

機関番号：82105

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2007～2010

課題番号：19255012

研究課題名（和文）地下部・枯死木を含む物質生産・分解系調査に基づく熱帯雨林の炭素収支再評価

研究課題名（英文） Re-evaluation of carbon balance in tropical rain forests based on the matter production and decomposition processes of below-ground and dead-tree biomass.

研究代表者

新山 馨 (NIIYAMA KAORU)

独立行政法人森林総合研究所・東北支所・地域研究監

研究者番号：70353795

研究成果の概要（和文）：東南アジアの熱帯多雨林で、地下部の相対成長式を実測により作成し、正確な地下部現存量をはじめて明らかにした。半島マレーシア、パソ森林保護区の熱帯多雨林で、最大幹直径、116 cm の個体を含む 121 個体（78 種類）の地下部を掘り取り調査した。細根と調査中に失われた根の量も補正し、精度の高い地下部現存量推定式を作成した。地下部、地上部のバイオマスは 95.9 Mg ha^{-1} と 536 Mg ha^{-1} 、地下部・地上部の比は 0.18 と推定された。

研究成果の概要（英文）：We excavated 121 root systems of various species (78) and sizes (up to 116 cm in dbh), and estimated both above- and below-ground biomass in a lowland primary dipterocarp forest in the Pasoh Forest Reserve, Peninsular Malaysia. Total below-ground (BGB) and above-ground biomass (AGB) was estimated to be 95.9 and 536 Mg ha^{-1} , respectively. The biomass-partitioning ratio (BGB/AGB) was about 0.18. The dbh-based allometric equation developed in this study, might be useful for evaluating below-ground carbon stocks in other stands of similar forest (old-growth dipterocarp) in South-East Asia.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
19年度	7,100,000	2,130,000	9,230,000
20年度	6,000,000	1,800,000	7,800,000
21年度	6,000,000	1,800,000	7,800,000
22年度	5,400,000	1,620,000	7,020,000
年度			
総計	24,500,000	7,350,000	31,850,000

研究分野：森林生態学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：熱帯雨林、マレーシア、パソ、地下部、細根、枯死木、相対成長式、炭素収支

1. 研究開始当初の背景

熱帯林は、世界の森林の約 43% を占めるといわれ、森林による二酸化炭素吸収において重要な地域である。特にマレーシア半島やボルネオ島の低地フタバガキ林は、地上部だけでも現存量が 400 Mg ha^{-1} を超える世界でも発達した森林生態系の一つである。マレーシア半島のパソ保護林で行われた 1970 年代の IBP（国際生物学研究計画）で、地上部の

生産力研究は網羅的に進んだが、地下部の現存量と細根の回転率の研究は、対象が巨大で調査が困難なため進展してこなかった。けれども地下部現存量や細根の回転率は、決して無視しうるような量ではなく、森林生態系の炭素収支を明らかにするための最後のブラックボックスになっている。

2. 研究の目的

これまでパソで蓄積されてきた地上部の

現存量及び生長量データに加え、地下部現存量や細根の回転率、攪乱による枯死木の蓄積と分解も考慮し、時空間スケールを拡大することで、熱帯雨林の炭素収支を生態学的手法で再評価することを目的とする。具体的には、1) 地下部を含むアロメトリー式の確立、2) 細根の現存量と回転率の実測、3) 枯死木の蓄積と分解過程の解明、4) 森林の回転率増加の検証、5) 熱帯雨林の炭素収支の時空間的変動とその要因の解析を通じ、熱帯雨林の炭素収支の再評価を行うことである。

3. 研究の方法

マレーシア森林研究所と共同で、半島マレーシア・ネグリセンビラン州にあるパソ森林保護区の低地フタバガキ林において各種の調査を行った。

(1) 地下部を含むアロメトリー式の確立

地下部現存量を正確に推定するため、胸高直径が1cmから116cmまでの121個体(78種)の根を掘り取り調査した。これを元に相対成長式(アロメトリー式)を作成した。またパイプモデルを仮定したモデル式により、細根と調査中に切れた根量の補正を行う式を作成した。

4つの20m×100mの調査区で毎木調査を行い、アロメトリー式による総現存量の推定を行った。

(2) 細根の現存量と回転率の実測

細根の空間分布を明らかにするために、垂直分布および水平分布を調査した。垂直分布の調査のために、深さ2mの土壌断面を2カ所、深さ3mの土壌断面を3カ所、そして深さ4mの土壌断面を2カ所作成し、各断面から5cm×5cm×(深さ)の土壌ブロックを2回繰り返して採取した。水平分布の調査のために3本の100mトランセクトを設置し、各トランセクトでは10mおきに10個の25cm²×10cmの土壌コアを使用し、表層土壌を採取した。

細根の生産速度の推定には、イングロスコア法を採用した。同法は、細根の進入可能な素材でできた容器に細根を含まない土壌を詰め土壌中に埋設し、一定期間後に回収するもので、その期間内に進入してきた細根量をもって細根生産量とする。上記と同じ3本のトランセクトにおいてイングロスコア法による細根生産速度の推定を行った。

回収した土壌試料は、現場近くで水道水を使って水中篩別を行い、土壌粒子と直径5mmより細い細根を分別した後、乾燥させた。乾燥した細根は0-1mm、1-2mmおよび2-5mmの三段階の直径階に分けて乾燥重量を測定した。

(3) 枯死木の蓄積と分解過程の解明

保護区内の50haプロット内に生育する直径30cm以上の全林冠木(3156個体)を対象

とし、2008年度にその健全度を幹・枝・葉量等の樹形状態から判定し、過去20年間の毎木資料を活用して健全度と死亡率の関連性を調べた。また、保護区内に幅10m、総延長5.6kmのベルトトランセクト(図1)を設け、そこに分布する直径30cm以上の林冠木の健全度を調べ、1年経過後の死亡率を再調査することにより、健全度との関連性を解析した。

立枯、幹折れ、根返り等の枯死原因の違いによる分解率の変動性を明らかにすることを目的とし、50haプロット内の西側15ha(図-3)において、2004年9月の強風で発生した大形枯死材(CWD)の腐朽度を05年1月、07年9月に電動式木材硬度計(DMP)で観測した。同様な調査を、保護区内のPlot-1および二次林区(図-3)において、枯死履歴が判明しているCWDを対象として実施した。CWDの分解率(β)にはロジスティック分解式(Yoneda, 1975)を適用した。

分解率の水平的変動性を明らかにする目的で、市販の木片(アイスキャンディ棒)を供試材としたリターバッグを用い、上記15ha内のギャップ地を含む6haで10m間隔に651袋設置し、1年後に回収してその重量減少量から指数関数分解式を適用し分解率を求め、その水平変動性を調べた。同様な手法により、リターバッグを1m間隔で1000袋設置し、近距離間の変動性を調べた。分解率(μ_1)、無機化率(μ_2)および碎片化率(μ_3)は下式で定義した。なお、3つの分解率の間には、 $\mu_1 = \mu_2 + \mu_3$ が成立する。

$$w = w_0 \times \exp(-\mu_1 \times t)$$

$$w = w_0 \times (L/L_0) \times \exp(-\mu_2 \times t)$$

$$L = L_0 \times \exp(-\mu_3 \times t)$$

(w_0 :初期重量, w :回収時重量, L_0 :初期長, L :回収時長, t :放置時間)

(4) 森林の回転率増加の検証

マレーシアネグリセンビラン州の低地熱帯雨林(現在はパソ保護林として指定されている概ね2400haの地域)で1957年頃にMUSという施業方法により有用木を選択的に伐採したエリア内に設置した200m(南北方向)×300m(東西方向)の毎木調査プロットのデータを用いた。プロット内では胸高直径1cm以上の樹木の直径サイズを計測し、それらの位置情報(誤差<10cm)を記録しマップ化した。このプロットでは1998年に初回の毎木調査を行い、その後2年ごとに再センサスを継続している。今回は1998年から2008年までの調査データを用いた。プロット内での地形条件を区別するために、平坦地で且つ雨期には冠水する沼地と概ね<5度の傾斜が見られる丘陵斜面に分類した。一方この二次林プロットの比較対象として過去に伐採履歴がない天然林内に設置した300m(南北方向)×200m(東西方向)のサイズの調査プロットの

毎木調査のデータを解析に用いた。

(5) 熱帯雨林の炭素収支の時空間的変動とその要因の解析

森林の更新と林内環境の時空間的変化との関係を分析するために天然林と択伐林の両プロット内において、森林内光環境の不均質性について調べた。全天写真は魚眼レンズを用いて天空に向けて撮影し、林冠開空度(%)を計測した。また、林内の光量子密度の時空間変動についても調査した。光量子センサーは地表から約70cmのところに塩ビ管を用いて取り付け天然林、二次林の閉鎖林冠下と開放林冠(ギャップ)下にそれぞれ49個ずつ設置した。

4. 研究成果

(1) 地下部を含むアロメトリー式の確立

根の地下部現存量は以下の式で、胸高直径から推定できることがわかった。

$$BGB = 0.023DBH^{2.59} \quad (r^2 = 0.976)$$

ここで、BGBは地下部現存量、DBHは胸高直径である。この式を用いて地下部現存量を、また、既存の地上部用のアロメトリー式で地上部現存量を推定したところ、地下部は平均で95.9 Mg ha⁻¹、地上部は536 Mg ha⁻¹であった。推定した総現存量は515 Mg ha⁻¹から766 Mg ha⁻¹とばらついたが、地下部・地上部の比は4プロットとも0.18ときわめて安定していた。この値は直径5mm以下の細根や、掘り取りの際に切れた根量を補正した値であり、信頼性は高い。パイプモデルで推定した細根量は土壤断面から実測した細根量に近い値を示した。

(2) 細根の現存量と回転率の実測

土壤断面調査の結果から、地下4mまでの土壤層に約16.4 Mg ha⁻¹の細根が存在することが明らかになった。土壤深ごとの樹木細根量は、0-1mの深さには約13.6 Mg ha⁻¹、1-2mの深さには約1.9 Mg ha⁻¹、2-3mの深さには約0.8 Mg ha⁻¹、3-4mの深さには約0.1 Mg ha⁻¹分布していること明らかになった(図-1)。表層0-10cmに断面全体の細根量の30%が、表層0-20cmに断面全体の細根量の50%が分布していることが明らかになった。

細根の単位容積あたり重量は、直径0-2mmの細根は最表層にピークを持つ分布であったが、直径2-5mmの細根は5-20cmに分布のピークがあった(図-2)。深さ2m50cmより深い土壤層には直径2-5mmの細根は分布しておらず、直径2mmより細い細根のみが分布していた。

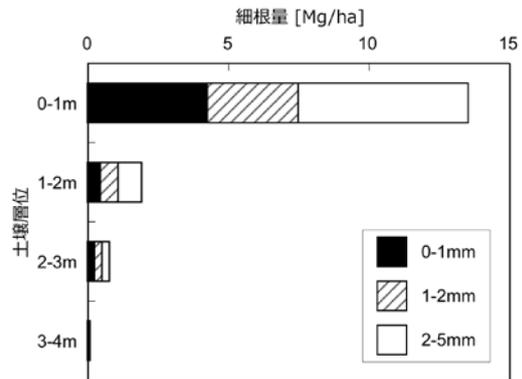


図-1. 細根バイオマスの垂直分布. 土壤層位0-2 mは7断面の平均値、2-3 mは5断面の平均値、3-4 mは2断面の平均値。

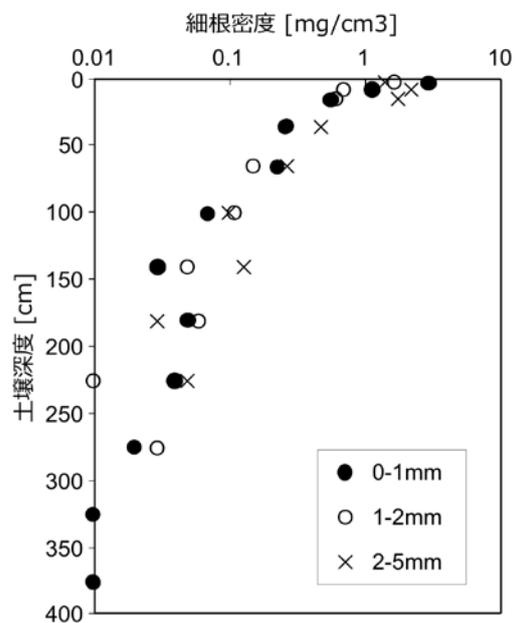


図-2. 細根密度の垂直分布. 横軸は対数。

細根の水平分布を調べたところ、三カ所に設定されたトランセクトにおける表層土壤0-10cmに分布する細根は7回の調査の平均で4.0-5.5 Mg ha⁻¹であった。各サンプリング機会における変動係数は30-75%の範囲にあり、トランセクト間の相関も弱く、有意な季節変動はなかった。

細根の生産速度は、表層土壤0-10cmで生産される細根の量は1.3-2.2 Mg ha⁻¹であった。このうち60%以上が直径0-1mmの細根に占められていた。直径2-5mmの細根は総細根生産量の3-8%を占めるに過ぎなかった。細根現存量と生産速度から推定される細根の平均滞留時間は直径階ごとで異なり、直径0-1mmの細根では1.4-2.0年、直径1-2mmの細根では2.7-3.1年、直径2-5mmの細根では15-34年であった。

(3) 枯死木の蓄積と分解過程の解明
枯死率の時空的変動性

50ha プロットでは毎木調査が1987年以来、約5年間隔で実施されている(図-3)。その資料に基づき、各観測期間での生存個体と死亡個体の位置の分布相関を統計解析(L関数)した。その結果、95年以前は両者間には相関性が無くランダム分布であったが、95年以降排他的相関に変化した。また、2008年に樹形から健全であると判定した個体と2005年から2008年の間に枯死した個体との分布相関においても排他的相関を確認できた。15haで観測した2008-2010年間に枯死した個体の2008年時の健全度は、生存木より明瞭に低かった(図4)。

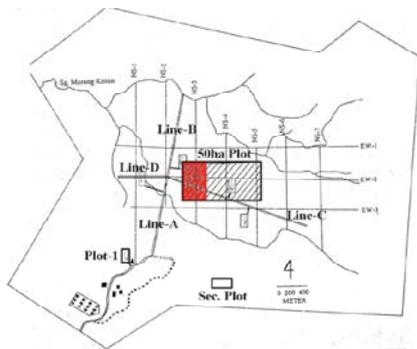


図-3. 外枠の多角形はパソ森林保護区を示す。中央部の矩形が50haプロットで、その西側の塗りつぶした矩形部が94年に強風被害を受けた林分を含む15ha。CWDの分解率はPlot-1とSecondary Plotにおいても実施した。50haプロットに西を交点とする4本の太い直線(Line A, B, C, D)は広域調査をこなったベルトトランセクト。

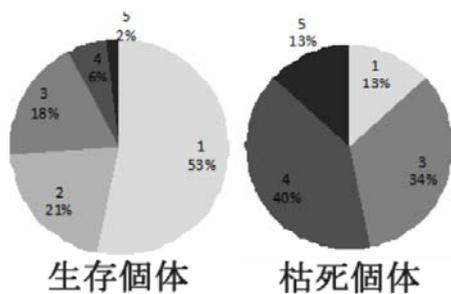


図-4. 50ha区内15haで2008-2010年間の生存個体と枯死個体における2008年時の葉量で評価した健全度(数値が小さいほど健全度が高い)。

対象区では95年以降とくに胸高直径が50cmを越す大径木の枯死率が増大傾向にある。本調査結果は、これら枯死個体が空間的にランダムに発生しているのではなく、林冠木の枯死で発生したギャップ周辺部で衰弱木が多く、それが高い確率で枯死しているこ

とを示している。このことは、こと枯死が周辺木の枯死率を高めるといふ衰退スパイラル現象が発生している可能性を示唆している。

2004年9月14日に発生した18.6m/秒の強風(小杉・谷、未発表資料)により、先に示した15haの調査区内の約1割(基底面積)の林冠木が枯死した、さらに、2010年7月25日に発生した18.4m/秒の強風では、林内に設置した総延長5.6kmのベルトトランセクトにおいて本数で6.2%、年死亡率で5.1%が枯死した。それらの風倒木は地形に依存した集中分布を示し、また健全度が低い個体ほど被害率が高かった。これらの結果は、東南アジア熱帯雨林においても、強風は枯死要因の一つであり(Yoneda et.al., 1998)、その枯死率には地形とともに健全度も関係していることを明らかにした。

50haでの1998-2005年間の毎木データベースと2008年の健全度調査資料を用い、健全度と過去の平均肥大成長速度(G)の相関、さらにGとその後5年間の死亡確率との相関を解析し、この2つの相関関係により、健全度から今後5年間の死亡確率を求める手法を開発した。前者の相関においては、健全度調査に用いた調査項目の中で過去の成長速度と有意な相関性を示した8項目と直径を説明変数とし、目的変数である成長速度に正規分布を仮定して一般化線型モデル(GLM)を適用して回帰式を求めた。成長速度は樹種間で大きく異なるため、構成種を科レベルで5つ(フタバガキ科、マメ科、カンラン科、ブナ科、その他)に分類し、98-05年間の平均速度を説明変数に加えた関係では、赤池情報量基準(AIC)=3557、R²=0.098のレベルでの回帰式を得た。後者の相関では、目的変数の枯死確率に二項分布を仮定し、平均成長速度を説明変数とし、5つの科の平均枯死率で重みをつけGLMを適用した結果、AIC=7748のレベルでの回帰式を得た。得られた枯死確率を用いその総和として林分の枯死率を求めた。

この手法から改良点は多く存在するが、健全度からの死亡率の推定が可能であることを示すことができた。この手法による08年から13年までの5年間の枯死率は00年-05年間の値よりも減少すると推定した。

分解率の変動性

04年9月の強風で発生した枯死木を対象とし、立枯れ(S)、倒木(F)、根返り(R)間での分解率を比較した。強風直後には枯死と判定された個体が、その後復活して生木(L)となる例も存在した。それら4状態を区別して分解率を比較した。その結果(図-5)、立枯木および幹折木の分解率は折口高と負の相関を持ち、その関係は少なくとも7年間は続くことが明らかとなった。根返木の分解率

は、少なくとも3年間は非常に小さい状態が維持され、被害後3~7年の間に幹折木の分解率に移行すると推定できた

結果: カテゴリー間のβ比較(1)

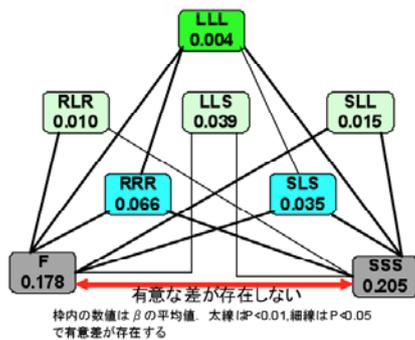


図-5. 04年9月の強風で発生したCWDの枯死原因別分解率の比較。枠内の数値が分解率[1/年], 記号が腰状態を示す(本文参照)。

10m 間隔で求めた分解率の水平変動性において、破片化率はポアソン分布を示し、無機化率との間に弱い正の相関性を示した。破片化率は地点間での変動性が大きく、高い値が集中分布したことから、本プロセスの主役はシロアリと推定した。一方、無機化率の地点間変動性は低く、正規分布を示した。すなわち、無機化率には線型要因の地点間変動における正規性が反映しているものと推定され、その要因解析を現在進めている。1m間隔での分解率の水平変動についての観測結果もほぼ同様であった。地点間換距離の違いに関わらず変動性に大差が無かった原因についても解析中である。同様な手法で行った他の熱帯雨林での結果との比較より、当該林ではとくに破片化率が高いこと、すなわち分解過程へのシロアリの高い寄与率が特徴であると判断した。

(4) 森林の回転率増加の検証、

マレーシアネグリセンビラン州の択伐後50年経た二次林での1998年~2008年までの再センサスデータをもとに林分の現存量増加速度の空間的な不均質性について分析を行った。その結果、二次林の森林の現存量は1.7%/年の成長率で回復しているが、調査プロットの地形的要素によって強く影響を受けることが分かった。たとえば伐採記録から調査区は1957年ころにMalayan Uniform System(=MUS)という伐採方式により、非有用木の除伐(まき枯らし)と有用後継樹種の生長を積極的に促す施業が行われたとされている。伐採木の下限サイズと周辺部の天然林の現存量から伐採直後の現存量を推定したところ、上記の再センサス時での成長速度を外挿した現存量と概ね一致し、伐採直後から

1.7%~1.8%/年程度の成長速度で順調に現存量が増加したことが分かった(Okuda et al 2011)。従来低地熱帯雨林での回復には100年程度かかるとの試算がなされていたが(Kurpik et al 1997)、調査区では50年程度で天然林の現存量に近い値まで回復することが示唆された。

(5) 熱帯雨林の炭素収支の時空間的変動とその要因の解析

こうした森林の更新には林床の光環境の不均質性が寄与していることから二次林、天然林での林冠開空度の空間分について現地調査を行った。その結果、ある一定以上の林冠開空度を有する箇所(いわゆる林冠ギャップ)が二次林に比べて著しく偏在化している(=集中分布している)ことが分かった。さらに林冠ギャップ下での光量子密度の時空間変動を2m毎の格子点(計49地点)で調べたところ天然林の林冠ギャップ化で時間的にも空間的にも変動幅が大きいことが分かった。二次林プロットでは後継樹の枯損や倒木がほとんどなく、現存量回復には伐採後に(後継樹として)残存していた中継木の生長が重要な要素であることが示唆された。また亜高木層の生長も概して順調であることから、中庸レベルでの光強度と不均質性が現存量回復に功を奏したとも考えられる。しかしながら、同プロット内に於いても斜面下部~低湿地帯における現存量の回復速度は斜面上部に比べて著しく低いことが分かっている(0.8%/年)。同様の傾向はパソ保護林の中心部に設置した50ヘクタールプロット内でも同様の傾向が示されており(低湿地での現存量が低い)、その原因として、低湿地では、樹木の地下部(根)の生長が遅く、高木が育ちにくいこと、また定着し、後継木として生長しても高頻度で倒木すること等が指摘されている(Okuda et al. 2003, 2004)。このように林冠ギャップの形成は森林の更新や多様性の維持機構の重要な要素であることがこれまでの研究で示されており、熱帯雨林でもこの理論は適用できるものと考えられる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計18件)

- ①Nishimura, S., T. Yoneda, S. Fujii, E. Mokta, M. Kanzaki & S. Ohta. 2011. Sprouting traits of Fagaceae species in a hill dipterocarp forest, Ulu Gadut, West Sumatra. *Journal of Tropical Ecology* 27:107-110. 査読有
- ②Niiyama, K., T. Kajimoto, Y. Matsuura, T. Yamashita, N. Matsuo, Y. Yashiro, A. Ripin, A. R. Kassim, and N. S. Noor. 2010. Estimation of root biomass based on

excavation of individual root systems in a primary dipterocarp forest in Pasoh Forest Reserve, Peninsular Malaysia. *Journal of Tropical Ecology* 26:271-284. 査読有

③Chairul, T., Yoneda & J. Yamauchi. 2010. Phenological study on a tropical secondary forest in West Sumatra, Indonesia. *Tropics* 18:211-220. 査読有

④Hashim M., Marghanyl, M., Okuda T., and Numata S. 2010. Risk assessment mapping of landscape development based on ecological service and goods in Malaysia Lowland Tropical Rainforest. *J Environmental Science and Engineering*, 4 (2): 58-69. 査読有

⑤Suzuki, R. O., Numata, S., Okuda, T., Md. N. Nur Supardi and Kachi, N. 2009. Growth strategies differentiate the spatial patterns of 11 dipterocarp species coexisting in a Malaysian tropical rain forest. *Journal of Plant Research* 122: 81-93. 査読有

⑥Hosaka, T. Takagi, S. Okuda, T. 2009. A preliminary survey of insect galls on dipterocarps in a lowland rainforest at Pasoh, Peninsular Malaysia. *Tropics*. 18: 93-102. 査読有

⑦Adachi, M., Ishida, At., Bunyavejchewin, S., Okuda, T., Koizumi H. 2009. Spatial and temporal variation in soil respiration in a seasonally dry tropical forest, Thailand. *J. Tropical Ecology* 25:531-539 査読有

⑧Yoneda, T., S. Nishimura, S. Fujii & E. Mukhtar. 2009. Tree Guild composition of a hill dipterocarp forest in West Sumatra, Indonesia. *Tropics* 18: 145-154. 査読有

⑨Naito, Y., Kanzaki, M., Numata. S., Obayashi, K., Konuma, K., Nishimura. S., Ohta, S., Tsumura, Y., Okuda, T., Lee, S.L., and Muhammad, N. 2008. Size-related flowering and fecundity in a tropical canopy tree species, *Shorea acuminata* (Dipterocarpaceae) during two consecutive general flowerings. *J. Plant Research*, 121: 33-42. 査読有

⑩Nishimura, S., T. Yoneda, S. Fujii, E. Mukhtar & M. Kanzaki. 2008. Spatial pattern and habitat association of Fagaceae in a hill dipterocarp forest in Ulu Gadut, West Sumatra. 2008. *Journal of Tropical Ecology* 24 : 535-550. 査読有

⑪Yashiro, Y., Wan Rashidah K., Okuda, T., Koizumi, H. 2008. The effects of logging practices on soil green house gases (CO₂, CH₄, N₂O) flux in tropical humid forest, Peninsular Malaysia. *Agricultural and*

Forest Meteorology 148: 799-806. 査読有
[学会発表] (計 25 件)

①保坂哲朗・胡友貴・奥田敏統 熱帯雨林の択伐が地上性ほ乳類相、およびフン虫相に与える影響 第 58 回日本生態学会 2011 年 3 月 札幌コンベンションセンター (札幌市)

②Niiyama, K., Yamashita, T., Kenzo Tanaka, Azizi Ripin Abd. Rahman Kassim. Root biomass estimation by allometric and soil-pit methods in Pasoh Forest Reserve, Peninsular Malaysia. Pasoh Symposium, Forest Research Institute, Kepong, Malaysia. 2010 年 11 月

③Okuda, T. Interlinkage between the biodiversity and climate changes - Towards good use of Pasoh Assets-, Pasoh Symposium, Forest Research Institute, Kepong, Malaysia. 2010 年 11 月

④新山馨、田中憲蔵、山下多聞、Azizi Ripin, Abd. Rahman Kassim パソ保護林における熱帯多雨林の根量の平面的不均質性と垂直分布 第 20 回日本熱帯生態学会年次大会 2010 年 6 月 広島大学 (東広島市)

⑤吉岡藍子・山田俊弘・梁乃申・Christine Fletcher・Mazlan Hashim・奥田敏統 低地熱帯雨林における林床光環境の時空間的変動 第 20 回日本熱帯生態学会年次大会 2010 年 6 月 広島大学 (東広島市)

⑥濱田肇次、米田健、奥田敏統、東南アジア熱帯雨林における林冠木の健全度評価、第 57 回日本生態学会、東京大学(文京区)、2010 年 3 月

[図書] (計 1 件)

①新山馨 熱帯林の減少と劣化 地球環境学事典 (弘文堂)、114-115 2010.11

6. 研究組織

(1) 研究代表者

新山 馨 (NIIYAMA KAORU)

独立行政法人森林総合研究所・東北支所・地域研究監

研究者番号：70353795

(2) 研究分担者

米田 健 (YONEDA TSUYOSHI)

鹿児島大学・農学部・教授

研究者番号：40110796

奥田 敏統 (OKUDA TOSHINORI)

広島大学大学院・総合科学研究科・教授

研究者番号：20214059

山下 多聞 (YAMASHITA TAMON)

島根大学・生物資源科学部・准教授

研究者番号：30263510