

マレーシア・サバ州における持続的森林管理と その炭素貯留・生物多様性保護効果

北山 兼弘

熱帯の天然林施業は多様な樹種から商業的に有用な少数の樹木を年間許容伐採量以下で択伐するため、本来は持続的な生産方法だといえる。しかし、実際には短期間に許容量以上の木材を破壊的に収穫することが広く行われ、熱帯降雨林は大きく荒廃してしまった。このような中、マレーシアのサバ州では政府が主導して低インパクト伐採を中心とした持続的森林管理を導入しており、これが新たな木材資源管理の方法として国際的にも注目されている。これは木材資源の持続的管理が本来の目的であるが、伐採圧が低減されれば炭素貯留や生物多様性保護にとって副次的な効果があるはずである。私と共同研究者は、この持続的森林管理が導入されている森林管理区でこの管理方法がどのような副次的な効果を持っているのか、2003年から研究している。ここでは、持続的森林管理の効果を炭素貯留と生物多様性保護を中心に紹介したい。

サバ州での商業伐採

他の東南アジアの例に漏れず、サバ州でも70年代から80年代にかけて商業伐採が急激に進行した。サバ州は359万ha（州面積の48%）の州有地を永続的な木材生産のための生産林（Production forest）として、法的にClass II Forest Reserve（以降商業伐採区と呼ぶ）に指定している（図1）。管轄しているのは森林局である。Reserveとはいっても厳正な保護を目的とするものではなく、ここが商業伐

採の現場でもある。ちなみに、サバ州にはこれとは別に厳正な保護を目的とした自然公園が25万ha指定されている。

商業伐採区では従来Malayan Uniform Systemの一つの形態であるSabah Uniform Systemと呼ばれる施業が奨励されてきた。しかし、計画通りに実施できた伐採区はなく、80年代後半には荒廃した森林が州全体に広がり木材資源が急激に減少してしまった。州政府の林業関係の税収は1988年にピークを迎え（11億リンギット）、2000年代に入ってからピーク時の5分の1以下の2億リンギットレベルで推移している（図2）。このような中で持続的な森林管理への機運が高まり、1989年にドイツ技術協力公社GTZの協力の下にデラマコットでマレーシア-ドイツ持続的森林管理プロジェクトが開始されたのである。

デラマコットは森林管理の単位である1管理区を成し、州の直轄経営を受けている。州のほぼ中央部に位置し、その面積は55,083ヘクタールで、全域が混交フタバガキ林から成る。ここでの商業伐採は1950年代から始まったとされ、Sabah Uniform Systemに従い直径60cm以上の樹木を択伐し、輪伐期60年で管理する予定であった。しかし、伐採業者がそのような規則に従った痕跡はなく、人工衛星の写真から80年代にはほぼ全域に渡り荒廃していたことがわかる。1989年当時の材積分布をみると、わずか全面積の20%が比較的良好な材積を持って

Kanehiro Kitayama : Co-benefits of Sustainable Forest Management in Carbon Storage and Biodiversity Conservation in Sabah, Malaysia

京都大学・農学研究科・地域環境科学・森林生態学分野

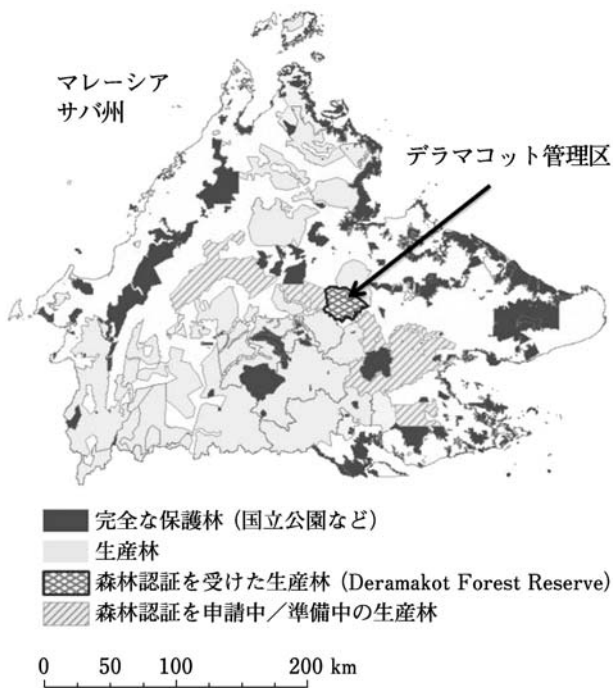


図1 デラマコット管理区の位置とサバ州における生産林と保護林の分布。

ここでは Class II Forest Reserve (本文参照) として指定されている地域を生産林として表している。また、保護林には自然公園局が管理する自然公園 (国立公園など) と森林局が Class I Forest Reserve として禁伐指定している森林などを含む。

おり、30% 近くの面積ではほとんど成木が見られないような状態であった。

ドイツ技術協力公社がここを持続的森林管理のプロジェクト地を選んだのは、この周辺には伝統的な村落がほとんどなく、慣習的な森林利用とのあつれきを避けることができるからであった。まず、1989年に周辺一帯を禁伐とし資源の回復を図った。1989年以降のデラマコットの森林管理は主に3つの期間に分けられる。第1期(1989~92年)は森林の現況調査や森林動態の予測モデル開発などの研究に比重を置いた時期にあたる。この期間に多くのドイツ人生態学者や林学者がサバ州を訪れ、森林生態、造林、経営などの観点から多くの研究がなされている。第2期(1992~94年)は森林管理計画の策定と実務者のトレーニングの時期に当たる。1994年までの約5年をかけて10カ年の森林管理計画が策定された。

サバ州政府における林業関係の歳入変化

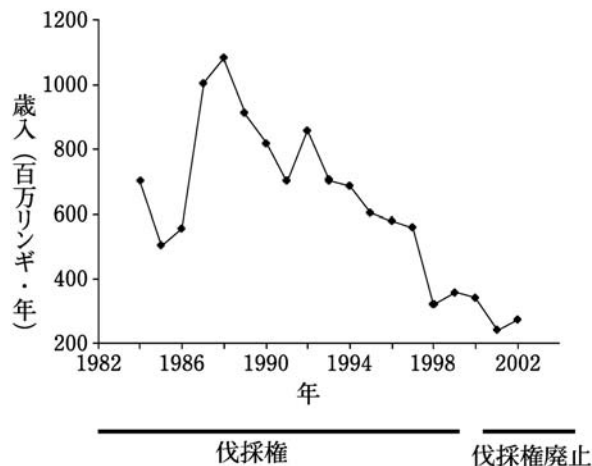


図2 サバ州政府の歳入に占める林業関係の税収の経年変化。

第3期(1995年以降)はこの周到に用意された森林管理計画の実施の時期である。最初の計画が2004年に終了し、第2期10カ年計画(2005-14)に従った施業が続けられて現在に至っている。

デラマコット管理区は現在135林班(コンパートメント)から成っており、このうち3,400ヘクタールが保護を目的とした禁伐区に指定されている。1林班の平均面積は約500ヘクタールで、これを毎年2~4林班伐採して木材を生産する計画である。輪伐期は約40年である。この周辺では1989年までに森林が荒廃したことは既に述べたが、このために禁伐期間を経て1995年に伐採を再開する際には立木量の将来予測とそれに応じた適正伐採量の決定が大きな問題になった。これを解決したのが生態学個体ベースモデルのDIPSIM(Dipterocarp Forest Growth Simulation Model)で、樹種構成と材積に基づいて成長予測が可能になり、林班毎に材積の増加様式が予測されている。この予測に基づいて、林班を伐採していく順番が決められており、年間伐採許容量は20,000 m³とされている。当初最も荒廃している林班では40年後であっても期待される伐採量が相当に低いものと予想されている。森林管理計画では年間許容伐採量の指定の他に、毎年1,000ヘク

タールに対して育林的な作業を加えることや、毎年200ヘクタールの荒廃地に対して在来樹種を植樹することなどが計画されている。また、木材の収穫は低インパクト伐採によらなければならない。これに加え、最終的にはエコツーリズムの開発も計画されている。

デラマコットにおける低インパクト伐採と森林認証

低インパクト伐採 (Reduced Impact Logging, 略してRIL) は、従来の伐採法 (Sabah Uniform System) に代わり、包括的伐採計画 (Comprehensive Harvest Plan, CHP) の作成、伐採圧を低減する収穫技術、伐採後の育林施業などから成る。まず伐採に先立ち、対象とする林班において胸高直径60 cm以上の全樹木の分布図が作成され、この中から急傾斜地や溪流沿いを除いた直径60~120 cmの商業樹種が潜在的な対象木として選別される。120 cm以上の大径木は種子供給の母樹として伐採が禁止されている。さらに、哺乳動物の餌となるような大型果実をつける樹種 (例えばドリアン類やマンゴー類) は動物相への影響を低減するために禁伐とされている。立ち枯れ木については、それを棲み場所とする昆虫や鳥類への配慮から保護しなければならない。このように生態学的にも生物相保護のきめ細かな配慮がなされた極めて厳しいガイドラインが定められている。対象木が選別された後、ブルドーザーを使った搬出路 (スキッド) と架線集材のスカイラインの配置デザインが決められる。道路による溪流横断は極力回避されなければならない。これが包括的伐採計画である。伐採木はスキッドに対して直角に倒すように指導されている。伐採に伴う巻き込みの犠牲を最小に留めるため、伐採前に対象木に絡んでいるツルを切っておかなければならない。伐採後には、林床に空いたギャップにツル性のタケ類が繁茂するために、育林を目的としてツルの切り払いが行われている。

デラマコット管理区は州政府直轄であるため、このような施業は私企業とは異なる手順で行われている。

事前の資源調査や収穫計画の策定は森林局の職員が行うが、伐採自体は契約した業者が行っている。このため、伐採業者が伐採計画図に準じた伐採を行っているかをチェックするためにデラマコットの営林署職員が現場で監督に当たっている。

当初の森林管理計画では毎年20,000 m³の丸太を生産することになっていたが、1999年までの実績はそれをかなり下回っていた。この理由として低インパクト伐採の規制が関係しているようである。まず、降雨量が多いために伐採が予定通り進まなかったためとされる。従来型の伐採では天候は大きな制限とならないが、低インパクト伐採のガイドラインでは土壌浸食を防ぐために降雨時とその直後の伐採が禁止されている。さらに、ブルドーザーのウィンチが届く30メートル以遠にある伐採対象木は実際には伐採できないため、これも実績が計画を下回ることになった要因とされている。従来のやり方ではブルドーザーが伐採木の近くまで土砂を押し込み、引きずり出してきたはずである。低インパクト伐採のガイドラインの下では20,000 m³の生産を達成することが不可能となったため、2000年以降は年間伐採許容量が15,000 m³に下方修正されている。

このように低インパクト伐採には、従来型の伐採に比べてより多くの煩雑な事前調査や厳しい規制が課されている。このために、生産者には単位材積当たり大きなコストが発生することになる。さらに生産量もたいへん少ない。このような生産者のコストを補う経済メカニズムが森林認証 (Forest Certification) である。これは持続的森林管理からの木材あるいは加工品を国際的に認証し、マーケットにおけるこれら生産物の売買を促進する制度である。このような制度を通して、森林管理者には持続的森林管理を導入する動機付けがなされる。それと同時に、持続的ではない森林からの非認証木材製品は次第に駆逐され、持続的な森林管理が広がるものと期待されている。国際的な認証団体が幾つかあるが、このうち森林管理協議会 (Forest Stewardship Council, FSC) の森林認証がもっとも厳しい判定基準に基づいているとされている。デラマコットは1997

年にこの FSC によって東南アジアでは初めて認証されている。

FSC は持続的森林管理の基準指標 Principles and Criteria を定めているだけであり、実際の審査は FSC によって認可された審査登録会社が行う。デラマコットでは SGS という国際的な会社が認証の審査、監督と指導に当たっており、このようなコンサルティング会社の指導なしに森林認証を受けることは実質的には困難だといえよう。コンサルティング会社との契約には多額の経費が発生し、最近のデラマコットでのコンサルティング会社との契約料は 5 年間で約 20 万リングット (約 600 万円) にものぼっている。

森林認証による木材へのプレミアム発生と価格の上昇については従来から否定的な意見も含めて多くの議論があるが、デラマコットでの実績を見るとその経済効果は非常に好ましいものである。デラマコットで切り出された丸太には伐採現場で固有の番号が刻印され、管理区外の集積場に集められる。インターネットを通じて番号ごとに樹種等の情報が公表され、国内外の買取人は集積場で丸太の材質などを検分できている。競売日には森林局長官自らが競りの音頭を取っているようである。現在では、森林認証の効果によって、同じ樹種であっても非認証の木材に比べて 30~40% 高の単価で取引されている。2004 年の統計では丸太 1 m³ 当たりの平均単価は 554 リングット (約 15,000 円) である。

デラマコットで研究開始

私が初めてデラマコットを訪れたのは、2001 年の 11 月であった。森林局の置かれているサンダカン市から、ぬかるみに車輪を取られながら伐採によって荒廃した森林を縫うように延々と車を 4 時間運転してデラマコットに向かった。デラマコット管理区に入った途端に森林の様子が一変し、林冠のうっぺい度が急に高まったのがわかった。ここで図 3 を見ていただきたい。これはデラマコット管理区とその周辺を捉えた 2002 年の人工衛星画像である。デラマ

コットの左に見えているのがタンクラップ管理区 (27,500 ha) で、ここでは 2001 年まで従来型の破壊的な伐採が続けられてきた。境界線を境にして、2 つの管理区で伐採道路の密度や森林の荒廃度が対照的である。従来型の伐採で荒廃したタンクラップを西から東に縦断してからデラマコットに入るために、施業効果の違いはとても強い印象として残った。

2003 年に植物、昆虫、哺乳動物などからなる研究チームを結成して森林局に計画書を提出。2004 年には森林局と学術交流協定を交わし、正式にサバ州政府との共同研究が開始されることになった。また、森林局の配慮によって、日本人専用の 2 階建て研究棟が完成した。この研究プロジェクトでは従来型伐採との比較を通じた、低インパクト伐採の生物多様性保護と炭素貯留の効果を検証することが目的である。図 3 から明らかなように、従来型の破壊的伐採が継続されてきたタンクラップと低インパクト伐採が導入されているデラマコットでは森林の様子が対照的である。この両者を比較することで、低インパクト伐採の効果を明らかにできるのではないかと考えた。しかし、同時期に低インパクト伐採と従来型伐採を行ったわけではないので、厳密な比較ができるわけではない。そこで頭を絞った末、「追加性」という概念で持続的森林管理の効果を評価することにした。これは破壊的森林施業をベースラインとして考え、ここに低インパクト伐採を中心とした持続的森林管理を導入するとどのような改善効果が現れるのかを「追加性」として明らかにしようというわけである。「追加性 additionality」は、社会開発プロジェクトの評価などでよく使われる概念である。ある地域に世界開発銀行などからの助成によって開発プロジェクトを導入する場合に、それを導入しなかった場合をベースラインとして考え、導入によってベースラインからどれくらいの改善効果があったのかを数値で示すことが求められる。そのような考え方を持続的森林管理の評価にも応用しようと考えたのであった。2 つの管理区の比較に加えて、デラマコット内に残る原生的な林分も参照点として研究

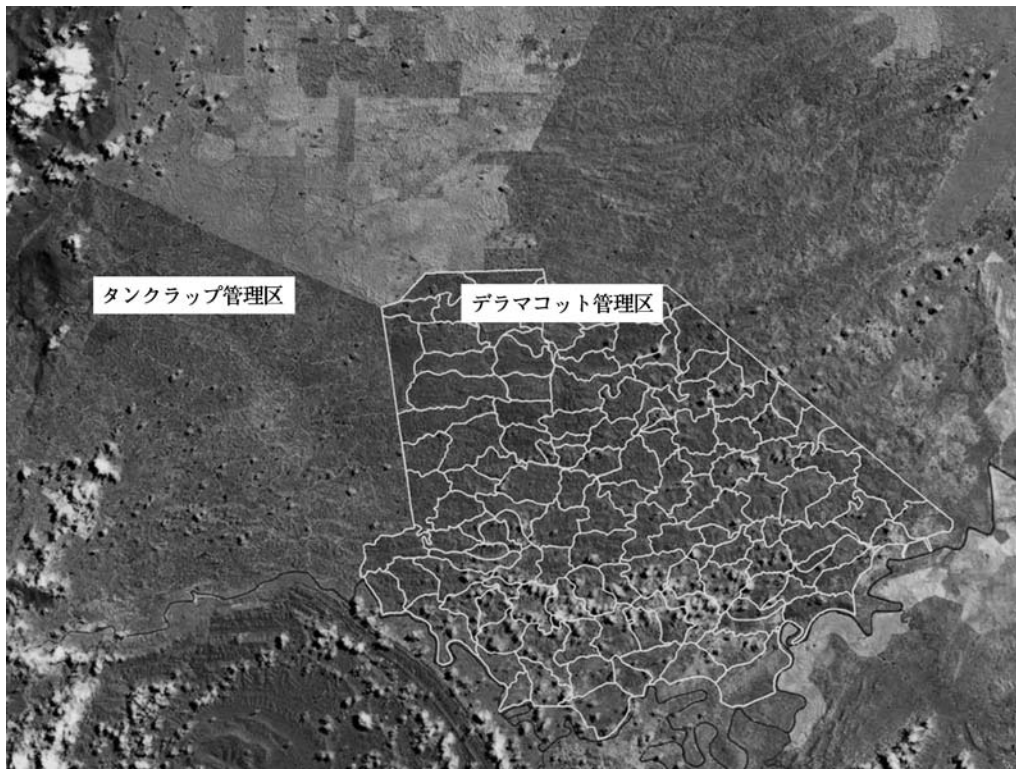


図3 デラマコット管理区とそれに隣接するタンクラップ管理区のランドサット衛星画像（2002年時点）。デラマコット管理区は林班の境界線も示した。タンクラップでは2001年まで従来型の破壊的な森林伐採が行われ、2002年時点の画像でも無数の道路網が見えている。デラマコットでは森林伐採が行われているにもかかわらず、道路はほとんど見えない。

に加えることにした。

まず、従来型伐採区、低インパクト伐採区、原生林の各森林に2つから3つの調査区を反復として設けた。デラマコットでは森林管理計画がしっかり定められ、森林認証の監査に耐えるような統計資料も充実している。このために最近行われた伐採の履歴も明確で、試験区を設定する際にも大いに参考になった。まず、デラマコットにおいて低インパクト伐採後3年目と8年目の林班を選びここに低インパクト伐採の効果を見るための試験区を置くことにした。そこでまず困ったのが、伐採後の非常に不均一な構造の森林をどのように効率よく調査サンプリングするのかという問題である。従来型の伐採が繰り返されたタンクラップではブルドーザーの痕跡（スキッド）も多く残されており、小さな調査区を主観的に配置したのではサンプルに大きなバイアスが生

じてしまう。原生的な熱帯降雨林の研究事例は枚挙にいとまがないが、伐採後の荒廃した森林を研究した事例は非常に少ない。思案の末、これまでの経験を基に20m幅で長さ100mのトランセクトを調査区の基本形とすることにした。以降、森林更新をモニタリングするために、各森林に2ha調査区を追加設置した。また、サバ州森林局では材積調査のために空中写真と衛星画像に基づいて林冠の樹木密度を目視判読し、デラマコットとタンクラップの全域を5段階に層化する作業を行った。私たちとの共同研究の一環として各層に小型調査区を多数設置した。このような数々の努力の結果、デラマコットとタンクラップの全域に合計60個以上の調査区が設置されることになった。さらに現在は、中型～大型哺乳動物の多様性と密度を把握するために、デラマコットとタンクラップ全域に合計100台以上の赤外

線センサー自動撮影カメラも置かれている。

持続的森林管理導入による追加性効果

これまでの私たちの研究から、低インパクト伐採後数年～8年が経過した森林では多くの生物群において種、属あるいは科といった分類群レベルの群集組成が近傍の原生林での組成と類似していることが確かめられている。しかし、従来型伐採が続いてきた森林での分類群の組成と原生林の組成の類似性は低い。このような傾向は、林冠を構成する高木樹種をはじめとして、土壌動物やその他の分類群でも確認されている。図4には、例として林冠を形成する高木樹種の属レベルでの組成の類似関係を示した。厳密な操作実験を行ったわけではないが、低インパクト伐採の導入によって、従来型伐採のベースランと比較すると生物群集の保護において追加的な改善効果が生じているといえよう。

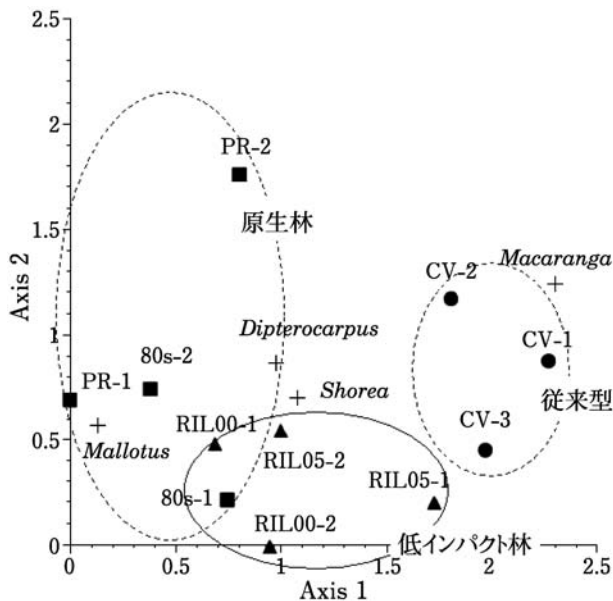


図4 原生林、低インパクト伐採後の森林、従来型伐採の森林における樹木群集の類似関係。

林冠を構成する高木樹種の属レベルでの組成の類似関係を、多変量解析により示した (Seinoら 2006 より引用)。原生林と低インパクト伐採後の森林は分布が重なっており、これから群集の類似関係が高いことがわかる。一方、従来型伐採の森林は原生林とは重ならず、類似性は低い。

国際熱帯木材機関 (ITTO) は、持続的森林管理の基準指標に森林生態系の健全度や溪流などへの環境負荷の大きさに加え、生物多様性も含めている。その中で商業伐採区における生物多様性保護に対しては、ある「一定の」生物多様性の損失を許容するガイドラインを提示している。さらに、その損失は自然保護区とのネットワークの確立によって、補償されなければならないとしている。この意味で、サバ型の低インパクト伐採と持続的森林管理は自然保護区とのネットワークに準じるような生物多様性の回廊を生産林そのものに形成できる可能性がある。しかし、あくまでも厳密な原生状態の生物多様性回復は困難であることは強調しておきたい。さらに、同じ低インパクト伐採とはいっても、インドネシアではガイドラインがサバ州とは大きく異なっており、同じような生物多様性の保護効果は期待できない可能性が大きい。

生物多様性保護と同時に熱帯降雨林に課せられている重要な生態系サービスの1つに炭素貯留がある。これにおいても、サバ型の低インパクト伐採と持続的森林管理には追加的な改善効果が認められている。私たちは人工衛星データ、地上調査、空中写真などに基づき、3つの異なる方法を使い管理区全域での平均的な地上部炭素密度を算出してみた。その結果、どの手法を用いてもほぼ同様な値が得られており、2001年時点でデラマコットではベースラインであるタンクラップよりもヘクタール当たり約54tの炭素密度の増加が認められている。これは伐採量、路面面積、巻き込みを被って倒壊する樹木の本数などの低減が厳密な低インパクト伐採の実行によって達成されたためである。この他に、輪伐期の遵守によって伐採対象外の林班の伐採が抑止されその材積が回復していることも効いていると思われる。このような施業努力への正当な見返りとして、気候変動の新たな国際枠組みにおいては正当な炭素クレジットが与えられなければならないだろう。

サバ州全域への持続的森林管理の拡大

デラマコットでの持続的森林管理が成功したた

め、サバ州森林局はこの方法をサバ全域に導入することを決定した。天然林施業に関しては、州内の商業伐採区全体を26の管理区に分け、2014年までにすべての管理区で低インパクト伐採を中心とする持続的森林管理を義務付ける計画である。この新しい体制では、それぞれの管理区は100年の長期に渡り管理主体（伐採業者）に管理が委譲される。その代わりに、管理主体は持続的管理計画を策定し、それに従って管理区を管理することが求められる。もはや短期的な伐採権では天然林の持続的管理を達成できないことが明らかとなったのだ。この新たな体制では短期的伐採権を用いた体制よりも天然林からの年間木材生産量が大幅に低下すると思われる。これを補うために、森林局は商業伐採区内の荒廃地においては在来早生樹による造林を勧めている。これにより天然林からの木材生産が長期的に維持され、生物多様性や景観の保護によるエコツーリズムの振興、非木材資源一般の研究開発促進など多様な森林経営が進むものと期待されている。さらに自然保護区とのマトリックスを形成し、複合的に自然保護に貢献することも期待される。一方で、商業伐採区外

の外来早生樹植林地への木材生産の依存度が高まることは事実で、植林地と天然林（商業伐採区）の明確な役割の仕分けが進むものと思われる。

謝 辞

この研究は、総合地球環境学研究所プロジェクト「持続的森林利用オプションの評価と将来像, 2001-07 (中静・市川主査)」と環境省地球環境研究総合推進費 F071 (2007-09) の支援により行いました。これまでの研究成果は以下の報告にまとめられています。

〔参考文献〕 Lee Y.F., Chung A.Y., and Kitayama K. (eds) Proceedings of the 2nd Workshop on Synergy between Carbon Management and Biodiversity Conservation in Tropical Rain Forests, DIWPA, Kyoto. Imai N., Samejima H., Langner A., Ong R.C., Kita S., Titin J., Chung A.Y.C, Lagan P., Lee Y.F., Kitayama K. (in press) Co-benefits of sustainable forest management in biodiversity conservation and carbon sequestration. PloS One.