

【S-9-3】アジア地域における生物多様性劣化が生態系の機能・サービスに及ぼす影響の定量的解明（H23～H27）

中静 透（東北大学）

1．研究実施体制

- (1) 植物の機能形質データに基づく樹木多様性の損失が森林生態系の機能・サービスに与える影響の解明（東北大学）
- (2) 森林の動態データに基づく樹木多様性の損失が森林生態系の機能・サービスに与える影響の解明（北海道大学）
- (3) 森林減少・劣化による花粉媒介・生物制御サービスの広域変動予測手法の開発（国立研究開発法人森林総合研究所）
- (4) リモートセンシング技術を用いたアジアにおける生物多様性・生態系機能マッピングとその時空間変動の推定（国立研究開発法人海洋研究開発機構）

2．研究開発目的

生物多様性と生態系の機能とサービスの関係については、1990年代から構成種の多様性と生産力や安定性などに関する解析が進んだが、森林生態系に関しては十分ではない。生態系の機能やサービスを広域に把握・評価するためには、樹木の多様な機能形質特性、森林生態系を構成する生物種、森林タイプの分布(人為的影響を含む)などに関する情報を統合することが有効である。これらのデータは、JBON および APBON などの母体となるグループによってかなり蓄積されているものの、それをデータベース化し、広域に把握・評価するためのアルゴリズムを完成する必要がある。また、樹木の特性のうち、とくに葉の窒素濃度は光合成能力、フェノール類は分解速度と密接な関係があるため、こうした機能形質と樹木組成に関するデータベースが生態系の分布や変化データと結合できれば、炭素蓄積量やその増減などに関する広域把握が可能となる。また、生物多様性が重要な関わりをもつ、送粉・生物的制御などの調節的生態系サービスについては、近年急速に研究が進みつつあり、生態系分布あるいは土地被覆データなどから送粉生物や天敵生物などの多様性や豊富さが推定できる可能性が高まっている。こうした手法を確立することにより、REDD+における炭素および生物多様性、さらには生態系サービスの評価やモニタリングが広域で可能となる。

3．本研究により得られた主な成果

(1)科学的意義

- 1) 世界的に見て著しく遅れていたアジア地域における機能形質データベースの充実を達成し、国内においては主要樹種のほとんどを網羅して、東南アジア地域においても代表的な森林タイプ毎の特徴を把握するのに十分な規模の機能形質を収集した。この機能形質データベースは、本研究における活用に留まらず、今後、この地域における様々な生態系機能・サービス研究に不可欠な基盤となるものである。
- 2) 上記の機能形質データベースと森林資源調査や衛星観測の結果を組み合わせることにより、国内・東南アジア両地域における森林の形質組成およびいくつかの重要な生態系機能・サービスの地図化を行った。このような可視化により、地域ごとに異なる生態系機能・サービスの現況を考慮した森林管理が可能になるだろう。いくつかの重要な生態系機能・サービスと植生タイプや物理環境の関係を統計モデル化し、気候変動・土地利用シナリオを適用することで、これらのシナリオが生態系機能・サービスに異なる影響を与えることを実証した。
- 3) これまで散逸していた樹木の動態およびアロメトリーデータについてデータベースを構築し、一元的に情報処理を行うことで、広域の生産量などの推定が精度良く行えるようになった。

- 4) 森林の現存量・炭素吸収量の推定精度が従来の方法に比べ向上し、リモートセンシング技術を用いた炭素収支モデルや広域マッピング手法の開発に不可欠な地上検証データを提供できた。さらに地域の生態系サービス評価・将来予測のためのアルゴリズムを確立した。森林の生産性や生態系機能と関係する葉形質の予測モデルの構築に必要な分光データベースを構築することで、冷温帯から熱帯にかけて葉形質を予測する基礎モデルを完成させた。さらに、着葉タイプや観測機材に関する知見を提供した。
- 5) 生態系サービスのうち文化的サービスの評価は他に比べて進んでいないが、ソーシャルメディアの写真を用いて景観サービスの需要と供給を地図化する手法を開発したことにより、様々な空間、時間スケールで、刻々と変化するニーズやポテンシャルを素早く把握する可能性を広げた。送粉サービスの供給者として最も重要な昆虫の一つであるニホンミツバチの遺伝的多様性の地域的変異を明らかにしたことにより、景観に基づく地域的な多様性及び生態系サービス評価の重要性を示すことが可能になった。アジアの一地域において、原生林の改変により天敵サービスが変化することを明らかにし、分解サービスにも定量的な差異が認められることを示唆したことから、森林劣化の定量的評価手法の開発が可能になった。またこれまで経済的評価が先行していた生態系サービスを生物・生態学的に定量化することにより、各生態系サービスにおける経済的価値が異なるアジア地域に標準化可能な指標およびモニタリング手法の開発着手が可能となった。生態系サービス予測のための定量化手法として、土地利用変化によって説明可能な生態系サービス供給者の個体数、種や遺伝的多様性の予測手法を開発した。このことにより土地利用変化シナリオに基づく将来予測が可能となった。またこれらを地図化する手法を開発した。
- 6) 高解像度かつ精密な森林内部の立体構造、及び、立木/倒木の空間分布を同時に取得可能な UAV（無人航空機）観測手法を開発した。本手法を用いることで、林分での炭素蓄積や分解速度の分布評価のための基盤情報を得ることができるため、典型的な森林タイプごとの測定によって生態系機能/サービス分布のリファレンス値の取得が可能となる。
- 7) 衛星データの解析により検出した機能的な着葉期間に基づいて、落葉林における葉の形質の空間分布を広域的に地図化した。その結果、気候変動下における植生の機能（光合成）の時空間分布を高精度に評価するための基盤情報を提供することが可能となった。
- 8) 熱帯多雨林を対象に、長期連続的な定点カメラ観測により、植生フェノロジーの様式や期日の特徴を検出する手法を開発した。その結果、超高解像度なデジタルカメラを衛星に搭載することにより、将来、生態系の機能・サービスや生物多様性の評価のための基盤情報となる植生フェノロジーを個体レベルで広域的に観測・評価する可能性を示唆した。
- 9) 島嶼東南アジアにおける森林伐採がおこなわれた地域の年々変動を 500m の空間分解能で初めて明らかにした。本手法では森林伐採後の土地被覆を直接的に評価できないにも関わらず、森林伐採がおこなわれた地域の年々変動の空間分布を明らかにすることは、土地被覆変化に起因した生態系の機能・サービスや生物多様性への影響を高精度に評価するための基盤情報を提供する利点がある。

(2) 環境政策への貢献

< 行政が既に活用した成果 >

- 1) 環境省生物多様性及び生態系サービスの総合評価に関する検討会が 2016 年 3 月に公表した、「生物多様性及び生態系サービスの総合評価報告書」において、生態系サービスの定量評価方法について、この研究で開発された定量的推定アルゴリズムが使われた。また、Intergovernmental Science-Policy Platform for Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) のアジア太平洋地域アセスメントの森林生態系の生態系サービス評価において、この研究の成果を活かしたアセスメント手法が提案され、採用されている。

- 2) 本研究成果を元に CPF/IUFRO GFEP に参画して生物多様性、住民及び炭素に関する総説を作成し、CBD COP11 及び UNFCCC COP18 のサイドイベントで報告した(2012 年)。
- 3) 本成果を基に、農林水産省林野庁事業の評価等のプロジェクトに対して助言を行った(2013-2015 年)。
- 4) 本研究成果を元に IPBES Deliverable 3(a): Thematic assessment of pollinators, pollination and food production に Leading Author として参加し、花粉媒介と食糧生産について現状や現在までの対策について本プロジェクト成果にもとづき、既存報告を取りまとめた(2013-2015 年)。
- 5) 第 2 回生物多様性総合評価 (JB02) に貢献した (データを提供し、送粉サービスの評価結果が p113 に採用された) (2015 年)。
- 6) 林野庁事業「森林保全セーフガード確立事業」の REDD+におけるセーフガードの基準指標の作成とガイドブックの作成に貢献した (REDD プラスセーフガードにおけるモニタリングの基準指標として、本研究成果に基づき熱帯森林の生物多様性指標に森林タイプや人為かく乱等を含め、また生態系サービスについての解説に利用した) (2014-2015 年)。

< 行政が活用することが見込まれる成果 >

- 1) この研究で開発された生態系サービスの定量的推定・評価方法は、現在行われている IPBES のアジア太平洋地域アセスメントの森林生態系の生態系サービス評価において、東南アジア、東アジア地域の生態系サービス評価の手法やデータとして使用される予定である。また、生態系サービスの定量化は、自然資本推定の基礎となる情報であり、今後地方自治体などの地域資源の把握や利用などに利用できる。さらに、シナリオ分析の手法は、さらに発展させ、様々な状況にカスタマイズできるツールとして発展させる必要があるが、地域計画の策定などに利用できる可能性が大きい。
- 2) IPBES 2b : Regional Assessments for Asia Pacific Region にリードオーサーとして参画している (プロジェクト成果に基づきアジア太平洋地域の生物多様性におけるガバナンスについて、特に森林劣化および REDD+について生物多様性保全とのリンクに関する本成果を含めた既存の報告を取りまとめ、報告書を作成している) 。
- 3) Flickr を用いた景観サービスの評価手法は、国立・国定公園など自然公園・保護区の利用・サービスについて今後行政が活用することが見込まれる。
- 4) 衛星データ解析の結果から得られた、島嶼東南アジアを対象とした森林伐採がおこなわれている地域の年々変動の地図は、炭素吸収・排出量の算定や動植物の生息域分布の推定のための基盤情報として活用が期待される。

4 . 委員の指摘及び提言概要

アジア地域における森林機能形質データベースの充実化を実現し、今後の森林管理に必要な生態系機能・サービスの可視化手法を提示できた成果は高く評価できる。しかし、生物多様性の劣化がもたらす生態系サービスの変化を予測・評価する部分は、サービスの断面で捉える内容であるだけに単純化した要素に立脚した研究では、多様性に相応しいダイナミズムを見出したと言えるか疑問が残る。

5 . 評点

総合評点 : A