

# 発展途上地域における農業活動の 持続性評価に関する研究

—*Ecological Footprint* と *Emergy Flow Model* による分析—

## 学位論文内容の要旨

近年、発展途上地域では生活基盤である自然生態系が破壊される自然環境問題と、生活基盤の破壊により生活苦に陥るといった貧困問題の悪循環に悩まされている。

この問題に対し、従来の経済学のアプローチは、①自然生態系の持つ資源供給エネルギーと廃棄物浄化量の限界を経済モデルの中に組み入れてこなかった（環境収容力の問題）こと、②太陽、水、土壌、動植物といった自然生態系を構成する各要素間の複雑な物質（エネルギー）の連鎖を考慮してこなかった（分析枠組みの問題）こと、この2点の理由で限界があった。しかし欧米においては、人間の主観により経済評価する従来の（環境）経済学とは異なる、環境収容力を基本概念にした自然生態系の機能面から評価するエコロジカル経済学が盛んに行われている。

そこで本論文では、環境収容力を基本概念にしたエコロジカル経済学の視点から、発展途上地域の人間活動の持続性評価を行い、環境問題と貧困問題の悪循環から脱する新しい経済発展の方向性を示唆したことに大きな特徴がある。

1章では、本論文の目的とその背景、既存研究の限界などを述べた。まず、発展途上地域が現在の環境問題と貧困問題の悪循環に陥ってしまう発生メカニズムの現状を概説した。人口増加による生活上の環境負荷量と自然生態系の持つ環境収容力の問題が重要な一要因であることを明らかにした。その解決策として従来の（環境）経済学ではどのような分析アプローチを行ってきたかを整理し、①環境収容力の問題、②分析枠組みの問題を明示した。

2章では、1章で詳述した従来の（環境）経済学の限界点を考慮したエコロジカル経済学の概説を行った。環境問題を考える上で重要なキーワードをなす持続性の観点から、エコロジカル経済学と環境経済学の相違点を整理した。人間による主観的な経済評価を行う弱い持続性は、環境経済学の依拠する概念であり、自然生態系の機能の面から評価を行う強い持続性は、エコロジカル経済学の依拠する概念である。環境問題の発生メカニズムは、人間の主観的評価による帰結であった点を考えれば、発展途上地域の持続性評価には、エコロジカル経済学の強い持続性の視点からの分析が適していると言える。

3章では、本論文の調査対象地域である中国広西壮族自治区大化县七百弄郷の概要、歴史的変遷、事例の位置付けなどを概説した。本論文の調査対象地域はカルスト地形にあり、ドリーネ状の底部に生活圏を置いている。そのため外部との交流が少ない閉鎖的な特殊事例である。しかし、このような利便性の悪い閉鎖的な立地条件により、自然科学・社会科学両面のデータの移出入関係を把握しやすいといった利点もある。また特殊事例であるが故に、外部からの影響力を受けない分析結果を求めることができる。さらに、集落内では600年の長きにわたり物質循環に基づいた生活習慣を続けている点で非常に珍しい事例でもある。そのため、本論文での分析は人間が自然生態系の資源供給量を考慮していた人間活動を探る上で重要な情報を与えてくれる。

4章では、自然生態系と人間活動量の関係を見ることが出来る環境収容力概念を応用したエコロジカル・フットプリント分析を行った。その結果、森林と窒素に関するEcological Footprint(生活のために踏み潰した自然生態系面積)が大半を占めていた。つまり、本事例地域では、農地へ投入している窒素量が多いこと、燃料消費による二酸化炭素量が多いといった環境負荷量が明らかとなった。また、環境問題の重要な要因であった人口規模についても、Ecological Footprint結果と既存の地目面積割合から、土地あたりの人口が過剰であることが明らかとなった。つまり、本章では、土地あたりの人口規模の点から、七百弄郷が持続不可能な状態であることを明らかにした。

5章では、自然生態系と生産・消費・廃棄といった人間活動の場を往来するエネルギーに注目し、七百弄郷を対象にエメルギーフローモデルを構築し、シミュレーションを行った。過剰人口を抱えたまま、現在の生活水準を続けると屯集落内を流れるエネルギーはどのような経路(屯集落内のエメルギーが減少する、増加する、定常状態になる)を辿るかを明らかにした。その結果、本章では、耕種作物、家畜、農家のエメルギー量はお互いの影響力が連鎖するといったフィードバック機能を持ち、森林のエメルギー量の変化に連動してエメルギー経路を変化させるということを明らかにした。これは、自然生態系に密接に関連した七百弄郷の人間活動には、森林生態系の質の状態が重要な影響力を持つことを意味している。

そのため今後は自然生態系が供給する様々なバイオマスを利用して、長年にわたって物質循環の収入を低レベルではあるが持続的に維持してきた。近年、森林伐採が繰り返され、森林生態系の減少が進んできている。森林生態系の再構築が必要であり、更に貧困解消のための新たな人間活動、経済政策と調和した自然生態系による物質循環の均衡を維持する方策が求められるだろう。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 出 村 克 彦

副 査 教 授 波 多 野 隆 介

副 査 教 授 吉 田 文 和

(北海道大学大学院経済学研究科)

副 査 助 教 授 山 本 康 貴

学 位 論 文 題 名

## 発展途上地域における農業活動の 持続性評価に関する研究

—*Ecological Footprint* と *Emergy Flow Model* による分析—

本論文は 6 章及び補章からなり、図 24、表 28 (付表含む)、文献 121 を含む頁数 124 の和文論文であり、別に参考論文 5 篇が付されている。

本論文の課題は、自然生態系機能の評価と人間活動の持続的関連性をエコロジカル経済学の分析手法により定量的に評価することである。アジア地域では、貧困問題と環境問題の悪循環の解消が求められている。本論文では、中国広西壮族自治区大化県七百弄郷を研究サイトとしている。この地域はカルスト地帯で、石漠化といわれる人為的に森林生態系が劣化したドリーネ集落が密集し、人口増加による環境悪化が進む中で、森林資源の再生と貧困解消の農村開発が進められている地域である。課題は、自然生態系の持つ環境収容力（自然生態系の資源供給能力と廃棄物浄化能力の再生産の速度量）概念に基づいた人間活動の持続性評価をおこない、貧困問題と環境問題の悪循環を解決するような持続的経済発展の方策を求めることである。

第 1 章では、この石漠化地域の環境問題と貧困問題の悪循環に陥ってしまう発生メカニズムの現状を分析し、人口増加による生産、生活活動の環境負荷が自然生態系の持つ環境収容力に影響を与える重要な要因であることを明らかにした。

第 2 章では、環境問題を考える上で重要なキーワードをなす持続性の観点から、エコロジカル経済学と環境経済学の相違点を整理した。人間による主観的な経済評価を行う弱い持続性は環境経済学の依拠する概念であり、自然生態系の機能の面から評価を行う強い持続性は、エコロジカル経済学の依拠する概念である。自然生態系と人間活動の持続性評価には、エコロジカル経済学の強い持続性の視点からの分析概念が適していることを理論的に示し、本論文の分析視角とした。

第 3 章では、本論文の調査対象地域である七百弄郷の自然環境の概要、歴史的変遷、現

在の生産生活状況を明らかにした。七百弄郷のカルスト地帯では、外部との交流の少ない閉鎖的自然環境の下で、600年の長きに渡り持続的な人間活動が営まれてきた。近年、開放系社会に進む中で、森林資源の伐採が進み、環境悪化が進んできた。森林機能、作物生産、化学肥料の施肥水準、家畜の食害、水資源の確保状況、窒素循環、物質循環等々の農学的データを活用し、自然生態系の劣化と人間活動による環境負荷の実態を定量的に明らかにした。

第4章では、環境収容力概念を基礎概念にしたエコロジカル経済学の観点から、森林生態系の賦存状態を異にする4集落の持続性評価を比較分析した。具体的には、Ecological Footprint(EF)(人間活動による自然生態系面積)概念を定量的に求めた。各集落とも現在の人口は、最大扶養可能人口(土地面積の観点からその集落内において持続的に居住可能な最大人口数)を約2倍も超過していることが明らかとなった。EFの機能別内訳は、各集落とも肥料の投入に関する林地・農地バイオマスEFの割合が大きいこと、エネルギー消費によるCO<sub>2</sub>吸収機能が特に大きいことである。これらの計測結果は、七百弄郷集落が抱える人口圧問題や、そこから発生する食料増産を目的とした化学肥料の多投といった自然生態系への環境負荷量を反映させた評価である。現在の七百弄郷の自然生態系状況においては、現在の集落人口を抱えることは不可能であり、現時点でも窒素過多という環境問題を引き起こしていることを定量的に明らかになった。

第5章では、自然生態系と生産・消費・廃棄の人間活動の関連を示すエメルギーを環境持続性指標として注目し、七百弄郷を対象にエメルギーフローモデルを構築し、シミュレーションを行った。過剰人口を抱えたまま、現在の生活水準を続けると屯集落内を流れるエメルギーはどのような経路(屯集落内のエメルギーが減少する、増加する、定常状態になる)を辿るかを明らかにした。その結果、耕種作物、家畜、農家のエメルギー量はお互いの影響力が連鎖するといったフィードバック機能を持ち、森林のエメルギー量の変化に連動してエメルギー経路を変化させるということを明らかにした。これは、自然生態系に密接に関連した七百弄郷の人間活動には、森林生態系の質の状態が重要な影響力を持つことを意味している。

本論文での研究サイトである七百弄郷において、貧困解消のために開発政策が進められており、これら開発政策は弄集落の自然生態系に影響を与える。これまでは閉鎖的生態系・生活圏で生存してきた弄集落において、これからの農村開発では、人間活動によって減少、劣化した森林生態系を修復し、人間活動と共生し得る生態系を再構築する開発方策が緊急に必要である。自然生態系が供給する窒素や森林資源などの様々なバイオマスを循環利用し、経済活動を含む人間活動の起点となる森林生態系の再構築、ならびに人間活動面から必要だと考えられる一定量以上の森林資源を確保することが経済発展には必要であることが本論文により定量的に示唆された。

本論文ではエコロジカル経済学の分析手法により、自然生態系と人間活動の調和を図り、持続的発展に関する定量的環境評価を、環境収容力(Ecological Footprint)及びエメルギーフロー分析によって行ったもので、この領域では先駆的で、学術的に評価される。また、この論文の基礎となった日中共同国際研究で、本論文の環境評価分析の成果はカルスト地帯の持続的農村開発計画に活かされており、応用面でも評価される。

よって審査員一同は、高橋義文が博士(農学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認めた。