

**国連環境計画 国際生物多様性の日
記念シンポジウム**

**地球の恵み 森林の生物多様性
ーその価値と危機 そして希望ー**

講演要旨集

2011年 5月 22日（日） 早稲田大学小野記念講堂

主催：独立行政法人 森林総合研究所・早稲田大学

森林の生物多様性の価値

尾崎研一・滝久智（森林総合研究所）

地球上には 3000 万種とも言われる非常に多くの生物が存在する。森林は陸地面積の 3 割にすぎないが、そこに陸上生物種の 70%以上が生息している。これらの生物はお互いに関わりあいながら生きており、この生物の間のつながりが生態系を作り出している。

生物多様性にどのような価値を見いだすかは人それぞれである。まず、人も含めたあらゆる生物には生存する権利があり、今やその気になれば他の生物を根絶させる力をもった人間には、その力と引き替えに、他の生物の権利を守る責務があるという考えがある。この責務のことをステewardシップと呼ぶ。

生物多様性価値の別な考え方は、それが人類の存続に欠くことのできない「生態系サービス」を生み出す基盤だというものである。世界には 3 億人以上の人々が森林からの生態系サービスで生計を立てて生活している。ここで生態系サービスとは、生態系の働きの中で人間に利益をもたらすもの、つまり「自然の恵み」のことである。国連が行った「ミレニアム生態系評価」では、このような生態系サービスを供給・調整・文化的サービスと、それらの基盤となるサービスに分類した。そして、さらにそれらを 24 のサービスに区分し、地球全体での状態を評価した。その結果、このうち 60%が劣化しているか、あるいは非持続的に使われており、この傾向は将来さらに加速するであろうことが明らかになった。これらのサービスの内のどれが生物多様性に関係しているかは難しい問題だが、控えめにみても生物多様性に関係していると考えられるほとんどのサービスが劣化している。人類は、食料や木材、燃料の需要の増大に対応するために、歴史上かつてない速さで生態系の改変を行ってきた。この改変は経済的発展をもたらしたが、その代償として多くの生態系サービスが劣化したことをミレニアム生態系評価は示している。

これまで生態系サービスの多くは公共財とされ、その経済的価値が把握されなかった。このことが生物多様性の損失をもたらした要因の一つと考えられている。その反省にたち、最近、生態系サービスを貨幣価値に換算する試みが行われている。それによると、世界の生態系サービスの価値は 33 兆ドル（2700 兆円）／年、森林保護に伴う温室効果ガス排出防止は 3.7 兆ドル（300 兆円）／年、昆虫による農作物の受粉は 1530 億ユーロ（18 兆円）／年等となる。これらの金額は一方ではあまりにも高すぎると言われ、他方では生態系の持つ無限の価値に対する著しい過小評価とも言われる。生物多様性にはまだ分かっていない利益があるので、現在、評価できるのは全体の一部にすぎない。その内、貨幣評価するためのデータを得ることができるのはさらに小さな部分にすぎないことに注意が必要である。生物多様性は我々だけでなく、将来世代にとっても生存の基盤である。そのため、現世代だけでなく将来世代にとっての価値も考慮して保全することが重要であろう。

脅かされる熱帯林の生物多様性—その現状と保全へのアプローチ—

北山兼弘（京都大学大学院農学研究科地域環境科学専攻森林生態学分野）

インドネシアやマレーシアを中心とする東南アジアの赤道熱帯は世界の熱帯林減少の中心であり、アマゾン地域を上回る勢いで熱帯林減少が進行している。この地域では年間森林減少率がここ 15 年以上 1.5%程で推移しており、この減少率が続くと 2100 年までには熱帯降雨林の 90%が消失すると推測されている。しかし、生物多様性保護の役割を担っている、厳正な保護区（国立公園など）の面積率はこの地域では 5%以下に過ぎない。この中には、法規制や統治能力が低いために実質的に保護区の機能を失っている公園もあると思われる。

これに対して、生産林と呼ばれる、木材生産の場として法的に指定された自然林は非常に広い面積を占めている。ボルネオ島を例にとると、生産林の面積は 3 千 7 百万 ha におよび（ブルネイを除く統計値）、島面積の約 50%を占めている。木材生産は利用可能な樹種に絞って択伐方式で行われるため、本来ならば木材生産が行われても樹木の多くが残るはずである。しかし、規制を無視した伐採が繰り返し行われるため、ほとんどの森林は大きく劣化している。

木材の生産現場は生産性の高い低地に設定されているが、そこは低地性の中型・大型哺乳動物の生息地と重なっている。例えば、北ボルネオのマレーシア・サバ州では、絶滅危惧種であるオランウータン個体群の 70%が木材生産の現場に生息している。その他に、これらの生産林に依存していると思われる絶滅危惧種には、バンテン、アジアゾウ、マレーセンザンコウ、ボルネオヤマネコなどが含まれる。厳正な保護区の拡大が望めない以上、これらの絶滅危惧種やその他の生物多様性を保護するための最も現実的なアプローチが持続的管理による木材生産と保護の両立ではないかと講演者は考えている。そこで、熱帯降雨林の持続的管理による生物多様性保護の効果について私たちの研究を紹介したい。

私たちが 2003 年から研究を行っているのは北ボルネオのマレーシア・サバ州にあるデラマコット森林管理区(5 万 5 千^{ヘクタール})である。ここでは 1995 年から「持続的森林管理計画」に基づく低インパクト伐採が導入され、約 40 年の伐採周期を守りながら年間約 1000 ^{ヘクタール}の森林を対象に生態学の知見に基づく厳しいガイドラインに従った木材生産が行われている。一方、これに隣接する管理区では、これまで一般に行われてきた破壊的な方法での木材生産が行われており（従来型伐採）、森林は大きく荒廃している。共同研究者らとともに多くの生物群（樹木、中・大型哺乳動物、土壌動物、土壌微生物）を調べた結果、持続的管理が行われているデラマコットでは原生林と似たような生物群集が維持されていることが明らかとなった。これに対して、従来型伐採により荒廃した生産林の生物群集は原生林とは大きく異なっていた。この研究から、厳しいガイドラインに従って持続的森林管理を行っていれば、木材生産と生物多様性保護の両立は可能であると言えよう。問題となるのは、低インパクト伐採導入に伴う高コストの発生である。講演の最後に、高コストを吸収し持続的管理を浸透させるための道筋について考察したい。

生物多様性のための順応的森林管理

藤森隆郎（元森林総合研究所・国民森林会議）

生態系サービスというのは、生態系の機能の中で人間の側から見た便益（都合がよく利益のあること）を指すものであり、森林生態系でいえば、（木材）生産機能、水土保持機能、保健文化機能、生物多様性の保全機能が代表的なものである。そして生物多様性保全機能はほかの機能のすべてと強く関わるものである。水源涵養機能も生産機能も土壌構造の発達ときわめて密接であり、土壌構造の発達は土壌生物相の豊かさと密接である。そして土壌生物の豊かさは植生の豊かさと密接である。森林生態系における生物多様性の特に大事な点はここにある。

地球環境問題やグローバル資本主義の行き過ぎの反省の上に立てば、我々は地域の自然を生かした循環型社会を重視することが大事である。そのために地域の木材産業と密接な人工林を主体とする生産林（経済林）、地域住民の生活と密接な広葉樹の天然生林を主体とする生活林（里山の森林）、大径の衰退木、立枯れ木、倒木のある老齢林（天然林、原生林）を主体とする環境林といったゾーニング（地域の区分）を行い、それに適したメリハリのある費用対効果の高い管理と施業を行っていくことが基本的に重要である。生物多様性の保全からいえば、老齢林は他の森林タイプでは代替の利かない不可欠なものである。

生物多様性の保全という観点から見ると、生産林（人工林）は基本的に長伐期施業、択伐林的施業、混交林施業が適している。生活林は薪炭林や農用林のように弱度か中程度の攪乱を頻繁に繰り返すのが効果的である。環境林は特に必要のない限り手を付けないことに意味がある。このようなランドデザインを描き、それに適した管理・施業を可能にするためには、森林所有者にそのようなインセンティブが与えられる制度の整備が必要である。

上述のような森林の管理と施業のあり方の理論を構成するためには、森林の構造が時間とともにどのように変化していくかについて、その一般的な法則性を知ることが不可欠である。構造は機能と密接に関係しており、求める機能によってどういう構造の森林を目標とするかを描くことが必要だからである。そのために森林の発達段階と機能の関係についてよく理解することが大切である。

森林管理には、流域の様々な立場の人たちの科学的根拠に基づいた合意形成が必要である。それまでの知見に基づく地域の森林管理や施業計画を立てて、それを実践しながらモニターを行い、仮説を検証しながらより良い管理を求めていくことが必要である。その中で生物多様性のモニターは不可欠であり、その評価には専門家を含む様々な立場の人たちの意見の反映が必要である。

P1 竜ヶ崎市における最近20年間のチョウ類の出現期の変化

○松本和馬(森林総研)・山本道也(流通経済大)

気候変動(温暖化)が生物季節に与える影響については、長期的な観測事例が少ないためその検出例は多くない。山本(2007)は茨城県竜ヶ崎市において調査ルートを固定したチョウ類のセンサスを1982年以来続けている。本報告では1982年から2002年までの20年間(1993年を除く)のデータに基づいてチョウ類各種の出現期の変化を解析した。年次に対する初見日および終見日の直線回帰を求めたところ、初見日が有意に早まる種が多かったが、一部に初見日が遅くなる種があった。終見日は早くなる種と遅くなる種があった。出現期間が延長される種には多化性種、草原性種、都市に生息できる種が多く含まれ、短縮される種には化数の少ない種、森林性種、自然度の高い環境に生息する種が多く含まれた。

P2 小笠原ヒッチハイクガイド:外来植物は海鳥に乗って旅をする!

○川上和人(森林総研)・青山夕貴子(東北大院・生命)

海洋島では外来植物の影響が問題となっており、その分布拡大に鳥散布が貢献していると考えられている。しかし被食散布の研究が量産される一方、付着散布に関する研究はほとんどない。多くの海洋島は海鳥の大規模な繁殖地となっており、海鳥はその高い飛翔力から効果的な種子散布者となると考えられる。本研究では海鳥の付着散布者としての役割を明らかにすることを目的とした。

クロアシアホウドリ、オナガミズナギドリ、アナドリ、カツオドリの捕獲調査の結果、各種の15~30%の個体から種子が検出され、外来植物も多く含まれていた。種子の耐塩性実験の結果、種子は比較的塩分に強く、海鳥の行動に伴う海水の影響はわずかであることが確かめられた。海鳥と植物の分布を一般化線形(混合)モデルによって分析した結果、両者の分布には相関がみられた。これらの結果から海鳥による付着散布は島嶼生態系の植物分布に重要な役割を担っていると考えられる。

P3 森林における昆虫嗜好性線虫の多様性

○神崎菜摘(森林総研)

森林における生物多様性の保全は重要な問題であるが、微生物、微小動物に関しては、その多様性の全体像もまだ明らかにされていない。これを明らかにするため、地上部分に生息する微小動物として、昆虫嗜好性線虫に着目し、その関連昆虫の生態、ハビタットと、それらが保持する線虫相をまとめた。いずれの昆虫類にも寄生性線虫は一定の割合で見られるが、その他、便乗性線虫にはハビタットとの対応関係が見られた。比較的新鮮な枯死木を利用する植食性昆虫であるキクイムシ、ゾウムシ、カミキリムシなどは、糸状菌食性線虫が比較的多く、次いで細菌食者が見られた。これに対し、より腐朽した木材を利用する、クワガタムシ、腐朽材、乾材、土壌など、多様な食性を持つ社会性昆虫であるシロアリ、また、肉食者、捕食者として知られるシデムシ類には細菌食者との関係が深いことが考えられた。また、線虫の保持がほとんど見られない昆虫グループもあった。線虫相規定要因としてはハビタットにおける湿度条件の安定性が深く関与しているものと考えられた。

P4 空中浮遊菌の多様性プロファイル

○升屋 勇人・太田 祐子・佐橋 憲生・秋庭 満輝・神崎 菜摘 (森林総研)

菌類は分解者として森林生態系に重要な役割を果たしているが、森林はあまりにも多様な基質で構成されているため、それらに依存して生活する菌類の多様性は十分には明らかにされていない。菌類の多様性評価は農地の土壌菌では進んでいるが、基質が多様な森林では同様の調査を行うことは難しく、対象を絞った多様性評価がより現実的である。そこで本研究では森林の空中浮遊菌に着目し、様々な森林における空中浮遊菌の多様性プロファイルを作成し、指標としての有効性を調査した。様々な手法で空中浮遊菌を捕捉し、種類と頻度を明らかにした結果、*Cladosporium* 等の普遍的な菌類以外で、季節、林齢、林分構造の違いによって、捕捉される菌類の種類と頻度に違いがみられた。特にユーロチア目、キンカクキン科、木材腐朽菌の種類と頻度は林齢により異なっていた。菌類の高い基質嗜好性がそれらの要因と考えられた。

P5 人工林の間伐が林床植生と昆虫に与える影響

○滝久智・井上大成・田中浩・榎原寛・末吉昌宏・磯野昌弘・岡部貴美子 (森林総研)

人工林優占の景観において、生物多様性の保全や再生のための手法の一つとして、人工林の間伐が着目される。そこで間伐の影響を調べるため、間伐したスギ人工林と間伐しなかったスギ人工林とで、林床植物と昆虫(ハナバチ、チョウ、ハナアブ、カミキリムシ)を間伐1年後と3年後に比較した。その結果、植物では1年後3年後ともに間伐した林と間伐しなかった林で種構成が変わったが、種数や被度には有意な違いはなかった。昆虫では1年後は全てのグループで間伐した林で種数と個体数が多かったが、3年後にはハナバチを除くグループで種数には大きな違いがなくなり、カミキリムシでは個体数にも有意な違いはなくなった。これら結果は、間伐は植物の種構成に変化を与えること、一部の昆虫の種数や個体数を短期間に増加させる効果があることを示す。一方で、間伐の有効性や持続期間は、対象とする生物によって様々であることも示している。

P6 亜高山帯モミ属林における各種木本植物の根端直径

○ 鶴川 信 (森林総研立地環境)

亜高山帯モミ属林にみられる木本9種(常緑針葉樹3種、落葉広葉樹3種、落葉低木3種)について、土壌養分の獲得戦略を明らかにするため、その根端直径を調べた。長野県北八ヶ岳縞枯山において、2007年7~9月に各種9個体(各月3個体)を無作為に選び、1個体あたり50根端について、その直径を測定した。その結果、一部の種では、採取月によって根端直径が変化した。そのため、いくつかの種間で、根端直径の差異の程度が採取月によって異なった。しかし、3ヶ月を通して、落葉低木3種の根端直径は、高木6種(常緑針葉樹と落葉広葉樹)よりも明瞭に小さいことが確認された。以上のことから、光合成生産量が低い落葉低木は、高木に比べて、バイオマス投資量あたりの養分獲得効率が高いことが示唆された。この養分獲得戦略の差異は、土壌養分可給態の少ない亜高山帯モミ属林における多様性維持機構の一つの因子であると考えられる。

P7 ヒノキ人工林における外生菌根の分布

○山中高史(森林総研)・松田陽介(三重大生物資源)

陸上に生育するほとんどの植物の根には微生物の一種である菌根菌が感染し、植物との間に養分授受に関しての共生関係を成立させている。これら菌根菌の種類は、植物の種類によって異なる。外生菌根菌は、ブナ、マツ、カバノキおよびヤナギなどの樹木に感染するが、我が国における主要な人工林植栽樹種であるスギやヒノキには感染しない。そのため、これら人工林伐採跡を広葉樹林化する際には、効率的な施業を行うため、非宿主であるスギやヒノキが生育してきた人工林における外生菌根菌の分布など生態的知見を得る必要がある。そこで本研究では、コナラなどからなる二次林に隣接するヒノキ人工林内にコナラ実生を植えて外生菌根の形成状況を調べた。林縁部から林内に向かうほど外生菌根の形成率は減少し、かつ形成される菌根も単純化していたが、全く検出されなくなることはなかった。

P8 希少樹種の現状と保全 —保全のための課題と対策—

○金指あや子(森林総研森林遺伝)・河原孝行(森林総研北海道)・永光輝義・吉丸博志(森林総研森林遺伝)

日本における希少樹種の現状と必要とされる保全策を示した。希少樹種の多くは森林伐採や植林、河川や湿地での土地開発などによって生育地の減少や分断化が起り、現生個体数が減少している。個体数の減少は受粉条件の悪化による種子生産の低下や近親交配をもたらし、更新不良を引き起こす。適切な更新サイトの減少も次世代個体数を減少させる。競合種の侵入による衰退や病虫害獣害による被害も加わり、現生個体の生育不良によって個体数はさらに減少する。このような絶滅に向かう悪循環の中にある希少樹種を持続的に保全するためには、単に生育地を保護するだけでは十分でない。(1) 生育地や個体群のモニタリング、(2) 遺伝的交流と健全な種子生産の適正維持、(3) 更新サイトの確保・創出、(4) 生育不良への対処、(5) 集団内補植・現地外保全、(6) 遺伝的かく乱の防止、(7) 地域における理解と協働などの保全対策を総合的に実施する必要がある。

P9 林道の設置がトビムシ群集に与える影響—沖縄北部やんばるの例—

○長谷川元洋(森林総研)・佐々木健志(琉球大)・佐藤大樹・阿部真(森林総研)

トビムシは、さまざまな環境の土壤中で普通にみられる中型土壌動物で、全土壌動物の個体数において優占的な位置を占めることが多い。一方、トビムシの個体数、多様性、群集組成は、さまざまな環境攪乱の影響を受けることが知られている。沖縄北部のやんばる地域では多くの林道が開設され、周辺の森林の環境の変化や、外来生物の侵入を促進するなど、生物群集の構造に与える影響が懸念されている。この研究では、林道からの距離にともなうトビムシ群集の変化について検討を行い林道設置のトビムシ群集に与える影響について考察した。

林道から1m地点のトビムシ群集の個体数は、20m地点より少なかった。特に、腐植層に依存したトビムシ種の減少が林道から1m地点において見られた。また古い林道の周辺では新しい林道の周辺より、さらに劣化した群集になる傾向が見られた。ただし、新旧の林道での差については、林道周辺の繰り返しを増やす、経時的な調査を行うなどして、今後確認する必要がある。

P10 四国南西部におけるニホンジカの剥皮害による天然林の衰退

○奥村栄朗(森林総研四国)・奥田史郎(森林総研関西)・伊藤武治・酒井敦(森林総研四国)

四国南西部の三本杭周辺には、ブナ、カエデ類を中心とした落葉広葉樹天然林が約 800ha にわたり残されていて、人工林率の非常に高い四国山地において重要な保全対象である。しかし、近年のニホンジカの増加により、山頂部のササ原の裸地化、林床植生の消滅、林木の枯死等、森林の顕著な衰退が生じている。そこで、林木の枯死を引き起こす剥皮害の実態を解明するため、山頂周辺に固定プロットを設定し、摂食剥皮害および枯死木の発生状況を 2006 年より毎年継続調査してきた。

調査開始時、不嗜好樹種以外の多くの立木がすでに剥皮害を受け、最優占種のコハウチワカエデで 55%、嗜好度が高い樹種では 95%以上に剥皮痕があった。調査期間内に全立木の 8.3%が枯死し、その 70%が剥皮被害木であった。調査結果から、剥皮害による疎林化・裸地化、あるいは不嗜好樹種低木林への林相変化が進行し、本来の落葉広葉樹林が急速に衰退している実態が明らかとなった。

なお、この研究の一部は四国森林管理局の調査委託により行った。

P11 遷移応答モデルに基づいた生物多様性変動シミュレータ によるシナリオ分析

○佐野真琴・宮本麻子・古家直行・岡部貴美子(森林総研)・中静透(東北大)

茨城県北部の北茨城市、高萩市、日立市、常陸太田市北部(旧美里村)を対象地とし、2003 年撮影の空中写真の判読を行いベースマップを作成しました。また、過去に森林総合研究所が対象地周辺において行なっていた生物に関する調査データを使用し、森林タイプごとに 6 分類群の種数を集計しました。森林タイプごとの種数を解析し、各森林タイプへ生物多様性クラスを割り当てました。

生物多様性は森林の将来像により大きく左右されます。このためグローバルかローカルか、木材生産重視か公益機能重視か、の 2 軸よりシナリオを考えました。この結果、4 つのシナリオが作成できましたが、このうち、価格競争を重視した森林管理(国際競争)と地域の環境を重視した森林管理(地球環境)について実際の森林の取り扱いを考えました。また、対照として何も森林に手を加えない放置というシナリオも考えることにしました。

生物多様性マップの将来予測は、森林自身の成長と人間による森林管理という 2 つの要因を考慮する必要があります。このため、この 2 つの要因について分析を行い、100 年後の生物多様性変化をシミュレートしました。この際、森林遷移が多様性変化の主要因であることを原理とした遷移応答モデルを組み込みました。この結果、放置、国際競争は生物多様性が低いと考えられる森林面積が大きく、地球環境では生物多様性が高いと考えられる森林面積が 60%近くを占めることが分かりました。

P12 生物多様性に配慮した天然林管理 –カナダ、ブリティッシュ・コロンビア州での実践例–

○尾崎研一(森林総研北海道)

天然林での木材生産と、生物多様性の保全を両立させるにはどのようにすればよいだろうか。ここでは、カナダ、ブリティッシュ・コロンビア州で行われている、生物多様性保全と木材生産の両立を目指した天然林管理の実践例を紹介する。この管理計画では、①順応的管理手法(失敗に学ぶ)、②原生林域、木材生産域、生物生息域へのゾーニング、③可変保残伐(森林から持ち出すもの(木材)よりも、残すものに焦点をあてた施業)、④基準(管理目標)と指標(目標への達成度合いを測る物差し)の設定、⑤生態系や林分要素等、生物以外のものの指標化、⑥モニタリングの中で実験を行う、⑦外部評価の導入等、様々な試みが導入されている。今後、国内での天然林管理にも、このような考え方を取り入れることが重要であろう。

P13 森林施業がカミキリムシ類に与える影響

○佐藤大樹(森林総研)・後藤秀章(森林総研九州)

沖縄やんばる地域ではさまざまな林業活動が行われている。カミキリムシ類は、林業活動によって生じる伐倒木を餌にして発生することから、施業地の昆虫が受ける影響を示す指標になると考えられる。除伐後の年数が異なる施業地、広葉樹やリュウキュウマツ造林地、そして未施業地において、単位面積あたりの倒木量とそこから発生するカミキリムシ類の種数、頭数を調査した。全体的傾向として、倒木量の大小と種数、頭数の大小は相関し、除伐直後の3年間は、一時的に最大の種多様性を示したが、4年目以降は激減し、20年経過後も未施業林なみには回復はしなかった。同様に、植林直後においても、放置された残材に由来するカミキリの多様性が高かったが、5-10年後の多様性は著しく低くなった。また、広葉樹、リュウキュウマツ造林地における多様性は、除伐後のそれと比較してより影響が大きかった。

P14 スギ林と広葉樹林でカミキリムシの種構成はどれくらい違うか？

○牧野 俊一・後藤 秀章・長谷川 元洋・岡部 貴美子・田中 浩・井上 大成・大河内 勇(森林総研)

日本の森林の約2割はスギ・ヒノキの針葉樹人工林である。戦後の拡大造林によって一気に増えたこれらの針葉樹人工林が、生物多様性の点から広葉樹林に劣っているということはなかば常識として捕らえられているが、これら二つのタイプの森林で特定の生物の多様性がどれくらい異なっているかを調べた研究はさほど多くない。幼虫期に樹木を食べる典型的な森林昆虫であるカミキリムシの種多様性を北関東で調べたところ、林齢10年以上のスギ林では同年齢の広葉樹林の約半数の種しかおらず、しかもスギ林独自の種はほとんど見られなかった。これは、幼虫の餌である樹木の種類や、成虫が訪れる花の種類が広葉樹林よりもスギ林で少ないことなどが原因と思われる。多くの種のカミキリムシが生息するためには、針広混交林や広葉樹林の適切な配置が必要であると考えられる。一方、植林直後の針葉樹林は、同年齢の若い広葉樹林と同等の多様性を有しており、代替的な働きを持ちうることもわかった。

P15-17 脅かされる熱帯林の生物多様性—その現状と保全へのアプローチ—

○北山兼弘(京都大院・地域環境科学)

内容は本講演の要旨(2頁)を参照。