

熱帯アジアの生物資源の持続性マネジメント

鈴木邦雄

キーワード: 生物資源、泥炭湿地林、沿岸域生態系、*Melaleuca*、生物多様性、バイオマス、sustainability

はじめに

アジア、アフリカおよびアメリカの各大陸には、バイオマスおよび生物多様性の豊かな湿潤熱帯が広がっている。湿潤熱帯では、毎年 $14.2 \times 10^4 \text{ km}^2/\text{yr}$ (北海道の1.7倍、1990 - 2000平均)と大面積での森林消失・生態系の劣化が進んでいるため、地球環境の最先端的課題が集約されているとして注目されてきている。タイを例にあげれば、森林率が1940年代までの80%から1990年の25%まで極端に減少し、自然災害が多発した。現在では30%に回復している。今回報告する熱帯アジアの沿岸域には、多くの人口を抱え、水田耕作地として利用されている生物生産地が広がっている。その水田立地の多くは自然湿地をオリジンとしている。一方、沿岸域には開発が行われていない自然状態の泥炭湿地林も一部で残されており、熱帯(湿地)林を中核とする自然生態系と人間活動との多彩なインターフェースの存在とその持続性マネジメントが伝統的に醸成されている。

1. 熱帯泥炭湿地林について

緯度別に自然湿地の分布を見ると、北緯50°以北にミズゴケ類や草本起源の泥炭湿地が広がっていることは知られている。しかし、低緯度地域にも森林起源の泥炭湿地があり、その一部が高さ30mを越える自然林によって覆われていることは、殆ど知られていない。特に熱帯アジアの低地には、約2600万haにも及ぶ広大な面積を有する泥炭湿地(熱帯湿地の2/3)が集中する。ボルネオ、スマトラ、マレー半島南部の沿岸域を中心に現在でもほぼ自然状態の泥炭湿地林が残されている(図2)。

農業利用不適地として大規模な開発がほとんど行われてこなかった自然状態の熱帯泥炭湿地林域にも、最近数十年、人口の爆発的増加と開発の影響が直接間

研究テーマの位置づけ

問題提起

1. 地球上でもっとも豊かな生物・生態環境である湿潤熱帯の森林生態系が、急速に消失している。
2. 湿潤熱帯の生物資源(遺伝子・種・生態系)の解明は、十分に行われていない。
3. Sustainabilityとは、生物資源と人間との協働ではないか。

研究課題

1. 熱帯(湿地)林生態系の劣化と回復メカニズムの解明
2. 熱帯アジアにおける生物多様性の生態リスクの定量化
3. 生物資源の持続性マネジメントモデルの構築

Main types of swampy forests (Whitten, A.J. et al., 1987.)

-**Mangrove forest**, situated on a fringe of muddy coast and flooded regularly with saline water.

-**Brackish-water forest**, flooded occasionally; typical is a limiting of river banks with the palm *Nyssa*, which needs brackish water for at least part of the year.

-**Peat swamp forest**, which situated on peat domes 2 to 10 meters deep.

-**Freshwater swamp forest**, which lies along the major river traversing the swamps; soil is clay or shallow peat over clay.

Peat swamp forests in Sarawak and Brunei (Anderson, 1961)

Type 1 mixed swamp forest: *Gonystylus-Dactylocladus-Neoscortechinia* association

Type 2 alan forest: *Shorea albida-Gonystylus-Stemonurus* association

Type 3 alan bunga forest: *Shorea albida* consociation

Type 4 Padang alan forest: *Shorea albida-Litsea-Parastemon* association

Type 5: *Tristania-Parastemon-Palaquim* association

Type 6 Padang keruntum: the *Combretocarpus-Dactylocladus* association

The types 1-4 are tall tree forests, having a height of 30-50 meters. The type 5 is a very dense pole-like forest with a low canopy. The type 6 is an open savanna woodland.

接に及んできており、地球環境問題の最前線とも言える熱帯生態系の不可逆的な環境劣化が目下各所で進行している(写真1、2)。

マレー半島南部(タイ・ナラチワ州)の熱帯泥炭湿地林生態系を対象にフロラ(植物相)調査を進めた Niyondoham(1986)¹は、124科470種の高等植物(内シダ植物 13属33種)の生育を報告しており、熱帯泥炭に生育できる植物種の生態的・立地的適応形態の特徴を多く指摘している。報告において、タイでの新記載が48種にも及んでいる。また、21タイプ92地点の植生調査データでは、85科178属244種の高等植物、そのうち森林植生に出現したものが201種、低木・ヤシ植生に出現したものが53種、草原に出現した主が48種となっている²。さらに、現地調査データ(原・鈴木未発表)から自然林の地上部バイオマス(生物量)が240.1t/haと推定している³。樹冠部の平均高が23m、DBH10cm以上の樹木が Myrtaceae、Sapindaceae、Euphorbiaceae など17科26種31種、259本/3600m²であった。

この熱帯泥炭湿地には、マングローブ生態系と生態的共通点も多く、特異性の高い森林生態系が成立している。低木であっても木本植物の多くは板根、呼吸根といった空中根を発達させており、多彩な生活型のツル植物が樹幹にからみつき、植物相の貧弱な林床には特定のシダ植物・ヤシ類の繁茂が見られる。マレー半島では常緑広葉樹の混交林(特定の優占種を持たない)が成立するが、雨水が唯一の水供給源となる貧栄養な泥炭湿地(東マレーシア、ブルネイ)では、高さ50mにも達する *Shorea albida* (フタバガキ科)が純林を形成している。

なぜ熱帯に深さ2-10mにもなる泥炭層が存在するのか？

年間を通じて温暖で湿潤な熱帯では、物理化学的・生物的要因から倒木や落枝の分解還元が急速に進むのが一般的である。だが、熱帯には1年中停滞冠水している淡水性の低湿地が広がっている。そこでは水の中に堆積した幹・枝・有機物は容易に分解還元されず、長い年月を経て泥炭層が形成されている。深いものは、10mを超えている。地史的スケールでの泥炭層形成の素材となった森林はマングローブ林(海水・汽水環境下に生育)であったとされている。すなわち、高緯度地方の泥炭がミズゴケ起源であるのに対して、熱帯では直径50cm、長さ4、5mに達する幹、枝、葉などからなる樹木(木質)起源の泥炭である。

2. 熱帯湿地林生態系の劣化と回復について

熱帯アジア湿地の自然林生態系は、最近20～50年間で農業開発のために土地改変が進められてきた。しかし、熱帯泥炭湿地では、大規模な水路の建設による排水と森林伐採・火入れと入植との組み合わせによる農地開発がほとんど成功しておらず、むしろ新たな環境問題を生んでいる。排水されて乾燥した泥炭層は、強酸性で微量元素が欠乏しており、農地利用のためには土壤改良が必要となる。さらに、年間10cm以上の幅で泥炭の消失とそれに伴う地盤沈下が生じ、短期間で熱帯ポ

¹ Niyondoham, C. 1986. *Thai. For.Bull.* 16:211-229.

² Suzuki, K. & C. Niyondham. 1992. *Tropics* 2(1):49-65.

³ 熱帯林のバイオマスは、San Carlos/Venezuela で268t/ha、Puerto Rico で228t/ha、Paso/Malaysia で475t/haとの報告がある。

ドソル土壌と酸性硫酸塩土壌が形成されてしまい、生物生産地として使えないまで劣化する。これが不可逆的な熱帯生態系劣化である。

1989年8月にマレー半島南部の泥炭湿地(Bacho)に60の固定調査枠(各25m²)を設定して、植生回復(遷移)の経年変化の測定を始めている。この調査地は、大規模な農地開発のために1970年代に自然林を伐採し、排水、火入れが行われた泥炭湿地である。以降、1990年1月、1991年12月、1992年9月、1993年9月、1996年2月、1996年9月、1997年7月、1998年8月、2000年9月の前後10回の調査結果を図1に示す。1989年8月～1993年9月までの間、*Melaleuca cajuputi*(ユーカリなどと同じフトモモ科植物)を中心とする中高木層や *Euodia* 属・*Melastoma* 属の本木植物が優占する低木層が形成されるなど、顕著な二次遷移が確認された。その後、調査地一帯を焼いた野火の影響を受けて、1996年2月の調査では1989年8月のレベルまで植生が退行している。また、2000年9月にも植生の退行がある。*M. cajuputi*の疎林程度までしか二次遷移が進まない原因は、過湿や強酸性、貧栄養といった泥炭湿地特有の立地要因だけではなく、むしろ5～10年間隔で発生する野火もその一因であると考えられる。また、一部の土地では、用材・薪炭材として頻度の高い利用が原因で二次遷移が進行していない。

熱帯湿地林の回復過程

一般的に、劣化した森林生態系が修復していく過程(遷移系列)は、次の通りとされている。

<裸地> <二次草原> <灌木・低木林> <二次林> <自然林(高木林)>

これまでの生態学的調査から明らかになったことは、泥炭湿地に成立している自然林内における大規模な自然倒木や落雷等によって生じた大きな空間(ギャップ)に成立する二次林(中高木林)が、*Macaranga pruinosa* 優占林であり、農地開発のために排水・火入れなどが行われ荒廃した土地に成立する二次林(*Melaleuca cajuputi* 優占林)とは生態的・種類組成的に全く異なっていることである(図3、4)。泥炭湿地の開発地では、乾燥化、泥炭層の消失、酸性硫酸塩土壌・熱帯ポドソル(ケランガス)土壌の生成が行われる。すなわち、熱帯の丘陵部(熱帯多雨林域)と異なり、泥炭地を農地開発した土地では、生産緑地として短期的にしか維持できず土地利用が放棄されても自然林の再生が極めて困難なまで、大幅な立地の劣化・改変が進行する。*Melaleuca* 二次林は、疎林であるため、表層の有機物の流出が著しく劣悪土壌の土地をもたらしている。

泥炭層と硫化鉄鉱物を含む粘土層に起因する過湿や強酸性、貧栄養といった泥炭湿地特有の土壌環境が災いして、農地の多くはほどなく放棄され、荒廃地へと移行している。放棄後も火入れ(野火)や伐採、排水などの人為が断続的に加わることもあって、こうした荒廃地では単純な種組成と構造を有する植物群落が卓越しているが、中でも *Melaleuca cajuputi* は広範に生育し、しばしば圧倒的に優占する先駆樹木として、植生動態の主導的役割を演じている。

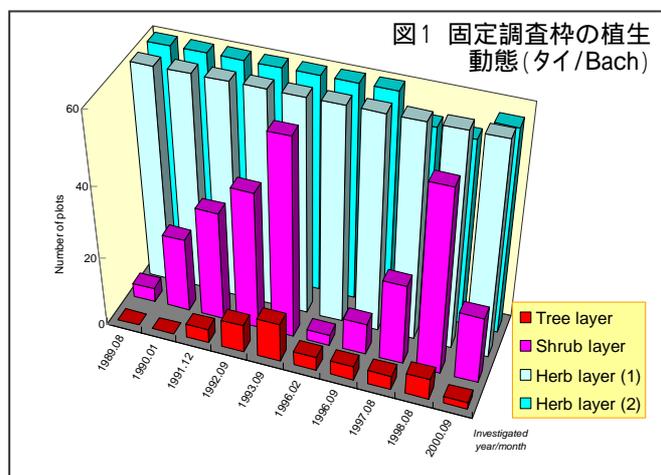
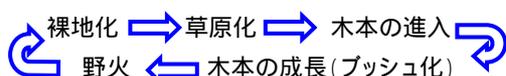




写真 1 熱帯泥炭湿地林(タイ・ナラチワ)



写真 2 農地開発15年後の泥炭湿地(タイ・ナラチワ)

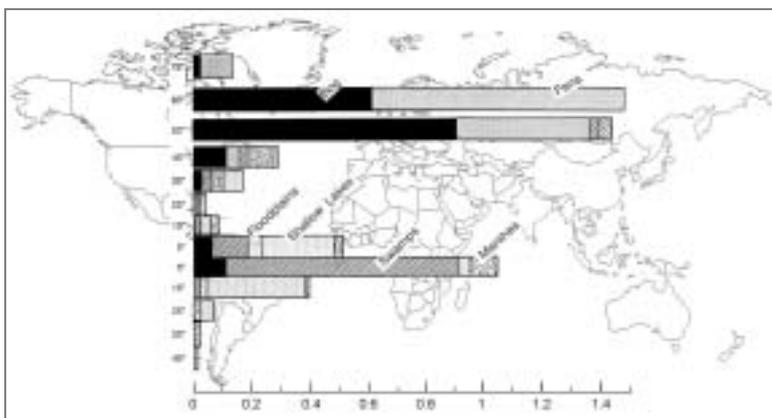


図2 世界の自然湿地分布
(緯度別、百万 km²)

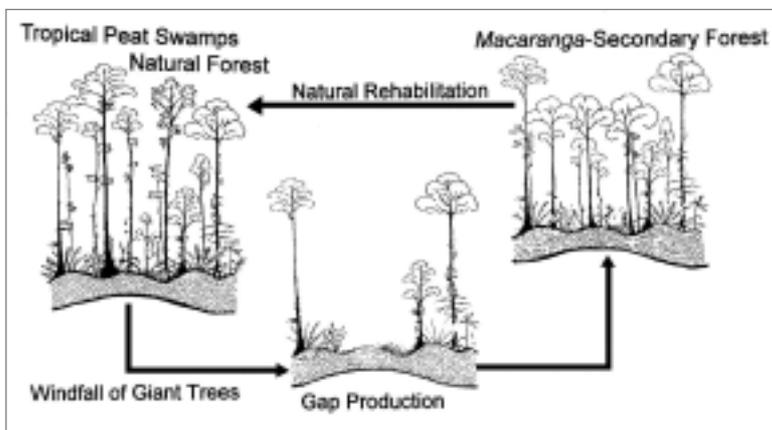


図3 ギャップ形成とその回復過程
(熱帯泥炭湿地林域・タイ)

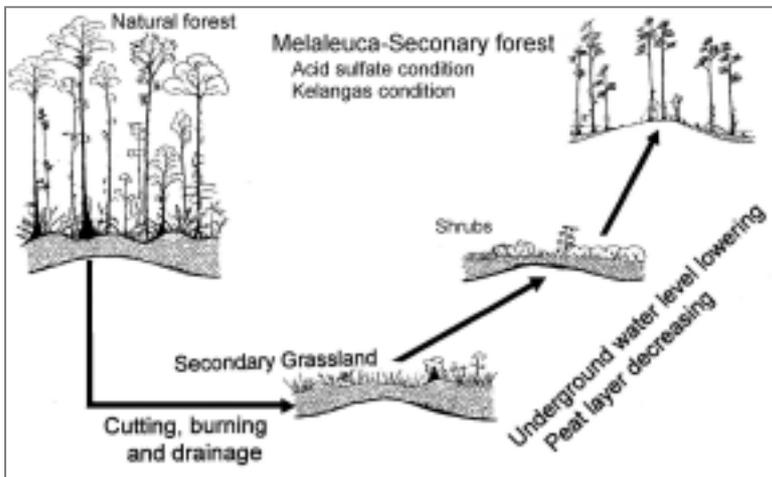
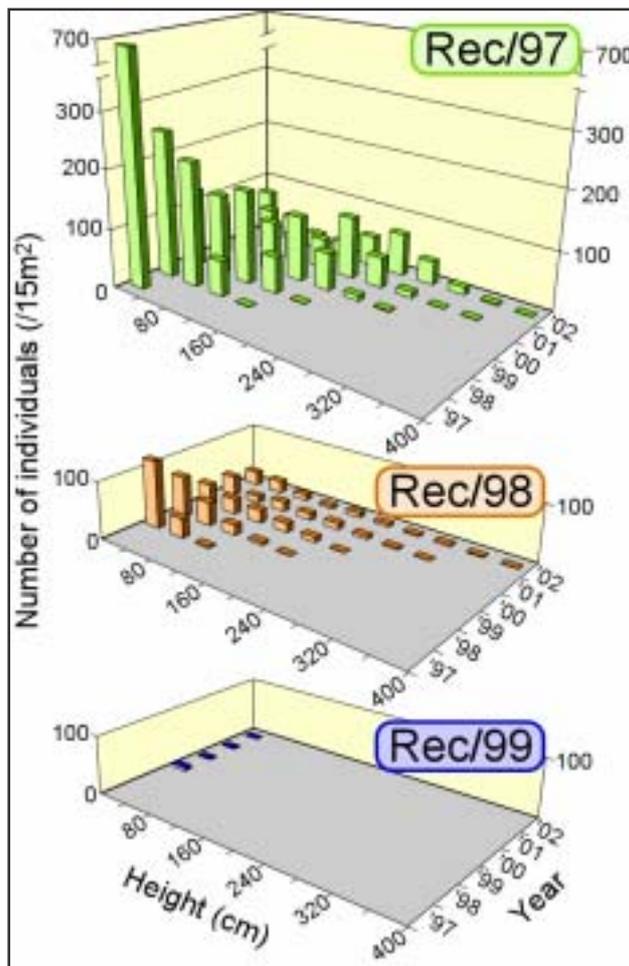


図4 人為的影響とその回復過程
(熱帯泥炭湿地林域・タイ)

野火後の荒廃泥炭湿地における *Melaleuca cajuputi* の定着と初期成長の解析

荒廃した泥炭湿地において、しばしば圧倒的に優占するフトモモ科中高木 *Melaleuca cajuputi* は、二次遷移で主導的役割を演じる唯一ともいえる先駆樹種である。したがって、*M. cajuputi* の生活史特性、とりわけ天然更新のメカニズムを明らかにすることは、泥炭湿地生態系の修復を進める上で、さらには林産資源として有用性が注目され始めた本種の施業を図る上で、不可欠な事項といえる⁴。そこで、1970年代に農地開発が試みられ、その後放置されている Bacho 泥炭湿地(タイ・マレー半島南部)を調査地として、野火跡地における実生の定着とその後の樹高成長等の実態を継続して調べている。



調査は1997年8月～2002年8月まで前後7回にわたり実施した。1997年5月の野火により焼失した泥炭地に帯状の固定調査枠を設置し、地表面の微地形を測量して(1997年8月)。帯状の枠内に出現したすべての植物個体をマーキングし、種名、自然高、根元位置、発生の由来(実生か萌芽か)を調べ、生死と自然高について継続調査した。

1997年8月時点の *M. cajuputi* の総個体数は691個体/15 m²に達し、すべて種子由来の実生であった。泥炭層表面の微細な凹凸地形と実生の根元位置とが顕著な対応をしており、実生は低い比高域(微細な凹地形)に高密度で生育していることが判明した。こうしたセーフサイトの形成には、発芽時期前後における地下水位の季節変動が大きく関与していると推察された。

一方、1998年以降に加入した個体数は155個体/15 m²(1998年8月)、6個体/15 m²(1999年8月)と急激な減少を示し、2000年

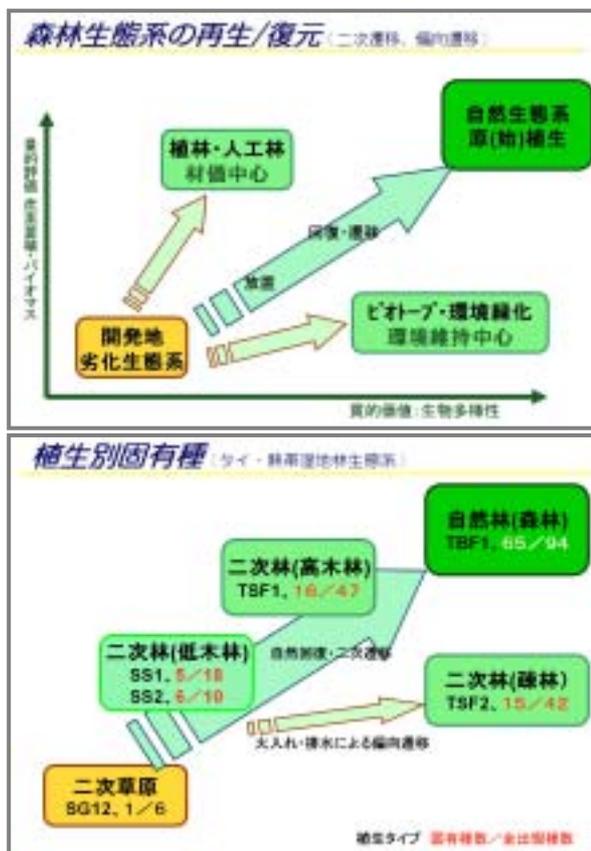
以降に加入する個体は見られなかった。2002年の樹高階分布を、加入年度の異なる集団ごとに比較すると、1997年に加入した集団は明確な二極分布を示した一方で、1998年および1999年に加入した集団は極端なL字型分布を示した。これは、いち早く侵入・定着した同齡集団が順調な樹高成長を示す一方、遅れて定着した同齡集団の樹高成長が阻害されていることを示唆している。また、1997年の同齡集団が二極分布を示したことから、いち早く侵入・定着した同齡集団内でさえも樹高成長に個体間差が生じていることが示唆された。最近の調査では他の木本種の侵入も確認されており、荒廃した泥炭地の二次遷移メカニズムや森林生態系の再生・復元過程を明らかにするために、2003年以降、本調査を継続調査する予定である。

⁴ Maltby, E., Immerzi, C. P. & Safford, R. J. (eds.), *Tropical Lowland Peatlands of Southeast Asia*, The World Conservation Union, 1996

3. 生態リスク：熱帯泥炭湿地林の消失による生物多様性への影響

森林生態系が自然災害や人間活動による直接間接の影響によって破壊され、荒廃している一方で、人間が様々な形で森林生態系の回復活動を行ってきている。森林生態系の再生・復元は、自然の回復能力・地力に依存した二次遷移に加えて、バイオマス・炭素蓄積という量的評価・経済的価値がより優先される植林・人工林・材産中心、同種・遷移、自然生態系源(動)補生、開発地劣化生態系、植林・人工林材産中心、同種・遷移、自然生態系源(動)補生、バイオーム・環境緑化環境維持中心、質的価値：生物多様性

泥炭湿地に残されている自然の熱帯林が失われることによる生物多様性への影響を定量的に評価するために、調査地に成立している自然林、二次林、二次草原の構成種の類似性比較を行った。自然の熱帯(湿地)林では、二次林・二次草原といった人為的影響を受けた植生では生き残れない種でもある固有種(高等植物)が65種と、全体の65%に達している。ところが高木二次林では標徴的種が16種、自然林との共通種が21種ある一方で、*Melaleuca* 二次林(疎林)では標徴的種が15種を数えるものの自然林との共通種が6種に過ぎない。ここでの高木二次林は、排水・火入れ等が行われていない立地の自然性が保持されている泥炭湿地に成立する *Macaranga* 優占林である。このことから、立地の劣化が進んだ泥炭湿地生態系では、広範囲に広がる *Melaleuca* 二次林において自然林の種が存続できる可能性は極めて低いと判断できる。



4. 農村生態系における植物資源利用状況

沿岸域に広がる泥炭湿地生態系には、自然林を中心に多くの固有種が生育し、それゆえ貴重な生物・遺伝子資源の宝庫としての評価が高い。しかし、次のような疑問が残る。

自然林が失われることによって、地球上から自然林固有の生物資源の多くが失われてしまうのか。逆に、歴史的にも人間活動による植物資源利用が持続的かつ多彩に行われてきている熱帯アジアの沿岸域において、何故、現在まで泥炭湿地の自然生態系が残されてきたのであろうか。

疑問への解を考えると、人間による利用という側面へ踏み込むことになる。マレー半島南部の沿岸域(タイ・ナラチワ県)では、確かに、1970年代以降大規模な農業開発のために多くの泥炭湿地生態系が失われているが、1970年まで時間をかけて構築され、伝承されてきた泥炭湿地生態系と人間活動とのかかわり(インターフェース)を解明する必要がある。泥炭湿地域では、限られた規模で水田を中心とした農地開発が古くからなされてきた。その一方で農生態系に隣接した泥炭湿地には自

然度の高い生態系が残されており、そこには農生態系を持続的に維持する仕組みが構築されていると考えることができる。農民らは、泥炭湿地が長い年月をかけて育んできた生物の多様さとその価値を認識し、生育環境を維持しつつ、さまざまな生物資源の持続的な利用方法を生み出しながら、自らの生活・活動圏内にそれらを保全するシステムを構築してきたと推察されるのである。そこで、履歴や立地、生活様式を異にする農家を対象としたフィールドワークで、土地所有関係、収入と主な支出、食生活などと有用資源植物の栽培・利用状況を同時に調べている。

インタビュー及び植物生態調査の結果の1例を示す。ナラチワ県 Todaeng の Ubol 氏宅は、泥炭湿地の原生林に隣接した土地である。Ubol 氏 (25 歳) は姉 (28 歳) とともに国のオフィスに勤務し、父母 (55 歳と 44 歳) とともに母屋で生活し、別棟には祖父母が住んでいる。祖父母はおよそ 50 年前にこの地に移住し、農業を営んできた。緩やかな丘陵と低平な泥炭湿地の境界部に位置する敷地は約 14 ライであり、120 種の有用資源植物が記載されている。ブロック(土地利用区分)別の内訳(重複分を含む)は、ホームガーデン(内庭)43 種、敷地辺縁部(外庭)38 種、ゴム園 17 種、池と湿地 10 種であった。また、これらの植物資源の利用形態は、自給用穀物・作物を中心に、実に多岐にわたるものであり、食生活利用の自給率・自家消費はきわめて高い。次の農家(Toleh 氏・Liam 氏)は 20 年前に農地開発が行われた泥炭湿地帯に入植しており、Wilai 氏は 50 年前に湿地帯に隣接した後砂丘上に入植している。所有地の規模や利用状況は異なるものの、102 ~ 114 種もの有用資源植物の存在が確認された。特に、ホームガーデン(住居敷地内のオープンスペース)の存在が生活に深い意味を持っている。また、米作の不安定さから、多品種栽培や代替作物の栽培、長期貯蔵のノウハウが伝承されてきている。

表 1. Ubol Rattababuri 氏宅のブロックごとの有用資源植物数. ToDaeng.

ブロック	出現種数
ホームガーデン	43 種
敷地辺縁部	38 種
ゴム園	17 種
池・湿地	10 種
合計(重複分を除く)	108 種

表 3. Liam Chat-Suwan 氏宅のブロックごとの有用資源植物数. Nikom Sahakorn Bacho.

ブロック	出現種数
ホームガーデン	81 種
野菜園	26 種
オイルパーム・陸稲園	15 種
合計(重複分を除く)	102 種

表 2. Toleh Doluasiti 氏宅のブロックごとの有用資源植物数. Nikom Sahakorn Bacho Village.

ブロック	出現種数
ホームガーデン	93 種
野菜園	27 種
ゴム園	2 種
オイルパーム園	18 種
合計(重複分を除く)	114 種

表 4. Wilai Liam-Thon 氏宅のブロックごとの有用資源植物数. Ban Khok Khian.

ブロック	出現種数
ホームガーデン	98 種
果樹園	16 種
ゴム園	12 種
海岸ヤシ園	4 種
合計(重複分を除く)	111 種

5. 持続性マネジメントに向けた試み

大規模農地開発の歴史が浅いマレー半島南部の熱帯泥炭湿地においても、泥炭湿地は古くから人々の住む地であり、試行錯誤的・小規模であるものの、持続的利用を前提とする生物生産地利用 = 自然立地的土地利用が醸成されてきている。基本的に、食と住の安定的な自給自足を可能とする

生物生産性の確保に関するノウハウを集約させているのが農生態系であり、隣接する泥炭湿地林生態系の利用的価値・機能的価値の保持をも前提としてきている。

今後調査を進めることにより、熱帯アジア沿岸域の農生態系と自然環境に適合した持続性マネジメントを新たに提示する必要があると考えている。現時点での枠組みとしては、生産性(資源単位 - 土地・労働・エネルギー・賃金 - の土地利潤)、安定性(自然環境、市場経済状況の変化にもかかわらず一定の生産性を確保する)、持続性と公平性(受益者間での公平な生産性配分)の4要素の分析が必要と判断している。

調査対象とする地域には人口圧の増加、大規模農地開発のニーズが現実問題としてある。しかし、熱帯農業開発の取り組みを社会システムとしての協働という視点で分析してみると、大規模農地開発事業の一部として組織された協同組合、王室・政府の農業(開発)研究所と開拓入植者との協働・コラボレーションが確認でき、これを持続性マネジメントの一部と見ることができる。

熱帯アジアの持続可能な発展を実現するには、政府、農民、時に NGO が横のつながりを深め、「人と自然」の関係を協働して律する「環境協働マネジメント」(環境ガバナンス)の構築が欠かせないとされている。これは、環境という共有資源を政府だけでなく地域の人々も一緒になって保全・管理する方法であり、利害をもつ全ての人々を自然環境の保持のために編成する仕組みのことである。

文 献(1996 年以降)

- 鈴木邦雄 水辺環境のエコロジー。『環境技術』 vol.25 no.12. (1996)
- 鈴木邦雄 熱帯の自然と人。『国際シンポジウム・地球環境科学の課題と展望』 クバプロ。(1996)
- Suzuki, K. and P. Saenger, A Phytosociological Study of Mangrove Vegetation in Australia with a Latitudinal Comparison of East Asia, *Mangrove Science* vol.1. (1996)
- 鈴木邦雄 『水に浮かぶ森』 信山社, 61 頁。(1997)
- Suzuki, K. An Ecological Note on the Melaleuca Vegetation in Australia. *Researchs Related to the UNESCO's Man and the Biosphere Programme in Japan(1997-98)*. (1998)
- 鈴木邦雄 自然環境の資源化に関する一考察。横濱経営研究 19(2). (1998)
- 鈴木邦雄. 進歩総説: 東・東南アジアのマングローブ植生研究. 日本海水学会誌 53(3). (1998)
- 鈴木邦雄 エコシステムから社会システムへ。『エコフロンティア』 3. (1999)
- Suzuki, K. A phytosociological study of littoral peat swamps of North Stradbroke Island, Australia. *Eco-Habitat: JISE Research* 8(1). (2001)
- Suzuki, K., K. Hara & Y. Hirabuki Endangered Biodiversity in Tropical Peat-swamps in Relation to their Ecological Risk. *Studies on the Vegetation of Alluvial Plains: Commemoration of Ptof. Dr. S. Okuda's Retirement*. (2001)

Human Life and Green Resource アグロエコシステムの諸機能と農業開発 (Conway 1984, Kepas 1985)

	生産性	安定性	持続性	公平性
伝統的農法(低人口密度)	低い	中間	高い	高い
伝統的農法(高人口密度)	極低	極低	低い	中間
林業	低い	高い	高い	低い
換金作物	高い	低い	低い	低い
果樹と換金作物	中間	中間	中間	中間
ホームガーデン	高い	中間	高い	高い

