

2. 熱帯低湿地生態系を対象とした温室効果ガス吸収排出制御技術の開発と評価

(2b) 東南アジア低湿地における温暖化抑制のための土地資源管理オプションと地域社会エンパワーメントに関する研究

(1) 淡水湿地林・泥炭湿地林・マングローブ林の維持機構と炭素固定機能の解明

1) 湿地林の地上部炭素固定機能の解明

独立行政法人森林総合研究所	国際連携推進拠点	田淵 隆一
独立行政法人森林総合研究所	九州支所研究調整監	松本 陽介
〈研究協力者〉		
独立行政法人森林総合研究所	国際森林情報推進室	米田 令仁
タイ国カセトサート大学	研究開発機構ラノン沿岸資源研究ステーション所長	Dech Dounnamol
		Sompoch Nimsanthicharoen
タイ国チュラロンコン大学	理学部教授	Pipat Patanaponpaiboon
	同 講師	Sasitorn Pongparn
インドネシア科学院	生物学研究所	Herwint Simbolon
マレーシア水産研究所	生態研究部長	Chee Paik Ein
ミクロネシア連邦	ポンペイ州政府資源管理局 森林官	Saimon Lihpai
米国農務省森林局	太平洋諸島林業研究所・熱帯湿地林研究チーム長	Kathrine C. Ewel

平成 15～19 年度合計予算額 18,543 千円

(うち、平成 19 年度予算額 2,444 千円)

「上記の合計予算額には、間接経費 4,280 千円を含む」

[要旨] 東南アジアにおける 3 タイプの代表的な湿地林として、マングローブ林、淡水湿地林および泥炭湿地林における地上部での炭素固定機能（蓄積量と蓄積速度）を評価するため、いくつかの林分に固定試験地を設定してセンサスによるサイズ構造と成長を把握した。発達した天然林から 6 年生の若い林までで、マングローブは 282.2 から 38.2 tonC/ha の炭素を蓄積でき、その蓄積速度は若い林では 5.5 tonC/ha/yr に及んだ。河畔の淡水湿地では冠水頻度により炭素蓄積機能には差がみられ、段丘上の冠水頻度の低い林が 89 tonC/ha 弱であったのに対し、河畔低地では 23 ton C/ha 程度と 4 倍近いひらきがみられた。蓄積速度は低地でも段丘上でも 1 tonC/ha/yr 程度であった。泥炭湿地林では湿地の中央部での炭素蓄積量は 190 tonC/ha であった。

[キーワード] マングローブ林、淡水湿地林、泥炭湿地林、地上部炭素蓄積量、炭素蓄積速度

1. はじめに

熱帯における低湿地林の維持機構と炭素固定機能の解明、農地など土地利用転換に伴う炭素貯留量変化の解明、温暖化抑制を促す土地利用（湿地林の再生）のための地域社会エンパワーメント（活性化）、及び熱帯低湿地の有効な土地管理オプションの提案を目的として研究を進めている。

森林セクターにおいては、様々なタイプの湿地林における炭素蓄積量とその過程、及び蓄積速度の把握が不可欠である。東南アジアをはじめとする熱帯地域の湿地林は、海岸部低地、内陸部冠水域を問わずその広がり、地上部現存量ならびに地下部における根系、泥炭等有機物としての炭素蓄積の大きさにおいてきわめて重要な存在である。この湿地林についての炭素蓄積量の定量的評価は、しかしながら調査の困難さのため一部マングローブ林を除いては、森林の種組成についての報告はあるものの淡水湿地林、泥炭湿地林ともほとんど行われてこなかった。湿地林の維持機構と生産力の把握は今後の多様な湿地林を包含する湿地帯の管理政策立案と決定には不可欠の基本情報であり、データ蓄積・解明とその精度向上が急がれる。

2. 目的

本研究は主として東南アジア低地の湿地林における地上部での炭素固定機能を明らかにすることを目的としている。そのため、マングローブ林、淡水湿地林および泥炭湿地林の3タイプの森林について、いくつかの試験地を設定し、地上部現存量およびその蓄積速度を求めた。

このうちマングローブ林については、主としてタイ、マレーシア両国のマレー半島西岸において、製炭原料生産のため皆伐と天然更新による再生が数十年周期で繰り返されてきた林業地域（マレーシアでは現在も進行中、タイでは1989年の天然林禁伐令により2003年までに林業活動は停止）を対象に、再生後の経過年数や更新・発達段階の違いと現存量や成長量との関係を求めた。東南アジアではないが原生に近い林分としてのミクロネシア連邦国ポンペイ州のマングローブにおけるデータを加えての機能評価を試みる。

淡水湿地林に関しては、本研究では東北タイ、ヤソトン県の、国際河川メコン川の支流ラムセバイ河畔に分布するものについて、地形の高低によって決定される冠水期間との関係で林分構造と地上部現存量ならびに成長速度の把握を試みた。

泥炭湿地についてはスマトラ島東岸リアウ州のシアク川とカンバル川に挟まれた湿地域を対象に、両河川の間位置（約18kmずつ、今回調査データ）および河岸から約5km位置までの数箇所についての林分構造パラメータ¹⁰⁾を収集した。うち中間位置はレンズ型に発達するとされる泥炭湿地のほぼ中央部に相当する。この中間位置地点でのサイズ構造から地上部現存量推定を試みた。

3. 研究方法

(1) 手法

地上部現存量およびその蓄積速度推定のための基本的な調査は、設定した試験区における個体ベースでのサイズセンサスならびにその繰り返しによる個体サイズ成長および枯死個体の把握

である。

測定した個体サイズに林分タイプ等で決定されるアロメトリを適用して個体毎の幹、枝、葉、花・果実、マングローブにおいては地上根の重量を推定し、地上部個体重を求める。

設定した試験区内の対象とする全個体の重量の合計から、単位面積当たりの現存量を推定する。また繰り返しセンサスで求めた現存量の変化量が、2回のセンサス期間における林分成長量であり、単位時間当たりの値としてあらわす。炭素量へは、本研究では現存量に換算率 0.45 を乗じて換算した。

(2) 試験地

図-1 に試験地の位置を示す。



図-1 試験地位置

各タイプ湿地林に設定した調査区の位置、試験区サイズ、主要構成樹種、林齢/発達段階などの情報を以下に示す。

1) マングローブ林

① タイ国ラノン県 (マレー半島西岸) プラパット海岸 (9° 22' N、98° 25' E)

1989年の天然林禁伐令までは皆伐による製炭用材生産が行われていた。禁伐令から数年以内に伐採は停止され、2003年時点での推定林齢はおおよそ16年生であった。海岸沿いにあるカセトサート大学所属の沿岸資源研究場構内の河口近くの潮入内に3林分、海岸から1km程度入り江内のマングローブ域を遡った地点に1林分の試験区を設けた。

② タイ国トラン県カンタン郡 Tura 島 (7° 20' N、99° 30' E) とその周辺

トラン川河口近くのマングローブ域内にある面積約20ha程度の小島に成立したマングローブ林であり、1980年代には *Rhizophora apiculata* が優占する中に、老齢化した先駆性樹種

Avicennia officinalis の大径木がわずかに残存していた。同島の天然生 *Rhizophora* 林の推定林齢は 1987 年時点で 45 年生前後 (13)、同年に試験区設定後、1990~1999 年の間 9 回の繰り返しセンサスを実施した。

③ マレーシア、ケダ州 Merbok マングローブ (5° 38' N, 100° 27' E)

Sungai Petani 川の流域に発達したマングローブ林であり、伐期齢 30 年程度でのマングローブ材の皆伐が現在でも行われている。再生後の林齢の異なる 3 林分(林班名から C-7:2003 年時で 19 年生、C-9:6 年生、C-12:29 年生)に試験区を設定した。

④ マレーシア、ペラック州 Matang マングローブ

長期間伐採が行われていない老熟林と分類される 34 林班内の天然生林に 1996 年に河岸から幅 25m×奥行 180m の試験区が設定され、同年に初回のセンサス¹¹⁾が実施された。2004 年にこの試験区を復元し、2004、2005 の両年に再センサスを実施した。

ここまでの林はいずれも河川上流域からの土砂や栄養の供給を受ける大陸型のマングローブであり、ほとんどの林分では *Rhizophora* 属樹種が優占していた。

⑤ ミクロネシア連邦国ポンペイ州

背後に大きな陸地を持たないこの島(周囲わずか 80km 程度)のでは、島を取り巻くサンゴ礁上にマングローブが発達している。製炭業による伐採や、農地他への土地利用転換がほとんど存在しなかったため、この島のマングローブ林はほぼ手付かずの状態が発達し、大径木が多く混じる。ここでは 1994 年以降に 5 林分で試験区を設定し、2005 年までの間数年おきにセンサスを繰り返した。

2) 淡水湿地林

淡水湿地林については、タイ国東北部のメコン支流ムン川から派生してヤソトン県カムクワンケオ郡とアムナートチャラン県、フアタパン郡の境を流れるラムセバイの右岸に、雨期の冠水期間の長い河畔低地から段丘上の林にかけて試験区を設定し(15°35' 41" N, 104°27' 64" E)、2005、2006、2007 年の 3 回センサスを繰り返した。この河畔の淡水湿地林では毎年雨期後半 10 月頃に増水のため水位が 5~6m 程度上昇し、河畔低地の背の低い林分は一部 2~3 ヶ月以上冠水する。

3) 泥炭湿地林

泥炭湿地林の試験区はリアウ州シアク県の県都シアクスリンドラブラから南に入ったシアク川とカンバル川のほぼ中間地点に分布する広大な森林内に 2006 年に設定した。道路脇の幅広い排水溝を越えた森林内に 100×100 m² の試験地を設定し、センサスを行った。同試験区はレンズ型に発達するとされる泥炭ドームのほぼ中央部に位置するため増水時以外の地下水位は低く、周縁部と比較すると生産力は低いと見られる。

また泥炭ドーム周縁部についてはカンバル河中流部 Teluk Meranti 郡内の泥炭湿地林(0° 7' N, 102° 28' E)に設置された河岸からドーム中央に向かって 0.8~4.3km 位置まで 0.5km 間隔の 7 カ所のプロット(各 1ha ずつ)の林分構造データを用いた。

センサスにあたっては、個体番号を与えてプロット内位置を記録し、樹種同定後に幹直径 D(cm)を測定した。マングローブ林では(2)のカンタン試験区で幹直径 4 cm、その他の試験区では樹高 1.3m以上のそれぞれ全個体について実施した。支柱根の発達する *Rhizophora* 属樹種については支柱根の肩から 0.3m上方での幹直径を、支柱根の発達が明瞭でない非 *Rhizophora* 属樹種については胸高直径 (DBH: 地上高 1.3m位置での幹直径)を測定した。また淡水湿地林については胸高直径 (DBH) 4cm 以上の、泥炭湿地林については 5cm 以上の全個体について測定した。

マングローブ林、淡水湿地林では一部個体については樹高 H(m)も測定し、幹直径一樹高関係 (D-H 関係) を決定した。センサス対象個体の樹高を推定して重量を算出するためである。泥炭湿地林については不明種が多く、樹種同定はまだ完了していない。また泥炭湿地林での樹高は大部分を目視により判定したものである。

4. 結果・考察

(1) マングローブ林

表-1~3 にはマイクロネシア、南タイ天然生林および皆伐後更新した天然生林の、主要試験区における林況⁴⁾を示した。

地上部現存量は個体毎の器官重 (幹、枝、葉、花/果実及び *Rhizophora* 属樹種については地上根重を含む) ~個体サイズとの関係を示す Komiyama et al. (1988)⁶⁾ によるアロメトリを用いて推定したものである。

表-1 ミクロネシアのマングローブ林試験区 (1ha) 2ヶ所の測定開始時の林況

	平均直径 (cm)	最大直径 (cm)	平均樹 高(m)	最大樹高 (m)	立木密度 (本/ha)	BA (m ² /ha)
PC-1 全樹種	17.2	123.4	16.4	33.7	1558	47.4
樹種別						
<i>Rhizophora apiculata</i>	18.6	51	20.3	27.4	1172	34.4
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	8.7	37	8.3	22.3	352	3.8
<i>Sonneratia alba</i>	53.9	123.4	27.5	33.9	34	9.2
PE-1 全樹種	26.2	204	18.7	38.2	641	57.3
樹種別						
<i>Rhizophora apiculata</i>	21.8	45.1	21.3	27	366	15.6
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	23.1	65.2	14.7	25.3	179	12.2
<i>Sonneratia alba</i>	86.6	204	30.8	38.2	34	24.3
<i>Xylocarpus granatum</i>	28.9	69.9	16.4	25.9	62	5.2

表-2 南タイ、カンタン試験区における12年間の林況変化 (Rhizophora 林)

西暦(年)	1987	1990	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
立木密度(本/ha)	1,001	984	833	785	773	733	715	657	631	598
BA(m ² /ha)	26.2	28.4	28.7	28.5	29.4	28.9	29.3	29.7	30.0	29.7

表-3 南タイ Ranong およびマレーシア、ケダ州 Merbok の試験区における測定開始時の林況

	優占種	林齢(年)	平均サイズ		立木密度 (本/ha)	BA (m ² /ha)
			D(cm)	H(m)		
Ranong	A <i>Avicinnia alba</i>	16	14	12.5	647	12.7
(南タイ)	B <i>Rh. apiculata</i>	16	12.5	13.3	800	10.9
	C <i>Rh. apiculata</i>	16	8.3	11.6	3,733	24.5
	D <i>Rh. apiculata</i>	16	11	11.7	1,613	22.3
Merbok	1 <i>Rh. apiculata</i>	6	4.4	8.2	12,300	20.3
(マレーシア)	2 <i>Rh. apiculata</i>	19	17.3	19.8	822	21.4
	3 <i>Rh. apiculata</i>	29	16.5	19.9	813	25.4

表-4 に試験地を設定したマングローブ各林分における地上部炭素蓄積量と蓄積速度とを地域別に示した。

表-4 地域、タイプ別マングローブ林の地上部C蓄積量と蓄積速度

マレーシア	c-7	c-12	c-9	Matang	
林齢	19年生	29年生	6年生	60年以上	
BA(m ² /ha)	21.4	23.6	20.3	22.0	
期首炭素蓄積量 (tonC/ha)	102.8	132.7	48.3	114.0	
炭素蓄積速度 (tonC/ha/ya)	3.5	2.7	5.5	4.7	
タイ	Plot-A	B	C	D	Kantang
林齢	約16年生	約16年生	約16年生	約16年生	約15年生
BA(m ² /ha)	12.3	10.9	24.5	22.0	28
期首炭素蓄積量 (tonC/ha)	38.2	38.6	84.2	83.3	190.4
炭素蓄積速度 (tonC/ha/ya)	1.8	3.5	3.6	3.8	3.6
ミクロネシア	H-1	H-1	H-2	H-1	H-1
BA(m ² /ha)	47.6	57.9	61.1	24.1	24.4
期首炭素蓄積量 (tonC/ha)	239.1	282.2	272.0	204.2	50.0
炭素蓄積速度 (tonC/ha/ya)	1.6	3.2	3.5	1.2	0.9

表-4におけるミクロネシア、PE-2 試験区におけるマイナスの炭素蓄積速度は、この成熟林分を構成する大型個体の枯死によるものである。十分に発達し、大きな成長がみられない成熟林であるため、重量の大きな少数の大型個体の損失が大きく反映される。このマングローブ林における地上部炭素蓄積量と蓄積速度の関係を図-2にまとめて示した。*Avicennia*属樹種が優占するタイ、Ranong のPlot-A および *Sonneratia alba* が優占するミクロネシアのPS-1 では蓄積速度が、同程度の地上部蓄積を持つその他の *Rhizophora* 優占林分と比べて低い。これらを除けば、蓄積量の小さな、一般的に若い林ほど蓄積速度が高い。

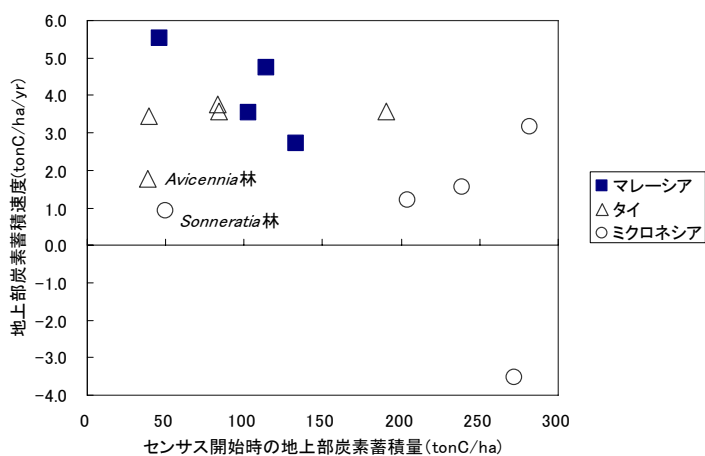
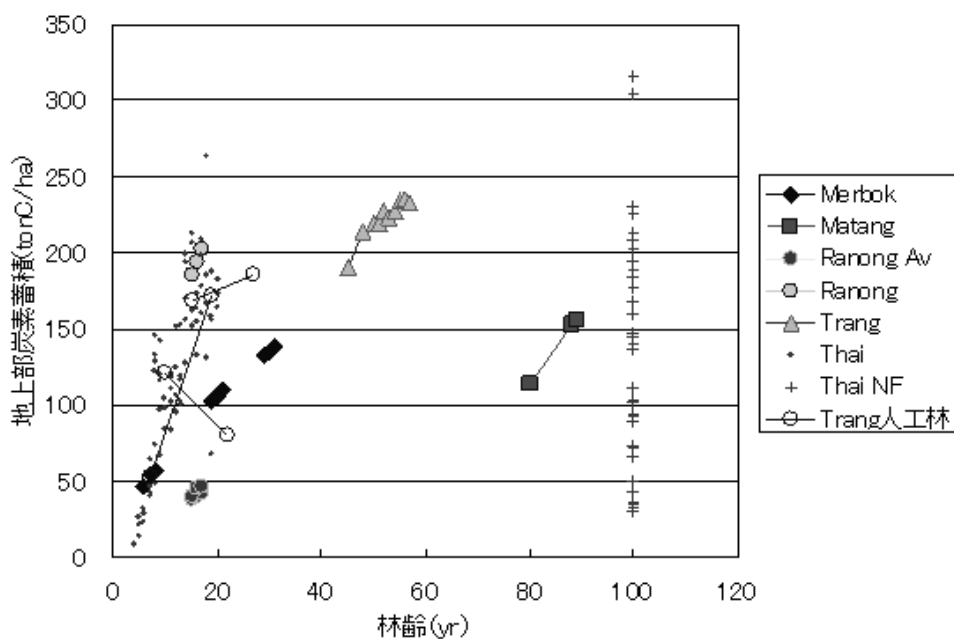


図-2 マングローブ試験区の地上部炭素蓄積量と蓄積速度との関係



Thai及びThai NFのデータはKongsanchai(1988)による

図-3 タイ、マレーシアのマングローブでの林齢と地上部炭素蓄積量の関係

またタイ、マレーシアでの推定林齢と地上部炭素蓄積量との関係を図-3 に示した。図中の Thai および Thai NF は Kongsanchai. (1988) ⁷⁾ による材積 (m³) を比重≒1 である *Rhizophora* 属樹種の幹重とみなし、タイの Trang 県、カンタンでの天然生林での地上部に占める幹重の割合を考慮して地上部現存量を推定した。天然林 (NF) では林齢不詳のため、仮に 100 年生とした。天然林でも林分間の開きが大きいことがわかる。

発達した林分である Matang のものの炭素蓄積が低かったのは、その後 9 年間で高い増加 (炭素にして 114→156.5tonC/ha) あったことから判断して、この試験区の中央部が 1996 年以前に生じた林冠ギャップの再生段階にあり、小径木が集中していたためであり、その後の旺盛な成長が反映されたためであると考えられた。

(2) 淡水湿地林

1) 試験区の地形

淡水湿地はマングローブ、泥炭湿地とともに海岸に近い低湿地としてこの三者一組で語られることが多い。しかし低地の河川沿いに発達し、自然堤防として上流から流下した肥沃な土壌を堆積させた淡水湿地に成立した低湿地の淡水湿地林は、東南アジアではその肥沃さのためほとんどの森林がすでに開発され、水田やゴム、ヤシ等の木本作物プランテーションに転換されてしまった。このため本研究では、雨期後半の増水した川水が、同時期の水位上昇によるメコンの河口閉塞により本流へ流れ込めずに河岸に溢れ数ヶ月間冠水下におかれる河畔に成立する森林を対象として調査を行った。この時期の増水は水位を 5~6m も上昇させ、水面の幅は数キロにまで拡大する。このようなアマゾン流域やメコン下流のトンレサップ周辺などに代表される内陸の河川沿いに成立する季節的な冠水による淡水湿地林は、世界の様々な地域、気候帯に分布するものであり、今回の対象地は小規模ながら典型的な内陸河畔の淡水湿地林の特徴を備えている。

図-4 にラムセバイ河畔に設定した調査区の河畔から陸側にかけての断面地形図を、センサスした全個体の位置とともに示す。定期的に冠水するため河岸から 70m 程度内側の相対地盤高 3m 程度の林内まで漁労用の仕掛け (エリ) が常設されている。調査区外にあるシロアリ塚の漂着から判断すると数年に一度の大きな氾濫時には約 8m まで河川水位が上昇するようだ。

図-4 下図は河畔からの距離 (m) と林分構成木の樹高との関係を示した。河岸付近に樹高 20 m 級の *Syzygium* 属樹種が 1 個体あったのを除き、80m 地点近くまでは 7~9m までの林冠が続く。80m 以奥から樹高 10m 超の個体が出現しはじめ約 90m 地点では林冠は 25m 程度の高さを持つようになる。この陸側の 20m 超級の林冠を形成する多くはフタバガキ科樹種であった。林冠高からは、このフタバガキ科樹種が出現し始める手前の 80m 地点付近までが毎年冠水するゾーンであるとみられ、その相対地盤高は 4~5m の範囲にあった。また河岸低地の 0~40m ゾーンでは雨期前半でも湿地状の草付きがみられる。

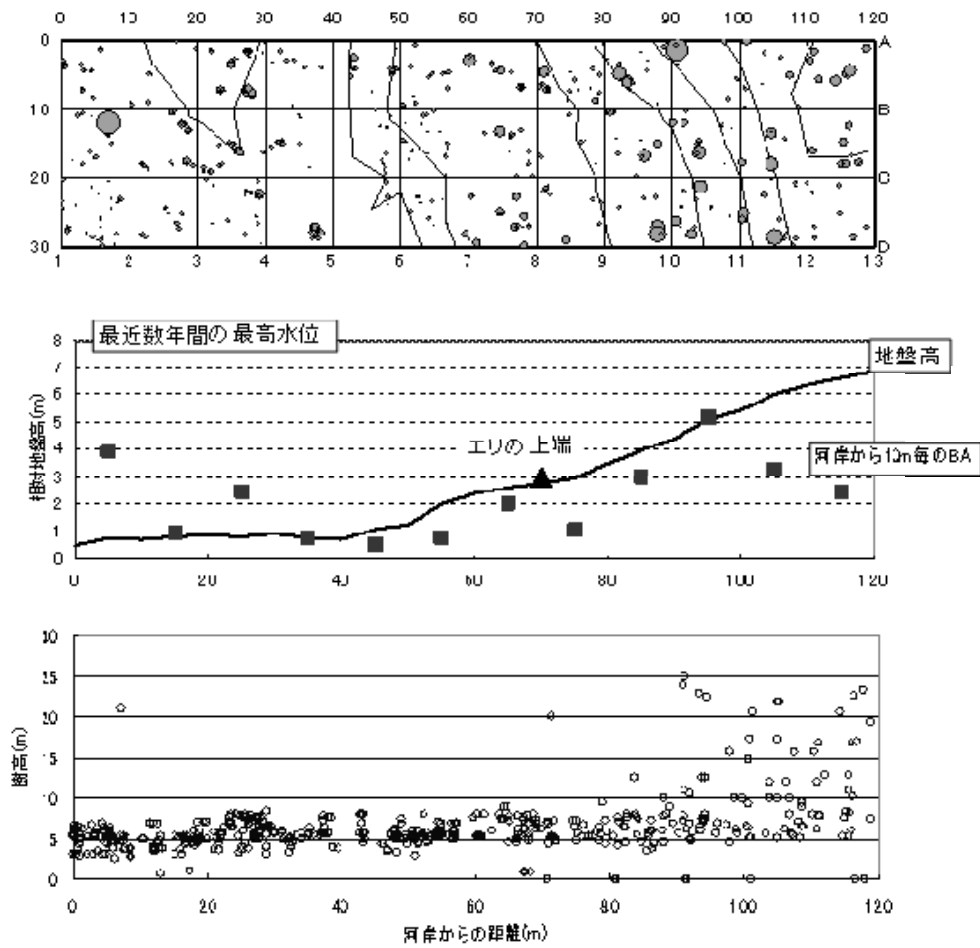


図-4 試験区の立木位置、縦断地形および出現木の樹高

2) 林分構造

① 樹種構成

表-5 は試験地内の出現樹種のリストである。2 個体以上出現した樹種について、河岸からの距離別に出現個体数を示した。表の下部、横線以下 4 種はフタバガキ科樹種であり、*Dipterocarpus alatus* のように東北タイなどに広く分布する落葉フタバガキ林の主要構成メンバーとして林冠層を形成するものも含まれる。試験地内に出現した樹種は種レベルまで判定されたものが 42 樹種、属レベルまで判定されたものが 4 樹種、表には記載していないが 2006 年時点で不明なものが 17 種あった。図-4 に示した試験地の地形縦断面と併せて、表からは河岸からの距離との関係で樹種別に乾/湿の出現傾向が読み取れる。

② サイズ構造と林分動態

図-5 (左) に幹直径の頻度分布を示す。2005 年のデータでは直径 25cm 以下の個体が、0.36ha

の試験地で全 528 個体出現したうちの 95%以上を占めていた。立木密度は 2005～2007 年の 2 年間で 1467 から 1508 を経て 1503 本/ha に増加、胸高断面積合計 BA (m²/ha) は 21.3 から 22.3 に増加した。

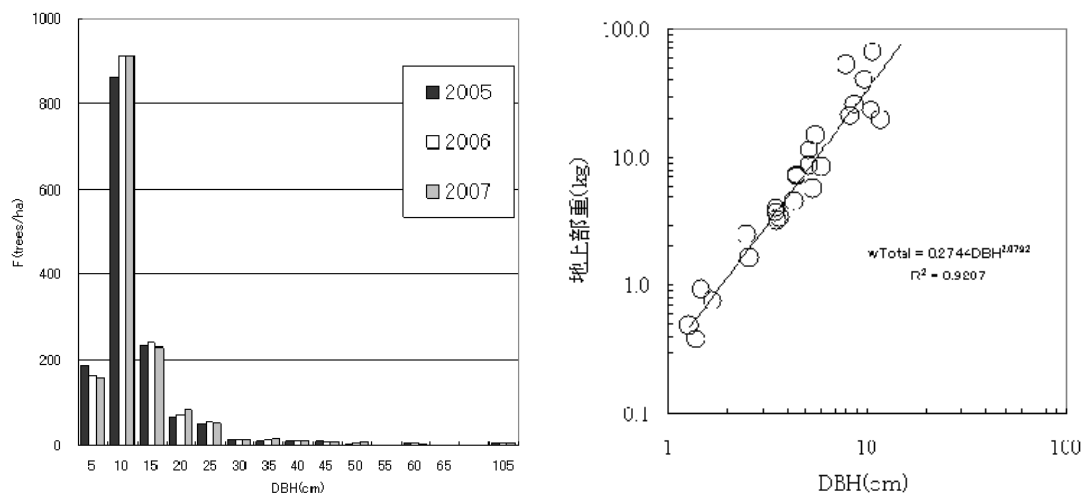


図-5 (左)淡水湿地林の DBH 頻度分布

(右) DBH～個体重アロメトリ

この間 ha あたり 19 本が消失し 67 本が新規加入した。この個体数変化は冠水期間の長い 0～40m ゾーンで最も大きい。

3) 地上部炭素蓄積量

① 河畔低部群落の個体サイズ～重量アロメトリ

現存量推定にあたって、段丘上の主に林に現れる樹高 20m を越すような樹種には東北タイの DDF (乾性フタバガキ林あるいは落葉フタバガキ林) についての既存のアロメトリ¹²⁾を、河畔低地部分を占める樹高 10m に満たないヤブ状の多幹な樹種群については伐倒調査により DBH をパラメータとする地上部重推定用のアロメトリを新たに決定してそれぞれ用いた。図-5 (右) に河岸低部に頻出する樹種 6 樹種 25 個体から得た、DBH (胸高直径) と wTotal (地上部個体重) の関係を示した。両値の間にはべき乗式で表せる関係 (次式) が成り立つ。

$$w_{\text{Total}} = 0.2744 \text{DBH}^{2.0792} \quad (R^2 = 0.9287)$$

同式を河畔低部に頻出する樹種 (大木となる *Syzygium* 属樹種は除いた) に適用し、樹種別の DBH データに当てはめて低部矮性樹種の地上部個体重を推定した。

② 地上部現存量推定及び成長速度

30m×120m の試験区全体での地上部現存量は 2005、2006、2007 年のそれぞれで 115.0、119.5 及び 119.0 ton/ha とわずかに変化した。河岸から段丘上に向けての距離 40m ずつの低、中、高位の各ゾーンに区分すると (試験区内最河畔にある *Syzygium* sp. 大径木 1 個体 : 2005 年時点で DBH104cm、樹高 21m、推定個体重 6.4ton 及びツル性木本の値を外して示す)、2005 年には低、中、

高位の3ゾーンでそれぞれ48、46、198 ton/haであったものが2年後の2007年には52、50、202 ton/haと、各ゾーンともわずかながら増加がみられた。

表-5. ラムセバイ試験区における出現樹種、個体数と河岸からの距離の関係
(2個体以上出現種)

	河岸からの距離(m)					
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	100-120
<i>Dalbergia foliacea</i> Will.	1	3	4	8	2	
<i>Syzygium</i> sp.	1		3	5	7	2
<i>Derris scandens</i> (Roch.) Benth.	1			1		1
<i>Cyperos forficatus</i> Lour.	2	1				
<i>Barringtonia acutangula</i> (L.) Gaertn.	4	3	6	2		
<i>Garcinia schomburgkiana</i> Pierre	4	32		8	3	
<i>Milodorum siamensis</i> (Schaff) Bon	6	9		1		
<i>Symplocos anacardiflora</i> (Aky-Sheer) Aky-Sheer	9					
<i>Eydhuria acuminata</i> Will. ex Kurz	11	5	1			
<i>Millettus fordii</i> Gagnep.	23	9	47	22	3	
<i>Hymenocardia mallicola</i> Tul.	28	28	3	2	1	
<i>Ternstroemia cambodiana</i> Gagnep.		2	6	3	1	
<i>Pachyrrhizus dasycarpa</i> Kurz		4	2			
<i>Cheeramanus pinnatus</i> (Rach) Krulow				3	7	
<i>Colsonia auriculata</i> (Dorr) Craib				1	2	
<i>Hedyocarpus arbutifolius</i> Pierre ex Lecom.				4		
<i>Lepidocarpus senegalensis</i> (Poir) Leenh.				2		
<i>Physalis karodifolia</i> Baile					3	
<i>Salania chinensis</i> L.				2		
<i>Pogonias fragrans</i> Roxb.					2	1
<i>Urtica rufa</i> BL					7	1
<i>Mimosa pudica</i> L.					1	2
<i>Parinari avicennae</i> Hance						3
<i>Albizia lebbekii</i> Roxb.						3
<i>Intsia bijagara</i> Oliv. ex A.W.Bern.					7	4
<i>Milodorum flulicosum</i> Lour.						8
フタバギキ科樹種						
<i>Fatica formosensis</i> Pierre	6	6	44	10	4	
<i>Dipterocarpus alatus</i> Roxb. ex G.Don				2	4	2
<i>Dipterocarpus</i> sp.					4	15
<i>Hopsea</i> sp.					6	

③ 地上部炭素蓄積量と蓄積速度

炭素量に換算(有機物量×0.45を用いた)すると、ラムセバイ淡水湿地林の炭素蓄積量は51.8から53.6 ton C/haに増大し、炭素蓄積速度は0.9 ton C/ha/yrとなった。ただし冠水条件差により40m幅のゾーン間でみると蓄積量で23~91 ton C/ha、蓄積速度にも0.8~1.0 ton C/ha/yr程度の幅があった。また低位ゾーンでは枯死や住民による伐採利用など、消失する個体も多い。

(3) 泥炭湿地林

川からの距離に沿って *Koompassia* 及び *Durio* 属樹種が優占する混交湿地林、*Shorea* 及び *Swintonia* 属が主体の湿地メランティ林、*Plaquium* と *Swintonia* が多いスタイ・パダン林の帯状分布が認められた。このうち川に近い部分では板根を発達させる *Koompassia malaccensis*、*Swintonia glauca*、*Shorea teysmanniana*、呼吸根を持つ *Ganua mottleyana* などが林冠木として比較的多く分布しているが、林内の微地形・微環境に応じて多様な樹種の若木の成立が認められる。川岸から内陸にかけての各プロットの林分構造パラメータを表-6 に示す⁰⁾。BA (断面積合計) は 30~38.1 の範囲にあり、Anderson によるスマトラとボルネオの泥炭湿地林^{2,3)}の値と大差はない。林冠高は 33~46m 程度あり、Anderson (1961)¹⁾によるブルネイの混交湿地林とパダン・アラン (あるいはパダン・メダン) 林の中間的なサイズといえる。上記 3 タイプ林分での泥炭深は混交林 : <2m、メランティ林 : 2~5m、スタイ・パダン林 : >5m、地下水の電機伝導度やリター量、林冠高も川からの距離との相関がみられた。

泥炭ドーム中央部では、DBH5cm 以上の個体数は 1,643 本、うち生存個体は 1,619 本であった。DBH25cm 以下の個体がほとんどを占めたが、わずかに直径 90cm 近いものも混じる。同林分では林冠構成木としては *Shorea teysmanniana* や *Palaquium obovatum* が目立った。同林分での最大樹高は 56m であったが、強風によるとみられる斜傾、倒伏、曲がり、頭飛びなどの個体が目立ち (全体の 15% 程度)、枯死個体の集中がみられた。直立個体は 1,397 本であった。泥炭ドーム中央部での BA (断面積合計 : m²/ha) は枯死木を含む全個体で 30.8、うち生立木は 28.7 (直立個体は 26.1) であった。カンパル川河岸から 5km 以内の泥炭ドーム縁辺部の泥炭湿地林での値 : 30.0~38.1 m²/ha と比べ 25% 近くも低い。縁辺部と比べドーム中央部はより貧栄養かつ乾燥した立地環境であることを反映したものと見られる。DBH 頻度分布 (図-6) を基にした *M-w* 図による個体サイズ構造解析⁵⁾からは、この林分が 4 階層から成立していることが明らかにできた (図-7)。

表-6 カンパル川河岸の 7 試験区における林分パラメータ

Plots	A	B	C	D	E	F	G
¹ 個体数(DBH1cm 以上)	173	322	243	270	303	338	292
¹ 樹種数(DBH1cm 以上)	59	54	40	46	47	48	45
² 樹種数(DBH10cm 以上)	48	45	31	32	34	33	38
² BA (m ² /ha)	32.2	33.6	32.7	38.1	31.9	30	36.3
林冠高 (m)	46	38.6	42.9	41.4	36	33.5	36
泥炭深 (m)	0.4	4.2	4.8	5.3	5.8	6.3	8.5

川岸から 800m 内側に A、500m 毎に B、C…G の順に配置

¹ 20×20m² サブプロットにおける値

² 40×60m² サブプロットにおける値

泥炭湿地林に関しては、これまで植物体量に関する情報は植生や断面積合計等程度^{8,9,13,14)}であり、現存量推定のためのサイズ情報やアロメトリはまだない。このため本研究ではサラワク

の熱帯多雨林における Yamakura et al.(1986)¹⁵⁾のアロメトリを用いて暫定的な現存量推定を試みた。この幹直径～樹高アロメトリと今回の直径-樹高関係との当てはまりをみると $R^2=0.773$ が得られた。DBH データとこの直径-樹高関係から樹高を推定し、サイズ～個体重アロメトリを当てはめて単位面積当たりの個体重を試算したところ地上部現存量として 389.5ton/ha(171 ton C/ha) を得た。

なお実測(目測分含む)した樹高データを用いた試算値は 281.3ton/ha(125 tonC/ha) であり、ha あたり現存量で 108 トン(炭素量で 46 トン)の開きがある。今後樹高の精査ならびに出現樹種の容積重情報を集めて推定精度向上を図り、本研究期間では十分な成長が見込めなかったため実施しなかったが、ある程度の期間をおいての再センサスにより、炭素蓄積速度を算出する必要がある。

表-6 の河岸の泥炭湿地林 7 林分と今回のザムрут試験区の断面積合計を河岸からの距離との関係について示したのが図-8 である。泥炭ドーム中央での林分の貧弱化が顕著である。

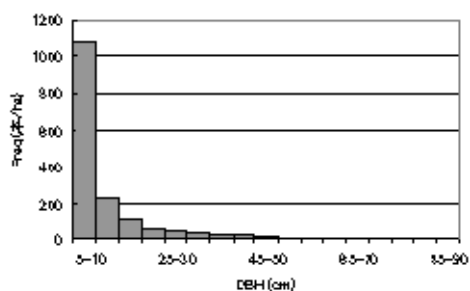


図-6 泥炭湿地林試験区の DBH 頻度分布

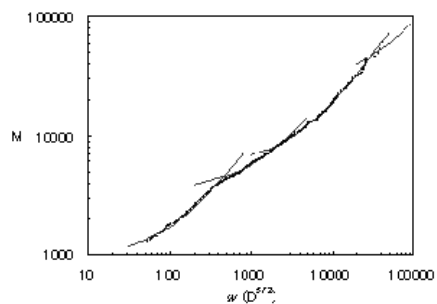


図-7 泥炭湿地林試験区におけるサイズ階層構造

河岸からの距離とBAIの関係

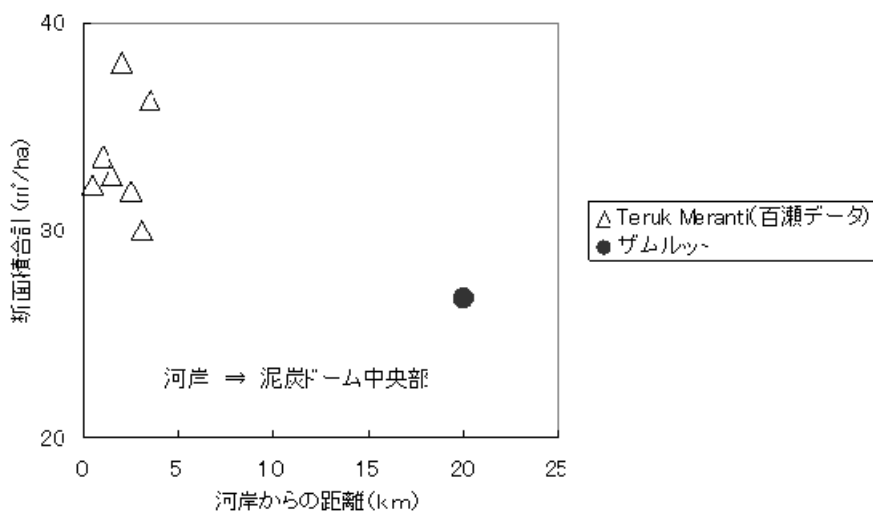


図-8 河岸からの距離と泥炭湿地林の断面積合計との関係

図-9 には上記 3 タイプの湿地林試験区における地上部炭素蓄積量を断面積合計値との関係で示した。地形的な制約上分布面積は広くはないが、マングローブは地下部への泥炭蓄積能力によってのみでなく地上部においても、優れた炭素固定装置といえよう。

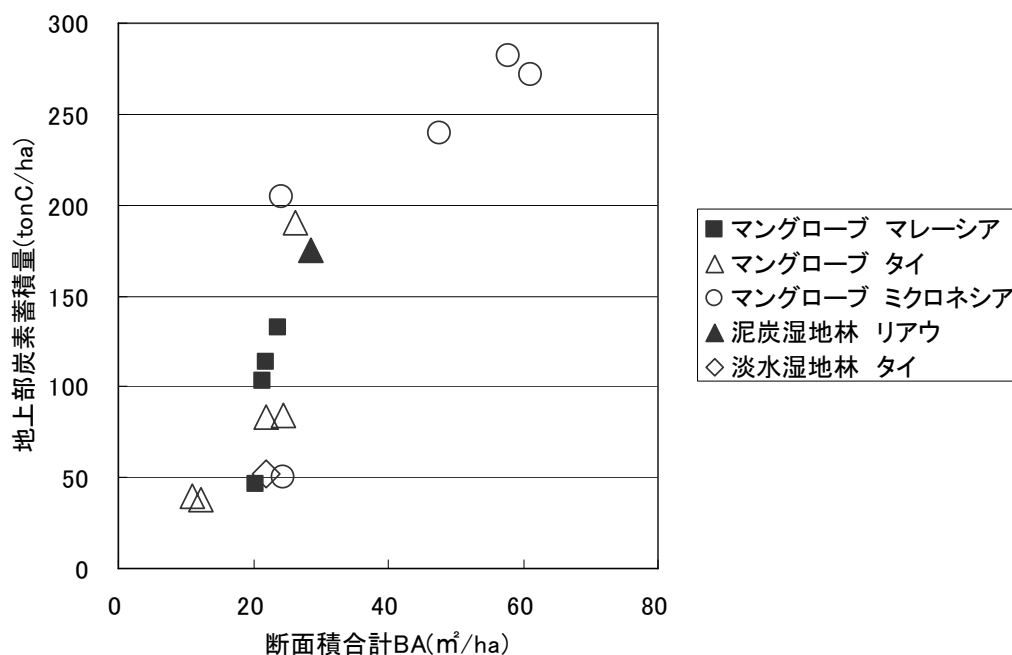


図-9 マングローブ林、淡水湿地林および泥炭湿地林における地上部炭素蓄積量
(断面積合計の関係で示す)

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

熱帯に分布するマングローブ林、淡水湿地林および泥炭湿地林についての地上部炭素蓄積量と炭素蓄積速度を精度高く推定でき、湿地林の炭素蓄積機能解明に貢献できた。

(2) 地球環境政策への貢献

今後、学会誌、学会講演、書籍での公表を通じて成果の広報・普及に努める。

6. 引用文献

- (1) Anderson, J. A. R. (1961): the ecology and forest types of the peat swamp forests of Sarawak and Brunei in relation to their silviculture. Ph. D. Thesis. Edinburgh University.
- (2) Anderson J.A.R. (1963) The flora of the peat swamp forests of Sawawak snd Brunei, including a catalogue of all recorded species o flowering plants, ferns and fern allies.

In Gardens' Buletin, Singapore. 20. Part II, April.

- (3) Anderson, J. A. R. (1976): Observations on the ecology of five peat swamp forests in Sumatra and Kalimantan. In *Peat and podzolic soils and their potential for agriculture in Indonesia. Proceedings ATA 106 Midterm seminar*, pp. 45-55. Tugu. Bulletin 3, Bogor; Soil Res. Inst.
- (4) Fujimoto, K., Tabuchi, R., T. Mori (1995): Site environment and stand structure of the mangrove forests on Pohnpei Island, Micronesia. 275-284. JARQ vol. 29, No. 4. Japan International Research Center for Agricultural Science, Tsukuba, Japan.
- (5) 穂積和夫(1975) Studies on the frequency distribution of the weight of individual trees in a forest stand V. The M-w diagram for various types of forest stands.
- (6) Komiyama, A., Moriya, H., Prawiroatmodjo, S., Toma, T. and K. Ogino. (1988): Primary productivity of mangrove forest. In *Biological system of mangroves. A report of east Indonesian mangrove expedition 1986*. Ogino, K. and M., Chihara eds. 97-106. Ehime University, Matsuyama, Japan.
- (7) Kongsanchai, J. (1988) Forest Ecological Study of Mangrove Silviculture. Kyoto Univ. PhD dissertation.
- (8) Lee Hua Seng (1972) The role of silviculture in the management of the peat swamp reserves in Sarawak. Kuala Lumpur: Fourth pan Malaysian Forestry Conference.
- (9) Lee Hua Seng (1977) Manipulation and regeneration of peat swamp forest in Sarawak. The Malayan Nature Journal 31(1): 1-9.
- (10) Momose, K. and T. Shimamura 2002. Environments and people of Sumatran peat swamp forests I: distribution and typology of vegetation. Southeast Asian Studies 40: 72-84.
- (11) Nakamura Shozo, H., Tanouhi, Y., Ochiai and A. Hassan (1999) Stand structures and aboveground biomass of experimental plots established in Matand mangrove forest, Perak, Malaysia. p7-16 in "productivity and sustainable utilization of brackish water manrove ecosystem" Kiso, K. and Choo P. S. eds. JIRCAS.
- (12) 荻野和彦、Duongkeo Ratanawongs、堤利夫、四手井綱英 (1967) タイ国森林の第一次生産力 東南アジア研究 5 (1) 121-154.
- (13) 田淵隆一・T. Visaratana (1990) 南タイ、カンタンの若いマングローブ林の構造. 101 回日本林学会大会論文集、 p. 19-20.
- (14) 山田勇 (1991) 「東南アジアの熱帯多雨林世界」 東南アジア研究叢書 24. 422pp. 創文社. 東京
- (15) Yamakura, T., Hagihara, A., Sukardjo, S., Ogawa, H. (1986) . Aboveground biomass of tropical rai forest stands in Indonesian Borneo. Vegetatio 68: 71-82.

7. 国際共同研究等の状況

- (1) 国際共同研究計画名：日米科学技術協力協定「ライフサイエンス分野」での協力課題
「熱帯湿潤地域における林木生殖質の管理保全技術の開発」

協力案件名：「南太平洋諸島マングローブ林の保全と管理のための日米共同基礎研究」

カウンターパート氏名・所属・国名

1. Dr, KatherineC. Ewel・農務省森林局太平洋諸島林業研究所・米国
2. Mr. Saimon Lihpai・ポンペイ州政府資源管理局農林業室・ミクロネシア連邦国

参加・連携状況：共通研究サイトをミクロネシア連邦に設定し、課題別の研究を実施中

国際的な位置づけ：太平洋諸島マングローブ林における唯一の多国間共同研究である。

- (2) 国際共同研究計画名：森林総合研究所とチュラロンコン大学理学部間の MOU

協力案件名：湿地林の維持機構と炭素固定機能に関する研究

カウンターパート氏名・所属・国名

1. Dr. Pipat Patanapornpaiboon チュラロンコン大学理学部教授
2. Dr. Sasitorn Pongparn チュラロンコン大学理学部講師

参加・連携状況：タイ国内のマングローブ林と淡水湿地林での共同研究実施中

国際的な位置づけ等：両機関間の科学技術協定に基づく国際共同研究

- (3) 国際共同研究計画名：東南アジア低湿地における温暖化抑制のための土地資源管理オプションと地域社会エンパワーメントに関する研究

協力案件名：泥炭湿地林の維持機構と炭素固定機能の解明

カウンターパート氏名・所属・国名：Dr. Herwint Simbolon・インドネシア科学院生物学研究所・インドネシア共和国

参加・連携状況：現地調査を共同で実施すると共に、インドネシア科学院生物学研究所において試料の分析を行った。

国際的な位置づけ等：インドネシア科学院・京都大学・南山大学・森林総合研究所の国際共同研究

8. 研究成果の発表状況

- (1) 誌上発表（学術誌・書籍）

<学術誌（査読あり）>

- 1) Kitao, M., H. Utsugi, S. Kuramoto, R. Tabuchi, K. Fujimoto and S. Liphai : *Physiologia Plantarum* 117-3. 376-382 (2003) “Light dependent photosynthetic characteristics indicated by chlorophyll fluorescence in five mangrove species native to Pohnpei Island, Micronesia”
- 2) 松本陽介、田淵隆一、平田泰雅、藤岡義三、Patanaponpaiboon P., Pongparn S: 森林立地 48(1)43-56 (2006) タイ国マレー半島西岸における海岸林の津波被害-2004年12月26日

のスマトラ島沖地震の影響-

- 3) 米田令二、田淵隆一、Poungparn Sasitorn、佐野真、高橋興明、Patanaponpaiboon Pipat
日林関東支部論 51. 101-104. (2006) 東北タイヤソトン県における溪畔湿地林のリター量
分布
- 4) Tabuchi R., Hoshino D., Tanouchi H., Fujioka Y., Hanamura Y., Aryuthaka C.,
Nimsanticharoen S., Chee PE and Siow R.: JIRCAS working report 44.37-40. (2006)
Estimation of mangrove stands productivity and litter production as potential food
source to aquatic animals.
- 5) ONO KENJI, FUJIMOTO K., HIRAIDE M., LIHPAI S. and TABUCHI R.: Tropics 15-(1) 73-82
(2006). Aboveground litter production, accumulation, decomposition, and tidal
transportation of coral reef-type mangrove forest on Pohnpei Island, Federated States
of Micronesia.

<査読付き論文に準ずる成果発表>

なし

<その他誌上発表 (査読なし) >

なし

<書籍>

- 1) 田淵隆一: 「生態学事典」, 520-521 (2003) 「マングローブ」
 - 2) Ryuichi Tabuchi: In “Small scale livelihoods nad natural resource management in
marginal areas of monsoon Asia”. K.G. Saxena, L., Liang, Y. Kono, S. Miyata eds. Bishen
Singh Mahendra Pla Singh, India. P81-86, 177pp. (2006) Rehabilitation of mangroves in
south-east Asia
- (2) 口頭発表 (学会)
- 1) 田淵隆一、倉本恵生、石原修一、小野賢二、平出政和、藤本潔: 第13回日本熱帯生態学会
年次大会(2003) 「ポンペイ島北岸の先駆性 *Sonneratia alba* 林の気根量」
 - 2) 石原修一、田淵隆一、藤本潔、倉本恵生、小野賢二、平出政和、宮崎安将、持田幸良、菊池
多賀夫、Lihpa, S.: 第13回日本熱帯生態学会年次大会(2003) 「*Sonneratia alba* の栄養
繁殖とマングローブ>林の海側への拡張」
 - 3) 田淵隆一: International Symposium on Alternative Approaches to Enhancing Small-Scale
Livelihoods and Natural Resources Management in Marginal Areas—Experience in Monsoon
Asia—国連大学・JIRCAS・京都大学東南アジア研共同主催 (2003.10) Mangrove forest
rehabilitation in Southeast Asia.
 - 4) 田淵隆一他: 第14回日本熱帯生態学会年次大会(2004) 「ポンペイ島マングローブの呼吸根
がトラップしたもの」
 - 5) 小野賢二 他: 第14回日本熱帯生態学会年次大会(2004) 「ポンペイ島サンゴ礁型マングロ
ーブ林における *Rhizophora apiculata* 葉の分解」

- 6) 平出政和 他：第 14 回日本熱帯生態学会年次大会 (2004) 「ミクロネシア連邦ポンペイ島マングローブ林における木材腐朽菌の分布」
- 7) 倉本恵生 他：第 14 回日本熱帯生態学会年次大会 (2004) 「海洋小島嶼 (ミクロネシアポンペイ島) のサンゴ礁型マングローブ林とエスチュアリ型マングローブ林における実生の動態」
- 8) 田淵隆一・藤本潔：Mangroves of oceanic islands in Micronesia- value as the site for carbon stock-. National Conference on Sustainable Management of Matang Mangroves - 100 years and Beyond. (マタンマングローブ持続的管理 100 周年記念会議), Ipoh, Malaysia. (2004)
- 9) 田淵隆一, 松本陽介, 三森利昭, 平田泰雅, パタナポンパイブン P.、プアンパン S. : 第 15 回日本熱帯生態学会年次大会 (2005) 「インド洋大津波による南タイ海岸林の被害形態」
- 10) 田淵隆一：タイ国チュラロンコン大学理学部大学院特別講義 (2005.7) 「Mangrove root」

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催 (主催のもの)

なし

(5) マスコミ等への発表・報道等

なし

(6) その他

なし