

文部科学省拠出
国連大学助成事業
地球規模課題解決に資する国際協力プログラム
採択事業

【生物多様性保護と持続的森林利用の調和的達成に向けた、生態系サービス森林認証への生物多様性可視化技術の導入】

中間報告書

事業実施期間 2017 年 8 月から 2020 年 3 月まで
報告対象期間 2017 年 8 月から 2018 年 9 月まで

事業担当責任者：北山 兼弘
所属・役職：京都大学農学研究科・教授
実施機関：国立大学法人 京都大学

< 2017 年度採択 >

1. 事業全体の実施の概要

【ねらいと概要】

熱帯林は、木材資源だけでなく、炭素貯留や生物多様性保護といった人類にとって重要な生態系サービスを提供している。しかし、世界的に熱帯林が減少し、炭素排出や生物多様性減少といった問題を引き起こしていることから、熱帯林減少の抑止は持続可能な開発目標 (SDGs) を達成するために取り組まなければならない国際的な課題となっている。東南アジアは世界で最も熱帯林減少率が大きく、この地域の持続的森林管理の達成は持続可能な開発目標達成に向けての鍵を握っている。持続的森林管理を達成するための制度として「森林認証」が既に確立されているが、問題も多く、浸透していない。「森林認証」とは、持続的に管理されている森林を基準・指標に基づいて認証し、そこから生産される木材をラベリングする制度である。しかし、炭素貯留や生物多様性保護などの生態系サービスを認証しているわけではない。このため、既存の森林認証制度は地球環境問題の解決に貢献できていない、との批判があった。また、木材生産者への経済的便益が発生しにくく、制度自体が浸透しにくい。このような批判の高まりを受けて、ドイツに本部がある国際的認証団体である「森林管理協議会 (FSC)」は、「生態系サービス森林認証」を新たな制度として提案し、そのパイロット試験を一昨年から開始している。ここで問題になるのが、生態系サービスの定量評価方法である。特に、森林管理に伴う生物多様性保護効果を広域に定量的に捉える方法が確立されておらず、新制度実現への大きな障害となっていた。

そこで、本課題では、課題実施者らが既に確立した生物多様性(および炭素貯留量)の可視化技術を「生態系サービス森林認証」に導入する実証試験をマレーシア・サバ州とインドネシア・東カリマンタン州で実施する。以下の2つの目的を設定した。1) 生物多様性可視化技術を「生態系サービス森林認証」に導入するための技術的検討を行い、認証発行時の監査において生物多様性保護効果をモニタリング・報告・検証 (MRV: monitoring, reporting & verifying) する MRV 手法を確立する。2) 「生態系サービス森林認証」によって発生する便益の検証を行う。実証試験においては、「生態系サービス森林認証」を発行し、その監査資料を FSC あるいは木材生産者の website において掲示し、認証林の生物多様性保護効果を公表することで認証が消費者や木材マーケット等にどのような波及効果をもたらすのかを検証する。

【当初の事業計画に対する進捗状況】

FSC 生態系サービス森林認証のパイロット試験地である、インドネシア・東カリマンタン州 Ratah Timber 社熱帯木材生産林の炭素貯留量地図と樹木群集原生性 (forest intactness) 地図を 2010 年と 2015 年につきそれぞれ作成した。FSC では生態系サービス森林認証を発行する条件として、「生態系サービスにおいて森林管理の正味の負影響がないこと」とする基準を設定している。従って、目的1を達成するために本基準を証明するための統計手法と手順を開発した。2010 年から 2015 年にかけての炭素貯留量と生物多様性の変化をベースラインと比較することにより、Ratah Timber 社における炭素貯留と生物多様性保護の配慮効果を定量的に示し、このデータを用いて監査資料を作成した。その結果、世界で初となる生態系サービス森林認証が FSC から認められた。さらに、当初の事業計画に加えて、生物多様性の新たな指標開発を目的として、劣化した森林の回復可能性を表す指標の開発に着手した。

目的2については、日本人を対象としてウェブアンケートを実施し、3774 件の回答を得た。アンケートに当たってはまず、回答者を 4 群に分け、それぞれに異なる生物多様性情報を提示し、その上で生態系サービス森林認証された森林から産出される木材を原料とした木製机を購入することを想定した支払意志額についてコンジョイント分析を実施した。この調査により、どのような生物多様性情報を消費者に与えると支払意志額が増加するのかについて、解析が進んでいる。生態系サービス認証の普及を目指したアウトリーチ活動として、一般向けのセミナーを東京で 3 回実施し、熱帯林管理者のための生物多様性モニタリング実習をインドネシア東カリマンタン州で 1 回実施した。

【事業全体における中間時点での成果の達成状況とインパクト】

本事業が支援しているパイロット試験地 (インドネシア・東カリマンタン州 Ratah Timber 社) において、本事業の成果を用いて作成した監査資料を基に、世界で初となる FSC 生態系サービス森林認証が認められたことは特筆に値する。また、FSC が 2018 年 5 月に発行した生態系サービス森林認証の手順書 FSC-PRO-30-006 V1-0 EN において、本事業の生物多様性可視化手法が推奨されるなど、本成果の一部は国際的な評価を得た。以上のように、中間時点では当初の予測を上回った進捗が見られる。

2. 事業グループ別もしくは実施項目別による実施内容

【京大 北山兼弘／目的 1 生物多様性可視化技術を生態系サービス森林認証の基準・指標に組み込む手法の技術的検討】

目的・目標

森林管理協議会 (FSC) が本年度以降に計画している生態系サービス森林認証 (以下、生態系サービス認証と略す) のパイロット試験において、代表者が開発した生物多様性可視化技術を生態系サービス認証の基準・指標に組み込む手法を検討する。森林管理協議会が現在検討している生態系サービス認証においては、森林管理主体 (伐採会社など) は、木材生産などの施業による生物多様性への悪影響がないことを証明しなければならない。熱帯域では、1つの森林管理主体は広大な面積の森林を管理しており (東京都の半分程度)、毎年その一部を伐採し、残りの森林では伐採からの再生を図っている。従って、広大な面積を対象にして、伐採の悪影響と森林再生の好影響を加味し、生物多様性への正味の伐採影響 (再生による好影響マイナス伐採による悪影響) を評価しなければならない。森林管理協議会は、「正味の悪影響ゼロ」を基準として設けており、その基準の検証手法として代表者が開発した生物多様性可視化技術に大きな期待が寄せられていた。しかし、生物多様性の正味の変化を精度よく捉えるためにはどの位のモニタリング時間が必要なのか、どのように報告するのか、あるいはどのような統計手法を用いて効果を検証するのか、未解決の問題がある。つまり、認証を発行するための監査に向けた、モニタリング (Monitoring)、報告 (Reporting)、検証 (Verification) の MRV 手法が未整備となっている。そこで、1つ目の目標ではその MRV 手法を整備する。

以上が当初の目的であるが、予想よりも早く事業が進んでいることから、2年度目から新たな目的も加えた。すなわち、次世代型の生物多様性指標として、劣化した熱帯林の回復可能性を可視化する手法を開発することを目的として加えたので、これについても報告したい。

実施方法

(1) 生物多様性可視化技術を用いた MRV 手法の整備

FSC 生態系サービス認証のパイロット試験地である、インドネシア・東カリマンタン州 Ratah Timber 社熱帯木材生産林の炭素貯留量地図および樹木群集原生性 (forest intactness) 地図を 2010 年と 2015 年につきそれぞれ作成した。対象地の Ratah Timber 社熱帯木材生産林は東カリマンタン州のマハカム・ウル県に位置し、総面積が 93,425ha ある。このうち、67,293ha が木材生産のための生産林として指定され、毎年数千 ha を対象として低インパクト伐採と呼ばれる伐採インパクトを低減する手法により木材が生産されている。低インパクト伐採は 2011 年から導入され、2013 年には FSC 森林認証が Ratah Timber 社に対して発行されている。本事業代表者のグループは、パイロット試験に協力するために Ratah Timber 社で 2012 年以降から森林調査を行っており、本事業での MRV 手法開発においては、これらの過去に採った生態学データを活用した。

本事業で活用したデータは 2012 年 7 月と 2015 年 2 月に調査した樹木データである。それぞれの調査時期に、合計 50 の調査プロット (半径 20m の円形プロット) を層化ランダム法に従い、木材生産により極端に劣化した森林から比較的原生度の高い森林まで、均等にかつランダムに設置した。各調査プロットに存在する胸高直径 10 cm 以上の樹木を対象に、属レベルでの樹木同定と胸高直径の測定が実施された。得られた調査データに Chave et al. (2005) のアロメトリー式を適用し、プロット毎に樹木の地上部バイオマスを計算した。地上部バイオマスに 0.48 を乗じて地上部炭素量を推定した。得られたプロット毎の地上部炭素量を目的変数とし、Landsat 画像上のプロットの分光反射値、正規化指数およびプロットを中心とする 3×3 画素のテキスチャーを独立変数として、重回帰式のモデルを作成した。その際に、2012 年の地上部データは 2010 年の Landsat 画像と、2015 年の地上部データは 2015 年の Landsat 画像と照合し、各年の重回帰モデルを得た。これらのモデルを 2010 年及び 2015 年の Landsat 画像に外挿し、全域の炭素貯留地図を作製した。実測値 (対数) と予測値 (対数) の決定係数 R^2 は 2010 年が 0.65 であり、2015 年が 0.58 であった。

一方、同じ調査区データから Forest intactness 指数と呼ばれる生物多様性指標値を計算した。Forest intactness 指数とは、本事業代表者らが開発した指数であり (Imai et al. 2014, Fujiki et al. 2016, Kitayama et al. 2018)、任意

の森林の樹木群集組成と原生林の群集組成の遠近関係を示す指数である。この指数を用いると、森林の原生性を定量的に示すことが可能であり、かつモデルを景観に外挿することにより広域の森林の原生性 (Forest intactness) を量的に示すことが可能である (Fujiki et al. 2016)。ここでは、この原理を用いて森林の原生性 (Forest intactness) の時間変化を鋭敏に評価する手法を考えた。まず、各調査区における属毎の相対優占度を計算し、調査区×属のマトリックスに non-metric multidimensional scaling (nMDS) と呼ばれる多変量解析を適用した。この際に、2012 年と 2015 年の 2 時期のデータを合成して、1つの調査区×属のマトリックスを作成した。これにより、同じ尺度で 2 時期の樹木群集組成を比較することが可能となった。得られた nMDS の 1 軸値が Forest intactness 指数である。各プロットの nMDS1 軸値を目的変数とし、Landsat 画像上のプロットの分光反射値、正規化指数およびプロットを中心とする 3×3 画素のテクスチャーを独立変数として、重回帰式のモデルを作成した。その際に、2012 年の地上部データは 2010 年の Landsat 画像と、2015 年の地上部データは 2015 年の Landsat 画像と照合した。得られたモデルをそれぞれ 2010 年および 2015 年のは Landsat 画像に外挿し、全域の原生性 (Forest intactness) 地図を作製した。実測値 (対数) と予測値 (対数) の決定係数 R^2 は 2010 年が 0.56 であり、2015 年が 0.52 であった。

以上が炭素貯留量と原生性 (Forest intactness) の地図化の概要である。本事業では、さらに得られた 2 時期の画像を用いて時間変化を統計的に処理する手法について検討した。炭素貯留および原生性 (Forest intactness) を示す地図はいずれも 30×30m の画素から成る Landsat 画像が基になっており、30×30m の各画素に炭素貯留量および Forest intactness が数値として格納されている。2 時期の画像を用いた時間変化の統計処理方法として、以下の 3 つの統計手法を検討した: 1) 平均値の一元分散分析、2) 画像毎に対応関係のある t 検定、3) クロスバリデーション法に基づく信頼区間の算出。このうち 1) 平均値の一元分散分析と 2) 画像毎に対応関係のある t 検定については、わずかな平均値の違いであっても、サンプル数が大きいため統計的に有意になってしまう。例えば、上記の炭素貯留変化を例にとると、平均 (±標準偏差) 炭素貯留量は 2010 年は 22.7 (±17.2) kg/m² であり、2015 年は 22.4 (±16.3) kg/m² であり、平均値は 2 時期間で高い有意性で異なった ($p < 2.2e-16$)。しかし、この統計手法はフルモデル (上記の重回帰モデル) を衛星データに外挿して得られる数値に基づくものであり、推定精度自体が $R^2 = 0.58 \sim 0.65$ と、それほど高くはない。そこで、クロスバリデーション法に基づく信頼区間の算出が必要と考えた。これは、重回帰モデルを作成する際に、50 プロットのうちの 40 プロットを使ってモデルを作成し、残り 10 プロットを使って精度を検証する手法であり、この作業を 1000 回繰り返すことにより、モデルの推定精度の信頼区間を得るものである。95% 信頼区間は、1000 サンプル中の 25 番目 (上限) および 975 番目 (下限) の値として計算した。この手法を使うと、例えば炭素貯留量評価における推定精度 R^2 の 95% 信頼区間は、2010 年については 0.10～0.91 であり、2015 年については 0.14～0.85 である。この手法を使うと、炭素貯留量の平均値の 95% 信頼区間を表すことも可能となる。同様に、生物多様性の Forest intactness についても 95% 信頼区間を示すことが可能となる。以上の検討から、生態系サービス認証における監査資料作成においても、クロスバリデーション法に基づく信頼区間の算出が適当であると判断した。

以上の解析から得られた知見を活用し、協力者である行った WWF インドネシアと協力して、Ratah Timber 社の生態系サービス認証取得に向けた監査資料の作成を行った。2010 年から 2015 年にかけて、炭素貯留量と生物多様性 (forest intactness) の推移を上記方法に従って解析し、さらにベースラインとの比較を行った[#]。炭素貯留量を例にベースラインとの比較方法を説明する。図 1 に示すように、統計資料によると東カリマンタン州全域における 2001 年から 2012 年にかけての森林伐採からの平均年間炭素排出速度は 60.2ton/ha/yr であった。一方、本方法により推定された Ratah Timber 社の 2010 年から 2015 年にかけての平均年間炭素排出速度は 0.6ton/ha/yr であった。従って、ベースラインと比較して、Ratah Timber 社の炭素排出速度は有意に低く、責任ある森林管理により正味の炭素排出抑制を達成できていると判断された。

Positive management impacts on carbon stock: comparison with baseline

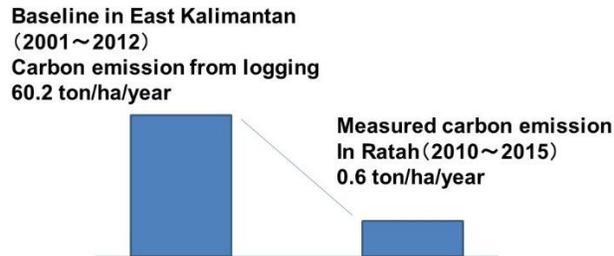


図1. 東カリマンタン州全域における2001年から2012年にかけての森林伐採からの平均年間炭素排出速度（ベースライン）と Ratah Timber 社における5年間の平均年間炭素排出速度

#本方法を使って、炭素貯留保護の生態系サービス認証は発行されたが、forest intactness 指数については平均値が大きく低下していることが判明し、forest intactness 指数を使った生物多様性保護の生態系サービス認証は発行されなかった。しかし、別の生物多様性指数を使って、生物多様性保護の生態系サービス認証が発行されることとなった。しかしながら、forest intactness 指数はFSCにより高く評価されており、FSC生態系サービス認証ガイドラインに標準方法として盛り込まれることになった。

(2)劣化した熱帯林の回復可能性を可視化する手法の開発

劣化した熱帯林の回復可能性の可視化（評価マップの作成）の流れは、(1)衛星画像による植生区分、(2)各植生区分における森林の更新状況の把握（現地調査）、(3)直径階分布の作成と歪度の算出、(4)植生区分と歪度とのモデル作成、(5)森林の回復可能性評価マップの作成（植生区分を行った衛星画像への歪度の反映）、となっている。本研究は、マレーシア・サバ州（ボルネオ島）のデラマコット森林保護区およびターンクラブ森林保護区を対象として、実施した。

直近の衛星画像（Landsat8 OLI）で、雲の映り込みが少なく、調査対象地域がよりクリアに撮影された画像を取得した。取得した画像は、大気補正及び地形補正を行った後、雲と雲の影を除去した。処理後の画像の内、植生の指標として用いられるバンド7（中間赤外領域：2.107-2.294 μm ）の画像を用いて、植生を、原生林(stratum1)～伐採跡地および裸地(stratum5)の5タイプに区分した（図2）。

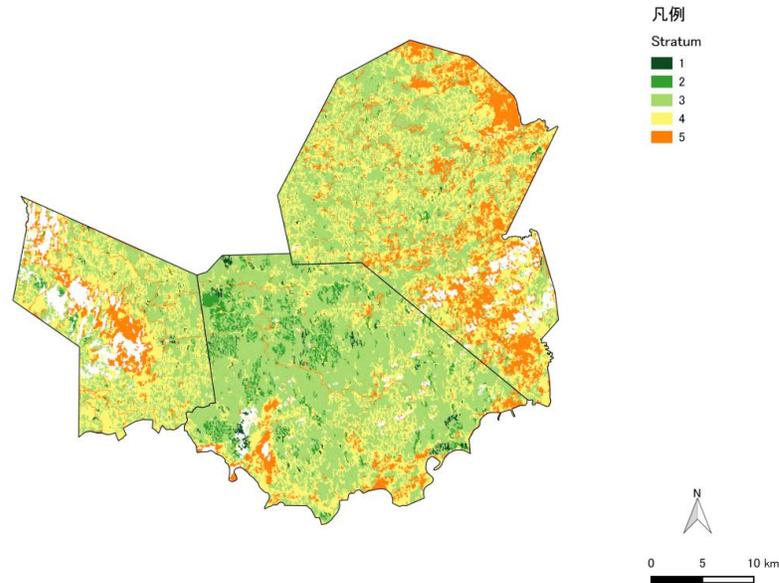


図 2. 植生区分図

植生区分は、原生林(stratum1)～伐採跡地および裸地(stratum5)の 5 タイプに区分した。

植生区分に基づき、各区分に該当した場所において、それぞれ 5 つのプロット(30×30 m²)を設置した。なお、これらのプロットは、隣接しないよう 100m 以上離して設置するものとした。各プロットにおいては、樹木の更新状況を把握することができるよう、実生、稚樹、小径木、成木と、樹木の各成長段階に対して、表 1 に示す項目で調査を実施した。成木を対象とした調査は、30×30 m²のプロット内全体で行い、実生、稚樹および小径木の調査については、各プロットに 5 つずつ設置した、それぞれ 1×1 m²、2×2 m²、5×5 m²のサブプロット内で行った。

表 1. 調査項目

成長段階	プロット面積	対象サイズ	対象種	調査内容
成木	30×30 m ²	胸高直径(DBH) 10cm 以上	全種	DBH の測定、樹種の記録
小径木	5×5 m ²	DBH 5-10cm	全種	DBH の測定、樹種の記録
稚樹	2×2 m ²	DBH 1-5cm	Shorea 属	DBH の測定
実生	1×1 m ²	DBH 1cm 未満、樹高 30cm 以上	Shorea 属	樹高の測定

得られたデータを用い、各プロットについて、直径階毎の個体数を集計し、直径階分布を作成した。ここでの直径階の区分は、樹木の成長段階を考慮して、DBH1cm(実生)、1-5cm(稚樹)、5-10cm(小径木)、10cm 以上(成木)は 5cm 刻みとした。直径階分布は、全種込および原生林の代表種である Shorea 属を対象として作成した(図 3)。集計した直径階毎の個体数を基に、以下の式を用いて、各プロットにおける歪度を算出した。

$$\gamma = \frac{\sum fi(xi - \mu)^3}{F\sigma^3}$$

γ : 歪度、 fi : 各階級の個体数、 xi : 各階級の代表値、 μ : 平均値、 F : fi の合計、 σ : 標準偏差

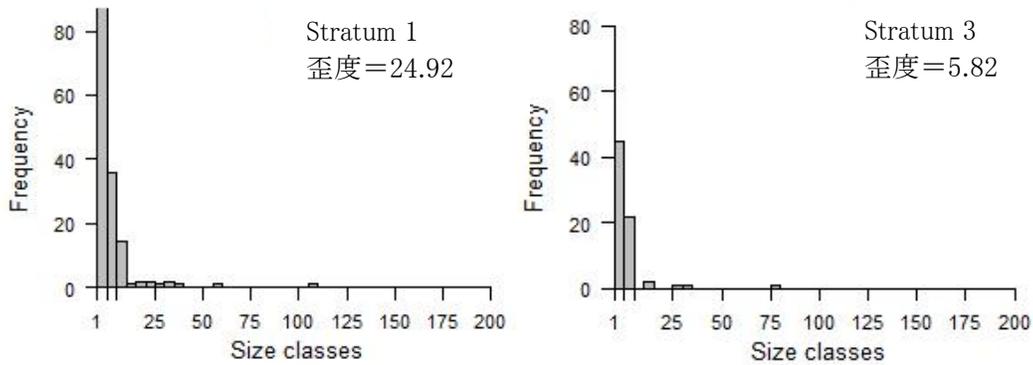


図 3. 直径階分布と歪度の例: Stratum1 および 3 における Shorea 属の直径階分布と歪度

植生区分と歪度との関係を表すために、(3)で算出した歪度を説明変数、植生区分を目的変数として、回帰モデルを作成した(図 4)。モデルには、線形モデル、二次曲線モデル、対数モデル、指数モデルを使用し、実際のデータに対する当てはまりが最も良いモデルを採用するものとした。モデルの当てはまりは、AIC(赤池情報規準)を指標とした。AIC は値が小さい程、モデルの当てはまりが良いことを示す。

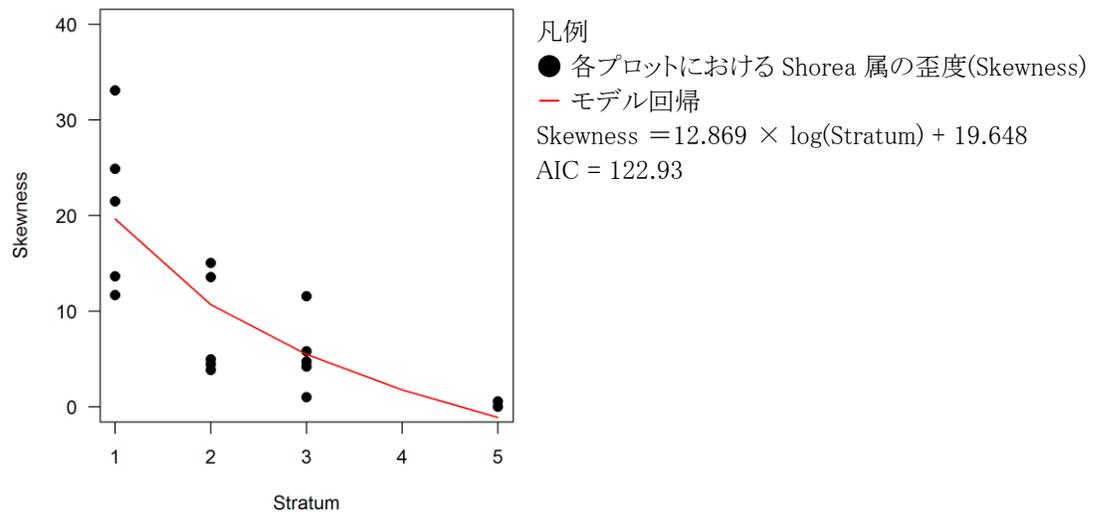


図 4. 植生区分(原生林:stratum1～伐採跡地および裸地: stratum5)と Shorea 属の歪度(skewness)との関係

(1)で作成した画像に格納されている各植生区分(Stratum1～5)に対して、(4)で作成したモデルを用いて、歪度の推定値を代入した。代入した歪度に基づいて色分けし、森林の回復可能性評価マップを作成した(図 5)。

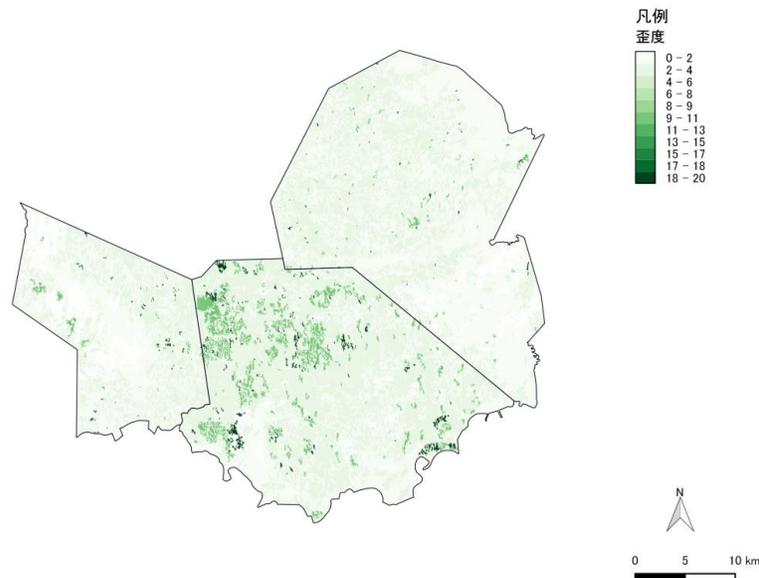


図 5. 歪度を用いた劣化した森林の回復可能性評価マップ

当初の計画に対する現在の進捗状況

サブテーマ「生物多様性可視化技術を用いた MRV 手法の整備」については、どのように forest intactness 指数と炭素貯留量の時間変化を統計的に処理すべきか、またベースラインとの比較をどのように行って生態系サービスに対する正味の悪影響がないことを証明するのか、実際の監査資料を作成するプロセスを通して対応策を確立することが出来た。これにより本サブテーマの当初の目的はほぼ達成できたと考えられるが、今後は実際の監査資料の作成事例を増やし、経験を蓄積することにより MRV 手法の整備を進めたいと考える。

サブテーマ「劣化した熱帯林の回復可能性を可視化する手法の開発」については、予定していた現地調査、合計 25 地点の内、20 地点の調査を終え（未実施の調査地点は、Stratum4 の 4 地点と Stratum5 の 1 地点となっている）、現在までに取得したデータを用いて、試験的に森林の回復可能性評価マップを作成した。今回の試みでは、原生林の回復可能性を評価するために、原生林の代表種である Shorea 属に着目し、その更新可能性の指標として、直径階分布の歪度を用いた。歪度は、正の方向に値が大きくなる程、頻度分布が左に偏ることを示す。よって、値が大きい程、後継樹が豊富にあること、つまり、更新可能性が高いことを表すことができると考えた。今回の評価に用いたモデルでは、説明変数が植生区分のみであり、更新可能性の評価には不十分と考えられる。よって今後の展開として、より現地に適合するモデルを作成するために、モデルの説明変数として、樹木組成をはじめとした様々な変数を検討することを予定している。また、モデルの精度を向上させるために、調査地点の追加を検討している。

事業全体の計画に対する中間時点での成果の達成状況とインパクト

本事業が支援しているパイロット試験地（インドネシア・東カリマンタン州 Ratah Timber 社）において、本事業の成果を用いて作成した監査資料を基に、世界で初となる FSC 生態系サービス森林認証が認められたことは特筆に値する。また、FSC が 2018 年 5 月に発行した生態系サービス認証の手順書 FSC-PRO-30-006 V1-0 EN において、本事業の生物多様性可視化手法が推奨されるなど、本成果の一部は国際的な評価を得た。以上のように、中間時点では当初の予測を上回った進捗が見られる。

新たな生物多様性指標（劣化した森林の回復可能性指標）については、回復可能性を歪度で指標できる可能性が示された。生物多様性可視化技術に追加導入することで、より説得力のある評価が可能になると期待している。

カウンターパートへの技術・知識移転の状況

2018年11月22日から24日にかけて、インドネシア東カリマンタン州のRatah Timber社伐採キャンプにおいて、現地カウンターパートおよび林業従事者のための生物多様性・炭素評価方法の実習をインドネシア語で実施した。これは、FSC生態系サービス認証の更新が5年後に予定されていることに備えて、現地カウンターパートの能力開発を主目的に実施したもので、現地政府関係者も含めて合計24名の参加者があった。また、生物多様性・炭素評価方法の説明資料をインドネシア語に翻訳して配布した。これと同時に、調査法マニュアルと解析方法の資料は英語でweb公開しており、全世界の関係者がダウンロードできる状態にある。さらに、調査法の科学的見地からの検討結果については、科学論文としてオープンアクセス雑誌に公開し(2018年11月16日公開)、全世界の関係者がダウンロードできる状態にある。

当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合の状況

該当事項はない。

【慶応大学・甲南大学 大沼あゆみ・柘植隆宏／目的2「生態系サービス森林認証」によって発生する便益の検証】

目的・目標

現状では、FSC森林認証の認証材には十分な価格プレミアムが発生しておらず、市場で浸透しているとは言えない状況である。FSC森林認証の認証材のさらなる普及を目指すうえでは、消費者の意識を調査する必要がある。また、生物多様性や炭素貯留といった、生態系サービス認証がもたらす追加的な環境便益に対する消費者の意識を把握することは、生態系サービス認証の普及に向けた効果的な制度設計を検討するうえで重要な課題である。そこで、消費者を対象としたアンケート調査を実施し、消費者の各種認証に対する意識を把握する。

実施方法

ウェブアンケートにより消費者の意識を調査する。アンケートでは2つの経済評価手法を用いる。

1つはコンジョイント分析である。コンジョイント分析を用いることで、各種認証に対する支払意思額(各種認証の付加価値)を評価する。ここで認証とは、FSC認証と生態系サービス認証(炭素排出がゼロ、あるいは/および生物多様性減少がゼロであることを保証するもの)の2つを指す。提供する情報により、消費者の評価が異なる可能性を検証するため、ver.1からver.4の4種類の情報提供を行い、それぞれの場合の支払意思額を比較する。ver.1では生息する動物の種数に関する数値データ、ver.2では生息する生物の写真と動画、ver.3では絶滅危惧種スマトラサイの動画、ver.4ではウンピョウ(肉食動物として食物網のトップの位置づけ)の写真と動画を提示する。

ウェブアンケートで用いるもう1つの手法は、ベスト・ワースト・スケーリングである。ベスト・ワースト・スケーリングの質問では、半数の回答者には、木製の机を購入する際に重視する項目は何かを尋ね、半数の回答者には、どの木材を使用した木製の机を購入したいと思うかを尋ねた。

前者の質問では、「認証を取得していない木材」、「FSC認証を受けているが、生態系サービス認証は受けていない木材」、「FSC認証を受けており、それに加えて、炭素排出がゼロであることで生態系サービス認証を受けている木材」、「FSC認証を受けており、それに加えて、生物多様性の減少がゼロであることで生態系サービス認証を受けている木材」、「FSC認証を受けており、それに加えて、炭素排出と生物多様性の減少の両方がゼロであることで生態系サービス認証を受けている木材」の5種類の木材を使用した木製の机について、それぞれが消費者からどの程度購入したいと思われるかを明らかにする。

後者の質問からは、「使い心地」、「値段」、「デザイン」、「環境に配慮した木材が使われているか」、「メーカーやブランド」の5つの項目が、木製の机を購入する際にそれぞれどの程度重視されているのかを明らかにする。

当初の計画に対する現在の進捗状況

質問票については、2017年12月から作成を開始し、想定試験を実施したうえで2018年4月までに完成させた。その後2018年8月に予備調査を、2018年10月11日(木)～17日(水)に本調査を実施し、3774件の回答を回収

した。現在統計解析を実施中である。今後、回答者の個人属性と支払意志額との関係、支払意志額の生物多様性情報間の有意差、生物多様性情報と認証の種類の変数間の相互作用など詳細に解析する予定である。

事業全体の計画に対する中間時点での成果の達成状況とインパクト

予備調査では、コンジョイント分析とベスト・ワースト・スケーリングの双方において、各種認証に対する消費者の評価を把握することに成功した。よって、成果の達成状況とインパクトは良好であると評価できる。しかし、予備調査では、コンジョイント分析において、バージョン間の支払意思額に統計的に有意な差が確認できなかった。本調査の解析では、この点に関するより詳細な分析を行う予定である。

カウンターパートへの技術・知識移転の状況

該当事項はない。

当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合の状況

該当事項はない。

3. 今後の事業の進め方および成果達成の見通し

目的1および2ともに当初の予定通りに進行しており、成果達成の見込みは高い。目的1は、これまでに開発されていた生物多様性可視化技術を生態系サービス認証の監査に組み込むための手順の確立が目的である。これについては、パイロット試験地である Ratah Timber 社の監査資料を作成し、実際に監査が行われることで、大きな経験を蓄積することができた。一方、目的2は、発行される生態系サービス認証にどのように経済便益を発生させることができるかの解析が目的である。目的2においても、森林認証と比較して、生態系サービス認証に対する消費者の支払意志額が増加する可能性が示されており、望ましい制度設計に向けて貢献できる。2019年2月には、社会的責任(CSR)活動の一環として、日本企業に Ratah Timber 社に対する資金導入を呼びかけるマッチングセミナーを東京で実施する予定であり、このセミナーにおいて目的2の成果を活用する予定である。もし、本セミナーにおいて実際に資金導入が示されれば、パイロット試験はベストモデルとして位置づけられることになり、生態系サービス認証は周辺に浸透することにもなる。本事業では、生態系サービス認証のベストモデルの確立と生態系サービス認証の浸透を最終目標(outcome)としており、3年間の事業期間内で最終目標を達成できる可能性もある。本事業の成果(output)としては、生物多様性可視化技術を生態系サービス認証の監査に組み込むための手順書の作成があり、これについては既に以下のような複数の成果が挙げられている。

- ・FSC (2018) Guidance for Demonstrating Ecosystem Services Impacts, FSC-GUI-30-006 V1-0 EN に本方法が標準方法の1つとして収録
- ・科学論文として、オープンアクセスジャーナルに手順を公開: Kanehiro K. et al. (2018) Sustainability, sustainability-343711; doi:10.3390/su10114224.

4. 事業実施上の課題とそれを克服するための工夫や教訓など

特に大きな特記事項はないが、目的1(生態系評価技術)と目的2(経済便益評価)の成果をより強く融合させて、一貫性のある事業を展開していきたい。そのための試金石が、2019年2月に予定されている、Ratah Timber 社に対する資金導入を呼びかけるマッチングセミナーである。ここでは、目的2の成果を活用し、生態系サービスへの支払意志額を最大化する工夫を行う予定である。また、政策実行者への働きかけも強化する必要があると考える。これについては、マレーシア・サバ州およびインドネシア・東クタイ県と交流協定を結んでいるので、森林政策の実施者である州および県レベルの行政に向けて働きかけていきたい。

5. 事業成果の社会還元・実装

生物多様性可視化技術を生態系サービス認証に組み込むための手順の確立を通して、FSC 生態系サービス認証制度の浸透に対して大きく貢献している。これにより、以下のような様々な波及効果が期待される。まず、生産者には生物多様性に配慮する力学が大きく働き、森林管理においてこれまで以上に大きな生物多様性配慮がなされることになる。次に、消費者がインターネットによって木材生産地の生物多様性の保護状況を確認できるようになり、消費行動に生物多様性の軌範が持ち込まれるようになる。生態系サービス森林認証が社会に浸透すると、生物多様性に配慮していない森林からの木材製品は市場から駆逐されることになる。やがては、市場メカニズムを通して森林生態系の保全が浸透し、SDGsの達成に大きく貢献できる。このように大きな波及効果が期待できる。

学術的には、本プロジェクトの実施により、生物多様性可視化アルゴリズムの応用性に注目が集まり、様々な分野への波及効果が期待できる。特に、熱帯林生態系の更新・長期動態解明、森林火災や干ばつの熱帯林へのかく乱影響解明、かく乱後のレジリエンス解明、哺乳動物の多様性研究解明、地球変動への熱帯林応答の解明など多岐に渡る分野において本技術は波及効果を及ぼすと思われる。

6. SDGs実現に向けた具体的な貢献、日本のプレゼンス向上等に向けた取り組み状況

以下の活動を通して、SDGs実現と日本のプレゼンス向上等に向け、貢献している。

- ・現地利害関係者向けの英語およびインドネシア語セミナーおよび実習の実施、英語によるオープン・アクセス論文の公表、website を通した英語マニュアルの公開
- ・インドネシア・東カリマンタン州およびマレーシア・サバ州の行政と交流協定を結び、行政を通した生態系サービス認証の浸透を支援
- ・FSC 国際認証の基準に反映、手法標準化、制度設計をリード

7. 成果発表等

7.1 研究論文・書籍

【査読付き】

Kanehiro Kitayama, Shogoro Fujiki, Ryota Aoyagi, Nobuo Imai, John Sugau, Jupiri Titin, Reuben Nilus, Peter Lagan Yoshimi Sawada, Robert Ong, Frederick Kugan and Sam 8 Mannan (2018) Biodiversity Observation for Land and Ecosystem Health (BOLEH): A Robust Method to Evaluate the Management Impacts on the Bundle of Carbon and Biodiversity Ecosystem Services in Tropical Production Forests. Sustainability, sustainability-343711; doi:10.3390/su10114224.

【査読なし】

該当事項はない。

7.2 研究発表(国内・海外)

【国内】

該当事項はない。

【海外】

該当事項はない。

7.3 一般向け成果発表・報道記事等

FSC (2018) Ecosystem Services Procedure: Impat Demonstration and Market tools, FSC-PRO-30-006 V1-0 EN に生物多様性基準の1つとして採用。

FSC (2018) Guidance for Demonstrating Ecosystem Services Impacts, FSC-GUI-30-006 V1-0 EN に本方法が標準方法の1つとして収録。