

Title	生物多様性の価値の多面性と「場所」への依存性：ボルネオ熱帯雨林の事例から
Sub Title	Values of biodiversity and their spatial dependence: a case study from Borneo
Author	酒井, 章子(Sakai, Shoko)
Publisher	慶應義塾経済学会
Publication year	2009
Jtitle	三田学会雑誌 (Keio journal of economics). Vol.102, No.2 (2009. 7) ,p.237(49)- 250(62)
JaLC DOI	10.14991/001.20090701-0049
Abstract	<p>生態系サービスや生物多様性をどのようにすれば維持できるのか、 が盛んに議論されている。しかし、生態系や生物多様性の価値は多面的で、 「場所」に大きく規定される。この試論では、森林伐採やプランテーションの拡大によって劣化し ているマレーシア・サラワク州の熱帯林の事例をあげながら、 生態系サービスと生物多様性の関係、 生態系サービスの場所への依存性について議論する。最後に、 それを考慮にいれた保全の仕組みはどのようなものであるのかを考える。</p> <p>Ways to support ecosystem services and biodiversity is a heavily debated topic. However, ecosystem and biodiversity values are multifaceted and largely defined by location. This study explores the case of tropical forests in Malaysia's Sarawak State, where degradation is occurring due to deforestation and plantation expansions, debating the relationship between ecosystem services and biodiversity, and ecosystem services' dependent on location. Finally, considering the above observations, this study discusses how a preservation mechanism should appear.</p>
Notes	小特集：野生生物の取引と保全
Genre	Journal Article
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234610-20090701-0049">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234610-20090701-0049</a>

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

生物多様性の価値の多面性と「場所」への依存性—ボルネオ熱帯雨林の事例から—  
Values of Biodiversity and Their Spatial Dependence – A Case Study from Borneo—

酒井 章子(Shoko Sakai)

生態系サービスや生物多様性をどのようにすれば維持できるのか，が盛んに議論されている。しかし，生態系や生物多様性の価値は多面的で，「場所」に大きく規定される。この試論では，森林伐採やプランテーションの拡大によって劣化しているマレーシア・サラワク州の熱帯林の事例をあげながら，生態系サービスと生物多様性の関係，生態系サービスの場所への依存性について議論する。最後に，それを考慮にいれた保全の仕組みはどのようなものであるのかを考える。

Abstract

Ways to support ecosystem services and biodiversity is a heavily debated topic. However, ecosystem and biodiversity values are multifaceted and largely defined by location. This study explores the case of tropical forests in Malaysia's Sarawak State, where degradation is occurring due to deforestation and plantation expansions, debating the relationship between ecosystem services and biodiversity, and ecosystem services' dependent on location. Finally, considering the above observations, this study discusses how a preservation mechanism should appear.

# 生物多様性の価値の多面性と「場所」への依存性

——ボルネオ熱帯雨林の事例から——

酒 井 章 子<sup>†</sup>

## 要 旨

生態系サービスや生物多様性をどのようにすれば維持できるのか、が盛んに議論されている。しかし、生態系や生物多様性の価値は多面的で、「場所」に大きく規定される。この試論では、森林伐採やプランテーションの拡大によって劣化しているマレーシア・サラワク州の熱帯林の事例をあげながら、生態系サービスと生物多様性の関係、生態系サービスの場所への依存性について議論する。最後に、それを考慮にいれた保全の仕組みはどのようなものであるのかを考える。

## キーワード

森林, 生物多様性, 生態系サービス, マレーシア, サラワク州

## 1. はじめに

生態系サービスの劣化による地球環境問題が顕在化し、これまで経済的に評価されてこなかった生態系サービスを経済的に評価してその劣化を食い止めようという世界的流れが生じている。大気中の温室効果ガスの増加を止める目的で定められた京都議定書が発効して炭素排出権取引が現実のものになったことは、いろいろな問題は生じてはいるものの、このような仕組みが他の地球環境問題の解決にもつながるのではないかと人々を勇気づけた。すでに、このような仕組みを近年急速に失われている生物多様性の問題にも適用することができるのではないかという議論がはじまっている (Gibbons and Lindenmayer 2007; Kiesecker et al. 2009)。しかし、生物多様性にもとづく生態系サービスを適切に評価するには、炭素吸収や蓄積では考える必要のなかった多面性と土着性 (在来種か帰化種か)、希少性、サービスの及ぶ地理的スケールなどを考える必要があり、サービスの対価をだれがどのような仕組みで支払うべきなのかは非常に難しい問題である。

この試論では、マレーシア・サラワク州の熱帯雨林の事例をあげながら、生態系サービスや生物多様性の価値の特徴をよく理解した上で、どのような仕組みでそれらのサービスや価値を維持して

---

<sup>†</sup> E-mail address: shokosakai@chikyu.ac.jp

いくのが理にかなっているのか議論したい。

## 2. サラワクの熱帯雨林の生物多様性とその喪失

熱帯雨林は陸上でもっとも高い生物多様性を持つ生態系である。生態学はまだ、なぜ熱帯で生物が多様なのか（なぜ緯度が低い場所ほど生物の多様性が高くなるのか）という問いに完全には答えられていないが、地球が数十万年という周期で氷期・間氷期を繰り返す間も森林が成立するような気候が持続的に維持されてきたことと、湿潤で太陽から降り注ぐエネルギー量が多いことが植物の生産性と多様性を高め、植物の多様性がさまざまな生物の多様性の基盤となっていること、という2つの要因で説明できると考えられている（湯本 1999）。

生物多様性の高さに加えて生物学的な価値の観点から重要なのは、ひとつの森林に生息する生物の種数が多いばかりでなく、固有性も高い、つまり世界中でそこにしかない生物が多い、ということである。すなわち、ある森林が失われてしまうと、それにとまって地球上から絶滅してしまう生物種が多い、ということになる。かつてボルネオ島は、森林の大木の大半をフタバガキ科が占めるフタバガキ林に覆われていた。この低地フタバガキ林は、絶滅を危惧されているオランウータンを始め、さまざまな生物の住み処となっている。ボルネオのフタバガキ林は熱帯の中でもとくに植物の多様性が豊かな森林として知られており、フタバガキ科の種数だけでもときに八十もの種が同じ森林で見られることがある（Roubik et al. 2005）。しかし、フタバガキ科は、アジアから外に出るとほとんど見つからず、アジアの熱帯林に固有な樹木のグループである。

高い樹木の多様性、固有性は、昆虫をはじめとする動物種の多様性、固有性を生み出している。昆虫の中には、一種類の植物とだけ特別な共生関係をもつものも多い。たとえば、イチジクの仲間はイチジクコバチという昆虫に花粉を運んでもらうかわりに、花をこの昆虫の繁殖場所として提供する。多くのイチジクの種が同じ森林に共存している場合でも、イチジクとイチジクコバチは一種対一種の特殊化した関係をもっており、パートナーのどちらかの絶滅はもう一方の絶滅をも引き起こす。しかし、特殊化がおこるかどうかは生物のグループによって異なり、ほ乳類や鳥などにはそのような特殊化がおこるのは稀である。

先住民とよばれる人々は、現在でもこの熱帯雨林を狩猟や採集、焼き畑といったさまざまな形で利用している（市川 2008）。先住民の土地利用が法的に認められている場所もあるが（先住慣習権）、1976年以降に移りすんだような場合には原則としてそのような権利はない。焼き畑では、森林を切り開いて焼き、種をまき収穫したら、次の年にはまた別の場所へ移動する。一度使われた森林は、数十年たつと十分な養分が蓄積されるのでまた焼き畑に使うことができる。巨木が多い原生林を開墾するのは大変なので、二次林を使いまわすことが多い。焼き畑後の休閑林では、ラタン（籐）や食べ物などの採集が行われる。一度切り開かれた森林は植物の種数は原生林よりずっと少なくなるが、

ラタンなど成長の早い植物が多くなるので、そのような植物の採集には原生林よりもずっと適している。一方原生林は、家を建てる場合の材木や、薬や伝統的な儀礼のための特別な材料を供給する。

豊かな生物多様性と先住民の文化を育んできたボルネオの原生林であったが、木材供給のために商業伐採が進んだ結果、現在ではわずかに国立公園の中に残るだけになっている。ボルネオ島の森林伐採は、1970年代から80年代にかけてもっとも激しく行われた。生活の糧であった森林を奪われたとして先住民がメディアを通じて世界世論へ訴え、日本も熱帯林破壊を進めた当事者として糾弾された。90年代に入り原生林が減ってくると、一度伐採された森林も二回目、三回目の伐採の対象となり、ボルネオ熱帯雨林の木材供給能力は大きく低下した。

現在、木材供給能力の落ちた森林をさらに伐採して進んでいるのが、アブラヤシ・プランテーションの開発である (Koh et al. 2007)。アブラヤシは西アフリカ原産の植物で、その果実や種子から油を採集するために栽培される。インドネシアとマレーシアがそれぞれ世界生産の4割以上を占めている。ほとんどが食用油として利用されていたが、近い将来の石油の枯渇や価格上昇とバイオ燃料の消費拡大、爆発的に増加している米国、中国、インドの食用油の消費拡大をにらんで開発の勢いはとまる気配がない。今年(2009年)の不況によって一時高騰した価格がもとの水準にもどったが、長期的には需要は減ることはないと考えられている。アブラヤシ・プランテーションは、マレーシアでは最初に半島部、追ってサバ州で広がり、最後に広がったサラワク州では現在面積の1割以上が予定地を含めたアブラヤシ・プランテーションになっている。食用ではなくバイオ燃料の原料にする油を産するナンヨウアブラギリの栽培も、州政府が強く後押ししていることもあって、今後拡大する可能性が大きい。

アブラヤシが、採集後1~2日以内に加工しなければならないために、幹線道路に近く交通の便がよい場所で広がっているのに対し、アクセスが悪い地域では森林局が強力に植林計画を推進している。現在植林されているのはオーストラリア原産のアカシア・マンギウムであり、植林後数年で伐採してパルプに加工される。現在の状況ではアカシア植林は採算がとれない場合が多く、州の土地の約2割にライセンスが下りているのに対して実際に植林されているのはそのうちの数パーセントにすぎない(社団法人海外産業植林センター 2008)。しかし、今後樹種や用途の検討、価格の上昇や工場建設など状況の変化により植林が広がっていくのは時間の問題とも考えられる。

このような森林伐採やプランテーションの拡大による森林の劣化は、生物多様性の極端な減少の原因となり、いろいろな生態系サービスの劣化を招いていることが指摘されている (Fitzherbert et al. 2008)。

### 3. 生物多様性と生態系サービスの関係

生物多様性は、さまざまな生態系サービスの基礎となっている。しかし、多様性があがればどの生態系サービスも同じように増加するわけではない。また、通常生態系は複数の種類のサービスを提供する（生態系サービスの多面性）が、すべての生態系サービスを同時に最適化することはできない。たとえば、木材生産に適した森林とエコツーリズムに適した森林は必ずしも一致しない。その場合、どちらのサービスがどのくらい必要なか考えなくてはならない。多くの場合、物質供給が経済的に取引されているのに対し他のサービスは経済的に評価されていないため、物質供給が優先されてしまう、というところに現在の生態系サービスの劣化や生物多様性の喪失の問題の一因がある（表1, TEEB 2008）。

どのような生態系サービスが生物多様性とどのような関係にあるかは、本来は生態系（場所）によっても異なるし、同じ多様性であってもその中身によって変わってくるはずであるが、ここではわかりやすくするために大雑把な定性的なパターンに類型化して考えてみよう（表1, 図1）。単純化のため、人間活動の生態系に対するインパクトが強いほど生物多様性は下がる、つまり、生物多様性の高さを示す軸は、人間活動の影響の小ささと読み替えることができる、とする。この関係は、地球上のほとんどの生物は人間活動がない環境で進化し生き残ってきたのだから、ある意味当然のことである。実際熱帯雨林では、原生林ではもっとも生物多様性が高く、人の手が入れば入るほど多様性が減少する（Brearley et al. 2004 ; Fitzherbert et al. 2008）。

日本の里山では、人が手を入れることによって生物多様性はあがることが強調されるが、これは比較的狭い面積の中の種数を考えた場合に、人が手を入れると種数があがるということであって、人が手を入れないと生息できない生物種がいるということではない。里山に特徴的な生物であっても、人間が里山を作る前は、広い森林の中で自然に木が倒れてできた空間などを利用して、人間活動がない状況で生き残ってきたはずである。もし、現在、里山がなくては生き残っていけない生物がいるとすると、それは里山ができるまえの生息地、例えば湿原や十分な頻度で攪乱がおこるだけの広さの森林、が人間活動によってなくなってしまったからである。

#### （ア）生物多様性と生態系サービスが比例関係にある場合（図1（1））

生物多様性に頭打ちになることなく比例して上昇する生態系サービスは多くはない。しかし、多くの生態学者は、生物多様性が高い生態系に対して高い学術的価値を認めるだろう。生物多様性それ自体が、生物学の重要な研究テーマであり、生物多様性に富んだ生態系は、人間や地球上のあらゆる生物の進化、生物の共存や生物多様性の意義に関して重要な示唆を与えてくれる。それは生物学的に重要だというばかりでなく、人間はどのようにして地球上に生まれたのか、という我々のルー

表 1 生態系サービスや生態系の価値の生物多様性に関係した特徴

サービスの量（価値）と 生物多様性の関係	生態系の機能・サービスの例	経済評価 （* 1）	土着性	頻度依存性の 空間スケール （* 2）	文化依存性 （* 3）	価値の評価， 受益者の地域 スケール
<b>比例</b>						
	学術的価値	×	大	生物地理区		グローバル
	生物多様性を維持する機能	×	大	—		—
	遺伝資源		小	生物地理区		グローバル
<b>ゆるい飽和曲線</b>						
	エコツーリズム（直接訪問，メディアをつうじて）		大	生物地理区		グローバル
	文化的価値（儀礼，食べ物の中の文化的価値）	×	大	文化的まとまり		中
	生物間相互作用に基づいた生態系サービス（送粉，病気防止）	×	中	生態系 （集水域）		小
<b>飽和曲線</b>						
	二酸化炭素吸収・蓄積		なし	—		グローバル
	水源涵養，気温など環境の調節		なし	生態系 （集水域）		小・中
	安定性	×	なし	生態系 （集水域）		—
<b>山型</b>						
	先住民，里山の供給サービス（薪や山菜など）		なし	—		小地域
	プランテーション（アブラヤシなど）		なし	—		グローバル

\* 1： ，経済評価がされている； ，一部されている； × ，ほとんどされていない。

\* 2：生物地理区の説明については本文参照。

\* 3： ，依存性強い； ，依存性があることもある。

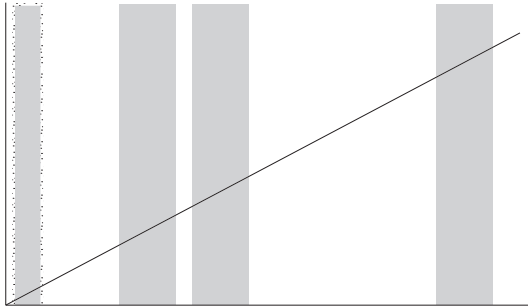
ツを考える上で重要な，人類共通の財産でもある。

生態系への機能でいえば，ある生物群の多様性は別の生物群の生物多様性に重要であることがある。たとえば，昆虫の多様性は，彼らの食べ物となる植物の多様性に維持されていると考えられている（ただし，その逆は疑わしい）。つまり，生物多様性は生物多様性を維持するために必要である，ということができる。

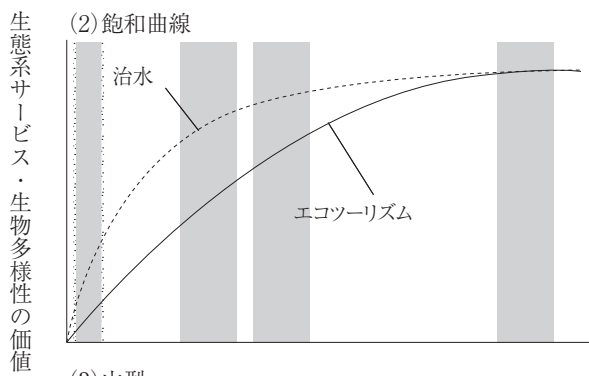
薬の開発などのための遺伝資源としての生物多様性の価値については，生物多様性と比例関係に近い関係が成り立つだろう。しかし，おそらくすべての生物を分析対象とすることは不可能であり，やがて飽和する。

図1 生物多様性と生態系サービスの関係

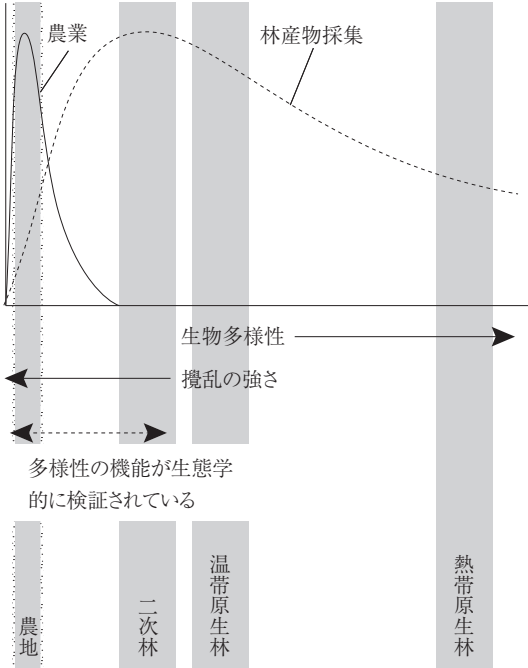
(1) 比例



(2) 飽和曲線



(3) 山型





(イ) 生物多様性に対し、生態系サービスが飽和曲線になる場合 (図1(2))

生態系サービスといったときに想起される多くのものが、生物多様性に対して飽和する関係にある。ただ、その飽和の度合いは、サービスによって違いがあるだろう。たとえば、森林による水源の涵養や二酸化炭素の吸収を考えてみよう。このサービスには、さまざまな機能をもった生物が関与している。また基本的な機能が同じでも、生物種によって得意な環境条件が違う場合、多くの種がいたほうが、環境条件(たとえば温度や降水量など)が変化しても高い機能を維持できる。だから、多様性は高い方がよい。それでも、これまでの生態学の実験をみても、二酸化炭素の吸収や環境変化に対する安定性は、自然の生態系の生物多様性からみると、わりと低いところで飽和してしまう。たとえば、草原生態系を模していくつかの草本種を植えた場合、組み合わせにもよるが、1種と8種の間には大きな差があるが8種と16種の差はそれよりもずっと小さい(Tilman et al. 2001など)。

しかし、もう少し生物多様性の重要性が高いと思われる生態系サービスもある。例えば、動物が植物の花粉媒介を助ける送粉は、生態系サービスの中の重要なものの一つである。多くの野生植物は、昆虫に花粉を運んでもらわないと次世代を残せない。農作物の中にも、野生の昆虫に花粉媒介を依存しているものも多い。植物によって花粉の運び屋となる昆虫の種類は違ふし、同じ植物でもたくさんの種類によって花粉が運ばれた方が、よく結実できる場合もある(例えば、Klein et al. 2003)。つまり、送粉の場合はある程度の種の多様性がなければ、植物の受粉を十分行うことができない、ということになる。そのほかにも、天敵や捕食者がいることで特定の生物種の大発生を防ぐ(病虫害の予防)といった、生物同士の相互作用に基づく生態系サービスには、生物多様性が重要である。

生物多様性の文化的、審美的価値は、生物間相互作用と同様、生物多様性に対して緩い飽和曲線を描くだろう。地球上のほとんどの文化は、生態系や生物に関する知識や利用を含んでいる。それは、いかに狩猟や焼き畑で食料を得るのか、といった実用的なものであったり、信仰や紋様など精神的なものや芸術に関わるものであったりさまざまであるが、人間社会のまわりに生態系や生物があったからこそ生まれたものである。ポルネオに暮らす先住民にはさまざまな民族があるが、圧倒的な種多様性を持つ熱帯雨林においても、生物種に対して細かく名前をつけ利用していることに驚かされる。その中で少なくない生物が食べ物や生活必需品として、薬や装飾品として、あるいは凶事や吉事をもたらす印として、重要な位置を占める。もし生態系や生物種が失われれば、そのような文化の一部が失われることになる。

(ウ) 生物多様性に対して山形になる場合 (図1(3))

一方、生態系サービスの中には、生物多様性が高ければ高い方がよい、というものばかりではない。たとえば1種類の作物だけが栽培されている農地は、手に入れたいものを効率よく作るために人間が生物多様性を下げた生態系である、と考えることができる。農地の中には小さい区画毎に何種類もの作物が植えられていることもあるが、サラワクのアブラヤシプランテーションでは、1品

種の植物を広大な面積に植えることで農作業の効率をあげている。ほかの生態系サービスは低いかも知れないが、アブラヤシの実を供給するサービスは非常に高い。

農業ばかりでなく、野生の林産物の採集を考えたときにも、高い生物多様性は採集の効率を下げることもある。ポルネオの先住民が籐などの材料として採集するラタンは、二次林や林縁など明るい場所を好んで生育し、人の手の入っていない原生林ではその密度は高くない。だから、ラタンを採集する場所としては二次林の方が適している。ラタンばかりでなく、一般に成長が早く一度にたくさん採集できるような植物は、二次林など攪乱を受けた森林の方が多い。日本でも牧草を得るために野焼きをしたり、薪炭林を定期的に伐採することで生産性を高めたりする。手を加えることで望ましい生物あるいは供給サービスを増やす工夫であり、結果として多くの場合生物多様性は下がる。

#### (エ) 生態学で実験的に明らかになっている生物多様性の機能

生物多様性が生産性（生態系が植物の光合成によってどれだけの炭素を同化するか）、安定性（定義は一つではないが、たとえば環境が変動した場合にどれくらい同じ性質（たとえば生産性や種数など）を保っていられるのか）に寄与しているのか、というのは、1990年代から生態学で活発に議論されてきた。理論的な研究が先行したが、生物多様性の低下が世界的に重要な問題と認識されるにつれて、種数や構成比をコントロールした実験系を使った研究も行われるようになった。その結果、条件にも依存するが、おおむね生物多様性が生産性や安定性に寄与しているという結果が得られている（Tilman et al. 2006 など、しかし Balvanera et al. 2006 なども参照）。

これらの実験結果を解釈する上で考慮しなければならないのは、実験で扱われている生態系は、実際の（人間による攪乱が小さい）生態系よりもずっと生物種数が少ないということである。原生林に近い熱帯雨林の非常に高い生物多様性を考えた場合、たとえば植物の種数が1000種から500種に半分になったとして、生産性や安定性に影響があるのかといえ、それは厳密にはわからない。しかし、これまでの知見から判断すれば、種構成などはもとの森林から大きく変わってしまう可能性はあるにしろ、生産性、安定性といった面における影響は、10種が5種になったときよりはずっと小さいものであることが予想される。

#### 4. 生態系サービス、生物多様性の価値の「場所」への依存性

生態系サービスや生物多様性の評価を難しいものにしていく要因の一つに、生物多様性の価値は、生物のいる場所やその周辺の状況に依存すること、生態系サービスの受けられる範囲が限られる場合があるなど、「場所」を考えずに議論できないことが多いことがある。この節では、生態系サービスがどのような「場所」への依存性をもっているか、考えてみよう。

(ア) 土着性 (在来種か外来種か)

どの生物種にも、もともと分布している範囲がある。一般にはその範囲の中であれば在来種とよばれ、その生物種の存在は望ましいこととされる。一方、人為的に分布外に運ばれ定着したのであればそれは外来種で、生物種の数とその存在によって増えたとしても、望ましい生物の多様性の増加とは評価されないことが多い。

在来であることを重要視するのは、生態系の中でそれぞれの種は他の種と相互作用をしながら進化してきた、と考えられているからである。別の生態系の中に移されれば、進化の過程で経験しなかったような相互作用を受け、あるいは他の種に与える。とくに後者の顕著な例としては、他の魚種を大きく減らしたと考えられている外来魚のブラックバスや、小笠原で昆虫の数を大きく減らしたと考えられているアノルトカゲをあげることができる。生物間の相互作用を介した影響は、顕著になるまで時間がかかったり、環境条件により影響の出方が違ったりして予測が難しいので、このようナリスクはできるだけ避けるべきなのはいままでのない。しかし、現在農業の中で飼育・栽培されている動物や植物のほとんどが外来種であることからわかるとおり、生態系サービスによっては(たとえば食料生産など)外来の生物を使った方が高いサービスを受けることができる。したがって、必ずしも在来種を優先しなければならないわけではない。

在来種か外来種か、が重要な生態系サービスとしては、学術的な価値の他に、エコツーリズムや文化的価値があげられる。逆に、薬の開発や農産物の新品種開発の遺伝資源としては、本来の生息地であっても外来種であっても(同じ遺伝的な多様性があれば)価値はかわらないであろう。花粉の授受を媒介し植物の結実を助ける送粉サービスにも、在来種か外来種か、が関係することがある。在来種の植物には在来種の送粉者の方が適していることがあるからである。しかし、たとえば農産物の送粉者を考えると、農産物はほとんど外来種であるから、送粉者が在来種か外来種か、ということ自体はあまり意味がない。樹木の二酸化炭素の吸収の機能についていえば、どこで吸収しているのか、どの種が吸収しているのか、はあまり関係がないので、在来種かどうかを考えることにはあまり意味がない。水源涵養や調節機能についても、たとえば植物の中に適、不適はあるだろうが、それと外来種か外来種か、ということにはほとんど関係しないであろう。

(イ) 希少性 (頻度依存性)

生態系サービスの中には、他のサービスと代替可能なものと代替が難しいものがある。代替が難しいものについては、少なくなれば価値が高まるといような、頻度依存性が働く。たとえば、生物多様性の学術的価値を考えると、大部分が原生林に近い森林で覆われていた50年前に比べると、現在わずかに残っている原生林は面積あたりで考えると価値が高くなっている、と考えていいだろう。これは、生物学的な価値を考えた場合には、他の原生林がボルネオの原生林のかわりにはならないからである。残せる森林が限られているとき、学術的にできるだけ価値を失わないことを考え

ると、同じような生態系をもつ地理的なまとまり（便宜的に生物地理区、と呼ぶ）ごとに森林を残し、いろいろな生態系を保全するのがよい。

このような頻度依存性は、もっと小さいスケールでも考えられる。例えば、ある地域の水源涵養や調節機能を考えた場合、一定の割合でそのようなサービスを提供する生態系が必要になる。土地が安いから、森林がたくさんあるからといって遠くにある生態系からサービスを受けることは難しい。たくさんの森林があるところでは、水源涵養林を設定しなくても十分なサービスを受けられるかもしれないが、森林の開発が進んでいる場所では、水源涵養林を設定して一定面積森林を残すことが必要となる。逆に農業などの供給サービスでは、供給できる範囲が十分大きければ、地域的な頻度依存性は働かない。

#### （ウ）文化依存性

生態系サービスの一部には、文化依存性が高いものがある。ここでいう文化依存性を厳密に定義するのは難しいが、簡単に言えばその人の文化・社会的背景や個人的な考えによって価値の感じ方が大きく違うものである。一番わかりやすいのは、信仰や祭りに使われるような生物の価値であろう。ボルネオ先住民のイバンの人々にとって、サイチョウは民族の文様や踊りに登場し、その嘴や羽が儀礼的な意味をもつ重要な生物である。イバンにとってサイチョウには他の人は感じない、特別な価値があると考えていいだろう。大規模なプランテーションとして栽培される農産物の価値はおおよそ世界共通だが、山菜などとして利用する植物は民族によって違うので、儀礼に関するものほどではないにしろ山菜利用に関しても文化依存性があると考えてよいだろう。伝統的な森林利用のほかに、エコツーリズムも文化依存性があると考えられるかもしれない。エコツーリズムに高い価値を見いだすかどうかは、人や国（文化）によって異なるように思えるからである。

生物多様性の価値の文化依存性は、価値が人によって大きく違うという点、文化の変容とともに価値が変化する点でやっかいなものであるが、生物多様性の潜在的価値の大きさを示しているとも考えることができる。人間が生存する上でそれほどの生物多様性は必要ないかもしれないが、生物多様性を楽しむ術があれば、わたしたちの大きな楽しみにつながる。それを積極的に利用することによって、社会はより豊かなものとなる。

### 5. 生物多様性の保全にむけて

生態系サービスの価値は多面的で「場所」への強い依存性があるために測りにくく、また生物多様性と機能の関係も一定ではない。このことは、生態系サービスを維持する仕組みをつくる難しさの一番の理由だろう。生物多様性や生態系サービスに比べると、温暖化は、ずっと問題が明確で（災害が増える）、対処法もクリアで（二酸化炭素排出量を減らす）、目標の達成度（排出量）もわかりやす

いことがわかる。しかし、以下にのべるように、生物多様性や生態系サービスには、その特徴を利用することで、保全しやすくなる面がある。それを積極的に利用していくことが、保全を成功させる鍵となろう。

#### (ア) 多面性を利用する

上で、一つの生態系が複数の生態系サービスを提供することを述べた。これに沿って考えれば、生態系から小さい負担で大きなサービスを受けるには、できるだけ一つの生態系に重層的な機能を持たせた方がよい。遺伝資源とヤシ油の生産は両立できない生態系サービスだが、遺伝資源と水源涵養なら両立できるだろう。水源涵養にはそれほどの生物多様性は必要ないが、高い生物多様性を持つ森林であれば遺伝資源としての評価を受けることによって、水源涵養を維持するコストを間接的に減らすことができる。さまざまな生態系サービスは、それぞれ異なる性質（生物多様性との関係、「場所」への依存性など）をもつから、生態系からだれがどのようなサービスを受けているのかを地道に整理し、サービスの性質によって負担の仕組みをかえた上で、それらを組み合わせて保全を行うのが望ましいだろう。

まず、受益者がグローバルな場合を考えてみよう。アブラヤシ・プランテーションから供給される植物油を消費するのは世界中の人々であるから、受益者はグローバルだということになる。アブラヤシには値段がついているから、この供給サービスは市場化されている。遺伝資源としての価値も、得ることのできた農作物や薬を通じて世界中の人が利益を受けるから、同じようにグローバルな生態系サービスと考えることができる。遺伝資源を守る費用とそれによって得られた利益をどのように配分するのかが議論が多いが、これも市場化のプロセスが進んでいる。二酸化炭素吸収・貯蔵についても、どのような仕組みがよいのかが議論がわかるものの、REDD（森林の減少・劣化による排出削減）の導入など市場化は強化されていく見込みが強い。一方、生物多様性の学術的価値はグローバルなものだが、これをどのような仕組みで国際的に保全の費用を負担していくのか、というのは、まだ具体的な仕組みはほとんどない。グローバルな価値を持つ生態系サービスとしては、一番遅れている部分であり、国際的な生物多様性保全戦略を考える上で重要な問題であろう。

残りの大部分の生態系サービスでは、受益者が地理的に限られる（表1）。水源涵養や調整サービス、送粉サービスなどは、受益者は（国際河川など特別なケースもあるが）一つの国の中の隣接した場所の住民や利用者に限られるだろう。このようなサービスについては、それぞれの国や地域で生態系サービスを維持する適切な方法を考える必要がある。ある森林の開発をオフセットするために、遠く離れた森林の保全に貢献する、という方法は、場所に依存している生態系サービスの維持については役に立つ仕組みとはいえない。ローカルな生態系サービスの保全には、開発への法的規制のような方法も必要であろうが、以下にのべるような、場所を意識した考え方も役立つかもしれない。

#### (イ) 場所，文化への依存性を利用する

生物は，限られた分布範囲に生息している。別の場所にいけば，生物種も別のものになる。このごろ日本全体では，地域の個性が少なくなっているように感じるが，生物がその場所，その場所で固有のものであるということは，その土地，その地域の文化を創るよい素材を提供してくれる。実際，近年日本では，特産の農作物や動植物で町おこし，村おこしをしようという試みがみられる。それは，必ずしも自然に分布していたものでなくても，そこで栽培されている品種の農産物だったりしてもよい。多様な生物や品種があるからこそ，それぞれの地域が特色をもった活動をすることができる。最初は一つの生物だけを見ている，その視線は地域の他の生物や環境に広がっていく（田中 2009）。生物は，天敵であったり，花粉を運ぶ動物であったり，その場所に生息する他の生物とさまざまな関係をもつからだ。

生物は地域の特色を創る素材となるが，その素材は文化や情報によって価値を高める。特産品を利用した町おこしも，成功するかどうかは，素材の質とともにどのような情報・文化と一緒に発信できるのか，が大きいように思える。特産品を買う人は，その文化を共有するというサービスも受けているわけだ。

このような生態系サービスの価値は，おまけのようなものだと考えられがちだが，今後この部分をどれだけ大きくできるかが地域の生態系保全の鍵を握っているように思われる。

## 6．途上国での生物多様性の保全

陸上の生態系としては，圧倒的な生物多様性を誇る熱帯雨林は，おもに発展途上国に分布する。それらの国々では，土地所有や環境保全の制度の整備の遅れ，貧困，偏った利益分配の仕組みのために，急速に熱帯雨林が失われている。森林伐採やプランテーション開発によって，一度広大な面積の熱帯雨林を失うと，もともとあった生物多様性を回復させるのには非常に長い時間を要するか，ほとんど不可能であるため，その保全は緊急の課題である。

上の議論に沿って考えると，まず，生物多様性のグローバルな価値については国際的な枠組みで認め，どのように費用を分担できるのか考えることが必要であろう。それには，遺産資源としての利用の仕組みなどを積極的に利用する。同時に，生態系が生み出す経済的利益を離れ，学術的な価値に対して保全費用を負担する仕組みも考えた方がいいのかも知れない。

受益者が地域的に限られる生態系サービスの場合は，どうだろうか。先進国では，環境調節機能などを維持するために地域の生態系を保全する制度が整備されているが，途上国では難しいことが多い。しかし，たとえば現在広がりつつあるオイルパームの認証制度（RSPO 2005）などによって，プランテーションの開発には地域的な生態系サービスの質を劣化させないことが保証され，認証された油が高い価格で取引されるのであれば，それは地域の生態系や生物多様性を守る機能を果たす

だろう。このような認証制度は、環境を守るための法制度が十分整っていない途上国における生態系を、先進国が内政干渉せずに守ることができる点で優れている。しかし、生物多様性には土着性や希少性があり、生態系サービスには地域的なものもあるので、どの部分はオフセットでき、どの部分はオフセットされていないのか、を見極める必要がある。

サラワク州では、ライフスタイルの急激な変化と森林の劣化・喪失により、生物や生態系の利用の知識や文化は失われつつある。また、世界の熱帯地域では、画一的なプランテーション拡大により、農作物の地域性すらなくなりつつある。しかし、前節で地域の生態系保全の鍵を握ると述べた生物多様性の価値の文化依存性、地域性を保全に役立てる方策について、希望がないわけではない。サラワクの村の中には、少数ではあるが、自分たちの村の文化や生活を守るために、早生樹のアカシアを植えるよりも在来種であるフタバガキを植えた方がよいと考え、実行する人々もある。また、サラワク州の隣のサバ州では、オランウータンの生息地を保全した認証を販売し、生物多様性オフセットに使ってもらう仕組みが始動している（Maula BioBank 2009）。この制度の一部は、地域住民の生活向上に役立てられることになっている。焼き畑や狩猟は消えていくのかもしれないが、新しい森林の利用価値を見いだすことで、地域住民にも保全へのインセンティブが生まれるのではないだろうか。

多くの先進国では、人間活動によって生態系が大きなダメージを受けた時代があったが、現在は生態系の価値を見だしそれを保全しようという方向に向かっている。途上国でも、一度ひどく痛めつけたあとに生態系や生物多様性の価値を認識する時代がやってくるのかもしれないが、それではあまりに遅い。サラワク州の田舎では、固定電話の時代を経ずに携帯電話の時代が来た。生態系への考え方も、先進国の働きかけによってそのようなショートカットができるのではないか。それがうまく行くためには、保全することによって不利益を被らないような、経済的な裏付けが必要である。そこを先進国がどこまでサポートできるかで、将来どれくらいの熱帯雨林が、生物多様性が残るのが、大きく左右されるだろう。

（総合地球環境学研究所准教授）

#### 引用文献

- Balvanera, Patricia, A. B. Pfisterer, N. Buchmann, J. S. He, T. Nakashizuka, D. Raffaelli, and B. Schmid. 2006. Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecology letters* 9(10): 1146–1156.
- Brearley, F. Q., S. Prajadinata, P. S. Kidd, J. Proctor, and Suriantata. 2004. Structure and floristics of an old secondary rain forest in Central Kalimantan, Indonesia, and a comparison with adjacent primary forest. *Forest Ecology and Management* 195(3): 385–397.
- Fitzherbert, E. B., M. J. Struebig, A. Morel, F. Danielsen C. A. Brühl, P. F. Donald, and B.

- Phalan. 2008. How will oil palm expansion affect biodiversity? *Trends in Ecology and Evolution* 23(10): 538–545.
- Gibbons, P., and D. V. Lindenmayer. 2007. Offsets for land clearing: no net loss or the tail wagging the dog? *Ecological Management & Restoration* 8(1): 27–31.
- 市川昌広, 2008 「うつるいゆいサラワクの森の—〇〇年—多様な資源利用の単純化」秋道智彌・市川昌広(編)『東南アジアの森に何が起きているか—熱帯雨林とモンスーン林からの報告』人文書院, pp.45–64.
- Kiesecker, J. M., H. Copeland, A. Pocerwicz, N. Nibbelink, B. McKenney, J. Dahlk, M. Holloran, and D. Stroud. 2009. A framework for implementing biodiversity off sets: selectiong sites and determining scale. *Bioscience* 59(1): 77–84.
- Klein, A. M., I. Steffan-Dewenter, and T. Tscharrntke. 2003. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 270(1518): 955–961.
- Koh, L. P., and D. S. Wilcove. 2007. Cashing in palm oil for conservation. *Nature* 448(7157): 993–994.
- Maula Biobank. 2009. <http://www.maluabank.com/>
- Roubik, W. D., A. A. Hamid, and S. Sakai. 2005. *Pollination Ecology and Forest Canopy: Sarawak Studies*. Springer, NY.
- RSPO. 2005. RSPO Principles and Criteria for Sustainable Palm Oil Production. <http://www.rspo.org/>.
- 社団法人海外産業植林センター, 2008 「マレーシア国サラワク州におけるパルプ用材植林適地調査報告書」日本製紙連合会。
- 田中淳夫, 2009 『銀座ミツバチ物語』時事通信出版局。
- TEEB. 2008. The Economics of Ecosystems & Biodiversity: an interim report.
- Tilman, D., P. B. Reich, J. Knops, D. Wedin, T. Mielke, and C. Lehman. 2001. Diversity and Productivity in a Long-Term Grassland Experiment. *Science* 249(5543): 843 – 845.
- Tilman, D., P. B. Reich, and J. M. H. Knops. 2006. Biodiversity and ecosystem stability in a decade-long grassland experiment. *Nature* 441(7093): 629–632.
- 湯本貴和, 1999 『熱帯雨林』岩波新書。