

熱帯人工林の生物多様性*

吉村 剛**, 竹松 葉子***, 山下 聡^{*4}, 藤田 素子^{*5}, 服部 武文^{*6},

本田 与一^{*7}, 大村 和香子^{*8}, 築瀬 佳之^{*9}, 土居 修一^{*10}

Biodiversity in the tropical plantation forest*

Tsuyoshi Yoshimura^{**}, Yoko Takematsu^{***}, Satoshi Yamashita^{*4}, Motoko Fujita^{*5},
Takefumi Hattori^{*6}, Yoichi Honda^{*7}, Wakako Ohmura^{*8}, Yoshiyuki Yanase^{*9},
and Shuichi Doi^{*10}

概要

マレーシア・サバ州、ベトナムおよびタイの計 3 箇所のアカシア植林地と自然林について、シロアリ相と木材腐朽菌類（多孔菌類）相の定量的調査を行った。また、インドネシア・南スマトラ州のアカシア植林地において、鳥類相の調査を実施した。これらの調査結果から、生物多様性を考慮した持続的植林地管理方法について考察を行った。得られた結果は、大規模植林地における生物多様性維持のためには長伐期化だけでは不十分であり、保護林（二次林）や残存林の配置を適切に行う必要があることを明らかに示していた。さらに、シロアリ類や菌類など移動性の乏しい生物群については、アカシア植林による乾燥化が生物多様性においても重要な意味を有していることが示唆された。

1. はじめに

近年、東南アジアでのプランテーションの増加は非常に顕著であり、アカシア、パラゴムノキ、アブラヤシなどが、天然の二次林にとってかわりつつある¹⁾。このような土地利用の改変は生物相の変化を引き起こすことが多い²⁾。逆の見方をすると、生物相の調査から、土地利用の変化に伴う地域環境の変化を評価することができる。また、生物多様性のもたらす生態系サービスである病虫害の発生抑制機構として、宿主側の高い多様性が重要であると指摘されている³⁾。これに対して、寄生者の多様性が高い場合は、宿主の防御機構を打ち破る種が含まれる可能性が高いため、病虫害が発生する可能性が高くなるものと考えられ、植林地のような単一の宿主しかいない環境では、被害が拡大することになる。つまり、生物多様性の維持は、熱帯におけるプランテーションの持続的管理に貢献するも

*2011 年 9 月 26 日受理

** 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学生存圏研究所居住圏環境共生分野
E-mail: tsuyoshi@rish.kyoto-u.ac.jp

*** 〒753-8515 山口市吉田 1677-1 山口大学農学部生物資源環境科学科

*4 〒606-8501 京都市左京区吉田二本松町 京都大学地球環境学学

*5 〒606-8501 京都市左京区吉田下阿達町 46 京都大学東南アジア研究センター

*6 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学生存圏研究所森林代謝機能化学分野

*7 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学生存圏研究所バイオマス変換分野

*8 〒305-8687 つくば市松の里 1 (独) 森林総合研究所 木材改質研究領域

*9 〒606-8502 京都市左京区北白川追分町 京都大学大学院農学研究科森林科学専攻

*10 〒305-8572 つくば市天王台 1-1-1 筑波大学大学院生命環境科学研究科国際地縁技術開発科学専攻

のであると考えられる。

シロアリは木材害虫として有名な昆虫であるが、この「木を食べる」という性質は、森林生態系において別の重要な意味を持つ。すなわち、シロアリは生態系において枯死植物を食べる「分解者」として、物質・エネルギー循環に関与している。分解者であるシロアリは、森林環境に敏感に反応し、その種組成を変える。したがって、シロアリは森林環境の評価に有効な生物と言えよう。

一方、シロアリとともに枯死植物の分解者として重要な生態的位置を占める菌類は、東南アジア熱帯地域において肉眼で子実体が確認できる大型種だけで 1 万～ 2.5 万種が生息していると推定されている⁴⁾。

さらに、シロアリや菌類などバイオマスの分解に直接関わる生物とは異なり、上述した病虫害の抑制機構として、鳥類による捕食も重要な役割を果たしている。また、鳥類は空中を自由に移動できるという特性から、種々のランドスケープ間での栄養物質の移動に寄与していることも知られている⁵⁾。

本報告では、大規模プランテーション化などの土地利用変化がシロアリ類、菌類及び鳥類の多様性に及ぼす影響について、熱帯アカシア人工林を対象とした著者らの調査結果を紹介するとともに、プランテーションの周辺や内部に残された天然林（二次林も含む）の役割について考察する。

2. 熱帯アカシア林の生物多様性

2.1 熱帯アカシア林におけるシロアリ多様性

シロアリの多様性調査には、一定の面積内で一定の調査労力によって採集された種数及び遭遇回数を記録する方法が用いられる。この手法は一般に「トランセクト法（方形区法）」と呼ばれる。さらにトランセクト法で採集されたシロアリは、種に同定されたのちにそれぞれの種の分解者としての役割によって、材食性シロアリ、キノコ栽培シロアリ、土壌食性シロアリといった「機能群」に分けられる。

これまでの研究で様々な環境とシロアリ相の関係が調べられてきており、その研究成果はシロアリの種組成を用いた環境評価に役立つ。シロアリの多様性はその地域の環境に大きく影響され、自然環境の違いのみならず、森林伐採、プランテーション、焼畑などによる人為的攪乱もシロアリの地域的な多様性に影響を与えることが分かっている。原生林ではシロアリ科、特に土壌食性シロアリの多様性が非常に高く、攪乱がすすむにつれてその種数は急激に落ち込むことが観察されている。さらに、材食性シロアリの種構成は、攪乱がすすむほど、害虫種が多くなる。従って、原生林のような健全な森林であるかどうかは、シロアリ科のシロアリがいかによく、その多様性が高いか、材食性の種組成がどのようなものかに注目することで評価できる。

熱帯雨林の代表としてマレーシア・サバ州・ケニンガウ近郊の自然林とアカシア植林地を、熱帯乾燥林の代表としてタイ・サカエラートおよびベトナム南部の自然林とアカシア植林地を選定し、シロアリ多様性をトランセクト法によって用いて調査した。得られた結果から、植林後の年数経過に伴うシロアリ種組成の変化を考察するとともに、植林地と自然林の環境の比較を行った。本調査でのトランセクト調査法は、Jones and Eggleton⁶⁾の 100 m トランセクト法をさらに細分した手法を採用した。この方法では、森林内に 2 m × 100 m の区画を設定し、それを 5 m × 1 m の 40 セクションに分け、1 セクションを 1 人が 30 分間調査する（図 1）。

その結果、マレーシア・サバ州においては、自然林における約 30 という種数と比較して、アカシア植林地では林齢にかかわらず 10 種に満たないシロアリ種しか採集されず、多様性は非常に低かった。また従来報告されてきた土壌食性シロアリ及び材食性シロアリの攪乱による影響も浮き彫りになってきた。一度伐採されてしまった森林は、20～30 年経過して外見では森林としての様相を呈していたとしても、シロアリの種多様性や機能的多様性は自然林には遠く及ばないようである。つまり、アカシア植林地を、紙・パルプ用短伐期施業から製材用長伐期施業へとシフトしたとしても、シロアリ相は容易には回復しないのである。

一方、タイ・サカエラートおよびベトナム南部においては、まだ完全にデータがまとまってはいな

いものの、全体としてアカシア植林地におけるシロアリ多様性は自然林と比較して低かった。種構成の特徴は、上述したマレーシアの熱帯雨林の結果とは大きく異なり、自然林とアカシア林で共通種が多く採集されることと、キノコシロアリ亜科が大きな割合を占めることであった。その要因として、湿潤なマレーシアの自然林に比べてもともと乾燥林であるタイの自然林では、攪乱による乾燥が進んだアカシア林でも同じ種が生息可能であるためと考えられた。したがって、このような環境変動の指標はそれぞれの地域ごとに作成する必要があることが示唆された。

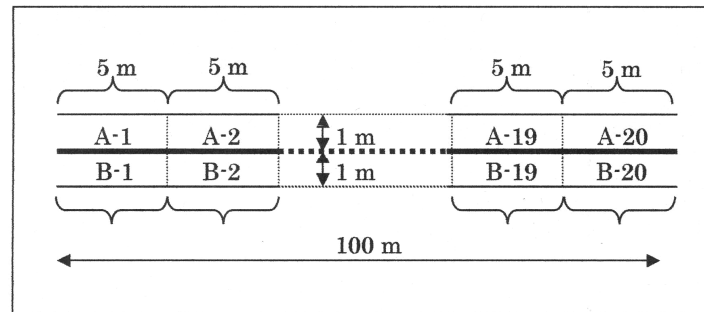


図1：シロアリ相の調査方法（ベルトトランセクト法）。1 m × 5 m の小区画（図では A-1 ~ A-20 と B-1 ~ B-20 の 40 区画）を 1 人が 30 分で調査

2.2 熱帯アカシア林における木材腐朽性担子菌の多様性

これまでに、アカシア植林地においては、様々な種類の菌類による腐朽害が知られているものの⁷⁾、菌類の多様性についてはほとんど評価されていない。

調査地は 2.1 で述べたシロアリ相調査の場合と同一である。60 × 4 m のライントランセクトを 3 本互いに 25 m 間隔になるように設置し、これをまとめてプロットとした。アカシア植林地については 1 林分につき 1 つのプロットを、自然林については 1 林分につき 2 つのプロットを設置した。プロット内から多孔菌類の子実体を採集し、種まで同定した。また、個体数の指標として、子実体が発生していた木材の本数を用いた。なお、種同定にあたっては森林総合研究所関西支所の服部力博士にご協力をいただいた。

調査の結果、102 種 658 回の出現が記録された。*Microporus xanthopus*, *Trametes cf. pocas*, *Hexagonia tenuis complex sp.3*, *Flavodon flava* などが優占した（ここでは全体に占める割合が 3% 以上の場合を優占とみなした）。*Microporus xanthopus* はマレーシアとベトナムの原生林各 1 林分とタイの自然林 2 林分において最も出現回数が多かった。また、*Trametes cf. pocas* はマレーシアとベトナムの 4 年生アカシア林で、*H. tenuis complex sp.3* はベトナムの 9 年生アカシア林において最も優占的であった。*Flavodon flava* はタイの 3 年生アカシア林で優占した。

また、各調査地においてプロット間で種多様性を比較したところ、マレーシアではプロット間の種多様性に有意差は認められなかった。一方、ベトナムでは原生林 1 林分よりも 9 年生アカシア林において、タイでは 3 年生および 5 年生アカシア林よりも自然林 2 林分において、それぞれ種多様性が高かった。

このように菌類の種多様性については、調査地間で結果が異なった。一方、種構成についてみると、自然林においてはいずれも共通して *M. xanthopus* が優占していたものの、アカシア林では優占種がプロット間で大きく異なった。このことは、自然林では少数の広域分布種が優占しているのに対して、アカシア植林地化することで、乾燥耐性や高温耐性のある種が優占しやすい状況が生まれ、どの種が実際に優占するかは、侵入と定着の過程で確率的に決まるといった状況が生まれているのかもしれない。この仮説を検証していくためには、①資源量を定量化する、②枯死材中に生存している菌糸体も考慮した採集を行う、③調査地面積を広げ、空間的異質性を十分に反映させる、④優占種の生理的特

性を明らかにする、⑤種構成の経時的な変化を調査する、といったことが必要となるであろう。

今後、これらの点を踏まえたうえで生態的なデータを重ねるだけでなく、腐朽機構の分子レベルでの解明もすすめることで、植林地のような単一の宿主しかいない環境における、大規模な病害の発生機構の解明とそれに対する抑制機構の創出に寄与できるものとする。

2.3 熱帯アカシア林における鳥類多様性

調査地はインドネシア・スマトラ島南スマトラ州ムアラエニムに位置するアカシア・マンギウム産業植林地 (26 万 ha) である。伐期は 6 年で、林齢の異なる林分がモザイク状に入り組んでいる。天然林は保護区域として保全されているが、大半は 2006 年の火災で焼け、荒地となっていた。植林地域には谷部を中心として天然林 (二次林) が残されている場合が多かった。保全林から異なる距離 (0.5 km, 1-2 km, 6-7 km, 10-15 km) にある 1 年生および 4 年生のアカシア林数箇所と保全林、残存二次林において、鳥類の調査を行った。調査は双眼鏡を用いて見通しのよい林内で 10 分間観察し、出現した鳥類種、個体数、および観察した距離を記録した。それにより、各林分における鳥類相の違いおよび各地域における鳥類相の違いを明らかにした。調査は 2007 年雨季 (11~12 月) と 2008 年乾季 (7~8 月) に行った。

それぞれの環境で観察された鳥類種数は、保全林で 16~32 種、残存二次林では 18~26 種、4 年生のアカシア林では 11~28 種、うち残存二次林に近いアカシア林では 11~26 種、1 年生のアカシア林では 11~24 種であった。保全林からの距離に伴った変化は明確ではないが、やや減少傾向にあった。一方、TWINSPAN[®] による調査地点の分類では、種組成に関しては明らかな違いがみられた。アカシア林のうち、残存林近くのアカシア林を除いたすべての林分が同様の種組成を持つと判断された (図 2)。さらに、残存林近くのアカシア林は、保全林や残存二次林の種組成と同じ種組成をもつが、グループ 1 のアカシア林とは異なるという結果となった。これらのことから、保護区のみならず残存林の保全的価値は高く、それがあつて周辺アカシア林に生息する鳥類種は二次林を好む種が多くみられ、二次林から遠いアカシア林よりも多くの種を保全できることが示唆された。一方で 1 年生のアカシア林は種数も少なく、鳥類の生息地にはなりえないことがわかった。今後も景観要素の配置や伐採システムなどに着目し、知見を積み重ねる必要がある。

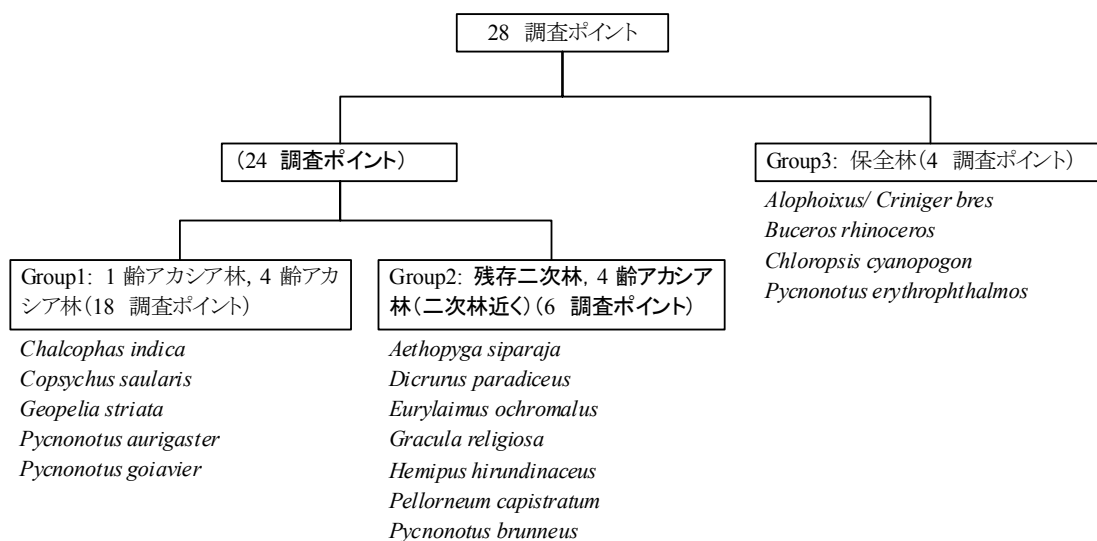


図 2 : 調査ポイントの鳥類種組成に基づく分類。枠外のリストは、グループごとの代表的な鳥類種

3. 熱帯人工林において生物多様性を維持する仕組み

本研究の結果は、以下の3点に集約される。

- ① 一度伐採されてしまった森林は、20～30年経過して外見的には森林としての様相を呈していたとしても、シロアリ相の種多様性や機能的多様性は自然林には遠くおよばない。
- ② 菌類の種多様性や種構成に関しては、アカシア植林地化による環境変化、すなわち乾燥化や高温化が大きく影響する。
- ③ 保護区のみならず残存林の保全的価値は高く、それがあつてアカシア植林地により多く鳥類種を維持できる可能性が高い。

①については、伐採サイクルの長期化、すなわちパルプ・製紙用としてのアカシア植林から製材用としてのアカシア植林に転換したとしても、バイオマスの循環を支えるシロアリ相の回復は容易には望めないということを確認している。つまり、大規模植林地においては、最初の段階から植林地と保護林の配置についてきちんとしたデザインを行つておく必要があるということである。

②に関しては、これまでも指摘されていることであるが、例えば泥炭地などの湿潤地域へのアカシアの植林とその結果として乾燥化が、地域の生物多様性に対して大きな影響を有していることを如実に示している。植林に使用する樹種の選択について、“この土地に育つか?”、だけでなく、“この土地に植えることで将来的に地域環境にどのような影響があるか?”、という点について最大限の配慮を行わなければならない。

最後の③は①とも深く関連しており、大規模な少数の保護区を設置するだけでなく、できるだけ多くの残存林を一定の距離以下の間隔で配置することが生物多様性の維持という点からは重要である。

参考文献

- 1) FAO. Global Forest Resources Assessment 2005, Progress towards sustainable forest management, Food and Agriculture Organization - United Nations, 2005.
- 2) Sheldon, F. H., Styring, A. and Hosner, P. A., Bird species richness in a Bornean exotic tree plantation: a long-term perspective, *Biol. Conserv.*, **143**, 399-407, 2010.
- 3) Keesing, F., Holt R. D. and Ostfeld, R. S., Effects of species diversity on disease risk, *Ecol. Lett.* **9**, 485-498, 2006.
- 4) Mueller, G. M., Schmit, J. P., Leacock, P. R., Buyck, B., Cifuentes, J., Desjardin, D. E., Halling, R. E., Hjortstam, K., Iturriaga, T., Larsson K. H., Lodge, D. J., May, T. W., Minter, D., Rajchenberg, M., Redhead, S. A., Ryvardeen, L., Trappe, J. M., Watling, R. and Wu, Q., Global diversity and distribution of macrofungi, *Biodivers. Conserv.*, **16**, 37-48, 2007.
- 5) Fujita, M. and Koike, F., Birds transport nutrients to fragmented forests in an urban landscape, *Ecol. Applications*, **17**(3), 648-654, 2007.
- 6) Jones, D. T. and Eggleton, P.: J., Sampling termite assemblages in tropical forests: testing a rapid biodiversity assessment protocol, *J. Appl. Ecol.*, **37**, 191-203, 2000.
- 7) Eyles, A., Beadle, C., Barry, K., Francis, A., Glen, M. and Mohammed, C., Management of fungal root-rot pathogens in tropical *Acacia mangium* plantations, *For. Path.* **38**, 332-355, 2008.
- 8) Hill, M. O. TWINSPLAN –A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes, Cornell University, 1979.