

東南アジア低湿地の土地利用

福井 捷朗*

The Use of Equatorial Swampy Land in Southeast Asia

Hayao FUKUI*

This is a review paper on the present use and the future potential of swamp land in insular Southeast Asia. Though most swamp areas have been unutilized or underutilized, they have some uses, traditional as well as recent. These include the starch extraction from sago palm in Irian Jaya and other islands, the pineapple cultivation on peats in Peninsular Malaysia, and the rice cultivation by tidal irrigation in Sumatra and Kalimantan. In this paper, the land conditions, technology employed, the economy of production, the population involved and their social background, and the limitations and potentials of future development of these uses are first described and discussed. Next, various experimental works on peat soil are reviewed, which include studies of both annual and perennial crops.

Based on these, several perspective views are presented. They are as follows:

(a) the equatorial swamp is so unique an ecosystem that efforts should be directed

to devising similarly unique farming systems adapted to it rather than to bringing in systems evolved elsewhere by drastically modifying the land conditions;

(b) the deep peat swamps, of which the underlying mineral layer is so low that gravity drainage would eventually become impossible due to subsidence, should be left untouched given the present state of the art;

(c) lowland rice could be planted in some parts, but production of surplus rice in any significant amount seems unlikely due to the inherently low labor, if not land, productivity of swampy areas; and

(d) the low productivity per unit area of swamp land would not itself deter its use, and, therefore, such farming systems that might be low in terms of land productivity but high in terms of labor productivity should be sought.

はじめに

マレー半島とボルネオ、スマトラ、ニューギニアの諸島に、未利用あるいは極度に利用度の低い海岸低湿地が広がっていることはよく知られている。小稿は、これらの低湿地の利用を考えるのであるが、その土壌、植生、地形に関する概説は、本誌の20~22巻にみら

れる [古川 1984 ; 久馬 1982 ; 1983 ; 山田 1983a ; 1983b ; 1984a ; 1984b]。これらの概説にみられるように、土地利用を阻んでいるものが、その劣悪な自然環境であることは明らかである。しかし、一口に熱帯低湿地といっても、利用を阻む環境要因の種類がどこでも同じということはない。久馬は、熱帯低湿地の土壌をマングローブ下の堆積物に由来する土壌と、湿地林下の有機質土壌とに二大別しているが、この枠組は土地利用を考えるに当たっても有効である。なぜならば、利用を

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

阻んでいるもっとも顕著な要因が、前者における硫酸酸性土壌と後者における泥炭質土壌であるからである。したがって、土地利用に関する考察はこの2種類の土壌のそれぞれについて個別に行われるべきであるが、実際にはそれが困難である。その理由はふたつある。ひとつは、泥炭層の下層に潜在的硫酸酸性土層が出現する場合がかなりあり、しかも今日の利用の大部分がこのような条件の土地にみられることである。もうひとつの理由は、種々の利用形態例の記載や栽培試験報告の中に、土壌の性質に関する記載がないか、不完全である場合が多いことである。とくに表層の泥炭の厚さとその下の無機質土層の性質とが報告されていないので、その事例をどう評価すべきなのか判断に苦しむ場合が非常に多い。以下に作物別、利用形態別に土地利用を概観するが、このようなわけで土壌条件を明確に示すことができない場合が多い。しかし、利用を考える場合、基本的には土壌条件がもっとも大きな問題であることは明らかであるので、それを念頭におきつつ諸事例の意味するものをご理解願いたい。

I サゴヤシ

小稿が対象とするのは島嶼部東南アジアの未利用低湿地であるが、まったくの未利用とはいえない。いくつかの利用のタイプがみられるが、その中でもっとも古くから行われていると思われるのがサゴヤシ(*Metroxylon sp.*)の利用である。サゴヤシは赤道湿地帯に自生する唯一の有用植物であるといわれている [佐藤 1979: 9]。その分布の東限はサンタクルス諸島、西限は南タイ、南限はカイアル(Kai-Aru)諸島、北限はミンダナオ島といわれ、もっとも集中してみられるところはモルッカ諸島とニューギニア島である。これらの地域にはサゴヤシを主食とする人々がみられ

る。その主なものは、ニューギニアのパプア族、モルッカ諸島、スラウェシ南東部、Banggai-Sula 列島(スラウェシの東)の住民、サラワクのメラナウ(Melanau)人、ブルナイとサバのクダヤン(Kedayan)族などである [Avé 1977]。

生産と消費を同一者が行う場合、自生のサゴヤシを利用することもあり、栽植を行うこともある。前者はニューギニアに多い。例えば、西イリアンの南緯1°44'と2°16'、東経132°と133°30'の範囲の航空写真解析によって、約10万haに及ぶサゴヤシを主体とする低湿地林が広がっていることが分かっている [Stellingwerf 1957] (Flach [1980: 118-119] 中に引用)。

サゴヤシを商業的生産する例もある。サラワクのメラナウ人によるものが有名であるが、これについてはのちに述べる。そのほかにも、西マレーシアのジョホール州 Batu Pahat では、1895年に早くもサゴヤシの栽培があったと報告されている [Ridley 1895] (Flach [1977: 173] 中に引用)。このサゴヤシ栽培は、1970年には約2,000 haあり、その後も面積の増加が続いているといわれている。同様の栽培が東スマトラの Benkalis, Lingga 諸島にも存在していたという報告があるが、現在どうなっているかは不明である [Reep 1907; Scheffer and Holle 1873] (ともに Flach [1977] 中に引用)。いずれの形態によるサゴヤシ利用の場合にあっても、その利用面積は大きくなく、全低湿地のごく一部を利用しているにすぎない。例えばサラワクの場合、1966年におけるサゴヤシ面積は22,700 haと推定されているが、これはサラワク全泥炭質土壌面積の1.5パーセントにすぎない [Tie and Lim 1977]。

サゴデンプンを得る方法は以下の通りである。幹を倒伐し、皮を剥ぎとり、内部の髓を削りとり、粉碎する。細くなった髓はおがく

ず様になる。これに水をかけてデンプンを揉みだし、篩を通して沈澱槽に沈積させる。用いられる道具やデンプンの歩留りに差はあるものの、工程としては共通性がある。商業的生産の場合、機械化が進んでいるが、原理は同じである。

ニューギニアの低地でサゴヤシの利用を証拠づける道具（石器）を発見すべく、考古学的調査が行われている。いまだ結論的なことはいえないが、サゴヤシ利用の歴史は非常に古いものであると考えられている [Rhoads 1977]。東南アジアにおける穀類栽培に先立って、サゴヤシ、タロイモ、漁撈に依存する生活形態が低湿地に長く存在したという考え方もある [Ave 1977]。

もっとも原始的と思われるサゴヤシ利用者は、ニューギニアの低地にみられる。彼らは、その生活圏の立地条件、生業、集落の大きさ、定着性によって、次のふたつの類型に分かつことができる。第1の類型は、大河川または海岸に近い沖積平野にみられるもので、サゴヤシ利用のほかに、漁撈と自然堤防上の園地における作物栽培によって食糧を確保している。このような場合、集落は200~400人の人口があり、移動しない。第2の類型は、大河川や海岸から離れた低地にあり、狩猟と採集を生活基盤とする。集落は15~150人程度で、定着性がない [Townsend 1977]。このふたつの類型の差は、主食であるサゴの生産性の相違に起因するものではなく、サゴ以外の食糧源の種類と獲得方法の相違に帰せられるべきであるとされている [Townsend 1974]。Sepik Hill 語グループは後者の例であるが、その平均的人口密度は、1平方マイル当たり2人 (0.78人/km²) といわれる。しかし、Townsend が調査した同グループ構成メンバーのひとつである Sanio-Hiowe 族の場合、1平方マイル当たり6人 (2.34人/km²) であった [ibid.]。

Stellingwerf が、西イリアンの最西部に約10万 ha の自生サゴヤシ林があることを報告していると書いたが、それ以前にこの地域の現地調査が行われている。それによると、この自生林の潜在的サゴ生産力は、乾燥デンプンで2.5トン/ha/年といわれ、それは27,000 kcal/ha/日に相当する。この推定値は過小評価のきらいがあるが、それでもバナナの高収記録値に匹敵する。1950年当時、地域内の人口は15,000人程度と考えられ、上記潜在生産力の10パーセント程度しか利用していない [Zwollo 1950] (Flach [1980: 119] 中に引用)。

パプア・ニューギニアの Oriomo 地方に住むサゴ利用者の調査によると、50~200人程度の集落が、10~20 km の隔たりをもって散在し、人口密度は平方キロ当たり1人である。集落は5~10年ごとに移動する。このような状態下の住民ひとり当たりのカロリー摂取量のうちの約70パーセントがサゴによって供給されている。その他は焼畑に栽培されるタロイモやバナナ、それに狩猟の獲物などからなる。一方、食糧獲得に要する時間では、サゴと焼畑とにほぼ同じだけの労働力が使われている。これは労働時間当たりカロリー獲得量がサゴでは3,160 kcal であるのに対し、焼畑では1,020 kcal にすぎないことによる [Ohtsuka 1977]。このように、ニューギニア低地のサゴヤシ利用者の生活は極めて原始的ではあるが、そのことは食糧調達のための労働生産性の低さを意味するものではない。

表1 ニューギニア原住民によるサゴデンプンの労働生産性

種族名	ポンド/人	ポンド/人・時間	原著
Sanio-Hiowe	24.6	4.1~4.9	Townsend [1974]
Abelam		5	Lea [1964]
Kwoma		5	Whiting and Reed [1939]
Emory		8.9~10.6	Edwards [1961]

Townsend [1974] による。

Townsend が集めた諸調査例は表1の通りである [Townsend 1974]。

以上のような生産性は、100万 kcal の食糧獲得に要する人日数で表現すれば、80~188人日となる。この値は、自給自足的経済のもとにおける焼畑民のそれと、ほぼ同じ水準である。また、この値は、4~5日に1日の割合で働くだけで、全カロリーの85パーセントを生産できることを意味する [ibid.]。

サゴヤシ利用がもっとも集中しているのはモルッカ諸島である。その中心的な島である Seram 島南部、Amhai 地区の Nualu 族の調査によると、大人の全摂取カロリー3,085 kcal 中、1,958 kcal がサゴに依存している。サゴデンプンの約半分強は、自生サゴヤシから、残りが栽植ヤシからとられる。サゴ以外の食糧は、焼畑、採集、狩猟による。一方、労働時間の配分で見ると、サゴデンプンを得るに要する時間は、1970年の4~8月の期間中、自生サゴ166人日、栽植サゴ154人日の合計320人日であり、全労働時間935人日の34パーセントであった。すなわち、全労働時間の34パーセントの労働で、全カロリーの63パーセントを得ている [Ellen 1977]。以上に述べたように、ニューギニア低地人、あるいはモルッカ諸島中でも自給自足的経済を営んでいるサゴ利用者の場合、人口密度は低く、自生、栽植サゴ資源は豊富であり、かつ、デンプン採取の労働効率が高い。したがって、少なくともカロリー獲得は容易である。カロリー摂取の困難さが、稀薄な人口や原始的な生活を結果しているとは考えられない。

貨幣経済の浸透している社会で、定着した村落に住む人たちの間でも、サゴヤシが利用されている。スラウェシにおける、そのような村の事例報告を、ひとつ紹介しよう [高谷1983]。

スラウェシにおけるサゴヤシの中心はルウ (Luwu) 県である。スラウェシ最初の王朝は

13世紀のルウのパロポ (Palopo) であったといわれ、サゴ常食圏の権力が米食圏のそれに先んじていたと考えられる。ボネ (Bone) 湾の奥の海岸に面して、ルウ低地が広がる。その海岸沿いにあるペンカジョアン村 (Desa Pengkajoang) の伝統的生業を支えるものは、サゴと水牛と魚である。村に伝わる伝説によっても、またサゴヤシの立地状況から判断しても、この村のサゴヤシは栽植されたものであることは明らかである。水田もわずかながらある。植民地政府の政策、日本軍政、カハル・ムサッカルの内乱軍などの外部的要因によって、水田耕作が一時期増大したことがいく度かあったが、持続しなかった。その主たる原因は、水牛その他の野生動物が多くて、水田耕作が困難であったためと考えられている。すなわち水田は厳重な柵で防御されねばならないからである。1982年以前の数年間をとると、全戸数484戸、人口2,994人のこの村で、年平均150頭の水牛がトラジャの仲買人によって買いとられている。村は屋敷地林、サゴヤシ園、養魚池、それに少々の水田に囲まれ、その外側に海岸寄りにはマングローブ、内陸側には広大な半湿性の草地、灌木を含む二次林がある。人口密度は30人/km² にすぎない。サゴと水牛と養魚との組合せが、この村のおかれた自然、経済、社会的条件に適應したものであることが分かる。

ところで、1978年ごろから、この村のサゴ生産に大変化が起こった。それは動力粉碎機の導入である。これによって生産量は飛躍的に増大し、従来は自家消費が主であったサゴ生産が商業生産に変質した。1982年の年間生産量は約3,000トンと推定され、その80パーセントが販売用であるといわれる。

サラワクの Oya, Mukah 川地方に住むメラナウ人が、伝統的なサゴ利用民族であることはよく知られている。しかも、ここではサゴが古くからの交易品であった。ブルナイの

サルタンとサラワクのブルックとの確執の主たる原因は、メラナウ人のサゴ交易をめぐるものであった。この地域は1861年にブルックをラジャとするサラワクに割譲されたが、当時のメラナウ人は、数百人から千人ほどを単位としロング・ハウスに住んでいた。その生業は、水稻栽培、サゴ採取、狩猟、漁撈、採集であった。サゴの交易は奴隷をもつ貴族階級の手の中にあつた。ブルック統治下にロング・ハウスはなくなり、サゴ交易はマレー人、ついで中国人の手に渡つた。第2次世界大戦後、サゴはブーム期を迎えた。しかし、1947年に動力粉碎機が導入されるまでは、サゴ生産はメラナウ人による手労働によつていた。動力粉碎機に数年遅れて、動力節も導入された。しかし、ブームが続く間はデンプン抽出作業が生産の制限要因であり、メラナウ人の生業としての意味をもつていた。1955年にブームは去つた。輸出は1950年の38,247トンから1955年の9,871トンに激減した。ここにメラナウ人による家内工業は壊滅し、サゴ生産は少数の資本家の手に移つた。少数のメラナウ人が未熟練労働者として雇われているにすぎない [Morris 1977]。

以上にサゴデンプン採取のいくつかの類型を概観してきたが、これらに共通することは、土地生産性がほとんど問題となっていない点である。すなわち、自給自足的経済を営んでいる場合には自家消費量以上のデンプンを得ようとする動機がなく、かつ人口稀薄でサゴの資源量は無限大であると考えても差し支えないから、ここで問題となるのは労働生産性である。商業的生産の場合、抽出作業の機械化が進んでいるが、少なくとも今日までのところ生産量を制限しているものは、資源量よりは労働生産性あるいは需要であると思われる。しかしながら、未利用低湿地の将来を考えるに当たってサゴヤシを想定する場合、その土地生産性も問題としなければなる

まい。

サゴの商業的生産を行なっているサラワクのメラナウ人の場合、いくつかの事例調査による伐採数はエーカー当たり年6本(14.85本/ha/年)を超えることなく、平均4本(9.90本/ha/年)である [Morris 1953 : 156-158]。ニューギニア低地人による伐採数は、ha当たり年間7本と報告されている [Edwards 1961 ; Townsend 1969] (ともに Johnson [1977] 中に引用)。このように実際の伐採数は年間たかだか10本/ha程度であるが、先に述べたように伐採者にとって土地生産性は問題ではないから、潜在的生産性はもっと大きいと考えるべきである。

西イリアンのサゴヤシ自生地の調査によると、主幹とさまざまな生育段階の吸枝とからなる株は、約50 m²の面積を占めている。すなわち平均7 m間隔で自生している。これは205株/haに相当し、よく管理された条件下では各株から3年に2本の幹が収穫されるであろうから、136本/ha/年の生産力があるという推定がある [Wttewaal 1954] (Flach [1980] 中に引用)。さらに古くは、330本/ha/年という推定をした人もいるという [Johnson and Raymond 1956]。一方、52本/ha/年という値を出している場合もある [Barrau 1958] (Johnson [1977] 中に引用)。これとほぼ同じ値(40~60本/ha/年)が、ニューギニアのほぼ純生サゴヤシ自生林でも報告されている [Zwollo 1950] (Flach [1977] 中に引用)。

スラウェシで高谷が調査したもうひとつのサゴ栽培村である、ルウ島のタッカララ (Takkalala) 村のサゴ林内では、10年生の本数は30~50本/haであり、この値は実際の伐採量とほぼ一致するという。また、同村内のある屋敷地内に40年前に植えられた、2本の木の詳細な報告がある。それによると、2本の木は現在では7株となり、その樹齡構成は

次のようになっている。

12年生	1本	11年生	0本
10	1	9	0
8	2	7	2
6	3	5	1
4	3	3	11
2	26	1	50

上にみられるように、サゴの吸枝は3~4年目に幹(直径40~50 cm)を出す、その時期に個体数が自然に調整される。これは林内でも認められることである。この2本の吸枝を40年前に植えた家では、13年目以降、年平均2本程度の伐採をしているという[高谷1983]。

マラヤのジョホール州 Batu Pahat で古くから商業的栽培が行われていたことは前述の通りであるが、この栽植密度は $6 \times 6 \text{ m}^2$ (277株/ha) で、もっともよい条件の場合、1株から2年ごとに1本の収穫があるというから、138本/ha/年となる[Flach 1977]。

以上みてきたように、年間収穫可能本数に関する推定値には、大きな開きがある。したがって、サゴヤンの大規模農園方式を考えるに当たって、その収穫可能本数の仮定は人によって大きく異なる。すなわち、Flach は Batu Pahat の例から138本/ha/年と考えている[Flach 1980]。100本/ha/年を前提とした計画の具体案を提唱している例もある[菅原1979]。一方、40本/ha/年という控え目な値もある[佐藤1979]。

ニューギニア低地の Sanio-Hiowe 族がデンプン採取している現場での、7本の木の、1本あたりデンプン収量の実測値は、62~453ポンド(28~206 kg)/本、平均87 kg/本であった。この濡れサゴの水分含量を27パーセントとすると、乾燥デンプン収量は平均64 kg/本となる[Townsend 1974]。同じくニューギニア低地の Abelam 族の場合、1本のサンプル樹の収量は、濡れサゴで483ポンド、乾

燥デンプン160 kgであった[Lea 1964](Townsend [1974]中に引用)。サラワクのメラナウの間では、ふつう、1本あたり濡れサゴ8 passu といわれているが、いくつかの作業場での実測によると平均6.9 passu であった[Morris 1953]。1 passu の濡れサゴが25 kgの乾燥デンプンになるとすれば、平均収量は173 kg/本となる。Johnson [1977]が種々の文献から収集した1本あたり収量は、表2の通りである。

表2 1本あたりサゴデンプン収量の報告例

デンプン収量 (kg/本)	調査地	備考	報告者
241~302	サバ		Wheatley [1894]
272~363		樹齢15年	Blatter [1926]
113~158	西イリアン	変異大、最高	408 kg Barrau [1958]
113~295	マラヤ		Fairweather and Yap [1937]
272	Seram		Wallace [1885]

Johnson [1977]による。

面積あたり収穫可能本数の場合と同じく、1本あたりデンプン収量の値も大きな差がある。この差は、生育環境と伐採樹齢によることはもちろんであるが、さらにデンプン抽出の歩留りにもかなりの差があるためと思われる。将来、熱帯低湿地をサゴ園によって利用しようとする場合に妥当と考えられる1本あたり収量を、Flach は185 kg [1980]、菅原は120 kg [1979]、佐藤は200 kg [1979]としている。この3人の収穫可能本数と1本あたり収量に関する仮定値によって、面積あたりデンプン収量の見込み値が得られるが、それらは、Flach, 25トン、佐藤, 8トン、菅原, 12トン/ha/年となる。

サゴヤン利用上の問題点として、労働生産性と土地生産性について以上に概観したが、いまひとつの問題は搬出方法である。その生育立地が湿性の軟弱地盤であるため、大きな丸太を長距離搬出することは極めて困難

である。したがって、原住民がサゴヤシを利用する場合は、原則としてサゴヤシ林内でデンプン抽出作業を行い、最終産物だけを搬出する。幸い、濡れサゴデンプンは泥中に埋めておけば数カ月の貯蔵に耐えるので、搬出を急ぐ必要はない。ニューギニア低地人など、すべての作業を手労働に頼る場合は、このような方法で差し支えないと思われる。

サラワクのメラナウ人の場合、水路によって集落まで運び、そこで処理をする。すべての処理作業が手作業によっていた1947年以前から、そうであったといわれている。機械による処理が進んだ今日でも、搬出は水路によっている[Morris 1953]。スラウェシのルウ県で粉碎機の導入が近年にはじまったことは、前述の通りである。高谷の調査したタッカラ村では、粉碎機を林内に運び込み、その周囲数10mの範囲にある収穫可能樹(約70本)を処理し、場所を移す。また、もうひとつの調査村であるペンカジョアン村では、林内で髓を薪状に割り、それを天秤、自転車などで井戸のある場所まで搬出して処理する[高谷1983]。マラヤのクランタンではサゴが菓子類製造に使われているが、その際の搬出には水牛が使われているという[Tan 1977]。

自家消費用のサゴ採取にあっては搬出はさほど問題とならないが、商業的生産の場合には機械処理が必要であり、また量そのものが大きいので搬出方法に何らかの工夫が必要である。メラナウ人の場合のような水路利用が効率がよいように思えるが、どこでも立地条件がそれを可能ならしめるとは限らない。また、ペンカジョアン村の場合のように、処理用水が林内に得られないことが、丸太の搬出を必須ならしめている例もある。

サゴヤシの項の最後に、その生育立地を概観しておこう。ニューギニア低地のサゴ採取民 Sanio-Hiowe 族は、10種以上のサゴヤシの品種(?)を識別している。そのうち、も

っとも一般的な品種は *yapai* と呼ばれ、排水不良地にある。デンプン収量をもっとも低く、ほとんど利用されない。もっともよいとされる品種は *nau tavario* と呼ばれ、湿地周縁の排水良好な場所に生育する [Townsend 1974]。メラナウ人は、河に近い泥炭と無機質の混合した土壌を *tana`nabo`* と称し、河から離れた深い泥炭を *tana`guun`* と呼んで区別している。サゴヤシは前者においてよりよく生育するといわれるが、面積的にはほとんどのサゴヤシは後者に栽培されている。後者では樹高は高いが、デンプン含量は劣る。また収穫には前者で15年、後者では18~20年かかるといわれる [Morris 1953]。このように Morris は「河から離れた深い泥炭」といっているが、この地域のサゴヤシは河から1.5マイル(2.4 km)以内にあり、その泥炭土は泥炭としては浅い方だといわれる [Kueh 1977]。いずれにせよ、表層が泥炭層である場合、葉数が少なく、養分欠乏状態を示し、生育は遅い。収量はよいところでも60本/ha/年といわれ、幹の太さも小さい。無機質土壌では8~10年で成熟するものが、泥炭質土壌では15~17年かかるという [Johnson and Raymond 1956] (Flach [1977] 中に引用)。泥炭土壌に5本、無機質土壌に4本の、計9本の生育期の異なるサゴヤシのデンプン収量の実測によると、1本当たり乾燥デンプンの収量は、前者で83~179 kg、後者で123~415 kgであったという [Sim and Ahmed 1977]。

高谷が報告しているスラウェシ、ルウ県のふたつの村のサゴヤシ林の土壌は、ともに無機質土壌である。しかも、必ずしも低湿とはいえない。タッカラ村の場合、扇状地上の自然堤防から後背湿地の中間に位置し、ペンカジョアン村の場合は、自然堤防や海岸砂洲上にある。どちらの場合もより低位に水田があり、サゴヤシ林からの排水が水田に入るようなところである。高谷が村人の言として伝

るところによると、サゴの立地として高燥地、多湿地、海水浸入地の3種が意識されており、高燥地サゴは樹高が10~15mと多湿地より低い、髓の水分含量が少なく、デンプンは上質であるという。多湿地では樹高20mとなるが、水分が多く、デンプン収量は高燥地のものと大差ない。海水浸入のおそれのある場所では、樹高は10mを超えず倭生となり、髓はしばしば黒味を帯び、収量は低い[高谷 1983]。

マラヤ、ジョホール州の Batu Pahat のサゴヤシ林の土壌は粘土質で、潮汐の影響を受けるが海水の浸入はない。すなわち、日に2度、河水が10cmの深さに湛水する。前述の通り、Flach はこの潜在生産力を25トン/ha/年と考えるのであるが、その場合の養分収支を表3のように試算している。

表3 Batu Pahat におけるサゴヤシの養分収支試算

	収穫物中の養分量 (kg/ha/年)	河水の養分含量 (kg/ha/年)	収量維持に必要な河水からの吸収率 (%)
チッ素(N)	85	763~903	10.5~8.9
リン酸(P ₂ O ₅)	30	161~301	18.6~10.8
カリ(K ₂ O)	170	1,883~2,772	8.5~5.8
石灰(CaO)	100	1,834~2,030	5.5~4.9
苦土(MgO)	40	1,295~2,296	3.1~1.7

河水分析値は Tan and Prowse [1972] に、吸収量は Woodman *et al.* [1931] によっている [Flach 1977]。

以上にあげた諸事例から分かるように、サゴヤシは低湿地に自生する植物であるとはいえ、それを利用する立場からみれば、泥炭土壌はおろか低湿地でさえも最適の立地とはいえない。自家消費を目的とする場合も、商業的生産の場合も、排水のよい土地が好まれる。とはいえ、最適地でなければ栽培がなり立たないわけではない。未利用地であり、ほかに有効な利用法がない場合、最適条件下より低収であっても商業的生産が可能な例はほ

かにもみられる。

以上のような考慮をしたとしても、泥炭地でのサゴヤシ栽培には大きな望みをおくことはできない。サラワクのメラナウ人による商業的生産は確かに泥炭土壌で行われているが、あまり厚い泥炭ではない。硫酸酸性土壌でも、サゴヤシが採算可能な程度の収量をあげうることを示す証拠は見当たらない。通年湿性を保つことによって酸性の発現を抑えることは可能かもしれないが、搬出の問題など、その他の経営上の条件が満たされるかどうかは分からない。Batu Pahat のような潮汐作用がありながら塩水浸入のない環境下では、生育は良好で高収が期待される。しかし、そのような条件を満たす土地が全熱帯低湿地のいかほどを占めているのであろうか。現在のところ、泥炭層の厚さがある限度以下であれば、サゴヤシの栽培は可能といえよう [佐藤 1979]。しかし、その限度を示すにはさらに研究が必要である。有機質含量が20パーセント以上の土壌では自生サゴがみられないことから、有機物含量20パーセント以下の粘土質土壌をもってサゴヤシ栽培可能地とする見方もある [Flach 1980]。いずれにせよ、熱帯低湿地の開発の担い手としてサゴヤシを考える限り、良好な条件下で得られている収量を前提とすることは危険である。ある厚さ以下の泥炭層のある土地を想定するならば、メラナウ人による商業的生産における土地生産性程度を前提として考えるべきであろう。

サゴヤシは低湿地に自生し、かつ土地生産性が高いと思われるがゆえに有望視されているのであるが、以上の理由によって、少なくともその土地生産性については過大な期待をもつべきではない。しかし、土地生産性が期待ほどではなくても、そのこと自体がサゴヤシの低湿地開発の担い手としての可能性を損なうものでは必ずしもないことは、前述の通りである。むしろ問題となるのは、搬出、処

理用水の確保と廃水の処理などではないかと思われる。

スラウェシの例にみられるように、家内工業規模での商業的生産は、粉碎機などの導入によって比較的簡単に実現可能であるように思われる。この程度の商業的生産の場合には、林内処理の一部機械化によって促進されることは、タッカラ村の実例が示す通りである。しかし、より規模を大きくし効率の高い生産を目指すなら、搬出方法を何とかせねばなるまい。水路による方法が考えられるが、その掘削と維持に要する費用は立地条件によって大きく異なる。ペンカジョアン村のように陸路による搬出が可能な場合には問題は簡単であろうが、低湿地のサゴヤシ林では望むべくもない。

ペンカジョアン村のように、林内に処理用水が得られない場合には、水源までの搬出が必須である。この村の場合、水源は井戸であり、しかもその水量は乾季には不足する。事実、この村のサゴ生産の季節的变化は、井戸水量によって決定されている〔高谷 1983〕。しかし、低湿地一般では水量には不足はない。問題は水質と環境汚染とである。サラワクのサゴの処理に使われる泥炭地帯の水は、この地方のサゴデンプンの品質を低下せしめている。また、廃水の処理は、今日のように大湿地に孤立しているサゴヤシ生産の場合には問題とならなくても、サゴヤシによる大規模開拓の場合には大きな問題となるかもしれない。

最後に、大規模サゴヤシ農園のモデル例を紹介しておこう。面積は1万ha、当初10年間の管理費を含む初期投資額は1,000米ドル/ha（堤防、道路、水利調節用水路、その他の建物を含む）、収量は12トン/ha/年、価格は80米ドル/トン、10年目以降の農園基盤施設維持費は10米ドル/ha/年とすると、内部収益率（internal rate of return）は13.1パーセ

ントとなる〔菅原 1979〕。

II パイナップル

パイナップルが硫酸酸性土壌にも、有機質土壌にも生育しうることはよく知られている。ヴェトナム領メコンデルタのこのような土壌地帯に、パイナップルが広く植えられている。マレー半島では泥炭質土壌で商業的パイナップル栽培が行われている。熱帯の泥炭土壌を大規模に利用している、ほとんど唯一の例といってよい〔Coulter 1972〕。熱帯低湿地の開発を考える際、極めて興味ある例である。その概要は次の通りである〔Wee 1970〕。

マラヤにおける泥炭土壌でのパイナップル栽培は、1938年ごろにはじまったといわれる。それは第2次世界大戦後急速に伸び、現在では西マレーシアのパイナップル栽培のほとんどが泥炭地で行われている。かつてパイナップルはふつうの無機質土壌で栽培されていたのであるが、土壌の劣化が著しく5年以上の栽培が困難なので、政府がこれを禁じた。替って泥炭地をパイナップル用地として指定したのがはじまりである。最初の指定地はジョホール州の海岸部の88,000エーカーの湿地林であった。1970年における中心的栽培地はジョホール州とセランゴール州にあり、ともに泥炭土壌地帯である。

第2次大戦後まもなくジョホール州のポンティアン（Pontian）地区に入植した中国人の場合、その栽培の実態は次のようなものであった。まず、中国人地主が大木を伐採したのち、賃労働によって排水路を掘る。そのあとに、小作人が入植し、整地する。当初パイナップルとともにサツマイモ、キャサバ、ヤマイモ、野菜類を植える。パイナップル以外の作物は小作人の自家消費用である。このような混作、間作は入植当初だけであって、時間が経過すると、中国人、マレー人農民を問わ

ず、パイナップルの単作となる。小作人地でも施肥が行われる場合があるが、なお40パーセントは無施肥であるといわれる。ラトゥーン栽培¹⁾が一般的で、毎年減収するが、10年以上も続けられる。

以上のような地主—小作による栽培のほか、かんづめ工場が直営する農園もある。1968年には、小農によるものが23,000エーカー、大農園方式によるもの12,000エーカーといわれる。試験・研究は、ジョホール州のPekan Nanasの300エーカーの試験場を中心に行われている。

以上にみられるように、パイナップル栽培は泥炭土壌でも十分経済的に成立しうものと思われる。しかも、その歴史は長く、永続性もかなりあるように見受けられる。しかしながら、その収量は低い。ふつうの無機質土壌の場合、パイナップルの収量は15~20トン/エーカー(33~44トン/ha)といわれるが、泥炭地では3~5トン/エーカー(6.6~11.0トン/ha)にすぎない[Coulter 1972]。無機質土壌の1/4~1/5の収量であっても経済性のあるところが、マラヤにおけるパイナップル栽培の注目すべき点であると思われる。

もっとも、泥炭地の低収は施肥によって改良可能である。とくに、カリの肥効が大きい。200ポンド/エーカー(224 kg/ha)のK₂O施用によって、エーカー当たり収量は17,000ポンド(19トン/ha)から25,000ポンド(28トン/ha)になるといわれている[Kanapathy 1958] (Coulter [1972] 中に引用)。別の試験でも、100ポンド/エーカー(112 kg/ha)のK₂O施用時の収量は11.6トン/エーカー(28.7トン/ha)であるが、それが300ポンド/エーカー(336 kg/ha)の増肥によって13.8トン/エーカー(34トン/ha)にまで増収した[Tay

et al. 1968] (Coulter [1972] 中に引用)。

これらの試験結果に基づき、表4のような施肥基準が示されている[Dunsmore 1957] (Andriesse [1974] 中に引用)。

表4 西マレーシア泥炭地におけるパイナップル施肥基準

	硫安	クリスマス リン 鋳石	KCl	
初年目	200	120	140	(kg/ha)
2年目	145	170	170	(kg/ha)
3年目以降	+50	+50	+50	(%)

以上のほかに、硫酸銅 5~10 kg/ha を毎年または隔年ごとに施用。

Dunsmore [1957] による。

マラヤでの施肥試験によると、カリとチッ素の肥効が大きく、リン酸のそれがあまりない。サラワクの泥炭地での施肥試験では、チッ素の肥効は220 kg/ha まで認められる。また、300 kg/ha のカリ施用は収量には効果はなかったが、果実の酸含量を大幅に上昇させた[Andriesse 1974]。

泥炭土壌の微量元素欠乏は温帯でも多くの報告がある。マラヤのパイナップル栽培においても、銅欠乏が報告されている。それは“green wilt” [Dunsmore 1957]、または“green die back”と呼ばれ、葉が明緑色となり、薄く、幅が狭い。放置すれば枯死する。硫酸銅を他の肥料と混合するか、ボルドー液を散布する。そのほか、“crook neck”と呼ばれる症状もあり、亜鉛欠乏の可能性があるとされている[Coulter 1972]。しかし、サラワクの泥炭地の試験では、硫酸銅や硫酸亜鉛の施用効果はなかった[Andriesse 1974]。

泥炭地のパイナップル栽培では雑草がかなりの問題となっているようである。小農経営の場合には、2~6カ月に1回しか除草が行われませんが、大農園の場合、1カ月に1回必要といわれる。大農園の除草は賃労働によっており、その費用は1カ月エーカー当たり

1) ラトゥーン (ratoon) という言葉が用いられているが、実際に塊茎芽 (ratoon) により増殖されるのか、あるいは吸芽 (sucker) により増殖されるのか、その詳細な方法は不明。

5.50 マラヤドルである [Wee 1970]。連続栽培にもかかわらず、ネマトーダ害はみつかっていない。これが泥炭の特質によるものであるのか、あるいは単に低収ゆえに目立たないだけなのかは不明である [Coulter 1972]。

マラヤのパイナップル栽培試験のほとんどが行われたと思われる、Pekan Nanas の試験場の土壌分析結果によれば、試験場内のほとんどの部分で有機物含量90パーセント以上の泥炭層が少なくとも表層18インチ (46 cm) を覆っている [Parbery and Venkatachalam 1964]。しかし、その深さと下層土の性質についての報告は見当たらなかった。

西マレーシアの5フィート (1.53 m) 以下の泥炭層の排水方法として、表5のような標準的設計が示されている [Tay 1969]。

表5 西マレーシアの浅い泥炭地の排水路標準設計

	密度	深さ (m)	幅 (m)	費用 (M\$/m)
幹線排水路	ブロック(201 × 603 m ²) の外周	1.5	1.2	1.24
二次排水路	ブロックを三分	1.2	0.9	0.84
末端排水路	300m/ブロック	0.9	0.6	0.70

すべて手掘りで、壁面は垂直。
Tay [1969] による。

この排水路設計の記述に続いて、ジョホルの試験場では水位を3フィート (92 cm) に保つのにエーカー当たり44マラヤドルが必要であるとの記述が続いているところからみて、Pekan Nanas では少なくとも0.9~1.5mの泥炭層があるものと思われる。いずれにせよ、西マレーシアの泥炭地パイナップル栽培は、比較的簡単な排水路の掘削で十分なように思われる。そして、時間の経過に伴う地盤沈下や排水不良はまったく報告されていない [Wee 1970]。これらのことを考え合わせる

と、西マレーシアでパイナップルが栽培されている泥炭地の泥炭層の厚さは、たかだか2mではないかと想像される。

III 潮汐かんがい開発

インドネシアのジャワ島とそれ以外の外島との間に、著しい人口密度の差があることはよく知られている。ジャワ島の過剰人口を外島に移住させ、ジャワ島の人口圧の軽減と外島の開発を図るという政策は、植民地時代以来の基本政策である。近年この政策の一環として、スマトラ、カリマンタンの海岸低湿地への移住がとくに強調されている。これらの島の海岸低湿地には感潮河川が多く、これに連続する水路を掘削することによって潮汐を利用したかんがいと排水を行い、耕地化することを目指している。

インドネシア全体で泥炭林地(“peat swamp forest”)は1,600万 ha とも、1,700万 ha ともいわれている。このうちカリマンタンには970万 ha、スマトラに630万 ha が分布するという推定がある [Soepratohardjo and Driessen 1976; Soeriaatmadja 1978] (Collier [1979] 中に引用)。別の推定では、マングローブ林、低湿地林(かつて森林であって、現在は草地、耕地などになっているものを含む)を合わせ、カリマンタンに610万 ha、スマトラに690万 ha、西イリアンに450万 ha があり、インドネシア全体では1,770万 ha になるという [I.B.R.D. 1974] (Collier [1979] 中に引用)。これらの低湿地のうち、潮汐作用の及ぶ範囲の面積は500~700万 ha といわれている [Soeriaatmadja 1978] (Collier [1979] 中に引用)。

インドネシアの低湿地には現在すでかなりの水田が拓かれている。その面積は以下の通りである。

非潮汐湿地 (“lebak”) 253,869 ha

潮汐湿地 (“*pasang surut*”) 557,823
 輪中 9,640

インドネシア全体の水田面積は約770万 ha であるから、潮汐湿地水田は7.2パーセントに当たる (Haeruddin Taslim による推計 [Collier 1979])。

潮汐湿地水田の地域分布とその開拓方式の別は表6の通りである。

これらの既存水田の耕作者と一部重複するが、多数の内陸漁民が低湿地に住み、漁業を営んでいる。その数は表7の通りである。

表6にみられるように、既存の低湿地水田のかなりの部分が自発的開拓民によって拓か

表6 インドネシアにおける潮汐湿地水田の分布

州	自発的入植者によるもの (1976)	政府開拓によるもの (1978)	政府開拓計画によるもの (1979)
リアウ	50	37	74 × 10 ³ ha
ジャンビ	60	16	32
南スマトラ	25	47	78
西カリマンタン	25	18	36
南カリマンタン	90	} 17	} 28
中カリマンタン	50		

出所 Direktorat Bina Produksi 1976 (Collier [1979] 中に引用されているものによる)

表7 インドネシアの陸水面積と内陸漁民数

州	陸水面積 (×10 ³ ha)	内陸漁民数
リアウ	25	1,938
ジャンビ	90	35,980
南スマトラ	3,500	52,500
西カリマンタン	2,000	22,784
中カリマンタン	1,761	64,580
東カリマンタン		19,323
南カリマンタン		155,296
計		352,401

出所 Fishery Statistics of Indonesia 1973 (Collier [1979] 中に引用されているものによる)

れたものである。自発的開拓民とは、地域に古くから住む人たちの場合もあり、遠く他島からはるばる入植する場合もある。とくにスマトラでは、スラウェシを本拠地とするブギス人の入植が多い。

南スマトラのウパン (Upang) デルタに入植したブギス人の小開拓集団の指導的立場にある人からの聴取を通じて、その入植の模様を述べる [Collier 1979]。

まず、入植地の立地の適否の判定を行う。それには木の葉色によって肥沃度を知る (*jawijawi* 樹と *nibong* ヤシがあり、その葉色がよければ適と判断する)。泥炭層がまったくない土地が水田適地であるが、“one hand”以下の厚さなら構わない。泥炭層が50cm以上あれば、水田とせず、サツマイモ、大豆などを植える。

適地をみつけることができると、次に排水路を掘る。川から直角に幅3m、深さ2.5mの水路を掘る。この主排水路を“*sungai*” (川の意) と称する。このインフォーマントの場合、3家族がまず入植し、230mの主水路を掘り、同時にその両側の森林を倒伐した。この作業に5カ月を要している。次に、主水路に直角に二次排水路を掘る。“*Parit*” と呼ぶ。その間隔は450mである。あとから続いて入植した家族は、それぞれに主排水路を450m分延長し、二次水路を分岐させる。

このようにして拓いた土地に水稲を栽培するのであるが、それは永くは続かない。水稲収量が低下しはじめると、ココヤシに切り替える。ココヤシの苗木と水稲とを間作し、ココヤシが大きくなると稲をやめ、ココヤシ園としてのみ土地を利用する。水稲栽培のためには、ほかの土地を拓く。ときに拓いた土地が水田とするには乾燥しすぎる場合がある。そのときにはコーヒー、バナナ、サツマイモ、パイナップル、トウモロコシ、落花生、大豆、ココヤシを植える。

同じウパデルタでの別の調査によれば、ブギス人入植者について次のように述べられている [Wiggin 1979]。

ブギス人は水田を拓くが、開拓の最終目的はココヤシ園を経営することである。資金が不足している場合、飯米確保のため水田とするだけである。水田耕作を続けると泥炭層が分解し、水稻栽培に不適となる。資金さえあればココヤシを植える。水田耕作は労力を多く要し大面積を経営できないが、ココヤシ園の経営は労力を多く要しない。したがって、新たな土地の開拓に労力を割いても、なおかなりの面積の経営が可能である。泥炭層が深すぎるとココヤシを植えても倒木する。排水によって泥炭層が収縮・分解し、10~25 cm になったのちにココヤシの苗を植える。ココヤシは高畝に栽植される。高畝でないと根腐れを起こす。栽植密度は150本/haで、畝上に7 m の間隔をあけて植えられる。収量は40個/本/年といわれる。

次に、政府開拓の場合の様相をみよう。例としてスマトラのカラニアグン (Karang Agun) プロジェクトの概要を述べる [Vermeer 1979]。

このプロジェクトの対象地域の総面積は20万 ha で、そのうち開発対象面積は13万 ha、純農地面積は10万 ha である。受入れ人口は、最終的には30万人が見込まれている。事業の内容は大きくいって3種からなる。第1は処女地の開墾である。第2は、排水路、洪水防御堤防、住居などのインフラストラクチャーの整備である。第3は、農産品加工場、衛生、教育、文化、行政、交通、運搬の諸施設の建設である。

プロジェクトの成功、不成功を決定するであろう要因はふたつある。ひとつは、入植者たち自身が満足するような生活が保証されるか否かである。もうひとつの要因とは、政府がプロジェクト全体の投資効果をどう評価す

るかである。

入植者の所得としては、225~300米ドル/人/年が目標となっている。見込み所得に幅があるのは、泥炭層の厚さあるいは硫酸酸性土層の深さによって所得が左右されると考えられるからである。硫酸酸性土層が浅いところに出る場合には、その洗脱に時間を要するので、土壌条件によって入植農家に対する初期補助金の支給期間を調整せねばならない。泥炭層の厚さが90 cm 以上の場合には、将来とも年収は無機質土のそれに劣ることは避けられない。しかし、それでもジャワ島における平均年収100米ドルに較べれば高いので、移住の経済的動機となりうると考えられている。

全般に労働力は不足気味である。したがって、入植時までには耕地の開墾は政府によって完了していなくてはならない。しかしながら、機械による抜根は下層の潜在的硫酸酸性土層を表層にもたらず危険があるので、抜根、畦畔づくり、均平化は入植農家に任せねばならない。入植の当初3年間は、1戸当たり2.7人の労働力のすべてが必要とされる。したがって入植者の選抜に当たっては、家族労働力の多少を考慮せねばならない。

1戸当たり2 ha の土地が与えられるが、そのうちの0.25 ha は園地、屋敷地として集落内にある。集落は28~34戸を単位とし、主耕地への通作距離が最高2 km となるよう配置する。14集落ごとに行政村をおき、集落と行政村間の距離は4.5 km 以上にはならない。行政村には小学校、保健所、末端行政組織、商店、モスクがある。行政村の上に二次センター3カ所、一次センター1カ所を設け、それらの間は道路で往来できるようにする。集落、行政村は水利を基準として組織される。すなわち水路ごとにまとまるようにする。

一方、政府の側からすれば、このプロジェクト全体として17.5万トンの余剰米生産を期

待できる。政府の負担すべき費用は ha 当たり 2,500 米ドルであるが、内部収益率は 9～12パーセントである。

以上がカラニアグン・プロジェクトの概要である。この計画作成の基礎となった土地評価の基準は、次の通りであった [Matondang 1979]。

土壌の養分濃度、排水性、雑草繁茂、地盤沈下、水不足、地形は重大な制限要因ではないと考えられるので、土地評価基準としては考慮しない。もっとも重要な判定基準は、潜在的硫酸酸性土層の深さと推定酸性化度、泥炭層の質と厚さ、それに塩濃度である。これらを第一次的要因とし、二次的要因として土壌の成熟度と養分含量を考慮する。すべての評価は、非かんがい、低い技術水準を前提とする。

このような基本方針による適性評価の判別基準は、以下の通りである。

(1)水田適性基準

泥炭層 90 cm 以下、25℃における電導度 8 mmho/cm 以下、置換性ナトリウム 20 パーセント以下、n 値（土壌の熟成度指数）2 以下、傾斜 5 パーセント以下。

以上の条件を満たせば「適」と判定されるが、さらに大、中、小の適性分級に細分される。その基準は表 8 の通りである。

(2)畑地適性基準

泥炭層 200 cm 以下、泥炭層直下に潜在的硫酸酸性土層が存在しないこと、25℃における電導度 8 mmho/cm 以下、置換性ナトリウム 15パーセント以下、n 値 1.4 以下。

以上の基準で「適」と判定されたものは、さらに表 8 の基準によって、大、中、小適性分級に細分される。

以上が NEDECO による土地評価基準であるが、この基準の妥当性について問題がないわけではない。Matondang [ibid.: 223-225]

表 8 水田と畑の適性分級基準

	適性分級		
	大	中	小
水田			
潜在的硫酸酸性土層深 (cm)	100以上	50～100	50以下
泥炭層深 (cm)	40以下	40～90	40～90
		(有機物が 18～38パーセント)	(有機物が 38パーセント以上)
畑			
潜在的硫酸酸性土層深 (cm)	100以上	50～100	50～100
		(パイライト < 2%)	(パイライト > 2%)
泥炭層深 (cm) (有機物含量 38パーセント以上)	40以下	40～90	90～200

は、次の 4 点を指摘している。

(1)塩濃度の指標として置換性ナトリウム (ESP) や電導度 (EC) が考えられるが、両者間の関係は必ずしも明らかでない。ESP が 20パーセントのところでも稲が育っているのが観察されるし、Logan 地区では、EC 16 mmho/cm でも順調な生育がみられる。どちらの指標がより適切か、その適性限界値をどう設定すべきなのかが問題である。

(2)潜在的硫酸酸性をパイライト含量によって判定すべきなのか、過酸化水素による pH 低下によるべきなのかが問題である。パイライト含量が高くとも水稲がよく育っている例もある。

(3)水稲の生育にとって泥炭層の厚さ自体が重要なのではなく、泥炭層中の無機物含量が重要であると思われる。厚さと無機物含量との相関が高いので、みかけ上、泥炭層の厚さと生育とが関連しているようにみえるだけである。

(4)いずれの判定基準も、開拓後、時間の経過とともにどう変化するのが実証されていない。

次に、政府開拓地における入植後の実態に

ついて述べる。

潮汐かんがい (“*pasang surut*”) という名の示す通り、潮汐作用を利用したかんがいが想定されているが、少なくとも乾季作水稲は水不足のため不可能である。政府事業の当初の計画では水稲2期作が見込まれている場合があるが、乾季作が実行されている例はほとんどない。かんがいはおろか、乾季には塩水が遡上してくる場合もある。雨季作についてみても、かんがい田と天水田との収量差は明らかでない。潮汐かんがいはいうものの、実際には、感潮水路による排水促進というほどの意味である。しかも、その排水さえ十分ではなく、開拓地内に不均一が生じている [Collier 1979: 102-106]。筆者らのメコンデルタの感潮クリーク地帯の調査の経験からも、あるいは佐賀平野の例からもこのことは十分考えられる [Kaida 1974]。すなわち、主水路の水位が潮汐によって毎日変化しても、田面水が同じく変化するものではない。潮汐作用の効果は、水路と田面との標高差が小さくても干潮時に重力排水が可能になることである。水路の水をかんがいに利用するには、大潮時以外は揚水を必要とするのが一般である。

排水の不均一性について、次のような説明がなされている [Chambers 1979 b: 889-894]。泥炭層の下に粘土層があるが、粘土層までの深さは一様でない。泥炭層形成以前の堆積状況を反映して、粘土層の位置に高低差があるためである。現在の排水路はこれを無視して直線的に掘られているから、透水性の小さい粘土層の高みが排水を妨害したり、逆に過剰排水が起こったりする。前者の場合には、通年湛水、低 pH が結果し、河川水の流入もない。後者の場合には、雑草が増え、下層の硫酸酸性土層の悪影響が出やすい。

雨季作水稲の収量について、いくつかの調査報告がある。カラニアグン地区での調査に

よると、開拓当初の3年間は低収で、1.5トン/ha以下しかとれないが、4~6年目には3.0~4.0トン/haとなる。しかし、8年目ぐらいから収量は減収しはじめ、農民は替地を探しはじめる。収量低下の原因は、雑草の繁茂であるといわれている [Collier 1979: 88]。1977年のスマトラ各地の潮汐かんがい開発地区における1カ所当たり10~30戸のサンプル農家調査によれば、平均収量は0.62~2.45トン/ha、その範囲は0.12~4.67トン/haにも及んでいた [ibid.: 90]。このような大きな収量差は、地区間の土地条件の相違によるばかりではなく、開拓後の経過年数にもよると思われる。いずれにせよ、潮汐かんがい田の収量が年を追って減少することは大問題である。水稲による低湿地開拓の妥当性そのものに関わるからである。

スマトラのウパデルタに入植した一農民の収量記録が残っている。それは以下の通りである。

年	品種名	収量 (トン/ha)	ここでも収量低下の傾向は明らかであるが、この場合の低収原因は病虫害と雑草であるといわれる。農薬が Bimas credit program と呼ばれる政府の現物支給援助によって入手可能であったが、それでも病虫害による減収は避けられないという [ibid.: 89-90]。
1970	C4	2.0	
1971	PB5	2.5	
1972	PB5	3.2	
1973	PB5	3.0	
1974	PB5	2.4	
1975	PB5	2.2	
1976	Pelita	2.2	
1977	Pelita	1.6	

雑草の問題は労働力不足と関連があると思われる。政府開拓地における労働力不足の傾向は先に述べた。各入植者に割り当てられた2haの土地のうちの1haしか耕作されていないことも珍しいことではない。たとえ開田、耕作されていても、労働力不足のため、

十分な耕起やくわによる除草ができないといわれる。また、雑草との競合に強い長稈の在来品種が好んで使われる [Wiggin 1979: 1160-1164]。

潮汐かんがい地における稲作技術の詳細については報告が見当たらなかったが、雑草問題に関する上述の記述から推測して、おそらく不耕起栽培であろうと思われる。この方法は、有機質土の低湿地で一般にみられるものである。筆者らも、スマトラのコムリン川流域やサラワクで実見している [福井 1980a; 高谷 1979]。不耕起水稻栽培は、いわば陸稲焼畑耕作の低湿地への適応である [福井 1980b]。陸稲焼畑では森林を伐採、乾燥、火入れすることによって、耕起せずとも雑草を抑制することができる。それでもなお除草作業は焼畑における労働時間の大きな部分を占め、焼畑面積の制限要因となっている。低湿地における水稻不耕起栽培においては、湛水が雑草抑制に効果があるとはいえ、連作すれば開田初年目にあった火入れによる雑草抑制効果はなくなる。したがって、一般の焼畑と同じく、年を追って雑草が多くなり、ついには放棄せざるをえなくなることは容易に想像できる。

前述の通り、Wiggin は不耕起の理由を労働力不足であるとしている。しかし、この耕作法は赤道気候下の低湿地に広くみられる。これらすべての地域で同じく労働力が不足しているとは考え難い。また、イラワジ河やメコン河デルタの有機質土壌地帯では、耕起による有機物の過剰分解を意識的に避けている。スマトラ低湿地水田の不耕起栽培と雑草との関係は、単に労働力不足だけの問題ではない。

潮汐かんがい水田における収量低下の原因として指摘されているものは、雑草と病虫害の両方である。後者は薬剤使用によって防御可能であるが、年を追ってその費用が増大

し、経済性の点から実際の使用は疑問視されている。薬剤の多量使用は、環境汚染の観点からも決して望ましいものではない [Collier 1979: 86-88]。

潮汐かんがいとはいっても乾季の水稲作は困難であると先に述べた。しかし、スマトラやカリマンタンの乾季の厳しさは大陸部ほどではないから、乾季中の水田畑作は可能である。しかし、実際にはそれもほとんどみられない。その主たる理由はネズミ害であるという [Wiggin 1979: 1160-1164]。

政府開拓地の農家経済調査の例をあげよう。入植8年目の1978年のスマトラ、ウパデルタでの調査によると、5人家族の年収は343~600米ドルで、政府計画の750米ドルをかなり下回っている。農業収入は全収入の76.3パーセントを占め、そのほとんどが1.75 haの水田における雨季作水稻からのものである。その平均収量は2.3トン/haであった [Prawirodihardjo 1979: 1129-1137]。スマトラとカリマンタンにおける同様の調査21例を総括して、Collier は次のように述べている [1979: 93-99]。経営面積はジャワ島の水田耕作農家のそれより大きいのが、反収が低く、かつ生産は不安定である。家族労働に依存する割合が高く、地代は安いから、生産費は安く済んでいる。しかし、面積当たり純収入は低い。結局、単作、低収ではあるが、面積が大きいことで一部補償され、所得はジャワ島の平均的農家よりやや劣る程度である。入植後5~10年を経過すると収量は低下し、生産の不安定性は増大するから所得はさらに下がる。雑草抑制と病虫害防除のための費用も増大する。平均的農家の年収は約12,000ルピアで、これでは不足である。

以上に低湿地へ自発的に入植したブギス人の場合と、政府開拓地へのジャワ人入植者の場合とを概観した。両者の相違の中でもっとも重要な点は、前者における水田の替地、あ

るいはココヤシへの切替えに対し、後者では、替地が制度上不可能な点である。いま、ブギス人たちの方式にしたがって、入植当初に米をとり、次第にココヤシ園に切り替えていく場合と、水稲を連作して減収する場合との経済性を比較してみよう [Wiggin 1979: 1169-1173]。

入植直後からココヤシの苗を植え、5年間は苗間に稲を栽培するものとする。ココヤシの栽植密度は120本/ha、そのうち実生産本数は100本/haとする。6年目以降に収穫があり、その収量を40個/本/年とする。ココナツの価格はこの先40年間35ルピア/個で一定であると仮定する(過去5年間の価格は75~100ルピア/個であった)。当初の開墾費を76,000ルピア/ha、除草と収穫作業を主とする生産費を25,500ルピア/ha/年とすると、6年目以降の純収益は114,500ルピア/ha/年となる。ただし、最初の5年間は純収益はほとんどなく、初年目は赤字である。

一方、水稲単作の場合、収量を2トン/ha、価格を60ルピア/kg、生産費を6万ルピア/haとしたとき、純収益は6万ルピア/ha/年となる。この収量水準が10年続いたのち25パーセント減収すると、純収は33,750ルピア/ha/年となる。20年目以降さらに減収し、1トン/haになるとすれば、純収益はわずか7,500ルピア/ha/年にすぎなくなる。

先にカラニアグンの政府開拓計画における水田適性評価基準を示した。そこでは、泥炭層の厚さの限界値は90cmであった。この例に限らず、スマトラ、カリマンタン各地での開発計画にあっては、深い泥炭地は除外されている。この比較的薄い泥炭層が排水、耕作によってさらに薄くなることを、ブギス人たちも十分よく知っていることは前述の通りである。ウパデルタでの調査によると、森林伐採直後の1969年には30~80cmあった泥炭層は、8年間に13~35cm分減少した。年間

の沈下速度は20~50mmである。この割合で分解が進むと、5年後にはほとんどの泥炭層が消滅してしまうことになる [Chambers 1979a: 771-772]。泥炭層の厚さの減少は酸化分解によるもののほか、野火にもよる。野火は、数年に1回起こる、通常より長い乾季によくみられる。泥炭層が消滅しても土壤が乾燥することがなければ、水稲の収量には影響が小さいが、乾燥すると丁寧な耕起、代かきを行なっても低収となる。畑作物へ切り替えねばならなくなるといわれる [Wiggin 1979: 1164-1166]。

IV その他の土地利用例

サラワクでは泥炭地で森林焼畑が広く行われているという。焼畑における火入れの効果は顕著であるが、それは1~2年でなくなる [Andriess 1974: 36-37]。泥炭地での焼畑はほかでも多くみられると思われるが、作物種、耕作法、土壌条件などについての報告を見出すことはできなかった。西マレーシアの泥炭地では、適度に排水さえされれば多くの畑作物が栽培可能であり、事実、各地にそれをみることができが、いずれもその規模は小さい [Tay 1969]。インドネシア外島の潮汐かんがい地でも、水稲のほかに種々の畑作物がつけられていることは、前節で述べたところである。これらの小規模畑作の持続性についてはよく知られていないようすである。

それはともかく、泥炭土壌の焼土効果は実験的に確認されている。泥炭を105℃に加熱するだけでアンモニア態チッ素が増加する。石灰施用のpH上昇に対する効果も、焼土と同時にすることによって増幅される。したがって、森林伐採後に焼土処理を行うこと、また、その後も焼土処理を輪作体系の中にとり入れることが望ましい [Polak and Suprathardjo 1951] (Andriess [1974: 37] 中に

引用)。1年に2度焼土するだけでも pH が上昇するといわれる [Coulter 1972]。サラワクのスタポク (Stapok) 泥炭試験地におけるキャサバ栽培試験では、森林伐採後火入れをし、石灰を5.0~7.5トン/ha 施用した場合、銅欠乏は5年後まで認められなかった [Sarawak, Dept. Agr. 1978: 153-156]。

通常の焼畑耕作の場合、火入れの効果は、雑草、病虫害などの生物的障害を抑制する効果と、養分の供給効果とが考えられる。そのいずれの効果もより重要であるのかは、少なからざる調査研究にもかかわらず、必ずしも明らかではない。泥炭地における焼畑については調査例もなく、実験的に確認された焼土効果が実際にどれほどの重要性をもつものであるかは分からない。

泥炭地で焼畑を繰り返すと、その植生は禾本科やカヤツリグサ科が主体をなすようになる。その表土の土性は微細となる。カリマンタン東南部の泥炭地の多くは、このような状態である [Andriess 1974: 15]。大陸部のデルタの一部にも同様の生態系がみられる。*Melaleuca leucadendron* を伴うことがある。スマトラの潮汐かんがい地で、水稻連作によって雑草が抑制困難なほどに繁茂することは、前節にみた通りである。低湿地の有機質土壌で1年生作物を連作する場合、少なくとも現在の技術的、社会経済的条件下では、上述のような景観を最終的には結果するかもしれない。生態的バランスを崩した焼畑跡地が *Imperata spp.* によって覆われた荒地となるのに類似する。

南スマトラではニッパヤシからの砂糖製造が一部にみられる。砂糖不足の際の非常手段としての意味をもつ程度で、盛んではない。その採取方法の概要は以下の通りである。

ニッパヤシの最初の肉穂花 (spadix) は実生から4年目の終わりに現われ、条件さえよければ、数カ月の間隔で次々と現われる。12

カ月で果は完熟するが、採糖は6カ月経った段階で行われる。この段階の花梗は130cmの長さで、直径は5~6cmである。頂部に60~70個の房状の未熟果がつき、その下の花梗には6カ所に未成側花の跡が残っている。これらを削りとり、花梗の裏側を木槌で叩いて内部の組織を柔軟にする。約1cmの深さの切口をつくり、5リットル容のかんをつけ、液を集める。1日2回、満潮時に小舟を漕ぎ寄せ、採液を繰り返す。採液は約2カ月続く。かんの中には予想溢量量の3パーセント量のライム汁を予め入れておき、発酵を防止する。溢量を促進するため、切口にコショウ、タバコなどの液汁をなすりつける。2カ月間におよそ120リットルが得られる。集められた液を6~8時間攪拌しながら煮つめ、もとの容量の12~14パーセントとする。冷却する前に、ココナツの殻、その他の椀状容器に流し込み固まらせる。自家用にはシロップ状のまま保存する [Sumadi 1979: 551-561]。

ニッパヤシ砂糖の商業的生産の可能性について、あるオランダ人の植物学者の案が紹介されている [ibid.: 563-566]。それによると、ha 当たり2,000本のニッパヤシを栽植する。自然状態のニッパヤシ群落のように密植すると、花梗の発生数が少なくなるためである。自然状態では、1本から年2回採液可能花梗が生ずる。これを年4本とすることが技術的に可能と思われる。したがって、年間花梗数は ha 当たり8,000本となる。1花梗から60日間に100リットルが採液されるとすれば、年間 ha 当たり80万リットルがとれ、これから75トンのフラクトースが精製されうる。

ニッパヤシの利点は、サトウキビやサトウダイコンと異なって、搾液工程を必要としないことと、単価の高いフラクトースが得られることである。一方、難点は、その生育環境のため採液の労働生産性が低いことである。熟練者で満潮の3時間内に150本の花梗を処

理できるといわれる。

V 栽培試験

熱帯低湿地は、その気候的、水文的条件からみれば水稲栽培に好適であると思われがちである。しかし、低湿地の中でも泥炭質土壌の場合、その生育はけっして満足すべきものではない。Collier は、各地におけるこれまでの諸試験結果から、泥炭土での水稲栽培の可否に関する農学的見通しはいまだ混乱していると結論した [1979: 64]。Andriesse は、無機質を含まない真性泥炭では、たとえ十分と思われる施肥を行なっても、水稲は満足には生育しない、また、現在、水稲が栽培されている泥炭土は、かなりの無機物質を含んでいると考えている [1974: 37]。第Ⅲ節でカランアグン潮汐かんがい区における水田適性評価の際、泥炭層の限界値が 90cm であることを述べた。そして、この値が水稲の生育可能性とどういった因果関係にあるのかは、必ずしも明らかではないことも述べた。これもまた明らかではないが、河川水の流入と水稲生育の可否も密接な関係があると考えられる。泥炭層の深さ、泥炭の質、河川水の質と量は、いずれも水稲生育の可能性を決定しうる重要な因子であると考えられるにもかかわらず、これら要因に十分な考慮が払われないうまま、栽培試験が繰り返されてきたため、泥炭地における水稲栽培の可否について確たる農学的見解が得られていないと思われる。水稲生育と上述の土地条件との関係が明らかになれば、施肥、客土、かんがいの意味づけが得られ、具体的な対策の確立に寄与するであろう。

低湿地における水稲の生育不良に、植物養分の供給の過不足や毒性物質の存在が関与していることは、容易に推測できる。しかし、水稲栽培の成立のためには、これら土壌要因

のほかに、雑草、病虫害などの生物的障害が、一般農地にはみられないほどの決定的要因である可能性があることは、すでにみた通りである。これに加えて、泥炭地水田の足場の悪さも指摘されるべきである。下手に足を入れると胸までつかえるような泥炭水田を経験したこともある。埋没した倒木を足場に田植えする風景もまれではない。現在の技術的水準では、このような強湿田でも利用するだけの価値があるかもしれないが、機械化が一般化したとき、低湿地の水田のみが人力に依存し続けることが許されるであろうか。

次に、水稲以外の畑作物の泥炭地における試験結果を、主に Andriesse にしたがって紹介する [ibid.]。

西カリマンタンの泥炭地でのトウモロコシ試験によると、石灰施用によって pH を 5.5 にまで高めねば満足な生育が期待できないうえ、さらにチッ素、リン酸、カリをとともに必要とする。しかし、銅施用の効果は認められなかった [Ehrencron 1949]。別の試験で、石灰は初年目に 15 トン/ha 必要であり、硫酸 200 kg/ha、硫酸銅 50 kg/ha の施用効果があった [Polak and Supratohardjo 1951]。西マレーシアの試験では、完全施肥をしても低収で、石灰施用の効果も大きくはなかった [Coulter 1972]。泥炭層の厚さが 1 m 以内で、しかも 20 パーセントの無機物を含む土壌で、4 トン/ha のトウモロコシ子実を得るのに、チッ素 (N) 180、リン酸 (P_2O_5) 60、カリ (K_2O) 60 kg/ha が必要であり、さらに銅を初年目に 30 kg/ha、以後毎年 2 kg/ha 施用せねばならなかった。pH は粉末ドロマイト 6 トン/ha の施用によって 4.2 から 5.0 にまで上昇し、数年間はその水準を保った [Kanapathy et al. 1970]。サラワクの深い泥炭土では、石灰施用、完全施肥、10kg/ha の硫酸銅によっても、低収しか得られなかった [Kueh 1972]。

これらの結果から Andriesse は次のように結論している。すなわち、一般に泥炭土はトウモロコシには適さず、浅い泥炭なら4トン/haの収量が得られるものの、経済的に栽培が成り立つかどうかは極めて疑わしい。

西マレーシアの浅い泥炭土で、4.5~6.0トン/haのソルガム収量が報告されている [Kanapathy *et al.* 1970]。サラワクの深い泥炭地の試験では、良好な栄養生長がみられたが、鳥害のため収量は不明である [Kueh 1972]。

サラワクの泥炭地でサトウキビの品種31点を比較したが、CO419の収量は、初年80、ラトゥーン1年目54、同2年目55トン/haであった。収量は悪くなかったが、糖含量が65パーセントしかなかった [Andriesse 1974: 40]。

西マレーシアの深い泥炭地でのキャサバ施肥試験で、チッ素、リン酸、カリ、銅の施用により、2年4作で計68トン/haが得られている。統計的に有意な効果はカリについてだけ認められた。一方、浅い泥炭地では、8.5か月でha当たり28トンがとれ、チッ素の肥効が大きかった [Kanapathy *et al.* 1970]。サラワクの深い泥炭地では、粉末ドロマイト4トン/haが、キャサバ6トン/haの増収効果を持ち、12か月で完全施肥区の収量は36トン/haに達した [Kueh 1972]。

サラワクの泥炭地でマメ科作物の試験が行われた。もっとも高収であったのはササゲ (*Vigna sinensis*) で、新鮮さや重で5.5トン/ha、乾燥子実で1.2トン/haが得られた。落花生の収量は、乾燥さやで1.4トン/ha、大豆のそれは869 kg/haであった。大豆に対して20 kg/haの硫酸銅の効果は認められたが、50 kg/haの硫酸亜鉛、硫酸鉄の効果はなかった [ibid.]。

サラワクの深い泥炭土で、ショウガの新鮮根重7トン/haという収量が報告されてい

る。チッ素の効果はなく、カリは320kg K₂O/haまで効果があった。病虫害の被害が多く、収量を制限している [ibid.]。西マレーシアではショウガは有望な作物であると考えられており、7か月間で最高ha当たり34トンの収量が報告されている。しかし、泥炭層の深さは不詳である [Chew *et al.* 1968]。

サラワクで行われたサツマイモの試験で、これまでに得られた最高収量は8.76トン/haであった。Cut worm, stem borer, weevilなど病虫害が多く、その被害はときに75パーセントにまで及んだ。同じくタバコでは、乾葉1,054 kg/haが得られ、有望と思われる。ヒマワリについては、4品種の試験が行われ、最高470 kg/haの種子収量があった。その油脂含量は29.5パーセントであった。レモングラスでは施肥反応が明らかであった。すなわち、チッ素(N)は60 kg/haまで、リン酸(P)は40 kg/haまで、カリ(K₂O)は160 kg/haの量まで反応した。収量は、年5回刈り合計の新鮮重で42トン/ha、その精油含量(新鮮重に対して)は0.52パーセントであった。精油含量は施肥によって影響されなかった。レモングラスのネマトーダ害は著しく、連作試験は不可能であった。一般にネマトーダは、泥炭地における精油作物の栽培の重要な制限要因である。ヒマでは690 kg/haの乾燥子実収量が得られているが、変異が大きいため結論的なことはいえない。ネピアグラスは、施肥と粉末ドロマイト(4トン/ha)の施用によって、36トン/haの新鮮物収量があった。粉末ドロマイトの施用量をさらに増やし6トン/haとすると、同収量は60トン/haにまで増加した。この効果は2年目にはさらに顕著であった。トウガラシ類、トマト、アスパラガス、カリフラワー、キャベツ、レタスでは病虫害が著しく、満足すべき試験結果は得られていない [Kueh 1972]。

以上に Andriesse [1974] からの引用によ

って栽培試験の結果を紹介したが、彼自身は最後に次のような留意事項を指摘している。

(1)石灰施用が必要であるが、そのためかえて微量要素欠乏が起こりやすくなる。

(2)石灰施用は泥炭層の酸化分解をも促進する。

(3)泥炭土は不均一であるから、植木鉢試験の結果は、必ず圃場試験で確かめられねばならない。

次に、永年作物に関する試験結果を概観してみよう。

サラワクの深い泥炭に植えられた油ヤシの収量は、収穫開始後の2～3年は7～8トン/haで、無機質土壤の場合とほぼ同じ水準であったが、5年目以降、木が傾きはじめた[Kueh 1972] (Andriess [1974: 42-43]中に引用)。この報告のその後の経過かどうかは定かではないが、1967年にスタポク試験地(Anderson IIIと呼ばれる深い泥炭土のある試験地)に栽植された油ヤシは、1978年までに9本の中の1本のみが過度に傾いただけである[Sarawak, Dept. Agr. 1978: 80-84]。別の報告によると、90～120 cmの泥炭層が良質な粘土層の上にある場合、油ヤシの生育は可能であるという。しかし、その厚さが250 cmを超えると、排水によって収縮し、根が伸長せず倒伏に到る[Hartley 1977: 111-112]。

西マレーシアの泥炭地での油ヤシ栽培にあってはカリの施用が重要であり、さらに銅も必要とされる。銅欠乏は泥炭地にのみみられるもので、“peat yellow”と呼ばれる。銅欠乏症状を示す植物の葉分析によると、カリ濃度が低く(0.6～0.7パーセント)、銅濃度も低く(1～4 ppm)、マグネシウム濃度が異常に高い(0.4～0.5パーセント)。銅とマグネシウムとの間に拮抗関係があると思われる。油ヤシに対するボルドー液の葉面散布は、薬害を起こすのでできない。かといって、銅の

根からの吸収も悪い。泥炭に施用された銅は、有機物によって非有効化されると思われる[Coulter 1972: 481-494]。黒泥、泥炭土の油ヤシにホウ素欠乏症が出やすいという報告もある[Williams 1966] (Tay [1969]中に引用)。

西マレーシアにおける通常の無機質土壤での油ヤシ収量は、新鮮果重で8～10トン/エーカーであるが、硫酸酸性土壤では収量は低く、2～3トン/エーカーにすぎない[Bloomfield *et al.* 1968]。硫酸酸性土壤でもチッ素、リン酸、カリの肥効は認められるが、大きくはない。施肥よりも有効な方法は、排水を制限して潜在的硫酸酸性土層を常時湛水させることであるといわれる。しかし、この方法が永続的に有効であるかどうかは明らかでない[Coulter 1972: 481]。

西マレーシアでは、コーヒーは浅い泥炭土、あるいは5～10フィートの黒泥土でよく生育する。事実、クラン(Klang)地方では、このような土壤にコーヒーが広く栽培されている[Tay 1969]。サラワクのスタポク試験地の泥炭土で行われたリベリカ(Liberica)種コーヒーの3要素試験では、カリとリン酸の肥効が認められた。また、微量元素としては、銅とホウ素の効果があつた。いずれの試験でも、7.5トン/haのドロマイトが毎年施用されている[Sarawak, Dept. Agr. 1978: 37-41]。

サラワクの泥炭地に植えられたカシュー・ナッツは、3年目に10～12フィートの高さに生育し、同時に傾きはじめる。根もとからは新たな茎が真っ直ぐに伸びるが、やがて傾いてくる。このようにして栄養成長は続くが、実はほとんどつかなかつた。同じくココヤシの試験では、樹齢7～8年のものでカリの肥効が認められた。この試験では、栽植密度は7.3×7.3 m²、毎年1本当たり0.5 kgのドロマイトを施用している。収量は94 kg/ha/年

であった。パッション・フルーツの試験では、無カリ区の苗(30 cm 高)は3年間に全部枯死した。栽植密度は $3 \times 3 \text{ m}^2$ 、粉末石灰岩を半年ごとに0.25 kg/本の割合で施用している。収量は0.56 トン/ha/年であった [Sarak, Dept. Agr. 1979]。

以上にみられるように、永年作物では養分問題とは別に、土壌の物理的支持力が問題となる。喬木性の作物にあってとくにそうである。コーヒー、茶、アナット (*annatto*, *Bixa orellana* L.) など灌木性のものは倒木しない [Andriess 1974: 43]。一般に深い泥炭ほど倒伏しやすいといえそうだが、倒伏と樹種と土壌条件の関係はそう簡単ではなさそうである。なぜなら、排水に伴う泥炭層の収縮、固化や、泥炭層は深くなくとも、その下層の硫酸酸性土層がある種の作物の根の伸長を妨げ、それが倒伏につながることも考えられるからである。

一年生、永年性作物を問わず、泥炭地の栽培試験では多量の石灰やドロマイトが pH の矯正のために使用されている。これらの施用がなければ十分な生育が期待されないとすれば、泥炭地の集約的利用には悲観的にならざるをえない。焼畑や焼土が石灰施用を一時的に代替する効果をもつにしても、それでは粗放な土地利用か、もしくは永続性のない土地利用しか期待できない。泥炭層中に含まれる無機成分の役割が解明されれば、泥炭地対策にも新たな途が開けるかもしれない。

VI 開発の可能性

前節までにサゴヤシ、パイナップル、潮汐かんがい水田、焼畑などの現行土地利用の諸形態と、主として泥炭土壌における栽培試験の結果とを概観した。本節では、これらに基づいて低湿地開発の可能性を総合的に考えてみたい。

低湿地の開発が土壌条件によって強く規制されていることは、小稿の冒頭で指摘したことである。にもかかわらず、現行利用形態の実態報告にあっても、栽培試験報告においても、土壌条件に関する記載が不十分であることは否めない。とくに、泥炭土壌を肥沃度の観点から評価する際、次のような問題がある。

(1)分析方法が研究者によって異なるので、相互比較が困難である。

(2)泥炭(有機物含量65パーセント以上)と黒泥(同65パーセント以下)の区別が必ずしもなされていない。無機質含量と相関の高い分析値は、泥炭層の有機質部分の分析値ではない。

(3)泥炭土壌の置換性塩基類の分析値は、作物の吸収量との間の関係が知られていない限り、無意味である。

(4)泥炭の容積重は非常に小さい。その値が併記されていない乾物当たり分析値は、解釈のしようがない [ibid.: 16]。

以上の問題点を十分考慮しない限り、泥炭地における実態調査や栽培試験は、いたずらに試行錯誤を繰り返すばかりであろう。

次に問題となるのは、排水、開墾、栽培に伴う土地条件の変化である。地盤沈下は大問題であるが、作物の培地としての特性も変化する。土性の変化、固結層の形成 [Hooghoudt and van der Woerd 1960] (Andriess [1974: 47] 中に引用)などが報告されている。開墾前の植生による養分蓄積が、火入れ、焼土によっていかなる変化を遂げるのかも、よくは分かっていない。泥炭層の分解によって下層の潜在的硫酸酸性土層が表層に現われてくる場合、水文条件と酸性の発現あるいは溶脱との関係はとくに重要である。すなわち、酸性の発現を抑えるため常時湛水とするか、ココヤシ栽培のように高畝を築いて洗脱を促進するかの選択は、低湿地開発方式の長期的

展望を左右するであろう。

泥炭層の下層の無機質層が、いつも潜在的硫酸酸性土層であるとは限らないことはいうまでもない。無機質層が淡色粘土の場合、酸性発現の可能性は小さく、青または緑色粘土の場合に可能性が大きいといわれる [Andriessse 1974 : 45]。ところが前者は深い泥炭の下層となっていて、河川水位より低位に位置する機会が多いから、重力排水のみによる泥炭層の収縮・分解によって表層に現われることは少ない。それに対し、後者は浅い泥炭層の下にある場合が多く、排水によって比較的短期間に表層に出現する。未利用低湿地のうち開発可能性の高いのは浅い泥炭地であるから、面積的には全低湿地のうちの比較的限られた部分を占めるにすぎなくても、利用上の立場からみれば、硫酸酸性の問題は極めて重要である。

排水による土地条件の変化のうちもっとも顕著なものは、泥炭層の収縮・分解による地盤沈下である。灰分10パーセント、植被がスキ類からなるフロリダの泥炭土では、年間の沈下速度は下式によって与えられるという [Stephens 1956] (Andriessse [1974] 中に引用)。

$$x = (y - 2.45) / 14.77$$

x : 年間沈下速度, インチ

y : 地下水位, インチ

この式は、地下水位が 90 cm の場合、年間約 5 cm の沈下が起こることを意味し、サラワクにおける長期間の観察値である 5.0~7.5 cm にほぼ匹敵する [Andriessse 1964] (Andriessse [1974 : 47] 中に引用)。前述のスマトラ、ウパデルタの実測値も大きくは変わらない。

いま、沈下速度を年間 6 cm とすれば、10年で 60 cm, 30年で 1.8 m, 100年で 6 m という勘定になる。それまでに無機質土層が現われれば、沈下はその位置で止まる。沈下によ

って排水不可能となった場合も沈下はやむ。したがって、排水を前提とする土地利用法をもって開発を行う限り、その時点で事業を放棄するか、ポンプ排水をせねばならない。放棄すれば植生が回復し、泥炭蓄積の自然のプロセスが再開されるであろう。かといってポンプ排水は、その経済性に大きな疑問がある。そうでなくても、あるいはそれ以上に、沈下は洪水の危険を増し、土地放棄をやむをえざるものとするかもしれない。深い泥炭の排水による開発に対する根本的な疑義は、実はこの点にある。年間 6 cm の沈下速度は、ドーム状泥炭の場合、10年、20年ではまだこの問題を顕在化しないかもしれない。しかし、国家百年の計からすれば、深い泥炭の排水には慎重にならざるをえない。地盤沈下によって重力排水が不可能になるまでの数十年間の利用が、その後の放棄を正当化するとは考えられない。少なくとも、泥炭層下の無機質層の標高と河川水位との関係を確認しないまま、排水路の掘削にとりかかることは避けねばならない。

前節までにみた通り、低湿地の現行利用形態の多くは、サゴヤシの場合も含めて、無機質土壌あるいは浅い泥炭土壌に限られている。このような土壌は河川沿いや海岸に近い部分にのみみられる。このような条件下にみられる現行土地利用の実態から、深い泥炭地を含めた低湿地全体の利用可能性を類推することは、重大な誤ちを導くおそれがある [Andriessse 1974 : 45]。深い泥炭地は林地としてのみ利用すべきであるというのが大方の意見である [ibid. ; Coulter 1972]。

スマトラのウパデルタにおけるブギス人たちの排水路掘削の例、マラヤのパイナップル畑のための排水路の設計の例については、前述の通りである。いずれの例も、比較的浅い泥炭地の排水の例である。西マレーシアの排水かんがい局 (DID) は、5 フィート以上

の深い泥炭地の排水の方法として“herringbone system”を提唱している。それによると、まず、リング状に主排水路を掘り、そこから内側に二次排水路を掘って徐々に開拓する [Tay 1969]。深い泥炭の排水方法とはいえ、前述の理由で、泥炭層の下端が河岸より高い位置にある場合のみ有効な方法である [Andriess 1974 : 51]。5 フィート以上の深い排水路を粗に掘るよりも、浅いものを密に掘った方がよいともいわれる [Coulter 1972 : 496]。河川と河川の間でドーム状泥炭があり、河川に近づくと泥炭層が浅くなる。河に近い浅い泥炭がまず排水されると、沈下によって高位部分からの排水流入が増加する。泥炭地の排水は、一部でなく、一続きの泥炭地全体を対象とした設計によるべきである [Andriess 1974 : 49]。

排水路を浅くすれば泥炭の収縮・分解の速度は遅くなり、泥炭の寿命が延びる。しかし、浅根性の作物しか栽培されないことになる。泥炭層の下端が河川水位より高いような河川に近い部分では、深い排水路を掘って深根性作物を栽培し、高位泥炭部分では、なるべく浅い排水にして沈下を最小に抑えつつ浅根性作物を栽培することが考えられる [ibid. : 49-51]。

泥炭地における土木工事に当たって問題となるのは、軟弱地盤のため機械の使用が困難なこと、多量の樹木遺体の存在、それに無機質材料が手近にないことである [ibid. : 16, 51 ; Tay 1969]。多くの場合、手作業によって樹木遺体を除去せねばならない。道路の基礎が無機質層にまで達していないと、道路両側の泥炭が押されて盛り上がり、道路は沈下する。無機質層にまで達する道路基礎は、泥炭層内の水の動きを阻害し、湛水や洪水のもととなる。低湿地林の伐採にはトロッコが使われるのが一般的である。ほかに簡便な方法として、木製の筏に土を盛ることが考

えられるが、維持費が高くなる [Andriess 1974 : 53]。

泥炭地の地下水は、一般に生活用水には適さない。泥炭地の水の長期使用は、人間や動物に微量要素欠乏をもたらす [loc. cit.]。スマトラのウパデルタでは、乾季の飲料水が不足し、遠方から運ばれてきた水を購入せねばならない [Collier 1979 : 109-110]。

以上に低湿地利用の問題点を列挙した。すなわち、作物培地としての適性、排水による沈下、土木工事的特殊性、生活環境としての適性などである。これらに加えて、雑草、病虫害などの生物的障害の程度が、他所にはみられないほど大きい可能性もある。これらの問題点は、つまるところ熱帯低湿地が極めて特異な生態系であることを示している。この特異な生態系の中へ、他の生態系において成立した農耕体系をもち込もうとすることは、たとえ人為によるかなり大幅な土地条件の変更を行なったとしても、容易なことではない。既存の体系をもち込もうとするよりは、生態系に合致した独特の農耕体系を模索する努力が必要である。いまここで、そのような新しい体系を示すことは、もちろんできない。しかし、筆者なりのいくつかの基本線ともいべきものを述べて、この小稿の結びとしたい。

無機質土層面の比高が近接する河川水位より低い場合、排水による開発は少なくとも現時点では行うべきではない。泥炭地のそのような部分が深い泥炭の分布とほぼ一致することは確かであろうが、泥炭の厚さだけで重力排水の限界を知ることができるかどうかは不明である。未利用低湿地の大部分が深い泥炭で覆われており、利用可能な浅い泥炭はほんの一部にすぎないとよくいわれるが、泥炭層消滅後に重力排水が本当に不可能な土地が大部分であるかどうかは、今後の調査にまたねばならない。たとえ大部分がそうだと

も、なお浅い泥炭の面積は100万haの桁である。当面の開発の対象を浅い泥炭だけに限っても、なお問題は山積している。深い泥炭地の開発の是非について、直ちに結論を出す必要はない。

深い泥炭の利用に関しては、排水によらない利用法の可能性も忘れるべきではない。他の生態系で馴化された動植物の導入にだけとられることなく、低湿地独自の作物や家畜の創出にも挑むべきであろう。

熱帯低湿地が余剰米生産地となる可能性については、筆者は悲観的である。本来、自給自足的であった東南アジアの稲作が大規模に商品作物生産となったのは、19世紀後半の大陸部デルタにおいてであり、より新しくは、島嶼部の水稲多期作地帯においてである。前者においては、反収増加によってではなく、1戸当たり耕作面積の増加によって商業的生産に変貌した。後者においても、1作当たり反収の増加よりは、多期作化による植付面積増という実質経営規模の増大が、商品作物化を可能にした。それに対し、通年湿性の有機質土壌における稲作では、膨大な量の雑草の人力による除去、育苗の手間(2回移植など)、軟弱地盤による機械化の難しさなど、経営規模の拡大と労働生産性の向上を阻む要因が多い。入植者が飯米を確保する重要性は認めるにしても、低湿地の稲作が多量の移出米を生産することは期待できない。インドネシア政府が低湿地の潮汐かんがいによって米の主産地の形成を狙っているのは、大いに疑問である。

西マレーシアの泥炭地のパイナップルの反収が、無機質土壌の反収に較べて著しく劣っていても商業的に成立可能であるように、低湿地の土地利用の成功、不成功は必ずしも土地生産性にはよらない。この人口稀薄な新天地では、土地資源の量は無制限と考えても差し支えないから、その開発戦略にあっては、

土地生産性ではなく労働生産性と生産の持続性とをまず重視すべきである。ジャワ島のように、人口稠密で土地に対する人口圧力が極端に大きい背景のもとに成立する農業体系とは、本質的に異なったものを目指すべきである。インドネシア外島における潮汐かんがい開発において、入植者に対する土地割当てを2haに制限しているのは、大規模で労働生産性の高い農業体系の可能性をア prioriに否定するものである。

最後に、経営単位内における農業多角化が望ましいことを指摘したい。経営内多角化は、一般に危険分散や労働の季節的集中を均平化し、労働生産性を高める。経営内多角化の利点はそれだけに止まらず、低湿地の土地条件によく適合したものと考えられる。スマトラやボルネオの低湿地の既存集落や既存農耕地の分布から明らかなように、土地利用は河川沿いに局限されている。これは、河川沿いの無機質土壌や浅い泥炭土壌を利用しつつ、河川を交通、運搬、漁撈などの手段としているからである。入植者たちに対する土地の割当てを、河川に面し、河川と直角に伸びる細長い地片とするならば、経営単位内に土壌、水文条件の異なった土地が含まれることになる。河川沿いには深根性作物、とくに果樹を主とする屋敷地林ができる。あるいは、潮汐を利用した高畝のココヤシ園、さらに進んだ潮汐利用の小輪中による園芸作物栽培も可能である。その裏には、浅い泥炭土に自家消費米生産を目的とする小さな水田ができよう。そして、さらにその向こうの深い泥炭地は、今後のなりゆきに任せればよい。排水せずに利用する可能性、排水路を徐々に延長する可能性の両方があるが、入植者の土地利用権を河岸沿いの一定の幅で設定し、奥行きは無制限とすることを考えてはどうであろうか。

河川沿いの土地はすでに占拠されており、

入植者を受け入れる余地はないかもしれない。しかし、泥炭層深の綿密な調査に基づいて、もっとも泥炭層の浅い地点を連ねる形の幹線水路を掘削し、河川沿いの既存集落の立地に類似した条件をつくり出すことは可能ではなかろうか。

謝 辞

小稿のための文献検索に当たって、京都大学農学研究科熱帯農学専攻の院生遅沢克也君に大変ご尽力頂いたので、ここに記して謝意を表します。

参 考 文 献

Andriessse, J. P. 1964. The Use of Sarawak Peat for Agriculture. *Research Circular 9*. Kuching: Department of Agriculture, Sarawak.

———. 1974. *Tropical Lowland Peats in South-East Asia*. Communication 63. Amsterdam: Royal Tropical Institute.

Avé, J. B. 1977. Sago in Insular Southeast Asia: Historical Aspects and Contemporary Use. In *Sago-76: Papers of the First International Sago Symposium*, edited by Koonlin Tan, pp. 21-30.

Barrau, J. 1958. Subsistence Agriculture in Melanesia. *Bernice P. Bishop Mus. Bull.* 219.

Blatter, E. 1926. *The Palms of British India and Ceylon*. London: Oxford Univ. Press.

Bloomfield, C.; Coulter, J. K.; and Kanaris, S. R. 1968. Oil Palms on Acid Sulphate Soils in Malaya. *Trop. Agri. (Trin.)* 45: 289-300.

Chambers, M. J. 1979a. Rates of Peat Loss on the Upang Transmigration Project, South Sumatra. In *Proceedings, Simposium Nasional III Pengembangan Daerah Pasang Surut di Indonesia*, edited by Institut Pertanian Bogor, pp. 765-777.

———. 1979b. Micro Relief and Drainage Patterns in relation to Agricultural Efficiency on the Upang Delta, South Sumatra. In *Proceedings, Simposium Nasional III Pengembangan Daerah Pasang Surut di Indonesia*, edited by Institut Pertanian Bogor, pp. 889-894.

Chew, W. Y.; Samuel, V. J.; and Axli, A. M. 1968. *A Fertilizer Observation of Ginger on Peat*. Technical Paper 2, Agronomy Branch.

Kuala Lumpur: Department of Agriculture.

Collier, W. L. 1979. Social and Economic Aspects of Tidal Swamp Land Development. In *Proceedings, Simposium Nasional III Pengembangan Daerah Pasang Surut di Indonesia*, edited by Institut Pertanian Bogor, pp. 59-155.

Coulter, J. K. 1972. Soils of Malaysia. *Soils and Fertilizers* 35(5): 475-498.

Dunsmore, J. R. 1957. The Pineapple in Malaya. *Mal. Agr. J.* 40: 159-187.

Edwards, E. T. 1961. *The Natural Stands of Sago Palms, Metroxylon spp., in the Sepik River Area of New Guinea and Their Possible Use as a Source of Commercial Starch*. Sydney. (Report to the Board of Directors of Geo. Fielder & Co., Ltd.)

Ehrencron, V. K. R. 1949. Oriënterende Potproeven met Zuur Bosveen Unit Borneo. *Landbouw.* 21: 481-504.

Ellen, F. R. 1977. The Place of Sago in the Subsistence Economies of Seram. In *Sago-76: Papers of the First International Sago Symposium*, edited by Koonlin Tan, pp. 105-111.

Fairweather, J.; and Yap, S. T. 1937. The Sago Industry in Malaya. *Mal. Agr. J.* 25: 329-333.

Flach, M. 1977. Yield Potential of the Sagopalm and Its Realization. In *Sago-76: Papers of the First International Sago Symposium*, edited by Koonlin Tan, pp. 157-177.

———. 1980. Sago Palms from Equatorial Swamps; a Comparative Source of Tropical Starch. In *SAGO. The Equatorial Swamp as a Natural Resource*, edited by W. R. Stanton and M. Flach, pp. 110-127.

福井捷朗. 1980a. 「サラワク低地の土地利用と未利用」『東南アジア研究』17(4): 708-740.

———. 1980b. 「火耕水耨の論議によせて」『農耕の技術』3: 28-61.

古川久雄. 1984. 「東南アジア低湿地の地形」『東南アジア研究』21(4): 437-461.

Hartley, C. W. S. 1977. *The Oil Palm*. Tropical Agriculture Series. London; New York: Longman.

Hooghoudt, S. B.; and Woerdt, D. van der. 1960. A Physico-chemical Investigation into the Causes of the Irreversible Drying of Peat Soils and the Possibilities of Improvement, Part II. *PUDOC Versl. Landb. Onderz.* No. 66, 23, p. 308. Wageningen.

I. B. R. D. 1974. *Indonesia Agricultural Sector Survey*.

- Indonesia, Institut Pertanian Bogor, ed. 1979. *Proceedings, Simposium Nasional III Pengembangan Daerah Pasang Surut di Indonesia*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Johnson, D. 1977. Distribution of Sago Making in the Old World. In *Sago-76: Papers of the First International Sago Symposium*, edited by Koonlin Tan, pp. 65-75.
- Johnson, R. M.; and Raymond, W. D. 1956. Sources of Starch in Colonial Territories I; the Sago Palm. *Col. Plant of Animal Prod.* 6: 20-32.
- Kaida, Yoshihiro. 1974. Hydrography of Rice Land in the Vietnamese Part of the Mekong Delta. *Southeast Asian Studies* 12(2): 143-156.
- Kanapathy, K. 1958. *Mal. Agr. J.* 45: 162-174.
- Kanapathy, K.; and Goh Ah Keat. 1970. Growing Maize, Sorghum and Tapioca on Peat Soil. In *Proc. Conf. on Crop Diversification in Malaysia*, pp. 25-35.
- Kueh, Hong Siong. 1972. A Revision of Agronomic Results of Experiments at Stapok Peat Experiment Station from 1966 to 1971. Unpublished Report of Department of Agriculture, Sarawak.
- . 1977. Sago Agronomy in Sarawak. In *Sago-76: Papers of the First International Sago Symposium*, edited by Koonlin Tan, pp. 181-185.
- 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.
- Lea, D. A. M. 1964. *Abelam Land and Sustainance*. Canberra: Australian National University. Unpublished Doctoral Dissertation.
- Malaysia, Sarawak, Department of Agriculture. 1978. *Annual Report 1978*. Kuching: Department of Agriculture.
- . 1979. *Annual Report 1979*. Kuching: Department of Agriculture.
- Matondang, S. 1979. Soil Classification Units and Soil Potentials of the Tidal Flats of Jambi and South Sumatera. In *Proceedings, Simposium Nasional III Pengembangan Daerah Pasang Surut di Indonesia*, edited by Institut Pertanian Bogor, pp. 214-227.
- Morris, H. S. 1953. *Melanau Sago Producing Community in Sarawak*. London: Colonial Office. (Reprinted by Johnson Reprint Corporation, New York and London in 1971)
- . 1977. Melanau Sago: 1820-1975. In *Sago-76: Papers of the First International Sago Symposium*, edited by Koonlin Tan, pp. 121-142.
- Ohtsuka, R. 1977. The Sago Eaters' Adaptation in the Oriomo Plateau, Papua New Guinea. In *Sago-76: Papers of the First International Sago Symposium*, edited by Koonlin Tan, pp. 97-104.
- Parbery, D. B.; and Venkatachalam, R. M. 1964. Chemical Analysis of South Malayan Peat Soil. *J. Trop. Geography* 18: 125-133.
- Polak, B.; and Supratohardjo, M. 1951. Pot and Field Experiments with Maize on Acid Forest Peat from Borneo. *Conts. Gen. Agr. Res. St., Bogor* 125.
- Prawirodihardjo, W. 1979. Prospective of Upang Delta Tidal Swamp Land Development —An Income Analysis of Farm Family—. In *Proceedings, Simposium Nasional III Pengembangan Daerah Pasang Surut di Indonesia*, edited by Institut Pertanian Bogor, pp. 1129-1140.
- Reep, C. 1907. Sagoculture op Benkalis. *Tijdschr. Binnenl. Best.* 32: 393-394.
- Rhoads, J. W. 1977. For Want of a Chopper: Research on Sago Prehistory in New Guinea. In *Sago-76: Papers of the First International Sago Symposium*, edited by Koonlin Tan, pp. 31-38.
- Ridley, H. N. 1895. *Sago. Agric. Bull. Malay Penn.* 4: 62.
- 佐藤 孝. 1979. 「サゴヤシ——その開発の可能性」『サゴヤシ』東京：国際農林業協力協会.
- Scheffer, R. H. C. C.; and Holle, K. F. 1873. Een Sagoboom op Java. *Tijdschr. Ind. Mij. Nijverh. en Landb.* 18: 397.
- Sim, Eng Shiong; and Ahmed, Mohd. Iqbal. 1977. Variation in Starch Yields of Sarawak Sagopalms. In *Sago-76: Papers of the First International Sago Symposium*, edited by Koonlin Tan, pp. 178-180.
- Soepratohardjo, M.; and Driessen, P. M. 1976. The Lowland Peats of Indonesia, a Challenge for the Future. In *Peat and Podzolic Soils and Their Potential for Agriculture in Indonesia*. Bulletin 3. Bogor: Soil Research Institute.
- Soeriaatmadja, R. E. 1978. Plant Inventory and Vegetational Analysis at Proposed Tidal Reclamation Project Areas in Siak and Rokan, Riau, Sumatra, Indonesia. In *Symposium on Mangrove and Estuarine Vegetation in South East Asia, Kuala Lumpur, April 25-28, 1978*.

- Stanton, W. R.; and Flach, M., eds. 1980. *SAGO. The Equatorial Swamp as a Natural Resource*. The Hague: Martinus Nijhoff.
- Stellingwerf, D. A. 1957. *Rapport bij de Vegetatieschetskaart van Amaroë-Zuid, Inanwatan en Sebjar-Babo, Gelegen in de Vogelkop Nieuw Guinea*. Delft: I.T.C.
- Stephens, J. C. 1956. Subsidence of Organic Soils in Florida Everglade. *Proc. Soil Sc. Soc. Amer.* 20: 77.
- 菅原道太郎. 1979. 「熱帯低湿地農業開発事業の経済評価」『熱帯農業』23(1): 21-27.
- Sumadi, A. S. 1979. Nipah Cultivation for Sugar Industry. In *Proceedings, Simposium Nasional III Pengembangan Daerah Pasang Surut di Indonesia*, edited by Institut Pertanian Bogor, pp. 551-567.
- 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): 52-74.
- . 1983. 「南スラウェシのサゴ生産」『東南アジア研究』21(2): 235-260.
- Tan, Koonlin. 1977. The Buffalo in the Swamp-land Economy. In *Sago-76: Papers of the First International Sago Symposium*, edited by Koonlin Tan, pp. 265-273.
- , ed. 1977. *Sago-76: Papers of the First International Sago Symposium*. Kuala Lumpur: University of Malaya Press.
- Tan, Y. T.; and Prowse, G. A. 1972. A Chemical Survey of the Malacca River. *Mal. Agr. J.* 48: 185-221.
- Tay, T. H. 1969. The Distribution, Characteristics, Uses and Potential of Peat in West Malaysia. *J. Trop. Geography* 29: 58-63.
- Tay, T. H.; Wee, Y. C.; and Chong, W. S. 1968. The Nutritional Requirements of Pineapple [*Ananas comosus* (L.) Merr. Var. *Singapore Spanish*] on Peat Soil in Malaya. *Mal. Agr. J.* 46: 458-468.
- Tie, Y. L.; and Lim, C. P. 1977. Lowland Peat Soils for Sago-growing in Sarawak. In *Sago-76: Papers of the First International Sago Symposium*, edited by Koonlin Tan, pp. 187-189.
- Townsend, P. K. 1974. Sago Production in a New Guinea Economy. *Human Ecology* 2(3): 217-236.
- . 1977. The Cultural Ecology of Sago in New Guinea. In *Sago-76: Papers of the First International Sago Symposium*, edited by Koonlin Tan, pp. 91-95.
- Townsend, P. K. W. 1969. Subsistence and Social Organization in a New Guinea Society. Ph. D. Thesis. Ann Arbor: University Microfilms.
- Vermeer, W. C. 1979. Some Economic Aspects of Tidal Lands Development. In *Proceedings, Simposium Nasional III Pengembangan Daerah Pasang Surut di Indonesia*, edited by Institut Pertanian Bogor, pp. 1113-1128.
- Wallace, A. R. 1885. *The Malay Archipelago*. New York: Harper.
- Wee, Y. C. 1970. The Development of Pineapple Cultivation in West Malaysia. *J. Trop. Geography* 30: 68-75.
- Wheatley, J. G. G. 1894. Sago Cultivation in North Borneo. *Kew Bull. Misc. Inform.* 414-417.
- Whiting, J. W. M.; and Reed, S. W. 1939. Kwoma Culture. *Oceania* 9: 170-216.
- Wiggin, G. W. 1979. Coconut versus Rice Production in Tidal Swamp Transmigration Sites. In *Proceedings, Simposium Nasional III Pengembangan Daerah Pasang Surut di Indonesia*, edited by Institut Pertanian Bogor, pp. 1160-1174.
- Williams, C. N. 1966. *Agronomy Notes*. Faculty of Agriculture, University of Malaya, Kuala Lumpur. (Mimeographed)
- Woodman, H. E.; Kitchin, A. W. M.; and Evans, R. E. 1931. The Value of Tapioca Flour and Sago Pith Meal in the Nutrition of Swine. *J. Agric. Sci.* 21(3): 526-546.
- Wttewaal, B. W. G. 1954. *Rapport Betreffende de Mogelijkheden van de Oprichting van een Mechanisch Sagobedrijf te Tarof*.
- 山田 勇. 1983a. 「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.
- . 1983b. 「東南アジアの低湿地林 2. マングローブの分布」『東南アジア研究』21(3): 329-355.
- . 1984a. 「東南アジアの低湿地林 3. 淡水湿地林」『東南アジア研究』21(4): 462-487.
- . 1984b. 「東南アジアの低湿地林 4. 泥炭湿地林」『東南アジア研究』22(2). (出版予定)
- Zwollo, M. 1950. *Rapport Sago Onderzaak Inanwatan*.