

発表 3

Presentation 3

南西諸島における植生分布と林木種多様性のパターン
亜熱帯林の再生と保全を考える*

久保田 康裕**

鹿児島大学

Vegetation Structure and Species Diversity of Subtropical Forests
in the Ryukyu Islands, South-western Japan

Yasuhiro KUBOTA**

Kagoshima University

Present study investigate the stand structure and species composition of the subtropical forest in Yanbaru, the Ryukyu Islands, southern Japan. The purpose of this study is to address the maintenance mechanisms for species diversity of the subtropical forest, according to stand development processes. Successional change of secondary forests can provide baseline information for conservation purposes. In order to actually understand stand reconstruction, it is necessary to track changes in various developmental stands over time. The thesis of this study is closely related to the conservation issue, because the subtropical forest of the Ryukyu Island supports many specialized endemic animals and plants. Most of these forest have been leased to the U.S. Marine Corps since the 1970's for jungle training. By virtue of that, the natural forests in the U.S. Marine Corps Area are the only one remaining, ironically, while the forests outside the Marine Corps training area have been cut down. Few years ago, it was determined between the Japanese and U.S. governments that these leased area would be returned to Japan. And so the management and conservation of these forests after their return back to Japan is becoming a controversial issue. For example, some local residents living in Okinawa assert their right to engage in forestry. Of course, some ecologist are against this. But my belief is that our scientists should propose a sustainable use plan, guide lines for reasonable forestry in the subtropical forest.

The density and basal area of stem ≥ 2 m height in eight permanent plots (30 x 30 m) ranged from 8311 to 9024 ha⁻¹, and from 28.1 to 75.6 m²ha⁻¹, respectively. The constituent tree

* シンポジウムのプログラムにある発表題目は、「南西諸島における植生分布と多様性のダイナミズム——亜熱帯林の再生と保全を考える——」.

**E-mail address: kubota@edu.kagoshima-u.ac.jp

species are approximately fifty per plot. The canopy layer was dominated by *Distylium racemosum* and *Castanopsis sieboldii*, and the understory was dominated by *Camellia lutchuensis*, *Psychotria rubra*, *Ardisia quinquegona*, *Randia canthioides* and *Meliosma lepidota* ssp. *squmulata*. The stand development showed that leaf mass reached its upper limit during 20 to 70 years from initiation, and above ground biomass continued to increase. Growth patterns were different among developmental phases or sites, depending on the degree of heterogeneity of stand structure. The depression of species diversity in the middle developmental stage seems to be related to the dominance or thinning mechanisms of *C. sieboldii* throughout stand development, which is likely to interact with structural diversity of the subtropical forest in Yanbaru. These results suggest that structural attributes of the subtropical forest vary with site condition. Variation in the growth dynamics may reflect a heterogeneity of nutrient/water availability due to topography or land-use history. Thus it is difficult to detect successional convergence across sites.

In order to understand the dynamics of the subtropical forest more completely, we need to investigate the functional relationship between site condition and competitive effects among trees, which brings about various patterns and processes at the stand level. Although the present study as a first step investigates stand development and species diversity based on comparing plots of different stand ages in a subtropical forest, we confirm that the answer to the questions raised above and the future development of this project are significant for conservation of natural forests remaining in Yanbaru, the Ryukyu Islands, southern Japan.

はじめに

人間社会の側から、自然環境の位置付けを考えた場合、多くの場合その自然は、人間の活動領域と重複した自然が想定されるだろう。自然環境の持続的利用といったテーマも、まさに人間の活動領域を、自然という空間に対して、どの程度まで、あるいはどれくらいかの強度で設定するのが論点となっている。しかし、生態学において扱われる自然とは、人間の活動領域である里山のような二次植生から、人が全く干渉していない原生林まで、その範囲は極めて広い。よって生態学者は、自らが研究対象としている自然のメカニズムに軸足を置き、自然に対する人間活動も、そのダイナミズムやメカニズムに影響を与える一つの要因として捉える傾向がある。したがってその自然観も、自然の側から、人間社会の位置付けを考えるという視点から醸成されることになる。一般的に自然観と言えば、人間社会から、自然界へ向けた一方向的な視点になりがちである。しかし、今回のシンポジウムのテーマにもあるような「場所の力」の存在を理解しようとするれば、自然の側からその成立や維持のメカニズムに基づいて人間社会のあり方を考えることが極めて重要になる。地域特有の自然生態系が、地域社会の文化にどのような影響を与えたのか、また地域社会の活動がその自然をどのように変容させてきたのか、双方からの考察が必要なのである。人間社会からみた自然を見つめた場合の自然観と、自然生態系からみた地域社会のあり方、双方の視点が矛盾することなく調和していることが重要なのである。例えば、南西諸島のような、ある特定地域の自然環境の保全や利用を考える際、生態系に対する人為影響を調節することがポイントとなる。地域社会が存在し続ける条件として、その地域の自然が破壊されるようでは困ることだし、固有の自

然を守るために、地域社会が衰退するようでも困る。しかし現実には、このような二律背反の論理が、地域社会の住民に提示されることは決して珍しくない。自然の持続的利用とは、利用される自然界の資源だけでなく、それを利用する人間社会の活動も含めて定義される言葉である。したがって、自然の持続的利用を実現するためには、上述したような二律背反の論理は破棄しなくてはならない。自然から人間社会を見つめる眼差し、人間社会から自然界を見つめた眼差し、双方を論理的に矛盾なく配置できた時に、その地域の「場所の力」が励起されるのだと筆者は考えている。

南西諸島における森林管理の歴史は、琉球王朝の時代にまで遡ることができる。琉球王朝の蔡温は、沖縄本島の亜熱帯林を持続的に利用するために、各樹木の枝が枯損し始める老齢林の一段階手前の林齢で林分を維持制御することを主張している。人間が断続的に木材収穫を継続することで、森林自体も準老齢林（魚鱗形林冠の林分）で維持されると言う。この蔡温モデルは、長年の林業活動に基づいた経験論的モデルである。この理論の理念は、現在の森林管理策の基本理念とも大きな違いはないだろう。しかし今日の社会が森林に対して要求するものは、蔡温の時代とは桁違いに大きく、技術的にも極めて短時間に森林を皆伐することが可能となっている。現在では、理念に裏打ちされた、より正確な定量的モデルが必要となっているのである。まず自然生態系の側から見た場合に、許容される人間活動の「量」と「強度」が基本条件として理解される必要がある。例えば、「どの程度の伐採率・伐採面積なら、その後の森林再生を妨げないのか」などを事前に理解してことが大事になる。つまり自然環境の持続的利用は、対象となる生態系の潜在的な動態特性を理解して初めて可能になる。これは前段で述べた、生態学的方法論による生物群集の立場からの一種の自然観提示であり、これは地域社会の将来的なあり方と併せて理解する必要がある。森林の潜在的な再生能力を無視した森林利用は、「ここ数十年だけ地域社会が存続すればよい」という考えと同義である。また未来永劫、地域社会が存続することを望むのであれば、森林利用はその再生能力が許容するレベル以下に抑えなくてはならないだろう。

本論では、南西諸島における森林群集の保全と利用を考える上での基礎的知見を報告する。閉鎖された島環境では、その森林生態系は規模も小さく、人為影響に対しても脆弱である。その一方で、島環境は生物学的に特異な環境を有しており、その学術的価値は極めて高い。前述したように、今後南西諸島の森林生態系を持続的に利用あるいは保全するためには、地域に特異な生態系の動態メカニズムを理解することが不可欠である。したがって本論では、南西諸島の植生の分布と、主に樹木を対象とした種多様性の特徴を紹介する。本論のデータの多くは、沖縄本島北部（通称ヤンバル）で行われた調査に基づいている。

南西諸島に分布する植生

南西諸島における生物多様性を、林木種を基に他地域と比較すると図1aのようになる(Ito, 1997)。南西諸島の植生を構成する林木種の多様性は、温帯林や暖温帯林よりも高く熱帯林に匹敵している。南西諸島の植生は外観的には、日本西南部の照葉樹林と酷似しているが、組成的には極めて特異であることがわかる。南西諸島という地域は、暖温帯から熱帯への植生帯の以降域にあたり、地球レベルでの植生分布を考える上でも興味深い地域であることが理解できる。また図1bは、南西諸島の代表的な島：屋久島、奄美大島、沖縄本島、における林木種数を比較したものである（大沢他 1994、清水他

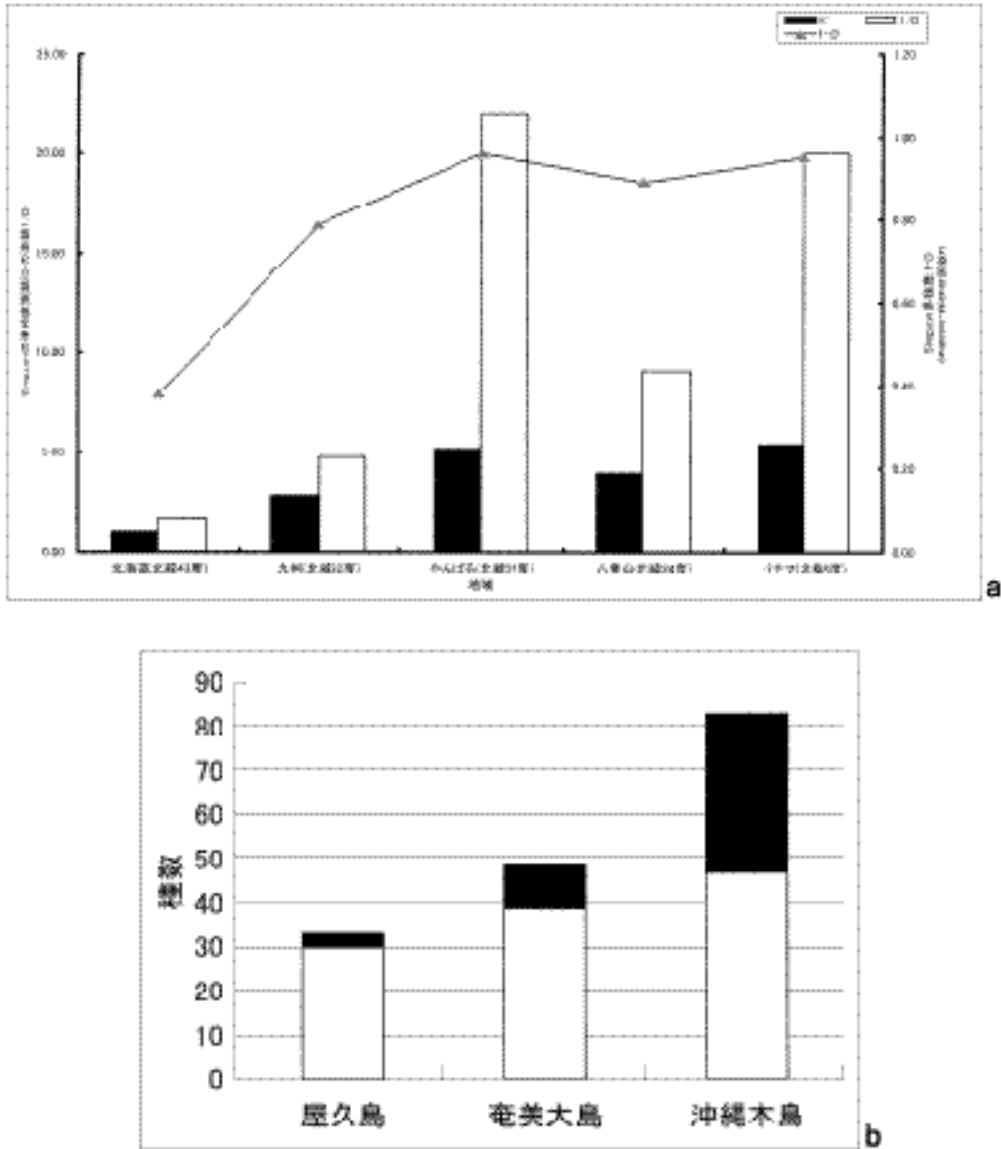


図1 (a) 南西諸島における林木種多様性, (b) 屋久島, 奄美大島, 沖縄本島における林木種数の比較, 白四角は共通出現種, 黒四角は各島各プロット固有の出現種。

1988, 久保田他 1999). これを見ると屋久島, 奄美, 沖縄本島と南に行くにしたがい樹木の種類数は増え, 更にその地域でしか見られない樹木の種類も増えていくことがわかる. これも前述したように, 移行的な植生帯のため, こういう林木種多様性のパターンが観察されると考えられる. またこのような森林群集には希少な動物群集も生息している. 伊藤 (1995) は「沖縄ヤンバルの森」の中で, 島生態学の視点から沖縄本島の動物群集の学術的価値を紹介している. 例えば, 沖縄本島北部の自然林にはヤンバルクイナ, ノグチゲラ, ヤンバルテナガコガネ等が生息している. これらの動物は, いずれも

この地域にしか分布しない固有種である。

このように特異な生物群集とともに、南西諸島の森に一般的に見られるもう一つの特徴がある。それは森林群集に対する人為影響の大きさである。閉鎖系の島である以上、森林に対する人為影響（例えば森林伐採）は急速に進行・波及する。したがって伐採された森林の再生プロセスは大きなテーマにもなっている。例えば亜熱帯域では森林のリターフォール（落葉・落枝）の分解は極めて早い。暖温帯であれば、林床は腐植層が発達しているが南西諸島の亜熱帯林を調べてみると腐植層は1cmにも満たない。これは気候が湿潤で、林木から地面に供給される落葉・落枝が急速に分解されるためである（未発表データ）。したがって、森林伐採跡地では表土が簡単に流出することになる。大面積で森林伐採が行われるほど、表土流出は急速に進行する。森林から流出した土壌は、沿岸海域に流れ込み海水懸濁（セジメンテーション）を引き起こし、海洋生態系にも悪影響を及ぼすことになる。また森林伐採は、森林性動物にとっても直接的影響を及ぼすことになる。例えばノグチゲラは営巣木として直径20cm以上のイタジイを利用する。したがって、過度の森林伐採によって大径木が減少した場合、ノグチゲラ個体群の動態にも深刻な影響を与えることが予想される。ヤンバルテナゴコガネについても同様で、その生息場所はイタジイ老齢木の樹洞であるため、伐採による森林の若齢化は生息域の減少と同義である。

亜熱帯林の再生動態

我々の研究グループは1998年より沖縄本島ヤンバルの森林生態系保全のプロジェクトを継続している。この研究は、貴重な生物群集として注目されているヤンバル亜熱帯林の種多様性維持機構を解明しようとするもので、原生林から二次林までを研究対象としている。南西諸島に特異な亜熱帯林の再生や種多様性の変動を森林伐採などの人為影響を含めて包括的に検討しようとする点に大きな特徴がある。また社会的背景として、沖縄本島ヤンバルの存在する米軍演習地の返還問題がある。米軍演習地が返還された場合に、その森を今後地域社会においてどのように位置付けていくべきか、その基礎的データを集積することも重要な問題となっている。

亜熱帯林の保全を目指した本研究は、三つのステップに分けて行われている。まず第一に、森林群集の分布・種多様性を把握するという。第二に、森林の再生動態を把握すること。この段階では、樹木個体レベルの成長や枯死を観察し、それに基づいて、構成種個体群の動態をモデルシミュレーションによって解析することになる。そして第三に、これらの結果を包括して、森林の持続利用のガイドラインを作成することである。つまり生態学的知見に基づいて人間が森林に与える影響を定量化し、それがどの程度までであれば自然林は維持されるのか、という点を明らかにできればと考えている。

実際のデータを紹介すると、沖縄本島北部の亜熱帯林の特徴として、まず地形の複雑さが挙げられる。これは南西諸島に共通する特徴である。地形は起伏に富んでおり尾根や谷部が見られる。このような複雑な地形を横断するように1.3haの調査区を設定して林木種の分布パターンを調べた結果が図2a,bである。面積スケールが大きくなるほど出現種は増加し、最終的には1haあたり90種以上出現する。また地形別に出現種や多様性を見ても違いがあり、林木種の立地特異的な分布が亜熱帯林の種多様性に寄与していることが予想される（坂本 1999）。次ぎに亜熱帯林の再生過程を、様々な林齢を比較調査したデータに基づいて解説する。林齢0年から70年生以上までの極相林まで、その再

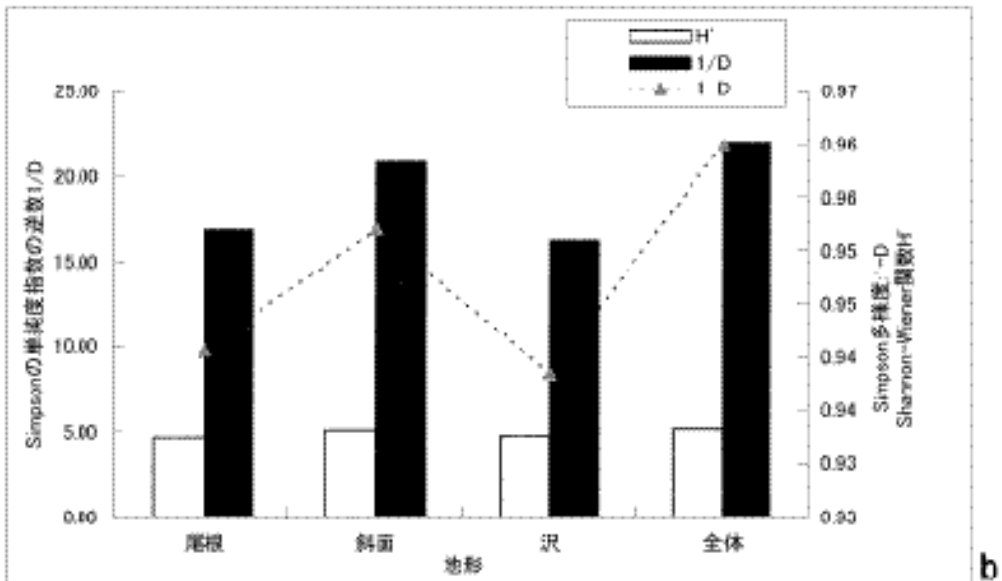
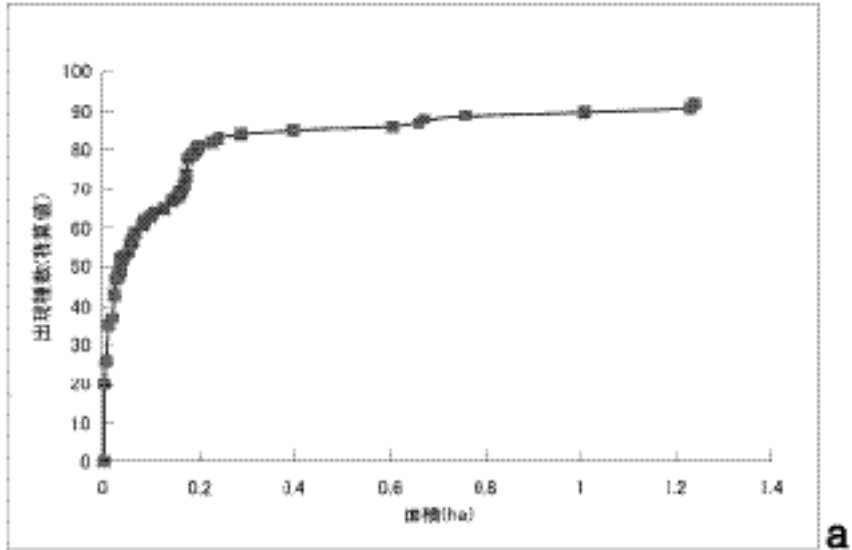


図2 (a) 沖縄本島ヤンバル地域における林木種数とサンプリング面積の関係, (b) 沖縄本島ヤンバル地域における林木種多様度と地形の関係。

生過程に沿って配置された永久方形区は合計9林分で、総面積は約1haである。例えば写真1は、2000年の春に伐採された森である。伐採された跡地に再生してきた樹木を個体識別して、継続調査すればその再生動態を定量的におさえることが可能になる。しかし現在までの研究では、異なる林齢の構造属性を時系列化することによって亜熱帯林の再生過程を再現するにとどまっている。図3は推定林齢と林分の地上部現存量の関係を示



写真1 2000年春に皆伐された林分。

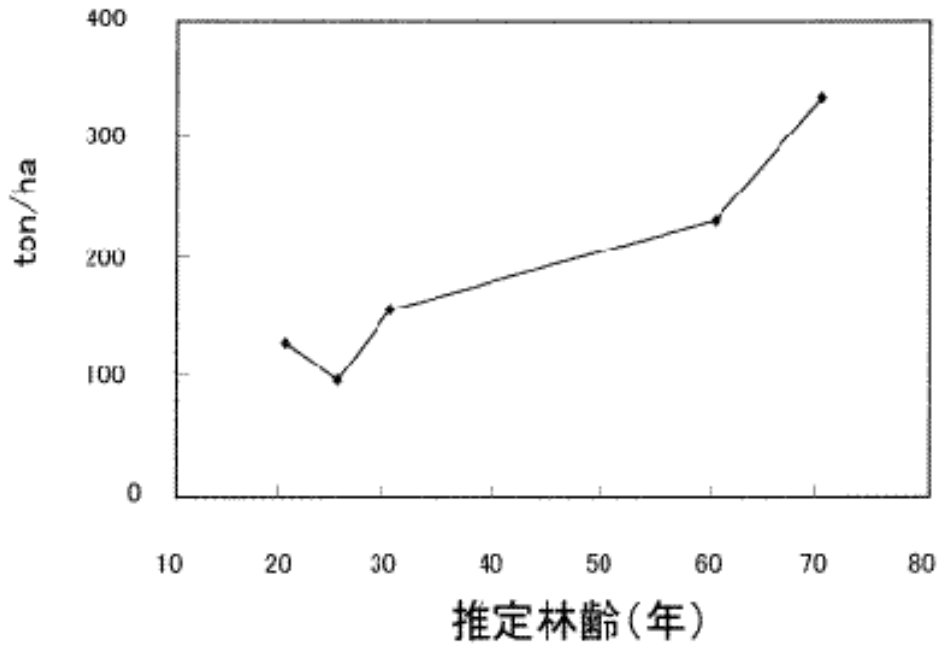


図3 林分の地上部現存量と推定林齡の関係。

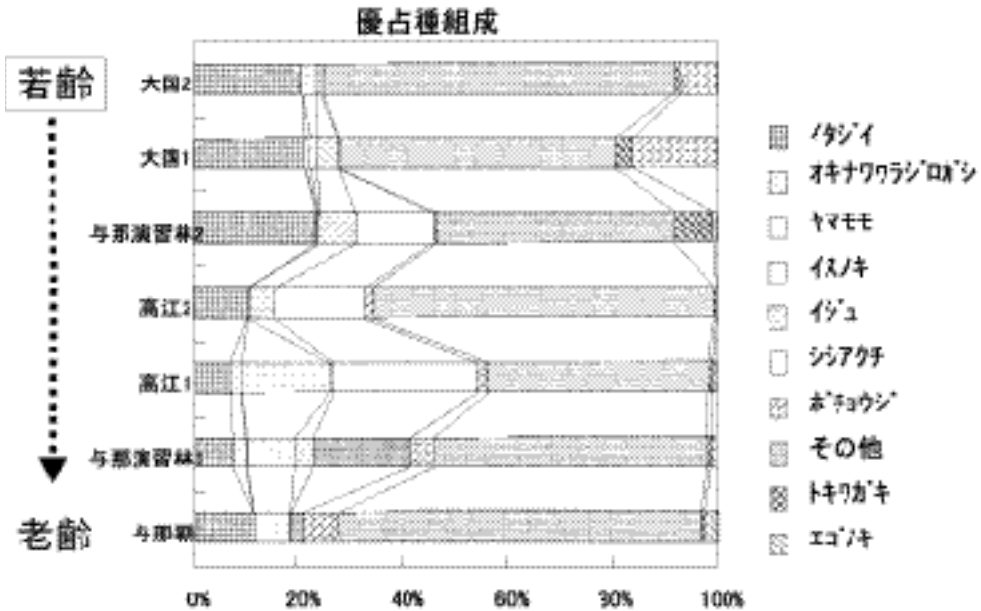


図4 林分の発達段階に伴う林分優占種.

したものである．これより亜熱帯林では70年ほどで現存量がhaあたり300tを超えることがわかる．では林分の種組成は再生に伴ってどのように変化していくのだろうか．南西諸島の亜熱帯林優占種はイタジイ（本州ではスダジイ）である．図4は各林分の優占種を示したもので，若齢から老齢林分までイタジイは常に優占種として出現していることがわかる（Ohkubo, 2000）．一方種多様度は，林齢の進行に応じて異なり，発達中期で多様度が減少していた．Ito (1997)は林齢の進行とともに，イタジイが優占し同時に種多様性も増加することを示唆した．このような林分発達に伴う種多様性動態には，種間の競争関係などが作用していると思われるが，その詳細はわかっていない．

各林分を構成する樹木の成長動態を継続調査によって調べてみると，林分や林齢によって樹木の成長様式が著しく異なっていることがわかった（未発表データ）．若齢林分ではサイズに依存したロジスチック型の成長曲線を示すが，老齢の極相に近い林分では単純なサイズ依存的なパターンは観察されなかった．これは，林分の発達とともに樹木の成長パターンや個体間相互作用が異なっていることを示唆している．以上実際のデータに基づいて亜熱帯林の特徴を見ていくと，その多様性をもたらすメカニズムは図5のように表わすことができる．南西諸島の亜熱帯林においては，まず森林伐採というのは非常に大きなインパクトとしてすでに存在する．様々な時期に森林が伐採されているため，それに応じて様々な発達段階（林齢）の森がモザイク上に分布している．一方，複雑な地形というのも大きな特徴であり，それに応じて林分構造や種組成が異なることになる．地形の複雑さは言い換えれば，土壌の養分・水分条件，風当たり等といった物理的環境条件の異質性ということになる．伐採，複雑な地形の影響等が，林分構造や物理的環境条件を介して構成種の成長動態や種間の競争関係に影響を与え，結果的に亜熱帯林の多様性に寄与していると予想される．

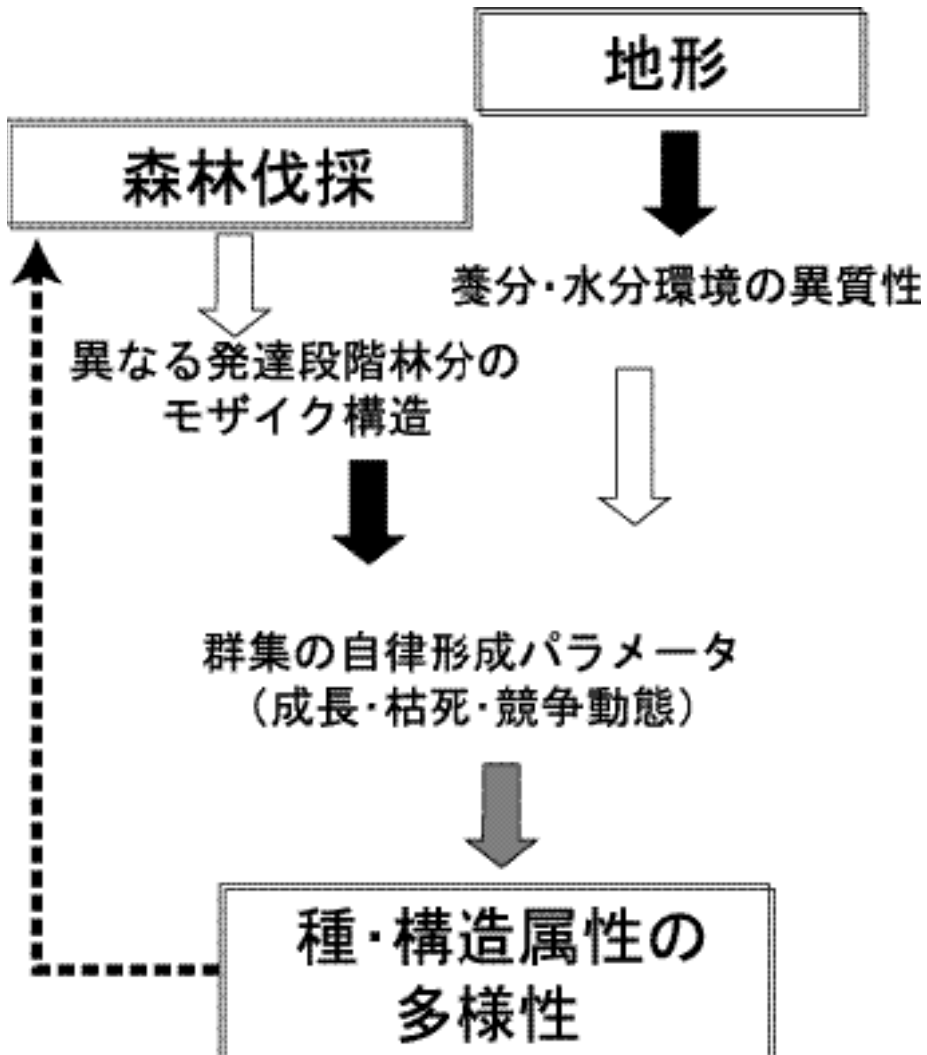


図5 亜熱帯林の多様性維持機構。

結 論

南西諸島には希少な野生生物が数多く分布しているため、自然環境の保全と利用は極めて難しいテーマである。沖縄本島ヤンバル地域の森林問題に関しては、誰もがその地域の生物学的希少性を認めてはいるものの、その自然に対して許容される利用策となると意見の相違が著しい。貴重な動植物相の保全と地域社会での従来型の森林利用（木材生産）が対立の構図で語られる最大の要因は、生物群集の維持機構に関する知見が乏しいことに起因する。ヤンバル亜熱帯林では過去森林伐採が行われてきたが、どのように森林が再生しているか、あまりよくわかっていない。例えばこういう議論がある。前述したように、「南西諸島では歴史的に森林伐採を継続してきたのだ」と。「それにも関わらずヤンバルテナゴコガネやヤンバルクイナ等の固有生物は未だに生息している」と。「だから、従来の森林施業というのは生物多様性にさほど悪影響を与えていない」と。

この意見が本当かどうかは、過去の生物相に関する詳細なデータがないので解らない。しかし現在この地域には、多くの絶滅危惧種あるいは希少種が分布しており、レッドデータ記載種は哺乳類（4種）、鳥類（7種）、爬虫類（5種）、両生類（4種）、昆虫類（27種）にのぼる。これは人為影響が自然環境に作用した状況証拠の一つに違いない。「はじめに」で述べた、経験論を超えた、あるいはその理念を定量的なレベルにまで拡張した、森林の管理策を生態学的データに基づいて提示する必要があることを再度強調しておきたい。

引用文献（著者アルファベット順）

- 伊藤嘉昭 (1995) 「沖縄ヤンバルの森」——世界的な自然をなぜ守れないのか——, 東京 岩波書店.
- Ito Y. (1997) Diversity of forest tree species in Yanbaru, the northern part of Okinawa Island. *Plant Ecology* **133**: 125-133.
- 久保田康裕, 新里孝和, 菊沢喜八郎, 伊藤江里子, 中静 透, 伊藤嘉昭 (1999) 沖縄ヤンバル亜熱帯林における林木種と種子・植食性動物の相互作用に関する研究. 第8期プロ・ナトゥラ・ファンド助成成果報告書: 25-31.
- Ohkubo C. (2000) Regeneration pattern of climax and secondary stands after logging in the subtropical forest. Master's thesis in Faculty of Education, Kagoshima University.
- 大沢雅彦, 武生雅明, 大塚俊之 (1994) 屋久島低地におけるリーフサイズが異なる2つの常緑広葉樹林の比較. 「屋久島原生自然環境保全地域調査報告書」(環境庁・日本自然保護協会): 87-100.
- 坂本 拓 (1999) 亜熱帯林の地形と植生パターン. 鹿児島大学教育学部卒業論文.
- Shimizu Y., Yahara T., & Sugimura K. (1988) Regeneration process after logging of the subtropical broad-leaved evergreen forest on Amami Ohshima Island. *Komazawa Chiri* **24**: 31-56.

質疑応答

松本: 東京大学の松本と申しますが、興味深く伺いました。沖縄の亜熱帯林の種の多様性が非常に高いというのを移行帯的に位置付けて、九州の本土とか屋久島と比べると非常に高いというのはよく分かったのですが、八重山に比べても非常に高かったですね(図1)。熱帯林へのつながりを考えればむしろ南に行けばどんどん高くなるような気がしたのですが、そのへんについてはどうお考えでしょうか。

久保田: 我々のデータに対しては、まだデータが少ないというのもありまして、今八重山でも西表でも調査をやってまして、そのデータをいれてくると多分もっと高くなると思います。

松本: 例えば、東南アジアから中国大陸とか大陸の方でのそういった現象と比べて結局、島ということによるというようなことがあるのでしょうか。

久保田: 単純に北から南に行くにしたがって、熱帯の方に行くにしたがって多様性が高くなるというのは言い切れなくて、多分南西諸島、島の効果というのがあるんですね、歴史的な、今まで大陸とどういふつながり方をしてきたか、海面が上がったり下がったりしていますから、そういう歴史的なことを考えていきますと、例えば南西諸島だけみても、多様性を考えた場合、

丁度南西諸島の真ん中にある沖縄島の生物多様性はその周辺の島に比べて低いというデータが実際出されていますので、そのみるスケールにもよりますし、あと歴史的なものを考えると一概に南に行くほど多様になっていくというのは言い切れないと思います。

座長（中野）：沖縄のヤンバルの多様性に非常に興味を持ちました。比較の対象のひとつにパナマがありましたね（図1a）。東アジアは南米あたりに比べて多様性が高いかなという気がしているのですが、ボルネオで得られたデータなども参考にしますと、ヤンバルがアジア地域にあるということの影響があるのではないのでしょうか。

久保田：確かにそうですね、1点だけ比較していましたから、ちょっと誤解を招くようなことがあったかと思いますが、熱帯領域でもいろんな地域等を見ていけば必ずしもああは言えないと思います。ただ、かなり匹敵するという意味では間違いはないのではないかと考えています。