

## 様式 2 (PR→FR1)

プロジェクトタイトル	人間活動下の生態系ネットワークの崩壊と再生
プロジェクトリーダー	Norio YAMAMURA
略称	生態系ネットワーク
ホームページ	<a href="http://www.chikyu.ac.jp/rihn/pro/2007_3-5.html">http://www.chikyu.ac.jp/rihn/pro/2007_3-5.html</a>
キーワード	生態系ネットワーク, 社会ネットワーク, 生物多様性, シミュレーション, 複雑適応系, 不確実性の最小化

### 1. 研究の目的と内容

<b>a) 研究目的</b>
<p>本プロジェクトでは、生態系の劣化や崩壊のメカニズムを明らかにした上で、生態系の利用に伴う長期的・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再生とその維持への道筋をつけることを目的とする。さらに、環境問題に共通する人間社会と環境との関わりとその変化を抽出することで、地球環境学に新しいアプローチを提案する。</p>
<b>b) 背景</b>
<p>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、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広く認識されている。しかし、従来の研究では、人間活動が与える生態系の構成要素への直接的な影響だけが扱われ、間接効果、カスケード効果など生態系ネットワークを介して引き起こしうる生態系の崩壊や劣化は十分に扱われていない。これをふまえ、本プロジェクトでは、生態系ネットワークの変化という新しい視点で環境問題を捉える。このプロジェクトでは、生態系ネットワークを安定性、生態系サービス、生物多様性といった基準からみて望ましい方向へ導くための理論的基盤を確立する。</p> <p>本研究は、現在ほとんど独立に研究が行われている生態学と社会経済学におけるネットワーク研究を統合することによって、どのような社会構造のもとでの人間活動がどのような生態系の改変を引き起こし、生態系の変化がまたどのように社会構造に影響を与えるのかを明らかにする。本研究では、分野横断的なネットワーク理論を環境問題、とくに生態系の劣化の問題の解決に結びつけ、地球環境問題の理解を大きく進展させたいと考えている。これは、個別の環境問題の解明と解決を目指すだけでなく、環境問題に共通する人間社会と環境との関わりとその変化をネットワーク理論の立場から抽出することで、地球環境学に新しいアプローチを提案することでもある。個別の環境問題に取り組むだけでなく、地球環境問題の解決に資する学問的「知」を構築し、地球環境学を牽引する地球研でこそ遂行されるべきプロジェクトである。</p> <p>対象調査地域として、東南アジア熱帯林と中央アジア草原を設定した。地域研究にとどまらない、より一般性の高い議論を導くためには複数の生態系間の比較検討が不可欠である。両地域は、近年の中国の経済成長に伴うアジア地域の経済構造変革の波を受け、もっとも深刻な陸上生態系の破壊が進行している地域である。また、多くの人々が生態系に強く依存して生活しており、生態系の改変が直接人々の生活の変化に結びついている。一方で両地域は、生態系の更新時間や人間の食物連鎖上の位置という生態学的側面においては対照的な特徴を持ち、比較検討に理想的といえる。</p>
<b>c) 研究方法</b>
<p>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。人間が生活する陸上生態系では、モザイク状に隣接するサブシステム（原生林、二次林、焼き畑など）が相互作用するネットワークを形成し、さらに各サブシステムがその中に生物間相互作用のネットワークをもつ。本研究では、社会経済ネットワークからなる人間社会を一つのサブシステムとして生態系ネットワーク内に位置づけ、人間による生態系の利用をネットワークの要素間の相互作用の一つとして捉える。このように人間活動を明示的に取り込んだ陸上生態系の二重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。</p> <p>すでに述べたように、東南アジア熱帯林（マレーシア・サラワク州）と中央アジア草原（モンゴル）</p>

を対象調査地域とする。まず、2つの対象地域で、現地調査および文献調査から現状の生態系ネットワーク構造とネットワークの変化を把握する。サブシステム内の生物間相互作用については比較的既存の研究が多いため、生態学調査ではサブシステム間の物質や生物（とくに生態系サービスに強く関わる送粉者や天敵など）の移動を介した相互作用に重点をおいて調査を行う。人間社会のネットワークについては、生態系の改変を引き起こす作用が誰のどのような意図によって生じているのか、それがどのようにほかのアクターによって制御されているのか調査を行う。これらの結果から、両地域の生態系ネットワークの予測と評価のモデルを示す。また、どのようなネットワークの構造が地球環境問題を引き起こすのか一般的な分析を行う。

#### d) プロジェクトの組織体制

理論班、モンゴル班、サラワク班の3班からなる。専門分野（経済・社会と生態）や調査地（モンゴルとサラワク）にとらわれずに調査や議論を行うため、モンゴル班、サラワク班は文系、理系には分けずにそれぞれの統括者をおく（以下統括者のみを示す）。

<プロジェクトリーダー>

○山村 則男（地球研）：全体統括

<理論モデル班>

○石井励一郎（地球フロンティア）：理論モデル統括、シミュレーションモデル

<モンゴル班>

○藤田 昇（京大・生態研）：モンゴル生態系統括、ネットワーク解析

○前川 愛（民博）：モンゴル社会系統括、社会システム解析

<サラワク班>

○酒井 章子（京大・生態研）：サラワク生態系統括、ネットワーク解析

○市川 昌広（地球研）：サラワク社会系統括、社会システム解析

#### e) 現在までの進捗状況

今年度は、どのようなモデルを構築するのか、サラワクとモンゴルの比較をどのように行っていくのか、モンゴルとサラワクでどのような問題を扱っていくのかについて見通しを得ることができた。

サラワク・モンゴルの両地域に共通した視点、各地域固有の問題を扱うモデルの形態、モデル化とデータ収集をおこなう対象地域や量について、とくに空間スケールの観点から整理した。本プロジェクトの特徴は生態系内、生態系-人間活動の相互作用網の効果を取り入れることにあるため、従来の小面積での相互作用結果を直接大面積での影響評価へ積算し推定する単純な「原単位法」では取り込めない。その中間のスケールでおこる人間活動の特性と生態学的メカニズムを明示的にモデルに取り込み、そこから初めて得られる予測を提案したいと考えている。これまで各班での会議で検討された主な変数、メカニズムとそれを表現する関数、検証データなどについて、3つの空間スケールに分けて整理した。人間活動の空間分布を決める「移動」と「定住」のプロセスが働く空間スケールは交通・流通の発達に伴い近年拡大しているが、一方、生態系・生物資源分布は気候や地形の制約が大きく、移動分散の空間スケールも種固有であり、人間に比べその変化は小さく遅いと考えられる。したがって 実際の人間による生態系利用とその持続性をモデル化するには、これらの複数のスケールを跨げる構造を持つことが必要となり、空間構造のない相互作用を考える[小スケール](従来の原単位に相当)と気候傾度や経済活動を主に扱う[大スケール](国内の分布・長距離移動)の間に、生物群集(植生)の分布・相互作用や人間社会の共同体の大きさに対応する[中スケール]を設定した。

フィールド調査については、モデルの構造にあわせ、広域調査と重点調査を組みあわせて行う。広域調査、重点調査の調査項目や方法を確定し、一部で調査を開始できた。広域調査では、広域の多点で社会学的、生態学的なデータを収集し、生態学的・社会学的変化と生態系と社会のネットワークの構造との関係を明らかにしていく。モンゴルでは3地点、サラワクでは2地点で行う重点調査では、広域調査で得られたパターンを理解するため、継続的でより詳細な調査を行う。今年度は重点調査地点の決定と予備的な調査を行い、階層的スケールを導入することの妥当性を検討できた。

#### f) 今後の課題

モデルの構築を3つの空間スケールを組み合わせで行っていくが、とくに中スケールのデータを重点的に取り組んでいく。そのため、モンゴル・サラワク双方で生態・社会学の広域調査および重点地域調査を有効に達成できるよう、さらに綿密な計画を練る必要がある。

## 2. 研究の目的と背景

### 【研究の学術的背景】

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、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広く認識されている。しかし、従来の研究では、生息地の破壊・汚染、乱獲など、人間活動が与える生態系の構成要素への直接的な影響だけが扱われ、間接効果、カスケード効果など生態系ネットワークを介して引き起こしうる生態系の崩壊や劣化（不安定性の増加、持続性の低下）は十分に扱われていない（Levin 1999；増田・中丸 2006）。また、地球環境問題は人間と自然との相互作用の一つの帰結であるにも関わらず、生態系の劣化と崩壊に人間社会の構造（物流・情報を介した経済、政治、文化、社会的ネットワーク構造の変化・広域化など）が与える影響、そして生態系の変化が人間社会に与える影響を同時に掘り下げて分析するアプローチはほとんど取られてこなかった。これは、複雑な相互作用を扱うこと、異分野間にまたがる研究体制の構築が困難であることが、その理由だと考えられる。

近年、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）の急速な発展と計算機性能の向上により生態系や人間社会という複雑な相互作用を扱うキャパシティが飛躍的に高まり、社会学、経済学や生態学といった広い分野に応用され始めている（Waldrop 1992；増田ほか 2005）。本プロジェクトは、分野横断的なネットワーク理論の特徴を活かし、社会学や経済学と生態学とを結びつけ、これまで困難であった環境問題、とくに生態系劣化の問題の解決に生かそうとするものである。

本プロジェクトでは、生態系の劣化や崩壊のメカニズムを明らかにした上で、生態系の利用に伴う長期的・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再生とその維持への道筋をつけることを目的とする。さらに、環境問題に共通する人間社会と環境との関わりとその変化を抽出することで、地球環境学に新しいアプローチを提案する。

### 【研究の基本概念】

本プロジェクトでは、生態系ネットワークの変化という新しい視点で環境問題を捉える。生態系ネットワークの視点では、地球環境問題は、たとえば生態系と人間の結びつきが多く細かいリンクから（多くの資源を少しずつ使う）、少数の太いリンク（特定の資源だけを大量に搾取する）構造へのネットワークの変化から生じると考えることができる（図1）。この変化は、生態系の不安定化や広汎な生態系サービスの低下を招くであろう。このプロジェクトでは、必ずしも生態系をもとの状態に戻すのではなく、生態系ネットワークを安定性、生態系サービス、生物多様性といった基準からみて望ましい方向へ導くための理論的基盤を確立する。

### 【プロジェクトの最終成果として何を示そうとするのか】

本プロジェクトの遂行により期待される成果は次の3点に要約される。

1. 人間活動と生態系ネットワークの関係を、共通点と相違点が明確な2地域において明らかにする  
2対象地域（「対象地域について」参照）で、観測と調査によって生態系ネットワークの現状および過去30年間の人間活動にともなう生態系ネットワークの変遷過程を分析することで、人間活動の生態系への影響をネットワーク構造の観点から明らかにする。
2. 異なるシナリオに基づいた生態系ネットワークの予測と評価のモデルを示す  
2対象地域の生態系ネットワーク構造をもとに地域シミュレーションモデルを構築し、想定される複数の異なる条件（グローバル経済の状況、土地所有制度、人口など）を与えこれらに対する生態系ネットワークの応答予測のセットをシナリオとして提示する。
3. 生態系ネットワークの観点を取り入れることにより地球環境問題に新しい視点を与える  
2対象地域のケーススタディーから、どのようなネットワークの構造が地球環境問題を引き起こすのか、また環境問題の解決にどのようなネットワークの再生が可能なのか、地球環境問題とその解決について一般化した考察をおこなう。

### 【対象地域について】

本研究では、東南アジア熱帯林（ボルネオ島・マレーシア・サラワク州）と中央アジア草原（モンゴル）を対象調査地域として設定した。地域研究にとどまらない、より一般性の高い議論を導くためには複数の生態系間の比較検討が不可欠である。両地域は、近年の中国の経済成長に伴うアジア地域の経済構造変革の波を受け、もっとも深刻な陸上生態系の破壊が進行している地域である。また、多くの人が

生態系に強く依存して生活しており、生態系の改変が直接人々の生活の変化に結びついている。経済構造の骨格にも高い類似性が見られる（図2）。一方で両地域は、生態系の更新時間や人間の食物連鎖上の位置という生態学的側面においては対照的な特徴を持つ。

一般に、地球研でのプロジェクト規模と期間では、ネットワーク構造の把握から予測研究までを複数の地域でゼロから行うことは困難であるが、ボルネオのサラワク州熱帯林とモンゴル草原であれば、これまでの研究により生態学的・社会学的知見が多く蓄積されているため、5年という比較的短い本研究の期間でもかなりの成果を得ることが可能である。

モンゴルでは、従来草原を利用したヤギや羊の放牧が粗放的に行われてきた。近年、輸出用のカシミヤの生産のために過放牧が問題となっている。過放牧は地表の植物を取り去り土壌をアルカリ化させ、食草とならない耐性植物の生育を促進し放牧不適地を増やす。その結果さらに残された草原での過放牧が進むという悪循環が起きている。この傾向は、政府の政策による首都ウランバートルへの人口の集中や定住化による放牧地の集中などによってさらに強められている（小長谷 1997；Fernandez-Gimenez, 1999）。

サラワクでは、先住民による粗放的な森林の利用から、天然林の伐採による輸出用材木の供給源としての利用、そして近年ではオイルパームなどのプランテーションへの転換というように、生態系は大きな変貌を遂げている（Vincent and Ali, 2004）。プランテーションの拡大は急激な生物の多様性の低下や先住民への生態系サービスの低下といった大きな問題をはらんでいるが、化石燃料にかわる植物性油脂が世界的な注目を浴びている今その増加はとどまることを知らない。この急速な土地利用の変化がもたらす間接的な効果はまったく未知である。一方でこの土地利用の変化は、土地の所有制度の変化や先住民の土地に対する依存性や帰属意識と深く関係している。

### 3. 地球研プロジェクトとしての意義

#### 【何故、地球研のプロジェクトとして実施するのか】

本研究は、現在ほとんど独立に研究が行われている生態学と社会経済学におけるネットワーク研究を統合することによって、どのような社会構造（経済、政治、文化的ネットワーク）のもとでの人間活動がどのような生態系の改変を引き起こし、生態系の変化がまたどのように社会構造に影響を与えるのかを明らかにする。本研究は、このように地球環境問題を生態系と人間社会の相互作用から探るものであり、既存の分野にとらわれた研究の枠組みでは本格的に取り組むことは不可能であった。従来の地球研では取り込まれていない切り口から地球環境問題を行うものであるが、その方向性は『地球環境問題を人間文化の問題』として捉え、その根本の解明から解決策を探ろうとする地球研のポリシーとまったく方向を同じくするものであり、地球研でなければ実行不可能な計画である。

#### 【プロジェクトの成果がどのように「地球環境問題」の解決に資するのか】

近年、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）は様々な研究分野で急速に進んでおり、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。本研究では、分野横断的なネットワーク理論（クラスター、スモール・ワールド、スケールフリーなどの特徴を検出する指標が開発されている）を環境問題、とくに生態系の劣化の問題の解決に結びつけ、地球環境問題の理解を大きく進展させたいと考えている。

これは、個別の環境問題の解明と解決を目指すだけでなく、環境問題に共通する人間社会と環境との関わりとその変化をネットワーク理論の立場から抽出することで、地球環境学に新しいアプローチを提案することでもある。個別の環境問題に取り組むだけでなく、地球環境問題の解決に資する学問的「知」を構築し、地球環境学を牽引する地球研でこそ遂行されるべきプロジェクトである。

### 4. 研究方法、組織、計画

#### 【研究内容・方法】

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。人間が生活する陸上生態系では、モザイク状に隣接するサブシステム（原生林、二次林、焼き畑など）が相互作用するネットワークを形成し、さらに各サブシステムがその中に生物間相互作用のネットワークをもつ。本研究では、社会経済ネット

ワークからなる人間社会を一つのサブシステムとして生態系ネットワーク内に位置づけ、人間による生態系の利用をネットワークの要素間の相互作用の一つとして捉える。このように人間活動を明示的に取り込んだ陸上生態系の二重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。具体的には、人間社会以外のサブシステムのネットワークは土地利用および土地被覆として記述する。それぞれのサブシステムの中の生物間相互作用は、同位体による食物網調査などによって明らかにしていく。人間社会のネットワークでは、情報の流れ、物の流通、そして社会的な関係を解明する。

すでに述べたように、東南アジア熱帯林と中央アジア草原を対象調査地域とする。まず、2つの対象地域で、現地調査および文献調査から現状の生態系ネットワーク構造とネットワークの変化を把握する。サブシステム内の生物間相互作用については比較的既存の研究が多いため、生態学調査ではサブシステム間の物質や生物（とくに生態系サービスに強く関わる送粉者や天敵など）の移動を介した相互作用に重点をおいて調査を行う。人間社会のネットワークについては、生態系の改変を引き起こす作用が誰のどのような意図によって生じているのか、それがどのようにほかのアクターによって制御されているのか、また、その歴史的変化の要因について調査を行う。これらの結果から、両地域の生態系ネットワークの予測と評価のモデルを示す。また、どのようなネットワークの構造が地球環境問題を引き起こすのか一般的な分析を行う。

#### 【班・グループの構成と役割】

理論班、モンゴル班、サラワク班の3班からなる。専門分野（経済・社会と生態）や調査地（モンゴルとサラワク）にとらわれずに調査や議論を行うため、モンゴル班、サラワク班は文系、理系には分けずにそれぞれの統括者（○印）をおく。（コアメンバーのみを示す）

#### <理論モデル班>

モンゴル班、サラワク班のメンバーと議論しながら、サブシステム内、あるいはサブシステム間のネットワーク構造からモデルを作成し、シナリオの検討材料を提供する。

○石井 励一郎（地球フロンティア）：理論モデル統括、シミュレーションモデルの構築

中 静 透（東北大・理）：シナリオ解析

大 串 隆之（京大・生態研）：ネットワーク理論

#### <モンゴル班>

モンゴルの生態系ネットワークについて調査を行い、理論モデル班にモデル構築のためのデータを提供する。

○藤田 昇（京大・生態研）：モンゴル生態系統括、ネットワーク解析

○前川 愛（民博）：モンゴル社会系統括、社会システム解析

#### <サラワク班>

サラワクの生態系ネットワークについて調査を行い、理論モデル班にモデル構築のためのデータを提供する。

○酒井 章子（京大・生態研）：サラワク生態系統括、ネットワーク解析

○市川 昌広（地球研）：サラワク社会系統括、社会システム解析

#### 【前回のプロポーザルとの変更や方針転換】

生態系ネットワークの変遷を明らかにする期間について、当初の予定では過去100年を考えていたが、研究費の上限、資料収集の困難さおよび今後の変化を検討する上での重要性の観点から、主に過去30年を対象とすることにした。

## 5. 人権保護と安全に関する対策

調査・サンプルの持ち出しについては、必要な許可を得て行っている。

海外調査や海外からのサンプル持ち出しを安全・円滑に行うため、現地の研究期間と研究協定を結んでいる。

## 6. 現在までの進捗状況

### a) プロジェクト全体としての成果

今年度は、計画の一部を予備的に遂行し、プロジェクトの計画や方法論について、大枠を確定した。とくに、どのようなモデルを構築するのか、サラワクとモンゴルの比較をどのように行っていくのか、モンゴル、サラワクでどのような問題を扱っていくのか、について見通しを得ることができた。これらの検討に応じて、新たに必要なメンバーにプロジェクトに加わって頂いた。

プロジェクトを円滑に行うため、メーリングリストやメンバー専用のホームページを立ち上げた。また、2回の全体会議、11回の班会議や研究会をもった。

### b) プロジェクトの組織単位（グループ）ごとの成果

#### 【理論モデル班】

#### 1) 問題とモデリングの時空間スケールの検討

まずサラワク・モンゴルの両地域に共通した視点、各地域固有の問題を扱うモデルの形態、モデル化とデータ収集をおこなう対象地域や量について、とくに空間スケールの観点から整理した。本プロジェクトの特徴は生態系内、生態系-人間活動の相互作用網の効果を取り入れることにあるため、従来の小面積での相互作用結果を直接大面積での影響評価へ積算し推定する単純な「原単位法」では取り込めない。その中間のスケールでおこる人間活動の特性と生態学的メカニズムを明示的にモデルに取り込み、そこから初めて得られる予測を提案したいと考えている。これまで各班の会議で検討された主な変数、メカニズムとそれを表現する関数、検証データなどについて、3つの空間スケールに分けて整理した。人間活動の空間分布を決める「移動」と「定住」のプロセスが働く空間スケールは交通・流通の発達に伴い大きくなっているが、一方、生態系・生物資源分布は気候や地形の制約が大きく、移動分散の空間スケールも種固有であり、人間に比べその変化は小さく遅いと考えられる。したがって 実際の人間による生態系利用とその持続性をモデル化するには、これらの複数のスケールを跨げる構造を持つことが必要となり、空間構造のない相互作用を考える[小スケール](従来の原単位に相当)と気候傾度や経済活動を主に扱う[大スケール](国内の分布・長距離移動)の間に、生物群集(植生)の分布・相互作用や人間社会の共同体の大きさに対応する[中スケール]を設定した。

#### 2) モデルの試作

植生・土地被覆を生態系から得られる潜在的生物資源供給可能量の指標、人間を含む動物の同位体比をそれらが実際に依存している生物資源の指標と位置づけ、両地域に共通となる生態系-人間活動相互作用をモデル化するスキームを検討した。両地域の生態系-人間活動の相互作用を各地域での具体的な問題についてモデリングを開始した。①(サラワク・小スケール)人間の生態系の利用様式が「収奪的」か「保全的」をとるときの持続可能条件について、アナツバメ側の空間利用・繁殖パターンと、人間側の社会ルールと経済効果を取り入れた理論モデル。②(モンゴル・大スケール)都市と草原の各産業形態の上での人口変動を評価する空間経済モデル。③(モンゴル・中スケール)森林-ステップ移行帯を対象とし、水収支や家畜分布などを取り込める 100m メッシュスケールでの植生変動モデルを試作した。

#### 3) 共通観測手法の選定と体制の強化

上記のようなトランススケールモデルの枠組みに対応し、かつ両地域に共通して用いることが可能な定量的データに基づく実証研究手法を検討した。観測データ・統計データとの比較からさまざまな空間スケールでの人間活動、生態系構造の双方を分析し、とくに、衛星画像データ解析手法と同位体分析手法が有効であることが分かった。これらの分野の専門家を理論モデル班に新たに迎え、モデルの構築と実証的研究の連携をより緻密なものとする体制を整えた。

#### 【モンゴル班】

#### 1) モンゴルの生態系の現状と変化

モンゴルの生態系は北から南への乾湿傾度にそって森林(タイガ)、森林ステップ、ステップ、乾燥ステップ、沙漠と変化する。モンゴル班のこれまでの調査により、森林ステップ地帯では森林とステップの変化が不連続で、主として北側と東側斜面に森林が残存していることが分かり、森林とステップでは土壌水分条件が変化し、森林とステップの移り変わりは遊牧家畜のグレイジングに影響されているこ

とが示唆された。ステップ、乾燥ステップ地帯では、低木パッチが優占する植生と優占しない植生が見られことが分かり、マメ科ムレスズメ属 (*Caragana*) の低木優占植生がとくに遊牧に有用であるが、過剰利用によりその植生が大きく退行していることが示唆された。また、1992年の民主化により農地が大量に放棄され劣化草地として残っていること、近年の鉱山開発により、水資源の枯渇や鉱害問題として遊牧に影響を与えていることが明らかになった。

## 2) 遊牧民の国内移動状況

モンゴルでは人口の増加が続いているが、全国の人口動態を調べたところ、人口増はウランバートルのみに限られている。この背景として、1992年の民主化時に国営企業の崩壊によって遊牧民が増加したが、近年、市場経済化の影響によって、遊牧民または都市住民として地方からウランバートルへの集中化が続いていることがあげられる。また、2003年の都市域での土地私有化に始まり、遊牧民の居住地登録が進められており、遊牧の移動性が変化しつつある。これらの遊牧民の移動と集中が遊牧による土地利用に大きな影響を与えている。

## 3) 調査地域・方法の確定

モンゴルにおいては、乾湿傾度という自然条件においても、市場経済の影響という社会条件においても、首都ウランバートルからの距離的位置が重要であることが明らかになった。そのため、森林ステップ、ステップ、乾燥ステップという南北方向に調査地域を設け、それぞれの調査地域内では都市との距離に応じて土地利用の違いを比較するという観点から、調査地域と調査方法を確定した。

## 4) 生態系ネットワークの崩壊と再生

市場経済化や土地私有化を背景として、遊牧民の集中・家畜増や遊牧の移動性の低下による過放牧、自然環境を無視した計画経済によって増大した農地の国営企業の崩壊による放棄など、生態系ネットワークの崩壊によって草原の劣化が進行している実態が明らかになってきており、いかに生態系ネットワークを再生していくかの手がかりが得られつつある。

### 【サラワク班】

## 1) サラワクの生態系変化

サラワク班のこれまでの調査により、サラワクでの土地利用変化は、プランテーションの開発や森林伐採による州政府や企業が主体になったものと、焼き畑などによる先住民の小規模な利用によるものの2タイプが卓越していることが明らかになった。この2つは無関係に進行しているのではなく、先住民の利用と大規模利用の間のコンフリクトが顕著になっている。現在では、先住民にとって森林利用の重要性が低下しつつあり、このことがプランテーションの拡大を加速している側面がある。つまり、先住民の土地利用の規模は小さいものの、土地利用の大規模変化を考える上で重要な要素となりうるということである。これを明らかにするために、広域多点調査（「今後の活動を参照」）を行うことが有効であると考えられた。今年度は、この調査の計画を実行可能なところまで持っていくことができた。

## 2) 集中調査サイトの確定

サラワクでは、人口が集中している都市に比較的近く、オイルパーム・プランテーションが広がっている低地とアカシア・プランテーションが拡大し過疎の傾向が見られる奥地のそれぞれに集中的に調査を行う地点を計画している。低地では、ミリ市の周辺のランビル国立公園の原生林及び周辺の二次林、焼き畑、オイルパーム・プランテーションで調査を行うことを決定した。奥地については、バラム川上流の原生林に近い州有林及び先住民が利用している二次林などを調査対象にすることを計画している。アカシア・プランテーションについてはサラワク中部のビンツル付近での調査に向けて交渉を進めている段階にある。

## 3) 望ましい生態系ネットワークの構築に向けて

望ましい生態系ネットワークの構築に向けこのプロジェクトで取り上げる方策をさまざまなスケールで検討した。たとえば、グローバルな経済を視野にいれたものとしては、プランテーションの産物や木材を対象とした森林認証制度があげられる。州レベルでは、現在すでにサラワクでも一部で行われているバイオ・プロスペクティングが持続的な利用に資する可能性がある。一方、もっと小さいスケールで

は、生態資源のコミュニティー・ベースド・マネージメントのあり方や、土地の所有・相続制度などが考えられる。
<b>c) 明らかになった問題点と解決策</b>
モンゴル、サラワク両地域では、環境に関わるさまざまな問題が存在するが、それらすべての問題を扱うことはできない。本プロジェクトでは、生態系ネットワークの視点が特に重要だと思われる問題に重点的に取り組むことにした。とくに、土地利用の変化を駆動する要因として、社会経済の変化による人間の移動および特定地域への集中と、土地利用に関する制度および人間社会（コミュニティー）の形態に注目することにした。
<b>d) 過去にプロジェクトに関して受けた研究資金</b>
なし

## 7. 評価委員会のコメントに対する回答

<p>「なぜモンゴルとサラワクの2地域なのか」という点については、すでに述べたとおり、多くの人が生態系に強く依存した生活をしていて近年もっとも人為的な破壊が進行しているという共通性と、更新時間や人間の食物網における位置、生物多様性などの生態的な性質の対称性が、このプロジェクトの遂行に重要だと考えているからである。また、条件の異なる複数地域の比較によって、問題の一般性の検討が行いやすくなる。理想的にはより多くの地点で研究を行うことで一般化は強化されるが、地球研プロジェクトの現行の予算規模では、すでに調査拠点としてかなり整備され、情報が蓄積されている2地点での研究が有効であり、これ以外の調査値ではプロジェクトの実行は難しい。モンゴル、サラワクには、現地カウンターパートとの協力体制も含め、このような研究を行うにあたり必要な生態および経済・社会的研究の大きな蓄積があり、この点からもプロジェクトの対象地域としての条件を備えている。</p> <p>シミュレーションモデルの作成については、「はじめにモデルの骨格を作り実態の分析に合わせてモデルを改良していくべき」と「まず実態の調査分析を十分にしてからモデルの制作にかかるべき」の相反するコメントがあったが、我々は、モデルの制作と実態解明を同時進行させる方法を採用した。従って、本研究1年目において統計資料の分析と現地調査を本格的に始めると同時に、モデルの骨格を作成することにした。予備研究の段階ではモデルをどのようなものにするかについての検討を行った。まず、モンゴルとサラワクの両地域において、重点的に調査する調査地を数カ所設定するが、それに合わせてその場所の地形を含む中スケールの土地利用変化のモデルを作る。次にその結果を外挿して、モンゴル全体とサラワク全体での土地利用変化を記述する大スケールモデルを作るという順序を踏むことにした。</p>
---

## 8. 今後の活動

<b>a) 次回の評価までの達成目標</b>
<p><b>【理論モデル班】</b></p> <p>1) 現在進行中のモデルの拡張</p> <p>1. モンゴルでの人移動モデル(大)―植生変動モデル(中)の結合による数値実験の開始。数値実験を担当する研究員を雇用し、モデルの高度化と計算の規模の拡充を目指す。2. 植生変動モデル(中)のサラワク熱帯林への適用のための人間―生物―環境間相互作用の整理。3. 土地被覆・生態系の所有・利用形態が生物資源持続性に与える影響の解析と空間構造の導入。4. サラワク・モンゴル両域の土地被覆内食物網解析の開始。</p> <p>2) 衛星画像を用いた土地被覆解析</p> <p>人間活動の影響の少ない地域の高解像度衛星データと物理環境データから統計的に潜在植生の推定を行う。</p> <p>3) 同位体試料サンプリング</p> <p>食物網解析と人間の依存している生物資源推定のためのサンプリング計画を具体化する。とくに背景情報のそろった過去のサンプルの入手可能性を検討する。</p> <p>4) サラワク班・モンゴル班からの情報のモデルへの取り込みの準備</p>

現段階のモデルでは物理・生物環境と成立する植生の中の生態学的ネットワークのみが取り入れられている段階で、まだ社会・経済ネットワークは組み込まれていない。両地域での聞き込み調査などの結果から得られるであろうモデル化すべき問題とそれを記述する変数と関数初期値、境界条件、パラメータなどをそれぞれに適した空間スケールで数値モデルに導入する方策を両班の進捗に合わせ議論を重ねながら進める。

#### 【モンゴル班】

##### 1) 広域多点調査

移動、牧畜経営、商品価格と流通など遊牧民の生活実態を都市と地方、土地私有化、グローバル経済、協働、土地利用などの視点で統計データを活用しながら解析するとともに、各調査地域で遊牧民に対する統一的なアンケートを行う準備と予備調査を行う。同時に、森林ステップ、ステップ、乾燥ステップの各植生帯において、家畜密度、移動様式、グレイジングの有無、井戸の分布などと植生の健全状態を比較し、遊牧と植生のネットワークのあり方、違いを調査する。

##### 2) 重点調査（自然環境のモニタリング）

モンゴルの森林とステップという典型的な植生については先行研究で水循環など自然環境の測定が行われているが、森林ステップ地帯の森林とステップの比較、ステップと乾燥ステップ地帯の低木優占植生と草本植生の比較は行われていないので、土壌水分など自然環境のモニタリングをスタートさせる。

##### 3) 農地と鉱山の調査

社会主義時代に計画経済で開発された農地の現状と現在開発中の鉱山が土地利用に与える影響について現地調査と文献調査を行う。

#### 【サラワク班】

##### 1) 広域多点調査

2007年度から2年間かけて、先住民の生態利用と生態系ネットワークとの関係を社会学者・生態学者合同で行う広域多点（50～100村）の調査から明らかにする。調査項目には、地理的な位置（都市からの距離、道路などのインフラの整備状況）、文化・社会的背景（民俗、移住してからの時間、教育）、外との関係（NGO、政府など）、村落間の物流、情報、血縁ネットワークの構造、まわりの森林の状況、生物多様性、食物網構造などが含まれる。2007年度は2カ所でのパイロット調査ののち、30村の30戸を対象に調査を行いその解析をする。

##### 2) 集中調査

サブシステム内の生物間ネットワークは人間活動によって大きく影響を受けると考えられるが、その影響は未知の部分が多い。2007年度ではランビル国立公園とその周辺の森林であらたに調査区を設け、食物網構造や種子散布、送粉などに関わる生物間相互作用を調べ、森林間の比較を行う。平行して、先住民の森林利用、土地や生態資源の所有制度の変遷などについて詳細な調査を行う。

#### b) 今年度の残余期間の予定

##### 1月 シナリオ検討会議

プロジェクトの中でどのようなシナリオを検討し、どのような形で発信していくのか、議論する。

##### 2-3月 サラワクでの現地検討会

サラワクのコアとなる調査地域で、フィールド調査からモデル構築へつなげる方法について議論する。

##### 3月 生態学会シンポジウム「生態学と社会科学の接点」でのプロジェクト成果発表

## 9. 現在までの業績

### a) 書籍

#### 【英語】

・ Munns, W. R. Jr., Gervais, J., Hoffman, A. A., Hommen, U., Nacci, D. E., Nakamaru, M., Sibly, R., and Topping, C. J., (2007) Chapter 9: Modeling approaches to

<p>assessment. In Lawrence W. Barnthouse, Wayne R. Munns, Jr., Mary T. Sorensen Edit. "Population-Level Ecological Risk Assessment". SETAC Press, USA.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ohgushi, T., Craig, T.P. and Price, P.W. (2007) "Ecological Communities: Plant Mediation in Indirect Interaction Webs", Cambridge University Press, Cambridge, UK.</li> <li>• Davaa, G., Oyunbaatar, D., and Sugita, M. (2006): Surface Water of Mongolia, in Konagaya Y. ed. A Handbook of Mongolian Environments@ 55-68.</li> </ul>
<p>【日本語】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 藤田昇 (2006) 「草原利用から見たモンゴルの遊牧の持続性」『モンゴル 環境保全ハンドブック』(小長谷有紀編) 見聞社: 114-124.</li> <li>• ゴンボ=ダバ・ダムバラヤ=オユンバーター・杉田倫明 (2006) 「モンゴルの地表水」『モンゴル環境ハンドブック』(小長谷有紀編) 見聞社: 42-54.</li> <li>• 酒井 章子 (2007) 「昆虫を誘惑する花たち?花の多様性を読み解く」『生物の多様性って なんだろう? -生命のジグソーパズル』(京都大学 総合博物館・京都大学生態学研究センター編) 京都大学学術出版会: 6-23.</li> <li>• 大串隆之 (2007) 「ヤナギをめぐる虫たちの相互作用ネットワーク: 生物多様性を生み出すしくみ」『生物の多様性ってなんだろう? 生命のジグソーパズル』(京都大学総合博物館・京都大学生態学研究センター編) 京都大学学術出版会: 50-66</li> <li>• 那沁 (2007) 「モンゴル草原の持続性と人々の暮らし」『世界でいま起こっていること』文化共生研究会</li> </ul>
<p>【他の言語】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 那沁 (2007) 试论蒙古草原生态资源可持续性利用的机理气候、植物群落、游牧 (印刷中) Гомбын Даваа1, Дамбаравжаагийн Оюунбаатар1, Мииаки Сугита (2006): <b>Монгол орны гадаргын ус</b>. 小長谷有紀編: 「モンゴル環境ハンドブック」. 69-82.</li> </ul>
<p>b) 学術論文</p>
<p>【英語】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sakai, S., Harrison, R. D., Momose, K., Kuraji, K., Nagamasu, H., Yasunari, T., Chong, L. and Nakashizuka, T., 2006, Irregular droughts trigger mass flowering in aseasonal tropical forests in Asia. <i>American Journal of Botany</i> 93: 1134-1139.</li> <li>• ICHIKAWA, T. 2006 'Chinese in Papua New Guinea: Strategic Practices in Sojourning.' <i>Journal of Chinese Overseas</i> 2(1):111-132.</li> <li>• Kondoh, M., 2007, Anti-predator defence and the complexity-stability relationship of food webs. <i>Proceedings of the Royal Society of London. Series B.</i> ,doi: 10.1098/rspb.2007.0335</li> <li>• Nakagawa, M., Nakashizuka T., 2007, Effect of forest use on trophic levels of small mammals: an analysis using stable isotopes. <i>C J Zool</i> 85:472-478</li> <li>• Yamamura, N., N. Fujita, M. Hayashi, Y. Nakamura, and A. Yamauchi. ,2007, Optimal phenology of annual plants under grazing pressure. <i>Journal of Theoretical Biology</i> 246: 530-537.</li> </ul>
<p>【日本語】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 上村明、ポスト社会主義のモンゴル国における牧畜経営-開発モデルと遊牧の実践- (2006) 東京大学東洋文化研究所『研究彙報』第14号: 11-18</li> <li>• 小長谷有紀、モンゴル牧畜システムの特徴と変容(2007)日本地理学会 E-Journal 2巻1号: 34-42</li> <li>• 平田昌弘、モンゴル中央部における宿営地の季節移動システム-モンゴル系牧畜民の定住化はあり得るのか?- (2007) 『沙漠研究』17-2: 71-76.</li> <li>• 市川哲、サブ・エスニシティ研究にみる華人社会の共通性と多様性の把握(2007) 『華僑華人研究』(日本華僑華人学会) 第4号、69-80頁</li> <li>• 大沼あゆみ・山本雅資、プレミアムつきのカーボンクレジットについて-WWFのゴールド・スタンダードとカーボンマーケット(2007) 『環境情報科学』36巻3号: 55-60</li> </ul>
<p>【他の言語】</p>

c) 報告書・会報等
【英語】
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Kato, Y., 2006 The use of forest resources for food and income in a Borneo hunter-gatherer community. The Proceedings of Kyoto Symposium "Crossing Disciplinary Boundaries and Re-visioning Area Studies: Perspectives from Asia and Africa", 21st Century COE Program, ASAFAS&amp; CSEAS, Kyoto University. :253-256.</li> <li>・ Kamimura, A., 2007, "Comments on Chapters 1-4, " In Sun, X. and Naito, N.(eds.).Mobility, Flexibility, and Potential of Nomadic Pastoralism in Eurasia and Africa. ASAFAS Special Paper, No.10. Graduate School of Asian and African Area Studies, Kyoto University,:133-136.</li> <li>・ ICHIKAWA, T., 2007, 'Transnational Social Space Based on Local Network: Migration of Malaysian Chinese and Papua New Guinean Chinese.' Center for Human Migration and Acculturation Studies (ed.) Internatioinal Symposium on the Human Migration and Acculturation in the Pacific Rim. Rikkyo University. :11-23.</li> <li>・ Onuma, A., September 2007, On the Distribution of Benefits Arising From Bioprospecting Between the North and the South, 9th Annual Bioecon International Conference, at Kings College, Cambridge University,:20-21</li> </ul>
【日本語】
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 加藤裕美2006 「サラワクにおける定住狩猟採集民の生計戦略」『JAMS News マレーシア研究会会報』No.35 : 13</li> <li>・ 上村明2007 「牧地の私有をめぐる南北問題—Newモンゴル便り 3—」『CALE NEWS』No.23(名古屋大学法政国際教育協力研究センター)</li> <li>・ 鈴木由紀夫2007 「鉱物資源法の改正とモンゴル草原」『CALE NEWS』No.24 (名古屋大学法政国際教育協力研究センター)</li> <li>・ 加藤裕美2007 「ボルネオの豊かな動物世界」『アジア・アフリカ地域研究』7-1 (印刷中)</li> </ul>
【他の言語】
d) 新聞・雑誌記事
【英語】
【日本語】
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 酒井章子 (2006) 熱帯雨林の一斉開花は少雨が引き金か? 『自然保護』 494: 31.</li> <li>・ 藤田昇 (2007) カシミアが草原を単純化、裸地化—変わるモンゴル2000年の草原『ビッグイシュー—日本版』 83 : 17.</li> <li>・ 前川愛 (2007) 朝青龍問題 ナショナリズム高揚の反映 現代のモンゴルを読み解く 『週刊エコノミスト』 毎日新聞社 : 44-46</li> <li>・ 山村則男 (2007) 進化学と環境問題から生態学へ 『物性研究』 物性研究刊行会 (88-4) : 533</li> </ul>
【他の言語】
e) 映像資料
【英語】
【日本語】

<ul style="list-style-type: none"> <li>・大沼あゆみ(2007) 子供環境教育プログラム監修【監修プログラム名】ベネッセよのなか探究教室 環境社会参加プログラム3日目『環境からみる国際理解』【プログラム内容】ある国の先住民になりきって環境問題を学ぶ思考体験型プログラム。森林など国の資源を活用しながらさまざまな国との交渉をすることを通じて、経済の観点から環境を考え、お互いの相違点を活かし理解し合うことを学ぶことを目的としている。</li> </ul>
【他の言語】
f) 野外調査
【国内調査】
【国外調査】
<ul style="list-style-type: none"> <li>・2007年6月-10月：サラワク(マレーシア) ランビルヒルズ国立公園周辺において、土地利用の異なる複数の地点におけるほ乳類相、昆虫相、植物-動物相互作用、食物網などの生態調査を行った。</li> <li>・2007年6月-8月：ウランバートル(モンゴル) 家畜密度及び乾燥度の異なる複数の地点で、植生、グレイジング圧、水分条件等の生態調査を行った。</li> <li>・2007年8月-9月：ウランバートル(モンゴル) ウランバートル周辺において聞き取り調査を行った。</li> </ul>
g) シンポジウム・研究会等
<ul style="list-style-type: none"> <li>・2007年3月20日 第54回日本生態学会松山大会シンポジウム「人間活動下の生態系ネットワークの崩壊と再生」愛媛大学、松山市</li> <li>・2007年4月4-5日 山村プロジェクト第1回全体会議、総合地球環境学研究所、京都市</li> <li>・2007年5月15日 サラワク班研究会、ホテル法華クラブ、京都市</li> <li>・2007年10月21日 モンゴル班会議、京都テルサ、京都市</li> <li>・2007年11月7-9日 プロジェクト第2回全体会議、KKRホテルびわこ、大津市</li> </ul>
h) 個人発表
【口頭発表】
<ul style="list-style-type: none"> <li>・2007年3月 市川昌広「マレーシア・サラワク州の人と生態系の100年史」、第54回日本生態学会公開シンポジウム「人間活動下の生態系ネットワークの崩壊と再生」、愛媛大学、松山市</li> <li>・2007年3月 近藤 倫生「群集動態と生態系過程をどうつなげるか?」、第54回日本生態学会自由集会：生物群集と生態系をつなぐ-群集生態学の新たな挑戦- (企画：仲岡雅裕)、愛媛大学、松山市</li> <li>・2007年6月 市栄智明・田中憲蔵・山下 恵・吉村充則、「マレーシア熱帯雨林における林内の光環境と葉内窒素濃度との関係」、第17回日本熱帯生態学会、高知大学、高知市</li> <li>・2007年8月 ICHIKAWA T. 'Diversification of Ethnic Chinese Identities in Transnational Social Space: Comparative Studies of Malaysian Chinese and Papua New Guinean Chinese' at "International Convention of Asia Scholars 5", Kuala Lumpur Convention Centre, Malaysia</li> <li>・2007年11月 山村 則男「人間移動の数理モデル：都市と田舎」、第4回生物数学の理論とその応用ミニシンポジウム：人間社会の協力と環境問題の数理、京都大学数理解析研究所、京都市</li> </ul>
【ポスター発表】
<ul style="list-style-type: none"> <li>・2006年11月 加藤裕美 'The use of forest resources for food and income in a Borneo hunter-gatherer community', Kyoto Symposium "Crossing Disciplinary Boundaries and Re-visioning Area Studies: Perspectives from Asia and Africa", Kyoto University Clock Tower Centennial Hall, Kyoto, Japan</li> <li>・2007年3月 鴨井環・Oswald Braken・百瀬邦泰「熱帯の多肉果植物と鳥の解析」、第54回日本</li> </ul>

<p>生態学会大会、愛媛大学、愛媛市</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2007年6月 市川昌広「熱帯里山の持続的利用とガバナンス」、第17回日本熱帯生態学会、高知大学、高知市</li> <li>・2007年6月 服部大輔・田中憲蔵・田中壮太・市榮智明・二宮生夫・Kendawang, J. J.・櫻井克年「マレーシア・サラワク州における試験造林-土壌と光環境がフタバガキ苗に与える影響」、第17回日本熱帯生態学会、高知大学、高知市</li> <li>・2007年6月 井上裕太・玉井重信・山本福壽、山中典和、市榮智明「異なる水分条件下で生育したマメ科植物3樹種の水分ストレスに対する順応機構の違い」、第17回日本熱帯生態学会、高知大学、高知市</li> </ul>
<p>i) 社会活動</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2006年12月 鈴木由紀夫、青山学院大学WTO研究センター国際シンポジウム講演：日本・モンゴルFTAの可能性と課題「モンゴル農牧業の現状」、青山学院大学</li> <li>・Nakamaru, M. (2007) as a penalar, In Kobe College International Symposium, Evolution and the Mind: Can Darwin's theory of evolution help us to understand the mind? (国際シンポジウム 進化と精神-ダーウインの進化論は精神の理解に貢献するのか, Kobe College, April</li> <li>・2007年07月6日 大串隆之、公開講演会『生物多様性とは何か-生態学の挑戦』、「思いがけない生き物たちの繋がり」、京都大学総合博物館、京都市</li> <li>・2007年10月16日 市榮智明、公開市民講座第62期高知市民の大学「熱帯林から見た地球環境-マレーシアの樹冠から」、高知大学、南国市</li> <li>・2007年12月1日 中川弥智子、名古屋大学オープンカレッジ講演「東南アジア熱帯林における林冠研究」、名古屋大学、名古屋市</li> </ul>
<p>j) 新聞・雑誌の記事、テレビ・ラジオ番組、書評等</p>
<p>【書籍】</p>
<p>【雑誌】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・酒井章子(2007)「熱帯の森はいつせいに花開く」『ニュートン』27(5): 82-87</li> <li>・酒井章子(2007)「花はなぜ美しい? -ボルネオの熱帯林に登って考えた」『ビッグ・イシュー』83号</li> </ul>
<p>【新聞】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2006年6月30日 酒井章子「一斉開花：乾燥が誘因？」朝日新聞朝刊</li> <li>・2007年3月1日 大串隆之「植物の防御変化：生物多様性生む」京都新聞</li> </ul>
<p>【テレビ番組】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ナチン(2007)「ABU未来への航海モンゴル大草原クイズ」</li> <li>・2007年6月9日 小長谷有紀「ABU未来への航海：環境トーク：モンゴルの草原を救え」NHK放映</li> <li>・2007年9月23日 市榮智明「アジア大自然紀行～動く大地が作った命の世界～」NHK-B Sハイビジョン</li> </ul>
<p>【ラジオ番組】</p>
<p>k) その他特筆すべき成果</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・杉田倫明「モンゴル国自然環境省気象・水文学研究所との共同研究の実施。” For the contribution and dedication to Environmental study in Mongolia” に対してMinistry of Nature and Environment of Mongolia よりHonorable Researcher Award受賞(2007年6月)</li> <li>・上村明「モンゴル古地図データベース」<a href="http://mongol.tufs.ac.jp/landmaps/(2004-2007)">http://mongol.tufs.ac.jp/landmaps/(2004-2007)</a></li> <li>・山村則男「モンゴル科学アカデミーを含む6機関と研究協力協定(MOU)を締結し、共同研究を円滑にすすめる体制を整えた。</li> </ul>

・中丸麻由子 2007年9月30日-2007年10月10日 IIASAにて客員研究員 Ulf Dieckmann教授 との共同研究 (Adaptive Dynamics Network, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Austria)

## 10. 参考文献

Fernandez-Gimenez, M. (1999) Sustaining the Steppes: A Geographical History of Pastoral Land Use in Mongolia. *The Geographical Review*. 315-342.

小長谷有紀 (編) (1997) アジア読本：モンゴル. 河出書房新社.

増田 直紀・今野 紀雄 (2005)複雑ネットワークの科学. 産業図書.

Levin, S. (1999) *Fragile Dominion: Complexity and the Commons*. Helix Books, Cambridge.

Woldrop, M. (1992) *Complexity: The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos*. Touchstone Books, Carmichael, USA

増田 直紀・中丸 麻由子(2005)複雑ネットワーク概説：生態学への応用を見据えて. *日本生態学会誌* 56: 219-229.

Vincent, J.R. and R. M. Ali. (2004) Managing natural wealth: environment and development in Malaysia. *Resource for Future*.