

内モンゴル自治区の持続可能な計画策定のための シミュレーションモデルの開発

Development of the Simulation model for building the sustainable plan in the NEIMENGGU region

春 燕* 加賀屋 誠一** 内田 賢悦*** 萩原 亨****
Chun Yan* Seichi KAGAYA** Ken-etsu UCHIDA*** Toru HAGIWARA****

1. はじめに

近年、中国・内モンゴル自治区は、大規模な経済計画により、大きな発展を遂げている。しかし同時に、草原の減少による砂漠化、環境汚染などの問題も引き起こしている。従って、環境・経済を両立する地域を築き、次世代の経済成長をも保証することが重要な課題となっている。

これまでの地域計画は、生産性に重点を置いたために、自然の再生能力が対応できなかったといえる。この問題を解決するためには、持続可能な発展戦略が必要である。これを実現するためには、関連する要因を抽出した地域モデルを構築し、持続可能な開発計画を検討することが重要であると考えられる。

現在、持続可能な発展に関する研究は、1992年の地球サミットで採択した「アジェンダ21」を契機として、国連の「持続可能な発展委員会」(Commission on Sustainable Development: CSD)をはじめ、多くの機関で盛んに行われてきた。その結果、持続可能な発展に対しては、単に経済と自然環境との関係だけでなく、社会、人口の問題を含めた総合的な視点が必要であるということが明らかとなった¹⁾。しかし、特定地域における持続可能性に関する計量的な評価²⁾、あるいは、持続可能な社会システムを構成するシナリオ分析についての研究は少ない³⁾。

本研究では、内モンゴル自治区を例として、持続可能な発展指標を設定し、その発展計画を策定するためのシミュレーションモデルを構築する。さらに、得られたモデルにより、地域発展計画に関するいくつかの代

替案シミュレーションを実行し、内モンゴル自治区の持続可能な発展方針を示すことを目的とする。

2. 研究対象地域の概要

(1) 地理と行政

中国・内モンゴル自治区(以下、内モンゴルと略称する)は、中国の北部、中部アジアモンゴル高原に位置する(図1)。中国最初の民族自治区として1947年5月1日成立した。国土面積は118.3万km²、人口は約2,300万人の多民族地域である。

(2) 経済と資源環境

内モンゴル自治区における1991年から2000年の10年間の経済統計によると、経済成長率は、年平均10.2%であるが、1人当りのGDPは中国全体の平均レベルより低く⁴⁾、経済発展は同地域にとって重要な任務となっている。

一方、環境問題の例としては、草原退化の面積を最近50年で計算すると、毎年0.83万km²の速度で拡大している。それによる農牧業自然災害が増え、災害損失が毎年数万元以上に昇る。98年救災資金が7.4億元である。草原退化による砂漠化問題は、現在、中国はもとより国際的にも注目されている。2000年の「中国環境保全15計画」におけるグリーンプロジェクトは草



図 - 1 中国内モンゴル自治区位置図

キーワード：持続可能な地域計画、SDモデル

* 学生員 博士後期 北海道大学大学院工学研究科
** 正員 フェロー 北海道大学大学院工学研究科
*** 正員 工博 北海道大学大学院工学研究科
**** 正員 工博 北海道大学大学院工学研究科

連絡先 〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目
北海道大学大学院工学研究科 交通システム計画学分野
TEL011-706-6822 FAX011 706-6211

草原保全を重点項目として取り入れ、草原保全方針とその施策が検討されている。

3. 地域モデルの開発

(1) 地域モデルの開発環境

システム構造の因果関係を動的に扱うことが可能な手法がシステムダイナミクス(SD)モデルが挙げられる。SDモデルでは、統計的な信頼性に関する検定が不可能であり、定性的なモデルにとどまりやすいとの欠点が指摘されているが、構造の変数の変化を先取りすることが仮定され、問題に含まれる複雑な因果関係を整理するという意味では、有効な手法であると考えられる。本研究は、統計データを基にSDモデルの動的、多重フィードバック性、因果関係の非線形性表現に適する長所を最大限に生かすためにSDモデルを導入する。さらに地域計画が及ぼす影響を把握するため、シミュレーション分析を行い、持続可能な発展状態の計測を行う。

(2) 持続可能な発展モデルの定義

本研究では、持続可能な発展の視点から地域モデルは経済、資源・環境、人口、社会の4つのセクターから構成されると考えた。地域の経済発展は資本、労働力などの生産要素だけでなく、土地および資源の投入も欠かせないものである。さらに、資源は、自然環境そのものでもあるため、本研究においては、持続可能な発展は、資源・環境の有限性を条件に、経済、社会へのニーズを最大限に満足させることと定義する。図-2に前述した4つのセクターの相互関係を示す。矢印に付された説明文は、セクター間の関係を示すものである。セクターから出る矢印は、当セクターが他のセクターへ及ぼす影響を示すものである。逆方向の矢印は、他のセクターから影響を受けていることを表している。

(3) 対象セクターの設定

本研究では、各セクターを以下のように定義した。

資源・環境セクターでは、対象地域国土の73.3%を占める草原資源を草原総量と定める。資源・環境セクターでは、資源・環境の利用、資源の枯渇と環境汚染、資源・環境再生の可能性から、人間活動との関係を消費

と費用負担と考えている。消費する部分は、人間及び人間活動が資源・環境を消費することであり、費用負担は、経済セクターから資源・環境への再生投資と自然災害より費用負担と考える。

経済セクターは、国民経済統計に基づく経済活動を表わす。ここでは、生産と支出を分けてモデルの構築を行なった。生産活動は資源・環境の消費及び雇用の増加に影響し、生産による産出は投資、消費、救災基金に分配される。救災基金は自然災害ときの救援金であり、本研究では草原減少が原因となる災害への救援を対象とする。

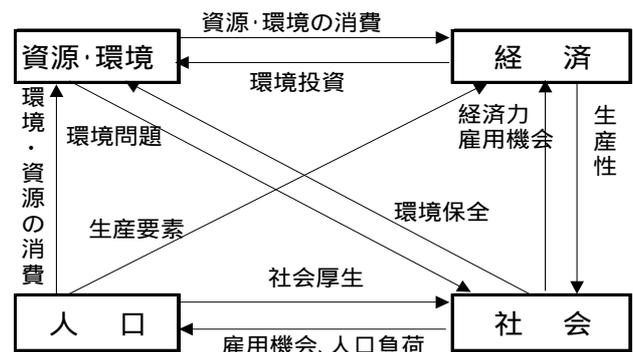


図-2 地域モデルにおける各セクター間の相互関係

人口セクターでは、総人口と労働人口を考えることにする。総人口は、人口増加量と減少量により変化すると考え、また、人口セクターは、環境・資源セクター、経済セクターの消費者であり、経済セクターと社会セクターの主体でもある。

社会セクターは、社会持続性係数を指標として用いる。環境・資源の状態を表わす草原減少率、経済力を表わす1万人当りのGDP、生態系の人口容量状況を表わす負担係数、また、雇用と労働人口の関係を表わす就業率の4指標から社会持続性係数は構成される。4つの指標については、最大値と最小値を定義し、これを0から1までの指標値に対応させた。社会持続性係数は、4つ指標値の算術平均値である。地域モデルでは、社会持続性係数はすべてのセクターの影響を関連するものであるため、地域社会持続のレベルを表わす。

4. 地域モデルの検定

モデルの検定は、セクターごとの主な指標を用い、1990年から1998年まで実測値⁵⁾とモデルによる予測値

の比較から行う。比較では、グラフにより観察し、実測値と予測値の最大相対誤差率を算出する。検定の結果は、草原総量、GDP、人口総量、就業率の相対誤差率最大値は、それぞれ0.16%、1.09%、0.027%、23.63%である。それらの結果から、概ねモデルの妥当性が示されたと考えられる。

5. 代替案の構築及び評価

(1) 内モンゴルにおける地域計画

内モンゴルで現在行われている地域計画は、「内モンゴル自治区国民経済・社会発展計画」である。その地域計画は、当年計画、5年計画と15年長期計画に分かれている。現在は、第10回5年計画(2001 - 2005)と2015年までの長期計画が実施されている。本研究は、地域計画における「地域計画戦略方針」に着目し、代替案評価に基づき決定するものと位置付けられる。

(2) 代替案の構築

対象地域の計画戦略を踏まえて、表1に示す4つの代替案を考えた。

表1 地域計画における代替案

| 代替案 | 内容 | パラメータ変化 |
|-----|----------------------------------|--|
| | 現状トレンド型 | 生産投資率：1、1万人当りのGDP：現在のトレンド |
| | 経済向上戦略 新規道路建設 1人あたりのGDPの向上 | 新規道路投資率：0.015 生産投資率：0.985 1万人当りGDP：現在のトレンド+1%を導入 |
| | 持続可能な戦略を入れた案 | 資源・環境投資率：0.012を導入 生産投資率：0.973 新規道路投資率：0.015 1万人当りのGDP：現在のトレンド+1%を導入 |

代替案 は、現在の経済成長率が将来も続くと仮定したものである。

代替案 では、「地域の投資と消費需要の拡大を行う戦略」と「産業構造調整戦略」を合わせて、生産性の向上を図る案である。まず、「地域の投資と消費需要の拡大を行う戦略」として、新規道路整備を考え、省際道路計画における道路投資額を用いて、新規道路投資配分率(0.015)を算出し、新規道路整備セクターに導入した。省際道路の予測された輸送交通量を用いて、石炭、農牧産物の単位輸送量当たりの生産額により生産誘発効果をするものである。次に、「産業構造調整戦

略」としては、農牧産地中心の都市化による私営経済の導入を考えた。それをデータによって表わすと、産業構造の変化により国民総生産が1%増加することが分かり、それらの値をシミュレーションに用いた。

代替案 は、持続可能な戦略を入れた場合の案である。持続可能な戦略は、経済セクターに環境投資配分率を導入し、資源・環境への投資を主な施策と考える。具体的には、前述した「中国環境保全15計画」グリーンプロジェクトの環境投資規模の地方投資負担率を参考にし、先に示した代替案 のもとに投資予算の1.2%を環境投資に充てるものである。

(3) 代替案の評価

シミュレーションの実行期間は、長期計画が15年であることを考慮し、2000年から2030年とした。

はじめに、2030年の予測時点で、GDP、草原総量の変化を代替案ごとに比較し考察する。

GDPの比較は、表3に示している。2030年時点での各代替案のGDPは、2000年と比較して、それぞれ倍、3.40倍、3.48倍、3.45倍となっている。これらは対象地域の地域計画目標額、即ち、2000年からの長期計画2周期分が達成されている。さらに、代替案 は、生産性向上戦略より生産額が106.6億元増加することが分かる。その内訳を見ると、新規道路、1人当たりのGDP増加分は、それぞれ30.6%、69.1%となっている。それらの結果から生産に対しては、代替案 が有効な案であるという結論になった。

表2 生産額の比較

| 項目 | 2000年 | 代替案 | 代替案 | 代替案 |
|--------------------|-------|------|--------|---------|
| GDP(億元) | 1400 | 4768 | 4874.6 | 4838.2 |
| 新規道路によるGDP増加 | | | 32.7 | 32.7 |
| 万人当たるGDPの増加による生産増加 | | | 73.9 | 73.9 |
| 生産投資の減少によるGDP減少 | | | | (-36.3) |

図-3は草原総量の比較を示している。これより、代替案 では、資源・環境投資より草原総量が2.73万km²増加することが明らかになった。即ち、代替案 が環境に対して有効な案である。

次に各セクター内の主な指標に着目し、各代替案中の変化量及び影響要因について考察を加える。

図-4は、代替案 を基準とした代替案 の比較し

たものである。代替案 A は代替案 B と比べると、生産額と GDP の向上が認められるが、草原総量減少、また、社会持続性係数は変わらないことが明らかとなった。その理由は、生産増加より資源環境消費量が増加し、草原減少率も増加し、それが経済災害支出の増加の要因となったためである。

図 - 5 は、代替案 B を基準とした代替案 A と比較したものである。これにより、代替案 A では、生産額、GDP がそれぞれ 2.0% 減少するが、草原総量、さらに、社会係数も増加したことが分かる。また、生産需給率が上昇し、需要拡大が図られている。その原因は、生産投資率の減少が生産を減少させ、これにより、環境投資が増え、資源・環境の再生が可能となり、草原総量が増加したためである。例えば、2030 年時点で、草原再生量が 0.12 (万 km²) となっている。草原総量の増加は草原減少率を減少させ、これが、経済セクターの災害支出減少の原因となり、災害支出減少は、社会投資、消費増加をし、これが生産需給率の増加原因と考えられる。また、草原減少率の減少は、社会係数の増加原因となっている。

図 - 6 は、4 つの代替案のシミュレーションから得られた社会持続性係数の目標年度の結果である。これにより、代替案 A は生産が草原再生を配慮するとともに経済目標を達成できるといった社会持続可能な観点から望ましい案であるとの結論に至った。

6. 結論と今後の課題

本研究では、持続可能な発展指標を定義し、持続可能な発展理論のモデル化を行った。さらに、研究対象となるシステムにおける各セクター間の因果関係を明らかにし、定量的な分析を行った。その結果、地域モデルを用いて地域計画に関するいくつかの代替案の評価を行うことができた。

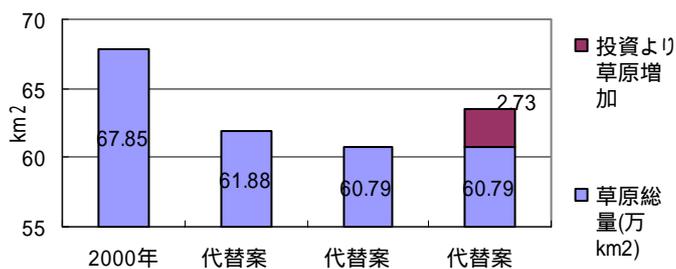


図 - 3 草原総量の比較

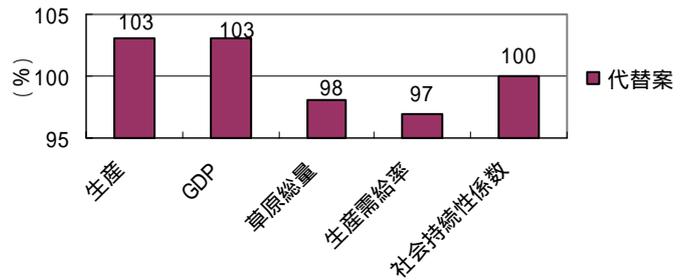


図 - 4 代替案 B を 100% とした代替案 A の結果

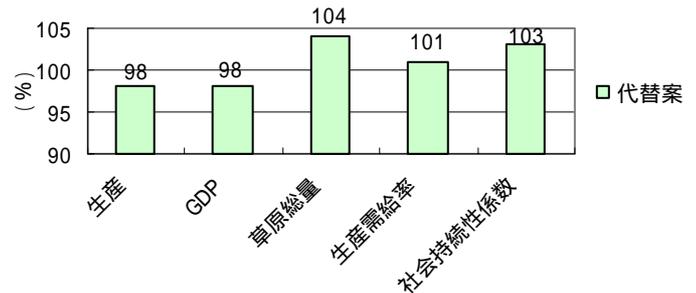


図 - 5 代替案 A を 100% とした代替案 B の結果

社会持続性係数

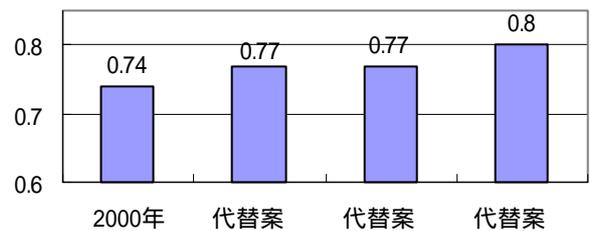


図 - 6 代替案の持続性の比較

今後の課題としては、新規道路を計画による整備効果を把握するために産業、商業立地状況を新たにモデルに導入し、改良を行う必要がある。

参考文献

- 1) 森田恒幸・川島康子：持続可能な発展論の現状と課題、1993、三田学会雑誌、85 巻 4 号 pp 4 -33
- 2) 地球環境学：持続可能な社会システム、pp87、岩波講座
- 3) 前掲、持続可能な社会システム
- 4) 中国国家計画委土地司編、「中国地域経済発展報告書」(97)：pp.239～241、改革出版社
- 5) 内モンゴル自治区統計局編：中国・内モンゴル自治区統計年鑑