

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

(2) 森林から農地など土地利用転換に伴う炭素貯留量の変化の解明

京都大学大学院アジア・アフリカ地域研究研究科
愛媛大学農学部

小林繁男
末田達彦

〈研究協力者〉

京都大学大学院アジア・アフリカ地域研究研究科
インドネシア共和国科学省生物学研究所

嶋村鉄也
Herwint Simbolon

平成 15～19 年度合計予算額	25,829 千円
(うち、平成 19 年度予算額	7,226 千円)
「上記の合計予算額には、間接経費	5,959 千円を含む」

[要旨]

本研究は泥炭湿地林の構造が他の熱帯林に比較してどのように特異的であるかを明らかにする。このような泥炭湿地林を伐採した場合、森林再生一植生回復過程を明らかにする。熱帯泥炭湿地林における環境の不均一性が有機物の分解過程にどのような与える影響を明らかにし、熱帯泥炭湿地林をココナツ植林やゴム園、水田に転換するとそこでの環境の変化が泥炭の分解を加速するメカニズムを明らかにする。土地利用転換した場合、泥炭林と比較して有機物の分解速度や泥炭から排水過程における表面の沈降がどのように起こるかも明らかにする。調査地はインドネシアスマトラ島リアウ州カンパール川支流のクルムタン川周辺に広がる森林、クルムタンワイルドライフリザーブとツルックメランティ村の周辺のカカオ園、オイルパーム園、農業地、リアウ州ツンビラハンのココナツ園、中央カリマンタンのバランカララヤの森林で行った。泥炭湿地林を焼畑、ゴム園、ココナツ園、パイナップル畑や水田に利用転換すると、泥炭湿地林では気温・地温とも低く強酸性の状態である状態と比較して、農地への転換は日気温・日地温の差が日中と夜間で大きく、泥炭はより中性であることが明らかになった。土地利用転換は泥炭をファブリック泥炭からメッシュ泥炭へ、さらにサプリック泥炭に変化させ、分解消滅する。さらに、泥炭湿地林を伐採し、農地に転換すると泥炭の分解に伴う炭素の減少速度は $0.035\text{Ct}/\text{ha}/\text{年}$ となった。有機物・泥炭の分解と堆積土地利用転換に伴う泥炭の分解では年平均リター量が $6.23\text{Ct}/\text{ha}/\text{yr}$ で、分解率を 50% とすると年平均リター蓄積量は $6.23 \times 0.5 \times 0.4 = 1.25\text{Ct}/\text{ha}/\text{yr}$ となった。ツルックメランティにおいて泥炭湿地林を伐採し、ココナツ園に転換すると泥炭の分解に伴う炭素の減少速度は $0.26\text{Ct}/\text{ha}/\text{yr}$ 以下 ($5.25\text{Ct}/\text{ha}/20\text{yr}$) となった。モデルの当てはめにより、泥炭・有機物の堆積速度を推定した。その結果、5 年で $28.5\text{ton}/\text{ha}$ の泥炭・有機物が堆積すると推定された。この値を泥炭の厚さに換算すると 2.35cm ほどであった。

[キーワード] 土地利用転換、微気象変化、泥炭分類、有機物・泥炭分解、地盤沈降

1. はじめに

森林生態系の主な機能の一つに、炭素貯留機能がある。この、炭素貯留機能は、植物による一次生産と、微生物や土壌動物群集の活動に伴う分解系によって、その貯留量が強く規定されている。研究対象の熱帯泥炭林は東南アジアでは中でも東南アジアの低湿地には 22.2 百万ヘクタールのマングローブ林、泥炭湿地林、淡水湿地林などが分布し、その面積は最も広い。しかし、アジアの低湿地林は 6,000 から 1,000 ヘクタール/年が農地・ゴム・ココナッツ・アブラヤシ園・えび養殖地等へ転換されている。これらの土地多くは、歴史的に形成され、海洋の影響を受けたものが多く、泥層にパイライトが含まれているため硫酸酸性になり易く、植物の成長を阻害する。また、マングローブ等が堆積した木質泥炭のためリグニンが多く含まれ難分解性を示す。ミネラル、特にカルシウム含有量などが非常に少ない。さらに、温暖化にかかわらず、湿地林を開発すると脱水や有機物・泥炭の分解が加速されて地盤沈下や二酸化炭素の放出の加速が起こる。そのため湿地林を伐採した後は、再び森林を成立させることが重要である。また、農耕地に転換した場合は地盤沈下や硫酸酸性化が起こらないようにする必要がある。

農地やエビ養殖地に転換された土地はその後生産力の低下に伴い荒廃地として放棄された場所が拡大しつつある。大量の有機物が貯留されている低湿地は適正な土地利用がなされないため、有機物の分解に伴い二酸化炭素やメタンなどの温室効果ガスの発生源にもなっている。しかし、その再生の試みはほとんどなされていない。特に、熱帯低湿地はしばしば地表面が冠水するために、嫌氣的な環境が発生し、有機物の分解が妨げられるといわれている。そのため、熱帯低湿地は地上部よりも、地下部に膨大な量の炭素を蓄積している。熱帯泥炭湿地林における、有機物の貯留速度は地上部から地表面へ落下する有機物の総量と、地表部で分解する有機物量の差が主要な単位時間あたりの貯蓄量となる。そのため、熱帯泥炭湿地林における、炭素貯留速度に地表面での分解量が非常に強い影響を与える。Brady(1997)¹⁾の報告によると、熱帯泥炭湿地林では、泥炭層の下部よりも表層での分解速度が非常に速いことが報告されている。従って、地表面での有機物の分解速度は熱帯泥炭湿地林の炭素貯留速度を決定する最も重要な要因である。一方で、泥炭湿地林の地表面には無数の数cm～数mからなる凹凸があり、非常に不均一な地表面が形成されていることが報告されている (Page et al. 1999⁶⁾、Yonebayashi et al. 1997⁹⁾)。この地表面の凹凸は、地表面における分解速度に強い影響を与えると仮定できる。凸状の部分では、平坦な部分と比較して、地表面の冠水の頻度が低いので、比較的好氣的な状態になり分解速度が速いと予想される。一方で、平坦な部分では、冠水頻度が凸状の部分と比較して高くなるために分解速度が遅くなると予想される。環境の不均一性は、地表面における有機物の分解速度に強い影響を与えることが知られ、この不均一性が炭素の貯留速度に強い影響を与える事が予想される。また、熱帯泥炭湿地林を土地利用転換した場合は落葉落枝の供給が途絶え、泥炭の分解が加速されるばかりでなく、表面の乾燥化を伴って地盤沈下や硫酸酸性化が起こっている。そのため湿地林を伐採した後は、再び森林を成立させることが重要である。しかし、その森林としての再

生の試みはほとんどなされていないばかりか、森林の維持機構についての研究は少ない。2001年からは、IPCCの課題として、LULUCF（土地利用転換と林業）が議論されており、地球上の森林生態系の中で炭素の蓄積量が最も多い東南アジア泥炭湿地林における温暖化抑制のための土地資源管理に関する研究は急務である（IPCC 2003）。

2. 研究目的

本研究は熱帯泥炭湿地林生態系の特徴を明らかにし、熱帯泥炭湿地林における環境の不均一性がリターフォール量、リター分解量、有機物堆積量にどのような影響を与えるかを明らかにする。熱帯泥炭湿地林をココナツ植林、カカオ植林、オイルパーム植林やゴム園、水田に転換するとそこでの環境の変化が泥炭の分解を加速するメカニズムを明らかにする。土地利用転換した場合、泥炭林と比較して泥炭の分類や泥炭・有機物の分解速度の変化を明らかにし、泥炭から排水過程における表面の沈降がどのように起こるかも明らかにする。

3. 研究方法

調査地はインドネシアスマトラ島リアウ州カンパール川支流のクルムタン川周辺に広がる、クルムタンワイルドライフリザーブ（12万ha:1979年6月6日設立（Departmen Kehutanan 1988）²⁾:北緯0度7分から南緯0度1分、東経102度25-28分）とツルックメランティ村の周辺の森林と農業地、リアウ州ツンビラハンのココナツ園、カカオ園、オイルパーム園、リアウ州ザムルッドのオイルパーム植栽用の伐採開発地、中央カリマンタンのバランカララヤの森林と渠明渠排水溝で行った。(1) 泥炭湿地林生態系の解析はリアウ州ツルックメランティ村の周辺とザムルッドの天然林1haの固定試験地を設けた。微地形の調査や川から距離の違いにより、樹高、泥炭の深さ、泥炭の化学性及び地下水を測定した。泥炭林の再生-植生回復過程は500m X 2000mの伐採区で残存森林端から20mごとに方形区を設定し、ぼう芽再生種の調査と2m X 2m区で詳細な植生調査、ならびに1m X 1mで地上バイオマスとリターの計測を行った。また、DBH（胸高直径）とH（樹高）との関係を低地フタバガキ科林、熱帯ヒース林、熱帯季節林、チーク人工林等と比較検討した。(2) 泥炭湿地林でのリターフォール量、リター分解量、有機物堆積量はクルムタン川から南東方向に800mほど内陸に入った場所である。ここの泥炭湿地林は、皆伐、択伐を含め、伐採の痕跡は認められない。リターバック法によって、分解速度を測定した。リターバック中のリターの質を均質にするために、*Swintonia glauca* Engl. の新鮮な落葉直後のリターをリタートラップで集めた。乾燥重量で10gのリターを10cm X 20cmで2mmメッシュのポリプロピレン製メッシュバッグに詰め、リターバックを作成した。作成したリターバックは調査区内に設置した。調査区内とその周辺において、マウンド・平坦部・ギャップからそれぞれ5カ所をランダムに選定し、リターバックを各7個ずつ設置した。このリターバックを各サイトから1年間にわたって7回収した。設置直後の2ヶ月間は毎月一度回収し、その後の10ヶ月間は2ヶ月毎に回収を行った。マウンドから31個、平坦部・ギャップ部から30個のリターバックを回収した。回収したリターバックは乾燥した後に、研究室に持ち帰った。その後、80°Cで一定

重量になるまで乾燥した後にリターバック中の植物遺体の重量を測定した。リターバックの重量減少率は Olson (1963) ⁵⁾ の分解定数 k により計算した。この関数は以下の式で表される。

$$W_t = W_0 \exp(-kt)$$

上式で、 W_t は一定時間経過後のリターの残存量、 W_0 は初期のリター重量、 k は分解定数、 t は時間である。さらに泥炭の堆積速度を推定するためイングロスコア法も併せて用いた。

また、(3) 森林から土地利用転換—環境の変化については泥炭湿地林とマングローブ林に加え、土地利用転換したゴム園、ココナツ園、焼畑、パイナップル畑、水田で気温、表層地温、含水比（相対値）、pH を計測した。ココナツ園では原表面からの泥炭分解による地盤沈下の深さを計測し、土地利用転換に伴う泥炭分解速度を推定した。さらに、ツンビラハンでもココナツ園でも土地利用転換に伴う泥炭分解速度を推定した。(4) 土地利用転換に伴う有機物・泥炭の分解では泥炭の種類の変化を US タクソノミー（容積重の 0.1 と 0.2 と飽和含水量の 450 と 850 とにより Fibric、Hemic、Sapric へ分類）用いて行った。また、リターフォール量とリターの分解、泥炭の無機化と排水過程における表層の沈降、ココナツ園での原表面の地盤沈下から土地利用転換に伴う泥炭の分解速度と地盤沈下速度を計算した。

4. 結果・考察

(1) 熱帯泥炭湿地林生態系の特徴

泥炭湿地林は川からの距離にしたがって帯状分布する。各プロットの測定値は表 1 に示すように、地上部バイオマスは川から離れるにつれて減少し、地下部の泥炭としての蓄積量は増加する。これらのデータをもとに、植生帯状分布が成立する原因は、泥炭が堆積するのに伴い、植物体と泥炭の間を循環できる無機養分の総量が変化し、植物群落の種組成が変化するためである、と結論づけた。無機養分に関しては、植物体と泥炭を含めた森林生態系は、植物の世代時間程度の時間スケールでは、ほぼ閉鎖系と考えられる。しかし長い時間をかけて、生きた根が分布する深さよりも泥炭が厚く堆積すると、それより下部の泥炭に含まれていた無機養分が、植物体に供給されなくなる。一方、泥炭が堆積する速度は川からの距離に依存する。このようにして、植生帯状分布が成立すると考えられる。なお、帯状に分布する植生は、川に近いところから、混交泥炭湿地林、湿地メランティ林、パダン林と分類した。

表 1 川からの距離に伴う樹高、泥炭の深さ、泥炭の化学性及び地下水位

Plots	A	B	C	D	E	F	G	r ²⁾
Canopy height (m)	46.0	38.6	42.9	41.4	36.0	33.5	36.0	-3.4*
Peat depth (m)	0.4	4.2	4.8	5.3	5.8	6.3	8.5	2.1**
pH	3.3	3.5	3.5	3.4	3.5	3.6	3.4	NS
EC (ms/m)	15.5	11.0	14.3	9.7	10.7	9.0	9.3	-1.9*
ORP (mV) 288	284	164	331	298	293	238	NS	

Cl ⁻ (mg/l)	3.3	0.7	1.2	1.8	1.2	1.2	1.1	NS
NH ₄ ⁺ (mg/l)	1.3	1.2	1.6	1.5	1.2	1.5	0.9	NS
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	NS
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0.14	0.10	0.07	0.10	0.09	0.10	0.07	NS
phosphoric P (mg/l)		0.12	0.16	0.09	0.09	0.10	<0.1	0.11
NS								
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	
Water table (cm) ¹⁾		27.1	37.1	39.1	40.1	30.1	24.2	28.1
NS								
	(10.9)	(10.9)	(7.0)	(11.0)	(10.2)	(5.5)	(10.4)	

バイオマスの推定には森林構造を明らかにする必要がある。その中で胸高直径と樹高の関係は森林構造を明らかにすることとそこでのバイオマス量の推定(D²H)に関して検討されてきた。泥炭湿地林は常に地下水位が高く、水環境の特異性から森林動態や森林の更新機構について議論をされてきたが、森林の構造の特異性に関してはあまり研究報告が無い。本研究では筆者ら異なる熱帯林で得られ成果を基に調査地であるザムロッドの泥炭湿地林での調査結果を比較検討した。混交泥炭湿地林(ザムロッド)に対して比較検討した熱帯林は熱帯ヒース林(ブルネイ)、低地混交フタバガキ科林(ブルネイ)、チーク人工林(タイ)である(図1~4)。図1の本調査地の泥炭湿地林はDBH-H関係では胸高直径に対して樹高は約100倍であった。しかし、図2~4に示すように、この混交泥炭湿地林のDBH-H関係に最も近い傾向を示したのは熱帯ヒース林で石英砂の土壤に成立するこの森林は水環境としては対極な環境に成立する。この樹形と森林構造は風に弱く、本調査においても多数の幹折れ個体が見出された。混交熱帯泥炭湿地林は他の森林型に比較し頻繁にギャップ更新を行っている非常にダイナミックな森林構造を維持しているといえる。

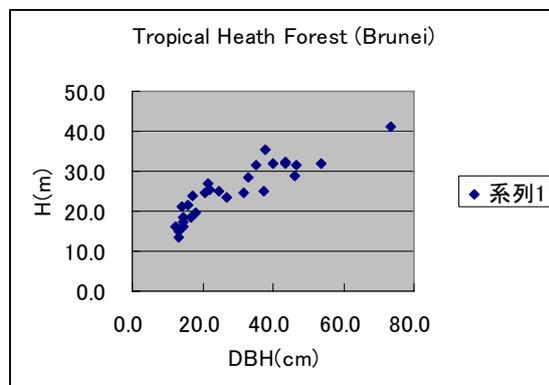
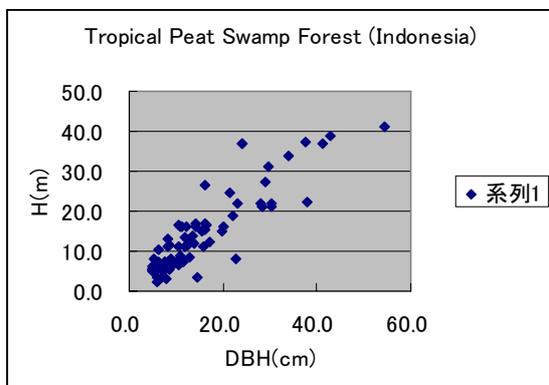


図1 混交熱帯泥炭湿地林でのDBH-H関係 図2 熱帯ヒース林でのDBH-H関係

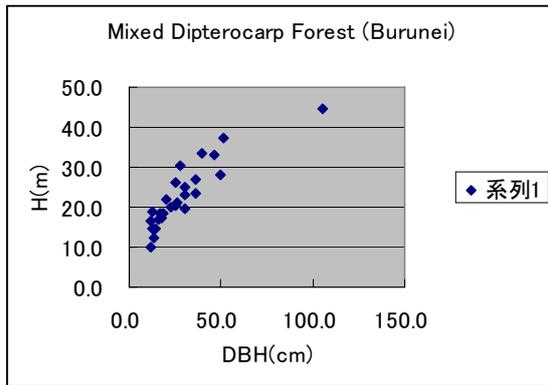


図3 混交フタバガキ科林のDBH-H関係

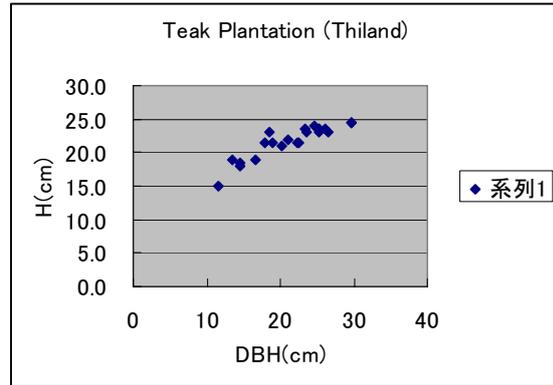


図4 チーク人工林のDBH-H関係

泥炭湿地林を伐採した場合、森林の再生・植生回復についての研究報告は少ない（Kobayashi 1999）³⁾。特に伐採・破壊する前の森林に再生するには泥炭湿地という環境条件から困難な問題が指摘されている。本研究では地方分権化がなされて、リアウ州では頻繁に見受けられる保全泥炭湿地林の伐採開発を行われており、土地利用転換をした場合、そのまま放置した時に森林は回復するかどうかを検討した。伐採開発は伐採後、地拵えとして泥炭表層に伐り残された堆積有機物に火入れを行ったサイトである。火入れを行った開発地としてもリター供給源が消失した場所で残存森林から20m離れると森林では林床植生のバイオマス・リターは2518kg/ha・2233kg/haであったものがそれぞれ550kg/ha・500kg/haであった。林床植生のバイオマス・リターのそれぞれは21.8%・22.4%の減少であった（表1）。さらに森林から離れると40m以降から植生は2mX2mのコードラート内では出現するもののバイオマス・リター量は0であった。泥炭湿地では一旦森林を伐採するとバイオマスやリターの回復は非常に困難であると考えられた。

表1 伐採地での植生バイオマス、リター量、種数

Q. No.	OC1-1	OC1-2	OC1-3	OC1(Ave.)	OC2-1	OC2-2	OC2-3	OC2-4	OC2-5	OC2-6	OC2-7	OC2-8	OC2-9	OC2-10
Distance	0	0	0	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
Biomass	2325	3050	2180	2518	550	0	0	700	0	0	0	0	0	0
Litter	1350	2200	3150	2233	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sp. No.	8	10	11	10	4	3	2	4	3	1	2	6	4	2
Cp.Sd.no.	50			50	5	31	7	5	3	7	8	14	11	0
				60	9	34	9	9	6	8	10	20	15	2

(2) 泥炭湿地林でのリターフォール量、リター分解量、有機物堆積量

川からの距離が異なる3つの調査地におけるリターフォール量は表2に示すように次第に減少した。

表2 川からの距離が異なる3つの調査地におけるリターフォール量

Plot	A	C	E
------	---	---	---

Sample size	10	10	10
Mean litter fall ¹ (g /month / m ²)	60.9	57.7	37.1
SE	14.2	4.85	14.1

¹ F = 10.5、 p < 0.01 (ANOVA); A vs. C: z = 0.64、 NS (Bonferroni' s LSD); A vs. E: z = 3.55、

p < 0.003 (Bonferroni' s、 LSD); C vs. E: z = 4.11、 p < 0.003 (Bonferroni' s LSD).

さらに林内におけるマウンド、非マウンドとギャップで泥炭量の変化についてモデルを使って推定した。泥炭量の変化を記述する次の基礎方程式を得た。

$$dm_A / dt = s\rho_L - sk_L(\rho_L / k_L - m_{L0}) \exp(-k_L t) + m_A(\rho_A / b - k_A) - m_C k_C$$

ここで、 m_A は好氣的条件下の泥炭量、 s はリター層で呼吸消費される有機物の割合、 ρ_L はリター供給量、 k_L はリターの分解定数、 m_{L0} はリター層有機物量の初期値、 ρ_A は泥炭体積あたりの根の生産量、 b は泥炭の容積重、 m_C は嫌氣的条件下の泥炭量、 k_A 、 k_C はそれぞれ好氣的、嫌氣的条件下での呼吸量である。これらのパラメーターの、ギャップ、巨大高木周辺、それ以外の立地における推定値は、表 3 のとおりである。これらの推定値を代入して泥炭の厚さの変化を計算した結果が図 5 に示されている。シミュレーション計算して得た 5 年後の泥炭の厚さに対し、各パラメーターを 2 倍または 0.5 倍したときの影響は、リター供給量が最も重要である。したがって地上部現存量はリター供給を通じて泥炭蓄積量に重大な影響を与える。リター供給量は、樹木の成長や枯死によって局所的に変化する。これは泥炭蓄積量が局所的に異なることを意味し、その結果泥炭湿地林の地表は凹凸が激しい。特に巨大高木の周囲では図-6 に示されるように顕著なマウンドが形成されている。その凹凸は冠水頻度に影響を与え、冠水耐性や乾燥耐性の異なる樹種の更新に影響を与える。このことは、巨大高木の周囲における、各樹種の分布特性が、生育ステージが進むにつれて変化することから検出される。若木と親木の分布パターンを 1ha プロットにおける L(t) 関数解析によって比較したところ、巨大高木の周囲に形成されるマウンド状の立地で定着しやすい種と、平坦な立地で定着しやすい種があることが明らかになった。

表 3 泥炭の増減を記述するモデルで用いられるパラメーターの、立地ごとの推定値

	Symbol	Mound	Non-mound	Gap
Litter fall (kg / m ² / year)	ρ_L	0.943 ^a	0.696 ^b	0.420 ^c
Litter decomposition constant (kg / kg / year)	k_L	0.891 ^a	0.916 ^a	0.760 ^b
Bulk density (kg / m ³)	b	104	121	119
Fine root production (kg / m ³ / year)	ρ_A	0.995 ^a	0.570 ^{ab}	0.150 ^b

Leaf litter respiration rate (kg / kg / year)*	-	0.672	0.525	0.329
Peat respiration rate (kg / kg / year)*	k_A	0.00332	0.00332	0.00617
Proportion of fragmentation per mass loss of leaf litter**	S	0.924	0.988	0.988

* data from Brady (1997),

** calculated from: leaf litter respiration rate / litter decomposition constant. Means for different parameters within a row followed by the same letter are not significantly different at $p = 0.05$ (pair wise t test and Bonferroni' s multiple comparison).

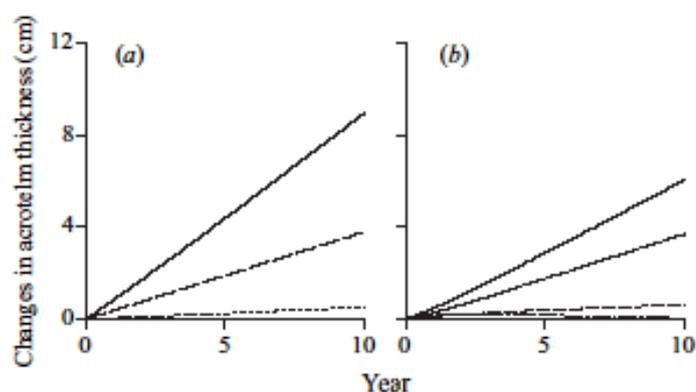


図5 好機的条件下にある泥炭の厚さのシミュレーション結果

- a) 実線：巨大高木周辺、破線：林床、点線：ギャップ
b) 実線：林床から巨大高木周辺の条件にシフトした場合、破線：ギャップから林床の条件にシフトした場合、点線：林床からギャップの条件にシフトした場合、点破線：巨大高木周辺ギャップの条件にシフトした場合

熱帯泥炭湿地林において地表面の不均一性が有機物の分解過程に与える影響についてはマウンド、平坦部、ギャップ部それぞれの、リターバックの分解定数（標準誤差）はそれぞれ、0.891(0.0410)、0.916(0.0603)、0.760(0.0394)となっており平坦部で、最もその値は高くなっていた。一方で、ギャップ部で最も値は低かった（図6）。この3サイト間の全ての組み合わせ毎に分解速度に関する t 検定と、シーケンシャルボンフェローニ補正による P 値の補正によって、それぞれの分解定数の比較を行った。その結果、マウンドと平坦部間で分解定数の有意な差はみられなかった ($t_{51} = 1.88$ 、 $P = 0.197$) が、平坦部とギャップの間 ($t_{57} = 12.5$ 、 $P < 0.001$)、マウンドとギャップの間 ($t_{50} = 11.8$ 、 $P < 0.001$) にはそれぞれ有意な差がみられた。

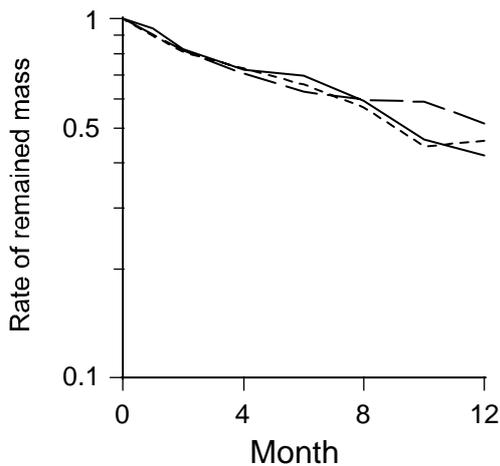


図6 *Swintonia*の葉リターバック培養期間中の重量変化（実線はマウンド上での培養、点線は平坦部での培養、破線はギャップ部での培養結果）

本研究の結果により泥炭湿地林の地表面における葉リターの分解速度は、地表面の凹凸には影響されないが、林冠部の状態の違いに、影響されることが明らかになった。特に、ギャップにおいては林冠下よりも分解速度がおちていた。当初の予想では、冠水頻度が高い平坦部では、冠水頻度が低いマウンド上よりも嫌気的狀態が発生するために分解速度は低いと予想されていた。平坦部とマウンドの間で有意な差はみられなかったものの、平坦部の分解定数の方が高い値をしめしていた。この結果は、林冠下での分解過程は、地表面の凹凸によって決定される水分条件だけでは説明できない要因が働いている可能性を示唆している。また、ギャップ部では林冠下よりも低い分解定数が示されていた。一般に、有機物の分解速度は温度が高い方が速いという事は知られている。ギャップの地表面は林冠下よりも、温度は高い。一方で、ギャップの地表面は一般に林冠下よりも、土壤水分の含有率が高い事が知られている。これは、地上部の林冠が植物体内を通じて放出する水分量が減少するために、起こる現象である。もちろん、地表面の温度は上昇しているため土壤からの地表面の直接的な蒸発量は増加しているが、植物体を通じておこる蒸散量を補償する程の量ではない。このことから考えると、ギャップの地表面では、地表面が水飽和に近い状態にあるために、分解が比較的抑制されているのかもしれない。このような現象は、林冠下においても、他の森林と比較して、土壤水分量が多い湿地林だから考えられる機構かもしれない。また、ギャップにおいては林冠下に比べて、微生物活性が弱いと考えられるため分解が抑制されているのかもしれないということが報告されている (Zhang and Zak 1998)¹⁰⁾。熱帯泥炭湿地林においては、リター分解速度の不均一性は必ずしも、地表面の環境から予想される結果とは一致していなかった。したがって、有機物の分解過程は必ずしも、水分条件によって規定される訳ではないという事を示唆していた。また、ギャップ部において分解速度が低いという結果は、水分条件や分解に関わる微生物の活性などが分解を抑制している可能性を示唆していた。これらの事より熱帯泥炭湿地林における分解過程と環境の不均一性に関しては、地表面や林冠の不均一性ととも、分解者である微生物や土壤動物の分布や活性などを考慮する必要があることが明らか

かになった。熱帯泥炭の炭素固定量を計測するために、泥炭・有機物の貯留量を推定するモデルを作成した。また、実際に取得した各種変数を使用して、貯留量を推定した。Shimamura and Momose (2005)⁸⁾によると、熱帯泥炭・有機物の堆積過程は3つの泥炭層の動きを追跡することによって明らかにできる。リター層と、地下水面より上部の表層泥炭、地下水面より下部の下層泥炭である。そして、これらのうち、表層泥炭の重量変化が泥炭の堆積速度として示すことができる。この表層泥炭・有機物の重量変化は以下の式で示される。

$$m_A = A \exp(p_A / b - k_A) t + s k_L (p_L / k_L - m_{L0}) \exp(-k_L t) / (k_L + (p_A / b - k_A)) - (s p_L - m_C k_C) / (p_A / b - k_A)$$

上記の式で、 m_A は泥炭表層の重量である。 t は時間、 p_A は表層泥炭に投入される根の生産量、 k_A は表層泥炭の分解定数 (Olson 1963)、 s はリターの分解のうち溶脱や微生物呼吸によって系から抜けていく重量の割合、 k_L は表層リターの分解定数、 m_{L0} は表層リターの初期重量、 p_A はリターフォールの量、 b は表層泥炭の容積重、 m_C は下層泥炭の重量、 k_C は下層泥炭のうち溶脱や微生物呼吸によって系から失われる重量の割合である。取得した変数をモデルに当てはめて、泥炭・有機物の堆積速度を推定した。その結果、調査地では5年で28.5ton/haの泥炭・有機物が堆積すると推定された。この値を泥炭の厚さに換算すると2.35cmほどである。同様に、10年では57.3ton/haの泥炭・有機物が堆積すると推定された(図7)。ここでは泥炭・有機物としてあ

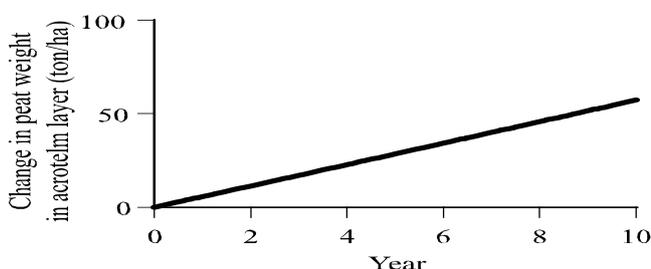


図7 リアウ州ツルックメランティでの泥炭・有機物の堆積速度

(3) 森林から土地利用転換—環境の変化

泥炭湿地林から焼畑、ゴム園、ココナッツ園、パイナップル畑、水田に土地利用転換したときの表層大気温、表層地温、含水比とpHをマングローブ林の対比で計測した(表4)。泥炭湿地林やマングローブ林に比較して、森林伐採により植被が取り除かれると表層大気温と地温は高くなった。一方、土壌水分は森林が成立しているほうが湿っていた。また、泥炭湿地林ではpHが3.2と非常に低く、農地では6.0前後を示した。以上から、泥炭湿地林では気温・地温とも低く強酸性の状態である状態と比較して、農地への転換は日気温・日地温の差が日中と夜間で大きく、

泥炭はより中性であることが明らかになった。有機物は温度格差や水分格差が大きく、中性に近い状況ほど分解が加速されるといわれ、泥炭湿地林から農地への土地利用転換はまさに、泥炭の分解を加速する環境へと変化したことが明らかになった。

表 4 土地利用の違いが環境に与える影響

土地利用形態	表層大気温	表層地温	含水比	PH
泥炭湿地林	28.0	27.5	7.6	3.2
焼畑（森林伐採後）	38.6	32.4	8.9	6.0
ゴム園	33.0	29.6	8.2	5.0
ココナッツ園	38.4	32.1	8.7	5.3
パイナップル畑	43.3	36.9	9.7	5.3
水田	36.9	28.5	8.0	6.5
マングローブ林		28.1	7.7	6.8

（４）土地利用転換に伴う有機物・泥炭の分解

熱帯泥炭湿地林の消失は、温室効果ガスの放出・生物多様性の消失など深刻な環境問題を引き起こしている。熱帯泥炭湿地林は、植物遺体が冠水条件下に溜まり、堆積した有機質土壌（泥炭）の上に成立する森林であり、地下部に膨大な量の炭素を保持している。インドネシアで1997年に発生した泥炭湿地林の火災では、およそ0.8～2.6ギガトン程の炭素が排出されたと推定されている（Page et al. 2002）⁶⁾。これは、日本が京都議定書に従って削減すべき温室効果ガス排出量の50～160年分である。そのため、熱帯泥炭湿地林における炭素固定や放出の定量化やメカニズムの解明と、それらを基にした炭素の放出量の推定が必要である。

熱帯泥炭は飽和含水比に対する容積重の割合で区分される。飽和含水比が850以上で容積重が0.1以下をフィブリック泥炭、飽和含水比が450～850で容積重が0.1～0.2をヘミック泥炭、飽和含水比が450以下で容積重が0.2以上をサプリック泥炭とU.S. Taxonomyでは区分しており、これらはフィブリック泥炭<ヘミック泥炭<サプリック泥炭と分解が進んでいることを意味する。従って、泥炭の種類により裸地化した場合、あるいは排水をした場合に泥炭の分解速度は異なる。そこで、ブルネイのアラン泥炭湿地林（FB1、2、3：表層、FB4、5、6：中層、FB7、8、9：下層）、インドネシア・リアウ州の混交泥炭湿地林（FR1、2、3：表層）、中央カリマンタン州パラカラヤの混交泥炭湿地林（FP100、150、200：川からの距離と表層）、リアウ州ゴム園（RR1、2、3：表層）、オイルパーム園（OR1、2、3：表層）、カカオ園（CR1、2、3：表層でマングローブ土）と中央カリマンタン州パラカラヤの排水溝付近（DP1、2、3：表層）で飽和含水比に対する容積重の割合を示した（図8）。

ブルネイのアラン泥炭湿地林の泥炭は下層でファブリック泥炭、表層・中層でメッシュック泥炭であった。インドネシア・リアウ州の混交泥炭湿地林の泥炭はブルネイと同様にメッシュック泥炭であり、中央カリマンタン州パラカラヤの混交泥炭湿地の泥炭もメッシュックであることから

森林下での泥炭の表層はメッシュック泥炭であると考えられた。一方、リアウ州ゴム園、オイルパーム園はメッシュック泥炭からさらにサブリック泥炭へと変化していた。中央カリマンタン州パランカラヤの排水溝付近は土地利用転換と同様に森林が伐採された場所であり、乾燥化が進んでいると思われ、サブリック泥炭が分布していた。カカオ園はマングローブ土壌であるため、これら泥炭の分類からは大きく分けられ、容積重が 1.0 前後の特徴を示していた。これらの結果から泥炭湿地林からの土地利用の転換は泥炭の分解が進み、ファブリック泥炭からメッシュック泥炭へ、さらにサブリック泥炭へと分解が進み、最後に消滅すると思われる。

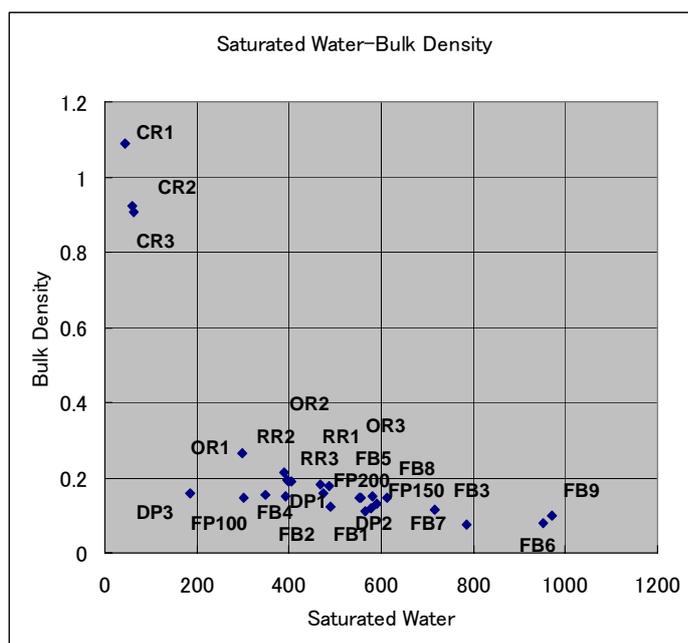


図 8 土地利用別泥炭湿地での飽和含水比と容積重の関係

本調査地の泥炭はサブリック泥炭に区分される。また、排水過程における原表面の沈降も泥炭の分解と複合的に進行する。図 9 は種類の異なる泥炭を 1 ヶ月インキュベーションし、含水率の減少と分解に伴う表面の沈降を示したものである。1 ヶ月間で 4.3mm~5.7mm ほどの表層が沈降した。フィールドにおいては降雨があり、かつ地下水で連結されているためこの値をそのまま適用できない。

熱帯泥炭湿地林においては、リター分解速度の不均一性は必ずしも、地表面の環境から予想される結果とは一致していなかった。しかし、平均値で検討すると年平均リター量は 6.23Ct/ha/yr で、分解率を 50% とすると年平均リター蓄積量は $6.23 \times 0.5 \times 0.4 = 1.25 \text{Ct/ha/yr}$ となる。

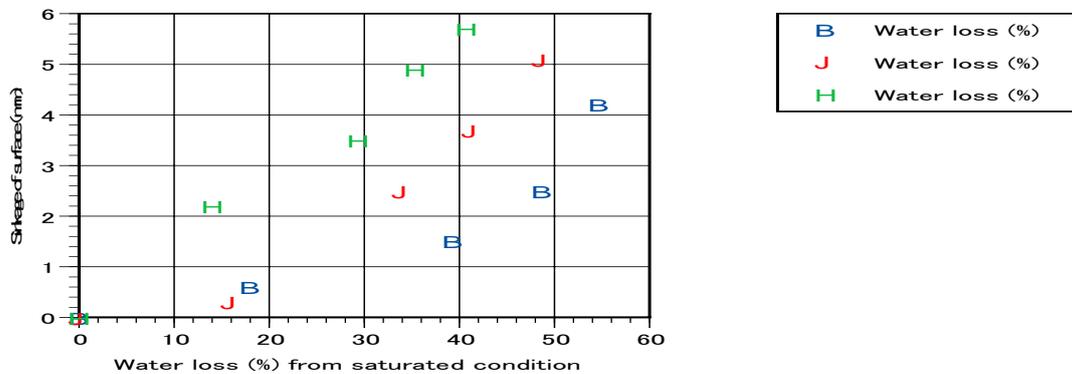


図9 排水過程における泥炭の表面沈降 (Kobayashi 1989)

以上を踏まえ、リアウ州ツルックメランティで約20年前に泥炭湿地林を伐採し、ココナツ園に開発された場所で、泥炭原面からの表面沈降を計測すると平均で約70cmほどであった。泥炭の容積重を0.15とし、泥炭の炭素含有率を50%とすると、

$$0.7(\text{沈下}) \times 100\text{m} \times 100\text{m} \times 0.15 (\text{容積重}) \times 0.5 (\text{炭素含有率}) = 5.25 \text{ Ct/ha} \dots \textcircled{1}$$

①の計算ができる。20年間で5.25 Ct/haの炭素が放出・流亡されたと推定できた。このことから泥炭湿地林を伐採し、ココナツ園に転換すると泥炭の分解に伴う炭素の減少速度は0.26 Ct/ha/yr以下(5.25 Ct/ha/20yr)となった。

一方、リアウ州ツンビラハンで同様に約20年前に泥炭湿地林を伐採し、ココナツ園に開発された場所では泥炭原面からの表面沈降は約0.41mであった。同様の計算をすると

$$0.41 \times 100\text{m} \times 100\text{m} \times 0.15 \times 0.5 = 3.08 \text{ Ct/ha} \dots \textcircled{2}$$

②が得られ、0.15 Ct/ha/yr以下となった。ツルックメランティとツンビラハンで分解速度の相違はツルックメランティのサイトが粗放的なココナツ植栽で、地表が裸地化しているのに対して、ツンビラハンでは下層植生もある植栽密度高いココナツ園で泥炭の含水状態の相違が原因であると考えられた。このことから泥炭の分解・二酸化炭素の放出を抑制するには泥炭地は植被を常に維持する土地利用方法、例えば森林あるいは果樹園として利用する必要がある。また、森林を伐採・開墾する際にも排水を抑制することが重要である。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

熱帯泥炭湿地林生態系の特徴を川岸からドーム奥へと森林構造が変化することを明らかにし、混交泥炭湿地林(ザムロッド)、熱帯ヒース林(ブルネイ)、低地混交フタバガキ科林(ブルネイ)、チーク人工林(タイ)、でDBH-H関係の検討の結果、混交泥炭湿地林ではDBH/H比が小さく、樹高に対して胸高直径が小さい細身の個体から成立していることを初めて明らかにした。

また、泥炭湿地での二次遷移の初期段階における傍芽更新の重要性初めて明らかにした。

泥炭湿地林でのリターフォール量、リター分解を明らかにし、有機物堆積量が 28.5t/haであることを明らかにし、論文として発表した。さらに森林から土地利用転換が行われると表層温度が高まり、乾燥化が促され、酸性度が中性へ向かい、ファブリック泥炭からメッシュック泥炭へ、さらにサブリック泥炭へ分解が進み、消滅することを明らかにした。

(2) 地球環境政策への貢献

インドネシアで 1997 年に発生した泥炭湿地林の火災では、およそ 0.8~2.6 ギガトン程の炭素が排出されたと推定されている。これは、日本が京都議定書に従って削減すべき温室効果ガス排出量の 50~160 年分である。そのため、熱帯泥炭湿地林における炭素固定や放出の定量化やメカニズムの解明が必要である。それに対して泥炭湿地でのリターの分解速度、土地利用転換したときの泥炭の分解速度、泥炭・有機物の堆積速度を明らかにした意義は大きく、削減期間に入った現在、泥炭湿地を森林として持続的利用する提言は環境施策への貢献となると思われる。

インドネシアにおいて科学技術院、ボゴール農科大学並びに北海道大学と共催でシンポジウムを開催し、泥炭湿地林の保全に関して討議を行い、成果の広報・普及に努めた。

6. 引用文献

- (1) Brady, M. A. (1997) Organic matter dynamics of coastal peat deposits in Sumatra, Indonesia. Ph.D. thesis, University of British Columbia, Vancouver, Canada.
- (2) Departmen Kehutanan. (1988). Buku informasi kawasan konservasi di propinsi Riau (*Indonesian*).
- (3) Kobayashi, S., Ochiai, Y., Jilly, R.O.K., & Wahid, R.A. (1989) Interim report on the utilization of peat resources in Brunei Darussalam. *Kaigairingyouhou*, FFPRI, 35-76.
- (4) Momose, K., Shimamura, T. (2002) Environment and people of Sumatran peat swamp forest I: Distribution and typology of vegetation. *Southeast Asian Studies* 40. 72-84
- (5) Olson, JS. 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems, *Ecology* 79: 94-105.
- (6) Page, S. E., Rieley, J. O., Shotyk, Ø.W. & Weiss, D. (1999) Interdependence of peat and vegetation in a tropical peat swamp forest. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 354, 1885-1897.
- (7) Page, SE, Siegert, F., Rieley, O., Boehm, HDV., Jaya, A. and Limin, S. (2002). The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997, *Nature* 420:61-65.
- (8) Shimamura, T. & Momose, K. (2005) Organic matter dynamics control plant species coexistence in a tropical peat swamp forest. *Proceedings of the Royal Society B* 272. 1503-1510.
- (9) Shimamura, T., Momose, K. & Kobayashi, S. (2006) A comparison of sites suitable for

the seedling establishment of two co-occurring species, *Swintonia glauca* and *Stemonurus scorpioides*, in a tropical peat swamp forest. *Ecological Research*, 21: 759-767.

- (10) Yonebayashi, K., Okazaki, M., Kaneko, N. & Funakawa, S. (1997) Tropical peatland soil ecosystems in Southeast Asia: Their characterization and sustainable utilization. Pages 103-111 in J. O. Rieley and S. E. Page (eds.) *Biodiversity and Sustainability of Tropical Peatlands*. Samara Publishing, Cardigan, U.K.
- (11) Zhang, Q. & Zak, J. C. (1998) Potential physiological activities of fungi and bacteria in relation to plant litter decomposition along a gap size gradient in a natural subtropical forest. *Microbial Ecology* **35**. 172-179

7. 国際共同研究等の状況

国際共同研究計画名：Above and below ground carbon stock and flow in tropical peat swamps under various land use impacts

協力案件：調査許可取得、大学演習林での共同研究、植物同定

カウンターパート氏名①：Herwint Simbolon

所属：インドネシア科学院生物学研究所

国名：インドネシア共和国

カウンターパート氏名②：Suwido H. Limin

所属：パラカラヤ大学

国名：インドネシア共和国

参加・連携状況：インドネシア科学省生物学研究所のボゴール植物標本庫において現地スタッフの協力の下に植物同定を行った。パラカラヤ大学演習林において、表題内容の共同研究を行った。

国際的な位置づけ等：インドネシア科学省・パラカラヤ大学・京都大学・愛媛大学の国際共同研究

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) Kobayashi, Shigeo. *Current Science*, 93: 1596-1603. (2007). An overview of techniques for the rehabilitation of degraded tropical forests and biodiversity conservation.
- 2) Kobayashi Shigeo, Chanchai Yarwudhi, Ladawan Puangchit, Bunvong Thaiutsa. : Proceedings of International Workshop on Thinning as an Essential Management Tool of Sustainable Teak Plantation. Kasetsart University and Kyoto University, 13-36. (2007). Thinning effects and coppices regeneration at the teak (*Tectona grandis*) plantation in Thong Pha Phum, Thailand-Management option for teak plantation.

- 3) Tetsuya SHIMAMURA, Kuniyasu MOMOSE & Shigeo KOBAYASHI.: *Ecological Research*, Springer, .21:759-767. (2006). A comparison of sites suitable for the seeding establishment of two co-occurring species, *Swintonia glauca* and *Stemonurus scorpioides*, in a tropical peat swamp forest.
- 4) 嶋村鉄也・尾坂兼一・伊藤雅之・大手信人・竹門康弘: 防災研究所年報、防災研究所、49:691-699. (2006) 深泥池における水質形成機構.
- 5) Ryunosuke TATENO, Naoko TOKUCHI, Norikazu YAMANAKA, Sheng DU, Kyoichi OTUSKI, Tetsuya SHIMAMURA, Zhide XUE, Shengqi WANG, Qingchun HOU: *Forest Ecology and Management*, Elsevier, .24:84-90. (2007). Comparison of litterfall production and leaf litter decomposition between an exotic black locust plantation and an indigenous oak forest near Yan'an on the Loess Plateau, China,
- 6) Tetsuya SHIMAMURA and Kuniyasu MOMOSE: *Asian and African Area Studies*, ASAFAS Kyoto University, 1.6:279-296. (2007). Reciprocal Interactions between Carbon Storage Function and Plant Species Diversity in a Tropical Peat Swamp Forest.
- 7) Tetsuya SHIMAMURA and Kuniyasu MOMOSE: *Tropical Peatlands*, CIMTROP. (2007). Relations between Organic Matter Dynamics and Plant Species Coexistence in a Tropical Peat Swamp Forest.
- 8) Tetsuya SHIMAMURA, Ken'ichi OSAKA, Masayuki ITOH, Nobuhito OHTE & Yasuhiro TAKEMON.: *Advances in Geosciences*, World Scientific Pub. (2007) Spatial distribution of nitrate in Mizoro-ga-ike, a pond with floating mat bog.
- 9) Retno Kusumaningtyas, Shigeo Kobayashi, Shinya Takeda.: *Journal of Tropical Agriculture*, 44: 15-22. (2006) .Mixed species gardens of Java and the transmigration areas in Sumatra, Indonesia: a comparison.
- 10) Shimamura, T. and K. Momose : *Proceedings of the Royal Society of London B*, 272, 1503-1510 (2005)
 "Organic matter dynamics controls plant species coexistence in a tropical peat swamp forest"
- 11) Harrison, R. D., K. Momose, and T. Inoue : *Malaysian Nature Journal* 57, 67-80 (2005)
 "Pollination of *Dipterocarpus* by *Apis dorsata* during a general flowering"
- 12) 百瀬邦泰 : *アジア・アフリカ地域研究* 5, 72-84 (2005)
 「ニューエコロジーなる誤解：生態学と環境人類学の中の深い溝を埋めるために」
- 13) M. Nakagawa, T. Itioka, K. Momose, T. Yumoto, F. Komai, K. Morimoto, B.H. Jordal, M. Kato, H. Kaliang, A. A. Hamid, T. Inoue and T. Nakashizuka : *Bulletin of Entomological Research*, 93, 455-466(2003)
 "Resource use of insect seed predators during general flowering and seeding events in a Bornean dipterocarp rainforest"

- 14) 王培英、百瀬邦泰：経済地理、23、524-528(2003).
「太湖沿岸伝統型環境利用与沿岸農村社会的可持続発展」
- 15) 百瀬邦泰：アジア・アフリカ地域研究、3、87-102(2003)
「雲南の棚田地帯を涵養する雲霧帯の土地利用の変遷と竜山の消長」
- 16) Momose, K : Ecological Research, 19, 245-253(2003)
“Plant reproductive interval and population density in aseasonal tropics”
- 17) S. Kobayashi: Forest Ecology and Management, 201, 13-22 (2004)
“Landscape rehabilitation of degraded tropical forest ecosystems - Case study of CIFOR/Japan project in Indonesia and Peru”
- 18) 百瀬邦泰:農耕の技術と文化、27
「焼畑を行うための条件」
- 19) Shimamura, T. and K. Momose : Proceedings of the Royal Society of London B.
“Organic matter dynamics controls plant species coexistence in a tropical peat swamp forest”

<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）>

- 1) Tetsuya SHIMAMURA, Ken' ichi OSAKA, Masayuki ITOH, Nobuhito OHTE and Yasuhiro TAKEMON
(2007) Pathways of nutrient loading and effects of emergent plants in Mizoro-ga-ike, a pond with floating mat bog. Restoration of streams and wetlands in urban and suburban areas-How can we harmonize amenity enhancement along with ecosystem restoration? Principles and Case studies-, Proceedings of the fourth annual joint seminar between Korea and Japan on Ecology and Civil Engineering, River Restoration Study Group of Korea, 45-52
- 2) 嶋村鉄也：(2006) 第3章 仮説の検証」、『京大式フィールドワーク入門』京都大学アジア・アフリカ地域研究研究科・東南アジア研究所編（柳沢雅之・白石壮一郎・嶋村鉄也・山口哲由）編，NTT出版，31-52
- 3) Kobayashi, S., Ueda, E. : Response option on the rehabilitation of degraded tropical forests using the compartment model. roceedings of Rehabilitation of Degraded Tropical Forests, Southeast Asia 2005. Matsumoto, Y., Yoneda, R., Kinoto, Y., Ueda, E., Kobayashi, S. (eds) (2005)
- 4) 百瀬邦泰：科学 75, 542-546 (2005)
「野生生物はどのような条件下で持続的に利用されているか：豊富な生物知識と生物多様性の効果」

- 5) Roubik, D.W., Sakai S. & Hamid, A. (eds.) : Pollination Ecology and Rain Forest Diversity, Sarawak Studies. Springer-Verlag, New York, USA (2005) “The Plant-Pollinator Community in a Lowland Dipterocarp Forest (Chapter 6. Momose, K. and A. A. Hamid)”
- 6) Roubik, D.W., Sakai S. & Hamid, A. (eds.) : Pollination Ecology and Rain Forest Diversity, Sarawak Studies. Springer-Verlag, New York, USA (2005) “Beetle Pollination in Tropical Rain Forests (Chapter 9. Momose, K.)”
- 7) Roubik, D.W., Sakai S. & Hamid, A. (eds.) : Pollination Ecology and Rain Forest Diversity, Sarawak Studies. Springer-Verlag, New York, USA (2005) “Plant Reproductive Phenology and General Flowering in a Mixed Dipterocarp Forest (Chapter 4. Sakai, S., Momose, K., Yumoto, T., Nagamitsu, T., Nagamasu, H., Hamid, A. A., Nakashizuka, T., and Inoue, T.)”
- 8) Roubik, D.W., Sakai S. & Hamid, A. (eds.) : Pollination Ecology and Rain Forest Diversity, Sarawak Studies. Springer-Verlag, New York, USA (2005) “Insect Predators of Dipterocarp Seeds (Chapter 11. Nakagawa, M., Itioka, T., Momose, K., and Nakashizuka, T.)
- 9) Ueda, E., Kobayashi, S., Yarwudhi, C. : Differences of understanding on the forest among Japanese, Thai, and Indonesian. Proceedings of Rehabilitation of Degraded Tropical Forests, Southeast Asia 2005. Matsumoto, Y., Yoneda, R., Kinoto, Y., Ueda, E., Kobayashi, S. (eds) (2005)

(2) 口頭発表

- 1) Kobayashi Shigeo. 2008. Strategic approach for the sustainable land-use as forest based on the secondary succession processes. The Conference of “Towards Sustainable Land-use in Tropical Asia”, P. 84. ATBC, Sarawak Forestry and JASTE, Kuching, Sarawak, Malaysia.
- 2) Kobayashi Shigeo. 2007. Rehabilitation of degraded tropical forest based on secondary succession. Inaugural Conference of the Asian Chapter of the Association for Tropical Biology and Conservation. Keynote address: 29-30. GRT Temple Bay, India.
- 3) 小林繁男. 2007. 熱帯林喪失と現状と未来は？NPO地球環境大学東京講座.
- 4) Kobayashi Shigeo. 2007. Is the information of secondary succession process effective for rehabilitation of degraded tropical forest? Proceedings of the 17th Annual Meeting of the Japan Society of Tropical Ecology. A20. Kochi University.
- 5) 小林繁男. 2007. 熱帯林の修復による住民のヒューマンセキュリティー. 第118回日本森林学会大会学術講演、I01.九州大学
- 6) Kobayashi, Shigeo. (2006) Synthetic approach on the rehabilitation of degraded tropical forest. The 8th Kyoto University International Symposium on Towards Harmonious

Coexistence within Human and Ecological Community on this Planet. Bangkok, Thailand. pp31-36.

- 7) Kobayashi, Shigeo. (2006) Ecological functions of peat swamp forest and land resource management for global-warming prevention in Southeast Asian wetlands. International Symposium on Nature and Land Management of Tropical Peat Land in South East Asia (Bogor, Indonesia. 2006. September)
- 8) Kobayashi Shigeo. (2007) Rehabilitation of degraded tropical forest based on secondary succession. Averting biodiversity meltdown in the Asian tropics. Association for Tropical Biology and Conservation. (Mahabalipuram, India.
- 9) Tetsuya SHIMAMURA, Masayuki ITOH, Nobuhito OHTE, Yasuhiro TAKEMON (2006) Pathways of nutrient loading and impacts of spatio-temporal variation of plant populations in Mizoro-ga-ike, a pond with floating-mat bog, Asia Oceania Geographical Society Meeting 2006, 59-HS-A1163, Singapore, (July 2006)
- 10) Tetsuya SHIMAMURA, Ken' ichi OSAKA, Masayuki ITOH, Nobuhito OHTE and Yasuhiro TAKEMON, 「Pathways of nutrient loading and effects of emergent plants in Mizoro-ga-ike, a pond with floating mat bog」、『Fourth Annual Joint Seminar between Korea and Japan on Ecology and Civil Engineering』、B-3, Gwangju, Korea, (July 2006)
- 11) Tetsuya SHIMAMURA, Masayuki ITOH, Nobuhito OHTE, Yasuhiro TAKEMON, 「Evolution of water chemistry in Mizoro-ga-ike, a pond with a floating-mat bog」、『2nd EAFES International Congress, Niigata Japan』、EP119, (March 2006) (Poster Prize Awarded)
- 12) 百瀬邦泰 (2006) 多様な生物が持続的に利用されるしくみ: コモンズ論の限界を補うには? 第 53 回日本生態学会大会
- 13) 百瀬邦泰、衞石理恵、結城英莉、高田容子、Sampang G.、Swido H. L. (2006) 熱帯泥炭湿地での住民組織による CDM 植林にむけての課題. 第 117 回日本森林学会大会
- 14) Hamamoto, K, Darma, E. C, Suwido, H. L., and Momose, K.: International Symposium and Workshop: "Restoration and Wise Use of Tropical Peatlands: Problems of Biodiversity, Fire, Poverty and Water" (2005) "The relation between the regeneration of plants and small mammals in peat swamp forest in Central Kalimantan"
- 15) Shimamura, T. and Momose, K.: International Symposium and Workshop: "Restoration and Wise Use of Tropical Peatlands: Problems of Biodiversity, Fire, Poverty and Water" (2005) "Relations between organic matter dynamics and plant species coexistence in a tropical peat swamp forest"
- 16) Kamoi, T., Kenzo, T, Kuraji, K. and Momose, K.: International Symposium on Forest Ecology, Hydrometeorology and Forest Ecosystem Rehabilitation in Sarawak (2005) "Abortion of reproductive organs adjusts the costs of reproduction to match daily fluctuating production in the tropical pioneer *Melastoma malabathricum*

(Melastomataceae)”

- 17) Aihara, Y., Tisen, O. B., and Momose, K.: International Symposium on Forest Ecology, Hydrometeorology and Forest Ecosystem Rehabilitation in Sarawak (2005) “Avifauna of primary and secondary vegetation around Lambir Hills National Park, and indigenous knowledge about birds by the Iban villagers”
- 18) Momose, K., Kaga, M., Kiozumi, M., Tanaka, H., Kishimoto, K., Matsumoto, T., Itioka, T., Nakagawa, M., Yoshimura, M., Ichikawa, M., Chong, L., and Nakashizuka, T.: International Symposium on Forest Ecology, Hydrometeorology and Forest Ecosystem Rehabilitation in Sarawak (2005) “Patterns of plant-animal interactions and plant diversity in relation with spatial distribution of land use around Lambir Hills National Park”
- 19) 植田愛美、小林繁男、Chanchai Yarwudhi : 第 15 回日本熱帯生態学会年次大会
「都市と地方の人々の森林観の違いについてータイと日本の比較ー」
- 20) 小林繁男、山越言、伊藤美穂 : 第 15 回日本熱帯生態学会年次大会
「熱帯林とともに住む人々のヒューマンセキュリティーに関する研究ー西アフリカ・ギニアの村落周辺林と人々」
- 21) 百瀬邦泰 : 第 53 回日本生態学会大会 (2006)
「多様な生物が持続的に利用されるしくみ : コモンズ論の限界を補うには？」
- 22) 鴨井環、百瀬邦泰 : 第 53 回日本生態学会大会 (2006)
「ランビルヒルズ国立公園における植物と果実食者との関係」
- 23) 菅原未知登、百瀬邦泰、田中憲蔵、二宮生夫、林田光祐 : 第 53 回日本生態学会大会 (2006)
「3 年続けて伐採した低木・亜高木種の萌芽特性」
- 24) 山下聡、百瀬邦泰、中川弥智子、中静透 : 第 53 回日本生態学会大会 (2006) 「森林管理方法の違いが菌類子実体の多様性におよぼす影響ーマレーシア・サラワク州における場合ー」
- 25) 福田大介、鴨井環、百瀬邦泰、Tisen, O. B.、酒井章子 : 第 53 回日本生態学会大会 (2006)
「低地フタバガキ林の非一斉開花期に植物食コウモリの多様性はどのように維持されるか」
- 26) 百瀬邦泰、祢石理恵、結城英莉、高田容子、Sampang G.、Swido H. L. : 第 117 回日本森林学会大会 (2006) 「熱帯泥炭湿地での住民組織による CDM 植林にむけての課題」
- 27) 山下 聡、百瀬 邦泰、中川 弥智子、松本 崇、中静 透 : 第 117 回日本森林学会大会 (2006)
「森林管理方法の違いが菌類の子実体相におよぼす影響」

(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) マスコミ等への公表・報道等
なし

(6) その他
なし