

平成 18 年 4 月 13 日

総合地球環境学研究所長 殿

申請者

機関名等 京都大学・生態学研究センター 所属長承認印 大串 隆之 印職 名 教授 (共同研究者)氏 名 山村 則男 印 地球研 研究教育職員名 市川 昌広 印

研究概要 (「地球研における研究プロジェクト実施の基本的な考え方」を参照して記入のこと)

研究課題 (タイトル) 名: 人間活動下の生態系ネットワークの崩壊と再生

この IS 研究では、生態系ネットワークの視点から地球環境問題の理解と解決を目指す上記のプロジェクトのプランニングをする。現時点でのプロジェクトの構想は以下の通りである。

I. 目的と必要性

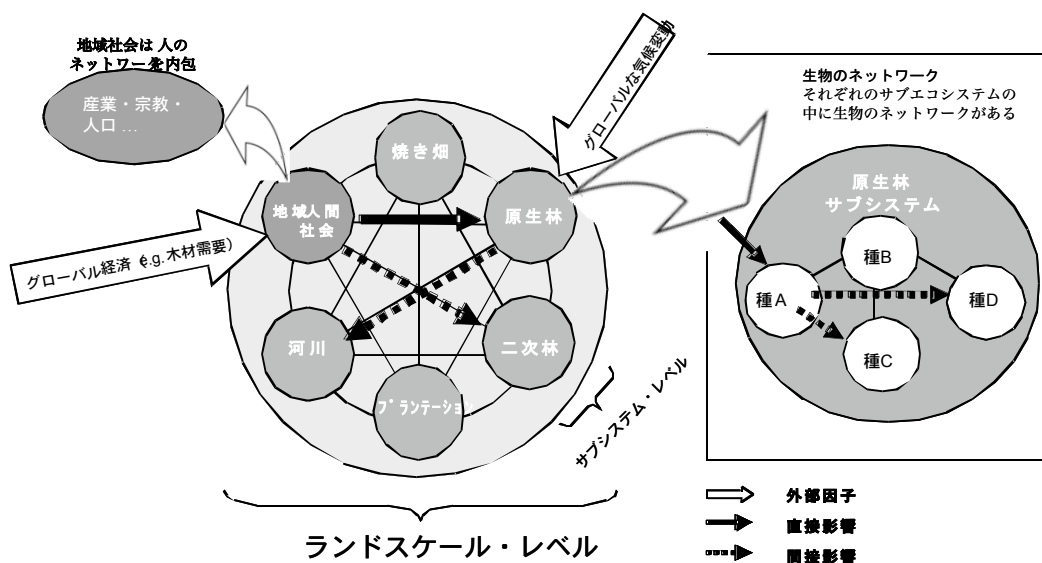
現在、地球上のあらゆる生態系が人間活動の影響により縮小・劣化し、危機に瀕していることは、その生物多様性および生態系機能の喪失という地球環境問題としても広く認識されている。当該分野における従来の研究は、この問題を生態系の構成要素である代表的な種個体群や地域群集の減少・絶滅に対する直接的な影響として評価してきたが、生態系において1つの要素(種個体群など)が失われたり相互作用の強さが変化するだけで生態系全体の状態が激変する現象が知られていることを考えると、これまでの研究は生態系への人為的影響は短期的でかつ局所的にしか評価できていないといえる。一方で我々人間が生活していく上で生態系からの収奪的利用は不可避であり、その利用形態がますます広域化、複雑化していく中、人間活動を取り入れた形で生態系をより大きな時空間スケールで位置づけ、その持続的な利用法を探ることは我々にとってますます重大な課題となりつつある。

本研究プロジェクトでは従来のアプローチである『林木を伐採すると森林面積が減少する』というような生態系の各構成要素への直接的影響だけでなく、『森林面積の減少はそこに住む動物相を変化させたり、また河川涵養能の低下から下流部の乾燥化を引き起こし、さらに...』というように、間接効果やカスケード効果などの生態系ネットワークを介して系内のほかの要素にも波及するような間接的影響を取り入れ、人間活動による包括的な生態系の崩壊や劣化(不安定性の増加、持続予測性の低下)、およびその再生のメカニズムと条件を明らかにすることで、生態系利用に伴う長期的・広域的な不安定性や不確実性を最小化し、高い生物多様性と生態系機能を持つ、より健全な生態系への回復とその維持への道筋をつけることを目的とする。本研究での具体的な対象生態系として、もっとも人為的な破壊が顕在化している陸上生態系として挙げられる東アジア熱帯林と中央アジア草原を対象調査地域(下記「対象とするフィールド」項目参照)として設定し、想定される人間活動の変化に対応した現実的な問題解決の糸口を探る。

以上の目的に向けて、本研究では生態系ネットワークという考え方を中心にすえる。人間活動下にある陸上生態系は、異なるサブシステム(原生林、二次林、焼き畑、など)がモザイク状になり相互作用するネットワーク(ランドスケープ・レベル)を形成している(図1)。さらにそれぞれのサブシステムは、生物間相互作用のネットワーク(サブシステム内レベル)からなる。この2重のネットワーク構造を本研究で扱う「生態系ネットワーク」と定義する。本研究では「地域人間社会」も生態系ネットワークのサブシステムと位置づけることにより、人による生態系の利用もネットワークの要素間の相互作用の1つとして捉え、「地域人間社会」の中にもネットワーク(人のネットワーク)を考える。また、とくに生態系ネットワークの維持と安定に重要となるリンクを「キーストーン・リンク」と定義し、これを特定することから対象とする生態系システムの安定性の特徴を探る。このことは、とくに「地域人間社会」サブシステムとその中の「人のネットワーク」(図1)に大きな影響を与えるキーストーン・リンクをとりあげることから、当該地域に暮らす人間にとってのより有効な持続的生態系利用手段を見つけ出すことを可能にする。

本研究の遂行により、今後予測されているの人口増加や経済のグローバリゼーション、気候変動という外部因子の変化に対して「絶対に避けなければならない」あるいは「比較的負荷の小さい」生態系の利用法を提示するための基礎を構築することができると考えられる。

図1. 人とサブシステムが相互作用するネットワーク（熱帯林の例）



II. 研究プロセス :

i) 対象地域における測定から上記二つのレベルでのネットワークの定量的な構造を推定し、モデルシステムとして抽出する。ii) 単純化したモデルシステムを用いた操作実験と、ネットワーク理論からなる数値実験を用いて、外部因子として人間活動の変化 (input) を与えたときにネットワークがどのような応答 (output) を示すかを調べることによりそれぞれの系でのキーストーン・リンクの同定を行い、また複数のネットワークの比較から、崩壊・再生のプロセスについての一般的な法則性を探索する。i) と ii) は同時進行で相互に情報をフィードバックさせながら進めることで相互の効率化を行う。iii) とくに人間活動を軸にした対象地域における既往のデータによる検証を行い、当該地において実際に取りうる選択肢に対して予測される生態系の姿をシナリオ群として提示する。iv) その上で、一般的な持続的生態系利用に関する提言を行う。

i) ネットワーク構造の把握

[ランドスケープレベル] : サブシステムは一般的に土地被覆として分類・体系化することができることから、主に異なる土地被覆間の物質と生物の移動を推定することにより、このレベルでのリンクと定量的なネットワークの構造の把握をおこなう。

[サブシステムレベル] : サブシステム内の相互作用は、局所的なものが多い。生態系の維持に重要な物質循環に大きく関わる相互作用、生物多様性の維持に重要な被食防衛系、送粉・種子散布共生系や分解共生系にとくに注目し、ある種の在・不在が周囲の生物に与える影響を定量的に調べる。

ii) キーストーン・リンクの同定と、人為的攪乱に対する応答予測

[キーストーン・リンクの同定] : 与えられたネットワーク構造に対して、その変化が最も多くの生物に影響を与える構成要素とリンクを、キーストーン・リンクとして同定する。これは i) で抽出した単純化したシステムに仮想の攪乱 (サブシステム・種の除去) を計算機内でシミュレーションすることから推定し、操作実験と野外観測を用いて検証する。

[攪乱によるネットワークの崩壊プロセス] : 対象地域内の異なる攪乱強度の場所でネットワークを比較することによって、ネットワークがどのように崩壊していくのかを明らかにする。

[ネットワークの再生プロセス] : 攪乱からの時間の異なる場所を比較し、あるいは同じ場所の継続観察によって、ネットワークがどのように再生するのか (しないのか)、再生にはどのような条件が必要なのかを明らかにする。

iii) [人のネットワーク]はその他のサブシステムと比較して特に重要であり、また歴史的・広域的な知見も多くあることからさらに以下の項目を調査・考察する。

1) 人間活動と生態系のかかわりとその変化

人間活動が調査地域内の土地利用にどのような影響を与え、今日のサブシステム (焼畑、二次林、プランテーションなど) がみられるようになったのか、時系列データが今までの研究で得られてい

る（下記「対象とするフィールド」項目参照）。このデータをネットワークの変化という観点から解析し、ネットワークの性質（予測性、安定性、感受性）にどのような変化がおきたのか調べる。また同じように、今後の変化を予測し、その変化の影響を評価する。

2) 地域社会とグローバルなシステム

上で明らかになったサブシステムの形成の背景を探るため、人間社会を大きく二つのスケールに分けて考える。ひとつは生態系をおもに自給のために利用してきた地域社会であり生態系モデル内のサブシステムである。地域社会の中の自然利用（経済を含む）や文化（精霊・儀礼、技術）の変化が、地域社会のネットワークをどのように改変したか、その変化が生態系にどのような影響を与えたかを明らかにする。もうひとつは各地域社会を取り巻く、国家やグローバルな社会であり、これは外部要因として扱う。グローバルな社会がどのようにプロセスを通じて地域社会サブシステムの改変に影響を与えてきたのかを明らかにする。

iv) 生態系の持続的利用案と実現までのシナリオの提示

これらの結果から、特定の要因や攪乱（e.g.人口増加、土地利用の変化、グローバルな経済の変化）が生態系ネットワークに与える影響を予測する。また、予測性、安定性、生態系サービスの持続的利用の観点から、人にとって望ましいネットワークとは（その判断基準も含め）どのようなものか、それを維持するためにはどうすればよいか提言する。

III. 対象とするフィールド

構造の把握・予測のいずれも困難な生態系ネットワークの変化に対処するためには、人間活動の生態系に対する影響やその変遷を含めた十分な研究の蓄積があり、かつ、現在急速に生態系ネットワークの改変が進んでいると考えられるフィールドでの調査研究を行うことが不可欠となる。本研究で取り上げる2つの対象地域、ボルネオ熱帯雨林とモンゴル草原はそのいずれも満たす、理想的なモデル生態系である。

ボルネオ熱帯雨林：人間活動の結果、熱帯雨林は急速な伐採と土地利用の変化が進行中である。

学術創成研究（代表：川那部）において、研究拠点・体制が整備され、地球研プロジェクト（代表：市川）においてその人間社会を含めた基礎構造が明らかとなりつつある。

モンゴル草原：乾燥化と過剰な牧畜利用のため崩壊の危機に瀕している。未来開拓、海外学術研究（いずれも代表：和田）により生態系の基礎構造が解明されている。

また、この2つの対象地域は、ネットワークの構造と更新の時間スケールのいずれにおいても対照的（両極端）といえるものであり、この2つのフィールドを比較することでネットワークの構造の効果や時間スケールの問題を検討し、結論の一般性を探ることができると考えている。

IV. 研究組織

理論・実験班（研究協力者：中丸麻由子、東工大大学院・社会理工学；大串隆之、京大・生態研）

人を組み込んだ生態系ネットワークモデルを構築する。ネットワークの攪乱応答の予測、安定性の理論的検討、および回復過程のシミュレーションを行い、ロバストで速やかな回復をもたらすネットワークの条件を明らかにする。熱帯雨林班およびモンゴル草原班が得たフィールドデータの理論的検討から得られた仮説を、特にネットワーク構造に注目し、単純化した系を用いた実験で検証する。

熱帯雨林班（研究協力者：酒井章子、京大・生態研；中静透、東北大・理；市川昌広、地球研；サラワク森林研究所）

および

モンゴル草原班（研究協力者：藤田昇、京大・生態研；石井励一郎、海洋研究開発機構・地球環境フロンティア；モンゴル科学アカデミー地理生態学研究所）

生態系ネットワークとその変化を、調査と野外操作実験から明らかにする。人の生態系利用と攪乱の変化要因を社会的・経済的側面から探り、それによって生態系ネットワークがどのように変化したのか、その変化は人や生態系の存続にどのような意味を持つのか理論・実験班と協力して明らかにする。

V. プロジェクトの特色

複雑なネットワークについての理論的研究（複雑系科学、複雑適応系など）は様々な研究分野で近年急速に進んでおり、とくに社会学、経済学や生態学に広く応用されることが期待されている。環境問題の解決にも大きく貢献すると世界的にも注目されているが、これらの理論を具体的な系に即して正面から学際的に取り組むことによって地球環境問題の解決を目指したプロジェクトはない。また、複雑なネットワークは生態系ばかりでなく、さまざまな自然現象や社会現象にみられるきわめて普遍的なものであり、本プロジェクトで得られる知見は、生態系以外のネットワークにも活かせるきわめて汎用性の高いものと期待される。

VI. IS での研究目標

IS においては、現在考案中の上記全体計画に必要な資料、技術、人員の整理と特定を行う。また対象となる 2 地域での研究拠点・体制の確認と連絡体制を構築する。以上の 2 点についてめどが立った段階で研究計画をより具体的なものとし、FS への移行後すぐに予備調査や予備実験を行える状況を整備する。