サウビ島**	8 ?	250		
トゥカンブシ諸島, トメア島**	9.9	3,320 $\pm 100$		
タニンバール諸島, スルー島**	10 ?	250 ?		
イリアンジャヤ, ビアク島**	4.5	$22,000 \pm 750$		
	0.8(0.6-1.3)	31,000-36,000		

**表1** スンダランドにおける後氷期の地殻隆起 推定速度

\*Tjia et al. [1972], \*\*Tjia et al. [1975].

の結果によると7,000-3,000年 BP が海進期 として示されている。最近はさらにとまか く変動のようすが判明しており,6,000年 BP 以来4回の高海水準期が報告されている [Tjia 1977]。それによると,6,000-5,300年 BP に+3 m aht (大潮時の海面からの高度), 4,000年 BP に 2.5 m aht, 2,900年 BP に 1.6 m aht,400-200年 BP に 0.5 m aht の海 進期が推定されている。また 2,100-1,500年 BP には-1.7 m の海退期も推定されている。

## 3. スンダ陸棚の堆積物

Molengraaf の考えがもたらした大きな 意味のひとつは、準平原面と陸棚をひとつづき の連続体としてとらえることであり、関連諸 分野に種々の影響をおよぼした。ひとつの例 は、スンダ陸棚の底質を調べて、スンダ陸棚 の堆積盆の細分を行おうとするものである。 この結果、スンダ陸棚の底質の岩石学的検討 が大幅に進んだことである。van Baren & Kiel [1950] は、1938年に始まり1948年に完 成した調査結果を報告している。砂中の重鉱 物組成により底質を特徴づけ、10個の堆積盆 を推定している。当然予想されることではあ るが、各堆積盆の重鉱物組成は近接集水域の 岩石的特徴を反映している。クラカタウ、デ リ,ジャワⅠ,Ⅱなどの堆積盆は,活発な火 山活動を反映して角閃石、シソ輝石、普通輝 石などが多い。とくにクラカタウ盆のものは 新鮮である。これに対してボルネオ盆は接触 変成鉱物のアンダルサイトが多い。また、南 東ボルネオに接するメラトゥスプラウラウト 盆は動力変成鉱物の緑簾石, 藍閃石が多い。 バンカ・ビリトン盆は電気石ージルコンール チルなどの酸性群で特徴づけられる。マラッ カ盆と南シナ海盆は相互に類似するが、前者 がシソ輝石と噴出岩系の角閃石に富み、後者 が緑簾石と普通角閃石に富む。

スンダ陸棚の錫鉱床をはじめとする鉱物資 源探査は Molengraaf の示した探査指針に のっとって行われてきたが, 最近では sonic survey 装備の進歩により, 底質の堆積層序に 関する知識は著しく進歩しているようすが窺 われる。公表されている例をみてみよう。マ ラッカ海峡の調査報告によると, 底質堆積物 上部は明瞭に異なる2層からなる [Keller & Richards 1967] (図 3 参照)。表層 10-20cm は表面の汚れた中~細粒の砂質堆積物からな り,石英, 貝殻, 海緑石, 岩石片を含む。下 層は灰色のしまったシルト質粘土で, 貝殻な どはごくわずかである。このシルト質粘土の 中には泥炭がしばしば含まれている。ポート スウェッテンハム (Port Swettenham) の北 24 km, 水深 26.5 m 地点でのコア試料中に はさまれる泥炭に対して, <sup>14</sup>C 年代10,000 年 BP との値が与えられている [ibid.: 124]。 これらの結果から, このしまった灰色シルト 質粘土は、洪積世末期の潮汐平底(tidal flat) に堆積したものと推定されている。

表層の砂質堆積物はその厚さが海峡中央部

## 古川:東南アジア低湿地の地形

# 表2 スンダランドの海岸線に関する<sup>14</sup>C 年代 (Tjia et al. [1975] より引用)

Section A:	Material reliable for interpretation of shorelines;
Section B:	Material less reliable for interpretation of shorelines.

Sample Age GaK no. years BP		Material	Elevation above sea level (asl) or above high tide (aht) in meters	Locality		
Sectio 3786	n A 3320±100	Molluscs on reef terrace	33 asl	Tomea I., Tukangbesi group; 123° 55'E.		
4089	$31,600 + 2720 \\ - 2030 \\ + 2020$	Coral from reef of sea level notch	2.5 asl	Parai village, Biak I.; 136° 12'E. 01° 10'S.		
4090	31,260 + 2600 - 1960	of reef terrace	High tide	Ditto.		
4091	$33,810 \substack{+ 3990 \\ - 2655}$	Coral from reef terrace surface	7 asl	War cemetery, Mokmer, Biak I.; 136° 10'E. 01° 08'S		
4092	$36,370^{+5790}_{-3330}$	Coral from scarp of reef terrace	25 asl	Mokmer, Biak I.; 136° 09'E. 01° 09'S.		
4093	$22,000\pm750$	Coral from reef	0.5 asl	Mokmer, Biak I.; 136° 07′E. 01° 11′S.		
4094	> 32,700	Coral from reef	5.5 asl	Ditto.		
4461	$3360 \pm 100$	Beachrock	0.7 aht	Tepur I., Langkawi group; 99° 43'E.		
4572	2600±85	Coral on bedrock	2.4 asl	Beras Basah I., Langkawi group; 99° 43'E.		
4662	$2530 \pm 100$	Oysters in growth position	1.4 aht	Langgun I., Langkawi group; 99° 43'E. 06° 25'N		
4663	$5090 \pm 120$	Oysters in growth	2.4 aht	Ditto.		
4665	$4220\pm140$	Oysters in growth	$\pm 1.5$ asl	Gunung Keriang, Kedah;		
526 <b>3</b>	$5680 \pm 130$	Oysters in growth position	3.0 aht	Bukit Keluang, Treng- ganu; 102° 36'E.		
5264	$2870\pm70$	Oysters in growth	1.65 <b>ah</b> t	Ditto.		
Sectic 3785	n B ±250	Hippopus shell on	2.5–3 asl	Selu I., Tanimbar group; 130° 50′E. 07° 30′S.		
3787	$\pm 250$	Molluscs on reef terrace	2 asl	Saubi I., Kangean group; 115° 26'E.		
3788 3789	"Modern" 080	Molluscs on reef Molluscs on sandy terrace	5 asl 1 asl	Ditto. Satengar I., Paternoster group; 117° 17'E. 07° 31'S.		
4095	$180\pm75$	Beachrock	0.5 aht	Tanjung Lipat, Kota Kinabalu, Sabah; 116° 05′E, 06° 01′N		
4570	$370\pm70$	Pelecypods in peaty mudstone	18 asl	Kampung Buluh, Trengganu; 102° 48′E. 05° 32′N		
4571	"Modern"	Peat from peaty mudstone	18 asl	Ditto.		
				· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		

程度に厚くなる場合もある。表層堆積物(沖 は、集水域の地質と密接な関連を示してい

で 20 cm 以下であるが, 地域的には 40 cm 積世堆積物)の粘土鉱物組成の地域的分布



**図3** マラッカ海峡の底質コア試料にみられる洪積世お よび沖積世堆積物(Keller & Richards [1967] よ り引用)



図4 マラッカ海峡およびアンダマン海近接部における底質表層試料の粘 土鉱物組成分布(Keller & Richards [1967] より引用)

る。全体にカオリナイト鉱物が卓 越するが、ペナンーランカウィお よびカンパール川河口にはモンモ リロナイト卓越地域がある。前者 はケダー(Kedah)周辺の二畳紀 の頁岩地帯、後者はスマトラの 第三紀のタフ地帯に由来する(図 4)。

バンカ,シンケップ地域での他 の調査結果[Aleva 1973] は,ス ンダ陸棚が沈水した準平原である とする概念をくつがえす事実を提 供している。平坦な準平原上には 第三紀の厚い堆積物があり,それ をさらに谷が開析し,また小規模 な断層が発生しているようすがソ ノグラムに明瞭にとらえられてい る。同地域でのソノグラムとボー

> リング試料の検討に より, その地史が 復元されている(図 5)。基盤面を示す 古い削剝面 (planation surface) は第 三紀以前のスンダ準 平原面である。それ は厚い堆積物 (older sedimentary cover) で被覆され, さらに そこに深い谷が刻ま れて, alluvial complex が形成されて いる。この中にはし ばしば泥炭がはさま れているので,海面 変動がくり返され たものであろう。ま te older sedimentary cover & alluvial



図5 バンカ島ーシンケップ島地域の地史模式図(Aleva [1973] より引用)

complex は三紀の堆積物と考えられている。 その後この堆積物は明瞭な海食面(abrasion surface)で切られる。その海面は,現海面 に比べ 20-30 m 低い位置で安定していたと 推定されている。さらにその後,海退があ り,海食面全体が陸化して赤土や斑紋土が生 じている。海食面の形成は Riss-Würm 間 氷期,赤土形成は Würm 氷期と推定されて いる。最上層には薄い younger sedimentary cover がのる。これは灰緑色の軟泥で,貝殻 に富む。砂質の堆積物もしばしばみられる。 これは完新世の堆積物と推定される。

以上通覧した文献に 示すごとく, 三紀から 四紀にわたる長期間に 形成されたスンダ陸棚 とその周辺地域は, 東 端部を除くと安定地塊 として特徴づけられ, 海抜 50 m 前後から, 海面下 90 m の範囲 に海進・海退の歴史を 刻みこんでいる。現在 の沿岸部にみられる低 湿地も、したがって洪 ・ 積世の海退期には大変 高い段丘面としてあ り、浸食を受けたもの である。しかもその面 積が集水域に比べて広 大であり, 埋積の進行 が遅く, デルタの発達 が弱い結果となってい 3.

マラッカ海峡のコア 試料で,沖積世堆積物 がきわめて薄く,表面 近くまで洪積世の堆積 物が顔を出しているこ

とは既述のとおりである。さらに洪積世の堆 積物も大して厚くはなく,Alevaの図(図 5)では 10 m 前後に表現されており,海底 河谷は Miocene の地層を切りこんでいる。 このような情況は沿岸低湿地においても同様 であろうと推定される。南スマトラの場合, 基盤の花崗岩の上に上部中新世一上部洪積世 の厚い堆積物 (Palembang beds)がのる [van Benmelen 1949: 114-127]。Benmelen が 引用している地質図によれば,パレンバンか らジャンビへかけての広大な低地域は新第三 紀堆積物からなり,第四紀堆積物をかぶって いないと表現されている。現場の観察ではこ の表現は極端に走りすぎている印象で、ムシ 河谷やパレンバンより北の低湿地帯では洪積 世の段丘面と思われる地形面が広い[古川 1979;海田 1979]。しかし大局的には、沖 積・洪積の新しい堆積物はきわめて薄いと考 えて大きなまちがいはなさそうである。しか し、現時点では低湿地帯の地表近くの堆積層 序に関するデータはほとんどないので、この 論議は印象にとどめておこう。その究明は今 後の課題である。

#### II 低湿地の微地形

前章では東南アジア島嶼域の低湿地に関し て,スンダ陸棚とその周辺地域の地史という 大きな枠組みの中でみたが,次に本章では視 点をかえて,実際に低湿地の微地形に関連し た報告を紹介する。

1. 海岸の形態とマングローブ湿地

低湿地の外縁で海と陸地が接する部分、お よび感潮河川沿いには,マングローブ林が成 立する。マングローブの立地は高塩分濃度と はげしい浸食・堆積過程で特徴づけられ、植 生にとってはきわめて不安定な立地であり、 地形的にも最も変化のはげしい海岸形態であ る。地形形成に働く営力は川による堆積物の 供給と、沿岸部での潮流、沿岸流、波浪によ るその再配分である。マングローブの地形構 成要素について Moorman & Pons [1974] はマングローブ湿地、浜汀、その前面に広 がる pre-mangrove tidal flat をあげてい る。マングローブ湿地そのものは feeding channel と、それらをつなぐ感潮水路(tidal creek), それらで境界される interchannel flat に分けられる [Allen 1965]。

堆積過程との関連で,海岸の2類型を認める指摘がしばしば行われる。Moorman &

Pons [1974] によると、第1の型は浜汀とそ れによって区切られた潮汐平底が順次海側へ 前進する型の海岸であり、樹枝状の感潮水路 が少なく、沿岸外縁に比較的狭いマングロー ブ帯があるにすぎない。第2の型はかなり広 いマングローブ帯をもち、その中には無数の 感潮水路や湾入がある。彼らは第1類型が例 えばメコン川デルタに、第2類型がすぐ隣接 したサイゴン川末端部にみられることを指摘 している。同様の指摘は Diemont & Wijngaarden [1974] がマレー半島西岸につい ても行なっている。彼らは前者を open accreting system, 後者を estuarine system とし ている。久馬 [1982] はそれらに前進型海岸, 河口型海岸という訳語を与えている。この2 類型の差異は堆積量のちがいに関連させて考 えられており,前者は土砂供給量が大きく, 後者は小さいとされる。低地の沿岸地形に上 記2類型がみられることは事実だが、それを 堆積量のちがいに結びつけうるかどうか,ま たどの部分までがその種の Recent の堆積物 に由来するかは個々の地域の地史的データを 必要とする。前章でみたごとく, 完新世の海 進により河谷末端部が沈水してエスチュア リーが生ずる。エスチュアリーの特徴は一般 には堆積の最も活発な領域と考えられている が,その埋積はもともとの沈水谷の容積と土 砂供給量のバランスに依存する[Bird 1972]。 例えば、ガンジスーブラマプトラの湾口には 膨大な土砂供給にもかかわらず、スンダーバ ン (Sunderban) といわれる巨大なエスチュ アリーが存在し, デルタ先端の前進が遅いこ とが知られている。これはアンダマン海から ベンガル湾へ伸びる沈降トラフの存在に由る と考えられている [Morgan & McIntyre 19597。

エスチュアリーのもうひとつの特徴は樹枝 状の感潮水路が多いこととされるが,スマト ラでその分布をみると必ずしも海岸線に集中

しない。南スマトラのムシ川, バニュアシン (Banyuasin) 川流域ではむしろ河口から数十 キロメートル入った内陸部に多く,満潮時の バックアップを受けて内陸部の感潮河川の埋 積が進行中であり、その軟泥にマングローブ が侵入しつつある状況がみられる。一方、リ アウのインドラギリ (Indragiri) 川では河口 部に感潮水路が集中している。このちがいに は潮汐の高さ,潮流の強さ,河川勾配,河川 流量などが関係しよう。さらに、南スマトラ の例では基盤構造要因もみおとせない。そこ では新第三紀堆積物がゆるやかにうねってお り、パレンバン背斜のすぐ北側は曲窪(downwarping) の部分にあたる [van Bemmelen 1949] ことも指摘されよう。その部分が満潮 時のバックアップを受け易い地域となってい る。

一方,平滑な海岸線はスマトラではむしろ 卓越するが,そのすべてが open accreting 型 と判断するにはデータが不足である。地形図 で検討すると北スマトラの小河川河口部には 砂洲の発達した平滑な海岸がみられ,これら は前進型海岸の様相を示す。しかし,リアウ, ジャンビから南スマトラの平滑な海岸線は, 前進型というよりは台地の沈水地形を暗示す るように思われる。ルパット(Rupat),ベン カリス(Bengkalis),ランタウ(Rantau),ラ ンサン(Rangsang)など,マラッカ海峡に平 行に並んだ島々の南北両岸の崖は,第三紀堆 積物の背斜構造に由来する高みであり,向斜 部分がマングローブ湿地になっていると思わ れる。

他方,南スマトラの平滑な海岸線に関して 別の見解がある。Chambers [1977] は、マ ラッカ海峡に面した沿岸流が9カ月間西から 東へ向かっていることを傍証として、河川の 運搬土砂は河口の東へ流れて堆積し、平滑な 海岸線を作ると考えている。とくにバンカ島 がシェルターとなっているムシ川東部の沿岸 部は,波浪エネルギーがきわめて小さく,ムシ川由来のシルトが堆積し,海岸の前進速度は非常に大きいと推定している。そして,Obdeyn [1941] が古地図の比較から推定した,最近数百年間の急速な海岸線の前進(Obdeyn は 100 m/年という値を推定している)を妥当なものとしている。Obdeyn の仮説はあとで再びふれる。

沿岸湿地帯にはマングローブから淡水湿 地,さらに泥炭湿地へという一連の生態系列 の移行がみられるが,その遷移と分布に影響 する主要な要因は潮位と地盤高の関係であ る。このことはマングローブ研究者によって 古くから注目されてきたところであり,すで に久馬 [1982],山田 [1983]の報告でも紹介 されているので,できるだけ重複をさけて簡 単にふれてみよう。

マレー半島西岸のマングローブについて, Watson は冠水程度によってそれを区分し, 次のような潮位クラスを述べている[Watson 1928:128-149]。

潮 位 クラス	冠水の生じ る満潮位	検潮儀水位	月間の冠 水回数
1	最低満潮位	8 フィート 以下	56-62回
2	中位の満潮 位	8-11 フィート	45-59回
3	普通満潮位	11-13 フィート	20-45回
4	春の大潮	13-15 フィート	2-20回
5	異常もしくに 春分の大潮	t 15フィート 以上	2回 以下

それぞれの潮位クラスに対応して地盤高と その性質,およびマングローブ樹種が明瞭に 異なる。それについて Watson は次のように 述べている。

潮位クラス1.

最低満潮位でも冠水。このような場所では *Rhizophora mucronata* (*bakau kurap*)を除いて 生存不可能。ただし,それも海に面した位置 では生存不可能。

潮位クラス2.

中位(小潮の意)の満潮位で冠水。引き 潮で露出する浅瀬や洲。ここには Avicennia (api-api) が侵入するが, 泥が有機物に富み, 深い場合は Sonneratia griffithii (perepat) が先 に侵入する。 Avicennia intermedia (api-api puteh) が純林を作っているところは地盤が しっかりと堅く, その上を容易に歩ける。 Sonneratia alba (gedabu) あるいは Avicennia alba (api-api hitam) が優越するところは黒い 軟泥で歩行困難。

潮位クラス3.

普通満潮位で冠水。この立地には多くの樹 種が侵入しうるが, Rhizophora (bakau) が卓 越する。Rhizophora mucronata は水路近くに 多く, Rhizophora conjugata (bakau minyak) は 堅い土に多い。Acrosticum (piai) は生育する が高くは茂らない。Rhizophora 林は最も成熟 した段階のマングローブ林であり,パイオニ ア種によって土が肥やされたところで,かつ 小水路が多いところに成立する。

潮位クラス4.

春の大潮で冠水。地盤は高くなって Rhizophora には乾きすぎであり, piai がその更新 を妨げる。 かわって Bruguiera gymnorrhiza (tumu) が優越し, また piai が密な下生えを なす。土が堅いと Bruguiera coryophylloides (berus) が純林を作る。この樹種は普通は春 の大潮より高いところで, Avicennia の背後 にあたる部分にしばしば純林をなす。水路沿 いで排水のよい立地には Bruguiera parviflora (lenggadai) がます。

潮位クラス5.

異常もしくは春分の大潮で冠水。Bruguiera gymnorrhiza (tumu) が優越し,下生えには piai が密に茂る。Rhizophora conjugata や Carapa moluccensis (nyireh batu)の老木がまじ る。最高潮位でも冠水しないところには **Oncosperma filamentosa (nibong)** の純林をみ る。ニッパ植林が最も成功するのは,このク ラスの土地である。Bruguiera gymnorrhiza は 耐陰性で,その林は内陸の湿地林への漸移相 である。地表面には有機物が堆積し,エビ塚 が表面をもりあげるので,その地盤高は最高 潮位より高くなり, Intsia retusa (ipil), Carapa moluccensis, Ficus retusa (ipiawi), Pandanus (pandan), Daemonorops leptopus (rotan bakau) などの内陸湿地林の樹種が侵入する。この遷 移は農業開拓の侵入により促進される。

その他の報告 [Allen 1965; Bird 1972; Diemont & Wijngaarden 1974; Macnae 1968] でもほぼ同様の潮位クラスを認め,小 潮 (mean high water neap)時に現れる潮汐 平底上の浅瀬や洲には, Avicennia や Sonneratia のパイオニア林が侵入することも共通 に認めている。パイオニア・マングローブが 成立すると,その呼吸根や根系は波浪による 泥の浸食や洗掘を抑え,堆積が速まる。垂直 的な堆積速度の報告はきわめて少ないが, Allen [1965] によるオーストラリアの例では 5年間に0.4-1.8 インチという値が出されて いる。一方,堆積による海岸線の前進につい てのデータはかなり多い。これはあとでふれ る。

淡水湿地

海岸域を縁どるマングローブ帯は,スマト ラ東岸ではインドラギリ川河口に例外的に大 きな集合がみられる。サラワクではサラワク 川からサドン (Sadong)川周辺に 10 km 前 後,さらにラジャン (Rajang)川下流域に20 km ぐらいの幅をもつ厚いマングローブ帯が ある。それ以外は一般に 3-4 km 以下 であ り、その背後には広大な淡水湿地や泥炭湿地 が広がる。はじめにも述べたように、この低 湿地帯のきわ立った特徴は、湿地林下に泥炭 が堆積していることである。泥炭の詳細につ

いてはすでに久馬 [1983] が述べているので、ここでは簡単に、異なる局面についても、ふれてみよう。

Anderson [1964] はサラワク, ブルネイの 湿地林についてイメージの明瞭な報告を行 なっている。それによると,湿地の地表構造 と冠水頻度,排水状況と土の有機物含量など に関して明瞭に異なる2類型,つまり淡水湿 地と泥炭湿地を認めている。淡水湿地は河川 に沿い,雨季には冠水する地下水函養性の湿 地であり,pH が4より大きい泥炭あるいは 黒泥をもつ。その灼熱損失は75%をこえな い。地表面は平坦か,わずかに凸である。他 方,面積的にサラワクで圧倒的に広いのは泥 炭湿地である。これは顕著に凸の地表面をも ち,冠水することはない。pH は4より小さ く,灼熱損失は75%をこえる。常に雨水函義





型である。この泥炭地の形状は温帯の高位泥 炭からなる raised bog plain に似るが、その 組成は亜分解の木質泥炭であり、木の根、木 株、枝、幹などを含む。泥炭のマトリックス は暗褐色で、カユ状、不定形であるが、時に かたちを判別できる小根、葉、小枝がまざ り、種々の分解度を示す。

Anderson [*ibid*.] はサラワク, ブルネイに みられるこの泥炭湿地の形成過程を, 次のよ うに説明している。沿岸部の沖積堆積物上に 成立したマングローブ林は, 海側へ前進する につれ, その内陸側が移行型群落でおきかえ られる。地表には浅く泥炭が堆積する。沿岸 の堆積がさらに進行し, もとの湿地が海から へだたるにつれて川の氾濫頻度がまし, 川沿 いには堆積シルトによる高みが作られる。そ の結果, 川と川の間の土地は中央部のへこん

> だ皿状構造をもつに至る。 その湿地には泥炭が堆積を 速め、やがて中央部のもり あがった構造が発達する。 やがて、中央部での泥炭堆 積速度は遅くなり、平坦化 bog plain が形成される。 サラワク、ブルネイでは そこに Shorea albida の林 が卓越する。

Anderson [*ibid*.] は実際 にサラワクのラジャン川, ブルネイのバラム(Baram) 川流域の泥炭湿地林にトラ ンセクトを設定し,レベル 測量とオーガーを使って泥 炭湿地の縦断面図を描いて いる(図6)。泥炭のもり あがり程度は,海からはな れるほど著しい。ラジャン 川最下流部のプラウブルイ ト (Pulau Bruit) 島では最 高点は 12.96 フィート (川の高水位を基準と する) であり, 泥炭の厚さは最高21フィート である。地表勾配はゆるやかである。最上流 部のナマン保護林 (Naman Forest Reserve) ではピートドームは急勾配に立ちあがり, 中 心部の最高点30.4フィート, 泥炭の厚さは最 高50フィートをこえる。バラム川ルボックパ シール (Lubok Pasir) のトランセクトでは Kjellerman 型ピストン・サンプラーを使っ て試料を採取し, 地下16, 33, および39フィ ートの泥炭の年代を求めている。それの年代 はそれぞれ2,255±60年BP, 3,850±55年 BP, 4,270±70年 BP [Wilford 1961:119] とし ている。泥炭の下の堆積物は, 常に白色ない し黄色の, しまった粘土であった。

次に,花粉分析に基づいて泥炭湿地の群 落遷移を復元する報告も行われている [ibid.; Anderson 1964; Muller 1965; 1975]. Mul**ler** [1965] はバラム川のマルディ(Marudi) 近くの事例を報告している。その湿地林は 同地域では最終遷移段階を示す Combretocarpus—Dactylocladus 群落と述べている。 泥炭の厚さは 12m, 基盤粘土にはマング ローブの花粉が卓越する。粘土直上の泥 炭は Cyrtostachys, Campnosperma, Blumeodendron, Gonystylus などの mixed swamp forest を示す。7 m の深さでは Symplocos が 卓越するが、これは現在のサラワクの湿地林 にはまれな樹種であるという。さらに浅い部 分では Shorea albida, Gonystylus, Stemonurus の群落にかわる。

Muller [ibid.] はさらに、ラワス (Lawas) の浅い泥炭での例を報告している。そこは Dacrydium と Casuarina の卓越する林である。 泥炭は 3 m, Rhizophora 花粉に富む砂質沖 積堆積物を覆っている。基底部の泥炭の年代 は1,960±70年 BP [Wilford 1961:120] で ある。泥炭中の花粉は典型的な湿地林の林相 を示し, Sapotaceae, Blumeodendron, Campnosperma, Cyrtostachys, Longetia, Gonystylus, Dactylocladus などである。この報告につづ く論議の中で,東南アジア地域の泥炭中に Metroxylon の花粉が見出されるかとの問いに 対して,これまで見出されていないと答えて いる。

次に,泥炭湿地の基盤の堆積年代について もリンバン(Limbang)川,バラム川地域で の報告がある。ブルネイのリンバン川流域で は海岸から 50 km 内陸の6フィート段丘に 至る範囲で,基盤粘土中に海棲貝化石がみら れる。6フィート段丘の基底砂礫層中の貝化 石の年代は,Wilford [*ibid*.:109] によると 5,400±200年 BP である。このことから,こ の地域における後氷期の海進は,5,400年前 に最高水準に達したと考えられている。した がって当時の海岸線は,現在の泥炭湿地の最 も内側に達していたものが,バラム川,リン バン川の氾濫原の成長により 10 m/年の速度 で前進したと結論している。

以上のデータは、サラワクおよびブルネイ 地域での泥炭湿地の形成の年代とその発達過 程,湿地林の遷移過程について重要な手がか りを与えている。5,400年前の海進期はOlder Peron 海進期にほぼ相当すると思われる。当 時の海水準は、縄文海進期の中でも最も高 かったことが知られている。泥炭堆積開始年 代は Bahama 海退期に相当することも考え られよう。

スマトラ東岸は全般的にデータ不足であ る。数少ないデータからみると、南スマト ラ,ジャンビ両州の泥炭はサラワク,ブルネ イに比べてはるかに薄い。130 cm 以下のも のがほとんどである(例えば Team I.P.B. [1975;1976;1981])。南スマトラのウパン デルタの例では泥炭層は 20-100 cm 程度で あり,泥炭層の厚さも、また基盤粘土までの 深さも不規則である[Chambers 1979a; 1979b]。基盤の不規則な起伏は、過去の水

路跡を示すものと考えられている。リアウ州 カンパール川流域ムアラタラム(Muara Talam)の泥炭ドームは比較的厚く,8mに達 し,基盤の海成粘土の上に急勾配で立ちあが る [Driessen 1978]。南カリマンタンのプラ ウペタック (Pulau Petak)デルタのレベル測 量の結果では,粘土基盤(潜在的酸性硫酸塩 土壌)はやはりくぼんだ皿状のかたちを示 し,中央部での泥炭基底高度は海面より低 い。周辺部の淡水湿地に比べ,中央部の泥炭 湿地(ここでは marsh forest と称されてい る)では泥炭表面は著しくもりあがり, biconvex のピートドームを示している [Driessen & Soepraptohardjo 1974]。

以上通覧した文献によれば,後氷期の海面 上昇期に海成粘土や汽水堆積物が堆積して湿 地林の基盤を作り,やがて川沿いに自然堤防 状の高みが作られて,中央部のくぼんだ皿状 構造が発生する。マングローブ帯が前進する につれて内陸側では淡水湿地林へ移行し,過 湿条件下で数千年にわたって大量の木本遺体 が堆積して泥炭層をなす。泥炭層の発達程度 は,しかし,地域的な差異が著しく,サラワ ク,ブルネイ,カリマンタン,リアウでは厚 いようだが,南スマトラ,ジャンビでは薄 い。このような差異は気候のちがいに由ると は考え難く,地史のちがいを反映していると 思われるが,その究明は今後の課題である。

**3**. 潮汐かんがい水田

淡水湿地帯の大部分はこれまで密生した湿 地林に覆われていた。しかし,その中でも湿 地焼畑的農業が細々とつづけられてきた。さ らに川沿いに点々と開かれた開拓前線では, その地形的環境に巧みに適応した水稲栽培が 行われてきた。大きな干満差を利用した潮汐 かんがい水田は,その典型的な例である。こ の方法は従来,南スラウェシのブギス族や南 カリマンタンのバンジャール族がインドネシ ア,マレーシアの低湿地に自発的に展開して きた独特の湿地開発法である。自発的移民の 開いた潮汐かんがい水田は,リアウ,ジャン ビ,南スマトラ3州に13万5千ヘクタール, 西,南,中部カリマンタン3州に16万5千ヘ クタールと推定されている [Collier 1979: 76]。

その伝統的開拓法について、南スマトラの ブギス族移民の行う方法を簡単に紹介してみ よう [ibid.: 110-118]。ムシ川沿いムアラ トゥラン (Muara Telang) の村にいるブギ ス族リーダー (kepara parit, 水路首長の意) がインフォーマントである。彼は1963年に南 スラウェシのシドラップ (Sidrap) 県を10人 の仲間とともに出発し、まずジャンビ州に 行った。そこでは、すでに開かれていた潮汐 かんがい田でその農法を習っている。1971年 に3家族がムアラトゥランに移住し、運河を 掘って106ヘクタールの開拓を行なった。そ の際、村長に開拓の許可を受ける。開拓にあ たっては、まず川に直角に幅 3m, 深さ 2.5 mの中央運河 (sungai とよばれる) を 230 m (150 depa) 掘る。さらに、それに直角に2次 運河 (パリット, parit とよばれる)を掘っ た。パリット間隔は 450 m である。 開拓期間 は半日運河掘りを行い、半日は木を伐る。伐 採した木は仲買人や製材所に売る。伐採3カ 月後、下生えは焼いて、植付け準備を行なっ た。まず土を調べる。川沿いの無機質な土に はココヤシ園を優先的に開く。また,パリッ ト沿いには幅3m,高さ60cm ぐらいの大畝 をもりあげて,やはりココヤシを植える。パ リットからはなれて内部に向かうと、さまざ まな土地利用を行う。泥炭が 50 cm 以上の 厚さだと甘藷、豆類を植える。泥炭が薄く、 ニボン (nibong) やジャウィジャウィ (jawijawi)の木があるところでは水田にする。土 地が高みで乾きぎみの(運河の水がかからな い)ところには、コーヒー、バナナ、パイ

ナップル、トウモロコシなどを植える。

開拓が一段落し,生活の基盤ができあがる と,親類や同村の農民を南スラウェシからよ びよせる。新たに開拓に加わった農民は再び 村長の許可をもらって中央運河を延長し,2 次運河を掘る。開拓の方法は概略以上のよう なものである。

ここで行われる水田農業について、 高谷 [1979:460-462] の記述を引用しよう。ムシ 川沿い,スバリック (Sebalik) とムアラトゥ ランの途中でのインタビュー(1978年10月) 結果を、次のように報告している。インフ ォーマントのブギス農民は、ちょうど第2苗 代への移植を行なっていた。水田はムシ川本 流から 200 m ほど入ったところにあり、1 年生の禾本科の草が高く茂っている。ムシ川 近くに第1苗代を作り、15日後に草原を開い て第2苗代に移植を行う。第2苗代の整地は バンクン (bangkung) という大刀で荒刈りを し、次に刈り倒した草をクマデでかき集めて 畦につむ。もう一度同じバンクンで土を浅く 切って、草の根元を刈り直す。1回目の移植 は、チュチュック (cecuk) という掘棒で20本 ぐらいの苗を挿しこむ。この期間,田面には 湛水はない。第2苗代期間は45日ぐらいであ る。本田準備は第2苗代同様に行う。本植え の時期には降雨がはげしくなり、満潮時には 田面に潮があがって20 cm ぐらいの湛水とな る。 植付け 1 カ月後, 小型の パラン (parang) という刀で除草をする。刈取りは爪鎌で行 う。以上は高谷の記述をかいつまんだもので ある。

第1苗代は普通は,高床の家の床上や,家 のまわりに作る。バナナの葉を敷き,薄く泥 をおいて芽出し籾をまき,さらにバナナの葉 で覆う。朝夕に水をまいて乾かないように し,苗立ちさせる。これはフィリピンでみら れるダボッグ (dabog) 苗代によく似ている。 本田への本植えは本田に潮があがり,降雨が たまって湛水した部分から順次植え広げる。 本田といっても畦は草畦,手畦である。この ように,この方法は犁やまぐわを一切使わな い無犁耕栽培であり,草本の厚いルートマッ トを利用した芝土での稲栽培といえよう。

以上の記述からも窺われるように、潮汐か んがい水田は潮汐と川水のバランス、それに 地盤高がうまく適合することが必要である。 南スマトラのムシーバニュアシンの場合、浸 入塩水くさびが河口から 20 km 付近で乱れ、 表層に浮上して表面水の塩分濃度が高くなる ことが知られている [Weiss et al. 1979]。 この場合、潮汐かんがい水田の立地には不適 当である。また、地盤の高い台地は 運河 を 掘っても潮があがらないので、潮汐かんがい 水田は開けない。

自発的移民は潮汐かんがい水田に好適な立 地を探すための指標をもっている。例えば, 前述のニボンヤシや,またセルダン(serdang) といわれるヤシがある場所を探して開拓を始 めるので,成功する確率が高い。しかし,政 府による大規模な開拓では大面積を一斉に開 く方式をとるので,当初の目的にそぐわない 事例も生まれる。例えば、南スマトラのチン タマニス (Cintamanis) やリアウのシアク川 沿岸地域は、湿地ではあるが地形的には台地 であり,その開発は単に湿地開発の結果でお わっている。インドネシアの低湿地開発のう ちで,潮汐かんがい地域と湿地開発地域につ いてのおよその目安はえられている(表3) が、その実体に関する理解は不十分であり、 開発の進行に伴い、これらの数字もかわるこ とが予想される。

### III 最近の堆積浸食に伴う地形変化

後氷期の海面上昇に伴って海が内陸深く入 りこんだことは,すでに述べたとおりであ る。現在この地域の諸河川の運搬土砂は,か

#### 古川:東南アジア低湿地の地形

**表3** インドネシアの湿地および潮汐湿地開発計画面積 (Collier [1979] より引用)

	既存面積(ha)		計画・建設中面積 (ha)		最終目標面積 (ha)	
	湿地	潮汐湿地	湿地	潮汐湿地	湿地	潮汐湿地
スマトラ						
アチェー					10,000	
北スマトラ	3,800		3,000		16,800	
西スマトラ			12,000		32,000	
リアウ		3,140		51,630	10,000	54,770
ジャンビ		9,700		18,340	10,000	128,040
ベンクルー					10,000	
南スマトラ		12,450	25,800	45,000	45,000	297,530
ランポン			7,000		12,000	50,000
小 計	3,800	25,290	47,800	115,050	146,600	530,340
カリマンタン						
西カリマンタン		5,050	5,000	20,630	20,000	84,680
東カリマンタン					10,000	
中央カリマンタン	2,440	5,200	2,500	15,910	12,940	86,110
南カリマンタン	15,000	7,440	2,500	15,580	37,500	23,020
小計	17,440	17,690	10,000	52,120	80,440	193,810
合 計	21,240	42,980	57,800	167,170	227,040	724,150

岸が鳥趾状になる対 比から, Verstappen は東モンスーン時の 波浪が強いことを 推定している。Tjia [1968] も同様の推 定を示し,ジャワで は砂洲は河口の東に 生じるが,河川は西 している。

Hollerwörger [1966]も同様な方法 で,チプネガラ(Cipunegara),チマヌ ク (Cimanuk),バ ンカデレス (Bangkaderes),サンガル ン (Sanggarung),

ってのスンダランド辺縁部の浅い 海 に 堆 積 し,海岸線を前進させている。最 近 数 百 年 は,その変化が歴史的記録にとどめられる機 会がましている。本章では最近の堆積に関す る古記録,地図に依拠して行われた検討事例 を紹介する。

## 1. ジャワ

19世紀半ば以来,頻繁に地形図の製作およ び改訂が進んでいたジャワ島では,過去の地 形図と比較して海岸線の変化を検討する事例 が多い。1873年から1938年までに作られた4 枚の地形図を使って,ジャカルタ湾沿岸を検 討した Verstappen [1953] によれば,湾口東 部のブカシ (Bekasi)川,チタルム (Citarum)川の先端で66年間にそれぞれ 1,000 m, 3,000 m 前進し,他方,湾中央部および湾口 西岸では浸食を受けているところが多い。 ジャワでは河口デルタが西北ないし西に向 かって発達し,またデルタの東岸が平滑,西 ボソック(Bosok), プマリ(Pemali), チョ マル(Comal), ボドリ(Bodri)などの小デ ルタの伸長を検討している(図7)。チマヌ ック下流域でロムバタン(Rombatan)川から チェマラ(Cemara)川へかんがい運河を掘 削した結果, チェマラ川の河口には350m/ 年の速度で新しいデルタが1.5-2.5km 伸長 した。同様の現象はボドリ川のデルタでも述 べられているが,火山灰で厚く被覆されたジ ャワの山地からの運搬土砂量の大きさを示 す,ひとつのエピソードであろう。また図7 には海岸線の著しい後退が生じている部分も みられる。これらの現象は,沿岸流による浸 食と堆積が運搬土砂を再配分して,海岸線が 刻々変化していくようすを示している。

Tjia [1968] は既存データを集録して,海 岸線の伸長速度を 25 m/年以下から 200 m/ 年以上までの7段階で図示している(図8)。 川水のシルトロードは全体に高いが,とりわ けソロ(Solo)川は高く,浮遊懸濁物濃度は



- 図7 ジャワ島北岸の海岸線の前進 (Hollerwörger [1966] より引用), 1:50,000
  - a. チプネガラ(西ジャワ)。1865年, 1934年, 1946 年の海岸線
  - b. サンガルンとボソック(西ジャワ)。1857年, 1922年,1946年の海岸線
  - c. プマリ(中部ジャワ)。1865年, 1920年, 1946年 の海岸線

平均 2.75 kg/m<sup>3</sup> である。中程度のブランタ ス (Brantas) 川でも 1.3 kg/m<sup>3</sup> との値が報 告されている。これらの値を日本と比較する と,日本の 225 河川の平均が 29 g/m<sup>3</sup>,シル トロードの高い筑後川の最大値でも 270 g/m<sup>3</sup>[半谷 1978:67-71]であ るので,ジャワの河川のシルトロー ドの高さが想像できる。Tjia[1968] はさらに,海岸部での堆積の年次別 変化を示しているが,それによると 1910年ごろから堆積量が増加するこ とが注目される。その理由として, ①上流部での森林乱伐,日本軍の占 領に伴う浸食の増大,②20世紀初頭 の海退,を推定している。この推論 は必ずしも十分な根拠をもたない が,ともあれ,河口部の鳥趾状の伸 長が速やかに進行していること自体 は,かなり説得的に示されている。

2. スマトラ

ところで、スマトラ東岸の巨大な 湿地帯全体を同様に考えることがで きるのか、議論の生じるところであ ろう。目につく資料は、それに対し て肯定的見解をとるものが多い。当 否はおいて、それらを紹介しよう。

Tjia [*ibid*.] はスマトラ東岸の海 岸線の前進についての情況証拠をい くつか集めている。①北スマトラの ビンジャイ (Bindjai), セルダン (Serdang)地域で, 10 km 内陸に 海棲貝類の貝塚が知られている。② 同じくデリ (Deli)の8 km 内陸で, 地表下 1 m に海成の黒色粘土が広 い。③11–15 世紀のアラブ人,中国 人,ヨーロッパ人航海者や商人の古 記録では,南スマトラのパレンバン を海港であると記述するものが多い

[Obdeyn 1941]。現在それは 50 km 内陸に あるので,海岸線は 100 m/年ほどの速度で 前進したと考えられる。④同じく Obdeyn が引用する1821年の地形図と比較すると,ジ



図8 ジャワ島の海岸線の変化(Tjia [1968] より引用),実線矢印は堆積,点線は浸食 細線 1本羽根:25 m/年以下,2本羽根:25-49 m/年,3本羽根:50-74 m/年,4本羽根:75-99 m/年 重線 1本羽根:100-149 m/年,2本羽根:150-199 m/年,3本羽根:200 m/年以上 河川名 a. チウジュン川,b. チリウン川,c. チタルム川,d. チマヌク川,e. チタンドゥイ川,f. サ ンガルン川,g. スラユー川,h. プロゴ川,i. スラン川,j. ブンガワンソロ川,k. ブランタス川

ャンビ川の河口は最近 100 年間に 7.5 km 前進している。⑤メスジ(Mesuji)川流域で、
21 km 内陸に生活遺物をもつ過去の浜堤が発見されている。

次に Chambers [1977] は南スマトラのス ンサン (Sungsang) デルタおよびプラウリマ ウで1942年, 1969年, 1973年の地 図 を 比較 し, 平均 20 m/年の前進速度を推定 してい る。海岸の前進過程に progradation モデ ルと aggradation モデルを区別している。前 者は海岸線が直接前進する場合で, スンサン デルタの先端はこの型であるとしている。後 者は, off-shore に三角形の mud bank が基 底を陸側に, 頂点を海側に向けて堆積する。 Mud bank の周囲は潮流でえぐられて水路と なっている。Mud bank は引き潮時の水面下

1m ぐらいにまで生長してしばらく安定する が,流木などがその上に定着して波浪による 没食が抑えられ,パイオニア・マングローブ が侵入すると堆積は急速に進み,tide scour も埋積される。やがて安定なマングローブへ 遷移すると推定している。

上述のごとく,沿岸部での新しい堆積と海 岸線の前進が生じていることは,疑いもない 事実である。しかし,広大な低湿地全体を一 律に考えうるかどうかは問題が残る。上記の 新しい堆積物は物理的熟成が未熟であり,き わめて軟弱なグライ土である。一方,淡水湿 地林で泥炭の下にある土はよくしまった灰 白~淡黄灰色の粘土が多く[古川 1979], Keller & Richards [1967] や Wall [1964] が 報告する洪積世の堆積物にむしろ類似する。

Chambers [1977] や Tjia [1968] の論議 の問題点は,例えばムシ川から南東のメスジ 川にかけての低湿地の説明にもみられる。そ の地域には大きな川はない。彼らはしかしそ の低湿地をムシ川の旧デルタであると考え, のちにムシ川の流路が現在のようにパレンバ ンの東方で北方向へ大きくベントするように 変化したと推定する。しかし,直角に近いこ のベントはそれほど新しいものではないだろ う。少なくとも,示唆される1,000年,2,000 年のオーダーではないと思われる。

これまで、何度か Obdeyn の説が引用さ れている。ここでまとめて紹介しておこう。 インドー中国を結ぶ航路とスリヴィ ジャヤ (Srivijaya)の位置を比定する試みにおいて、 彼は古記録、古地図、碑文などを検討し、ス マトラ東岸およびマラッカ海峡の中世におけ る地理的状態を復元している[Obdeyn 1941; 1942a;1942b]。それによると、多くの古地 図に示された近世以前のスマトラの形状に は、ひとつの共通点があり、大きな湾入が多 い。とりわけジャンビからリアウへかけての 湾入およびムシーバニュアシンの湾入は大き なものであった。中世のアラブやヨーロッパ の航海者たちは、ジャンビーリアウの湾入で 以てスマトラがふたつに分かれていると思っ ていたほどであり、それらの資料に基づい て、Obdeynは現在のスマトラ東岸の湿地帯 が当時、一望の海であったと推定している (図9)。さらに、マレー半島も現在より長く 突き出て、バンカ、ビリトンまで陸域がつづ いていたので、通航可能な海峡がなかったと 推定している。そのひとつの根拠に、1292年、 チャンパからスマトラへ航海したマルコポー



図9 中世および最古の歴史時代における南スマトラ東海岸線の変化(Obdeyn [1941] より引用)

ロがビリトン島の東をまわってバンカ海峡を 通り,バタンハリ (Batanhari)川河口に達す る航路をとったことをあげている [Obdeyn 1942b]。中世前半期はスンダ海峡も通航不 可能であり,したがってこの海峡で通航可能 なルートはバンカ海峡を経てマラッカ海峡を 抜けるもののみであった。このことがスマト ラ東岸にスリヴィジャヤのごとき大きな通商 都市の成立を許したのであるという。スマト ラ東岸の湾入は,しかし,やがて沈泥に閉ざ され,バンカ海峡の通航が不可能となるにお よんで,スリヴィジャヤは没落し,15世紀に はマラッカが圧倒的な位置を占めるに至っ た,と推定している。

以上が Obdeyn の推論の大要である。彼は 膨大な資料を収集して,興味あるこの仮説を 考証している。その大胆な図(図9)で彼が古 代の海岸線とするのは,第三紀の丘陵境界線 であるが,それから海岸線までの低湿地をき わめて新しい,たかだか2,000年来の堆積に よる形成物とすることは,すでにふれたよう にやや無理な推論であろう。しかし,Abrolhos 海進ののちの Florida 海退(1,600年BP) の存在 [Fairbridge 1961] や,南スマトラ地 域の背斜軸のゆるやかな隆起を認める [van Bemmelen 1949:97; Verstappen 1973: 56] なら,著しい堆積はなくとも海岸線の前 進が生じた可能性は残されており,Obdeyn 説の再検討の余地はあると思われる。

## 3. マレー半島

パハン (Pahang) デルタの最近における地 形発達を,地形解析と歴史的記録に拠って復 元する試みが行われている [Nossin 1961; 1966]。マレー半島東岸は砂丘の発達が顕著 であるが,パハン川の作る淡水湿地の中には 内陸部に何本もの砂洲が残り,前進型海岸の 特徴を示している (図10 c)。淡水湿地の堆 積物は主として河成およびラグーンの粘土で あり, 泥炭の発達は弱い [Nossin 1966]。

パハン川は湿地帯に入ってすぐプラウマニ ス (Pulau Manis) で大きな支流を分岐して いたが, この支流はいまもペカン (Pekan) まで追跡可能で,現在はパハン川本流に合流 している。また,下流部の大きな蛇行点でパ ハントゥア (Pahang Tua)川が分流してい る。デルタ北端には潮汐湿地の広いクアンタ ン(Kuantan)川がある。パハン,クアンタ ン(Kuantan)川がある。パハン,クアンタ ン両川ではさまれた淡水湿地帯には,それを 排水する数本の小河川が東北東へ流れ,湿地 帯全体の勾配を示している。Nossin は,かつ てここに大きな湾入があったが,それが次第 に埋積される過程を17世紀以降の古記録に 拠って辿ることができるという。その内容を 簡単に紹介しよう。

1825年以前の古地図には現在のパハン川の 北に大きな湾入と、ティンゴラム (Tingoram), トゥリンコラム (Trincoram) などの 名で知られる港の存在が示される。しかし, 1825年以降の地図ではその港は姿を消す。も うひとつの大きな変化はパハン川の流路変更 である。ペカンの町は現在ではパハン川の南 にある。初期の古記録は、しかし、それをパ ハン川の北においている。1855年の記録でも なお北側に示されているが、1876年の記録で はじめてその位置が川の南に示されている。 この変化は町の位置が移動したものではない とする記述 [Linehan 1936] を引用し, 流 路が変化したと推定している。以上の資料に 基づいて Nossin はパハンデルタ北半部の古 地理と, 湾入の埋積過程を復元している(図 10)。埋積速度はかなり急速なものであるが、 スマトラ東岸に関する諸説に比べて,より説 得的な印象を受ける。

## おわりに

低湿地はこれまで未開発地としておかれて





図10 パハンデルタの発達(Nossin [1966] による復元図を引用)
 A. 17世紀初頭, B. 19世紀初頭,
 C. 現在のパハンデルタ

いたので,その実体に関する科学的データは 多くない。地形発達史を辿る場合,ぜひとも 必要な堆積物の層序やその年代に関する知 見,またそれらに基づいた地形区分の報告を 見出すことは大変難しい。しかし,その開 発・保存を考える場面で,地形に関する正確 な情報は必須のものである。地形関連分野で は以下の諸課題へのとり組みの必要性を感じ る。

低湿地の微地形に関する情報の集積が望ま れるが,土壌図はこれに対して有用な知見を 提供する。土壌調査は低湿地の開発計画段階 で必ず行われるので,インドネシアの低湿地 についてすでに多数の調査報告書がえられて いる。それは貴重な成果であるが,その最終 的目標が農地としての可能性分級にあるの で,調査対象となる土層の深度が浅い。地形 発達史的研究に資料を提供するには残念なが ら不十分である。この意味では,例えば Anderson や Wilford がサラワクやブルネイで 行なったように,適当なトランセクトを選ん で,深いボーリングにより層序構成を明らか

にしたうえで,既存の土壌図をみれば,その 価値が生きてくると期待される。

次に、地形・土壌環境を総合的に反映して いる植生に関して、相観的な群落分布を詳細 に画定する仕事が求められよう。空から湿地 をみると、植生群落の明瞭なコロニーが容易 に認められる。マングローブの帯状構造や、 湿地林の樹種構成は微地形、潮汐、土壌条件 と密接な関連を示すことは簡単にふれた。こ の意味では、航空写真を使って生態的均質領 域の分布を示す作業は、重要な意味をもつ。 実際にこの考え方に沿って航空写真解析が進 められていることはよろこばしい。そして、 日本人研究者にもそのような解析に参加する 途が開かれることが望まれる。

3番目に、農業形態と地形・土壌の関係で ある。低湿地では、可能な定着農耕形態に関 する経験は甚だ少ない。ましていわんや試験 研究データはきわめてまれである。この事実 をふまえると、低湿地にとりついた自発的農 業入植者が行う農地選定法や、その土地の改 良方策、作付け体系などの記述はきわめて重 要である。彼らの環境適応的農法は、地形・ 土壌条件を明瞭に映し出す鏡である。伝統的 農法の詳細な記述は地形・土壌研究にとって 重要である。

第4に,地形発達史の研究法として Obdeyn や Nossin の行なった歴史的文献調査 は,ひとつの面白い方法を示すものである。 彼らの報告を読むと,インドネシアについて はオランダ統治時代の地方誌,マレーシアに ついてはイギリス統治時代の地方誌など,膨 大な資料が存在するようすが窺われる。今後, 地形発達史と地方史に関する学際的研究は重 要な一分野であると思われる。

最後に,異常な速さで消えていく低湿地の 自然を目のあたりにすると,その生態系の多 様な局面を保存する保護林の設置が望まれ る。そこには低湿地の生態研究施設を設置 し、将来の適正な利用と保存のための基礎 データの蓄積をはかることが望まれよう。

### 文 献

- Aleva, C. J. J. 1973. Aspects of the Historical and Physical Geology of the Sunda Shelf Essential to the Exploitation of Submarine Tin Placers. Geol. Mijnbouw. 52(2): 79-91.
- Allen, J. R. L. 1965. Coastal Geomorphology of Eastern Nigeria: Beach Ridge Barrier Islands and Vegetated Tidal Flats. Geol. Mijnbouw. 44(1): 1-21.
- Anderson, J. A. R. 1964. The Structure and Development of the Peat Swamps of Sarawak and Brunei. J. Trop. Geogr. 18: 7-16.
- Bird, E. C. F. 1972. Mangrove and Coastal Morphology in Cairns Bay, North Queensland. J. Trop. Geogr. 35: 11-16.
- Chambers, M. J. 1977. Problems in Assessing the Rates and Processes of Coastal Changes in the Province of South Sumatra. PSPSL/Research Report/003. Bogor: IPB. 21p.
- . 1979a. Rates of Peat Loss on the Upang Transmigration Project, South Sumatera. In Proc. Simposium Nasional Pengembangan Daerah Pasang Surut di Indonesia, Buku II, pp. 765-777. Bogor: IPB.
- 1979b. Micro Relief and Drainage Patterns in relation to Agricultural Efficiency on the Upang Delta, South Sumatra. In Proc. Simposium Nasional Pengembangan Daerah Pasang Surut di Indonesia, Buku III, pp. 889–894. Bogor: IPB.
- Collier, W. L. 1979. Social and Economic Aspects of Tidal Swamp Land Development. In Proc. Simposium Nasional Pengembangan Daerah Pasang Surut di Indonesia, Buku I, pp. 59–155. Bogor: IPB.
- Diemont, W. H.; and Wijngaarden, W. van. 1974. Sedimentation Patterns, Soils, Mangrove Vegetation, and Land Use in the Tidal Area of West Malaysia. In Proc. Int. Symp. on Biology and Management of Mangroves, Florida, edited by G.E. Walsh et al., Vol. II, pp. 513-528.
- Driessen, P. M. 1978. Peat Soils. In Soils and Rice, edited by IRRI, pp. 763-779. Los Baños: IRRI.
- Driessen, P. M.; and Soepraptohardjo, M. 1974.
  Soils for Agricultural Expansion in Indonesia.
  Bulletin 1. Bogor: Soil Research Institute.
  63p.

- Fairbridge, R. W. 1961. Eustatic Changes in Sea Level. In *Physics and Chemistry of the Earth*, edited by L. H. Ahrens *et al.*, pp. 99– 185. London: Pergamon Press.
- Fujii, S.; Lin, C. C.; and Tjia, H. D. 1971. Sea Level Changes in Asia during the Past 11,000 Years. *Quaternaria* 14: 211–216.
- 古川久雄. 1979.「南スマトラ低地部の土壌」『東 南アジア研究』17(3):409-424.
- 半谷高久(監修).大竹千代子(編).1978.『日本 環境図譜』東京:共立出版.
- 羽鳥謙三;柴崎達雄(編).1971.『第四紀』東京 :共立出版.
- Hollerwörger, F. 1966. The Process of the River Delta in Java. In Proc. Dacca Symp. on Scientific Problems of the Humid Tropical Zone Deltas and Their Implications, 1964, pp. 347-355. Rome: UNESCO.
- Indonesia, Team Institut Pertanian Bogor. 1975. Laporan Survai dan Pemetaan Tanah Daerah Pasang Surut. Muara Telang, Musi Banyuasin. IPB. (Mimeographed)
- ———. 1976. Laporan Survai dan Pemetaan Tanah Daerah Pasang Surut. Air Saleh. IPB. (Mimeographed)
- -------. 1981. Laporan Survai dan Pemetaan Tanah Daerah Pasang Surut. Air Padang—Air Sugihan. IPB. (Mimeographed)
- 海田能宏. 1979.「南スマトラの自然環境区分」 『東南アジア研究』17(3):400-408.
- Keller, G. H.; and Richards, A. F. 1967. Sediments of the Malacca Strait, Southeast Asia. J. Sed. Petrology 37(1): 102-127.
- Kuenen, H. 1933. The Snellius Expedition, Vol. V, Geological Results, Part 2, Geology of Coral Reefs. pp. 66-78. Utrecht: Kemink en Zoon N. V.
  - . 1950. Marine Geology. Chapter 7.
    Geomorphology of the Sea Floor. pp. 480– 531. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- 久馬一剛. 1982. 「東南アジア低湿地の土壌── その1. マングローブ下の堆積物に由来する 土壌──」『東南アジア研究』20(3):405-424.
  ──. 1983. 「東南アジア低湿地の土壌── その2. 湿地林下の有機質土壌──」『東南 アジア研究』20(4):492-511.
- Linehan, I. 1936. A History of Pahang. J. Roy. Asiatic Soc., Mal. Br. 14(2): 1-256.
- Macnae, W. 1968. A General Account of the Fauna and Flora of Mangrove Swamps and Forests in the Indo-West Pacific Region. *Adv. Marine Biology* 16: 73-270. London: Academic Press.

- Molengraaf, G. A. F.; and Weber, M. 1921.
  On the Relation between the Pleistocene Glacial Period and the Origin of the Sunda Sea (Java and South China Sea), and Its Influence on the Distribution of Coral Reef and on the Land- and Fresh Water Fauna. In Proc. Koninkrijke Akad. Wetens. te Amsterdam, 23, pp. 397-439. (Original Paper in Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Naturkundige Afd., 28 & 29, 1919)
- Moorman, F. R.; and Pons, L. J. 1974. Characteristics of Mangrove Soils in relation to Their Agricultural Land Use and Potential. In Proc. Int. Symp. on Biology and Management of Mangroves, Florida, edited by G. E. Walsh et al., Vol. II, pp. 529-547.
- Morgan, J. P. L.; and McIntyre, W. G. 1959. Quaternary Geology of the Bengal Basin, East Pakistan and India. Bull. Geol. Soc. Am. 70: 319-342.
- Muller, J. 1965. Palynological Study of Holocene Peat in Sarawak. In Proc. Int. Symp. on Ecological Research in Humid Tropics Vegetation, Kuching, Sarawak, pp. 147–156. Gov't Sarawak & UNESCO Science Cooperation Office for Southeast Asia.
  - . 1975. Pollen Analytical Studies of Peat Deposits in the Malaysian Tropics. In *Modern Quaternary Research in Southeast* Asia, edited by Bartstra and W. A. Casparie, Vol. 1, pp. 83–86. Rotterdam: A. A. Balkema.
- Nossin, J. J. 1961. Relief and Coastal Development in Northeastern Johor (Malaya). J. Trop. Geogr. 15: 27-38.
  - . 1966. The Geomorphic History of the Northern Pahang Delta. J. Trop. Geogr. 20: 54-64.
- Obdeyn, V. 1941. Zuid-Sumatra Volgens de Oudste Berichten. I. De Geomorfologische Gesteldheid van Zuid Sumatra in verband met de Opvatting der Ouden. *Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen.* 58: 190-216.
  - -. 1942a. De Geografische Kennis Omtrent Sumatra in de Middeleeuwen. Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen. 59: 46-75. -. 1942Ъ. De Oude Zeehandelsweg door de Straat van Malaka in verband met Geomorfologie der de Selat-Eilanden. Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen. 59: 742-770.
- 高谷好一. 1979. 「南スマトラ, コムリン川流域 の稲作景観」『東南アジア研究』17(3):444-466.

- Tjia, H. D. 1968. Coastal Accretion in Western Indonesia. Bull. Nat. Inst. Geol. Min. Bandung 1(1): 15–45.

  - . 1977. INQUA Quaternary Shorelines Commission, Pacific and Indian Ocean Sub-Commission. Region Indonesia and Malaysia. Status Report 1975–76. Berita Direkt. Geologi/Geosurvey Newsletter 9: 89–92.
- Tjia, H. D.; Fujii, S.; Kigoshi, K.; and Sugimura, A. 1975. Additional Data on Raised Shorelines in Malaysia and Indonesia. Sains Malaysiana 4(2): 69–84.
- Tjia, H. D.; Fujii, S.; Kigoshi, K.; Sugimura, A.; and Zakaria, T. 1972. Radiocarbon Dates of Elevated Shorelines in Indonesia and Malaysia. Part 1. Quat. Res. 2(4): 487– 495.
- van Baren, F. A.; and Kiel, H. 1950. Contribution to the Sedimentary Petrology of the Sunda Shelf. J. Sed. Petr. 20(4): 185-213.
- van Bemmelen, R. W. 1949. The Geology of Indonesia. Vol. I. General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes. Chapter II. Stratigraphy. p. 16 and pp. 72–199. The Hague: Gov't Printing Office.
- Verstappen, H. Th. 1953. Jakarta Bay. A Geomorphological Study on Shoreline Development.

pp. 43-63. Drukkerij Trio. 's-Gravenhage.

- . 1973. A. Geomorphological Reconnaissance of Sumatra and Adjacent Islands (Indonesia). pp. 48–57. Groningen: Wolters-Noordhoff Publ.
- Wall, J. R. D. 1964. Topography-soil Relationships in Lowland Sarawak. J. Trop. Geogr. 18: 192–199.
- Watson, J. G. 1928. Mangrove Forests of the Malay Peninsula. Malayan Forest Records. No.
  6. Singapore: Fraser & Neave, Ltd. 275p.
- Weiss, M.; Wahjudin, M.; and Leiwakabessy, F. M. 1979. Effect of Water Depth and Distance from the Sea Coast on Major Characteristics of Tidal Water Chemistry in the Musi and Banyuasin Rivers and the Potential Effects on Soil Fertility. In Proc. Simposium Nasional Pengembangan Daerah Pasang Surut di Indonesia, Buku II, pp. 285-312. Bogor: IPB.
- Wilford, G. E. 1961. The Geology and Mineral Resources of Brunei and Adjacent Part of Sarawak with Descriptions of Seria and Miri Oil-fields. Memoir 10. Geological Survey Dep't British Territories in Borneo. pp. 92–132. Brunei: Brunei Press Ltd.
- 山田 勇. 1983.「東南アジアの低湿地林 1. マ ングローブ」『東南アジア研究』 21 (2):209 -234.