

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 radio-carbon dating and detailed boring studies are

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.

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

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。この特異な水稻栽培方式は各国政府機関の注目を集め, 潮汐かんがい水稻栽培を基軸にし, 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

* 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ヘ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 Sughan), アイルサレ (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

1. 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 km² 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、陸域の削剥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) 島とスピ (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

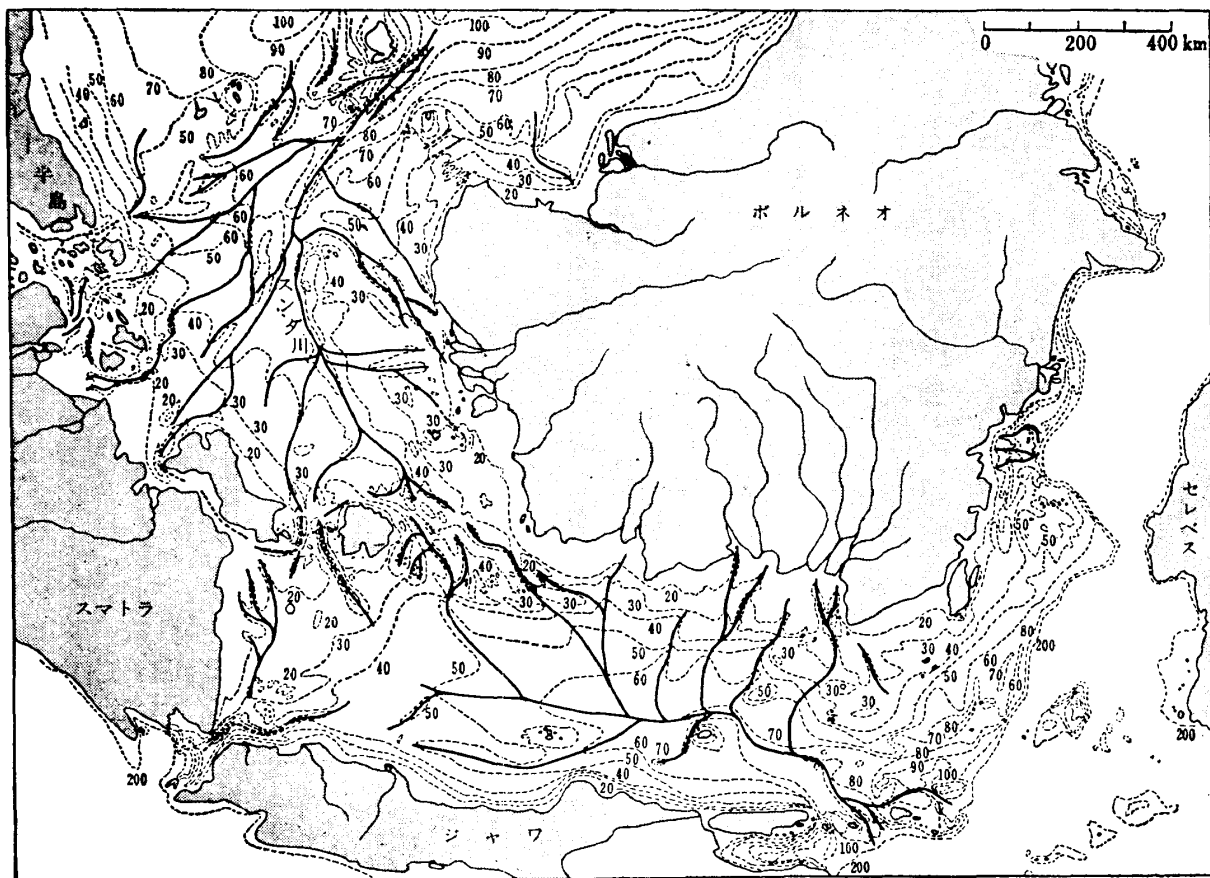


図1 スンダ陸棚の海底地形と海底河谷 (Kuenen [1950] の図を羽鳥・柴崎 [1971] より引用), 等深線は m 表示, 太線は海底河谷

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), カルクエン (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) とクティ川 (東ボルネオ) に共通にみられるのは52種 (36.6%) である。一方、クティ川にいない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72 m 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, -30-33 m, -28 m, -18-22 m, -13 m, -10 m, -7 m 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 を 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

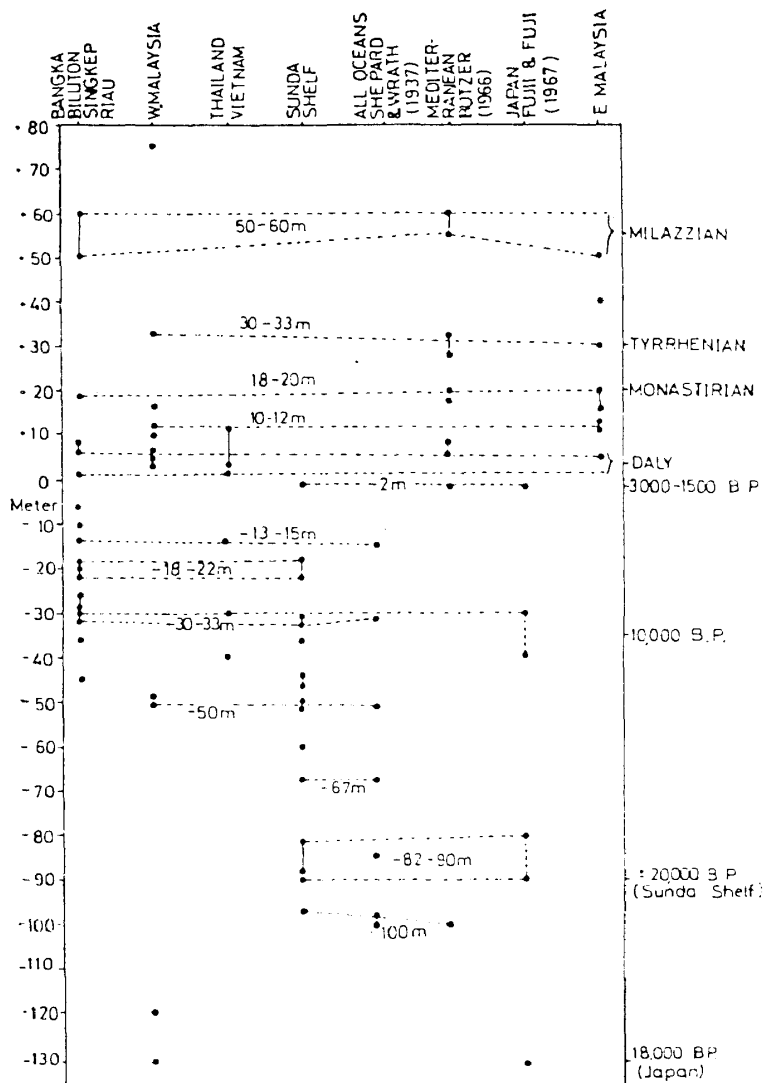


図2 スンダランドにおける後氷期の海水準 (Tjia [1970] より引用)

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] のデータは、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8 mm/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、サバのセンボルナ (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4.5 mm/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 ^{14}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

表1 スンダランドにおける後氷期の地殻隆起
推定速度

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, センボルナ半島*	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±75
カンゲアン諸島, サウビ島**	8 ?	250
トゥカンブシ諸島, トメア島**	9.9	3,320±100
タニンパール諸島, スルー島**	10 ?	250 ?
イリアンジャヤ, ビアク島**	4.5	22,000±750
	0.8(0.6-1.3)	31,000-36,000

*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。最近はさらにこ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ア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-ジルコン-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, ^{14}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

表2 スンダランドの海岸線に関する ^{14}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 GaK no.	Age years BP	Material	Elevation above sea level (asl) or above high tide (aht) in meters	Locality
Section A				
3786	3320 $\pm$ 100	Molluscs on reef terrace	33 asl	Tomea I., Tukangbesi group; 123° 55'E. 05° 30'S.
4089	31,600 ⁺²⁷²⁰ -2030	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	Coral from scarp of reef terrace	High tide	Ditto.
4091	33,810 ⁺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 $\pm$ 750	Coral from reef terrace surface	0.5 asl	Mokmer, Biak I.; 136° 07'E. 01° 11'S.
4094	> 32,700	Coral from reef terrace surface	5.5 asl	Ditto.
4461	3360 $\pm$ 100	Beachrock	0.7 aht	Tepur I., Langkawi group; 99° 43'E. 06° 16'N.
4572	2600 $\pm$ 85	Coral on bedrock	2.4 asl	Beras Basah I., Langkawi group; 99° 43'E. 06° 04'N.
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 position	2.4 aht	Ditto.
4665	4220 $\pm$ 140	Oysters in growth position	$\pm$ 1.5 asl	Gunung Keriang, Kedah; 100° 19'E. 06° 12'N.
5263	5680 $\pm$ 130	Oysters in growth position	3.0 aht	Bukit Keluang, Treng- ganu; 102° 36'E. 05° 48'N.
5264	2870 $\pm$ 70	Oysters in growth	1.65 aht	Ditto.
Section B				
3785	$\pm$ 250	<i>Hippopus</i> shell on reef terrace	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. 05° 30'S.
3788	"Modern"	Molluscs on reef	5 asl	Ditto.
3789	0-80	Molluscs on sandy terrace	1 asl	Satengar I., Paternoster group; 117° 17'E. 07° 31'S.
4095	180 $\pm$ 75	Beachrock	0.5 aht	Tanjung Lipat, Kota Kinabalu, Sabah; 116° 05'E. 06° 01'N.
4570	370 $\pm$ 70	Pelecypods in peaty mudstone	18 asl	Kampung Buluh, Trengganu; 102° 48'E. 05° 32'N.
4571	"Modern"	Peat from peaty mudstone	18 asl	Ditto.

で 20 cm 以下であるが、地域的には 40 cm 程度に厚くなる場合もある。表層堆積物（沖

積世堆積物）の粘土鉱物組成の地域的分布は、集水域の地質と密接な関連を示してい

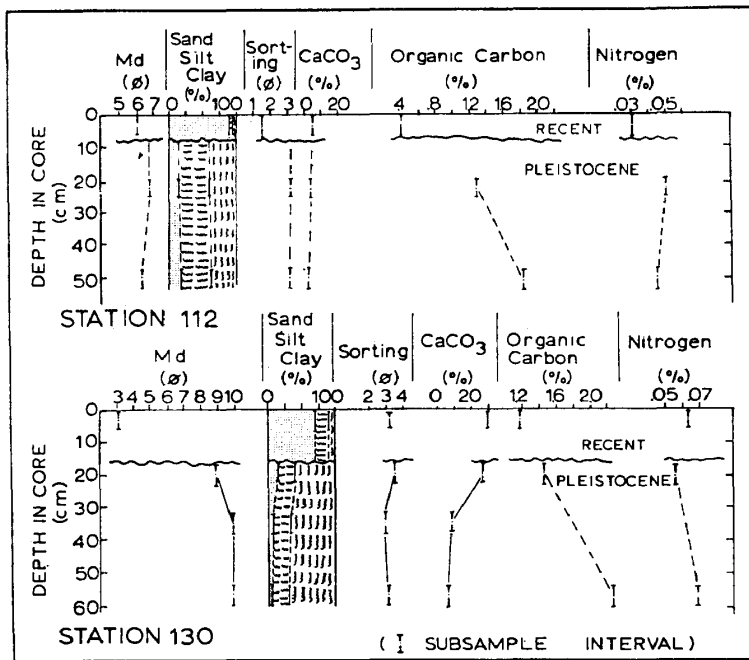


図3 マラッカ海峡の底質コア試料にみられる洪積世および沖積世堆積物 (Keller & Richards [1967] より引用)

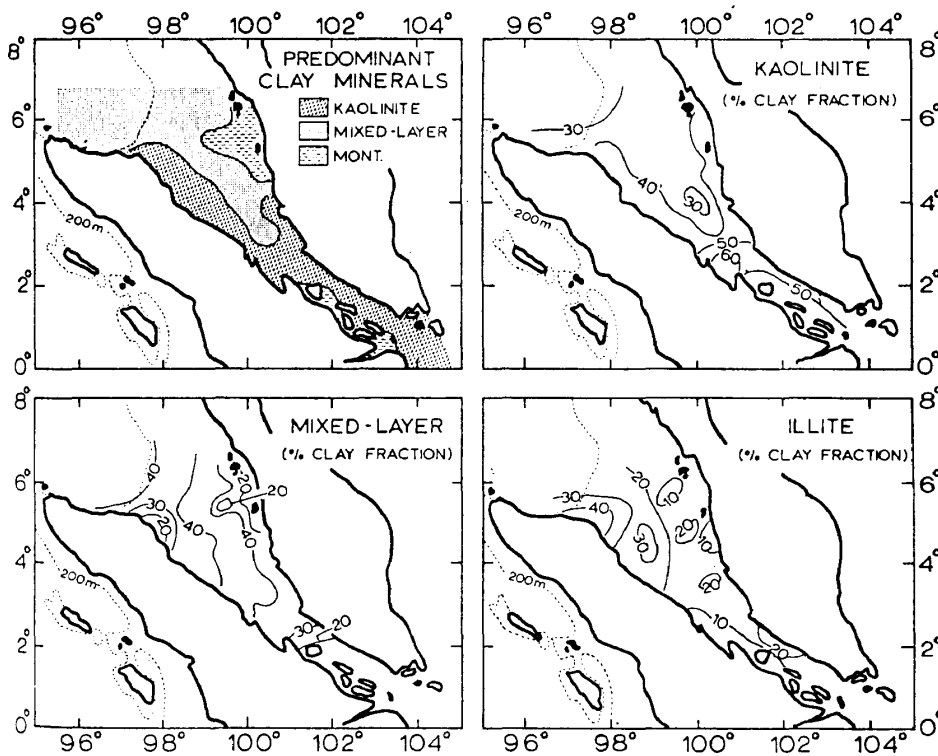


図4 マラッカ海峡およびアンダマン海近接部における底質表層試料の粘土鉱物組成分布 (Keller & Richards [1967] より引用)

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剥面 (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。また older sedimentary cover と alluvial

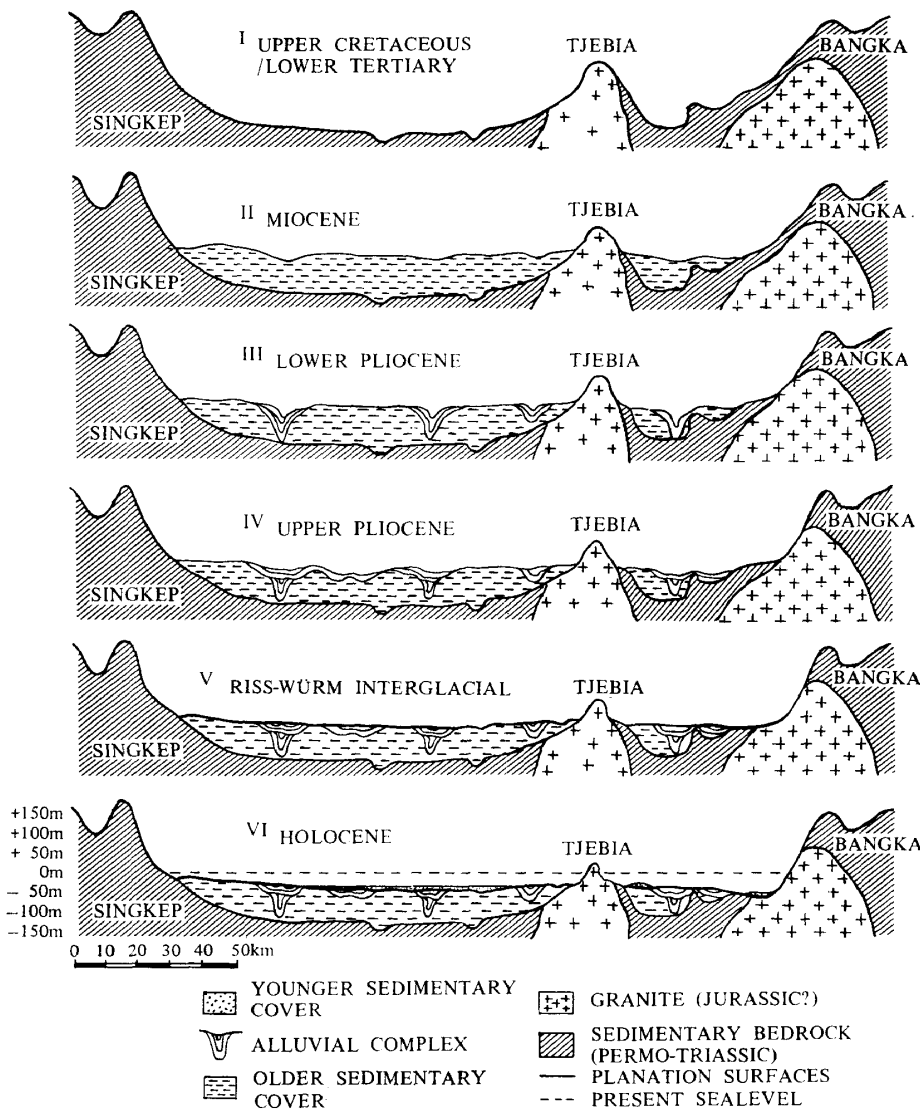


図5 バンカ島—シンケッ島地域の地史模式図 (Alewa [1973] より引用)

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、海拔 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る。

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、Alewa 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。このような状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—上部洪積世の厚い堆積物 (Palembang beds) がのる [van Bemmelen 1949: 114-127]。Bemmelen 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種類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 1959]。

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、バニユアシン (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。こ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 (down-warping) 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	異常もしくは春分の大潮	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もので、その地盤高は最高潮位より高くなり、*Intsia retusa* (*ipil*), *Carapa moluccensis*, *Ficus retusa* (*jejawi*), *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。

2. 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持ち、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。常に雨水函養

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、その組成は垂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라우ブリイ(Pulau Bruit)島では最

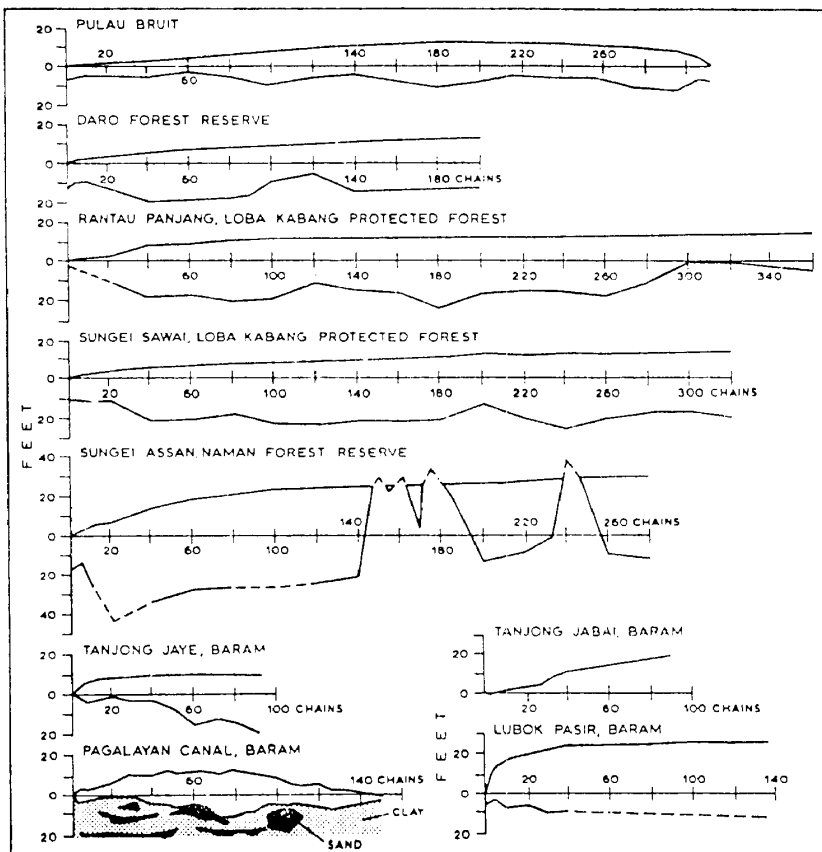


図6 ラジャン川(サラワク)およびバラム川(ブルネイ)流域の泥炭地形断面図 (Anderson [1964] より引用), 1 chain は 66 ft.

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。その年代はそれぞれ $2,255 \pm 60$ 年BP, $3,850 \pm 55$ 年BP, $4,270 \pm 70$ 年BP [Wilford 1961: 119] としている。泥炭の下に堆積物は、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]。Muller [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 12 m, 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 $1,960 \pm 70$ 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*, *Campno-*

sperma, *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 $5,400 \pm 200$ 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 海進期には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、8 m 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) デルタのレベル測定の結果では、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 & Soeprattohardjo 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の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稻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 3 m、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 3 m、高さ 60 cm 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 (*jawi-jawi*) 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苗代への移植を行っていた。水田はムシ川本流から200m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20cm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粃をまき、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見られるダボッグ(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ユアシンの場合、浸入塩水くさびが河口から20km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

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						
アチュー					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
ランボン			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

つてのスダラ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

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、河川は西へ伸びることを指摘している。

Hollerwöger [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),

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 350 m/年の速度で新しいデルタが 1.5-2.5 km 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

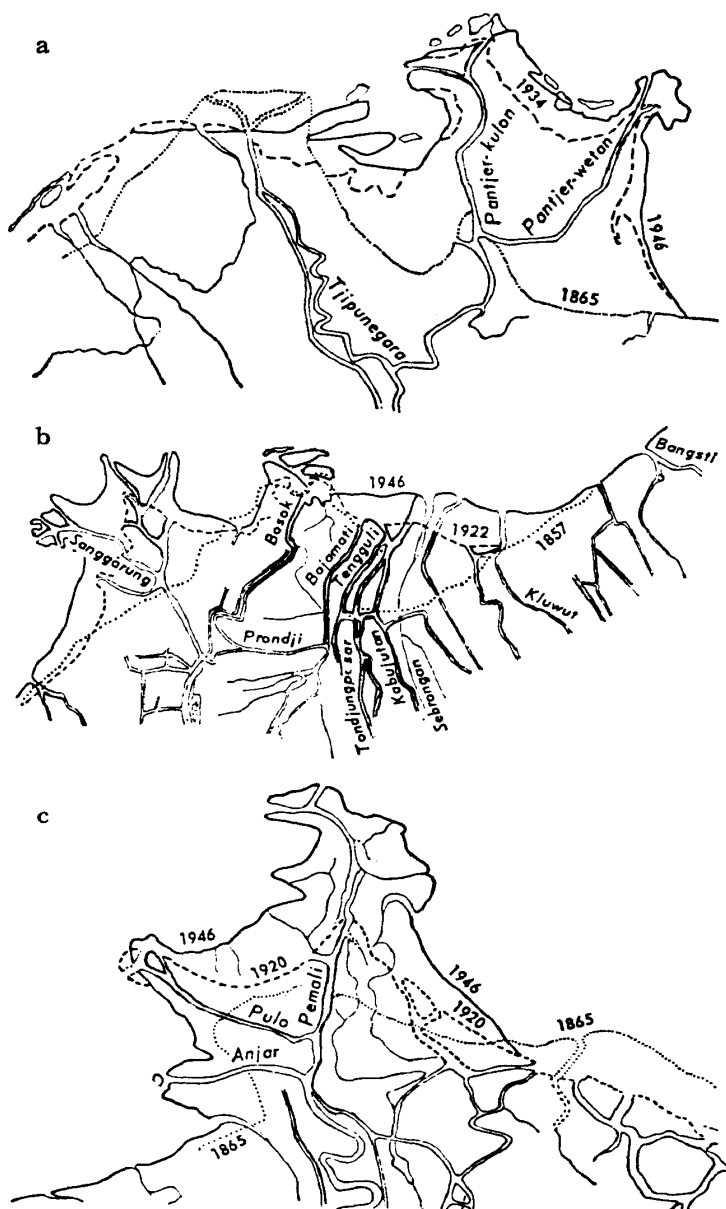


図7 ジャワ島北岸の海岸線の前進 (Hollerwörger [1966]より引用), 1:50,000

- 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^3 である。中程度のブランタス (Brantas) 川でも 1.3 kg/m^3 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^3 、シル

トロードの高い筑後川の最大値でも 270 g/m^3 [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世紀初頭の高退、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状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 に海成の黑色粘土が広い。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

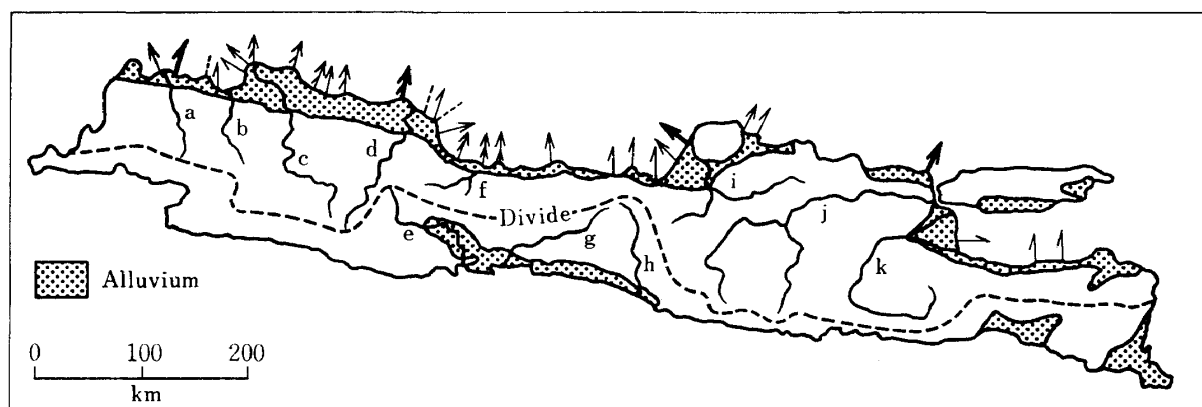


図8 ジャワ島の海岸線の変化 (Tjia [1968] より引用), 実線矢印は堆積, 点線は浸食

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. プンガワンソロ川, k. プラントス川

チャンピ川の河口は最近 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 1 m 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浸食が抑えられ, 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态を復元している [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ー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

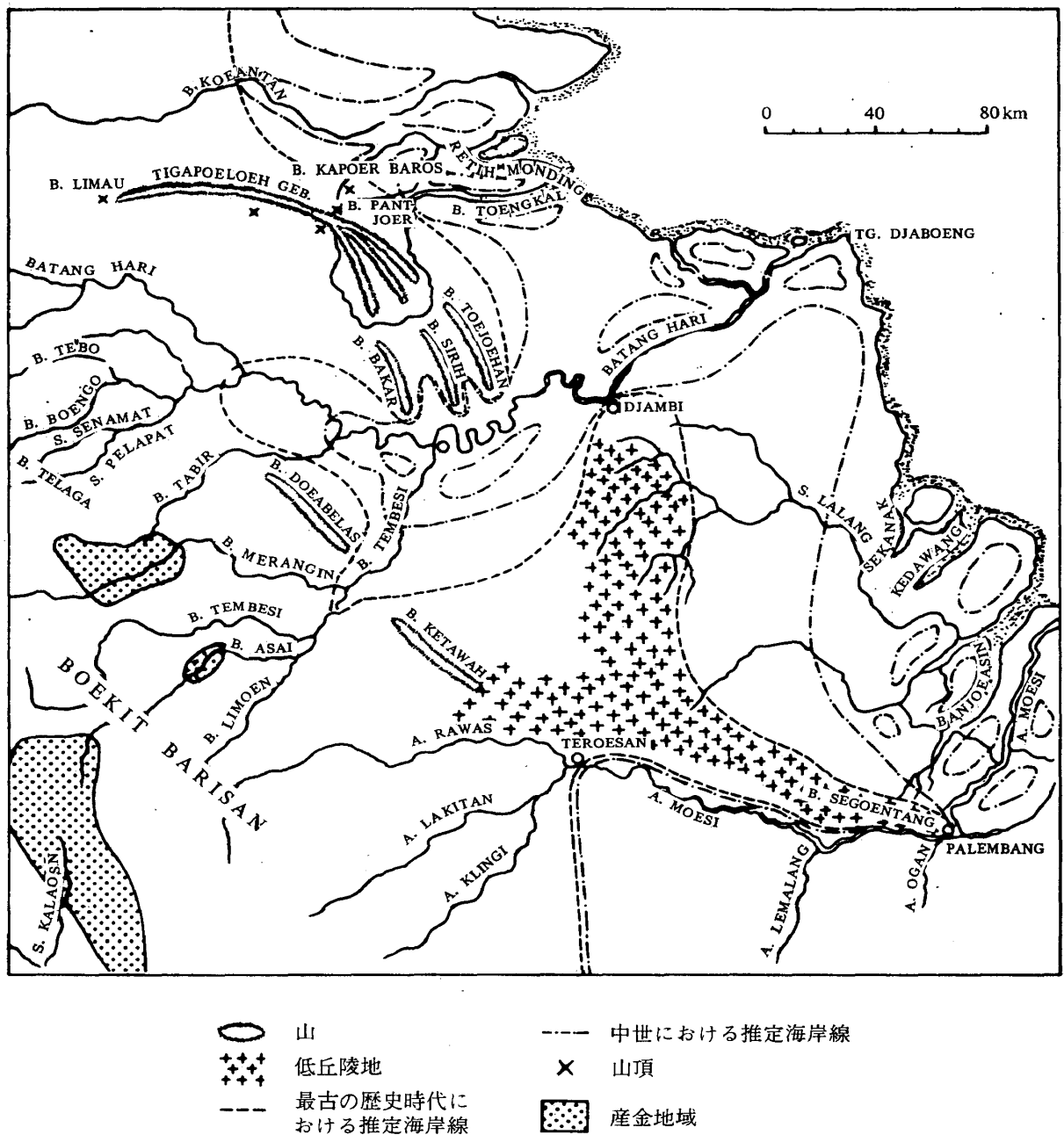


図9 中世および最古の歴史時代における南スマトラ東海岸線の変化 (Obdeyn [1941] より引用)

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10c)。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示している。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

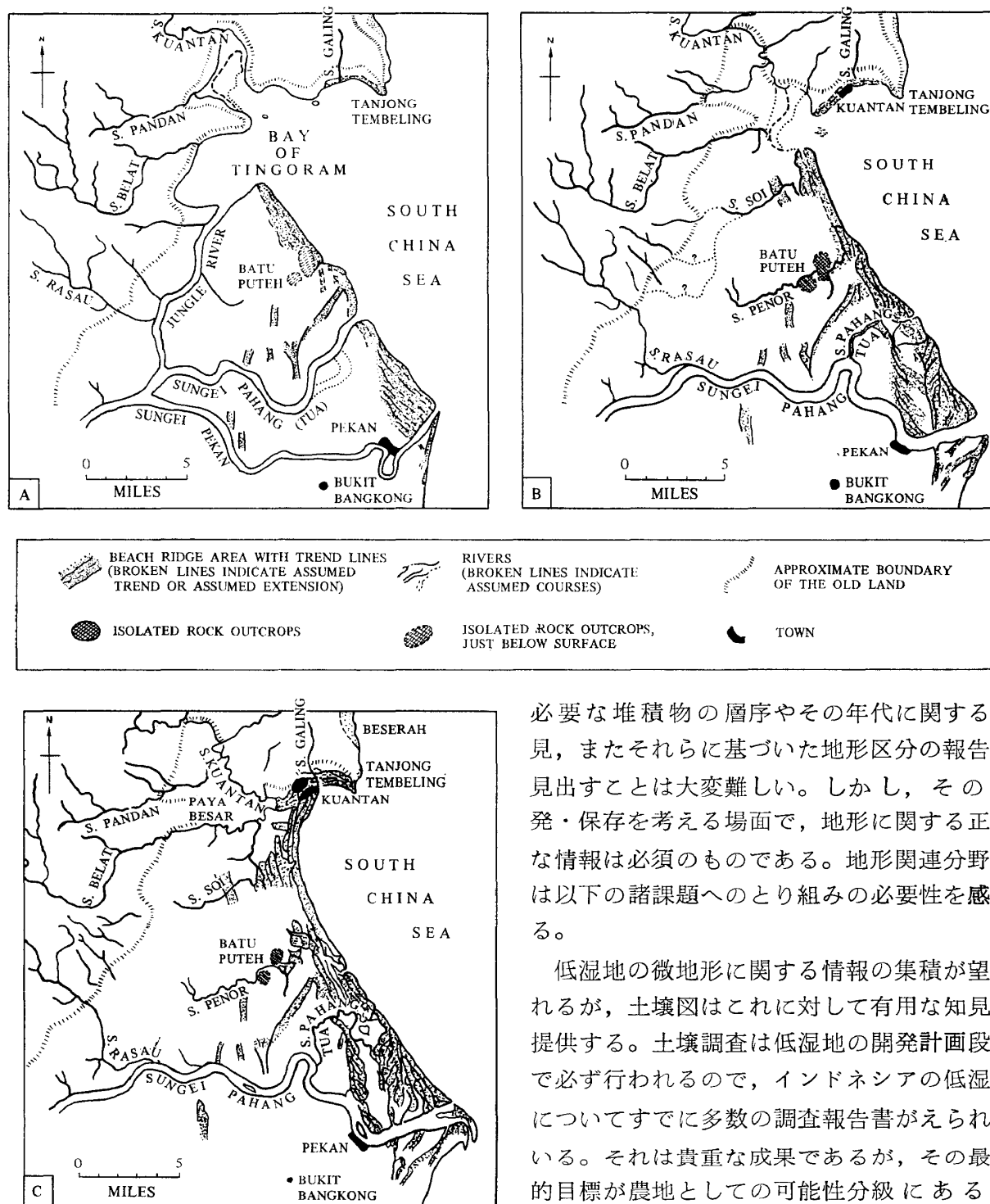


図10 パハデルタの発達 (Nossin [1966] による復元図を引用)
A. 17世紀初頭, B. 19世紀初頭,
C. 現在のパハデルタ

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取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、既存の土壤図をみれば、その価値が生きてくると期待される。

次に、地形・土壤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、土壤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・土壤の関係である。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・土壤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・土壤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 Sumatra. 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 Survei dan Pemetaan Tanah Daerah Pasang Surut. Muara Telang, Musi Banyuasin*. IPB. (Mimeographed)
- . 1976. *Laporan Survei dan Pemetaan Tanah Daerah Pasang Surut. Air Saleh*. IPB. (Mimeographed)
- . 1981. *Laporan Survei 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.
- . 1942b. De Oude Zeehandelsweg door de Straat van Malaka in verband met de Geomorfologie der 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.
- . 1970. Quaternary Shorelines of the Sunda Land, Southeast Asia. *Geol. Mijnbouw*. 49(2): 135-144.
- . 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 I. *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. Symposium 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.