

S-1 21世紀の炭素管理に向けたアジア陸域生態系の統合的炭素収支研究

テーマI ボトムアップ（微気象・生態学的）アプローチによる

陸域生態系の炭素収支解析に関する研究

(1) 森林生態系における炭素収支の定量的評価に関する研究

3) 熱帯森林生態系における炭素収支

京都大学 大学院農学研究科

独立行政法人森林総合研究所

独立行政法人産業技術総合研究所

独立行政法人国立環境研究所

鹿児島大学 農学部

島根大学 生物資源科学部

(財) 自然環境研究センター

谷誠・小杉緑子

新山馨・松浦陽次郎

蒲生稔

藤沼康実

奥田敏統（平成17年3月まで）

米田 健

山下多聞

菰田誠

〈研究協力者〉 三重大学大学院生物資源学研究科

京都大学農学研究科

松尾奈緒子

大久保晋治郎・伊藤雅之

横山直人・福井佑介

三谷智典・小西信二

和田卓己・片山辰弥

武田博清・清水昭宏

神崎護・金子隆之

太田誠一・中作明彦

清原祥子・梶原嗣頭

梶本卓也・田中憲蔵・高梨聡

独立行政法人森林総合研究所

佐藤保

環境省地球環境局総務課研究調査室

独立行政法人国際農林水産業研究センター

八木橋勉

独立行政法人産業技術総合研究所

前田高尚・近藤裕昭

広島大学総合科学研究科

近藤俊明

静岡大学農学部

水永博己

鹿児島大学農学部

田代慶彦

島根大学生物資源科学部

川口英之

平成14～18年度合計予算額 235,842千円

(うち、平成18年度予算額 32,608千円)

※上記予算額には、間接経費 54,425千円を含む

[要旨] 熱帯林では光合成による炭素収支を評価するため、半島マレーシアのPasoh熱帯降雨林とタイのSakaerat熱帯常緑季節林において観測・調査を行った。Pasohでは、日中のCO₂フラックス

はほとんど季節変化を持たず午後には低下すること、生態系呼吸量としての夜間放出量は土壌乾燥期に減少するため、森林全体としてのCO₂吸収量は乾燥期にむしろ増大する傾向が明らかになった。また、個葉ガス交換や群落内のCO₂動態測定結果を基に炭素多層モデルによる解析を行い、午後における光合成の大きな低下に対して、吸水阻害などに起因すると思われる葉の不均一な気孔閉鎖がかかわっていることがわかった。これらのCO₂動態の詳細な観測と解析によって、年間では少量の炭素吸収を示すことが明らかになった。生態学的調査では、地下部の掘り取り調査を含む2回の現存量調査、細根バイオマスおよび細根の回転率調査、大面積プロットにおける倒木調査を実施した。その結果、近年の倒木の発生によって、枯死材集積とその炭素放出が炭素収支において長期間にわたり大きな役割をもち、NEPのマイナス傾向が基調になるが、これには大きな空間変動があって、NEPがプラスになる場所や期間も現れることがわかった。Sakaeratではフラックス観測によると非常に大きな炭素吸収が推定されたが、夜間のCO₂放出を補正することによりかなり改善される結果を得た。生態学的調査では、森林の更新動態による年々変動を示してはいるが、炭素収支がほぼ安定平衡状態にあることがわかった。以上のように、熱帯林の炭素収支は平衡状態に近いが、空間的な不均質性によって、あるいは気候条件の年々変動や倒木発生などの時間変動を受けて、炭素の放出吸収が変動する実態が明らかにされた。

[キーワード] 炭素収支、生態学的調査、フラックス観測、多層モデル、枯死材

1. はじめに

熱帯地域には、巨大なエマージェント樹木を持った常緑降雨林や乾季に葉を落とす落葉季節林があるが、光合成による炭素吸収と呼吸による放出がともに大きい特徴があり、炭素収支を評価するには精度の良いフラックス観測と生態学的調査のクロスチェックが特に重要である。そこで、クロスチェック可能な半島マレーシアのPasoh熱帯降雨林とタイのSakaerat熱帯常緑季節林における炭素収支の詳細な調査を行う。

2. 研究目的

半島マレーシアのPasoh熱帯降雨林とタイのSakaerat熱帯常緑季節林においてタワーにおけるフラックス連続観測、生態系調査を継続して行い、両サイトにおいてクロスチェックを行い、熱帯森林生態系における炭素収支測定精度を評価する。

3. 研究の方法

(1) Pasoh

Pasoh森林保護区(2°58′N, 102°18′E)は1970年のIBP以来長期間にわたって生態学的調査が行われてきた熱帯低地フタバガキ林のサイトである。乱流変動法による熱・水・二酸化炭素フラックスの連続観測、ガス輸送に関わる土壌呼吸速度や個葉ガス交換等の集中観測を行っている。また、1970年以降続けられてきた貴重な資産を受け継ぎ、毎木調査、地下部現存量調査、林木の枯死分解と再生から炭素収支の変動を推定する調査など、総合的な調査を実施している。

(2) Sakaerat

Sakaerat環境研究ステーション(14°30′N, 101°55′E)は、12月から2月にかけて明瞭な乾季を持ち、熱帯モンスーン気候下にある。タワー乱流変動法によるフラックス連続観測、地上バイオマスと大型木質遺体(CWD)に注目した炭素貯留量の変動調査を行っている。

4. 測定結果と考察

(1) Pasohのフラックス観測

樹冠上で観測されたCO₂フラックスについては、夜間の過小評価が問題となり、チャンバーを用いた生態系呼吸量を過小評価する傾向があった。そこで、光合成や樹木各部の呼吸量の測定値を、CO₂の輸送動態を再現可能な多層モデルに代入して樹冠上における観測フラックスと比較チェックする方法を採用した。これによって観測データ相互間の対応を調べて精度良いフラックスを求めるようにする方法を開発してきた。

2002年9月より前年2006年度までの4年半にわたる乱流変動法による樹冠上フラックス観測および微気象観測の結果から、環境の変化に対する群落の応答特性を詳しく検出した。図1に示すように、日中のCO₂フラックスはほとんど季節変化を持たない。また、群落内CO₂貯留量変動は温帯林に比べて大きく、それを考慮した生態系のCO₂交換速度(純生態系交換量NEEで表示、放出がプラス)は、午前中に吸収のピークを持ち午後はその吸収の効率が低下する傾向が、季節によらず生じていることがわかった。また、群落のCO₂吸収速度と日射量および大気飽差との関係が、土壤水分の多寡にかかわらず午前と午後で異なることが確認された(図2)。さらに、土壤呼吸についてその空間分布と時間変動を解析することにより、生態系の土壤呼吸が土壤水分乾燥期に減少することがわかり、これらのことから、森林全体としてのCO₂吸収量(純生態系生産量NEP=-NEE)は乾燥期にむしろ増大する傾向が明らかになった。

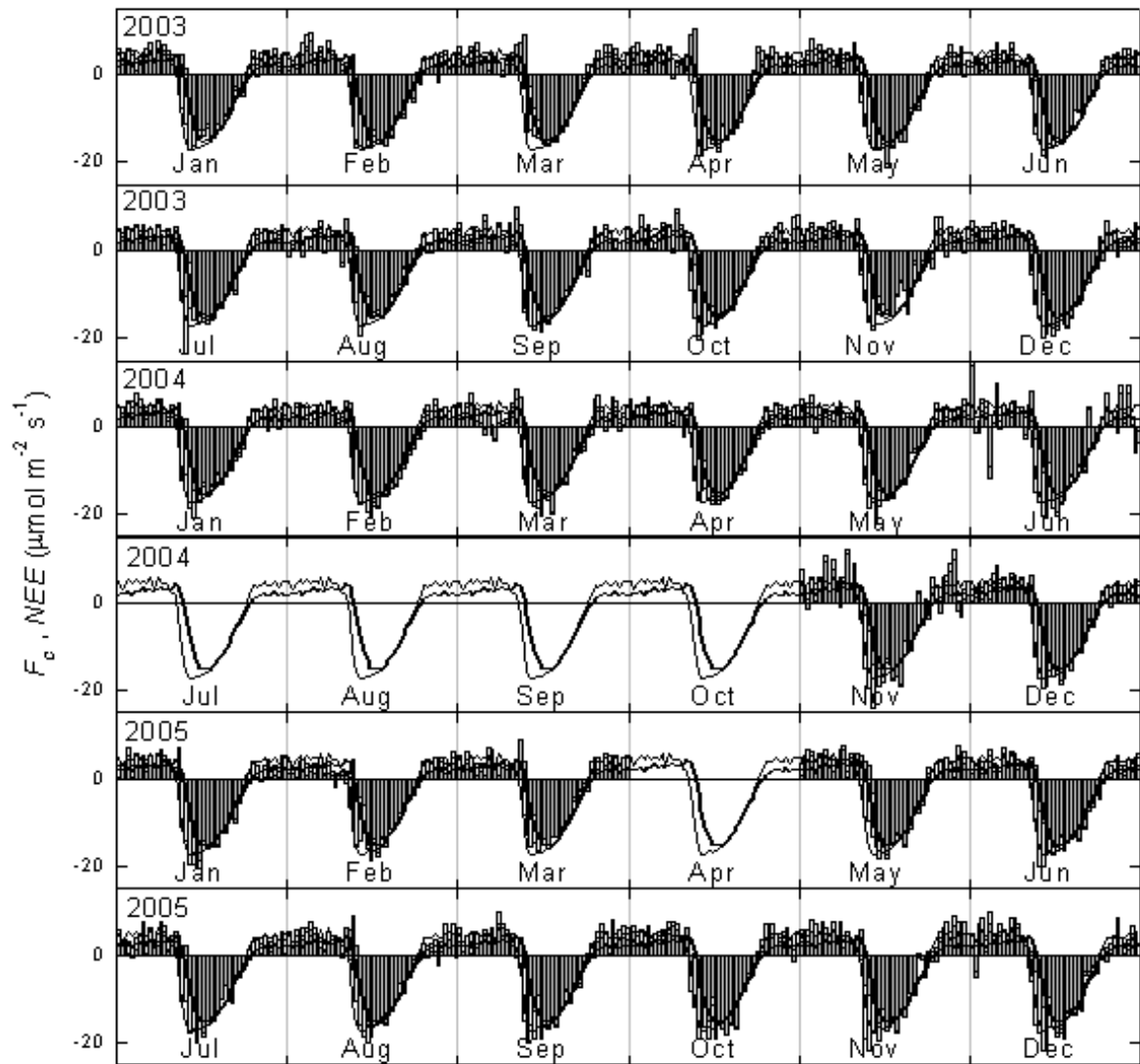


図1 2003年～2005年における月ごとの樹冠上CO₂フラックスおよびCO₂交換速度の日変化太線、細線は、観測期間平均の、樹冠上CO₂フラックス及び、群落貯留を考慮したCO₂交換速度の日変化を表す。また、棒グラフの黒色、白ぬきは、各年各月平均の樹冠上CO₂フラックス及び、群落貯留を考慮したCO₂交換速度の日変化を表す。

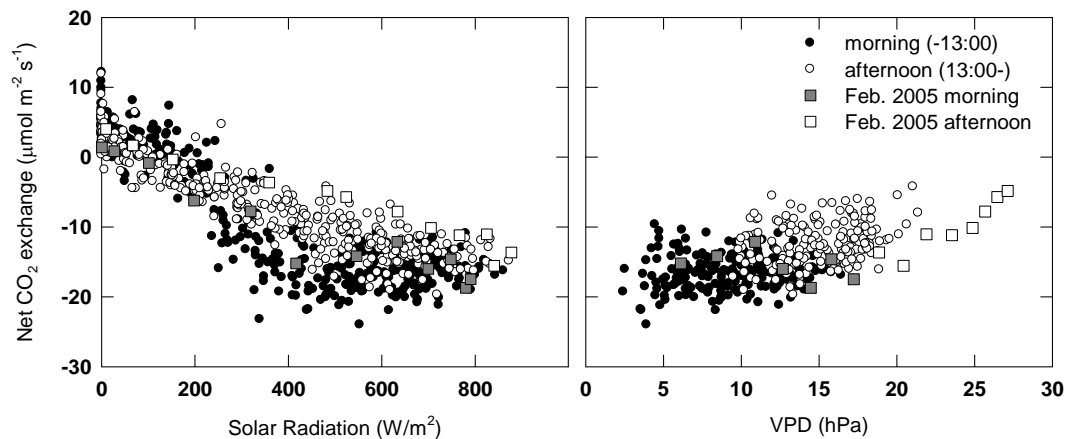


図2 月平均群落CO₂交換速度の日変化にみる、日射および飽差依存性

また、個葉におけるガス交換の測定を行い、多層モデルによる解析を行ったところ、午後における群落レベルの光合成の大きな低下に対して、吸水阻害などに起因すると思われる葉の不均一な気孔閉鎖がかかわっていることが推定できた。

これらのCO₂動態の把握に基づき、2003-2005年における年間の炭素収支を推定した結果、土壌呼吸、生態系呼吸、光合成総生産量GPP、正味の炭素吸収を表す純生態系生産量NEPは、それぞれ、15.60、31.19、32.43、1.24MgCha⁻¹ year⁻¹と推定された。その季節変化を図3に示す。なお、夜間におけるCO₂

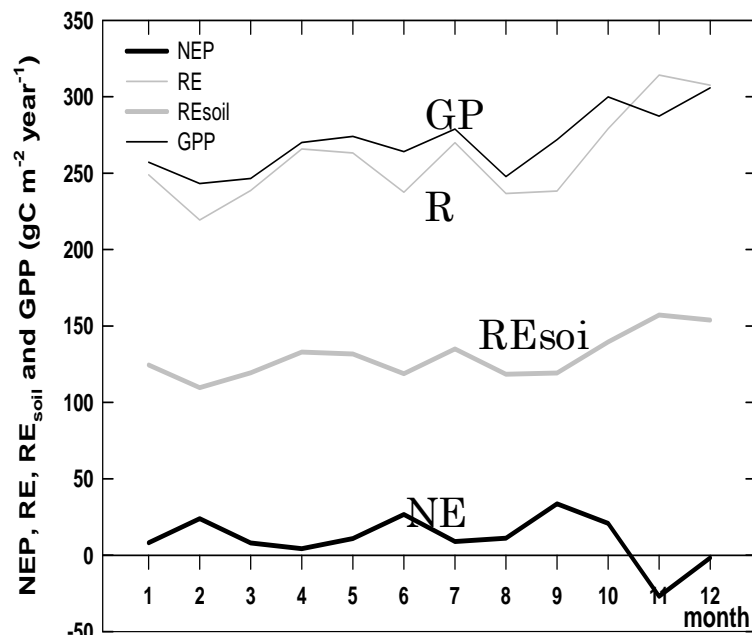


図3 Pasohにおける光合成総生産量(GPP)、生態系呼吸量(RE)、土壌呼吸量(REsoil)、生態系純生産量(NEP)の推定された季節変化 単位は、gCm⁻²month⁻¹

放出量の過小評価を補正するため、比較的風の強い摩擦速度の大きい期間を利用する手法が温帯森林では一般に適用されてきたが、Pasoh熱帯雨林の場合、こうして補正したCO₂放出量が土壌呼吸程度の量にしかならず、幹・枝・葉の呼吸、地上堆積枯死木分解の合計に見合う量にならないことがわかり、熱帯林での炭素収支推定には、これにかかわる群落内CO₂動態からの組み立てがより重要であることが指摘できた。

(2) Pasohの生態学的調査

低地フタバガキ林の炭素収支を1994年から2006年までの12年間、生態学的調査により推定した。この推定においては、大規模な地下部の掘り取り調査を含む2回の現存量調査で、現存量を推定するアロメトリー式をほぼ完成させたという、重要な成果を得た。これにより、パソの熱帯低地フタバガキ林の地下部を含む全現存量とその変動が正確に推定できるようになった。アロメトリー式は以下の通りである。

$$\text{Root} = 0.0219 D^{2.487} \quad (R^2 = 0.976)$$

$$\text{Total} = 0.084 D^{2.746} \quad (R^2 = 0.985)$$

Root: Root biomass (kg), Total: Total biomass (kg), D: DBH (cm)。

細根バイオマス (図4) および細根の回転率を加味し、地上部、地下部を合わせたバイオマス変動と炭素収支を推定した (図5)。直径0-5mmの細根バイオマスの垂直分布は、0-1m深に14.0 Mg ha⁻¹、1-2m深に2.3 Mg ha⁻¹、2-3m深に0.4 Mg ha⁻¹で、0-1m深の土壤に有意に多くの細根が分布していた (p<0.01)。細根バイオマスの合計は

16.7 Mg ha⁻¹となった。表層0-10cmの土壤における細根の生産速度は、細根全体で1.5-2.6 Mg ha⁻¹ year⁻¹で、0-1mmの細根で1.1-1.9 Mg ha⁻¹ year⁻¹、1-2mmの細根で0.3-0.6 Mg ha⁻¹ year⁻¹、2-5mmの細根で約0.1 Mg ha⁻¹ year⁻¹であった。直径の大きな細根の生産速度はより細い細根に比べ遅いことが明らかになった。細根バイオマスの大きな林分において、より速い細根生産速度が得られる傾向があった。表層0-10cmに分布する細根の平均滞留時間は、0-1mmの細根で2年未満、1-2mmの細根で2.2-3.4年、2-5mmの細根で20年を超えると推定された。これら細根データを加味した1994年から2006年までの炭素に換算した純一次生産量は、9.8-13.7 (MgCha⁻¹year⁻¹)の範囲であった。一方、1994年から2002年までは倒木が多く発生し、失われる炭素量も多く、結果として生体量としての炭素収支は2002年まではマイナスで2004年からプラスに転じた (図5)。倒木はすぐに腐朽するわけではないので、2002年までは林床に倒木として炭素が蓄積したと考えられる。バイオマス全体も1994年の540 (Mg ha⁻¹)から2002年には498 (Mg

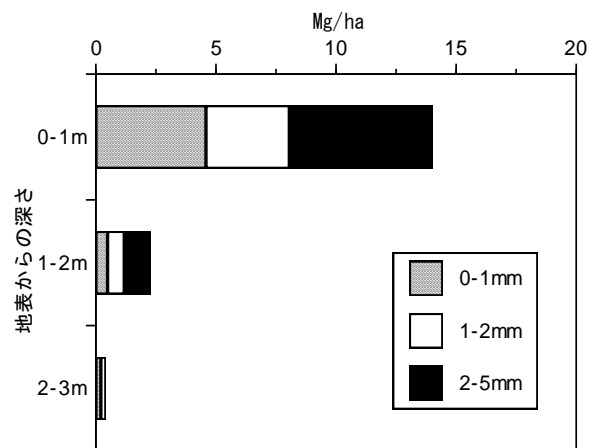


図4 土壤深度ごとの細根の現存量

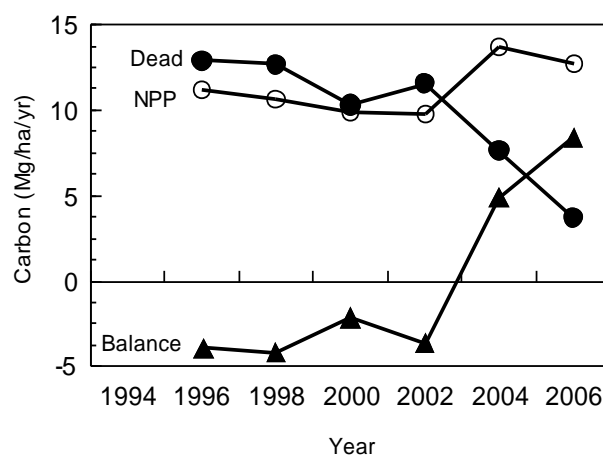


図5 Pasohの6ヘクタール試験地における炭素量に換算した純生産量 (白丸)、枯死量 (黒丸)、炭素収支 (三角) の年変動

ha⁻¹)まで減少したが2004年に増加に転じ、2006年には520(Mg ha⁻¹)まで回復した。このような減少の82.5%は幹を中心とした地上部生体量の減少であり、地下部の寄与は残りの17.5%にすぎない。このように熱帯雨林は炭素収支の面で長期・短期の変動性を持っており、調査期間に緩やかなバイオマスの減少と回復に伴う炭素収支の増加が見られた。

また、枯死木の分解過程についての調査も行ってきた。その結果、容積密度をもって分解過程を把握可能であること、分解初期には無機化が、後期では腐植化・碎片化が主体であること、風倒枯死木の発生による炭素放出傾向が炭素収支にかなりの影響を与えることなど、炭素収支における枯死木の役割の重要性が明らかになってきた。そこで、さらに、時空的変動性に注目する必要がある、50haの大面积を対象とした枯死木動態の実態調査を実施した。胸高直径30cm以上の樹木の枯死による大形枯死材

(CWD)の供給速度は、最近20年間の平均で2.9 Mg C/ha/yr、最近5年間では平均値の2倍

(5.8 Mg Cha⁻¹ year⁻¹) という高い値を示した。1985-90年の枯死木は、すでに83%の重量が消失し、最近5年間の枯死木でも38%が消失していた。これら消失率に基づく2005年の集積枯死材からの炭素消失速度(無機化+腐植化)は1.6 Mg Cha⁻¹ year⁻¹と推定された(図6)。2005年での枯死材集積量は30 Mg C/haで地上部現存量の31%に相当し、Pasohの森林生態系の炭素代謝において大きな炭素のプールとなっていることが示唆された。

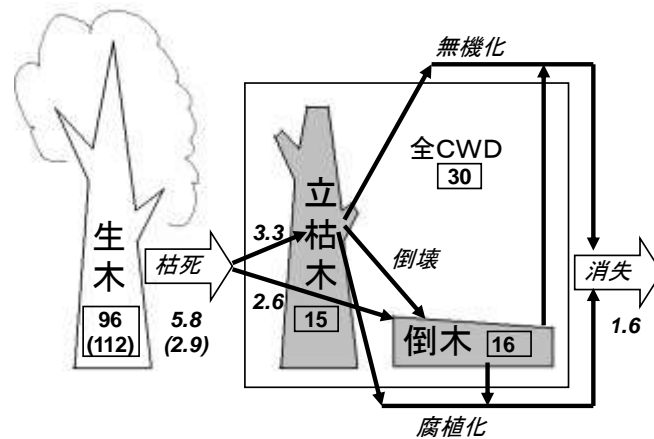


図6 Pasoh 50ha調査地での2000-2005年における枯死材の動態を通じた炭素代謝。四角形で囲まれた数値は集積量(Mg ha⁻¹)、イタリックの数値は流量(Mg ha⁻¹ year⁻¹)。括弧内の数値は最近20年間の平均値。

この枯死木の調査により、調査対象雨林の枯死木の分解による炭素の放出率(無機化率)は、更新する樹木の成長による炭素の固定率(成長率)より10倍以上大きく、この差が、大径木の枯死地点で、枯死後5-15年間において炭素放出過多現象を発生させ、熱帯雨林内でのNEPの空間的変動性の一原因になっていることがわかった。また、この森林で胸高断面面積合計の10%程度が枯死した場合、NEPは3-8 MgC ha⁻¹ year⁻¹の炭素放出過多が数年間発生すると試算できた。さらに、50ha調査地での最近5年間の林冠木の年間死亡率は現存量ベースで6%であることがわかったが、この高い死亡率は、50ha規模の広がりにおいて、NEPのマイナス(炭素放出過多)現象が当面続くことを示唆している。

生態系調査からは、Pasoh熱帯雨林では、近年の倒木の発生によって、枯死材集積とその炭素放出が炭素収支において長期間にわたり大きな役割をもち、NEPのマイナス傾向の原因になると推定される。しかし、これには大きな空間変動があって、NEPがプラスになる場所や期間も現れる。タ

ワのフラックス観測結果からは、雨季乾季の変化をとめないながら、年間ではわずかなNEPのプラス傾向が指摘されたが、空間変動の中に位置づけられるものと考えられる。このように、Pasohの総合的な調査によって、熱帯雨林における炭素収支の微妙な環境応答変動特性を初めて捉えることができた。

(3) Sakaeratのフラックス観測

渦相関法によるCO₂フラックス観測は、常緑熱帯季節林であるタイ国サケラートで2001年3月より開始された。渦相関法（地上41m）で得られたフラックス、および18.4m, 9.1m, 3.7m（2003年3月に35mの測定を3.7mに移動）において毎時測定したCO₂濃度鉛直分布に基づき、個葉の光強度-光合成曲線の群落光合成へのアナロジーから(Thornley, 1976)、総生産GPPを最大総生産量GPPmax、受光量APAR、生態系呼吸Rec、量子収率 ϕ 、と非直角双曲線の凸度 θ の5パラメータで数式化した。

これにより、観測サイトの総生産GPPの光合成特性を月別に評価した。サケラートには明瞭な乾季（12月～3月）と雨季（4月～11月）の区別がある。月別最大総生産量GPPmaxはおおむね土壌水分量と正の相関を持つ。この関係をさらに分析し、1年を1月～4月（I期：乾期後半から雨季前期）、4月～8月（II期：雨季）、9月～12月（III期：雨季後半から乾季前期）の3期に分けて解析を行うと、GPPmaxと土壌水分および気温との関係には履歴があることがわかった（図7）。I期は後半が雨季に入るとはいえ土壌水分量はまだ小さく、気温が急上昇する期間であるにもかかわらずGPPmaxは気温に依存しない。II期には気温が若干下降していくが、土壌水分の上昇に伴いGPPmaxは上昇する。III期には土壌水分と気温の双方が下降するに伴い、GPPmaxも減少していく。

純生態系交換量NEE(-NEP)について計算を行うと、サケラートサイトは成熟した森林であるにもかかわらず、年積算NEEは摩擦速度 u^* 補正後($u^* > 0.2 \text{ ms}^{-1}$)であっても2002, 2003年でそれぞれ $-8.7 \text{ MgCha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ と $-12.1 \text{ MgC ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ という非常に大きな値となった。NEEがこのような大きな負の値となる場合は

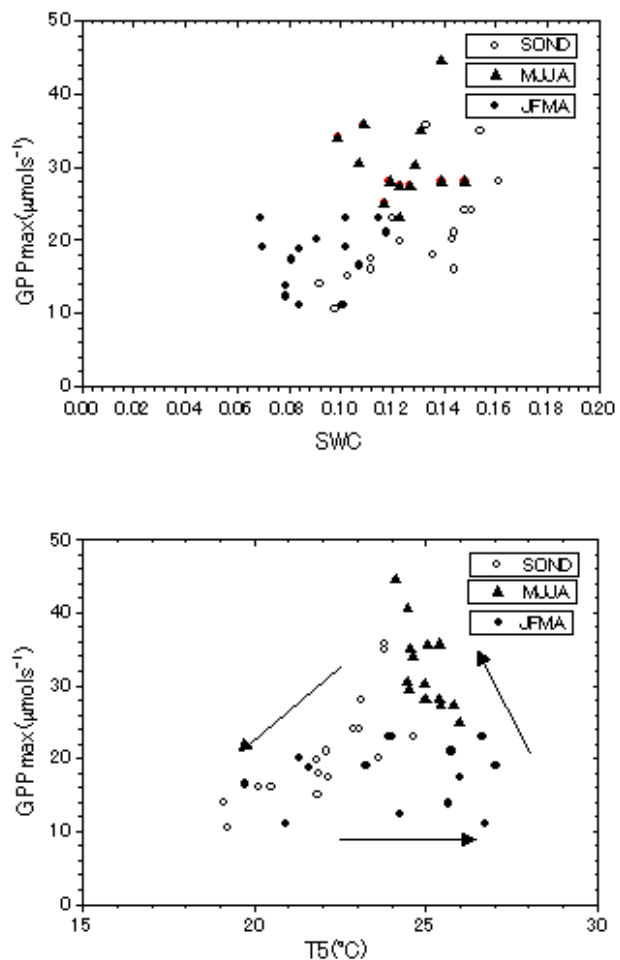


図7 月平均 GPPmax と土壌水分量 (SWC) の関係 (上)、GPPmaxと4.8 mの月平均気温の関係 (T5:下)。下の図の矢印は、それぞれの期間での季節の進行方向を示す。

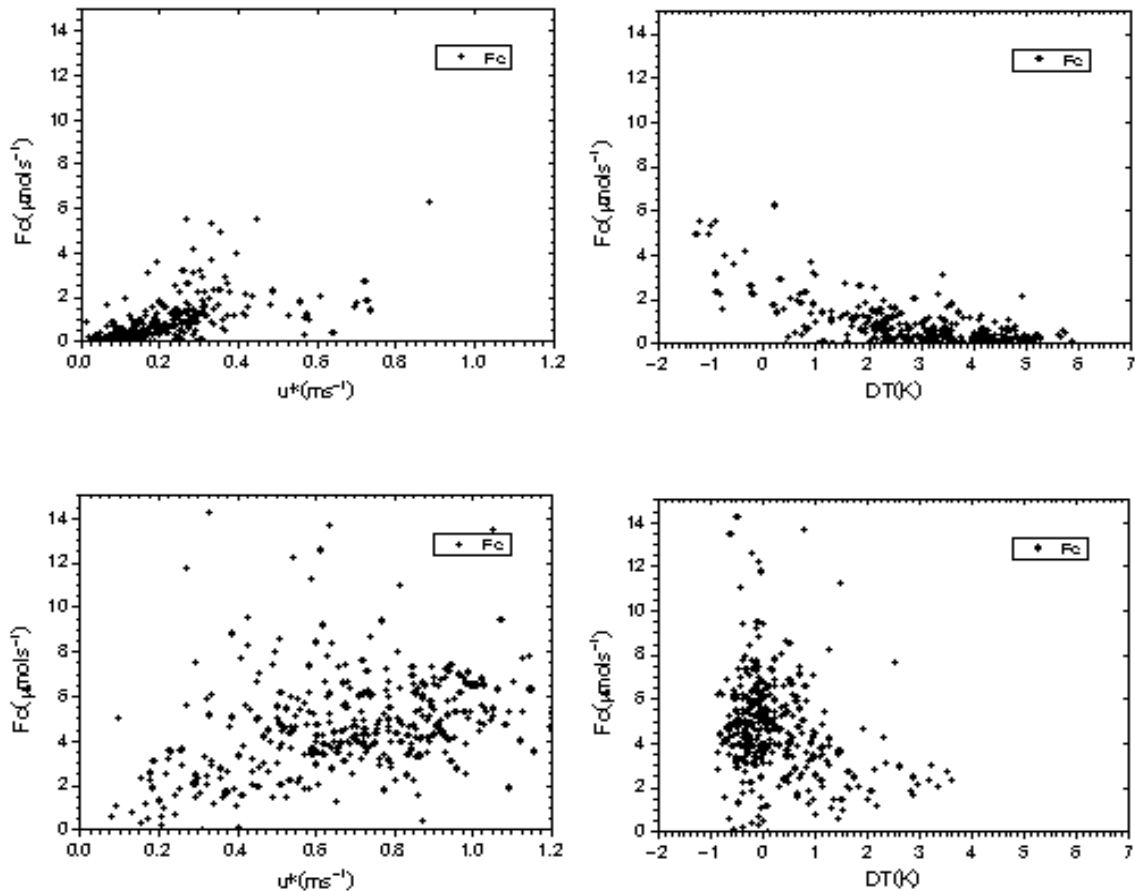


図8 摩擦速度 u^* と CO_2 flux (Fc) の関係。左側が u^* とFc, 右側がFcとキャノピー上下間の温度差との関係である。上の2つの図は2003年1月、下の2つの図は2003年7月であり、 $\text{DT}=-0.36\text{K}$ のときが熱的安定度中立である。

夜間のNEEの測定値に問題がある可能性が多く、研究者により指摘されている。そこで、夜間のNEEと u^* の関係について考察を行った。図8に1月と7月の u^* と CO_2 フラックス(Fc)の関係と、39.8mと4.8mに設置した温度計で測定した気温の差と CO_2 フラックスの関係を示す。 CO_2 フラックスと u^* の関係を見ると、おおむね u^* の増加に伴って夜間 CO_2 フラックスは増加していくが、 u^* が中程度($0.3\text{ms}^{-1}\sim 0.6\text{ms}^{-1}$ 程度)の値をとるとき、夜間フラックスの大きな値が生じている。このとき、キャノピー上下の温度差を見ると、熱的安定度は中立～弱不安定の状態にある。キャノピー内では、夜間とはいえ熱的安定度が不安定になっている状態がしばしば出現する。また u^* が 1ms^{-1} 程度の状況を詳細に見ると、非常に大きな鉛直流の変動の中で CO_2 の変動はわずかであり、結果的にあまり多くの CO_2 が輸送されていないことが示唆された。これらのことから、渦相関法では、 u^* が大きいときにはキャノピー上部で発生した CO_2 の輸送しか捉えられていないものと仮定して、2005年から開始された土壌呼吸の直接測定の間年平均値を u^* の大きい場合の CO_2 フラックスに加えて夜間放出量を補正すると、2002, 2003年の年間NEEは $-0.2\text{MgC ha}^{-1}\text{ year}^{-1}$ および $-3.6\text{t MgC ha}^{-1}\text{ year}^{-1}$ となり、炭素吸収量が大幅に小さく推定された。

CO_2 収支の変動と、森林の樹木の植物季節との関係を詳細に調べるため、樹冠の映像を記録する

フェノロジー観測装置を設置した。記録した樹冠の写真映像データの数値的解析から、生物季節の状態に関する情報を抽出する試みを行った。その結果、乾季と雨季の入れ替わりに伴う展葉および落葉などの季節変化を群落の平均的な値としてある程度検出できることが分かった。しかし、熱帯林群落には季節変化のパターンが異なる非常に多種の樹木が混在して生育しており、樹種個別の解析が必要であることもわかった。

(4) Sakaeratの生態学的調査

Sakaeratでは、2.5haのモニタリング調査区を1993年に設置し、2006年5月までに4回の毎木調査を実施し、さらに大型枯死材やリター堆積量の調査などを実施してきた。これらのデータをもとに、2つの方法でこの森林の生態系一次生産量NEPを推定し、フラックス観測による推定結果とのクロスチェックを行った。

まず、モニタリングを開始した1993年当時の生態系各部の炭素貯留量を推定した(図9)。地上部バイオマスは226 MgC ha⁻¹、地下部バイオマスは41 MgC ha⁻¹、地上地下あわせたバイオマスは267 MgC ha⁻¹に達した。この値はパソで計測されている熱帯多雨林のバイオマス蓄積量よりも高かったが、優占種である*Hopea ferrea* (Dipterocarpaceae)の材比重が0.8から0.9と高いことがその理由と考えられる。地下部のうち細根については詳細な調査を実施し、葉とほぼ同量の3.77 MgC ha⁻¹の存在が確認された。このほか、大型枯死材(CWD)が36 MgC ha⁻¹、ファインリターは9 MgC ha⁻¹、土壤有機物は48 MgC ha⁻¹で、生態系全体の炭素貯留量は計362 MgC/haに達した。

これを基に、貯留量の変動からNEPを求めた。ただし、ファインリターの貯留量は少ないため、その変動を0と仮定した。また、

土壤有機物層の貯留量変動は実測していないので、問題はあるがこの部分も0と仮定した。測定精度が高く系全体の炭素量の84%を占めるバイオマスとCWDの変動からNEPを推定すると、倒木の多数発生した1993-1995区間では-3.01 MgC ha⁻¹year⁻¹、その後1995-2002区間では0.40 MgC/ha/yrと回復したが、2002-2005区間では-0.38 MgC ha⁻¹year⁻¹とやや減少した(表1)。

細根の回転速度は1年、分解系呼吸量は年次変動しないなどの仮定をおいて純一次生産量NPPを推定した。NPPはそれぞれの区間で8.10、11.87、



図9 サケラートの熱帯乾燥常緑林プロットでの炭素貯留量(ボックス: Mg ha⁻¹), 貯留量変動(斜体: Mg ha⁻¹year⁻¹)と、主要なフロー(下線部: Mg ha⁻¹year⁻¹). 1993年から2005年間の3つのセンサス区間についての変動幅が示してある。詳しくは本文参照

10.51 MgC ha⁻¹year⁻¹となった。この値から、分解系の呼吸速度R_h 10.6 MgC ha⁻¹year⁻¹を減じて求めたNEPはそれぞれの区間で -2.50、1.27、-0.09 MgC ha⁻¹year⁻¹となり、貯留量変動からの推定値ときわめて近似した値となり、その時間変化傾向は良く一致した(表1)。以上のことから、この森林の炭素蓄積量は森林の更新動態による年々変動を示してはいるが、過去12年間にわたりほぼ安定平衡状態にあり、炭素吸収源としては機能していないと結論できた。

一方、先に述べたように、フラックス観測から推定された年積算NEEは、摩擦速度u*補正後(u* > 0.2ms⁻¹)であっても、2002と2003年でそれぞれ-8.7 MgC ha⁻¹year⁻¹と-12.1 MgC ha⁻¹year⁻¹という非常に大きな値となった。また、u*が大きいときにはキャノピー上部で発生したCO₂の輸送しか捉えられていないものと仮定して補正すると、2002, 2003年の年間NEEは-0.2 MgC ha⁻¹year⁻¹および-3.6 MgC ha⁻¹year⁻¹となった。上記の生態調査からの推定値に比べると、摩擦速度補正では、大幅に炭素のシンク側に偏っており、後者の補正で両者が近づく結果である。二つの手法が扱っている空間スケールが乖離していることや、今回測定されていない炭素のフロー、たとえば、溶存有機物やメタンの形での系外への流出が無視できないことなどがあるため、単純に比較できないことがわかる。フラックス観測における補正方法にも残された課題があるが、生態学的調査においては、土壌炭素中貯留量が著しく増大している点を捉えていないもあり、今後、非破壊的かつ効率的な土壌炭素の継続的モニタリング手法の開発が不可欠である。

表1 生態調査による13年間の各センサス区間のNEPの推定。主要コンパートメントの炭素貯留量の変動から推定したNEP[1]と、NPPと分解系の呼吸から推定するNEP[2]とは比較的良く一致し、同様の变化傾向を示した。

	1993	1995	2002	2005
バイオマス (MgC ha ⁻¹)	251.42	239.75	250.11	249.83
CWD ネクロマス (MgC ha ⁻¹)	36.25	41.90	34.35	33.50
合計 (MgC ha ⁻¹)	287.67	281.65	284.46	283.33
NEP [1] (MgC ha ⁻¹ year ⁻¹)	-3.01	0.40	-0.38	
NPP (MgC ha ⁻¹ year ⁻¹)	8.10	11.87	10.51	
ΔY (MgC ha ⁻¹ year ⁻¹)	-5.83	1.48	-0.09	
ΔL (MgC ha ⁻¹ year ⁻¹)	13.94	10.39	10.60	
ΔG (MgC ha ⁻¹ year ⁻¹)	0.00	0.00	0.00	
分解系呼吸量(MgC ha ⁻¹ year ⁻¹)	10.60	10.60	10.60	
NEP [2] (MgC ha ⁻¹ year ⁻¹)	-2.50	1.27	-0.09	

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

マレーシアの熱帯雨林とタイの熱帯季節林における、CO₂フラックス観測と生態学的調査を展開してきた。東南アジアでのフラックス観測は本プロジェクトではじめて継続的に実行され、また生態学的調査でも、地下部の堀取り調査からバイオマス現存量を推定するなど、新しい成果を基にして、炭素収支推定のクロスチェックがめざされた。熱帯林では炭素収支の空間不均質性が大きく、長期短期の時間変動もともなうという、炭素収支推定上のむずかしさがあるが、炭素循環

にかかわる素過程を詳しく調べ、環境条件に応じて炭素循環がどのように変動するのか、そのうえで炭素収支を評価するというみちすじが得られたことは、非常に大きな科学的意義がある。

(2) 地球環境政策への貢献

熱帯林の炭素収支に関する科学的に信頼性の高い研究データが得られ、気候変動に対応した熱帯林の炭素収支変動の将来予測に貢献する。また、アジア熱帯地域の国際的な炭素管理計画の策定、政府間レベルの協議の基盤的知見になる。

6. 引用文献

- 1) Thornley, J. H. M., 1976: Mathematical models of plant physiology. Academic Press, pp. 318

7. 国際共同研究等の状況

- 1) マレーシア：The NIES-FRIM-UPM Joint Research Project on Tropical Forest Ecology and Biodiversity。カウンターパート氏名：Abdul Rahim Nik, Siti Aisah Shamsuddin, Elizabeth Philip, Mohd Md Sahat, Abdul Rahman Kassim, Wan Rasidah W.A.K., Nur Supardi Md.Noor and Nor Azman H. (Forest Research Institute Malaysia)。国立環境研究所・森林総合研究所とForest Research Institute Malaysia、Universiti Putra Malaysiaとの研究協力協定であり、地球環境総合推進費の支援に基づいている。
- 2) タイ：カウンターパート氏名：Samreong Panuthai, Sapit Diloksumpun (タイ森林局), Deddy Hadriyanto (熱帯降雨林研究センター), Pongsak Sahunalu, Chongrak Wachrinrat, Wichaparth Sungpalee and Decha W (Kasetsart大学)。
- 3) 森林総合研究所とタイ森林局との研究協力協定を基に、産業技術総合研究所、京都大学と連携。さらに、京都大学とKasetsart大学の研究協力によって実施。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

- 1) S. Konishi, M. Tani, Y. Kosugi, S. Takanashi, Mohd Md sahat, Abdul Rahim Nik, K. Niiyama, T. Okuda: Forest Ecology and Management 224, 19-25 (2006)
“Characteristics of spatial distribution of throughfall in a lowland tropical rainforest, Peninsular Malaysia”
- 2) S. Takanashi, Y. Kosugi, M. Tani, N. Matsuo, T. Mitani: Phytton, 45, 61-66 (2005)
“Characteristics of the gas exchange of a tropical rain forest”
- 3) S. Takanashi, Y. Kosugi, N. Matsuo, M. Tani, N. Ohte: Tree Physiology, 26, 1565-1578 (2006)
“Patchy stomatal behavior in broad-leaved trees grown in different habitats”

<その他誌上発表(査読なし)>

- 1) 蒲生 稔：熱帯林業, No. 57, 7-16 (2003)

「渦相関法による森林生態系純生産量の測定」

(2) 口頭発表 (学会)

- 1) M. Gamo, T. Maeda, N. Saigusa, H. Kondo, S. Panuthai: AsiaFlux Workshop (2006)
“CO₂ Flux in tropical area in South east Asia measured with eddy covariance method”
- 2) A. Huete, K. Didan, P. Ratana, I. Kazuhito, S. Panuthai, M. Gamo: AsiaFlux workshop (2006)
“Satellite and tower flux comparisons of seasonal vegetation dynamics in Monsoon Asia”
- 3) T. Maeda, M. Gam, N. Saigusa, Samreong Panuthai: AsiaFlux workshop (2006)
“An Analysis of leaf phenology using a time series of fixed view camera images –a case of tropical seasonal forest at Maeklongm, Thailand”
- 4) 松尾奈緒子、小杉緑子、大手信人、谷 誠: 第118回日本森林学会大会 (2006)
「葉の安定同位体比を用いた東アジア地域の森林の蒸散特性の評価」
- 5) N. Matsuo, Y. Kosugi, N. Ohte, M. Tani: AsiaFlux Workshop (2006)
“Carbon and oxygen isotope ratios of tree leaves grown indifferent climates in East Asia”
- 6) 新山馨、梶本卓也、松浦陽次郎、米田健、山下多聞、奥田敏統、Azizi Ripin、Abd. Rahman Kassim、Nur Supardi Noor、Wan Rasidah Kadir: 環境省地球環境総合研究推進費戦略プロジェクトワークショップ システムアプローチで見えてきた東アジア陸域生態系の炭素動態 (2006)
「地下部を含む物質生産・分解調査に基づく半島マレーシア熱帯雨林における炭素収支評価」
- 7) 大久保晋治郎、小杉緑子、高梨聡、松尾奈緒子、谷誠、Abdul Rahim Nik: 農業環境工学関連7学会2006年合同大会 (2006)
「半島マレーシア熱帯雨林における森林空間内の貯留量評価」
- 8) S. Ohkubo, Y. KOsugi, S. Takanashi, M. Tani, A. R. Nik: AsiaFlux Workshop (2006)
“CO₂ concentration profile within a canopy of a tropical rain forest in Malaysia and a tempearte cypress forest in Japan”
- 9) Samreong Panuthai, M. Gamo: AsiaFlux workshop (2006) “Automatic soil respiration measuring in the tropical seasonal evergreen forest in Sakaerat, Thailand”
- 10) 高梨聡、小杉緑子、松尾奈緒子、大久保晋治郎、谷誠、三谷智典、Abdul Rahim Nik: 農業環境工学関連学会 2006年合同大会 (2006)
「半島マレーシア熱帯雨林における樹冠上フラックスの渦相関法による観測と多層モデルによるボトムアップアプローチとの比較」
- 11) S. Takanshi, Y. Kosugi, N. Matsuo, S. Ohkubo, M. Tani, A. R. Nik: AsiaFlux Workshop (2006)
“Scaling carbon dioxide and water vapor exchange from leaf to canopy in a lowland dipterocarp forest”
- 12) S. Takanashi, Y. Kosugi, N. Matsuo, S. Ohkubo, T. Mitani, M. Tani, Abdul Rahim Nik, The Seconde Scientific Congress of East Asian Federation of Ecological Societies (EAFES2) (2006)

“Effects of stomatal behavior on the gas-exchange characteristics of a tropical rain forest in Peninsular Malaysia -at the scale of a single leaf and a whole canopy-”

13) 米田健、水永博己、奥田敏統、W. Rashida: 日本森林学会九州支部大会(2006)

「熱帯雨林における林冠木の枯死率と枯死材集積量の時空的変動性」

14) 米田健: 日本生態学会大54回大会(2007) 公募シンポジウム: “長期気候変動と熱帯雨林 – 熱帯域に於ける森林衰退の背景とその影響”

「東南アジア (マレーシア、インドネシア) での風害・乾燥化による森林衰退」

(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