

森林の生物多様性アセスメントはどのように行うべきか

中静 透*¹・市川昌広*²

はじめに

生物多様性は、森林の持続的利用の指標にも取り上げられ、その重要性が指摘されるようになった。一方で、それをどのように実際の森林計画や施業における基本的な考え方や、具体的な方法などに適用するか不明な点が多いという声も多い。私たちは、総合地球環境学研究所で「持続的森林利用オプションとその将来像」というプロジェクトをおこなってきた。その中で議論した、生物多様性からみた森林利用アセスメントの方向性と具体的な手法について報告したい。詳細は、プロジェクト報告書 (Ichikawa *et al.*, 2008) を参照いただければと思う。図表をふくめ、具体的な引用はしないが、内容はすべて、この報告書に述べられている。

1. アセスメント全体の方向

ここで言う生物多様性アセスメントとは、いわゆる事業アセスメントというより戦略アセスメントに近い。つまり、ある事業を行った場合にどのような影響が生ずるかというより、複数の森林の利用シナリオに基づく影響予測を行ってオプションを示すなど、戦略アセスメントや地域計画などに用いるためのアセスメントである。

ミレニアムエコシステムアセスメント (以下 MA, Millennium Ecosystem Assessment, 2005) は地球規模で生態系の現状とそれがもたらす生態系サービスを評価し、いくつかの社会シナリオに基づいてそ

れらがどのように変化するかを示した。選択するオプションによって人間が受け取る生態系サービスも変化する。地域あるいは地球に住むわれわれはその効果によって、生態系の利用方法を考えることになる。

MA では、生態系サービスを4種類に分類しているが、生物多様性が大きくかわるものと、そうでないサービスがある。生態系そのものは生物によって物質を循環させているので、その存続は複数の生物のネットワークに支えられている。そういう意味では、多様性は生態系の持続性と大きくかわっているが、たとえば、木材生産や炭素吸収などのサービスは、必ずしも熱帯雨林のような多様な生物が保持されることによってその機能が発揮されるわけではなく、むしろ成長速度の速い単純林のほうが大きい場合もあるだろう。逆に早生樹の一斉林は、病害虫が発生しやすいなどの欠点がある。つまり病害虫の制御という生態系サービスは弱くなる。生態系サービス間には、このような矛盾やトレードオフがある場合も多い。おそらく、どの生態系サービスも最大限に発揮できるという森林は存在しない。これらの生態系サービスのなかで、生物多様性が大きなかわりをもつものは、調節的サービスや文化的サービスに多いが、前者ではその効果が不確実であったり、後者については現時点での経済的な評価が低かったりという特徴があって、生物多様性のもたらす生態系サービスに関しての理解は低いのが現状といえるだろう。

Tohru Nakahsizuka and Masahiro Ichikawa : How We can Assess Sustainability of Forest and Biodiversity

*¹ 東北大学生命科学研究科, *² 総合地球環境学研究所

こうした点の理解を深めるためにも、生物多様性のアセスメントでは、ただ単に森林が変化すると生物多様性が変化するというだけではなく、生物多様性の変化が人間にもたらす生態系サービスが評価の対象として重要である。また、アセスメントの結果

を地域計画などに活かすためには、森林や生物多様性を変化させた原因（ドライバー）の特定とその影響力の評価、さらにはドライバーを制御する社会的あるいは経済的仕組みが必要になる。これらのことを考慮すると、アセスメントは図1のような流れになる。以下では、この流れに沿って、説明してゆく。

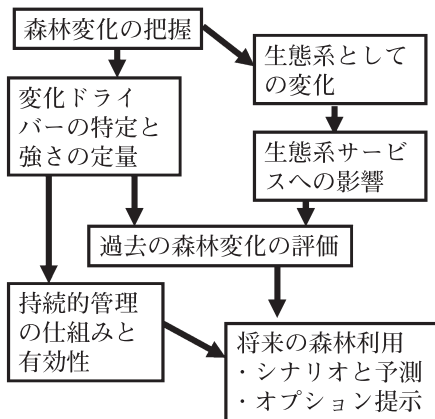


図1 森林および生物多様性のアセスメントの流れ
Ichikawa et al., 2008 より。

2. 過去の森林利用とその要因

対象地域の森林や土地利用は生物多様性に大きな影響を与えるが、その変遷を引き起こしたドライバーを分析することは、今後の利用計画を作成する上で重要な情報を与える。われわれのプロジェクトでは、マレーシアや日本国内の合計4箇所の地域で、過去の地形図や土地利用図、空中写真、森林簿などを使って、最近50年あるいは100年間の森林の変化を追跡することができた。この変化は、推移確率行列を用いて表現できる。さらに、その地域で過去に取られた政策や経済状況、地域産業などの分析により、これらの土地利用を引き起こした社会・経済的背景を明らかにすることも可能である（図2）。

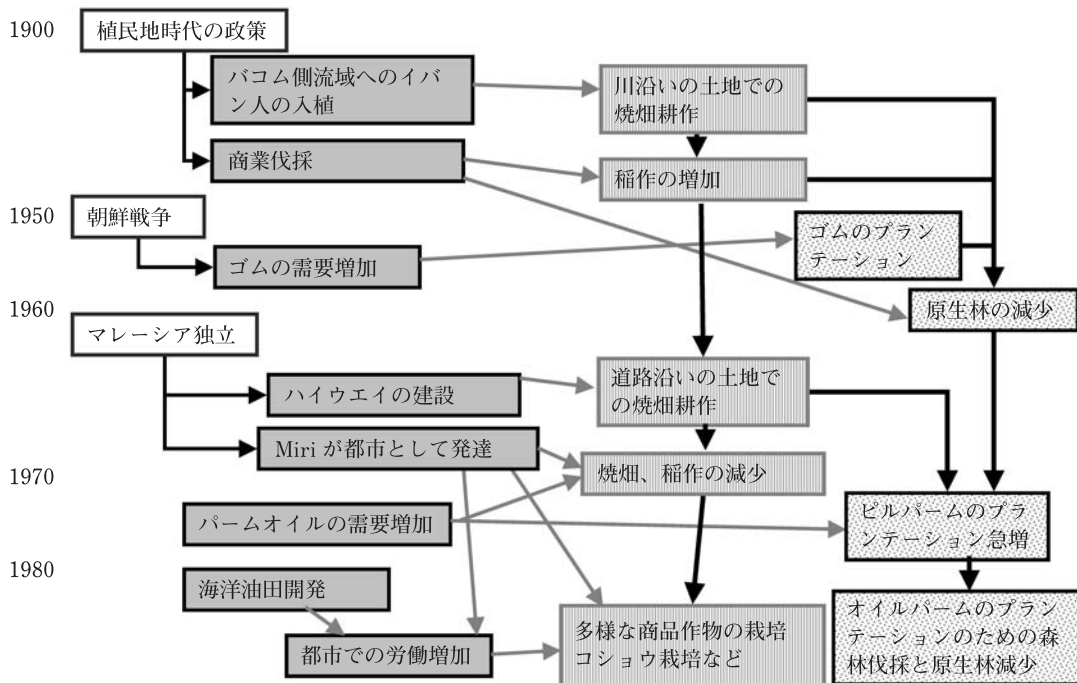


図2 ランビル（マレーシア連邦サラワク州）の土地利用変化の要因
市川昌広による。Ichikawa et al., 2008 より。

特定の土地利用変化は、そのドライバーやアクターをかなり特定できる。たとえば、原生林から二次林への変化は国際経済を背景として州政府が国策的に進めた商業伐採の結果であるし、焼畑耕作地が減少して二次林が増加するのは地域住民が都市での収入に依存度を高めて焼畑のサイクルを放棄しつつあるためである。ドライバーとその推移確率を結びつけることができれば、ドライバーの影響度の定量化も可能だと考える。

3. 森林変化が生物多様性に与える影響

生物多様性が森林の利用方法に大きな影響を受けることは間違いないが、その反応は分類群や機能群によって異なっており、かなり複雑である。プロジェクトでは、とくに伐採や焼畑からの森林回復過程において多様性がどのように変化するかを、植物、昆虫、鳥類、哺乳類など、さまざまな分類群で分析した。異なった場所の生物相を比較するためには標準的なサンプル方法が必要であり、それぞれの分類群に適したトラップや観測方法を統一して、林分タイプごとに調査する。熱帯地域の昆虫などの場合は、未記載の生物が多いので、この作業を種レベルで行うことはきわめて大きな時間と労力がかかる。

その結果、森林タイプや発達過程に敏感に反応する種群とそうでないものがあることがわかった。熱帯雨林地域では、一般的には森林が発達すると多くの分類群の種多様性が増す。これに対して、日本の温帯落葉樹林帯では、若い森林に特有の分類群が見られるなど、いわゆる「里山」の生物の存在を示唆するデータになった。いくつかの分類群は、森林の発達段階にきわめて敏感に反応するので、これらの種については、過去の森林利用の変化がどのような影響をもたらしたのかを推測することができる。原生林のような発達した森林でしか見られない生物群は原生林の減少に伴って個体数や多様性を減少させていると推測できる。ただし、日本の温帯落葉樹林地域では、針葉樹人工林の急激な増加と旧薪炭二次林の高齢化によって、若い森林や草原を生息地とす

る生物も減少していることが明らかになった。

このような林分レベルの生物多様性情報を、森林変化の地理情報に結びつけることもできる。多少乱暴ではあるが、森林の発達段階（林齢、樹高、平均直径など）と規格化されたサンプル方法によって観測された多様性指標（種数、個体数で重みづけた多様度など）の関係を単純に当てはめることにより、対象地域の生物多様性変化が地理情報として得られる。また、生物の種数だけではなく、共生関係などがわかっている種群があれば、生物間相互作用の複雑さなどについても、同様な把握が可能である。熱帯雨林地域では、アリと植物やそのほかの動物との相互作用系が複雑に分化しているが、森林が若いとその相互作用系は単純化することがわかってきた。したがって、森林利用によって、生物間の相互作用なども単純化している。アリ類は比較的分類も進んでいる上、生態的な機能群としても多様な分化をしているので、こうした指標として優れている（Tanaka *et al.*, 2008, Ichikawa 他の文献にあり）。

4. 生物多様性サービスへの影響評価

森林の利用やその変化が生物多様性に与える影響だけでなく、引き起こされた生物多様性の変化が、逆に人間へのサービスの変化となって返ってくる。私たちは、この生態系サービスの変化を捉えることをとくに重要と考えてきた。これまで、生物多様性をもたらす生態系サービスを定量的に評価する試みはいくつかあるが、手法的に難しい点が多い。私たちのプロジェクトでも、生態系サービスを網羅的に評価することはできなかったが、いくつかの可能性を開くことができたと考えている。

たとえば、MA の分類でいう、供給サービスあるいはそれにともなう文化的サービスと関係するが、地域住民の植物利用の実態を調査し、利用されている植物がどのような森林タイプに存在するのかという分析をする。マレーシア熱帯雨林地域では、若い森林には燃料として利用される樹木が、発達した森林には用材として利用される樹木が多い（図 3）。したがって、若い森林が増えると燃料材の供給サービ

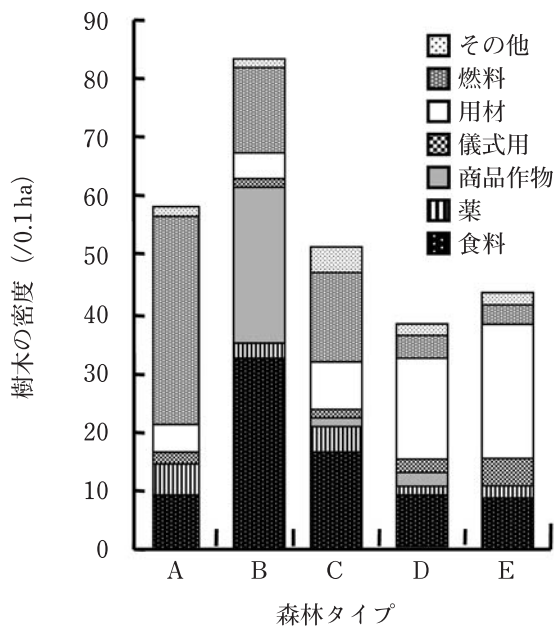


図3 サラワク州ランビル周辺の森林タイプと植物資源の利用

A: 焼畑放棄直後, B: ゴムのプランテーション, C: 二次林, D: 島状に残る老齢林, E: 原生林

スは高くなるが、用材の供給という点では機能が低下する。また、原生林には現地の人たちが生活のさまざまな儀礼の際に用いる植物が多いので、その地域特有の文化的なサービスに対する寄与は大きい。

日本の温帯落葉樹林域では、農作物の食害を引き起こす昆虫に寄生するハチの個体数や多様性が、若い森林で高く、発達した森林では低いことがわかった。したがって、若い森林が増えることが農作物の天敵を増やすことになる。最近数十年の森林利用は、こうした生息域を減らしていることから、生態系サービスで言えば害虫制御サービスが低下していることになる。農作物を含む多くの植物の送粉者であるハナバチ類も、同じような反応を示す。かつての里山は、カヤ場などの草地も存在したし、雑木林も定期的に伐採されていた。そうした環境は、害虫制御や送粉などの調節サービスが高い場所だったといえる。また、最近問題となっているシカやサルなどの農作物や植林の獣害についても、人工林の急激な増加と関係を示唆する研究が増えており (Age-

tsuma 2008, Ichikawa 他の文献にあり)、森林の利用変化が引き起こした生物多様性の変化、あるいは生態系サービスの低下の問題のひとつと考えたほうがいだろう。

こうした特定の機能をもち、かつ森林タイプに反応性のよい生物群は、生態系サービスを評価する場合のよい指標になる。それらの指標と実際の森林タイプの分布を結びつけることで、地理的情報にすることができる。

5. 土地利用シナリオにもとづく生物多様性変化の予測

森林利用変化とそのドライバー、森林変化が生物多様性や生態系サービスに与える影響が定量化できれば、特定のシナリオを作成してそれに伴う変化をある程度示すことができ、意思決定の有力な情報ツールとして利用することができるだろう。たとえば、原生林の伐採がこれまでと同じスピードで進む、あるいは都市への依存度を高めて焼畑の放棄が加速する一方でオイルパームなどのプランテーションが増える、というようなシナリオに対して、生物多様性はどの程度減少するのか、どんな生態系サービスが低下するのか、という予測が地理的な広がりでも予測することが可能となる。複数のこうしたシナリオを示すことで、地域の住民や行政は、どの場所でどんな森林や土地の利用をするかというオプションを具体的に判断できるようになるだろう。

6. 持続的な利用のための社会・経済的メカニズム

プロジェクトでもうひとつ考えたのは、森林変化を引き起こすメカニズムと同時に、それを制御して持続的な利用を促すための社会的・経済的な制度(しくみ)とその有効性についてである。持続性を高める、あるいは生物多様性を保全するための制度やしくみは、かなりたくさん存在する。集落の伝統的・慣習的とりきめから国際条約まで、あるいは罰則をともなった法律もあれば、インセンティブを引き出す経済的しくみもあり、スケールもメカニズム

も多様である。問題は、それらが具体的にどのような効果を想定しているか、あるいは実効性があるのか、という点について十分な整理ができていない点にあるだろうと考えた。

「持続性」に関する定義もいろいろであり、一般的に「持続性が低い」といっても、どのような基準で言っているのか明確にしないと適切な対応策も生まれない。また、生物多様性についても、希少種や絶滅危惧などの面から保全策をとるのか、生態系の機能やサービスを重視した保全策なのかで方向は違う。これらのことを考えるために、持続性と生物多様性保全に関する制度やしくみを評価する基準を考えた。つまり、そのしくみや制度のなかに、以下のようなメカニズムをもつか否かを評価する。

森林の持続的利用については、

- 物質供給サービスを保つ機構をもっているか？
- 調節的サービスを保つ機構をもっているか？
- 文化的サービスを保つ機構をもっているか？
- 代替不可能な資源を保全する機構をもっているか？
- サービスを地理的に公平分配する機構をもっているか？
- サービスを世代間で公平分配する機構をもっているか？

を評価の基準とした。一般的に持続的利用をめざした制度といっても、木材の安定供給だけを考えた制度もある一方、水土保持などの生態系サービスを重視したものもある。一方では、代替資源の有無を考えたいわゆる「強い持続性」を意識した制度もあるだろう。また、異なった軸としては、公平な分配を時間方向で考えるか、空間方向で考えるかという問題がある。ブルントラントの定義は前者、生物多様性条約は後者を意識している。

生物多様性の持続的利用と保全に関しては、

- 生態系や景観の構成種の組成を安定的に保つ機構をもっているか？
- 生物個体群の遺伝的多様性を保つ機構をもっているか？
- 地域的な固有性・希少性・代表性を保全する機

構をもっているか？

- 生態系の機能を安定化する機構をもっているか？

という点から評価する。生物多様性の保全を、遺伝子、種、生態系あるいは景観という、どのレベルで考えるかによって制度は大きく異なるだろう。また、多様性の保全そのものが問題なのか、種間の相互作用や機能を重視した方向で保全するか、固有性や希少性を重視するかで制度の性格は大きく異なる。

このような制度の目的や想定するメカニズムと同時に、その制度やしくみが実効性をもつか否か、持たないのなら、何が問題なのか、という点も評価した。その評価は、

- 権利の所在が明確になっているか？
- 制度の統治者にインセンティブがあるか？
- 資源の利用者にインセンティブがあるか？
- 罰則があるか？
- サービスを受ける者、管理する者、コスト負担をする者の空間スケールに不一致がないか？

を基準とした。途上国の森林では、法律上の所有権が国や地方自治体になっているものの、伝統的に森林を使用して生活してきた人たちがおり、権利関係が必ずしも明確になっていないために制度が機能しないことがある。また、制度を統治する側、あるいは資源を利用する側に持続的な利用をすることのインセンティブが設けられていないケース、制度はあっても罰則がないために機能しないケースがあると考えられる。また、罰則やインセンティブがあっても、その空間スケールや地域がマッチしていないケースもあるだろう。たとえば、水源税のような制度を考えると、水を資源として利用する人は流域を単位とするが、税金を払うのは自治体が単位となっているため、自分たち自身は水源林の管理にコストを払っていて十分サービスも受けているのに、そのほかの地域のためにあらたに税金を払わなければならないということにもなり、インセンティブをそぐ形になる。

プロジェクトではこのような点を基準として、既

存の 60 以上の制度やしくみを評価した。たとえば、国立公園の指定などは、国によって制度が異なるが、基本的には生物多様性の保全や、文化的サービスの持続性などに関しては有効な機構をもっているが、供給サービスの持続性に寄与する仕組みはもっていない。また、その実効性も国によって異なり、罰則やインセンティブはあるものの、権利の所在が明確でないために実効性がないケースもある。また、エコツーリズムは、文化的サービスの持続性や代替不可能なものの保全、地理的・時間的に衡平な分配などの機構をもつが、生物多様性のなかの生態系機能の保全に関してはやや弱い。実効性の分析では、資源の利用者側のインセンティブを欠いたり、サービスの受益者とコスト負担者、管理者の空間スケールが一致していなかったりという原因で、うまく行かないケースがある。

まだ、これらの分析は不十分であるし、同じような目的の制度やしくみでもその地方の自然環境や歴史・文化的背景の違いによって、その実効性が異なる場合もあるだろう。しかし、こうした分析を重ねることで、提案される土地や森林の利用に対して、既存の制度のどこを改良すればよいのか、あるいは新たに制度を導入するとすれば、どのような制度がよいのか、という提案が可能になる。オプションに応じた生物多様性や生態系サービスの予測と合わせて、その地域でどんな森林利用とそれにとまう生

物多様性や生態系サービスを選んでゆくかという意思決定に必要な情報を与えることができるだろう。

おわりに

1 年間のフィジビリティ研究と 5 年間の本研究期間で、大学院生を含めると 100 名以上の研究者に参加していただいたプロジェクトであったが、課題もいくつか残っている。たとえば、森林変化ドライバーの定量化や、景観レベルでの多様性評価、森林の発達段階以外の要因の組み入れ、生態系サービスの定量化などは、まだまだ不十分であるし、制度の分析もその地域の特殊性をもっと考慮したものにする必要がある。また、土地利用や森林利用の GIS モデルは、もっと精密なものが必要になるだろう。しかし、生物多様性のもたらず生態系サービスをどのように意思決定に組み込むのか、というような道筋と、それに必要なツールの一部は示せたのではないかとおもう。

〔引用文献〕 Ichikawa, M., Yamashita, S. and Nakashizuka, T. (eds.) (2008) "Sustainability and Biodiversity Assessment on Forest Utilization Options." Research Institute for Humanity and Nature. Millennium Ecosystem Assessment (2005) Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.