

生態系サービスから見た森林生態系

国立環境研究所

大場 真

はじめに

「生態系機能」から「生態系サービス」への認識の変化はミレニアムの一つの転換点であったと振り返ることができるだろう(1)。生態系の発見された前世紀における局所的、分野的研究から、可視化技術を使った広域的、統合的な生態系サービス研究へと研究範囲が広がった(2)。生物学だけでなく、産業や社会・経済の研究テーマとしても取り上げられるようになってきている(3)。

森林生態系に目を向けた場合、長い間、素材や燃料を人間社会に提供してきたが(供給サービス)、治水や土砂流出防止(調節サービス)、物質循環や野生生物への生息地(基盤サービス)、憩いや精神的な場(文化サービス、以上(1)の4大分類に基づく)も供給してきた。持続的な森林の適正な利用と保全は懸案であり、生態系サービスの研究とその人間活動の影響を評価することによって、解決の端緒を与えてくれると考えてよいのではないだろうか。

例えば 1950-60 年代に拡大造林された人工林を今後どのように扱うかといった社会問題は広く認識されている(4)。一方、耕作放棄地も含めこれらの手入れされなくなった生態系が、野生動物の人里への接近を許し獣害問題を発生させている懸念がある(5)。こういった問題と対応に、物質循環などの生態系機能や生息ポテンシャルを予測するモデルは、対応した生態系サービスの定量-空間評価に役立つと考えられる。

本稿では、著者が愛知県内で試みた、地理情報システム(GIS)とモデルを用いた生態系サービス評価研究について紹介する。これらの研究では施業や樹種転換などが生態系サービスへもたらす影響を、空間的にかつ定量的に評価した。これらを踏まえ、生態系サービス研究の今後だけでなく、今後必要とされている研究テーマ、技術、社会との結びつきについても議論を行う。

物質循環モデルを用いた生態系サービス評価

著者は先行する物質循環モデルを参考にし、森林施業(間伐、主伐)の影響も考慮できるモデル BGC-ES を開発した(6,7)。針葉樹のスギ、ヒノキ、アカマツ、カラマツおよび広葉樹種(クヌギ・コナラ類など)で構成される森林を対象としている。モデルは4つのサブモデルで構成され、蒸発散や流出などを推定する水循環サブモデル、バイオマスサブモデル、CN(炭素窒素)サブモデル、森林管理サブモデルから構成される。森林管理シナリオにより間伐や主伐施業が行われ、それらの物質収支を計算する。施業の効果は主に広く用いられている林分密度管理図を元にした予測をする。樹種や林齢、地位、日気象値を入力として、このモデルは材積、バイオマス量、炭素蓄積量、蒸発散量、水流出量、窒素流出量、土砂流出量を出力し、文化サービス以外の主要な森林生態系サービス

をダイナミックに推定することができる。

このモデルを利用した伊勢湾流域圏、櫛田川流域圏を対象にした研究を行っているが(8,9)、ここでは矢作川流域上流の豊田市旭地区、稲武地区(森林面積約 15,000 ha)を対象とした研究について述べる(10)。

愛知県が整備している森林データを GIS データとして整備した。2000年から200年のシミュレーションを行い、①現行管理、②森林管理が強化されるシナリオ(年間施業面積が増加、間伐スケジュールの変更)、③経済的に生産が難しいと判断した人工林を天然林転換するシナリオ、の3つを設定した。生産性は、コスト計算モデル(9)と呼ばれる伐倒から運搬までの費用計算モデルにより、機械的に判断した。③のシナリオでは対象とする人工林の1/3を転換するとした。天然林への誘導は技術的課題も多いが、本研究ではその問題は解決可能と仮定して転換できた場合の効果について推定を行った。

対象地域全体で森林施業を強化すると平均材積量は低くなり、平均林齢も若くなり、森林生態系の炭素蓄積速度は高くなった。流出量、窒素流出量は量的に大きな影響を与えなかったが、この点については精査が必要と考えている。天然林転換シナリオは森林施業を高めるシナリオと比較して結果はあまり変わらないことも示された。

しかし林業・輸送機械から排出される二酸化炭素は、施業を活発に行くと森林生態系が吸収する分に近づくことが示された。生産した木材を、適切に社会の低炭素化や脱温暖化に貢献するよう消費する(例えば、炭素オフセットを行う)必要性を示唆した。なおこの計算に使用した二酸化炭素排出源単位は産業セクターごとの全国平均値であり、今後林業機械によって原単位などを変更するなどの変更によって、さらに正確な計算が期待される。

生態系サービスの一つとしての生物多様性評価

生態系からの様々な人間社会への財とサービスを包含する生態系サービスという概念において、生物多様性をどう位置づけるかは研究者によって異なる。ここでは、生息地を保全することによって生物多様性を涵養するという文脈で評価を行った研究を紹介する。

生息地、生息ポテンシャルを推定するツールやモデルは多数存在する。共同研究を行った Dhakal et al.(11)では、天然林(混交林)への転換が行われた場合に、ほ乳類種分布への影響を生息ポテンシャルモデルによって評価した。既存の HSI(Habitat Suitability Index)モデル(12)をオオタカとツキノワグマに、豊田市が調査した種分布データを用いたロジスティック回帰を普通種のイノシシとニホンジカに適用した。標高モデル(10 m グリッド)、道路、河川網、森林・植生分布などのデータを環境条件として用いた。1 km グリッドで HSI を求め、そこにかく乱度合いを

InVEST biodiversity Tier 1 model モデルを用い推定し(13)、修正した生息ポテンシャルを推定した。

60年かけて土地利用を転換するとして、素材生産コストによって経済性が低い人工林を天然林へ転換する(経済シナリオ)、愛知県生態系ネットワーク形成モデル事業を参考にした尾根沿い、河川沿いの森林を天然林へと転換するシナリオを計算した。

その結果、生態系シナリオではツキノワグマの生息可能域が経済シナリオの倍になった。オオタカは、2シナリオで同じ程度の生息可能域拡大をもたらすことが分かった。ニホンジカ、イノシシの生息域については影響を与えなかった。

生態系の連続性などの空間的な要因は、他の生態系サービスと比較して生息可能域は影響を受けやすいと考えられる。他の生態系サービスの定量空間評価と合わせて行うことで、生物多様性についても定量的な評価を行うことができる。

展望

生態系サービスの要素を様々なツールを組み合わせ評価するボトムアップ的な定量化は、生態系の情報の不確実性や、生態系サービス供給と需要の空間的な広がり、またそれらの要素を統合する方法などの問題を抱えている。しかし、これらは手法の精緻化などで解決できると予測できる(14)。文化サービスについては文化財や観光客数、生態系の希少性などあるいはアンケート調査などの社会調査などによって定量化が可能である(15)。

これと対比して経済学的手法を用い生態系サービスの経済的な価値を測定するトップダウン的な方法は、ボトムアップ的な手法より早く研究が展開されてきた(16)。ボトムアップ的な手法の精緻化によって、将来的にこれらの手法との比較や、両者の統合手法が必要になるのではないかと考えられる。

東日本大震災後、再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度などに代表されるように、再生可能なエネルギーへの期待が高まっている。木質バイオマスについても、単独のバイオマスボイラー、発電所、あるいは火力発電所での混焼などで消費されることで、温室効果ガス排出の軽減、炭素オフセットなども含め、持続可能な社会実現のための重要な役割を負うと考えられる。国内外の先進的な森林都市を参考として(例えばスウェーデンのベクショーや、北海道の下川町など)、森林と林業と社会のつながりを強めていくことは重要であると考えられる。その上で、林業施策は生態系への影響が強いことがあり、様々な先進的な技術の導入とともに、生態系サービスへの影響評価などを行うことは不可欠と考えられる。

謝辞

本研究は環境省「環境研究総合推進費」(1-1401, 2-1404)、文部科学省「最先端・次世代研究開発支援プログラム」の支援を受けた。愛知県農林水産部より森林簿・林相データの貸与を受けた。

引用文献

(1) Millennium Ecosystem Assessment (2005) Ecosystems

and human well being: Synthesis. Island Press, Washington, 137pp.

(2) Crossman, ND., Burkhard, B., Nedkov, S., et al. (2013) A blueprint for mapping and modelling ecosystem services. *Ecosys.Servic.*4:4-14.

(3) 町村尚・松井 孝典・Shaw RN.ら (2010) 「生態系サービス利用」を尺度とする新たな社会システムの構築. *環境情報科学* 39:76-81.

(4) 愛知県 (2014) あいち森と緑づくり事業計画 (森林の整備, 里山林の整備) について. <http://www.pref.aichi.jp/0000023549.html>.

(5) 愛知県 (2014) 鳥獣類による農作物被害とその対策について. <http://www.pref.aichi.jp/nogyo-shinko/noson/choujuu/>.

(6) Ooba, M., Wang, Q., Murakami, S., Kohata, K. (2010) Biogeochemical model (BGC-ES) and its basin-level application for evaluating ecosystem services under forest management practices. *Ecol.Model.*221:1979-1994.

(7) Ooba, M., Fujita, T., Mizuochi, M., et al. (2012) Biogeochemical forest model for evaluation of ecosystem services (BGC-ES) and its application in the Ise Bay basin. *Procedia Env.Sci.*13:274-287.

(8) 大場真・藤田壮・水落元之 (2011) 森林物質循環モデル(BGC-ES)による森林生態系・炭素循環サービスの定量評価. *環境情報科学論文集* 25:257-262.

(9) Ooba, M., Fujita, T., Mizuochi, M., et al. (2012) Sustainable use of regional wood biomass in Kushida River basin, Japan. *Waste Biomass Valorization*3:425-433.

(10) Ooba, M., Hayashi, K., Fujii, M., et al. (2015) Ecological, economical, and sustainability assessment for wood biomass production by a temporal dynamic method. *J. Cleaner Prod.* 88:318-325.

(11) Dhakal A., Ooba M., Hayashi K. (2014) Assessing impacts of forest conversion on terrestrial vertebrates combining forestry cost with HSI and InVEST: case of Toyota city, Japan. *Int.J.Biodiversity Sci.Ecosys.Servic.Manage.*10:198-215.

(12) 日本生態系協会 (2014) ハビタット評価モデル. <http://www.ecosys.or.jp/activity/JHEP/index.html>.

(13) Tallis, HT., Ricketts, T., Guerry, AD., et al. (2011) InVEST 2.5.4 user's guide. Stanford, The Natural Capital Project.

(14) 大場真・アンビカ・ダカール・林希一郎 (2014) GISとモデルによる生物多様性・生態系サービスの広域評価: オフセットのスクリーニング段階の評価手法としての活用. 2014年環境アセスメント学会年次大会要旨集. p.93-97.

(15) 太田貴大・林希一郎・伊東英幸・大場真 (2012) 再生生態系の生態系サービスに対する重要度の探索的分析: 愛知県豊田市の森林の事例. *環境共生* 22:38-50.

(16) 栗山浩一 (1998) 環境の価値と評価手法: CVMによる経済評価. 北海道大学出版会, 札幌, 288pp.